プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 原子炉建屋
2 原子炉格納容器
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体
9 制御棒案内管

固有周期(s)　；0.432　　刺激係数　　；1.587

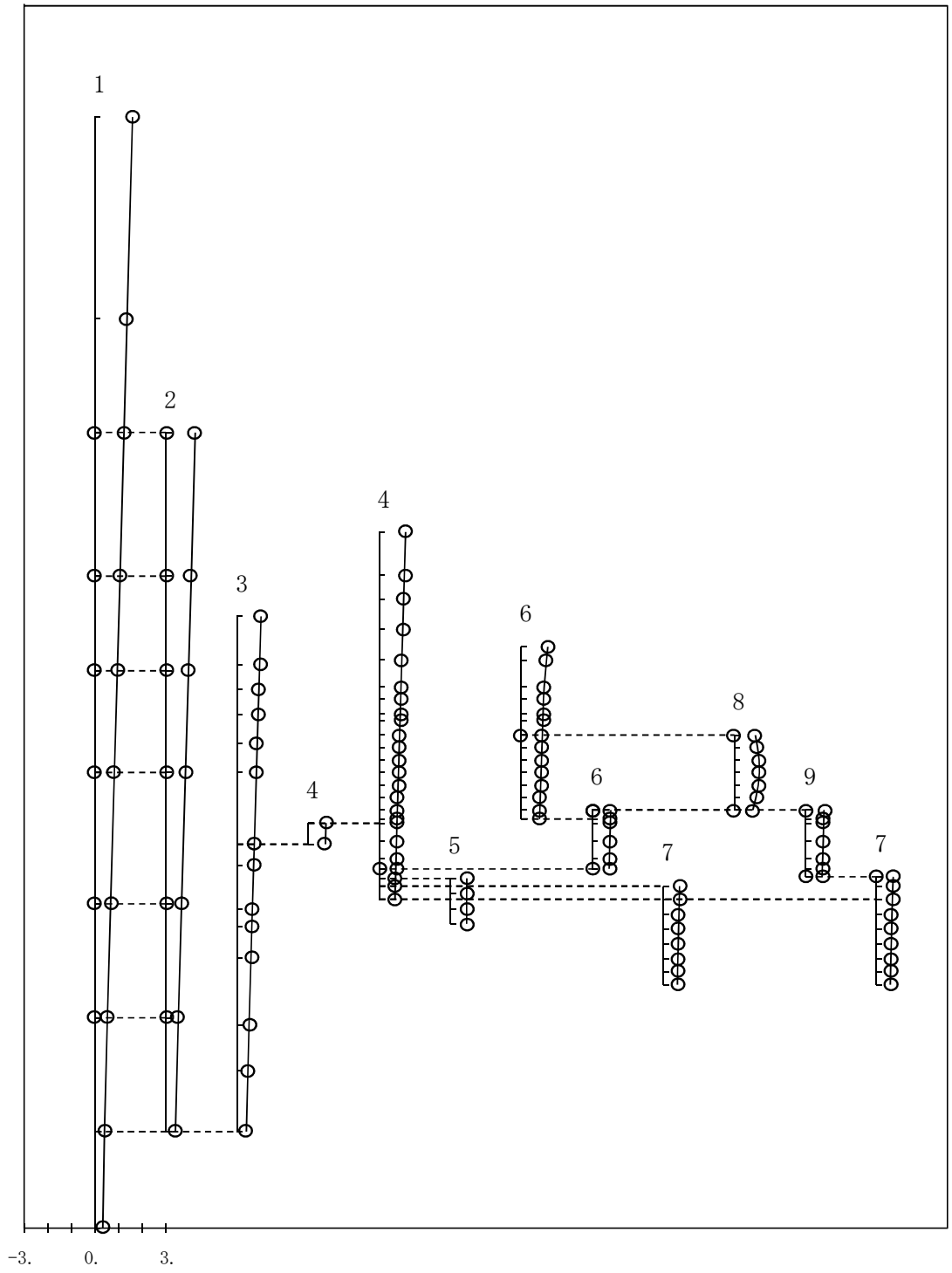


図4－431　第1次刺激関数モード（NS方向,Ss-6）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 原子炉建屋
2 原子炉格納容器
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体
9 制御棒案内管

固有周期(s)　；0.209　　刺激係数　　；1.179

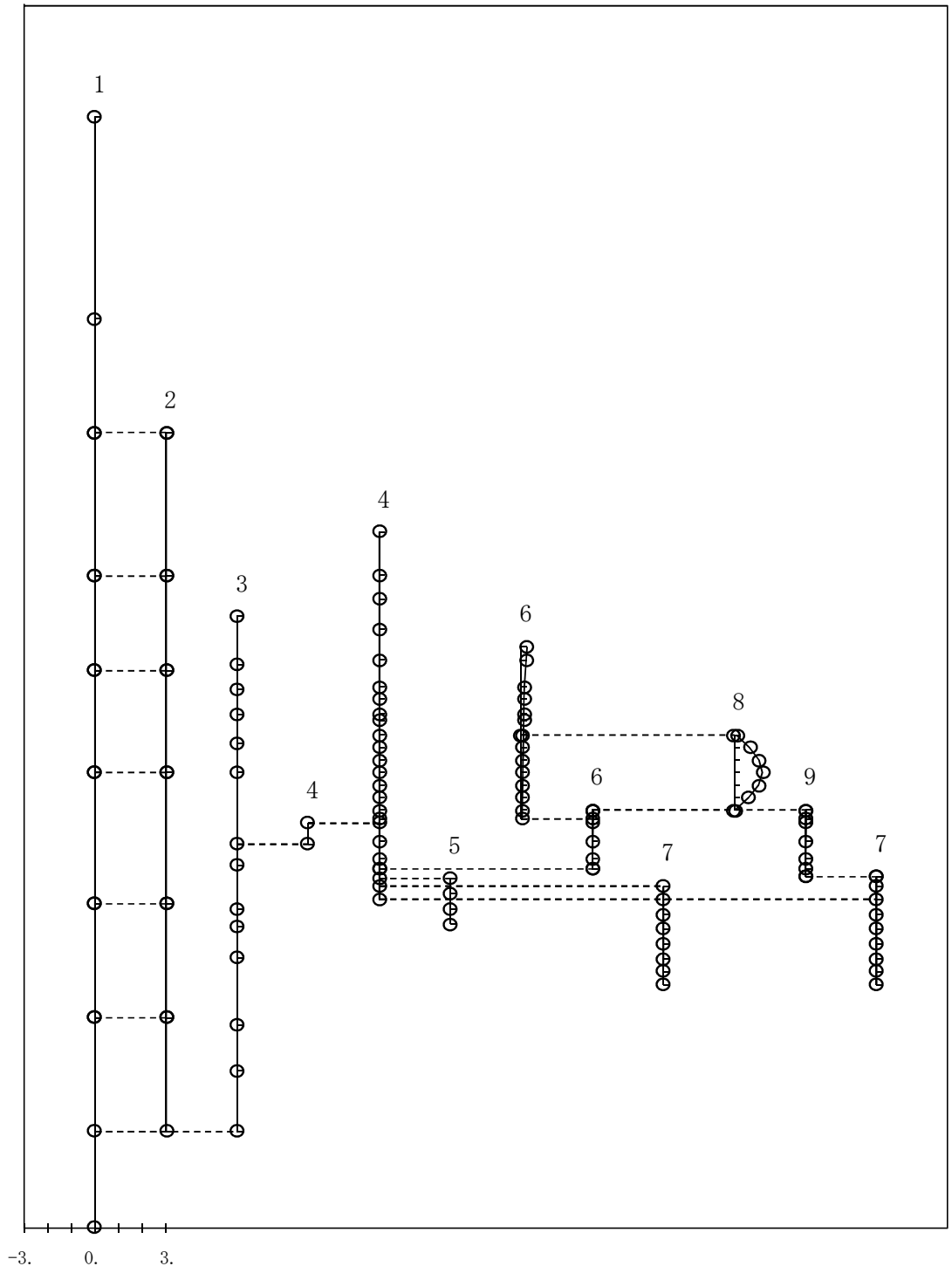


図4－432　第2次刺激関数モード（NS方向,Ss-6）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 原子炉建屋
2 原子炉格納容器
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体
9 制御棒案内管

固有周期(s)　；0.190　　刺激係数　　；-1.279

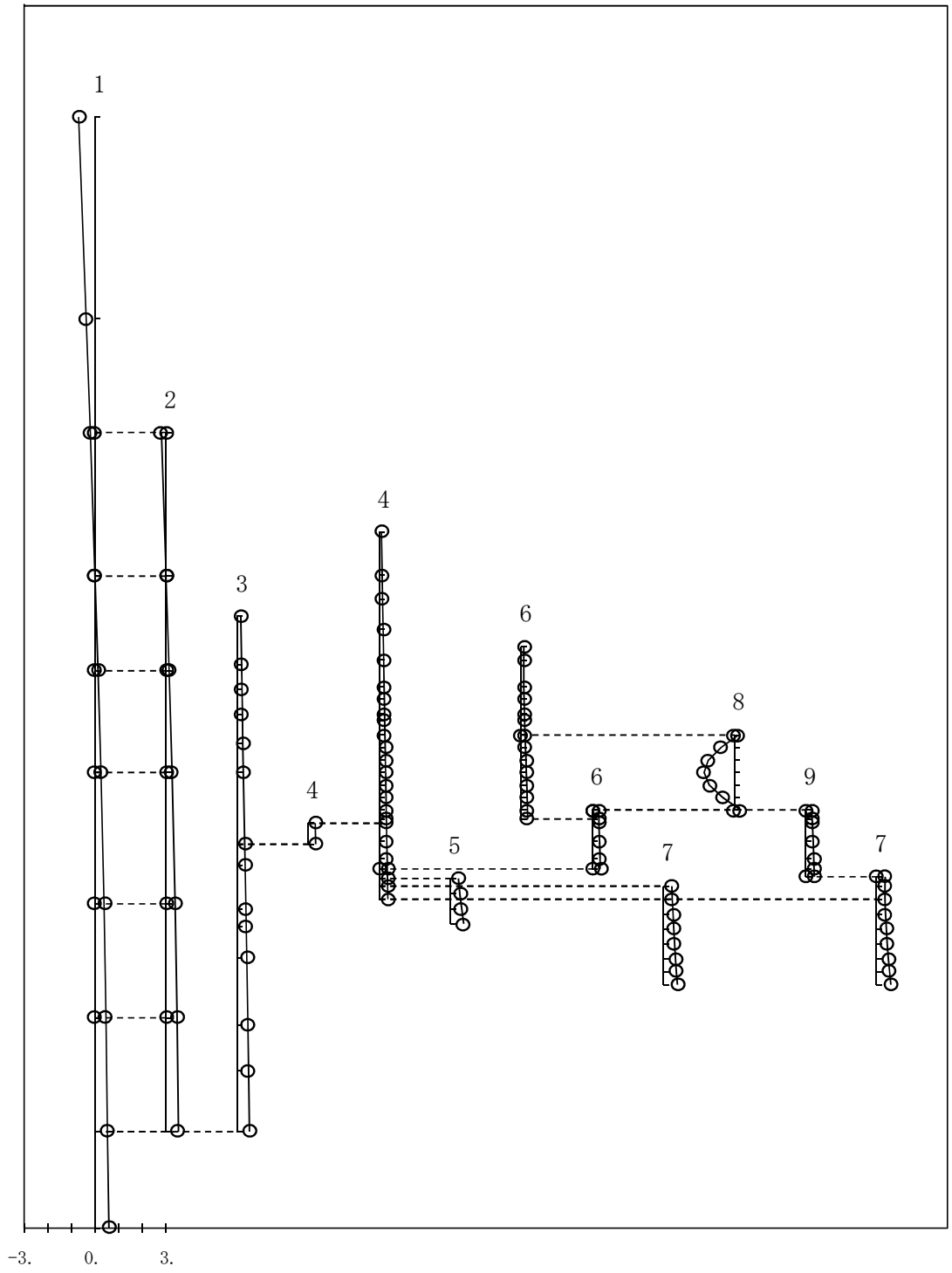


図4－433　第3次刺激関数モード（NS方向,Ss-6）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 原子炉建屋
2 原子炉格納容器
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体
9 制御棒案内管

固有周期(s)　；0.141　　刺激係数　　；-0.601

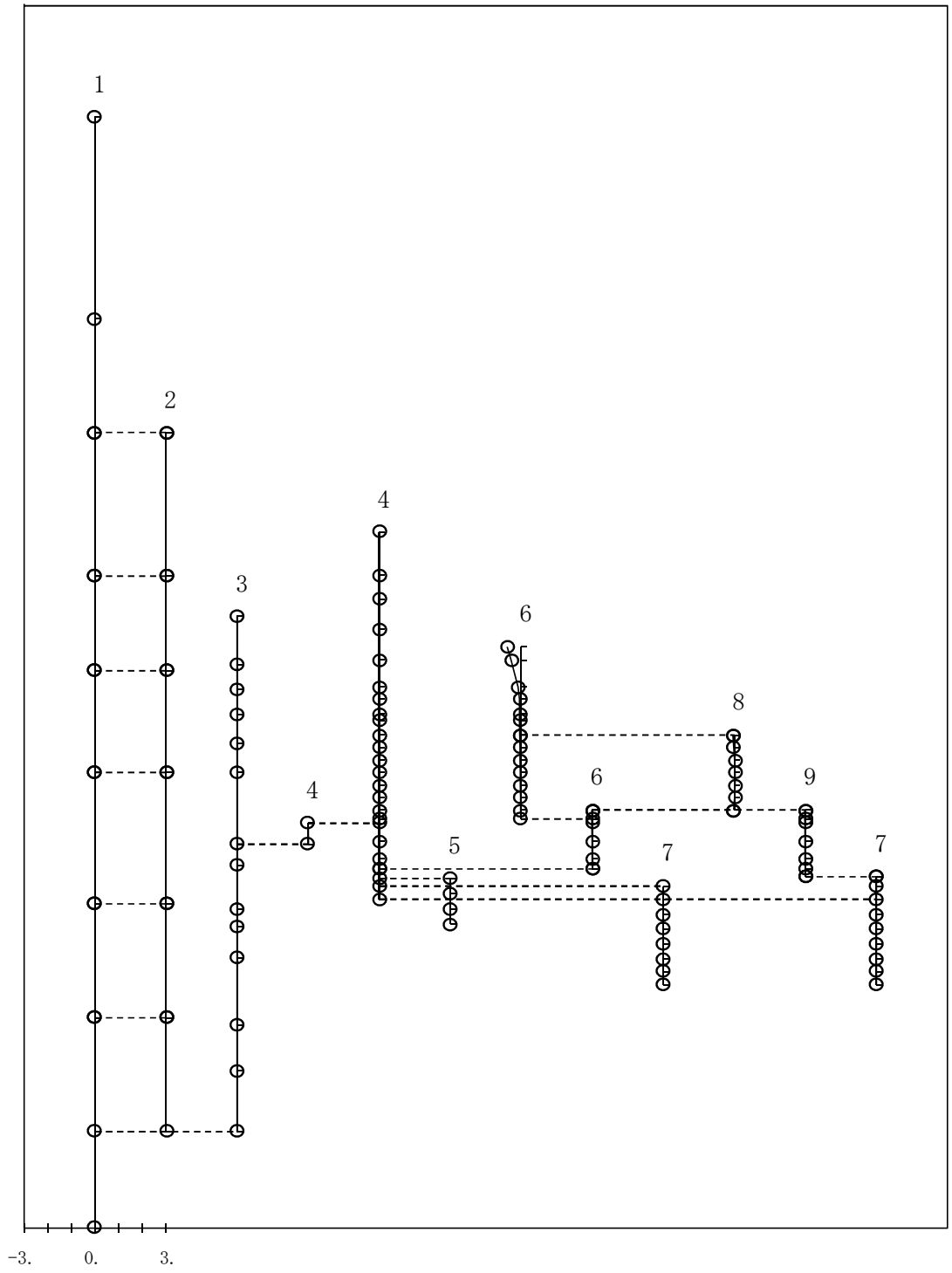


図4－434　第4次刺激関数モード（NS方向,Ss-6）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 原子炉建屋
2 原子炉格納容器
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体
9 制御棒案内管

固有周期(s)　；0.103　　刺激係数　　；-0.284

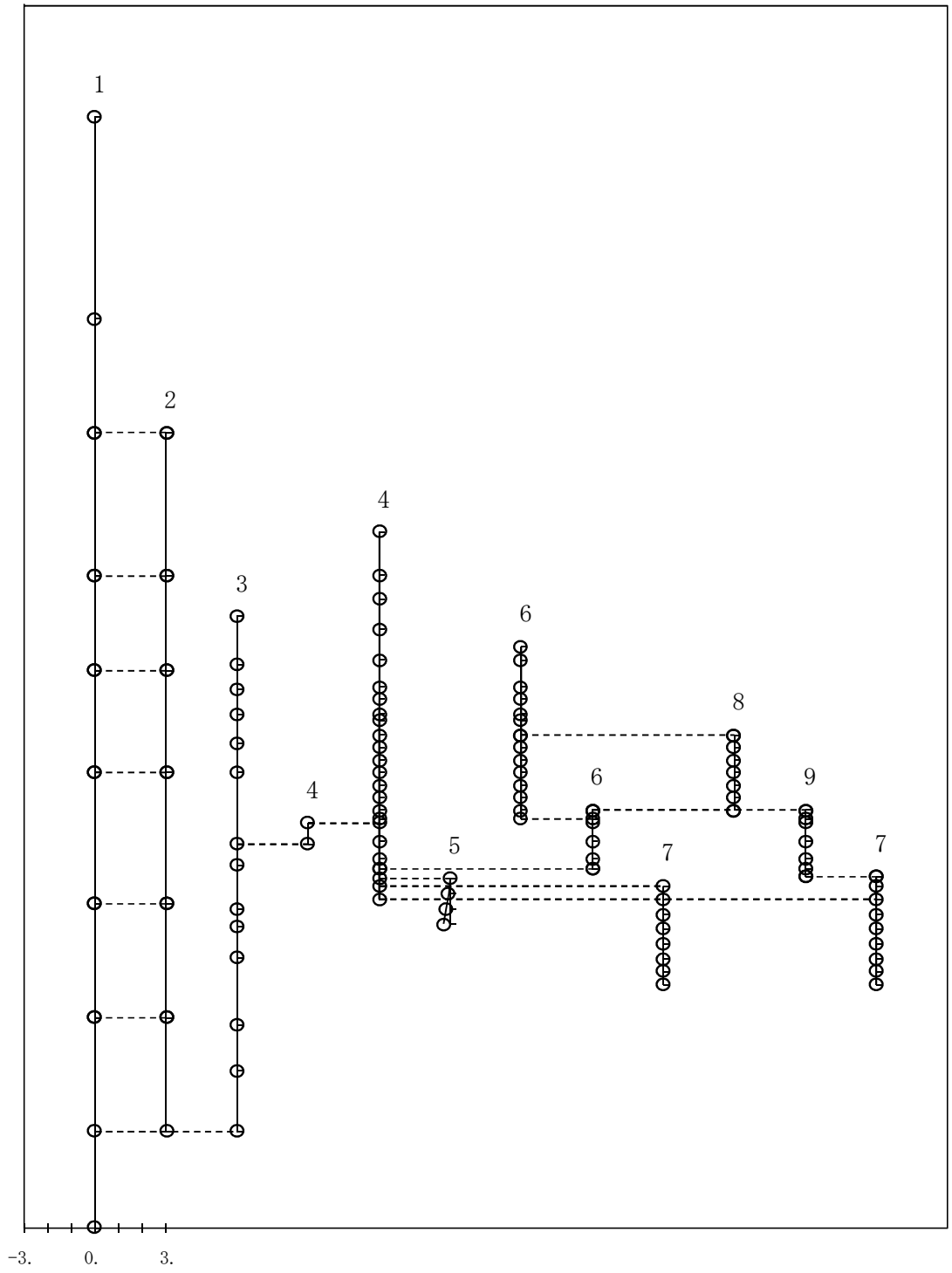


図4－435　第5次刺激関数モード（NS方向,Ss-6）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 原子炉建屋
2 原子炉格納容器
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体
9 制御棒案内管

固有周期(s)　；0.091　　刺激係数　　；-0.188

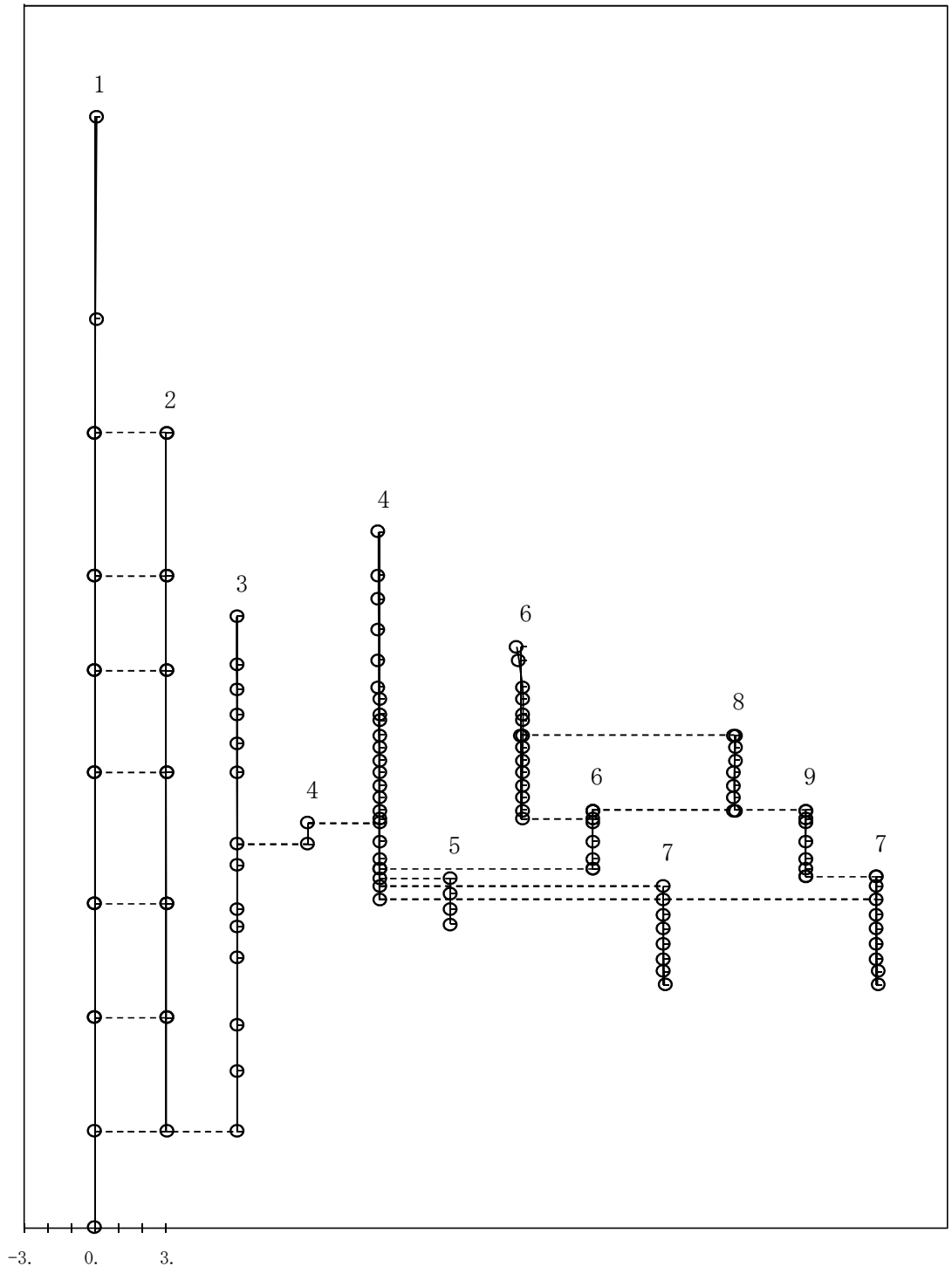


図4－436　第6次刺激関数モード（NS方向,Ss-6）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 原子炉建屋
2 原子炉格納容器
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体
9 制御棒案内管

固有周期(s)　；0.090　　刺激係数　　；0.170

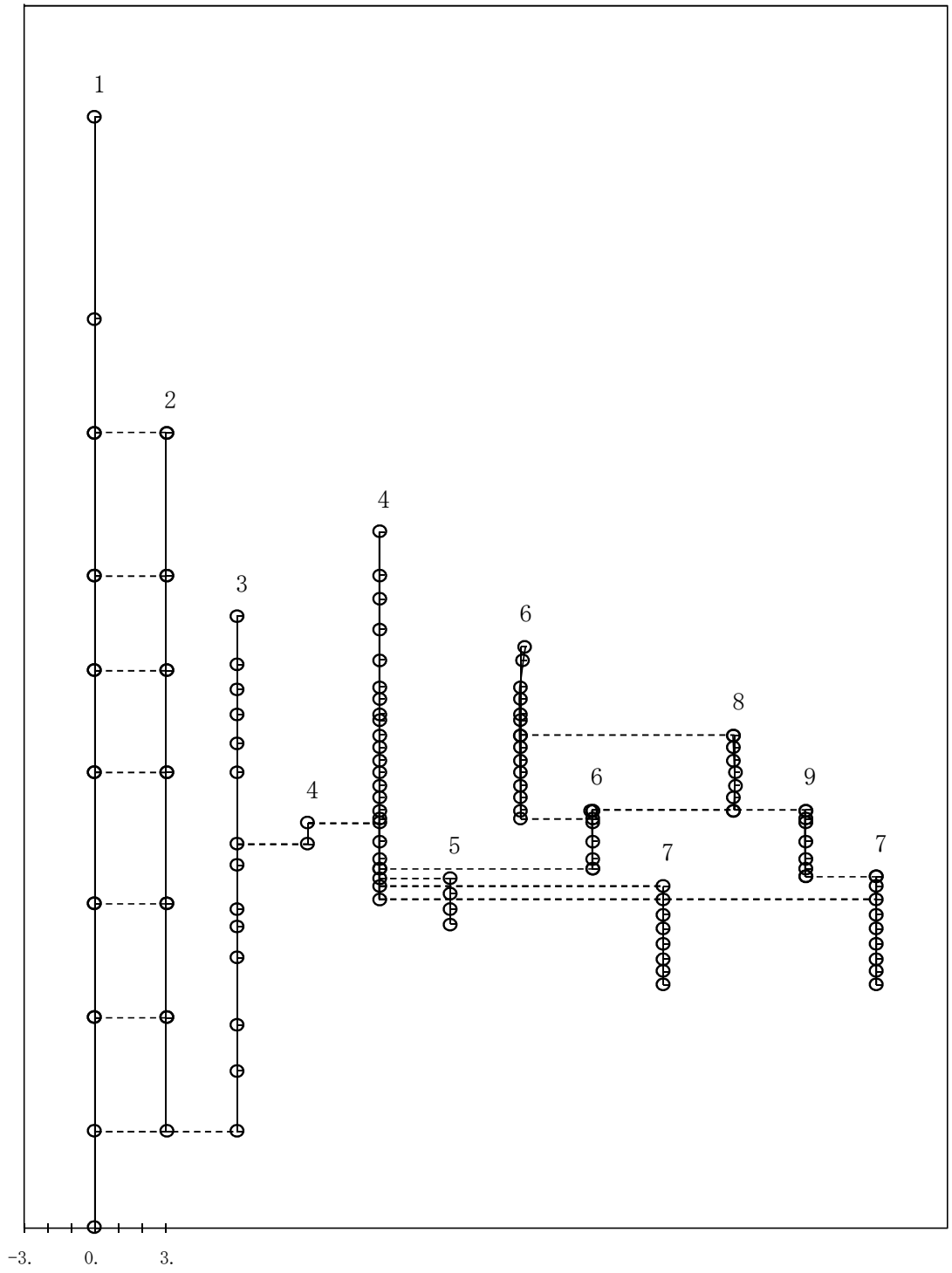


図4－437　第7次刺激関数モード（NS方向,Ss-6）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 原子炉建屋
2 原子炉格納容器
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体
9 制御棒案内管

固有周期(s)　；0.089　　刺激係数　　；-0.121

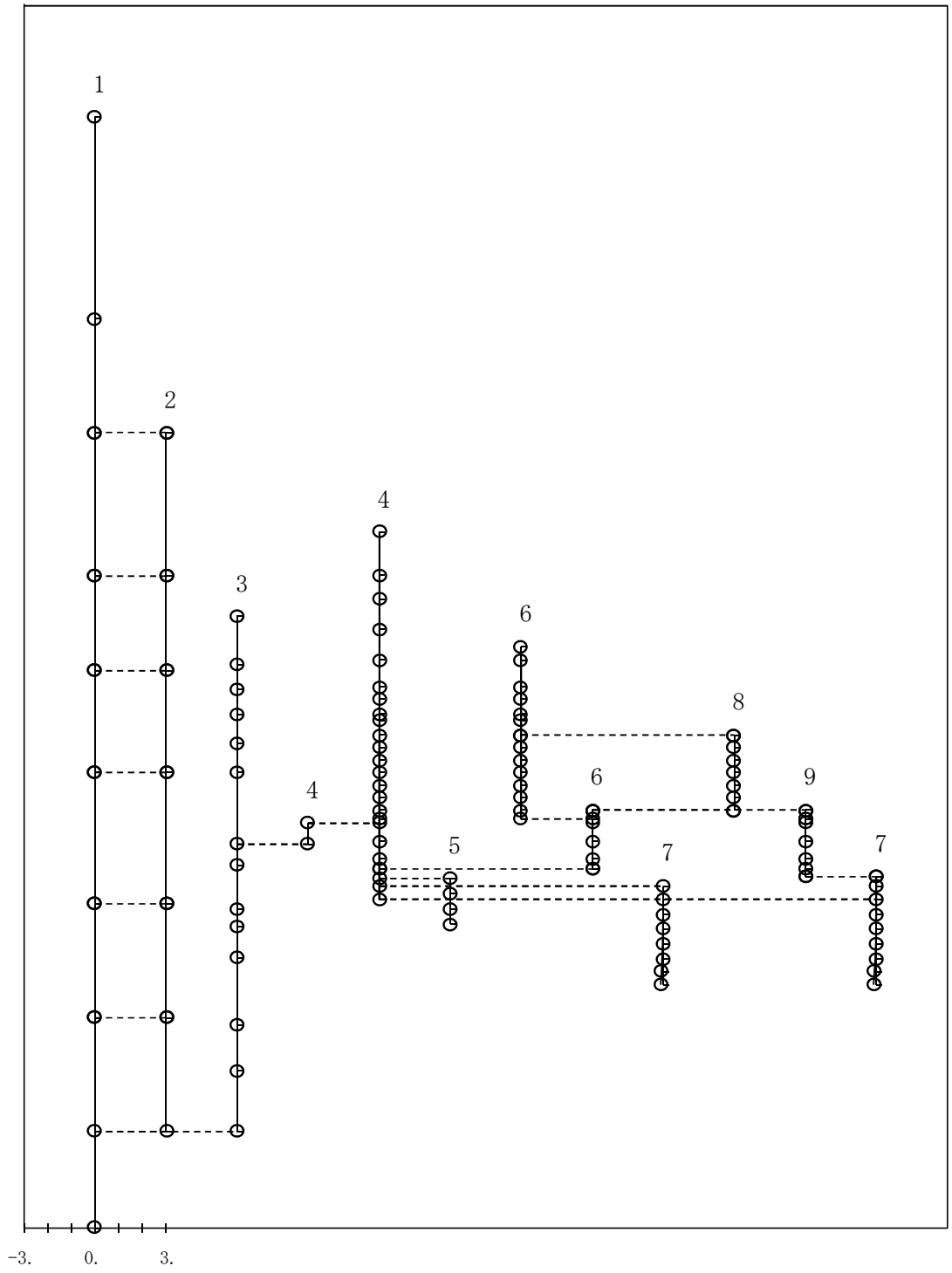


図4－438　第8次刺激関数モード（NS方向,Ss-6）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 原子炉建屋
2 原子炉格納容器
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体
9 制御棒案内管

固有周期(s)　；0.078　　刺激係数　　；-0.466

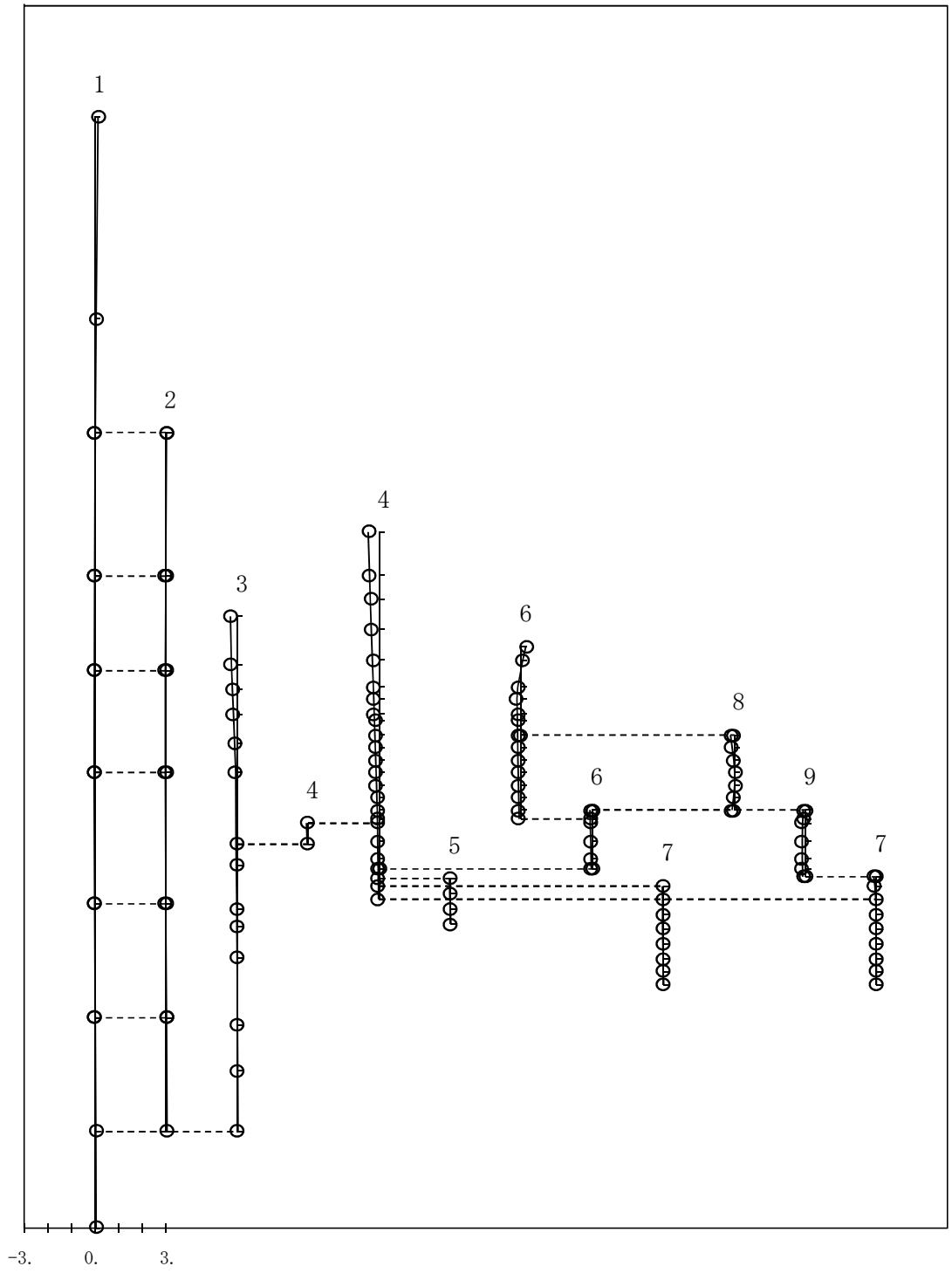


図4－439　第9次刺激関数モード（NS方向,Ss-6）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 原子炉建屋
2 原子炉格納容器
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体
9 制御棒案内管

固有周期(s)　；0.077　　刺激係数　　；-0.186

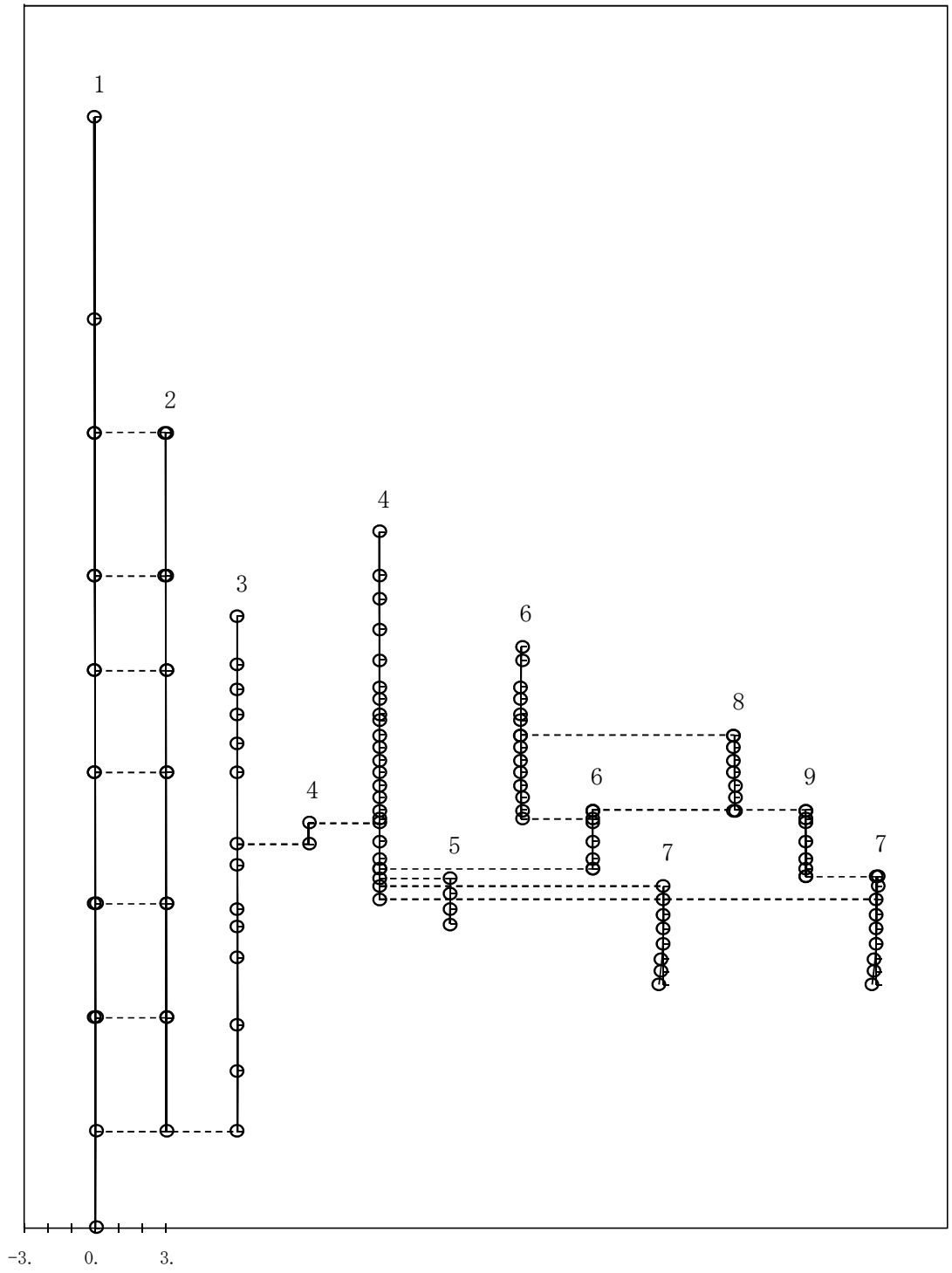


図4－440　第10次刺激関数モード（NS方向, Ss-6）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 原子炉建屋
2 原子炉格納容器
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体
9 制御棒案内管

固有周期(s)　；0.068　　刺激係数　　；0.203

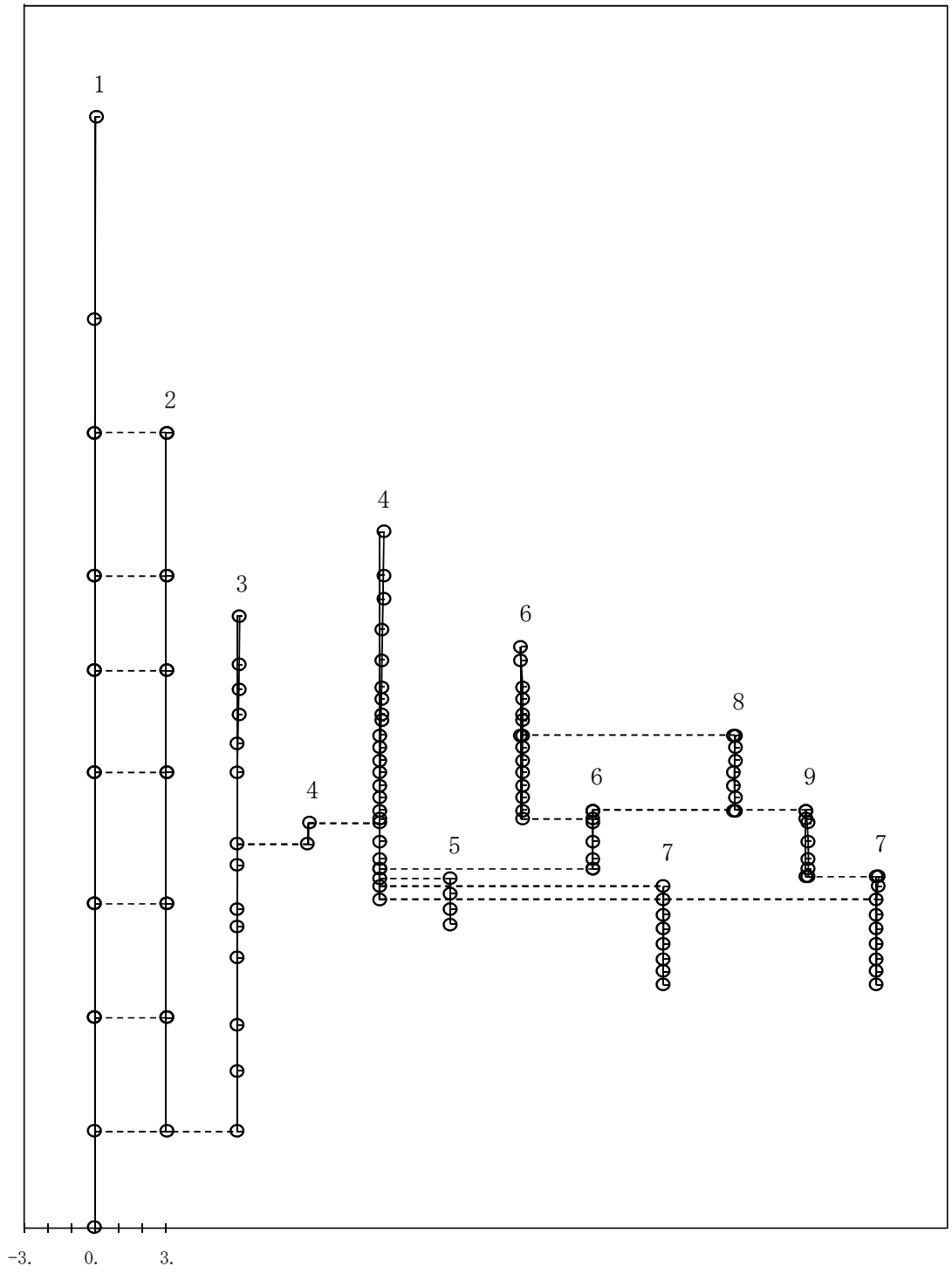


図4－441　第11次刺激関数モード（NS方向, Ss-6）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 原子炉建屋
2 原子炉格納容器
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体
9 制御棒案内管

固有周期(s)　；0.065　　刺激係数　　；-0.125

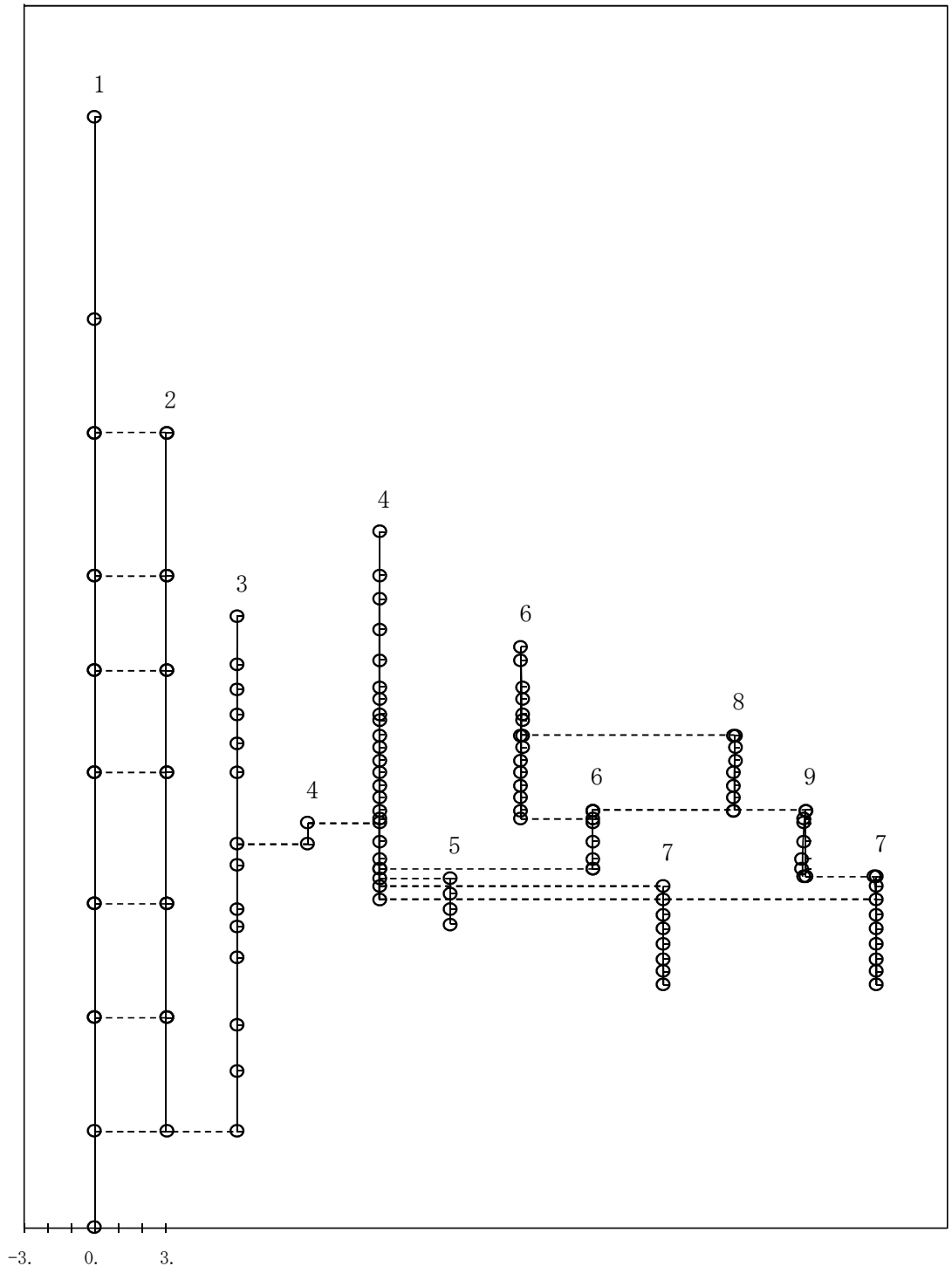


図4－442　第12次刺激関数モード（NS方向, Ss-6）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 原子炉建屋
2 原子炉格納容器
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体
9 制御棒案内管

固有周期(s)　；0.056　　刺激係数　　；0.151

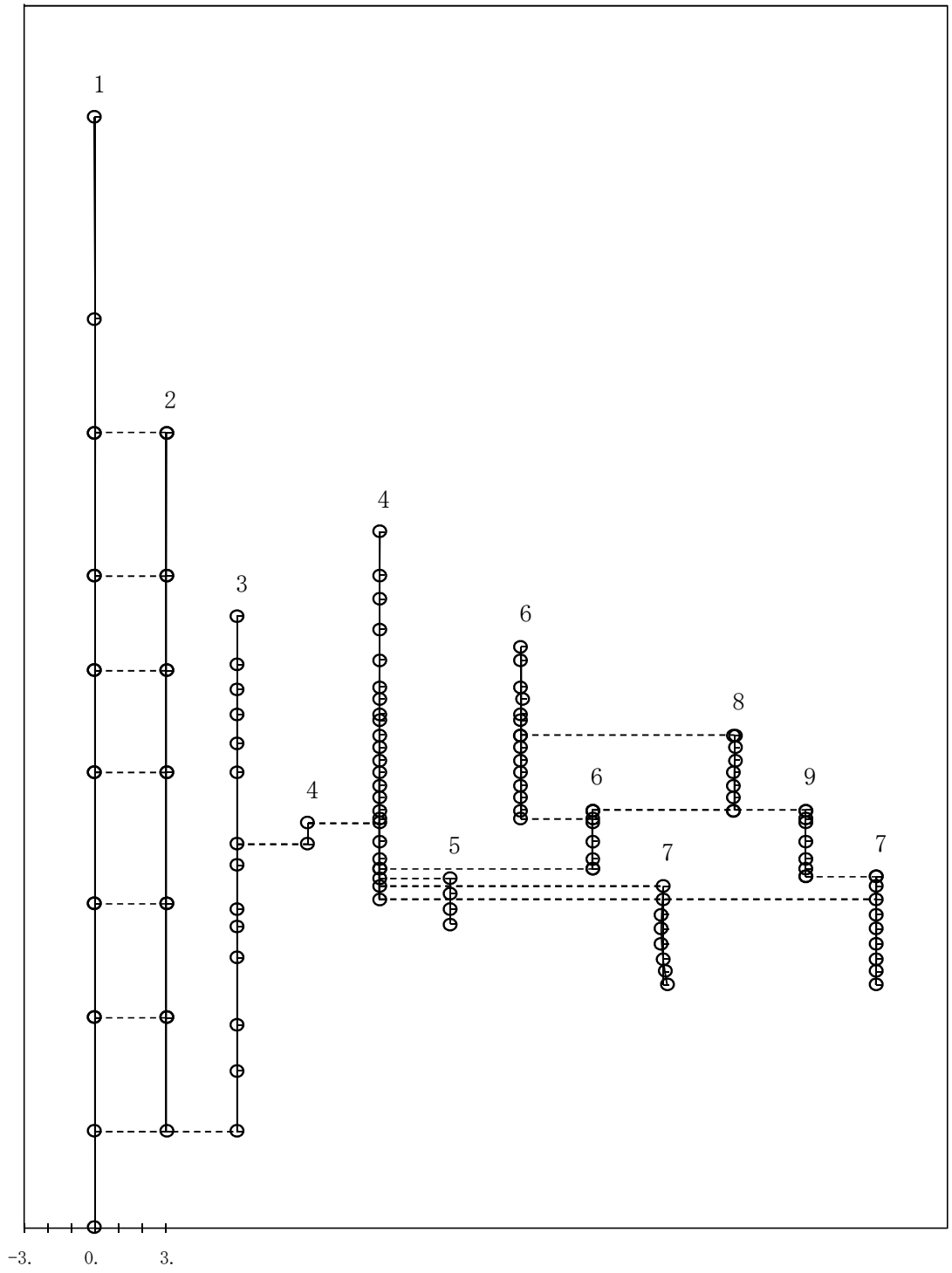


図4－443　第13次刺激関数モード（NS方向, Ss-6）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 原子炉建屋
2 原子炉格納容器
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体
9 制御棒案内管

固有周期(s)　；0.055　　刺激係数　　；-0.029

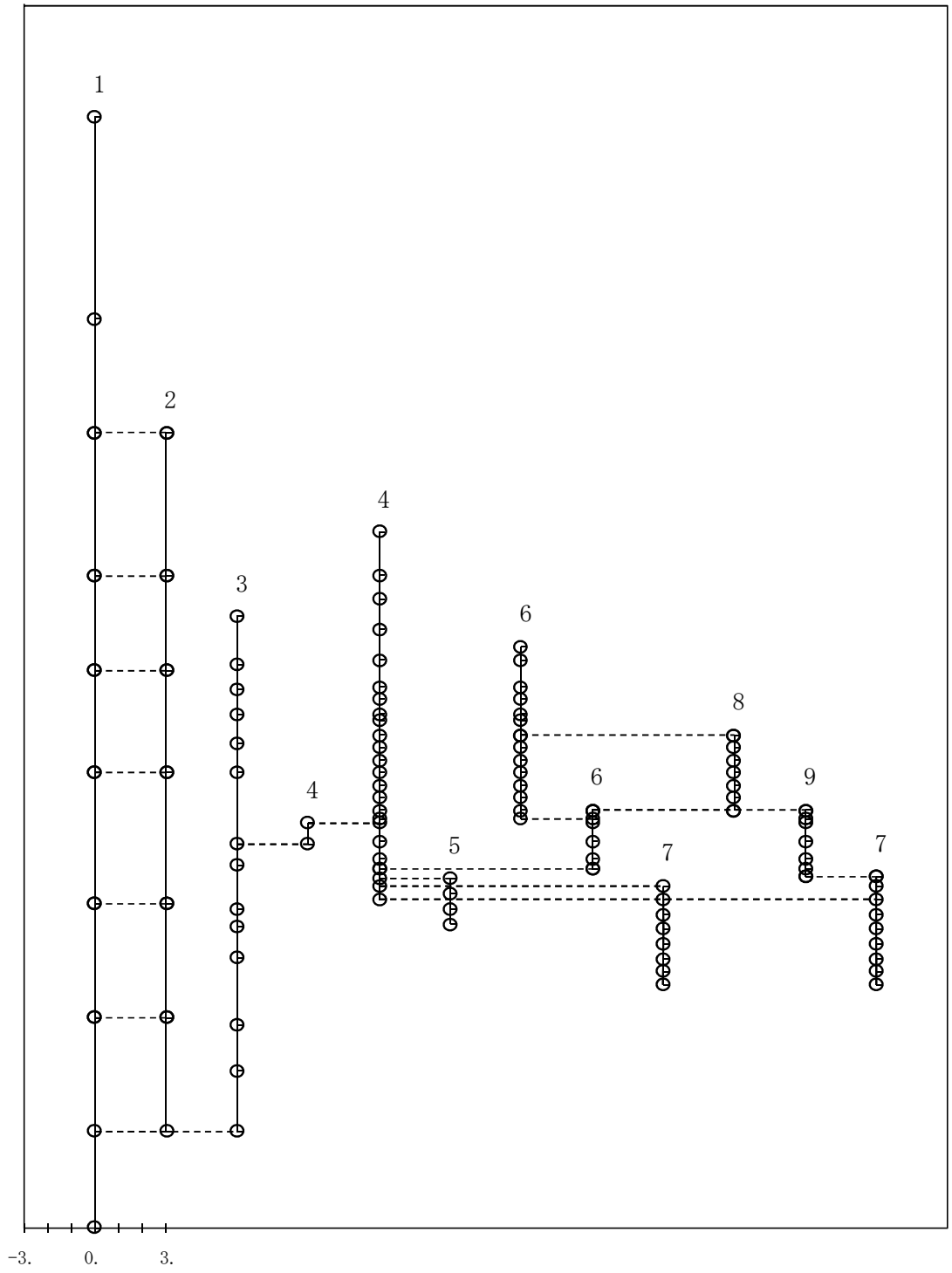


図4－444　第14次刺激関数モード（NS方向, Ss-6）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 原子炉建屋
2 原子炉格納容器
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体
9 制御棒案内管

固有周期(s)　；0.052　　刺激係数　　；-0.010

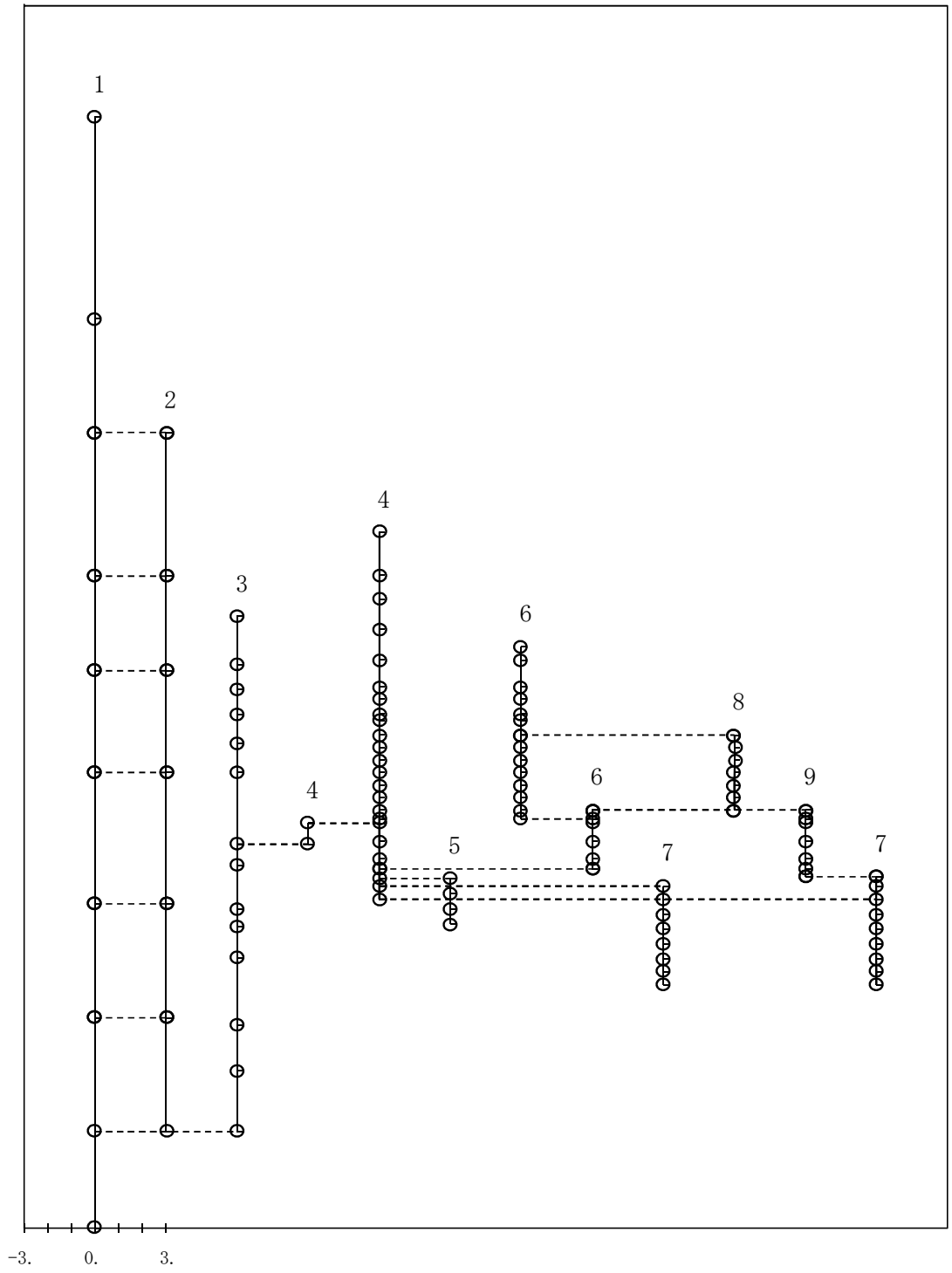


図4－445　第15次刺激関数モード（NS方向, Ss-6）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 原子炉建屋
2 原子炉格納容器
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体
9 制御棒案内管

固有周期(s)　；0.423　　刺激係数　　；1.548

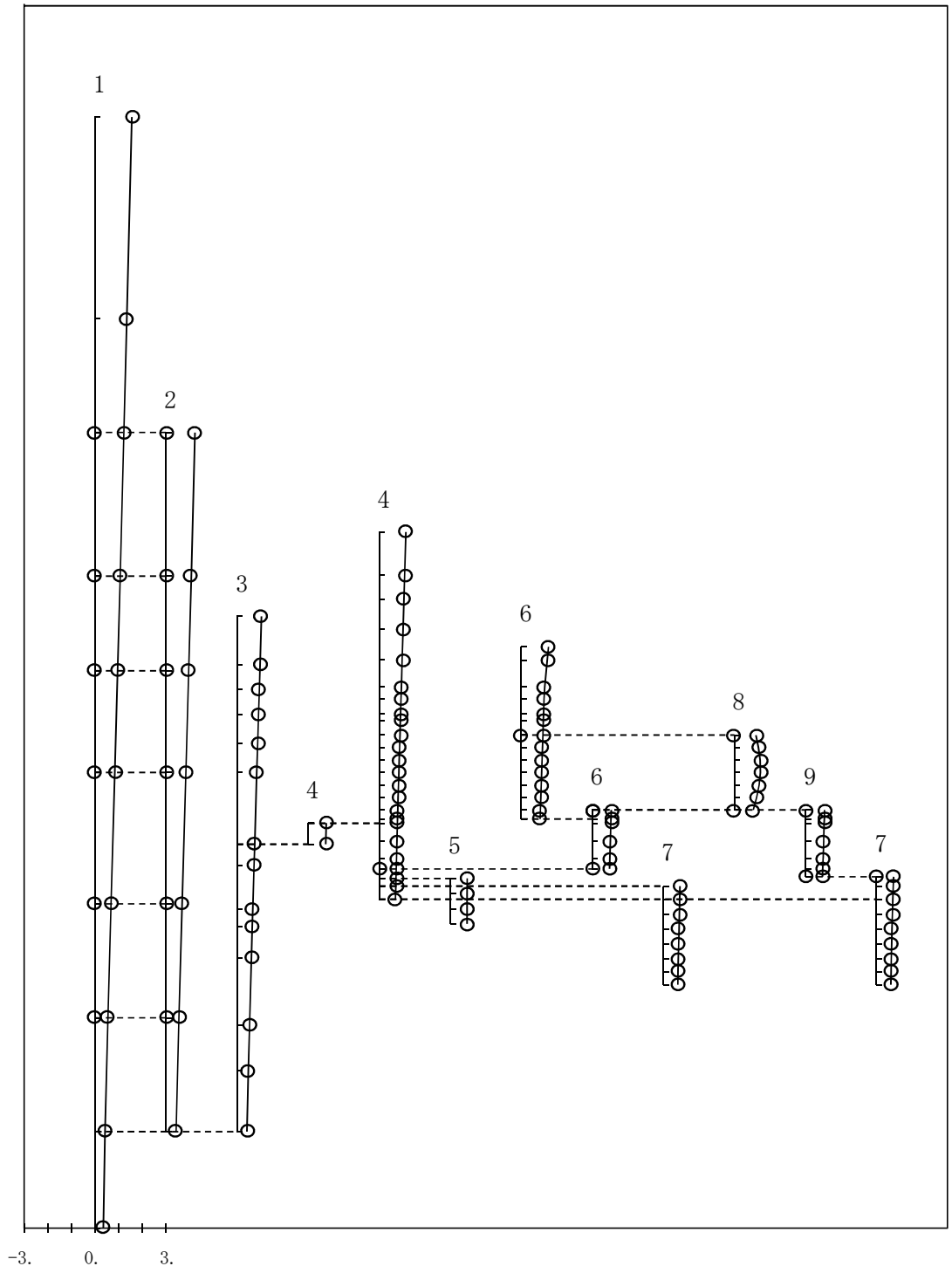


図4－446　第1次刺激関数モード（EW方向,Ss-6）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 原子炉建屋
2 原子炉格納容器
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体
9 制御棒案内管

固有周期(s)　；0.209　　刺激係数　　；0.948

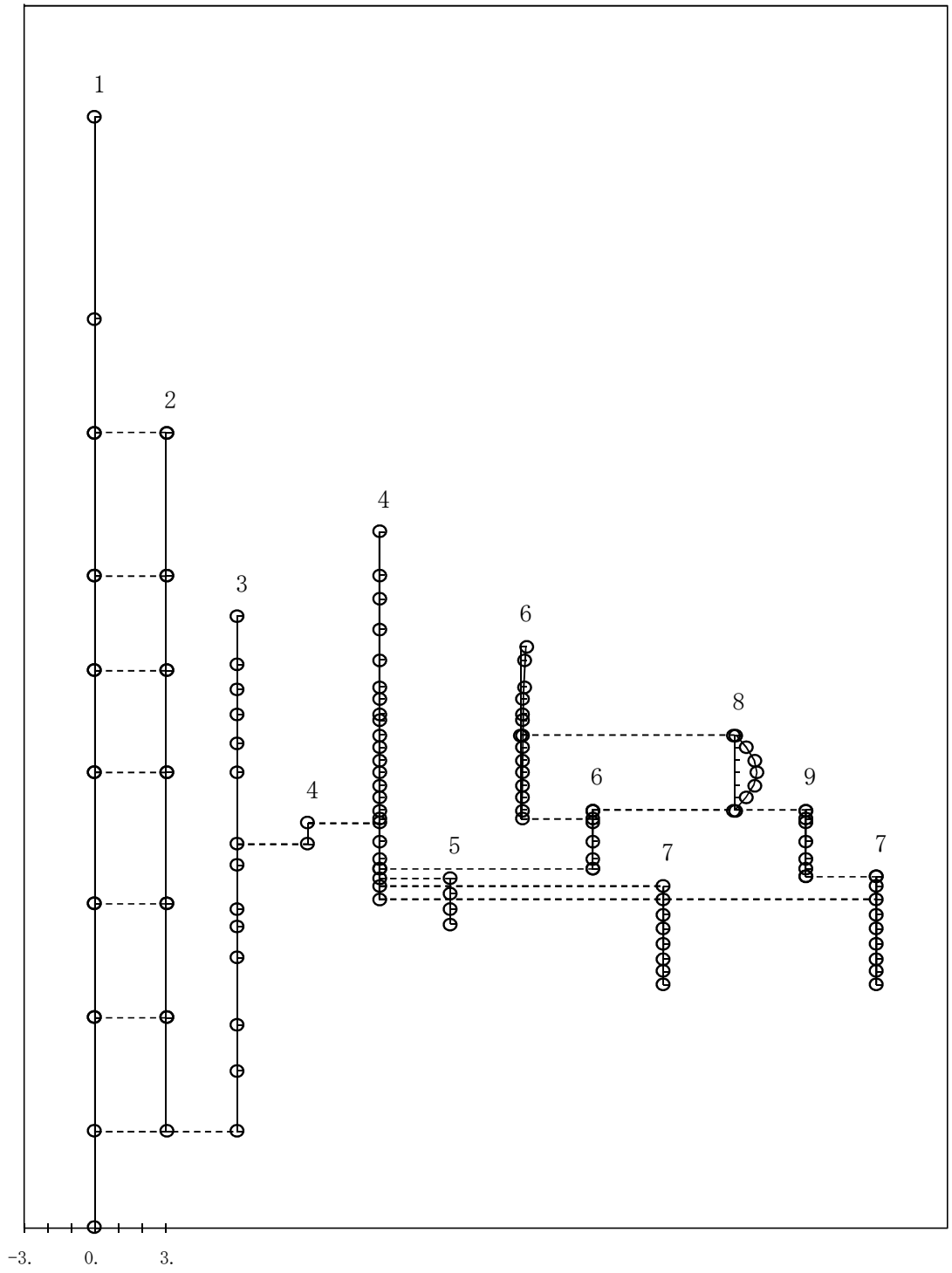


図4－447　第2次刺激関数モード（EW方向,Ss-6）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 原子炉建屋
2 原子炉格納容器
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体
9 制御棒案内管

固有周期(s)　；0.189　　刺激係数　　；-1.085

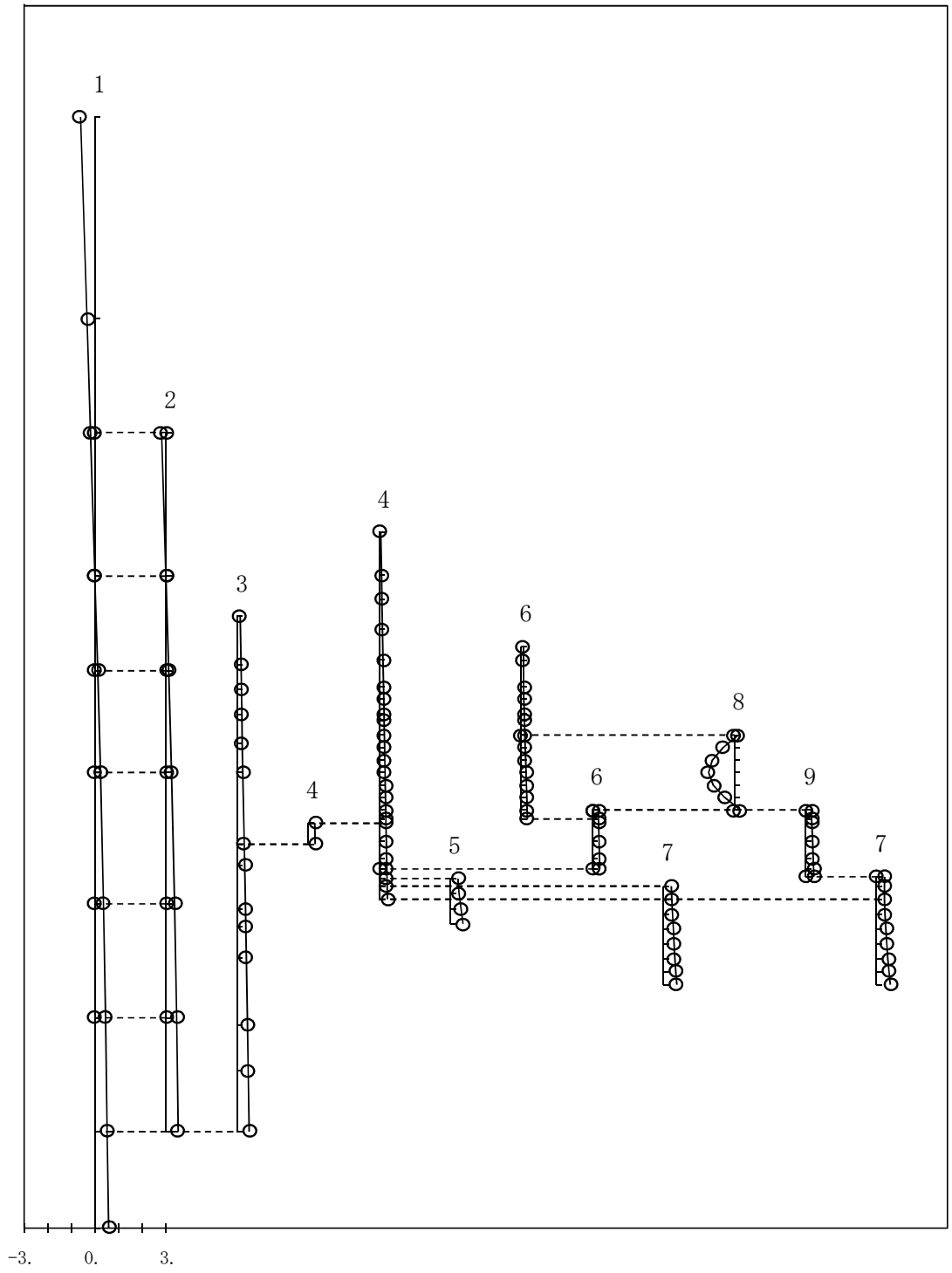


図4－448　第3次刺激関数モード（EW方向,Ss-6）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 原子炉建屋
2 原子炉格納容器
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体
9 制御棒案内管

固有周期(s)　；0.141　　刺激係数　　；-0.563

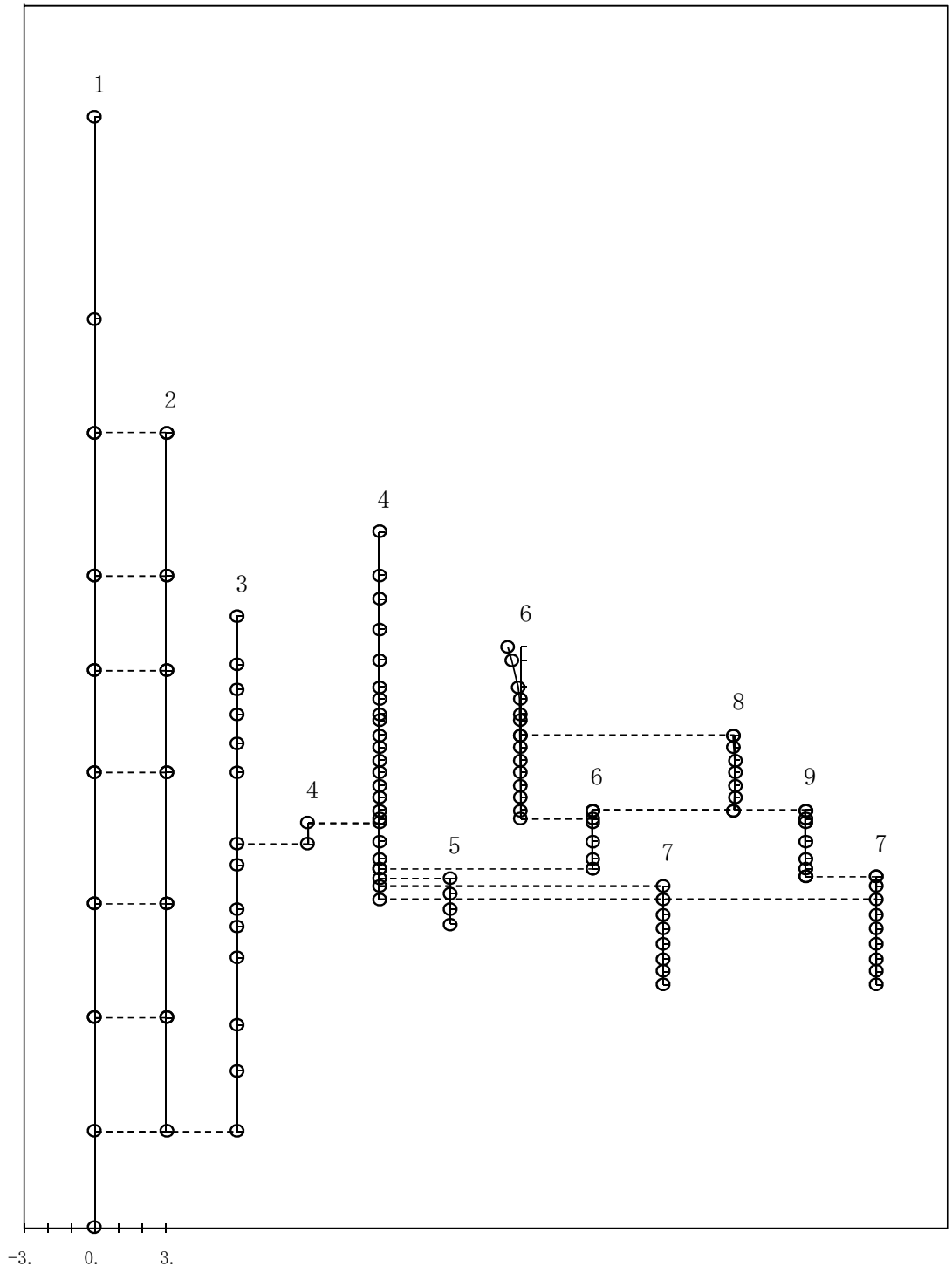


図4－449　第4次刺激関数モード（EW方向,Ss-6）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 原子炉建屋
2 原子炉格納容器
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体
9 制御棒案内管

固有周期(s)　；0.103　　刺激係数　　；-0.273

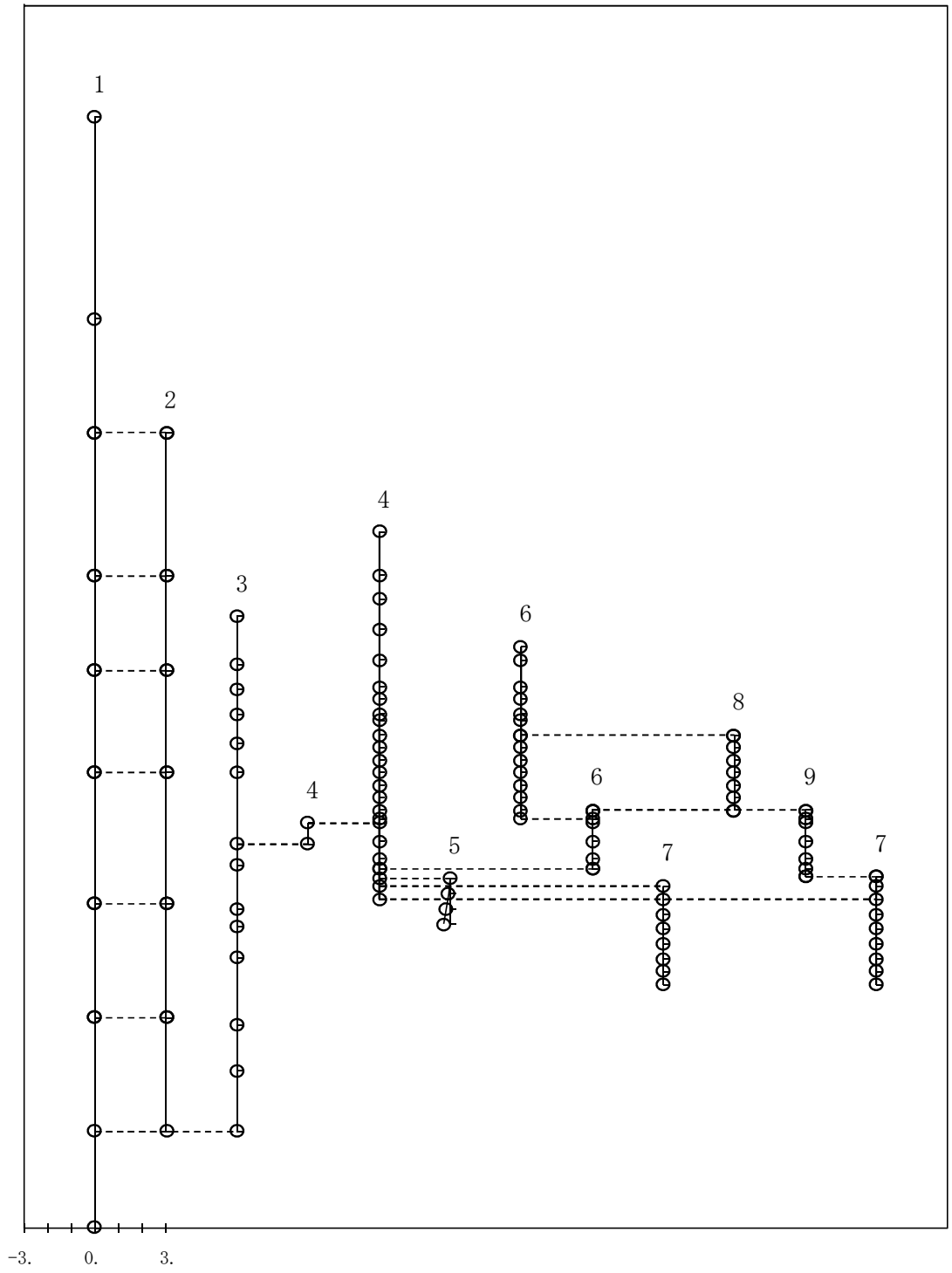


図4－450　第5次刺激関数モード（EW方向,Ss-6）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 原子炉建屋
2 原子炉格納容器
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体
9 制御棒案内管

固有周期(s)　；0.090　　刺激係数　　；-0.029

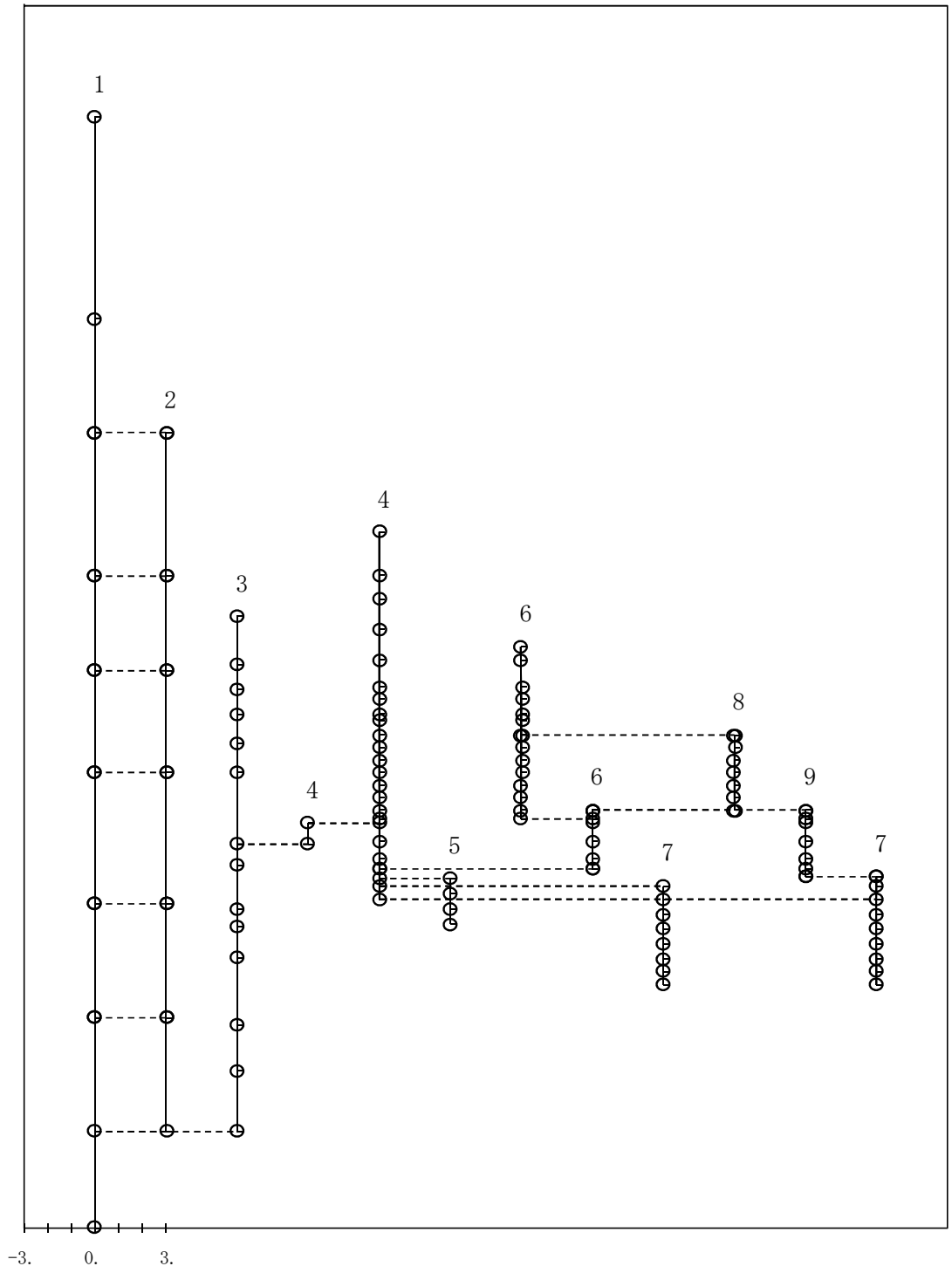


図4－451　第6次刺激関数モード（EW方向,Ss-6）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 原子炉建屋
2 原子炉格納容器
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体
9 制御棒案内管

固有周期(s)　；0.088　　刺激係数　　；-0.109

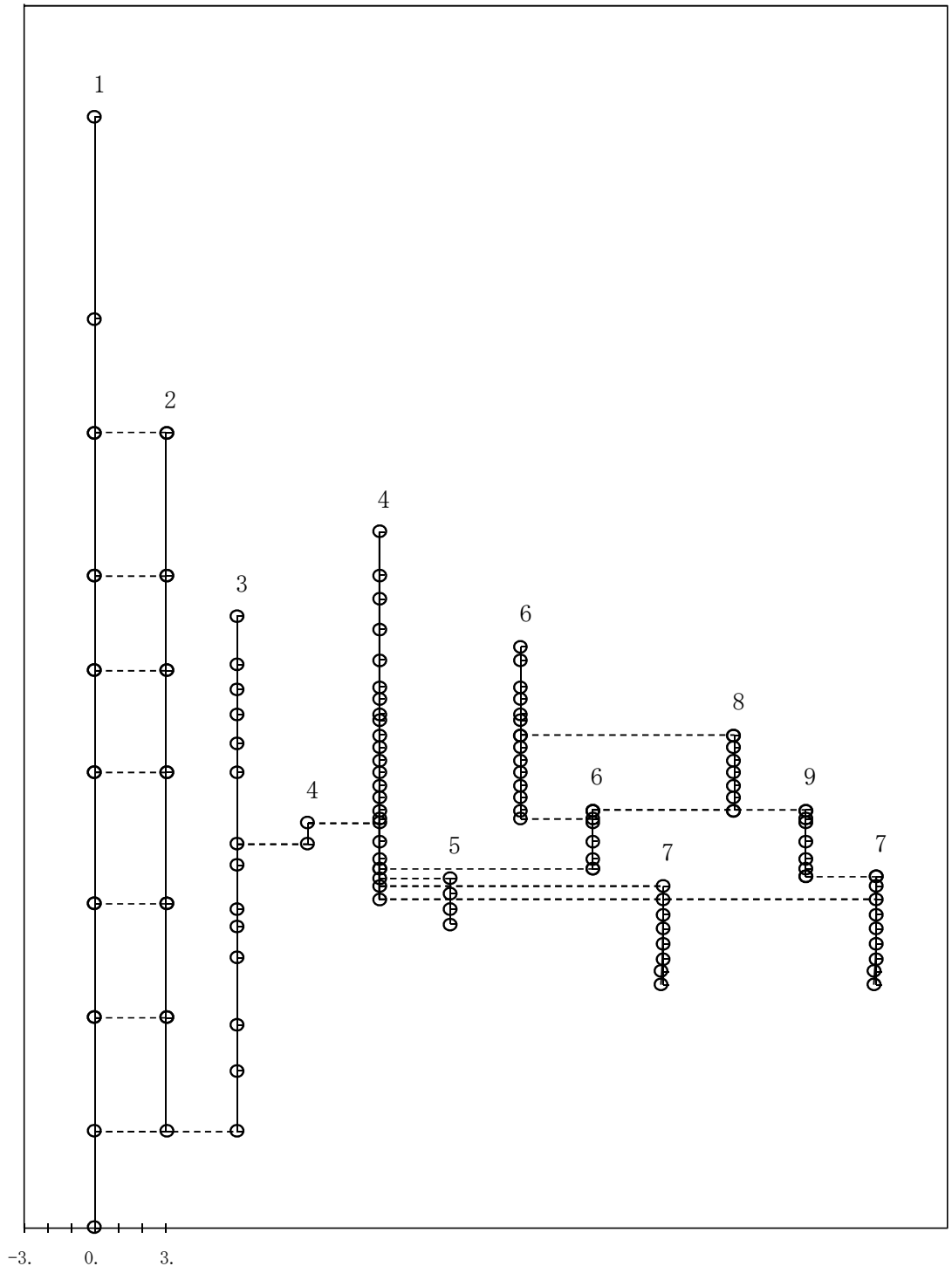


図4－452　第7次刺激関数モード（EW方向,Ss-6）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 原子炉建屋
2 原子炉格納容器
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体
9 制御棒案内管

固有周期(s)　；0.082　　刺激係数　　；-0.032

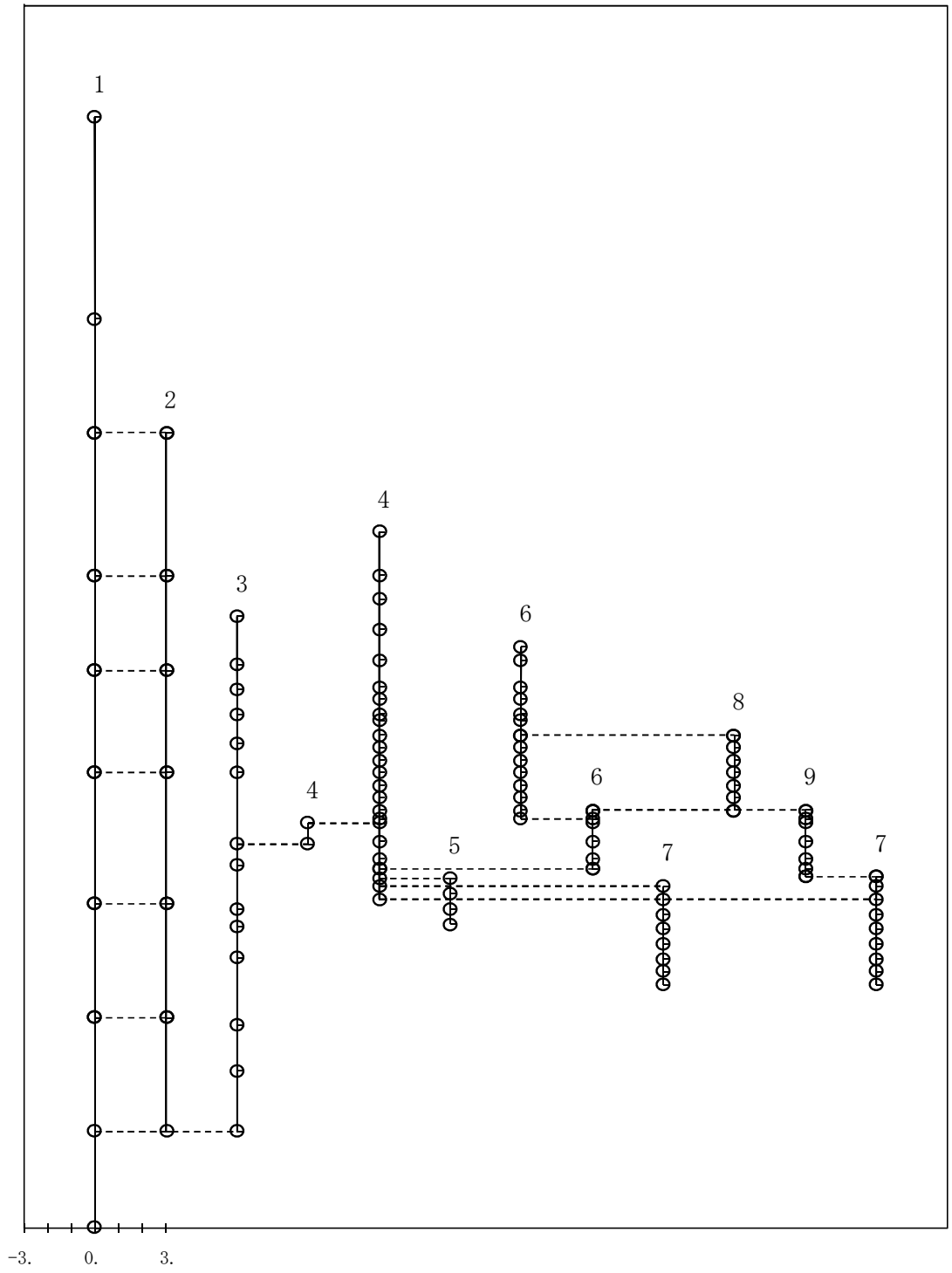


図4－453　第8次刺激関数モード（EW方向,Ss-6）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 原子炉建屋
2 原子炉格納容器
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体
9 制御棒案内管

固有周期(s)　；0.078　　刺激係数　　；-0.465

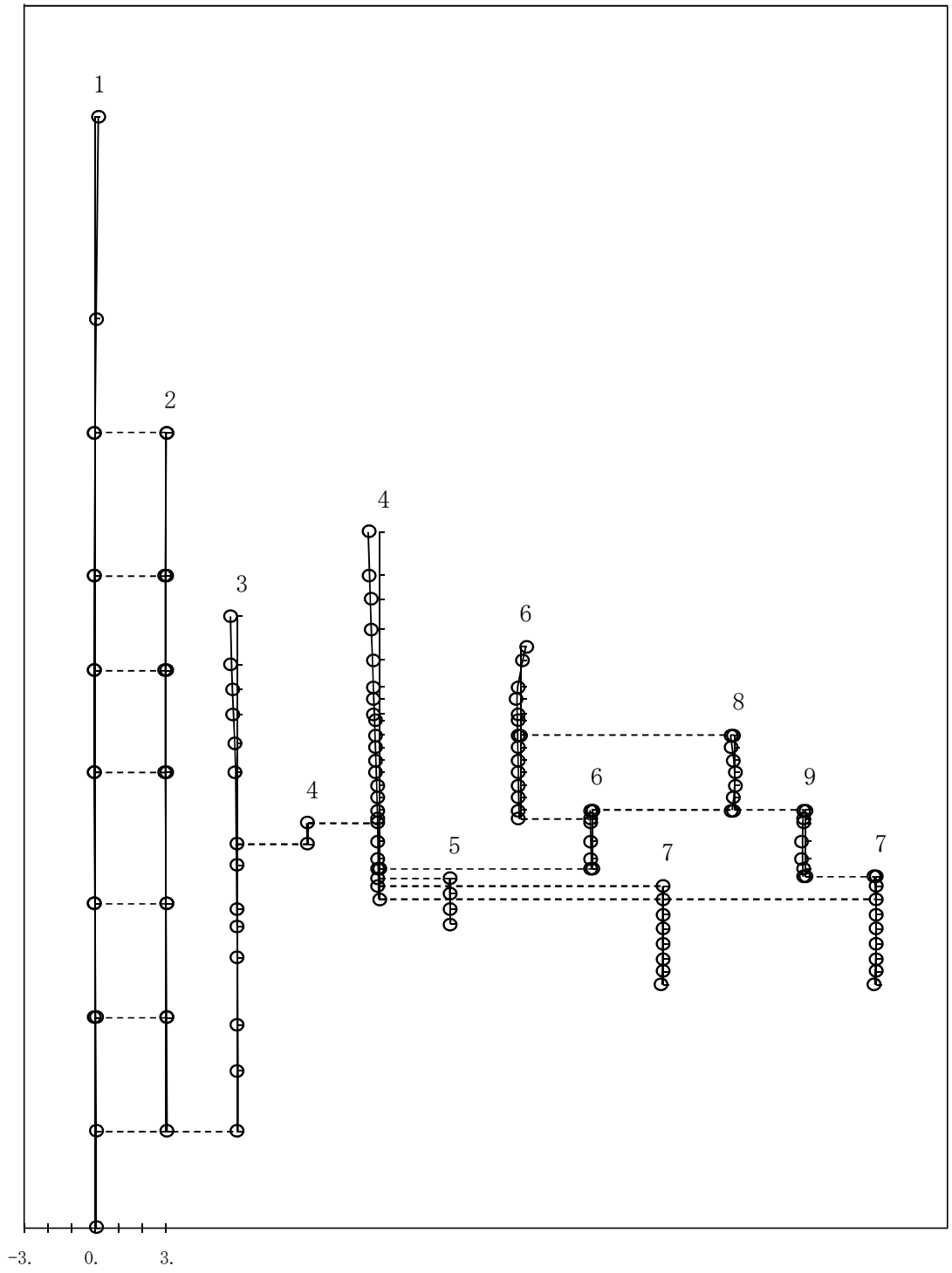


図4－454　第9次刺激関数モード（EW方向,Ss-6）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 原子炉建屋
2 原子炉格納容器
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体
9 制御棒案内管

固有周期(s)　；0.071　　刺激係数　　；-0.099

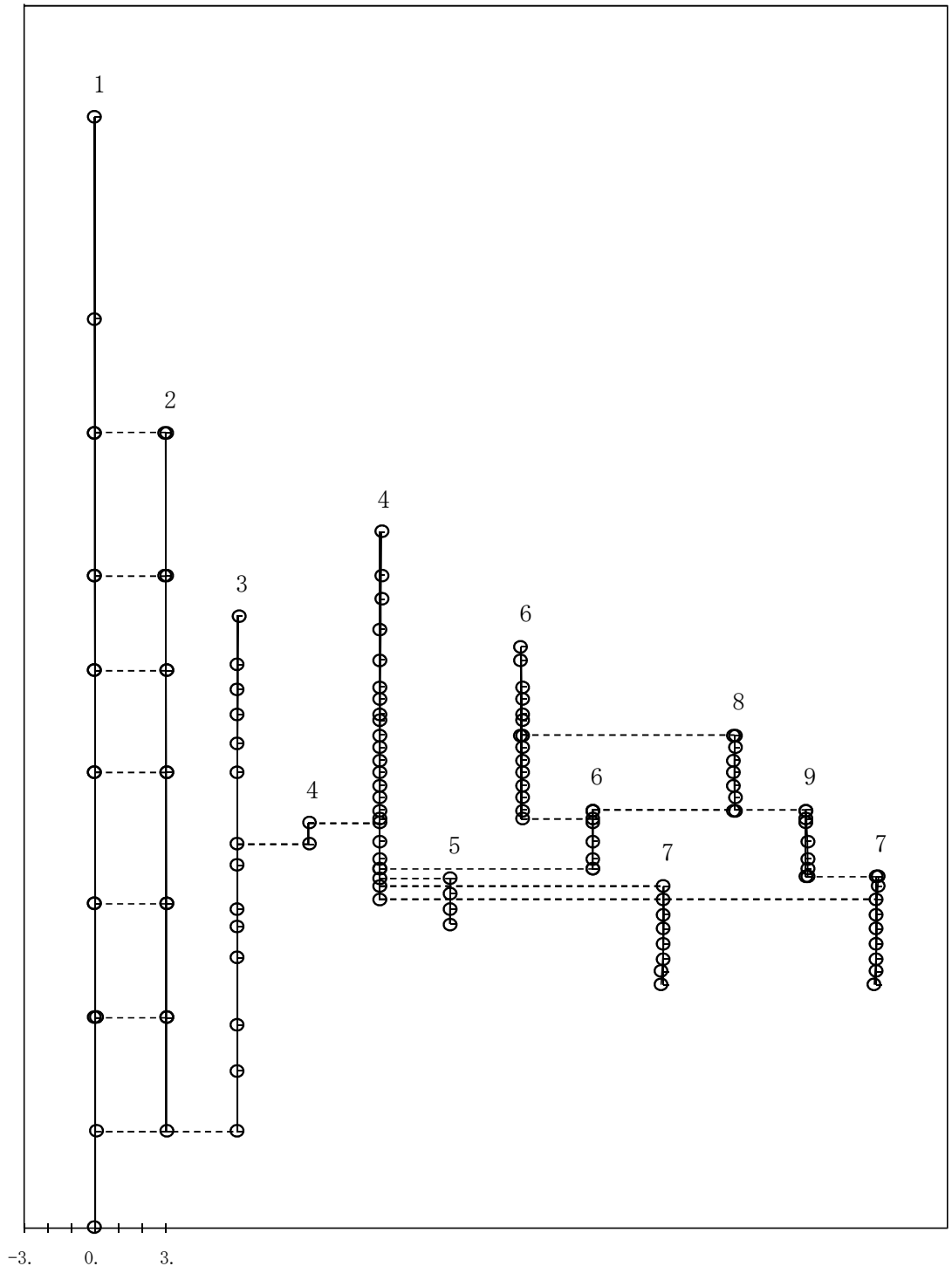


図4－455　第10次刺激関数モード（EW方向，Ss-6）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 原子炉建屋
2 原子炉格納容器
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体
9 制御棒案内管

固有周期(s)　；0.069　　刺激係数　　；0.072

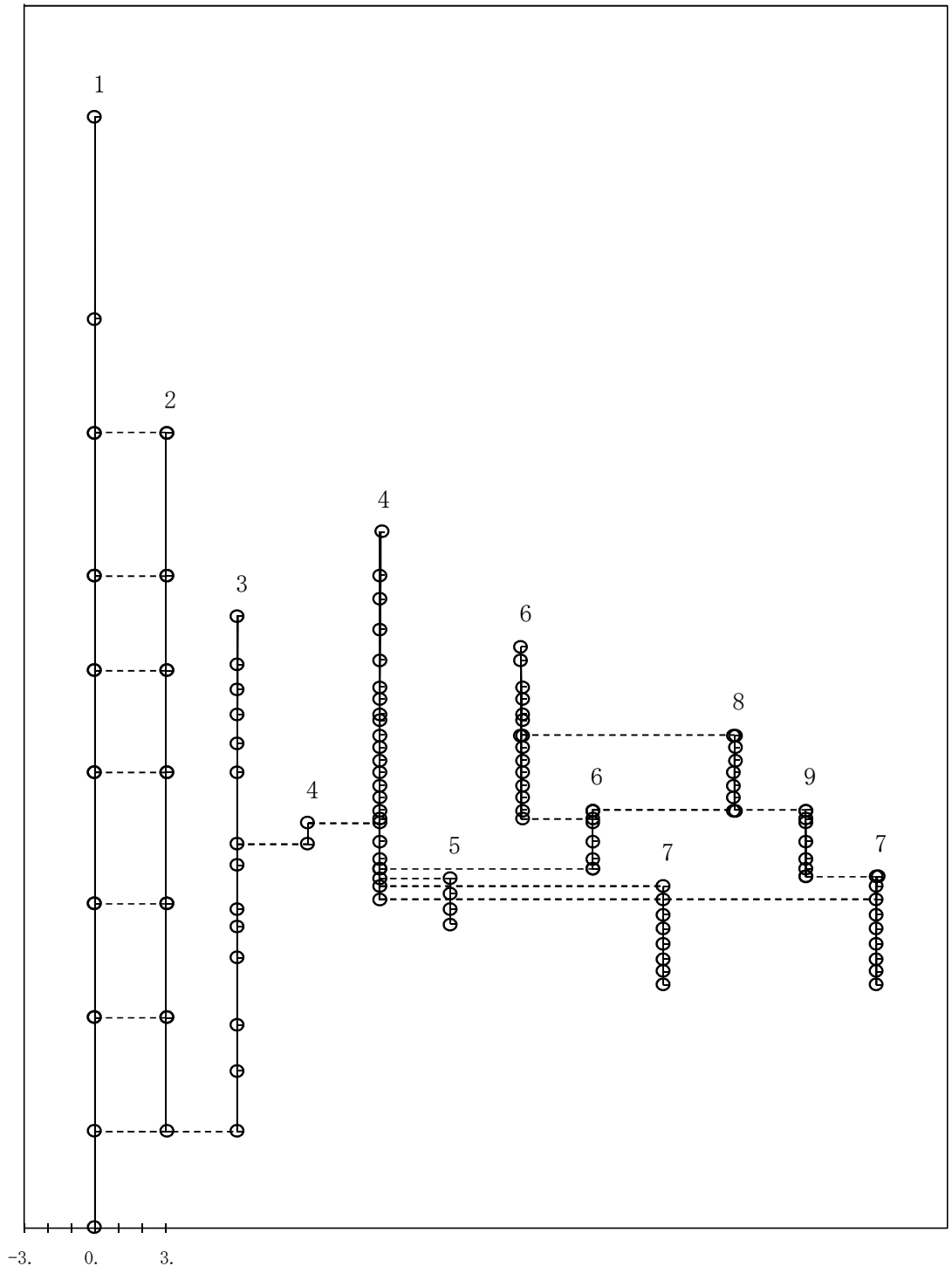


図4－456　第11次刺激関数モード（EW方向,Ss-6）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 原子炉建屋
2 原子炉格納容器
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体
9 制御棒案内管

固有周期(s)　；0.065　　刺激係数　　；-0.097

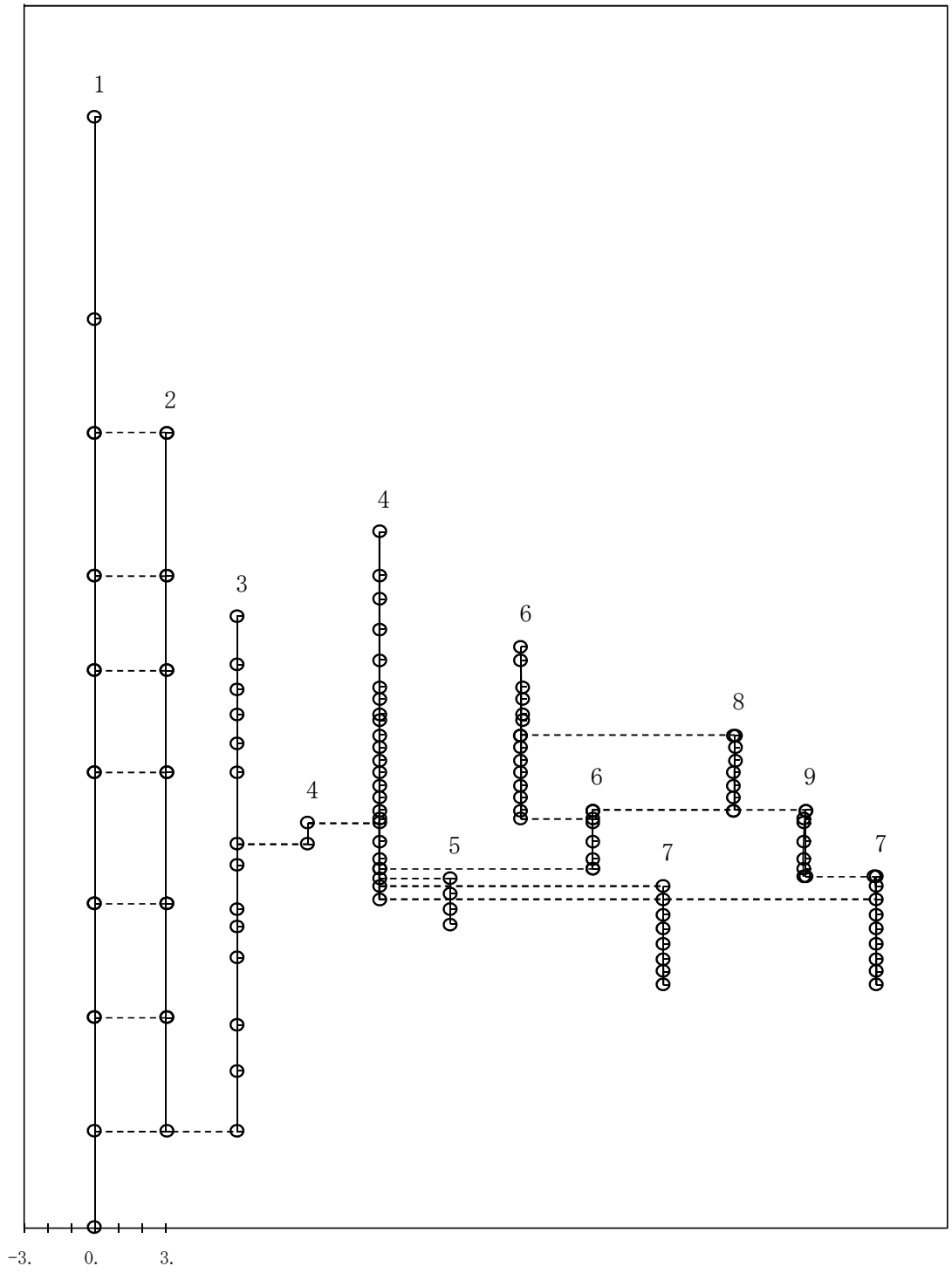


図4－457　第12次刺激関数モード（EW方向,Ss-6）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 原子炉建屋
2 原子炉格納容器
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体
9 制御棒案内管

固有周期(s)　；0.058　　刺激係数　　；0.071

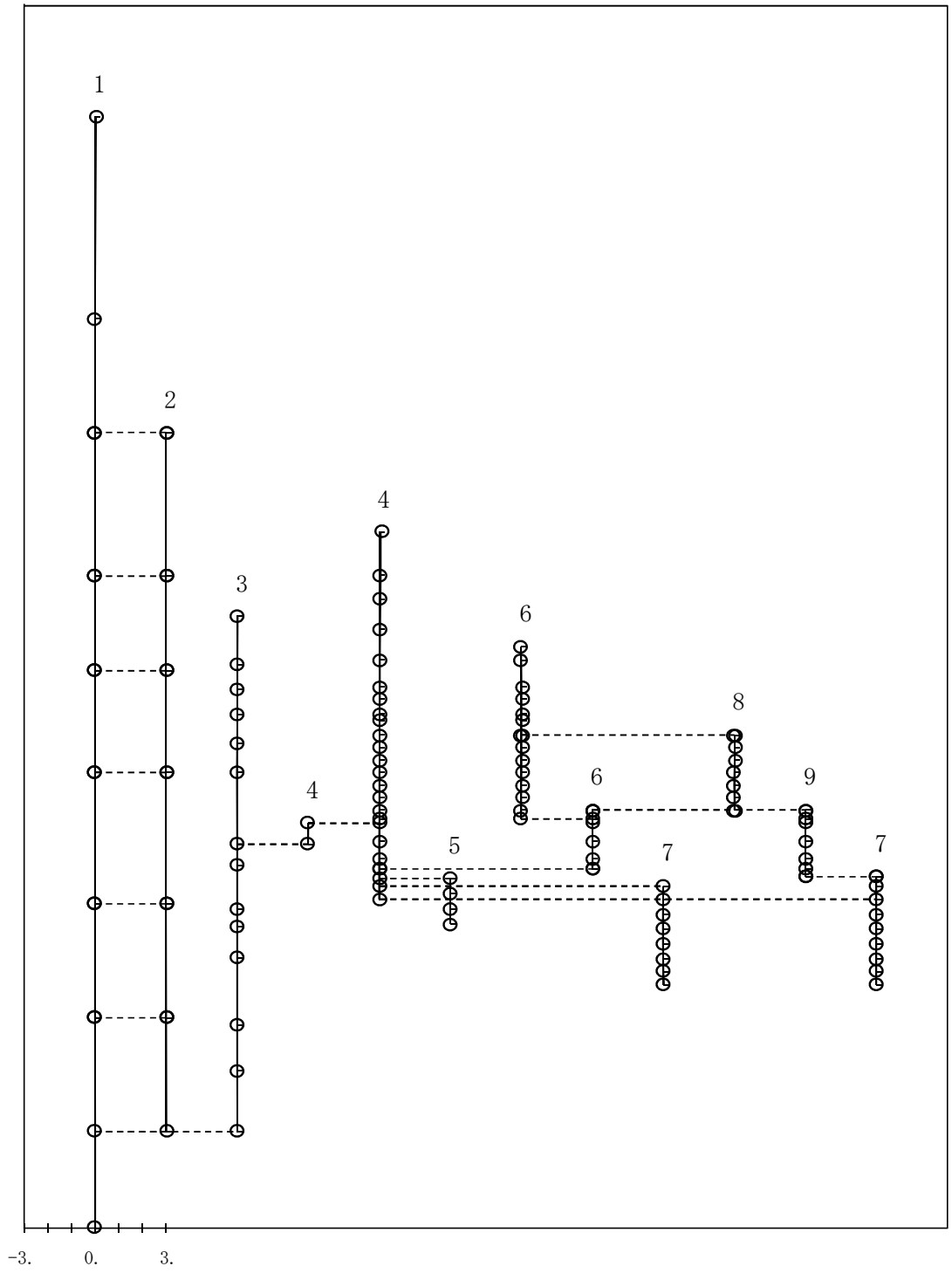


図4－458　第13次刺激関数モード（EW方向,Ss-6）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 原子炉建屋
2 原子炉格納容器
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体
9 制御棒案内管

固有周期(s)　；0.055　　刺激係数　　；0.097

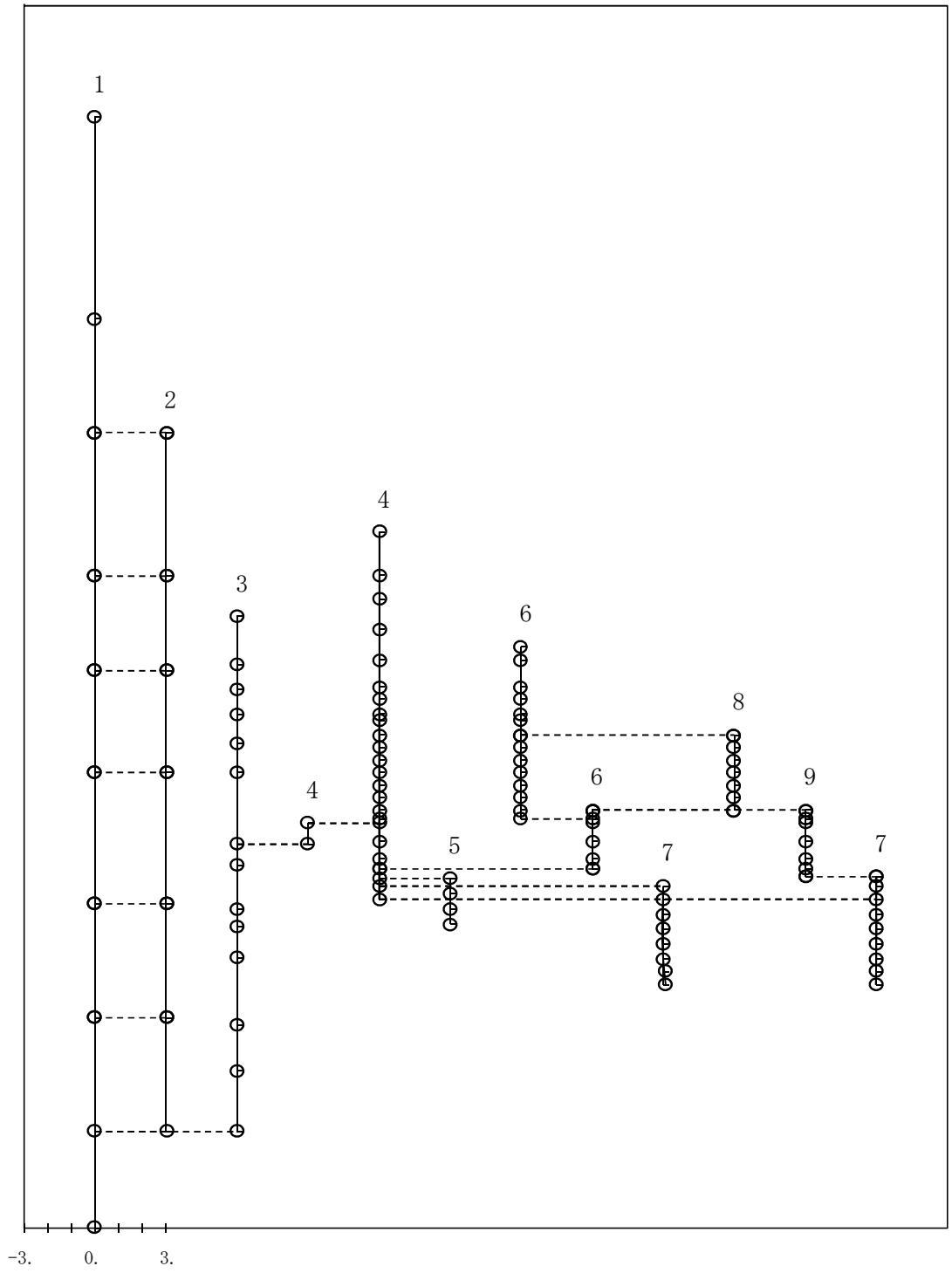


図4－459　第14次刺激関数モード（EW方向,Ss-6）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 原子炉建屋
2 原子炉格納容器
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体
9 制御棒案内管

固有周期(s)　；0.052　　刺激係数　　；-0.010

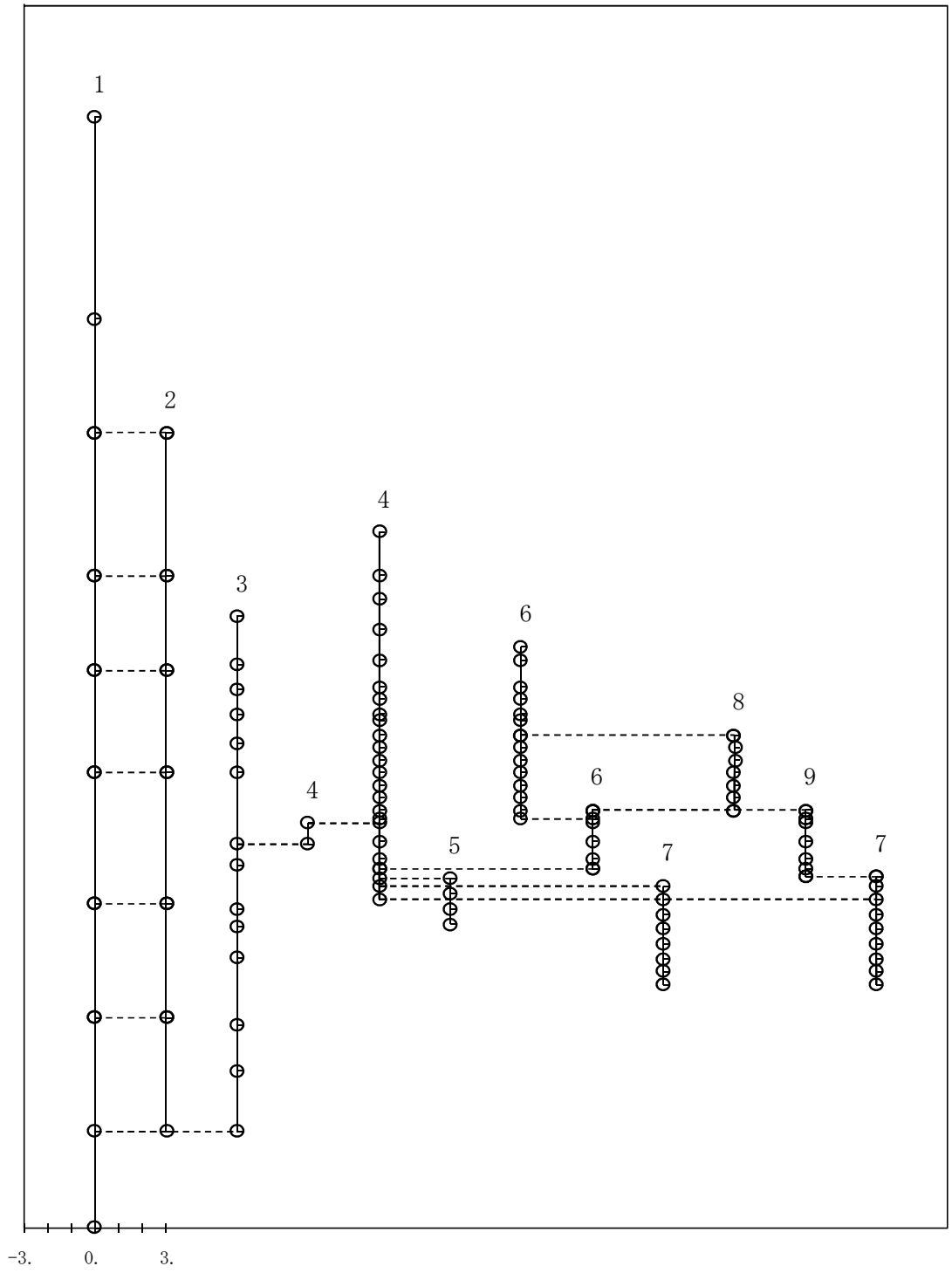


図4－460　第15次刺激関数モード（EW方向,Ss-6）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 原子炉建屋
2 原子炉格納容器
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体
9 制御棒案内管

固有周期(s)　；0.434　　刺激係数　　；1.586

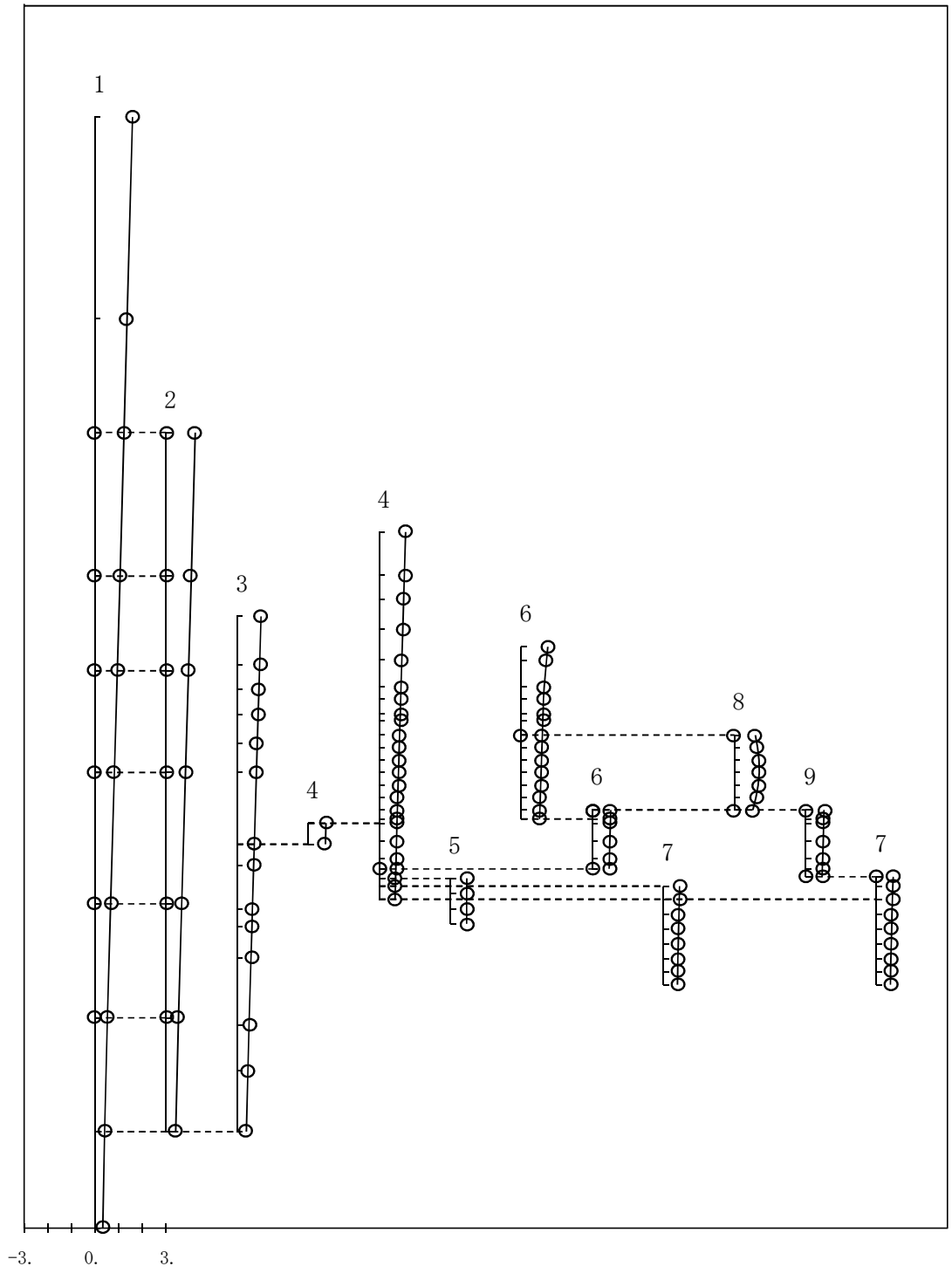


図4－461　第1次刺激関数モード（NS方向,Ss-7）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 原子炉建屋
2 原子炉格納容器
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体
9 制御棒案内管

固有周期(s)　；0.209　　刺激係数　　；1.242

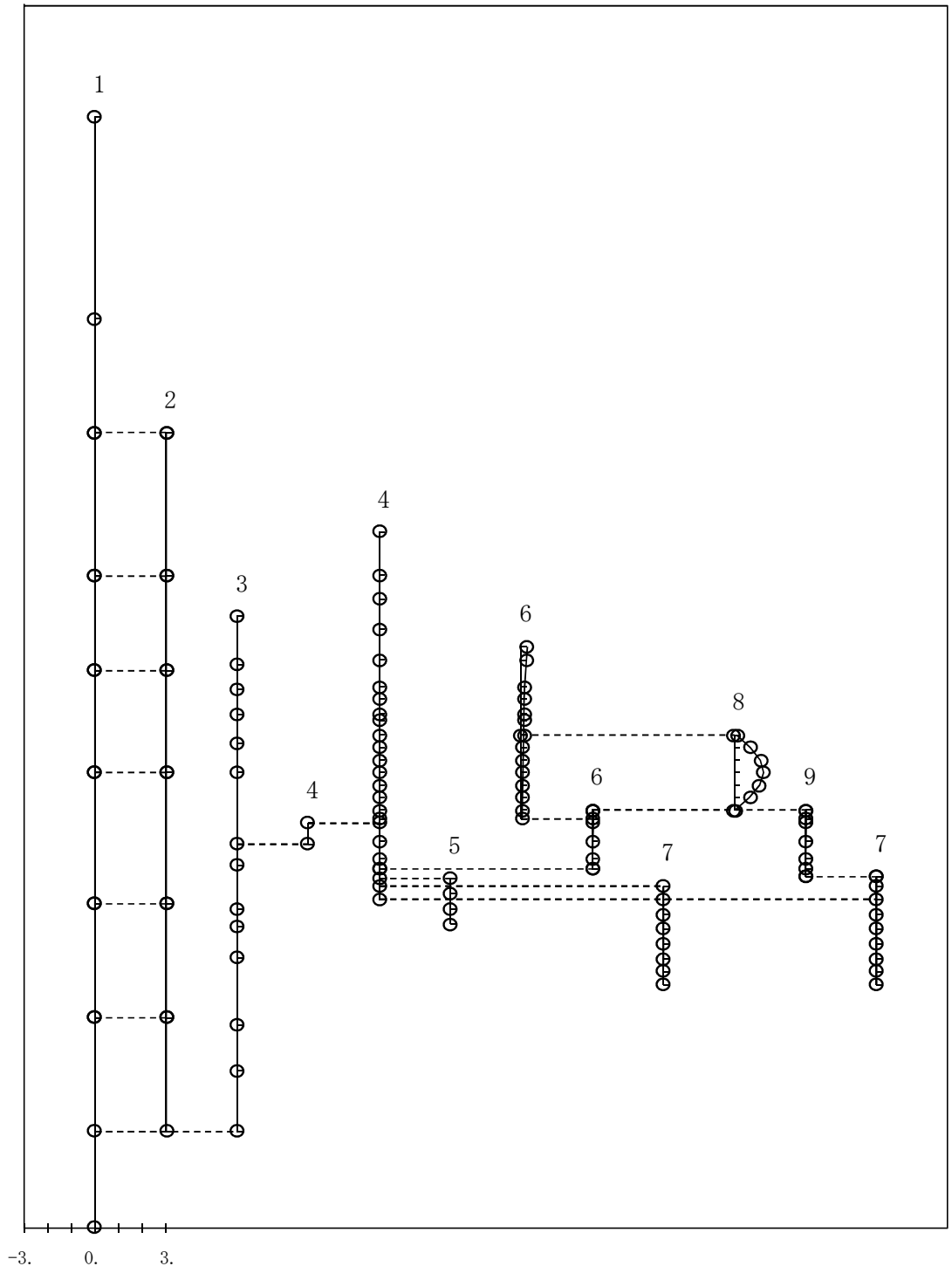


図4－462　第2次刺激関数モード（NS方向,Ss-7）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 原子炉建屋
2 原子炉格納容器
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体
9 制御棒案内管

固有周期(s)　；0.191　　刺激係数　　；-1.340

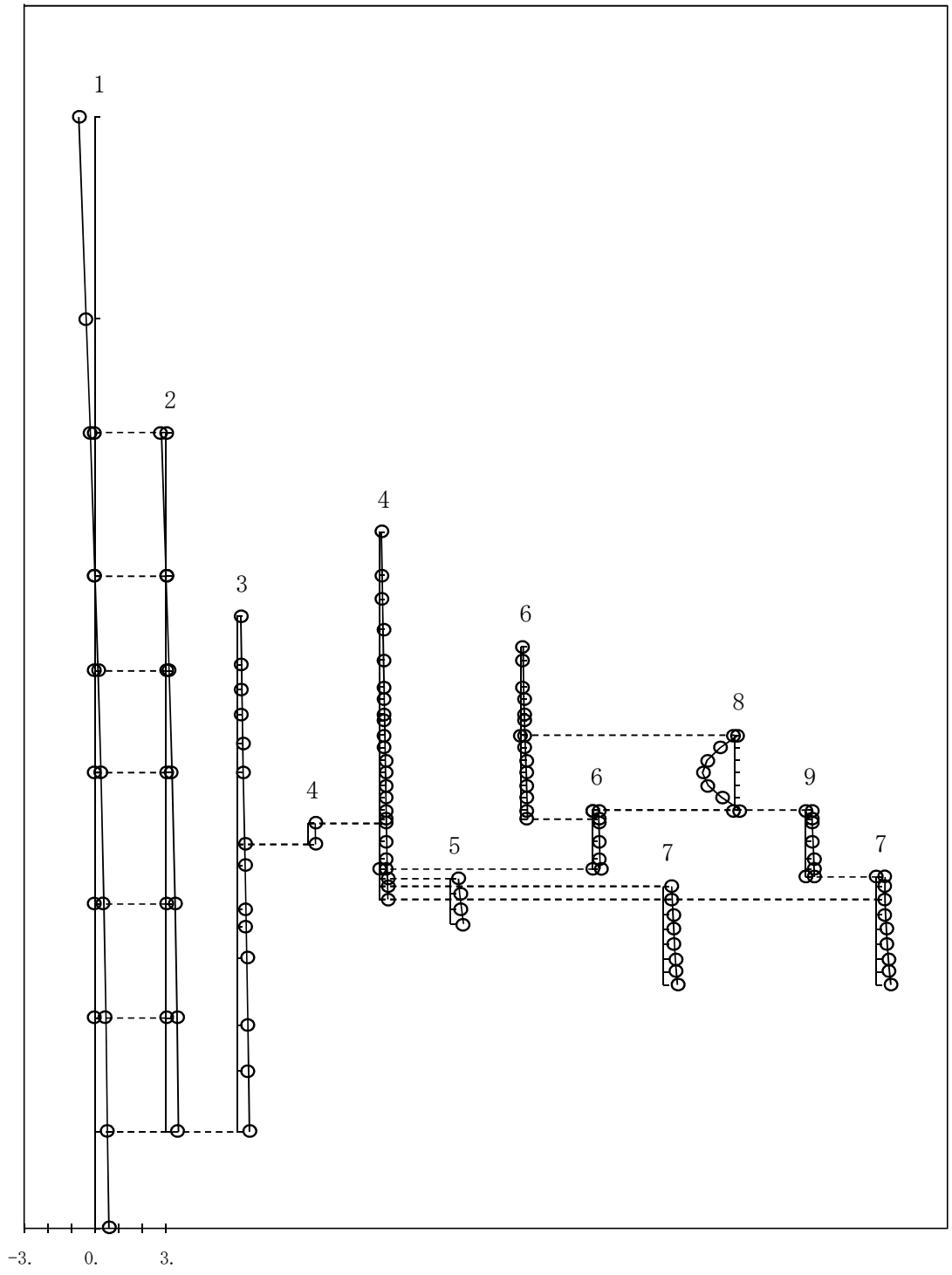


図4－463　第3次刺激関数モード（NS方向,Ss-7）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 原子炉建屋
2 原子炉格納容器
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体
9 制御棒案内管

固有周期(s)　；0.141　　刺激係数　　；-0.589

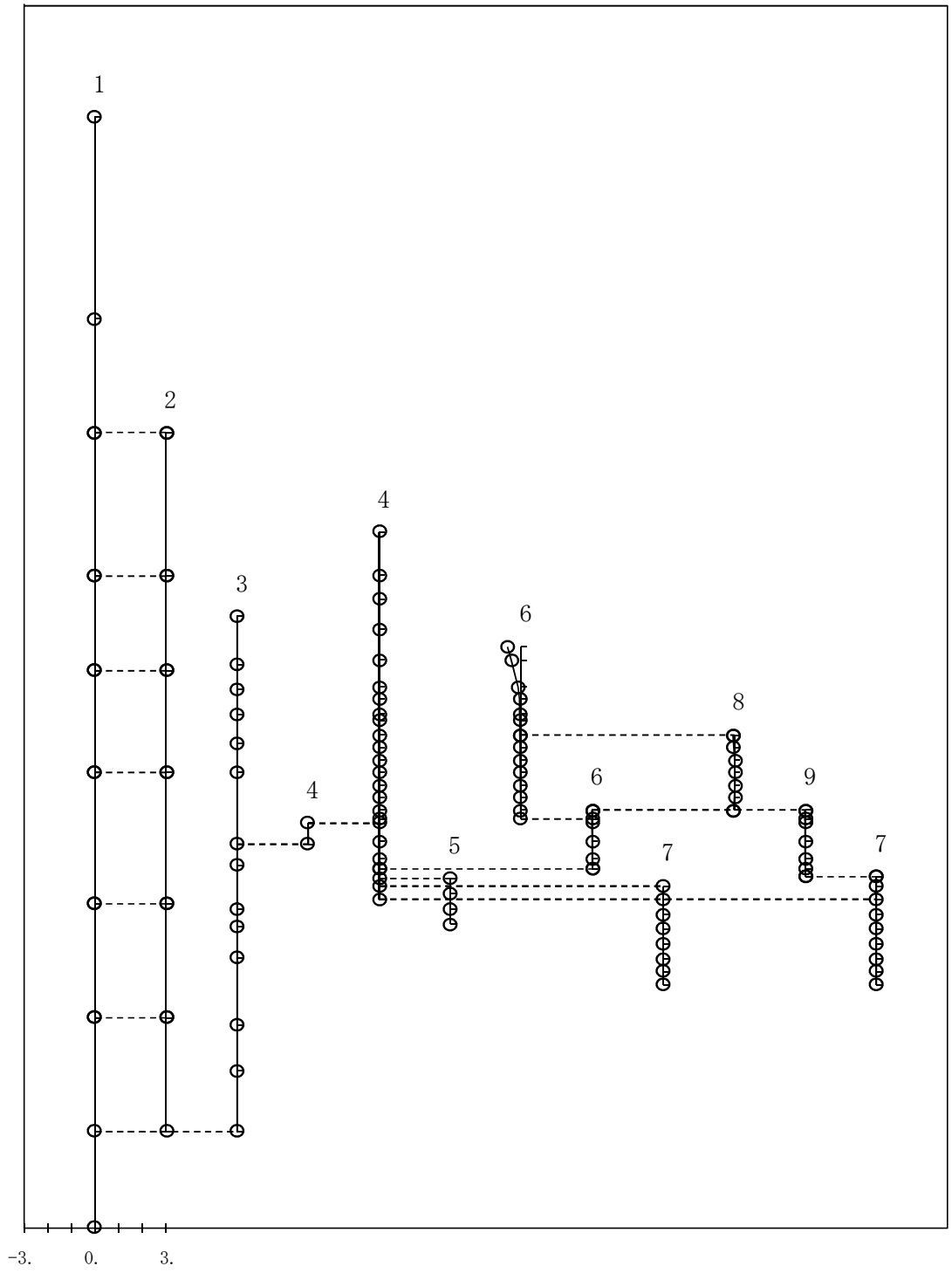


図4－464　第4次刺激関数モード（NS方向,Ss-7）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 原子炉建屋
2 原子炉格納容器
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体
9 制御棒案内管

固有周期(s)　；0.103　　刺激係数　　；-0.280

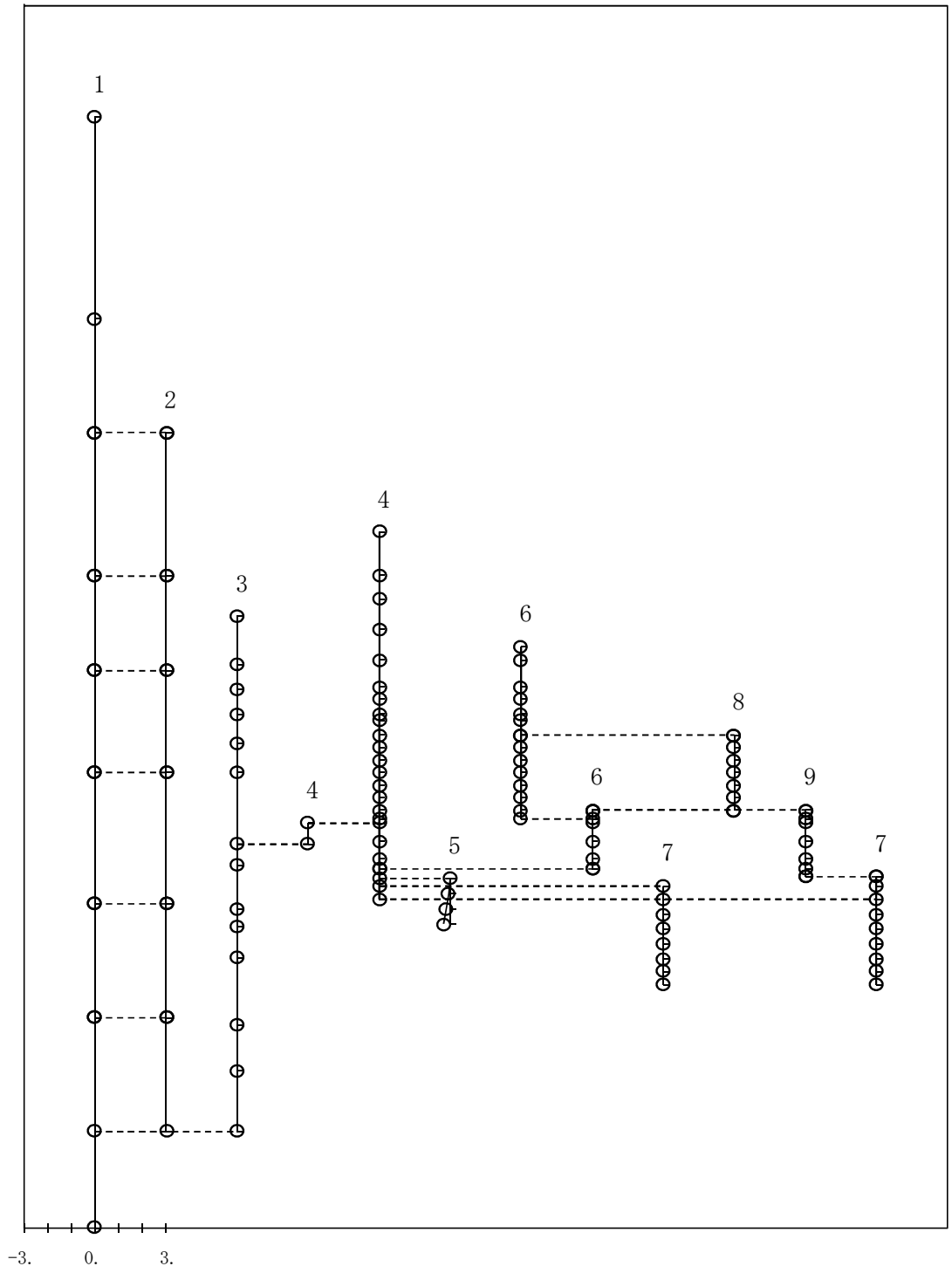


図4－465　第5次刺激関数モード（NS方向,Ss-7）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 原子炉建屋
2 原子炉格納容器
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体
9 制御棒案内管

固有周期(s)　；0.091　　刺激係数　　；-0.184

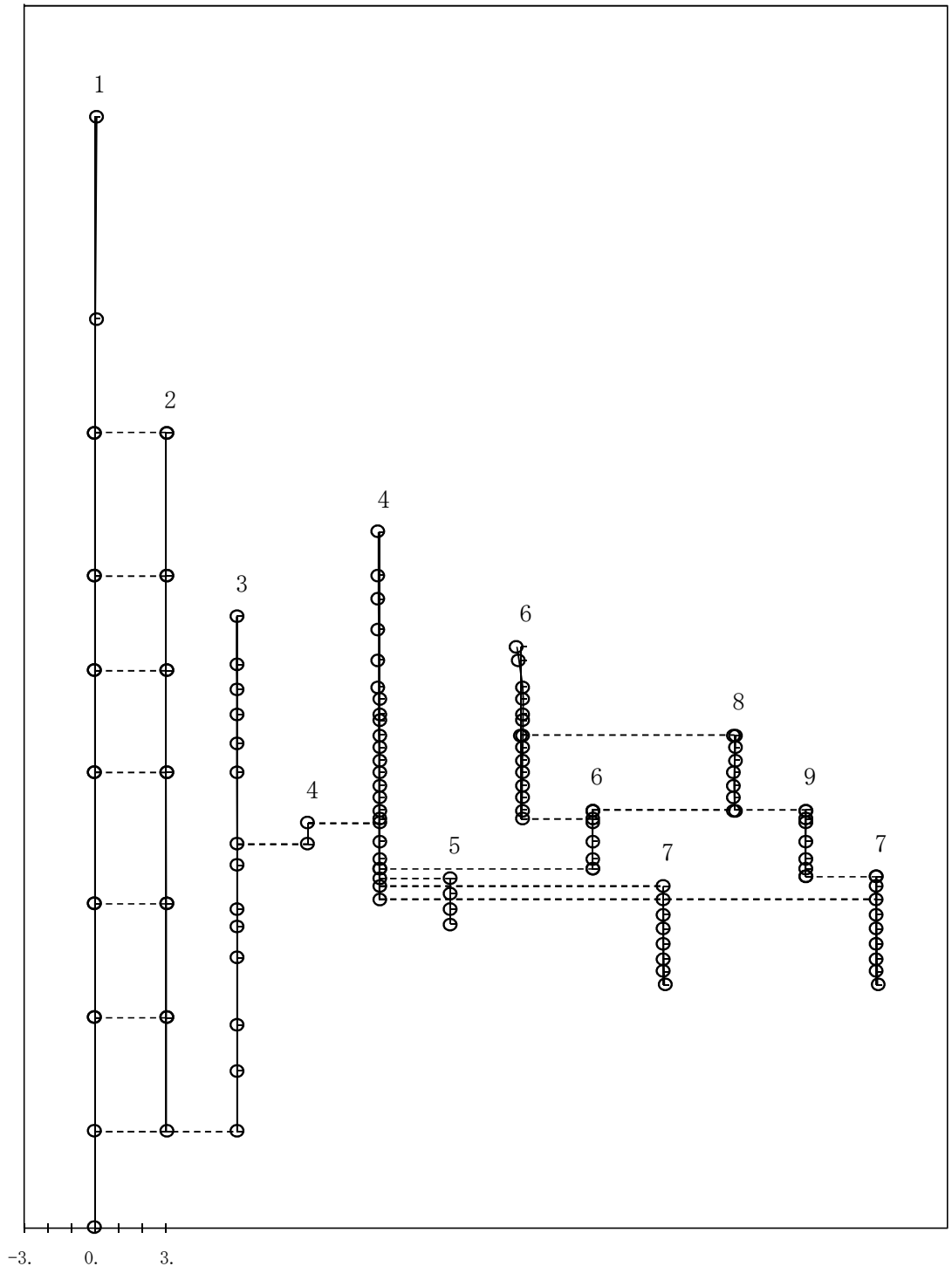


図4－466　第6次刺激関数モード（NS方向,Ss-7）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 原子炉建屋
2 原子炉格納容器
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体
9 制御棒案内管

固有周期(s)　；0.090　　刺激係数　　；0.167

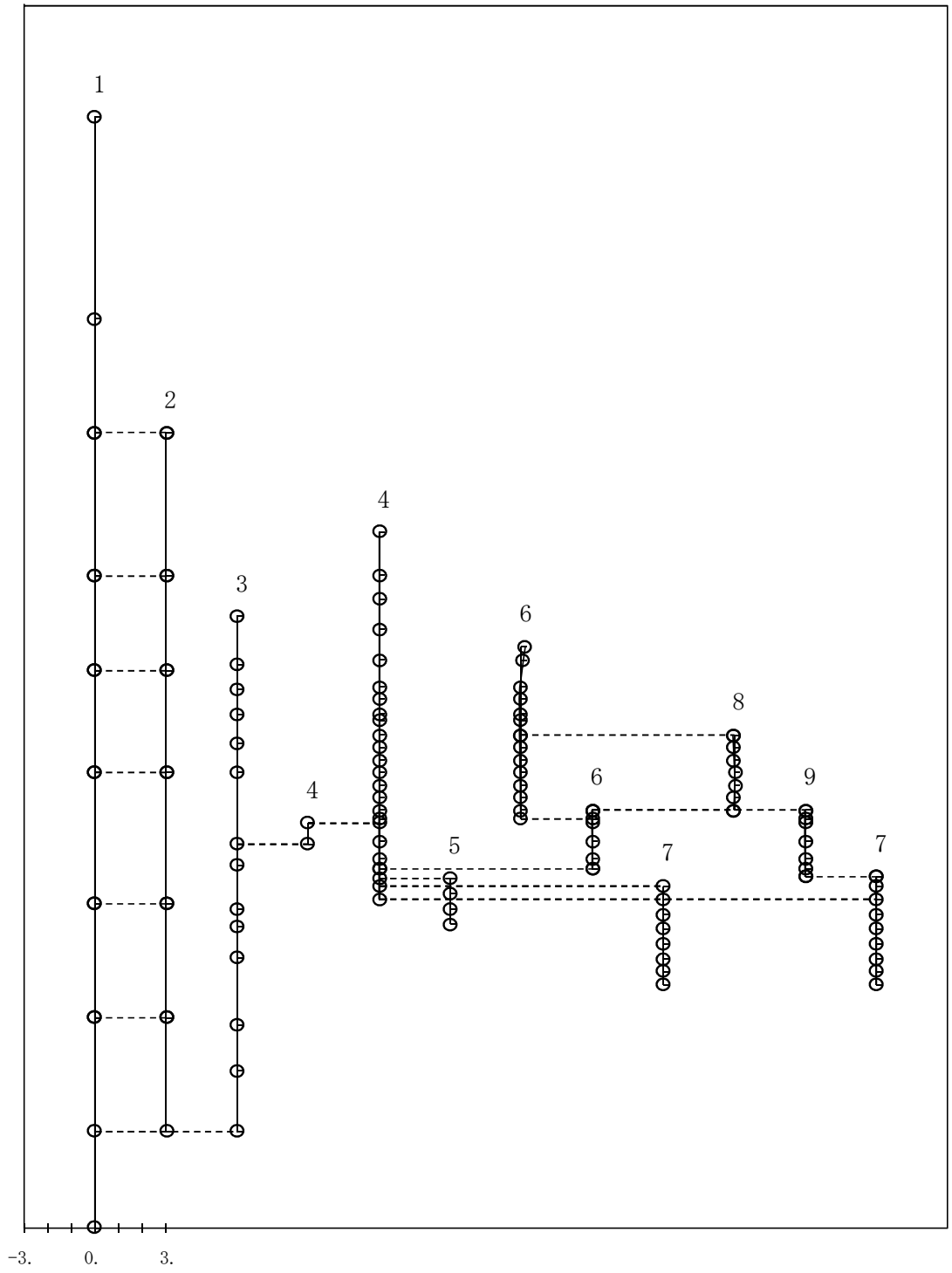


図4－467　第7次刺激関数モード（NS方向,Ss-7）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 原子炉建屋
2 原子炉格納容器
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体
9 制御棒案内管

固有周期(s)　；0.089　　刺激係数　　；-0.120

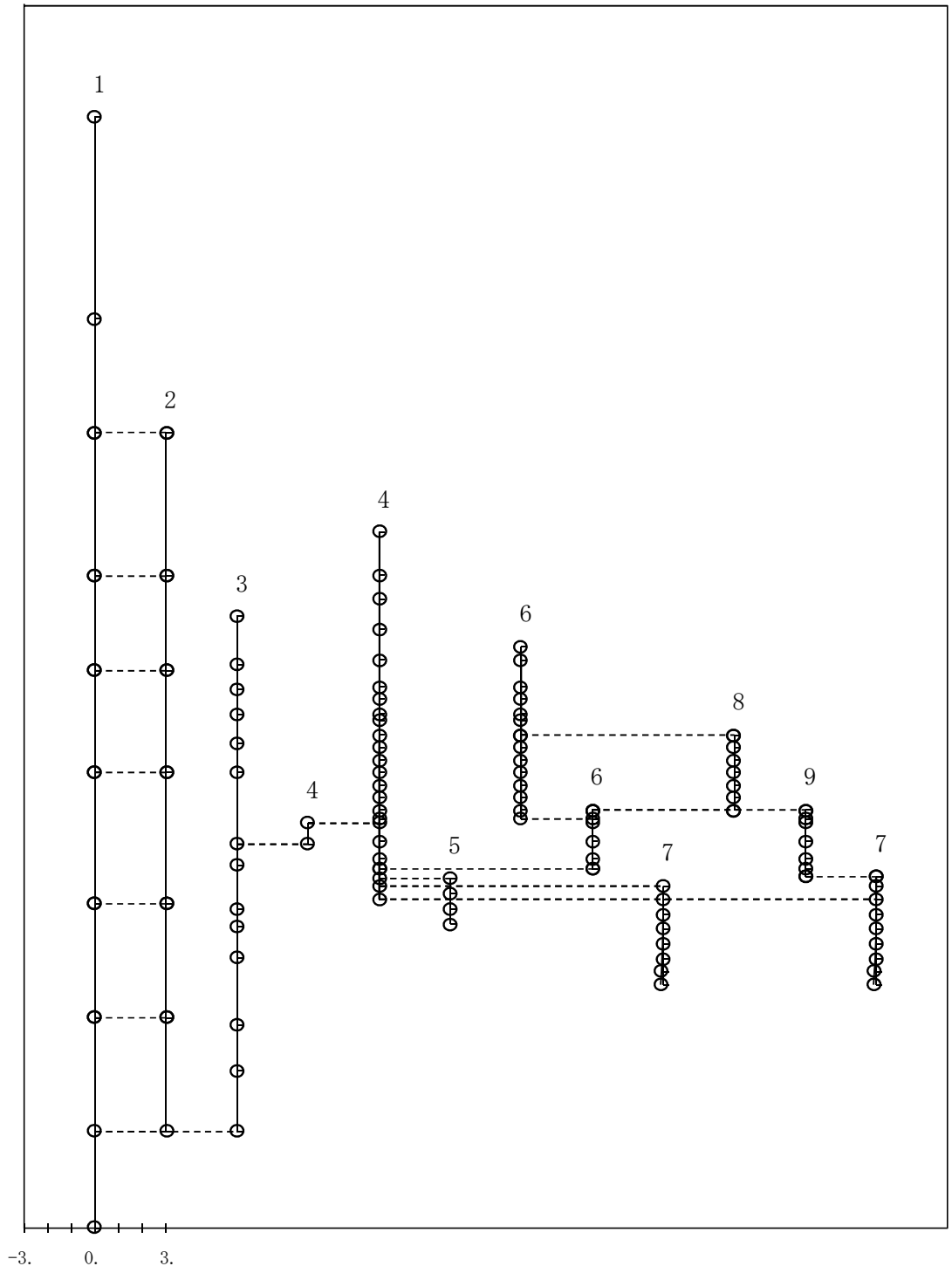


図4－468　第8次刺激関数モード（NS方向,Ss-7）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 原子炉建屋
2 原子炉格納容器
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体
9 制御棒案内管

固有周期(s)　；0.078　　刺激係数　　；-0.453

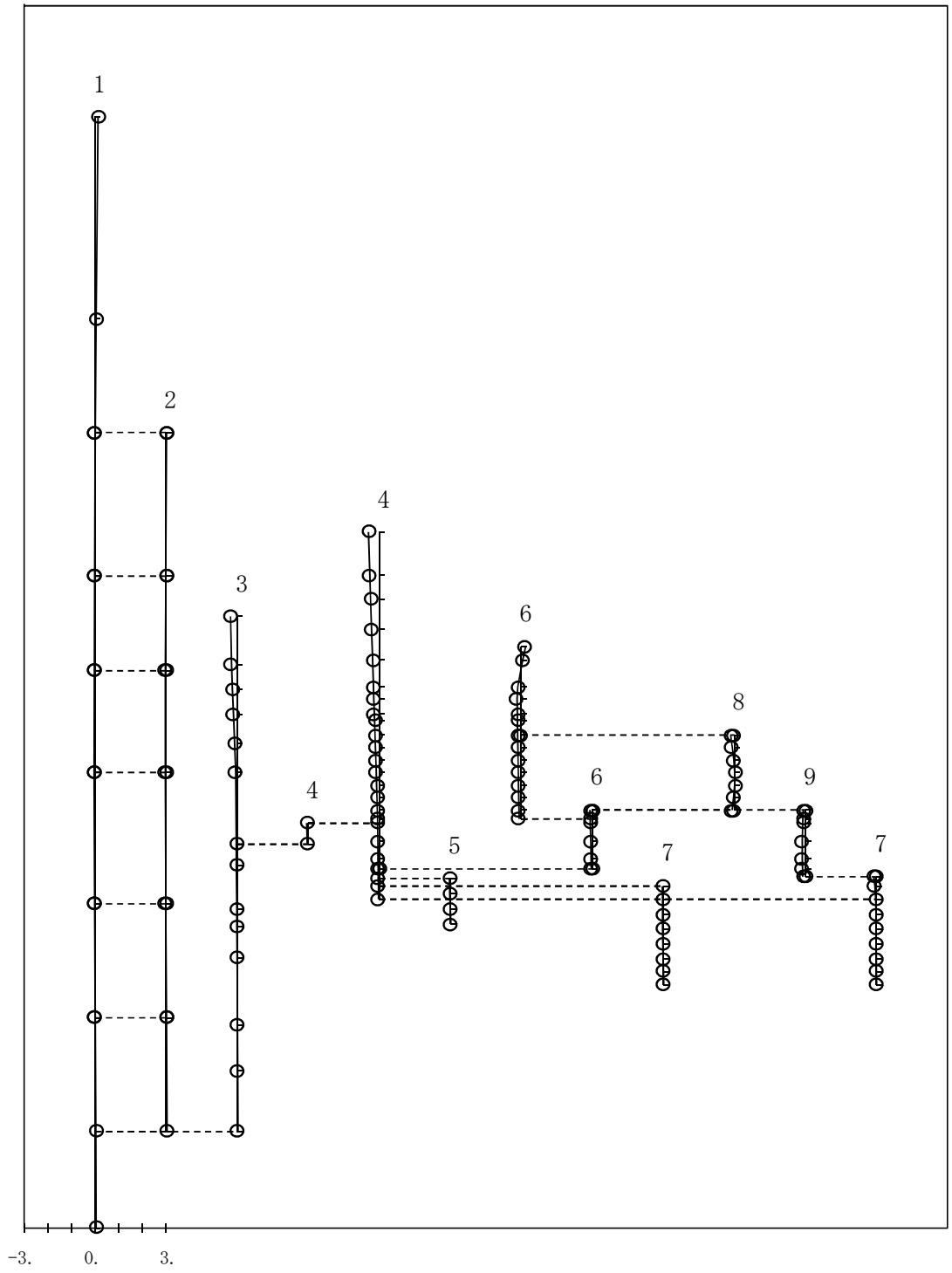


図4－469　第9次刺激関数モード（NS方向,Ss-7）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 原子炉建屋
2 原子炉格納容器
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体
9 制御棒案内管

固有周期(s)　；0.077　　刺激係数　　；-0.188

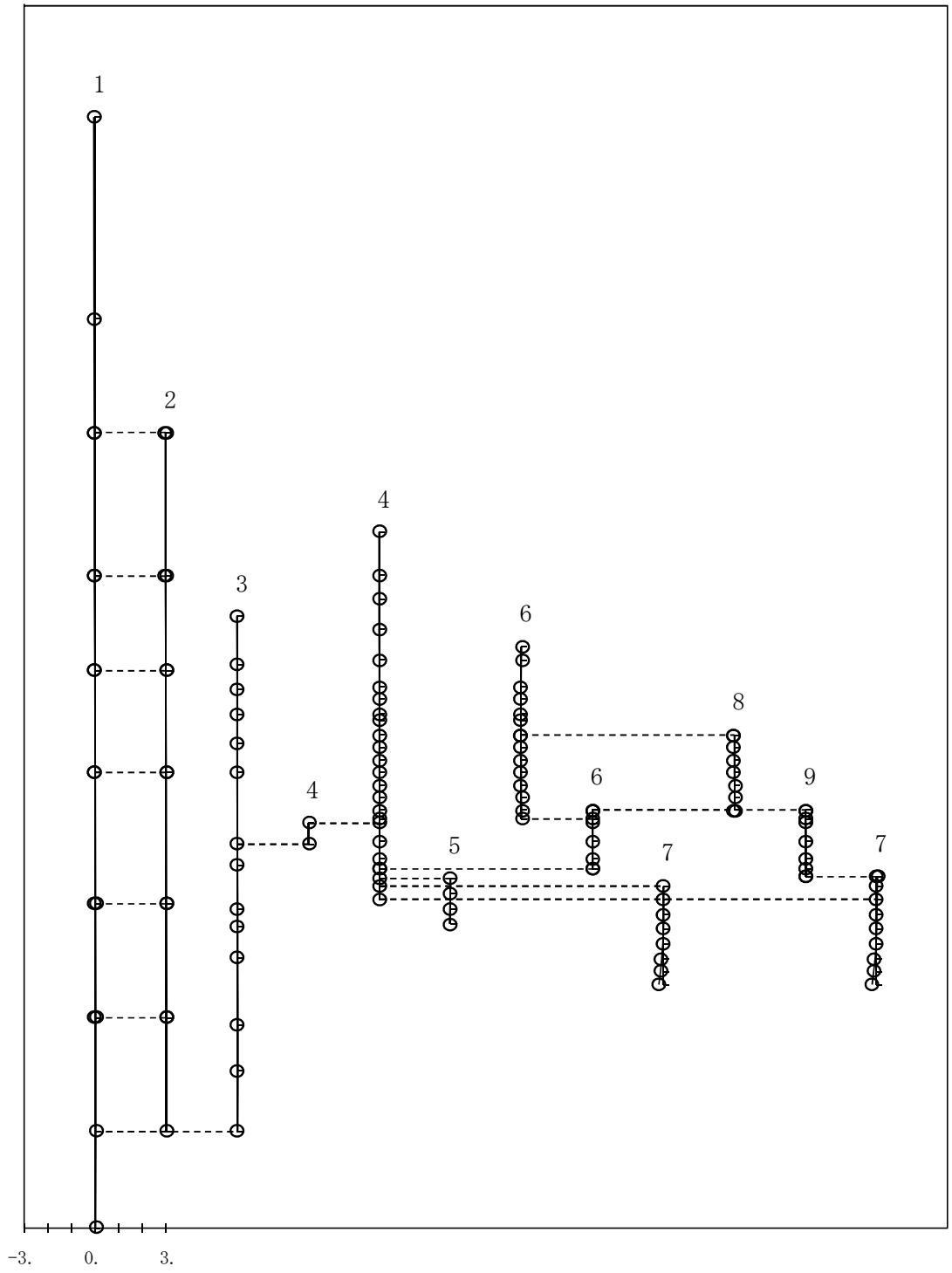


図4－470　第10次刺激関数モード（NS方向, Ss-7）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 原子炉建屋
2 原子炉格納容器
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体
9 制御棒案内管

固有周期(s)　；0.068　　刺激係数　　；0.199

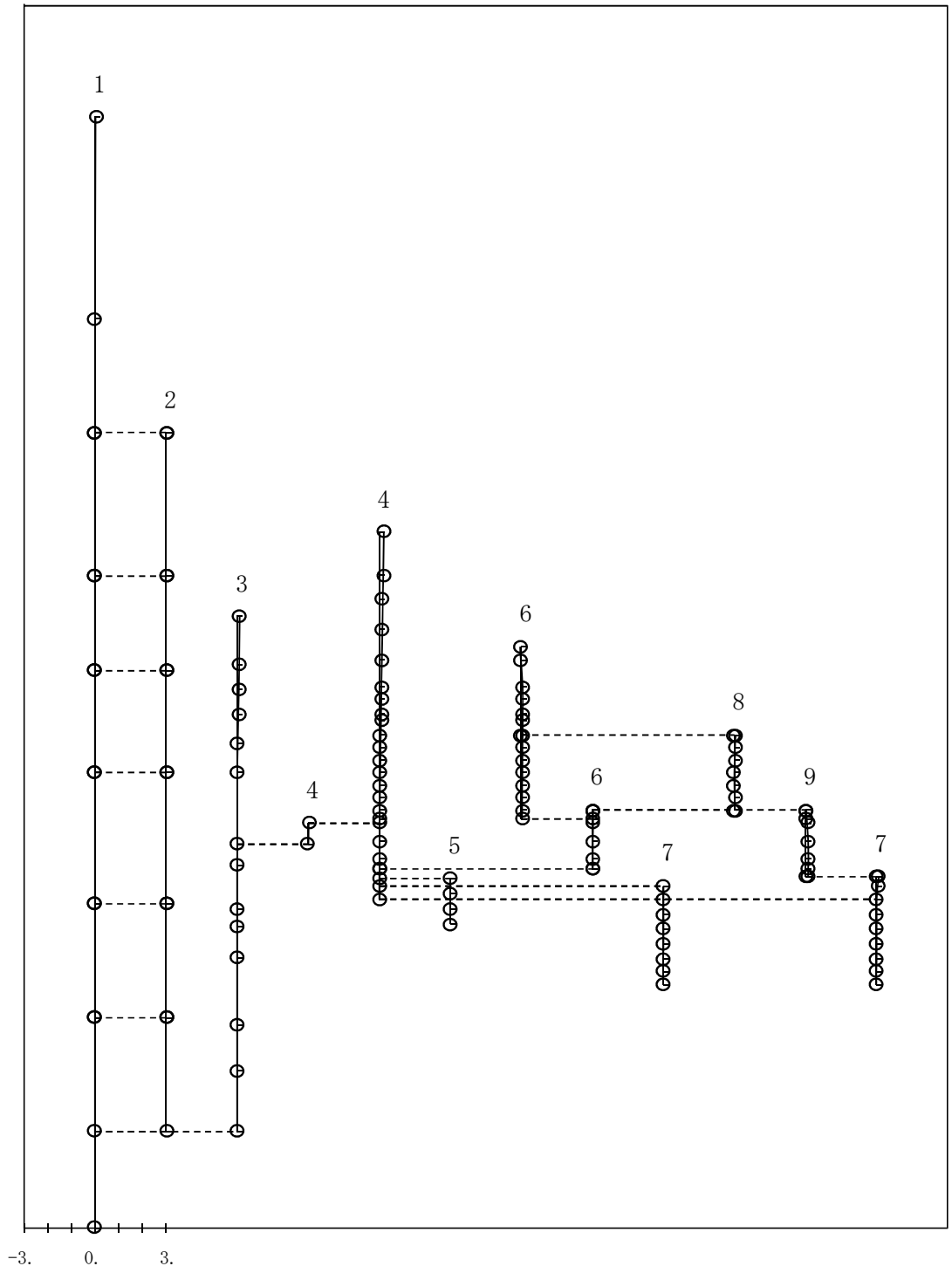


図4－471　第11次刺激関数モード（NS方向, Ss-7）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 原子炉建屋
2 原子炉格納容器
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体
9 制御棒案内管

固有周期(s)　；0.065　　刺激係数　　；-0.123

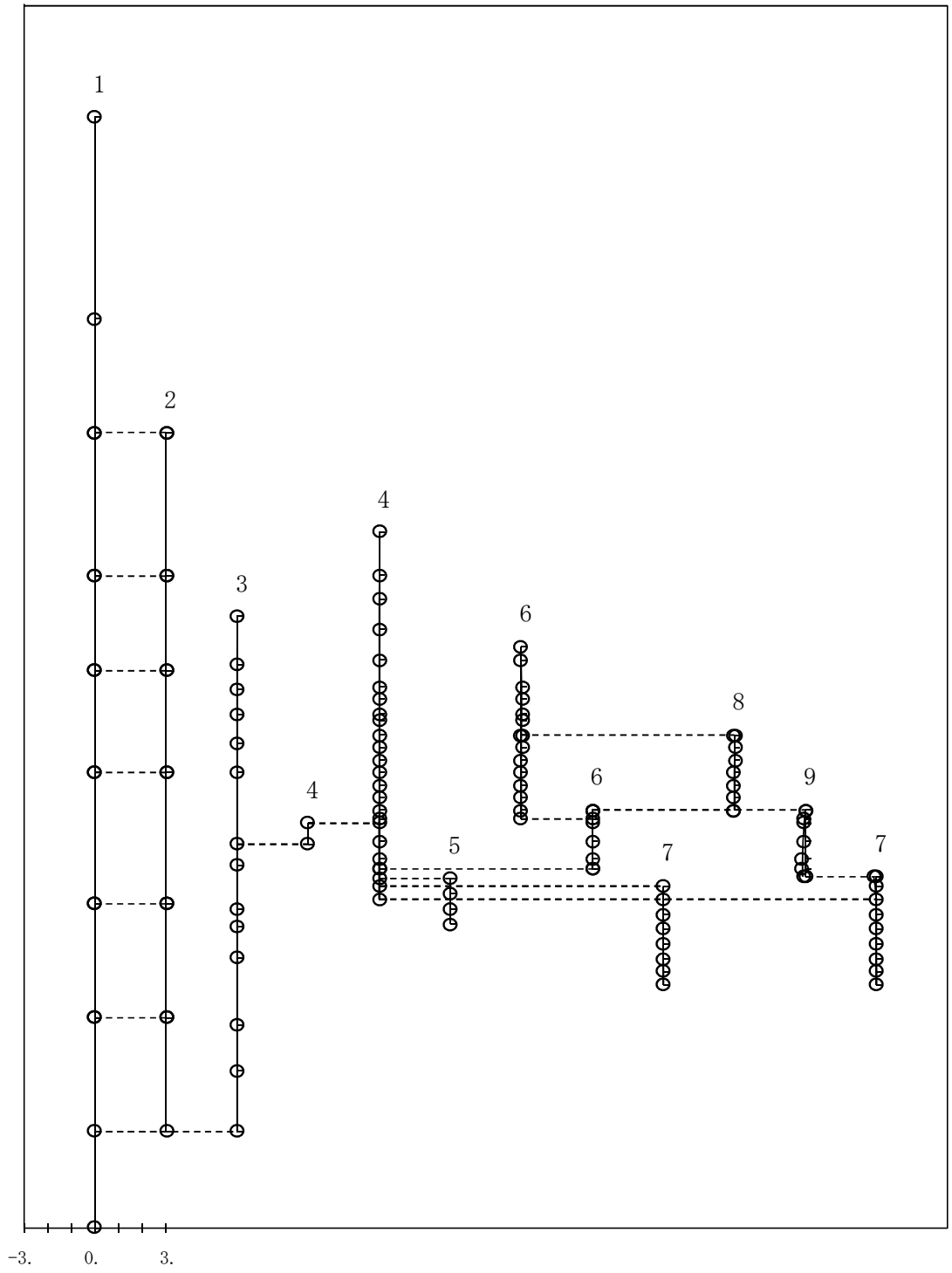


図4－472　第12次刺激関数モード（NS方向,Ss-7）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 原子炉建屋
2 原子炉格納容器
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体
9 制御棒案内管

固有周期(s)　；0.056　　刺激係数　　；0.145

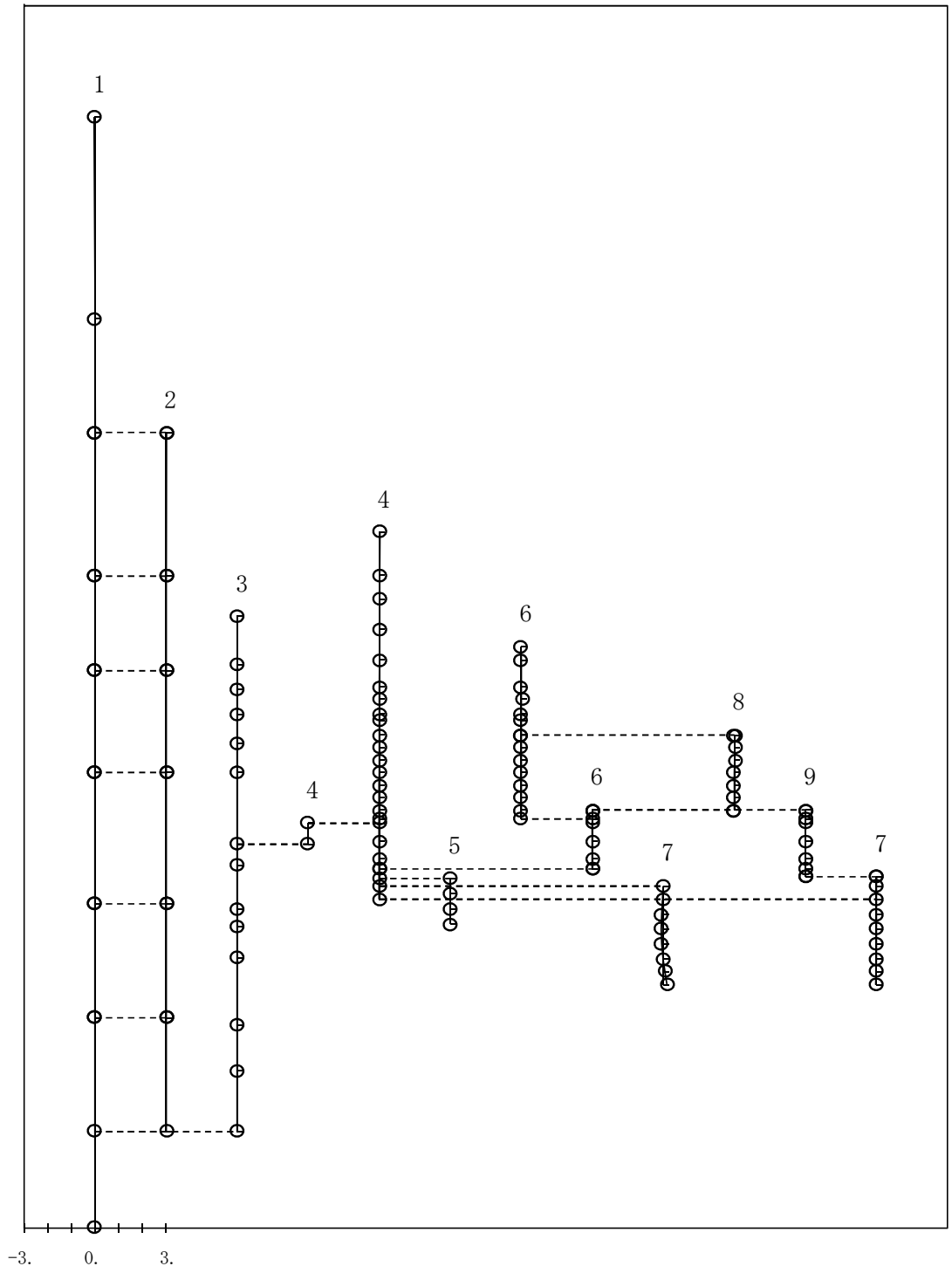


図4－473　第13次刺激関数モード（NS方向, Ss-7）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 原子炉建屋
2 原子炉格納容器
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体
9 制御棒案内管

固有周期(s)　；0.055　　刺激係数　　；-0.024

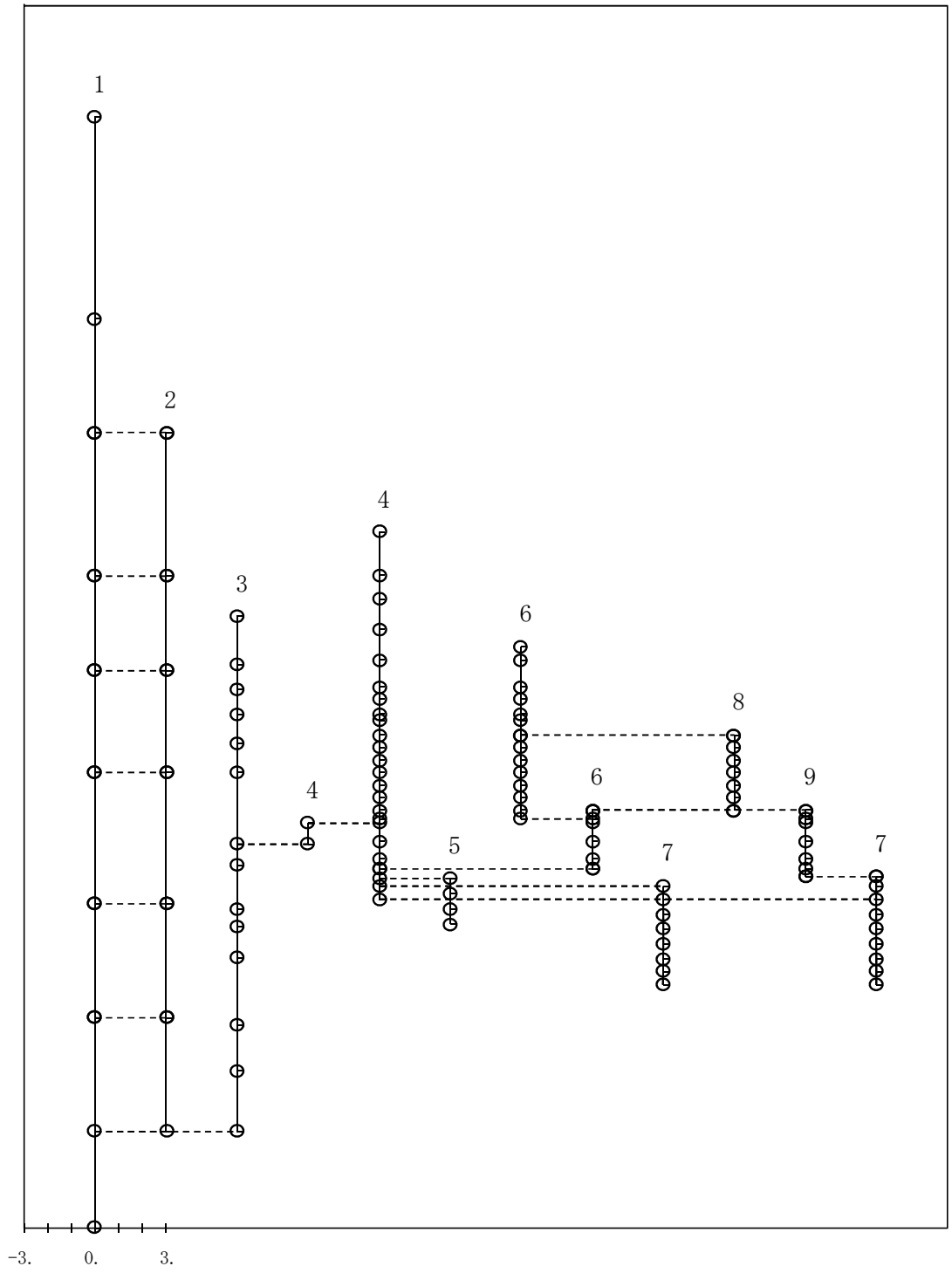


図4－474　第14次刺激関数モード（NS方向,Ss-7）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 原子炉建屋
2 原子炉格納容器
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体
9 制御棒案内管

固有周期(s)　；0.052　　刺激係数　　；-0.010

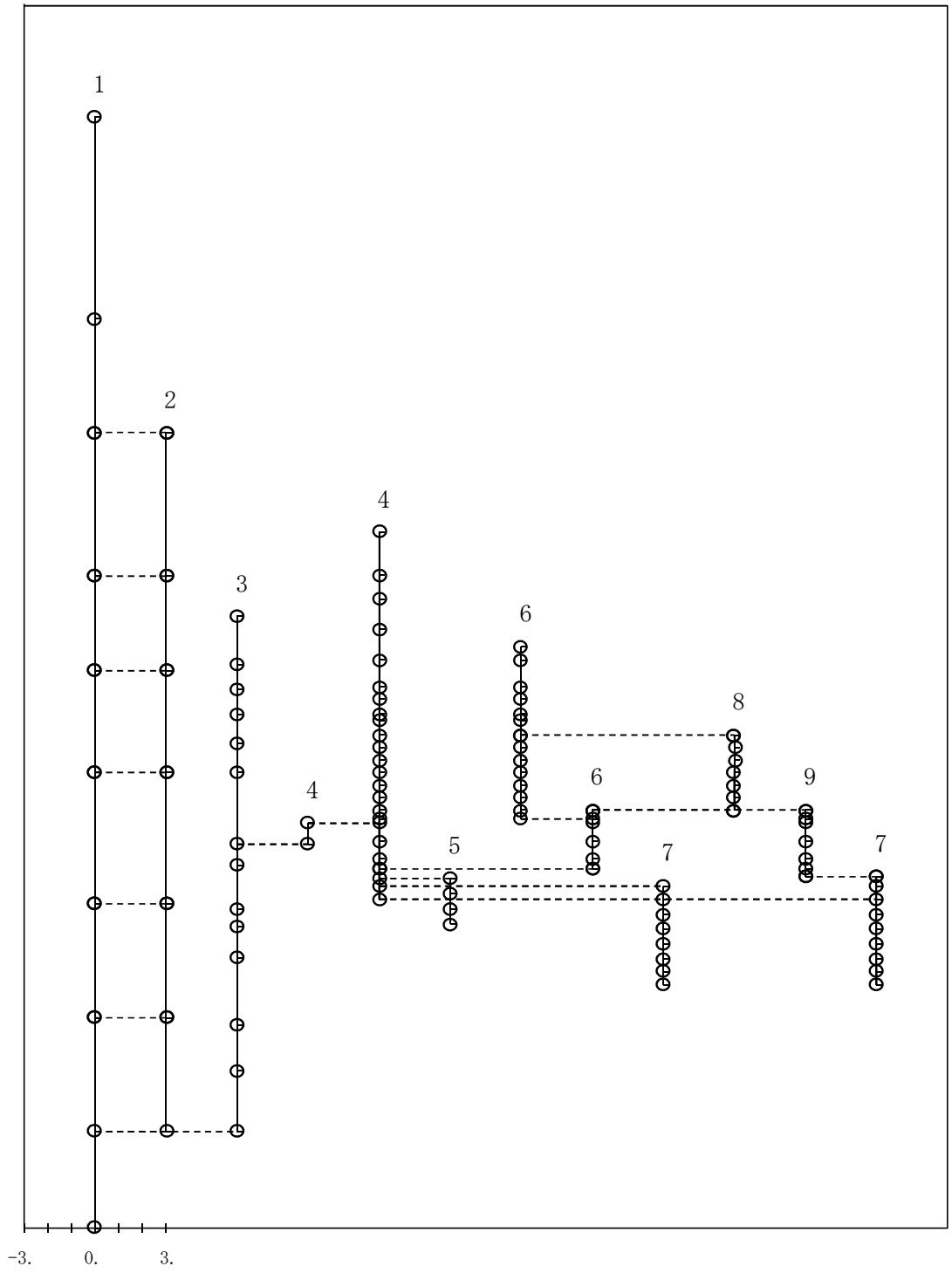


図4－475　第15次次刺激関数モード（NS方向,Ss-7）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 原子炉建屋
2 原子炉格納容器
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体
9 制御棒案内管

固有周期(s)　；0.424　　刺激係数　　；1.548

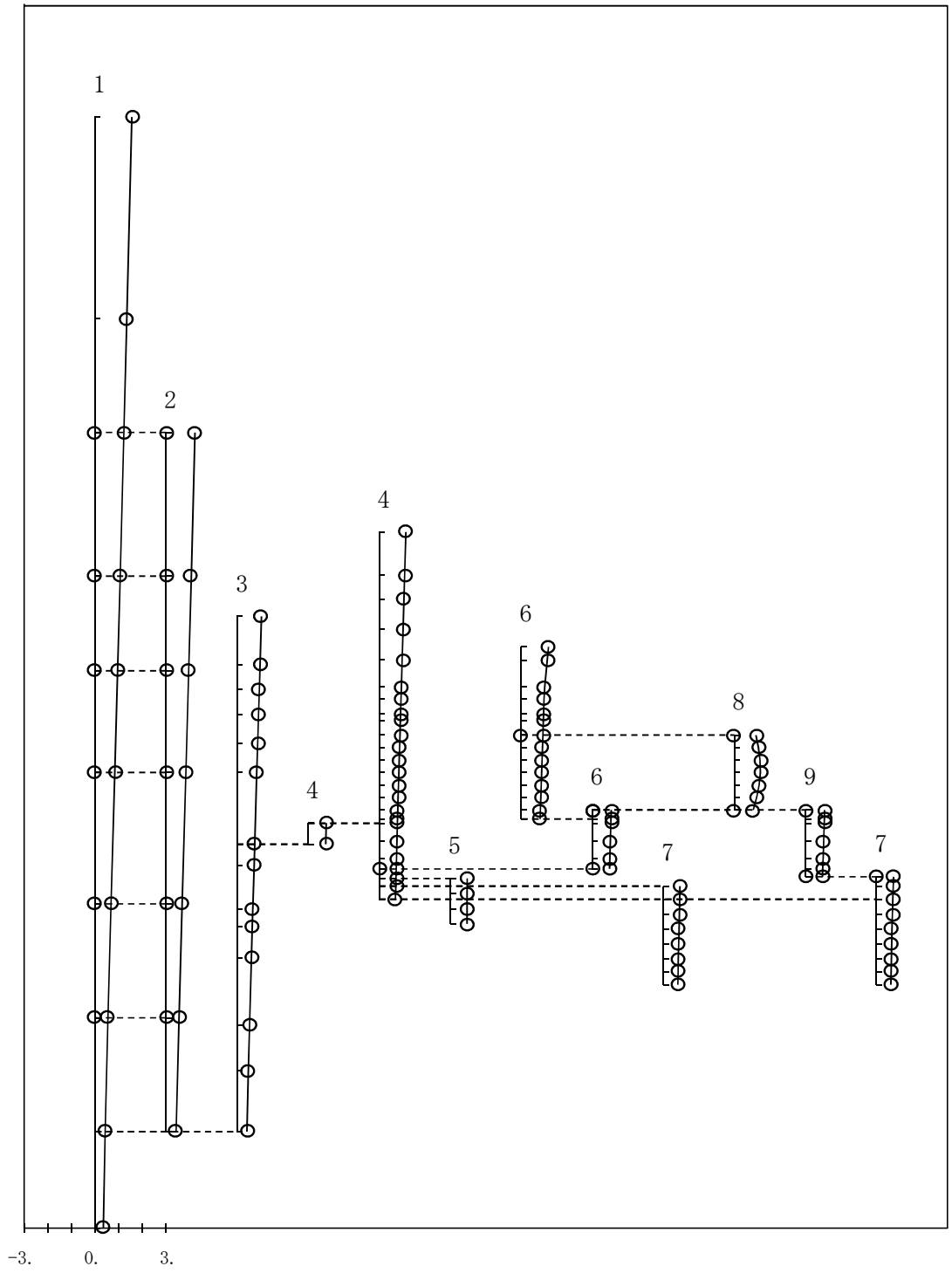


図4－476　第1次刺激関数モード（EW方向,Ss-7）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 原子炉建屋
2 原子炉格納容器
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体
9 制御棒案内管

固有周期(s)　；0.209　　刺激係数　　；0.997

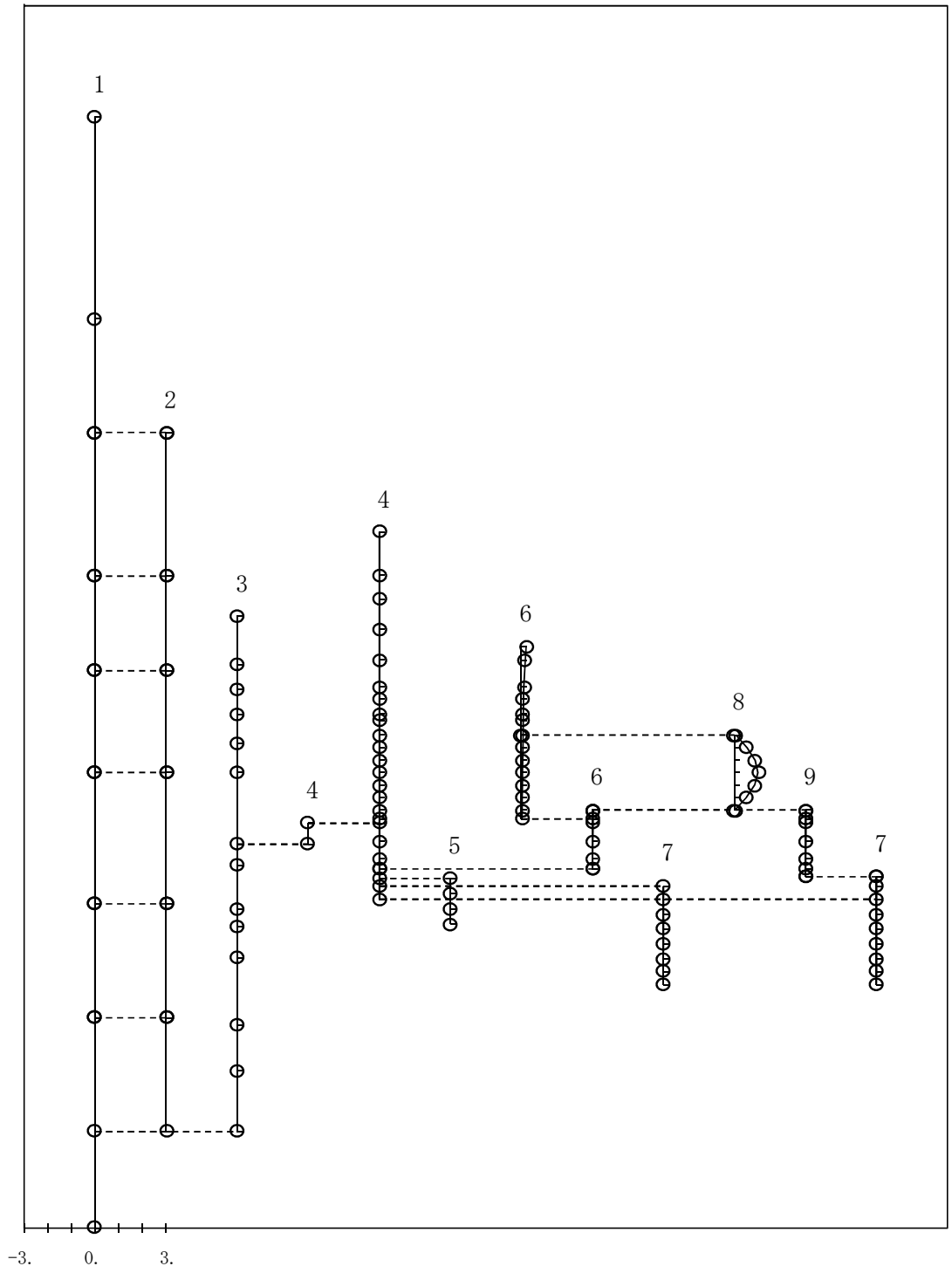


図4－477　第2次刺激関数モード（EW方向,Ss-7）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 原子炉建屋
2 原子炉格納容器
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体
9 制御棒案内管

固有周期(s)　；0.189　　刺激係数　　；-1.131

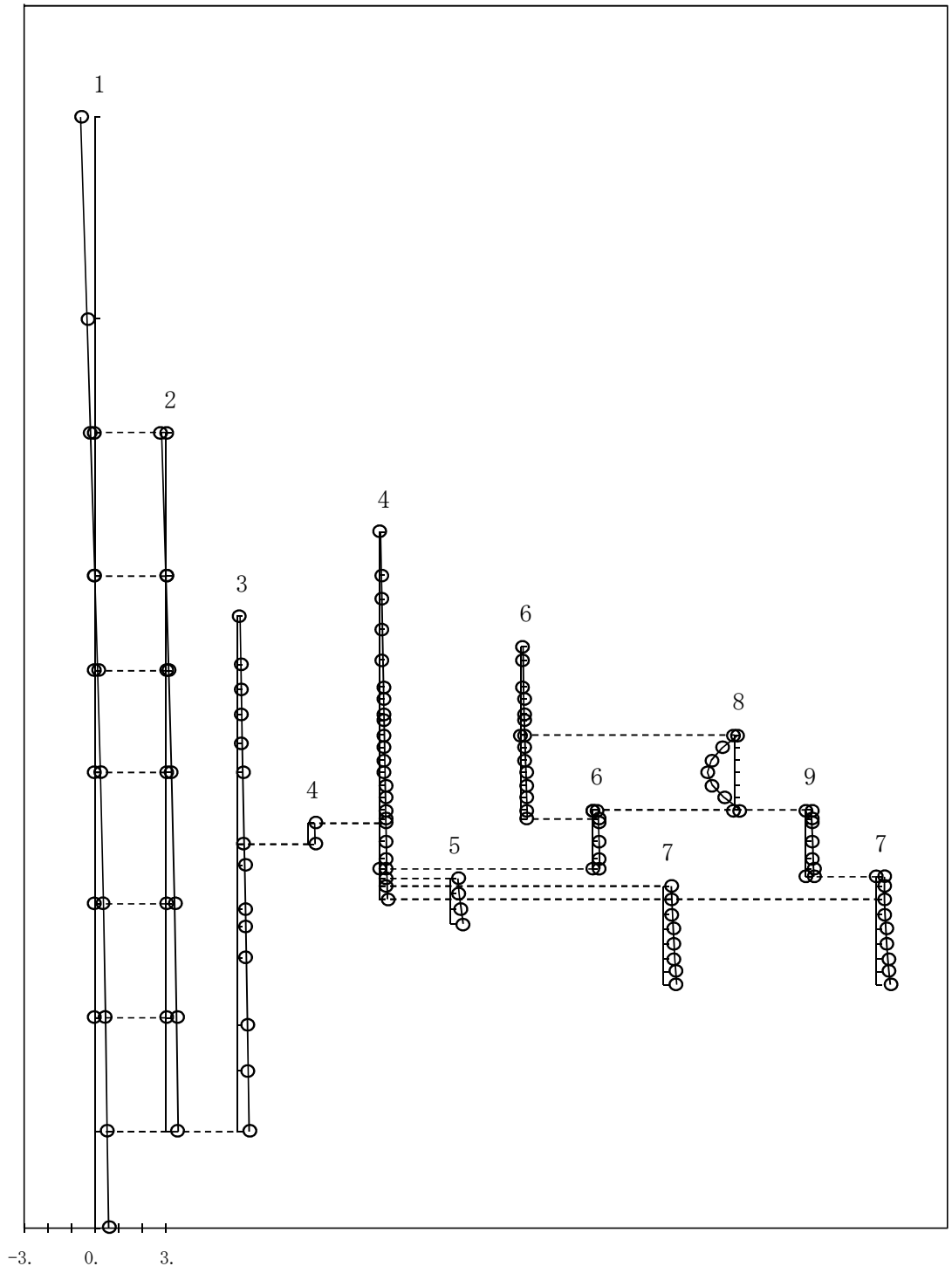


図4－478　第3次刺激関数モード（EW方向,Ss-7）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 原子炉建屋
2 原子炉格納容器
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体
9 制御棒案内管

固有周期(s)　；0.141　　刺激係数　　；-0.552

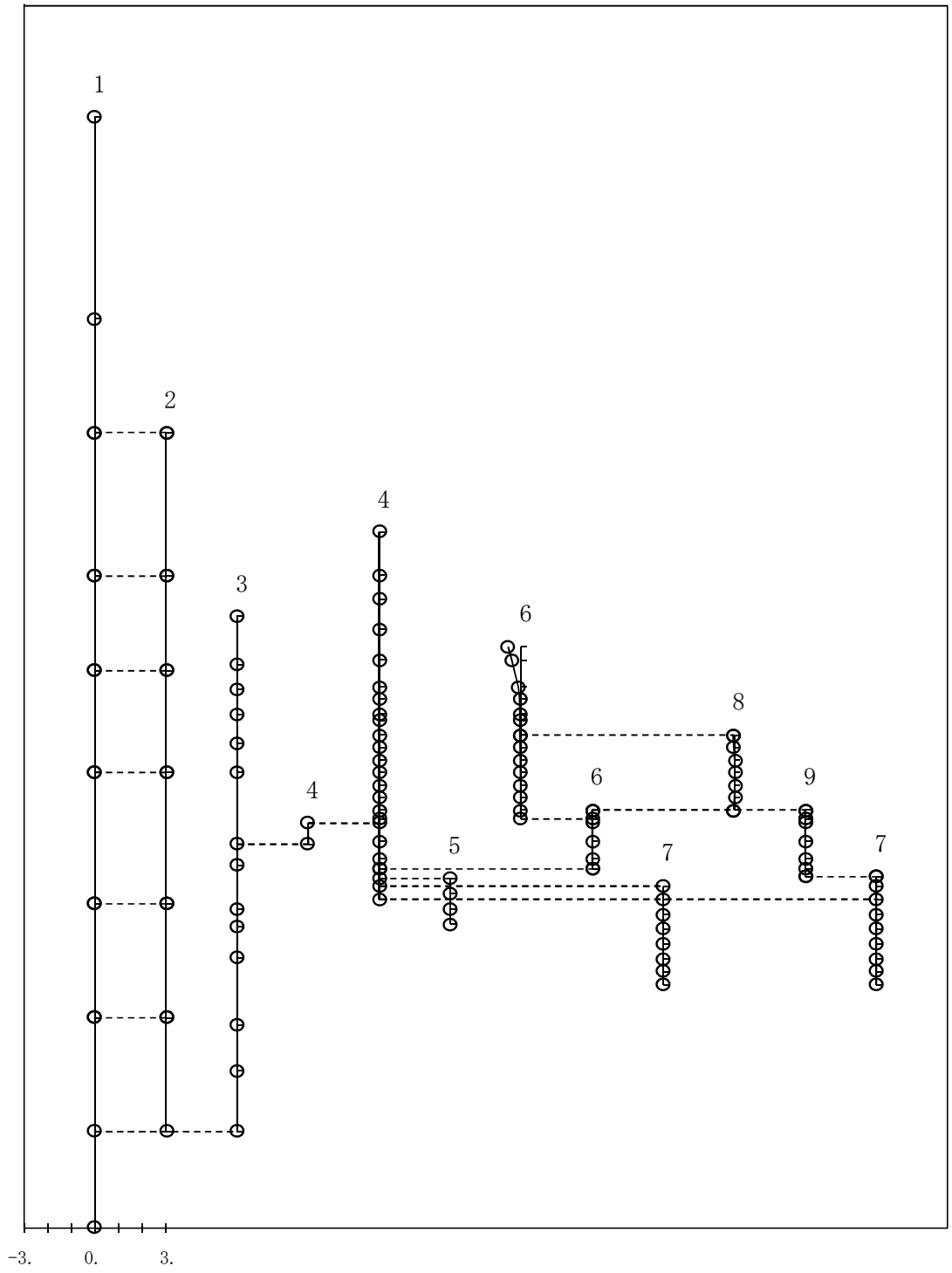


図4－479　第4次刺激関数モード（EW方向,Ss-7）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 原子炉建屋
2 原子炉格納容器
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体
9 制御棒案内管

固有周期(s)　；0.103　　刺激係数　　；-0.270

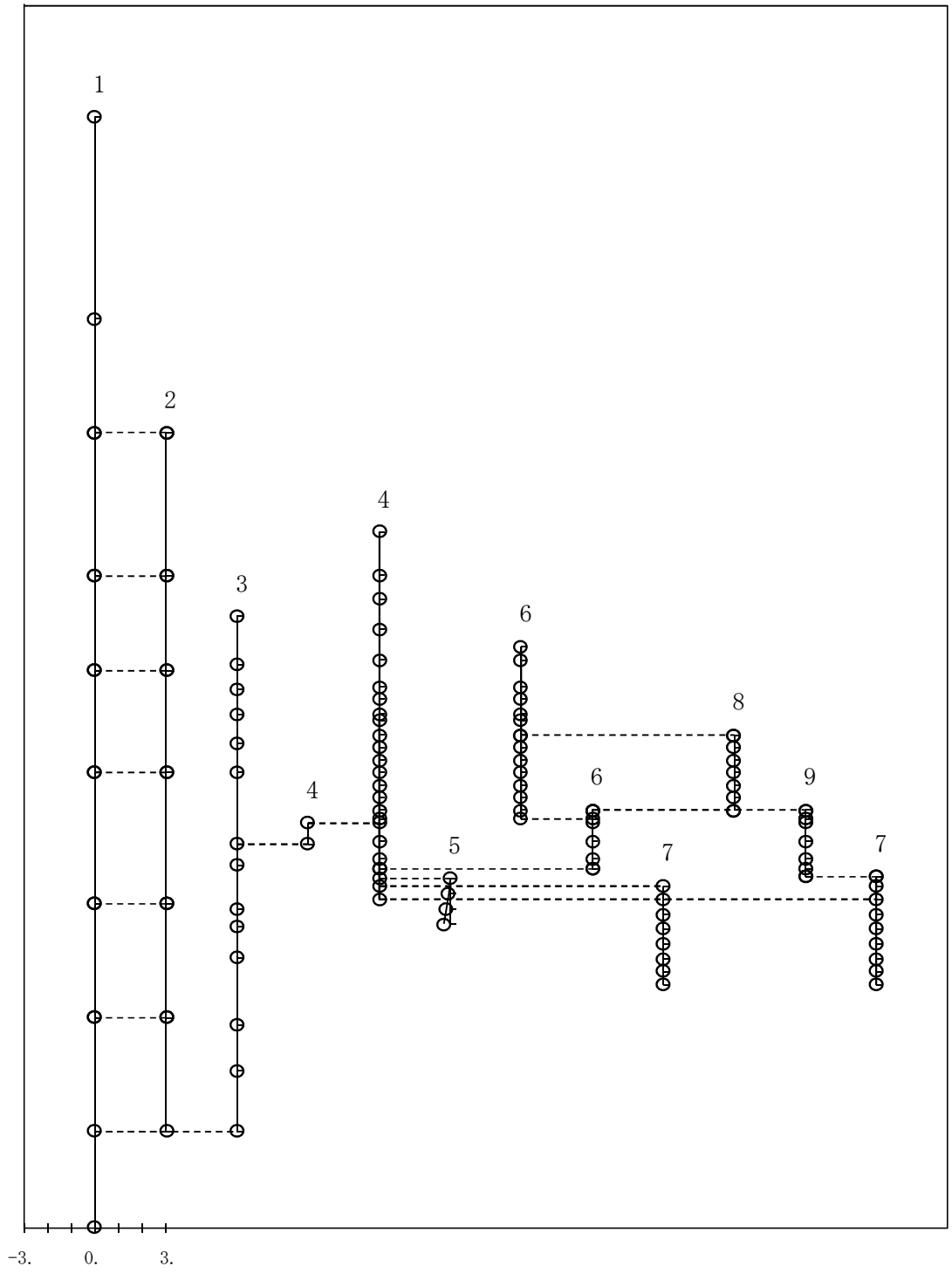


図4－480　第5次刺激関数モード（EW方向,Ss-7）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 原子炉建屋
2 原子炉格納容器
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体
9 制御棒案内管

固有周期(s)　；0.090　　刺激係数　　；-0.029

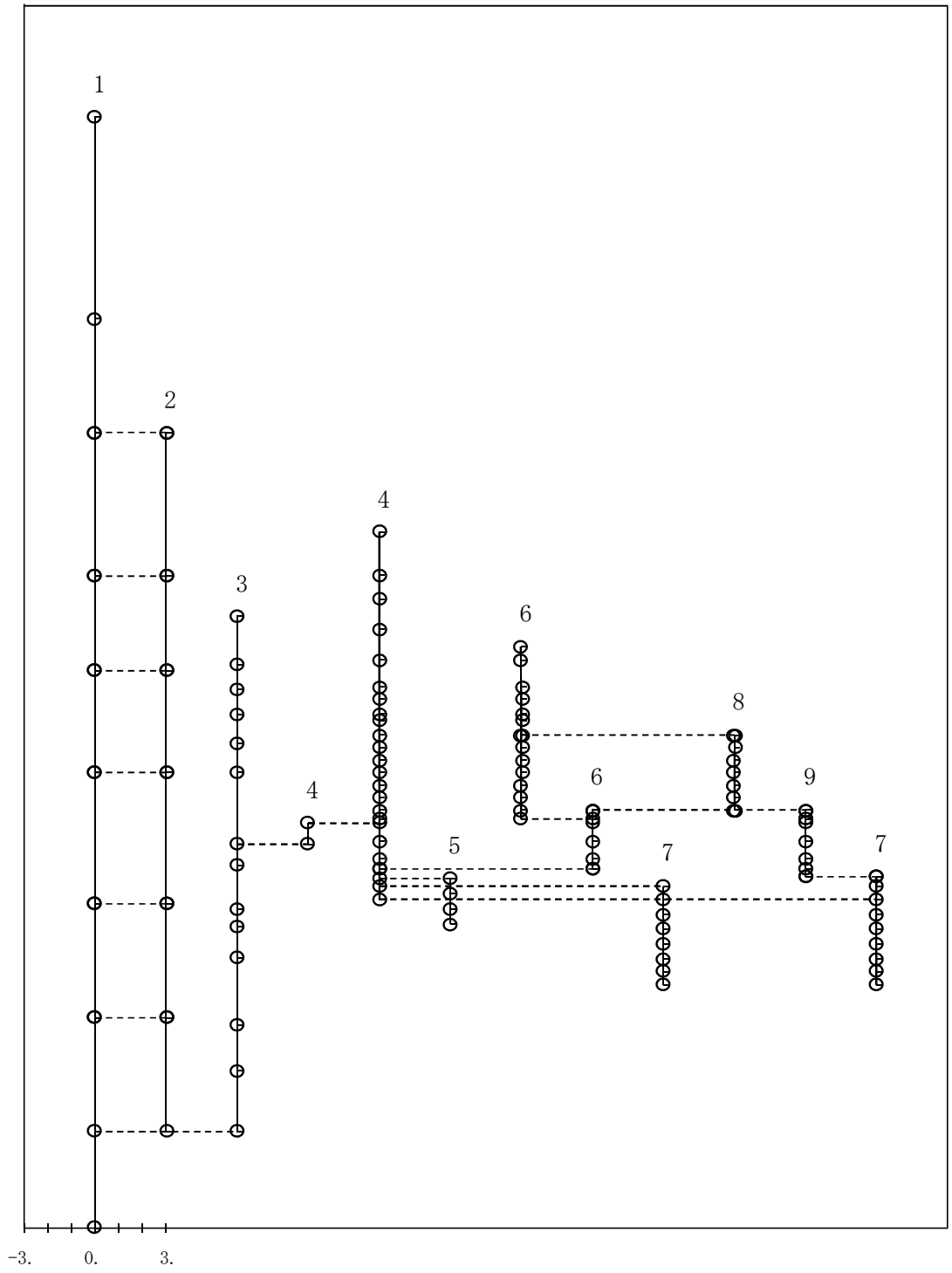


図4－481　第6次刺激関数モード（EW方向,Ss-7）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 原子炉建屋
2 原子炉格納容器
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体
9 制御棒案内管

固有周期(s)　；0.088　　刺激係数　　；-0.108

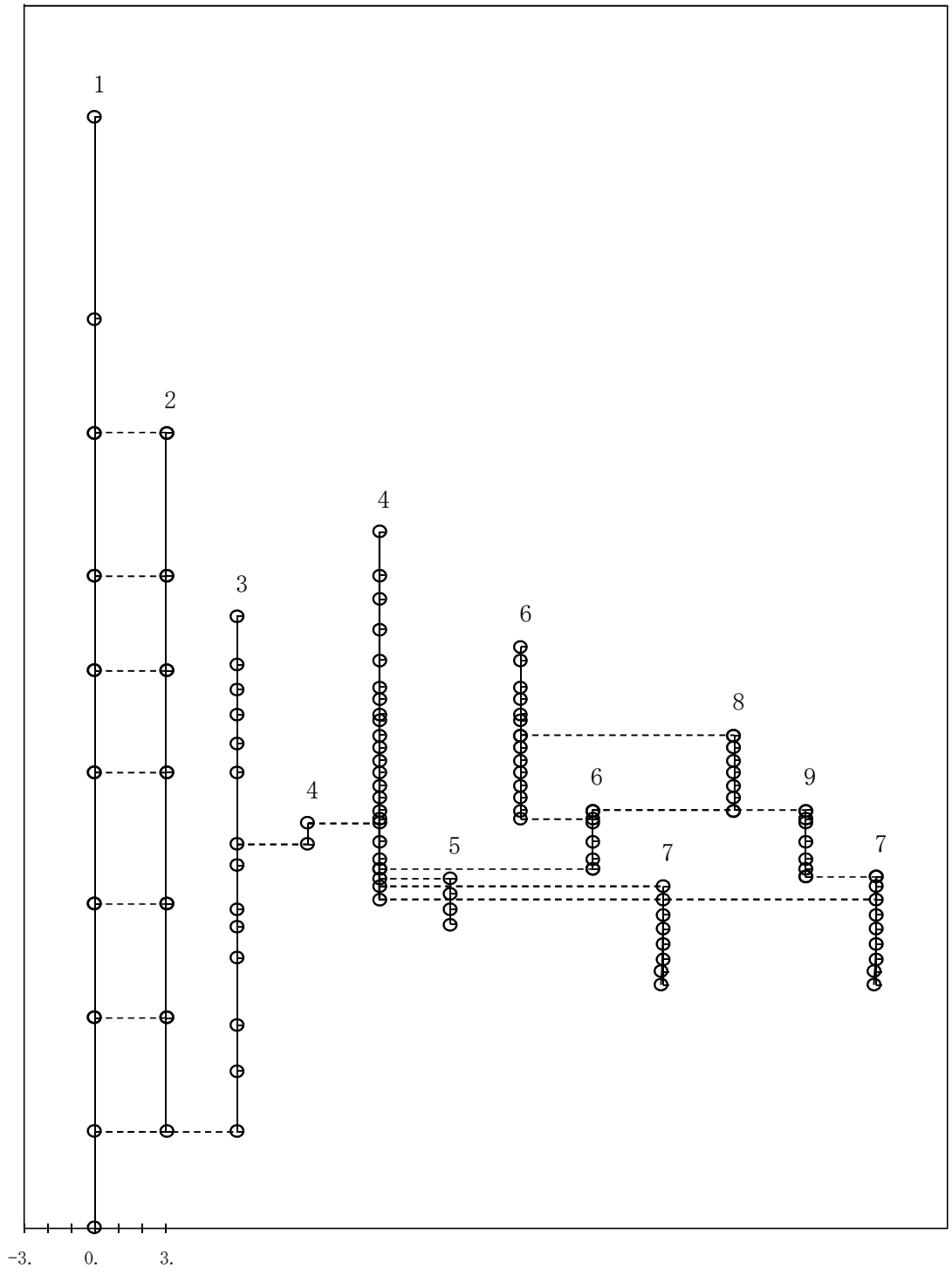


図4－482　第7次刺激関数モード（EW方向,Ss-7）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 原子炉建屋
2 原子炉格納容器
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体
9 制御棒案内管

固有周期(s)　；0.082　　刺激係数　　；-0.032

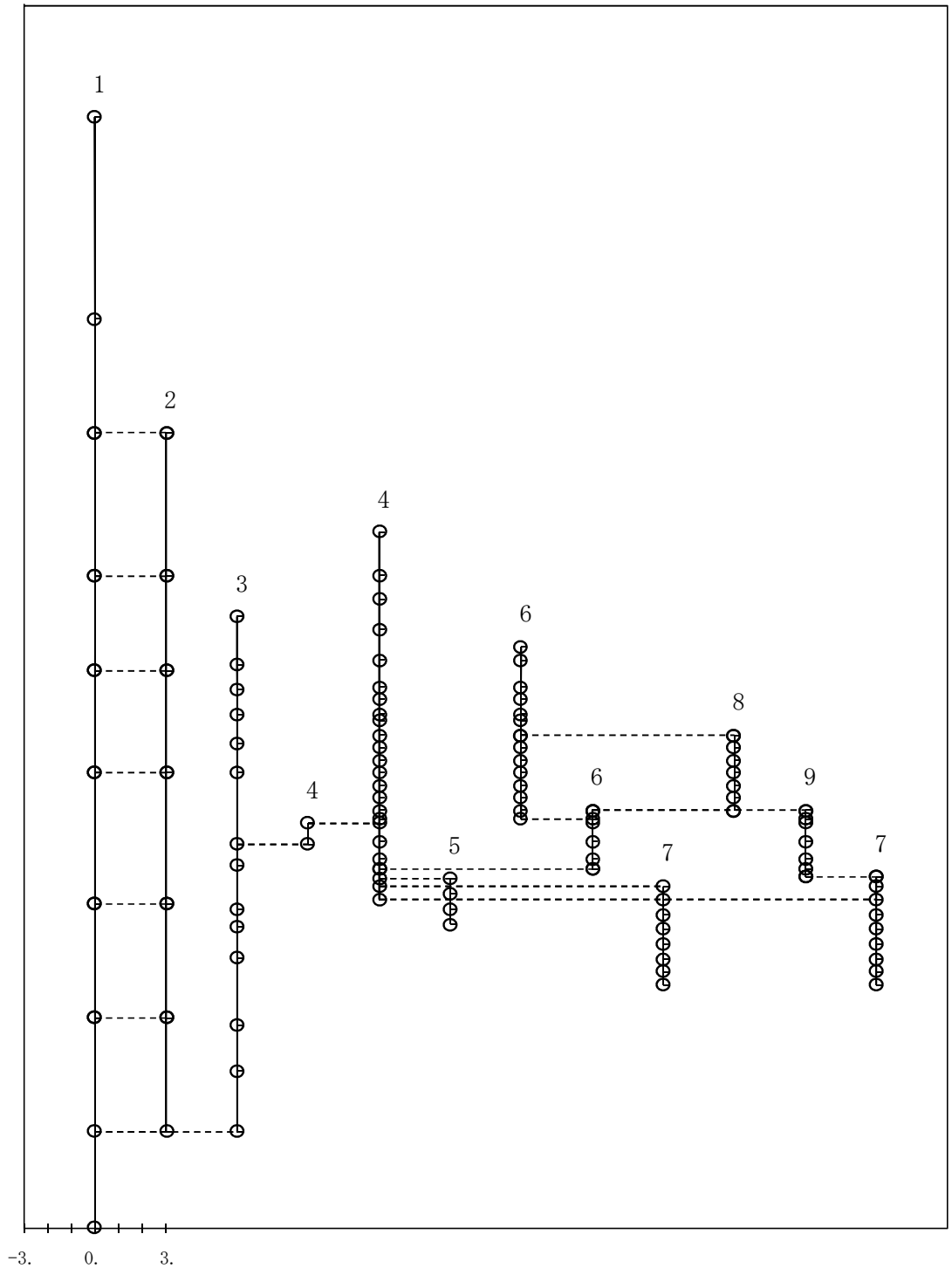


図4－483　第8次刺激関数モード（EW方向,Ss-7）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 原子炉建屋
2 原子炉格納容器
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体
9 制御棒案内管

固有周期(s)　；0.078　　刺激係数　　；-0.459

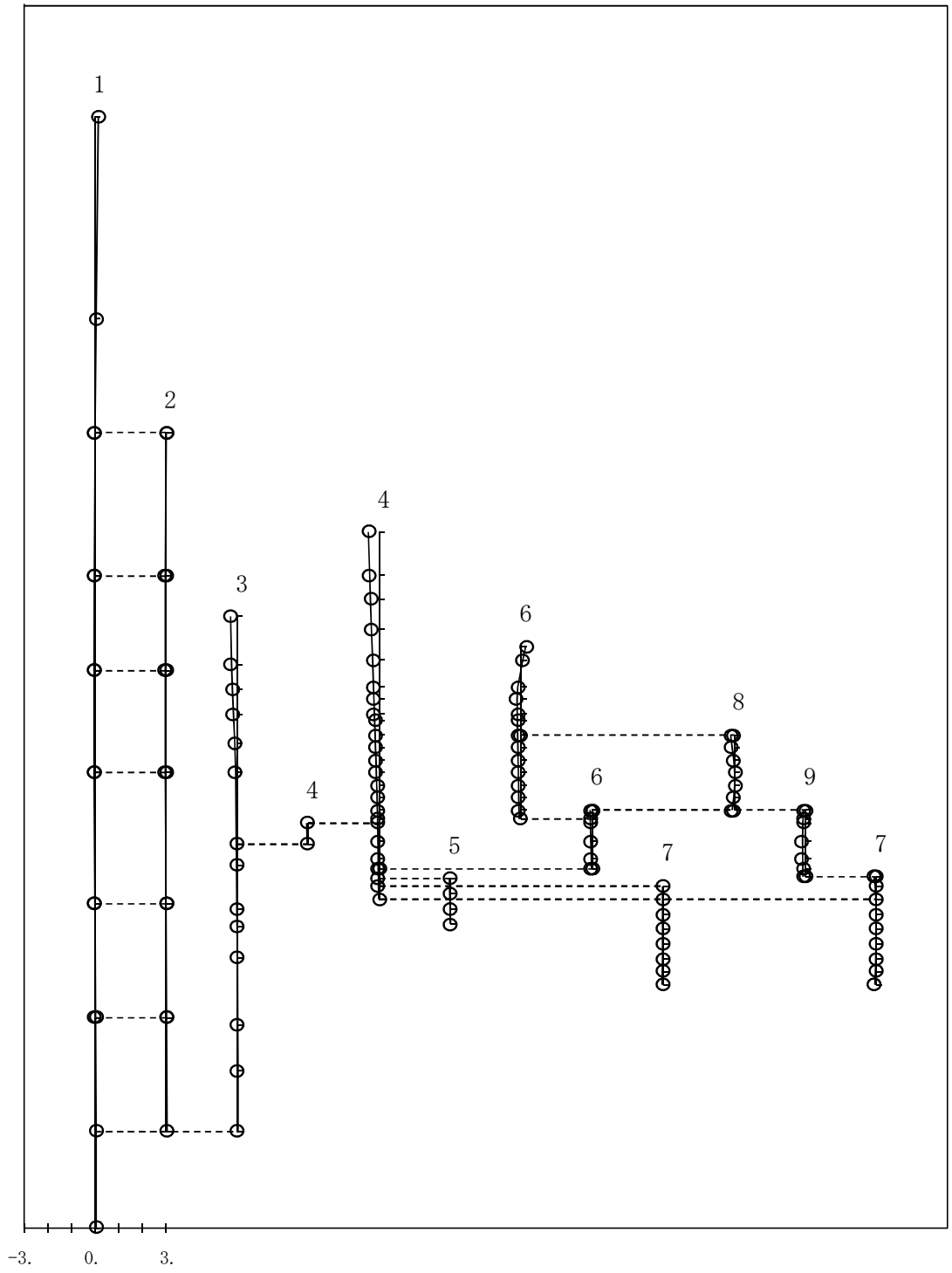


図4－484　第9次刺激関数モード（EW方向,Ss-7）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 原子炉建屋
2 原子炉格納容器
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体
9 制御棒案内管

固有周期(s)　；0.071　　刺激係数　　；-0.098

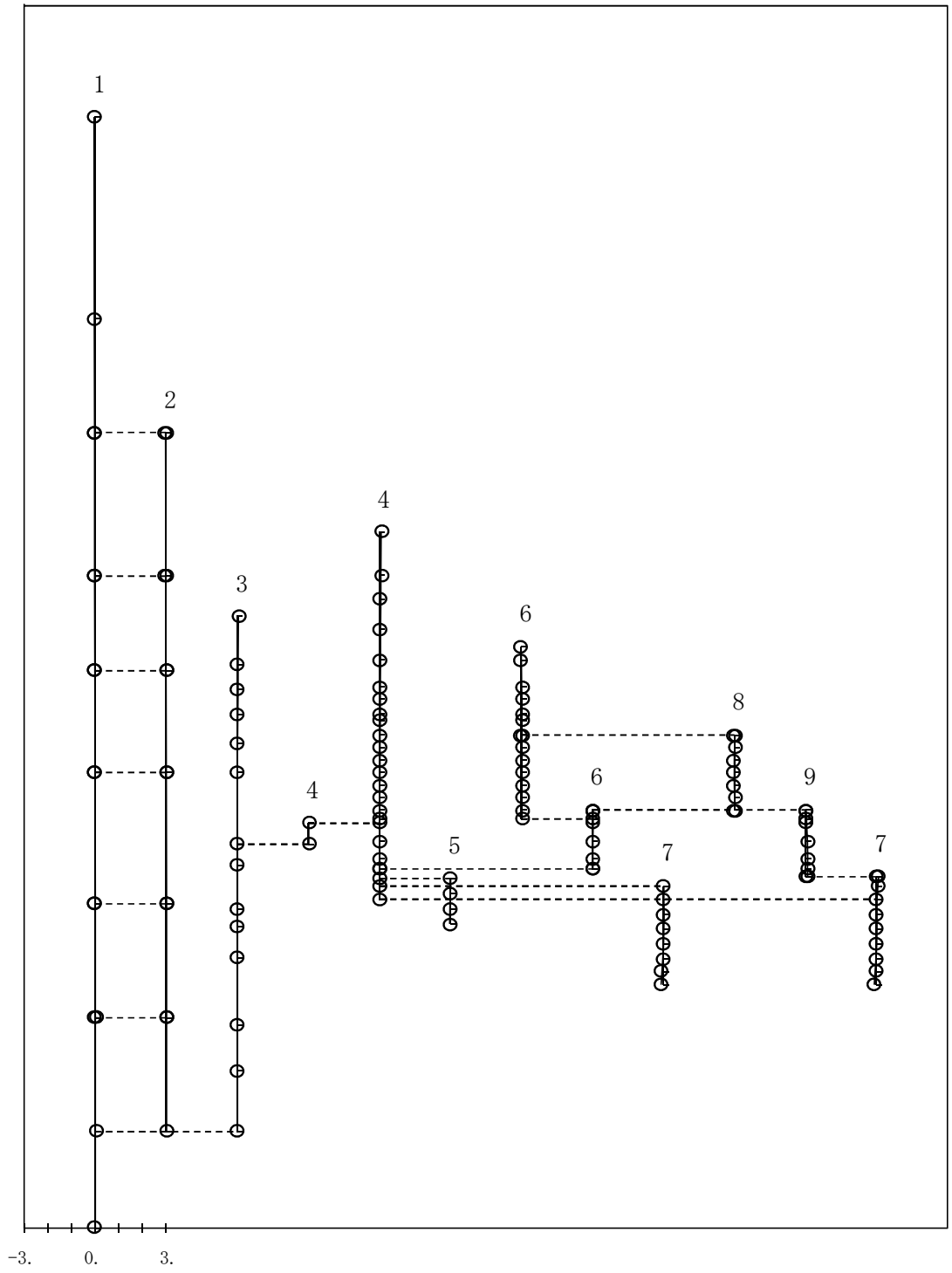


図4－485　第10次刺激関数モード（EW方向，Ss-7）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 原子炉建屋
2 原子炉格納容器
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体
9 制御棒案内管

固有周期(s)　；0.069　　刺激係数　　；0.073

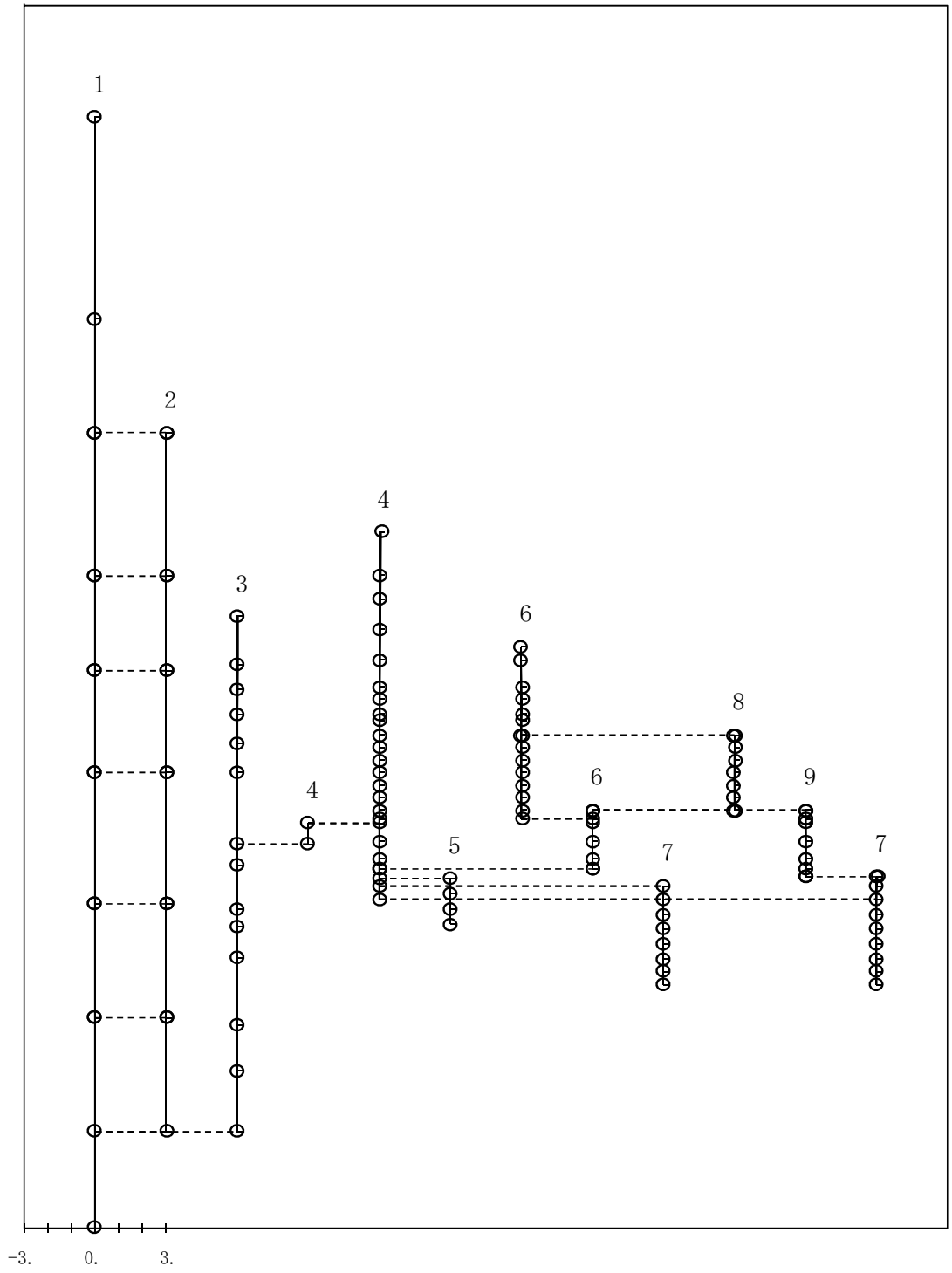


図4－486　第11次刺激関数モード（EW方向,Ss-7）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 原子炉建屋
2 原子炉格納容器
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体
9 制御棒案内管

固有周期(s)　；0.065　　刺激係数　　；-0.096

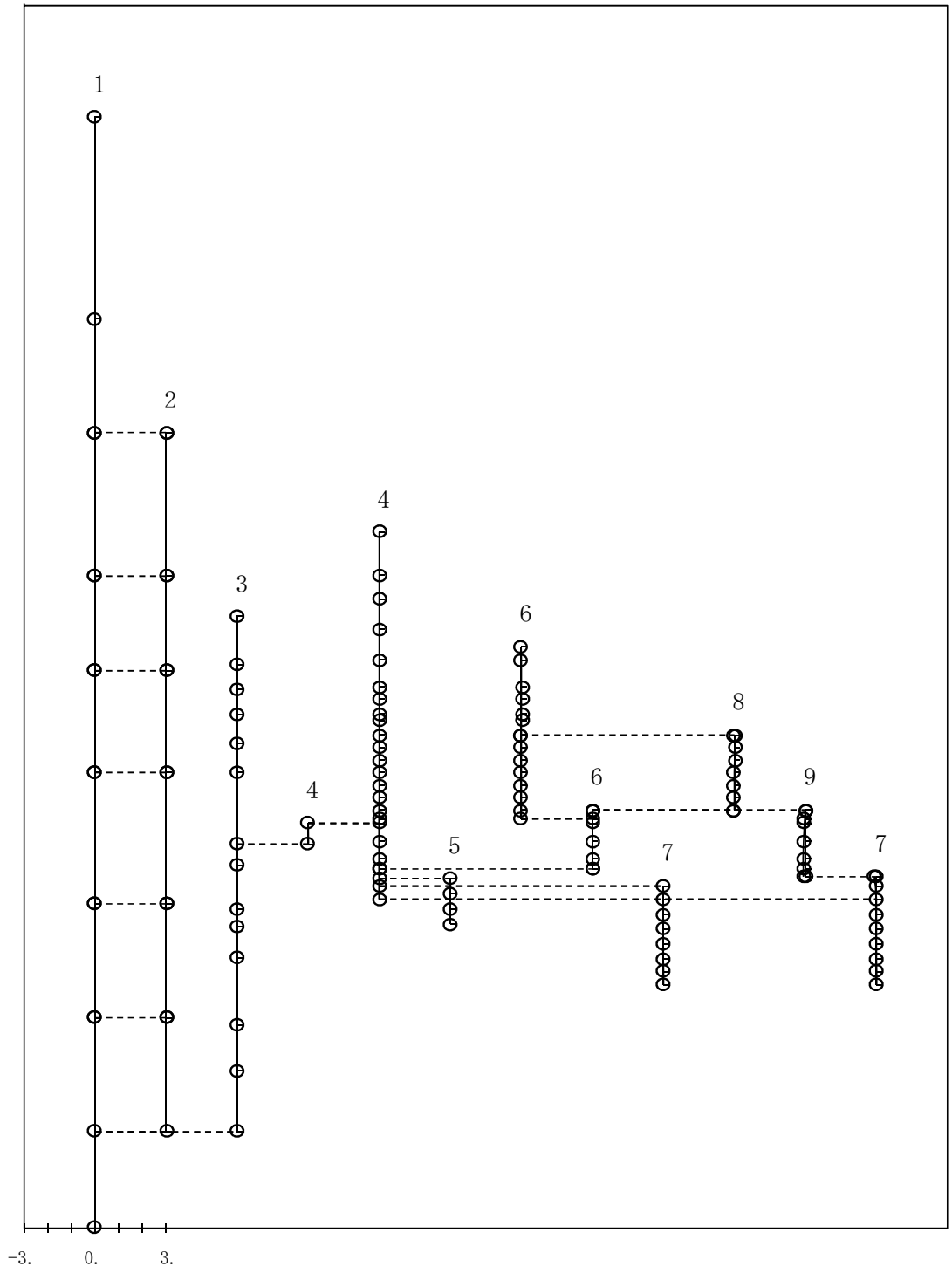


図4－487　第12次刺激関数モード（EW方向,Ss-7）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 原子炉建屋
2 原子炉格納容器
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体
9 制御棒案内管

固有周期(s)　；0.058　　刺激係数　　；0.070

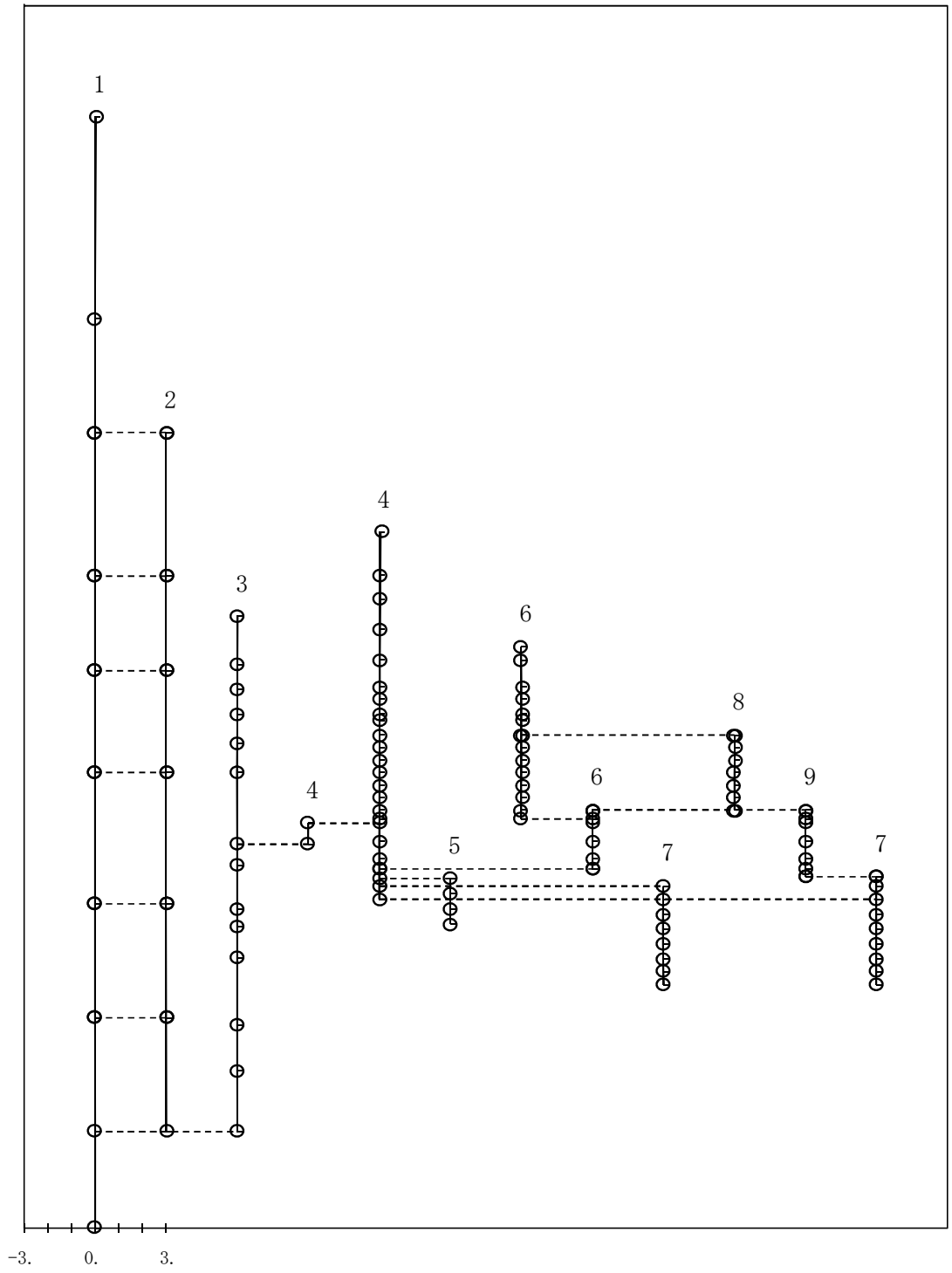


図4－488　第13次刺激関数モード（EW方向,Ss-7）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 原子炉建屋
2 原子炉格納容器
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体
9 制御棒案内管

固有周期(s)　；0.055　　刺激係数　　；0.096

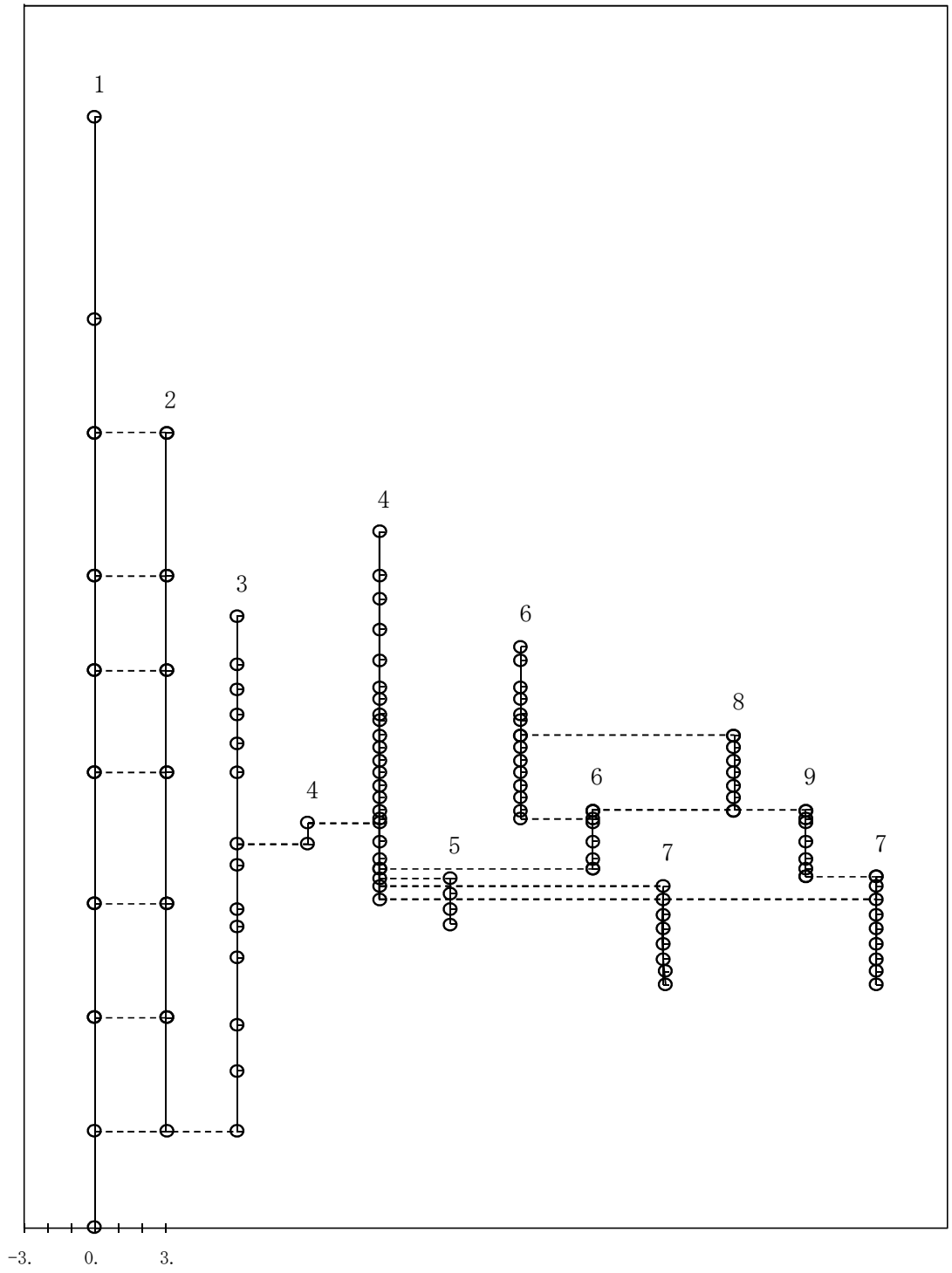


図4－489　第14次刺激関数モード（EW方向,Ss-7）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 原子炉建屋
2 原子炉格納容器
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体
9 制御棒案内管

固有周期(s)　；0.052　　刺激係数　　；-0.010

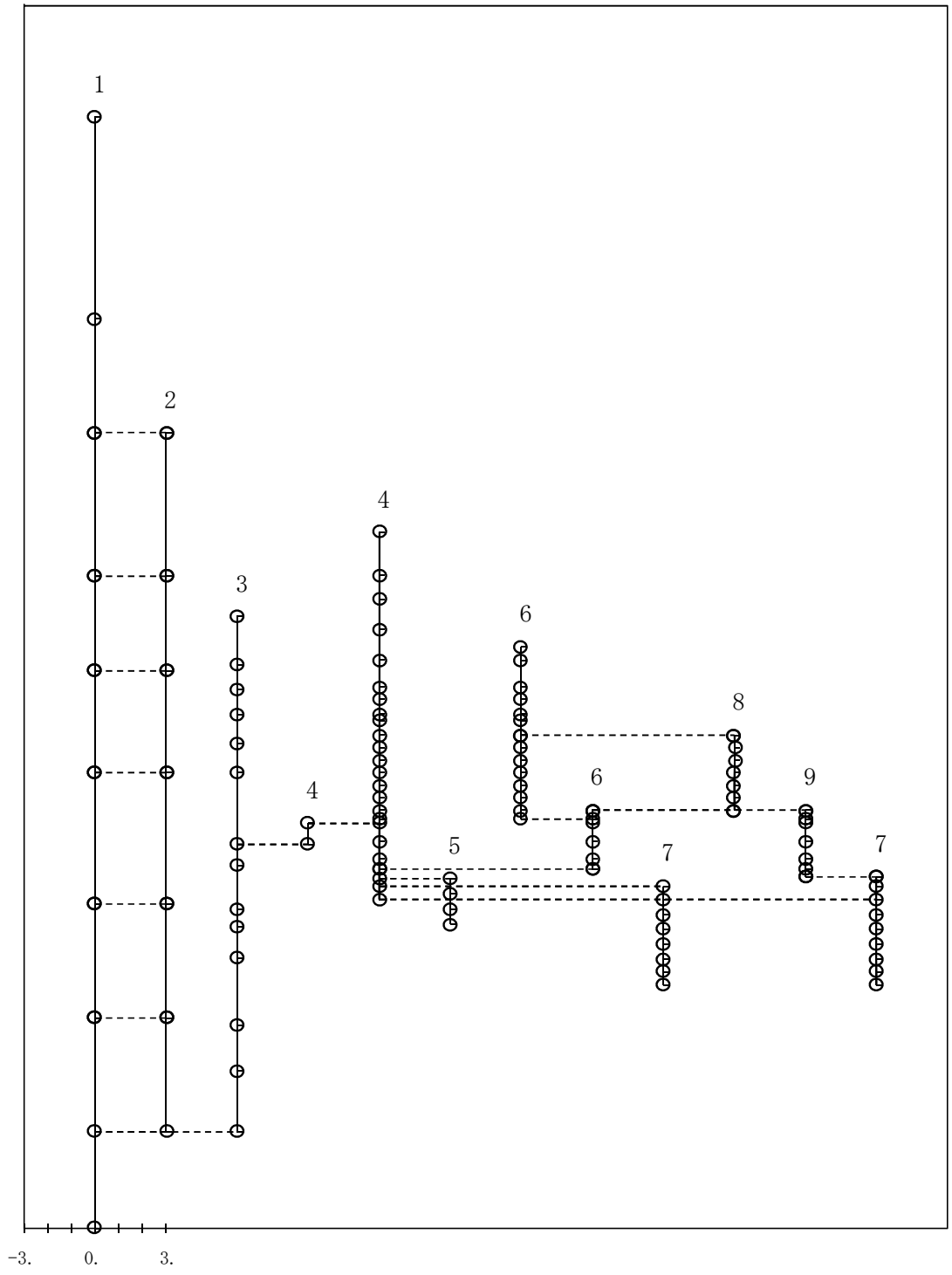


図4－490　第15次刺激関数モード（EW方向,Ss-7）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 原子炉建屋
2 原子炉格納容器
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体
9 制御棒案内管

固有周期(s)　；0.433　　刺激係数　　；1.587

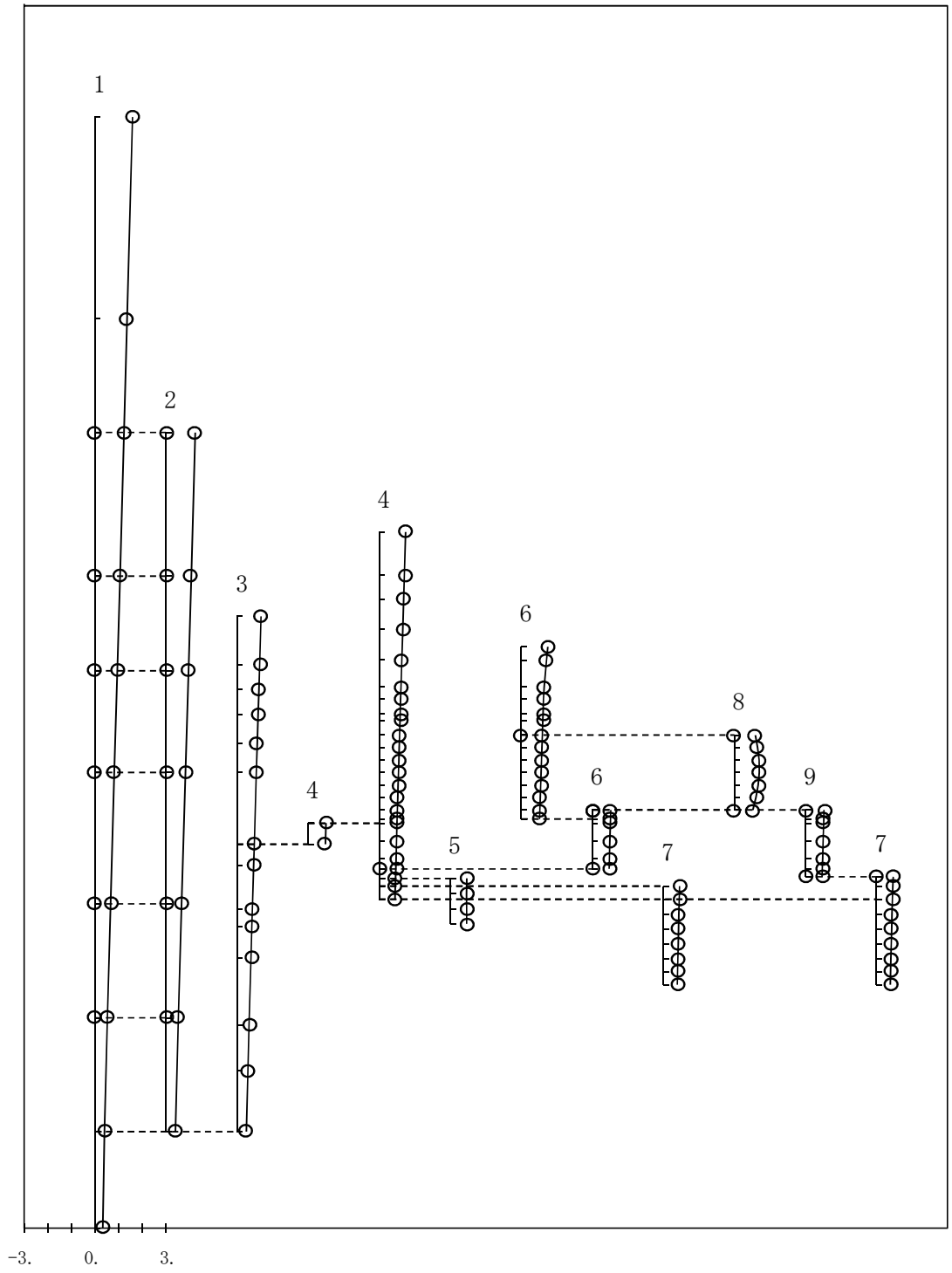


図4－491　第1次刺激関数モード（NS方向,Ss-8）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 原子炉建屋
2 原子炉格納容器
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体
9 制御棒案内管

固有周期(s)　；0.209　　刺激係数　　；1.220

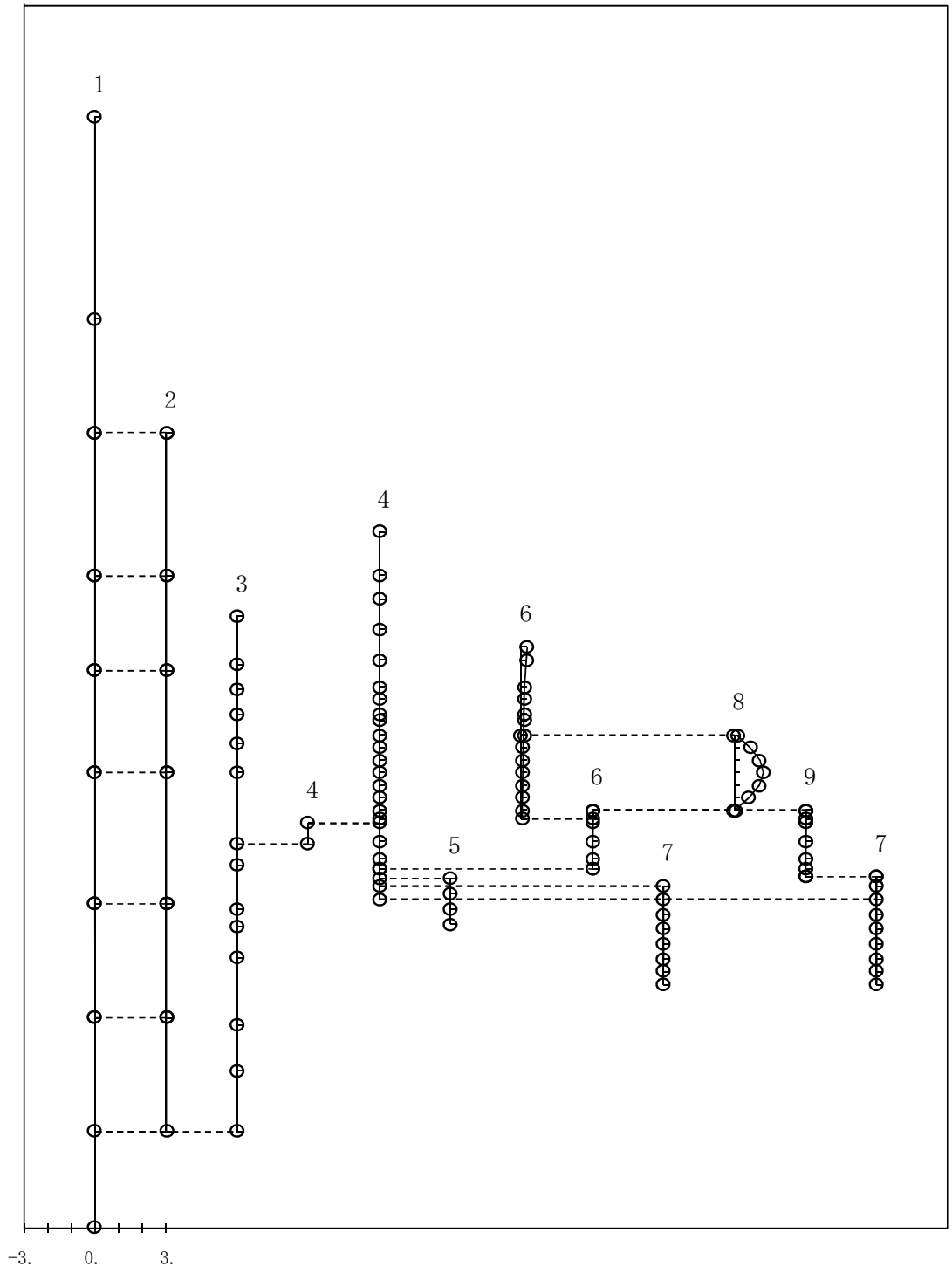


図4－492　第2次刺激関数モード（NS方向,Ss-8）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 原子炉建屋
2 原子炉格納容器
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体
9 制御棒案内管

固有周期(s)　；0.190　　刺激係数　　；-1.318

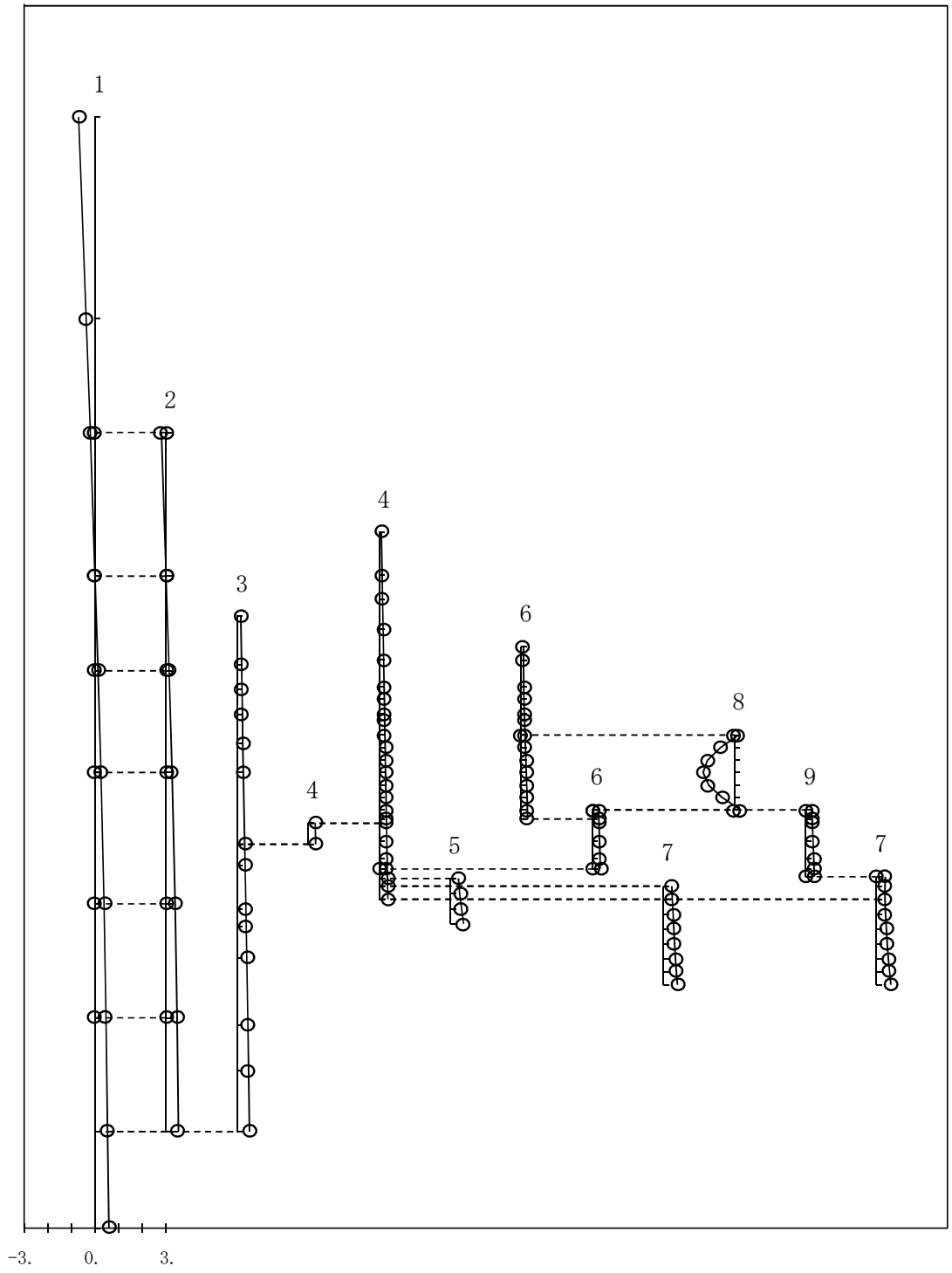


図4－493　第3次刺激関数モード（NS方向,Ss-8）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 原子炉建屋
2 原子炉格納容器
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体
9 制御棒案内管

固有周期(s)　；0.141　　刺激係数　　；-0.594

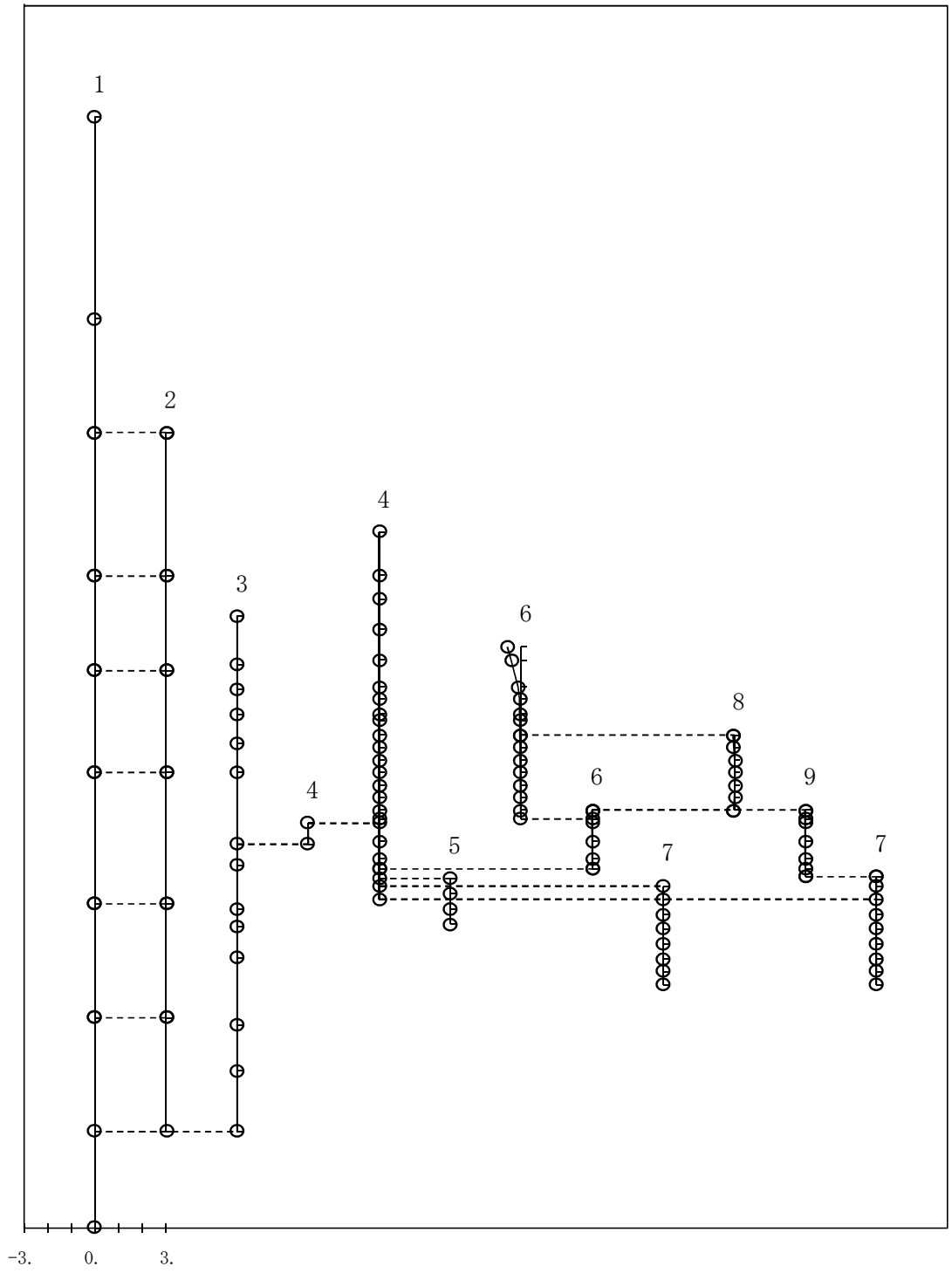


図4－494　第4次刺激関数モード（NS方向,Ss-8）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 原子炉建屋
2 原子炉格納容器
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体
9 制御棒案内管

固有周期(s)　；0.103　　刺激係数　　；-0.282

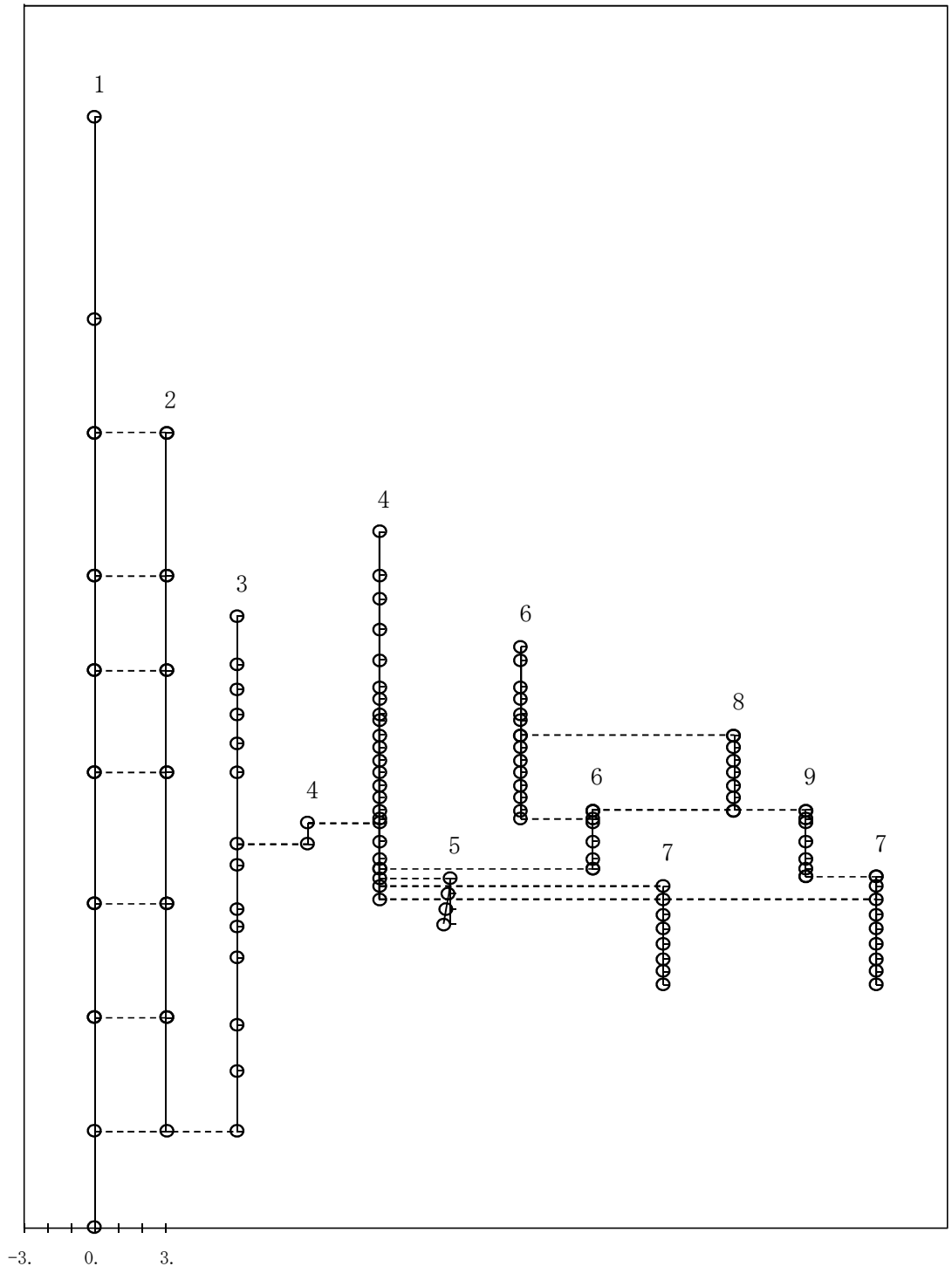


図4－495　第5次刺激関数モード（NS方向,Ss-8）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 原子炉建屋
2 原子炉格納容器
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体
9 制御棒案内管

固有周期(s)　；0.091　　刺激係数　　；-0.186

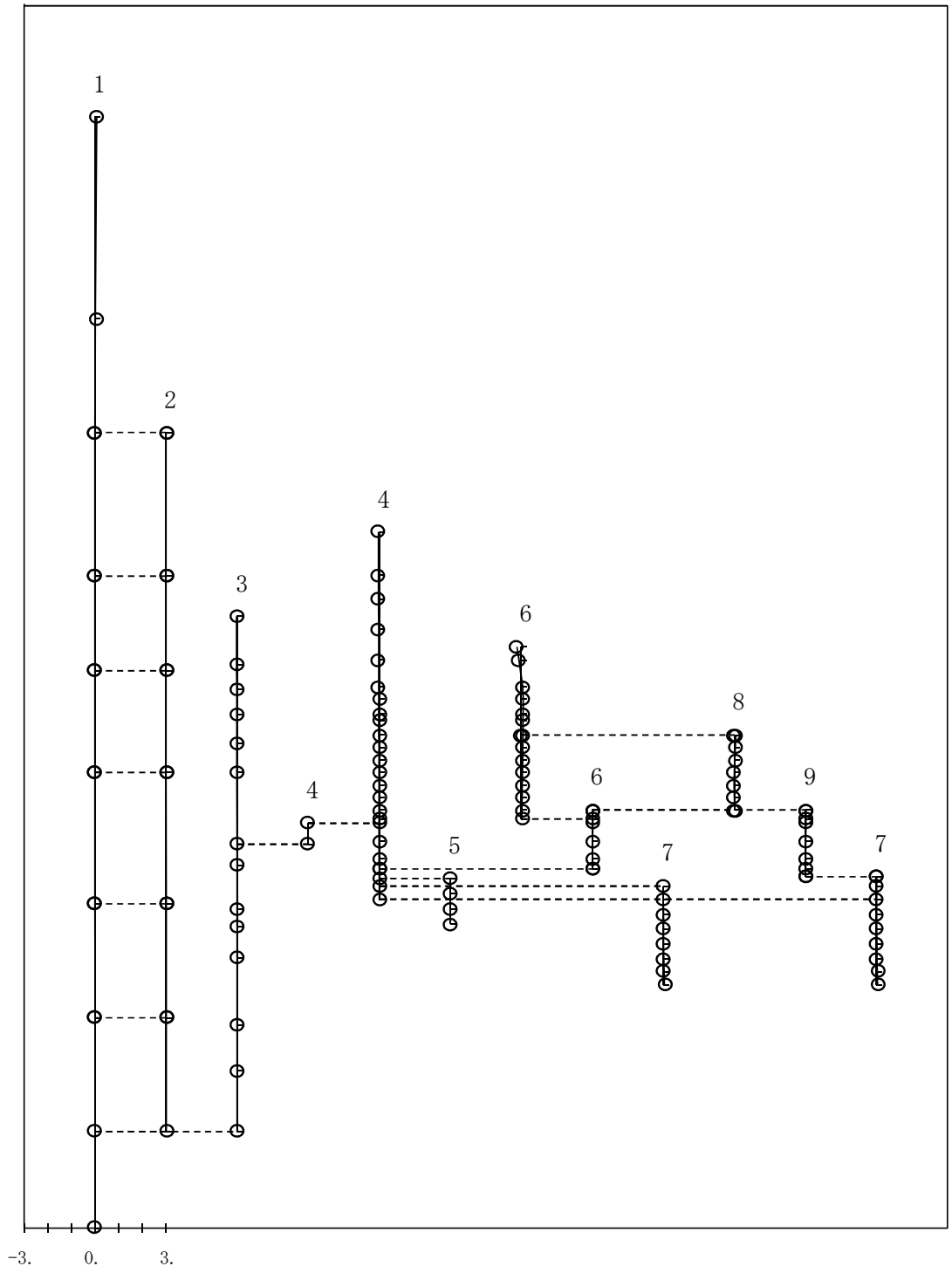


図4－496　第6次刺激関数モード（NS方向,Ss-8）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 原子炉建屋
2 原子炉格納容器
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体
9 制御棒案内管

固有周期(s)　；0.090　　刺激係数　　；0.168

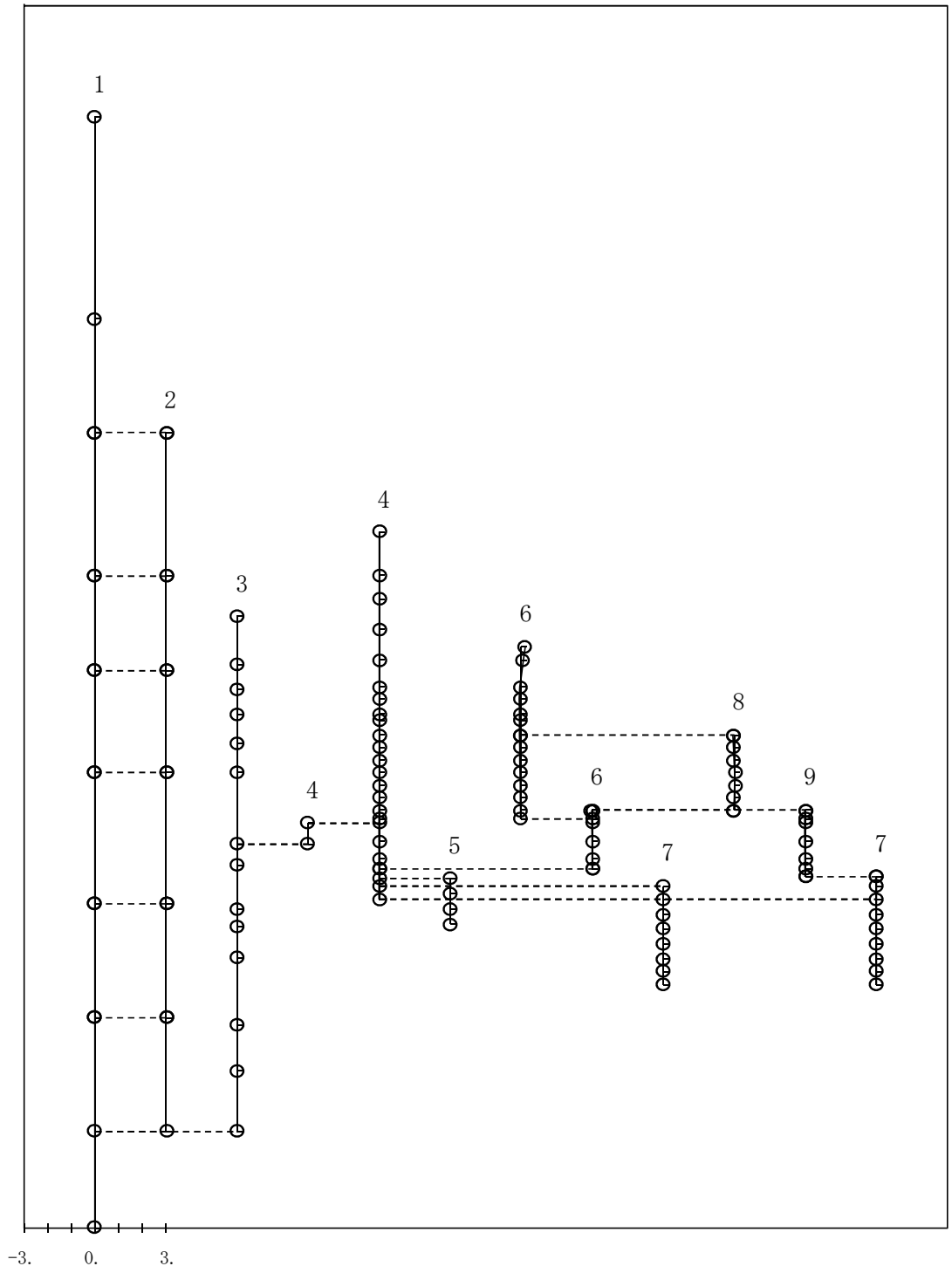


図4－497　第7次刺激関数モード（NS方向,Ss-8）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 原子炉建屋
2 原子炉格納容器
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体
9 制御棒案内管

固有周期(s)　；0.089　　刺激係数　　；-0.121

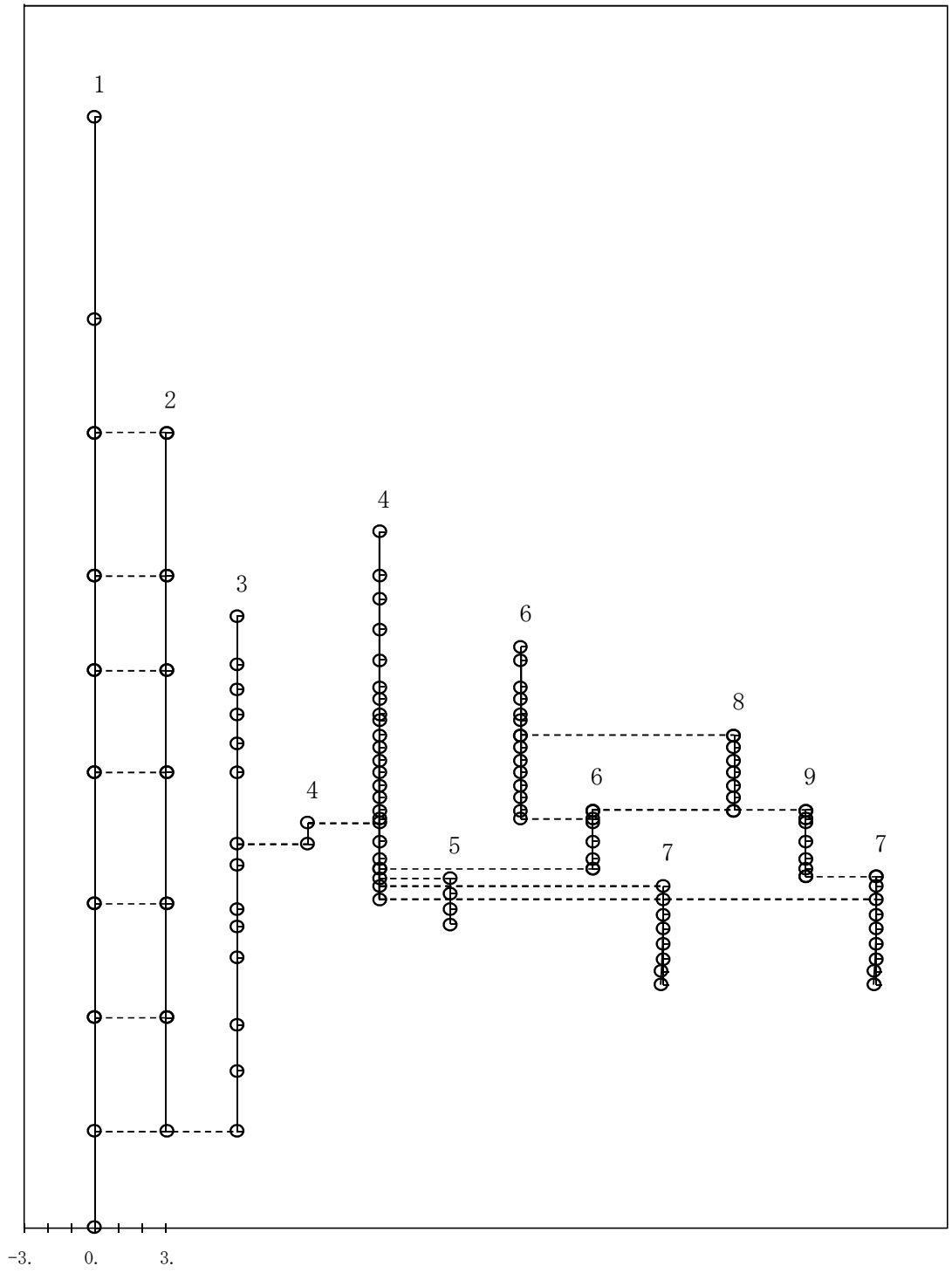


図4－498　第8次刺激関数モード（NS方向,Ss-8）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 原子炉建屋
2 原子炉格納容器
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体
9 制御棒案内管

固有周期(s)　；0.078　　刺激係数　　；-0.456

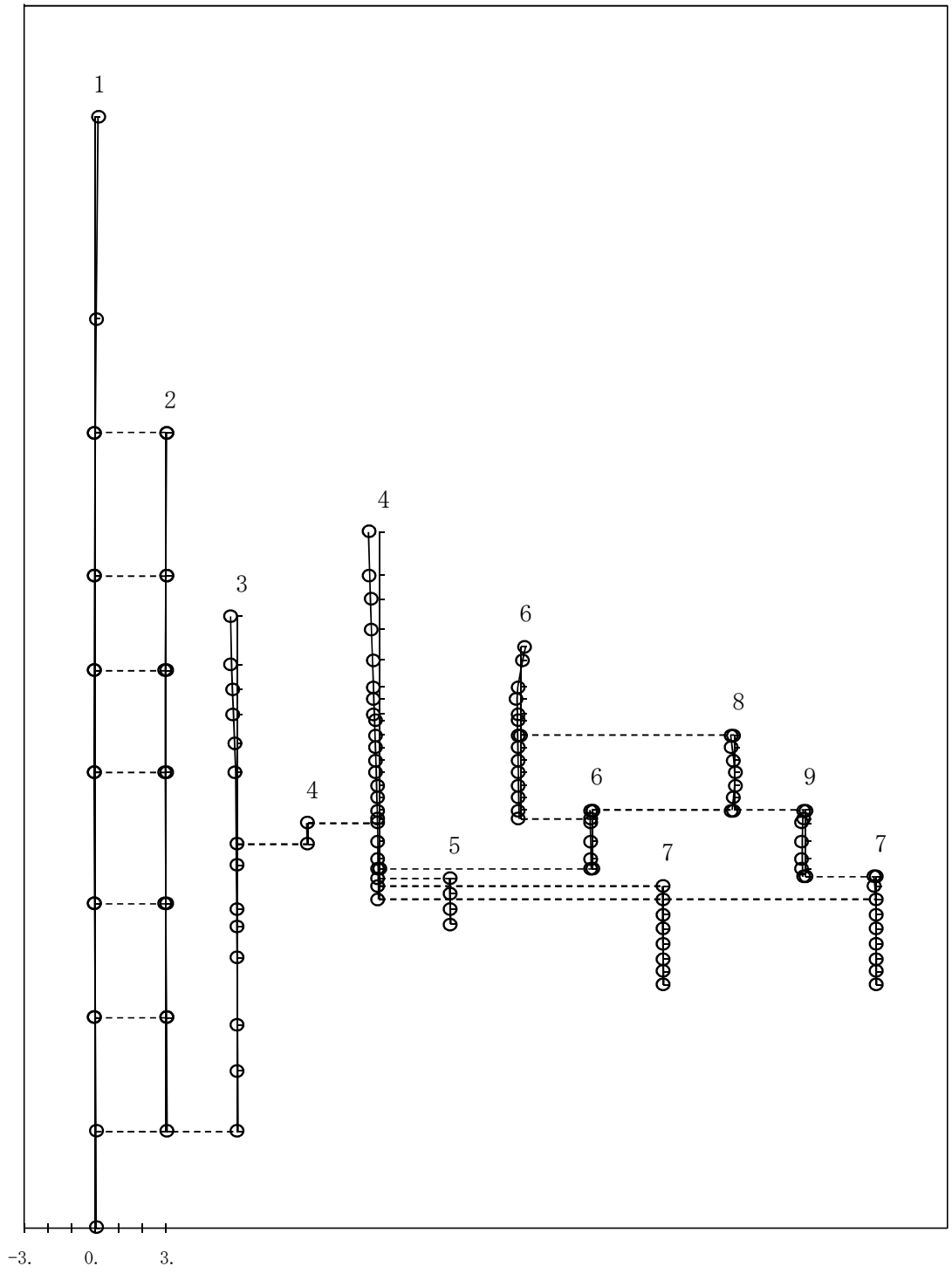


図4－499　第9次刺激関数モード（NS方向,Ss-8）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 原子炉建屋
2 原子炉格納容器
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体
9 制御棒案内管

固有周期(s)　；0.077　　刺激係数　　；-0.189

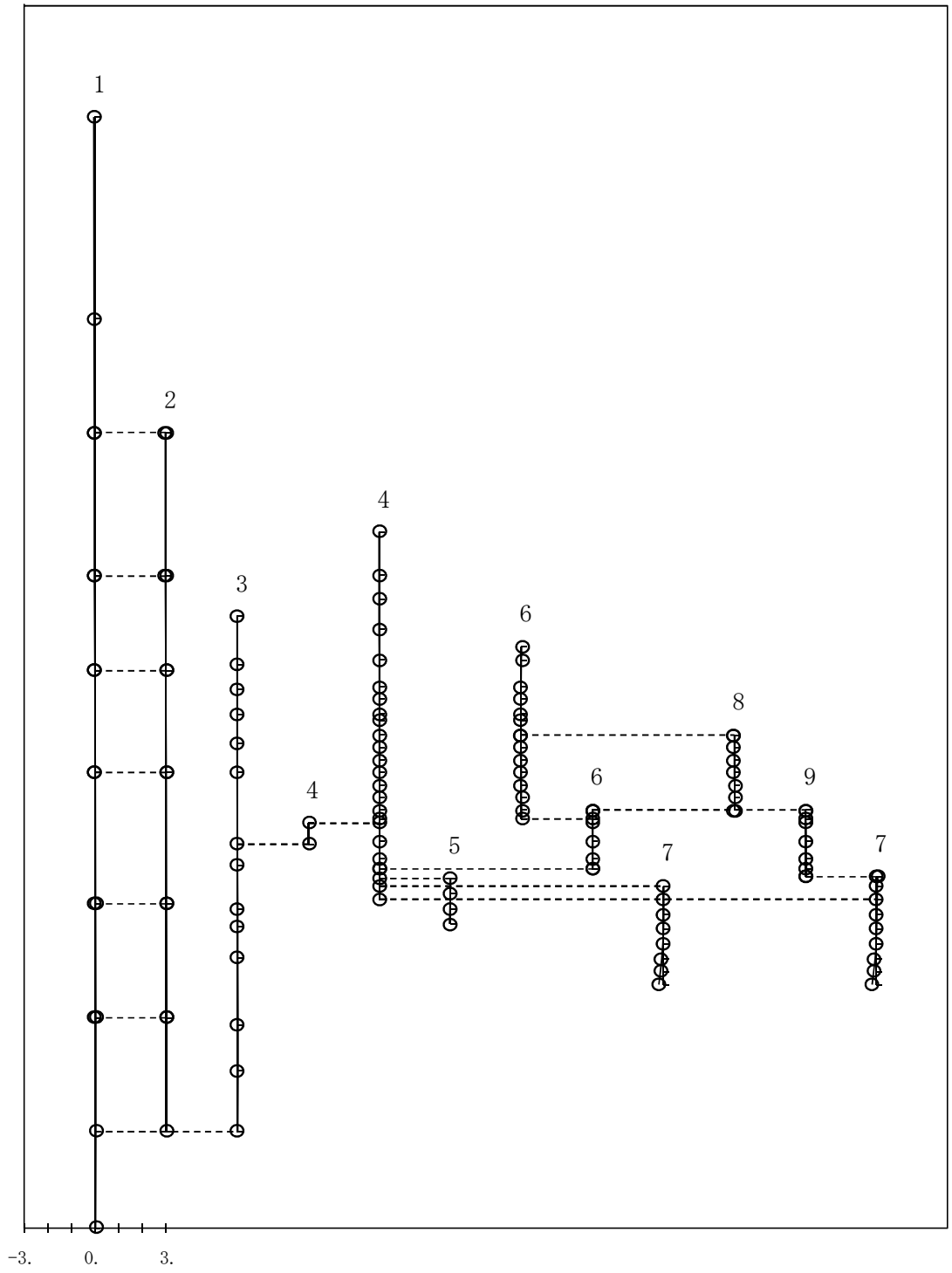


図4－500　第10次刺激関数モード（NS方向, Ss-8）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 原子炉建屋
2 原子炉格納容器
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体
9 制御棒案内管

固有周期(s)　；0.068　　刺激係数　　；0.200

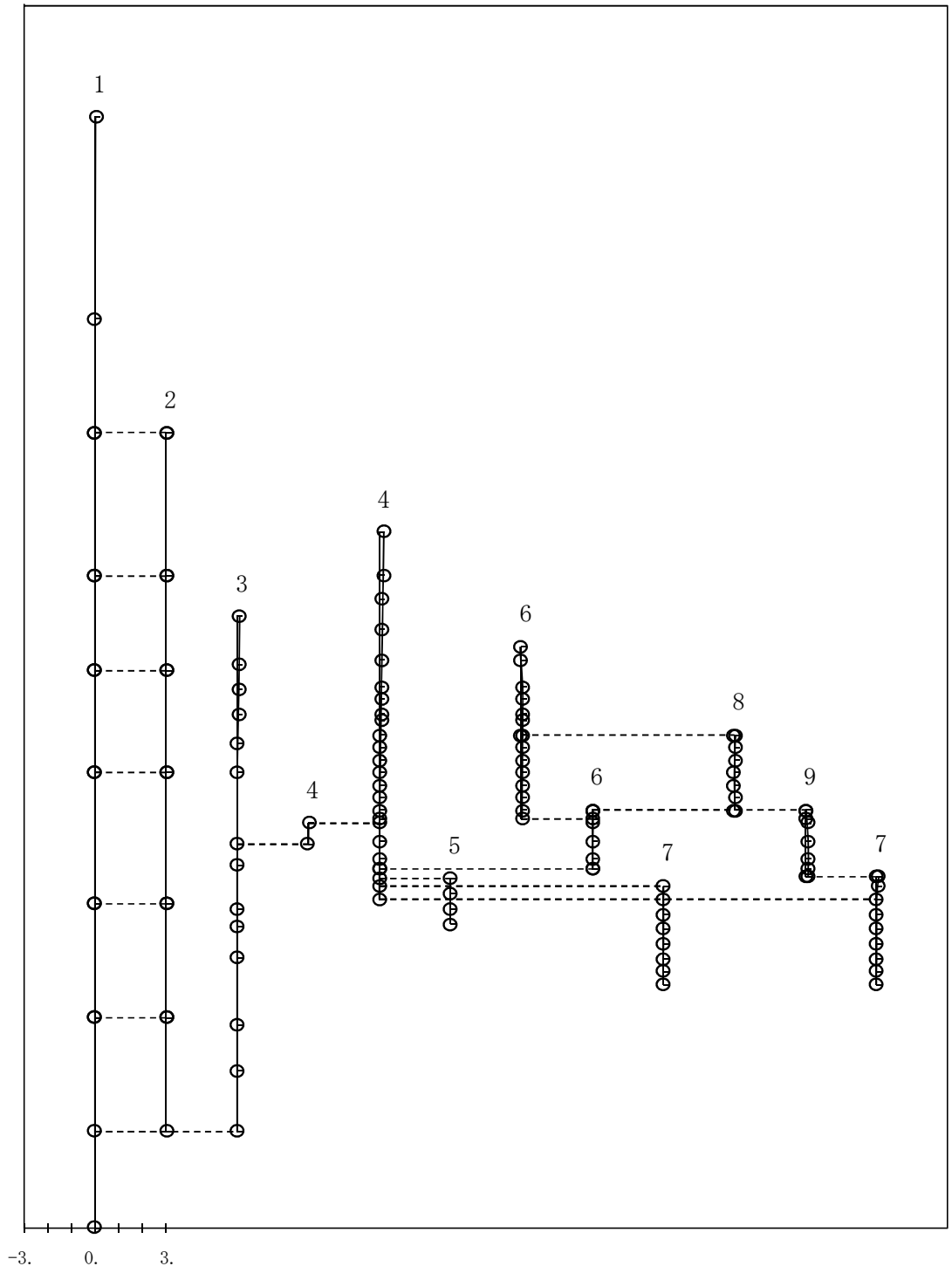


図4－501　第11次刺激関数モード（NS方向，Ss-8）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 原子炉建屋
2 原子炉格納容器
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体
9 制御棒案内管

固有周期(s)　；0.065　　刺激係数　　；-0.124

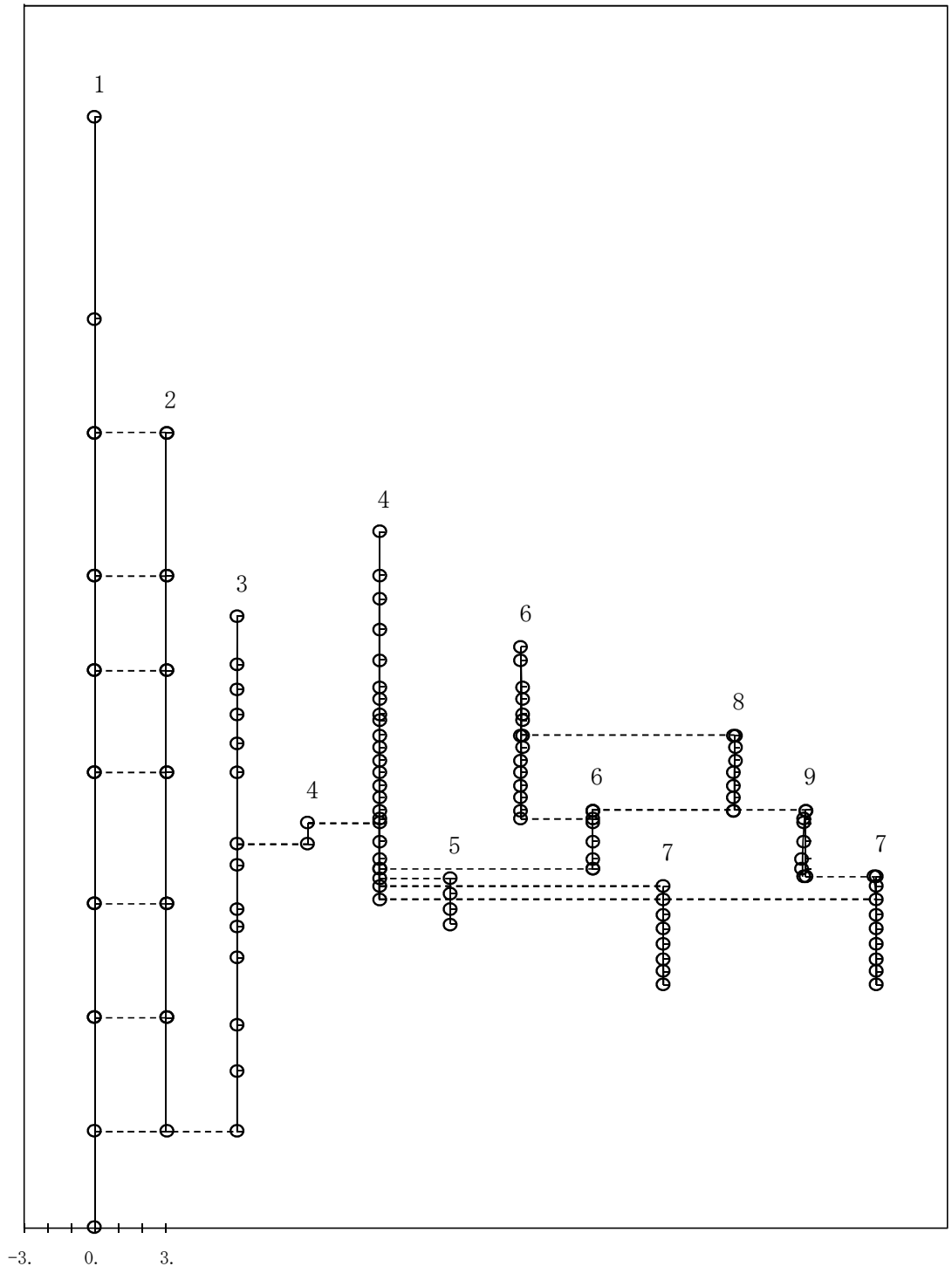


図4－502　第12次刺激関数モード（NS方向,Ss-8）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 原子炉建屋
2 原子炉格納容器
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体
9 制御棒案内管

固有周期(s)　；0.056　　刺激係数　　；0.146

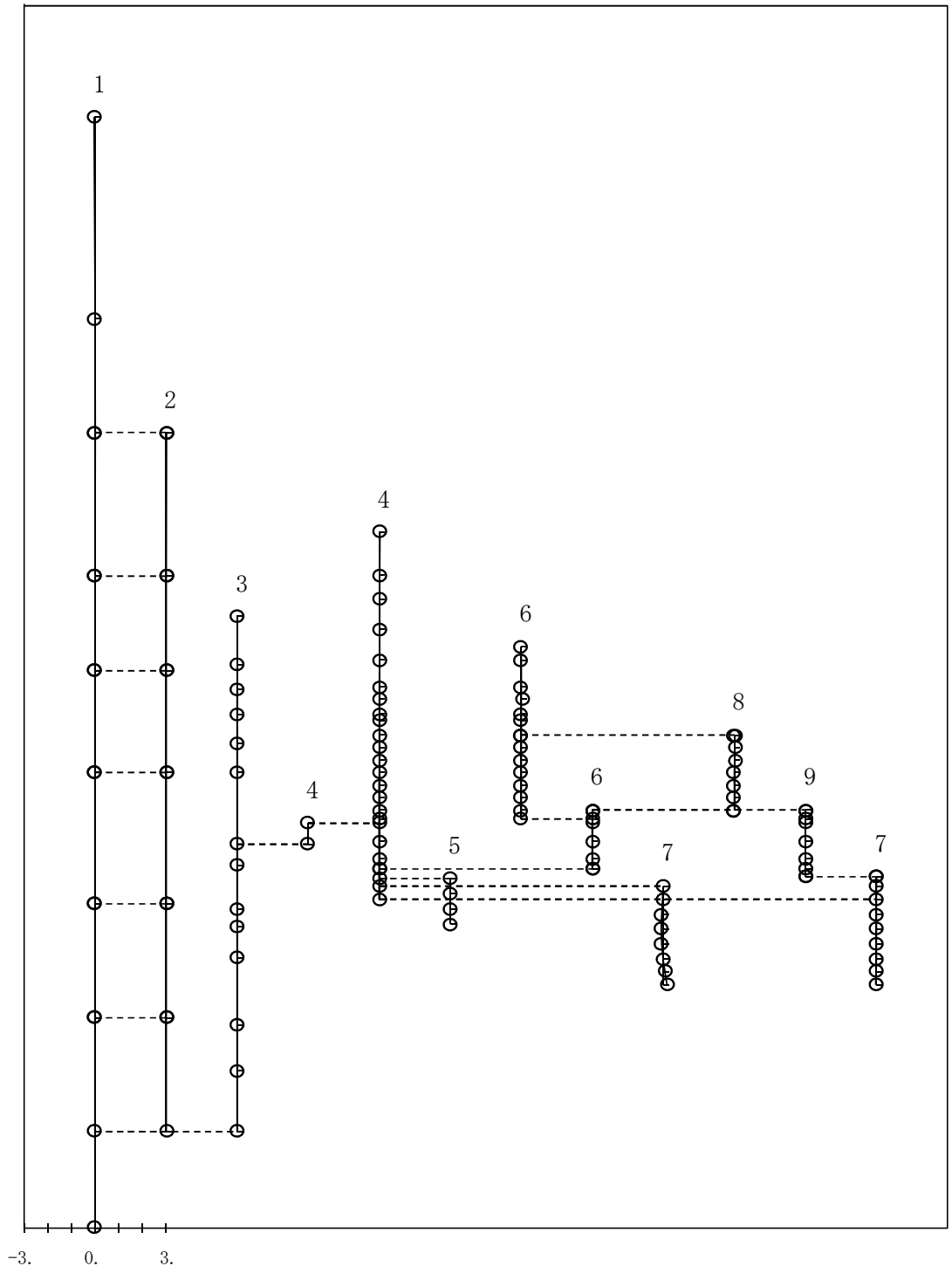


図4－503　第13次刺激関数モード（NS方向, Ss-8）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 原子炉建屋
2 原子炉格納容器
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体
9 制御棒案内管

固有周期(s)　；0.055　　刺激係数　　；-0.024

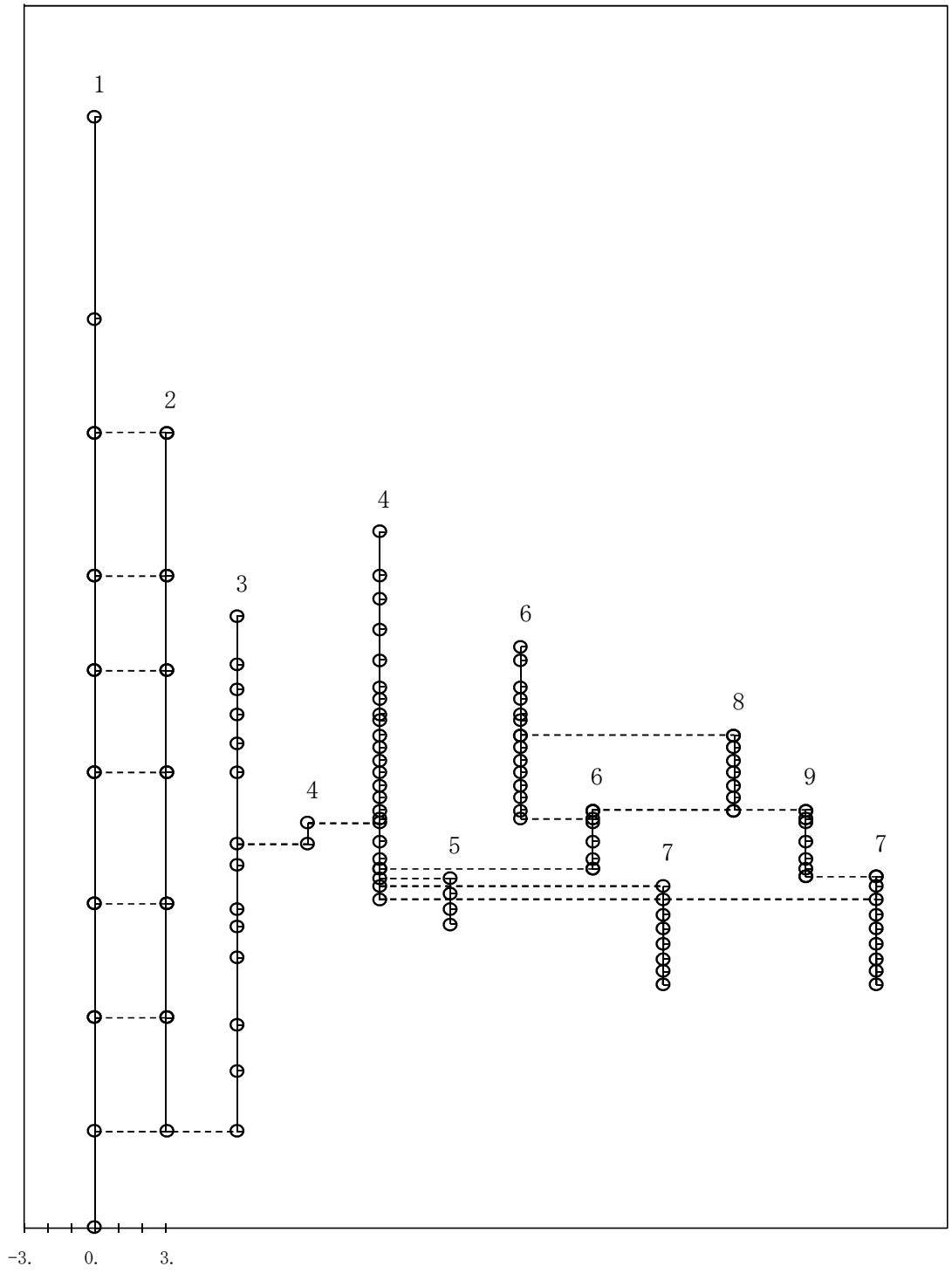


図4－504　第14次刺激関数モード（NS方向, Ss-8）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 原子炉建屋
2 原子炉格納容器
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体
9 制御棒案内管

固有周期(s)　；0.052　　刺激係数　　；-0.010

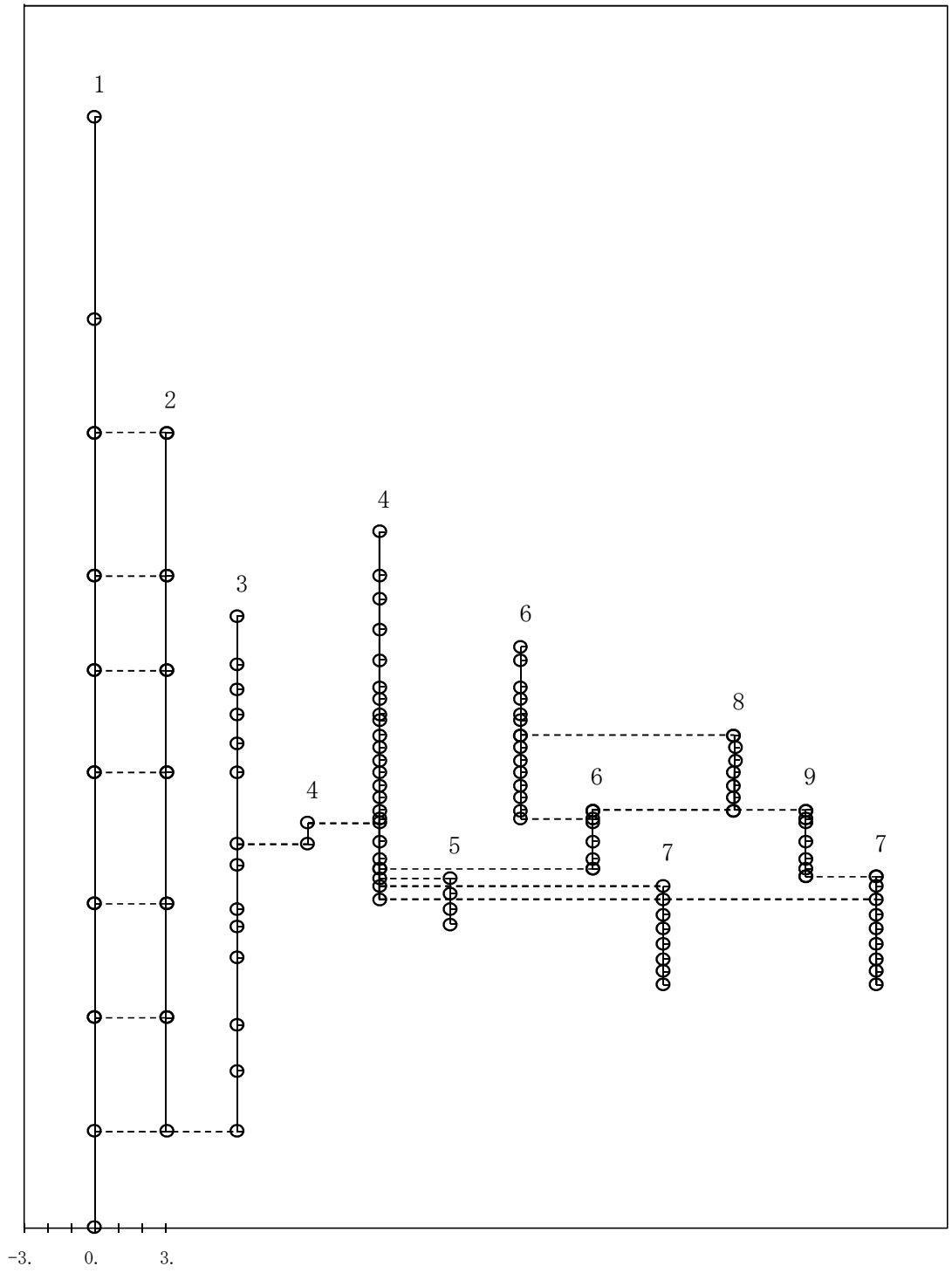


図4－505　第15次刺激関数モード（NS方向,Ss-8）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 原子炉建屋
2 原子炉格納容器
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体
9 制御棒案内管

固有周期(s)　；0.423　　刺激係数　　；1.548

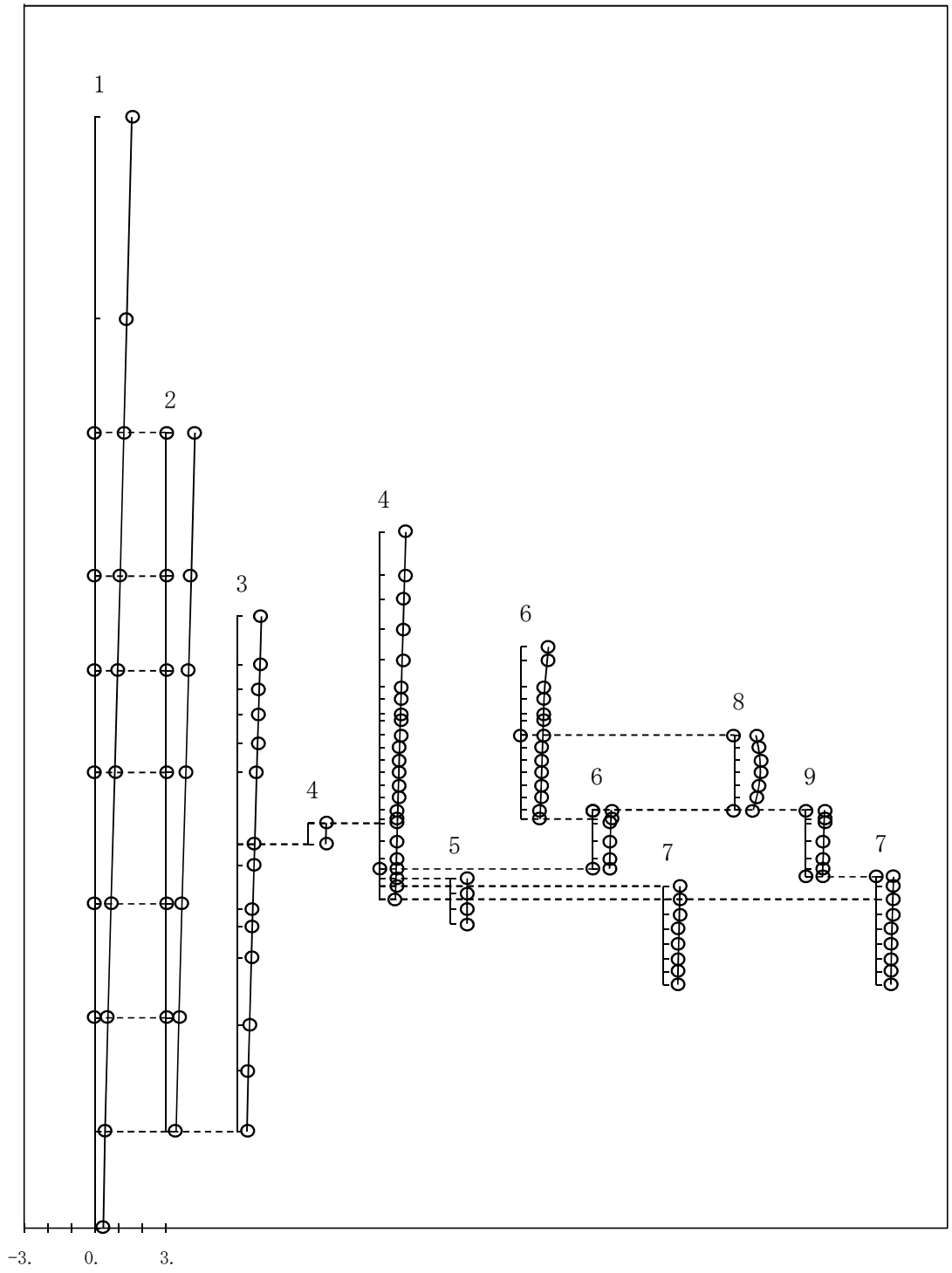


図4－506　第1次刺激関数モード（EW方向,Ss-8）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 原子炉建屋
2 原子炉格納容器
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体
9 制御棒案内管

固有周期(s)　；0.209　　刺激係数　　；0.981

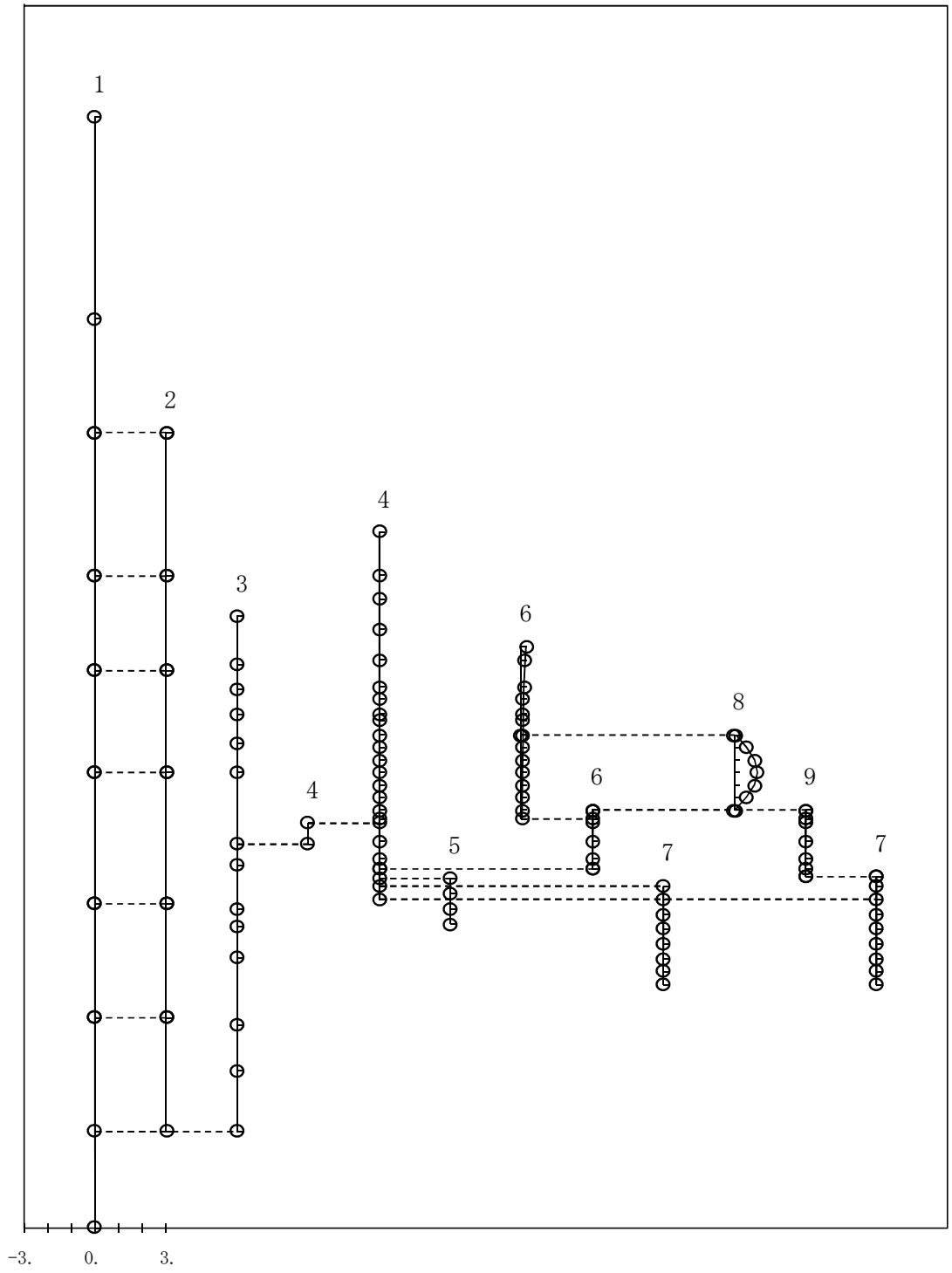


図4－507　第2次刺激関数モード（EW方向,Ss-8）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 原子炉建屋
2 原子炉格納容器
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体
9 制御棒案内管

