

V-2-2-20 燃料移送系配管ダク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	6
2.4 適用基準	9
3. 耐震評価	10
3.1 評価対象断面	10
3.2 使用材料及び材料物性値	13
3.3 許容限界	13
3.3.1 鉄筋コンクリート部材に対する許容限界	13
3.3.2 鋼管杭に対する許容限界	14
3.3.3 基礎地盤の支持性能に対する許容限界	14
3.4 評価方法	15
3.4.1 鉄筋コンクリート部材の評価	15
3.4.2 鋼管杭の評価	15
3.4.3 基礎地盤の支持性能評価	15
4. 構造部材の地震時応答	15
4.1 鉄筋コンクリート部材	15
4.2 鋼管杭	19
5. 耐震評価結果	22
5.1 鉄筋コンクリート部材に対する評価結果	22
5.2 鋼管杭に対する評価結果	24
5.3 基礎地盤の支持性能に対する評価結果	25

別紙 積雪を考慮した耐震評価

1. 概要

本資料は、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、燃料移送系配管ダクトが基準地震動 S_s に対して十分な構造強度及び支持機能を有していることを確認するものである。

燃料移送系配管ダクトに要求される機能の維持を確認するにあたっては、地震応答解析に基づく構造部材の健全性評価及び基礎地盤の支持性能評価により行う。

2. 基本方針

2.1 位置

燃料移送系配管ダクトの位置図を図 2-1 に示す。

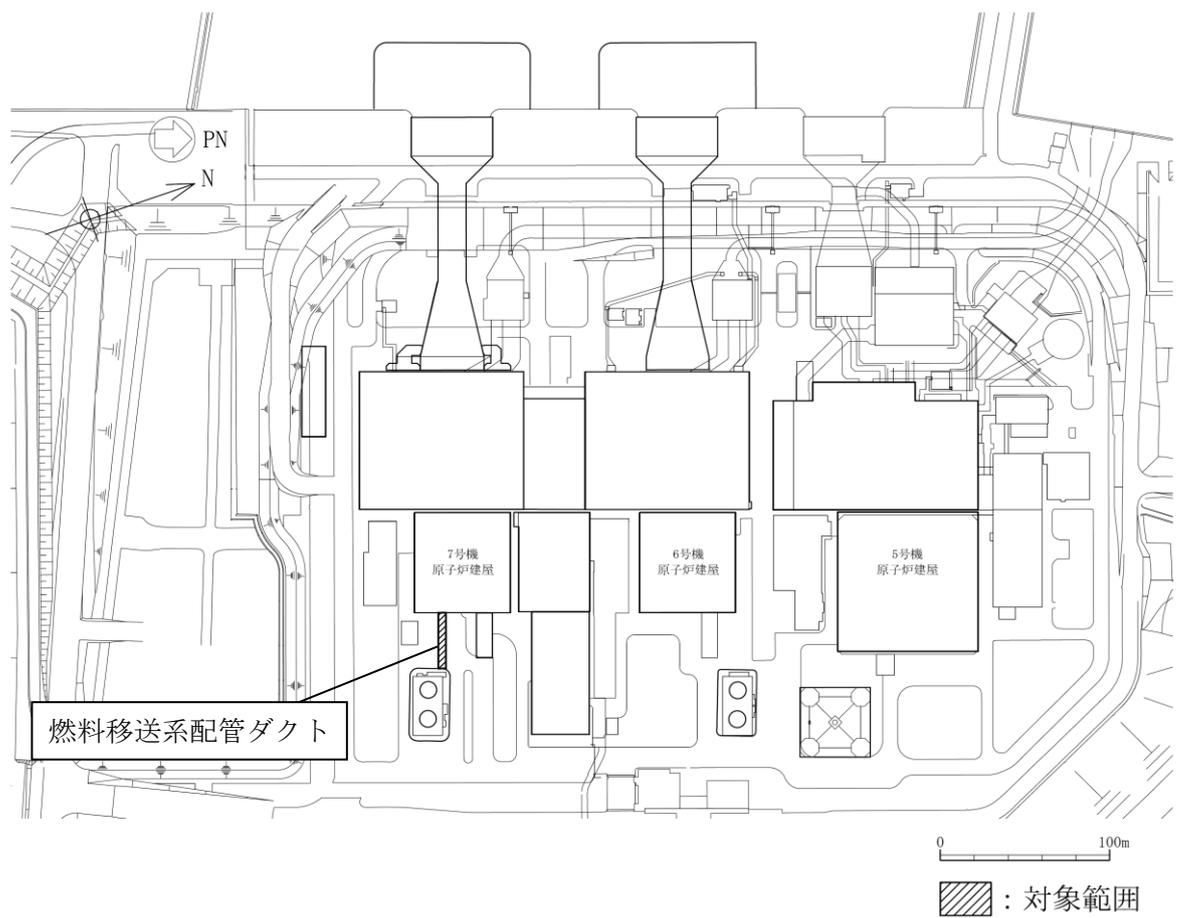


図 2-1 燃料移送系配管ダクトの位置図（全体平面図）

2.2 構造概要

燃料移送系配管ダクトの平面図を図 2-2, 断面図を図 2-3, 概略配筋図を図 2-4 に示す。

燃料移送系配管ダクトは, 非常用ディーゼル発電設備燃料油系配管を間接支持する延長約 32m, 幅 4.5m, 高さ 3.3m の鉄筋コンクリート造の地中構造物であり, 杭を介して十分な支持性能を有する西山層に支持される。



K7 ① V-2-2-20 R1

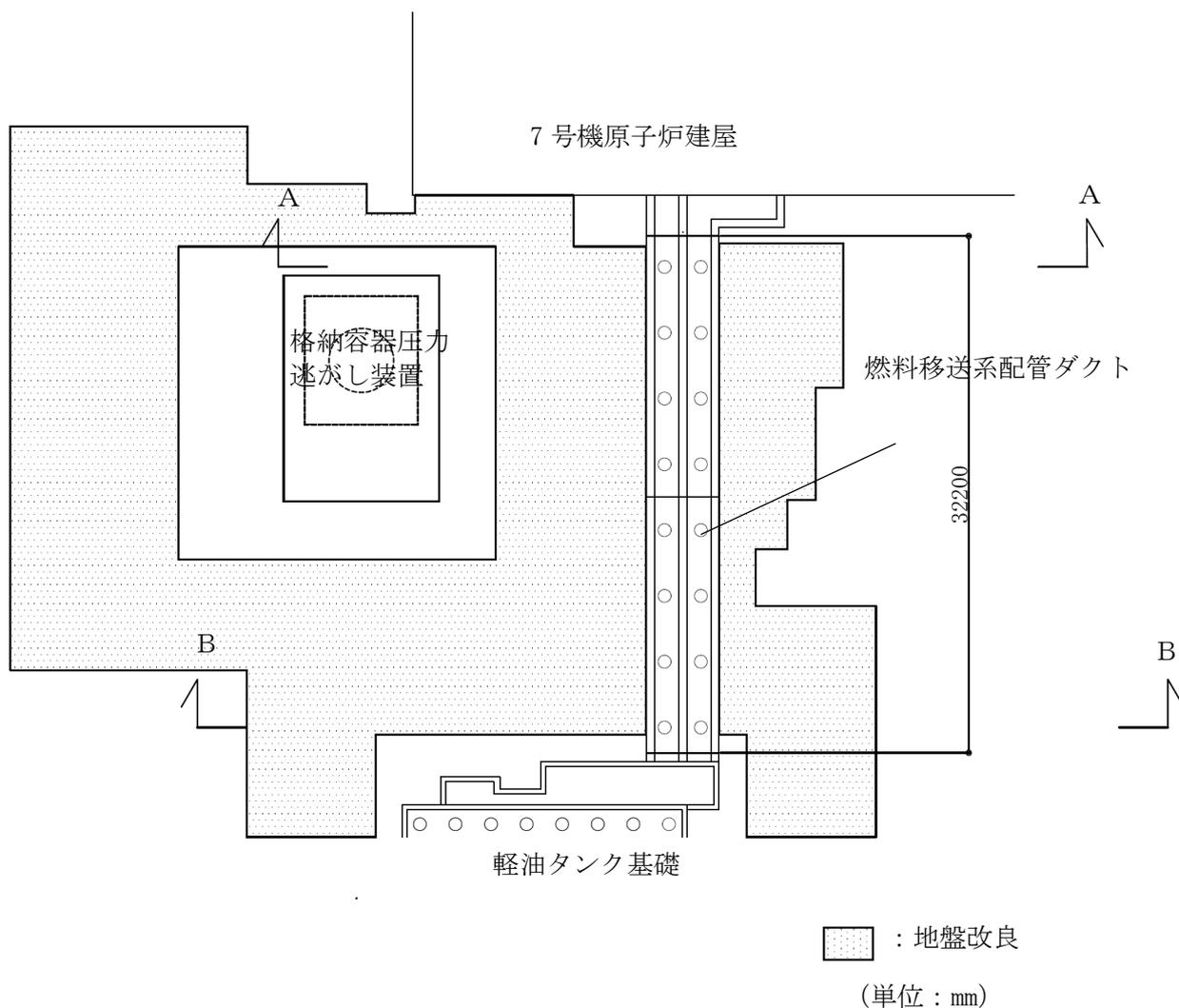