固有周期(s)　；0.189　　刺激係数　　；-1.115

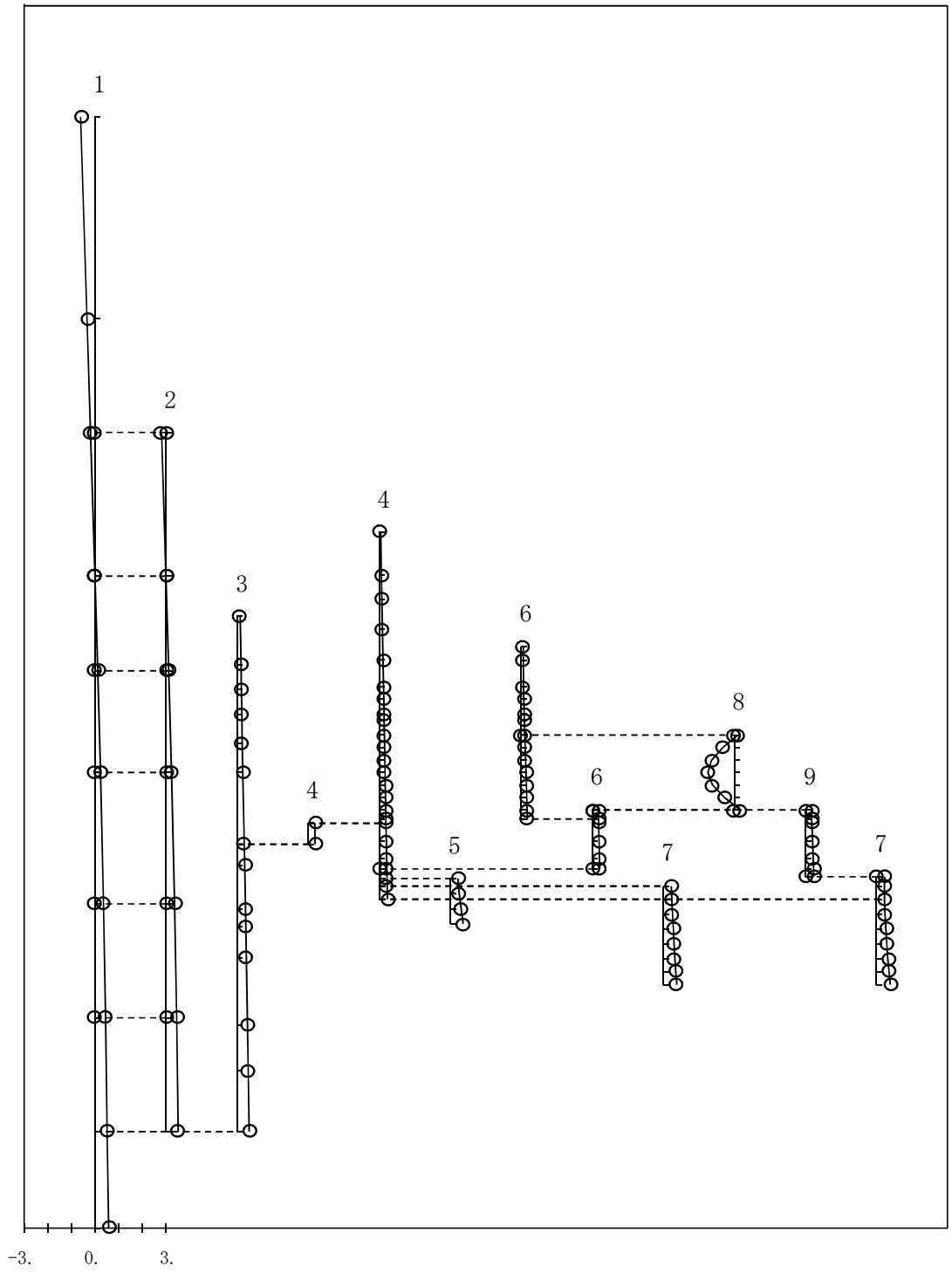


図4－508　第3次刺激関数モード（EW方向,Ss-8）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 原子炉建屋
2 原子炉格納容器
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体
9 制御棒案内管

固有周期(s)　；0.141　　刺激係数　　；-0.558

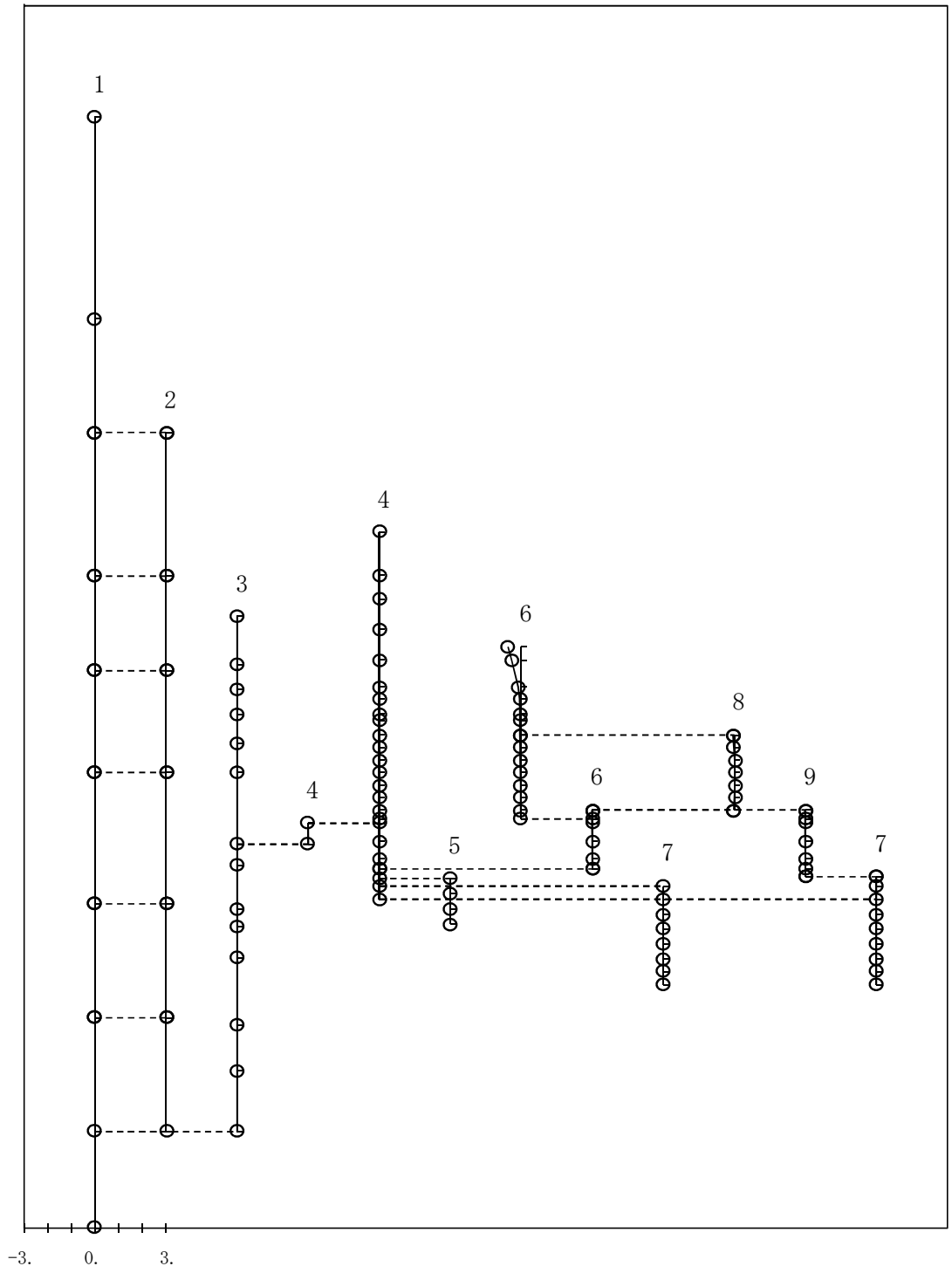


図4－509　第4次刺激関数モード（EW方向,Ss-8）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 原子炉建屋
2 原子炉格納容器
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体
9 制御棒案内管

固有周期(s)　；0.103　　刺激係数　　；-0.272

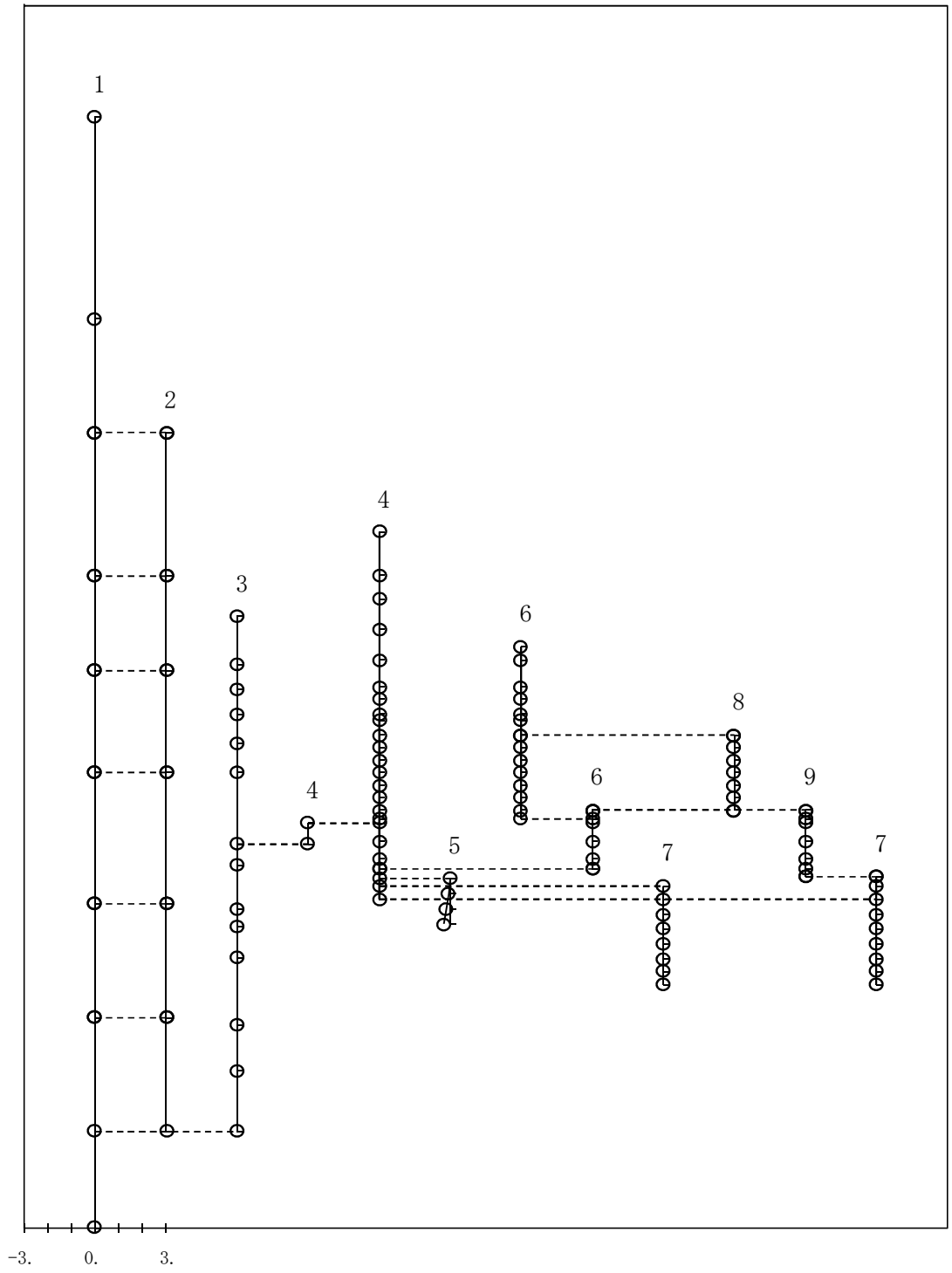


図4－510　第5次刺激関数モード（EW方向,Ss-8）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 原子炉建屋
2 原子炉格納容器
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体
9 制御棒案内管

固有周期(s)　；0.090　　刺激係数　　；-0.029

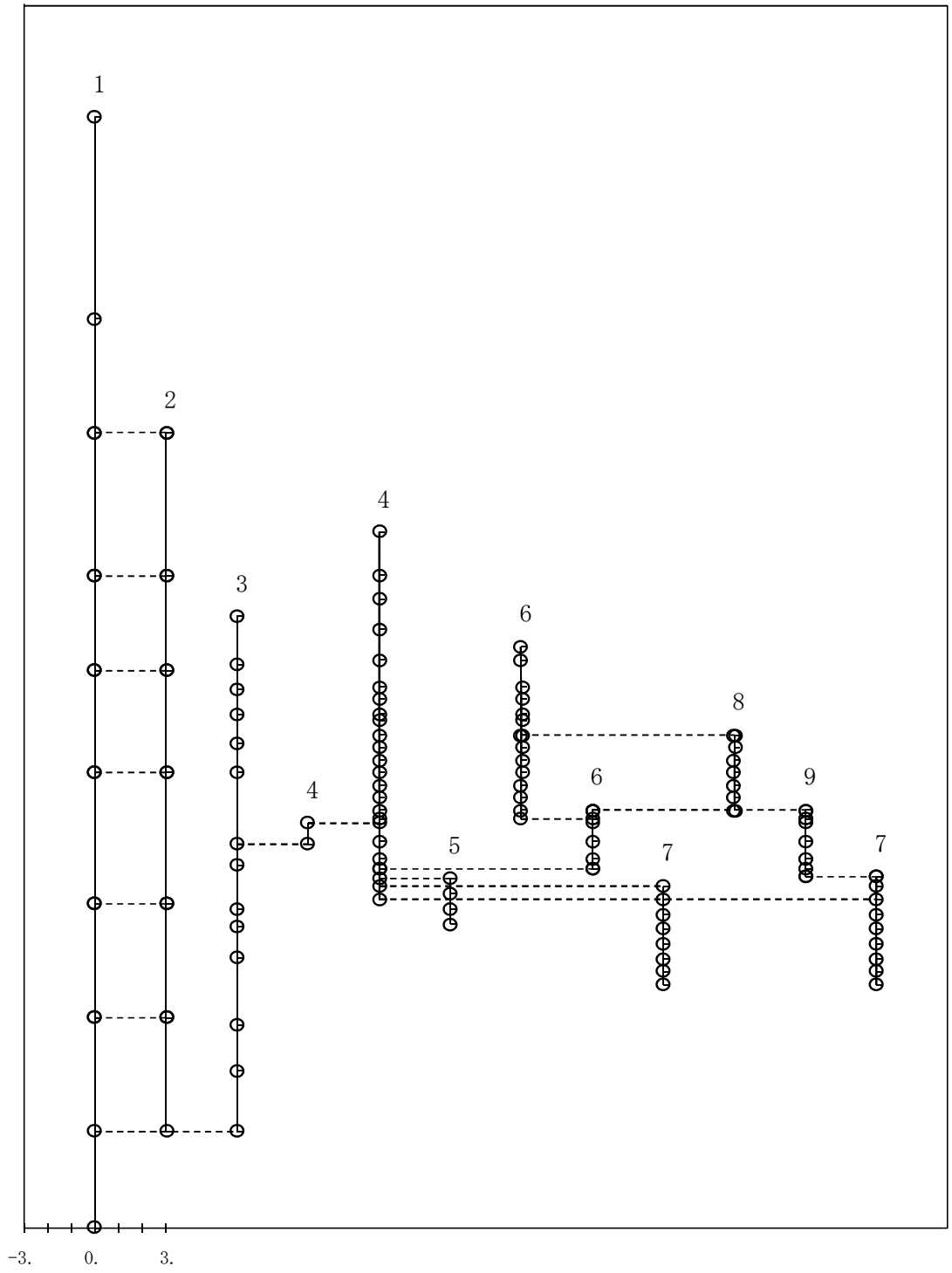


図4－511　第6次刺激関数モード（EW方向,Ss-8）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 原子炉建屋
2 原子炉格納容器
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体
9 制御棒案内管

固有周期(s)　；0.088　　刺激係数　　；-0.109

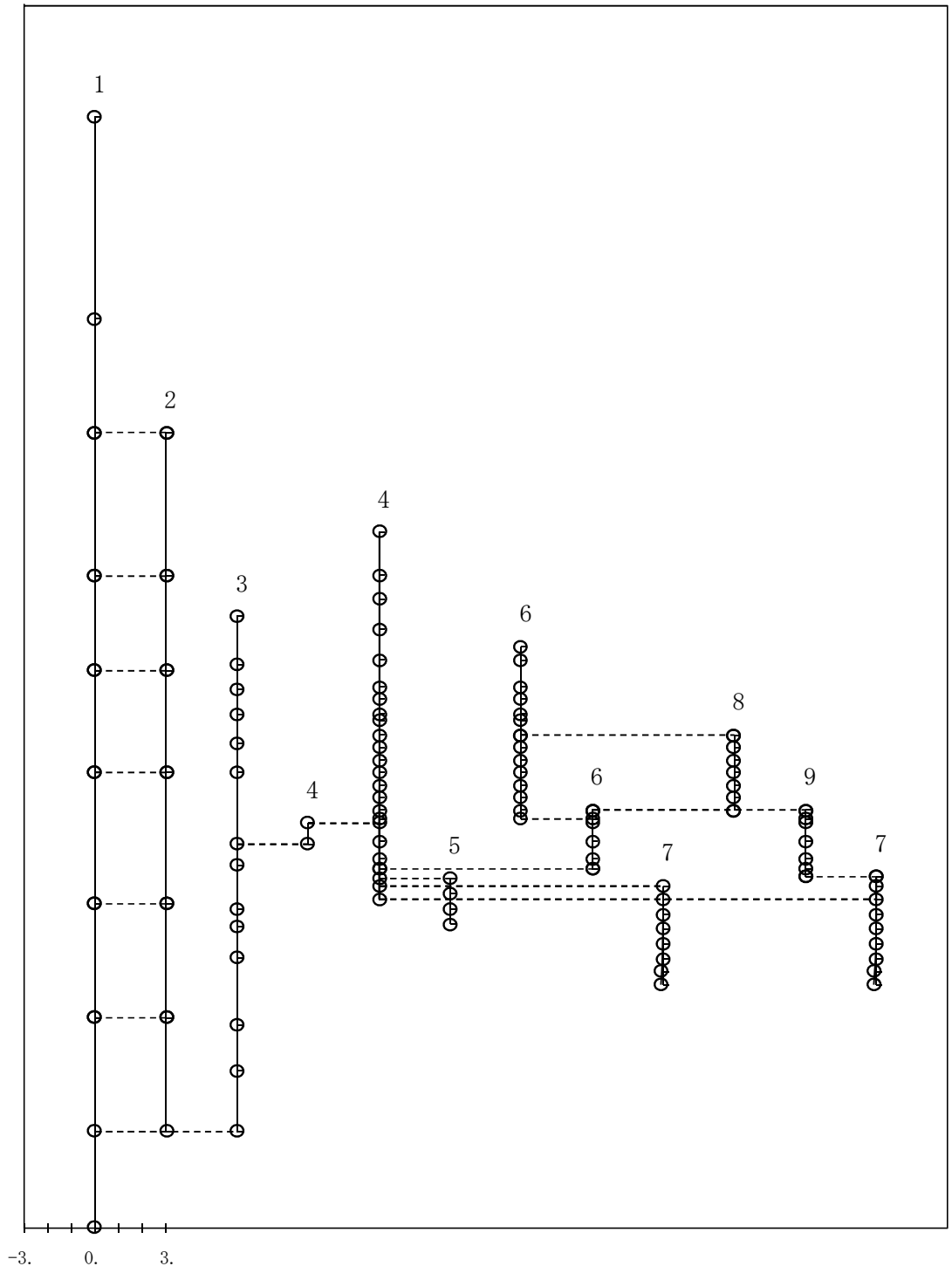


図4－512　第7次刺激関数モード（EW方向,Ss-8）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 原子炉建屋
2 原子炉格納容器
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体
9 制御棒案内管

固有周期(s)　；0.082　　刺激係数　　；-0.032

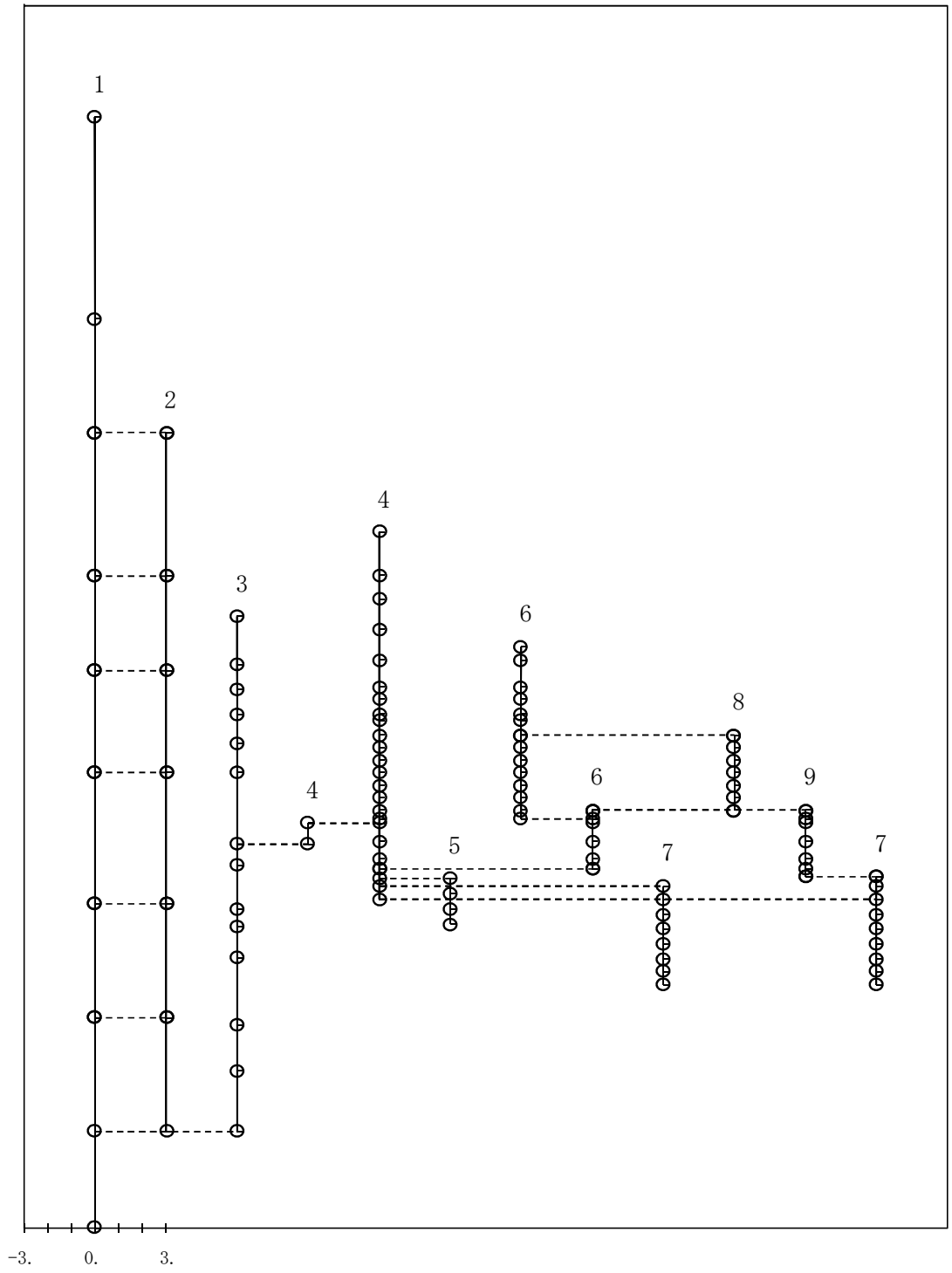


図4－513　第8次刺激関数モード（EW方向,Ss-8）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 原子炉建屋
2 原子炉格納容器
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体
9 制御棒案内管

固有周期(s)　；0.078　　刺激係数　　；-0.461

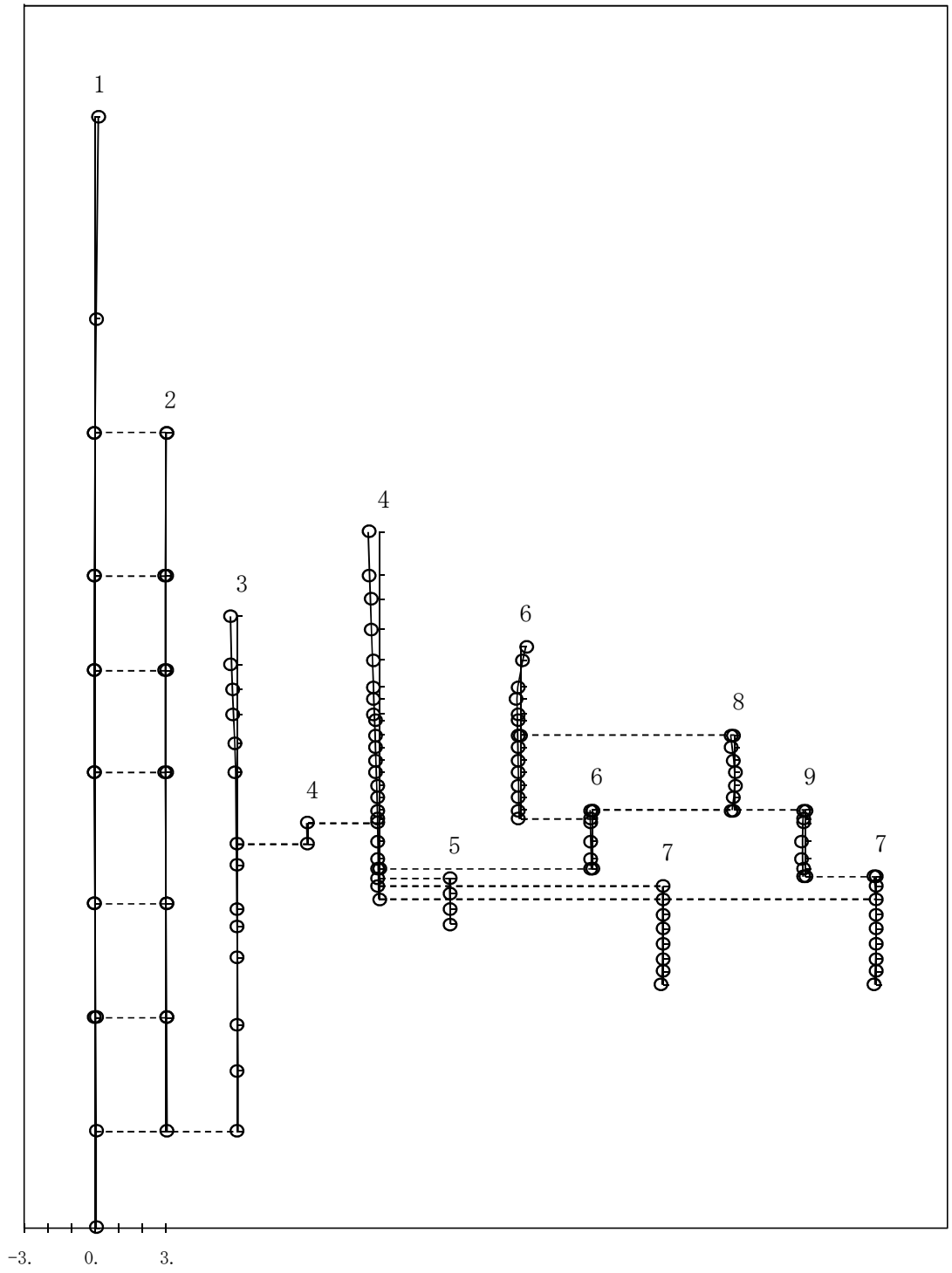


図4－514　第9次刺激関数モード（EW方向,Ss-8）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 原子炉建屋
2 原子炉格納容器
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体
9 制御棒案内管

固有周期(s)　；0.071　　刺激係数　　；-0.099

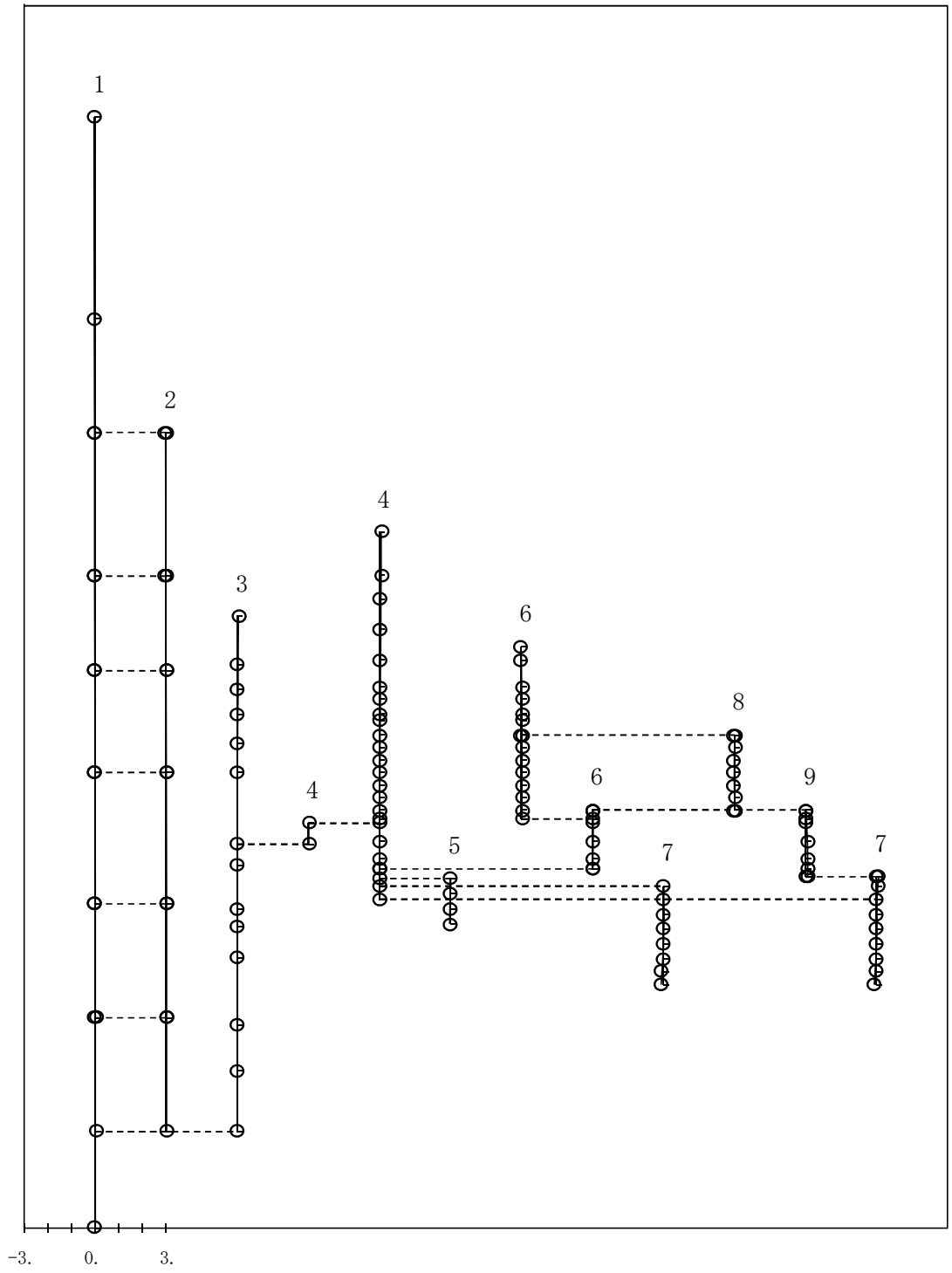


図4－515　第10次刺激関数モード（EW方向,Ss-8）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 原子炉建屋
2 原子炉格納容器
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体
9 制御棒案内管

固有周期(s)　；0.069　　刺激係数　　；0.073

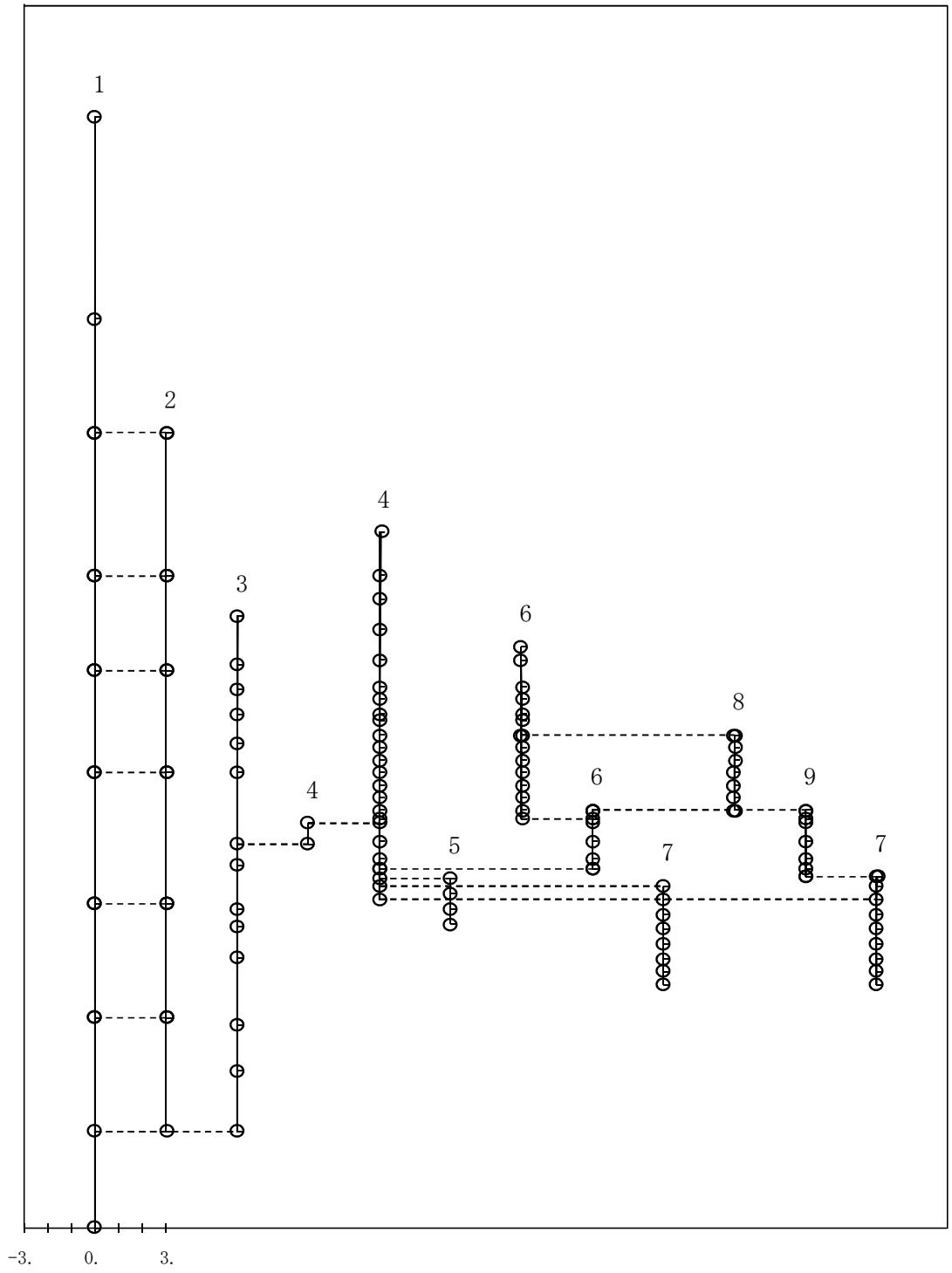


図4－516　第11次刺激関数モード（EW方向,Ss-8）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 原子炉建屋
2 原子炉格納容器
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体
9 制御棒案内管

固有周期(s)　；0.065　　刺激係数　　；-0.097

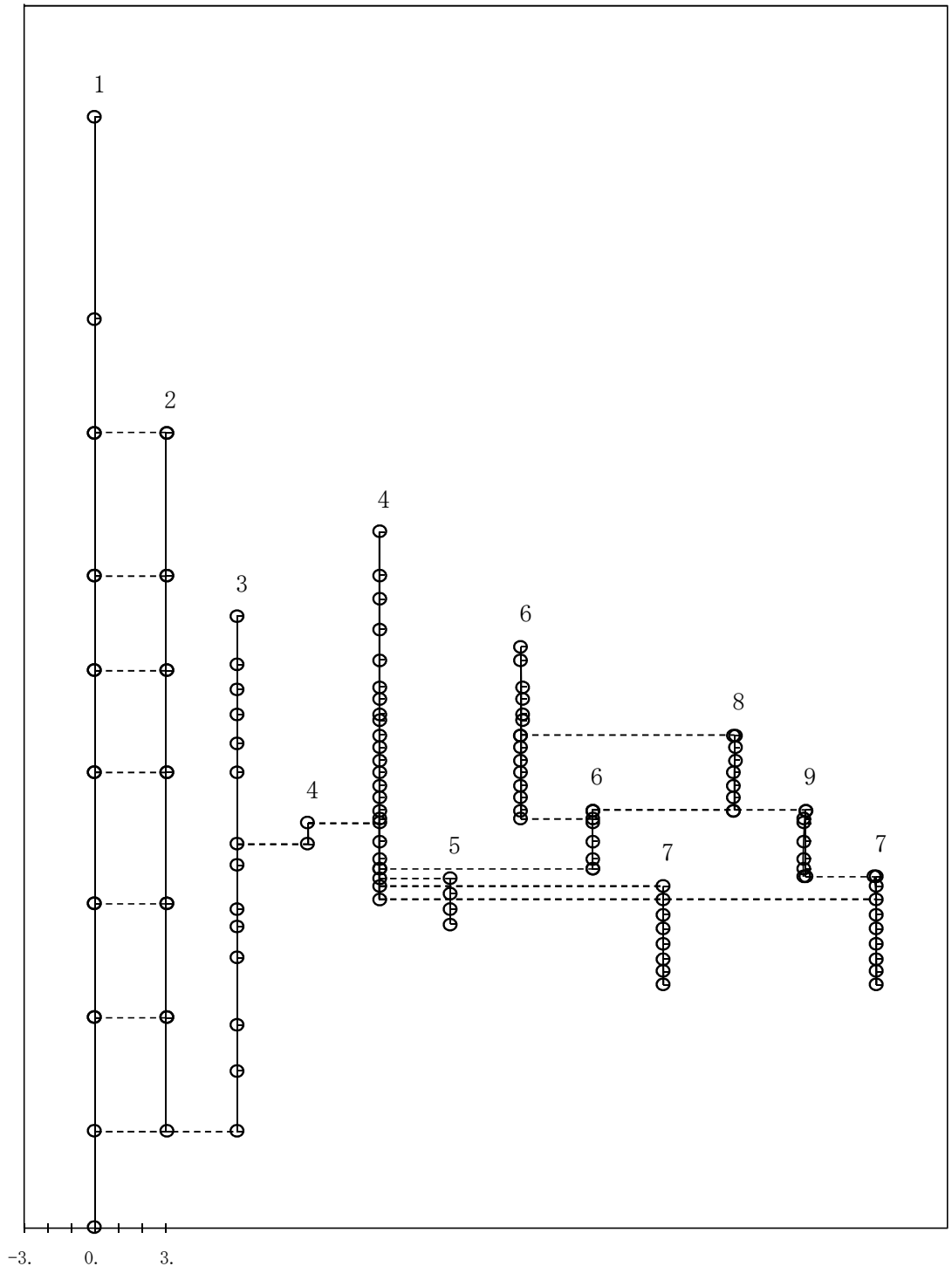


図4－517　第12次刺激関数モード（EW方向,Ss-8）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 原子炉建屋
2 原子炉格納容器
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体
9 制御棒案内管

固有周期(s)　；0.058　　刺激係数　　；0.071

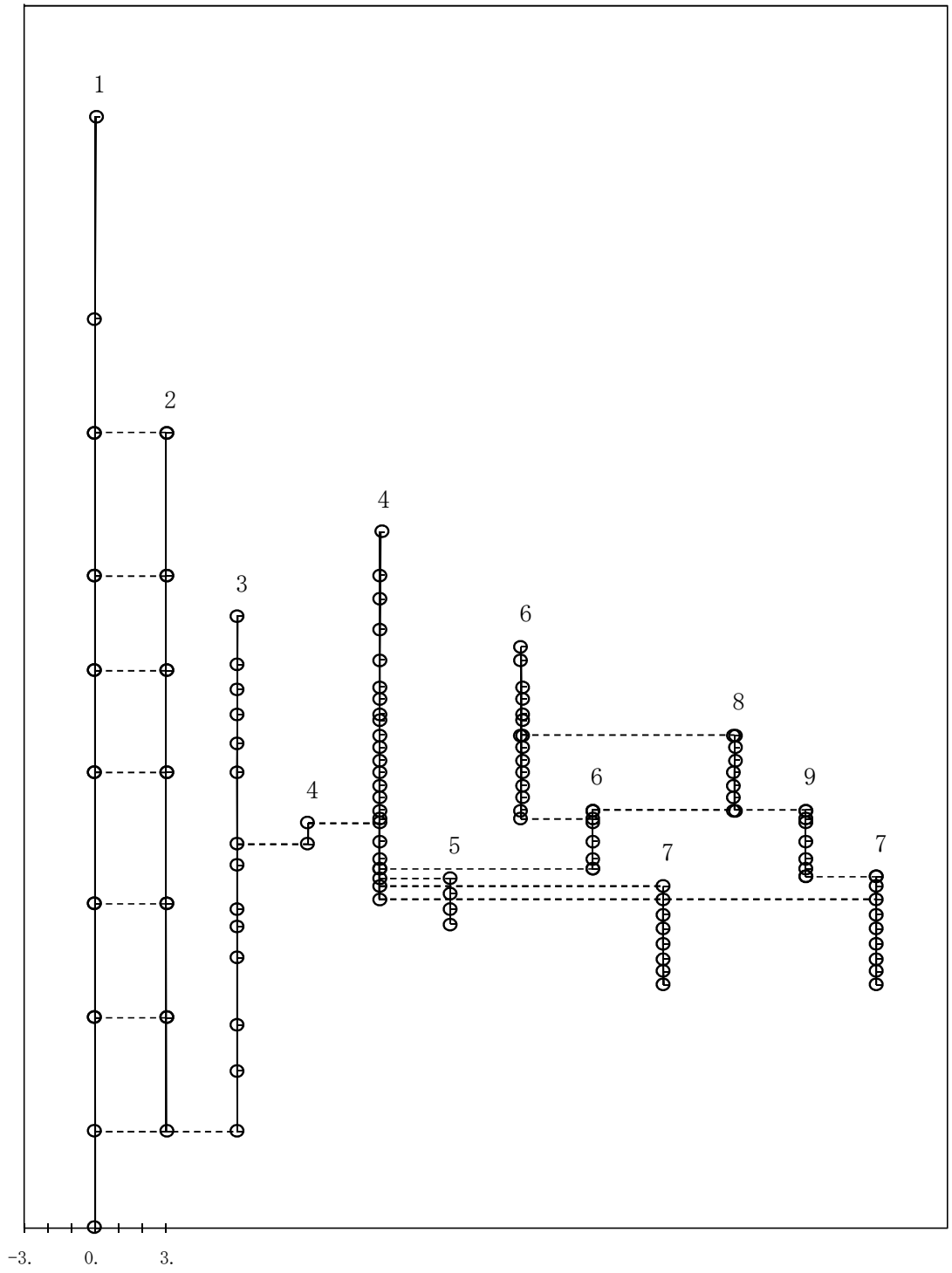


図4－518　第13次刺激関数モード（EW方向,Ss-8）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 原子炉建屋
2 原子炉格納容器
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体
9 制御棒案内管

固有周期(s)　；0.055　　刺激係数　　；0.097

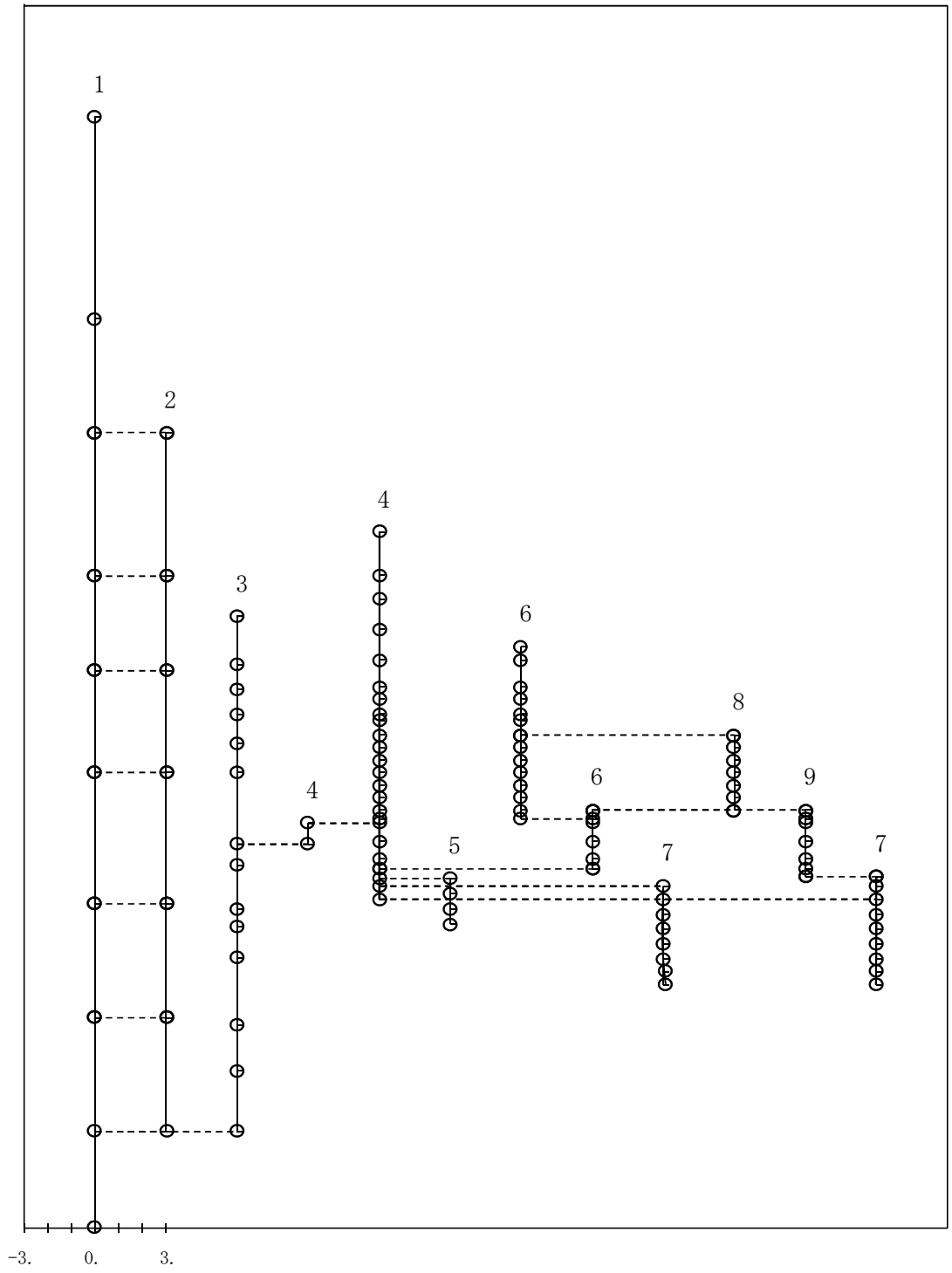


図4－519　第14次刺激関数モード（EW方向,Ss-8）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 原子炉建屋
2 原子炉格納容器
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体
9 制御棒案内管

固有周期(s)　；0.052　　刺激係数　　；-0.010

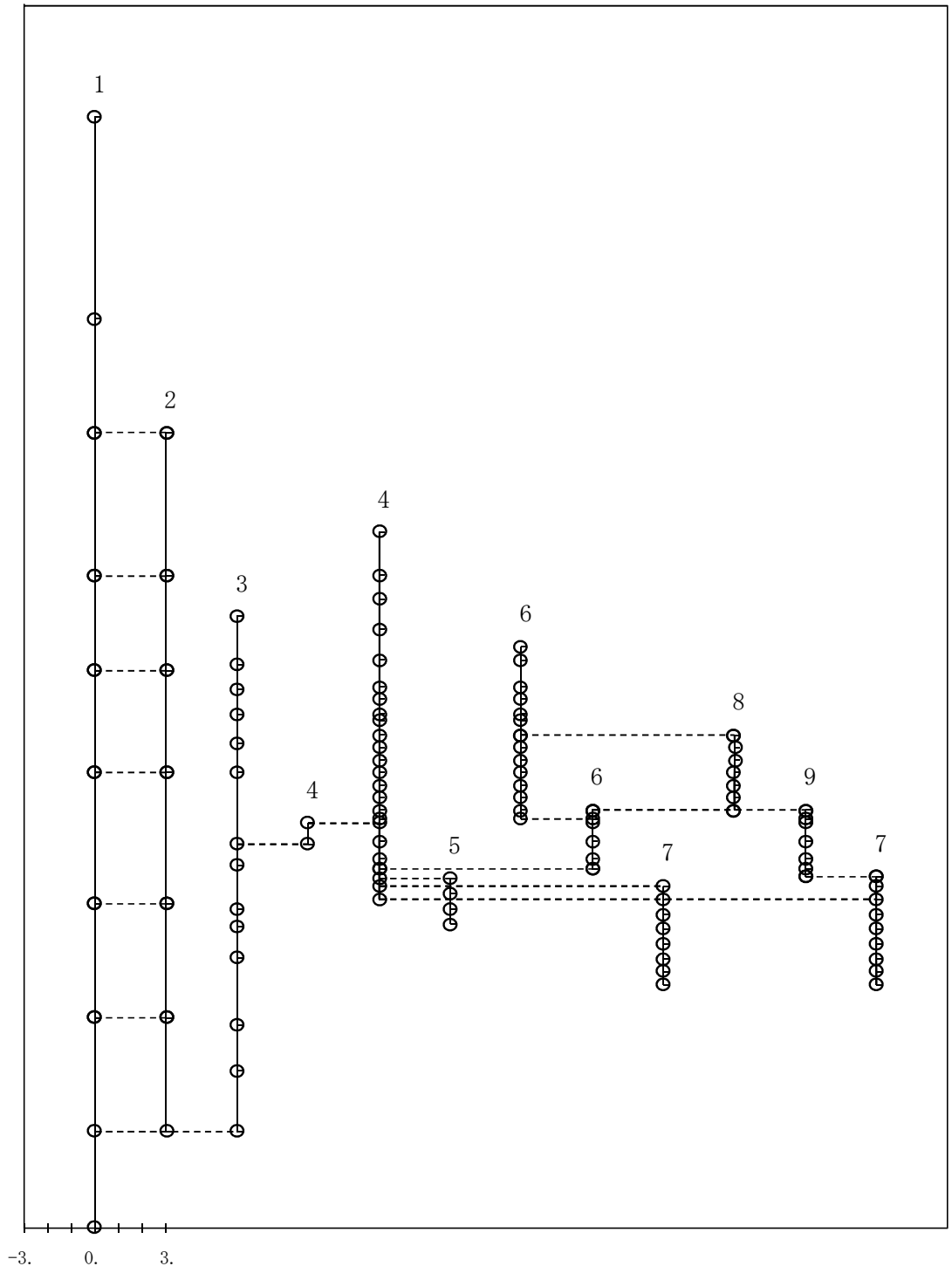


図4－520　第15次刺激関数モード（EW方向,Ss-8）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 屋根トラス
2 原子炉建屋
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体及び制御棒案内管

固有周期(s)　；0.279　　刺激係数　　；9.274

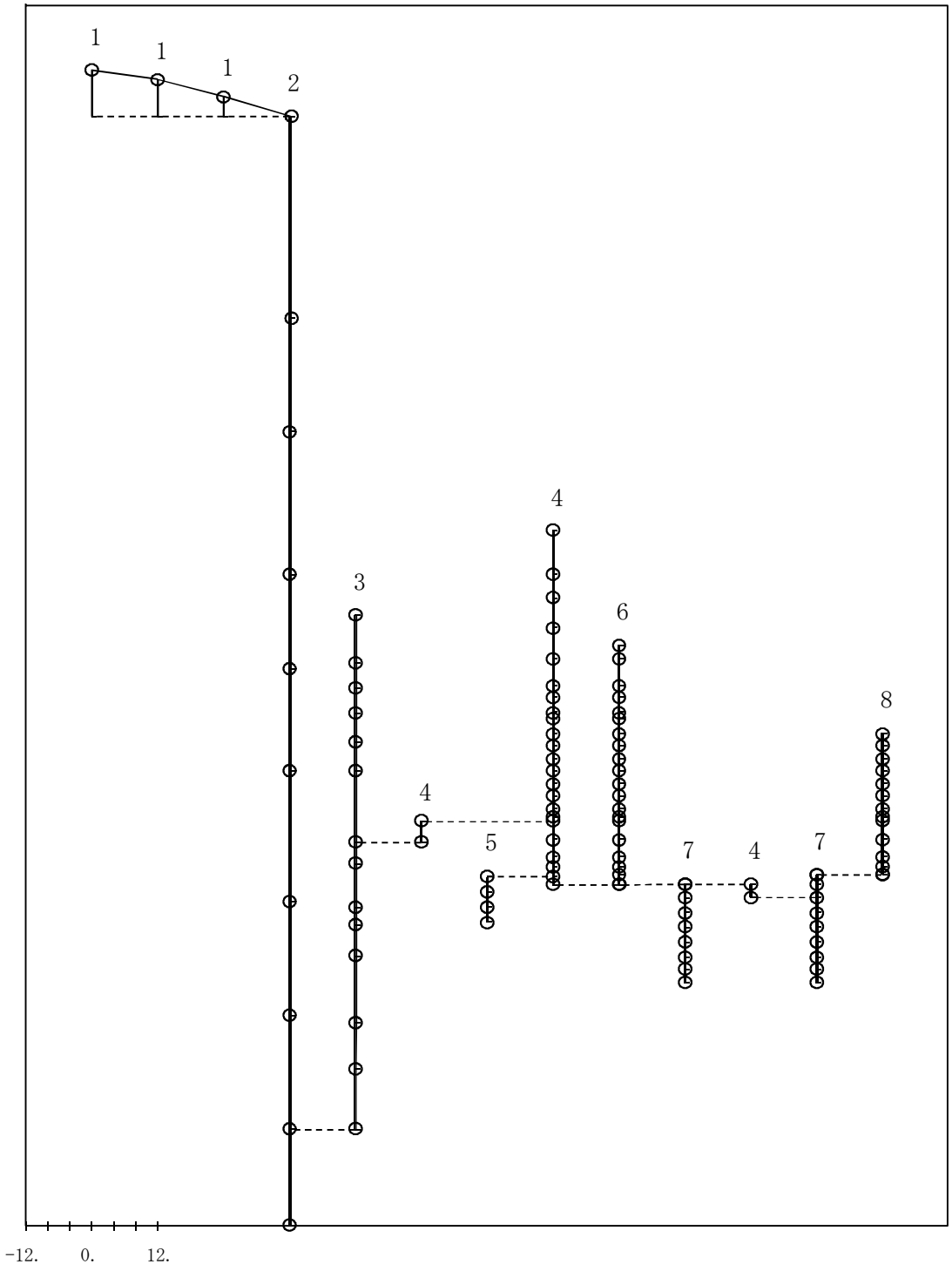


図4－521　第1次刺激関数モード（鉛直方向,Ss-1）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 屋根トラス
2 原子炉建屋
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体及び制御棒案内管

固有周期(s)　；0.258　　刺激係数　　；-8.335

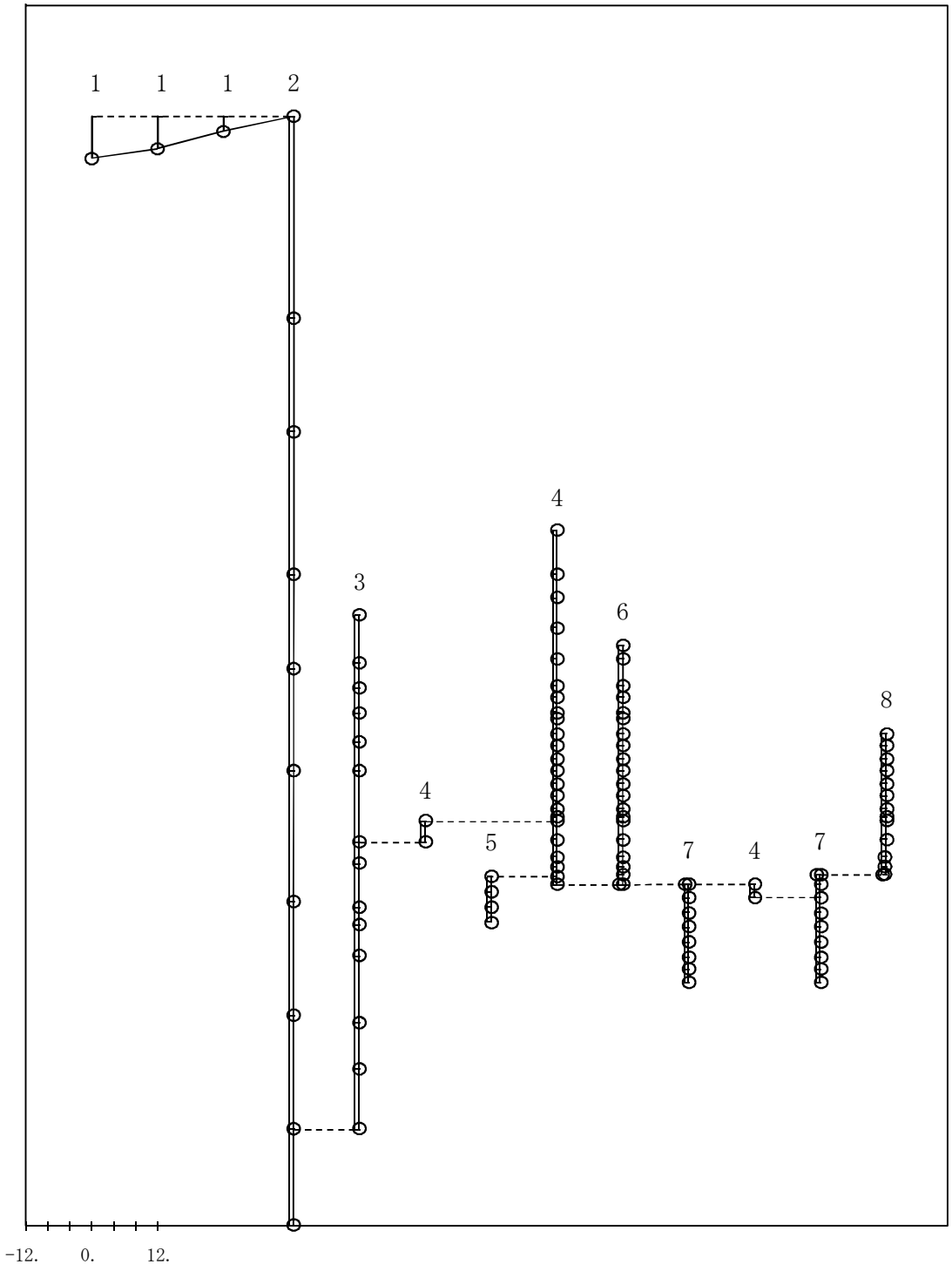


図4－522　第2次刺激関数モード（鉛直方向,Ss-1）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 屋根トラス
2 原子炉建屋
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体及び制御棒案内管

固有周期(s)　；0.077　　刺激係数　　；0.093

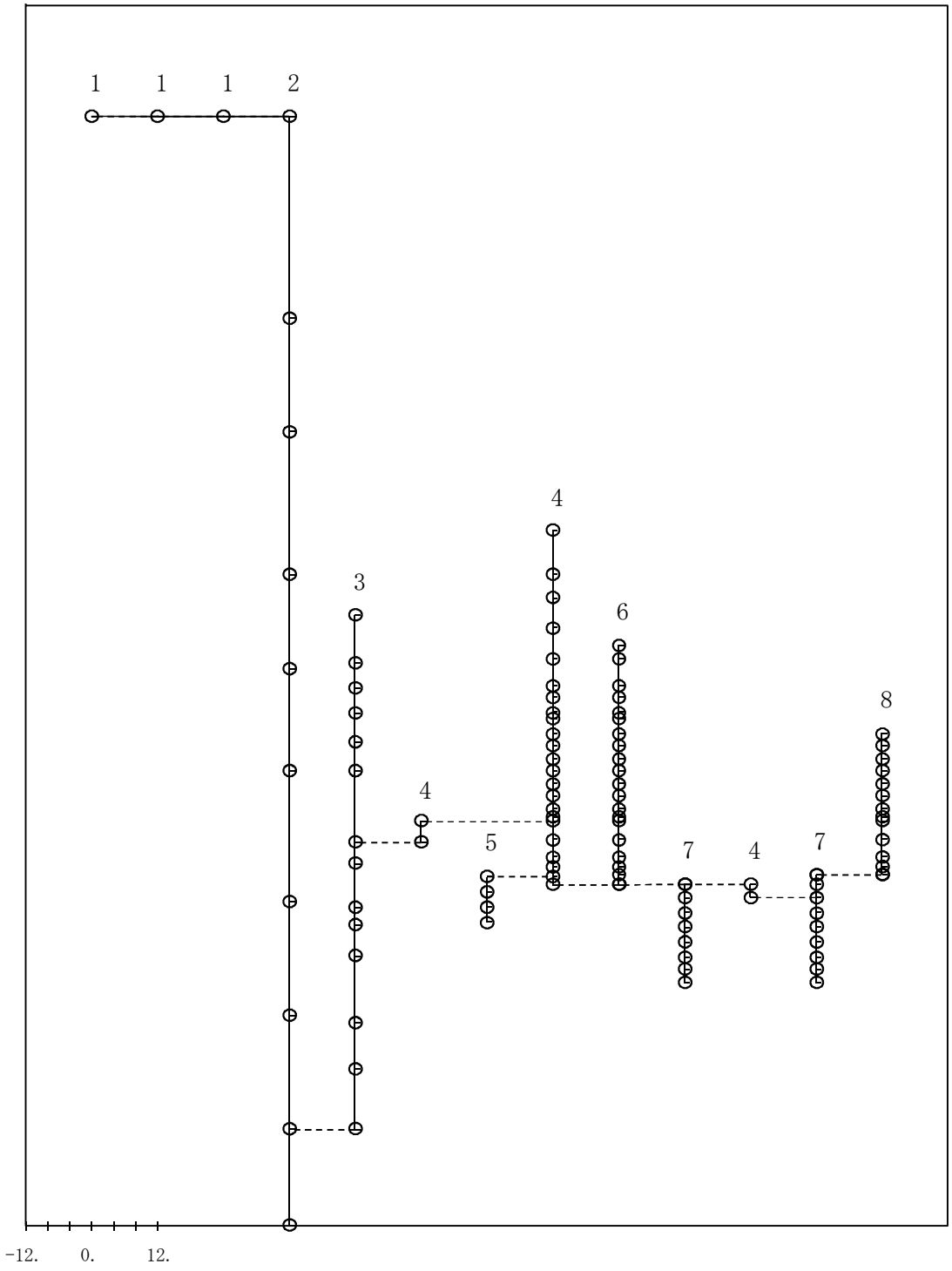


図4－523　第3次刺激関数モード（鉛直方向,Ss-1）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 屋根トラス
2 原子炉建屋
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体及び制御棒案内管

固有周期(s)　；0.052　　刺激係数　　；-0.216

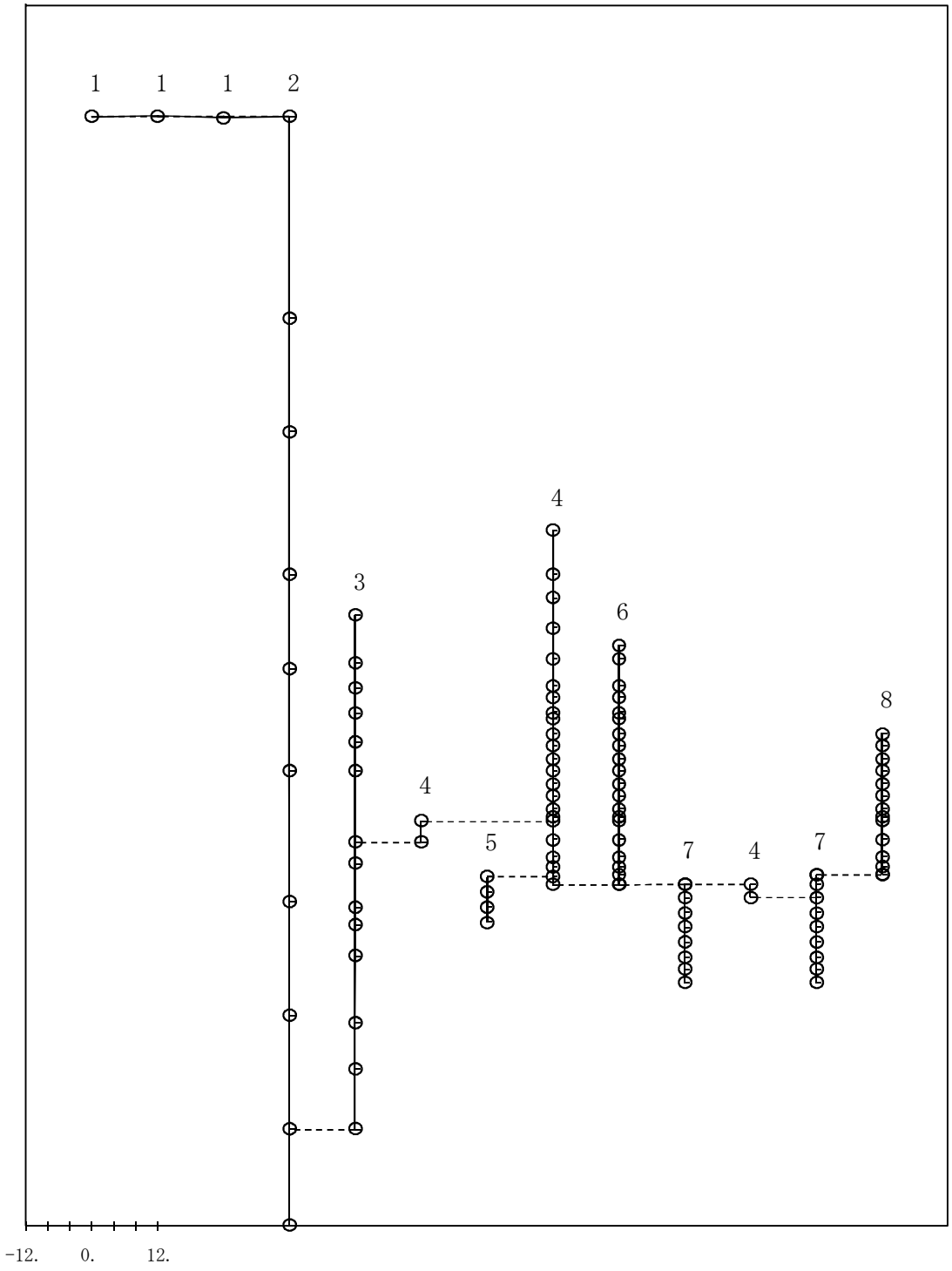


図4－524　第4次刺激関数モード（鉛直方向,Ss-1）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 屋根トラス
2 原子炉建屋
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体及び制御棒案内管

固有周期(s)　；0.051　　刺激係数　　；0.184

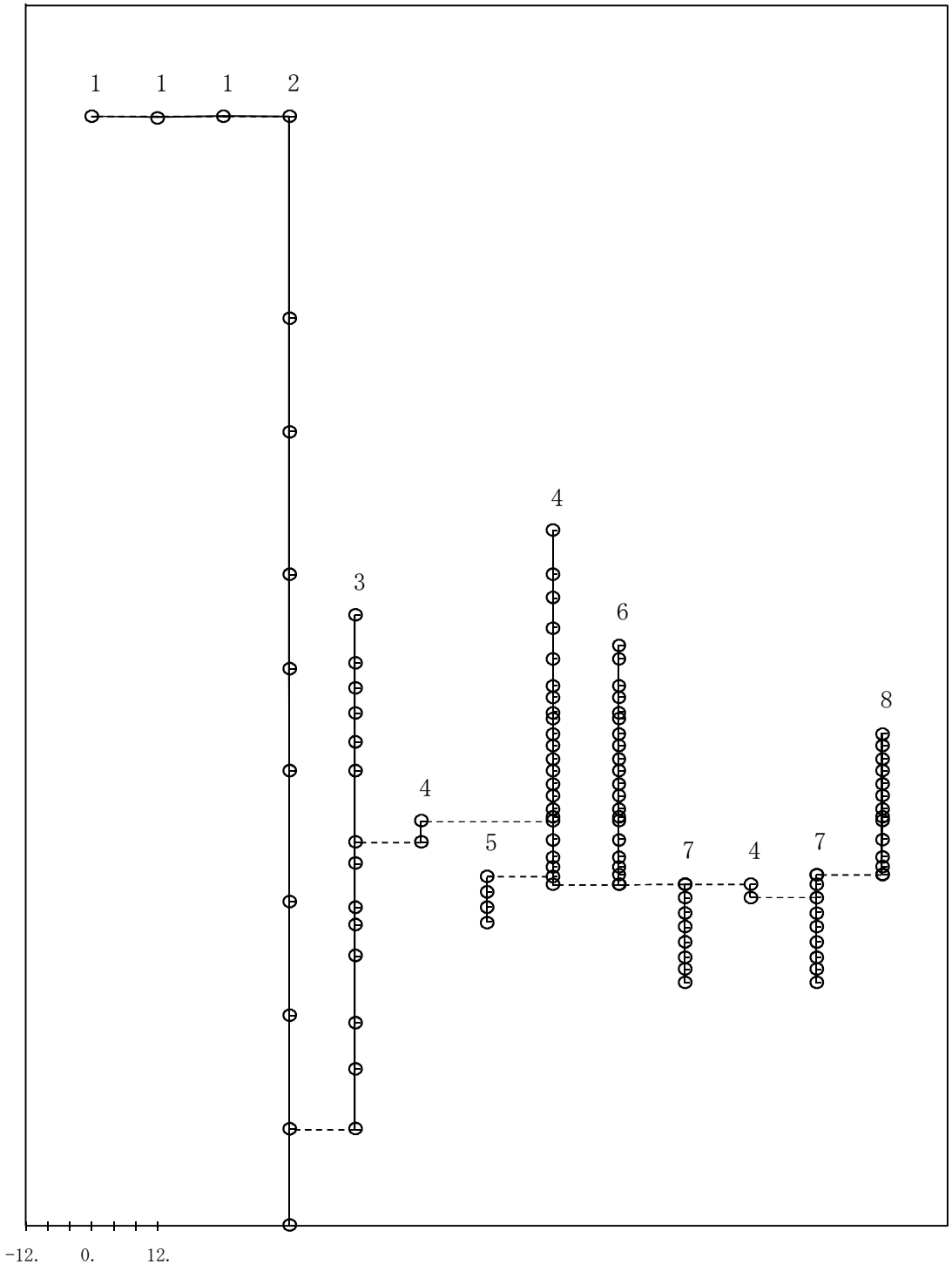


図4－525　第5次刺激関数モード（鉛直方向, Ss-1）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 屋根トラス
2 原子炉建屋
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体及び制御棒案内管

固有周期(s)　；0.279　　刺激係数　　；8.833

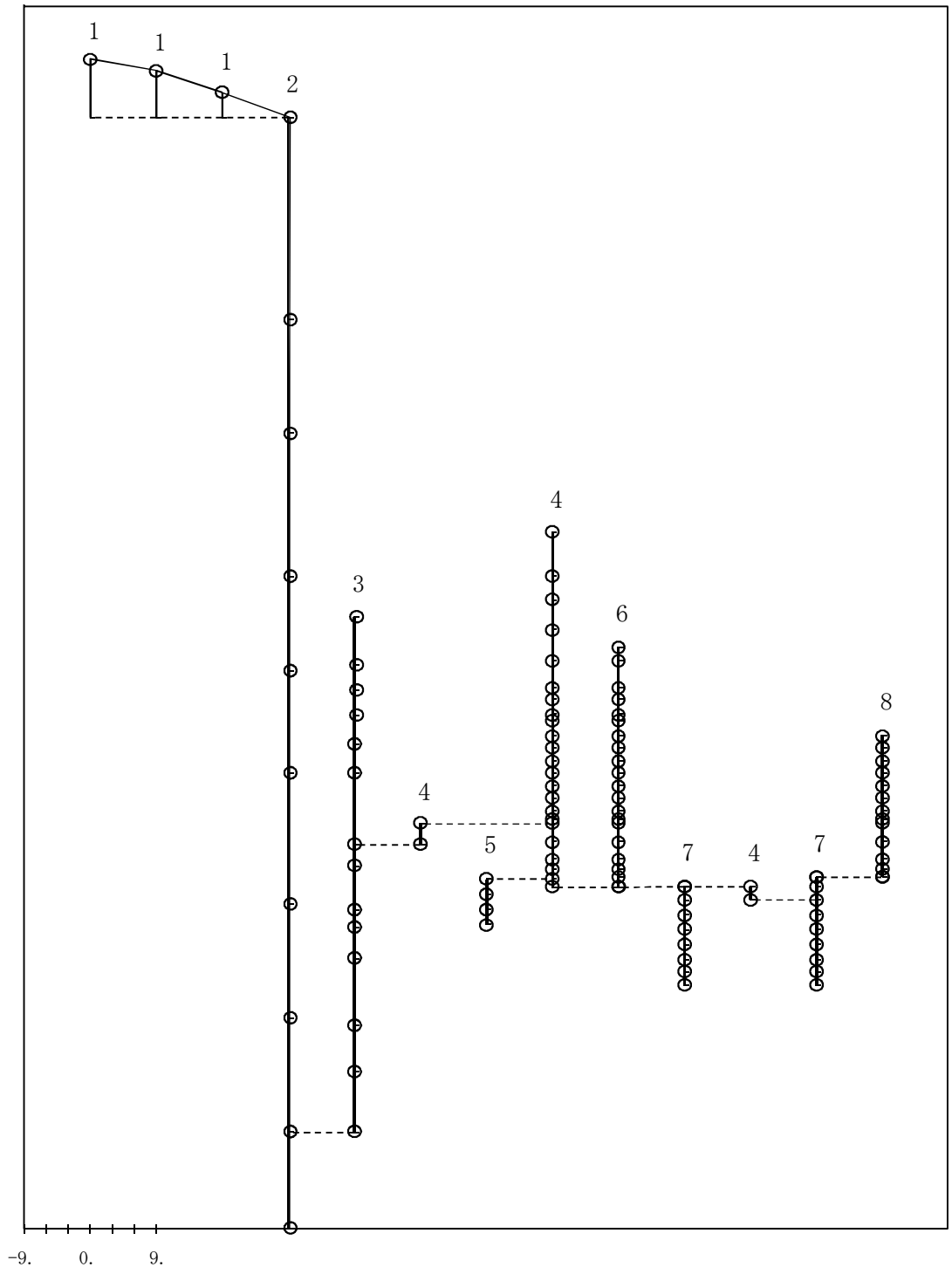


図4－526　第1次刺激関数モード（鉛直方向,Ss-2）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 屋根トラス
2 原子炉建屋
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体及び制御棒案内管

固有周期(s)　；0.256　　刺激係数　　；-7.895

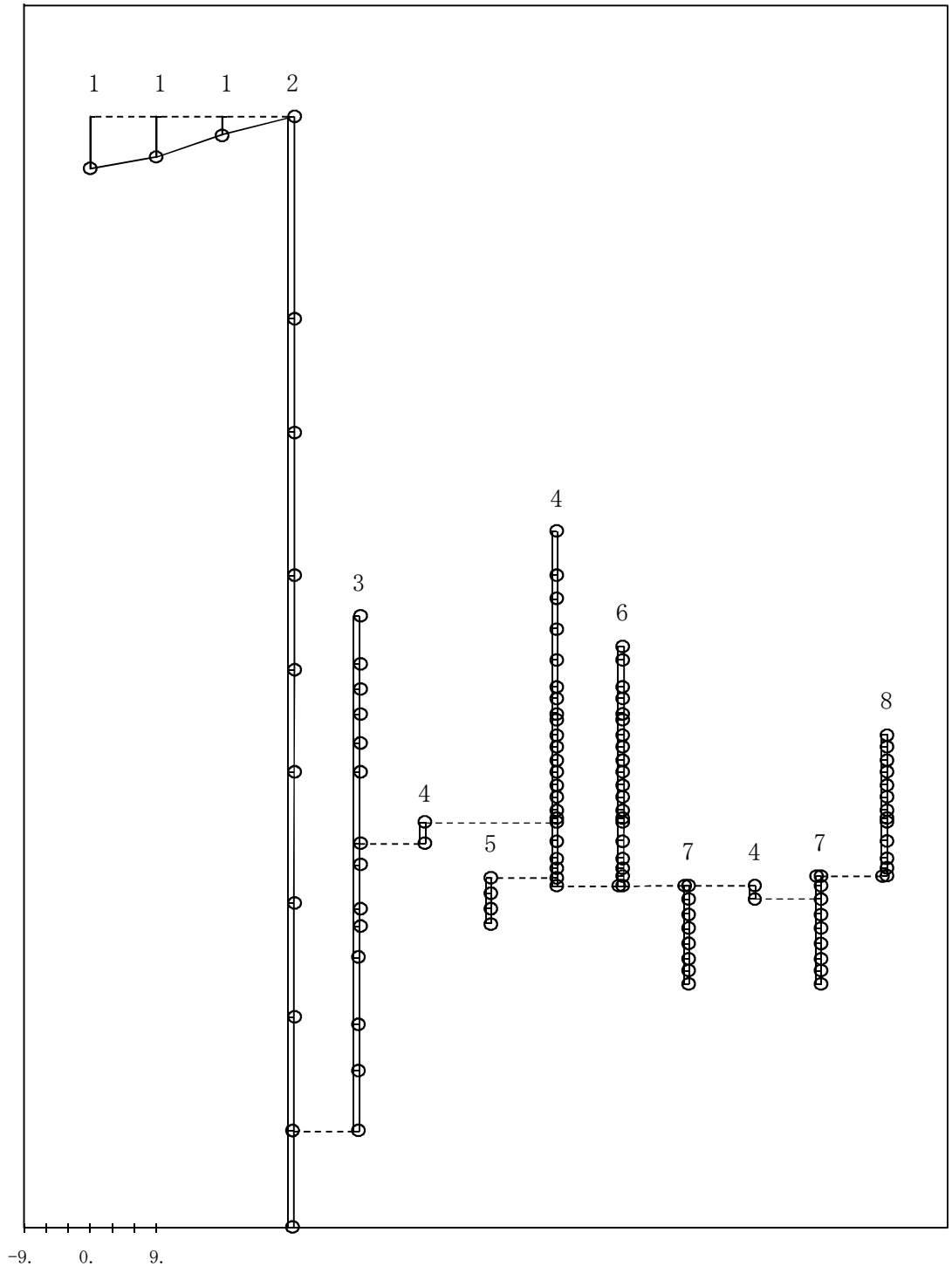


図4－527　第2次刺激関数モード（鉛直方向,Ss-2）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 屋根トラス
2 原子炉建屋
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体及び制御棒案内管

固有周期(s)　；0.077　　刺激係数　　；0.094

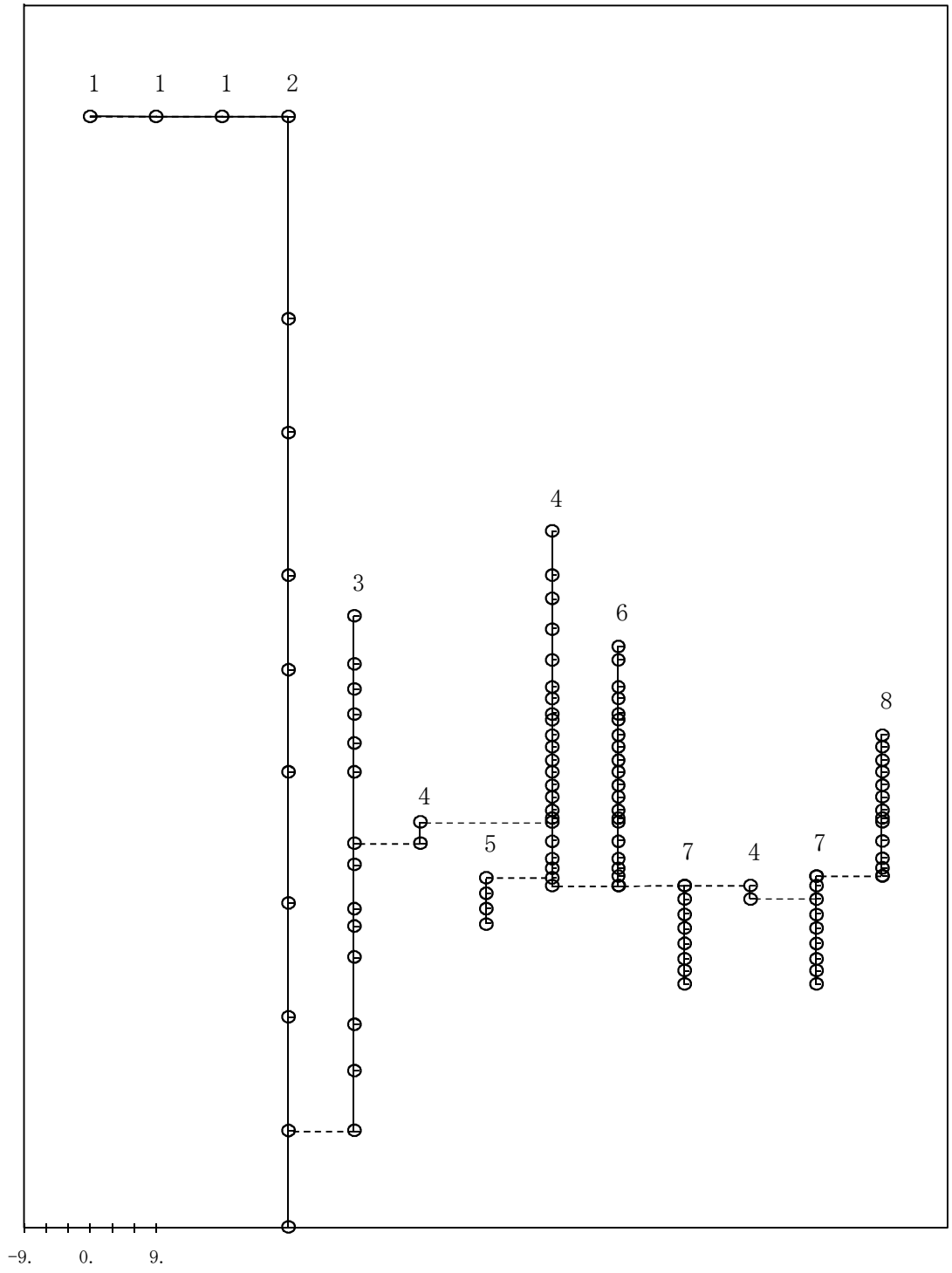


図4－528　第3次刺激関数モード（鉛直方向, Ss-2）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 屋根トラス
2 原子炉建屋
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体及び制御棒案内管

固有周期(s)　；0.052　　刺激係数　　；-0.220

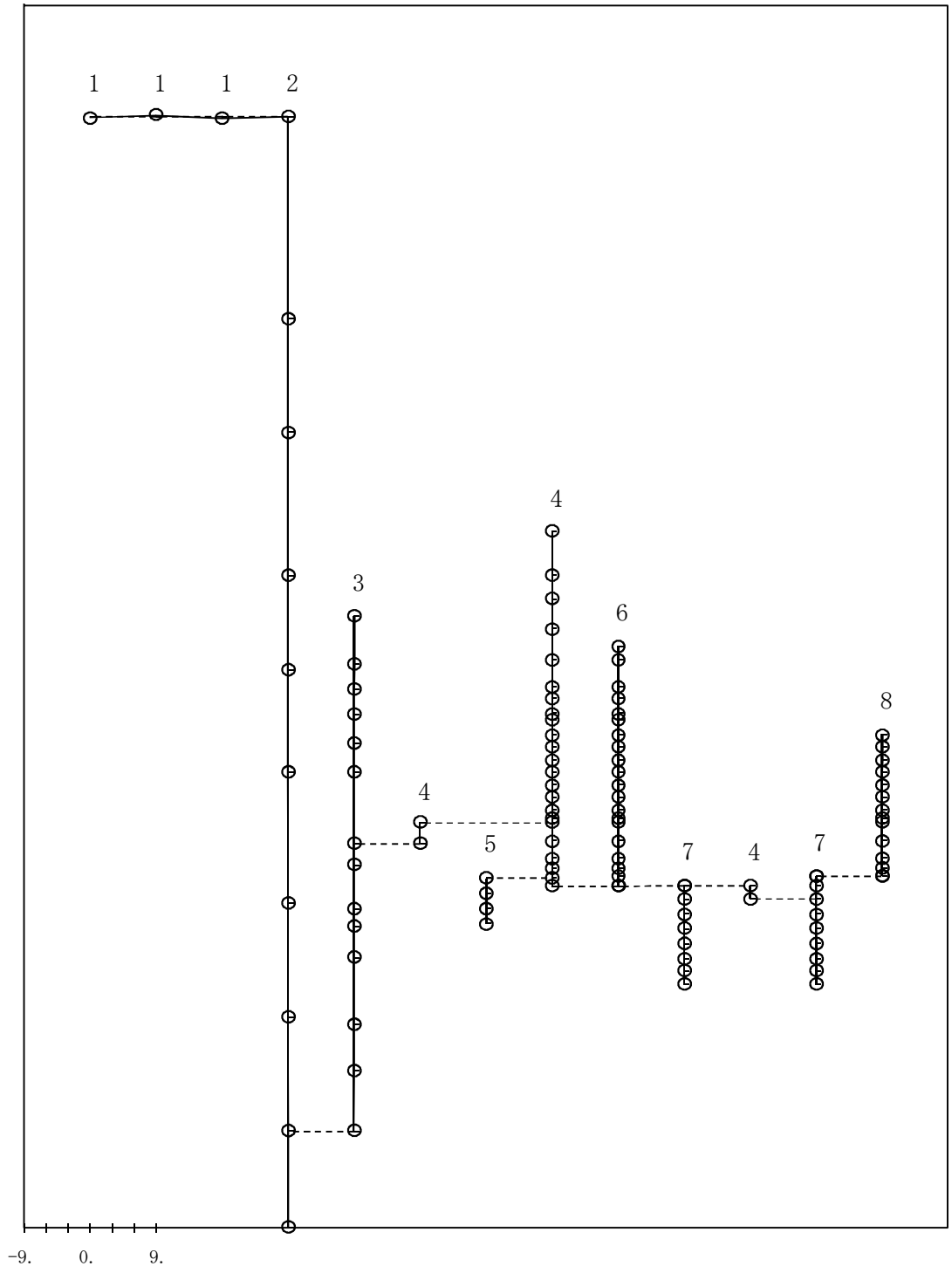


図4－529　第4次刺激関数モード（鉛直方向, Ss-2）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 屋根トラス
2 原子炉建屋
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体及び制御棒案内管

固有周期(s)　；0.051　　刺激係数　　；0.188

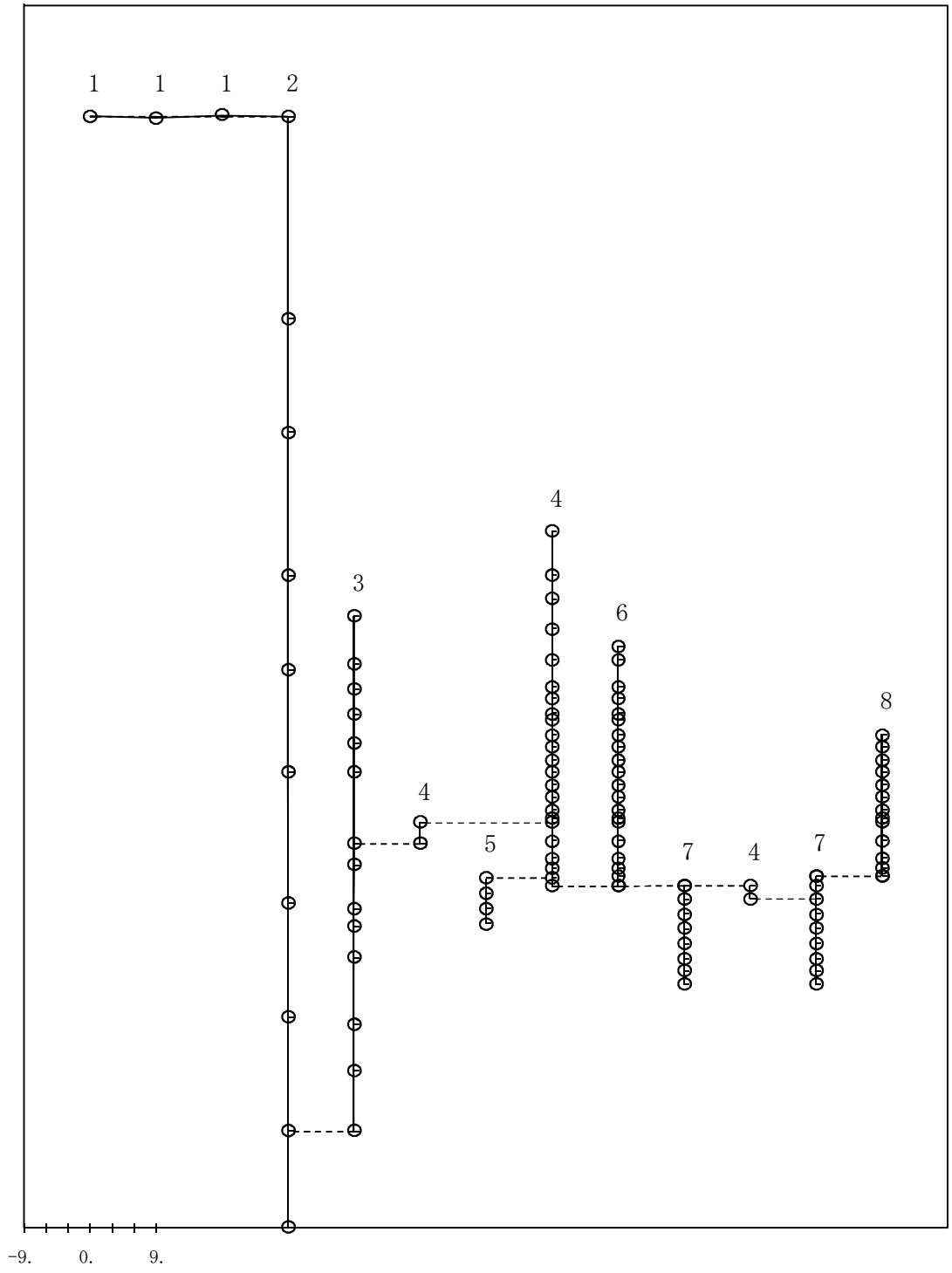


図4－530　第5次刺激関数モード（鉛直方向, Ss-2）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 屋根トラス
2 原子炉建屋
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体及び制御棒案内管

固有周期(s)　；0.281　　刺激係数　　；10.107

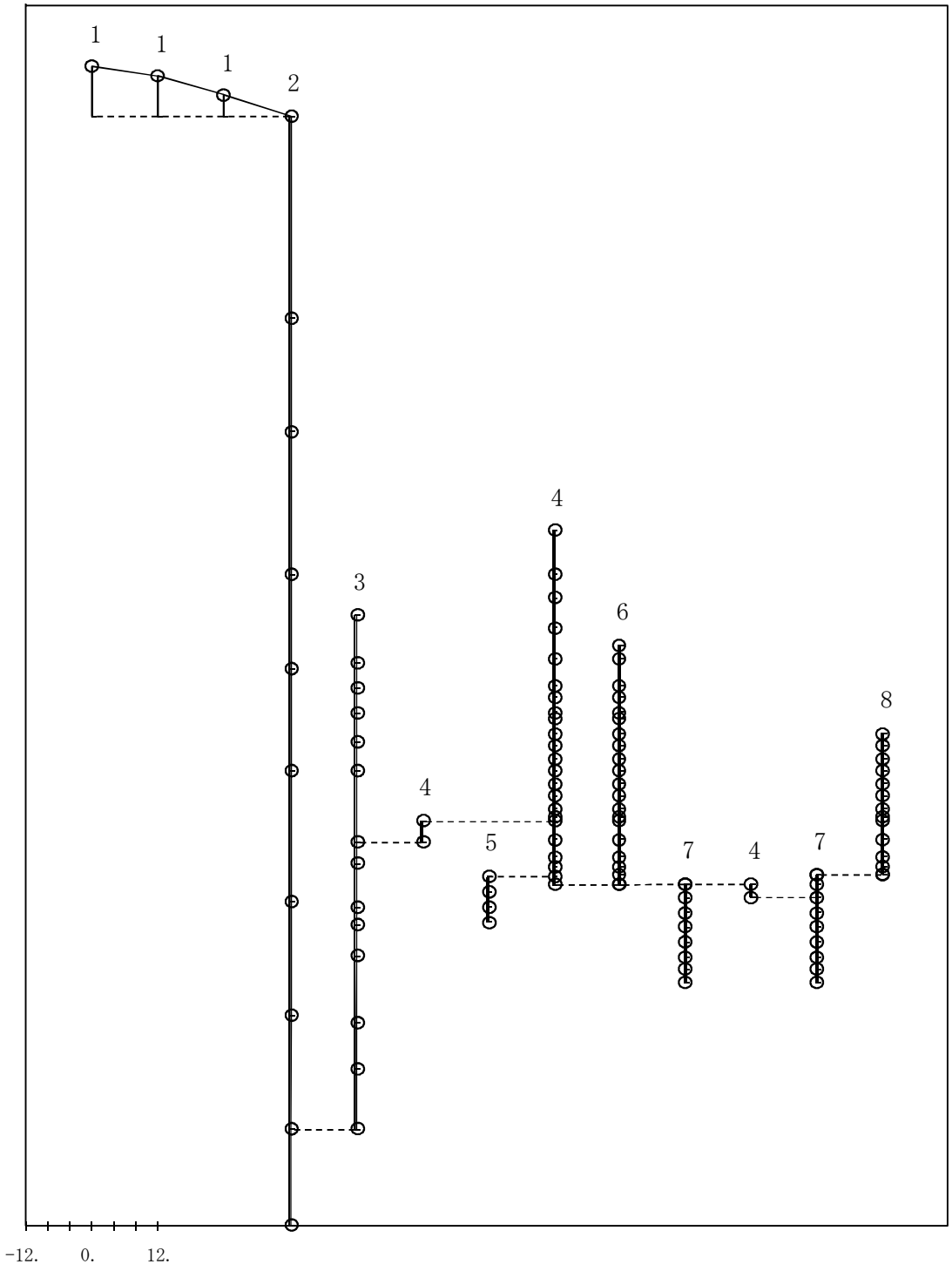


図4－531　第1次刺激関数モード（鉛直方向, Ss-3）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 屋根トラス
2 原子炉建屋
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体及び制御棒案内管

固有周期(s)　；0.261　　刺激係数　　；-9.165

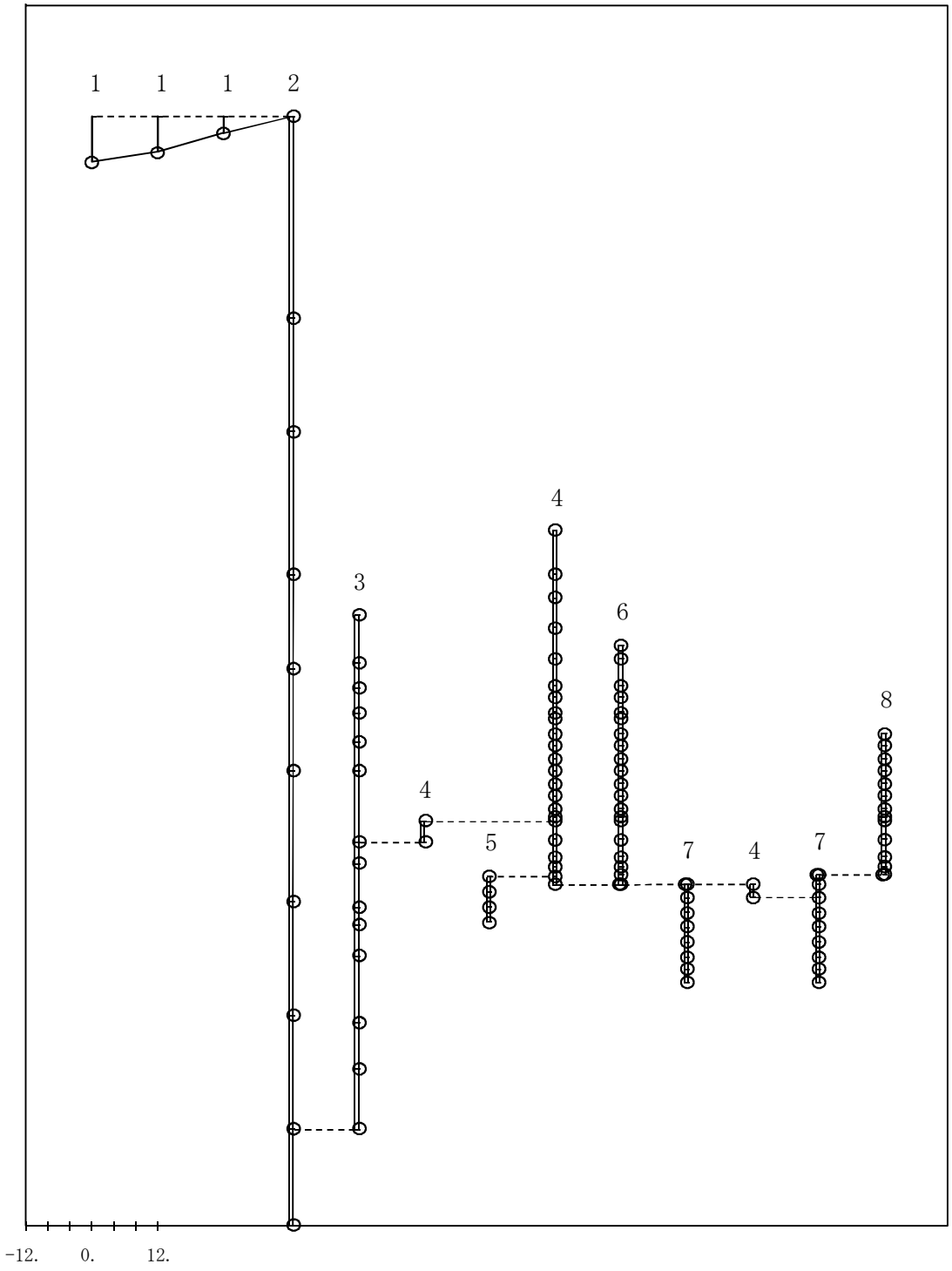


図4－532　第2次刺激関数モード（鉛直方向,Ss-3）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 屋根トラス
2 原子炉建屋
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体及び制御棒案内管

固有周期(s)　；0.077　　刺激係数　　；0.090

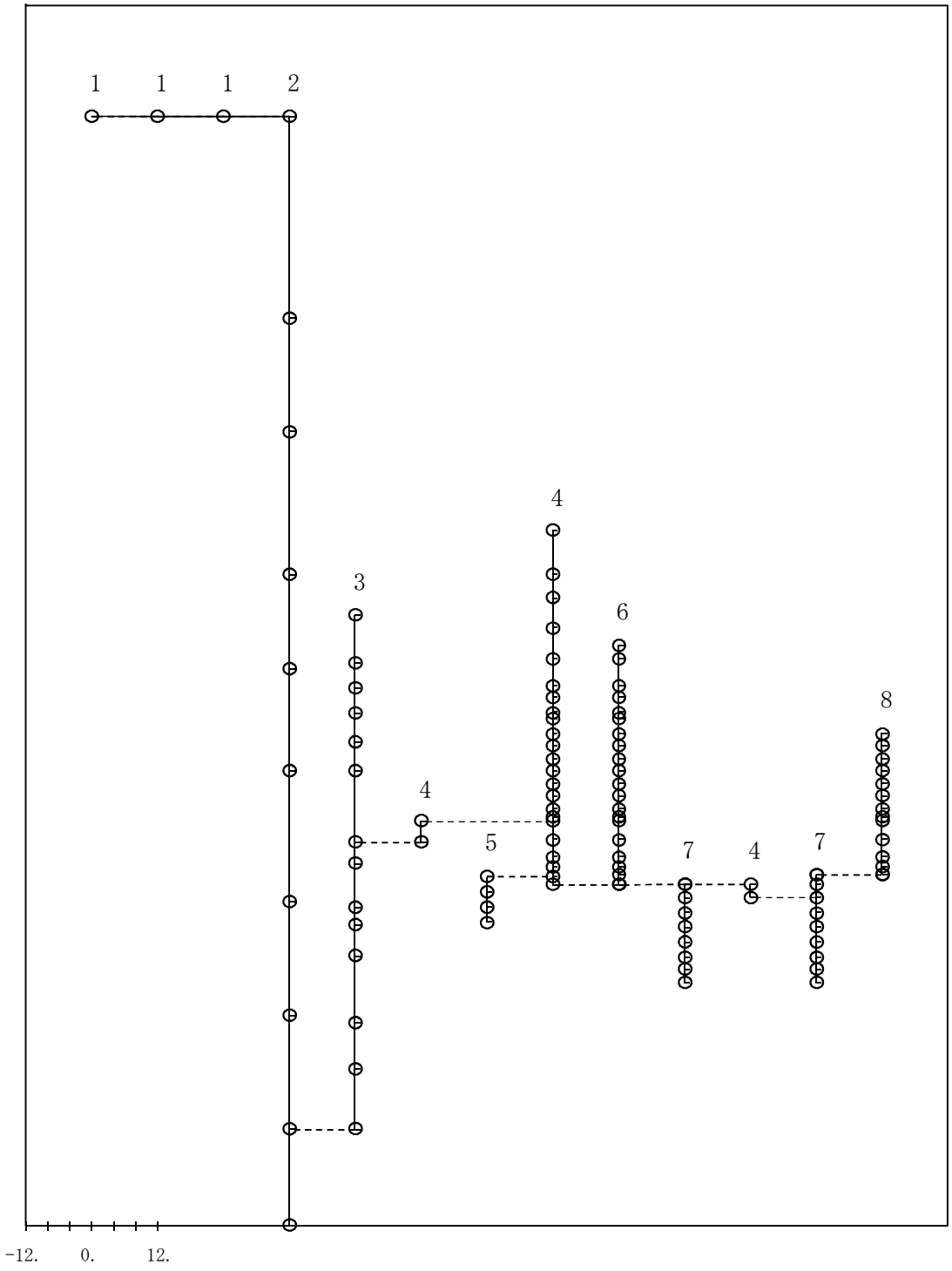


図4－533　第3次刺激関数モード（鉛直方向, Ss-3）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 屋根トラス
2 原子炉建屋
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体及び制御棒案内管

固有周期(s)　；0.052　　刺激係数　　；-0.208

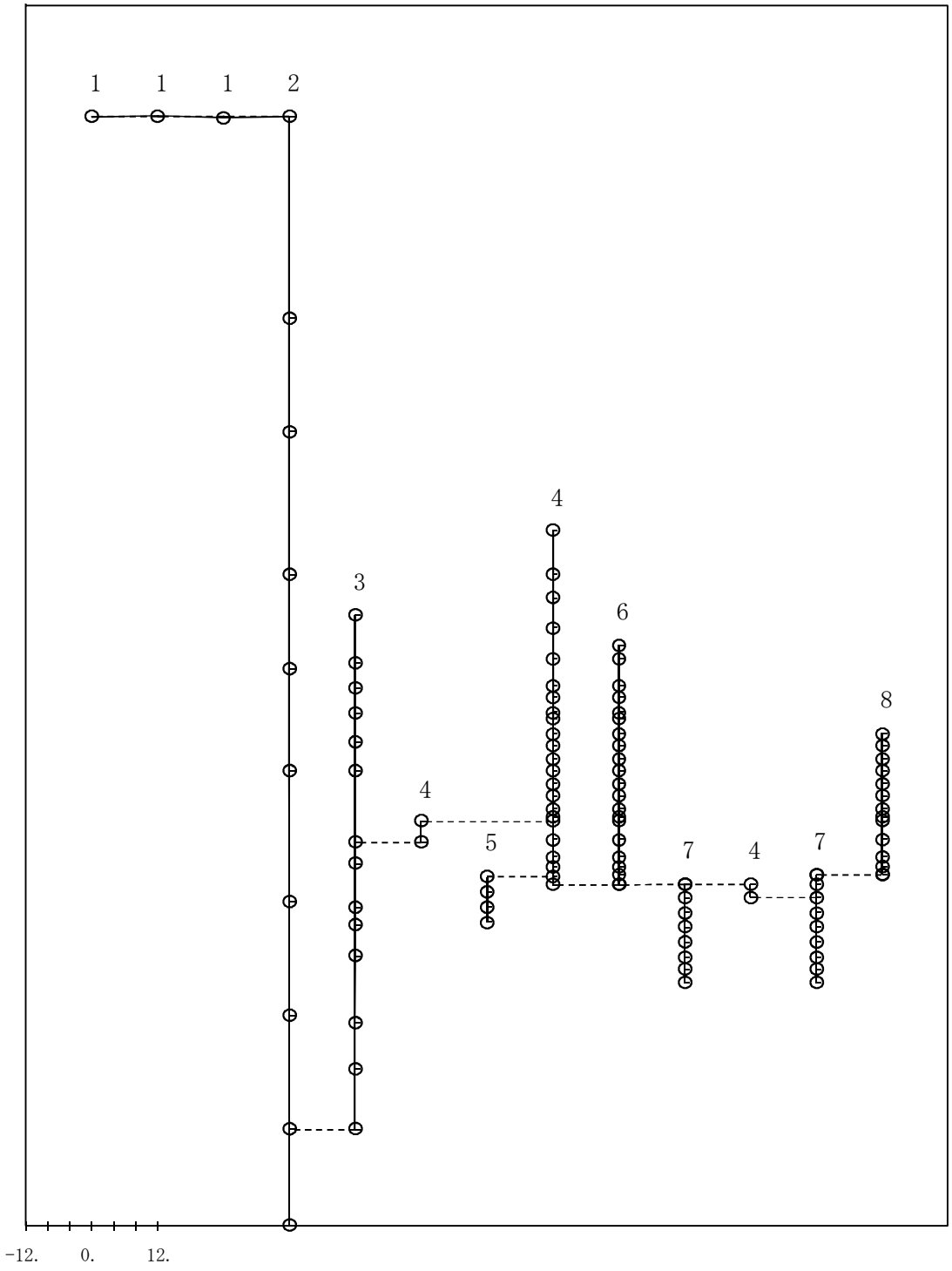


図4－534　第4次刺激関数モード（鉛直方向, Ss-3）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 屋根トラス
2 原子炉建屋
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体及び制御棒案内管

固有周期(s)　；0.051　　刺激係数　　；0.177

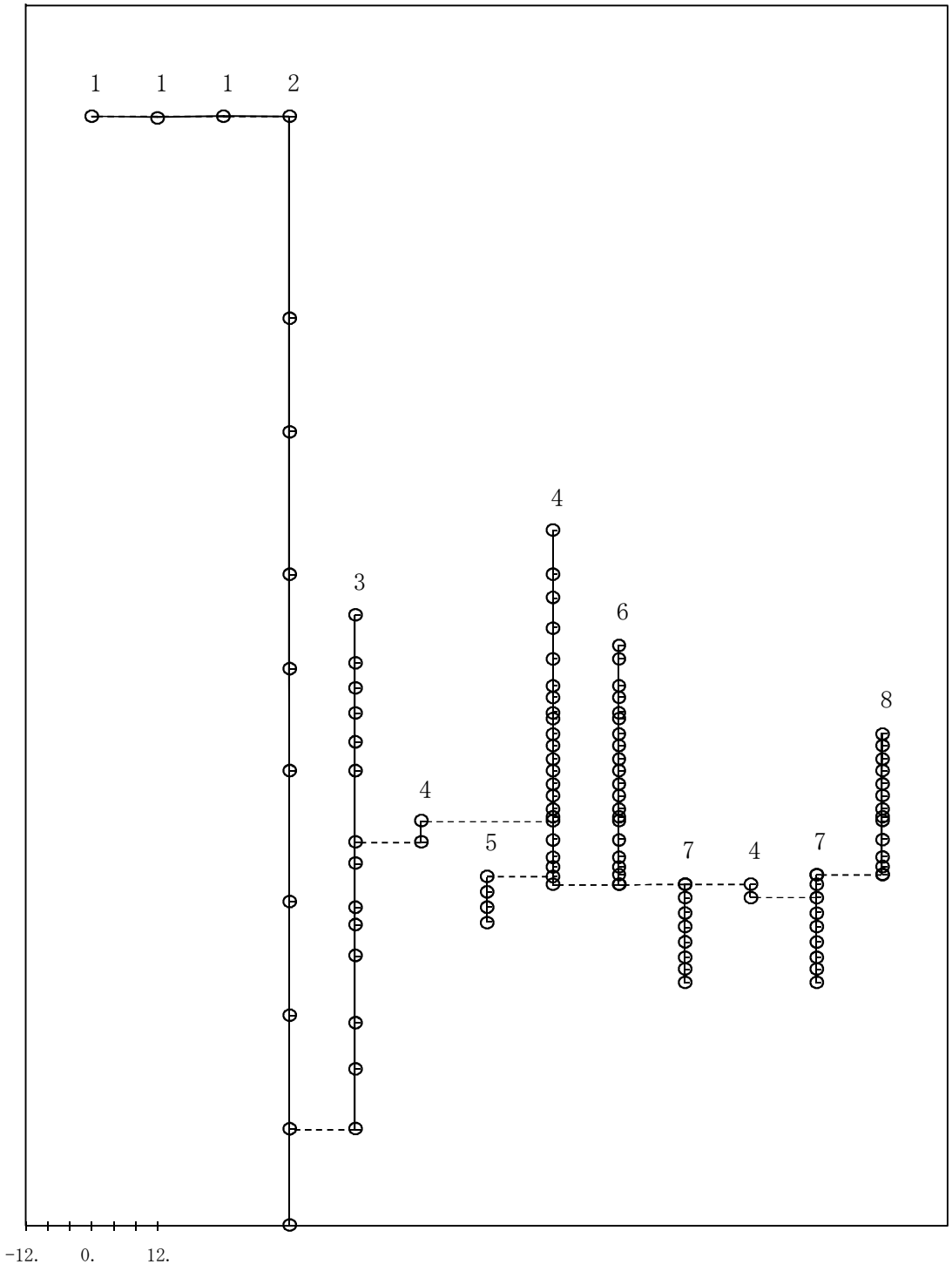


図4－535　第5次刺激関数モード（鉛直方向, Ss-3）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 屋根トラス
2 原子炉建屋
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体及び制御棒案内管

固有周期(s)　；0.278　　刺激係数　　；8.402

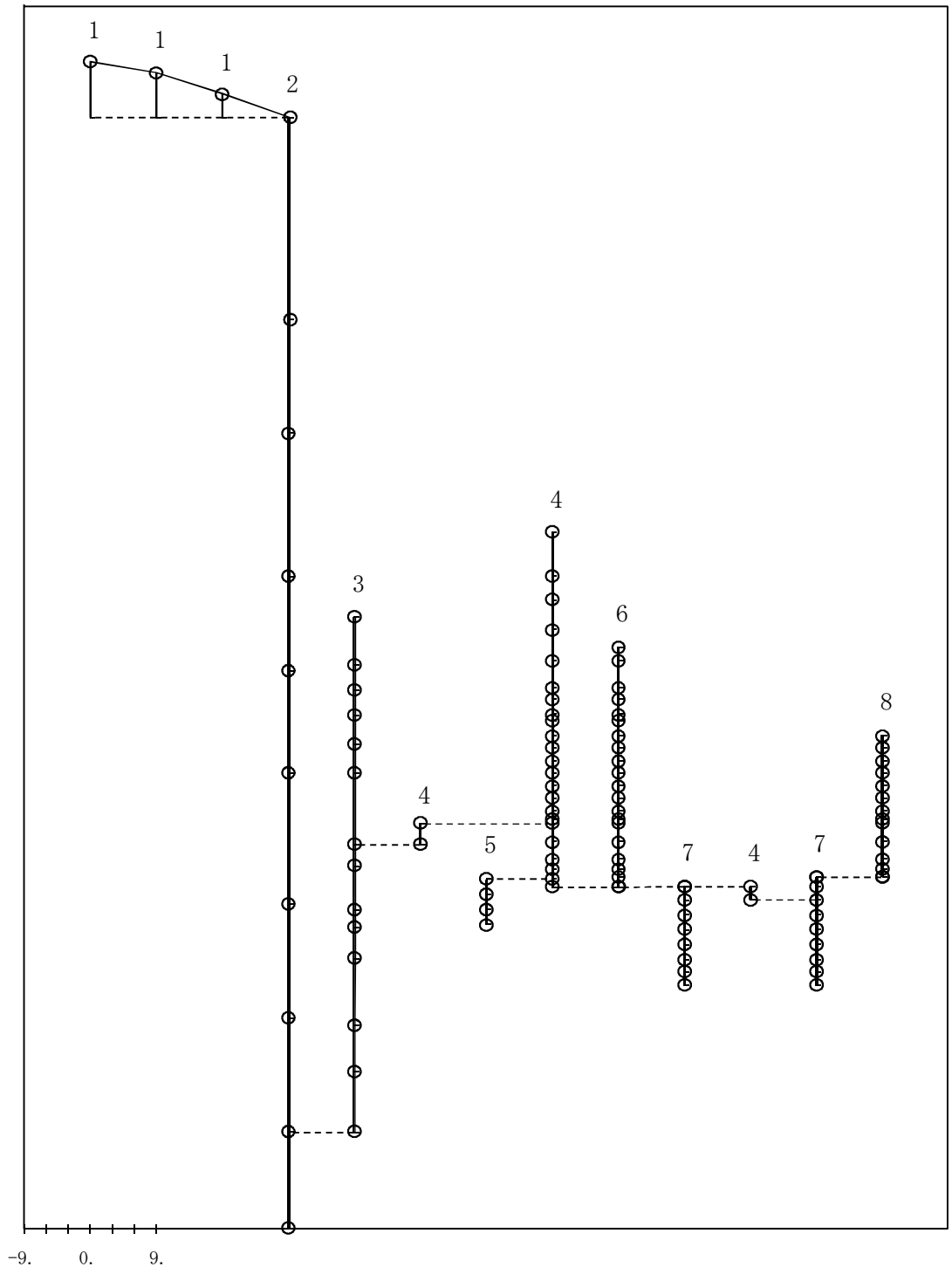


図4－536　第1次刺激関数モード（鉛直方向,Ss-4）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 屋根トラス
2 原子炉建屋
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体及び制御棒案内管

固有周期(s)　；0.255　　刺激係数　　；-7.465

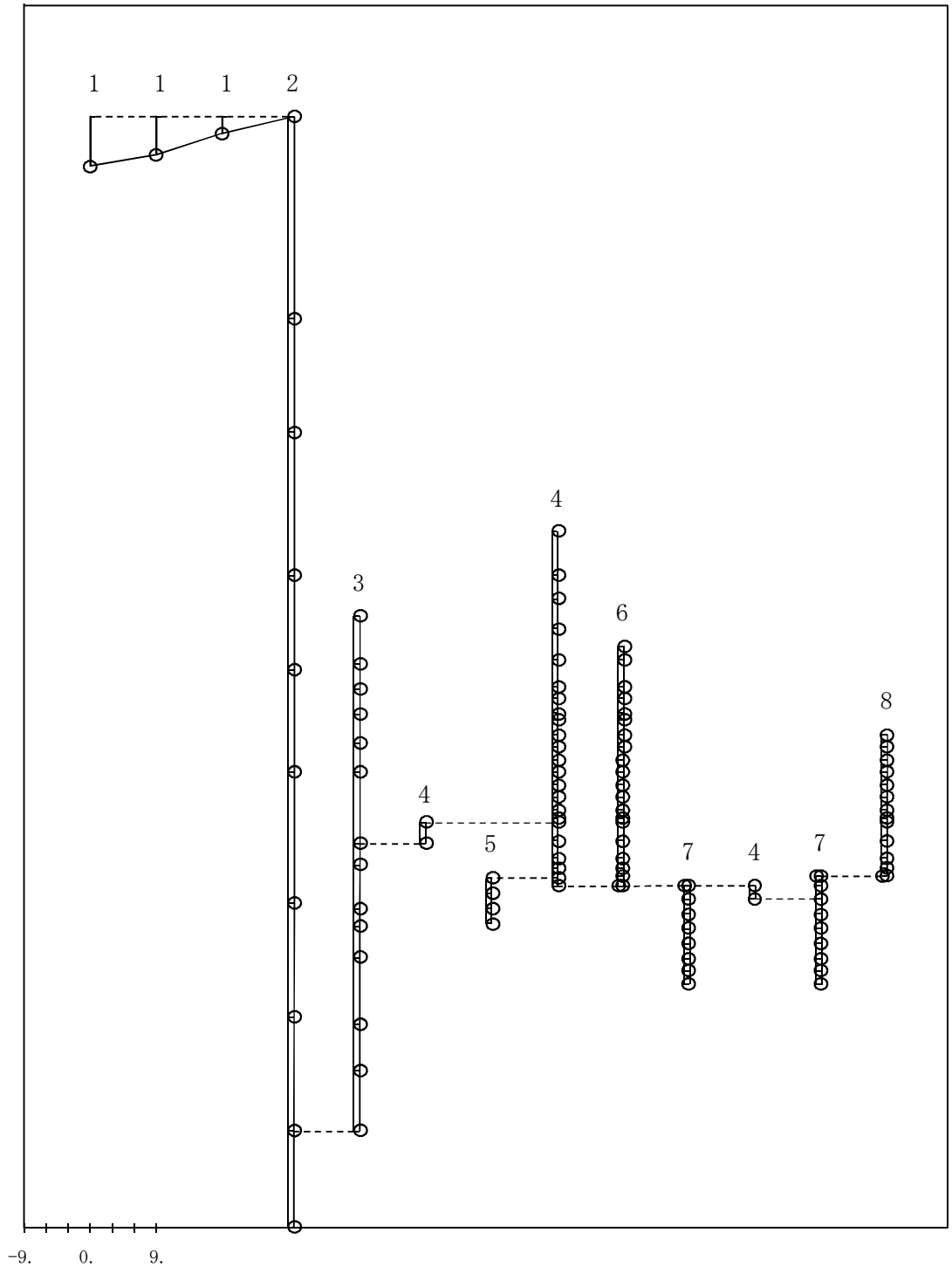


図4－537　第2次刺激関数モード（鉛直方向,Ss-4）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 屋根トラス
2 原子炉建屋
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体及び制御棒案内管

固有周期(s)　；0.077　　刺激係数　　；0.096

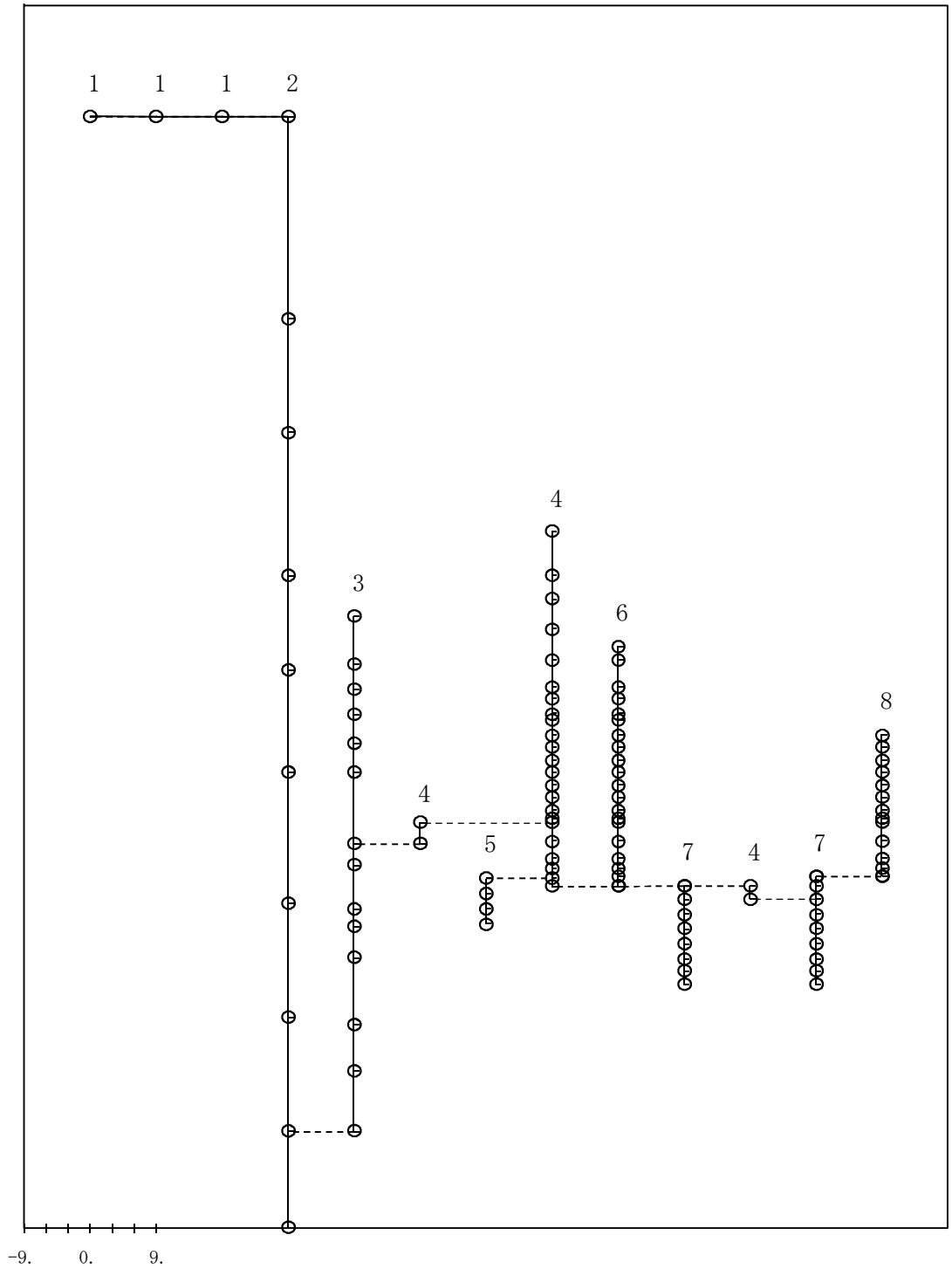


図4－538　第3次刺激関数モード（鉛直方向,Ss-4）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 屋根トラス
2 原子炉建屋
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体及び制御棒案内管

固有周期(s)　；0.052　　刺激係数　　；-0.224

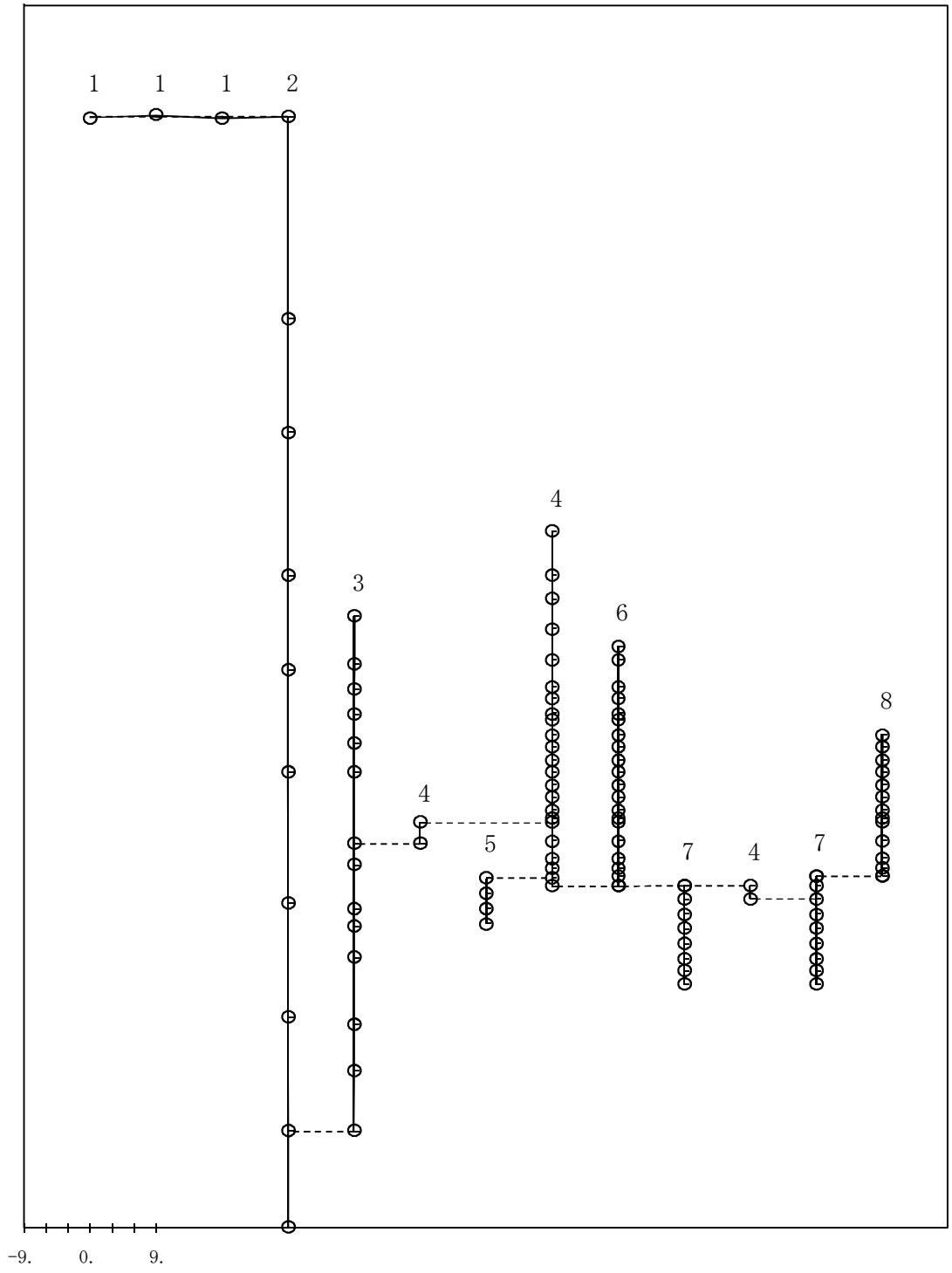


図4－539　第4次刺激関数モード（鉛直方向,Ss-4）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 屋根トラス
2 原子炉建屋
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体及び制御棒案内管

固有周期(s)　；0.051　　刺激係数　　；0.191

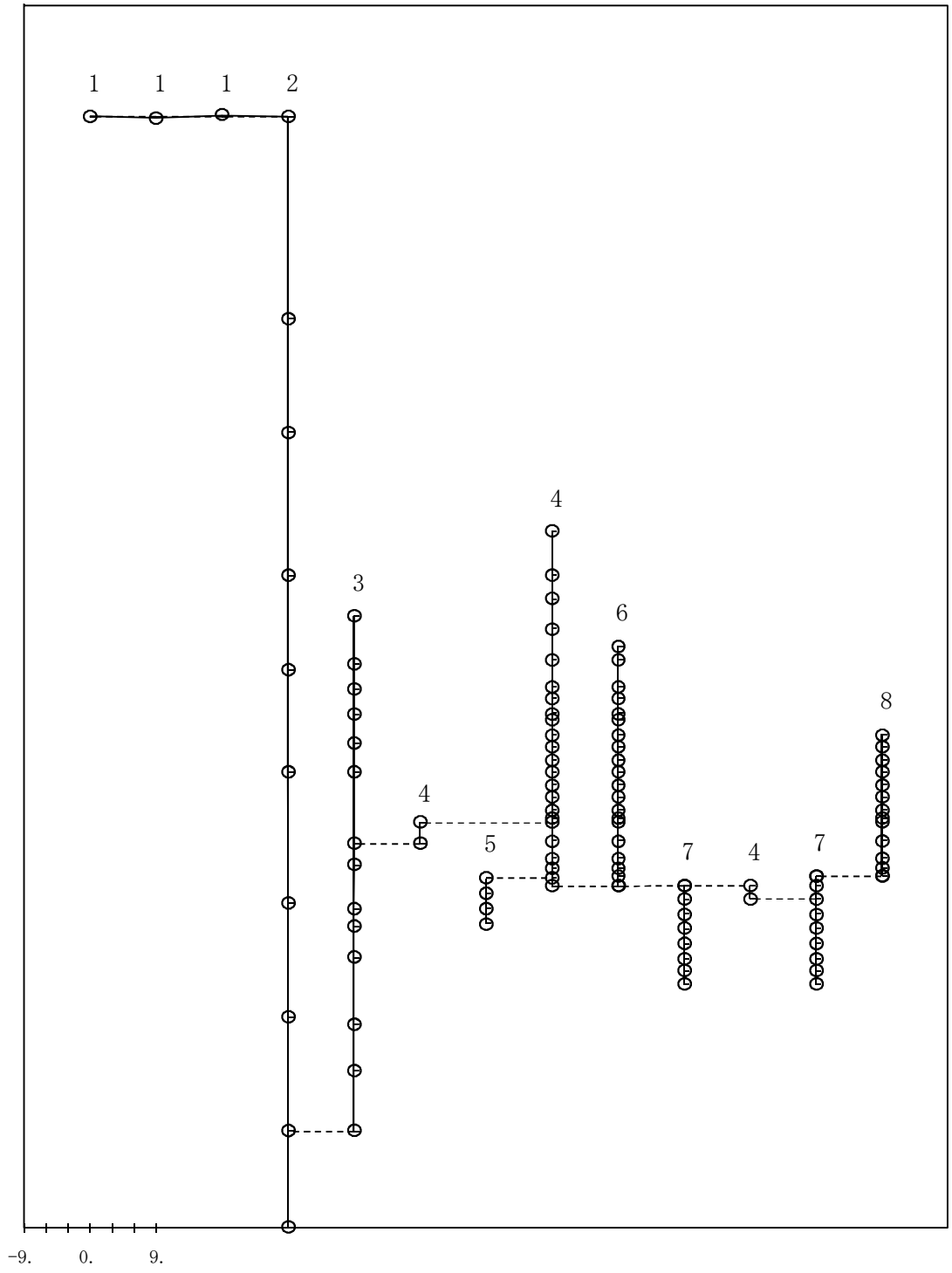


図4－540　第5次刺激関数モード（鉛直方向, Ss-4）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 屋根トラス
2 原子炉建屋
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体及び制御棒案内管

固有周期(s)　；0.279　　刺激係数　　；8.833

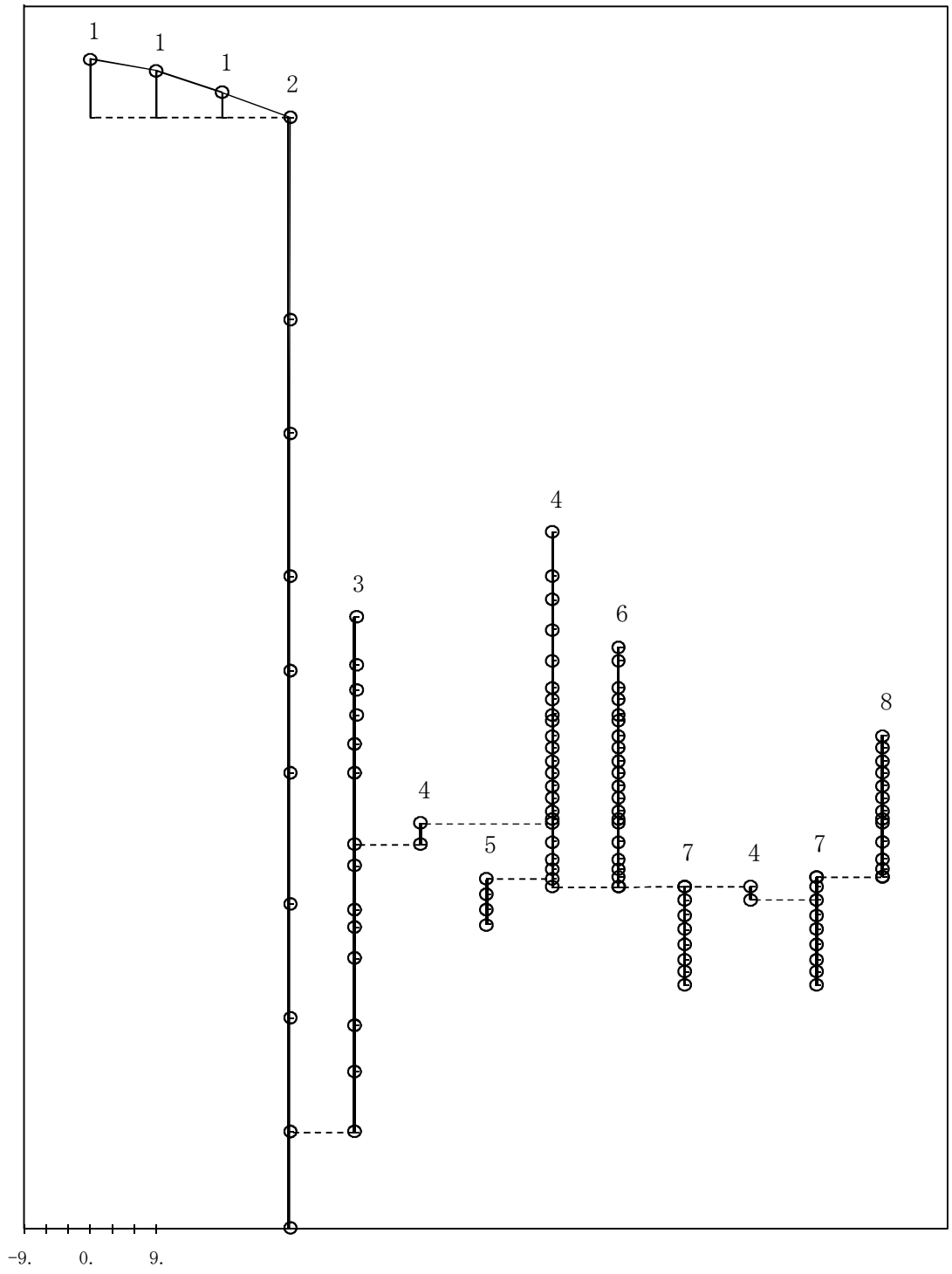


図4－541　第1次刺激関数モード（鉛直方向,Ss-5）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 屋根トラス
2 原子炉建屋
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体及び制御棒案内管

固有周期(s)　；0.256　　刺激係数　　；-7.895

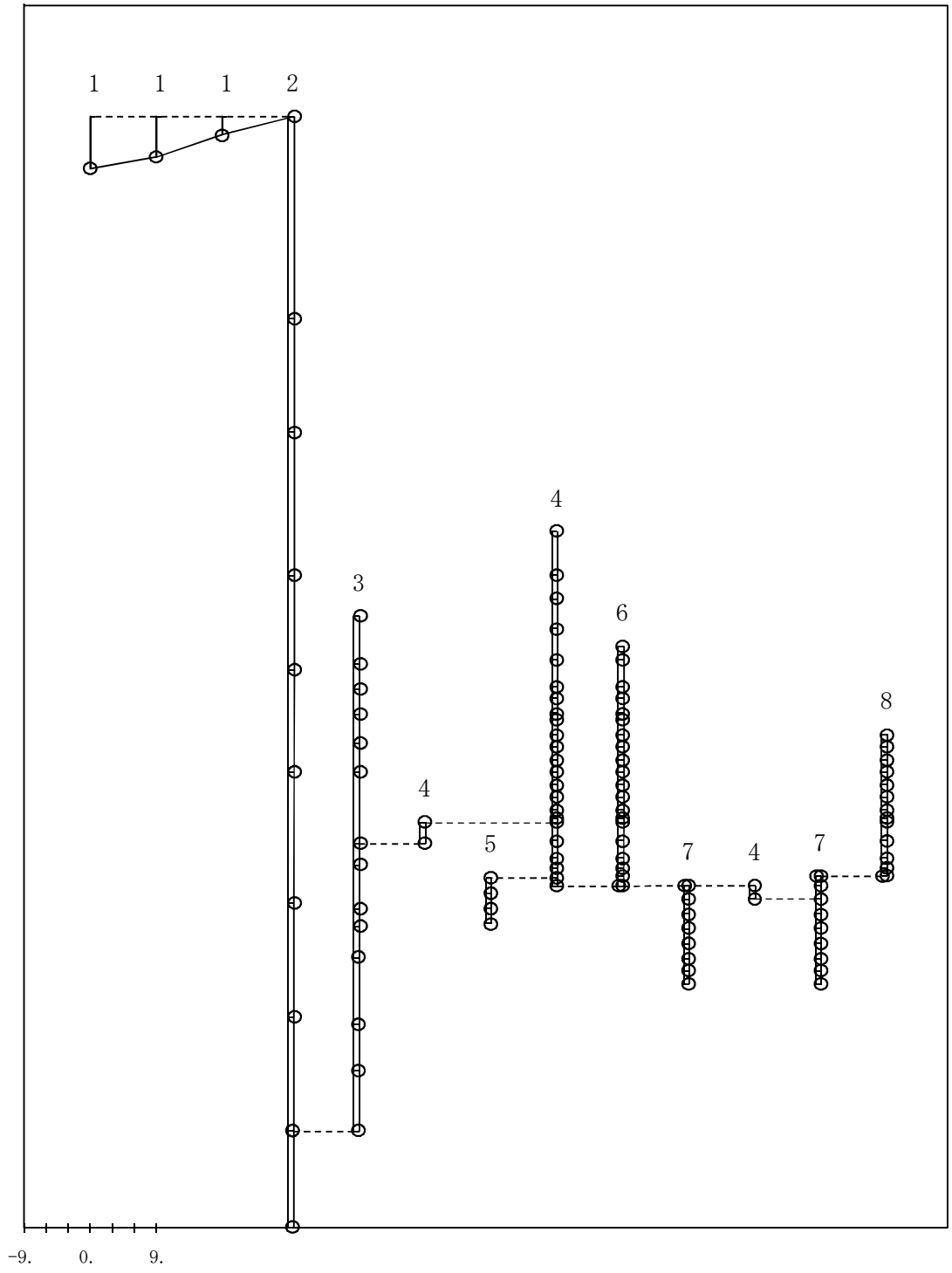


図4－542　第2次刺激関数モード（鉛直方向,Ss-5）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 屋根トラス
2 原子炉建屋
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体及び制御棒案内管

固有周期(s)　；0.077　　刺激係数　　；0.094

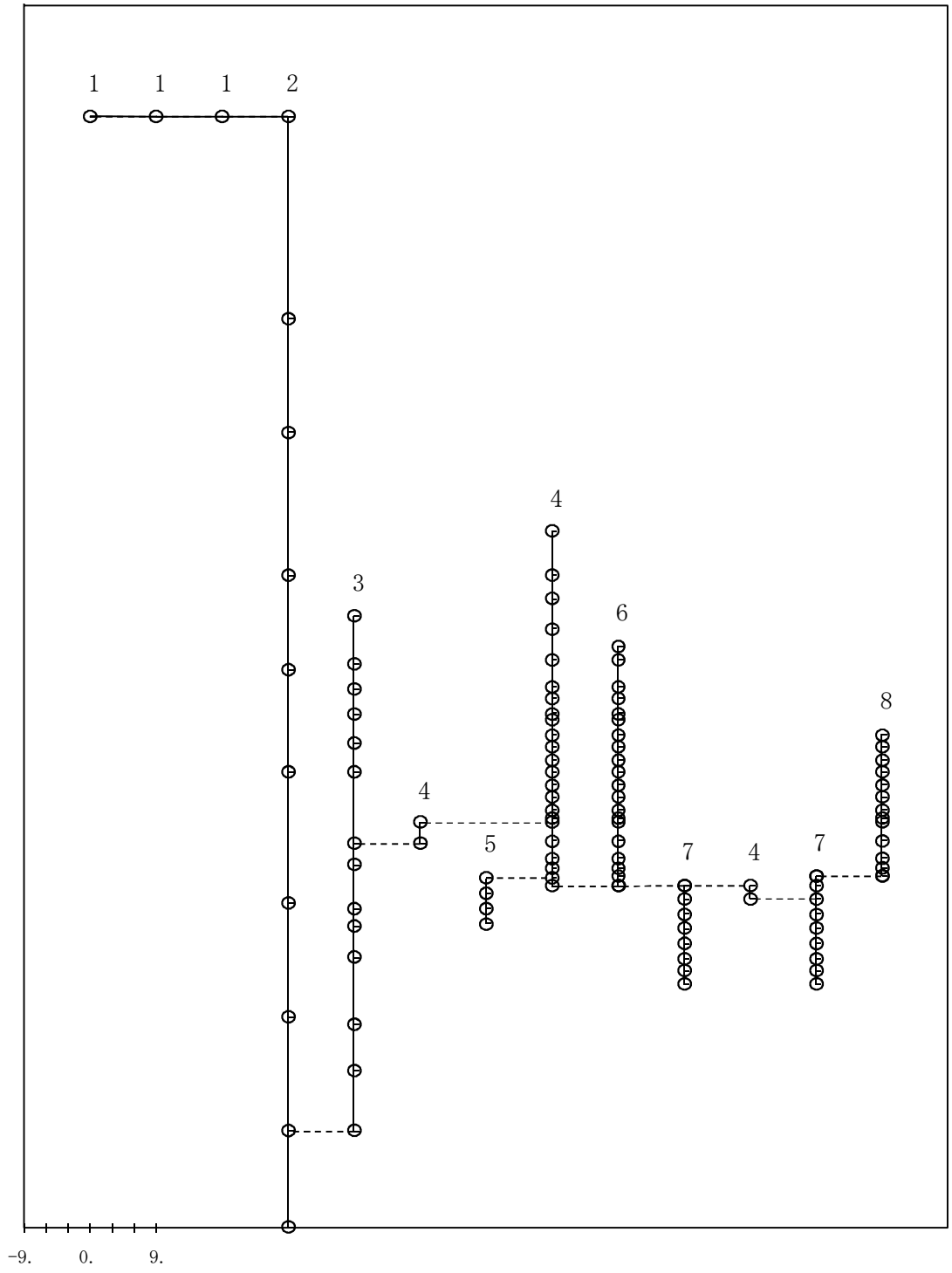


図4－543　第3次刺激関数モード（鉛直方向,Ss-5）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 屋根トラス
2 原子炉建屋
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体及び制御棒案内管

固有周期(s)　；0.052　　刺激係数　　；-0.220

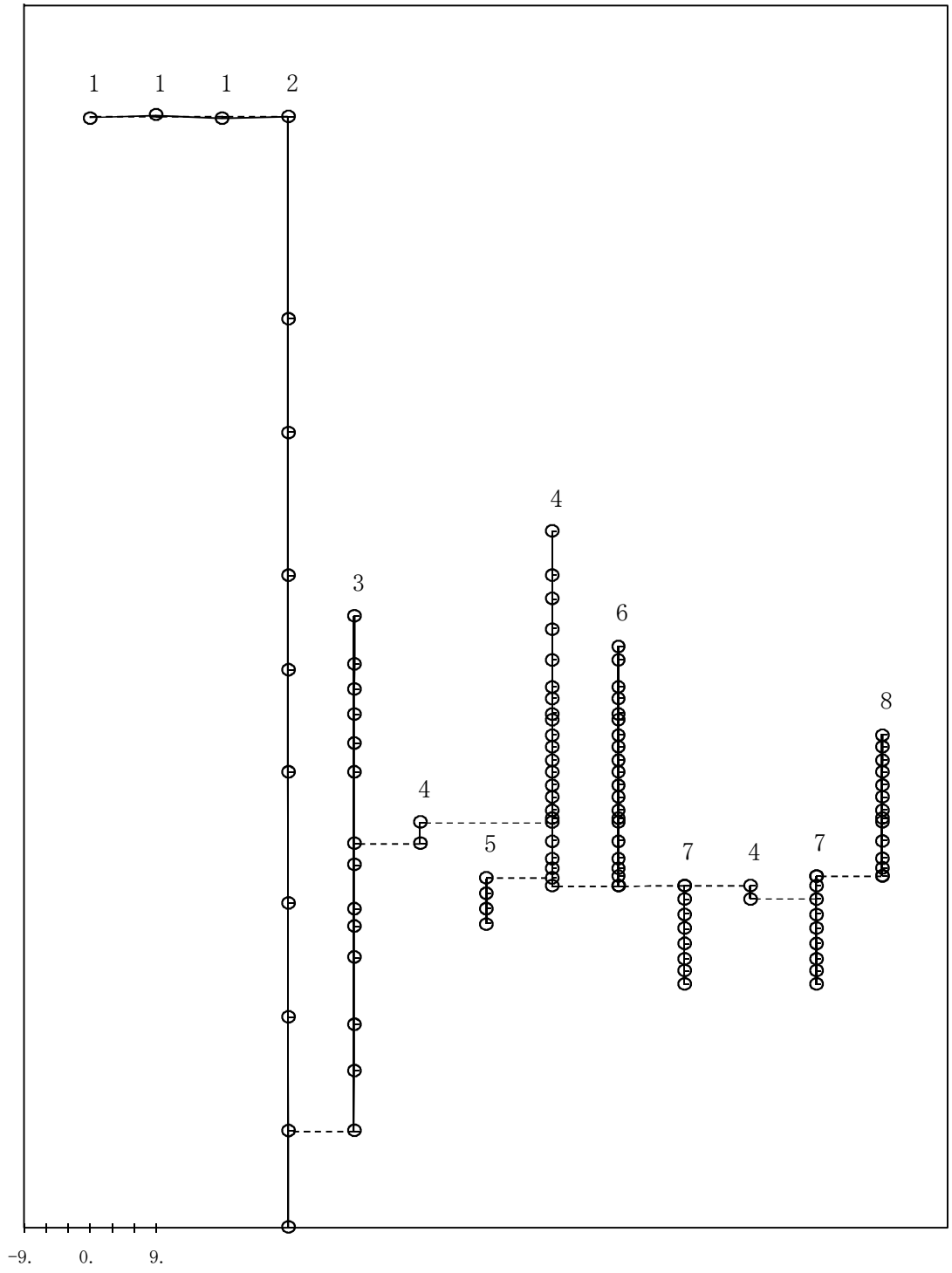


図4－544　第4次刺激関数モード（鉛直方向,Ss-5）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 屋根トラス
2 原子炉建屋
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体及び制御棒案内管

固有周期(s)　；0.051　　刺激係数　　；0.188

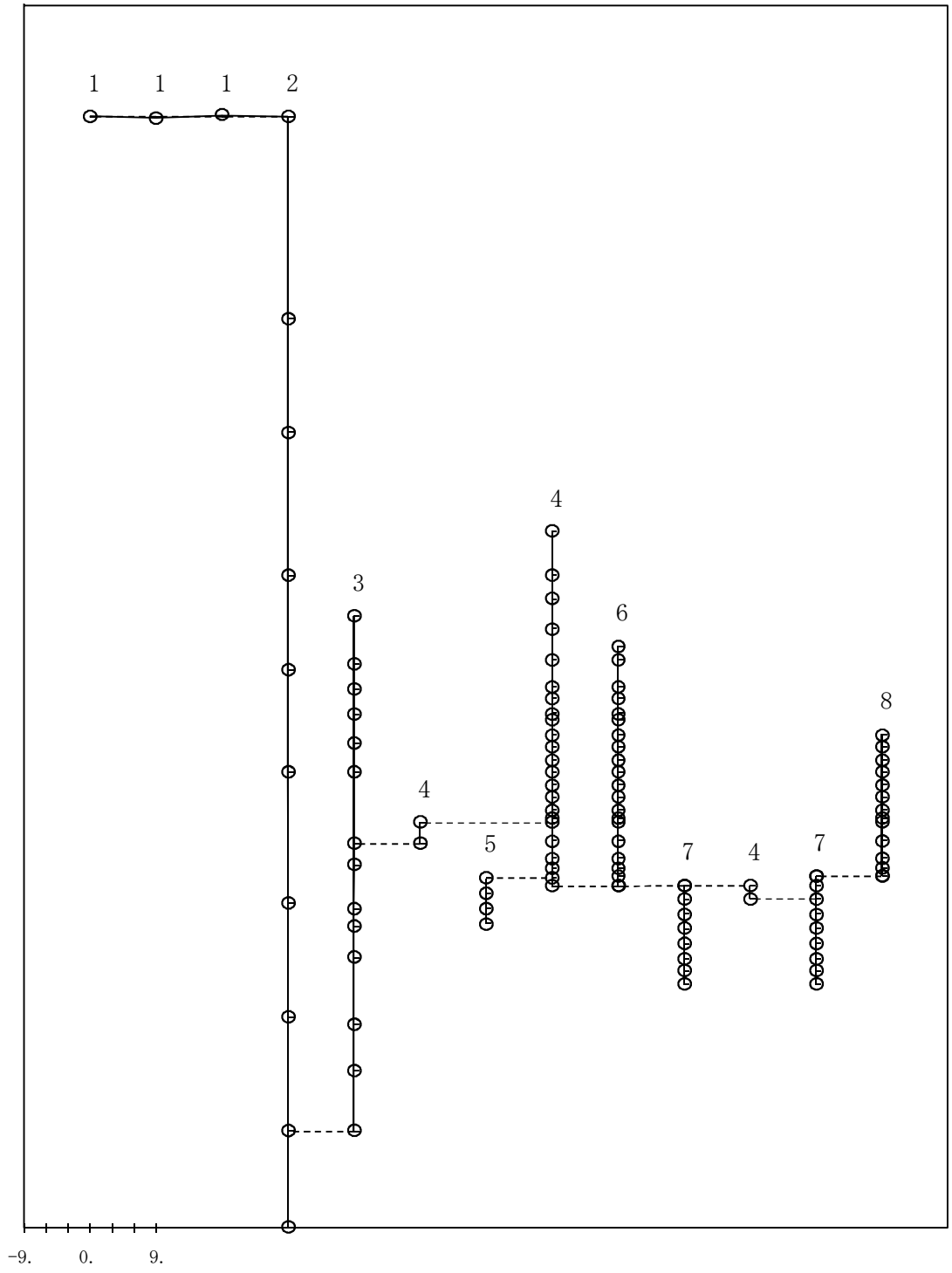


図4－545　第5次刺激関数モード（鉛直方向,Ss-5）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 屋根トラス
2 原子炉建屋
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体及び制御棒案内管

固有周期(s)　；0.279　　刺激係数　　；8.615

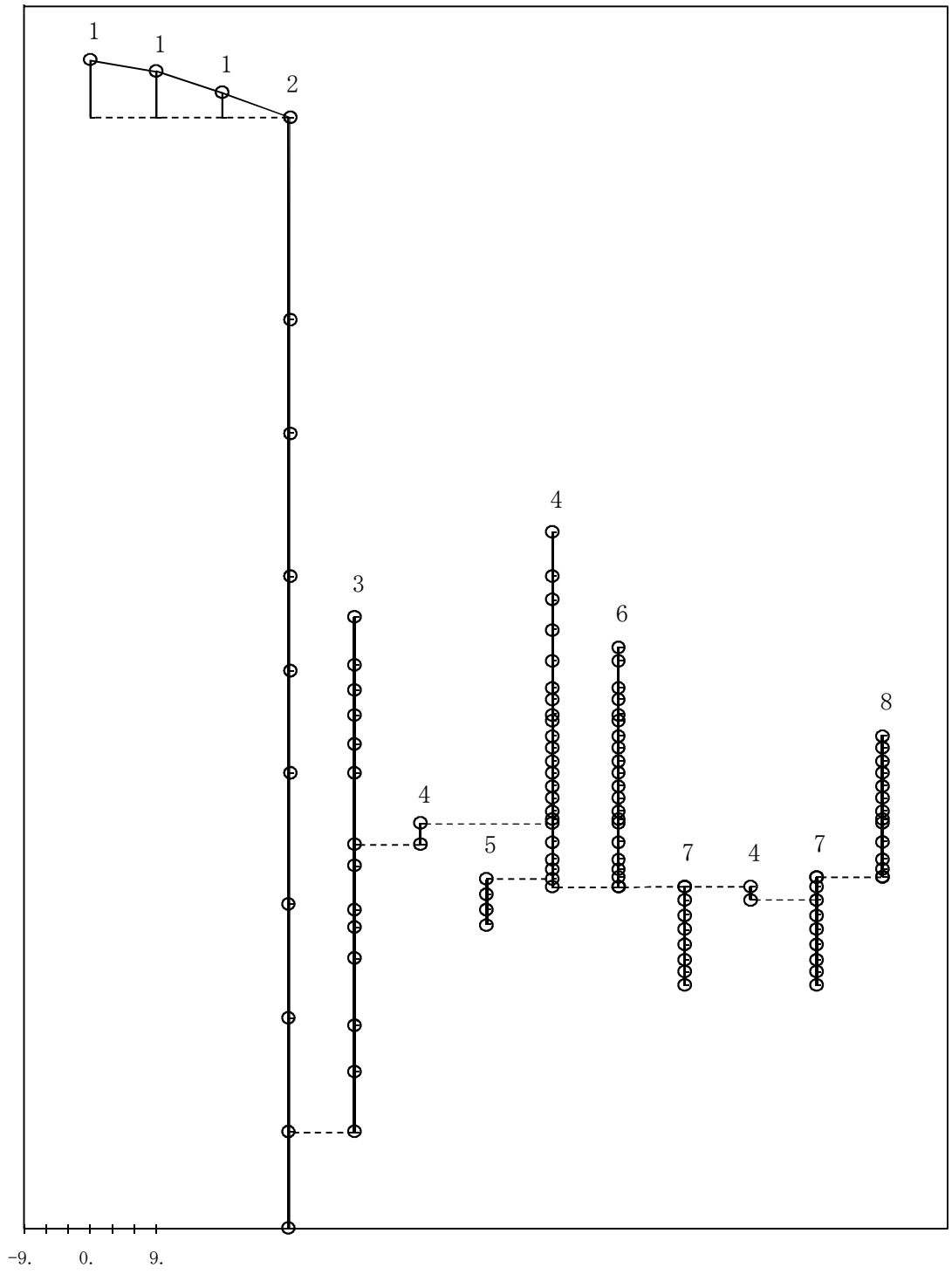


図4－546　第1次刺激関数モード（鉛直方向,Ss-6）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 屋根トラス
2 原子炉建屋
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体及び制御棒案内管

固有周期(s)　；0.255　　刺激係数　　；-7.678

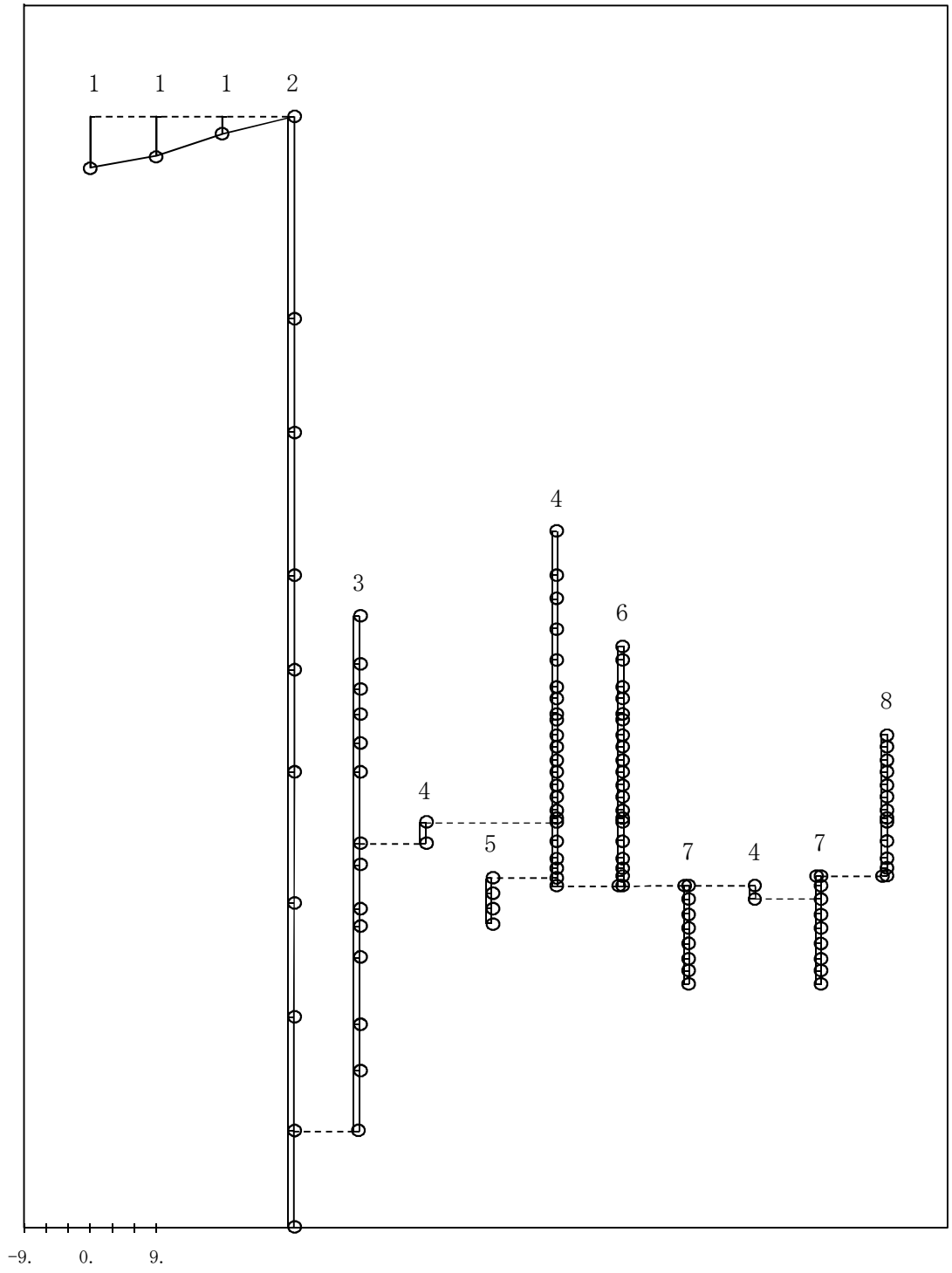


図4－547　第2次刺激関数モード（鉛直方向,Ss-6）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 屋根トラス
2 原子炉建屋
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体及び制御棒案内管

固有周期(s)　；0.077　　刺激係数　　；0.095

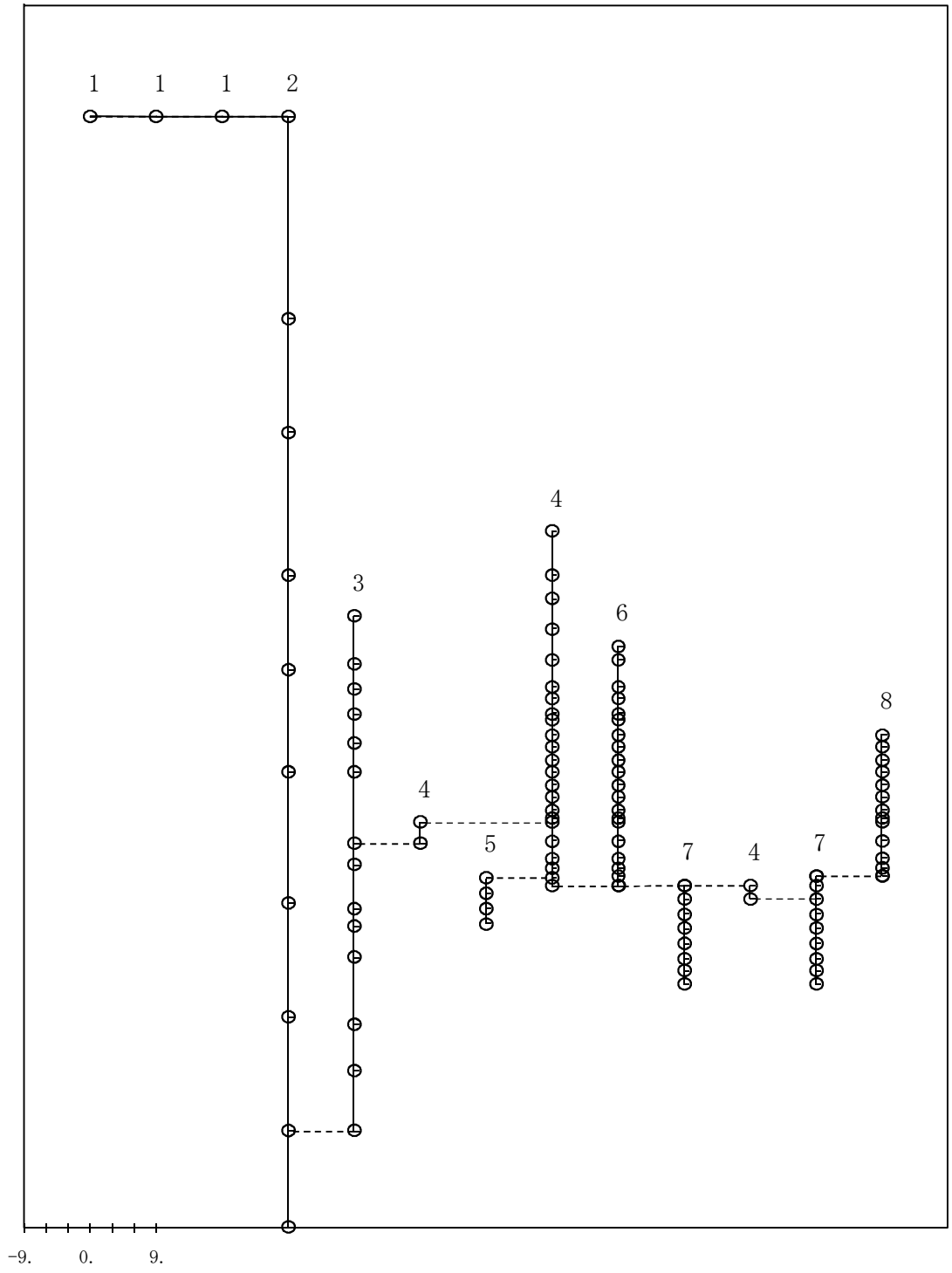


図4－548　第3次刺激関数モード（鉛直方向,Ss-6）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 屋根トラス
2 原子炉建屋
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体及び制御棒案内管

固有周期(s)　；0.052　　刺激係数　　；-0.222

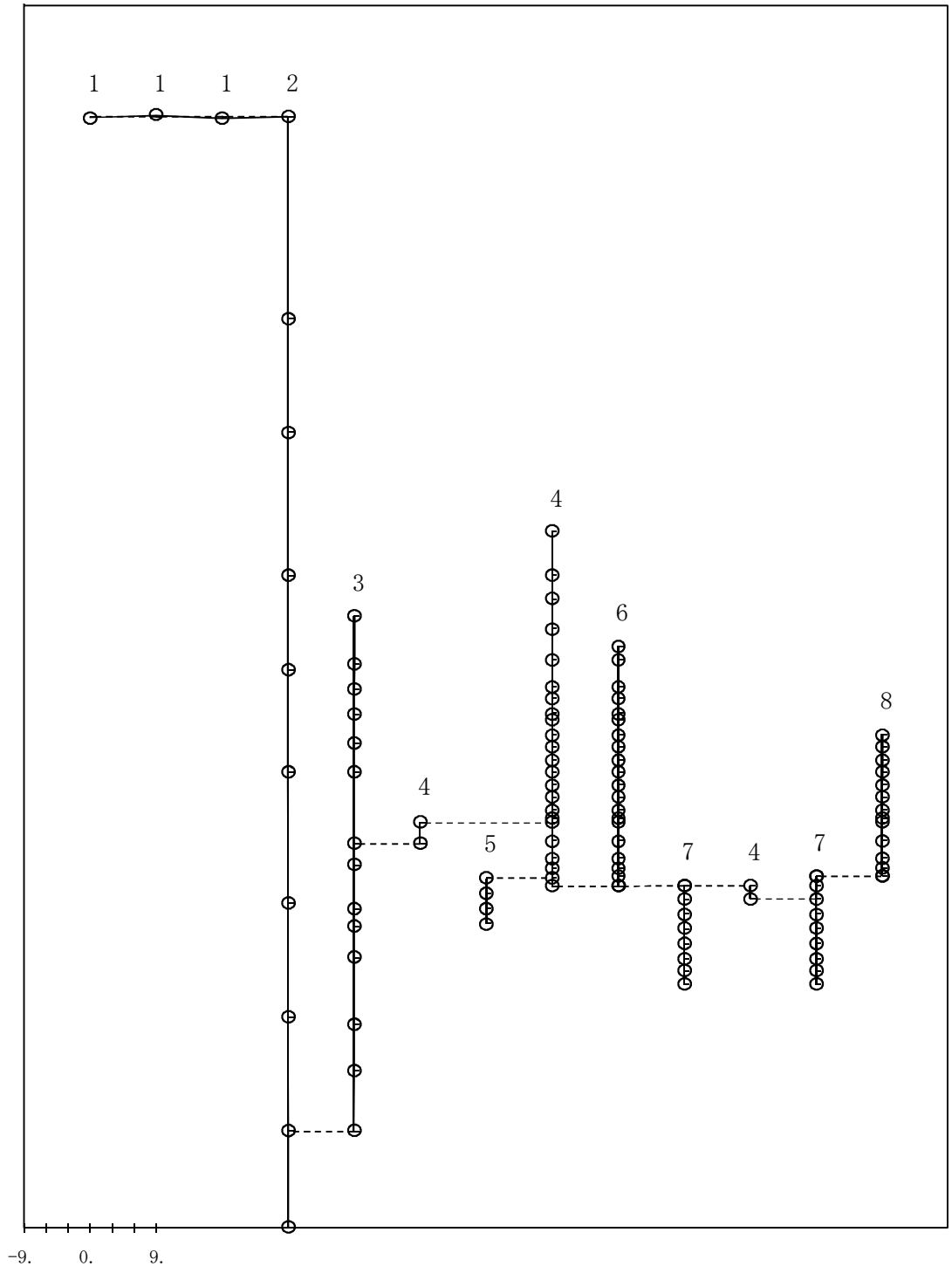


図4－549　第4次刺激関数モード（鉛直方向,Ss-6）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 屋根トラス
2 原子炉建屋
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体及び制御棒案内管

固有周期(s)　；0.051　　刺激係数　　；0.189

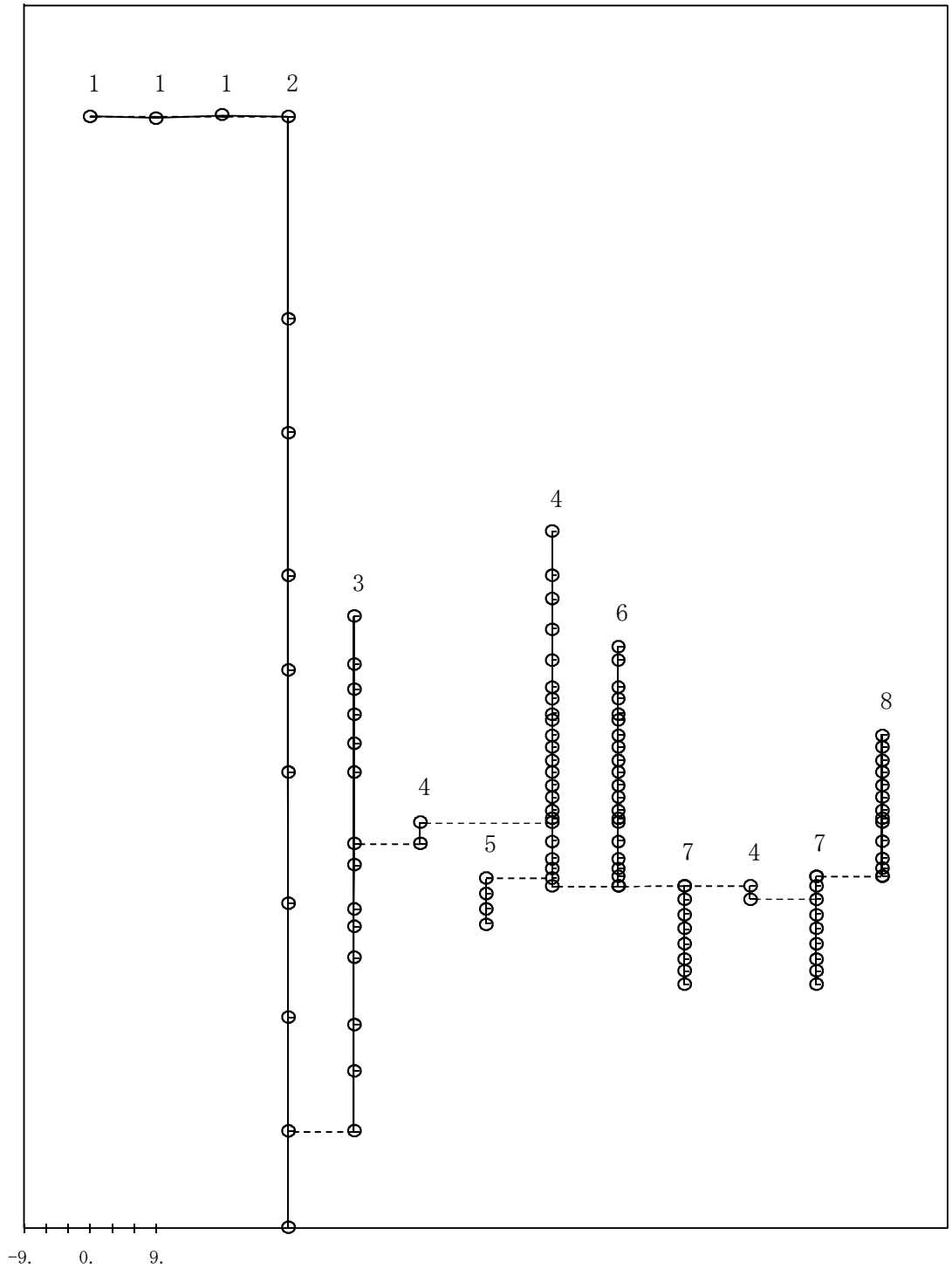


図4－550　第5次刺激関数モード（鉛直方向, Ss-6）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 屋根トラス
2 原子炉建屋
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体及び制御棒案内管

固有周期(s)　；0.279　　刺激係数　　；9.053

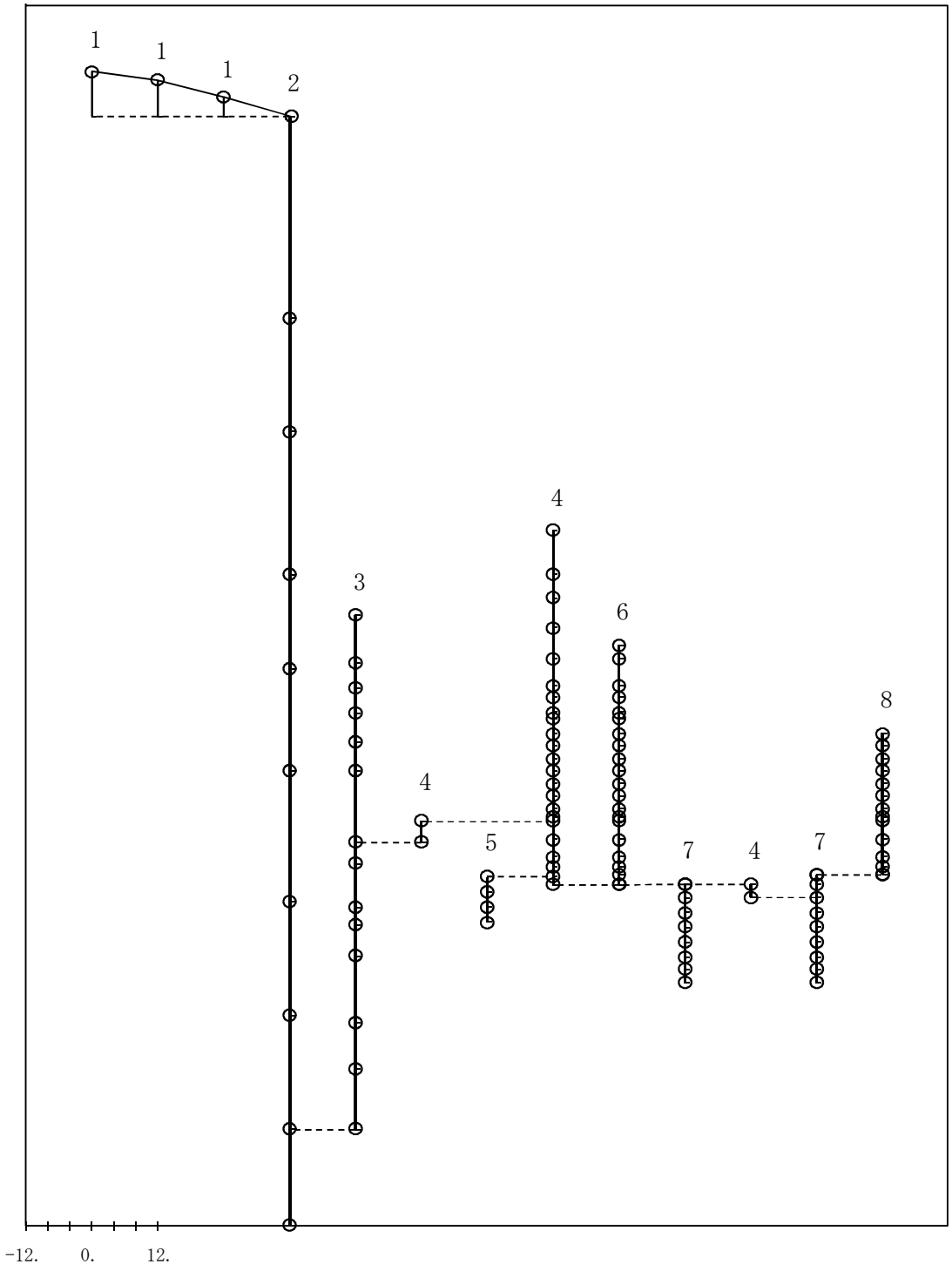


図4－551　第1次刺激関数モード（鉛直方向,Ss-7）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 屋根トラス
2 原子炉建屋
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体及び制御棒案内管

固有周期(s)　；0.257　　刺激係数　　；-8.114

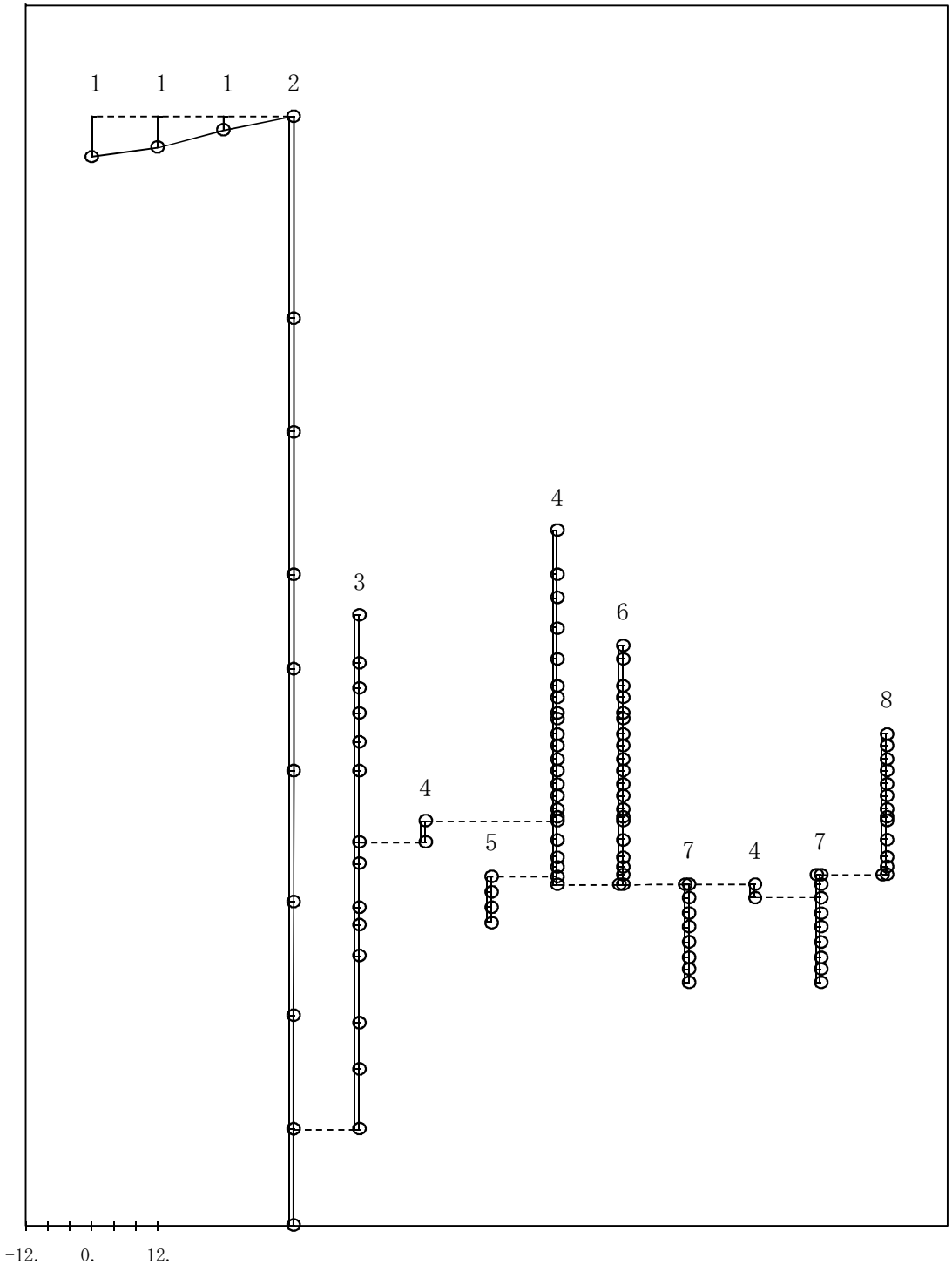


図4－552　第2次刺激関数モード（鉛直方向,Ss-7）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 屋根トラス
2 原子炉建屋
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体及び制御棒案内管

固有周期(s)　；0.077　　刺激係数　　；0.094

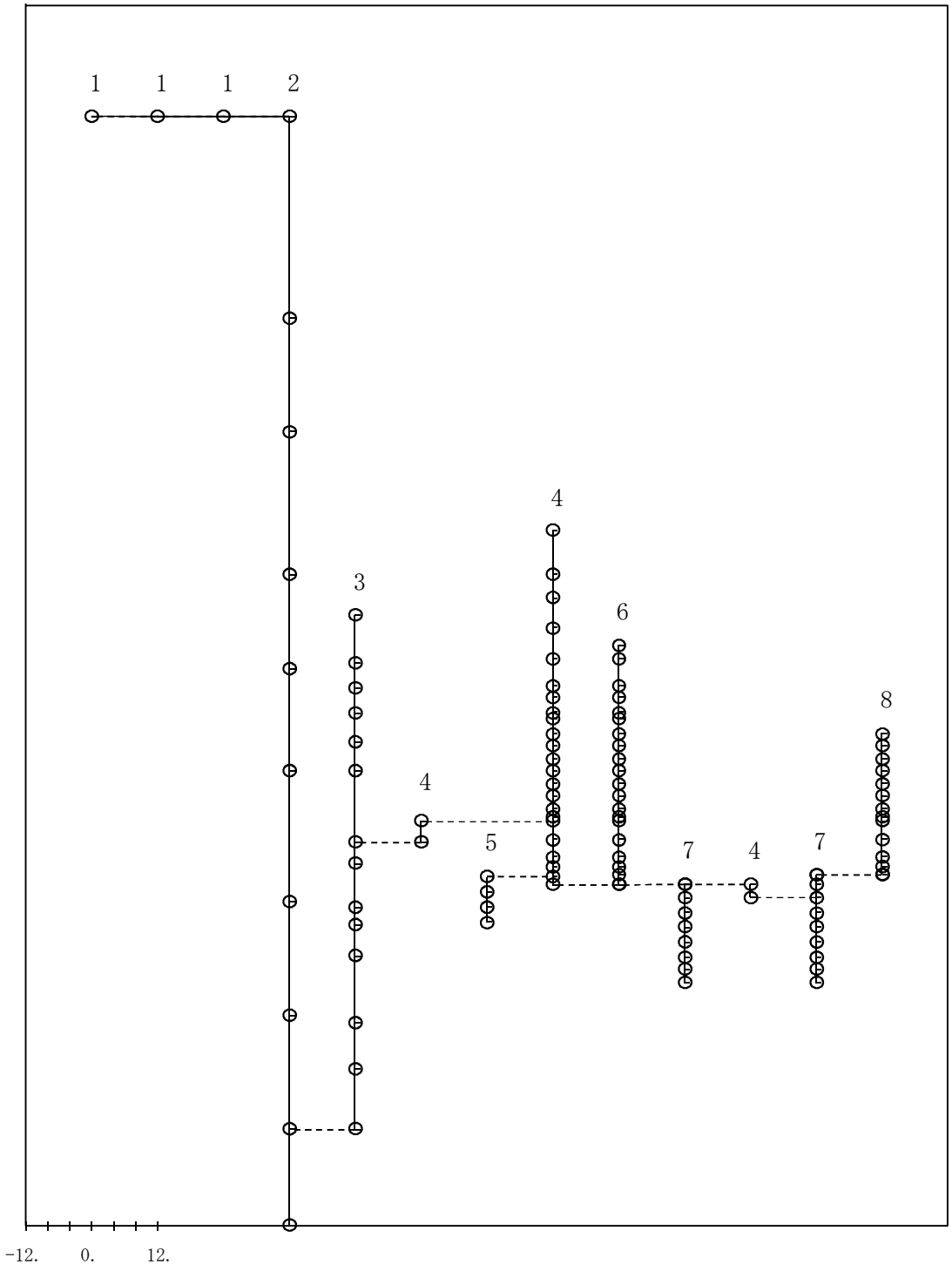


図4－553　第3次刺激関数モード（鉛直方向,Ss-7）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 屋根トラス
2 原子炉建屋
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体及び制御棒案内管

固有周期(s)　；0.052　　刺激係数　　；-0.218

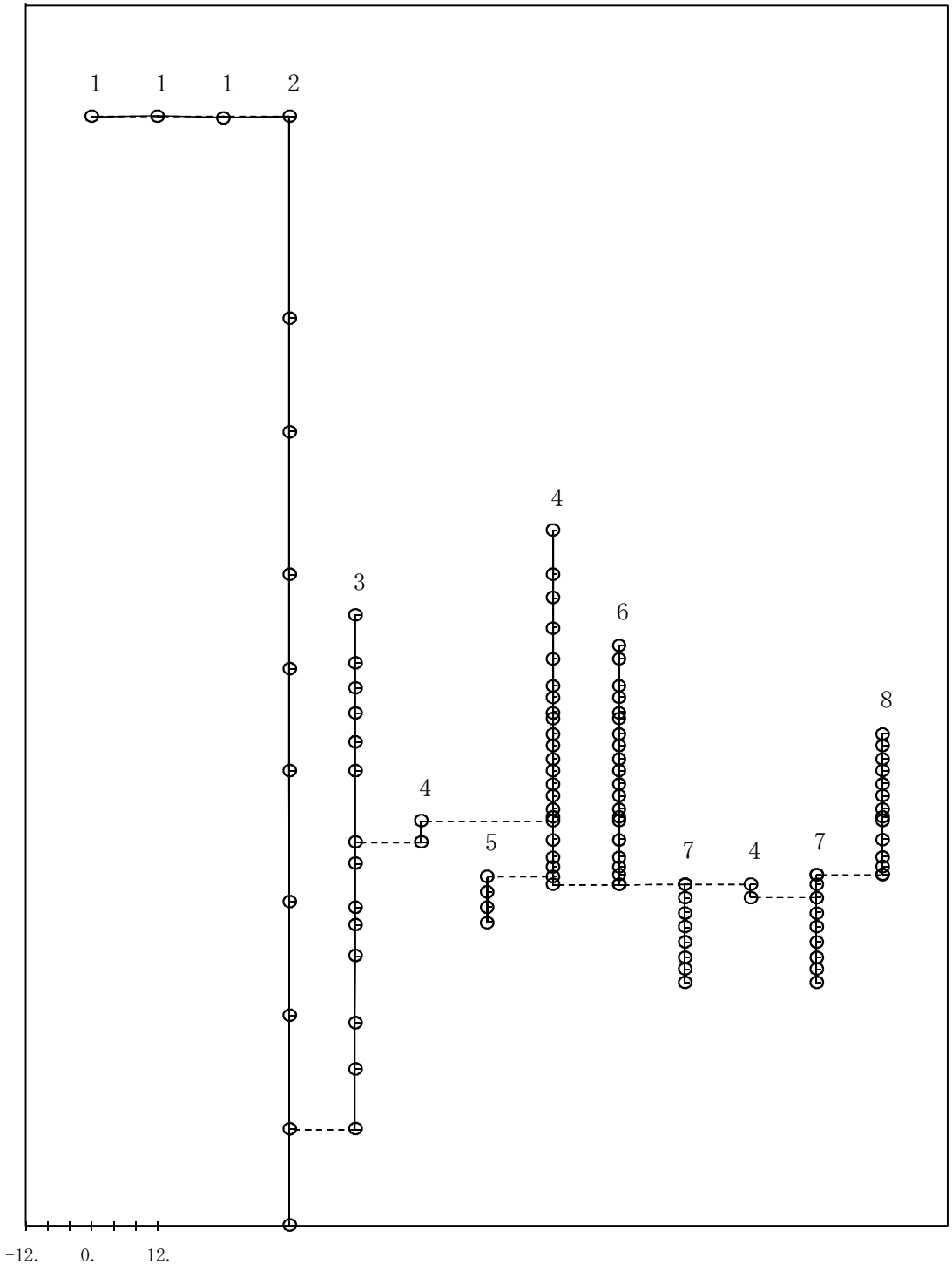


図4－554　第4次刺激関数モード（鉛直方向,Ss-7）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 屋根トラス
2 原子炉建屋
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体及び制御棒案内管

固有周期(s)　；0.051　　刺激係数　　；0.186

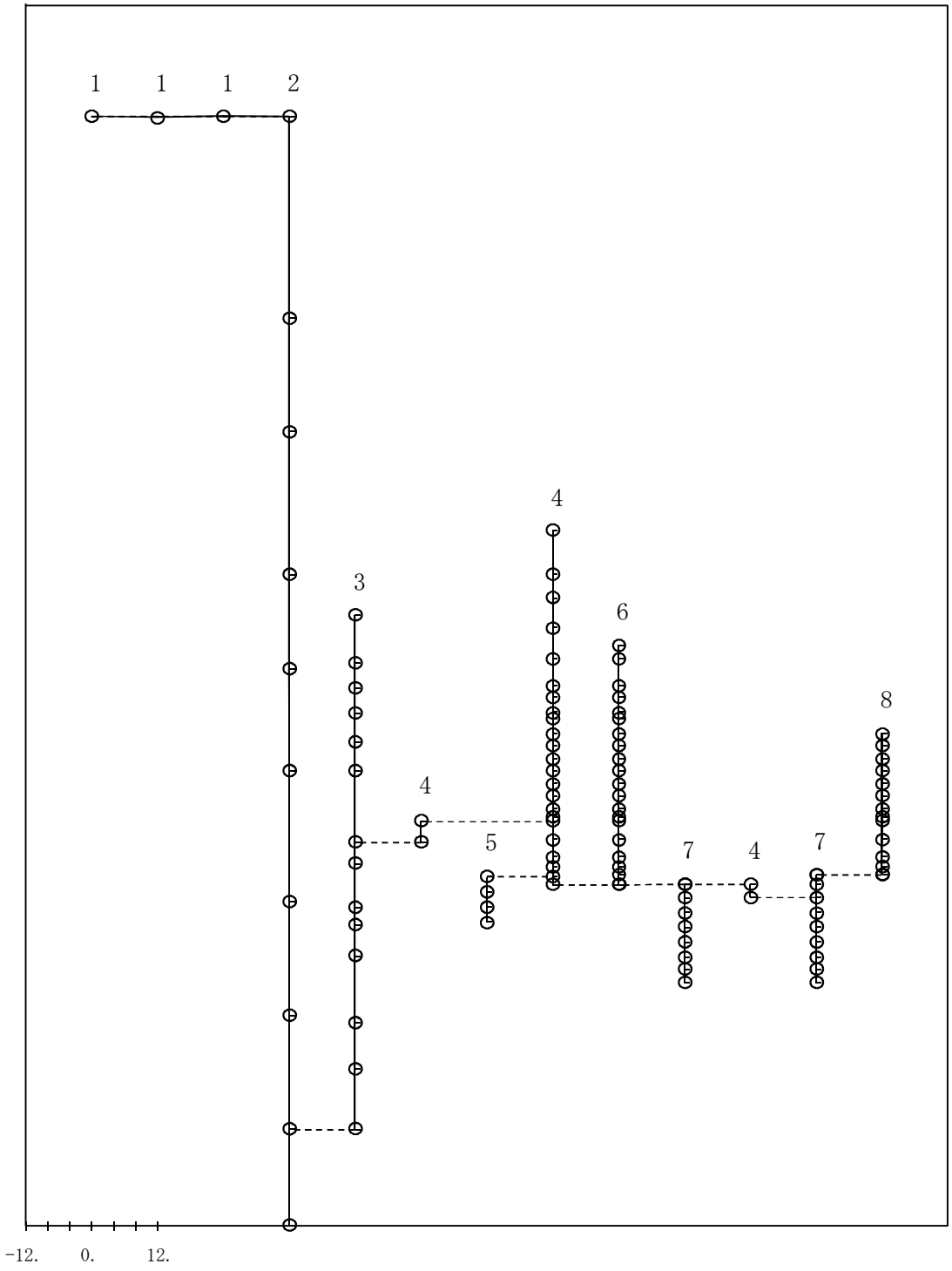


図4－555　第5次刺激関数モード（鉛直方向, Ss-7）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 屋根トラス
2 原子炉建屋
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体及び制御棒案内管

固有周期(s)　；0.279　　刺激係数　　；8.833

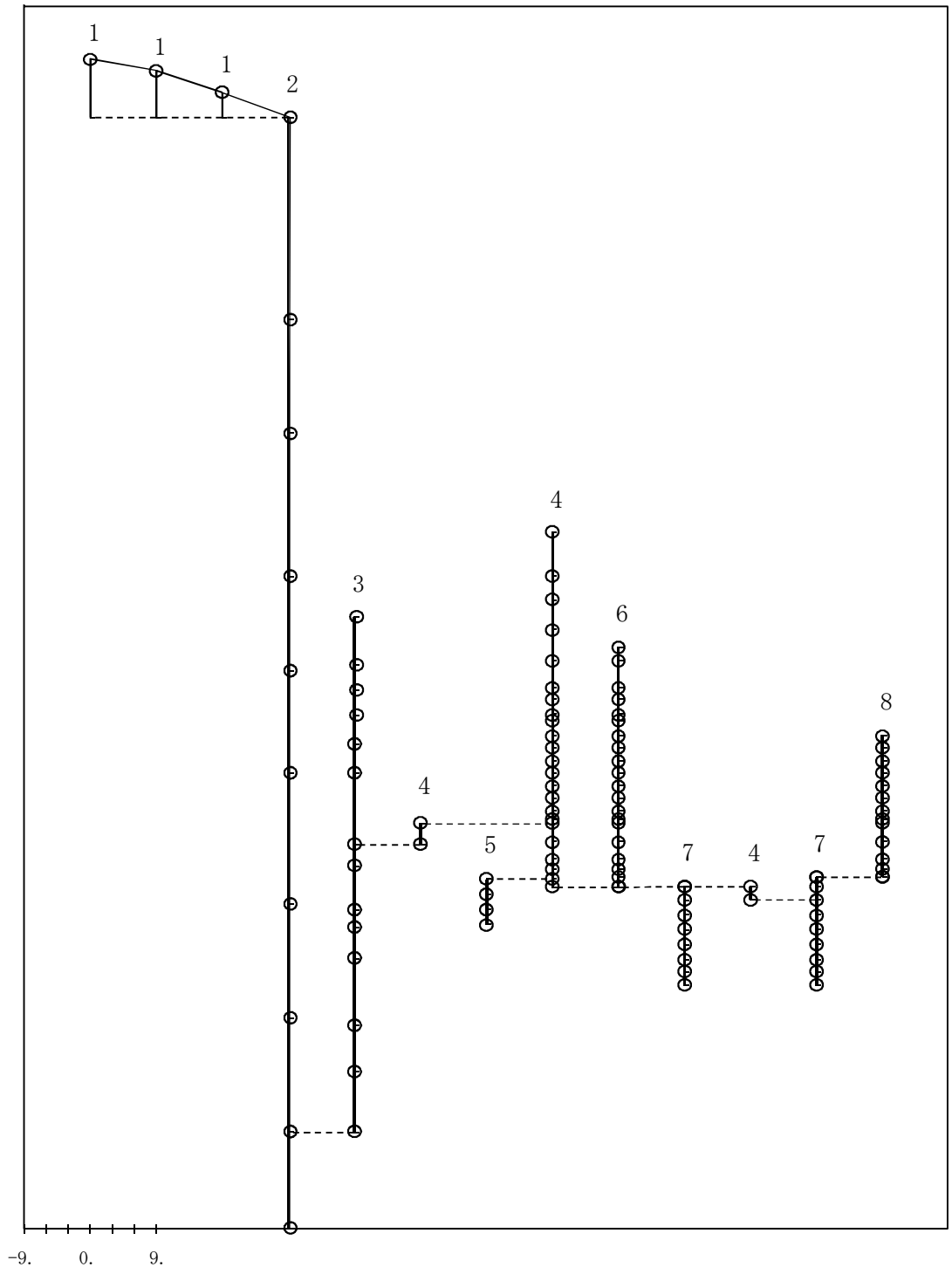


図4－556　第1次刺激関数モード（鉛直方向, Ss-8）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 屋根トラス
2 原子炉建屋
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体及び制御棒案内管

固有周期(s)　；0.256　　刺激係数　　；-7.895

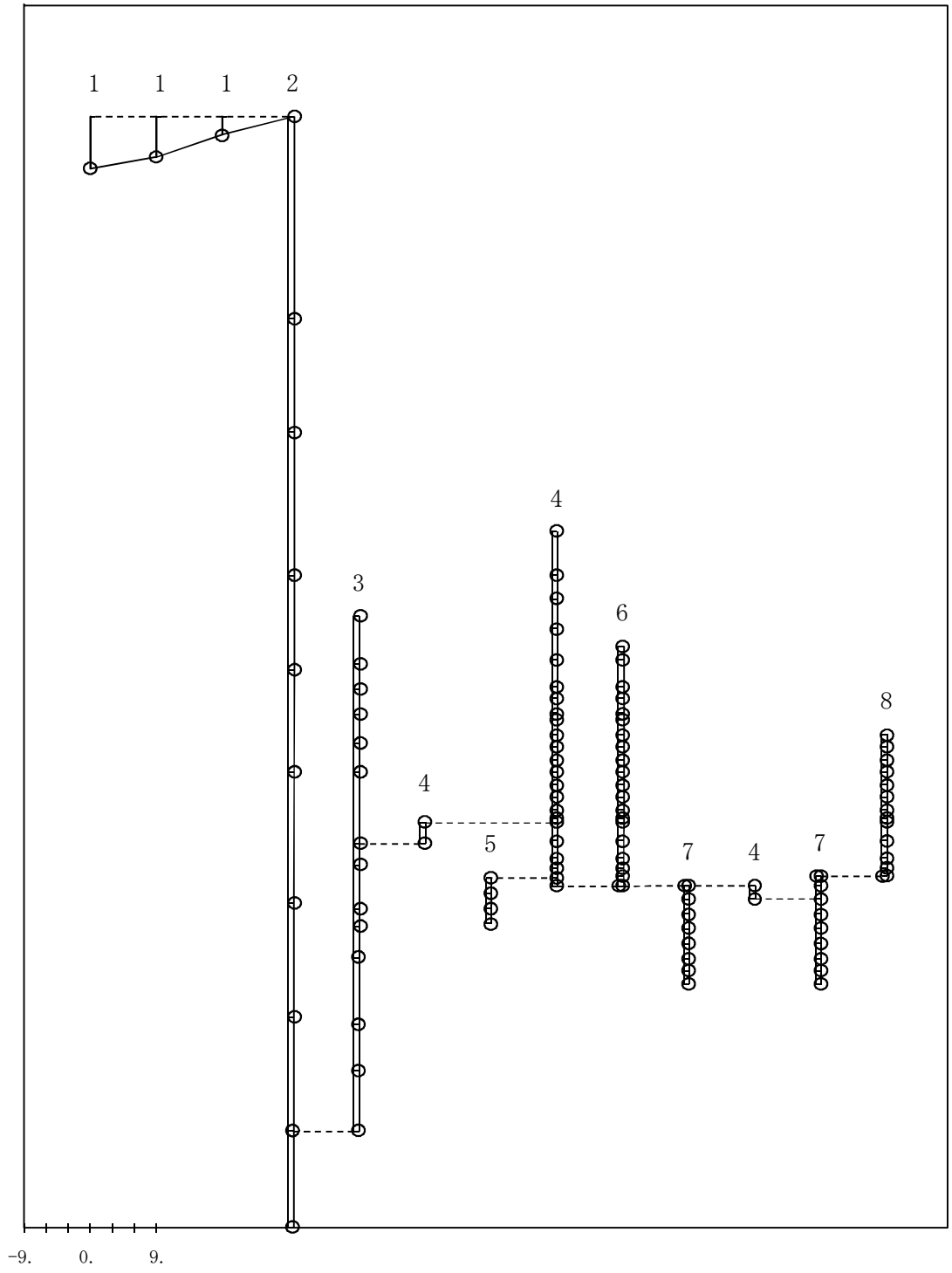


図4－557　第2次刺激関数モード（鉛直方向,Ss-8）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 屋根トラス
2 原子炉建屋
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体及び制御棒案内管

固有周期(s)　；0.077　　刺激係数　　；0.094

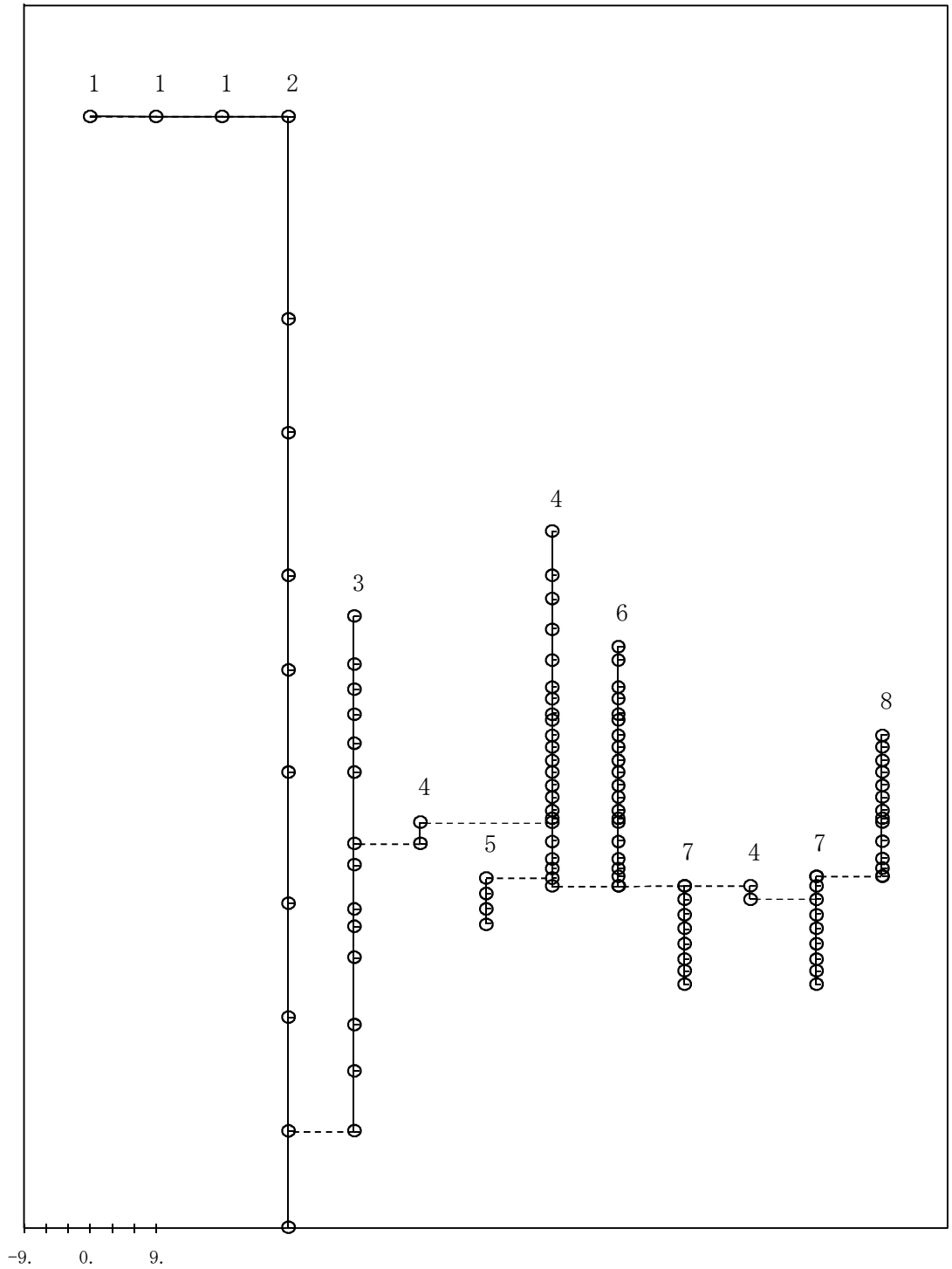


図4－558　第3次刺激関数モード（鉛直方向, Ss-8）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 屋根トラス
2 原子炉建屋
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体及び制御棒案内管

固有周期(s)　；0.052　　刺激係数　　；-0.220

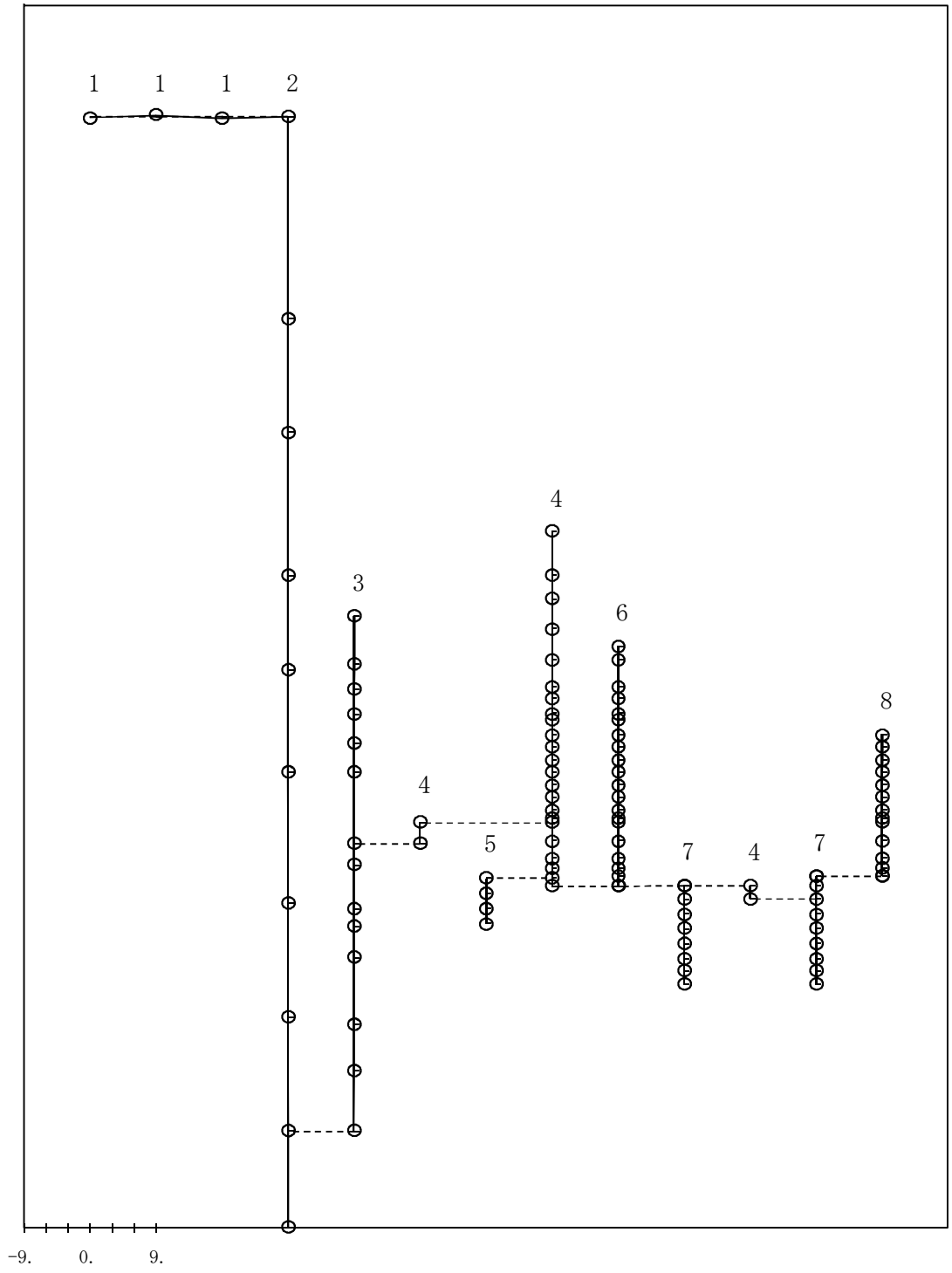


図4－559　第4次刺激関数モード（鉛直方向, Ss-8）

プラント名：柏崎刈羽原子力発電所第７号機

1 屋根トラス
2 原子炉建屋
3 原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎
4 原子炉圧力容器
5 原子炉冷却材再循環ポンプ
6 炉心シュラウド
7 制御棒駆動機構ハウジング
8 燃料集合体及び制御棒案内管

固有周期(s)　；0.051　　刺激係数　　；0.188

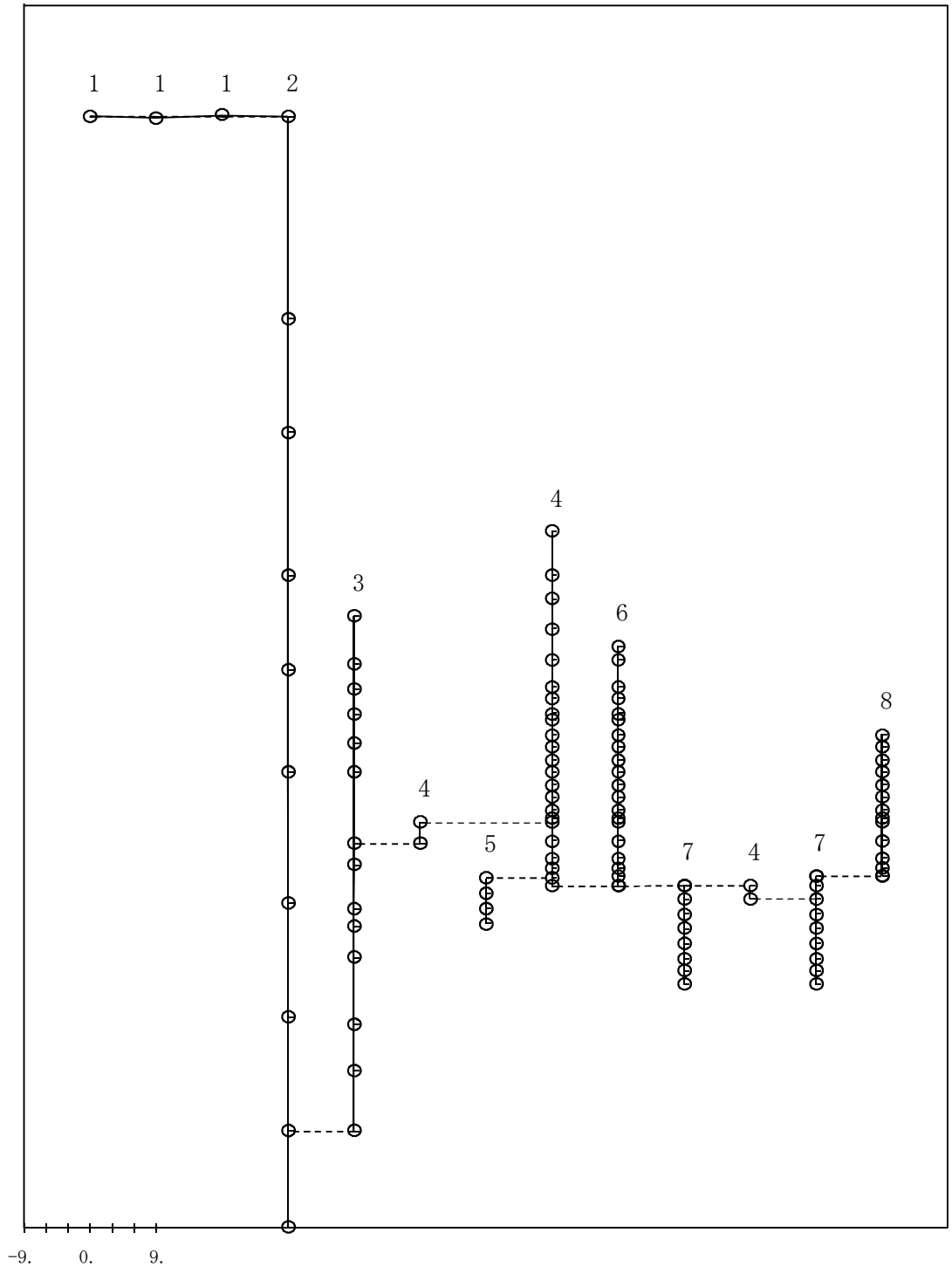
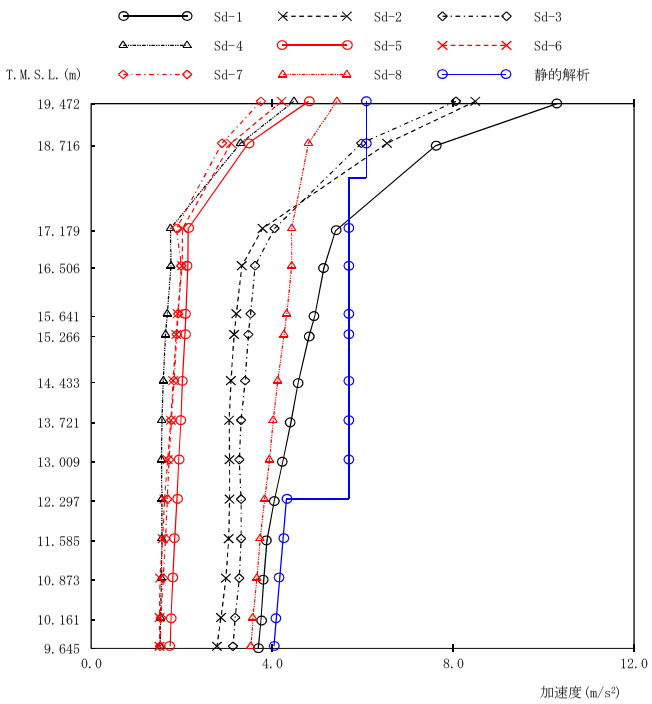


図4－560　第5次刺激関数モード（鉛直方向, Ss-8）

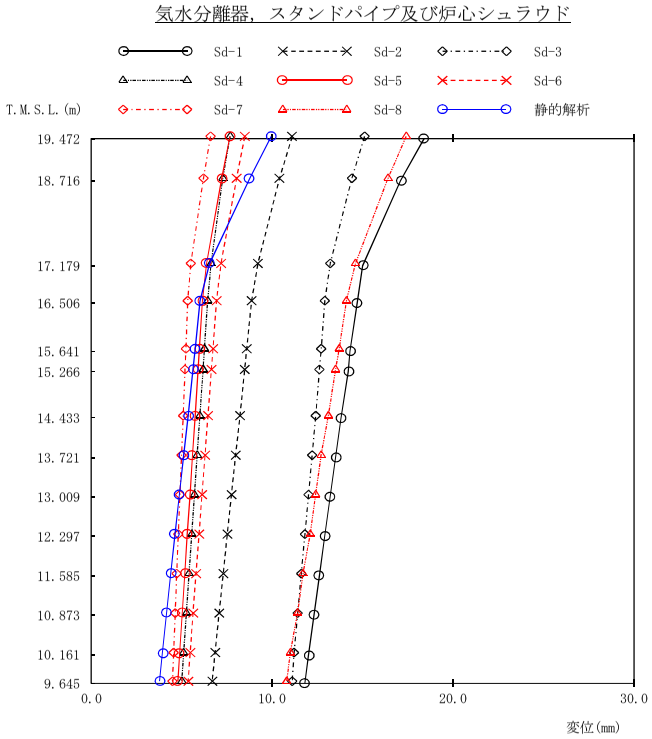
気水分離器，スタンドパイプ及び炉心シュラウド



(単位：m/s²)

Sd-1	Sd-2	Sd-3	Sd-4	Sd-5	Sd-6	Sd-7	Sd-8	静的解析	備　考
10.3	8.49	8.06	4.48	4.80	4.21	3.75	5.43	6.08	気水分離器頂部
7.62	6.54	5.97	3.30	3.47	3.09	2.89	4.80	6.08	
5.40	3.79	4.05	1.75	2.14	2.02	1.88	4.43	5.69	
5.14	3.33	3.62	1.76	2.13	2.01	1.99	4.43	5.69	シュラウドヘッド 鏡板頂部
4.94	3.21	3.52	1.68	2.09	1.91	1.92	4.32	5.69	
4.81	3.16	3.47	1.64	2.07	1.88	1.89	4.26	5.69	
4.57	3.09	3.40	1.59	2.01	1.81	1.83	4.12	5.69	上部格子板
4.41	3.05	3.31	1.56	1.98	1.76	1.77	4.02	5.69	
4.23	3.06	3.27	1.55	1.93	1.69	1.72	3.94	5.69	
4.04	3.06	3.31	1.56	1.89	1.62	1.68	3.83	4.31	
3.88	3.04	3.31	1.56	1.84	1.58	1.64	3.73	4.24	
3.81	2.98	3.27	1.55	1.80	1.52	1.59	3.66	4.17	
3.75	2.87	3.18	1.53	1.76	1.51	1.54	3.57	4.09	
3.69	2.78	3.13	1.52	1.74	1.51	1.52	3.53	4.04	炉心シュラウド 上部胴下端

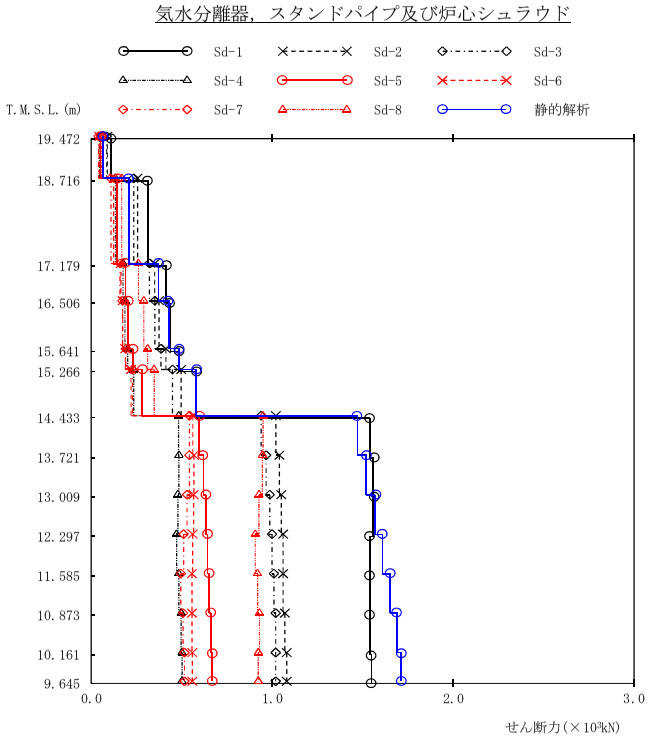
図4－561　最大応答加速度　弾性設計用地震動Ｓｄ及び静的解析（NS方向　気水分離器，スタンドパイプ及び炉心シュラウド）



（単位：mm）

Sd-1	Sd-2	Sd-3	Sd-4	Sd-5	Sd-6	Sd-7	Sd-8	静的解析	備　　考
18.4	11.1	15.1	7.67	7.67	8.48	6.59	17.4	9.94	気水分離器頂部
17.1	10.4	14.4	7.27	7.21	8.03	6.20	16.4	8.75	
15.0	9.21	13.2	6.62	6.37	7.17	5.50	14.6	6.54	
14.7	8.86	12.9	6.43	6.14	6.92	5.33	14.1	6.01	シュラウドヘッド 鏡板頂部
14.3	8.59	12.7	6.25	5.97	6.73	5.23	13.7	5.74	
14.2	8.48	12.6	6.18	5.90	6.64	5.18	13.5	5.62	
13.8	8.22	12.4	6.00	5.74	6.45	5.08	13.1	5.36	上部格子板
13.5	7.98	12.2	5.85	5.59	6.29	4.99	12.7	5.11	
13.2	7.75	12.0	5.70	5.45	6.12	4.90	12.4	4.87	
12.9	7.52	11.8	5.55	5.30	5.96	4.81	12.1	4.63	
12.6	7.30	11.6	5.40	5.16	5.79	4.72	11.7	4.39	
12.3	7.07	11.4	5.25	5.02	5.63	4.64	11.4	4.16	
12.0	6.85	11.2	5.10	4.88	5.47	4.55	11.0	3.93	
11.8	6.69	11.1	5.00	4.78	5.36	4.49	10.8	3.77	炉心シュラウド 上部胴下端

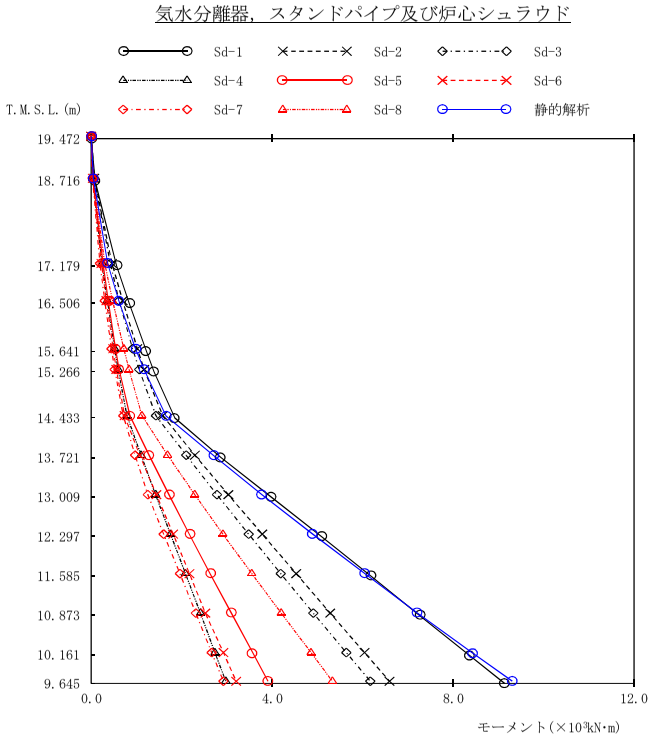
図4－562　最大応答変位　弾性設計用地震動Ｓｄ及び静的解析（NS方向　気水分離器，スタンドパイプ及び炉心シュラウド）



(単位：kN)

Sd-1	Sd-2	Sd-3	Sd-4	Sd-5	Sd-6	Sd-7	Sd-8	静的解析	備　　考
110	89.3	84.7	47.3	51.6	44.4	38.9	57.0	63.8	気水分離器頂部
312	256	234	133	143	124	108	168	206	
413	351	321	175	188	164	158	260	369	
435	375	351	186	205	174	172	290	428	シュラウドヘッド 鏡板頂部
482	413	385	201	230	188	190	311	485	
581	497	449	234	283	220	227	347	579	
1540	1020	939	482	598	561	543	948	1470	上部格子板
1560	1040	967	484	620	567	542	945	1520	
1560	1050	987	478	635	565	529	926	1570	
1540	1060	1000	471	645	560	510	905	1610	
1540	1060	1010	483	653	556	495	918	1650	
1540	1070	1020	496	663	556	507	928	1690	
1550	1080	1020	501	671	558	515	922	1710	炉心シュラウド 上部胴下端

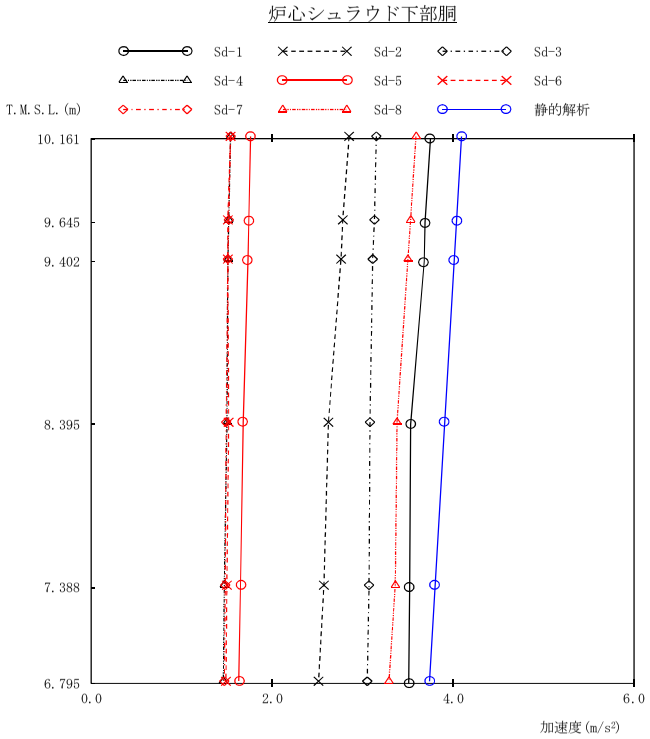
図4－563　最大応答せん断力　弾性設計用地震動Ｓｄ及び静的解析（NS方向　気水分離器，スタンドパイプ及び炉心シュラウド）



(単位：kN·m)

Sd-1	Sd-2	Sd-3	Sd-4	Sd-5	Sd-6	Sd-7	Sd-8	静的解析	備　　考
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	気水分離器頂部
83.1	67.5	64.0	35.8	39.0	33.6	29.4	43.0	47.9	
561	459	423	240	259	224	193	299	365	
839	695	615	358	379	335	299	473	613	シュラウドヘッド 鏡板頂部
1220	1020	915	518	539	485	448	721	981	
1390	1170	1060	594	620	555	519	837	1170	
1850	1580	1430	788	855	736	708	1120	1650	上部格子板
2870	2290	2100	1100	1280	1070	969	1690	2700	
3980	3030	2780	1420	1720	1440	1250	2290	3780	
5090	3780	3480	1750	2170	1810	1600	2910	4900	
6180	4530	4190	2080	2630	2170	1960	3550	6050	
7260	5280	4910	2410	3100	2520	2310	4200	7220	
8350	6040	5640	2730	3570	2920	2660	4860	8420	
9140	6590	6170	2970	3910	3200	2920	5330	9310	炉心シュラウド 上部胴下端

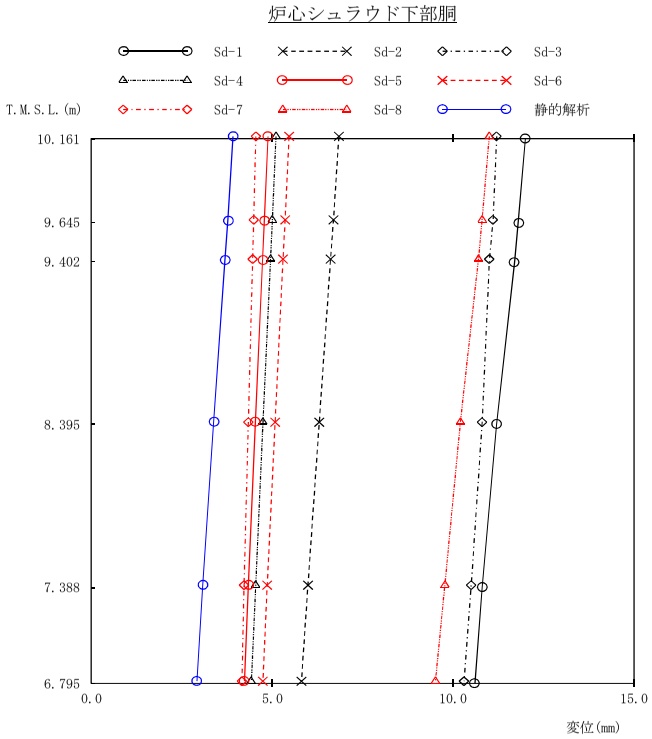
図4－564　最大応答モーメント　弾性設計用地震動Ｓｄ及び静的解析（NS方向　気水分離器，スタンドパイプ及び炉心シュラウド）



(単位：m/s²)

Sd-1	Sd-2	Sd-3	Sd-4	Sd-5	Sd-6	Sd-7	Sd-8	静的解析	備　考
3.75	2.85	3.15	1.54	1.76	1.54	1.54	3.59	4.09	炉心支持板
3.69	2.78	3.13	1.52	1.74	1.51	1.52	3.53	4.04	
3.68	2.76	3.11	1.51	1.73	1.51	1.51	3.50	4.01	
3.53	2.62	3.08	1.50	1.68	1.52	1.49	3.38	3.91	
3.52	2.57	3.07	1.47	1.65	1.50	1.48	3.36	3.80	
3.51	2.51	3.05	1.46	1.63	1.49	1.47	3.29	3.74	シュラウドサポートプレート

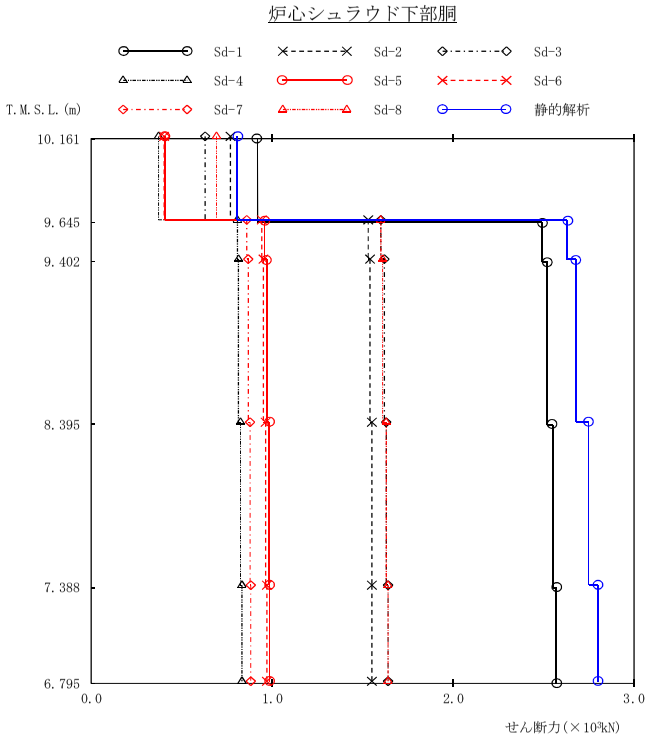
図4－565　最大応答加速度　弾性設計用地震動Ｓｄ及び静的解析（NS方向　炉心シュラウド下部胴）



（単位：mm）

Sd-1	Sd-2	Sd-3	Sd-4	Sd-5	Sd-6	Sd-7	Sd-8	静的解析	備　考
12.0	6.84	11.2	5.10	4.88	5.47	4.55	11.0	3.91	炉心支持板
11.8	6.69	11.1	5.00	4.78	5.36	4.49	10.8	3.77	
11.7	6.61	11.0	4.95	4.73	5.30	4.46	10.7	3.69	
11.2	6.30	10.8	4.74	4.53	5.08	4.34	10.2	3.38	
10.8	5.99	10.5	4.54	4.34	4.86	4.22	9.77	3.08	
10.6	5.81	10.3	4.42	4.23	4.74	4.16	9.51	2.92	シュラウドサポートプレート

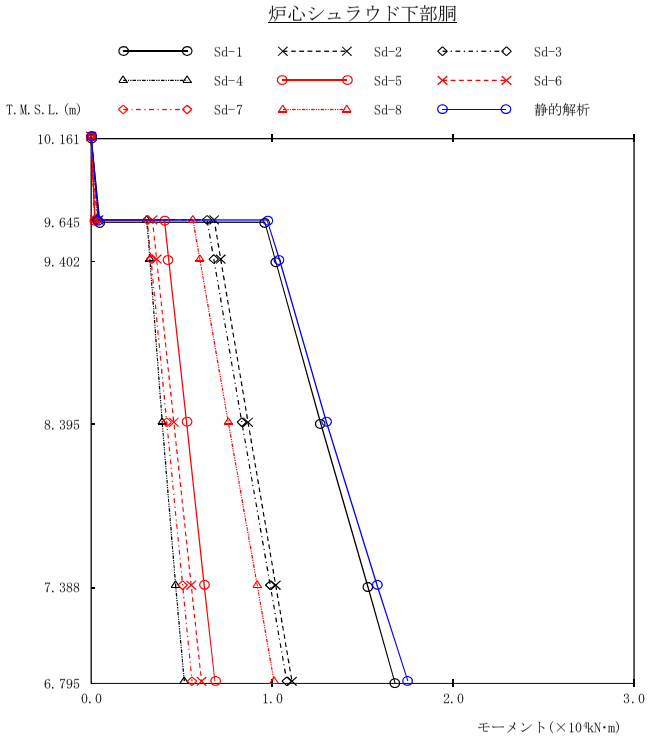
図4－566　最大応答変位　弾性設計用地震動Ｓｄ及び静的解析（NS方向　炉心シュラウド下部胴）



(単位：kN)

Sd-1	Sd-2	Sd-3	Sd-4	Sd-5	Sd-6	Sd-7	Sd-8	静的解析	備　考
									炉心支持板
919	770	630	372	410	403	406	693	807	
2490	1530	1600	807	957	943	860	1600	2630	
2520	1540	1620	813	968	952	868	1610	2680	
2550	1550	1630	824	981	964	878	1630	2750	
2570	1550	1640	832	987	971	882	1640	2800	
									シュラウドサポート プレート

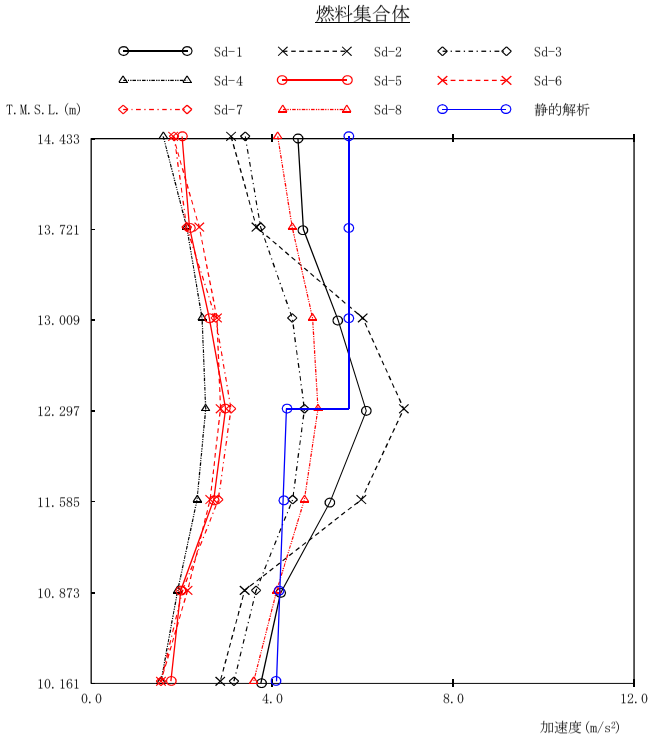
図4－567　最大応答せん断力　弾性設計用地震動Ｓｄ及び静的解析（NS方向　炉心シュラウド下部胴）



(単位：kN·m)

Sd-1	Sd-2	Sd-3	Sd-4	Sd-5	Sd-6	Sd-7	Sd-8	静的解析	備　　考
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	炉心支持板
474 9600	397 6800	325 6400	192 3070	212 4050	208 3380	209 3090	358 5620	418 9720	
10200	7160	6770	3240	4280	3610	3300	6000	10400	
12700	8670	8320	3920	5260	4560	4170	7570	13000	
15300	10200	9890	4660	6240	5520	5050	9170	15800	
16800	11100	10800	5140	6830	6090	5570	10100	17500	シュラウドサポート プレート

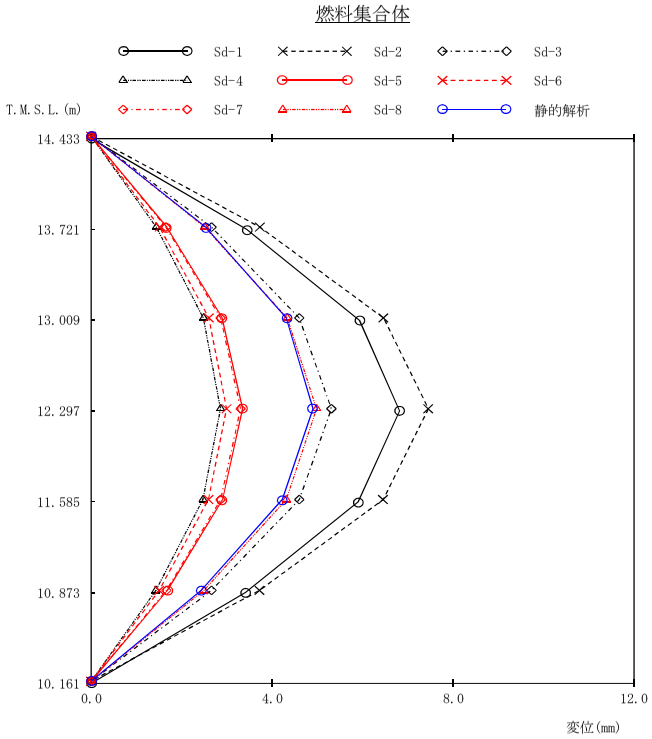
図4－568　最大応答モーメント　弾性設計用地震動Ｓｄ及び静的解析（NS方向　炉心シュラウド下部胴）



(単位：m/s²)

Sd-1	Sd-2	Sd-3	Sd-4	Sd-5	Sd-6	Sd-7	Sd-8	静的解析	備　考
4.57	3.09	3.40	1.59	2.01	1.81	1.83	4.12	5.69	上部格子板
4.69	3.65	3.74	2.11	2.17	2.39	2.11	4.44	5.69	
5.46	6.00	4.44	2.45	2.61	2.78	2.75	4.89	5.69	
6.08	6.91	4.71	2.53	2.97	2.86	3.09	5.01	4.31	燃料集合体中央
5.28	5.97	4.45	2.34	2.71	2.63	2.81	4.71	4.24	
4.19	3.39	3.64	1.91	1.98	2.13	2.02	4.10	4.17	
3.75	2.85	3.15	1.54	1.76	1.54	1.54	3.59	4.09	炉心支持板

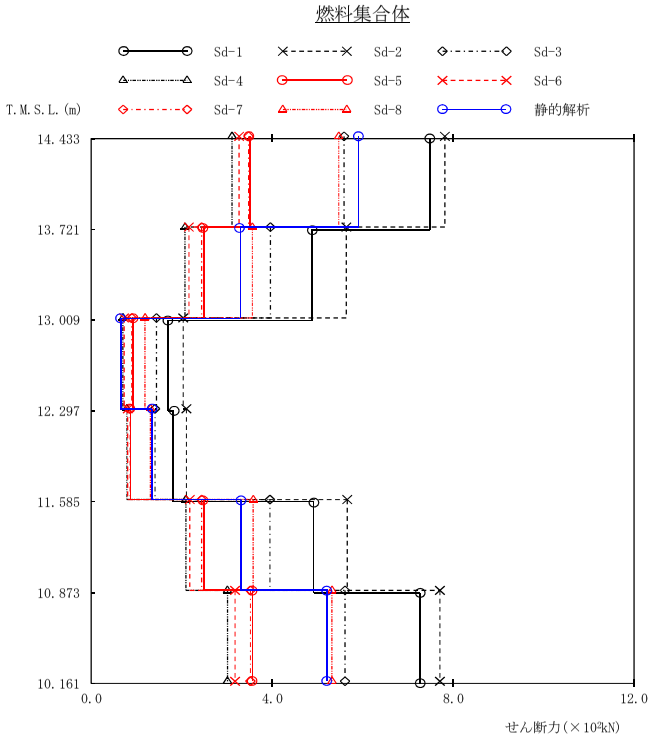
図4－569　最大応答加速度　弾性設計用地震動Ｓｄ及び静的解析（NS方向　燃料集合体）



(単位：mm)

Sd-1	Sd-2	Sd-3	Sd-4	Sd-5	Sd-6	Sd-7	Sd-8	静的解析	備　考
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	上部格子板
3.44	3.73	2.66	1.44	1.67	1.51	1.65	2.51	2.53	
5.93	6.46	4.60	2.48	2.89	2.60	2.86	4.33	4.31	
6.82	7.45	5.31	2.86	3.34	2.99	3.30	4.98	4.90	燃料集合体中央
5.90	6.45	4.60	2.47	2.90	2.59	2.86	4.31	4.22	
3.41	3.72	2.66	1.43	1.68	1.50	1.66	2.49	2.43	
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	炉心支持板

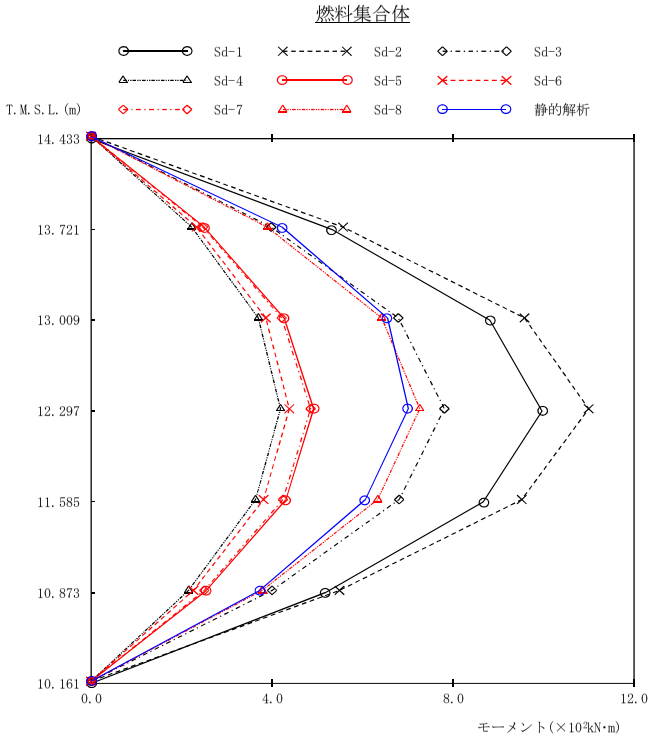
図4－570　最大応答相対変位　弾性設計用地震動Ｓｄ及び静的解析（NS方向　燃料集合体）



(単位：kN)

Sd-1	Sd-2	Sd-3	Sd-4	Sd-5	Sd-6	Sd-7	Sd-8	静的解析	備　考
									上部格子板
748	782	559	311	350	327	348	547	591	
489	564	396	207	248	216	244	356	329	
169	203	144	69.8	92.1	72.7	89.8	119	64.4	
									燃料集合体中央
182	210	141	78.4	86.7	80.8	86.0	131	133	
492	566	395	209	248	218	244	358	330	
726	771	561	301	356	318	352	532	522	
									炉心支持板

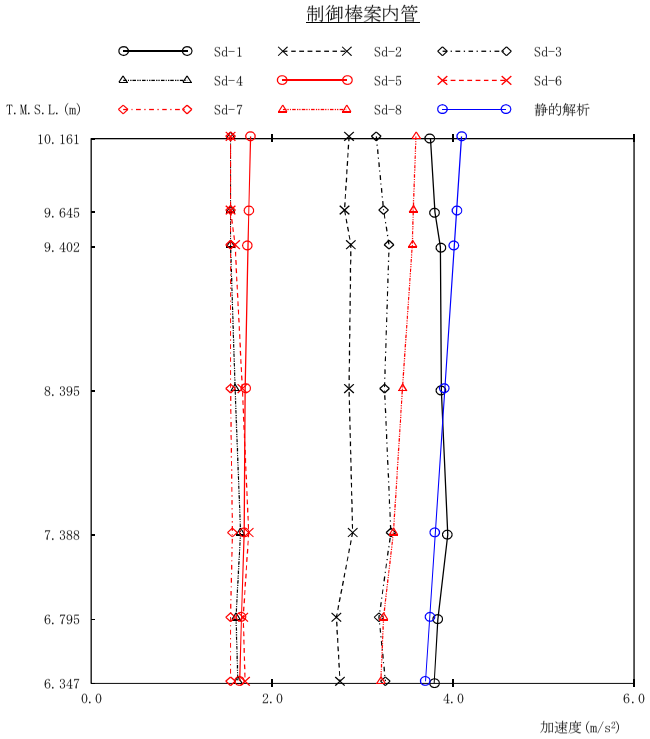
図4－571　最大応答せん断力　弾性設計用地震動Ｓｄ及び静的解析（NS方向　燃料集合体）



(単位：kN·m)

Sd-1	Sd-2	Sd-3	Sd-4	Sd-5	Sd-6	Sd-7	Sd-8	静的解析	備　考
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	上部格子板
532	557	398	222	250	233	247	389	422	
881	958	679	369	426	386	421	642	655	
996	1100	781	418	491	438	485	726	701	燃料集合体中央
866	952	681	363	430	381	424	633	606	
517	549	400	215	254	226	250	378	372	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	炉心支持板

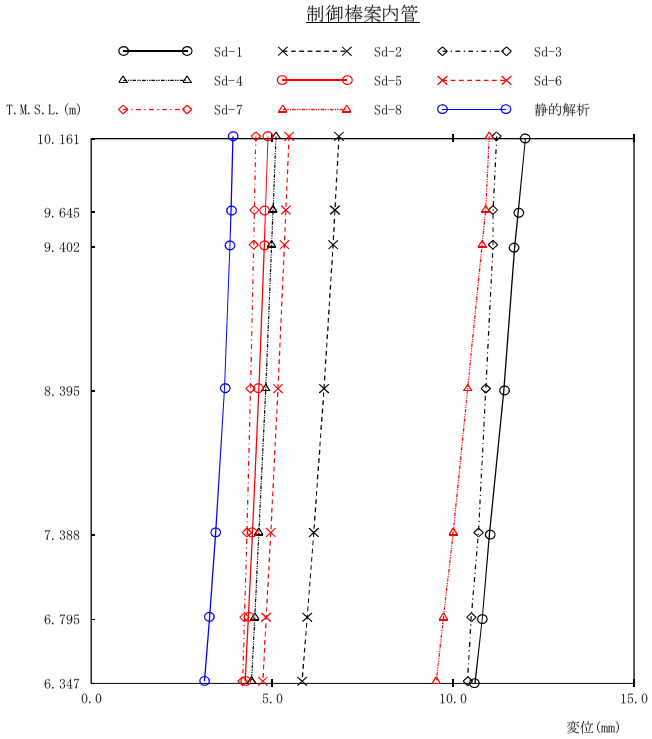
図4－572　最大応答モーメント　弾性設計用地震動Ｓｄ及び静的解析（NS方向　燃料集合体）



(単位：m/s²)

Sd-1	Sd-2	Sd-3	Sd-4	Sd-5	Sd-6	Sd-7	Sd-8	静的解析	備　考
3.75	2.85	3.15	1.54	1.76	1.54	1.54	3.59	4.09	炉心支持板
3.80	2.80	3.23	1.54	1.74	1.54	1.54	3.56	4.04	
3.86	2.87	3.29	1.54	1.73	1.59	1.54	3.55	4.01	
3.87	2.85	3.24	1.59	1.70	1.67	1.54	3.44	3.91	制御棒案内管中央
3.94	2.89	3.31	1.65	1.69	1.74	1.56	3.34	3.80	
3.83	2.71	3.18	1.60	1.66	1.68	1.54	3.23	3.74	
3.79	2.75	3.25	1.62	1.64	1.70	1.54	3.20	3.69	制御棒案内管下端

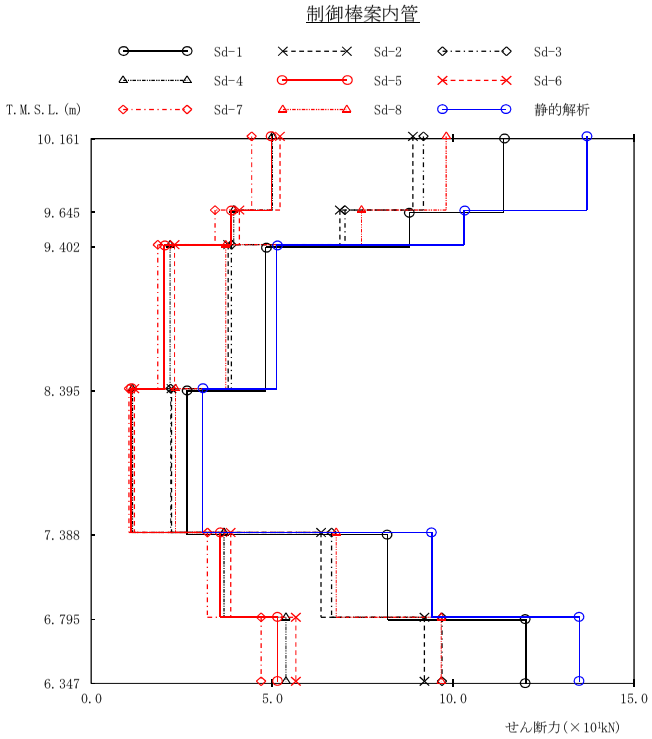
図4－573　最大応答加速度　弾性設計用地震動Ｓｄ及び静的解析（NS方向　制御棒案内管）



(単位：mm)

Sd-1	Sd-2	Sd-3	Sd-4	Sd-5	Sd-6	Sd-7	Sd-8	静的解析	備　考
12.0	6.84	11.2	5.10	4.88	5.47	4.55	11.0	3.91	炉心支持板
11.8	6.73	11.1	5.02	4.81	5.38	4.51	10.9	3.86	
11.7	6.68	11.1	4.98	4.78	5.34	4.49	10.8	3.83	
11.4	6.43	10.9	4.82	4.63	5.16	4.40	10.4	3.68	制御棒案内管中央
11.0	6.15	10.7	4.63	4.45	4.96	4.30	10.0	3.44	
10.8	5.97	10.5	4.52	4.34	4.83	4.23	9.73	3.27	
10.6	5.83	10.4	4.43	4.25	4.74	4.18	9.53	3.13	制御棒案内管下端

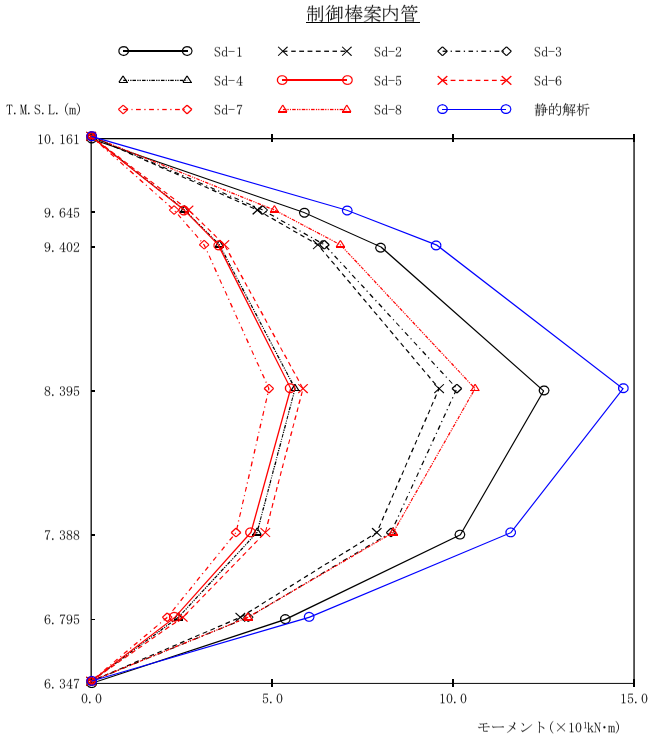
図4－574　最大応答変位　弾性設計用地震動Ｓｄ及び静的解析（NS方向　制御棒案内管）



(単位：kN)

Sd-1	Sd-2	Sd-3	Sd-4	Sd-5	Sd-6	Sd-7	Sd-8	静的解析	備　考
									炉心支持板
114	88.9	91.8	50.1	49.9	52.1	44.3	98.1	137	
87.9	68.7	70.1	39.4	38.6	40.9	34.2	74.7	103	
48.2	37.8	38.7	21.8	20.2	23.0	18.4	37.2	51.3	
									制御棒案内管中央
26.3	22.1	21.9	11.4	11.0	11.9	10.4	23.3	30.7	
81.9	63.5	66.4	36.7	35.6	38.5	32.1	67.7	94.1	
120	92.1	96.9	53.8	51.5	56.5	46.9	96.7	135	
									制御棒案内管下端

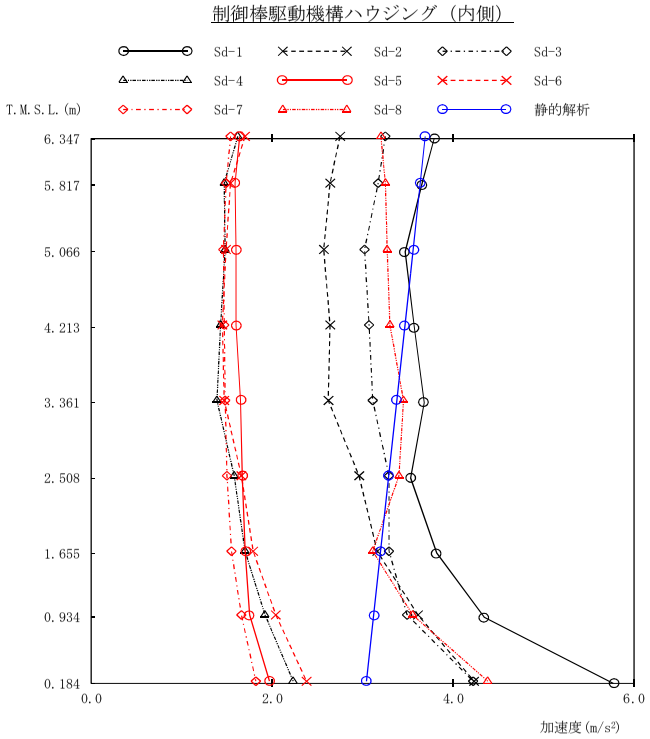
図4－575　最大応答せん断力　弾性設計用地震動Ｓｄ及び静的解析（NS方向　制御棒案内管）



(単位：kN・m)

Sd-1	Sd-2	Sd-3	Sd-4	Sd-5	Sd-6	Sd-7	Sd-8	静的解析	備　　考
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	炉心支持板
58.8	45.9	47.4	25.8	25.7	26.9	22.9	50.6	70.6	
80.1	62.6	64.4	35.4	35.1	36.8	31.2	68.8	95.4	
125	96.1	101	56.3	55.1	58.5	49.1	106	147	制御棒案内管中央
102	78.9	82.8	45.8	44.1	48.1	40.0	83.4	116	
53.6	41.2	43.4	24.1	23.1	25.3	21.0	43.3	60.3	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	制御棒案内管下端

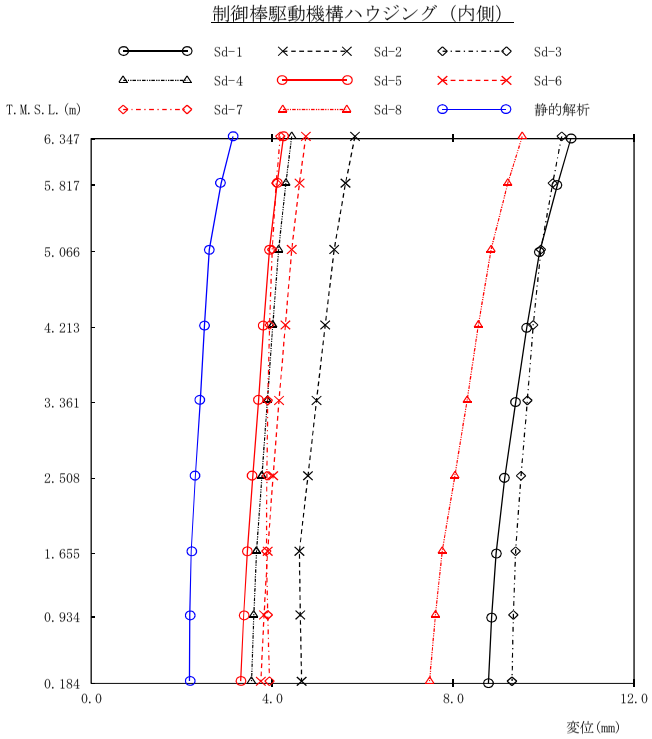
図4－576　最大応答モーメント　弾性設計用地震動Ｓｄ及び静的解析（NS方向　制御棒案内管）



（単位：m/s²）

Sd-1	Sd-2	Sd-3	Sd-4	Sd-5	Sd-6	Sd-7	Sd-8	静的解析	備　考
3.79	2.75	3.25	1.62	1.64	1.70	1.54	3.20	3.69	制御棒駆動機構 ハウジング上端
3.65	2.64	3.17	1.47	1.59	1.54	1.49	3.25	3.64	
3.47	2.57	3.02	1.48	1.60	1.49	1.46	3.27	3.56	原子炉圧力容器 底部位置
3.57	2.64	3.07	1.43	1.60	1.45	1.47	3.30	3.47	
3.68	2.62	3.11	1.39	1.65	1.47	1.48	3.45	3.38	
3.53	2.96	3.29	1.58	1.67	1.66	1.50	3.40	3.29	
3.82	3.16	3.29	1.70	1.70	1.79	1.55	3.11	3.20	制御棒駆動機構 ハウジング下端
4.34	3.61	3.49	1.92	1.75	2.04	1.66	3.55	3.12	
5.77	4.23	4.22	2.23	1.97	2.38	1.82	4.38	3.04	制御棒駆動機構 原動機下端

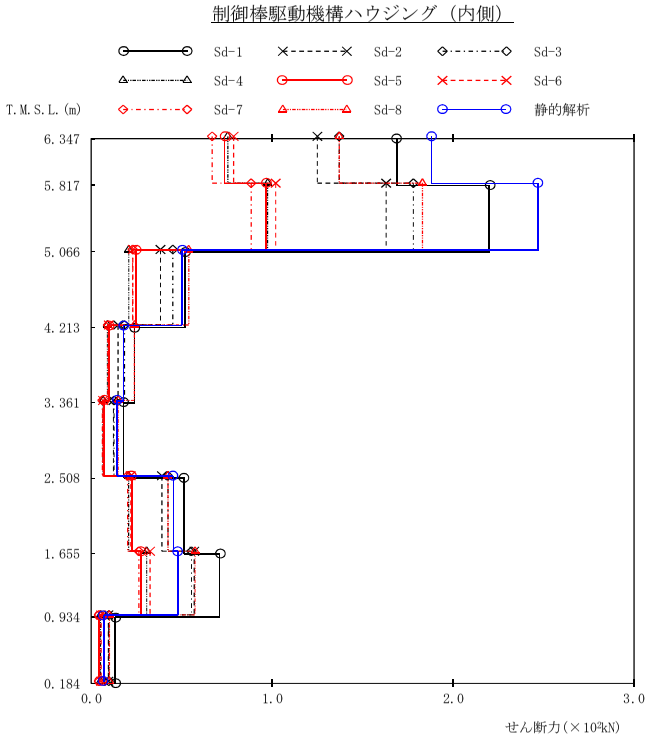
図4－577　最大応答加速度　弾性設計用地震動Ｓｄ及び静的解析（NS方向　制御棒駆動機構ハウジング（内側））



（単位：mm）

Sd-1	Sd-2	Sd-3	Sd-4	Sd-5	Sd-6	Sd-7	Sd-8	静的解析	備　考
10.6	5.83	10.4	4.43	4.25	4.74	4.18	9.53	3.13	制御棒駆動機構 ハウジング上端
10.3	5.62	10.2	4.30	4.11	4.60	4.09	9.21	2.87	
9.91	5.37	9.94	4.14	3.94	4.43	4.00	8.84	2.61	原子炉圧力容器 底部位置
9.63	5.17	9.77	4.01	3.81	4.29	3.94	8.56	2.50	
9.38	4.98	9.64	3.89	3.70	4.15	3.90	8.31	2.41	
9.14	4.79	9.50	3.77	3.57	4.02	3.88	8.04	2.30	
8.95	4.60	9.38	3.65	3.45	3.90	3.87	7.76	2.21	制御棒駆動機構 ハウジング下端
8.85	4.62	9.33	3.59	3.37	3.82	3.90	7.61	2.18	
8.78	4.65	9.30	3.54	3.30	3.75	3.94	7.48	2.17	制御棒駆動機構 原動機下端

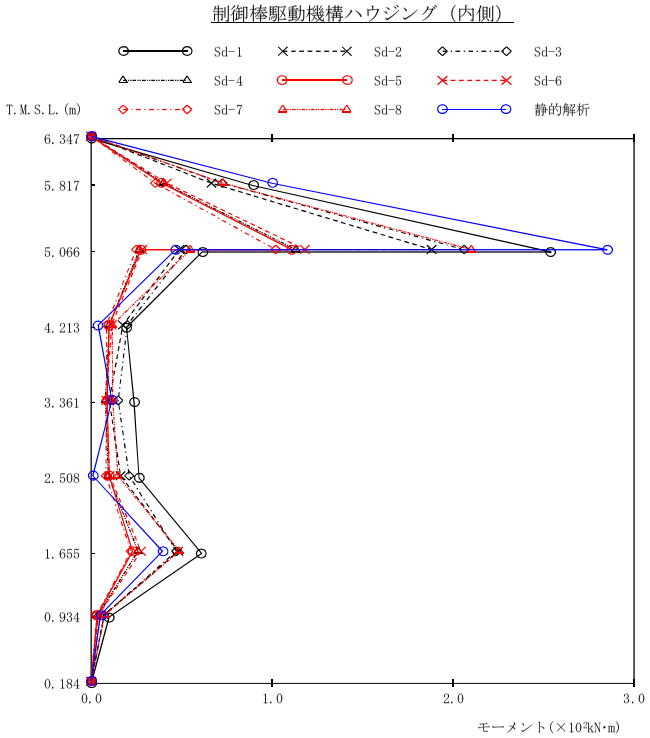
図4－578　最大応答変位　弾性設計用地震動Ｓｄ及び静的解析（NS方向　制御棒駆動機構ハウジング（内側））



(単位：kN)

Sd-1	Sd-2	Sd-3	Sd-4	Sd-5	Sd-6	Sd-7	Sd-8	静的解析	備　考
169	125	137	75.4	73.6	78.7	66.8	137	188	制御棒駆動機構 ハウジング上端
220	163	178	97.4	96.5	102	88.4	183	247	
51.9	38.3	45.1	20.7	24.7	23.0	22.8	53.8	50.1	原子炉圧力容器 底部位置
24.0	14.9	18.3	8.86	9.72	9.65	9.10	23.8	17.8	
18.0	12.3	12.6	6.49	7.11	6.47	6.10	14.8	14.4	
51.4	39.1	42.4	20.6	22.4	21.8	20.0	42.3	45.2	
70.9	57.0	55.4	30.6	27.4	32.5	26.2	57.3	47.6	制御棒駆動機構 ハウジング下端
13.2	9.51	9.64	5.08	4.45	5.42	4.12	9.96	6.74	
									制御棒駆動機構 原動機下端

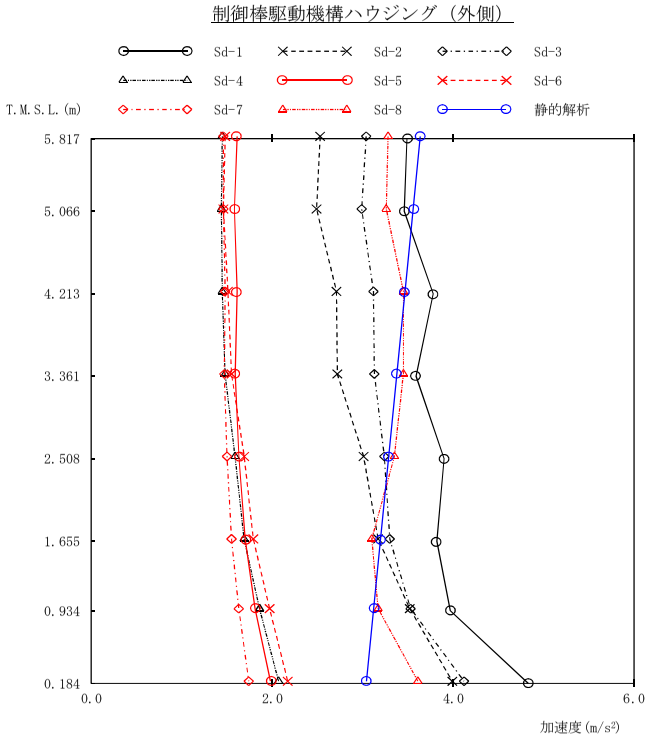
図4－579　最大応答せん断力　弾性設計用地震動Ｓｄ及び静的解析（NS方向　制御棒駆動機構ハウジング（内側））



（単位：kN･m）

Sd-1	Sd-2	Sd-3	Sd-4	Sd-5	Sd-6	Sd-7	Sd-8	静的解析	備　考
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	制御棒駆動機構 ハウジング上端
89.4	66.4	72.5	39.9	39.0	41.7	35.4	72.8	100	
254 61.3	188 48.7	206 52.4	113 26.6	111 27.4	118 28.2	102 24.9	210 54.8	285 46.6	原子炉圧力容器 底部位置
19.5	17.5	20.0	10.0	9.90	11.3	8.45	11.6	3.86	
23.7	9.94	14.9	7.84	8.82	8.36	8.44	11.9	11.4	
26.4	16.2	21.0	9.46	9.96	10.2	8.15	14.7	0.87	
61.0	48.1	47.1	25.9	22.8	27.5	22.0	48.8	39.4	制御棒駆動機構 ハウジング下端
9.88	7.13	7.23	3.81	3.33	4.07	3.09	7.47	5.10	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	制御棒駆動機構 原動機下端

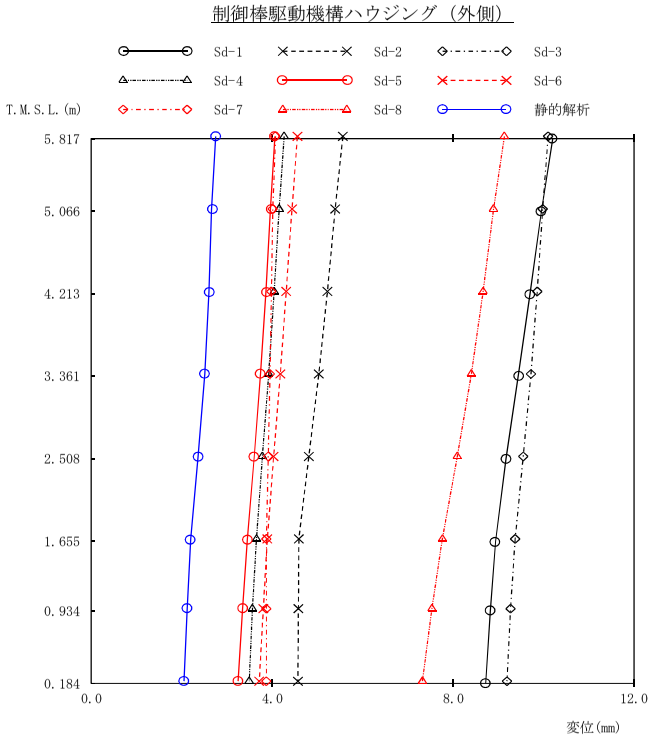
図4－580　最大応答モーメント　弾性設計用地震動Ｓｄ及び静的解析（NS方向　制御棒駆動機構ハウジング（内側））



（単位：m/s²）

Sd-1	Sd-2	Sd-3	Sd-4	Sd-5	Sd-6	Sd-7	Sd-8	静的解析	備　考
3.49	2.53	3.04	1.45	1.61	1.48	1.46	3.28	3.64	原子炉圧力容器 底部位置
3.46	2.49	2.99	1.44	1.58	1.46	1.46	3.26	3.56	
3.78	2.71	3.12	1.45	1.61	1.51	1.48	3.45	3.47	
3.59	2.72	3.13	1.48	1.59	1.55	1.47	3.45	3.38	
3.90	3.01	3.24	1.59	1.63	1.69	1.50	3.35	3.29	
3.82	3.17	3.30	1.69	1.70	1.79	1.55	3.10	3.20	制御棒駆動機構 ハウジング下端
3.97	3.52	3.53	1.86	1.81	1.97	1.63	3.17	3.12	
4.83	3.99	4.12	2.07	1.98	2.17	1.74	3.61	3.04	制御棒駆動機構 原動機下端

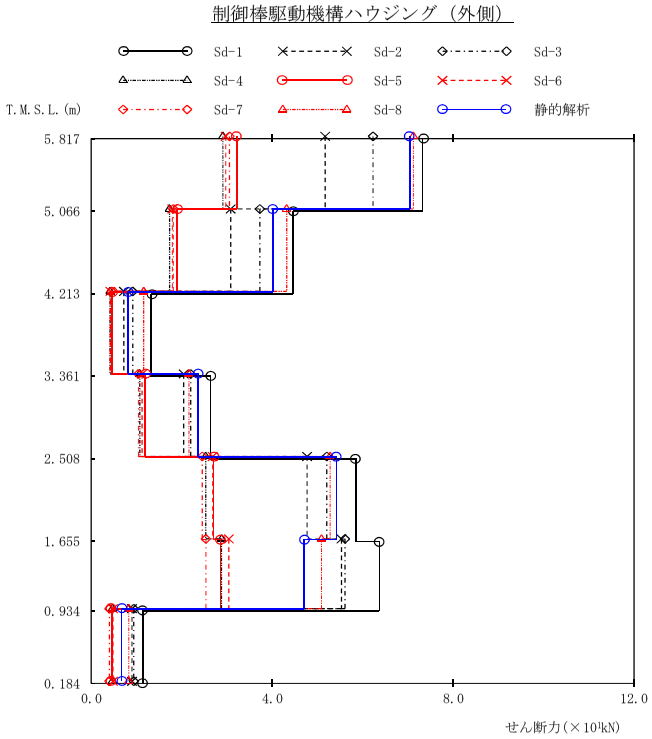
図4－581　最大応答加速度　弾性設計用地震動Ｓｄ及び静的解析（NS方向　制御棒駆動機構ハウジング（外側））



（単位：mm）

Sd-1	Sd-2	Sd-3	Sd-4	Sd-5	Sd-6	Sd-7	Sd-8	静的解析	備　考
10.2	5.56	10.1	4.26	4.06	4.56	4.07	9.13	2.75	原子炉圧力容器 底部位置
9.95	5.39	9.98	4.15	3.96	4.44	4.01	8.89	2.66	
9.70	5.22	9.86	4.04	3.86	4.31	3.98	8.66	2.60	
9.44	5.03	9.72	3.92	3.74	4.18	3.95	8.40	2.51	
9.17	4.81	9.55	3.78	3.60	4.03	3.91	8.09	2.36	
8.94	4.59	9.37	3.65	3.45	3.89	3.87	7.76	2.20	制御棒駆動機構 ハウジング下端
8.82	4.58	9.27	3.56	3.34	3.80	3.87	7.53	2.12	
8.72	4.57	9.19	3.49	3.24	3.71	3.87	7.32	2.05	制御棒駆動機構 原動機下端

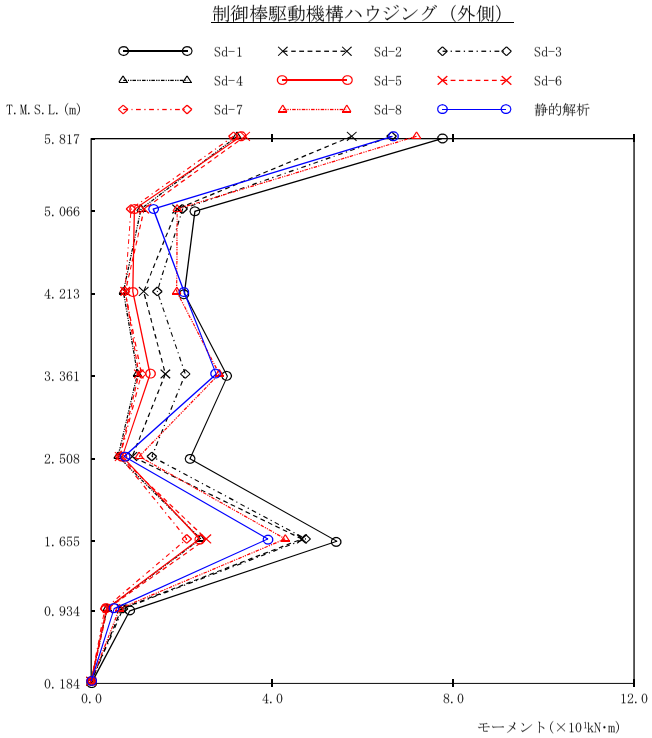
図4－582　最大応答変位　弾性設計用地震動Ｓｄ及び静的解析（NS方向　制御棒駆動機構ハウジング（外側））



（単位：kN）

Sd-1	Sd-2	Sd-3	Sd-4	Sd-5	Sd-6	Sd-7	Sd-8	静的解析	備　考
73.3	51.7	62.3	29.1	32.2	29.7	30.5	71.2	70.4	原子炉圧力容器 底部位置
44.6	30.8	37.3	17.3	19.0	17.9	18.1	43.2	40.1	
13.3	7.19	9.18	4.12	4.54	4.21	4.49	11.6	8.19	
26.4	20.4	22.0	10.7	11.9	11.2	10.4	21.6	23.7	
58.4	47.7	52.1	25.3	27.1	26.8	24.5	52.8	54.2	
63.6	55.3	56.1	28.8	28.5	30.4	25.3	50.9	47.1	制御棒駆動機構 ハウジング下端
11.4	8.98	9.40	4.66	4.48	4.79	4.01	8.31	6.66	
									制御棒駆動機構 原動機下端

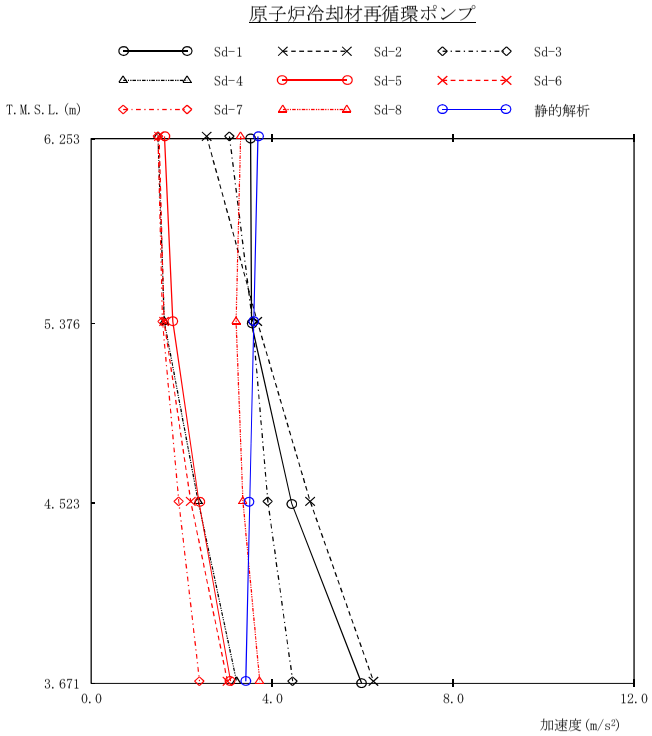
図4－583　最大応答せん断力　弾性設計用地震動Ｓｄ及び静的解析（NS方向　制御棒駆動機構ハウジング（外側））



（単位：kN·m）

Sd-1	Sd-2	Sd-3	Sd-4	Sd-5	Sd-6	Sd-7	Sd-8	静的解析	備　考
77.5	57.6	66.4	32.2	33.0	34.0	31.4	71.9	66.6	原子炉圧力容器 底部位置
22.9	19.0	20.2	11.0	9.54	11.7	8.78	19.0	13.7	
20.6	11.6	14.6	7.11	9.17	7.53	7.45	18.9	20.5	
30.1	16.4	20.8	10.2	13.0	10.5	11.1	28.3	27.6	
21.8	9.08	13.4	5.93	6.87	6.29	6.35	10.6	7.30	
54.3	46.6	47.4	24.2	23.9	25.4	21.1	42.9	39.0	制御棒駆動機構 ハウジング下端
8.53	6.73	7.05	3.49	3.36	3.59	3.01	6.24	5.04	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	制御棒駆動機構 原動機下端

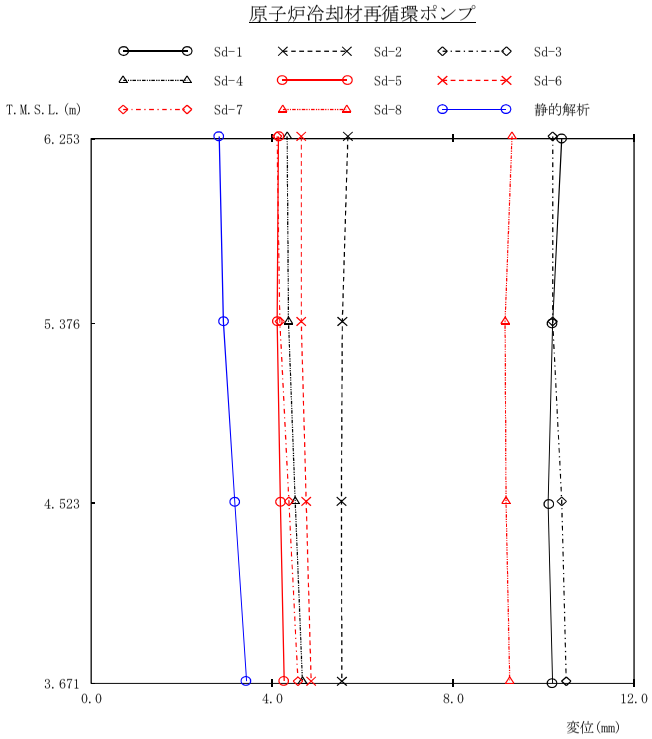
図4－584　最大応答モーメント　弾性設計用地震動Ｓｄ及び静的解析（NS方向　制御棒駆動機構ハウジング（外側））



(単位：m/s²)

Sd-1	Sd-2	Sd-3	Sd-4	Sd-5	Sd-6	Sd-7	Sd-8	静的解析	備　考
3.52	2.55	3.05	1.47	1.62	1.50	1.47	3.30	3.68	原子炉圧力容器 底部位置
3.54	3.67	3.56	1.61	1.80	1.61	1.57	3.20	3.59	
4.43	4.84	3.90	2.36	2.38	2.20	1.93	3.35	3.50	
5.98	6.24	4.45	3.21	3.08	3.01	2.39	3.72	3.41	原子炉冷却材再循環 ポンプ下端

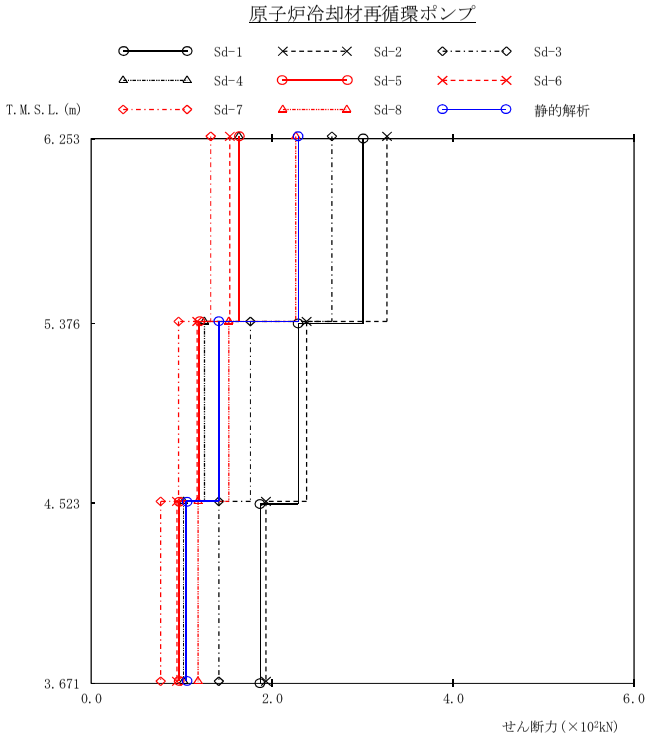
図4－585　最大応答加速度　弾性設計用地震動Ｓｄ及び静的解析（NS方向　原子炉冷却材再循環ポンプ）



（単位：mm）

Sd-1	Sd-2	Sd-3	Sd-4	Sd-5	Sd-6	Sd-7	Sd-8	静的解析	備　考
10.4	5.67	10.2	4.33	4.14	4.64	4.11	9.30	2.83	原子炉圧力容器 底部位置
10.2	5.55	10.2	4.36	4.11	4.64	4.17	9.15	2.92	
10.1	5.53	10.4	4.51	4.18	4.75	4.37	9.17	3.17	
10.2	5.54	10.5	4.67	4.26	4.86	4.57	9.25	3.43	原子炉冷却材再循環 ポンプ下端

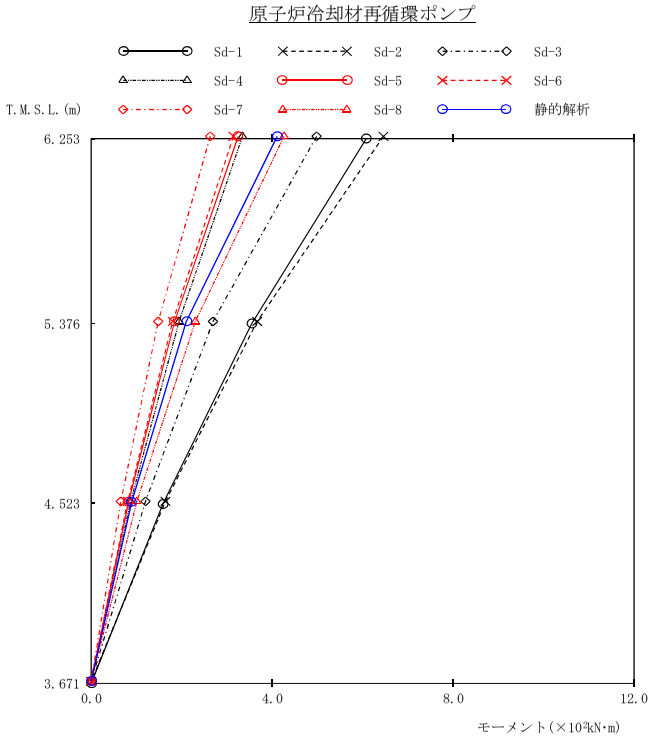
図4－586　最大応答変位　弾性設計用地震動Ｓｄ及び静的解析（NS方向　原子炉冷却材再循環ポンプ）



(単位：kN)

Sd-1	Sd-2	Sd-3	Sd-4	Sd-5	Sd-6	Sd-7	Sd-8	静的解析	備　考
									原子炉圧力容器 底部位置
300	327	266	163	163	153	132	226	229	
229	238	176	125	119	117	96.5	152	141	
187	193	141	102	96.9	94.6	76.7	118	105	
									原子炉冷却材再循環 ポンプ下端

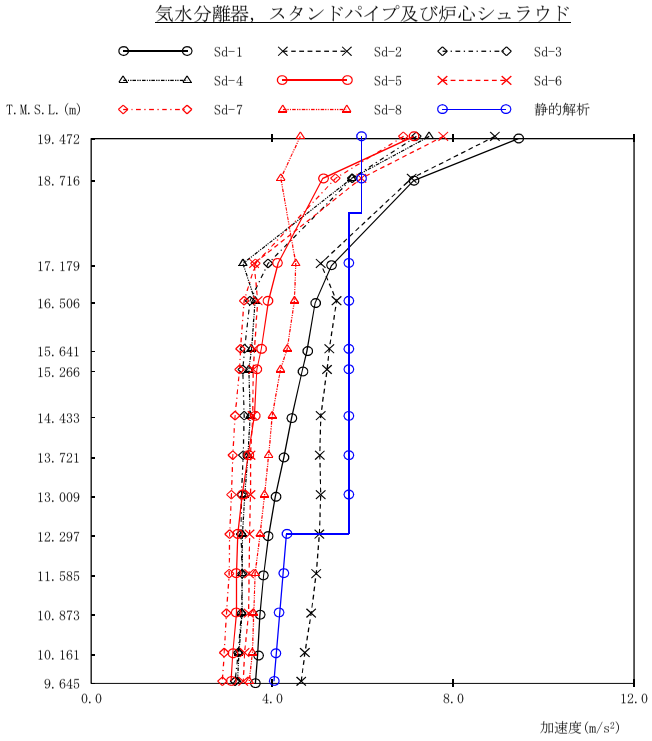
図4－587　最大応答せん断力　弾性設計用地震動Ｓｄ及び静的解析（NS方向　原子炉冷却材再循環ポンプ）



(単位：kN・m)

Sd-1	Sd-2	Sd-3	Sd-4	Sd-5	Sd-6	Sd-7	Sd-8	静的解析	備　　考
608	646	498	334	324	314	263	426	411	原子炉圧力容器 底部位置
355	367	269	194	184	180	148	230	210	
159	164	120	87.2	82.6	80.6	65.4	101	89.7	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	原子炉冷却材再循環 ポンプ下端

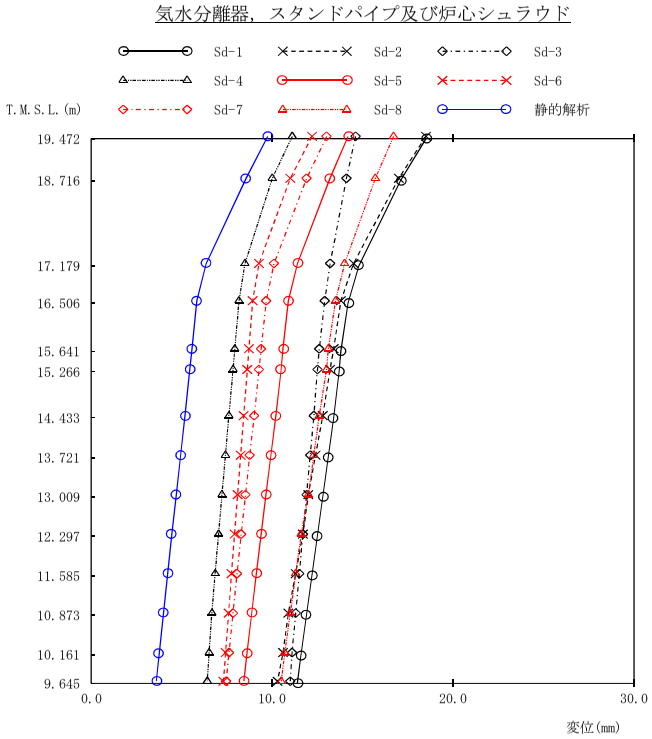
図4－588　最大応答モーメント　弾性設計用地震動Ｓｄ及び静的解析（NS方向　原子炉冷却材再循環ポンプ）



（単位：m/s²）

Sd-1	Sd-2	Sd-3	Sd-4	Sd-5	Sd-6	Sd-7	Sd-8	静的解析	備　考
9.44	8.92	7.19	7.47	7.13	7.78	6.90	4.62	5.98	気水分離器頂部
7.13	7.08	5.77	5.76	5.12	5.97	5.40	4.19	5.98	
5.31	5.07	3.91	3.35	4.13	3.60	3.63	4.52	5.69	
4.95	5.42	3.51	3.62	3.92	3.68	3.38	4.49	5.69	シュラウドヘッド 鏡板頂部
4.77	5.26	3.39	3.54	3.76	3.61	3.30	4.33	5.69	
4.66	5.21	3.35	3.48	3.66	3.58	3.28	4.18	5.69	
4.43	5.07	3.38	3.51	3.61	3.57	3.18	4.00	5.69	上部格子板
4.26	5.05	3.36	3.46	3.47	3.52	3.13	3.92	5.69	
4.07	5.07	3.32	3.39	3.34	3.52	3.10	3.83	5.69	
3.92	5.04	3.31	3.34	3.24	3.50	3.06	3.73	4.31	
3.81	4.97	3.34	3.33	3.21	3.49	3.05	3.62	4.24	
3.73	4.86	3.32	3.33	3.21	3.48	2.99	3.59	4.17	
3.68	4.72	3.25	3.26	3.13	3.39	2.94	3.56	4.09	
3.63	4.64	3.18	3.23	3.09	3.36	2.90	3.49	4.04	炉心シュラウド 上部胴下端

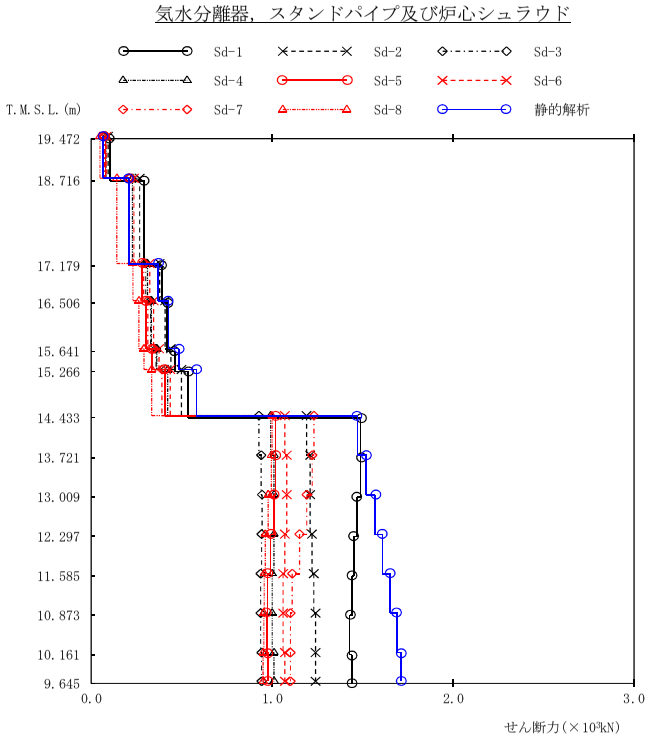
図4－589　最大応答加速度　弾性設計用地震動Ｓｄ及び静的解析（EW方向　気水分離器，スタンドパイプ及び炉心シュラウド）



（単位：mm）

Sd-1	Sd-2	Sd-3	Sd-4	Sd-5	Sd-6	Sd-7	Sd-8	静的解析	備　　考
18.5	18.5	14.6	11.1	14.2	12.2	13.0	16.7	9.74	気水分離器頂部
17.1	17.0	14.1	10.0	13.2	11.0	11.9	15.7	8.55	
14.8	14.5	13.2	8.49	11.4	9.27	10.1	14.0	6.35	
14.2	13.8	12.9	8.16	10.9	8.92	9.67	13.5	5.82	シュラウドヘッド 鏡板頂部
13.8	13.4	12.6	7.93	10.6	8.71	9.39	13.1	5.56	
13.7	13.2	12.5	7.83	10.5	8.62	9.27	13.0	5.44	
13.4	12.8	12.3	7.60	10.2	8.42	9.01	12.6	5.17	上部格子板
13.1	12.4	12.1	7.41	9.93	8.26	8.76	12.3	4.93	
12.8	12.0	11.9	7.22	9.66	8.09	8.53	12.0	4.69	
12.5	11.7	11.7	7.03	9.39	7.92	8.29	11.6	4.45	
12.2	11.3	11.5	6.84	9.13	7.75	8.06	11.3	4.21	
11.9	10.9	11.3	6.66	8.87	7.59	7.84	11.0	3.98	
11.6	10.6	11.1	6.51	8.61	7.42	7.62	10.7	3.75	
11.4	10.3	11.0	6.41	8.43	7.30	7.46	10.5	3.59	炉心シュラウド 上部胴下端

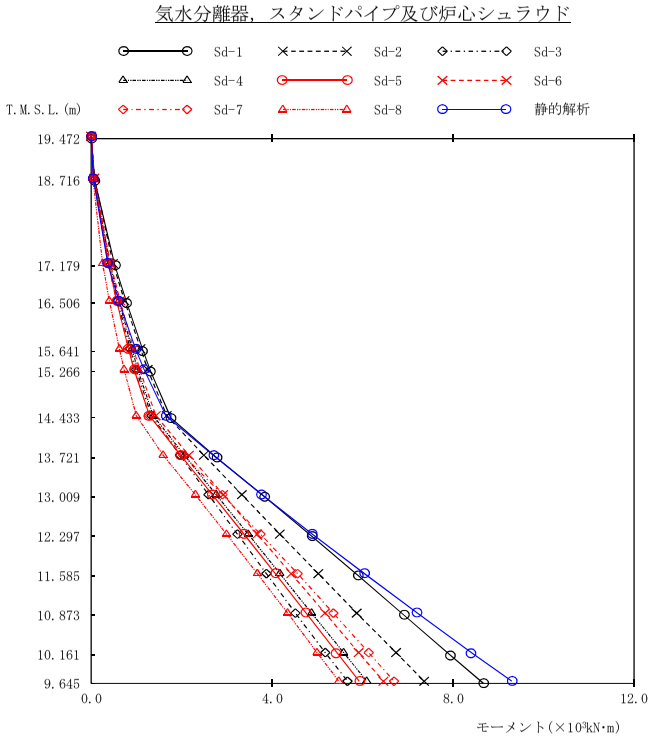
図4－590　最大応答変位　弾性設計用地震動Ｓｄ及び静的解析（EW方向　気水分離器，スタンドパイプ及び炉心シュラウド）



(単位：kN)

Sd-1	Sd-2	Sd-3	Sd-4	Sd-5	Sd-6	Sd-7	Sd-8	静的解析	備　　考
102	93.9	72.8	80.8	76.4	84.2	74.0	47.8	62.3	気水分離器頂部
293	268	211	227	210	235	207	141	206	
391	379	301	310	283	322	289	230	368	
421	408	328	332	302	344	312	263	426	シュラウドヘッド 鏡板頂部
461	440	358	362	336	374	338	291	483	
536	499	410	422	409	436	390	334	578	
1490	1190	926	991	1020	1070	1230	998	1470	上部格子板
1490	1210	939	1010	1020	1080	1220	995	1520	
1470	1210	944	1010	1010	1080	1190	977	1570	
1450	1220	941	1010	990	1070	1150	961	1610	
1440	1230	936	1000	976	1060	1110	955	1650	
1430	1240	936	1000	969	1060	1100	953	1690	
1440	1240	941	1010	977	1070	1100	949	1710	炉心シュラウド 上部胴下端

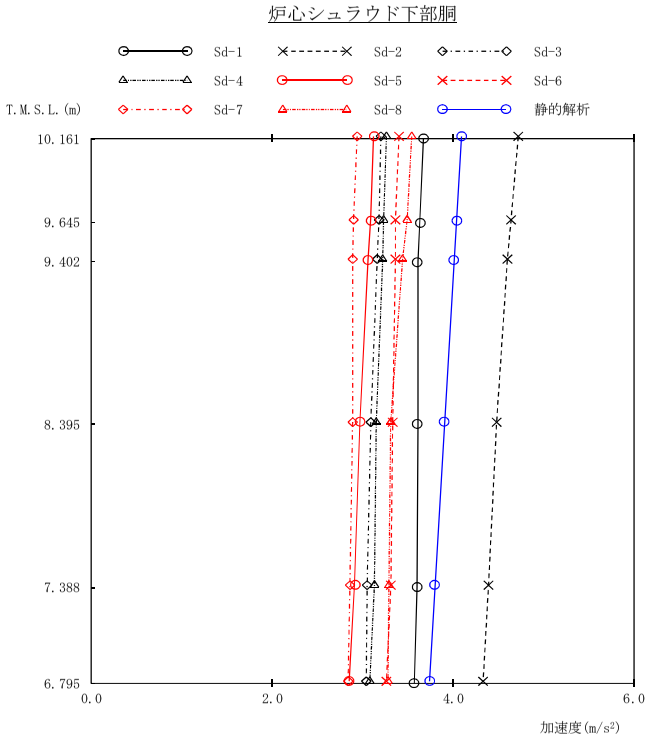
図4－591　最大応答せん断力　弾性設計用地震動Ｓｄ及び静的解析（EW方向　気水分離器，スタンドパイプ及び炉心シュラウド）



（単位：kN･m）

Sd-1	Sd-2	Sd-3	Sd-4	Sd-5	Sd-6	Sd-7	Sd-8	静的解析	備　　考
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	気水分離器頂部
77.4	71.0	55.0	61.1	57.8	63.6	55.9	36.1	47.3	
526	483	378	408	381	424	373	251	364	
789	737	580	615	562	639	562	401	612	シュラウドヘッド 鏡板頂部
1150	1090	861	900	824	936	832	622	981	
1320	1250	993	1030	949	1070	958	727	1170	
1760	1670	1330	1370	1290	1430	1280	996	1650	上部格子板
2770	2490	1960	2060	1980	2160	2030	1590	2700	
3840	3330	2590	2760	2680	2920	2900	2300	3780	
4880	4170	3230	3470	3380	3670	3740	2990	4890	
5910	5020	3870	4170	4070	4420	4560	3670	6040	
6920	5870	4510	4870	4750	5170	5350	4340	7220	
7930	6740	5170	5580	5430	5910	6130	4990	8410	
8670	7360	5660	6090	5930	6460	6690	5470	9300	炉心シュラウド 上部胴下端

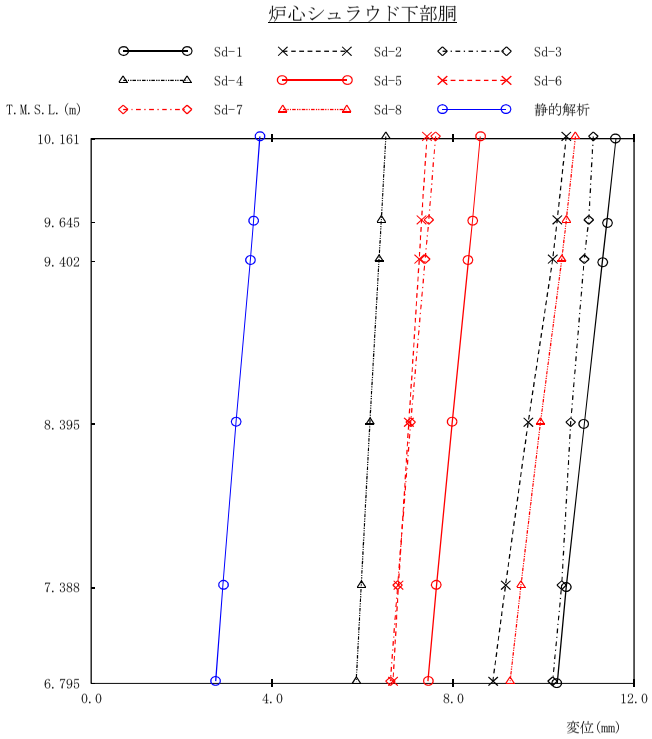
図4－592　最大応答モーメント　弾性設計用地震動Ｓｄ及び静的解析（EW方向　気水分離器，スタンドパイプ及び炉心シュラウド）



(単位：m/s²)

Sd-1	Sd-2	Sd-3	Sd-4	Sd-5	Sd-6	Sd-7	Sd-8	静的解析	備　考
3.67	4.72	3.20	3.26	3.12	3.40	2.94	3.54	4.09	炉心支持板
3.63	4.64	3.18	3.23	3.09	3.36	2.90	3.49	4.04	
3.61	4.60	3.16	3.22	3.06	3.36	2.89	3.44	4.01	
3.61	4.48	3.09	3.15	2.97	3.33	2.89	3.31	3.91	
3.60	4.39	3.05	3.13	2.91	3.31	2.86	3.29	3.80	
3.57	4.33	3.04	3.08	2.85	3.26	2.84	3.28	3.74	シュラウドサポートプレート

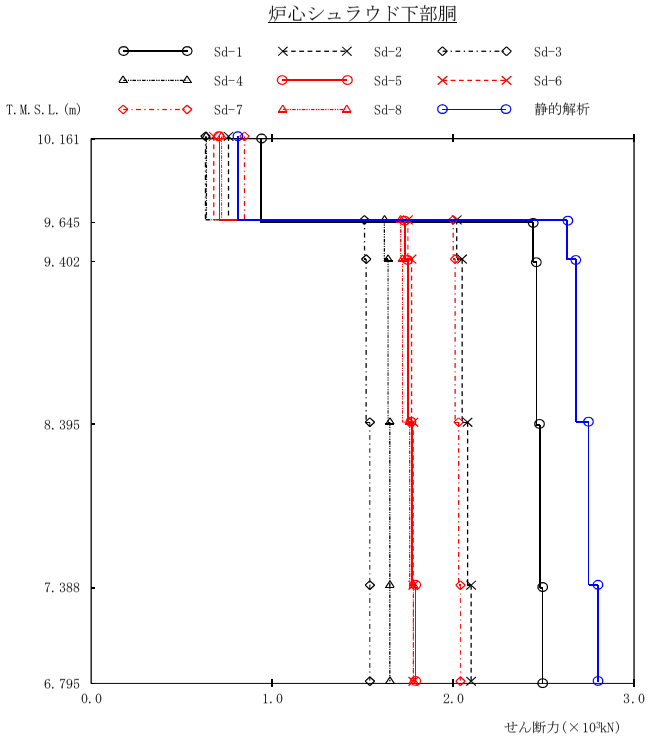
図4－593　最大応答加速度　弾性設計用地震動Ｓｄ及び静的解析（EW方向　炉心シュラウド下部胴）



（単位：mm）

Sd-1	Sd-2	Sd-3	Sd-4	Sd-5	Sd-6	Sd-7	Sd-8	静的解析	備　考
11.6	10.5	11.1	6.51	8.60	7.42	7.61	10.7	3.73	炉心支持板
11.4	10.3	11.0	6.41	8.43	7.30	7.46	10.5	3.59	
11.3	10.2	10.9	6.36	8.34	7.25	7.38	10.4	3.52	
10.9	9.66	10.6	6.16	7.98	7.02	7.06	9.93	3.20	
10.5	9.16	10.4	5.97	7.63	6.79	6.77	9.50	2.91	
10.3	8.88	10.2	5.86	7.44	6.67	6.61	9.26	2.75	シュラウドサポートプレート

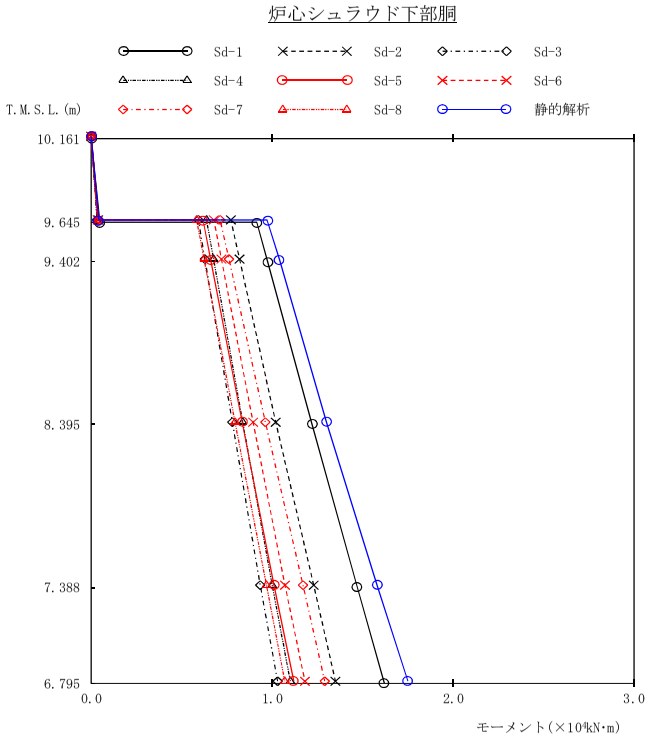
図4－594　最大応答変位　弾性設計用地震動Ｓｄ及び静的解析（EW方向　炉心シュラウド下部胴）



(単位：kN)

Sd-1	Sd-2	Sd-3	Sd-4	Sd-5	Sd-6	Sd-7	Sd-8	静的解析	備　考
									炉心支持板
937	758	632	636	708	677	847	721	809	
2440	2020	1510	1620	1730	1750	2000	1710	2630	
2460	2050	1520	1640	1750	1770	2010	1720	2680	
2480	2080	1540	1650	1770	1780	2030	1760	2750	
2490	2100	1540	1650	1790	1780	2040	1780	2800	シュラウドサポート プレート

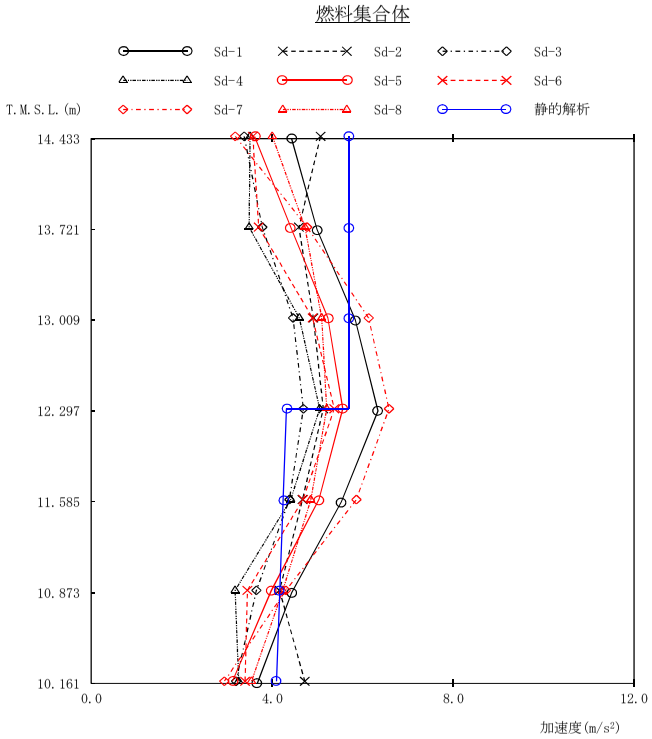
図4－595　最大応答せん断力　弾性設計用地震動Ｓｄ及び静的解析（EW方向　炉心シュラウド下部胴）



(単位：kN·m)

Sd-1	Sd-2	Sd-3	Sd-4	Sd-5	Sd-6	Sd-7	Sd-8	静的解析	備　　考
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	炉心支持板
484 9150	391 7720	326 5920	328 6370	365 6180	350 6770	437 7120	372 5830	418 9720	
9740	8200	6280	6760	6600	7190	7610	6240	10400	
12200	10200	7800	8370	8340	8940	9620	7950	13000	
14700	12300	9340	10000	10100	10700	11700	9690	15800	
16200	13500	10300	11000	11200	11800	12900	10700	17500	シュラウドサポート プレート

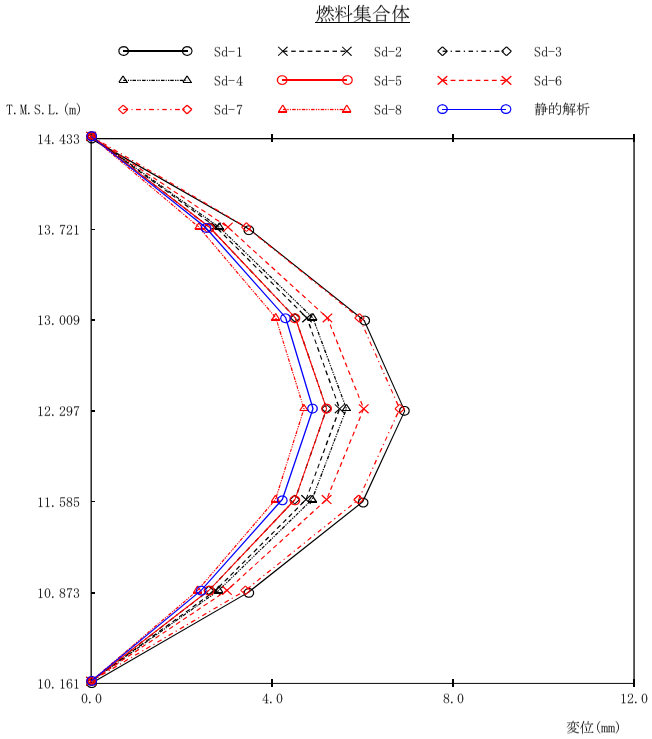
図4－596　最大応答モーメント　弾性設計用地震動Ｓｄ及び静的解析（EW方向　炉心シュラウド下部胴）



(単位：m/s²)

Sd-1	Sd-2	Sd-3	Sd-4	Sd-5	Sd-6	Sd-7	Sd-8	静的解析	備　考
4.43	5.07	3.38	3.51	3.61	3.57	3.18	4.00	5.69	上部格子板
4.99	4.59	3.78	3.49	4.41	3.70	4.77	4.72	5.69	
5.84	4.91	4.46	4.60	5.23	4.89	6.13	5.09	5.69	
6.34	5.13	4.69	5.05	5.56	5.37	6.58	5.20	4.31	燃料集合体中央
5.53	4.67	4.38	4.41	5.03	4.68	5.86	4.85	4.24	
4.43	4.16	3.65	3.18	3.98	3.45	4.30	4.23	4.17	
3.67	4.72	3.20	3.26	3.12	3.40	2.94	3.54	4.09	炉心支持板

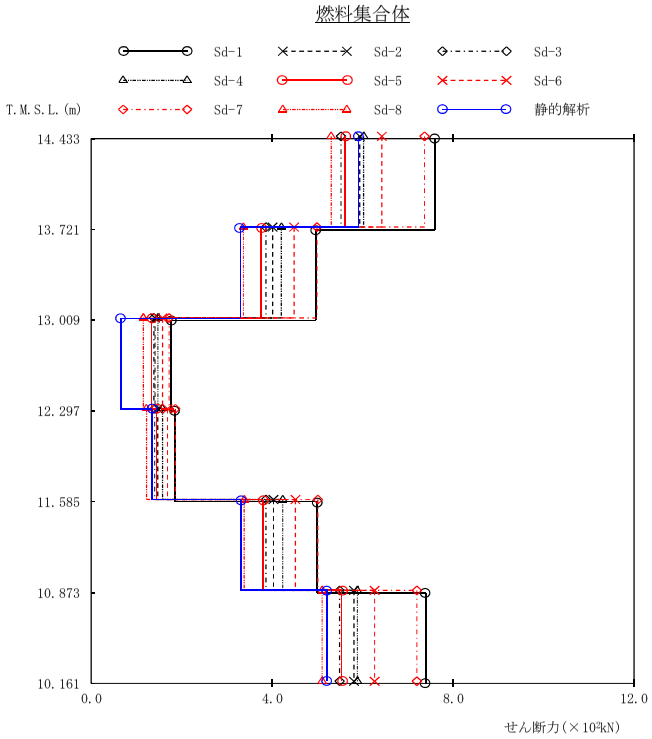
図4－597　最大応答加速度　弾性設計用地震動Ｓｄ及び静的解析（EW方向　燃料集合体）