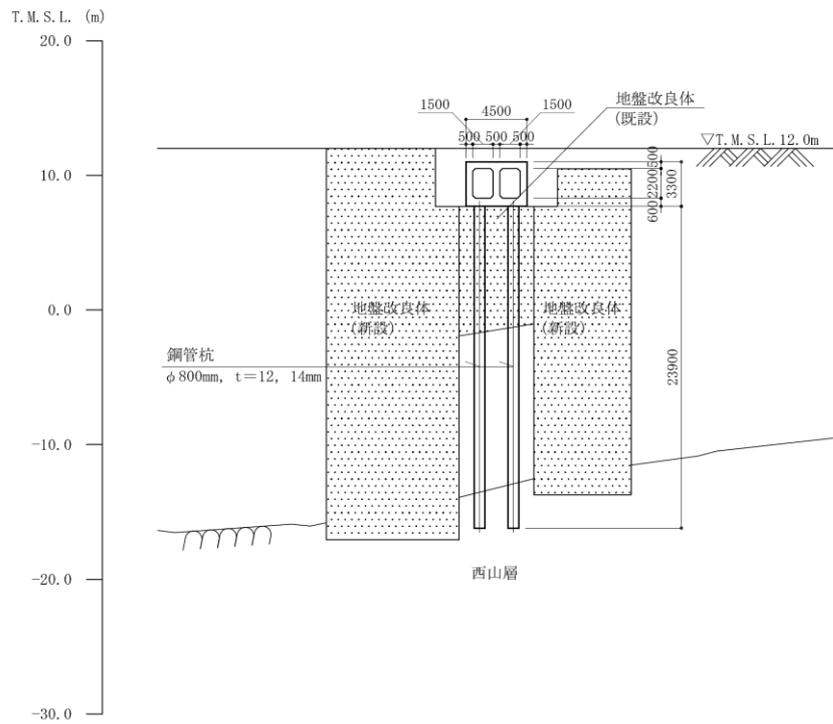


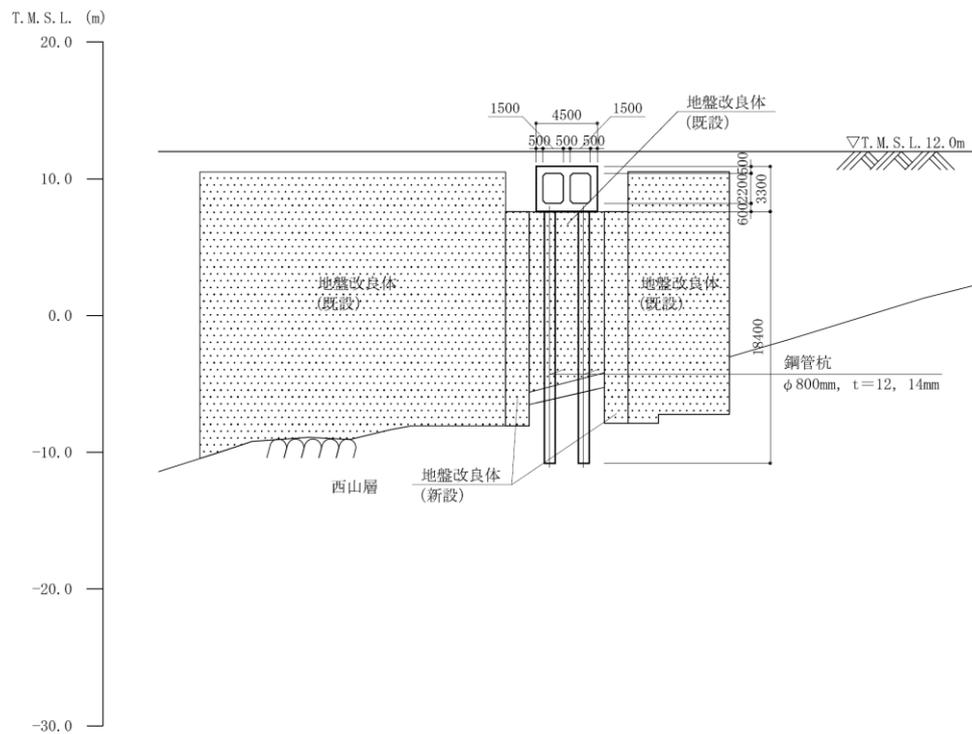
図 2-2 燃料移送系配管ダクトの平面図



(単位：mm)

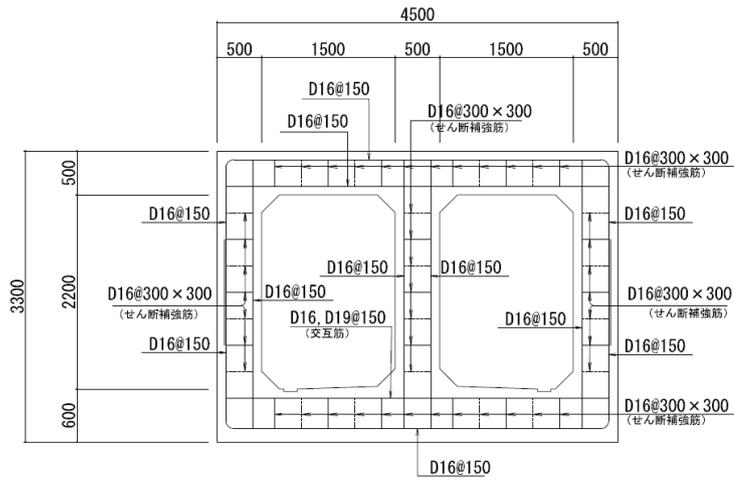
注：東京湾平均海面（以下「T.M.S.L.」という。）

図 2-3 (1) 燃料移送系配管ダクトの断面図 (A-A断面)