（単位：mm）

Sd-1	Sd-2	Sd-3	Sd-4	Sd-5	Sd-6	Sd-7	Sd-8	静的解析	備　考
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	上部格子板
3.50	2.76	2.61	2.83	2.61	3.02	3.43	2.38	2.52	
6.03	4.77	4.51	4.90	4.51	5.22	5.93	4.08	4.30	
6.93	5.49	5.20	5.64	5.20	6.02	6.82	4.70	4.90	燃料集合体中央
6.00	4.75	4.50	4.88	4.50	5.20	5.91	4.07	4.22	
3.47	2.75	2.60	2.82	2.60	3.00	3.41	2.35	2.43	
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	炉心支持板

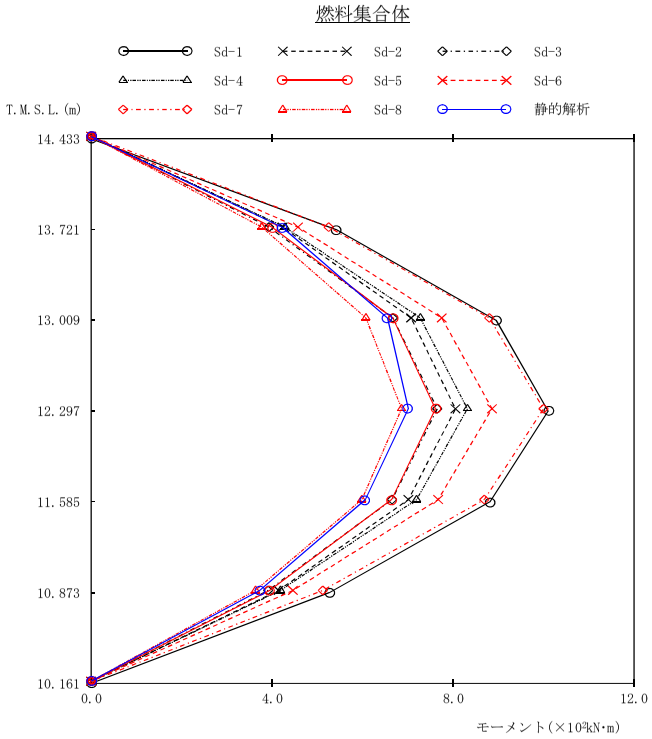
図4－598　最大応答相対変位　弾性設計用地震動Ｓｄ及び静的解析（EW方向　燃料集合体）



(単位：kN)

Sd-1	Sd-2	Sd-3	Sd-4	Sd-5	Sd-6	Sd-7	Sd-8	静的解析	備　考
									上部格子板
760	594	552	602	561	642	737	530	591	
497	401	386	420	376	448	499	336	329	
175	141	138	147	133	157	172	115	64.4	
									燃料集合体中央
184	147	140	157	145	168	186	122	133	
500	403	386	423	379	451	501	338	330	
739	581	549	588	554	626	720	510	522	
									炉心支持板

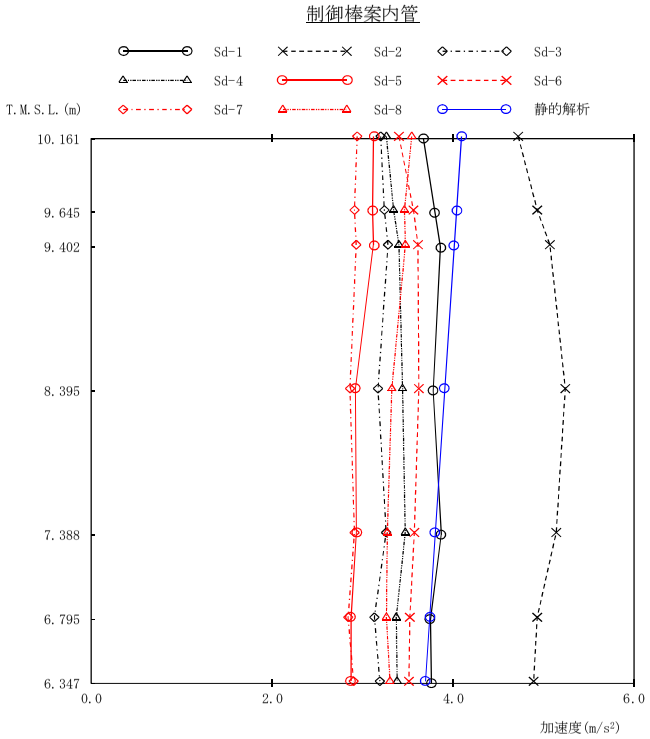
図4－599　最大応答せん断力　弾性設計用地震動Ｓｄ及び静的解析（EW方向　燃料集合体）



(単位：kN·m)

Sd-1	Sd-2	Sd-3	Sd-4	Sd-5	Sd-6	Sd-7	Sd-8	静的解析	備　　考
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	上部格子板
541	423	393	428	400	457	525	377	422	
895	707	667	727	667	775	880	607	655	
1010	805	765	831	761	886	1000	686	701	燃料集合体中央
881	701	665	719	664	767	869	598	606	
526	414	391	418	394	446	512	363	372	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	炉心支持板

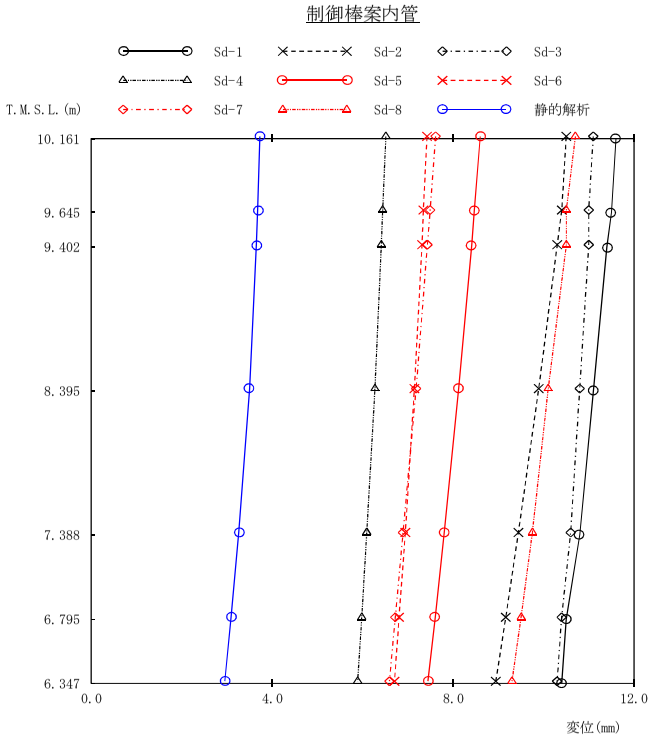
図4－600　最大応答モーメント　弾性設計用地震動Ｓｄ及び静的解析（EW方向　燃料集合体）



(単位：m/s²)

Sd-1	Sd-2	Sd-3	Sd-4	Sd-5	Sd-6	Sd-7	Sd-8	静的解析	備　考
3.67	4.72	3.20	3.26	3.12	3.40	2.94	3.54	4.09	炉心支持板
3.80	4.93	3.24	3.34	3.11	3.56	2.91	3.46	4.04	
3.86	5.07	3.28	3.40	3.12	3.61	2.93	3.47	4.01	
3.78	5.24	3.17	3.44	2.92	3.62	2.86	3.32	3.91	制御棒案内管中央
3.87	5.14	3.26	3.47	2.93	3.57	2.91	3.27	3.80	
3.75	4.93	3.13	3.37	2.87	3.52	2.84	3.26	3.74	
3.76	4.89	3.19	3.38	2.87	3.51	2.90	3.30	3.69	制御棒案内管下端

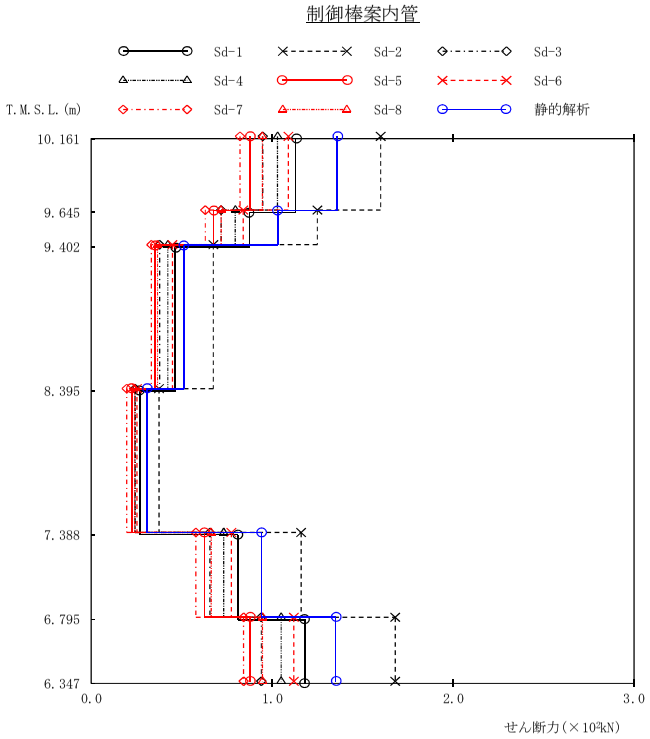
図4－601　最大応答加速度　弾性設計用地震動Ｓｄ及び静的解析（EW方向　制御棒案内管）



（単位：mm）

Sd-1	Sd-2	Sd-3	Sd-4	Sd-5	Sd-6	Sd-7	Sd-8	静的解析	備　考
11.6	10.5	11.1	6.51	8.60	7.42	7.61	10.7	3.73	炉心支持板
11.5	10.4	11.0	6.44	8.47	7.34	7.49	10.5	3.68	
11.4	10.3	11.0	6.41	8.41	7.31	7.43	10.5	3.65	
11.1	9.89	10.8	6.27	8.12	7.14	7.18	10.1	3.50	制御棒案内管中央
10.8	9.44	10.6	6.09	7.80	6.94	6.89	9.75	3.26	
10.5	9.16	10.4	5.98	7.60	6.80	6.72	9.50	3.09	
10.4	8.94	10.3	5.89	7.44	6.70	6.59	9.30	2.95	制御棒案内管下端

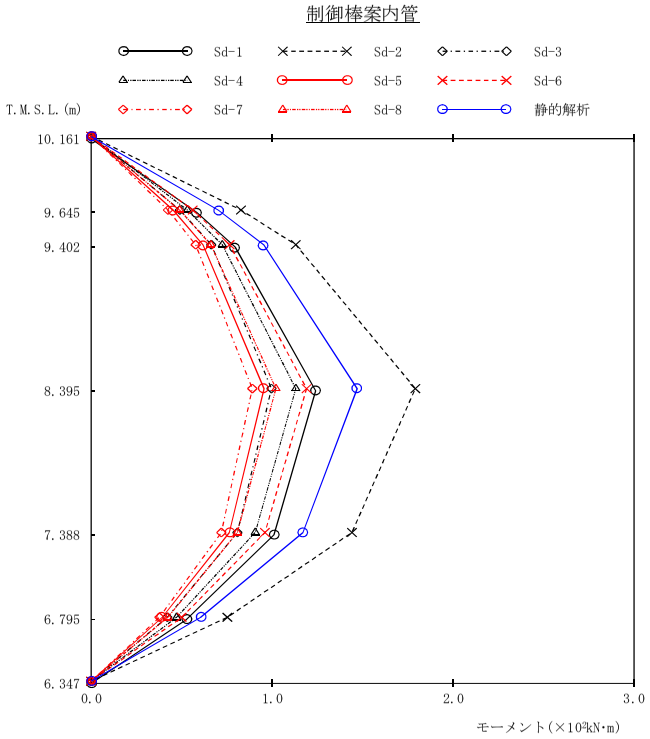
図4－602　最大応答変位　弾性設計用地震動Ｓｄ及び静的解析（EW方向　制御棒案内管）



(単位：kN)

Sd-1	Sd-2	Sd-3	Sd-4	Sd-5	Sd-6	Sd-7	Sd-8	静的解析	備　考
									炉心支持板
113	160	94.7	103	87.9	109	82.2	94.5	136	
87.4	125	71.7	79.6	67.6	84.0	63.0	71.7	103	
46.5	67.5	37.7	42.3	35.1	44.8	33.2	36.6	51.3	
									制御棒案内管中央
27.0	37.5	24.1	24.2	22.4	25.2	19.5	23.9	30.6	
81.1	116	65.5	73.2	62.3	77.4	57.8	66.2	94.1	
118	168	93.9	105	87.6	112	84.2	94.6	135	
									制御棒案内管下端

図4－603　最大応答せん断力　弾性設計用地震動Ｓｄ及び静的解析（EW方向　制御棒案内管）

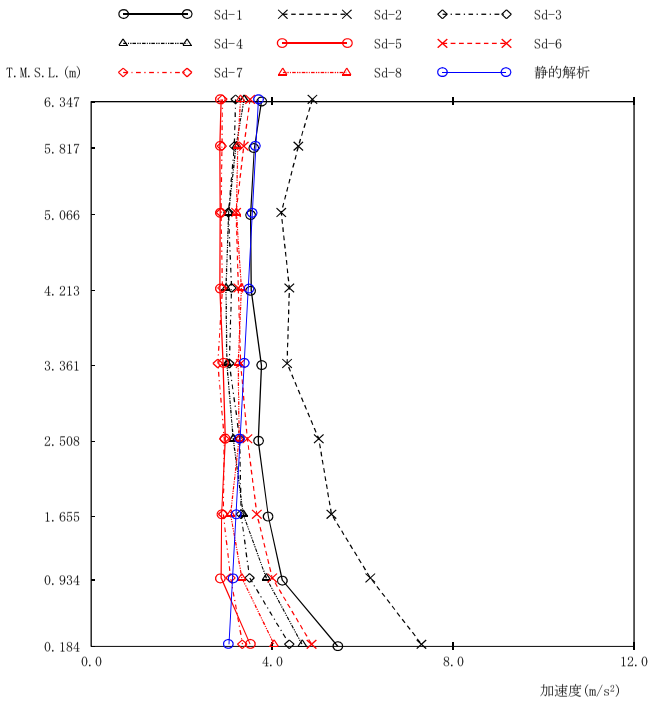


(単位：kN・m)

Sd-1	Sd-2	Sd-3	Sd-4	Sd-5	Sd-6	Sd-7	Sd-8	静的解析	備　　考
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	炉心支持板
58.4	82.7	48.9	53.1	45.3	56.1	42.4	48.8	70.3	
79.6	113	66.3	72.4	61.7	76.5	57.7	66.1	95.4	
124	179	99.5	113	95.4	119	89.0	102	147	制御棒案内管中央
101	144	80.7	90.6	76.2	96.0	71.9	80.7	117	
52.6	75.2	42.0	47.2	39.2	50.0	37.7	42.3	60.4	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	制御棒案内管下端

図4－604　最大応答モーメント　弾性設計用地震動Ｓｄ及び静的解析（EW方向　制御棒案内管）

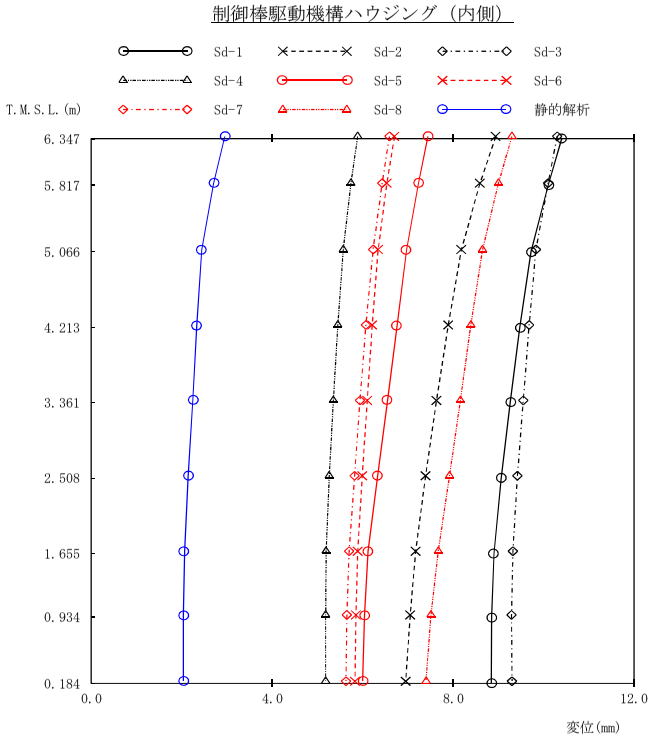
制御棒駆動機構ハウジング（内側）



（単位：m/s²）

Sd-1	Sd-2	Sd-3	Sd-4	Sd-5	Sd-6	Sd-7	Sd-8	静的解析	備　考
3.76	4.89	3.19	3.38	2.87	3.51	2.90	3.30	3.69	制御棒駆動機構 ハウジング上端
3.60	4.58	3.16	3.20	2.84	3.37	2.89	3.24	3.64	
3.52	4.20	3.03	3.04	2.85	3.20	2.87	3.21	3.56	原子炉圧力容器 底部位置
3.53	4.38	3.10	2.98	2.84	3.25	2.90	3.32	3.47	
3.76	4.33	3.05	3.00	2.91	3.30	2.80	3.25	3.38	
3.69	5.03	3.28	3.14	2.96	3.45	2.94	3.27	3.29	
3.91	5.31	3.31	3.36	2.88	3.66	2.92	3.08	3.20	制御棒駆動機構 ハウジング下端
4.22	6.17	3.50	3.87	2.87	4.00	3.08	3.33	3.12	
5.45	7.30	4.38	4.66	3.51	4.87	3.34	4.04	3.04	制御棒駆動機構 原動機下端

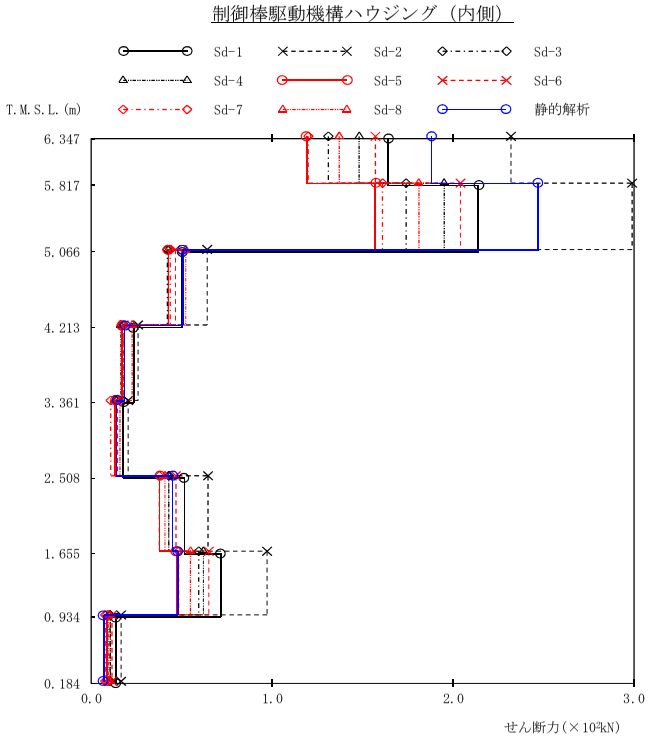
図4－605　最大応答加速度　弾性設計用地震動Ｓｄ及び静的解析（EW方向　制御棒駆動機構ハウジング（内側））



（単位：mm）

Sd-1	Sd-2	Sd-3	Sd-4	Sd-5	Sd-6	Sd-7	Sd-8	静的解析	備　考
10.4	8.94	10.3	5.89	7.44	6.70	6.59	9.30	2.95	制御棒駆動機構 ハウジング上端
10.1	8.59	10.1	5.74	7.23	6.53	6.43	9.00	2.70	
9.72	8.18	9.83	5.57	6.97	6.34	6.23	8.65	2.44	原子炉圧力容器 底部位置
9.47	7.89	9.68	5.45	6.76	6.21	6.07	8.39	2.33	
9.26	7.63	9.55	5.35	6.55	6.10	5.94	8.16	2.24	
9.06	7.39	9.42	5.26	6.33	5.99	5.82	7.92	2.14	
8.90	7.17	9.32	5.19	6.12	5.89	5.70	7.67	2.06	制御棒駆動機構 ハウジング下端
8.85	7.05	9.29	5.18	6.04	5.85	5.65	7.51	2.03	
8.84	6.95	9.30	5.18	6.00	5.83	5.63	7.40	2.03	制御棒駆動機構 原動機下端

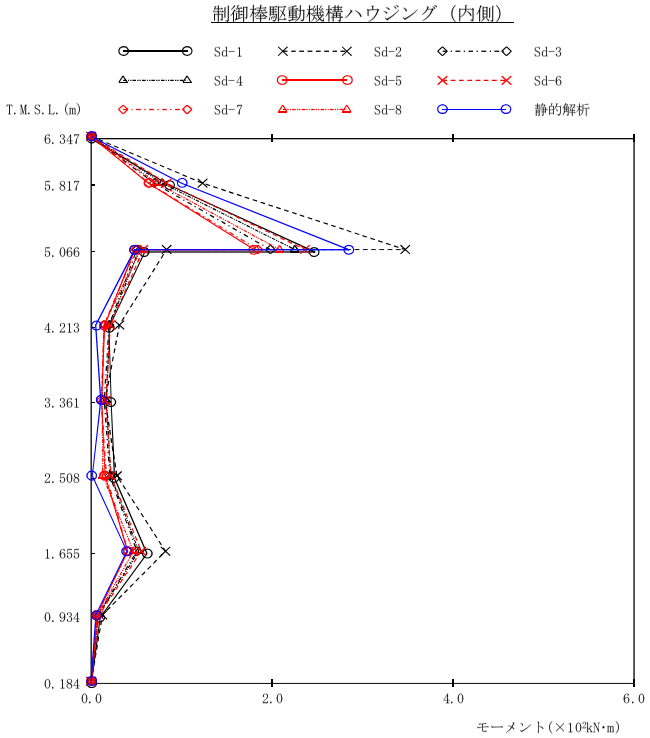
図4－606　最大応答変位　弾性設計用地震動Ｓｄ及び静的解析（EW方向　制御棒駆動機構ハウジング（内側））



（単位：kN）

Sd-1	Sd-2	Sd-3	Sd-4	Sd-5	Sd-6	Sd-7	Sd-8	静的解析	備　考
164	232	131	148	119	157	120	137	188	制御棒駆動機構 ハウジング上端
214	299	174	195	157	204	161	181	247	
50.2	64.1	42.0	42.5	42.5	46.5	43.6	52.2	50.6	原子炉圧力容器 底部位置
23.4	25.9	18.0	16.3	17.0	17.8	17.2	22.6	18.3	
17.4	20.4	13.8	13.6	13.1	14.4	10.7	15.9	13.9	
51.3	64.6	42.8	42.8	37.9	46.7	37.6	40.7	44.7	
71.5	97.2	59.3	61.9	47.1	64.9	48.3	54.8	47.6	制御棒駆動機構 ハウジング下端
13.3	16.5	10.3	10.5	8.72	11.4	7.65	9.58	6.72	
									制御棒駆動機構 原動機下端

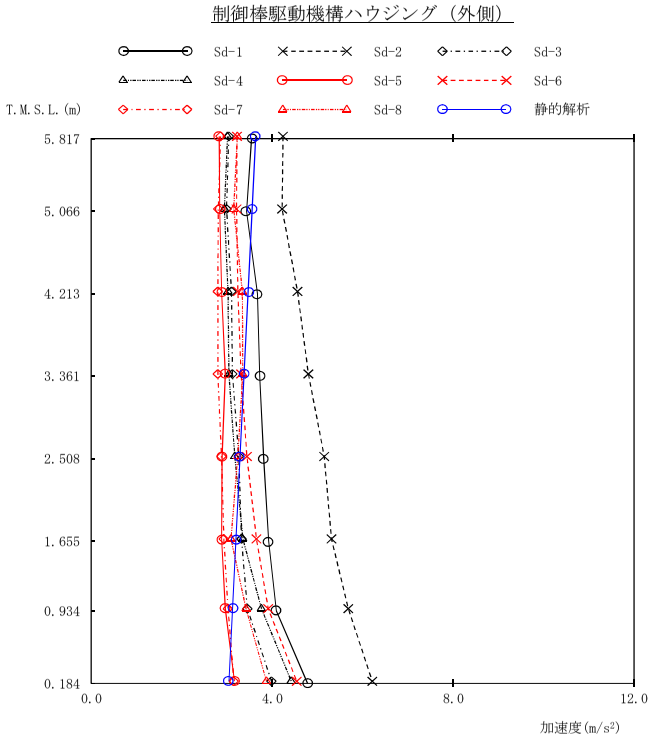
図4－607　最大応答せん断力　弾性設計用地震動Ｓｄ及び静的解析（EW方向　制御棒駆動機構ハウジング（内側））



（単位：kN･m）

Sd-1	Sd-2	Sd-3	Sd-4	Sd-5	Sd-6	Sd-7	Sd-8	静的解析	備　考
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	制御棒駆動機構 ハウジング上端
87.1	123	69.6	78.5	63.3	83.1	63.6	72.6	100	
247 59.1	347 83.3	198 50.4	225 52.9	180 48.1	236 57.5	184 49.0	208 54.7	285 48.1	原子炉圧力容器 底部位置
19.6	31.1	19.8	20.5	14.9	21.0	14.2	13.9	4.96	
22.1	15.3	14.4	16.9	11.5	16.1	11.2	12.2	10.7	
25.8	28.4	20.5	21.6	15.3	21.8	16.7	12.8	1.24	
61.5	82.1	50.5	52.5	40.3	55.3	40.5	46.6	39.4	制御棒駆動機構 ハウジング下端
9.99	12.4	7.75	7.90	6.54	8.57	5.74	7.18	5.10	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	制御棒駆動機構 原動機下端

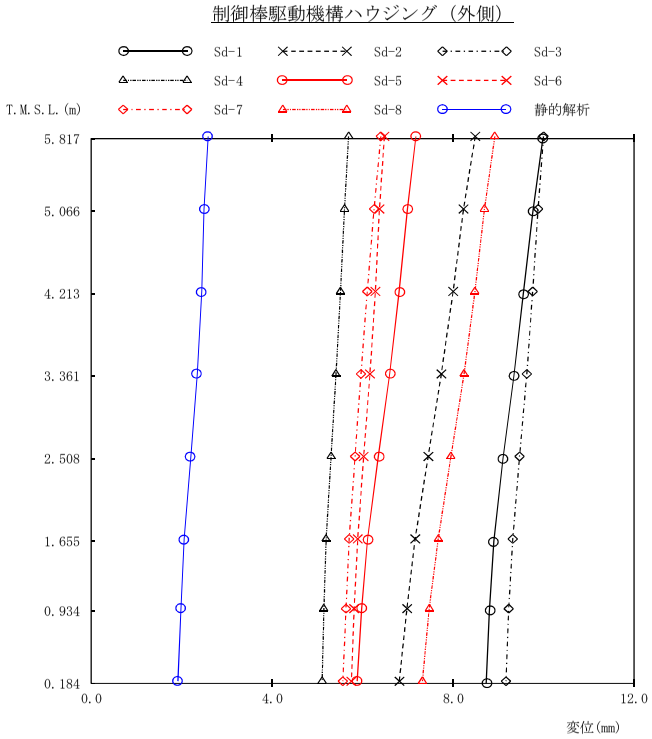
図4－608　最大応答モーメント　弾性設計用地震動Ｓｄ及び静的解析（EW方向　制御棒駆動機構ハウジング（内側））



（単位：m/s²）

Sd-1	Sd-2	Sd-3	Sd-4	Sd-5	Sd-6	Sd-7	Sd-8	静的解析	備　考
3.54	4.24	3.04	3.01	2.83	3.22	2.86	3.23	3.64	原子炉圧力容器 底部位置
3.43	4.22	2.99	2.94	2.84	3.21	2.81	3.15	3.56	
3.67	4.56	3.10	3.02	2.88	3.24	2.80	3.34	3.47	
3.72	4.80	3.12	3.04	2.96	3.31	2.80	3.35	3.38	
3.81	5.15	3.26	3.17	2.89	3.44	2.88	3.24	3.29	
3.92	5.31	3.32	3.35	2.88	3.65	2.93	3.09	3.20	制御棒駆動機構 ハウジング下端
4.09	5.68	3.45	3.76	2.96	3.91	3.02	3.42	3.12	
4.78	6.21	3.98	4.42	3.16	4.54	3.15	3.87	3.04	制御棒駆動機構 原動機下端

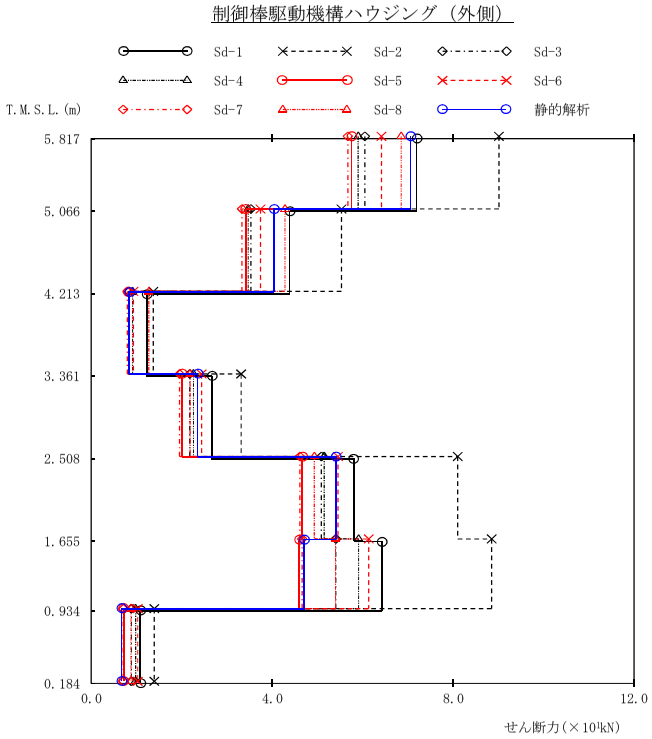
図4－609　最大応答加速度　弾性設計用地震動Ｓｄ及び静的解析（EW方向　制御棒駆動機構ハウジング（外側））



（単位：mm）

Sd-1	Sd-2	Sd-3	Sd-4	Sd-5	Sd-6	Sd-7	Sd-8	静的解析	備　考
9.98	8.49	10.0	5.69	7.18	6.48	6.40	8.92	2.58	原子炉圧力容器 底部位置
9.76	8.23	9.88	5.60	6.99	6.37	6.25	8.69	2.49	
9.55	8.00	9.76	5.51	6.81	6.28	6.10	8.48	2.44	
9.34	7.74	9.63	5.41	6.60	6.16	5.96	8.24	2.34	
9.10	7.45	9.47	5.30	6.35	6.02	5.83	7.95	2.20	
8.90	7.16	9.32	5.19	6.11	5.89	5.70	7.67	2.05	制御棒駆動機構 ハウジング下端
8.80	6.98	9.23	5.14	5.98	5.81	5.63	7.47	1.98	
8.73	6.81	9.17	5.10	5.88	5.75	5.56	7.32	1.91	制御棒駆動機構 原動機下端

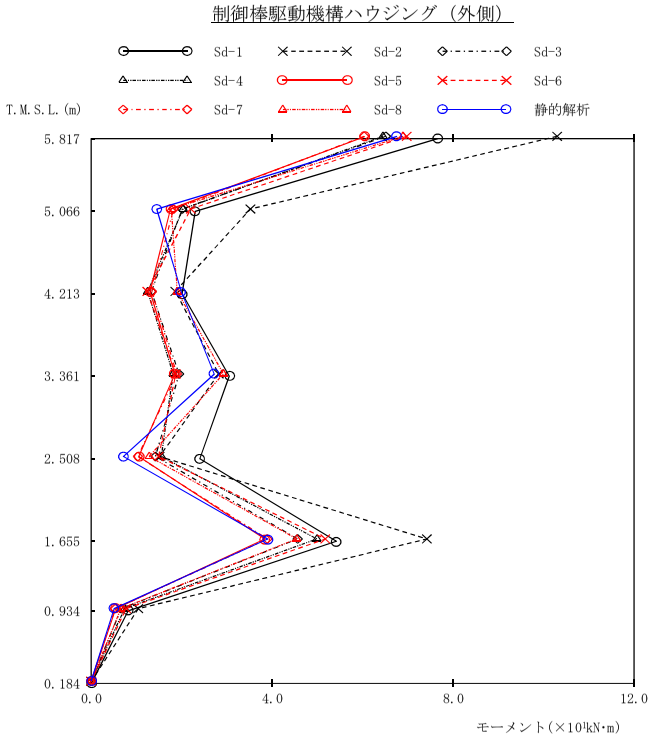
図4－610　最大応答変位　弾性設計用地震動Ｓｄ及び静的解析（EW方向　制御棒駆動機構ハウジング（外側））



（単位：kN）

Sd-1	Sd-2	Sd-3	Sd-4	Sd-5	Sd-6	Sd-7	Sd-8	静的解析	備　考
71.9	90.1	60.5	59.0	57.5	64.1	56.7	68.5	70.6	原子炉圧力容器 底部位置
43.9	55.3	35.3	34.7	34.3	37.4	33.3	42.8	40.3	
12.3	13.7	8.32	9.17	8.23	9.34	7.97	12.7	8.41	
26.6	33.1	21.8	22.6	20.0	24.4	19.5	21.8	23.5	
58.1	81.0	50.9	51.5	46.7	54.5	46.1	49.3	54.0	
64.3	88.5	54.1	59.1	45.9	61.3	46.6	54.0	47.1	制御棒駆動機構 ハウジング下端
10.9	13.9	8.87	9.83	7.19	10.3	7.05	8.76	6.65	
									制御棒駆動機構 原動機下端

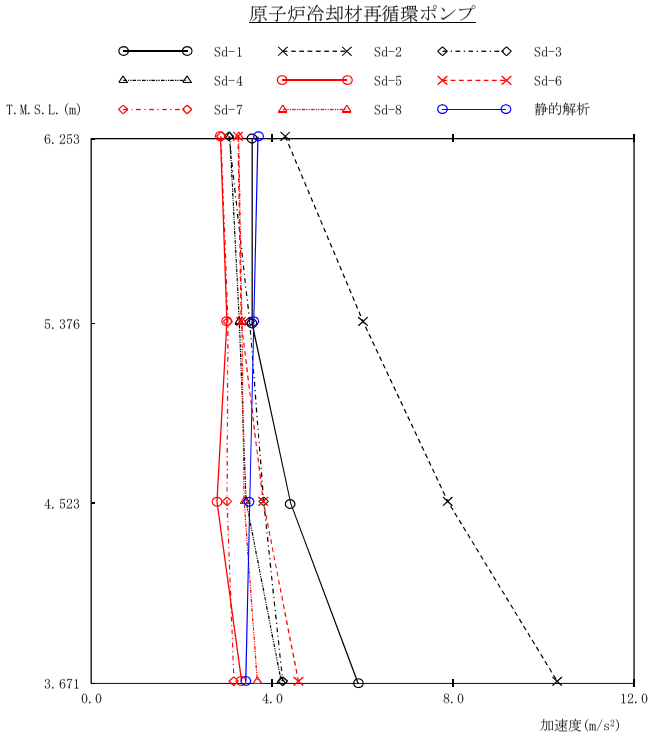
図4－611　最大応答せん断力　弾性設計用地震動Ｓｄ及び静的解析（EW方向　制御棒駆動機構ハウジング（外側））



（単位：kN･m）

Sd-1	Sd-2	Sd-3	Sd-4	Sd-5	Sd-6	Sd-7	Sd-8	静的解析	備　　考
76.6	103	65.1	64.5	60.5	69.7	60.3	68.9	67.6	原子炉圧力容器 底部位置
23.0	35.2	20.1	20.3	17.5	22.0	18.2	17.7	14.5	
20.1	18.6	13.3	12.5	13.0	12.4	13.4	19.0	19.9	
30.5	28.2	19.4	18.1	18.5	18.7	18.9	29.2	27.2	
24.0	15.1	14.2	15.5	10.5	14.9	10.3	12.8	7.10	
54.2	74.2	45.6	49.9	38.4	51.7	38.9	45.4	39.0	制御棒駆動機構 ハウジング下端
8.16	10.4	6.65	7.37	5.39	7.71	5.29	6.57	5.04	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	制御棒駆動機構 原動機下端

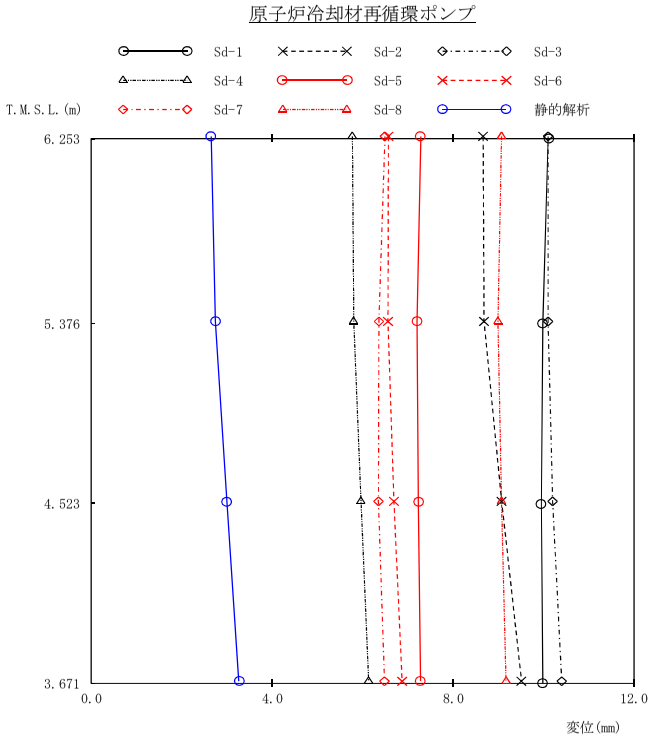
図4－612　最大応答モーメント　弾性設計用地震動Ｓｄ及び静的解析（EW方向　制御棒駆動機構ハウジング（外側））



(単位：m/s²)

Sd-1	Sd-2	Sd-3	Sd-4	Sd-5	Sd-6	Sd-7	Sd-8	静的解析	備　考
3.56	4.29	3.04	3.06	2.86	3.24	2.87	3.26	3.68	原子炉圧力容器 底部位置
3.56	6.01	3.50	3.27	3.00	3.31	3.02	3.33	3.59	
4.41	7.88	3.81	3.42	2.78	3.80	3.00	3.38	3.50	
5.90	10.3	4.23	4.20	3.32	4.58	3.15	3.67	3.41	原子炉冷却材再循環 ポンプ下端

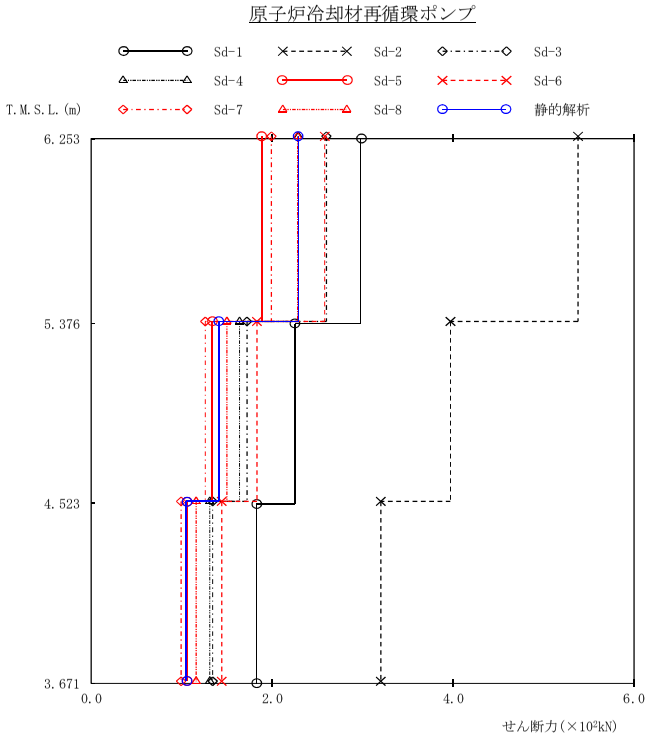
図4－613　最大応答加速度　弾性設計用地震動Ｓｄ及び静的解析（EW方向　原子炉冷却材再循環ポンプ）



（単位：mm）

Sd-1	Sd-2	Sd-3	Sd-4	Sd-5	Sd-6	Sd-7	Sd-8	静的解析	備　考
10.1	8.66	10.1	5.77	7.29	6.57	6.49	9.07	2.65	原子炉圧力容器 底部位置
9.98	8.68	10.1	5.80	7.20	6.56	6.36	8.99	2.74	
9.95	9.07	10.2	5.96	7.23	6.69	6.35	9.07	3.00	
9.98	9.51	10.4	6.13	7.28	6.87	6.48	9.17	3.26	原子炉冷却材再循環 ポンプ下端

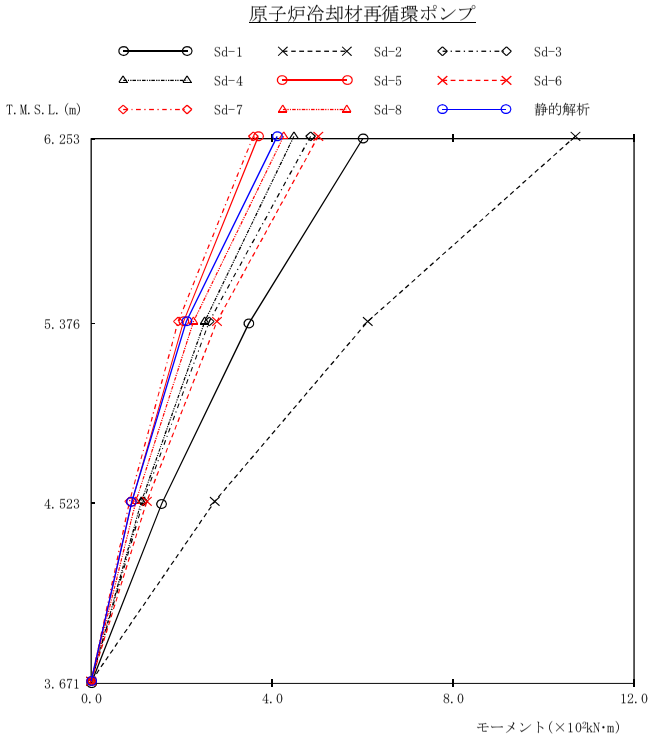
図4－614　最大応答変位　弾性設計用地震動Ｓｄ及び静的解析（EW方向　原子炉冷却材再循環ポンプ）



(単位：kN)

Sd-1	Sd-2	Sd-3	Sd-4	Sd-5	Sd-6	Sd-7	Sd-8	静的解析	備　考
									原子炉圧力容器 底部位置
298	538	260	229	189	258	199	228	229	
225	397	172	164	134	183	126	150	141	
183	320	134	131	106	144	99.4	116	105	
									原子炉冷却材再循環 ポンプ下端

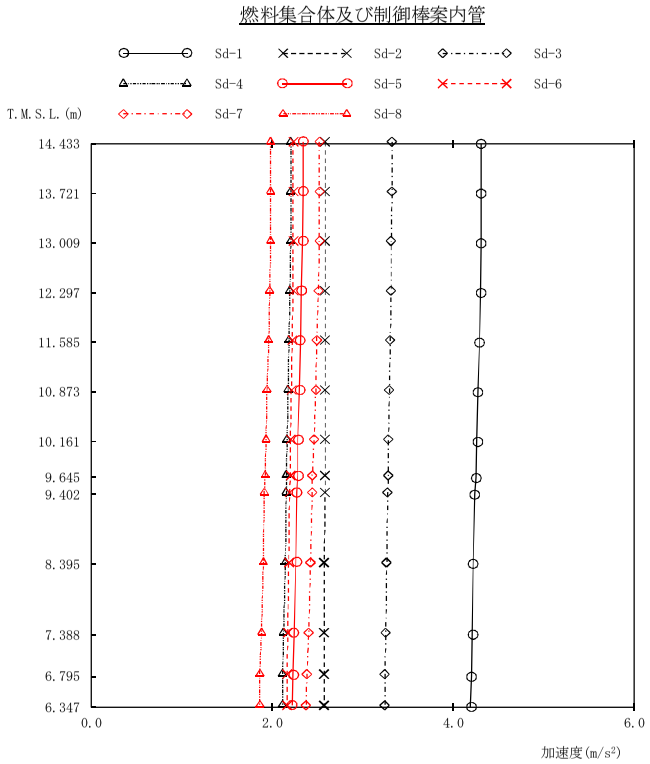
図4－615　最大応答せん断力　弾性設計用地震動Ｓｄ及び静的解析（EW方向　原子炉冷却材再循環ポンプ）



(単位：kN・m)

Sd-1	Sd-2	Sd-3	Sd-4	Sd-5	Sd-6	Sd-7	Sd-8	静的解析	備　　考
600	1070	485	448	369	502	358	425	411	原子炉圧力容器 底部位置
348	611	261	251	204	278	192	226	210	
156	273	115	111	90.1	123	84.7	98.8	89.7	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	原子炉冷却材再循環 ポンプ下端

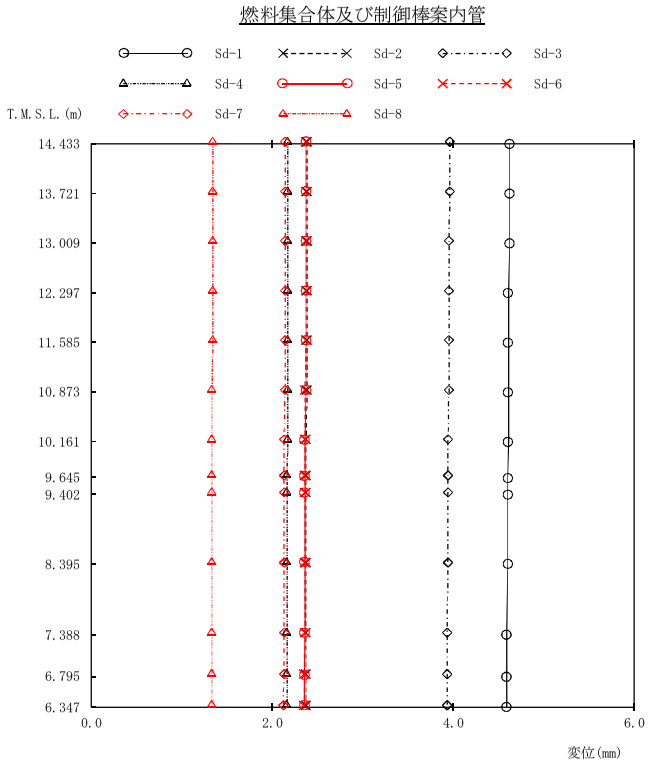
図4－616　最大応答モーメント　弾性設計用地震動Ｓｄ及び静的解析（EW方向　原子炉冷却材再循環ポンプ）



(単位：m/s²)

Sd-1	Sd-2	Sd-3	Sd-4	Sd-5	Sd-6	Sd-7	Sd-8	備　考
4.31	2.58	3.32	2.20	2.34	2.23	2.52	1.98	上部格子板
4.31	2.58	3.32	2.20	2.34	2.23	2.52	1.98	
4.31	2.58	3.31	2.20	2.33	2.23	2.52	1.98	
4.30	2.58	3.31	2.19	2.32	2.23	2.51	1.97	燃料集合体中央
4.29	2.58	3.30	2.18	2.31	2.22	2.49	1.96	
4.27	2.58	3.29	2.17	2.30	2.21	2.48	1.94	
4.26	2.58	3.28	2.16	2.28	2.20	2.46	1.93	炉心支持板
4.25	2.58	3.28	2.15	2.28	2.20	2.44	1.92	
4.24	2.58	3.27	2.15	2.27	2.19	2.44	1.91	
4.22	2.57	3.26	2.14	2.26	2.18	2.42	1.90	制御棒案内管中央
4.21	2.57	3.25	2.12	2.24	2.17	2.40	1.88	
4.20	2.57	3.24	2.11	2.23	2.16	2.38	1.86	
4.19	2.57	3.24	2.11	2.22	2.16	2.37	1.86	制御棒案内管下端

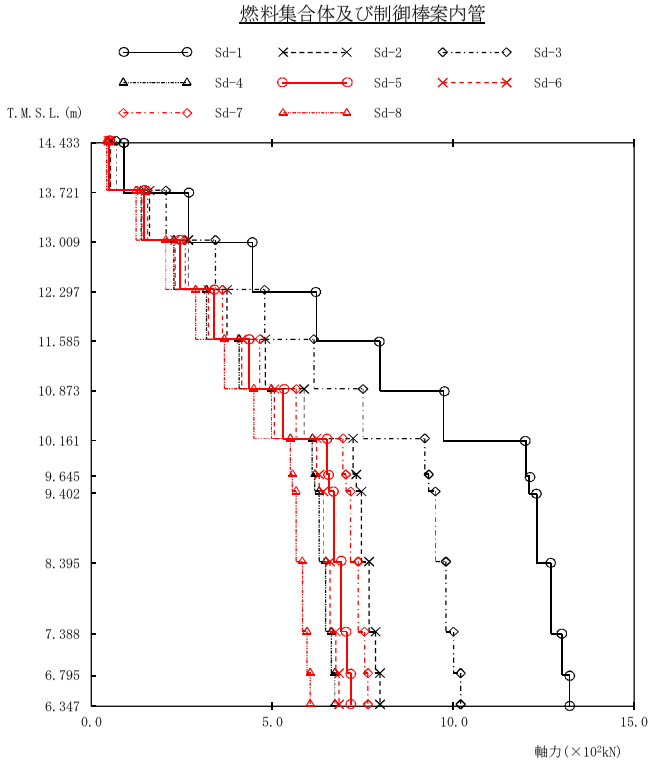
図4－617　最大応答加速度　弾性設計用地震動Ｓｄ（鉛直方向　燃料集合体及び制御棒案内管）



(単位：mm)

Sd-1	Sd-2	Sd-3	Sd-4	Sd-5	Sd-6	Sd-7	Sd-8	備　考
4.62	2.38	3.96	2.17	2.37	2.37	2.14	1.34	上部格子板
4.62	2.38	3.96	2.17	2.37	2.37	2.14	1.34	
4.62	2.38	3.95	2.17	2.37	2.37	2.14	1.34	
4.61	2.38	3.95	2.17	2.37	2.37	2.14	1.34	燃料集合体中央
4.61	2.38	3.95	2.17	2.37	2.37	2.14	1.34	
4.61	2.38	3.95	2.17	2.37	2.36	2.14	1.33	
4.61	2.37	3.94	2.17	2.36	2.36	2.13	1.33	炉心支持板
4.60	2.37	3.94	2.16	2.36	2.36	2.13	1.33	
4.60	2.37	3.94	2.16	2.36	2.36	2.13	1.33	
4.60	2.37	3.94	2.16	2.36	2.36	2.13	1.33	制御棒案内管中央
4.59	2.37	3.93	2.16	2.36	2.36	2.13	1.33	
4.59	2.37	3.93	2.16	2.35	2.35	2.13	1.33	
4.59	2.37	3.93	2.16	2.35	2.35	2.12	1.33	制御棒案内管下端

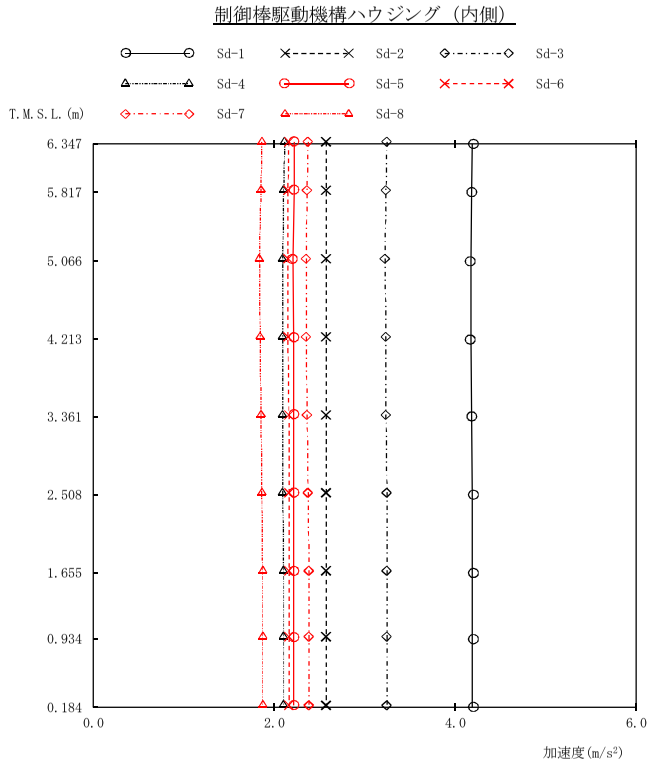
図4－618　最大応答変位　弾性設計用地震動Ｓｄ（鉛直方向　燃料集合体及び制御棒案内管）



(単位：kN)

Sd-1	Sd-2	Sd-3	Sd-4	Sd-5	Sd-6	Sd-7	Sd-8	備　考
88.9	53.7	68.5	45.5	48.7	46.3	52.0	41.1	上部格子板
267	161	205	136	146	139	156	123	
444	268	342	227	243	231	259	205	
621	375	478	317	339	323	362	287	燃料集合体中央
797	481	614	407	435	415	465	367	
973	588	750	497	530	506	566	448	
1200	723	921	610	650	622	695	549	炉心支持板
1210	732	932	617	657	629	703	555	
1230	746	950	629	670	641	716	565	
1270	768	979	647	689	660	737	582	制御棒案内管中央
1300	786	1000	662	705	675	754	595	
1320	798	1020	672	715	685	764	604	
								制御棒案内管下端

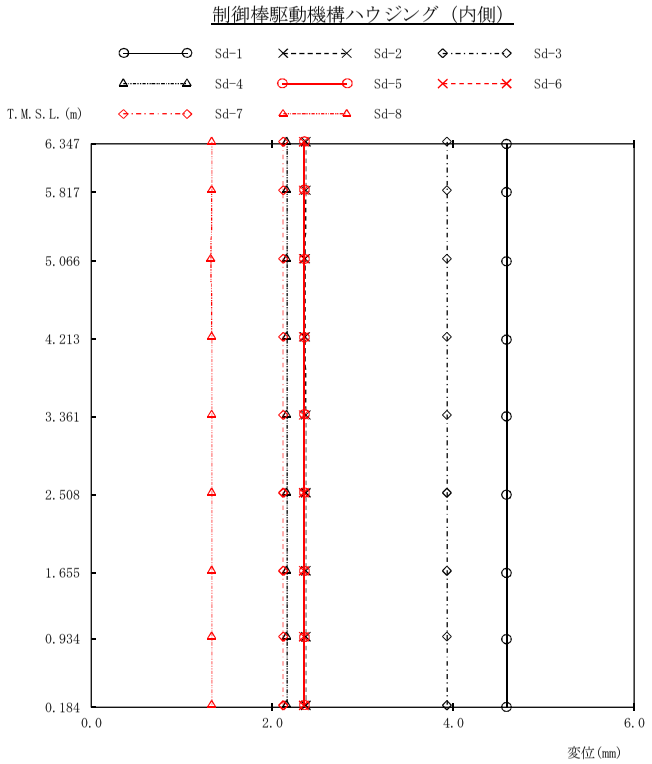
図4－619　最大応答軸力　弾性設計用地震動Ｓｄ（鉛直方向　燃料集合体及び制御棒案内管）



（単位：m/s²）

Sd-1	Sd-2	Sd-3	Sd-4	Sd-5	Sd-6	Sd-7	Sd-8	備　考
4.19	2.57	3.24	2.11	2.22	2.16	2.37	1.86	制御棒駆動機構 ハウジング上端
4.18	2.57	3.23	2.10	2.22	2.15	2.36	1.85	
4.17	2.57	3.22	2.09	2.20	2.15	2.35	1.83	原子炉圧力容器 底部位置
4.17	2.57	3.23	2.09	2.21	2.15	2.35	1.84	
4.18	2.57	3.23	2.09	2.21	2.16	2.36	1.85	
4.19	2.57	3.24	2.09	2.21	2.16	2.37	1.86	
4.19	2.57	3.24	2.10	2.21	2.16	2.38	1.87	制御棒駆動機構 ハウジング下端
4.19	2.57	3.24	2.10	2.21	2.16	2.38	1.87	
4.19	2.57	3.24	2.10	2.21	2.16	2.38	1.87	制御棒駆動機構 原動機下端

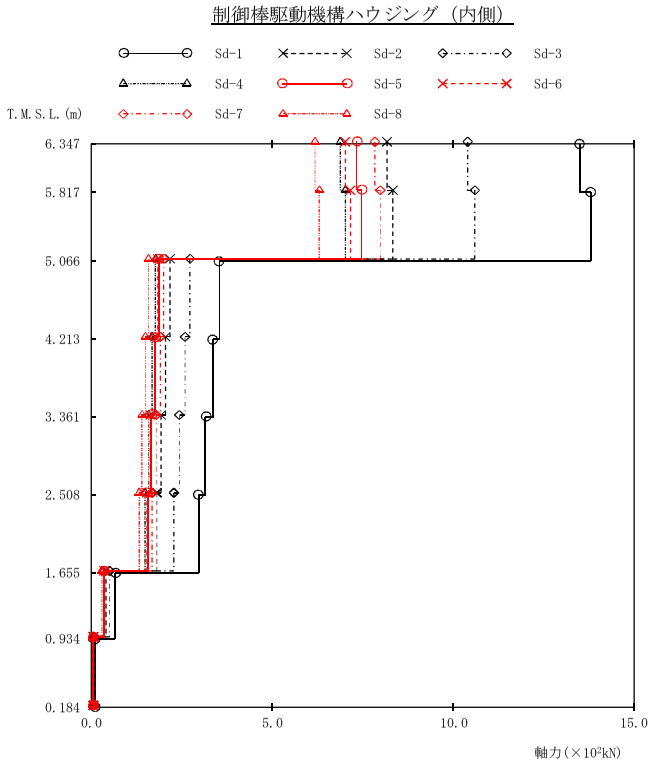
図4－620　最大応答加速度　弾性設計用地震動Ｓｄ（鉛直方向　制御棒駆動機構ハウジング（内側））



(単位：mm)

Sd-1	Sd-2	Sd-3	Sd-4	Sd-5	Sd-6	Sd-7	Sd-8	備　考
4.59	2.37	3.93	2.16	2.35	2.35	2.12	1.33	制御棒駆動機構 ハウジング上端
4.59	2.37	3.93	2.16	2.35	2.35	2.12	1.33	
4.59	2.36	3.93	2.16	2.35	2.35	2.12	1.32	原子炉圧力容器 底部位置
4.59	2.36	3.93	2.16	2.35	2.35	2.12	1.33	
4.59	2.37	3.93	2.16	2.35	2.35	2.12	1.33	
4.59	2.37	3.93	2.16	2.35	2.35	2.12	1.33	
4.59	2.37	3.93	2.16	2.35	2.35	2.12	1.33	制御棒駆動機構 ハウジング下端
4.59	2.37	3.93	2.16	2.35	2.35	2.12	1.33	
4.59	2.37	3.93	2.16	2.35	2.35	2.12	1.33	制御棒駆動機構 原動機下端

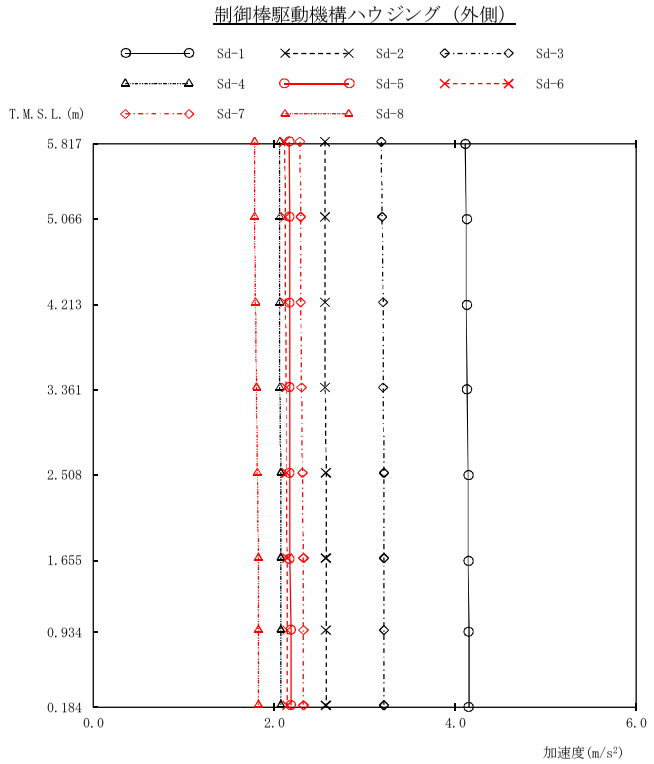
図4－621　最大応答変位　弾性設計用地震動Ｓｄ（鉛直方向　制御棒駆動機構ハウジング（内側））



(単位：kN)

Sd-1	Sd-2	Sd-3	Sd-4	Sd-5	Sd-6	Sd-7	Sd-8	備　考
1350	817	1040	687	732	701	782	617	制御棒駆動機構 ハウジング上端
1380	833	1060	701	746	715	797	629	
354	217	273	177	187	182	200	158	原子炉圧力容器 底部位置
335	205	259	168	177	173	190	149	
315	193	243	158	166	162	179	140	
296	181	228	148	156	153	168	132	
65.3	40.0	50.4	32.7	34.5	33.7	37.1	29.1	制御棒駆動機構 ハウジング下端
9.51	5.83	7.35	4.76	5.02	4.91	5.40	4.25	
								制御棒駆動機構 原動機下端

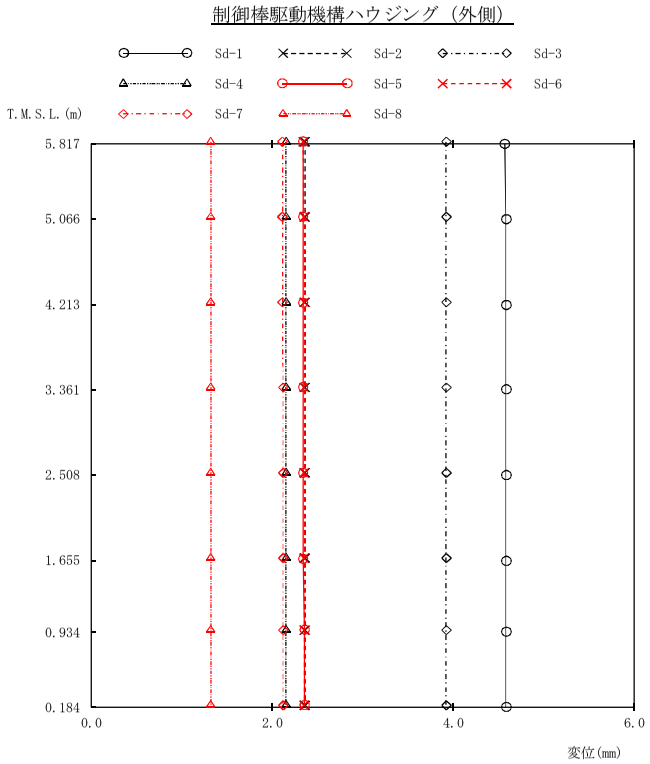
図4－622　最大応答軸力　弾性設計用地震動Ｓｄ（鉛直方向　制御棒駆動機構ハウジング（内側））



（単位：m/s²）

Sd-1	Sd-2	Sd-3	Sd-4	Sd-5	Sd-6	Sd-7	Sd-8	備　考
4.11	2.56	3.18	2.06	2.16	2.11	2.28	1.78	原子炉圧力容器 底部位置
4.12	2.56	3.19	2.06	2.17	2.12	2.29	1.78	
4.12	2.56	3.20	2.06	2.17	2.12	2.29	1.79	
4.13	2.56	3.20	2.06	2.17	2.13	2.30	1.80	
4.14	2.57	3.21	2.07	2.17	2.13	2.31	1.81	
4.14	2.57	3.21	2.07	2.17	2.14	2.32	1.82	制御棒駆動機構 ハウジング下端
4.15	2.57	3.21	2.07	2.18	2.14	2.32	1.82	
4.15	2.57	3.21	2.07	2.18	2.14	2.32	1.82	制御棒駆動機構 原動機下端

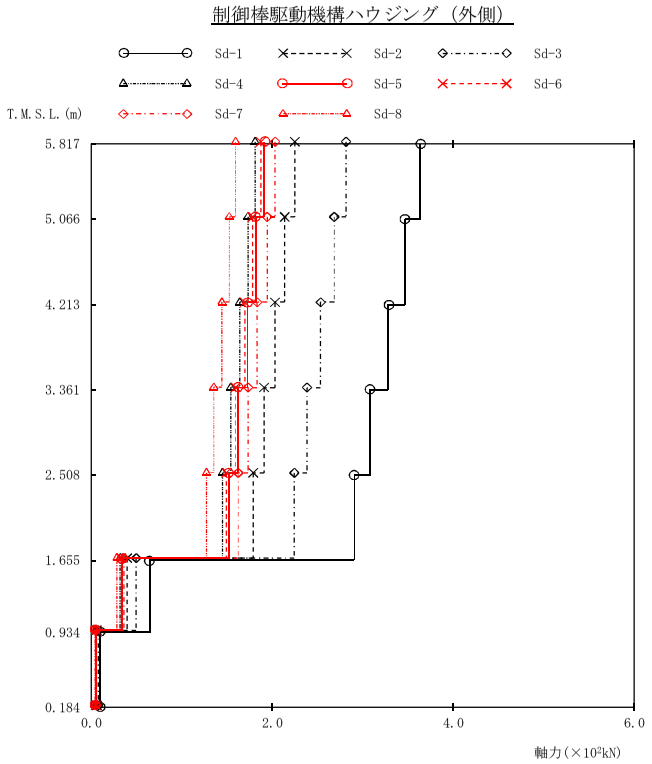
図4－623　最大応答加速度　弾性設計用地震動Ｓｄ（鉛直方向　制御棒駆動機構ハウジング（外側））



(単位：mm)

Sd-1	Sd-2	Sd-3	Sd-4	Sd-5	Sd-6	Sd-7	Sd-8	備　考
4.57	2.36	3.92	2.15	2.34	2.34	2.11	1.32	原子炉圧力容器 底部位置
4.58	2.36	3.92	2.15	2.34	2.35	2.11	1.32	
4.58	2.36	3.92	2.15	2.34	2.35	2.11	1.32	
4.58	2.36	3.92	2.15	2.34	2.35	2.12	1.32	
4.58	2.36	3.92	2.15	2.34	2.35	2.12	1.32	
4.58	2.36	3.92	2.15	2.34	2.35	2.12	1.32	制御棒駆動機構 ハウジング下端
4.58	2.36	3.92	2.15	2.35	2.35	2.12	1.32	
4.58	2.36	3.92	2.15	2.35	2.35	2.12	1.32	制御棒駆動機構 原動機下端

図4－624　最大応答変位　弾性設計用地震動Ｓｄ（鉛直方向　制御棒駆動機構ハウジング（外側））

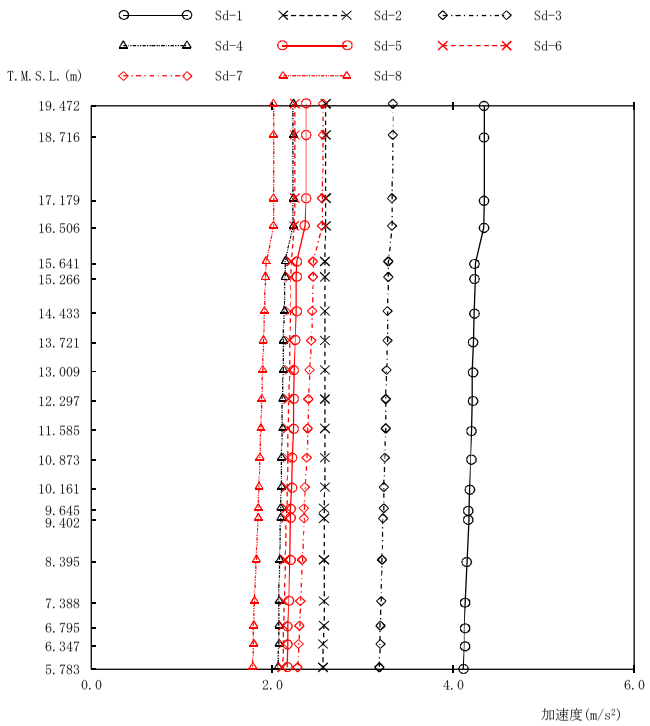


(単位：kN)

Sd-1	Sd-2	Sd-3	Sd-4	Sd-5	Sd-6	Sd-7	Sd-8	備　考
363	225	281	181	191	187	203	159	原子炉圧力容器 底部位置
346	214	268	173	182	178	194	152	
328	203	253	164	172	169	183	144	
308	191	238	154	162	159	173	135	
290	179	224	145	152	149	162	127	
63.9	39.6	49.4	31.9	33.5	32.9	35.8	28.0	制御棒駆動機構 ハウジング下端
9.31	5.76	7.20	4.65	4.89	4.79	5.21	4.09	制御棒駆動機構 原動機下端

図4－625　最大応答軸力　弾性設計用地震動Ｓｄ（鉛直方向　制御棒駆動機構ハウジング（外側））

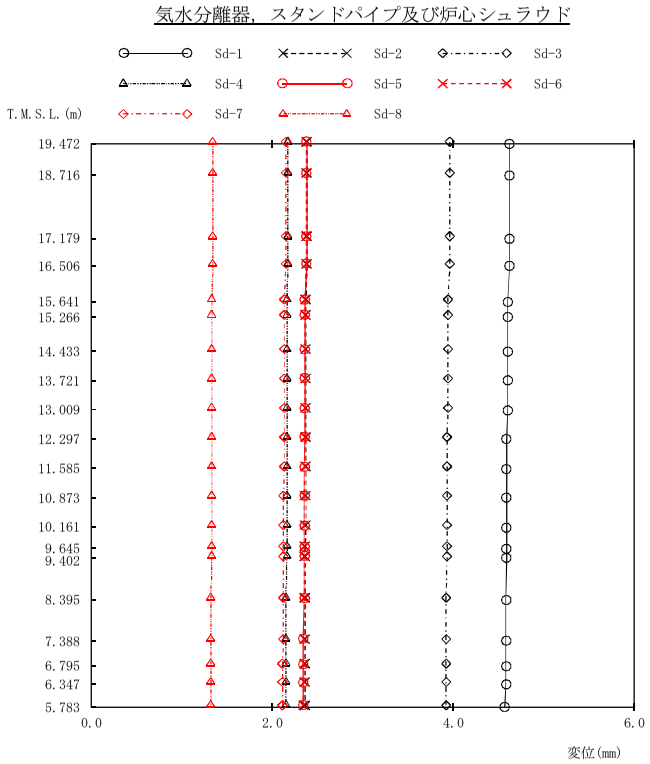
気水分離器，スタンドパイプ及び炉心シュラウド



(単位：m/s²)

Sd-1	Sd-2	Sd-3	Sd-4	Sd-5	Sd-6	Sd-7	Sd-8	備　考
4.34	2.59	3.33	2.23	2.37	2.25	2.56	2.01	気水分離器頂部
4.34	2.59	3.33	2.23	2.37	2.25	2.56	2.01	
4.34	2.59	3.32	2.23	2.37	2.25	2.55	2.01	
4.33	2.59	3.32	2.23	2.36	2.24	2.55	2.01	シュラウドヘッド鏡板頂部
4.24	2.58	3.28	2.14	2.27	2.21	2.45	1.93	
4.24	2.58	3.28	2.14	2.26	2.20	2.45	1.92	
4.23	2.58	3.27	2.13	2.26	2.20	2.44	1.91	上部格子板
4.22	2.58	3.27	2.12	2.25	2.19	2.43	1.90	
4.21	2.58	3.26	2.12	2.24	2.19	2.41	1.89	
4.21	2.58	3.25	2.11	2.23	2.18	2.40	1.88	
4.20	2.58	3.25	2.11	2.23	2.17	2.39	1.87	
4.19	2.58	3.24	2.10	2.22	2.17	2.38	1.86	
4.18	2.58	3.23	2.10	2.21	2.16	2.36	1.85	炉心支持板
4.17	2.57	3.23	2.09	2.20	2.16	2.35	1.84	
4.17	2.57	3.22	2.09	2.20	2.15	2.35	1.84	
4.15	2.57	3.21	2.08	2.19	2.14	2.33	1.82	
4.13	2.57	3.20	2.07	2.18	2.13	2.31	1.80	
4.12	2.57	3.19	2.07	2.17	2.12	2.30	1.79	シュラウドサポートプレート
4.12	2.56	3.19	2.07	2.17	2.12	2.29	1.79	
4.11	2.56	3.18	2.06	2.16	2.11	2.28	1.78	

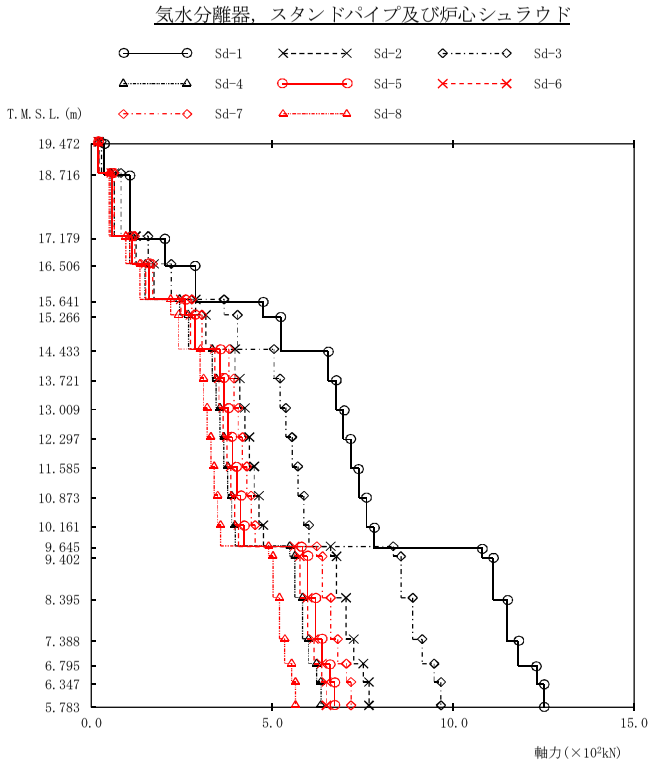
図4－626　最大応答加速度　弾性設計用地震動Ｓｄ（鉛直方向　気水分離器，スタンドパイプ及び炉心シュラウド）



(単位：mm)

Sd-1	Sd-2	Sd-3	Sd-4	Sd-5	Sd-6	Sd-7	Sd-8	備　考
4.62	2.38	3.96	2.17	2.38	2.37	2.15	1.34	気水分離器頂部
4.62	2.38	3.96	2.17	2.38	2.37	2.15	1.34	
4.62	2.38	3.96	2.17	2.38	2.37	2.15	1.34	
4.62	2.38	3.96	2.17	2.38	2.37	2.15	1.34	シュラウドヘッド鏡板頂部
4.60	2.37	3.94	2.16	2.36	2.36	2.13	1.33	
4.60	2.37	3.94	2.16	2.36	2.36	2.13	1.33	
4.60	2.37	3.94	2.16	2.36	2.36	2.13	1.33	上部格子板
4.60	2.37	3.94	2.16	2.36	2.36	2.13	1.33	
4.60	2.37	3.94	2.16	2.36	2.36	2.13	1.33	
4.59	2.37	3.93	2.16	2.36	2.36	2.13	1.33	
4.59	2.37	3.93	2.16	2.35	2.36	2.13	1.33	
4.59	2.37	3.93	2.16	2.35	2.35	2.12	1.33	
4.59	2.37	3.93	2.16	2.35	2.35	2.12	1.33	炉心支持板
4.59	2.36	3.93	2.16	2.35	2.35	2.12	1.33	
4.59	2.36	3.93	2.16	2.35	2.35	2.12	1.33	
4.58	2.36	3.92	2.15	2.35	2.35	2.12	1.32	
4.58	2.36	3.92	2.15	2.34	2.35	2.12	1.32	
4.58	2.36	3.92	2.15	2.34	2.35	2.11	1.32	シュラウドサポートプレート
4.58	2.36	3.92	2.15	2.34	2.35	2.11	1.32	
4.57	2.36	3.92	2.15	2.34	2.34	2.11	1.32	

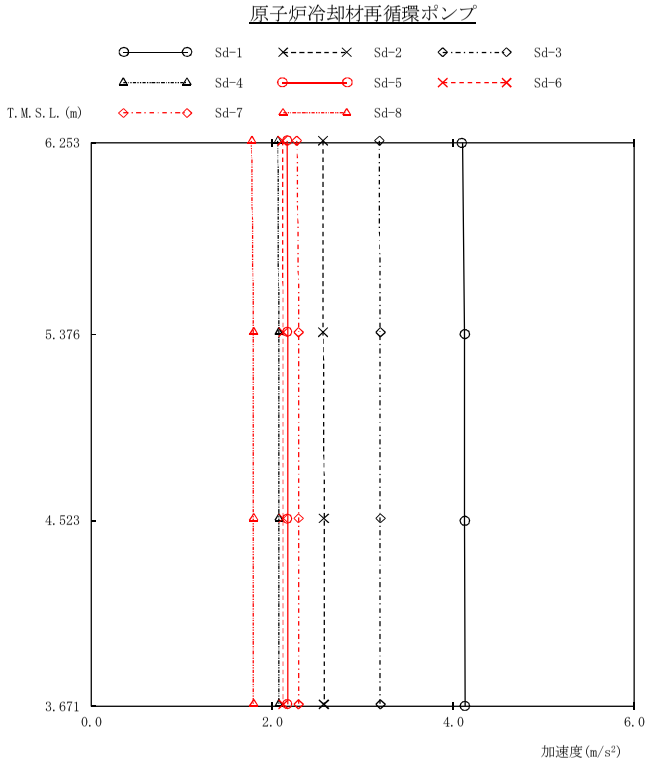
図4－627　最大応答変位　弾性設計用地震動Ｓｄ（鉛直方向　気水分離器，スタンドパイプ及び炉心シュラウド）



(単位：kN)

Sd-1	Sd-2	Sd-3	Sd-4	Sd-5	Sd-6	Sd-7	Sd-8	備　考
34.5	20.7	26.5	17.8	19.0	18.0	20.3	16.1	気水分離器頂部
105	63.0	80.8	54.2	57.9	54.9	61.9	49.1	
203	122	156	105	112	106	119	94.7	
287	172	220	148	158	150	169	134	シュラウドヘッド 鏡板頂部
475	287	366	243	259	247	277	219	
523	316	403	267	285	273	305	241	
654	396	504	333	355	341	380	301	上部格子板
675	409	521	344	367	352	393	310	
697	423	537	354	378	363	405	320	
718	436	554	365	389	374	417	330	
739	449	570	376	401	385	429	339	
761	462	587	387	412	396	441	349	
780	474	601	396	422	406	452	357	炉心支持板
1080	660	834	547	582	561	622	490	
1110	677	855	561	596	575	638	502	
1150	703	888	582	619	597	661	520	
1180	724	914	599	636	614	680	535	
1230	751	947	621	659	636	704	554	シュラウドサポート プレート
1250	766	966	633	672	649	717	564	

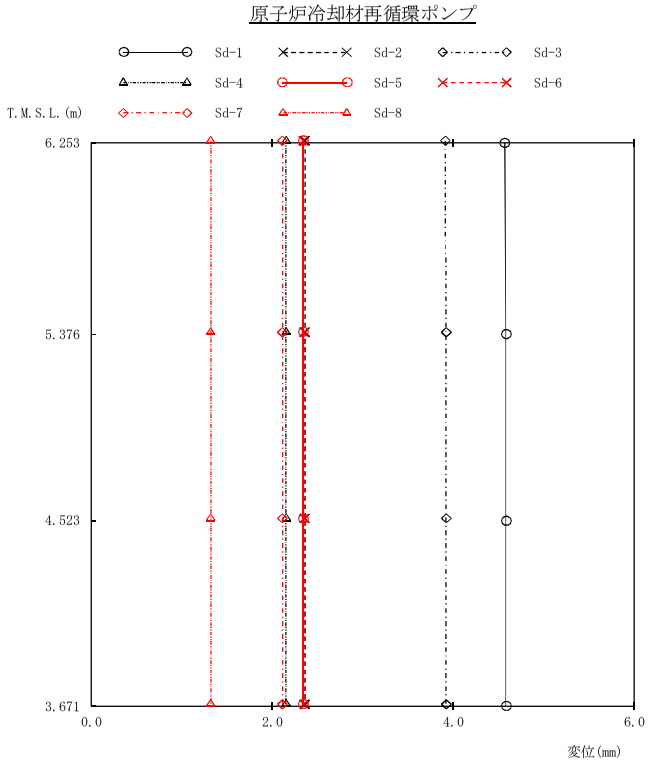
図4－628　最大応答軸力　弾性設計用地震動Ｓｄ（鉛直方向　気水分離器，スタンドパイプ及び炉心シュラウド）



(単位：m/s²)

Sd-1	Sd-2	Sd-3	Sd-4	Sd-5	Sd-6	Sd-7	Sd-8	備　考
4.10	2.56	3.18	2.06	2.16	2.11	2.27	1.77	原子炉圧力容器 底部位置
4.12	2.56	3.19	2.07	2.17	2.12	2.29	1.79	
4.12	2.57	3.19	2.07	2.17	2.12	2.29	1.79	
4.13	2.57	3.19	2.07	2.17	2.12	2.29	1.79	原子炉冷却材再循環 ポンプ下端

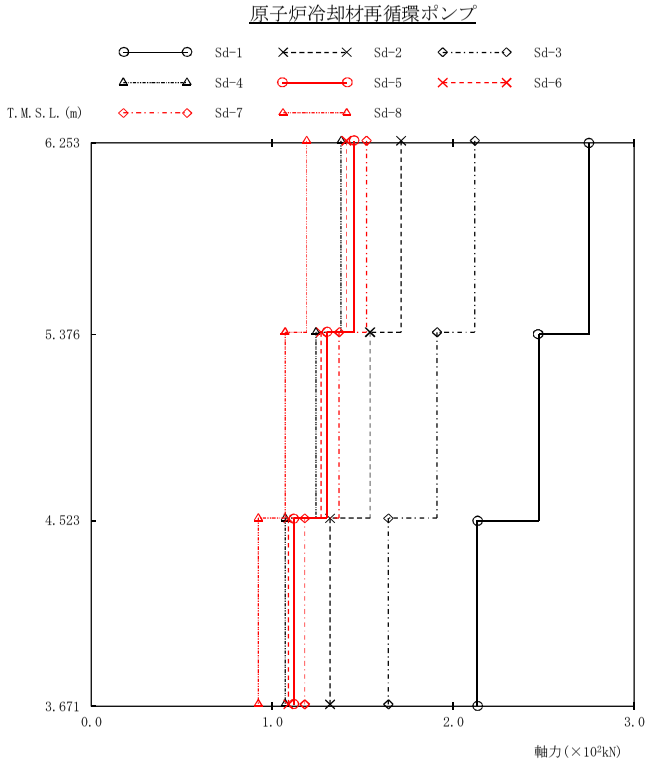
図4－629　最大応答加速度　弾性設計用地震動Ｓｄ（鉛直方向　原子炉冷却材再循環ポンプ）



(単位：mm)

Sd-1	Sd-2	Sd-3	Sd-4	Sd-5	Sd-6	Sd-7	Sd-8	備　考
4.57	2.36	3.91	2.15	2.34	2.34	2.11	1.32	原子炉圧力容器 底部位置
4.58	2.36	3.92	2.15	2.34	2.35	2.11	1.32	
4.58	2.36	3.92	2.15	2.34	2.35	2.11	1.32	
4.58	2.36	3.92	2.15	2.34	2.35	2.11	1.32	原子炉冷却材再循環 ポンプ下端

図4－630　最大応答変位　弾性設計用地震動Ｓｄ（鉛直方向　原子炉冷却材再循環ポンプ）

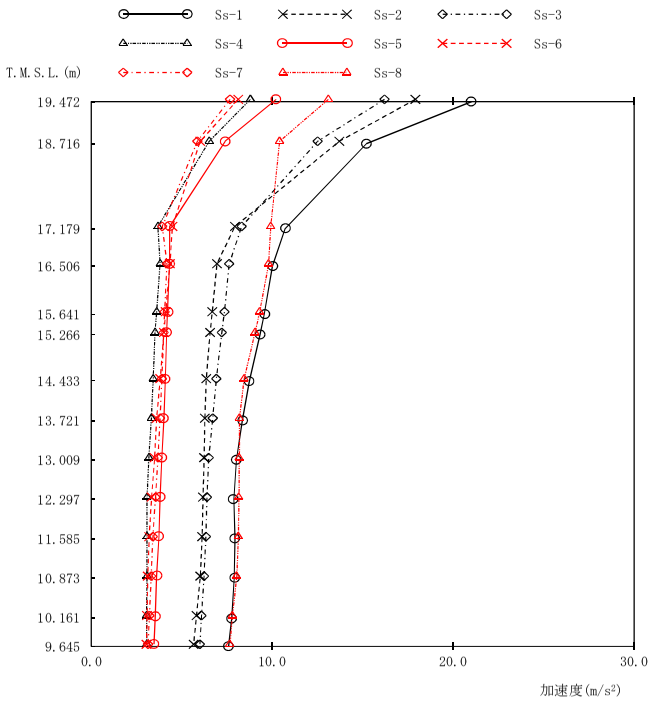


(単位：kN)

Sd-1	Sd-2	Sd-3	Sd-4	Sd-5	Sd-6	Sd-7	Sd-8	備　考
								原子炉圧力容器 底部位置
275	171	212	138	145	141	152	119	
247	154	191	124	130	127	137	107	
213	132	164	107	112	109	118	92.1	
								原子炉冷却材再循環 ポンプ下端

図4－631　最大応答軸力　弾性設計用地震動Ｓｄ（鉛直方向　原子炉冷却材再循環ポンプ）

気水分離器，スタンドパイプ及び炉心シュラウド

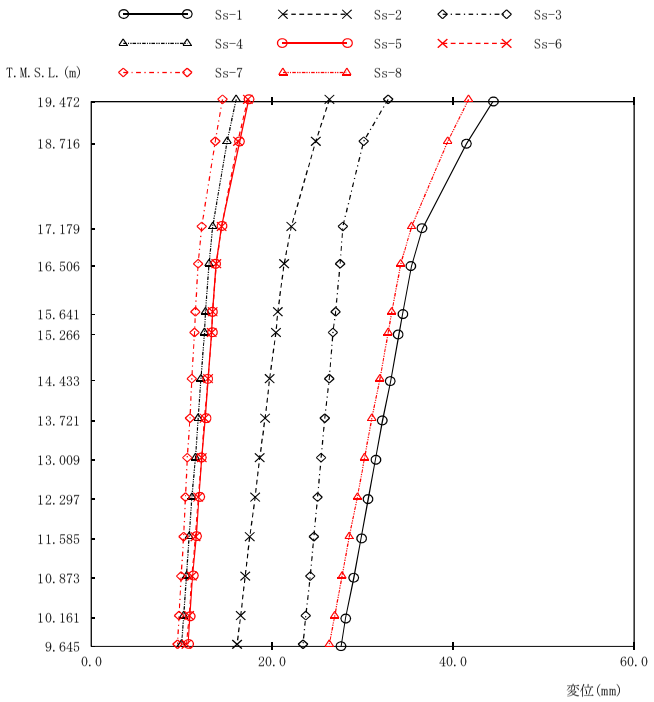


(単位：m/s²)

Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	備　考
21.0	17.9	16.2	8.78	10.2	8.11	7.65	13.1	気水分離器頂部
15.2	13.7	12.5	6.51	7.39	6.01	5.85	10.4	
10.7	7.93	8.30	3.68	4.33	4.48	3.91	9.91	
10.0	6.94	7.61	3.80	4.32	4.34	4.17	9.79	シュラウドヘッド 鏡板頂部
9.55	6.68	7.35	3.61	4.21	4.11	4.04	9.30	
9.31	6.56	7.20	3.52	4.16	4.01	3.99	9.04	
8.73	6.35	6.90	3.42	4.09	3.81	3.89	8.44	上部格子板
8.34	6.27	6.70	3.32	4.01	3.61	3.79	8.18	
8.01	6.23	6.48	3.18	3.90	3.50	3.67	8.17	
7.87	6.17	6.38	3.08	3.80	3.33	3.54	8.15	
7.93	6.12	6.32	3.08	3.74	3.20	3.39	8.12	
7.89	6.02	6.22	3.08	3.61	3.12	3.30	8.03	
7.76	5.81	6.08	3.05	3.53	3.08	3.20	7.79	
7.58	5.65	5.99	3.07	3.47	3.05	3.13	7.65	炉心シュラウド 上部胴下端

図4－632　最大応答加速度　基準地震動Ｓｓ（NS方向　気水分離器，スタンドパイプ及び炉心シュラウド）

気水分離器，スタンドパイプ及び炉心シュラウド

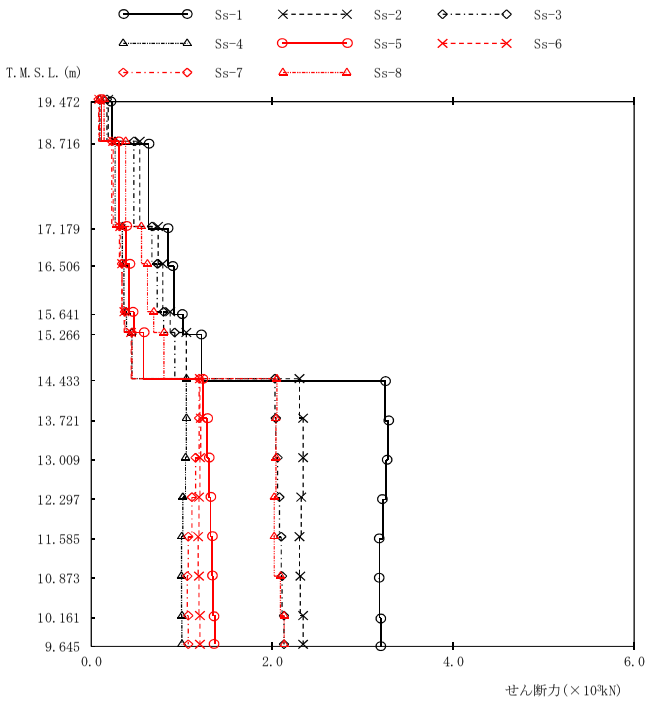


（単位：mm）

Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	備　考
44.4	26.3	32.8	16.0	17.4	17.3	14.5	41.7	気水分離器頂部
41.5	24.8	30.1	15.0	16.4	16.2	13.7	39.4	
36.6	22.1	27.8	13.4	14.4	14.4	12.2	35.4	
35.4	21.3	27.5	13.0	13.8	13.8	11.8	34.2	シュラウドヘッド 鏡板頂部
34.4	20.6	27.0	12.6	13.4	13.4	11.5	33.2	
34.0	20.4	26.7	12.5	13.3	13.3	11.4	32.8	
33.1	19.7	26.3	12.1	12.9	12.9	11.1	31.9	上部格子板
32.2	19.2	25.8	11.8	12.6	12.5	10.9	31.0	
31.4	18.6	25.4	11.5	12.2	12.2	10.6	30.2	
30.6	18.1	25.0	11.1	11.9	11.8	10.4	29.4	
29.8	17.5	24.6	10.8	11.6	11.5	10.2	28.5	
29.0	17.0	24.2	10.5	11.2	11.1	9.92	27.7	
28.1	16.5	23.7	10.2	10.9	10.8	9.69	26.9	
27.6	16.1	23.4	9.96	10.7	10.5	9.52	26.3	炉心シュラウド 上部胴下端

図4－633　最大応答変位　基準地震動Ｓｓ（NS方向　気水分離器，スタンドパイプ及び炉心シュラウド）

気水分離器，スタンドパイプ及び炉心シュラウド

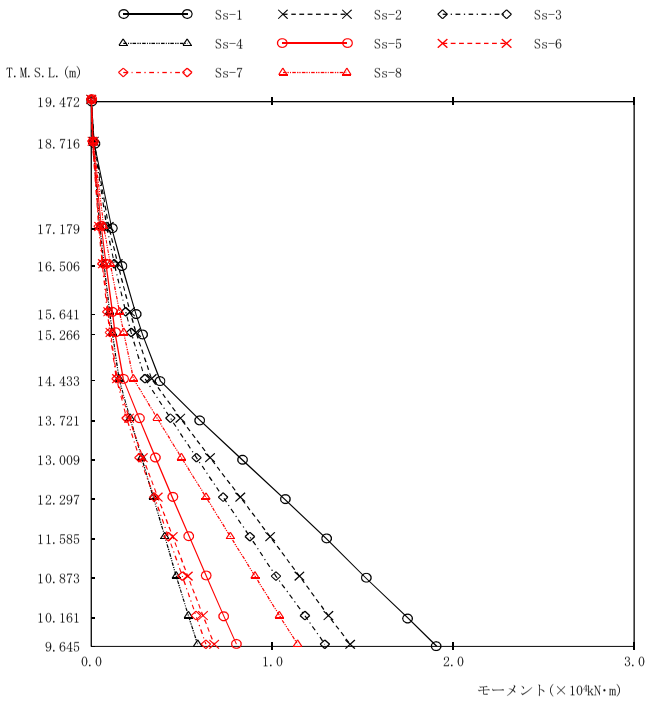


(単位：kN)

Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	備　考
224	187	171	93.5	110	85.8	79.0	142	気水分離器頂部
633	536	469	262	306	240	224	380	
850	738	669	342	387	318	309	554	
908	790	728	360	420	338	336	620	シュラウドヘッド 鏡板頂部
1010	872	797	387	470	363	371	690	
1220	1050	921	448	577	438	447	803	
3250	2300	2030	1050	1230	1200	1190	2050	上部格子板
3280	2340	2040	1050	1280	1210	1190	2040	
3260	2340	2060	1040	1300	1200	1150	2040	
3220	2320	2080	1010	1320	1190	1110	2020	
3180	2300	2100	997	1330	1180	1070	2020	
3180	2310	2110	995	1340	1190	1060	2090	
3200	2340	2130	1000	1360	1200	1070	2130	炉心シュラウド 上部胴下端

図4－634　最大応答せん断力　基準地震動Ｓｓ（NS方向　気水分離器，スタンドパイプ及び炉心シュラウド）

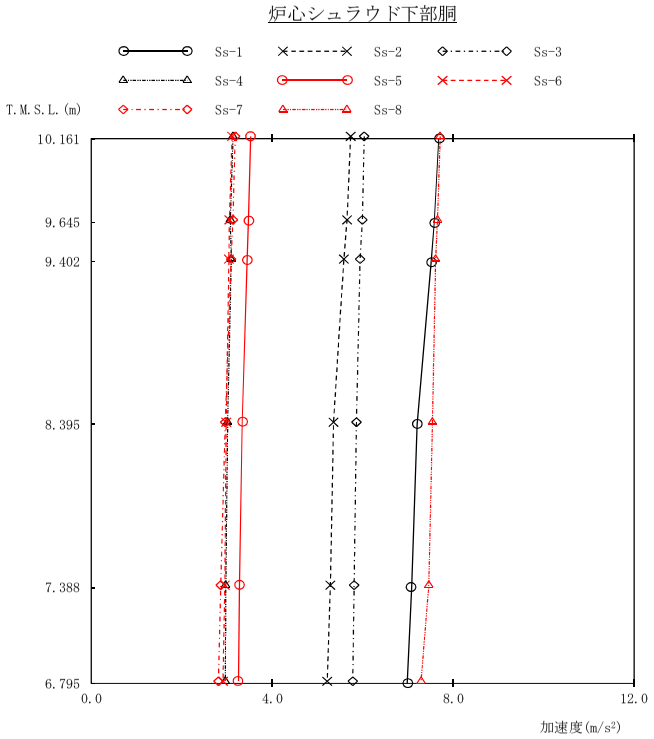
気水分離器，スタンドパイプ及び炉心シュラウド



（単位：kN・m）

Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	備　考
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	気水分離器頂部
169	141	129	70.6	83.1	64.8	59.7	107	
1140	963	849	473	553	433	403	687	
1700	1460	1270	701	811	644	605	1050	シュラウドヘッド 鏡板頂部
2470	2140	1900	1010	1160	930	883	1560	
2840	2470	2200	1160	1310	1060	1020	1790	
3820	3330	2960	1530	1760	1420	1390	2330	上部格子板
6020	4920	4370	2140	2640	2090	1950	3640	
8360	6560	5810	2780	3550	2850	2660	4980	
10700	8230	7280	3420	4470	3670	3480	6340	
13000	9880	8760	4060	5410	4500	4260	7690	
15200	11500	10200	4690	6350	5330	5030	9050	
17500	13100	11800	5360	7310	6170	5780	10400	
19100	14300	12900	5870	8010	6790	6330	11400	炉心シュラウド 上部胴下端

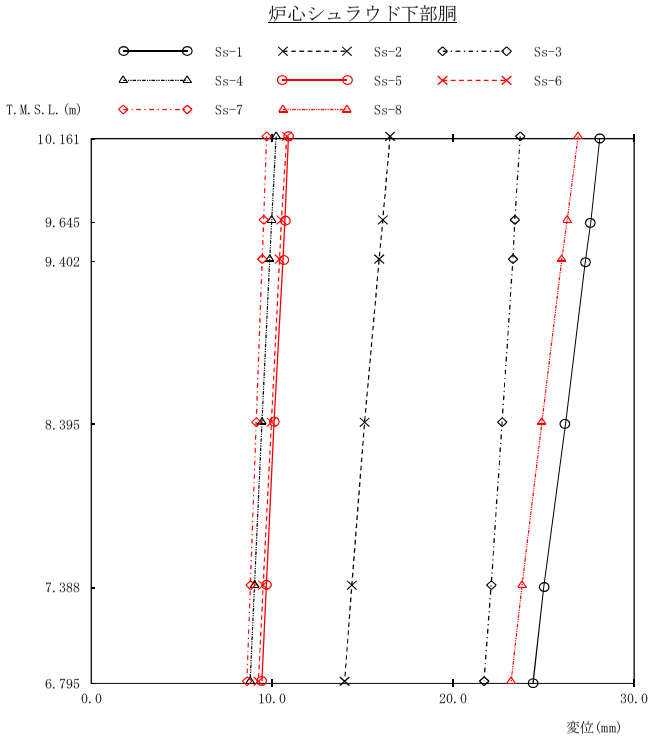
図4－635　最大応答モーメント　基準地震動Ｓｓ（NS方向　気水分離器，スタンドパイプ及び炉心シュラウド）



(単位：m/s²)

Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	備　考
7.68	5.73	6.03	3.13	3.52	3.11	3.18	7.71	炉心支持板
7.58	5.65	5.99	3.07	3.47	3.05	3.13	7.65	
7.51	5.58	5.94	3.09	3.44	3.04	3.09	7.61	
7.20	5.35	5.86	3.01	3.33	2.98	2.96	7.54	
7.08	5.28	5.81	2.97	3.27	2.95	2.86	7.46	
6.98	5.21	5.78	2.96	3.25	2.91	2.81	7.29	シュラウドサポートプレート

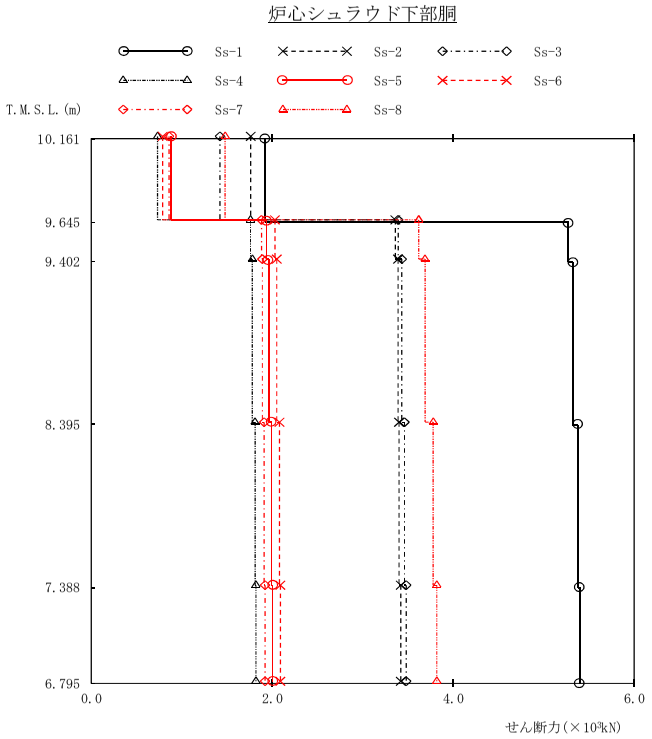
図4－636　最大応答加速度　基準地震動Ｓｓ（NS方向　炉心シュラウド下部胴）



(単位：mm)

Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	備　考
28.1	16.5	23.7	10.2	10.9	10.8	9.68	26.9	炉心支持板
27.6	16.1	23.4	9.96	10.7	10.5	9.52	26.3	
27.3	15.9	23.3	9.85	10.6	10.4	9.44	26.0	
26.2	15.1	22.7	9.42	10.1	9.95	9.11	24.9	
25.0	14.4	22.1	9.01	9.67	9.49	8.79	23.8	
24.4	14.0	21.7	8.77	9.42	9.23	8.60	23.2	シュラウドサポートプレート

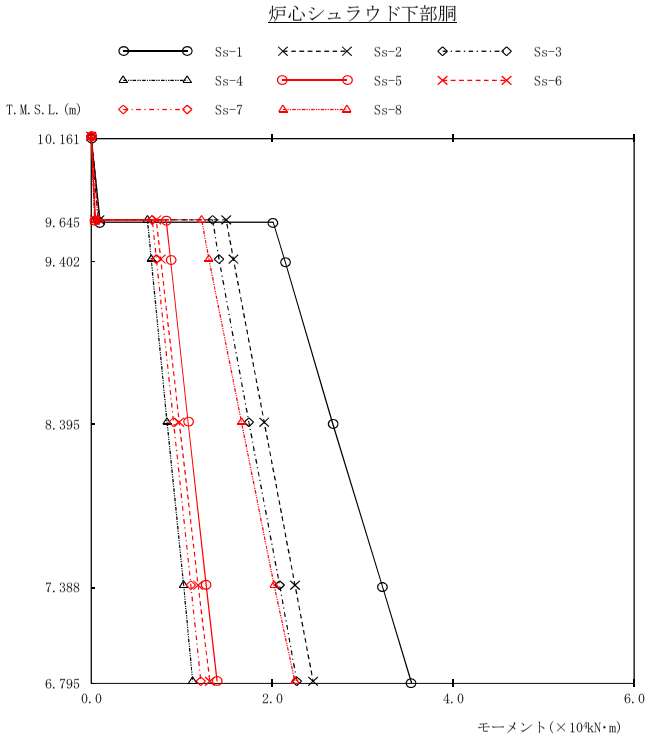
図4－637　最大応答変位　基準地震動Ｓｓ（NS方向　炉心シュラウド下部胴）



(単位：kN)

Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	備　考
								炉心支持板
1920	1760	1420	730	882	786	859	1480	
5270	3360	3390	1760	1940	2030	1880	3620	
5320	3390	3430	1780	1960	2050	1890	3690	
5380	3400	3460	1810	1990	2080	1910	3780	
5400	3420	3480	1820	2000	2090	1920	3820	
								シュラウドサポート プレート

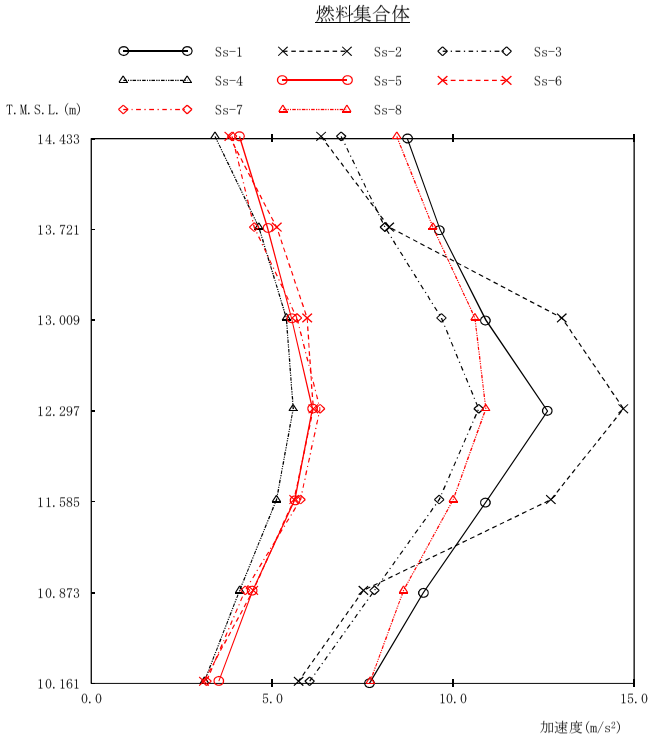
図4－638　最大応答せん断力　基準地震動Ｓｓ（NS方向　炉心シュラウド下部胴）



(単位：kN・m)

Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	備　考
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	炉心支持板
991 20100	910 14900	734 13400	377 6210	455 8280	405 7180	444 6730	763 12200	
21400	15700	14100	6620	8750	7670	7190	13000	
26700	19100	17400	8370	10700	9720	9090	16600	
32200	22500	20800	10200	12700	11800	11000	20200	
35400	24500	22700	11200	13900	13100	12100	22500	シュラウドサポート プレート

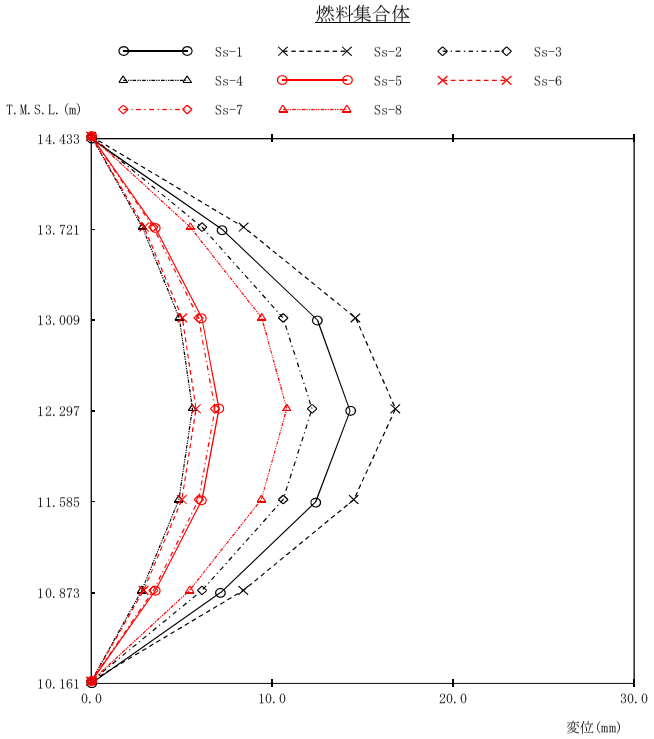
図4－639　最大応答モーメント　基準地震動Ｓｓ（NS方向　炉心シュラウド下部胴）



(単位：m/s²)

Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	備　考
8.73	6.35	6.90	3.42	4.09	3.81	3.89	8.44	上部格子板
9.63	8.23	8.11	4.63	4.86	5.12	4.50	9.44	
10.9	13.0	9.67	5.39	5.53	5.96	5.68	10.6	
12.6	14.7	10.7	5.58	6.11	6.13	6.32	10.9	燃料集合体中央
10.9	12.7	9.61	5.12	5.62	5.60	5.78	10.0	
9.17	7.52	7.82	4.10	4.46	4.47	4.25	8.63	
7.68	5.73	6.03	3.13	3.52	3.11	3.18	7.71	炉心支持板

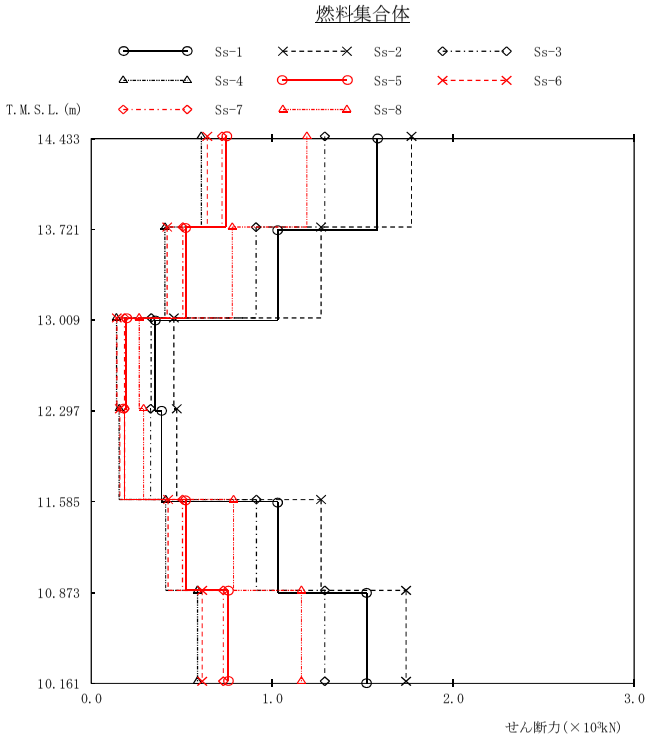
図4－640　最大応答加速度　基準地震動Ｓｓ（NS方向　燃料集合体）



(単位：mm)

Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	備　考
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	上部格子板
7.23	8.42	6.12	2.82	3.53	2.92	3.42	5.47	
12.5	14.6	10.6	4.86	6.11	5.03	5.92	9.42	
14.3	16.8	12.2	5.59	7.05	5.79	6.83	10.8	燃料集合体中央
12.4	14.5	10.6	4.84	6.12	5.01	5.93	9.39	
7.15	8.40	6.12	2.79	3.54	2.89	3.43	5.43	
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	炉心支持板

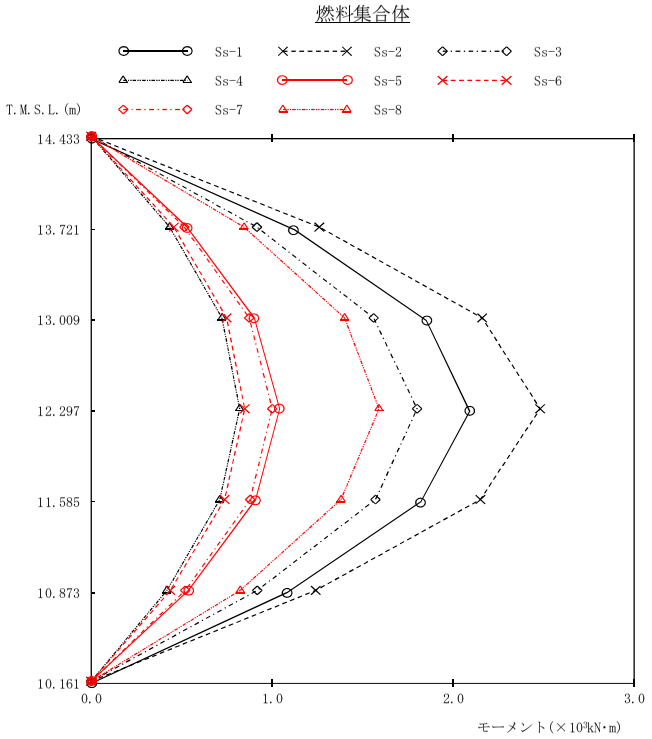
図4－641　最大応答相対変位　基準地震動Ｓｓ（NS方向　燃料集合体）



(単位：kN)

Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	備　考
								上部格子板
1580	1770	1290	608	744	640	722	1190	
1030	1270	910	407	521	419	505	778	
350	456	331	139	193	141	184	264	
								燃料集合体中央
386	472	328	154	182	158	184	288	
1030	1270	912	411	521	424	504	785	
1520	1740	1290	587	753	612	729	1160	
								炉心支持板

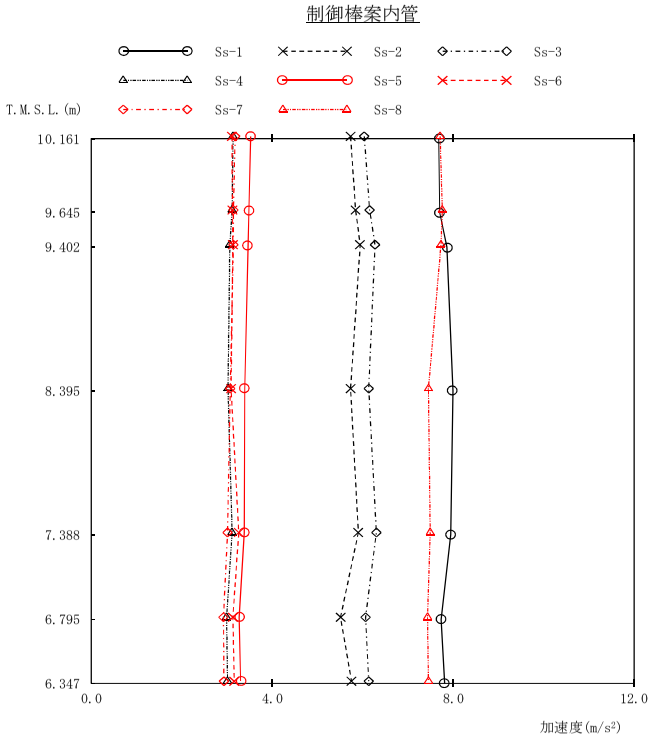
図4－642　最大応答せん断力　基準地震動Ｓｓ（NS方向　燃料集合体）



(単位：kN・m)

Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	備　考
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	上部格子板
1120	1260	915	433	529	456	514	844	
1850	2160	1560	722	900	747	873	1400	
2090	2480	1800	820	1040	847	1000	1590	燃料集合体中央
1820	2150	1570	710	907	736	878	1380	
1080	1240	917	418	536	436	519	823	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	炉心支持板

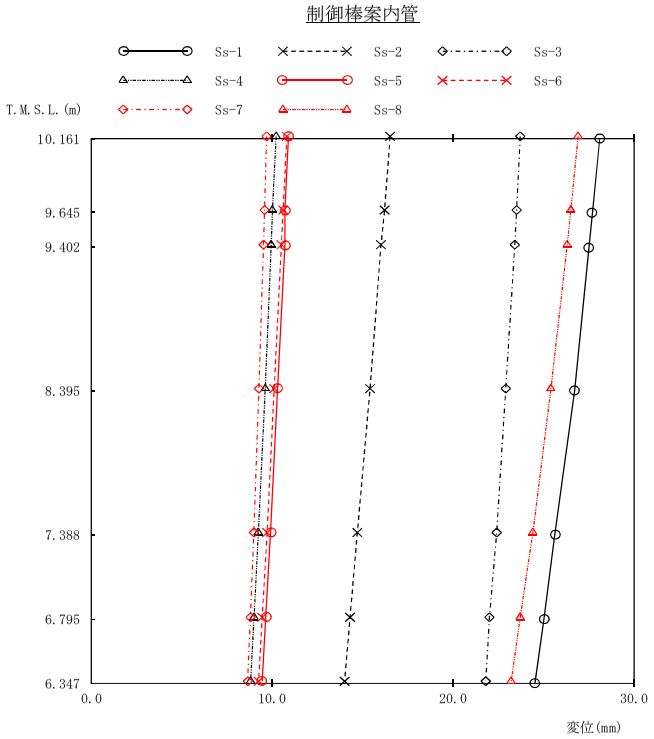
図4－643　最大応答モーメント　基準地震動Ｓｓ（NS方向　燃料集合体）



(単位：m/s²)

Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	備　考
7.68	5.73	6.03	3.13	3.52	3.11	3.18	7.71	炉心支持板
7.70	5.84	6.15	3.11	3.48	3.12	3.14	7.76	
7.86	5.94	6.27	3.06	3.46	3.13	3.14	7.73	
7.99	5.73	6.13	3.02	3.39	3.09	3.07	7.45	制御棒案内管中央
7.94	5.90	6.30	3.11	3.38	3.26	3.01	7.49	
7.73	5.51	6.06	2.99	3.27	3.13	2.92	7.43	
7.81	5.75	6.13	3.01	3.30	3.16	2.93	7.45	制御棒案内管下端

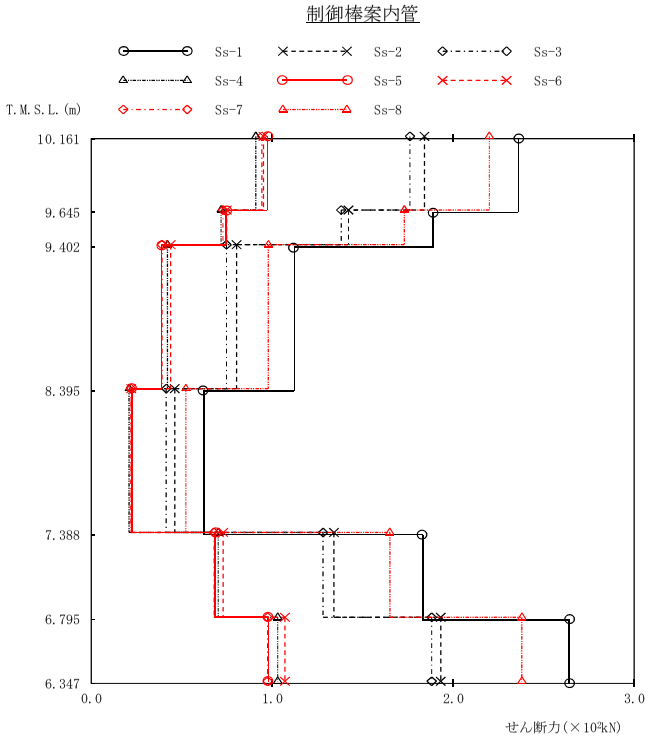
図4－644　最大応答加速度　基準地震動Ｓｓ（NS方向　制御棒案内管）



(単位：mm)

Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	備　考
28.1	16.5	23.7	10.2	10.9	10.8	9.68	26.9	炉心支持板
27.7	16.2	23.5	10.0	10.7	10.6	9.57	26.5	
27.5	16.0	23.4	9.93	10.7	10.5	9.51	26.3	
26.7	15.4	22.9	9.60	10.3	10.1	9.26	25.4	制御棒案内管中央
25.6	14.7	22.4	9.22	9.90	9.71	8.98	24.4	
25.0	14.3	22.0	8.98	9.64	9.44	8.79	23.7	
24.5	14.0	21.8	8.79	9.44	9.24	8.64	23.2	制御棒案内管下端

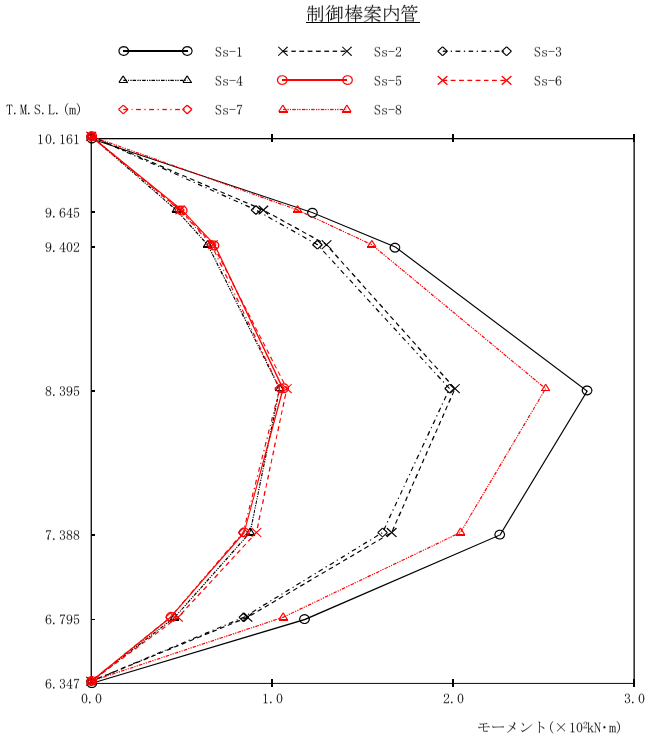
図4－645　最大応答変位　基準地震動Ｓｓ（NS方向　制御棒案内管）



(単位：kN)

Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	備　考
								炉心支持板
236	184	176	90.9	97.2	95.1	94.3	220	
189	142	138	71.7	74.4	74.8	72.8	173	
112	80.2	74.6	42.1	38.9	43.8	39.0	97.8	
								制御棒案内管中央
62.0	46.0	41.3	20.9	22.5	22.0	21.9	52.2	
183	134	128	70.1	68.6	72.9	67.8	165	
264	193	188	103	97.9	107	97.5	238	
								制御棒案内管下端

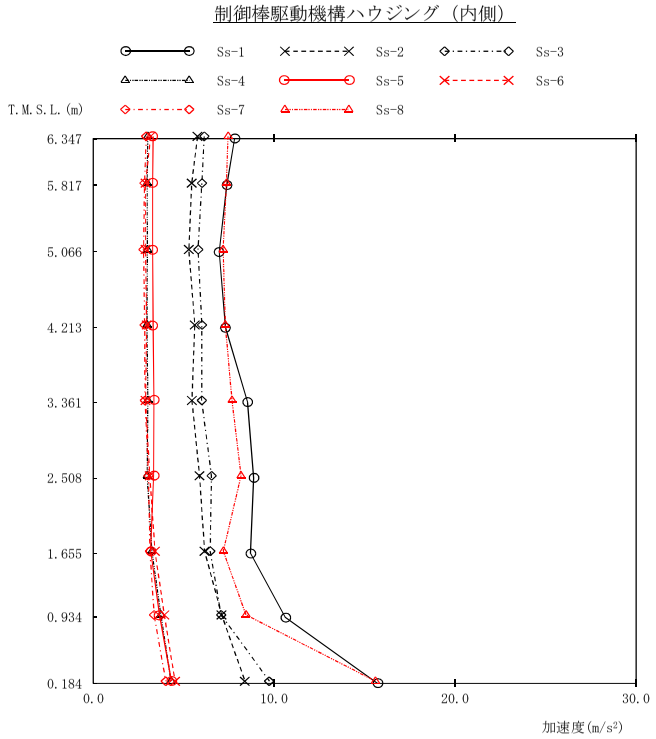
図4－646　最大応答せん断力　基準地震動Ｓｓ（NS方向　制御棒案内管）



(単位：kN・m)

Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	備　考
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	炉心支持板
122	95.1	91.0	46.9	50.2	49.1	48.7	114	
168	130	125	64.3	68.2	67.2	66.3	155	
274	201	198	104	106	108	104	251	制御棒案内管中央
226	166	161	87.7	84.5	91.2	83.8	204	
118	86.3	84.3	46.1	43.8	47.9	43.6	106	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	制御棒案内管下端

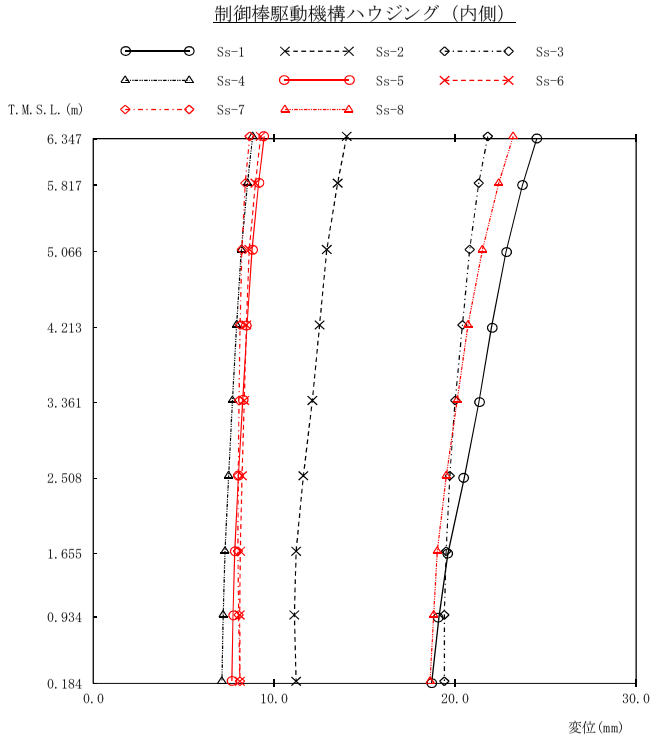
図4－647　最大応答モーメント　基準地震動Ｓｓ（NS方向　制御棒案内管）



（単位：m/s²）

Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	備　考
7.81	5.75	6.13	3.01	3.30	3.16	2.93	7.45	制御棒駆動機構 ハウジング上端
7.38	5.43	6.00	2.98	3.27	2.88	2.83	7.36	
6.96	5.27	5.79	2.99	3.27	2.88	2.78	7.18	原子炉圧力容器 底部位置
7.31	5.60	6.00	2.97	3.30	2.94	2.84	7.30	
8.53	5.44	5.99	3.02	3.34	2.88	2.86	7.67	
8.86	5.86	6.53	2.98	3.32	3.11	3.05	8.17	
8.69	6.14	6.46	3.24	3.16	3.40	3.13	7.19	制御棒駆動機構 ハウジング下端
10.6	7.08	7.06	3.73	3.65	3.92	3.36	8.44	
15.7	8.37	9.72	4.29	4.31	4.51	4.00	15.6	制御棒駆動機構 原動機下端

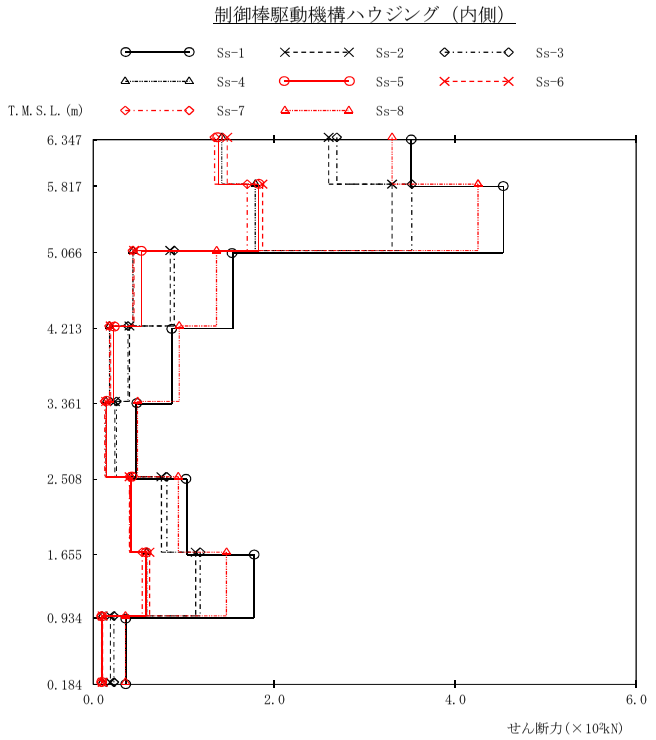
図4－648　最大応答加速度　基準地震動Ｓｓ（NS方向　制御棒駆動機構ハウジング（内側））



（単位：mm）

Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	備　考
24.5	14.0	21.8	8.79	9.44	9.24	8.64	23.2	制御棒駆動機構 ハウジング上端
23.7	13.5	21.3	8.51	9.13	8.95	8.40	22.4	
22.8	12.9	20.8	8.17	8.76	8.61	8.21	21.5	原子炉圧力容器 底部位置
22.0	12.5	20.4	7.91	8.49	8.45	8.11	20.7	
21.3	12.1	20.0	7.68	8.25	8.33	8.05	20.1	
20.5	11.6	19.7	7.47	8.01	8.21	8.01	19.5	
19.6	11.2	19.5	7.27	7.81	8.11	7.99	19.0	制御棒駆動機構 ハウジング下端
19.1	11.1	19.4	7.17	7.71	8.08	8.03	18.8	
18.7	11.2	19.4	7.10	7.64	8.09	8.10	18.6	制御棒駆動機構 原動機下端

図4－649　最大応答変位　基準地震動Ｓｓ（NS方向　制御棒駆動機構ハウジング（内側））

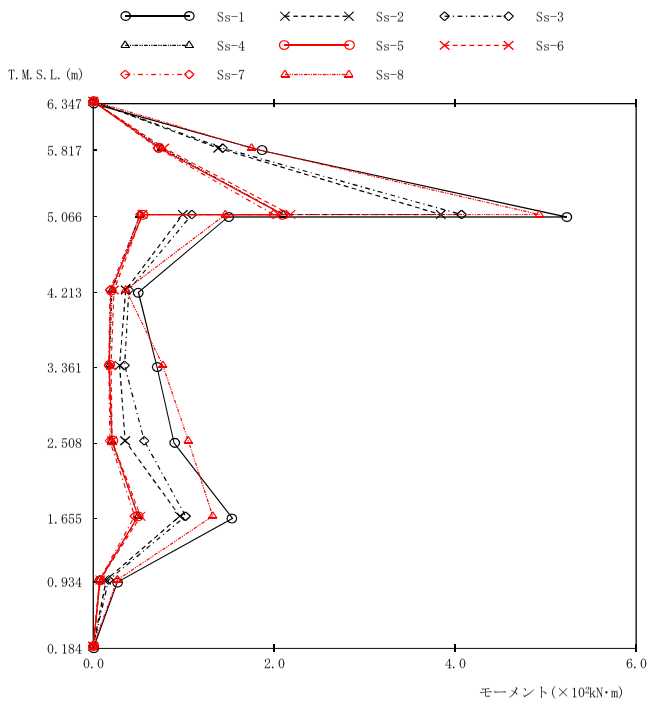


(単位：kN)

Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	備　考
351	260	269	142	138	148	134	330	制御棒駆動機構 ハウジング上端
453	330	352	179	183	187	170	425	
154	85.0	89.2	43.8	53.6	45.0	43.6	136	原子炉圧力容器 底部位置
87.1	39.9	38.1	17.9	22.8	19.2	17.8	94.8	
47.5	23.9	25.4	13.8	14.7	14.0	12.7	48.7	
103	75.2	81.0	41.4	41.8	40.0	39.8	93.8	
177	113	118	59.1	58.3	62.1	54.0	147	制御棒駆動機構 ハウジング下端
35.6	18.9	22.5	9.75	9.79	10.3	9.06	35.3	
								制御棒駆動機構 原動機下端

図4－650　最大応答せん断力　基準地震動Ｓｓ（NS方向　制御棒駆動機構ハウジング（内側））

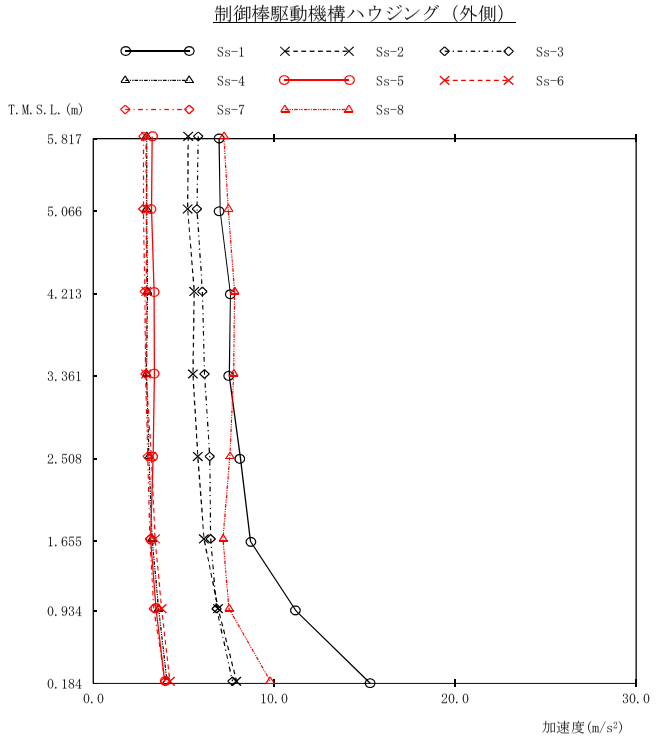
制御棒駆動機構ハウジング（内側）



（単位：kN・m）

Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	備　考
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	制御棒駆動機構 ハウジング上端
186	138	143	75.4	73.2	78.4	71.2	175	
523 149	384 98.9	407 109	210 51.7	210 54.5	218 54.3	199 51.9	493 146	原子炉圧力容器 底部位置
49.8	35.8	39.3	20.6	19.2	22.9	18.4	36.0	
70.5	29.0	34.7	17.7	17.4	19.7	17.1	76.9	
89.3	35.2	56.3	20.2	21.0	20.7	18.3	105	
154	95.5	102	49.8	49.4	52.3	45.7	132	制御棒駆動機構 ハウジング下端
26.7	14.2	16.9	7.31	7.34	7.73	6.80	26.5	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	制御棒駆動機構 原動機下端

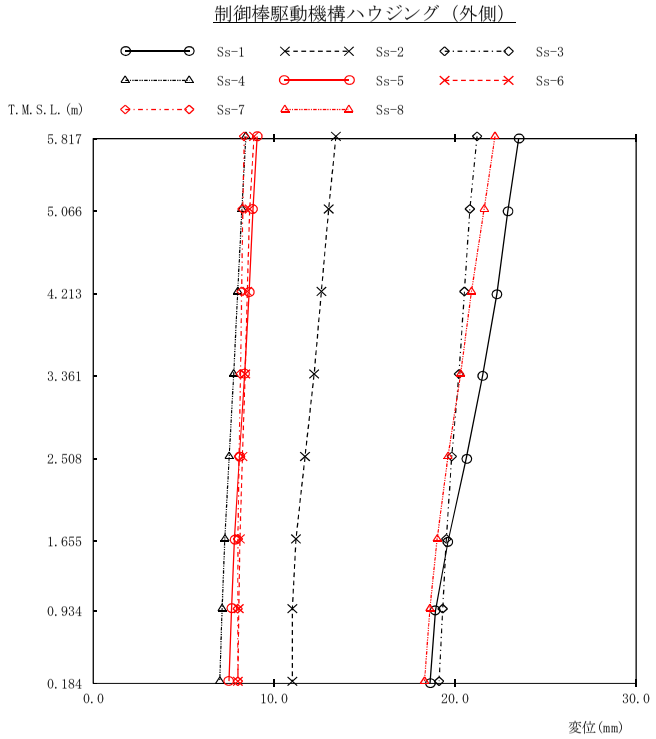
図4－651　最大応答モーメント　基準地震動Ｓｓ（NS方向　制御棒駆動機構ハウジング（内側））



（単位：m/s²）

Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	備　考
6.94	5.24	5.79	2.94	3.24	2.90	2.78	7.22	原子炉圧力容器 底部位置
7.00	5.21	5.72	2.94	3.21	2.93	2.77	7.46	
7.57	5.57	6.02	2.99	3.35	2.92	2.85	7.81	
7.51	5.50	6.14	2.93	3.37	2.91	2.89	7.76	
8.13	5.77	6.43	3.07	3.30	3.20	3.01	7.55	
8.67	6.11	6.48	3.24	3.15	3.41	3.13	7.17	制御棒駆動機構 ハウジング下端
11.2	6.89	6.81	3.60	3.46	3.77	3.34	7.50	
15.3	7.90	7.69	4.06	3.94	4.23	3.97	9.78	制御棒駆動機構 原動機下端

図4－652　最大応答加速度　基準地震動Ｓｓ（NS方向　制御棒駆動機構ハウジング（外側））

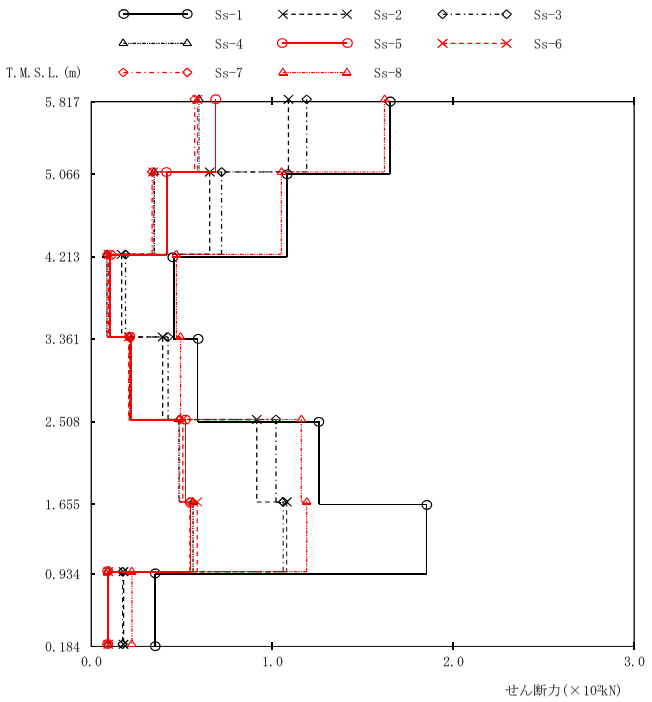


（単位：mm）

Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	備　考
23.5	13.4	21.2	8.43	9.05	8.88	8.33	22.2	原子炉圧力容器 底部位置
22.9	13.0	20.8	8.21	8.82	8.64	8.25	21.6	
22.3	12.6	20.5	7.98	8.60	8.51	8.19	20.9	
21.5	12.2	20.2	7.76	8.36	8.39	8.13	20.3	
20.6	11.7	19.8	7.51	8.07	8.24	8.05	19.6	
19.6	11.2	19.5	7.27	7.80	8.10	7.99	19.0	制御棒駆動機構 ハウジング下端
18.9	11.0	19.3	7.12	7.64	8.04	7.98	18.6	
18.6	11.0	19.1	6.99	7.50	7.99	7.99	18.3	制御棒駆動機構 原動機下端

図4－653　最大応答変位　基準地震動Ｓｓ（NS方向　制御棒駆動機構ハウジング（外側））

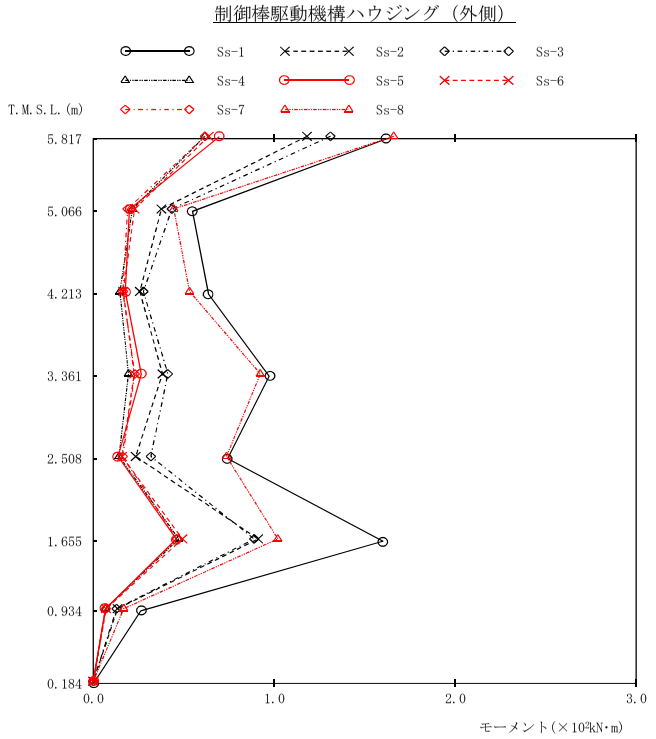
制御棒駆動機構ハウジング（外側）



（単位：kN）

Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	備　考
165	109	119	59.4	68.8	58.6	57.0	162	原子炉圧力容器 底部位置
108	65.5	72.0	34.7	41.7	34.2	33.5	105	
45.4	16.8	18.8	8.52	10.6	9.60	8.65	46.9	
58.6	39.4	42.4	21.0	21.7	20.7	20.9	49.2	
126	91.5	102	48.4	52.2	50.5	48.8	116	
185	108	106	56.1	54.5	58.5	54.3	119	制御棒駆動機構 ハウジング下端
35.1	17.8	17.2	9.03	9.00	9.42	9.22	22.3	
								制御棒駆動機構 原動機下端

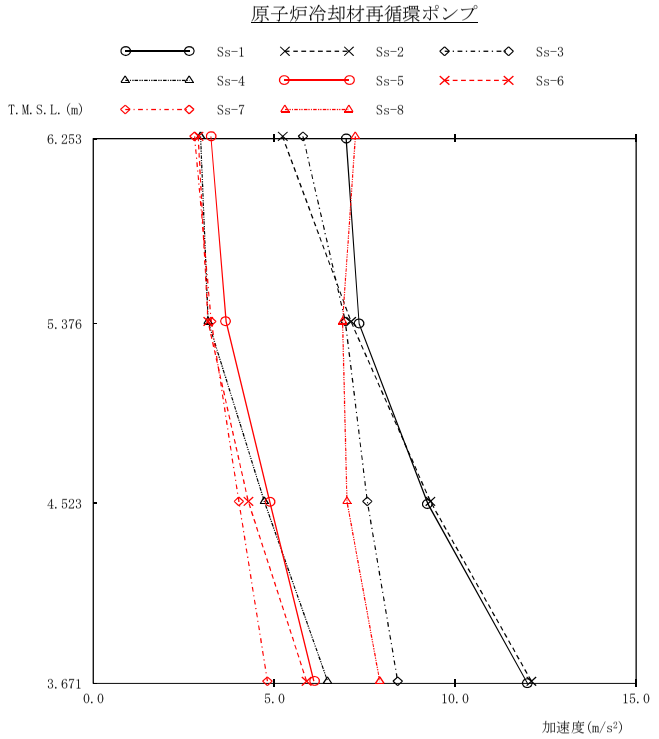
図4－654　最大応答せん断力　基準地震動Ｓｓ（NS方向　制御棒駆動機構ハウジング（外側））



（単位：kN・m）

Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	備　考
162	118	131	61.6	69.7	63.7	61.6	166	原子炉圧力容器 底部位置
54.8	37.6	43.4	21.6	20.0	22.8	18.9	44.5	
63.6	25.7	27.7	14.7	17.7	16.5	16.3	53.2	
97.2	38.2	41.2	19.4	26.5	22.6	22.9	92.3	
74.2	23.4	31.8	14.2	13.7	15.8	16.2	73.6	
160	91.0	88.9	47.2	45.9	49.2	46.1	102	制御棒駆動機構 ハウジング下端
26.3	13.4	12.9	6.77	6.75	7.07	6.92	16.8	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	制御棒駆動機構 原動機下端

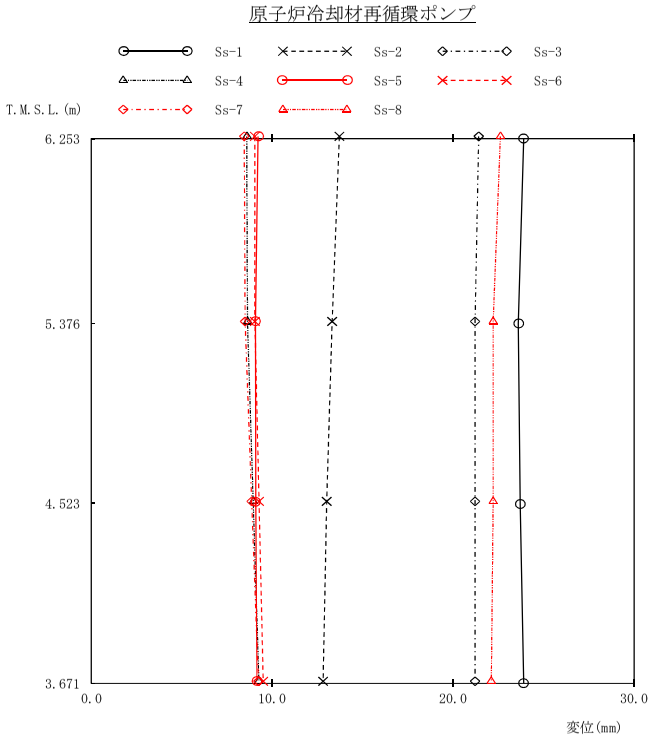
図4－655　最大応答モーメント　基準地震動Ｓｓ（NS方向　制御棒駆動機構ハウジング（外側））



(単位：m/s²)

Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	備　考
6.98	5.23	5.79	2.96	3.25	2.90	2.80	7.24	原子炉圧力容器 底部位置
7.34	7.12	6.96	3.17	3.67	3.17	3.26	6.89	
9.24	9.31	7.57	4.72	4.87	4.28	4.02	7.01	
12.0	12.1	8.41	6.47	6.09	5.89	4.81	7.91	原子炉冷却材再循環 ポンプ下端

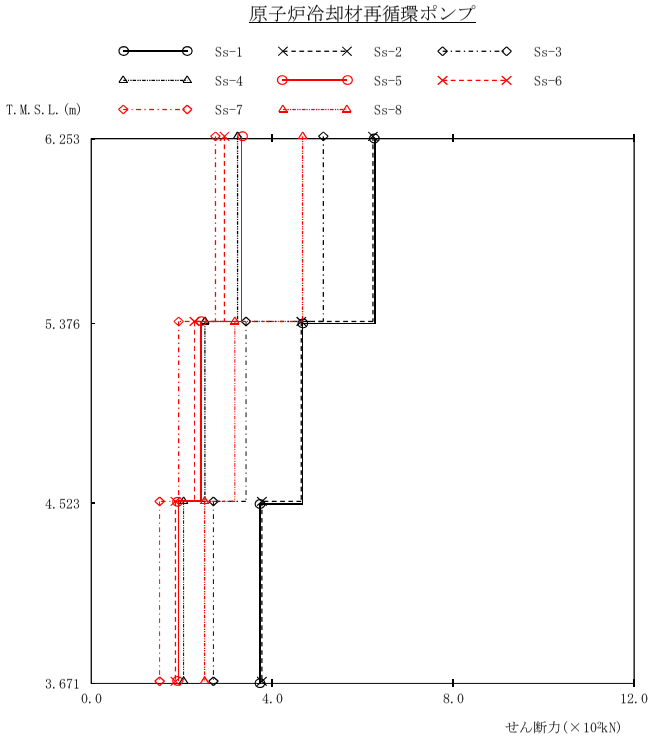
図4－656　最大応答加速度　基準地震動Ｓｓ（NS方向　原子炉冷却材再循環ポンプ）



(単位：mm)

Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	備　考
23.9	13.7	21.4	8.59	9.21	9.03	8.45	22.6	原子炉圧力容器 底部位置
23.6	13.3	21.2	8.63	9.07	9.03	8.50	22.2	
23.7	13.0	21.2	8.94	9.09	9.26	8.86	22.2	
23.9	12.8	21.2	9.25	9.15	9.49	9.23	22.1	原子炉冷却材再循環 ポンプ下端

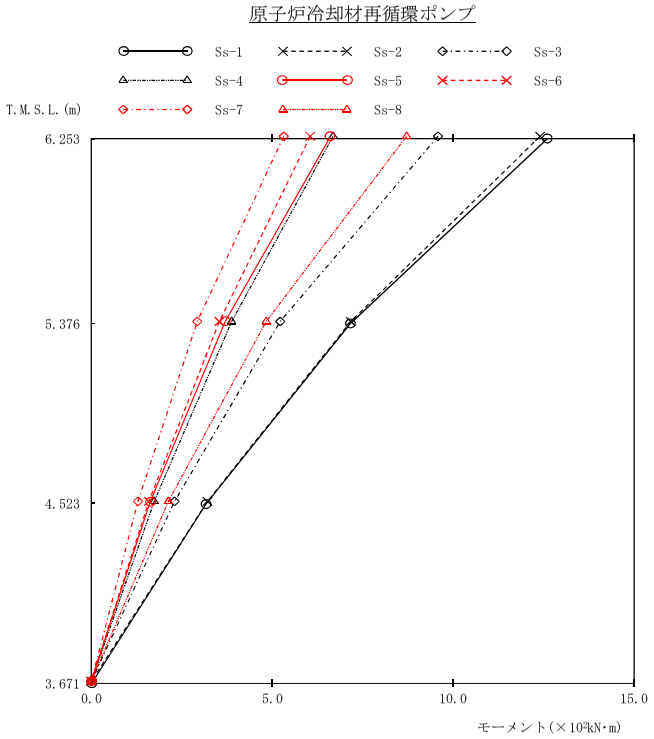
図4－657　最大応答変位　基準地震動Ｓｓ（NS方向　原子炉冷却材再循環ポンプ）



(単位：kN)

Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	備　考
								原子炉圧力容器 底部位置
626	622	513	323	333	294	274	467	
466	464	342	251	242	228	193	317	
373	377	270	204	192	186	151	250	
								原子炉冷却材再循環 ポンプ下端

図4－658　最大応答せん断力　基準地震動Ｓｓ（NS方向　原子炉冷却材再循環ポンプ）

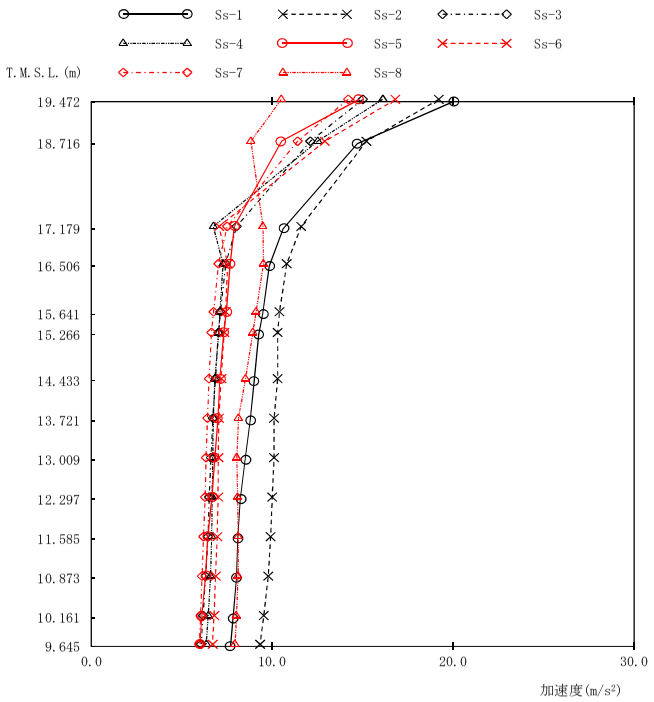


(単位：kN・m)

Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	備　考
1260	1240	958	668	661	605	532	871	原子炉圧力容器 底部位置
715	717	522	388	370	354	293	483	
318	321	230	174	163	159	129	213	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	原子炉冷却材再循環 ポンプ下端

図4－659　最大応答モーメント　基準地震動Ｓｓ（NS方向　原子炉冷却材再循環ポンプ）

気水分離器，スタンドパイプ及び炉心シュラウド

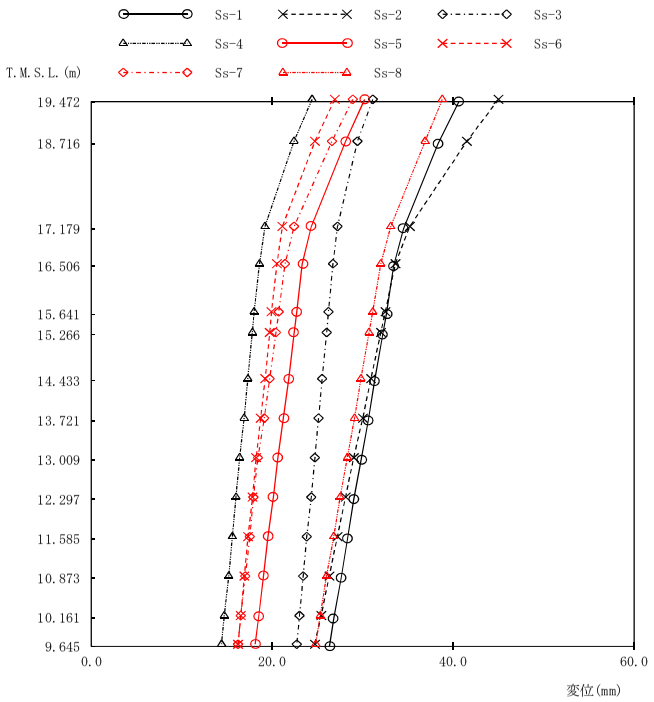


(単位：m/s²)

Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	備　考
20.0	19.2	15.0	16.1	14.8	16.8	14.2	10.5	気水分離器頂部
14.7	15.2	12.1	12.5	10.5	12.9	11.4	8.81	
10.6	11.6	8.03	6.74	7.89	7.06	7.50	9.48	
9.83	10.8	7.43	7.28	7.67	7.54	7.02	9.51	シュラウドヘッド 鏡板頂部
9.47	10.4	7.14	7.11	7.45	7.42	6.75	9.10	
9.25	10.3	7.03	7.04	7.31	7.34	6.63	8.92	
9.00	10.3	6.86	6.83	7.09	7.18	6.50	8.51	上部格子板
8.78	10.1	6.72	6.74	6.99	7.05	6.41	8.12	
8.50	10.1	6.61	6.71	6.81	7.02	6.33	8.03	
8.23	10.0	6.52	6.68	6.66	7.01	6.28	8.07	
8.09	9.91	6.45	6.65	6.43	6.96	6.19	8.11	
8.02	9.78	6.32	6.59	6.30	6.87	6.11	8.10	
7.84	9.53	6.18	6.46	6.10	6.79	6.03	8.01	
7.69	9.33	6.07	6.35	5.99	6.70	5.96	7.93	炉心シュラウド 上部胴下端

図4－660　最大応答加速度　基準地震動Ｓｓ（EW方向　気水分離器，スタンドパイプ及び炉心シュラウド）

気水分離器，スタンドパイプ及び炉心シュラウド

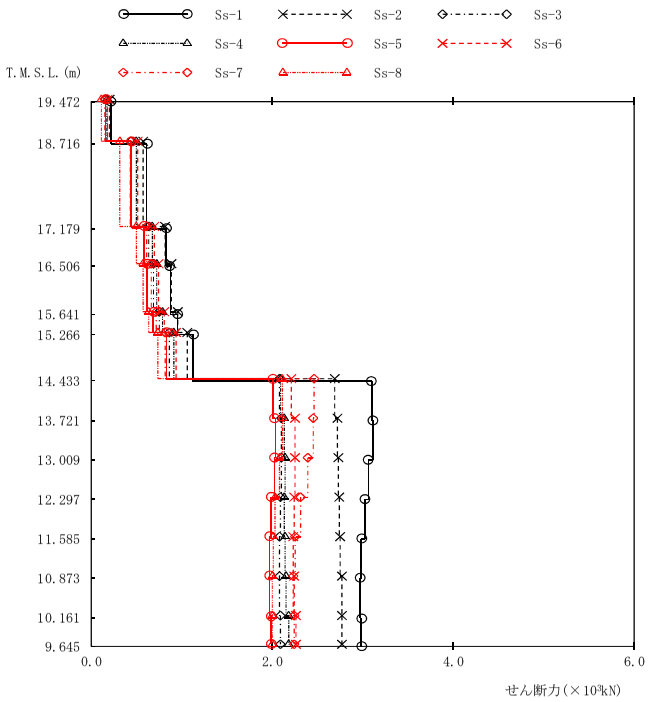


（単位：mm）

Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	備　考
40.6	45.0	31.1	24.4	30.2	26.9	28.9	38.8	気水分離器頂部
38.3	41.5	29.4	22.4	28.1	24.7	26.6	36.9	
34.5	35.2	27.2	19.2	24.3	21.1	22.4	33.1	
33.4	33.6	26.7	18.6	23.3	20.5	21.4	32.0	シュラウドヘッド 鏡板頂部
32.6	32.5	26.2	18.0	22.7	19.9	20.7	31.1	
32.2	32.0	26.0	17.8	22.4	19.7	20.4	30.7	
31.3	30.9	25.5	17.3	21.8	19.2	19.7	29.8	上部格子板
30.6	30.0	25.1	16.9	21.2	18.7	19.1	29.1	
29.8	29.0	24.7	16.4	20.6	18.2	18.4	28.3	
29.0	28.1	24.3	16.0	20.1	17.8	17.9	27.5	
28.3	27.2	23.8	15.6	19.5	17.3	17.5	26.8	
27.6	26.3	23.4	15.2	19.0	16.9	17.0	26.0	
26.8	25.4	23.0	14.7	18.5	16.5	16.5	25.3	
26.3	24.7	22.7	14.4	18.1	16.2	16.2	24.8	炉心シュラウド 上部胴下端

図4－661　最大応答変位　基準地震動Ｓｓ（EW方向　気水分離器，スタンドパイプ及び炉心シュラウド）

気水分離器，スタンドパイプ及び炉心シュラウド

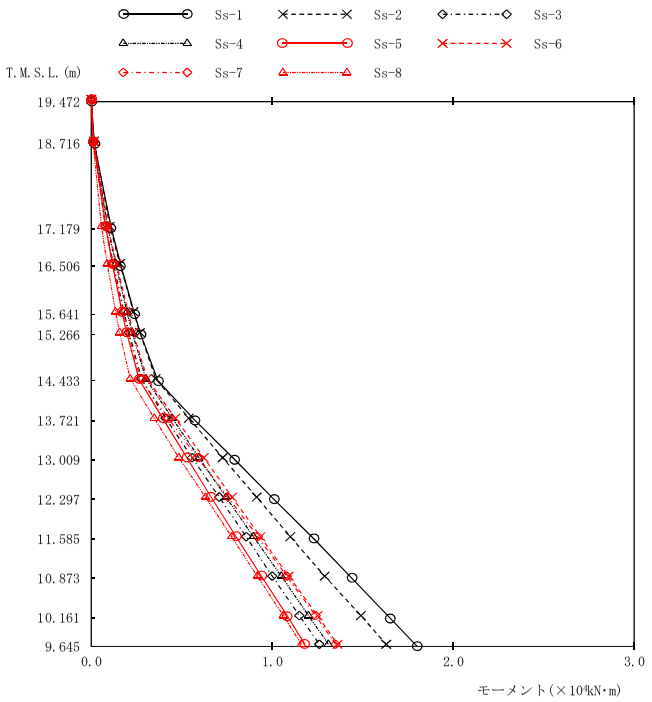


(単位：kN)

Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	備　考
220	202	154	174	159	181	151	109	気水分離器頂部
612	573	441	498	437	512	431	313	
822	814	634	674	579	696	612	496	
873	885	687	723	617	742	662	570	シュラウドヘッド 鏡板頂部
955	956	750	786	681	806	717	633	
1120	1060	862	911	828	936	816	734	
3100	2690	2080	2090	2010	2210	2460	2110	上部格子板
3110	2720	2100	2130	2030	2250	2450	2110	
3060	2730	2100	2140	2020	2250	2390	2080	
3020	2740	2090	2130	1990	2240	2310	2030	
2980	2750	2080	2140	1970	2230	2250	2010	
2970	2770	2080	2150	1970	2240	2230	2000	
2980	2770	2090	2180	1990	2260	2240	2000	炉心シュラウド 上部胴下端

図4－662　最大応答せん断力　基準地震動Ｓｓ（EW方向　気水分離器，スタンドパイプ及び炉心シュラウド）

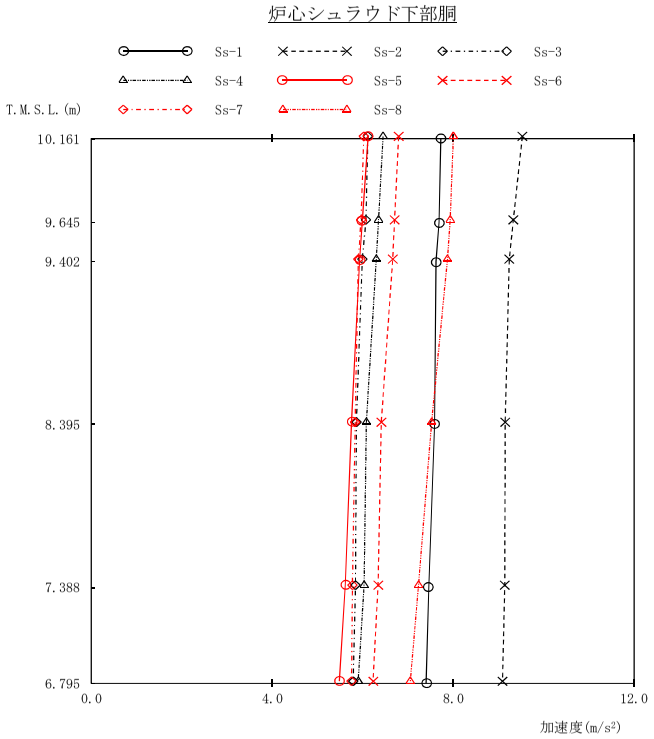
気水分離器，スタンドパイプ及び炉心シュラウド



(単位：kN・m)

Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	備　考
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	気水分離器頂部
166	152	117	132	120	137	114	82.4	
1110	1030	791	895	790	922	775	560	
1640	1580	1220	1350	1160	1390	1190	880	シュラウドヘッド 鏡板頂部
2390	2330	1810	1970	1690	2030	1760	1340	
2750	2690	2080	2260	1950	2320	2030	1560	
3680	3560	2780	3010	2630	3080	2700	2150	上部格子板
5740	5390	4110	4470	3940	4640	4260	3470	
7950	7260	5570	5950	5280	6210	5860	4830	
10100	9140	7070	7450	6620	7780	7560	6300	
12300	11000	8560	8950	7990	9350	9200	7750	
14400	12900	10000	10500	9390	10900	10800	9160	
16500	14900	11500	12000	10800	12500	12400	10600	
18000	16300	12600	13100	11800	13600	13500	11600	炉心シュラウド 上部胴下端

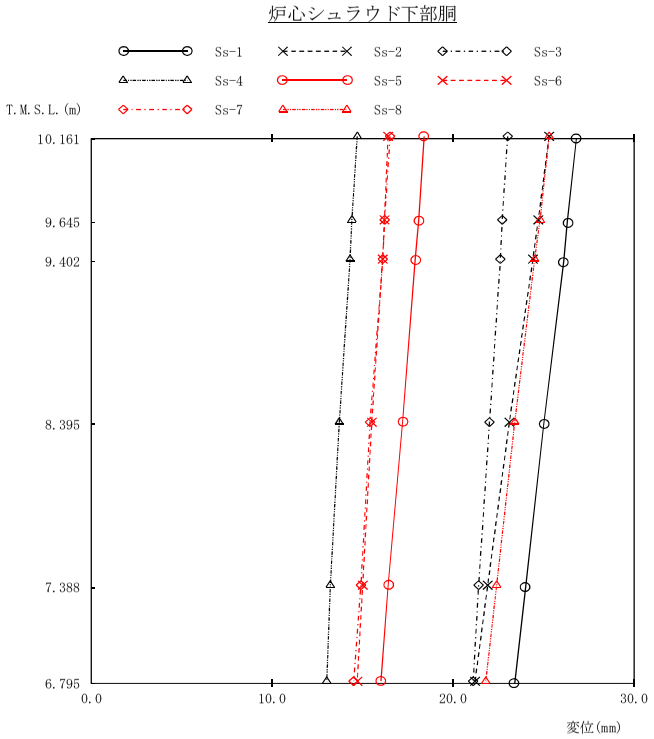
図4－663　最大応答モーメント　基準地震動Ｓｓ（EW方向　気水分離器，スタンドパイプ及び炉心シュラウド）



(単位：m/s²)

Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	備　考
7.73	9.53	6.11	6.45	6.12	6.79	6.02	8.00	炉心支持板
7.69	9.33	6.07	6.35	5.99	6.70	5.96	7.93	
7.62	9.24	5.99	6.30	5.93	6.66	5.90	7.87	
7.59	9.15	5.86	6.08	5.75	6.41	5.83	7.52	
7.46	9.14	5.84	6.03	5.61	6.34	5.77	7.23	
7.40	9.09	5.79	5.90	5.48	6.23	5.75	7.05	シュラウドサポートプレート

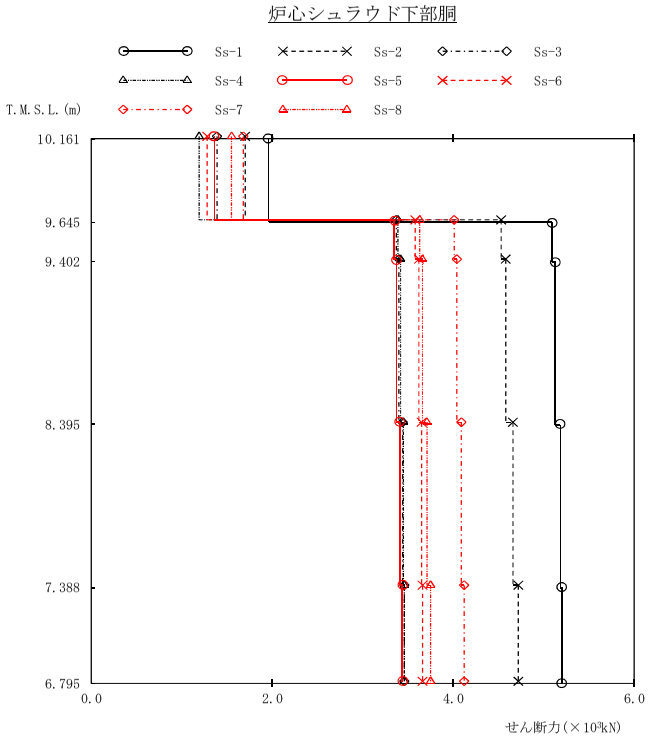
図4－664　最大応答加速度　基準地震動Ｓｓ（EW方向　炉心シュラウド下部胴）



（単位：mm）

Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	備　考
26.8	25.3	23.0	14.7	18.4	16.4	16.5	25.3	炉心支持板
26.3	24.7	22.7	14.4	18.1	16.2	16.2	24.8	
26.1	24.4	22.6	14.3	17.9	16.1	16.1	24.5	
25.0	23.1	22.0	13.7	17.2	15.5	15.4	23.4	
24.0	21.9	21.4	13.2	16.4	15.0	14.9	22.4	
23.4	21.2	21.1	13.0	16.0	14.7	14.5	21.8	シュラウドサポートプレート

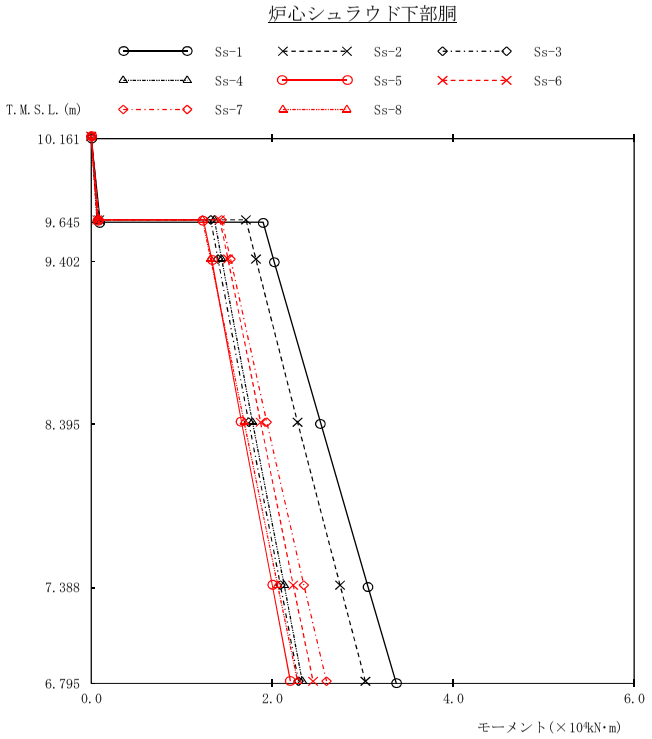
図4－665　最大応答変位　基準地震動Ｓｓ（EW方向　炉心シュラウド下部胴）



(単位：kN)

Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	備　考
								炉心支持板
1960	1700	1390	1190	1360	1280	1680	1550	
5090	4530	3370	3390	3350	3580	4010	3630	
5130	4580	3400	3420	3370	3620	4040	3660	
5180	4660	3440	3450	3410	3650	4090	3710	
5200	4720	3460	3460	3440	3660	4120	3750	
								シュラウドサポート プレート

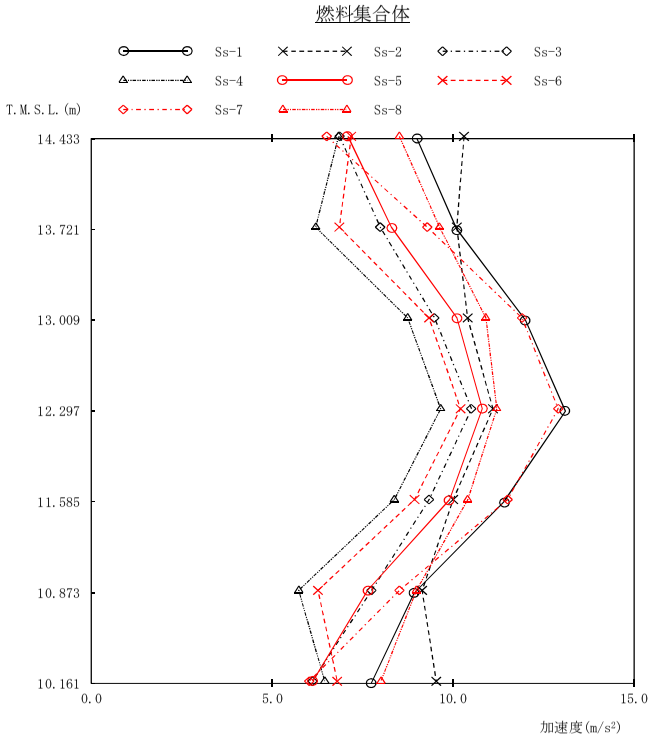
図4－666　最大応答せん断力　基準地震動Ｓｓ（EW方向　炉心シュラウド下部胴）



(単位：kN・m)

Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	備　考
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	炉心支持板
1010 19000	877 17100	717 13200	615 13600	700 12400	661 14200	866 14400	798 12300	
20200	18200	14000	14400	13300	15100	15400	13200	
25400	22800	17400	17800	16600	18700	19400	16900	
30600	27500	20900	21300	20000	22300	23500	20600	
33700	30300	22900	23300	22000	24500	26000	22800	シュラウドサポート プレート

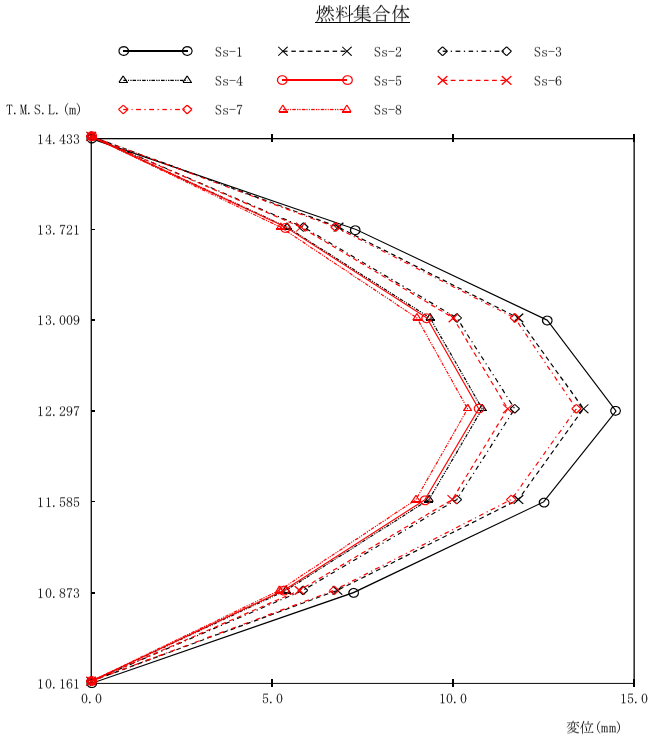
図4－667　最大応答モーメント　基準地震動Ｓｓ（EW方向　炉心シュラウド下部胴）



(単位：m/s²)

Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	備　考
9.00	10.3	6.86	6.83	7.09	7.18	6.50	8.51	上部格子板
10.1	10.1	7.98	6.20	8.29	6.85	9.28	9.62	
12.0	10.4	9.48	8.74	10.1	9.33	11.9	10.9	
13.1	11.1	10.5	9.65	10.8	10.2	12.9	11.2	燃料集合体中央
11.4	10.0	9.33	8.37	9.90	8.93	11.5	10.4	
8.93	9.14	7.74	5.73	7.63	6.26	8.51	8.98	
7.73	9.53	6.11	6.45	6.12	6.79	6.02	8.00	炉心支持板

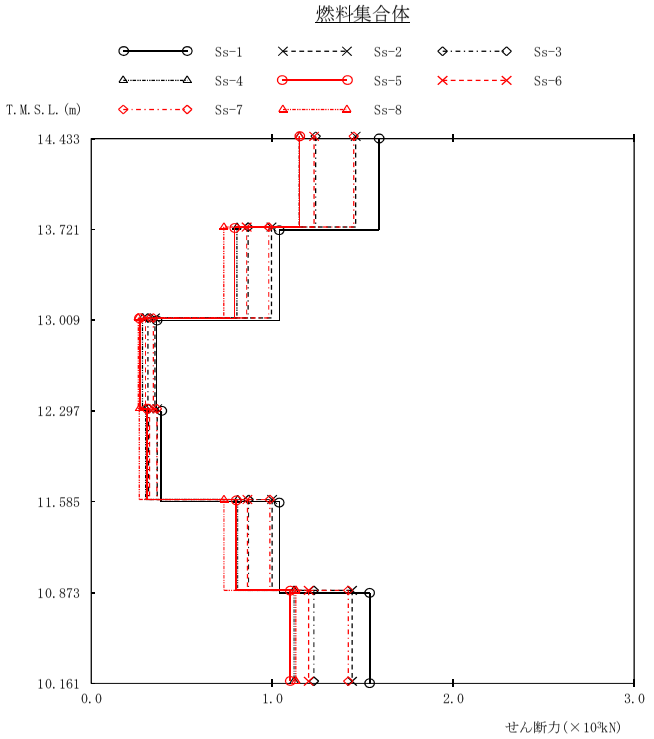
図4－668　最大応答加速度　基準地震動Ｓｓ（EW方向　燃料集合体）



（単位：mm）

Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	備　考
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	上部格子板
7.31	6.83	5.86	5.41	5.37	5.79	6.75	5.23	
12.6	11.8	10.1	9.36	9.27	10.0	11.7	9.00	
14.5	13.6	11.7	10.8	10.7	11.5	13.4	10.4	燃料集合体中央
12.5	11.8	10.1	9.33	9.22	9.97	11.6	8.97	
7.24	6.80	5.85	5.38	5.32	5.75	6.71	5.20	
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	炉心支持板

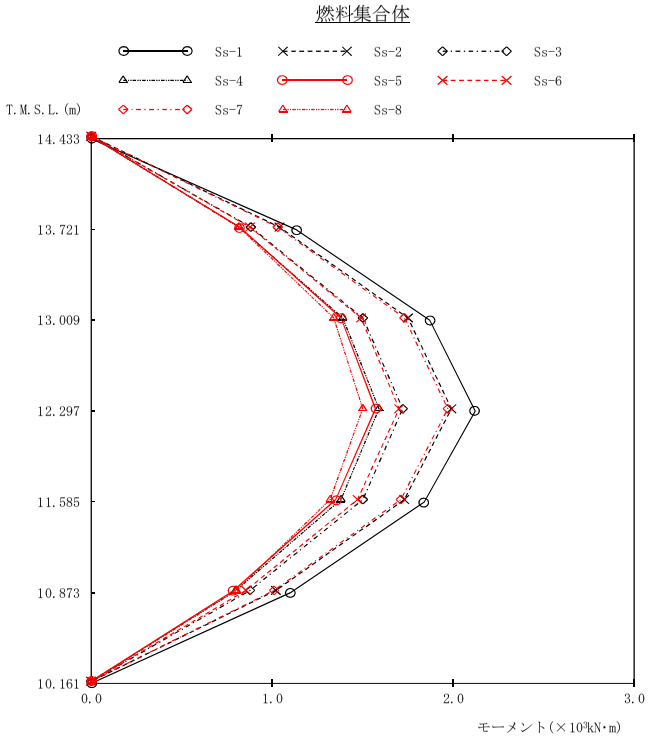
図4－669　最大応答相対変位　基準地震動Ｓｓ（EW方向　燃料集合体）



(単位：kN)

Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	備　考
								上部格子板
1590	1460	1240	1150	1150	1230	1450	1150	
1040	995	867	805	791	858	980	732	
359	352	312	283	268	300	342	259	
								燃料集合体中央
385	365	316	301	306	322	362	265	
1040	999	869	809	799	862	986	733	
1540	1440	1230	1120	1100	1200	1420	1130	
								炉心支持板

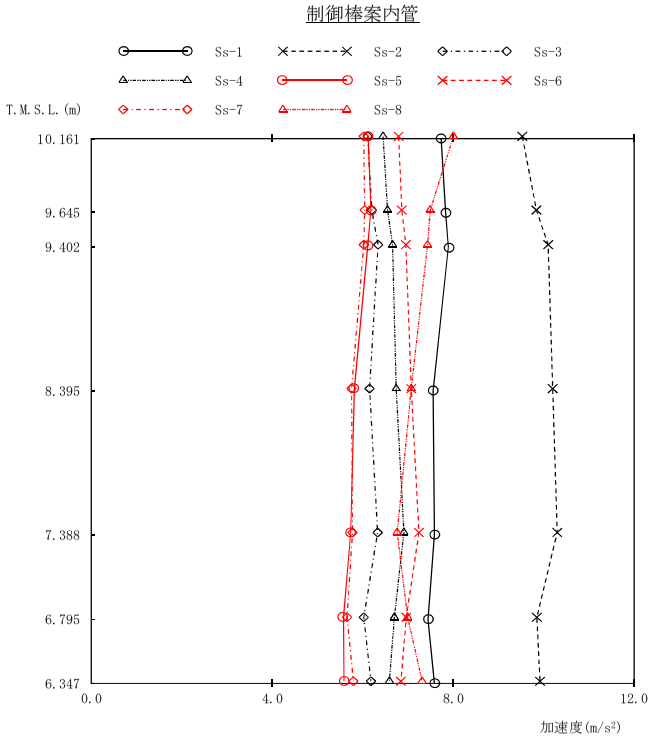
図4－670　最大応答せん断力　基準地震動Ｓｓ（EW方向　燃料集合体）



(単位：kN・m)

Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	備　考
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	上部格子板
1130	1040	881	816	820	876	1030	816	
1870	1750	1500	1390	1380	1490	1730	1340	
2120	1990	1720	1590	1570	1700	1970	1500	燃料集合体中央
1840	1730	1500	1380	1350	1470	1710	1320	
1100	1020	877	799	786	854	1010	802	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	炉心支持板

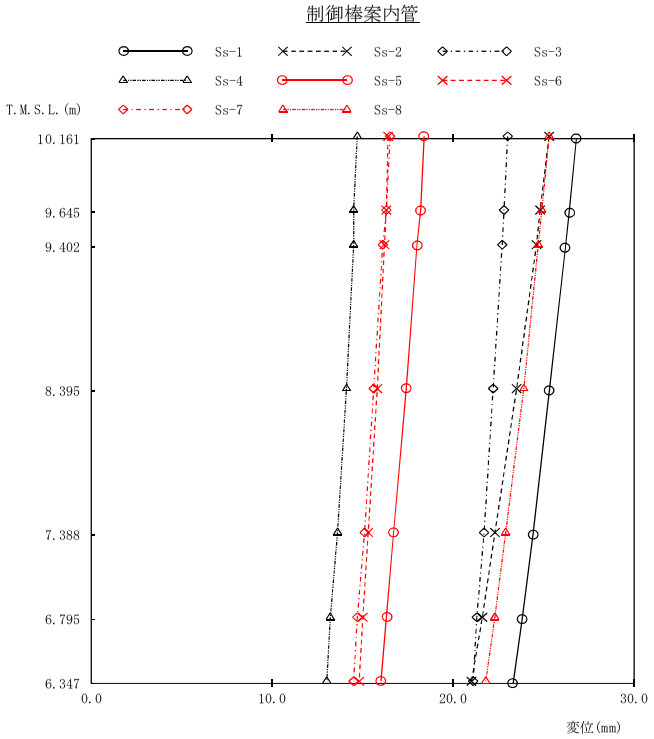
図4－671　最大応答モーメント　基準地震動Ｓｓ（EW方向　燃料集合体）



(単位：m/s²)

Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	備　考
7.73	9.53	6.11	6.45	6.12	6.79	6.02	8.00	炉心支持板
7.83	9.84	6.20	6.55	6.18	6.86	6.04	7.49	
7.89	10.1	6.34	6.66	6.11	6.95	6.02	7.43	
7.55	10.2	6.15	6.74	5.81	7.07	5.75	7.07	制御棒案内管中央
7.58	10.3	6.33	6.91	5.73	7.24	5.77	6.76	
7.44	9.85	6.02	6.70	5.57	6.96	5.65	6.99	
7.58	9.92	6.18	6.59	5.58	6.84	5.79	7.31	制御棒案内管下端

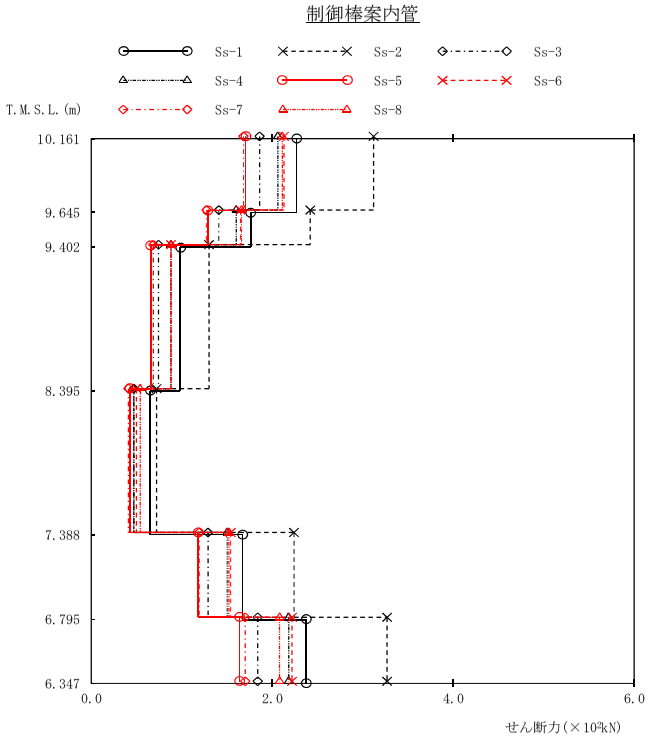
図4－672　最大応答加速度　基準地震動Ｓｓ（EW方向　制御棒案内管）



(単位：mm)

Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	備　考
26.8	25.3	23.0	14.7	18.4	16.4	16.5	25.3	炉心支持板
26.4	24.8	22.8	14.5	18.2	16.3	16.3	24.9	
26.2	24.6	22.7	14.5	18.0	16.2	16.1	24.7	
25.3	23.5	22.2	14.1	17.4	15.8	15.6	23.9	制御棒案内管中央
24.4	22.3	21.7	13.6	16.7	15.3	15.1	22.9	
23.8	21.6	21.3	13.2	16.3	15.0	14.7	22.3	
23.3	21.0	21.1	13.0	16.0	14.8	14.5	21.8	制御棒案内管下端

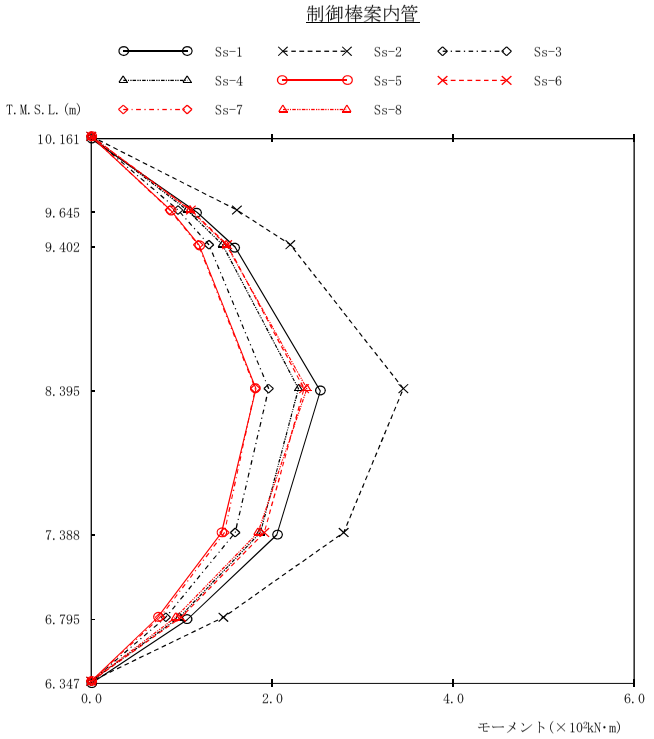
図4－673　最大応答変位　基準地震動Ｓｓ（EW方向　制御棒案内管）



(単位：kN)

Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	備　考
								炉心支持板
227	312	186	206	170	213	168	211	
176	242	141	160	129	165	127	166	
97.9	130	74.3	87.9	65.6	88.0	68.3	88.1	
								制御棒案内管中央
65.0	72.0	46.9	47.1	42.5	49.6	40.7	53.8	
167	224	129	150	118	154	119	152	
237	327	184	218	164	222	170	208	
								制御棒案内管下端

図4－674　最大応答せん断力　基準地震動Ｓｓ（EW方向　制御棒案内管）

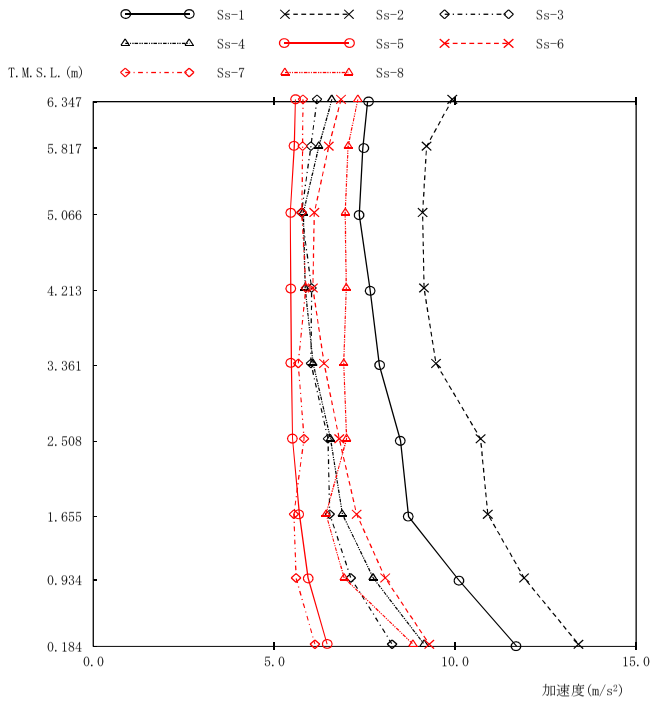


(単位：kN・m)

Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	備　考
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	炉心支持板
117	161	95.8	106	87.7	110	86.6	109	
159	220	130	145	119	150	118	149	
253	345	196	229	182	235	181	238	制御棒案内管中央
205	279	159	187	144	191	147	184	
106	146	82.3	97.4	73.5	99.2	75.9	93.2	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	制御棒案内管下端

図4－675　最大応答モーメント　基準地震動Ｓｓ（EW方向　制御棒案内管）

制御棒駆動機構ハウジング（内側）

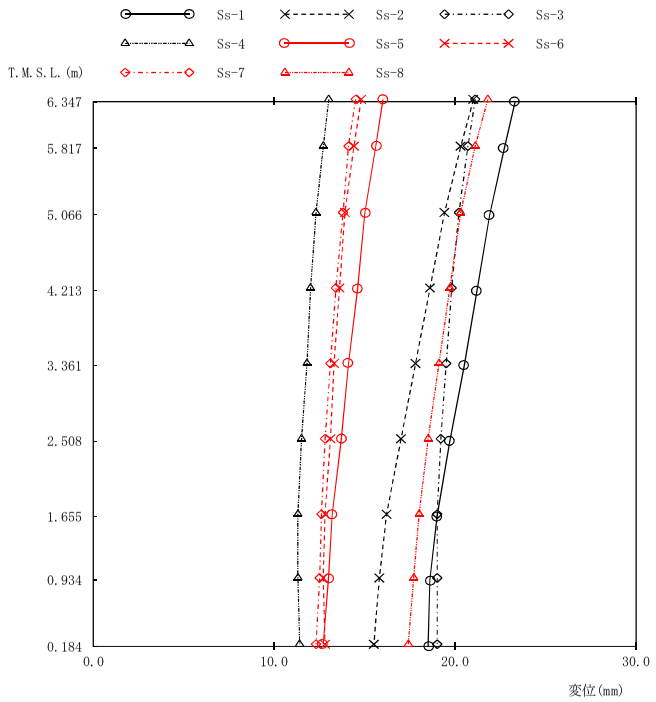


（単位：m/s²）

Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	備　考
7.58	9.92	6.18	6.59	5.58	6.84	5.79	7.31	制御棒駆動機構 ハウジング上端
7.45	9.21	6.01	6.23	5.55	6.50	5.78	7.04	
7.35	9.10	5.75	5.80	5.44	6.10	5.76	6.96	原子炉圧力容器 底部位置
7.65	9.14	6.03	5.85	5.45	6.06	5.87	6.99	
7.91	9.47	6.01	6.07	5.47	6.37	5.66	6.92	
8.49	10.7	6.48	6.55	5.50	6.79	5.82	7.00	
8.71	10.9	6.53	6.88	5.69	7.27	5.54	6.43	制御棒駆動機構 ハウジング下端
10.1	11.9	7.11	7.73	5.93	8.06	5.60	6.93	
11.7	13.4	8.25	9.14	6.46	9.28	6.12	8.83	制御棒駆動機構 原動機下端

図4－676　最大応答加速度　基準地震動Ｓｓ（EW方向　制御棒駆動機構ハウジング（内側））

制御棒駆動機構ハウジング（内側）

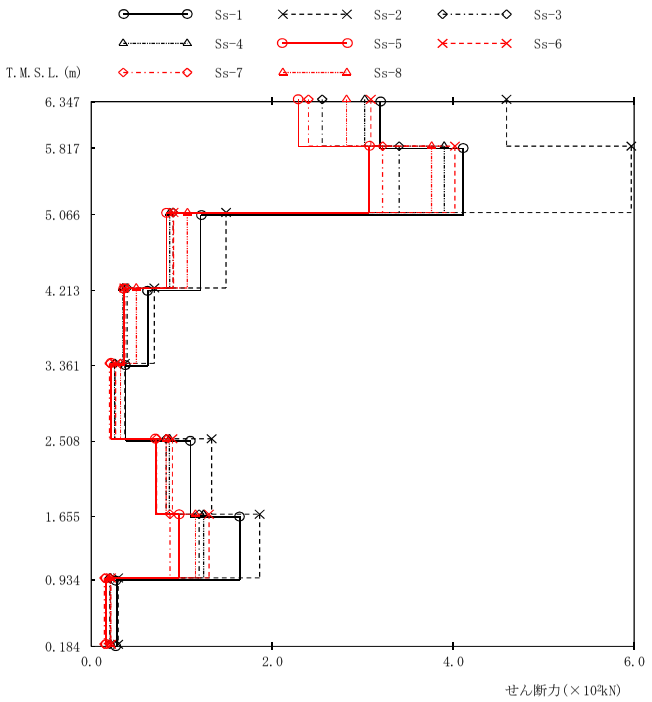


（単位：mm）

Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	備　考
23.3	21.0	21.1	13.0	16.0	14.8	14.5	21.8	制御棒駆動機構 ハウジング上端
22.7	20.3	20.7	12.7	15.6	14.4	14.1	21.1	
21.9	19.4	20.2	12.3	15.0	13.9	13.8	20.3	原子炉圧力容器 底部位置
21.2	18.6	19.8	12.0	14.6	13.6	13.4	19.7	
20.5	17.8	19.5	11.8	14.1	13.3	13.1	19.1	
19.7	17.0	19.2	11.5	13.7	13.1	12.8	18.5	
19.0	16.2	19.0	11.3	13.2	12.8	12.6	18.0	制御棒駆動機構 ハウジング下端
18.6	15.8	19.0	11.3	13.0	12.7	12.5	17.7	
18.5	15.5	19.0	11.4	12.7	12.8	12.3	17.4	制御棒駆動機構 原動機下端

図4－677　最大応答変位　基準地震動Ｓｓ（EW方向　制御棒駆動機構ハウジング（内側））

制御棒駆動機構ハウジング（内側）

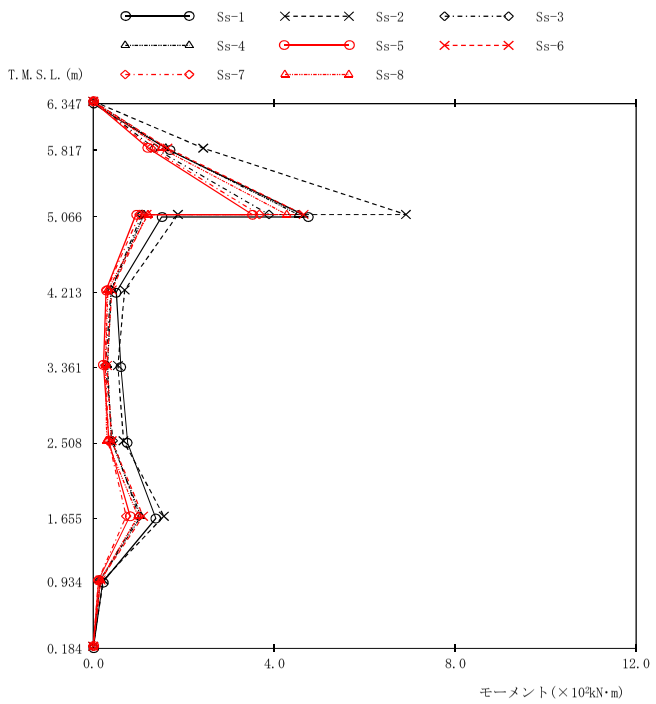


（単位：kN）

Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	備　考
319	459	255	302	229	309	240	282	制御棒駆動機構 ハウジング上端
411	597	340	390	307	402	322	376	
121	149	90.3	86.6	82.5	90.8	90.5	106	原子炉圧力容器 底部位置
62.5	69.6	39.5	34.7	36.2	36.4	37.3	49.6	
38.2	37.1	26.1	25.4	21.8	26.7	20.2	32.2	
109	133	82.6	86.2	71.4	89.5	72.1	82.6	
164	186	119	124	96.4	130	87.0	115	制御棒駆動機構 ハウジング下端
27.7	29.6	20.3	21.1	15.7	21.6	14.5	21.0	
								制御棒駆動機構 原動機下端

図4－678　最大応答せん断力　基準地震動Ｓｓ（EW方向　制御棒駆動機構ハウジング（内側））

制御棒駆動機構ハウジング（内側）

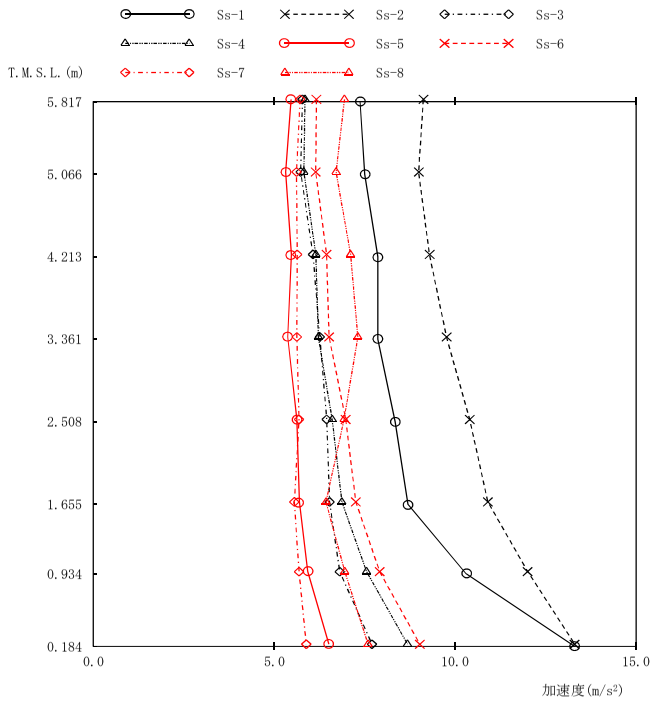


（単位：kN・m）

Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	備　考
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	制御棒駆動機構 ハウジング上端
169	243	135	160	122	164	127	150	
474 151	691 187	388 107	453 112	352 94.1	465 118	367 102	428 121	原子炉圧力容器 底部位置
50.7	69.3	39.1	39.7	28.4	41.1	28.9	32.3	
61.1	54.4	27.1	31.5	22.5	30.4	27.1	26.7	
76.0	66.6	43.2	39.9	34.4	40.7	33.5	29.7	
138	156	101	105	81.2	110	72.7	99.0	制御棒駆動機構 ハウジング下端
20.8	22.2	15.2	15.8	11.8	16.2	10.9	15.8	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	制御棒駆動機構 原動機下端

図4－679　最大応答モーメント　基準地震動Ｓｓ（EW方向　制御棒駆動機構ハウジング（内側））

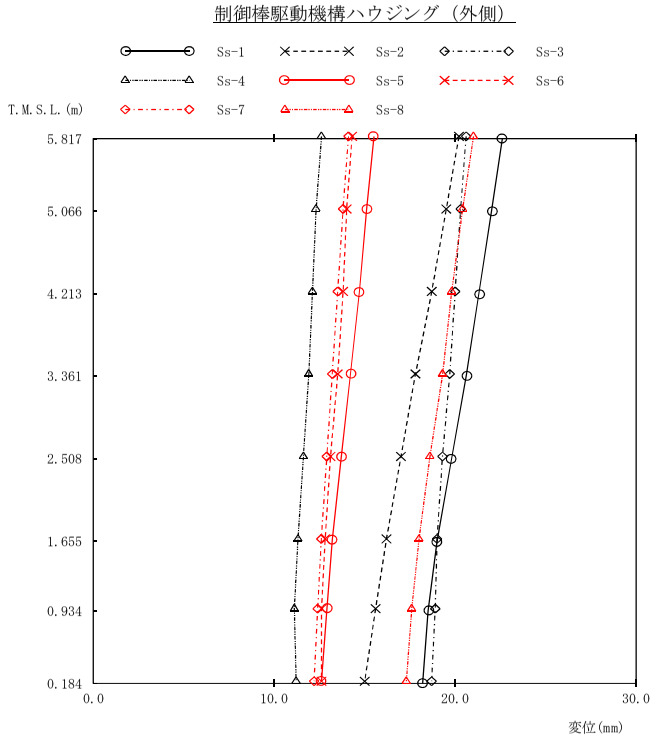
制御棒駆動機構ハウジング（外側）



（単位：m/s²）

Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	備　考
7.37	9.12	5.78	5.85	5.46	6.16	5.71	6.94	原子炉圧力容器 底部位置
7.50	8.99	5.73	5.82	5.31	6.14	5.61	6.71	
7.86	9.29	6.07	6.15	5.47	6.44	5.63	7.11	
7.86	9.76	6.26	6.22	5.37	6.51	5.62	7.31	
8.34	10.4	6.45	6.60	5.62	6.97	5.68	6.93	
8.69	10.9	6.53	6.87	5.69	7.25	5.55	6.43	制御棒駆動機構 ハウジング下端
10.3	12.0	6.81	7.55	5.92	7.91	5.68	6.95	
13.3	13.3	7.70	8.68	6.50	9.02	5.88	7.59	制御棒駆動機構 原動機下端

図4－680　最大応答加速度　基準地震動Ｓｓ（EW方向　制御棒駆動機構ハウジング（外側））

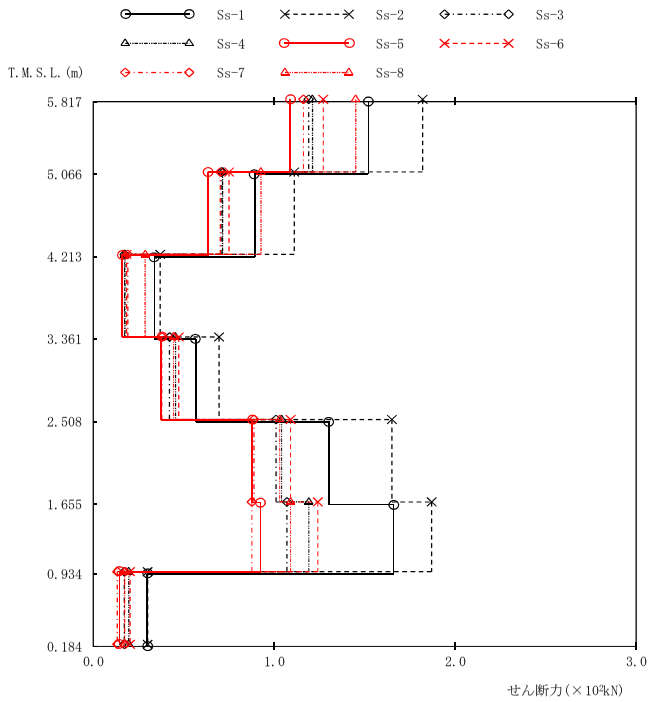


（単位：mm）

Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	備　考
22.6	20.2	20.6	12.6	15.5	14.3	14.1	21.0	原子炉圧力容器 底部位置
22.0	19.5	20.3	12.3	15.1	14.0	13.8	20.4	
21.3	18.7	20.0	12.1	14.7	13.8	13.5	19.8	
20.6	17.8	19.7	11.9	14.2	13.5	13.2	19.3	
19.8	17.0	19.3	11.6	13.7	13.1	12.9	18.6	
19.0	16.2	19.0	11.3	13.2	12.8	12.6	18.0	制御棒駆動機構 ハウジング下端
18.5	15.6	18.9	11.1	12.9	12.6	12.4	17.6	
18.2	15.0	18.7	11.2	12.6	12.6	12.2	17.3	制御棒駆動機構 原動機下端

図4－681　最大応答変位　基準地震動Ｓｓ（EW方向　制御棒駆動機構ハウジング（外側））

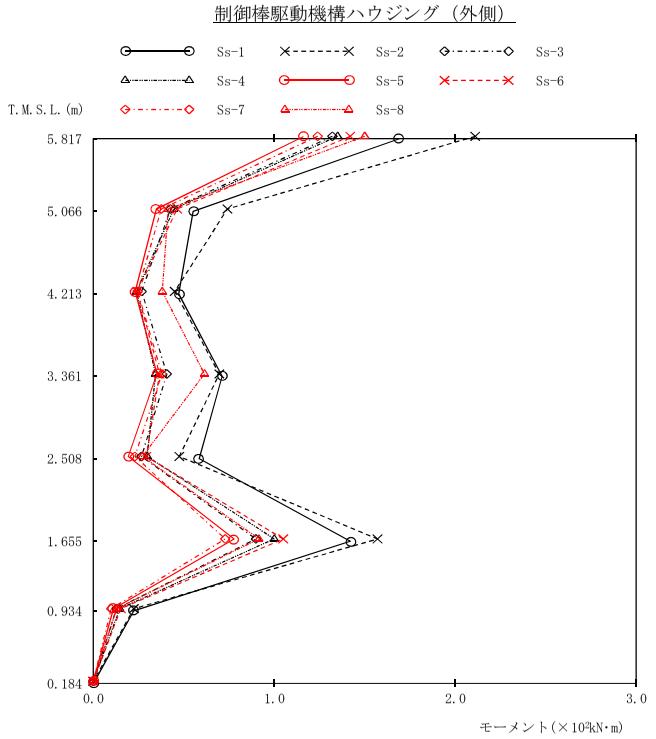
制御棒駆動機構ハウジング（外側）



（単位：kN）

Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	備　考
152	182	119	121	109	127	116	145	原子炉圧力容器 底部位置
89.1	111	71.1	71.4	63.6	75.0	70.1	92.6	
33.7	36.9	17.2	17.4	16.0	18.4	19.0	28.6	
56.6	69.4	42.1	45.3	37.6	47.2	37.8	44.2	
130	165	101	104	87.7	109	88.7	103	
166	187	107	119	92.4	124	87.5	109	制御棒駆動機構 ハウジング下端
29.9	29.9	17.1	19.5	14.7	20.3	13.2	17.2	
								制御棒駆動機構 原動機下端

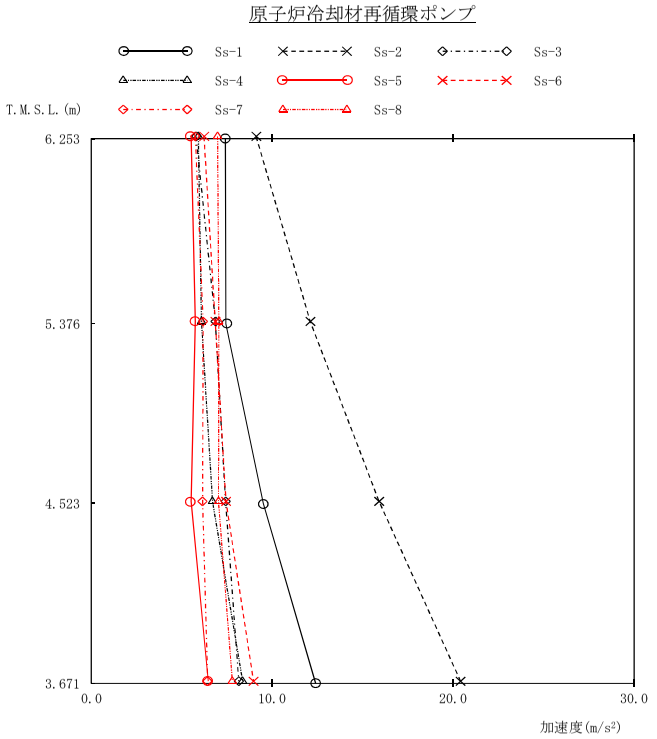
図4－682　最大応答せん断力　基準地震動Ｓｓ（EW方向　制御棒駆動機構ハウジング（外側））



（単位：kN・m）

Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	備　考
169	211	132	135	116	142	124	150	原子炉圧力容器 底部位置
55.2	74.1	42.6	44.6	34.8	46.4	37.6	41.4	
47.2	45.0	26.7	23.9	23.1	24.3	24.5	38.1	
71.2	69.6	40.6	34.4	35.1	36.6	37.9	61.4	
58.5	47.5	26.6	29.8	19.3	29.3	23.0	27.2	
142	157	89.8	100	77.7	105	72.9	91.5	制御棒駆動機構 ハウジング下端
22.4	22.4	12.8	14.6	11.1	15.2	9.88	12.9	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	制御棒駆動機構 原動機下端

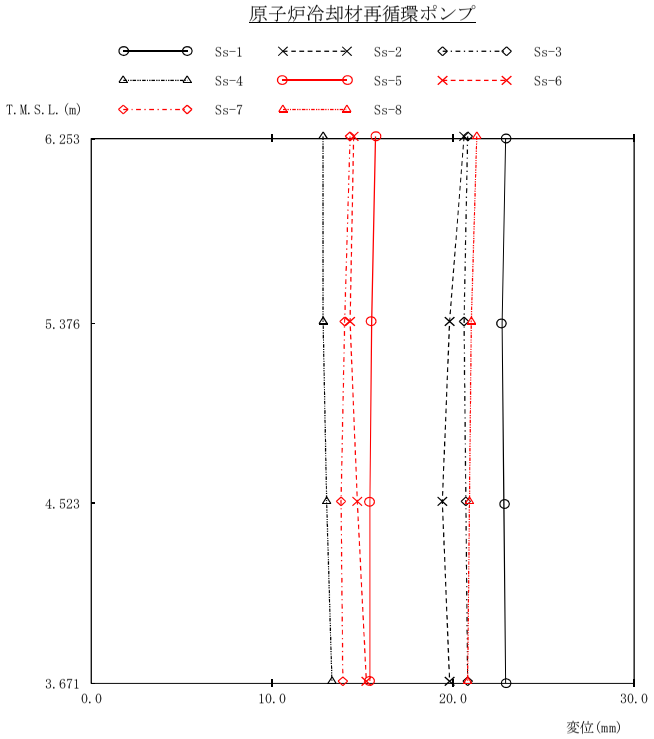
図4－683　最大応答モーメント　基準地震動Ｓｓ（EW方向　制御棒駆動機構ハウジング（外側））



(単位：m/s²)

Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	備　考
7.41	9.11	5.79	5.91	5.50	6.23	5.74	6.98	原子炉圧力容器 底部位置
7.44	12.1	6.86	6.08	5.74	6.85	6.17	7.05	
9.51	15.9	7.42	6.69	5.50	7.44	6.14	7.03	
12.4	20.4	8.15	8.35	6.45	8.96	6.42	7.79	原子炉冷却材再循環 ポンプ下端

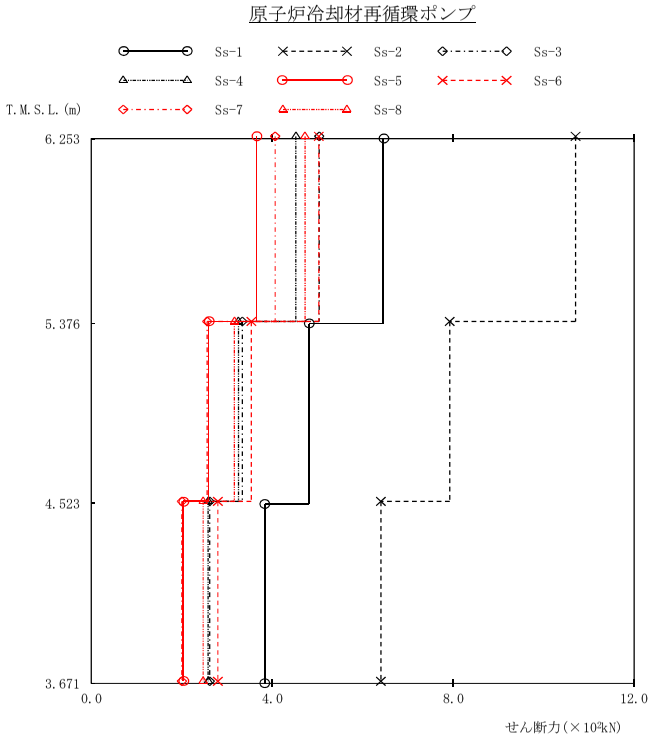
図4－684　最大応答加速度　基準地震動Ｓｓ（EW方向　原子炉冷却材再循環ポンプ）



(単位：mm)

Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	備　考
22.9	20.6	20.8	12.8	15.7	14.5	14.3	21.3	原子炉圧力容器 底部位置
22.7	19.8	20.6	12.8	15.5	14.3	14.0	21.0	
22.8	19.4	20.7	13.0	15.4	14.7	13.8	20.9	
22.9	19.8	20.8	13.3	15.4	15.2	13.9	20.8	原子炉冷却材再循環 ポンプ下端

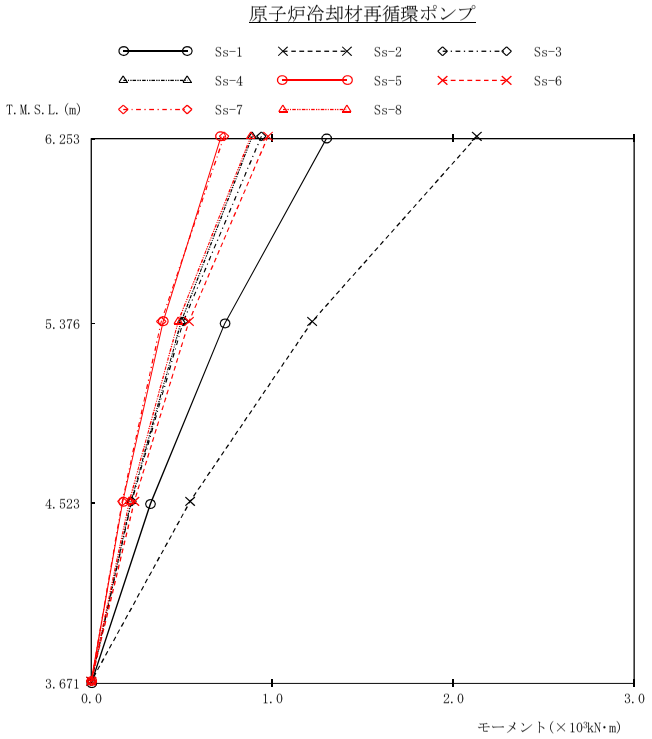
図4－685　最大応答変位　基準地震動Ｓｓ（EW方向　原子炉冷却材再循環ポンプ）



(単位：kN)

Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	備　考
								原子炉圧力容器 底部位置
645	1070	504	452	366	503	406	472	
481	792	334	325	260	354	256	316	
384	640	262	258	204	280	200	247	
								原子炉冷却材再循環 ポンプ下端

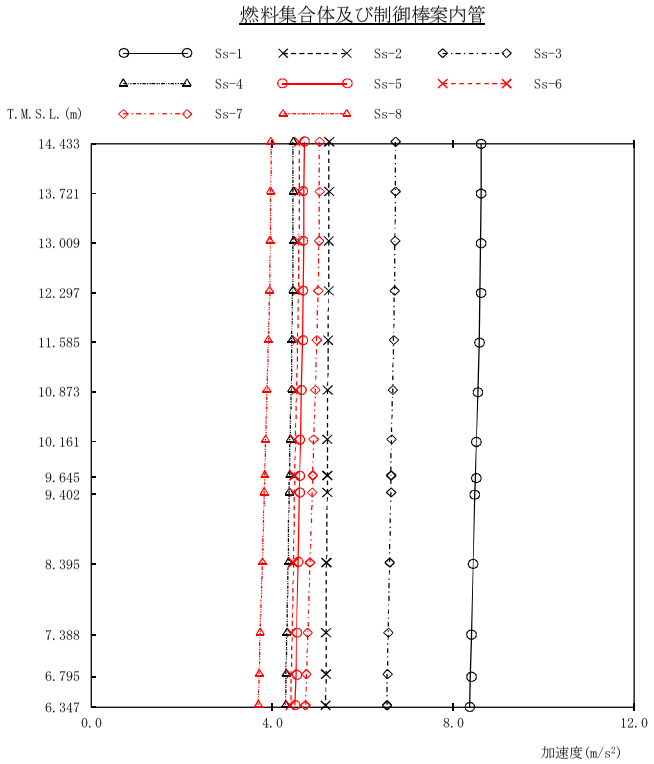
図4－686　最大応答せん断力　基準地震動Ｓｓ（EW方向　原子炉冷却材再循環ポンプ）



(単位：kN・m)

Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	備　考
1300	2130	939	889	716	977	733	881	原子炉圧力容器 底部位置
737	1220	508	497	396	540	386	480	
327	546	223	220	174	238	171	210	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	原子炉冷却材再循環 ポンプ下端

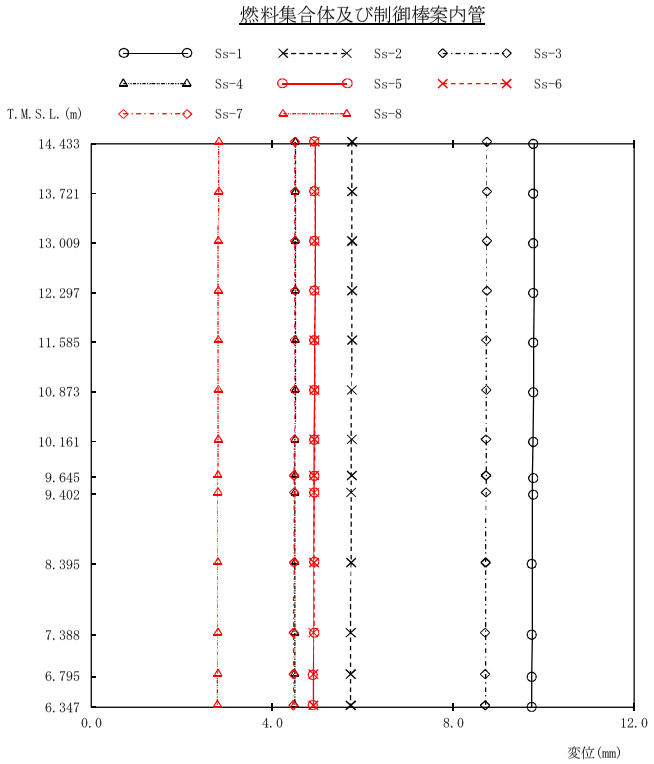
図4－687　最大応答モーメント　基準地震動Ｓｓ（EW方向　原子炉冷却材再循環ポンプ）



(単位：m/s²)

Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	備　考
8.61	5.25	6.72	4.46	4.70	4.59	5.04	3.97	上部格子板
8.61	5.25	6.72	4.46	4.69	4.59	5.04	3.96	
8.60	5.24	6.71	4.46	4.69	4.58	5.03	3.95	
8.59	5.24	6.70	4.45	4.68	4.57	5.01	3.94	燃料集合体中央
8.57	5.23	6.68	4.43	4.66	4.55	4.98	3.91	
8.54	5.22	6.66	4.42	4.64	4.53	4.95	3.88	
8.51	5.21	6.63	4.39	4.62	4.50	4.91	3.85	炉心支持板
8.49	5.21	6.62	4.38	4.60	4.49	4.89	3.83	
8.48	5.21	6.62	4.37	4.59	4.48	4.88	3.82	
8.44	5.19	6.59	4.35	4.56	4.46	4.83	3.78	制御棒案内管中央
8.40	5.18	6.56	4.32	4.53	4.43	4.78	3.73	
8.38	5.18	6.54	4.30	4.52	4.41	4.75	3.71	
8.36	5.17	6.53	4.29	4.50	4.40	4.73	3.69	制御棒案内管下端

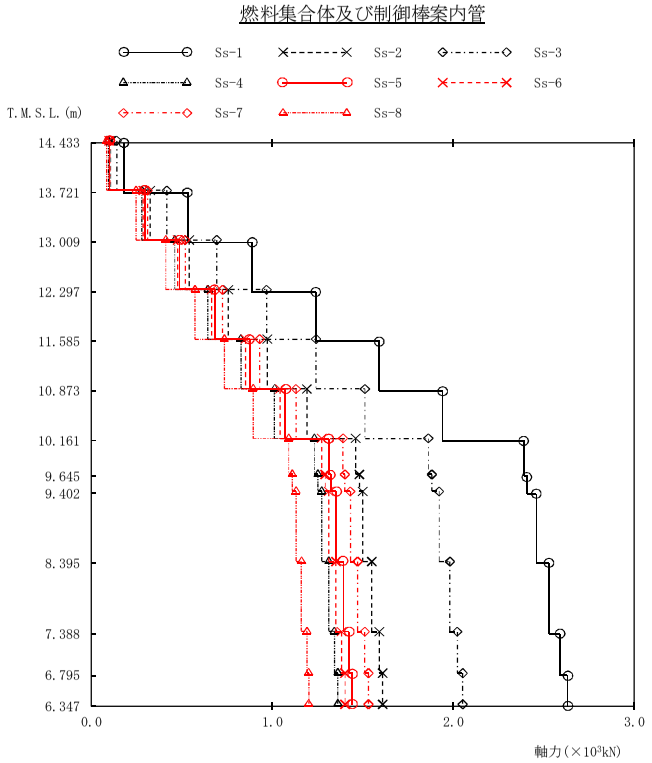
図4－688　最大応答加速度　基準地震動Ｓｓ（鉛直方向　燃料集合体及び制御棒案内管）



(単位：mm)

Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	備　考
9.78	5.76	8.74	4.51	4.94	4.94	4.50	2.81	上部格子板
9.78	5.76	8.74	4.51	4.94	4.94	4.50	2.81	
9.78	5.76	8.74	4.51	4.94	4.94	4.50	2.80	
9.78	5.76	8.74	4.51	4.94	4.94	4.50	2.80	燃料集合体中央
9.77	5.76	8.73	4.51	4.93	4.93	4.49	2.80	
9.77	5.75	8.73	4.51	4.93	4.93	4.49	2.80	
9.76	5.75	8.72	4.50	4.92	4.93	4.49	2.80	炉心支持板
9.75	5.75	8.72	4.50	4.92	4.92	4.48	2.79	
9.75	5.74	8.72	4.50	4.92	4.92	4.48	2.79	
9.74	5.74	8.71	4.50	4.91	4.92	4.48	2.79	制御棒案内管中央
9.74	5.73	8.70	4.49	4.91	4.91	4.47	2.79	
9.73	5.73	8.70	4.49	4.90	4.91	4.47	2.79	
9.73	5.73	8.70	4.49	4.90	4.91	4.46	2.78	制御棒案内管下端

図4－689　最大応答変位　基準地震動Ｓｓ（鉛直方向　燃料集合体及び制御棒案内管）

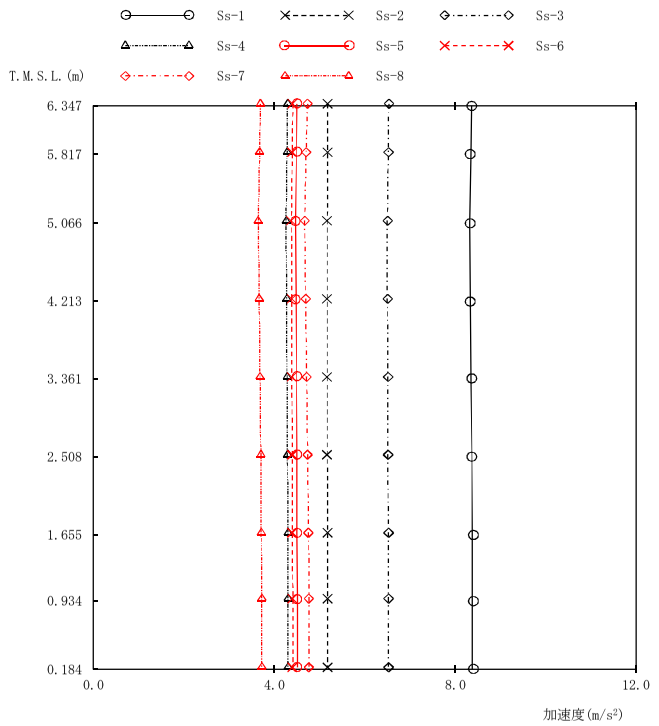


(単位：kN)

Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	備　考
177	108	138	91.9	97.7	95.0	104	82.2	上部格子板
532	325	415	276	293	285	311	246	
886	541	691	459	487	474	518	410	
1240	757	966	642	681	663	724	572	燃料集合体中央
1590	972	1240	824	874	850	929	734	
1940	1190	1510	1010	1070	1040	1130	893	
2390	1460	1860	1230	1310	1270	1390	1090	炉心支持板
2410	1480	1880	1250	1320	1290	1400	1110	
2460	1500	1920	1270	1350	1310	1430	1130	
2530	1550	1980	1310	1390	1350	1470	1160	制御棒案内管中央
2590	1590	2020	1340	1420	1380	1510	1190	
2630	1610	2050	1360	1440	1400	1530	1200	制御棒案内管下端

図4－690　最大応答軸力　基準地震動Ｓｓ（鉛直方向　燃料集合体及び制御棒案内管）

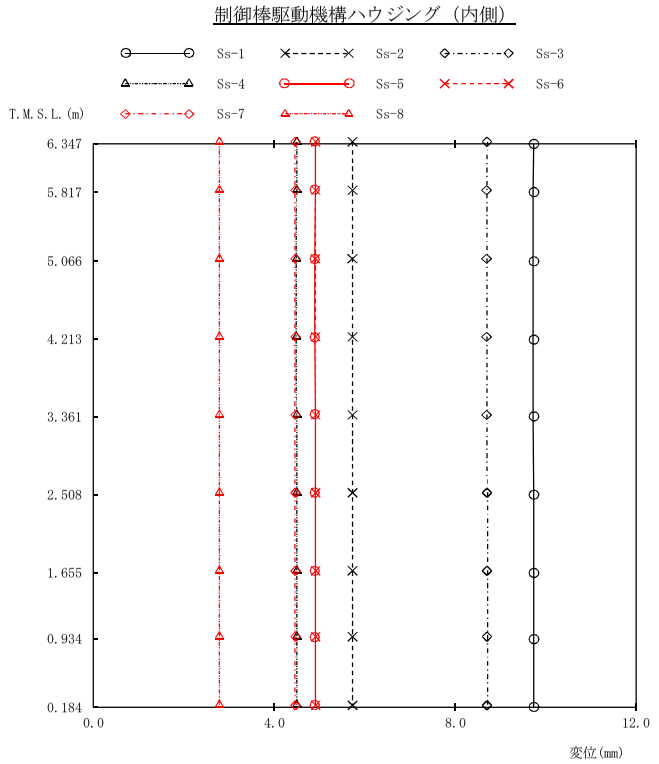
制御棒駆動機構ハウジング（内側）



（単位：m/s²）

Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	備　考
8.36	5.17	6.53	4.29	4.50	4.40	4.73	3.69	制御棒駆動機構 ハウジング上端
8.34	5.17	6.52	4.28	4.49	4.39	4.70	3.67	
8.31	5.16	6.50	4.26	4.47	4.37	4.67	3.64	原子炉圧力容器 底部位置
8.33	5.16	6.50	4.27	4.48	4.38	4.69	3.66	
8.35	5.16	6.51	4.28	4.49	4.38	4.71	3.68	
8.37	5.16	6.51	4.29	4.50	4.39	4.73	3.70	
8.38	5.17	6.52	4.30	4.50	4.39	4.75	3.71	制御棒駆動機構 ハウジング下端
8.38	5.17	6.52	4.30	4.51	4.40	4.76	3.72	
8.38	5.17	6.52	4.30	4.51	4.40	4.76	3.72	制御棒駆動機構 原動機下端

図4－691　最大応答加速度　基準地震動Ｓｓ（鉛直方向　制御棒駆動機構ハウジング（内側））

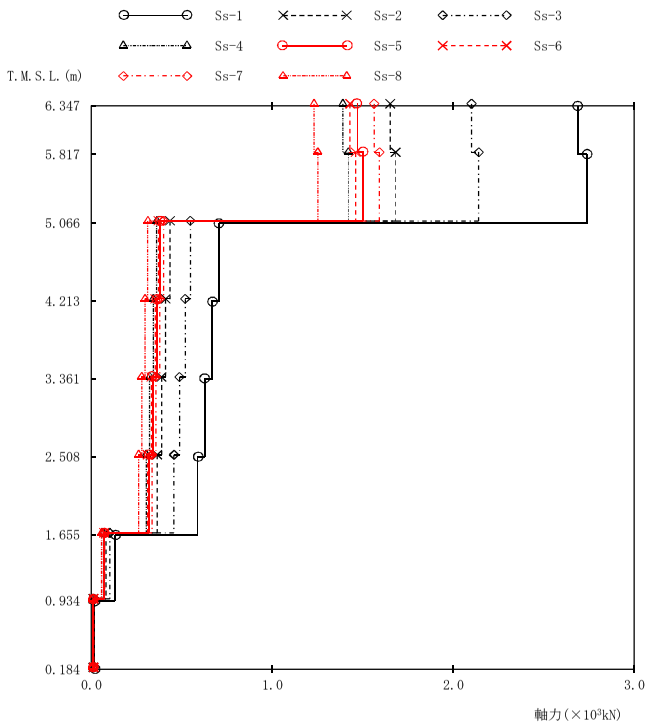


(単位：mm)

Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	備　考
9.73	5.73	8.70	4.49	4.90	4.91	4.46	2.78	制御棒駆動機構 ハウジング上端
9.72	5.73	8.69	4.49	4.90	4.91	4.46	2.78	
9.72	5.72	8.69	4.48	4.89	4.90	4.46	2.78	原子炉圧力容器 底部位置
9.72	5.73	8.69	4.48	4.89	4.91	4.46	2.78	
9.72	5.73	8.69	4.49	4.90	4.91	4.46	2.78	
9.73	5.73	8.70	4.49	4.90	4.91	4.46	2.78	
9.73	5.73	8.70	4.49	4.90	4.91	4.46	2.78	制御棒駆動機構 ハウジング下端
9.73	5.73	8.70	4.49	4.90	4.91	4.46	2.78	
9.73	5.73	8.70	4.49	4.90	4.91	4.46	2.78	制御棒駆動機構 原動機下端

図4－692　最大応答変位　基準地震動Ｓｓ（鉛直方向　制御棒駆動機構ハウジング（内側））

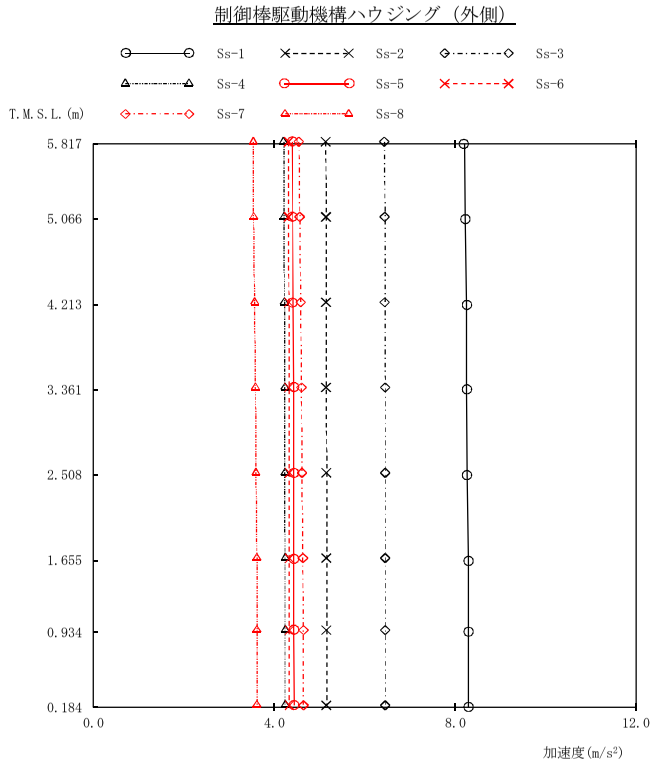
制御棒駆動機構ハウジング（内側）



(単位：kN)

Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	備　考
2690	1650	2100	1390	1470	1430	1560	1230	制御棒駆動機構 ハウジング上端
2740	1680	2140	1420	1500	1460	1590	1250	
703	434	547	362	381	369	399	312	原子炉圧力容器 底部位置
665	411	518	343	361	350	378	296	
626	387	487	323	339	329	355	278	
588	363	457	303	319	309	334	261	
130	80.1	101	66.9	70.4	68.2	73.7	57.7	制御棒駆動機構 ハウジング下端
18.9	11.7	14.7	9.75	10.3	9.94	10.7	8.41	
								制御棒駆動機構 原動機下端

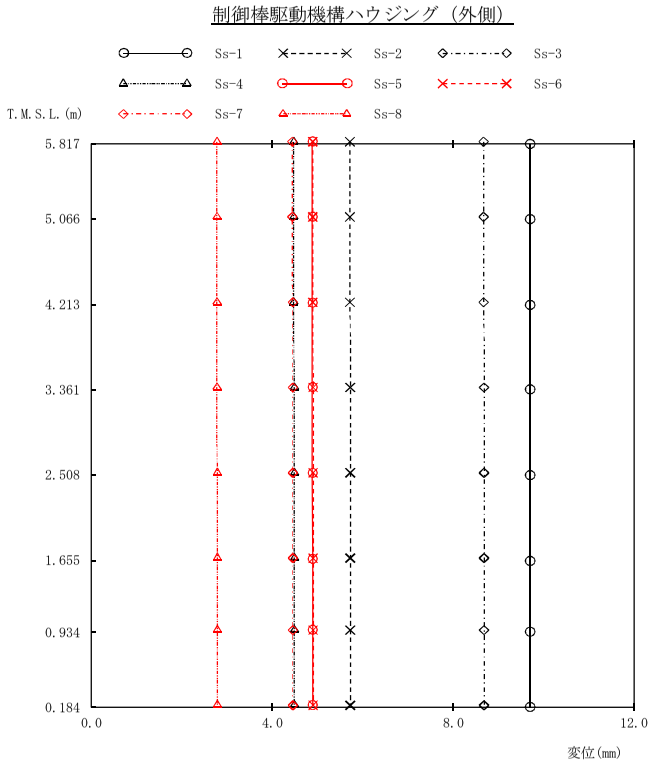
図4－693　最大応答軸力　基準地震動Ｓｓ（鉛直方向　制御棒駆動機構ハウジング（内側））



（単位：m/s²）

Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	備　考
8.20	5.13	6.43	4.20	4.39	4.31	4.54	3.53	原子炉圧力容器 底部位置
8.22	5.14	6.44	4.21	4.40	4.31	4.56	3.54	
8.24	5.14	6.44	4.22	4.41	4.32	4.58	3.56	
8.25	5.14	6.45	4.23	4.42	4.32	4.60	3.58	
8.26	5.15	6.45	4.23	4.43	4.33	4.61	3.59	
8.28	5.15	6.45	4.24	4.43	4.33	4.63	3.61	制御棒駆動機構 ハウジング下端
8.28	5.15	6.45	4.24	4.43	4.33	4.64	3.61	
8.28	5.15	6.45	4.24	4.44	4.33	4.64	3.61	制御棒駆動機構 原動機下端

図4－694　最大応答加速度　基準地震動Ｓｓ（鉛直方向　制御棒駆動機構ハウジング（外側））

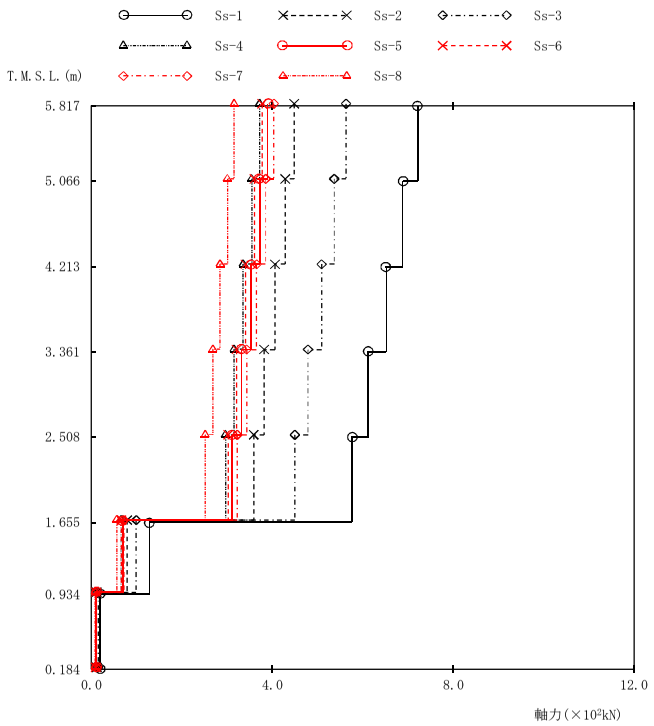


(単位：mm)

Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	備　考
9.70	5.71	8.67	4.47	4.88	4.89	4.44	2.77	原子炉圧力容器 底部位置
9.70	5.71	8.67	4.47	4.88	4.89	4.44	2.77	
9.70	5.71	8.67	4.47	4.88	4.89	4.45	2.77	
9.70	5.72	8.68	4.48	4.88	4.90	4.45	2.77	
9.71	5.72	8.68	4.48	4.88	4.90	4.45	2.78	
9.71	5.72	8.68	4.48	4.89	4.90	4.45	2.78	制御棒駆動機構 ハウジング下端
9.71	5.72	8.68	4.48	4.89	4.90	4.45	2.78	
9.71	5.72	8.68	4.48	4.89	4.90	4.45	2.78	制御棒駆動機構 原動機下端

図4－695　最大応答変位　基準地震動Ｓｓ（鉛直方向　制御棒駆動機構ハウジング（外側））

制御棒駆動機構ハウジング（外側）

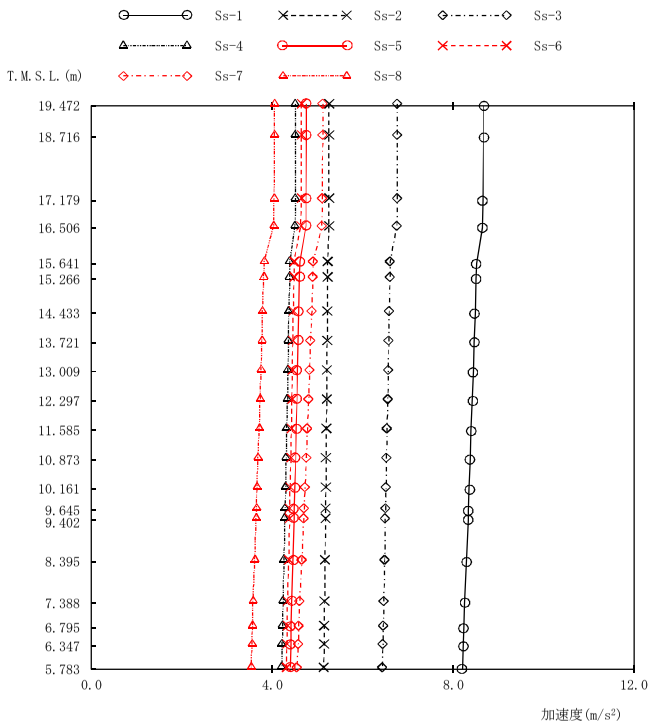


(単位：kN)

Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	備　考
721	449	562	371	389	378	403	315	原子炉圧力容器 底部位置
688	429	536	354	371	361	385	300	
651	406	508	335	351	341	365	284	
612	382	478	315	331	321	343	268	
575	359	449	296	311	302	322	251	
127	79.1	98.9	65.3	68.5	66.5	71.1	55.5	制御棒駆動機構 ハウジング下端
18.5	11.5	14.4	9.52	9.98	9.69	10.4	8.08	制御棒駆動機構 原動機下端

図4－696　最大応答軸力　基準地震動Ｓｓ（鉛直方向　制御棒駆動機構ハウジング（外側））

気水分離器，スタンドパイプ及び炉心シュラウド

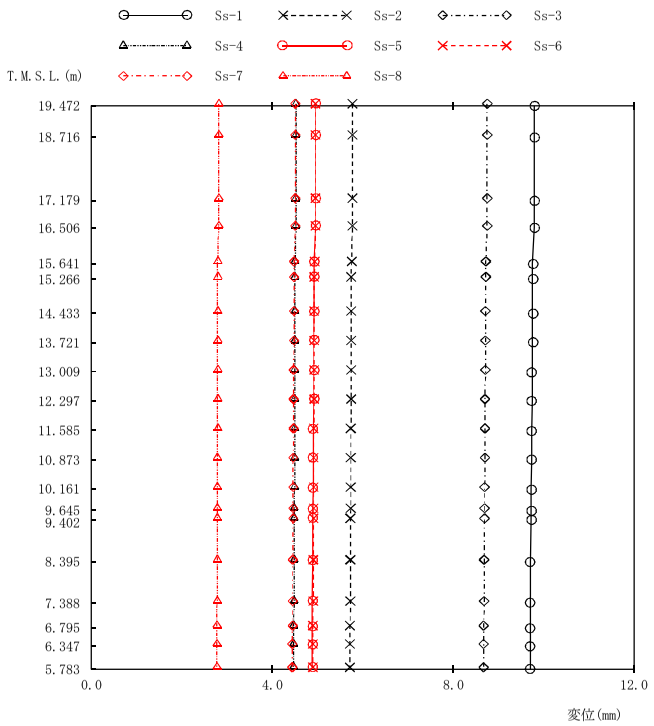


(単位：m/s²)

Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	備　考
8.66	5.25	6.76	4.51	4.75	4.64	5.11	4.05	気水分離器頂部
8.66	5.25	6.76	4.51	4.75	4.64	5.11	4.05	
8.65	5.25	6.76	4.51	4.74	4.64	5.10	4.04	
8.64	5.25	6.75	4.50	4.74	4.63	5.09	4.03	シュラウドヘッド 鏡板頂部
8.51	5.22	6.60	4.38	4.60	4.48	4.90	3.82	
8.50	5.22	6.60	4.38	4.59	4.48	4.89	3.81	
8.48	5.21	6.58	4.36	4.58	4.46	4.87	3.78	上部格子板
8.46	5.21	6.57	4.35	4.56	4.45	4.84	3.77	
8.44	5.20	6.56	4.34	4.55	4.44	4.82	3.75	
8.42	5.20	6.55	4.33	4.54	4.43	4.80	3.73	
8.39	5.19	6.53	4.31	4.52	4.42	4.77	3.71	
8.37	5.18	6.52	4.30	4.51	4.41	4.75	3.68	
8.35	5.18	6.51	4.29	4.49	4.39	4.72	3.66	炉心支持板
8.33	5.17	6.50	4.28	4.48	4.38	4.70	3.65	
8.33	5.17	6.49	4.27	4.48	4.38	4.69	3.64	
8.29	5.16	6.48	4.25	4.45	4.36	4.65	3.61	
8.25	5.15	6.46	4.23	4.42	4.33	4.60	3.57	
8.23	5.14	6.45	4.22	4.41	4.33	4.58	3.56	シュラウドサポート プレート
8.22	5.14	6.44	4.21	4.40	4.32	4.57	3.55	
8.20	5.13	6.43	4.20	4.39	4.31	4.54	3.53	

図4－697　最大応答加速度　基準地震動Ｓｓ（鉛直方向　気水分離器，スタンドパイプ及び炉心シュラウド）

気水分離器，スタンドパイプ及び炉心シュラウド

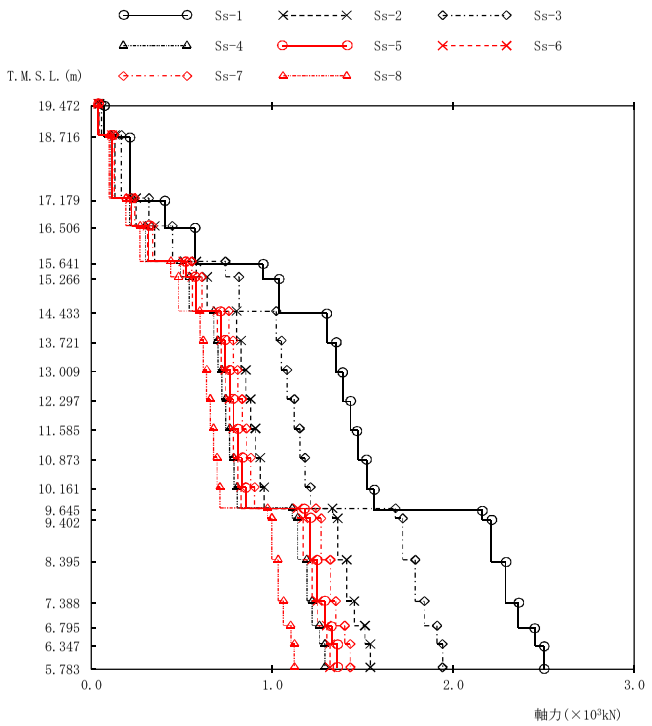


(単位：mm)

Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	備　考
9.79	5.77	8.75	4.52	4.95	4.95	4.51	2.81	気水分離器頂部
9.79	5.77	8.75	4.52	4.95	4.95	4.51	2.81	
9.79	5.77	8.75	4.52	4.95	4.95	4.51	2.81	
9.79	5.77	8.75	4.52	4.95	4.95	4.51	2.81	シュラウドヘッド鏡板頂部
9.75	5.75	8.72	4.50	4.92	4.93	4.48	2.79	
9.75	5.74	8.72	4.50	4.92	4.92	4.48	2.79	
9.75	5.74	8.71	4.50	4.92	4.92	4.48	2.79	上部格子板
9.75	5.74	8.71	4.50	4.91	4.92	4.48	2.79	
9.74	5.74	8.71	4.49	4.91	4.92	4.47	2.79	
9.74	5.74	8.70	4.49	4.91	4.92	4.47	2.79	
9.73	5.73	8.70	4.49	4.90	4.91	4.47	2.79	
9.73	5.73	8.70	4.49	4.90	4.91	4.46	2.78	
9.72	5.73	8.69	4.49	4.90	4.91	4.46	2.78	炉心支持板
9.72	5.73	8.69	4.48	4.89	4.91	4.46	2.78	
9.72	5.72	8.69	4.48	4.89	4.91	4.46	2.78	
9.71	5.72	8.68	4.48	4.89	4.90	4.45	2.78	
9.70	5.72	8.68	4.48	4.88	4.90	4.45	2.78	
9.70	5.71	8.67	4.47	4.88	4.89	4.45	2.77	シュラウドサポートプレート
9.70	5.71	8.67	4.47	4.88	4.89	4.44	2.77	
9.70	5.71	8.67	4.47	4.88	4.89	4.44	2.77	

図4－698　最大応答変位　基準地震動Ｓｓ（鉛直方向　気水分離器，スタンドパイプ及び炉心シュラウド）

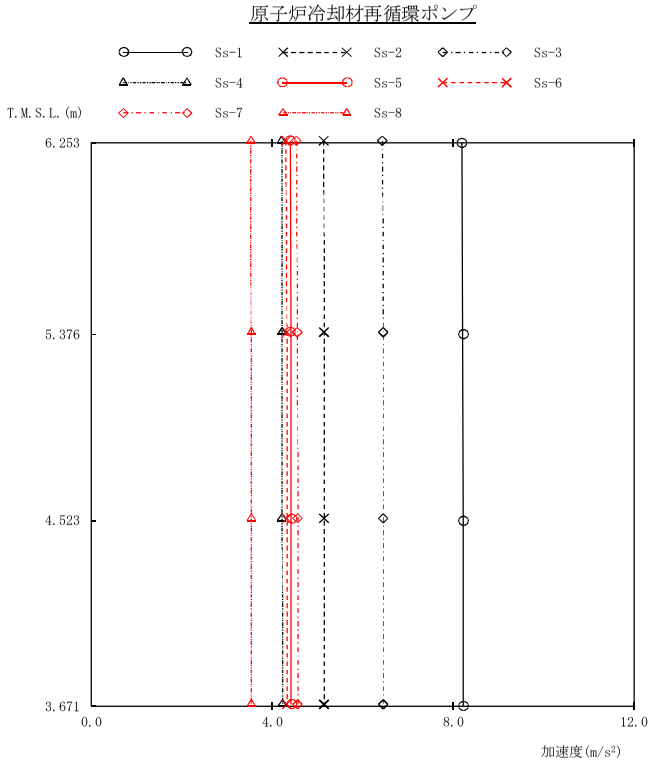
気水分離器，スタンドパイプ及び炉心シュラウド



(単位：kN)

Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	備　考
68.8	41.9	53.8	35.8	38.0	37.1	40.7	32.3	気水分離器頂部
210	128	164	109	116	113	124	98.5	
405	246	316	211	223	218	239	190	
571	348	446	297	315	308	337	268	シュラウドヘッド 鏡板頂部
947	579	739	492	521	507	554	438	
1040	639	814	541	574	558	609	481	
1300	800	1020	676	716	695	759	598	上部格子板
1350	826	1050	698	739	718	783	617	
1390	852	1080	720	763	740	807	636	
1430	879	1120	742	786	763	832	655	
1470	905	1150	764	809	785	856	674	
1520	931	1180	786	832	808	880	693	
1560	954	1210	805	852	827	901	709	炉心支持板
2160	1330	1680	1110	1180	1140	1240	972	
2210	1360	1720	1140	1210	1170	1270	996	
2290	1410	1790	1190	1250	1220	1320	1030	
2360	1450	1840	1220	1290	1250	1350	1060	
2450	1510	1910	1260	1330	1300	1400	1100	シュラウドサポート プレート
2500	1540	1940	1290	1360	1320	1430	1120	

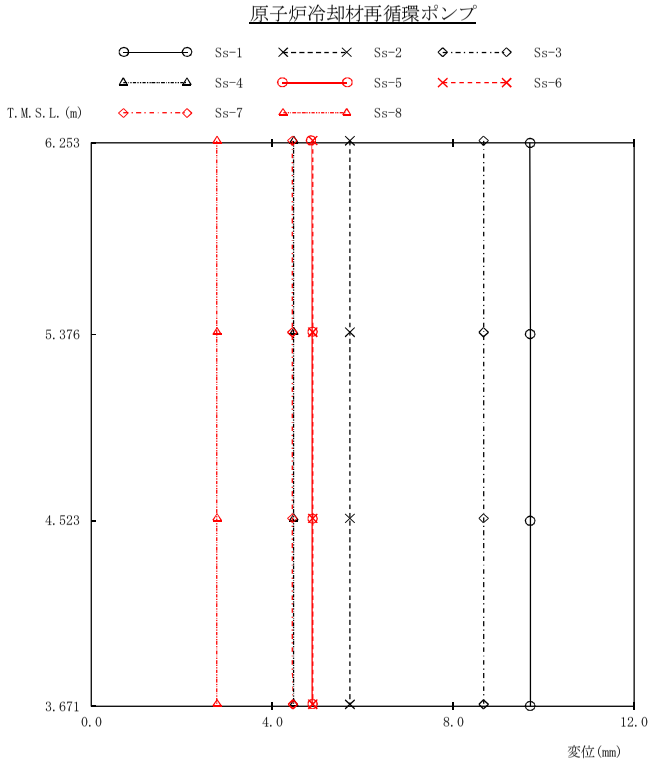
図4－699　最大応答軸力　基準地震動Ｓｓ（鉛直方向　気水分離器，スタンドパイプ及び炉心シュラウド）



(単位：m/s²)

Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	備　考
8.19	5.13	6.43	4.20	4.39	4.30	4.53	3.52	原子炉圧力容器 底部位置
8.21	5.14	6.45	4.21	4.41	4.32	4.55	3.53	
8.22	5.14	6.45	4.21	4.42	4.32	4.56	3.53	
8.22	5.14	6.45	4.22	4.42	4.32	4.56	3.53	原子炉冷却材再循環 ポンプ下端

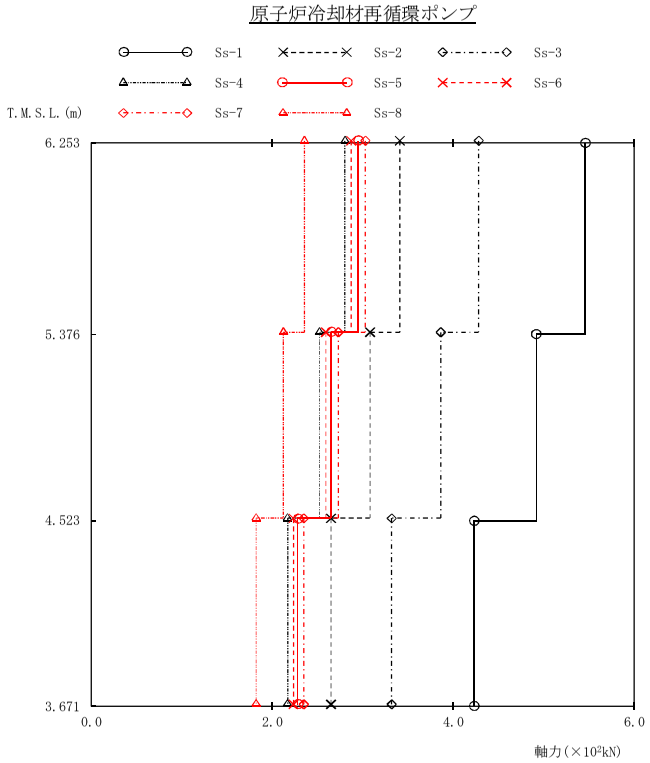
図4－700　最大応答加速度　基準地震動Ｓｓ（鉛直方向　原子炉冷却材再循環ポンプ）



(単位：mm)

Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	備　考
9.69	5.71	8.67	4.47	4.87	4.89	4.44	2.77	原子炉圧力容器 底部位置
9.70	5.71	8.67	4.47	4.88	4.89	4.44	2.77	
9.70	5.71	8.67	4.47	4.88	4.89	4.44	2.77	
9.70	5.71	8.67	4.47	4.88	4.89	4.45	2.77	原子炉冷却材再循環 ポンプ下端

図4－701　最大応答変位　基準地震動Ｓｓ（鉛直方向　原子炉冷却材再循環ポンプ）



(単位：kN)

Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	備　考
								原子炉圧力容器 底部位置
546	341	428	280	295	287	303	235	
492	308	386	252	265	259	273	212	
423	265	332	217	228	223	235	182	
								原子炉冷却材再循環 ポンプ下端

図4－702　最大応答軸力　基準地震動Ｓｓ（鉛直方向　原子炉冷却材再循環ポンプ）

5. 設計用地震力

本章では，Ⅴ-2「耐震性に関する説明書」における各施設の耐震計算書への適用に際し，設定した設計用地震力及び静的地震力を示す。

設計用地震力の作成における配慮方法を以下に示す。なお，静的地震力は，前項の静的解析から得られた地震力以上となるように作成する。

(1) 前項の地震応答解析から得られた地震力に対し，材料物性の不確かさ等や地震動及び地殻変動による基礎地盤の傾斜に対する影響を考慮して作成した地震力（以下「設計用地震力Ⅰ」という。）

(2) 設計用地震力Ⅰ以上となるように作成した地震力（以下「設計用地震力Ⅱ」という。）

5.1 弾性設計用地震動Ｓｄ及び静的震度

弾性設計用地震動Ｓｄに基づく設計用地震力Ⅰ，設計用地震力Ⅱ及び静的地震力のうち，せん断力，モーメント及び軸力を表 5－1～表 5－3 に，制御棒駆動機構ハウジングレストレントビームに加わる力（ばね反力）を表 5－4 に，燃料集合体の相対変位を表 5－5 に示す。

なお，設計用床応答曲線，設計用最大応答加速度及び静的震度については，Ⅴ-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に示す。

5.2 基準地震動Ｓｓ

基準地震動Ｓｓに基づく設計用地震力Ⅰ及び設計用地震力Ⅱのうち，せん断力，モーメント及び軸力を表 5－6～表 5－8 に，制御棒駆動機構ハウジングレストレントビームに加わる力（ばね反力）を表 5－9 に，燃料集合体の相対変位を表 5－10 に示す。

なお，設計用床応答曲線及び設計用最大応答加速度については，Ⅴ-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に示す。

表 5－1　設計用地震力及び静的地震力（せん断力，Ｓｄ）(1/2)

名称	標高 T.M.S.L.(m)	設計用地震力Ⅰ (kN)	設計用地震力Ⅱ (kN)	静的地震力 (kN)
燃料集合体	14.433	2210	2210	990
	13.721	1600	1600	584
	13.009	577	577	182
	12.297	595	595	220
	11.585	1610	1610	584
	10.873	2190	2190	948
	10.161			
制御棒案内管	10.161	169	176	275
	9.645	133	136	215
	9.402	72.2	72.6	108
	8.395	39.5	39.5	59.8
	7.388	124	124	192
	6.795	178	181	281
	6.347			
制御棒駆動機構 ハウジング	6.347	246	254	460
	5.817	313	337	460
	5.066			
制御棒駆動機構 ハウジング (内側)	5.066	68.0	85.1	127
	4.213	28.1	35.9	57.1
	3.361	21.5	24.9	20.2
	2.508	65.7	83.9	90.0
	1.655	99.3	122	96.8
	0.934	17.1	19.4	96.8
	0.184			
制御棒駆動機構 ハウジング (外側)	5.817	95.4	119	169
	5.066	58.9	70.9	100
	4.213	16.7	28.1	30.1
	3.361	34.0	44.8	43.7
	2.508	83.5	105	113
	1.655	89.8	124	95.8
	0.934	14.5	20.2	95.8
	0.184			

表 5－1　設計用地震力及び静的地震力（せん断力，Ｓｄ）(2/2)

名称	標高 T.M.S.L.(m)	設計用地震力Ⅰ (kN)	設計用地震力Ⅱ (kN)	静的地震力 (kN)
気水分離器及び スタンドパイプ	19.472	115	136	133
	18.716	323	387	361
	17.179	458	517	562
	16.506	500	550	648
炉心シュラウド	15.641	557	602	865
	15.266	671	718	865
	14.433	2520	2520	2290
	13.721	2430	2430	2370
	13.009	2310	2310	2450
	12.297	2220	2220	2530
	11.585	2130	2130	2600
	10.873	2090	2090	2680
	10.161	2110	2110	2730
	9.645			
	10.161	2190	2190	1680
	9.645	3850	3850	4460
	9.402	3880	3880	4560
	8.395	3910	3910	4710
	7.388	3920	3920	4830
	6.795			
原子炉冷却材 再循環ポンプ	6.253	548	743	250
	5.376	408	566	244
	4.523	327	454	151
	3.671			

表 5－2　設計用地震力及び静的地震力（モーメント，Ｓｄ）(1/2)

名称	標高 T.M.S.L.(m)	設計用地震力Ⅰ (kN･m)	設計用地震力Ⅱ (kN･m)	静的地震力 (kN･m)
燃料集合体	14.433	0	0	0
	13.721	1580	1580	702
	13.009	2720	2720	1120
	12.297	3130	3130	1250
	11.585	2710	2710	1100
	10.873	1560	1560	676
	10.161	0	0	0
制御棒案内管	10.161	0	0	0
	9.645	87.2	90.3	143
	9.402	120	123	193
	8.395	191	193	301
	7.388	154	154	240
	6.795	79.6	80.6	127
	6.347	0	0	0
制御棒駆動機構 ハウジング	6.347	0	0	0
	5.817	130	136	0
	5.066	365	387	592
制御棒駆動機構 ハウジング (内側)	4.213	32.6	38.0	35.1
	3.361	24.7	34.5	23.9
	2.508	31.2	46.1	7.37
	1.655	84.2	102	69.8
	0.934	12.9	14.6	0
	0.184	0	0	0
制御棒駆動機構 ハウジング (外側)	5.817	109	133	178
	5.066	37.6	42.6	52.0
	4.213	23.9	30.6	41.1
	3.361	36.7	51.5	63.9
	2.508	29.0	41.1	26.9
	1.655	75.0	105	69.1
	0.934	10.9	15.1	0
	0.184	0	0	0

表 5－2　設計用地震力及び静的地震力（モーメント，Ｓｄ）(2/2)

名称	標高 T.M.S.L.(m)	設計用地震力Ⅰ (kN･m)	設計用地震力Ⅱ (kN･m)	静的地震力 (kN･m)
気水分離器及び スタンドパイプ	19.472	0	0	0
	18.716	87.0	103	153
	17.179	582	695	566
炉心シュラウド	16.506	869	1050	943
	15.641	1290	1530	1470
	15.266	1490	1750	2560
	14.433	2050	2340	2560
	13.721	3730	3730	4190
	13.009	5420	5420	5870
	12.297	7050	7050	7610
	11.585	8610	8610	9410
	10.873	10100	10100	11300
	10.161	11600	11600	13200
	9.645	12700	12700	14600
	10.161	0	0	0
	9.645	13600	13600	15500
	9.402	14500	14500	16600
	8.395	18400	18400	21200
	7.388	22300	22300	25900
	6.795	24700	24700	28700
原子炉冷却材 再循環ポンプ	6.253	1110	1530	461
	5.376	626	869	307
	4.523	279	387	216
	3.671	0	0	0

表 5－3　設計用地震力（軸力，Ｓｄ）(1/2)

名称	標高 T.M.S.L.(m)	設計用地震力Ⅰ (kN)	設計用地震力Ⅱ (kN)
燃料集合体	14.433	89.1	125
	13.721	268	376
	13.009	445	626
	12.297	623	875
	11.585	800	1130
	10.873	977	1380
	10.161	1210	1690
制御棒案内管	9.645	1220	1720
	9.402	1240	1750
	8.395	1280	1800
	7.388	1310	1840
	6.795	1330	1860
	6.347	1360	1920
制御棒駆動機構 ハウジング	6.347	1390	1950
	5.817	360	494
	5.066	341	468
	4.213	321	440
	3.361	302	414
制御棒駆動機構 ハウジング (内側)	2.508	66.5	91.2
	1.655	9.69	13.3
	0.934	372	507
	0.184	355	484
	5.817	336	458
	5.066	316	431
	4.213	297	405
	3.361	65.5	89.2
制御棒駆動機構 ハウジング (外側)	2.508	9.54	13.0
	1.655		
	0.934		
	0.184		

表 5－3　設計用地震力（軸力，Ｓｄ）(2/2)

名称	標高 T.M.S.L.(m)	設計用地震力Ⅰ (kN)	設計用地震力Ⅱ (kN)
気水分離器及び スタンドパイプ	19.472	34.6	48.7
	18.716		
	17.179	106	149
	16.506	203	286
炉心シュラウド	15.641	287	403
	15.266	478	669
	14.433	527	738
	13.721	660	921
	13.009	681	951
	12.297	703	981
	11.585	725	1010
	10.873	746	1040
	10.161	768	1070
	9.645	787	1100
	9.402	1100	1530
	8.395	1130	1560
	7.388	1170	1620
	6.795	1200	1670
	6.347	1250	1730
	5.783	1270	1760
原子炉冷却材 再循環ポンプ	6.253	282	385
	5.376	254	348
	4.523	219	299
	3.671		

表 5－4　設計用地震力及び静的地震力（ばね反力，Ｓｄ）

名称	設計用地震力Ⅰ (kN)	設計用地震力Ⅱ (kN)	静的地震力 (kN)
制御棒駆動機構ハウジング レストレントビーム	514	658	623

表 5－5　設計用地震力（相対変位，Ｓｄ）

名称	標高 T.M.S.L.(m)	設計用地震力Ⅰ (mm)	設計用地震力Ⅱ (mm)	静的地震力 (mm)
燃料集合体	14.433	0.0	0.0	0.0
	13.721	10.6	10.6	4.4
	13.009	18.3	18.3	7.5
	12.297	21.2	21.2	8.7
	11.585	18.3	18.3	7.5
	10.873	10.6	10.6	4.4
	10.161	0.0	0.0	0.0

表 5－6　設計用地震力（せん断力，Ｓｓ）(1/2)

名称	標高 T.M.S.L.(m)	設計用地震力Ⅰ (kN)	設計用地震力Ⅱ (kN)
燃料集合体	14.433	3310	3650
	13.721	2390	2630
	13.009	866	953
	12.297	873	961
	11.585	2390	2630
	10.873	3300	3630
	10.161		
制御棒案内管	10.161	317	405
	9.645	248	315
	9.402	137	181
	8.395	72.1	93.6
	7.388	235	303
	6.795	343	441
	6.347		
制御棒駆動機構 ハウジング	6.347	476	617
	5.817	608	788
	5.066		
制御棒駆動機構 ハウジング (内側)	5.066	172	208
	4.213	120	127
	3.361	62.1	64.5
	2.508	135	171
	1.655	196	245
	0.934	44.8	45.8
	0.184		
制御棒駆動機構 ハウジング (外側)	5.817	198	236
	5.066	125	149
	4.213	54.0	61.3
	3.361	70.3	89.5
	2.508	167	215
	1.655	189	242
	0.934	35.1	40.9
	0.184		

表５－６　設計用地震力（せん断力，Ｓｓ）(2/2)

名称	標高 T.M.S.L.(m)	設計用地震力Ⅰ (kN)	設計用地震力Ⅱ (kN)
気水分離器及び スタンドパイプ	19.472	242	267
	18.716	692	753
	17.179	955	1050
	16.506	1020	1140
炉心シュラウド	15.641	1130	1240
	15.266	1350	1460
	14.433	4600	5060
	13.721	4570	5040
	13.009	4410	4860
	12.297	4180	4600
	11.585	3970	4380
	10.873	3880	4270
	10.161	3940	4340
	9.645		
	10.161	3410	3760
	9.645	7240	7970
	9.402	7300	8030
	8.395	7350	8090
	7.388	7370	8110
	6.795		
原子炉冷却材 再循環ポンプ	6.253	1080	1400
	5.376	807	1030
	4.523	648	834
	3.671		

表 5－7　設計用地震力（モーメント，Ｓｓ）(1/2)

名称	標高 T.M.S.L.(m)	設計用地震力Ⅰ (kN･m)	設計用地震力Ⅱ (kN･m)
燃料集合体	14.433	0	0
	13.721	2360	2600
	13.009	4050	4470
	12.297	4670	5140
	11.585	4050	4460
	10.873	2350	2590
	10.161	0	0
制御棒案内管	10.161	0	0
	9.645	164	210
	9.402	224	285
	8.395	358	455
	7.388	293	377
	6.795	154	198
	6.347	0	0
制御棒駆動機構 ハウジング	6.347	0	0
	5.817	253	327
	5.066	708	914
制御棒駆動機構 ハウジング (内側)	4.213	70.9	84.8
	3.361	99.7	125
	2.508	135	168
	1.655	165	206
	0.934	33.6	34.4
	0.184	0	0
制御棒駆動機構 ハウジング (外側)	5.817	215	268
	5.066	76.4	92.5
	4.213	65.4	87.7
	3.361	108	138
	2.508	85.4	109
	1.655	160	205
	0.934	26.4	30.7
	0.184	0	0

表 5－7　設計用地震力（モーメント，Ｓｓ）(2/2)

名称	標高 T.M.S.L.(m)	設計用地震力Ⅰ (kN･m)	設計用地震力Ⅱ (kN･m)
気水分離器及び スタンドパイプ	19.472	0	0
	18.716	183	202
	17.179	1250	1360
	16.506	1890	2050
炉心シュラウド	15.641	2770	3010
	15.266	3190	3480
	14.433	4310	4680
	13.721	7210	7400
	13.009	10200	10200
	12.297	13200	14600
	11.585	16100	17800
	10.873	19000	20900
	10.161	21700	23900
	9.645	23700	26100
	10.161	0	0
	9.645	25400	28000
	9.402	27100	30000
	8.395	34500	38000
	7.388	41900	46100
	6.795	46300	51000
原子炉冷却材 再循環ポンプ	6.253	2180	2770
	5.376	1240	1590
	4.523	552	710
	3.671	0	0

表 5－8　設計用地震力（軸力，Ｓｓ）(1/2)

名称	標高 T.M.S.L.(m)	設計用地震力Ⅰ (kN)	設計用地震力Ⅱ (kN)
燃料集合体	14.433	182	246
	13.721	544	736
	13.009	906	1230
	12.297	1270	1720
	11.585	1630	2210
	10.873	1990	2710
	10.161	2440	3330
制御棒案内管	9.645	2470	3370
	9.402	2520	3440
	8.395	2600	3540
	7.388	2660	3620
	6.795	2700	3670
	6.347		
制御棒駆動機構 ハウジング	6.347	2760	3760
	5.817	2810	3840
	5.066	725	979
制御棒駆動機構 ハウジング (内側)	4.213	686	927
	3.361	645	873
	2.508	606	819
	1.655	134	181
	0.934	19.5	26.4
	0.184		
制御棒駆動機構 ハウジング (外側)	5.817	749	1010
	5.066	714	960
	4.213	676	909
	3.361	636	856
	2.508	597	804
	1.655	132	179
	0.934	19.2	25.9
	0.184		

表 5－8　設計用地震力（軸力，Ｓｓ）(2/2)

名称	標高 T.M.S.L.(m)	設計用地震力Ⅰ (kN)	設計用地震力Ⅱ (kN)
気水分離器及び スタンドパイプ	19.472	70.3	95.7
	18.716	215	293
	17.179	414	563
	16.506	584	795
炉心シュラウド	15.641	970	1330
	15.266	1070	1460
	14.433	1340	1820
	13.721	1380	1880
	13.009	1430	1940
	12.297	1470	1990
	11.585	1510	2060
	10.873	1560	2120
	10.161	1600	2180
	9.645	2220	3010
	9.402	2280	3090
	8.395	2360	3200
	7.388	2430	3290
	6.795	2520	3410
	6.347	2570	3490
	5.783		
原子炉冷却材 再循環ポンプ	6.253	570	765
	5.376	514	689
	4.523	442	593
	3.671		

表 5－9　設計用地震力（ばね反力，Ｓｓ）

名称	設計用地震力Ⅰ (kN)	設計用地震力Ⅱ (kN)
制御棒駆動機構ハウジング レストレントビーム	1040	1330

表 5－10　設計用地震力（相対変位，Ｓｓ）

名称	標高 T.M.S.L.(m)	設計用地震力Ⅰ (mm)	設計用地震力Ⅱ (mm)
燃料集合体	14.433	0.0	0.0
	13.721	15.8	17.5
	13.009	27.4	30.2
	12.297	31.6	34.8
	11.585	27.4	30.2
	10.873	15.8	17.4
	10.161	0.0	0.0

Ⅴ-2-3-2　炉心の耐震性についての計算書

Ⅴ-2-3-2-1　炉心の耐震計算結果

目次

1. 概要 ····· 1
2. 耐震評価条件整理 ····· 1
3. 技術基準規則第5条の要求事項の変更に伴う評価対象設備の耐震計算 ····· 4
3.1 耐震計算の概要 ····· 4

1. 概要

本資料は，原子炉本体のうち炉心及び炉心支持構造物の耐震計算の手法及び条件の整理について説明するものである。

2. 耐震評価条件整理

原子炉本体のうち炉心及び炉心支持構造物に対して，設計基準対象施設の耐震重要度分類,重大事故等対処設備の設備分類を整理した。既設の設計基準対象施設については，耐震評価における手法及び条件について，既に認可を受けた実績との差異の有無を整理した。また，重大事故等対処設備のうち，設計基準対象施設であるものについては，重大事故等対処設備の評価条件と設計基準対象施設の評価条件との差異の有無を整理した。結果を表1 に示す。

原子炉本体のうち炉心及び炉心支持構造物の耐震計算は表1 に示す計算書に記載することとする。

表１　耐震評価条件整理一覧表（1/2）

評価対象設備			設計基準対象施設			重大事故等対処設備		
			耐震重要度分類	新規制基準施行前に認可された実績との差異	耐震計算の記載箇所	設備分類	設計基準対象施設との評価条件の差異	耐震計算の記載箇所
原子炉本体	炉心	燃料集合体	—	有	Ⅴ-2-3-2-1	—	—	—
	—	チャンネルボックス	S	無	Ⅴ-2-3-2-1	—	—	—

表１　耐震評価条件整理一覧表（2/2）

評価対象設備			設計基準対象施設			重大事故等対処設備		
			耐震重要度分類	新規制基準施行前に認可された実績との差異	耐震計算の記載箇所	設備分類	設計基準対象施設との評価条件の差異	耐震計算の記載箇所
原子炉本体	炉心支持構造物	炉心シュラウド	S	無	Ⅴ-2-3-2-3	—	—	—
		シュラウドサポート	S	無	Ⅴ-2-3-2-3	—	—	—
		上部格子板	S	無	Ⅴ-2-3-2-3	—	—	—
		炉心支持板	S	無	Ⅴ-2-3-2-3	—	—	—
		燃料支持金具	S	—*	Ⅴ-2-3-2-3	—	—	—
		制御棒案内管	S	無	Ⅴ-2-3-2-3	—	—	—

注記＊　：本工事計画で新規に申請する設備であることから，差異比較の対象外。

3.　技術基準規則第5条の要求事項の変更に伴う評価対象設備の耐震計算

3.1　耐震計算の概要

本章は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき，炉心及び炉心支持構造物のうち，技術基準規則第5条の要求事項の変更に伴う評価対象設備である燃料集合体が設計用地震力に対して十分な構造強度評価を有していることを説明するものである。燃料集合体の計算結果を次ページ以降に示す。

(1)燃料集合体の耐震性についての計算書

目　　次

1.　概要 ····· 1
2.　一般事項 ····· 2
2.1　構造計画 ····· 2
2.2　評価方針 ····· 3
2.3　適用規格・基準等 ····· 3
2.4　記号の説明 ····· 4
3.　燃料集合体の地震応答解析 ····· 7
4.　地震時の制御棒挿入性試験検討 ····· 8
5.　地震時の燃料被覆管の応力評価 ····· 9
5.1　燃料被覆管の応力評価で考慮する荷重の組合せ及び許容応力状態 ····· 9
5.2　燃料被覆管の応力評価における評価部位 ····· 9
5.3　評価対象燃料の炉内滞在期間と評価に用いる許容応力 ····· 10
5.4　スペーサ間及びスペーサ部の燃料被覆管の応力評価 ····· 10
5.4.1　スペーサ間及びスペーサ部の応力評価に用いる地震加速度及び相対変位 ····· 10
5.4.2　地震時のスペーサ間及びスペーサ部の応力評価の方法 ····· 10
5.4.3　検討内容 ····· 11
5.5　下部端栓溶接部の燃料被覆管の応力評価 ····· 12
5.5.1　下部端栓溶接部の応力評価に用いる地震加速度及び相対変位 ····· 12
5.5.2　地震時の下部端栓溶接部の応力評価の方法 ····· 12
5.5.3　下部端栓溶接部の疲労評価 ····· 14
5.5.4　検討内容 ····· 14
5.6　検討結果 ····· 15
6.　引用文献 ····· 31
付録 1　応力計算結果の応力分類処理方法 ····· 32

1. 概要

本計算書は，燃料集合体の耐震性について示すものである。

地震時において燃料集合体に要求されるのは，制御棒の挿入機能の確保，崩壊熱除去可能な形状の維持及び燃料被覆管の閉じ込め機能の維持である。

制御棒の挿入機能の確保については，原子力発電所耐震設計技術指針（重要度分類・許容応力編 ＪＥＡＧ４６０１・補-1984）（日本電気協会 電気技術基準調査委員会 昭和59年9月）に従って，地震時における制御棒の挿入性についての検討を行い，基準地震動Ｓｓに対し制御棒の挿入性が確保されることを，Ⅴ-2-6-2-1「制御棒の耐震性についての計算書」にて説明する。

崩壊熱除去可能な形状の維持については，Ⅴ-2-3-2-3「炉心支持構造物の応力計算書」にてその詳細を示すとおり，燃料集合体を支持している炉心支持構造物が耐震設計上の重要度分類Ｓクラスで設計され，その支持機能は地震時においても維持されるので，崩壊熱除去可能な形状は維持されると考えられる。燃料被覆管自体の損傷は必ずしも崩壊熱除去可能な形状の喪失を意味するわけではないが，ここではⅤ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき，燃料被覆管の地震時応力を弾性解析によって求め，燃料被覆管が健全であり，崩壊熱除去可能な形状が維持されることを確認する。

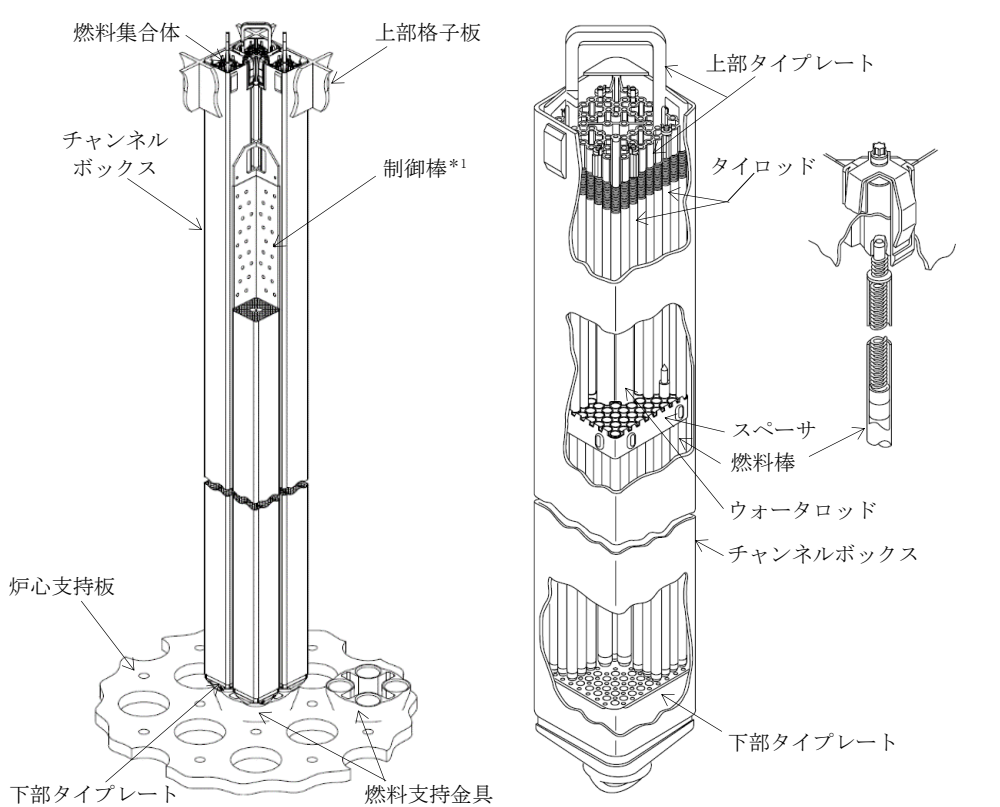
燃料被覆管の閉じ込め機能の維持については，通常運転時の状態で燃料被覆管に作用する荷重及び運転時の異常な過渡変化時の状態のうち地震によって引き起こされるおそれのある事象によって燃料被覆管に作用する荷重と地震力を組み合わせても，燃料被覆管に発生する応力が放射性物質の閉じ込め機能に影響しないことを確認する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

燃料集合体の構造計画を表 2－1 に示す。

表 2－1 燃料集合体の構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
炉心は最外周部の一部を除き十字型制御棒とそれを囲む 4 体の燃料集合体を 1 セルとして構成される。 燃料集合体の下部は下部タイプレートの着座面が炉心支持板上の燃料支持金具に嵌合して支持され，上部はセルを構成する燃料集合体が上部格子板内で水平方向に支持される。 上下部タイプレート，スペーサ，ウォータロッド及びタイロッドは結合又は支持により骨格を形成する。4 体の燃料集合体の外側にはめたチャンネルボックスの外面が制御棒*1 の通路を構成する。	9×9 燃料（A 型）の燃料集合体*2 は，9×9 の正方格子に配列された 74 本の燃料棒と 2 本のウォータロッドが 7 個のスペーサにより束ねられ，それらの上下端が上部タイプレート及び下部タイプレートと嵌合することにより形成される。 燃料集合体を炉心に装荷する際には，外側にチャンネルボックスをはめる。	

注記＊1：制御棒の構造計画の詳細は，Ⅴ-2-6-2-1「制御棒の耐震性についての計算書」に示す。

＊2：9×9 燃料（A 型）燃料集合体の詳細図を図 2-1 へ示す。

2.2　評価方針

地震時において燃料集合体に要求されるのは，制御棒の挿入機能の確保，崩壊熱除去可能な形状の維持及び燃料被覆管の閉じ込め機能の維持である。

制御棒の地震時挿入性の評価については，炉心を模擬した実物大の部分モデルによる加振時制御棒挿入試験結果から挿入機能に支障を与えない燃料集合体の最大相対変位を求め，地震応答解析から求めた燃料集合体の最大応答相対変位がその燃料集合体の最大相対変位を下回ることを確認する。

崩壊熱除去可能な形状の維持については，燃料集合体を支持している炉心支持構造物の支持機能が維持され，燃料被覆管の一次応力により構造的に崩壊するような状態となることを防ぐことで崩壊熱除去可能な形状は維持されると考えられる。燃料被覆管自体の損傷は必ずしも崩壊熱除去可能な形状の喪失を意味するわけではないが，保守的に燃料被覆管の地震時応力を弾性解析で求め，原子力発電所耐震設計技術指針（重要度分類・許容応力編　ＪＥＡＧ４６０１-1991 追補版）（日本電気協会 電気技術基準調査委員会 平成 3 年 6 月）に規定されている評価基準に従い許容応力以下であることを確認する。

燃料被覆管の地震時応力は，運転時（通常運転時及び地震によって引き起こされるおそれのある過渡変化時）に燃料被覆管に作用している荷重と地震力を組み合わせて評価する。また，運転中に燃料に生じる燃料被覆管の腐食等の照射の影響を考慮して，燃料被覆管の地震時応力を求める。

燃料被覆管の閉じ込め機能の維持については，運転時と地震時に燃料被覆管に作用する荷重を組み合わせても，燃料被覆管の応答がおおむね弾性状態に留まり，燃料被覆管に発生する応力が許容応力以下であること，地震時の繰り返し荷重により燃料被覆管に応力振幅が作用しても疲労破壊しないことを確認する。

地震時の燃料被覆管の耐震評価フローを，図 2－2 に示す。

崩壊熱除去可能な形状の維持に関する燃料集合体の耐震評価の方法は，平成 12 年 12 月 26 日付け平成 12・10・13 資第 9 号にて認可された工事計画の実績に基づいている。

2.3　適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- 原子力発電所耐震設計技術指針　重要度分類・許容応力編　ＪＥＡＧ４６０１・補-1984（(社) 日本電気協会）
- 原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１-1991　追補版（(社) 日本電気協会）
- 発電用原子力設備規格　設計・建設規格（(社) 日本機械学会，2005/2007）（以下「設計・建設規格」という。）

2.4　記号の説明

記号	記号の説明	単位
A	スペーサの接触力に基づく応力計算に用いる定数	—
P_c	冷却材圧力	MPa
P_g	燃料棒内圧*1	MPa
r_1	燃料被覆管の外半径*2	mm
r_2	燃料被覆管の内半径*2	mm
r_m	燃料被覆管の平均半径*2	mm
t	燃料被覆管の肉厚*2	mm
d	燃料被覆管の楕円度	mm
q_{cr}	燃料被覆管の臨界座屈荷重	MPa
f	スペーサ接触力	N
α	燃料被覆管の熱膨張率	$℃^{-1}$
E	燃料被覆管の縦弾性係数	MPa
ν	燃料被覆管のポアソン比	—
ℓ	スペーサ間距離	mm
δ	水力振動による燃料棒の振幅	mm
T_o	燃料被覆管の外面温度	℃
ΔT_1	燃料被覆管の内外面温度差	℃
ΔT_2	燃料被覆管の円周方向温度差	℃
F	膨張スプリング等による軸方向荷重に基づき燃料棒に作用する力	N
Gh	地震時の水平方向最大加速度	m/s^2
Gv	地震時の鉛直方向最大加速度	m/s^2
Wr	燃料棒の全質量	kg
Ws	スペーサ間距離当たりの燃料棒質量	kg
Z	燃料被覆管の断面係数*2	mm^3
L	燃料棒の全長	mm
Y	地震時の燃料集合体の最大変位	mm
$\Delta\sigma$	地震期間中の繰り返し荷重による応力振幅（応力強さの振幅）	MPa
N	$\Delta\sigma$に対応するジルカロイの設計疲労曲線の許容サイクル数	回
n	地震力の繰り返し回数	回
S_y	燃料被覆管（ジルカロイ）の降伏応力*3	MPa
S_u	燃料被覆管（ジルカロイ）の引張強さ*3	MPa

注記＊1：

＊2：燃料被覆管の，照射に伴う腐食減肉を考慮。

＊3：燃料被覆管の温度及び照射の効果を考慮。

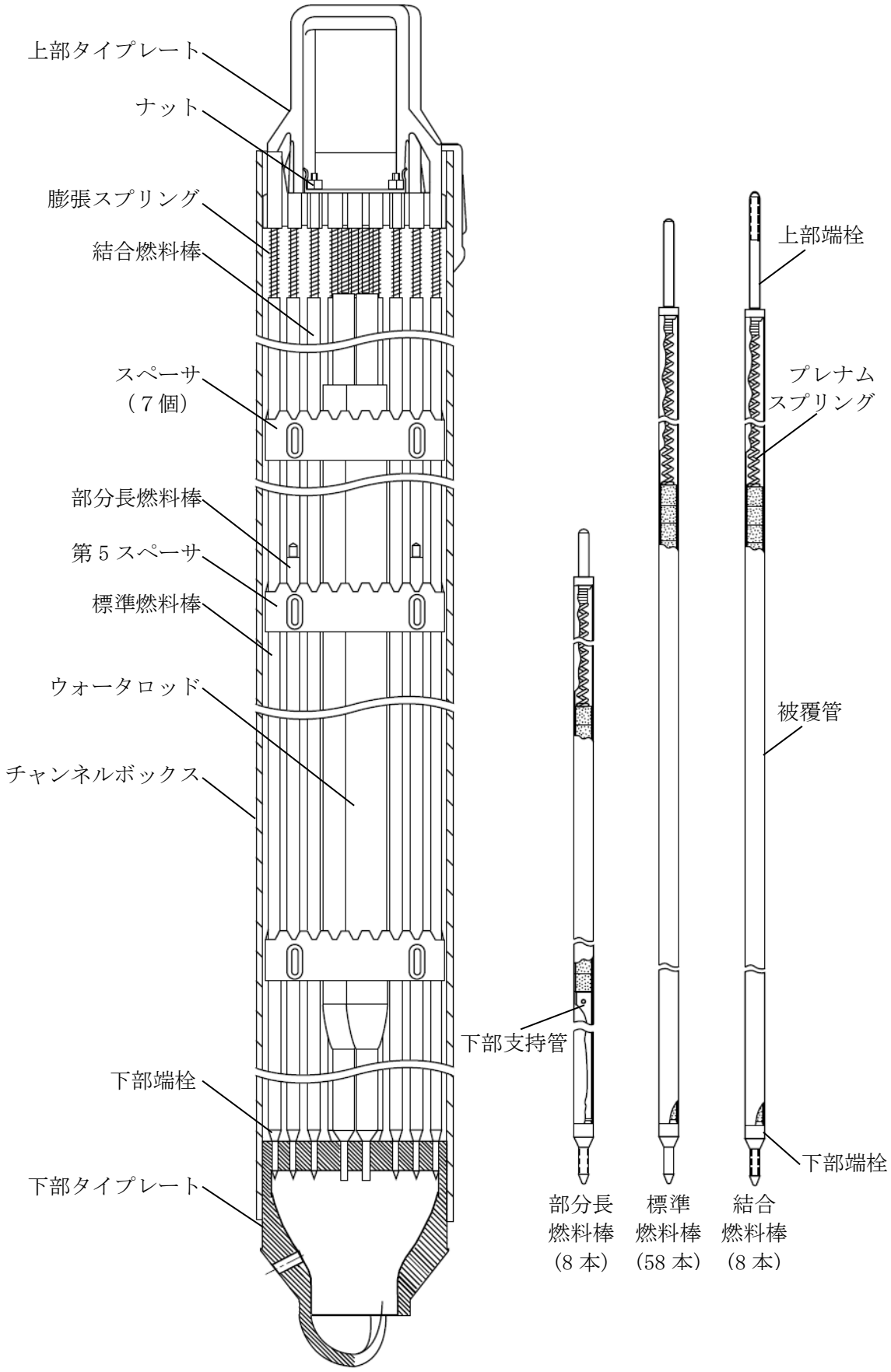


図２－１　９×９燃料（A 型）燃料集合体の詳細図

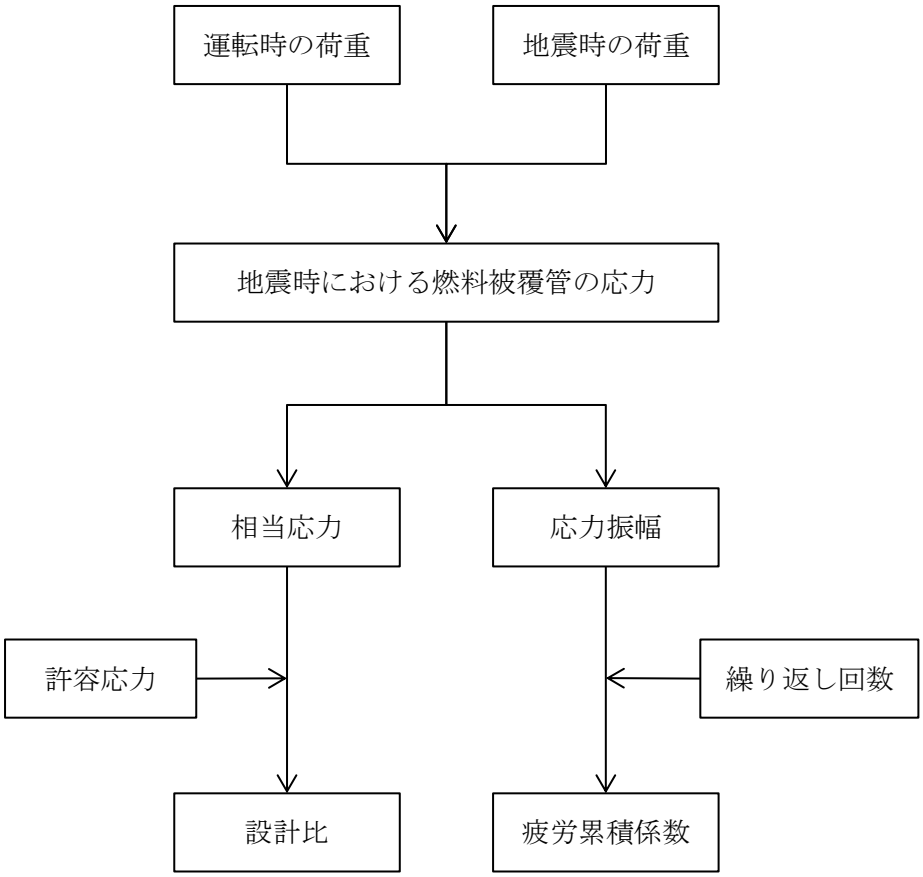


図 2－2　地震時の燃料被覆管の耐震評価フロー

3. 燃料集合体の地震応答解析

燃料集合体の地震応答解析は原子炉圧力容器内部構造物の一部として実施されており，この詳細はⅤ-2-3-1「炉心，原子炉圧力容器及び圧力容器内部構造物の地震応答計算書」に示されている。

燃料集合体の剛性はチャンネルボックスにより支配され，燃料集合体の質量は燃料タイプによらずほぼ同等であることから，燃料集合体の地震応答は燃料タイプによらず，この燃料集合体の地震応答解析結果が適用可能である。設計用地震波としては，基準地震動Ｓｓを採用している。

応答解析は，時刻歴応答解析法を適用して建屋のNS及びEWの水平方向並びに鉛直方向について，基本ケースの他に材料物性の不確かさや地震動及び地殻変動による基礎地盤の傾斜に対する影響等を考慮した解析も実施している。

地震時に燃料集合体に要求される制御棒挿入性，崩壊熱除去可能な形状維持及び燃料被覆管の閉じ込め機能の維持の評価においては，基本ケースの最大応答相対変位及び最大応答加速度に対し，材料物性の不確かさや地震動及び地殻変動による基礎地盤の傾斜に対する影響等を考慮した最大応答相対変位31.6mm,最大水平加速度26.6m/s^{2}及び最大鉛直加速度8.8m/s^{2}を用いる。また，下部端栓溶接部の応力評価では，水平地震加速度として下部端栓溶接部直上の下部タイプレートースペーサ間の燃料棒に作用する水平加速度の最大値14.2m/s^{2}を用いる。

なお，Ⅴ-2-3-1「炉心，原子炉圧力容器及び圧力容器内部構造物の地震応答計算書」において設定された基準地震動Ｓｓの基本ケースにおける燃料集合体の最大応答相対変位は16.8mmとなる。また，燃料集合体の最大応答加速度は，水平方向で14.7m/s^2，鉛直方向で8.61m/s^{2}となる。

4. 地震時の制御棒挿入性試験検討

地震時における制御棒挿入性についての検討方法は，3章で設定した最大応答相対変位31.6mmが，制御棒挿入性試験にて確認された挿入機能に支障を与えない最大燃料集合体変位を下回ることを確認する。

Ⅴ-2-6-2-1「制御棒の耐震性についての計算書」にその詳細を示すとおり制御棒挿入機能は確保される。

5.　地震時の燃料被覆管の応力評価

5.1　燃料被覆管の応力評価で考慮する荷重の組合せ及び許容応力状態

地震時に燃料集合体に要求される崩壊熱除去可能な形状の維持及び燃料被覆管の閉じ込め機能の維持に関する燃料被覆管の応力評価は，表 5－1 及び表 5－2 に示す荷重の組合せにより燃料被覆管に発生する応力を弾性解析で求める。表 5－1 及び表 5－2 の地震荷重Ｓｄ*及びＳｓ以外の荷重については，通常運転時及び地震によって引き起こされるおそれのある過渡事象として炉心出力が上昇する（出力過渡）事象及び炉心圧力が上昇する（圧力過渡）事象において燃料集合体に作用する荷重を考慮する。また，地震荷重Ｓｄ*は，弾性設計用地震動Ｓｄによる地震力又は静的地震力のいずれか大きい方の地震荷重であるが，本評価では静的地震力より大きい弾性設計用地震動Ｓｄによる地震力が対象となる。表 5－1 及び表 5－2 のそれぞれの評価で対象とする応力分類について，せん断歪エネルギ説（von Mises 理論）に基づく相当応力を計算し，当該の許容応力に対する比（設計比）を評価する。

(1)　崩壊熱除去可能な形状の維持に関する応力評価

崩壊熱除去可能な形状の維持に関する応力評価では，表 5－1 に示すように，原子力発電所耐震設計技術指針（ＪＥＡＧ４６０１-1991 追補版）（日本電気協会 電気技術基準調査委員会 平成 3 年 6 月）に基づき一次応力を対象として，許容応力 0.7Ｓｕに対する設計比を評価する。崩壊熱除去可能な形状の維持に用いる手法は，平成 12 年 12 月 26 日付け平成 12・10・13 資第 9 号にて認可された工事計画の実績に基づいている。

(2)　燃料被覆管の閉じ込め機能の維持に関する応力評価

燃料被覆管の閉じ込め機能の維持に関する応力評価では，表 5－2 に基づき，静的地震力より大きい弾性設計用地震動Ｓｄにおける荷重条件に対して燃料被覆管がおおむね弾性状態に留まること，基準地震動Ｓｓにおける荷重条件に対して破断延性限界に余裕を有していることを確認するため，一次応力＋二次応力を対象として，許容応力として弾性設計用地震動Ｓｄに対してＳｙ，基準地震動Ｓｓに対してＳｕを適用し，設計比を評価する。

なお，本計算書における燃料被覆管の閉じ込め機能の維持に関する応力評価では，基準地震動Ｓｓにより生じる燃料被覆管応力は弾性設計用地震動Ｓｄにより生じる応力を包含するため，基準地震動Ｓｓに対して許容応力をＳｙとして，弾性設計用地震動Ｓｄに対する要求も満足することを示す評価を実施した。

5.2　燃料被覆管の応力評価における評価部位

地震時の崩壊熱除去可能な形状の維持及び燃料被覆管の閉じ込め機能の維持に関する燃料被覆管の応力評価では，2.1 節に記載した燃料集合体内の燃料棒の構造より，スペーサ間及びスペーサ部，並びに下部端栓溶接部（閉じ込め機能維持の評価のみ）について評価を行う。ここで，スペーサ間及びスペーサ部では，ジルカロイ-2 製の燃料被覆管の内面にジルコニウムが内

張り（ジルコニウムライナ）されているが，[redacted]としており，ジルカロイ-2 部が応力評価の対象となる。また，下部端栓の材料は燃料被覆管と同じジルカロイ-2 であり，下部端栓と燃料被覆管の突き合せ部は溶加材を用いないＴＩＧ溶接により溶接されており，ジルカロイ-2 部が応力評価の対象となる。

5.3　評価対象燃料の炉内滞在期間と評価に用いる許容応力

炉内には炉内滞在期間の異なる種々の燃料が混在しているが，地震時の燃料被覆管応力評価では，それらの燃料から炉内滞在期間が 0 年，2.2 年，8.0 年の燃料で代表させて，それぞれ寿命初期，寿命中期，寿命末期として，燃料棒熱・機械設計解析により個々の応力評価部位の解析条件を設定する。また，応力評価の対象であるジルカロイ-2 の許容応力には，個々の応力評価部位における燃料被覆管の温度及び照射の影響を考慮して，図 5－1 及び図 5－2 の設計値を用いる。

5.4　スペーサ間及びスペーサ部の燃料被覆管の応力評価

5.4.1　スペーサ間及びスペーサ部の応力評価に用いる地震加速度及び相対変位

地震時におけるスペーサ間及びスペーサ部の応力評価では，燃料集合体の相対変位（閉じ込め機能維持の評価のみ），燃料集合体に作用する水平地震加速度及び鉛直地震加速度として，3 章で設定した 31.6㎜，26.6m/s^2 及び 8.8m/s^2 を用いる。

崩壊熱除去可能な形状の維持及び燃料被覆管の閉じ込め機能の維持に関するスペーサ間及びスペーサ部の応力評価に用いる地震加速度及び燃料集合体の相対変位等の解析条件を表 5－3(1)，スペーサ間及びスペーサ部の応力評価に用いる数値又は数式を表 5－3(2)に示す。

5.4.2　地震時のスペーサ間及びスペーサ部の応力評価の方法

地震時におけるスペーサ間及びスペーサ部の応力評価は，解析コード「ＦＵＲＳＴ」により実施する。

なお，評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については，別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

地震時のスペーサ間及びスペーサ部の応力評価のフローを図 5－3 に，その詳細を以下に示す。

(1)　応力の計算

応力計算は，以下の(2)に示すように，通常運転時及び地震によって引き起こされるおそれのある過渡時の応力に地震により発生する応力を加え合せて三軸方向（半径方向，円周方向及び軸方向）について解析し，それらより相当応力を計算する。

(2) 発生応力

通常運転時及び過渡時並びに地震時に発生する応力として，表5－4を考慮する。

燃料被覆管に発生する各応力については，燃料被覆管を厚肉円筒と見なし，複数のスペーサで支持された燃料棒を梁と見なして個々の応力の計算式を設定している。燃料被覆管に発生する応力の計算式を表5－5,燃料被覆管に発生する応力の模式図を図5－4に示す。また，地震時の崩壊熱除去可能な形状の維持及び燃料被覆管の閉じ込め機能の維持に関するスペーサ間及びスペーサ部の地震時の応力評価における応力の組合せを，表 5－6 に示す。

(3) 設計比の評価

設計比の評価では，燃料被覆管温度，燃料棒内圧，炉心条件，燃料棒寸法及び許容応力の統計的分布を考慮し，モンテカルロ法により統計評価を行う。ここで，燃料被覆管温度及び燃料棒内圧については，燃料棒熱・機械設計コード「ＰＲＩＭＥ」（引用文献(1),(2)参照）による解析結果を用いる。

なお，燃料被覆管温度及び燃料棒内圧の評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については，別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

モンテカルロ法による評価では，1 回の試行ごとに乱数を用い，統計的分布に従い設定される入力条件から1つの設計比が得られる。この試行を繰り返すことにより設計比の統計的分布を求め，設計比の 95%確率上限値が 1 以下であることをもって，燃料集合体の耐震性を確認する。

5.4.3 検討内容

崩壊熱除去可能な形状及び燃料被覆管の閉じ込め機能が維持されることを確認するため，通常運転時及び地震によって引き起こされるおそれのある過渡変化時に燃料被覆管に作用する荷重に加えて，地震時における水平地震加速度，燃料集合体相対変位（燃料被覆管の閉じ込め機能の維持の評価のみに使用）及び鉛直地震加速度を考慮した燃料被覆管応力評価を実施する。

(1) 崩壊熱除去可能な形状の維持に関する応力評価

Ⅴ-2-3-4「炉心支持構造物の耐震計算書」にてその詳細を示すとおり，燃料集合体を支持している炉心支持構造物は，地震時にもその支持機能は維持されるので，崩壊熱除去可能な形状は維持されると考えられる。崩壊熱除去可能な形状の維持についてはさらに，基準地震動Ｓｓ及び弾性設計用地震動Ｓｄによる地震力並びに静的地震力に対し崩壊熱除去可能な形状が維持されることを確認するため，燃料被覆管の地震時応力を弾性解析によって求めた結果，設計比の 95%確率上限値が 1 を下回る結果を得た。

地震時の崩壊熱除去可能な形状の維持に関する応力評価の結果を，表 5－7 に示す。

(2)　燃料被覆管の閉じ込め機能の維持に関する応力評価

燃料被覆管の閉じ込め機能が維持されることを確認するため，基準地震動Ｓｓによる地震力に対して許容応力をＳｙとして燃料被覆管の地震時応力を弾性解析によって求めた結果，設計比の 95%確率上限値が 1 を下回る結果を得た。

地震時の燃料被覆管の閉じ込め機能の維持に関する応力評価の結果を，表 5－8 に示す。

5.5　下部端栓溶接部の燃料被覆管の応力評価

5.5.1　下部端栓溶接部の応力評価に用いる地震加速度及び相対変位

地震時における下部端栓溶接部の応力評価では，燃料集合体相対変位，燃料集合体に作用する水平地震加速度及び鉛直地震加速度として，3 章で設定した 31.6mm，14.2m/s^2 及び 8.8m/s^2 を用いる。なお，水平地震加速度 14.2m/s^2 は，下部端栓溶接部直上の下部タイプレートースペーサ間の燃料棒に作用する水平加速度である。

5.5.2　地震時の下部端栓溶接部の応力評価の方法

地震時における下部端栓溶接部の応力評価は，端栓溶接部の形状が複雑なため有限要素法による汎用の解析コード「ＡＮＳＹＳ」を用いて発生応力を評価し，許容応力として弾性設計用地震動Ｓｄ ではＳｙ，基準地震動Ｓｓ ではＳｕに対する相当応力の比（設計比）を評価する。

なお，評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については，別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

地震時の下部端栓溶接部の応力評価のフローを，図 5－5 に示す。

(1)　下部端栓溶接部の応力評価モデル

下部端栓溶接部の応力評価では，最初に下部端栓溶接部近傍の下部端栓，燃料被覆管及びペレットをモデル化し，有限要素法を用いた熱解析により下部端栓溶接部近傍での温度分布を評価する。

次に，熱解析で得られた下部端栓溶接部近傍の温度分布を読み込み，熱膨張差による熱応力の分布，運転時及び地震時の荷重条件に基づき発生する応力分布を有限要素法を用いた機械解析により評価する。機械解析では，[redacted]を用いた発生応力が大きくなる解析モデルを用いている。

熱解析モデル及び機械解析モデルを，それぞれ図 5－6 及び図 5－7 に示す。

(2)　下部端栓溶接部の熱解析での入力データ

通常運転時及び過渡時における下部端栓溶接部近傍の温度分布を評価するため，表 5－9

の項目を考慮している。

なお，解析モデル上下端は断熱の境界条件とし，ペレット－下部端栓接触面には熱抵抗がないものとして，上記の保守側の入力と合わせて，下部端栓溶接部近傍の温度分布による熱応力が大きくなるような解析を実施する。

(3) 下部端栓溶接部の応力評価で考慮する荷重

通常運転時及び過渡時並びに地震時に下部端栓溶接部に作用する荷重として，表 5－10を考慮する。

なお地震時には，水平地震加速度，燃料集合体の相対変位及び鉛直地震加速度により発生する軸方向荷重が反転することを考慮して，軸方向の引張応力及び圧縮応力の絶対値が個々に大きくなるように組合わせた解析を実施する。

(4) 設計比の評価

設計比の評価では，燃料被覆管温度，燃料棒内圧，炉心条件，燃料棒寸法及び許容応力の統計的分布を考慮し，それぞれの 95%確率上／下限値に基づき解析結果が保守側となるように設定した入力値を用いて決定論的評価を実施する。ここで，燃料被覆管温度，燃料棒内圧については，燃料棒熱・機械設計コード「ＰＲＩＭＥ」(引用文献(1),(2)参照）による解析結果を用いる。

応力計算は，厳しい条件となる過渡時の炉心条件に地震による荷重を加え合せて，下部端栓溶接部に発生する三軸方向（半径方向，円周方向及び軸方向）の応力を解析し，それらより相当応力を計算する。

また，燃料被覆管の閉じ込め機能の維持に関する評価では，一次応力＋二次応力を対象としているが，解析コード「ＡＮＳＹＳ」での有限要素法による端栓溶接部の応力解析においては，応力集中によるピーク応力を含む結果となっている。このため，付録１に示す応力分類処理方法に従って，全発生応力から一次応力＋二次応力を分類する。

燃料被覆管の閉じ込め機能の維持に関する評価で要求されている許容応力は，弾性設計用地震動Ｓｄに対してＳｙ，基準地震動Ｓｓに対してＳｕであるが，それぞれの許容応力について下部端栓溶接部の温度及び照射の影響を考慮した保守側の 95%確率下限値を用いる。

本計算書では，基準地震動Ｓｓにより生じる燃料被覆管応力は弾性設計用地震動Ｓｄにより生じる応力を包含するため，基準地震動Ｓｓに対して許容応力をＳｙとして，応力分類処理により得られた一次応力＋二次応力の相当応力のＳｙに対する比（設計比）が１以下であることをもって，弾性設計用地震動Ｓｄに対する要求も満足することを示し，燃料集合体の耐震性を確認する。よって，弾性設計用地震動Ｓｄの評価は省略する。

5.5.3　下部端栓溶接部の疲労評価

5.5.2 項の有限要素法を用いた解析コード「ＡＮＳＹＳ」で得られる応力集中によるピーク応力を含む下部端栓溶接部の応力強さに基づき，地震期間中に負荷される繰り返し荷重による燃料被覆管の疲労評価を実施する。

燃料被覆管の疲労限界に対する設計基準は,累積損傷の法則(Miner の仮説)及び Langer-0´Donnell の考え方に基づく。

燃料装荷から取り出しまでの炉内滞在期間を 8 年とした炉内滞在期間中に燃料被覆管に作用する温度，圧力及び出力の予測サイクルによる疲労に加え，地震動による繰り返し荷重を考慮し，疲労累積係数が 1.0 以下であることを確認する。

地震時の下部端栓溶接部の疲労評価のフローを，図 5－8 に示す。

(1)　地震期間中の繰り返し荷重による応力振幅

地震期間中に下部端栓溶接部に負荷されるピーク応力を含む応力振幅（Δσ）の評価においては，作用方向が反転する地震の繰り返し荷重により三軸方向の応力成分の大小関係が大きく変化するため主応力の方向が有意に変化する。このため,日本産業規格ＪＩＳ　Ｂ８２６６「圧力容器の構造－特定規格 附属書 8(規定)圧力容器の応力解析及び疲労解析」の 3.2.1 a) 2)の主応力方向が変動する場合の応力強さ振幅の算出手法に基づき，応力強さの振幅を評価する。

(2)　ジルカロイの設計疲労曲線

燃料被覆管の疲労評価に用いるジルカロイの設計疲労曲線（引用文献(3)参照）を，図 5－9 に示す。(1)の方法で評価された地震期間中の繰り返し荷重による応力振幅（主応力の方向が変化する場合の応力強さの振幅，Δσ）を，図 5－9 と対比することにより，許容サイクル数（Ｎ）を求める。

(3)　地震力の繰り返し回数に基づく疲労累積係数の評価

地震力の繰り返し回数（ｎ）を(2)で求めた許容サイクル数（Ｎ）で除すことにより，地震力が繰り返しされた場合の疲労累積係数を評価する。なお,地震力の繰り返し回数（ｎ）には，200 回を用いる。

5.5.4　検討内容

燃料被覆管の閉じ込め機能が維持されることを確認するため，基準地震動Ｓｓによる地震力に対して許容応力をＳｙとして下部端栓溶接部の地震時応力を解析コード「ANSYS」で求めた結果，設計比が 1 を下回る結果を得た。