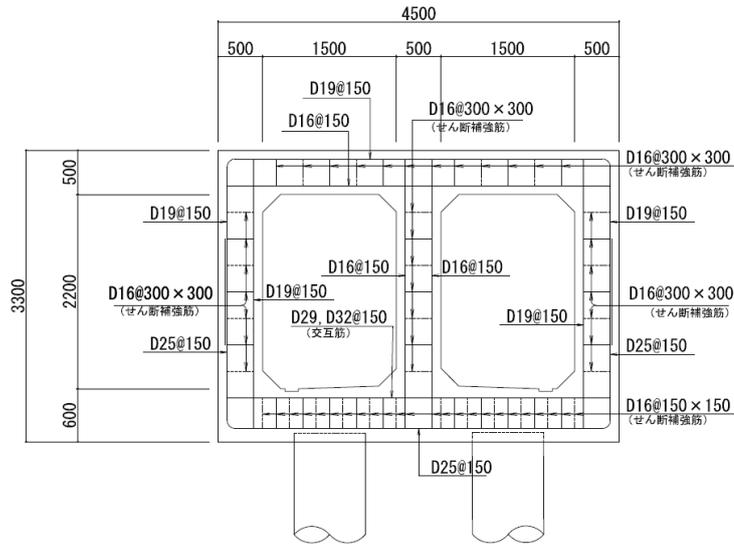
(単位：mm)

図 2-3 (2) 燃料移送系配管ダクトの断面図 (B-B断面)



(単位：mm)

図 2-4 (1) 燃料移送系配管ダクトの概略配筋図 (一般部)



(単位：mm)

図 2-4 (2) 燃料移送系配管ダクトの概略配筋図 (杭頭補強部)

2.3 評価方針

燃料移送系配管ダクトは、設計基準対象施設においては、Sクラス施設の間接支持構造物である屋外重要土木構造物に、重大事故等対処施設においては、常設重大事故防止設備（設計基準拡張）及び常設重大事故緩和設備（設計基準拡張）が設置される重大事故等対処施設に分類される。

燃料移送系配管ダクトの耐震評価フローを図 2-5 に示す。

燃料移送系配管ダクトの耐震評価は、V-2-2-19「燃料移送系配管ダクトの地震応答計算書」より得られた地震応答解析の結果に基づき、設計基準対象施設及び重大事故等対処施設の評価として、表 2-1 に示すとおり、構造部材の健全性評価及び基礎地盤の支持性能評価を行う。構造部材の健全性評価及び基礎地盤の支持性能評価を実施することで、構造強度を有すること及びSクラスの施設を支持する機能を損なわないことを確認する。

燃料移送系配管ダクトを構成する部材のうち、鉄筋コンクリート部材の耐震評価については、V-2-2-19「燃料移送系配管ダクトの地震応答計算書」より得られた地震応答解析の結果に基づき、鉄筋コンクリート部材に生じる層間変形角及びせん断力が許容限界以下であることを確認する。

鋼管杭の耐震評価については、V-2-2-19「燃料移送系配管ダクトの地震応答計算書」より得られた地震応答解析の結果に基づき、鋼管杭に生じる曲率及びせん断力が許容限界以下であることを確認する。

基礎地盤の支持性能評価については、V-2-2-19「燃料移送系配管ダクトの地震応答計算書」より得られた地震応答解析の結果に基づき、杭頭に発生する鉛直力が許容限界以下であることを確認する。

ここで、燃料移送系配管ダクトは、運転時、設計基準事故時及び重大事故時の状態における圧力、温度等について、耐震評価における手法及び条件に有意な差異はなく、評価は設計基準対象施設の評価結果に包括されることから、設計基準対象施設の評価結果を用いた重大事故等対処施設の評価を行う。

表 2-1 燃料移送系配管ダクトの評価項目

評価方針	評価項目	部位	評価方法	許容限界	
構造強度を有すること	構造部材の健全性	鉄筋コンクリート部材	層間変形角及びせん断力が許容限界以下であることを確認	曲げ軸力	限界層間変形角*
				せん断力	せん断耐力*
		鋼管杭		曲げ軸力	終局曲率*
				せん断力	終局せん断強度*
	基礎地盤の支持性能	基礎地盤	杭頭に発生する鉛直力が許容限界以下であることを確認	終局鉛直支持力*	
Sクラスの施設を支持する機能を損なわないこと	構造部材の健全性	鉄筋コンクリート部材	層間変形角及びせん断力が許容限界以下であることを確認	曲げ軸力	限界層間変形角*
				せん断力	せん断耐力*
		鋼管杭		曲げ軸力	終局曲率*
				せん断力	終局せん断強度*
	基礎地盤の支持性能	基礎地盤	杭頭に発生する鉛直力が許容限界以下であることを確認	終局鉛直支持力*	