地震時における下部端栓溶接部の応力評価の結果を，表 5－11 に示す。

燃料被覆管の閉じ込め機能が維持されることを確認するため，基準地震動Ｓｓによる地

震力が繰り返された場合の応力振幅と繰り返し回数より疲労累積係数を評価した結果，地震動による疲労累積係数増分を加えても疲労累積係数は 1 を下回る結果を得た。

地震時における下部端栓溶接部の疲労評価の結果を，表 5－12 に示す。

5.6　検討結果

通常運転時及び地震によって引き起こされるおそれのある過渡変化時に燃料被覆管に作用する荷重に加えて，水平地震加速度，燃料集合体の相対変位（閉じ込め機能維持の評価のみ）及び鉛直地震加速度を考慮した燃料被覆管応力評価を実施した。

その結果，崩壊熱除去可能な形状の維持に関する燃料被覆管の設計比が最大となるのは寿命初期で，その値は 0.37 であり，設計比が 1 を下回っていることから，地震時にも崩壊熱除去可能な形状は維持されることを確認した。

地震時の燃料被覆管の閉じ込め機能の維持に関する燃料被覆管の設計比が最大となるのは寿命初期であり，スペーサ間では 0.76，下部端栓溶接部では 0.69 で，設計比は 1 を下回っている。また，地震時の繰り返し荷重に基づく燃料被覆管の疲労累積係数は 0.00043 であり，燃料の全寿命を通した疲労累積係数(約 0.003, 引用文献(4)参照)に付加しても 1 を下回っている。これらの結果より，地震時の燃料被覆管の閉じ込め機能が維持されることを確認した。

表 5－1　崩壊熱除去可能な形状維持の評価で考慮する荷重の組合せ及び許容応力

荷重の組合せ	許容応力状態	許容限界
		一次応力
D＋P＋M＋S d *	ⅢAS	0.7・S u *1, *2
D＋P＋M＋S s	ⅣAS	

注記＊1：せん断ひずみエネルギー説に基づく相当応力に対して評価する。
＊2：使用温度及び照射の効果を考慮して許容値を設定する。

表 5－2　閉じ込め機能維持の評価で考慮する荷重の組合せ及び許容応力

荷重の組合せ	許容応力状態	許容限界	
		一次＋二次応力	一次＋二次＋ピーク応力
D＋P＋M＋S d *	ⅢAS	S y *1, *2, *3	S d 又はS s 地震動のみによる疲労解析を行い，運転状態Ⅰ，Ⅱにおける疲労累積係数との和が 1.0 以下であること。 *4
D＋P＋M＋S s	ⅣAS	S u *1, *2, *3	

注記＊1：せん断ひずみエネルギー説に基づく相当応力に対して評価する。
＊2：使用温度及び照射の効果を考慮して許容値を設定する。
＊3：許容応力状態ⅣASにおける応力評価で許容応力S yを満足することで，許容応力状態ⅢASに対する要求も満足することを示す。
＊4：運転時の異常な過渡変化時として，運転状態Ⅲの制御棒引抜きについても考慮する。

表 5－3(1)　スペーサ間及びスペーサ部の応力評価に用いる解析条件

項目	解析条件
対象燃料	9×9 燃料（A 型）
寿命時期	寿命初期／中期／末期
評価部位	スペーサ間／スペーサ部
計算機コード	ＦＵＲＳＴ
地震動	基準地震動S s
水平方向加速度：Gh（m/s^2）	26.6
鉛直方向加速度：Gv（m/s^2）	8.8
燃料集合体変位：Y（mm）	31.6*

注記＊：燃料被覆管の閉じ込め機能の維持に関する評価にのみ使用。

表 5－3(2)　スペーサ間及びスペーサ部の応力評価に用いる数値又は数式

記号	単位	数値又は数式	特記事項
A	—		
P_c	MPa		圧力過渡時の冷却材圧力
P_g	MPa		燃料棒熱・機械設計解析結果
r_1	mm	r_2+t	
r_2	mm	*1	
r_m	mm	$(r_1+r_2)/2$	
t	mm	*1*2	照射に伴う腐食減肉を考慮
d	mm		
q_{cr}	MPa		
f	N		
α	$℃^{-1}$		
E	MPa		
ν	—		
ℓ	mm		
δ	mm		
T_o	℃		燃料棒熱・機械設計解析結果
ΔT_1	℃		燃料棒熱・機械設計解析結果
ΔT_2	℃		
F	N		
Wr	kg		
Ws	kg		
Z	mm^3	$\pi(r_1^4-r_2^4)/(4r_1)$	
L	mm		
S_y	MPa	図 5－1 参照*1	燃料被覆管の温度及び照射の効果を考慮
S_u	MPa	図 5－2 参照*1	燃料被覆管の温度及び照射の効果を考慮

注記＊1：統計分布を考慮。

＊2：寿命初期，寿命中期及び寿命末期の値。

表 5－4　燃料被覆管に発生する応力

考慮する応力	条件
内外圧力差に基づく応力	通常運転時及び過渡時
水力振動に基づく応力	
楕円度に基づく応力	
スペーサの接触力に基づく応力（スペーサ部のみ）	
半径方向温度差に基づく熱応力	
円周方向温度差に基づく熱応力	
膨張スプリング等による軸方向荷重に基づく応力	
燃料棒のたわみに基づく応力（スペーサ間及びスペーサ部）	地震時
チャンネルボックスのたわみに基づく応力	
鉛直地震加速度に基づく応力	

表 5－5(1)　スペーサ間及びスペーサ部の応力の計算式（通常時及び過渡時）

応力の種類	応力の成分	外面	内面
内外圧力差に基づく応力 一次応力	半径方向		
	円周方向		
	軸 方 向		
水力振動に基づく応力 一次応力	半径方向		
	円周方向		
	軸 方 向		
楕円度に基づく応力 一次応力	半径方向		
	円周方向		
	軸 方 向		
スペーサの接触力に基づく応力 二次応力	半径方向		
	円周方向		
	軸 方 向		
半径方向温度差に基づく熱応力 二次応力	半径方向		
	円周方向		
	軸 方 向		
円周方向温度差に基づく熱応力 二次応力	半径方向		
	円周方向		
	軸 方 向		
膨張スプリング等による軸方向荷重に基づく応力 一次応力	半径方向		
	円周方向		
	軸 方 向		

表 5－5(2)　スペーサ間及びスペーサ部の応力の計算式（地震時）

応力の種類	応力の成分	外面	内面
(8) スペーサ間での燃料棒のたわみに基づく応力 (一次応力)	半径方向		
	円周方向		
	軸方向		
(9) スペーサ部での燃料棒のたわみに基づく応力 (一次応力)	半径方向		
	円周方向		
	軸方向		
(10) チャンネルボックスのたわみに基づく応力 (二次応力)	半径方向		
	円周方向		
	軸方向		
(11) 鉛直地震加速度に基づく応力 (一次応力)	半径方向		
	円周方向		
	軸方向		

表 5－6　スペーサ間及びスペーサ部の地震時の応力評価における応力の組合せ

解析分類	評価位置	応力分類	応力組合せ*
崩壊熱除去可能な形状の維持	スペーサ間	一次応力	(1)+(2)+(3)+(7)+(8)+(11)
	スペーサ部		(1)+(2)+(3)+(7)+(9)+(11)
閉じ込め機能の維持	スペーサ間	一次応力＋二次応力	(1)+(2)+(3)+(5)+(6)+(7)+(8)+(10)+(11)
	スペーサ部		(1)+(2)+(3)+(4)+(5)+(6)+(7)+(9)+(10)+(11)

注記＊：表 5－5 の応力の種類を示す各番号の応力の組合せを示す。

表 5－7　地震時の崩壊熱除去可能な形状の維持に関する応力評価結果

地震動	許容応力	運転条件*	寿命時期	スペーサ間（設計比）	スペーサ部（設計比）
				一次応力	一次応力
基準地震動Ｓｓ	0.7Ｓｕ	圧力過渡	寿命初期	0.37	0.36
			寿命中期	0.23	0.22
			寿命末期	0.23	0.23

注記＊：解析対象が一次応力であるため出力過渡時に大きくなる熱応力が影響しないので圧力過渡のみを評価対象とした。

表 5－8　地震時の燃料被覆管の閉じ込め機能の維持に関する応力評価結果

地震動	許容応力	運転条件	寿命時期	スペーサ間（設計比）	スペーサ部（設計比）
				一次応力＋二次応力	一次応力＋二次応力
基準地震動Ｓｓ	Ｓｙ	圧力過渡	寿命初期	0.76	0.61
			寿命中期	0.28	0.26
			寿命末期	0.24	0.23
		出力過渡	寿命初期	0.73	0.52
			寿命中期	0.30	0.28
			寿命末期	0.25	0.24

表 5－9　下部端栓溶接部の熱解析で考慮する項目

考慮する項目
ペレットの発熱
ジルカロイ部材のγ発熱
ペレット－被覆管ギャップ熱伝達
被覆表面熱伝達係数
ペレット及びジルカロイ部材の熱伝導率

表 5－10　下部端栓溶接部の応力評価で考慮する荷重

考慮する荷重	条件
下部端栓及び被覆管部における温度分布（熱解析結果を読み込む）	通常運転時及び過渡時
燃料棒内圧 [redacted]	
冷却材圧力 [redacted]	
内外圧力差による軸方向荷重（軸方向応力）	
膨張スプリング等による軸方向荷重（軸方向応力）	
燃料被覆管の周方向温度差及び端栓取付角公差による初期曲りに基づく曲げ荷重（曲げ応力）	
燃料棒のたわみに基づく曲げ荷重（曲げ応力）	地震時
チャンネルボックスのたわみに基づく曲げ荷重（曲げ応力）	
鉛直地震加速度に基づく軸方向荷重（軸方向応力）	

表 5－11　地震時の下部端栓溶接部の応力評価結果

地震動	許容応力	運転条件*	寿命時期	下部端栓溶接部（設計比）
				一次応力＋二次応力
基準地震動Ｓｓ	Ｓｙ	圧力過渡	寿命初期	0.69
			寿命中期	0.33
			寿命末期	0.25

注記＊：下部端栓部の燃料棒の出力は低く，出力過渡時に発生する応力は圧力過渡時の応力より小さいため，圧力過渡時のみを評価対象とした。

表 5－12　地震時の下部端栓溶接部の疲労評価結果

地震動	寿命時期	応力振幅（MPa）	許容サイクル数	地震荷重の繰り返し回数	疲労係数の増分*
基準地震動Ｓｓ	寿命初期	58	4.6×10^{5}	200	0.00043
	寿命中期	58	4.6×10^{5}	200	0.00043
	寿命末期	58	4.6×10^{5}	200	0.00043

注記＊：燃料の全寿命を通した疲労累積係数（約 0.003，引用文献(4)参照）を付加しても 1 を下回っている。

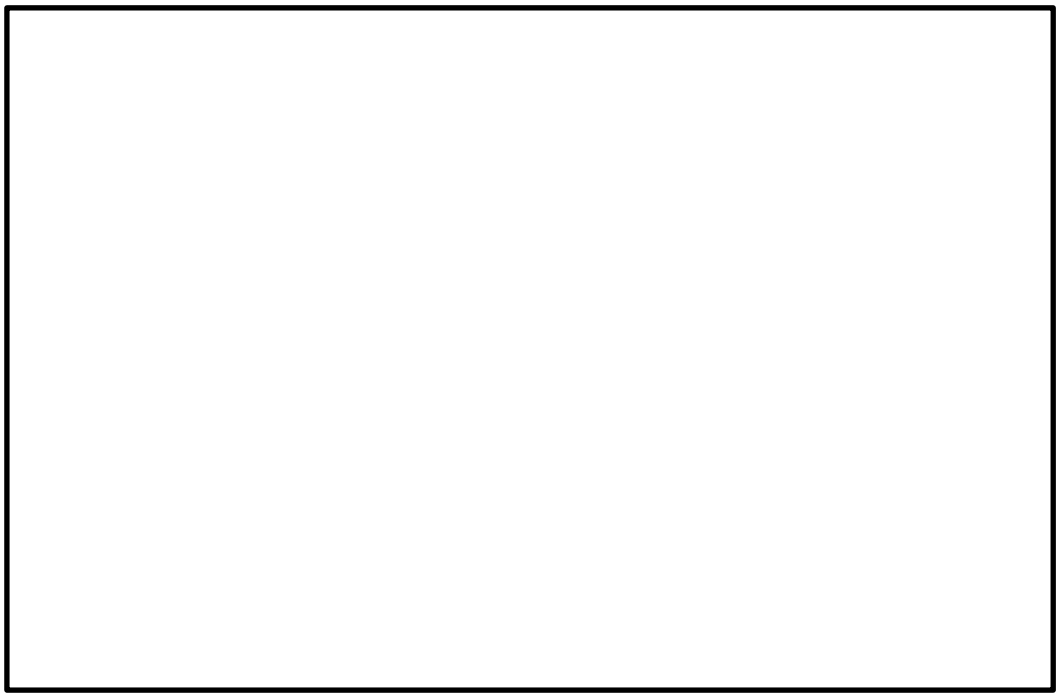


図5－1　ジルカロイ-2降伏応力の設計値（公称値）



図 5－2　ジルカロイ-2 引張強さの設計値（公称値）

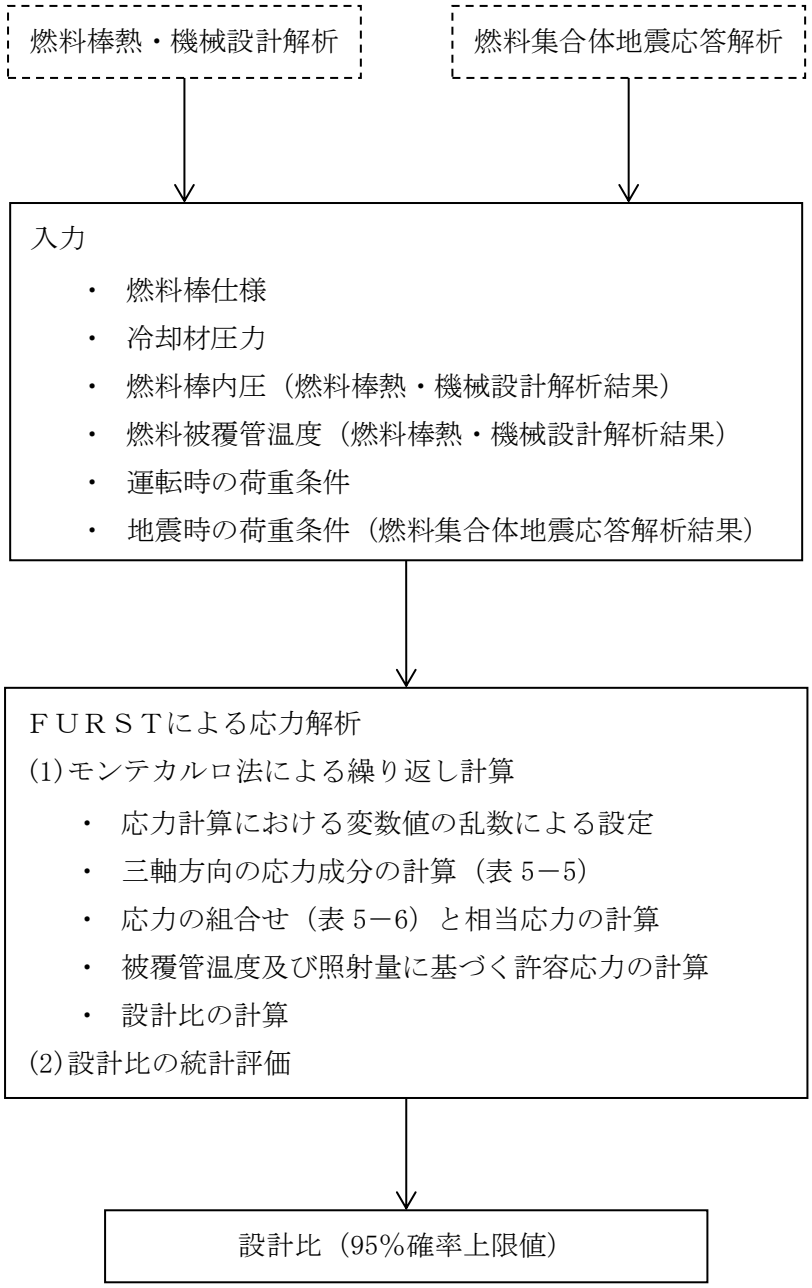


図 5－3　地震時のスペーサ間及びスペーサ部の応力評価のフロー

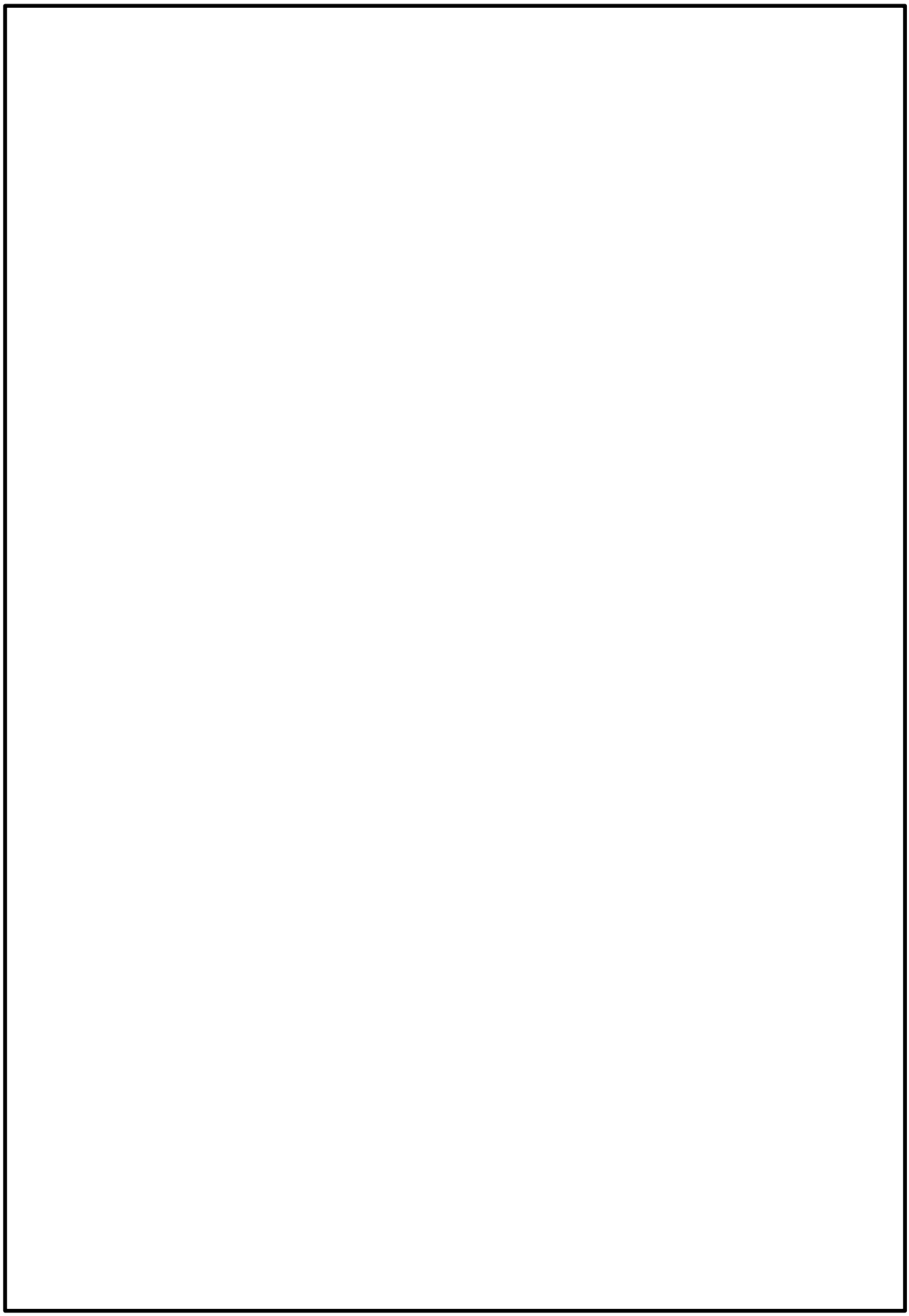


図 5－4　スペーサ間及びスペーサ部の応力の模式図

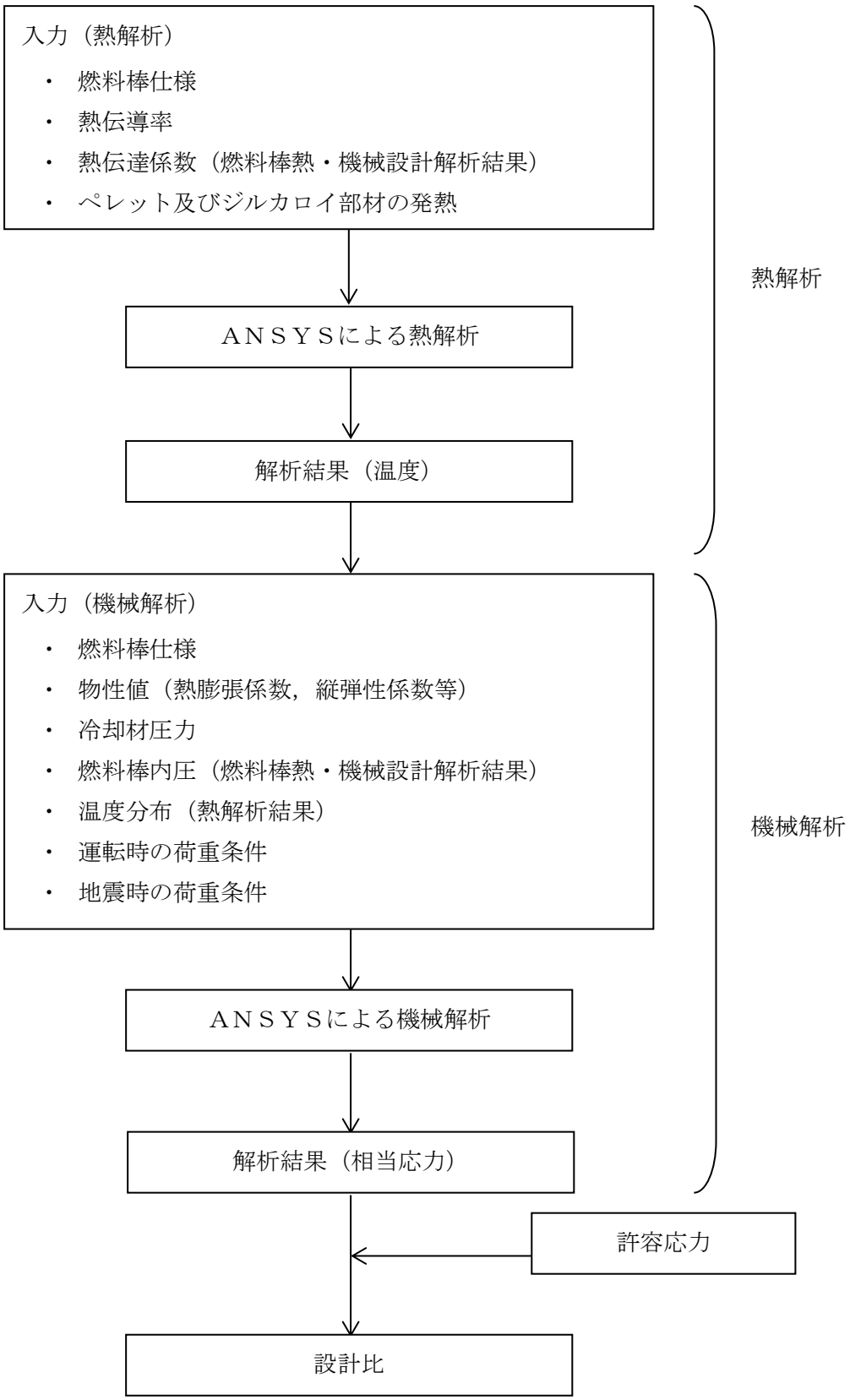


図 5－5　地震時の下部端栓溶接部の応力評価のフロー

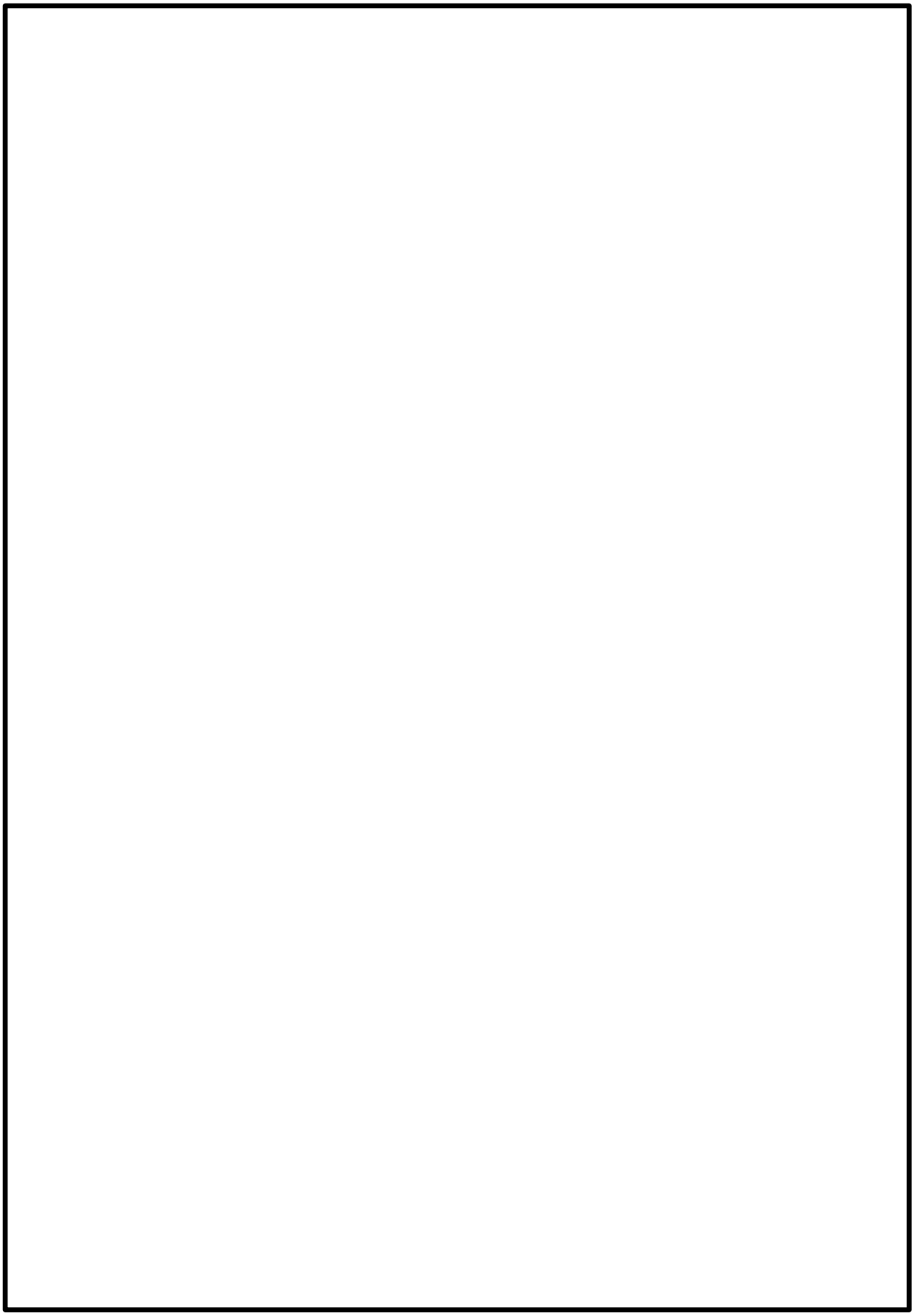


図 5－6　下部端栓溶接部の応力評価における熱解析モデル

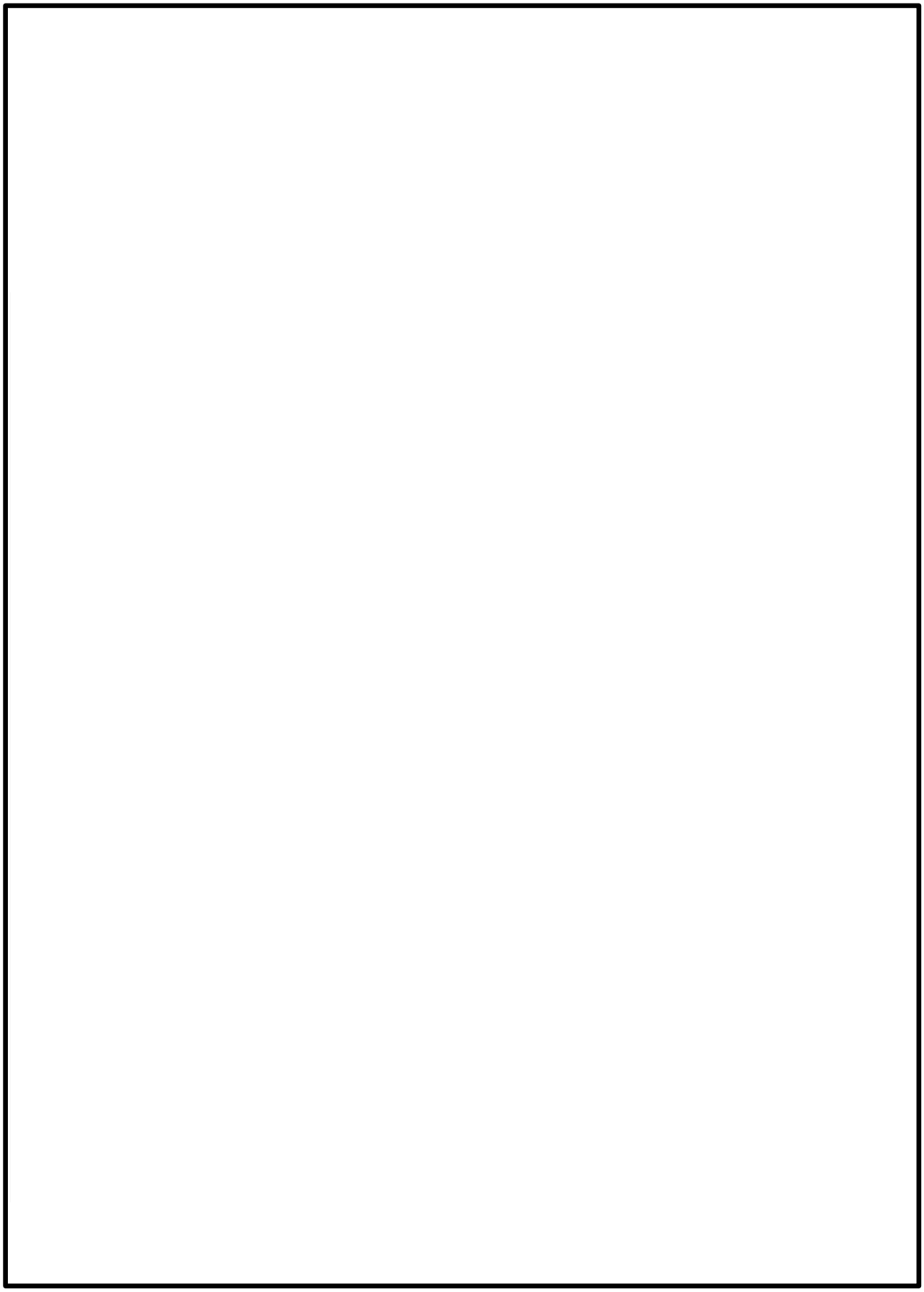


図 5－7　下部端栓溶接部の応力評価における機械解析モデル

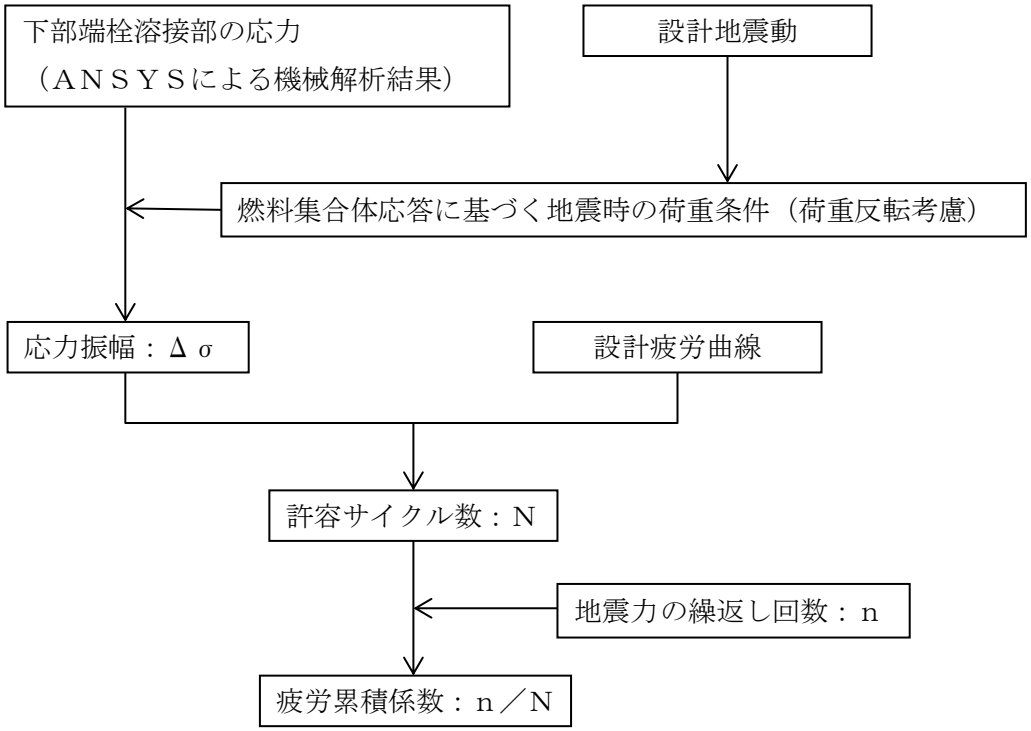


図 5－8　地震時の下部端栓溶接部の疲労評価のフロー

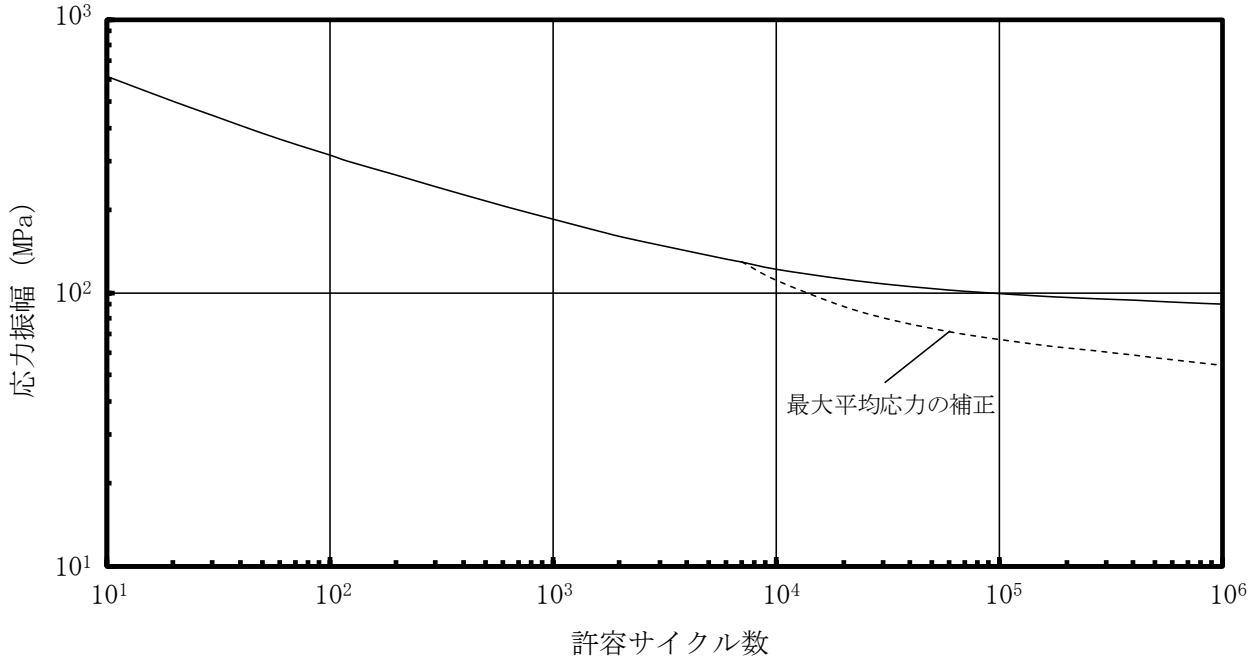


図 5－9　ジルカロイの設計疲労曲線*

注記＊：ジルカロイ設計疲労曲線は，引用文献(3)に基づき，ジルカロイ-2 の未照射材及び照射材についての疲労試験結果をベースに，ジルカロイ-4 等の機械特性及び疲労特性がジルカロイ-2 とほぼ同等であることを確認し，ジルカロイ-2，3 及び 4 共通の設計曲線として設定したものである。Langer-0’Donnell は，設計曲線を保守側に見積もるため，未照射材及び照射材それぞれについて応力を 1／2，サイクル数を 1／20 とし，未照射材及び照射材の両者の包絡線を Langer-0’Donnell の設計疲労曲線としている。

6. 引用文献

(1)「沸騰水型原子力発電所 燃料の設計手法について」, 株式会社日立製作所, ＨＬＲ-033 訂１, 平成 10 年 2 月

(2)「沸騰水型原子力発電所 燃料の設計手法について」, 株式会社東芝, ＴＬＲ-045 改訂１, 平成 10 年 1 月

(3) W. J. O'Donnell and B. F. Langer, "Fatigue Design Basis for Zircaloy Components", Nuclear Science and Engineering, 20, 1-12 (1964)

(4) 柏崎刈羽原子力発電所第６号機及び第７号機「燃料体設計認可申請書」(GNF 燃設認第 42-A 号, 平成 24 年 9 月 7 日認可)

付録１　応力計算結果の応力分類処理方法

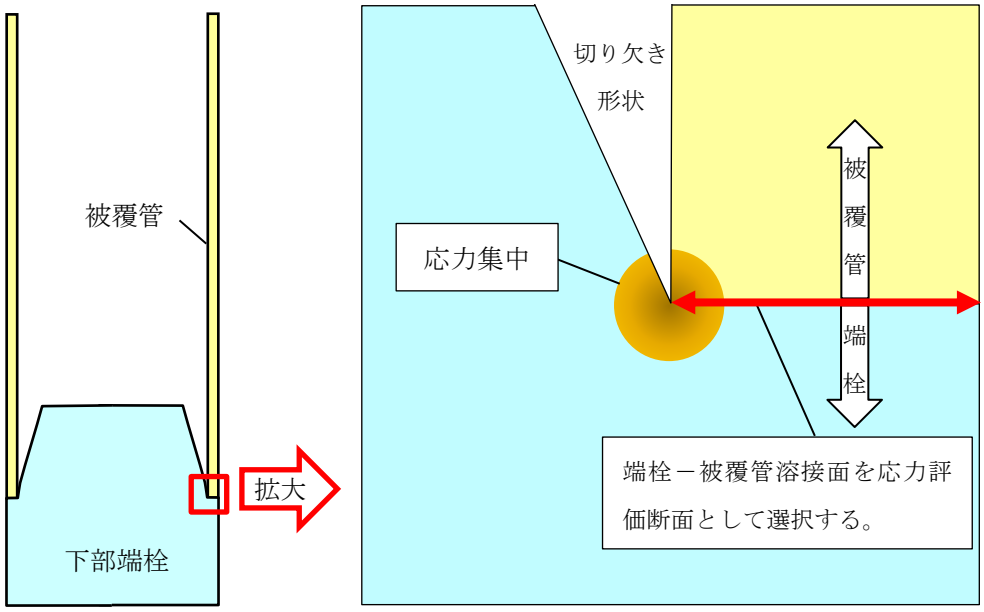
燃料被覆管下部端栓溶接部は，切り欠き形状を含む複雑な形状（付図－1 参照）であるため有限要素法を用いた解析コード「ＡＮＳＹＳ」により発生応力を求めており，算出される応力値には（一次応力＋二次応力＋ピーク応力）の全応力成分が含まれる（付図－2 参照)。ピーク応力は，応力集中または局部熱応力により，一次応力または二次応力に付加される応力の増加分として定義されており，その特徴は，それによって大きな変形は起こらないが，それが繰返されると疲労破壊の原因となることがあるとされている（「設計・建設規格」参照)。原子力発電所耐震設計技術指針（重要度分類・許容応力編　ＪＥＡＧ４６０１・補-1984)（日本電気協会 電気技術基準調査委員会 昭和 59 年 9 月）においてもピーク応力は疲労評価が対象とされている。よって，解析コード「ＡＮＳＹＳ」の計算モデル中のメッシュ要素の節点での応力解析結果から，下記に示す応力分類処理を行い，一次応力＋二次応力及びピーク応力を求める。

(1) 応力評価断面として，付図－1 に示す端栓－被覆管溶接面を選択する。

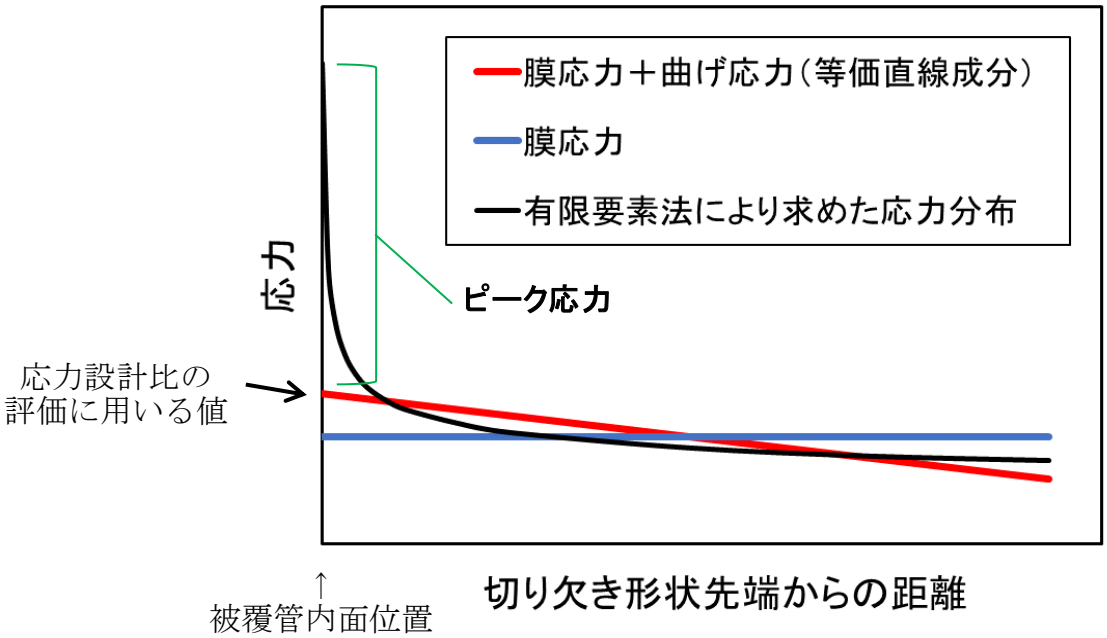
(2) (1)で選んだ応力評価断面に対して，断面内の全ての節点の応力を積分し，断面平均応力（膜応力）及び断面内での曲げの釣り合いが等価となる曲げ応力の等価直線成分を求める。この膜応力と曲げ応力の等価直線成分を合計したものを一次応力＋二次応力とする（付図－2 参照)。

(3) 応力評価断面における応力分布と(2)で求めた一次応力＋二次応力（膜応力と曲げ応力の等価直線成分の合計）との差をピーク応力とする（付図－2 参照)。

応力が最も厳しい条件となるのはピーク応力の方向と正味の曲げモーメントの方向が一致するケースであり，下部端栓溶接部の応力解析では燃料被覆管内面位置が該当する。よって，付図－2 に示すように，応力設計比の評価には燃料被覆管内面位置での応力を用いる。



付図－1　下部端栓部の有限要素法による応力解析体系の模式図



付図－2　応力分布と応力分類処理結果の模式図

Ⅴ-2-3-2-2　炉心支持構造物の応力解析の方針

目　　次

1.　概要 ····· 1
2.　一般事項 ····· 2
2.1　構造計画 ····· 2
2.2　評価方針 ····· 4
2.3　適用規格・基準等 ····· 4
2.4　記号の説明 ····· 5
3.　計算条件 ····· 7
3.1　評価対象機器 ····· 7
3.2　形状及び寸法 ····· 7
3.3　荷重の組合せ及び許容応力状態 ····· 7
3.4　許容応力 ····· 7
3.5　許容応力評価条件 ····· 7
3.6　溶接部の継手効率 ····· 8
4.　荷重条件 ····· 9
4.1　設計条件 ····· 9
4.2　運転条件 ····· 9
4.3　荷重の組合せ及び応力評価 ····· 9
5.　応力評価の手順 ····· 10
5.1　応力の評価 ····· 10
5.1.1　主応力 ····· 10
5.1.2　応力強さ ····· 10
5.1.3　一次応力強さ ····· 10
5.2　特別な応力の評価 ····· 11
5.2.1　支圧応力の評価 ····· 11
5.2.2　座屈の評価 ····· 11
6.　評価結果の添付 ····· 12
6.1　応力評価結果 ····· 12
7.　引用文献 ····· 13
8.　参照図書 ····· 13

添付1　溶接部の継手効率 ····· 26

図　表　目　次

図2－1　炉心支持構造物の耐震評価フロー　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　4
図3－1　全体断面図　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・

1. 概要

本書は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき，炉心支持構造物に関する応力解析の方針を説明するものである。

なお，本書においては，設計用地震力に対する評価について記載するものとし，設計用地震力を除く荷重による炉心支持構造物（燃料支持金具を除く）の応力評価は，平成5年6月17日付け4資庁第14562号にて認可された工事計画の添付書類（参照図書(1)）による（以下，「既工認」という。）。

注1：本書に記載していない特別な内容がある場合は，Ⅴ-2-3-2-3「炉心支持構造物の応力計算書」（以下「計算書」という。）に示す。

注2：図表は，原則として巻末に示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

炉心支持構造物の構造計画を表 2－1 に示す。

炉心支持構造物は，下記の機器により構成される。

(1) 炉心シュラウド

(2) シュラウドサポート

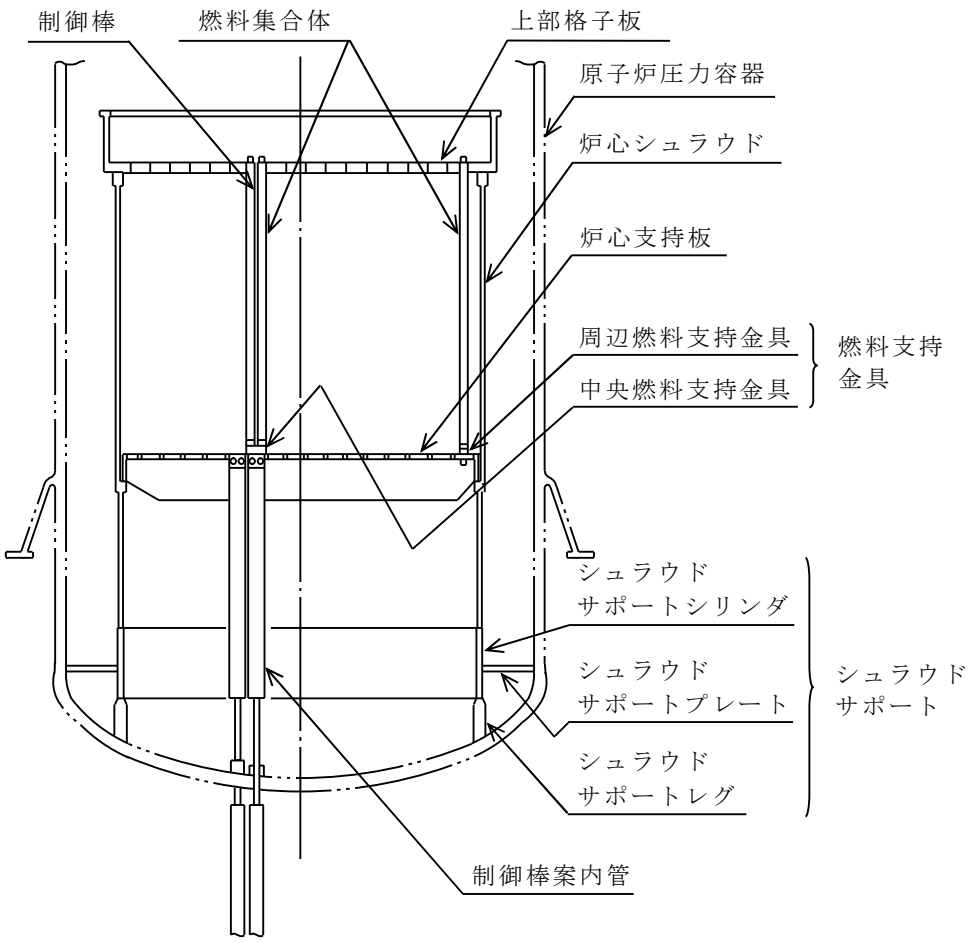
(3) 上部格子板

(4) 炉心支持板

(5) 燃料支持金具

(6) 制御棒案内管

表 2－1　炉心支持構造物の構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
炉心を構成する燃料集合体，制御棒は，炉心シュラウド内に設けられる。 炉心シュラウドは，原子炉圧力容器下部鏡板に溶接されたシュラウドサポートにより支持される。 燃料集合体は，燃料支持金具を介して制御棒案内管（ただし，周辺燃料支持金具を介する場合は炉心支持板）によって支持される。また，水平方向については，上部格子板及び炉心支持板によって支持される。	炉心支持構造物は，炉心シュラウド，シュラウドサポート，上部格子板，炉心支持板，燃料支持金具，制御棒案内管により構成される。	

2.2　評価方針

炉心支持構造物の構造強度評価は，Ｖ-2-1-9「機能維持の基本方針」及び「3.　計算条件」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容応力に基づき，「2.1　構造計画」にて示す炉心支持構造物の各機器を踏まえ計算書にて設定する箇所において，「4.荷重条件」にて設定した荷重に基づく応力が許容限界内に収まることを，「5.　応力評価の手順」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を計算書に示す。

炉心支持構造物の耐震評価フローを図 2－1 に示す。

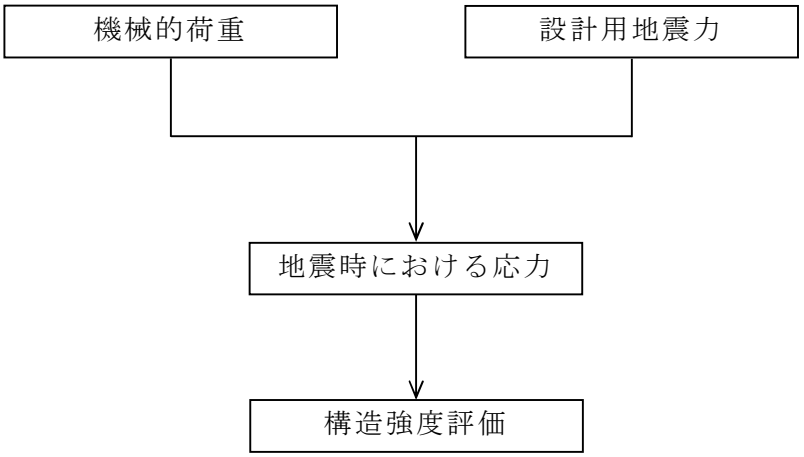


図 2－1　炉心支持構造物の耐震評価フロー

2.3　適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

・原子力発電所耐震設計技術指針　重要度分類・許容応力編ＪＥＡＧ４６０１・補-1984（(社) 日本電気協会）

・原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１-1987（(社) 日本電気協会）

・原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１-1991追補版（(社) 日本電気協会）

・発電用原子力設備規格　設計・建設規格（(社) 日本機械学会，2005/2007）（以下「設計・建設規格」という。）

注：本書及び計算書において，設計・建設規格の条項は「設計・建設規格　○○○-△△△△(◇)a.(a)」として示す。

2.4　記号の説明

本書及び計算書において，以下の記号を使用する。ただし，本書添付及び計算書中に別途記載ある場合は，この限りでない。

なお,計算書における記号の字体及び大きさについては,本書と異なる場合がある。

記号	記号の説明	単位
H	水平力	N
M	モーメント	N･mm
P_b	一次曲げ応力	MPa
P_m	一次一般膜応力	MPa
S_{12}	主応力差$\sigma_1-\sigma_2$	MPa
S_{23}	主応力差$\sigma_2-\sigma_3$	MPa
S_{31}	主応力差$\sigma_3-\sigma_1$	MPa
Ｓｄ*	弾性設計用地震動Ｓｄにより定まる地震力又はＳクラス施設に適用される静的地震力のいずれか大きい方の地震力	―
S_m	設計応力強さ　設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表１に定める値	MPa
Ｓｓ	基準地震動Ｓｓにより定まる地震力	―
S_u	設計引張強さ　設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表９に定める値	MPa
S_y	設計降伏点　　設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表８に定める値	MPa
S_y（ＲＴ）	設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表８に定める材料の 40℃における設計降伏点	MPa
V	鉛直力	N
η	溶接部の継手効率	―
σ_1	主応力	MPa
σ_2	主応力	MPa
σ_3	主応力	MPa
σ_ℓ	軸方向応力	MPa
σ_r	半径方向応力	MPa
σ_t	周方向応力	MPa
$\tau_{\ell r}$	せん断応力	MPa
τ_{rt}	せん断応力	MPa
$\tau_{t\ell}$	せん断応力	MPa

記号	記号の説明	単位
ⅢAS	設計・建設規格の供用状態C相当の許容応力を基準として，それに地震により生じる応力に対する特別な応力の制限を加えた許容応力状態	—
ⅣAS	設計・建設規格の供用状態D相当の許容応力を基準として，それに地震により生じる応力に対する特別な応力の制限を加えた許容応力状態	—
VAS	運転状態Ⅴ（重大事故等時の状態）相当の応力評価を行う許容応力状態を基本として，それに地震により生じる応力に対する特別な応力の制限を加えた許容応力状態	—

3. 計算条件

3.1 評価対象機器

応力評価を行う機器は，次のとおりである。(表 2－1 及び図 3－1 参照)

機器名称		評価対象	
		耐震性についての計算書 (許容応力状態に対する評価)	
		ⅢAS，ⅣAS	VAS
(1)	炉心シュラウド	○	○
(2)	シュラウドサポート	○	○
(3)	上部格子板	○	○
(4)	炉心支持板	○	○
(5)	燃料支持金具	○	○
(6)	制御棒案内管	○	○

注：「○」は評価対象を示す。

3.2 形状及び寸法

各部の形状及び寸法は，計算書に示す。

3.3 荷重の組合せ及び許容応力状態

炉心支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち，設計基準対象施設の評価に用いるものを表 3－1(1)に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3－1(2)に示す。また，各許容応力状態で考慮する荷重は，4 章に示すとおりである。

なお，炉心支持構造物については，重大事故等対処設備の評価は，設計基準対象施設の評価に包絡される。

3.4 許容応力

炉心支持構造物の許容応力は，V-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 3－2 に示す。

3.5 許容応力評価条件

(1) 許容応力状態ⅢAS及び許容応力状態ⅣASの一次応力の評価には，運転状態 I 及びⅡにおける流体の最高温度 [redacted] に対する許容応力を用いる。

(2) 炉心支持構造物の許容応力評価条件を表 3－3 に示す。

なお，各機器で使用される材料は，計算書に示す。

3.6　溶接部の継手効率

(1)　溶接部の継手効率は，継手の種類と分類及び継手に適用する検査の種類により，設計・建設規格　CSS-3150 に従って定める。溶接部の継手効率を添付 1 に示す。

(2)　溶接部の許容応力は，材料の許容応力に継手効率を乗じたものとし，計算書に示す。

4. 荷重条件

炉心支持構造物は，以下の荷重条件に耐えることを確認する。

各機器の応力評価には，本章に示す荷重を考慮する。

4.1 設計条件

設計条件は既工認からの変更はなく，参照図書(1)a.に定めるとおりである。

4.2 運転条件

運転条件及び記号は，既工認からの変更はなく，参照図書(1)a.に定めるとおりである。

各機器の応力評価において考慮する外荷重の値を表 4－1 に示す。

表 4-1 において考慮する設計用地震力は，Ⅴ-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」及びⅤ-2-3-1「炉心，原子炉圧力容器及び圧力容器内部構造物の地震応答計算書」により求めた荷重，若しくはそれらの条件を包絡する様に定めた保守的な荷重とする。

なお，既工認に記載のない燃料支持金具の運転条件については，計算書に示す。

4.3 荷重の組合せ及び応力評価

荷重の組合せ及び応力評価項目の対応を表 4－2 に示す。表 4－2 及び計算書において，荷重の種類と記号は以下のとおりである。

なお，荷重の組合せについては，機器ごとに適切に組み合わせる。

	荷重	記号
(1)	差圧*	[L02]
(2)	死荷重	[L04]
(3)	活荷重（スクラム反力）	[L08]
(4)	配管又は機器の地震時の慣性力による地震荷重Ｓｄ*（一次荷重）	[L14]
(5)	配管又は機器の地震時の慣性力による地震荷重Ｓｓ（一次荷重）	[L16]
(6)	外荷重（運転状態Ⅰ及びⅡにおける荷重）	[L12，L13，L18，L19]

注：L08 は，L12，L13，L18 及び L19 として考慮する。

注記＊： 許容応力状態ⅢＡＳ及び許容応力状態ⅣＡＳの応力評価には，運転状態Ⅰ及びⅡにおける差圧を用いる。

なお，許容応力状態ⅤＡＳで考慮する差圧は，設計基準対象施設としての応力評価における差圧に包絡される。

5. 応力評価の手順

応力評価の手順について述べる。

5.1 応力の評価

外荷重による応力は表 4－1 に示す外荷重より計算する。

5.1.1 主応力

計算した応力は，応力の分類ごとに重ね合わせ，組合せ応力を求める。

組合せ応力は，一般にσ_t，σ_ℓ，σ_r，$\tau_{t\ell}$，$\tau_{\ell r}$，τ_{rt}の 6 成分を持つが，主応力σは，引用文献(1)の 1･3･6 項により，次式を満足する 3 根σ_1，σ_2，σ_3として計算する。

$$\sigma^3-(\sigma_t+\sigma_\ell+\sigma_r)\cdot\sigma^2+(\sigma_t\cdot\sigma_\ell+\sigma_\ell\cdot\sigma_r+\sigma_r\cdot\sigma_t-\tau_{t\ell}^2-\tau_{\ell r}^2-\tau_{rt}^2)\cdot\sigma-\sigma_t\cdot\sigma_\ell\cdot\sigma_r+\sigma_t\cdot\tau_{\ell r}^2+\sigma_\ell\cdot\tau_{rt}^2+\sigma_r\cdot\tau_{t\ell}^2-2\cdot\tau_{t\ell}\cdot\tau_{\ell r}\cdot\tau_{rt}=0$$

上式により主応力を求める。

5.1.2 応力強さ

以下の 3 つの主応力差の絶対値で最大のものを応力強さとする。

$S_{12}=\sigma_1-\sigma_2$

$S_{23}=\sigma_2-\sigma_3$

$S_{31}=\sigma_3-\sigma_1$

5.1.3 一次応力強さ

許容応力状態ⅢＡＳ及び許容応力状態ⅣＡＳにおいて生じる一次一般膜応力及び一次一般膜＋一次曲げ応力の応力強さが，3.4 節に示す許容応力を満足することを示す。

5.2　特別な応力の評価

5.2.1　支圧応力の評価

支圧荷重を受ける部分は，設計・建設規格　CSS-3115 により評価する。解析箇所を以下に示す。評価方法は参照図書(1)b.に示し，許容応力は表 3－2 に示す。

(1)　炉心シュラウドの炉心支持板支持面

5.2.2　座屈の評価

軸圧縮荷重を受ける部分は，設計・建設規格　SSB-3121.1 により評価する。解析箇所を以下に示す。評価方法及び許容応力は，計算書に示す。

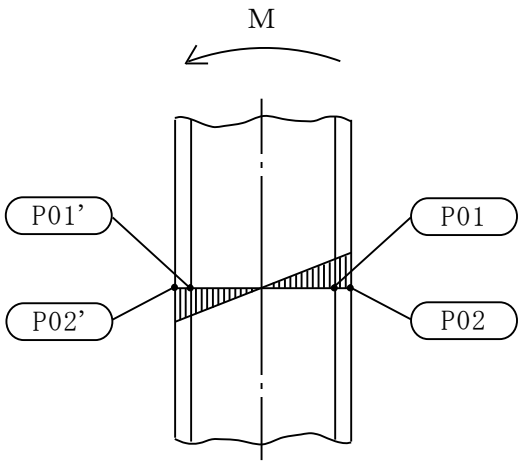
(1)　シュラウドサポートレグ

6. 評価結果の添付

応力評価点番号は，機器ごとに記号 P01 からの連番とする。奇数番号を内面の点，偶数番号を外面の点として，計算書の形状・寸法・材料・応力評価点を示す図において定義する。

なお，軸対称モデル解析において，非軸対称な外荷重による応力評価を行った場合，荷重の入力方位と応力評価点の方位の関係により応力に極大値と極小値が生じる。外荷重による応力が極大となる方位の応力評価点は［例　P01］と表し，極小となる方位の応力評価点にはプライム（’）を付けて［例　P01’］と表す。

一次応力の評価は，内外面の応力評価点を含む断面（応力評価面）について行う。



6.1 応力評価結果

(1) 次の応力評価結果は，全応力評価点（面）について添付する。

a. 一次一般膜応力強さの評価のまとめ

b. 一次一般膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ

(2) 次の特別な評価は，対象となるすべての部位について評価し，結果を記載する。

a. 支圧応力

b. 座屈

7. 引用文献

文献番号は，本書及び計算書において共通である。

(1) 機械工学便覧　基礎編 α3（日本機械学会）

8. 参照図書

(1) 柏崎刈羽原子力発電所第７号機　第５回工事計画認可申請書　添付書類

a. Ⅳ-3-1-1-1　炉心支持構造物の応力解析の方針

b. Ⅳ-3-1-1-2　炉心シュラウドの応力計算書

c. Ⅳ-3-1-1-3　シュラウドサポートの応力計算書

d. Ⅳ-3-1-1-4　上部格子板の応力計算書

e. Ⅳ-3-1-1-5　炉心支持板の応力計算書

f. Ⅳ-3-1-1-6　制御棒案内管の応力計算書

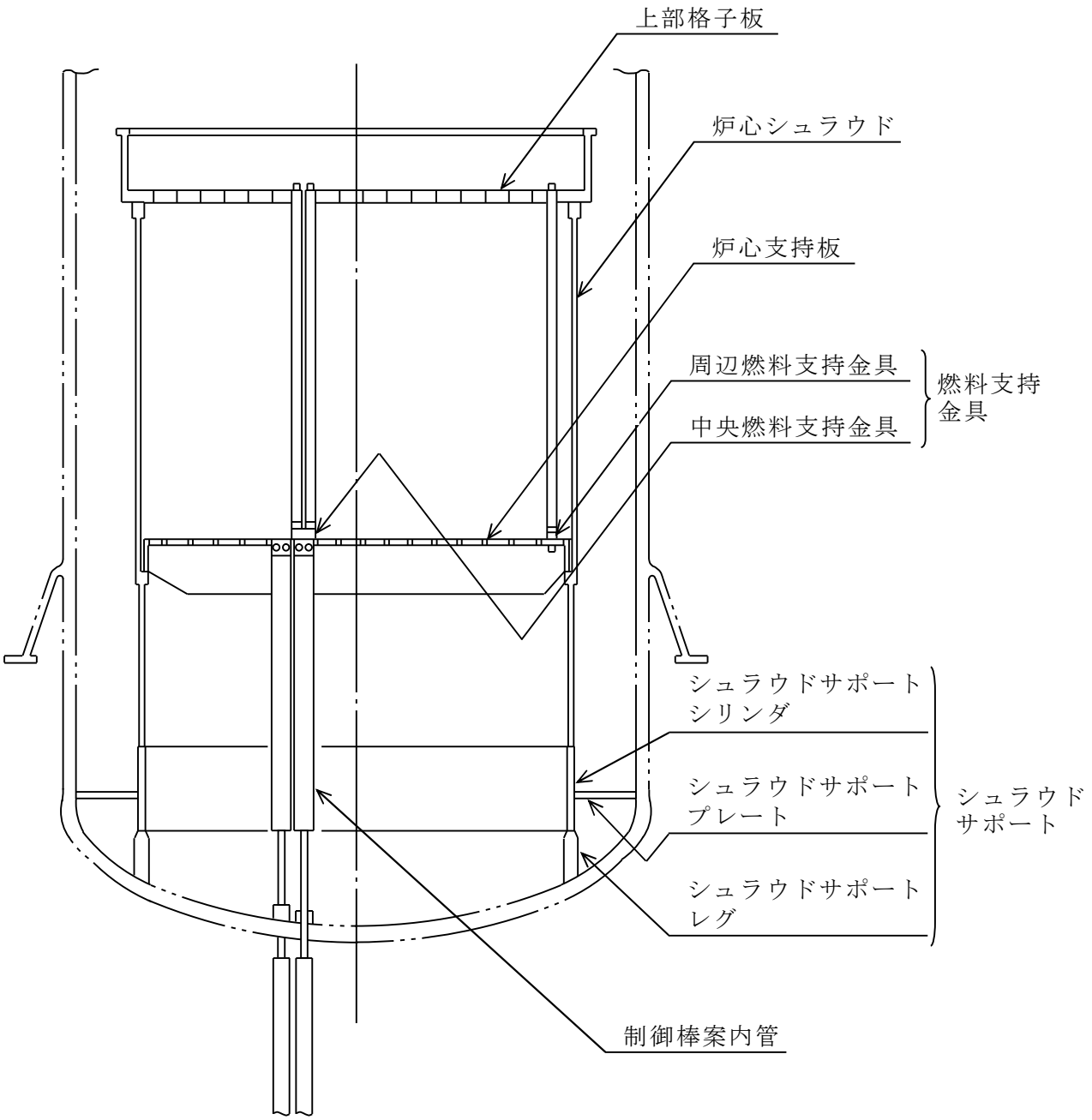

上部格子板
炉心シュラウド
炉心支持板
周辺燃料支持金具
中央燃料支持金具
燃料支持金具
シュラウドサポートシリンダ
シュラウドサポートプレート
シュラウドサポートレグ
シュラウドサポート
制御棒案内管

図 3－1　全体断面図

表 3－1(1)　荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
原子炉本体	炉心支持構造物	炉心シュラウド シュラウドサポート 上部格子板 炉心支持板 燃料支持金具 制御棒案内管	S	炉心支持構造物	D＋P＋M＋S d *	ⅢAS
					D＋P_L＋M_L＋S d *	ⅣAS
					D＋P＋M＋S s	

［記号の説明］

D　：　死荷重

P　：　地震と組み合わすべきプラントの運転状態（地震との組合せが独立な運転状態Ⅳ，Ⅴは除く）における圧力荷重

M　：　地震及び死荷重以外で地震と組み合わすべきプラントの運転状態（地震との組合せが独立な運転状態Ⅳ，Ⅴは除く）で設備に作用している機械的荷重

S d *　：　弾性設計用地震動Ｓｄにより定まる地震力又はＳクラス施設に適用される静的地震力のいずれか大きい方の地震力

P_L　：　地震との組合せが独立な運転状態Ⅳの事故の直後を除き，その後に生じている圧力荷重

M_L　：　地震との組合せが独立な運転状態Ⅳの事故の直後を除き，その後に生じている死荷重及び地震荷重以外の機械的荷重

S s　：　基準地震動Ｓｓにより定まる地震力

表 3－1(2)　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
原子炉本体	炉心支持構造物	炉心シュラウド シュラウドサポート 上部格子板 炉心支持板 燃料支持金具 制御棒案内管	常設耐震／防止 常設／緩和	—	$D+P_L+M_L+S_d$*	ⅣＡＳ
					$D+P+M+S_s$	
					$D+P_{SAL}+M_{SAL}+S_d$	ＶＡＳ （ＶＡＳとしてⅣＡＳの許容限界を用いる。）
					$D+P_{SALL}+M_{SALL}+S_s$	

［記号の説明］

D	：	死荷重
P_L	：	地震との組合せが独立な運転状態Ⅳの事故の直後を除き，その後に生じている圧力荷重
M_L	：	地震との組合せが独立な運転状態Ⅳの事故の直後を除き，その後に生じている死荷重及び地震荷重以外の機械的荷重
S_d*	：	弾性設計用地震動Ｓｄにより定まる地震力又はＳクラス施設に適用される静的地震力のいずれか大きい方の地震力
P	：	地震と組み合わすべきプラントの運転状態（地震との組合せが独立な運転状態Ⅳ，Ⅴは除く）における圧力荷重
M	：	地震及び死荷重以外で地震と組み合わすべきプラントの運転状態（地震との組合せが独立な運転状態Ⅳ，Ⅴは除く）で設備に作用している機械的荷重
S_s	：	基準地震動Ｓｓにより定まる地震力
P_{SAL}	：	重大事故等時の状態（運転状態Ⅴ）で長期的（長期（Ｌ））に作用する圧力荷重
M_{SAL}	：	重大事故等時の状態（運転状態Ⅴ）で長期的（長期（Ｌ））に作用する機械的荷重
S_d	：	弾性設計用地震動Ｓｄにより定まる地震力
P_{SALL}	：	重大事故等時の状態（運転状態Ⅴ）で長期的（長期（Ｌ））より更に長期的（長期（ＬＬ））に作用する圧力荷重
M_{SALL}	：	重大事故等時の状態（運転状態Ⅴ）で長期的（長期（Ｌ））より更に長期的（長期（ＬＬ））に作用する機械的荷重

注記＊：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

表 3－2　許容応力（炉心支持構造物）

許容応力状態	許容限界*		
	一次一般膜応力	一次一般膜＋一次曲げ応力	支圧応力
ⅢＡＳ	1.5・S_m	左欄の 1.5 倍の値	1.5・S_y
ⅣＡＳ	2／3・S_u ただし，オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については 2／3・S_u と 2.4・S_mの小さい方。	左欄の 1.5 倍の値	2・S_y
ＶＡＳ（ＶＡＳとしてⅣＡＳの許容限界を用いる。）			

注記＊：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 3－3　許容応力評価条件

評価部位	材料		温度条件 (℃)		S_m (MPa)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y (RT) (MPa)
炉心支持構造物	オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金	SUS316L	流体の最高温度					
		SUS316L 相当	流体の最高温度					
		SUSF316L	流体の最高温度					
		NCF600	流体の最高温度					
		GXM1 相当	流体の最高温度					
		SCS19A 相当	流体の最高温度					

表 4－1(1)　外荷重

炉心シュラウド外荷重

記号	荷重名称	荷重作用点	鉛直力 V (kN)	水平力 H (kN)	モーメント M (kN･m)
L04	死荷重	A			
		B			
		C			
		D			
		E			
L14	地震荷重Ｓｄ*	A			
		B			
		C			
		D			
		E			
L16	地震荷重Ｓｓ	A			
		B			
		C			
		D			
		E			

表 4－1(2)　外荷重

シュラウドサポート外荷重

記号	荷重名称	鉛直力		水平力	モーメント
		V_1 (kN)	V_2 (kN)	H (kN)	M (kN･m)
L12	外荷重Ａ*1				
L13	外荷重Ｂ*2				
L18	外荷重Ｃ*3				
L19	外荷重Ｄ*4				
L14	地震荷重Ｓｄ*				
L16	地震荷重Ｓｓ				

表 4－1(3)　外荷重

上部格子板外荷重

記号	荷重名称	荷重作用点	鉛直力	水平力	モーメント
			V (N)	H (kN)	M (kN･m)
L04	死荷重				
L14	地震荷重Ｓｄ*				
L16	地震荷重Ｓｓ				

表 4－1(4)　外荷重

炉心支持板外荷重

記号	荷重名称	鉛直力		水平力*1
		V_1*2 (N)	V_2*3 (N)	H (kN)
L04	死荷重			
L14	地震荷重Ｓｄ*			
L16	地震荷重Ｓｓ			

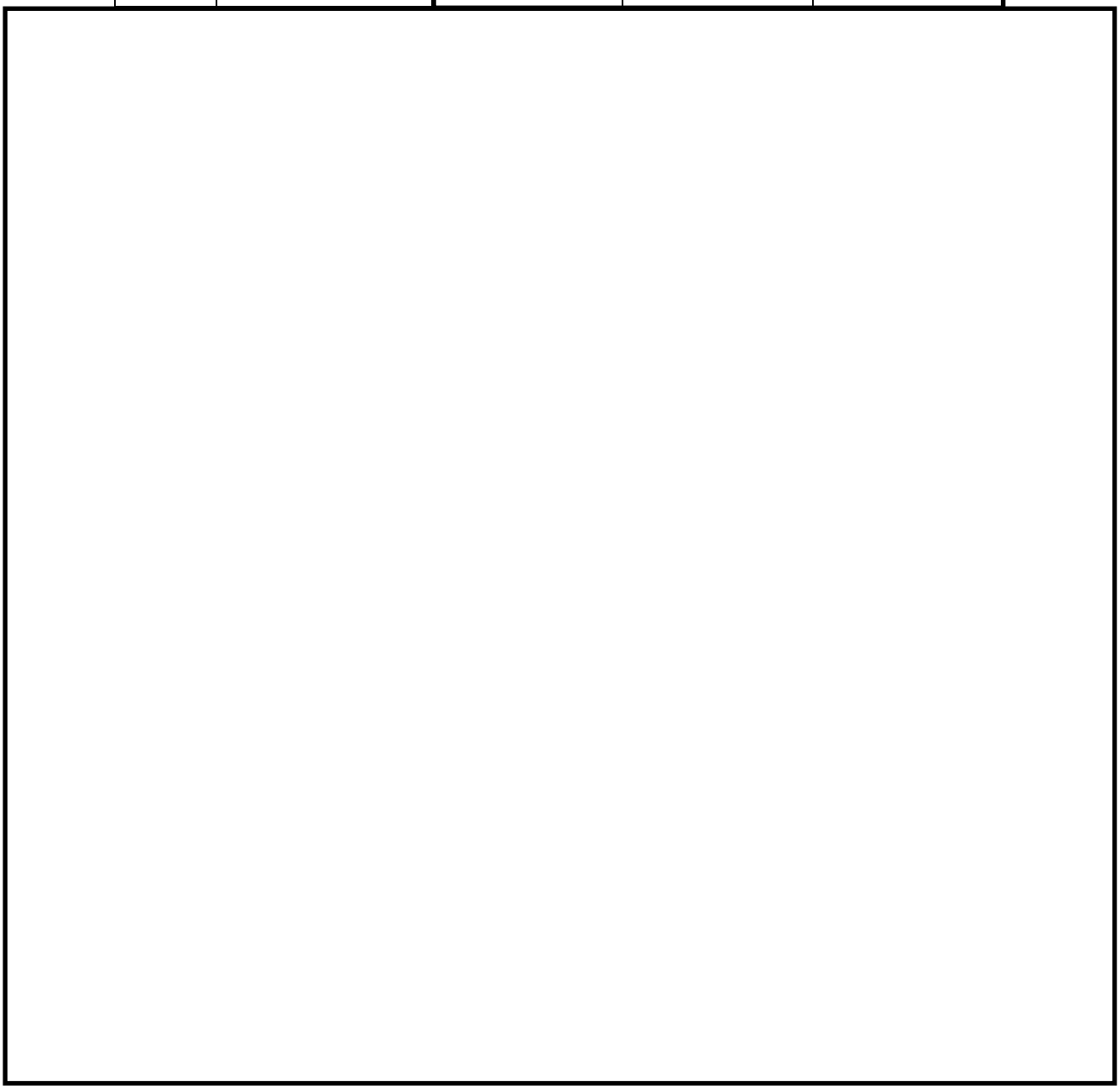


表 4－1(5)　外荷重

燃料支持金具外荷重

記号	荷重名称	荷重 作用点*1	鉛直力 V*2 (kN)	水平力 H*2 (kN)
L04	死荷重			
L14	地震荷重Ｓｄ*			
L16	地震荷重Ｓｓ			

表 4－1(6)　外荷重

制御棒案内管外荷重

記号	荷重名称	荷重作用点	鉛直力	水平力	モーメント
			V＊ (kN)	H＊ (kN)	M＊ (kN･m)
L04	死荷重				
L14	地震荷重Ｓｄ＊				
L16	地震荷重Ｓｓ				

表 4－2　荷重の組合せ

許容応力状態	荷重の組合せ	応力評価
ⅢＡＳ	L02＋(L04，L12，L13，L18 又は L19)＊ ＋L14	P_m P_m+P_b
ⅣＡＳ	L02＋(L04，L12，L13，L18 又は L19)＊ ＋L16	P_m P_m+P_b

注記＊：(　) 内の荷重のうち，各運転条件において実際に考慮する荷重を組み合わせる。

添付１　溶接部の継手効率

炉心支持構造物の主な溶接部の継手効率は，設計・建設規格　CSS-3150 に従い，付表－１のとおりに定められる。

付表－1

継手の箇所	継手の分類	継手の種類	検査の種類*	継手効率 η
炉心シュラウド	胴とリングの周継手			
炉心シュラウドとシュラウドサポートリングの溶接継手	胴と胴の周継手			
シュラウドサポート	シリンダの長手継手			
	プレートとプレートの継手			
	シリンダとプレートの継手			
	プレートと原子炉圧力容器の周継手			
	シリンダとレグの継手			
	レグと原子炉圧力容器の継手			
上部格子板	胴とリングの周継手			
炉心支持板	板と補強ビームの継手			
燃料支持金具	周辺燃料支持金具と炉心支持板の継手			
制御棒案内管	胴とベースの周継手			
	胴の長手継手			

注記＊：検査の種類を示す記号は次のとおりである。

ＰＴ＋ＲＴ：設計・建設規格　CSS-3150 に定めるＡの検査

ＰＰＴ　　：設計・建設規格　CSS-3150 に定めるＣの検査

ＰＴ　　：設計・建設規格　CSS-3150 に定めるＥの検査

Ⅴ-2-3-2-3　炉心支持構造物の応力計算書

目　　次

（概要）

1.　概要　・・・

目　　次

（炉心シュラウド）

2.　炉心シュラウドの応力計算 ····· 2-1
2.1　一般事項 ····· 2-1
2.1.1　記号の説明 ····· 2-1
2.1.2　形状・寸法・材料 ····· 2-1
2.1.3　解析範囲 ····· 2-1
2.1.4　計算結果の概要 ····· 2-1
2.2　計算条件 ····· 2-4
2.2.1　設計条件 ····· 2-4
2.2.2　運転条件 ····· 2-4
2.2.3　材料 ····· 2-4
2.2.4　荷重の組合せ及び許容応力状態 ····· 2-4
2.2.5　荷重の組合せ及び応力評価 ····· 2-4
2.2.6　許容応力 ····· 2-4
2.2.7　応力の記号と方向 ····· 2-4
2.3　応力計算 ····· 2-5
2.3.1　応力評価点 ····· 2-5
2.3.2　差圧による応力 ····· 2-5
2.3.3　外荷重による応力 ····· 2-6
2.3.4　応力の評価 ····· 2-6
2.4　応力強さの評価 ····· 2-7
2.4.1　一次一般膜応力強さの評価 ····· 2-7
2.4.2　一次一般膜＋一次曲げ応力強さの評価 ····· 2-7
2.5　特別な応力の評価 ····· 2-8
2.5.1　支圧応力の評価 ····· 2-8

図　表　目　次
（炉心シュラウド）

図 2－1　形状・寸法・材料・応力評価点 ····· 2-2
図 2－2　支圧荷重の支持面 ····· 2-9

表 2－1　計算結果の概要 ····· 2-3
表 2－2　断面性状 ····· 2-10
表 2－3　一次一般膜応力強さの評価のまとめ ····· 2-11
表 2－4　一次一般膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ ····· 2-12
表 2－5　支圧応力の評価 ····· 2-13

目　　次

（シュラウドサポート）

3.　シュラウドサポートの応力計算 ····· 3-1
3.1　一般事項 ····· 3-1
3.1.1　記号の説明 ····· 3-1
3.1.2　形状・寸法・材料 ····· 3-1
3.1.3　解析範囲 ····· 3-2
3.1.4　計算結果の概要 ····· 3-2
3.2　計算条件 ····· 3-5
3.2.1　設計条件 ····· 3-5
3.2.2　運転条件 ····· 3-5
3.2.3　材料 ····· 3-5
3.2.4　荷重の組合せ及び許容応力状態 ····· 3-5
3.2.5　荷重の組合せ及び応力評価 ····· 3-5
3.2.6　許容応力 ····· 3-5
3.2.7　応力の記号と方向 ····· 3-5
3.3　応力計算 ····· 3-6
3.3.1　応力評価点 ····· 3-6
3.3.2　差圧による応力 ····· 3-6
3.3.3　外荷重による応力 ····· 3-6
3.3.4　応力の評価 ····· 3-6
3.4　応力強さの評価 ····· 3-7
3.4.1　一次一般膜応力強さの評価 ····· 3-7
3.4.2　一次一般膜＋一次曲げ応力強さの評価 ····· 3-7
3.5　特別な応力の評価 ····· 3-8
3.5.1　座屈に対する評価 ····· 3-8

図　表　目　次

（シュラウドサポート）

図 3－1　形状・寸法・材料・応力評価点　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　3-3

表 3－1　計算結果の概要　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・

目　　次

（上部格子板）

4.　上部格子板の応力計算 ····· 4-1
4.1　一般事項 ····· 4-1
4.1.1　記号の説明 ····· 4-1
4.1.2　形状・寸法・材料 ····· 4-1
4.1.3　解析範囲 ····· 4-1
4.1.4　計算結果の概要 ····· 4-1
4.2　計算条件 ····· 4-5
4.2.1　設計条件 ····· 4-5
4.2.2　運転条件 ····· 4-5
4.2.3　材料 ····· 4-5
4.2.4　荷重の組合せ及び許容応力状態 ····· 4-5
4.2.5　荷重の組合せ及び応力評価 ····· 4-5
4.2.6　許容応力 ····· 4-5
4.2.7　応力の記号と方向 ····· 4-6
4.3　応力計算 ····· 4-7
4.3.1　応力評価点 ····· 4-7
4.3.2　差圧による応力 ····· 4-7
4.3.3　外荷重による応力 ····· 4-9
4.3.4　応力の評価 ····· 4-11
4.4　応力強さの評価 ····· 4-12
4.4.1　一次一般膜応力強さの評価 ····· 4-12
4.4.2　一次一般膜＋一次曲げ応力強さの評価 ····· 4-12

図　表　目　次

（上部格子板）

図 4－1　形状・寸法・材料・応力評価点 ····· 4-2
図 4－2　応力計算モデル ····· 4-13

表 4－1　計算結果の概要 ····· 4-4
表 4－2　断面性状 ····· 4-15
表 4－3　一次一般膜応力強さの評価のまとめ（リム胴板） ····· 4-16
表 4－4　一次一般膜応力強さの評価のまとめ（グリッドプレート） ····· 4-16
表 4－5　一次一般膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ（リム胴板） ····· 4-17
表 4－6　一次一般膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ（グリッドプレート） 4-17

目　　次

（炉心支持板）

5.　炉心支持板の応力計算 ····· 5-1
5.1　一般事項 ····· 5-1
5.1.1　記号の説明 ····· 5-1
5.1.2　形状・寸法・材料 ····· 5-2
5.1.3　解析範囲 ····· 5-2
5.1.4　計算結果の概要 ····· 5-2
5.2　計算条件 ····· 5-7
5.2.1　設計条件 ····· 5-7
5.2.2　運転条件 ····· 5-7
5.2.3　材料 ····· 5-7
5.2.4　荷重の組合せ及び許容応力状態 ····· 5-7
5.2.5　荷重の組合せ及び応力評価 ····· 5-7
5.2.6　許容応力 ····· 5-7
5.2.7　応力の記号と方向 ····· 5-8
5.3　応力計算 ····· 5-9
5.3.1　応力評価点 ····· 5-9
5.3.2　差圧による応力 ····· 5-9
5.3.3　外荷重による応力 ····· 5-12
5.3.4　応力の評価 ····· 5-15
5.4　応力強さの評価 ····· 5-16
5.4.1　一次一般膜応力強さの評価 ····· 5-16
5.4.2　一次一般膜＋一次曲げ応力強さの評価 ····· 5-16

図　表　目　次

（炉心支持板）

図 5－1　形状・寸法・材料・応力評価点 ····· 5-3
図 5－2　補強ビームの荷重計算モデル ····· 5-17
図 5－3　補強ビームの応力計算モデル ····· 5-17
図 5－4　支持板の荷重計算及び応力計算モデル ····· 5-19
図 5－5　支持板の応力計算モデル ····· 5-20

表 5－1　計算結果の概要 ····· 5-6
表 5－2　断面性状 ····· 5-21
表 5－3　一次一般膜応力強さの評価のまとめ ····· 5-22
表 5－4　一次一般膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ ····· 5-23

目　　次

（燃料支持金具）

6.　燃料支持金具の応力計算 ····· 6-1
6.1　一般事項 ····· 6-1
6.1.1　記号の説明 ····· 6-1
6.1.2　形状・寸法・材料 ····· 6-1
6.1.3　解析範囲 ····· 6-1
6.1.4　計算結果の概要 ····· 6-1
6.2　計算条件 ····· 6-5
6.2.1　設計条件 ····· 6-5
6.2.2　運転条件 ····· 6-5
6.2.3　材料 ····· 6-5
6.2.4　荷重の組合せ及び許容応力状態 ····· 6-5
6.2.5　荷重の組合せ及び応力評価 ····· 6-5
6.2.6　許容応力 ····· 6-5
6.2.7　応力の記号と方向 ····· 6-5
6.3　応力計算 ····· 6-6
6.3.1　応力評価点 ····· 6-6
6.3.2　差圧による応力 ····· 6-6
6.3.3　外荷重による応力 ····· 6-7
6.3.4　応力の評価 ····· 6-7
6.4　応力強さの評価 ····· 6-8
6.4.1　一次一般膜応力強さの評価 ····· 6-8
6.4.2　一次一般膜＋一次曲げ応力強さの評価 ····· 6-8

図　表　目　次

（燃料支持金具）

図 6－1　形状・寸法・材料・応力評価点 ····· 6-2
図 6－2　中央燃料支持金具の差圧による応力計算モデル ····· 6-9
図 6－3　中央燃料支持金具の外荷重による応力計算モデル ····· 6-9

表 6－1　計算結果の概要 ····· 6-4
表 6－2　断面性状 ····· 6-10
表 6－3　一次一般膜応力強さの評価のまとめ ····· 6-11
表 6－4　一次一般膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ ····· 6-12

目　　次

（制御棒案内管）

7.　制御棒案内管の応力計算 ····· 7-1
7.1　一般事項 ····· 7-1
7.1.1　記号の説明 ····· 7-1
7.1.2　形状・寸法・材料 ····· 7-1
7.1.3　解析範囲 ····· 7-1
7.1.4　計算結果の概要 ····· 7-1
7.2　計算条件 ····· 7-4
7.2.1　設計条件 ····· 7-4
7.2.2　運転条件 ····· 7-4
7.2.3　材料 ····· 7-4
7.2.4　荷重の組合せ及び許容応力状態 ····· 7-4
7.2.5　荷重の組合せ及び応力評価 ····· 7-4
7.2.6　許容応力 ····· 7-4
7.2.7　応力の記号と方向 ····· 7-4
7.3　応力計算 ····· 7-5
7.3.1　応力評価点 ····· 7-5
7.3.2　差圧による応力 ····· 7-5
7.3.3　外荷重による応力 ····· 7-6
7.3.4　応力の評価 ····· 7-6
7.4　応力強さの評価 ····· 7-7
7.4.1　一次一般膜応力強さの評価 ····· 7-7
7.4.2　一次一般膜＋一次曲げ応力強さの評価 ····· 7-7

図　表　目　次

（制御棒案内管）

図 7－1　形状・寸法・材料・応力評価点　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　7-2

表 7－1　計算結果の概要　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・

1. 概要

本計算書は，炉心支持構造物の応力計算書である。

本計算書の各機器は，炉心支持構造物であるため，Ⅴ-2-3-2-2「炉心支持構造物の応力解析の方針」（以下「応力解析の方針」という。）に基づき評価する。

本計算書は，炉心支持構造物であって，設計基準対象施設及び重大事故等対処設備に分類される下記の機器について，構造強度評価の結果を示すものである。

・炉心シュラウド
・シュラウドサポート
・上部格子板
・炉心支持板
・制御棒案内管
・燃料支持金具

注：本計算書においては，平成5年6月17日付け4資庁第14562号にて認可された工事計画の添付書類（「応力解析の方針」の参照図書(1)）を「既工認」という。

2.　炉心シュラウドの応力計算

2.1　一般事項

本章は，炉心シュラウドの応力計算について示すものである。

炉心シュラウドは，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。

以下，設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

2.1.1　記号の説明

記号の説明を「応力解析の方針」の 2.4 節に示す。

さらに，本章において，以下の記号を用いる。

記号	記号の説明	単位
A	断面積	mm^2
D_i	内径	mm
D_o	外径	mm
I	断面二次モーメント	mm^4
σ_c	平均支圧応力	MPa

2.1.2　形状・寸法・材料

本章で解析する箇所の形状・寸法・材料を図 2－1 に示す。

2.1.3　解析範囲

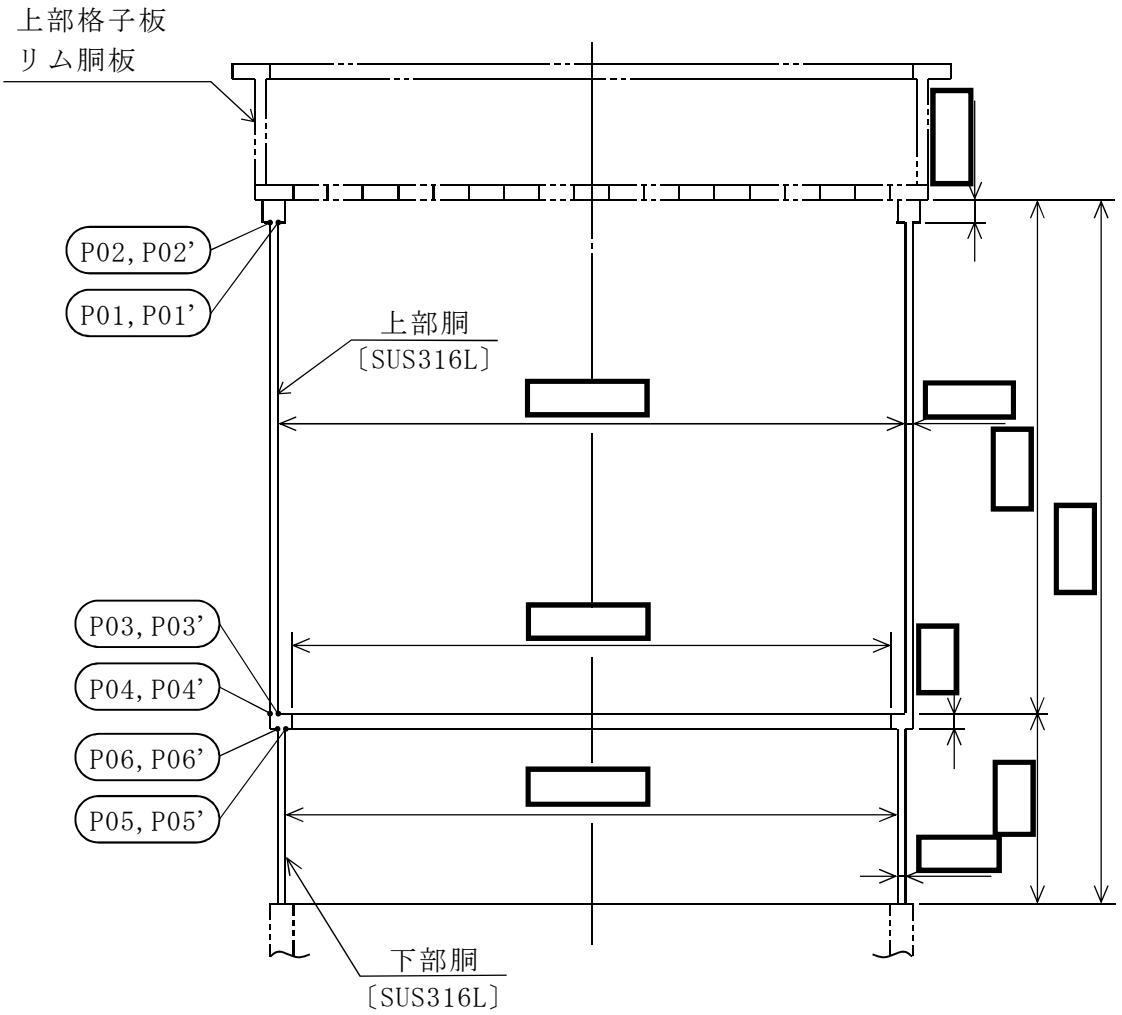
解析範囲を図 2－1 に示す。

なお，下部胴とシュラウドサポートとの接合部の応力解析及び評価は，3 章に記載する。

2.1.4　計算結果の概要

計算結果の概要を表 2－1 に示す。

なお，応力評価点の選定に当たっては，形状不連続部，溶接部及び厳しい荷重作用点に着目し，応力評価上厳しくなる代表的な評価点を記載する。



：応力評価点

〔　　〕：材　　料

図2－1　形状・寸法・材料・応力評価点　（単位：mm）

表 2－1(1)　計算結果の概要

（単位：MPa）

部分及び材料	許容応力状態	一次一般膜応力強さ			一次一般膜＋一次曲げ応力強さ		
		応力強さ	許容応力	応力評価面	応力強さ	許容応力	応力評価面
上部胴 SUS316L	ⅢＡＳ	11	127*	P01’-P02’	11	191*	P01’-P02’
	ⅣＡＳ	16	205*	P01’-P02’	16	307*	P01’-P02’
	ⅢＡＳ	24	127*	P03’-P04’	24	191*	P03’-P04’
	ⅣＡＳ	30	205*	P03’-P04’	30	307*	P03’-P04’
下部胴 SUS316L	ⅢＡＳ	26	127*	P05’-P06’	26	191*	P05’-P06’
	ⅣＡＳ	35	205*	P05’-P06’	35	307*	P05’-P06’

注記＊：継手効率[redacted]を乗じた値を示す。

表 2－1(2)　計算結果の概要

（単位：MPa）

部分及び材料	許容応力状態	支圧応力	
		平均支圧応力	許容応力
炉心支持板支持面 SUS316L	ⅢＡＳ	1	157
	ⅣＡＳ	1	210

2.2　計算条件

2.2.1　設計条件

設計条件を「応力解析の方針」の 4.1 節に示す。

2.2.2　運転条件

考慮した運転条件を「応力解析の方針」の 4.2 節に示す。

2.2.3　材料

各部の材料を図 2－1 に示す。

2.2.4　荷重の組合せ及び許容応力状態

荷重の組合せ及び許容応力状態を「応力解析の方針」の 3.3 節に示す。

2.2.5　荷重の組合せ及び応力評価

荷重の組合せ及び応力評価を「応力解析の方針」の 4.3 節に示す。

2.2.6　許容応力

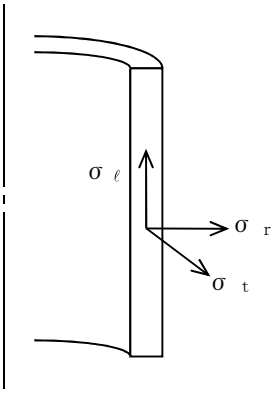
許容応力を「応力解析の方針」の 3.4 節に示す。

溶接部の継手効率を「応力解析の方針」の 3.6 節に示す。

2.2.7　応力の記号と方向

応力の記号とその方向は，以下のとおりとする。

σ_t　：周方向応力
σ_ℓ　：軸方向応力
σ_r　：半径方向応力
$\tau_{t\ell}$　：せん断応力



2.3 応力計算

2.3.1 応力評価点

応力評価点の位置を図 2－1 に示す。

なお，各応力評価点の断面性状は，表 2－2 に示すとおりである。

2.3.2 差圧による応力

(1) 荷重条件（L02）

各運転状態による差圧は，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)b.に定めるとおりである。

(2) 計算方法

a. 一次一般膜応力

差圧Ｐによる一次一般膜応力は，内圧を受ける円筒にモデル化し，次式で求める。

$$\sigma_t = \frac{1}{Y-1} \cdot P$$

$$\sigma_\ell = \frac{1}{Y^2-1} \cdot P$$

$$\sigma_r = -\frac{1}{Y+1} \cdot P$$

ここで，$Y = \frac{D_o}{D_i}$

b. 一次一般膜＋一次曲げ応力

差圧による一次曲げ応力は，存在しない。したがって，一次一般膜＋一次曲げ応力は，一次一般膜応力と同じである。

2.3.3　外荷重による応力

(1)　荷重条件（L04，L14 及び L16）

外荷重を「応力解析の方針」の表 4－1(1)に示す。

(2)　計算方法

a.　一次一般膜応力

外荷重による一次一般膜応力は，外荷重と各応力評価断面の断面性能により次式で求める。

$$\sigma_{\ell}=\frac{V}{A}+\frac{M}{I}\cdot\frac{D_{o}}{2}$$

$$\tau_{t\ell}=\frac{H}{A}$$

b.　一次一般膜＋一次曲げ応力

外荷重による一次曲げ応力は，存在しない。したがって，一次一般膜＋一次曲げ応力は，一次一般膜応力と同じである。

2.3.4　応力の評価

各応力評価点で計算された応力を分類ごとに重ね合わせて組合せ応力を求め，応力強さを算出する。

応力強さの算出方法は，「応力解析の方針」の 5.1.2 項に定めるとおりである。

2.4　応力強さの評価

2.4.1　一次一般膜応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表 2－3 に示す。

表 2－3 より，各許容応力状態の一次一般膜応力強さは，「応力解析の方針」の 3.4 節及び 3.6 節に示す許容応力を満足する。

2.4.2　一次一般膜＋一次曲げ応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表 2－4 に示す。

表 2－4 より，各許容応力状態の一次一般膜＋一次曲げ応力強さは，「応力解析の方針」の 3.4 節及び 3.6 節に示す許容応力を満足する。

2.5　特別な応力の評価

2.5.1　支圧応力の評価

炉心シュラウドの炉心支持板支持面には,鉛直力により支圧応力が生じるため,支圧応力の評価を行う。

(1)　支圧面積（図 2－2 参照）

炉心支持板支持面の支圧荷重を受ける面積は，以下のとおりである。

$A =$ [redacted] mm^2

(2)　支圧荷重

各許容応力状態における炉心支持板支持面に作用する鉛直力を「応力解析の方針」の表 4－1(1)に示す。

(3)　平均支圧応力

平均支圧応力 σ_c は，鉛直力と評価断面の断面性能により次式で求める。

$$\sigma_c = \frac{V}{A}$$

(4)　支圧応力の評価

各許容応力状態における評価を表 2－5 に示す。

表 2－5 より，各許容応力状態の平均支圧応力は,「応力解析の方針」の 3.4 節に示す許容応力を満足する。

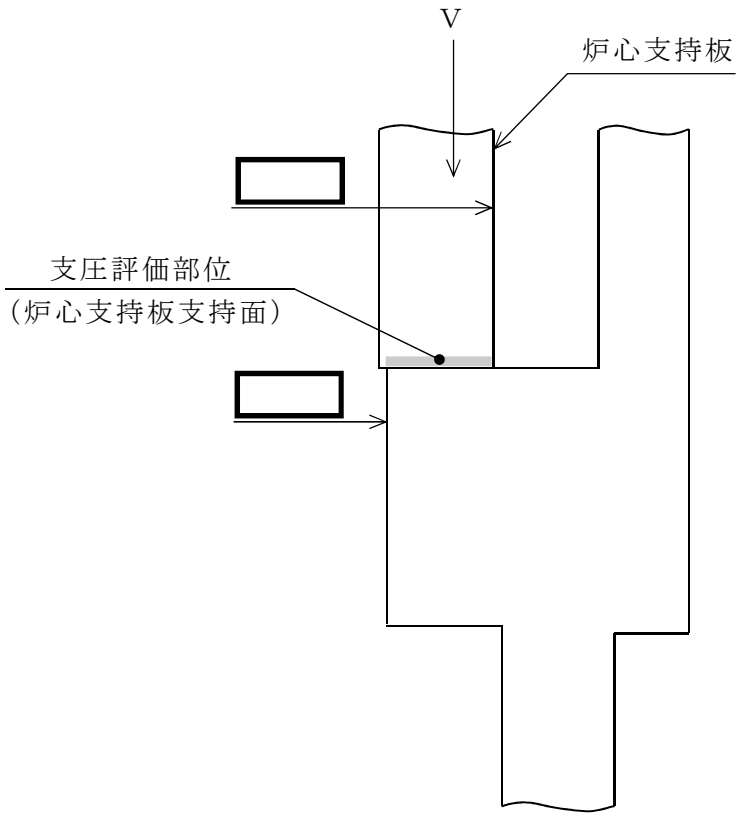


図 2－2　支圧荷重の支持面　（単位：mm）

表 2－2　断面性状

応力評価点	D_o (mm)	D_i (mm)	A (mm^2)	I (mm^4)
P01，P02				
P03，P04				
P05，P06				

表 2－3　一次一般膜応力強さの評価のまとめ

（単位：MPa）

応力評価面	許容応力状態ⅢＡＳ		許容応力状態ⅣＡＳ	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	9	127*	13	205*
P01’ P02’	11	127*	16	205*
P03 P04	20	127*	26	205*
P03’ P04’	24	127*	30	205*
P05 P06	22	127*	31	205*
P05’ P06’	26	127*	35	205*

注記＊：継手効率［　　］を乗じた値を示す。

表 2－4　一次一般膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ

（単位：MPa）

応力評価面	許容応力状態ⅢＡＳ		許容応力状態ⅣＡＳ	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	9	191＊	13	307＊
P01’ P02’	11	191＊	16	307＊
P03 P04	20	191＊	26	307＊
P03’ P04’	24	191＊	30	307＊
P05 P06	22	191＊	31	307＊
P05’ P06’	26	191＊	35	307＊

注記＊：継手効率［　］を乗じた値を示す。

表 2－5　支圧応力の評価

（単位：MPa）

応力評価面	許容応力状態	平均支圧応力	許容応力
炉心支持板 支持面	ⅢＡＳ	1	157
	ⅣＡＳ	1	210

3.　シュラウドサポートの応力計算

3.1　一般事項

本章は，シュラウドサポートの応力計算について示すものである。

シュラウドサポートは，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。

以下，設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

注：以下，シュラウドサポートレグ，シュラウドサポートシリンダ，シュラウドサポートプレート及び炉心シュラウド下部胴を，それぞれ「レグ」，「シリンダ」，「プレート」及び「下部胴」という。

3.1.1　記号の説明

記号の説明を「応力解析の方針」の 2.4 節に示す。

さらに，本章において，以下の記号を用いる。

記号	記号の説明	単位
A	レグ1本当たりの断面積	mm^2
B	レグの幅	mm
C	部材両端の拘束条件に対する座屈長さの係数	—
E	縦弾性係数	MPa
F	設計・建設規格　SSB-3121.1(1)に定める値	MPa
F *	設計・建設規格　SSB-3121.3に定める値	MPa
f_c	許容応力 設計・建設規格　SSB-3121.1(3)に定める値	MPa
I	座屈軸についての断面二次モーメント	mm^4
i	座屈軸についての断面二次半径	mm
ℓ	レグの長さ	mm
ℓ_k	座屈長さ	mm
T	レグの板厚	mm
Λ	限界細長比	—
λ	有効細長比	—
ν	設計・建設規格　SSB-3121.1(3)a.におけるν	—

3.1.2　形状・寸法・材料

本章で解析する箇所の形状・寸法・材料を図3－1に示す。

3.1.3　解析範囲

解析範囲を図3－1に示す。

3.1.4　計算結果の概要

計算結果の概要を表3－1に示す。

なお，応力評価点の選定に当たっては，形状不連続部，溶接部及び厳しい荷重作用点に着目し，応力評価上厳しくなる代表的な評価点を記載する。

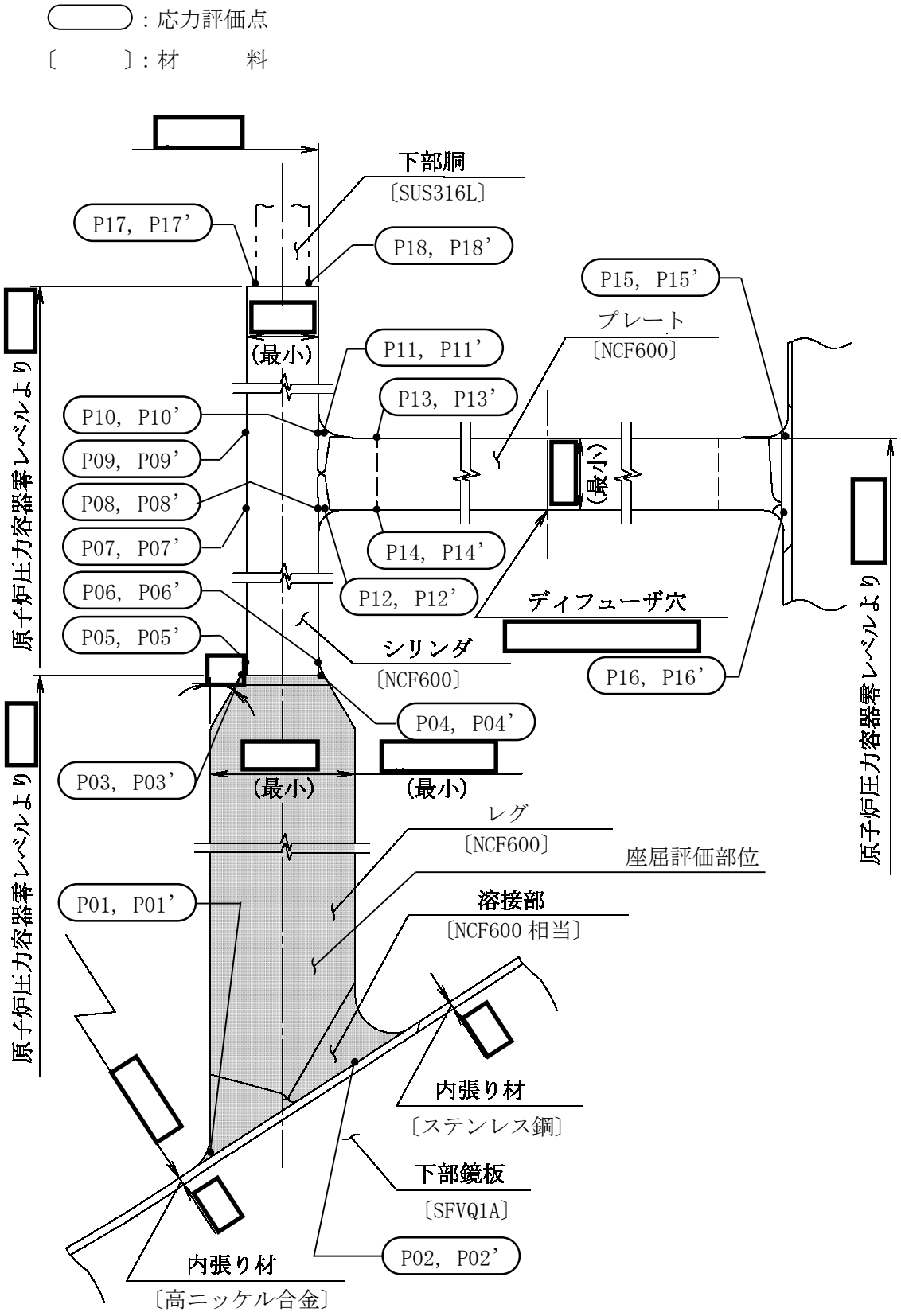


図3－1　形状・寸法・材料・応力評価点　（単位：mm）

表3－1(1)　計算結果の概要

（単位：MPa）

部分及び材料	許容応力状態	一次一般膜応力強さ			一次一般膜＋一次曲げ応力強さ		
		応力強さ	許容応力	応力評価面	応力強さ	許容応力	応力評価面
レグ NCF600	ⅢＡＳ	60	246	P03-P04	60	369	P03-P04
	ⅣＡＳ	82	334	P03-P04	82	501	P03-P04
シリンダ NCF600	ⅢＡＳ	36	246	P05-P06	36	369	P05-P06
	ⅣＡＳ	46	334	P05-P06	46	501	P05-P06
プレート NCF600	ⅢＡＳ	26	221*	P11'-P12'	26	332*	P11'-P12'
	ⅣＡＳ	33	300*	P11'-P12'	33	450*	P11'-P12'
下部胴 SUS316L	ⅢＡＳ	30	128*	P17-P18	30	192*	P17-P18
	ⅣＡＳ	42	205*	P17-P18	42	308*	P17-P18

注記＊：継手効率[redacted]を乗じた値を示す。

表3－1(2)　計算結果の概要

（単位：MPa）

部分及び材料	許容応力状態	座屈に対する評価	
		圧縮応力	許容応力
レグ NCF600	ⅢＡＳ	51	243
	ⅣＡＳ	73	260

3.2　計算条件

3.2.1　設計条件

設計条件を「応力解析の方針」の4.1節に示す。

3.2.2　運転条件

考慮した運転条件を「応力解析の方針」の4.2節に示す。

3.2.3　材料

各部の材料を図3－1に示す。

3.2.4　荷重の組合せ及び許容応力状態

荷重の組合せ及び許容応力状態を「応力解析の方針」の3.3節に示す。

3.2.5　荷重の組合せ及び応力評価

荷重の組合せ及び応力評価を「応力解析の方針」の4.3節に示す。

3.2.6　許容応力

許容応力を「応力解析の方針」の3.4節に示す。

溶接部の継手効率を「応力解析の方針」の3.6節に示す。

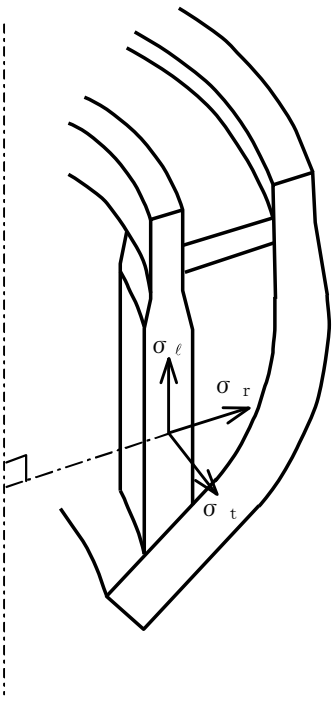
3.2.7　応力の記号と方向

応力の記号とその方向は，以下のとおりとする。

σ_t ：　周方向応力

σ_ℓ ：　軸方向応力

σ_r ：　半径方向応力



3.3　応力計算

3.3.1　応力評価点

応力評価点の位置を図3－1に示す。

なお，応力集中を生じる箇所の応力集中係数は，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)c.に定めるとおりである。

3.3.2　差圧による応力

(1)　荷重条件（L02）

各運転状態による差圧は，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)c.に定めるとおりである。

(2)　計算方法

差圧による応力の計算は，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)c.に定めるとおりである。

なお，各許容応力状態での差圧による応力は，既工認と同様に，設計差圧での応力を用いて，圧力の比により（比倍して）計算する。

3.3.3　外荷重による応力

(1)　荷重条件（L12,L13,L18,L19,L14及びL16）

外荷重を「応力解析の方針」の表4－1(2)に示す。

(2)　計算方法

外荷重による応力の計算は，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)c.に定めるとおりである。

なお，各荷重での応力は，既工認と同様に，単位荷重（鉛直力，水平力等）での応力を用いて，荷重（鉛直力，水平力等）の比により（比倍して）計算する。

3.3.4　応力の評価

各応力評価点で計算された応力を分類ごとに重ね合わせて組合せ応力を求め，応力強さを算出する。

応力強さの算出方法は，「応力解析の方針」の5.1.2項に定めるとおりである。

3.4　応力強さの評価

3.4.1　一次一般膜応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表3－2に示す。

表3－2より，各許容応力状態の一次一般膜応力強さは，「応力解析の方針」の3.4節及び3.6節に示す許容応力を満足する。

3.4.2　一次一般膜＋一次曲げ応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表3－3に示す。

表3－3より，各許容応力状態の一次一般膜＋一次曲げ応力強さは，「応力解析の方針」の3.4節及び3.6節に示す許容応力を満足する。

3.5　特別な応力の評価

3.5.1　座屈に対する評価

レグには，シュラウドサポートに作用する鉛直力及びモーメントにより，圧縮応力が生じる。したがって，これらの荷重の組合せにより発生する圧縮応力の評価を行う。

(1)　計算データ

a.　座屈長さ　ℓ_k

$\ell_k = C \cdot \ell = 0.7 \times$ [　　] $=$ [　　] mm

ここで，C＝ 0.7

ℓ ：レグの長さ＝ [　　] mm

b.　座屈軸についての断面二次半径　i

$i = \sqrt{\frac{I}{A}} =$ [　　] $=$ [　　] mm

ここで，Ｉ：座屈軸についての断面二次モーメント

$= \frac{1}{12} \cdot T^3 \cdot B =$ [　　] mm^4

Ｔ：レグの板厚＝ [　　] mm

Ｂ：レグの幅　＝ [　　] mm

Ａ：レグ１本当たりの断面積

＝Ｔ・Ｂ＝ [　　] mm^2

c.　有効細長比　λ

$\lambda = \frac{\ell_k}{i} =$ [　　] $=$ [　　]

(2)　荷重

シュラウドサポートに作用する鉛直力及びモーメントを「応力解析の方針」の表4－1(2)に示す。

(3)　圧縮応力

各許容応力状態においてレグに発生する圧縮応力を表3－4に示す。

レグに発生する圧縮応力は，応力評価面P03’-P04’での一次一般膜応力（σ_ℓ）を示す。

(4) 許容応力

各許容応力状態における許容応力の計算は，設計・建設規格　SSB-3121を準用して計算する。

a. 許容応力状態ⅢＡＳ

許容応力状態ⅢＡＳにおける許容応力f_cは，次のように得られる。

限界細長比：$\Lambda=\sqrt{\dfrac{\pi^2\cdot E}{0.6\cdot F}}=\sqrt{\dfrac{\pi^2\times\boxed{}}{0.6\times\boxed{}}}$

$=\boxed{}$

ここで，Ｆ：許容応力度＝$\boxed{}$ MPa

Ｅ：縦弾性係数＝$\boxed{}$ MPa　（$\boxed{}$℃における値）

ゆえに，$\lambda<\Lambda$なのでf_cは，

$$f_c=1.5\cdot\left\{1-0.4\cdot\left(\frac{\lambda}{\Lambda}\right)^2\right\}\cdot\frac{F}{\nu}$$

$$=1.5\times\left\{1-0.4\times\left(\boxed{}\right)^2\right\}\times\boxed{}=243\ \mathrm{MPa}$$

ここで，$\nu=1.5+\dfrac{2}{3}\cdot\left(\dfrac{\lambda}{\Lambda}\right)^2$

$=1.5+\dfrac{2}{3}\times\left(\boxed{}\right)^2=\boxed{}$

b. 許容応力状態ⅣＡＳ

許容応力状態ⅣＡＳにおける許容応力f_cは，次のように得られる。

限界細長比：$\Lambda=\sqrt{\dfrac{\pi^2\cdot E}{0.6\cdot F^*}}=\sqrt{\dfrac{\pi^2\times\boxed{}}{0.6\times\boxed{}}}$

$=\boxed{}$

ここで，Ｆ＊：許容応力度＝$\boxed{}$ MPa

Ｅ：縦弾性係数＝$\boxed{}$ MPa　（$\boxed{}$℃における値）

ゆえに，$\lambda<\Lambda$なのでf_cは，

$$f_c=1.5\cdot\left\{1-0.4\cdot\left(\frac{\lambda}{\Lambda}\right)^2\right\}\cdot\frac{F^*}{\nu}$$

$$=1.5\times\left\{1-0.4\times\left(\boxed{}\right)^2\right\}\times\boxed{}=260\ \mathrm{MPa}$$

ここで，$\nu = 1.5 + \frac{2}{3} \cdot \left(\frac{\lambda}{\Lambda}\right)^2$

$= 1.5 + \frac{2}{3} \times \left(\boxed{} \right)^2 = \boxed{}$

(5) 座屈に対する評価

各許容応力状態における座屈に対する評価を表3－4に示す。

表3－4より，各許容応力状態における圧縮応力は，許容応力を満足するため，座屈は発生しない。

表3－2　一次一般膜応力強さの評価のまとめ

（単位：MPa）

応力評価面	許容応力状態ⅢＡＳ		許容応力状態ⅣＡＳ	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	40	221*	55	300*
P01’ P02’	25	221*	40	300*
P03 P04	60	246	82	334
P03’ P04’	37	246	59	334
P05 P06	36	246	46	334
P05’ P06’	17	246	28	334
P07 P08	30	246	37	334
P07’ P08’	22	246	33	334
P09 P10	23	246	31	334
P09’ P10’	28	246	35	334
P11 P12	11	221*	17	300*
P11’ P12’	26	221*	33	300*
P13 P14	10	246	17	334
P13’ P14’	29	246	36	334
P15 P16	10	221*	17	300*
P15’ P16’	26	221*	33	300*
P17 P18	30	128*	42	205*
P17’ P18’	24	128*	34	205*

注記＊：継手効率[redacted]を乗じた値を示す。

表3－3　一次一般膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ

（単位：MPa）

応力評価面	許容応力状態ⅢＡＳ		許容応力状態ⅣＡＳ	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	40	332*	55	450*
P01’ P02’	25	332*	40	450*
P03 P04	60	369	82	501
P03’ P04’	37	369	59	501
P05 P06	36	369	46	501
P05’ P06’	17	369	28	501
P07 P08	30	369	37	501
P07’ P08’	22	369	33	501
P09 P10	23	369	31	501
P09’ P10’	28	369	35	501
P11 P12	11	332*	17	450*
P11’ P12’	26	332*	33	450*
P13 P14	10	369	17	501
P13’ P14’	29	369	36	501
P15 P16	10	332*	17	450*
P15’ P16’	26	332*	33	450*
P17 P18	30	192*	42	308*
P17’ P18’	24	192*	34	308*

注記＊：継手効率[redacted]を乗じた値を示す。

表3－4　座屈に対する評価

（単位：MPa）

応力評価面	許容応力状態	圧縮応力	許容応力
P03’-P04’	ⅢＡＳ	51	243
	ⅣＡＳ	73	260

4. 上部格子板の応力計算

4.1 一般事項

本章は，上部格子板の応力計算について示すものである。

上部格子板は，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。

以下，設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

4.1.1 記号の説明

記号の説明を「応力解析の方針」の 2.4 節に示す。

さらに，本章において，以下の記号を用いる。

記号	記号の説明	単位
A	断面積	mm^2
a	グリッドプレートの板厚	mm
D_i	内径	mm
D_o	外径	mm
h	グリッドプレートの高さ	mm
I	断面二次モーメント	mm^4
L	グリッドプレート17スパンの長さ	mm
ℓ	グリッドプレート1スパンの長さ	mm

4.1.2 形状・寸法・材料

本章で解析する箇所の形状・寸法・材料を図 4－1 に示す。

4.1.3 解析範囲

解析範囲を図 4－1 に示す。

4.1.4 計算結果の概要

計算結果の概要を表 4－1 に示す。

なお，応力評価点の選定に当たっては，形状不連続部，溶接部及び厳しい荷重作用点に着目し，応力評価上厳しくなる代表的な評価点を記載する。

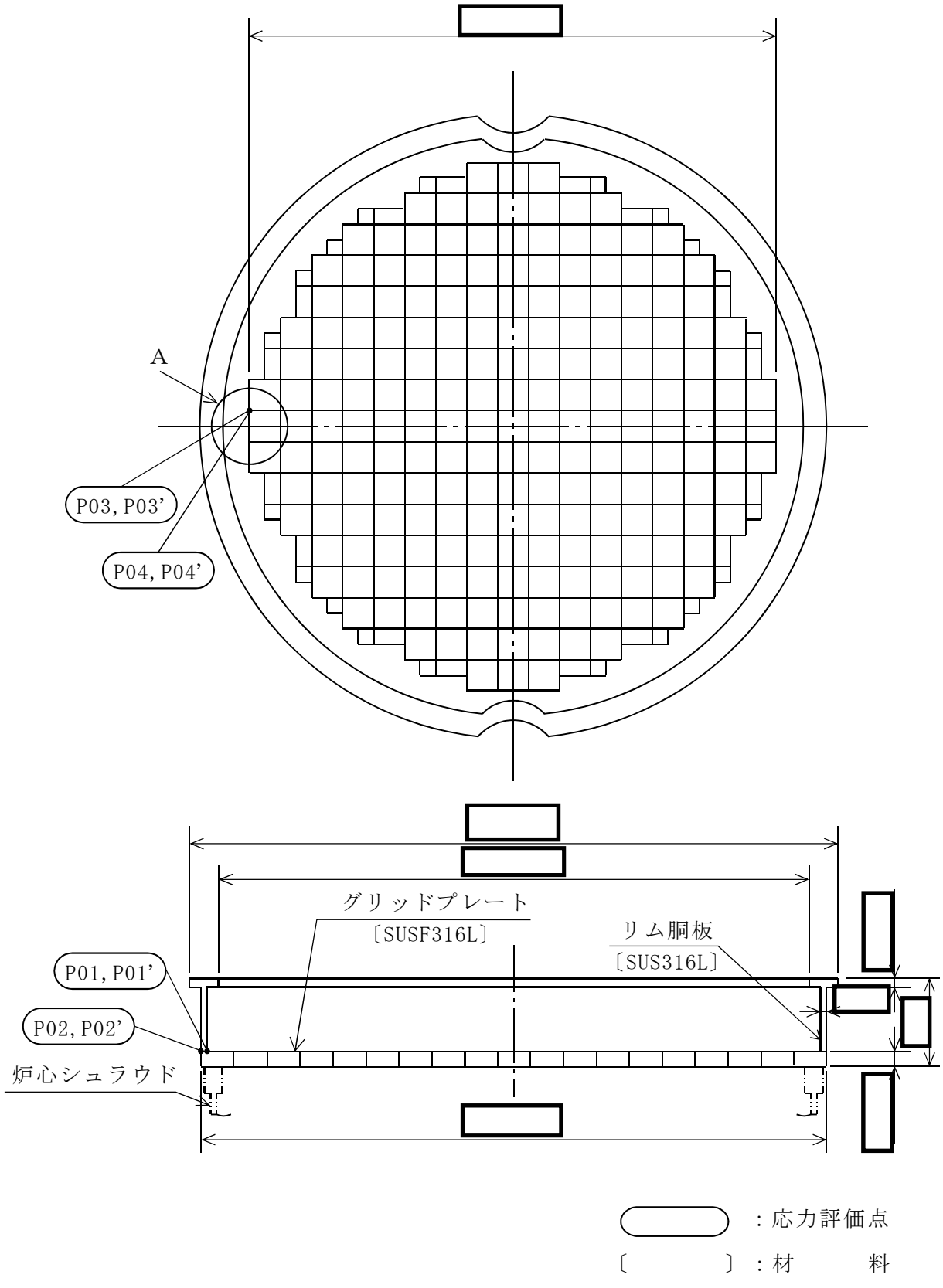
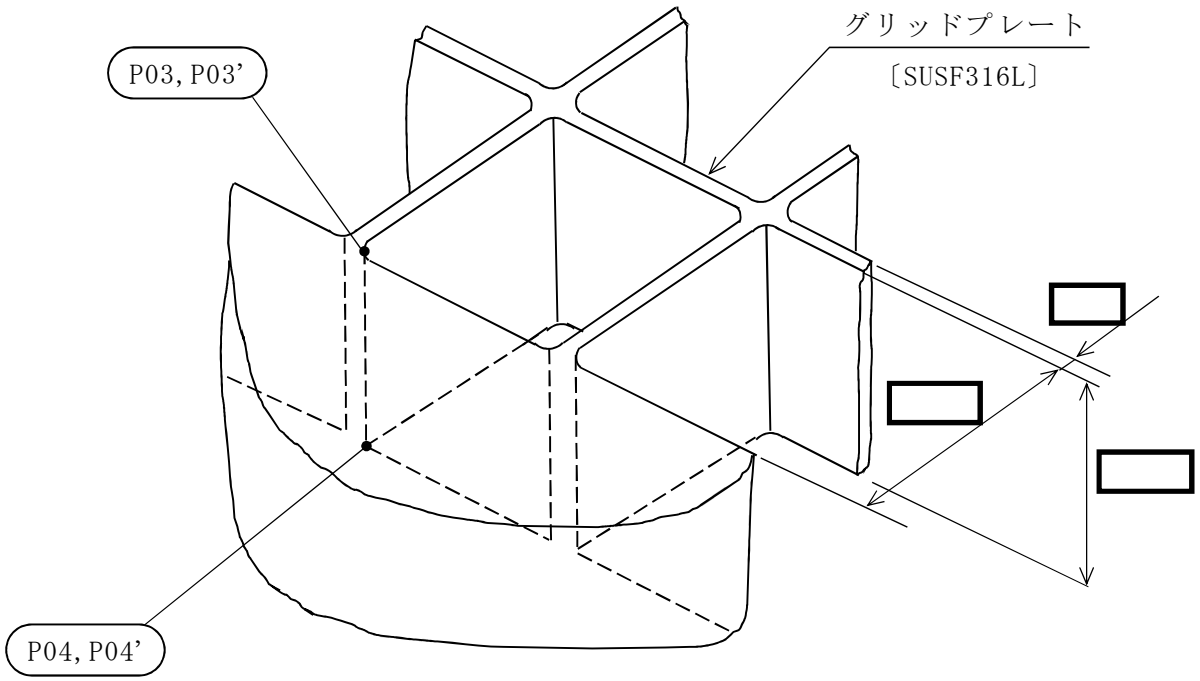


図 4－1(1)　形状・寸法・材料・応力評価点　（単位：mm）



A部詳細図

：応力評価点

〔　　〕：材　　料

図 4－1(2)　形状・寸法・材料・応力評価点　（単位：mm）

表 4－1(1)　計算結果の概要

（単位：MPa）

部分及び材料	許容応力状態	一次一般膜応力強さ			一次一般膜＋一次曲げ応力強さ		
		応力強さ	許容応力	応力評価面	応力強さ	許容応力	応力評価面
リム胴板 SUS316L	ⅢＡＳ	10	127*	P01’-P02’	10	191*	P01’-P02’
	ⅣＡＳ	11	205*	P01’-P02’	11	307*	P01’-P02’

注記＊：継手効率 [redacted] を乗じた値を示す。

表 4－1(2)　計算結果の概要

（単位：MPa）

部分及び材料	許容応力状態	一次一般膜応力強さ			一次一般膜＋一次曲げ応力強さ		
		応力強さ	許容応力	応力評価面	応力強さ	許容応力	応力評価点
グリッド プレート SUSF316L	ⅢＡＳ	4	142	P03-P04	44	213	P03
	ⅣＡＳ	7	228	P03-P04	76	342	P03

4.2　計算条件

4.2.1　設計条件

設計条件を「応力解析の方針」の 4.1 節に示す。

4.2.2　運転条件

考慮した運転条件を「応力解析の方針」の 4.2 節に示す。

4.2.3　材料

各部の材料を図 4－1 に示す。

4.2.4　荷重の組合せ及び許容応力状態

荷重の組合せ及び許容応力状態を「応力解析の方針」の 3.3 節に示す。

4.2.5　荷重の組合せ及び応力評価

荷重の組合せ及び応力評価を「応力解析の方針」の 4.3 節に示す。

4.2.6　許容応力

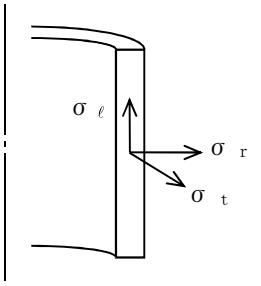
許容応力を「応力解析の方針」の 3.4 節に示す。

溶接部の継手効率を「応力解析の方針」の 3.6 節に示す。

4.2.7　応力の記号と方向

リム胴板部の応力の記号とその方向は，以下のとおりとする。

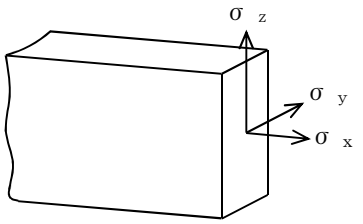
σ_t　：周方向応力
σ_ℓ　：軸方向応力
σ_r　：半径方向応力
$\tau_{t\ell}$　：せん断応力
$\tau_{\ell r}$　：せん断応力



グリッドプレートの応力の記号とその方向は，以下のとおりとする。

なお，主応力の算出は，「応力解析の方針」の 5.1.1 項に示される式において，σ_t，σ_ℓ，σ_r，$\tau_{t\ell}$，$\tau_{\ell r}$，τ_{rt}をそれぞれσ_x，σ_y，σ_z，τ_{xy}，τ_{yz}，τ_{zx}に添字を置き換えて求める。

σ_x　：ｘ方向応力
σ_y　：ｙ方向応力
σ_z　：ｚ方向応力
τ_{xy}：せん断応力
τ_{yz}：せん断応力
τ_{zx}：せん断応力



4.3　応力計算

4.3.1　応力評価点

応力評価点の位置を図 4－1 に示す。

なお，各応力評価点の断面性状は，表 4－2 に示すとおりである。

4.3.2　差圧による応力

(1)　荷重条件（L02）

各運転状態による差圧は，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)d.に定めるとおりである。

(2)　リム胴板部の計算方法

a.　一次一般膜応力

リム胴板部における差圧 P_{42} による一次一般膜応力は，内圧を受ける円筒にモデル化し，次式で求める。

$$\sigma_t = \frac{1}{Y-1} \cdot P_{42}$$

$$\sigma_\ell = \frac{1}{Y^2-1} \cdot P_{42}$$

$$\sigma_r = -\frac{1}{Y+1} \cdot P_{42}$$

ここで，$Y = \frac{D_o}{D_i}$

b.　一次一般膜＋一次曲げ応力

差圧による一次曲げ応力は，存在しない。したがって，一次一般膜＋一次曲げ応力は，一次一般膜応力と同じである。

(3) グリッドプレートの計算方法

グリッドプレートの差圧P_{34}による一次応力は，最大応力の発生する最長グリッドプレートを，図 4－2(1)に示す等分布荷重を受ける両端固定ばりにモデル化し，以下により求める。

a. 差圧P_{34}による荷重

$$W_P = -P_{34} \cdot a \cdot L$$

b. 端部におけるモーメント

$$M = \frac{W_P \cdot L}{12}$$

c. 曲げ応力

$$\sigma_x = \frac{M}{I_1} \cdot \frac{h}{2}$$

d. せん断応力

$$\tau_{zx} = \frac{W_P}{2 \cdot A}$$

4.3.3　外荷重による応力

(1)　荷重条件（L04，L14 及び L16）

外荷重を「応力解析の方針」の表 4－1(3)に示す。

(2)　リム胴板部の計算方法

a.　一次一般膜応力

外荷重による一次一般膜応力は，外荷重と応力評価断面の断面性能により次式で求める。

$$\sigma_{\ell}=\frac{V}{A}+\frac{M}{I_1}\cdot\frac{D_o}{2}$$

$$\tau_{t\ell}=\frac{H}{A}$$

b.　一次一般膜＋一次曲げ応力

外荷重による一次曲げ応力は，存在しない。したがって，一次一般膜＋一次曲げ応力は，一次一般膜応力と同じである。

(3)　グリッドプレートの計算方法

外荷重による一次応力は，以下により求める。

a.　鉛直方向荷重による応力

最大応力の発生する最長グリッドプレートを，図 4－2(1)に示す等分布荷重を受ける両端固定ばりにモデル化し，以下により求める

(a)　グリッドプレートの端部における鉛直方向荷重

$$W_v = 17 \cdot V$$

(b)　グリッドプレートの端部におけるモーメント

$$M_v = \frac{W_v \cdot L}{12}$$

(c)　曲げ応力

$$\sigma_x = \frac{M_v}{I_1} \cdot \frac{h}{2}$$

(d)　せん断応力

$$\tau_{zx} = \frac{W_v}{2 \cdot A}$$

b.　水平方向荷重による応力

格子１個当たりのグリッドプレートを，図 4－2(2)等分布荷重を受ける両端固定ばりにモデル化し，以下により求める。

(a)　格子１個当たりの水平方向荷重

$$W_H = \frac{4 \cdot H}{\square}$$

(b)　格子の端部におけるモーメント

$$M_H = \frac{W_H \cdot \ell}{12}$$

(c)　曲げ応力

$$\sigma_x = \frac{M_H}{I_2} \cdot \frac{a}{2}$$

(d)　せん断応力

$$\tau_{xy} = \frac{W_H}{2 \cdot A}$$

4.3.4　応力の評価

各応力評価点で計算された応力を分類ごとに重ね合わせて組合せ応力を求め，応力強さを算出する。

応力強さの算出方法は，「応力解析の方針」の 5.1.2 項に定めるとおりである。

4.4　応力強さの評価

4.4.1　一次一般膜応力強さの評価

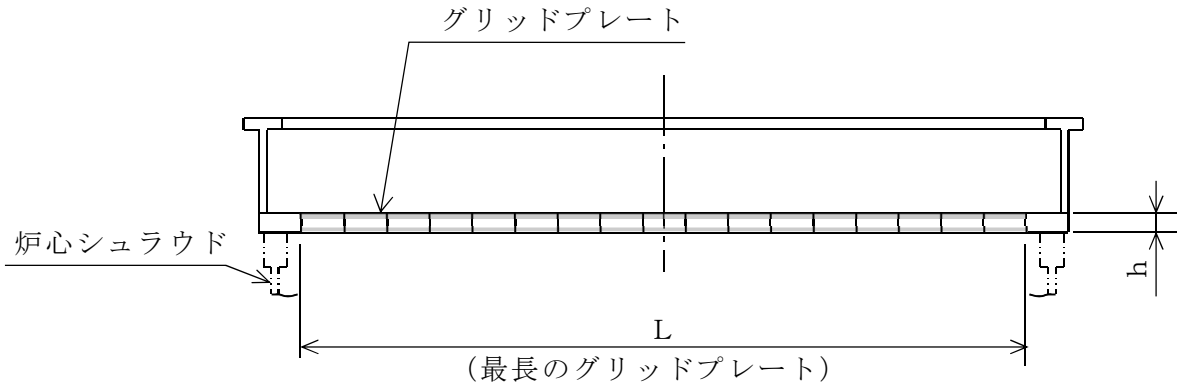
各許容応力状態における評価を表 4－3 及び表 4－4 に示す。

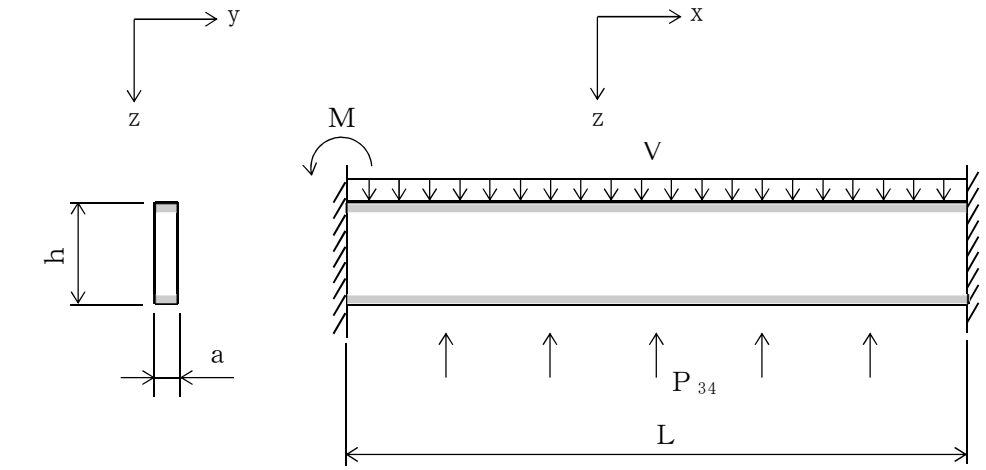
表 4－3 及び表 4－4 より，各許容応力状態の一次一般膜応力強さは，「応力解析の方針」の 3.4 節及び 3.6 節に示す許容応力を満足する。

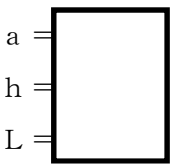
4.4.2　一次一般膜＋一次曲げ応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表 4－5 及び表 4－6 に示す。

表 4－5 及び表 4－6 より，各許容応力状態の一次一般膜＋一次曲げ応力強さは，「応力解析の方針」の 3.4 節及び 3.6 節に示す許容応力を満足する。

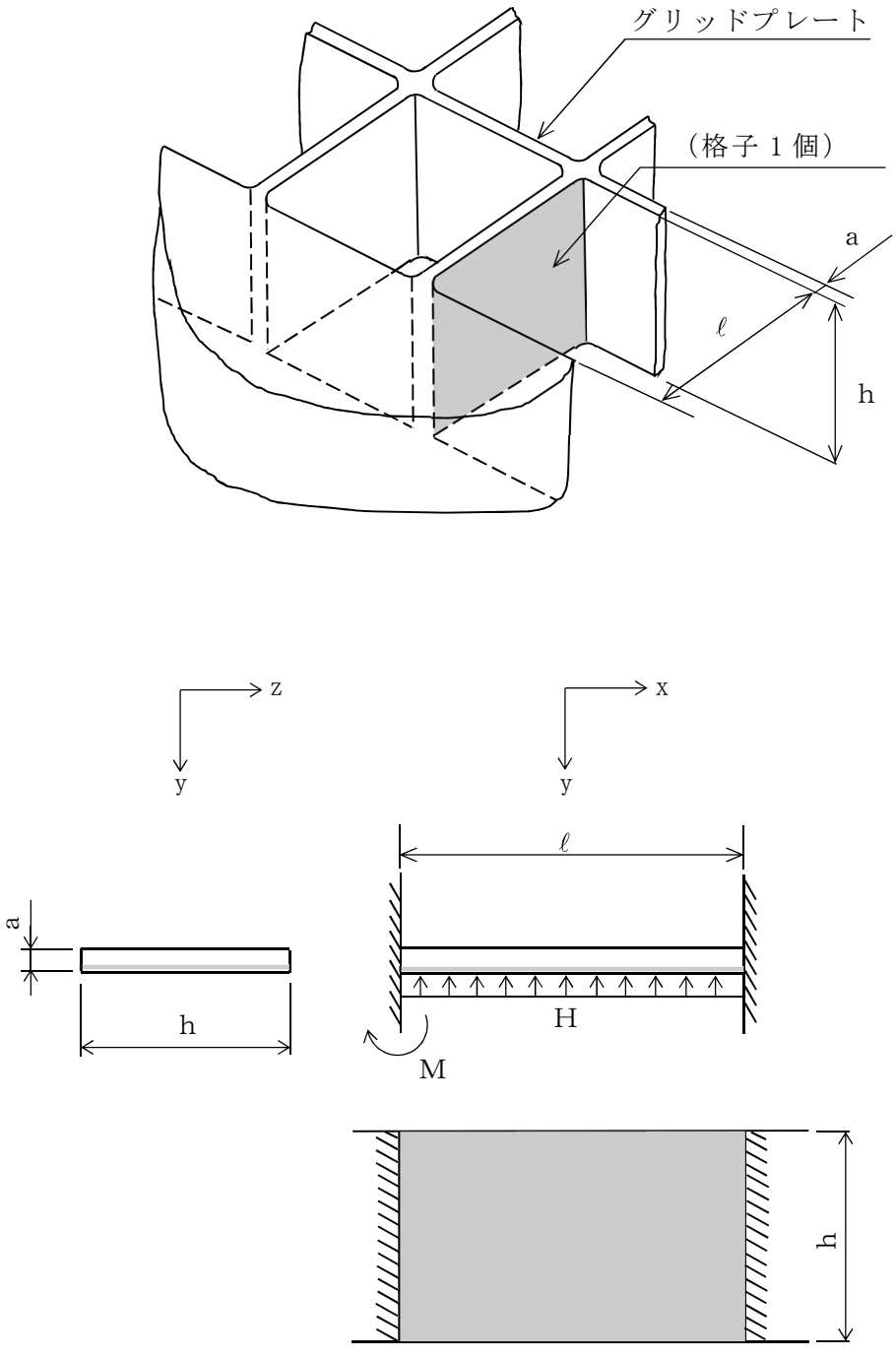






モデル図（最長のグリッドプレート）

図 4－2(1)　応力計算モデル（鉛直方向荷重）　（単位：mm）



モデル図（格子 1 個）

図 4－2(2)　応力計算モデル（水平方向荷重）　（単位：mm）

表 4－2　断面性状

応力評価点	D_o (mm)	D_i (mm)	a (mm)	h (mm)	A (mm^2)	I_1 (mm^4)	I_2 (mm^4)
P01，P02							
P03，P04							

注記＊1：グリッドプレートの y 軸まわりの断面二次モーメント

＊2：グリッドプレートの z 軸まわりの断面二次モーメント

表 4－3　一次一般膜応力強さの評価のまとめ（リム胴板）

（単位：MPa）

応力評価面	許容応力状態ⅢＡＳ		許容応力状態ⅣＡＳ	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	8	127*	9	205*
P01’ P02’	10	127*	11	205*

注記＊：継手効率[　　]を乗じた値を示す。

表 4－4　一次一般膜応力強さの評価のまとめ（グリッドプレート）

（単位：MPa）

応力評価面	許容応力状態ⅢＡＳ		許容応力状態ⅣＡＳ	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P03 P04	4	142	7	228
P03’ P04’	4	142	7	228

表 4－5　一次一般膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ（リム胴板）

（単位：MPa）

応力評価面	許容応力状態ⅢＡＳ		許容応力状態ⅣＡＳ	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	8	191*	9	307*
P01’ P02’	10	191*	11	307*

注記＊：継手効率［　　］を乗じた値を示す。

表 4－6　一次一般膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ（グリッドプレート）

（単位：MPa）

応力評価点	許容応力状態ⅢＡＳ		許容応力状態ⅣＡＳ	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P03	44	213	76	342
P03’	36	213	69	342
P04	36	213	69	342
P04’	44	213	76	342

5. 炉心支持板の応力計算

5.1 一般事項

本章は，炉心支持板の応力計算について示すものである。

炉心支持板は，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。

以下，設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

5.1.1 記号の説明

記号の説明を「応力解析の方針」の 2.4 節に示す。

さらに，本章において，以下の記号を用いる。

記号	記号の説明	単位
a_i	補強ビーム長さ	mm
b_e	等価幅	mm
D	制御棒案内管用穴径	mm
d	中性子束計測案内管用穴径	mm
e_1	中立軸からの距離	mm
e_1'	中立軸からの距離	mm
e_2	中立軸からの距離	mm
e_3	中立軸からの距離	mm
e_A	中立軸からの距離	mm
e_B	中立軸からの距離	mm
h_c	支持板の板厚	mm
h_1	補強ビーム高さ	mm
I_1	断面二次モーメント	mm^4
I_2	断面二次モーメント	mm^4
I_3	断面二次モーメント	mm^4
I_A	断面二次モーメント	mm^4
I_B	断面二次モーメント	mm^4
ℓ_p	補強ビーム１スパン当たりの長さ	mm
t	補強ビーム板厚	mm

5.1.2　形状・寸法・材料

本章で解析する箇所の形状・寸法・材料を図 5－1 に示す。

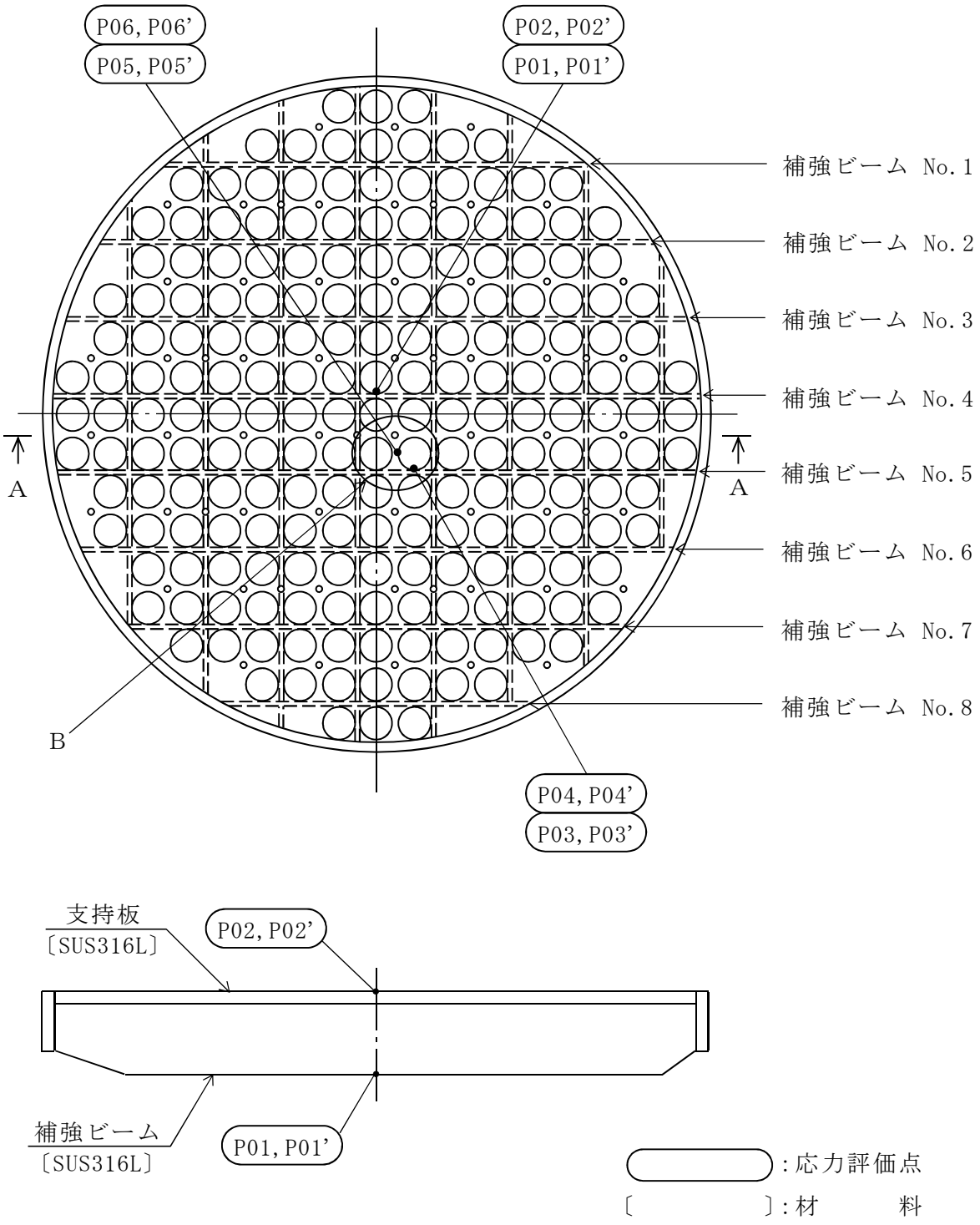
5.1.3　解析範囲

解析範囲を図 5－1 に示す。

5.1.4　計算結果の概要

計算結果の概要を表 5－1 に示す。

なお，応力評価点の選定に当たっては，形状不連続部，溶接部及び厳しい荷重作用点に着目し，応力評価上厳しくなる代表的な評価点を記載する。



A～A断面図

図 5－1(1)　形状・寸法・材料・応力評価点

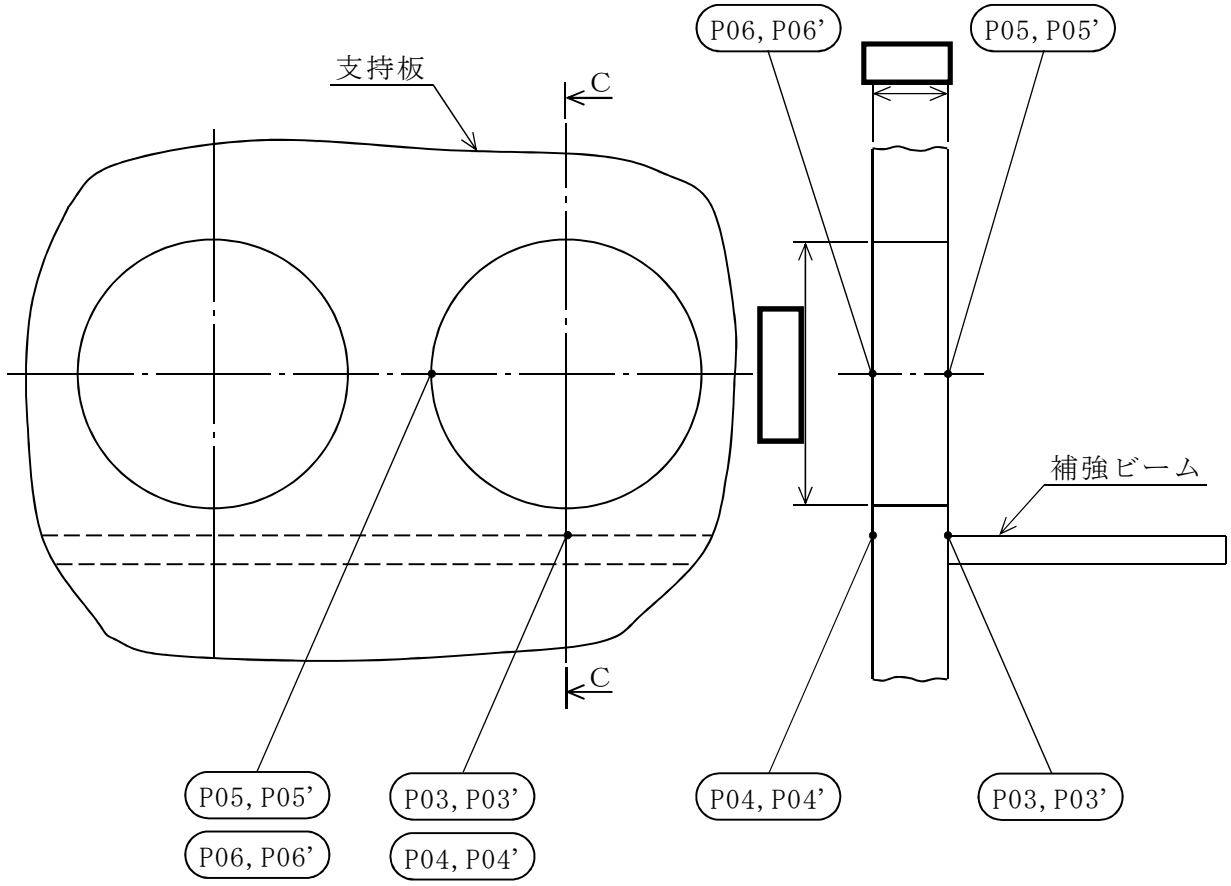
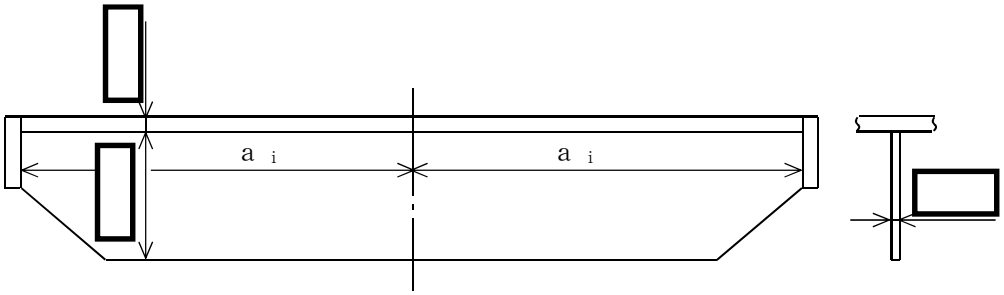


図 5－1(2)　形状・寸法・材料・応力評価点　（単位：mm）



各補強ビームの a_i の寸法

番号 i	補強ビーム番号	a_i
1	No.1	
2	No.2	
3	No.3	
4	No.4	
5	No.5	
6	No.6	
7	No.7	
8	No.8	

図 5－1(3)　形状・寸法・材料・応力評価点（補強ビーム）　（単位：mm）

表 5－1　計算結果の概要

（単位：MPa）

部分及び材料	許容応力状態	一次一般膜応力強さ			一次一般膜＋一次曲げ応力強さ		
		応力強さ	許容応力	応力評価面	応力強さ	許容応力	応力評価点
補強ビーム SUS316L	ⅢＡＳ	0	142	P01-P02	63	213	P01’
	ⅣＡＳ	0	228	P01-P02	66	342	P01’
支持板 SUS316L	ⅢＡＳ	14	142	P05’-P06’	74	213	P05’
	ⅣＡＳ	23	228	P05’-P06’	102	342	P05’

5.2　計算条件

5.2.1　設計条件

設計条件を「応力解析の方針」の 4.1 節に示す。

5.2.2　運転条件

考慮した運転条件を「応力解析の方針」の 4.2 節に示す。

5.2.3　材料

各部の材料を図 5－1 に示す。

5.2.4　荷重の組合せ及び許容応力状態

荷重の組合せ及び許容応力状態を「応力解析の方針」の 3.3 節に示す。

5.2.5　荷重の組合せ及び応力評価

荷重の組合せ及び応力評価を「応力解析の方針」の 4.3 節に示す。

5.2.6　許容応力

許容応力を「応力解析の方針」の 3.4 節に示す。

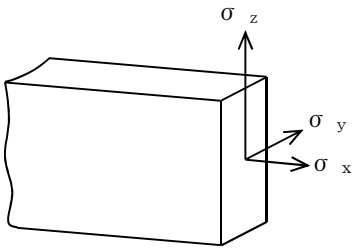
溶接部の継手効率を「応力解析の方針」の 3.6 節に示す。

5.2.7　応力の記号と方向

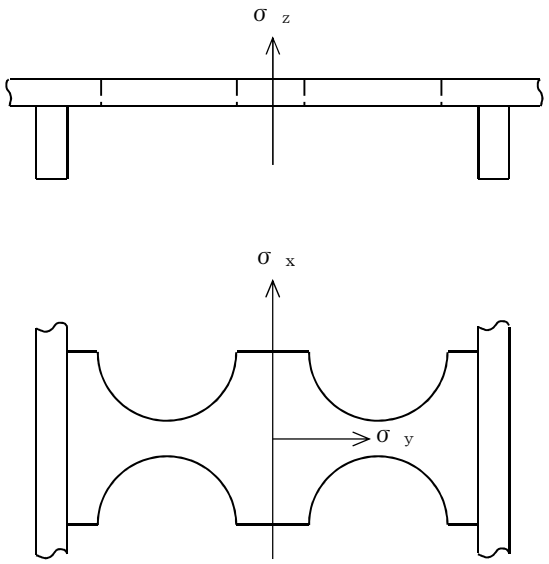
応力の記号とその方向は，以下のとおりとする。

なお，主応力の算出は，「応力解析の方針」の 5.1.1 項に示される式において，σ_t，σ_ℓ，σ_r，$\tau_{t\ell}$，$\tau_{\ell r}$，τ_{rt}をそれぞれσ_x，σ_y，σ_z，τ_{xy}，τ_{yz}，τ_{zx}に添字を置き換えて求める。

σ_x　：x 方向応力
σ_y　：y 方向応力
σ_z　：z 方向応力
τ_{xy}：せん断応力
τ_{yz}：せん断応力
τ_{zx}：せん断応力



補強ビーム



支持板

5.3 応力計算

応力計算において，荷重は各補強ビームに加わると考えて計算する。

5.3.1 応力評価点

応力評価点の位置を図 5－1 に示す。

なお，各応力評価点の断面性状は，表 5－2 に示すとおりである。

5.3.2 差圧による応力

(1) 荷重条件（L02）

各運転状態による差圧は，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)e.に定めるとおりである。

(2) 計算方法

a. 補強ビーム

補強ビームの差圧による各応力は，図 5－2 及び図 5－3 に示す等分布荷重を受ける両端支持ばりにモデル化し，以下により求める。

(a) 差圧による荷重

補強ビームの荷重計算モデルを図 5－2 に示す。

差圧による単位長さ当たりの分布荷重W_1は，次式で求める。

$$W_1 = -P_{13} \cdot \frac{1}{\ell_p} \cdot \left(2 \cdot \ell_p{}^2 - 2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \right)$$

(b)　曲げ応力（一次応力）

図5－2に示す補強ビームの荷重計算モデルにより荷重を求め，図5－3に示す補強ビームの応力計算モデルにより曲げ応力を求める。ここで，断面二次モーメントI_1は，支持板を穴の部分の面積を除いたものと等しい面積を持つ穴のない帯状の板に置き換えて計算する。穴としては，制御棒案内管の入る穴及び中性子束計測案内管の入る穴を考慮する。

イ．　モーメント

$$M=\frac{W_1}{2}\cdot a_i^2$$

ロ．　曲げ応力

$$\sigma_x=\frac{M}{I_1}\cdot e_1 \qquad \text{（補強ビームの下端）}$$

$$\sigma_x=-\frac{M}{I_1}\cdot e_1' \qquad \text{（補強ビームの上端）}$$

ここで，I_1：I_1部の断面二次モーメント

(c)　せん断応力（一次一般膜応力）

補強ビームの中央でせん断応力は発生しない。

b.　支持板

支持板の差圧による各応力は，図 5－4 に示す等分布荷重を受ける両端固定ばりにモデル化し，以下により求める。

(a)　差圧による荷重

支持板の荷重計算モデルを図5－4に示す。

差圧による単位長さ当たりの分布荷重W_2は，次式で求める。

$$W_2=-P_{13}\cdot\frac{1}{2\cdot\ell_4}\cdot\left(2\cdot\ell_4\cdot\ell_p-2\cdot\frac{\pi}{4}\cdot D^2\right)$$

(b)　曲げ応力（一次応力）

図 5－4 に示す支持板の応力計算モデルにより曲げ応力を求める。

イ．　モーメント

$$M=M_A-W_2\cdot\ell_4\cdot y+\frac{W_2}{2}\cdot y^2$$

ロ．　曲げ応力

固定端における曲げ応力は，次式で求める。

$$\sigma_y=-\frac{M_A}{I_2}\cdot e_2 \qquad \text{（支持板の下面）}$$

$$\sigma_y=\frac{M_A}{I_2}\cdot e_2 \qquad \text{（支持板の上面）}$$

また，$y=$ [redacted] mm における曲げ応力は，次式で求める。

$$\sigma_y=-\frac{M}{I_3}\cdot e_3 \qquad \text{（支持板の下面）}$$

$$\sigma_y=\frac{M}{I_3}\cdot e_3 \qquad \text{（支持板の上面）}$$

ここで，M_A：固定端モーメント

$$M_A=\left[\frac{2\cdot\ell_4^3-\left(\frac{I_2}{I_3}-1\right)\cdot(\ell_3^3-\ell_2^3-3\cdot\ell_3^2\cdot\ell_4+3\cdot\ell_2^2\cdot\ell_4)}{6\cdot\left\{\ell_4+\left(\frac{I_2}{I_3}-1\right)\cdot(\ell_3-\ell_2)\right\}}\right]\cdot W_2$$

I_2：I_2部の断面二次モーメント

I_3：I_3部の断面二次モーメント

(c) せん断応力（一次一般膜応力）

固定端におけるせん断応力は，次式で求める。

$$\tau_{yz}=\frac{W_2\cdot\ell_4}{h_c\cdot\ell_5}$$

y ＝ [redacted] mm におけるせん断応力は，次式で求める。

$$\tau_{yz}=\frac{W_2}{h_c\cdot\ell_6}\cdot(\ell_4-[redacted])$$

5.3.3 外荷重による応力

(1) 荷重条件（L04，L14 及び L16）

外荷重を「応力解析の方針」の表 4－1(4)に示す。

(2) 計算方法

a. 補強ビーム

補強ビームの外荷重による各応力は，図 5－2 及び図 5－3 に示す等分布荷重を受ける両端支持ばりにモデル化し，以下により求める。

(a) 死荷重による単位長さ当たりの分布荷重

補強ビームの荷重計算モデルを図 5－2 に示す。

死荷重による単位長さ当たりの分布荷重W_3は，次式で求める。

$$W_3=\frac{V_1}{\ell_p}$$

(b) 鉛直方向地震荷重による単位長さ当たりの分布荷重

補強ビームの荷重計算モデルを図 5－2 に示す。

鉛直方向地震荷重による単位長さ当たりの分布荷重W_4は，次式で求める。

$$W_4=\frac{V_1}{\ell_p}$$

(c) 曲げ応力及びせん断応力

5.3.2(2)a.項と同様にして求める。

b.　支持板

支持板の外荷重による各応力は，図 5－4 及び図 5－5 に示す等分布荷重を受ける両端固定ばりにモデル化し，以下により求める。

(a)　死荷重による単位長さ当たりの分布荷重

支持板の荷重計算モデルを図 5－4 に示す。

死荷重による単位長さ当たりの分布荷重W_5は，次式で求める。

$$W_5=\frac{V_2}{2\cdot \ell_4}$$

(b)　鉛直方向地震荷重による単位長さ当たりの分布荷重

支持板の荷重計算モデルを図 5－4 に示す。

鉛直方向地震荷重による単位長さ当たりの分布荷重W_6は，次式で求める。

$$W_6=\frac{V_2}{2\cdot \ell_4}$$

(c)　水平方向地震荷重による荷重

図 5－5 に示す 1 本の制御棒案内管が支持板に与える水平方向地震荷重H_pは，次の値を用いる。

$$H_p=\frac{4\cdot H}{\square}$$

ここで，Hは水平方向地震荷重で，「応力解析の方針」の表 4－1(4)に示すとおりである。

(d)　曲げ応力及びせん断応力

イ．　鉛直方向荷重（死荷重及び鉛直方向地震荷重）

5.3.2(2)b.項と同様にして求める。

ロ．　水平方向地震荷重

図5－5に示す支持板の応力計算モデルにより曲げ応力を求める。

（イ）　モーメント

固定端におけるモーメントM_A

$$M_A=\left(-\boxed{}+\frac{\boxed{}}{2\cdot\ell_4}\right)\cdot H_p$$

$y=\boxed{}$ mm におけるモーメントM_B

$$M_B=\frac{\boxed{}}{2\cdot\ell_4}\cdot H_p$$

（ロ）　引張応力（一次一般膜応力）

固定端における引張応力

$$\sigma_y=\frac{H_p}{h_c\cdot\ell_5}$$

$y=\boxed{}$ mm における引張応力

$$\sigma_y=\frac{H_p}{h_c\cdot\ell_6}$$

（ハ） 曲げ応力（一次応力）

固定端における曲げ応力

$$\sigma_y = \frac{M_A}{I_A} \cdot e_A$$

y ＝ [redacted] mm における曲げ応力

$$\sigma_y = \frac{M_B}{I_B} \cdot e_B$$

ここで，I_A：I_A部の断面二次モーメント

I_B：I_B部の断面二次モーメント

（ニ） せん断応力（一次一般膜応力）

固定端におけるせん断応力

$$\tau_{xy} = \frac{H_p}{h_c \cdot \ell_5}$$

y ＝ [redacted] mm におけるせん断応力

$$\tau_{xy} = \frac{H_p}{h_c \cdot \ell_6}$$

5.3.4 応力の評価

各応力評価点で計算された応力を分類ごとに重ね合わせて組合せ応力を求め，応力強さを算出する。

応力強さの算出方法は，「応力解析の方針」の 5.1.2 項に定めるとおりである。

5.4　応力強さの評価

5.4.1　一次一般膜応力強さの評価

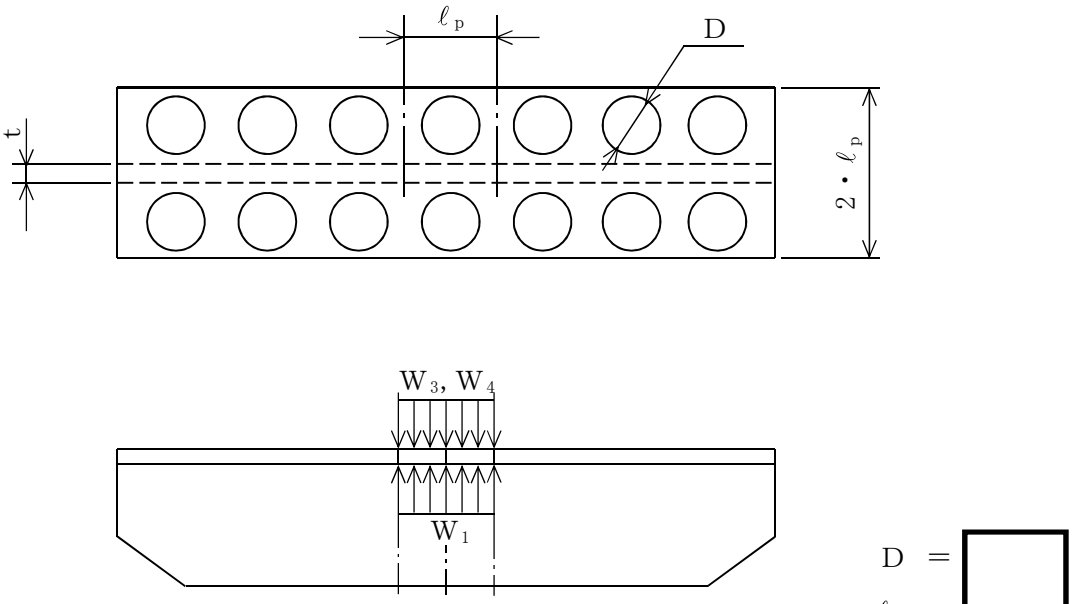
各許容応力状態における評価を表 5－3 に示す。

表 5－3 より，各許容応力状態の一次一般膜応力強さは，「応力解析の方針」の 3.4 節及び 3.6 節に示す許容応力を満足する。

5.4.2　一次一般膜＋一次曲げ応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表 5－4 に示す。

表 5－4 より，各許容応力状態の一次一般膜＋一次曲げ応力強さは，「応力解析の方針」の 3.4 節及び 3.6 節に示す許容応力を満足する。



W_1，W_3，W_4：鉛直方向分布荷重

図 5－2　補強ビームの荷重計算モデル　（単位：mm）

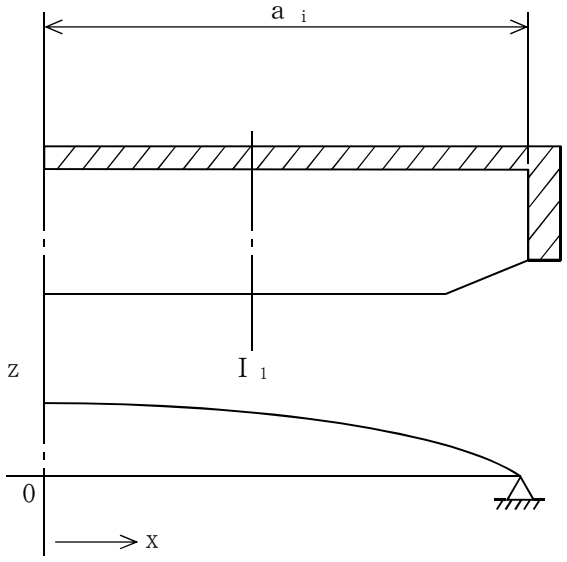
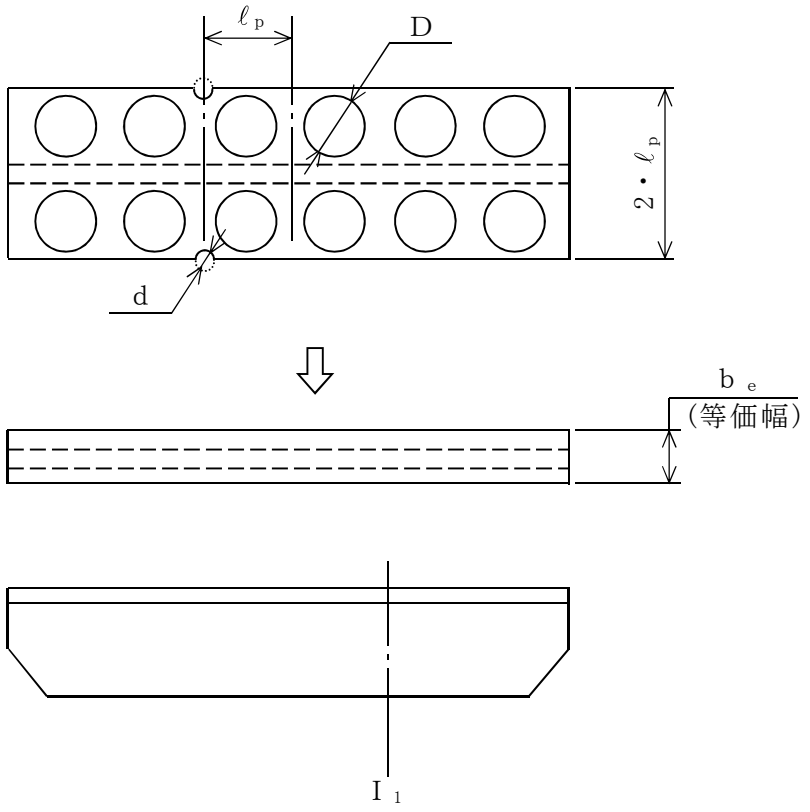
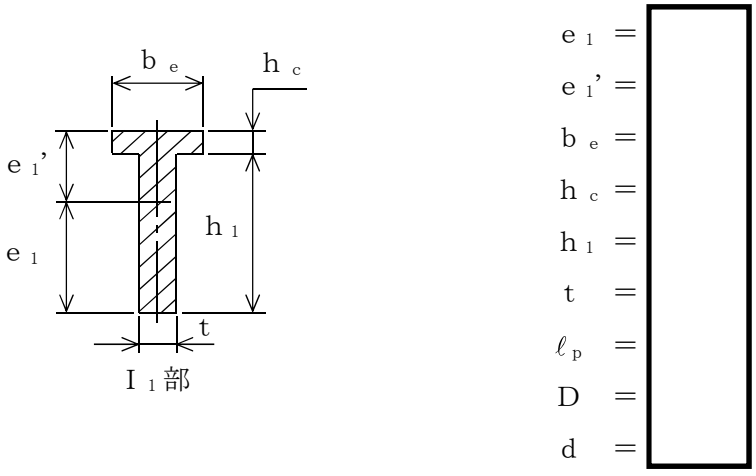


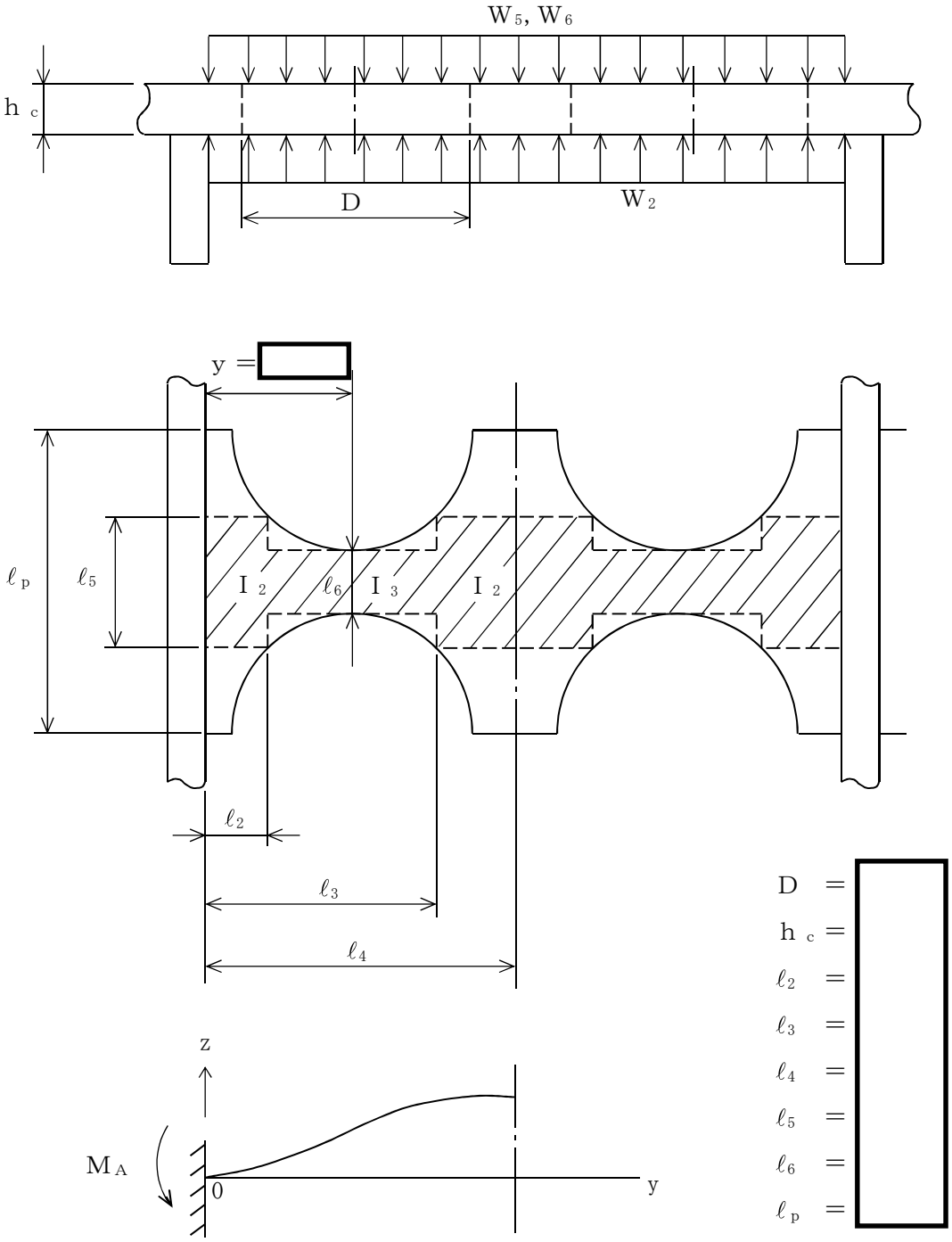
図 5－3(1)　補強ビームの応力計算モデル





$$\text{ここで，}\quad b_e = \frac{1}{\ell_p}\cdot\left(2\cdot\ell_p^{\,2} - 2\cdot\frac{\pi}{4}\cdot D^2 - \frac{\pi}{4}\cdot d^2\right)$$

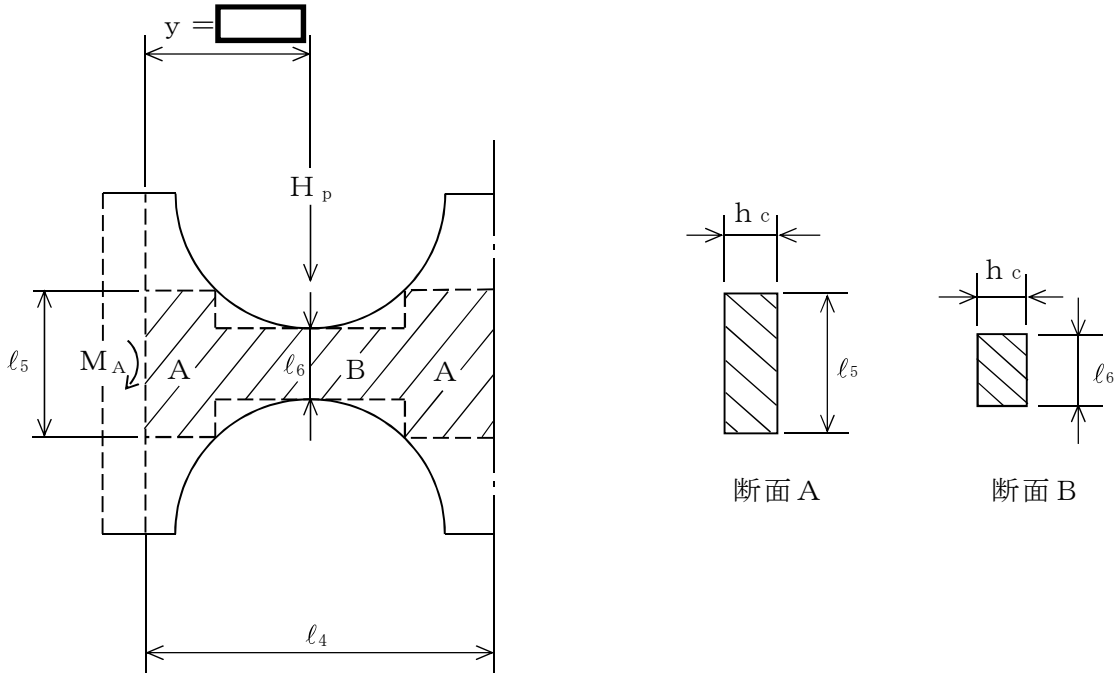
図 5－3(2)　補強ビームの応力計算モデル　（単位：mm）



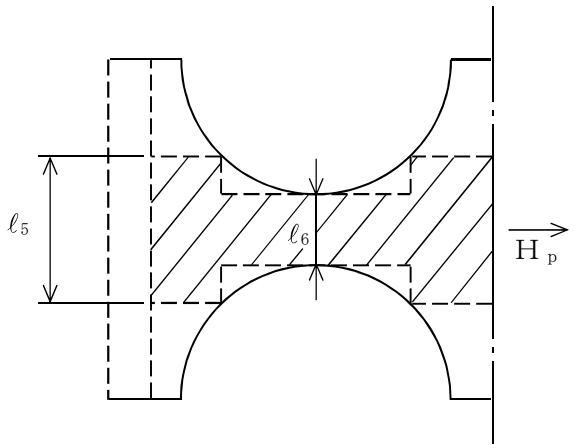
W_2，W_5，W_6：鉛直方向分布荷重

注記＊：固定端から最小幅になる部分までの距離

図 5－4　支持板の荷重計算及び応力計算モデル　（単位：mm）



H p の方向が補強ビームに平行な場合



H p の方向が補強ビームに垂直な場合

H p ：制御棒案内管用穴１つ当たりに作用する水平方向地震荷重

図 5－5　支持板の応力計算モデル　（単位：mm）

表 5－2　断面性状

応力評価点	補強ビームに平行な軸		補強ビームに垂直な軸	
	I（mm^4）	e（mm）	I（mm^4）	e（mm）
P01，P01’				
P02，P02’				
P03，P03’				
P04，P04’				
P05，P05’				
P06，P06’				

表 5－3　一次一般膜応力強さの評価のまとめ

（単位：MPa）

応力評価点	許容応力状態ⅢＡＳ		許容応力状態ⅣＡＳ	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01	0	142	0	228
P01’	0	142	0	228
P02	0	142	0	228
P02’	0	142	0	228
P03	5	85*	7	136*
P03’	5	85*	7	136*
P04	5	142	7	228
P04’	5	142	7	228
P05	14	142	23	228
P05’	14	142	23	228
P06	14	142	23	228
P06’	14	142	23	228

注記＊：継手効率［　　］を乗じた値を示す。

表 5－4　一次一般膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ

（単位：MPa）

応力評価点	許容応力状態ⅢＡＳ		許容応力状態ⅣＡＳ	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01	60	213	57	342
P01’	63	213	66	342
P02	31	213	33	342
P02’	30	213	28	342
P03	32	127*	37	205*
P03’	30	127*	33	205*
P04	36	213	33	342
P04’	56	213	63	342
P05	41	213	68	342
P05’	74	213	102	342
P06	46	213	75	342
P06’	67	213	95	342

注記＊：継手効率□を乗じた値を示す。

6. 燃料支持金具の応力計算

6.1 一般事項

本章は，燃料支持金具の応力計算について示すものである。

燃料支持金具は，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。

以下，設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

6.1.1 記号の説明

記号の説明を「応力解析の方針」の 2.4 節に示す。

さらに，本章において，以下の記号を用いる。

記号	記号の説明	単位
A	断面積	mm^2
D_i	内径	mm
D_o	外径	mm
I	断面二次モーメント	mm^4
ℓ	高さ	mm
t	厚さ	mm

6.1.2 形状・寸法・材料

本章で解析する箇所の形状・寸法・材料を図 6－1 に示す。

6.1.3 解析範囲

解析範囲を図 6－1 に示す。

6.1.4 計算結果の概要

計算結果の概要を表 6－1 に示す。

なお，応力評価点の選定に当たっては，形状不連続部，溶接部及び厳しい荷重作用点に着目し，応力評価上厳しくなる代表的な評価点を記載する。

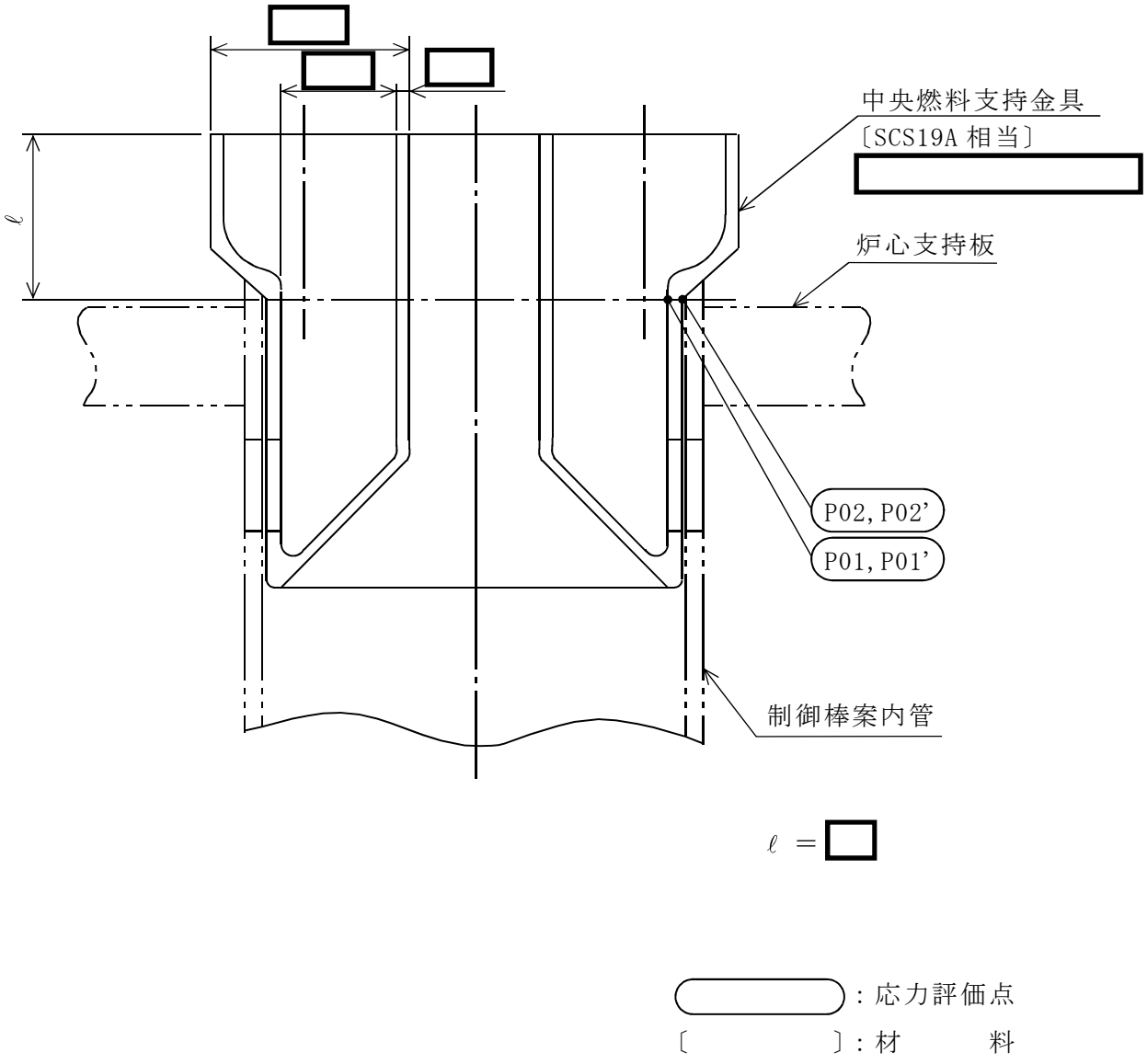


図6－1(1)　形状・寸法・材料・応力評価点　（単位：mm）

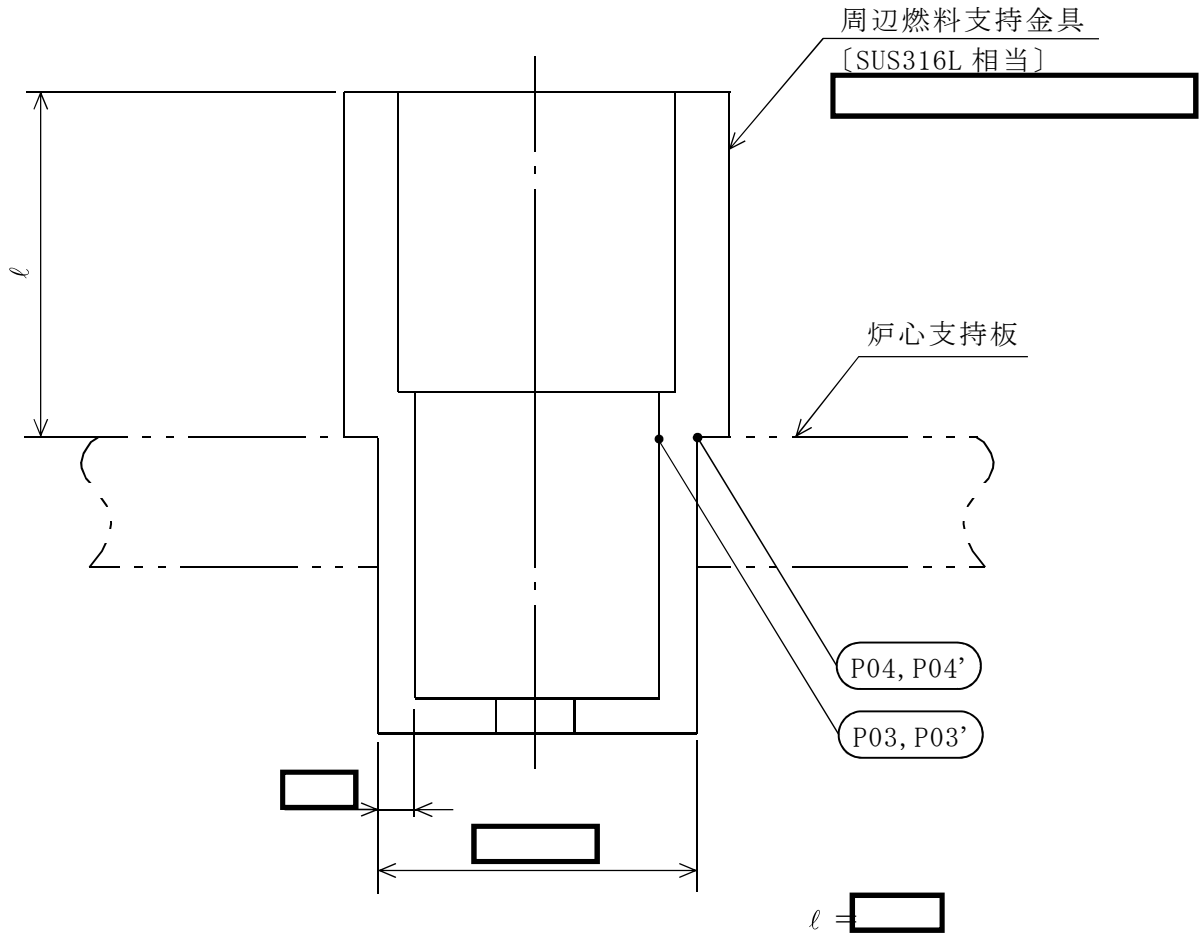


図6－1(2)　形状・寸法・材料・応力評価点　（単位：mm）

表 6－1　計算結果の概要

（単位：MPa）

部分及び材料	許容応力状態	一次一般膜応力強さ			一次一般膜＋一次曲げ応力強さ		
		応力強さ	許容応力	応力評価面	応力強さ	許容応力	応力評価面
中央燃料 支持金具 SCS19A相当 (ASME SA-351 Gr.CF3)	ⅢＡＳ	15	172	P01’-P02’	15	258	P01’-P02’
	ⅣＡＳ	24	248	P01’-P02’	24	372	P01’-P02’
周辺燃料 支持金具 SUS316L相当 (ASME SA-479 TYPE 316L)	ⅢＡＳ	8	56*	P03’-P04’	8	85*	P03’-P04’
	ⅣＡＳ	13	91*	P03’-P04’	13	136*	P03’-P04’

注記＊：継手効率［　　］を乗じた値を示す。

6.2　計算条件

6.2.1　設計条件

設計条件を「応力解析の方針」の 4.1 節に示す。

6.2.2　運転条件

考慮した運転条件を「応力解析の方針」の 4.2 節に示す。

6.2.3　材料

各部の材料を図 6－1 に示す。

6.2.4　荷重の組合せ及び許容応力状態

荷重の組合せ及び許容応力状態を「応力解析の方針」の 3.3 節に示す。

6.2.5　荷重の組合せ及び応力評価

荷重の組合せ及び応力評価を「応力解析の方針」の 4.3 節に示す。

6.2.6　許容応力

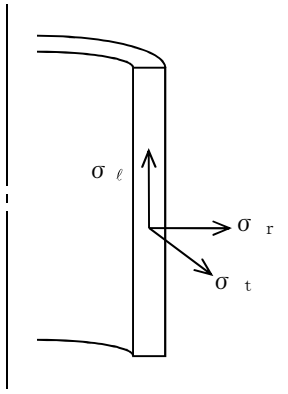
許容応力を「応力解析の方針」の 3.4 節に示す。

溶接部の継手効率を「応力解析の方針」の 3.6 節に示す。

6.2.7　応力の記号と方向

応力の記号とその方向は，以下のとおりとする。

σ_t　：　周方向応力
σ_ℓ　：　軸方向応力
σ_r　：　半径方向応力
$\tau_{t\ell}$　：　せん断応力



6.3　応力計算

6.3.1　応力評価点

応力評価点の位置を図 6－1 に示す。

なお，各応力評価点の断面性状は，表 6－2 に示すとおりである。

6.3.2　差圧による応力

(1)　荷重条件（L02）

各運転状態による差圧は，「応力解析の方針」の参照図書(1)a.に定める差圧 P_{13} である。

(2)　計算方法

中央燃料支持金具の差圧による応力は，応力評価点の位置における断面で，外径を［　　］mm とし，かつ厚さが最小となる円筒を考え，内圧を受ける円筒にモデル化し，計算する。

中央燃料支持金具の差圧による応力計算のモデルを図 6－2 に示す。

周辺燃料支持金具の差圧による応力は，応力評価点の位置における断面の円筒を考え計算する。

a.　一次一般膜応力

差圧 P_{13} による一次一般膜応力は，次式で求める。

$$\sigma_t = \frac{1}{Y-1} \cdot P_{13}$$

$$\sigma_\ell = \frac{1}{Y^2-1} \cdot P_{13}$$

$$\sigma_r = -\frac{1}{Y+1} \cdot P_{13}$$

ここで，$Y = \frac{D_o}{D_i}$

b.　一次一般膜＋一次曲げ応力

差圧による一次曲げ応力は，存在しない。したがって，一次一般膜＋一次曲げ応力は，一次一般膜応力と同じである。

6.3.3　外荷重による応力

(1)　荷重条件（L04，L14 及び L16）

外荷重を「応力解析の方針」の表 4－1(5)に示す。

(2)　計算方法

中央燃料支持金具の外荷重による応力は，応力評価点の位置における断面で，その断面の最小幅を内径とし，かつ厚さが最小となる円筒を考え計算する。

中央燃料支持金具の外荷重による応力計算のモデルを図 6－3 に示す。

周辺燃料支持金具の外荷重による応力は，応力評価点の位置における断面の円筒を考え計算する。

a.　一次一般膜応力

外荷重による一次一般膜応力は，外荷重と各応力評価断面の断面性能により次式で求める。

$$\sigma_{\ell}=\frac{V}{A}+\frac{M}{I}\cdot\frac{D_o}{2}$$

$$\tau_{t\ell}=\frac{H}{A}$$

ここで，M：応力評価点での水平力Hにより発生するモーメント

$$M=H\cdot\ell$$

b.　一次一般膜＋一次曲げ応力

外荷重による一次曲げ応力は，存在しない。したがって，一次一般膜＋一次曲げ応力は，一次一般膜応力と同じである。

6.3.4　応力の評価

各応力評価点で計算された応力を分類ごとに重ね合わせて組合せ応力を求め，応力強さを算出する。

応力強さの算出方法は，「応力解析の方針」の 5.1.2 項に定めるとおりである。

6.4　応力強さの評価

6.4.1　一次一般膜応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表 6－3 に示す。

表 6－3 より，各許容応力状態の一次一般膜応力強さは，「応力解析の方針」の 3.4 節及び 3.6 節に示す許容応力を満足する。

6.4.2　一次一般膜＋一次曲げ応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表 6－4 に示す。

表 6－4 より，各許容応力状態の一次一般膜＋一次曲げ応力強さは，「応力解析の方針」の 3.4 節及び 3.6 節に示す許容応力を満足する。

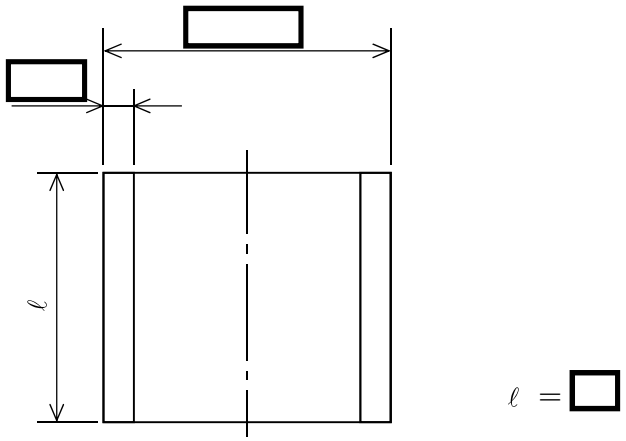


図 6－2　中央燃料支持金具の差圧による応力計算モデル　（単位：mm）

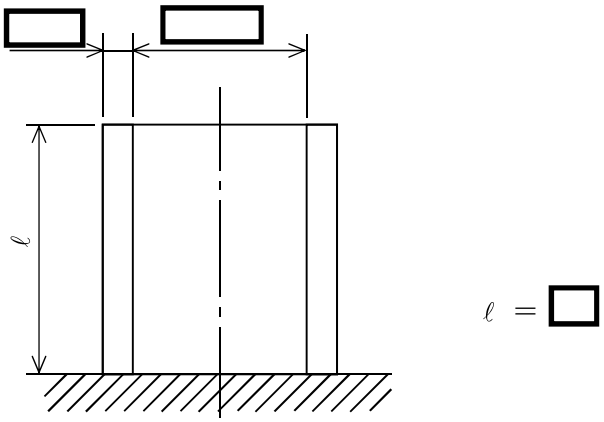


図 6－3　中央燃料支持金具の外荷重による応力計算モデル　（単位：mm）

表 6－2　断面性状

応力評価点	t (mm)	D_o (mm)	D_i (mm)	A (mm^2)	I (mm^4)
P01, P02*					
P03, P04					

注記＊：上段は差圧による応力計算モデルの断面性状を示し，下段は外荷重による応力計算モデルの断面性状を示す。

表 6－3　一次一般膜応力強さの評価のまとめ

（単位：MPa）

応力評価面	許容応力状態ⅢＡＳ		許容応力状態ⅣＡＳ	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	10	172	19	248
P01’ P02’	15	172	24	248
P03 P04	5	56*	10	91*
P03’ P04’	8	56*	13	91*

注記＊：継手効率［　　］を乗じた値を示す。

表 6－4　一次一般膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ

（単位：MPa）

応力評価面	許容応力状態ⅢＡＳ		許容応力状態ⅣＡＳ	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	10	258	19	372
P01’ P02’	15	258	24	372
P03 P04	5	85*	10	136*
P03’ P04’	8	85*	13	136*

注記＊：継手効率［　　］を乗じた値を示す。

7. 制御棒案内管の応力計算

7.1 一般事項

本章は，制御棒案内管の応力計算について示すものである。

制御棒案内管は，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。

以下，設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

7.1.1 記号の説明

記号の説明を「応力解析の方針」の 2.4 節に示す。

さらに，本章において，以下の記号を用いる。

記号	記号の説明	単位
A	断面積	mm^2
D_i	内径	mm
D_o	外径	mm
I	断面二次モーメント	mm^4

7.1.2 形状・寸法・材料

本章で解析する箇所の形状・寸法・材料を図 7－1 に示す。

7.1.3 解析範囲

解析範囲を図 7－1 に示す。

7.1.4 計算結果の概要

計算結果の概要を表 7－1 に示す。

なお，応力評価点の選定に当たっては，形状不連続部，溶接部及び厳しい荷重作用点に着目し，応力評価上厳しくなる代表的な評価点を記載する。

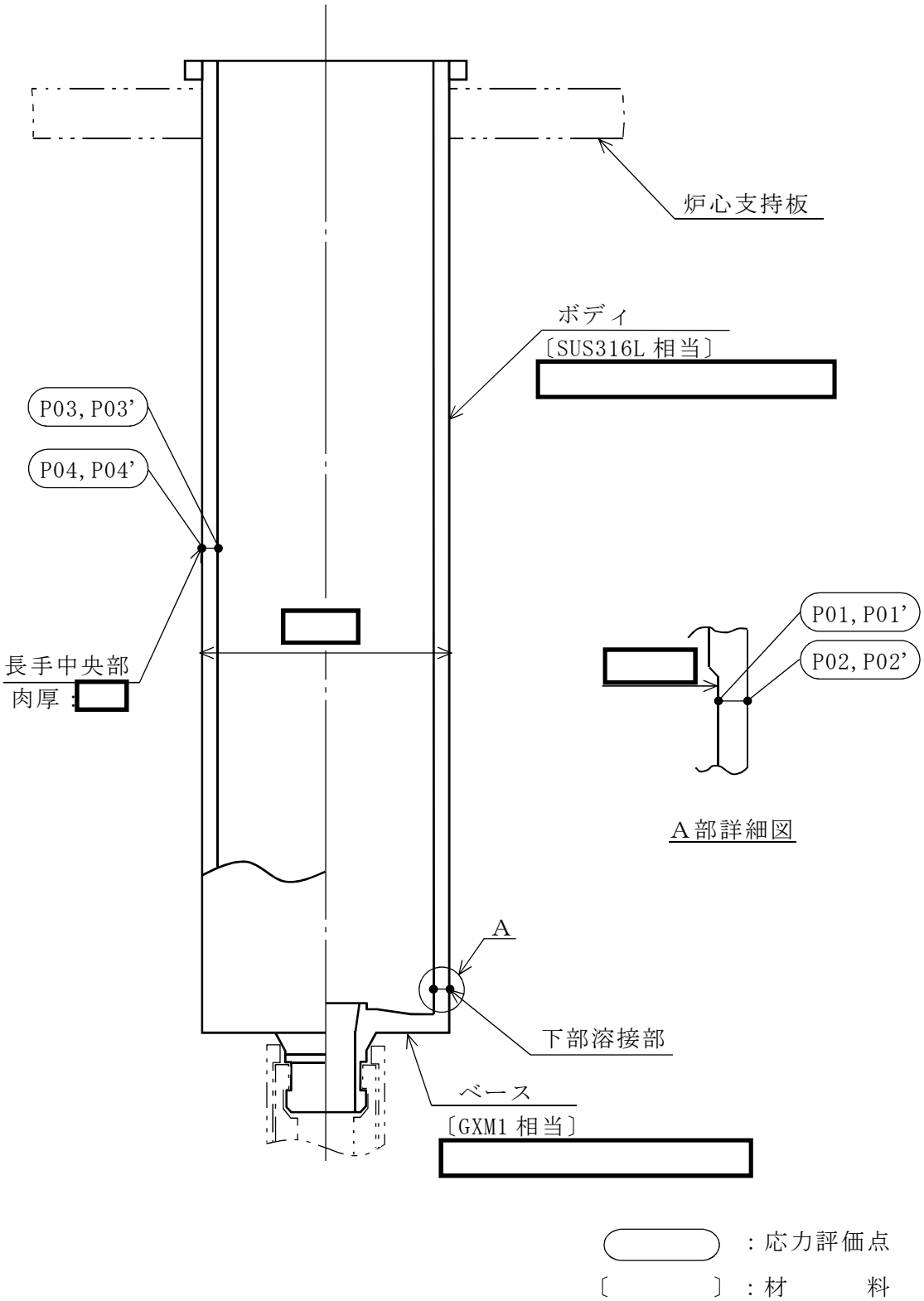


図7－1　形状・寸法・材料・応力評価点　（単位：mm）

表 7－1　計算結果の概要

（単位：MPa）

部分及び材料	許容応力状態	一次一般膜応力強さ			一次一般膜＋一次曲げ応力強さ		
		応力強さ	許容応力	応力評価面	応力強さ	許容応力	応力評価面
下部溶接部 SUS316L相当 (ASME SA-240 TYPE 316L)	ⅢＡＳ	6	92*	P01’-P02’	6	138*	P01’-P02’
	ⅣＡＳ	7	148*	P01’-P02’	7	222*	P01’-P02’
長手中央部 SUS316L相当 (ASME SA-240 TYPE 316L)	ⅢＡＳ	10	142	P03’-P04’	10	213	P03’-P04’
	ⅣＡＳ	13	228	P03’-P04’	13	342	P03’-P04’

注記＊：継手効率［　　］を乗じた値を示す。

7.2　計算条件

7.2.1　設計条件

設計条件を「応力解析の方針」の 4.1 節に示す。

7.2.2　運転条件

考慮した運転条件を「応力解析の方針」の 4.2 節に示す。

7.2.3　材料

各部の材料を図 7－1 に示す。

7.2.4　荷重の組合せ及び許容応力状態

荷重の組合せ及び許容応力状態を「応力解析の方針」の 3.3 節に示す。

7.2.5　荷重の組合せ及び応力評価

荷重の組合せ及び応力評価を「応力解析の方針」の 4.3 節に示す。

7.2.6　許容応力

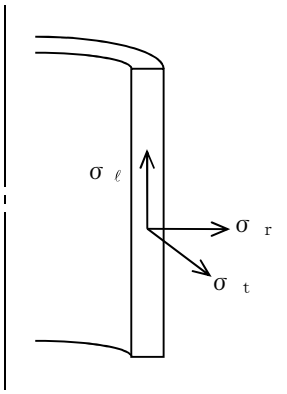
許容応力を「応力解析の方針」の 3.4 節に示す。

溶接部の継手効率を「応力解析の方針」の 3.6 節に示す。

7.2.7　応力の記号と方向

応力の記号とその方向は，以下のとおりとする。

σ_t　：周方向応力
σ_ℓ　：軸方向応力
σ_r　：半径方向応力
$\tau_{t\ell}$　：せん断応力



7.3 応力計算

7.3.1 応力評価点

応力評価点の位置を図 7－1 に示す。

なお，各応力評価点の断面性状は，表 7－2 に示すとおりである。

7.3.2 差圧による応力

(1) 荷重条件（L02）

各運転状態による差圧は，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)f.に定めるとおりである。

(2) 計算方法

a. 一次一般膜応力

差圧 P_{13} による一次一般膜応力は，外圧を受ける円筒にモデル化し，次式で求める。

なお，制御棒案内管は片端開放であるから，軸方向応力は発生しない。

$$\sigma_t = -\frac{Y}{Y-1} \cdot P_{13}$$

$$\sigma_\ell = 0$$

$$\sigma_r = -\frac{Y}{Y+1} \cdot P_{13}$$

ここで，$Y = \frac{D_o}{D_i}$

b. 一次一般膜＋一次曲げ応力

差圧による一次曲げ応力は存在しない。したがって，一次一般膜＋一次曲げ応力は，一次一般膜応力と同じである。

7.3.3　外荷重による応力

(1)　荷重条件（L04，L14 及び L16）

外荷重を「応力解析の方針」の表 4－1(6)に示す。

(2)　計算方法

a.　一次一般膜応力

外荷重による一次一般膜応力は，外荷重と各応力評価断面の断面性能により次式で求める。

$$\sigma_{\ell}=\frac{V}{A}+\frac{M}{I}\cdot\frac{D_{o}}{2}$$

$$\tau_{t\ell}=\frac{H}{A}$$

b.　一次一般膜＋一次曲げ応力

外荷重による一次曲げ応力は存在しない。したがって，一次一般膜＋一次曲げ応力は，一次一般膜応力と同じである。

7.3.4　応力の評価

各応力評価点で計算された応力を分類ごとに重ね合わせて組合せ応力を求め，応力強さを算出する。

応力強さの算出方法は，「応力解析の方針」の 5.1.2 項に定めるとおりである。

7.4　応力強さの評価

7.4.1　一次一般膜応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表 7－3 に示す。

表 7－3 より，各許容応力状態の一次一般膜応力強さは，「応力解析の方針」の 3.4 節及び 3.6 節に示す許容応力を満足する。

7.4.2　一次一般膜＋一次曲げ応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表 7－4 に示す。

表 7－4 より，各許容応力状態の一次一般膜＋一次曲げ応力強さは，「応力解析の方針」の 3.4 節及び 3.6 節に示す許容応力を満足する。

表 7－2　断面性状

応力評価点	D_o (mm)	D_i (mm)	A (mm^2)	I (mm^4)
P01，P02				
P03，P04				

表 7－3　一次一般膜応力強さの評価のまとめ

（単位：MPa）

応力評価面	許容応力状態ⅢＡＳ		許容応力状態ⅣＡＳ	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	6	92*	6	148*
P01’ P02’	6	92*	7	148*
P03 P04	9	142	12	228
P03’ P04’	10	142	13	228

注記＊：継手効率[redacted]を乗じた値を示す。

表 7－4　一次一般膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ

（単位：MPa）

応力評価面	許容応力状態ⅢＡＳ		許容応力状態ⅣＡＳ	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	6	138*	6	222*
P01’ P02’	6	138*	7	222*
P03 P04	9	213	12	342
P03’ P04’	10	213	13	342

注記＊：継手効率[redacted]を乗じた値を示す。

Ⅴ-2-3-3　原子炉圧力容器の耐震性についての計算書

Ⅴ-2-3-3-1　原子炉圧力容器本体の耐震性についての計算書

Ⅴ-2-3-3-1-1　原子炉圧力容器の応力解析の方針

目　　次

1.　概要 …… 1
2.　一般事項 …… 2
2.1　構造計画 …… 2
2.2　評価方針 …… 4
2.3　適用規格・基準等 …… 4
2.4　記号の説明 …… 5
3.　計算条件 …… 8
3.1　評価対象機器 …… 8
3.2　形状及び寸法 …… 9
3.3　物性値 …… 9
3.4　荷重の組合せ及び許容応力状態 …… 9
3.5　許容応力 …… 9
3.6　許容応力評価条件 …… 9
4.　荷重条件 …… 10
4.1　設計条件 …… 10
4.2　運転条件 …… 10
4.3　荷重の組合せ及び応力評価 …… 11
5.　応力評価の手順 …… 12
5.1　応力の評価 …… 12
5.1.1　主応力 …… 12
5.1.2　応力強さ …… 12
5.1.3　一次応力強さ …… 12
5.1.4　一次＋二次応力強さ …… 12
5.2　繰返し荷重の評価 …… 13
5.2.1　疲労解析 …… 13
5.3　特別な応力の評価 …… 14
5.3.1　純せん断応力の評価 …… 14
5.3.2　支圧応力の評価 …… 14
5.3.3　座屈の評価 …… 14
5.4　原子炉圧力容器基礎ボルトの評価 …… 14
6.　評価結果の添付 …… 15
6.1　応力評価結果 …… 15
7.　引用文献 …… 16
8.　参照図書 …… 16

図　表　目　次

図2－1　原子炉圧力容器の耐震評価フロー　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　4
図3－1　全体断面図　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・

1. 概要

本書は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき，原子炉圧力容器（制御棒駆動機構ハウジング，原子炉圧力容器スカート，原子炉圧力容器基礎ボルト及び原子炉冷却材再循環ポンプモータケーシングを含む。）に関する応力解析の方針を説明するものである。

なお，本書においては，設計用地震力に対する評価について記載するものとし，設計用地震力を除く荷重による原子炉圧力容器本体の応力評価は，平成5年6月17日付け4資庁第14562号にて認可された工事計画の添付書類（参照図書(1)）に，原子炉圧力容器基礎ボルトの応力評価の手順は，平成3年8月23日付け3資庁第6675号にて認可された工事計画の添付書類（参照図書(2)）による（以下「既工認」という。）。

また，既工認に記載のない原子炉圧力容器スカートの設計用地震力を除く荷重による応力評価は，Ⅴ-3-3-1-1-2-1「原子炉圧力容器スカートの強度計算書」に示す。

注1：本書に記載していない特別な内容がある場合は，Ⅴ-2-3-3-1-2「原子炉圧力容器の耐震計算結果」，Ⅴ-2-3-3-1-3「原子炉圧力容器本体の応力計算書」及びⅤ-2-3-3-2-1「原子炉圧力容器付属構造物の耐震計算結果」（以下「計算書」という。）に示す。

注2：図表は，原則として巻末に示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

原子炉圧力容器の構造計画を表2－1に示す。

原子炉圧力容器は，下記の機器により構成される。

(1) 胴板

(2) 上部鏡板，鏡板フランジ，胴板フランジ及びスタッドボルト

(3) 下部鏡板

(4) 制御棒駆動機構ハウジング貫通孔

(5) 中性子束計測ハウジング貫通孔

(6) 原子炉冷却材再循環ポンプ貫通孔（N1）

(7) 主蒸気ノズル（N3）

(8) 給水ノズル（N4）

(9) 低圧注水ノズル（N6）

(10) 上蓋スプレイ・ベントノズル（N7）

(11) 原子炉停止時冷却材出口ノズル（N8，N10）

(12) 原子炉冷却材再循環ポンプ差圧検出ノズル（N9）

(13) 炉心支持板差圧検出ノズル（N11）

(14) 計装ノズル（N12，N13，N14）

(15) ドレンノズル（N15）

(16) 高圧炉心注水ノズル（N16）

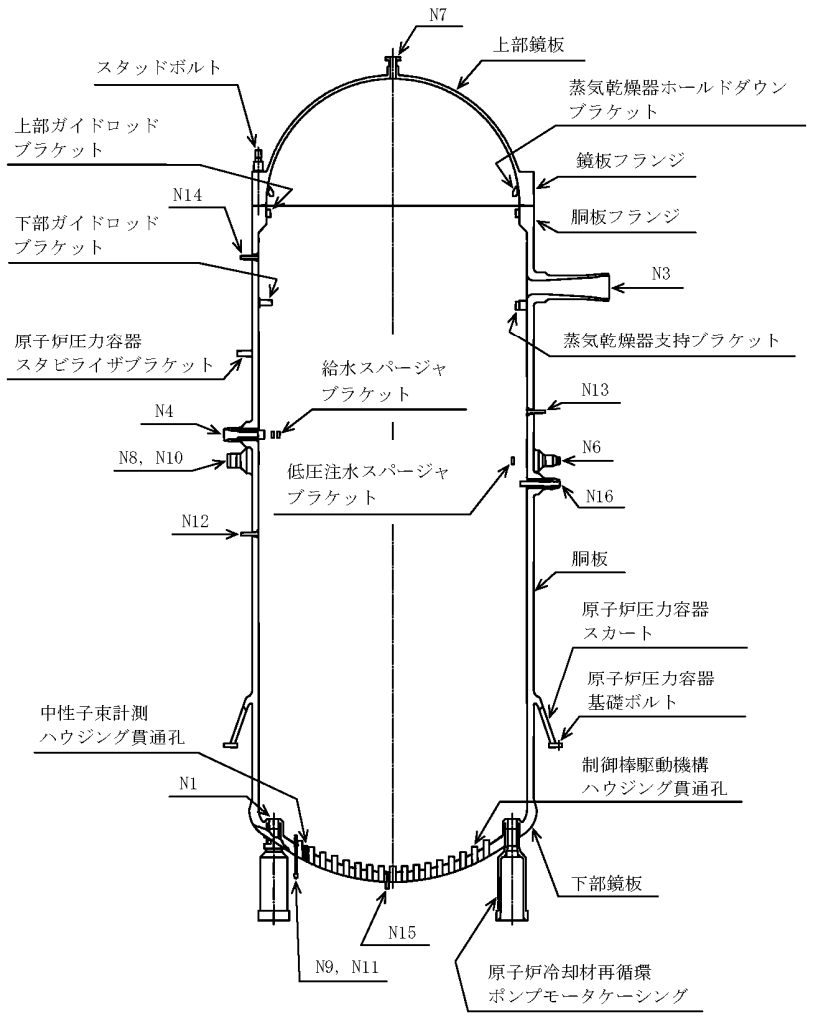
(17) 原子炉圧力容器スカート

(18) ブラケット類

(19) 原子炉圧力容器基礎ボルト

(20) 原子炉冷却材再循環ポンプモータケーシング

表2－1　原子炉圧力容器の構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
原子炉圧力容器スカートが原子炉圧力容器を支持する。原子炉圧力容器基礎ボルトが原子炉圧力容器スカートを原子炉本体基礎に固定する。	原子炉圧力容器は，胴板，上部鏡板，鏡板フランジ，胴板フランジ及びスタッドボルト，下部鏡板，制御棒駆動機構ハウジング貫通孔，中性子束計測ハウジング貫通孔，原子炉冷却材再循環ポンプ貫通孔，主蒸気ノズル，給水ノズル，低圧注水ノズル，上蓋スプレイ・ベントノズル，原子炉停止時冷却材出口ノズル，原子炉冷却材再循環ポンプ差圧検出ノズル，炉心支持板差圧検出ノズル，計装ノズル，ドレンノズル，高圧炉心注水ノズル，ブラケット類及び原子炉冷却材再循環ポンプモータケーシングより構成される。	

2.2　評価方針

原子炉圧力容器の構造強度評価は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」及び「3.　計算条件」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容応力に基づき，「2.1　構造計画」にて示す原子炉圧力容器の各機器を踏まえ計算書にて設定する箇所において，「4.　荷重条件」にて設定した荷重に基づく応力等が許容限界内に収まることを，「5.　応力評価の手順」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を計算書に示す。

原子炉圧力容器の耐震評価フローを図2－1に示す。

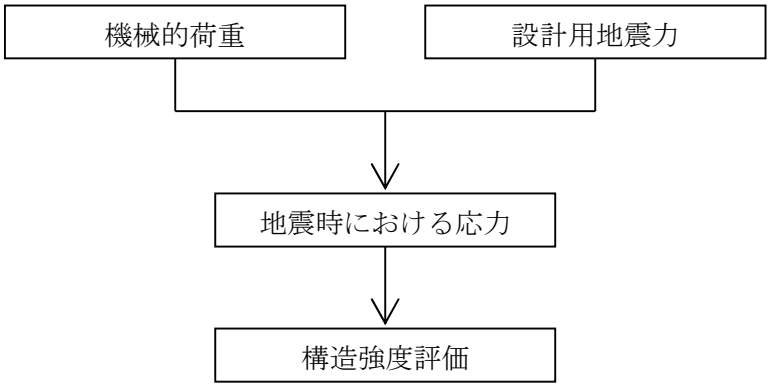


図 2－1　原子炉圧力容器の耐震評価フロー

2.3　適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

・原子力発電所耐震設計技術指針　重要度分類・許容応力編ＪＥＡＧ４６０１・補-1984((社)日本電気協会)

・原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１-1987((社)日本電気協会)

・原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１-1991追補版((社)日本電気協会)

・発電用原子力設備規格　設計・建設規格((社)日本機械学会，2005/2007)（以下「設計・建設規格」という。）

注：本書及び計算書において，設計・建設規格の条項は「設計・建設規格　○○○-△△△△(◇)a.(a)」として示す。

2.4　記号の説明

本書及び計算書において，以下の記号を使用する。ただし，本書及び計算書中に別途記載ある場合は，この限りでない。

なお，計算書における記号の字体及び大きさについては，本書と異なる場合がある。

記号	記号の説明	単位
A_0	簡易弾塑性解析に使用する係数	—
a	簡易弾塑性解析に使用する係数	—
B_0	簡易弾塑性解析に使用する係数	—
E	縦弾性係数	MPa
E_0	設計疲労線図に使用されている縦弾性係数	MPa
f_{to}	引張力のみを受ける基礎ボルトの許容引張応力	MPa
f_{sb}	せん断力のみを受ける基礎ボルトの許容せん断応力	MPa
F_x	水平力	N
F_y	鉛直力	N
F_z	軸力	N
H	水平力	N
i	応力振幅のタイプ	—
K	簡易弾塑性解析に使用する係数	—
K_e	簡易弾塑性解析に用いる繰返しピーク応力強さの補正係数	—
k	応力振幅のタイプの総数	—
M	モーメント	N･m
M_T	ねじりモーメント	N･m
M_Z	ねじりモーメント	N･m
N_a	S_ℓ'に対応する許容繰返し回数	回
N_c	実際の繰返し回数	回
P_b	一次曲げ応力	MPa
P_L	一次局部膜応力	MPa
P_m	一次一般膜応力	MPa
Q	二次応力	MPa
q	簡易弾塑性解析に使用する係数	—

記号	記号の説明	単位
S	10^6回又は10^{11}回に対する許容繰返しピーク応力強さ	MPa
S_{12}	主応力差$\sigma_1-\sigma_2$	MPa
S_{23}	主応力差$\sigma_2-\sigma_3$	MPa
S_{31}	主応力差$\sigma_3-\sigma_1$	MPa
Ｓｄ*	弾性設計用地震動Ｓｄにより定まる地震力又はＳクラス施設に適用される静的地震力のいずれか大きい方の地震力	―
S_ℓ	繰返しピーク応力強さ	MPa
S_ℓ'	補正繰返しピーク応力強さ	MPa
S_m	設計応力強さ 設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表1に定める値	MPa
S_n	運転状態Ⅰ及びⅡにおける一次＋二次応力の応力差最大範囲	MPa
$S_n{}^{\#1}$	地震荷重Ｓｄ*による一次＋二次応力の応力差最大範囲	MPa
$S_n{}^{\#2}$	地震荷重Ｓｓによる一次＋二次応力の応力差最大範囲	MPa
S_p	一次＋二次＋ピーク応力の応力差範囲	MPa
$S_p{}^{\#1}$	地震荷重Ｓｄ*による一次＋二次＋ピーク応力の応力差範囲	MPa
$S_p{}^{\#2}$	地震荷重Ｓｓによる一次＋二次＋ピーク応力の応力差範囲	MPa
Ｓｓ	基準地震動Ｓｓにより定まる地震力	―
S_u	設計引張強さ 設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表9に定める値	MPa
S_y	設計降伏点 設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表8に定める値	MPa
S_y（ＲＴ）	設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表8に定める材料の40℃における設計降伏点	MPa
U_f	疲労累積係数（U_n+U_{Sd}又はU_n+U_{Ss}）	―
U_n	運転状態Ⅰ及びⅡにおける疲労累積係数	―
U_{Sd}	地震荷重Ｓｄ*による疲労累積係数	―
U_{Ss}	地震荷重Ｓｓによる疲労累積係数	―
Ｖ	鉛直力	N
α	形状係数（純曲げによる全断面降伏荷重と初期降伏荷重の比，又は1.5のいずれか小さい方の値）	―
σ_1	主応力	MPa
σ_2	主応力	MPa
σ_3	主応力	MPa

記号	記号の説明	単位
σ_{ℓ}	軸方向応力	MPa
σ_{r}	半径方向応力	MPa
σ_{t}	周方向応力	MPa
$\tau_{\ell r}$	せん断応力	MPa
τ_{rt}	せん断応力	MPa
$\tau_{t\ell}$	せん断応力	MPa
ⅢＡＳ	設計・建設規格の供用状態Ｃ相当の許容応力を基準として，それに地震により生じる応力に対する特別な応力の制限を加えた許容応力状態	―
ⅣＡＳ	設計・建設規格の供用状態Ｄ相当の許容応力を基準として，それに地震により生じる応力に対する特別な応力の制限を加えた許容応力状態	―
ＶＡＳ	運転状態Ｖ（重大事故等時の状態）相当の応力評価を行う許容応力状態を基本として，それに地震により生じる応力に対する特別な応力の制限を加えた許容応力状態	―

3. 計算条件

3.1 評価対象機器

応力評価を行う機器は，次のとおりである。(表2－1及び図3－1参照)

機器名称			評価対象	
			耐震性についての計算書 (許容応力状態に対する評価)	
			ⅢAS，ⅣAS	VAS
(1)	胴板		○	○
(2)	上部鏡板，鏡板フランジ，胴板フランジ及びスタッドボルト		×*1	×*1
(3)	下部鏡板		○	○
(4)	制御棒駆動機構ハウジング貫通孔		○	○
(5)	中性子束計測ハウジング貫通孔		×*2	×*2
(6)	原子炉冷却材再循環ポンプ貫通孔 (N1)		○	○
(7)	主蒸気ノズル (N3)		○	○
(8)	給水ノズル (N4)		○	○
(9)	低圧注水ノズル (N6)		○	○
(10)	上蓋スプレイ・ベントノズル (N7)		○	○
(11)	原子炉停止時冷却材出口ノズル (N8, N10)		○	○
(12)	原子炉冷却材再循環ポンプ差圧検出ノズル (N9)		○	○
(13)	炉心支持板差圧検出ノズル (N11)		○	○
(14)	計装ノズル (N12, N13, N14)		○	○
(15)	ドレンノズル (N15)		○	○
(16)	高圧炉心注水ノズル (N16)		○	○
(17)	原子炉圧力容器スカート		○	×*4
(18)	ブラケット類	原子炉圧力容器スタビライザブラケット	○	×*4
(19)		蒸気乾燥器ホールドダウンブラケット	×*3	×*3
(20)		上部ガイドロッドブラケット	×*3	×*3
(21)		下部ガイドロッドブラケット	×*3	×*3
(22)		蒸気乾燥器支持ブラケット	○	×*4
(23)		給水スパージャブラケット	○	×*4
(24)		低圧注水スパージャブラケット	○	×*4
(25)	原子炉圧力容器基礎ボルト		○	×*4
(26)	原子炉冷却材再循環ポンプモータケーシング		○	×*4

注：「○」は評価対象，「×」は評価対象外を示す。

注記＊1：作用する主たる荷重は内圧であり，地震力を負担するような部位ではなく，既工認からの変更はないため，評価対象機器としない。

＊2：結果が厳しくなる制御棒駆動機構ハウジング貫通孔を代表として評価するため，評価対象機器としない。

＊3：使用条件が一時的（機器搬出入時又は事故時のドライヤ浮上がり等）なものであり，通常運転時に外荷重が作用せず，既工認からの変更はないため，評価対象機器としない。

＊4：設計基準対象施設としてのみ申請する施設

3.2　形状及び寸法

各部の形状及び寸法は，計算書に示す。

3.3　物性値

地震荷重による繰返し荷重の評価に使用する材料の物性値を表3－1に示す。

3.4　荷重の組合せ及び許容応力状態

原子炉圧力容器の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち，設計基準対象施設の評価に用いるものを表3－2(1)に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表3－2(2)に示す。また，各許容応力状態で考慮する荷重は，4章に示すとおりである。

なお，原子炉圧力容器については，重大事故等対処設備の評価は，設計基準対象施設の評価に包絡される。

3.5　許容応力

(1)　原子炉圧力容器の許容応力は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表3－3に示す。この表に記載のない圧縮荷重を受ける場合に対する許容応力は，計算書に記載するものとする。

(2)　原子炉圧力容器基礎ボルトの許容応力は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表3－4に示す。

3.6　許容応力評価条件

(1)　許容応力状態ⅢＡＳ及び許容応力状態ⅣＡＳの一次応力の評価には，運転状態Ⅰ及びⅡにおける流体の最高温度 [redacted] に対する許容応力を用いる。許容応力状態ⅢＡＳ及び許容応力状態ⅣＡＳの一次＋二次応力及び繰返し荷重の評価には，運転温度として定格出力運転時の蒸気温度 [redacted] に対する許容応力を用いる。

(2)　原子炉圧力容器の許容応力評価条件を表3－5に示す。

なお，原子炉圧力容器基礎ボルトの許容応力評価条件及び各機器で使用される材料は，計算書に示す。

4. 荷重条件

原子炉圧力容器は，以下の荷重条件に耐えることを確認する。

各機器の応力評価には，本章に示す荷重を考慮する。

4.1 設計条件

設計条件は既工認からの変更はなく，参照図書(1)a.に定めるとおりである。

4.2 運転条件

運転条件及び記号は，既工認からの変更はなく，参照図書(1)a.に定めるとおりである。

各機器の応力評価において考慮する外荷重の値を表4－1に示す。

表4-1において考慮する設計用地震力は，Ⅴ-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」，Ⅴ-2-2-4「原子炉本体の基礎の地震応答計算書」及びⅤ-2-3-1「炉心，原子炉圧力容器及び圧力容器内部構造物の地震応答計算書」により求めた荷重，若しくはそれらの条件を包絡する様に定めた保守的な荷重とする。

また，地震荷重Ｓｄ*及び地震荷重Ｓｓの繰返し回数は，地震動に対する応答特性等を考慮して，それぞれ200回とする。

なお，既工認に記載のない原子炉圧力容器スカートの運転条件については，計算書に示す。

4.3　荷重の組合せ及び応力評価

荷重の組合せ及び応力評価項目の対応を表4－2に示す。表4－2及び計算書において，荷重の種類と記号は以下のとおりである。

なお，荷重の組合せについては，機器ごとに適切に組み合わせる。

	荷重	記号
(1)	内圧	[L01]
(2)	差圧又は動圧*	[L02]
(3)	死荷重（配管の自重）	[L04]
(4)	熱変形力（熱膨張差により生じる荷重）	[L07]
(5)	ボルト荷重	[L11]
(6)	配管又は機器の地震時の慣性力による地震荷重Ｓｄ*（一次荷重）	[L14]
(7)	配管又は機器の拘束点の地震時の相対変位による地震荷重Ｓｄ*（二次荷重）	[L15]
(8)	配管又は機器の地震時の慣性力による地震荷重Ｓｓ（一次荷重）	[L16]
(9)	配管又は機器の拘束点の地震時の相対変位による地震荷重Ｓｓ（二次荷重）	[L17]
(10)	外荷重（運転状態Ⅰ及びⅡにおける荷重）	[L12，L13，L18，L19]

注記＊：許容応力状態ⅢＡＳ及び許容応力状態ⅣＡＳの応力評価には，運転状態Ⅰ及びⅡにおける差圧又は動圧を用いる。

なお，許容応力状態ⅤＡＳで考慮する差圧又は動圧は，設計基準対象施設としての応力評価における差圧又は動圧に包絡される。

5. 応力評価の手順

応力評価の手順について述べる。

5.1 応力の評価

外荷重による応力は表4－1に示す外荷重より計算する。

5.1.1 主応力

計算した応力は，応力の分類ごとに重ね合わせ，組合せ応力を求める。

組合せ応力は，一般にσ_t，σ_ℓ，σ_r，$\tau_{t\ell}$，$\tau_{\ell r}$，τ_{rt}の6成分を持つが，主応力σは，引用文献(1)の1･3･6項により，次式を満足する3根σ_1，σ_2，σ_3として計算する。

$$\sigma^3-(\sigma_t+\sigma_\ell+\sigma_r)\cdot\sigma^2+(\sigma_t\cdot\sigma_\ell+\sigma_\ell\cdot\sigma_r+\sigma_r\cdot\sigma_t-\tau_{t\ell}^2-\tau_{\ell r}^2-\tau_{rt}^2)\cdot\sigma-\sigma_t\cdot\sigma_\ell\cdot\sigma_r+\sigma_t\cdot\tau_{\ell r}^2+\sigma_\ell\cdot\tau_{rt}^2+\sigma_r\cdot\tau_{t\ell}^2-2\cdot\tau_{t\ell}\cdot\tau_{\ell r}\cdot\tau_{rt}=0$$

上式により主応力を求める。

5.1.2 応力強さ

以下の3つの主応力差の絶対値で最大のものを応力強さとする。

$S_{12}=\sigma_1-\sigma_2$

$S_{23}=\sigma_2-\sigma_3$

$S_{31}=\sigma_3-\sigma_1$

5.1.3 一次応力強さ

許容応力状態ⅢＡＳ及び許容応力状態ⅣＡＳにおいて生じる一次一般膜応力，一次局部膜応力及び一次膜＋一次曲げ応力の応力強さが，3.5節に示す許容応力を満足することを示す。

ただし，一次局部膜応力より一次膜＋一次曲げ応力の方が発生値及び許容応力の観点で厳しくなることから，一次局部膜応力強さの評価については省略する。

5.1.4 一次＋二次応力強さ

許容応力状態ⅢＡＳ及び許容応力状態ⅣＡＳにおいて生じる一次＋二次応力の応力差最大範囲（$S_n{}^{\#1}$，$S_n{}^{\#2}$）が，3.5節に示す許容応力を満足することを示す。

本規定を満足しない応力評価点については，5.2節で述べる設計・建設規格　PVB-3300に基づいた簡易弾塑性解析を行う。

5.2　繰返し荷重の評価

繰返し荷重の評価は，運転状態Ⅰ及びⅡによる荷重並びに許容応力状態ⅢＡＳ及び許容応力状態ⅣＡＳによる荷重を用いて，次の方法によって行う。

5.2.1　疲労解析

以下の手順で疲労解析を行う。

(1)　運転状態Ⅰ及びⅡにおいて生じる一次＋二次＋ピーク応力の応力差の変動並びに許容応力状態ⅢＡＳ及び許容応力状態ⅣＡＳにおいて生じる一次＋二次＋ピーク応力の応力差の変動を求める。また，この変動の繰返し回数として，参照図書(1)a.に示す各運転条件の繰返し回数及び4.2節に示す地震荷重の繰返し回数を考慮する。

(2)　応力差の変動とその繰返し回数より，一次＋二次＋ピーク応力の応力差範囲（S_p，$S_p^{\#1}$及び$S_p^{\#2}$）及びこの応力振幅の繰返し回数を求める。

(3)　繰返しピーク応力強さは，次式により求める。

$$S_\ell = \frac{S_p}{2}$$

ただし，一次＋二次応力の応力差最大範囲（S_n，$S_n^{\#1}$又は$S_n^{\#2}$）が3・S_mを超える応力評価点については，設計・建設規格　PVB-3300の簡易弾塑性解析の適用性の検討を行い，適合する場合は，表5－1に示す方法により繰返しピーク応力強さの割増しを行う。

(4)　設計疲労線図に使用している縦弾性係数（E_0）と解析に用いる縦弾性係数（E）との比を考慮し，繰返しピーク応力強さを次式で補正する。

$$S_\ell' = S_\ell \cdot \frac{E_0}{E}$$

なお，ＥとE_0は表3－1に示す。

(5)　疲労累積係数（U_f）

疲労累積係数（U_f）は，S_ℓ'に対応する許容繰返し回数が10^6回以下（低合金鋼及び炭素鋼）又は10^{11}回以下（オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金）となる応力振幅について，次式により求める。設計・建設規格　PVB-3114又はPVB-3315に従って，運転状態Ⅰ及びⅡにおける疲労累積係数U_nと許容応力状態ⅢＡＳにおける疲労累積係数U_{Sd}又は許容応力状態ⅣＡＳにおける疲労累積係数U_{Ss}の和U_f（U_n+U_{Sd}又はU_n+U_{Ss}）が，1以下であることを示す。

オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金の場合，繰返しピーク応力強さ194MPa以下の設計疲労線図は，設計・建設規格　表 添付4-2-2の曲線Ｃを用いる。

$$\text{疲労累積係数}\ (U_f) = \sum_{i=1}^{k} \frac{N_c(i)}{N_a(i)}$$

K7 ① V-2-3-3-1-1 R1

5.3　特別な応力の評価

5.3.1　純せん断応力の評価

純せん断荷重を受ける部分は，設計・建設規格　PVB-3115により評価する。解析箇所を以下に示す。評価方法は参照図書(1)s.に示し，許容応力は表3－3に示す。

(1)　ブラケット類

5.3.2　支圧応力の評価

支圧荷重を受ける部分は，設計・建設規格　PVB-3116により評価する。解析箇所を以下に示す。評価方法は参照図書(1)t.に示し，許容応力は表3－3に示す。

(1)　原子炉冷却材再循環ポンプモータケーシングのストレッチチューブ支圧面

5.3.3　座屈の評価

軸圧縮荷重を受ける部分は，設計・建設規格　PVB-3117により評価する。解析箇所を以下に示す。評価方法及び許容応力は，計算書に示す。

(1)　制御棒駆動機構ハウジング貫通孔スタブチューブ
(2)　原子炉冷却材再循環ポンプ貫通孔（N1）スタブ
(3)　原子炉冷却材再循環ポンプ差圧検出ノズル（N9）のスタブ
(4)　炉心支持板差圧検出ノズル（N11）のスタブ
(5)　原子炉圧力容器スカート
(6)　原子炉冷却材再循環ポンプモータケーシング

5.4　原子炉圧力容器基礎ボルトの評価

原子炉圧力容器基礎ボルトの評価方法は参照図書(2)に示す。基礎ボルトの引張応力σ_bは次式より求めた許容引張応力f_{ts}以下であること。ただし，f_{to}は下表による。

$$f_{ts}=\mathrm{Min.}(1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau_b,\ f_{to})$$

せん断応力τ_bはせん断力のみを受ける基礎ボルトの許容せん断応力f_{sb}以下であること。ただし，f_{sb}は下表による。

	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度による荷重との組合せの場合	基準地震動Ｓｓによる荷重との組合せの場合
許容引張応力 f_{to}	$\frac{F}{2}\cdot 1.5$	$\frac{F^*}{2}\cdot 1.5$
許容せん断応力 f_{sb}	$\frac{F}{1.5\sqrt{3}}\cdot 1.5$	$\frac{F^*}{1.5\sqrt{3}}\cdot 1.5$

［記号の説明］

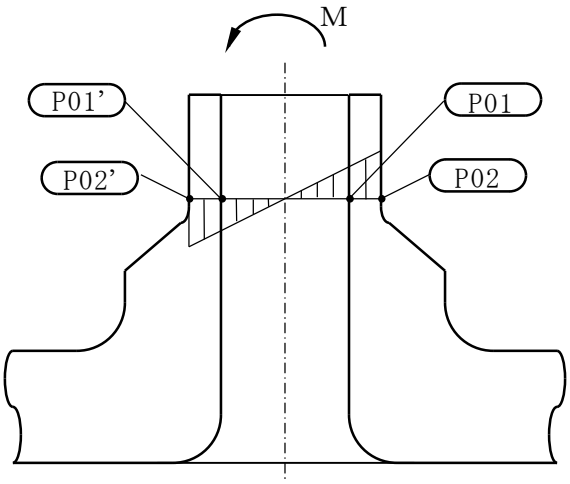
F　：設計・建設規格　SSB-3121.1(1)に定める値
F^*　：設計・建設規格　SSB-3133に定める値

6. 評価結果の添付

応力評価点番号は，機器ごとに記号P01からの連番とする。奇数番号を内面の点，偶数番号を外面の点として，計算書の形状・寸法・材料・応力評価点を示す図において定義する。

なお，軸対称モデル解析において，非軸対称な外荷重による応力評価を行った場合，荷重の入力方位と応力評価点の方位の関係により応力に極大値と極小値が生じる。外荷重による応力が極大となる方位の応力評価点は［例　P01］と表し，極小となる方位の応力評価点にはプライム（’）を付けて［例　P01’］と表す。

一次応力の評価は，内外面の応力評価点を含む断面（応力評価面）について行う。



6.1 応力評価結果

(1) 次の応力評価結果は，全応力評価点（面）について添付する。

a. 一次一般膜応力強さの評価のまとめ

b. 一次膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ

c. 一次＋二次応力強さの評価のまとめ

d. 疲労累積係数の評価のまとめ

(2) S_n[#1]又はS_n[#2]が3・S_mを超える機器について，以下の評価過程を記載する。

a. 最も厳しい応力評価点における疲労累積係数

(3) 次の特別な評価は，対象となるすべての部位について評価し，結果を記載する。

a. 純せん断応力

b. 支圧応力

c. 座屈

(4) 原子炉圧力容器基礎ボルトの評価は，次の応力評価結果を記載する。

a. 引張応力

b. せん断応力

7. 引用文献

文献番号は，本書及び計算書において共通である。

(1) 機械工学便覧　基礎編　α3（日本機械学会）

8. 参照図書

(1) 柏崎刈羽原子力発電所第７号機　第５回工事計画認可申請書　添付書類

a. Ⅳ-3-1-2-1　原子炉圧力容器の応力解析の方針

b. Ⅳ-3-1-2-2　原子炉圧力容器の穴と補強についての計算書

c. Ⅳ-3-1-2-3　胴板の応力計算書

d. Ⅳ-3-1-2-4　上部鏡板，鏡板フランジ及び胴板フランジの応力計算書

e. Ⅳ-3-1-2-5　下部鏡板の応力計算書

f. Ⅳ-3-1-2-6　制御棒駆動機構ハウジング貫通孔の応力計算書

g. Ⅳ-3-1-2-7　中性子束計測ハウジング貫通孔の応力計算書

h. Ⅳ-3-1-2-8　原子炉冷却材再循環ポンプ貫通孔（N1）の応力計算書

i. Ⅳ-3-1-2-9　主蒸気ノズル（N3）の応力計算書

j. Ⅳ-3-1-2-10　給水ノズル（N4）の応力計算書

k. Ⅳ-3-1-2-11　低圧注水ノズル（N6）の応力計算書

ℓ. Ⅳ-3-1-2-12　上蓋スプレイ・ベントノズル（N7）の応力計算書

m. Ⅳ-3-1-2-13　原子炉停止時冷却材出口ノズル（N8，N10）の応力計算書

n. Ⅳ-3-1-2-14　原子炉冷却材再循環ポンプ差圧検出ノズル（N9）の応力計算書

o. Ⅳ-3-1-2-15　炉心支持板差圧検出ノズル（N11）の応力計算書

p. Ⅳ-3-1-2-16　計装ノズル（N12，N13，N14）の応力計算書

q. Ⅳ-3-1-2-17　ドレンノズル（N15）の応力計算書

r. Ⅳ-3-1-2-18　高圧炉心注水ノズル（N16）の応力計算書

s. Ⅳ-3-1-2-19　ブラケット類の応力計算書

t. Ⅳ-3-1-4-3　原子炉冷却材再循環ポンプモータケーシングの応力計算書

(2) 柏崎刈羽原子力発電所第７号機　第１回工事計画認可申請書　添付書類

Ⅳ-2-5-1-1　原子炉圧力容器基礎ボルトの耐震性についての計算書

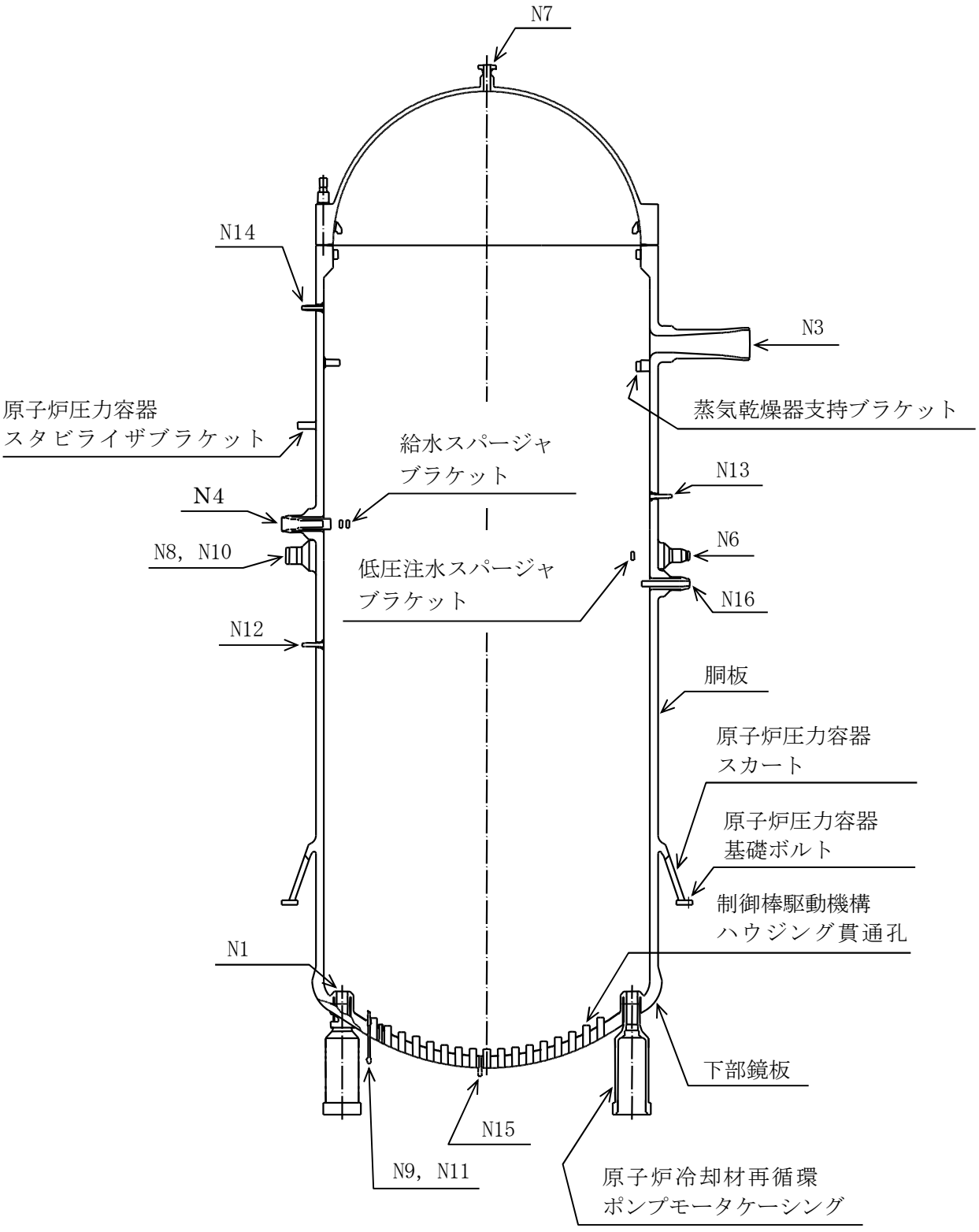

N7
N14
N3
原子炉圧力容器
スタビライザブラケット
蒸気乾燥器支持ブラケット
給水スパージャ
ブラケット
N13
N4
N8，N10
N6
低圧注水スパージャ
ブラケット
N16
N12
胴板
原子炉圧力容器
スカート
原子炉圧力容器
基礎ボルト
制御棒駆動機構
ハウジング貫通孔
N1
下部鏡板
N15
N9，N11
原子炉冷却材再循環
ポンプモータケーシング

図3－1　全体断面図

表3－1　繰返し荷重の評価に使用する材料の物性値

材料	E $\times 10^5$ (MPa)	S_m (MPa)	S (MPa)	E_0 $\times 10^5$ (MPa)	q	A_0	B_0
SQV2A					3.1	1.0	1.25
SFVQ1A					3.1	1.0	1.25
SFVC2B					3.1	0.66	2.59
SUSF316					3.1	0.7	2.15
SUSF316 相当					3.1	0.7	2.15
SUS316TP					3.1	0.7	2.15
NCF600					3.1	0.7	2.15

［記号の説明］

E　：運転温度 [redacted] に対する縦弾性係数

S_m　：運転温度 [redacted] に対する設計応力強さ

S　：設計・建設規格　表 添付 4-2-1のS_u≦550MPaの10^6回に対する繰返しピーク応力強さ及び設計・建設規格　表 添付4-2-2の曲線Cの10^{11}回に対する繰返しピーク応力強さ

E_0　：設計・建設規格　添付4-2に記載された縦弾性係数

q，A_0，B_0　：設計・建設規格　表　PVB-3315-1に示された簡易弾塑性解析に使用する係数の値

表3－2(1)　荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
原子炉本体	原子炉圧力容器及び炉心	原子炉圧力容器	S	クラス１容器 *	D＋P＋M＋Ｓｄ*	ⅢＡＳ
					D＋P_L＋M_L＋Ｓｄ*	ⅣＡＳ
					D＋P＋M＋Ｓｓ	

［記号の説明］

D　　：死荷重

P　　：地震と組み合わすべきプラントの運転状態（地震との組合せが独立な運転状態Ⅳ，Ⅴは除く）における圧力荷重

M　　：地震及び死荷重以外で地震と組み合わすべきプラントの運転状態（地震との組合せが独立な運転状態Ⅳ，Ⅴは除く）で設備に作用している機械的荷重

Ｓｄ*：弾性設計用地震動Ｓｄにより定まる地震力又はＳクラス施設に適用される静的地震力のいずれか大きい方の地震力

P_L　：地震との組合せが独立な運転状態Ⅳの事故の直後を除き，その後に生じている圧力荷重

M_L　：地震との組合せが独立な運転状態Ⅳの事故の直後を除き，その後に生じている死荷重及び地震荷重以外の機械的荷重

Ｓｓ　：基準地震動Ｓｓにより定まる地震力

注記＊：クラス１支持構造物を含む。

表3－2(2)　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類 *1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
原子炉本体	原子炉圧力容器及び炉心	原子炉圧力容器	常設耐震／防止 常設／緩和	重大事故等 *2 クラス２	$D+P_L+M_L+Sd^*$	ⅣＡＳ
					$D+P+M+Ss$	
					$D+P_{SAL}+M_{SAL}+Sd$	ＶＡＳ （ＶＡＳとしてⅣＡＳの許容限界を用いる。）
					$D+P_{SALL}+M_{SALL}+Ss$	

［記号の説明］

D　：死荷重

P_L　：地震との組合せが独立な運転状態Ⅳの事故の直後を除き，その後に生じている圧力荷重

M_L　：地震との組合せが独立な運転状態Ⅳの事故の直後を除き，その後に生じている死荷重及び地震荷重以外の機械的荷重

Sd^*　：弾性設計用地震動Ｓｄにより定まる地震力又はＳクラス施設に適用される静的地震力のいずれか大きい方の地震力

P　：地震と組み合わすべきプラントの運転状態（地震との組合せが独立な運転状態Ⅳ，Ⅴは除く）における圧力荷重

M　：地震及び死荷重以外で地震と組み合わすべきプラントの運転状態（地震との組合せが独立な運転状態Ⅳ，Ⅴは除く）で設備に作用している機械的荷重

Ss　：基準地震動Ｓｓにより定まる地震力

P_{SAL}　：重大事故等時の状態（運転状態Ⅴ）で長期的（長期（Ｌ））に作用する圧力荷重

M_{SAL}　：重大事故等時の状態（運転状態Ⅴ）で長期的（長期（Ｌ））に作用する機械的荷重

Sd　：弾性設計用地震動Ｓｄにより定まる地震力

P_{SALL}　：重大事故等時の状態（運転状態Ⅴ）で長期的（長期（Ｌ））より更に長期的（長期（ＬＬ））に作用する圧力荷重

M_{SALL}　：重大事故等時の状態（運転状態Ⅴ）で長期的（長期（Ｌ））より更に長期的（長期（ＬＬ））に作用する機械的荷重

注記＊1　：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

＊2　：重大事故等クラス２支持構造物を含む。

表 3－3　許容応力（クラス１容器及び重大事故等クラス２）

許容応力状態	許容限界*3					
	一次一般膜応力	一次膜＋ 一次曲げ応力	一次＋二次応力	一次＋二次＋ ピーク応力	純せん断 応力	支圧 応力
ⅢAS	S_yと 2／3・S_uの小さい方。 ただし，オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については 1.2・S_mとする。	左欄のα倍の値 *1	3・S_m*2 Ｓｄ又はＳｓ地震動*4のみによる応力振幅について評価する。	Ｓｄ又はＳｓ地震動*4のみによる疲労解析を行い，運転状態Ⅰ及びⅡにおける疲労累積係数との和が１以下であること。	0.6・S_m	S_y
ⅣAS	2／3・S_u ただし，オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については 2／3・S_uと 2.4・S_mの小さい方。	左欄のα倍の値 *1			0.4・S_u	S_u
ⅤAS （ⅤASとしてⅣASの許容限界を用いる。）						

注記＊1 ：αは純曲げによる全断面降伏荷重と初期降伏荷重の比，又は 1.5 のいずれか小さい方の値とする。
＊2 ：3・S_mを超える場合は弾塑性解析を行う。この場合，設計・建設規格　PVB-3300（PVB-3313 を除く）の簡易弾塑性解析を用いる。
＊3 ：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。
＊4 ：クラス１容器及び重大事故等クラス２においては，Ｓｄ*又はＳｓ地震力を考慮する。

表 3－4　許容応力（クラス１支持構造物及び重大事故等クラス２支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 （ボルト等）	
	一次応力	
	引張り	せん断
ⅢＡＳ	1.5・f_t	1.5・f_s
ⅣＡＳ	1.5・f_t*	1.5・f_s*
ＶＡＳ （ＶＡＳとしてⅣＡＳの許容限界を用いる。）		

［記号の説明］

f_t　：許容引張応力 ボルト等に対して設計・建設規格　SSB-3131(1)に定める値

f_s　：許容せん断応力 ボルト等に対して設計・建設規格　SSB-3131(2)に定める値

f_t*：上記のf_tの値を算出する際に設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表8に定める値とあるのを設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表8に定める値の1.2倍の値と読み替えて計算した値

f_s*：上記のf_sの値を算出する際に設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表8に定める値とあるのを設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表8に定める値の1.2倍の値と読み替えて計算した値

注記＊1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

＊2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表3－5　許容応力評価条件

評価部位	材料		温度条件 (℃)	S_m (MPa)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y (RT) (MPa)
原子炉 圧力容器	炭素鋼 及び 低合金鋼	SQV2A	流体の最高温度				
			運転温度				
		SFVQ1A	流体の最高温度				
			運転温度				
		SFVC2B	流体の最高温度				
			運転温度				
	オーステナイト系 ステンレス鋼及び 高ニッケル合金	SUSF316	流体の最高温度				
			運転温度				
		SUSF316 相当	流体の最高温度				
			運転温度				
		SUS316TP	流体の最高温度				
			運転温度				
		NCF600	流体の最高温度				
			運転温度				

表4－1(1)　外荷重

下部鏡板外荷重

記号	荷重名称	鉛直力		水平力	モーメント
		V_1 (kN)	V_2 (kN)	H (kN)	M (kN･m)
L12	外荷重Ａ*1				
L13	外荷重Ｂ*2				
L18	外荷重Ｃ*3				
L19	外荷重Ｄ*4				
L14	地震荷重Ｓｄ*				
L16	地震荷重Ｓｓ				

表4－1(2)　外荷重

胴板及び原子炉圧力容器スカート外荷重

記号	荷重名称	鉛直力		水平力	モーメント
		V_1 (kN)	V_2 (kN)	H (kN)	M (kN･m)
L12	外荷重Ａ*1				
L13	外荷重Ｂ*2				
L18	外荷重Ｃ*3				
L19	外荷重Ｄ*4				
L14	地震荷重Ｓｄ*				
L16	地震荷重Ｓｓ				

表4－1(3)　外荷重

制御棒駆動機構ハウジング貫通孔外荷重

記号	荷重名称	鉛直力		水平力		モーメント	
		V_1 (kN)	V_2 (kN)	H_1 (kN)	H_2 (kN)	M_1 (kN・m)	M_2 (kN・m)
L12	外荷重Ａ*1						
L13	外荷重Ｂ*2						
L18	外荷重Ｃ*3						
L19	外荷重Ｄ*4						
L14	地震荷重Ｓｄ*						
L16	地震荷重Ｓｓ						

表4－1(4)　外荷重

原子炉冷却剤再循環ポンプ貫通孔（N1）外荷重

記号	荷重名称	鉛直力		水平力		モーメント		ねじりモーメント
		V_1 (kN)	V_2 (kN)	H_1 (kN)	H_2 (kN)	M_1 (kN･m)	M_2 (kN･m)	M_T (kN･m)
L12	外荷重A*							
L14	地震荷重Ｓｄ*							
L16	地震荷重Ｓｓ							

表4－1(5)　外荷重

ノズル外荷重

ノズル	記号	荷重名称	力		モーメント		荷重作用点位置 (mm)
			H (kN)	F_z (kN)	M (kN・m)	M_z (kN・m)	
主蒸気ノズル (N3)	L04	死荷重					
	L07	熱変形力					
	L14	地震荷重Ｓｄ*（一次）					
	L15	地震荷重Ｓｄ*（二次）					
	L16	地震荷重Ｓｓ　（一次）					
	L17	地震荷重Ｓｓ　（二次）					
給水ノズル (N4)	L04	死荷重					
	L07	熱変形力					
	L14	地震荷重Ｓｄ*（一次）					
	L15	地震荷重Ｓｄ*（二次）					
	L16	地震荷重Ｓｓ　（一次）					
	L17	地震荷重Ｓｓ　（二次）					
低圧注水ノズル (N6)	L04	死荷重					
	L07	熱変形力					
	L14	地震荷重Ｓｄ*（一次）					
	L15	地震荷重Ｓｄ*（二次）					
	L16	地震荷重Ｓｓ　（一次）					
	L17	地震荷重Ｓｓ　（二次）					
上蓋スプレイ・ベントノズル (N7)	L04	死荷重					
	L07	熱変形力					
	L14	地震荷重Ｓｄ*（一次）					
	L15	地震荷重Ｓｄ*（二次）					
	L16	地震荷重Ｓｓ　（一次）					
	L17	地震荷重Ｓｓ　（二次）					
原子炉停止時冷却材出口ノズル (N8)	L04	死荷重					
	L07	熱変形力					
	L14	地震荷重Ｓｄ*（一次）					
	L15	地震荷重Ｓｄ*（二次）					
	L16	地震荷重Ｓｓ　（一次）					
	L17	地震荷重Ｓｓ　（二次）					

表4－1(5)　外荷重（続）

ノズル外荷重

ノズル	記号	荷重名称	力		モーメント		荷重作用点位置 (mm)
			H (kN)	F_z (kN)	M (kN・m)	M_z (kN・m)	
原子炉冷却材再循環ポンプ差圧検出ノズル (N9)	L04	死荷重*1					
	L07	熱変形力*1					
	L14	地震荷重Ｓｄ*（一次）*1					
	L15	地震荷重Ｓｄ*（二次）*1					
	L16	地震荷重Ｓｓ（一次）*1					
	L17	地震荷重Ｓｓ（二次）*1					
原子炉冷却材再循環ポンプ差圧検出ノズル (N9)	L04	死荷重*2					
	L07	熱変形力*2					
	L14	地震荷重Ｓｄ*（一次）*2					
	L15	地震荷重Ｓｄ*（二次）*2					
	L16	地震荷重Ｓｓ（一次）*2					
	L17	地震荷重Ｓｓ（二次）*2					
原子炉停止時冷却材出口ノズル (N10)	L04	死荷重					
	L07	熱変形力					
	L14	地震荷重Ｓｄ*（一次）					
	L15	地震荷重Ｓｄ*（二次）					
	L16	地震荷重Ｓｓ（一次）					
	L17	地震荷重Ｓｓ（二次）					
炉心支持板差圧検出ノズル (N11)	L04	死荷重*1					
	L07	熱変形力*1					
	L14	地震荷重Ｓｄ*（一次）*1					
	L15	地震荷重Ｓｄ*（二次）*1					
	L16	地震荷重Ｓｓ（一次）*1					
	L17	地震荷重Ｓｓ（二次）*1					
炉心支持板差圧検出ノズル (N11)	L04	死荷重*2					
	L07	熱変形力*2					
	L14	地震荷重Ｓｄ*（一次）*2					
	L15	地震荷重Ｓｄ*（二次）*2					
	L16	地震荷重Ｓｓ（一次）*2					
	L17	地震荷重Ｓｓ（二次）*2					

表4－1(5)　外荷重（続）

ノズル外荷重

ノズル	記号	荷重名称	力		モーメント		荷重作用点位置 (mm)
			H (kN)	F_z (kN)	M (kN・m)	M_z (kN・m)	
計装ノズル (N12，N13)	L04	死荷重					
	L07	熱変形力					
	L14	地震荷重Ｓｄ*（一次）					
	L15	地震荷重Ｓｄ*（二次）					
	L16	地震荷重Ｓｓ　（一次）					
	L17	地震荷重Ｓｓ　（二次）					
計装ノズル (N14)	L04	死荷重					
	L07	熱変形力					
	L14	地震荷重Ｓｄ*（一次）					
	L15	地震荷重Ｓｄ*（二次）					
	L16	地震荷重Ｓｓ　（一次）					
	L17	地震荷重Ｓｓ　（二次）					
ドレンノズル (N15)	L04	死荷重					
	L07	熱変形力					
	L14	地震荷重Ｓｄ*（一次）					
	L15	地震荷重Ｓｄ*（二次）					
	L16	地震荷重Ｓｓ　（一次）					
	L17	地震荷重Ｓｓ　（二次）					
高圧炉心注水ノズル (N16)	L04	死荷重					
	L07	熱変形力					
	L14	地震荷重Ｓｄ*（一次）					
	L15	地震荷重Ｓｄ*（二次）					
	L16	地震荷重Ｓｓ　（一次）					
	L17	地震荷重Ｓｓ　（二次）					

表4－1(5)　外荷重（続）

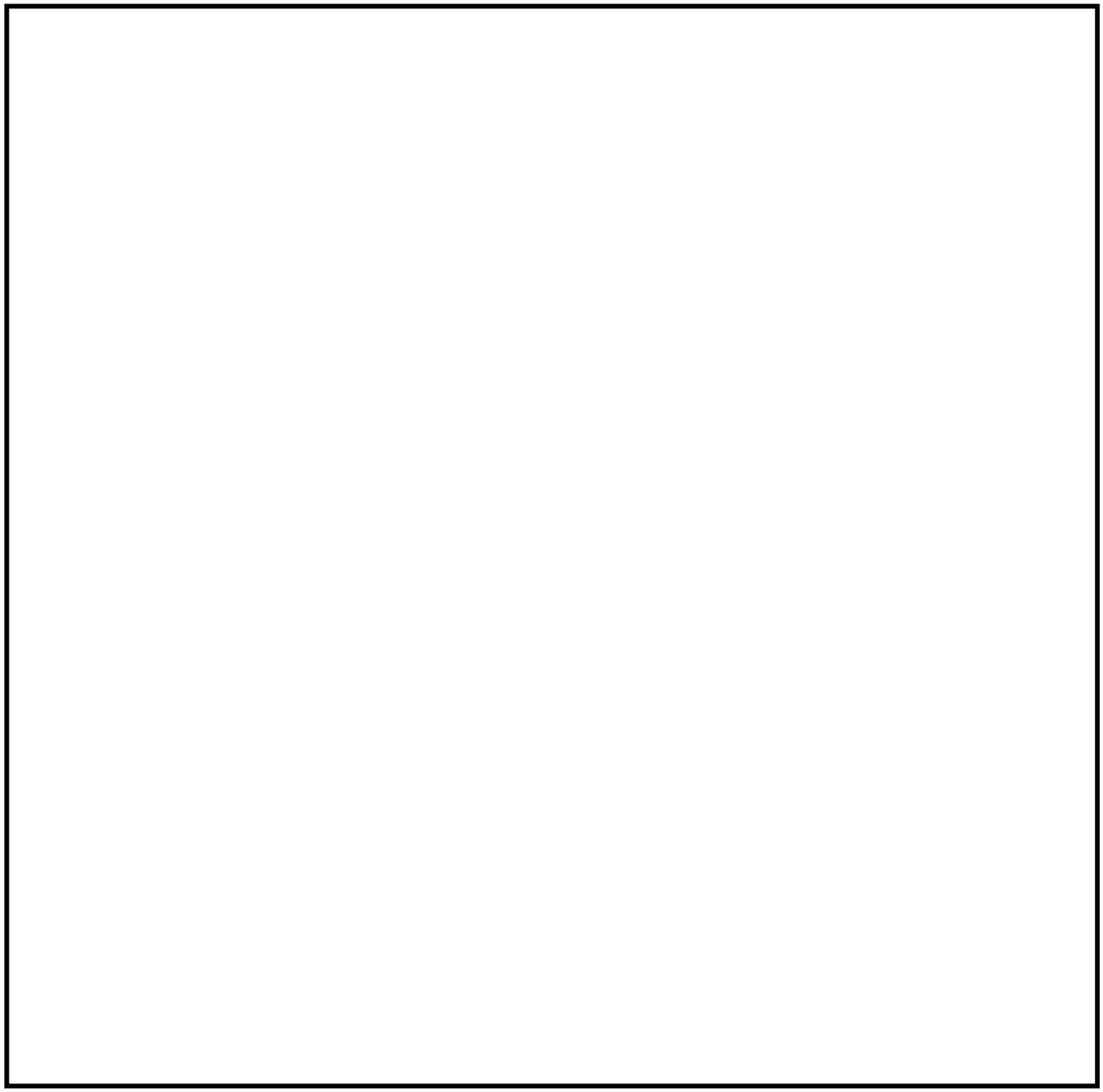


表4－1(6)　外荷重

ノズルサーマルスリーブ外荷重

ノズル	記号	荷重名称	力		モーメント		荷重作用点位置 (mm)
			H (kN)	F_z (kN)	M (kN・m)	M_z (kN・m)	
給水ノズル (N4)	L04	死荷重					
	L07	熱変形力					
	L14	地震荷重Ｓｄ*（一次）					
	L15	地震荷重Ｓｄ*（二次）					
	L16	地震荷重Ｓｓ　（一次）					
	L17	地震荷重Ｓｓ　（二次）					
低圧注水ノズル (N6)	L04	死荷重					
	L07	熱変形力					
	L14	地震荷重Ｓｄ*（一次）					
	L15	地震荷重Ｓｄ*（二次）					
	L16	地震荷重Ｓｓ　（一次）					
	L17	地震荷重Ｓｓ　（二次）					
高圧炉心注水ノズル (N16)	L04	死荷重					
	L07	熱変形力					
	L14	地震荷重Ｓｄ*（一次）					
	L15	地震荷重Ｓｄ*（二次）					
	L16	地震荷重Ｓｓ　（一次）					
	L17	地震荷重Ｓｓ　（二次）					

表4－1(7)　外荷重

ブラケット外荷重

ブラケット名	荷重名称	力		
		F_x (kN)	F_y (kN)	F_z (kN)
原子炉圧力容器スタビライザブラケット	地震荷重Ｓｄ*			
	地震荷重Ｓｓ			
蒸気乾燥器支持ブラケット	地震荷重Ｓｄ*			
	地震荷重Ｓｓ			
給水スパージャブラケット	地震荷重Ｓｄ*			
	地震荷重Ｓｓ			
低圧注水スパージャブラケット	地震荷重Ｓｄ*			
	地震荷重Ｓｓ			

表4－1(8)　外荷重

原子炉冷却材再循環ポンプモータケーシング外荷重

記号	荷重名称	鉛直力	水平力	モーメント	ねじり モーメント
		V (kN)	H (kN)	M (kN･m)	M_T (kN･m)
L12	外荷重A*				
L14	地震荷重Ｓｄ*				
L16	地震荷重Ｓｓ				

表4－1(9)　外荷重

原子炉圧力容器基礎ボルト外荷重

記号	荷重名称	軸力		せん断力	曲げモーメント
		N（最大） （kN）	N（最小） （kN）	Q （kN）	M （kN・m）
――	運転状態Ⅰ及びⅡ				
――	運転状態Ⅳ*				
L14	地震荷重Ｓｄ*				
L16	地震荷重Ｓｓ				

表4－2　荷重の組合せ

状態	荷重の組合せ	応力評価
運転状態Ⅰ及びⅡ	L01＋L02＋（L04，L12，L13，L18又はL19）＊ ＋L07＋L10＋L11	$P_L + P_b + Q$ 疲労解析
許容応力状態ⅢＡＳ	L01＋L02＋（L04，L12，L13，L18又はL19）＊ ＋L11＋L14	P_m $P_L + P_b$
	L14＋L15	$P_L + P_b + Q$ 疲労解析
許容応力状態ⅣＡＳ	L01＋L02＋（L04，L12，L13，L18又はL19）＊ ＋L11＋L16	P_m $P_L + P_b$
	L16＋L17	$P_L + P_b + Q$ 疲労解析

注記＊：（　）内の荷重のうち，各運転条件において実際に考慮する荷重を組み合わせる。

表5－1　繰返しピーク応力強さの割増し方法

S_n	S_ℓ
$3 \cdot S_m$未満	$S_\ell = \dfrac{S_p}{2}$
$3 \cdot S_m$以上	$S_\ell = \dfrac{K_e \cdot S_p}{2}$ K_eは，次の手順により計算する。 (1) $K < B_0$ ① $\dfrac{S_n}{3 \cdot S_m} < \dfrac{\left(q+\dfrac{A_0}{K}-1\right)-\sqrt{\left(q+\dfrac{A_0}{K}-1\right)^2-4 \cdot A_0 \cdot (q-1)}}{2 \cdot A_0}$ $K_e = 1+A_0 \cdot \left(\dfrac{S_n}{3 \cdot S_m}-\dfrac{1}{K}\right)$ ② $\dfrac{S_n}{3 \cdot S_m} \geqq \dfrac{\left(q+\dfrac{A_0}{K}-1\right)-\sqrt{\left(q+\dfrac{A_0}{K}-1\right)^2-4 \cdot A_0 \cdot (q-1)}}{2 \cdot A_0}$ $K_e = 1+(q-1) \cdot \left(1-\dfrac{3 \cdot S_m}{S_n}\right)$ (2) $K \geqq B_0$ ① $\dfrac{S_n}{3 \cdot S_m} < \dfrac{(q-1)-\sqrt{A_0 \cdot \left(1-\dfrac{1}{K}\right) \cdot (q-1)}}{a}$ $K_e = a \cdot \dfrac{S_n}{3 \cdot S_m}+A_0 \cdot \left(1-\dfrac{1}{K}\right)+1-a$ ② $\dfrac{S_n}{3 \cdot S_m} \geqq \dfrac{(q-1)-\sqrt{A_0 \cdot \left(1-\dfrac{1}{K}\right) \cdot (q-1)}}{a}$ $K_e = 1+(q-1) \cdot \left(1-\dfrac{3 \cdot S_m}{S_n}\right)$ ここで， $K = \dfrac{S_p}{S_n}$ $a = A_0 \cdot \left(1-\dfrac{1}{K}\right)+(q-1)-2 \cdot \sqrt{A_0 \cdot \left(1-\dfrac{1}{K}\right) \cdot (q-1)}$

注1：q，A_0，B_0は，表3－1に示す。

注2：地震荷重Ｓｄ*及び地震荷重Ｓｓにあっては，S_nをそれぞれ$S_n{}^{\#1}$，$S_n{}^{\#2}$と読み替え，S_pをそれぞれ$S_p{}^{\#1}$，$S_p{}^{\#2}$と読み替えるものとする。

Ⅴ-2-3-3-1-2　原子炉圧力容器の耐震計算結果

目　　次

1.　概要 ····· 1
2.　耐震評価条件整理 ····· 1
3.　技術基準規則第5条の要求事項の変更に伴う評価対象設備の耐震計算 ····· 3
3.1　耐震計算の概要 ····· 3

1. 概要

本資料は，原子炉本体のうち原子炉圧力容器本体及び原子炉圧力容器支持構造物の耐震計算の手法及び条件の整理について説明するものである。

2. 耐震評価条件整理

原子炉本体のうち原子炉圧力容器本体及び原子炉圧力容器支持構造物に対して，設計基準対象施設の耐震クラス，重大事故等対処設備の設備分類を整理した。既設の設計基準対象施設については，耐震評価における手法及び条件について，既に認可を受けた実績との差異の有無を整理した。また，重大事故等対処設備のうち，設計基準対象施設であるものについては，重大事故等対処設備の評価条件と設計基準対象施設の評価条件の差異の有無を整理した。結果を表1 に示す。

原子炉本体のうち原子炉圧力容器本体及び原子炉圧力容器支持構造物の耐震計算は表1 に示す計算書に記載することとする。

表１　耐震評価条件整理一覧表（1/1）

評価対象設備				設計基準対象施設			重大事故等対処設備		
				耐震重要度分類	新規制基準施行前に認可された実績との差異	耐震計算の記載箇所	設備分類	設計基準対象施設との評価条件の差異	耐震計算の記載箇所
原子炉本体	原子炉圧力容器	原子炉圧力容器本体	原子炉圧力容器	S	無	Ⅴ-2-3-3-1-2 Ⅴ-2-3-3-1-3	—	—	—
		原子炉圧力容器支持構造物	原子炉圧力容器スカート	S	—*1	Ⅴ-2-3-3-1-2	—	—	—
			原子炉圧力容器基礎ボルト	S	無	Ⅴ-2-3-3-1-2	—	—	—

注記＊1 ：本工事計画で新規に申請する設備であることから，差異比較の対象外。

3.　技術基準規則第5条の要求事項の変更に伴う評価対象設備の耐震計算

3.1　耐震計算の概要

本章は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき，原子炉本体のうち，技術基準規則第5条の要求事項の変更に伴う評価対象設備であるブラケット類（原子炉圧力容器スタビライザブラケット，蒸気乾燥器支持ブラケット，給水スパージャブラケット及び低圧注水スパージャブラケット),原子炉圧力容器スカート及び原子炉圧力容器基礎ボルトが設計用地震力に対して十分な構造強度評価を有していることを説明するものである。ブラケット類，原子炉圧力容器スカート及び原子炉圧力容器基礎ボルトの計算結果を次ページ以降に示す。

Ⅴ-2-3-3-1-2(1)　原子炉圧力容器の耐震計算結果

目　　次

（概要）

1.　概要　・・・

目　　次

（ブラケット類）

2.　ブラケット類の応力計算　・・・

図　表　目　次

（ブラケット類）

図2－1　形状・寸法・材料　・・・

目　　次

（原子炉圧力容器スカート）

3.　原子炉圧力容器スカートの応力計算　・・・

図　表　目　次

（原子炉圧力容器スカート）

図3－1　形状・寸法・材料・応力評価点　・・・

目　　次

（原子炉圧力容器基礎ボルト）

4.　原子炉圧力容器基礎ボルトの応力計算 ····· 4-1
4.1　一般事項 ····· 4-1
4.1.1　形状・寸法・材料 ····· 4-1
4.1.2　解析範囲 ····· 4-1
4.1.3　計算結果の概要 ····· 4-1
4.2　計算条件 ····· 4-4
4.2.1　設計条件 ····· 4-4
4.2.2　材料 ····· 4-4
4.2.3　荷重の組合せ及び許容応力状態 ····· 4-4
4.2.4　荷重の組合せ及び応力評価 ····· 4-4
4.2.5　許容応力 ····· 4-4
4.2.6　許容応力評価条件 ····· 4-4
4.3　応力計算 ····· 4-4
4.3.1　外荷重による応力 ····· 4-4
4.4　応力の評価 ····· 4-5

図　表　目　次

（原子炉圧力容器基礎ボルト）

図4－1　形状・寸法・材料　・・・

1. 概要

本計算書は,原子炉圧力容器(原子炉圧力容器スカート及び原子炉圧力容器基礎ボルトを含む。)の耐震計算結果に関するものである。

本計算書の各機器は，Ⅴ-2-3-3-1-1「原子炉圧力容器の応力解析の方針」（以下「応力解析の方針」という。）に基づき評価する。

本計算書は，原子炉圧力容器であって，設計基準対象施設に分類される下記の機器について，構造強度評価の結果を示すものである。

・ブラケット類
・原子炉圧力容器スカート
・原子炉圧力容器基礎ボルト

なお，原子炉圧力容器本体であって，設計基準対象施設及び重大事故等対処設備に分類される下記の機器については，Ⅴ-2-3-3-1-3「原子炉圧力容器本体の応力計算書」に構造強度評価の結果を示す。

・胴板
・下部鏡板
・制御棒駆動機構ハウジング貫通孔
・原子炉冷却材再循環ポンプ貫通孔（N1）
・主蒸気ノズル（N3）
・給水ノズル（N4）
・低圧注水ノズル（N6）
・上蓋スプレイ・ベントノズル（N7）
・原子炉停止時冷却材出口ノズル（N8）
・原子炉停止時冷却材出口ノズル（N10）
・原子炉冷却材再循環ポンプ差圧検出ノズル（N9）
・炉心支持板差圧検出ノズル（N11）
・計装ノズル（N12）
・計装ノズル（N13）
・計装ノズル（N14）
・計装ノズル（N15）

注：本計算書においては，平成5年6月17日付け4資庁第14562号にて認可された工事計画の添付書類（「応力解析の方針」の参照図書(1)）及び平成3年8月23日付け3資庁第6675号にて認可された工事計画の添付書類（「応力解析の方針」の参照図書(2)）を「既工認」という。

2. ブラケット類の応力計算

2.1 一般事項

本章は，ブラケット類の応力計算について示すものである。

ブラケット類は，設計基準対象施設においてＳクラス施設に分類される。

以下，設計基準対象施設としての構造強度評価を示す。

2.1.1 形状・寸法・材料

本章で解析する箇所の形状・寸法・材料を図2－1に示す。

2.1.2 解析範囲

解析範囲を図2－1に示す。

2.1.3 計算結果の概要

計算結果の概要を表2－1に示す。

なお，応力評価点の選定に当たっては，モーメントが大きくなるブラケット付根部及び穴により断面の小さくなるロッド穴周辺部に着目し，応力評価上厳しくなる評価点を記載する。

［　　］：材　　料

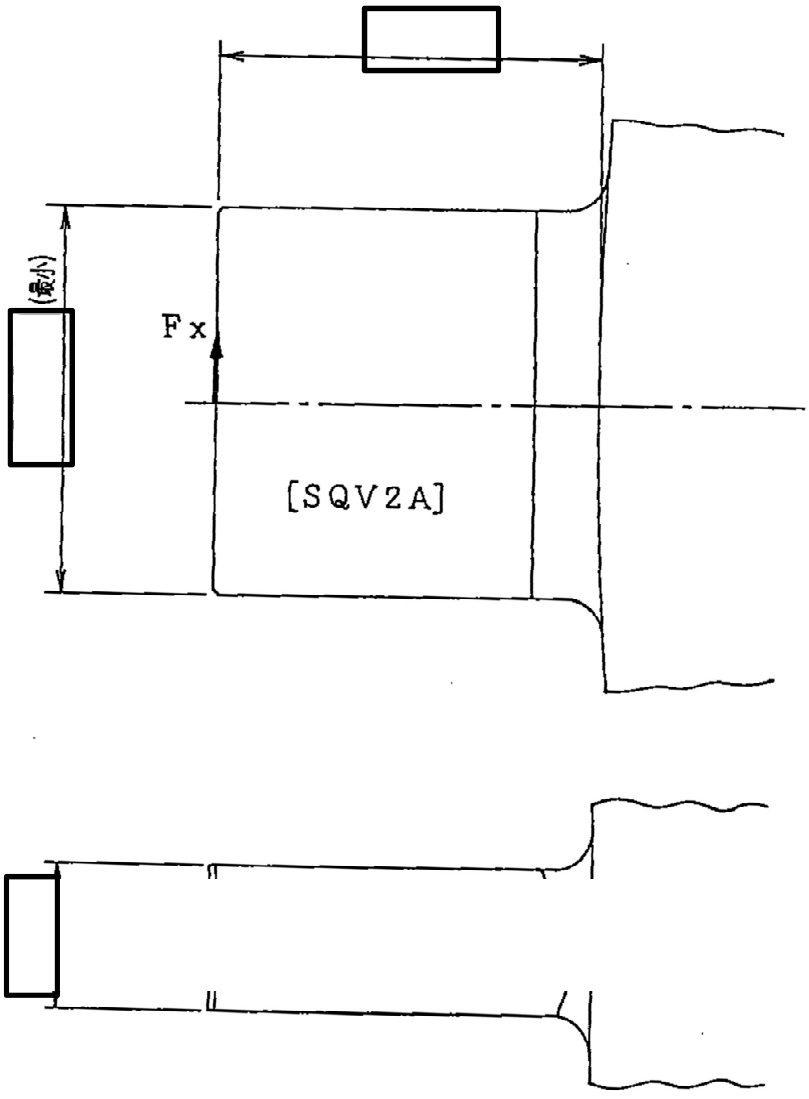


図 2－1(1)　形状・寸法・材料　（単位：mm）
（原子炉圧力容器スタビライザブラケット）

[　　]：材　　料

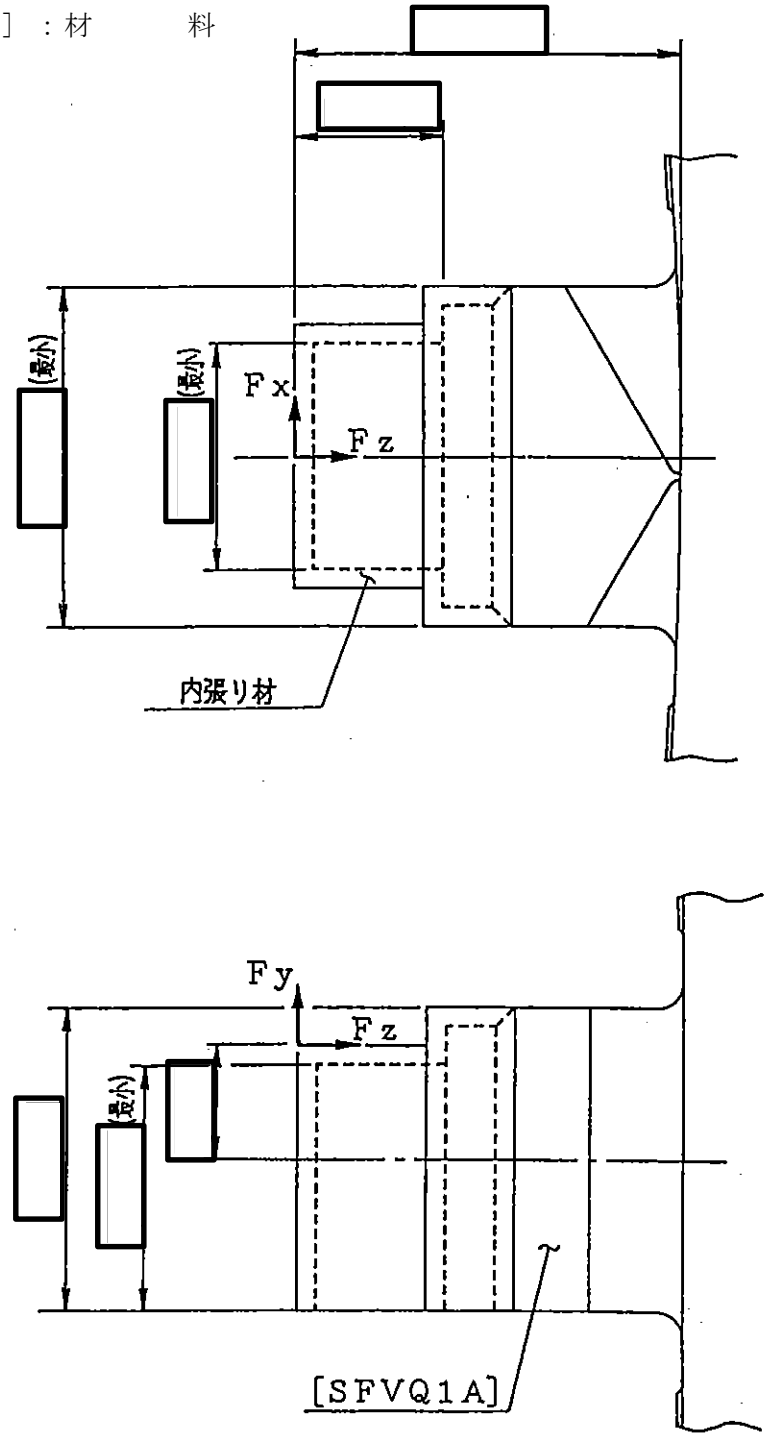


図 2－1(2)　形状・寸法・材料　(単位：mm)

(蒸気乾燥器支持ブラケット)

[　　]：材　　料

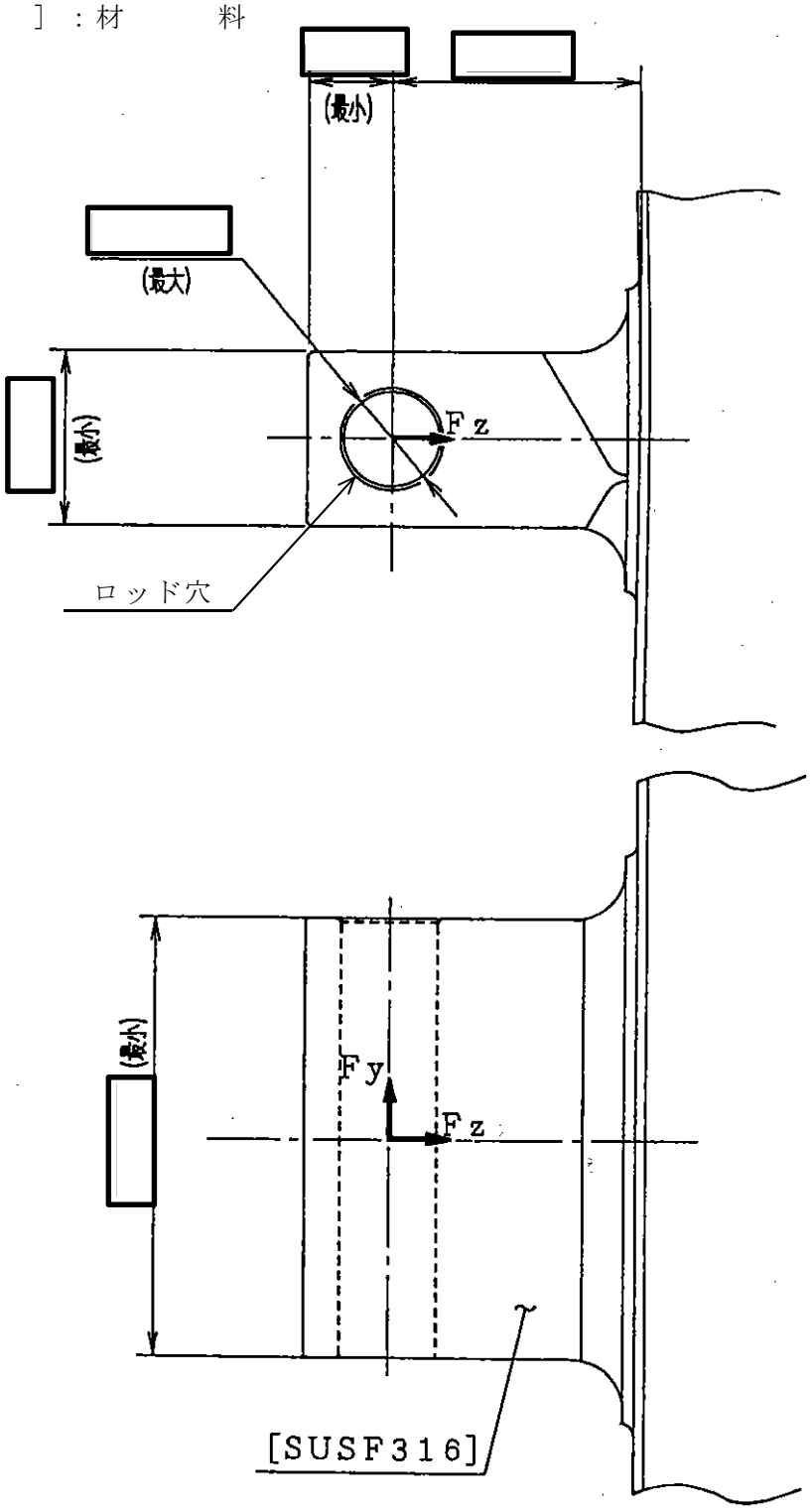


図 2－1(3)　形状・寸法・材料　(単位：mm)

(給水スパージャブラケット，低圧注水スパージャブラケット)

表 2－1　計算結果の概要

（単位：MPa）

ブラケット	許容応力状態	一次一般膜応力強さ		一次膜＋一次曲げ応力強さ		純せん断応力	
		応力強さ	許容応力	応力強さ	許容*応力	応力	許容応力
原子炉圧力容器スタビライザブラケット	ⅢＡＳ	41	303	127	454	—	—
	ⅣＡＳ	53	326	166	490	—	—
蒸気乾燥器支持ブラケット	ⅢＡＳ	21	303	97	454	—	—
	ⅣＡＳ	32	320	144	481	—	—
給水スパージャブラケット	ⅢＡＳ	4	142	76	214	5	71
	ⅣＡＳ	7	280	150	420	9	168
低圧注水スパージャブラケット	ⅢＡＳ	4	142	76	214	5	71
	ⅣＡＳ	7	280	150	420	9	168

注記＊：中実矩形断面の形状係数 α ＝1.5 を用いた。

2.2　計算条件

2.2.1　設計条件

設計条件を「応力解析の方針」の4.1節に示す。

2.2.2　材料

各部の材料を図2－1に示す。

2.2.3　荷重の組合せ及び許容応力状態

荷重の組合せ及び許容応力状態を「応力解析の方針」の3.4節に示す。

2.2.4　荷重の組合せ及び応力評価

荷重の組合せ及び応力評価を「応力解析の方針」の4.3節に示す。

2.2.5　許容応力

許容応力を「応力解析の方針」の3.5節に示す。

2.2.6　応力の記号と方向

応力の記号とその方向は，以下のとおりとする。

σ_x　：　周方向応力

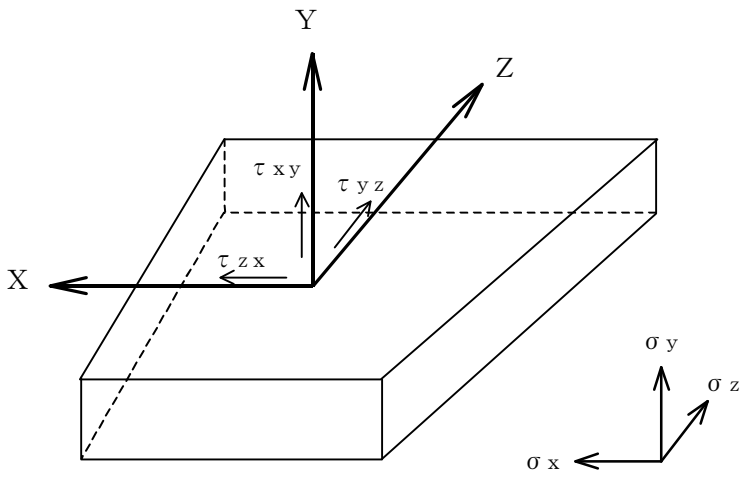
σ_y　：　軸方向応力

σ_z　：　半径方向応力

τ_{xy}　：　せん断応力

τ_{yz}　：　せん断応力

τ_{zx}　：　せん断応力



2.3　応力計算

2.3.1　応力評価点

応力評価点は，図2－1(1)～図2－1(3)に示すそれぞれのブラケット付根及び図2－1(3)に示すブラケットのロッド穴周辺とする。

2.3.2　外荷重による応力

(1)　荷重条件

ブラケットに作用する外荷重を「応力解析の方針」の表4－1(7)に示す。

ブラケットの荷重作用点を図2－1に示す。

(2)　計算方法

a.　ブラケット付根の応力

ブラケット付根の応力の計算は，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)s.に定めるとおりである。

なお，ブラケット付根は集中荷重を受ける片持ちばりにモデル化し計算する。

b.　ロッド穴周辺の応力

給水スパージャブラケット及び低圧注水スパージャブラケットのロッド穴周辺の応力の計算は，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)s.に定めるとおりである。

なお，ロッド穴周辺は矩形断面の円環にモデル化し計算する。

2.3.3　応力の評価

計算された応力から，応力強さを算出する。

応力強さの算出方法は，「応力解析の方針」の5.1.2項に定めるとおりである。

2.4　応力強さの評価

2.4.1　ブラケット付根の応力強さの評価

(1)　一次一般膜応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表2－2に示す。

表2－2より，各許容応力状態の一次一般膜応力強さは，「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

(2)　一次膜＋一次曲げ応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表2－3に示す。

表2－3より，各許容応力状態の一次膜＋一次曲げ応力強さは，「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

2.4.2　ロッド穴周辺の応力強さの評価

(1)　純せん断応力の評価

各許容応力状態における評価を表2－4に示す。

表2－4より，各許容応力状態の純せん断応力は，「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

(2)　一次膜＋一次曲げ応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表2－5に示す。

表2－5より，各許容応力状態の一次膜＋一次曲げ応力強さは，「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

表2－2　ブラケット付根の一次一般膜応力強さの評価

（単位：MPa）

ブラケット	許容応力状態	応力		主応力			応力強さ	許容応力
		σ_z	τ	σ_1	σ_2	σ_3		
原子炉圧力容器スタビライザブラケット	ⅢＡＳ	0	20	0	−20	20	41	303
	ⅣＡＳ	0	26	0	−26	26	53	326
蒸気乾燥器支持ブラケット	ⅢＡＳ	−6	10	0	−14	7	21	303
	ⅣＡＳ	−10	15	0	−21	11	32	320
給水スパージャブラケット	ⅢＡＳ	−3	0	0	−3	0	4	142
	ⅣＡＳ	−7	1	0	−7	0	7	280
低圧注水スパージャブラケット	ⅢＡＳ	−3	0	0	−3	0	4	142
	ⅣＡＳ	−7	1	0	−7	0	7	280

表2－3　ブラケット付根の一次膜＋一次曲げ応力強さの評価

（単位：MPa）

ブラケット	許容応力状態	応力		主応力			応力強さ	許容応力*
		σ_z	τ	σ_1	σ_2	σ_3		
原子炉圧力容器スタビライザブラケット	ⅢＡＳ	−120	20	0	−123	3	127	454
	ⅣＡＳ	−157	26	0	−161	4	166	490
蒸気乾燥器支持ブラケット	ⅢＡＳ	−94	10	0	−95	1	97	454
	ⅣＡＳ	−140	15	0	−142	2	144	481
給水スパージャブラケット	ⅢＡＳ	−5	0	0	−5	0	5	214
	ⅣＡＳ	−9	1	0	−10	0	10	420
低圧注水スパージャブラケット	ⅢＡＳ	−5	0	0	−5	0	5	214
	ⅣＡＳ	−9	1	0	−10	0	10	420

注記＊：中実矩形断面の形状係数α＝1.5を用いた。

表2－4　ロッド穴周辺の純せん断応力の評価

（単位：MPa）

ブラケット	許容応力状態	純せん断応力	許容応力
給水スパージャブラケット	ⅢＡＳ	5	71
	ⅣＡＳ	9	168
低圧注水スパージャブラケット	ⅢＡＳ	5	71
	ⅣＡＳ	9	168

表2－5　ロッド穴周辺の一次膜＋一次曲げ応力強さの評価

（単位：MPa）

ブラケット	許容応力状態	応力強さ	許容応力*
給水スパージャブラケット	ⅢＡＳ	76	214
	ⅣＡＳ	150	420
低圧注水スパージャブラケット	ⅢＡＳ	76	214
	ⅣＡＳ	150	420

注記＊：中実矩形断面の形状係数α＝1.5を用いた。

3. 原子炉圧力容器スカートの応力計算

3.1 一般事項

本章は，原子炉圧力容器スカート（以下「スカート」という。）の応力計算について示すものである。

スカートは，設計基準対象施設においてＳクラス施設に分類される。

以下，設計基準対象施設としての構造強度評価を示す。

なお，スカートは，設計・建設規格　SSB-3010(1)の規定により，設計・建設規格　PVB-3110からPVB-3117，PVB-3130，PVB-3140及びPVB-3310の規定を適用し，「応力解析の方針」に従い解析する。

3.1.1 記号の説明

記号の説明を「応力解析の方針」の2.4節に示す。

更に，本章において，以下の記号を用いる。

記号	記号の説明	単位
R_m	スカートの平均半径	mm
t	スカートの板厚	mm
A	スカートの断面積	mm^2
Z	スカートの断面係数	mm^3
ℓ	座屈長さ	mm
f_c	鉛直方向荷重に対する許容圧縮応力	MPa
f_b	曲げモーメントに対する許容曲げ応力	MPa
α	安全率	―
F	設計・建設規格　SSB-3121.1(1)に定める値	MPa

3.1.2 形状・寸法・材料

本章で解析する箇所の形状・寸法・材料を図3－1に示す。

3.1.3 解析範囲

解析範囲を図3－1に示す。

なお，スカートの一次一般膜応力強さの評価は，Ⅴ-2-3-3-1-3 「原子炉圧力容器本体の応力計算書」の2章「胴板の応力計算」（スカート付根部）に示す。

3.1.4　計算結果の概要

計算結果の概要を表3－1に示す。

なお，応力評価点の選定に当たっては，形状不連続部，溶接部及び厳しい荷重作用点に着目し，各部分ごとに数点の評価点を設けて評価を行い，疲労累積係数が厳しくなる評価点を記載する。

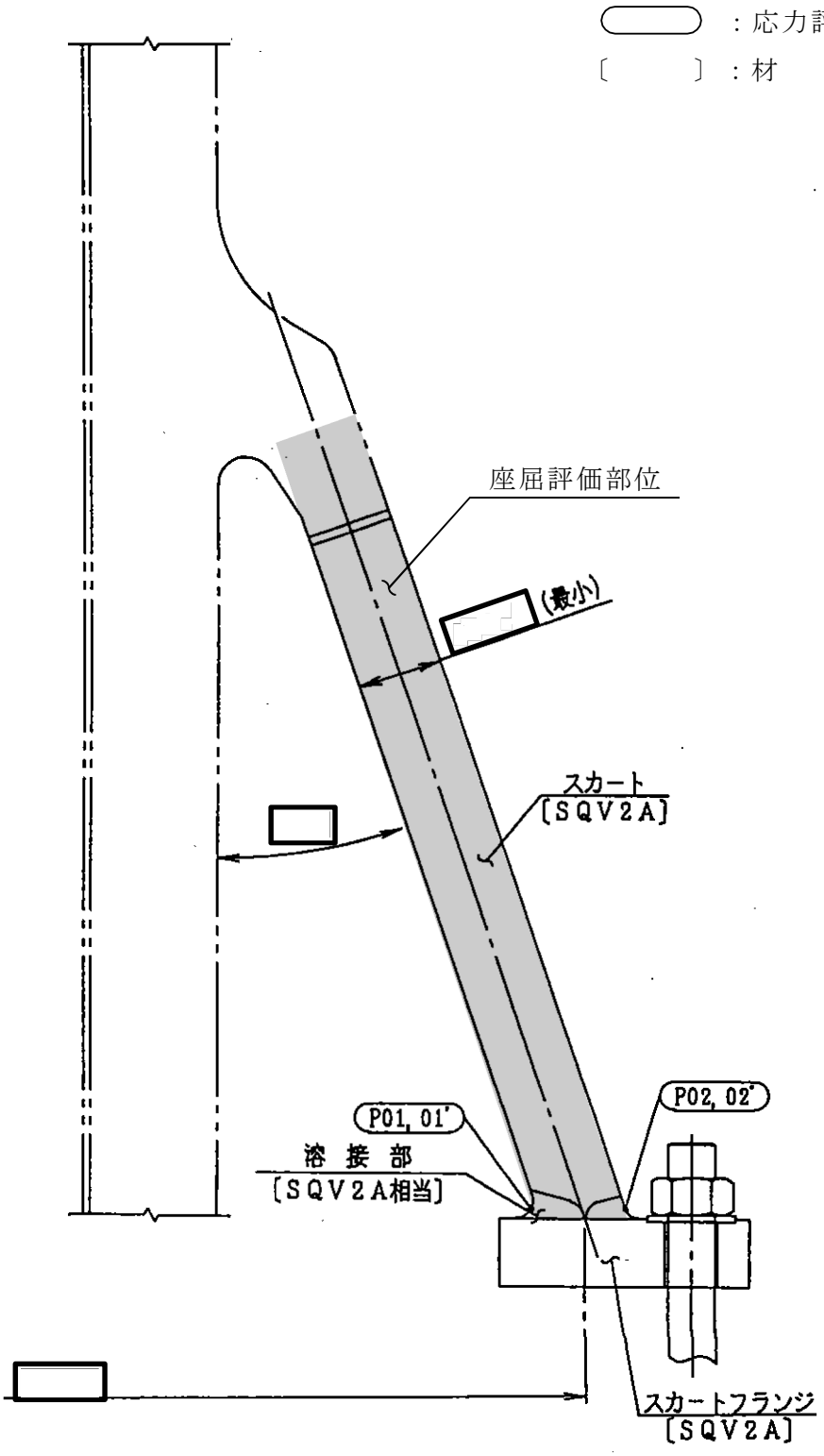


図3－1　形状・寸法・材料・応力評価点　（単位：mm）

表3－1(1)　計算結果の概要

部分及び材料	許容応力状態	一次一般膜応力強さ (MPa)			一次膜＋一次曲げ応力強さ (MPa)			一次＋二次応力強さ (MPa)			疲労解析		
		応力強さ	許容応力	応力評価面	応力強さ	許容応力	応力評価面	応力強さ	許容応力	応力評価点	疲労＊累積係数	許容値	応力評価点
スカート SQV2A	ⅢＡＳ	—	—	—	42	390	P01’－P02’	—	—	—	—	—	—
	ⅣＡＳ	—	—	—	52	421	P01’－P02’	—	—	—	—	—	—
	ⅢＡＳ	—	—	—	—	—	—	217	552	P02	0.018	1.0	P02
	ⅣＡＳ	—	—	—	—	—	—	281	552	P02			

注記＊：疲労累積係数は，運転状態Ⅰ及びⅡに地震荷重Ｓｄ＊又は地震荷重Ｓｓのいずれか大きい方を加えた値である。

表3－1(2)　計算結果の概要

部分及び材料	許容応力状態	座屈に対する評価	
		計算結果	許容値
スカート SQV2A	ⅢＡＳ	0.2	1
	ⅣＡＳ	0.2	1

3.2　計算条件

3.2.1　設計条件

設計条件を「応力解析の方針」の4.1節に示す。

3.2.2　運転条件

考慮した運転条件は，V-3-別添8「原子炉圧力容器スカートの強度計算書」に定めるとおりである。

3.2.3　材料

各部の材料を図3－1に示す。

3.2.4　荷重の組合せ及び許容応力状態

荷重の組合せ及び許容応力状態を「応力解析の方針」の3.4節に示す。

3.2.5　荷重の組合せ及び応力評価

荷重の組合せ及び応力評価を「応力解析の方針」の4.3節に示す。

3.2.6　許容応力

許容応力を「応力解析の方針」の3.5節に示す。

3.3　応力計算

3.3.1　応力評価点

応力評価点の位置を図3－1に示す。

なお，応力集中を生じる箇所の応力集中係数は，V-3-別添8「原子炉圧力容器スカートの強度計算書」に定めるとおりである。

3.3.2　内圧による応力

(1)　荷重条件（L01）

各運転状態による内圧は，V-3-別添8「原子炉圧力容器スカートの強度計算書」に定めるとおりである。

(2)　計算方法

内圧による応力の計算は，V-3-別添8「原子炉圧力容器スカートの強度計算書」に定めるとおりである。

なお，各運転条件での内圧による応力は，最高使用圧力での応力を用いて，圧力の比により（比倍して）計算する。

3.3.3　外荷重による応力

(1)　荷重条件（L12,L13,L18,L19,L14及びL16）

外荷重を「応力解析の方針」の表4－1(2)に示す。

(2)　計算方法

外荷重による応力の計算は，Ⅴ-3-別添8「原子炉圧力容器スカートの強度計算書」に定めるとおりである。

なお，各荷重での応力は，単位荷重（鉛直力，水平力等）での応力を用いて，荷重（鉛直力，水平力等）の比により（比倍して）計算する。

3.3.4　応力の評価

各応力評価点で計算された応力を分類ごとに重ね合わせて組合せ応力を求め，応力強さを算出する。

応力強さの算出方法は，「応力解析の方針」の5.1.2項に定めるとおりである。

3.4　応力強さの評価

3.4.1　一次一般膜応力強さの評価

応力評価面P01－P02及びP01’－P02’は構造不連続部であるため，一次一般膜応力に分類される応力は存在しない。

3.4.2　一次膜＋一次曲げ応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表3－2に示す。

表3－2より，各許容応力状態の一次膜＋一次曲げ応力強さは，「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

3.4.3　一次＋二次応力強さの評価

地震荷重のみにおける評価を表3－3に示す。

表3－3より，すべての評価点において$S_n^{\#1}$及び$S_n^{\#2}$は，3・S_m以下であり，「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

3.5　繰返し荷重の評価

3.5.1　疲労解析

スカートの応力評価点について，詳細な繰返し荷重の評価を行う。

(1)　疲労累積係数

各応力評価点における疲労累積係数を表3－4に示す。

表3－4より，各応力評価点において疲労累積係数は1.0以下であり，「応力解析の方針」の3.5節に示す許容値を満足する。

3.6　特別な応力の評価

3.6.1　座屈に対する評価

スカートには，鉛直力及びモーメントにより，圧縮応力が生じる。したがって，これらの荷重の組合せにより発生する圧縮応力の評価を行う。

(1)　計算データ

スカートの平均半径　R_m＝[redacted] mm

スカートの板厚　　t　＝[redacted] mm（くされ代を除いた値）

スカートの断面積

$$A = \pi \cdot \{(R_m + t/2)^2 - (R_m - t/2)^2\}$$

$$= \pi \times \{([redacted] + [redacted]/2)^2 - ([redacted] - [redacted]/2)^2\}$$

$$= [redacted]\ mm^2$$

スカートの断面係数

$$Z = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{(R_m + t/2)^4 - (R_m - t/2)^4}{R_m + t/2}$$

$$= \frac{\pi}{4} \times \frac{([redacted] + [redacted]/2)^4 - ([redacted] - [redacted]/2)^4}{[redacted] + [redacted]/2}$$

$$= [redacted]\ mm^3$$

(2)　荷重

スカートに作用する鉛直力及びモーメントを「応力解析の方針」の表4－1(2)に示す。

(3) 評価方法

各許容応力状態においてスカートに圧縮応力を生じさせる荷重は表3－5に示す鉛直力及びモーメントである。

これらの荷重の組合せにより発生する圧縮応力の評価を以下により行う。

（ℓ／R_m＝0.43）

$$\frac{\alpha \cdot (V_1 + V_2) / A}{f_c} + \frac{\alpha \cdot (M / Z)}{f_b} \leqq 1$$

ここに，

座屈長さ　ℓ＝[redacted] mm

鉛直方向荷重に対する許容圧縮応力　f_c＝F＝303 MPa

曲げモーメントに対する許容曲げ応力　f_b＝F＝303 MPa

安全率　α＝1.0

設計・建設規格　SSB-3121.1(1)に定める値　F＝303 MPa

(4) 座屈に対する評価

各許容応力状態における座屈に対する評価を表3－6に示す。

表3－6より，各許容応力状態における座屈に対する評価は，許容値を満足するため，座屈は発生しない。

表3－2　一次膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ

（単位：MPa）

応力評価面	許容応力状態ⅢＡＳ		許容応力状態ⅣＡＳ	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	25	390	34	421
P01’ P02’	42	390	52	421

表3－3　一次＋二次応力強さの評価のまとめ

（単位：MPa）

応力評価点	一次＋二次応力差最大範囲（P_L+P_b+Q）		
	S_n ＊1	S_n ＊2	許容応力 $3・S_m$
P01	107	139	552
P01’	107	139	552
P02	217	281	552
P02’	217	281	552

表3－4　疲労累積係数の評価のまとめ

応力評価点	疲労累積係数				
	U_n	U_{Sd}	U_{Ss}	U_f *	許容値
P01	0.009	0.001	0.001	0.010	1.0
P01’	0.009	0.001	0.001	0.010	1.0
P02	0.005	0.006	0.013	0.018	1.0
P02’	0.005	0.006	0.013	0.018	1.0

注記＊：疲労累積係数U_fは，運転状態Ⅰ及びⅡに地震荷重Ｓｄ*又は地震荷重Ｓｓのいずれか大きい方を加えた値である。

表3－5　座屈に対する評価に用いる荷重

許容応力状態	鉛直力*1		モーメント*2
	V_1 (kN)	V_2 (kN)	M (kN･m)
ⅢAS			
ⅣAS			

注記＊1 ：「応力解析の方針」の4.2節に示すV_1及びV_2の値

＊2 ：「応力解析の方針」の4.2節に示すMの値

表3－6　座屈に対する評価

許容応力状態	計算結果	許容値
ⅢAS	0.2	1
ⅣAS	0.2	1

4. 原子炉圧力容器基礎ボルトの応力計算

4.1 一般事項

本章は，原子炉圧力容器基礎ボルト（以下「基礎ボルト」という。）の応力計算について示すものである。

基礎ボルトは，設計基準対象施設においてＳクラス施設に分類される。

以下，設計基準対象施設としての構造強度評価を示す。

4.1.1 形状・寸法・材料

本章で解析する箇所の形状・寸法・材料を図4－1に示す。

4.1.2 解析範囲

解析範囲を図4－1に示す。

4.1.3 計算結果の概要

計算結果の概要を表4－1に示す。

〔　　〕：材　　料

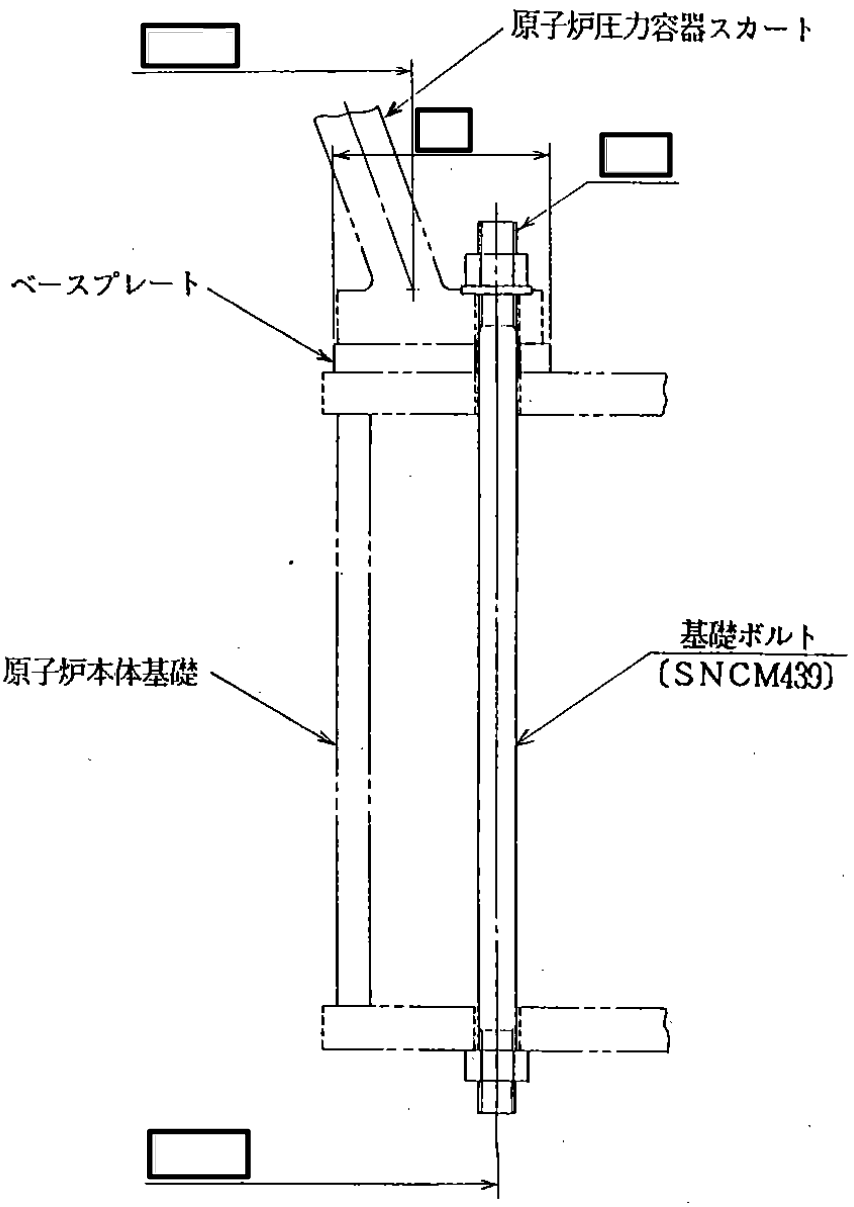


図 4－1　形状・寸法・材料　（単位：mm）

表4－1　計算結果の概要

（単位：MPa）

許容応力状態	地震荷重	応力の種類	計算結果	許容応力
ⅢＡＳ	S_d*	引張り	165	499*
		せん断	31	384
ⅣＡＳ	S_s	引張り	287	499*
		せん断	58	384
ⅣＡＳ	S_d*	引張り	165	458*
		せん断	31	353

注記＊：f_{ts}＝Min.(1.4・f_{to}－1.6・τ_b，f_{to})

4.2　計算条件

4.2.1　設計条件

設計条件は，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(2)に定めるとおりである。

4.2.2　材料

各部の材料を図4－1に示す。

4.2.3　荷重の組合せ及び許容応力状態

荷重の組合せ及び許容応力状態は，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(2)に定めるとおりである。

4.2.4　荷重の組合せ及び応力評価

応力評価は，4.2.3項に示す荷重の組合せにより発生する引張応力及びせん断応力について行う。

4.2.5　許容応力

許容応力を「応力解析の方針」の3.5節に示す。

4.2.6　許容応力評価条件

(1)　許容応力状態ⅢＡＳ及び許容応力状態ⅣＡＳの応力の評価には，運転状態Ⅰ及びⅡの荷重と組み合わせる場合には□℃，冷却材喪失事故後の荷重と組み合わせる場合には□℃に対する許容応力を用いる。

(2)　基礎ボルトの許容応力評価条件を表4－2に示す。

4.3　応力計算

4.3.1　外荷重による応力

(1)　荷重条件

基礎ボルトに作用する外荷重を「応力解析の方針」の表4－1(8)に示す。

(2)　計算方法

外荷重による応力の計算は，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(2)に定めるとおりである。

なお，引張り応力は基礎ボルトを断面積の等しい等価な円筒としてモデル化し，せん断応力は基礎ボルトの本数と断面性能より計算する。

4.4　応力の評価

各許容応力状態における評価を表4－3に示す。

表4－3より，各許容応力状態においてボルトに発生する応力は，「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

表 4－2　許容応力評価条件

評価部位	材料	温度条件 (℃)		S_m (MPa)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y (RT) (MPa)
基礎ボルト	SNCM439	運転状態Ⅰ及びⅡの温度		－	865	951	－
		運転状態Ⅳの温度*		－	774	873	－

注記＊：冷却材喪失事故後の温度を表す。

表4－3　計算結果

許容応力状態	地震荷重	温　度 (℃)	応力の種類	計算結果 (MPa)	許容応力 (MPa)
ⅢAS	S_d*		引張り	165	499*
			せん断	31	384
ⅣAS	S_s		引張り	287	499*
			せん断	58	384
ⅣAS	S_d*		引張り	165	458*
			せん断	31	353

注記＊：f_{ts}＝Min.(1.4・f_{to}－1.6・τ_b，f_{to})

Ⅴ-2-3-3-1-3　原子炉圧力容器本体の応力計算書

目　　次

（概要）

1.　概要　・・・

目　　次

（胴板）

2.　胴板の応力計算　・・・

図　表　目　次

（胴板）

図2－1　形状・寸法・材料・応力評価点　・・・

目　　次

（下部鏡板）

3.　下部鏡板の応力計算 ····· 3-1
3.1　一般事項 ····· 3-1
3.1.1　形状・寸法・材料 ····· 3-1
3.1.2　解析範囲 ····· 3-1
3.1.3　計算結果の概要 ····· 3-1
3.2　計算条件 ····· 3-4
3.2.1　設計条件 ····· 3-4
3.2.2　運転条件 ····· 3-4
3.2.3　材料 ····· 3-4
3.2.4　荷重の組合せ及び許容応力状態 ····· 3-4
3.2.5　荷重の組合せ及び応力評価 ····· 3-4
3.2.6　許容応力 ····· 3-4
3.3　応力計算 ····· 3-4
3.3.1　応力評価点 ····· 3-4
3.3.2　内圧及び差圧による応力 ····· 3-4
3.3.3　外荷重による応力 ····· 3-5
3.3.4　応力の評価 ····· 3-5
3.4　応力強さの評価 ····· 3-5
3.4.1　一次一般膜応力強さの評価 ····· 3-5
3.4.2　一次膜＋一次曲げ応力強さの評価 ····· 3-5
3.4.3　一次＋二次応力強さの評価 ····· 3-5
3.5　繰返し荷重の評価 ····· 3-6
3.5.1　疲労解析 ····· 3-6

図　表　目　次

（下部鏡板）

図3－1　形状・寸法・材料・応力評価点　・・　3-2

表3－1　計算結果の概要　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・

目　　次

（制御棒駆動機構ハウジング貫通孔）

4.　制御棒駆動機構ハウジング貫通孔の応力計算 ····· 4-1
4.1　一般事項 ····· 4-1
4.1.1　記号の説明 ····· 4-1
4.1.2　形状・寸法・材料 ····· 4-1
4.1.3　解析範囲 ····· 4-1
4.1.4　計算結果の概要 ····· 4-1
4.2　計算条件 ····· 4-4
4.2.1　設計条件 ····· 4-4
4.2.2　運転条件 ····· 4-4
4.2.3　材料 ····· 4-4
4.2.4　荷重の組合せ及び許容応力状態 ····· 4-4
4.2.5　荷重の組合せ及び応力評価 ····· 4-4
4.2.6　許容応力 ····· 4-4
4.3　応力計算 ····· 4-4
4.3.1　応力評価点 ····· 4-4
4.3.2　内圧による応力 ····· 4-4
4.3.3　外荷重による応力 ····· 4-5
4.3.4　応力の評価 ····· 4-5
4.4　応力強さの評価 ····· 4-5
4.4.1　一次一般膜応力強さの評価 ····· 4-5
4.4.2　一次膜＋一次曲げ応力強さの評価 ····· 4-5
4.4.3　一次＋二次応力強さの評価 ····· 4-5
4.5　繰返し荷重の評価 ····· 4-6
4.5.1　疲労解析 ····· 4-6
4.6　特別な応力の評価 ····· 4-6
4.6.1　座屈に対する評価 ····· 4-6

図　表　目　次

（制御棒駆動機構ハウジング貫通孔）

図4－1　形状・寸法・材料・応力評価点　・・・

目　　次

（原子炉冷却材再循環ポンプ貫通孔（N1））

5.　原子炉冷却材再循環ポンプ貫通孔（N1）の応力計算　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　5-1
5.1　一般事項　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・

図　表　目　次

（原子炉冷却材再循環ポンプ貫通孔（N1））

図5－1　形状・寸法・材料・応力評価点　・・・

目　　次

（主蒸気ノズル（N3））

6.　主蒸気ノズル（N3）の応力計算　・・・

図　表　目　次

（主蒸気ノズル（N3））

図6－1　形状・寸法・材料・応力評価点　・・・

目　　次

（給水ノズル（N4））

7.　給水ノズル（N4）の応力計算　・・・

図　表　目　次

（給水ノズル（N4））

図7－1　形状・寸法・材料・応力評価点　・・・

目　　次

（低圧注水ノズル（N6））

8.　低圧注水ノズル（N6）の応力計算　・・・

図　表　目　次

（低圧注水ノズル（N6））

図8－1　形状・寸法・材料・応力評価点　・・・

目　　次

（上蓋スプレイ・ベントノズル（N7））

9.　上蓋スプレイ・ベントノズル（N7）の応力計算 ····· 9-1
9.1　一般事項 ····· 9-1
9.1.1　形状・寸法・材料 ····· 9-1
9.1.2　解析範囲 ····· 9-1
9.1.3　計算結果の概要 ····· 9-1
9.2　計算条件 ····· 9-4
9.2.1　設計条件 ····· 9-4
9.2.2　運転条件 ····· 9-4
9.2.3　材料 ····· 9-4
9.2.4　荷重の組合せ及び許容応力状態 ····· 9-4
9.2.5　荷重の組合せ及び応力評価 ····· 9-4
9.2.6　許容応力 ····· 9-4
9.3　応力計算 ····· 9-4
9.3.1　応力評価点 ····· 9-4
9.3.2　内圧による応力 ····· 9-4
9.3.3　外荷重による応力 ····· 9-5
9.3.4　ボルト荷重による応力 ····· 9-5
9.3.5　応力の評価 ····· 9-5
9.4　応力強さの評価 ····· 9-5
9.4.1　一次一般膜応力強さの評価 ····· 9-5
9.4.2　一次膜＋一次曲げ応力強さの評価 ····· 9-5
9.4.3　一次＋二次応力強さの評価 ····· 9-6
9.5　繰返し荷重の評価 ····· 9-6
9.5.1　疲労解析 ····· 9-6

図　表　目　次

（上蓋スプレイ・ベントノズル（N7））

図9－1　形状・寸法・材料・応力評価点　・・・

目　　次

（原子炉停止時冷却材出口ノズル（N8））

10.　原子炉停止時冷却材出口ノズル（N8）の応力計算　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　10-1
10.1　一般事項　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・

図　表　目　次

（原子炉停止時冷却材出口ノズル（N8））

図10－1　形状・寸法・材料・応力評価点　・・・

目　　次

（原子炉停止時冷却材出口ノズル（N10））

11.　原子炉停止時冷却材出口ノズル（N10）の応力計算　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　11-1
11.1　一般事項　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・

図　表　目　次

（原子炉停止時冷却材出口ノズル（N10））

図11－1　形状・寸法・材料・応力評価点　・・・

目　　次

（原子炉冷却材再循環ポンプ差圧検出ノズル（N9））

12.　原子炉冷却材再循環ポンプ差圧検出ノズル（N9）の応力計算　…… 12-1
12.1　一般事項　…… 12-1
12.1.1　記号の説明　…… 12-1
12.1.2　形状・寸法・材料　…… 12-1
12.1.3　解析範囲　…… 12-1
12.1.4　計算結果の概要　…… 12-1
12.2　計算条件　…… 12-4
12.2.1　設計条件　…… 12-4
12.2.2　運転条件　…… 12-4
12.2.3　材料　…… 12-4
12.2.4　荷重の組合せ及び許容応力状態　…… 12-4
12.2.5　荷重の組合せ及び応力評価　…… 12-4
12.2.6　許容応力　…… 12-4
12.3　応力計算　…… 12-4
12.3.1　応力評価点　…… 12-4
12.3.2　内圧による応力　…… 12-4
12.3.3　外荷重による応力　…… 12-5
12.3.4　応力の評価　…… 12-5
12.4　応力強さの評価　…… 12-5
12.4.1　一次一般膜応力強さの評価　…… 12-5
12.4.2　一次膜＋一次曲げ応力強さの評価　…… 12-5
12.4.3　一次＋二次応力強さの評価　…… 12-5
12.5　繰返し荷重の評価　…… 12-6
12.5.1　疲労解析　…… 12-6
12.6　特別な応力の評価　…… 12-6
12.6.1　座屈に対する評価　…… 12-6

図　表　目　次

（原子炉冷却材再循環ポンプ差圧検出ノズル（N9））

図12－1　形状・寸法・材料・応力評価点　・・・

目　　次

（炉心支持板差圧検出ノズル（N11））

13.　炉心支持板差圧検出ノズル（N11）の応力計算 ····· 13-1
13.1　一般事項 ····· 13-1
13.1.1　記号の説明 ····· 13-1
13.1.2　形状・寸法・材料 ····· 13-1
13.1.3　解析範囲 ····· 13-1
13.1.4　計算結果の概要 ····· 13-1
13.2　計算条件 ····· 13-4
13.2.1　設計条件 ····· 13-4
13.2.2　運転条件 ····· 13-4
13.2.3　材料 ····· 13-4
13.2.4　荷重の組合せ及び許容応力状態 ····· 13-4
13.2.5　荷重の組合せ及び応力評価 ····· 13-4
13.2.6　許容応力 ····· 13-4
13.3　応力計算 ····· 13-4
13.3.1　応力評価点 ····· 13-4
13.3.2　内圧による応力 ····· 13-4
13.3.3　外荷重による応力 ····· 13-5
13.3.4　応力の評価 ····· 13-5
13.4　応力強さの評価 ····· 13-5
13.4.1　一次一般膜応力強さの評価 ····· 13-5
13.4.2　一次膜＋一次曲げ応力強さの評価 ····· 13-5
13.4.3　一次＋二次応力強さの評価 ····· 13-5
13.5　繰返し荷重の評価 ····· 13-6
13.5.1　疲労解析 ····· 13-6
13.6　特別な応力の評価 ····· 13-6
13.6.1　座屈に対する評価 ····· 13-6

図　表　目　次

（炉心支持板差圧検出ノズル（N11））

図13－1　形状・寸法・材料・応力評価点　・・・

目　　次

（計装ノズル（N12））

14.　計装ノズル（N12）の応力計算 ····· 14-1
14.1　一般事項 ····· 14-1
14.1.1　形状・寸法・材料 ····· 14-1
14.1.2　解析範囲 ····· 14-1
14.1.3　計算結果の概要 ····· 14-1
14.2　計算条件 ····· 14-4
14.2.1　設計条件 ····· 14-4
14.2.2　運転条件 ····· 14-4
14.2.3　材料 ····· 14-4
14.2.4　荷重の組合せ及び許容応力状態 ····· 14-4
14.2.5　荷重の組合せ及び応力評価 ····· 14-4
14.2.6　許容応力 ····· 14-4
14.3　応力計算 ····· 14-4
14.3.1　応力評価点 ····· 14-4
14.3.2　内圧による応力 ····· 14-4
14.3.3　外荷重による応力 ····· 14-5
14.3.4　応力の評価 ····· 14-5
14.4　応力強さの評価 ····· 14-5
14.4.1　一次一般膜応力強さの評価 ····· 14-5
14.4.2　一次膜＋一次曲げ応力強さの評価 ····· 14-5
14.4.3　一次＋二次応力強さの評価 ····· 14-5
14.5　繰返し荷重の評価 ····· 14-6
14.5.1　疲労解析 ····· 14-6

図　表　目　次

（計装ノズル（N12））

図14－1　形状・寸法・材料・応力評価点　・・・

目　　次

（計装ノズル（N13））

15.　計装ノズル（N13）の応力計算 ····· 15-1
15.1　一般事項 ····· 15-1
15.1.1　形状・寸法・材料 ····· 15-1
15.1.2　解析範囲 ····· 15-1
15.1.3　計算結果の概要 ····· 15-1
15.2　計算条件 ····· 15-4
15.2.1　設計条件 ····· 15-4
15.2.2　運転条件 ····· 15-4
15.2.3　材料 ····· 15-4
15.2.4　荷重の組合せ及び許容応力状態 ····· 15-4
15.2.5　荷重の組合せ及び応力評価 ····· 15-4
15.2.6　許容応力 ····· 15-4
15.3　応力計算 ····· 15-4
15.3.1　応力評価点 ····· 15-4
15.3.2　内圧による応力 ····· 15-4
15.3.3　外荷重による応力 ····· 15-5
15.3.4　応力の評価 ····· 15-5
15.4　応力強さの評価 ····· 15-5
15.4.1　一次一般膜応力強さの評価 ····· 15-5
15.4.2　一次膜＋一次曲げ応力強さの評価 ····· 15-5
15.4.3　一次＋二次応力強さの評価 ····· 15-5
15.5　繰返し荷重の評価 ····· 15-6
15.5.1　疲労解析 ····· 15-6

図　表　目　次

（計装ノズル（N13））

図15－1　形状・寸法・材料・応力評価点　・・・

目　　次

（計装ノズル（N14））

16.　計装ノズル（N14）の応力計算　・・・

図　表　目　次

（計装ノズル（N14））

図16－1　形状・寸法・材料・応力評価点　・・・

目　　次

（ドレンノズル（N15））

17.　ドレンノズル（N15）の応力計算　・・・

図　表　目　次

（ドレンノズル（N15））

図17－1　形状・寸法・材料・応力評価点　・・・

目　　次

（高圧炉心注水ノズル（N16））

18.　高圧炉心注水ノズル（N16）の応力計算　・・・

図　表　目　次

（高圧炉心注水ノズル（N16））

図18－1　形状・寸法・材料・応力評価点　・・・

1. 概要

本計算書は，原子炉圧力容器本体の応力計算書である。

本計算書の各機器は，Ⅴ-2-3-3-1-1「原子炉圧力容器の応力解析の方針」（以下「応力解析の方針」という。）に基づき評価する。

本計算書は，原子炉圧力容器本体であって，設計基準対象施設及び重大事故等対処設備に分類される下記の機器について，構造強度評価の結果を示すものである。

・胴板
・下部鏡板
・制御棒駆動機構ハウジング貫通孔
・原子炉冷却材再循環ポンプ貫通孔（N1）
・主蒸気ノズル（N3）
・給水ノズル（N4）
・低圧注水ノズル（N6）
・上蓋スプレイ・ベントノズル（N7）
・原子炉停止時冷却材出口ノズル（N8）
・原子炉停止時冷却材出口ノズル（N10）
・原子炉冷却材再循環ポンプ差圧検出ノズル（N9）
・炉心支持板差圧検出ノズル（N11）
・計装ノズル（N12）
・計装ノズル（N13）
・計装ノズル（N14）
・計装ノズル（N15）

なお，原子炉圧力容器であって，設計基準対象施設に分類される下記の機器については，Ⅴ-2-3-3-1-2(1)「原子炉圧力容器の耐震計算結果」に構造強度評価の結果を示す。

・ブラケット類
・原子炉圧力容器スカート
・原子炉圧力容器基礎ボルト

注：本計算書においては，平成5年6月17日付け4資庁第14562号にて認可された工事計画の添付書類（「応力解析の方針」の参照図書(1)）を「既工認」という。

2. 胴板の応力計算

2.1 一般事項

本章は，胴板の応力計算について示すものである。

胴板は，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。

以下，設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

2.1.1 形状・寸法・材料

本章で解析する箇所の形状・寸法・材料を図2－1に示す。

2.1.2 解析範囲

解析範囲を図2－1に示す。

2.1.3 計算結果の概要

計算結果の概要を表2－1に示す。

なお，応力評価点の選定に当たっては，形状不連続部，溶接部及び厳しい荷重作用点に着目し，各部分ごとに数点の評価点を設けて評価を行い，疲労累積係数が厳しくなる評価点を記載する。

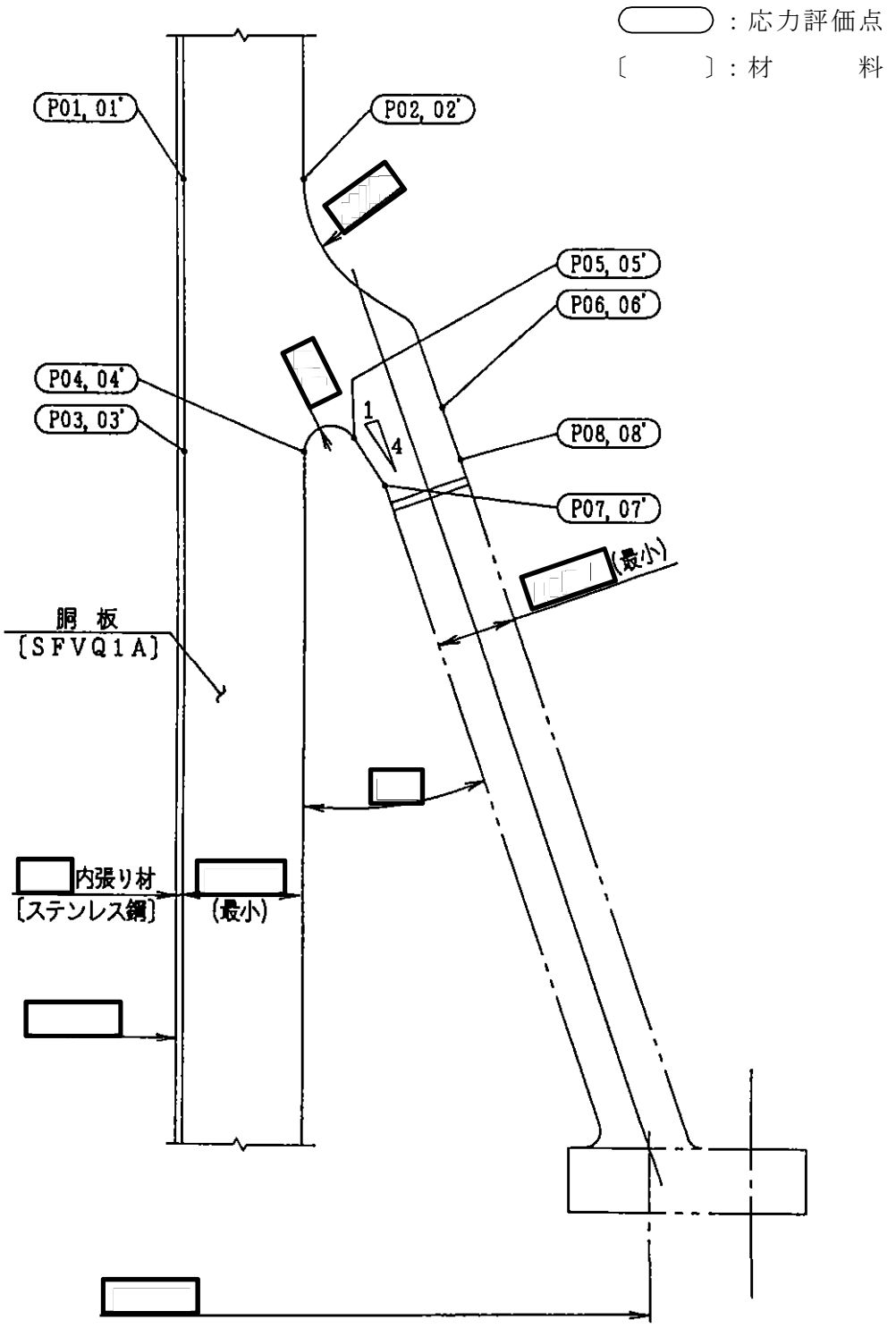


図2－1　形状・寸法・材料・応力評価点　（単位：mm）

表2－1　計算結果の概要

部分及び材料	許容応力状態	一次一般膜応力強さ (MPa)			一次膜＋一次曲げ応力強さ (MPa)			一次＋二次応力強さ (MPa)			疲労解析		
		応力強さ	許容応力	応力評価面	応力強さ	許容応力	応力評価面	応力強さ	許容応力	応力評価点	疲労*累積係数	許容値	応力評価点
胴板 SFVQ1A	ⅢＡＳ	177	303	P03　－ P04	163	394	P01　－ P02	—	—	—	—	—	—
	ⅣＡＳ	177	320	P03　－ P04	168	417	P01　－ P02	—	—	—	—	—	—
	ⅢＡＳ	—	—	—	—	—	—	81	552	P04	0.007	1.0	P03
	ⅣＡＳ	—	—	—	—	—	—	105	552	P04			
スカート付根部 SFVQ1A	ⅢＡＳ	48	303	P07’－ P08’	122	392	P05　－ P06	—	—	—	—	—	—
	ⅣＡＳ	58	320	P07’－ P08’	129	414	P05　－ P06	—	—	—	—	—	—
	ⅢＡＳ	—	—	—	—	—	—	128	552	P07	0.482	1.0	P07
	ⅣＡＳ	—	—	—	—	—	—	166	552	P07			

注記＊：疲労累積係数は，運転状態Ⅰ及びⅡに地震荷重Ｓｄ*又は地震荷重Ｓｓのいずれか大きい方を加えた値である。

2.2　計算条件

2.2.1　設計条件

設計条件を「応力解析の方針」の4.1節に示す。

2.2.2　運転条件

考慮した運転条件を「応力解析の方針」の4.2節に示す。

2.2.3　材料

各部の材料を図2－1に示す。

2.2.4　荷重の組合せ及び許容応力状態

荷重の組合せ及び許容応力状態を「応力解析の方針」の3.4節に示す。

2.2.5　荷重の組合せ及び応力評価

荷重の組合せ及び応力評価を「応力解析の方針」の4.3節に示す。

2.2.6　許容応力

許容応力を「応力解析の方針」の3.5節に示す。

2.3　応力計算

2.3.1　応力評価点

応力評価点の位置を図2－1に示す。

なお，応力集中を生じる箇所の応力集中係数は，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)c.に定めるとおりである。

2.3.2　内圧による応力

(1)　荷重条件（L01）

各運転状態による内圧は，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)c.に定めるとおりである。

(2)　計算方法

内圧による応力の計算は，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)c.に定めるとおりである。

なお，各運転条件での内圧による応力は，既工認と同様に，既工認の最高使用圧力での応力を用いて，圧力の比により（比倍して）計算する。

2.3.3　外荷重による応力

(1)　荷重条件（L12,L13,L18,L19,L14及びL16）

外荷重を「応力解析の方針」の表4－1(2)に示す。

(2)　計算方法

外荷重による応力の計算は，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)c.に定めるとおりである。

なお，各荷重での応力は，既工認と同様に，単位荷重（鉛直力，水平力等）での応力を用いて，荷重（鉛直力，水平力等）の比により（比倍して）計算する。

2.3.4　応力の評価

各応力評価点で計算された応力を分類ごとに重ね合わせて組合せ応力を求め，応力強さを算出する。

応力強さの算出方法は，「応力解析の方針」の5.1.2項に定めるとおりである。

2.4　応力強さの評価

2.4.1　一次一般膜応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表2－2に示す。

表2－2より，各許容応力状態の一次一般膜応力強さは，「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

2.4.2　一次膜＋一次曲げ応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表2－3に示す。

表2－3より，各許容応力状態の一次膜＋一次曲げ応力強さは，「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

2.4.3　一次＋二次応力強さの評価

地震荷重のみにおける評価を表2－4に示す。

表2－4より，すべての評価点においてS_n＊1及びS_n＊2は，3・S_m以下であり，「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

2.5　繰返し荷重の評価

2.5.1　疲労解析

胴板の応力評価点について，詳細な繰返し荷重の評価を行う。

(1)　疲労累積係数

各応力評価点における疲労累積係数を表2－5に示す。

表2－5より，各応力評価点において疲労累積係数は1.0以下であり，「応力解析の方針」の3.5節に示す許容値を満足する。

表2－2　一次一般膜応力強さの評価のまとめ

（単位：MPa）

応力評価面	許容応力状態ⅢＡＳ		許容応力状態ⅣＡＳ	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	177	303	177	320
P01’ P02’	177	303	177	320
P03 P04	177	303	177	320
P03’ P04’	177	303	177	320
P07 P08	24	303	34	320
P07’ P08’	48	303	58	320

表2－3　一次膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ

（単位：MPa）

応力評価面	許容応力状態ⅢＡＳ		許容応力状態ⅣＡＳ	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	163	394	168	417
P01’ P02’	129	394	124	417
P03 P04	130	394	130	417
P03’ P04’	146	394	149	417
P05 P06	122	392	129	414
P05’ P06’	109	392	112	414
P07 P08	105	390	110	413
P07’ P08’	113	390	118	413

表2－4　一次＋二次応力強さの評価のまとめ

（単位：MPa）

応力評価点	一次＋二次応力差最大範囲（P_L+P_b+Q）		
	S_n ＊1	S_n ＊2	許容応力 $3\cdot S_m$
P01	33	43	552
P01’	33	43	552
P02	80	103	552
P02’	80	103	552
P03	33	43	552
P03’	33	43	552
P04	81	105	552
P04’	81	105	552
P05	87	113	552
P05’	87	113	552
P06	57	74	552
P06’	57	74	552
P07	128	166	552
P07’	128	166	552
P08	37	47	552
P08’	37	47	552

表2－5　疲労累積係数の評価のまとめ

応力評価点	疲労累積係数				
	U_n	U_{Sd}	U_{Ss}	U_f *	許容値
P01	0.001	0.001	0.001	0.002	1.0
P01’	0.001	0.001	0.001	0.002	1.0
P02	0.002	0.001	0.001	0.003	1.0
P02’	0.002	0.001	0.001	0.003	1.0
P03	0.006	0.001	0.001	0.007	1.0
P03’	0.006	0.001	0.001	0.007	1.0
P04	0.005	0.001	0.002	0.007	1.0
P04’	0.005	0.001	0.002	0.007	1.0
P05	0.464	0.001	0.002	0.466	1.0
P05’	0.464	0.001	0.002	0.466	1.0
P06	0.015	0.001	0.001	0.016	1.0
P06’	0.015	0.001	0.001	0.016	1.0
P07	0.480	0.001	0.002	0.482	1.0
P07’	0.480	0.001	0.002	0.482	1.0
P08	0.022	0.001	0.001	0.023	1.0
P08’	0.022	0.001	0.001	0.023	1.0

注記＊：疲労累積係数U_fは，運転状態Ⅰ及びⅡに地震荷重Ｓｄ*又は地震荷重Ｓｓのいずれか大きい方を加えた値である。

3. 下部鏡板の応力計算

3.1 一般事項

本章は，下部鏡板の応力計算について示すものである。

下部鏡板は，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。

以下，設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

3.1.1 形状・寸法・材料

本章で解析する箇所の形状・寸法・材料を図3－1に示す。

3.1.2 解析範囲

解析範囲を図3－1に示す。

3.1.3 計算結果の概要

計算結果の概要を表3－1に示す。

なお，応力評価点の選定に当たっては，形状不連続部，溶接部及び厳しい荷重作用点に着目し，各部分ごとに数点の評価点を設けて評価を行い，疲労累積係数が厳しくなる評価点を記載する。

：応力評価点

〔　　〕：材　　料

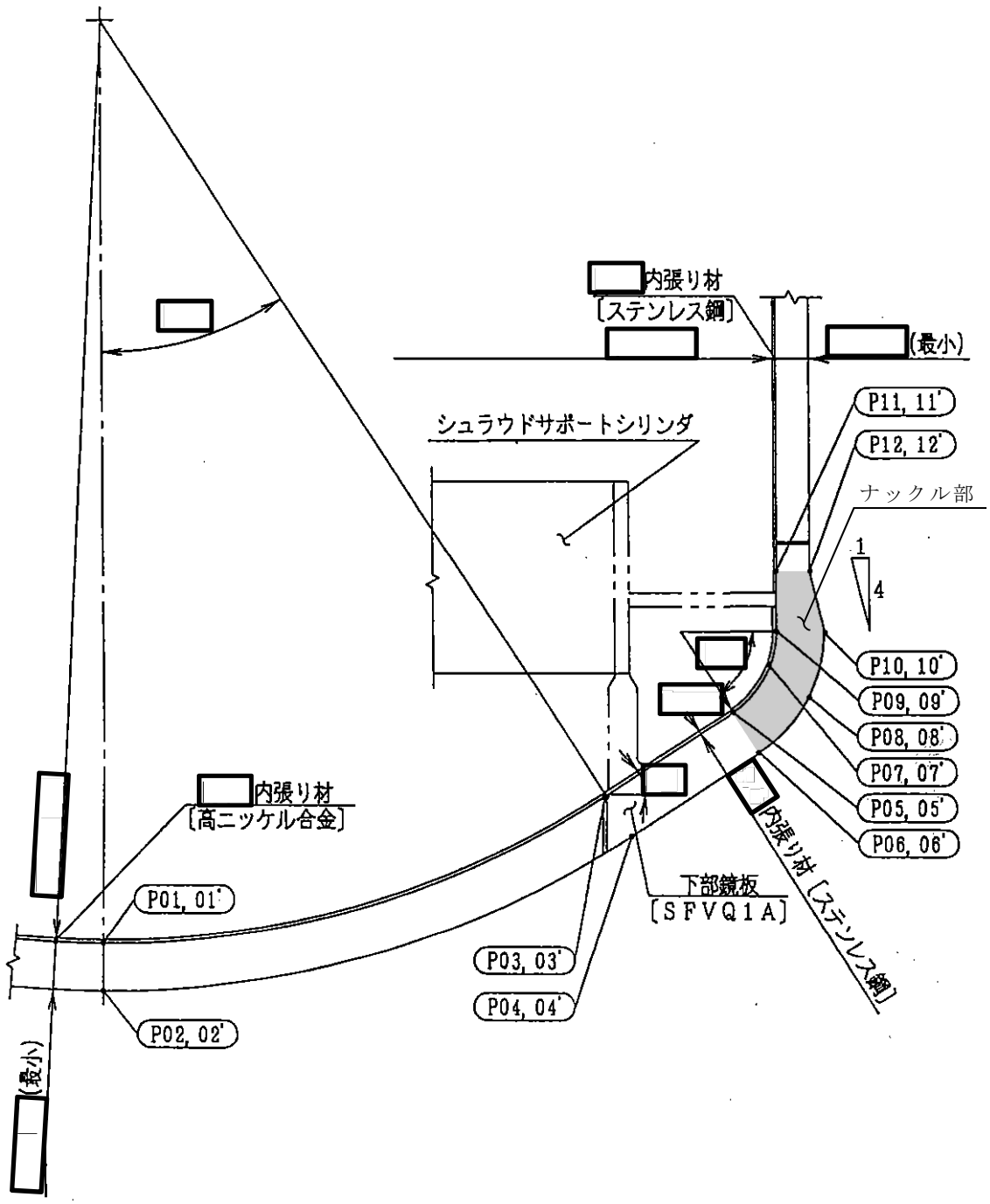


図3－1　形状・寸法・材料・応力評価点　（単位：mm）

表3－1　計算結果の概要

部分及び材料	許容応力状態	一次一般膜応力強さ (MPa)			一次膜＋一次曲げ応力強さ (MPa)			一次＋二次応力強さ (MPa)			疲労解析		
		応力強さ	許容応力	応力評価面	応力強さ	許容応力	応力評価面	応力強さ	許容応力	応力評価点	疲労*累積係数	許容値	応力評価点
球殻部 SFVQ1A	ⅢＡＳ	194	303	P01 － P02	221	394	P01 － P02	—	—	—	—	—	—
	ⅣＡＳ	198	320	P01 － P02	227	417	P01 － P02	—	—	—	—	—	—
	ⅢＡＳ	—	—	—	—	—	—	41	552	P01	0.007	1.0	P02
	ⅣＡＳ	—	—	—	—	—	—	54	552	P01			
球殻部と円錐部の接続部 SFVQ1A	ⅢＡＳ	—	—	—	98	394	P03 － P04	—	—	—	—	—	—
	ⅣＡＳ	—	—	—	103	417	P03 － P04	—	—	—	—	—	—
	ⅢＡＳ	—	—	—	—	—	—	88	552	P04	0.002	1.0	P03
	ⅣＡＳ	—	—	—	—	—	—	124	552	P04			
ナックル部 SFVQ1A	ⅢＡＳ	—	—	—	124	394	P07 － P08	—	—	—	—	—	—
	ⅣＡＳ	—	—	—	132	417	P07 － P08	—	—	—	—	—	—
	ⅢＡＳ	—	—	—	—	—	—	94	552	P07	0.008	1.0	P07
	ⅣＡＳ	—	—	—	—	—	—	130	552	P07			
ナックル部と円筒胴部の接続部 SFVQ1A	ⅢＡＳ	—	—	—	117	394	P11 － P12	—	—	—	—	—	—
	ⅣＡＳ	—	—	—	122	417	P11 － P12	—	—	—	—	—	—
	ⅢＡＳ	—	—	—	—	—	—	46	552	P11	0.027	1.0	P12
	ⅣＡＳ	—	—	—	—	—	—	63	552	P11			

注記＊：疲労累積係数は，運転状態Ⅰ及びⅡに地震荷重Ｓｄ*又は地震荷重Ｓｓのいずれか大きい方を加えた値である。

3.2　計算条件

3.2.1　設計条件

設計条件を「応力解析の方針」の4.1節に示す。

3.2.2　運転条件

考慮した運転条件を「応力解析の方針」の4.2節に示す。

3.2.3　材料

各部の材料を図3－1に示す。

3.2.4　荷重の組合せ及び許容応力状態

荷重の組合せ及び許容応力状態を「応力解析の方針」の3.4節に示す。

3.2.5　荷重の組合せ及び応力評価

荷重の組合せ及び応力評価を「応力解析の方針」の4.3節に示す。

3.2.6　許容応力

許容応力を「応力解析の方針」の3.5節に示す。

3.3　応力計算

3.3.1　応力評価点

応力評価点の位置を図3－1に示す。

なお，応力集中を生じる箇所の応力集中係数は，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)e.に定めるとおりである。

3.3.2　内圧及び差圧による応力

(1)　荷重条件（L01及びL02）

各運転状態による内圧及び差圧は，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)e.に定めるとおりである。

(2)　計算方法

内圧及び差圧による応力の計算は，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)e.に定めるとおりである。

なお，各運転条件での内圧及び差圧による応力は，既工認と同様に，既工認の最高使用圧力での応力を用いて，圧力の比により（比倍して）計算する。

3.3.3　外荷重による応力

(1)　荷重条件（L12,L13,L18,L19,L14及びL16）

外荷重を「応力解析の方針」の表4－1(1)に示す。

(2)　計算方法

外荷重による応力の計算は，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)e.に定めるとおりである。

なお，各荷重での応力は，既工認と同様に，単位荷重（鉛直力，水平力等）での応力を用いて，荷重（鉛直力，水平力等）の比により（比倍して）計算する。

3.3.4　応力の評価

各応力評価点で計算された応力を分類ごとに重ね合わせて組合せ応力を求め，応力強さを算出する。

応力強さの算出方法は，「応力解析の方針」の5.1.2項に定めるとおりである。

3.4　応力強さの評価

3.4.1　一次一般膜応力強さの評価

応力評価面P01－P02及びP01’－P02’について各許容応力状態における評価を表3－2に示す。なお，その他の応力評価面は，構造不連続部であるため，一次一般膜応力に分類される応力は存在しない。

表3－2より，各許容応力状態の一次一般膜応力強さは，「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

3.4.2　一次膜＋一次曲げ応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表3－3に示す。

表3－3より，各許容応力状態の一次膜＋一次曲げ応力強さは，「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

3.4.3　一次＋二次応力強さの評価

地震荷重のみにおける評価を表3－4に示す。

表3－4より，すべての評価点において$S_n^{\#1}$及び$S_n^{\#2}$は，3・S_m以下であり，「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

3.5　繰返し荷重の評価

3.5.1　疲労解析

下部鏡板の応力評価点について，詳細な繰返し荷重の評価を行う。

(1)　疲労累積係数

各応力評価点における疲労累積係数を表3－5に示す。

表3－5より，各応力評価点において疲労累積係数は1.0以下であり，「応力解析の方針」の3.5節に示す許容値を満足する。

表3－2　一次一般膜応力強さの評価のまとめ

（単位：MPa）

応力評価面	許容応力状態ⅢＡＳ		許容応力状態ⅣＡＳ	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	194	303	198	320
P01’ P02’	171	303	168	320

表3－3　一次膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ

（単位：MPa）

応力評価面	許容応力状態ⅢＡＳ		許容応力状態ⅣＡＳ	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	221	394	227	417
P01’ P02’	184	394	178	417
P03 P04	98	394	103	417
P03’ P04’	72	394	68	417
P05 P06	119	394	126	417
P05’ P06’	86	394	79	417
P07 P08	124	394	132	417
P07’ P08’	84	394	77	417
P09 P10	110	394	118	417
P09’ P10’	66	394	60	417
P11 P12	117	394	122	417
P11’ P12’	88	394	83	417

表3－4　一次＋二次応力強さの評価のまとめ

（単位：MPa）

応力評価点	一次＋二次応力差最大範囲（P_L+P_b+Q）		
	S_n ＃1	S_n ＃2	許容応力 $3\cdot S_m$
P01	41	54	552
P01’	41	54	552
P02	36	46	552
P02’	36	46	552
P03	49	72	552
P03’	49	72	552
P04	88	124	552
P04’	88	124	552
P05	81	112	552
P05’	81	112	552
P06	37	52	552
P06’	37	52	552
P07	94	130	552
P07’	94	130	552
P08	53	73	552
P08’	53	73	552
P09	72	98	552
P09’	72	98	552
P10	35	48	552
P10’	35	48	552
P11	46	63	552
P11’	46	63	552
P12	43	59	552
P12’	43	59	552

表3－5　疲労累積係数の評価のまとめ

応力評価点	疲労累積係数				
	U_n	U_{Sd}	U_{Ss}	U_f*	許容値
P01	0.003	0.001	0.001	0.004	1.0
P01’	0.003	0.001	0.001	0.004	1.0
P02	0.006	0.001	0.001	0.007	1.0
P02’	0.006	0.001	0.001	0.007	1.0
P03	0.001	0.001	0.001	0.002	1.0
P03’	0.001	0.001	0.001	0.002	1.0
P04	0.001	0.001	0.001	0.002	1.0
P04’	0.001	0.001	0.001	0.002	1.0
P05	0.004	0.001	0.001	0.005	1.0
P05’	0.004	0.001	0.001	0.005	1.0
P06	0.001	0.001	0.001	0.002	1.0
P06’	0.001	0.001	0.001	0.002	1.0
P07	0.007	0.001	0.001	0.008	1.0
P07’	0.007	0.001	0.001	0.008	1.0
P08	0.001	0.001	0.001	0.002	1.0
P08’	0.001	0.001	0.001	0.002	1.0
P09	0.003	0.001	0.001	0.004	1.0
P09’	0.003	0.001	0.001	0.004	1.0
P10	0.001	0.001	0.001	0.002	1.0
P10’	0.001	0.001	0.001	0.002	1.0
P11	0.004	0.001	0.001	0.005	1.0
P11’	0.004	0.001	0.001	0.005	1.0
P12	0.026	0.001	0.001	0.027	1.0
P12’	0.026	0.001	0.001	0.027	1.0

注記＊：疲労累積係数U_fは，運転状態Ⅰ及びⅡに地震荷重Ｓｄ*又は地震荷重Ｓｓのいずれか大きい方を加えた値である。

4. 制御棒駆動機構ハウジング貫通孔の応力計算

4.1 一般事項

本章は，制御棒駆動機構ハウジング貫通孔の応力計算について示すものである。

制御棒駆動機構ハウジング貫通孔は，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。

以下，設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

注：以下，制御棒駆動機構ハウジングを「ハウジング」，制御棒駆動機構ハウジング貫通孔スタブチューブを「スタブチューブ」という。

4.1.1 記号の説明

記号の説明を「応力解析の方針」の2.4節に示す。

更に，本章において，以下の記号を用いる。

記号	記号の説明	単位
R_i	スタブチューブの内半径	mm
t	スタブチューブの最小厚さ	mm
A	スタブチューブの断面積	mm^2
Z	スタブチューブの断面係数	mm^3
σ_{ca}	許容応力	MPa
L	スタブチューブの最大長さ	m

4.1.2 形状・寸法・材料

本章で解析する箇所の形状・寸法・材料を図4－1に示す。

4.1.3 解析範囲

解析範囲を図4－1に示す。

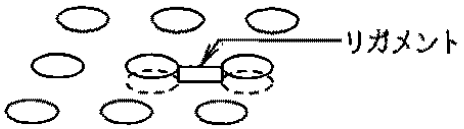
4.1.4 計算結果の概要

計算結果の概要を表4－1に示す。

なお，応力評価点の選定に当たっては，形状不連続部，溶接部及び厳しい荷重作用点に着目し，各部分ごとに数点の評価点を設けて評価を行い，疲労累積係数が厳しくなる評価点を記載する。

：応力評価点

〔　　〕：材　　料



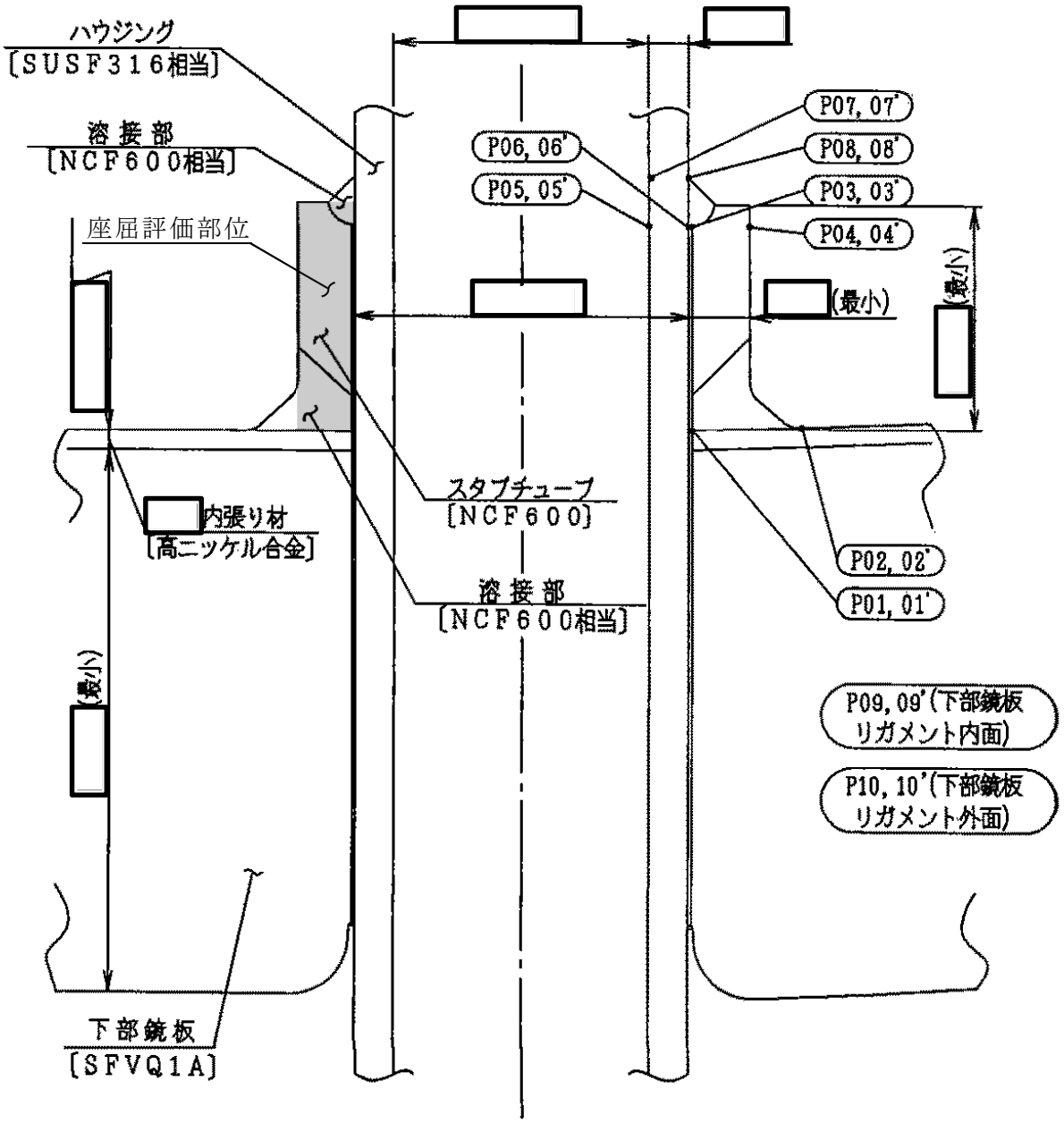


図4－1　形状・寸法・材料・応力評価点　（単位：mm）

表4－1(1)　計算結果の概要

部分及び材料	許容応力状態	一次一般膜応力強さ (MPa)			一次膜＋一次曲げ応力強さ (MPa)			一次＋二次応力強さ (MPa)			疲労解析		
		応力強さ	許容応力	応力評価面	応力強さ	許容応力	応力評価面	応力強さ	許容応力	応力評価点	疲労*累積係数	許容値	応力評価点
スタブチューブ NCF600 NCF600相当	ⅢＡＳ	55	196	P01’－P02’	196	271	P01’－P02’	—	—	—	—	—	—
	ⅣＡＳ	56	334	P01’－P02’	199	460	P01’－P02’	—	—	—	—	—	—
	ⅢＡＳ	—	—	—	—	—	—	109	492	P03	0.051	1.0	P01
	ⅣＡＳ	—	—	—	—	—	—	123	492	P03			
ハウジング SUSF316相当	ⅢＡＳ	54	142	P05　－P06	75	199	P05　－P06	—	—	—	—	—	—
	ⅣＡＳ	55	280	P05　－P06	80	390	P05　－P06	—	—	—	—	—	—
	ⅢＡＳ	—	—	—	—	—	—	70	360	P08	0.013	1.0	P06
	ⅣＡＳ	—	—	—	—	—	—	66	360	P08			
下部鏡板 リガメント SFVQ1A	ⅢＡＳ	161	303	P09　－P10	172	454	P09　－P10	—	—	—	—	—	—
	ⅣＡＳ	161	320	P09　－P10	172	481	P09　－P10	—	—	—	—	—	—
	ⅢＡＳ	—	—	—	—	—	—	6	552	P09	0.027	1.0	P09
	ⅣＡＳ	—	—	—	—	—	—	7	552	P09			

注記＊：疲労累積係数は，運転状態Ⅰ及びⅡに地震荷重Ｓｄ*又は地震荷重Ｓｓのいずれか大きい方を加えた値である。

表4－1(2)　計算結果の概要

(単位：MPa)

部分及び材料	許容応力状態	座屈に対する評価	
		圧縮応力	許容応力
スタブチューブ NCF600	ⅢＡＳ	85	99
	ⅣＡＳ	88	124

4.2　計算条件

4.2.1　設計条件

設計条件を「応力解析の方針」の4.1節に示す。

4.2.2　運転条件

考慮した運転条件を「応力解析の方針」の4.2節に示す。

4.2.3　材料

各部の材料を図4－1に示す。

4.2.4　荷重の組合せ及び許容応力状態

荷重の組合せ及び許容応力状態を「応力解析の方針」の3.4節に示す。

4.2.5　荷重の組合せ及び応力評価

荷重の組合せ及び応力評価を「応力解析の方針」の4.3節に示す。

4.2.6　許容応力

許容応力を「応力解析の方針」の3.5節に示す。

4.3　応力計算

4.3.1　応力評価点

応力評価点の位置を図4－1に示す。

なお，応力集中を生じる箇所の応力集中係数は，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)f.に定めるとおりである。

4.3.2　内圧による応力

(1)　荷重条件（L01）

各運転状態による内圧は，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)f.に定めるとおりである。

(2)　計算方法

内圧による応力の計算は，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)f.に定めるとおりである。

なお，各運転条件での内圧による応力は，既工認と同様に，既工認の最高使用圧力での応力を用いて，圧力の比により（比倍して）計算する。

4.3.3　外荷重による応力

(1)　荷重条件（L12,L13,L18,L19,L14及びL16）

外荷重を「応力解析の方針」の表4－1(3)に示す。

(2)　計算方法

外荷重による応力の計算は，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)f.に定めるとおりである。

なお，各荷重での応力は，既工認と同様に，単位荷重（鉛直力，水平力等）での応力を用いて，荷重（鉛直力，水平力等）の比により（比倍して）計算する。

4.3.4　応力の評価

各応力評価点で計算された応力を分類ごとに重ね合わせて組合せ応力を求め，応力強さを算出する。

応力強さの算出方法は，「応力解析の方針」の5.1.2項に定めるとおりである。

4.4　応力強さの評価

4.4.1　一次一般膜応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表4－2に示す。

表4－2より，各許容応力状態の一次一般膜応力強さは，「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

4.4.2　一次膜＋一次曲げ応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表4－3に示す。

表4－3より，各許容応力状態の一次膜＋一次曲げ応力強さは，「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

4.4.3　一次＋二次応力強さの評価

地震荷重のみにおける評価を表4－4に示す。

表4－4より，すべての評価点においてS_n＊1及びS_n＊2は，3・S_m以下であり，「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

4.5　繰返し荷重の評価

4.5.1　疲労解析

スタブチューブ，ハウジング及び下部鏡板リガメント部の応力評価点について，詳細な繰返し荷重の評価を行う。

(1)　疲労累積係数

各応力評価点における疲労累積係数を表4－5に示す。

表4－5より，各応力評価点において疲労累積係数は1.0以下であり，「応力解析の方針」の3.5節に示す許容値を満足する。

4.6　特別な応力の評価

4.6.1　座屈に対する評価

スタブチューブには，制御棒駆動機構ハウジング貫通孔に作用する鉛直力及びモーメントにより，圧縮応力が生じる。したがって，これらの荷重の組合せにより発生する圧縮応力の評価を行う。

(1)　計算データ

スタブチューブの内半径　　R_i = [　　] mm

スタブチューブの最小厚さ　t = [　　] mm

スタブチューブの断面積

$A = \pi \cdot \{(R_i + t)^2 - R_i^2\} = \pi \times$ [　　] = [　　] mm^2

スタブチューブの断面係数

$$Z = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{(R_i + t)^4 - R_i^4}{R_i + t} = \frac{\pi}{4} \times \frac{\square}{\square}$$

$$= \square \ mm^3$$

(2)　荷重

スタブチューブに作用する鉛直力及びモーメントを「応力解析の方針」の表4－1(3)に示す。

(3)　圧縮応力

計算データ（断面性能）を基に，表4－6に示す各許容応力状態の荷重によってスタブチューブに発生する圧縮応力を表4－7に示す。

(4)　許容応力

各許容応力状態における許容応力の計算は，設計・建設規格　PVB-3117を準用して計算する。

a.　許容応力状態ⅢAS

許容応力状態ⅢASにおける許容応力σ_{ca}は，次のように得られる。

σ_{ca}＝1.2MIN[S_m，B]

ここで，

S_m＝164 MPa

B　＝　83 MPa

□℃における値）

このうちB値は，設計・建設規格　PVB-3117より，次のようにして求める。

設計・建設規格　付録材料図表　Part7　図1より

$$A=\frac{0.125}{R_i/t}=\frac{0.125}{\square}=0.0246063$$

を用いて，設計・建設規格　付録材料図表　Part7　図7より

B＝83 MPa

よって，許容応力σ_{ca}は，

σ_{ca}＝1.2・B＝1.2×83＝99 MPa

b.　許容応力状態ⅣAS

許容応力状態ⅣASにおける許容応力σ_{ca}は，次のように得られる。

σ_{ca}＝1.5MIN[S_m，B]

よって，許容応力σ_{ca}は，

σ_{ca}＝1.5・B＝1.5×83＝124 MPa

(5)　座屈に対する評価

各許容応力状態における座屈に対する評価を表4－7に示す。

表4－7より，各許容応力状態における圧縮応力は，許容応力を満足するため，座屈は発生しない。

表4－2　一次一般膜応力強さの評価のまとめ

（単位：MPa）

応力評価面	許容応力状態ⅢＡＳ		許容応力状態ⅣＡＳ	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	50	196	50	334
P01’ P02’	55	196	56	334
P03 P04	50	196	50	334
P03’ P04’	55	196	56	334
P05 P06	54	142	55	280
P05’ P06’	49	142	48	280
P07 P08	2	142	2	280
P07’ P08’	5	142	6	280
P09 P10	161	303	161	320
P09’ P10’	158	303	158	320

表4－3　一次膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ

（単位：MPa）

応力評価面	許容応力状態ⅢＡＳ		許容応力状態ⅣＡＳ	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	144	271	141	460
P01’ P02’	196	271	199	460
P03 P04	30	271	29	460
P03’ P04’	69	271	72	460
P05 P06	75	199	80	390
P05’ P06’	50	199	46	390
P07 P08	37	199	37	390
P07’ P08’	27	199	28	390
P09 P10	172	454	172	481
P09’ P10’	169	454	169	481

表4－4　一次＋二次応力強さの評価のまとめ

（単位：MPa）

応力評価点	一次＋二次応力差最大範囲（P_L+P_b+Q）		
	S_n ＊1	S_n ＊2	許容応力 $3\cdot S_m$
P01	36	40	492
P01’	36	40	492
P02	36	40	492
P02’	36	40	492
P03	109	123	492
P03’	109	123	492
P04	20	22	492
P04’	20	22	492
P05	34	33	360
P05’	34	33	360
P06	22	32	360
P06’	22	32	360
P07	17	22	360
P07’	17	22	360
P08	70	66	360
P08’	70	66	360
P09	6	7	552
P09’	6	7	552
P10	4	4	552
P10’	4	4	552

表4－5　疲労累積係数の評価のまとめ

応力評価点	疲労累積係数				
	U_n	U_{Sd}	U_{Ss}	U_f *	許容値
P01	0.051	0.000	0.000	0.051	1.0
P01’	0.051	0.000	0.000	0.051	1.0
P02	0.002	0.000	0.000	0.002	1.0
P02’	0.002	0.000	0.000	0.002	1.0
P03	0.038	0.002	0.003	0.041	1.0
P03’	0.038	0.002	0.003	0.041	1.0
P04	0.000	0.000	0.000	0.000	1.0
P04’	0.000	0.000	0.000	0.000	1.0
P05	0.000	0.000	0.000	0.000	1.0
P05’	0.000	0.000	0.000	0.000	1.0
P06	0.013	0.000	0.000	0.013	1.0
P06’	0.013	0.000	0.000	0.013	1.0
P07	0.000	0.000	0.000	0.000	1.0
P07’	0.000	0.000	0.000	0.000	1.0
P08	0.000	0.000	0.000	0.000	1.0
P08’	0.000	0.000	0.000	0.000	1.0
P09	0.026	0.001	0.001	0.027	1.0
P09’	0.026	0.001	0.001	0.027	1.0
P10	0.010	0.001	0.001	0.011	1.0
P10’	0.010	0.001	0.001	0.011	1.0

注記＊：疲労累積係数U_fは，運転状態Ⅰ及びⅡに地震荷重Ｓｄ*又は地震荷重Ｓｓのいずれか大きい方を加えた値である。

表4－6　座屈に対する評価に用いる荷重

許容応力状態	鉛直力*1 V（kN）	モーメント*2 M（kN･m）
ⅢAS		
ⅣAS		

注記＊1 ：「応力解析の方針」の4.2節に示すV_1+V_2の値

＊2 ：「応力解析の方針」の4.2節に示す$M_1+M_2+(H_1+H_2)\cdot L$の値

Lは，スタブチューブの最大長さ＝[　　]mである。

表4－7　座屈に対する評価

（単位：MPa）

許容応力状態	圧縮応力	許容応力
ⅢAS	85	99
ⅣAS	88	124

5. 原子炉冷却材再循環ポンプ貫通孔（N1）の応力計算

5.1 一般事項

本章は，原子炉冷却材再循環ポンプ貫通孔（N1）の応力計算について示すものである。

原子炉冷却材再循環ポンプ貫通孔（N1）は，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。

以下，設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

注：以下，原子炉冷却材再循環ポンプを「ＲＩＰ」，原子炉冷却材再循環ポンプ貫通孔を「貫通孔」，原子炉冷却材再循環ポンプモータケーシングを「ケーシング」という。また，原子炉冷却材再循環ポンプ貫通孔のうち，下部鏡板との接続部を「スタブ」という。

5.1.1 記号の説明

記号の説明を「応力解析の方針」の2.4節に示す。

更に，本章において，以下の記号を用いる。

記号	記号の説明	単位
R_i	貫通孔スタブの内半径	mm
t	貫通孔スタブの厚さ	mm
A	貫通孔スタブの断面積	mm^2
Z	貫通孔スタブの断面係数	mm^3
σ_{ca}	許容応力	MPa

5.1.2 形状・寸法・材料

本章で解析する箇所の形状・寸法・材料を図5－1に示す。

5.1.3 解析範囲

解析範囲を図5－1に示す。

5.1.4 計算結果の概要

計算結果の概要を表5－1に示す。

なお，応力評価点の選定に当たっては，形状不連続部，溶接部及び厳しい荷重作用点に着目し，各部分ごとに数点の評価点を設けて評価を行い，疲労累積係数が厳しくなる評価点を記載する。

：応力評価点

〔　　〕：材　　料

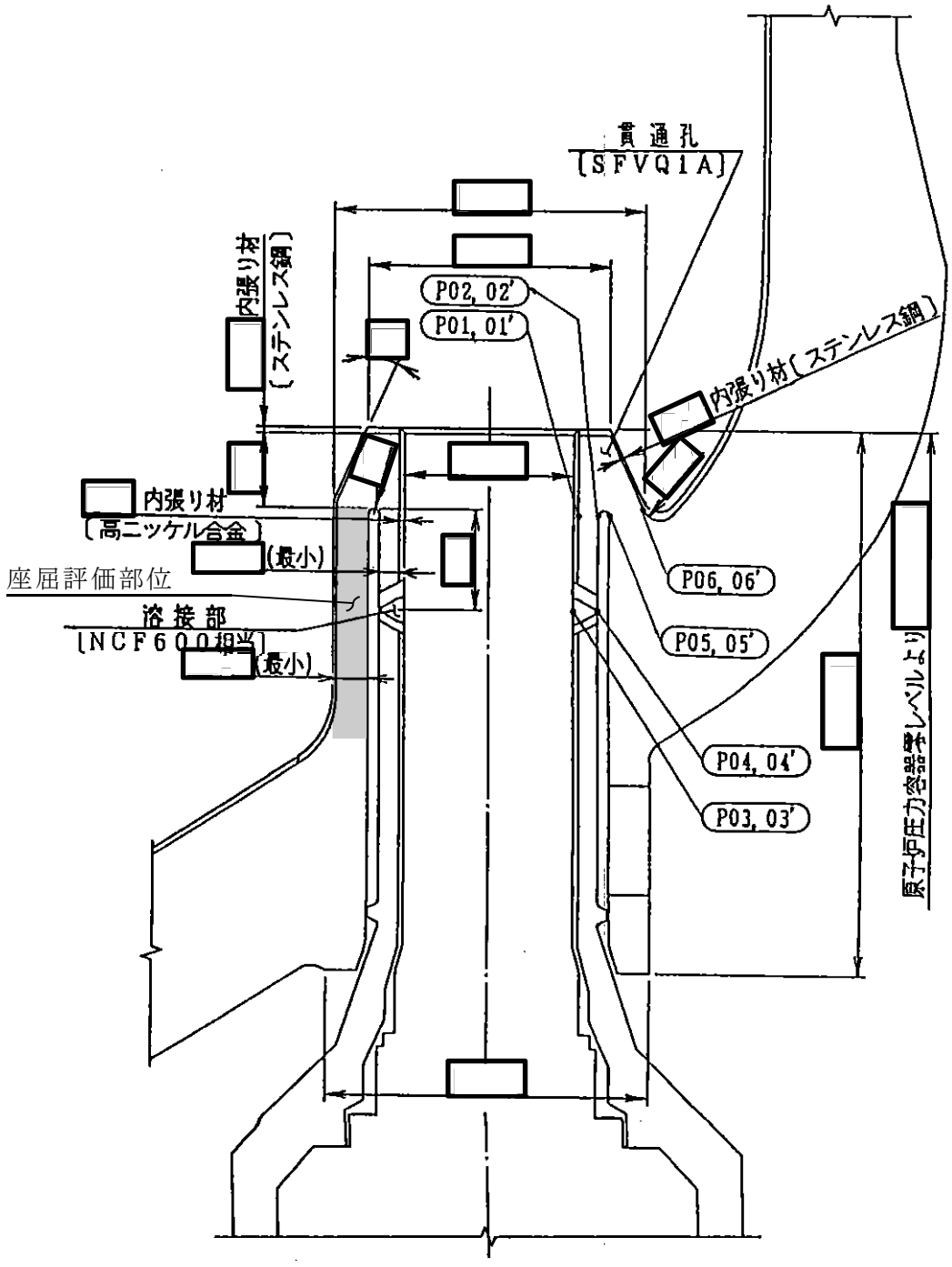


図5－1　形状・寸法・材料・応力評価点　（単位：mm）

表5－1(1)　計算結果の概要

部分及び材料	許容応力状態	一次一般膜応力強さ (MPa)			一次膜＋一次曲げ応力強さ (MPa)			一次＋二次応力強さ (MPa)			疲労解析		
		応力強さ	許容応力	応力評価面	応力強さ	許容応力	応力評価面	応力強さ	許容応力	応力評価点	疲労*累積係数	許容値	応力評価点
ケーシング側付根Ｒ部 SFVQ1A	ⅢＡＳ	51	303	P01 － P02	215	418	P01’－ P02’	—	—	—	—	—	—
	ⅣＡＳ	52	320	P01 － P02	287	442	P01’－ P02’	—	—	—	—	—	—
	ⅢＡＳ	—	—	—	—	—	—	271	552	P02	0.178	1.0	P02
	ⅣＡＳ	—	—	—	—	—	—	532	552	P02			
ＲＩＰノズル溶接部 NCF600相当	ⅢＡＳ	38	196	P03 － P04	99	277	P03 － P04	—	—	—	—	—	—
	ⅣＡＳ	40	334	P03 － P04	162	471	P03 － P04	—	—	—	—	—	—
	ⅢＡＳ	—	—	—	—	—	—	174	492	P04	0.002	1.0	P04’
	ⅣＡＳ	—	—	—	—	—	—	342	492	P04			
スタブと下部鏡板の接続部 SFVQ1A	ⅢＡＳ	44	303	P05’－ P06’	207	421	P05’－ P06’	—	—	—	—	—	—
	ⅣＡＳ	45	320	P05’－ P06’	229	446	P05’－ P06’	—	—	—	—	—	—
	ⅢＡＳ	—	—	—	—	—	—	82	552	P05	0.084	1.0	P05
	ⅣＡＳ	—	—	—	—	—	—	161	552	P05			

注記＊：疲労累積係数は，運転状態Ⅰ及びⅡに地震荷重Ｓｄ*又は地震荷重Ｓｓのいずれか大きい方を加えた値である。

表5－1(2)　計算結果の概要

（単位：MPa）

部分及び材料	許容応力状態	座屈に対する評価	
		圧縮応力	許容応力
貫通孔スタブ SFVQ1A	ⅢＡＳ	33	165
	ⅣＡＳ	58	207

5.2　計算条件

5.2.1　設計条件

設計条件を「応力解析の方針」の4.1節に示す。

5.2.2　運転条件

考慮した運転条件を「応力解析の方針」の4.2節に示す。

5.2.3　材料

各部の材料を図5－1に示す。

5.2.4　荷重の組合せ及び許容応力状態

荷重の組合せ及び許容応力状態を「応力解析の方針」の3.4節に示す。

5.2.5　荷重の組合せ及び応力評価

荷重の組合せ及び応力評価を「応力解析の方針」の4.3節に示す。

5.2.6　許容応力

許容応力を「応力解析の方針」の3.5節に示す。

5.3　応力計算

5.3.1　応力評価点

応力評価点の位置を図5－1に示す。

なお，応力集中を生じる箇所の応力集中係数は，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)h.に定めるとおりである。

5.3.2　内圧及び動圧による応力

(1)　荷重条件（L01及びL02）

各運転状態による内圧及び動圧は，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)h.に定めるとおりである。

(2)　計算方法

内圧及び動圧による応力の計算は，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)h.に定めるとおりである。

なお，各運転条件での内圧及び動圧による応力は，既工認と同様に，既工認の最高使用圧力での応力を用いて，圧力の比により（比倍して）計算する。

5.3.3　外荷重による応力

(1)　荷重条件（L07,L12,L14及びL16）

外荷重を「応力解析の方針」の表4－1(4)に示す。

(2)　計算方法

外荷重による応力の計算は，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)h.に定めるとおりである。

なお，各荷重での応力は，既工認と同様に，単位荷重（鉛直力，水平力等）での応力を用いて，荷重（鉛直力，水平力等）の比により（比倍して）計算する。

5.3.4　応力の評価

各応力評価点で計算された応力を分類ごとに重ね合わせて組合せ応力を求め，応力強さを算出する。

応力強さの算出方法は，「応力解析の方針」の5.1.2項に定めるとおりである。

5.4　応力強さの評価

5.4.1　一次一般膜応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表5－2に示す。

表5－2より，各許容応力状態の一次一般膜応力強さは，「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

5.4.2　一次膜＋一次曲げ応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表5－3に示す。

表5－3より，各許容応力状態の一次膜＋一次曲げ応力強さは，「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

5.4.3　一次＋二次応力強さの評価

地震荷重のみにおける評価を表5－4に示す。

表5－4より，すべての評価点においてS_n＊1及びS_n＊2は，3・S_m以下であり，「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

5.5　繰返し荷重の評価

5.5.1　疲労解析

貫通孔及びＲＩＰノズル溶接部の応力評価点について，詳細な繰返し荷重の評価を行う。

(1)　疲労累積係数

各応力評価点における疲労累積係数を表5－5に示す。

表5－5より，各応力評価点において疲労累積係数は1.0以下であり，「応力解析の方針」の3.5節に示す許容値を満足する。

5.6　特別な応力の評価

5.6.1　座屈に対する評価

貫通孔スタブには，原子炉冷却材再循環ポンプ貫通孔（N1）に作用する鉛直力及びモーメントにより，圧縮応力が生じる。したがって，これらの荷重の組合せにより発生する圧縮応力の評価を行う。

(1)　計算データ

貫通孔スタブの内半径　R_i ＝ [　　] mm（くされ代を除いた値）

貫通孔スタブの厚さ　　t ＝ [　　] mm（くされ代を除いた値）

貫通孔スタブの断面積

$$A = \pi \cdot \{(R_i + t)^2 - R_i^2\} = \pi \times [\quad\quad] = [\quad\quad]\ mm^2$$

貫通孔スタブの断面係数

$$Z = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{(R_i + t)^4 - R_i^4}{R_i + t} = \frac{\pi}{4} \times \frac{[\quad\quad]}{[\quad\quad]}$$

$$= [\quad\quad]\ mm^3$$

(2)　荷重

貫通孔スタブに作用する鉛直力及びモーメントを「応力解析の方針」の表4－1(4)に示す。

(3)　圧縮応力

計算データ（断面性能）を基に，表5－6に示す各許容応力状態の荷重によって貫通孔スタブに発生する圧縮応力を表5－7に示す。

(4)　許容応力

各許容応力状態における許容応力の計算は，設計・建設規格　PVB-3117を準用して計算する。

a.　許容応力状態ⅢAS

許容応力状態ⅢASにおける許容応力σ_{ca}は，次のように得られる。

$\sigma_{ca}=1.2MIN[S_m,\ B]$

ここで，

$S_m=184$ MPa

$B=138$ MPa

([redacted]℃における値)

このうちB値は，設計・建設規格　PVB-3117より，次のようにして求める。

設計・建設規格　付録材料図表　Part7　図1より

$$A=\frac{0.125}{R_i/t}=\frac{0.125}{[redacted]}=0.0280828$$

を用いて，設計・建設規格　付録材料図表　Part7　図6より

$B=138$ MPa

よって，許容応力σ_{ca}は，

$\sigma_{ca}=1.2\cdot B=1.2\times138=165$ MPa

b.　許容応力状態ⅣAS

許容応力状態ⅣASにおける許容応力σ_{ca}は，次のように得られる。

$\sigma_{ca}=1.5MIN[S_m,\ B]$

よって，許容応力σ_{ca}は，

$\sigma_{ca}=1.5\cdot B=1.5\times138=207$ MPa

(5)　座屈に対する評価

各許容応力状態における座屈に対する評価を表5－7に示す。

表5－7より，各許容応力状態における圧縮応力は，許容応力を満足するため，座屈は発生しない。

表5－2　一次一般膜応力強さの評価のまとめ

（単位：MPa）

応力評価面	許容応力状態ⅢＡＳ		許容応力状態ⅣＡＳ	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	51	303	52	320
P01’ P02’	51	303	52	320
P03 P04	38	196	40	334
P03’ P04’	38	196	39	334
P05 P06	44	303	45	320
P05’ P06’	44	303	45	320

表5－3　一次膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ

（単位：MPa）

応力評価面	許容応力状態ⅢＡＳ		許容応力状態ⅣＡＳ	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	127	418	181	442
P01’ P02’	215	418	287	442
P03 P04	99	277	162	471
P03’ P04’	93	277	156	471
P05 P06	156	421	138	446
P05’ P06’	207	421	229	446

表5－4　一次＋二次応力強さの評価のまとめ

（単位：MPa）

応力評価点	一次＋二次応力差最大範囲（P_L+P_b+Q）		
	S_n ＊1	S_n ＊2	許容応力 $3・S_m$
P01	35	68	552
P01’	35	68	552
P02	271	532	552
P02’	271	532	552
P03	68	134	492
P03’	68	134	492
P04	174	342	492
P04’	174	342	492
P05	82	161	552
P05’	82	161	552
P06	24	47	552
P06’	24	47	552

表5－5　疲労累積係数の評価のまとめ

応力評価点	疲労累積係数				
	U_n	U_{Sd}	U_{Ss}	U_f *	許容値
P01	0.023	0.001	0.001	0.024	1.0
P01’	0.022	0.001	0.001	0.023	1.0
P02	0.027	0.020	0.151	0.178	1.0
P02’	0.017	0.020	0.151	0.168	1.0
P03	0.001	0.000	0.000	0.001	1.0
P03’	0.001	0.000	0.000	0.001	1.0
P04	0.000	0.000	0.001	0.001	1.0
P04’	0.001	0.000	0.001	0.002	1.0
P05	0.079	0.001	0.005	0.084	1.0
P05’	0.079	0.001	0.005	0.084	1.0
P06	0.016	0.001	0.001	0.017	1.0
P06’	0.016	0.001	0.001	0.017	1.0

注記＊：疲労累積係数U_fは，運転状態Ⅰ及びⅡに地震荷重Ｓｄ*又は地震荷重Ｓｓのいずれか大きい方を加えた値である。

表5－6　座屈に対する評価に用いる荷重

許容応力状態	鉛直力*1 V （kN）	モーメント*2 M （kN･m）
ⅢAS		
ⅣAS		

注記＊1 ：「応力解析の方針」の4.2節に示すV_1＋V_2の値

＊2 ：「応力解析の方針」の4.2節に示すM_1＋M_2の値

表5－7　座屈に対する評価

（単位：MPa）

許容応力状態	圧縮応力	許容応力
ⅢAS	33	165
ⅣAS	58	207

6. 主蒸気ノズル（N3）の応力計算

6.1 一般事項

本章は，主蒸気ノズル（N3）の応力計算について示すものである。

主蒸気ノズル（N3）は，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。

以下，設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

6.1.1 形状・寸法・材料

本章で解析する箇所の形状・寸法・材料を図6－1に示す。

6.1.2 解析範囲

解析範囲を図6－1に示す。

6.1.3 計算結果の概要

計算結果の概要を表6－1に示す。

なお，応力評価点の選定に当たっては，形状不連続部，溶接部及び厳しい荷重作用点に着目し，各部分ごとに数点の評価点を設けて評価を行い，疲労累積係数が厳しくなる評価点を記載する。

：応力評価点

〔　　〕：材　　料

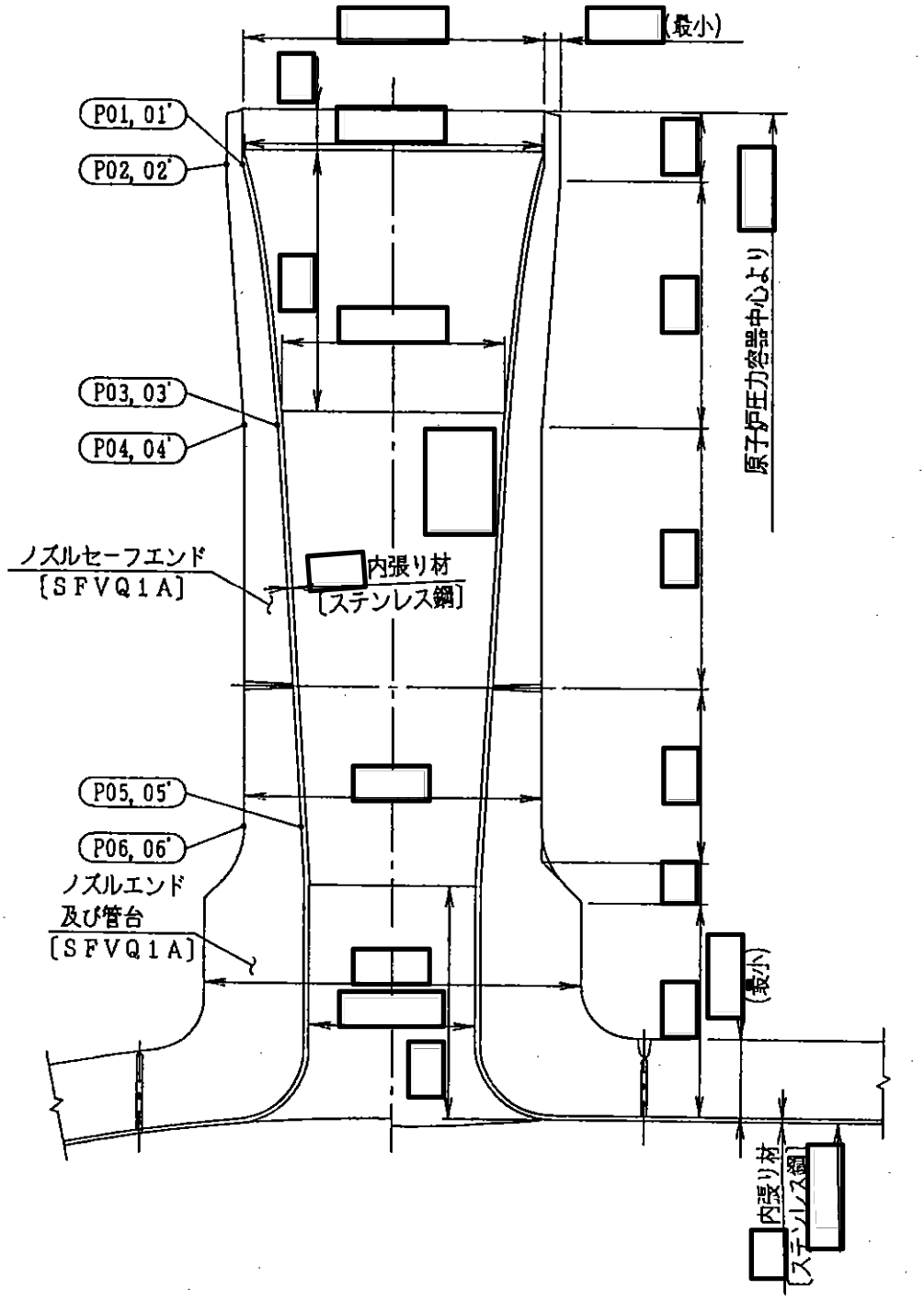


図6－1　形状・寸法・材料・応力評価点　（単位：mm）

表6－1　計算結果の概要

部分及び材料	許容応力状態	一次一般膜応力強さ (MPa)			一次膜＋一次曲げ応力強さ (MPa)			一次＋二次応力強さ (MPa)			疲労解析		
		応力強さ	許容応力	応力評価面	応力強さ	許容応力	応力評価面	応力強さ	許容応力	応力評価点	疲労*累積係数	許容値	応力評価点
ノズル セーフエンド SFVQ1A	ⅢＡＳ	96	303	P01 － P02	102	402	P01 － P02	—	—	—	—	—	—
	ⅣＡＳ	106	320	P01 － P02	222	425	P01 － P02	—	—	—	—	—	—
	ⅢＡＳ	—	—	—	—	—	—	103	552	P01	0.041	1.0	P01
	ⅣＡＳ	—	—	—	—	—	—	482	552	P01			
ノズルエンド SFVQ1A	ⅢＡＳ	18	303	P05 － P06	53	454	P05 － P06	—	—	—	—	—	—
	ⅣＡＳ	24	320	P05 － P06	157	481	P05 － P06	—	—	—	—	—	—
	ⅢＡＳ	—	—	—	—	—	—	75	552	P06	0.023	1.0	P06’
	ⅣＡＳ	—	—	—	—	—	—	349	552	P06			

注：管台（穴の周辺部）については設計・建設規格　PVB-3510(1)により，応力評価は不要である。

注記＊：疲労累積係数は，運転状態Ⅰ及びⅡに地震荷重Ｓｄ*又は地震荷重Ｓｓのいずれか大きい方を加えた値である。

6.2　計算条件

6.2.1　設計条件

設計条件を「応力解析の方針」の4.1節に示す。

6.2.2　運転条件

考慮した運転条件を「応力解析の方針」の4.2節に示す。

6.2.3　材料

各部の材料を図6－1に示す。

6.2.4　荷重の組合せ及び許容応力状態

荷重の組合せ及び許容応力状態を「応力解析の方針」の3.4節に示す。

6.2.5　荷重の組合せ及び応力評価

荷重の組合せ及び応力評価を「応力解析の方針」の4.3節に示す。

6.2.6　許容応力

許容応力を「応力解析の方針」の3.5節に示す。

6.3　応力計算

6.3.1　応力評価点

応力評価点の位置を図6－1に示す。

なお，応力集中を生じる箇所の応力集中係数は，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)i.に定めるとおりである。

6.3.2　内圧による応力

(1)　荷重条件（L01）

各運転状態による内圧は，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)i.に定めるとおりである。

(2)　計算方法

内圧による応力の計算は，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)i.に定めるとおりである。

なお，各運転条件での内圧による応力は，既工認と同様に，既工認の最高使用圧力での応力を用いて，圧力の比により（比倍して）計算する。

6.3.3　外荷重による応力

(1)　荷重条件（L04,L07,L14,L15,L16及びL17）

外荷重を「応力解析の方針」の表4－1(5)に示す。

(2)　計算方法

外荷重による応力の計算は，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)i.に定めるとおりである。

なお，各荷重での応力は，既工認と同様に，単位荷重（鉛直力，水平力等）での応力を用いて，荷重（鉛直力，水平力等）の比により（比倍して）計算する。

6.3.4　応力の評価

各応力評価点で計算された応力を分類ごとに重ね合わせて組合せ応力を求め，応力強さを算出する。

応力強さの算出方法は，「応力解析の方針」の5.1.2項に定めるとおりである。

6.4　応力強さの評価

6.4.1　一次一般膜応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表6－2に示す。

表6－2より，各許容応力状態の一次一般膜応力強さは，「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

6.4.2　一次膜＋一次曲げ応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表6－3に示す。

表6－3より，各許容応力状態の一次膜＋一次曲げ応力強さは，「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

6.4.3　一次＋二次応力強さの評価

地震荷重のみにおける評価を表6－4に示す。

表6－4より，すべての評価点においてS_n＊1及びS_n＊2は，3・S_m以下であり，「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

6.5　繰返し荷重の評価

6.5.1　疲労解析

ノズルセーフエンド及びノズルエンドの応力評価点について，詳細な繰返し荷重の評価を行う。

(1)　疲労累積係数

各応力評価点における疲労累積係数を表6－5に示す。

表6－5より，各応力評価点において疲労累積係数は1.0以下であり，「応力解析の方針」の3.5節に示す許容値を満足する。

表6－2　一次一般膜応力強さの評価のまとめ

（単位：MPa）

応力評価面	許容応力状態ⅢＡＳ		許容応力状態ⅣＡＳ	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	96	303	106	320
P01’ P02’	95	303	104	320
P03 P04	34	303	42	320
P03’ P04’	34	303	40	320
P05 P06	18	303	24	320
P05’ P06’	18	303	23	320

表6－3　一次膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ

（単位：MPa）

応力評価面	許容応力状態ⅢＡＳ		許容応力状態ⅣＡＳ	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	102	402	222	425
P01’ P02’	95	402	221	425
P03 P04	60	431	166	455
P03’ P04’	58	431	165	455
P05 P06	53	454	157	481
P05’ P06’	51	454	156	481

表6－4　一次＋二次応力強さの評価のまとめ

（単位：MPa）

応力評価点	一次＋二次応力差最大範囲（P_L+P_b+Q）		
	S_n ＊1	S_n ＊2	許容応力 $3・S_m$
P01	103	482	552
P01’	103	482	552
P02	75	351	552
P02’	75	351	552
P03	45	212	552
P03’	45	212	552
P04	71	331	552
P04’	71	331	552
P05	18	85	552
P05’	18	85	552
P06	75	349	552
P06’	75	349	552

表6－5　疲労累積係数の評価のまとめ

応力評価点	疲労累積係数				
	U_n	U_{Sd}	U_{Ss}	U_f *	許容値
P01	0.001	0.001	0.040	0.041	1.0
P01’	0.001	0.001	0.040	0.041	1.0
P02	0.001	0.001	0.009	0.010	1.0
P02’	0.001	0.001	0.009	0.010	1.0
P03	0.001	0.001	0.002	0.003	1.0
P03’	0.001	0.001	0.002	0.003	1.0
P04	0.001	0.001	0.011	0.012	1.0
P04’	0.001	0.001	0.011	0.012	1.0
P05	0.001	0.001	0.001	0.002	1.0
P05’	0.001	0.001	0.001	0.002	1.0
P06	0.001	0.001	0.022	0.023	1.0
P06’	0.001	0.001	0.022	0.023	1.0

注記＊：疲労累積係数U_fは，運転状態Ⅰ及びⅡに地震荷重Ｓｄ*又は地震荷重Ｓｓのいずれか大きい方を加えた値である。

7. 給水ノズル（N4）の応力計算

7.1 一般事項

本章は，給水ノズル（N4）の応力計算について示すものである。

給水ノズル（N4）は，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。

以下，設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

7.1.1 形状・寸法・材料

本章で解析する箇所の形状・寸法・材料を図7－1に示す。

7.1.2 解析範囲

解析範囲を図7－1に示す。

7.1.3 計算結果の概要

計算結果の概要を表7－1に示す。

なお，応力評価点の選定に当たっては，形状不連続部，溶接部及び厳しい荷重作用点に着目し，各部分ごとに数点の評価点を設けて評価を行い，疲労累積係数が厳しくなる評価点を記載する。

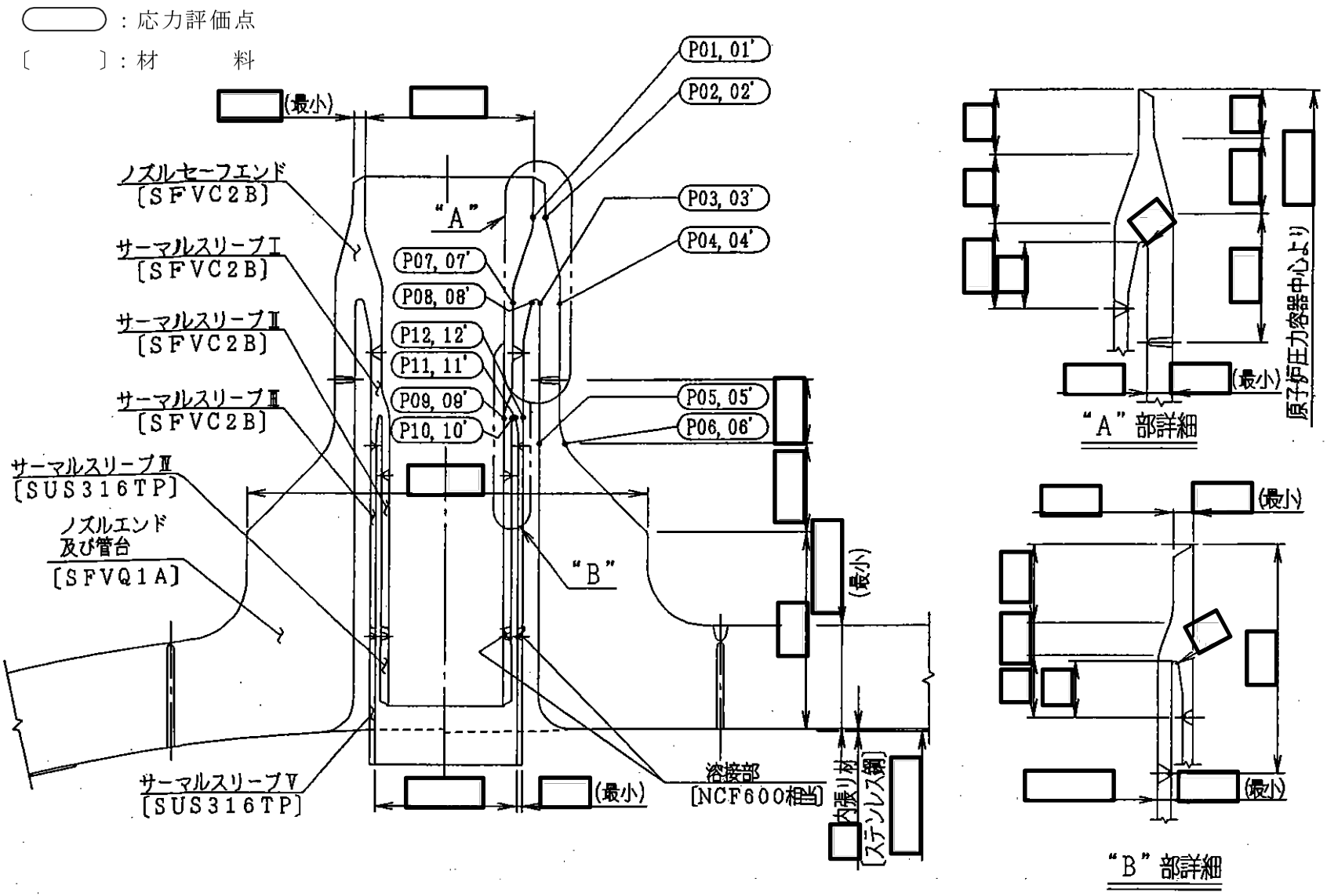


図 7－1　形状・寸法・材料・応力評価点　（単位：mm）

表7－1　計算結果の概要

部分及び材料	許容応力状態	一次一般膜応力強さ (MPa)			一次膜＋一次曲げ応力強さ (MPa)			一次＋二次応力強さ (MPa)			疲労解析		
		応力強さ	許容応力	応力評価面	応力強さ	許容応力	応力評価面	応力強さ	許容応力	応力評価点	疲労*累積係数	許容値	応力評価点
ノズル セーフエンド SFVC2B	ⅢＡＳ	88	188	P01 － P02	157	252	P01 － P02	—	—	—	—	—	—
	ⅣＡＳ	95	292	P01 － P02	196	391	P01’－ P02’	—	—	—	—	—	—
	ⅢＡＳ	—	—	—	—	—	—	235	383	P02	0.060	1.0	P03’
	ⅣＡＳ	—	—	—	—	—	—	328	383	P02			
ノズルエンド SFVQ1A	ⅢＡＳ	56	303	P05 － P06	98	415	P05’－ P06’	—	—	—	—	—	—
	ⅣＡＳ	59	320	P05 － P06	124	439	P05’－ P06’	—	—	—	—	—	—
	ⅢＡＳ	—	—	—	—	—	—	146	552	P06	0.004	1.0	P06’
	ⅣＡＳ	—	—	—	—	—	—	212	552	P06			
サーマル スリーブ SFVC2B	ⅢＡＳ	6	188	P09 － P10	39	249	P09 － P10	—	—	—	—	—	—
	ⅣＡＳ	9	292	P09 － P10	65	387	P09 － P10	—	—	—	—	—	—
	ⅢＡＳ	—	—	—	—	—	—	174	383	P10	0.096	1.0	P11’
	ⅣＡＳ	—	—	—	—	—	—	343	383	P10			

注：管台（穴の周辺部）については設計・建設規格　PVB-3510(1)により，応力評価は不要である。

注記＊：疲労累積係数は，運転状態Ⅰ及びⅡに地震荷重Ｓｄ*又は地震荷重Ｓｓのいずれか大きい方を加えた値である。

7.2　計算条件

7.2.1　設計条件

設計条件を「応力解析の方針」の4.1節に示す。

7.2.2　運転条件

考慮した運転条件を「応力解析の方針」の4.2節に示す。

7.2.3　材料

各部の材料を図7－1に示す。

7.2.4　荷重の組合せ及び許容応力状態

荷重の組合せ及び許容応力状態を「応力解析の方針」の3.4節に示す。

7.2.5　荷重の組合せ及び応力評価

荷重の組合せ及び応力評価を「応力解析の方針」の4.3節に示す。

7.2.6　許容応力

許容応力を「応力解析の方針」の3.5節に示す。

7.3　応力計算

7.3.1　応力評価点

応力評価点の位置を図7－1に示す。

なお，応力集中を生じる箇所の応力集中係数は，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)j.に定めるとおりである。

7.3.2　内圧及び差圧による応力

(1)　荷重条件（L01及びL02）

各運転状態による内圧及び差圧は，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)j.に定めるとおりである。

(2)　計算方法

内圧及び差圧による応力の計算は，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)j.に定めるとおりである。

なお，各運転条件での内圧及び差圧による応力は，既工認と同様に，既工認の最高使用圧力での応力を用いて，圧力の比により（比倍して）計算する。

7.3.3　外荷重による応力

(1)　荷重条件（L04,L07,L14,L15,L16及びL17）

外荷重を「応力解析の方針」の表4－1(5)及び表4－1(6)に示す。

(2)　計算方法

外荷重による応力の計算は，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1) j. に定めるとおりである。

なお，各荷重での応力は，既工認と同様に，単位荷重（鉛直力，水平力等）での応力を用いて，荷重（鉛直力，水平力等）の比により（比倍して）計算する。

7.3.4　応力の評価

各応力評価点で計算された応力を分類ごとに重ね合わせて組合せ応力を求め，応力強さを算出する。

応力強さの算出方法は，「応力解析の方針」の5.1.2項に定めるとおりである。

7.4　応力強さの評価

7.4.1　一次一般膜応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表7－2に示す。

表7－2より，各許容応力状態の一次一般膜応力強さは，「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

7.4.2　一次膜＋一次曲げ応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表7－3に示す。

表7－3より，各許容応力状態の一次膜＋一次曲げ応力強さは，「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

7.4.3　一次＋二次応力強さの評価

地震荷重のみにおける評価を表7－4に示す。

表7－4より，すべての評価点においてS_n＊1及びS_n＊2は，3・S_m以下であり，「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

7.5　繰返し荷重の評価

7.5.1　疲労解析

ノズルセーフエンド，ノズルエンド及びサーマルスリーブの応力評価点について，詳細な繰返し荷重の評価を行う。

(1)　疲労累積係数

各応力評価点における疲労累積係数を表7－5に示す。

表7－5より，各応力評価点において疲労累積係数は1.0以下であり，「応力解析の方針」の3.5節に示す許容値を満足する。

表7－2　一次一般膜応力強さの評価のまとめ

（単位：MPa）

応力評価面	許容応力状態ⅢＡＳ		許容応力状態ⅣＡＳ	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	88	188	95	292
P01’ P02’	88	188	94	292
P03 P04	56	188	59	292
P03’ P04’	55	188	58	292
P05 P06	56	303	59	320
P05’ P06’	55	303	58	320
P07 P08	2	188	3	292
P07’ P08’	2	188	3	292
P09 P10	6	188	9	292
P09’ P10’	5	188	9	292
P11 P12	0	188	0	292
P11’ P12’	0	188	0	292

表7－3　一次膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ

（単位：MPa）

応力評価面	許容応力状態ⅢＡＳ		許容応力状態ⅣＡＳ	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	157	252	194	391
P01’ P02’	156	252	196	391
P03 P04	92	258	115	400
P03’ P04’	92	258	115	400
P05 P06	98	415	123	439
P05’ P06’	98	415	124	439
P07 P08	11	263	19	409
P07’ P08’	10	263	17	409
P09 P10	39	249	65	387
P09’ P10’	34	249	61	387
P11 P12	0	248	0	385
P11’ P12’	0	248	0	385

表7－4　一次＋二次応力強さの評価のまとめ

（単位：MPa）

応力評価点	一次＋二次応力差最大範囲（P_L+P_b+Q）		
	S_n ＊1	S_n ＊2	許容応力 $3・S_m$
P01	149	209	383
P01’	149	209	383
P02	235	328	383
P02’	235	328	383
P03	118	174	383
P03’	118	174	383
P04	112	163	383
P04’	112	163	383
P05	68	99	552
P05’	68	99	552
P06	146	212	552
P06’	146	212	552
P07	42	59	383
P07’	42	59	383
P08	33	58	383
P08’	33	58	383
P09	46	90	383
P09’	46	90	383
P10	174	343	383
P10’	174	343	383
P11	39	77	383
P11’	39	77	383
P12	39	76	383
P12’	39	76	383

表7－5　疲労累積係数の評価のまとめ

応力評価点	疲労累積係数				
	U_n	U_{Sd}	U_{Ss}	U_f *	許容値
P01	0.005	0.001	0.002	0.007	1.0
P01’	0.003	0.001	0.002	0.005	1.0
P02	0.003	0.004	0.010	0.013	1.0
P02’	0.001	0.004	0.010	0.011	1.0
P03	0.041	0.002	0.006	0.047	1.0
P03’	0.054	0.002	0.006	0.060	1.0
P04	0.001	0.001	0.001	0.002	1.0
P04’	0.001	0.001	0.001	0.002	1.0
P05	0.001	0.001	0.001	0.002	1.0
P05’	0.001	0.001	0.001	0.002	1.0
P06	0.000	0.001	0.003	0.003	1.0
P06’	0.001	0.001	0.003	0.004	1.0
P07	0.035	0.001	0.001	0.036	1.0
P07’	0.036	0.001	0.001	0.037	1.0
P08	0.018	0.001	0.001	0.019	1.0
P08’	0.019	0.001	0.001	0.020	1.0
P09	0.013	0.001	0.001	0.014	1.0
P09’	0.013	0.001	0.001	0.014	1.0
P10	0.008	0.003	0.024	0.032	1.0
P10’	0.008	0.003	0.024	0.032	1.0
P11	0.094	0.001	0.001	0.095	1.0
P11’	0.095	0.001	0.001	0.096	1.0
P12	0.009	0.001	0.001	0.010	1.0
P12’	0.009	0.001	0.001	0.010	1.0

注記＊：疲労累積係数U_fは，運転状態Ⅰ及びⅡに地震荷重Ｓｄ*又は地震荷重Ｓｓのいずれか大きい方を加えた値である。

8. 低圧注水ノズル（N6）の応力計算

8.1 一般事項

本章は，低圧注水ノズル（N6）の応力計算について示すものである。

低圧注水ノズル（N6）は，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。

以下，設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

8.1.1 形状・寸法・材料

本章で解析する箇所の形状・寸法・材料を図8－1に示す。

8.1.2 解析範囲

解析範囲を図8－1に示す。

8.1.3 計算結果の概要

計算結果の概要を表8－1に示す。

なお，応力評価点の選定に当たっては，形状不連続部，溶接部及び厳しい荷重作用点に着目し，各部分ごとに数点の評価点を設けて評価を行い，疲労累積係数が厳しくなる評価点を記載する。

：応力評価点

〔　　〕：材　　料

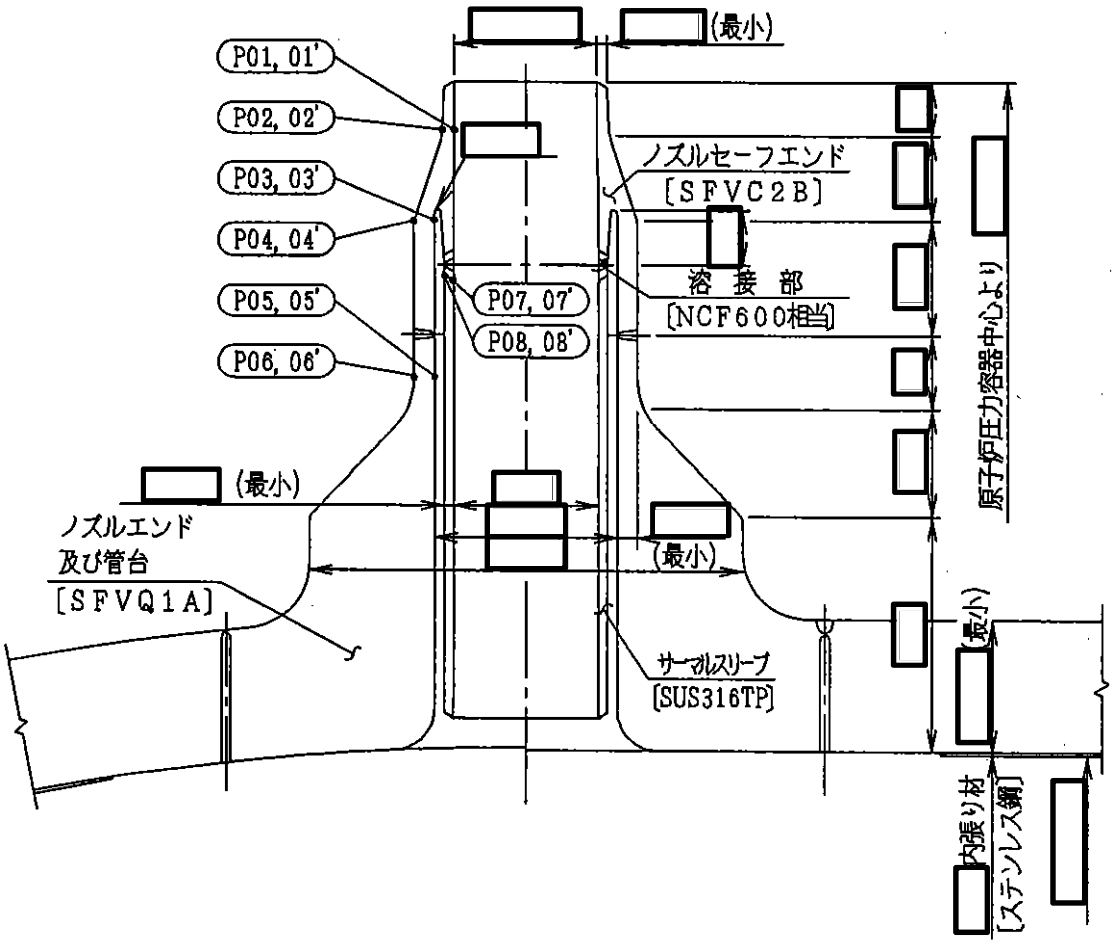


図8－1　形状・寸法・材料・応力評価点　（単位：mm）

表8－1　計算結果の概要

部分及び材料	許容応力状態	一次一般膜応力強さ (MPa)			一次膜＋一次曲げ応力強さ (MPa)			一次＋二次応力強さ (MPa)			疲労解析		
		応力強さ	許容応力	応力評価面	応力強さ	許容応力	応力評価面	応力強さ	許容応力	応力評価点	疲労*1累積係数	許容値	応力評価点
ノズル セーフエンド SFVC2B	ⅢＡＳ	80	188	P01 － P02	159	252	P01 － P02	—	—	—	—	—	—
	ⅣＡＳ	100	292	P01 － P02	297	391	P01’ － P02’	—	—	—	—	—	—
	ⅢＡＳ	—	—	—	—	—	—	233	383	P02	0.416	1.0	P02
	ⅣＡＳ	—	—	—	—	—	—	619*2	383	P02			
ノズルエンド SFVQ1A	ⅢＡＳ	53	303	P05 － P06	79	415	P05 － P06	—	—	—	—	—	—
	ⅣＡＳ	58	320	P05 － P06	137	439	P05’ － P06’	—	—	—	—	—	—
	ⅢＡＳ	—	—	—	—	—	—	106	552	P06	0.008	1.0	P06
	ⅣＡＳ	—	—	—	—	—	—	267	552	P06			
サーマル スリーブ SUS316TP	ⅢＡＳ	4	142	P07 － P08	26	191	P07 － P08	—	—	—	—	—	—
	ⅣＡＳ	6	284	P07 － P08	45	382	P07 － P08	—	—	—	—	—	—
	ⅢＡＳ	—	—	—	—	—	—	73	360	P07	0.052	1.0	P07’
	ⅣＡＳ	—	—	—	—	—	—	145	360	P07			

注：管台（穴の周辺部）については設計・建設規格　PVB-3510(1)により，応力評価は不要である。

注記＊1 ：疲労累積係数は，運転状態Ⅰ及びⅡに地震荷重Ｓｄ*又は地震荷重Ｓｓのいずれか大きい方を加えた値である。

＊2 ：許容値3・Ｓｍを超えるため，設計・建設規格　PVB-3300の簡易弾塑性解析を行う。

8.2　計算条件

8.2.1　設計条件

設計条件を「応力解析の方針」の4.1節に示す。

8.2.2　運転条件

考慮した運転条件を「応力解析の方針」の4.2節に示す。

8.2.3　材料

各部の材料を図8－1に示す。

8.2.4　荷重の組合せ及び許容応力状態

荷重の組合せ及び許容応力状態を「応力解析の方針」の3.4節に示す。

8.2.5　荷重の組合せ及び応力評価

荷重の組合せ及び応力評価を「応力解析の方針」の4.3節に示す。

8.2.6　許容応力

許容応力を「応力解析の方針」の3.5節に示す。

8.3　応力計算

8.3.1　応力評価点

応力評価点の位置を図8－1に示す。

なお，応力集中を生じる箇所の応力集中係数は，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)k.に定めるとおりである。

8.3.2　内圧及び差圧による応力

(1)　荷重条件（L01及びL02）

各運転状態による内圧及び差圧は，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)k.に定めるとおりである。

(2)　計算方法

内圧及び差圧による応力の計算は，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)k.に定めるとおりである。

なお，各運転条件での内圧及び差圧による応力は，既工認と同様に，既工認の最高使用圧力での応力を用いて，圧力の比により（比倍して）計算する。

8.3.3　外荷重による応力

(1)　荷重条件（L04,L07,L14,L15,L16及びL17）

外荷重を「応力解析の方針」の表4－1(5)及び表4－1(6)に示す。

(2)　計算方法

外荷重による応力の計算は，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)k.に定めるとおりである。

なお，各荷重での応力は，既工認と同様に，単位荷重（鉛直力，水平力等）での応力を用いて，荷重（鉛直力，水平力等）の比により（比倍して）計算する。

8.3.4　応力の評価

各応力評価点で計算された応力を分類ごとに重ね合わせて組合せ応力を求め，応力強さを算出する。

応力強さの算出方法は，「応力解析の方針」の5.1.2項に定めるとおりである。

8.4　応力強さの評価

8.4.1　一次一般膜応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表8－2に示す。

表8－2より，各許容応力状態の一次一般膜応力強さは，「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

8.4.2　一次膜＋一次曲げ応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表8－3に示す。

表8－3より，各許容応力状態の一次膜＋一次曲げ応力強さは，「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

8.4.3　一次＋二次応力強さの評価

地震荷重のみにおける評価を表8－4に示す。

表8－4より，以下の評価点を除くすべての評価点においてS_n＊1及びS_n＊2は，3・S_m以下であり，「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

P02及びP02’

一次＋二次応力強さの最大範囲が3・S_mを超える応力評価点（P02及びP02’）にあっては，「応力解析の方針」の5.2節に示す簡易弾塑性解析の方法を適用する。

8.5　繰返し荷重の評価

8.5.1　疲労解析

ノズルセーフエンド，ノズルエンド及びサーマルスリーブの応力評価点について，詳細な繰返し荷重の評価を行う。

(1)　疲労累積係数

$S_n^{\#1}$又は$S_n^{\#2}$が3・S_mを超える応力評価点のうち最も厳しい応力評価点（P02）における疲労累積係数の計算結果を表8－5に示す。また，各応力評価点における疲労累積係数を表8－6に示す。

表8－6より，各応力評価点において疲労累積係数は1.0以下であり，「応力解析の方針」の3.5節に示す許容値を満足する。

表8－2　一次一般膜応力強さの評価のまとめ

（単位：MPa）

応力評価面	許容応力状態ⅢＡＳ		許容応力状態ⅣＡＳ	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	80	188	100	292
P01’ P02’	80	188	97	292
P03 P04	62	188	68	292
P03’ P04’	62	188	67	292
P05 P06	53	303	58	320
P05’ P06’	53	303	57	320
P07 P08	4	142	6	284
P07’ P08’	3	142	6	284

表8－3　一次膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ

（単位：MPa）

応力評価面	許容応力状態ⅢＡＳ		許容応力状態ⅣＡＳ	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	159	252	295	391
P01’ P02’	158	252	297	391
P03 P04	88	255	150	395
P03’ P04’	88	255	151	395
P05 P06	79	415	136	439
P05’ P06’	79	415	137	439
P07 P08	26	191	45	382
P07’ P08’	24	191	43	382

表8－4　一次＋二次応力強さの評価のまとめ

（単位：MPa）

応力評価点	一次＋二次応力差最大範囲（P_L+P_b+Q）		
	S_n ＃1	S_n ＃2	許容応力 $3・S_m$
P01	86	239	383
P01’	86	239	383
P02	233	619*	383
P02’	233	619*	383
P03	153	373	383
P03’	153	373	383
P04	63	162	383
P04’	63	162	383
P05	47	119	552
P05’	47	119	552
P06	106	267	552
P06’	106	267	552
P07	73	145	360
P07’	73	145	360
P08	73	140	360
P08’	73	140	360

注記＊：簡易弾塑性解析を行う。

表8－5　疲労累積係数

応力評価点　――　P02

材　　料　――　SFVC2B

No.	S_n (MPa)	K_e	S_p (MPa)	S_ℓ *1 (MPa)	S_ℓ' *2 (MPa)	N_a	N_c	N_c / N_a
1	618	1.799	719	647	720	506	200	0.395
疲労累積係数　U_{Ss}＝								0.396
疲労累積係数　U_n＝								0.020
疲労累積係数　$U_f = U_n + U_{Ss}$＝								0.416

注：疲労累積係数の求め方は，「応力解析の方針」の5.2.1項（疲労解析）に示す。

注記＊1　：設計・建設規格　PVB-3315(1)又は(2)により求めた値である。

＊2　：S_ℓに（E_0／E）を乗じた値である。

E_0＝[　　]MPa，E＝[　　]MPa

表8－6　疲労累積係数の評価のまとめ

応力評価点	疲労累積係数				
	U_n	U_{Sd}	U_{Ss}	U_f *	許容値
P01	0.009	0.001	0.002	0.011	1.0
P01’	0.012	0.001	0.002	0.014	1.0
P02	0.020	0.004	0.396	0.416	1.0
P02’	0.013	0.004	0.396	0.409	1.0
P03	0.011	0.004	0.064	0.075	1.0
P03’	0.002	0.004	0.064	0.066	1.0
P04	0.001	0.001	0.001	0.002	1.0
P04’	0.000	0.001	0.001	0.001	1.0
P05	0.001	0.001	0.001	0.002	1.0
P05’	0.001	0.001	0.001	0.002	1.0
P06	0.001	0.001	0.007	0.008	1.0
P06’	0.001	0.001	0.007	0.008	1.0
P07	0.052	0.000	0.000	0.052	1.0
P07’	0.052	0.000	0.000	0.052	1.0
P08	0.009	0.000	0.000	0.009	1.0
P08’	0.009	0.000	0.000	0.009	1.0

注記＊：疲労累積係数U_fは，運転状態Ⅰ及びⅡに地震荷重Ｓｄ*又は地震荷重Ｓｓのいずれか大きい方を加えた値である。

9. 上蓋スプレイ・ベントノズル（N7）の応力計算

9.1 一般事項

本章は，上蓋スプレイ・ベントノズル（N7）の応力計算について示すものである。

上蓋スプレイ・ベントノズル（N7）は，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。

以下，設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

9.1.1 形状・寸法・材料

本章で解析する箇所の形状・寸法・材料を図9－1に示す。

9.1.2 解析範囲

解析範囲を図9－1に示す。

9.1.3 計算結果の概要

計算結果の概要を表9－1に示す。

なお，応力評価点の選定に当たっては，形状不連続部，溶接部及び厳しい荷重作用点に着目し，各部分ごとに数点の評価点を設けて評価を行い，疲労累積係数が厳しくなる評価点を記載する。

：応力評価点

〔　　〕：材　　料

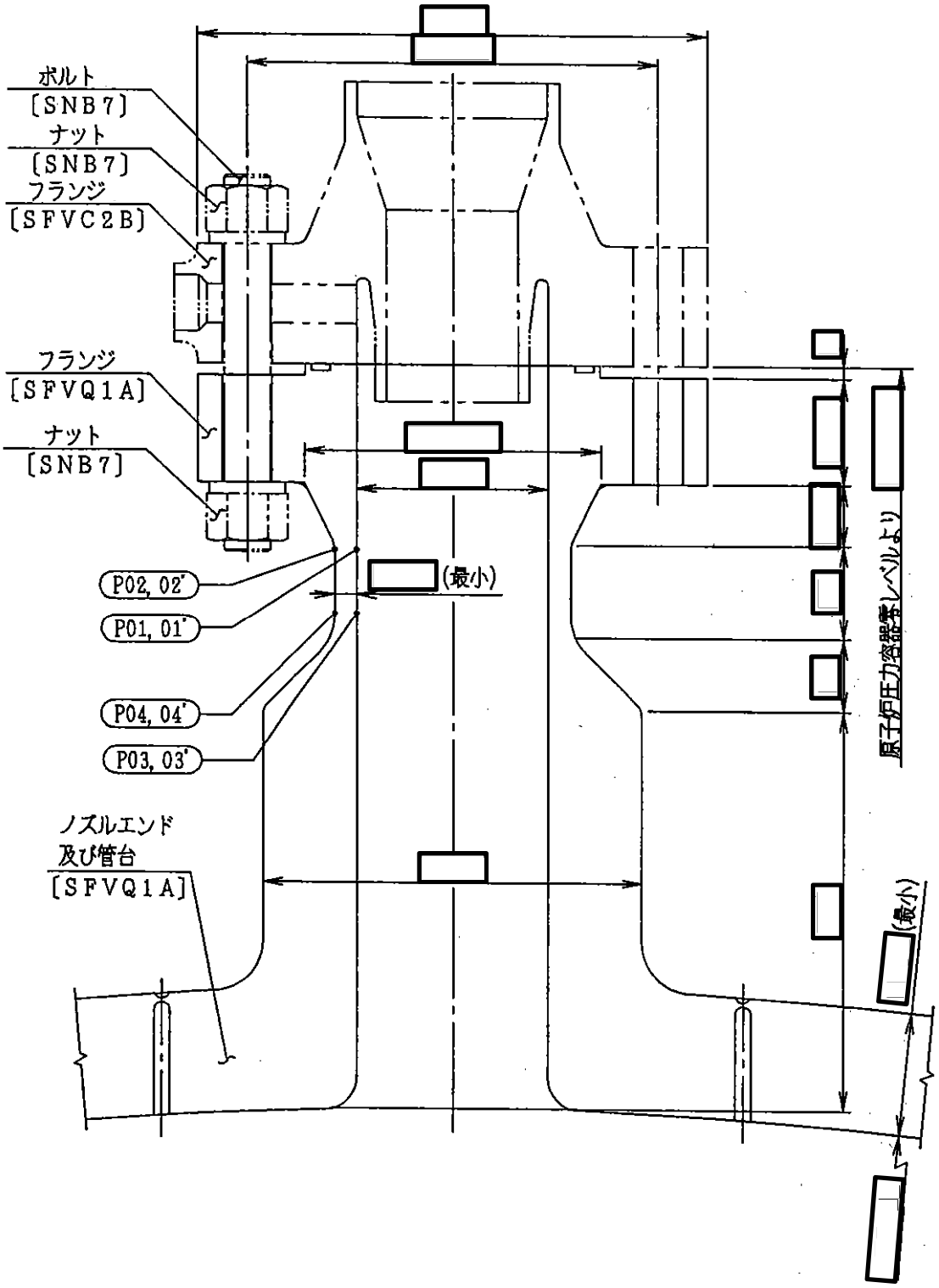


図9－1　形状・寸法・材料・応力評価点　（単位：mm）

表9－1　計算結果の概要

部分及び材料	許容応力状態	一次一般膜応力強さ (MPa)			一次膜＋一次曲げ応力強さ (MPa)			一次＋二次応力強さ (MPa)			疲労解析		
		応力強さ	許容応力	応力評価面	応力強さ	許容応力	応力評価面	応力強さ	許容応力	応力評価点	疲労＊累積係数	許容値	応力評価点
フランジ SFVQ1A	ⅢＡＳ	78	303	P01 － P02	265	411	P01’－ P02’	—	—	—	—	—	—
	ⅣＡＳ	93	320	P01’－ P02’	316	435	P01’－ P02’	—	—	—	—	—	—
	ⅢＡＳ	—	—	—	—	—	—	321	552	P02	0.047	1.0	P02
	ⅣＡＳ	—	—	—	—	—	—	481	552	P02			
ノズルエンド SFVQ1A	ⅢＡＳ	78	303	P03 － P04	163	411	P03 － P04	—	—	—	—	—	—
	ⅣＡＳ	93	320	P03’－ P04’	216	435	P03’－ P04’	—	—	—	—	—	—
	ⅢＡＳ	—	—	—	—	—	—	309	552	P04	0.035	1.0	P04
	ⅣＡＳ	—	—	—	—	—	—	463	552	P04			

注：管台（穴の周辺部）については設計・建設規格　PVB-3510(1)により，応力評価は不要である。

注記＊：疲労累積係数は，運転状態Ⅰ及びⅡに地震荷重Ｓｄ＊又は地震荷重Ｓｓのいずれか大きい方を加えた値である。

9.2　計算条件

9.2.1　設計条件

設計条件を「応力解析の方針」の4.1節に示す。

9.2.2　運転条件

考慮した運転条件を「応力解析の方針」の4.2節に示す。

9.2.3　材料

各部の材料を図9－1に示す。

9.2.4　荷重の組合せ及び許容応力状態

荷重の組合せ及び許容応力状態を「応力解析の方針」の3.4節に示す。

9.2.5　荷重の組合せ及び応力評価

荷重の組合せ及び応力評価を「応力解析の方針」の4.3節に示す。

9.2.6　許容応力

許容応力を「応力解析の方針」の3.5節に示す。

9.3　応力計算

9.3.1　応力評価点

応力評価点の位置を図9－1に示す。

なお，応力集中を生じる箇所の応力集中係数は，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)ℓ.に定めるとおりである。

9.3.2　内圧による応力

(1)　荷重条件（L01）

各運転状態による内圧は，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)ℓ.に定めるとおりである。

(2)　計算方法

内圧による応力の計算は，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)ℓ.に定めるとおりである。

なお，各運転条件での内圧による応力は，既工認と同様に，既工認の最高使用圧力での応力を用いて，圧力の比により（比倍して）計算する。

9.3.3　外荷重による応力

(1)　荷重条件（L04,L07,L14,L15,L16及びL17）

外荷重を「応力解析の方針」の表4－1(5)に示す。

(2)　計算方法

外荷重による応力の計算は，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)ℓ.に定めるとおりである。

なお，各荷重での応力は，既工認と同様に，単位荷重（鉛直力，水平力等）での応力を用いて，荷重（鉛直力，水平力等）の比により（比倍して）計算する。

9.3.4　ボルト荷重による応力

(1)　荷重条件（L11）

ボルト荷重は，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)ℓ.に定めるとおりである。

(2)　計算方法

ボルト荷重による応力の計算は，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)ℓ.に定めるとおりである。

なお，ボルト荷重による応力は，既工認と同様に，ボルトの締付けによる応力を考慮し計算する。

9.3.5　応力の評価

各応力評価点で計算された応力を分類ごとに重ね合わせて組合せ応力を求め，応力強さを算出する。

応力強さの算出方法は，「応力解析の方針」の5.1.2項に定めるとおりである。

9.4　応力強さの評価

9.4.1　一次一般膜応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表9－2に示す。

表9－2より，各許容応力状態の一次一般膜応力強さは，「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

9.4.2　一次膜＋一次曲げ応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表9－3に示す。

表9－3より，各許容応力状態の一次膜＋一次曲げ応力強さは，「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

9.4.3　一次＋二次応力強さの評価

地震荷重のみにおける評価を表9－4に示す。

表9－4より，すべての評価点において$S_n^{\#1}$及び$S_n^{\#2}$は，3・S_m以下であり，「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

9.5　繰返し荷重の評価

9.5.1　疲労解析

フランジ及びノズルエンドの応力評価点について，詳細な繰返し荷重の評価を行う。

(1)　疲労累積係数

各応力評価点における疲労累積係数を表9－5に示す。

表9－5より，各応力評価点において疲労累積係数は1.0以下であり，「応力解析の方針」の3.5節に示す許容値を満足する。

表9－2　一次一般膜応力強さの評価のまとめ

（単位：MPa）

応力評価面	許容応力状態ⅢＡＳ		許容応力状態ⅣＡＳ	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	78	303	92	320
P01’ P02’	77	303	93	320
P03 P04	78	303	92	320
P03’ P04’	77	303	93	320

表9－3　一次膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ

（単位：MPa）

応力評価面	許容応力状態ⅢＡＳ		許容応力状態ⅣＡＳ	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	189	411	226	435
P01’ P02’	265	411	316	435
P03 P04	163	411	216	435
P03’ P04’	160	411	216	435

表9－4　一次＋二次応力強さの評価のまとめ

（単位：MPa）

応力評価点	一次＋二次応力差最大範囲（P_L+P_b+Q）		
	S_n ＊1	S_n ＊2	許容応力 $3\cdot S_m$
P01	146	219	552
P01’	146	219	552
P02	321	481	552
P02’	321	481	552
P03	168	251	552
P03’	168	251	552
P04	309	463	552
P04’	309	463	552

表9－5　疲労累積係数の評価のまとめ

応力評価点	疲労累積係数				
	U_n	U_{Sd}	U_{Ss}	U_f *	許容値
P01	0.002	0.001	0.002	0.004	1.0
P01’	0.003	0.001	0.002	0.005	1.0
P02	0.004	0.012	0.043	0.047	1.0
P02’	0.001	0.012	0.043	0.044	1.0
P03	0.001	0.001	0.003	0.004	1.0
P03’	0.001	0.001	0.003	0.004	1.0
P04	0.001	0.010	0.034	0.035	1.0
P04’	0.001	0.010	0.034	0.035	1.0

注記＊：疲労累積係数U_fは，運転状態Ⅰ及びⅡに地震荷重Ｓｄ*又は地震荷重Ｓｓのいずれか大きい方を加えた値である。

10. 原子炉停止時冷却材出口ノズル（N8）の応力計算

10.1 一般事項

本章は，原子炉停止時冷却材出口ノズル（N8）の応力計算について示すものである。

原子炉停止時冷却材出口ノズル（N8）は，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。

以下，設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

10.1.1 形状・寸法・材料

本章で解析する箇所の形状・寸法・材料を図10－1に示す。

10.1.2 解析範囲

解析範囲を図10－1に示す。

10.1.3 計算結果の概要

計算結果の概要を表10－1に示す。

なお，応力評価点の選定に当たっては，形状不連続部，溶接部及び厳しい荷重作用点に着目し，各部分ごとに数点の評価点を設けて評価を行い，疲労累積係数が厳しくなる評価点を記載する。

：応力評価点

〔　　〕：材　　料

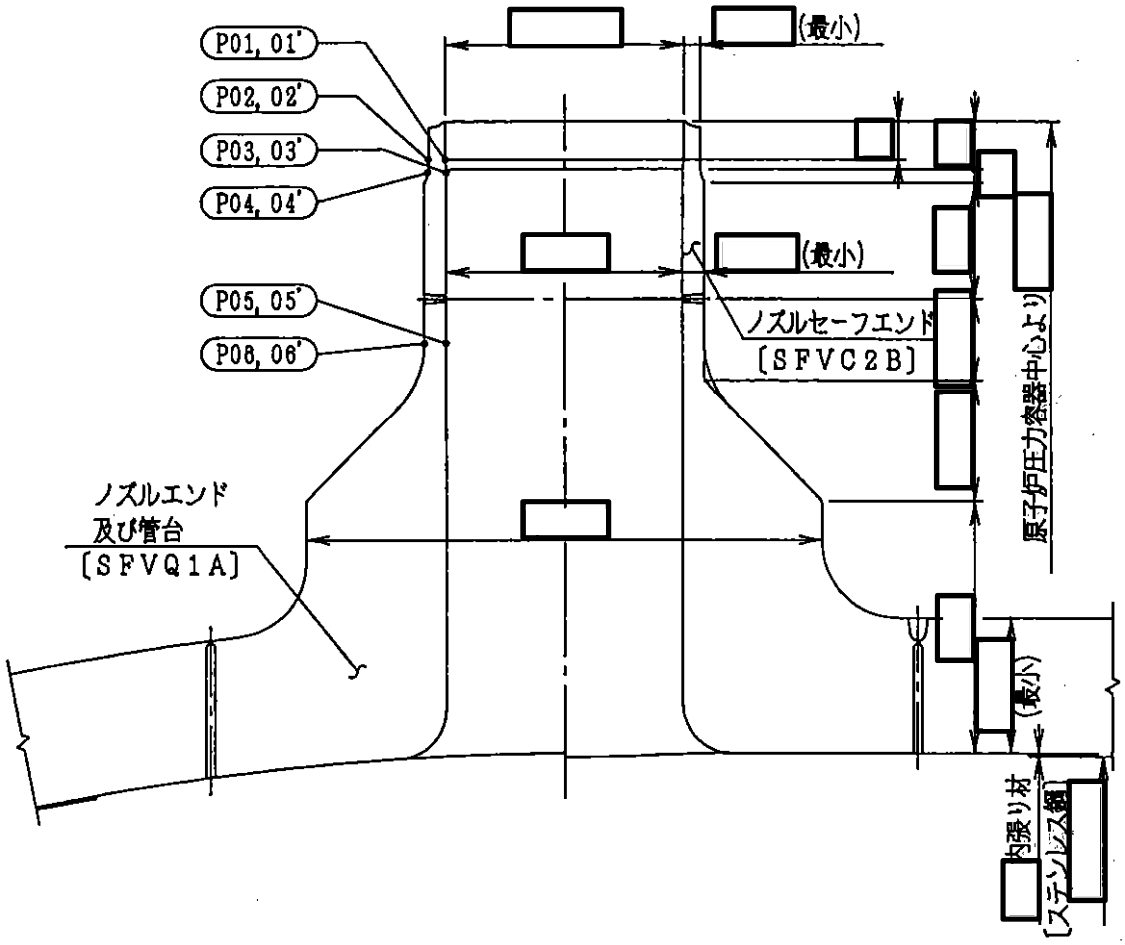


図10－1　形状・寸法・材料・応力評価点　（単位：mm）

表10－1　計算結果の概要

部分及び材料	許容応力状態	一次一般膜応力強さ (MPa)			一次膜＋一次曲げ応力強さ (MPa)			一次＋二次応力強さ (MPa)			疲労解析		
		応力強さ	許容応力	応力評価面	応力強さ	許容応力	応力評価面	応力強さ	許容応力	応力評価点	疲労*累積係数	許容値	応力評価点
ノズル セーフエンド SFVC2B	ⅢＡＳ	77	188	P01 － P02	138	252	P01 － P02	—	—	—	—	—	—
	ⅣＡＳ	83	292	P01 － P02	222	391	P01’－ P02’	—	—	—	—	—	—
	ⅢＡＳ	—	—	—	—	—	—	159	383	P04	0.018	1.0	P04
	ⅣＡＳ	—	—	—	—	—	—	371	383	P04			
ノズルエンド SFVQ1A	ⅢＡＳ	63	303	P05 － P06	125	411	P05 － P06	—	—	—	—	—	—
	ⅣＡＳ	68	320	P05 － P06	202	434	P05’－ P06’	—	—	—	—	—	—
	ⅢＡＳ	—	—	—	—	—	—	164	552	P06	0.022	1.0	P06
	ⅣＡＳ	—	—	—	—	—	—	382	552	P06			

注：管台（穴の周辺部）については設計・建設規格　PVB-3510(1)により，応力評価は不要である。

注記＊：疲労累積係数は，運転状態Ⅰ及びⅡに地震荷重Ｓｄ*又は地震荷重Ｓｓのいずれか大きい方を加えた値である。

10.2　計算条件

10.2.1　設計条件

設計条件を「応力解析の方針」の4.1節に示す。

10.2.2　運転条件

考慮した運転条件を「応力解析の方針」の4.2節に示す。

10.2.3　材料

各部の材料を図10－1に示す。

10.2.4　荷重の組合せ及び許容応力状態

荷重の組合せ及び許容応力状態を「応力解析の方針」の3.4節に示す。

10.2.5　荷重の組合せ及び応力評価

荷重の組合せ及び応力評価を「応力解析の方針」の4.3節に示す。

10.2.6　許容応力

許容応力を「応力解析の方針」の3.5節に示す。

10.3　応力計算

10.3.1　応力評価点

応力評価点の位置を図10－1に示す。

なお，応力集中を生じる箇所の応力集中係数は，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)m.に定めるとおりである。

10.3.2　内圧による応力

(1)　荷重条件（L01）

各運転状態による内圧は，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)m.に定めるとおりである。

(2)　計算方法

内圧による応力の計算は，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)m.に定めるとおりである。

なお，各運転条件での内圧による応力は，既工認と同様に，既工認の最高使用圧力での応力を用いて，圧力の比により（比倍して）計算する。

10.3.3　外荷重による応力

(1)　荷重条件（L04,L07,L14,L15,L16及びL17）

外荷重を「応力解析の方針」の表4－1(5)に示す。

(2)　計算方法

外荷重による応力の計算は,既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)m.に定めるとおりである。

なお，各荷重での応力は，既工認と同様に，単位荷重（鉛直力，水平力等）での応力を用いて，荷重（鉛直力，水平力等）の比により（比倍して）計算する。

10.3.4　応力の評価

各応力評価点で計算された応力を分類ごとに重ね合わせて組合せ応力を求め，応力強さを算出する。

応力強さの算出方法は，「応力解析の方針」の5.1.2項に定めるとおりである。

10.4　応力強さの評価

10.4.1　一次一般膜応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表10－2に示す。

表10－2より，各許容応力状態の一次一般膜応力強さは，「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

10.4.2　一次膜＋一次曲げ応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表10－3に示す。

表10－3より，各許容応力状態の一次膜＋一次曲げ応力強さは，「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

10.4.3　一次＋二次応力強さの評価

地震荷重のみにおける評価を表10－4に示す。

表10－4より，すべての評価点において$S_n^{\#1}$及び$S_n^{\#2}$は，3・S_m以下であり，「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

10.5　繰返し荷重の評価

10.5.1　疲労解析

ノズルセーフエンド及びノズルエンドの応力評価点について，詳細な繰返し荷重の評価を行う。

(1)　疲労累積係数

各応力評価点における疲労累積係数を表10－5に示す。

表10－5より，各応力評価点において疲労累積係数は1.0以下であり，「応力解析の方針」の3.5節に示す許容値を満足する。

表10－2　一次一般膜応力強さの評価のまとめ

（単位：MPa）

応力評価面	許容応力状態ⅢＡＳ		許容応力状態ⅣＡＳ	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	77	188	83	292
P01’ P02’	77	188	82	292
P03 P04	71	188	77	292
P03’ P04’	71	188	76	292
P05 P06	63	303	68	320
P05’ P06’	63	303	67	320

表10－3　一次膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ

（単位：MPa）

応力評価面	許容応力状態ⅢＡＳ		許容応力状態ⅣＡＳ	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	138	252	221	391
P01’ P02’	137	252	222	391
P03 P04	130	253	209	393
P03’ P04’	129	253	209	393
P05 P06	125	411	202	434
P05’ P06’	124	411	202	434

表10－4　一次＋二次応力強さの評価のまとめ

（単位：MPa）

応力評価点	一次＋二次応力差最大範囲（P_L+P_b+Q）		
	S_n ＊1	S_n ＊2	許容応力 $3・S_m$
P01	124	289	383
P01’	124	289	383
P02	140	328	383
P02’	140	328	383
P03	95	223	383
P03’	95	223	383
P04	159	371	383
P04’	159	371	383
P05	71	167	552
P05’	71	167	552
P06	164	382	552
P06’	164	382	552

表10－5　疲労累積係数の評価のまとめ

応力評価点	疲労累積係数				
	U_n	U_{Sd}	U_{Ss}	U_f *	許容値
P01	0.001	0.001	0.006	0.007	1.0
P01’	0.001	0.001	0.006	0.007	1.0
P02	0.001	0.001	0.007	0.008	1.0
P02’	0.001	0.001	0.007	0.008	1.0
P03	0.000	0.001	0.002	0.002	1.0
P03’	0.000	0.001	0.002	0.002	1.0
P04	0.002	0.001	0.016	0.018	1.0
P04’	0.001	0.001	0.016	0.017	1.0
P05	0.000	0.001	0.001	0.001	1.0
P05’	0.000	0.001	0.001	0.001	1.0
P06	0.002	0.001	0.020	0.022	1.0
P06’	0.001	0.001	0.020	0.021	1.0

注記＊：疲労累積係数U_fは，運転状態Ⅰ及びⅡに地震荷重Ｓｄ*又は地震荷重Ｓｓのいずれか大きい方を加えた値である。

11. 原子炉停止時冷却材出口ノズル（N10）の応力計算

11.1 一般事項

本章は，原子炉停止時冷却材出口ノズル（N10）の応力計算について示すものである。

原子炉停止時冷却材出口ノズル（N10）は，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。

以下，設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

11.1.1 形状・寸法・材料

本章で解析する箇所の形状・寸法・材料を図11－1に示す。

11.1.2 解析範囲

解析範囲を図11－1に示す。

11.1.3 計算結果の概要

計算結果の概要を表11－1に示す。

なお，応力評価点の選定に当たっては，形状不連続部，溶接部及び厳しい荷重作用点に着目し，各部分ごとに数点の評価点を設けて評価を行い，疲労累積係数が厳しくなる評価点を記載する。

：応力評価点

〔　　〕：材　　料

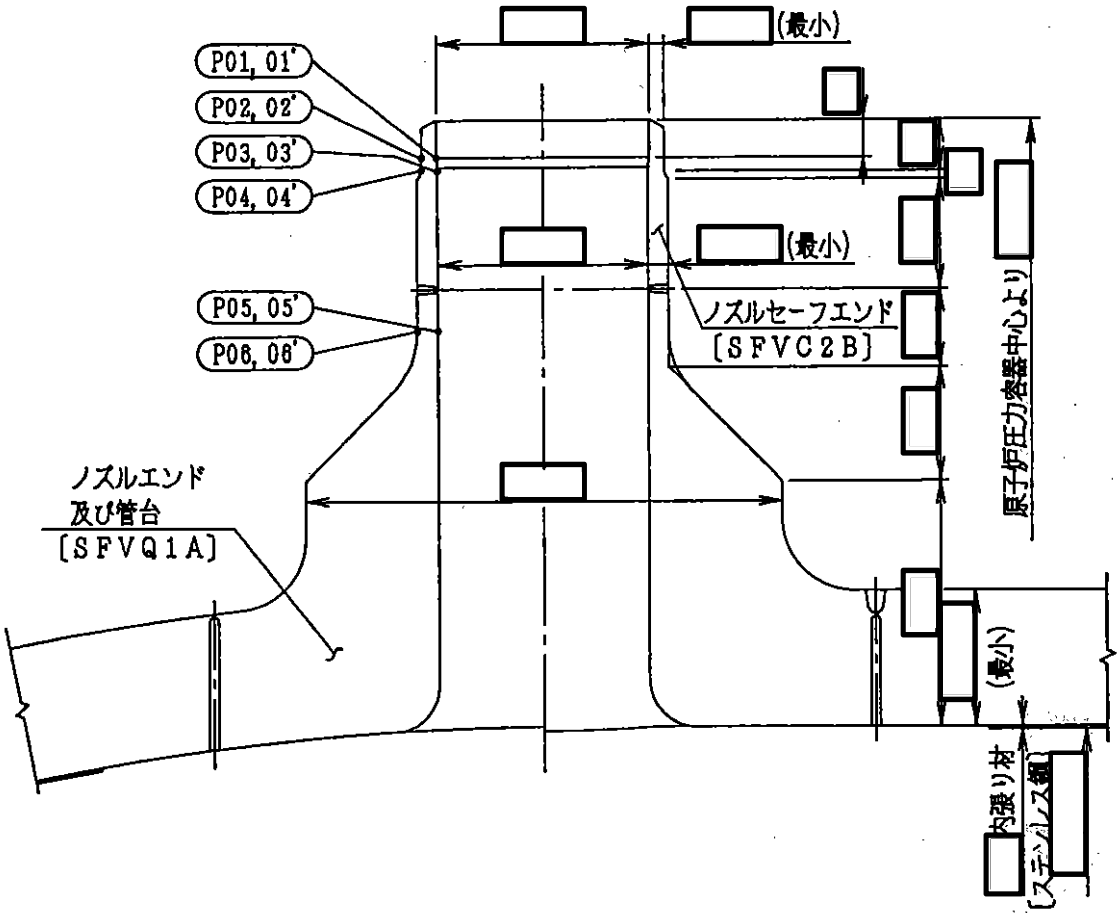


図11－1　形状・寸法・材料・応力評価点　（単位：mm）

表11－1　計算結果の概要

部分及び材料	許容応力状態	一次一般膜応力強さ (MPa)			一次膜＋一次曲げ応力強さ (MPa)			一次＋二次応力強さ (MPa)			疲労解析		
		応力強さ	許容応力	応力評価面	応力強さ	許容応力	応力評価面	応力強さ	許容応力	応力評価点	疲労[*1]累積係数	許容値	応力評価点
ノズル セーフエンド SFVC2B	ⅢＡＳ	80	188	P01　－ P02	159	252	P01　－ P02	—	—	—	—	—	—
	ⅣＡＳ	107	292	P01　－ P02	268	391	P01’－ P02’	—	—	—	—	—	—
	ⅢＡＳ	—	—	—	—	—	—	170	383	P04	0.046	1.0	P04
	ⅣＡＳ	—	—	—	—	—	—	428[*2]	383	P04			
ノズルエンド SFVQ1A	ⅢＡＳ	64	303	P05　－ P06	141	411	P05　－ P06	—	—	—	—	—	—
	ⅣＡＳ	85	320	P05　－ P06	244	435	P05’－ P06’	—	—	—	—	—	—
	ⅢＡＳ	—	—	—	—	—	—	167	552	P06	0.032	1.0	P06
	ⅣＡＳ	—	—	—	—	—	—	435	552	P06			

注：管台（穴の周辺部）については設計・建設規格　PVB-3510(1)により，応力評価は不要である。

注記＊1　：疲労累積係数は，運転状態Ⅰ及びⅡに地震荷重Ｓｄ*又は地震荷重Ｓｓのいずれか大きい方を加えた値である。

＊2　：許容値3・S_mを超えるため，設計・建設規格　PVB-3300の簡易弾塑性解析を行う。

11.2　計算条件

11.2.1　設計条件

設計条件を「応力解析の方針」の4.1節に示す。

11.2.2　運転条件

考慮した運転条件を「応力解析の方針」の4.2節に示す。

11.2.3　材料

各部の材料を図11－1に示す。

11.2.4　荷重の組合せ及び許容応力状態

荷重の組合せ及び許容応力状態を「応力解析の方針」の3.4節に示す。

11.2.5　荷重の組合せ及び応力評価

荷重の組合せ及び応力評価を「応力解析の方針」の4.3節に示す。

11.2.6　許容応力

許容応力を「応力解析の方針」の3.5節に示す。

11.3　応力計算

11.3.1　応力評価点

応力評価点の位置を図11－1に示す。

なお，応力集中を生じる箇所の応力集中係数は，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)m.に定めるとおりである。

11.3.2　内圧による応力

(1)　荷重条件（L01）

各運転状態による内圧は，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)m.に定めるとおりである。

(2)　計算方法

内圧による応力の計算は，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)m.に定めるとおりである。

なお，各運転条件での内圧による応力は，既工認と同様に，既工認の最高使用圧力での応力を用いて，圧力の比により（比倍して）計算する。

11.3.3　外荷重による応力

(1)　荷重条件（L04,L07,L14,L15,L16及びL17）

外荷重を「応力解析の方針」の表4－1(5)に示す。

(2)　計算方法

外荷重による応力の計算は,既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)m.に定めるとおりである。

なお，各荷重での応力は，既工認と同様に，単位荷重（鉛直力，水平力等）での応力を用いて，荷重（鉛直力，水平力等）の比により（比倍して）計算する。

11.3.4　応力の評価

各応力評価点で計算された応力を分類ごとに重ね合わせて組合せ応力を求め，応力強さを算出する。

応力強さの算出方法は，「応力解析の方針」の5.1.2項に定めるとおりである。

11.4　応力強さの評価

11.4.1　一次一般膜応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表11－2に示す。

表11－2より，各許容応力状態の一次一般膜応力強さは，「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

11.4.2　一次膜＋一次曲げ応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表11－3に示す。

表11－3より，各許容応力状態の一次膜＋一次曲げ応力強さは，「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

11.4.3　一次＋二次応力強さの評価

地震荷重のみにおける評価を表11－4に示す。

表11－4より，以下の評価点を除くすべての評価点において$S_n^{\#1}$及び$S_n^{\#2}$は，$3\cdot S_m$以下であり，「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

P04及びP04’

一次＋二次応力強さの最大範囲が$3\cdot S_m$を超える応力評価点（P04及びP04’）にあっては，「応力解析の方針」の5.2節に示す簡易弾塑性解析の方法を適用する。

11.5　繰返し荷重の評価

11.5.1　疲労解析

ノズルセーフエンド及びノズルエンドの応力評価点について，詳細な繰返し荷重の評価を行う。

(1)　疲労累積係数

$S_n^{\#1}$又は$S_n^{\#2}$が3・S_mを超える応力評価点のうち最も厳しい応力評価点（P04）における疲労累積係数の計算結果を表11－5に示す。また，各応力評価点における疲労累積係数を表11－6に示す。

表11－6より，各応力評価点において疲労累積係数は1.0以下であり，「応力解析の方針」の3.5節に示す許容値を満足する。

表11－2　一次一般膜応力強さの評価のまとめ

（単位：MPa）

応力評価面	許容応力状態ⅢＡＳ		許容応力状態ⅣＡＳ	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	80	188	107	292
P01’ P02’	80	188	105	292
P03 P04	73	188	98	292
P03’ P04’	73	188	96	292
P05 P06	64	303	85	320
P05’ P06’	64	303	83	320

表11－3　一次膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ

（単位：MPa）

応力評価面	許容応力状態ⅢＡＳ		許容応力状態ⅣＡＳ	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	159	252	263	391
P01’ P02’	159	252	268	391
P03 P04	149	253	247	393
P03’ P04’	149	253	251	393
P05 P06	141	411	241	435
P05’ P06’	141	411	244	435

表11－4　一次＋二次応力強さの評価のまとめ

（単位：MPa）

応力評価点	一次＋二次応力差最大範囲（P_L+P_b+Q）		
	S_n ＃1	S_n ＃2	許容応力 $3・S_m$
P01	130	338	383
P01’	130	338	383
P02	148	382	383
P02’	148	382	383
P03	95	264	383
P03’	95	264	383
P04	170	428＊	383
P04’	170	428＊	383
P05	75	205	552
P05’	75	205	552
P06	167	435	552
P06’	167	435	552

注記＊：簡易弾塑性解析を行う。

表11－5　疲労累積係数

応力評価点　――　P04

材　　料　――　SFVC2B

No.	S_n (MPa)	K_e	S_p (MPa)	S_ℓ*1 (MPa)	S_ℓ'*2 (MPa)	N_a	N_c	N_c/N_a
1	428	1.221	498	304	338	4617	200	0.043
疲労累積係数　U_{Ss}＝								0.044
疲労累積係数　U_n＝								0.002
疲労累積係数　$U_f=U_n+U_{Ss}$＝								0.046

注：疲労累積係数の求め方は，「応力解析の方針」の5.2.1項（疲労解析）に示す。

注記＊1　：設計・建設規格　PVB-3315(1)又は(2)により求めた値である。

＊2　：S_ℓに（E_0／E）を乗じた値である。

E_0＝[　　]MPa，E＝[　　]MPa

表11－6　疲労累積係数の評価のまとめ

応力評価点	疲労累積係数				
	U_n	U_{Sd}	U_{Ss}	U_f *	許容値
P01	0.001	0.001	0.009	0.010	1.0
P01’	0.001	0.001	0.009	0.010	1.0
P02	0.001	0.001	0.010	0.011	1.0
P02’	0.001	0.001	0.010	0.011	1.0
P03	0.000	0.001	0.003	0.003	1.0
P03’	0.001	0.001	0.003	0.004	1.0
P04	0.002	0.001	0.044	0.046	1.0
P04’	0.002	0.001	0.044	0.046	1.0
P05	0.000	0.001	0.002	0.002	1.0
P05’	0.000	0.001	0.002	0.002	1.0
P06	0.003	0.001	0.029	0.032	1.0
P06’	0.001	0.001	0.029	0.030	1.0

注記＊：疲労累積係数U_fは，運転状態Ⅰ及びⅡに地震荷重Ｓｄ*又は地震荷重Ｓｓのいずれか大きい方を加えた値である。

12. 原子炉冷却材再循環ポンプ差圧検出ノズル（N9）の応力計算

12.1 一般事項

本章は，原子炉冷却材再循環ポンプ差圧検出ノズル（N9）の応力計算について示すものである。

原子炉冷却材再循環ポンプ差圧検出ノズル（N9）は，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。

以下，設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

12.1.1 記号の説明

記号の説明を「応力解析の方針」の2.4節に示す。

更に，本章において，以下の記号を用いる。

記号	記号の説明	単位
R_i	肉盛溶接部の内半径	mm
t	肉盛溶接部の最小厚さ	mm
A	肉盛溶接部の断面積	mm^2
Z	肉盛溶接部の断面係数	mm^3
σ_{ca}	許容応力	MPa
L_1	荷重作用点からスタブ付根までの距離	m
L_2	荷重作用点からスタブ付根までの距離	m

12.1.2 形状・寸法・材料

本章で解析する箇所の形状・寸法・材料を図12－1に示す。

12.1.3 解析範囲

解析範囲を図12－1に示す。

12.1.4 計算結果の概要

計算結果の概要を表12－1に示す。

なお，応力評価点の選定に当たっては，形状不連続部，溶接部及び厳しい荷重作用点に着目し，各部分ごとに数点の評価点を設けて評価を行い，疲労累積係数が厳しくなる評価点を記載する。

：応力評価点

〔　　〕：材　　料

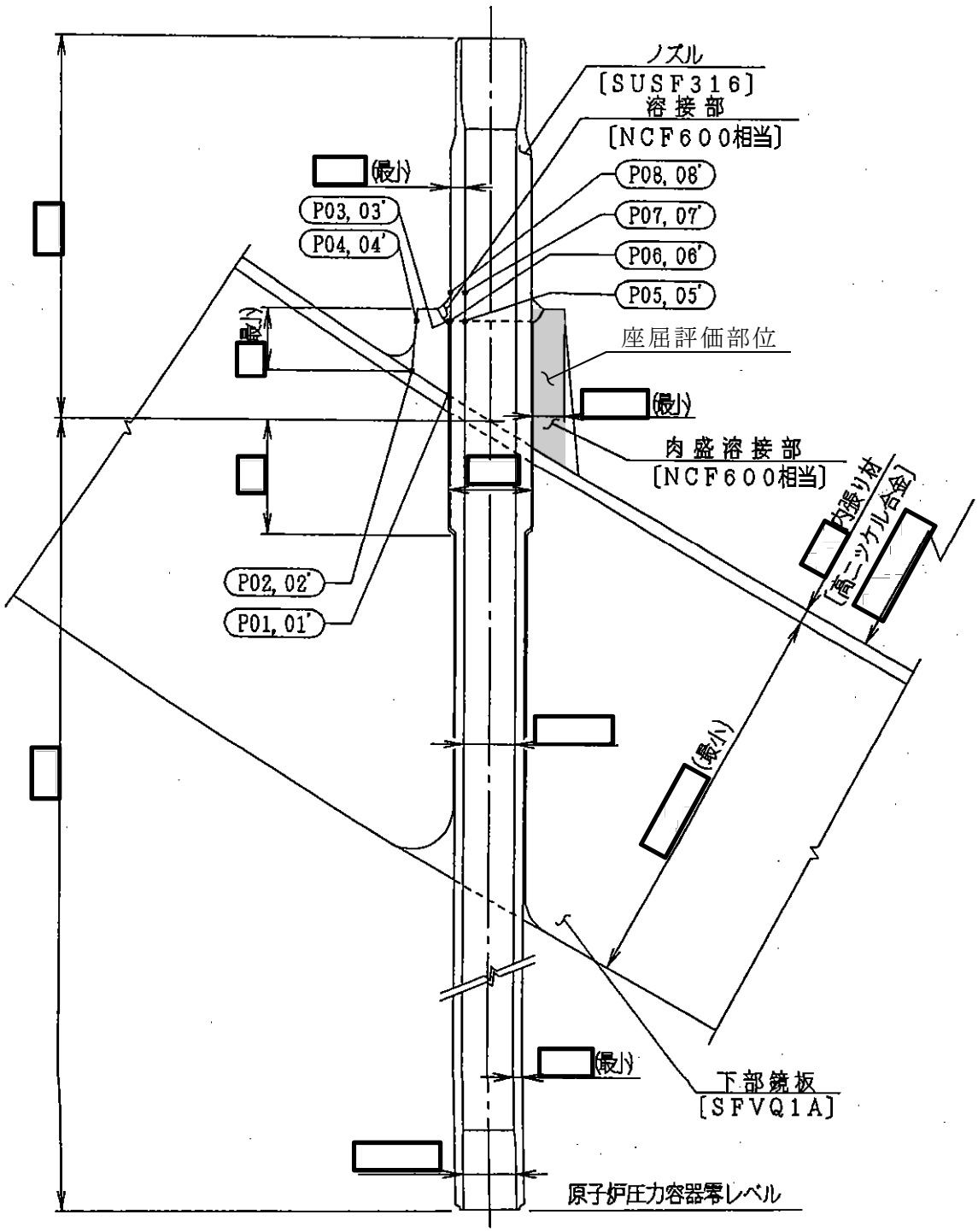


図12－1　形状・寸法・材料・応力評価点　（単位：mm）

表12－1(1)　計算結果の概要

部分及び材料	許容応力状態	一次一般膜応力強さ (MPa)			一次膜＋一次曲げ応力強さ (MPa)			一次＋二次応力強さ (MPa)			疲労解析		
		応力強さ	許容応力	応力評価面	応力強さ	許容応力	応力評価面	応力強さ	許容応力	応力評価点	疲労＊累積係数	許容値	応力評価点
肉盛溶接部 NCF600相当	ⅢＡＳ	21	196	P01’－P02’	95	295	P01’－P02’	—	—	—	—	—	—
	ⅣＡＳ	21	334	P01’－P02’	95	501	P01’－P02’	—	—	—	—	—	—
	ⅢＡＳ	—	—	—	—	—	—	102	492	P03	0.102	1.0	P01
	ⅣＡＳ	—	—	—	—	—	—	102	492	P03			
ノズル SUSF316	ⅢＡＳ	34	142	P05’－P06’	68	214	P05 －P06	—	—	—	—	—	—
	ⅣＡＳ	34	280	P05’－P06’	68	420	P05 －P06	—	—	—	—	—	—
	ⅢＡＳ	—	—	—	—	—	—	115	360	P08	0.031	1.0	P06
	ⅣＡＳ	—	—	—	—	—	—	116	360	P08			

注記＊：疲労累積係数は，運転状態Ⅰ及びⅡに地震荷重Ｓｄ＊又は地震荷重Ｓｓのいずれか大きい方を加えた値である。

表12－1(2)　計算結果の概要

（単位：MPa）

部分及び材料	許容応力状態	座屈に対する評価	
		圧縮応力	許容応力
肉盛溶接部 NCF600相当	ⅢＡＳ	19	99
	ⅣＡＳ	20	124

12.2　計算条件

12.2.1　設計条件

設計条件を「応力解析の方針」の4.1節に示す。

12.2.2　運転条件

考慮した運転条件を「応力解析の方針」の4.2節に示す。

12.2.3　材料

各部の材料を図12－1に示す。

12.2.4　荷重の組合せ及び許容応力状態

荷重の組合せ及び許容応力状態を「応力解析の方針」の3.4節に示す。

12.2.5　荷重の組合せ及び応力評価

荷重の組合せ及び応力評価を「応力解析の方針」の4.3節に示す。

12.2.6　許容応力

許容応力を「応力解析の方針」の3.5節に示す。

12.3　応力計算

12.3.1　応力評価点

応力評価点の位置を図12－1に示す。

なお，応力集中を生じる箇所の応力集中係数は，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)n.に定めるとおりである。

12.3.2　内圧による応力

(1)　荷重条件（L01）

各運転状態による内圧は，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)n.に定めるとおりである。

(2)　計算方法

内圧による応力の計算は，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)n.に定めるとおりである。

なお，各運転条件での内圧による応力は，既工認と同様に，既工認の最高使用圧力での応力を用いて，圧力の比により（比倍して）計算する。

12.3.3　外荷重による応力

(1)　荷重条件（L04,L07,L14,L15,L16及びL17）

外荷重を「応力解析の方針」の表4－1(5)に示す。

(2)　計算方法

外荷重による応力の計算は,既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)n.に定めるとおりである。

なお，各荷重での応力は，既工認と同様に，単位荷重（鉛直力，水平力等）での応力を用いて，荷重（鉛直力，水平力等）の比により（比倍して）計算する。

12.3.4　応力の評価

各応力評価点で計算された応力を分類ごとに重ね合わせて組合せ応力を求め，応力強さを算出する。

応力強さの算出方法は，「応力解析の方針」の5.1.2項に定めるとおりである。

12.4　応力強さの評価

12.4.1　一次一般膜応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表12－2に示す。

表12－2より，各許容応力状態の一次一般膜応力強さは，「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

12.4.2　一次膜＋一次曲げ応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表12－3に示す。

表12－3より，各許容応力状態の一次膜＋一次曲げ応力強さは，「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

12.4.3　一次＋二次応力強さの評価

地震荷重のみにおける評価を表12－4に示す。

表12－4より，すべての評価点において$S_n^{\#1}$及び$S_n^{\#2}$は，3・S_m以下であり，「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

12.5　繰返し荷重の評価

12.5.1　疲労解析

肉盛溶接部及びノズルの応力評価点について，詳細な繰返し荷重の評価を行う。

(1)　疲労累積係数

各応力評価点における疲労累積係数を表12－5に示す。

表12－5より，各応力評価点において疲労累積係数は1.0以下であり，「応力解析の方針」の3.5節に示す許容値を満足する。

12.6　特別な応力の評価

12.6.1　座屈に対する評価

肉盛溶接部には，原子炉冷却材再循環ポンプ差圧検出ノズル（N9）に作用する鉛直力及びモーメントにより，圧縮応力が生じる。したがって，これらの荷重の組合せにより発生する圧縮応力の評価を行う。

(1)　計算データ

肉盛溶接部の内半径　　$R_i =$ [　　] mm

肉盛溶接部の最小厚さ　$t =$ [　　] mm

肉盛溶接部の断面積

$$A = \pi \cdot \{(R_i + t)^2 - R_i^2\} = \pi \times [\quad\quad] = [\quad\quad] \ mm^2$$

肉盛溶接部の断面係数

$$Z = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{(R_i + t)^4 - R_i^4}{R_i + t} = \frac{\pi}{4} \times \frac{[\quad\quad]}{[\quad\quad]}$$

$$= [\quad\quad] \ mm^3$$

(2)　荷重

肉盛溶接部に作用する鉛直力及びモーメントを「応力解析の方針」の表4－1(5)に示す。

(3)　圧縮応力

計算データ（断面性能）を基に，表12－6に示す各許容応力状態の荷重によって肉盛溶接部に発生する圧縮応力を表12－7に示す。

(4)　許容応力

各許容応力状態における許容応力の計算は，設計・建設規格　PVB-3117を準用して計算する。

a.　許容応力状態ⅢAS

許容応力状態ⅢASにおける許容応力σ_{ca}は，次のように得られる。

$\sigma_{ca}=1.2MIN[S_m,\ B]$

ここで，

$S_m=164$ MPa

$B=83$ MPa

([redacted]℃における値)

このうちB値は，設計・建設規格　PVB-3117より，次のようにして求める。

設計・建設規格　付録材料図表　Part7　図1より

$$A=\frac{0.125}{R_i/t}=\frac{0.125}{[\text{redacted}]}=0.075000$$

を用いて，設計・建設規格　付録材料図表　Part7　図7より

$B=83$ MPa

よって，許容応力σ_{ca}は

$\sigma_{ca}=1.2\cdot B=1.2\times 83=99$ MPa

b.　許容応力状態ⅣAS

許容応力状態ⅣASにおける許容応力σ_{ca}は，次のように得られる。

$\sigma_{ca}=1.5MIN[S_m,\ B]$

よって，許容応力σ_{ca}は

$\sigma_{ca}=1.5\cdot B=1.5\times 83=124$ MPa

(5)　座屈に対する評価

各許容応力状態における座屈に対する評価を表12－7に示す。

表12－7より，各許容応力状態における圧縮応力は，許容応力を満足するため，座屈は発生しない。

表12－2　一次一般膜応力強さの評価のまとめ

（単位：MPa）

応力評価面	許容応力状態ⅢＡＳ		許容応力状態ⅣＡＳ	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	21	196	21	334
P01’ P02’	21	196	21	334
P03 P04	21	196	21	334
P03’ P04’	21	196	21	334
P05 P06	34	142	34	280
P05’ P06’	34	142	34	280
P07 P08	1	142	1	280
P07’ P08’	1	142	1	280

表12－3　一次膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ

（単位：MPa）

応力評価面	許容応力状態ⅢＡＳ		許容応力状態ⅣＡＳ	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	70	295	70	501
P01’ P02’	95	295	95	501
P03 P04	26	295	26	501
P03’ P04’	30	295	30	501
P05 P06	68	214	68	420
P05’ P06’	68	214	68	420
P07 P08	43	214	43	420
P07’ P08’	25	214	26	420

表12－4　一次＋二次応力強さの評価のまとめ

（単位：MPa）

応力評価点	一次＋二次応力差最大範囲（P_L+P_b+Q）		
	S_n ＊1	S_n ＊2	許容応力 $3・S_m$
P01	25	25	492
P01’	25	25	492
P02	23	23	492
P02’	23	23	492
P03	102	102	492
P03’	102	102	492
P04	21	22	492
P04’	21	22	492
P05	60	60	360
P05’	60	60	360
P06	98	98	360
P06’	98	98	360
P07	40	40	360
P07’	40	40	360
P08	115	116	360
P08’	115	116	360

表12－5　疲労累積係数の評価のまとめ

応力評価点	疲労累積係数				
	U_n	U_{Sd}	U_{Ss}	U_f *	許容値
P01	0.102	0.000	0.000	0.102	1.0
P01’	0.067	0.000	0.000	0.067	1.0
P02	0.006	0.000	0.000	0.006	1.0
P02’	0.013	0.000	0.000	0.013	1.0
P03	0.007	0.001	0.001	0.008	1.0
P03’	0.004	0.001	0.001	0.005	1.0
P04	0.001	0.000	0.000	0.001	1.0
P04’	0.001	0.000	0.000	0.001	1.0
P05	0.001	0.000	0.000	0.001	1.0
P05’	0.001	0.000	0.000	0.001	1.0
P06	0.029	0.002	0.002	0.031	1.0
P06’	0.009	0.002	0.002	0.011	1.0
P07	0.001	0.000	0.000	0.001	1.0
P07’	0.001	0.000	0.000	0.001	1.0
P08	0.001	0.000	0.000	0.001	1.0
P08’	0.001	0.000	0.000	0.001	1.0

注記＊：疲労累積係数U_fは，運転状態Ⅰ及びⅡに地震荷重Ｓｄ*又は地震荷重Ｓｓのいずれか大きい方を加えた値である。

表12－6　座屈に対する評価に用いる荷重

許容応力状態	鉛直力*1 V（kN）	モーメント*2 M（kN･m）
ⅢAS		
ⅣAS		

注記＊1 ：「応力解析の方針」の4.2節に示す炉内側及び炉外側からのF_zの合計荷重

＊2 ：「応力解析の方針」の4.2節に示す炉内側からの荷重M＋H・L_1と炉外側からの荷重M＋H・L_2の合計荷重。なお，L_1及びL_2は荷重作用点からスタブ付根までの距離であり，それぞれL_1＝　　m，L_2＝　　m である。

表12－7　座屈に対する評価

（単位：MPa）

許容応力状態	圧縮応力	許容応力
ⅢAS	19	99
ⅣAS	20	124

13. 炉心支持板差圧検出ノズル（N11）の応力計算

13.1 一般事項

本章は，炉心支持板差圧検出ノズル（N11）の応力計算について示すものである。

炉心支持板差圧検出ノズル（N11）は，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。

以下，設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

13.1.1 記号の説明

記号の説明を「応力解析の方針」の2.4節に示す。

更に，本章において，以下の記号を用いる。

記号	記号の説明	単位
R_i	肉盛溶接部の内半径	mm
t	肉盛溶接部の最小厚さ	mm
A	肉盛溶接部の断面積	mm^2
Z	肉盛溶接部の断面係数	mm^3
σ_{ca}	許容応力	MPa
L_1	荷重作用点からスタブ付根までの距離	m
L_2	荷重作用点からスタブ付根までの距離	m

13.1.2 形状・寸法・材料

本章で解析する箇所の形状・寸法・材料を図13－1に示す。

13.1.3 解析範囲

解析範囲を図13－1に示す。

13.1.4 計算結果の概要

計算結果の概要を表13－1に示す。

なお，応力評価点の選定に当たっては，形状不連続部，溶接部及び厳しい荷重作用点に着目し，各部分ごとに数点の評価点を設けて評価を行い，疲労累積係数が厳しくなる評価点を記載する。

：応力評価点

〔　　〕：材　　料

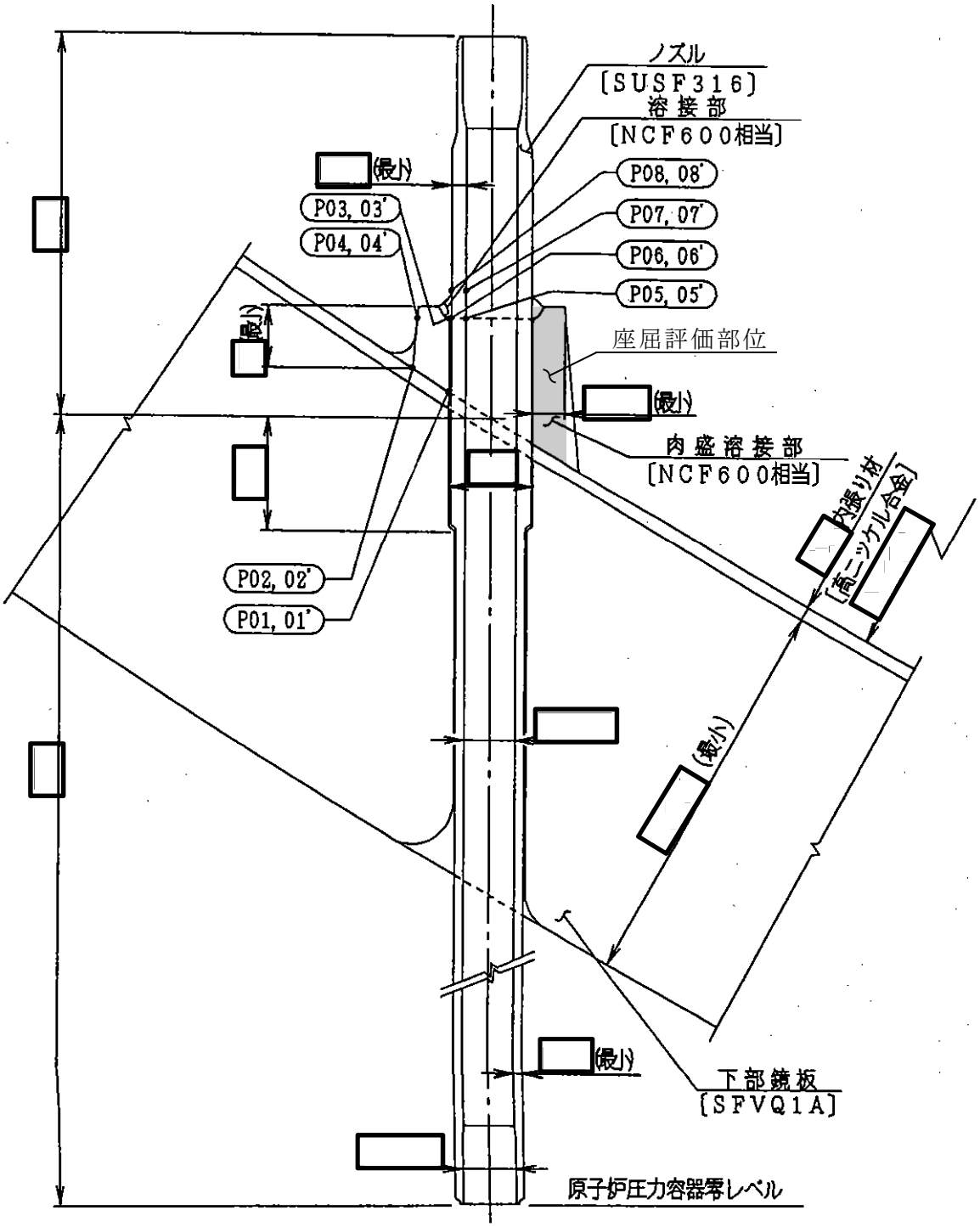


図13－1　形状・寸法・材料・応力評価点　（単位：mm）

表13－1(1)　計算結果の概要

部分及び材料	許容応力状態	一次一般膜応力強さ (MPa)			一次膜＋一次曲げ応力強さ (MPa)			一次＋二次応力強さ (MPa)			疲労解析		
		応力強さ	許容応力	応力評価面	応力強さ	許容応力	応力評価面	応力強さ	許容応力	応力評価点	疲労＊累積係数	許容値	応力評価点
肉盛溶接部 NCF600相当	ⅢＡＳ	21	196	P01’－P02’	95	295	P01’－P02’	—	—	—	—	—	—
	ⅣＡＳ	21	334	P01’－P02’	95	501	P01’－P02’	—	—	—	—	—	—
	ⅢＡＳ	—	—	—	—	—	—	102	492	P03	0.102	1.0	P01
	ⅣＡＳ	—	—	—	—	—	—	102	492	P03			
ノズル SUSF316	ⅢＡＳ	34	142	P05’－P06’	68	214	P05 －P06	—	—	—	—	—	—
	ⅣＡＳ	34	280	P05’－P06’	68	420	P05 －P06	—	—	—	—	—	—
	ⅢＡＳ	—	—	—	—	—	—	115	360	P08	0.031	1.0	P06
	ⅣＡＳ	—	—	—	—	—	—	116	360	P08			

注記＊：疲労累積係数は，運転状態Ⅰ及びⅡに地震荷重Ｓｄ＊又は地震荷重Ｓｓのいずれか大きい方を加えた値である。

表13－1(2)　計算結果の概要

（単位：MPa）

部分及び材料	許容応力状態	座屈に対する評価	
		圧縮応力	許容応力
肉盛溶接部 NCF600相当	ⅢＡＳ	19	99
	ⅣＡＳ	20	124

13.2　計算条件

13.2.1　設計条件

設計条件を「応力解析の方針」の4.1節に示す。

13.2.2　運転条件

考慮した運転条件を「応力解析の方針」の4.2節に示す。

13.2.3　材料

各部の材料を図13－1に示す。

13.2.4　荷重の組合せ及び許容応力状態

荷重の組合せ及び許容応力状態を「応力解析の方針」の3.4節に示す。

13.2.5　荷重の組合せ及び応力評価

荷重の組合せ及び応力評価を「応力解析の方針」の4.3節に示す。

13.2.6　許容応力

許容応力を「応力解析の方針」の3.5節に示す。

13.3　応力計算

13.3.1　応力評価点

応力評価点の位置を図13－1に示す。

なお，応力集中を生じる箇所の応力集中係数は，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)o.に定めるとおりである。

13.3.2　内圧による応力

(1)　荷重条件（L01）

各運転状態による内圧は，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)o.に定めるとおりである。

(2)　計算方法

内圧による応力の計算は，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)o.に定めるとおりである。

なお，各運転条件での内圧による応力は，既工認と同様に，既工認の最高使用圧力での応力を用いて，圧力の比により（比倍して）計算する。

13.3.3　外荷重による応力

(1)　荷重条件（L04,L07,L14,L15,L16及びL17）

外荷重を「応力解析の方針」の表4－1(5)に示す。

(2)　計算方法

外荷重による応力の計算は,既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)o.に定めるとおりである。

なお，各荷重での応力は，既工認と同様に，単位荷重（鉛直力，水平力等）での応力を用いて，荷重（鉛直力，水平力等）の比により（比倍して）計算する。

13.3.4　応力の評価

各応力評価点で計算された応力を分類ごとに重ね合わせて組合せ応力を求め，応力強さを算出する。

応力強さの算出方法は，「応力解析の方針」の5.1.2項に定めるとおりである。

13.4　応力強さの評価

13.4.1　一次一般膜応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表13－2に示す。

表13－2より，各許容応力状態の一次一般膜応力強さは，「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

13.4.2　一次膜＋一次曲げ応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表13－3に示す。

表13－3より，各許容応力状態の一次膜＋一次曲げ応力強さは，「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

13.4.3　一次＋二次応力強さの評価

地震荷重のみにおける評価を表13－4に示す。

表13－4より，すべての評価点において$S_n^{\#1}$及び$S_n^{\#2}$は，3・S_m以下であり，「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

13.5　繰返し荷重の評価

13.5.1　疲労解析

肉盛溶接部及びノズルの応力評価点について，詳細な繰返し荷重の評価を行う。

(1)　疲労累積係数

各応力評価点における疲労累積係数を表13－5に示す。

表13－5より，各応力評価点において疲労累積係数は1.0以下であり，「応力解析の方針」の3.5節に示す許容値を満足する。

13.6　特別な応力の評価

13.6.1　座屈に対する評価

肉盛溶接部には，炉心支持板差圧検出ノズル（N11）に作用する鉛直力及びモーメントにより，圧縮応力が生じる。したがって，これらの荷重の組合せにより発生する圧縮応力の評価を行う。

(1)　計算データ

肉盛溶接部の内半径　　R_i ＝ [redacted] mm

肉盛溶接部の最小厚さ　t ＝ [redacted] mm

肉盛溶接部の断面積

$A = \pi \cdot \{(R_i + t)^2 - R_i^2\} = \pi \times$ [redacted] ＝ [redacted] mm^2

肉盛溶接部の断面係数

$$Z = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{(R_i + t)^4 - R_i^4}{R_i + t} = \frac{\pi}{4} \times \frac{\text{[redacted]}}{\text{[redacted]}}$$

＝ [redacted] mm^3

(2)　荷重

肉盛溶接部に作用する鉛直力及びモーメントを「応力解析の方針」の表4－1(5)に示す。

(3)　圧縮応力

計算データ（断面性能）を基に，表13－6に示す各許容応力状態の荷重によって肉盛溶接部に発生する圧縮応力を表13－7に示す。

(4)　許容応力

各許容応力状態における許容応力の計算は，設計・建設規格　PVB-3117を準用して計算する。

a.　許容応力状態ⅢAS

許容応力状態ⅢASにおける許容応力σ_{ca}は，次のように得られる。

σ_{ca}＝1.2MIN[S_m，B]

ここで，

S_m＝164 MPa

B　＝ 83 MPa

（[redacted]℃における値）

このうちB値は，設計・建設規格　PVB-3117より，次のようにして求める。

設計・建設規格　付録材料図表　Part7　図1より

$$A=\frac{0.125}{R_i/t}=\frac{0.125}{[\text{redacted}]}=0.075000$$

を用いて，設計・建設規格　付録材料図表　Part7　図7より

B＝83 MPa

よって，許容応力σ_{ca}は

σ_{ca}＝1.2・B＝1.2×83＝99 MPa

b.　許容応力状態ⅣAS

許容応力状態ⅣASにおける許容応力σ_{ca}は，次のように得られる。

σ_{ca}＝1.5MIN[S_m，B]

よって，許容応力σ_{ca}は

σ_{ca}＝1.5・B＝1.5×83＝124 MPa

(5)　座屈に対する評価

各許容応力状態における座屈に対する評価を表13－7に示す。

表13－7より，各許容応力状態における圧縮応力は，許容応力を満足するため，座屈は発生しない。

表13－2　一次一般膜応力強さの評価のまとめ

（単位：MPa）

応力評価面	許容応力状態ⅢＡＳ		許容応力状態ⅣＡＳ	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	21	196	21	334
P01’ P02’	21	196	21	334
P03 P04	21	196	21	334
P03’ P04’	21	196	21	334
P05 P06	34	142	34	280
P05’ P06’	34	142	34	280
P07 P08	1	142	1	280
P07’ P08’	1	142	1	280

表13－3　一次膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ

（単位：MPa）

応力評価面	許容応力状態ⅢＡＳ		許容応力状態ⅣＡＳ	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	70	295	70	501
P01’ P02’	95	295	95	501
P03 P04	26	295	26	501
P03’ P04’	30	295	30	501
P05 P06	68	214	68	420
P05’ P06’	68	214	68	420
P07 P08	43	214	43	420
P07’ P08’	25	214	26	420

表13－4　一次＋二次応力強さの評価のまとめ

（単位：MPa）

応力評価点	一次＋二次応力差最大範囲（P_L+P_b+Q）		
	S_n ＊1	S_n ＊2	許容応力 $3・S_m$
P01	25	25	492
P01’	25	25	492
P02	23	23	492
P02’	23	23	492
P03	102	102	492
P03’	102	102	492
P04	21	22	492
P04’	21	22	492
P05	60	60	360
P05’	60	60	360
P06	98	98	360
P06’	98	98	360
P07	40	40	360
P07’	40	40	360
P08	115	116	360
P08’	115	116	360

表13－5　疲労累積係数の評価のまとめ

応力評価点	疲労累積係数				
	U_n	U_{Sd}	U_{Ss}	U_f *	許容値
P01	0.102	0.000	0.000	0.102	1.0
P01’	0.067	0.000	0.000	0.067	1.0
P02	0.006	0.000	0.000	0.006	1.0
P02’	0.013	0.000	0.000	0.013	1.0
P03	0.007	0.001	0.001	0.008	1.0
P03’	0.004	0.001	0.001	0.005	1.0
P04	0.001	0.000	0.000	0.001	1.0
P04’	0.001	0.000	0.000	0.001	1.0
P05	0.001	0.000	0.000	0.001	1.0
P05’	0.001	0.000	0.000	0.001	1.0
P06	0.029	0.002	0.002	0.031	1.0
P06’	0.009	0.002	0.002	0.011	1.0
P07	0.001	0.000	0.000	0.001	1.0
P07’	0.001	0.000	0.000	0.001	1.0
P08	0.001	0.000	0.000	0.001	1.0
P08’	0.001	0.000	0.000	0.001	1.0

注記＊：疲労累積係数U_fは，運転状態Ⅰ及びⅡに地震荷重Ｓｄ*又は地震荷重Ｓｓのいずれか大きい方を加えた値である。

表13－6　座屈に対する評価に用いる荷重

許容応力状態	鉛直力*1 V（kN）	モーメント*2 M（kN･m）
ⅢAS		
ⅣAS		

注記＊1 ：「応力解析の方針」の4.2節に示す炉内側及び炉外側からのF_zの合計荷重

＊2 ：「応力解析の方針」の4.2節に示す炉内側からの荷重M＋H・L_1と炉外側からの荷重M＋H・L_2の合計荷重。なお，L_1及びL_2は荷重作用点からスタブ付根までの距離であり，それぞれL_1＝　　m，L_2＝　　m である。

表13－7　座屈に対する評価

（単位：MPa）

許容応力状態	圧縮応力	許容応力
ⅢAS	19	99
ⅣAS	20	124

14. 計装ノズル（N12）の応力計算

14.1 一般事項

本章は，計装ノズル（N12）の応力計算について示すものである。

計装ノズル（N12）は，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。

以下，設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

14.1.1 形状・寸法・材料

本章で解析する箇所の形状・寸法・材料を図14－1に示す。

14.1.2 解析範囲

解析範囲を図14－1に示す。

14.1.3 計算結果の概要

計算結果の概要を表14－1に示す。

なお，応力評価点の選定に当たっては，形状不連続部，溶接部及び厳しい荷重作用点に着目し，各部分ごとに数点の評価点を設けて評価を行い，疲労累積係数が厳しくなる評価点を記載する。

：応力評価点

〔　　〕：材　　料

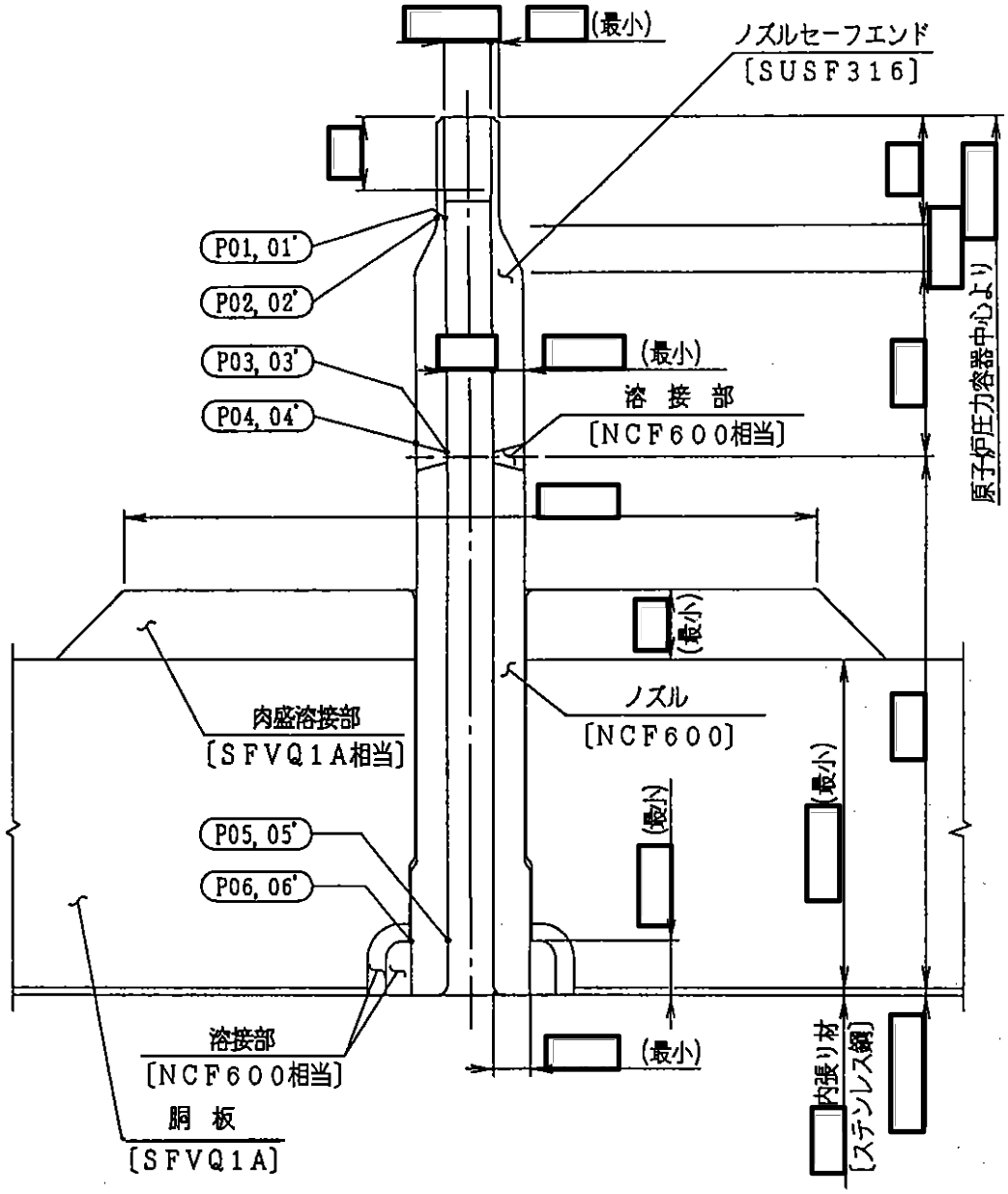


図14－1　形状・寸法・材料・応力評価点　（単位：mm）

表14－1　計算結果の概要

部分及び材料	許容応力状態	一次一般膜応力強さ (MPa)			一次膜＋一次曲げ応力強さ (MPa)			一次＋二次応力強さ (MPa)			疲労解析		
		応力強さ	許容応力	応力評価面	応力強さ	許容応力	応力評価面	応力強さ	許容応力	応力評価点	疲労*累積係数	許容値	応力評価点
ノズル セーフエンド SUSF316	ⅢＡＳ	78	142	P01’－P02’	122	206	P01’－P02’	—	—	—	—	—	—
	ⅣＡＳ	78	280	P01’－P02’	122	403	P01’－P02’	—	—	—	—	—	—
	ⅢＡＳ	—	—	—	—	—	—	227	360	P02	0.001	1.0	P02
	ⅣＡＳ	—	—	—	—	—	—	227	360	P02			
ノズル NCF600	ⅢＡＳ	12	196	P05　－P06	20	295	P05　－P06	—	—	—	—	—	—
	ⅣＡＳ	12	334	P05　－P06	20	501	P05　－P06	—	—	—	—	—	—
	ⅢＡＳ	—	—	—	—	—	—	33	492	P06	0.001	1.0	P06
	ⅣＡＳ	—	—	—	—	—	—	33	492	P06			

注：管台（穴の周辺部）については設計・建設規格　PVB-3510(1)により，応力評価は不要である。

注記＊：疲労累積係数は，運転状態Ⅰ及びⅡに地震荷重Ｓｄ*又は地震荷重Ｓｓのいずれか大きい方を加えた値である。

14.2　計算条件

14.2.1　設計条件

設計条件を「応力解析の方針」の4.1節に示す。

14.2.2　運転条件

考慮した運転条件を「応力解析の方針」の4.2節に示す。

14.2.3　材料

各部の材料を図14－1に示す。

14.2.4　荷重の組合せ及び許容応力状態

荷重の組合せ及び許容応力状態を「応力解析の方針」の3.4節に示す。

14.2.5　荷重の組合せ及び応力評価

荷重の組合せ及び応力評価を「応力解析の方針」の4.3節に示す。

14.2.6　許容応力

許容応力を「応力解析の方針」の3.5節に示す。

14.3　応力計算

14.3.1　応力評価点

応力評価点の位置を図14－1に示す。

なお，応力集中を生じる箇所の応力集中係数は，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)p.に定めるとおりである。

14.3.2　内圧による応力

(1)　荷重条件（L01）

各運転状態による内圧は，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)p.に定めるとおりである。

(2)　計算方法

内圧による応力の計算は，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)p.に定めるとおりである。

なお，各運転条件での内圧による応力は，既工認と同様に，既工認の最高使用圧力での応力を用いて，圧力の比により（比倍して）計算する。

14.3.3　外荷重による応力

(1)　荷重条件（L04,L07,L14,L15,L16及びL17）

外荷重を「応力解析の方針」の表4－1(5)に示す。

(2)　計算方法

外荷重による応力の計算は,既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)p.に定めるとおりである。

なお，各荷重での応力は，既工認と同様に，単位荷重（鉛直力，水平力等）での応力を用いて，荷重（鉛直力，水平力等）の比により（比倍して）計算する。

14.3.4　応力の評価

各応力評価点で計算された応力を分類ごとに重ね合わせて組合せ応力を求め，応力強さを算出する。

応力強さの算出方法は，「応力解析の方針」の5.1.2項に定めるとおりである。

14.4　応力強さの評価

14.4.1　一次一般膜応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表14－2に示す。

表14－2より，各許容応力状態の一次一般膜応力強さは，「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

14.4.2　一次膜＋一次曲げ応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表14－3に示す。

表14－3より，各許容応力状態の一次膜＋一次曲げ応力強さは，「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

14.4.3　一次＋二次応力強さの評価

地震荷重のみにおける評価を表14－4に示す。

表14－4より，すべての評価点において$S_n^{\#1}$及び$S_n^{\#2}$は，3・S_m以下であり，「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

14.5　繰返し荷重の評価

14.5.1　疲労解析

ノズルセーフエンド及びノズルの応力評価点について,詳細な繰返し荷重の評価を行う。

(1)　疲労累積係数

各応力評価点における疲労累積係数を表14－5に示す。

表14－5より，各応力評価点において疲労累積係数は1.0以下であり，「応力解析の方針」の3.5節に示す許容値を満足する。

表14－2　一次一般膜応力強さの評価のまとめ

（単位：MPa）

応力評価面	許容応力状態ⅢＡＳ		許容応力状態ⅣＡＳ	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	78	142	78	280
P01’ P02’	78	142	78	280
P03 P04	14	142	14	280
P03’ P04’	14	142	14	280
P05 P06	12	196	12	334
P05’ P06’	12	196	12	334

表14－3　一次膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ

（単位：MPa）

応力評価面	許容応力状態ⅢＡＳ		許容応力状態ⅣＡＳ	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	114	206	114	403
P01’ P02’	122	206	122	403
P03 P04	22	214	22	420
P03’ P04’	21	214	21	420
P05 P06	20	295	20	501
P05’ P06’	19	295	19	501

表14－4　一次＋二次応力強さの評価のまとめ

（単位：MPa）

応力評価点	一次＋二次応力差最大範囲（P_L+P_b+Q）		
	S_n ＊1	S_n ＊2	許容応力 $3\cdot S_m$
P01	129	129	360
P01’	129	129	360
P02	227	227	360
P02’	227	227	360
P03	14	14	360
P03’	14	14	360
P04	34	34	360
P04’	34	34	360
P05	8	8	492
P05’	8	8	492
P06	33	33	492
P06’	33	33	492

表14－5　疲労累積係数の評価のまとめ

応力評価点	疲労累積係数				
	U_n	U_{Sd}	U_{Ss}	U_f *	許容値
P01	0.001	0.000	0.000	0.001	1.0
P01’	0.001	0.000	0.000	0.001	1.0
P02	0.001	0.000	0.000	0.001	1.0
P02’	0.001	0.000	0.000	0.001	1.0
P03	0.001	0.000	0.000	0.001	1.0
P03’	0.000	0.000	0.000	0.000	1.0
P04	0.001	0.000	0.000	0.001	1.0
P04’	0.001	0.000	0.000	0.001	1.0
P05	0.001	0.000	0.000	0.001	1.0
P05’	0.001	0.000	0.000	0.001	1.0
P06	0.001	0.000	0.000	0.001	1.0
P06’	0.000	0.000	0.000	0.000	1.0

注記＊：疲労累積係数U_fは，運転状態Ⅰ及びⅡに地震荷重Ｓｄ*又は地震荷重Ｓｓのいずれか大きい方を加えた値である。

15.　計装ノズル（N13）の応力計算

15.1　一般事項

本章は，計装ノズル（N13）の応力計算について示すものである。

計装ノズル（N13）は，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。

以下，設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

15.1.1　形状・寸法・材料

本章で解析する箇所の形状・寸法・材料を図15－1に示す。

15.1.2　解析範囲

解析範囲を図15－1に示す。

15.1.3　計算結果の概要

計算結果の概要を表15－1に示す。

なお，応力評価点の選定に当たっては，形状不連続部，溶接部及び厳しい荷重作用点に着目し，各部分ごとに数点の評価点を設けて評価を行い，疲労累積係数が厳しくなる評価点を記載する。

：応力評価点

〔　　〕：材　　料

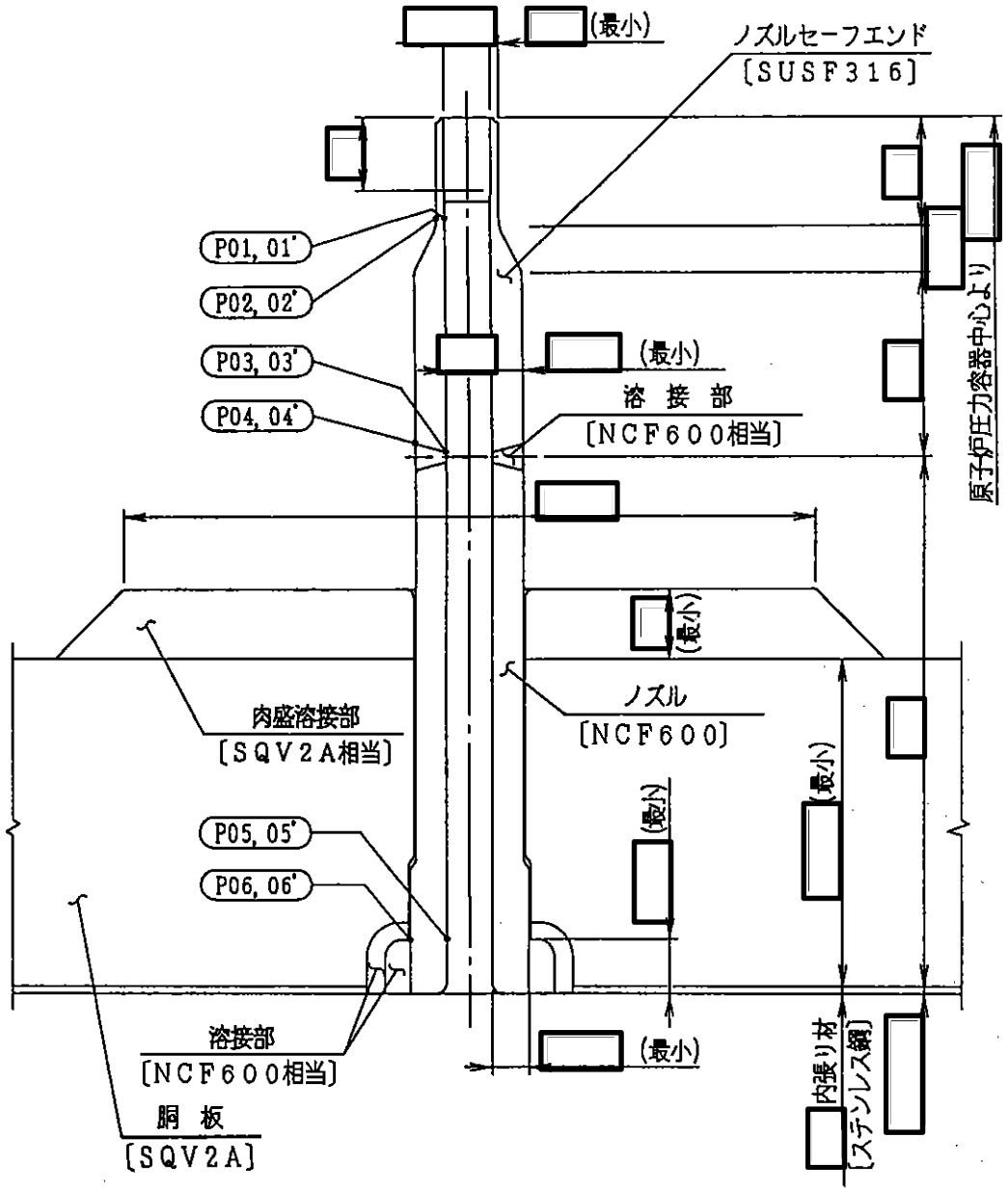


図15－1　形状・寸法・材料・応力評価点　（単位：mm）

表15－1　計算結果の概要

部分及び材料	許容応力状態	一次一般膜応力強さ (MPa)			一次膜＋一次曲げ応力強さ (MPa)			一次＋二次応力強さ (MPa)			疲労解析		
		応力強さ	許容応力	応力評価面	応力強さ	許容応力	応力評価面	応力強さ	許容応力	応力評価点	疲労*累積係数	許容値	応力評価点
ノズル セーフエンド SUSF316	ⅢＡＳ	78	142	P01’－P02’	122	206	P01’－P02’	—	—	—	—	—	—
	ⅣＡＳ	78	280	P01’－P02’	122	403	P01’－P02’	—	—	—	—	—	—
	ⅢＡＳ	—	—	—	—	—	—	227	360	P02	0.001	1.0	P02
	ⅣＡＳ	—	—	—	—	—	—	227	360	P02			
ノズル NCF600	ⅢＡＳ	12	196	P05　－P06	20	295	P05　－P06	—	—	—	—	—	—
	ⅣＡＳ	12	334	P05　－P06	20	501	P05　－P06	—	—	—	—	—	—
	ⅢＡＳ	—	—	—	—	—	—	33	492	P06	0.001	1.0	P06
	ⅣＡＳ	—	—	—	—	—	—	33	492	P06			

注：管台（穴の周辺部）については設計・建設規格　PVB-3510(1)により，応力評価は不要である。

注記＊：疲労累積係数は，運転状態Ⅰ及びⅡに地震荷重Ｓｄ*又は地震荷重Ｓｓのいずれか大きい方を加えた値である。

15.2　計算条件

15.2.1　設計条件

設計条件を「応力解析の方針」の4.1節に示す。

15.2.2　運転条件

考慮した運転条件を「応力解析の方針」の4.2節に示す。

15.2.3　材料

各部の材料を図15－1に示す。

15.2.4　荷重の組合せ及び許容応力状態

荷重の組合せ及び許容応力状態を「応力解析の方針」の3.4節に示す。

15.2.5　荷重の組合せ及び応力評価

荷重の組合せ及び応力評価を「応力解析の方針」の4.3節に示す。

15.2.6　許容応力

許容応力を「応力解析の方針」の3.5節に示す。

15.3　応力計算

15.3.1　応力評価点

応力評価点の位置を図15－1に示す。

なお，応力集中を生じる箇所の応力集中係数は，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)p.に定めるとおりである。

15.3.2　内圧による応力

(1)　荷重条件（L01）

各運転状態による内圧は，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)p.に定めるとおりである。

(2)　計算方法

内圧による応力の計算は，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)p.に定めるとおりである。

なお，各運転条件での内圧による応力は，既工認と同様に，既工認の最高使用圧力での応力を用いて，圧力の比により（比倍して）計算する。

15.3.3　外荷重による応力

(1)　荷重条件（L04,L07,L14,L15,L16及びL17）

外荷重を「応力解析の方針」の表4－1(5)に示す。

(2)　計算方法

外荷重による応力の計算は,既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)p.に定めるとおりである。

なお，各荷重での応力は，既工認と同様に，単位荷重（鉛直力，水平力等）での応力を用いて，荷重（鉛直力，水平力等）の比により（比倍して）計算する。

15.3.4　応力の評価

各応力評価点で計算された応力を分類ごとに重ね合わせて組合せ応力を求め，応力強さを算出する。

応力強さの算出方法は，「応力解析の方針」の5.1.2項に定めるとおりである。

15.4　応力強さの評価

15.4.1　一次一般膜応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表15－2に示す。

表15－2より，各許容応力状態の一次一般膜応力強さは，「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

15.4.2　一次膜＋一次曲げ応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表15－3に示す。

表15－3より，各許容応力状態の一次膜＋一次曲げ応力強さは，「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

15.4.3　一次＋二次応力強さの評価

地震荷重のみにおける評価を表15－4に示す。

表15－4より，すべての評価点において$S_n^{\#1}$及び$S_n^{\#2}$は，3・S_m以下であり，「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

15.5　繰返し荷重の評価

15.5.1　疲労解析

ノズルセーフエンド及びノズルの応力評価点について,詳細な繰返し荷重の評価を行う。

(1)　疲労累積係数

各応力評価点における疲労累積係数を表15－5に示す。

表15－5より，各応力評価点において疲労累積係数は1.0以下であり，「応力解析の方針」の3.5節に示す許容値を満足する。

表15－2　一次一般膜応力強さの評価のまとめ

（単位：MPa）

応力評価面	許容応力状態ⅢＡＳ		許容応力状態ⅣＡＳ	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	78	142	78	280
P01’ P02’	78	142	78	280
P03 P04	14	142	14	280
P03’ P04’	14	142	14	280
P05 P06	12	196	12	334
P05’ P06’	12	196	12	334

表15－3　一次膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ

（単位：MPa）

応力評価面	許容応力状態ⅢＡＳ		許容応力状態ⅣＡＳ	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	114	206	114	403
P01’ P02’	122	206	122	403
P03 P04	22	214	22	420
P03’ P04’	21	214	21	420
P05 P06	20	295	20	501
P05’ P06’	19	295	19	501

表15－4　一次＋二次応力強さの評価のまとめ

（単位：MPa）

応力評価点	一次＋二次応力差最大範囲（P_L+P_b+Q）		
	S_n ＊1	S_n ＊2	許容応力 $3\cdot S_m$
P01	129	129	360
P01’	129	129	360
P02	227	227	360
P02’	227	227	360
P03	14	14	360
P03’	14	14	360
P04	34	34	360
P04’	34	34	360
P05	8	8	492
P05’	8	8	492
P06	33	33	492
P06’	33	33	492

表15－5　疲労累積係数の評価のまとめ

応力評価点	疲労累積係数				
	U_n	U_{Sd}	U_{Ss}	U_f *	許容値
P01	0.001	0.000	0.000	0.001	1.0
P01’	0.001	0.000	0.000	0.001	1.0
P02	0.001	0.000	0.000	0.001	1.0
P02’	0.001	0.000	0.000	0.001	1.0
P03	0.001	0.000	0.000	0.001	1.0
P03’	0.000	0.000	0.000	0.000	1.0
P04	0.001	0.000	0.000	0.001	1.0
P04’	0.001	0.000	0.000	0.001	1.0
P05	0.001	0.000	0.000	0.001	1.0
P05’	0.001	0.000	0.000	0.001	1.0
P06	0.001	0.000	0.000	0.001	1.0
P06’	0.000	0.000	0.000	0.000	1.0

注記＊：疲労累積係数U_fは，運転状態Ⅰ及びⅡに地震荷重Ｓｄ*又は地震荷重Ｓｓのいずれか大きい方を加えた値である。

16.　計装ノズル（N14）の応力計算

16.1　一般事項

本章は，計装ノズル（N14）の応力計算について示すものである。

計装ノズル（N14）は，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。

以下，設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

16.1.1　形状・寸法・材料

本章で解析する箇所の形状・寸法・材料を図16－1に示す。

16.1.2　解析範囲

解析範囲を図16－1に示す。

16.1.3　計算結果の概要

計算結果の概要を表16－1に示す。

なお，応力評価点の選定に当たっては，形状不連続部，溶接部及び厳しい荷重作用点に着目し，各部分ごとに数点の評価点を設けて評価を行い，疲労累積係数が厳しくなる評価点を記載する。

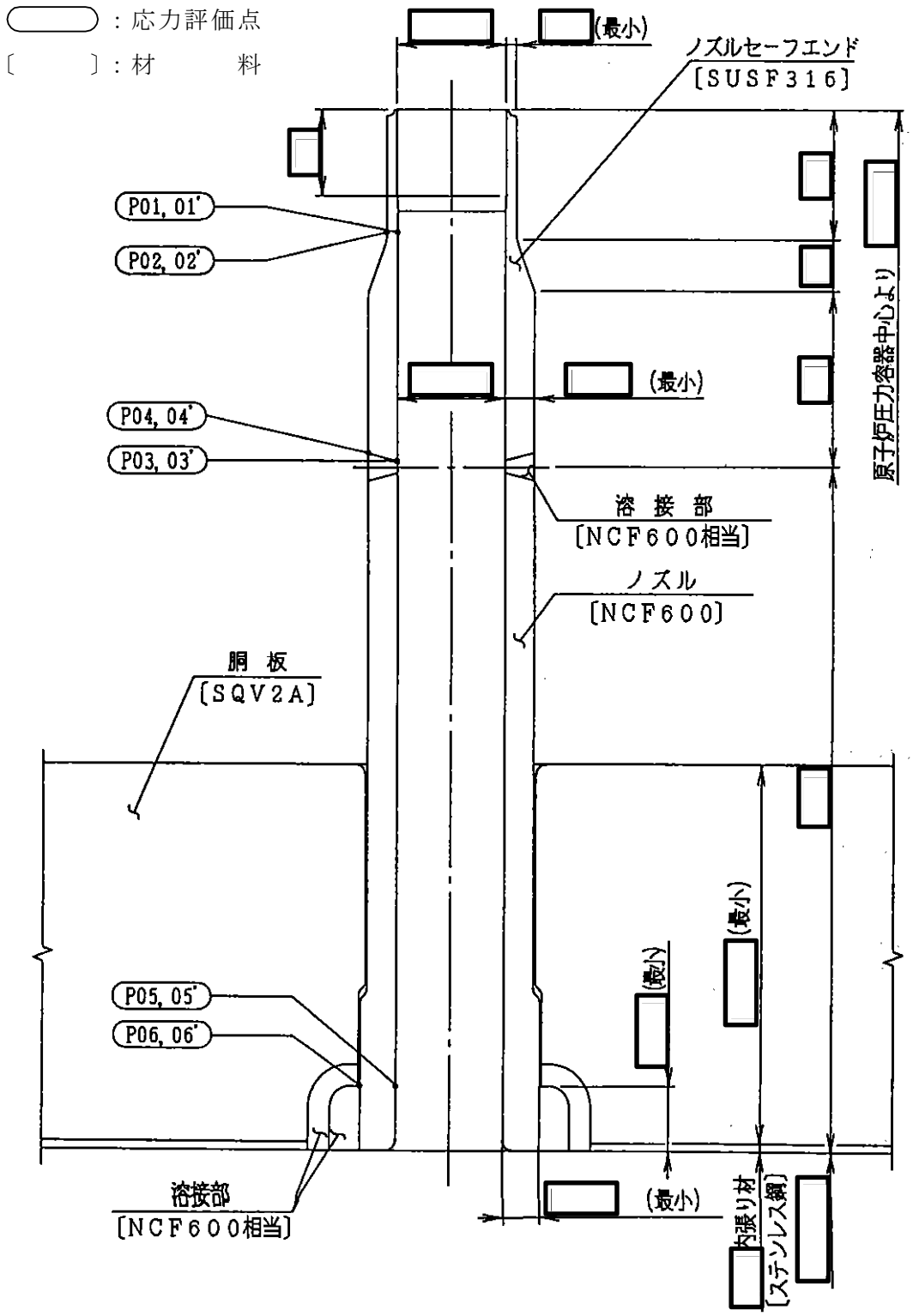


図16－1　形状・寸法・材料・応力評価点　（単位：mm）

表16－1　計算結果の概要

部分及び材料	許容応力状態	一次一般膜応力強さ (MPa)			一次膜＋一次曲げ応力強さ (MPa)			一次＋二次応力強さ (MPa)			疲労解析		
		応力強さ	許容応力	応力評価面	応力強さ	許容応力	応力評価面	応力強さ	許容応力	応力評価点	疲労*累積係数	許容値	応力評価点
ノズル セーフエンド SUSF316	ⅢＡＳ	54	142	P01 － P02	81	198	P01 － P02	—	—	—	—	—	—
	ⅣＡＳ	64	280	P01 － P02	143	388	P01’－ P02’	—	—	—	—	—	—
	ⅢＡＳ	—	—	—	—	—	—	96	360	P02	0.002	1.0	P02
	ⅣＡＳ	—	—	—	—	—	—	288	360	P02			
ノズル NCF600	ⅢＡＳ	19	196	P05 － P06	31	295	P05 － P06	—	—	—	—	—	—
	ⅣＡＳ	22	334	P05 － P06	57	501	P05 － P06	—	—	—	—	—	—
	ⅢＡＳ	—	—	—	—	—	—	42	492	P06	0.009	1.0	P06
	ⅣＡＳ	—	—	—	—	—	—	129	492	P06			

注：管台（穴の周辺部）については設計・建設規格　PVB-3510(1)により，応力評価は不要である。

注記＊：疲労累積係数は，運転状態Ⅰ及びⅡに地震荷重Ｓｄ*又は地震荷重Ｓｓのいずれか大きい方を加えた値である。

16.2　計算条件

16.2.1　設計条件

設計条件を「応力解析の方針」の4.1節に示す。

16.2.2　運転条件

考慮した運転条件を「応力解析の方針」の4.2節に示す。

16.2.3　材料

各部の材料を図16－1に示す。

16.2.4　荷重の組合せ及び許容応力状態

荷重の組合せ及び許容応力状態を「応力解析の方針」の3.4節に示す。

16.2.5　荷重の組合せ及び応力評価

荷重の組合せ及び応力評価を「応力解析の方針」の4.3節に示す。

16.2.6　許容応力

許容応力を「応力解析の方針」の3.5節に示す。

16.3　応力計算

16.3.1　応力評価点

応力評価点の位置を図16－1に示す。

なお，応力集中を生じる箇所の応力集中係数は，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)p.に定めるとおりである。

16.3.2　内圧による応力

(1)　荷重条件（L01）

各運転状態による内圧は，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)p.に定めるとおりである。

(2)　計算方法

内圧による応力の計算は，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)p.に定めるとおりである。

なお，各運転条件での内圧による応力は，既工認と同様に，既工認の最高使用圧力での応力を用いて，圧力の比により（比倍して）計算する。

16.3.3　外荷重による応力

(1)　荷重条件（L04,L07,L14,L15,L16及びL17）

外荷重を「応力解析の方針」の表4－1(5)に示す。

(2)　計算方法

外荷重による応力の計算は,既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)p.に定めるとおりである。

なお，各荷重での応力は，既工認と同様に，単位荷重（鉛直力，水平力等）での応力を用いて，荷重（鉛直力，水平力等）の比により（比倍して）計算する。

16.3.4　応力の評価

各応力評価点で計算された応力を分類ごとに重ね合わせて組合せ応力を求め，応力強さを算出する。

応力強さの算出方法は，「応力解析の方針」の5.1.2項に定めるとおりである。

16.4　応力強さの評価

16.4.1　一次一般膜応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表16－2に示す。

表16－2より，各許容応力状態の一次一般膜応力強さは，「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

16.4.2　一次膜＋一次曲げ応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表16－3に示す。

表16－3より，各許容応力状態の一次膜＋一次曲げ応力強さは，「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

16.4.3　一次＋二次応力強さの評価

地震荷重のみにおける評価を表16－4に示す。

表16－4より，すべての評価点において$S_n^{\#1}$及び$S_n^{\#2}$は，3・S_m以下であり，「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

16.5　繰返し荷重の評価

16.5.1　疲労解析

ノズルセーフエンド及びノズルの応力評価点について,詳細な繰返し荷重の評価を行う。

(1)　疲労累積係数

各応力評価点における疲労累積係数を表16－5に示す。

表16－5より，各応力評価点において疲労累積係数は1.0以下であり，「応力解析の方針」の3.5節に示す許容値を満足する。

表16－2　一次一般膜応力強さの評価のまとめ

（単位：MPa）

応力評価面	許容応力状態ⅢＡＳ		許容応力状態ⅣＡＳ	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	54	142	64	280
P01’ P02’	54	142	62	280
P03 P04	23	142	26	280
P03’ P04’	23	142	26	280
P05 P06	19	196	22	334
P05’ P06’	19	196	21	334

表16－3　一次膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ

（単位：MPa）

応力評価面	許容応力状態ⅢＡＳ		許容応力状態ⅣＡＳ	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	81	198	141	388
P01’ P02’	80	198	143	388
P03 P04	32	214	56	419
P03’ P04’	31	214	55	419
P05 P06	31	295	57	501
P05’ P06’	30	295	56	501

表16－4　一次＋二次応力強さの評価のまとめ

（単位：MPa）

応力評価点	一次＋二次応力差最大範囲（P_L+P_b+Q）		
	S_n ＊1	S_n ＊2	許容応力 $3・S_m$
P01	51	153	360
P01’	51	153	360
P02	96	288	360
P02’	96	288	360
P03	19	56	360
P03’	19	56	360
P04	32	97	360
P04’	32	97	360
P05	7	20	492
P05’	7	20	492
P06	42	129	492
P06’	42	129	492

表16－5　疲労累積係数の評価のまとめ

応力評価点	疲労累積係数				
	U_n	U_{Sd}	U_{Ss}	U_f *	許容値
P01	0.001	0.000	0.000	0.001	1.0
P01’	0.001	0.000	0.000	0.001	1.0
P02	0.001	0.000	0.001	0.002	1.0
P02’	0.001	0.000	0.001	0.002	1.0
P03	0.001	0.000	0.000	0.001	1.0
P03’	0.001	0.000	0.000	0.001	1.0
P04	0.001	0.000	0.000	0.001	1.0
P04’	0.001	0.000	0.000	0.001	1.0
P05	0.001	0.000	0.000	0.001	1.0
P05’	0.001	0.000	0.000	0.001	1.0
P06	0.004	0.000	0.005	0.009	1.0
P06’	0.001	0.000	0.005	0.006	1.0

注記＊：疲労累積係数U_fは，運転状態Ⅰ及びⅡに地震荷重Ｓｄ*又は地震荷重Ｓｓのいずれか大きい方を加えた値である。

17.　ドレンノズル（N15）の応力計算

17.1　一般事項

本章は，ドレンノズル（N15）の応力計算について示すものである。

ドレンノズル（N15）は，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。

以下，設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

17.1.1　形状・寸法・材料

本章で解析する箇所の形状・寸法・材料を図17－1に示す。

17.1.2　解析範囲

解析範囲を図17－1に示す。

17.1.3　計算結果の概要

計算結果の概要を表17－1に示す。

なお，応力評価点の選定に当たっては，形状不連続部，溶接部及び厳しい荷重作用点に着目し，各部分ごとに数点の評価点を設けて評価を行い，疲労累積係数が厳しくなる評価点を記載する。

：応力評価点

〔　　〕：材　　料

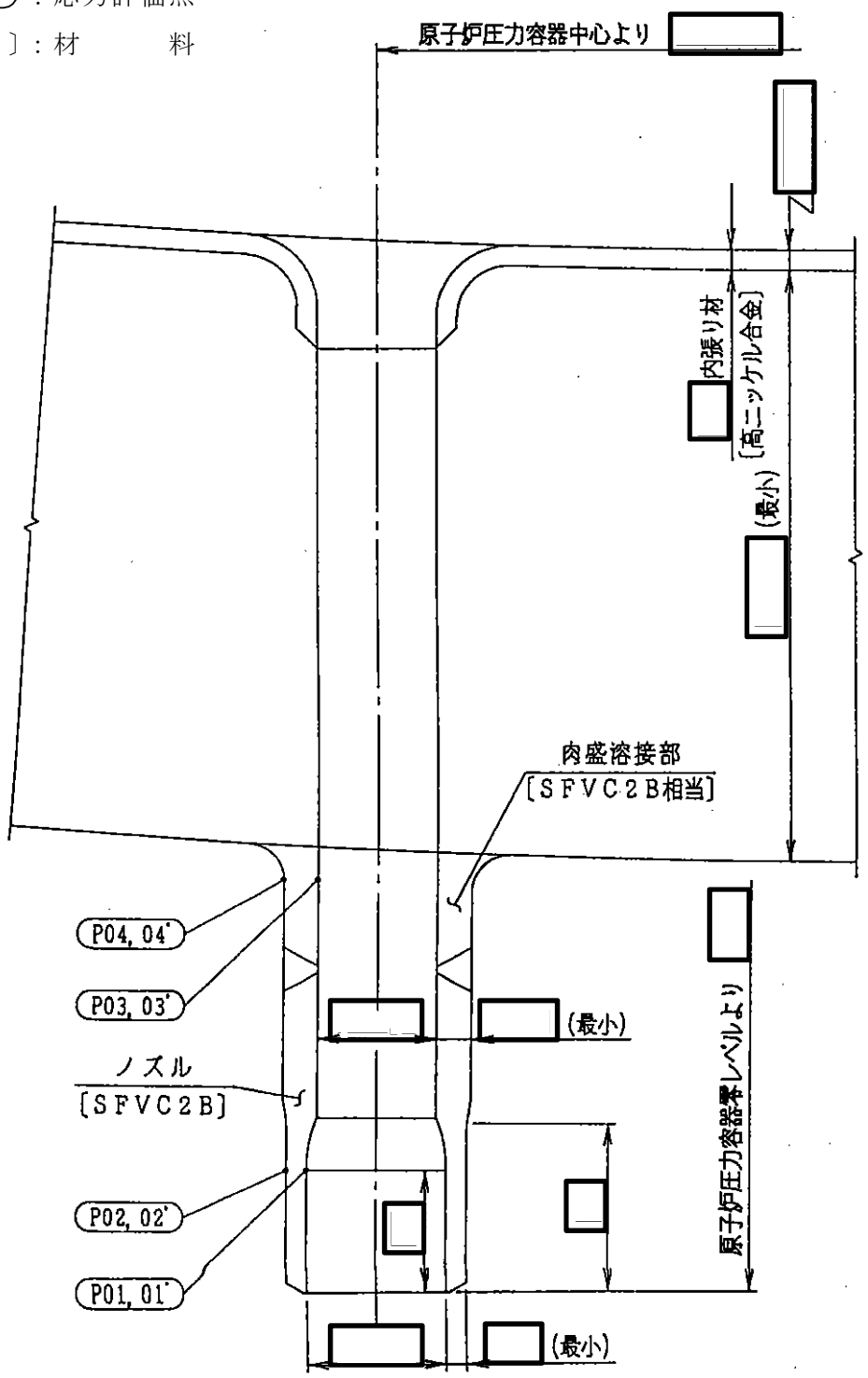


図17－1　形状・寸法・材料・応力評価点　（単位：mm）

表17－1　計算結果の概要

部分及び材料	許容応力状態	一次一般膜応力強さ (MPa)			一次膜＋一次曲げ応力強さ (MPa)			一次＋二次応力強さ (MPa)			疲労解析		
		応力強さ	許容応力	応力評価面	応力強さ	許容応力	応力評価面	応力強さ	許容応力	応力評価点	疲労*1累積係数	許容値	応力評価点
ノズル SFVC2B	ⅢＡＳ	78	188	P01 － P02	131	258	P01’－ P02’	—	—	—	—	—	—
	ⅣＡＳ	122	292	P01’－ P02’	199	400	P01’－ P02’	—	—	—	—	—	—
	ⅢＡＳ	—	—	—	—	—	—	194	383	P02	0.008	1.0	P02
	ⅣＡＳ	—	—	—	—	—	—	333	383	P02			
肉盛溶接部 SFVC2B相当	ⅢＡＳ	42	188	P03’－ P04’	178	275	P03’－ P04’	—	—	—	—	—	—
	ⅣＡＳ	70	292	P03’－ P04’	246	427	P03’－ P04’	—	—	—	—	—	—
	ⅢＡＳ	—	—	—	—	—	—	228	383	P04	0.044	1.0	P04
	ⅣＡＳ	—	—	—	—	—	—	398*2	383	P04			

注記＊1　：疲労累積係数は，運転状態Ⅰ及びⅡに地震荷重Ｓｄ*又は地震荷重Ｓｓのいずれか大きい方を加えた値である。

＊2　：許容値3・S_mを超えるため，設計・建設規格　PVB-3300の簡易弾塑性解析を行う。

17.2　計算条件

17.2.1　設計条件

設計条件を「応力解析の方針」の4.1節に示す。

17.2.2　運転条件

考慮した運転条件を「応力解析の方針」の4.2節に示す。

17.2.3　材料

各部の材料を図17－1に示す。

17.2.4　荷重の組合せ及び許容応力状態

荷重の組合せ及び許容応力状態を「応力解析の方針」の3.4節に示す。

17.2.5　荷重の組合せ及び応力評価

荷重の組合せ及び応力評価を「応力解析の方針」の4.3節に示す。

17.2.6　許容応力

許容応力を「応力解析の方針」の3.5節に示す。

17.3　応力計算

17.3.1　応力評価点

応力評価点の位置を図17－1に示す。

なお，応力集中を生じる箇所の応力集中係数は，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)q.に定めるとおりである。

17.3.2　内圧による応力

(1)　荷重条件（L01）

各運転状態による内圧は，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)q.に定めるとおりである。

(2)　計算方法

内圧による応力の計算は，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)q.に定めるとおりである。

なお，各運転条件での内圧による応力は，既工認と同様に，既工認の最高使用圧力での応力を用いて，圧力の比により（比倍して）計算する。

17.3.3　外荷重による応力

(1)　荷重条件（L04,L07,L14,L15,L16及びL17）

外荷重を「応力解析の方針」の表4－1(5)に示す。

(2)　計算方法

外荷重による応力の計算は,既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)q.に定めるとおりである。

なお，各荷重での応力は，既工認と同様に，単位荷重（鉛直力，水平力等）での応力を用いて，荷重（鉛直力，水平力等）の比により（比倍して）計算する。

17.3.4　応力の評価

各応力評価点で計算された応力を分類ごとに重ね合わせて組合せ応力を求め，応力強さを算出する。

応力強さの算出方法は，「応力解析の方針」の5.1.2項に定めるとおりである。

17.4　応力強さの評価

17.4.1　一次一般膜応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表17－2に示す。

表17－2より，各許容応力状態の一次一般膜応力強さは，「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

17.4.2　一次膜＋一次曲げ応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表17－3に示す。

表17－3より，各許容応力状態の一次膜＋一次曲げ応力強さは，「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

17.4.3　一次＋二次応力強さの評価

地震荷重のみにおける評価を表17－4に示す。

表17－4より，以下の評価点を除くすべての評価点において$S_n^{\#1}$及び$S_n^{\#2}$は，$3\cdot S_m$以下であり，「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

P04及びP04’

一次＋二次応力強さの最大範囲が$3\cdot S_m$を超える応力評価点（P04及びP04’）にあっては，「応力解析の方針」の5.2節に示す簡易弾塑性解析の方法を適用する。

17.5　繰返し荷重の評価

17.5.1　疲労解析

ノズル及び肉盛溶接部の応力評価点について，詳細な繰返し荷重の評価を行う。

(1)　疲労累積係数

S_n[#1]又はS_n[#2]が3・S_mを超える応力評価点のうち最も厳しい応力評価点（P04）における疲労累積係数の計算結果を表17－5に示す。また，各応力評価点における疲労累積係数を表17－6に示す。

表17－6より，各応力評価点において疲労累積係数は1.0以下であり，「応力解析の方針」の3.5節に示す許容値を満足する。

表17－2　一次一般膜応力強さの評価のまとめ

（単位：MPa）

応力評価面	許容応力状態ⅢＡＳ		許容応力状態ⅣＡＳ	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	78	188	122	292
P01’ P02’	77	188	122	292
P03 P04	42	188	70	292
P03’ P04’	42	188	70	292

表17－3　一次膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ

（単位：MPa）

応力評価面	許容応力状態ⅢＡＳ		許容応力状態ⅣＡＳ	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	128	258	187	400
P01’ P02’	131	258	199	400
P03 P04	120	275	185	427
P03’ P04’	178	275	246	427

表17－4　一次＋二次応力強さの評価のまとめ

（単位：MPa）

応力評価点	一次＋二次応力差最大範囲（P_L+P_b+Q）		
	S_n ＃1	S_n ＃2	許容応力 $3\cdot S_m$
P01	176	302	383
P01’	176	302	383
P02	194	333	383
P02’	194	333	383
P03	64	110	383
P03’	64	110	383
P04	228	398*	383
P04’	228	398*	383

注記＊：簡易弾塑性解析を行う。

表17－5　疲労累積係数

応力評価点　――　P04

材　　料　――　SFVC2B相当

No.	S_n (MPa)	K_e	S_p (MPa)	S_ℓ *1 (MPa)	S_ℓ' *2 (MPa)	N_a	N_c	N_c/N_a
1	398	1.163	503	292	325	5216	200	0.038
疲労累積係数　U_{Ss}＝								0.039
疲労累積係数　U_n＝								0.005
疲労累積係数　$U_f=U_n+U_{Ss}$＝								0.044

注：疲労累積係数の求め方は，「応力解析の方針」の5.2.1項（疲労解析）に示す。

注記＊1　：設計・建設規格　PVB-3315(1)又は(2)により求めた値である。

＊2　：S_ℓに（E_0/E）を乗じた値である。

E_0＝[　　]MPa，　E＝[　　]MPa

表17－6　疲労累積係数の評価のまとめ

応力評価点	疲労累積係数				
	U_n	U_{Sd}	U_{Ss}	U_f *	許容値
P01	0.001	0.001	0.006	0.007	1.0
P01’	0.001	0.001	0.006	0.007	1.0
P02	0.001	0.001	0.007	0.008	1.0
P02’	0.001	0.001	0.007	0.008	1.0
P03	0.000	0.001	0.001	0.001	1.0
P03’	0.001	0.001	0.001	0.002	1.0
P04	0.005	0.005	0.039	0.044	1.0
P04’	0.001	0.005	0.039	0.040	1.0

注記＊：疲労累積係数U_fは，運転状態Ⅰ及びⅡに地震荷重Ｓｄ*又は地震荷重Ｓｓのいずれか大きい方を加えた値である。

18.　高圧炉心注水ノズル（N16）の応力計算

18.1　一般事項

本章は，高圧炉心注水ノズル（N16）の応力計算について示すものである。

高圧炉心注水ノズル（N16）は，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。

以下，設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

18.1.1　形状・寸法・材料

本章で解析する箇所の形状・寸法・材料を図18－1に示す。

18.1.2　解析範囲

解析範囲を図18－1に示す。

18.1.3　計算結果の概要

計算結果の概要を表18－1に示す。

なお，応力評価点の選定に当たっては，形状不連続部，溶接部及び厳しい荷重作用点に着目し，各部分ごとに数点の評価点を設けて評価を行い，疲労累積係数が厳しくなる評価点を記載する。

：応力評価点

〔　　〕：材　　料

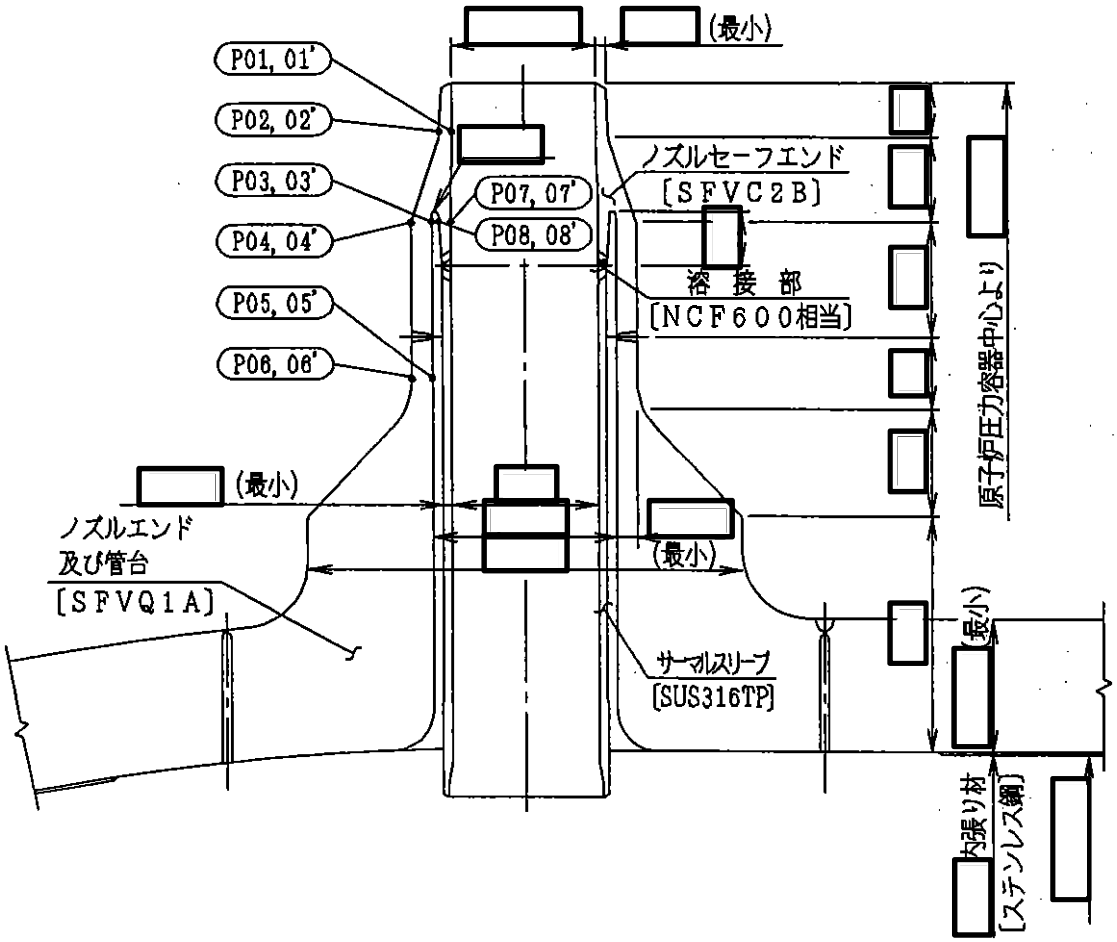


図18－1　形状・寸法・材料・応力評価点　（単位：mm）

表18－1　計算結果の概要

部分及び材料	許容応力状態	一次一般膜応力強さ (MPa)			一次膜＋一次曲げ応力強さ (MPa)			一次＋二次応力強さ (MPa)			疲労解析		
		応力強さ	許容応力	応力評価面	応力強さ	許容応力	応力評価面	応力強さ	許容応力	応力評価点	疲労*累積係数	許容値	応力評価点
ノズル セーフエンド SFVC2B	ⅢＡＳ	90	188	P01 － P02	132	252	P01 － P02	—	—	—	—	—	—
	ⅣＡＳ	107	292	P01 － P02	189	391	P01’－ P02’	—	—	—	—	—	—
	ⅢＡＳ	—	—	—	—	—	—	234	383	P02	0.022	1.0	P03
	ⅣＡＳ	—	—	—	—	—	—	336	383	P02			
ノズルエンド SFVQ1A	ⅢＡＳ	55	303	P05 － P06	70	415	P05 － P06	—	—	—	—	—	—
	ⅣＡＳ	59	320	P05 － P06	92	439	P05 － P06	—	—	—	—	—	—
	ⅢＡＳ	—	—	—	—	—	—	91	552	P06	0.002	1.0	P06
	ⅣＡＳ	—	—	—	—	—	—	141	552	P06			
ノズル セーフエンド （サーマル スリーブ付根部） SFVC2B	ⅢＡＳ	3	188	P07 － P08	26	253	P07 － P08	—	—	—	—	—	—
	ⅣＡＳ	5	292	P07 － P08	38	393	P07 － P08	—	—	—	—	—	—
	ⅢＡＳ	—	—	—	—	—	—	67	383	P07	0.040	1.0	P07
	ⅣＡＳ	—	—	—	—	—	—	93	383	P07			

注：管台（穴の周辺部）については設計・建設規格　PVB-3510(1)により，応力評価は不要である。

注記＊：疲労累積係数は，運転状態Ⅰ及びⅡに地震荷重Ｓｄ*又は地震荷重Ｓｓのいずれか大きい方を加えた値である。

18.2　計算条件

18.2.1　設計条件

設計条件を「応力解析の方針」の4.1節に示す。

18.2.2　運転条件

考慮した運転条件を「応力解析の方針」の4.2節に示す。

18.2.3　材料

各部の材料を図18－1に示す。

18.2.4　荷重の組合せ及び許容応力状態

荷重の組合せ及び許容応力状態を「応力解析の方針」の3.4節に示す。

18.2.5　荷重の組合せ及び応力評価

荷重の組合せ及び応力評価を「応力解析の方針」の4.3節に示す。

18.2.6　許容応力

許容応力を「応力解析の方針」の3.5節に示す。

18.3　応力計算

18.3.1　応力評価点

応力評価点の位置を図18－1に示す。

なお，応力集中を生じる箇所の応力集中係数は，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)r.に定めるとおりである。

18.3.2　内圧及び差圧による応力

(1)　荷重条件（L01及びL02）

各運転状態による内圧及び差圧は，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)r.に定めるとおりである。

(2)　計算方法

内圧及び差圧による応力の計算は，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)r.に定めるとおりである。

なお，各運転条件での内圧及び差圧による応力は，既工認と同様に，既工認の最高使用圧力での応力を用いて，圧力の比により（比倍して）計算する。

18.3.3　外荷重による応力

(1)　荷重条件（L04,L07,L14,L15,L16及びL17）

外荷重を「応力解析の方針」の表4－1(5)及び表4－1(6)に示す。

(2)　計算方法

外荷重による応力の計算は,既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)r.に定めるとおりである。

なお，各荷重での応力は，既工認と同様に，単位荷重（鉛直力，水平力等）での応力を用いて，荷重（鉛直力，水平力等）の比により（比倍して）計算する。

18.3.4　応力の評価

各応力評価点で計算された応力を分類ごとに重ね合わせて組合せ応力を求め，応力強さを算出する。

応力強さの算出方法は，「応力解析の方針」の5.1.2項に定めるとおりである。

18.4　応力強さの評価

18.4.1　一次一般膜応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表18－2に示す。

表18－2より，各許容応力状態の一次一般膜応力強さは，「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

18.4.2　一次膜＋一次曲げ応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表18－3に示す。

表18－3より，各許容応力状態の一次膜＋一次曲げ応力強さは，「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

18.4.3　一次＋二次応力強さの評価

地震荷重のみにおける評価を表18－4に示す。

表18－4より，すべての評価点において$S_n^{\#1}$及び$S_n^{\#2}$は，3・S_m以下であり，「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

18.5　繰返し荷重の評価

18.5.1　疲労解析

ノズルセーフエンド，ノズルエンド及びノズルセーフエンド（サーマルスリーブ付根部）の応力評価点について，詳細な繰返し荷重の評価を行う。

(1)　疲労累積係数

各応力評価点における疲労累積係数を表18－5に示す。

表18－5より，各応力評価点において疲労累積係数は1.0以下であり，「応力解析の方針」の3.5節に示す許容値を満足する。

表18－2　一次一般膜応力強さの評価のまとめ

（単位：MPa）

応力評価面	許容応力状態ⅢＡＳ		許容応力状態ⅣＡＳ	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	90	188	107	292
P01’ P02’	90	188	106	292
P03 P04	65	188	70	292
P03’ P04’	64	188	69	292
P05 P06	55	303	59	320
P05’ P06’	55	303	59	320
P07 P08	3	188	5	292
P07’ P08’	3	188	5	292

表18－3　一次膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ

（単位：MPa）

応力評価面	許容応力状態ⅢＡＳ		許容応力状態ⅣＡＳ	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	132	252	185	391
P01’ P02’	130	252	189	391
P03 P04	80	255	105	395
P03’ P04’	77	255	104	395
P05 P06	70	415	92	439
P05’ P06’	67	415	91	439
P07 P08	26	253	38	393
P07’ P08’	25	253	37	393

表18－4　一次＋二次応力強さの評価のまとめ

（単位：MPa）

応力評価点	一次＋二次応力差最大範囲（P_L+P_b+Q）		
	S_n ＊1	S_n ＊2	許容応力 $3・S_m$
P01	101	158	383
P01’	101	158	383
P02	234	336	383
P02’	234	336	383
P03	152	237	383
P03’	152	237	383
P04	55	90	383
P04’	55	90	383
P05	53	83	552
P05’	53	83	552
P06	91	141	552
P06’	91	141	552
P07	67	93	383
P07’	67	93	383
P08	43	88	383
P08’	43	88	383

表18－5　疲労累積係数の評価のまとめ

応力評価点	疲労累積係数				
	U_n	U_{Sd}	U_{Ss}	U_f *	許容値
P01	0.000	0.001	0.001	0.001	1.0
P01’	0.000	0.001	0.001	0.001	1.0
P02	0.004	0.004	0.011	0.015	1.0
P02’	0.001	0.004	0.011	0.012	1.0
P03	0.006	0.004	0.016	0.022	1.0
P03’	0.001	0.004	0.016	0.017	1.0
P04	0.001	0.001	0.001	0.002	1.0
P04’	0.001	0.001	0.001	0.002	1.0
P05	0.001	0.001	0.001	0.002	1.0
P05’	0.001	0.001	0.001	0.002	1.0
P06	0.001	0.001	0.001	0.002	1.0
P06’	0.000	0.001	0.001	0.001	1.0
P07	0.039	0.001	0.001	0.040	1.0
P07’	0.039	0.001	0.001	0.040	1.0
P08	0.002	0.001	0.001	0.003	1.0
P08’	0.002	0.001	0.001	0.003	1.0

注記＊：疲労累積係数U_fは，運転状態Ⅰ及びⅡに地震荷重Ｓｄ*又は地震荷重Ｓｓのいずれか大きい方を加えた値である。

Ⅴ-2-3-3-2　原子炉圧力容器付属構造物の耐震性についての計算書

Ⅴ-2-3-3-2-1　原子炉圧力容器付属構造物の耐震計算結果

目　　次

1.　概要 ····· 1
2.　耐震評価条件整理 ····· 1
3.　技術基準規則第5条の要求事項の変更に伴う評価対象設備の耐震計算 ····· 3
3.1　耐震計算の概要 ····· 3

1. 概要

本資料は，原子炉本体のうち原子炉圧力容器付属構造物の耐震計算の手法及び条件の整理について説明するものである。

2. 耐震評価条件整理

原子炉本体のうち原子炉圧力容器付属構造物に対して，設計基準対象施設の耐震クラス，重大事故等対処設備の設備分類を整理した。既設の設計基準対象施設については，耐震評価における手法及び条件について，既に認可を受けた実績との差異の有無を整理した。また，重大事故等対処設備のうち，設計基準対象施設であるものについては，重大事故等対処設備の評価条件と設計基準対象施設の評価条件の差異の有無を整理した。結果を表1 に示す。

原子炉本体のうち原子炉圧力容器付属構造物の耐震計算は表1 に示す計算書に記載することとする。

表１　耐震評価条件整理一覧表（1/1）

評価対象設備				設計基準対象施設			重大事故等対処設備		
				耐震重要度分類	新規制基準施行前に認可された実績との差異	耐震計算の記載箇所	設備分類	設計基準対象施設との評価条件の差異	耐震計算の記載箇所
原子炉本体	原子炉圧力容器	原子炉圧力容器付属構造物	原子炉圧力容器スタビライザ	S	無	Ⅴ-2-3-3-2-2	—	—	—
			制御棒駆動機構ハウジング	S	無	Ⅴ-2-3-3-1-3	—	—	—
			中性子束計測ハウジング	S	—	—*1	—	—	—
			制御棒駆動機構ハウジングレストレントビーム	S	無	Ⅴ-2-3-3-2-3	—	—	—
			原子炉冷却材再循環ポンプモータケーシング	S	無	Ⅴ-2-3-3-2-1	—	—	—
			主蒸気流量制限器	S	無	Ⅴ-2-3-3-1-3			

注記＊1 ：結果が厳しくなる制御棒駆動機構ハウジングを代表として評価するため，評価対象機器としない。

3.　技術基準規則第5条の要求事項の変更に伴う評価対象設備の耐震計算

3.1　耐震計算の概要

本章は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき，原子炉圧力容器付属構造物のうち，技術基準規則第5条の要求事項の変更に伴う評価対象設備である原子炉冷却材再循環ポンプモータケーシングが設計用地震力に対して十分な構造強度評価を有していることを説明するものである。原子炉冷却材再循環ポンプモータケーシングの計算結果を次ページ以降に示す。

Ⅴ-2-3-3-2-1(1)　原子炉圧力容器付属構造物の耐震計算結果

目　　次

（概要）

1.　概要　・・・

目　　次

（原子炉冷却材再循環ポンプモータケーシング）

2.　原子炉冷却材再循環ポンプモータケーシングの応力計算　・・・・・・・・・・・・・・・・・・　2-1

2.1　一般事項　・・・・・・・・・・・・・・・・・・

図　表　目　次

（原子炉冷却材再循環ポンプモータケーシング）

図2－1　形状・寸法・材料・応力評価点　・・・

1. 概要

本計算書は，原子炉圧力容器付属構造物の応力計算書である。

なお，本計算書の機器は，Ⅴ-2-3-3-1-1「原子炉圧力容器の応力解析の方針」（以下「応力解析の方針」という。）に基づき評価する。

本計算書は，原子炉圧力容器付属構造物であって，設計基準対象施設に分類される下記の機器について，構造強度評価の結果を示すものである。

・原子炉冷却材再循環ポンプモータケーシング

注：本計算書においては，平成5年6月17日付け4資庁第14562号にて認可された工事計画の添付書類（「応力解析の方針」の参照図書(1)）を「既工認」という。

2.　原子炉冷却材再循環ポンプモータケーシングの応力計算

2.1　一般事項

本章は，原子炉冷却材再循環ポンプモータケーシング（以下「ケーシング」という。）の応力計算について示すものである。

ケーシングは，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に分類される。

以下，設計基準対象施設としての構造強度評価を示す。

2.1.1　記号の説明

記号の説明を「応力解析の方針」の2.4節に示す。

さらに，本章において，以下の記号を用いる。

記号	記号の説明	単位
V_1	ストレッチチューブ支圧面に作用する鉛直力	N
R_{i1}	支圧荷重V_1が作用する面の内半径	mm
t_1	支圧荷重V_1が作用する面の幅	mm
A_1	支圧荷重V_1が作用する面積	mm^2
R_i	ケーシングの内半径	mm
t	ケーシングの板厚	mm
A	ケーシングの断面積	mm^2
Z	ケーシングの断面係数	mm^3
σ_{ca}	許容応力	MPa
F	ストレッチチューブからの反力	N

2.1.2　形状・寸法・材料

本章で解析する箇所の形状・寸法・材料を図2－1に示す。

2.1.3　解析範囲

解析範囲を図2－1に示す。

2.1.4　計算結果の概要

計算結果の概要を表2－1に示す。

なお，応力評価点の選定に当たっては，形状不連続部に着目し，各部分ごとに数点の評価点を設けて評価を行い，疲労累積係数が厳しくなる評価点を記載する。

：応力評価点

〔　　〕：材　　料

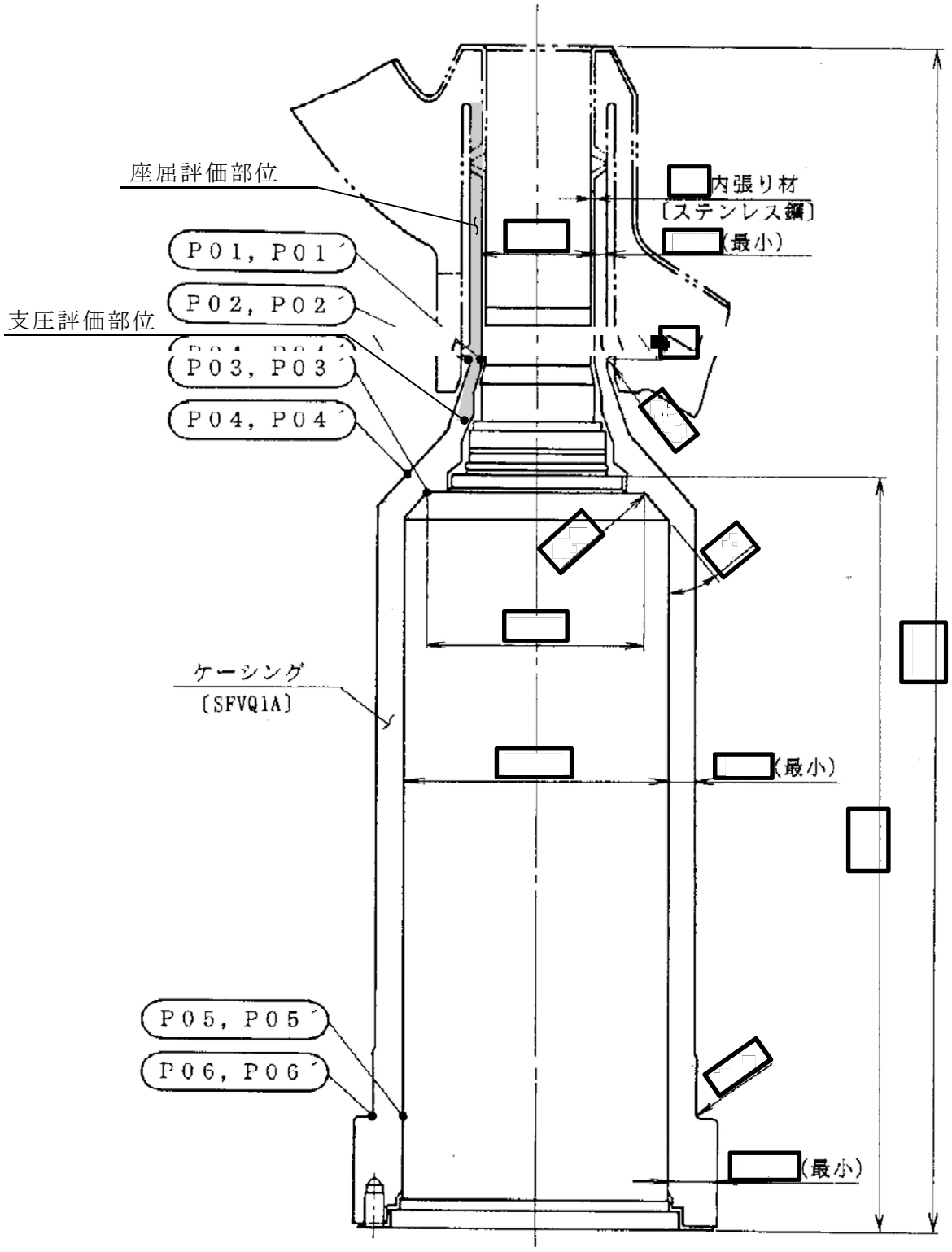


図2－1　形状・寸法・材料・応力評価点　（単位：mm）

表2－1(1)　計算結果の概要

部分及び材料	許容応力状態	一次一般膜応力強さ (MPa)			一次膜＋一次曲げ応力強さ (MPa)			一次＋二次応力強さ (MPa)			疲労解析		
		応力強さ	許容応力	応力評価面	応力強さ	許容応力	応力評価面	応力強さ	許容応力	応力評価点	疲労＊累積係数	許容値	応力評価点
ケーシング SFVQ1A	ⅢＡＳ	54	303	P05 － P06	119	418	P01’－P02’	―	―	―	―	―	―
	ⅣＡＳ	54	320	P05 － P06	195	442	P01’－P02’	―	―	―	―	―	―
	ⅢＡＳ	―	―	―	―	―	―	241	552	P02	0.308	1.0	P03
	ⅣＡＳ	―	―	―	―	―	―	473	552	P02			

注記＊：疲労累積係数は，運転状態Ⅰ及びⅡに地震荷重Ｓｄ＊又は地震荷重Ｓｓのいずれか大きい方を加えた値である。

表2－1(2)　計算結果の概要

（単位：MPa）

部分及び材料	許容応力状態	支圧応力に対する評価		座屈に対する評価	
		支圧応力	許容応力	圧縮応力	許容応力
ケーシング SFVQ1A	ⅢＡＳ	70	303	110	165
	ⅣＡＳ	75	481	186	207

2.2　計算条件

2.2.1　設計条件

設計条件を「応力解析の方針」の4.1節に示す。

2.2.2　運転条件

考慮した運転条件を「応力解析の方針」の4.2節に示す。

2.2.3　材料

各部の材料を図2－1に示す。

2.2.4　荷重の組合せ及び許容応力状態

荷重の組合せ及び許容応力状態を「応力解析の方針」の3.4節に示す。

2.2.5　荷重の組合せ及び応力評価

荷重の組合せ及び応力評価を「応力解析の方針」の4.3節に示す。

2.2.6　許容応力

許容応力を「応力解析の方針」の3.5節に示す。

2.3　応力計算

2.3.1　応力評価点

応力評価点の位置を図2－1に示す。

なお，応力集中を生じる箇所の応力集中係数は，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)t.に定めるとおりである。

2.3.2　内圧による応力

(1)　荷重条件（L01）

各運転状態による内圧は，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)t.に定めるとおりである。

(2)　計算方法

内圧による応力の計算は，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)t.に定めるとおりである。

なお，各運転条件での内圧による応力は，既工認と同様に，既工認の最高使用圧力での応力を用いて，圧力の比により（比倍して）計算する。

2.3.3　外荷重による応力

(1)　荷重条件（L07,L11,L12,L14及びL16）

外荷重を「応力解析の方針」の表4－1(8)に示す。

(2)　計算方法

外荷重による応力の計算は，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)t.に定めるとおりである。

なお，各荷重での応力は，既工認と同様に，単位荷重（鉛直力，水平力等）での応力を用いて荷重（鉛直力，水平力等）の比により（比倍して）計算する。

2.3.4　応力の評価

各応力評価点で計算された応力を分類ごとに重ね合わせて組合せ応力を求め，応力強さを算出する。

応力強さの算出方法は，「応力解析の方針」の5.1.2項に定めるとおりである。

2.4　応力強さの評価

2.4.1　一次一般膜応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表2－2に示す。

表2－2より，各許容応力状態の一次一般膜応力強さは，「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

2.4.2　一次膜＋一次曲げ応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表2－3に示す。

表2－3より，各許容応力状態の一次膜＋一次曲げ応力強さは，「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

2.4.3　一次＋二次応力強さの評価

地震荷重のみにおける評価を表2－4に示す。

表2－4より，すべての評価点においてS_n＊1及びS_n＊2は，3・S_m以下であり，「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

2.5　繰返し荷重の評価

2.5.1　疲労解析

ケーシングの応力評価点について，詳細な繰返し荷重の評価を行う。

(1)　疲労累積係数

各応力評価点における疲労累積係数を表2－5に示す。

表2－5より，各応力評価点において疲労累積係数は1.0以下であり，「応力解析の方針」の3.5節に示す許容値を満足する。

2.6　特別な応力の評価

2.6.1　支圧応力に対する評価

ケーシングに作用する支圧荷重として，ストレッチチューブ支圧面に作用する鉛直力（V_1）がある。したがって，この支圧荷重により発生する支圧応力の評価を行う。

なお，支圧荷重は母材に直接作用するものとして計算する。

(1)　計算データ

支圧荷重V_1が作用する面の内半径　R_{i1} ＝ [　　] mm

支圧荷重V_1が作用する面の幅　　t_1 ＝ [　　] mm

支圧荷重V_1が作用する面積

A_1 ＝ $\pi \cdot \{(R_{i1}+t_1)^2-R_{i1}^2\}$ ＝ $\pi \times$ { [　　] }

＝ [　　] mm^2

(2)　荷重

ケーシングに作用する鉛直力を「応力解析の方針」の表4－1(8)に示す。

(3)　支圧応力

計算データ（断面性能）を基に，表2－6に示す各許容応力状態での鉛直力により生じる支圧応力を表2－7に示す。

(4)　許容応力

許容応力を「応力解析の方針」の3.5節に示す。

(5)　支圧応力に対する評価

各許容応力状態における支圧応力に対する評価を表2－7に示す。

表2－7より，各許容応力状態における支圧応力は，許容応力を満足する。

2.6.2　座屈に対する評価

ケーシングには，作用する鉛直力及びモーメントにより，圧縮応力が生じる。したがって，これらの荷重の組合せにより発生する圧縮応力の評価を行う。

(1)　計算データ

ケーシングの内半径　R_i＝[redacted] mm

ケーシングの板厚　　t　＝[redacted] mm（くされ代を除いた値）

ケーシングの断面積

$$A = \pi \cdot \{(R_i + t)^2 - R_i^2\} = \pi \times \{\text{[redacted]}\} = \text{[redacted]}\ mm^2$$

ケーシングの断面係数

$$Z = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{(R_i + t)^4 - R_i^4}{R_i + t} = \frac{\pi}{4} \times \frac{\text{[redacted]}}{\text{[redacted]}}$$

$$= \text{[redacted]}\ mm^3$$

(2)　荷重

ケーシングに作用する鉛直力及びモーメントを「応力解析の方針」の表4－1(8)に示す。

(3)　圧縮応力

計算データ（断面性能）を基に，表2－6に示す各許容応力状態の荷重によってケーシングに発生する圧縮応力を表2－8に示す。

(4)　許容応力

各許容応力状態における許容応力の計算は，設計・建設規格　PVB-3117を準用して計算する。

a.　許容応力状態ⅢAS

許容応力状態ⅢASにおける許容応力σ_{ca}は，次のように得られる。

$$\sigma_{ca} = 1.2\,MIN[S_m,\ B]$$

ここで，

S_m＝184 MPa

B　＝138 MPa

（[redacted]℃ における値）

このうちB値は，設計・建設規格　PVB-3117より，次のようにして求める。

設計・建設規格　付録材料図表　Part7　図1より

$$A = \frac{0.125}{R_i / t} = \frac{0.125}{\text{[redacted]}} = 0.0248047$$

を用いて，設計・建設規格　付録材料図表　Part7　図6より

Ｂ＝138 MPa

よって，許容応力σ_{ca}は，

σ_{ca}＝1.2・Ｂ＝1.2×138＝165 MPa

b.　許容応力状態Ⅳ$_{A}$Ｓ

許容応力状態Ⅳ$_{A}$Ｓにおける許容応力σ_{ca}は，次のように得られる。

σ_{ca}＝1.5MIN[S_m，Ｂ]

よって，許容応力σ_{ca}は，

σ_{ca}＝1.5・Ｂ＝1.5×138＝207 MPa

(5)　座屈に対する評価

各許容応力状態における座屈に対する評価を表2－8に示す。

表2－8より，各許容応力状態における圧縮応力は，許容応力を満足するため，座屈は発生しない。

表2－2　一次一般膜応力強さの評価のまとめ

（単位：MPa）

応力評価面	許容応力状態ⅢＡＳ		許容応力状態ⅣＡＳ	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	51	303	52	320
P01’ P02’	50	303	51	320
P05 P06	54	303	54	320
P05’ P06’	54	303	54	320

表2－3　一次膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ

（単位：MPa）

応力評価面	許容応力状態ⅢＡＳ		許容応力状態ⅣＡＳ	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	118	418	193	442
P01’ P02’	119	418	195	442
P03 P04	66	423	66	447
P03’ P04’	66	423	66	447
P05 P06	71	415	70	439
P05’ P06’	71	415	72	439

表2－4　一次＋二次応力強さの評価のまとめ

（単位：MPa）

応力評価点	一次＋二次応力差最大範囲（P_L+P_b+Q）		
	S_n ＊1	S_n ＊2	許容応力 $3・S_m$
P01	77	150	552
P01’	77	150	552
P02	241	473	552
P02’	241	473	552
P03	35	69	552
P03’	35	69	552
P04	17	33	552
P04’	17	33	552
P05	5	10	552
P05’	5	10	552
P06	18	35	552
P06’	18	35	552

表2－5　疲労累積係数の評価のまとめ

応力評価点	疲労累積係数				
	U_n	U_{Sd}	U_{Ss}	U_f *	許容値
P01	0.000	0.001	0.001	0.001	1.0
P01’	0.000	0.001	0.001	0.001	1.0
P02	0.000	0.008	0.068	0.068	1.0
P02’	0.000	0.008	0.068	0.068	1.0
P03	0.307	0.001	0.001	0.308	1.0
P03’	0.306	0.001	0.001	0.307	1.0
P04	0.025	0.001	0.001	0.026	1.0
P04’	0.025	0.001	0.001	0.026	1.0
P05	0.153	0.001	0.001	0.154	1.0
P05’	0.153	0.001	0.001	0.154	1.0
P06	0.237	0.001	0.001	0.238	1.0
P06’	0.236	0.001	0.001	0.237	1.0

注記＊：疲労累積係数U_fは，運転状態Ⅰ及びⅡに地震荷重Ｓｄ*又は地震荷重Ｓｓのいずれか大きい方を加えた値である。

表2－6　支圧応力及び座屈に対する評価に用いる荷重

許容応力状態	支圧	座屈	
	鉛直力*1 V_1 (kN)	鉛直力*2 V (kN)	モーメント M (kN･m)
ⅢAS			
ⅣAS			

注記＊1 ：V_1はストレッチチューブ支圧面に作用する鉛直力を示す。

＊2 ：Vはケーシングに作用する鉛直力を示す。

ストレッチチューブからの反力Fを考慮した値。

表2－7　支圧応力に対する評価

（単位：MPa）

許容応力状態	支圧応力	許容応力
ⅢAS	70	303
ⅣAS	75	481

表2－8　座屈に対する評価

（単位：MPa）

許容応力状態	圧縮応力	許容応力
ⅢAS	110	165
ⅣAS	186	207

Ⅴ-2-3-3-2-2　原子炉圧力容器スタビライザの応力計算書

目　　次

1.　概要 …… 1
2.　一般事項 …… 2
2.1　構造計画 …… 2
2.2　評価方針 …… 4
2.3　適用規格・基準等 …… 4
2.4　記号の説明 …… 5
3.　評価部位 …… 6
4.　構造強度評価 …… 7
4.1　構造強度評価方法 …… 7
4.2　荷重の組合せ及び許容応力 …… 7
4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態 …… 7
4.2.2　許容応力 …… 7
4.2.3　許容応力評価条件 …… 7
4.2.4　設計荷重 …… 7
4.3　計算方法 …… 7
4.4　応力の評価 …… 8
5.　参照図書 …… 9

図　表　目　次

図 2－1　スタビライザの耐震評価フロー　・・・

1. 概要

本計算書は，V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき，原子炉圧力容器スタビライザ（以下「スタビライザ」という。）が設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。

スタビライザは設計基準対象施設においてはＳクラス施設に分類される。以下，設計基準対象施設としての構造強度評価を示す。

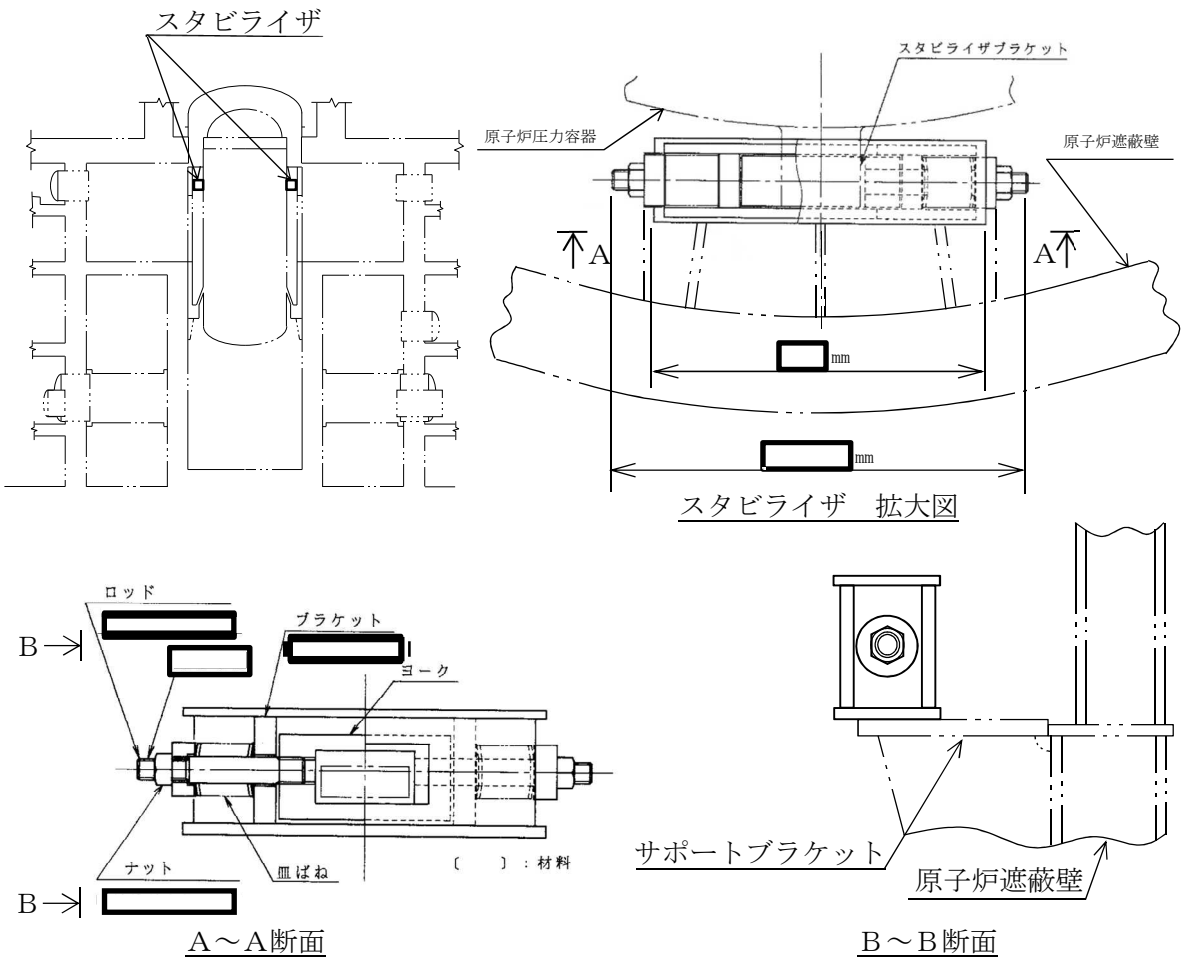
注：本計算書においては，平成 5 年 6 月 17 日付け 4 資庁第 14562 号にて認可された工事計画の添付書類（参照図書(1)）を「既工認」という。

2.　一般事項

2.1　構造計画

スタビライザの構造計画を表 2－1 に示す。

表２－１　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
スタビライザは，原子炉遮蔽壁に設置されたサポートブラケットに溶接される。	ブラケット，ナット，ロッド，ヨーク及び皿ばねで構成される，原子炉圧力容器が揺れた場合にこれを支持するためのものであり，原子炉圧力容器外周に８個等間隔に配置されている。	

2.2　評価方針

スタビライザの応力評価は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき，「3.　評価部位」にて設定する箇所に作用する設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを，「4.　構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。

スタビライザの耐震評価フローを図 2－1 に示す。

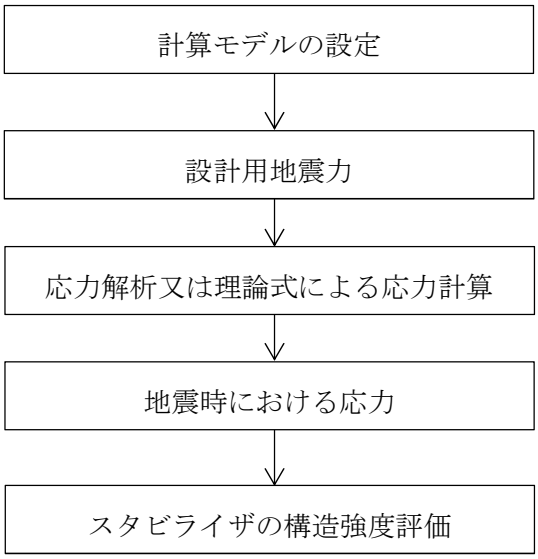


図 2－1　スタビライザの耐震評価フロー

2.3　適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

・原子力発電所耐震設計技術指針　重要度分類・許容応力編ＪＥＡＧ４６０１・補-1984（(社) 日本電気協会）
・原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１-1987（(社) 日本電気協会）
・原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１-1991 追補版（(社) 日本電気協会）
・発電用原子力設備規格　設計・建設規格（(社) 日本機械学会，2005/2007）（以下「設計・建設規格」という。）

2.4　記号の説明

記号	記号の説明	単位
D	死荷重	—
d	ロッドのネジ部直径	mm
F_O	初期締付荷重	N
f_b	許容曲げ応力	MPa
f_s	許容せん断応力	MPa
f_t	許容引張応力	MPa
H_1	スタビライザ全体に加わるＳｄ*地震時の水平地震荷重	N
H_2	スタビライザ全体に加わるＳｓ地震時の水平地震荷重	N
ℓ_1	ブラケットの幅	mm
ℓ_2	ブラケットの高さ	mm
M	地震及び死荷重以外で地震と組み合わすべきプラントの運転状態（地震との組合せが独立な運転状態Ⅳ，Ⅴは除く）で設備に作用している機械的荷重	—
P	地震と組み合わすべきプラントの運転状態（地震との組合せが独立な運転状態Ⅳ，Ⅴは除く）における圧力荷重	—
S	許容引張応力　設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表5又は表6に規定される値	MPa
Ｓｄ	弾性設計用地震動Ｓｄにより定まる地震力	—
Ｓｄ*	弾性設計用地震動Ｓｄにより定まる地震力又はＳクラス設備に適用される静的地震力のいずれか大きい方の地震力	—
Ｓｓ	基準地震動Ｓｓにより定まる地震力	—
S_u	設計引張強さ　設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表9に規定される値	MPa
S_y	設計降伏点　設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表8に規定される値	MPa
S_y（ＲＴ）	40℃における設計降伏点　設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表8に規定される値	MPa
t	ブラケットの厚さ	mm

3. 評価部位

本計算書で解析する箇所の形状・寸法・材料を図3－1に示す。

なお，スタビライザの応力評価点は，スタビライザを構成する部材の形状及び荷重伝達経路を考慮し，発生応力が大きくなる部位を選定する。選定した応力評価点を図3－2に示す。

4.　構造強度評価

4.1　構造強度評価方法

(1)　スタビライザは，原子炉遮蔽壁に設置されたサポートブラケット上に溶接され，原子炉圧力容器の水平地震荷重を原子炉遮蔽壁に伝達させる構造である。スタビライザの耐震評価は，Ⅴ-2-2-4「原子炉本体の基礎の地震応答計算書」により求めた水平地震荷重，若しくはその条件を包絡する様に定めた保守的な水平地震荷重を用いて，参照図書(1)に示す既工認の手法に従い，「4.3　計算方法」に示す手法により構造強度評価を行う。

(2)　構造強度評価に用いる寸法は，公称値を用いる。

(3)　概略構造図を表 2－1 に示す。

4.2　荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

スタビライザの荷重の組合せ及び許容応力状態を表 4－1 に示す。

4.2.2　許容応力

スタビライザの許容応力は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4－2 に示す。

4.2.3　許容応力評価条件

スタビライザの許容応力評価条件を表 4－3 に示す。

4.2.4　設計荷重

(1)　最高使用温度

最高使用温度は，既工認からの変更はなく，参照図書(1)に定めるとおりである。

(2)　スタビライザに加わる荷重及び設計用地震力

スタビライザに加わる荷重を表 4－4 に示す。

スタビライザの評価に用いる設計用地震力は，水平地震荷重として，Ⅴ-2-2-4「原子炉本体の基礎の地震応答計算書」により求めた水平地震荷重，若しくはその条件を包絡する様に定めた保守的な水平地震荷重を用いる。

なお，鉛直地震を考慮してもスタビライザとスタビライザブラケットの鉛直方向の干渉は無く，また，鉛直地震時のスタビライザの質量による鉛直地震荷重は小さく無視できるため，鉛直地震荷重に対する評価は行わない。

4.3　計算方法

応力計算方法は既工認から変更はなく，参照図書(1)に示すとおりである。

なお，各荷重での応力は，単位荷重（水平力）での応力を用いて，荷重（水平力）の比により（比倍して）計算する。

4.4　応力の評価

各許容応力状態における評価を表 4－5 に示す。

表 4－5 より，各許容応力状態の各応力は，「4.2.2　許容応力」に示す許容応力を満足する。

5. 参照図書

(1) 柏崎刈羽原子力発電所第７号機　第５回工事計画認可申請書　添付書類
Ⅳ-3-1-4-1「原子炉圧力容器スタビライザの応力計算書」

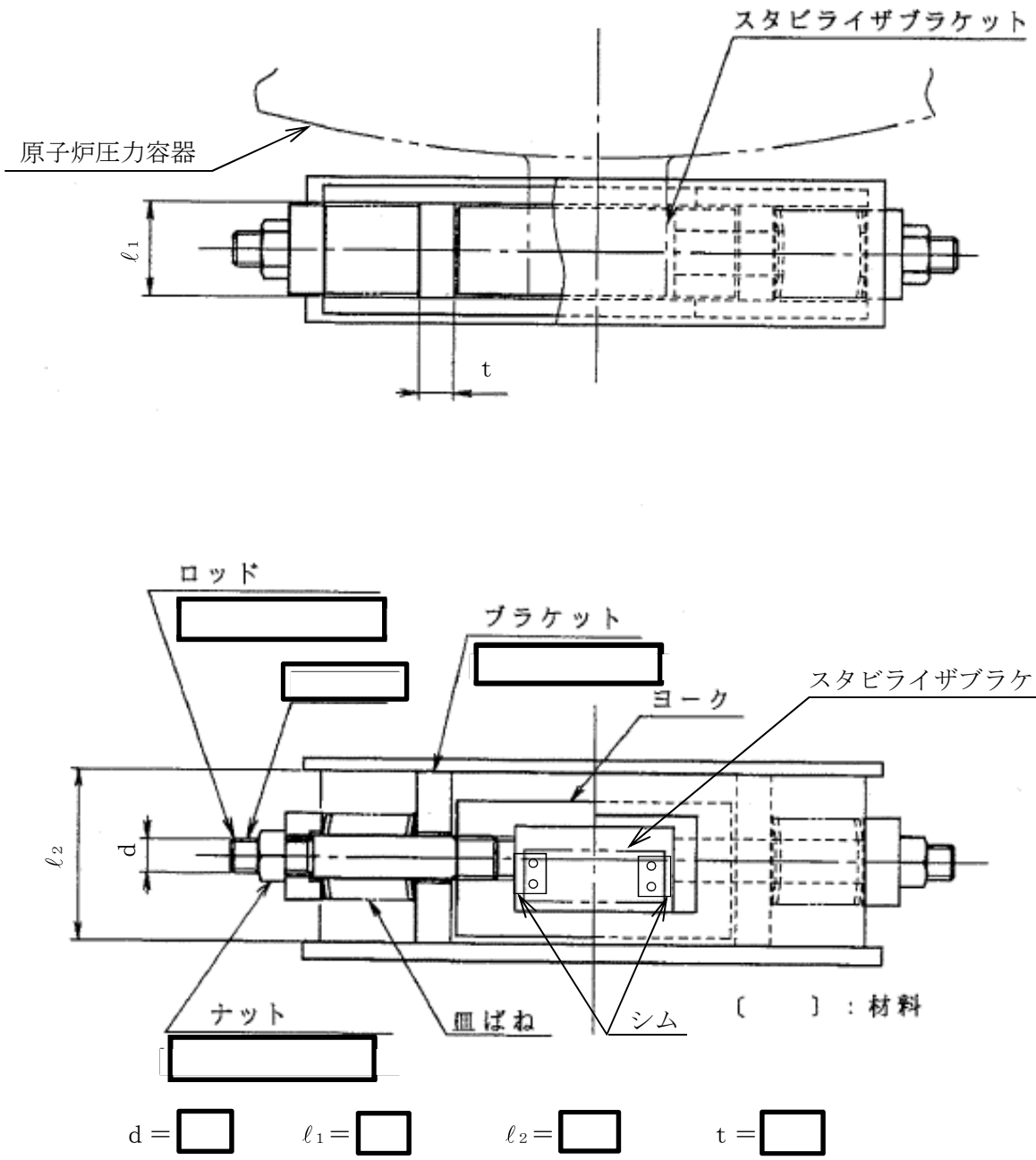


図 3－1　スタビライザの形状・寸法・材料（単位：mm）

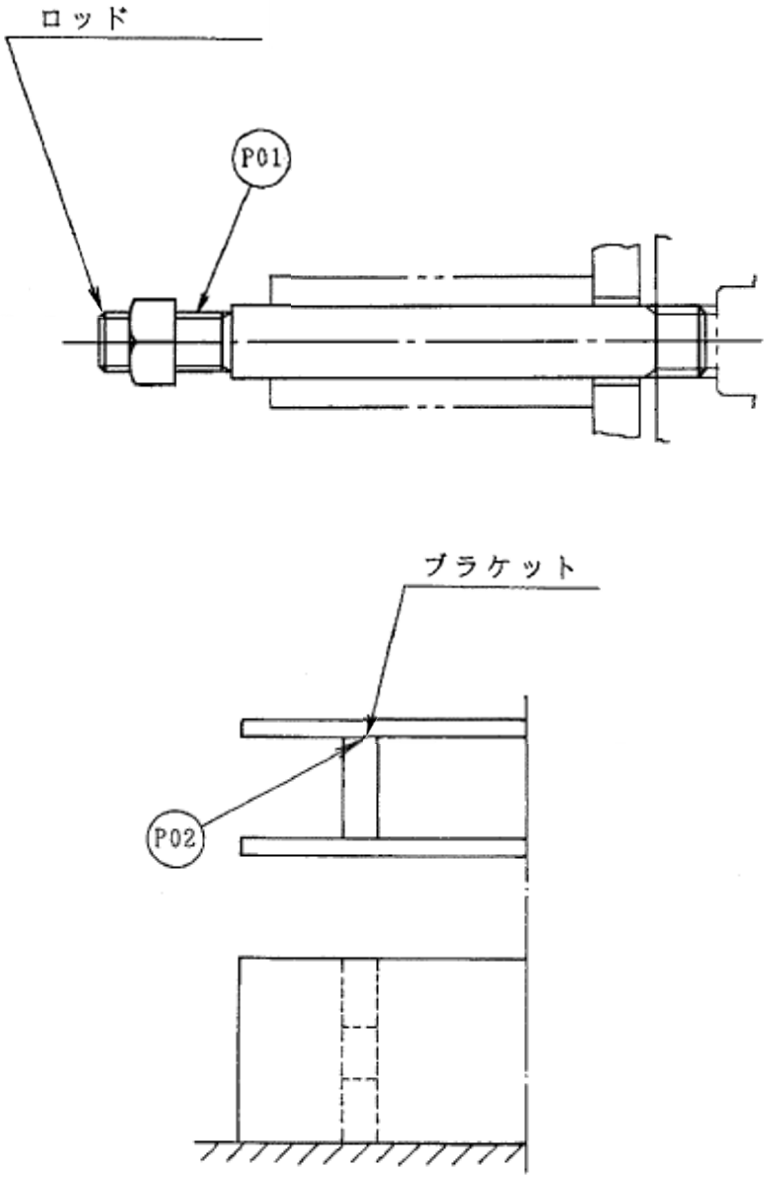


図 3－2　スタビライザの応力評価点

表 4－1　荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
原子炉本体	原子炉圧力容器付属構造物	スタビライザ	S	—*	D＋P＋M＋S d *	ⅢAS
					D＋P＋M＋S s	ⅣAS

注記＊：クラス１支持構造物の荷重の組合せ及び許容限界を準用する。

表4－2　許容応力（クラス１支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1，*2（ボルト等以外）		許容限界*1，*2（ボルト等）
	一次応力		一次応力
	せん断	曲げ	引張り
ⅢAS	1.5・f_s	1.5・f_b	1.5・f_t
ⅣAS	1.5・f_s*	1.5・f_b*	1.5・f_t*

注記＊1　：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

＊2　：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 4－3　許容応力評価条件

評価部位	材料		温度条件 (℃)		S (MPa)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y (RT) (MPa)
ロッド	棒鋼	[redacted]	最高温度	302	—	[redacted]	[redacted]	—
ブラケット	鋼板		最高温度	302	—			—

表 4－4　スタビライザに加わる荷重

種別	記号	荷重(N)
初期締付荷重	F_O	[redacted]
スタビライザ全体に加わるＳｄ*地震時の水平地震荷重	H_1	
スタビライザ全体に加わるＳｓ地震時の水平地震荷重	H_2	

表4－5　評価結果まとめ

評価対象設備	評価部位		応力分類	ⅢAS		ⅣAS	
				算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
				MPa	MPa	MPa	MPa
スタビライザ	P01	ロッド	引張応力	236	[redacted]	252	[redacted]
	P02	ブラケット	曲げ応力	92		98	
			せん断応力	33		35	

Ⅴ-2-3-3-2-3　制御棒駆動機構ハウジングレストレントビームの応力計算書

目　　次

1.　概要 …… 1
2.　一般事項 …… 2
2.1　構造計画 …… 2
2.2　評価方針 …… 4
2.3　適用規格・基準等 …… 4
2.4　記号の説明 …… 5
3.　評価部位 …… 6
4.　地震応答解析及び構造強度評価 …… 7
4.1　地震応答解析及び構造強度評価方法 …… 7
4.2　荷重の組合せ及び許容応力 …… 7
4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態 …… 7
4.2.2　許容応力 …… 7
4.2.3　許容応力評価条件 …… 7
4.2.4　設計荷重 …… 7
4.3　解析モデル及び諸元 …… 7
4.4　固有周期 …… 8
4.5　設計用地震力 …… 8
4.6　計算方法 …… 8
4.6.1　水平地震荷重による応力 …… 8
4.6.2　鉛直地震荷重による応力 …… 8
4.6.3　死荷重による応力 …… 8
4.7　計算条件 …… 9
4.8　応力の評価 …… 9
5.　参照図書 …… 10

図　表　目　次

図 2－1　CRD ハウジングレストレントビームの耐震評価フロー　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　4
図 3－1　CRD ハウジングレストレントビームの形状・寸法・材料　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　11
図 3－2　CRD ハウジングレストレントビームの応力評価点　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　12
図 4－1　解析モデル　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・

1. 概要

本計算書は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき，制御棒駆動機構ハウジング（以下「CRD ハウジング」という。）レストレントビームが設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。

CRD ハウジングレストレントビームは設計基準対象施設においてはＳクラス施設に分類される。以下，設計基準対象施設としての構造強度評価を示す。

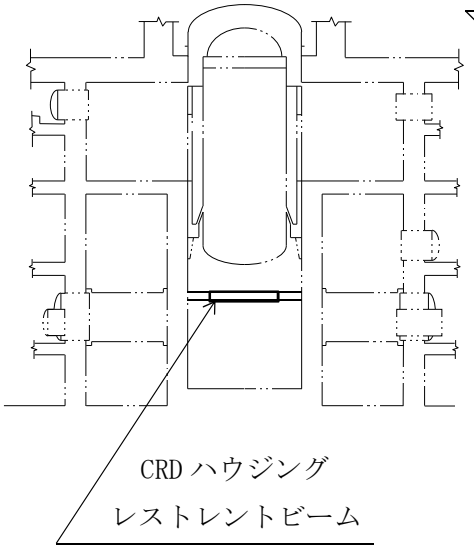
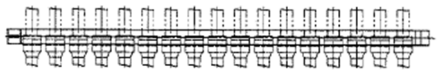
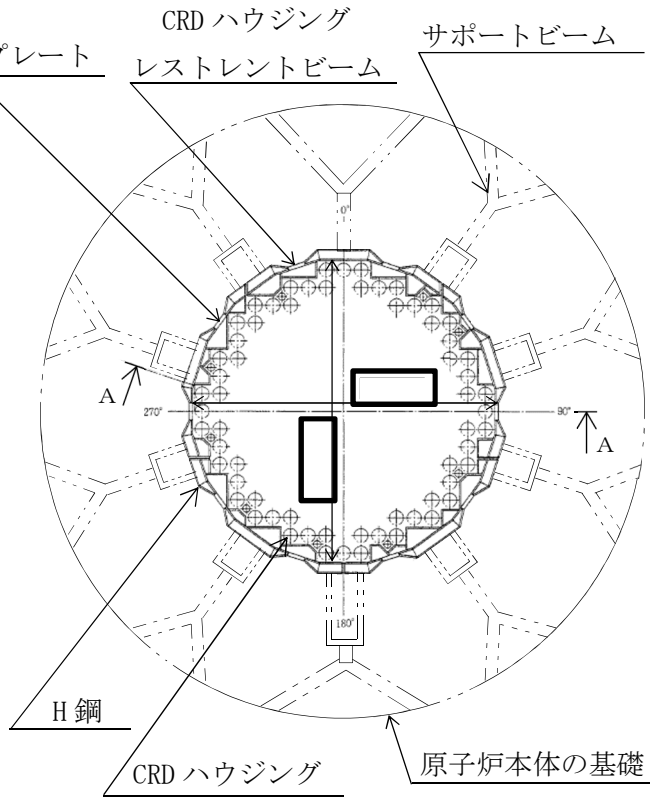
注：本計算書においては，平成 5 年 6 月 17 日付け 4 資庁第 14562 号にて認可された工事計画の添付書類（参照図書(1)）を「既工認」という。

2. 一般事項

2.1 構造計画

CRD ハウジングレストレントビームの構造計画を表 2－1 に示す。

表 2－1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
CRD ハウジングレストレントビームは原子炉本体の基礎に支持される。 CRD ハウジングレストレントビームはサポートビームにボルト固定され，サポートビームは原子炉本体の基礎に溶接される。	CRD ハウジングレストレントビームは CRD ハウジングを円周状に取り囲む様に設置された，H 形断面を持つ構造部材（以下「H 鋼」という。）とそれをつなぎ合わせるプレートにより構成される鋼製の支持構造物である。	  A～A断面  CRD ハウジングレストレントビーム　拡大図 （単位：mm）

2.2　評価方針

CRD ハウジングレストレントビームの応力評価は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき，「3.　評価部位」にて設定する箇所に作用する設計用地震力による応力等が許容限界に収まることを，「4.　地震応答解析及び構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。

CRD ハウジングレストレントビームの耐震評価フローを図 2－1 に示す。

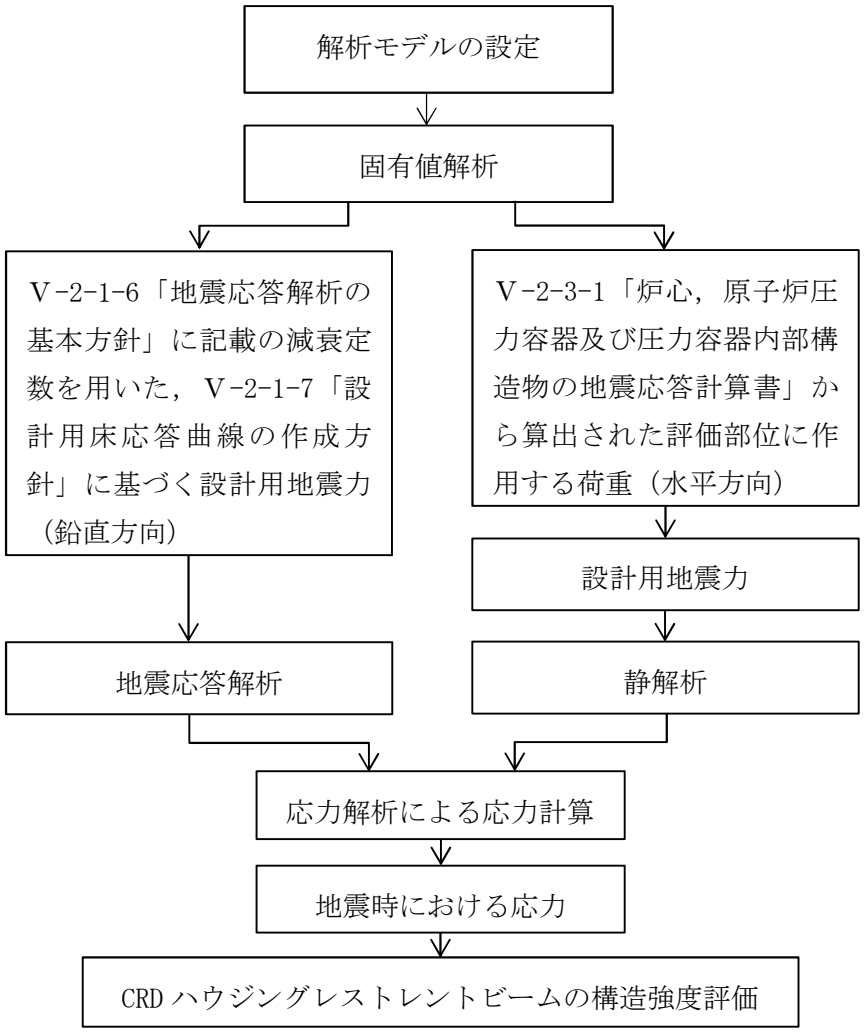


図 2－1　CRD ハウジングレストレントビームの耐震評価フロー

2.3　適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

・原子力発電所耐震設計技術指針　重要度分類・許容応力編ＪＥＡＧ４６０１・補-1984（(社) 日本電気協会）
・原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１-1987（(社) 日本電気協会）
・原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１-1991 追補版（(社) 日本電気協会）
・発電用原子力設備規格　設計・建設規格（(社) 日本機械学会，2005/2007）（以下「設計・建設規格」という。）

2.4　記号の説明

記号	記号の説明	単位
C_V	鉛直方向設計震度	—
D	死荷重	—
E	縦弾性係数	MPa
f_b	許容曲げ応力	MPa
f_c	許容圧縮応力	MPa
f_s	許容せん断応力	MPa
ℓ_1	CRD ハウジングレストレントビームの内のり寸法	mm
ℓ_2	CRD ハウジングレストレントビームの高さ	mm
M	地震及び死荷重以外で地震と組み合わすべきプラントの運転状態（地震との組合せが独立な運転状態Ⅳ，Ⅴは除く）で設備に作用している機械的荷重	—
m_0	質量	kg
P	地震と組み合わすべきプラントの運転状態（地震との組合せが独立な運転状態Ⅳ，Ⅴは除く）における圧力荷重	—
S	許容引張応力　設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表 5 又は表 6 に規定される値	MPa
S_d	弾性設計用地震動Ｓｄにより定まる地震力	—
S_d^*	弾性設計用地震動Ｓｄにより定まる地震力又はＳクラス設備に適用される静的地震力のいずれか大きい方の地震力	—
S_s	基準地震動Ｓｓにより定まる地震力	—
S_u	設計引張強さ　設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表 9 に規定される値	MPa
S_y	設計降伏点　設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表 8 に規定される値	MPa
S_y（ＲＴ）	40℃における設計降伏点　設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表 8 に規定される値	MPa
T	温度	℃
t_1	プレートの厚さ	mm
ν	ポアソン比	—

3. 評価部位

本計算書で解析する箇所の形状・寸法・材料を図3－1に示す。

なお，CRDハウジングレストレントビームの応力評価点は，CRDハウジングレストレントビームを構成する部材の形状及び荷重伝達経路を考慮し，以下の理由に基づき発生応力が大きくなる部位であるプレートを選定する。選定した応力評価点を図3－2に示す。

(1) CRDハウジングレストレントビームに発生する応力は水平地震荷重による応力が支配的である。水平地震荷重は，分担するCRDハウジングの本数に比例した荷重であることから，中心部である90°－270°，0°－180°に最大荷重が作用する。

(2) CRDハウジングレストレントビームを構成する部材としてプレートとH鋼があるが，プレートはH鋼と比較して断面積及び断面係数が小さいため，発生応力が大きくなる。

4.　地震応答解析及び構造強度評価

4.1　地震応答解析及び構造強度評価方法

(1)　CRD ハウジングレストレントビームは，原子炉本体の基礎の内周側に固定され，CRD ハウジングの水平地震荷重を原子炉本体の基礎に伝達する構造である。

CRD ハウジングレストレントビームの耐震評価は，「4.5　設計用地震力」に示す水平地震荷重及び鉛直地震力を用いて，参照図書(1)に示す既工認の手法に従い，「4.6　計算方法」に示す手法により構造強度評価を行う。

(2)　構造強度評価に用いる寸法は，公称値を用いる。

(3)　概略構造図を表 2－1 に示す。

4.2　荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

荷重の組合せ及び許容応力状態を表 4－1 に示す。

4.2.2　許容応力

許容応力は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4－2 のとおりとする。

4.2.3　許容応力評価条件

許容応力評価条件を表 4－3 に示す。

4.2.4　設計荷重

(1)　最高使用温度及び死荷重

最高使用温度及び死荷重は，既工認から変更はなく，参照図書(1)に定めるとおりである。

4.3　解析モデル及び諸元

CRD ハウジングレストレントビームの解析モデルを図 4－1 に，解析モデルの概要を以下に示す。また，機器の諸元について表 4－4 に示す。なお，解析においては原子炉本体の基礎との取り合い部で溶接されるため，サポートビームを含めて CRD ハウジングレストレントビームをモデル化している。一方，CRD ハウジングレストレントビームのうち内側の CRD ハウジングが接する部材は，水平地震荷重に対し，CRD ハウジングレストレントビームの変形を抑制し，応力を低減する方向に作用するため，保守的にモデル化しないものとする。

(1)　3 次元はり要素による有限要素解析手法を適用する。

(2)　拘束条件は，原子炉本体の基礎の内周側の固定部を固定条件とする。

(3)　解析コードは「ＭＳＣ　ＮＡＳＴＲＡＮ」を使用し，固有値と各要素に発生する荷重及びモーメントを求める。

なお，評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については，別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

4.4　固有周期

固有値解析の結果を表 4－5 に，振動モード図を図 4－2 に示す。固有周期は 0.05 秒を超えており，柔構造であることを確認した。また，水平方向は 7 次モード以降に卓越し，固有周期は 0.05 秒以下であることを確認した。

4.5　設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表 4-6 及び表 4－7 に示す。

CRD ハウジングレストレントビームに加わる地震荷重Ｓｄ*及び地震荷重Ｓｓでの水平地震荷重は，Ⅴ-2-3-1「炉心，原子炉圧力容器及び圧力容器内部構造物の地震応答計算書」において，CRD ハウジングレストレントビームがばね要素としてモデル化されているため，ばね反力として求めた水平地震荷重，若しくはその条件を包絡する様に定めた保守的な水平地震荷重を用いる。

「弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的地震力」及び「基準地震動Ｓｓ」による鉛直地震力は，「4.4　固有周期」に示すとおり鉛直方向で柔構造であることから，Ⅴ-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。減衰定数はⅤ-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

4.6　計算方法

応力計算方法は，既工認から変更はなく，参照図書(1)に示すとおりである。

以下の荷重を用いて応力評価断面の断面性能により各荷重による応力を算出し，適切に組み合わせることにより計算する。

4.6.1　水平地震荷重による応力

表 4－6 に示す水平地震荷重を「4.3　解析モデル及び諸元」に示す解析モデルに入力し，静解析により得られる荷重（軸力，モーメント，せん断力）を用いる。

4.6.2　鉛直地震荷重による応力

表 4－7 に示す鉛直地震力を「4.3　解析モデル及び諸元」に示す解析モデルに入力し，固有周期に応じたスペクトルモーダル解析と，動的地震力及び静的地震力を用いた静解析により得られる荷重（モーメント，せん断力）を用いる。

4.6.3　死荷重による応力

「4.2.4 (1) 最高使用温度及び死荷重」に示す死荷重を「4.3　解析モデル及び諸元」に示す解析モデルに入力し，静解析により得られる荷重（モーメント，せん断力）を用いる。

4.7　計算条件

応力解析に用いる荷重を「4.2　荷重の組合せ及び許容応力」及び「4.5　設計用地震力」に示す。

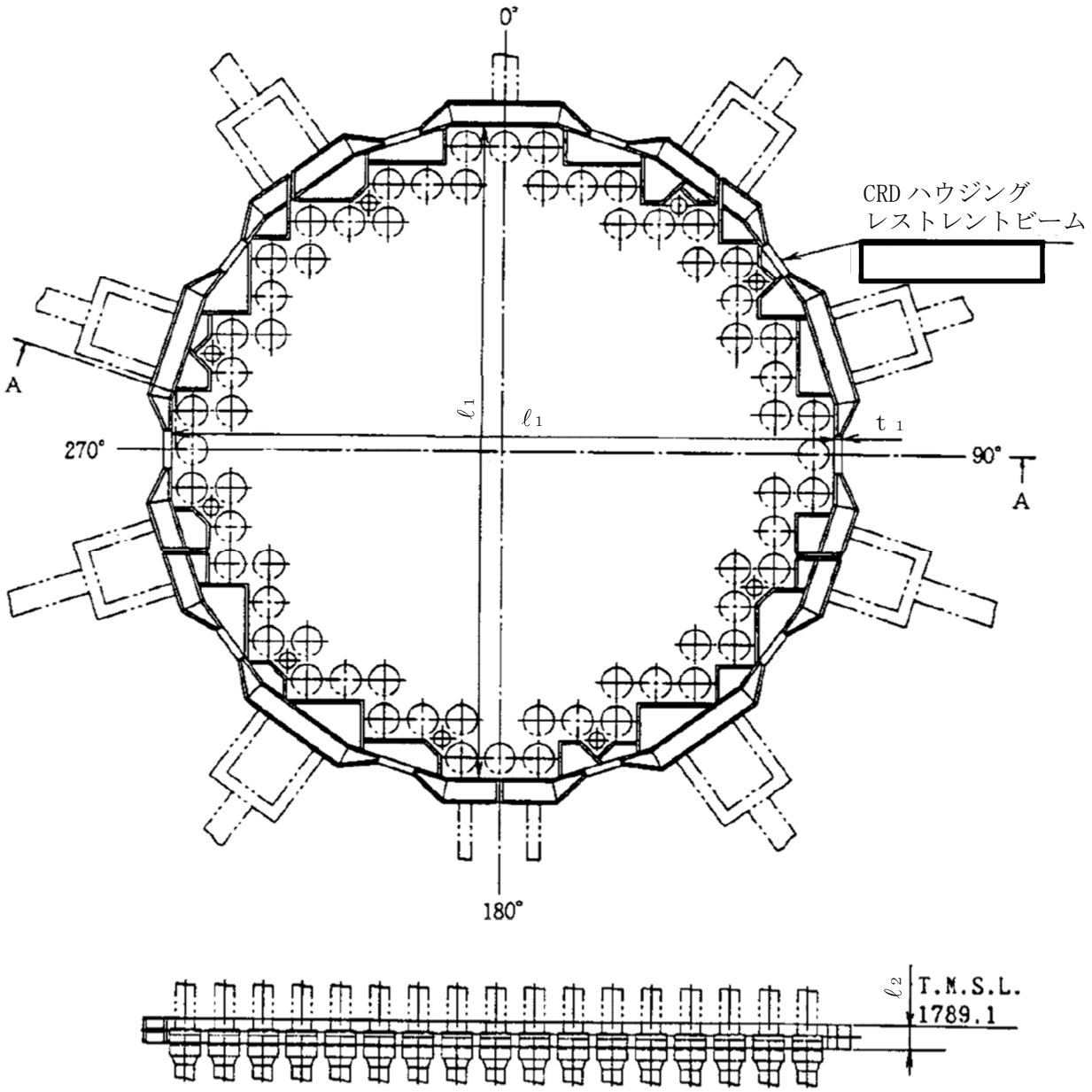
4.8　応力の評価

各許容応力状態における評価を表 4－8 に示す。

表 4－8 より，各許容応力状態の各応力は，「4.2.2　許容応力」に示す許容応力を満足する。

5. 参照図書

(1) 柏崎刈羽原子力発電所第７号機　第５回工事計画認可申請書　添付書類
Ⅳ-3-1-4-2「制御棒駆動機構ハウジングレストレントビームの応力計算書」



A～A断面

〔　　〕：材料

ℓ_1＝［　　］　　ℓ_2＝［　　］　　t_1＝［　　］

図 3－1　CRD ハウジングレストレントビームの形状・寸法・材料（単位：mm）

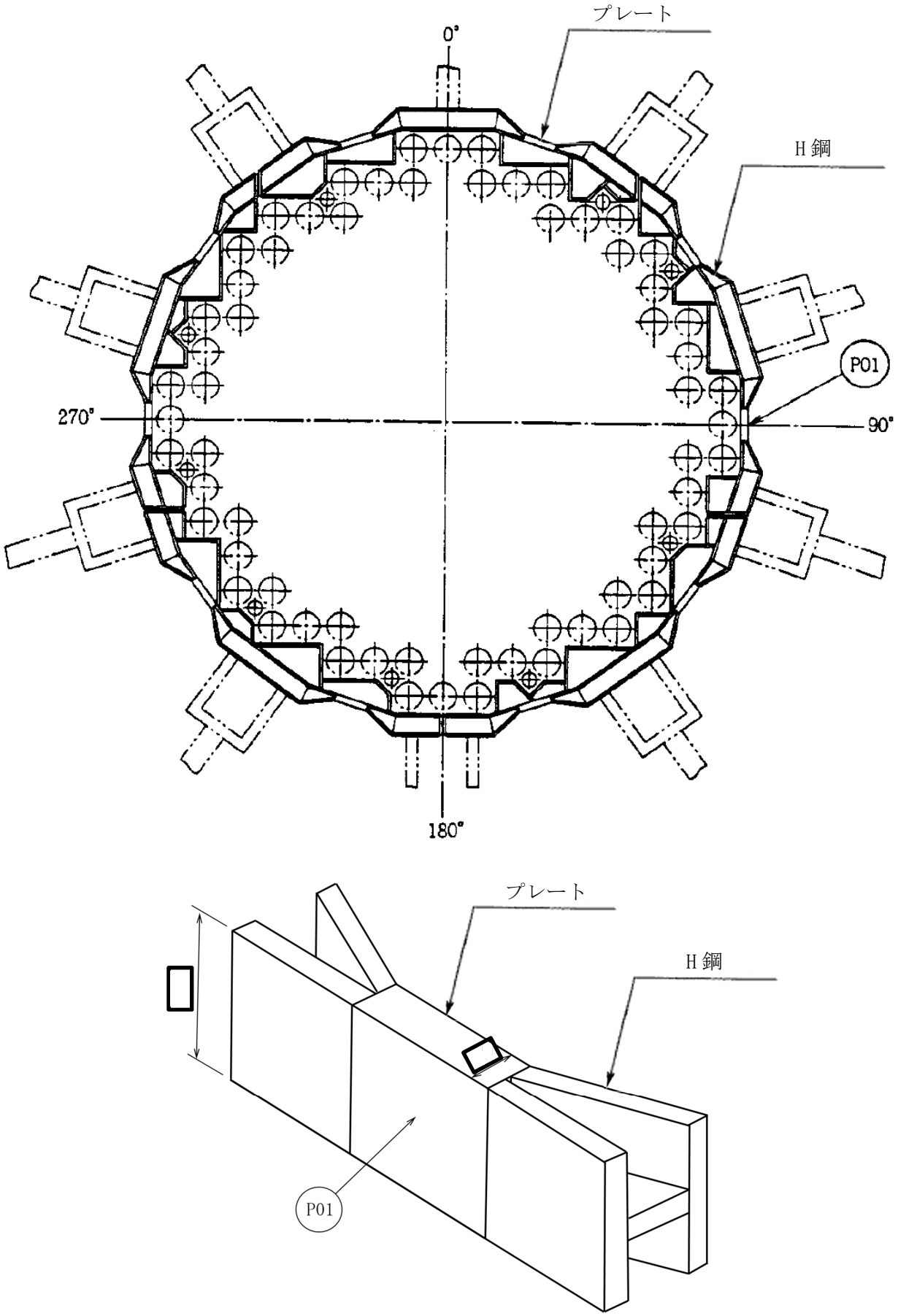


図3－2　CRDハウジングレストレントビームの応力評価点　（単位：mm）

表 4－1　荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
原子炉本体	原子炉圧力容器付属構造物	CRDハウジングレストレントビーム	S	—*	D＋P＋M＋S d *	ⅢAS
					D＋P＋M＋S s	ⅣAS

注記＊：クラス1支持構造物の荷重の組合せ及び許容限界を準用する。

表4－2　許容応力（クラス1支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 （ボルト等以外）		
	一次応力		
	せん断	圧縮	曲げ
ⅢAS	1.5・ｆs	1.5・ｆc	1.5・ｆb
ⅣAS	1.5・ｆs*	1.5・ｆc*	1.5・ｆb*

注記＊1　：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

＊2　：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 4－3　許容応力評価条件

評価部位	材料		温度条件 (℃)		S (MPa)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y (RT) (MPa)
プレート	鋼板		周囲環境温度	171	—			—

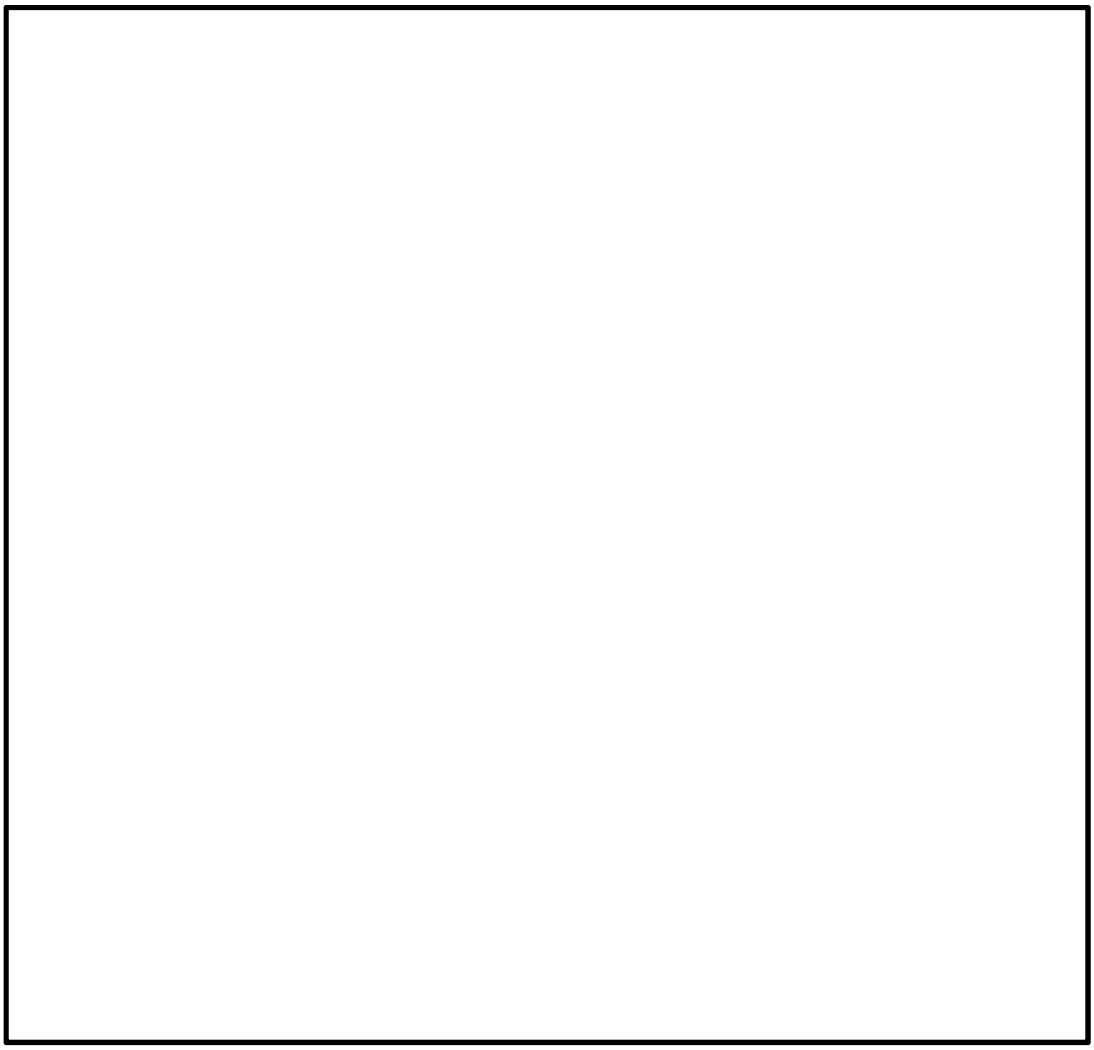


図 4－1　解析モデル

表 4－4　機器諸元

項目	記号	単位	入力値
材質	―	―	
質量	m_0	kg	
温度条件	T	℃	57
縦弾性係数	E	MPa	
ポアソン比	ν	―	
要素数	―	―	
節点数	―	―	

表 4－5　固有周期

モード	卓越方向	固有周期 (s)	刺激係数*		
			X	Y	Z
1 次	鉛直				
2 次	鉛直				
3 次	鉛直				
4 次	鉛直				
5 次	鉛直				
6 次	鉛直				

注記*：刺激係数は，モード質量を正規化し，固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。



1 次モード



2 次モード



3 次モード

図 4－2　振動モード図

表 4－6　設計用地震力（水平方向）

	地震荷重Ｓｄ*	地震荷重Ｓｓ
水平地震荷重(N)		

表 4－7　設計用地震力（鉛直方向）

据付場所及び床面高さ(m)		原子炉本体基礎　T.M.S.L. 3.5～-2.1					
固有周期(s)		水平：0.05 以下　　鉛直： *1					
減衰定数(%)		水平：―　　鉛直： 1.0*2					
地震力		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度			基準地震動Ｓｓ		
モード	固有周期(s)	応答水平震度		*3 応答鉛直震度	応答水平震度		*4 応答鉛直震度
		NS 方向	EW 方向		NS 方向	EW 方向	
1 次		―	―		―	―	
2 次		―	―		―	―	
3 次		―	―		―	―	
4 次		―	―		―	―	
5 次		―	―		―	―	
6 次		―	―		―	―	
動的地震力*5		―	―	0.65	―	―	1.32
静的地震力*6		―	―	0.29	―	―	―

注記＊1：1 次固有周期について記載

＊2：溶接構造物に適用される減衰定数

＊3：各モードの固有周期に対し，設計用床応答曲線（Ｓｄ）より得られる震度を示す。

＊4：各モードの固有周期に対し，設計用床応答曲線（Ｓｓ）より得られる震度を示す。

＊5：Ｓｓ又はＳｄに基づく設計用最大応答加速度より定めた震度を示す。

＊6：静的震度（1.2・Ｃv）を示す。

表4－8　評価結果まとめ

評価対象設備	評価部位		応力分類	ⅢAS		ⅣAS	
				算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
				MPa	MPa	MPa	MPa
CRDハウジング レストレント ビーム	P01	プレート	圧縮応力	8		14	
			曲げ応力	82		141	
			せん断応力	4		6	

Ⅴ-2-3-3-3　原子炉圧力容器内部構造物の耐震性についての計算書

Ⅴ-2-3-3-3-1　原子炉圧力容器内部構造物の応力解析の方針

目　　次

1.　概要 ····· 1
2.　一般事項 ····· 2
2.1　構造計画 ····· 2
2.2　評価方針 ····· 4
2.3　適用規格・基準等 ····· 4
2.4　記号の説明 ····· 5
3.　計算条件 ····· 7
3.1　評価対象機器 ····· 7
3.2　形状及び寸法 ····· 7
3.3　荷重の組合せ及び許容応力状態 ····· 7
3.4　許容応力 ····· 7
3.5　許容応力評価条件 ····· 8
3.6　溶接部の継手効率 ····· 8
4.　荷重条件 ····· 9
4.1　設計条件 ····· 9
4.2　運転条件 ····· 9
4.3　荷重の組合せ及び応力評価 ····· 9
5.　応力評価の手順 ····· 10
5.1　応力の評価 ····· 10
5.1.1　主応力 ····· 10
5.1.2　応力強さ ····· 10
5.1.3　一次応力強さ ····· 10
5.2　特別な応力の評価 ····· 11
5.2.1　純せん断応力の評価 ····· 11
5.2.2　支圧応力の評価 ····· 11
6.　評価結果の添付 ····· 12
6.1　応力評価結果 ····· 12
7.　引用文献 ····· 13
8.　参照図書 ····· 13

添付1　溶接部の継手効率 ····· 28

図　表　目　次

図2－1　原子炉圧力容器内部構造物の耐震評価フロー　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　4
図3－1　全体断面図　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・

1. 概要

本書は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき，原子炉圧力容器内部構造物に関する応力解析の方針を説明するものである。

なお，本書においては，設計用地震力に対する評価について記載するものとし，設計用地震力を除く荷重による原子炉圧力容器内部構造物の応力評価は，平成5年6月17日付け4資庁第14562号にて認可された工事計画の添付書類（参照図書(1)）による（以下「既工認」という。）。

注1：本書に記載していない特別な内容がある場合は，Ⅴ-2-3-3-3-2「原子炉圧力容器内部構造物の耐震計算結果」及びⅤ-2-3-3-3-3「原子炉圧力容器内部構造物の応力計算書」（以下「計算書」という。）に示す。

注2：図表は，原則として巻末に示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

原子炉圧力容器内部構造物の構造計画を表 2－1 に示す。

原子炉圧力容器内部構造物は，下記の機器により構成される。

(1) 蒸気乾燥器

(2) 気水分離器及びスタンドパイプ

(3) シュラウドヘッド

(4) 給水スパージャ

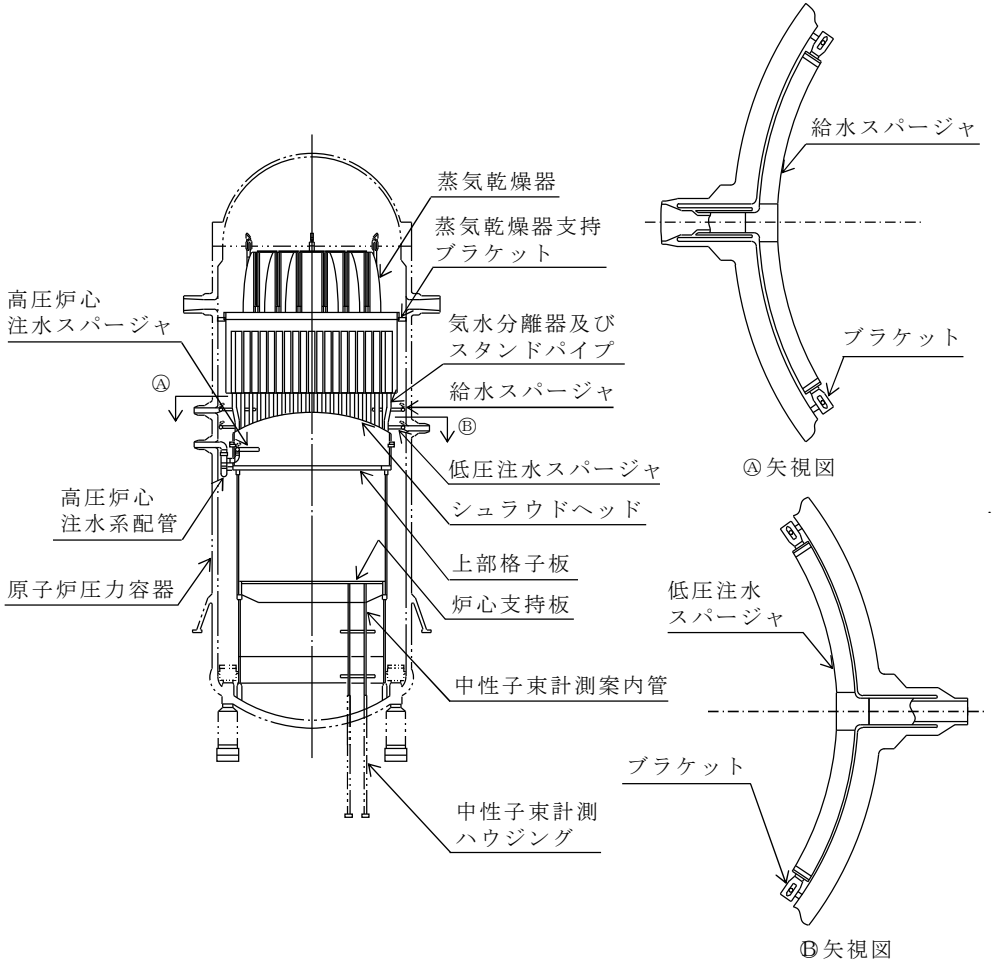
(5) 高圧炉心注水スパージャ

(6) 低圧注水スパージャ

(7) 高圧炉心注水系配管（原子炉圧力容器内部）

(8) 中性子束計測案内管

表 2－1　原子炉圧力容器内部構造物の構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
蒸気乾燥器，給水スパージャ及び低圧注水スパージャは，原子炉圧力容器内部に取り付けられたブラケットにより支持される。 高圧炉心注水スパージャ及び高圧炉心注水系配管は，上部格子板に支持される。 また，気水分離器及びスタンドパイプはシュラウドヘッドに溶接により接続され，シュラウドヘッドは上部格子板上にボルトによりフランジ接続される。 中性子束計測案内管は下部を中性子束計測ハウジングに溶接され，上部は炉心支持板により水平方向を支持される。	原子炉圧力容器内部構造物は蒸気乾燥器，気水分離器及びスタンドパイプ，シュラウドヘッド，給水スパージャ，高圧炉心注水スパージャ，低圧注水スパージャ，高圧炉心注水系配管及び中性子束計測案内管により構成される。	

2.2　評価方針

原子炉圧力容器内部構造物の構造強度評価は，Ｖ-2-1-9「機能維持の基本方針」及び「3.　計算条件」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容応力に基づき，「2.1 構造計画」にて示す原子炉圧力容器内部構造物の各機器を踏まえ計算書にて設定する箇所において，「4.　荷重条件」にて設定した荷重に基づく応力が許容限界内に収まることを，「5.　応力評価の手順」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を計算書に示す。

原子炉圧力容器内部構造物の耐震評価フローを図 2－1 に示す。

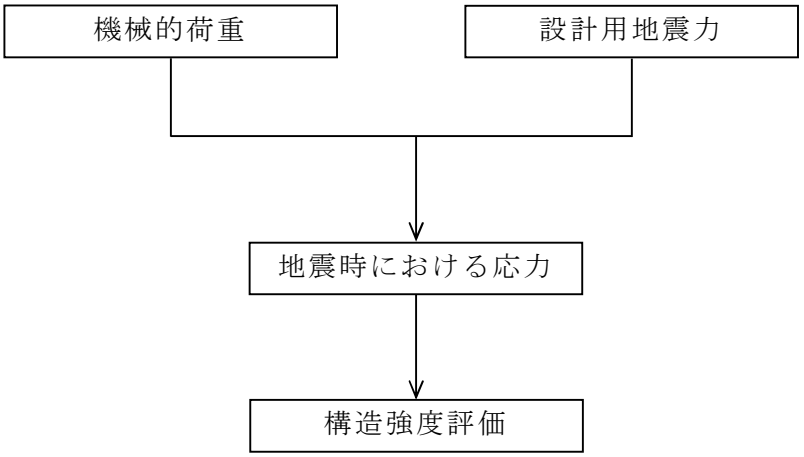


図 2－1　原子炉圧力容器内部構造物の耐震評価フロー

2.3　適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

・原子力発電所耐震設計技術指針　重要度分類・許容応力編ＪＥＡＧ４６０１・補-1984（(社) 日本電気協会）

・原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１-1987（(社) 日本電気協会）

・原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１-1991追補版（(社) 日本電気協会）

・発電用原子力設備規格　設計・建設規格（(社) 日本機械学会，2005/2007）（以下「設計・建設規格」という。）

注：本書及び計算書において，設計・建設規格の条項は「設計・建設規格　○○○-△△△△(◇)a.(a)」として示す。

2.4　記号の説明

本書及び計算書において，以下の記号を使用する。ただし，本書添付及び計算書中に別途記載ある場合は，この限りでない。

なお,計算書における記号の字体及び大きさについては,本書と異なる場合がある。

記号	記号の説明	単位
F_L	軸力	N
F_S	せん断力	N
H	水平力	N
M	モーメント	N･mm
P_b	一次曲げ応力	MPa
P_m	一次一般膜応力	MPa
S_{12}	主応力差$\sigma_1-\sigma_2$	MPa
S_{23}	主応力差$\sigma_2-\sigma_3$	MPa
S_{31}	主応力差$\sigma_3-\sigma_1$	MPa
Ｓｄ*	弾性設計用地震動Ｓｄにより定まる地震力又はＳクラス施設に適用される静的地震力のいずれか大きい方の地震力	―
S_m	設計応力強さ　設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表１に定める値	MPa
Ｓｓ	基準地震動Ｓｓにより定まる地震力	―
S_u	設計引張強さ　設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表９に定める値	MPa
S_y	設計降伏点　　設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表８に定める値	MPa
S_y（ＲＴ）	設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表８に定める材料の 40℃における設計降伏点	MPa
T	ねじりモーメント	N･mm
V	鉛直力	N
η	溶接部の継手効率	―
σ_1	主応力	MPa
σ_2	主応力	MPa
σ_3	主応力	MPa
σ_ℓ	軸方向応力	MPa
σ_r	半径方向応力	MPa
σ_t	周方向応力	MPa
$\tau_{\ell r}$	せん断応力	MPa
τ_{rt}	せん断応力	MPa
$\tau_{t\ell}$	せん断応力	MPa

記号	記号の説明	単位
ⅢＡＳ	設計・建設規格の供用状態Ｃ相当の許容応力を基準として，それに地震により生じる応力に対する特別な応力の制限を加えた許容応力状態	―
ⅣＡＳ	設計・建設規格の供用状態Ｄ相当の許容応力を基準として，それに地震により生じる応力に対する特別な応力の制限を加えた許容応力状態	―
ＶＡＳ	運転状態Ⅴ（重大事故等時の状態）相当の応力評価を行う許容応力状態を基本として，それに地震により生じる応力に対する特別な応力の制限を加えた許容応力状態	―

3. 計算条件

3.1 評価対象機器

応力評価を行う機器は，次のとおりである。(表 2－1 及び図 3－1 参照)

機器名称		評価対象	
		耐震性についての計算書 (許容応力状態に対する評価)	
		ⅢAS，ⅣAS	VAS
(1)	蒸気乾燥器	○	×*
(2)	気水分離器及びスタンドパイプ	○	×*
(3)	シュラウドヘッド	○	×*
(4)	給水スパージャ	○	○
(5)	高圧炉心注水スパージャ	○	○
(6)	低圧注水スパージャ	○	○
(7)	高圧炉心注水系配管 (原子炉圧力容器内部)	○	○
(8)	中性子束計測案内管	○	×*

注：「○」は評価対象，「×」は評価対象外を示す。

注記＊：設計基準対象施設としてのみ申請する機器。

3.2 形状及び寸法

各部の形状及び寸法は，計算書に示す。

3.3 荷重の組合せ及び許容応力状態

原子炉圧力容器内部構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち，設計基準対象施設の評価に用いるものを表 3－1(1)に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3－1(2)に示す。また，各許容応力状態で考慮する荷重は，4 章に示すとおりである。

3.4 許容応力

原子炉圧力容器内部構造物の許容応力は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 3－2 に示す。

3.5　許容応力評価条件

(1)　許容応力状態ⅢＡＳ及び許容応力状態ⅣＡＳの一次応力の評価には，運転状態Ⅰ及びⅡにおける流体の最高温度［　　］に対する許容応力を用いる。

(2)　許容応力状態ＶＡＳの一次応力の評価には，運転状態Ⅴにおける流体の最高温度［　　］を上回る運転状態Ⅲにおける流体の最高温度［　　］に対する許容応力を用いる。

(3)　原子炉圧力容器内部構造物の許容応力評価条件を表 3－3 に示す。

なお，各機器で使用される材料は，計算書に示す。

3.6　溶接部の継手効率

(1)　溶接部の継手効率は，継手の種類と分類及び継手に適用する検査の種類により，設計・建設規格　CSS-3150 に従って定める。溶接部の継手効率を添付 1 に示す。

(2)　溶接部の許容応力は，材料の許容応力に継手効率を乗じたものとし，計算書に示す。

4. 荷重条件

原子炉圧力容器内部構造物は，以下の荷重条件に耐えることを確認する。

各機器の応力評価には，本章に示す荷重を考慮する。

4.1 設計条件

設計条件は既工認からの変更はなく，参照図書(1)f.に定めるとおりである。

4.2 運転条件

運転条件及び記号は，既工認からの変更はなく，参照図書(1)f.に定めるとおりである。

各機器の応力評価において考慮する外荷重の値を表 4－1 に示す。

表 4-1 において考慮する設計用地震力は，Ⅴ-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」及びⅤ-2-3-1「炉心，原子炉圧力容器及び圧力容器内部構造物の地震応答計算書」により求めた荷重，若しくはそれらの条件を包絡する様に定めた保守的な荷重とする。

4.3 荷重の組合せ及び応力評価

荷重の組合せ及び応力評価項目の対応を表 4－2 に示す。表 4－2 及び計算書において，荷重の種類と記号は以下のとおりである。

なお，荷重の組合せについては，機器ごとに適切に組み合わせる。

	荷重	記号
(1)	差圧*	[L02]
(2)	死荷重	[L04]
(3)	活荷重（流体反力）	[L08]
(4)	配管又は機器の地震時の慣性力による地震荷重Ｓｄ*（一次荷重）	[L14]
(5)	配管又は機器の地震時の慣性力による地震荷重Ｓｓ（一次荷重）	[L16]

注：L08 は，L04 として考慮する。

注記＊： 許容応力状態ⅢＡＳ及び許容応力状態ⅣＡＳの応力評価には，運転状態Ⅰ及びⅡにおける差圧を用いる。

また，許容応力状態ⅤＡＳの応力評価には，重大事故等時の運転状態を考慮して設定した差圧を用いることとし，計算書に示す。

5. 応力評価の手順

応力評価の手順について述べる。

5.1 応力の評価

外荷重による応力は表 4－1 に示す外荷重より計算する。

5.1.1 主応力

計算した応力は，応力の分類ごとに重ね合わせ，組合せ応力を求める。

組合せ応力は，一般にσ_t，σ_ℓ，σ_r，$\tau_{t\ell}$，$\tau_{\ell r}$，τ_{rt}の 6 成分を持つが，主応力σは，引用文献(1)の 1･3･6 項により，次式を満足する 3 根σ_1，σ_2，σ_3として計算する。

$$\sigma^3-(\sigma_t+\sigma_\ell+\sigma_r)\cdot\sigma^2+(\sigma_t\cdot\sigma_\ell+\sigma_\ell\cdot\sigma_r+\sigma_r\cdot\sigma_t-\tau_{t\ell}^2-\tau_{\ell r}^2-\tau_{rt}^2)\cdot\sigma-\sigma_t\cdot\sigma_\ell\cdot\sigma_r+\sigma_t\cdot\tau_{\ell r}^2+\sigma_\ell\cdot\tau_{rt}^2+\sigma_r\cdot\tau_{t\ell}^2-2\cdot\tau_{t\ell}\cdot\tau_{\ell r}\cdot\tau_{rt}=0$$

上式により主応力を求める。

5.1.2 応力強さ

以下の 3 つの主応力差の絶対値で最大のものを応力強さとする。

$S_{12}=\sigma_1-\sigma_2$

$S_{23}=\sigma_2-\sigma_3$

$S_{31}=\sigma_3-\sigma_1$

5.1.3 一次応力強さ

許容応力状態ⅢＡＳ，許容応力状態ⅣＡＳ及び許容応力状態ＶＡＳにおいて生じる一次一般膜応力及び一次一般膜＋一次曲げ応力の応力強さが，3.4 節に示す許容応力を満足することを示す。

5.2　特別な応力の評価

5.2.1　純せん断応力の評価

純せん断荷重を受ける部分は，設計・建設規格　CSS-3114 により評価する。解析箇所を以下に示す。評価方法は参照図書(1)g.に示し，許容応力は表 3－2 に示す。

(1)　蒸気乾燥器の耐震用ブロック

5.2.2　支圧応力の評価

支圧荷重を受ける部分は，設計・建設規格　CSS-3115 により評価する。解析箇所を以下に示す。評価方法は参照図書(1)g.に示し，許容応力は表 3－2 に示す。

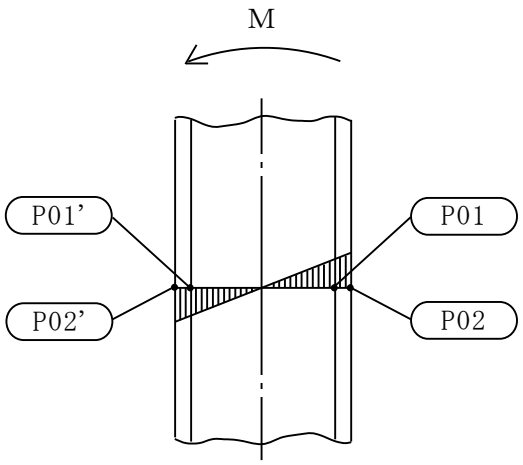
(1)　蒸気乾燥器の耐震用ブロック

6.　評価結果の添付

応力評価点番号は，機器ごとに記号 P01 からの連番とする。奇数番号を内面の点，偶数番号を外面の点として，計算書の形状・寸法・材料・応力評価点を示す図において定義する。

なお，軸対称モデル解析において，非軸対称な外荷重による応力評価を行った場合，荷重の入力方位と応力評価点の方位の関係により応力に極大値と極小値が生じる。外荷重による応力が極大となる方位の応力評価点は［例　P01］と表し，極小となる方位の応力評価点にはプライム（’）を付けて［例　P01’］と表す。

一次応力の評価は，内外面の応力評価点を含む断面（応力評価面）について行う。



6.1　応力評価結果

(1)　次の応力評価結果は，全応力評価点（面）について添付する。

a.　一次一般膜応力強さの評価のまとめ

b.　一次一般膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ

(2)　次の特別な評価は，対象となるすべての部位について評価し，結果を記載する。

a.　純せん断応力

b.　支圧応力

7. 引用文献

文献番号は，本書及び計算書において共通である。

(1) 機械工学便覧 基礎編 α3（日本機械学会）

8. 参照図書

(1) 柏崎刈羽原子力発電所第７号機 第５回工事計画認可申請書 添付書類

a. Ⅳ-2-2-3 給水スパージャの耐震性についての計算書

b. Ⅳ-2-2-4 高圧炉心注水スパージャの耐震性についての計算書

c. Ⅳ-2-2-5 低圧注水スパージャの耐震性についての計算書

d. Ⅳ-2-2-6 高圧炉心注水系配管（原子炉圧力容器内部）の耐震性についての計算書

e. Ⅳ-2-2-7 中性子束計測案内管の耐震性についての計算書

f. Ⅳ-3-1-3-1 圧力容器内部構造物の応力解析の方針

g. Ⅳ-3-1-3-2 蒸気乾燥器の応力計算書

h. Ⅳ-3-1-3-3 シュラウドヘッドの応力計算書

i. Ⅳ-3-1-3-4 気水分離器の応力計算書

j. Ⅳ-3-1-3-5 給水スパージャの応力計算書

k. Ⅳ-3-1-3-6 高圧炉心注水スパージャの応力計算書

l. Ⅳ-3-1-3-7 低圧注水スパージャの応力計算書

m. Ⅳ-3-1-3-8 高圧炉心注水系配管（原子炉圧力容器内部）の応力計算書

n. Ⅳ-3-1-3-9 中性子束計測案内管の応力計算書

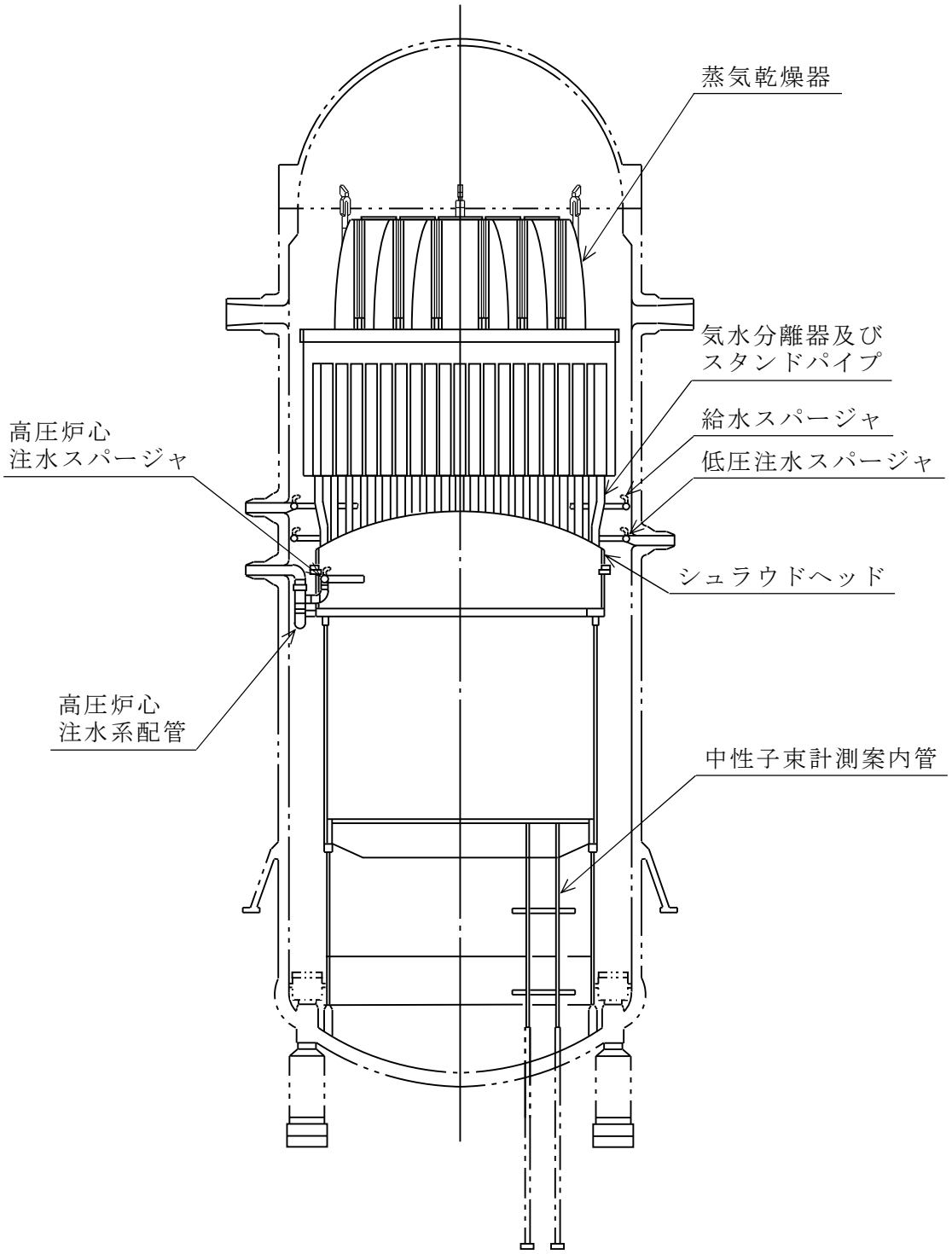

蒸気乾燥器
気水分離器及び
スタンドパイプ
給水スパージャ
低圧注水スパージャ
高圧炉心
注水スパージャ
シュラウドヘッド
高圧炉心
注水系配管
中性子束計測案内管

図 3－1　全体断面図

表 3－1(1)　荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
原子炉本体	原子炉圧力容器内部構造物	蒸気乾燥器 気水分離器及びスタンドパイプ シュラウドヘッド 給水スパージャ 高圧炉心注水スパージャ 低圧注水スパージャ 高圧炉心注水系配管 中性子束計測案内管	S	—	D＋P_D＋M_D＋Ｓｄ*	ⅢＡＳ
					D＋P_D＋M_D＋Ｓｓ	ⅣＡＳ

［記号の説明］

D　：　死荷重

P_D　：　地震と組み合わすべきプラントの運転状態Ⅰ及びⅡ（運転状態Ⅲ及び地震従属事象として運転状態Ⅳに包絡する状態がある場合にはこれを含む。）又は当該設備に設計上定められた最高使用圧力による荷重

M_D　：　地震と組み合わすべきプラントの運転状態Ⅰ及びⅡ（運転状態Ⅲ及び地震従属事象として運転状態Ⅳに包絡する状態がある場合にはこれを含む。）又は当該設備に設計上定められた機械的荷重

Ｓｄ*　：　弾性設計用地震動Ｓｄにより定まる地震力又はＳクラス施設に適用される静的地震力のいずれか大きい方の地震力

Ｓｓ　：　基準地震動Ｓｓにより定まる地震力

表 3－1(2)　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
原子炉本体	原子炉圧力容器内部構造物	給水スパージャ 高圧炉心注水スパージャ 低圧注水スパージャ 高圧炉心注水系配管	常設耐震／防止 常設／緩和	—	$D+P_D+M_D+S_s$	$Ⅳ_AS$
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	$Ⅴ_AS$ （$Ⅴ_AS$として$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）

［記号の説明］

D　：　死荷重

P_D　：　地震と組み合わすべきプラントの運転状態Ⅰ及びⅡ（運転状態Ⅲ及び地震従属事象として運転状態Ⅳに包絡する状態がある場合にはこれを含む。）又は当該設備に設計上定められた最高使用圧力による荷重

M_D　：　地震と組み合わすべきプラントの運転状態Ⅰ及びⅡ（運転状態Ⅲ及び地震従属事象として運転状態Ⅳに包絡する状態がある場合にはこれを含む。）又は当該設備に設計上定められた機械的荷重

S_s　：　基準地震動Ｓｓにより定まる地震力

P_{SAD}　：　重大事故等時の状態（運転状態Ⅴ）における運転状態等を考慮して当該設備に設計上定められた設計圧力による荷重

M_{SAD}　：　重大事故等時の状態（運転状態Ⅴ）における運転状態等を考慮して当該設備に設計上定められた機械的荷重

注記＊：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

表 3－2　許容応力（炉内構造物）

許容応力状態	許容限界*			
	一次一般膜応力	一次一般膜＋一次曲げ応力	純せん断応力	支圧応力
ⅢAS	1.5・S_m	左欄の 1.5 倍の値	0.9・S_m	1.5・S_y
ⅣAS	2／3・S_u ただし，オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については 2／3・S_u と 2.4・S_mの小さい方。	左欄の 1.5 倍の値	1.2・S_m	2・S_y
ⅤAS（ⅤASとしてⅣASの許容限界を用いる。）				

注記＊：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 3－3(1)　許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部位	材料		温度条件 (℃)	S_m (MPa)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y (RT) (MPa)
原子炉圧力容器内部構造物	オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金	SUS316L	流体の最高温度				
		SUS316L 相当	流体の最高温度				
		SUS316LTP	流体の最高温度				
		SUS316LTP 相当	流体の最高温度				
		SUSF316L	流体の最高温度				
		SUSF316L 相当	流体の最高温度				
		GXM1	流体の最高温度				

表 3－3(2)　許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部位	材料		温度条件 (℃)	S_m (MPa)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y (RT) (MPa)
原子炉圧力容器内部構造物	オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金	SUS316LTP	流体の最高温度				
		SUS316LTP 相当	流体の最高温度				
		SUSF316L	流体の最高温度				
		SUSF316L 相当	流体の最高温度				

表 4－1(1)　外荷重

蒸気乾燥器外荷重

記号	荷重名称	鉛直力		水平力	
		V_1*1 (kN)	V_2*2 (kN)	H_1*3 (kN)	H_2*4 (kN)
L04	死荷重				
L14	地震荷重Ｓｄ*				
L16	地震荷重Ｓｓ				

表 4－1(2)　外荷重

気水分離器及びスタンドパイプ外荷重

記号	荷重名称	荷重作用点	鉛直力 V (kN)	水平力 H (kN)	モーメント M* (kN･m)
L04	死荷重	A			
L14	地震荷重Ｓｄ*	A			
L16	地震荷重Ｓｓ	A			

表 4－1(3)　外荷重

シュラウドヘッド外荷重

記号	荷重名称	荷重作用点	鉛直力 V (kN)	水平力 H (kN)	モーメント M (kN･m)
L04	死荷重	A			
L14	地震荷重Ｓｄ＊	A			
L16	地震荷重Ｓｓ	A			

表 4－1(4)　外荷重

給水スパージャ外荷重

記号	荷重名称	荷重作用点	軸力	せん断力	ねじりモーメント	曲げモーメント
			F_L (N)	F_S (N)	T (N・m)	M (N・m)
L04	死荷重	A				
		B				
L14	地震荷重Ｓｄ*	A				
		B				
L16	地震荷重Ｓｓ	A				
		B				

表 4－1(5)　外荷重

高圧炉心注水スパージャ外荷重

記号	荷重名称	荷重作用点	軸力	せん断力	ねじりモーメント	曲げモーメント
			F_L (N)	F_S (N)	T (N･m)	M (N･m)
L04	死荷重	A				
		B				
L14	地震荷重Ｓｄ*	A				
		B				
L16	地震荷重Ｓｓ	A				
		B				

表 4－1(6)　外荷重

低圧注水スパージャ外荷重

記号	荷重名称	荷重作用点	軸力	せん断力	ねじりモーメント	曲げモーメント
			F_L (N)	F_S (N)	T (N･m)	M (N･m)
L04	死荷重	A				
		B				
L14	地震荷重Ｓｄ*	A				
		B				
L16	地震荷重Ｓｓ	A				
		B				

表 4－1(7)　外荷重

高圧炉心注水系配管外荷重

記号	荷重名称	荷重作用点	軸力	せん断力	ねじりモーメント	曲げモーメント
			F_L (N)	F_S (N)	T (N･m)	M (N･m)
L04	死荷重	A				
		B				
		C				
L14	地震荷重Ｓｄ＊	A				
		B				
		C				
L16	地震荷重Ｓｓ	A				
		B				
		C				

表 4－1(8)　外荷重

中性子束計測案内管外荷重

記号	荷重名称	荷重作用点	軸力	せん断力	ねじりモーメント	曲げモーメント
			F_L (N)	F_S (N)	T (N・m)	M (N・m)
L04	死荷重	A				
		B				
L14	地震荷重Ｓｄ＊	A				
		B				
L16	地震荷重Ｓｓ	A				
		B				

表 4－2　荷重の組合せ

許容応力状態	荷重の組合せ	応力評価
ⅢＡＳ	L02＋L04＋L14	P_m $P_m + P_b$
ⅣＡＳ	L02＋L04＋L16	P_m $P_m + P_b$
ＶＡＳ	L02＋L04＋L16	P_m $P_m + P_b$

添付１　溶接部の継手効率

原子炉圧力容器内部構造物の主な溶接部の継手効率は，設計・建設規格　CSS-3150 に従い，付表－１のとおりに定められる。

付表－1

継手の箇所	継手の分類	継手の種類	検査の種類*	継手効率 η
気水分離器及びスタンドパイプ	管と鏡板の周継手			
シュラウドヘッド	鏡板と胴の周継手			
	胴とフランジの周継手			
給水スパージャ	サーマルスリーブとティーの周継手			
	ティーとヘッダの周継手			
高圧炉心注水スパージャ	ティーと接続管の周継手			
	ティーとヘッダの周継手			
低圧注水スパージャ	サーマルスリーブとティーの周継手			
	ティーとヘッダの周継手			
高圧炉心注水系配管	サーマルリングと上部格子板の周継手			
	管と管の周継手			
中性子束計測案内管	管と管の周継手			

注記＊：検査の種類を示す記号は次のとおりである。

ＰＴ＋ＲＴ：設計・建設規格　CSS-3150 に定めるＡの検査

ＰＰＴ　　：設計・建設規格　CSS-3150 に定めるＣの検査

ＰＴ　　：設計・建設規格　CSS-3150 に定めるＥの検査

Ⅴ-2-3-3-3-2　原子炉圧力容器内部構造物の耐震計算結果

目　　次

1.　概要 ····· 1
2.　耐震評価条件整理 ····· 1
3.　技術基準規則第5条の要求事項の変更に伴う評価対象設備の耐震計算 ····· 4
3.1　耐震計算の概要 ····· 4

1. 概要

本資料は，原子炉本体のうち原子炉圧力容器内部構造物の耐震計算の手法及び条件の整理について説明するものである。

2. 耐震評価条件整理

原子炉本体のうち原子炉圧力容器内部構造物に対して，設計基準対象施設の耐震クラス，重大事故等対処設備の設備分類を整理した。既設の設計基準対象施設については，耐震評価における手法及び条件について，既に認可を受けた実績との差異の有無を整理した。また，重大事故等対処設備のうち，設計基準対象施設であるものについては，重大事故等対処設備の評価条件と設計基準対象施設の評価条件の差異の有無を整理した。結果を表1 に示す。

原子炉本体のうち原子炉圧力容器内部構造物の耐震計算は表1 に示す計算書に記載することとする。

表１　耐震評価条件整理一覧表（1/2）

評価対象設備				設計基準対象施設			重大事故等対処設備		
				耐震重要度分類	新規制基準施行前に認可された実績との差異	耐震計算の記載箇所	設備分類	設計基準対象施設との評価条件の差異	耐震計算の記載箇所
原子炉本体	原子炉圧力容器	原子炉圧力容内部構造物	蒸気乾燥器ユニット	S	無	Ⅴ-2-3-3-3-2	—	—	—
			蒸気乾燥器ハウジング	S	無	Ⅴ-2-3-3-3-2	—	—	—
			気水分離器	S	無	Ⅴ-2-3-3-3-2	—	—	—
			スタンドパイプ	S	無	Ⅴ-2-3-3-3-2	—	—	—
			シュラウドヘッド	S	無	Ⅴ-2-3-3-3-2	—	—	—

表１　耐震評価条件整理一覧表（2/2）

評価対象設備				設計基準対象施設			重大事故等対処設備		
				耐震重要度分類	新規制基準施行前に認可された実績との差異	耐震計算の記載箇所	設備分類	設計基準対象施設との評価条件の差異	耐震計算の記載箇所
原子炉本体	原子炉圧力容器	原子炉圧力容内部構造物	給水スパージャ	S	無	Ⅴ-2-3-3-3-3	—	—	—
			高圧炉心注水スパージャ	S	無	Ⅴ-2-3-3-3-3	—	—	—
			低圧注水スパージャ	S	無	Ⅴ-2-3-3-3-3	—	—	—
			高圧炉心注水系配管（原子炉圧力容器内部）	S	無	Ⅴ-2-3-3-3-3	—	—	—
			中性子束計測案内管	S	無	Ⅴ-2-3-3-3-2	—	—	—

3.　技術基準規則第5条の要求事項の変更に伴う評価対象設備の耐震計算

3.1　耐震計算の概要

本章は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき，原子炉圧力容器内部構造物のうち，技術基準規則第5条の要求事項の変更に伴う評価対象設備である蒸気乾燥器ユニット及び蒸気乾燥器ハウジング，気水分離器，スタンドパイプ，シュラウドヘッド，中性子束計測案内管が設計用地震力に対して十分な構造強度評価を有していることを説明するものである。蒸気乾燥器ユニット及び蒸気乾燥器ハウジング，気水分離器，スタンドパイプ，シュラウドヘッド，中性子束計測案内管の計算結果を次ページ以降に示す。

Ⅴ-2-3-3-3-2(1)　原子炉圧力容器内部構造物の耐震計算結果

目　　次

（概要）

1.　概要 ・・・

目　　次

（蒸気乾燥器）

2.　蒸気乾燥器の応力計算 ····· 2-1
2.1　一般事項 ····· 2-1
2.1.1　形状・寸法・材料 ····· 2-1
2.1.2　解析範囲 ····· 2-1
2.1.3　計算結果の概要 ····· 2-1
2.2　計算条件 ····· 2-7
2.2.1　設計条件 ····· 2-7
2.2.2　運転条件 ····· 2-7
2.2.3　材料 ····· 2-7
2.2.4　荷重の組合せ及び許容応力状態 ····· 2-7
2.2.5　荷重の組合せ及び応力評価 ····· 2-7
2.2.6　許容応力 ····· 2-7
2.3　応力計算 ····· 2-8
2.3.1　応力評価点 ····· 2-8
2.3.2　差圧による応力 ····· 2-8
2.3.3　外荷重による応力 ····· 2-8
2.3.4　応力の評価 ····· 2-8
2.4　応力強さの評価 ····· 2-9
2.4.1　一次一般膜応力強さの評価 ····· 2-9
2.4.2　一次一般膜＋一次曲げ応力強さの評価 ····· 2-9
2.5　特別な応力の評価 ····· 2-10
2.5.1　純せん断応力の評価 ····· 2-10
2.5.2　支圧応力の評価 ····· 2-10

図　表　目　次

（蒸気乾燥器）

図 2－1　形状・寸法・材料・応力評価点　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　2-2

表 2－1　計算結果の概要　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・

目　　次

（気水分離器及びスタンドパイプ）

3.　気水分離器及びスタンドパイプの応力計算　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　3-1
3.1　一般事項　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・

図　表　目　次

（気水分離器及びスタンドパイプ）

図 3－1　形状・寸法・材料・応力評価点　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　3-2

表 3－1　計算結果の概要　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・

目　　次

（シュラウドヘッド）

4.　シュラウドヘッドの応力計算 ····· 4-1
4.1　一般事項 ····· 4-1
4.1.1　形状・寸法・材料 ····· 4-1
4.1.2　解析範囲 ····· 4-1
4.1.3　計算結果の概要 ····· 4-1
4.2　計算条件 ····· 4-4
4.2.1　設計条件 ····· 4-4
4.2.2　運転条件 ····· 4-4
4.2.3　材料 ····· 4-4
4.2.4　荷重の組合せ及び許容応力状態 ····· 4-4
4.2.5　荷重の組合せ及び応力評価 ····· 4-4
4.2.6　許容応力 ····· 4-4
4.3　応力計算 ····· 4-5
4.3.1　応力評価点 ····· 4-5
4.3.2　差圧による応力 ····· 4-5
4.3.3　外荷重による応力 ····· 4-5
4.3.4　応力の評価 ····· 4-5
4.4　応力強さの評価 ····· 4-6
4.4.1　一次一般膜応力強さの評価 ····· 4-6
4.4.2　一次一般膜＋一次曲げ応力強さの評価 ····· 4-6

図　表　目　次

（シュラウドヘッド）

図 4－1　形状・寸法・材料・応力評価点　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　4-2

表 4－1　計算結果の概要　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・

目　　次

（中性子束計測案内管）

5.　中性子束計測案内管の応力計算 ····· 5-1
5.1　一般事項 ····· 5-1
5.1.1　形状・寸法・材料 ····· 5-1
5.1.2　解析範囲 ····· 5-1
5.1.3　計算結果の概要 ····· 5-1
5.2　計算条件 ····· 5-5
5.2.1　設計条件 ····· 5-5
5.2.2　運転条件 ····· 5-5
5.2.3　材料 ····· 5-5
5.2.4　荷重の組合せ及び許容応力状態 ····· 5-5
5.2.5　荷重の組合せ及び応力評価 ····· 5-5
5.2.6　許容応力 ····· 5-5
5.3　外荷重の条件 ····· 5-6
5.3.1　計算方法 ····· 5-6
5.3.2　解析モデル ····· 5-6
5.3.3　設計震度 ····· 5-6
5.3.4　計算結果 ····· 5-6
5.4　応力計算 ····· 5-7
5.4.1　応力評価点 ····· 5-7
5.4.2　差圧による応力 ····· 5-7
5.4.3　外荷重による応力 ····· 5-7
5.4.4　応力の評価 ····· 5-7
5.5　応力強さの評価 ····· 5-8
5.5.1　一次一般膜応力強さの評価 ····· 5-8
5.5.2　一次一般膜＋一次曲げ応力強さの評価 ····· 5-8

図　表　目　次

（中性子束計測案内管）

図 5－1　形状・寸法・材料・応力評価点　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　5-2
図 5－2　解析モデル　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・

1. 概要

本計算書は，原子炉圧力容器内部構造物の耐震計算結果に関するものである。

本計算書の各機器は，原子炉圧力容器内部構造物であるため，Ⅴ-2-3-3-3-1「原子炉圧力容器内部構造物の応力解析の方針」（以下「応力解析の方針」という。）に基づき評価する。

本計算書は，原子炉圧力容器内部構造物であって，設計基準対象施設に分類される下記の機器について，構造強度評価の結果を示すものである。

・蒸気乾燥器
・気水分離器及びスタンドパイプ
・シュラウドヘッド
・中性子束計測案内管

なお，原子炉圧力容器内部構造物であって，設計基準対象施設及び重大事故等対処設備に分類される下記の機器については，Ⅴ-2-3-3-3-3「原子炉圧力容器内部構造物の応力計算書」に構造強度評価の結果を示す。

・給水スパージャ
・高圧炉心注水スパージャ
・低圧注水スパージャ
・高圧炉心注水系配管（原子炉圧力容器内部）

注：本計算書においては，平成5年6月17日付け4資庁第14562号にて認可された工事計画の添付書類（「応力解析の方針」の参照図書(1)）を「既工認」という。

2. 蒸気乾燥器の応力計算

2.1 一般事項

本章は，蒸気乾燥器の応力計算について示すものである。

蒸気乾燥器は，設計基準対象施設においてＳクラス施設に分類される。

以下，設計基準対象施設としての構造強度評価を示す。

2.1.1 形状・寸法・材料

本章で解析する箇所の形状・寸法・材料を図 2－1 に示す。

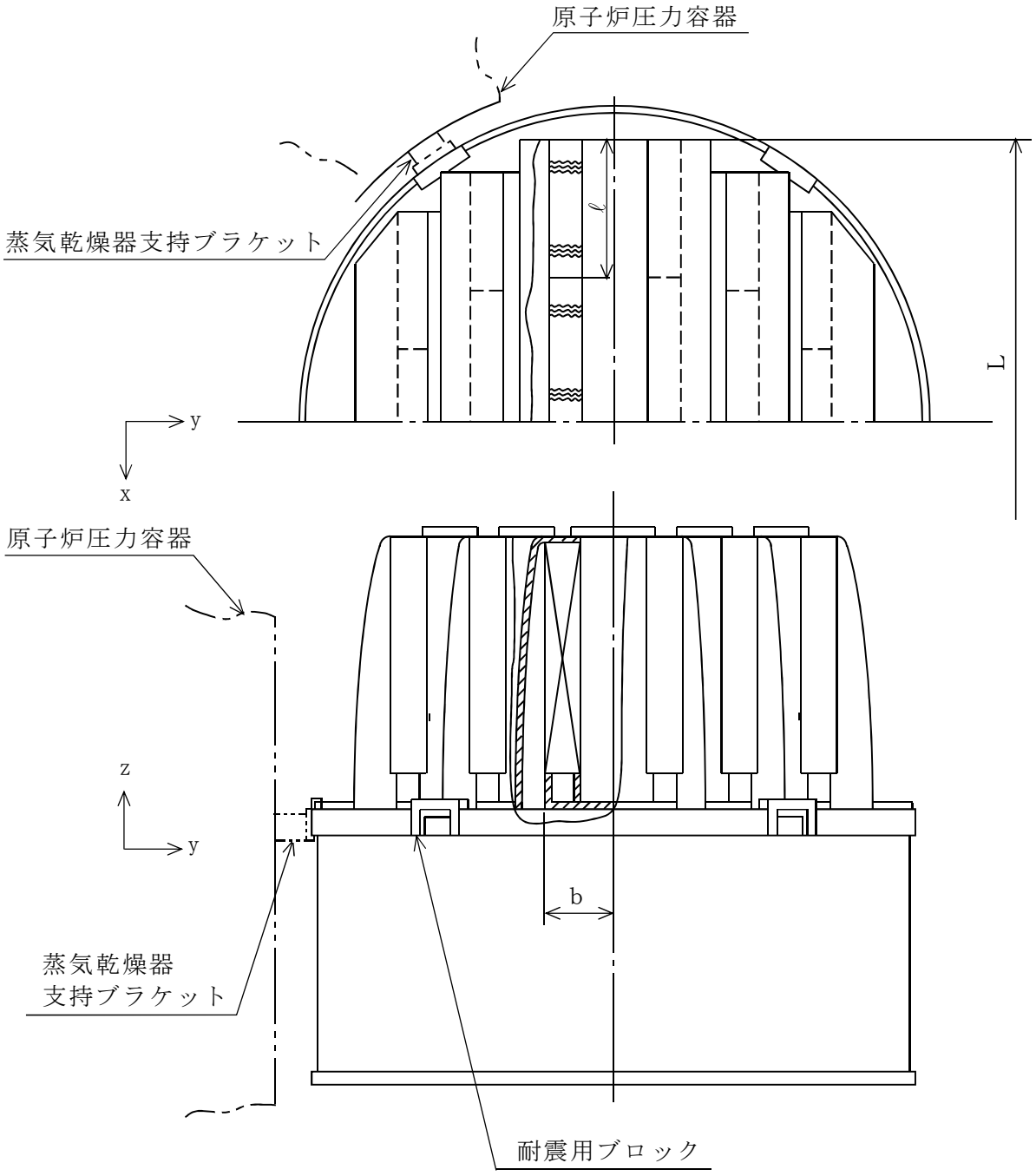
2.1.2 解析範囲

解析範囲を図 2－1 に示す。

2.1.3 計算結果の概要

計算結果の概要を表 2－1 に示す。

なお，応力評価点の選定に当たっては，形状不連続部，溶接部及び厳しい荷重作用点に着目し，応力評価上厳しくなる代表的な評価点を記載する。



L ＝ [　　] (最長蒸気乾燥器ユニット列の全長)
ℓ ＝ [　　] (最長蒸気乾燥器ユニット長さ)
b ＝ [　　] (受圧幅)

図 2－1(1)　形状・寸法・材料・応力評価点（蒸気乾燥器）　(単位：mm)

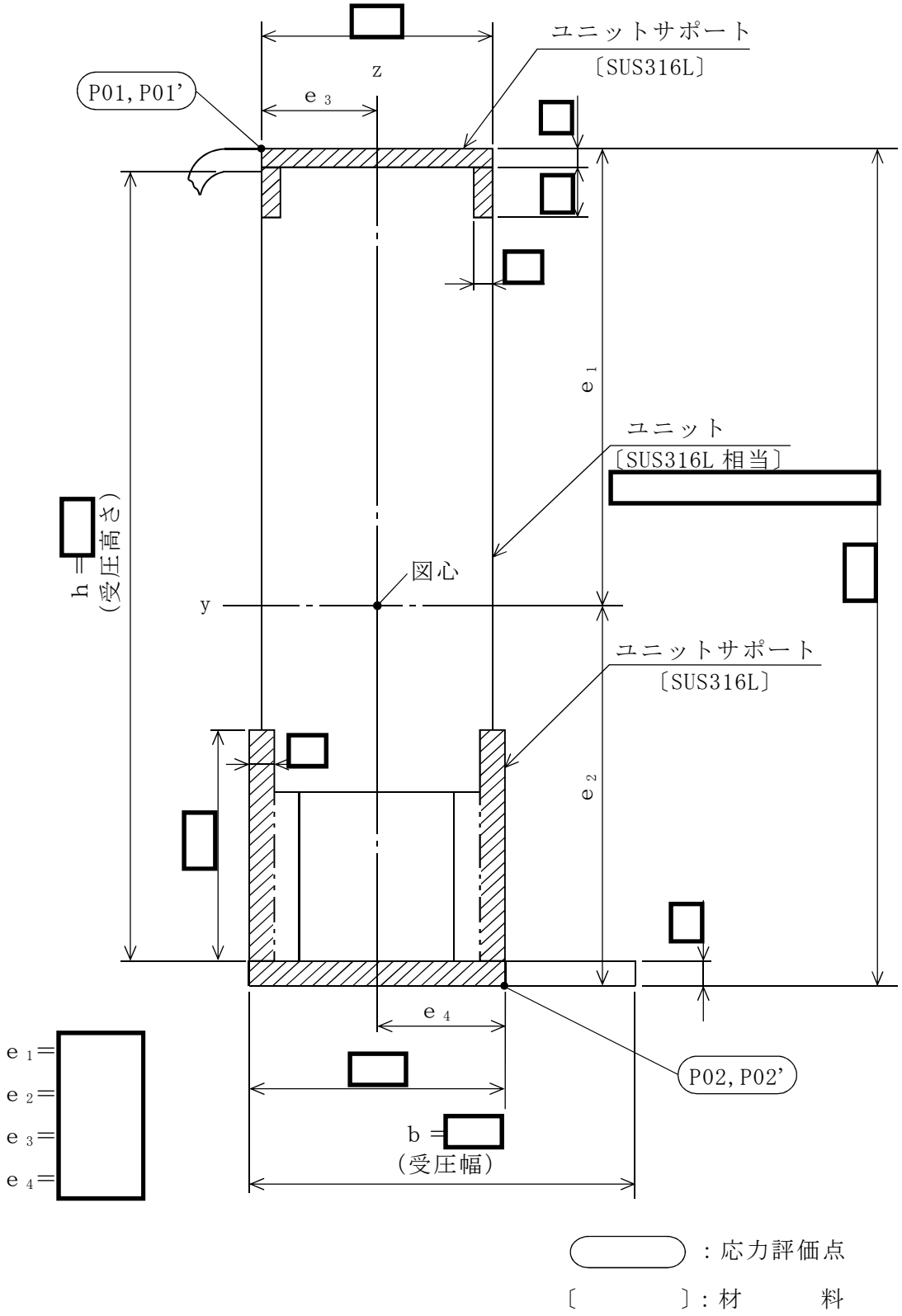


図 2－1(2)　形状・寸法・材料・応力評価点
（ユニット及びユニットサポート）　（単位：mm）

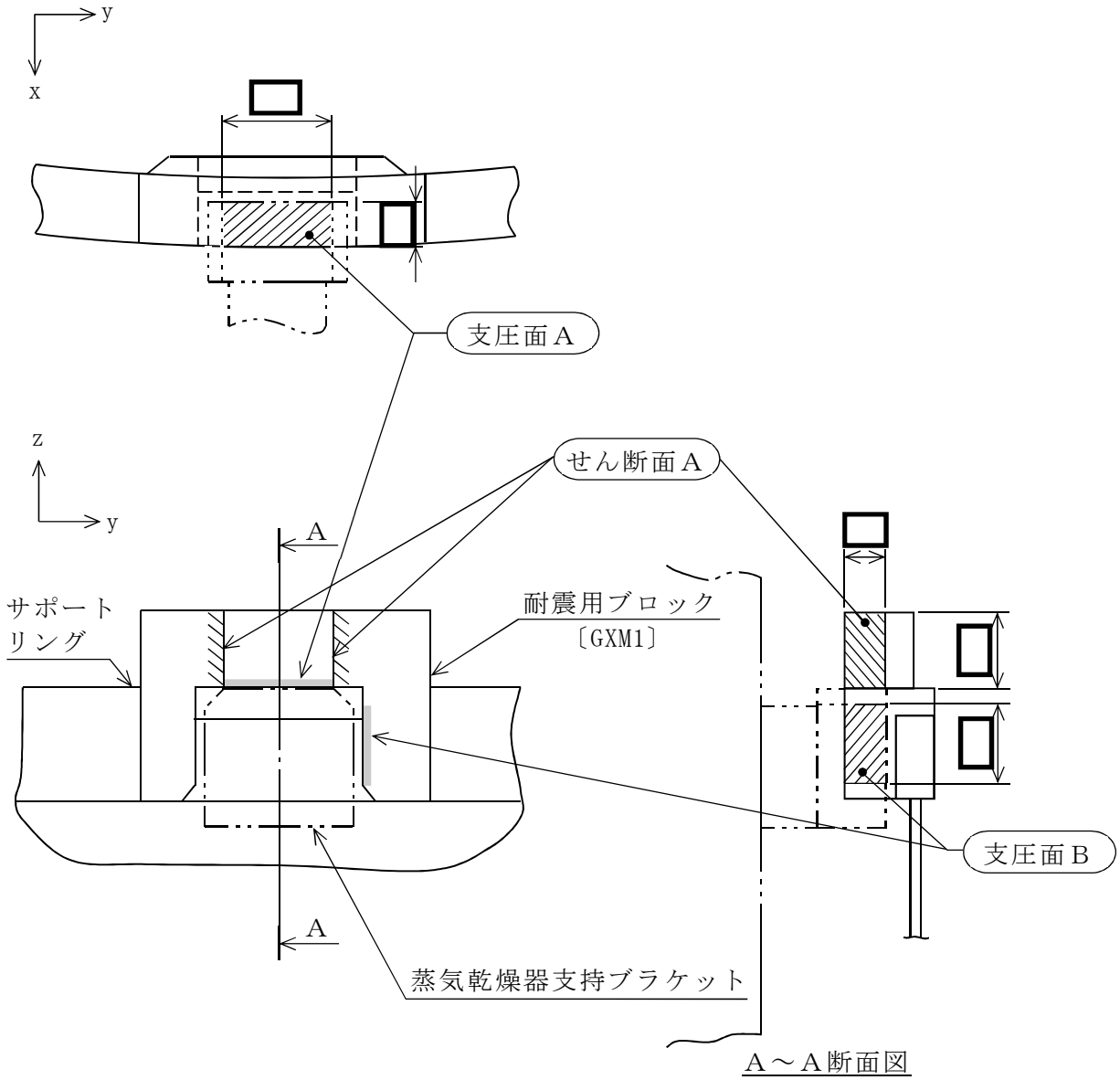


図 2－1(3)　形状・寸法・材料・応力評価点（耐震用ブロック）　（単位：mm）

表 2－1(1)　計算結果の概要

（単位：MPa）

部分及び材料	許容応力状態	一次一般膜応力強さ			一次一般膜＋一次曲げ応力強さ		
		応力強さ	許容応力	応力評価面	応力強さ	許容応力	応力評価点
ユニット サポート SUS316L	ⅢＡＳ	2	142	P01-P02	11	213	P01’
	ⅣＡＳ	3	228	P01-P02	18	342	P01’

表 2－1(2)　計算結果の概要

（単位：MPa）

部分及び材料	許容応力状態	純せん断応力	
		平均せん断応力	許容応力
耐震用ブロック せん断面Ａ GXM1	ⅢＡＳ	21	181
	ⅣＡＳ	30	242

表 2－1(3)　計算結果の概要

（単位：MPa）

部分及び材料	許容応力状態	支圧応力	
		平均支圧応力	許容応力
耐震用ブロック 支圧面Ａ GXM1	ⅢＡＳ	14	390
	ⅣＡＳ	19	520
耐震用ブロック 支圧面Ｂ GXM1	ⅢＡＳ	29	390
	ⅣＡＳ	56	520

2.2　計算条件

2.2.1　設計条件

設計条件を「応力解析の方針」の 4.1 節に示す。

2.2.2　運転条件

考慮した運転条件を「応力解析の方針」の 4.2 節に示す。

2.2.3　材料

各部の材料を図 2－1 に示す。

2.2.4　荷重の組合せ及び許容応力状態

荷重の組合せ及び許容応力状態を「応力解析の方針」の 3.3 節に示す。

2.2.5　荷重の組合せ及び応力評価

荷重の組合せ及び応力評価を「応力解析の方針」の 4.3 節に示す。

2.2.6　許容応力

許容応力を「応力解析の方針」の 3.4 節に示す。

2.3 応力計算

2.3.1 応力評価点

応力評価点の位置を図 2－1 に示す。

なお，各応力評価点の断面性状は，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)g.に定めるとおりである。

2.3.2 差圧による応力

(1) 荷重条件（L02）

各運転状態による差圧は，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)g.に定めるとおりである。

(2) 計算方法

差圧による応力の計算は，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)g.に定めるとおりである。

なお，水平方向荷重による応力は等分布荷重を受ける両端固定ばりに，鉛直方向荷重による応力は等分布荷重を受ける両端支持ばりにモデル化し，各荷重と応力評価断面の断面性能より計算する。

2.3.3 外荷重による応力

(1) 荷重条件（L04，L14 及び L16）

外荷重を「応力解析の方針」の表 4－1(1)に示す。

(2) 計算方法

外荷重による応力の計算は，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)g.に定めるとおりである。

なお，水平方向荷重による応力は等分布荷重を受ける両端固定ばりに，鉛直方向荷重による応力は等分布荷重を受ける両端支持ばりにモデル化し，各荷重と応力評価断面の断面性能により計算する。

2.3.4 応力の評価

各応力評価点で計算された応力を分類ごとに重ね合わせて組合せ応力を求め，応力強さを算出する。

応力強さの算出方法は，「応力解析の方針」の 5.1.2 項に定めるとおりである。

2.4　応力強さの評価

2.4.1　一次一般膜応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表 2－2 に示す。

表 2－2 より，各許容応力状態の一次一般膜応力強さは，「応力解析の方針」の 3.4 節に示す許容応力を満足する。

2.4.2　一次一般膜＋一次曲げ応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表 2－3 に示す。

表 2－3 より，各許容応力状態の一次一般膜＋一次曲げ応力強さは，「応力解析の方針」の 3.4 節に示す許容応力を満足する。

2.5　特別な応力の評価

2.5.1　純せん断応力の評価

(1)　計算方法

純せん断応力の計算は，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)g.に定めるとおりである。

なお，鉛直力による純せん断応力は，鉛直力と応力評価断面の断面性能により計算する。

(2)　純せん断応力の評価

各許容応力状態における評価を表 2－4 に示す。

表 2－4 より，各許容応力状態の平均せん断応力は，「応力解析の方針」の 3.4 節に示す許容応力を満足する。

2.5.2　支圧応力の評価

(1)　計算方法

支圧応力の計算は，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)g.に定めるとおりである。

なお，鉛直力及び水平力による支圧応力は，鉛直力及び水平力と各応力評価面の断面性能により計算する。

(2)　支圧応力の評価

各許容応力状態における評価を表 2－5 に示す。

表 2－5 より，各許容応力状態の平均支圧応力は，「応力解析の方針」の 3.4 節に示す許容応力を満足する。

表 2－2　一次一般膜応力強さの評価のまとめ

（単位：MPa）

応力評価面	許容応力状態ⅢＡＳ		許容応力状態ⅣＡＳ	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	2	142	3	228
P01’ P02’	0	142	1	228

表 2－3　一次一般膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ

（単位：MPa）

応力評価点	許容応力状態ⅢＡＳ		許容応力状態ⅣＡＳ	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01	4	213	11	342
P01’	11	213	18	342
P02	4	213	7	342
P02’	3	213	6	342

表 2－4　純せん断応力の評価

（単位：MPa）

応力評価面	許容応力状態	平均せん断応力	許容応力
せん断面Ａ	ⅢＡＳ	21	181
	ⅣＡＳ	30	242

表 2－5　支圧応力の評価

（単位：MPa）

応力評価面	許容応力状態	平均支圧応力	許容応力
支圧面Ａ	ⅢＡＳ	14	390
	ⅣＡＳ	19	520
支圧面Ｂ	ⅢＡＳ	29	390
	ⅣＡＳ	56	520

3. 気水分離器及びスタンドパイプの応力計算

3.1 一般事項

本章は，気水分離器及びスタンドパイプの応力計算について示すものである。

気水分離器及びスタンドパイプは，設計基準対象施設においてＳクラス施設に分類される。

以下，設計基準対象施設としての構造強度評価を示す。

3.1.1 形状・寸法・材料

本章で解析する箇所の形状・寸法・材料を図 3－1 に示す。

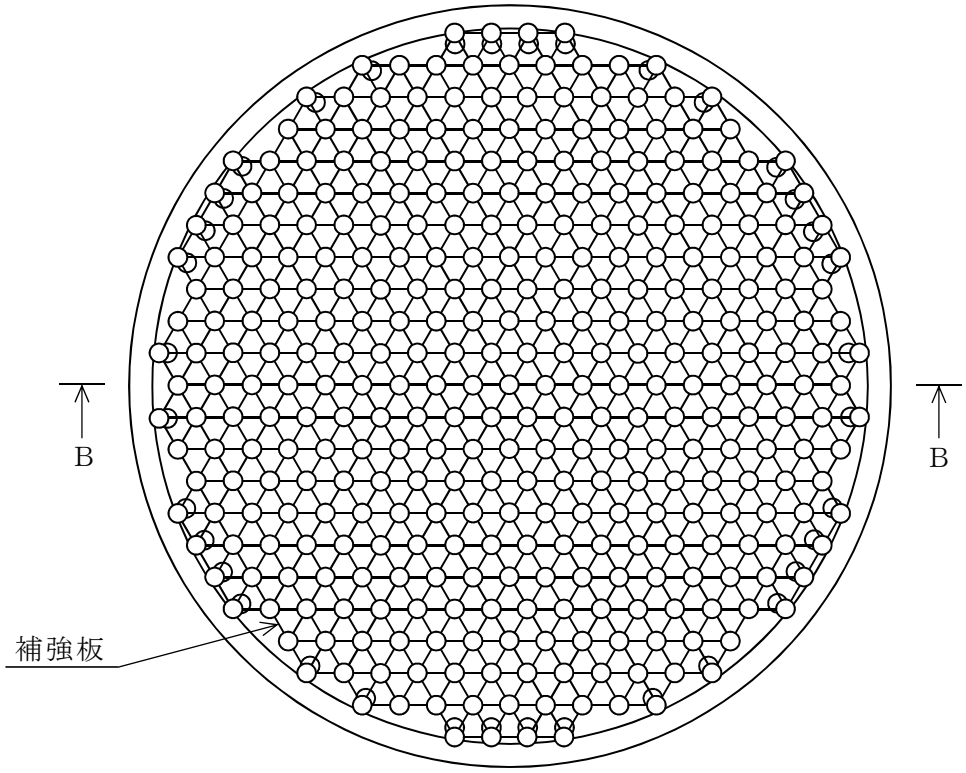
3.1.2 解析範囲

解析範囲を図 3－1 に示す。

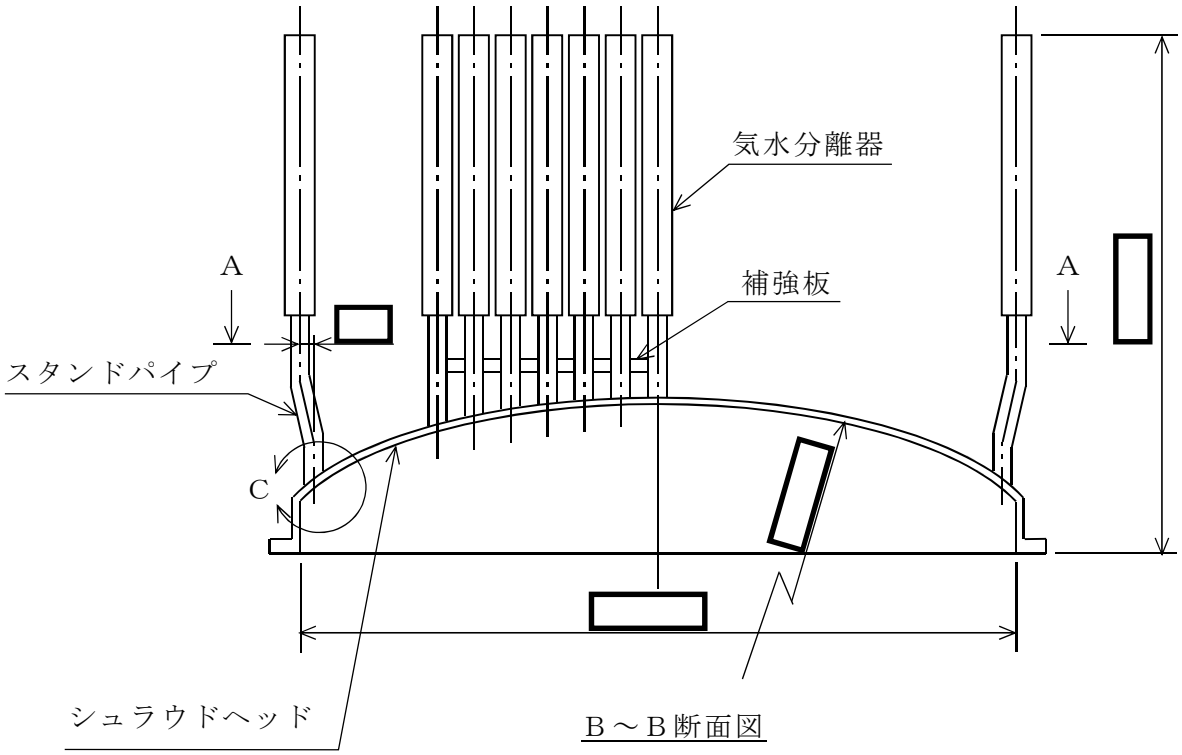
3.1.3 計算結果の概要

計算結果の概要を表 3－1 に示す。

なお，応力評価点の選定に当たっては，形状不連続部，溶接部及び厳しい荷重作用点に着目し，応力評価上厳しくなる代表的な評価点を記載する。

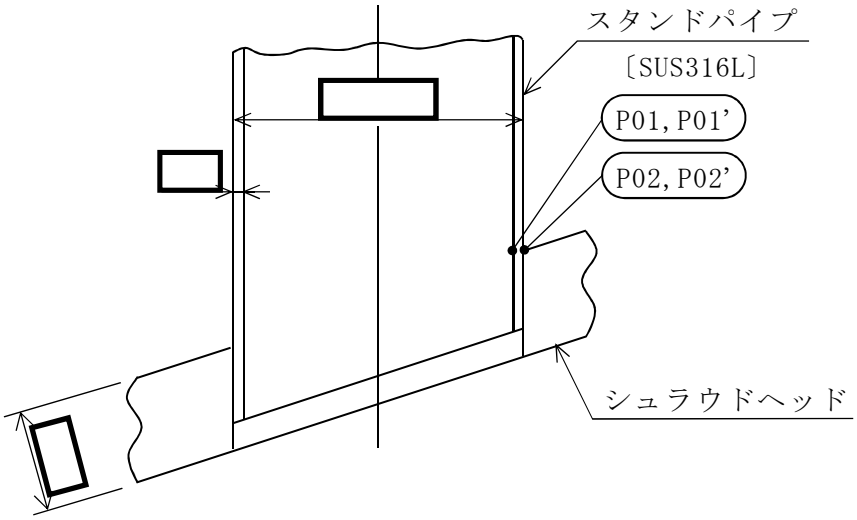


A～A断面図



B～B断面図

図 3－1(1)　形状・寸法・材料・応力評価点　（単位：mm）



C部詳細図

：応力評価点

〔　　〕：材　　料

図 3－1(2)　形状・寸法・材料・応力評価点　（単位：mm）

表 3－1　計算結果の概要

（単位：MPa）

部分及び材料	許容応力状態	一次一般膜応力強さ			一次一般膜＋一次曲げ応力強さ		
		応力強さ	許容応力	応力評価面	応力強さ	許容応力	応力評価面
スタンド パイプ SUS316L	ⅢＡＳ	4	85*	P01’-P02’	74	127*	P01’-P02’
	ⅣＡＳ	5	136*	P01’-P02’	91	205*	P01’-P02’

注記＊：継手効率[redacted]を乗じた値を示す。

3.2　計算条件

3.2.1　設計条件

設計条件を「応力解析の方針」の 4.1 節に示す。

3.2.2　運転条件

考慮した運転条件を「応力解析の方針」の 4.2 節に示す。

3.2.3　材料

材料を図 3－1 に示す。

3.2.4　荷重の組合せ及び許容応力状態

荷重の組合せ及び許容応力状態を「応力解析の方針」の 3.3 節に示す。

3.2.5　荷重の組合せ及び応力評価

荷重の組合せ及び応力評価を「応力解析の方針」の 4.3 節に示す。

3.2.6　許容応力

許容応力を「応力解析の方針」の 3.4 節に示す。

溶接部の継手効率を「応力解析の方針」の 3.6 節に示す。

3.3 応力計算

3.3.1 応力評価点

応力評価点の位置を図 3－1 に示す。

なお，各応力評価点の断面性状は，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)i.に定めるとおりである。

3.3.2 差圧による応力

(1) 荷重条件（L02）

各運転状態による差圧は，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)i.に定めるとおりである。

(2) 計算方法

差圧による応力の計算は，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)i.に定めるとおりである。

なお，差圧による応力は，内圧を受ける円筒にモデル化し，差圧と応力評価断面の断面性能により計算する。

3.3.3 外荷重による応力

(1) 荷重条件（L04，L14 及び L16）

外荷重を「応力解析の方針」の表 4－1(2)に示す。

(2) 計算方法

外荷重による応力の計算は，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)i.に定めるとおりである。

なお,外荷重による応力は,外荷重と応力評価断面の断面性能により計算する。

3.3.4 応力の評価

各応力評価点で計算された応力を分類ごとに重ね合わせて組合せ応力を求め，応力強さを算出する。

応力強さの算出方法は,「応力解析の方針」の 5.1.2 項に定めるとおりである。

3.4　応力強さの評価

3.4.1　一次一般膜応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表 3－2 に示す。

表 3－2 より，各許容応力状態の一次一般膜応力強さは，「応力解析の方針」の 3.4 節及び 3.6 節に示す許容応力を満足する。

3.4.2　一次一般膜＋一次曲げ応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表 3－3 に示す。

表 3－3 より，各許容応力状態の一次一般膜＋一次曲げ応力強さは，「応力解析の方針」の 3.4 節及び 3.6 節に示す許容応力を満足する。

表 3－2　一次一般膜応力強さの評価のまとめ

（単位：MPa）

応力評価面	許容応力状態ⅢＡＳ		許容応力状態ⅣＡＳ	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	3	85*	4	136*
P01’ P02’	4	85*	5	136*

注記＊：継手効率[　　]を乗じた値を示す。

表 3－3　一次一般膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ

（単位：MPa）

応力評価面	許容応力状態ⅢＡＳ		許容応力状態ⅣＡＳ	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	74	127*	91	205*
P01’ P02’	74	127*	91	205*

注記＊：継手効率[　　]を乗じた値を示す。

4. シュラウドヘッドの応力計算

4.1 一般事項

本章は，シュラウドヘッドの応力計算について示すものである。

シュラウドヘッドは，設計基準対象施設においてＳクラス施設に分類される。

以下，設計基準対象施設としての構造強度評価を示す。

4.1.1 形状・寸法・材料

本章で解析する箇所の形状・寸法・材料を図 4－1 に示す。

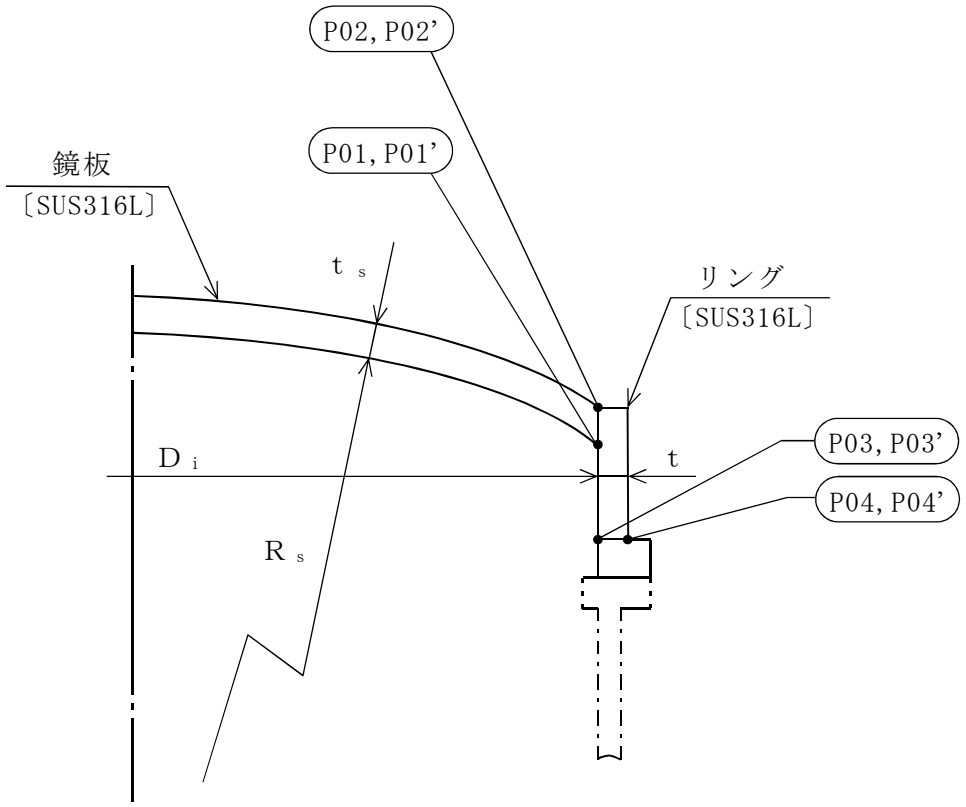
4.1.2 解析範囲

解析範囲を図 4－1 に示す。

4.1.3 計算結果の概要

計算結果の概要を表 4－1 に示す。

なお，応力評価点の選定に当たっては，形状不連続部，溶接部及び厳しい荷重作用点に着目し，応力評価上厳しくなる代表的な評価点を記載する。



D_i = (内径)
R_s = (鏡板の内半径)
t_s = (鏡板厚さ)
t = (リング厚さ)

：応力評価点
〔　　〕：材　　料

図 4－1　形状・寸法・材料・応力評価点　(単位：mm)

表 4－1　計算結果の概要

（単位：MPa）

部分及び材料	許容応力状態	一次一般膜応力強さ			一次一般膜＋一次曲げ応力強さ		
		応力強さ	許容応力	応力評価面	応力強さ	許容応力	応力評価面
鏡板 SUS316L	ⅢＡＳ	7	92*	P01’-P02’	108	138*	P01-P02
	ⅣＡＳ	8	148*	P01’-P02’	120	222*	P01-P02
リング SUS316L	ⅢＡＳ	8	92*	P03’-P04’	8	138*	P03’-P04’
	ⅣＡＳ	10	148*	P03’-P04’	10	222*	P03’-P04’

注記＊：継手効率[redacted]を乗じた値を示す。

4.2　計算条件

4.2.1　設計条件

設計条件を「応力解析の方針」の 4.1 節に示す。

4.2.2　運転条件

考慮した運転条件を「応力解析の方針」の 4.2 節に示す。

4.2.3　材料

各部の材料を図 4－1 に示す。

4.2.4　荷重の組合せ及び許容応力状態

荷重の組合せ及び許容応力状態を「応力解析の方針」の 3.3 節に示す。

4.2.5　荷重の組合せ及び応力評価

荷重の組合せ及び応力評価を「応力解析の方針」の 4.3 節に示す。

4.2.6　許容応力

許容応力を「応力解析の方針」の 3.4 節に示す。

溶接部の継手効率を「応力解析の方針」の 3.6 節に示す。

4.3 応力計算

4.3.1 応力評価点

応力評価点の位置を図 4－1 に示す。

なお，各応力評価点の断面性状は，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)h.に定めるとおりである。

4.3.2 差圧による応力

(1) 荷重条件（L02）

各運転状態による差圧は，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)h.に定めるとおりである。

(2) 計算方法

差圧による応力の計算は，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)h.に定めるとおりである。

なお，差圧による応力は，鏡板は薄肉球殻に，リングは内圧を受ける円筒にモデル化し，差圧と各応力評価断面の断面性能により計算する。

4.3.3 外荷重による応力

(1) 荷重条件（L04，L14 及び L16）

外荷重を「応力解析の方針」の表 4－1(3)に示す。

(2) 計算方法

外荷重による応力の計算は，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)h.に定めるとおりである。

なお，外荷重による応力は，外荷重と各応力評価断面の断面性能により計算する。鏡板の一次一般膜＋一次曲げ応力については，鏡板を外周部が固定され，中央部にモーメントが作用する円板にモデル化することで計算する。

4.3.4 応力の評価

各応力評価点で計算された応力を分類ごとに重ね合わせて組合せ応力を求め，応力強さを算出する。

応力強さの算出方法は，「応力解析の方針」の 5.1.2 項に定めるとおりである。

4.4　応力強さの評価

4.4.1　一次一般膜応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表 4－2 に示す。

表 4－2 より，各許容応力状態の一次一般膜応力強さは，「応力解析の方針」の 3.4 節及び 3.6 節に示す許容応力を満足する。

4.4.2　一次一般膜＋一次曲げ応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表 4－3 に示す。

表 4－3 より，各許容応力状態の一次一般膜＋一次曲げ応力強さは，「応力解析の方針」の 3.4 節及び 3.6 節に示す許容応力を満足する。

表 4－2　一次一般膜応力強さの評価のまとめ

（単位：MPa）

応力評価面	許容応力状態ⅢＡＳ		許容応力状態ⅣＡＳ	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	5	92*	6	148*
P01’ P02’	7	92*	8	148*
P03 P04	7	92*	8	148*
P03’ P04’	8	92*	10	148*

注記＊：継手効率［　　］を乗じた値を示す。

表 4－3　一次一般膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ

（単位：MPa）

応力評価面	許容応力状態ⅢＡＳ		許容応力状態ⅣＡＳ	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	108	138*	120	222*
P01’ P02’	105	138*	116	222*
P03 P04	7	138*	8	222*
P03’ P04’	8	138*	10	222*

注記＊：継手効率［　　］を乗じた値を示す。

5. 中性子束計測案内管の応力計算

5.1 一般事項

本章は，中性子束計測案内管の応力計算について示すものである。

中性子束計測案内管は，設計基準対象施設においてＳクラス施設に分類される。

以下，設計基準対象施設としての構造強度評価を示す。

5.1.1 形状・寸法・材料

本章で解析する箇所の形状・寸法・材料を図 5－1 に示す。

5.1.2 解析範囲

解析範囲を図 5－1 に示す。

5.1.3 計算結果の概要

計算結果の概要を表 5－1 に示す。

なお，応力評価点の選定に当たっては，形状不連続部，溶接部及び厳しい荷重作用点に着目し，応力評価上厳しくなる代表的な評価点を記載する。

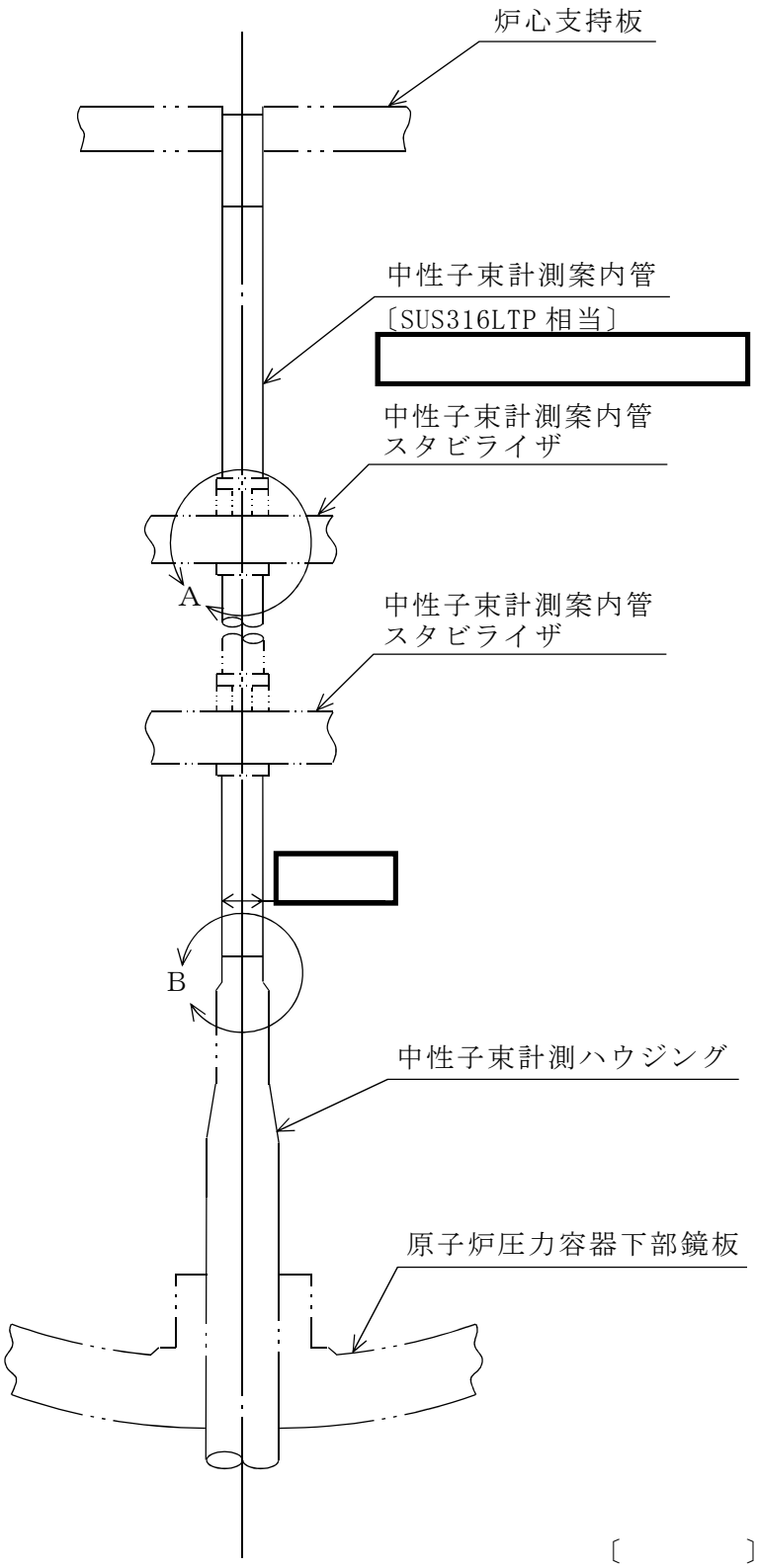
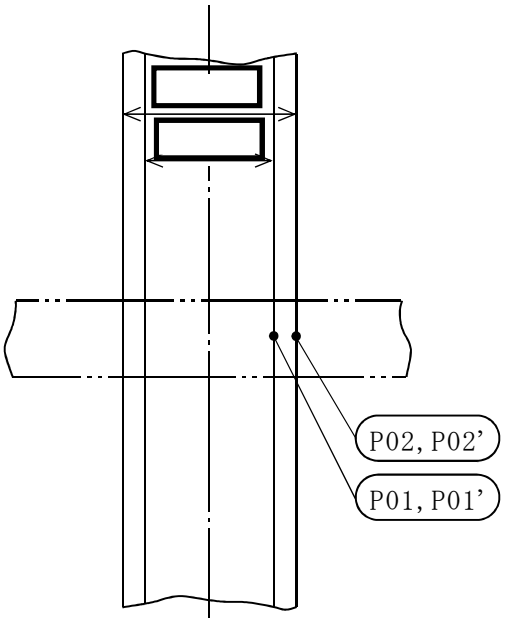
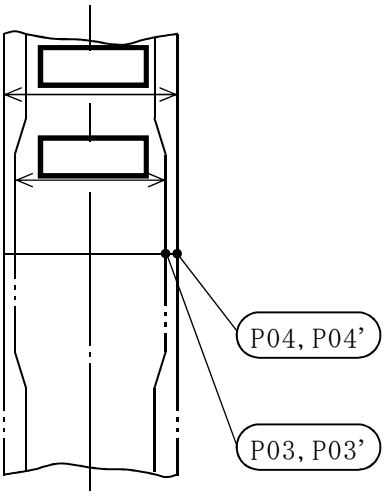


図 5－1(1)　形状・寸法・材料・応力評価点　（単位：mm）



A部詳細図



B部詳細図

：応力評価点

図 5－1(2)　形状・寸法・材料・応力評価点　（単位：mm）

表 5－1　計算結果の概要

（単位：MPa）

部分及び材料	許容応力状態	一次一般膜応力強さ			一次一般膜＋一次曲げ応力強さ		
		応力強さ	許容応力	応力評価面	応力強さ	許容応力	応力評価面
中性子束計測案内管 SUS316LTP 相当	ⅢＡＳ	2	142	P01-P02	9	213	P01-P02
	ⅣＡＳ	2	228	P01-P02	17	342	P01-P02
[redacted]	ⅢＡＳ	2	92*	P03-P04	10	138*	P03-P04
	ⅣＡＳ	2	148*	P03-P04	18	222*	P03-P04

注記＊：継手効率[redacted]を乗じた値を示す。

5.2　計算条件

5.2.1　設計条件

設計条件を「応力解析の方針」の 4.1 節に示す。

5.2.2　運転条件

考慮した運転条件を「応力解析の方針」の 4.2 節に示す。

5.2.3　材料

材料を図 5－1 に示す。

5.2.4　荷重の組合せ及び許容応力状態

荷重の組合せ及び許容応力状態を「応力解析の方針」の 3.3 節に示す。

5.2.5　荷重の組合せ及び応力評価

荷重の組合せ及び応力評価を「応力解析の方針」の 4.3 節に示す。

5.2.6　許容応力

許容応力を「応力解析の方針」の 3.4 節に示す。

溶接部の継手効率を「応力解析の方針」の 3.6 節に示す。

5.3　外荷重の条件

5.3.1　計算方法

固有周期，死荷重及び地震荷重は，「5.3.2　解析モデル」に示す解析モデルにより求める。

5.3.2　解析モデル

解析モデルは，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)e.に定めるとおりである。

「応力解析の方針」の参照図書(1)e.に定める解析モデルを図 5－2 に示す。

5.3.3　設計震度

設計震度を下表に示す。

	設計震度	
	水平方向	鉛直方向
弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	0.76	0.72
基準地震動Ｓｓ	1.53	1.45

5.3.4　計算結果

(1)　固有周期

固有周期を下表に示す。

固有周期は，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)e.に示すとおり 0.05 秒以下であり，剛であることを確認した。

モード	固有周期(s)	水平方向刺激係数		鉛直方向刺激係数
		Ｘ方向	Ｙ方向	
1 次	[redacted]	―	―	―

(2)　死荷重及び地震荷重

解析により求めた死荷重及び地震荷重を「応力解析の方針」の表 4－1(8)に示す。

5.4 応力計算

5.4.1 応力評価点

応力評価点の位置を図 5－1 に示す。

なお，各応力評価点の断面性状は，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)n.に定めるとおりである。

5.4.2 差圧による応力

(1) 荷重条件（L02）

各運転状態による差圧は，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)n.に定めるとおりである。

(2) 計算方法

差圧による応力の計算は，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)n.に定めるとおりである。

なお，差圧による応力は，内圧を受ける円筒にモデル化し計算する。

5.4.3 外荷重による応力

(1) 荷重条件（L04，L14 及び L16）

外荷重を「応力解析の方針」の表 4－1(8)に示す。

(2) 計算方法

外荷重による応力の計算は，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)n.に定めるとおりである。

なお，外荷重による各応力は，外荷重と各応力評価断面の断面性能により計算する。

5.4.4 応力の評価

各応力評価点で計算された応力を分類ごとに重ね合わせて組合せ応力を求め，応力強さを算出する。

応力強さの算出方法は，「応力解析の方針」の 5.1.2 項に定めるとおりである。

5.5　応力強さの評価

5.5.1　一次一般膜応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表 5－2 に示す。

表 5－2 より，各許容応力状態の一次一般膜応力強さは，「応力解析の方針」の 3.4 節及び 3.6 節に示す許容応力を満足する。

5.5.2　一次一般膜＋一次曲げ応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表 5－3 に示す。

表 5－3 より，各許容応力状態の一次一般膜＋一次曲げ応力強さは，「応力解析の方針」の 3.4 節及び 3.6 節に示す許容応力を満足する。

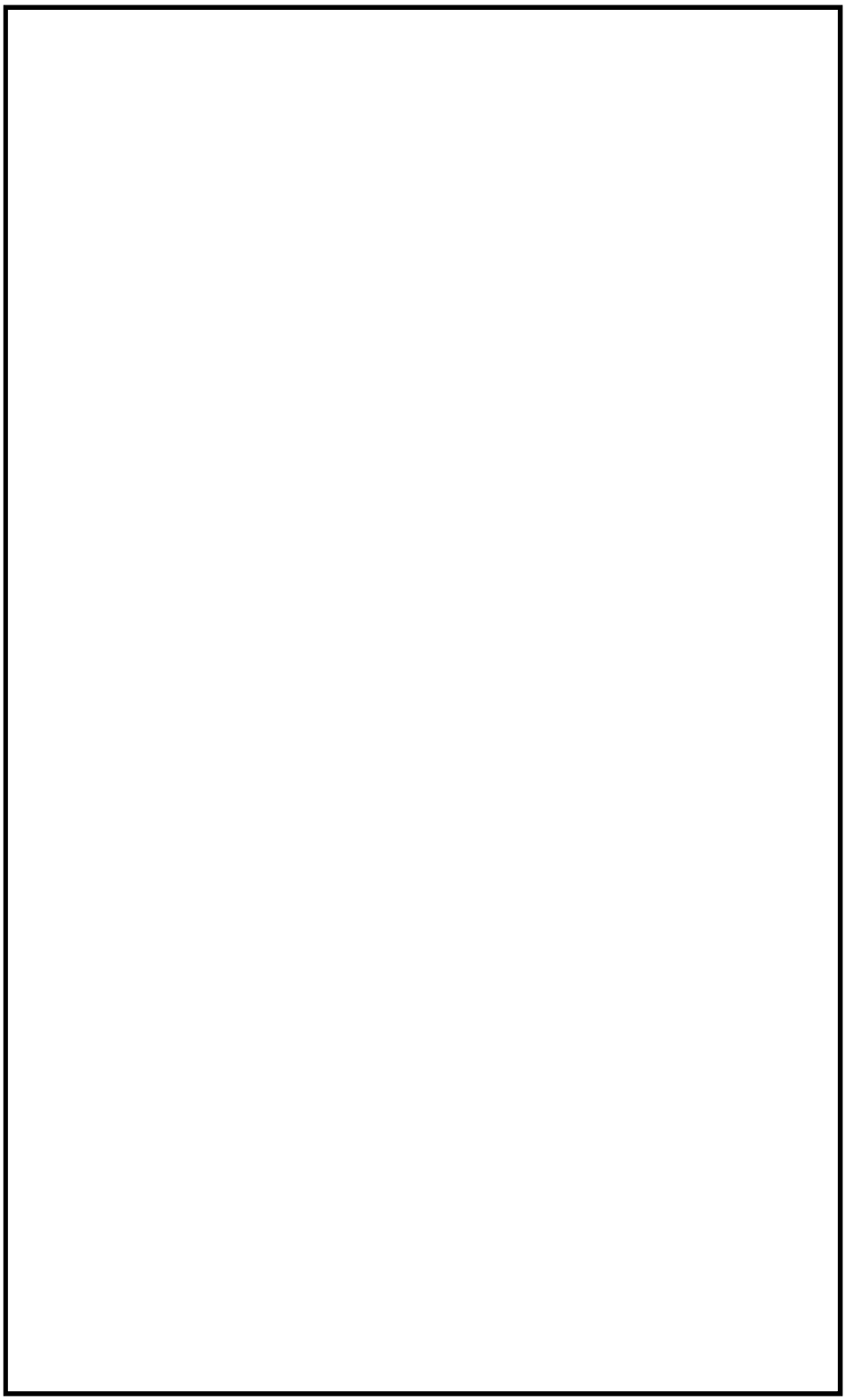


図 5－2　解析モデル

表 5－2　一次一般膜応力強さの評価のまとめ

（単位：MPa）

応力評価面	許容応力状態ⅢＡＳ		許容応力状態ⅣＡＳ	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	2	142	2	228
P01’ P02’	2	142	2	228
P03 P04	2	92*	2	148*
P03’ P04’	2	92*	2	148*

注記＊：継手効率[　　]を乗じた値を示す。

表 5－3　一次一般膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ

（単位：MPa）

応力評価面	許容応力状態ⅢＡＳ		許容応力状態ⅣＡＳ	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	9	213	17	342
P01’ P02’	8	213	16	342
P03 P04	10	138*	18	222*
P03’ P04’	8	138*	16	222*

注記＊：継手効率[　　]を乗じた値を示す。

Ⅴ-2-3-3-3-3　原子炉圧力容器内部構造物の応力計算書

目　　次

（概要）

1.　概要 ・・・

目　　次

（給水スパージャ）

2.　給水スパージャの応力計算 ····· 2-1
2.1　一般事項 ····· 2-1
2.1.1　形状・寸法・材料 ····· 2-1
2.1.2　解析範囲 ····· 2-1
2.1.3　計算結果の概要 ····· 2-1
2.2　計算条件 ····· 2-4
2.2.1　設計条件 ····· 2-4
2.2.2　運転条件 ····· 2-4
2.2.3　材料 ····· 2-4
2.2.4　荷重の組合せ及び許容応力状態 ····· 2-4
2.2.5　荷重の組合せ及び応力評価 ····· 2-4
2.2.6　許容応力 ····· 2-4
2.3　外荷重の条件 ····· 2-5
2.3.1　計算方法 ····· 2-5
2.3.2　解析モデル ····· 2-5
2.3.3　設計震度 ····· 2-5
2.3.4　計算結果 ····· 2-5
2.4　応力計算 ····· 2-6
2.4.1　応力評価点 ····· 2-6
2.4.2　差圧による応力 ····· 2-6
2.4.3　外荷重による応力 ····· 2-6
2.4.4　応力の評価 ····· 2-6
2.5　応力強さの評価 ····· 2-7
2.5.1　一次一般膜応力強さの評価 ····· 2-7
2.5.2　一次一般膜＋一次曲げ応力強さの評価 ····· 2-7

図　表　目　次

（給水スパージャ）

図 2－1　形状・寸法・材料・応力評価点　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　2-2
図 2－2　解析モデル　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・

目　　次

（高圧炉心注水スパージャ）

3.　高圧炉心注水スパージャの応力計算 ····· 3-1
3.1　一般事項 ····· 3-1
3.1.1　形状・寸法・材料 ····· 3-1
3.1.2　解析範囲 ····· 3-1
3.1.3　計算結果の概要 ····· 3-1
3.2　計算条件 ····· 3-4
3.2.1　設計条件 ····· 3-4
3.2.2　運転条件 ····· 3-4
3.2.3　材料 ····· 3-4
3.2.4　荷重の組合せ及び許容応力状態 ····· 3-4
3.2.5　荷重の組合せ及び応力評価 ····· 3-4
3.2.6　許容応力 ····· 3-4
3.3　外荷重の条件 ····· 3-5
3.3.1　計算方法 ····· 3-5
3.3.2　解析モデル ····· 3-5
3.3.3　設計震度 ····· 3-5
3.3.4　計算結果 ····· 3-5
3.4　応力計算 ····· 3-6
3.4.1　応力評価点 ····· 3-6
3.4.2　差圧による応力 ····· 3-6
3.4.3　外荷重による応力 ····· 3-6
3.4.4　応力の評価 ····· 3-6
3.5　応力強さの評価 ····· 3-7
3.5.1　一次一般膜応力強さの評価 ····· 3-7
3.5.2　一次一般膜＋一次曲げ応力強さの評価 ····· 3-7

図　表　目　次

（高圧炉心注水スパージャ）

図 3－1　形状・寸法・材料・応力評価点　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　3-2
図 3－2　解析モデル　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・

目　　次

（低圧注水スパージャ）

4.　低圧注水スパージャの応力計算 ····· 4-1
4.1　一般事項 ····· 4-1
4.1.1　形状・寸法・材料 ····· 4-1
4.1.2　解析範囲 ····· 4-1
4.1.3　計算結果の概要 ····· 4-1
4.2　計算条件 ····· 4-4
4.2.1　設計条件 ····· 4-4
4.2.2　運転条件 ····· 4-4
4.2.3　材料 ····· 4-4
4.2.4　荷重の組合せ及び許容応力状態 ····· 4-4
4.2.5　荷重の組合せ及び応力評価 ····· 4-4
4.2.6　許容応力 ····· 4-4
4.3　外荷重の条件 ····· 4-5
4.3.1　計算方法 ····· 4-5
4.3.2　解析モデル ····· 4-5
4.3.3　設計震度 ····· 4-5
4.3.4　計算結果 ····· 4-5
4.4　応力計算 ····· 4-6
4.4.1　応力評価点 ····· 4-6
4.4.2　差圧による応力 ····· 4-6
4.4.3　外荷重による応力 ····· 4-6
4.4.4　応力の評価 ····· 4-6
4.5　応力強さの評価 ····· 4-7
4.5.1　一次一般膜応力強さの評価 ····· 4-7
4.5.2　一次一般膜＋一次曲げ応力強さの評価 ····· 4-7

図　表　目　次

（低圧注水スパージャ）

図 4－1　形状・寸法・材料・応力評価点　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　4-2
図 4－2　解析モデル　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・

目　　次

（高圧炉心注水系配管（原子炉圧力容器内部））

5.　高圧炉心注水系配管（原子炉圧力容器内部）の応力計算 ····· 5-1
5.1　一般事項 ····· 5-1
5.1.1　形状・寸法・材料 ····· 5-1
5.1.2　解析範囲 ····· 5-1
5.1.3　計算結果の概要 ····· 5-1
5.2　計算条件 ····· 5-4
5.2.1　設計条件 ····· 5-4
5.2.2　運転条件 ····· 5-4
5.2.3　材料 ····· 5-4
5.2.4　荷重の組合せ及び許容応力状態 ····· 5-4
5.2.5　荷重の組合せ及び応力評価 ····· 5-4
5.2.6　許容応力 ····· 5-4
5.3　外荷重の条件 ····· 5-5
5.3.1　計算方法 ····· 5-5
5.3.2　解析モデル ····· 5-5
5.3.3　設計震度 ····· 5-5
5.3.4　計算結果 ····· 5-5
5.4　応力計算 ····· 5-6
5.4.1　応力評価点 ····· 5-6
5.4.2　差圧による応力 ····· 5-6
5.4.3　外荷重による応力 ····· 5-6
5.4.4　応力の評価 ····· 5-6
5.5　応力強さの評価 ····· 5-7
5.5.1　一次一般膜応力強さの評価 ····· 5-7
5.5.2　一次一般膜＋一次曲げ応力強さの評価 ····· 5-7

図　表　目　次

（高圧炉心注水系配管（原子炉圧力容器内部））

図 5－1　形状・寸法・材料・応力評価点　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　5-2
図 5－2　解析モデル　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・

1. 概要

本計算書は，原子炉圧力容器内部構造物の応力計算書である。

本計算書の各機器は，原子炉圧力容器内部構造物であるため，Ⅴ-2-3-3-3-1「原子炉圧力容器内部構造物の応力解析の方針」（以下「応力解析の方針」という。）に基づき評価する。

本計算書は，原子炉圧力容器内部構造物であって，設計基準対象施設及び重大事故等対処設備に分類される下記の機器について，構造強度評価の結果を示すものである。

・給水スパージャ
・高圧炉心注水スパージャ
・低圧注水スパージャ
・高圧炉心注水系配管（原子炉圧力容器内部）

なお，原子炉圧力容器内部構造物であって，設計基準対象施設に分類される下記の機器については，Ⅴ2-3-3-3-2(1)「原子炉圧力容器内部構造物の耐震計算結果」に構造強度評価の結果を示す。

・蒸気乾燥器
・気水分離器及びスタンドパイプ
・シュラウドヘッド
・中性子束計測案内管

2. 給水スパージャの応力計算

2.1 一般事項

本章は，給水スパージャの応力計算について示すものである。

給水スパージャは，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備，常設重大事故緩和設備及び常設重大事故防止設備(設計基準拡張)に分類される。

以下，設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

2.1.1 形状・寸法・材料

本章で解析する箇所の形状・寸法・材料を図 2－1 に示す。

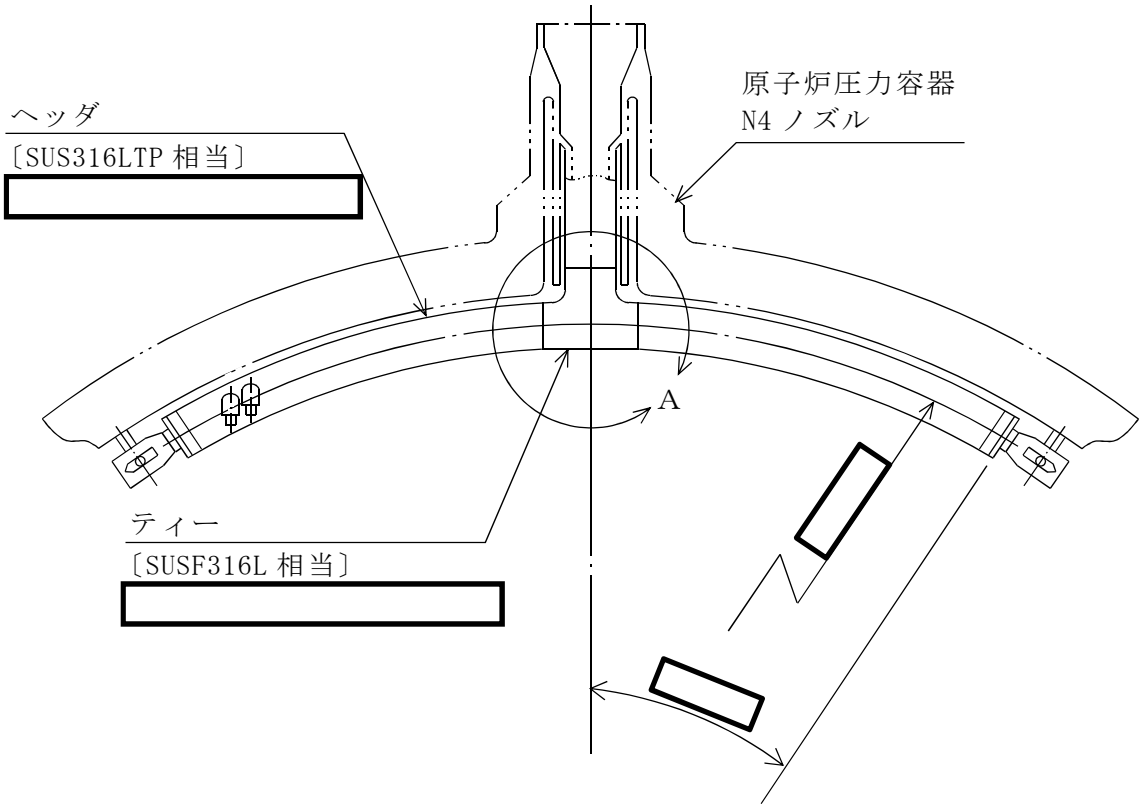
2.1.2 解析範囲

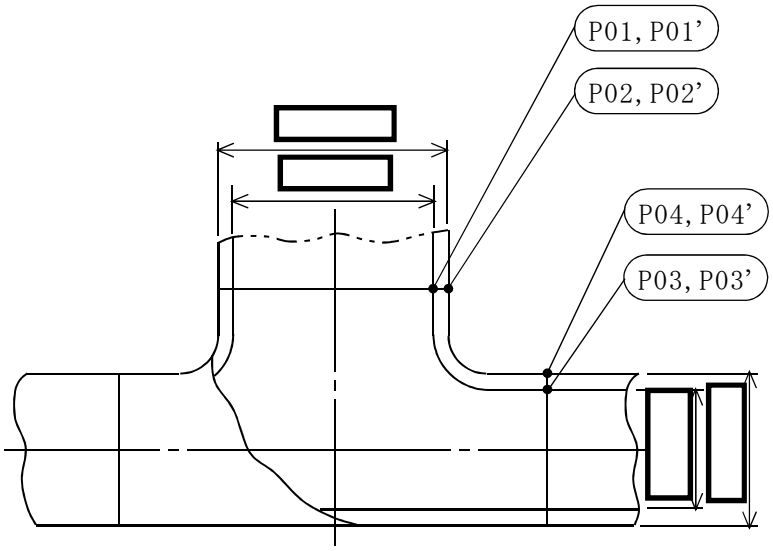
解析範囲を図 2－1 に示す。

2.1.3 計算結果の概要

計算結果の概要を表 2－1 に示す。

なお，応力評価点の選定に当たっては，形状不連続部，溶接部及び厳しい荷重作用点に着目し，応力評価上厳しくなる代表的な評価点を記載する。





A部詳細図

：応力評価点

〔　　〕：材　　料

図 2－1　形状・寸法・材料・応力評価点　（単位：mm）

表 2－1　計算結果の概要

（単位：MPa）

部分及び材料	許容応力状態	一次一般膜応力強さ			一次一般膜＋一次曲げ応力強さ		
		応力強さ	許容応力	応力評価面	応力強さ	許容応力	応力評価面
ティー SUSF316L相当 [redacted]	ⅢＡＳ	4	142	P01-P02	7	213	P01’-P02’
	ⅣＡＳ	5	228	P01-P02	10	342	P01’-P02’
	ＶＡＳ	5	225	P01-P02	10	338	P01’-P02’
ヘッダ SUS316LTP相当 [redacted]	ⅢＡＳ	4	142	P03-P04	22	213	P03’-P04’
	ⅣＡＳ	5	228	P03-P04	25	342	P03’-P04’
	ＶＡＳ	5	225	P03-P04	25	338	P03’-P04’

2.2　計算条件

2.2.1　設計条件

設計条件を「応力解析の方針」の 4.1 節に示す。

2.2.2　運転条件

考慮した運転条件を「応力解析の方針」の 4.2 節に示す。

なお，重大事故等時の条件は以下のとおりである。

温度条件：運転状態Ⅲと同じ。

差圧条件：運転状態Ⅳと同じ。

2.2.3　材料

各部の材料を図 2－1 に示す。

2.2.4　荷重の組合せ及び許容応力状態

荷重の組合せ及び許容応力状態を「応力解析の方針」の 3.3 節に示す。

2.2.5　荷重の組合せ及び応力評価

荷重の組合せ及び応力評価を「応力解析の方針」の 4.3 節に示す。

2.2.6　許容応力

許容応力を「応力解析の方針」の 3.4 節に示す。

溶接部の継手効率を「応力解析の方針」の 3.6 節に示す。

2.3　外荷重の条件

2.3.1　計算方法

固有周期，死荷重及び地震荷重は，「2.3.2　解析モデル」に示す解析モデルにより求める。

2.3.2　解析モデル

解析モデルは，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)a.に定めるとおりである。

「応力解析の方針」の参照図書(1)a.に定める解析モデルを図 2－2 に示す。

2.3.3　設計震度

設計震度を下表に示す。

	設計震度	
	水平方向	鉛直方向
弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	1.04	0.71
基準地震動Ｓｓ	2.05	1.40

2.3.4　計算結果

(1)　固有周期

固有周期を下表に示す。

固有周期は，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)a.に示すとおり 0.05 秒以下であり，剛であることを確認した。

モード	固有周期(s)	水平方向刺激係数		鉛直方向刺激係数
		Ｘ方向	Ｙ方向	
1 次	[redacted]	―	―	―

(2)　死荷重及び地震荷重

解析により求めた死荷重及び地震荷重を「応力解析の方針」の表 4－1(4)に示す。

2.4　応力計算

2.4.1　応力評価点

応力評価点の位置を図 2－1 に示す。

なお，各応力評価点の断面性状は，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)j.に定めるとおりである。

2.4.2　差圧による応力

(1)　荷重条件（L02）

各運転状態による差圧は，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)j.に定めるとおりである。

なお，重大事故等時の差圧は，「2.2.2　運転条件」による。

(2)　計算方法

差圧による応力の計算は，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)j.に定めるとおりである。

なお，各許容応力状態での差圧による応力は，内圧を受ける円筒にモデル化し計算する。

2.4.3　外荷重による応力

(1)　荷重条件（L04，L14 及び L16）

外荷重を「応力解析の方針」の表 4－1(4)に示す。

(2)　計算方法

外荷重による応力の計算は，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)j.に定めるとおりである。

なお，外荷重による各応力は，外荷重と各応力評価断面の断面性能により計算する。

2.4.4　応力の評価

各応力評価点で計算された応力を分類ごとに重ね合わせて組合せ応力を求め，応力強さを算出する。

応力強さの算出方法は，「応力解析の方針」の 5.1.2 項に定めるとおりである。

2.5　応力強さの評価

2.5.1　一次一般膜応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表 2－2 に示す。

表 2－2 より，各許容応力状態の一次一般膜応力強さは，「応力解析の方針」の 3.4 節及び 3.6 節に示す許容応力を満足する。

2.5.2　一次一般膜＋一次曲げ応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表 2－3 に示す。

表 2－3 より，各許容応力状態の一次一般膜＋一次曲げ応力強さは，「応力解析の方針」の 3.4 節及び 3.6 節に示す許容応力を満足する。

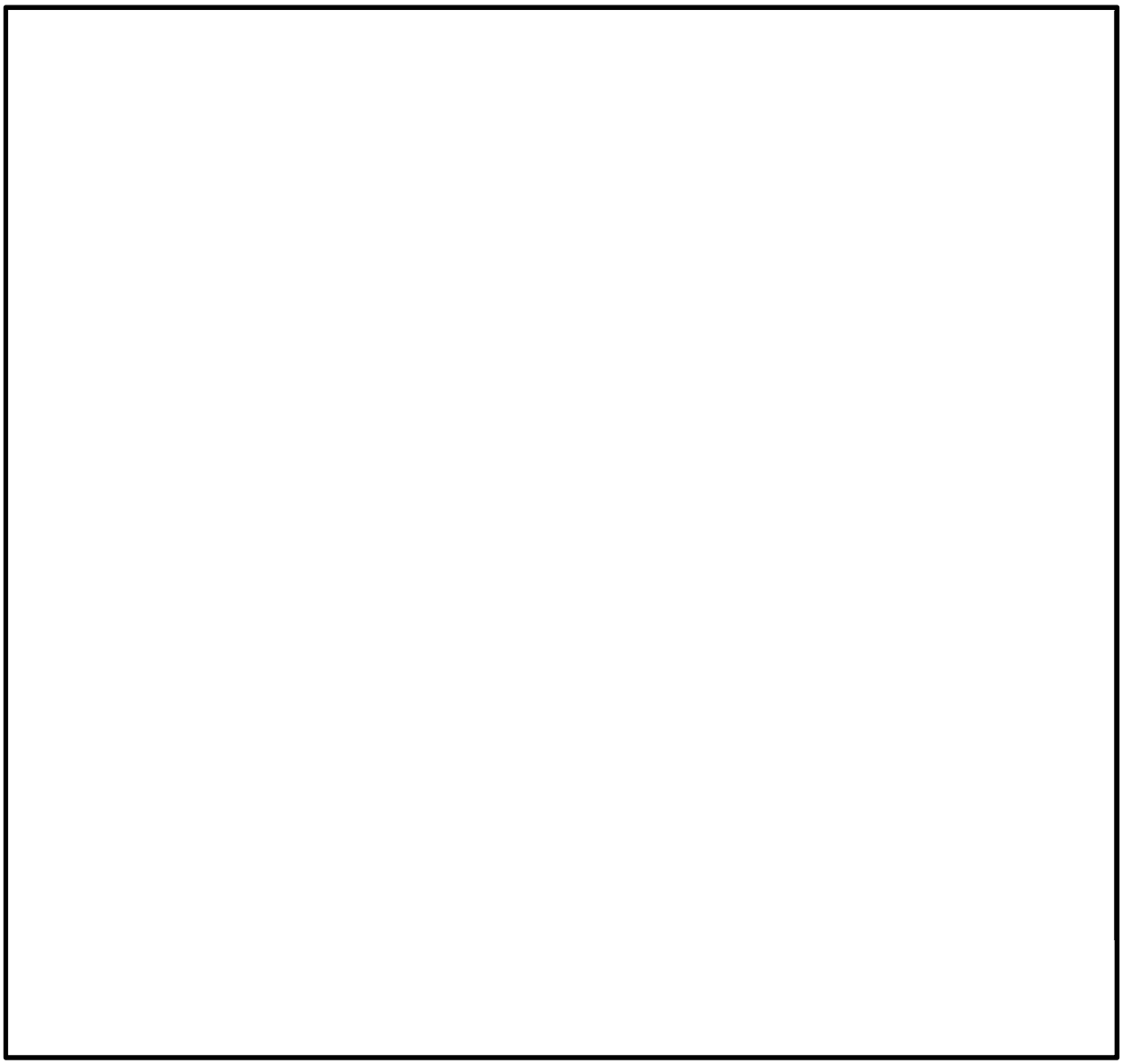


図 2－2　解析モデル

表 2－2　一次一般膜応力強さの評価のまとめ

（単位：MPa）

応力評価面	許容応力状態ⅢＡＳ		許容応力状態ⅣＡＳ		許容応力状態ＶＡＳ	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	4	142	5	228	5	225
P01’ P02’	4	142	4	228	4	225
P03 P04	4	142	5	228	5	225
P03’ P04’	4	142	3	228	3	225

表 2－3　一次一般膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ

（単位：MPa）

応力評価面	許容応力状態ⅢＡＳ		許容応力状態ⅣＡＳ		許容応力状態ＶＡＳ	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	7	213	10	342	10	338
P01’ P02’	7	213	10	342	10	338
P03 P04	22	213	25	342	25	338
P03’ P04’	22	213	25	342	25	338

3. 高圧炉心注水スパージャの応力計算

3.1 一般事項

本章は，高圧炉心注水スパージャの応力計算について示すものである。

高圧炉心注水スパージャは，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備，常設重大事故緩和設備及び常設重大事故防止設備(設計基準拡張)に分類される。

以下，設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

3.1.1 形状・寸法・材料

本章で解析する箇所の形状・寸法・材料を図 3－1 に示す。

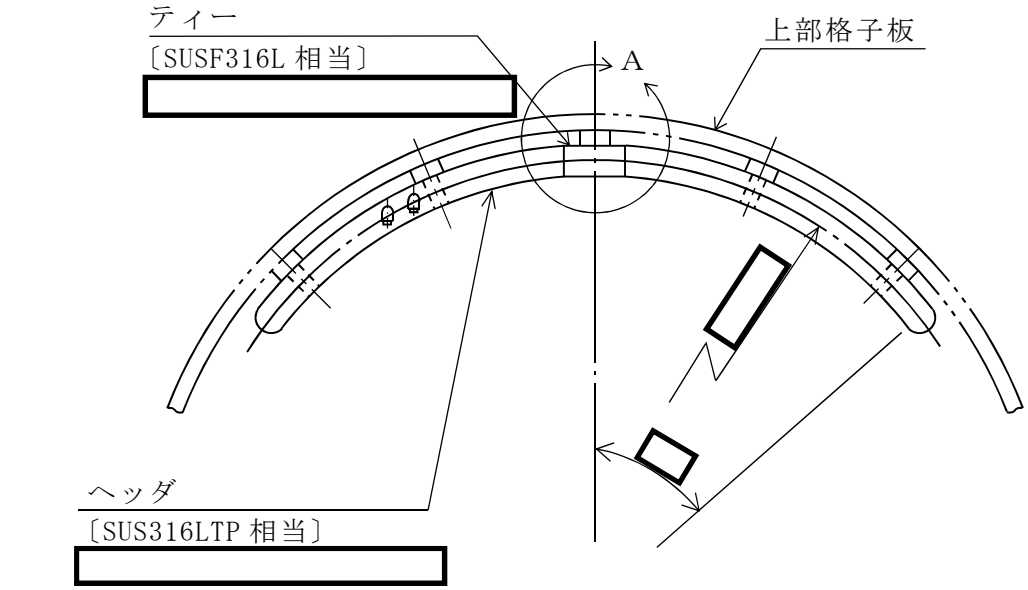
3.1.2 解析範囲

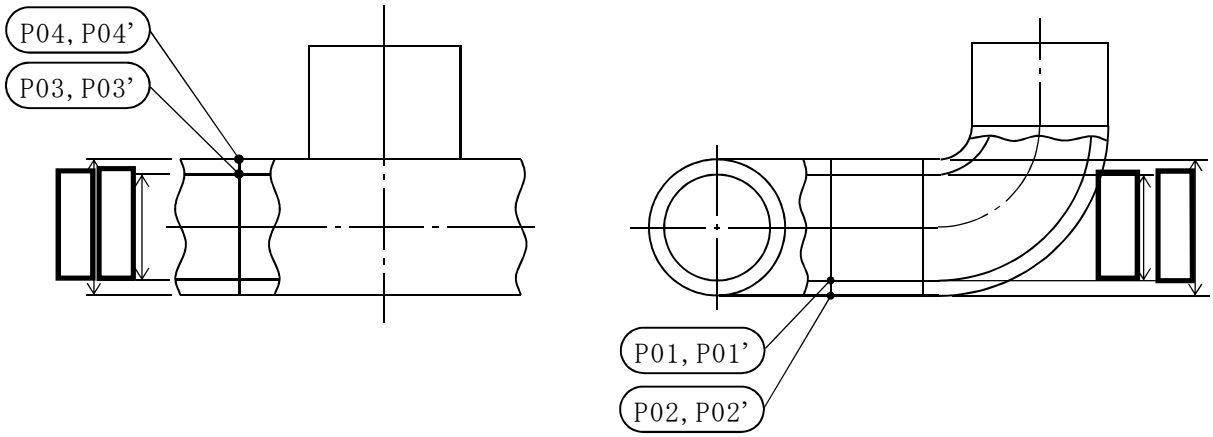
解析範囲を図 3－1 に示す。

3.1.3 計算結果の概要

計算結果の概要を表 3－1 に示す。

なお，応力評価点の選定に当たっては，形状不連続部，溶接部及び厳しい荷重作用点に着目し，応力評価上厳しくなる代表的な評価点を記載する。





A部詳細図

：応力評価点

〔　　〕：材　　料

図 3－1　形状・寸法・材料・応力評価点　（単位：mm）

表 3－1　計算結果の概要

（単位：MPa）

部分及び材料	許容応力状態	一次一般膜応力強さ			一次一般膜＋一次曲げ応力強さ		
		応力強さ	許容応力	応力評価面	応力強さ	許容応力	応力評価面
ティー SUSF316L相当 [redacted]	ⅢＡＳ	12	142	P01-P02	18	213	P01’-P02’
	ⅣＡＳ	20	228	P01-P02	31	342	P01’-P02’
	ＶＡＳ	20	225	P01-P02	34	338	P01’-P02’
ヘッダ SUS316LTP相当 [redacted]	ⅢＡＳ	4	142	P03-P04	34	213	P03’-P04’
	ⅣＡＳ	5	228	P03-P04	39	342	P03’-P04’
	ＶＡＳ	8	225	P03-P04	42	338	P03’-P04’

3.2　計算条件

3.2.1　設計条件

設計条件を「応力解析の方針」の 4.1 節に示す。

3.2.2　運転条件

考慮した運転条件を「応力解析の方針」の 4.2 節に示す。

なお，重大事故等時の条件は以下のとおりである。

温度条件：運転状態Ⅲと同じ。

差圧条件：運転状態Ⅳと同じ。

3.2.3　材料

各部の材料を図 3－1 に示す。

3.2.4　荷重の組合せ及び許容応力状態

荷重の組合せ及び許容応力状態を「応力解析の方針」の 3.3 節に示す。

3.2.5　荷重の組合せ及び応力評価

荷重の組合せ及び応力評価を「応力解析の方針」の 4.3 節に示す。

3.2.6　許容応力

許容応力を「応力解析の方針」の 3.4 節に示す。

溶接部の継手効率を「応力解析の方針」の 3.6 節に示す。

3.3　外荷重の条件

3.3.1　計算方法

固有周期，死荷重及び地震荷重は，「3.3.2　解析モデル」に示す解析モデルにより求める。

3.3.2　解析モデル

解析モデルは，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)b.に定めるとおりである。

「応力解析の方針」の参照図書(1)b.に定める解析モデルを図 3－2 に示す。

3.3.3　設計震度

設計震度を下表に示す。

	設計震度	
	水平方向	鉛直方向
弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	0.82	0.73
基準地震動Ｓｓ	1.59	1.46

3.3.4　計算結果

(1)　固有周期

固有周期を下表に示す。

固有周期は，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)b.に示すとおり 0.05 秒以下であり，剛であることを確認した。

モード	固有周期(s)	水平方向刺激係数		鉛直方向刺激係数
		Ｘ方向	Ｙ方向	
1 次	[redacted]	―	―	―

(2)　死荷重及び地震荷重

解析により求めた死荷重及び地震荷重を「応力解析の方針」の表 4－1(5)に示す。

3.4　応力計算

3.4.1　応力評価点

応力評価点の位置を図 3－1 に示す。

なお，各応力評価点の断面性状は，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)k.に定めるとおりである。

3.4.2　差圧による応力

(1)　荷重条件（L02）

各運転状態による差圧は，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)k.に定めるとおりである。

なお，重大事故等時の差圧は，「3.2.2　運転条件」による。

(2)　計算方法

差圧による応力の計算は，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)k.に定めるとおりである。

なお，各許容応力状態での差圧による応力は，内圧を受ける円筒にモデル化し計算する。

3.4.3　外荷重による応力

(1)　荷重条件（L04，L14 及び L16）

外荷重を「応力解析の方針」の表 4－1(5)に示す。

(2)　計算方法

外荷重による応力の計算は，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)k.に定めるとおりである。

なお，外荷重による各応力は，外荷重と各応力評価断面の断面性能により計算する。

3.4.4　応力の評価

各応力評価点で計算された応力を分類ごとに重ね合わせて組合せ応力を求め，応力強さを算出する。

応力強さの算出方法は，「応力解析の方針」の 5.1.2 項に定めるとおりである。

3.5　応力強さの評価

3.5.1　一次一般膜応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表 3－2 に示す。

表 3－2 より，各許容応力状態の一次一般膜応力強さは，「応力解析の方針」の 3.4 節及び 3.6 節に示す許容応力を満足する。

3.5.2　一次一般膜＋一次曲げ応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表 3－3 に示す。

表 3－3 より，各許容応力状態の一次一般膜＋一次曲げ応力強さは，「応力解析の方針」の 3.4 節及び 3.6 節に示す許容応力を満足する。

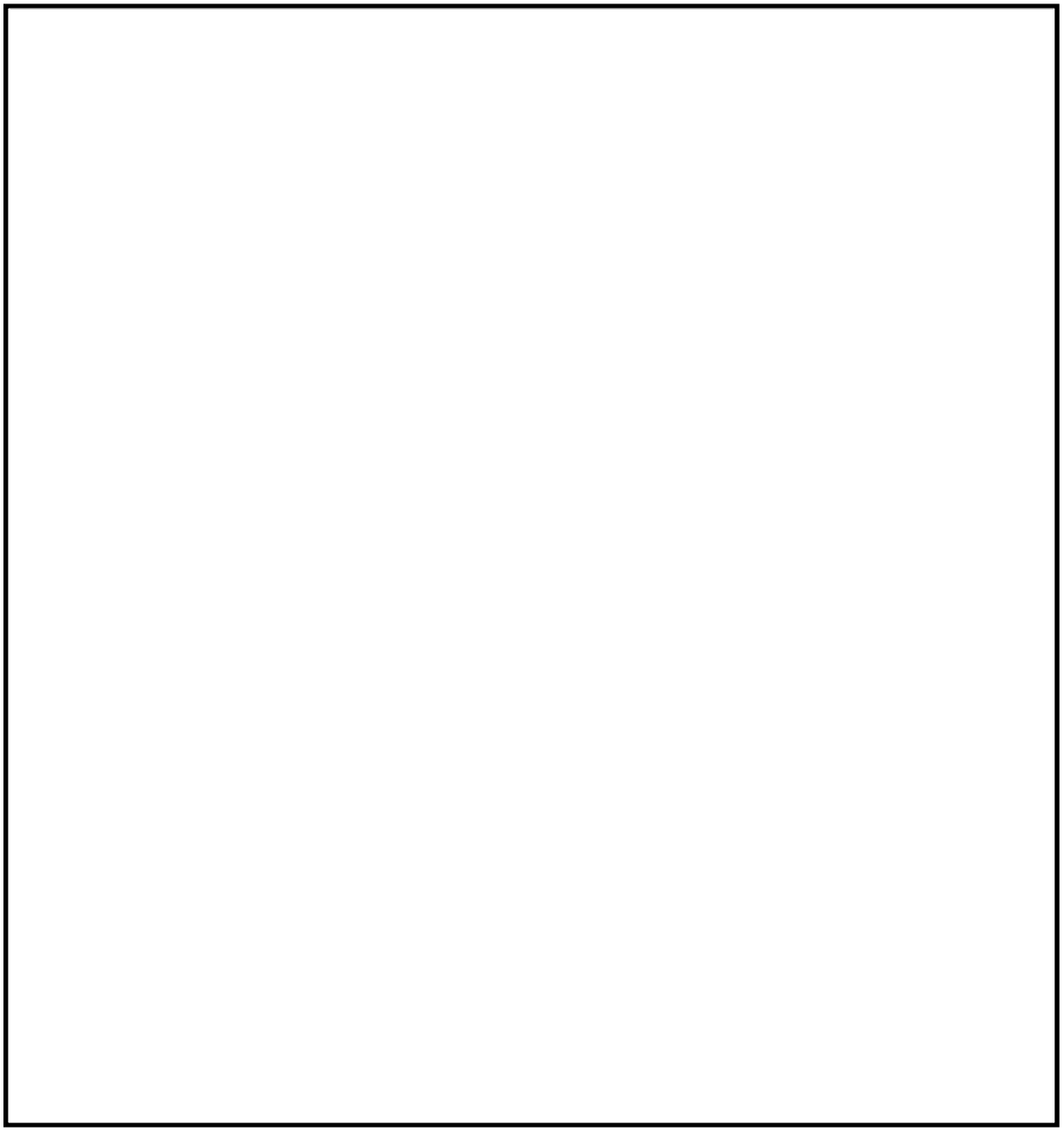


図 3－2　解析モデル

表 3－2　一次一般膜応力強さの評価のまとめ

（単位：MPa）

応力評価面	許容応力状態ⅢＡＳ		許容応力状態ⅣＡＳ		許容応力状態ＶＡＳ	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	12	142	20	228	20	225
P01’ P02’	6	142	13	228	14	225
P03 P04	4	142	5	228	8	225
P03’ P04’	1	142	1	228	7	225

表 3－3　一次一般膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ

（単位：MPa）

応力評価面	許容応力状態ⅢＡＳ		許容応力状態ⅣＡＳ		許容応力状態ＶＡＳ	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	18	213	30	342	32	338
P01’ P02’	18	213	31	342	34	338
P03 P04	34	213	38	342	41	338
P03’ P04’	34	213	39	342	42	338

4. 低圧注水スパージャの応力計算

4.1 一般事項

本章は，低圧注水スパージャの応力計算について示すものである。

低圧注水スパージャは，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備，常設重大事故緩和設備及び常設重大事故防止設備（設計基準拡張）に分類される。

以下，設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

4.1.1 形状・寸法・材料

本章で解析する箇所の形状・寸法・材料を図 4－1 に示す。

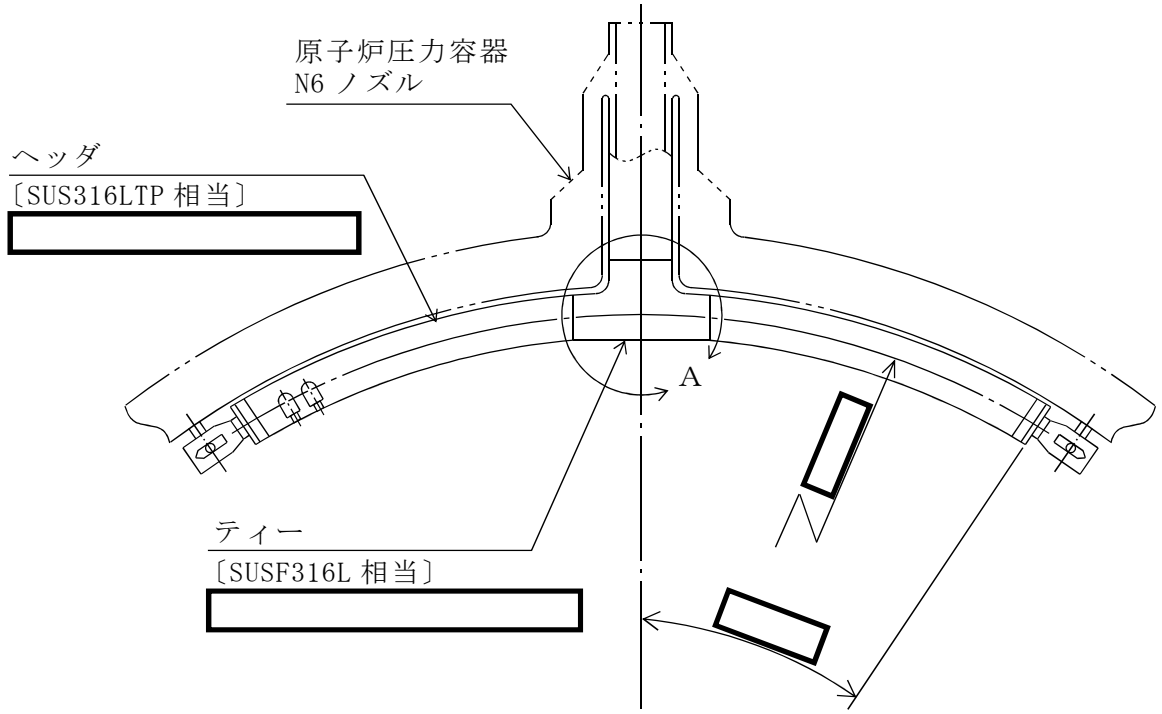
4.1.2 解析範囲

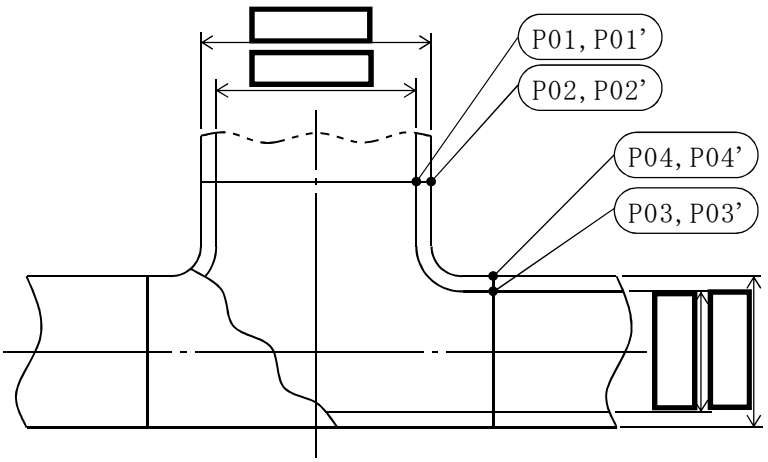
解析範囲を図 4－1 に示す。

4.1.3 計算結果の概要

計算結果の概要を表 4－1 に示す。

なお，応力評価点の選定に当たっては，形状不連続部，溶接部及び厳しい荷重作用点に着目し，応力評価上厳しくなる代表的な評価点を記載する。





A部詳細図

：応力評価点

〔　　〕：材　　料

図 4－1　形状・寸法・材料・応力評価点　（単位：mm）

表 4－1　計算結果の概要

（単位：MPa）

部分及び材料	許容応力状態	一次一般膜応力強さ			一次一般膜＋一次曲げ応力強さ		
		応力強さ	許容応力	応力評価面	応力強さ	許容応力	応力評価面
ティー SUSF316L 相当 [redacted]	ⅢＡＳ	3	142	P01-P02	6	213	P01’-P02’
	ⅣＡＳ	3	228	P01-P02	9	342	P01’-P02’
	ＶＡＳ	4	225	P01-P02	10	338	P01’-P02’
ヘッダ SUS316LTP 相当 [redacted]	ⅢＡＳ	3	142	P03-P04	18	213	P03’-P04’
	ⅣＡＳ	4	228	P03-P04	22	342	P03’-P04’
	ＶＡＳ	4	225	P03-P04	22	338	P03’-P04’

4.2　計算条件

4.2.1　設計条件

設計条件を「応力解析の方針」の 4.1 節に示す。

4.2.2　運転条件

考慮した運転条件を「応力解析の方針」の 4.2 節に示す。

なお，重大事故等時の条件は以下のとおりである。

温度条件：運転状態Ⅲと同じ。

差圧条件：運転状態Ⅳと同じ。

4.2.3　材料

各部の材料を図 4－1 に示す。

4.2.4　荷重の組合せ及び許容応力状態

荷重の組合せ及び許容応力状態を「応力解析の方針」の 3.3 節に示す。

4.2.5　荷重の組合せ及び応力評価

荷重の組合せ及び応力評価を「応力解析の方針」の 4.3 節に示す。

4.2.6　許容応力

許容応力を「応力解析の方針」の 3.4 節に示す。

溶接部の継手効率を「応力解析の方針」の 3.6 節に示す。

4.3　外荷重の条件

4.3.1　計算方法

固有周期，死荷重及び地震荷重は，「4.3.2　解析モデル」に示す解析モデルにより求める。

4.3.2　解析モデル

解析モデルは，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)c.に定めるとおりである。

「応力解析の方針」の参照図書(1)c.に定める解析モデルを図 4－2 に示す。

4.3.3　設計震度

設計震度を下表に示す。

	設計震度	
	水平方向	鉛直方向
弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	1.04	0.71
基準地震動Ｓｓ	2.05	1.40

4.3.4　計算結果

(1)　固有周期

固有周期を下表に示す。

固有周期は，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)c.に示すとおり 0.05 秒以下であり，剛であることを確認した。

モード	固有周期(s)	水平方向刺激係数		鉛直方向刺激係数
		Ｘ方向	Ｙ方向	
1 次	[redacted]	―	―	―

(2)　死荷重及び地震荷重

解析により求めた死荷重及び地震荷重を「応力解析の方針」の表 4－1(6)に示す。

4.4　応力計算

4.4.1　応力評価点

応力評価点の位置を図 4－1 に示す。

なお，各応力評価点の断面性状は，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)1.に定めるとおりである。

4.4.2　差圧による応力

(1)　荷重条件（L02）

各運転状態による差圧は，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)1.に定めるとおりである。

なお，重大事故等時の差圧は，「4.2.2　運転条件」による。

(2)　計算方法

差圧による応力の計算は，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)1.に定めるとおりである。

なお，各許容応力状態での差圧による応力は，内圧を受ける円筒にモデル化し計算する。

4.4.3　外荷重による応力

(1)　荷重条件（L04，L14 及び L16）

外荷重を「応力解析の方針」の表 4－1(6)に示す。

(2)　計算方法

外荷重による応力の計算は，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)1.に定めるとおりである。

なお，外荷重による各応力は，外荷重と各応力評価断面の断面性能により計算する。

4.4.4　応力の評価

各応力評価点で計算された応力を分類ごとに重ね合わせて組合せ応力を求め，応力強さを算出する。

応力強さの算出方法は，「応力解析の方針」の 5.1.2 項に定めるとおりである。

4.5　応力強さの評価

4.5.1　一次一般膜応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表 4－2 に示す。

表 4－2 より，各許容応力状態の一次一般膜応力強さは，「応力解析の方針」の 3.4 節及び 3.6 節に示す許容応力を満足する。

4.5.2　一次一般膜＋一次曲げ応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表 4－3 に示す。

表 4－3 より，各許容応力状態の一次一般膜＋一次曲げ応力強さは，「応力解析の方針」の 3.4 節及び 3.6 節に示す許容応力を満足する。

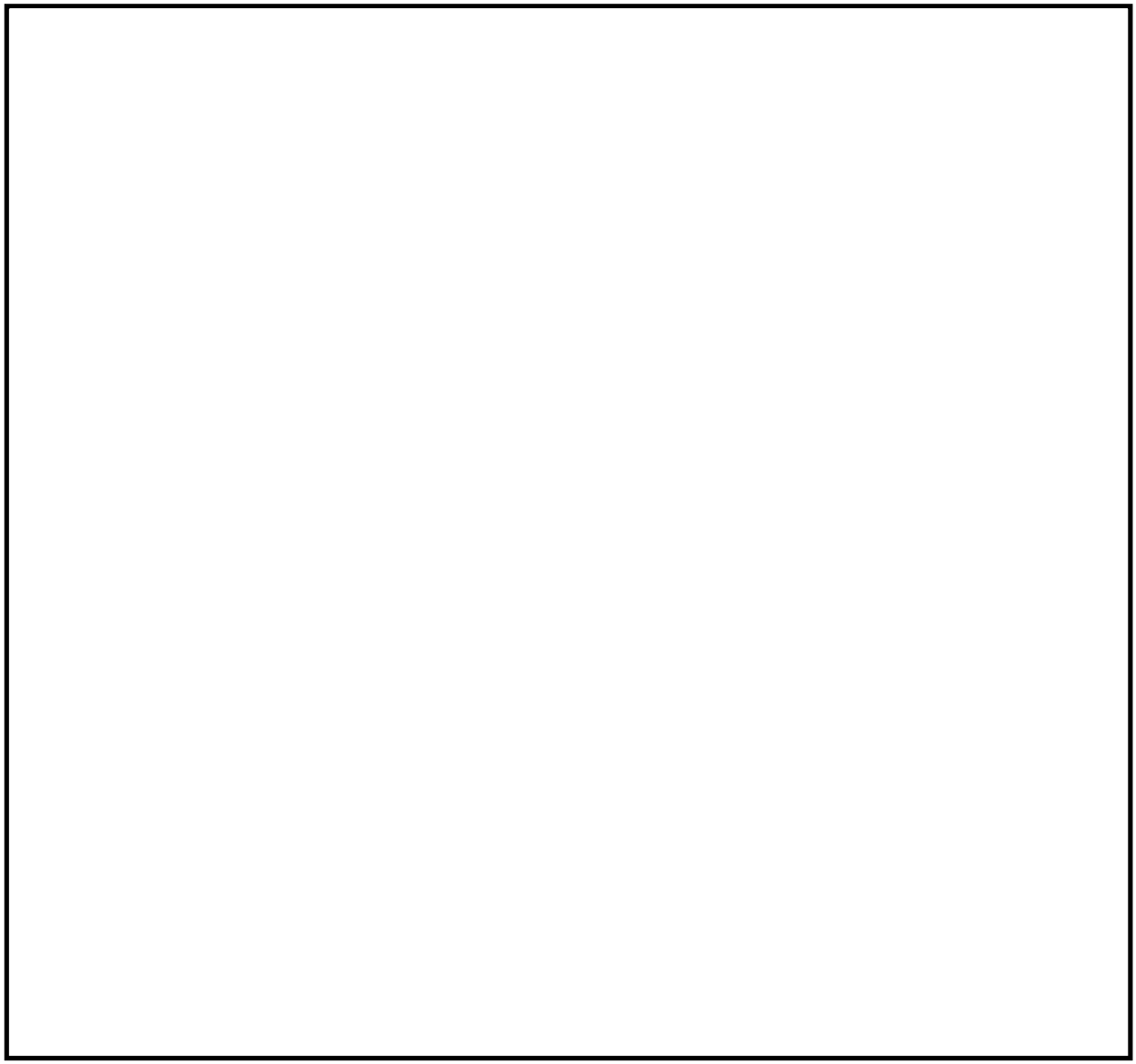


図 4－2　解析モデル

表 4－2　一次一般膜応力強さの評価のまとめ

（単位：MPa）

応力評価面	許容応力状態ⅢＡＳ		許容応力状態ⅣＡＳ		許容応力状態ＶＡＳ	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	3	142	3	228	4	225
P01’ P02’	2	142	2	228	3	225
P03 P04	3	142	4	228	4	225
P03’ P04’	2	142	1	228	2	225

表 4－3　一次一般膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ

（単位：MPa）

応力評価面	許容応力状態ⅢＡＳ		許容応力状態ⅣＡＳ		許容応力状態ＶＡＳ	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	6	213	9	342	9	338
P01’ P02’	6	213	9	342	10	338
P03 P04	18	213	22	342	22	338
P03’ P04’	18	213	22	342	22	338

5. 高圧炉心注水系配管（原子炉圧力容器内部）の応力計算

5.1 一般事項

本章は，高圧炉心注水系配管（原子炉圧力容器内部）（以下「高圧炉心注水系配管」という。）の応力計算について示すものである。

高圧炉心注水系配管は，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備，常設重大事故緩和設備及び常設重大事故防止設備（設計基準拡張）に分類される。

以下，設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

5.1.1 形状・寸法・材料

本章で解析する箇所の形状・寸法・材料を図 5－1 に示す。

5.1.2 解析範囲

解析範囲を図 5－1 に示す。

5.1.3 計算結果の概要

計算結果の概要を表 5－1 に示す。

なお，応力評価点の選定に当たっては，形状不連続部，溶接部及び厳しい荷重作用点に着目し，応力評価上厳しくなる代表的な評価点を記載する。

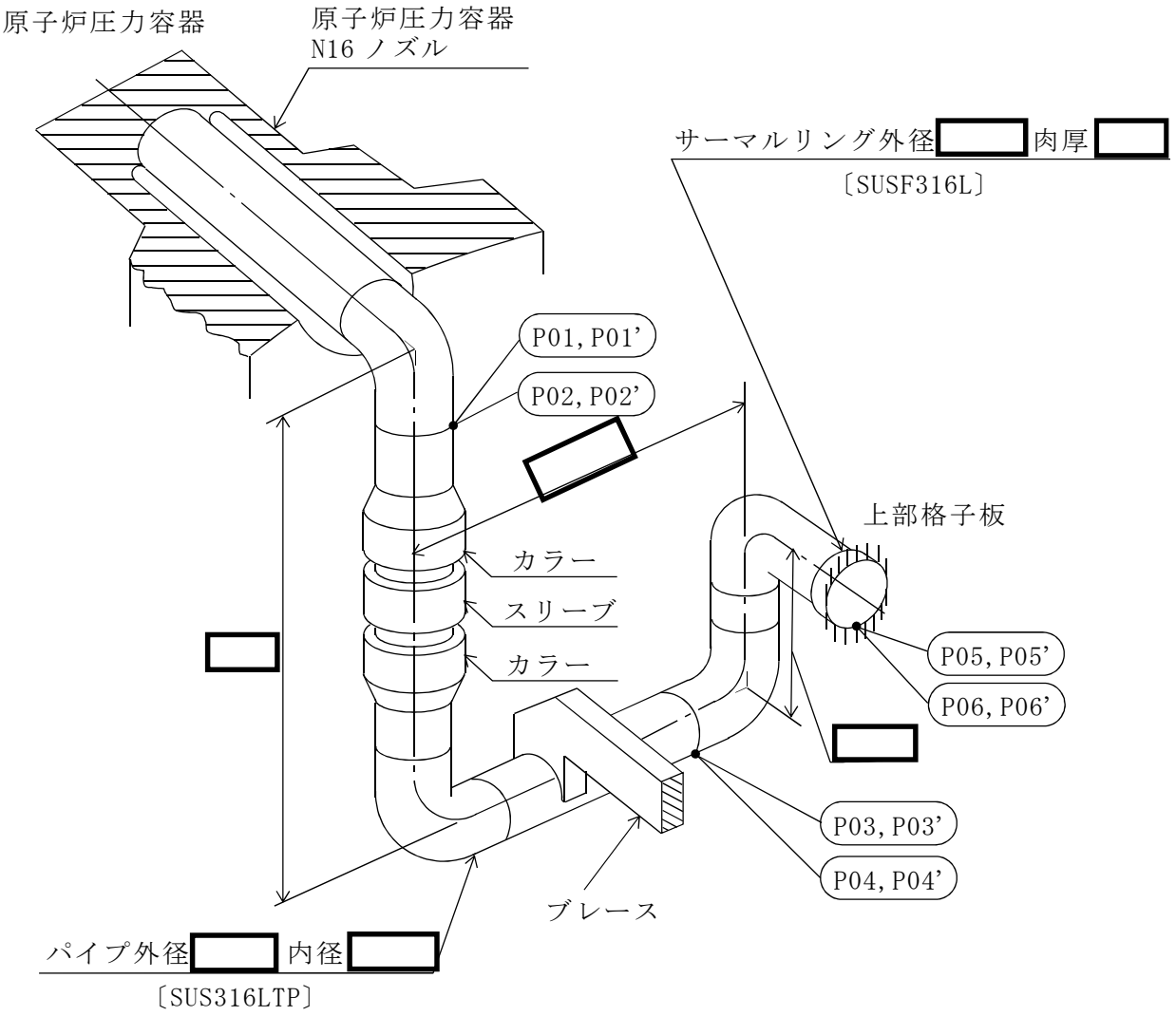


図 5－1　形状・寸法・材料・応力評価点　（単位：mm）

表 5－1　計算結果の概要

（単位：MPa）

部分及び材料	許容応力状態	一次一般膜応力強さ			一次一般膜＋一次曲げ応力強さ		
		応力強さ	許容応力	応力評価面	応力強さ	許容応力	応力評価面
パイプ SUS316LTP	ⅢＡＳ	4	142	P01-P02	19	213	P01’-P02’
	ⅣＡＳ	5	228	P01-P02	26	342	P01’-P02’
	ⅤＡＳ	15	225	P01-P02	32	338	P01’-P02’
	ⅢＡＳ	3	142	P03-P04	8	213	P03’-P04’
	ⅣＡＳ	5	228	P03-P04	10	342	P03’-P04’
	ⅤＡＳ	14	225	P03-P04	16	338	P03-P04
サーマル リング SUSF316L	ⅢＡＳ	3	127*	P05-P06	5	191*	P05’-P06’
	ⅣＡＳ	6	205*	P05-P06	8	307*	P05’-P06’
	ⅤＡＳ	12	202*	P05-P06	13	304*	P05-P06

注記＊：継手効率［　　］を乗じた値を示す。

5.2　計算条件

5.2.1　設計条件

設計条件を「応力解析の方針」の 4.1 節に示す。

5.2.2　運転条件

考慮した運転条件を「応力解析の方針」の 4.2 節に示す。

なお，重大事故等時の条件は以下のとおりである。

温度条件：運転状態Ⅲと同じ。

差圧条件：運転状態Ⅳと同じ。

5.2.3　材料

各部の材料を図 5－1 に示す。

5.2.4　荷重の組合せ及び許容応力状態

荷重の組合せ及び許容応力状態を「応力解析の方針」の 3.3 節に示す。

5.2.5　荷重の組合せ及び応力評価

荷重の組合せ及び応力評価を「応力解析の方針」の 4.3 節に示す。

5.2.6　許容応力

許容応力を「応力解析の方針」の 3.4 節に示す。

溶接部の継手効率を「応力解析の方針」の 3.6 節に示す。

5.3　外荷重の条件

5.3.1　計算方法

固有周期，死荷重及び地震荷重は，「5.3.2　解析モデル」に示す解析モデルにより求める。

5.3.2　解析モデル

解析モデルは，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)d.に定めるとおりである。

「応力解析の方針」の参照図書(1)d.に定める解析モデルを図 5－2 に示す。

5.3.3　設計震度

設計震度を下表に示す。

	設計震度	
	水平方向	鉛直方向
弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	0.99	0.73
基準地震動Ｓｓ	1.93	1.46

5.3.4　計算結果

(1)　固有周期

固有周期を下表に示す。

固有周期は，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)d.に示すとおり 0.05 秒以下であり，剛であることを確認した。

モード	固有周期(s)	水平方向刺激係数		鉛直方向刺激係数
		Ｘ方向	Ｙ方向	
1 次	[redacted]	―	―	―

(2)　死荷重及び地震荷重

解析により求めた死荷重及び地震荷重を「応力解析の方針」の表 4－1(7)に示す。

5.4 応力計算

5.4.1 応力評価点

応力評価点の位置を図 5－1 に示す。

なお，各応力評価点の断面性状は，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)m.に定めるとおりである。

5.4.2 差圧による応力

(1) 荷重条件（L02）

各運転状態による差圧は，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)m.に定めるとおりである。

なお，重大事故等時の差圧は，「5.2.2 運転条件」による。

(2) 計算方法

差圧による応力の計算は，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)m.に定めるとおりである。

なお，各許容応力状態での差圧による応力は，内圧を受ける円筒にモデル化し計算する。

5.4.3 外荷重による応力

(1) 荷重条件（L04，L14 及び L16）

外荷重を「応力解析の方針」の表 4－1(7)に示す。

(2) 計算方法

外荷重による応力の計算は，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)m.に定めるとおりである。

なお，外荷重による各応力は，外荷重と各応力評価断面の断面性能により計算する。

5.4.4 応力の評価

各応力評価点で計算された応力を分類ごとに重ね合わせて組合せ応力を求め，応力強さを算出する。

応力強さの算出方法は，「応力解析の方針」の 5.1.2 項に定めるとおりである。

5.5　応力強さの評価

5.5.1　一次一般膜応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表 5－2 に示す。

表 5－2 より，各許容応力状態の一次一般膜応力強さは，「応力解析の方針」の 3.4 節及び 3.6 節に示す許容応力を満足する。

5.5.2　一次一般膜＋一次曲げ応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表 5－3 に示す。

表 5－3 より，各許容応力状態の一次一般膜＋一次曲げ応力強さは，「応力解析の方針」の 3.4 節及び 3.6 節に示す許容応力を満足する。

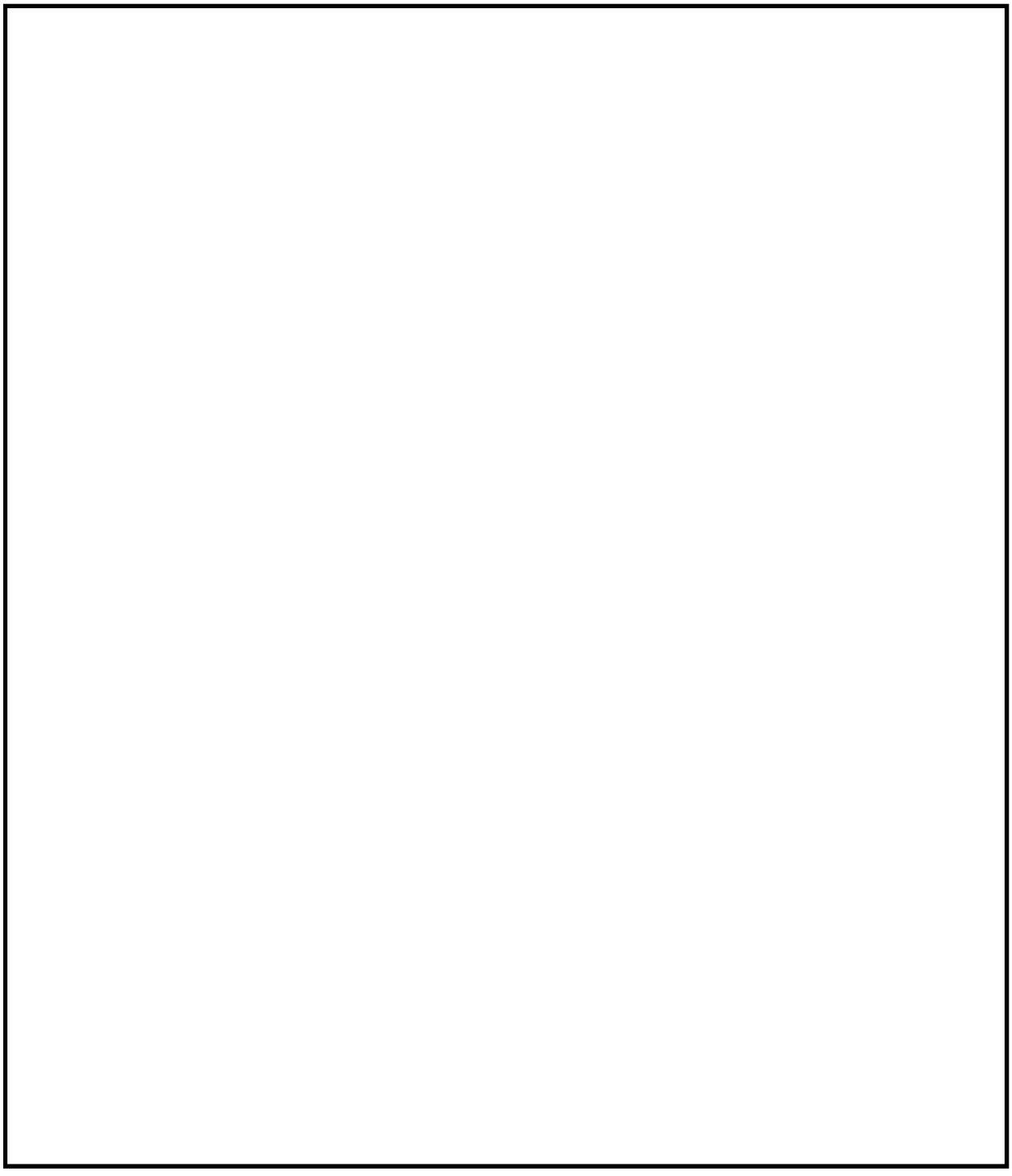


図 5－2　解析モデル

表 5－2　一次一般膜応力強さの評価のまとめ

（単位：MPa）

応力評価面	許容応力状態ⅢＡＳ		許容応力状態ⅣＡＳ		許容応力状態ＶＡＳ	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	4	142	5	228	15	225
P01’ P02’	2	142	3	228	14	225
P03 P04	3	142	5	228	14	225
P03’ P04’	2	142	2	228	14	225
P05 P06	3	127*	6	205*	12	202*
P05’ P06’	3	127*	5	205*	11	202*

注記＊：継手効率［　　］を乗じた値を示す。

表 5－3　一次一般膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ

（単位：MPa）

応力評価面	許容応力状態ⅢＡＳ		許容応力状態ⅣＡＳ		許容応力状態ＶＡＳ	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	19	213	25	342	32	338
P01’ P02’	19	213	26	342	32	338
P03 P04	7	213	9	342	16	338
P03’ P04’	8	213	10	342	15	338
P05 P06	4	191*	7	307*	13	304*
P05’ P06’	5	191*	8	307*	11	304*

注記＊：継手効率［　　］を乗じた値を示す。

Ⅴ-2-4　核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設の耐震性に関する説明書

Ⅴ-2-4-1　核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設の耐震計算結果

目　　次

1.　概要　・・・

1. 概要

本資料は，核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設の耐震計算の手法及び条件の整理について説明するものである。

2. 耐震評価条件整理

核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設に対して，設計基準対象施設の耐震クラス，重大事故等対処設備の設備分類を整理した。既設の設計基準対象施設については，耐震評価における手法及び条件について，既に認可を受けた実績との差異の有無を整理した。また，重大事故等対処設備のうち，設計基準対象施設であるものについては，重大事故等対処設備の評価条件と設計基準対象施設の評価条件の差異の有無を整理した。結果を表1に示す。

核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設の耐震計算は表1に示す計算書に記載することとする。

表1　耐震評価条件整理一覧表（1/3）

評価対象設備			設計基準対象施設			重大事故等対処設備		
			耐震重要度分類	新規制基準施行前に認可された実績との差異	耐震計算の記載箇所	設備分類*1	設計基準対象施設との評価条件の差異	耐震計算の記載箇所
核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設	使用済燃料貯蔵設備	使用済燃料貯蔵プール（設計基準対象施設としてのみ1,2,5,7号機共用）	S	有	V-2-4-2-1	常設耐震／防止 常設／緩和	有	V-2-4-2-1
		キャスクピット（設計基準対象施設としてのみ1,2,5,7号機共用）	S	有	V-2-4-2-1	常設耐震／防止 常設／緩和	有	V-2-4-2-1
		使用済燃料貯蔵ラック（設計基準対象施設としてのみ1,2,5,7号機共用）	S	有	V-2-4-2-2	常設耐震／防止 常設／緩和	有	V-2-4-2-2
		制御棒・破損燃料貯蔵ラック	S	有	V-2-4-1	—	—	—
		使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA）	—	—*2	—	常設／防止 常設／緩和	—	V-2-4-2-3
		使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA広域）	C	—*2	V-2-4-2-4	常設／防止 常設／緩和	無	V-2-4-2-4

表１　耐震評価条件整理一覧表（2/3）

評価対象設備			設計基準対象施設			重大事故等対処設備		
			耐震重要度分類	新規制基準施行前に認可された実績との差異	耐震計算の記載箇所	設計分類*1	設計基準対象施設との評価条件の差異	耐震計算の記載箇所
核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設	使用済燃料貯蔵槽冷却浄化設備	燃料プール冷却浄化系熱交換器（設計基準対象施設としてのみ1,2,5,7号機共用）	—	—*2	—	常設耐震／防止	—	Ⅴ-2-4-3-1-1
		燃料プール冷却浄化系ポンプ（設計基準対象施設としてのみ1,2,5,7号機共用）	—	—*2	—	常設耐震／防止	—	Ⅴ-2-4-3-1-2
		主配管	S	有	Ⅴ-2-4-3-1-3	常設耐震／防止 常設／緩和	有	Ⅴ-2-4-3-1-3 Ⅴ-2-4-3-2-1
		使用済燃料貯蔵プール（使用済燃料貯蔵設備に記載）	—	—*2	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	Ⅴ-2-4-2-1
		キャスクピット（使用済燃料貯蔵設備に記載）	—	—*2	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	Ⅴ-2-4-2-1

表１　耐震評価条件整理一覧表（3/3）

評価対象設備			設計基準対象施設			重大事故等対処設備		
			耐震重要度分類	新規制基準施行前に認可された実績との差異	耐震計算の記載箇所	設計分類*1	設計基準対象施設との評価条件の差異	耐震計算の記載箇所
核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設	その他	使用済燃料貯蔵プール監視カメラ	—	—*2	—	常設／防止 常設／緩和	—	Ⅴ-2-4-2-5
		使用済燃料貯蔵プール監視カメラ用空冷装置	—	—*2	—	常設／防止 常設／緩和	—	Ⅴ-2-4-2-6

注記＊1 ：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備，「常設／防止」は常設重大事故防止設備を示す。

＊2 ：本工事計画で新規に申請する設備であることから，差異比較の対象外。

3. 技術基準規則第5条の要求事項の変更に伴う評価対象設備の耐震計算

3.1 耐震計算の概要

本章は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき，核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設のうち，技術基準規則第5条の要求事項の変更に伴う評価対象設備である制御棒・破損燃料貯蔵ラックが設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。制御棒・破損燃料貯蔵ラックの計算結果を次ページ以降に示す。

(1)　制御棒・破損燃料貯蔵ラックの耐震性についての計算書

目　　次

1.　概要 …… 1
2.　一般事項 …… 1
2.1　構造計画 …… 1
2.2　評価方針 …… 3
2.3　適用規格・基準等 …… 4
2.4　記号の説明 …… 5
2.5　計算精度と数値の丸め方 …… 8
3.　評価部位 …… 9
4.　固有周期 …… 11
4.1　固有周期の計算方法 …… 11
4.2　固有周期の計算条件 …… 12
4.3　固有周期の計算結果 …… 12
5.　構造強度評価 …… 13
5.1　構造強度評価方法 …… 13
5.2　荷重の組合せ及び許容応力 …… 13
5.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態 …… 13
5.2.2　許容応力 …… 13
5.2.3　使用材料の許容応力評価条件 …… 13
5.3　設計用地震力 …… 15
5.4　計算方法 …… 16
5.4.1　ラック部材の応力 …… 16
5.4.2　底部基礎ボルトの応力 …… 18
5.4.3　サポート部材の応力 …… 20
5.4.4　サポート部基礎ボルトの応力 …… 22
5.5　計算条件 …… 24
5.6　応力の評価 …… 24
5.6.1　部材の応力評価 …… 24
5.6.2　基礎ボルトの応力評価 …… 24
6.　評価結果 …… 25
6.1　設計基準対象施設としての評価結果 …… 25

1. 概要

本計算書は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき，制御棒・破損燃料貯蔵ラック（以下「ラック」という。）が設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。

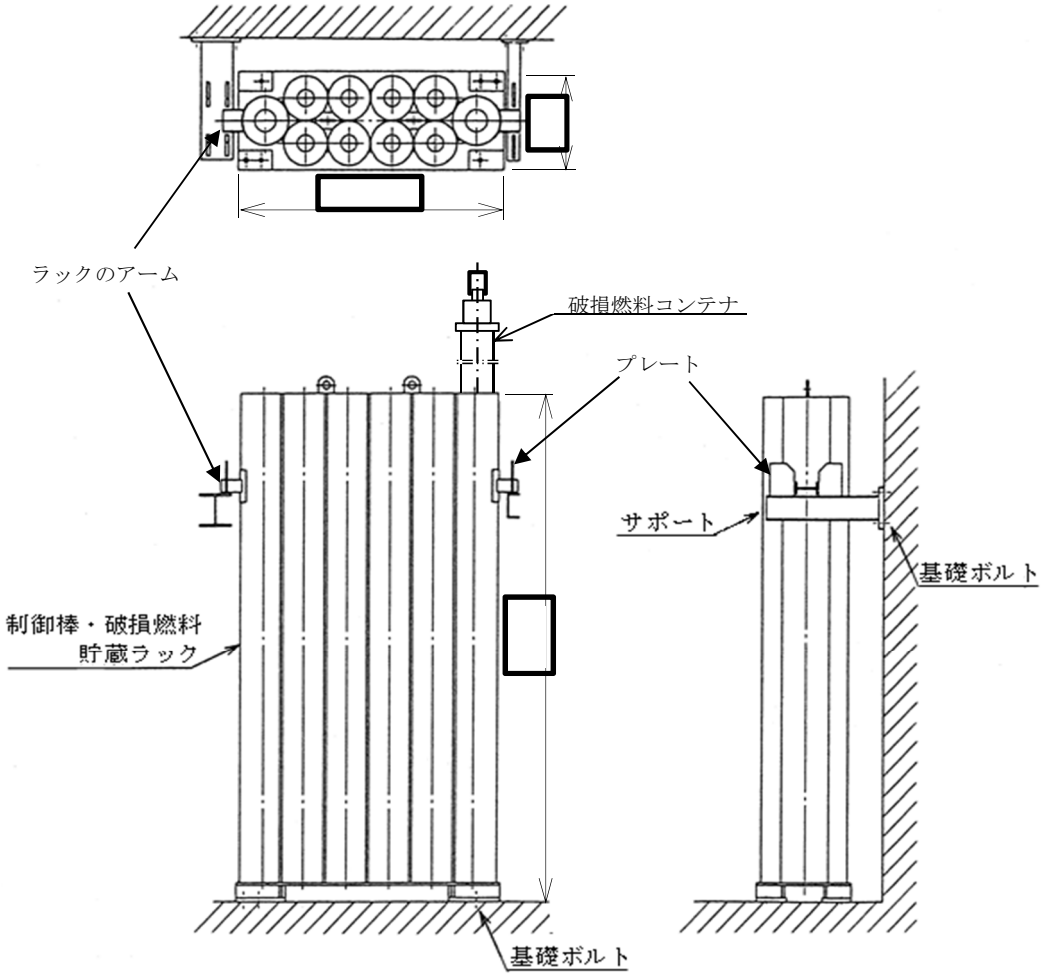
ラックは，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に分類される。以下，設計基準対象施設としての構造強度評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

ラックの構造計画を表2－1に示す。

表 2－1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
制御棒・破損燃料貯蔵ラックは，基礎ボルトで使用済燃料貯蔵プールの底部に固定及び側壁から支持される。 サポート部については，ラックのアームをサポート上のプレートで挟み込んで固定する構造となっている。 破損燃料コンテナは，最大 10 体をラック内に挿入できるが，コンテナ上部についてはラック外となる構造である。	ステンレス鋼製たて置ラック	

2.2　評価方針

ラックの応力評価は，V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき，「2.1　構造計画」にて示すラックの部位を踏まえ「3.　評価部位」にて設定する箇所において，「4.　固有周期」にて算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを，「5.　構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「6.　評価結果」に示す。

ラックの耐震評価フローを図2－1に示す。

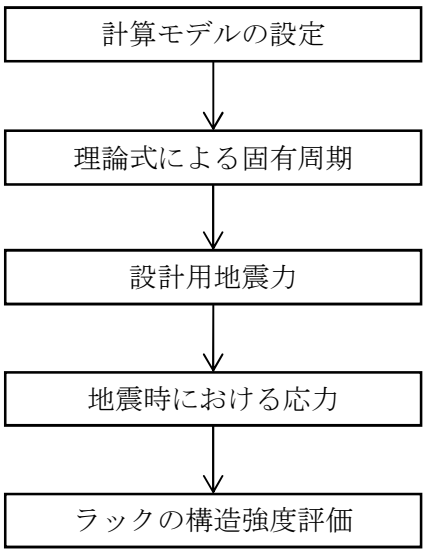


図2－1　ラックの耐震評価フロー

2.3　適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

・原子力発電所耐震設計技術指針　重要度分類・許容応力編　ＪＥＡＧ４６０１・補-1984（(社) 日本電気協会）

・原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１-1987（(社) 日本電気協会）

・原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１-1991　追補版（(社) 日本電気協会）

・発電用原子力設備規格　設計・建設規格（(社)日本機械学会，2005/2007）（以下「設計・建設規格」という。）

2.4　記号の説明

記号	記号の説明	単位
A	ラックの断面積	mm^2
A_b	基礎ボルトの軸断面積	mm^2
A_p	サポートの断面積	mm^2
A_{px}，A_{pz}	サポートのせん断断面積	mm^2
A_{si}*3	ラックのせん断断面積	mm^2
C_H	水平方向設計震度	―
C_V	鉛直方向設計震度	―
d	基礎ボルトの呼び径	mm
E	縦弾性係数	MPa
F	設計・建設規格　SSB-3121.1(1)に定める値	MPa
F*	設計・建設規格　SSB-3121.3 又は SSB-3133 に定める値	MPa
F_a	ラックに働く軸力	N
F_i*3	ラックに働くせん断力	N
F_{yB}	ベース底部に働くせん断力	N
F_{yG}	ラック重心位置に働くせん断力	N
F_{yi}*3	サポート部に働く軸力	N
F_{xi}，F_{zi}*3	サポート部に働くせん断力	N
f_{1i}，f_{2i}*3	底部基礎ボルトに働く引張力（1 本当たり）	N
f_s	部材の許容せん断応力	MPa
f_{sb}	せん断力のみを受ける基礎ボルトの許容せん断応力	MPa
f_t	部材の許容引張応力	MPa
f_{to}	引張力のみを受ける基礎ボルトの許容引張応力	MPa
f_{ts}	引張力とせん断力を同時に受ける基礎ボルトの許容引張応力	MPa
G	せん断弾性係数	MPa
g	重力加速度（＝9.80665）	m/s^2
h_1	破損燃料貯蔵時のラック重心高さ（応力評価時に使用）	mm
h_2	破損燃料貯蔵時のラック重心からサポートまでの高さ（応力評価時に使用）	mm
h_3	サポート高さ	mm
h_{x1}	破損燃料貯蔵時のラック重心高さ（X方向の固有周期計算時に使用）	mm
h_{y1}	破損燃料貯蔵時のラック重心高さ（Y方向の固有周期計算時に使用）	mm
h_{y2}	破損燃料貯蔵時のラック重心からサポートまでの高さ（Y方向の固有周期計算時に使用）	mm
h_{z1}	破損燃料貯蔵時のラック重心高さ（Z方向の固有周期計算時に使用）	mm
I_x	ラックの断面二次モーメント（X軸回り）	mm^4
I_y	ラックの断面二次モーメント（Y軸回り）	mm^4

記号	記号の説明	単位
K_i *3	ラックのばね定数	N/mm
K_z	ラックのばね定数（Z方向の固有周期計算時に使用）	N/mm
ℓ	サポート取付部からサポート重心までの水平距離	mm
ℓ_{gi} *3	ベース端からラック重心までの距離	mm
ℓ_1，ℓ_2，ℓ_3，ℓ_4	サポート部基礎ボルトの中心からプレート先端までの距離	mm
ℓ_{1i}，ℓ_{2i} *3	ベース端から底部基礎ボルトまでの距離	mm
ℓ_s	サポート中心からラックによるサポート反力発生点までの距離	mm
M_i *3	ラックの転倒モーメント	N･mm
M_{xB}	ベース底部の転倒モーメント	N･mm
M_{xG}	ラック重心位置の転倒モーメント	N･mm
M_{xi}，M_{zi} *3	サポート部に働くモーメント	N･mm
m	破損燃料貯蔵時のラックの全質量（応力評価時に使用）	kg
m_a	破損燃料貯蔵時のラックの全質量（固有周期計算時に使用）	kg
m_c	破損燃料コンテナの質量	kg
m_F	破損燃料の質量	kg
m_R	ラックの質量	kg
m_s	サポートの全質量	kg
m_{sa}	サポートの質量	kg
m_{sth}	サポートの排除水質量*1	kg
m_{th}	ラックの排除水質量*1	kg
m_{vi} *3	ラックの付加質量*2	kg
m_{vz}	ラックの付加質量*2（Z方向）	kg
m_w	ラックに含まれる水の質量	kg
N_{pm}	M_{xi}，M_{zi}により生じる基礎ボルト1本当たりの最大引張力	N
n	底部及びサポート部基礎ボルトの全本数	—
n_{1i}，n_{2i} *3	各部の底部基礎ボルトの本数	—
R	ラックによるサポート反力	N
S_u	設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表9に定める値	MPa
S_y	設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表8に定める値	MPa
S_y（RT）	設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表8に定める材料の40℃における値	MPa
T_i *3	固有周期	s
T_z	固有周期（Z方向）	s
Z_x	ラックの断面係数（X軸回り）	mm^3
Z_y	ラックの断面係数（Y軸回り）	mm^3
Z_{px}，Z_{pz}	サポートの断面係数	mm^3
σ_b	基礎ボルトに生じる引張応力	MPa
σ_{fa}	部材に生じる組合せ応力	MPa

記号	記号の説明	単位
σ_{ft}	部材に生じる引張応力	MPa
τ_b	基礎ボルトに生じるせん断応力	MPa
τ_f	部材に生じるせん断応力	MPa

注記＊1：排除水質量とは，機器が流体中にある場合に，機器が排除する流体の質量であり，ラックの質量として考慮する，貯蔵物，ラック自身，ラックに含まれる水が占める体積分の水に相当する質量を示す。

＊2：付加質量とは，機器が流体中で加速度を受けた場合に質量が増加したような効果を模擬した，機器の形状により定まる仮想質量をいう。

＊3：A_{si}，F_i，F_{yi}，F_{xi}，F_{zi}，f_{1i}，f_{2i}，K_i，ℓ_{gi}，ℓ_{1i}，ℓ_{2i}，M_i，M_{xi}，M_{zi}，m_{vi}，n_{1i}，n_{2i}及びT_iの添字ｉの意味は，以下のとおりとする。

ｉ＝ｘ：Ｘ方向（長辺方向）

ｉ＝ｙ：Ｙ方向（短辺方向）

2.5　計算精度と数値の丸め方

精度は，有効数字6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は表2－2に示すとおりとする。

表2－2　表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期	s	小数点以下第4位	四捨五入	小数点以下第3位
震度	―	小数点以下第3位	切上げ	小数点以下第2位
周囲環境温度	℃	―	―	整数位
質量	kg	―	―	整数位
長さ	mm	―	―	整数位*1
面積	mm^2	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
力	N	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
モーメント	N･mm	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
算出応力	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
許容応力*3	MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位

注記＊1：設計上定める値が小数点以下第1位の場合は，小数点以下第1位表示とする。

＊2：絶対値が1000以上のときはべき数表示とする。

＊3：設計・建設規格　付録材料図表に記載された温度の中間における引張強さ及び降伏点は，比例法により補間した値の小数点以下第1位を切り捨て，整数位までの値とする。

3. 評価部位

ラックの耐震評価は，「5.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき，耐震評価上厳しくなるラック，サポート部材及び基礎ボルトについて実施する。ラックの耐震評価部位については，図 3－1 の構造概要図に示す。ただし，破損燃料コンテナはラックに挿入されているだけであるため，ラックの耐震評価の計算に見込むが評価部位とはしない。

なお，サポート部材の評価は，ラック支持点の反力を 1/2 ずつラック両側のサポート部材で受けるものとして評価しており，形状が異なる２種類あるサポート部材について，それぞれ評価を行い，算出応力の大きい方の結果を記載している。

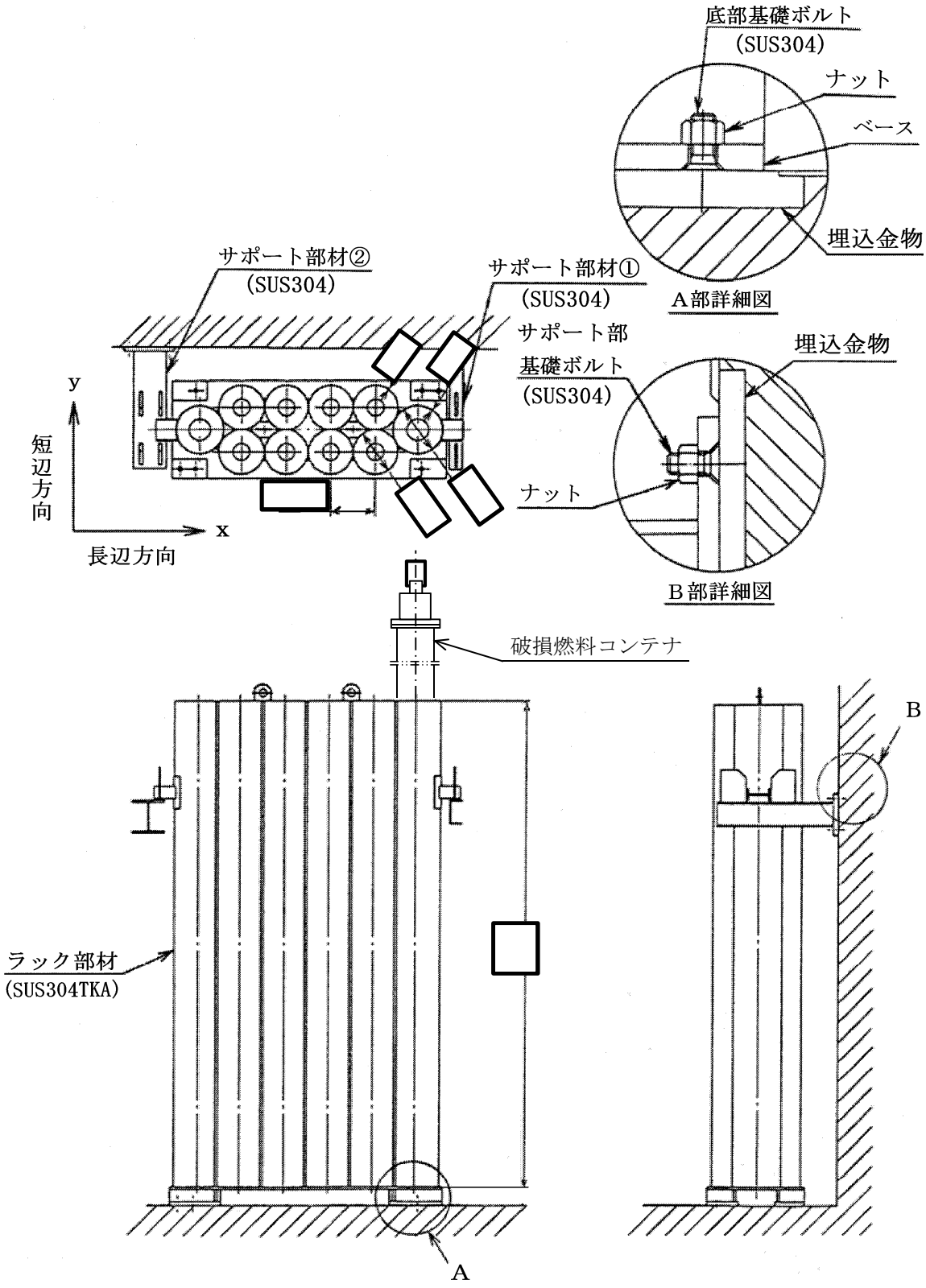


図3－1　構造概要図（単位：mm）

4.　固有周期

4.1　固有周期の計算方法

(1)　ラックの質量は，破損燃料と破損燃料コンテナ 10 体の質量，ラック自身の質量，ラックに含まれる水の質量及び付加質量を考慮した値とする。

(2)　ラックは，ベース底部で基礎ボルトを介し床に完全固定とする。

(3)　変形モードは，曲げたわみとせん断たわみの合成とする。

(4)　ラックは，Ｙ方向の振動に対してサポートにより支持されるものとする。

(5)　耐震計算に用いる寸法は，公称値を使用する。

(6)　本ラックは，各部材をすべて溶接にて接合されており，一体の構造物とみなして，上述より図 4－1 に示すようなラックの重心位置での１質点系の計算モデルと考える。

(7)　図 4－1 に示す１質点系の計算モデルの固有周期は，(4.1.1) 及び (4.1.2) 式より求める。

$$T_i = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m_a + m_{vi}}{1000 \cdot K_i}} \quad \cdots\cdots (4.1.1)$$

（ｉ＝ｘ：Ｘ方向（長辺方向），ｙ：Ｙ方向（短辺方向））

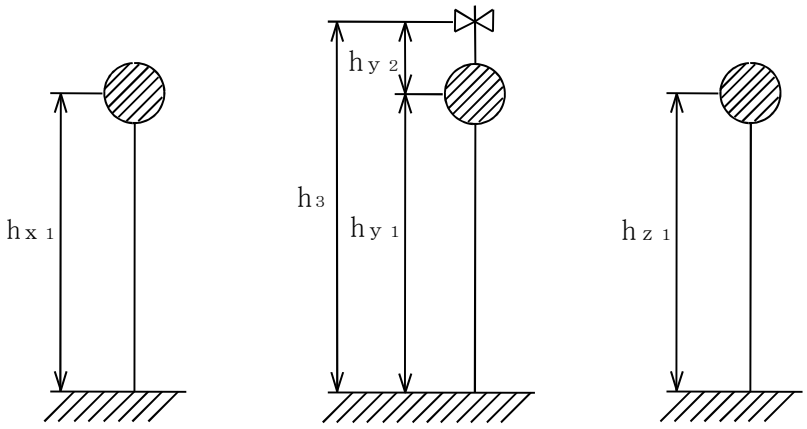
$$T_z = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m_a + m_{vz}}{1000 \cdot K_z}} \quad \cdots\cdots (4.1.2)$$

ただし，ラックのばね定数は，(4.1.3)，(4.1.4) 及び (4.1.5) 式より求める。

$$K_x = \frac{1}{\frac{h_{x1}^3}{3 \cdot E \cdot I_y} + \frac{h_{x1}}{A_{sx} \cdot G}} \quad \cdots\cdots (4.1.3)$$

$$K_y = \frac{1}{\frac{h_{y2}^2 \cdot h_{y1}^3 \cdot (4 \cdot h_{y2} + 3 \cdot h_{y1})}{12 \cdot E \cdot I_x \cdot h_3^3} + \frac{h_{y2} \cdot h_{y1}}{A_{sy} \cdot G \cdot h_3}} \quad \cdots\cdots (4.1.4)$$

$$K_z = \frac{A \cdot E}{h_{z1}} \quad \cdots\cdots (4.1.5)$$



Ｘ方向（長辺方向）　Ｙ方向（短辺方向）　Ｚ方向（鉛直方向）

図 4－1　計算モデル

4.2　固有周期の計算条件

固有周期の計算に用いる計算条件は，本計算書の【制御棒・破損燃料貯蔵ラックの耐震性についての計算結果】の機器要目に示す。

4.3　固有周期の計算結果

固有周期の計算結果を表 4－1 に示す。計算の結果，固有周期は 0.05 秒以下であり，剛であることを確認した。

表 4－1　固有周期　（単位：s）

	固有周期
X方向（長辺方向）	
Y方向（短辺方向）	
Z方向（鉛直方向）	

5. 構造強度評価

5.1 構造強度評価方法

4.1 項(5)のほか，次の条件で計算する。

(1) ラックは，原子炉建屋の使用済燃料貯蔵プールの底部（T.M.S.L.19.88m）に基礎ボルトで固定し，更に壁からのサポートで支持されるものとする。

(2) ラックの質量は，破損燃料と破損燃料コンテナ 10 体の質量，ラック自身の質量及びラックに含まれる水の質量とする。また，更に精緻に評価するため，排除水質量（水中に設置される機器が排除する水の質量）の減算を考慮する。

(3) 地震力は，ラックに対して水平方向から作用するものとする。ここで水平方向地震力は，ラックの長辺方向に作用する場合と短辺方向に作用する場合を考慮する。

また，鉛直方向地震力は，水平方向地震力と同時に不利な方向に作用するものとする。

5.2 荷重の組合せ及び許容応力

5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

ラックの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 5－1 に示す。

5.2.2 許容応力

ラックの許容応力は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 5－2 のとおりとする。

5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

ラックの使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 5－3 に示す。

表5－1　荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設	使用済燃料貯蔵設備	制御棒・破損燃料貯蔵ラック	S	—*	D＋P_D＋M_D＋S d*	ⅢAS
					D＋P_D＋M_D＋S s	ⅣAS

注記＊：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表5－2　許容応力（その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2（ボルト等以外）		許容限界*1, *2（ボルト等）	
	一次応力		一次応力	
	引張り	せん断	引張り	せん断
ⅢAS	1.5・f t	1.5・f s	1.5・f t	1.5・f s
ⅣAS	1.5・f t*	1.5・f s*	1.5・f t*	1.5・f s*

注記＊1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

＊2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表5－3　使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件（℃）		S y（MPa）	S u（MPa）	S y（RT）（MPa）
ラック	SUS304TKA	周囲環境温度	66	188	479	205
サポート	SUS304	周囲環境温度	66	188	479	205
基礎ボルト	SUS304	周囲環境温度	66	188	479	205

5.3　設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表5－4に示す。

「弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度」及び「基準地震動Ｓｓ」による地震力は，Ⅴ-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。

表5－4　設計用地震力（設計基準対象施設）

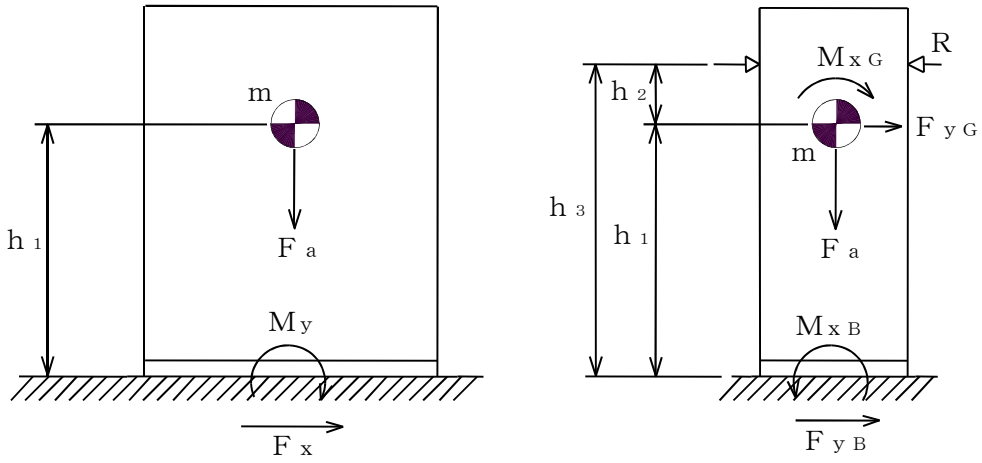
据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
	水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度
原子炉建屋 T.M.S.L.19.88 (T.M.S.L.23.5*)			C_H＝0.78	C_V＝0.56	C_H＝1.21	C_V＝1.12

注記＊：基準床レベルを示す。

5.4　計算方法

5.4.1　ラック部材の応力

部材の荷重状態を図 5－1 に示す。



X方向（長辺方向）　　Y方向（短辺方向）

図 5－1　荷重状態

ラックの全質量は，(5.4.1) 式より破損燃料と破損燃料コンテナ 10 体の質量，ラック自身の質量及びラックに含まれる水の質量の合計から排除水質量を減じて求める。

$$m = m_c + m_F + m_R + m_w - m_{th} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (5.4.1)$$

ここで，m_{th}は排除水質量（水中に設置される機器が排除する水の質量）を示す。

(1)　せん断応力

せん断力F_iにより，部材に生じるせん断応力τ_fは，(5.4.2) 式より求める。

$$\tau_f = \frac{F_i}{A_{si}} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (5.4.2)$$

（i＝x：X方向（長辺方向），y：Y方向（短辺方向））

ここで，ラックに働くせん断力F_iは，(5.4.3)，(5.4.4)，(5.4.5) 及び (5.4.6) 式より求める。

$$F_x = C_H \cdot m \cdot g \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (5.4.3)$$

$$F_y = \mathrm{Max}(F_{yB},\ F_{yG}) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (5.4.4)$$

$$F_{yB} = \frac{C_H \cdot m \cdot g \cdot h_2}{2 \cdot h_3^{\,2}} \cdot (2 \cdot h_2^{\,2} + 6 \cdot h_1 \cdot h_2 + 3 \cdot h_1^{\,2}) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (5.4.5)$$

$$F_{yG} = \frac{C_H \cdot m \cdot g \cdot h_1^{\,2}}{2 \cdot h_3^{\,2}} \cdot (3 \cdot h_2 + 2 \cdot h_1) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (5.4.6)$$

また，サポート反力Rは，F_{yG}に等しい。

(2) 引張応力

軸力F_a及び転倒モーメントM_iにより部材に生じる引張応力σ_{ft}は，(5.4.7) 及び (5.4.8) 式より求める。

$$\sigma_{ft}=\frac{F_a}{A}+\frac{M_y}{Z_y} \quad \cdots\cdots (5.4.7)$$

$$\sigma_{ft}=\frac{F_a}{A}+\frac{M_x}{Z_x} \quad \cdots\cdots (5.4.8)$$

ここで，ラックに働く軸力F_a及びラックの転倒モーメントM_iは，(5.4.9)，(5.4.10)，(5.4.11)，(5.4.12) 及び (5.4.13) 式より求める。

$$F_a=(1+C_V)\cdot m\cdot g \quad \cdots\cdots (5.4.9)$$

$$M_x=\mathrm{Max}(M_{xB},\ M_{xG}) \quad \cdots\cdots (5.4.10)$$

$$M_{xB}=\frac{C_H\cdot m\cdot g\cdot h_1\cdot h_2}{2\cdot h_3^{\,2}}\cdot(2\cdot h_2+h_1) \quad \cdots\cdots (5.4.11)$$

$$M_{xG}=\frac{C_H\cdot m\cdot g\cdot h_2\cdot h_1^{\,2}}{2\cdot h_3^{\,2}}\cdot(3\cdot h_2+2\cdot h_1) \quad \cdots\cdots (5.4.12)$$

$$M_y=F_x\cdot h_1 \quad \cdots\cdots (5.4.13)$$

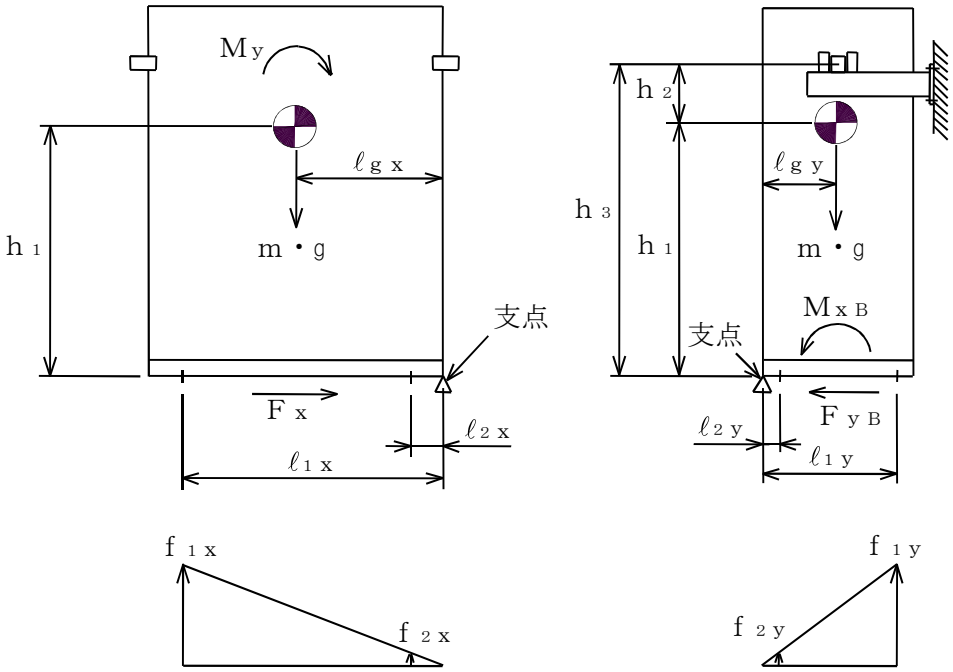
(3) 組合せ応力

部材に生じる組合せ応力σ_{fa}は，(5.4.14) 式より求める。

$$\sigma_{fa}=\sqrt{\sigma_{ft}^{\,2}+3\cdot\tau_f^{\,2}} \quad \cdots\cdots (5.4.14)$$

5.4.2　底部基礎ボルトの応力

基礎ボルトの荷重状態を図 5－2 に示す。



X方向（長辺方向）　　Y方向（短辺方向）

図 5－2　荷重状態

(1)　せん断応力

ベース底部に働くせん断力Ｆｘ又はＦｙＢにより，基礎ボルトに生じるせん断応力τｂは，(5.4.15) 及び (5.4.16) 式より求める。

$$\tau_b = \frac{F_x}{n \cdot A_b} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (5.4.15)$$

$$\tau_b = \frac{F_{yB}}{n \cdot A_b} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (5.4.16)$$

ここで，基礎ボルトの軸断面積Ａｂは (5.4.17) 式より求める。

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (5.4.17)$$

(2) 引張応力

図5－2荷重状態において支点まわりのモーメントの平衡により基礎ボルト1本当たりの引張力f_{1i}，f_{2i}を求める。

$f_{1i} > f_{2i}$の関係にあるのでf_{1i}のみを以下により求める。

ここで，弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度の評価のうち，静的震度を組合せる場合は，(5.4.18)及び(5.4.19)式を，それ以外は(5.4.20)及び(5.4.21)式より求める。

$$f_{1x}=\frac{\ell_{1x}\cdot\{M_y-(1-C_V)\cdot m\cdot g\cdot\ell_{gx}\}}{n_{1x}\cdot\ell_{1x}^{2}+n_{2x}\cdot\ell_{2x}^{2}} \quad \text{(絶対値和法)} \qquad \cdots\cdots (5.4.18)$$

$$f_{1y}=\frac{\ell_{1y}\cdot\{M_{xB}-(1-C_V)\cdot m\cdot g\cdot\ell_{gy}\}}{n_{1y}\cdot\ell_{1y}^{2}+n_{2y}\cdot\ell_{2y}^{2}} \quad \text{(絶対値和法)} \qquad \cdots\cdots (5.4.19)$$

$$f_{1x}=\frac{\ell_{1x}\cdot\{\sqrt{M_y^{2}+(C_V\cdot m\cdot g\cdot\ell_{gx})^{2}}-m\cdot g\cdot\ell_{gx}\}}{n_{1x}\cdot\ell_{1x}^{2}+n_{2x}\cdot\ell_{2x}^{2}} \quad \text{(ＳＲＳＳ法)} \qquad \cdots\cdots (5.4.20)$$

$$f_{1y}=\frac{\ell_{1y}\cdot\{\sqrt{M_{xB}^{2}+(C_V\cdot m\cdot g\cdot\ell_{gy})^{2}}-m\cdot g\cdot\ell_{gy}\}}{n_{1y}\cdot\ell_{1y}^{2}+n_{2y}\cdot\ell_{2y}^{2}} \quad \text{(ＳＲＳＳ法)} \qquad \cdots\cdots (5.4.21)$$

したがって，引張力f_{1i}により基礎ボルトに生じる引張応力σ_bは，(5.4.22)式より求める。

$$\sigma_b=\frac{f_{1i}}{A_b} \qquad \cdots\cdots (5.4.22)$$

（ｉ＝ｘ：Ｘ方向（長辺方向），ｙ：Ｙ方向（短辺方向））

ここで，基礎ボルトの軸断面積A_bは，(5.4.17)式による。

ただし，f_{1i}の値が負となった場合は，引張力が生じないので以後の引張応力の計算は省略する。

5.4.3　サポート部材の応力

サポート部材にかかる荷重状態を図 5－3 に示す。

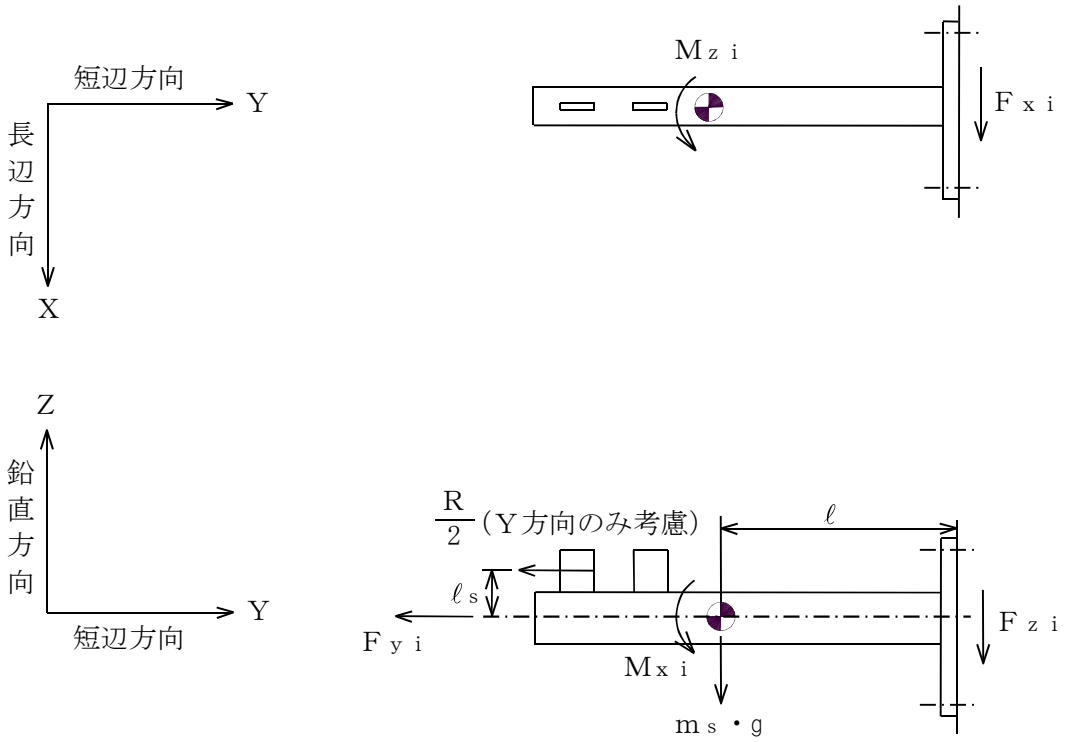


図 5－3　荷重状態

サポートの全質量は，(5.4.23) 式よりサポートの質量から排除水質量を減じて求める。

$$m_s = m_{sa} - m_{sth} \quad \cdots\cdots (5.4.23)$$

ここで，m_{sth}は排除水質量（水中に設置される機器が排除する水の質量）を示す。

(1)　せん断応力

せん断力F_{xi}，F_{zi}により部材に生じるせん断応力τ_fは，(5.4.24) 式より求める。

$$\tau_f = \sqrt{\left(\frac{F_{xi}}{A_{px}}\right)^2 + \left(\frac{F_{zi}}{A_{pz}}\right)^2} \quad \cdots\cdots (5.4.24)$$

（i＝x：X方向（長辺方向），y：Y方向（短辺方向））

ここで，サポート部に働くせん断力は，(5.4.25)，(5.4.26) 及び (5.4.27) 式より求める。

$$F_{xx} = C_H \cdot m_s \cdot g \quad \cdots\cdots (5.4.25)$$

$$F_{xy} = 0 \quad \cdots\cdots (5.4.26)$$

$$F_{zi} = (1 + C_V) \cdot m_s \cdot g \quad \cdots\cdots (5.4.27)$$

（i＝x：X方向（長辺方向），y：Y方向（短辺方向））

(2) 引張応力

軸力F_{yi}及び曲げモーメントM_{xi}，M_{zi}により部材に生じる引張応力σ_{ft}は，(5.4.28) 式より求める。

$$\sigma_{ft}=\frac{F_{yi}}{A_p}+\frac{M_{xi}}{Z_{px}}+\frac{M_{zi}}{Z_{pz}} \quad \cdots\cdots (5.4.28)$$

（i＝x：X方向（長辺方向），y：Y方向（短辺方向））

ここで，サポート部に働く軸力及びモーメントは，(5.4.29)，(5.4.30)，(5.4.31)，(5.4.32)，(5.4.33) 及び (5.4.34) 式より求める。

$$F_{yx}=0 \quad \cdots\cdots (5.4.29)$$

$$F_{yy}=\frac{R}{2}+C_H \cdot m_s \cdot g \quad \cdots\cdots (5.4.30)$$

$$M_{xx}=(1+C_V) \cdot m_s \cdot g \cdot \ell \quad \cdots\cdots (5.4.31)$$

$$M_{xy}=(1+C_V) \cdot m_s \cdot g \cdot \ell+\frac{R}{2} \cdot \ell_s \quad \cdots\cdots (5.4.32)$$

$$M_{zx}=C_H \cdot m_s \cdot g \cdot \ell \quad \cdots\cdots (5.4.33)$$

$$M_{zy}=0 \quad \cdots\cdots (5.4.34)$$

(3) 組合せ応力

組合せ応力σ_{fa}は，(5.4.35) 式より求める。

$$\sigma_{fa}=\sqrt{\sigma_{ft}^2+3 \cdot \tau_f^2} \quad \cdots\cdots (5.4.35)$$

5.4.4　サポート部基礎ボルトの応力

基礎ボルトに作用する引張力Ｆｙｉ，せん断力Ｆｘｉ，Ｆｚｉ及び曲げモーメントＭｘｉ，Ｍｚｉの荷重状態を図5－4に示す。

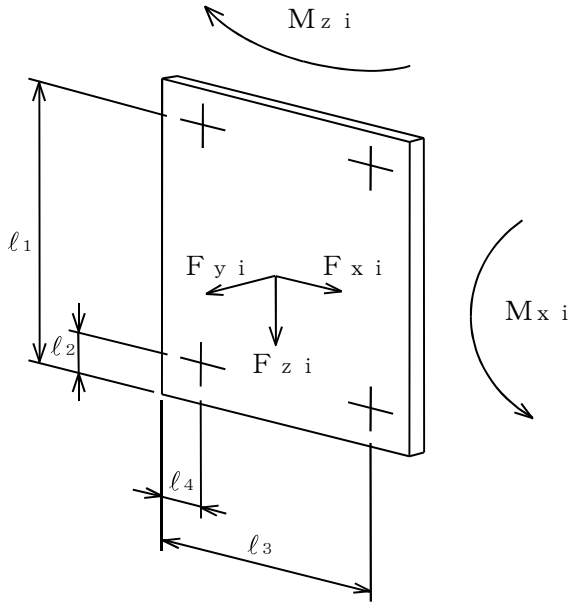


図5－4　荷重状態

(1)　せん断応力

せん断力Ｆｘｉ，Ｆｚｉにより基礎ボルトに生じるせん断応力τｂは，(5.4.36）式より求める。

$$\tau_b = \frac{\sqrt{F_{xi}{}^2 + F_{zi}{}^2}}{n \cdot A_b} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (5.4.36)$$

（ｉ＝ｘ：Ｘ方向（長辺方向），ｙ：Ｙ方向（短辺方向））

ここで，基礎ボルトの軸断面積Ａｂは，(5.4.17）式による。

(2)　引張応力

曲げモーメントＭｘｉ，Ｍｚｉにより生じる基礎ボルト1本当たりの最大引張力Ｎｐｍ及び軸力Ｆｙｉにより生じる基礎ボルトの引張応力σｂは，(5.4.37）式より求める。

$$\sigma_b = \frac{N_{pm}}{A_b} + \frac{F_{yi}}{n \cdot A_b} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (5.4.37)$$

（ｉ＝ｘ：Ｘ方向（長辺方向），ｙ：Ｙ方向（短辺方向））

ここで，基礎ボルトの軸断面積Ａｂは，(5.4.17）式による。

また，基礎ボルト1本当たりの最大引張力は以下により求める。

ただし，弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度の評価のうち，静的震度を組合せる場合は，(5.4.38）式を，それ以外は（5.4.39）式より求める。

$$N_{pm}=\frac{\ell_1\cdot M_{xi}}{2\cdot(\ell_1^{\,2}+\ell_2^{\,2})}+\frac{\ell_3\cdot M_{zi}}{2\cdot(\ell_3^{\,2}+\ell_4^{\,2})}$$ （絶対値和法）

$$\cdots\cdots\cdots

5.5　計算条件

応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【制御棒・破損燃料貯蔵ラックの耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

5.6　応力の評価

5.6.1　部材の応力評価

5.4.1 項及び 5.4.3 項で求めた各部材の引張応力 σ_{ft} 及び組合せ応力 σ_{fa} が，許容引張応力 f_t 以下であること。

また，5.4.1 項及び 5.4.3 項で求めた各部材のせん断応力 τ_f が，許容せん断応力 f_s 以下であること。ただし，f_t 及び f_s は下表による。

	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度による荷重との組合せの場合	基準地震動Ｓｓによる荷重との組合せの場合
許容引張応力 f_t	$\frac{F}{1.5}\cdot 1.5$	$\frac{F^*}{1.5}\cdot 1.5$
許容せん断応力 f_s	$\frac{F}{1.5\cdot\sqrt{3}}\cdot 1.5$	$\frac{F^*}{1.5\cdot\sqrt{3}}\cdot 1.5$

5.6.2　基礎ボルトの応力評価

5.4.2 項及び 5.4.4 項で求めた基礎ボルトの引張応力 σ_b は次式より求めた許容引張応力 f_{ts} 以下であること。ただし，f_{to} は下表による。

$$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau_b,\ f_{to}] \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (5.6.1)$$

また，5.4.2 項及び 5.4.4 項で求めた基礎ボルトのせん断応力 τ_b が，せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力 f_{sb} 以下であること。ただし，f_{sb} は下表による。

	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度による荷重との組合せの場合	基準地震動Ｓｓによる荷重との組合せの場合
許容引張応力 f_{to}	$\frac{F}{2}\cdot 1.5$	$\frac{F^*}{2}\cdot 1.5$
許容せん断応力 f_{sb}	$\frac{F}{1.5\cdot\sqrt{3}}\cdot 1.5$	$\frac{F^*}{1.5\cdot\sqrt{3}}\cdot 1.5$

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

ラックの設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

【制御棒・破損燃料貯蔵ラックの耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度		
制御棒・破損燃料貯蔵ラック	S	原子炉建屋 T.M.S.L.19.88 (T.M.S.L.23.5*)			C_H＝0.78	C_V＝0.56	C_H＝1.21	C_V＝1.12	—	66

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 固有周期の計算に用いる要目

m_a (kg)	m_c (kg)	m_F (kg)	m_R (kg)	m_w (kg)	m_{vx} (kg)	m_{vy} (kg)	m_{vz} (kg)	A (mm^2)	A_{sx} (mm^2)	A_{sy} (mm^2)	I_x (mm^4)	I_y (mm^4)
								3.653×10^4	1.827×10^4	1.827×10^4	8.648×10^8	7.047×10^9

E* (MPa)	G* (MPa)	h_{x1} (mm)	h_{y1} (mm)	h_{z1} (mm)	h_{y2} (mm)	h_3 (mm)
192000	73800	2136	1897	2295	641	2538

注記＊：周囲環境温度（66℃）で算出

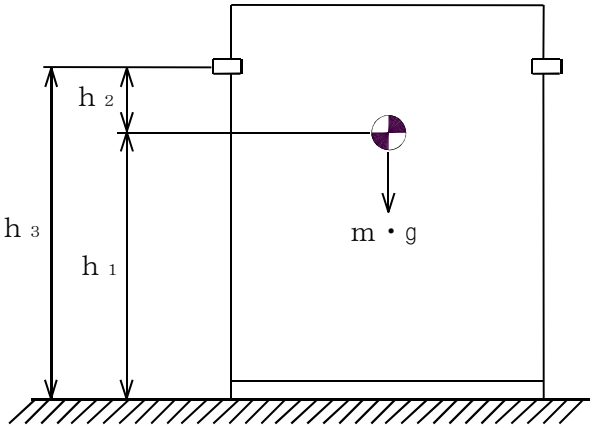
1.2.2 部材の応力評価に用いる要目

m (kg)	m_c (kg)	m_F (kg)	m_R (kg)	m_w (kg)	m_{th} (kg)	m_s (kg)	m_{sa} (kg)	m_{sth} (kg)	A (mm^2)	A_{sx} (mm^2)	A_{sy} (mm^2)
									3.653×10^4	1.827×10^4	1.827×10^4

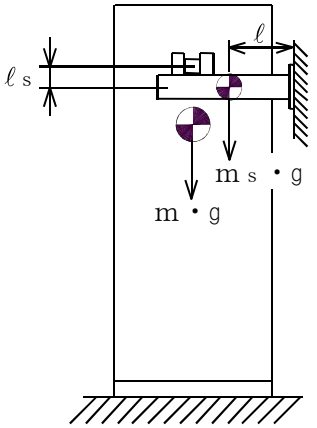
A_p (mm^2)	A_{px} (mm^2)	A_{pz} (mm^2)	Z_x (mm^3)	Z_y (mm^3)	Z_{px} (mm^3)	Z_{pz} (mm^3)	h_1 (mm)	h_2 (mm)	h_3 (mm)	ℓ_s (mm)	ℓ (mm)
2.538×10^3	948.1	1.131×10^3	3.149×10^6	8.632×10^6	1.126×10^5	2.510×10^4	2183	355	2538	138	261

	材料	S_y*1 (MPa)	S_u*1 (MPa)	S_y（RT） (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
ラック	SUS304TKA	188	479	205	205	205
サポート	SUS304					

注記＊1：周囲環境温度（66℃）で算出



X方向（長辺方向）



Y方向（短辺方向）

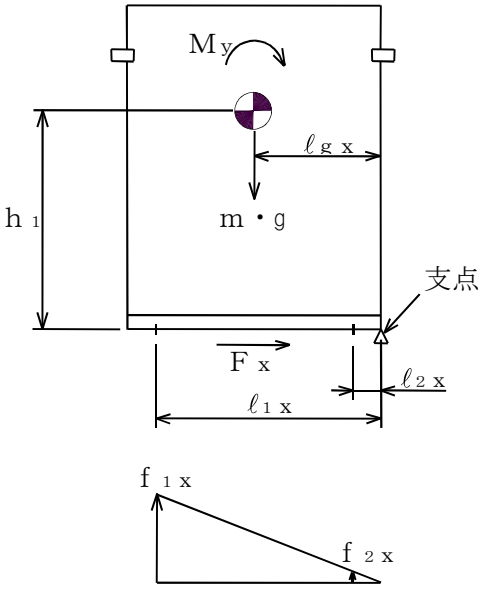
1.2.3 基礎ボルトの応力評価に用いる要目

m (kg)	m_s (kg)	m_{sa} (kg)	m_{sth} (kg)	d (mm)		A_b (mm^2)		ℓ_{1x} (mm)	ℓ_{2x} (mm)	ℓ_{1y} (mm)	ℓ_{2y} (mm)
				底部基礎ボルト	サポート部基礎ボルト	底部基礎ボルト	サポート部基礎ボルト				
				24 (M24)	16 (M16)	452.4	201.1	1535	150	540	60

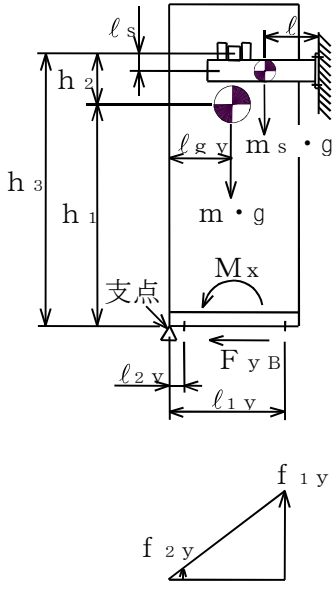
ℓ (mm)	ℓ_s (mm)	ℓ_1 (mm)	ℓ_2 (mm)	ℓ_3 (mm)	ℓ_4 (mm)	ℓ_{gx} (mm)	ℓ_{gy} (mm)	n	n_{1x}	n_{2x}	n_{1y}	n_{2y}
268	163	332.5	52.5	332.5	52.5	842.5	300	4	2	2	2	2

基礎ボルト材料	S_y*1 (MPa)	S_u*1 (MPa)	S_y (RT) (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
SUS304	188	479	205	205	205

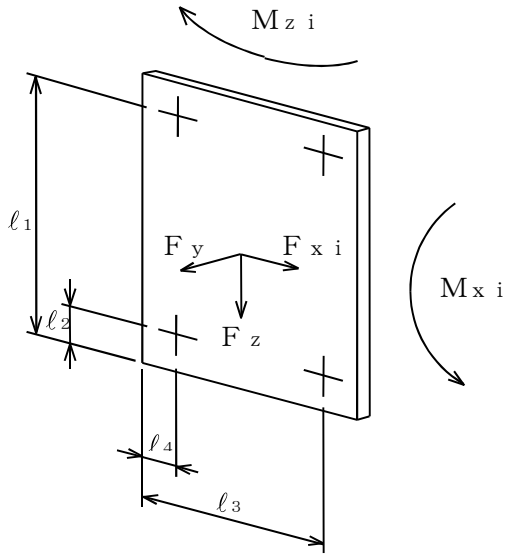
注記＊1：周囲環境温度（66℃）で算出



X方向（長辺方向）



Y方向（短辺方向）



1.3　計算数値

1.3.1　部材に生じる応力　　（単位：MPa）

部材	応力の種類	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
		Ｘ方向	Ｙ方向	Ｘ方向	Ｙ方向
ラック	引張り σ_{ft}	11	5	16	8
	せん断 τ_{f}	2	2	3	3
	組合せ σ_{fa}	11	6	17	9
サポート	引張り σ_{ft}	4	23	6	35
	せん断 τ_{f}	1	1	1	1
	組合せ σ_{fa}	4	23	6	35

1.3.2　基礎ボルトに生じる応力　　（単位：MPa）

基礎ボルト	応力の種類	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
		Ｘ方向	Ｙ方向	Ｘ方向	Ｙ方向
底部	引張り σ_{b}	41	1	60	9
	せん断 τ_{b}	19	4	29	6
サポート部	引張り σ_{b}	3	67	3	104
	せん断 τ_{b}	2	2	2	2

1.4　結論

1.4.1　部材に生じる応力　　(単位：MPa)

部材	材料	応力の種類	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
ラック	SUS304TKA	引張り	σ_{ft}＝11	f_t＝205	σ_{ft}＝16	f_t＝205
		せん断	τ_f ＝ 2	f_s＝118	τ_f ＝ 3	f_s＝118
		組合せ	σ_{fa}＝11	f_t＝205	σ_{fa}＝17	f_t＝205
サポート	SUS304	引張り	σ_{ft}＝23	f_t＝205	σ_{ft}＝35	f_t＝205
		せん断	τ_f ＝ 1	f_s＝118	τ_f ＝ 1	f_s＝118
		組合せ	σ_{fa}＝23	f_t＝205	σ_{fa}＝35	f_t＝205

すべて許容応力以下である。

1.4.2　基礎ボルトに生じる応力　　(単位：MPa)

基礎ボルト	材料	応力の種類	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
底部	SUS304	引張り	σ_b＝41	f_{ts}＝153*	σ_b＝ 60	f_{ts}＝153*
		せん断	τ_b＝19	f_{sb}＝118	τ_b＝ 29	f_{sb}＝118
サポート部		引張り	σ_b＝67	f_{ts}＝153*	σ_b＝104	f_{ts}＝153*
		せん断	τ_b＝ 2	f_{sb}＝118	τ_b＝ 2	f_{sb}＝118

すべて許容応力以下である。　　注記＊：f_{ts}＝Min[1.4・f_{to}－1.6・τ_b, f_{to}]

Ⅴ-2-4-2　使用済燃料貯蔵設備の耐震性についての計算書

Ⅴ-2-4-2-1　使用済燃料貯蔵プール及びキャスクピットの耐震性についての計算書

目　次

1.　概要 ····· 1
2.　基本方針 ····· 2
2.1　位置 ····· 2
2.2　構造概要 ····· 3
2.3　評価方針 ····· 7
2.4　適用規格・基準等 ····· 10
3.　応力解析による評価方法 ····· 11
3.1　評価対象部位及び評価方針 ····· 11
3.2　荷重及び荷重の組合せ ····· 13
3.2.1　荷重 ····· 13
3.2.2　荷重の組合せ ····· 25
3.3　許容限界 ····· 26
3.4　解析モデル及び諸元 ····· 28
3.4.1　モデル化の基本方針 ····· 28
3.4.2　解析諸元 ····· 33
3.4.3　材料構成則 ····· 34
3.5　評価方法 ····· 36
3.5.1　応力解析方法 ····· 36
3.5.2　断面の評価方法 ····· 43
4.　評価結果 ····· 51
4.1　Ｓｄ地震時 ····· 51
4.2　Ｓｓ地震時，（異常＋Ｓｄ地震）時及び（異常＋Ｓｓ地震）時 ····· 51
5.　引用文献 ····· 70

別紙　鉄筋コンクリート構造物の重大事故等時の高温による影響（使用済燃料貯蔵プール及びキャスクピット）

1. 概要

本資料は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき，使用済燃料貯蔵プール及びキャスクピットの地震時の構造強度及び機能維持の確認について説明するものであり，その評価は，応力解析による評価により行う。

使用済燃料貯蔵プール及びキャスクピットは，設計基準対象施設においては「Ｓクラスの施設」に，重大事故等対処施設においては「常設耐震重要重大事故防止設備」及び「常設重大事故緩和設備」に分類される。

以下，それぞれの分類に応じた耐震評価を示す。

2.　基本方針

2.1　位置

使用済燃料貯蔵プール及びキャスクピットは原子炉建屋の一部を構成している。使用済燃料貯蔵プール及びキャスクピットを含む原子炉建屋の設置位置を図 2－1 に示す。

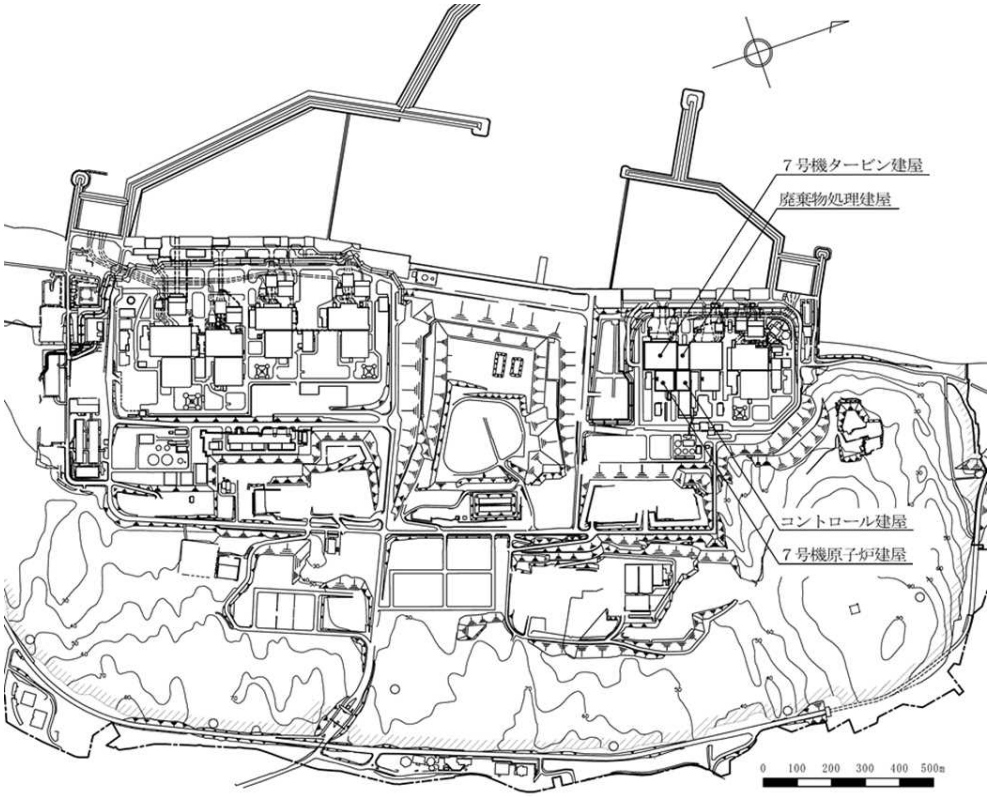


図 2－1　使用済燃料貯蔵プール及びキャスクピットを含む原子炉建屋の設置位置

2.2　構造概要

使用済燃料貯蔵プール及びキャスクピットは原子炉建屋の燃料取替床（T.M.S.L.*31.7m）付近に位置する鉄筋コンクリート構造物で，使用済燃料，制御棒及び使用済燃料輸送容器が収容される。

使用済燃料貯蔵プール内には，収容される機器の遮蔽及び冷却のため常時水が張られている。

使用済燃料貯蔵プール内面はステンレス鋼でライニングされており，漏水を防ぐとともに，保守，点検についても考慮されている。なお，原子力発電所耐震設計技術指針ＪＥＡＧ４６０１－1987（（社）日本電気協会）に基づき，鋼製ライナは耐漏洩機能を，鉄筋コンクリート部分は支持機能を有する。

また，原子炉ウェルをはさんで使用済燃料貯蔵プールの反対側には，燃料交換時に蒸気乾燥器と気水分離器を仮置きする蒸気乾燥器・気水分離器ピットがある。（以下，使用済燃料貯蔵プール，キャスクピット，原子炉ウェル及び蒸気乾燥器・気水分離器ピットのすべてを示す場合は，これを「プール部」という。）

プール部は，鉄筋コンクリート製原子炉格納容器（以下「RCCV」という。）及び外壁に支持された一体構造物である。なお，プール部の床面及び壁面の一部は RCCV と共有するが，当該部分については，Ⅴ-2-9-2-1「原子炉格納容器コンクリート部の耐震性についての計算書」に示す。

使用済燃料貯蔵プールの大きさは，内面寸法で平面 17.9m×14.0m，深さ 11.82m，壁厚 2.0m，底面スラブ厚 2.3m であり，キャスクピットの平面寸法は 3.2m×3.2m，壁厚 0.6m で，底面スラブ及び壁の一面はそれぞれ使用済燃料貯蔵プール底面及び壁面と共有する。

使用済燃料貯蔵プール及びキャスクピットを含む原子炉建屋の概略平面図及び概略断面図を図 2－2 及び図 2－3 に，使用済燃料貯蔵プール及びキャスクピット周りの概略平面図及び概略断面図を図 2－4 及び図 2－5 に示す。

注記＊：東京湾平均海面（以下「T.M.S.L.」という。）

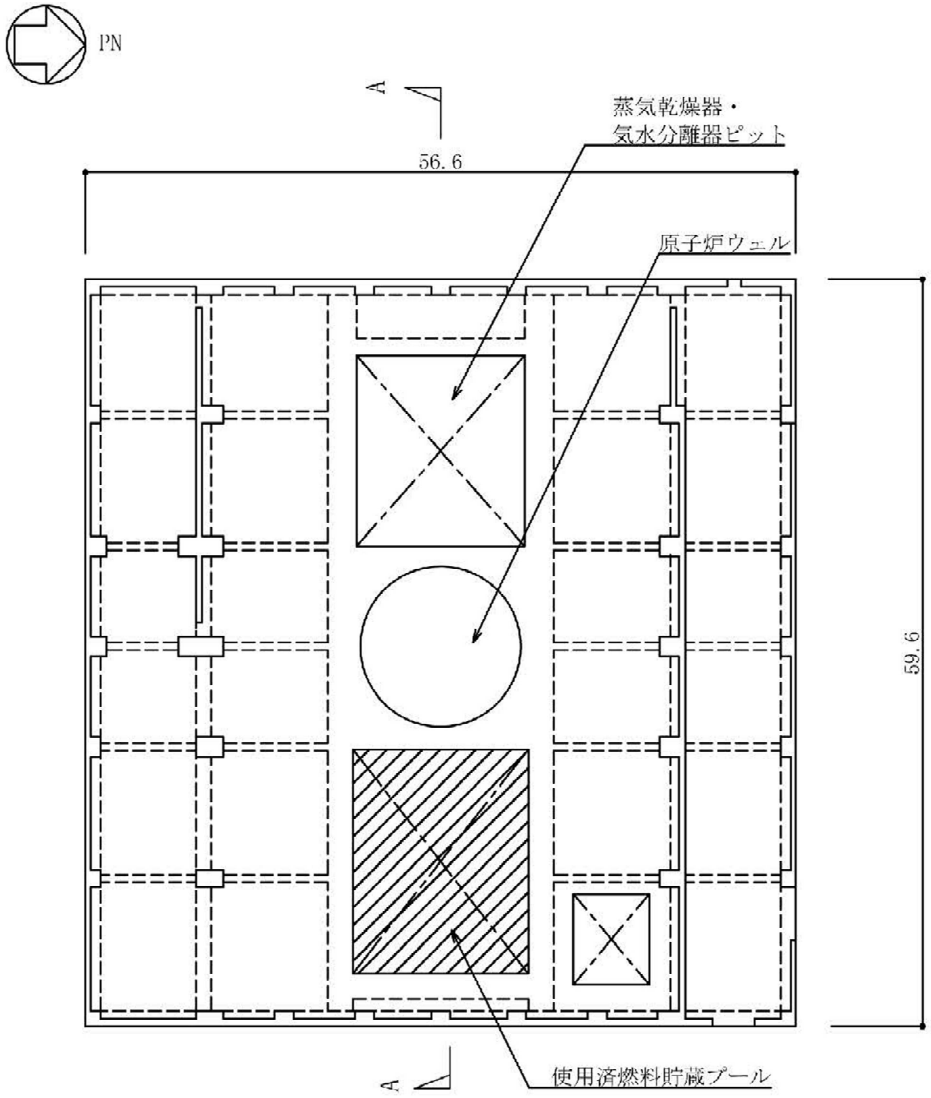
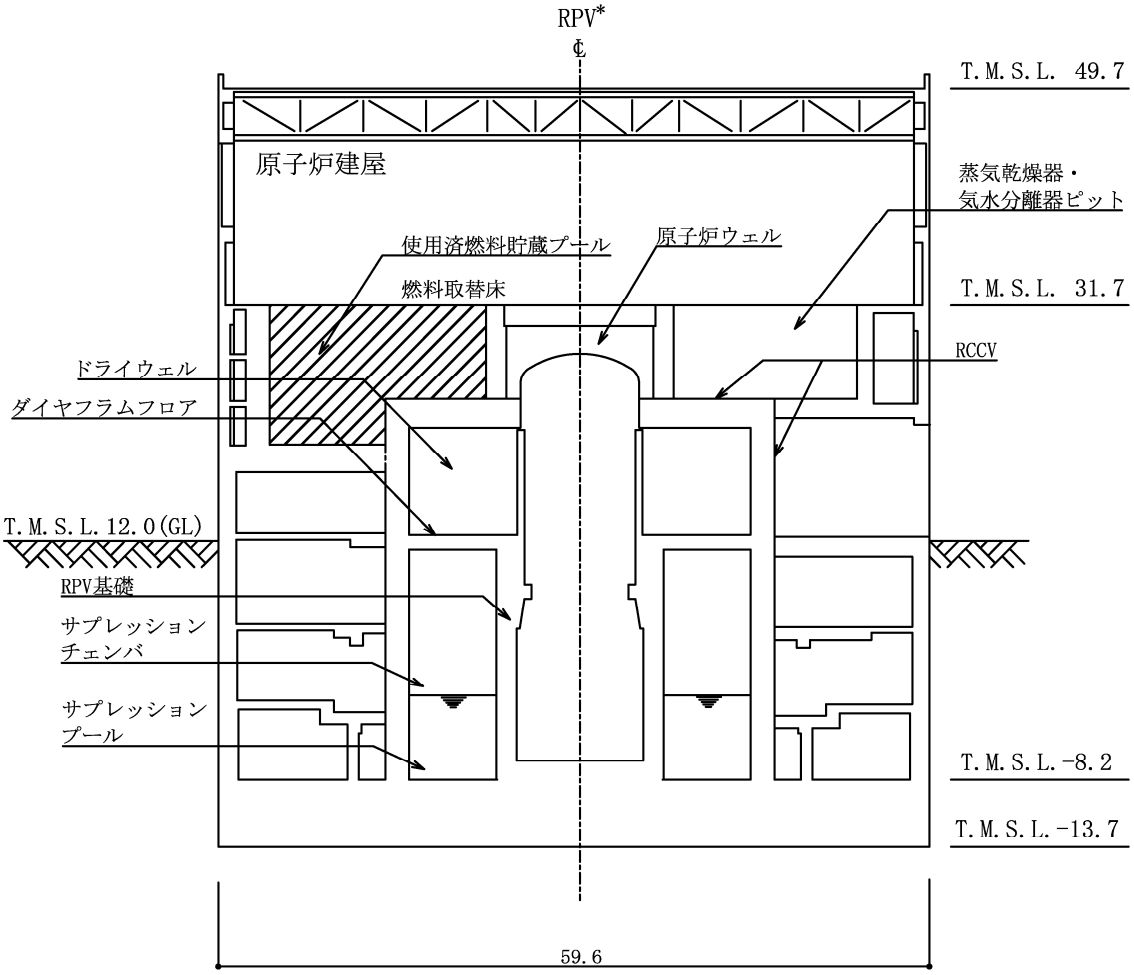


図 2－2　使用済燃料貯蔵プール及びキャスクピットを含む原子炉建屋の概略平面図
（T.M.S.L.31.7m）（単位：m）



注記＊：原子炉圧力容器（以下「RPV」という。）

図 2－3　使用済燃料貯蔵プール及びキャスクピットを含む原子炉建屋の概略断面図
（A-A 断面）（単位：m）

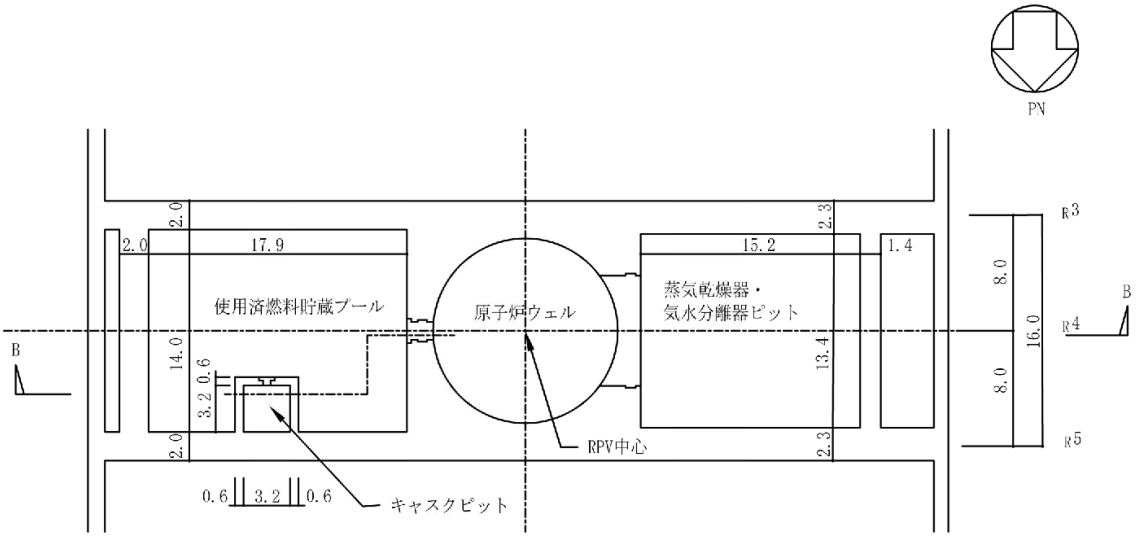


図 2－4　使用済燃料貯蔵プール及びキャスクピット周りの概略平面図（単位：m）

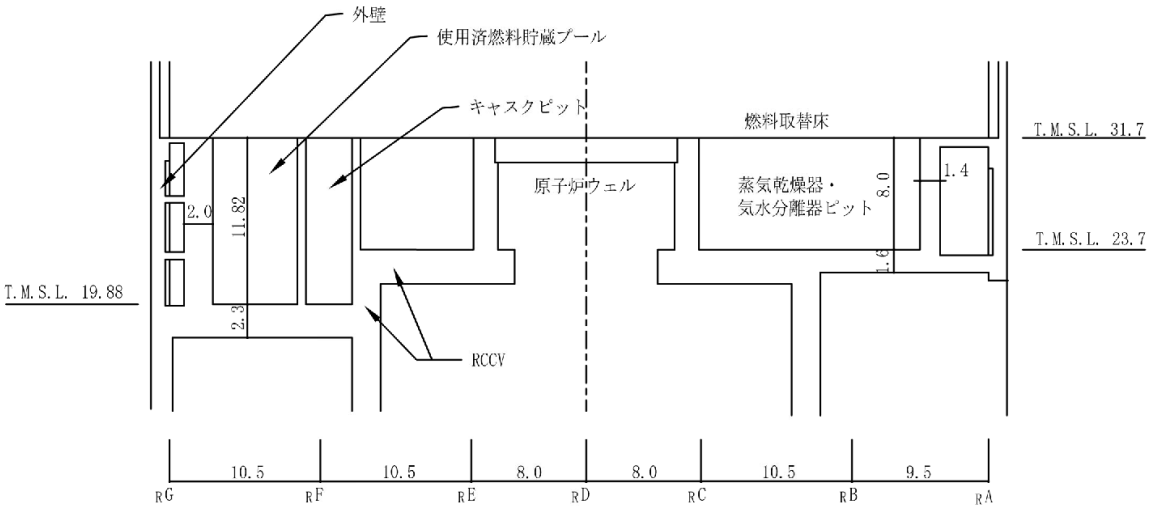


図 2－5　使用済燃料貯蔵プール及びキャスクピット周りの概略断面図
（B-B 断面）（単位：m）

2.3　評価方針

使用済燃料貯蔵プール及びキャスクピットは，設計基準対象施設においては「Ｓクラスの施設」に，重大事故等対処施設においては「常設耐震重要重大事故防止設備」及び「常設重大事故緩和設備」に分類される。

使用済燃料貯蔵プール及びキャスクピットの設計基準対象施設としての評価においては，弾性設計用地震動Ｓｄによる地震力又は静的地震力のいずれか大きい方の地震力（以下「Ｓｄ地震時」という。）に対する評価及び基準地震動Ｓｓによる地震力（以下「Ｓｓ地震時」という。）に対する評価を行うこととし，それぞれの評価は，Ⅴ-2-2-1「原子炉建屋の地震応答計算書」の結果を踏まえたものとする。

使用済燃料貯蔵プール及びキャスクピットの評価は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき，以下の 3 つの荷重の組合せに分類し，応力解析による評価において断面の評価を行うことで，使用済燃料貯蔵プール及びキャスクピットの地震時の構造強度の確認を行う。

(1) Ｓｄ地震時

(2) Ｓｓ地震時

(3) （異常＋Ｓｄ地震）時

なお，使用済燃料貯蔵プール及びキャスクピットの地震時の構造強度の確認には，地震応答解析による評価においてせん断ひずみ及び保有水平耐力の評価が必要であるが，使用済燃料貯蔵プール及びキャスクピットが原子炉建屋の一部であることを踏まえ，原子炉建屋全体としての評価結果をⅤ-2-2-2「原子炉建屋の耐震性についての計算書」に示すこととする。評価にあたっては，Ⅴ-2-2-1「原子炉建屋の地震応答計算書」による材料物性の不確かさを考慮する。表 2－1 に材料物性の不確かさを考慮する解析ケースを示す。

また，重大事故等対処施設としての評価においては，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき，上記の(2)及び(3)に以下の(4)を加えた 3 つの荷重の組合せに分類し，応力解析による評価において断面の評価を行うことで，使用済燃料貯蔵プール及びキャスクピットの地震時の構造強度の確認を行う。

(4) （異常＋Ｓｓ地震）時

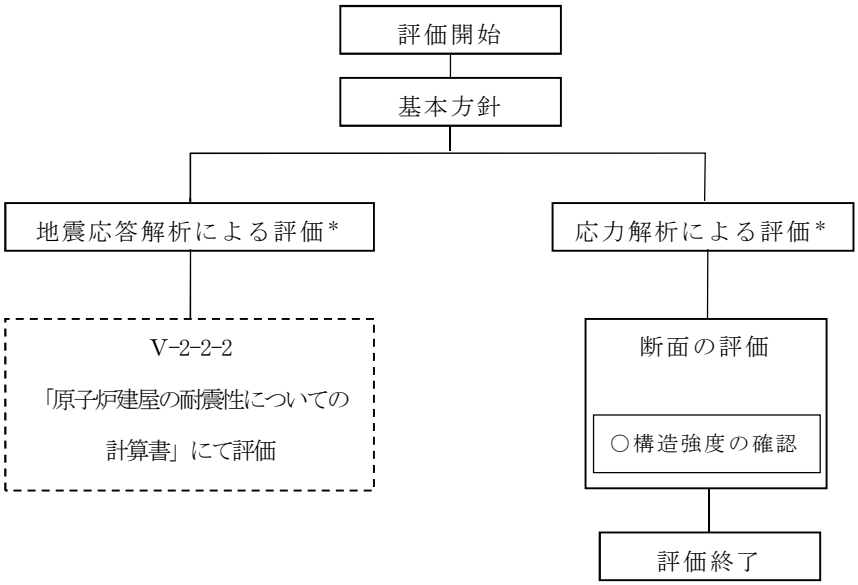
ここで，使用済燃料貯蔵プール及びキャスクピットにおける(2)及び(3)の荷重の組合せでは，運転時，設計基準事故時の状態において，温度の条件が異なるが，コンクリートの温度が上昇した場合においても，コンクリートの圧縮強度の低下は認められず，剛性低下は認められるがその影響は小さいと考えられる（別紙「鉄筋コンクリート構造物の重大事故等時の高温による影響（使用済燃料貯蔵プール及びキャスクピット）」参照）こと，また，「発電用原子力設備規格　コンクリート製原子炉格納容器規格」では部材内の温度差及び拘束力により発生する熱応力は自己拘束的な応力であり十分な塑性変形能力がある場合は終局耐力に影響しないこととされていることから，

重大事故等対処施設としての評価は，設計基準対象施設としての評価と同一となる。

使用済燃料貯蔵プール及びキャスクピットの評価フローを図 2－6 に示す。

表 2－1　材料物性の不確かさを考慮する解析ケース

検討ケース	コンクリート剛性	回転ばね定数	地盤剛性	備考
①ケース1 （工認モデル）	実強度 （43.1N/mm^2）	100%	標準地盤	基本ケース
②ケース2 （建屋剛性＋σ， 地盤剛性＋σ）	実強度＋σ （46.0N/mm^2）	100%	標準地盤＋σ （新期砂層+13%， 古安田層+25%， 西山層+10%）	
③ケース3 （建屋剛性－σ， 地盤剛性－σ）	実強度－σ （40.2N/mm^2）	100%	標準地盤－σ （新期砂層-13%， 古安田層-25%， 西山層-10%）	
④ケース4 （建屋剛性コア平均）	実強度 （コア平均） （55.7N/mm^2）	100%	標準地盤	
⑤ケース5 （建屋剛性－2σ）	実強度－2σ （37.2N/mm^2）	100%	標準地盤	
⑥ケース6 （回転ばね低減）	実強度 （43.1N/mm^2）	50%	標準地盤	



注記＊：Ⅴ-2-2-1「原子炉建屋の地震応答計算書」の結果を踏まえた評価を行う。

図 2－6　使用済燃料貯蔵プール及びキャスクピットの評価フロー

2.4 適用規格・基準等

本評価において，適用する規格・基準等を以下に示す。

・建築基準法・同施行令

・鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説　－許容応力度設計法－（（社）日本建築学会，1999 改定）（以下「RC 規準」という。）

・原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（（社）日本建築学会，2005 制定）（以下「RC-N 規準」という。）

・原子力発電所耐震設計技術指針　重要度分類・許容応力編ＪＥＡＧ４６０１・補－1984（（社）日本電気協会）

・原子力発電所耐震設計技術指針ＪＥＡＧ４６０１－1987（（社）日本電気協会）（以下「ＪＥＡＧ４６０１－1987」という。）

・原子力発電所耐震設計技術指針ＪＥＡＧ４６０１－1991 追補版（（社）日本電気協会）

・発電用原子力設備規格　コンクリート製原子炉格納容器規格（（社）日本機械学会，2003）（以下「CCV 規格」という。）

3. 応力解析による評価方法

3.1 評価対象部位及び評価方針

使用済燃料貯蔵プール及びキャスクピットの応力解析による評価対象部位は，使用済燃料貯蔵プール及びキャスクピットを構成する壁及び底面スラブとし，3次元FEMモデルを用いた応力解析により評価を行う。3 次元 FEM モデルを用いた応力解析にあたっては，Ⅴ-2-2-1「原子炉建屋の地震応答計算書」及び平成 5 年 6 月 17 日付け 4 資庁第 14562 号にて認可された工事計画の添付資料Ⅳ-2-4-2-1「使用済燃料貯蔵プール(キャスクピットを含む。）の耐震性についての計算書」（以下「既工認」という。）による荷重を用いて，荷重の組合せを行う。

「2.3 評価方針」に示した 4 つの荷重の組合せに対しては，以下の(1)～(3)の方針に基づき断面の評価を行う。また，応力解析による評価フローを図 3－1 に示す。

(1) Ｓｄ地震時に対する評価

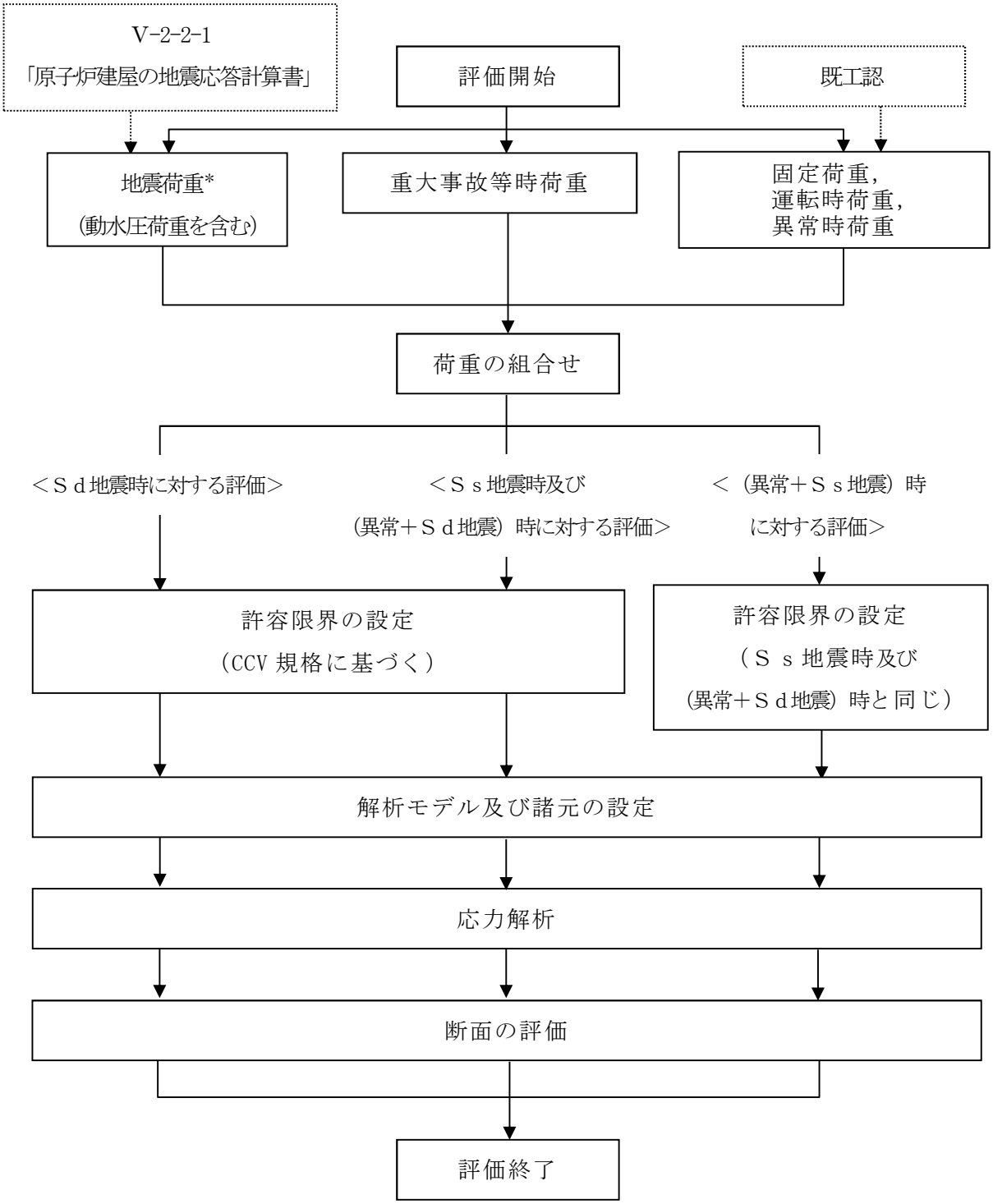
Ｓｄ地震時に対する評価は，使用済燃料貯蔵プール及びキャスクピットについて，地震力と地震力以外の荷重の組合せの結果，発生する応力が，CCV 規格に基づき設定した許容限界を超えないことを確認する。

(2) Ｓｓ地震時及び（異常＋Ｓｄ地震）時に対する評価

Ｓｓ地震時及び（異常＋Ｓｄ地震）時に対する評価は，使用済燃料貯蔵プール及びキャスクピットについて，地震力と地震力以外の荷重の組合せの結果，発生する応力又はひずみが，CCV 規格に基づき設定した許容限界を超えないことを確認する。

(3) （異常＋Ｓｓ地震）時に対する評価

（異常＋Ｓｓ地震）時に対する評価は，使用済燃料貯蔵プール及びキャスクピットについて，地震力と地震力以外の荷重の組合せの結果，発生する応力又はひずみが，(2)と同じものとして設定した許容限界を超えないことを確認する。



注記＊：材料物性の不確かさについては，Ｖ-2-2-1「原子炉建屋の地震応答計算書」に基づき設定する。

図 3－1　応力解析による評価フロー

3.2　荷重及び荷重の組合せ

荷重及び荷重の組合せは，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している荷重及び荷重の組合せを用いる。

3.2.1　荷重

(1)　固定荷重

固定荷重として次のものを考慮する。

a.　死荷重及び活荷重（ＤＬ）

死荷重及び活荷重は，既工認に基づき，次のものを考慮する。

・鉄筋コンクリート構造体の自重・・・・23.5kN/m^3
・使用済燃料貯蔵プールに格納される使用済燃料及びその他の機器重量・・・・153kN/m^2
・使用済燃料貯蔵プールの内容水による静水圧（水面を T.M.S.L.31.7m より 0.31m 下りとする。）・・・・113kN/m^2

(2)　運転時荷重

運転時の状態で作用する荷重として次のものを考慮する。各荷重については，既工認に基づき設定する。（既工認時の温度分布解析については，Ⅴ-2-9-2-1「原子炉格納容器コンクリート部の耐震性についての計算書」の別紙 2「温度分布解析」参照）

a.　運転時圧力（P_1）

運転時において，RCCV の内部と外部の圧力差によって生じる荷重で，次の値とする。

P_1＝13.7kPa

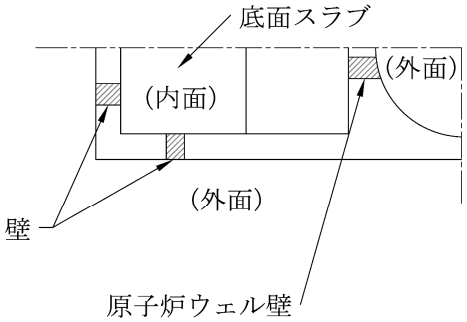
b.　運転時温度荷重（T_1）

運転時において，プール部に生じる温度変化による荷重及びプール部の内部と外部との温度差によって生じる荷重で，内外表面の温度を表3－1のとおり設定する。

表3－1　運転時内外表面温度

（単位：℃）

	季節	位置	使用済燃料貯蔵プール		
			壁	底面スラブ	原子炉ウェル壁
運転時	夏	内面	52.0	52.0	52.0
		外面	42.3	42.0	54.8
	冬	内面	52.0	52.0	52.0
		外面	18.0	17.1	54.6



使用済燃料貯蔵プール

c. 逃がし安全弁作動時荷重（H_1）

逃がし安全弁作動時において，サプレッションプールに考慮する水力学的動荷重は，次の値とする。

H_1＝[redacted]

(3) 異常時荷重

異常発生後，長時間継続する状態における荷重で，次のものとする。各荷重については，既工認に基づき設定する。

a. 異常時圧力（P_2）

異常時において，RCCV の内部と外部との圧力差によって生じる荷重で，表 3－2 に示す値とする。

表 3－2 異常時圧力（P_2）

（単位：kPa）

異常発生後の経過時間	記号	ドライウェル	サプレッションチェンバ
直後	P_{21}	248	177

(4) 重大事故等時荷重

重大事故等時の状態で施設に作用する荷重のうち長期的な荷重として次のものを考慮する。

a. 重大事故等時圧力（P_{SALL}）

重大事故等時において，RCCV の内部と外部の圧力差によって長期的に生じる荷重で，Ⅴ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」の「5.2 荷重の組合せ」より，次の値とする。

P_{SALL}＝150kPa

(5) 地震荷重

a. Ｓｄ地震荷重（K_d）

水平地震力は，弾性設計用地震動Ｓｄに対する地震応答解析より算定される動的地震力及び静的地震力より設定する。動的地震力のうちせん断力については，Ⅴ-2-2-1「原子炉建屋の地震応答計算書」における最大応答せん断力から補助壁が負担するせん断力を減じて算定する。静的地震力については，既工認時に基準地震動S_1による動的地震力及び静的地震力に余裕を考慮して設定したS_1地震荷重を適用する。

鉛直地震力は，鉛直震度として設定する。鉛直震度は，弾性設計用地震動Ｓｄに対する地震応答解析より算定される鉛直震度及び震度 0.3 を基準とし，建物・構築物の振動特性，地盤の種類等を考慮した高さ一定方向の鉛直震度より設定する。

Ｓｄ地震荷重を表 3－3～表 3－5 に示す。

b. Ｓｓ地震荷重（K_s）

水平地震力及び鉛直地震力は，基準地震動Ｓｓに対する地震応答解析より算定される動的地震力及び鉛直震度より設定する。動的地震力のうちせん断力については，Ⅴ-2-2-1「原子炉建屋の地震応答計算書」における最大応答せん断力から補助壁が負担するせん断力を減じて算定する。

Ｓｓ地震荷重を表 3－6～表 3－8 に示す。

表 3－3　地震荷重（K_d）（せん断力）

(a)　NS 方向

T.M.S.L. (m)	せん断力 ($\times 10^3$kN)	
	Ｓｄ	静的地震力
31.7	20.9	66.2
23.5	81.8	119
18.1	86.6	152
12.3	111	164
4.8	137	169
-1.7	137	183
-8.2		

(b)　EW 方向

T.M.S.L. (m)	せん断力 ($\times 10^3$kN)	
	Ｓｄ	静的地震力
31.7	44.4	77.1
23.5	129	148
18.1	97.8	161
12.3	113	167
4.8	124	188
-1.7	138	195
-8.2		

表 3－4　地震荷重（K_d）（曲げモーメント）

(a)　NS 方向

T.M.S.L. (m)	曲げモーメント ($\times 10^4$kN･m)	
	Ｓｄ	静的地震力
31.7	7.20	4.90
23.5	21.3	54.3
	100	77.2
18.1	145	118
	204	138
12.3	263	207
	328	218
4.8	416	330
	459	330
-1.7	527	439
	527	439
-8.2	608	558

(b)　EW方向

T.M.S.L. (m)	曲げモーメント ($\times 10^4$kN･m)	
	Ｓｄ	静的地震力
31.7	61.6	44.9
23.5	90.6	63.3
	-116	-95.1
18.1	-58.3	-31.2
	-79.7	-56.3
12.3	128	78.6
	197	126
4.8	293	204
	348	213
-1.7	449	327
	484	327
-8.2	578	453
回転ばね*	240	158

注記＊：プール壁が RCCV の曲げ変形を拘束する影響を考慮した回転ばね。

表 3－5　地震荷重（K_d）（鉛直震度）

T.M.S.L. (m)	鉛直震度	
	Ｓｄ	静的地震力
31.7	0.47	0.24
23.5	0.46	0.24
18.1	0.45	0.24
12.3	0.43	0.24
4.8	0.42	0.24
-1.7	0.41	0.24
-8.2	0.41	0.24

表 3－6　地震荷重（K_s）（せん断力）

(a)　NS 方向

T.M.S.L. (m)	せん断力 ($\times 10^3$kN)
	Ｓ ｓ
31.7	77.7
23.5	161
18.1	182
12.3	254
4.8	279
-1.7	246
-8.2	

(b)　EW 方向

T.M.S.L. (m)	せん断力 ($\times 10^3$kN)
	Ｓ ｓ
31.7	73.4
23.5	223
18.1	194
12.3	268
4.8	299
-1.7	268
-8.2	

表 3－7　地震荷重（K_s）（曲げモーメント）

(a)　NS 方向

T.M.S.L. (m)	曲げモーメント ($\times 10^4$kN･m)
	Ｓｓ
31.7	13.7
	64.4
23.5	153
	217
18.1	313
	419
12.3	510
	679
4.8	786
	911
-1.7	911
	1069
-8.2	

(b)　EW 方向

T.M.S.L. (m)	曲げモーメント ($\times 10^4$kN･m)
	Ｓｓ
31.7	126
	163
23.5	-349
	-219
18.1	-158
	181
12.3	301
	466
4.8	573
	746
-1.7	806
	960
-8.2	
回転ばね*	518

注記＊：プール壁が RCCV の曲げ変形を拘束する影響を考慮した回転ばね。

表 3－8　地震荷重（K_s）（鉛直震度）

T.M.S.L. (m)	鉛直震度
	Ｓｓ
31.7	0.95
23.5	0.93
18.1	0.90
12.3	0.87
4.8	0.83
-1.7	0.83
-8.2	0.84

c. 地震時配管荷重（R_d，R_s）

地震時において，配管貫通部には，表 3－9 に示す地震時配管荷重を同時に考慮する。

表 3－9　地震時配管荷重（R_d，R_s）

記号	配管	N(kN)	Q(kN)	M_t(kN･m)	M(kN･m)
R_d	主蒸気配管	2950	940	1320	2990
	給水配管	1100	446	590	1510
R_s	主蒸気配管	3900	1340	1810	4150
	給水配管	1470	606	749	2060

注 1：N，Q，M_t，Mは，下図に示すとおりである。

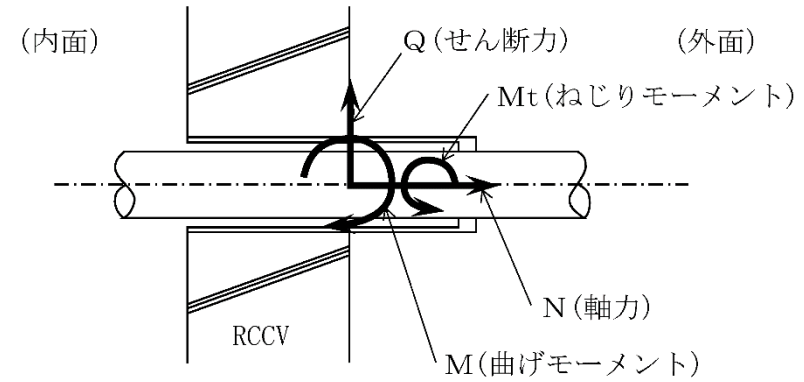
注 2：数値は，1 本当たりの絶対値を示す。

注 3：開口部の位置，開口径はⅤ-2-9-2-1「原子炉格納容器コンクリート部の耐震性についての計算書」による。

注 4：R_dは，Ｓｄ地震荷重と同時に作用するものとする。

注 5：R_sは，Ｓｓ地震荷重と同時に作用するものとする。

注 6：M（曲げモーメント）については，せん断力による効果も併せて考慮した。

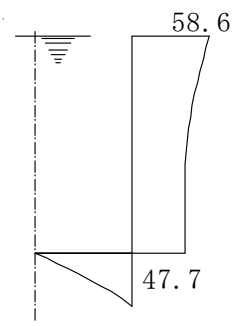
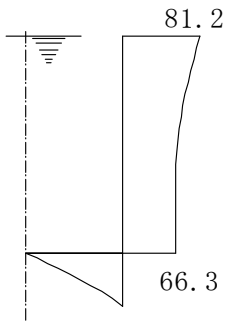
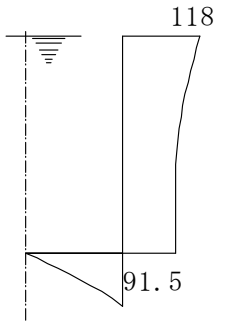
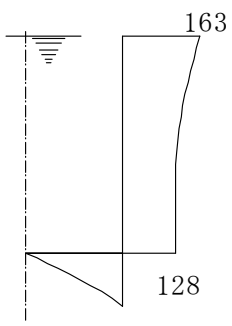


d.　地震時動水圧荷重（ＫＨ）

使用済燃料貯蔵プールに作用する地震時動水圧荷重は，ＪＥＡＧ４６０１－1987 における Housner 理論に基づき，Ⅴ-2-2-1「原子炉建屋の地震応答計算書」に示す弾性設計用地震動Ｓｄ及び基準地震動Ｓｓによる応答解析結果から衝撃圧及び揺動圧を算定する。地震時動水圧荷重を表 3－10 に示す。

表 3－10　地震時動水圧荷重（ＫＨ）

（単位：kN/m²）

KH_d *1		KH_s *2	
NS 方向	EW 方向	NS 方向	EW 方向
			

注記＊1：KH_dは，Ｓｄ地震荷重と同時に作用するものとする。

＊2：KH_sは，Ｓｓ地震荷重と同時に作用するものとする。

3.2.2　荷重の組合せ

荷重の組合せを表 3－11 に示す。

表 3－11　荷重の組合せ

外力の状態	荷重番号	荷重の組合せ
Ｓｄ地震時*	1	ＤＬ＋P_1＋T_1＋H_1＋K_d＋R_d＋KH_d
Ｓｓ地震時	2	ＤＬ＋P_1＋H_1＋K_s＋R_s＋KH_s
（異常＋Ｓｄ地震）時	3	ＤＬ＋P_{21}＋K_d＋R_d＋KH_d
（異常＋Ｓｓ地震）時	4	ＤＬ＋P_{SALL}＋K_s＋R_s＋KH_s

注記＊：温度荷重がない場合も考慮する。

ＤＬ　　：死荷重及び活荷重
P_1　　：運転時圧力
T_1　　：運転時温度荷重
H_1　　：逃がし安全弁作動時荷重
P_{21}　　：異常時圧力（直後）
P_{SALL}　　：重大事故等時圧力
K_d，K_s　　：地震荷重
R_d，R_s　　：地震時配管荷重
KH_d，KH_s　：地震時動水圧荷重

3.3　許容限界

応力解析による評価における使用済燃料貯蔵プール及びキャスクピットの許容限界は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」に記載の構造強度上の制限の方針に基づき，表3－12及び表3－13のとおり設定する。

また，コンクリート及び鉄筋の許容応力度を表3－14及び表3－15に，コンクリート及び鉄筋の許容ひずみを表3－16に示す。

表3－12　応力解析による評価における許容限界

（設計基準対象施設としての評価）

要求機能	機能設計上の性能目標	外力の状態	部位	機能維持のための考え方	許容限界（評価基準値）
—	構造強度を有すること	Ｓｄ地震時	壁及び底面スラブ	部材に生じる応力が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	CCV規格に基づく荷重状態Ⅲの許容値
		Ｓｓ地震時	壁及び底面スラブ	部材に生じる応力及びひずみが構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	CCV規格に基づく荷重状態Ⅳの許容値
		（異常＋Ｓｄ地震）時	壁及び底面スラブ		

表3－13　応力解析による評価における許容限界

（重大事故等対処施設としての評価）

要求機能	機能設計上の性能目標	外力の状態	部位	機能維持のための考え方	許容限界（評価基準値）
—	構造強度を有すること	Ｓｓ地震時	壁及び底面スラブ	部材に生じる応力及びひずみが構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	CCV規格に基づく荷重状態Ⅳの許容値
		（異常＋Ｓｄ地震）時	壁及び底面スラブ		
		（異常＋Ｓｓ地震）時	壁及び底面スラブ		（異常＋Ｓｓ地震）時の許容値*

注記＊：Ｓｓ地震時及び（異常＋Ｓｄ地震）時の許容限界と同じ許容限界を適用する。

表 3－14　コンクリートの許容応力度

（単位：N/mm²）

外力の状態	設計基準強度Ｆ$_c$＝32.3			
	応力状態1*1		応力状態2*2	
	圧縮	せん断	圧縮	せん断
Ｓｄ地震時	21.4	1.21	24.2	1.21
Ｓｓ地震時 （異常＋Ｓｄ地震）時 （異常＋Ｓｓ地震）時	21.4*3	1.21	―	―

注記＊1：「応力状態 1」とは，各荷重状態において温度荷重により生じる応力を除いた応力が生じている状態をいう。

＊2：「応力状態 2」とは，各荷重状態において温度荷重による応力が生じている状態をいう。

＊3：軸力の検討に用いる許容圧縮応力度を示す。

表 3－15　鉄筋の許容応力度

（単位：N/mm²）

外力の状態	引張及び圧縮	面外せん断補強
Ｓｄ地震時	SD35（SD345 相当）	SD35（SD345 相当）
	345	345

表 3－16　コンクリート及び鉄筋の許容ひずみ

外力の状態	コンクリート （圧縮ひずみ）	鉄筋 （圧縮ひずみ及び引張ひずみ）
Ｓｓ地震時 （異常＋Ｓｄ地震）時 （異常＋Ｓｓ地震）時	0.003	0.005

3.4　解析モデル及び諸元

3.4.1　モデル化の基本方針

(1)　基本方針

Ｓｄ地震時における応力解析は，3 次元 FEM モデルを用いた弾性応力解析を実施する。解析には，解析コード「ＭＳＣ　ＮＡＳＴＲＡＮ」を用いる。Ｓｓ地震時，（異常＋Ｓｄ地震）時及び（異常＋Ｓｓ地震）時における応力解析は，3 次元 FEM モデルを用いた弾塑性応力解析を実施する。解析には，解析コード「ＡＢＡＱＵＳ」を用いる。また，解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については，別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

応力解析モデルは，プール部のほか，RCCV，ダイヤフラムフロア及び基礎スラブを一体としたモデルである。応力解析における評価対象部位は，使用済燃料貯蔵プール及びキャスクピットの壁及び底面スラブであるが，各部の荷重伝達を考慮するために周辺部を含むモデルを用いることとした。なお，本解析モデルは，Ⅴ-2-9-2-1「原子炉格納容器コンクリート部の耐震性についての計算書」と同一である。地震荷重時の解析モデル概要図を図 3－2 に示す。

Ｓｄ地震時における熱応力の解析に用いるコンクリートの弾性係数は，1/3 に低減した値を用いる。

(2)　使用要素

Ｓｄ地震時における解析モデルに使用する FEM 要素は，シェル要素とする。使用する要素は四辺形及び三角形で，この要素は均質等方性材料によるシェル要素である。

Ｓｓ地震時，（異常＋Ｓｄ地震）時及び（異常＋Ｓｓ地震）時における解析モデルに使用する FEM 要素は，積層シェル要素とする。使用する要素は四辺形及び三角形で，この要素は鉄筋層をモデル化した異方性材料による積層シェル要素である。

各要素には，板の曲げと軸力を同時に考えるが，板の曲げには面外せん断変形の影響も考慮する。

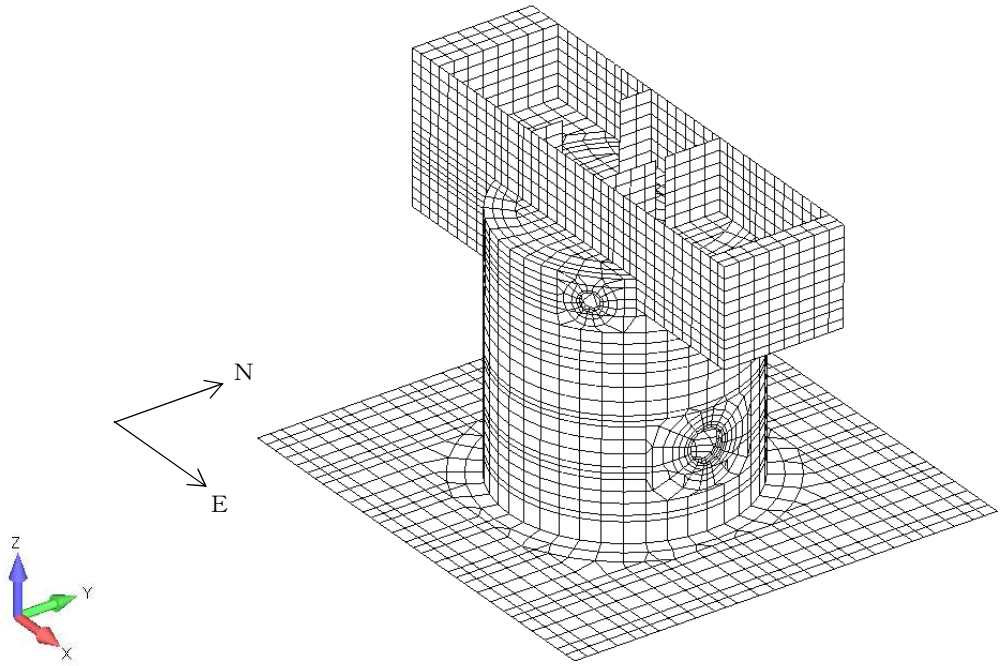
解析モデルの節点数は 7805，要素数は 11024 である。

(3)　境界条件

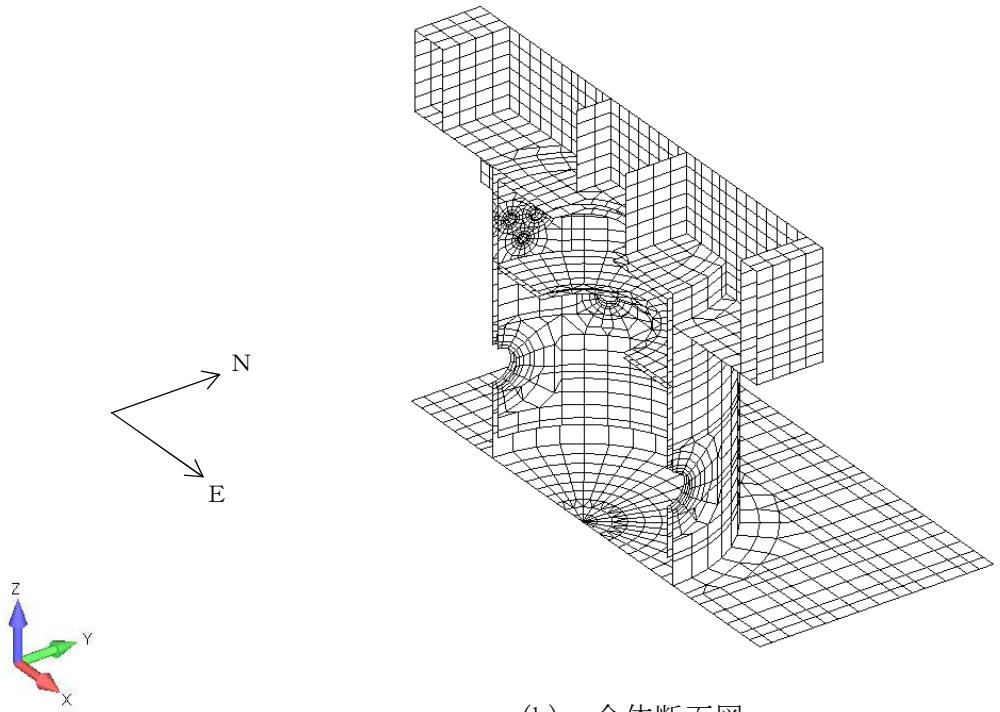
3 次元 FEM モデルの基礎スラブ底面及び側面に，Ⅴ-2-2-1「原子炉建屋の地震応答計算書」に示す地盤ばねを離散化して，水平方向及び鉛直方向のばねを設ける。3 次元 FEM モデルの水平方向のばねについては，地震応答解析モデルのスウェイばね及び側面水平ばねを，鉛直方向のばねについては，地震応答解析モデル

のロッキングばね及び側面回転ばねを基に設定を行う。なお，基礎スラブ底面の地盤ばねについては，引張力が発生したときに浮上りを考慮する。

また，3 次元 FEM モデルの上部構造物に対する周辺床及び外壁の剛性並びに基礎スラブに対する上部構造物の剛性を考慮する。RCCV と外壁の間の耐震壁の脚部位置については，はり要素を設ける。

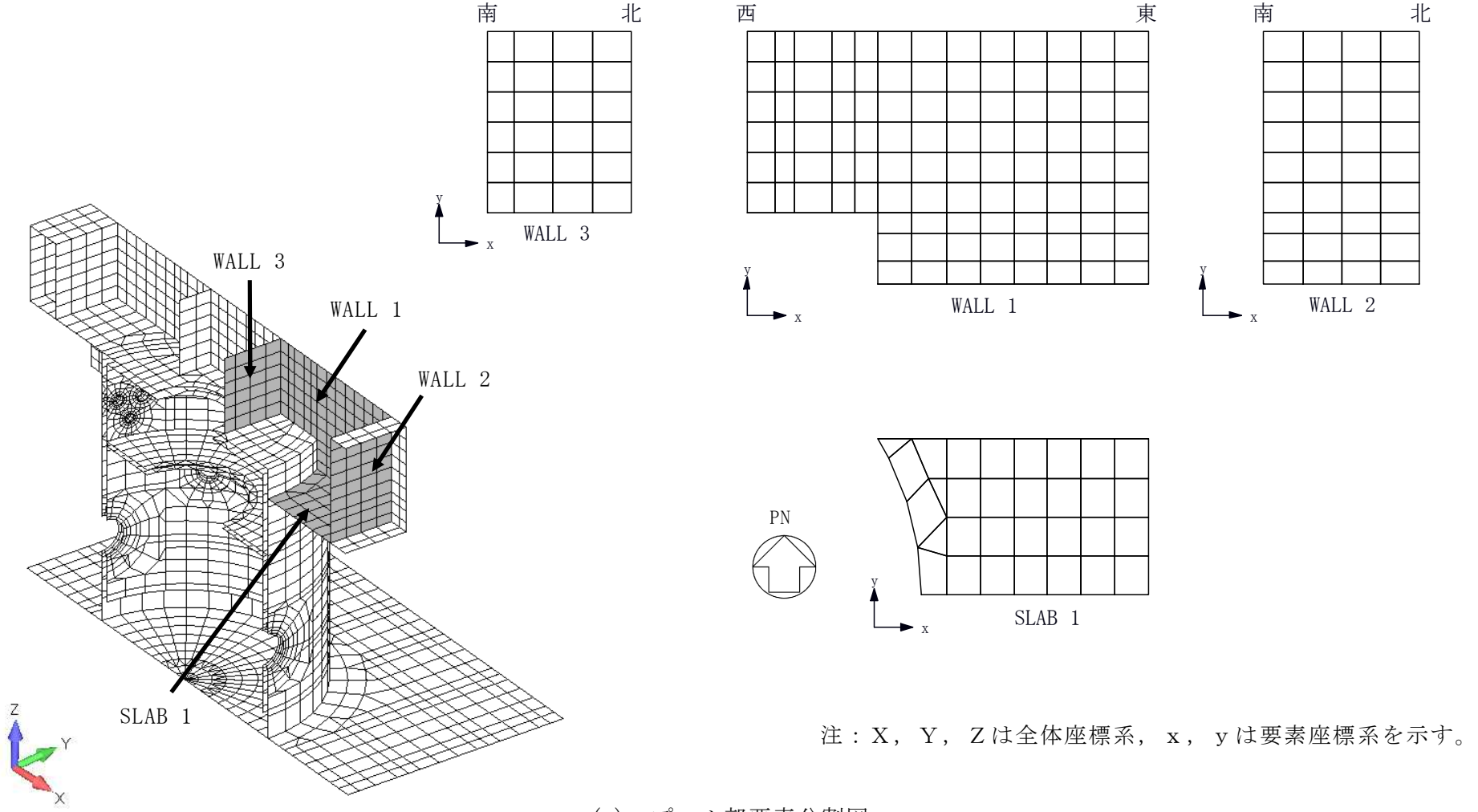


(a)　全体鳥瞰図



(b)　全体断面図

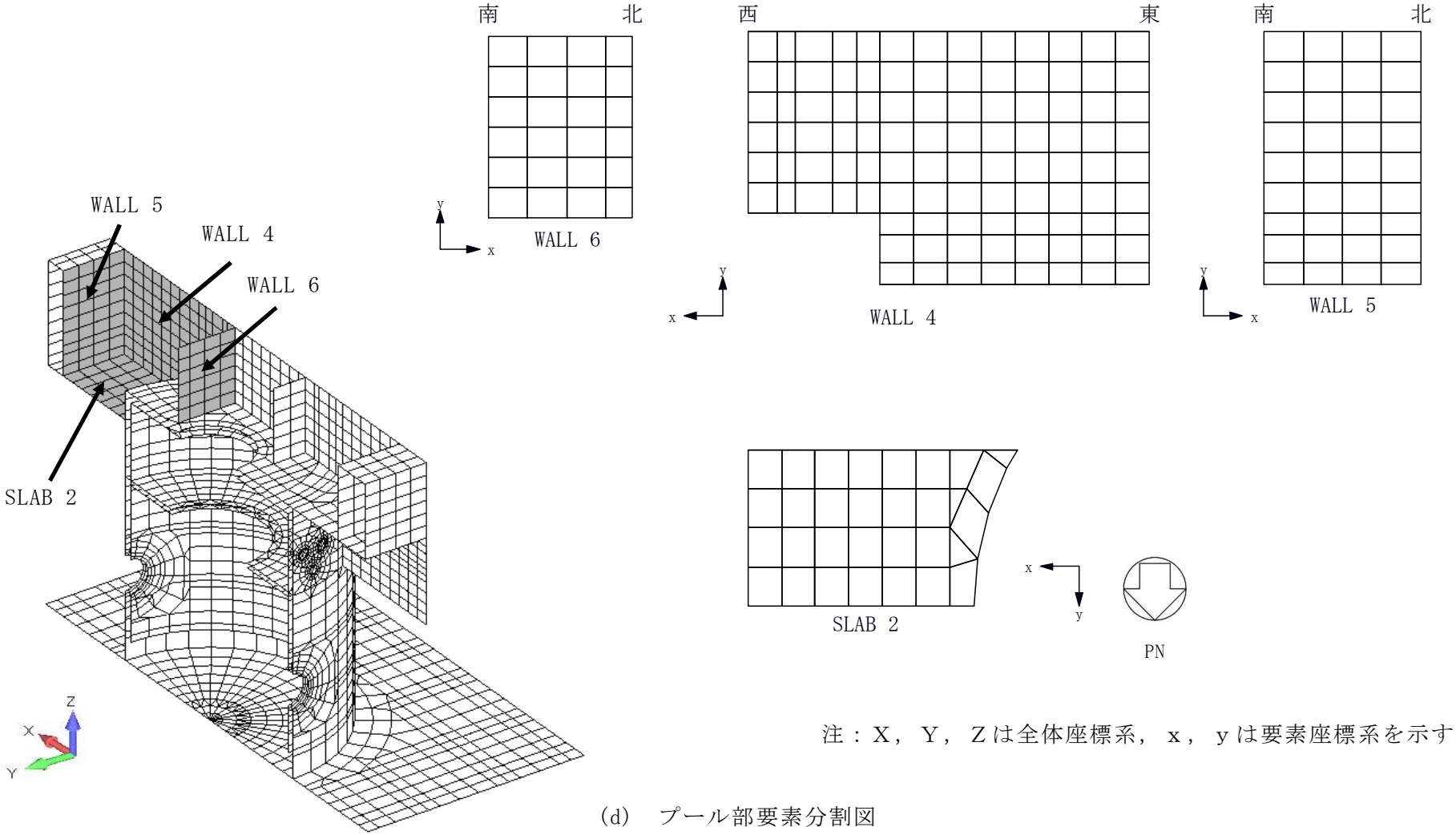
図 3－2　解析モデル（地震荷重時）(1/3)



注：X，Y，Zは全体座標系，x，yは要素座標系を示す。

(c)　プール部要素分割図

図 3－2　解析モデル（地震荷重時）(2/3)



注：X，Y，Zは全体座標系，x，yは要素座標系を示す。

(d)　プール部要素分割図

図 3－2　解析モデル（地震荷重時）(3/3)

3.4.2　解析諸元

使用材料の物性値を表 3－17 及び表 3－18 に示す。

表 3－17　コンクリートの物性値

諸元	物性値	
	上部構造物	基礎スラブ
ヤング係数 (N/mm^2)	2.88×10^4 ＊1	2.79×10^4 ＊2
ポアソン比	0.2	0.2

注記＊1：剛性はコンクリートの実強度（43.1N/mm^2）に基づく。

＊2：剛性はコンクリートの実強度（39.2N/mm^2）に基づく。

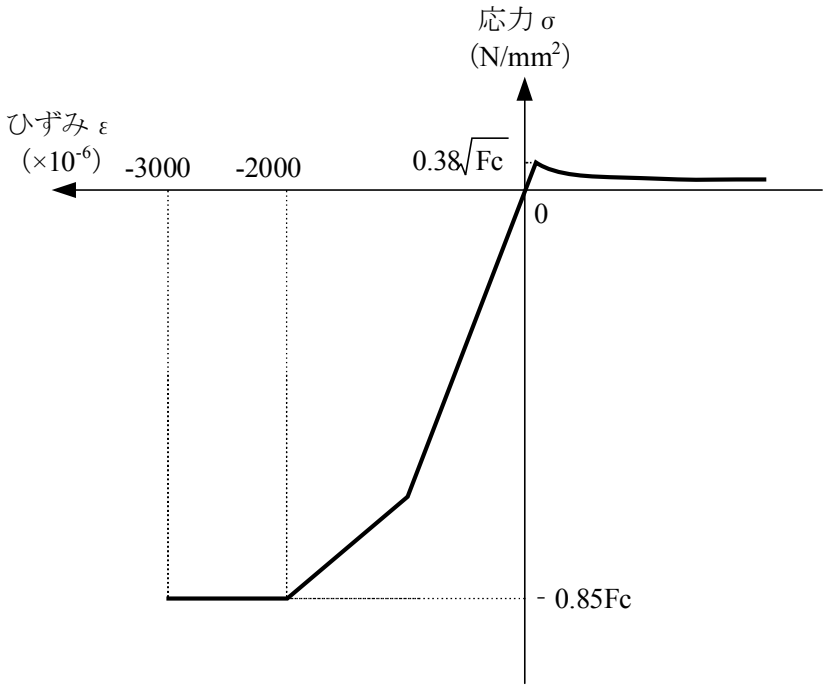
表 3－18　鉄筋の物性値

諸元	物性値
鉄筋の種類	SD40（SD390 相当） SD35（SD345 相当）
ヤング係数（N/mm^2）	2.05×10^5

3.4.3　材料構成則

Ｓｓ地震時，（異常＋Ｓｄ地震）時及び（異常＋Ｓｓ地震）時に対する評価で用いる材料構成則を図 3－3 に示す。

なお，ヤング係数は実強度に基づく値とし，コンクリートの圧縮強度は設計基準強度に基づく値とする。



F_c：コンクリートの設計基準強度

項目	設定
圧縮強度	$-0.85F_c$（CCV 規格）
終局圧縮ひずみ	-3000×10^{-6}（CCV 規格）
圧縮側のコンクリート構成則	CEB-FIP Model code に基づき設定（引用文献(1)参照）
ひび割れ発生後の引張軟化曲線	出雲ほか（1987）による式（$c=0.4$）（引用文献(2)参照）
引張強度	$\sigma_t=0.38\sqrt{F_c}$（RC 規準）

注：引張方向の符号を正とする。

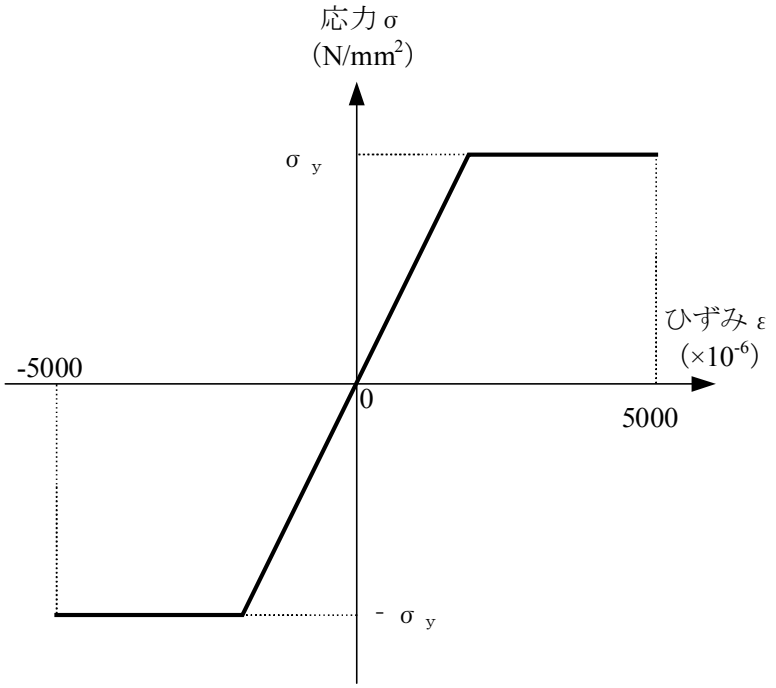
(a)　コンクリートの応力－ひずみ関係

図 3－3　材料構成則（1/2）

K7 ① V-2-4-2-1 R1

・鉄筋の構成則：バイリニア型

・終局ひずみ：±5000×10^{-6}（CCV 規格）



σ y：鉄筋の降伏強度

注：引張方向の符号を正とする。

(b)　鉄筋の応力－ひずみ関係

図 3－3　材料構成則（2/2）

3.5　評価方法

3.5.1　応力解析方法

使用済燃料貯蔵プール及びキャスクピットについて，Ｓｄ地震時に対して 3 次元 FEM モデルを用いた弾性応力解析を実施し，Ｓｓ地震時，（異常＋Ｓｄ地震）時及び（異常＋Ｓｓ地震）時に対して 3 次元 FEM モデルを用いた弾塑性応力解析を実施する。

(1)　荷重ケース

それぞれの外力の状態の応力は，次の荷重ケースによる応力を組み合わせて求める。

ＤＬ	：死荷重及び活荷重
P_1	：運転時圧力
T_1	：運転時温度荷重
H_1	：逃がし安全弁作動時荷重
P_{21}	：異常時圧力（直後）
P_{SALL}	：重大事故等時圧力
K_{d1SN}*	：S→N 方向　Ｓｄ地震荷重（動的地震力）
K_{d1WE}*	：W→E 方向　Ｓｄ地震荷重（動的地震力）
K_{d1DU}*	：鉛直方向　Ｓｄ地震荷重（動的地震力）
K_{d2SN}*	：S→N 方向　Ｓｄ地震荷重（静的地震力）
K_{d2WE}*	：W→E 方向　Ｓｄ地震荷重（静的地震力）
K_{d2DU}*	：鉛直方向　Ｓｄ地震荷重（静的地震力）
K_{sSN}*	：S→N 方向　Ｓｓ地震荷重
K_{sWE}*	：W→E 方向　Ｓｓ地震荷重
K_{sDU}*	：鉛直方向　Ｓｓ地震荷重
R_d	：Ｓｄ地震時配管荷重
R_s	：Ｓｓ地震時配管荷重
KH_{dWE}*	：W→E 方向　Ｓｄ地震時動水圧荷重
KH_{dSN}*	：S→N 方向　Ｓｄ地震時動水圧荷重
KH_{sWE}*	：W→E 方向　Ｓｓ地震時動水圧荷重
KH_{sSN}*	：S→N 方向　Ｓｓ地震時動水圧荷重

注記＊：計算上の座標軸を基準として，EW 方向は W→E 方向の加力，NS 方向は S→N 方向の加力，鉛直方向は上向きの加力を記載している。

(2)　荷重の組合せケース

荷重の組合せケースを表 3－19 に示す。

水平地震力と鉛直地震力による応力の組合せは，「原子力発電所耐震設計技術規程ＪＥＡＣ４６０１－2008（(社) 日本電気協会)」を参考に，組合せ係数法（組合せ係数は 1.0 と 0.4）を用いるものとする。

表 3－19　荷重の組合せケース（1/4）

外力の状態	ケース No.	荷重の組合せ
Ｓｄ地震時	1-1	$DL+P_1+[T_1]+H_1+1.0K_{d1SN}+0.4K_{d1DU}+R_d+1.0KH_{dSN}$
	1-2	$DL+P_1+[T_1]+H_1+1.0K_{d1WE}+0.4K_{d1DU}+R_d+1.0KH_{dWE}$
	1-3	$DL+P_1+[T_1]+H_1-1.0K_{d1SN}+0.4K_{d1DU}+R_d-1.0KH_{dSN}$
	1-4	$DL+P_1+[T_1]+H_1-1.0K_{d1WE}+0.4K_{d1DU}+R_d-1.0KH_{dWE}$
	1-5	$DL+P_1+[T_1]+H_1+1.0K_{d1SN}-0.4K_{d1DU}+R_d+1.0KH_{dSN}$
	1-6	$DL+P_1+[T_1]+H_1+1.0K_{d1WE}-0.4K_{d1DU}+R_d+1.0KH_{dWE}$
	1-7	$DL+P_1+[T_1]+H_1-1.0K_{d1SN}-0.4K_{d1DU}+R_d-1.0KH_{dSN}$
	1-8	$DL+P_1+[T_1]+H_1-1.0K_{d1WE}-0.4K_{d1DU}+R_d-1.0KH_{dWE}$
	1-9	$DL+P_1+[T_1]+H_1+0.4K_{d1SN}+1.0K_{d1DU}+R_d+0.4KH_{dSN}$
	1-10	$DL+P_1+[T_1]+H_1+0.4K_{d1WE}+1.0K_{d1DU}+R_d+0.4KH_{dWE}$
	1-11	$DL+P_1+[T_1]+H_1-0.4K_{d1SN}+1.0K_{d1DU}+R_d-0.4KH_{dSN}$
	1-12	$DL+P_1+[T_1]+H_1-0.4K_{d1WE}+1.0K_{d1DU}+R_d-0.4KH_{dWE}$
	1-13	$DL+P_1+[T_1]+H_1+0.4K_{d1SN}-1.0K_{d1DU}+R_d+0.4KH_{dSN}$
	1-14	$DL+P_1+[T_1]+H_1+0.4K_{d1WE}-1.0K_{d1DU}+R_d+0.4KH_{dWE}$
	1-15	$DL+P_1+[T_1]+H_1-0.4K_{d1SN}-1.0K_{d1DU}+R_d-0.4KH_{dSN}$
	1-16	$DL+P_1+[T_1]+H_1-0.4K_{d1WE}-1.0K_{d1DU}+R_d-0.4KH_{dWE}$
	1-17	$DL+P_1+[T_1]+H_1+1.0K_{d2SN}+1.0K_{d2DU}+R_d+1.0KH_{dSN}$
	1-18	$DL+P_1+[T_1]+H_1+1.0K_{d2WE}+1.0K_{d2DU}+R_d+1.0KH_{dWE}$
	1-19	$DL+P_1+[T_1]+H_1-1.0K_{d2SN}+1.0K_{d2DU}+R_d-1.0KH_{dSN}$
	1-20	$DL+P_1+[T_1]+H_1-1.0K_{d2WE}+1.0K_{d2DU}+R_d-1.0KH_{dWE}$
	1-21	$DL+P_1+[T_1]+H_1+1.0K_{d2SN}-1.0K_{d2DU}+R_d+1.0KH_{dSN}$
	1-22	$DL+P_1+[T_1]+H_1+1.0K_{d2WE}-1.0K_{d2DU}+R_d+1.0KH_{dWE}$
	1-23	$DL+P_1+[T_1]+H_1-1.0K_{d2SN}-1.0K_{d2DU}+R_d-1.0KH_{dSN}$
	1-24	$DL+P_1+[T_1]+H_1-1.0K_{d2WE}-1.0K_{d2DU}+R_d-1.0KH_{dWE}$

注：[　]は応力状態 2 に対する荷重を表す。

表 3－19　荷重の組合せケース（2/4）

外力の状態	ケース No.	荷重の組合せ
Ｓｓ地震時	2-1	$DL+P_1+H_1+1.0K_{sSN}+0.4K_{sDU}+R_s+1.0KH_{sSN}$
	2-2	$DL+P_1+H_1+1.0K_{sWE}+0.4K_{sDU}+R_s+1.0KH_{sWE}$
	2-3	$DL+P_1+H_1-1.0K_{sSN}+0.4K_{sDU}+R_s-1.0KH_{sSN}$
	2-4	$DL+P_1+H_1-1.0K_{sWE}+0.4K_{sDU}+R_s-1.0KH_{sWE}$
	2-5	$DL+P_1+H_1+1.0K_{sSN}-0.4K_{sDU}+R_s+1.0KH_{sSN}$
	2-6	$DL+P_1+H_1+1.0K_{sWE}-0.4K_{sDU}+R_s+1.0KH_{sWE}$
	2-7	$DL+P_1+H_1-1.0K_{sSN}-0.4K_{sDU}+R_s-1.0KH_{sSN}$
	2-8	$DL+P_1+H_1-1.0K_{sWE}-0.4K_{sDU}+R_s-1.0KH_{sWE}$
	2-9	$DL+P_1+H_1+0.4K_{sSN}+1.0K_{sDU}+R_s+0.4KH_{sSN}$
	2-10	$DL+P_1+H_1+0.4K_{sWE}+1.0K_{sDU}+R_s+0.4KH_{sWE}$
	2-11	$DL+P_1+H_1-0.4K_{sSN}+1.0K_{sDU}+R_s-0.4KH_{sSN}$
	2-12	$DL+P_1+H_1-0.4K_{sWE}+1.0K_{sDU}+R_s-0.4KH_{sWE}$
	2-13	$DL+P_1+H_1+0.4K_{sSN}-1.0K_{sDU}+R_s+0.4KH_{sSN}$
	2-14	$DL+P_1+H_1+0.4K_{sWE}-1.0K_{sDU}+R_s+0.4KH_{sWE}$
	2-15	$DL+P_1+H_1-0.4K_{sSN}-1.0K_{sDU}+R_s-0.4KH_{sSN}$
	2-16	$DL+P_1+H_1-0.4K_{sWE}-1.0K_{sDU}+R_s-0.4KH_{sWE}$

表 3－19　荷重の組合せケース（3/4）

外力の状態	ケース No.	荷重の組合せ
（異常＋Ｓｄ地震）時	3-1	$DL+P_{21}+1.0K_{d1SN}+0.4K_{d1DU}+R_d+1.0KH_{dSN}$
	3-2	$DL+P_{21}+1.0K_{d1WE}+0.4K_{d1DU}+R_d+1.0KH_{dWE}$
	3-3	$DL+P_{21}-1.0K_{d1SN}+0.4K_{d1DU}+R_d-1.0KH_{dSN}$
	3-4	$DL+P_{21}-1.0K_{d1WE}+0.4K_{d1DU}+R_d-1.0KH_{dWE}$
	3-5	$DL+P_{21}+1.0K_{d1SN}-0.4K_{d1DU}+R_d+1.0KH_{dSN}$
	3-6	$DL+P_{21}+1.0K_{d1WE}-0.4K_{d1DU}+R_d+1.0KH_{dWE}$
	3-7	$DL+P_{21}-1.0K_{d1SN}-0.4K_{d1DU}+R_d-1.0KH_{dSN}$
	3-8	$DL+P_{21}-1.0K_{d1WE}-0.4K_{d1DU}+R_d-1.0KH_{dWE}$
	3-9	$DL+P_{21}+0.4K_{d1SN}+1.0K_{d1DU}+R_d+0.4KH_{dSN}$
	3-10	$DL+P_{21}+0.4K_{d1WE}+1.0K_{d1DU}+R_d+0.4KH_{dWE}$
	3-11	$DL+P_{21}-0.4K_{d1SN}+1.0K_{d1DU}+R_d-0.4KH_{dSN}$
	3-12	$DL+P_{21}-0.4K_{d1WE}+1.0K_{d1DU}+R_d-0.4KH_{dWE}$
	3-13	$DL+P_{21}+0.4K_{d1SN}-1.0K_{d1DU}+R_d+0.4KH_{dSN}$
	3-14	$DL+P_{21}+0.4K_{d1WE}-1.0K_{d1DU}+R_d+0.4KH_{dWE}$
	3-15	$DL+P_{21}-0.4K_{d1SN}-1.0K_{d1DU}+R_d-0.4KH_{dSN}$
	3-16	$DL+P_{21}-0.4K_{d1WE}-1.0K_{d1DU}+R_d-0.4KH_{dWE}$
	3-17	$DL+P_{21}+1.0K_{d2SN}+1.0K_{d2DU}+R_d+1.0KH_{dSN}$
	3-18	$DL+P_{21}+1.0K_{d2WE}+1.0K_{d2DU}+R_d+1.0KH_{dWE}$
	3-19	$DL+P_{21}-1.0K_{d2SN}+1.0K_{d2DU}+R_d-1.0KH_{dSN}$
	3-20	$DL+P_{21}-1.0K_{d2WE}+1.0K_{d2DU}+R_d-1.0KH_{dWE}$
	3-21	$DL+P_{21}+1.0K_{d2SN}-1.0K_{d2DU}+R_d+1.0KH_{dSN}$
	3-22	$DL+P_{21}+1.0K_{d2WE}-1.0K_{d2DU}+R_d+1.0KH_{dWE}$
	3-23	$DL+P_{21}-1.0K_{d2SN}-1.0K_{d2DU}+R_d-1.0KH_{dSN}$
	3-24	$DL+P_{21}-1.0K_{d2WE}-1.0K_{d2DU}+R_d-1.0KH_{dWE}$

表 3－19　荷重の組合せケース（4/4）

外力の状態	ケース No.	荷重の組合せ
（異常＋Ｓｓ地震）時	4-1	$DL+P_{SALL}+1.0K_{sSN}+0.4K_{sDU}+R_s+1.0KH_{sSN}$
	4-2	$DL+P_{SALL}+1.0K_{sWE}+0.4K_{sDU}+R_s+1.0KH_{sWE}$
	4-3	$DL+P_{SALL}-1.0K_{sSN}+0.4K_{sDU}+R_s-1.0KH_{sSN}$
	4-4	$DL+P_{SALL}-1.0K_{sWE}+0.4K_{sDU}+R_s-1.0KH_{sWE}$
	4-5	$DL+P_{SALL}+1.0K_{sSN}-0.4K_{sDU}+R_s+1.0KH_{sSN}$
	4-6	$DL+P_{SALL}+1.0K_{sWE}-0.4K_{sDU}+R_s+1.0KH_{sWE}$
	4-7	$DL+P_{SALL}-1.0K_{sSN}-0.4K_{sDU}+R_s-1.0KH_{sSN}$
	4-8	$DL+P_{SALL}-1.0K_{sWE}-0.4K_{sDU}+R_s-1.0KH_{sWE}$
	4-9	$DL+P_{SALL}+0.4K_{sSN}+1.0K_{sDU}+R_s+0.4KH_{sSN}$
	4-10	$DL+P_{SALL}+0.4K_{sWE}+1.0K_{sDU}+R_s+0.4KH_{sWE}$
	4-11	$DL+P_{SALL}-0.4K_{sSN}+1.0K_{sDU}+R_s-0.4KH_{sSN}$
	4-12	$DL+P_{SALL}-0.4K_{sWE}+1.0K_{sDU}+R_s-0.4KH_{sWE}$
	4-13	$DL+P_{SALL}+0.4K_{sSN}-1.0K_{sDU}+R_s+0.4KH_{sSN}$
	4-14	$DL+P_{SALL}+0.4K_{sWE}-1.0K_{sDU}+R_s+0.4KH_{sWE}$
	4-15	$DL+P_{SALL}-0.4K_{sSN}-1.0K_{sDU}+R_s-0.4KH_{sSN}$
	4-16	$DL+P_{SALL}-0.4K_{sWE}-1.0K_{sDU}+R_s-0.4KH_{sWE}$

(3) 荷重の入力方法

a. 地震荷重

水平地震力については，各階のせん断力及び曲げモーメントを各床レベルの節点に離散化して節点荷重として入力する。

鉛直地震力については，モデル上の各節点における鉛直震度により支配面積に応じた節点力として入力する。

b. 温度荷重

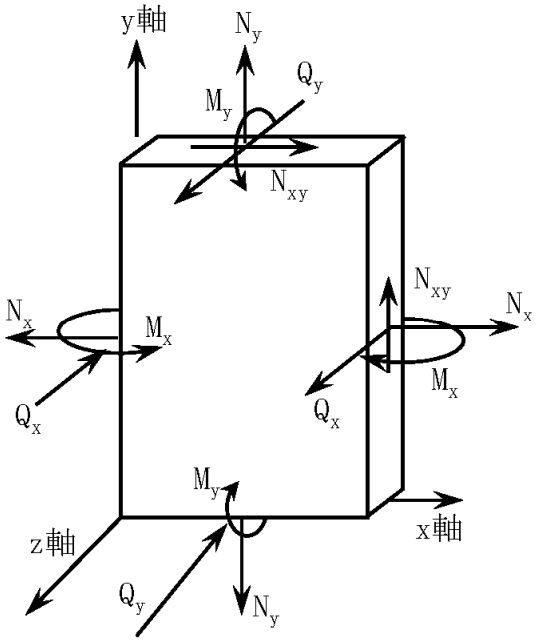
Ｓｄ地震時における熱応力については，CCV 規格に基づき，部材の剛性を一律に低減する一律低減法により評価する。

c. 地震荷重及び温度荷重以外の荷重

地震荷重及び温度荷重以外の荷重については，FEM モデルの各節点又は各要素に，集中荷重又は分布荷重として入力する。

3.5.2　断面の評価方法

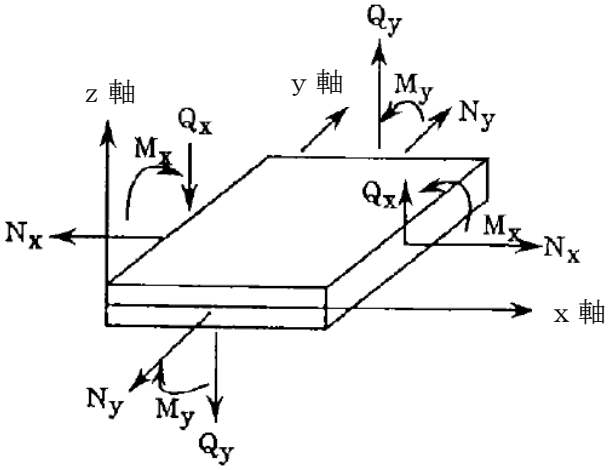
使用済燃料貯蔵プール及びキャスクピットの断面の評価に用いる応力は，3 次元 FEM モデルを用いた応力解析により得られた各荷重による応力（軸力，曲げモーメント及びせん断力）とする。壁及び底面スラブの断面力成分を図 3－4 に示す。



M_x, M_y	:曲げモーメント	kN・m/m
Q_x, Q_y	:面外せん断力	kN/m
N_x, N_y	:軸　力	kN/m
N_{xy}	:面内せん断力	kN/m
τ_{xy}	:N_{xy}/D	N/mm^2
D	:断面の全せい	m

注：矢印の方向を正とする。

(a)　壁



M_x, M_y	: 曲げモーメント	kN・m/m
Q_x, Q_y	: せ　ん　断　力	kN/m
N_x, N_y	: 軸　　力	kN/m

注：矢印の方向を正とする。

(b)　底面スラブ

図 3－4　壁及び底面スラブの断面力成分

(1)　Ｓｄ地震時

a.　壁

軸力及び曲げモーメントによる引張応力度及び圧縮応力度，面内せん断力並びに面外せん断力を算定し，CCV 規格に準拠して設定した各許容値を超えないことを確認する。

(a)　軸力及び曲げモーメントに対する断面の評価方法

各断面は，子午線方向及び円周方向各々について，膜力及び曲げモーメントを受ける鉄筋コンクリート造長方形仮想柱として算定する。この場合，膜力は同時に作用する面内せん断力の影響を考慮して，CCV 規格の CVE-3511-1 及び CVE-3511-2 に示す等価膜力として評価する。

膜力と面内せん断力の関係図を図 3－5 に示す。

等価膜力及び曲げモーメントによる引張応力度及び圧縮応力度については，表 3－14 及び表 3－15 に示す許容応力度を超えないことを確認する。

$$N_\phi^* = N_\phi \pm |N_{\phi\theta}| \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \text{(CVE-3511-1)}$$

$$N_\theta^* = N_\theta \pm |N_{\phi\theta}| \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \text{(CVE-3511-2)}$$

ここで，

N_ϕ^*，N_θ^*　：ϕ，θ 方向の等価膜力

N_ϕ，N_θ　：ϕ，θ 方向の膜力

$N_{\phi\theta}$　：面内せん断力

（ϕ 方向は子午線方向，θ 方向は円周方向とする）

上記のうち，「膜力」は「軸力」に読み替えることとする。また，「子午線方向」は「縦方向」に，「円周方向」は「横方向」にそれぞれ読み替えることとする。

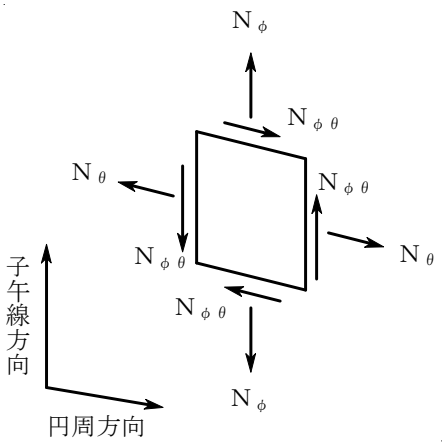


図3－5　膜力と面内せん断力の関係図

(b)　面内せん断力に対する断面の評価方法

断面の評価は，CCV 規格の CVE-3512.1 に準拠して行う。

面内せん断応力度が，CVE-3512.2-1 及び CVE-3512.2-2 より計算した終局面内せん断応力度のいずれか小さい方の値の 0.75 倍の値を超えないことを確認する。

$$\tau_u = 0.5\left\{\left(p_{t\phi}\cdot f_y - \sigma_{0\phi}\right)+\left(p_{t\theta}\cdot f_y - \sigma_{0\theta}\right)\right\}\cdots\cdots\cdots

(c) 面外せん断力に対する断面の評価方法

断面の評価は，CCV 規格の CVE-3513.1 に準拠して行う。

面外せん断応力度が，CVE-3513.2-1 及び CVE-3513.2-2 より計算した終局面外せん断応力度のいずれか小さい方の値の 0.75 倍の値を超えないことを確認する。

$$\tau_R = \Phi \left\{ 0.1 \left(p_t \cdot f_y - \sigma_0 \right) + 0.5 \cdot p_w \cdot f_y + 0.235 \sqrt{F_c} \right\} \quad \text{(CVE-3513.2-1)}$$

$$\tau_R = 1.10 \sqrt{F_c} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad \text{(CVE-3513.2-2)}$$

ここで，

τ_R ：終局面外せん断応力度(N/mm^2)

p_t ：主筋の鉄筋比

σ_0 ：外力による膜応力度(N/mm^2)（引張の符号を正とする）

p_w ：面外せん断力に対する補強筋の鉄筋比であって，次の計算式により計算した値

$$p_w = a_w / \left(b \cdot x \right) \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad \text{(CVE-3513.2-3)}$$

a_w ：面外せん断力に対する補強筋の断面積(mm^2)

b ：断面の幅(mm)

x ：面外せん断力に対する補強筋の間隔(mm)

Φ ：低減係数であり，次の計算式により計算した値

（1を超える場合は1，0.58未満の場合は0.58とする）

$$\Phi = 1 / \sqrt{M / \left(Q \cdot d \right)} \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad \text{(CVE-3513.2-4)}$$

M ：曲げモーメント(N･mm)

Q ：せん断力(N)

d ：断面の有効せい(mm)

f_y ：鉄筋の許容引張応力度及び許容圧縮応力度であり，表3－15に示す値(N/mm^2)

F_c ：コンクリートの設計基準強度(N/mm^2)

上記のうち，「外力による膜応力度」は「外力による軸応力度」に読み替えることとする。

b.　底面スラブ

軸力及び曲げモーメントによる引張応力度及び圧縮応力度並びに面外せん断力を算定し，CCV 規格に準拠して設定した各許容値を超えないことを確認する。

(a)　軸力及び曲げモーメントに対する断面の評価方法

各断面は，軸力及び曲げモーメントを受ける鉄筋コンクリート造長方形仮想柱として算定する。

軸力及び曲げモーメントによる引張応力度及び圧縮応力度については，表3－14 及び表 3－15 に示す許容応力度を超えないことを確認する。

(b)　面外せん断力に対する断面の評価方法

断面の評価は，CCV 規格の CVE-3522 に準拠して行う。

面外せん断力が，CVE-3522-1 又はCVE-3522-2 より計算した許容面外せん断力を超えないことを確認する。

$$Q_A = b \cdot j \cdot {}_c f_s \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \text{(CVE-3522-1)}$$

ここで，

Q_A　：許容面外せん断力(N)

b　：断面の幅(mm)

j　：断面の応力中心間距離で，断面の有効せいの7／8倍の値(mm)

${}_c f_s$　：コンクリートの許容せん断応力度で，表3－14に示すＳｄ地震時の値(N/mm^2)

$$Q_A = b \cdot j \cdot \{\alpha \cdot {}_c f_s + 0.5 \cdot {}_w f_t \cdot (p_w - 0.002)\} \cdots \text{(CVE-3522-2)}$$

ここで，

p_w　：面外せん断力に対する補強筋の鉄筋比であり，次の計算式により計算した値（0.002以上とし，0.012を超える場合は0.012として計算する）

$$p_w = a_w / (b \cdot x) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \text{(CVE-3522-3)}$$

a_w　：面外せん断力に対する補強筋の断面積(mm^2)

x　：面外せん断力に対する補強筋の間隔(mm)

${}_w f_t$　：面外せん断力に対する補強筋の許容引張応力度であり，表3－15に示す値(N/mm^2)

α　：割増し係数であり，次の計算式により計算した値（2を超える場合は2，1未満の場合は1とする。また，引張軸力が2N/mm^{2}を超える場合は1とする。）

$$\alpha = \frac{4}{M/(Q \cdot d) + 1} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \text{(CVE-3522-4)}$$

M　：曲げモーメント(N･mm)

Q　：せん断力(N)

d　：断面の有効せい(mm)

(2)　Ｓｓ地震時，（異常＋Ｓｄ地震）時及び（異常＋Ｓｓ地震）時

a.　壁

軸力及び曲げモーメントによる鉄筋及びコンクリートのひずみ，軸力による圧縮応力度，面内せん断力並びに面外せん断力を算定し，CCV 規格に準拠して設定した各許容値を超えないことを確認する。

(a)　軸力及び曲げモーメントに対する断面の評価方法

軸力及び曲げモーメントによる鉄筋及びコンクリートのひずみは，縦方向及び横方向各々について算定し，CCV 規格の CVE-3511.2 に基づき，表 3－16 に示す許容ひずみを超えないことを確認する。

(b)　軸力に対する断面の評価方法

軸力による圧縮応力度については，CVE-3511.3 に準拠してコンクリートの設計基準強度の 2/3 倍を超えないことを確認する。

(c)　面内せん断力に対する断面の評価方法

断面の評価は，CCV 規格の CVE-3512.2 に準拠して行う。

面内せん断応力度が，CVE-3512.2-1 及び CVE-3512.2-2 より計算した終局面内せん断応力度のいずれか小さい方の値を超えないことを確認する。このとき，鉄筋の許容引張応力度及び許容圧縮応力度 f_y は，表 3－15 に示すＳｄ地震時の値とする。

(d)　面外せん断力に対する断面の評価方法

断面の評価は，CCV 規格の CVE-3513.2 に準拠して行う。

面外せん断応力度が，CVE-3513.2-1 及び CVE-3513.2-2 より計算した終局面外せん断応力度のいずれか小さい方の値を超えないことを確認する。このとき，鉄筋の許容引張応力度及び許容圧縮応力度 f_y は，表 3－15 に示すＳｄ地震時の値とする。

b. 底面スラブ

軸力及び曲げモーメントによる鉄筋及びコンクリートのひずみ並びに面外せん断力を算定し，CCV 規格に準拠して設定した各許容値を超えないことを確認する。

(a) 軸力及び曲げモーメントに対する断面の評価方法

軸力及び曲げモーメントによる鉄筋及びコンクリートのひずみが，CCV 規格の CVE-3521.2 に準拠して，表 3－16 に示す許容ひずみを超えないことを確認する。

(b) 面外せん断力に対する断面の評価方法

断面の評価は，CCV 規格の CVE-3522 に準拠して行う。

面外せん断力が，CVE-3522-1 又は CVE-3522-2 より計算した許容面外せん断力を超えないことを確認する。

3 次元 FEM モデルを用いた応力の算定において，FEM 要素に応力集中等が見られる場合については，RC-N 規準に基づき，応力の再配分等を考慮してある一定の領域の応力を平均化したうえで断面の評価を行う。

4. 評価結果

「3.5.2 断面の評価方法」に基づいた断面の評価結果を以下に示す。また，3 次元 FEM モデルの配筋領域図を図 4－1 に，配筋一覧を表 4－1 に示す。

4.1 Ｓｄ地震時

断面の評価結果を記載する要素を以下のとおり選定する。

壁については，軸力，曲げモーメント及び面内せん断力による引張応力度及び圧縮応力度，面内せん断応力度並びに面外せん断応力度に対する評価において，発生値に対する許容値の割合が最小となる要素をそれぞれ選定する。

底面スラブについては，軸力及び曲げモーメントによる引張応力度及び圧縮応力度並びに面外せん断応力度に対する評価において，発生値に対する許容値の割合が最小となる要素をそれぞれ選定する。

選定した要素の位置を図 4－2 に，評価結果を表 4－2 に示す。

Ｓｄ地震時において，壁について，軸力，曲げモーメント及び面内せん断力による引張応力度及び圧縮応力度，面内せん断応力度並びに面外せん断応力度が，各許容値を超えないことを確認した。また，底面スラブについて，軸力及び曲げモーメントによる引張応力度及び圧縮応力度並びに面外せん断応力度が，各許容値を超えないことを確認した。

4.2 Ｓｓ地震時，（異常＋Ｓｄ地震）時及び（異常＋Ｓｓ地震）時

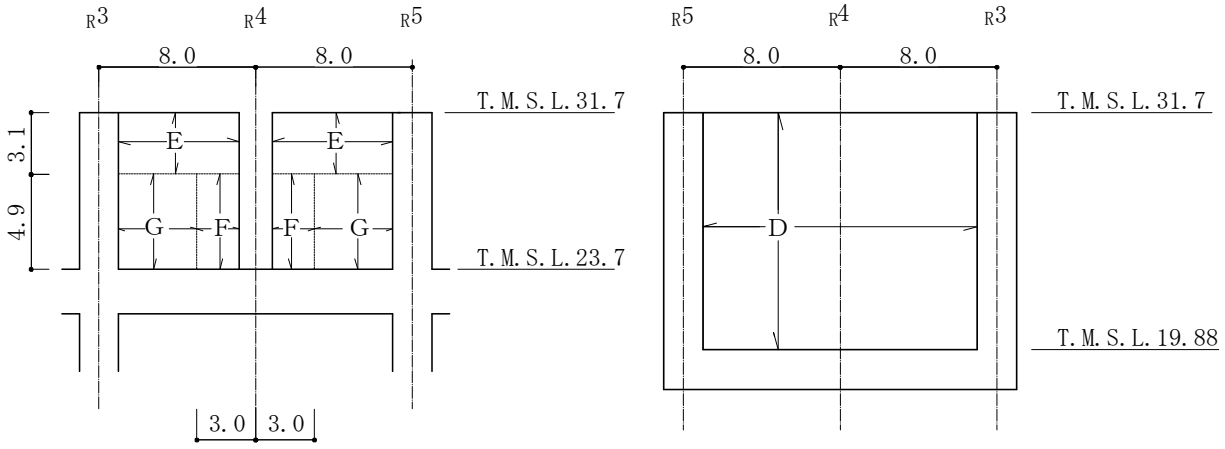
断面の評価結果を記載する要素を以下のとおり選定する。

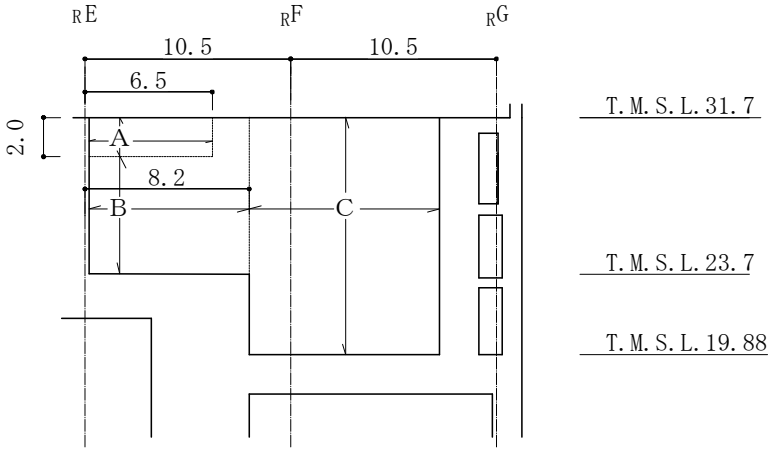
壁については，軸力，曲げモーメント及び面内せん断力による鉄筋及びコンクリートのひずみ，軸力による圧縮応力度，面内せん断応力度並びに面外せん応力度に対する評価において，発生値に対する許容値の割合が最小となる要素をそれぞれ選定する。

底面スラブについては，軸力及び曲げモーメントによる鉄筋及びコンクリートのひずみ並びに面外せん断応力度に対する評価において，発生値に対する許容値の割合が最小となる要素をそれぞれ選定する。

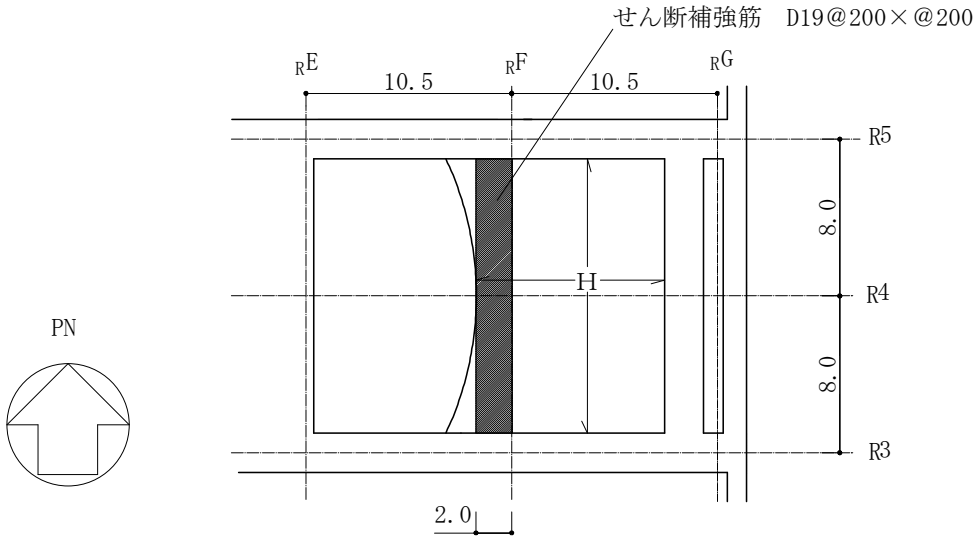
選定した要素の位置を図 4－3～図 4－5 に，評価結果を表 4－3～表 4－5 に示す。

Ｓｓ地震時，（異常＋Ｓｄ地震）時及び（異常＋Ｓｓ地震）時において，壁について，軸力，曲げモーメント及び面内せん断力による鉄筋及びコンクリートのひずみ，軸力による圧縮応力度，面内せん断応力度並びに面外せん応力度が，各許容値を超えないことを確認した。また，底面スラブについて，軸力及び曲げモーメントによる鉄筋及びコンクリートのひずみ並びに面外せん断応力度が，各許容値を超えないことを確認した。





北側及び南側壁



底面スラブ

図 4－1　配筋領域図（単位：m）

表 4－1　使用済燃料貯蔵プール及びキャスクピットの配筋一覧

(a)　北側及び南側壁

区分	タテ方向	ヨコ方向
A	2-D38@200	5-D38@200
B		3-D38@200
C	3-D38@200	

(b)　東側壁

区分	タテ方向	ヨコ方向
D	2-D38@200	2-D38@200

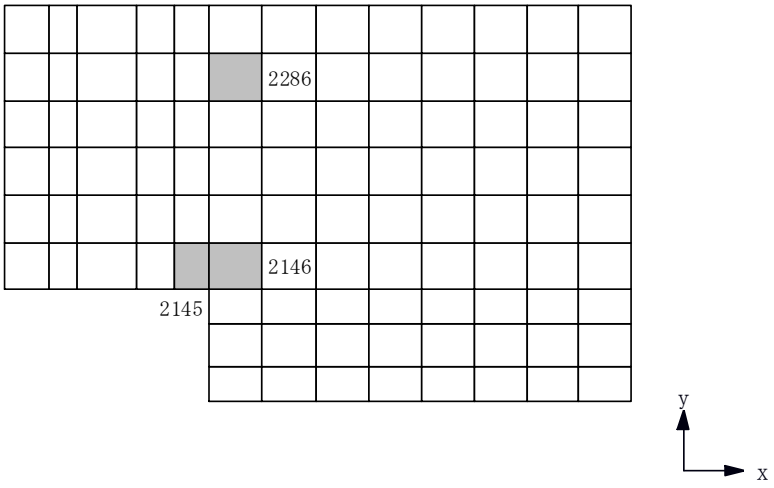
(c)　西側壁

区分	タテ方向	ヨコ方向
E	2-D38@200	2-D38@200
F	4-D38@200	3-D38@200
G	2-D38@200 ＋D38@400	

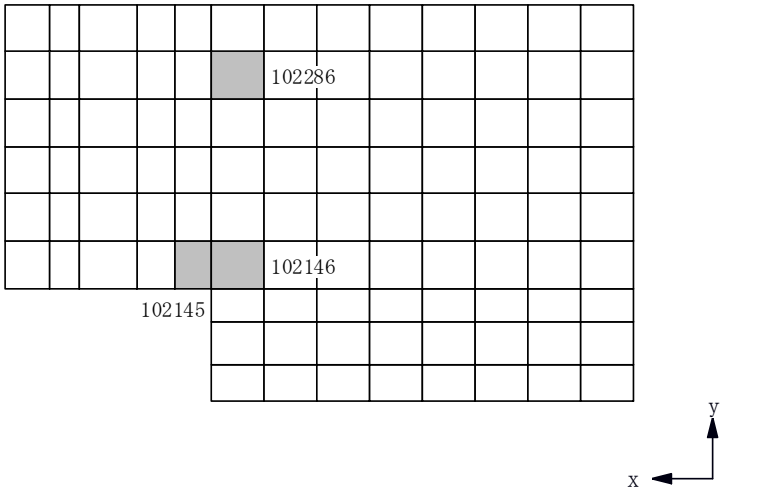
(d)　底面スラブ

区分	EW 方向	NS 方向
H	4-D38@200	3-D38@200

注：配筋は片側を示す。

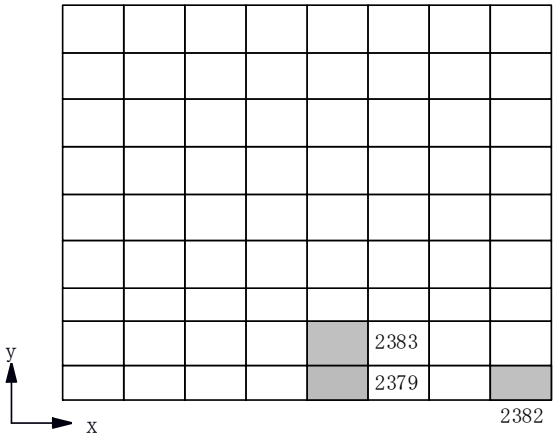


(a)　北側壁

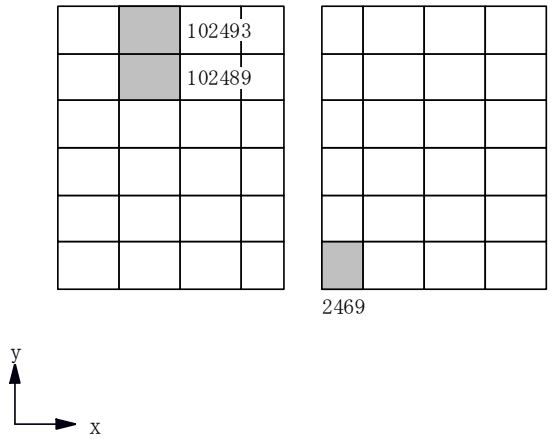


(b)　南側壁

図 4－2　選定した要素の位置　Ｓｄ地震時（1/3）

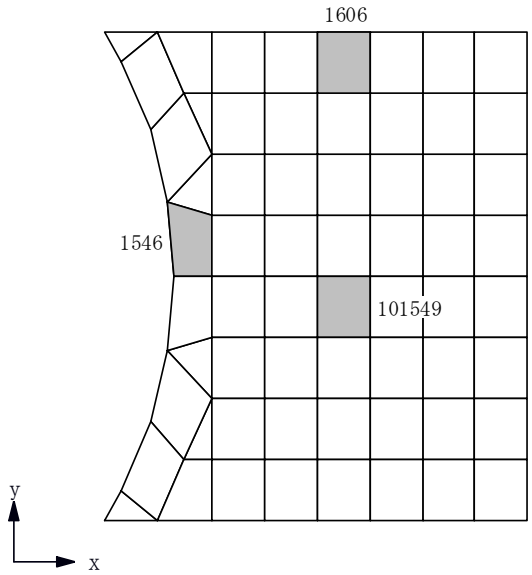


(c)　東側壁



(d)　西側壁

図 4－2　選定した要素の位置　Ｓｄ地震時（2/3）

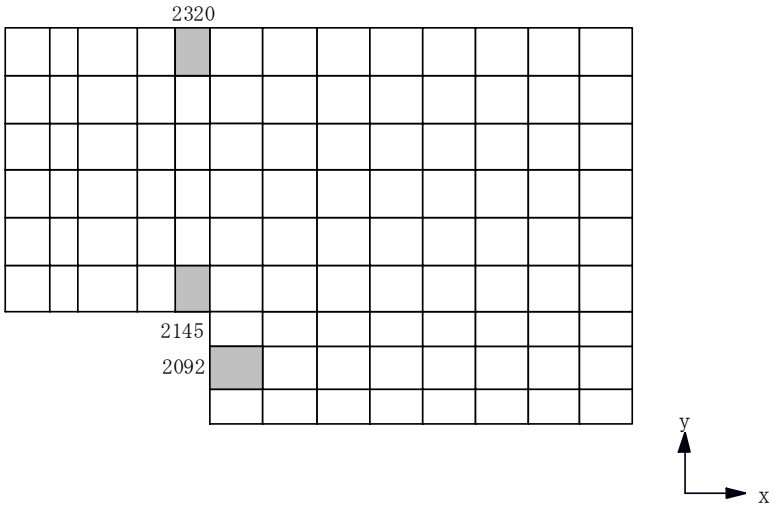


(e)　底面スラブ

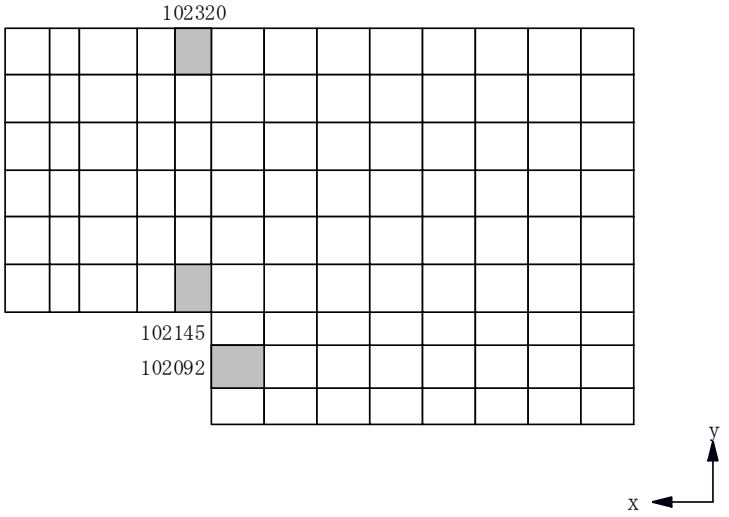
図 4－2　選定した要素の位置　Ｓｄ地震時（3/3）

表 4－2　評価結果　Ｓｄ地震時

部位	評価項目		方向	要素番号	組合せケース	発生値	許容値
北側壁	軸力＋曲げモーメント＋面内せん断力	コンクリート圧縮応力度 (N/mm^2)	鉛直	2146	1-8	9.17	24.2
		鉄筋引張応力度 (N/mm^2)	水平	2286	1-8	223	345
	面内せん断力	面内せん断応力度 (N/mm^2)	－	2146	1-8	2.24	3.68
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	鉛直	2145	1-19	0.586	0.960
南側壁	軸力＋曲げモーメント＋面内せん断力	コンクリート圧縮応力度 (N/mm^2)	鉛直	102146	1-8	9.20	24.2
		鉄筋引張応力度 (N/mm^2)	水平	102286	1-8	228	345
	面内せん断力	面内せん断応力度 (N/mm^2)	－	102146	1-8	2.28	3.68
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	鉛直	102145	1-17	0.579	0.960
東側壁	軸力＋曲げモーメント＋面内せん断力	コンクリート圧縮応力度 (N/mm^2)	鉛直	2379	1-6	8.54	21.4
		鉄筋引張応力度 (N/mm^2)	鉛直	2379	1-6	227	345
	面内せん断力	面内せん断応力度 (N/mm^2)	－	2382	1-21	1.01	2.94
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	鉛直	2383	1-6	0.508	1.18
西側壁	軸力＋曲げモーメント＋面内せん断力	コンクリート圧縮応力度 (N/mm^2)	鉛直	2469	1-23	5.63	21.4
		鉄筋引張応力度 (N/mm^2)	水平	102493	1-23	258	345
	面内せん断力	面内せん断応力度 (N/mm^2)	－	102489	1-23	0.808	1.42
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	水平	102493	1-8	0.161	1.15
底面スラブ	軸力＋曲げモーメント	コンクリート圧縮応力度 (N/mm^2)	EW	101549	1-14	8.59	24.2
		鉄筋引張応力度 (N/mm^2)	NS	1546	1-2	236	345
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	NS	1606	1-14	1.05	1.21

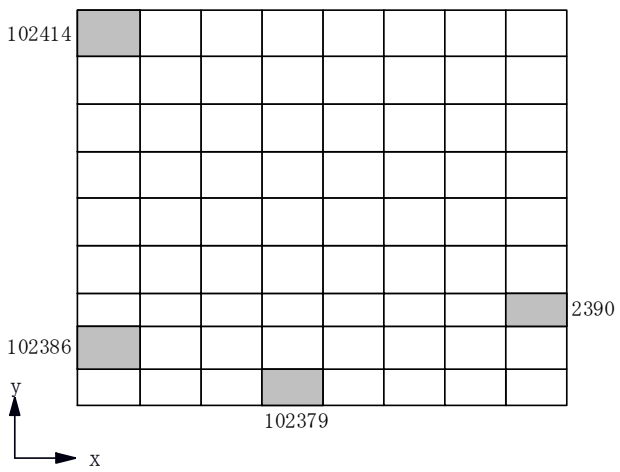


(a)　北側壁

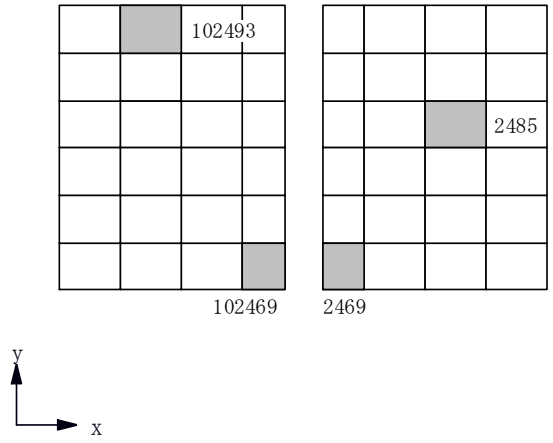


(b)　南側壁

図 4－3　選定した要素の位置　Ｓｓ地震時（1/3）

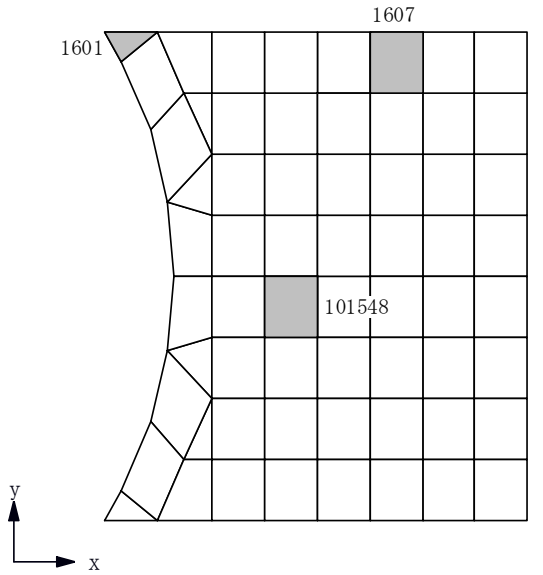


(c)　東側壁



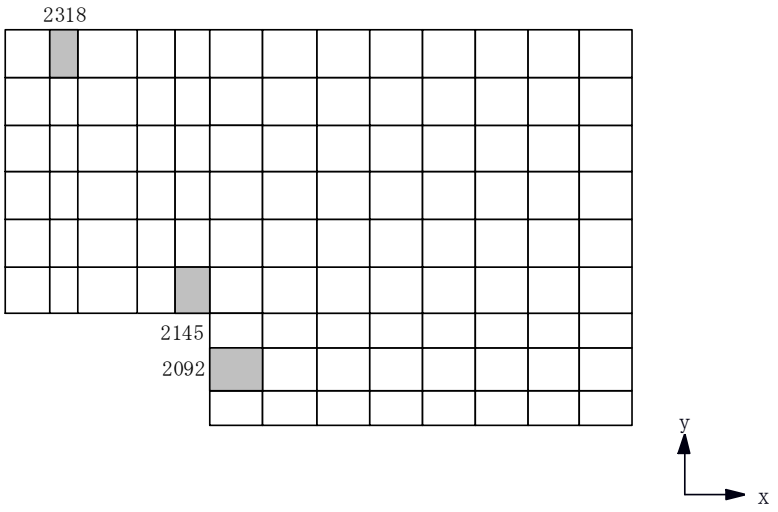
(d)　西側壁

図 4－3　選定した要素の位置　Ｓ ｓ 地震時（2/3）

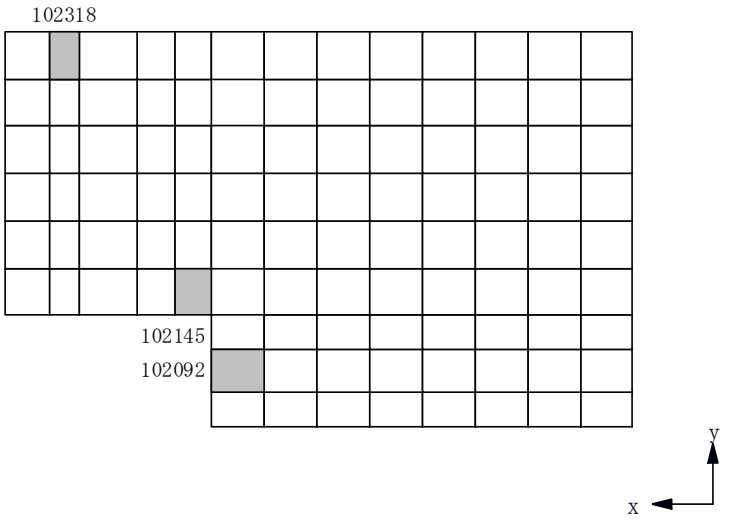


(e)　底面スラブ

図 4－3　選定した要素の位置　Ｓｓ地震時（3/3）

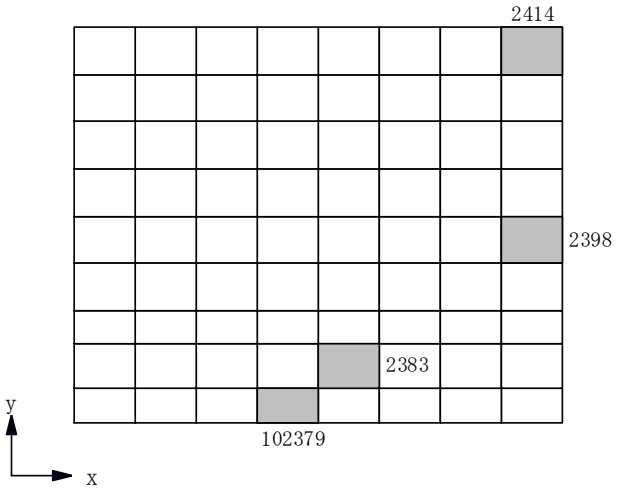


(a)　北側壁

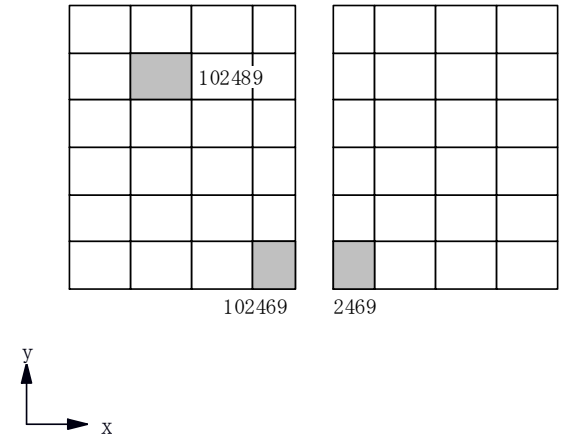


(b)　南側壁

図 4－4　選定した要素の位置　（異常＋Ｓｄ地震）時（1/3）

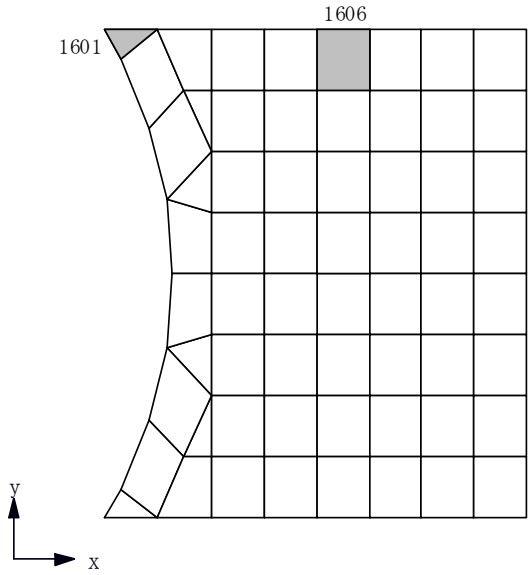


(c)　東側壁



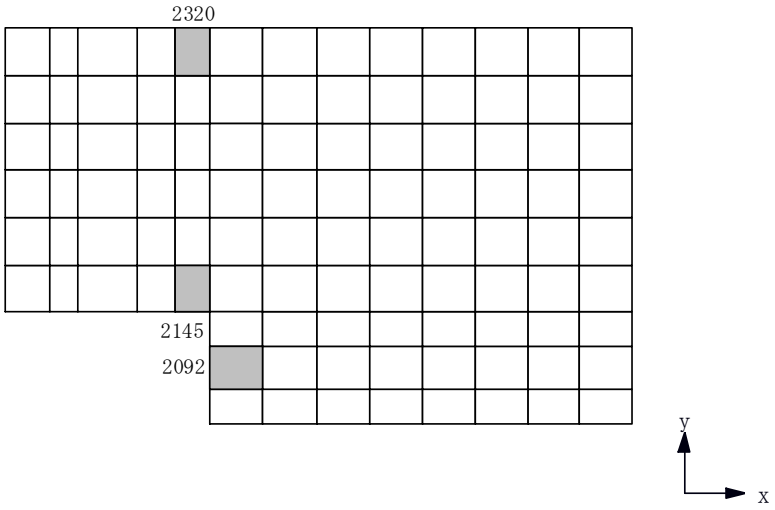
(d)　西側壁

図 4－4　選定した要素の位置　（異常＋Ｓｄ地震）時（2/3）

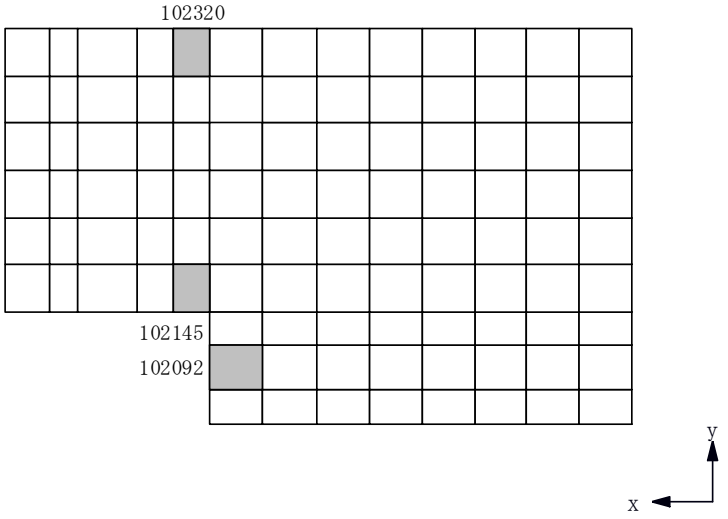


(e)　底面スラブ

図 4－4　選定した要素の位置　（異常＋Ｓｄ地震）時（3/3）

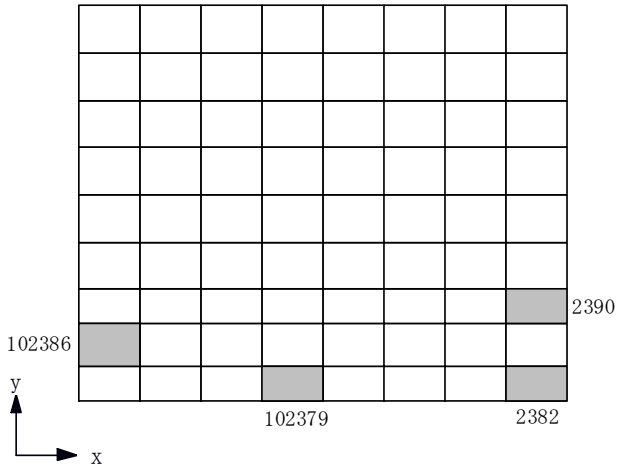


(a)　北側壁

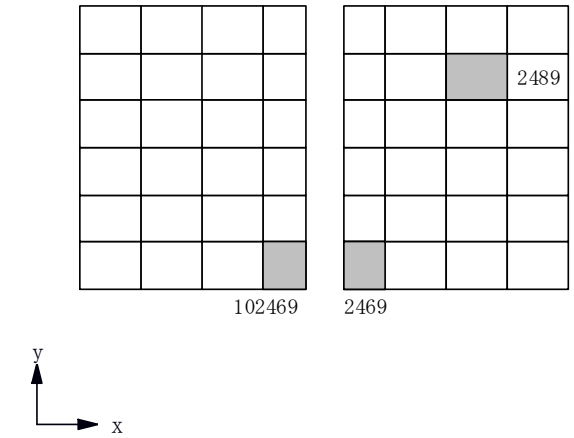


(b)　南側壁

図 4－5　選定した要素の位置　（異常＋Ｓｓ地震）時（1/3）

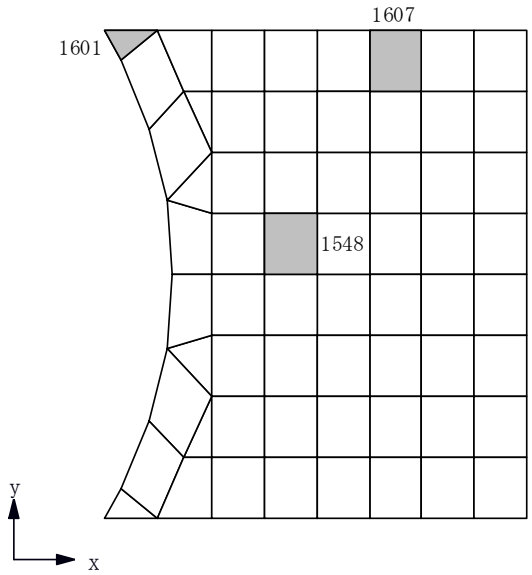


(c)　東側壁



(d)　西側壁

図 4－5　選定した要素の位置　（異常＋Ｓ ｓ 地震）時（2/3）



(e)　底面スラブ

図 4－5　選定した要素の位置　（異常＋Ｓｓ地震）時（3/3）

表 4－3　評価結果　Ｓｓ地震時

部位	評価項目		方向	要素番号	組合せケース	発生値	許容値
北側壁	軸力＋曲げモーメント＋面内せん断力	コンクリート圧縮ひずみ（$\times 10^{-3}$）	鉛直	2145	2-5	0.282	3.00
		鉄筋引張ひずみ（$\times 10^{-3}$）	水平	2320	2-8	0.506	5.00
	軸力	圧縮応力度（N/mm^2）	水平	2320	2-2	7.37	21.4
	面内せん断力	面内せん断応力度（N/mm^2）	－	2092	2-16	2.76	4.91
	面外せん断力	面外せん断応力度（N/mm^2）	鉛直	2145	2-5	0.914	2.08
南側壁	軸力＋曲げモーメント＋面内せん断力	コンクリート圧縮ひずみ（$\times 10^{-3}$）	鉛直	102145	2-7	0.282	3.00
		鉄筋引張ひずみ（$\times 10^{-3}$）	水平	102320	2-8	0.504	5.00
	軸力	圧縮応力度（N/mm^2）	水平	102320	2-2	7.37	21.4
	面内せん断力	面内せん断応力度（N/mm^2）	－	102092	2-16	2.74	4.91
	面外せん断力	面外せん断応力度（N/mm^2）	鉛直	102145	2-7	0.912	2.08
東側壁	軸力＋曲げモーメント＋面内せん断力	コンクリート圧縮ひずみ（$\times 10^{-3}$）	鉛直	102379	2-6	0.391	3.00
		鉄筋引張ひずみ（$\times 10^{-3}$）	鉛直	102379	2-6	0.742	5.00
	軸力	圧縮応力度（N/mm^2）	水平	102414	2-5	1.13	21.4
	面内せん断力	面内せん断応力度（N/mm^2）	－	2390	2-5	1.00	3.87
	面外せん断力	面外せん断応力度（N/mm^2）	鉛直	102386	2-6	0.926	1.75
西側壁	軸力＋曲げモーメント＋面内せん断力	コンクリート圧縮ひずみ（$\times 10^{-3}$）	鉛直	102469	2-5	0.207	3.00
		鉄筋引張ひずみ（$\times 10^{-3}$）	鉛直	102469	2-3	0.500	5.00
	軸力	圧縮応力度（N/mm^2）	鉛直	2469	2-7	5.90	21.4
	面内せん断力	面内せん断応力度（N/mm^2）	－	2485	2-5	0.974	2.33
	面外せん断力	面外せん断応力度（N/mm^2）	水平	102493	2-8	0.291	1.54
底面スラブ	軸力＋曲げモーメント	コンクリート圧縮ひずみ（$\times 10^{-3}$）	EW	1601	2-8	0.475	3.00
		鉄筋引張ひずみ（$\times 10^{-3}$）	EW	101548	2-6	0.436	5.00
	面外せん断力	面外せん断応力度（N/mm^2）	NS	1607	2-14	1.03*	1.21

注記*：応力の再分配等を考慮して，応力平均化を行った結果。

表 4－4　評価結果　（異常＋Ｓｄ地震）時

部位	評価項目		方向	要素番号	組合せケース	発生値	許容値
北側壁	軸力＋曲げモーメント＋面内せん断力	コンクリート圧縮ひずみ（$\times 10^{-3}$）	鉛直	2145	3-21	0.177	3.00
		鉄筋引張ひずみ（$\times 10^{-3}$）	水平	2318	3-4	0.185	5.00
	軸力	圧縮応力度（N/mm^2）	鉛直	2145	3-8	2.24	21.4
	面内せん断力	面内せん断応力度（N/mm^2）	－	2092	3-8	1.67	4.91
	面外せん断力	面外せん断応力度（N/mm^2）	鉛直	2145	3-21	0.748	1.87
南側壁	軸力＋曲げモーメント＋面内せん断力	コンクリート圧縮ひずみ（$\times 10^{-3}$）	鉛直	102145	3-23	0.176	3.00
		鉄筋引張ひずみ（$\times 10^{-3}$）	水平	102318	3-4	0.184	5.00
	軸力	圧縮応力度（N/mm^2）	鉛直	102145	3-8	2.24	21.4
	面内せん断力	面内せん断応力度（N/mm^2）	－	102092	3-8	1.66	4.91
	面外せん断力	面外せん断応力度（N/mm^2）	鉛直	102145	3-23	0.745	1.87
東側壁	軸力＋曲げモーメント＋面内せん断力	コンクリート圧縮ひずみ（$\times 10^{-3}$）	鉛直	102379	3-6	0.159	3.00
		鉄筋引張ひずみ（$\times 10^{-3}$）	鉛直	102379	3-6	0.173	5.00
	軸力	圧縮応力度（N/mm^2）	鉛直	2398	3-6	0.257	21.4
	面内せん断力	面内せん断応力度（N/mm^2）	－	2414	3-17	0.611	3.27
	面外せん断力	面外せん断応力度（N/mm^2）	鉛直	2383	3-6	0.426	1.71
西側壁	軸力＋曲げモーメント＋面内せん断力	コンクリート圧縮ひずみ（$\times 10^{-3}$）	鉛直	2469	3-19	0.198	3.00
		鉄筋引張ひずみ（$\times 10^{-3}$）	鉛直	2469	3-17	0.395	5.00
	軸力	圧縮応力度（N/mm^2）	鉛直	102469	3-21	5.04	21.4
	面内せん断力	面内せん断応力度（N/mm^2）	－	102489	3-17	0.756	2.26
	面外せん断力	面外せん断応力度（N/mm^2）	鉛直	2469	3-20	0.391	2.04
底面スラブ	軸力＋曲げモーメント	コンクリート圧縮ひずみ（$\times 10^{-3}$）	EW	1601	3-8	0.221	3.00
		鉄筋圧縮ひずみ（$\times 10^{-3}$）	EW	1601	3-8	0.152	5.00
	面外せん断力	面外せん断応力度（N/mm^2）	NS	1606	3-14	0.934	1.21

表 4－5　評価結果　（異常＋Ｓｓ地震）時

部位	評価項目		方向	要素番号	組合せケース	発生値	許容値
北側壁	軸力＋曲げモーメント＋面内せん断力	コンクリート圧縮ひずみ（$\times 10^{-3}$）	鉛直	2145	4-5	0.248	3.00
		鉄筋引張ひずみ（$\times 10^{-3}$）	鉛直	2145	4-2	0.720	5.00
	軸力	圧縮応力度（N/mm^2）	水平	2320	4-2	7.42	21.4
	面内せん断力	面内せん断応力度（N/mm^2）	－	2092	4-8	2.61	4.91
	面外せん断力	面外せん断応力度（N/mm^2）	鉛直	2145	4-1	0.892	1.82
南側壁	軸力＋曲げモーメント＋面内せん断力	コンクリート圧縮ひずみ（$\times 10^{-3}$）	鉛直	102145	4-7	0.248	3.00
		鉄筋引張ひずみ（$\times 10^{-3}$）	鉛直	102145	4-2	0.721	5.00
	軸力	圧縮応力度（N/mm^2）	水平	102320	4-2	7.42	21.4
	面内せん断力	面内せん断応力度（N/mm^2）	－	102092	4-8	2.60	4.91
	面外せん断力	面外せん断応力度（N/mm^2）	鉛直	102145	4-3	0.890	1.82
東側壁	軸力＋曲げモーメント＋面内せん断力	コンクリート圧縮ひずみ（$\times 10^{-3}$）	鉛直	102379	4-6	0.384	3.00
		鉄筋引張ひずみ（$\times 10^{-3}$）	鉛直	102379	4-6	0.736	5.00
	軸力	圧縮応力度（N/mm^2）	鉛直	2382	4-6	0.763	21.4
	面内せん断力	面内せん断応力度（N/mm^2）	－	2390	4-5	0.966	3.87
	面外せん断力	面外せん断応力度（N/mm^2）	鉛直	102386	4-6	0.905	1.76
西側壁	軸力＋曲げモーメント＋面内せん断力	コンクリート圧縮ひずみ（$\times 10^{-3}$）	鉛直	2469	4-3	0.207	3.00
		鉄筋引張ひずみ（$\times 10^{-3}$）	鉛直	102469	4-3	0.488	5.00
	軸力	圧縮応力度（N/mm^2）	鉛直	102469	4-5	6.03	21.4
	面内せん断力	面内せん断応力度（N/mm^2）	－	2489	4-5	0.736	1.91
	面外せん断力	面外せん断応力度（N/mm^2）	鉛直	102469	4-4	0.407	2.17
底面スラブ	軸力＋曲げモーメント	コンクリート圧縮ひずみ（$\times 10^{-3}$）	EW	1601	4-8	0.441	3.00
		鉄筋引張ひずみ（$\times 10^{-3}$）	EW	1548	4-6	0.420	5.00
	面外せん断力	面外せん断応力度（N/mm^2）	NS	1607	4-14	1.02*	1.21

注記*：応力の再分配等を考慮して，応力平均化を行った結果。

5. 引用文献

(1) Comite Euro-International du Beton：CEB-FIP MODEL CODE 1990 (DESIGN CODE), 1993

(2) 出雲淳一，島弘，岡村甫：面内力を受ける鉄筋コンクリート板要素の解析モデル，コンクリート工学，Vol.25，No.9，1987.9

別紙　鉄筋コンクリート構造物の重大事故等時の高温による影響

（使用済燃料貯蔵プール及びキャスクピット）

目　次

1.　概要　・・・

1. 概要

原子炉建屋の燃料貯蔵設備である使用済燃料貯蔵プール及びキャスクピットは，主要構造体を鉄筋コンクリート造の壁と床で構成する。使用済燃料貯蔵プール及びキャスクピットの冷却機能や注水機能を喪失する重大事故等時において，使用済燃料貯蔵プール及びキャスクピットの水温は高温状態が一定期間継続すると推定される。

よって，使用済燃料貯蔵プール及びキャスクピットについて，既往の文献・規格等に基づき，高温時の健全性を確認する。

2. コンクリート及び鉄筋の温度の影響に関する調査

2.1 鉄筋コンクリートの高温時の特性

鉄筋コンクリートは，コンクリートと鉄筋で構成され，日本建築学会「構造材料の耐火性ガイドブック（（社）日本建築学会，2009）」によると，一般に，コンクリート・鉄筋は，温度の上昇と共に強度・剛性は劣化し，ひずみが大きくなる傾向にあるとされている。

コンクリートについては，セメント水和物及びその吸着水，水和物で構成される細孔内に存在する毛管水，毛管より大きな空隙に存在する自由水から成る多孔体である。一般的にコンクリートの温度が 70℃程度では，コンクリートの基本特性に大きな影響を及ぼすような自由水の逸散は生じず，100℃以下では圧縮強度の低下は小さいとされる。また，コンクリートの温度が大気圧において 100℃を超すと自由水が脱水し始め，その温度作用時間が長期間になると結晶水も脱水し始める。コンクリート温度が 190℃付近では結晶水が解放され始め，更に高温になると脱水現象が著しくなるため，コンクリートの特性に影響が出始めるとされる。

鉄筋については，「構造材料の耐火性ガイドブック（（社）日本建築学会，2009）」によると，強度及び剛性は，概ね 200℃から 300℃までは常温時の特性を保持するとされている。

2.2　既往の文献による高温時のコンクリートの特性

使用済燃料貯蔵プール及びキャスクピットは，ステンレス鋼によりライニングされており，また，重大事故等時には，代替注水設備によりプールへの注水が行われるため，高温によるコンクリートからの水分逸散のないシール状態にある。それを踏まえ，シール状態で高温加熱を受けたコンクリートの文献収集を行った。高温を受けたコンクリートの圧縮強度に関する文献を表 2－1 に示す。

文献 No.1 及び No.2 では，加熱温度 175℃のコンクリートへの影響について検討されている。文献 No.1 では，シール状態において強度は熱水反応により一様な変化は示さないとされており，加熱期間 91 日までは，概ね加熱前と強度は同等と考えられる。アンシール状態では加熱期間 28 日までの低下率は 10%以内に収まるとされている。文献 No.2 では，シール状態においては，加熱期間 91 日まで強度の低下は認められない。

また，文献 No.3～No.7 は，加熱温度 110℃のコンクリートへの影響について検討されている。No.4 は加熱期間 50 日について検討されており，強度低下は認められない。また，No.3 は加熱期間 3.5 年間，No.5～No.7 は加熱期間 2 年間について検討され，いずれも強度の低下傾向は認められないとされている。

それぞれの加熱温度における剛性に着目すると，加熱温度 175℃において，アンシールの条件下では，加熱期間 1 日でも急激に低下する場合があるとされており，水分の逸散と高い相関があると考えられる。一方，シール状態では大きな低下はなく，加熱温度 110℃では加熱後ごく初期に剛性の変化は収束するとされている。

以上より，175℃程度までの高温環境ではコンクリート強度への影響は小さい。また，コンクリートの剛性については，高温環境による水分逸散の影響が大きく，シール状態においても剛性の低下の傾向は認められるが，加熱後ごく初期に収束するため影響はない。

表 2－1　高温を受けたコンクリートの圧縮強度に関する文献一覧

No.	文献名 （出典）	著者	試験条件		
			温度	加熱期間	水分
1	高温（175 ℃）を受けたコンクリートの強度性状 （セメント・コンクリートNo.449，July 1984）	川口　徹，高橋久雄	175℃	1～91日	シール アンシール
2	高温履歴を受けるコンクリートの物性に関する実験的研究 （日本建築学会構造系論文集　第457号，1994年3月）	長尾覚博，中根　淳	40 ～ 175 ，　300 ， 600℃	1～91日（～175℃） 7日（300，600℃）	シール アンシール
3	熱影響場におけるコンクリートの劣化に関する研究 （第48回セメント技術大会講演集，1994）	長尾覚博，鈴木智巳， 田渕正昭	①65，90，110℃の一定加熱 ②20～110℃のサイクル加熱	1日～3.5年間	シール アンシール
4	長期高温加熱がコンクリートの力学特性に及ぼす影響の検討 （日本建築学会大会学術講演梗概集（北陸），2010年9月）	木場将雄，山本知弘， 久野通也，島本　龍， 一瀬賢一，佐藤　立	①20℃の一定加熱 ②110℃のサイクル加熱	①50日 ②1～50サイクル （1サイクル：1日） 注：110℃の期間：9h	シール アンシール
5	長期間加熱を受けたコンクリートの物性変化に関する実験的研究 （その1　実験計画と結果概要） （日本建築学会大会学術講演梗概集（中国），1999年9月）	薗田　敏，長尾覚博， 北野剛人，守屋正裕， 池内俊之，大池　武	①20，110，180，325℃の一定加熱 ②～110℃，～180℃～325℃のサイクル加熱	①1日～24か月 ②1～180サイクル （1サイクル：72時間） 注： 高温保持時間：24時間	シール アンシール
6	長期間加熱を受けたコンクリートの物性変化に関する実験的研究 （その2　普通コンクリートの力学特性試験結果） （日本建築学会大会学術講演梗概集（中国），1999年9月）	池内俊之，長尾覚博， 北野剛人，守屋正裕， 薗田　敏，大池　武			
7	長期間加熱を受けたコンクリートの物性変化に関する実験的研究 （その3　耐熱コンクリートの力学特性試験結果） （日本建築学会大会学術講演梗概集（中国），1999年9月）	大池　武，池内俊之， 北野剛人，長尾覚博， 薗田　敏，守屋正裕			

別紙-3

3. 施設を構成する部材の構造特性

部材内の温度差及び拘束により発生する熱応力は，使用済燃料貯蔵プール及びキャスクピットの壁が周囲の壁，床に比べて厚く，更に取り付く床が少ないため，拘束応力のレベルが低いことに加え，「発電用原子力設備規格　コンクリート製原子炉格納容器規格（（社）日本機械学会，2003）」では，自己拘束的な応力であることから，十分な塑性変形能力がある場合，終局耐力に影響しないこととされている。

以上を踏まえ，施設を構成する部材の構造特性については，高温時においても設計基準状態との相違は小さい。

4. まとめ

鉄筋コンクリート構造物の高温時の健全性について，既往の文献・規格等に基づき評価を行い，使用済燃料貯蔵プール及びキャスクピットの重大事故等時における高温状態に対しても，鉄筋コンクリート構造物の強度及び剛性への影響は小さいことを確認した。

Ⅴ-2-4-2-2　使用済燃料貯蔵ラックの耐震性についての計算書

目　　次

1.　概要 ····· 1
2.　一般事項 ····· 1
2.1　構造計画 ····· 1
2.2　評価方針 ····· 3
2.3　適用規格・基準等 ····· 4
2.4　記号の説明 ····· 5
2.5　計算精度と数値の丸め方 ····· 6
3.　評価部位 ····· 7
4.　地震応答解析及び構造強度評価 ····· 7
4.1　地震応答解析及び構造強度評価方法 ····· 7
4.2　荷重の組合せ及び許容応力 ····· 10
4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態 ····· 10
4.2.2　許容応力 ····· 10
4.2.3　使用材料の許容応力評価条件 ····· 10
4.3　解析モデル及び諸元 ····· 14
4.4　固有周期 ····· 16
4.5　設計用地震力 ····· 19
4.6　計算方法 ····· 21
4.6.1　部材の応力 ····· 21
4.6.2　基礎ボルトの応力 ····· 22
4.7　計算条件 ····· 24
4.8　応力の評価 ····· 24
4.8.1　部材の応力評価 ····· 24
4.8.2　基礎ボルトの応力評価 ····· 24
5.　評価結果 ····· 25
5.1　設計基準対象施設としての評価結果 ····· 25
5.2　重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 25

別添　解析モデルの寸法 ····· 32
別添　使用済燃料貯蔵プール内ラック全体配置図 ····· 33

1. 概要

本計算書は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき，使用済燃料貯蔵ラック（以下「ラック」という。）が設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。

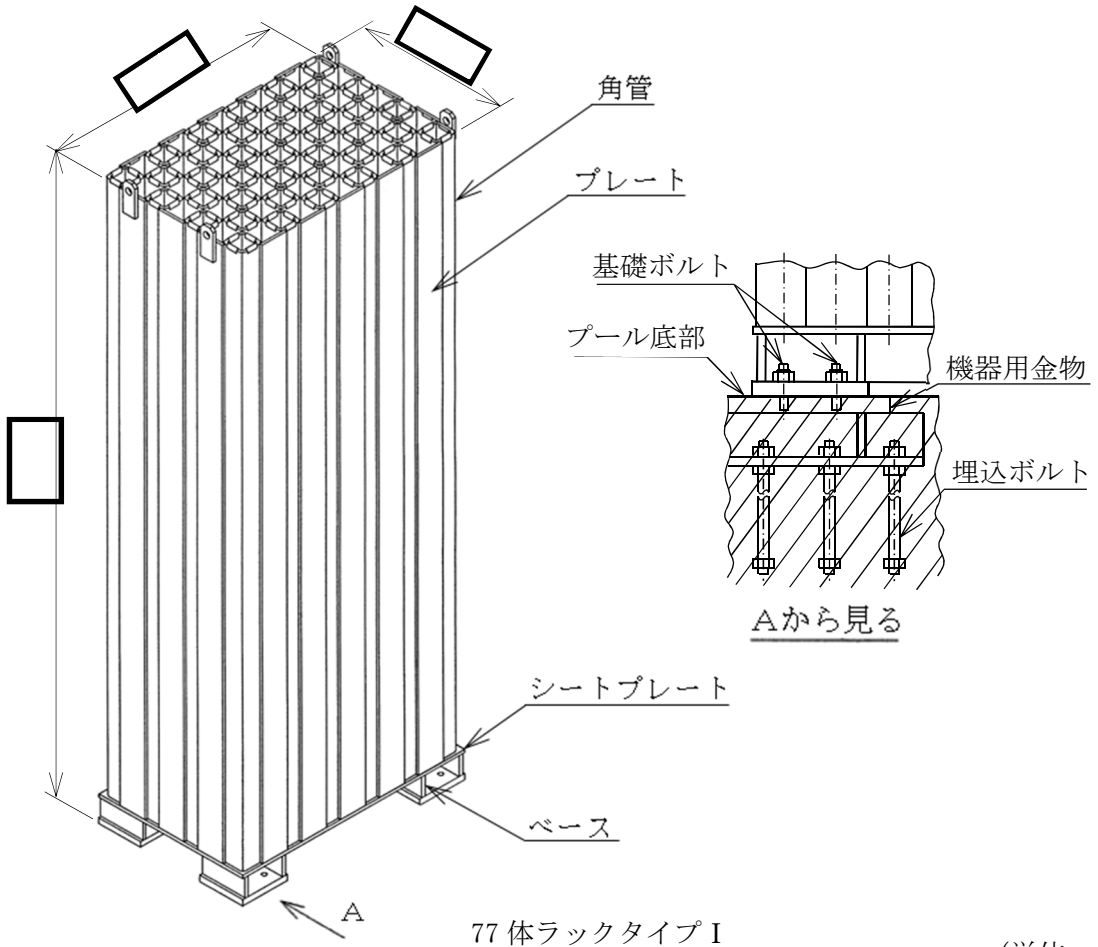
ラックは，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下，設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

ラックの構造計画を表2－1に示す。

表 2－1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
使用済燃料貯蔵ラックは，たて置形で下部を基礎ボルトで使用済燃料貯蔵プールの底部に固定されており，自立型である。	ボロン添加ステンレス鋼製たて置ラック	 77 体ラックタイプⅠ（単位：mm）

2.2　評価方針

ラックの応力評価は，V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき，「2.1　構造計画」にて示すラックの部位を踏まえ「3.　評価部位」にて設定する箇所において，「4.3　解析モデル及び諸元」及び「4.4　固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを，「4.　地震応答解析及び構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「5.評価結果」に示す。

ラックの耐震評価フローを図2－1に示す。

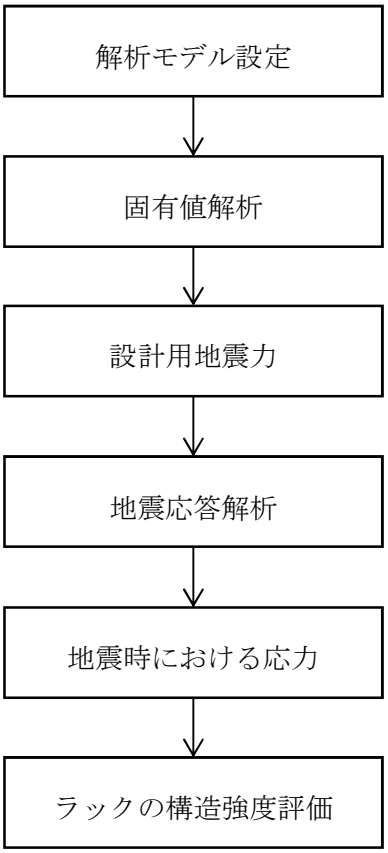


図2－1　ラックの耐震評価フロー

2.3　適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

・原子力発電所耐震設計技術指針　重要度分類・許容応力編　ＪＥＡＧ４６０１・補-1984（(社) 日本電気協会）

・原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１-1987（(社) 日本電気協会）

・原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１-1991　追補版（(社) 日本電気協会）

・発電用原子力設備規格　設計・建設規格（(社)日本機械学会，2005/2007）（以下「設計・建設規格」という。）

2.4　記号の説明

記号	記号の説明	単位
A_b	基礎ボルトの軸断面積	mm^2
C_H	水平方向設計震度	―
C_V	鉛直方向設計震度	―
d	基礎ボルトの呼び径	mm
E	縦弾性係数	MPa
F	設計・建設規格　SSB-3121.1(1)に定める値	MPa
F*	設計・建設規格　SSB-3121.3 又は SSB-3133 に定める値	MPa
F_{ai}	ベース底部に働くせん断力*1	N
f_{ji}	基礎ボルトに働く引張力（1 本当たり）*1, *2	N
f_s	部材の許容せん断応力	MPa
f_{sb}	せん断力のみを受ける基礎ボルトの許容せん断応力	MPa
f_t	部材の許容引張応力	MPa
f_{to}	引張力のみを受ける基礎ボルトの許容引張応力	MPa
f_{ts}	引張力とせん断力を同時に受ける基礎ボルトの許容引張応力	MPa
g	重力加速度（＝9.80665）	m/s^2
ℓ_{gi}	ベース端から重心までの距離*1	mm
ℓ_{ji}	ベース端から基礎ボルトまでの距離*1, *2	mm
M_{ai}	ベース底部の転倒モーメント*1	N·mm
m_a	使用済燃料貯蔵時のラック全質量	kg
m_F	使用済燃料の質量	kg
m_R	ラックの質量	kg
m_W	ラックに含まれる水の質量	kg
n	基礎ボルトの全本数	―
n_{ji}	基礎ボルト各部の本数*1, *2	―
S_u	設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表 9 に定める値	MPa
S_y	設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表 8 に定める値	MPa
S_y（RT）	設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表 8 に定める材料の 40℃における値	MPa
t	部材の板厚	mm
σ_b	基礎ボルトに生じる引張応力	MPa
σ_x, σ_y	部材に生じる引張応力	MPa
σ_{fa}	部材に生じる組合せ応力	MPa
τ_b	基礎ボルトに生じるせん断応力	MPa
τ_{xy}	部材に生じるせん断応力	MPa

注記＊1：F_{ai}，f_{ji}，ℓ_{gi}，ℓ_{ji}，M_{ai}及びn_{ji}の添字ｉの意味は，以下のとおりとする。

ｉ＝Ｎ：ＮＳ方向

ｉ＝Ｅ：ＥＷ方向

＊2：f_{ji}，ℓ_{ji}及びn_{ji}の添字ｊはボルトの列番号を示す。

2.5　計算精度と数値の丸め方

精度は，有効数字6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は表2－2に示すとおりとする。

表2－2　表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期	s	小数点以下第4位	四捨五入	小数点以下第3位
震度	―	小数点以下第3位	切上げ	小数点以下第2位
周囲環境温度	℃	―	―	整数位
質量	kg	―	―	整数位
長さ	mm	―	―	整数位*1
面積	mm^2	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
力	N	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
モーメント	N･mm	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
算出応力	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
許容応力*3	MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位

注記＊1：設計上定める値が小数点以下第1位の場合は，小数点以下第1位表示とする。

＊2：絶対値が1000以上のときはべき数表示とする。

＊3：設計・建設規格　付録材料図表に記載された温度の中間における引張強さ及び降伏点は，比例法により補間した値の小数点以下第1位を切り捨て，整数位までの値とする。

3.　評価部位

ラックの耐震評価は，「4.1　地震応答解析及び構造強度評価方法」に示す条件に基づき，耐震評価上厳しくなる角管，プレート，シートプレート，ベース及び基礎ボルトについて実施する。

なお，ラックの種類としては，貯蔵体数及び配列の異なる77体ラックタイプⅠ，77体ラックタイプⅡ，100体ラック，110体ラックタイプⅠ，110体ラックタイプⅡ及び121体ラックがあるが，この中で許容応力に対する裕度が一番小さくなる77体ラックタイプⅠについて記載する。

ラックの耐震評価部位については，表2－1の構造概略図に示す。

4.　地震応答解析及び構造強度評価

4.1　地震応答解析及び構造強度評価方法

(1)　ラックは，原子炉建屋の使用済燃料貯蔵プールの底部（T.M.S.L. 19.88m）に基礎ボルトにより固定されるものとする。

(2)　ラックの質量には，使用済燃料の質量とラック自身の質量のほか，ラックに含まれる水の質量及びラック外形の付加質量*を考慮する。

(3)　地震力は，ラックに対して水平方向から作用するものとする。

ここで，水平方向地震力は，ラックの長辺方向に作用する場合と短辺方向に作用する場合を考慮する。

また，鉛直方向地震力は，水平方向地震力と同時に不利な方向に作用するものとする。

(4)　全体組立図（77体ラックタイプⅠの例）を図4－1に，構造概要図を図4－2に示す。

(5)　耐震計算に用いる寸法は，公称値を使用する。

注記＊：付加質量とは，機器が流体中で加速度を受けた場合に質量が増加したような効果を模擬した，機器の形状により定まる仮想質量をいう。

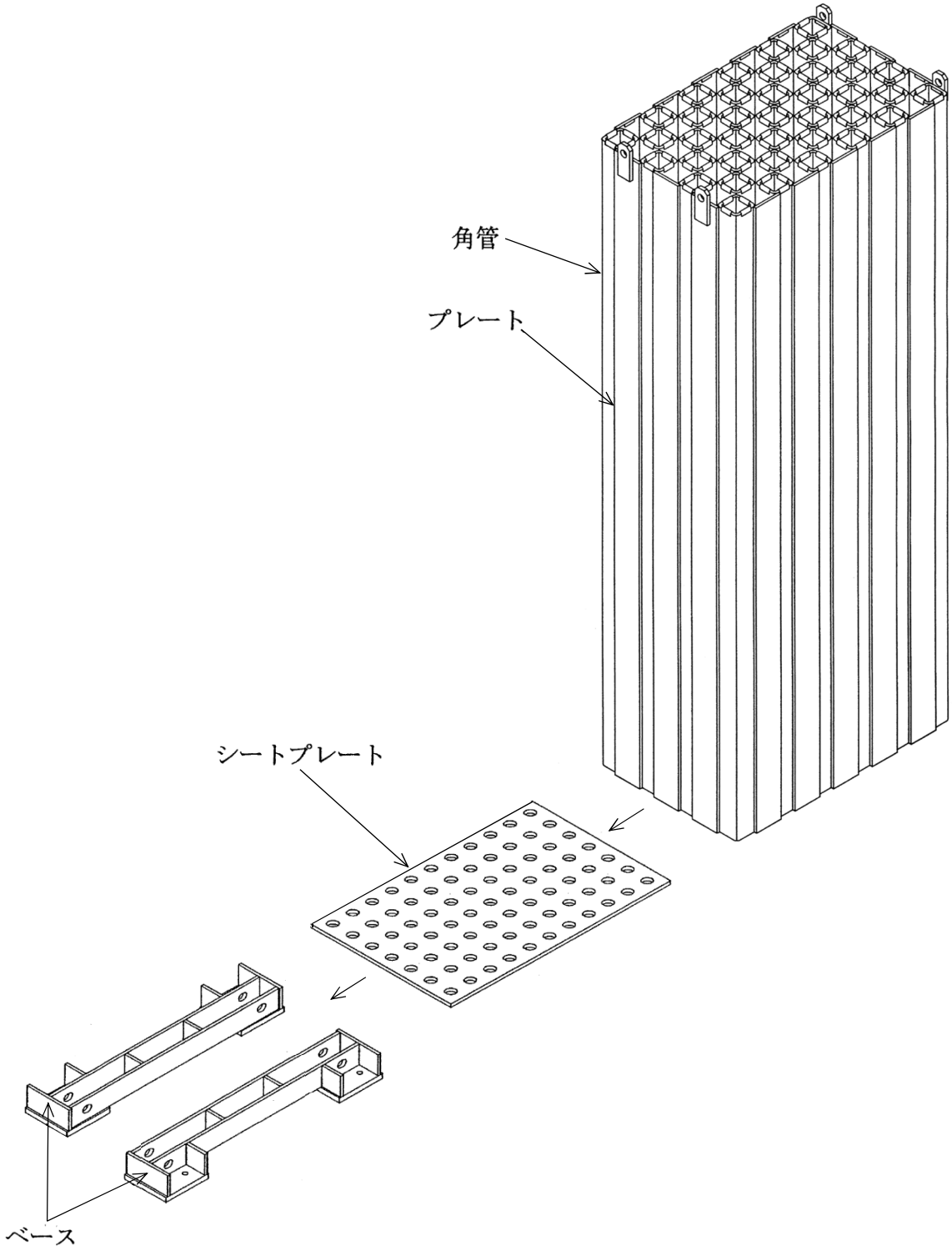
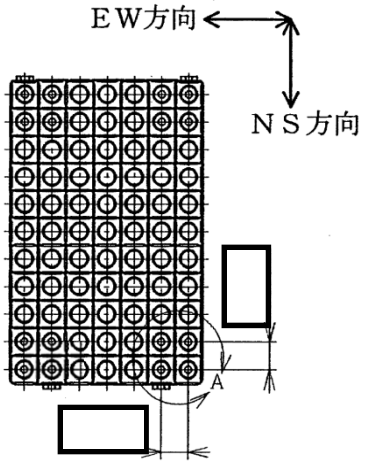
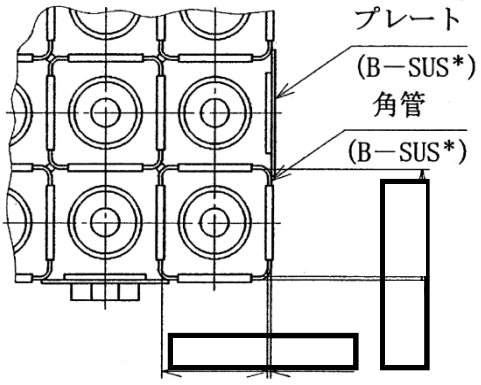


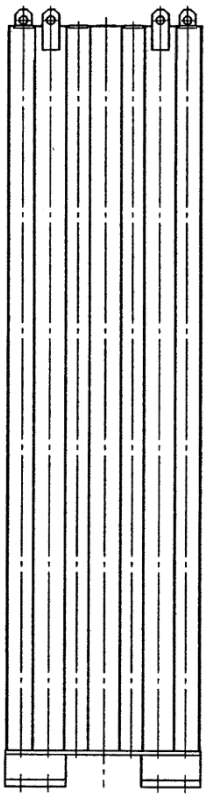
図 4－1　全体組立図（77 体ラックタイプⅠ）

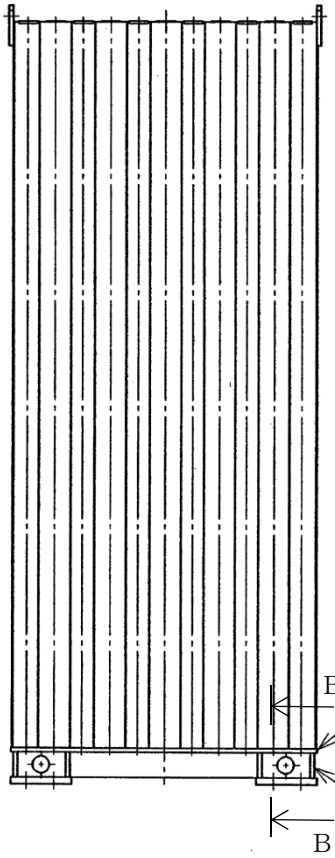


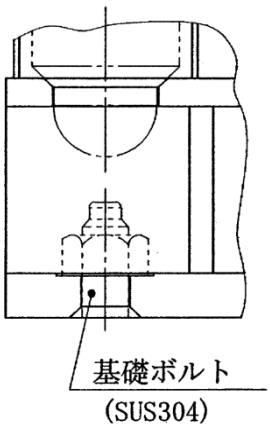


A部詳細図

注記＊：B−SUS はボロン添加ステンレス鋼管及び鋼板を示す。







B～B断面図

図 4−2　構造概要図（77 体ラックタイプⅠ）（単位：mm）

4.2　荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

ラックの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表4－1に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表4－2に示す。

4.2.2　許容応力

ラックの許容応力は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表4－3に示す。

4.2.3　使用材料の許容応力評価条件

ラックの使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表4－4に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表4－5に示す。

表 4－1　荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設	使用済燃料貯蔵設備	使用済燃料貯蔵ラック	S	—*	D＋P_D＋M_D＋S d*	ⅢAS
					D＋P_D＋M_D＋S s	ⅣAS

注記＊：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 4－2　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設	使用済燃料貯蔵設備	使用済燃料貯蔵ラック	常設耐震／防止 常設／緩和	—*2	D＋P_D＋M_D＋S s *3	ⅣAS
					D＋P_{SAD}＋M_{SAD}＋S s	VAS （VASとしてⅣASの許容限界を用いる。）

注記＊1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

＊2：重大事故等その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

＊3：「D＋P_{SAD}＋M_{SAD}＋S s」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 4－3　許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2（ボルト等以外）		許容限界*1, *2（ボルト等）	
	一次応力		一次応力	
	引張り	せん断	引張り	せん断
ⅢAS	1.5・f t	1.5・f s	1.5・f t	1.5・f s
ⅣAS	1.5・f t*	1.5・f s*	1.5・f t*	1.5・f s*
VAS（VASとしてⅣASの許容限界を用いる。）				

注記＊1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

＊2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表4－4　使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		Ｓｙ (MPa)	Ｓｕ (MPa)	Ｓｙ（ＲＴ） (MPa)
角管及び プレート	ボロン添加ステンレス鋼管及び鋼板	周囲環境温度	66	188 ＊	479 ＊	205 ＊
シートプレート	SUS304L	周囲環境温度	66	160	443	175
ベース	SUS304L	周囲環境温度	66	160	443	175
基礎ボルト	SUS304	周囲環境温度	66	188	479	205

注記＊：ボロン添加ステンレス鋼のＳｙ，Ｓｕの値は，SUS304 の規格値を上回っているが，安全側の評価とするため，SUS304 の値を使用する。

表4－5　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		Ｓｙ (MPa)	Ｓｕ (MPa)	Ｓｙ（ＲＴ） (MPa)
角管及び プレート	ボロン添加ステンレス鋼管及び鋼板	周囲環境温度	100	171 ＊	441 ＊	205 ＊
シートプレート	SUS304L	周囲環境温度	100	145	408	175
ベース	SUS304L	周囲環境温度	100	145	408	175
基礎ボルト	SUS304	周囲環境温度	100	171	441	205

注記＊：ボロン添加ステンレス鋼のＳｙ，Ｓｕの値は，SUS304 の規格値を上回っているが，安全側の評価とするため，SUS304 の値を使用する。

4.3　解析モデル及び諸元

ラックの解析モデルを図4－3に，解析モデルの概要を以下に示す。また，機器の諸元を本計算書の【使用済燃料貯蔵ラックの耐震性についての計算結果】の機器要目に示す。

(1)　ラックはシェル要素を用いた有限要素モデルとする。

(2)　ラックはベースを基礎ボルトにより固定されるため，基礎ボルト近傍のベース下端の節点を固定する。なお，基礎ボルト部は剛体として評価する。

(3)　ラックの質量には使用済燃料の質量，ラック自身の質量，ラックに含まれる水の質量及び付加質量を考慮し，これら使用済燃料，ラックに含まれる水の質量及び付加質量は角管及びプレート全長にわたって等分布に与える。

(4)　本ラックに使用するボロン添加ステンレス鋼のボロン添加量は[redacted]であり，ボロン添加ステンレス鋼の縦弾性係数はボロン添加量の増加に従って漸増する傾向にあるため，縦弾性係数は固有周期が大きくなる側となるボロン添加量の下限の値を用いるものとする。

(5)　固有値，荷重及び部材の応力は，解析コード「ＳＡＰ－Ⅳ」を用いて求める。

なお，評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については，別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

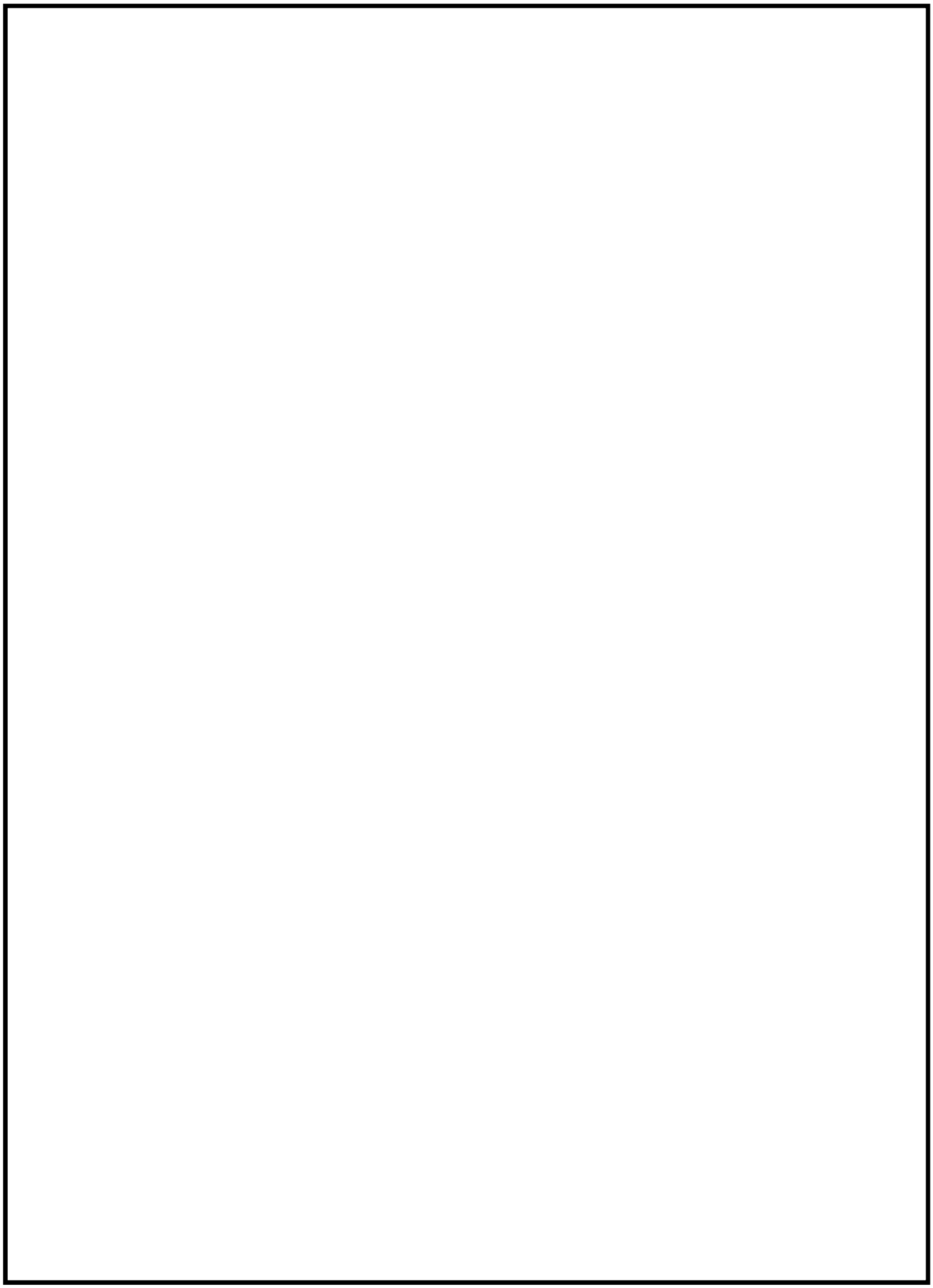


図 4－3　解析モデル（77 体ラックタイプⅠ）

4.4　固有周期

固有値解析の結果を表4－6に，振動モード図を図4－4～図4－6に示す。

表4－6　固有周期

モード	卓越方向	固有周期 (s)	刺激係数*		
			水平方向		鉛直方向
			ＮＳ方向	ＥＷ方向	
1次	水平	0.082	0.0000	-5.8951	0.0000
2次	水平	0.058	0.0000	0.0000	0.0000
3次	水平	0.047	―	―	―
25次	鉛直	0.011	―	―	―

注記＊：刺激係数は，モード質量を正規化し，固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

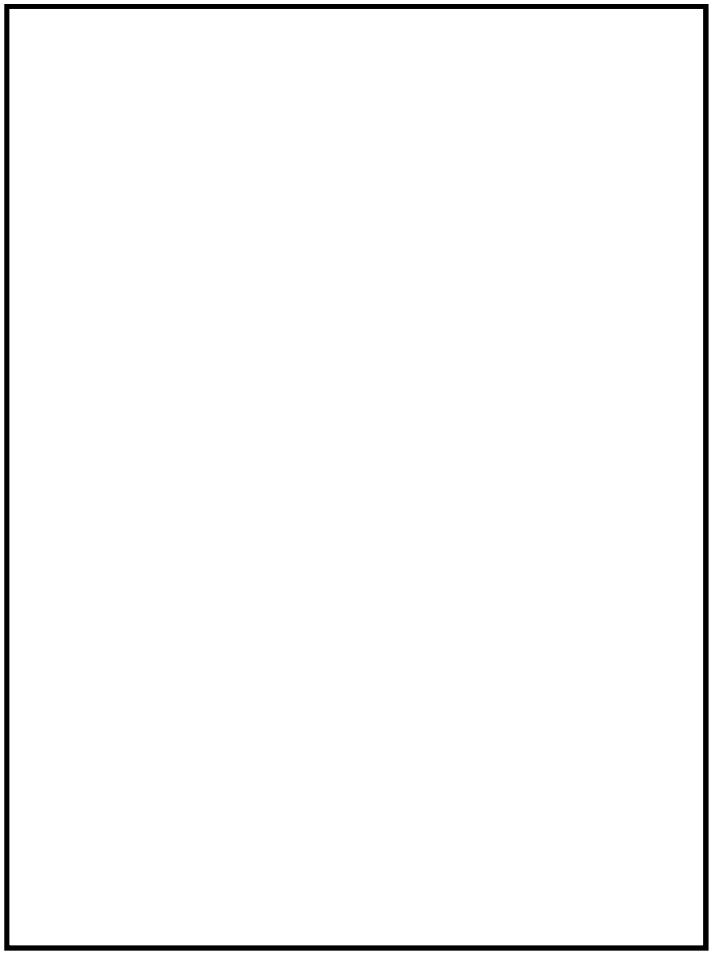


図4－4　振動モード（1次モード　水平方向　0.082s）

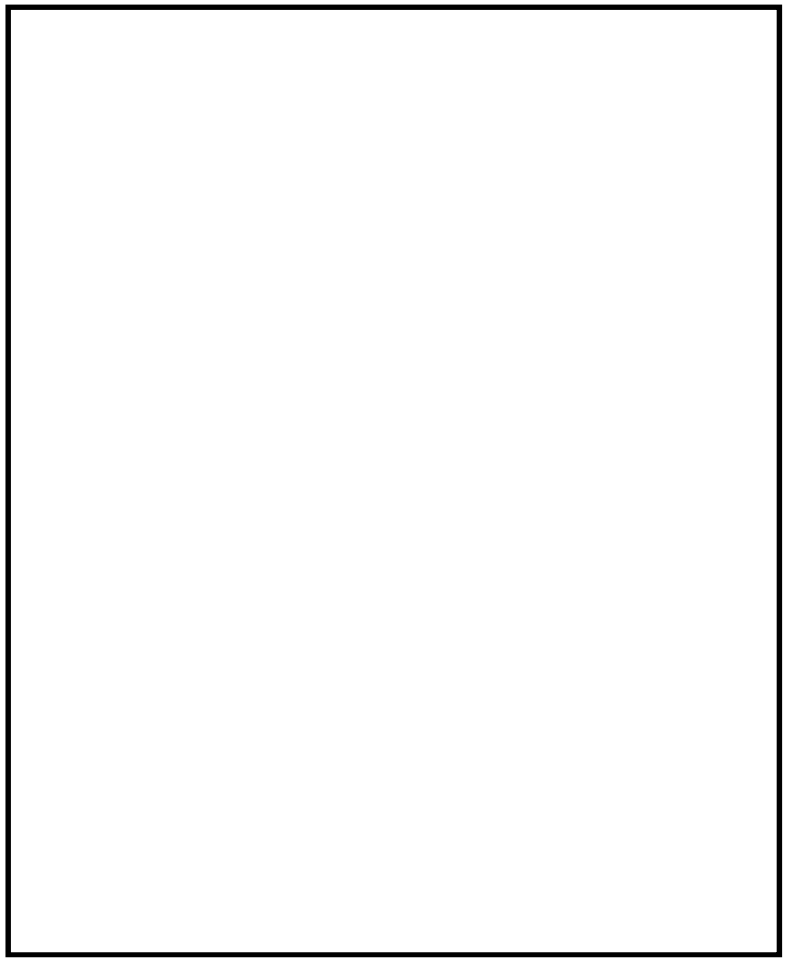


図4－5　振動モード（2次モード　水平方向　0.058s）

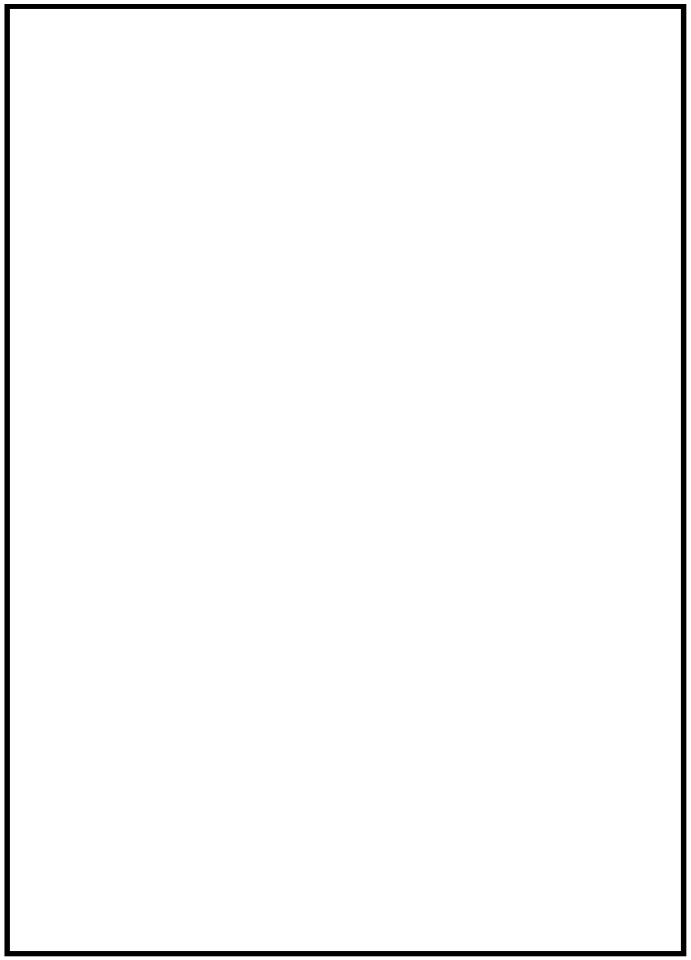


図4－6　振動モード（3次モード　水平方向　0.047s）

4.5　設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表4－7及び表4－8に示す。

「弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度」及び「基準地震動Ｓｓ」による地震力は，Ⅴ-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。また，減衰定数はⅤ-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

表 4－7　設計用地震力（設計基準対象施設）

据付場所及び床面高さ(m)		原子炉建屋　T.M.S.L.19.88（T.M.S.L.23.5*1）					
固有周期(s)		水平：0.082*2　　鉛直：0.011					
減衰定数(%)		水平：5.0（Ｓｄ），7.0（Ｓｓ）　　鉛直：―					
地震力		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度			基準地震動Ｓｓ		
モード	固有周期(s)	応答水平震度*3		応答鉛直震度*3	応答水平震度*4		応答鉛直震度*4
		NS 方向	EW 方向		NS 方向	EW 方向	
1 次	0.082	―	0.66	―	―	1.27	―
2 次	0.058	―	0.60	―	―	1.18	―
3 次	0.047	―	―	―	―	―	―
動的地震力*5		0.64	0.64	0.56	1.21	1.21	1.12
静的地震力*6		0.78	0.78	0.29	―	―	―

注記＊1：基準床レベルを示す。

＊2：1 次固有周期について記載

＊3：各モードの固有周期に対し，設計用床応答曲線（Ｓｄ）より得られる震度を示す。

＊4：各モードの固有周期に対し，設計用床応答曲線（Ｓｓ）より得られる震度を示す。

＊5：Ｓｓ又はＳｄに基づく設計用最大応答加速度より定めた震度を示す。

＊6：静的震度（3.6・Ｃｉ及び1.2・Ｃｖ）を示す。

表 4－8　設計用地震力（重大事故等対処設備）

据付場所及び床面高さ(m)		原子炉建屋　T.M.S.L.19.88（T.M.S.L.23.5*1）					
固有周期(s)		水平：0.082*2　　鉛直：0.011					
減衰定数(%)		水平：7.0　　鉛直：―					
地震力		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度			基準地震動Ｓｓ		
モード	固有周期(s)	応答水平震度		応答鉛直震度	応答水平震度*3		応答鉛直震度*3
		NS 方向	EW 方向		NS 方向	EW 方向	
1 次	0.082	―	―	―	―	1.27	―
2 次	0.058	―	―	―	―	1.18	―
3 次	0.047	―	―	―	―	―	―
動的地震力*4		―	―	―	1.21	1.21	1.12
静的地震力		―	―	―	―	―	―

注記＊1：基準床レベルを示す。

＊2：1 次固有周期について記載

＊3：各モードの固有周期に対し，設計用床応答曲線（Ｓｓ）より得られる震度を示す。

＊4：Ｓｓに基づく設計用最大応答加速度より定めた震度を示す。

4.6　計算方法

4.6.1　部材の応力

部材についての応力計算は，図 4－3 の解析モデルにて，角管及びプレート，シートプレート，ベースから成る系全体での応力計算を計算機コード「ＳＡＰ－Ⅳ」を使用して行い，引張応力，せん断応力を求め，本項に示す計算方法に従って組合せ応力を計算する。

計算機コード内では，各部材の局所座標系及びせん断応力 τ_{xy}，引張応力 σ_x，σ_y の働く向きを図 4－7 に示すように設定している。

各シェル部材の組合せ応力 σ_{fa} は，上述で計算したせん断応力 τ_{xy}，引張応力 σ_x，σ_y を用いて（4.6.1）式より求める。

$$\sigma_{fa}=\sqrt{\sigma_x^2+\sigma_y^2-\sigma_x\cdot\sigma_y+3\cdot\tau_{xy}^2} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (4.6.1)$$

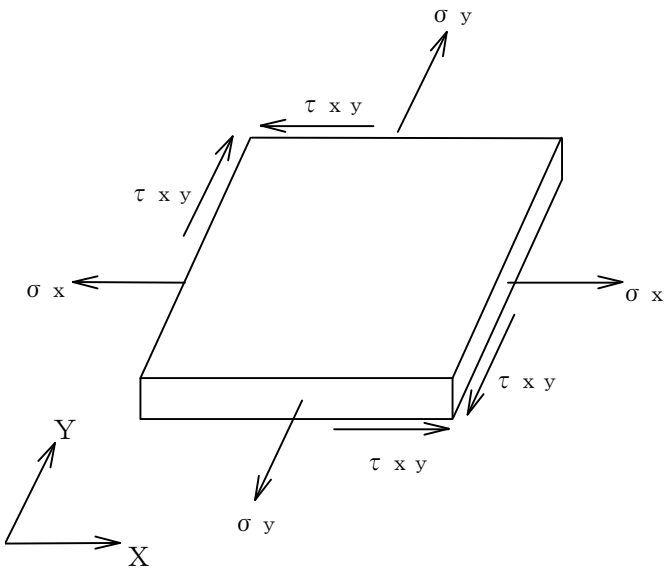


図 4－7　部材の応力計算モデル

4.6.2　基礎ボルトの応力

図 4−3 の解析モデルにて，角管及びプレート，シートプレート，ベースから成る系全体での荷重を計算機コード「ＳＡＰ−Ⅳ」を使用して算出し，求められた地震時のラックに作用する転倒モーメントM_{ai}及びベース底部に作用するせん断力F_{ai}が，ラックに図 4−8 のように負荷されるものとして基礎ボルトの応力を求める。

基礎ボルトの荷重状態を図 4−8 に示す。

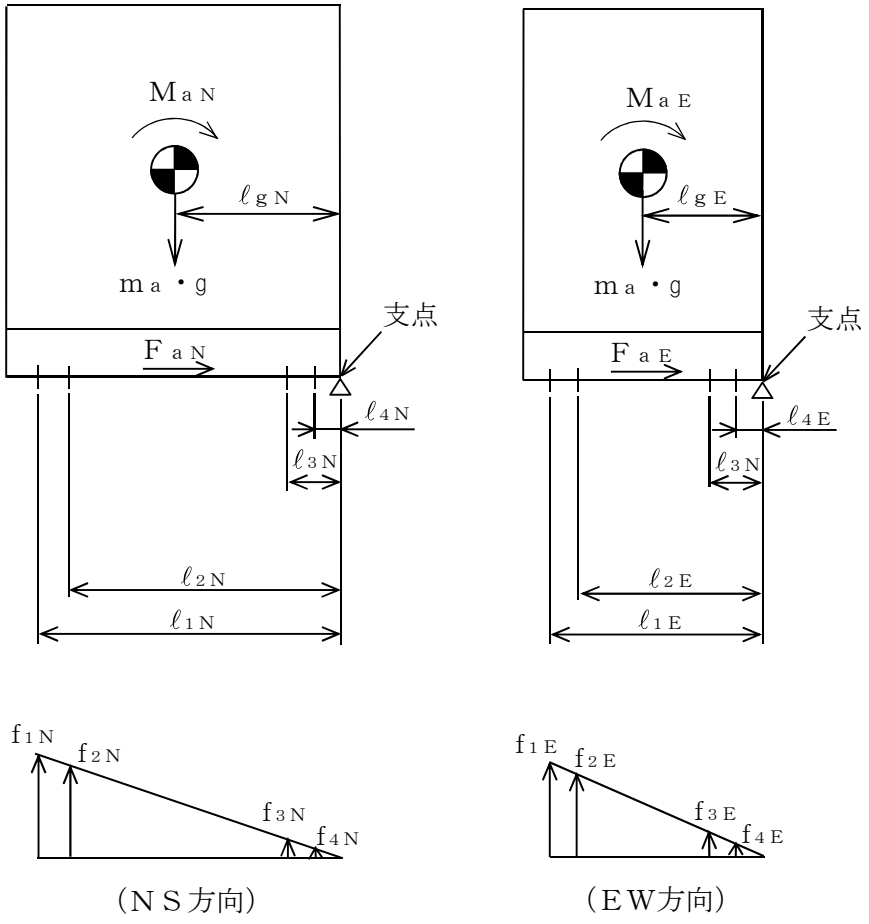


図 4−8　基礎ボルトの荷重状態

(1)　引張応力

図4－8において支点回りのモーメントの平衡により基礎ボルト1本当たりの引張力f_{1i}～f_{ji}を求める。

$f_{1i}>f_{2i}>\cdots\cdots>f_{ji}$の関係にあるので$f_{1i}$のみを以下により求める。

ここで，弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度の評価のうち，静的震度を組合せる場合は，(4.6.2)式を，それ以外は(4.6.3)式より求める。

$$f_{1i}=\frac{\ell_{1i}\cdot\left\{M_{ai}-(1-C_V)\cdot m_a\cdot g\cdot\ell_{gi}\right\}}{n_{1i}\cdot\ell_{1i}^{2}+n_{2i}\cdot\ell_{2i}^{2}+\cdots\cdots+n_{ji}\cdot\ell_{ji}^{2}}$$　(絶対値和法)

$$\cdots\cdots\cdots

4.7　計算条件

応力解析に用いる自重及び荷重（地震荷重）は，本計算書の【使用済燃料貯蔵ラックの耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

4.8　応力の評価

4.8.1　部材の応力評価

4.6.1 項で求めた各部材の引張応力 σ_x，σ_y 及び組合せ応力 σ_{fa} が，許容引張応力 f_t 以下であること。

また，4.6.1 項で求めた各部材のせん断応力 τ_{xy} が，許容せん断応力 f_s 以下であること。

ただし，f_t 及び f_s は下表による。

	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度による荷重との組合せの場合	基準地震動Ｓｓによる荷重との組合せの場合
許容引張応力 f_t	$\frac{F}{1.5}\cdot 1.5$	$\frac{F^*}{1.5}\cdot 1.5$
許容せん断応力 f_s	$\frac{F}{1.5\cdot\sqrt{3}}\cdot 1.5$	$\frac{F^*}{1.5\cdot\sqrt{3}}\cdot 1.5$

注：ボロン添加ステンレス鋼の引張強さと降伏点（0.2%耐力）の値は，SUS304 の規格値を上回っているが，安全側の評価とするため，F，F^* 値は SUS304 の値を使用する。

4.8.2　基礎ボルトの応力評価

4.6.2 項で求めた基礎ボルトの引張応力 σ_b は次式より求めた許容引張応力 f_{ts} 以下であること。ただし，f_{to} は下表による。

$$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot\tau_b,\ f_{to}] \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (4.8.1)$$

また，4.6.2 項で求めた基礎ボルトのせん断応力 τ_b が，せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力 f_{sb} 以下であること。ただし，f_{sb} は下表による。

	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度による荷重との組合せの場合	基準地震動Ｓｓによる荷重との組合せの場合
許容引張応力 f_{to}	$\frac{F}{2}\cdot 1.5$	$\frac{F^*}{2}\cdot 1.5$
許容せん断応力 f_{sb}	$\frac{F}{1.5\cdot\sqrt{3}}\cdot 1.5$	$\frac{F^*}{1.5\cdot\sqrt{3}}\cdot 1.5$

5.　評価結果

5.1　設計基準対象施設としての評価結果

ラックの設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

5.2　重大事故等対処設備としての評価結果

ラックの重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

【使用済燃料貯蔵ラックの耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度		
使用済燃料貯蔵ラック (77体ラックタイプⅠ)	S	原子炉建屋 T.M.S.L.19.88 (T.M.S.L.23.5*1)	0.082	0.011	C_H＝0.78 又は＊2	C_V＝0.56	C_H＝1.21 又は＊3	C_V＝1.12	—	66

注記＊1：基準床レベルを示す。
＊2：弾性設計用地震動Ｓｄに基づく設計用床応答曲線から得られる値
＊3：基準地震動Ｓｓに基づく設計用床応答曲線から得られる値

1.2 機器要目

1.2.1 機器諸元

部材	材料	板厚 (mm)	縦弾性係数E (MPa)	ポアソン比 ν
角管及びプレート	ボロン添加ステンレス鋼管及び鋼板	[redacted]	[redacted]	0.3
シートプレート	SUS304L	[redacted]	192000	0.3
ベース	SUS304L	[redacted]	192000	0.3

注記＊：ボロン添加量[redacted]における実験値

1.2.2 基礎ボルト

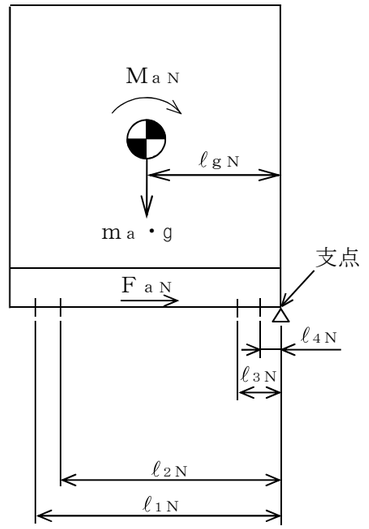
m_a (kg)	m_F (kg)	m_R (kg)	m_W (kg)	ℓ_{1N} (mm)	ℓ_{2N} (mm)	ℓ_{3N} (mm)	ℓ_{4N} (mm)	ℓ_{1E} (mm)	ℓ_{2E} (mm)	ℓ_{3E} (mm)	ℓ_{4E} (mm)	ℓ_{gN} (mm)	ℓ_{gE} (mm)	d (mm)	A_b (mm^2)
[redacted]				1724	1561	257	94	1072	909	257	94	909	583	36 (M36)	1.018×10^3

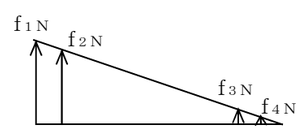
n	n_{1N}	n_{2N}	n_{3N}	n_{4N}	n_{1E}	n_{2E}	n_{3E}	n_{4E}	S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
16	4	4	4	4	4	4	4	4	188	479	205	205	205

1.2.3 角管及びプレート，シートプレート，ベース

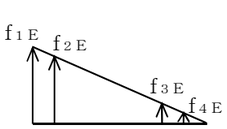
部材	材料	S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
角管及びプレート	ボロン添加ステンレス鋼管及び鋼板*	188	479	205	205	205
シートプレート ベース	SUS304L	160	443	175	175	175

注記＊：ボロン添加ステンレス鋼のS_y，S_uの値は，SUS304 の規格値を上回っているが，
安全側の評価とするため，SUS304 の値を使用する。





（ＮＳ方向）



（ＥＷ方向）

1.3　計算数値

1.3.1　部材に生じる応力

(1)　角管及びプレート　　(単位：MPa)

ラック	材料	応力の種類	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			ＮＳ方向	ＥＷ方向	ＮＳ方向	ＥＷ方向
77体ラック タイプⅠ	ボロン添加ステンレス鋼管及び鋼板	引張り σ_x	4	3	5	5
		引張り σ_y	14	19	20	31
		せん断 τ_{xy}	12	16	18	25
		組合せ σ_{fa}	24	32	36	52

(2)　シートプレート及びベース　　(単位：MPa)

ラック	材料	応力の種類	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			ＮＳ方向	ＥＷ方向	ＮＳ方向	ＥＷ方向
77体ラック タイプⅠ	SUS304L	引張り σ_x	7	9	10	13
		引張り σ_y	10	32	14	48
		せん断 τ_{xy}	8	8	11	12
		組合せ σ_{fa}	15	32	22	48

1.3.2　基礎ボルトに生じる力とモーメント

ラック	材料	地震力の種類	F_{aN} (N)	F_{aE} (N)	M_{aN} (N･mm)	M_{aE} (N･mm)
77体ラック タイプⅠ	SUS304	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	2.627×10^5	2.627×10^5	6.052×10^8	6.187×10^8
		基準地震動Ｓｓ	4.075×10^5	4.075×10^5	9.390×10^8	9.598×10^8

1.3.3　基礎ボルトに生じる応力　　(単位：MPa)

ラック	材料	応力の種類	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			ＮＳ方向	ＥＷ方向	ＮＳ方向	ＥＷ方向
77体ラック タイプⅠ	SUS304	引張り σ_b	37	69	54	102
		せん断 τ_b	17	17	25	25

1.4　結論

1.4.1　固有周期　　（単位：s）

ラック	次数	固有周期	卓越方向
77体ラック タイプⅠ	1	0.082	水平方向
	2	0.058	
	3	0.047	
	25	0.011	鉛直方向

1.4.2　応力

(1)　部材に生じる応力

a.　角管及びプレート　　（単位:MPa）

ラック	材料	応力の種類	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
77体ラック タイプⅠ	ボロン添加ステンレス鋼管及び鋼板	引張り	σ_x ＝ 3	f_t＝205	σ_x ＝ 5	f_t＝205
		引張り	σ_y ＝19	f_t＝205	σ_y ＝31	f_t＝205
		せん断	τ_{xy}＝16	f_s＝118	τ_{xy}＝25	f_s＝118
		組合せ	σ_{fa}＝32	f_t＝205	σ_{fa}＝52	f_t＝205

すべて許容応力以下である。

b.　シートプレート及びベース　　（単位:MPa）

ラック	材料	応力の種類	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
77体ラック タイプⅠ	SUS304L	引張り	σ_x ＝ 9	f_t＝175	σ_x ＝13	f_t＝175
		引張り	σ_y ＝32	f_t＝175	σ_y ＝48	f_t＝175
		せん断	τ_{xy}＝ 8	f_s＝101	τ_{xy}＝12	f_s＝101
		組合せ	σ_{fa}＝32	f_t＝175	σ_{fa}＝48	f_t＝175

すべて許容応力以下である。

(2)　基礎ボルトに生じる応力　　（単位:MPa）

ラック	材料	応力の種類	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
77体ラック タイプⅠ	SUS304	引張り	σ_b＝69	f_{ts}＝153*	σ_b＝102	f_{ts}＝153*
		せん断	τ_b＝17	f_{sb}＝118	τ_b＝ 25	f_{sb}＝118

すべて許容応力以下である。　　注記＊：$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot\tau_b, f_{to}]$

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度		
使用済燃料貯蔵ラック (77体ラックタイプⅠ)	常設耐震／防止 常設／緩和	原子炉建屋 T.M.S.L.19.88 (T.M.S.L.23.5*1)	0.082	0.011	—	—	C_H＝1.21 又は＊2	C_V＝1.12	—	100

注記＊1：基準床レベルを示す。
＊2：基準地震動Ｓｓに基づく設計用床応答曲線から得られる値

2.2 機器要目

2.2.1 機器諸元

部材	材料	板厚 (mm)	縦弾性係数Ｅ (MPa)	ポアソン比 ν
角管及びプレート	ボロン添加 ステンレス鋼管及び鋼板	[redacted]	[redacted]	0.3
シートプレート	SUS304L	[redacted]	192000	0.3
ベース	SUS304L	[redacted]	192000	0.3

注記＊：ボロン添加量[redacted]における実験値

2.2.2 基礎ボルト

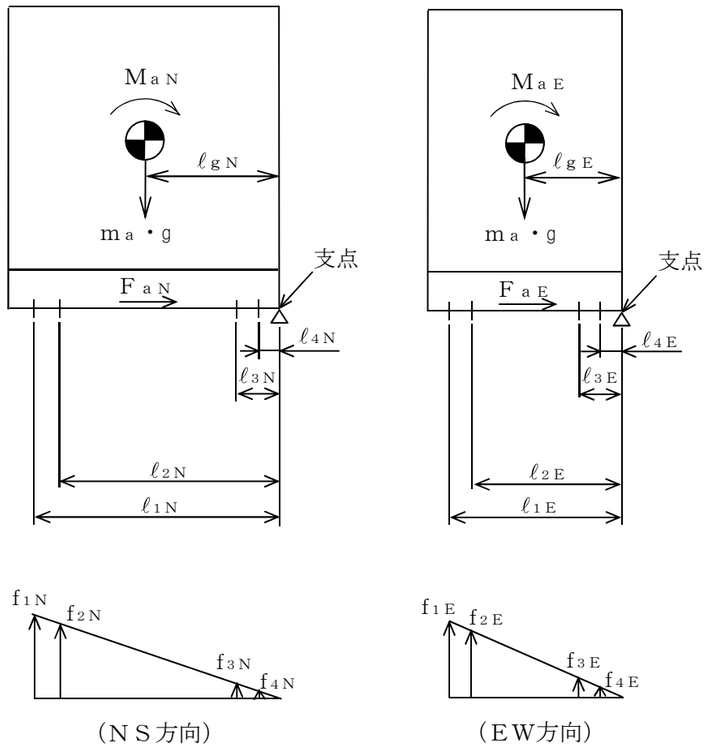
m_a (kg)	m_F (kg)	m_R (kg)	m_W (kg)	ℓ_{1N} (mm)	ℓ_{2N} (mm)	ℓ_{3N} (mm)	ℓ_{4N} (mm)	ℓ_{1E} (mm)	ℓ_{2E} (mm)	ℓ_{3E} (mm)	ℓ_{4E} (mm)	ℓ_{gN} (mm)	ℓ_{gE} (mm)	d (mm)	A_b (mm^2)
[redacted]				1724	1561	257	94	1072	909	257	94	909	583	36 (M36)	1.018×10^3

n	n_{1N}	n_{2N}	n_{3N}	n_{4N}	n_{1E}	n_{2E}	n_{3E}	n_{4E}	S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（ＲＴ） (MPa)	F (MPa)	F＊ (MPa)
16	4	4	4	4	4	4	4	4	171	441	205	—	205

2.2.3 角管及びプレート，シートプレート，ベース

部材	材料	S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（ＲＴ） (MPa)	F (MPa)	F＊ (MPa)
角管及びプレート	ボロン添加ステンレス鋼管及び鋼板*	171	441	205	—	205
シートプレート ベース	SUS304L	145	408	175	—	175

注記＊：ボロン添加ステンレス鋼のS_y，S_uの値は，SUS304 の規格値を上回っているが，
安全側の評価とするため，SUS304 の値を使用する。



2.3　計算数値

2.3.1　部材に生じる応力

(1)　角管及びプレート　　(単位：MPa)

ラック	材料	応力の種類	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			ＮＳ方向	ＥＷ方向	ＮＳ方向	ＥＷ方向
77体ラック タイプⅠ	ボロン添加ステンレス鋼管及び鋼板	引張り σ_x	―	―	5	5
		引張り σ_y	―	―	20	31
		せん断 τ_{xy}	―	―	18	25
		組合せ σ_{fa}	―	―	36	52

(2)　シートプレート及びベース　　(単位：MPa)

ラック	材料	応力の種類	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			ＮＳ方向	ＥＷ方向	ＮＳ方向	ＥＷ方向
77体ラック タイプⅠ	SUS304L	引張り σ_x	―	―	10	13
		引張り σ_y	―	―	14	48
		せん断 τ_{xy}	―	―	11	12
		組合せ σ_{fa}	―	―	22	48

2.3.2　基礎ボルトに生じる力とモーメント

ラック	材料	地震力の種類	F_{aN} (N)	F_{aE} (N)	M_{aN} (N･mm)	M_{aE} (N･mm)
77体ラック タイプⅠ	SUS304	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	―	―	―	―
		基準地震動Ｓｓ	4.075×10^5	4.075×10^5	9.390×10^8	9.598×10^8

2.3.3　基礎ボルトに生じる応力　　(単位：MPa)

ラック	材料	応力の種類	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			ＮＳ方向	ＥＷ方向	ＮＳ方向	ＥＷ方向
77体ラック タイプⅠ	SUS304	引張り σ_b	―	―	54	102
		せん断 τ_b	―	―	25	25

2.4　結論

2.4.1　固有周期　　(単位：s)

ラック	次数	固有周期	卓越方向
77体ラック タイプⅠ	1	0.082	水平方向
	2	0.058	
	3	0.047	
	25	0.011	鉛直方向

2.4.2　応力

(1)　部材に生じる応力

a.　角管及びプレート　　(単位:MPa)

ラック	材料	応力の種類	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
77体ラック タイプⅠ	ボロン添加ステンレス鋼管及び鋼板	引張り	—	—	σ_x ＝ 5	f_t＝205
		引張り	—	—	σ_y ＝31	f_t＝205
		せん断	—	—	τ_{xy}＝25	f_s＝118
		組合せ	—	—	σ_{fa}＝52	f_t＝205

すべて許容応力以下である。

b.　シートプレート及びベース　　(単位：MPa)

ラック	材料	応力の種類	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
77体ラック タイプⅠ	SUS304L	引張り	—	—	σ_x ＝13	f_t＝175
		引張り	—	—	σ_y ＝48	f_t＝175
		せん断	—	—	τ_{xy}＝12	f_s＝101
		組合せ	—	—	σ_{fa}＝48	f_t＝175

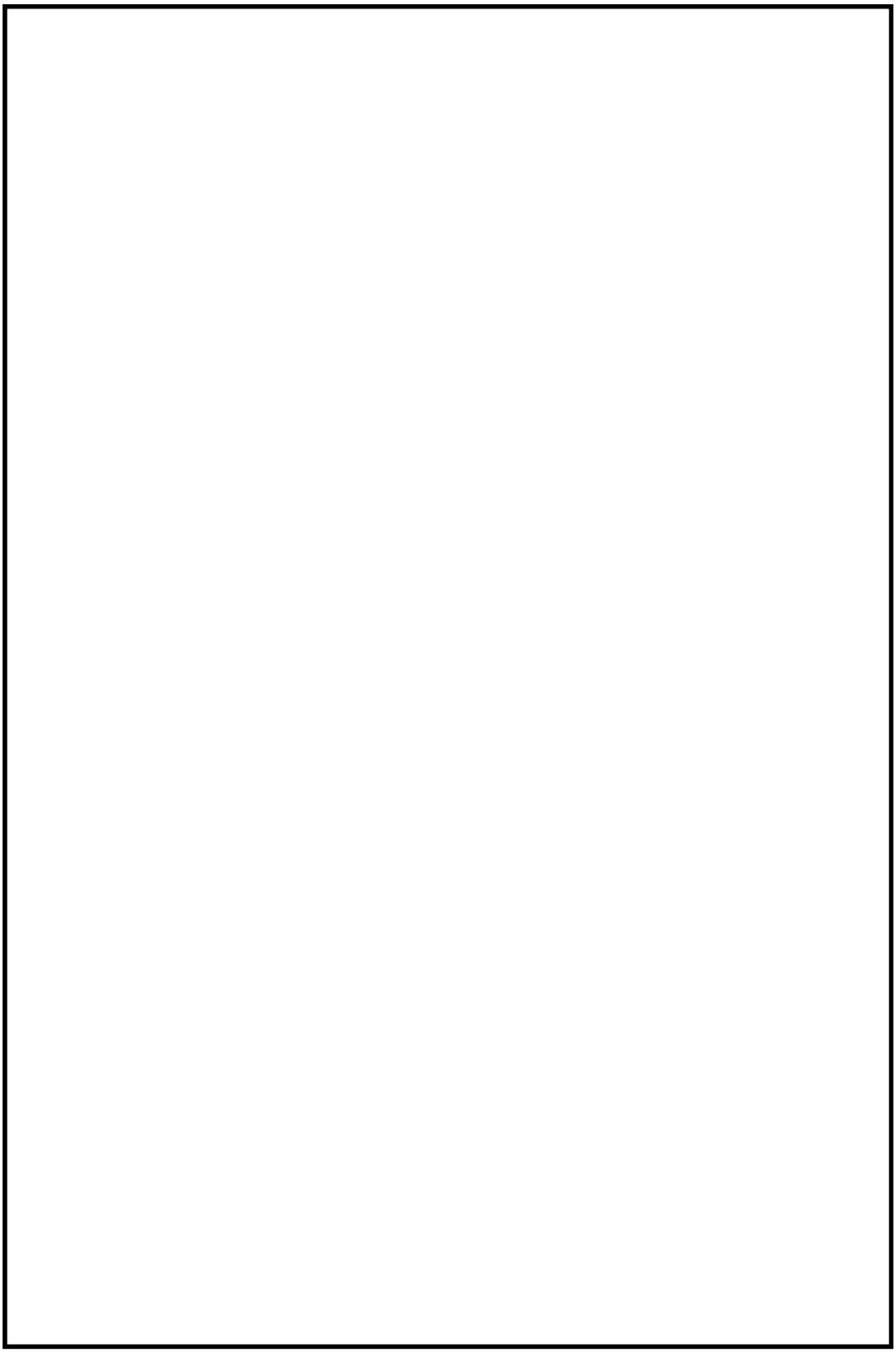
すべて許容応力以下である。

(2)　基礎ボルトに生じる応力　　(単位:MPa)

ラック	材料	応力の種類	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
77体ラック タイプⅠ	SUS304	引張り	—	—	σ_b＝102	f_{ts}＝153*
		せん断	—	—	τ_b＝ 25	f_{sb}＝118

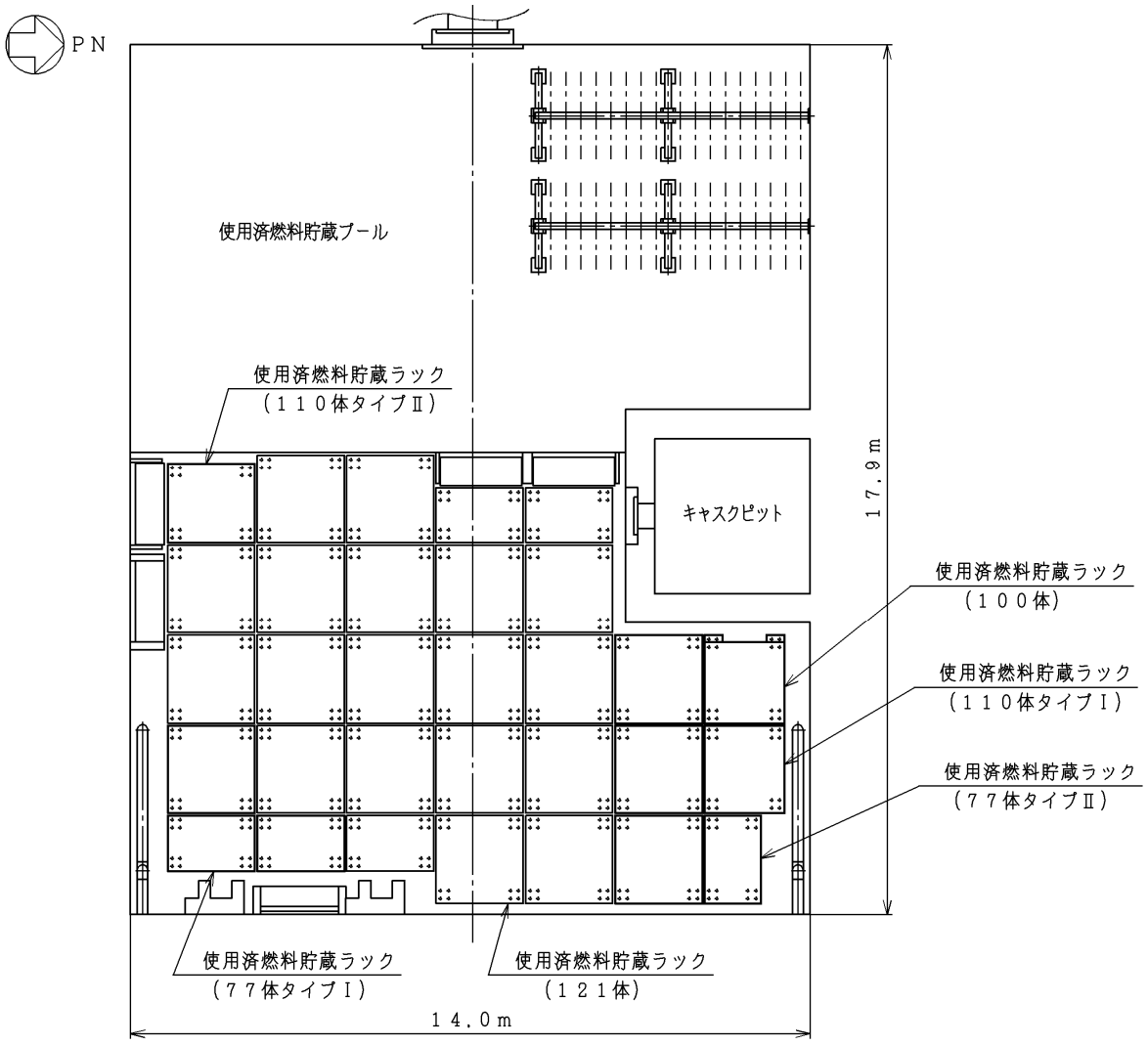
すべて許容応力以下である。　　注記＊：$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot\tau_b, f_{to}]$

別添　解析モデルの寸法



付図 1　解析モデルの寸法（77 体ラックタイプⅠ）

別添　使用済燃料貯蔵プール内ラック全体配置図



付図２　使用済燃料貯蔵プール内ラック全体配置図

Ⅴ-2-4-2-3　使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA）の耐震性についての計算書

目　次

1. 使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA）（G41-TE-102-1～8） ……1
1.1 概要 ……1
1.2 一般事項 ……1
1.2.1 構造計画 …… 1
1.2.2 評価方針 …… 3
1.2.3 適用規格・基準等 ……4
1.2.4 記号の説明 ……5
1.2.5 計算精度と数値の丸め方 ……8
1.3 評価部位 …… 9
1.4 固有周期 ……10
1.4.1 固有値解析方法 ……10
1.4.2 解析モデル及び諸元 ……10
1.4.3 固有値解析結果 ……12
1.5 構造強度評価 ……13
1.5.1 構造強度評価方法 ……13
1.5.2 荷重の組合せ及び許容応力 ……13
1.5.3 設計用地震力 ……17
1.5.4 計算方法 ……18
1.5.5 計算条件 ……30
1.5.6 応力の評価 ……30
1.6 機能維持評価 ……32
1.6.1 機能維持評価用加速度 ……32
1.6.2 機能確認済加速度 ……33
1.7 評価結果 ……34
1.7.1 重大事故等対処設備としての評価結果 ……34
2. 使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA）（G41-TE-103） ……107
2.1 概要 ……107
2.2 一般事項 ……107
2.2.1 構造計画 ……107
2.2.2 評価方針 ……109
2.2.3 適用規格・基準等 ……110
2.2.4 記号の説明 ……111
2.2.5 計算精度と数値の丸め方 ……112
2.3 評価部位 ……113
2.4 固有周期 ……114
2.4.1 固有値解析方法 ……114

2.4.2　解析モデル及び諸元 ……114
2.4.3　固有値解析結果 ……115
2.5　構造強度評価 ……116
2.5.1　構造強度評価方法 ……116
2.5.2　荷重の組合せ及び許容応力 ……116
2.5.3　設計用地震力 ……120
2.5.4　計算方法 ……121
2.5.5　計算条件 ……123
2.5.6　応力の評価 ……123
2.6　機能維持評価 ……124
2.6.1　電気的機能維持評価方法 ……124
2.7　評価結果 ……125
2.7.1　重大事故等対処設備としての評価結果 ……125

1. 使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA）（G41-TE-102-1～8）

1.1 概要

本計算書は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA）が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

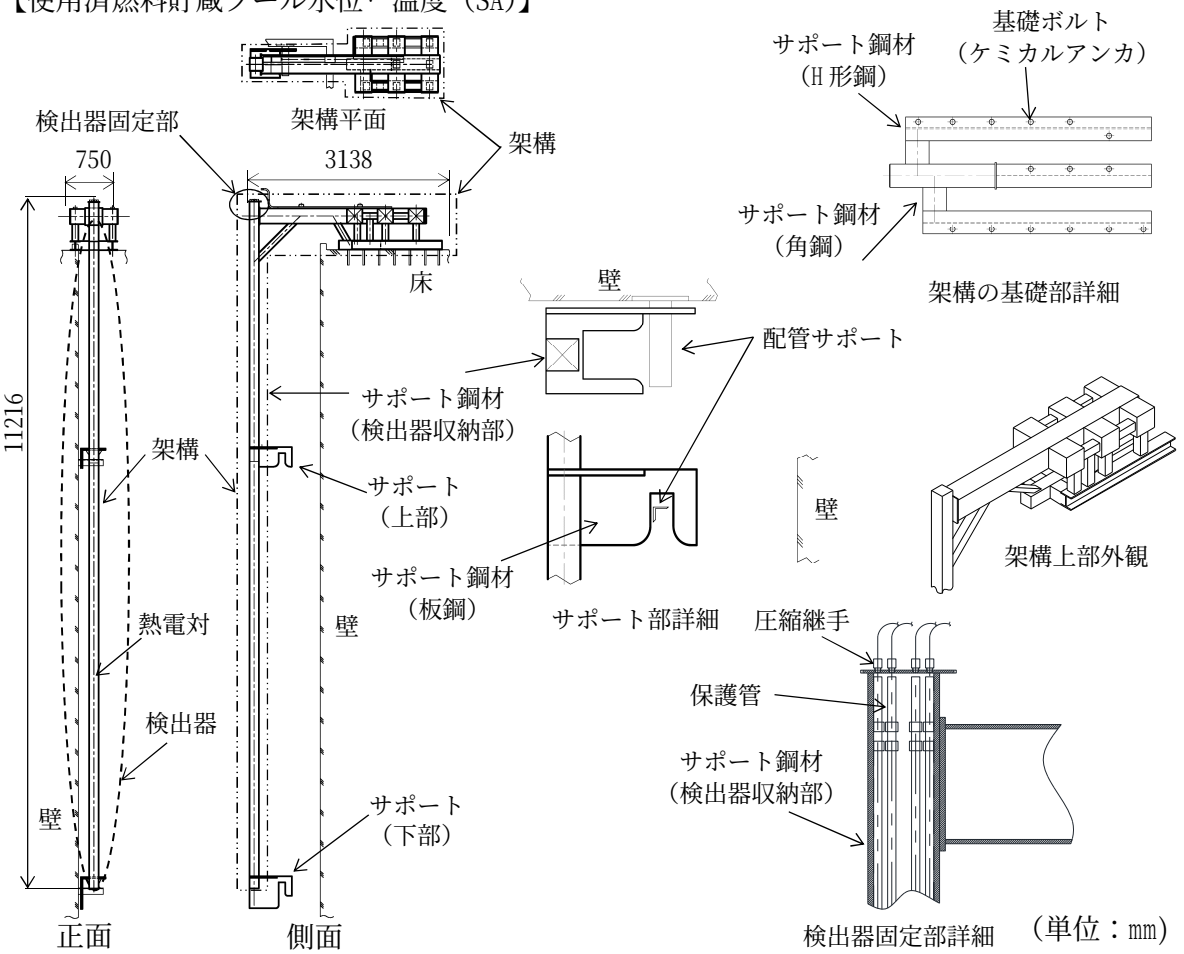
使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA）は，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下，重大事故等対処設備としての構造強度評価および電気的機能維持評価を示す。

1.2 一般事項

1.2.1 構造計画

使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA）の構造計画を表1－1に示す。

表1－1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎･支持構造	主体構造	
検出器は，8個の熱電対で構成されており，熱電対は保護管に内蔵され，圧縮継手によりサポート鋼材（検出器収納部）に固定する。 架構は，サポート鋼材（角鋼，H形鋼及び検出器収納部）で構成されており，基礎ボルトにより床に設置する。 サポート（上部）及びサポート（下部）は，サポート鋼材（板鋼）で構成されており，架構を配管サポートに拘束する。	熱電対	【使用済燃料貯蔵プール水位･温度（SA)】 

1.2.2　評価方針

使用済燃料貯蔵プール水位･温度（SA）の応力評価は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき，「1.2.1　構造計画」にて示す使用済燃料貯蔵プール水位･温度（SA）の部位を踏まえ「1.3　評価部位」にて設定する箇所において，「1.4　固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを，「1.5　構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また，使用済燃料貯蔵プール水位･温度（SA）の機能維持評価は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した電気的機能維持の方針に基づき，地震時の応答加速度が電気的機能確認済加速度以下であることを，「1.6　機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「1.7　評価結果」に示す。

使用済燃料貯蔵プール水位･温度（SA）の耐震評価フローを図1－1に示す。

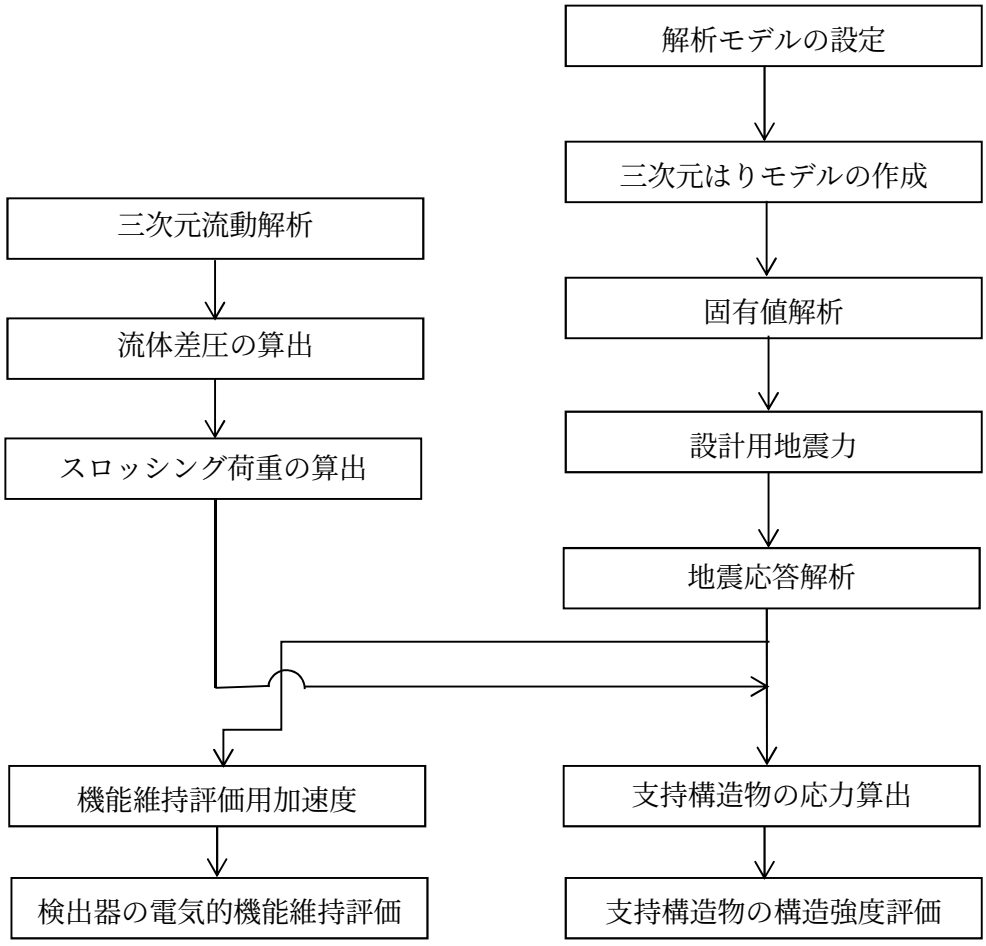


図1－1　使用済燃料貯蔵プール水位･温度（SA）の耐震評価フロー

1.2.3 適用規格･基準等

本評価において適用する規格･基準等を以下に示す。

- 原子力発電所耐震設計技術指針　重要度分類･許容応力編　ＪＥＡＧ４６０１･補-1984（(社）日本電気協会）
- 原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１-1987（(社）日本電気協会）
- 原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１-1991　追補版（(社）日本電気協会）
- 発電用原子力設備規格　設計･建設規格（(社）日本機械学会，2005/2007）（以下「設計･建設規格」という。）

1.2.4　記号の説明

記号	記号の説明	単位
A	架構の断面積	mm^2
A_a	サポート（上部）(ａ部)･（下部）(ａ部)に生じる,せん断応力に対する断面積	mm^2
A_b	サポート（上部）(ｂ部)･（下部）(ｂ部)に生じる,引張応力に対する断面積	mm^2
A_c	サポート（上部）(ｃ部)･（下部）(ｃ部)に生じる,せん断応力に対する断面積	mm^2
A_d	基礎ボルトの軸断面積	mm^2
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
d	基礎ボルトの呼び径	mm
E	縦弾性係数	MPa
F *	設計･建設規格　SSB-3131又はSSB-3133に定める値	MPa
Fb	基礎ボルトに作用する引張力	N
F_x	地震及びスロッシング荷重による応答解析にて求められたＸ軸方向に作用する力	N
F_y	地震及びスロッシング荷重による応答解析にて求められたＹ軸方向に作用する力	N
F_z	地震及びスロッシング荷重による応答解析にて求められたＺ軸方向に作用する力	N
F_{x1}	地震応答解析にて求められた基礎ボルトのＸ軸方向に作用する力	N
F_{y1}	地震応答解析にて求められた基礎ボルトのＹ軸方向に作用する力	N
F_{z1}	地震応答解析にて求められた基礎ボルトのＺ軸方向に作用する力	N
F_{x2}	スロッシング荷重による応答解析にて求められた基礎ボルトのＸ軸方向に作用する力	N
F_{y2}	スロッシング荷重による応答解析にて求められた基礎ボルトのＹ軸方向に作用する力	N
F_{z2}	スロッシング荷重による応答解析にて求められた基礎ボルトのＺ軸方向に作用する力	N
f_b	架構,サポート（上部)･（下部）における許容曲げ応力	MPa
f_c	架構における許容圧縮応力	MPa
f_{sb}	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力	MPa
f_s	架構,サポート（上部)･（下部）における許容せん断応力	MPa
f_t	架構,サポート（上部)･（下部）における許容引張応力,許容組合せ応力	MPa
f_{to}	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力	MPa
f_{ts}	引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力	MPa

記号	記号の説明	単位
I	架構の断面2次モーメント	mm^4
i	座屈軸についての断面2次半径	mm
L	座屈長さ	mm
ℓ	据付面から検出器荷重点までの距離	mm
ℓ_1	サポート（上部)･（下部）(ａ部)に対する断面のＸ方向距離	mm
ℓ_2	サポート（上部)･（下部）(ａ部)の断面と拘束部とのＺ方向距離	mm
ℓ_3	サポート（上部)･（下部）(ｂ部)に対する断面のＹ方向距離	mm
ℓ_4	サポート（上部)･（下部）(ｂ部)の断面と拘束部とのＹ方向距離	mm
ℓ_5	サポート（上部)･（下部）(ｃ部)に対する断面のＺ方向距離	mm
ℓ_6	サポート（上部)･（下部）(ｃ部)の断面と拘束部とのＹ方向距離	mm
ℓ_k	圧縮材の座屈長さ	mm
M_x	地震及びスロッシング荷重による応答解析にて求められたＸ軸方向に作用するモーメント	N･m
M_y	地震及びスロッシング荷重による応答解析にて求められたＹ軸方向に作用するモーメント	N･m
M_z	地震及びスロッシング荷重による応答解析にて求められたＺ軸方向に作用するモーメント	N･m
M_{x1}	地震応答解析にて求められた基礎ボルトのＸ軸方向に作用するモーメント	N･m
M_{y1}	地震応答解析にて求められた基礎ボルトのＹ軸方向に作用するモーメント	N･m
M_{z1}	地震応答解析にて求められた基礎ボルトのＺ軸方向に作用するモーメント	N･m
M_{x2}	スロッシング荷重による応答解析にて求められた基礎ボルトのＸ軸方向に作用するモーメント	N･m
M_{y2}	スロッシング荷重による応答解析にて求められた基礎ボルトのＹ軸方向に作用するモーメント	N･m
M_{z2}	スロッシング荷重による応答解析にて求められた基礎ボルトのＺ軸方向に作用するモーメント	N･m
n	基礎ボルトの本数	―
Qb	基礎ボルトに作用するせん断力	N
Su	設計･建設規格　付録材料図表　Part5　表9に定める値	MPa
Sy	設計･建設規格　付録材料図表　Part5　表8に定める値	MPa
Sy（RT）	設計･建設規格　付録材料図表　Part5　表8に定める材料の40℃における値	MPa

記号	記号の説明	単位
t_1	サポート（上部)･（下部）(ａ部)の板厚	mm
t_2	サポート（上部)･（下部）(ｂ部)の板厚	mm
t_3	サポート（上部)･（下部）(ｃ部)の板厚	mm
W	検出器の荷重	N
Za	サポート（上部)･（下部）(ａ部)に生じる,曲げ応力に対する断面係数	mm^3
Zb	サポート（上部)･（下部）(ｂ部)に生じる,曲げ応力に対する断面係数	mm^3
Zc	サポート（上部)･（下部）(ｃ部)に生じる,曲げ応力に対する断面係数	mm^3
ν	ポアソン比	―
νc	圧縮材の座屈安全率	―
σt	基礎ボルトに生じる引張応力	MPa
σbx	架構に生じるＸ方向の曲げ応力	MPa
σby	架構に生じるＹ方向の曲げ応力	MPa
$\sigma t(c)$	架構に生じる軸力	MPa
σx	Ｘ方向スロッシング応力	MPa
σy	Ｙ方向スロッシング応力	MPa
σz	Ｚ方向スロッシング応力	MPa
τ	基礎ボルトに生じるせん断応力	MPa
τx	架構に生じるＸ方向のせん断応力	MPa
τy	架構に生じるＹ方向のせん断応力	MPa
τp	架構に生じるねじり応力	MPa
ρb	架構,サポート（上部)･（下部）に生じる曲げ応力	MPa
ρm	架構,サポート（上部)･（下部）に生じる組合せ応力	MPa
ρs	架構,サポート（上部)･（下部）に生じるせん断応力	MPa
$\rho t(c)$	架構,サポート（上部)･（下部）に生じる引張（圧縮）応力	MPa
π	円周率	―
Λ	限界細長比	―
λ	圧縮材の細長比	―

1.2.5　計算精度と数値の丸め方

精度は，有効数字 6 桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は，表 1−2 に示すとおりとする。

表 1−2　表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期	s	小数点以下第 4 位	四捨五入	小数点以下第 3 位
震度	—	小数点以下第 3 位	切上げ	小数点以下第 2 位
温度	℃	—	—	整数位
質量	kg	—	—	整数位
長さ	mm	—	—	整数位*1, *2
面積	mm^2	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁*2
モーメント	N･m	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁*2
力	N	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁*2
算出応力	MPa	小数点以下第 1 位	切上げ	整数位
許容応力*3	MPa	小数点以下第 1 位	切捨て	整数位

注記＊1 ：設計上定める値が小数点以下第 1 位の場合は，小数点以下第 1 位表示とする。

＊2 ：絶対値が 1000 以上のときは，べき数表示とする。

＊3 ：設計･ 建設規格 付録材料図表に記載された温度の中間における引張強さ及び降伏点は比例法により補間した値の小数点以下第 1 位を切り捨て，整数位までの値とする。

1.3　評価部位

使用済燃料貯蔵プール水位･温度（SA）の耐震評価は，「1.5.1　構造強度評価方法」に示す条件に基づき，耐震評価上厳しくなる架構，サポート（上部），サポート（下部）及び基礎ボルトについて実施する。使用済燃料貯蔵プール水位･温度（SA）の耐震評価部位については，表1−1の概略構造図に示す。

1.4　固有周期

1.4.1　固有値解析方法

使用済燃料貯蔵プール水位･温度（SA）の固有値解析方法を以下に示す。

(1)　使用済燃料貯蔵プール水位･温度（SA）は，「1.4.2　解析モデル及び諸元」に示す三次元はりモデルとして考える。

1.4.2　解析モデル及び諸元

使用済燃料貯蔵プール水位･温度（SA）の解析モデルを図 1－2 に，解析モデルの概要を以下に示す。また，機器の諸元を本計算書の【使用済燃料貯蔵プール水位･温度（SA）（G41-TE-102-1～8）の耐震性についての計算結果】のその他の機器要目に示す。

(1)　使用済燃料貯蔵プール水位･温度（SA）の検出器の質量は，重心に集中するものとする。また，架構の質量は各節点に配分されているものとする。

(2)　使用済燃料貯蔵プール水位･温度（SA）の検出器の重心位置は，計算条件が厳しくなる位置に設定するものとする。

(3)　拘束条件は，基礎ボルト部については，並進方向を拘束する。また，サポート（上部）及びサポート（下部）は水平方向を拘束する。なお，基礎ボルトは剛体として評価する。

(4)　サポート鋼材（検出器収納部）の質量は，サポート鋼材（検出器収納部）の質量，保護管の質量，サポート鋼材（検出器収納部）に含まれる水の質量及び付加質量を考慮する。

(5)　耐震計算に用いる寸法は，公称値を使用する。

(6)　解析コードは，「ＮＳＡＦＥ」を使用し，固有値を求める。

なお，評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については，別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

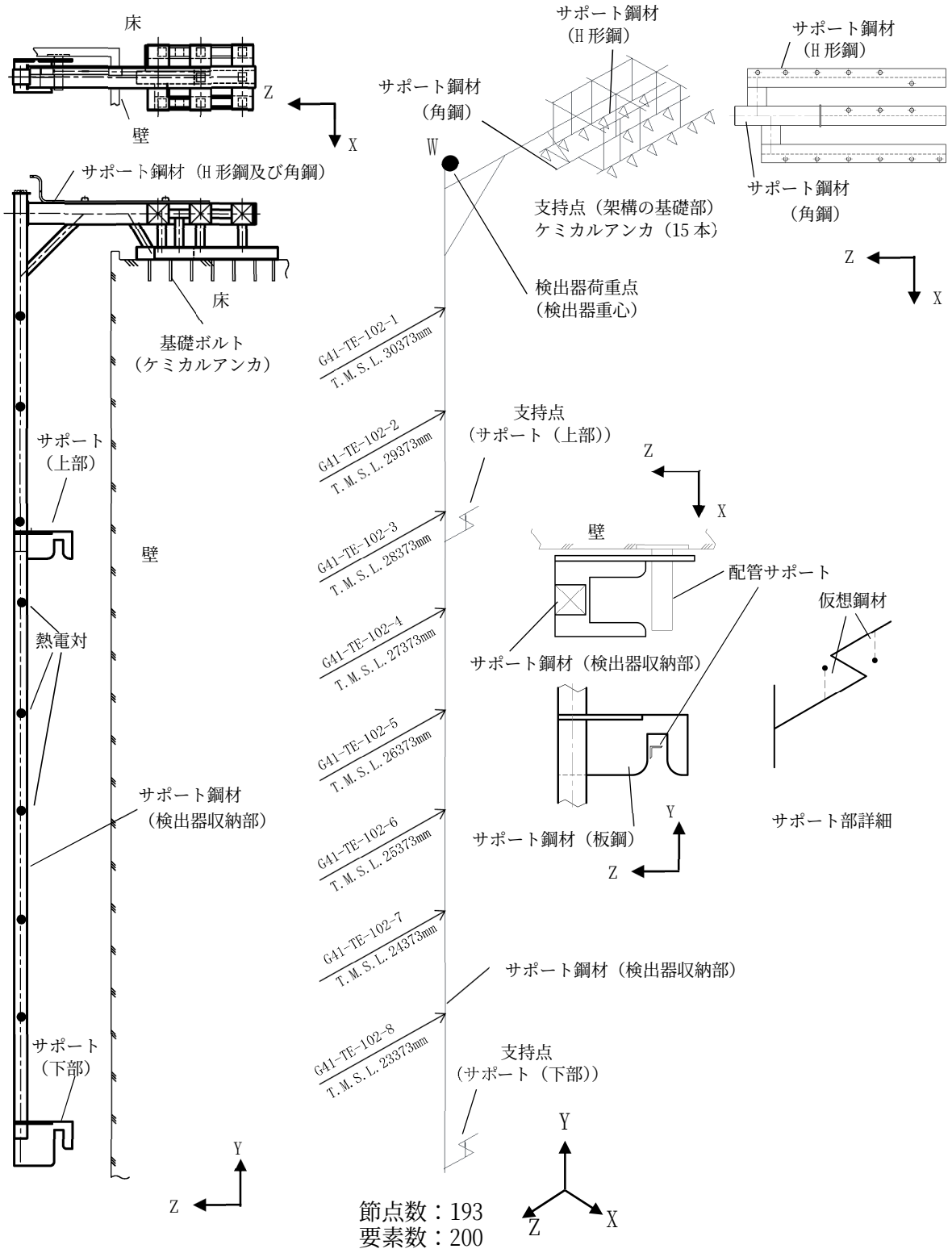


図1－2　解析モデル(G41-TE-102-1～8)

1.4.3　固有値解析結果

固有値解析結果を表 1−3，振動モードを図 1−3 に示す。

表 1−3　固有値解析結果

計器番号	モード	卓越方向	固有周期 (s)	水平方向刺激係数*		鉛直方向刺激係数*
				X方向	Z方向	
G41-TE-102-1 G41-TE-102-2 G41-TE-102-3 G41-TE-102-4 G41-TE-102-5 G41-TE-102-6 G41-TE-102-7 G41-TE-102-8	1 次	水平	[redacted]	0.702	-0.647	0.009
	2 次	水平	[redacted]	0.376	0.476	-0.110
	3 次	鉛直	[redacted]	-0.335	0.271	0.679
	4 次	鉛直	[redacted]	0.236	-0.001	1.039
	5 次	水平	[redacted]	-0.483	0.144	-0.092
	6 次	水平	[redacted]	—	—	—

注記＊：刺激係数は，モード質量を正規化し，固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

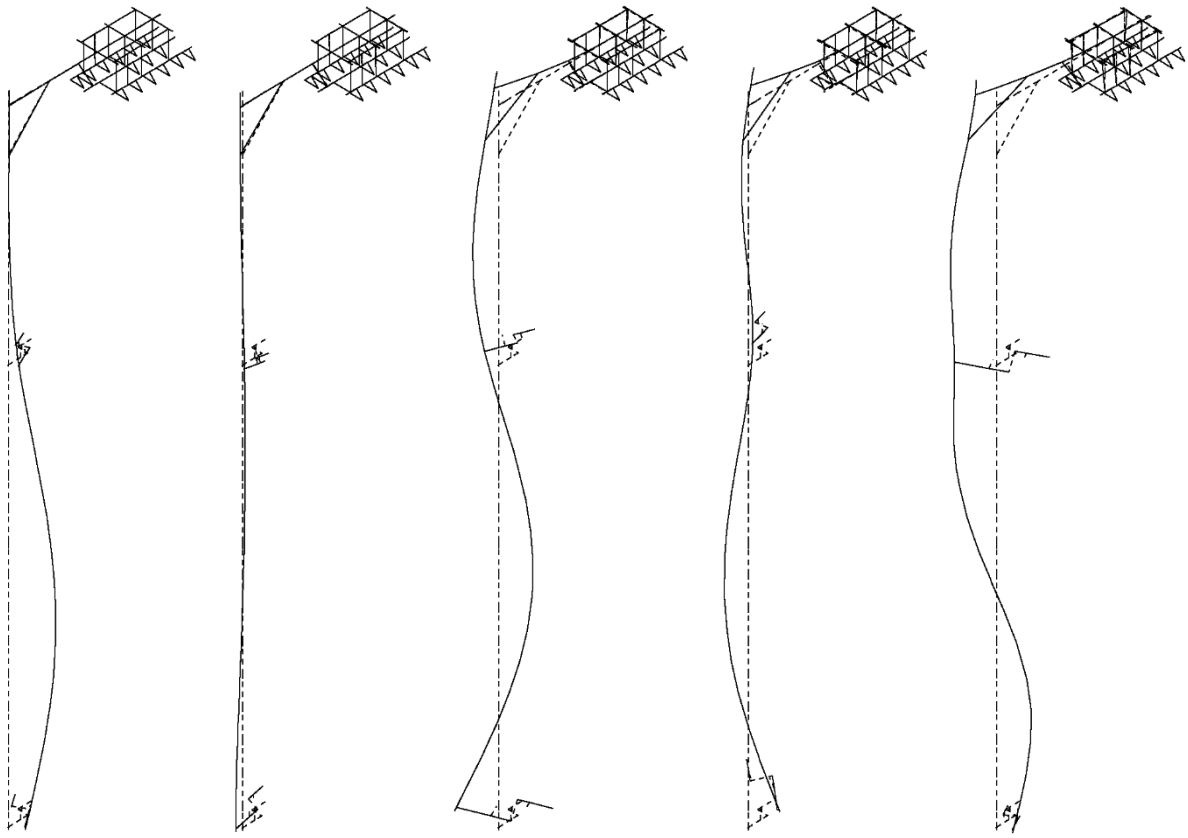


図 1−3　振動モード図

1.5　構造強度評価

1.5.1　構造強度評価方法

1.4.2(1)～(6)のほか，次の条件で計算する。

(1)　地震力は，使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA）及びサポート鋼材に対して，水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。

(2)　スペクトルモーダル解析法により地震応答解析を行い，各評価部位の荷重を求め，解析結果から計算にて応答加速度を求める。解析コードは，「ＮＳＡＦＥ」を使用する。

1.5.2　荷重の組合せ及び許容応力

1.5.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA）の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表1－4に示す。

1.5.2.2　許容応力

使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA）の許容応力は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表1－5に示す。

1.5.2.3　使用材料の許容応力評価条件

使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA）の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表1－6に示す。

表1－4　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設	使用済燃料貯蔵設備	使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA）	常設／防止 常設／緩和	—*2	D＋P_D＋M_D＋Ｓｓ*3	IV_AS
					D＋P_{SAD}＋M_{SAD}＋Ｓｓ	V_AS（V_ASとしてIV_ASの許容限界を用いる。）

注記＊1 ：「常設／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

＊2 ：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

＊3 ：「D＋P_{SAD}＋M_{SAD}＋Ｓｓ」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表1－5　許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2（ボルト等以外）				許容限界*1, *2（ボルト等）	
	一次応力				一次応力	
	引張り	圧縮	せん断	曲げ	引張り	せん断
ⅣＡＳ	1.5・ｆｔ*	1.5・ｆｃ*	1.5・ｆｓ*	1.5・ｆｂ*	1.5・ｆｔ*	1.5・ｆｓ*
ＶＡＳ（ＶＡＳとしてⅣＡＳの許容限界を用いる。）						

注記＊1 ：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

＊2 ：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表1－6　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		Ｓｙ (MPa)	Ｓｕ (MPa)	Ｓｙ（ＲＴ） (MPa)
架構	SUS304	周囲環境温度	100	171	441	205
サポート（上部） サポート（下部）	SUS304	周囲環境温度	100	171	441	205
基礎ボルト	SCM435	周囲環境温度	100	685	847	―

1.5.3　設計用地震力

耐震評価に用いる設計用地震力を表1－7に示す。

「弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度」及び「基準地震動Ｓｓ」による地震力は，Ⅴ-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。また，減衰定数は，Ⅴ-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

表1－7　設計用地震力（重大事故等対処設備）

据付場所及び床面高さ(m)		原子炉建屋　T.M.S.L. 31.700					
固有周期(s)*1		水平：[redacted]　鉛直：[redacted]					
減衰定数(%)		水平：1.0　　鉛直：1.0					
地震力		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度			基準地震動Ｓｓ		
モード	固有周期(s)	応答水平震度*2		応答鉛直震度*2	応答水平震度*3		応答鉛直震度*3
		NS方向	EW方向		NS方向	EW方向	
1次	[redacted]	—	—	—	2.84	2.84	3.94
2次	[redacted]	—	—	—	1.91	1.91	3.97
3次	[redacted]	—	—	—	1.60	1.60	2.91
4次	[redacted]	—	—	—	1.52	1.52	2.61
5次	[redacted]	—	—	—	1.72	1.72	1.62
6次	[redacted]	—	—	—	—	—	—
動的地震力*4		—	—	—	1.38	1.38	1.15
静的地震力		—	—	—	—	—	—

注記＊1　：1次固有周期について記載（水平），3次固有周期について記載（鉛直）。

＊2　：各モードの固有周期に対し，設計用床応答曲線（Ｓｄ）より得られる震度を示す。

＊3　：各モードの固有周期に対し，設計用床応答曲線（Ｓｓ）より得られる震度を示す。

＊4　：Ｓｓ又はＳｄに基づく設計用最大応答加速度より定めた震度を示す。

1.5.4　計算方法

1.5.4.1　応力の計算方法

基礎ボルト，架構，サポート（上部）及びサポート（下部）の計算モデルを図1－4及び図1－5に示す。

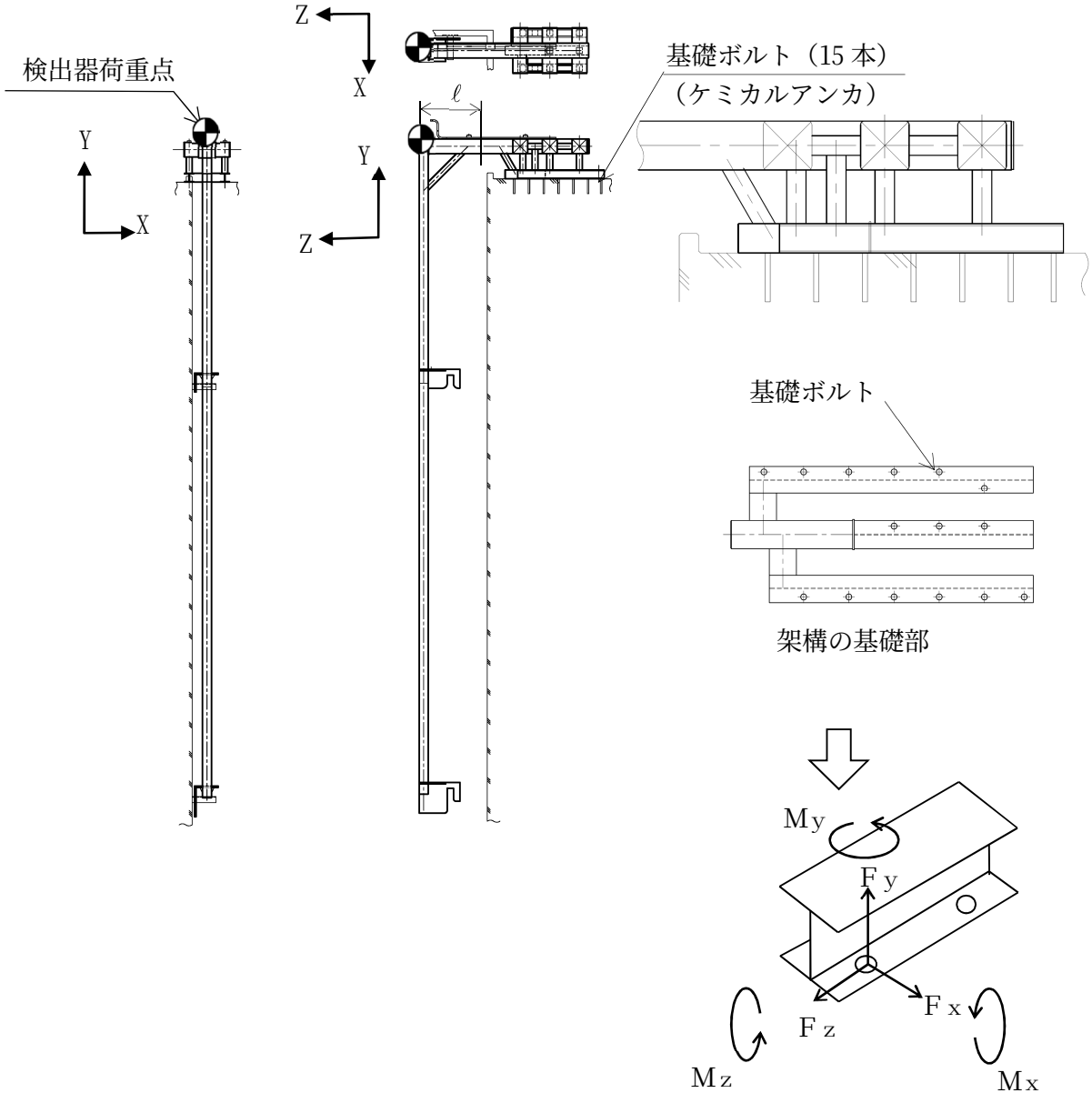
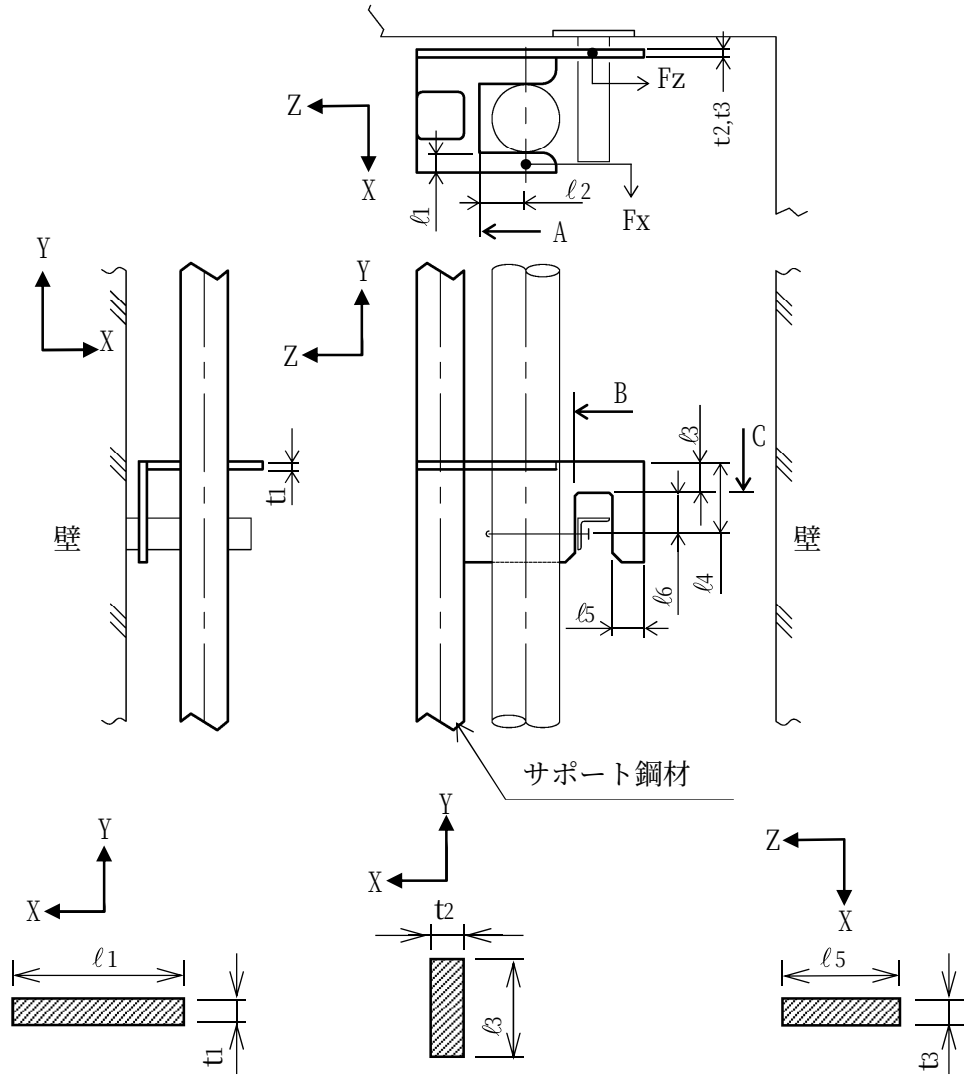


図 1－4　計算モデル（架構の基礎部）



サポート（上部）
サポート（下部）
（ａ部）詳細
(矢視 A)

サポート（上部）
サポート（下部）
（ｂ部）詳細
(矢視 B)

サポート（上部）
サポート（下部）
（ｃ部）詳細
(矢視 C)

図1－5　計算モデル（サポート（上部）及びサポート（下部））

1.5.4.1.1　基礎ボルトの応力

三次元はりモデルによる地震応答解析から架構の基礎部の内力を求めて，その結果を用いて手計算にて評価する。

(1)　引張応力

基礎ボルトに対する引張応力は，下式により計算する。

引張力（Ｆｂ）

$$Fb = Fy \quad \cdots\cdots (1.5.4.1.1.1)$$

引張応力（σｔ）

$$\sigma t = \frac{Fb}{Ad} \quad \cdots\cdots (1.5.4.1.1.2)$$

ここで，基礎ボルトの軸断面積Ａｄは次式により求める。

$$Ad = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \quad \cdots\cdots (1.5.4.1.1.3)$$

(2)　せん断応力

基礎ボルトに対するせん断応力は，下式により計算する。

せん断力（Ｑｂ）

$$Qb = \sqrt{Fx^2 + Fz^2} \quad \cdots\cdots (1.5.4.1.1.4)$$

せん断応力（τ）

$$\tau = \frac{Qb}{Ad} \quad \cdots\cdots (1.5.4.1.1.5)$$

地震応答解析によって得られた架構の基礎部の評価点の最大反力とモーメントを表1−8に示す。

表1−8　架構の基礎部発生反力，モーメント

対象計器	反力(N)			モーメント(N･m)		
	Ｆｘ	Ｆｙ	Ｆｚ	Ｍｘ	Ｍｙ	Ｍｚ
G41-TE-102-1～8						

1.5.4.1.2　架構の応力

三次元はりモデルによる地震応答解析から各節点の応力を求めて，その結果を用いて手計算にて評価する。組合せ応力が最大となる算出結果を表1－9に示す。

(1)　引張（圧縮）応力

架構に対する引張（圧縮）応力は，下式により計算する。

引張（圧縮）応力（$\rho t(c)$）

$$\rho t(c) = |\sigma t(c)| \quad \cdots\cdots (1.5.4.1.2.1)$$

(2)　せん断応力

架構に対するせん断応力は，下式により計算する。

せん断応力（ρs）

$$\rho s = MAX(\tau x + \tau p,\ \tau y + \tau p) \quad \cdots\cdots (1.5.4.1.2.2)$$

(3)　曲げ応力

架構に対する曲げ応力は，下式により計算する。

曲げ応力（ρb）

$$\rho b = \sigma bx + \sigma by \quad \cdots\cdots (1.5.4.1.2.3)$$

(4)　組合せ応力

架構に対する組合せ応力は，下式により計算する。

組合せ応力（ρm）

$$\rho m = \sqrt{(\rho t(c) + \rho b)^2 + 3\rho s^2} \quad \cdots\cdots (1.5.4.1.2.4)$$

表1－9　地震力による発生応力　(単位:MPa)

対象部位	軸力	せん断		ねじり	曲げ	
	$\sigma t(c)$	τx	τy	τp	σbx	σby
架構	5	1	1	17	53	54

1.5.4.1.3　サポート（上部），サポート（下部）の応力

三次元はりモデルによる地震応答解析からサポート（上部）及びサポート（下部）の内力を求めて，その結果を用いて手計算にて評価する。

地震応答解析によって得られたサポート（上部）及びサポート（下部）の評価点の最大反力とモーメントを表1－10に示す。

表1－10　サポート（上部），サポート（下部）発生反力，モーメント

対象計器	対象部位	反力(N)			モーメント(N･m)		
		Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz
G41-TE-102-1～8	サポート（上部）						
	サポート（下部）						

(1)　引張応力

サポート（上部）及びサポート（下部）に対する引張応力は，下式により計算する。

a.　サポート（上部）及びサポート（下部）（b部）

引張応力（$\rho t(c)$）

$$\rho t(c) = \frac{Fz}{Ab} \quad \cdots\cdots (1.5.4.1.3.1)$$

ここで，サポート（上部）及びサポート（下部）(b部)の断面積Abは次式により求める。

$$Ab = t_2 \cdot \ell_3 \quad \cdots\cdots (1.5.4.1.3.2)$$

(2) せん断応力

サポート（上部）及びサポート（下部）に対するせん断応力は，下式により計算する。

a. サポート（上部）及びサポート（下部）（ａ部）

せん断応力（ρ_s）

$$\rho_s = \frac{F_x}{A_a} \quad \cdots\cdots (1.5.4.1.3.3)$$

ここで，サポート（上部），サポート（下部）（ａ部）の断面積A_aは次式により求める。

$$A_a = t_1 \cdot \ell_1 \quad \cdots\cdots (1.5.4.1.3.4)$$

b. サポート（上部）及びサポート（下部）（ｃ部）

せん断応力（ρ_s）

$$\rho_s = \frac{F_z}{A_c} \quad \cdots\cdots (1.5.4.1.3.5)$$

ここで，サポート（上部）及びサポート（下部）（ｃ部）の断面積A_cは次式により求める。

$$A_c = t_3 \cdot \ell_5 \quad \cdots\cdots (1.5.4.1.3.6)$$

(3) 曲げ応力

サポート（上部）及びサポート（下部）に対する曲げ応力は，下式により計算する。

a. サポート（上部）及びサポート（下部）（a部）

曲げ応力（ρ_b）

$$\rho_b = \frac{F_x \cdot \ell_2}{Z_a} \quad \cdots\cdots (1.5.4.1.3.7)$$

ここで，サポート（上部）及びサポート（下部）(a部)の断面係数Z_aは次式により求める。

$$Z_a = \frac{t_1 \cdot \ell_1^2}{6} \quad \cdots\cdots (1.5.4.1.3.8)$$

b. サポート（上部）及びサポート（下部）（b部）

曲げ応力（ρ_b）

$$\rho_b = \frac{F_z \cdot \ell_4}{Z_b} \quad \cdots\cdots (1.5.4.1.3.9)$$

ここで，サポート（上部）及びサポート（下部）(b部)の断面係数Z_bは次式により求める。

$$Z_b = \frac{t_2 \cdot \ell_3^2}{6} \quad \cdots\cdots (1.5.4.1.3.10)$$

c. サポート（上部）及びサポート（下部）（c部）

曲げ応力（ρ_b）

$$\rho_b = \frac{F_z \cdot \ell_6}{Z_c} \quad \cdots\cdots (1.5.4.1.3.11)$$

ここで，サポート（上部）及びサポート（下部）(c部)の断面係数Z_cは次式により求める。

$$Z_c = \frac{t_3 \cdot \ell_5^2}{6} \quad \cdots\cdots (1.5.4.1.3.12)$$

(4) 組合せ応力

サポート（上部）及びサポート（下部）に対する組合せ応力は，下式により計算する。

組合せ応力（ρ_m）

$$\rho_m = \sqrt{(\rho_{t(c)} + \rho_b)^2 + 3\rho_s^2} \quad \cdots\cdots (1.5.4.1.3.13)$$

1.5.4.1.4　使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA）の検出器の評価に使用する地震波の組合せ

検出器の応力が最大となる地震波を求めるため，検出器の固有値解析にて求めた固有周期より，地震加速度を確認する。地震応答解析用地震波の確認結果を表1－11，三次元流動解析用地震波の確認結果を表1－12に示す。

表1－11，表1－12の確認結果から，検出器の評価に使用する地震波の組合せを以下に示す。

(1)　地震応答解析最大の地震波となるSs-1と三次元流動解析用の地震波Ss-1の組合せ

(2)　三次元流動解析最大の地震波となるSs-7と地震応答解析用の地震波Ss-7の組合せ

表1－11　地震応答解析において，応力が最大となる地震力

（×9.8m/s^2）

地震波名	地震応答解析用		評価
	NS＋鉛直*1	EW＋鉛直*2	
Ss-1	3.42	3.41	地震応答解析最大
Ss-2	3.03	3.13	—
Ss-3	2.68	2.69	—
Ss-4	1.56	1.76	—
Ss-5	1.99	2.02	—
Ss-6	1.56	1.76	—
Ss-7	1.75	1.93	—
Ss-8	1.79	1.78	—

注記＊1 ：$\sqrt{NS^2 + 鉛直^2}$

＊2 ：$\sqrt{EW^2 + 鉛直^2}$

表1－12　三次元流動解析において，応力が最大となる地震力

（×9.8m/s²）

地震波名	三次元流動解析用		評価
	NS	EW	
Ss-1	0.30	0.27	―
Ss-2	0.21	0.16	―
Ss-3	0.52	0.51	―
Ss-4	0.47	0.96	―
Ss-5	0.77	1.48	―
Ss-6	0.49	1.28	―
Ss-7	0.80	1.71	三次元流動解析最大
Ss-8	0.07	0.05	―

1.5.4.1.5　使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA）の基礎ボルト，サポート（上部）及び（下部）に対するスロッシングの影響を考慮した発生反力，モーメントの算出

地震応答解析用の地震波を適用して，地震応答解析を実施し，基礎ボルト，サポート（上部）及び（下部）に使用する反力及びモーメントを算出する。

スロッシング荷重は，Ⅴ-1-1-9-3　「溢水評価条件の設定」に示す使用済燃料貯蔵プールの三次元流動解析により得られた水深ごとの水平方向の圧力を架構側面の投影面積と掛け合わせて，各節点の荷重を求める。

(1)　地震応答解析最大の地震波となるSs-1と三次元流動解析用の地震波Ss-1の組合せ

解析によって得られた架構の基礎部用の反力とモーメントを表1－13に,サポート（上部）及びサポート（下部）の反力とモーメントを表1－14に示す。

表1－13　架構の基礎部発生反力，モーメント（Ss-1）

対象部位	ケース	反力(N)			モーメント(N･m)		
		Ｆｘ	Ｆｙ	Ｆｚ	Ｍｘ	Ｍｙ	Ｍｚ
基礎ボルト	地震力						
	スロッシング						
	地震力＋スロッシング						

表1－14　サポート発生反力，モーメント（Ss-1）

対象部位	ケース	反力(N)			モーメント(N･m)		
		Ｆｘ	Ｆｙ	Ｆｚ	Ｍｘ	Ｍｙ	Ｍｚ
サポート（上部）	地震力						
	スロッシング						
	地震力＋スロッシング						
サポート（下部）	地震力						
	スロッシング						
	地震力＋スロッシング						

(2)　三次元流動解析最大の地震波となるSs-7と地震応答解析用の地震波Ss-7の組合せ

解析によって得られた架構の基礎部の反力とモーメントを表1－15に,サポート（上部）及びサポート（下部）の反力とモーメントを表1－16に示す。

表1－15　架構の基礎部発生反力，モーメント（Ss-7）

対象部位	ケース	反力(N)			モーメント(N･m)		
		Ｆｘ	Ｆｙ	Ｆｚ	Ｍｘ	Ｍｙ	Ｍｚ
基礎ボルト	地震力						
	スロッシング						
	地震力＋スロッシング						

表 1－16　サポート発生反力，モーメント（Ss-7）

対象部位	ケース	反力(N)			モーメント(N･m)		
		Ｆｘ	Ｆｙ	Ｆｚ	Ｍｘ	Ｍｙ	Ｍｚ
サポート（上部）	地震力						
	スロッシング						
	地震力＋スロッシング						
サポート（下部）	地震力						
	スロッシング						
	地震力＋スロッシング						

1.5.4.1.6　使用済燃料貯蔵プール水位･温度（SA）の架構に対するスロッシングの影響を考慮した発生応力の算出

地震応答解析を実施し，架構に使用する応力を算出する。

(1)　地震応答解析最大の地震波となるSs-1と三次元流動解析用の地震波Ss-1の組合せ

解析によって得られた架構評価用の応力を表1－17に示す。

表1－17　発生応力（Ss-1）　（単位：MPa）

対象部位	ケース	軸力	せん断		ねじり	曲げ	
		σt(c)	τx	τy	τp	σbx	σby
架構	地震力	-30*	8	7	4	47	21
	スロッシング	1	1	1	1	2	4
	地震力＋スロッシング	-30*	8	8	4	49	24

注記＊：負の軸力は圧縮応力を示す。

(2)　三次元流動解析最大の地震波となるSs-7と地震応答解析用の地震波Ss-7の組合せ

解析によって得られた架構評価用の応力を表1－18に示す。

表1－18　発生応力（Ss-7）　（単位：MPa）

対象部位	ケース	軸力	せん断		ねじり	曲げ	
		σt(c)	τx	τy	τp	σbx	σby
架構	地震力	-19*	5	5	2	30	12
	スロッシング	3	2	4	2	7	15
	地震力＋スロッシング	-21*	6	9	4	36	26

注記＊：負の軸力は圧縮応力を示す。

1.5.5　計算条件

1.5.5.1　応力計算条件

応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA）（G41-TE-102-1～8）の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

1.5.6　応力の評価

1.5.6.1　基礎ボルトの応力評価

1.5.4.1.1項で求めたボルトの引張応力σｔは次式より求めた許容引張応力f_{ts}以下であること。ただし，f_{to}は下表による。

$$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau,\ f_{to}] \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (1.5.6.1.1)$$

せん断応力τは，せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力f_{sb}以下であること。ただし，f_{sb}は下表による。

	基準地震動Ｓｓによる荷重との組合せの場合
許容引張応力 f_{to}	$\frac{F^*}{2}\cdot 1.5$
許容せん断応力 f_{sb}	$\frac{F^*}{1.5\cdot\sqrt{3}}\cdot 1.5$

1.5.6.2　架構，サポート（上部）及びサポート（下部）の応力評価

1.5.4.1.2 項，1.5.4.1.3 項で求めた架構，サポート（上部）及びサポート（下部）の引張（圧縮）応力 $\rho t(c)$，せん断応力 ρs 及び曲げ応力 ρb は次式より求めた許容引張応力 f_t，許容圧縮応力 f_c，許容せん断応力 f_s 及び許容曲げ応力 f_b 以下であること。ただし，f_t，f_c，f_s 及び f_b は下表による。

	基準地震動Ｓｓによる荷重との組合せの場合
許容引張応力 f_t	$\frac{F^*}{1.5}\cdot 1.5$
許容圧縮応力 f_c	$\left(1-0.4\left(\frac{\lambda}{\Lambda}\right)^2\right)\frac{F^*}{\nu_c}\cdot 1.5$
許容せん断応力 f_s	$\frac{F^*}{1.5\cdot\sqrt{3}}\cdot 1.5$
許容曲げ応力 f_b	$\frac{F^*}{1.5}\cdot 1.5$

ただし，ℓ_k, Λ, λ, ν_c, i は次式より求める。

$$\nu_c=\frac{3}{2}+\frac{2}{3}\left(\frac{\lambda}{\Lambda}\right)^2 \quad \cdots\cdots (1.5.6.2.1)$$

$$\Lambda=\sqrt{\frac{\pi^2 E}{0.6F^*}} \quad \cdots\cdots (1.5.6.2.2)$$

$$\lambda=\frac{\ell_k}{i} \quad \cdots\cdots (1.5.6.2.3)$$

$$\ell_k=1.0\times L \quad \cdots\cdots (1.5.6.2.4)$$

$$i=\sqrt{\frac{I}{A}} \quad \cdots\cdots (1.5.6.2.5)$$

1.6　機能維持評価

使用済燃料貯蔵プール水位･温度（SA）の電気的機能維持評価について，以下に示す。

1.6.1　機能維持評価用加速度

各熱電対の機能維持評価用加速度は，Ⅴ-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき，基準地震動Ｓｓに基づく機器設置箇所の設計用最大応答加速度，又は地震応答解析で評価した検出器に生じる最大の応答加速度のいずれか大きい値とする。

なお，地震応答解析から求まる応答加速度は，剛領域の振動モードの影響を踏まえて，20Hz を超える振動数領域まで考慮した地震応答解析により，応答加速度の算出を行う。

機能維持評価用加速度を表 1－19 に示す。

表 1－19　機能維持評価用加速度　（×9.8m/s²）

評価部位	対象機器設置箇所 (m)	方向	機能維持評価用加速度*1
使用済燃料貯蔵プール水位･温度（SA）（G41-TE-102-1）	原子炉建屋 T.M.S.L.31.700*2	水平	4.12
		鉛直	1.52
使用済燃料貯蔵プール水位･温度（SA）（G41-TE-102-2）	原子炉建屋 T.M.S.L.31.700*2	水平	4.12
		鉛直	1.52
使用済燃料貯蔵プール水位･温度（SA）（G41-TE-102-3）	原子炉建屋 T.M.S.L.31.700*2	水平	4.12
		鉛直	1.52
使用済燃料貯蔵プール水位･温度（SA）（G41-TE-102-4）	原子炉建屋 T.M.S.L.31.700*2	水平	4.12
		鉛直	1.52
使用済燃料貯蔵プール水位･温度（SA）（G41-TE-102-5）	原子炉建屋 T.M.S.L.31.700*2	水平	4.12
		鉛直	1.52
使用済燃料貯蔵プール水位･温度（SA）（G41-TE-102-6）	原子炉建屋 T.M.S.L.31.700*2	水平	4.12
		鉛直	1.52
使用済燃料貯蔵プール水位･温度（SA）（G41-TE-102-7）	原子炉建屋 T.M.S.L.31.700*2	水平	4.12
		鉛直	1.52
使用済燃料貯蔵プール水位･温度（SA）（G41-TE-102-8）	原子炉建屋 T.M.S.L.31.700*2	水平	4.12
		鉛直	1.52

注記*1：検出器に生じる最大の応答加速度を全ての熱電対に適用した値を示す。打ち切り振動数を 30Hz として計算した結果を示す。

*2：基準床レベルを示す。

1.6.2　機能確認済加速度

使用済燃料貯蔵プール水位･温度（SA）の機能確認済加速度は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき，類似形式の検出器単体の正弦波加振試験において，電気的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表1－20に示す。

表1－20　機能確認済加速度　（×9.8m/s²）

評価部位	方向	機能確認済加速度
使用済燃料貯蔵プール水位･温度（SA）（G41-TE-102-1）	水平	
	鉛直	
使用済燃料貯蔵プール水位･温度（SA）（G41-TE-102-2）	水平	
	鉛直	
使用済燃料貯蔵プール水位･温度（SA）（G41-TE-102-3）	水平	
	鉛直	
使用済燃料貯蔵プール水位･温度（SA）（G41-TE-102-4）	水平	
	鉛直	
使用済燃料貯蔵プール水位･温度（SA）（G41-TE-102-5）	水平	
	鉛直	
使用済燃料貯蔵プール水位･温度（SA）（G41-TE-102-6）	水平	
	鉛直	
使用済燃料貯蔵プール水位･温度（SA）（G41-TE-102-7）	水平	
	鉛直	
使用済燃料貯蔵プール水位･温度（SA）（G41-TE-102-8）	水平	
	鉛直	

1.7 評価結果

1.7.1 重大事故等対処設備としての評価結果

使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA）の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA）（G41-TE-102-1）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 Sd又は静的震度		基準地震動Ss		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
使用済燃料貯蔵プール水位・温度 (SA) (G41-TE-102-1)	常設／防止 常設／緩和	原子炉建屋 T.M.S.L.31.700*1	[redacted]	[redacted]	—	—	C_H=1.38 又は*2	C_V=1.15 又は*2	100

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：基準地震動Ssに基づく設計用床応答曲線から得られる値。

1.2 機器要目

1.2.1 使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA）

部材	W (N)	ℓ (mm)	d (mm)	Ad (mm^2)	n	Sy (MPa)	Su (MPa)	F* (MPa)
基礎ボルト	[redacted]	1.173 $\times 10^3$	22 (M22)	380.1	15	685	847	592

部材	A (mm^2)	I (mm^4)	L (mm)	Sy (MPa)	Su (MPa)	Sy(RT) (MPa)	F* (MPa)	ν_c	Λ	λ	ℓ_k (mm)	i (mm)
架構	2.163 $\times 10^3$	3.110 $\times 10^6$	549	171	441	205	205	1.509	123.4	14.47	549	37

部材	ℓ_1 (mm)	ℓ_2 (mm)	ℓ_3 (mm)	ℓ_4 (mm)	ℓ_5 (mm)	ℓ_6 (mm)	t_1 (mm)	t_2 (mm)	t_3 (mm)	Aa (mm^2)	Ab (mm^2)	Ac (mm^2)	Za (mm^3)	Zb (mm^3)	Zc (mm^3)	Sy (MPa)	Su (MPa)	Sy(RT) (MPa)	F* (MPa)
サポート（上部） サポート（下部）	69	138	100	230	107	130	25	25	25	1.725 $\times 10^3$	2.500 $\times 10^3$	2.675 $\times 10^3$	1.984 $\times 10^4$	4.167 $\times 10^4$	4.770 $\times 10^4$	171	441	205	205

1.3 計算数値

1.3.1 架構の基礎部

1.3.1.1 架構の基礎部に作用する力

（単位：N）

部材	Fx		Fy		Fz	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
基礎ボルト Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
基礎ボルト Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.3.1.2 架構の基礎部に作用するモーメント

（単位：N･m）

部材	Mx		My		Mz	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
基礎ボルト Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
基礎ボルト Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.3.1.3 基礎ボルトに作用する力

（単位：N）

部材	Fb		Qb	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]
基礎ボルト Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]
基礎ボルト Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]

1.3.1.4　サポート（上部）に作用する力　　（単位：N）

部材	Ｆｘ		Ｆｙ		Ｆｚ	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
サポート（上部）(Ss-1～8 包絡)	―		―		―	
サポート（上部）Ss-1	―		―		―	
サポート（上部）Ss-7	―		―		―	

1.3.1.5　サポート（上部）に作用するモーメント　　（単位：N･m）

部材	Ｍｘ		Ｍｙ		Ｍｚ	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
サポート（上部）(Ss-1～8 包絡)	―		―		―	
サポート（上部）Ss-1	―		―		―	
サポート（上部）Ss-7	―		―		―	

1.3.1.6　サポート（下部）に作用する力　　（単位：N）

部材	Ｆｘ		Ｆｙ		Ｆｚ	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
サポート（下部）(Ss-1～8 包絡)	―	[redacted]	―	[redacted]	―	[redacted]
サポート（下部）Ss-1	―	[redacted]	―	[redacted]	―	[redacted]
サポート（下部）Ss-7	―	[redacted]	―	[redacted]	―	[redacted]

1.3.1.7　サポート（下部）に作用するモーメント　　（単位：N･m）

部材	Ｍｘ		Ｍｙ		Ｍｚ	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
サポート（下部）(Ss-1～8 包絡)	―	[redacted]	―	[redacted]	―	[redacted]
サポート（下部）Ss-1	―	[redacted]	―	[redacted]	―	[redacted]
サポート（下部）Ss-7	―	[redacted]	―	[redacted]	―	[redacted]

1.3.2 架構部

1.3.2.1 架構の発生応力

(単位：MPa)

発生応力	軸力	せん断		ねじり	曲げ	
	$\sigma_{t(c)}$	τ_x	τ_y	τ_p	σ_{bx}	σ_{by}
架構 (Ss-1～8 包絡)	5	1	1	17	53	54
架構 Ss-1	-30*	8	8	4	49	24
架構 Ss-7	-21*	6	9	4	36	26

注記＊：負の軸力は圧縮応力を示す。

1.4 結論

1.4.1 基礎ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (Ss-1～8 包絡)	SCM435	引張り	—	—	σ_t ＝69	f_{ts}＝355*
		せん断	—	—	τ ＝69	f_{sb}＝273
基礎ボルト Ss-1	SCM435	引張り	—	—	σ_t＝82	f_{ts}＝355*
		せん断	—	—	τ ＝75	f_{sb}＝273
基礎ボルト Ss-7	SCM435	引張り	—	—	σ_t＝27	f_{ts}＝355*
		せん断	—	—	τ ＝58	f_{sb}＝273

すべて許容応力以下である。

注記＊：f_{ts}＝Min[1.4・f_{to}－1.6・τ，f_{to}]

1.4.2 架構の応力

（単位：MPa）

部材	引張（圧縮）応力		せん断応力		曲げ応力		組合せ応力	
	発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	発生応力	許容応力
架構 (Ss-1～8 包絡)	5	205	18	118	107	205	115	205
架構 Ss-1	30*	202	12	118	72	205	104	205
架構 Ss-7	21*	202	12	118	62	205	85	205

すべて許容応力以下である。

注記＊：発生応力は圧縮応力を示す。

1.4.3 サポート（上部）の応力

（単位：MPa）

部材	部位	引張応力		せん断応力		曲げ応力		組合せ応力	
		発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	発生応力	許容応力
サポート（上部） (Ss-1～8 包絡)	a部	—	—	7	118	83	205	84	205
	b部	6	205	—	—	81	205	87	205
	c部	—	—	6	118	40	205	41	205
サポート（上部） Ss-1	a部	—	—	7	118	80	205	81	205
	b部	6	205	—	—	83	205	89	205
	c部	—	—	6	118	41	205	42	205
サポート（上部） Ss-7	a部	—	—	5	118	61	205	61	205
	b部	6	205	—	—	83	205	88	205
	c部	—	—	6	118	41	205	42	205

すべて許容応力以下である。

1.4.4 サポート（下部）の応力

（単位：MPa）

部材	部位	引張応力		せん断応力		曲げ応力		組合せ応力	
		発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	発生応力	許容応力
サポート（下部） (Ss-1～8 包絡)	a部	—	—	8	118	96	205	97	205
	b部	5	205	—	—	65	205	69	205
	c部	—	—	5	118	32	205	33	205
サポート（下部） Ss-1	a部	—	—	4	118	42	205	43	205
	b部	3	205	—	—	34	205	36	205
	c部	—	—	3	118	17	205	17	205
サポート（下部） Ss-7	a部	—	—	2	118	22	205	22	205
	b部	2	205	—	—	24	205	26	205
	c部	—	—	2	118	12	205	12	205

すべて許容応力以下である。

1.4.5 電気的機能の評価結果 （×9.8m/s²）

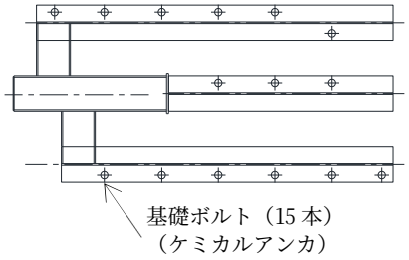
		機能維持評価用加速度*1, *2	機能確認済加速度
使用済燃料貯蔵プール 水位・温度（SA） （G41-TE-102-1）	水平方向	4.12	[redacted]
	鉛直方向	1.52	[redacted]

注記＊1：基準地震動Ｓｓにより定まる評価部位における応答加速度又は1.2・ZPAのいずれか大きい値とする。
＊2：機能維持評価用加速度は，打ち切り振動数を30Hzとして計算した結果を示す。
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

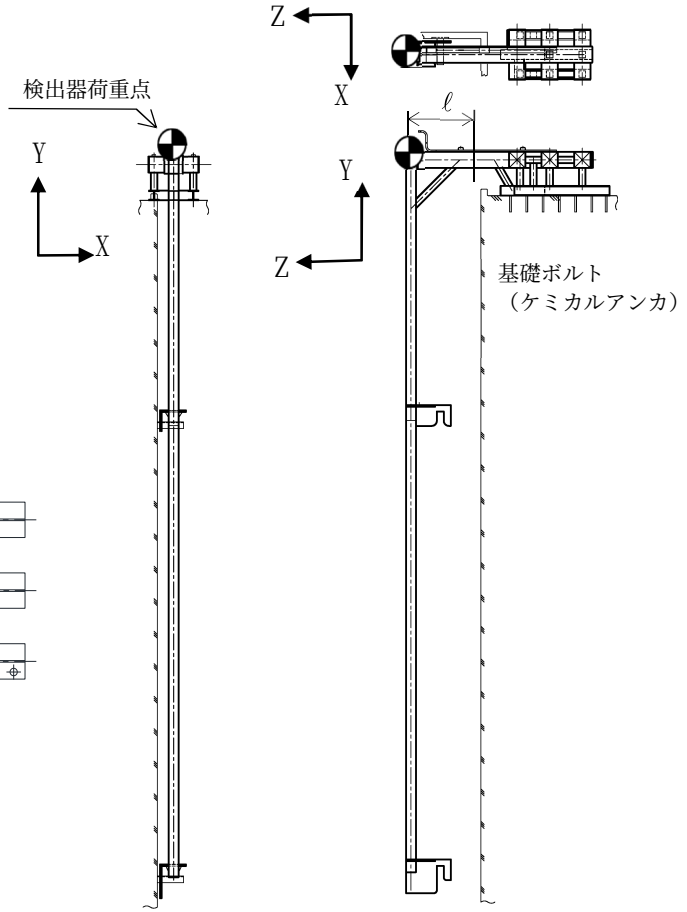
1.5 その他の機器要目

(1) 材料物性値

項目	記号	単位	入力値
縦弾性係数	E	MPa	198000（SS400）
			198000（STKR400）
			199000（SCM435）
			190000（SUS304）
ポアソン比	ν	―	0.3

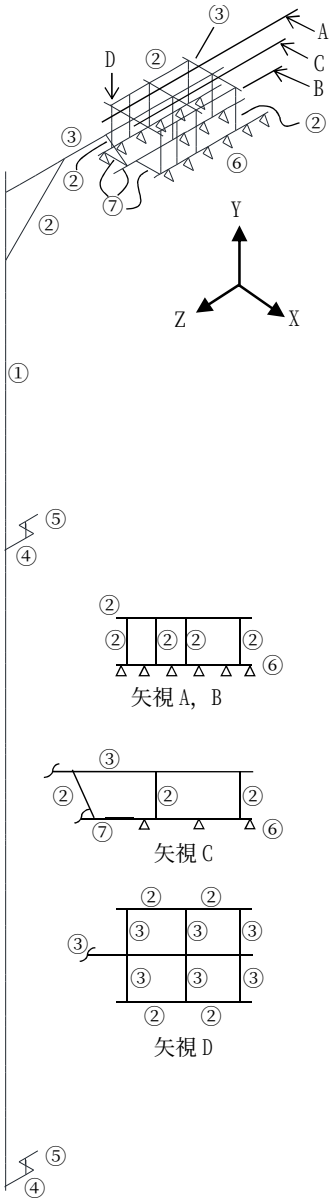


基礎ボルト配置詳細



(2) 機器要目

材料	SUS304	SUS304	SUS304	SUS304	SUS304	SS400	STKR400
対象要素	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
断面積 (mm^2)	4.867×10^3	2.163×10^3	8.467×10^3	1.725×10^4	8.000×10^3	3.965×10^3	4.867×10^3
弱軸断面二次モーメント (mm^4)	1.580×10^7	3.110×10^6	8.090×10^7	1.620×10^8	4.160×10^5	5.630×10^6	1.580×10^7
強軸断面二次モーメント (mm^4)	1.580×10^7	3.110×10^6	8.090×10^7	2.730×10^8	6.820×10^7	1.620×10^7	1.580×10^7
ねじれ断面二次モーメント (mm^4)	2.520×10^7	4.980×10^6	1.250×10^8	3.590×10^6	1.660×10^6	1.160×10^5	2.520×10^7
弱軸断面係数 (mm^3)	2.100×10^5	6.230×10^4	6.470×10^5	6.770×10^5	3.330×10^4	7.510×10^4	2.100×10^5
強軸断面係数 (mm^3)	2.100×10^5	6.230×10^4	6.470×10^5	9.870×10^5	4.260×10^5	2.160×10^5	2.100×10^5
ねじれ断面係数 (mm^3)	3.570×10^5	1.060×10^5	1.040×10^6	1.430×10^5	6.660×10^4	1.160×10^4	3.570×10^5



【使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA）（G41-TE-102-2）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 Sd又は静的震度		基準地震動Ss		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
使用済燃料貯蔵プール水位・温度 (SA) (G41-TE-102-2)	常設／防止 常設／緩和	原子炉建屋 T.M.S.L.31.700*1	[redacted]	[redacted]	—	—	C_H=1.38 又は*2	C_V=1.15 又は*2	100

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：基準地震動Ssに基づく設計用床応答曲線から得られる値。

1.2 機器要目

1.2.1 使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA）

部材	W (N)	ℓ (mm)	d (mm)	A_d (mm^2)	n	S_y (MPa)	S_u (MPa)	F* (MPa)
基礎ボルト	[redacted]	1.173 $\times 10^3$	22 (M22)	380.1	15	685	847	592

部材	A (mm^2)	I (mm^4)	L (mm)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y(RT) (MPa)	F* (MPa)	ν_c	Λ	λ	ℓ_k (mm)	i (mm)
架構	2.163 $\times 10^3$	3.110 $\times 10^6$	549	171	441	205	205	1.509	123.4	14.47	549	37

部材	ℓ_1 (mm)	ℓ_2 (mm)	ℓ_3 (mm)	ℓ_4 (mm)	ℓ_5 (mm)	ℓ_6 (mm)	t_1 (mm)	t_2 (mm)	t_3 (mm)	A_a (mm^2)	A_b (mm^2)	A_c (mm^2)	Z_a (mm^3)	Z_b (mm^3)	Z_c (mm^3)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y(RT) (MPa)	F* (MPa)
サポート（上部） サポート（下部）	69	138	100	230	107	130	25	25	25	1.725 $\times 10^3$	2.500 $\times 10^3$	2.675 $\times 10^3$	1.984 $\times 10^4$	4.167 $\times 10^4$	4.770 $\times 10^4$	171	441	205	205

1.3 計算数値

1.3.1 架構の基礎部

1.3.1.1 架構の基礎部に作用する力

（単位：N）

部材	Fx		Fy		Fz	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト(Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
基礎ボルト Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
基礎ボルト Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.3.1.2 架構の基礎部に作用するモーメント

（単位：N･m）

部材	Mx		My		Mz	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト(Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
基礎ボルト Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
基礎ボルト Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.3.1.3 基礎ボルトに作用する力

（単位：N）

部材	Fb		Qb	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト(Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]
基礎ボルト Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]
基礎ボルト Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]

1.3.1.4　サポート（上部）に作用する力　　（単位：N）

部材	Ｆｘ		Ｆｙ		Ｆｚ	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
サポート（上部）(Ss-1～8 包絡)	―	[redacted]	―	[redacted]	―	[redacted]
サポート（上部）Ss-1	―	[redacted]	―	[redacted]	―	[redacted]
サポート（上部）Ss-7	―	[redacted]	―	[redacted]	―	[redacted]

1.3.1.5　サポート（上部）に作用するモーメント　　（単位：N･m）

部材	Ｍｘ		Ｍｙ		Ｍｚ	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
サポート（上部）(Ss-1～8 包絡)	―	[redacted]	―	[redacted]	―	[redacted]
サポート（上部）Ss-1	―	[redacted]	―	[redacted]	―	[redacted]
サポート（上部）Ss-7	―	[redacted]	―	[redacted]	―	[redacted]

1.3.1.6　サポート（下部）に作用する力　　（単位：N）

部材	Ｆｘ		Ｆｙ		Ｆｚ	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
サポート（下部）(Ss-1～8 包絡)	―	[redacted]	―	[redacted]	―	[redacted]
サポート（下部）Ss-1	―	[redacted]	―	[redacted]	―	[redacted]
サポート（下部）Ss-7	―	[redacted]	―	[redacted]	―	[redacted]

1.3.1.7　サポート（下部）に作用するモーメント　　（単位：N･m）

部材	Ｍｘ		Ｍｙ		Ｍｚ	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
サポート（下部）(Ss-1～8 包絡)	―	[redacted]	―	[redacted]	―	[redacted]
サポート（下部）Ss-1	―	[redacted]	―	[redacted]	―	[redacted]
サポート（下部）Ss-7	―	[redacted]	―	[redacted]	―	[redacted]

1.3.2 架構部

1.3.2.1 架構の発生応力

(単位：MPa)

発生応力	軸力	せん断		ねじり	曲げ	
	$\sigma_{t(c)}$	τ_x	τ_y	τ_p	σ_{bx}	σ_{by}
架構 (Ss-1～8 包絡)	5	1	1	17	53	54
架構 Ss-1	-30*	8	8	4	49	24
架構 Ss-7	-21*	6	9	4	36	26

注記＊：負の軸力は圧縮応力を示す。

1.4 結論

1.4.1 基礎ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (Ss-1～8 包絡)	SCM435	引張り	—	—	σ_t ＝69	f_{ts}＝355*
		せん断	—	—	τ ＝69	f_{sb}＝273
基礎ボルト Ss-1	SCM435	引張り	—	—	σ_t＝82	f_{ts}＝355*
		せん断	—	—	τ ＝75	f_{sb}＝273
基礎ボルト Ss-7	SCM435	引張り	—	—	σ_t＝27	f_{ts}＝355*
		せん断	—	—	τ ＝58	f_{sb}＝273

すべて許容応力以下である。

注記＊：f_{ts}＝Min[1.4・f_{to}－1.6・τ，f_{to}]

1.4.2 架構の応力

（単位：MPa）

部材	引張（圧縮）応力		せん断応力		曲げ応力		組合せ応力	
	発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	発生応力	許容応力
架構 (Ss-1～8 包絡)	5	205	18	118	107	205	115	205
架構 Ss-1	30*	202	12	118	72	205	104	205
架構 Ss-7	21*	202	12	118	62	205	85	205

すべて許容応力以下である。

注記＊：発生応力は圧縮応力を示す。

1.4.3 サポート（上部）の応力

（単位：MPa）

部材	部位	引張応力		せん断応力		曲げ応力		組合せ応力	
		発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	発生応力	許容応力
サポート（上部） (Ss-1～8 包絡)	a部	—	—	7	118	83	205	84	205
	b部	6	205	—	—	81	205	87	205
	c部	—	—	6	118	40	205	41	205
サポート（上部） Ss-1	a部	—	—	7	118	80	205	81	205
	b部	6	205	—	—	83	205	89	205
	c部	—	—	6	118	41	205	42	205
サポート（上部） Ss-7	a部	—	—	5	118	61	205	61	205
	b部	6	205	—	—	83	205	88	205
	c部	—	—	6	118	41	205	42	205

すべて許容応力以下である。

1.4.4 サポート（下部）の応力

（単位：MPa）

部材	部位	引張応力		せん断応力		曲げ応力		組合せ応力	
		発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	発生応力	許容応力
サポート（下部） (Ss-1～8 包絡)	a部	—	—	8	118	96	205	97	205
	b部	5	205	—	—	65	205	69	205
	c部	—	—	5	118	32	205	33	205
サポート（下部） Ss-1	a部	—	—	4	118	42	205	43	205
	b部	3	205	—	—	34	205	36	205
	c部	—	—	3	118	17	205	17	205
サポート（下部） Ss-7	a部	—	—	2	118	22	205	22	205
	b部	2	205	—	—	24	205	26	205
	c部	—	—	2	118	12	205	12	205

すべて許容応力以下である。

1.4.5　電気的機能の評価結果　　（×9.8m/s²）

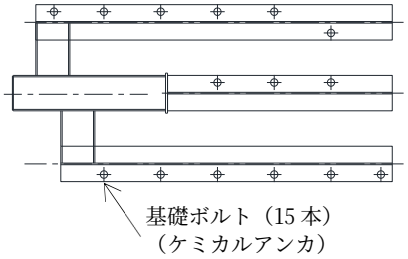
		機能維持評価用加速度*1, *2	機能確認済加速度
使用済燃料貯蔵プール 水位・温度（SA） （G41-TE-102-2）	水平方向	4.12	[redacted]
	鉛直方向	1.52	[redacted]

注記＊1：基準地震動Ｓｓにより定まる評価部位における応答加速度又は1.2・ZPAのいずれか大きい値とする。
＊2：機能維持評価用加速度は，打ち切り振動数を30Hzとして計算した結果を示す。
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

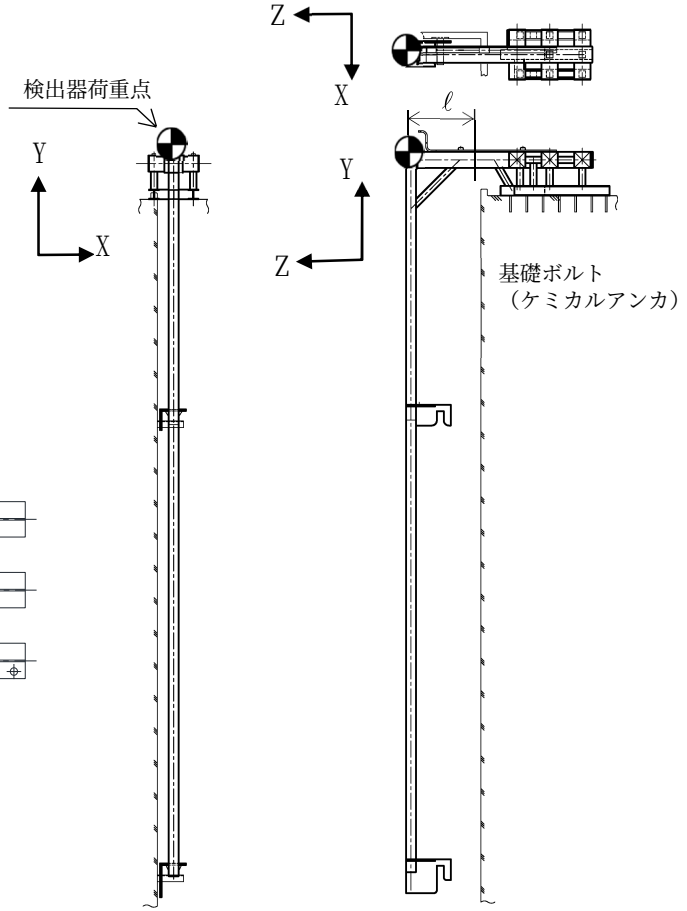
1.5　その他の機器要目

(1)　材料物性値

項目	記号	単位	入力値
縦弾性係数	E	MPa	198000（SS400）
			198000（STKR400）
			199000（SCM435）
			190000（SUS304）
ポアソン比	ν	―	0.3

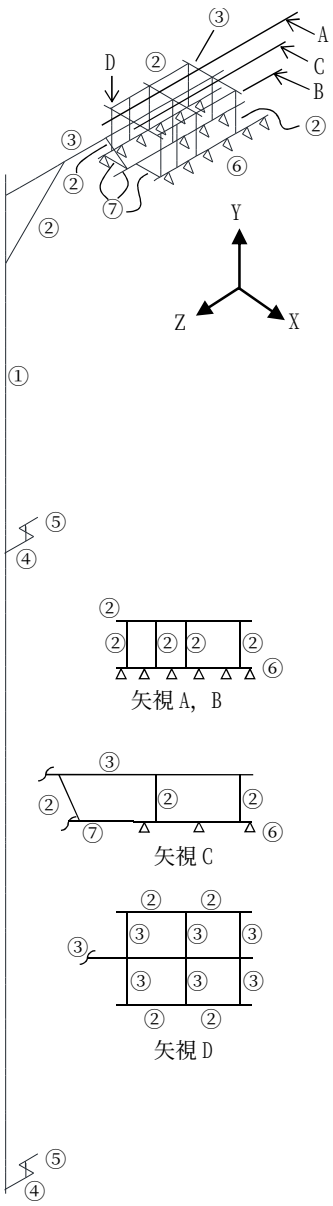


基礎ボルト配置詳細



(2) 機器要目

材料	SUS304	SUS304	SUS304	SUS304	SUS304	SS400	STKR400
対象要素	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
断面積 (mm^2)	4.867×10^{3}	2.163×10^{3}	8.467×10^{3}	1.725×10^{4}	8.000×10^{3}	3.965×10^{3}	4.867×10^{3}
弱軸断面二次モーメント (mm^4)	1.580×10^{7}	3.110×10^{6}	8.090×10^{7}	1.620×10^{8}	4.160×10^{5}	5.630×10^{6}	1.580×10^{7}
強軸断面二次モーメント (mm^4)	1.580×10^{7}	3.110×10^{6}	8.090×10^{7}	2.730×10^{8}	6.820×10^{7}	1.620×10^{7}	1.580×10^{7}
ねじれ断面二次モーメント (mm^4)	2.520×10^{7}	4.980×10^{6}	1.250×10^{8}	3.590×10^{6}	1.660×10^{6}	1.160×10^{5}	2.520×10^{7}
弱軸断面係数 (mm^3)	2.100×10^{5}	6.230×10^{4}	6.470×10^{5}	6.770×10^{5}	3.330×10^{4}	7.510×10^{4}	2.100×10^{5}
強軸断面係数 (mm^3)	2.100×10^{5}	6.230×10^{4}	6.470×10^{5}	9.870×10^{5}	4.260×10^{5}	2.160×10^{5}	2.100×10^{5}
ねじれ断面係数 (mm^3)	3.570×10^{5}	1.060×10^{5}	1.040×10^{6}	1.430×10^{5}	6.660×10^{4}	1.160×10^{4}	3.570×10^{5}



【使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA）（G41-TE-102-3）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 Sd又は静的震度		基準地震動Ss		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
使用済燃料貯蔵プール水位・温度 (SA) (G41-TE-102-3)	常設／防止 常設／緩和	原子炉建屋 T.M.S.L.31.700*1	[redacted]	[redacted]	—	—	C_H=1.38 又は*2	C_V=1.15 又は*2	100

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：基準地震動Ssに基づく設計用床応答曲線から得られる値。

1.2 機器要目

1.2.1 使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA）

部材	W (N)	ℓ (mm)	d (mm)	A_d (mm^2)	n	S_y (MPa)	S_u (MPa)	F* (MPa)
基礎ボルト	[redacted]	1.173×10^3	22 (M22)	380.1	15	685	847	592

部材	A (mm^2)	I (mm^4)	L (mm)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y(RT) (MPa)	F* (MPa)	ν_c	Λ	λ	ℓ_k (mm)	i (mm)
架構	2.163×10^3	3.110×10^6	549	171	441	205	205	1.509	123.4	14.47	549	37

部材	ℓ_1 (mm)	ℓ_2 (mm)	ℓ_3 (mm)	ℓ_4 (mm)	ℓ_5 (mm)	ℓ_6 (mm)	t_1 (mm)	t_2 (mm)	t_3 (mm)	A_a (mm^2)	A_b (mm^2)	A_c (mm^2)	Z_a (mm^3)	Z_b (mm^3)	Z_c (mm^3)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y(RT) (MPa)	F* (MPa)
サポート（上部） サポート（下部）	69	138	100	230	107	130	25	25	25	1.725×10^3	2.500×10^3	2.675×10^3	1.984×10^4	4.167×10^4	4.770×10^4	171	441	205	205

1.3 計算数値

1.3.1 架構の基礎部

1.3.1.1 架構の基礎部に作用する力

（単位：N）

部材	Fx		Fy		Fz	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
基礎ボルト Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
基礎ボルト Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.3.1.2 架構の基礎部に作用するモーメント

（単位：N･m）

部材	Mx		My		Mz	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
基礎ボルト Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
基礎ボルト Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.3.1.3 基礎ボルトに作用する力

（単位：N）

部材	Fb		Qb	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]
基礎ボルト Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]
基礎ボルト Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]

1.3.1.4　サポート（上部）に作用する力　　（単位：N）

部材	Ｆｘ		Ｆｙ		Ｆｚ	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
サポート（上部）(Ss-1～8 包絡)	―	[redacted]	―	[redacted]	―	[redacted]
サポート（上部）Ss-1	―	[redacted]	―	[redacted]	―	[redacted]
サポート（上部）Ss-7	―	[redacted]	―	[redacted]	―	[redacted]

1.3.1.5　サポート（上部）に作用するモーメント　　（単位：N･m）

部材	Ｍｘ		Ｍｙ		Ｍｚ	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
サポート（上部）(Ss-1～8 包絡)	―	[redacted]	―	[redacted]	―	[redacted]
サポート（上部）Ss-1	―	[redacted]	―	[redacted]	―	[redacted]
サポート（上部）Ss-7	―	[redacted]	―	[redacted]	―	[redacted]

1.3.1.6　サポート（下部）に作用する力　　（単位：N）

部材	Ｆｘ		Ｆｙ		Ｆｚ	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
サポート（下部）(Ss-1～8 包絡)	―		―		―	
サポート（下部）Ss-1	―		―		―	
サポート（下部）Ss-7	―		―		―	

1.3.1.7　サポート（下部）に作用するモーメント　　（単位：N･m）

部材	Ｍｘ		Ｍｙ		Ｍｚ	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
サポート（下部）(Ss-1～8 包絡)	―		―		―	
サポート（下部）Ss-1	―		―		―	
サポート（下部）Ss-7	―		―		―	

1.3.2 架構部

1.3.2.1 架構の発生応力

（単位：MPa）

発生応力	軸力	せん断		ねじり	曲げ	
	$\sigma_{t(c)}$	τ_x	τ_y	τ_p	σ_{bx}	σ_{by}
架構 (Ss-1～8 包絡)	5	1	1	17	53	54
架構 Ss-1	-30*	8	8	4	49	24
架構 Ss-7	-21*	6	9	4	36	26

注記＊：負の軸力は圧縮応力を示す。

1.4 結論

1.4.1 基礎ボルトの応力

（単位：MPa）

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (Ss-1～8 包絡)	SCM435	引張り	—	—	σ_t ＝69	f_{ts}＝355*
		せん断	—	—	τ ＝69	f_{sb}＝273
基礎ボルト Ss-1	SCM435	引張り	—	—	σ_t＝82	f_{ts}＝355*
		せん断	—	—	τ ＝75	f_{sb}＝273
基礎ボルト Ss-7	SCM435	引張り	—	—	σ_t＝27	f_{ts}＝355*
		せん断	—	—	τ ＝58	f_{sb}＝273

すべて許容応力以下である。

注記＊：f_{ts}＝Min[1.4・f_{to}－1.6・τ，f_{to}]

1.4.2 架構の応力

（単位：MPa）

部材	引張（圧縮）応力		せん断応力		曲げ応力		組合せ応力	
	発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	発生応力	許容応力
架構 (Ss-1～8 包絡)	5	205	18	118	107	205	115	205
架構 Ss-1	30*	202	12	118	72	205	104	205
架構 Ss-7	21*	202	12	118	62	205	85	205

すべて許容応力以下である。

注記＊：発生応力は圧縮応力を示す。

1.4.3 サポート（上部）の応力

（単位：MPa）

部材	部位	引張応力		せん断応力		曲げ応力		組合せ応力	
		発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	発生応力	許容応力
サポート（上部） (Ss-1～8 包絡)	a部	—	—	7	118	83	205	84	205
	b部	6	205	—	—	81	205	87	205
	c部	—	—	6	118	40	205	41	205
サポート（上部） Ss-1	a部	—	—	7	118	80	205	81	205
	b部	6	205	—	—	83	205	89	205
	c部	—	—	6	118	41	205	42	205
サポート（上部） Ss-7	a部	—	—	5	118	61	205	61	205
	b部	6	205	—	—	83	205	88	205
	c部	—	—	6	118	41	205	42	205

すべて許容応力以下である。

1.4.4 サポート（下部）の応力

（単位：MPa）

部材	部位	引張応力		せん断応力		曲げ応力		組合せ応力	
		発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	発生応力	許容応力
サポート（下部） (Ss-1～8 包絡)	a部	—	—	8	118	96	205	97	205
	b部	5	205	—	—	65	205	69	205
	c部	—	—	5	118	32	205	33	205
サポート（下部） Ss-1	a部	—	—	4	118	42	205	43	205
	b部	3	205	—	—	34	205	36	205
	c部	—	—	3	118	17	205	17	205
サポート（下部） Ss-7	a部	—	—	2	118	22	205	22	205
	b部	2	205	—	—	24	205	26	205
	c部	—	—	2	118	12	205	12	205

すべて許容応力以下である。

1.4.5 電気的機能の評価結果 （×9.8m/s²）

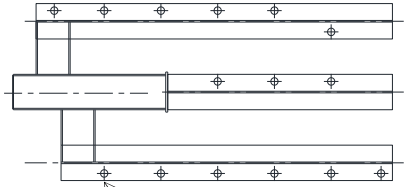
		機能維持評価用加速度*1, *2	機能確認済加速度
使用済燃料貯蔵プール 水位・温度（SA） （G41-TE-102-3）	水平方向	4.12	[redacted]
	鉛直方向	1.52	[redacted]

注記＊1：基準地震動Ｓｓにより定まる評価部位における応答加速度又は1.2・ZPAのいずれか大きい値とする。
＊2：機能維持評価用加速度は，打ち切り振動数を30Hzとして計算した結果を示す。
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

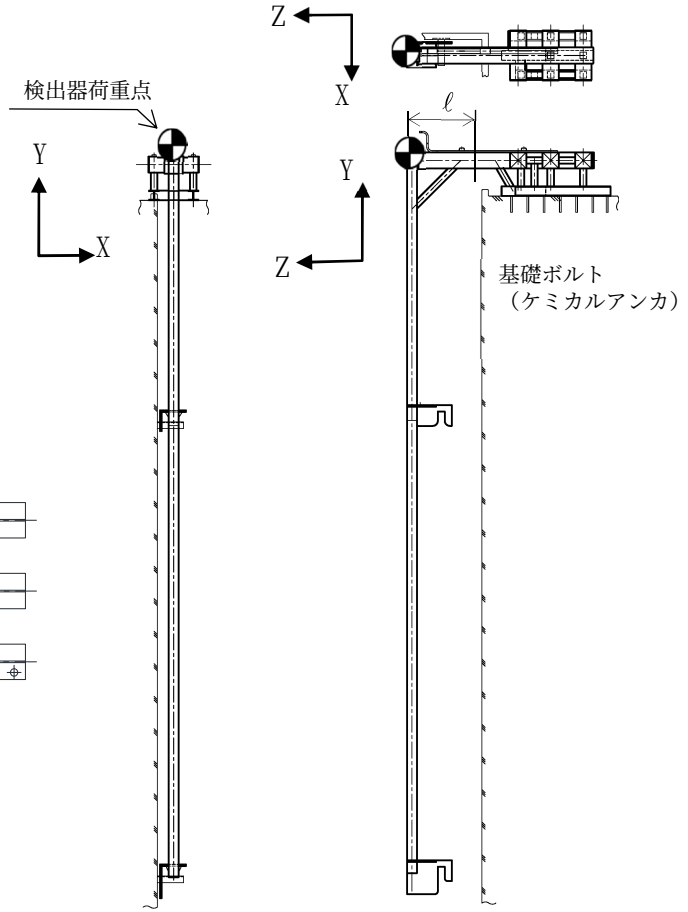
1.5 その他の機器要目

(1) 材料物性値

項目	記号	単位	入力値
縦弾性係数	E	MPa	198000（SS400）
			198000（STKR400）
			199000（SCM435）
			190000（SUS304）
ポアソン比	ν	―	0.3

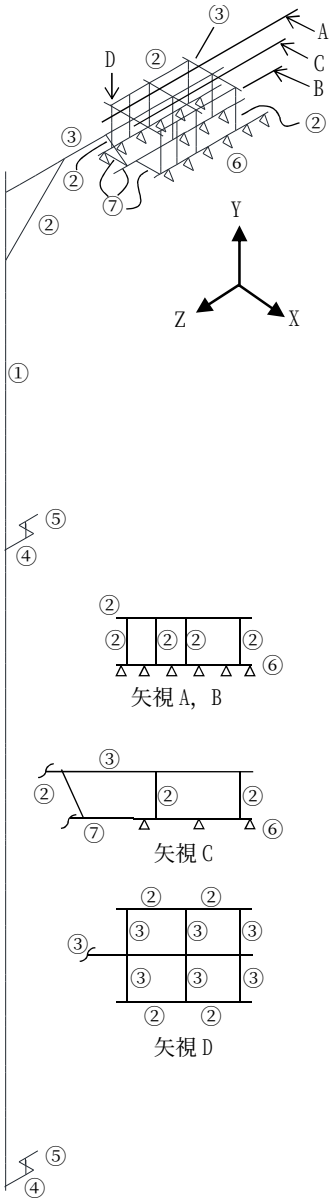


基礎ボルト配置詳細



(2) 機器要目

材料	SUS304	SUS304	SUS304	SUS304	SUS304	SS400	STKR400
対象要素	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
断面積 (mm^2)	4.867×10^{3}	2.163×10^{3}	8.467×10^{3}	1.725×10^{4}	8.000×10^{3}	3.965×10^{3}	4.867×10^{3}
弱軸断面二次モーメント (mm^4)	1.580×10^{7}	3.110×10^{6}	8.090×10^{7}	1.620×10^{8}	4.160×10^{5}	5.630×10^{6}	1.580×10^{7}
強軸断面二次モーメント (mm^4)	1.580×10^{7}	3.110×10^{6}	8.090×10^{7}	2.730×10^{8}	6.820×10^{7}	1.620×10^{7}	1.580×10^{7}
ねじれ断面二次モーメント (mm^4)	2.520×10^{7}	4.980×10^{6}	1.250×10^{8}	3.590×10^{6}	1.660×10^{6}	1.160×10^{5}	2.520×10^{7}
弱軸断面係数 (mm^3)	2.100×10^{5}	6.230×10^{4}	6.470×10^{5}	6.770×10^{5}	3.330×10^{4}	7.510×10^{4}	2.100×10^{5}
強軸断面係数 (mm^3)	2.100×10^{5}	6.230×10^{4}	6.470×10^{5}	9.870×10^{5}	4.260×10^{5}	2.160×10^{5}	2.100×10^{5}
ねじれ断面係数 (mm^3)	3.570×10^{5}	1.060×10^{5}	1.040×10^{6}	1.430×10^{5}	6.660×10^{4}	1.160×10^{4}	3.570×10^{5}



【使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA）（G41-TE-102-4）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 Sd又は静的震度		基準地震動Ss		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
使用済燃料貯蔵プール水位・温度 (SA) (G41-TE-102-4)	常設／防止 常設／緩和	原子炉建屋 T.M.S.L.31.700*1	[redacted]	[redacted]	—	—	C_H=1.38 又は＊2	C_V=1.15 又は＊2	100

注記＊1：基準床レベルを示す。

＊2：基準地震動Ssに基づく設計用床応答曲線から得られる値。

1.2 機器要目

1.2.1 使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA）

部材	W (N)	ℓ (mm)	d (mm)	Ad (mm^2)	n	Sy (MPa)	Su (MPa)	F＊ (MPa)
基礎ボルト	[redacted]	1.173 $\times 10^3$	22 (M22)	380.1	15	685	847	592

部材	A (mm^2)	I (mm^4)	L (mm)	Sy (MPa)	Su (MPa)	Sy(RT) (MPa)	F＊ (MPa)	ν_c	Λ	λ	ℓ_k (mm)	i (mm)
架構	2.163 $\times 10^3$	3.110 $\times 10^6$	549	171	441	205	205	1.509	123.4	14.47	549	37

部材	ℓ_1 (mm)	ℓ_2 (mm)	ℓ_3 (mm)	ℓ_4 (mm)	ℓ_5 (mm)	ℓ_6 (mm)	t_1 (mm)	t_2 (mm)	t_3 (mm)	Aa (mm^2)	Ab (mm^2)	Ac (mm^2)	Za (mm^3)	Zb (mm^3)	Zc (mm^3)	Sy (MPa)	Su (MPa)	Sy(RT) (MPa)	F＊ (MPa)
サポート（上部） サポート（下部）	69	138	100	230	107	130	25	25	25	1.725 $\times 10^3$	2.500 $\times 10^3$	2.675 $\times 10^3$	1.984 $\times 10^4$	4.167 $\times 10^4$	4.770 $\times 10^4$	171	441	205	205

1.3 計算数値

1.3.1 架構の基礎部

1.3.1.1 架構の基礎部に作用する力

（単位：N）

部材	Fx		Fy		Fz	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
基礎ボルト Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
基礎ボルト Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.3.1.2 架構の基礎部に作用するモーメント

（単位：N･m）

部材	Mx		My		Mz	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
基礎ボルト Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
基礎ボルト Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.3.1.3 基礎ボルトに作用する力

（単位：N）

部材	Fb		Qb	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]
基礎ボルト Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]
基礎ボルト Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]

1.3.1.4　サポート（上部）に作用する力　　（単位：N）

部材	Ｆｘ		Ｆｙ		Ｆｚ	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
サポート（上部）(Ss-1～8 包絡)	－	[redacted]	－	[redacted]	－	[redacted]
サポート（上部）Ss-1	－	[redacted]	－	[redacted]	－	[redacted]
サポート（上部）Ss-7	－	[redacted]	－	[redacted]	－	[redacted]

1.3.1.5　サポート（上部）に作用するモーメント　　（単位：N･m）

部材	Ｍｘ		Ｍｙ		Ｍｚ	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
サポート（上部）(Ss-1～8 包絡)	－	[redacted]	－	[redacted]	－	[redacted]
サポート（上部）Ss-1	－	[redacted]	－	[redacted]	－	[redacted]
サポート（上部）Ss-7	－	[redacted]	－	[redacted]	－	[redacted]

1.3.1.6　サポート（下部）に作用する力　　（単位：N）

部材	Ｆｘ		Ｆｙ		Ｆｚ	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
サポート（下部）(Ss-1～8 包絡)	―	[redacted]	―	[redacted]	―	[redacted]
サポート（下部）Ss-1	―	[redacted]	―	[redacted]	―	[redacted]
サポート（下部）Ss-7	―	[redacted]	―	[redacted]	―	[redacted]

1.3.1.7　サポート（下部）に作用するモーメント　　（単位：N･m）

部材	Ｍｘ		Ｍｙ		Ｍｚ	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
サポート（下部）(Ss-1～8 包絡)	―	[redacted]	―	[redacted]	―	[redacted]
サポート（下部）Ss-1	―	[redacted]	―	[redacted]	―	[redacted]
サポート（下部）Ss-7	―	[redacted]	―	[redacted]	―	[redacted]

1.3.2 架構部

1.3.2.1 架構の発生応力

(単位：MPa)

発生応力	軸力	せん断		ねじり	曲げ	
	$\sigma_{t(c)}$	τ_x	τ_y	τ_p	σ_{bx}	σ_{by}
架構 (Ss-1～8 包絡)	5	1	1	17	53	54
架構 Ss-1	-30*	8	8	4	49	24
架構 Ss-7	-21*	6	9	4	36	26

注記＊：負の軸力は圧縮応力を示す。

1.4 結論

1.4.1 基礎ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (Ss-1～8 包絡)	SCM435	引張り	—	—	σ_t ＝69	f_{ts}＝355*
		せん断	—	—	τ ＝69	f_{sb}＝273
基礎ボルト Ss-1	SCM435	引張り	—	—	σ_t＝82	f_{ts}＝355*
		せん断	—	—	τ ＝75	f_{sb}＝273
基礎ボルト Ss-7	SCM435	引張り	—	—	σ_t＝27	f_{ts}＝355*
		せん断	—	—	τ ＝58	f_{sb}＝273

すべて許容応力以下である。

注記＊：f_{ts}＝Min[1.4・f_{to}－1.6・τ，f_{to}]

1.4.2 架構の応力

（単位：MPa）

部材	引張（圧縮）応力		せん断応力		曲げ応力		組合せ応力	
	発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	発生応力	許容応力
架構 (Ss-1～8 包絡)	5	205	18	118	107	205	115	205
架構 Ss-1	30*	202	12	118	72	205	104	205
架構 Ss-7	21*	202	12	118	62	205	85	205

すべて許容応力以下である。

注記＊：発生応力は圧縮応力を示す。

1.4.3 サポート（上部）の応力

（単位：MPa）

部材	部位	引張応力		せん断応力		曲げ応力		組合せ応力	
		発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	発生応力	許容応力
サポート（上部） (Ss-1～8 包絡)	a部	—	—	7	118	83	205	84	205
	b部	6	205	—	—	81	205	87	205
	c部	—	—	6	118	40	205	41	205
サポート（上部） Ss-1	a部	—	—	7	118	80	205	81	205
	b部	6	205	—	—	83	205	89	205
	c部	—	—	6	118	41	205	42	205
サポート（上部） Ss-7	a部	—	—	5	118	61	205	61	205
	b部	6	205	—	—	83	205	88	205
	c部	—	—	6	118	41	205	42	205

すべて許容応力以下である。

1.4.4 サポート（下部）の応力

（単位：MPa）

部材	部位	引張応力		せん断応力		曲げ応力		組合せ応力	
		発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	発生応力	許容応力
サポート（下部） (Ss-1～8 包絡)	a部	—	—	8	118	96	205	97	205
	b部	5	205	—	—	65	205	69	205
	c部	—	—	5	118	32	205	33	205
サポート（下部） Ss-1	a部	—	—	4	118	42	205	43	205
	b部	3	205	—	—	34	205	36	205
	c部	—	—	3	118	17	205	17	205
サポート（下部） Ss-7	a部	—	—	2	118	22	205	22	205
	b部	2	205	—	—	24	205	26	205
	c部	—	—	2	118	12	205	12	205

すべて許容応力以下である。

1.4.5 電気的機能の評価結果 （×9.8m/s²）

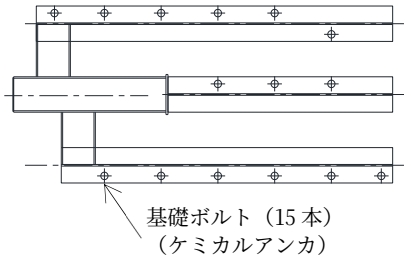
		機能維持評価用加速度*1, *2	機能確認済加速度
使用済燃料貯蔵プール 水位・温度（SA） （G41-TE-102-4）	水平方向	4.12	[redacted]
	鉛直方向	1.52	[redacted]

注記＊1：基準地震動Ｓｓにより定まる評価部位における応答加速度又は1.2・ZPAのいずれか大きい値とする。
＊2：機能維持評価用加速度は，打ち切り振動数を30Hzとして計算した結果を示す。
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

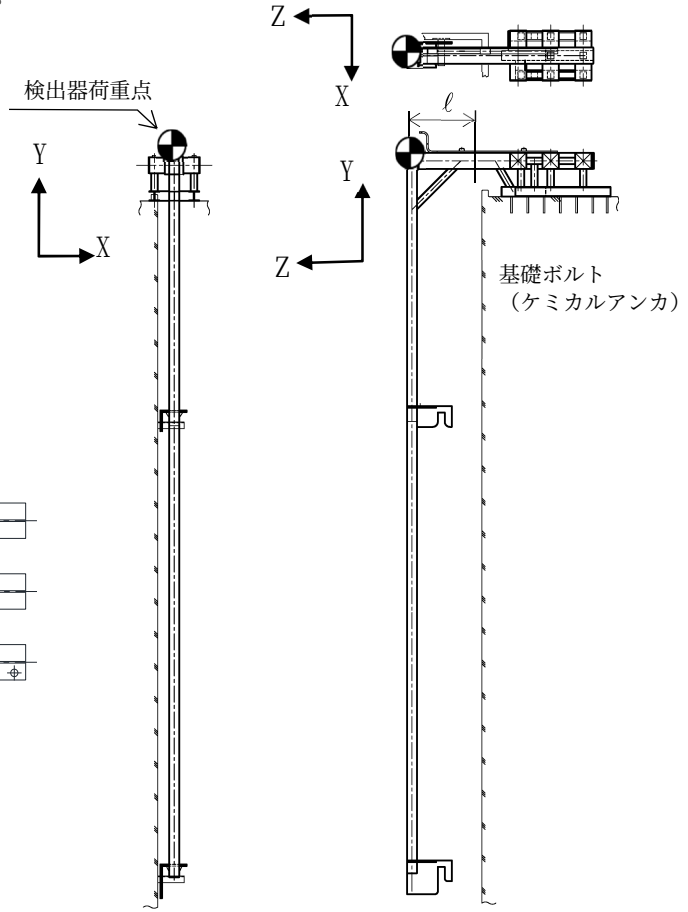
1.5 その他の機器要目

(1) 材料物性値

項目	記号	単位	入力値
縦弾性係数	E	MPa	198000（SS400）
			198000（STKR400）
			199000（SCM435）
			190000（SUS304）
ポアソン比	ν	―	0.3

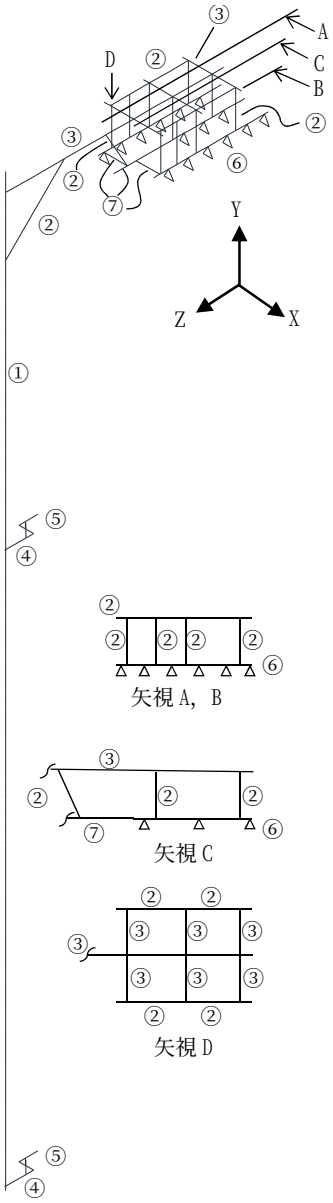


基礎ボルト配置詳細



(2) 機器要目

材料	SUS304	SUS304	SUS304	SUS304	SUS304	SS400	STKR400
対象要素	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
断面積 (mm^2)	4.867×10^3	2.163×10^3	8.467×10^3	1.725×10^4	8.000×10^3	3.965×10^3	4.867×10^3
弱軸断面二次モーメント (mm^4)	1.580×10^7	3.110×10^6	8.090×10^7	1.620×10^8	4.160×10^5	5.630×10^6	1.580×10^7
強軸断面二次モーメント (mm^4)	1.580×10^7	3.110×10^6	8.090×10^7	2.730×10^8	6.820×10^7	1.620×10^7	1.580×10^7
ねじれ断面二次モーメント (mm^4)	2.520×10^7	4.980×10^6	1.250×10^8	3.590×10^6	1.660×10^6	1.160×10^5	2.520×10^7
弱軸断面係数 (mm^3)	2.100×10^5	6.230×10^4	6.470×10^5	6.770×10^5	3.330×10^4	7.510×10^4	2.100×10^5
強軸断面係数 (mm^3)	2.100×10^5	6.230×10^4	6.470×10^5	9.870×10^5	4.260×10^5	2.160×10^5	2.100×10^5
ねじれ断面係数 (mm^3)	3.570×10^5	1.060×10^5	1.040×10^6	1.430×10^5	6.660×10^4	1.160×10^4	3.570×10^5



【使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA）（G41-TE-102-5）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 Sd又は静的震度		基準地震動Ss		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
使用済燃料貯蔵プール水位・温度 (SA) (G41-TE-102-5)	常設／防止 常設／緩和	原子炉建屋 T.M.S.L.31.700*1	[redacted]	[redacted]	—	—	C_H=1.38 又は*2	C_V=1.15 又は*2	100

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：基準地震動Ssに基づく設計用床応答曲線から得られる値。

1.2 機器要目

1.2.1 使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA）

部材	W (N)	ℓ (mm)	d (mm)	A_d (mm^2)	n	S_y (MPa)	S_u (MPa)	F* (MPa)
基礎ボルト	[redacted]	1.173 $\times 10^3$	22 (M22)	380.1	15	685	847	592

部材	A (mm^2)	I (mm^4)	L (mm)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y(RT) (MPa)	F* (MPa)	ν_c	Λ	λ	ℓ_k (mm)	i (mm)
架構	2.163 $\times 10^3$	3.110 $\times 10^6$	549	171	441	205	205	1.509	123.4	14.47	549	37

部材	ℓ_1 (mm)	ℓ_2 (mm)	ℓ_3 (mm)	ℓ_4 (mm)	ℓ_5 (mm)	ℓ_6 (mm)	t_1 (mm)	t_2 (mm)	t_3 (mm)	A_a (mm^2)	A_b (mm^2)	A_c (mm^2)	Z_a (mm^3)	Z_b (mm^3)	Z_c (mm^3)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y(RT) (MPa)	F* (MPa)
サポート（上部） サポート（下部）	69	138	100	230	107	130	25	25	25	1.725 $\times 10^3$	2.500 $\times 10^3$	2.675 $\times 10^3$	1.984 $\times 10^4$	4.167 $\times 10^4$	4.770 $\times 10^4$	171	441	205	205

1.3 計算数値

1.3.1 架構の基礎部

1.3.1.1 架構の基礎部に作用する力

（単位：N）

部材	Fx		Fy		Fz	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
基礎ボルト Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
基礎ボルト Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.3.1.2 架構の基礎部に作用するモーメント

（単位：N･m）

部材	Mx		My		Mz	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
基礎ボルト Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
基礎ボルト Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.3.1.3 基礎ボルトに作用する力

（単位：N）

部材	Fb		Qb	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]
基礎ボルト Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]
基礎ボルト Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]

1.3.1.4　サポート（上部）に作用する力　　（単位：N）

部材	Ｆｘ		Ｆｙ		Ｆｚ	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
サポート（上部）(Ss-1～8 包絡)	―	[redacted]	―	[redacted]	―	[redacted]
サポート（上部）Ss-1	―	[redacted]	―	[redacted]	―	[redacted]
サポート（上部）Ss-7	―	[redacted]	―	[redacted]	―	[redacted]

1.3.1.5　サポート（上部）に作用するモーメント　　（単位：N･m）

部材	Ｍｘ		Ｍｙ		Ｍｚ	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
サポート（上部）(Ss-1～8 包絡)	―	[redacted]	―	[redacted]	―	[redacted]
サポート（上部）Ss-1	―	[redacted]	―	[redacted]	―	[redacted]
サポート（上部）Ss-7	―	[redacted]	―	[redacted]	―	[redacted]

1.3.1.6　サポート（下部）に作用する力　　（単位：N）

部材	Ｆｘ		Ｆｙ		Ｆｚ	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
サポート（下部）(Ss-1～8 包絡)	―	[redacted]	―	[redacted]	―	[redacted]
サポート（下部）Ss-1	―	[redacted]	―	[redacted]	―	[redacted]
サポート（下部）Ss-7	―	[redacted]	―	[redacted]	―	[redacted]

1.3.1.7　サポート（下部）に作用するモーメント　　（単位：N･m）

部材	Ｍｘ		Ｍｙ		Ｍｚ	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
サポート（下部）(Ss-1～8 包絡)	―	[redacted]	―	[redacted]	―	[redacted]
サポート（下部）Ss-1	―	[redacted]	―	[redacted]	―	[redacted]
サポート（下部）Ss-7	―	[redacted]	―	[redacted]	―	[redacted]

1.3.2 架構部

1.3.2.1 架構の発生応力

(単位：MPa)

発生応力	軸力	せん断		ねじり	曲げ	
	$\sigma_{t(c)}$	τ_x	τ_y	τ_p	σ_{bx}	σ_{by}
架構 (Ss-1～8 包絡)	5	1	1	17	53	54
架構 Ss-1	-30*	8	8	4	49	24
架構 Ss-7	-21*	6	9	4	36	26

注記＊：負の軸力は圧縮応力を示す。

1.4 結論

1.4.1 基礎ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (Ss-1～8 包絡)	SCM435	引張り	—	—	σ_t ＝69	f_{ts}＝355*
		せん断	—	—	τ ＝69	f_{sb}＝273
基礎ボルト Ss-1	SCM435	引張り	—	—	σ_t＝82	f_{ts}＝355*
		せん断	—	—	τ ＝75	f_{sb}＝273
基礎ボルト Ss-7	SCM435	引張り	—	—	σ_t＝27	f_{ts}＝355*
		せん断	—	—	τ ＝58	f_{sb}＝273

すべて許容応力以下である。

注記＊：f_{ts}＝Min[1.4・f_{to}－1.6・τ，f_{to}]

1.4.2 架構の応力

（単位：MPa）

部材	引張（圧縮）応力		せん断応力		曲げ応力		組合せ応力	
	発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	発生応力	許容応力
架構 (Ss-1～8 包絡)	5	205	18	118	107	205	115	205
架構 Ss-1	30*	202	12	118	72	205	104	205
架構 Ss-7	21*	202	12	118	62	205	85	205

すべて許容応力以下である。

注記＊：発生応力は圧縮応力を示す。

1.4.3 サポート（上部）の応力

（単位：MPa）

部材	部位	引張応力		せん断応力		曲げ応力		組合せ応力	
		発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	発生応力	許容応力
サポート（上部） (Ss-1～8 包絡)	a部	—	—	7	118	83	205	84	205
	b部	6	205	—	—	81	205	87	205
	c部	—	—	6	118	40	205	41	205
サポート（上部） Ss-1	a部	—	—	7	118	80	205	81	205
	b部	6	205	—	—	83	205	89	205
	c部	—	—	6	118	41	205	42	205
サポート（上部） Ss-7	a部	—	—	5	118	61	205	61	205
	b部	6	205	—	—	83	205	88	205
	c部	—	—	6	118	41	205	42	205

すべて許容応力以下である。

1.4.4 サポート（下部）の応力

（単位：MPa）

部材	部位	引張応力		せん断応力		曲げ応力		組合せ応力	
		発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	発生応力	許容応力
サポート（下部） (Ss-1～8 包絡)	a部	—	—	8	118	96	205	97	205
	b部	5	205	—	—	65	205	69	205
	c部	—	—	5	118	32	205	33	205
サポート（下部） Ss-1	a部	—	—	4	118	42	205	43	205
	b部	3	205	—	—	34	205	36	205
	c部	—	—	3	118	17	205	17	205
サポート（下部） Ss-7	a部	—	—	2	118	22	205	22	205
	b部	2	205	—	—	24	205	26	205
	c部	—	—	2	118	12	205	12	205

すべて許容応力以下である。

1.4.5 電気的機能の評価結果 （×9.8m/s²）

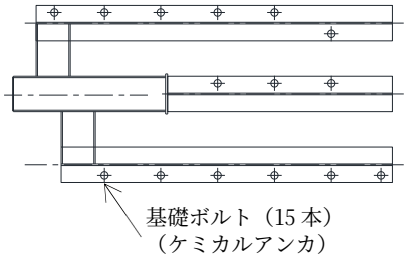
		機能維持評価用加速度*1, *2	機能確認済加速度
使用済燃料貯蔵プール 水位・温度（SA） （G41-TE-102-5）	水平方向	4.12	[redacted]
	鉛直方向	1.52	[redacted]

注記＊1：基準地震動Ｓｓにより定まる評価部位における応答加速度又は1.2・ZPAのいずれか大きい値とする。
＊2：機能維持評価用加速度は，打ち切り振動数を30Hzとして計算した結果を示す。
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

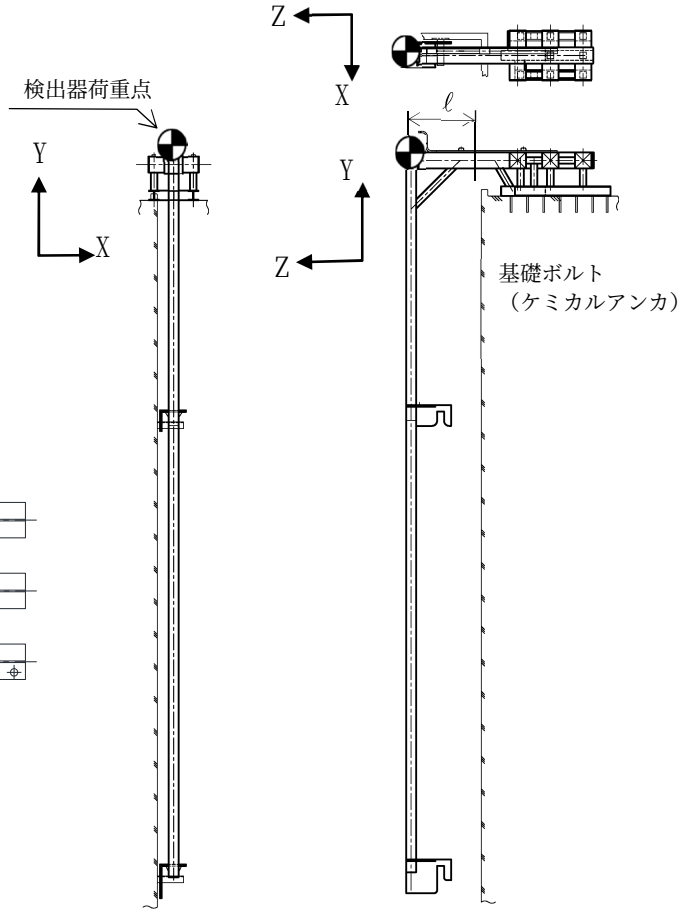
1.5 その他の機器要目

(1) 材料物性値

項目	記号	単位	入力値
縦弾性係数	E	MPa	198000（SS400）
			198000（STKR400）
			199000（SCM435）
			190000（SUS304）
ポアソン比	ν	―	0.3

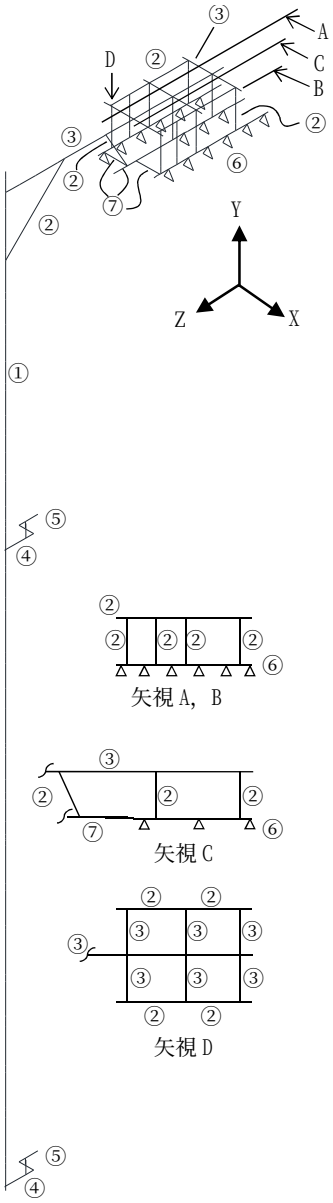


基礎ボルト配置詳細



(2) 機器要目

材料	SUS304	SUS304	SUS304	SUS304	SUS304	SS400	STKR400
対象要素	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
断面積 (mm^2)	4.867×10^3	2.163×10^3	8.467×10^3	1.725×10^4	8.000×10^3	3.965×10^3	4.867×10^3
弱軸断面二次モーメント (mm^4)	1.580×10^7	3.110×10^6	8.090×10^7	1.620×10^8	4.160×10^5	5.630×10^6	1.580×10^7
強軸断面二次モーメント (mm^4)	1.580×10^7	3.110×10^6	8.090×10^7	2.730×10^8	6.820×10^7	1.620×10^7	1.580×10^7
ねじれ断面二次モーメント (mm^4)	2.520×10^7	4.980×10^6	1.250×10^8	3.590×10^6	1.660×10^6	1.160×10^5	2.520×10^7
弱軸断面係数 (mm^3)	2.100×10^5	6.230×10^4	6.470×10^5	6.770×10^5	3.330×10^4	7.510×10^4	2.100×10^5
強軸断面係数 (mm^3)	2.100×10^5	6.230×10^4	6.470×10^5	9.870×10^5	4.260×10^5	2.160×10^5	2.100×10^5
ねじれ断面係数 (mm^3)	3.570×10^5	1.060×10^5	1.040×10^6	1.430×10^5	6.660×10^4	1.160×10^4	3.570×10^5



【使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA）（G41-TE-102-6）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 Sd又は静的震度		基準地震動Ss		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
使用済燃料貯蔵プール水位・温度 (SA) (G41-TE-102-6)	常設／防止 常設／緩和	原子炉建屋 T.M.S.L.31.700*1	[redacted]	[redacted]	—	—	C_H=1.38 又は*2	C_V=1.15 又は*2	100

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：基準地震動Ssに基づく設計用床応答曲線から得られる値。

1.2 機器要目

1.2.1 使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA）

部材	W (N)	ℓ (mm)	d (mm)	A_d (mm^2)	n	S_y (MPa)	S_u (MPa)	F* (MPa)
基礎ボルト	[redacted]	1.173 $\times 10^3$	22 (M22)	380.1	15	685	847	592

部材	A (mm^2)	I (mm^4)	L (mm)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y(RT) (MPa)	F* (MPa)	ν_c	Λ	λ	ℓ_k (mm)	i (mm)
架構	2.163 $\times 10^3$	3.110 $\times 10^6$	549	171	441	205	205	1.509	123.4	14.47	549	37

部材	ℓ_1 (mm)	ℓ_2 (mm)	ℓ_3 (mm)	ℓ_4 (mm)	ℓ_5 (mm)	ℓ_6 (mm)	t_1 (mm)	t_2 (mm)	t_3 (mm)	A_a (mm^2)	A_b (mm^2)	A_c (mm^2)	Z_a (mm^3)	Z_b (mm^3)	Z_c (mm^3)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y(RT) (MPa)	F* (MPa)
サポート（上部） サポート（下部）	69	138	100	230	107	130	25	25	25	1.725 $\times 10^3$	2.500 $\times 10^3$	2.675 $\times 10^3$	1.984 $\times 10^4$	4.167 $\times 10^4$	4.770 $\times 10^4$	171	441	205	205

1.3 計算数値

1.3.1 架構の基礎部

1.3.1.1 架構の基礎部に作用する力

（単位：N）

部材	Fx		Fy		Fz	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト(Ss-1～8 包絡)	―	[redacted]	―	[redacted]	―	[redacted]
基礎ボルト Ss-1	―	[redacted]	―	[redacted]	―	[redacted]
基礎ボルト Ss-7	―	[redacted]	―	[redacted]	―	[redacted]

1.3.1.2 架構の基礎部に作用するモーメント

（単位：N･m）

部材	Mx		My		Mz	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト(Ss-1～8 包絡)	―	[redacted]	―	[redacted]	―	[redacted]
基礎ボルト Ss-1	―	[redacted]	―	[redacted]	―	[redacted]
基礎ボルト Ss-7	―	[redacted]	―	[redacted]	―	[redacted]

1.3.1.3 基礎ボルトに作用する力

（単位：N）

部材	Fb		Qb	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト(Ss-1～8 包絡)	―	[redacted]	―	[redacted]
基礎ボルト Ss-1	―	[redacted]	―	[redacted]
基礎ボルト Ss-7	―	[redacted]	―	[redacted]

1.3.1.4　サポート（上部）に作用する力　　（単位：N）

部材	Ｆｘ		Ｆｙ		Ｆｚ	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
サポート（上部）(Ss-1～8 包絡)	―		―		―	
サポート（上部）Ss-1	―		―		―	
サポート（上部）Ss-7	―		―		―	

1.3.1.5　サポート（上部）に作用するモーメント　　（単位：N･m）

部材	Ｍｘ		Ｍｙ		Ｍｚ	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
サポート（上部）(Ss-1～8 包絡)	―		―		―	
サポート（上部）Ss-1	―		―		―	
サポート（上部）Ss-7	―		―		―	

1.3.1.6　サポート（下部）に作用する力　　（単位：N）

部材	Ｆｘ		Ｆｙ		Ｆｚ	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
サポート（下部）(Ss-1～8 包絡)	―	[redacted]	―	[redacted]	―	[redacted]
サポート（下部）Ss-1	―	[redacted]	―	[redacted]	―	[redacted]
サポート（下部）Ss-7	―	[redacted]	―	[redacted]	―	[redacted]

1.3.1.7　サポート（下部）に作用するモーメント　　（単位：N･m）

部材	Ｍｘ		Ｍｙ		Ｍｚ	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
サポート（下部）(Ss-1～8 包絡)	―	[redacted]	―	[redacted]	―	[redacted]
サポート（下部）Ss-1	―	[redacted]	―	[redacted]	―	[redacted]
サポート（下部）Ss-7	―	[redacted]	―	[redacted]	―	[redacted]

1.3.2 架構部

1.3.2.1 架構の発生応力

(単位：MPa)

発生応力	軸力	せん断		ねじり	曲げ	
	$\sigma_{t(c)}$	τ_x	τ_y	τ_p	σ_{bx}	σ_{by}
架構 (Ss-1～8 包絡)	5	1	1	17	53	54
架構 Ss-1	-30*	8	8	4	49	24
架構 Ss-7	-21*	6	9	4	36	26

注記＊：負の軸力は圧縮応力を示す。

1.4 結論

1.4.1 基礎ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (Ss-1～8 包絡)	SCM435	引張り	—	—	σ_t ＝69	f_{ts}＝355*
		せん断	—	—	τ ＝69	f_{sb}＝273
基礎ボルト Ss-1	SCM435	引張り	—	—	σ_t＝82	f_{ts}＝355*
		せん断	—	—	τ ＝75	f_{sb}＝273
基礎ボルト Ss-7	SCM435	引張り	—	—	σ_t＝27	f_{ts}＝355*
		せん断	—	—	τ ＝58	f_{sb}＝273

すべて許容応力以下である。

注記＊：f_{ts}＝Min[1.4・f_{to}－1.6・τ，f_{to}]

1.4.2 架構の応力

（単位：MPa）

部材	引張（圧縮）応力		せん断応力		曲げ応力		組合せ応力	
	発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	発生応力	許容応力
架構 (Ss-1～8 包絡)	5	205	18	118	107	205	115	205
架構 Ss-1	30*	202	12	118	72	205	104	205
架構 Ss-7	21*	202	12	118	62	205	85	205

すべて許容応力以下である。

注記＊：発生応力は圧縮応力を示す。

1.4.3 サポート（上部）の応力

（単位：MPa）

部材	部位	引張応力		せん断応力		曲げ応力		組合せ応力	
		発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	発生応力	許容応力
サポート（上部） (Ss-1～8 包絡)	a部	—	—	7	118	83	205	84	205
	b部	6	205	—	—	81	205	87	205
	c部	—	—	6	118	40	205	41	205
サポート（上部） Ss-1	a部	—	—	7	118	80	205	81	205
	b部	6	205	—	—	83	205	89	205
	c部	—	—	6	118	41	205	42	205
サポート（上部） Ss-7	a部	—	—	5	118	61	205	61	205
	b部	6	205	—	—	83	205	88	205
	c部	—	—	6	118	41	205	42	205

すべて許容応力以下である。

1.4.4 サポート（下部）の応力

（単位：MPa）

部材	部位	引張応力		せん断応力		曲げ応力		組合せ応力	
		発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	発生応力	許容応力
サポート（下部） (Ss-1～8 包絡)	a部	—	—	8	118	96	205	97	205
	b部	5	205	—	—	65	205	69	205
	c部	—	—	5	118	32	205	33	205
サポート（下部） Ss-1	a部	—	—	4	118	42	205	43	205
	b部	3	205	—	—	34	205	36	205
	c部	—	—	3	118	17	205	17	205
サポート（下部） Ss-7	a部	—	—	2	118	22	205	22	205
	b部	2	205	—	—	24	205	26	205
	c部	—	—	2	118	12	205	12	205

すべて許容応力以下である。

1.4.5 電気的機能の評価結果 （×9.8m/s²）

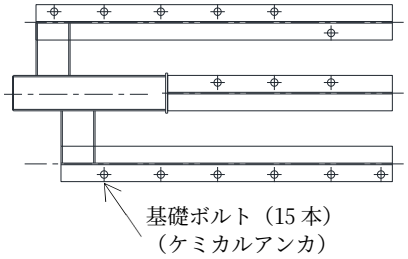
		機能維持評価用加速度*1, *2	機能確認済加速度
使用済燃料貯蔵プール 水位・温度（SA） （G41-TE-102-6）	水平方向	4.12	[redacted]
	鉛直方向	1.52	[redacted]

注記＊1：基準地震動Ｓｓにより定まる評価部位における応答加速度又は1.2・ZPAのいずれか大きい値とする。
＊2：機能維持評価用加速度は，打ち切り振動数を30Hzとして計算した結果を示す。
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

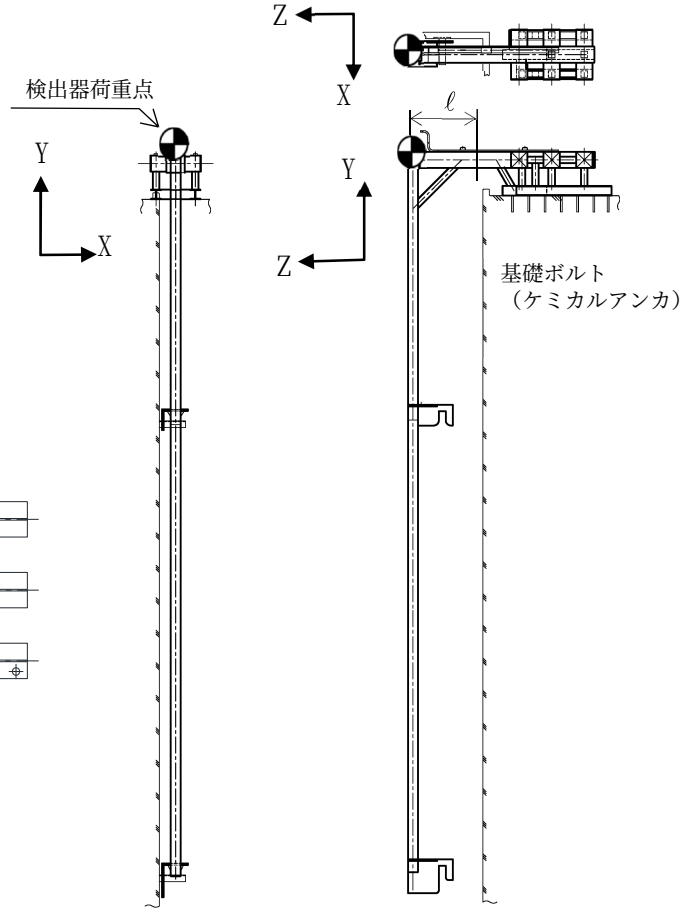
1.5 その他の機器要目

(1) 材料物性値

項目	記号	単位	入力値
縦弾性係数	E	MPa	198000（SS400）
			198000（STKR400）
			199000（SCM435）
			190000（SUS304）
ポアソン比	ν	―	0.3

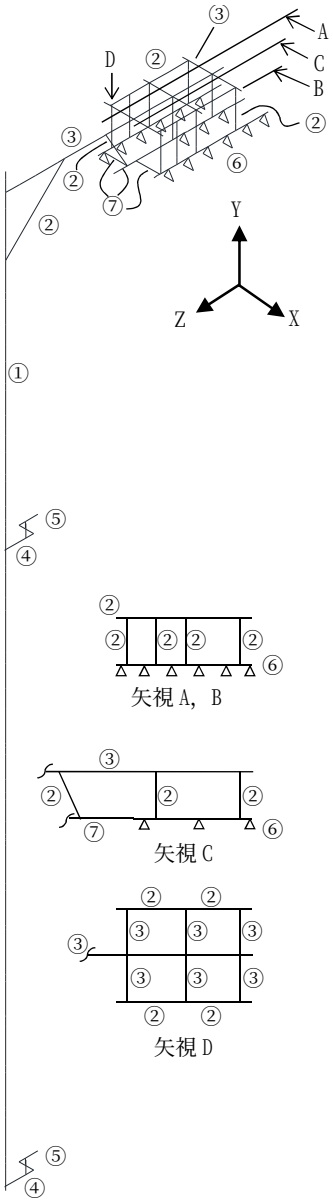


基礎ボルト配置詳細



(2) 機器要目

材料	SUS304	SUS304	SUS304	SUS304	SUS304	SS400	STKR400
対象要素	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
断面積 (mm^2)	4.867×10^3	2.163×10^3	8.467×10^3	1.725×10^4	8.000×10^3	3.965×10^3	4.867×10^3
弱軸断面二次モーメント (mm^4)	1.580×10^7	3.110×10^6	8.090×10^7	1.620×10^8	4.160×10^5	5.630×10^6	1.580×10^7
強軸断面二次モーメント (mm^4)	1.580×10^7	3.110×10^6	8.090×10^7	2.730×10^8	6.820×10^7	1.620×10^7	1.580×10^7
ねじれ断面二次モーメント (mm^4)	2.520×10^7	4.980×10^6	1.250×10^8	3.590×10^6	1.660×10^6	1.160×10^5	2.520×10^7
弱軸断面係数 (mm^3)	2.100×10^5	6.230×10^4	6.470×10^5	6.770×10^5	3.330×10^4	7.510×10^4	2.100×10^5
強軸断面係数 (mm^3)	2.100×10^5	6.230×10^4	6.470×10^5	9.870×10^5	4.260×10^5	2.160×10^5	2.100×10^5
ねじれ断面係数 (mm^3)	3.570×10^5	1.060×10^5	1.040×10^6	1.430×10^5	6.660×10^4	1.160×10^4	3.570×10^5



【使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA）（G41-TE-102-7）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 Sd又は静的震度		基準地震動Ss		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
使用済燃料貯蔵プール水位・温度 (SA) (G41-TE-102-7)	常設／防止 常設／緩和	原子炉建屋 T.M.S.L.31.700*1	[redacted]	[redacted]	—	—	C_H=1.38 又は*2	C_V=1.15 又は*2	100

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：基準地震動Ssに基づく設計用床応答曲線から得られる値。

1.2 機器要目

1.2.1 使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA）

部材	W (N)	ℓ (mm)	d (mm)	A_d (mm^2)	n	S_y (MPa)	S_u (MPa)	F* (MPa)
基礎ボルト	[redacted]	1.173 $\times 10^3$	22 (M22)	380.1	15	685	847	592

部材	A (mm^2)	I (mm^4)	L (mm)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y(RT) (MPa)	F* (MPa)	ν_c	Λ	λ	ℓ_k (mm)	i (mm)
架構	2.163 $\times 10^3$	3.110 $\times 10^6$	549	171	441	205	205	1.509	123.4	14.47	549	37

部材	ℓ_1 (mm)	ℓ_2 (mm)	ℓ_3 (mm)	ℓ_4 (mm)	ℓ_5 (mm)	ℓ_6 (mm)	t_1 (mm)	t_2 (mm)	t_3 (mm)	A_a (mm^2)	A_b (mm^2)	A_c (mm^2)	Z_a (mm^3)	Z_b (mm^3)	Z_c (mm^3)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y(RT) (MPa)	F* (MPa)
サポート（上部） サポート（下部）	69	138	100	230	107	130	25	25	25	1.725 $\times 10^3$	2.500 $\times 10^3$	2.675 $\times 10^3$	1.984 $\times 10^4$	4.167 $\times 10^4$	4.770 $\times 10^4$	171	441	205	205

1.3 計算数値

1.3.1 架構の基礎部

1.3.1.1 架構の基礎部に作用する力

（単位：N）

部材	Fx		Fy		Fz	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
基礎ボルト Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
基礎ボルト Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.3.1.2 架構の基礎部に作用するモーメント

（単位：N･m）

部材	Mx		My		Mz	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
基礎ボルト Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
基礎ボルト Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.3.1.3 基礎ボルトに作用する力

（単位：N）

部材	Fb		Qb	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]
基礎ボルト Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]
基礎ボルト Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]

1.3.1.4　サポート（上部）に作用する力　　（単位：N）

部材	Ｆｘ		Ｆｙ		Ｆｚ	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
サポート（上部）(Ss-1～8 包絡)	―	[redacted]	―	[redacted]	―	[redacted]
サポート（上部）Ss-1	―	[redacted]	―	[redacted]	―	[redacted]
サポート（上部）Ss-7	―	[redacted]	―	[redacted]	―	[redacted]

1.3.1.5　サポート（上部）に作用するモーメント　　（単位：N･m）

部材	Ｍｘ		Ｍｙ		Ｍｚ	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
サポート（上部）(Ss-1～8 包絡)	―	[redacted]	―	[redacted]	―	[redacted]
サポート（上部）Ss-1	―	[redacted]	―	[redacted]	―	[redacted]
サポート（上部）Ss-7	―	[redacted]	―	[redacted]	―	[redacted]

1.3.1.6　サポート（下部）に作用する力　　（単位：N）

部材	Ｆｘ		Ｆｙ		Ｆｚ	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
サポート（下部）(Ss-1～8 包絡)	―	[redacted]	―	[redacted]	―	[redacted]
サポート（下部）Ss-1	―	[redacted]	―	[redacted]	―	[redacted]
サポート（下部）Ss-7	―	[redacted]	―	[redacted]	―	[redacted]

1.3.1.7　サポート（下部）に作用するモーメント　　（単位：N･m）

部材	Ｍｘ		Ｍｙ		Ｍｚ	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
サポート（下部）(Ss-1～8 包絡)	―	[redacted]	―	[redacted]	―	[redacted]
サポート（下部）Ss-1	―	[redacted]	―	[redacted]	―	[redacted]
サポート（下部）Ss-7	―	[redacted]	―	[redacted]	―	[redacted]

1.3.2 架構部

1.3.2.1 架構の発生応力

(単位：MPa)

発生応力	軸力	せん断		ねじり	曲げ	
	$\sigma_{t(c)}$	τ_x	τ_y	τ_p	σ_{bx}	σ_{by}
架構 (Ss-1～8 包絡)	5	1	1	17	53	54
架構 Ss-1	-30*	8	8	4	49	24
架構 Ss-7	-21*	6	9	4	36	26

注記＊：負の軸力は圧縮応力を示す。

1.4 結論

1.4.1 基礎ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (Ss-1～8 包絡)	SCM435	引張り	—	—	σ_t ＝69	f_{ts}＝355*
		せん断	—	—	τ ＝69	f_{sb}＝273
基礎ボルト Ss-1	SCM435	引張り	—	—	σ_t＝82	f_{ts}＝355*
		せん断	—	—	τ ＝75	f_{sb}＝273
基礎ボルト Ss-7	SCM435	引張り	—	—	σ_t＝27	f_{ts}＝355*
		せん断	—	—	τ ＝58	f_{sb}＝273

すべて許容応力以下である。

注記＊：f_{ts}＝Min[1.4・f_{to}－1.6・τ，f_{to}]

1.4.2 架構の応力

（単位：MPa）

部材	引張（圧縮）応力		せん断応力		曲げ応力		組合せ応力	
	発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	発生応力	許容応力
架構 (Ss-1～8 包絡)	5	205	18	118	107	205	115	205
架構 Ss-1	30*	202	12	118	72	205	104	205
架構 Ss-7	21*	202	12	118	62	205	85	205

すべて許容応力以下である。

注記＊：発生応力は圧縮応力を示す。

1.4.3 サポート（上部）の応力

（単位：MPa）

部材	部位	引張応力		せん断応力		曲げ応力		組合せ応力	
		発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	発生応力	許容応力
サポート（上部） (Ss-1～8 包絡)	a部	—	—	7	118	83	205	84	205
	b部	6	205	—	—	81	205	87	205
	c部	—	—	6	118	40	205	41	205
サポート（上部） Ss-1	a部	—	—	7	118	80	205	81	205
	b部	6	205	—	—	83	205	89	205
	c部	—	—	6	118	41	205	42	205
サポート（上部） Ss-7	a部	—	—	5	118	61	205	61	205
	b部	6	205	—	—	83	205	88	205
	c部	—	—	6	118	41	205	42	205

すべて許容応力以下である。

1.4.4 サポート（下部）の応力

（単位：MPa）

部材	部位	引張応力		せん断応力		曲げ応力		組合せ応力	
		発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	発生応力	許容応力
サポート（下部） (Ss-1～8 包絡)	a部	—	—	8	118	96	205	97	205
	b部	5	205	—	—	65	205	69	205
	c部	—	—	5	118	32	205	33	205
サポート（下部） Ss-1	a部	—	—	4	118	42	205	43	205
	b部	3	205	—	—	34	205	36	205
	c部	—	—	3	118	17	205	17	205
サポート（下部） Ss-7	a部	—	—	2	118	22	205	22	205
	b部	2	205	—	—	24	205	26	205
	c部	—	—	2	118	12	205	12	205

すべて許容応力以下である。

1.4.5 電気的機能の評価結果 （×9.8m/s²）

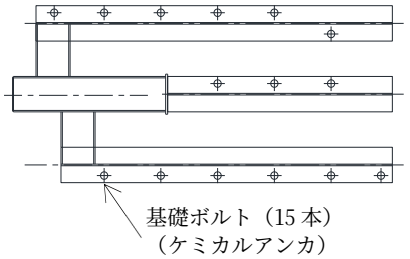
		機能維持評価用加速度*1, *2	機能確認済加速度
使用済燃料貯蔵プール 水位・温度（SA） （G41-TE-102-7）	水平方向	4.12	[redacted]
	鉛直方向	1.52	[redacted]

注記＊1：基準地震動Ｓｓにより定まる評価部位における応答加速度又は1.2・ZPAのいずれか大きい値とする。
＊2：機能維持評価用加速度は，打ち切り振動数を30Hzとして計算した結果を示す。
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

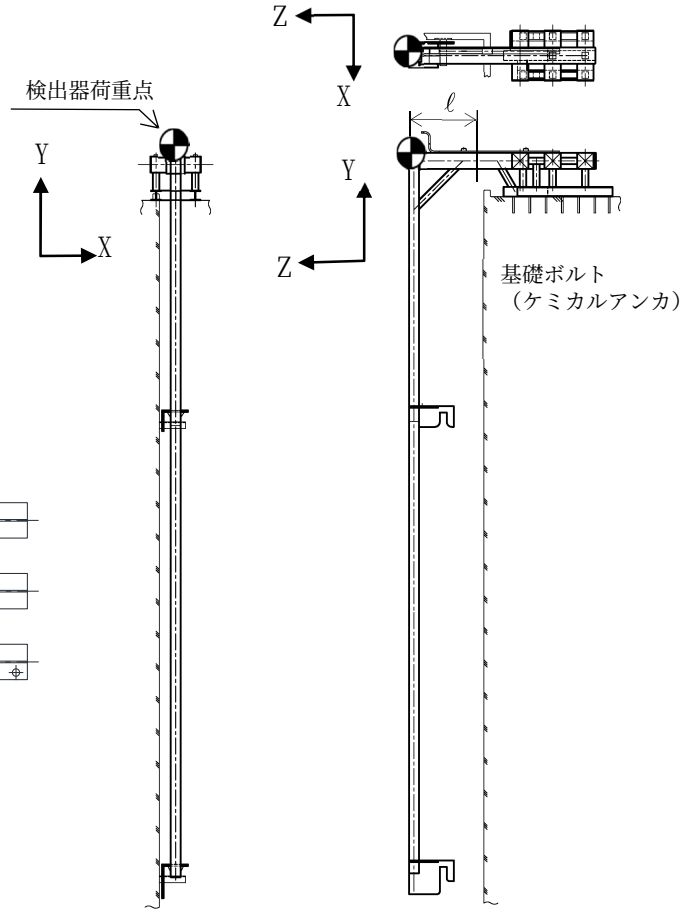
1.5 その他の機器要目

(1) 材料物性値

項目	記号	単位	入力値
縦弾性係数	E	MPa	198000（SS400）
			198000（STKR400）
			199000（SCM435）
			190000（SUS304）
ポアソン比	ν	―	0.3

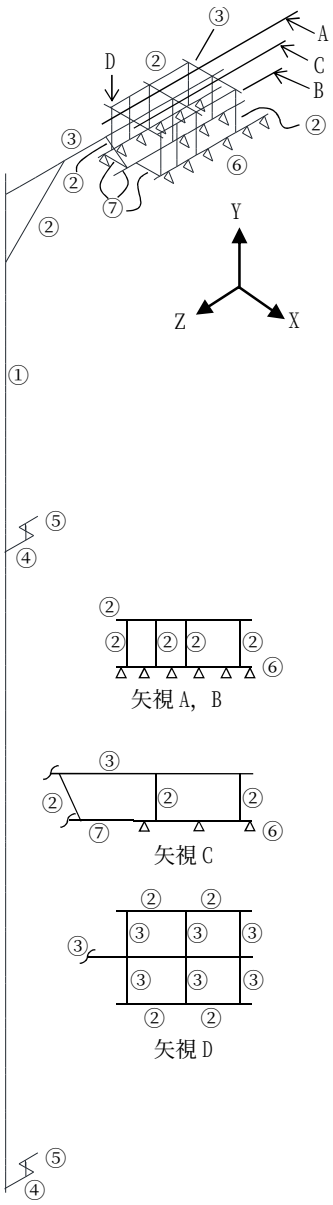


基礎ボルト配置詳細



(2) 機器要目

材料	SUS304	SUS304	SUS304	SUS304	SUS304	SS400	STKR400
対象要素	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
断面積 (mm^2)	4.867×10^{3}	2.163×10^{3}	8.467×10^{3}	1.725×10^{4}	8.000×10^{3}	3.965×10^{3}	4.867×10^{3}
弱軸断面二次モーメント (mm^4)	1.580×10^{7}	3.110×10^{6}	8.090×10^{7}	1.620×10^{8}	4.160×10^{5}	5.630×10^{6}	1.580×10^{7}
強軸断面二次モーメント (mm^4)	1.580×10^{7}	3.110×10^{6}	8.090×10^{7}	2.730×10^{8}	6.820×10^{7}	1.620×10^{7}	1.580×10^{7}
ねじれ断面二次モーメント (mm^4)	2.520×10^{7}	4.980×10^{6}	1.250×10^{8}	3.590×10^{6}	1.660×10^{6}	1.160×10^{5}	2.520×10^{7}
弱軸断面係数 (mm^3)	2.100×10^{5}	6.230×10^{4}	6.470×10^{5}	6.770×10^{5}	3.330×10^{4}	7.510×10^{4}	2.100×10^{5}
強軸断面係数 (mm^3)	2.100×10^{5}	6.230×10^{4}	6.470×10^{5}	9.870×10^{5}	4.260×10^{5}	2.160×10^{5}	2.100×10^{5}
ねじれ断面係数 (mm^3)	3.570×10^{5}	1.060×10^{5}	1.040×10^{6}	1.430×10^{5}	6.660×10^{4}	1.160×10^{4}	3.570×10^{5}



【使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA）（G41-TE-102-8）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 Sd又は静的震度		基準地震動Ss		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
使用済燃料貯蔵プール水位・温度 (SA) (G41-TE-102-8)	常設／防止 常設／緩和	原子炉建屋 T.M.S.L.31.700*1	[redacted]	[redacted]	—	—	C_H=1.38 又は＊2	C_V=1.15 又は＊2	100

注記＊1：基準床レベルを示す。

＊2：基準地震動Ssに基づく設計用床応答曲線から得られる値。

1.2 機器要目

1.2.1 使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA）

部材	W (N)	ℓ (mm)	d (mm)	Ad (mm^2)	n	Sy (MPa)	Su (MPa)	F＊ (MPa)
基礎ボルト	[redacted]	1.173 $\times 10^3$	22 (M22)	380.1	15	685	847	592

部材	A (mm^2)	I (mm^4)	L (mm)	Sy (MPa)	Su (MPa)	Sy(RT) (MPa)	F＊ (MPa)	ν_c	Λ	λ	ℓ_k (mm)	i (mm)
架構	2.163 $\times 10^3$	3.110 $\times 10^6$	549	171	441	205	205	1.509	123.4	14.47	549	37

部材	ℓ_1 (mm)	ℓ_2 (mm)	ℓ_3 (mm)	ℓ_4 (mm)	ℓ_5 (mm)	ℓ_6 (mm)	t_1 (mm)	t_2 (mm)	t_3 (mm)	Aa (mm^2)	Ab (mm^2)	Ac (mm^2)	Za (mm^3)	Zb (mm^3)	Zc (mm^3)	Sy (MPa)	Su (MPa)	Sy(RT) (MPa)	F＊ (MPa)
サポート（上部） サポート（下部）	69	138	100	230	107	130	25	25	25	1.725 $\times 10^3$	2.500 $\times 10^3$	2.675 $\times 10^3$	1.984 $\times 10^4$	4.167 $\times 10^4$	4.770 $\times 10^4$	171	441	205	205

1.3 計算数値

1.3.1 架構の基礎部

1.3.1.1 架構の基礎部に作用する力

（単位：N）

部材	Fx		Fy		Fz	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
基礎ボルト Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
基礎ボルト Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.3.1.2 架構の基礎部に作用するモーメント

（単位：N･m）

部材	Mx		My		Mz	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
基礎ボルト Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
基礎ボルト Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.3.1.3 基礎ボルトに作用する力

（単位：N）

部材	Fb		Qb	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]
基礎ボルト Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]
基礎ボルト Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]

1.3.1.4　サポート（上部）に作用する力　　（単位：N）

部材	Ｆｘ		Ｆｙ		Ｆｚ	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
サポート（上部）(Ss-1～8 包絡)	－	[redacted]	－	[redacted]	－	[redacted]
サポート（上部）Ss-1	－	[redacted]	－	[redacted]	－	[redacted]
サポート（上部）Ss-7	－	[redacted]	－	[redacted]	－	[redacted]

1.3.1.5　サポート（上部）に作用するモーメント　　（単位：N･m）

部材	Ｍｘ		Ｍｙ		Ｍｚ	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
サポート（上部）(Ss-1～8 包絡)	－	[redacted]	－	[redacted]	－	[redacted]
サポート（上部）Ss-1	－	[redacted]	－	[redacted]	－	[redacted]
サポート（上部）Ss-7	－	[redacted]	－	[redacted]	－	[redacted]

1.3.1.6　サポート（下部）に作用する力　　（単位：N）

部材	Fx		Fy		Fz	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
サポート（下部）(Ss-1～8 包絡)	―	[redacted]	―	[redacted]	―	[redacted]
サポート（下部）Ss-1	―	[redacted]	―	[redacted]	―	[redacted]
サポート（下部）Ss-7	―	[redacted]	―	[redacted]	―	[redacted]

1.3.1.7　サポート（下部）に作用するモーメント　　（単位：N･m）

部材	Mx		My		Mz	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
サポート（下部）(Ss-1～8 包絡)	―	[redacted]	―	[redacted]	―	[redacted]
サポート（下部）Ss-1	―	[redacted]	―	[redacted]	―	[redacted]
サポート（下部）Ss-7	―	[redacted]	―	[redacted]	―	[redacted]

1.3.2 架構部

1.3.2.1 架構の発生応力

(単位：MPa)

発生応力	軸力	せん断		ねじり	曲げ	
	$\sigma_{t(c)}$	τ_x	τ_y	τ_p	σ_{bx}	σ_{by}
架構 (Ss-1～8 包絡)	5	1	1	17	53	54
架構 Ss-1	-30*	8	8	4	49	24
架構 Ss-7	-21*	6	9	4	36	26

注記＊：負の軸力は圧縮応力を示す。

1.4 結論

1.4.1 基礎ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (Ss-1～8 包絡)	SCM435	引張り	—	—	σ_t ＝69	f_{ts}＝355*
		せん断	—	—	τ ＝69	f_{sb}＝273
基礎ボルト Ss-1	SCM435	引張り	—	—	σ_t＝82	f_{ts}＝355*
		せん断	—	—	τ ＝75	f_{sb}＝273
基礎ボルト Ss-7	SCM435	引張り	—	—	σ_t＝27	f_{ts}＝355*
		せん断	—	—	τ ＝58	f_{sb}＝273

すべて許容応力以下である。

注記＊：f_{ts}＝Min[1.4・f_{to}－1.6・τ，f_{to}]

1.4.2 架構の応力

（単位：MPa）

部材	引張（圧縮）応力		せん断応力		曲げ応力		組合せ応力	
	発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	発生応力	許容応力
架構 (Ss-1～8 包絡)	5	205	18	118	107	205	115	205
架構 Ss-1	30*	202	12	118	72	205	104	205
架構 Ss-7	21*	202	12	118	62	205	85	205

すべて許容応力以下である。

注記＊：発生応力は圧縮応力を示す。

1.4.3 サポート（上部）の応力

（単位：MPa）

部材	部位	引張応力		せん断応力		曲げ応力		組合せ応力	
		発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	発生応力	許容応力
サポート（上部） (Ss-1～8 包絡)	a部	—	—	7	118	83	205	84	205
	b部	6	205	—	—	81	205	87	205
	c部	—	—	6	118	40	205	41	205
サポート（上部） Ss-1	a部	—	—	7	118	80	205	81	205
	b部	6	205	—	—	83	205	89	205
	c部	—	—	6	118	41	205	42	205
サポート（上部） Ss-7	a部	—	—	5	118	61	205	61	205
	b部	6	205	—	—	83	205	88	205
	c部	—	—	6	118	41	205	42	205

すべて許容応力以下である。

1.4.4　サポート（下部）の応力

（単位：MPa）

部材	部位	引張応力		せん断応力		曲げ応力		組合せ応力	
		発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	発生応力	許容応力
サポート（下部） (Ss-1～8 包絡)	a部	—	—	8	118	96	205	97	205
	b部	5	205	—	—	65	205	69	205
	c部	—	—	5	118	32	205	33	205
サポート（下部） Ss-1	a部	—	—	4	118	42	205	43	205
	b部	3	205	—	—	34	205	36	205
	c部	—	—	3	118	17	205	17	205
サポート（下部） Ss-7	a部	—	—	2	118	22	205	22	205
	b部	2	205	—	—	24	205	26	205
	c部	—	—	2	118	12	205	12	205

すべて許容応力以下である。

1.4.5 電気的機能の評価結果 （×9.8m/s²）

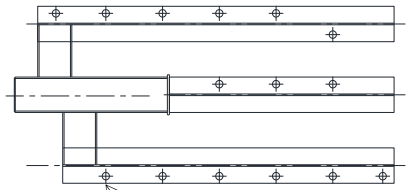
		機能維持評価用加速度*1, *2	機能確認済加速度
使用済燃料貯蔵プール 水位・温度（SA） （G41-TE-102-8）	水平方向	4.12	[redacted]
	鉛直方向	1.52	[redacted]

注記＊1：基準地震動Ｓｓにより定まる評価部位における応答加速度又は1.2・ZPAのいずれか大きい値とする。
＊2：機能維持評価用加速度は，打ち切り振動数を30Hzとして計算した結果を示す。
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

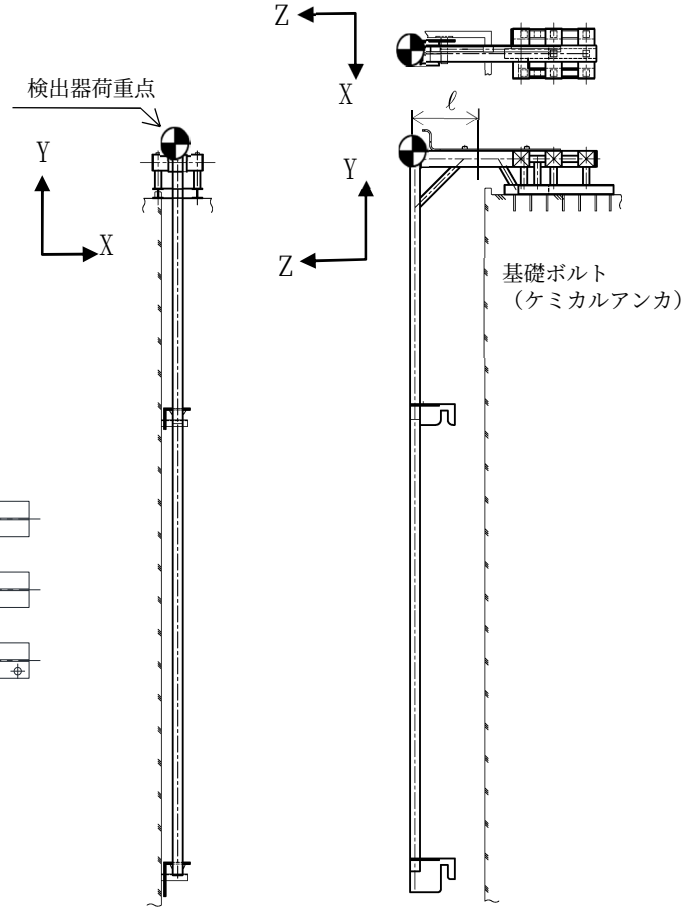
1.5 その他の機器要目

(1) 材料物性値

項目	記号	単位	入力値
縦弾性係数	E	MPa	198000（SS400）
			198000（STKR400）
			199000（SCM435）
			190000（SUS304）
ポアソン比	ν	—	0.3

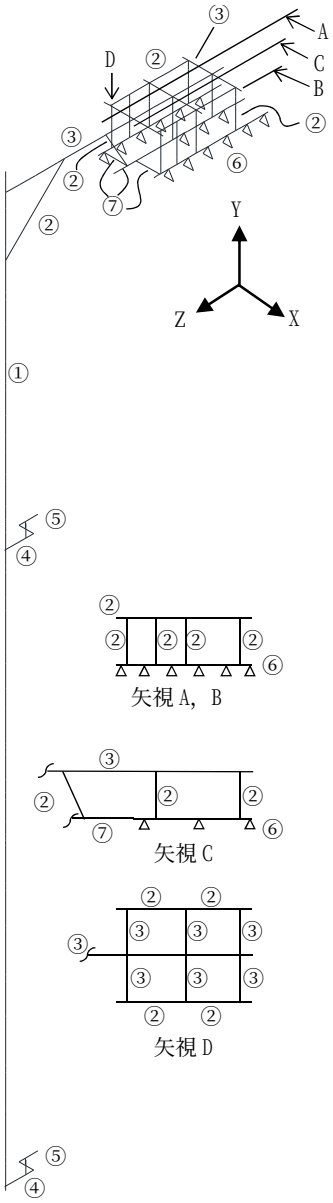


基礎ボルト配置詳細



(2) 機器要目

材料	SUS304	SUS304	SUS304	SUS304	SUS304	SS400	STKR400
対象要素	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
断面積 (mm^2)	4.867×10^3	2.163×10^3	8.467×10^3	1.725×10^4	8.000×10^3	3.965×10^3	4.867×10^3
弱軸断面二次モーメント (mm^4)	1.580×10^7	3.110×10^6	8.090×10^7	1.620×10^8	4.160×10^5	5.630×10^6	1.580×10^7
強軸断面二次モーメント (mm^4)	1.580×10^7	3.110×10^6	8.090×10^7	2.730×10^8	6.820×10^7	1.620×10^7	1.580×10^7
ねじれ断面二次モーメント (mm^4)	2.520×10^7	4.980×10^6	1.250×10^8	3.590×10^6	1.660×10^6	1.160×10^5	2.520×10^7
弱軸断面係数 (mm^3)	2.100×10^5	6.230×10^4	6.470×10^5	6.770×10^5	3.330×10^4	7.510×10^4	2.100×10^5
強軸断面係数 (mm^3)	2.100×10^5	6.230×10^4	6.470×10^5	9.870×10^5	4.260×10^5	2.160×10^5	2.100×10^5
ねじれ断面係数 (mm^3)	3.570×10^5	1.060×10^5	1.040×10^6	1.430×10^5	6.660×10^4	1.160×10^4	3.570×10^5



2. 使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA）（G41-TE-103）

2.1 概要

本計算書は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA）が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

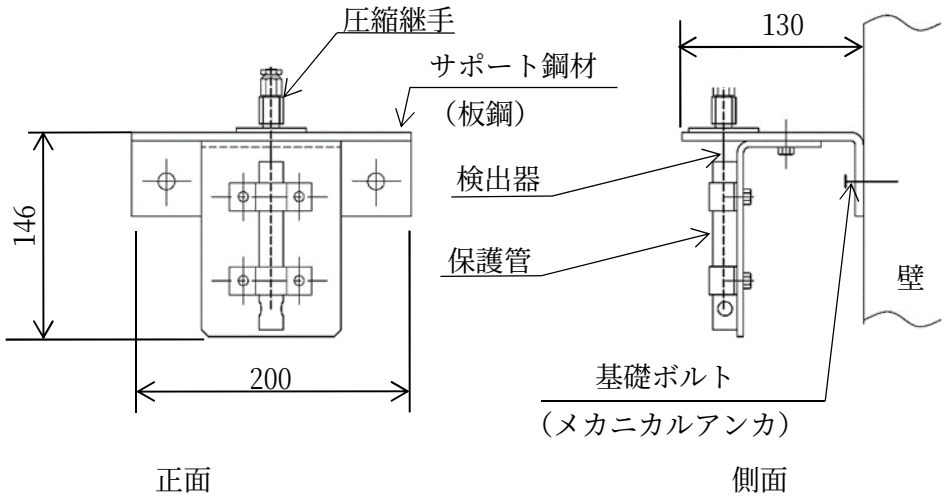
使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA）は，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下，重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

2.2 一般事項

2.2.1 構造計画

使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA）の構造計画を表 2－1 に示す。

表2－1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎･支持構造	主体構造	
検出器は，圧縮継手によりサポート鋼材に固定する。 サポート鋼材は，基礎ボルトにより壁に設置する。	熱電対	【使用済燃料貯蔵プール水位･温度（SA)】  (単位：mm)

2.2.2　評価方針

使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA）の応力評価は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき，「2.2.1　構造計画」にて示す使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA）の部位を踏まえ「2.3　評価部位」にて設定する箇所において，「2.4　固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを，「2.5　構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また，使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA）の機能維持評価は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した電気的機能維持の方針に基づき，地震時の応答加速度が電気的機能確認済加速度以下であることを，「2.6　機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「2.7　評価結果」に示す。

使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA）の耐震評価フローを図 2－1 に示す。

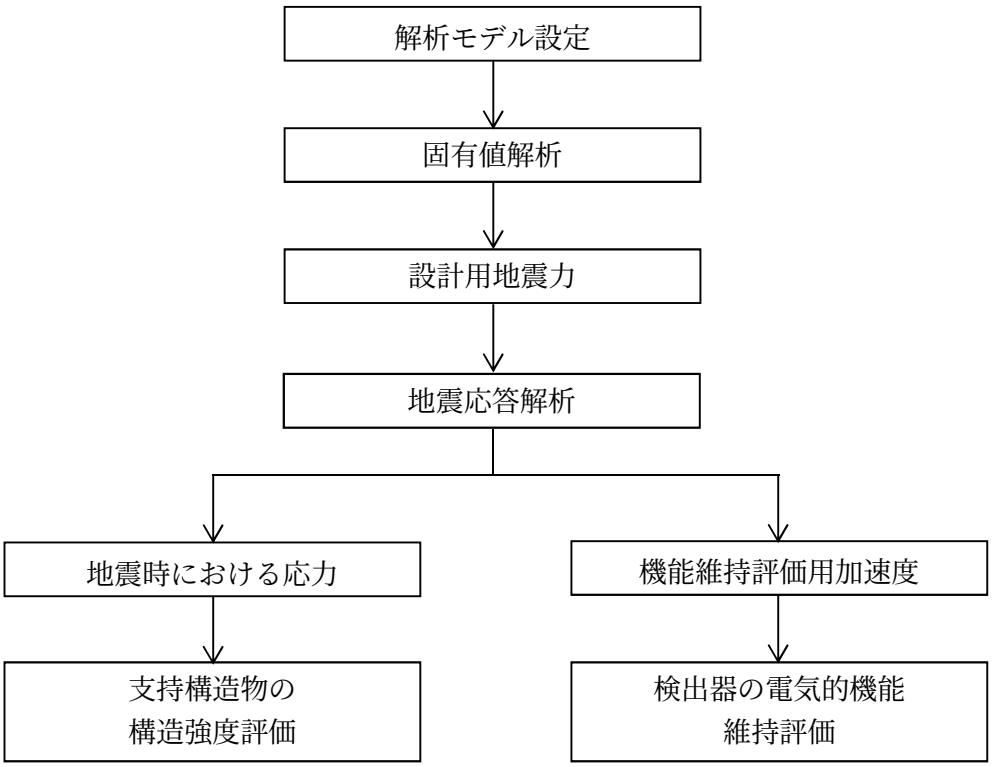


図 2－1　使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA）の耐震評価フロー

2.2.3 適用規格･基準等

本評価において適用する規格･基準等を以下に示す。

- 原子力発電所耐震設計技術指針　重要度分類･許容応力編　ＪＥＡＧ４６０１･補-1984（(社）日本電気協会）
- 原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１-1987（(社）日本電気協会）
- 原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１-1991　追補版（(社）日本電気協会）
- 発電用原子力設備規格　設計･建設規格（(社）日本機械学会，2005/2007）（以下「設計･建設規格」という。）

2.2.4　記号の説明

記号	記号の説明	単位
A_d	基礎ボルトの軸断面積	mm^2
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
d	基礎ボルトの呼び径	mm
E	縦弾性係数	MPa
F^*	設計・建設規格　SSB-3131又はSSB-3133に定める値	MPa
Fb	基礎ボルトに作用する引張力	N
Fx	サポート基礎部に作用する力（X方向）	N
Fy	サポート基礎部に作用する力（Y方向）	N
Fz	サポート基礎部に作用する力（Z方向）	N
f_{sb}	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力	MPa
f_{to}	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力	MPa
f_{ts}	引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力	MPa
ℓ	据付面から検出器荷重点までの距離	mm
ℓ_1	基礎ボルト間の距離	mm
ℓ_2	Mxによって基礎ボルトに引張力が発生する場合の，基礎ボルトとサポート基礎部転倒支点の面との距離（小さい方）	mm
ℓ_3	Mzによって基礎ボルトにせん断力が発生する場合の，基礎ボルトとサポート基礎部中心との距離（小さい方）	mm
Mx	サポート基礎部に作用するモーメント（X軸周り）	N･m
My	サポート基礎部に作用するモーメント（Y軸周り）	N･m
Mz	サポート基礎部に作用するモーメント（Z軸周り）	N･m
n	基礎ボルトの本数	—
Qb	基礎ボルトに作用するせん断力	N
Su	設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表9に定める値	MPa
Sy	設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表8に定める値	MPa
Sy（RT）	設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表8に定める材料の40℃における値	MPa
W	検出器の荷重	N
ν	ポアソン比	—
σt	基礎ボルトに生じる引張応力	MPa
τ	基礎ボルトに生じるせん断応力	MPa
π	円周率	—

2.2.5　計算精度と数値の丸め方

精度は，有効数字 6 桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は，表 2−2 に示すとおりとする。

表 2−2　表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期	s	小数点以下第 4 位	四捨五入	小数点以下第 3 位
震度	—	小数点以下第 3 位	切上げ	小数点以下第 2 位
温度	℃	—	—	整数位
質量	kg	—	—	整数位
長さ	mm	—	—	整数位*1
面積	mm^2	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁*2
モーメント	N･m	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁*2
力	N	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁*2
算出応力	MPa	小数点以下第 1 位	切上げ	整数位
許容応力*3	MPa	小数点以下第 1 位	切捨て	整数位

注記＊1 ：設計上定める値が小数点以下第 1 位の場合は，小数点以下第 1 位表示とする。

＊2 ：絶対値が 1000 以上のときは，べき数表示とする。

＊3 ：設計･ 建設規格 付録材料図表に記載された温度の中間における引張強さ及び降伏点は比例法により補間した値の小数点以下第 1 位を切り捨て，整数位までの値とする。

2.3　評価部位

使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA）の耐震評価は，「2.5.1　構造強度評価方法」に示す条件に基づき，耐震評価上厳しくなる基礎ボルト部について実施する。使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA）の耐震評価部位については，表 2－1 の概略構造図に示す。

2.4　固有周期

2.4.1　固有値解析方法

使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA）の固有値解析方法を以下に示す。

(1)　使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA）は，「2.4.2　解析モデル及び諸元」に示す三次元はりモデルとして考える。

2.4.2　解析モデル及び諸元

使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA）の解析モデルを図 2－2 に，解析モデルの概要を以下に示す。また，機器の諸元を本計算書の【使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA）（G41-TE-103）の耐震性についての計算結果】のその他の機器要目に示す。

(1)　使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA）の検出器，保護管の質量は，それぞれの重心に集中するものとする。また，サポート鋼材（板鋼）の質量は各節点に配分されているものとする。

(2)　使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA）の検出器，保護管重心位置については，計算条件が厳しくなる位置に重心位置を設定するものとする。

(3)　拘束条件は，サポート基礎部を完全拘束とする。なお，基礎ボルトは剛体として評価する。

(4)　耐震計算に用いる寸法は，公称値を使用する。

(5)　解析コードは，「ＮＳＡＦＥ」を使用し，固有値を求める。

なお，評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については，別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

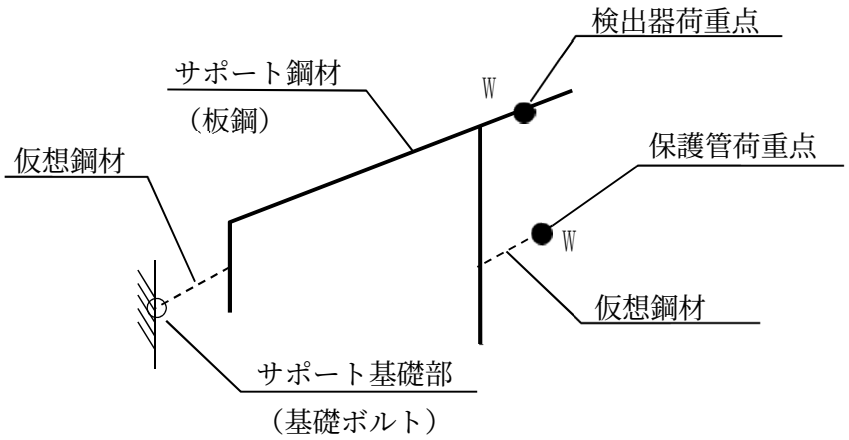


図 2－2　解析モデル（G41-TE-103）

2.4.3　固有値解析結果

固有値解析結果を表 2－3 に示す。固有周期は，0.05 以下であり剛であることを確認した。

表 2－3　固有値解析結果

計器番号	モード	卓越方向	固有周期(s)	水平方向刺激係数		鉛直方向刺激係数
				X方向	Z方向	
G41-TE-103	1次	水平	[redacted]	―	―	―

2.5 構造強度評価

2.5.1 構造強度評価方法

2.4.2 項(1)～(5)のほか，次の条件で計算する。

(1) 地震力は，使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA）及びサポート鋼材に対して，水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。

(2) 使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA）及びサポート鋼材は，基礎ボルトで壁面に固定されており，固定端とする。

(3) 解析コードは，「ＮＳＡＦＥ」を使用し，荷重を求める。

2.5.2 荷重の組合せ及び許容応力

2.5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA）の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 2－4 に示す。

2.5.2.2 許容応力

使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA）の許容応力は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 2－5 に示す。

2.5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA）の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 2－6 に示す。

表2－4　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設	使用済燃料貯蔵設備	使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA）	常設／防止 常設／緩和	—*2	D＋P_D＋M_D＋Ｓｓ*3	IV_AS
					D＋P_{SAD}＋M_{SAD}＋Ｓｓ	V_AS（V_ASとしてIV_ASの許容限界を用いる。）

注記＊1：「常設／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

＊3：「D＋P_{SAD}＋M_{SAD}＋Ｓｓ」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 2－5　許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界＊1，＊2 （ボルト等）	
	一次応力	
	引張り	せん断
IV_AS	1.5・ｆｔ＊	1.5・ｆｓ＊
V_AS （V_ASとしてIV_ASの 許容限界を用いる。）		

注記＊1 ：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

＊2 ：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表2－6　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		Ｓｙ (MPa)	Ｓｕ (MPa)	Ｓｙ(ＲＴ) (MPa)
基礎ボルト	SS400 (40㎜＜径)	周囲環境温度	100	194	373	―

2.5.3　設計用地震力

耐震評価に用いる設計用地震力を表 2－7 に示す。

「基準地震動Ｓｓ」による地震力は，Ｖ-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。

表 2－7　設計用地震力（重大事故等対処設備）

機器名称	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期（ｓ）		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
		水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度
使用済燃料貯蔵プール水位･温度（SA）（G41-TE-103）	原子炉建屋 T.M.S.L.31.700 (T.M.S.L.38.200*)	[redacted]	0.05以下	－	－	C_H=1.63	C_V=1.18

注記＊：基準床レベルを示す。

2.5.4　計算方法

2.5.4.1　応力の計算方法

2.5.4.1.1　基礎ボルトの応力

三次元はりモデルによる地震応答解析からサポート基礎部の内力を求めて，その結果を用いて手計算にて計算する。

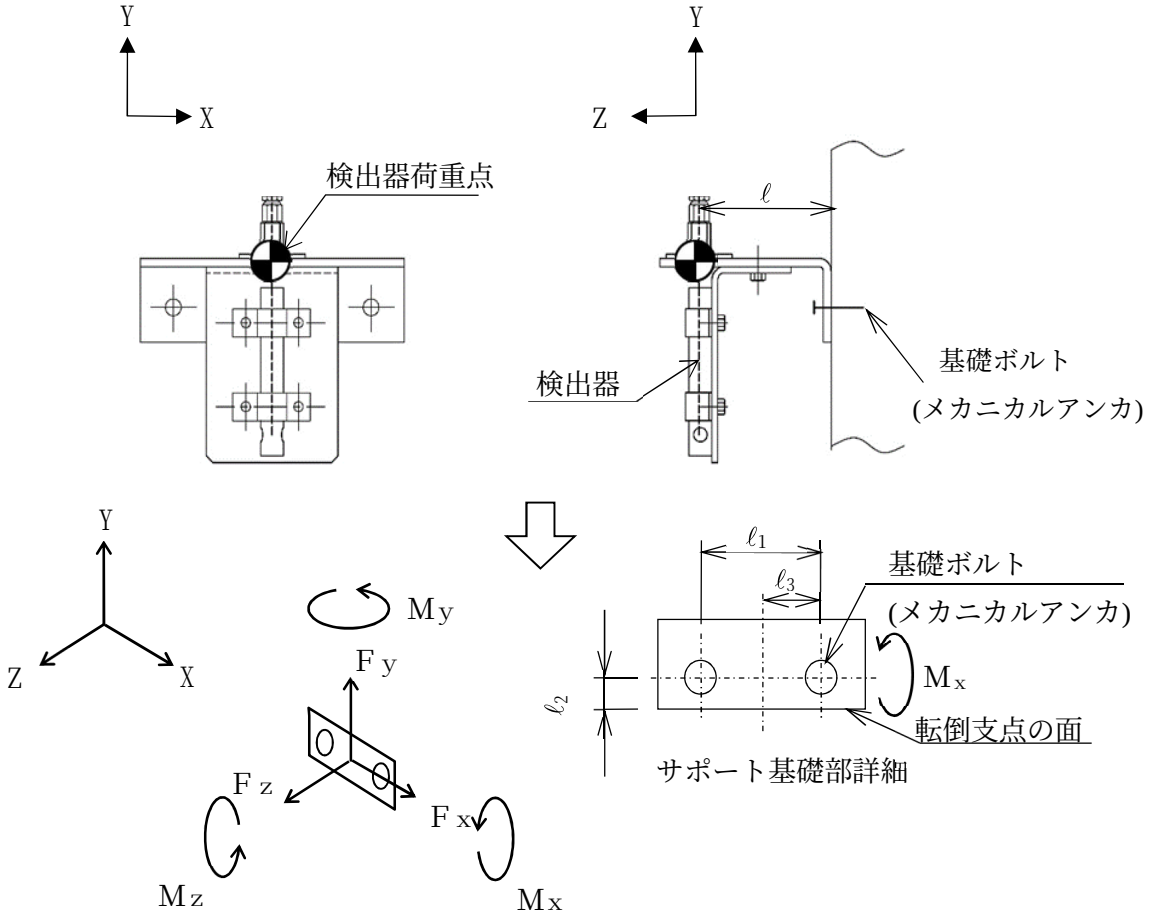


図 2−3　計算モデル（サポート基礎部）

地震応答解析によって得られたサポート基礎部の評価点の最大反力とモーメントを表 2−8 に示す。

表2−8　サポート基礎部の発生反力，モーメント

対象計器	反力(N)			モーメント(N･m)		
	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz
G41-TE-103						

(1) 引張応力

基礎ボルトに対する引張応力は，下式により計算する。

引張力（F_b）

$$F_b = \frac{F_z}{n} + \frac{M_y}{\ell_1} + \frac{M_x}{n \cdot \ell_2} \quad \cdots\cdots (2.5.4.1.1.1)$$

引張応力（σ_t）

$$\sigma_t = \frac{F_b}{A_d} \quad \cdots\cdots (2.5.4.1.1.2)$$

ここで，基礎ボルトの軸断面積A_dは次式により求める。

$$A_d = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \quad \cdots\cdots (2.5.4.1.1.3)$$

(2) せん断応力

基礎ボルトに対するせん断応力は，下式により計算する。

せん断力（Q_b）

$$Q_b = \frac{\sqrt{F_x^2 + F_y^2}}{n} + \frac{M_z}{n \cdot \ell_3} \quad \cdots\cdots (2.5.4.1.1.4)$$

せん断応力（τ）

$$\tau = \frac{Q_b}{A_d} \quad \cdots\cdots (2.5.4.1.1.5)$$

2.5.5　計算条件

2.5.5.1　応力計算条件

応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA）（G41-TE-103）の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

2.5.6　応力の評価

2.5.6.1　基礎ボルトの応力評価

2.5.4.1.1項で求めたボルトの引張応力σｔは次式より求めた許容引張応力f_{ts}以下であること。ただし，f_{to}は下表による。

$$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau,\ f_{to}] \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (2.5.6.1.1)$$

せん断応力τは，せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力f_{sb}以下であること。ただし，f_{sb}は下表による。

	基準地震動Ｓｓによる荷重との組合せの場合
許容引張応力 f_{to}	$\frac{F^*}{2}\cdot 1.5$
許容せん断応力 f_{sb}	$\frac{F^*}{1.5\cdot\sqrt{3}}\cdot 1.5$

2.6 機能維持評価

2.6.1 電気的機能維持評価方法

使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA）の電気的機能維持評価について以下に示す。

なお，機能維持評価用加速度はⅤ-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。

使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA）の機能確認済加速度は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき，類似形式の検出器単体の正弦波加振試験において，電気的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表2－9に示す。

表2－9　機能確認済加速度　（×9.8m/s^2）

評価部位	方向	機能確認済加速度
使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA） （G41-TE-103）	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]

2.7 評価結果

2.7.1 重大事故等対処設備としての評価結果

使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA）の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA）（G41-TE-103）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期（s）		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA）（G41-TE-103）	常設／防止 常設／緩和	原子炉建屋 T.M.S.L.31.700 (T.M.S.L.38.200*)	[redacted]	0.05以下	－	－	C_H=1.63	C_V=1.18	100

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA）

部材	W (N)	ℓ (mm)	ℓ_1 (mm)	ℓ_2 (mm)	ℓ_3 (mm)	d (mm)	Ad (mm^2)	n	Sy (MPa)	Su (MPa)	F* (MPa)
基礎ボルト	[redacted]	100	150	25	75	10 (M10)	78.54	2	194 (40 mm＜径)	373 (40 mm＜径)	232

1.3 計算数値

1.3.1 基礎ボルト部に作用する力

（単位：N）

部材	Fx		Fy		Fz	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト	－	[redacted]	－	[redacted]	－	[redacted]

1.3.2 基礎ボルト部に作用するモーメント （単位：N・m）

部材	Mx		My		Mz	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト	―	[redacted]	―	[redacted]	―	[redacted]

1.3.3 基礎ボルトに作用する力 （単位：N）

部材	Fb		Qb	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト	―	[redacted]	―	[redacted]

1.4 結論

1.4.1 基礎ボルトの応力 （単位：MPa）

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張り	―	―	$\sigma t=3$	$f ts=139^{*}$
		せん断	―	―	$\tau=1$	$f sb=107$

すべて許容応力以下である。

注記＊：$f ts=\mathrm{Min}[1.4\cdot f to-1.6\cdot \tau,\ f to]$

1.4.2 電気的機能の評価結果 （×9.8m/s²）

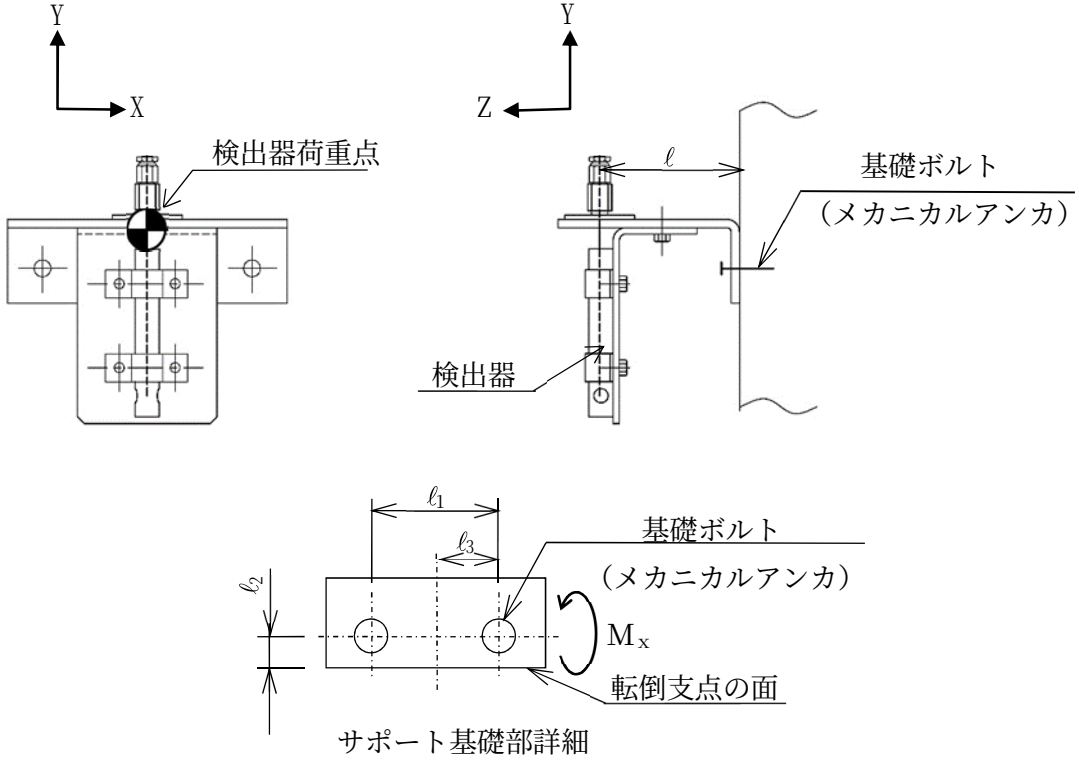
		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA）（G41-TE-103）	水平方向	1.36	[redacted]
	鉛直方向	0.99	[redacted]

注記*：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。

1.5　その他の機器要目

項目	記号	単位	入力値
縦弾性係数	E	MPa	190000（SUS304）
ポアソン比	ν	―	0.3



サポート基礎部詳細

Ⅴ-2-4-2-4　使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域）の耐震性についての計算書

目　　次

1.　概要 ····· 1
2.　一般事項 ····· 1
2.1　構造計画 ····· 1
2.2　評価方針 ····· 3
2.3　適用規格・基準等 ····· 5
2.4　記号の説明 ····· 6
2.5　計算精度と数値の丸め方 ····· 8
3.　評価部位 ····· 9
4.　検出器の評価 ····· 10
4.1　検出器の固有周期 ····· 10
4.1.1　検出器の固有値解析方法 ····· 10
4.1.2　検出器の解析モデル及び諸元 ····· 10
4.1.3　検出器の固有値解析結果 ····· 13
4.2　検出器の構造強度評価 ····· 14
4.2.1　検出器の構造強度評価方法 ····· 14
4.2.2　検出器の荷重の組合せ及び許容応力 ····· 14
4.2.3　検出器の設計用地震力 ····· 17
4.2.4　検出器に発生する反力の算出方法 ····· 18
4.2.5　検出器の計算条件 ····· 23
4.2.6　検出器の応力の評価 ····· 23
5.　検出器架台の評価 ····· 24
5.1　検出器架台の固有周期 ····· 24
5.1.1　検出器架台の固有値解析方法 ····· 24
5.1.2　検出器架台の解析モデル及び諸元 ····· 24
5.1.3　検出器架台の固有値解析結果 ····· 25
5.2　検出器架台の構造強度評価 ····· 26
5.2.1　検出器架台の構造強度評価方法 ····· 26
5.2.2　検出器架台の荷重の組合せ及び許容応力 ····· 26
5.2.3　検出器架台の設計用地震力 ····· 28
5.2.4　基礎ボルト及び検出器架台の計算方法 ····· 28
5.2.5　検出器架台の計算条件 ····· 31
5.2.6　検出器架台の応力の評価 ····· 31
6.　機能維持評価 ····· 32
6.1　機能維持評価用加速度 ····· 32
6.2　機能確認済加速度 ····· 34
7.　評価結果 ····· 36
7.1　重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 36

1. 概要

本計算書は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域）が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

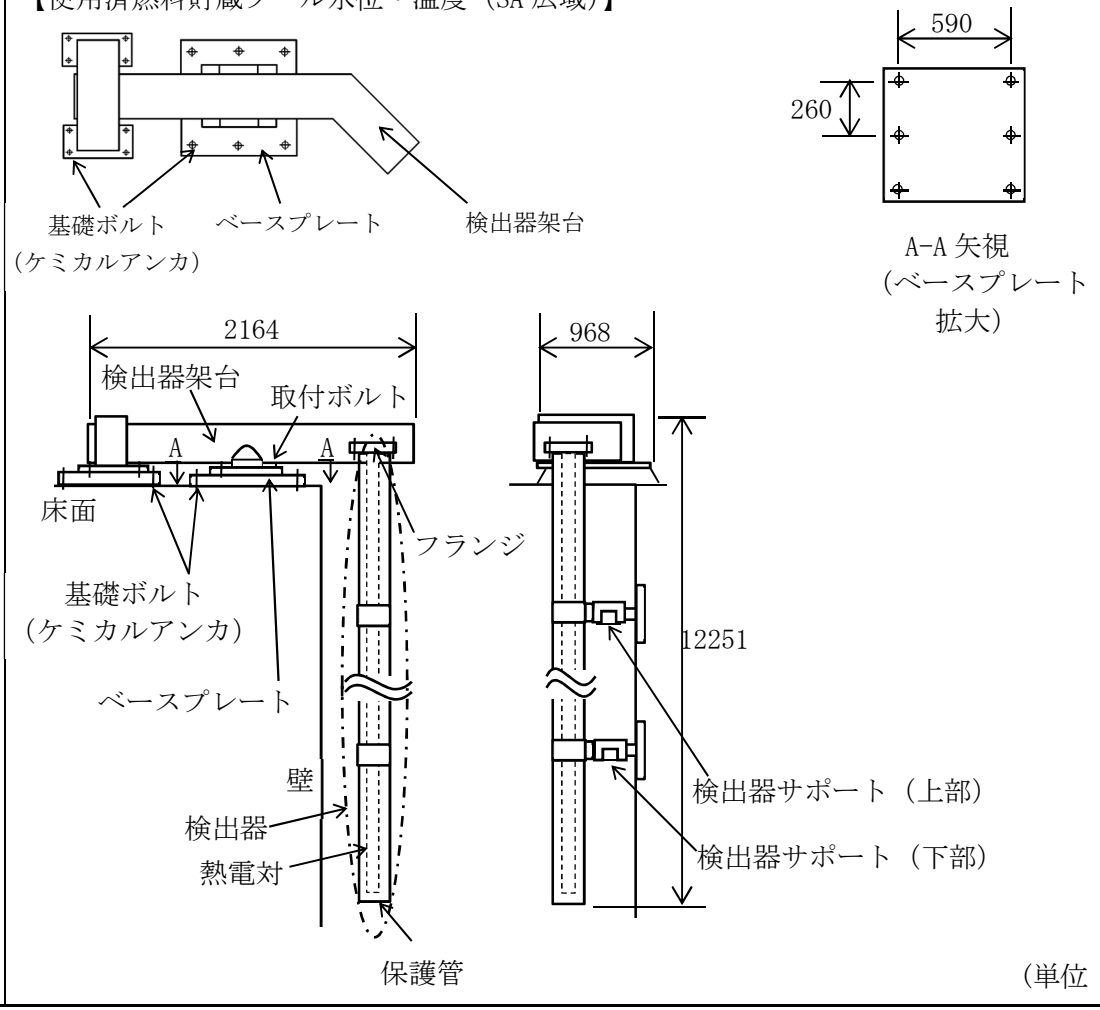
使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域）は，設計基準対象施設においてはＣクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下，重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域）の構造計画を表 2－1 に示す。

表 2－1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
検出器は，保護管と熱電対で構成されており，熱電対は保護管に 15 個内蔵され，検出器は，検出器架台とフランジにて接続する。 検出器架台は，取付ボルトによりベースプレートに固定され，ベースプレートは基礎ボルトにより床面に設置する。	熱電対	【使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域）】  （単位：mm）

2.2　評価方針

使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域）の応力評価は，Ⅴ-2-1-9　「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき，「2.1　構造計画」にて示す使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域）の部位を踏まえ「3.　評価部位」にて設定する箇所において，検出器については「4.1　検出器の固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを，「4.2　検出器の地震応答解析及び構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施し，検出器架台については「5.1　検出器架台の固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを，「5.2　検出器架台の構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また，使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域）の機能維持評価は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した電気的機能維持の方針に基づき，地震時の応答加速度が電気的機能確認済加速度以下であることを，「6.　機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「7.　評価結果」に示す。

使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域）の耐震評価フローを図 2－1 に示す。

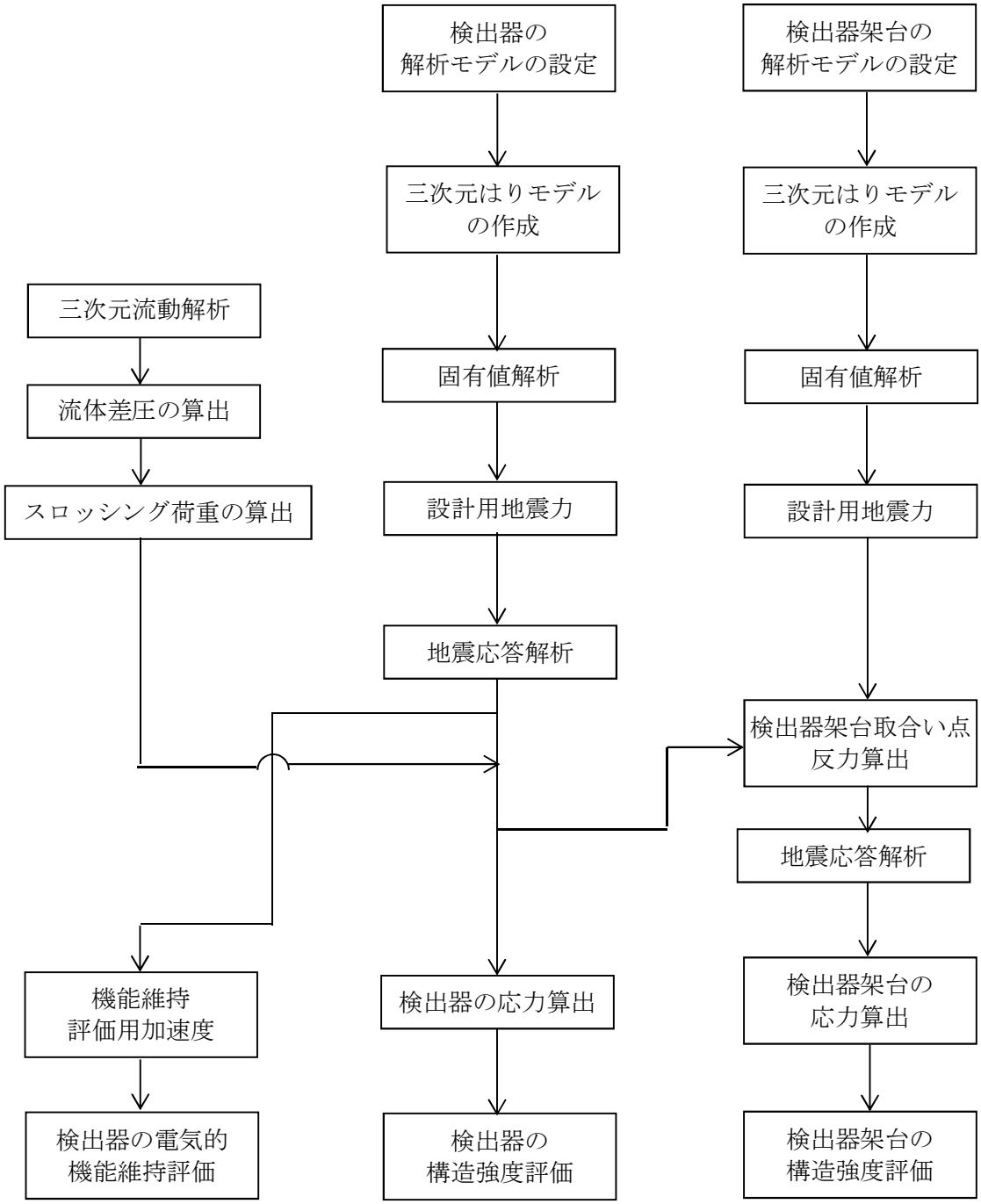


図 2－1　使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域）の耐震評価フロー

2.3　適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

・原子力発電所耐震設計技術指針（重要度分類・許容応力編　ＪＥＡＧ４６０１・補-1984（(社) 日本電気協会）

・原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１-1987（(社) 日本電気協会）

・原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１-1991　追補版）（(社) 日本電気協会）

・発電用原子力設備規格　設計・建設規格（社) 日本機械学会，2005/2007）（以下「設計・建設規格」という。）

2.4　記号の説明

記　号	記　　号　　の　　説　　明	単　位
A1	検出器サポートを構成する部材のうち，Ss-1～8 波及び Ss-1 波にて最大応力となる部材の断面積	mm^2
A2	検出器サポートを構成する部材のうち，Ss-7 波にて最大応力となる部材の断面積	mm^2
A_b	基礎ボルトの軸断面積	mm^2
A_c	検出器架台の断面積	mm^2
C_H	水平方向設計震度	―
C_V	鉛直方向設計震度	―
d	基礎ボルトの呼び径	mm
d_o	検出器保護管外径	mm
d_i	検出器保護管内径	mm
E	縦弾性係数	MPa
F^*	設計・建設規格　SSB-3131 又は SSB-3133 に定める値	MPa
F_x	地震応答解析及びスロッシング荷重による応力解析にて求められたＸ軸方向に作用する力	N
F_y	地震応答解析及びスロッシング荷重による応力解析にて求められたＹ軸方向に作用する力	N
F_z	地震応答解析及びスロッシング荷重による応力解析にて求められたＺ軸方向に作用する力	N
f_{sb}	せん断力のみを受ける基礎ボルトの許容せん断応力	MPa
f_{t1}	保護管における許容組合せ応力	MPa
f_{t2}	検出器サポートにおける許容組合せ応力	MPa
f_{t3}	検出器架台における許容組合せ応力	MPa
f_{to}	引張力のみを受ける基礎ボルトの許容引張応力	MPa
f_{ts}	引張力とせん断力を同時に受ける基礎ボルトの許容引張応力	MPa
l_p	保護管長さ	mm
m_p	検出器質量	kg
m_{W1}	検出器内包水質量	kg
m_{W2}	検出器付加質量	kg
M_x	地震応答解析及びスロッシング荷重による応力解析にて求められたＸ軸方向に作用するモーメント	N･m
M_y	地震応答解析及びスロッシング荷重による応力解析にて求められたＹ軸方向に作用するモーメント	N･m
M_z	地震応答解析及びスロッシング荷重による応力解析にて求められたＺ軸方向に作用するモーメント	N･m
N	基礎ボルトの本数	―

記　号	記　　号　　の　　説　　明	単　位
S_u	設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表9に定める値	MPa
S_y	設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表8に定める値	MPa
S_y（RT）	設計･建設規格　付録材料図表　Part5　表8に定める材料の40℃における値	MPa
W	計器の荷重	N
Z1	弱軸回りの断面係数	mm^3
Z2	強軸回りの断面係数	mm^3
Zp1	ねじり断面係数	mm^3
ν	ポアソン比	―
σ_{k1}	保護管に生じる組合せ応力	MPa
σ_{k2}	検出器サポートに生じる組合せ応力	MPa
σ_{k3}	検出器架台に生じる組合せ応力	MPa
σ_t	基礎ボルトに生じる引張応力	MPa
τ_1	基礎ボルトに生じるせん断応力	MPa

2.5　計算精度と数値の丸め方

精度は有効数字6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は，表2－2に示すとおりとする。

表2－2　表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期	s	小数点以下第4位	四捨五入	小数点以下第3位
震度	―	小数点以下第3位	切上げ	小数点以下第2位
温度	℃	―	―	整数位
質量	kg	―	―	整数位
長さ	mm	―	―	整数位*1
面積	mm^2	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
モーメント	N･m	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
力	N	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
算出応力	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
許容応力*3	MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位

注記＊1：設計上定める値が小数点以下第1位の場合は，小数点以下第1位表示とする。

＊2：絶対値が1000以上のときは，べき数表示とする。

＊3：設計・建設規格　付録材料図表に記載された温度の中間における引張強さ及び降伏点は，比例法により補間した値の小数点以下第1位を切り捨て，整数位までの値とする。

3. 評価部位

使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域）の耐震評価は，検出器とそれを支持する検出器架台について評価を行う。

検出器については，「4.2.1　検出器の構造強度評価方法」に示す条件に基づき，耐震評価上厳しくなる検出器，検出器サポート（上部）及び検出器サポート（下部）について評価を実施する。また，検出器架台については，「5.2.1　検出器架台の構造強度評価方法」に示す条件に基づき，耐震評価上厳しくなる検出器架台部及び基礎ボルト部について評価を実施する。

使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域）の耐震評価部位については，表 2－1 の概略構造図に示す。

4.　検出器の評価

4.1　検出器の固有周期

4.1.1　検出器の固有値解析方法

使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域）の検出器の固有値解析方法を以下に示す。

(1)　使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域）の検出器は，「4.1.2　検出器の解析モデル及び諸元」に示す三次元はりモデルとして考える。

4.1.2　検出器の解析モデル及び諸元

使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域）の検出器の解析モデルを図 4－1 に，解析モデルの概要を以下に示す。また機器の諸元を本計算書の【使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域）（G41-L/TE101，102，104，106，108，110～116，118，119）の耐震性についての計算結果】，【使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域）（G41-TE120）の耐震性についての計算結果】のその他の機器要目に示す。

(1)　拘束条件は，検出器上端の検出器架台との取合い点でＸＹＺ方向の拘束及びＸＹＺの回転方向を拘束する。また，検出器上部サポート点並びに下部サポート点についてはＸＺ方向を拘束する。

(2)　検出器上端の検出器架台との取合い点には，検出器架台の剛性を考慮したばね定数を設定する。

(3)　検出器の質量には，保護管や熱電対の質量のほか，円柱形状の検出器に含まれる水の質量及び検出器周囲の付加質量を考慮する。

(4)　耐震計算に用いる寸法は，公称値を使用する。

(5)　解析コードは，「ＳＯＬＶＥＲ」を使用し，固有値を求める。

なお，評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については，別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

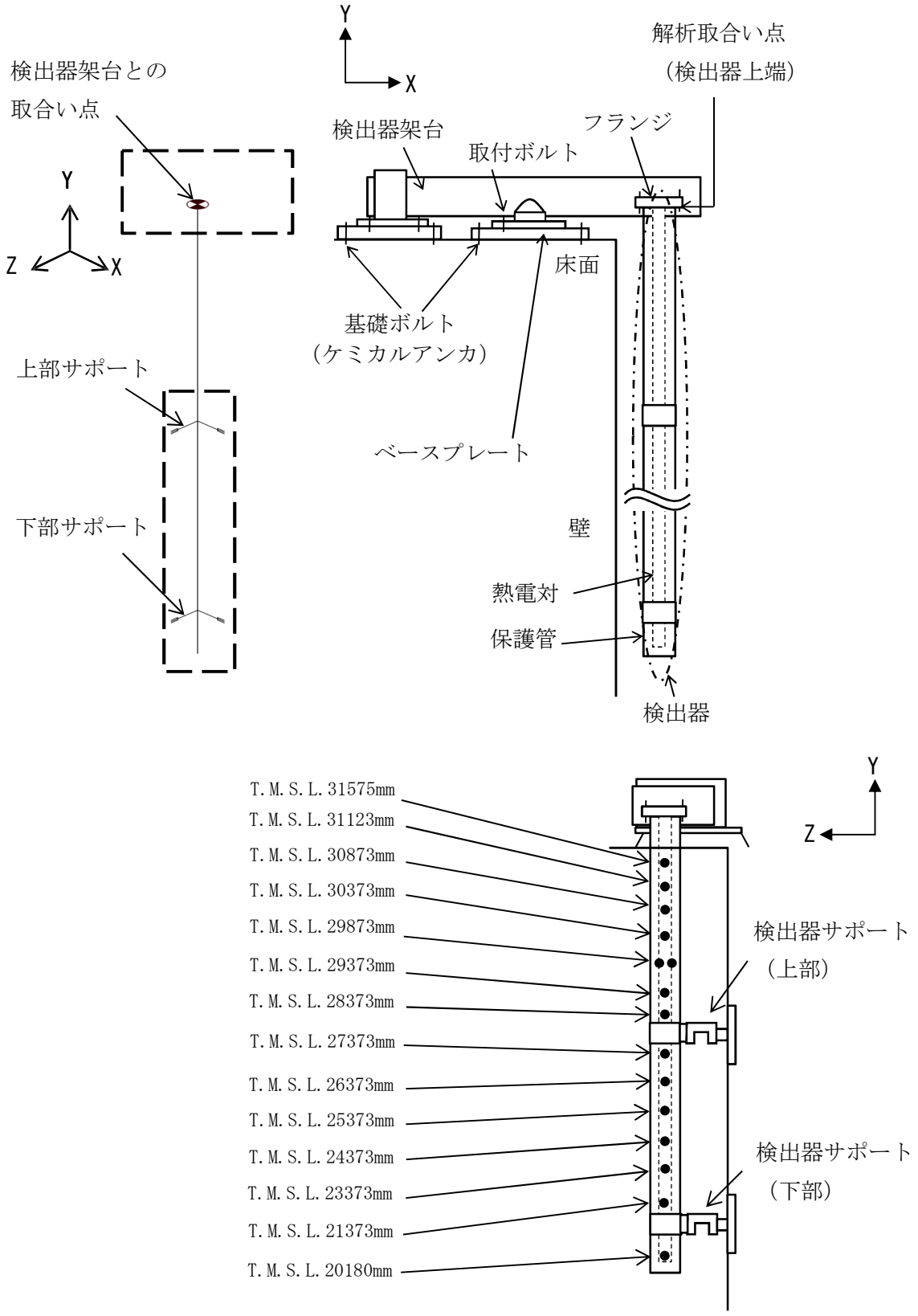
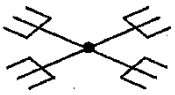


図 4－1　検出器の解析モデル

鳥瞰図記号凡例

記号	内容
	レストレイント
	拘束点

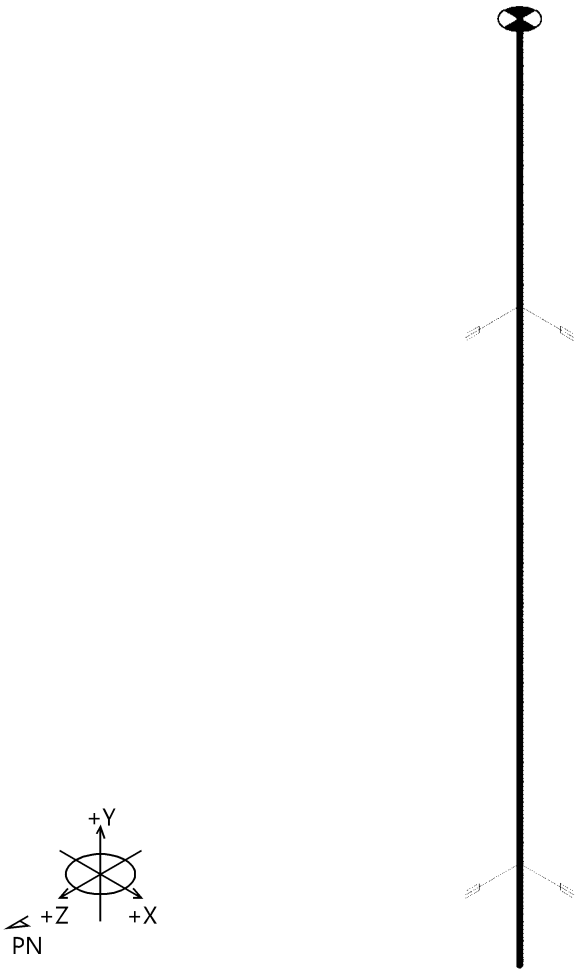


図 4－2　検出器の解析モデル（鳥観図）

4.1.3　検出器の固有値解析結果

検出器の固有値解析結果を表 4－1，振動モードを図 4－3 に示す。

表 4―1　固有値解析結果

計器番号	モード	卓越方向	固有周期 (s)	水平方向刺激係数*		鉛直方向刺激係数*
				X 方向	Z 方向	
G41-L/TE101 G41-L/TE102 G41-L/TE104 G41-L/TE106 G41-L/TE108 G41-L/TE110 G41-L/TE111 G41-L/TE112 G41-L/TE113 G41-L/TE114 G41-L/TE115 G41-L/TE116 G41-L/TE118 G41-L/TE119 G41-TE120	1 次	水平		0.000	0.504	0.000
	2 次	水平		0.520	0.000	0.000
	3 次	鉛直		0.000	0.000	1.002
	4 次	水平		0.000	0.125	0.000
	5 次	水平		0.037	0.000	0.000
	6 次	水平		－	－	－

注記＊：刺激係数は，モード質量を正規化し，固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

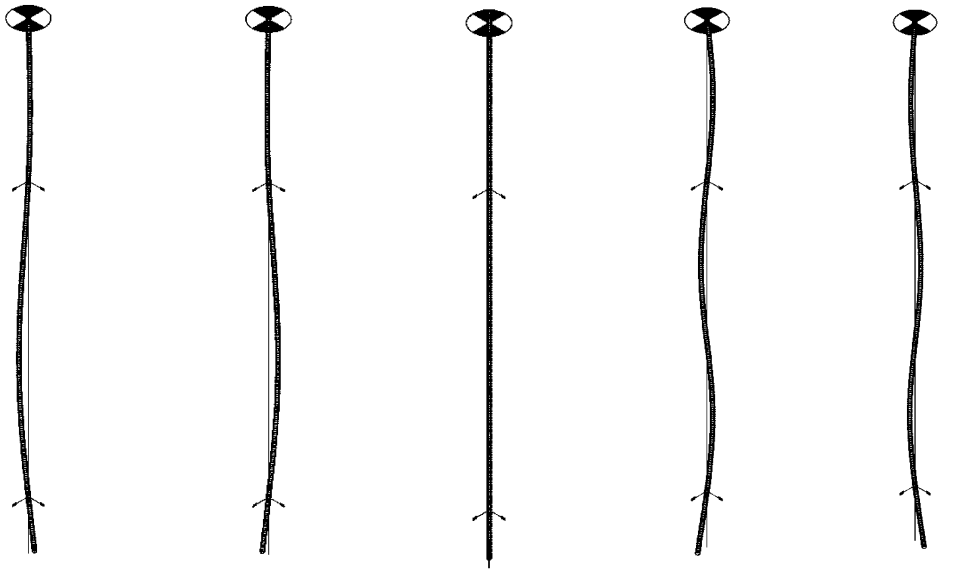


図 4－3　振動モード図

4.2　検出器の構造強度評価

4.2.1　検出器の構造強度評価方法

4.1.2 (1)～(4)のほか，次の条件で計算する。

(1)　地震力は，使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域）の検出器に対して，水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。

(2)　解析コードは，「ＳＯＬＶＥＲ」及び「ＮＸ ＮＡＳＴＲＡＮ」を使用する。「ＳＯＬＶＥＲ」を用いて，地震力による応力及び検出器架台に与える反力を求める。「ＮＸ ＮＡＳＴＲＡＮ」を用いて，スロッシング荷重による応力及び検出器架台に与える反力を求める。

なお，評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については，別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

4.2.2　検出器の荷重の組合せ及び許容応力

4.2.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域）の検出器の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4－2 に示す。

4.2.2.2　検出器の許容応力

使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域）の検出器の許容応力は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4－3 のとおりとする。

4.2.2.3　検出器の使用材料の許容応力評価条件

使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域）の検出器の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4－4 に示す。

表 4－2　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設	使用済燃料貯蔵設備	使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域）	常設／防止 常設／緩和	—*2	D＋P_D＋M_D＋Ｓｓ*3	$Ⅳ_AS$
					D＋P_{SAD}＋M_{SAD}＋Ｓｓ	V_AS（V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）

注記＊1：「常設／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

＊3：「D＋P_{SAD}＋M_{SAD}＋Ｓｓ」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 4－3　許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 （ボルト等以外）
	一次応力
	組合せ
ⅣＡＳ	1.5・ｆｔ*
ＶＡＳ （ＶＡＳとしてⅣＡＳの許容限界を用いる。）	

注記＊1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

＊2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 4－4　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 （℃）		Ｓｙ （MPa）	Ｓｕ （MPa）	Ｓｙ（ＲＴ） （MPa）
保護管	SUS316TP	周囲環境温度	100	176	476	205
検出器サポート	SUS316	周囲環境温度	100	176	476	205

4.2.3　検出器の設計用地震力

耐震評価に用いる設計用地震力を表 4－5 に示す。

「弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度」及び「基準地震動Ｓｓ」による地震力は，Ⅴ-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。また，減衰定数は，Ⅴ-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

表 4－5　検出器の設計用地震力（重大事故等対処設備）

据付場所及び床面高さ(m)		原子炉建屋　T.M.S.L. 31.700					
固有周期(s)		水平：[redacted]*1　　鉛直：[redacted]*2					
減衰定数(%)		水平：1.0　　鉛直：1.0					
地震力		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度			基準地震動Ｓｓ		
モード	固有周期(s)	応答水平震度*3		応答鉛直震度*3	応答水平震度*4		応答鉛直震度*4
		NS 方向	EW 方向		NS 方向	EW 方向	
1 次	[redacted]	—	—	—	2.18	2.18	3.05
2 次	[redacted]	—	—	—	2.19	2.19	3.19
3 次	[redacted]	—	—	—	2.16	2.16	3.72
4 次	[redacted]	—	—	—	1.72	1.72	1.62
5 次	[redacted]	—	—	—	1.72	1.72	1.62
6 次	[redacted]	—	—	—	—	—	—
動的地震力*5		—	—	—	1.38	1.38	1.15
静的地震力		—	—	—	—	—	—

注記＊1：1 次固有周期について記載

＊2：3 次固有周期について記載

＊3：各モードの固有周期に対し，設計用床応答曲線（Ｓｄ）より得られる震度を示す。

＊4：各モードの固有周期に対し，設計用床応答曲線（Ｓｓ）より得られる震度を示す。

＊5：Ｓｓ又はＳｄに基づく設計用最大応答加速度より定めた震度を示す。

4.2.4　検出器に発生する反力の算出方法

検出器に発生する反力を求め，保護管の応力評価を行う。また，検出器架台の評価に適用する取合い点反力を算出する。

4.2.4.1　地震力における反力の算出

(1)　図 4－1 に示す解析モデルにより地震応答解析を実施する。

(2)　解析により算出された，保護管評価に使用する反力とモーメントを表 4-6 に示す。また，検出器架台評価に使用する取合い点の反力とモーメントを表 4-7 に，検出器サポート評価に使用する反力とモーメントを表 4-8 に示す。

表4－6　保護管評価用反力，モーメント

対象部位	反力(N)			モーメント(N･m)		
	Ｆｘ	Ｆｙ	Ｆｚ	Ｍｘ	Ｍｙ	Ｍｚ
保護管						

表4－7　検出器架台評価用反力，モーメント

対象部位	反力(N)			モーメント(N･m)		
	Ｆｘ	Ｆｙ	Ｆｚ	Ｍｘ	Ｍｙ	Ｍｚ
取合い点 （検出器上端）						

表 4-8　検出器サポート用反力，モーメント

対象部位	反力(N)			モーメント(N･m)		
	Ｆｘ	Ｆｙ	Ｆｚ	Ｍｘ	Ｍｙ	Ｍｚ
検出器サポート （上部）						
検出器サポート （下部）						

4.2.4.2　使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA広域）の検出器の評価に使用する地震波の組合せ

検出器の応力が最大となる地震波を求めるため，検出器の固有値解析にて求めた固有周期より，地震加速度を確認する。地震解析用地震波の確認結果を表4－9，三次元流動解析用地震波の確認結果を表4－10に示す。表4-9，表4-10の確認結果から，検出器の評価に使用する地震波の組合せを以下に示す。

(1)　地震解析最大の地震波となるSs-1と三次元流動解析用の地震波Ss-1の組合せ

(2)　三次元流動解析最大の地震波となるSs-7と地震応答解析用の地震波Ss-7の組合せ

表4－9　地震応力解析において，応力が最大となる地震波

（×9.8m/s^2）

地震波	地震解析用		評価
	NS＋鉛直*1	EW＋鉛直*2	
Ss-1	2.93	2.93	地震解析最大
Ss-2	2.89	2.39	―
Ss-3	2.51	2.52	―
Ss-4	1.55	1.61	―
Ss-5	1.51	1.64	―
Ss-6	1.46	1.52	―
Ss-7	1.35	1.63	―
Ss-8	1.82	1.81	―

注記＊1：$\sqrt{NS^2 + 鉛直^2}$

＊2：$\sqrt{EW^2 + 鉛直^2}$

表4－10　三次元流動解析において，応力が最大となる地震波

（×9.8m/s^2）

地震波	三次元流動解析用		評価
	NS	EW	
Ss-1	0.30	0.27	―
Ss-2	0.21	0.16	―
Ss-3	0.52	0.51	―
Ss-4	0.47	0.96	―
Ss-5	0.77	1.48	―
Ss-6	0.49	1.28	―
Ss-7	0.80	1.71	三次元流動解析最大
Ss-8	0.07	0.05	―

4.2.4.3　使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA広域）の検出器に対するスロッシングの影響を考慮した発生反力，モーメントの算出

地震解析用の地震波を適用して，地震応答解析を実施し，保護管，検出器架台及び検出器サポートの評価に使用する反力及びモーメントを算出する。

スロッシング荷重は，V-1-1-9-3　「溢水評価条件の設定」に示す使用済燃料貯蔵プールの三次元流動解析により得られた水深ごとの水平方向の最大流体差圧を用いて算出する。

(1)　地震解析最大の地震波となるSs-1と三次元流動解析用の地震波Ss-1の組合せ

個別解析によって得られた保護管評価用の反力とモーメントを表4-11，検出器架台評価用の反力とモーメントを表4-12，検出器サポート用の反力とモーメントを表4-13に示す。

表4－11　保護管評価用反力，モーメント（Ss-1）

対象部位	ケース	反力(N)			モーメント(N･m)		
		Ｆｘ	Ｆｙ	Ｆｚ	Ｍｘ	Ｍｙ	Ｍｚ
保護管	地震力						
	スロッシング						
	地震力＋スロッシング						

表4－12　取合い点反力，モーメント（Ss-1）

対象部位	ケース	反力(N)			モーメント(N･m)		
		Ｆｘ	Ｆｙ	Ｆｚ	Ｍｘ	Ｍｙ	Ｍｚ
検出器架台	地震力						
	スロッシング						
	地震力＋スロッシング						

表 4－13　検出器サポート反力，モーメント（Ss-1）

対象部位	ケース	反力(N)			モーメント(N･m)		
		Ｆｘ	Ｆｙ	Ｆｚ	Ｍｘ	Ｍｙ	Ｍｚ
検出器サポート（上部）	地震力						
	スロッシング						
	地震力＋スロッシング						
検出器サポート（下部）	地震力						
	スロッシング						
	地震力＋スロッシング						

(2)　三次元流動解析最大の地震波となるSs-7と地震応答解析用の地震波Ss-7の組合せ個別解析によって得られた保護管評価用の反力とモーメントを表4-14，検出器架台評価用の反力とモーメントを表4-15，検出器サポート用の反力とモーメントを表4-16に示す。

表4－14　保護管評価用反力，モーメント（Ss-7）

対象部位	ケース	反力(N)			モーメント(N･m)		
		Ｆｘ	Ｆｙ	Ｆｚ	Ｍｘ	Ｍｙ	Ｍｚ
保護管	地震力						
	スロッシング						
	地震力＋スロッシング						

表4－15　取合い点反力，モーメント（Ss-7）

対象部位	ケース	反力(N)			モーメント(N･m)		
		Ｆｘ	Ｆｙ	Ｆｚ	Ｍｘ	Ｍｙ	Ｍｚ
検出器架台	地震力						
	スロッシング						
	地震力＋スロッシング						

表4－16　取合い点反力，モーメント（Ss-7）

対象部位	ケース	反力(N)			モーメント(N･m)		
		Ｆｘ	Ｆｙ	Ｆｚ	Ｍｘ	Ｍｙ	Ｍｚ
検出器サポート（上部）	地震力						
	スロッシング						
	地震力＋スロッシング						
検出器サポート（下部）	地震力						
	スロッシング						
	地震力＋スロッシング						

4.2.5　検出器の計算条件

解析に用いる計算条件は，本計算書の【使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域）（G41-L/TE101，102，104，106，108，110～116，118，119）の耐震性についての計算結果】，【使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域）（G41-TE120）の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

4.2.6　検出器の応力の評価

4.2.6.1　検出器の応力の評価

検出器に生じる組合せ応力は次式より求めた許容組合せ応力f_{t1}以下であること。ただしf_{t1}は下表による。

	基準地震動Ｓｓによる荷重との組合せの場合
許容組合せ応力 f_{t1}	$\frac{F^{*}}{1.5}\cdot 1.5$

4.2.6.2　検出器サポートの応力の評価

検出器サポートに生じる組合せ応力は次式より求めた許容組合せ応力f_{t2}以下であること。ただしf_{t2}は下表による。

	基準地震動Ｓｓによる荷重との組合せの場合
許容組合せ応力 f_{t2}	$\frac{F^{*}}{1.5}\cdot 1.5$

*

5.　検出器架台の評価

5.1　検出器架台の固有周期

5.1.1　検出器架台の固有値解析方法

使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域）の検出器架台の固有値解析方法を以下に示す。

(1)　使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域）の検出器架台は，「5.1.2　検出器架台の解析モデル及び諸元」に示す三次元はりモデルとして考える。

5.1.2　検出器架台の解析モデル及び諸元

使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域）の検出器架台の解析モデルを図 5－1 に，解析モデルの概要を以下に示す。また機器の諸元を本計算書の【使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域）（G41-L/TE101，102，104，106，108，110～116，118，119）の耐震性についての計算結果】，【使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域）（G41-TE120）の耐震性についての計算結果】のその他の機器要目に示す。

(1)　検出器架台の質量は，それぞれの重心に集中するものとする。

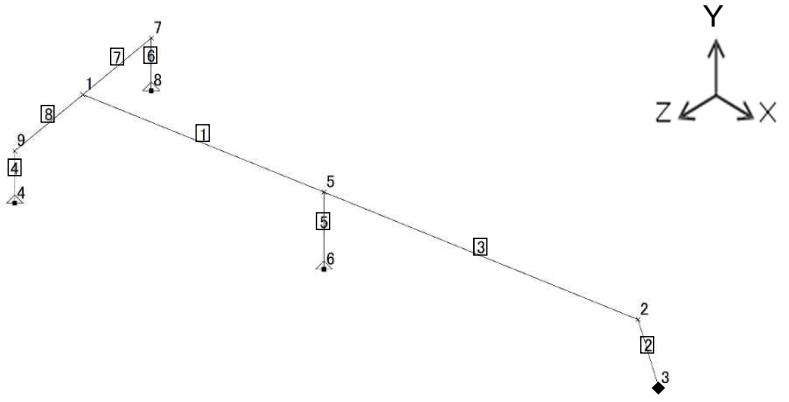
(2)　拘束条件として，基礎ボルト部は完全拘束とする。なお，基礎ボルト部は剛体として評価する。

(3)　検出器との取合い点にて検出器からの反力とモーメントを受けるものとする。

(4)　耐震計算に用いる寸法は，公称値を使用する。

(5)　解析コードは「ＮＸ　ＮＡＳＴＲＡＮ」を使用し，固有値を求める。

なお，評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については，別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。



鳥観図記号凡例

記号	内容
△	拘束点
▨	検出器取合い点

節点数：9

要素数：8

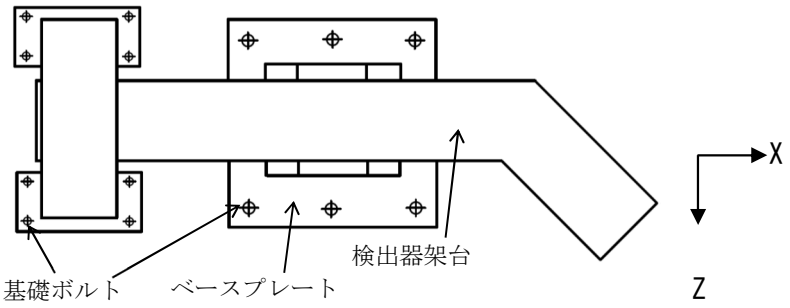


図 5－1　検出器架台　解析モデル

5.1.3　検出器架台の固有値解析結果

検出器架台の固有値解析結果を表 5－1 に示す。固有周期は，0.05 秒以下であり，剛であることを確認した。

表 5－1　固有値解析結果

計器番号	モード	卓越方向	固有周期 (s)	水平方向刺激係数		鉛直方向刺激係数
				X方向	Z方向	
G41-L/TE101 G41-L/TE102 G41-L/TE104 G41-L/TE106 G41-L/TE108 G41-L/TE110 G41-L/TE111 G41-L/TE112 G41-L/TE113 G41-L/TE114 G41-L/TE115 G41-L/TE116 G41-L/TE118 G41-L/TE119 G41-TE120	1 次	鉛直	[redacted]	—	—	—

5.2　検出器架台の構造強度評価

5.2.1　検出器架台の構造強度評価方法

5.1.2 (1)～(4)のほか，次の条件で計算する。

(1)　地震力は，使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域）の検出器架台に対して，水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。

(2)　「4.2.4　検出器に発生する反力の算出方法」に示す検出器の解析により得られた検出器取合い点反力を，検出器架台先端部に入力する。

(3)　解析コードは「ＮＸ　ＮＡＳＴＲＡＮ」を使用し，反力を求める。

なお，評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については，別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

5.2.2　検出器架台の荷重の組合せ及び許容応力

5.2.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域）の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4－2 に示す。

5.2.2.2　検出器架台の許容応力

使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域）検出器架台の許容応力は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 5－2 のとおりとする。

5.2.2.3　検出器架台の使用材料の許容応力評価条件

使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域）検出器架台の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5－3 に示す。

表 5－2　許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 （ボルト等以外）	許容限界*1, *2 （ボルト等）	
	一次応力	一次応力	
	組合せ	引張り	せん断
ⅣＡＳ	1.5・ｆｔ*	1.5・ｆｔ*	1.5・ｆｓ*
ＶＡＳ （ＶＡＳとしてⅣＡＳの許容限界を用いる。）			

注記＊1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

＊2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 5－3 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部位	材料	温度条件 （℃）		Ｓｙ （MPa）	Ｓｕ （MPa）	Ｓｙ（ＲＴ） （MPa）
基礎ボルト	SS400 （40mm＜径）	周囲環境温度	100	194	373	―
検出器架台	SUS304	周囲環境温度	100	171	441	205

5.2.3　検出器架台の設計用地震力

検出器架台の耐震評価に用いる設計用地震力を表 5－4 に示す。

「基準地震動Ｓｓ」による地震力は，Ⅴ-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。

表 5－4 検出器架台の設計用地震力（重大事故等対処設備）

据付場所及び床面高さ (m)	固有周期（s）		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
	水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度
原子炉建屋 T.M.S.L. 31.700	0.05 以下	[redacted]	—	—	C_H=1.38	C_V=1.15

5.2.4　基礎ボルト及び検出器架台の計算方法

5.2.4.1　基礎ボルトに発生する反力，モーメントの算出

(1)　「4.2.4.1　地震力における反力の算出」にて求めた，表 4-7 の値を検出器架台の先端部に入力し，解析を実施する。

(2)　解析によって得られた基礎ボルトの評価用の反力とモーメントを表 5－5 に示す。

表 5－5　基礎ボルト評価用反力，モーメント

対象部位	反力(N)			モーメント(N･m)		
	F_x	F_y	F_z	M_x	M_y	M_z
基礎ボルト	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]

5.2.4.2　検出器架台に発生する反力，モーメントの算出

解析によって得られた検出器架台評価用の反力とモーメントを表 5－6 に示す。

表 5－6　検出器架台評価用反力，モーメント

対象部位	反力(N)			モーメント(N･m)		
	F_x	F_y	F_z	M_x	M_y	M_z
検出器架台	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]

5.2.4.3　使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域）の基礎ボルトにおけるスロッシングの影響を考慮した発生反力，モーメントの算出

「4.2.4.3　使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域）の検出器に対するスロッシングの影響を考慮した発生反力，モーメントの算出」にて求めた表 4-12（Ss-1）及び表 4-15（Ss-7）の値を検出器架台の先端部に入力し，解析を実施する。解析により得られた検出器架台の拘束点反力を表 5-7（Ss-1）及び表 5-8（Ss-7）に示す。

表5－7　基礎ボルト評価用反力，モーメント（Ss-1）

対象部位	ケース	反力(N)			モーメント(N･m)		
		Ｆｘ	Ｆｙ	Ｆｚ	Ｍｘ	Ｍｙ	Ｍｚ
基礎ボルト	地震力						
	スロッシング						
	地震力＋スロッシング						

表5－8　基礎ボルト評価用反力，モーメント（Ss-7）

対象部位	ケース	反力(N)			モーメント(N･m)		
		Ｆｘ	Ｆｙ	Ｆｚ	Ｍｘ	Ｍｙ	Ｍｚ
基礎ボルト	地震力						
	スロッシング						
	地震力＋スロッシング						

5.2.4.4　使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域）の検出器架台におけるスロッシングの影響を考慮した発生反力，モーメントの算出

「4.2.4.3　使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域）の検出器に対するスロッシングの影響を考慮した発生反力，モーメントの算出」にて求めた表 4-12（Ss-1）及び表 4-15（Ss-7）の値を検出器架台の先端部に入力し，解析を実施する。解析により得られた検出器架台の部材に発生する反力とモーメントを表 5-9（Ss-1）及び表 5-10（Ss-7）に示す。

表 5－9　検出器架台評価用反力，モーメント（Ss-1）

対象部位	ケース	反力(N)			モーメント(N･m)		
		Ｆｘ	Ｆｙ	Ｆｚ	Ｍｘ	Ｍｙ	Ｍｚ
検出器架台	地震力						
	スロッシング						
	地震力＋スロッシング						

表 5－10　検出器架台評価用反力，モーメント（Ss-7）

対象部位	ケース	反力(N)			モーメント(N･m)		
		Ｆｘ	Ｆｙ	Ｆｚ	Ｍｘ	Ｍｙ	Ｍｚ
検出器架台	地震力						
	スロッシング						
	地震力＋スロッシング						

5.2.5　検出器架台の計算条件

応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域）（G41-L/TE101，102，104，106，108，110～116，118，119）の耐震性についての計算結果】，【使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域）（G41-TE120）の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

5.2.6　検出器架台の応力の評価

5.2.6.1　基礎ボルトの応力評価

基礎ボルトに生じる引張応力は次式より求めた許容引張応力 f_{ts} 以下であること。ただし，f_{to}は下表による。

$$f_{ts} = \mathrm{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau,\ f_{to}] \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (5.2.6.1)$$

せん断応力τは，せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力 f_{sb}以下であること。ただし，f_{sb} は下表による。

	基準地震動Ｓｓによる荷重との組合せの場合
許容引張応力 f_{to}	$\dfrac{F^*}{2} \cdot 1.5$
許容せん断応力 f_{sb}	$\dfrac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

5.2.6.2　検出器架台の応力評価

検出器架台に生じる組合せ応力は次式より求めた許容組合せ応力 f_{t3}以下であること。ただし，f_{t3}は下表による。

	基準地震動Ｓｓによる荷重との組合せの場合
許容組合せ応力 f_{t3}	$\dfrac{F^*}{1.5} \cdot 1.5$

6.　機能維持評価

使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域）の電気的機能維持評価について，以下に示す。

6.1　機能維持評価用加速度

各熱電対の機能維持評価用加速度は，Ⅴ-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき，基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度，又は「4.　検出器の評価」の地震応答解析で評価した検出器に生じる最大の応答加速度のいずれか大きい値とする。

なお，地震応答解析から求まる応答加速度は，剛領域の振動モードの影響を踏まえて，20Hz を超える振動数領域まで考慮した地震応答解析により，応答加速度の算出を行う。機能維持評価用加速度を表 6－1 に示す。

表 6－1　機能維持評価用加速度　　（×9.8m/s^2）

評価部位	対象機器設置箇所 (m)	方向	機能維持評価用加速度*1
使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域）(G41-L/TE101)	原子炉建屋 T.M.S.L. 31.700*2	水平	2.24
		鉛直	3.80
使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域）(G41-L/TE102)	原子炉建屋 T.M.S.L. 31.700*2	水平	2.24
		鉛直	3.80
使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域）(G41-L/TE104)	原子炉建屋 T.M.S.L. 31.700*2	水平	2.24
		鉛直	3.80
使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域）(G41-L/TE106)	原子炉建屋 T.M.S.L. 31.700*2	水平	2.24
		鉛直	3.80
使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域）(G41-L/TE108)	原子炉建屋 T.M.S.L. 31.700*2	水平	2.24
		鉛直	3.80
使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域）(G41-L/TE110)	原子炉建屋 T.M.S.L. 31.700*2	水平	2.24
		鉛直	3.80
使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域）(G41-L/TE111)	原子炉建屋 T.M.S.L. 31.700*2	水平	2.24
		鉛直	3.80
使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域）(G41-L/TE112)	原子炉建屋 T.M.S.L. 31.700*2	水平	2.24
		鉛直	3.80
使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域）(G41-L/TE113)	原子炉建屋 T.M.S.L. 31.700*2	水平	2.24
		鉛直	3.80
使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域）(G41-L/TE114)	原子炉建屋 T.M.S.L. 31.700*2	水平	2.24
		鉛直	3.80
使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域）(G41-L/TE115)	原子炉建屋 T.M.S.L. 31.700*2	水平	2.24
		鉛直	3.80
使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域）(G41-L/TE116)	原子炉建屋 T.M.S.L. 31.700*2	水平	2.24
		鉛直	3.80
使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域）(G41-L/TE118)	原子炉建屋 T.M.S.L. 31.700*2	水平	2.24
		鉛直	3.80
使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域）(G41-L/TE119)	原子炉建屋 T.M.S.L. 31.700*2	水平	2.24
		鉛直	3.80
使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域）(G41-TE120)	原子炉建屋 T.M.S.L. 31.700*2	水平	2.24
		鉛直	3.80

注記*1：検出器に生じる最大の応答応答加速度を全ての熱電対に適用した値を示す。打ち切り振動数を 30Hz として計算した結果を示す。

*2：基準床レベルを示す。

6.2　機能確認済加速度

使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域）の機能確認済加速度には，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき，同形式の検出器単体の正弦波加振試験において電気的機能の健全性を確認した加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 6－2 に示す。

表 6－2　機能確認済加速度　　（×9.8 m/s^2）

評価部位	方向	機能確認済加速度
使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域） （G41-L/TE101）	水平	
	鉛直	
使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域） （G41-L/TE102）	水平	
	鉛直	
使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域） （G41-L/TE104）	水平	
	鉛直	
使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域） （G41-L/TE106）	水平	
	鉛直	
使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域） （G41-L/TE108）	水平	
	鉛直	
使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域） （G41-L/TE110）	水平	
	鉛直	
使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域） （G41-L/TE111）	水平	
	鉛直	
使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域） （G41-L/TE112）	水平	
	鉛直	
使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域） （G41-L/TE113）	水平	
	鉛直	
使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域） （G41-L/TE114）	水平	
	鉛直	
使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域） （G41-L/TE115）	水平	
	鉛直	
使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域） （G41-L/TE116）	水平	
	鉛直	
使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域） （G41-L/TE118）	水平	
	鉛直	
使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域） （G41-L/TE119）	水平	
	鉛直	
使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域） （G41-TE120）	水平	
	鉛直	

7. 評価結果

7.1 重大事故等対処設備としての評価結果

使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域）の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域）（G41-L/TE101）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 検出器

1.1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域）（G41-L/TE101）	常設／防止 常設／緩和	原子炉建屋 T.M.S.L.31.700*1	[redacted]	[redacted]	—	—	C_H＝1.38 又は*2	C_V＝1.15 又は*2	100

注記＊1：基準床レベルを示す。

＊2：基準地震動Ｓｓに基づく設計用床応答曲線から得られる値。

1.1.2 機器要目

1.1.2.1 検出器

部材	m_p (kg)	m_{W1} (kg)	m_{W2} (kg)	d_0 (mm)	d_i (mm)	l_p (mm)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)	F* (MPa)
保護管	[redacted]	[redacted]	[redacted]	165.2	151.0	11878	176	476	205	205

1.1.2.2 検出器サポート

部材	A1 (mm^2)	A2 (mm^2)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)	F* (MPa)
検出器サポート	2618	1138	176	476	205	205

1.1.3 計算数値

1.1.3.1 検出器

1.1.3.1.1 保護管に作用する反力

(単位：N)

部材	F_x		F_y		F_z	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
保護管 (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
保護管 Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
保護管 Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.1.3.2 保護管に作用するモーメント

(単位：N･m)

部材	M_x		M_y		M_z	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
保護管 (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
保護管 Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
保護管 Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.1.3.2　検出器サポート

1.1.3.2.1　検出器サポートに作用する反力

（単位：N）

部材	Fx		Fy		Fz	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
検出器サポート(上部)(Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(上部)Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(上部)Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(下部)(Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(下部)Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(下部)Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.1.3.2.2　検出器サポートに作用するモーメント

（単位：N･m）

部材	Mx		My		Mz	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
検出器サポート(上部)(Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(上部)Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(上部)Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(下部)(Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(下部)Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(下部)Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.2 検出器架台及び基礎ボルト

1.2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域）(G41-L/TE101)	常設／防止常設／緩和	原子炉建屋 T.M.S.L.31.700*	0.05 以下	[redacted]	—	—	C_H＝1.38	C_V＝1.15	100

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2.2 機器要目

1.2.2.1 基礎ボルト部

部材	W (N)	d (mm)	Ａｂ (mm^2)	n	Ｓｙ (MPa)	Ｓｕ (MPa)	F* (MPa)
基礎ボルト	[redacted]	16 (M16)	201.1	6	194 (40mm＜径)	373 (40mm＜径)	232

1.2.2.2 検出器架台部

部材	Ｓｙ (MPa)	Ｓｕ (MPa)	Ｓｙ（ＲＴ） (MPa)	F* (MPa)
検出器架台	171	441	205	205

1.2.3 計算数値

1.2.3.1 基礎ボルト部

1.2.3.1.1 基礎ボルト部に作用する反力 (単位：N)

部材	Ｆｘ		Ｆｙ		Ｆｚ	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
基礎ボルト Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
基礎ボルト Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.2.3.1.2　基礎ボルト部に作用するモーメント　（単位：N･m）

部材	M_x		M_y		M_z	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
基礎ボルト Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
基礎ボルト Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.2.3.2　検出器架台部

1.2.3.2.1　検出器架台部に作用する反力　（単位：N）

部材	F_x		F_y		F_z	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
検出器架台 (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器架台 Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器架台 Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.2.3.2.2　検出器架台部に作用するモーメント　（単位：N･m）

部材	M_x		M_y		M_z	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
検出器架台 (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器架台 Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器架台 Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.3　結論

1.3.1　検出器の応力

（単位：MPa）

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
保護管 (Ss-1～8 包絡)	SUS316TP	組合せ	—	—	$\sigma_{k1}=62$	$f_{t1}=205$
保護管 Ss-1	SUS316TP	組合せ	—	—	$\sigma_{k1}=67$	$f_{t1}=205$
保護管 Ss-7	SUS316TP	組合せ	—	—	$\sigma_{k1}=51$	$f_{t1}=205$

すべて許容応力以下である。

1.3.2　検出器サポートの応力

（単位：MPa）

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
検出器サポート(上部) (Ss-1～8 包絡)	SUS316	組合せ	—	—	$\sigma_{k2}=108$	$f_{t2}=205$
検出器サポート(上部) Ss-1	SUS316	組合せ	—	—	$\sigma_{k2}=148$	$f_{t2}=205$
検出器サポート(上部) Ss-7	SUS316	組合せ	—	—	$\sigma_{k2}=152$	$f_{t2}=205$
検出器サポート(下部) (Ss-1～8 包絡)	SUS316	組合せ	—	—	$\sigma_{k2}=66$	$f_{t2}=205$
検出器サポート(下部) Ss-1	SUS316	組合せ	—	—	$\sigma_{k2}=95$	$f_{t2}=205$
検出器サポート(下部) Ss-7	SUS316	組合せ	—	—	$\sigma_{k2}=65$	$f_{t2}=205$

すべて許容応力以下である。

1.3.3　基礎ボルトの応力　　（単位：MPa）

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (Ss-1～8 包絡)	SS400	引張り	—	—	σ_{ts}＝72	f_{ts}＝139*
		せん断	—	—	τ_{1}＝12	f_{sb}＝107
基礎ボルト Ss-1	SS400	引張り	—	—	σ_{ts}＝89	f_{ts}＝139*
		せん断	—	—	τ_{1}＝11	f_{sb}＝107
基礎ボルト Ss-7	SS400	引張り	—	—	σ_{ts}＝69	f_{ts}＝139*
		せん断	—	—	τ_{1}＝13	f_{sb}＝107

すべて許容応力以下である。　　注記＊：$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau, f_{to}]$

1.3.4　検出器架台の応力　　（単位：MPa）

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
検出器架台 (Ss-1～8 包絡)	SUS304	組合せ	—	—	σ_{k3}＝201	f_{t3}＝205
検出器架台 Ss-1	SUS304	組合せ	—	—	σ_{k3}＝143	f_{t3}＝205
検出器架台 Ss-7	SUS304	組合せ	—	—	σ_{k3}＝105	f_{t3}＝205

すべて許容応力以下である。

1.3.5　電気的機能の評価結果　　（×9.8m/s^2）

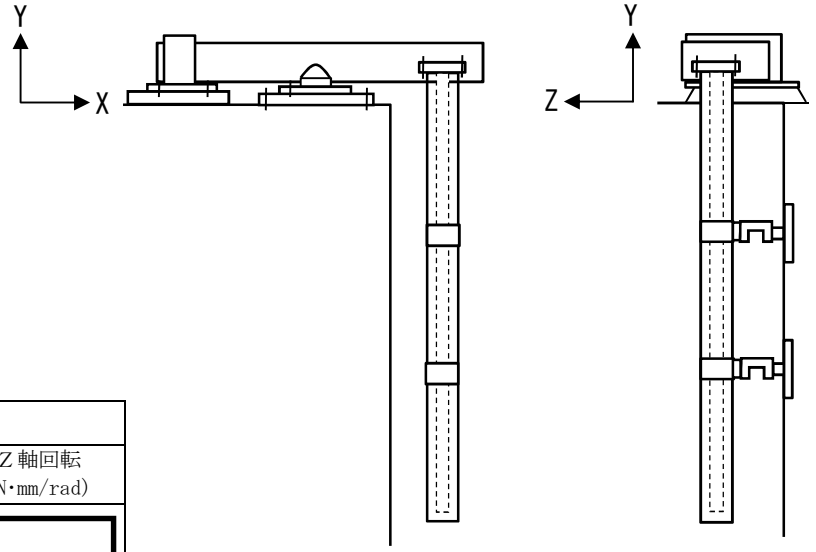
		機能維持評価用加速度*1	機能確認済加速度
使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域） (G41-L/TE101)	水平方向	2.24*2	[redacted]
	鉛直方向	3.80*2	[redacted]

注記＊1：基準地震動Ｓｓにより定まる評価部位における応答加速度又は 1.2・ZPA のいずれか大きい値とする。
＊2：機能維持評価用加速度は，打ち切り振動数を 30Hz として計算した結果を示す。
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

1.4　その他の機器要目

(1)　材料物性値

項目	記号	単位	入力値
縦弾性係数	E	MPa	190000 (SUS316TP)
			190000 (SUS316)
			190000 (SUS304)
ポアソン比	ν	—	0.3



(2)　ばねの指定

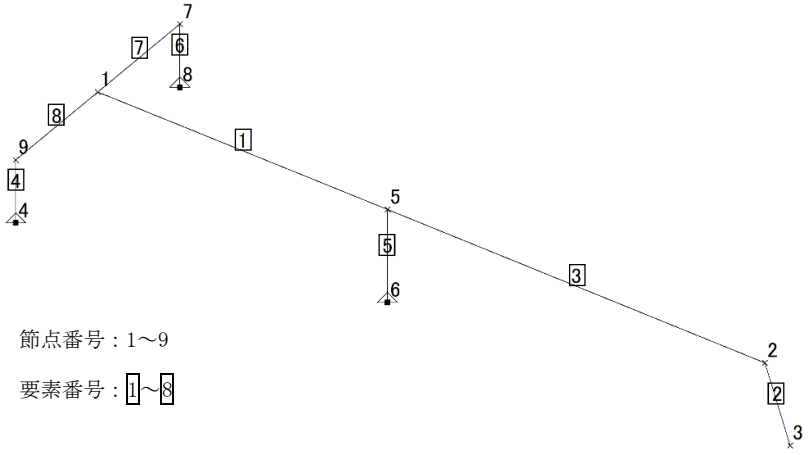
項目	ばね定数					
	X軸 (N/mm)	Y軸 (N/mm)	Z軸 (N/mm)	X軸回転 (N・mm/rad)	Y軸回転 (N・mm/rad)	Z軸回転 (N・mm/rad)
取合い点 (検出器上端)						
検出器サポート		—		—	—	—

(3)　検出器の断面性状

部材	要素 番号	断面積 (mm^2)	断面係数 (mm^3)
検出器	1～299		

(4)　検出器架台の断面性状

部材	要素 番号	Ac (mm^2)	Z1 (mm^3)	Z2 (mm^3)	Zp1 (mm^3)
検出器架台	1,3				
	2				
	7,8				
	4,6				
	5				



【使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域）（G41-L/TE102）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 検出器

1.1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域）（G41-L/TE102）	常設／防止常設／緩和	原子炉建屋 T.M.S.L.31.700*1	[redacted]	[redacted]	—	—	C_H＝1.38 又は*2	C_V＝1.15 又は*2	100

注記＊1：基準床レベルを示す。

＊2：基準地震動Ｓｓに基づく設計用床応答曲線から得られる値。

1.1.2 機器要目

1.1.2.1 検出器

部材	m_p (kg)	m_{W1} (kg)	m_{W2} (kg)	d_0 (mm)	d_i (mm)	l_p (mm)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)	F* (MPa)
保護管	[redacted]	[redacted]	[redacted]	165.2	151.0	11878	176	476	205	205

1.1.2.2 検出器サポート

部材	A1 (mm^2)	A2 (mm^2)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)	F* (MPa)
検出器サポート	2618	1138	176	476	205	205

1.1.3 計算数値

1.1.3.1 検出器

1.1.3.1.1 保護管に作用する反力

（単位：N）

部材	F_x		F_y		F_z	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
保護管 (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
保護管 Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
保護管 Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.1.3.2 保護管に作用するモーメント

（単位：N･m）

部材	M_x		M_y		M_z	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
保護管 (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
保護管 Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
保護管 Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.1.3.2　検出器サポート

1.1.3.2.1　検出器サポートに作用する反力

（単位：N）

部材	F_x		F_y		F_z	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
検出器サポート(上部) (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(上部) Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(上部) Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(下部) (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(下部) Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(下部) Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.1.3.2.2　検出器サポートに作用するモーメント

（単位：N･m）

部材	M_x		M_y		M_z	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
検出器サポート(上部) (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(上部) Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(上部) Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(下部) (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(下部) Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(下部) Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.2 検出器架台及び基礎ボルト

1.2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域）(G41-L/TE102)	常設／防止常設／緩和	原子炉建屋 T.M.S.L.31.700*	0.05 以下	[redacted]	—	—	C_H=1.38	C_V=1.15	100

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2.2 機器要目

1.2.2.1 基礎ボルト部

部材	W (N)	d (mm)	Ａｂ (mm^2)	n	Ｓｙ (MPa)	Ｓｕ (MPa)	Ｆ* (MPa)
基礎ボルト	[redacted]	16 (M16)	201.1	6	194 (40mm＜径)	373 (40mm＜径)	232

1.2.2.2 検出器架台部

部材	Ｓｙ (MPa)	Ｓｕ (MPa)	Ｓｙ（ＲＴ） (MPa)	Ｆ* (MPa)
検出器架台	171	441	205	205

1.2.3 計算数値

1.2.3.1 基礎ボルト部

1.2.3.1.1 基礎ボルト部に作用する反力 (単位：N)

部材	Ｆｘ		Ｆｙ		Ｆｚ	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
基礎ボルト Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
基礎ボルト Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.2.3.1.2　基礎ボルト部に作用するモーメント　（単位：N･m）

部材	M_x		M_y		M_z	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
基礎ボルト Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
基礎ボルト Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.2.3.2　検出器架台部

1.2.3.2.1　検出器架台部に作用する反力　（単位：N）

部材	F_x		F_y		F_z	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
検出器架台 (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器架台 Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器架台 Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.2.3.2.2　検出器架台部に作用するモーメント　（単位：N･m）

部材	M_x		M_y		M_z	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
検出器架台 (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器架台 Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器架台 Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.3　結論

1.3.1　検出器の応力

（単位：MPa）

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
保護管 (Ss-1～8 包絡)	SUS316TP	組合せ	—	—	$\sigma_{k1}=62$	$f_{t1}=205$
保護管 Ss-1	SUS316TP	組合せ	—	—	$\sigma_{k1}=67$	$f_{t1}=205$
保護管 Ss-7	SUS316TP	組合せ	—	—	$\sigma_{k1}=51$	$f_{t1}=205$

すべて許容応力以下である。

1.3.2　検出器サポートの応力

（単位：MPa）

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
検出器サポート(上部) (Ss-1～8 包絡)	SUS316	組合せ	—	—	$\sigma_{k2}=108$	$f_{t2}=205$
検出器サポート(上部) Ss-1	SUS316	組合せ	—	—	$\sigma_{k2}=148$	$f_{t2}=205$
検出器サポート(上部) Ss-7	SUS316	組合せ	—	—	$\sigma_{k2}=152$	$f_{t2}=205$
検出器サポート(下部) (Ss-1～8 包絡)	SUS316	組合せ	—	—	$\sigma_{k2}=66$	$f_{t2}=205$
検出器サポート(下部) Ss-1	SUS316	組合せ	—	—	$\sigma_{k2}=95$	$f_{t2}=205$
検出器サポート(下部) Ss-7	SUS316	組合せ	—	—	$\sigma_{k2}=65$	$f_{t2}=205$

すべて許容応力以下である。

1.3.3　基礎ボルトの応力　　（単位：MPa）

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (Ss-1～8 包絡)	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{ts}=72$	$f_{ts}=139^{*}$
		せん断	—	—	$\tau_{1}=12$	$f_{sb}=107$
基礎ボルト Ss-1	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{ts}=89$	$f_{ts}=139^{*}$
		せん断	—	—	$\tau_{1}=11$	$f_{sb}=107$
基礎ボルト Ss-7	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{ts}=69$	$f_{ts}=139^{*}$
		せん断	—	—	$\tau_{1}=13$	$f_{sb}=107$

すべて許容応力以下である。　　注記＊：$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau, f_{to}]$

1.3.4　検出器架台の応力　　（単位：MPa）

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
検出器架台 (Ss-1～8 包絡)	SUS304	組合せ	—	—	$\sigma_{k3}=201$	$f_{t3}=205$
検出器架台 Ss-1	SUS304	組合せ	—	—	$\sigma_{k3}=143$	$f_{t3}=205$
検出器架台 Ss-7	SUS304	組合せ	—	—	$\sigma_{k3}=105$	$f_{t3}=205$

すべて許容応力以下である。

1.3.5　電気的機能の評価結果　　（×9.8m/s²）

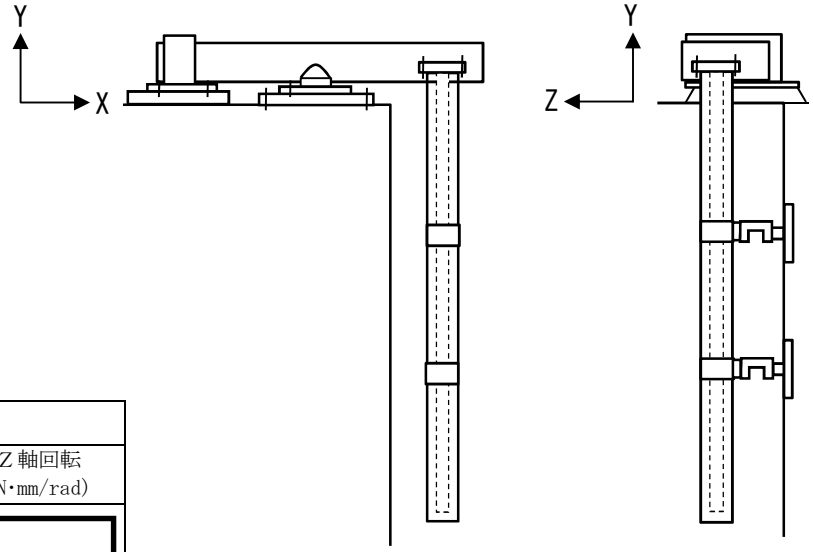
		機能維持評価用加速度*1	機能確認済加速度
使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域） (G41-L/TE102)	水平方向	2.24*2	[redacted]
	鉛直方向	3.80*2	[redacted]

注記＊1：基準地震動Ｓｓにより定まる評価部位における応答加速度又は 1.2・ZPA のいずれか大きい値とする。
＊2：機能維持評価用加速度は，打ち切り振動数を 30Hz として計算した結果を示す。
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

1.4　その他の機器要目

(1)　材料物性値

項目	記号	単位	入力値
縦弾性係数	E	MPa	190000 (SUS316TP)
			190000 (SUS316)
			190000 (SUS304)
ポアソン比	ν	—	0.3



(2)　ばねの指定

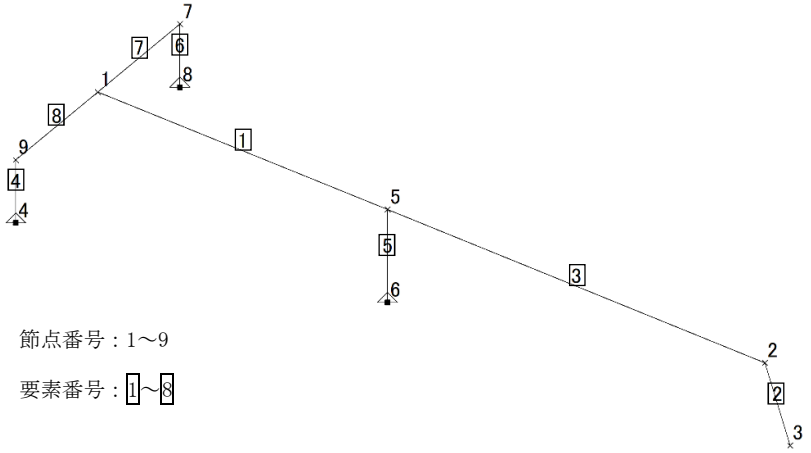
項目	ばね定数					
	X軸 (N/mm)	Y軸 (N/mm)	Z軸 (N/mm)	X軸回転 (N・mm/rad)	Y軸回転 (N・mm/rad)	Z軸回転 (N・mm/rad)
取合い点 (検出器上端)						
検出器サポート		—		—	—	—

(3)　検出器の断面性状

部材	要素 番号	断面積 (mm^2)	断面係数 (mm^3)
検出器	1～299		

(4)　検出器架台の断面性状

部材	要素 番号	Ac (mm^2)	Z1 (mm^3)	Z2 (mm^3)	Zp1 (mm^3)
検出器架台	1,3				
	2				
	7,8				
	4,6				
	5				



節点番号：1～9

要素番号：1～8

【使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域）（G41-L/TE104）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 検出器

1.1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域）（G41-L/TE104）	常設／防止 常設／緩和	原子炉建屋 T.M.S.L.31.700*1	[redacted]	[redacted]	—	—	C_H＝1.38 又は*2	C_V＝1.15 又は*2	100

注記＊1：基準床レベルを示す。

＊2：基準地震動Ｓｓに基づく設計用床応答曲線から得られる値。

1.1.2 機器要目

1.1.2.1 検出器

部材	m_p (kg)	m_{W1} (kg)	m_{W2} (kg)	d_0 (mm)	d_i (mm)	l_p (mm)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)	F* (MPa)
保護管	[redacted]	[redacted]	[redacted]	165.2	151.0	11878	176	476	205	205

1.1.2.2 検出器サポート

部材	A1 (mm^2)	A2 (mm^2)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)	F* (MPa)
検出器サポート	2618	1138	176	476	205	205

1.1.3 計算数値

1.1.3.1 検出器

1.1.3.1.1 保護管に作用する反力

（単位：N）

部材	F_x		F_y		F_z	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
保護管 (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
保護管 Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
保護管 Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.1.3.2 保護管に作用するモーメント

（単位：N･m）

部材	M_x		M_y		M_z	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
保護管 (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
保護管 Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
保護管 Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.1.3.2　検出器サポート

1.1.3.2.1　検出器サポートに作用する反力

（単位：N）

部材	Fx		Fy		Fz	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
検出器サポート(上部)(Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(上部)Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(上部)Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(下部)(Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(下部)Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(下部)Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.1.3.2.2　検出器サポートに作用するモーメント

（単位：N･m）

部材	Mx		My		Mz	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
検出器サポート(上部)(Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(上部)Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(上部)Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(下部)(Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(下部)Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(下部)Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.2 検出器架台及び基礎ボルト

1.2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域）(G41-L/TE104)	常設／防止常設／緩和	原子炉建屋 T.M.S.L.31.700*	0.05 以下	[redacted]	—	—	C_H＝1.38	C_V＝1.15	100

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2.2 機器要目

1.2.2.1 基礎ボルト部

部材	W (N)	d (mm)	Ａｂ (mm^2)	n	Ｓｙ (MPa)	Ｓｕ (MPa)	Ｆ* (MPa)
基礎ボルト	[redacted]	16 (M16)	201.1	6	194 (40mm＜径)	373 (40mm＜径)	232

1.2.2.2 検出器架台部

部材	Ｓｙ (MPa)	Ｓｕ (MPa)	Ｓｙ（ＲＴ） (MPa)	Ｆ* (MPa)
検出器架台	171	441	205	205

1.2.3 計算数値

1.2.3.1 基礎ボルト部

1.2.3.1.1 基礎ボルト部に作用する反力 (単位：N)

部材	Ｆｘ		Ｆｙ		Ｆｚ	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
基礎ボルト Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
基礎ボルト Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.2.3.1.2　基礎ボルト部に作用するモーメント　（単位：N･m）

部材	M_x		M_y		M_z	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
基礎ボルト Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
基礎ボルト Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.2.3.2　検出器架台部

1.2.3.2.1　検出器架台部に作用する反力　（単位：N）

部材	F_x		F_y		F_z	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
検出器架台 (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器架台 Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器架台 Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.2.3.2.2　検出器架台部に作用するモーメント　（単位：N･m）

部材	M_x		M_y		M_z	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
検出器架台 (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器架台 Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器架台 Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.3　結論

1.3.1　検出器の応力

（単位：MPa）

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
保護管 (Ss-1～8 包絡)	SUS316TP	組合せ	—	—	$\sigma_{k1}=62$	$f_{t1}=205$
保護管 Ss-1	SUS316TP	組合せ	—	—	$\sigma_{k1}=67$	$f_{t1}=205$
保護管 Ss-7	SUS316TP	組合せ	—	—	$\sigma_{k1}=51$	$f_{t1}=205$

すべて許容応力以下である。

1.3.2　検出器サポートの応力

（単位：MPa）

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
検出器サポート(上部) (Ss-1～8 包絡)	SUS316	組合せ	—	—	$\sigma_{k2}=108$	$f_{t2}=205$
検出器サポート(上部) Ss-1	SUS316	組合せ	—	—	$\sigma_{k2}=148$	$f_{t2}=205$
検出器サポート(上部) Ss-7	SUS316	組合せ	—	—	$\sigma_{k2}=152$	$f_{t2}=205$
検出器サポート(下部) (Ss-1～8 包絡)	SUS316	組合せ	—	—	$\sigma_{k2}=66$	$f_{t2}=205$
検出器サポート(下部) Ss-1	SUS316	組合せ	—	—	$\sigma_{k2}=95$	$f_{t2}=205$
検出器サポート(下部) Ss-7	SUS316	組合せ	—	—	$\sigma_{k2}=65$	$f_{t2}=205$

すべて許容応力以下である。

1.3.3　基礎ボルトの応力　　(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (Ss-1～8 包絡)	SS400	引張り	—	—	σ_{ts}＝72	f_{ts}＝139*
		せん断	—	—	τ_{1}＝12	f_{sb}＝107
基礎ボルト Ss-1	SS400	引張り	—	—	σ_{ts}＝89	f_{ts}＝139*
		せん断	—	—	τ_{1}＝11	f_{sb}＝107
基礎ボルト Ss-7	SS400	引張り	—	—	σ_{ts}＝69	f_{ts}＝139*
		せん断	—	—	τ_{1}＝13	f_{sb}＝107

すべて許容応力以下である。　　注記＊：$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau, f_{to}]$

1.3.4　検出器架台の応力　　(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
検出器架台 (Ss-1～8 包絡)	SUS304	組合せ	—	—	σ_{k3}＝201	f_{t3}＝205
検出器架台 Ss-1	SUS304	組合せ	—	—	σ_{k3}＝143	f_{t3}＝205
検出器架台 Ss-7	SUS304	組合せ	—	—	σ_{k3}＝105	f_{t3}＝205

すべて許容応力以下である。

1.3.5　電気的機能の評価結果　　(×9.8m/s²)

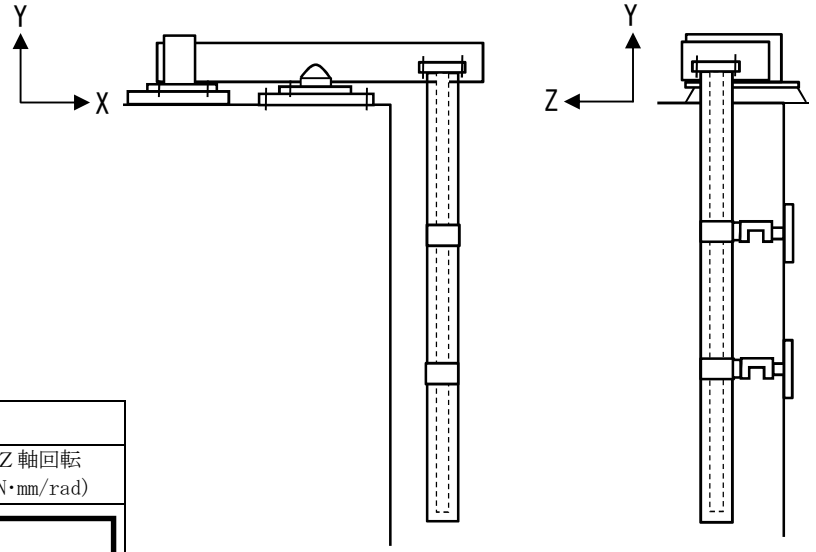
		機能維持評価用加速度*1	機能確認済加速度
使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域） (G41-L/TE104)	水平方向	2.24*2	[redacted]
	鉛直方向	3.80*2	[redacted]

注記＊1：基準地震動Ｓｓにより定まる評価部位における応答加速度又は 1.2・ZPA のいずれか大きい値とする。
＊2：機能維持評価用加速度は，打ち切り振動数を 30Hz として計算した結果を示す。
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

1.4　その他の機器要目

(1)　材料物性値

項目	記号	単位	入力値
縦弾性係数	E	MPa	190000 (SUS316TP)
			190000 (SUS316)
			190000 (SUS304)
ポアソン比	ν	—	0.3



(2)　ばねの指定

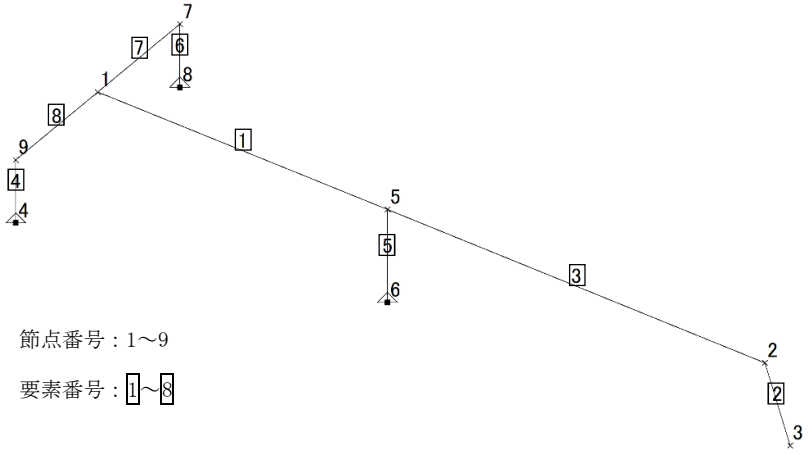
項目	ばね定数					
	X軸 (N/mm)	Y軸 (N/mm)	Z軸 (N/mm)	X軸回転 (N・mm/rad)	Y軸回転 (N・mm/rad)	Z軸回転 (N・mm/rad)
取合い点 (検出器上端)						
出器サポート		—		—	—	—

(3)　検出器の断面性状

部材	要素 番号	断面積 (mm^2)	断面係数 (mm^3)
検出器	1～299		

(4)　検出器架台の断面性状

部材	要素 番号	Ac (mm^2)	Z1 (mm^3)	Z2 (mm^3)	Zp1 (mm^3)
検出器架台	1,3				
	2				
	7,8				
	4,6				
	5				



【使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域）（G41-L/TE106）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 検出器

1.1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域）（G41-L/TE106）	常設／防止常設／緩和	原子炉建屋 T.M.S.L.31.700*1	[redacted]	[redacted]	—	—	C_H＝1.38 又は*2	C_V＝1.15 又は*2	100

注記＊1：基準床レベルを示す。

＊2：基準地震動Ｓｓに基づく設計用床応答曲線から得られる値。

1.1.2 機器要目

1.1.2.1 検出器

部材	m_p (kg)	m_{W1} (kg)	m_{W2} (kg)	d_0 (mm)	d_i (mm)	l_p (mm)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)	F* (MPa)
保護管	[redacted]	[redacted]	[redacted]	165.2	151.0	11878	176	476	205	205

1.1.2.2 検出器サポート

部材	A1 (mm^2)	A2 (mm^2)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)	F* (MPa)
検出器サポート	2618	1138	176	476	205	205

1.1.3 計算数値

1.1.3.1 検出器

1.1.3.1.1 保護管に作用する反力

(単位：N)

部材	F_x		F_y		F_z	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
保護管 (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
保護管 Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
保護管 Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.1.3.2 保護管に作用するモーメント

(単位：N･m)

部材	M_x		M_y		M_z	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
保護管 (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
保護管 Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
保護管 Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.1.3.2　検出器サポート

1.1.3.2.1　検出器サポートに作用する反力

（単位：N）

部材	Fx		Fy		Fz	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
検出器サポート(上部)(Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(上部)Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(上部)Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(下部)(Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(下部)Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(下部)Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.1.3.2.2　検出器サポートに作用するモーメント

（単位：N･m）

部材	Mx		My		Mz	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
検出器サポート(上部)(Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(上部)Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(上部)Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(下部)(Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(下部)Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(下部)Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.2 検出器架台及び基礎ボルト

1.2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域）(G41-L/TE106)	常設／防止常設／緩和	原子炉建屋 T.M.S.L.31.700*	0.05 以下	[redacted]	—	—	C_H＝1.38	C_V＝1.15	100

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2.2 機器要目

1.2.2.1 基礎ボルト部

部材	W (N)	d (mm)	Ａｂ (mm^2)	n	Ｓｙ (MPa)	Ｓｕ (MPa)	F* (MPa)
基礎ボルト	[redacted]	16 (M16)	201.1	6	194 (40mm＜径)	373 (40mm＜径)	232

1.2.2.2 検出器架台部

部材	Ｓｙ (MPa)	Ｓｕ (MPa)	Ｓｙ（ＲＴ） (MPa)	F* (MPa)
検出器架台	171	441	205	205

1.2.3 計算数値

1.2.3.1 基礎ボルト部

1.2.3.1.1 基礎ボルト部に作用する反力 (単位：N)

部材	Ｆｘ		Ｆｙ		Ｆｚ	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
基礎ボルト Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
基礎ボルト Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.2.3.1.2　基礎ボルト部に作用するモーメント　（単位：N･m）

部材	M_x		M_y		M_z	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
基礎ボルト Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
基礎ボルト Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.2.3.2　検出器架台部

1.2.3.2.1　検出器架台部に作用する反力　（単位：N）

部材	F_x		F_y		F_z	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
検出器架台 (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器架台 Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器架台 Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.2.3.2.2　検出器架台部に作用するモーメント　（単位：N･m）

部材	M_x		M_y		M_z	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
検出器架台 (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器架台 Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器架台 Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.3　結論

1.3.1　検出器の応力

（単位：MPa）

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
保護管 (Ss-1～8 包絡)	SUS316TP	組合せ	—	—	$\sigma_{k1}=62$	$f_{t1}=205$
保護管 Ss-1	SUS316TP	組合せ	—	—	$\sigma_{k1}=67$	$f_{t1}=205$
保護管 Ss-7	SUS316TP	組合せ	—	—	$\sigma_{k1}=51$	$f_{t1}=205$

すべて許容応力以下である。

1.3.2　検出器サポートの応力

（単位：MPa）

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
検出器サポート(上部) (Ss-1～8 包絡)	SUS316	組合せ	—	—	$\sigma_{k2}=108$	$f_{t2}=205$
検出器サポート(上部) Ss-1	SUS316	組合せ	—	—	$\sigma_{k2}=148$	$f_{t2}=205$
検出器サポート(上部) Ss-7	SUS316	組合せ	—	—	$\sigma_{k2}=152$	$f_{t2}=205$
検出器サポート(下部) (Ss-1～8 包絡)	SUS316	組合せ	—	—	$\sigma_{k2}=66$	$f_{t2}=205$
検出器サポート(下部) Ss-1	SUS316	組合せ	—	—	$\sigma_{k2}=95$	$f_{t2}=205$
検出器サポート(下部) Ss-7	SUS316	組合せ	—	—	$\sigma_{k2}=65$	$f_{t2}=205$

すべて許容応力以下である。

1.3.3　基礎ボルトの応力　　(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (Ss-1～8 包絡)	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{ts}=72$	$f_{ts}=139^{*}$
		せん断	—	—	$\tau_{1}=12$	$f_{sb}=107$
基礎ボルト Ss-1	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{ts}=89$	$f_{ts}=139^{*}$
		せん断	—	—	$\tau_{1}=11$	$f_{sb}=107$
基礎ボルト Ss-7	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{ts}=69$	$f_{ts}=139^{*}$
		せん断	—	—	$\tau_{1}=13$	$f_{sb}=107$

すべて許容応力以下である。　　注記＊：$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau, f_{to}]$

1.3.4　検出器架台の応力　　(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
検出器架台 (Ss-1～8 包絡)	SUS304	組合せ	—	—	$\sigma_{k3}=201$	$f_{t3}=205$
検出器架台 Ss-1	SUS304	組合せ	—	—	$\sigma_{k3}=143$	$f_{t3}=205$
検出器架台 Ss-7	SUS304	組合せ	—	—	$\sigma_{k3}=105$	$f_{t3}=205$

すべて許容応力以下である。

1.3.5　電気的機能の評価結果　　(×9.8m/s²)

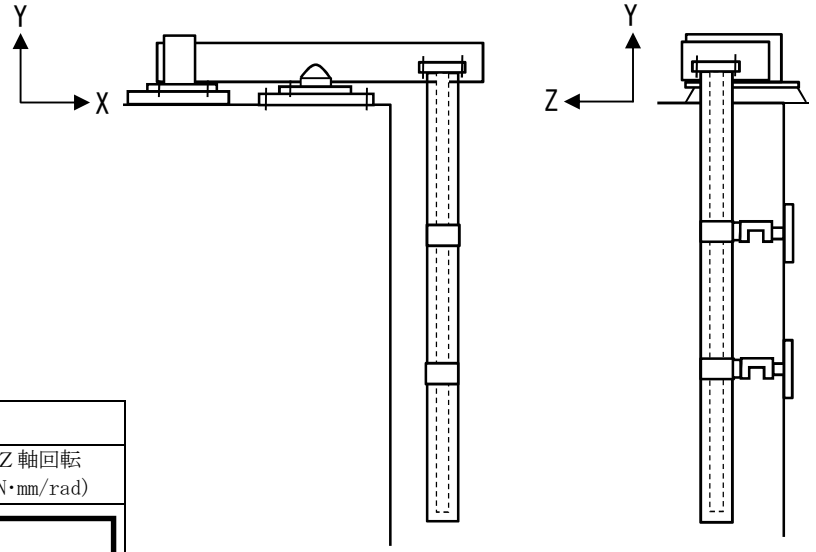
		機能維持評価用加速度*1	機能確認済加速度
使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域） (G41-L/TE106)	水平方向	2.24*2	[redacted]
	鉛直方向	3.80*2	[redacted]

注記＊1：基準地震動Ｓｓにより定まる評価部位における応答加速度又は 1.2・ZPA のいずれか大きい値とする。
＊2：機能維持評価用加速度は，打ち切り振動数を 30Hz として計算した結果を示す。
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

1.4　その他の機器要目

(1)　材料物性値

項目	記号	単位	入力値
縦弾性係数	E	MPa	190000 (SUS316TP)
			190000 (SUS316)
			190000 (SUS304)
ポアソン比	ν	—	0.3



(2)　ばねの指定

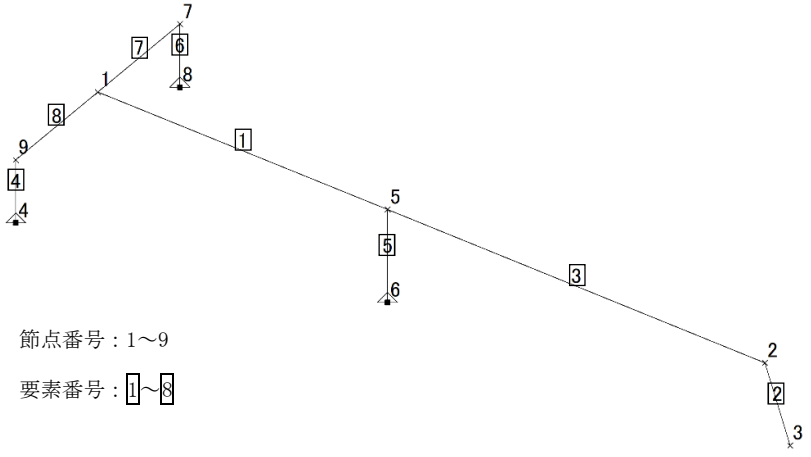
項目	ばね定数					
	X軸 (N/mm)	Y軸 (N/mm)	Z軸 (N/mm)	X軸回転 (N・mm/rad)	Y軸回転 (N・mm/rad)	Z軸回転 (N・mm/rad)
取合い点 (検出器上端)						
検出器サポート		—		—	—	—

(3)　検出器の断面性状

部材	要素 番号	断面積 (mm^2)	断面係数 (mm^3)
検出器	1～299		

(4)　検出器架台の断面性状

部材	要素 番号	Ac (mm^2)	Z1 (mm^3)	Z2 (mm^3)	Zp1 (mm^3)
検出器架台	1,3				
	2				
	7,8				
	4,6				
	5				



節点番号：1～9

要素番号：1～8

【使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域）（G41-L/TE108）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 検出器

1.1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域）（G41-L/TE108）	常設／防止 常設／緩和	原子炉建屋 T.M.S.L.31.700*1	[redacted]	[redacted]	—	—	C_H＝1.38 又は*2	C_V＝1.15 又は*2	100

注記＊1：基準床レベルを示す。

＊2：基準地震動Ｓｓに基づく設計用床応答曲線から得られる値。

1.1.2 機器要目

1.1.2.1 検出器

部材	m_p (kg)	m_{W1} (kg)	m_{W2} (kg)	d_0 (mm)	d_i (mm)	l_p (mm)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)	F^* (MPa)
保護管	[redacted]	[redacted]	[redacted]	165.2	151.0	11878	176	476	205	205

1.1.2.2 検出器サポート

部材	A1 (mm^2)	A2 (mm^2)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)	F^* (MPa)
検出器サポート	2618	1138	176	476	205	205

1.1.3 計算数値

1.1.3.1 検出器

1.1.3.1.1 保護管に作用する反力

（単位：N）

部材	F_x		F_y		F_z	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
保護管 (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
保護管 Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
保護管 Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.1.3.2 保護管に作用するモーメント

（単位：N･m）

部材	M_x		M_y		M_z	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
保護管 (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
保護管 Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
保護管 Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.1.3.2　検出器サポート

1.1.3.2.1　検出器サポートに作用する反力

（単位：N）

部材	F_x		F_y		F_z	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
検出器サポート(上部) (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(上部) Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(上部) Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(下部) (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(下部) Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(下部) Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.1.3.2.2　検出器サポートに作用するモーメント

（単位：N･m）

部材	M_x		M_y		M_z	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
検出器サポート(上部) (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(上部) Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(上部) Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(下部) (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(下部) Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(下部) Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.2 検出器架台及び基礎ボルト

1.2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域）(G41-L/TE108)	常設／防止常設／緩和	原子炉建屋 T.M.S.L.31.700*	0.05 以下	[redacted]	—	—	C_H＝1.38	C_V＝1.15	100

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2.2 機器要目

1.2.2.1 基礎ボルト部

部材	W (N)	d (mm)	Ａｂ (mm^2)	n	Ｓｙ (MPa)	Ｓｕ (MPa)	F* (MPa)
基礎ボルト	[redacted]	16 (M16)	201.1	6	194 (40mm＜径)	373 (40mm＜径)	232

1.2.2.2 検出器架台部

部材	Ｓｙ (MPa)	Ｓｕ (MPa)	Ｓｙ（ＲＴ） (MPa)	F* (MPa)
検出器架台	171	441	205	205

1.2.3 計算数値

1.2.3.1 基礎ボルト部

1.2.3.1.1 基礎ボルト部に作用する反力 (単位：N)

部材	Ｆｘ		Ｆｙ		Ｆｚ	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
基礎ボルト Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
基礎ボルト Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.2.3.1.2　基礎ボルト部に作用するモーメント　（単位：N･m）

部材	M_x		M_y		M_z	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
基礎ボルト Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
基礎ボルト Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.2.3.2　検出器架台部

1.2.3.2.1　検出器架台部に作用する反力　（単位：N）

部材	F_x		F_y		F_z	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
検出器架台 (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器架台 Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器架台 Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.2.3.2.2　検出器架台部に作用するモーメント　（単位：N･m）

部材	M_x		M_y		M_z	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
検出器架台 (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器架台 Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器架台 Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.3　結論

1.3.1　検出器の応力

（単位：MPa）

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
保護管 (Ss-1～8 包絡)	SUS316TP	組合せ	—	—	$\sigma_{k1}=62$	$f_{t1}=205$
保護管 Ss-1	SUS316TP	組合せ	—	—	$\sigma_{k1}=67$	$f_{t1}=205$
保護管 Ss-7	SUS316TP	組合せ	—	—	$\sigma_{k1}=51$	$f_{t1}=205$

すべて許容応力以下である。

1.3.2　検出器サポートの応力

（単位：MPa）

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
検出器サポート(上部) (Ss-1～8 包絡)	SUS316	組合せ	—	—	$\sigma_{k2}=108$	$f_{t2}=205$
検出器サポート(上部) Ss-1	SUS316	組合せ	—	—	$\sigma_{k2}=148$	$f_{t2}=205$
検出器サポート(上部) Ss-7	SUS316	組合せ	—	—	$\sigma_{k2}=152$	$f_{t2}=205$
検出器サポート(下部) (Ss-1～8 包絡)	SUS316	組合せ	—	—	$\sigma_{k2}=66$	$f_{t2}=205$
検出器サポート(下部) Ss-1	SUS316	組合せ	—	—	$\sigma_{k2}=95$	$f_{t2}=205$
検出器サポート(下部) Ss-7	SUS316	組合せ	—	—	$\sigma_{k2}=65$	$f_{t2}=205$

すべて許容応力以下である。

1.3.3　基礎ボルトの応力　　(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (Ss-1～8 包絡)	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{ts}=72$	$f_{ts}=139^{*}$
		せん断	—	—	$\tau_{1}=12$	$f_{sb}=107$
基礎ボルト Ss-1	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{ts}=89$	$f_{ts}=139^{*}$
		せん断	—	—	$\tau_{1}=11$	$f_{sb}=107$
基礎ボルト Ss-7	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{ts}=69$	$f_{ts}=139^{*}$
		せん断	—	—	$\tau_{1}=13$	$f_{sb}=107$

すべて許容応力以下である。　　注記＊：$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau, f_{to}]$

1.3.4　検出器架台の応力　　(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
検出器架台 (Ss-1～8 包絡)	SUS304	組合せ	—	—	$\sigma_{k3}=201$	$f_{t3}=205$
検出器架台 Ss-1	SUS304	組合せ	—	—	$\sigma_{k3}=143$	$f_{t3}=205$
検出器架台 Ss-7	SUS304	組合せ	—	—	$\sigma_{k3}=105$	$f_{t3}=205$

すべて許容応力以下である。

1.3.5　電気的機能の評価結果　　(×9.8m/s²)

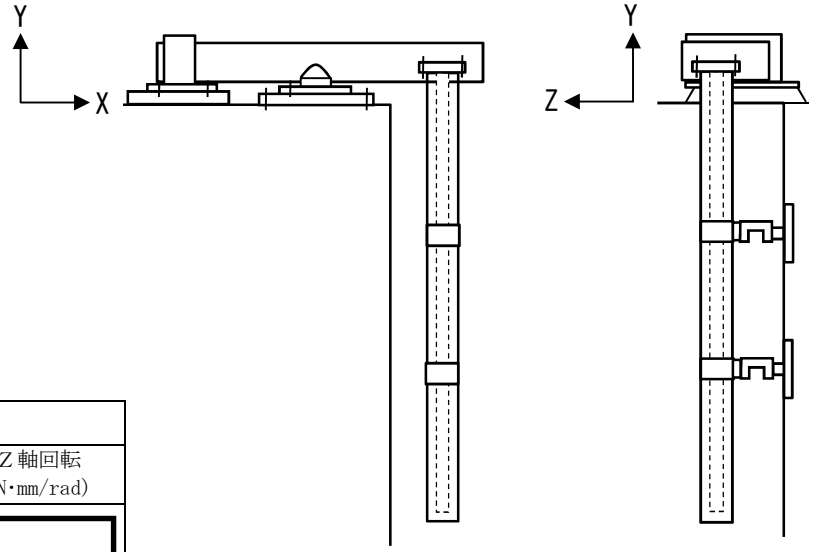
		機能維持評価用加速度*1	機能確認済加速度
使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域） (G41-L/TE108)	水平方向	2.24*2	[redacted]
	鉛直方向	3.80*2	[redacted]

注記＊1：基準地震動Ｓｓにより定まる評価部位における応答加速度又は 1.2・ZPA のいずれか大きい値とする。
＊2：機能維持評価用加速度は，打ち切り振動数を 30Hz として計算した結果を示す。
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

1.4　その他の機器要目

(1)　材料物性値

項目	記号	単位	入力値
縦弾性係数	E	MPa	190000 (SUS316TP)
			190000 (SUS316)
			190000 (SUS304)
ポアソン比	ν	—	0.3



(2)　ばねの指定

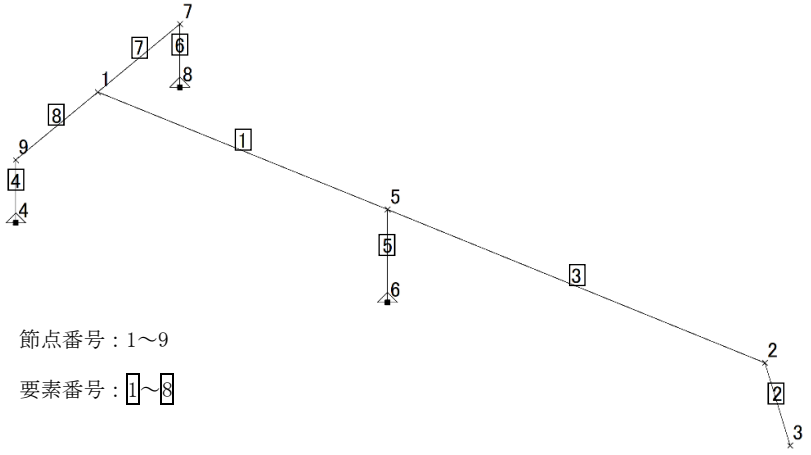
項目	ばね定数					
	X軸 (N/mm)	Y軸 (N/mm)	Z軸 (N/mm)	X軸回転 (N・mm/rad)	Y軸回転 (N・mm/rad)	Z軸回転 (N・mm/rad)
取合い点 (検出器上端)						
検出器サポート		—		—	—	—

(3)　検出器の断面性状

部材	要素 番号	断面積 (mm^2)	断面係数 (mm^3)
検出器	1～299		

(4)　検出器架台の断面性状

部材	要素 番号	Ac (mm^2)	Z1 (mm^3)	Z2 (mm^3)	Zp1 (mm^3)
検出器架台	1,3				
	2				
	7,8				
	4,6				
	5				



節点番号：1～9

要素番号：1～8

【使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域）（G41-L/TE110）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 検出器

1.1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域）（G41-L/TE110）	常設／防止常設／緩和	原子炉建屋 T.M.S.L.31.700*1	[redacted]	[redacted]	—	—	C_H＝1.38 又は*2	C_V＝1.15 又は*2	100

注記＊1：基準床レベルを示す。

＊2：基準地震動Ｓｓに基づく設計用床応答曲線から得られる値。

1.1.2 機器要目

1.1.2.1 検出器

部材	m_p (kg)	m_{W1} (kg)	m_{W2} (kg)	d_0 (mm)	d_i (mm)	l_p (mm)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)	F* (MPa)
保護管	[redacted]	[redacted]	[redacted]	165.2	151.0	11878	176	476	205	205

1.1.2.2 検出器サポート

部材	A1 (mm^2)	A2 (mm^2)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)	F* (MPa)
検出器サポート	2618	1138	176	476	205	205

1.1.3 計算数値

1.1.3.1 検出器

1.1.3.1.1 保護管に作用する反力

（単位：N）

部材	F_x		F_y		F_z	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
保護管 (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
保護管 Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
保護管 Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.1.3.2 保護管に作用するモーメント

（単位：N･m）

部材	M_x		M_y		M_z	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
保護管 (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
保護管 Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
保護管 Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.1.3.2　検出器サポート

1.1.3.2.1　検出器サポートに作用する反力

（単位：N）

部材	F_x		F_y		F_z	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
検出器サポート(上部) (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(上部) Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(上部) Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(下部) (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(下部) Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(下部) Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.1.3.2.2　検出器サポートに作用するモーメント

（単位：N･m）

部材	M_x		M_y		M_z	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
検出器サポート(上部) (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(上部) Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(上部) Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(下部) (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(下部) Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(下部) Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.2 検出器架台及び基礎ボルト

1.2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域）(G41-L/TE110)	常設／防止常設／緩和	原子炉建屋 T.M.S.L.31.700*	0.05 以下	[redacted]	—	—	C_H＝1.38	C_V＝1.15	100

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2.2 機器要目

1.2.2.1 基礎ボルト部

部材	W (N)	d (mm)	Ａｂ (mm^2)	n	Ｓｙ (MPa)	Ｓｕ (MPa)	F* (MPa)
基礎ボルト	[redacted]	16 (M16)	201.1	6	194 (40mm＜径)	373 (40mm＜径)	232

1.2.2.2 検出器架台部

部材	Ｓｙ (MPa)	Ｓｕ (MPa)	Ｓｙ（ＲＴ） (MPa)	F* (MPa)
検出器架台	171	441	205	205

1.2.3 計算数値

1.2.3.1 基礎ボルト部

1.2.3.1.1 基礎ボルト部に作用する反力 (単位：N)

部材	Ｆｘ		Ｆｙ		Ｆｚ	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
基礎ボルト Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
基礎ボルト Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.2.3.1.2　基礎ボルト部に作用するモーメント　（単位：N･m）

部材	M_x		M_y		M_z	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
基礎ボルト Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
基礎ボルト Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.2.3.2　検出器架台部

1.2.3.2.1　検出器架台部に作用する反力　（単位：N）

部材	F_x		F_y		F_z	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
検出器架台 (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器架台 Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器架台 Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.2.3.2.2　検出器架台部に作用するモーメント　（単位：N･m）

部材	M_x		M_y		M_z	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
検出器架台 (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器架台 Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器架台 Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.3　結論

1.3.1　検出器の応力

（単位：MPa）

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
保護管 (Ss-1～8 包絡)	SUS316TP	組合せ	—	—	$\sigma_{k1}=62$	$f_{t1}=205$
保護管 Ss-1	SUS316TP	組合せ	—	—	$\sigma_{k1}=67$	$f_{t1}=205$
保護管 Ss-7	SUS316TP	組合せ	—	—	$\sigma_{k1}=51$	$f_{t1}=205$

すべて許容応力以下である。

1.3.2　検出器サポートの応力

（単位：MPa）

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
検出器サポート(上部) (Ss-1～8 包絡)	SUS316	組合せ	—	—	$\sigma_{k2}=108$	$f_{t2}=205$
検出器サポート(上部) Ss-1	SUS316	組合せ	—	—	$\sigma_{k2}=148$	$f_{t2}=205$
検出器サポート(上部) Ss-7	SUS316	組合せ	—	—	$\sigma_{k2}=152$	$f_{t2}=205$
検出器サポート(下部) (Ss-1～8 包絡)	SUS316	組合せ	—	—	$\sigma_{k2}=66$	$f_{t2}=205$
検出器サポート(下部) Ss-1	SUS316	組合せ	—	—	$\sigma_{k2}=95$	$f_{t2}=205$
検出器サポート(下部) Ss-7	SUS316	組合せ	—	—	$\sigma_{k2}=65$	$f_{t2}=205$

すべて許容応力以下である。

1.3.3　基礎ボルトの応力　　(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (Ss-1～8 包絡)	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{ts}=72$	$f_{ts}=139^{*}$
		せん断	—	—	$\tau_{1}=12$	$f_{sb}=107$
基礎ボルト Ss-1	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{ts}=89$	$f_{ts}=139^{*}$
		せん断	—	—	$\tau_{1}=11$	$f_{sb}=107$
基礎ボルト Ss-7	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{ts}=69$	$f_{ts}=139^{*}$
		せん断	—	—	$\tau_{1}=13$	$f_{sb}=107$

すべて許容応力以下である。　　注記＊：$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau, f_{to}]$

1.3.4　検出器架台の応力　　(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
検出器架台 (Ss-1～8 包絡)	SUS304	組合せ	—	—	$\sigma_{k3}=201$	$f_{t3}=205$
検出器架台 Ss-1	SUS304	組合せ	—	—	$\sigma_{k3}=143$	$f_{t3}=205$
検出器架台 Ss-7	SUS304	組合せ	—	—	$\sigma_{k3}=105$	$f_{t3}=205$

すべて許容応力以下である。

1.3.5　電気的機能の評価結果　　(×9.8m/s²)

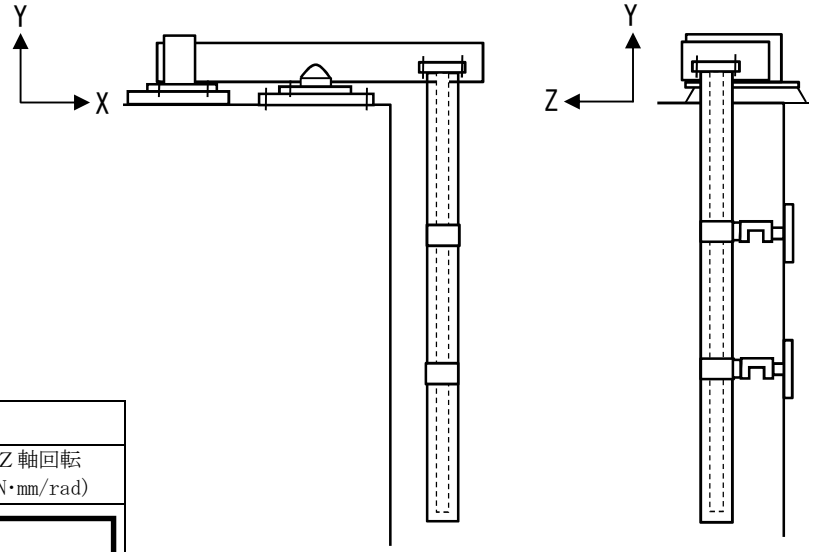
		機能維持評価用加速度*1	機能確認済加速度
使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域） (G41-L/TE110)	水平方向	2.24*2	[redacted]
	鉛直方向	3.80*2	[redacted]

注記＊1：基準地震動Ｓｓにより定まる評価部位における応答加速度又は 1.2・ZPA のいずれか大きい値とする。
＊2：機能維持評価用加速度は，打ち切り振動数を 30Hz として計算した結果を示す。
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

1.4　その他の機器要目

(1)　材料物性値

項目	記号	単位	入力値
縦弾性係数	E	MPa	190000 (SUS316TP)
			190000 (SUS316)
			190000 (SUS304)
ポアソン比	ν	—	0.3



(2)　ばねの指定

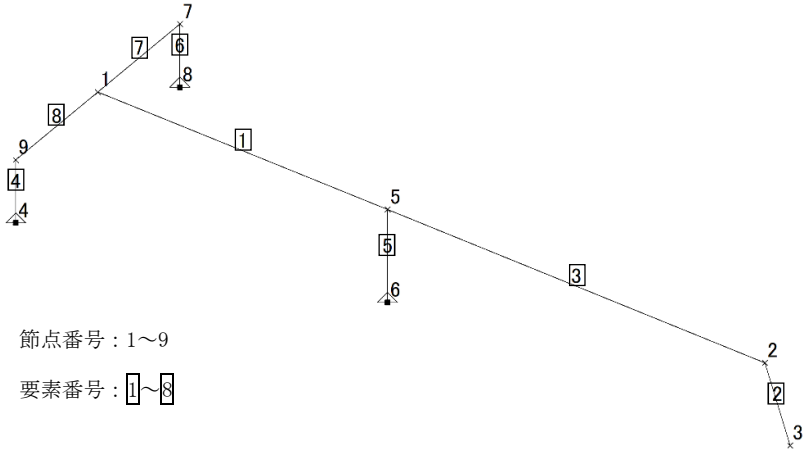
項目	ばね定数					
	X軸 (N/mm)	Y軸 (N/mm)	Z軸 (N/mm)	X軸回転 (N・mm/rad)	Y軸回転 (N・mm/rad)	Z軸回転 (N・mm/rad)
取合い点 (検出器上端)						
検出器サポート		—		—	—	—

(3)　検出器の断面性状

部材	要素 番号	断面積 (mm^2)	断面係数 (mm^3)
検出器	1～299		

(4)　検出器架台の断面性状

部材	要素 番号	Ac (mm^2)	Z1 (mm^3)	Z2 (mm^3)	Zp1 (mm^3)
検出器架台	1,3				
	2				
	7,8				
	4,6				
	5				



節点番号：1～9

要素番号：1～8

【使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域）（G41-L/TE111）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 検出器

1.1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域）（G41-L/TE111）	常設／防止常設／緩和	原子炉建屋 T.M.S.L.31.700*1	[redacted]	[redacted]	—	—	C_H＝1.38 又は*2	C_V＝1.15 又は*2	100

注記＊1：基準床レベルを示す。

＊2：基準地震動Ｓｓに基づく設計用床応答曲線から得られる値。

1.1.2 機器要目

1.1.2.1 検出器

部材	m_p (kg)	m_{W1} (kg)	m_{W2} (kg)	d_0 (mm)	d_i (mm)	l_p (mm)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)	F* (MPa)
保護管	[redacted]	[redacted]	[redacted]	165.2	151.0	11878	176	476	205	205

1.1.2.2 検出器サポート

部材	A1 (mm^2)	A2 (mm^2)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)	F* (MPa)
検出器サポート	2618	1138	176	476	205	205

1.1.3 計算数値

1.1.3.1 検出器

1.1.3.1.1 保護管に作用する反力

(単位：N)

部材	F_x		F_y		F_z	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
保護管 (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
保護管 Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
保護管 Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.1.3.2 保護管に作用するモーメント

(単位：N･m)

部材	M_x		M_y		M_z	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
保護管 (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
保護管 Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
保護管 Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.1.3.2　検出器サポート

1.1.3.2.1　検出器サポートに作用する反力

（単位：N）

部材	F_x		F_y		F_z	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
検出器サポート(上部) (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(上部) Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(上部) Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(下部) (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(下部) Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(下部) Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.1.3.2.2　検出器サポートに作用するモーメント

（単位：N･m）

部材	M_x		M_y		M_z	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
検出器サポート(上部) (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(上部) Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(上部) Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(下部) (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(下部) Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(下部) Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.2 検出器架台及び基礎ボルト

1.2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域）(G41-L/TE111)	常設／防止常設／緩和	原子炉建屋 T.M.S.L.31.700*	0.05 以下	[redacted]	—	—	C_H＝1.38	C_V＝1.15	100

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2.2 機器要目

1.2.2.1 基礎ボルト部

部材	W (N)	d (mm)	Ａｂ (mm^2)	n	Ｓｙ (MPa)	Ｓｕ (MPa)	F* (MPa)
基礎ボルト	[redacted]	16 (M16)	201.1	6	194 (40mm＜径)	373 (40mm＜径)	232

1.2.2.2 検出器架台部

部材	Ｓｙ (MPa)	Ｓｕ (MPa)	Ｓｙ（ＲＴ） (MPa)	F* (MPa)
検出器架台	171	441	205	205

1.2.3 計算数値

1.2.3.1 基礎ボルト部

1.2.3.1.1 基礎ボルト部に作用する反力 (単位：N)

部材	Ｆｘ		Ｆｙ		Ｆｚ	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
基礎ボルト Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
基礎ボルト Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.2.3.1.2　基礎ボルト部に作用するモーメント　（単位：N･m）

部材	M_x		M_y		M_z	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
基礎ボルト Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
基礎ボルト Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.2.3.2　検出器架台部

1.2.3.2.1　検出器架台部に作用する反力　（単位：N）

部材	F_x		F_y		F_z	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
検出器架台 (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器架台 Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器架台 Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.2.3.2.2　検出器架台部に作用するモーメント　（単位：N･m）

部材	M_x		M_y		M_z	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
検出器架台 (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器架台 Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器架台 Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.3　結論

1.3.1　検出器の応力

（単位：MPa）

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
保護管 (Ss-1～8 包絡)	SUS316TP	組合せ	—	—	$\sigma_{k1}=62$	$f_{t1}=205$
保護管 Ss-1	SUS316TP	組合せ	—	—	$\sigma_{k1}=67$	$f_{t1}=205$
保護管 Ss-7	SUS316TP	組合せ	—	—	$\sigma_{k1}=51$	$f_{t1}=205$

すべて許容応力以下である。

1.3.2　検出器サポートの応力

（単位：MPa）

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
検出器サポート(上部) (Ss-1～8 包絡)	SUS316	組合せ	—	—	$\sigma_{k2}=108$	$f_{t2}=205$
検出器サポート(上部) Ss-1	SUS316	組合せ	—	—	$\sigma_{k2}=148$	$f_{t2}=205$
検出器サポート(上部) Ss-7	SUS316	組合せ	—	—	$\sigma_{k2}=152$	$f_{t2}=205$
検出器サポート(下部) (Ss-1～8 包絡)	SUS316	組合せ	—	—	$\sigma_{k2}=66$	$f_{t2}=205$
検出器サポート(下部) Ss-1	SUS316	組合せ	—	—	$\sigma_{k2}=95$	$f_{t2}=205$
検出器サポート(下部) Ss-7	SUS316	組合せ	—	—	$\sigma_{k2}=65$	$f_{t2}=205$

すべて許容応力以下である。

1.3.3　基礎ボルトの応力　　（単位：MPa）

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (Ss-1～8 包絡)	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{ts}=72$	$f_{ts}=139^{*}$
		せん断	—	—	$\tau_{1}=12$	$f_{sb}=107$
基礎ボルト Ss-1	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{ts}=89$	$f_{ts}=139^{*}$
		せん断	—	—	$\tau_{1}=11$	$f_{sb}=107$
基礎ボルト Ss-7	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{ts}=69$	$f_{ts}=139^{*}$
		せん断	—	—	$\tau_{1}=13$	$f_{sb}=107$

すべて許容応力以下である。　　注記＊：$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau, f_{to}]$

1.3.4　検出器架台の応力　　（単位：MPa）

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
検出器架台 (Ss-1～8 包絡)	SUS304	組合せ	—	—	$\sigma_{k3}=201$	$f_{t3}=205$
検出器架台 Ss-1	SUS304	組合せ	—	—	$\sigma_{k3}=143$	$f_{t3}=205$
検出器架台 Ss-7	SUS304	組合せ	—	—	$\sigma_{k3}=105$	$f_{t3}=205$

すべて許容応力以下である。

1.3.5　電気的機能の評価結果　　（×9.8m/s²）

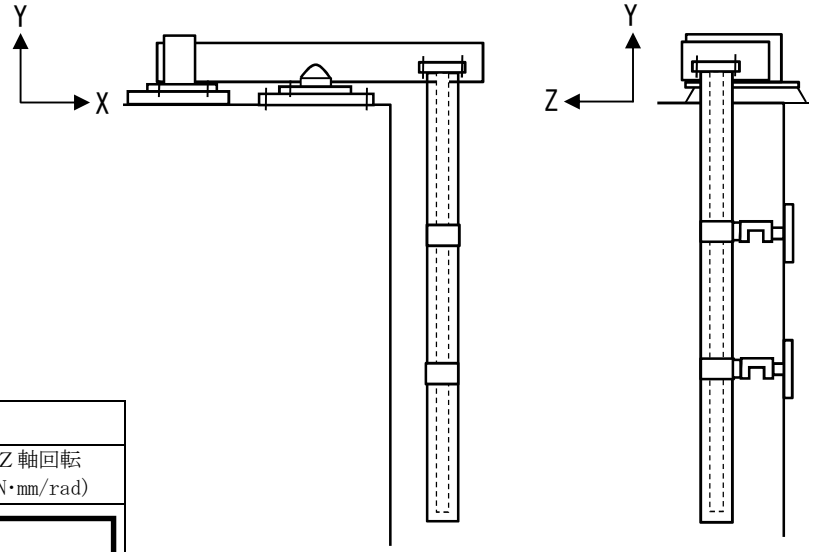
		機能維持評価用加速度*1	機能確認済加速度
使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域） (G41-L/TE111)	水平方向	2.24*2	[redacted]
	鉛直方向	3.80*2	[redacted]

注記＊1：基準地震動Ｓｓにより定まる評価部位における応答加速度又は 1.2・ZPA のいずれか大きい値とする。
＊2：機能維持評価用加速度は，打ち切り振動数を 30Hz として計算した結果を示す。
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

1.4　その他の機器要目

(1)　材料物性値

項目	記号	単位	入力値
縦弾性係数	E	MPa	190000 (SUS316TP)
			190000 (SUS316)
			190000 (SUS304)
ポアソン比	ν	—	0.3



(2)　ばねの指定

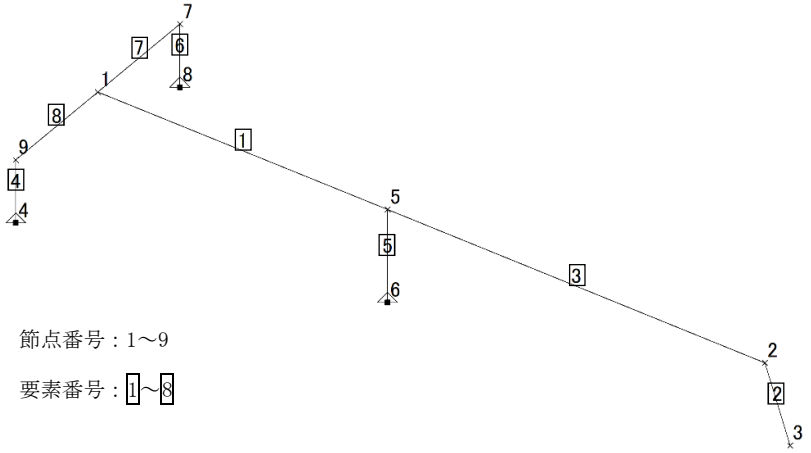
項目	ばね定数					
	X軸 (N/mm)	Y軸 (N/mm)	Z軸 (N/mm)	X軸回転 (N・mm/rad)	Y軸回転 (N・mm/rad)	Z軸回転 (N・mm/rad)
取合い点 (検出器上端)						
検出器サポート		—		—	—	—

(3)　検出器の断面性状

部材	要素 番号	断面積 (mm^2)	断面係数 (mm^3)
検出器	1～299		

(4)　検出器架台の断面性状

部材	要素 番号	Ac (mm^2)	Z1 (mm^3)	Z2 (mm^3)	Zp1 (mm^3)
検出器架台	1,3				
	2				
	7,8				
	4,6				
	5				



節点番号：1～9

要素番号：1～8

【使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域）（G41-L/TE112）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 検出器

1.1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域）（G41-L/TE112）	常設／防止常設／緩和	原子炉建屋 T.M.S.L.31.700*1	[redacted]	[redacted]	—	—	C_H＝1.38 又は*2	C_V＝1.15 又は*2	100

注記＊1：基準床レベルを示す。

＊2：基準地震動Ｓｓに基づく設計用床応答曲線から得られる値。

1.1.2 機器要目

1.1.2.1 検出器

部材	m_p (kg)	m_{W1} (kg)	m_{W2} (kg)	d_0 (mm)	d_i (mm)	l_p (mm)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)	F* (MPa)
保護管	[redacted]	[redacted]	[redacted]	165.2	151.0	11878	176	476	205	205

1.1.2.2 検出器サポート

部材	A1 (mm^2)	A2 (mm^2)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)	F* (MPa)
検出器サポート	2618	1138	176	476	205	205

1.1.3 計算数値

1.1.3.1 検出器

1.1.3.1.1 保護管に作用する反力

(単位：N)

部材	F_x		F_y		F_z	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
保護管 (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
保護管 Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
保護管 Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.1.3.2 保護管に作用するモーメント

(単位：N･m)

部材	M_x		M_y		M_z	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
保護管 (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
保護管 Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
保護管 Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.1.3.2　検出器サポート

1.1.3.2.1　検出器サポートに作用する反力

（単位：N）

部材	F_x		F_y		F_z	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
検出器サポート(上部) (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(上部) Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(上部) Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(下部) (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(下部) Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(下部) Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.1.3.2.2　検出器サポートに作用するモーメント

（単位：N･m）

部材	M_x		M_y		M_z	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
検出器サポート(上部) (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(上部) Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(上部) Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(下部) (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(下部) Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(下部) Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.2 検出器架台及び基礎ボルト

1.2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域）(G41-L/TE112)	常設／防止常設／緩和	原子炉建屋 T.M.S.L.31.700*	0.05 以下	[redacted]	—	—	C_H=1.38	C_V=1.15	100

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2.2 機器要目

1.2.2.1 基礎ボルト部

部材	W (N)	d (mm)	Ａｂ (mm^2)	n	Ｓｙ (MPa)	Ｓｕ (MPa)	F* (MPa)
基礎ボルト	[redacted]	16 (M16)	201.1	6	194 (40mm＜径)	373 (40mm＜径)	232

1.2.2.2 検出器架台部

部材	Ｓｙ (MPa)	Ｓｕ (MPa)	Ｓｙ（ＲＴ） (MPa)	F* (MPa)
検出器架台	171	441	205	205

1.2.3 計算数値

1.2.3.1 基礎ボルト部

1.2.3.1.1 基礎ボルト部に作用する反力 (単位：N)

部材	Ｆｘ		Ｆｙ		Ｆｚ	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
基礎ボルト Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
基礎ボルト Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.2.3.1.2　基礎ボルト部に作用するモーメント　（単位：N･m）

部材	M_x		M_y		M_z	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
基礎ボルト Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
基礎ボルト Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.2.3.2　検出器架台部

1.2.3.2.1　検出器架台部に作用する反力　（単位：N）

部材	F_x		F_y		F_z	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
検出器架台 (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器架台 Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器架台 Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.2.3.2.2　検出器架台部に作用するモーメント　（単位：N･m）

部材	M_x		M_y		M_z	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
検出器架台 (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器架台 Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器架台 Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.3　結論

1.3.1　検出器の応力

（単位：MPa）

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
保護管 (Ss-1～8 包絡)	SUS316TP	組合せ	—	—	$\sigma_{k1}=62$	$f_{t1}=205$
保護管 Ss-1	SUS316TP	組合せ	—	—	$\sigma_{k1}=67$	$f_{t1}=205$
保護管 Ss-7	SUS316TP	組合せ	—	—	$\sigma_{k1}=51$	$f_{t1}=205$

すべて許容応力以下である。

1.3.2　検出器サポートの応力

（単位：MPa）

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
検出器サポート(上部) (Ss-1～8 包絡)	SUS316	組合せ	—	—	$\sigma_{k2}=108$	$f_{t2}=205$
検出器サポート(上部) Ss-1	SUS316	組合せ	—	—	$\sigma_{k2}=148$	$f_{t2}=205$
検出器サポート(上部) Ss-7	SUS316	組合せ	—	—	$\sigma_{k2}=152$	$f_{t2}=205$
検出器サポート(下部) (Ss-1～8 包絡)	SUS316	組合せ	—	—	$\sigma_{k2}=66$	$f_{t2}=205$
検出器サポート(下部) Ss-1	SUS316	組合せ	—	—	$\sigma_{k2}=95$	$f_{t2}=205$
検出器サポート(下部) Ss-7	SUS316	組合せ	—	—	$\sigma_{k2}=65$	$f_{t2}=205$

すべて許容応力以下である。

1.3.3　基礎ボルトの応力　　(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (Ss-1～8 包絡)	SS400	引張り	—	—	σ_{ts}＝72	f_{ts}＝139*
		せん断	—	—	τ_1＝12	f_{sb}＝107
基礎ボルト Ss-1	SS400	引張り	—	—	σ_{ts}＝89	f_{ts}＝139*
		せん断	—	—	τ_1＝11	f_{sb}＝107
基礎ボルト Ss-7	SS400	引張り	—	—	σ_{ts}＝69	f_{ts}＝139*
		せん断	—	—	τ_1＝13	f_{sb}＝107

すべて許容応力以下である。　　注記＊：$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau, f_{to}]$

1.3.4　検出器架台の応力　　(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
検出器架台 (Ss-1～8 包絡)	SUS304	組合せ	—	—	σ_{k3}＝201	f_{t3}＝205
検出器架台 Ss-1	SUS304	組合せ	—	—	σ_{k3}＝143	f_{t3}＝205
検出器架台 Ss-7	SUS304	組合せ	—	—	σ_{k3}＝105	f_{t3}＝205

すべて許容応力以下である。

1.3.5　電気的機能の評価結果　　(×9.8m/s²)

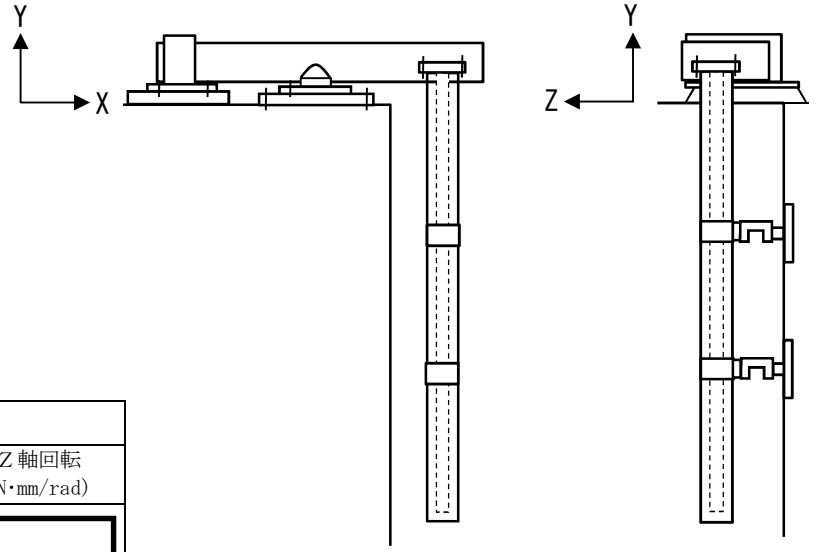
		機能維持評価用加速度*1	機能確認済加速度
使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域） (G41-L/TE112)	水平方向	2.24*2	[redacted]
	鉛直方向	3.80*2	[redacted]

注記＊1：基準地震動Ｓｓにより定まる評価部位における応答加速度又は 1.2・ZPA のいずれか大きい値とする。
＊2：機能維持評価用加速度は，打ち切り振動数を 30Hz として計算した結果を示す。
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

1.4　その他の機器要目

(1)　材料物性値

項目	記号	単位	入力値
縦弾性係数	E	MPa	190000 (SUS316TP)
			190000 (SUS316)
			190000 (SUS304)
ポアソン比	ν	—	0.3



(2)　ばねの指定

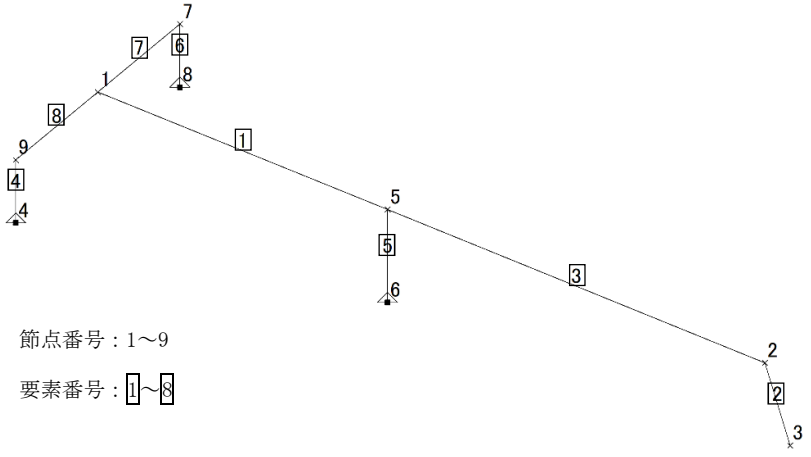
項目	ばね定数					
	X軸 (N/mm)	Y軸 (N/mm)	Z軸 (N/mm)	X軸回転 (N・mm/rad)	Y軸回転 (N・mm/rad)	Z軸回転 (N・mm/rad)
取合い点 (検出器上端)						
検出器サポート		—		—	—	—

(3)　検出器の断面性状

部材	要素 番号	断面積 (mm^2)	断面係数 (mm^3)
検出器	1～299		

(4)　検出器架台の断面性状

部材	要素 番号	Ac (mm^2)	Z1 (mm^3)	Z2 (mm^3)	Zp1 (mm^3)
検出器架台	1,3				
	2				
	7,8				
	4,6				
	5				



【使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域）（G41-L/TE113）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 検出器

1.1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域）（G41-L/TE113）	常設／防止常設／緩和	原子炉建屋 T.M.S.L.31.700*1	[redacted]	[redacted]	—	—	C_H＝1.38 又は*2	C_V＝1.15 又は*2	100

注記＊1：基準床レベルを示す。

＊2：基準地震動Ｓｓに基づく設計用床応答曲線から得られる値。

1.1.2 機器要目

1.1.2.1 検出器

部材	m_p (kg)	m_{W1} (kg)	m_{W2} (kg)	d_0 (mm)	d_i (mm)	l_p (mm)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)	F* (MPa)
保護管	[redacted]	[redacted]	[redacted]	165.2	151.0	11878	176	476	205	205

1.1.2.2 検出器サポート

部材	A1 (mm^2)	A2 (mm^2)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)	F* (MPa)
検出器サポート	2618	1138	176	476	205	205

1.1.3 計算数値

1.1.3.1 検出器

1.1.3.1.1 保護管に作用する反力

（単位：N）

部材	F_x		F_y		F_z	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
保護管 (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
保護管 Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
保護管 Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.1.3.2 保護管に作用するモーメント

（単位：N･m）

部材	M_x		M_y		M_z	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
保護管 (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
保護管 Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
保護管 Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.1.3.2　検出器サポート

1.1.3.2.1　検出器サポートに作用する反力

（単位：N）

部材	Fx		Fy		Fz	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
検出器サポート(上部)(Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(上部)Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(上部)Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(下部)(Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(下部)Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(下部)Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.1.3.2.2　検出器サポートに作用するモーメント

（単位：N･m）

部材	Mx		My		Mz	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
検出器サポート(上部)(Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(上部)Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(上部)Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(下部)(Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(下部)Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(下部)Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.2 検出器架台及び基礎ボルト

1.2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域）(G41-L/TE113)	常設／防止常設／緩和	原子炉建屋 T.M.S.L.31.700*	0.05 以下	[redacted]	—	—	C_H＝1.38	C_V＝1.15	100

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2.2 機器要目

1.2.2.1 基礎ボルト部

部材	W (N)	d (mm)	Ａｂ (mm^2)	n	Ｓｙ (MPa)	Ｓｕ (MPa)	F* (MPa)
基礎ボルト	[redacted]	16 (M16)	201.1	6	194 (40mm＜径)	373 (40mm＜径)	232

1.2.2.2 検出器架台部

部材	Ｓｙ (MPa)	Ｓｕ (MPa)	Ｓｙ（ＲＴ） (MPa)	F* (MPa)
検出器架台	171	441	205	205

1.2.3 計算数値

1.2.3.1 基礎ボルト部

1.2.3.1.1 基礎ボルト部に作用する反力 (単位：N)

部材	Ｆｘ		Ｆｙ		Ｆｚ	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
基礎ボルト Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
基礎ボルト Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.2.3.1.2　基礎ボルト部に作用するモーメント　（単位：N･m）

部材	M_x		M_y		M_z	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
基礎ボルト Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
基礎ボルト Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.2.3.2　検出器架台部

1.2.3.2.1　検出器架台部に作用する反力　（単位：N）

部材	F_x		F_y		F_z	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
検出器架台 (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器架台 Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器架台 Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.2.3.2.2　検出器架台部に作用するモーメント　（単位：N･m）

部材	M_x		M_y		M_z	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
検出器架台 (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器架台 Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器架台 Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.3　結論

1.3.1　検出器の応力

（単位：MPa）

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
保護管 (Ss-1～8 包絡)	SUS316TP	組合せ	—	—	$\sigma_{k1}=62$	$f_{t1}=205$
保護管 Ss-1	SUS316TP	組合せ	—	—	$\sigma_{k1}=67$	$f_{t1}=205$
保護管 Ss-7	SUS316TP	組合せ	—	—	$\sigma_{k1}=51$	$f_{t1}=205$

すべて許容応力以下である。

1.3.2　検出器サポートの応力

（単位：MPa）

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
検出器サポート(上部) (Ss-1～8 包絡)	SUS316	組合せ	—	—	$\sigma_{k2}=108$	$f_{t2}=205$
検出器サポート(上部) Ss-1	SUS316	組合せ	—	—	$\sigma_{k2}=148$	$f_{t2}=205$
検出器サポート(上部) Ss-7	SUS316	組合せ	—	—	$\sigma_{k2}=152$	$f_{t2}=205$
検出器サポート(下部) (Ss-1～8 包絡)	SUS316	組合せ	—	—	$\sigma_{k2}=66$	$f_{t2}=205$
検出器サポート(下部) Ss-1	SUS316	組合せ	—	—	$\sigma_{k2}=95$	$f_{t2}=205$
検出器サポート(下部) Ss-7	SUS316	組合せ	—	—	$\sigma_{k2}=65$	$f_{t2}=205$

すべて許容応力以下である。

1.3.3　基礎ボルトの応力　　（単位：MPa）

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (Ss-1～8 包絡)	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{ts}=72$	$f_{ts}=139^{*}$
		せん断	—	—	$\tau_{1}=12$	$f_{sb}=107$
基礎ボルト Ss-1	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{ts}=89$	$f_{ts}=139^{*}$
		せん断	—	—	$\tau_{1}=11$	$f_{sb}=107$
基礎ボルト Ss-7	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{ts}=69$	$f_{ts}=139^{*}$
		せん断	—	—	$\tau_{1}=13$	$f_{sb}=107$

すべて許容応力以下である。

注記＊：$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau, f_{to}]$

1.3.4　検出器架台の応力　　（単位：MPa）

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
検出器架台 (Ss-1～8 包絡)	SUS304	組合せ	—	—	$\sigma_{k3}=201$	$f_{t3}=205$
検出器架台 Ss-1	SUS304	組合せ	—	—	$\sigma_{k3}=143$	$f_{t3}=205$
検出器架台 Ss-7	SUS304	組合せ	—	—	$\sigma_{k3}=105$	$f_{t3}=205$

すべて許容応力以下である。

1.3.5　電気的機能の評価結果　　（×9.8m/s²）

		機能維持評価用加速度*1	機能確認済加速度
使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域） (G41-L/TE113)	水平方向	2.24*2	[redacted]
	鉛直方向	3.80*2	[redacted]

注記＊1：基準地震動Ｓｓにより定まる評価部位における応答加速度又は 1.2・ZPA のいずれか大きい値とする。

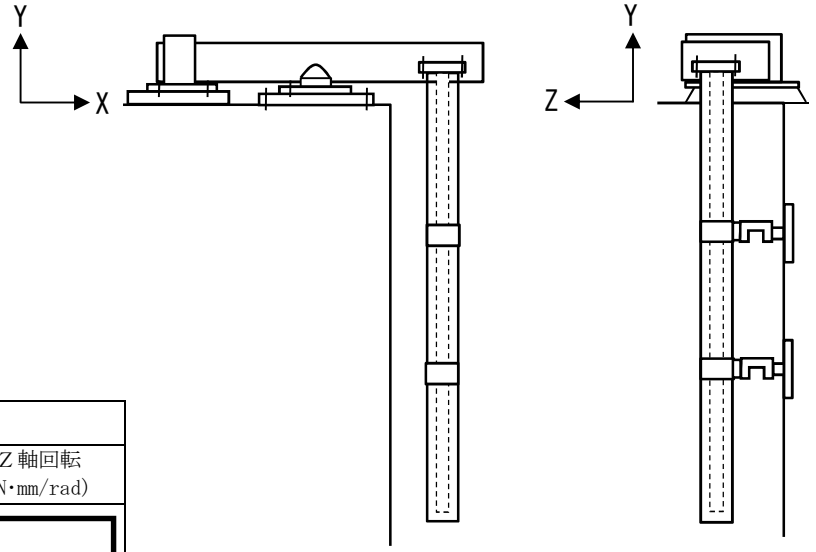
＊2：機能維持評価用加速度は，打ち切り振動数を 30Hz として計算した結果を示す。

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

1.4　その他の機器要目

(1)　材料物性値

項目	記号	単位	入力値
縦弾性係数	E	MPa	190000 (SUS316TP)
			190000 (SUS316)
			190000 (SUS304)
ポアソン比	ν	—	0.3



(2)　ばねの指定

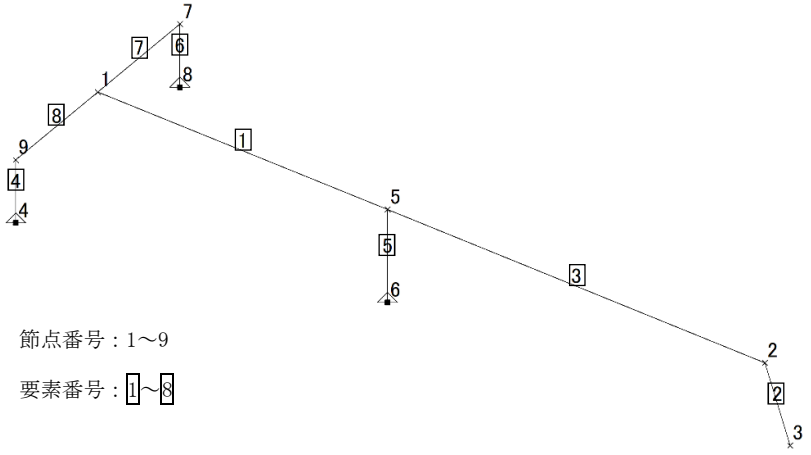
項目	ばね定数					
	X軸 (N/mm)	Y軸 (N/mm)	Z軸 (N/mm)	X軸回転 (N・mm/rad)	Y軸回転 (N・mm/rad)	Z軸回転 (N・mm/rad)
取合い点 (検出器上端)						
検出器サポート		—		—	—	—

(3)　検出器の断面性状

部材	要素 番号	断面積 (mm^2)	断面係数 (mm^3)
検出器	1～299		

(4)　検出器架台の断面性状

部材	要素 番号	Ac (mm^2)	Z1 (mm^3)	Z2 (mm^3)	Zp1 (mm^3)
検出器架台	1,3				
	2				
	7,8				
	4,6				
	5				



節点番号：1～9

要素番号：1～8

【使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域）（G41-L/TE114）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 検出器

1.1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域）（G41-L/TE114）	常設／防止常設／緩和	原子炉建屋 T.M.S.L.31.700*1	[redacted]	[redacted]	—	—	C_H＝1.38 又は*2	C_V＝1.15 又は*2	100

注記＊1：基準床レベルを示す。

＊2：基準地震動Ｓｓに基づく設計用床応答曲線から得られる値。

1.1.2 機器要目

1.1.2.1 検出器

部材	m_p (kg)	m_{W1} (kg)	m_{W2} (kg)	d_0 (mm)	d_i (mm)	l_p (mm)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)	F* (MPa)
保護管	[redacted]	[redacted]	[redacted]	165.2	151.0	11878	176	476	205	205

1.1.2.2 検出器サポート

部材	A1 (mm^2)	A2 (mm^2)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)	F* (MPa)
検出器サポート	2618	1138	176	476	205	205

1.1.3 計算数値

1.1.3.1 検出器

1.1.3.1.1 保護管に作用する反力

（単位：N）

部材	F_x		F_y		F_z	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
保護管 (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
保護管 Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
保護管 Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.1.3.2 保護管に作用するモーメント

（単位：N･m）

部材	M_x		M_y		M_z	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
保護管 (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
保護管 Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
保護管 Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.1.3.2　検出器サポート

1.1.3.2.1　検出器サポートに作用する反力

（単位：N）

部材	F_x		F_y		F_z	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
検出器サポート(上部) (Ss-1～8 包絡)	―	[redacted]	―	[redacted]	―	[redacted]
検出器サポート(上部) Ss-1	―	[redacted]	―	[redacted]	―	[redacted]
検出器サポート(上部) Ss-7	―	[redacted]	―	[redacted]	―	[redacted]
検出器サポート(下部) (Ss-1～8 包絡)	―	[redacted]	―	[redacted]	―	[redacted]
検出器サポート(下部) Ss-1	―	[redacted]	―	[redacted]	―	[redacted]
検出器サポート(下部) Ss-7	―	[redacted]	―	[redacted]	―	[redacted]

1.1.3.2.2　検出器サポートに作用するモーメント

（単位：N･m）

部材	M_x		M_y		M_z	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
検出器サポート(上部) (Ss-1～8 包絡)	―	[redacted]	―	[redacted]	―	[redacted]
検出器サポート(上部) Ss-1	―	[redacted]	―	[redacted]	―	[redacted]
検出器サポート(上部) Ss-7	―	[redacted]	―	[redacted]	―	[redacted]
検出器サポート(下部) (Ss-1～8 包絡)	―	[redacted]	―	[redacted]	―	[redacted]
検出器サポート(下部) Ss-1	―	[redacted]	―	[redacted]	―	[redacted]
検出器サポート(下部) Ss-7	―	[redacted]	―	[redacted]	―	[redacted]

1.2 検出器架台及び基礎ボルト

1.2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域）(G41-L/TE114)	常設／防止常設／緩和	原子炉建屋 T.M.S.L.31.700*	0.05 以下	[redacted]	—	—	C_H＝1.38	C_V＝1.15	100

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2.2 機器要目

1.2.2.1 基礎ボルト部

部材	W (N)	d (mm)	Ａｂ (mm^2)	n	Ｓｙ (MPa)	Ｓｕ (MPa)	F* (MPa)
基礎ボルト	[redacted]	16 (M16)	201.1	6	194 (40mm＜径)	373 (40mm＜径)	232

1.2.2.2 検出器架台部

部材	Ｓｙ (MPa)	Ｓｕ (MPa)	Ｓｙ（ＲＴ） (MPa)	F* (MPa)
検出器架台	171	441	205	205

1.2.3 計算数値

1.2.3.1 基礎ボルト部

1.2.3.1.1 基礎ボルト部に作用する反力 (単位：N)

部材	Ｆｘ		Ｆｙ		Ｆｚ	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
基礎ボルト Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
基礎ボルト Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.2.3.1.2　基礎ボルト部に作用するモーメント　（単位：N･m）

部材	M_x		M_y		M_z	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
基礎ボルト Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
基礎ボルト Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.2.3.2　検出器架台部

1.2.3.2.1　検出器架台部に作用する反力　（単位：N）

部材	F_x		F_y		F_z	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
検出器架台 (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器架台 Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器架台 Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.2.3.2.2　検出器架台部に作用するモーメント　（単位：N･m）

部材	M_x		M_y		M_z	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
検出器架台 (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器架台 Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器架台 Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.3　結論

1.3.1　検出器の応力

（単位：MPa）

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
保護管 (Ss-1～8 包絡)	SUS316TP	組合せ	—	—	$\sigma_{k1}=62$	$f_{t1}=205$
保護管 Ss-1	SUS316TP	組合せ	—	—	$\sigma_{k1}=67$	$f_{t1}=205$
保護管 Ss-7	SUS316TP	組合せ	—	—	$\sigma_{k1}=51$	$f_{t1}=205$

すべて許容応力以下である。

1.3.2　検出器サポートの応力

（単位：MPa）

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
検出器サポート(上部) (Ss-1～8 包絡)	SUS316	組合せ	—	—	$\sigma_{k2}=108$	$f_{t2}=205$
検出器サポート(上部) Ss-1	SUS316	組合せ	—	—	$\sigma_{k2}=148$	$f_{t2}=205$
検出器サポート(上部) Ss-7	SUS316	組合せ	—	—	$\sigma_{k2}=152$	$f_{t2}=205$
検出器サポート(下部) (Ss-1～8 包絡)	SUS316	組合せ	—	—	$\sigma_{k2}=66$	$f_{t2}=205$
検出器サポート(下部) Ss-1	SUS316	組合せ	—	—	$\sigma_{k2}=95$	$f_{t2}=205$
検出器サポート(下部) Ss-7	SUS316	組合せ	—	—	$\sigma_{k2}=65$	$f_{t2}=205$

すべて許容応力以下である。

1.3.3　基礎ボルトの応力　　（単位：MPa）

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (Ss-1～8 包絡)	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{ts}=72$	$f_{ts}=139^{*}$
		せん断	—	—	$\tau_{1}=12$	$f_{sb}=107$
基礎ボルト Ss-1	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{ts}=89$	$f_{ts}=139^{*}$
		せん断	—	—	$\tau_{1}=11$	$f_{sb}=107$
基礎ボルト Ss-7	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{ts}=69$	$f_{ts}=139^{*}$
		せん断	—	—	$\tau_{1}=13$	$f_{sb}=107$

すべて許容応力以下である。　　注記＊：$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau, f_{to}]$

1.3.4　検出器架台の応力　　（単位：MPa）

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
検出器架台 (Ss-1～8 包絡)	SUS304	組合せ	—	—	$\sigma_{k3}=201$	$f_{t3}=205$
検出器架台 Ss-1	SUS304	組合せ	—	—	$\sigma_{k3}=143$	$f_{t3}=205$
検出器架台 Ss-7	SUS304	組合せ	—	—	$\sigma_{k3}=105$	$f_{t3}=205$

すべて許容応力以下である。

1.3.5　電気的機能の評価結果　　（×9.8m/s^2）

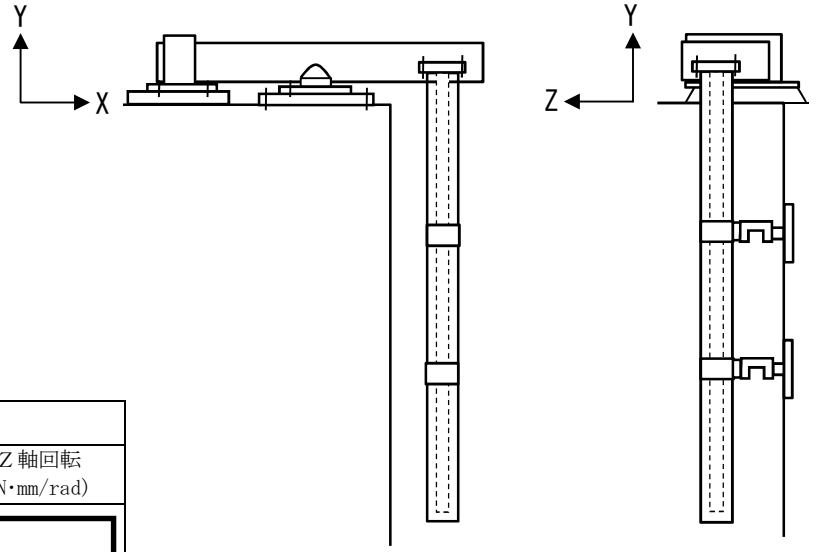
		機能維持評価用加速度*1	機能確認済加速度
使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域） (G41-L/TE114)	水平方向	2.24*2	[redacted]
	鉛直方向	3.80*2	[redacted]

注記＊1：基準地震動Ｓｓにより定まる評価部位における応答加速度又は 1.2・ZPA のいずれか大きい値とする。
＊2：機能維持評価用加速度は，打ち切り振動数を 30Hz として計算した結果を示す。
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

1.4　その他の機器要目

(1)　材料物性値

項目	記号	単位	入力値
縦弾性係数	E	MPa	190000 (SUS316TP)
			190000 (SUS316)
			190000 (SUS304)
ポアソン比	ν	—	0.3



(2)　ばねの指定

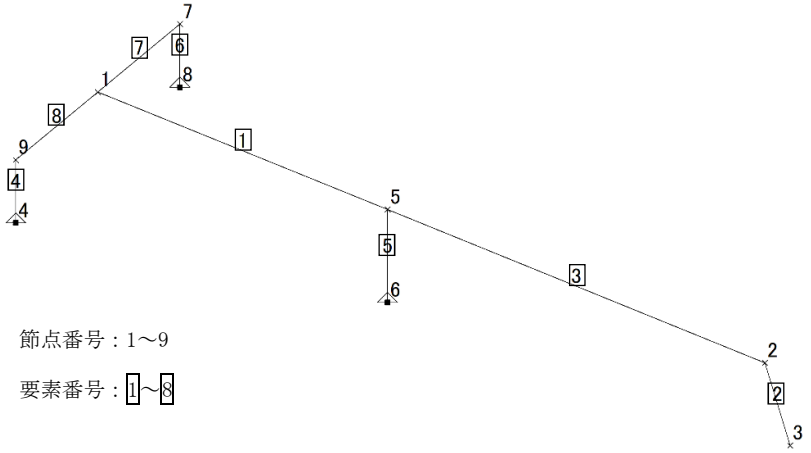
項目	ばね定数					
	X軸 (N/mm)	Y軸 (N/mm)	Z軸 (N/mm)	X軸回転 (N・mm/rad)	Y軸回転 (N・mm/rad)	Z軸回転 (N・mm/rad)
取合い点 (検出器上端)						
検出器サポート		—		—	—	—

(3)　検出器の断面性状

部材	要素 番号	断面積 (mm^2)	断面係数 (mm^3)
検出器	1～299		

(4)　検出器架台の断面性状

部材	要素 番号	Ac (mm^2)	Z1 (mm^3)	Z2 (mm^3)	Zp1 (mm^3)
検出器架台	1,3				
	2				
	7,8				
	4,6				
	5				



【使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域）（G41-L/TE115）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 検出器

1.1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域）（G41-L/TE115）	常設／防止常設／緩和	原子炉建屋 T.M.S.L.31.700*1	[redacted]	[redacted]	—	—	C_H＝1.38 又は*2	C_V＝1.15 又は*2	100

注記＊1：基準床レベルを示す。

＊2：基準地震動Ｓｓに基づく設計用床応答曲線から得られる値。

1.1.2 機器要目

1.1.2.1 検出器

部材	m_p (kg)	m_{W1} (kg)	m_{W2} (kg)	d_0 (mm)	d_i (mm)	l_p (mm)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)	F* (MPa)
保護管	576	[redacted]	[redacted]	165.2	151.0	11878	176	476	205	205

1.1.2.2 検出器サポート

部材	A1 (mm^2)	A2 (mm^2)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)	F* (MPa)
検出器サポート	2618	1138	176	476	205	205

1.1.3 計算数値

1.1.3.1 検出器

1.1.3.1.1 保護管に作用する反力

（単位：N）

部材	F_x		F_y		F_z	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
保護管 (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
保護管 Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
保護管 Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.1.3.2 保護管に作用するモーメント

（単位：N･m）

部材	M_x		M_y		M_z	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
保護管 (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
保護管 Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
保護管 Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.1.3.2　検出器サポート

1.1.3.2.1　検出器サポートに作用する反力

（単位：N）

部材	Fx		Fy		Fz	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
検出器サポート(上部)(Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(上部)Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(上部)Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(下部)(Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(下部)Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(下部)Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.1.3.2.2　検出器サポートに作用するモーメント

（単位：N･m）

部材	Mx		My		Mz	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
検出器サポート(上部)(Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(上部)Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(上部)Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(下部)(Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(下部)Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(下部)Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.2 検出器架台及び基礎ボルト

1.2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域）(G41-L/TE115)	常設／防止常設／緩和	原子炉建屋 T.M.S.L.31.700*	0.05 以下	[redacted]	—	—	C_H＝1.38	C_V＝1.15	100

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2.2 機器要目

1.2.2.1 基礎ボルト部

部材	W (N)	d (mm)	A b (mm^2)	n	S y (MPa)	S u (MPa)	F * (MPa)
基礎ボルト	[redacted]	16 (M16)	201.1	6	194 (40mm＜径)	373 (40mm＜径)	232

1.2.2.2 検出器架台部

部材	S y (MPa)	S u (MPa)	S y（R T）(MPa)	F * (MPa)
検出器架台	171	441	205	205

1.2.3 計算数値

1.2.3.1 基礎ボルト部

1.2.3.1.1 基礎ボルト部に作用する反力 (単位：N)

部材	F x		F y		F z	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
基礎ボルト Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
基礎ボルト Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.2.3.1.2　基礎ボルト部に作用するモーメント　（単位：N･m）

部材	M_x		M_y		M_z	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
基礎ボルト Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
基礎ボルト Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.2.3.2　検出器架台部

1.2.3.2.1　検出器架台部に作用する反力　（単位：N）

部材	F_x		F_y		F_z	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
検出器架台 (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器架台 Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器架台 Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.2.3.2.2　検出器架台部に作用するモーメント　（単位：N･m）

部材	M_x		M_y		M_z	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
検出器架台 (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器架台 Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器架台 Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.3　結論

1.3.1　検出器の応力

（単位：MPa）

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
保護管 (Ss-1～8 包絡)	SUS316TP	組合せ	—	—	$\sigma_{k1}=62$	$f_{t1}=205$
保護管 Ss-1	SUS316TP	組合せ	—	—	$\sigma_{k1}=67$	$f_{t1}=205$
保護管 Ss-7	SUS316TP	組合せ	—	—	$\sigma_{k1}=51$	$f_{t1}=205$

すべて許容応力以下である。

1.3.2　検出器サポートの応力

（単位：MPa）

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
検出器サポート(上部) (Ss-1～8 包絡)	SUS316	組合せ	—	—	$\sigma_{k2}=108$	$f_{t2}=205$
検出器サポート(上部) Ss-1	SUS316	組合せ	—	—	$\sigma_{k2}=148$	$f_{t2}=205$
検出器サポート(上部) Ss-7	SUS316	組合せ	—	—	$\sigma_{k2}=152$	$f_{t2}=205$
検出器サポート(下部) (Ss-1～8 包絡)	SUS316	組合せ	—	—	$\sigma_{k2}=66$	$f_{t2}=205$
検出器サポート(下部) Ss-1	SUS316	組合せ	—	—	$\sigma_{k2}=95$	$f_{t2}=205$
検出器サポート(下部) Ss-7	SUS316	組合せ	—	—	$\sigma_{k2}=65$	$f_{t2}=205$

すべて許容応力以下である。

1.3.3　基礎ボルトの応力　　(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (Ss-1～8 包絡)	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{ts}=72$	$f_{ts}=139^{*}$
		せん断	—	—	$\tau_{1}=12$	$f_{sb}=107$
基礎ボルト Ss-1	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{ts}=89$	$f_{ts}=139^{*}$
		せん断	—	—	$\tau_{1}=11$	$f_{sb}=107$
基礎ボルト Ss-7	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{ts}=69$	$f_{ts}=139^{*}$
		せん断	—	—	$\tau_{1}=13$	$f_{sb}=107$

すべて許容応力以下である。　　注記＊：$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau, f_{to}]$

1.3.4　検出器架台の応力　　(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
検出器架台 (Ss-1～8 包絡)	SUS304	組合せ	—	—	$\sigma_{k3}=201$	$f_{t3}=205$
検出器架台 Ss-1	SUS304	組合せ	—	—	$\sigma_{k3}=143$	$f_{t3}=205$
検出器架台 Ss-7	SUS304	組合せ	—	—	$\sigma_{k3}=105$	$f_{t3}=205$

すべて許容応力以下である。

1.3.5　電気的機能の評価結果　　(×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*1	機能確認済加速度
使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域） (G41-L/TE115)	水平方向	2.24*2	[redacted]
	鉛直方向	3.80*2	[redacted]

注記＊1：基準地震動Ｓｓにより定まる評価部位における応答加速度又は 1.2・ZPA のいずれか大きい値とする。
＊2：機能維持評価用加速度は，打ち切り振動数を 30Hz として計算した結果を示す。
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

1.4　その他の機器要目

(1)　材料物性値

項目	記号	単位	入力値
縦弾性係数	E	MPa	190000 (SUS316TP)
			190000 (SUS316)
			190000 (SUS304)
ポアソン比	ν	—	0.3

(2)　ばねの指定

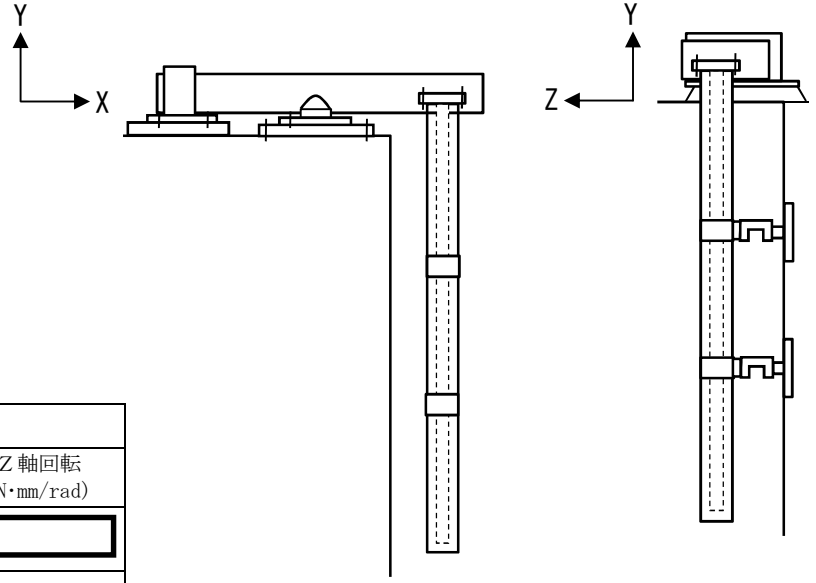
項目	ばね定数					
	X軸 (N/mm)	Y軸 (N/mm)	Z軸 (N/mm)	X軸回転 (N・mm/rad)	Y軸回転 (N・mm/rad)	Z軸回転 (N・mm/rad)
取合い点 (検出器上端)						
検出器サポート		—		—	—	—

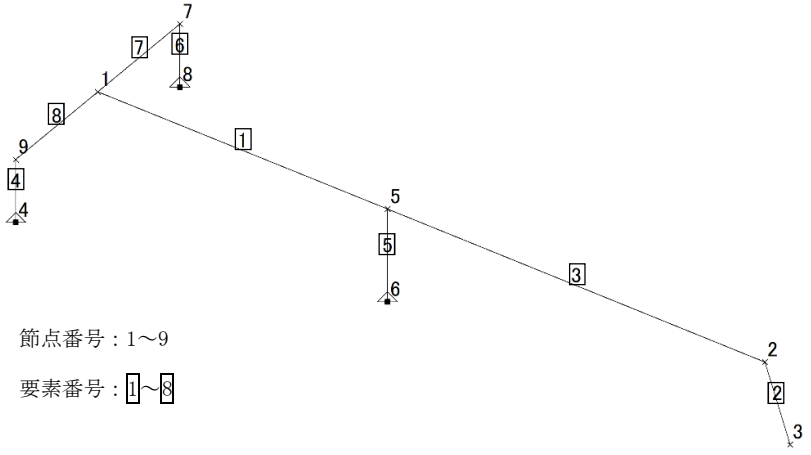
(3)　検出器の断面性状

部材	要素 番号	断面積 (mm^2)	断面係数 (mm^3)
検出器	1～299		

(4)　検出器架台の断面性状

部材	要素 番号	Ac (mm^2)	Z1 (mm^3)	Z2 (mm^3)	Zp1 (mm^3)
検出器架台	1,3				
	2				
	7,8				
	4,6				
	5				





節点番号：1～9

要素番号：1～8

【使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域）（G41-L/TE116）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 検出器

1.1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域）（G41-L/TE116）	常設／防止 常設／緩和	原子炉建屋 T.M.S.L.31.700*1	[redacted]	[redacted]	—	—	C_H＝1.38 又は*2	C_V＝1.15 又は*2	100

注記＊1：基準床レベルを示す。

＊2：基準地震動Ｓｓに基づく設計用床応答曲線から得られる値。

1.1.2 機器要目

1.1.2.1 検出器

部材	m_p (kg)	m_{W1} (kg)	m_{W2} (kg)	d_0 (mm)	d_i (mm)	l_p (mm)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)	F* (MPa)
保護管	[redacted]	[redacted]	[redacted]	165.2	151.0	11878	176	476	205	205

1.1.2.2 検出器サポート

部材	A1 (mm^2)	A2 (mm^2)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)	F* (MPa)
検出器サポート	2618	1138	176	476	205	205

1.1.3 計算数値

1.1.3.1 検出器

1.1.3.1.1 保護管に作用する反力

（単位：N）

部材	F_x		F_y		F_z	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
保護管 (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
保護管 Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
保護管 Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.1.3.2 保護管に作用するモーメント

（単位：N･m）

部材	M_x		M_y		M_z	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
保護管 (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
保護管 Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
保護管 Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.1.3.2　検出器サポート

1.1.3.2.1　検出器サポートに作用する反力

（単位：N）

部材	Fx		Fy		Fz	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
検出器サポート(上部)(Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(上部)Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(上部)Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(下部)(Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(下部)Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(下部)Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.1.3.2.2　検出器サポートに作用するモーメント

（単位：N･m）

部材	Mx		My		Mz	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
検出器サポート(上部)(Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(上部)Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(上部)Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(下部)(Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(下部)Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(下部)Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.2 検出器架台及び基礎ボルト

1.2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域）(G41-L/TE116)	常設／防止常設／緩和	原子炉建屋 T.M.S.L.31.700*	0.05 以下	[redacted]	—	—	C_H＝1.38	C_V＝1.15	100

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2.2 機器要目

1.2.2.1 基礎ボルト部

部材	W (N)	d (mm)	Ａｂ (mm^2)	n	Ｓｙ (MPa)	Ｓｕ (MPa)	Ｆ* (MPa)
基礎ボルト	[redacted]	16 (M16)	201.1	6	194 (40mm＜径)	373 (40mm＜径)	232

1.2.2.2 検出器架台部

部材	Ｓｙ (MPa)	Ｓｕ (MPa)	Ｓｙ（ＲＴ） (MPa)	Ｆ* (MPa)
検出器架台	171	441	205	205

1.2.3 計算数値

1.2.3.1 基礎ボルト部

1.2.3.1.1 基礎ボルト部に作用する反力 (単位：N)

部材	Ｆｘ		Ｆｙ		Ｆｚ	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
基礎ボルト Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
基礎ボルト Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.2.3.1.2　基礎ボルト部に作用するモーメント　（単位：N･m）

部材	M_x		M_y		M_z	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
基礎ボルト Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
基礎ボルト Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.2.3.2　検出器架台部

1.2.3.2.1　検出器架台部に作用する反力　（単位：N）

部材	F_x		F_y		F_z	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
検出器架台 (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器架台 Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器架台 Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.2.3.2.2　検出器架台部に作用するモーメント　（単位：N･m）

部材	M_x		M_y		M_z	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
検出器架台 (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器架台 Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器架台 Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.3　結論

1.3.1　検出器の応力

（単位：MPa）

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
保護管 (Ss-1～8 包絡)	SUS316TP	組合せ	—	—	$\sigma_{k1}=62$	$f_{t1}=205$
保護管 Ss-1	SUS316TP	組合せ	—	—	$\sigma_{k1}=67$	$f_{t1}=205$
保護管 Ss-7	SUS316TP	組合せ	—	—	$\sigma_{k1}=51$	$f_{t1}=205$

すべて許容応力以下である。

1.3.2　検出器サポートの応力

（単位：MPa）

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
検出器サポート(上部) (Ss-1～8 包絡)	SUS316	組合せ	—	—	$\sigma_{k2}=108$	$f_{t2}=205$
検出器サポート(上部) Ss-1	SUS316	組合せ	—	—	$\sigma_{k2}=148$	$f_{t2}=205$
検出器サポート(上部) Ss-7	SUS316	組合せ	—	—	$\sigma_{k2}=152$	$f_{t2}=205$
検出器サポート(下部) (Ss-1～8 包絡)	SUS316	組合せ	—	—	$\sigma_{k2}=66$	$f_{t2}=205$
検出器サポート(下部) Ss-1	SUS316	組合せ	—	—	$\sigma_{k2}=95$	$f_{t2}=205$
検出器サポート(下部) Ss-7	SUS316	組合せ	—	—	$\sigma_{k2}=65$	$f_{t2}=205$

すべて許容応力以下である。

1.3.3　基礎ボルトの応力　　(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (Ss-1～8 包絡)	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{ts}=72$	$f_{ts}=139^{*}$
		せん断	—	—	$\tau_{1}=12$	$f_{sb}=107$
基礎ボルト Ss-1	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{ts}=89$	$f_{ts}=139^{*}$
		せん断	—	—	$\tau_{1}=11$	$f_{sb}=107$
基礎ボルト Ss-7	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{ts}=69$	$f_{ts}=139^{*}$
		せん断	—	—	$\tau_{1}=13$	$f_{sb}=107$

すべて許容応力以下である。　　注記＊：$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau, f_{to}]$

1.3.4　検出器架台の応力　　(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
検出器架台 (Ss-1～8 包絡)	SUS304	組合せ	—	—	$\sigma_{k3}=201$	$f_{t3}=205$
検出器架台 Ss-1	SUS304	組合せ	—	—	$\sigma_{k3}=143$	$f_{t3}=205$
検出器架台 Ss-7	SUS304	組合せ	—	—	$\sigma_{k3}=105$	$f_{t3}=205$

すべて許容応力以下である。

1.3.5　電気的機能の評価結果　　(×9.8m/s²)

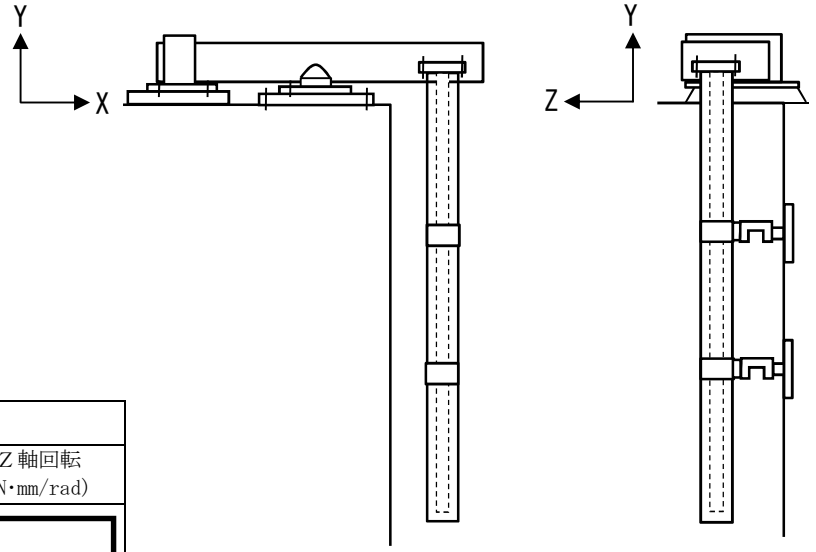
		機能維持評価用加速度*1	機能確認済加速度
使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域） (G41-L/TE116)	水平方向	2.24*2	[redacted]
	鉛直方向	3.80*2	[redacted]

注記＊1：基準地震動Ｓｓにより定まる評価部位における応答加速度又は 1.2・ZPA のいずれか大きい値とする。
＊2：機能維持評価用加速度は，打ち切り振動数を 30Hz として計算した結果を示す。
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

1.4　その他の機器要目

(1)　材料物性値

項目	記号	単位	入力値
縦弾性係数	E	MPa	190000 (SUS316TP)
			190000 (SUS316)
			190000 (SUS304)
ポアソン比	ν	—	0.3



(2)　ばねの指定

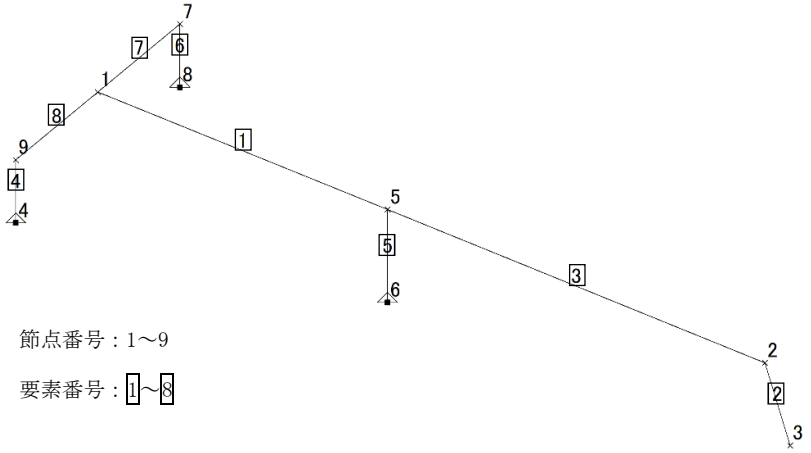
項目	ばね定数					
	X軸 (N/mm)	Y軸 (N/mm)	Z軸 (N/mm)	X軸回転 (N・mm/rad)	Y軸回転 (N・mm/rad)	Z軸回転 (N・mm/rad)
取合い点 (検出器上端)						
検出器サポート		—		—	—	—

(3)　検出器の断面性状

部材	要素 番号	断面積 (mm^2)	断面係数 (mm^3)
検出器	1～299		

(4)　検出器架台の断面性状

部材	要素 番号	Ac (mm^2)	Z1 (mm^3)	Z2 (mm^3)	Zp1 (mm^3)
検出器架台	1,3				
	2				
	7,8				
	4,6				
	5				



【使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域）（G41-L/TE118）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 検出器

1.1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域）（G41-L/TE118）	常設／防止 常設／緩和	原子炉建屋 T.M.S.L.31.700*1	[redacted]	[redacted]	—	—	C_H＝1.38 又は*2	C_V＝1.15 又は*2	100

注記＊1：基準床レベルを示す。

＊2：基準地震動Ｓｓに基づく設計用床応答曲線から得られる値。

1.1.2 機器要目

1.1.2.1 検出器

部材	m_p (kg)	m_{W1} (kg)	m_{W2} (kg)	d_0 (mm)	d_i (mm)	l_p (mm)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)	F* (MPa)
保護管	[redacted]	[redacted]	[redacted]	165.2	151.0	11878	176	476	205	205

1.1.2.2 検出器サポート

部材	A1 (mm^2)	A2 (mm^2)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)	F* (MPa)
検出器サポート	2618	1138	176	476	205	205

1.1.3 計算数値

1.1.3.1 検出器

1.1.3.1.1 保護管に作用する反力

(単位：N)

部材	F_x		F_y		F_z	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
保護管 (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
保護管 Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
保護管 Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.1.3.2 保護管に作用するモーメント

(単位：N･m)

部材	M_x		M_y		M_z	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
保護管 (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
保護管 Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
保護管 Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.1.3.2　検出器サポート

1.1.3.2.1　検出器サポートに作用する反力

（単位：N）

部材	F_x		F_y		F_z	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
検出器サポート(上部) (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(上部) Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(上部) Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(下部) (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(下部) Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(下部) Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.1.3.2.2　検出器サポートに作用するモーメント

（単位：N･m）

部材	M_x		M_y		M_z	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
検出器サポート(上部) (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(上部) Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(上部) Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(下部) (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(下部) Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(下部) Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.2 検出器架台及び基礎ボルト

1.2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域）(G41-L/TE118)	常設／防止常設／緩和	原子炉建屋 T.M.S.L.31.700*	0.05 以下	[redacted]	—	—	C_H＝1.38	C_V＝1.15	100

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2.2 機器要目

1.2.2.1 基礎ボルト部

部材	W (N)	d (mm)	Ａｂ (mm^2)	n	Ｓｙ (MPa)	Ｓｕ (MPa)	F* (MPa)
基礎ボルト	[redacted]	16 (M16)	201.1	6	194 (40mm＜径)	373 (40mm＜径)	232

1.2.2.2 検出器架台部

部材	Ｓｙ (MPa)	Ｓｕ (MPa)	Ｓｙ（ＲＴ） (MPa)	F* (MPa)
検出器架台	171	441	205	205

1.2.3 計算数値

1.2.3.1 基礎ボルト部

1.2.3.1.1 基礎ボルト部に作用する反力 (単位：N)

部材	Ｆｘ		Ｆｙ		Ｆｚ	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
基礎ボルト Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
基礎ボルト Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.2.3.1.2　基礎ボルト部に作用するモーメント　（単位：N･m）

部材	M_x		M_y		M_z	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト (Ss-1～8 包絡)	―	[redacted]	―	[redacted]	―	[redacted]
基礎ボルト Ss-1	―	[redacted]	―	[redacted]	―	[redacted]
基礎ボルト Ss-7	―	[redacted]	―	[redacted]	―	[redacted]

1.2.3.2　検出器架台部

1.2.3.2.1　検出器架台部に作用する反力　（単位：N）

部材	F_x		F_y		F_z	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
検出器架台 (Ss-1～8 包絡)	―	[redacted]	―	[redacted]	―	[redacted]
検出器架台 Ss-1	―	[redacted]	―	[redacted]	―	[redacted]
検出器架台 Ss-7	―	[redacted]	―	[redacted]	―	[redacted]

1.2.3.2.2　検出器架台部に作用するモーメント　（単位：N･m）

部材	M_x		M_y		M_z	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
検出器架台 (Ss-1～8 包絡)	―	[redacted]	―	[redacted]	―	[redacted]
検出器架台 Ss-1	―	[redacted]	―	[redacted]	―	[redacted]
検出器架台 Ss-7	―	[redacted]	―	[redacted]	―	[redacted]

1.3　結論

1.3.1　検出器の応力

（単位：MPa）

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
保護管 (Ss-1～8 包絡)	SUS316TP	組合せ	—	—	$\sigma_{k1}=62$	$f_{t1}=205$
保護管 Ss-1	SUS316TP	組合せ	—	—	$\sigma_{k1}=67$	$f_{t1}=205$
保護管 Ss-7	SUS316TP	組合せ	—	—	$\sigma_{k1}=51$	$f_{t1}=205$

すべて許容応力以下である。

1.3.2　検出器サポートの応力

（単位：MPa）

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
検出器サポート(上部) (Ss-1～8 包絡)	SUS316	組合せ	—	—	$\sigma_{k2}=108$	$f_{t2}=205$
検出器サポート(上部) Ss-1	SUS316	組合せ	—	—	$\sigma_{k2}=148$	$f_{t2}=205$
検出器サポート(上部) Ss-7	SUS316	組合せ	—	—	$\sigma_{k2}=152$	$f_{t2}=205$
検出器サポート(下部) (Ss-1～8 包絡)	SUS316	組合せ	—	—	$\sigma_{k2}=66$	$f_{t2}=205$
検出器サポート(下部) Ss-1	SUS316	組合せ	—	—	$\sigma_{k2}=95$	$f_{t2}=205$
検出器サポート(下部) Ss-7	SUS316	組合せ	—	—	$\sigma_{k2}=65$	$f_{t2}=205$

すべて許容応力以下である。

1.3.3　基礎ボルトの応力　　(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (Ss-1～8 包絡)	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{ts}=72$	$f_{ts}=139^{*}$
		せん断	—	—	$\tau_{1}=12$	$f_{sb}=107$
基礎ボルト Ss-1	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{ts}=89$	$f_{ts}=139^{*}$
		せん断	—	—	$\tau_{1}=11$	$f_{sb}=107$
基礎ボルト Ss-7	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{ts}=69$	$f_{ts}=139^{*}$
		せん断	—	—	$\tau_{1}=13$	$f_{sb}=107$

すべて許容応力以下である。　　注記＊：$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau, f_{to}]$

1.3.4　検出器架台の応力　　(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
検出器架台 (Ss-1～8 包絡)	SUS304	組合せ	—	—	$\sigma_{k3}=201$	$f_{t3}=205$
検出器架台 Ss-1	SUS304	組合せ	—	—	$\sigma_{k3}=143$	$f_{t3}=205$
検出器架台 Ss-7	SUS304	組合せ	—	—	$\sigma_{k3}=105$	$f_{t3}=205$

すべて許容応力以下である。

1.3.5　電気的機能の評価結果　　(×9.8m/s²)

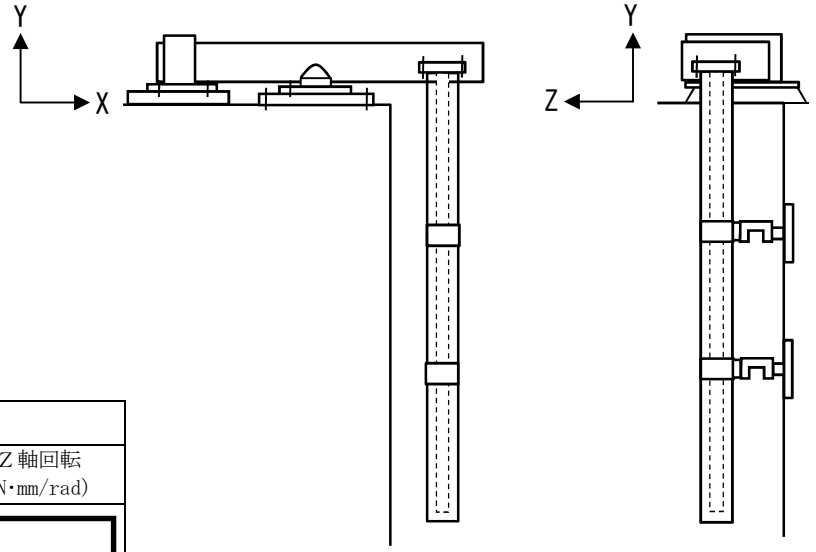
		機能維持評価用加速度*1	機能確認済加速度
使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域） (G41-L/TE118)	水平方向	2.24*2	[redacted]
	鉛直方向	3.80*2	[redacted]

注記＊1：基準地震動Ｓｓにより定まる評価部位における応答加速度又は 1.2・ZPA のいずれか大きい値とする。
＊2：機能維持評価用加速度は，打ち切り振動数を 30Hz として計算した結果を示す。
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

1.4　その他の機器要目

(1)　材料物性値

項目	記号	単位	入力値
縦弾性係数	E	MPa	190000 (SUS316TP)
			190000 (SUS316)
			190000 (SUS304)
ポアソン比	ν	—	0.3



(2)　ばねの指定

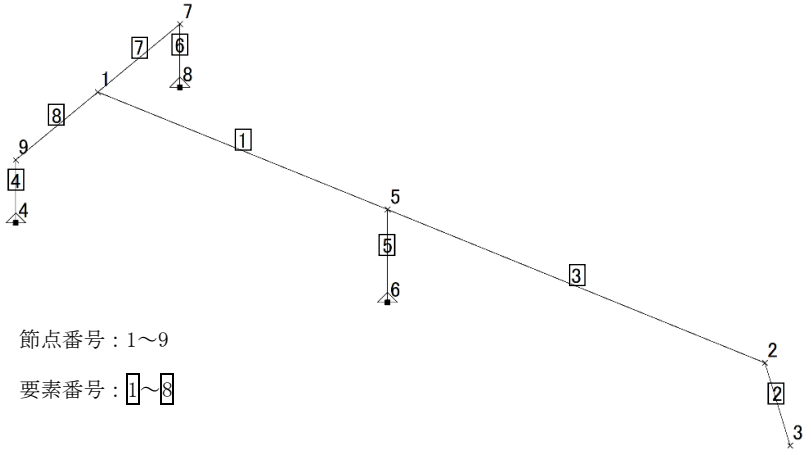
項目	ばね定数					
	X軸 (N/mm)	Y軸 (N/mm)	Z軸 (N/mm)	X軸回転 (N・mm/rad)	Y軸回転 (N・mm/rad)	Z軸回転 (N・mm/rad)
取合い点 (検出器上端)						
検出器サポート		—		—	—	—

(3)　検出器の断面性状

部材	要素 番号	断面積 (mm^2)	断面係数 (mm^3)
検出器	1～299		

(4)　検出器架台の断面性状

部材	要素 番号	Ac (mm^2)	Z1 (mm^3)	Z2 (mm^3)	Zp1 (mm^3)
検出器架台	1,3				
	2				
	7,8				
	4,6				
	5				



節点番号：1～9

要素番号：1～8

【使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域）（G41-L/TE119）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 検出器

1.1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域）（G41-L/TE119）	常設／防止 常設／緩和	原子炉建屋 T.M.S.L.31.700*1	[redacted]	[redacted]	—	—	C_H＝1.38 又は*2	C_V＝1.15 又は*2	100

注記＊1：基準床レベルを示す。

＊2：基準地震動Ｓｓに基づく設計用床応答曲線から得られる値。

1.1.2 機器要目

1.1.2.1 検出器

部材	m_p (kg)	m_{W1} (kg)	m_{W2} (kg)	d_0 (mm)	d_i (mm)	l_p (mm)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)	F^* (MPa)
保護管	[redacted]	[redacted]	[redacted]	165.2	151.0	11878	176	476	205	205

1.1.2.2 検出器サポート

部材	A1 (mm^2)	A2 (mm^2)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)	F^* (MPa)
検出器サポート	2618	1138	176	476	205	205

1.1.3 計算数値

1.1.3.1 検出器

1.1.3.1.1 保護管に作用する反力

（単位：N）

部材	F_x		F_y		F_z	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
保護管 (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
保護管 Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
保護管 Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.1.3.2 保護管に作用するモーメント

（単位：N･m）

部材	M_x		M_y		M_z	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
保護管 (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
保護管 Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
保護管 Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.1.3.2　検出器サポート

1.1.3.2.1　検出器サポートに作用する反力

（単位：N）

部材	Fx		Fy		Fz	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
検出器サポート(上部)(Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(上部)Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(上部)Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(下部)(Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(下部)Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(下部)Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.1.3.2.2　検出器サポートに作用するモーメント

（単位：N･m）

部材	Mx		My		Mz	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
検出器サポート(上部)(Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(上部)Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(上部)Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(下部)(Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(下部)Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(下部)Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.2 検出器架台及び基礎ボルト

1.2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域）(G41-L/TE119)	常設／防止常設／緩和	原子炉建屋 T.M.S.L.31.700*	0.05 以下	[redacted]	—	—	C_H＝1.38	C_V＝1.15	100

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2.2 機器要目

1.2.2.1 基礎ボルト部

部材	W (N)	d (mm)	Ａｂ (mm^2)	n	Ｓｙ (MPa)	Ｓｕ (MPa)	F* (MPa)
基礎ボルト	[redacted]	16 (M16)	201.1	6	194 (40mm＜径)	373 (40mm＜径)	232

1.2.2.2 検出器架台部

部材	Ｓｙ (MPa)	Ｓｕ (MPa)	Ｓｙ（ＲＴ） (MPa)	F* (MPa)
検出器架台	171	441	205	205

1.2.3 計算数値

1.2.3.1 基礎ボルト部

1.2.3.1.1 基礎ボルト部に作用する反力 (単位：N)

部材	Ｆｘ		Ｆｙ		Ｆｚ	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
基礎ボルト Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
基礎ボルト Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.2.3.1.2　基礎ボルト部に作用するモーメント　（単位：N･m）

部材	M_x		M_y		M_z	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
基礎ボルト Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
基礎ボルト Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.2.3.2　検出器架台部

1.2.3.2.1　検出器架台部に作用する反力　（単位：N）

部材	F_x		F_y		F_z	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
検出器架台 (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器架台 Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器架台 Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.2.3.2.2　検出器架台部に作用するモーメント　（単位：N･m）

部材	M_x		M_y		M_z	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
検出器架台 (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器架台 Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器架台 Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.3　結論

1.3.1　検出器の応力

（単位：MPa）

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
保護管 (Ss-1～8 包絡)	SUS316TP	組合せ	—	—	$\sigma_{k1}=62$	$f_{t1}=205$
保護管 Ss-1	SUS316TP	組合せ	—	—	$\sigma_{k1}=67$	$f_{t1}=205$
保護管 Ss-7	SUS316TP	組合せ	—	—	$\sigma_{k1}=51$	$f_{t1}=205$

すべて許容応力以下である。

1.3.2　検出器サポートの応力

（単位：MPa）

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
検出器サポート(上部) (Ss-1～8 包絡)	SUS316	組合せ	—	—	$\sigma_{k2}=108$	$f_{t2}=205$
検出器サポート(上部) Ss-1	SUS316	組合せ	—	—	$\sigma_{k2}=148$	$f_{t2}=205$
検出器サポート(上部) Ss-7	SUS316	組合せ	—	—	$\sigma_{k2}=152$	$f_{t2}=205$
検出器サポート(下部) (Ss-1～8 包絡)	SUS316	組合せ	—	—	$\sigma_{k2}=66$	$f_{t2}=205$
検出器サポート(下部) Ss-1	SUS316	組合せ	—	—	$\sigma_{k2}=95$	$f_{t2}=205$
検出器サポート(下部) Ss-7	SUS316	組合せ	—	—	$\sigma_{k2}=65$	$f_{t2}=205$

すべて許容応力以下である。

1.3.3　基礎ボルトの応力　　（単位：MPa）

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (Ss-1～8 包絡)	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{ts}=72$	$f_{ts}=139^{*}$
		せん断	—	—	$\tau_{1}=12$	$f_{sb}=107$
基礎ボルト Ss-1	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{ts}=89$	$f_{ts}=139^{*}$
		せん断	—	—	$\tau_{1}=11$	$f_{sb}=107$
基礎ボルト Ss-7	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{ts}=69$	$f_{ts}=139^{*}$
		せん断	—	—	$\tau_{1}=13$	$f_{sb}=107$

すべて許容応力以下である。　　注記＊：$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau, f_{to}]$

1.3.4　検出器架台の応力　　（単位：MPa）

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
検出器架台 (Ss-1～8 包絡)	SUS304	組合せ	—	—	$\sigma_{k3}=201$	$f_{t3}=205$
検出器架台 Ss-1	SUS304	組合せ	—	—	$\sigma_{k3}=143$	$f_{t3}=205$
検出器架台 Ss-7	SUS304	組合せ	—	—	$\sigma_{k3}=105$	$f_{t3}=205$

すべて許容応力以下である。

1.3.5　電気的機能の評価結果　　（×9.8m/s²）

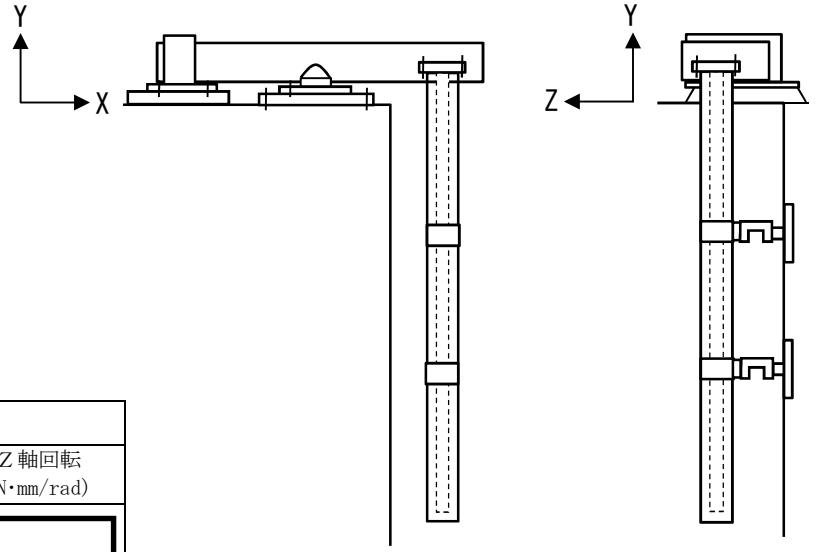
		機能維持評価用加速度*1	機能確認済加速度
使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域） (G41-L/TE119)	水平方向	2.24*2	[redacted]
	鉛直方向	3.80*2	[redacted]

注記＊1：基準地震動Ｓｓにより定まる評価部位における応答加速度又は 1.2・ZPA のいずれか大きい値とする。
＊2：機能維持評価用加速度は，打ち切り振動数を 30Hz として計算した結果を示す。
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

1.4　その他の機器要目

(1)　材料物性値

項目	記号	単位	入力値
縦弾性係数	E	MPa	190000 (SUS316TP)
			190000 (SUS316)
			190000 (SUS304)
ポアソン比	ν	—	0.3



(2)　ばねの指定

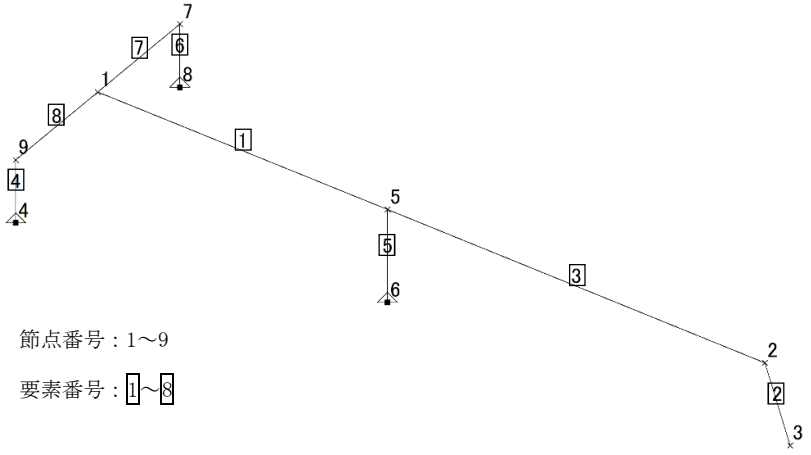
項目	ばね定数					
	X軸 (N/mm)	Y軸 (N/mm)	Z軸 (N/mm)	X軸回転 (N・mm/rad)	Y軸回転 (N・mm/rad)	Z軸回転 (N・mm/rad)
取合い点 (検出器上端)						
検出器サポート		—		—	—	—

(3)　検出器の断面性状

部材	要素 番号	断面積 (mm^2)	断面係数 (mm^3)
検出器	1～299		

(4)　検出器架台の断面性状

部材	要素 番号	Ac (mm^2)	Z1 (mm^3)	Z2 (mm^3)	Zp1 (mm^3)
検出器架台	1,3				
	2				
	7,8				
	4,6				
	5				



【使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域）（G41-TE120）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 検出器

1.1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域）（G41-TE120）	常設／防止 常設／緩和	原子炉建屋 T.M.S.L.31.700*1	[redacted]	[redacted]	—	—	C_H＝1.38 又は*2	C_V＝1.15 又は*2	100

注記＊1：基準床レベルを示す。

＊2：基準地震動Ｓｓに基づく設計用床応答曲線から得られる値。

1.1.2 機器要目

1.1.2.1 検出器

部材	m_p (kg)	m_{W1} (kg)	m_{W2} (kg)	d_0 (mm)	d_i (mm)	l_p (mm)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)	F* (MPa)
保護管	[redacted]	[redacted]	[redacted]	165.2	151.0	11878	176	476	205	205

1.1.2.2 検出器サポート

部材	A1 (mm^2)	A2 (mm^2)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)	F* (MPa)
検出器サポート	2618	1138	176	476	205	205

1.1.3 計算数値

1.1.3.1 検出器

1.1.3.1.1 保護管に作用する反力

(単位：N)

部材	F_x		F_y		F_z	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
保護管 (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
保護管 Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
保護管 Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.1.3.2 保護管に作用するモーメント

(単位：N･m)

部材	M_x		M_y		M_z	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
保護管 (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
保護管 Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
保護管 Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.1.3.2　検出器サポート

1.1.3.2.1　検出器サポートに作用する反力

（単位：N）

部材	F_x		F_y		F_z	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
検出器サポート(上部) (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(上部) Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(上部) Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(下部) (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(下部) Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(下部) Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.1.3.2.2　検出器サポートに作用するモーメント

（単位：N･m）

部材	M_x		M_y		M_z	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
検出器サポート(上部) (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(上部) Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(上部) Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(下部) (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(下部) Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
検出器サポート(下部) Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.2 検出器架台及び基礎ボルト

1.2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域）(G41-TE120)	常設／防止 常設／緩和	原子炉建屋 T.M.S.L.31.700*	0.05 以下	[redacted]	—	—	C_H＝1.38	C_V＝1.15	100

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2.2 機器要目

1.2.2.1 基礎ボルト部

部材	W (N)	d (mm)	Ａｂ (mm^2)	n	Ｓｙ (MPa)	Ｓｕ (MPa)	Ｆ* (MPa)
基礎ボルト	[redacted]	16 (M16)	201.1	6	194 (40mm＜径)	373 (40mm＜径)	232

1.2.2.2 検出器架台部

部材	Ｓｙ (MPa)	Ｓｕ (MPa)	Ｓｙ（ＲＴ） (MPa)	Ｆ* (MPa)
検出器架台	171	441	205	205

1.2.3 計算数値

1.2.3.1 基礎ボルト部

1.2.3.1.1 基礎ボルト部に作用する反力 (単位：N)

部材	Ｆｘ		Ｆｙ		Ｆｚ	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト (Ss-1～8 包絡)	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
基礎ボルト Ss-1	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]
基礎ボルト Ss-7	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.2.3.1.2　基礎ボルト部に作用するモーメント　（単位：N･m）

部材	M_x		M_y		M_z	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト (Ss-1～8 包絡)	—		—		—	
基礎ボルト Ss-1	—		—		—	
基礎ボルト Ss-7	—		—		—	

1.2.3.2　検出器架台部

1.2.3.2.1　検出器架台部に作用する反力　（単位：N）

部材	F_x		F_y		F_z	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
検出器架台 (Ss-1～8 包絡)	—		—		—	
検出器架台 Ss-1	—		—		—	
検出器架台 Ss-7	—		—		—	

1.2.3.2.2　検出器架台部に作用するモーメント　（単位：N･m）

部材	M_x		M_y		M_z	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
検出器架台 (Ss-1～8 包絡)	—		—		—	
検出器架台 Ss-1	—		—		—	
検出器架台 Ss-7	—		—		—	

1.3　結論

1.3.1　検出器の応力

（単位：MPa）

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
保護管 (Ss-1～8 包絡)	SUS316TP	組合せ	—	—	$\sigma_{k1}=62$	$f_{t1}=205$
保護管 Ss-1	SUS316TP	組合せ	—	—	$\sigma_{k1}=67$	$f_{t1}=205$
保護管 Ss-7	SUS316TP	組合せ	—	—	$\sigma_{k1}=51$	$f_{t1}=205$

すべて許容応力以下である。

1.3.2　検出器サポートの応力

（単位：MPa）

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
検出器サポート(上部) (Ss-1～8 包絡)	SUS316	組合せ	—	—	$\sigma_{k2}=108$	$f_{t2}=205$
検出器サポート(上部) Ss-1	SUS316	組合せ	—	—	$\sigma_{k2}=148$	$f_{t2}=205$
検出器サポート(上部) Ss-7	SUS316	組合せ	—	—	$\sigma_{k2}=152$	$f_{t2}=205$
検出器サポート(下部) (Ss-1～8 包絡)	SUS316	組合せ	—	—	$\sigma_{k2}=66$	$f_{t2}=205$
検出器サポート(下部) Ss-1	SUS316	組合せ	—	—	$\sigma_{k2}=95$	$f_{t2}=205$
検出器サポート(下部) Ss-7	SUS316	組合せ	—	—	$\sigma_{k2}=65$	$f_{t2}=205$

すべて許容応力以下である。

1.3.3　基礎ボルトの応力　　(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (Ss-1～8 包絡)	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{ts}=72$	$f_{ts}=139^{*}$
		せん断	—	—	$\tau_{1}=12$	$f_{sb}=107$
基礎ボルト Ss-1	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{ts}=89$	$f_{ts}=139^{*}$
		せん断	—	—	$\tau_{1}=11$	$f_{sb}=107$
基礎ボルト Ss-7	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{ts}=69$	$f_{ts}=139^{*}$
		せん断	—	—	$\tau_{1}=13$	$f_{sb}=107$

すべて許容応力以下である。　　注記＊：$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau, f_{to}]$

1.3.4　検出器架台の応力　　(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
検出器架台 (Ss-1～8 包絡)	SUS304	組合せ	—	—	$\sigma_{k3}=201$	$f_{t3}=205$
検出器架台 Ss-1	SUS304	組合せ	—	—	$\sigma_{k3}=143$	$f_{t3}=205$
検出器架台 Ss-7	SUS304	組合せ	—	—	$\sigma_{k3}=105$	$f_{t3}=205$

すべて許容応力以下である。

1.3.5　電気的機能の評価結果　　(×9.8m/s²)

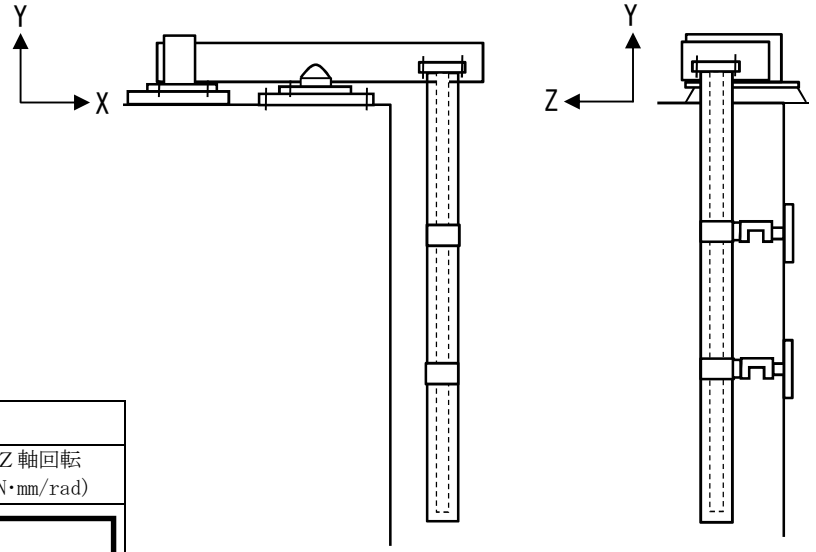
		機能維持評価用加速度*1	機能確認済加速度
使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域） (G41-TE120)	水平方向	2.24*2	[redacted]
	鉛直方向	3.80*2	[redacted]

注記＊1：基準地震動Ｓｓにより定まる評価部位における応答加速度又は 1.2・ZPA のいずれか大きい値とする。
＊2：機能維持評価用加速度は，打ち切り振動数を 30Hz として計算した結果を示す。
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

1.4　その他の機器要目

(1)　材料物性値

項目	記号	単位	入力値
縦弾性係数	E	MPa	190000 (SUS316TP)
			190000 (SUS316)
			190000 (SUS304)
ポアソン比	ν	—	0.3



(2)　ばねの指定

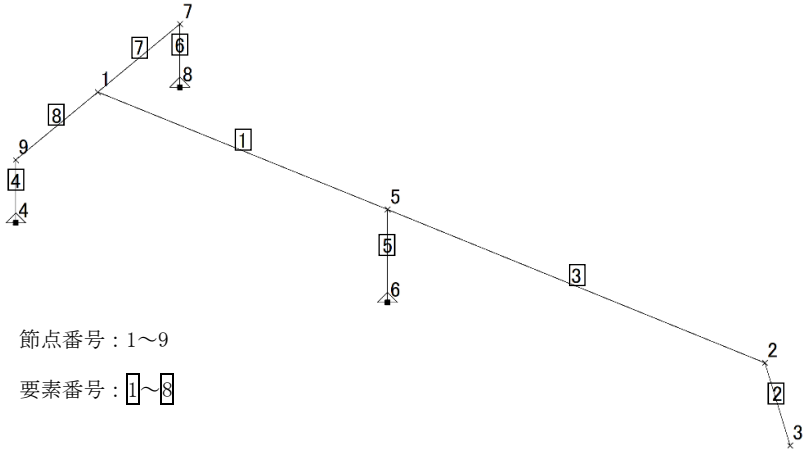
項目	ばね定数					
	X軸 (N/mm)	Y軸 (N/mm)	Z軸 (N/mm)	X軸回転 (N・mm/rad)	Y軸回転 (N・mm/rad)	Z軸回転 (N・mm/rad)
取合い点 (検出器上端)						
検出器サポート		—		—	—	—

(3)　検出器の断面性状

部材	要素 番号	断面積 (mm^2)	断面係数 (mm^3)
検出器	1～299		

(4)　検出器架台の断面性状

部材	要素 番号	Ac (mm^2)	Z1 (mm^3)	Z2 (mm^3)	Zp1 (mm^3)
検出器架台	1,3				
	2				
	7,8				
	4,6				
	5				



節点番号：1～9

要素番号：1～8

Ⅴ-2-4-2-5　使用済燃料貯蔵プール監視カメラの耐震性についての計算書

目　　次

1.　概要 ····· 1
2.　使用済燃料貯蔵プール監視カメラ ····· 2
2.1　概要 ····· 2
2.2　一般事項 ····· 2
2.2.1　構造計画 ····· 2
2.2.2　評価方針 ····· 4
2.2.3　適用規格・基準等 ····· 5
2.2.4　記号の説明 ····· 6
2.2.5　計算精度と数値の丸め方 ····· 7
2.3　評価部位 ····· 8
2.4　固有周期 ····· 8
2.4.1　基本方針 ····· 8
2.4.2　固有周期の算出方法 ····· 8
2.4.3　固有周期の算出結果 ····· 8
2.5　構造強度評価 ····· 9
2.5.1　構造強度評価方法 ····· 9
2.5.2　荷重の組合せ及び許容応力 ····· 9
2.5.3　設計用地震力 ····· 13
2.5.4　計算方法 ····· 14
2.5.5　計算条件 ····· 16
2.5.6　応力の評価 ····· 17
2.6　機能維持評価 ····· 18
2.6.1　電気的機能維持評価方法 ····· 18
2.7　評価結果 ····· 19
2.7.1　重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 19
3.　使用済燃料貯蔵プール監視カメラサポート ····· 23
3.1　概要 ····· 23
3.2　一般事項 ····· 23
3.2.1　構造計画 ····· 23
3.2.2　評価方針 ····· 25
3.2.3　適用規格・基準等 ····· 26
3.2.4　記号の説明 ····· 27
3.2.5　計算精度と数値の丸め方 ····· 28
3.3　評価部位 ····· 29

3.4　固有周期 …… 30
3.4.1　固有値解析方法 …… 30
3.4.2　解析モデル及び諸元 …… 30
3.4.3　固有値解析結果 …… 31
3.5　構造強度評価 …… 32
3.5.1　構造強度評価方法 …… 32
3.5.2　荷重の組合せ及び許容応力 …… 32
3.5.3　設計用地震力 …… 36
3.5.4　計算方法 …… 37
3.5.5　計算条件 …… 39
3.5.6　応力の評価 …… 39
3.6　評価結果 …… 40
3.6.1　重大事故等対処設備としての評価結果 …… 40

1. 概要

本計算書は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，使用済燃料貯蔵プール監視カメラが設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

2. 使用済燃料貯蔵プール監視カメラ

2.1 概要

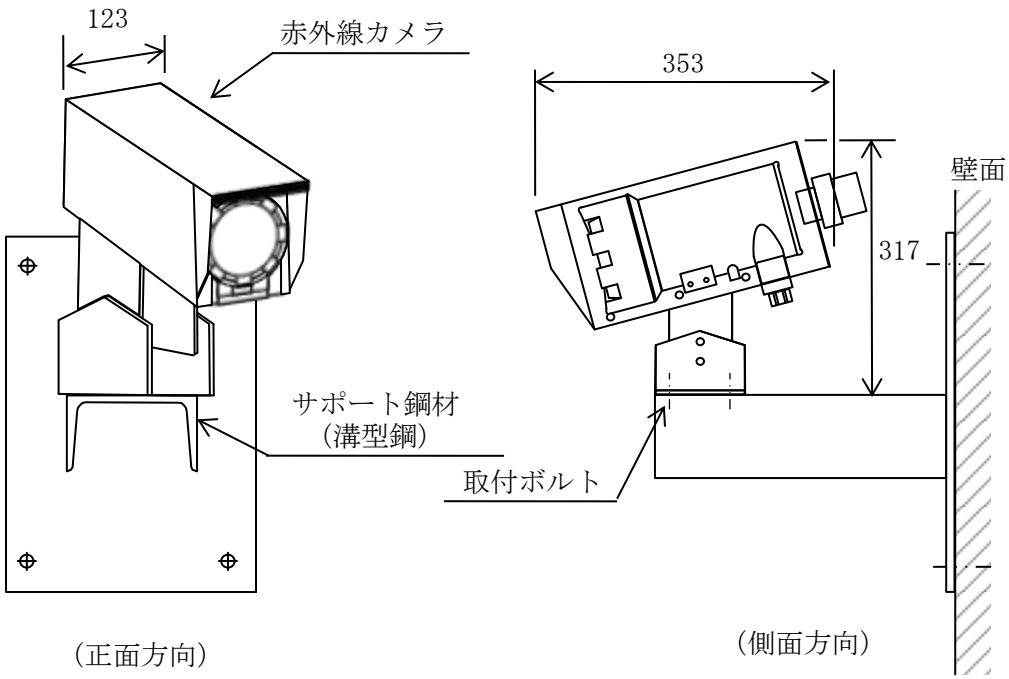
使用済燃料貯蔵プール監視カメラは，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下，重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

2.2 一般事項

2.2.1 構造計画

使用済燃料貯蔵プール監視カメラの構造計画を表 2－1 に示す。

表 2－1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
赤外線カメラは，サポート鋼材に取付ボルトにより固定される。	赤外線カメラ	【使用済燃料貯蔵プール監視カメラ】 正面図　側面図  （単位：mm）

2.2.2　評価方針

使用済燃料貯蔵プール監視カメラの応力評価は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき，「2.2.1　構造計画」にて示す使用済燃料貯蔵プール監視カメラの部位を踏まえ「2.3 評価部位」にて設定する箇所において，「2.4　固有周期」で測定した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを，「2.5　構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また，使用済燃料貯蔵プール監視カメラの機能維持評価は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した電気的機能維持の方針に基づき，地震時の応答加速度が電気的機能確認済加速度以下であることを，「2.6 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「2.7　評価結果」に示す。

使用済燃料貯蔵プール監視カメラの耐震評価フローを図 2－1 に示す。

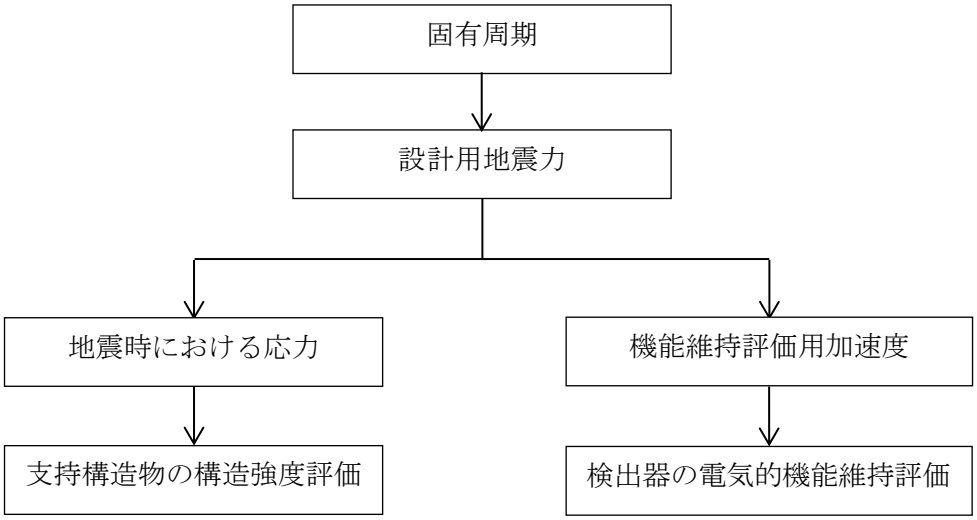


図 2－1　使用済燃料貯蔵プール監視カメラの耐震評価フロー

2.2.3　適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準を以下に示す。

・原子力発電所耐震設計技術指針　重要度分類・許容応力編　ＪＥＡＧ４６０１・補-1984（(社) 日本電気協会）

・原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１-1987（(社) 日本電気協会）

・原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１-1991　追補版（(社) 日本電気協会）

・発電用原子力設備規格　設計・建設規格（(社) 日本機械学会，2005/2007）（以下「設計・建設規格」という。）

2.2.4　記号の説明

記号	記号の説明	単位
A_{bi}	ボルトの軸断面積*1	mm^2
C_H	水平方向設計震度	―
C_V	鉛直方向設計震度	―
d_i	ボルトの呼び径*1	mm
F_i	設計・建設規格　SSB-3121.1(1)に定める値*1	MPa
F_i^*	設計・建設規格　SSB-3133 に定める値*1	MPa
F_{bi}	ボルトに作用する引張力（1 本当たり）*1	N
f_{sbi}	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力*1	MPa
f_{toi}	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力*1	MPa
f_{tsi}	引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力*1	MPa
g	重力加速度（＝9.80665）	m/s^2
h_i	据付面又は取付面から重心までの距離*2	mm
ℓ_{1i}	重心とボルト間の水平方向距離*1, *3	mm
ℓ_{2i}	重心とボルト間の水平方向距離*1, *3	mm
m_i	カメラの質量*2	kg
n_i	ボルトの本数*1	―
n_{fi}	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数*1	―
Q_{bi}	ボルトに作用するせん断力*1	N
S_{ui}	設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表 9 に定める値*1	MPa
S_{yi}	設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表 8 に定める値*1	MPa
$S_{yi}(RT)$	設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表 8 に定める材料の 40℃における値*1	MPa
π	円周率	―
σ_{bi}	ボルトに生じる引張応力*1	MPa
τ_{bi}	ボルトに生じるせん断応力*1	MPa

注記＊1：A_{bi}，d_i，F_i，F_i^*，F_{bi}，f_{sbi}，f_{toi}，f_{tsi}，ℓ_{1i}，ℓ_{2i}，n_i，n_{fi}，Q_{bi}，S_{ui}，S_{yi}，$S_{yi}(RT)$，σ_{bi}及びτ_{bi}の添字 i の意味は，以下のとおりとする。

i＝2：取付ボルト

＊2：h_i及びm_i の添字 i の意味は，以下のとおりとする。

i＝2：検出器

＊3：$\ell_{1i} \leqq \ell_{2i}$

2.2.5　計算精度と数値の丸め方

精度は，有効数字6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は，表2－2に示すとおりとする。

表2－2　表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期	s	小数点以下第4位	四捨五入	小数点以下第3位
震度	―	小数点以下第3位	切上げ	小数点以下第2位
温度	℃	―	―	整数位
質量	kg	―	―	整数位
長さ	mm	―	―	整数位*1
面積	mm^2	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
力	N	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
算出応力	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
許容応力*3	MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位

注記＊1：設計上定める値が小数点以下第1位の場合は，小数点以下第1位表示とする。

＊2：絶対値が1000以上のときは，べき数表示とする。

＊3：設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の中間における引張強さ及び降伏点は比例法により補間した値の小数点以下第1位を切り捨て，整数位までの値とする。

2.3　評価部位

使用済燃料貯蔵プール監視カメラの耐震評価は，「2.5.1　構造強度評価方法」に示す条件に基づき，耐震評価上厳しくなる取付ボルトについて実施する。

使用済燃料貯蔵プール監視カメラの耐震評価部位については，表 2－1 の概略構造図に示す。

2.4　固有周期

2.4.1　基本方針

使用済燃料貯蔵プール監視カメラの固有周期は，振動試験（加振試験）にて求める。

2.4.2　固有周期の算出方法

振動試験装置により固有振動数を測定する。使用済燃料貯蔵プール監視カメラの外形図を表 2－1 の概略構造図に示す。

2.4.3　固有周期の算出結果

固有周期の算出結果を表 2－3 に示す。測定の結果，固有周期は 0.05 秒以下であり，剛であることを確認した。

表 2－3　固有周期　（単位：s）

使用済燃料貯蔵プール監視カメラ (U51-ITV-No.IRSFP)	水平	0.05 以下
	鉛直	0.05 以下

2.5　構造強度評価

2.5.1　構造強度評価方法

(1)　使用済燃料貯蔵プール監視カメラの質量は重心に集中しているものとする。

(2)　地震力は使用済燃料貯蔵プール監視カメラに対して，水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。

(3)　使用済燃料貯蔵プール監視カメラは取付ボルトで架台に固定されており，固定端とする。

(4)　転倒方向は，長辺方向及び短辺方向について検討し，計算書には結果の厳しい方（許容値／発生値の小さい方をいう。）を記載する。

(5)　使用済燃料貯蔵プール監視カメラの重心位置については，転倒方向を考慮して，計算条件が厳しくなる位置に重心位置を設定して耐震性の計算を行うものとする。

(6)　耐震計算に用いる寸法は，公称値を使用する。

2.5.2　荷重の組合せ及び許容応力

2.5.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

使用済燃料貯蔵プール監視カメラの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 2－4 に示す。

2.5.2.2　許容応力

使用済燃料貯蔵プール監視カメラの許容応力は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 2－5 のとおりとする。

2.5.2.3　使用材料の許容応力評価条件

使用済燃料貯蔵プール監視カメラの使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 2－6 に示す。

表 2－4　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設	その他	使用済燃料貯蔵プール 監視カメラ	常設／防止 常設／緩和	—*2	D＋P_D＋M_D＋Ｓｓ*3	$Ⅳ_AS$
					D＋P_{SAD}＋M_{SAD}＋Ｓｓ	V_AS （V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）

注記＊1：「常設／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

＊3：「D＋P_{SAD}＋M_{SAD}＋Ｓｓ」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表2－5　許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 （ボルト等）	
	一次応力	
	引張り	せん断
ⅣＡＳ	1.5・ｆｔ*	1.5・ｆｓ*
ＶＡＳ （ＶＡＳとしてⅣＡＳの 許容限界を用いる。）		

注記＊1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

＊2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表2－6　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
取付ボルト	SS400 (40mm＜径)	周囲環境温度	100	194	373	―

2.5.3　設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表 2－7 に示す。

「基準地震動Ｓｓ」による地震力は，Ｖ-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。

表 2－7　設計用地震力（重大事故等対処設備）

機器名称	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
		水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度
使用済燃料貯蔵プール監視カメラ (U51-ITV-No.IRSFP)	原子炉建屋 T.M.S.L.31.700 (T.M.S.L.49.700*)	0.05 以下	0.05 以下	―	―	C_H=2.73	C_V=1.50

注記＊：基準床レベルを示す。

2.5.4　計算方法

2.5.4.1　応力の計算方法

2.5.4.1.1　取付ボルトの計算方法

取付ボルトの応力は，地震による震度により作用するモーメントによって生じる引張力とせん断力について計算する。

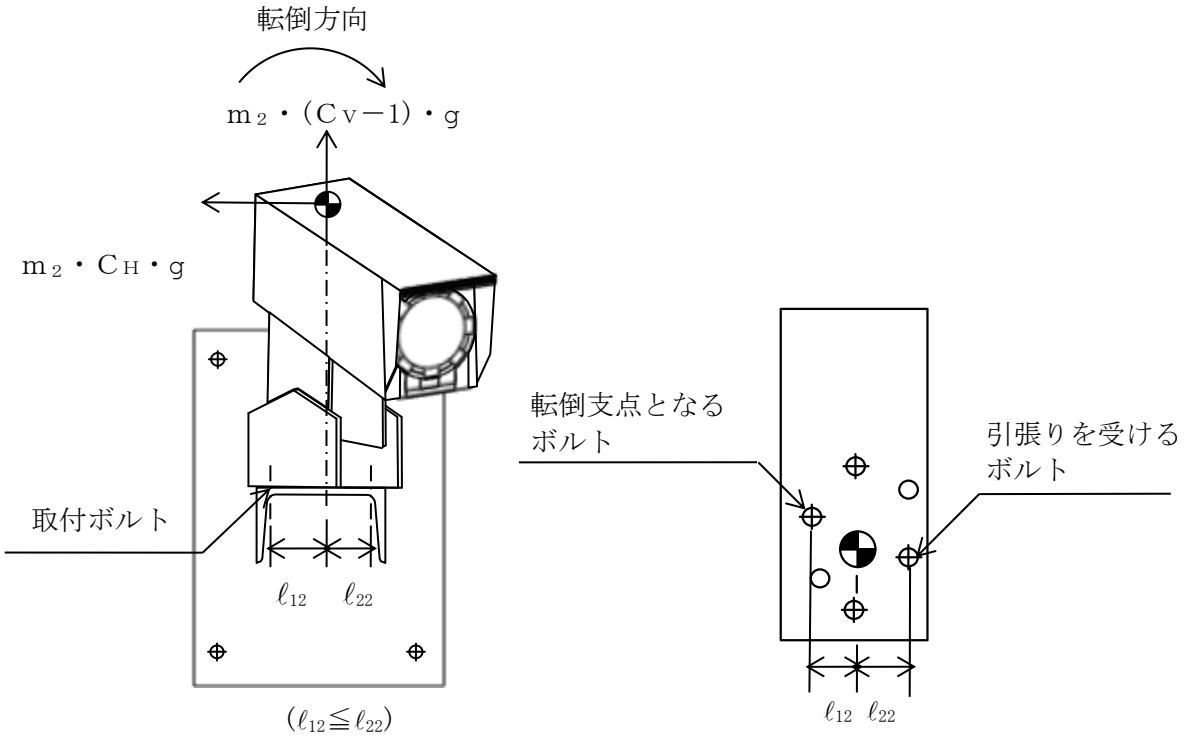


図2−2　計算モデル（短辺方向転倒）

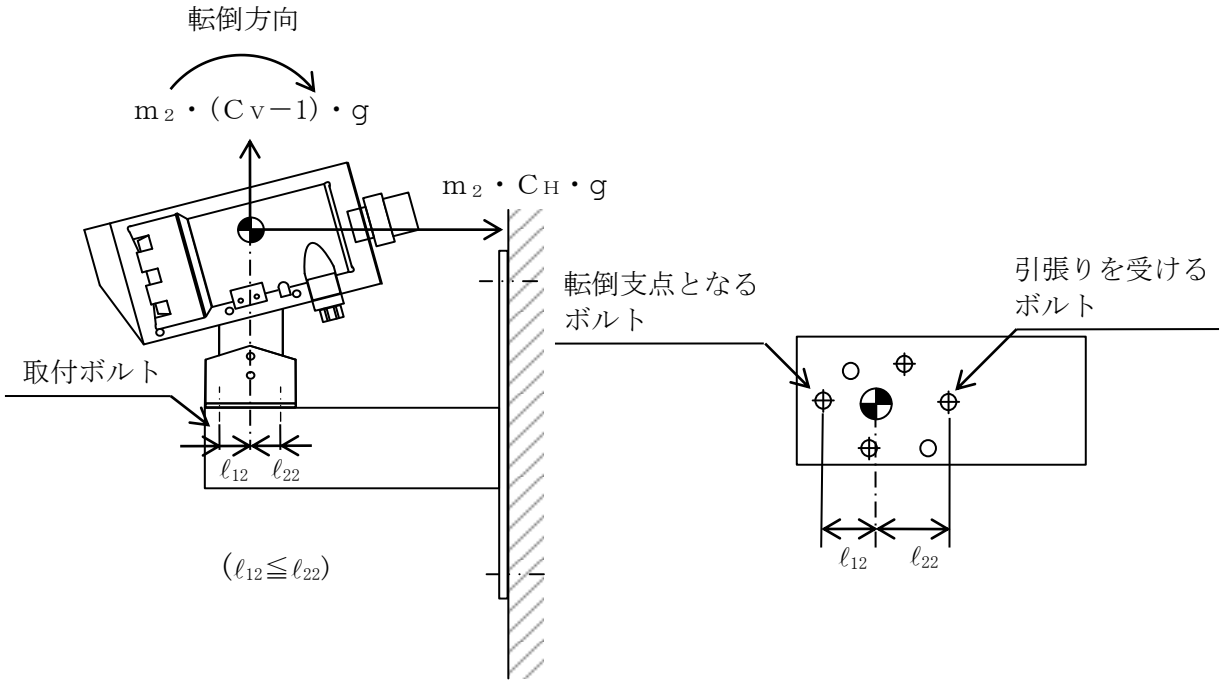


図2−3　計算モデル（長辺方向転倒）

(1)　引張応力

取付ボルトに対する引張力は，図2－2及び図2－3でそれぞれのボルトを支点とする転倒を考え，これを片側のボルトで受けるものとして計算する。

引張力

$$F_{b2} = \frac{m_2 \cdot g \cdot C_H \cdot h_2 - m_2 \cdot g \cdot (1 - C_V) \cdot \ell_{22}}{n_{f2} \cdot (\ell_{12} + \ell_{22})} \cdots\cdots\cdots (2.5.4.1.1.1)$$

引張応力

$$\sigma_{b2} = \frac{F_{b2}}{A_{b2}} \cdots\cdots\cdots (2.5.4.1.1.2)$$

ここで，取付ボルトの軸断面積A_{b2}は次式により求める。

$$A_{b2} = \frac{\pi}{4} \cdot d_2{}^2 \cdots\cdots\cdots (2.5.4.1.1.3)$$

(2)　せん断応力

取付ボルトに対するせん断力は，ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_{b2} = m_2 \cdot C_H \cdot g \cdots\cdots\cdots (2.5.4.1.1.4)$$

せん断応力

$$\tau_{b2} = \frac{Q_{b2}}{n_2 \cdot A_{b2}} \cdots\cdots\cdots (2.5.4.1.1.5)$$

2.5.5　計算条件

2.5.5.1　取付ボルトの応力計算条件

取付ボルトの応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【使用済燃料貯蔵プール監視カメラ（U51-ITV-No.IRSFP）の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

2.5.6　応力の評価

2.5.6.1　ボルトの応力評価

2.5.4項で求めたボルトの引張応力σ_{bi}は次式より求めた許容引張応力f_{tsi}以下であること。ただし，f_{toi}は下表による。

$$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}] \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (2.5.6.1.1)$$

せん断応力τ_{bi}は，せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力f_{sbi}以下であること。ただし，f_{sbi}は下表による。

	基準地震動Ｓｓによる荷重との組合せの場合
許容引張応力 f_{toi}	$\frac{F_i^*}{2}\cdot 1.5$
許容せん断応力 f_{sbi}	$\frac{F_i^*}{1.5\cdot\sqrt{3}}\cdot 1.5$

2.6　機能維持評価

2.6.1　電気的機能維持評価方法

使用済燃料貯蔵プール監視カメラの電気的機能維持評価について以下に示す。

なお，機能維持評価用加速度はⅤ-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき，基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度を設定する。

使用済燃料貯蔵プール監視カメラの機能確認済加速度は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき，同形式の検出器単体の正弦波加振試験において電気的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表2－8に示す。

表2－8　機能確認済加速度　　(×9.8m/s^2)

評価部位	方向	機能確認済加速度
使用済燃料貯蔵プール監視カメラ (U51-ITV-No.IRSFP)	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]

2.7　評価結果

2.7.1　重大事故等対処設備としての評価結果

使用済燃料貯蔵プール監視カメラの重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1)　構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2)　機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【使用済燃料貯蔵プール監視カメラ（U51-ITV-No.IRSFP）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
使用済燃料貯蔵プール監視カメラ (U51-ITV-No.IRSFP)	常設／防止 常設／緩和	原子炉建屋 T.M.S.L.31.700 (T.M.S.L.49.700*)	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C_H＝2.73	C_V＝1.50	100

注記 ＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	d_i (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)
取付ボルト （ｉ＝2）	[redacted]	200	8 (M8)	50.27	4	194 （40 ㎜＜径）	373 （40 ㎜＜径）

部材	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	n_{fi}*	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
取付ボルト （ｉ＝2）	3	54	1	—	232.8	—	短辺方向
	15	65	1				

注記 ＊：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
取付ボルト (ｉ＝2)	—	[redacted]	—	[redacted]

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (ｉ＝2)	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{b2}=20$	$f_{ts2}=174^{*}$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=2$	$f_{sb2}=134$

すべて許容応力以下である。

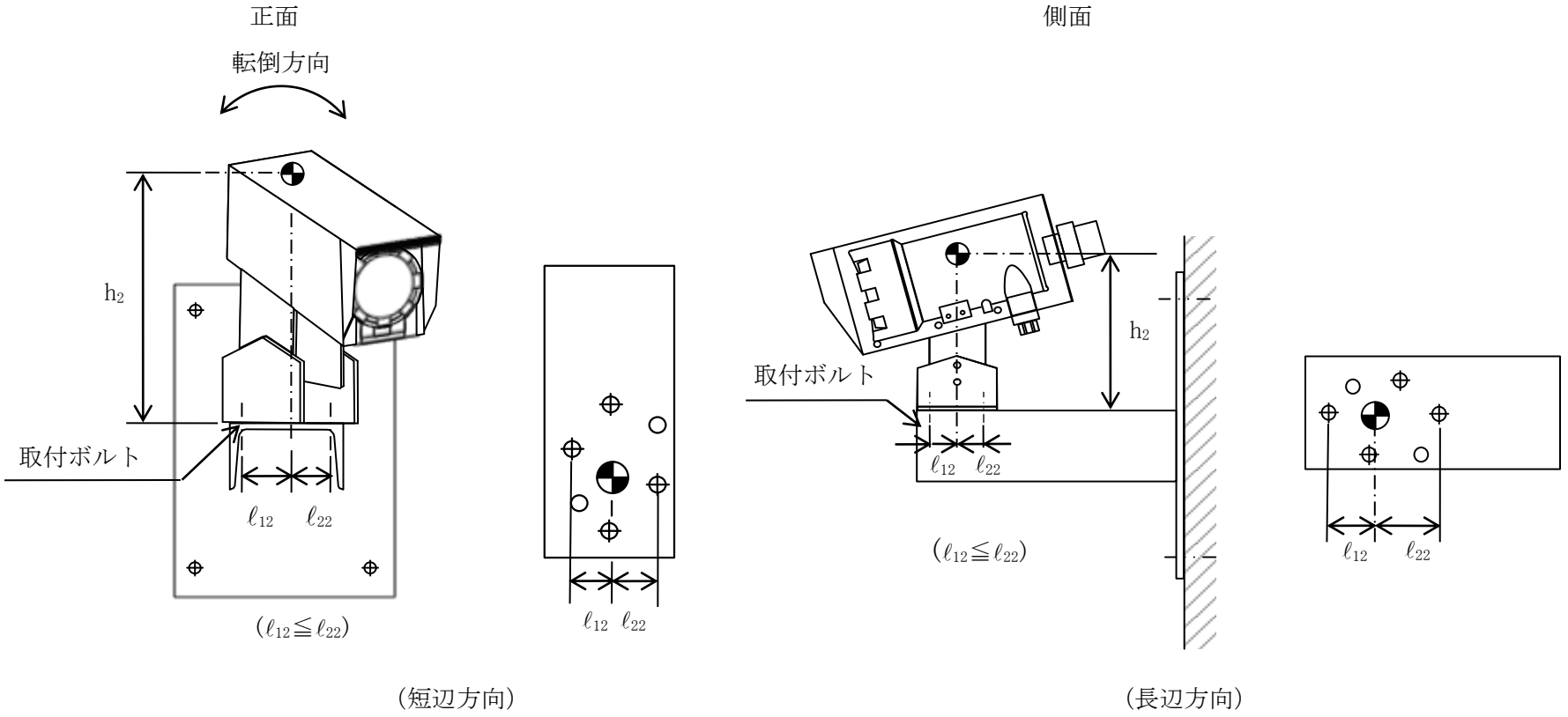
注記 ＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

1.4.2 電気的機能の評価結果 ($\times 9.8\mathrm{m/s^2}$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
使用済燃料貯蔵プール監視カメラ (U51-ITV-No.IRSFP)	水平方向	2.28	[redacted]
	鉛直方向	1.25	[redacted]

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


正面
転倒方向
h_2
取付ボルト
ℓ_{12} ℓ_{22}
($\ell_{12} \leqq \ell_{22}$)
ℓ_{12} ℓ_{22}
(短辺方向)
側面
h_2
取付ボルト
ℓ_{12} ℓ_{22}
($\ell_{12} \leqq \ell_{22}$)
ℓ_{12} ℓ_{22}
(長辺方向)

3.　使用済燃料貯蔵プール監視カメラ用サポート

3.1　概要

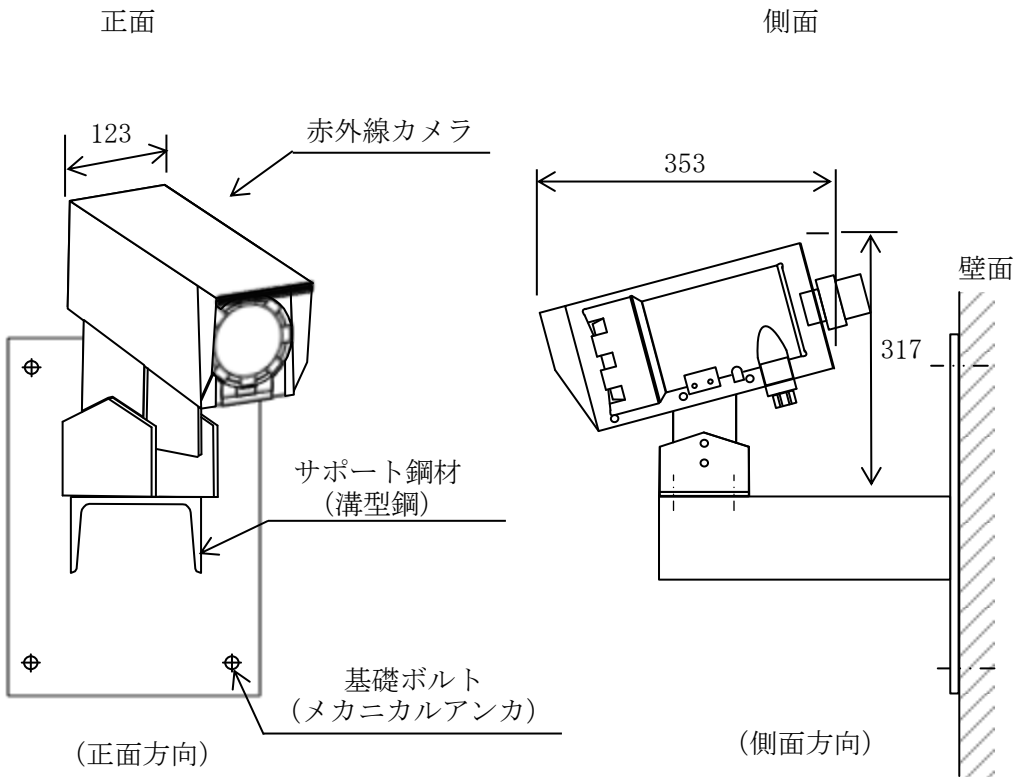
使用済燃料貯蔵プール監視カメラ用サポートは，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下，重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

3.2　一般事項

3.2.1　構造計画

使用済燃料貯蔵プール監視カメラ用サポートの構造計画を表 3－1 に示す。

表 3－1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
サポート鋼材は，基礎ボルトにより壁面に設置する。	支持構造物	【使用済燃料貯蔵プール監視カメラ用サポート】  （単位：mm）

3.2.2　評価方針

使用済燃料貯蔵プール監視カメラ用サポートの応力評価は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき，「3.2.1　構造計画」にて示す使用済燃料貯蔵プール監視カメラ用サポートの部位を踏まえ「3.3 評価部位」にて設定する箇所において，「3.4　固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを，「3.5　構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「3.6　評価結果」に示す。

使用済燃料貯蔵プール監視カメラ用サポートの耐震評価フローを図 3－1 に示す。

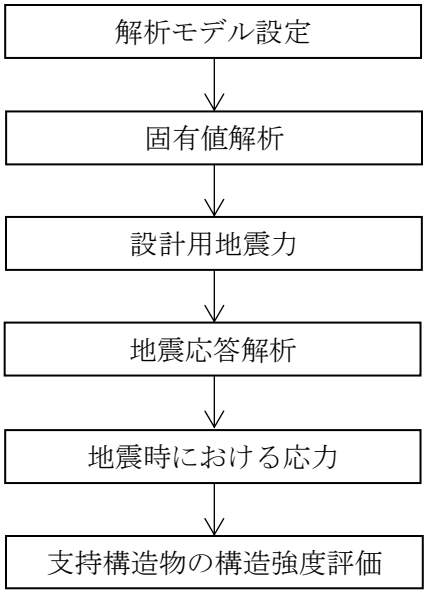


図 3－1　使用済燃料貯蔵プール監視カメラ用サポートの耐震評価フロー

3.2.3　適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準を以下に示す。

・原子力発電所耐震設計技術指針　重要度分類・許容応力編　ＪＥＡＧ４６０１・補-1984（(社) 日本電気協会）

・原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１-1987（(社) 日本電気協会）

・原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１-1991　追補版（(社) 日本電気協会）

・発電用原子力設備規格　設計・建設規格（(社) 日本機械学会，2005/2007）（以下「設計・建設規格」という。）

3.2.4　記号の説明

記号	記号の説明	単位
A_b	基礎ボルトの軸断面積	mm^2
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
d	基礎ボルトの呼び径	mm
F^*	設計・建設規格　SSB-3131又はSSB-3133に定める値	MPa
F_b	基礎ボルトに作用する引張力	N
F_x	サポート基礎部に作用する力（x方向）	N
F_y	サポート基礎部に作用する力（y方向）	N
F_z	サポート基礎部に作用する力（z方向）	N
f_{sb}	せん断力のみを受ける基礎ボルトの許容せん断応力	MPa
f_{to}	引張力のみを受ける基礎ボルトの許容引張応力	MPa
f_{ts}	引張力とせん断力を同時に受ける基礎ボルトの許容引張応力	MPa
g	重力加速度（＝9.80665）	m/s^2
ℓ_1	ボルトの応力計算に用いる距離（水平方向）	mm
ℓ_2	ボルトの応力計算に用いる距離（鉛直方向）	mm
ℓ_3	ボルトの応力計算に用いる距離（水平方向と鉛直方向の小さい方）	mm
M_x	サポート基礎部に作用するモーメント（x軸周り）	N･mm
M_y	サポート基礎部に作用するモーメント（y軸周り）	N･mm
M_z	サポート基礎部に作用するモーメント（z軸周り）	N･mm
n	基礎ボルトの本数	—
n_y	M_yの引張力に耐えうる基礎ボルトの本数	—
n_z	M_zの引張力に耐えうる基礎ボルトの本数	—
Q_b	基礎ボルトに作用するせん断力	MPa
S_u	設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表9に定める値	MPa
S_y	設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表8に定める値	MPa
$S_y(RT)$	設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表8に定める材料の40℃における値	MPa
W	カメラの荷重	N
π	円周率	—
σ_b	基礎ボルトに生じる引張応力	MPa
τ_b	基礎ボルトに生じるせん断応力	MPa

3.2.5　計算精度と数値の丸め方

精度は，有効数字6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は，表3－2に示すとおりとする。

表3－2　表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期	s	小数点以下第4位	四捨五入	小数点以下第3位
震度	―	小数点以下第3位	切上げ	小数点以下第2位
温度	℃	―	―	整数位
質量	kg	―	―	整数位
長さ	mm	―	―	整数位*1
面積	mm^2	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
モーメント	N･mm	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
力	N	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
算出応力	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
許容応力*3	MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位

注記＊1：設計上定める値が小数点以下第1位の場合は，小数点以下第1位表示とする。

＊2：絶対値が1000以上のときは，べき数表示とする。

＊3：設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の中間における引張強さ及び降伏点は比例法により補間した値の小数点以下第1位を切り捨て，整数位までの値とする。

3.3　評価部位

使用済燃料貯蔵プール監視カメラ用サポートの耐震評価は，「3.5.1　構造強度評価方法」に示す条件に基づき，耐震評価上厳しくなる基礎ボルト部について実施する。使用済燃料貯蔵プール監視カメラ用サポートの耐震評価部位については，表 3－1 の概略構造図に示す。

3.4　固有周期

3.4.1　固有値解析方法

使用済燃料貯蔵プール監視カメラ用サポートの固有値解析方法を以下に示す。

(1)　使用済燃料貯蔵プール監視カメラ用サポートは，「3.4.2　解析モデル及び諸元」に示す三次元はりモデルとして考える。

3.4.2　解析モデル及び諸元

使用済燃料貯蔵プール監視カメラ用サポートの解析モデルを図 3－2 に，解析モデルの概要を以下に示す。また，機器の諸元を本計算書の【使用済燃料貯蔵プール監視カメラ用サポートの耐震性についての計算結果】のその他の機器要目に示す。

(1)　使用済燃料貯蔵プール監視カメラ用サポートの赤外線カメラの質量は，重心に集中するものとする。

(2)　使用済燃料貯蔵プール監視カメラ用サポートの赤外線カメラの重心位置については，計算条件が厳しくなる位置に重心位置を設定するものとする。

(3)　拘束条件は，支持点（サポート基礎部）を完全拘束とする。
なお，基礎ボルト部は剛体として評価する。

(4)　耐震計算に用いる寸法は，公称値を使用する。

(5)　計算機コードは，「ＭＳＣ　ＮＡＳＴＲＡＮ」を使用し，固有値を求める。
なお，評価に用いる計算機コードの検証及び妥当性確認等の概要については，別紙「計算機コード（解析コード）の概要」に示す。

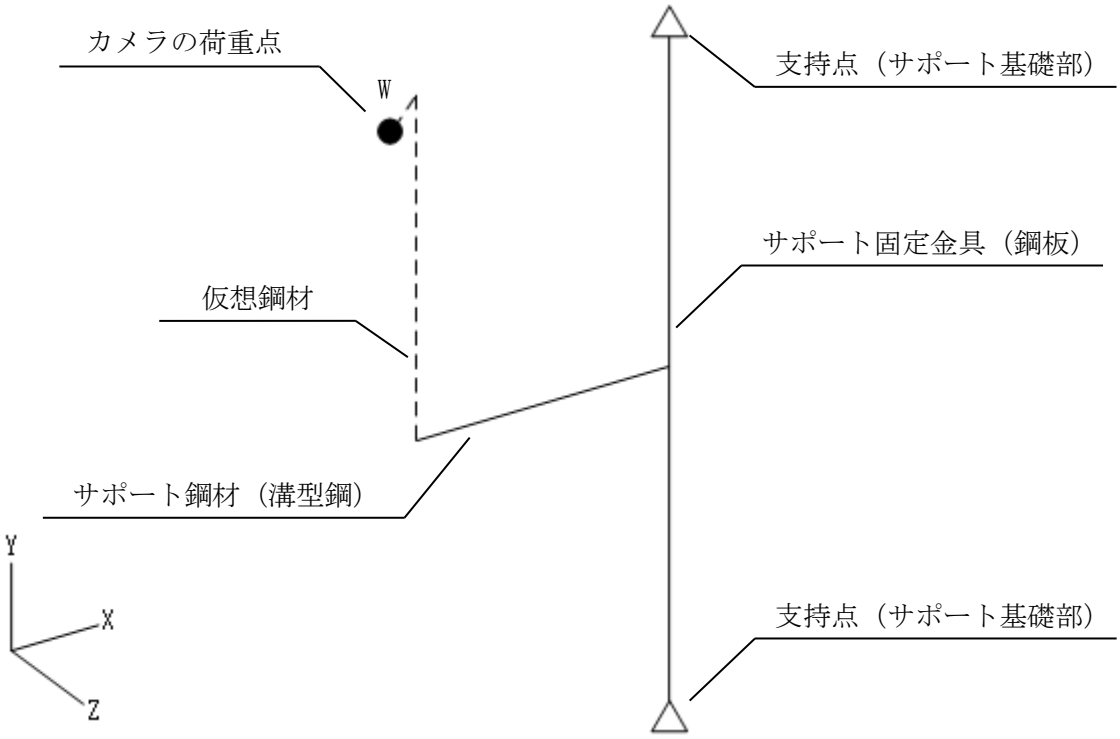


図 3－2　解析モデル

3.4.3　固有値解析結果

固有値解析結果を表 3－3 に示す。固有周期は，0.05 秒以下であり，剛であることを確認した。

表 3－3　固有値解析結果

モード	卓越方向	固有周期(s)	水平方向刺激係数		鉛直方向刺激係数
			X方向	Z方向	
1次	水平	[redacted]	—	—	—

3.5　構造強度評価

3.5.1　構造強度評価方法

3.4.2 項(1)～(5)のほか，次の条件で計算する。

(1)　地震力は，使用済燃料貯蔵プール監視カメラ用サポートに対して，水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。

3.5.2　荷重の組合せ及び許容応力

3.5.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

使用済燃料貯蔵プール監視カメラ用サポートの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3－4 に示す。

3.5.2.2　許容応力

使用済燃料貯蔵プール監視カメラ用サポートの許容応力は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 3－5 のとおりとする。

3.5.2.3　使用材料の許容応力評価条件

使用済燃料貯蔵プール監視カメラ用サポートの使用材料の許容応力評価条件のうちの評価に用いるものを表 3－6 に示す。

表 3－4　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設	その他	使用済燃料貯蔵プール 監視カメラ用サポート	常設／防止 常設／緩和	—*2	D＋P_D＋M_D＋Ｓｓ*3	$Ⅳ_AS$
					D＋P_{SAD}＋M_{SAD}＋Ｓｓ	V_AS （V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）

注記＊1：「常設／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

＊3：「D＋P_{SAD}＋M_{SAD}＋Ｓｓ」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 3－5　許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 （ボルト等）	
	一次応力	
	引張り	せん断
ⅣＡＳ	1.5・ｆｔ*	1.5・ｆｓ*
ＶＡＳ （ＶＡＳとしてⅣＡＳの 許容限界を用いる。）		

注記＊1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

＊2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 3－6　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
基礎ボルト	SS400 (40mm＜径)	周囲環境温度	100	194	373	―

3.5.3　設計用地震力

耐震評価に用いる設計用地震力を表 3－7 に示す。

「基準地震動Ｓｓ」による地震力は，Ｖ-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。

表 3－7　設計用地震力（重大事故等対処設備）

機器名称	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期（s）		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
		水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度
使用済燃料貯蔵プール監視カメラ用サポート	原子炉建屋 T.M.S.L. 31.700 (T.M.S.L. 49.700*)	[redacted]	0.05 以下	―	―	C_H=2.73	C_V=1.50

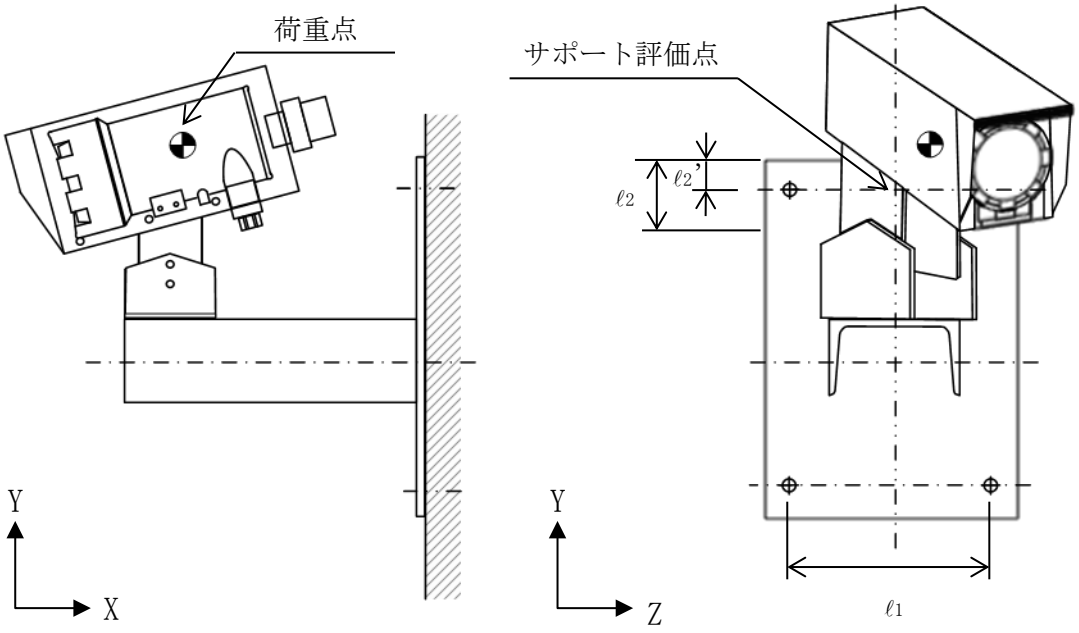
注記＊：基準床レベルを示す。

3.5.4　計算方法

3.5.4.1　応力の計算方法

3.5.4.1.1　基礎ボルトの計算方法

基礎ボルトの応力は，三次元はりモデルによる個別解析からサポート基礎部の内力を求めて，その結果を用いて手計算にて計算する。



ℓ_2：Y 方向における基礎ボルトから端部までの距離（ℓ_2’）の 2 倍とする。

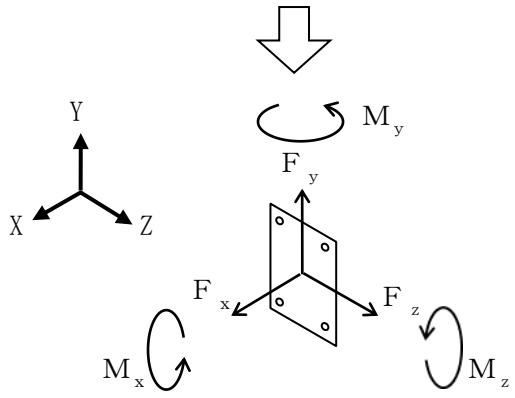


図 3－3　計算モデル（サポート基礎部，基礎ボルト）

個別解析によって得られたサポート基礎部の評価点の最大反力とモーメントを表 3－8 に示す。

表3－8　サポート発生反力，モーメント

反力(N)			モーメント(N･mm)		
F_x	F_y	F_z	M_x	M_y	M_z

(1)　引張応力

基礎ボルト（１本当たり）に対する引張応力は，下式により計算する。

引張力

$$F_b = \frac{F_x}{n} + \frac{M_y}{\ell_1 \cdot n_y} + \frac{M_z}{\ell_2 \cdot n_z} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (3.5.4.1.1.1)$$

引張応力

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_b} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (3.5.4.1.1.2)$$

ここで，基礎ボルトの軸断面積A_bは次式により求める。

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (3.5.4.1.1.3)$$

(2)　せん断応力

基礎ボルト（１本当たり）に対するせん断応力は，下式により計算する。

せん断力

$$Q_b = \frac{\sqrt{F_y{}^2 + F_z{}^2}}{n} + \frac{M_x}{\ell_3 \cdot n} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (3.5.4.1.1.4)$$

ここで，ボルトの応力計算に用いるℓ_3は次式により求める。

$$\ell_3 = \mathrm{Min}(\ell_1, \ell_2) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (3.5.4.1.1.5)$$

せん断応力

$$\tau_b = \frac{Q_b}{A_b} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (3.5.4.1.1.6)$$

3.5.5　計算条件

3.5.5.1　基礎ボルトの応力計算条件

応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【使用済燃料貯蔵プール監視カメラ用サポート】の設計条件及び機器要目に示す。

3.5.6　応力の評価

3.5.6.1　基礎ボルトの応力評価

3.5.4.1.1項で求めたボルトの引張応力σ_bは次式より求めた許容引張応力f_{ts}以下であること。ただし，f_{to}は下表による。

$$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau_b,\ f_{to}] \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (3.4.6.1.1)$$

せん断応力τ_bは，せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力f_{sb}以下であること。ただし，f_{sb}は下表による。

	基準地震動Ｓｓによる荷重との組合せの場合
許容引張応力 f_{to}	$\dfrac{F^*}{2}\cdot 1.5$
許容せん断応力 f_{sb}	$\dfrac{F^*}{1.5\cdot\sqrt{3}}\cdot 1.5$

3.6　評価結果

3.6.1　重大事故等対処設備としての評価結果

使用済燃料貯蔵プール監視カメラ用サポートの重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

(1)　構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

【使用済燃料貯蔵プール監視カメラ用サポートの耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
使用済燃料貯蔵プール 監視カメラ用サポート	常設／防止 常設／緩和	原子炉建屋 T.M.S.L.31.700 (T.M.S.L.49.700*)	[redacted]	0.05 以下	—	—	C_H＝2.73	C_V＝1.50	100

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	W (N)	ℓ_1 (mm)	ℓ_2 (mm)	d (mm)	A_b (mm^2)	n	n_y	n_z	S_y (MPa)	S_u (MPa)	F* (MPa)
基礎ボルト	[redacted]	220	80	12 (M12)	113.1	2	1	2	194 (40 mm＜径)	373 (40 mm＜径)	232

1.3 計算数値

1.3.1 サポート基礎部に作用する力

(単位：N)

部材	F_x		F_y		F_z	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
サポート基礎部	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.3.2 サポート基礎部に作用するモーメント

(単位：N･mm)

部材	M_x		M_y		M_z	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
サポート基礎部	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.3.3 基礎ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F_b		Q_b	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト	—	[redacted]	—	[redacted]

1.4　結論

1.4.1　基礎ボルトの応力

（単位：MPa）

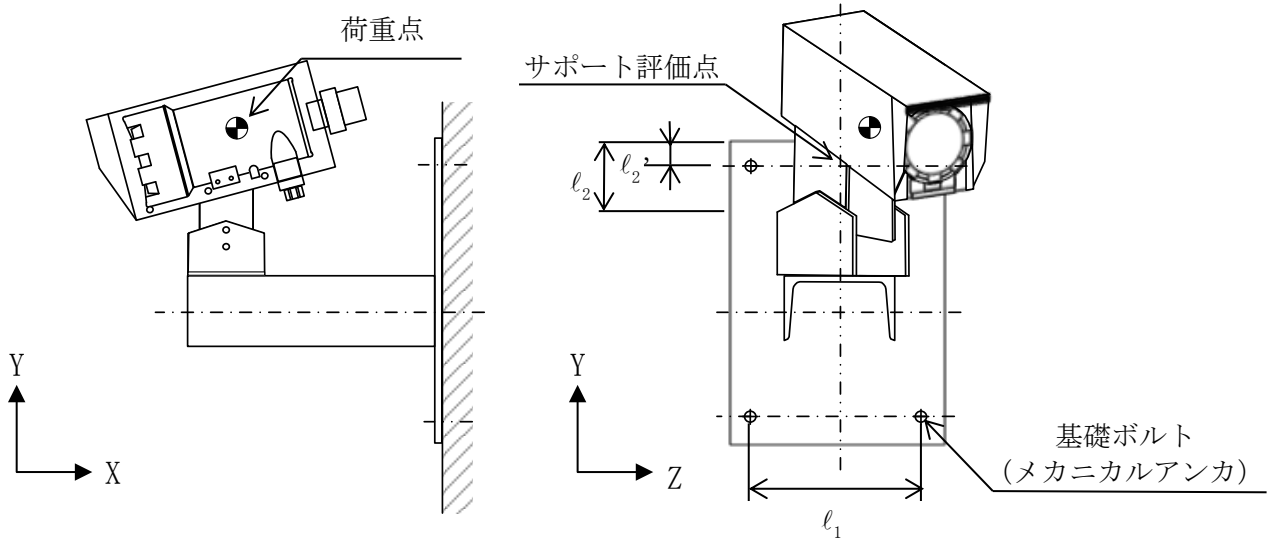
部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張り	—	—	σ_b＝7	f_{ts}＝139*
		せん断	—	—	τ_b＝4	f_{sb}＝107

すべて許容応力以下である。

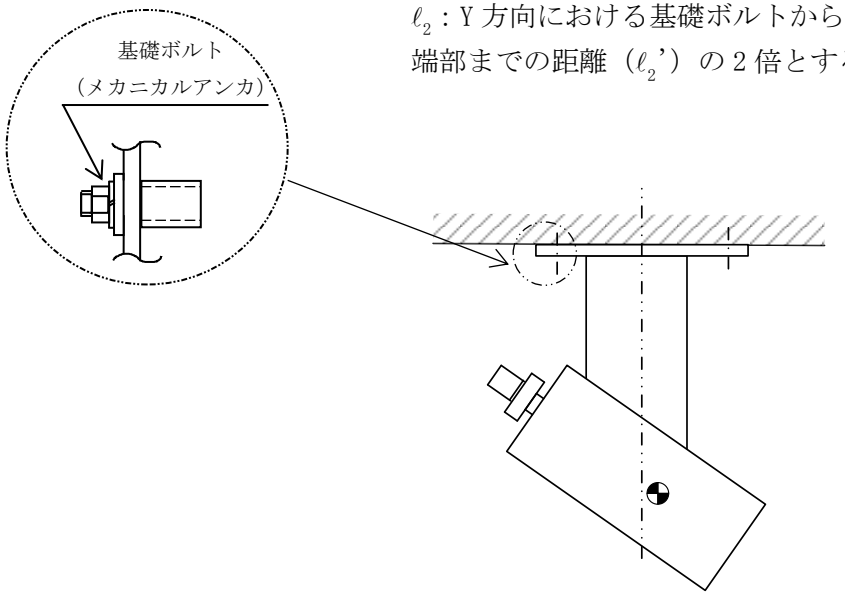
注記＊：f_{ts}＝Min[1.4・f_{to}－1.6・τ_b，f_{to}]

1.5　その他の機器要目

項目	記号	単位	入力値
材質	－	－	SS400
縦弾性係数	E	MPa	198000
ポアソン比	ν	－	0.3



ℓ_2：Y 方向における基礎ボルトから
端部までの距離（ℓ_2'）の 2 倍とする。



Ⅴ-2-4-2-6　使用済燃料貯蔵プール監視カメラ用空冷装置の耐震性についての計算書

目　　次

1.　概要　・・・

1. 概要

使用済燃料貯蔵プール監視カメラ用空冷装置は，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。

以下，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，使用済燃料貯蔵プール監視カメラ用空冷装置を構成するコンプレッサ，冷却器が設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。同様に，使用済燃料貯蔵プール監視カメラ用空冷装置を構成するエアクーラが設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

評価結果の記載方法は以下に示すとおりである。

(1) コンプレッサ，冷却器

使用済燃料貯蔵プール監視カメラの耐環境性向上用の空気を供給するコンプレッサ及び冷却器の評価結果をⅤ-2-4-2-6(1)「使用済燃料貯蔵プール監視カメラ用空冷装置（コンプレッサ，冷却器）の耐震性についての計算書」に記載する。

(2) エアクーラ

コンプレッサから供給された圧縮空気を使用済燃料貯蔵プール監視カメラへ冷風を供給するエアクーラの評価結果をⅤ-2-4-2-6(2)「使用済燃料貯蔵プール監視カメラ用空冷装置（エアクーラ）の耐震性についての計算書」に記載する。

本計算書は以下の構成で使用済燃料貯蔵プール監視カメラ用空冷装置の評価結果を示す。

(1) 使用済燃料貯蔵プール監視カメラ用空冷装置（コンプレッサ，冷却器）の耐震性についての計算書

(2) 使用済燃料貯蔵プール監視カメラ用空冷装置（エアクーラ）の耐震性についての計算書

（１）　使用済燃料貯蔵プール監視カメラ用空冷装置
（コンプレッサ，冷却器）の耐震性についての計算書

目　　次

1.　概要 ····· 1
2.　一般事項 ····· 1
2.1　構造計画 ····· 1
2.2　評価方針 ····· 3
2.3　適用規格・基準等 ····· 4
2.4　記号の説明 ····· 5
2.5　計算精度と数値の丸め方 ····· 6
3.　評価部位 ····· 7
4.　固有周期 ····· 8
4.1　基本方針 ····· 8
4.2　固有周期の確認方法 ····· 8
4.3　固有周期の確認結果 ····· 8
5.　構造強度評価 ····· 9
5.1　構造強度評価方法 ····· 9
5.2　荷重の組合せ及び許容応力 ····· 9
5.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態 ····· 9
5.2.2　許容応力 ····· 9
5.2.3　使用材料の許容応力評価条件 ····· 9
5.3　設計用地震力 ····· 13
5.4　計算方法 ····· 14
5.4.1　応力の計算方法 ····· 14
5.5　計算条件 ····· 16
5.5.1　基礎ボルトの応力計算条件 ····· 16
5.6　応力の評価 ····· 17
5.6.1　ボルトの応力評価 ····· 17
6.　機能維持評価 ····· 18
6.1　動的機能維持評価方法 ····· 18
7.　評価結果 ····· 19
7.1　重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 19

1. 概要

本計算書は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，使用済燃料貯蔵プール監視カメラ用空冷装置（コンプレッサ，冷却器）が設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。

使用済燃料貯蔵プール監視カメラ用空冷装置（コンプレッサ，冷却器）は，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下，重大事故等対処設備としての構造強度評価及び動的機能維持評価を示す。

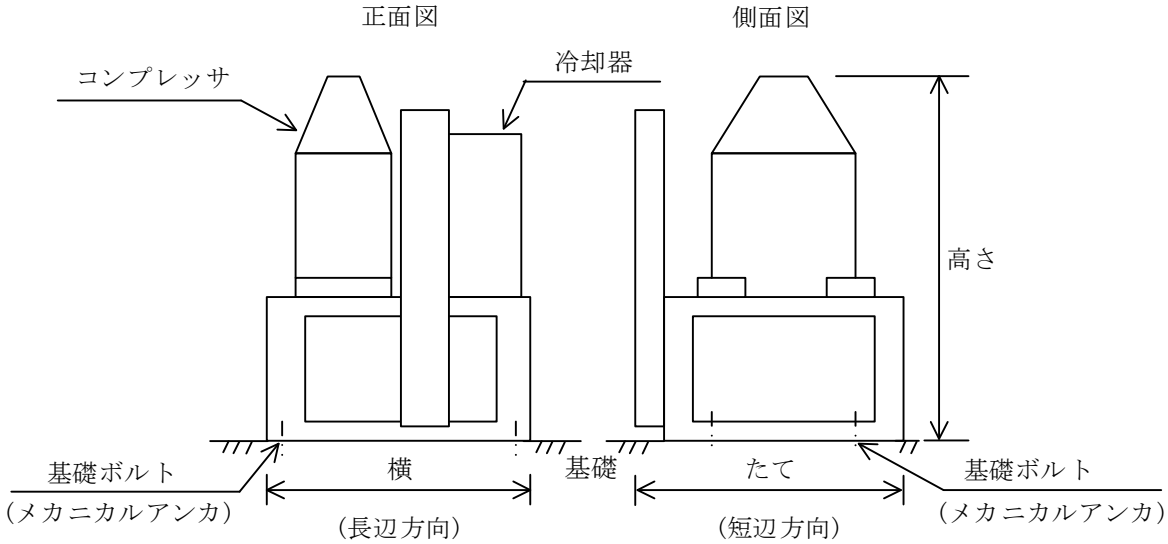
2. 一般事項

2.1 構造計画

使用済燃料貯蔵プール監視カメラ用空冷装置（コンプレッサ，冷却器）の構造計画を表2－1に示す。

表２－１　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
使用済燃料貯蔵プール監視カメラ用空冷装置（コンプレッサ，冷却器）は，基礎ボルトにより固定する。	コンプレッサ，冷却器	【使用済燃料貯蔵プール監視カメラ用空冷装置（コンプレッサ，冷却器）】



機器名称	使用済燃料貯蔵プール監視カメラ用空冷装置（コンプレッサ，冷却器）(U51-D-001)	使用済燃料貯蔵プール監視カメラ用空冷装置（コンプレッサ，冷却器）(U51-D-002)	使用済燃料貯蔵プール監視カメラ用空冷装置（コンプレッサ，冷却器）(U51-D-003)
たて	630	630	630
横	660	660	660
高さ	893	893	893

（単位：mm）

2.2　評価方針

使用済燃料貯蔵プール監視カメラ用空冷装置（コンプレッサ，冷却器）の応力評価は，V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき，「2.1 構造計画」にて示す使用済燃料貯蔵プール監視カメラ用空冷装置（コンプレッサ，冷却器）の部位を踏まえ「3.　評価部位」にて設定する箇所において，「4.　固有周期」で測定した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを，「5.　構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また，使用済燃料貯蔵プール監視カメラ用空冷装置（コンプレッサ，冷却器）の機能維持評価は，V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した動的機能維持の方針に基づき，地震時の応答加速度が動的機能確認済加速度以下であることを，「6. 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「7.　評価結果」に示す。

使用済燃料貯蔵プール監視カメラ用空冷装置（コンプレッサ，冷却器）の耐震評価フローを図2－1に示す。

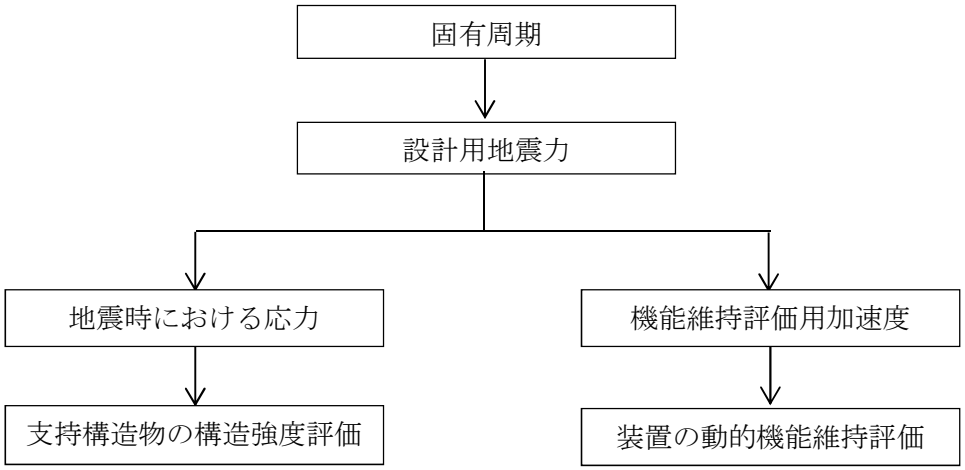


図2－1　使用済燃料貯蔵プール監視カメラ用空冷装置（コンプレッサ，冷却器）の耐震評価フロー

2.3　適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

・原子力発電所耐震設計技術指針　重要度分類・許容応力編　ＪＥＡＧ４６０１・補-1984((社)日本電気協会)

・原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１-1987（(社) 日本電気協会)

・原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１-1991　追補版（(社) 日本電気協会)

・発電用原子力設備規格　設計・建設規格（(社) 日本機械学会, 2005/2007)（以下「設計・建設規格」という。)

2.4　記号の説明

記号	記号の説明	単位
A_{bi}	ボルトの軸断面積*1	mm^2
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
d_i	ボルトの呼び径*1	mm
F_i	設計・建設規格　SSB-3121.1(1)に定める値*1	MPa
F_i^*	設計・建設規格　SSB-3133 に定める値*1	MPa
F_{bi}	ボルトに作用する引張力（1 本当たり）*1	N
f_{sbi}	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力*1	MPa
f_{toi}	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力*1	MPa
f_{tsi}	引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力*1	MPa
g	重力加速度（＝9.80665）	m/s^2
h_i	据付面又は取付面から重心までの距離*2	mm
ℓ_{1i}	重心とボルト間の水平方向距離*1, *3	mm
ℓ_{2i}	重心とボルト間の水平方向距離*1, *3	mm
m_i	コンプレッサ，冷却器の質量*2	kg
n_i	ボルトの本数*1	—
n_{fi}	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数*1	—
Q_{bi}	ボルトに作用するせん断力*1	N
S_{ui}	設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表 9 に定める値*1	MPa
S_{yi}	設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表 8 に定める値*1	MPa
$S_{yi}(RT)$	設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表 8 に定める材料の 40℃における値*1	MPa
π	円周率	—
σ_{bi}	ボルトに生じる引張応力*1	MPa
τ_{bi}	ボルトに生じるせん断応力*1	MPa

注記＊1：A_{bi}，d_i，F_i，F_i^*，F_{bi}，f_{sbi}，f_{toi}，f_{tsi}，ℓ_{1i}，ℓ_{2i}，n_i，n_{fi}，Q_{bi}，S_{ui}，S_{yi}，$S_{yi}(RT)$，σ_{bi}及びτ_{bi}の添字 i の意味は，以下のとおりとする。

i＝1：基礎ボルト

＊2：h_i及びm_i の添字 i の意味は，以下のとおりとする。

i＝1：コンプレッサ，冷却器

＊3：$\ell_{1i} \leqq \ell_{2i}$

2.5　計算精度と数値の丸め方

精度は，有効数字6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は，表2－2に示すとおりとする。

表2－2　表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期	s	小数点以下第4位	四捨五入	小数点以下第3位
震度	―	小数点以下第3位	切上げ	小数点以下第2位
温度	℃	―	―	整数位
質量	kg	―	―	整数位
長さ	mm	―	―	整数位*1
面積	mm^2	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
力	N	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
算出応力	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
許容応力*3	MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位

注記＊1：設計上定める値が小数点以下第1位の場合は，小数点以下第1位表示とする。

＊2：絶対値が1000以上のときは，べき数表示とする。

＊3：設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の中間における引張強さ及び降伏点は比例法により補間した値の小数点以下第1位を切り捨て，整数位までの値とする。

3. 評価部位

使用済燃料貯蔵プール監視カメラ用空冷装置（コンプレッサ，冷却器）の耐震評価は，「5.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき，耐震評価上厳しくなる基礎ボルトについて実施する。

使用済燃料貯蔵プール監視カメラ用空冷装置（コンプレッサ，冷却器）の耐震評価部位については，表2－1の概略構造図に示す。

4.　固有周期

4.1　基本方針

使用済燃料貯蔵プール監視カメラ用空冷装置（コンプレッサ，冷却器）の固有周期は，振動試験（加振試験）にて求める。

4.2　固有周期の確認方法

振動試験装置により固有振動数を測定する。使用済燃料貯蔵プール監視カメラ用空冷装置（コンプレッサ，冷却器）の外形図を表 2－1 の概略構造図に示す。

4.3　固有周期の確認結果

固有周期の確認結果を表 4－1 に示す。測定の結果，固有周期は 0.05 秒以下であり，剛であることを確認した。

表 4－1　固有周期　（単位：s）

使用済燃料貯蔵プール監視カメラ用空冷装置（コンプレッサ，冷却器）(U51-D-001)	水平	[redacted]
	鉛直	0.05 以下
使用済燃料貯蔵プール監視カメラ用空冷装置（コンプレッサ，冷却器）(U51-D-002)	水平	[redacted]
	鉛直	0.05 以下
使用済燃料貯蔵プール監視カメラ用空冷装置（コンプレッサ，冷却器）(U51-D-003)	水平	[redacted]
	鉛直	0.05 以下

5. 構造強度評価

5.1 構造強度評価方法

(1) コンプレッサ，冷却器の質量は重心に集中しているものとする。

(2) 地震力はコンプレッサ，冷却器に対して，水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。

(3) コンプレッサ，冷却器は基礎ボルトで基礎に固定されており，固定端とする。

(4) 転倒方向は，長辺方向及び短辺方向について検討し，計算書には結果の厳しい方（許容値／発生値の小さい方をいう。）を記載する。

(5) コンプレッサ，冷却器の重心位置については，転倒方向を考慮して，計算条件が厳しくなる位置に重心位置を設定して耐震性の計算を行うものとする。

(6) 耐震計算に用いる寸法は，公称値を使用する。

5.2 荷重の組合せ及び許容応力

5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

使用済燃料貯蔵プール監視カメラ用空冷装置（コンプレッサ，冷却器）の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表5－1に示す。

5.2.2 許容応力

使用済燃料貯蔵プール監視カメラ用空冷装置（コンプレッサ，冷却器）の許容応力は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表5－2のとおりとする。

5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

使用済燃料貯蔵プール監視カメラ用空冷装置（コンプレッサ，冷却器）の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表5－3に示す。

表5－1　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設	その他	使用済燃料貯蔵プール 監視カメラ用空冷装置 （コンプレッサ，冷却器）	常設／防止 常設／緩和	－*2	D＋P_D＋M_D＋Ｓｓ*3	$Ⅳ_AS$
					D＋P_{SAD}＋M_{SAD}＋Ｓｓ	V_AS （V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）

注記＊1：「常設／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

＊3：「D＋P_{SAD}＋M_{SAD}＋Ｓｓ」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表5－2　許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 （ボルト等）	
	一次応力	
	引張り	せん断
ⅣＡＳ	1.5・ｆｔ*	1.5・ｆｓ*
ＶＡＳ （ＶＡＳとしてⅣＡＳの 許容限界を用いる。）		

注記＊1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

＊2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表5－3　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
基礎ボルト	SS400 (40mm＜径)	周囲環境温度	50	211	394	―

5.3　設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表5－4に示す。

「基準地震動Ｓｓ」による地震力は，Ⅴ-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。

表5－4　設計用地震力（重大事故等対処設備）

機器名称	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
		水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度
使用済燃料貯蔵プール監視カメラ用空冷装置(コンプレッサ，冷却器) (U51-D-001)	原子炉建屋 T.M.S.L. 31.700*	[redacted]	0.05以下	—	—	C_H=1.71	C_V=1.41
使用済燃料貯蔵プール監視カメラ用空冷装置(コンプレッサ，冷却器) (U51-D-002)	原子炉建屋 T.M.S.L. 31.700*	[redacted]	0.05以下	—	—	C_H=1.71	C_V=1.41
使用済燃料貯蔵プール監視カメラ用空冷装置(コンプレッサ，冷却器) (U51-D-003)	原子炉建屋 T.M.S.L. 31.700*	[redacted]	0.05以下	—	—	C_H=1.71	C_V=1.41

注記＊：基準床レベルを示す。

5.4　計算方法

5.4.1　応力の計算方法

5.4.1.1　基礎ボルトの計算方法

基礎ボルトの応力は，地震による震度により作用するモーメントによって生じる引張力とせん断力について計算する。

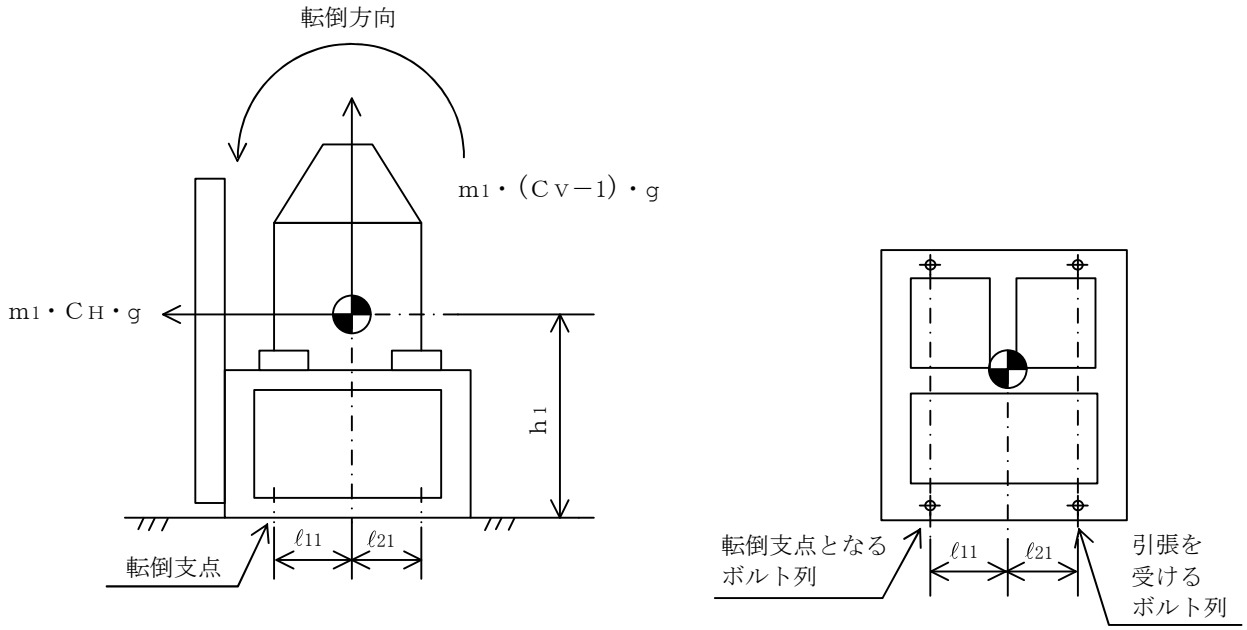


図5－1　計算モデル（短辺方向転倒）

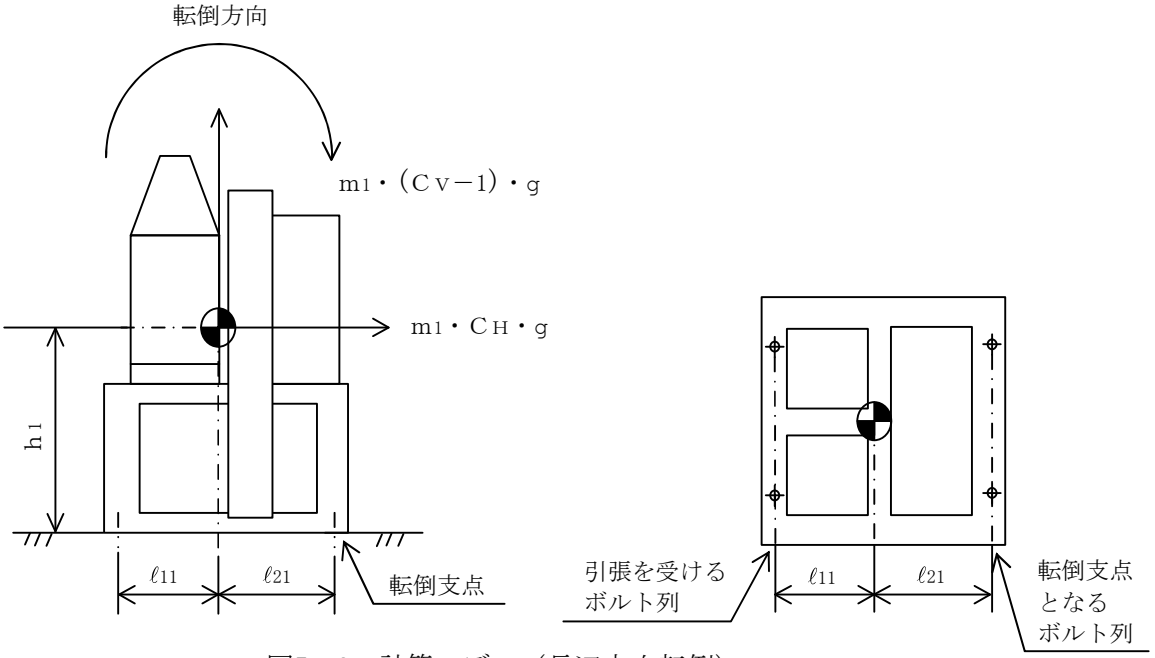


図5－2　計算モデル（長辺方向転倒）

(1) 引張応力

基礎ボルトに対する引張力は，図5－1及び図5－2でそれぞれのボルトを支点とする転倒を考え，これを片側のボルトで受けるものとして計算する。

引張力

$$F_{b1}=\frac{m_1\cdot C_H\cdot h_1\cdot g-m_1\cdot(1-C_V)\cdot \ell_{21}\cdot g}{n_{f1}\cdot(\ell_{11}+\ell_{21})} \quad \cdots (5.4.1.1.1)$$

引張応力

$$\sigma_{b1}=\frac{F_{b1}}{A_{b1}} \quad \cdots (5.4.1.1.2)$$

ここで，基礎ボルトの軸断面積A_{b1}は次式により求める。

$$A_{b1}=\frac{\pi}{4}\cdot d_1^{\,2} \quad \cdots (5.4.1.1.3)$$

(2) せん断応力

基礎ボルトに対するせん断力は，ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_{b1}=m_1\cdot C_H\cdot g \quad \cdots (5.4.1.1.4)$$

せん断応力

$$\tau_{b1}=\frac{Q_{b1}}{n_1\cdot A_{b1}} \quad \cdots (5.4.1.1.5)$$

5.5 計算条件

5.5.1 基礎ボルトの応力計算条件

基礎ボルトの応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【使用済燃料貯蔵プール監視カメラ用空冷装置（コンプレッサ，冷却器）（U51-D-001）の耐震性についての計算結果】，【使用済燃料貯蔵プール監視カメラ用空冷装置（コンプレッサ，冷却器）（U51-D-002）の耐震性についての計算結果】，【使用済燃料貯蔵プール監視カメラ用空冷装置（コンプレッサ，冷却器）（U51-D-003）の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

5.6　応力の評価

5.6.1　ボルトの応力評価

5.4.1項で求めたボルトの引張応力σ_{bi}は次式より求めた許容引張応力f_{tsi}以下であること。ただし，f_{toi}は下表による。

$$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}] \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (5.6.1.1)$$

せん断応力τ_{bi}は，せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力f_{sbi}以下であること。ただし，f_{sbi}は下表による。

	基準地震動Ｓｓによる荷重との組合せの場合
許容引張応力 f_{toi}	$\dfrac{F_i^*}{2}\cdot 1.5$
許容せん断応力 f_{sbi}	$\dfrac{F_i^*}{1.5\cdot\sqrt{3}}\cdot 1.5$

6. 機能維持評価

6.1 動的機能維持評価方法

使用済燃料貯蔵プール監視カメラ用空冷装置（コンプレッサ，冷却器）の動的機能維持評価について以下に示す。

なお，機能維持評価用加速度はV-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき，基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度を設定する。

使用済燃料貯蔵プール監視カメラ用空冷装置（コンプレッサ，冷却器）の機能確認済加速度は，V-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき，同形式の装置の正弦波加振試験において動的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表6－1に示す。

表6－1　機能確認済加速度　（×9.8m/s²）

評価部位	方向	機能確認済加速度
使用済燃料貯蔵プール監視カメラ用空冷装置（コンプレッサ，冷却器）	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]

7. 評価結果

7.1 重大事故等対処設備としての評価結果

使用済燃料貯蔵プール監視カメラ用空冷装置（コンプレッサ，冷却器）の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

動的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【使用済燃料貯蔵プール監視カメラ用空冷装置（コンプレッサ，冷却器）(U51-D-001）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
使用済燃料貯蔵プール監視カメラ用空冷装置（コンプレッサ，冷却器）(U51-D-001)	常設／防止 常設／緩和	原子炉建屋 T.M.S.L. 31.700*	[redacted]	0.05 以下	—	—	C_H＝1.71	C_V＝1.41	50

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i*1 (mm)	d_i (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)
基礎ボルト （ｉ＝1)	[redacted]	397	12 (M 12)	113.1	4	211 (40mm＜径)	394 (40mm＜径)

部材	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	n_{fi}*	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト （ｉ＝1)	198	202	2	—	253	—	短辺方向
	288	322	2				

注記＊：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト（ｉ＝1）	—	[redacted]	—	[redacted]

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト（ｉ＝1）	SS400	引張り	—	—	σ_{b1}＝9	f_{ts1}＝152*
		せん断	—	—	τ_{b1}＝4	f_{sb1}＝117

すべて許容応力以下である。

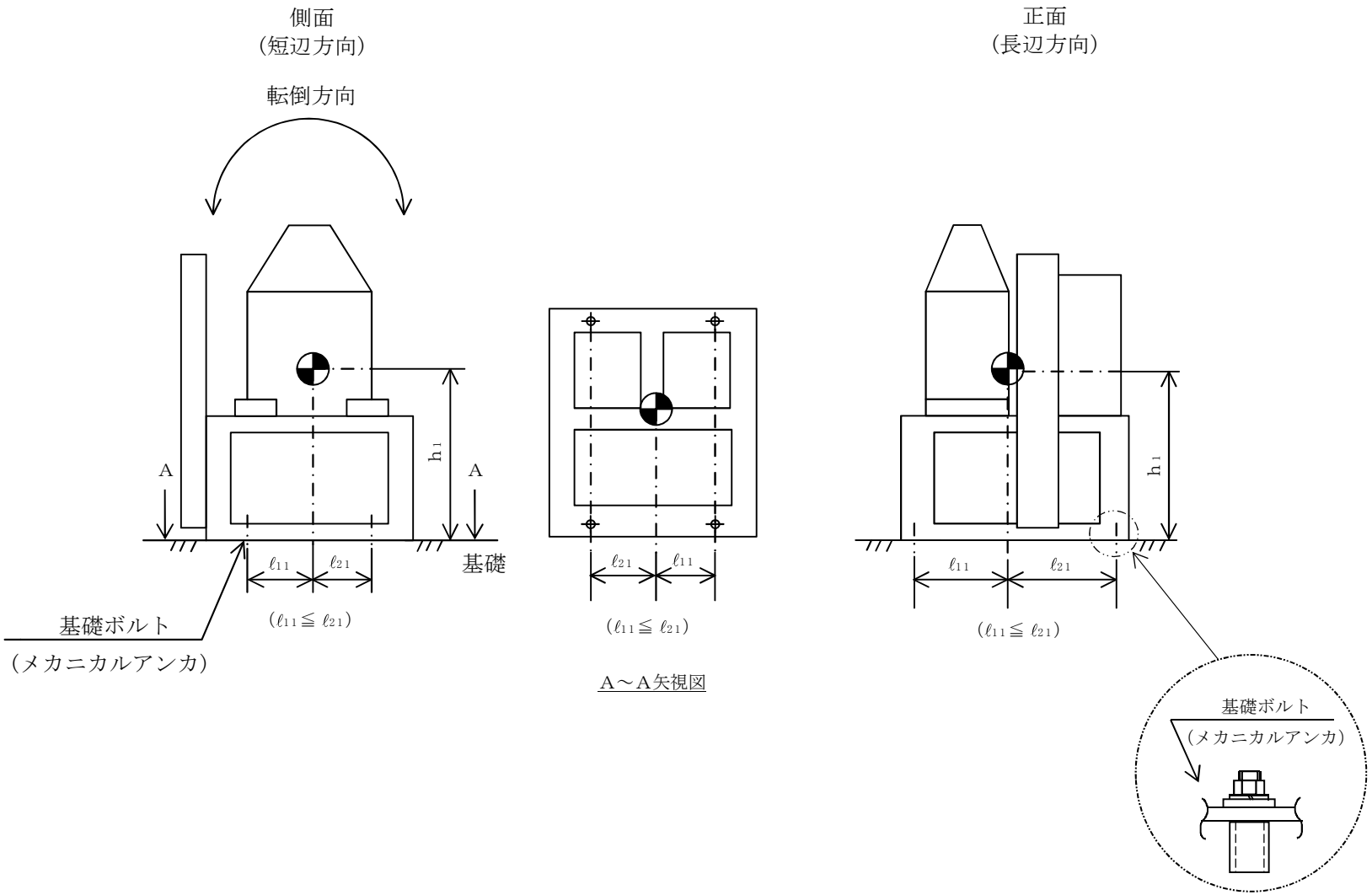
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

1.4.2 動的機能の評価結果 (×9.8m/s^2)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
使用済燃料貯蔵プール監視カメラ用空冷装置（コンプレッサ，冷却器）(U51-D-001)	水平方向	1.42	[redacted]
	鉛直方向	1.17	[redacted]

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


側面
(短辺方向)
転倒方向
A
A
h_1
ℓ_{11}
ℓ_{21}
基礎
基礎ボルト
(メカニカルアンカ)
($\ell_{11} \leqq \ell_{21}$)
ℓ_{21}
ℓ_{11}
($\ell_{11} \leqq \ell_{21}$)
A～A矢視図
正面
(長辺方向)
h_1
ℓ_{11}
ℓ_{21}
($\ell_{11} \leqq \ell_{21}$)
基礎ボルト
(メカニカルアンカ)

【使用済燃料貯蔵プール監視カメラ用空冷装置（コンプレッサ，冷却器）(U51-D-002）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
使用済燃料貯蔵プール監視カメラ用空冷装置（コンプレッサ，冷却器）(U51-D-002)	常設／防止 常設／緩和	原子炉建屋 T.M.S.L. 31.700*	[redacted]	0.05 以下	—	—	C_H＝1.71	C_V＝1.41	50

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i*1 (mm)	d_i (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)
基礎ボルト （ｉ＝1)	[redacted]	397	12 (M 12)	113.1	4	211 (40mm＜径)	394 (40mm＜径)

部材	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	n_{fi}*	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト （ｉ＝1)	198	202	2	—	253	—	短辺方向
	288	322	2				

注記＊：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト（ｉ＝1）	—	[redacted]	—	[redacted]

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト（ｉ＝1）	SS400	引張り	—	—	σ_{b1}＝9	f_{ts1}＝152*
		せん断	—	—	τ_{b1}＝4	f_{sb1}＝117

すべて許容応力以下である。

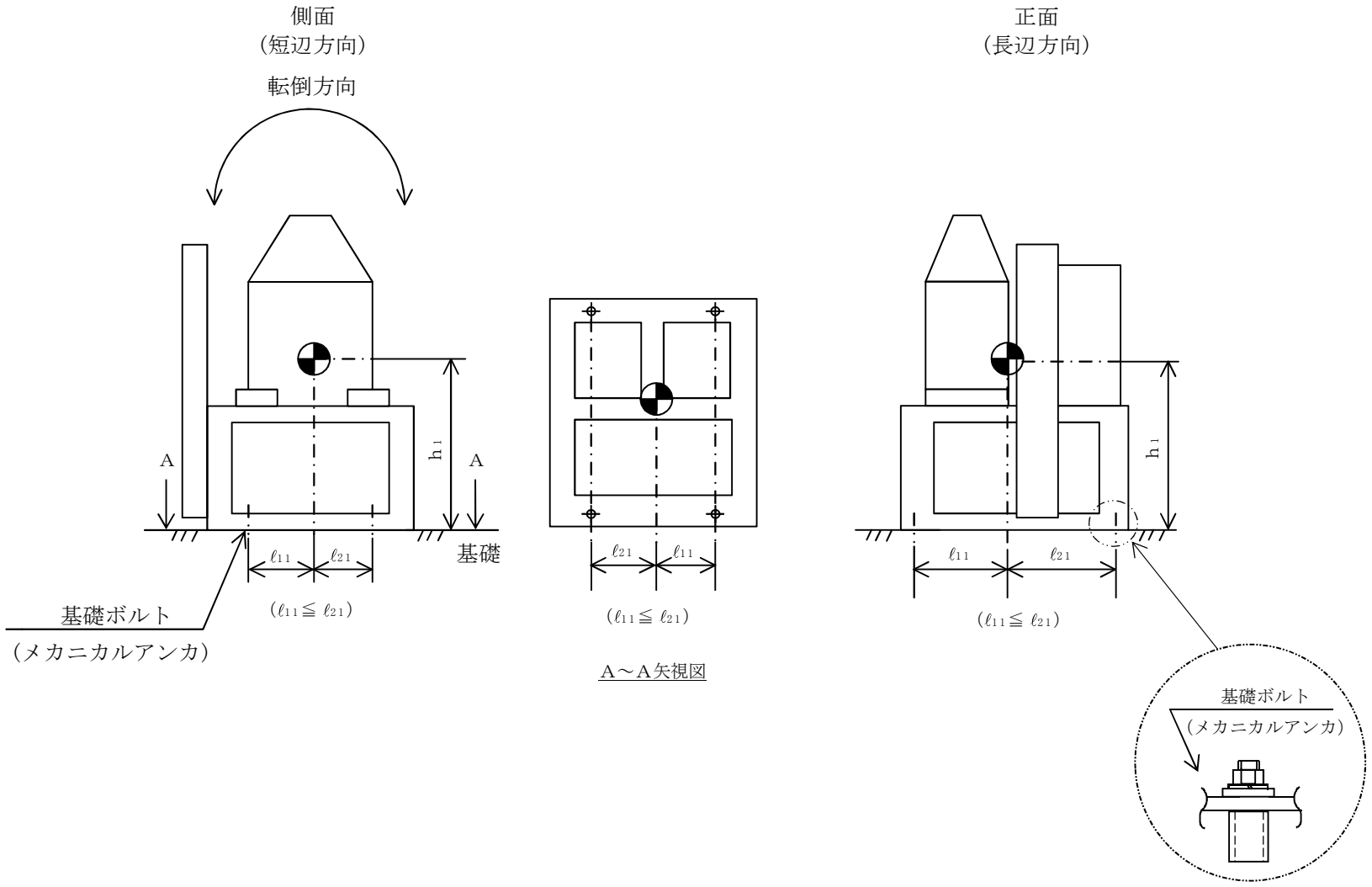
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

1.4.2 動的機能の評価結果 (×9.8m/s^2)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
使用済燃料貯蔵プール監視カメラ用空冷装置（コンプレッサ，冷却器）(U51-D-002)	水平方向	1.42	[redacted]
	鉛直方向	1.17	[redacted]

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


側面
（短辺方向）
転倒方向
A
A
h1
基礎
ℓ11
ℓ21
（ℓ11≦ ℓ21）
基礎ボルト
（メカニカルアンカ）
ℓ21
ℓ11
（ℓ11≦ ℓ21）
A～A矢視図
正面
（長辺方向）
h1
ℓ11
ℓ21
（ℓ11≦ ℓ21）
基礎ボルト
（メカニカルアンカ）

【使用済燃料貯蔵プール監視カメラ用空冷装置（コンプレッサ，冷却器）(U51-D-003）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
使用済燃料貯蔵プール監視カメラ用空冷装置（コンプレッサ，冷却器）(U51-D-003)	常設／防止 常設／緩和	原子炉建屋 T.M.S.L. 31.700*	[redacted]	0.05 以下	—	—	C_H＝1.71	C_V＝1.41	50

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i*1 (mm)	d_i (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)
基礎ボルト （ｉ＝1)	[redacted]	397	12 (M 12)	113.1	4	211 (40mm＜径)	394 (40mm＜径)

部材	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	n_{fi}*	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト （ｉ＝1)	198	202	2	—	253	—	短辺方向
	288	322	2				

注記＊：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト（ｉ＝1）	—	[redacted]	—	[redacted]

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト（ｉ＝1）	SS400	引張り	—	—	σ_{b1}＝9	f_{ts1}＝152*
		せん断	—	—	τ_{b1}＝4	f_{sb1}＝117

すべて許容応力以下である。

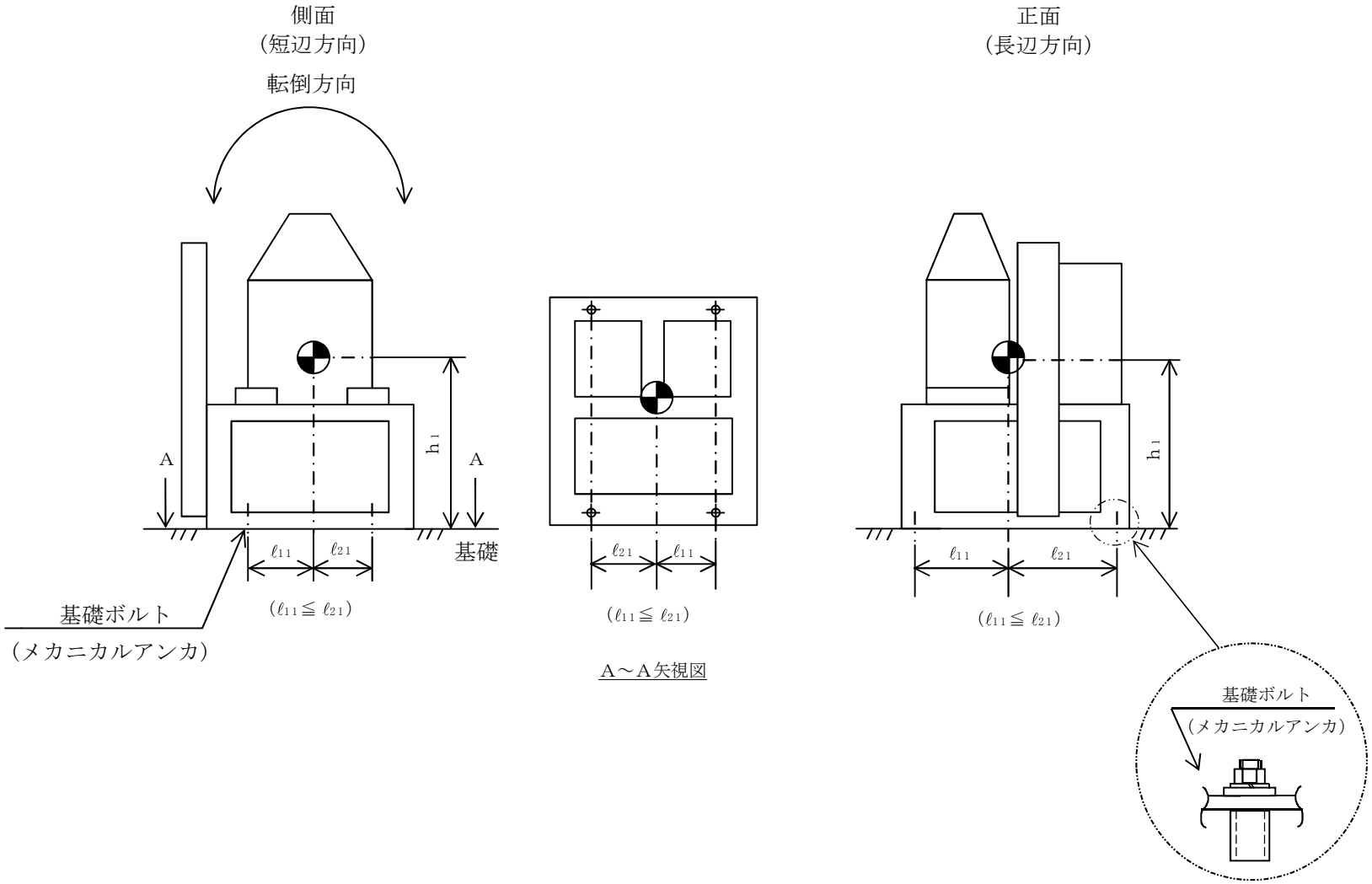
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

1.4.2 動的機能の評価結果 (×9.8m/s^2)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
使用済燃料貯蔵プール監視カメラ用空冷装置（コンプレッサ，冷却器）(U51-D-003)	水平方向	1.42	[redacted]
	鉛直方向	1.17	[redacted]

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


側面
(短辺方向)
転倒方向
A
A
h1
基礎
ℓ11
ℓ21
(ℓ11≦ℓ21)
基礎ボルト
(メカニカルアンカ)
ℓ21
ℓ11
(ℓ11≦ℓ21)
A～A矢視図
正面
(長辺方向)
h1
ℓ11
ℓ21
(ℓ11≦ℓ21)
基礎ボルト
(メカニカルアンカ)

（２）　使用済燃料貯蔵プール監視カメラ用空冷装置（エアクーラ）の耐震性についての計算書

目　　次

1.　概要 ····· 1
2.　一般事項 ····· 1
2.1　構造計画 ····· 1
2.2　評価方針 ····· 3
2.3　適用規格・基準等 ····· 4
2.4　記号の説明 ····· 5
2.5　計算精度と数値の丸め方 ····· 6
3.　評価部位 ····· 7
4.　固有周期 ····· 8
4.1　固有値解析方法 ····· 8
4.2　解析モデル及び諸元 ····· 8
4.3　固有値解析結果 ····· 9
5.　構造強度評価 ····· 10
5.1　構造強度評価方法 ····· 10
5.2　荷重の組合せ及び許容応力 ····· 10
5.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態 ····· 10
5.2.2　許容応力 ····· 10
5.2.3　使用材料の許容応力評価条件 ····· 10
5.3　設計用地震力 ····· 14
5.4　計算方法 ····· 15
5.4.1　応力の計算方法 ····· 15
5.5　計算条件 ····· 17
5.5.1　基礎ボルトの応力計算条件 ····· 17
5.6　応力の評価 ····· 17
5.6.1　基礎ボルトの応力評価 ····· 17
6.　機能維持評価 ····· 18
6.1　電気的機能維持評価方法 ····· 18
7.　評価結果 ····· 19
7.1　重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 19

1. 概要

本計算書は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，使用済燃料貯蔵プール監視カメラ用空冷装置（エアクーラ）が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

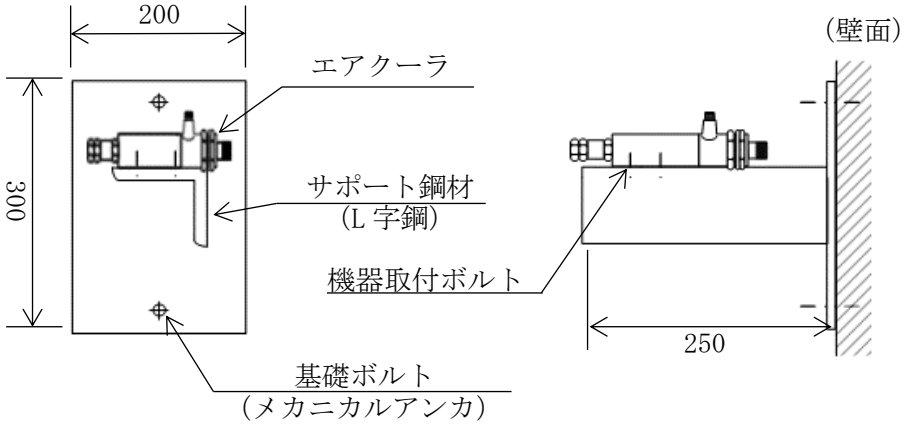
使用済燃料貯蔵プール監視カメラ用空冷装置（エアクーラ）は，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下，重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

使用済燃料貯蔵プール監視カメラ用空冷装置（エアクーラ）の構造計画を表 2－1 に示す。

表 2－1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
使用済燃料貯蔵プール監視カメラ用空冷装置（エアクーラ）は，機器取付ボルトによりサポート鋼材に固定される。 サポート鋼材は，基礎ボルトにより壁面に設置する。	エアクーラ	【使用済燃料貯蔵プール監視カメラ用空冷装置（エアクーラ）】  (単位：mm)

2.2　評価方針

使用済燃料貯蔵プール監視カメラ用空冷装置（エアクーラ）の応力評価は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき，「2.1　構造計画」にて示す使用済燃料貯蔵プール監視カメラ用空冷装置（エアクーラ）の部位を踏まえ「3. 評価部位」にて設定する箇所において，「4.　固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを，「5.　構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また，使用済燃料貯蔵プール監視カメラ用空冷装置（エアクーラ）の機能維持評価は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した電気的機能維持の方針に基づき，地震時の応答加速度が電気的機能確認済加速度以下であることを，「6.　機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「7.　評価結果」に示す。

使用済燃料貯蔵プール監視カメラ用空冷装置（エアクーラ）の耐震評価フローを図2－1に示す。

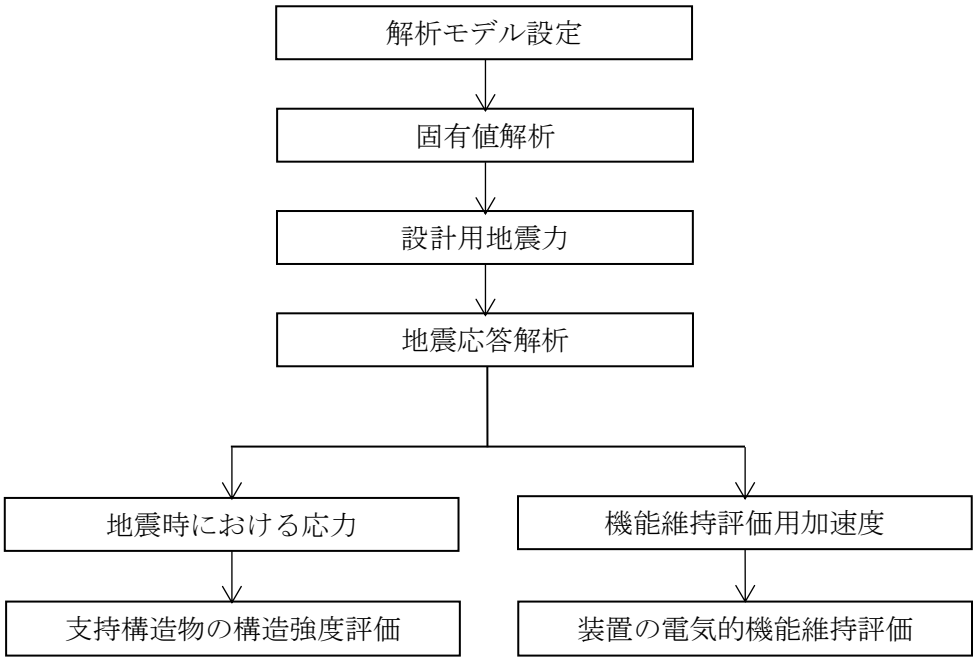


図2－1　使用済燃料貯蔵プール監視カメラ用空冷装置（エアクーラ）の耐震評価フロー

2.3　適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

・原子力発電所耐震設計技術指針　重要度分類・許容応力編　ＪＥＡＧ４６０１・補-1984（(社)日本電気協会）

・原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１-1987（(社) 日本電気協会）

・原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１-1991　追補版（(社) 日本電気協会）

・発電用原子力設備規格　設計・建設規格（(社) 日本機械学会，2005/2007）（以下「設計・建設規格」という。）

2.4　記号の説明

記号	記号の説明	単位
A_b	基礎ボルトの軸断面積	mm^2
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
d	基礎ボルトの呼び径	mm
F *	設計・建設規格　SSB-3131又はSSB-3133に定める値	MPa
F_b	基礎ボルトに作用する引張力	N
F_x	サポート基礎部に作用する力（x方向）	N
F_y	サポート基礎部に作用する力（y方向）	N
F_z	サポート基礎部に作用する力（z方向）	N
f_{sb}	せん断力のみを受ける基礎ボルトの許容せん断応力	MPa
f_{to}	引張力のみを受ける基礎ボルトの許容引張応力	MPa
f_{ts}	引張力とせん断力を同時に受ける基礎ボルトの許容引張応力	MPa
g	重力加速度（＝9.80665）	m/s^2
ℓ_1	サポート基礎の長さ（水平方向）	mm
ℓ_2	ボルト間距離（鉛直方向）	mm
ℓ_3	水平方向（ℓ_1）と鉛直方向（ℓ_2）の小さい方	mm
M_x	サポート基礎部に作用するモーメント（x軸周り）	N･mm
M_y	サポート基礎部に作用するモーメント（y軸周り）	N･mm
M_z	サポート基礎部に作用するモーメント（z軸周り）	N･mm
n	基礎ボルトの本数	—
n_y	M_yの引張力に耐えうる基礎ボルトの本数	—
n_z	M_zの引張力に耐えうる基礎ボルトの本数	—
Q_b	基礎ボルトに作用するせん断力	MPa
S_u	設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表9に定める値	MPa
S_y	設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表8に定める値	MPa
S_y（RT）	設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表8に定める材料の40℃における値	MPa
W	装置の荷重	N
π	円周率	—
σ_b	基礎ボルトに生じる引張応力	MPa
τ_b	基礎ボルトに生じるせん断応力	MPa

2.5　計算精度と数値の丸め方

精度は，有効数字6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は，表2－2に示すとおりとする。

表2－2　表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期	s	小数点以下第4位	四捨五入	小数点以下第3位
震度	―	小数点以下第3位	切上げ	小数点以下第2位
温度	℃	―	―	整数位
質量	kg	―	―	整数位
長さ	mm	―	―	整数位*1
面積	mm^2	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
モーメント	N･mm	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
力	N	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
算出応力	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
許容応力*3	MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位

注記＊1　：設計上定める値が小数点以下第1位の場合は，小数点以下第1位表示とする。

＊2　：絶対値が1000以上のときは，べき数表示とする。

＊3　：設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の中間における引張強さ及び降伏点は比例法により補間した値の小数点以下第1位を切り捨て，整数位までの値とする。

3. 評価部位

使用済燃料貯蔵プール監視カメラ用空冷装置（エアクーラ）の耐震評価は，「5.1　構造強度評価方法」に示す条件に基づき，耐震評価上厳しくなる基礎ボルト部について実施する。使用済燃料貯蔵プール監視カメラ用空冷装置（エアクーラ）の耐震評価部位については，表2－1の概略構造図に示す。

4.　固有周期

4.1　固有値解析方法

使用済燃料貯蔵プール監視カメラ用空冷装置（エアクーラ）の固有値解析方法を以下に示す。

(1)　使用済燃料貯蔵プール監視カメラ用空冷装置（エアクーラ）は，「4.2　解析モデル及び諸元」に示す三次元はりモデルとして考える。

4.2　解析モデル及び諸元

使用済燃料貯蔵プール監視カメラ用空冷装置（エアクーラ）のモデルを図4－1に，解析モデルの概要を以下に示す。また，機器の諸元を本計算書の【使用済燃料貯蔵プール監視カメラ用空冷装置（エアクーラ）の耐震性についての計算結果】のその他の機器要目に示す。

(1)　使用済燃料貯蔵プール監視カメラ用空冷装置（エアクーラ）の質量は，重心に集中するものとする。

(2)　使用済燃料貯蔵プール監視カメラ用空冷装置（エアクーラ）の重心位置については，計算条件が厳しくなる位置に重心位置を設定するものとする。

(3)　拘束条件は，支持点（サポート基礎部）を完全拘束とする。なお，基礎ボルト部は剛体として評価する。

(4)　耐震計算に用いる寸法は，公称値を使用する。

(5)　解析コードは，「ＭＳＣ　ＮＡＳＴＲＡＮ」を使用し，固有値及び荷重を求める。

なお，評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については，別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

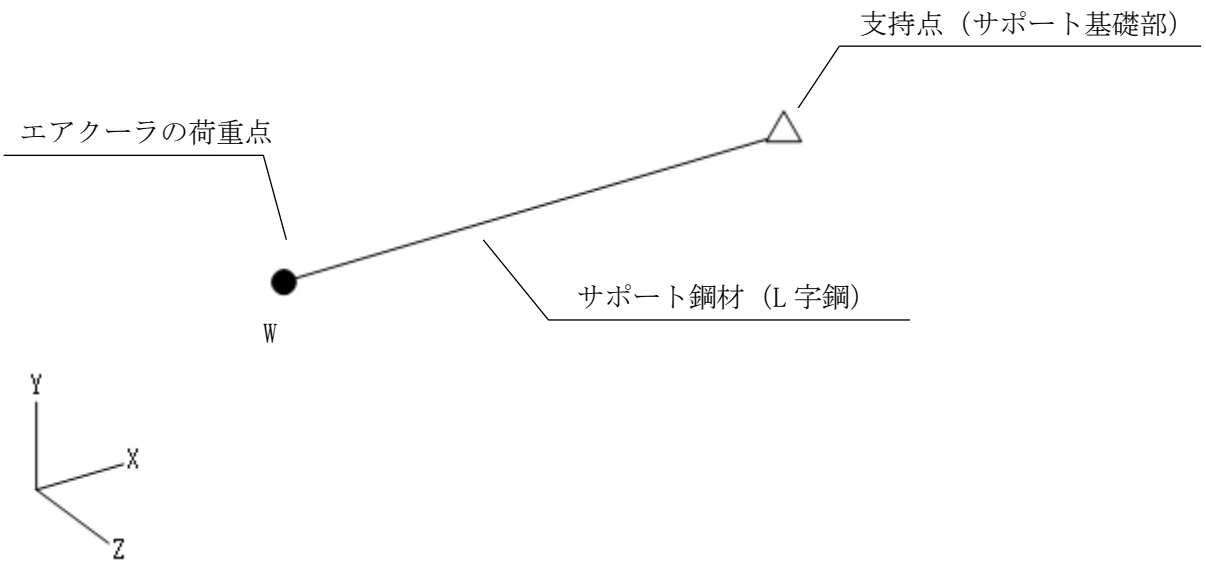


図4－1　解析モデル

4.3　固有値解析結果

固有値解析結果を表 4－1 に示す。固有周期は，0.05 秒以下であり，剛であることを確認した。

表 4－1　固有値解析結果

モード	卓越方向	固有周期(s)	水平方向刺激係数		鉛直方向刺激係数
			X方向	Z方向	
2 次*	鉛直	[redacted]	―	―	―

注記＊：1 次モードの固有周期は[redacted]であったが，卓越方向が水平方向（X方向）の軸回りに発生する振動であったため，卓越方向が並進方向である 2 次モードの値を使用済燃料貯蔵プール監視カメラ用空冷装置（エアクーラ）の固有値とした。

5.　構造強度評価

5.1　構造強度評価方法

4.2 項(1)～(5)のほか，次の条件で計算する。

(1)　地震力は，使用済燃料貯蔵プール監視カメラ用空冷装置（エアクーラ）に対して，水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。

5.2　荷重の組合せ及び許容応力

5.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

使用済燃料貯蔵プール監視カメラ用空冷装置（エアクーラ）の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5－1 に示す。

5.2.2　許容応力

使用済燃料貯蔵プール監視カメラ用空冷装置（エアクーラ）の許容応力は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 5－2 のとおりとする。

5.2.3　使用材料の許容応力評価条件

使用済燃料貯蔵プール監視カメラ用空冷装置（エアクーラ）の使用材料の許容応力評価条件のうちの評価に用いるものを表 5－3 に示す。

表 5－1　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設	その他	使用済燃料貯蔵プール監視カメラ用空冷装置（エアクーラ）	常設／防止 常設／緩和	—*2	D＋P_D＋M_D＋Ｓｓ*3	$Ⅳ_AS$
					D＋P_{SAD}＋M_{SAD}＋Ｓｓ	V_AS（V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）

注記＊1 ：「常設／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

＊2 ：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

＊3 ：「D＋P_{SAD}＋M_{SAD}＋Ｓｓ」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表5－2　許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張り	せん断
ⅣＡＳ	1.5・ｆｔ*	1.5・ｆｓ*
ＶＡＳ （ＶＡＳとしてⅣＡＳの 許容限界を用いる。）		

注記＊1　：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

＊2　：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表5－3　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
基礎ボルト	SS400 (40mm＜径)	周囲環境温度	100	194	373	―

5.3　設計用地震力

耐震評価に用いる設計用地震力を表5－4に示す。

「基準地震動Ｓｓ」による地震力は，Ⅴ-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。

表5－4　設計用地震力（重大事故等対処設備）

機器名称	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期（s）		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
		水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度
使用済燃料貯蔵プール監視カメラ用空冷装置（エアクーラ）	原子炉建屋 T.M.S.L. 31.700 (T.M.S.L. 49.700*)	0.05以下	[redacted]	―	―	C_H=2.73	C_V=1.50

注記＊：基準床レベルを示す。

5.4　計算方法

5.4.1　応力の計算方法

5.4.1.1　基礎ボルトの計算方法

基礎ボルトの応力は，三次元はりモデルによる個別解析からサポート基礎部の内力を求めて，その結果を用いて手計算にて計算する。

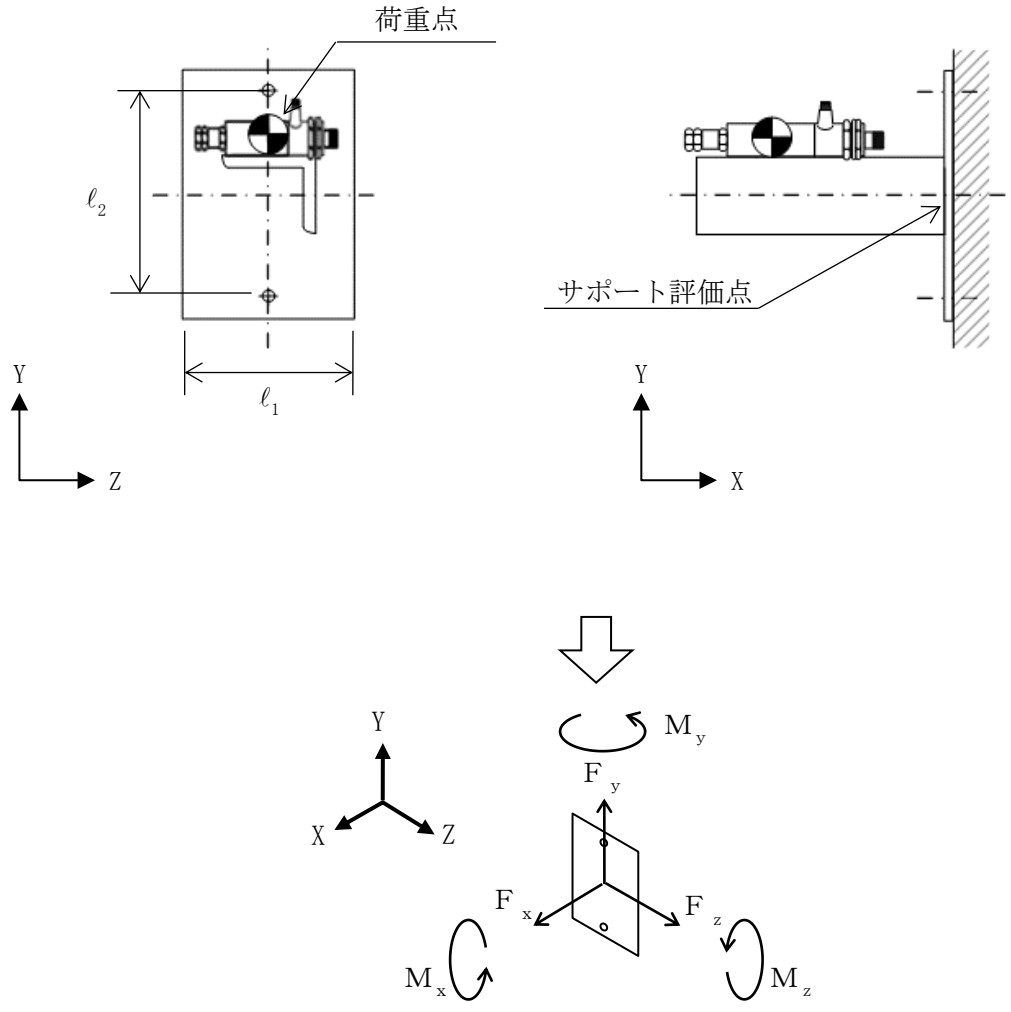


図 5－1　計算モデル（サポート基礎部，基礎ボルト）

個別解析によって得られたサポート基礎部の評価点の最大反力とモーメントを表 5－5 に示す。

表5－5　サポート発生反力，モーメント

反力(N)			モーメント(N･mm)		
F_x	F_y	F_z	M_x	M_y	M_z

(1)　引張応力

基礎ボルト（１本当たり）に対する引張応力は，下式により計算する。

引張力

$$F_b=\frac{F_x}{n}+\frac{M_y}{\ell_1 \cdot n_y}+\frac{M_z}{\ell_2 \cdot n_z} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (5.4.1.1)$$

引張応力

$$\sigma_b=\frac{F_b}{A_b} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (5.4.1.2)$$

ここで，基礎ボルトの軸断面積A_bは次式により求める。

$$A_b=\frac{\pi}{4} \cdot d^2 \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (5.4.1.3)$$

(2)　せん断応力

基礎ボルト（１本当たり）に対するせん断応力は，下式により計算する。

せん断力

$$Q_b=\frac{\sqrt{F_y{}^2+F_z{}^2}}{n}+\frac{M_x}{\ell_3 \cdot n} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (5.4.1.4)$$

ここで，ボルト間距離ℓ_3は次式により求める。

$$\ell_3=\mathrm{Min}(\ell_1, \ell_2) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (5.4.1.5)$$

せん断応力

$$\tau_b=\frac{Q_b}{A_b} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (5.4.1.6)$$

5.5　計算条件

5.5.1　基礎ボルトの応力計算条件

応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【使用済燃料貯蔵プール監視カメラ用空冷装置（エアクーラ)】の設計条件及び機器要目に示す。

5.6　応力の評価

5.6.1　基礎ボルトの応力評価

5.4.1項で求めたボルトの引張応力σ_bは次式より求めた許容引張応力f_{ts}以下であること。ただし，f_{to}は下表による。

$$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau_b,\ f_{to}] \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (5.6.1.1)$$

せん断応力τ_bは，せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力f_{sb}以下であること。ただし，f_{sb}は下表による。

	基準地震動Ｓｓによる荷重との組合せの場合
許容引張応力 f_{to}	$\dfrac{F^*}{2}\cdot 1.5$
許容せん断応力 f_{sb}	$\dfrac{F^*}{1.5\cdot\sqrt{3}}\cdot 1.5$

6. 機能維持評価

6.1 電気的機能維持評価方法

使用済燃料貯蔵プール監視カメラ用空冷装置（エアクーラ）の電気的機能維持評価について以下に示す。

なお，機能維持評価用加速度はV-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき，基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度を設定する。

使用済燃料貯蔵プール監視カメラ用空冷装置（エアクーラ）の機能確認済加速度は，V-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき，同形式の装置の正弦波加振試験において，電気的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表6－1に示す。

表6－1　機能確認済加速度　（×9.8m/s^2）

評価部位	方向	機能確認済加速度
使用済燃料貯蔵プール監視カメラ用空冷装置（エアクーラ）	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]

7. 評価結果

7.1 重大事故等対処設備としての評価結果

使用済燃料貯蔵プール監視カメラ用空冷装置（エアクーラ）の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【使用済燃料貯蔵プール監視カメラ用空冷装置（エアクーラ）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
使用済燃料貯蔵プール 監視カメラ用空冷装置 (エアクーラ)	常設／防止 常設／緩和	原子炉建屋 T.M.S.L.31.700 (T.M.S.L.49.700*)	0.05 以下	[redacted]	—	—	C_H=2.73	C_V=1.50	100

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	W (N)	ℓ_1 (mm)	ℓ_2 (mm)	d (mm)	A_b (mm^2)	n	n_y	n_z	S_y (MPa)	S_u (MPa)	F* (MPa)
基礎ボルト	[redacted]	200	220	12 (M12)	113.1	2	2	1	194 (40mm＜径)	373 (40mm＜径)	232

1.3 計算数値

1.3.1 サポート基礎部に作用する力

(単位：N)

部材	F_x		F_y		F_z	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
サポート基礎部	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.3.2 サポート基礎部に作用するモーメント

(単位：N･mm)

部材	M_x		M_y		M_z	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
サポート基礎部	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.3.3 基礎ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F_b		Q_b	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト	—	[redacted]	—	[redacted]

1.4　結論

1.4.1　基礎ボルトの応力

（単位：MPa）

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張り	—	—	$\sigma_b=1$	$f_{ts}=139^*$
		せん断	—	—	$\tau_b=1$	$f_{sb}=107$

すべて許容応力以下である。

注記＊：$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau_b,\ f_{to}]$

1.4.2　電気的機能の評価結果

（×9.8m/s^2）

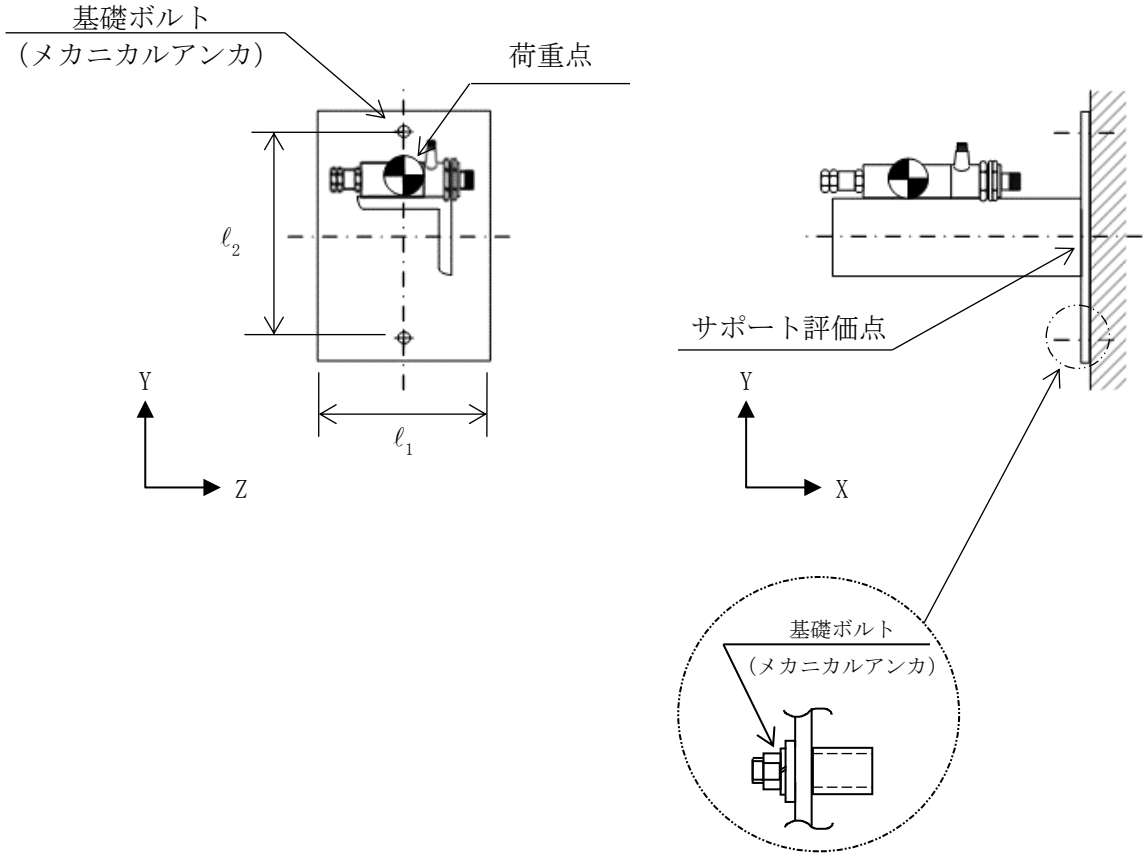
		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
使用済燃料貯蔵プール監視カメラ用空冷装置（エアクーラ）	水平方向	2.28	[redacted]
	鉛直方向	1.25	[redacted]

注記*：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。

1.5　その他の機器要目

項目	記号	単位	入力値
材質	—	—	SS400
縦弾性係数	E	MPa	198000
ポアソン比	ν	—	0.3


基礎ボルト
（メカニカルアンカ）
荷重点
ℓ_2
ℓ_1
Y
Z
サポート評価点
Y
X
基礎ボルト
（メカニカルアンカ）