注記*： 妥当な安全余裕を考慮する。

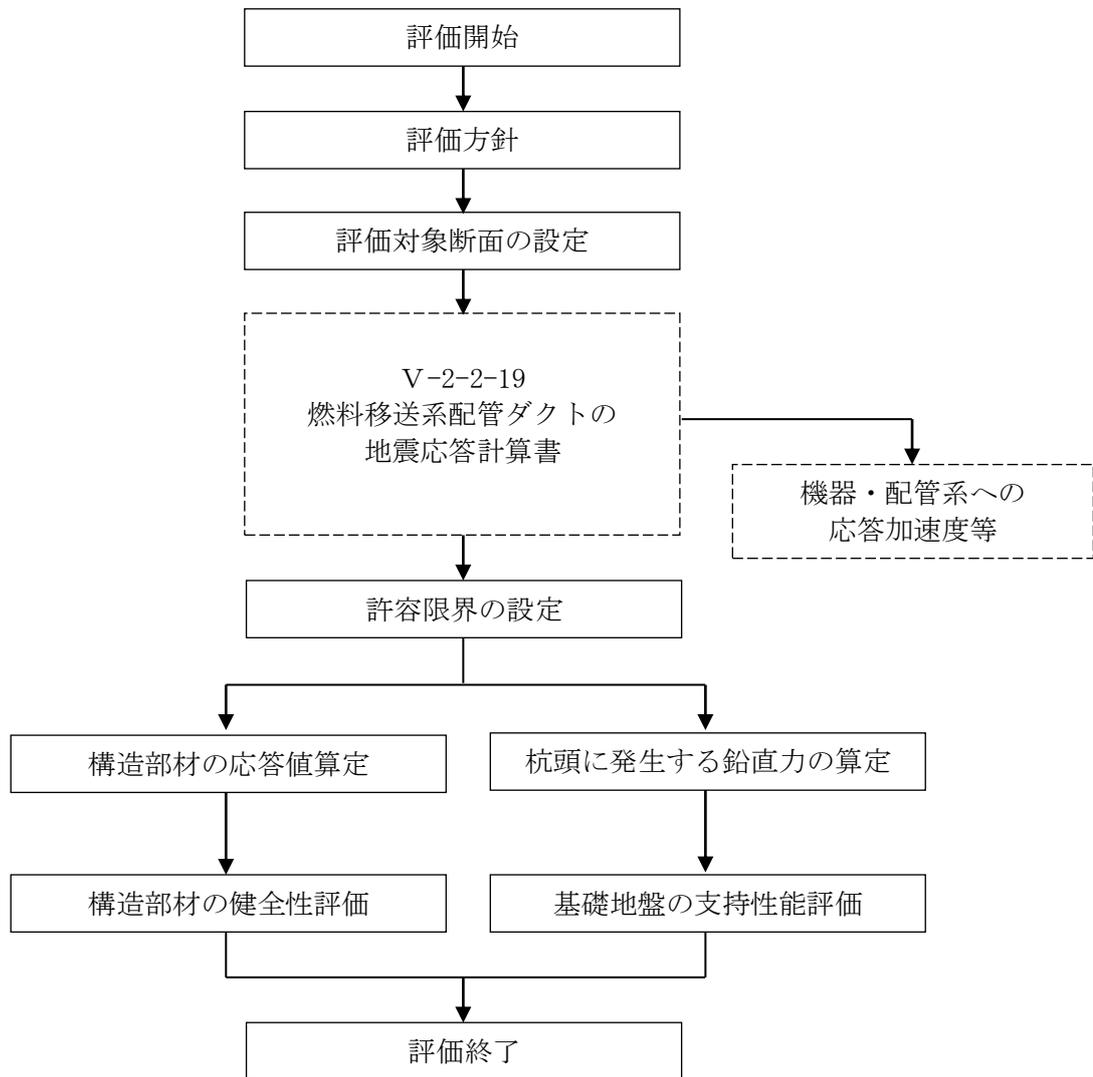


図 2-5 燃料移送系配管ダクトの耐震評価フロー

2.4 適用基準

適用する規格，基準等を以下に示す。

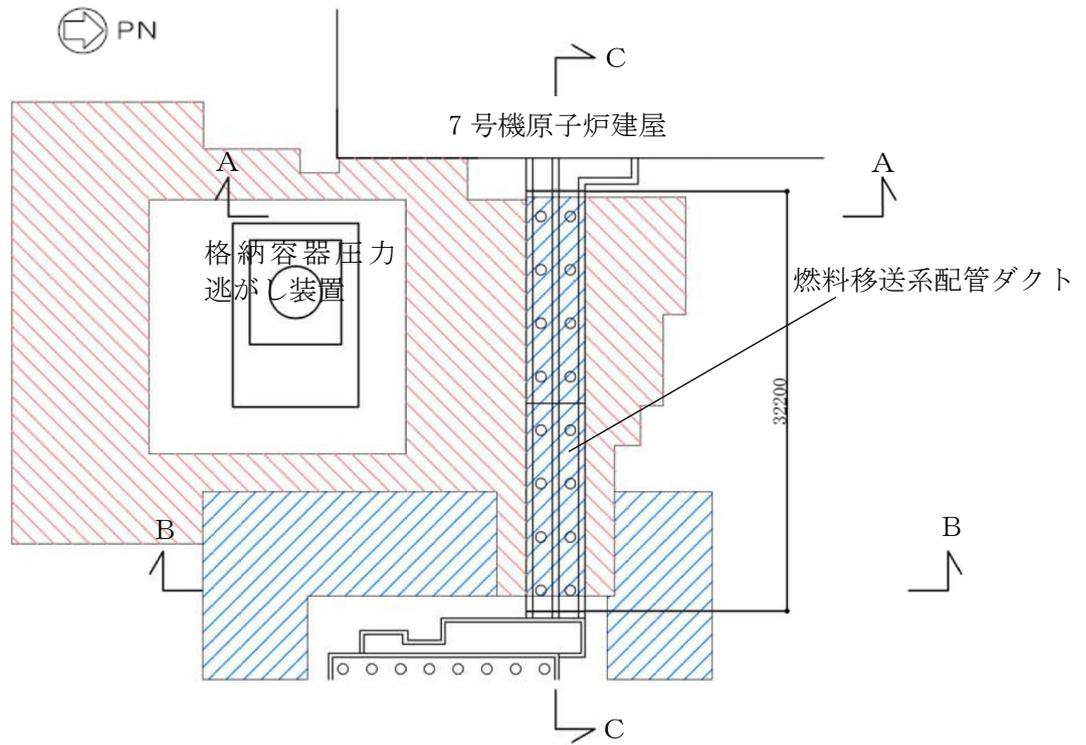
- ・コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（土木学会，2002年制定）
- ・道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（日本道路協会，平成14年3月）
- ・原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル（土木学会，2005年）
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987（日本電気協会）
- ・乾式キャスクを用いる使用済燃料中間貯蔵建屋の基礎構造の設計に関する技術規程 J E A C 4 6 1 6 -2009（日本電気協会）
- ・鋼・合成構造標準示方書〔耐震設計編〕（土木学会，2008年）

3. 耐震評価

3.1 評価対象断面

燃料移送系配管ダクトの評価対象断面位置を図 3-1 に示す。構造物の耐震設計における評価対象断面は図 3-1 の A-A 断面及び B-B 断面とする。

評価対象断面図を図 3-2 に示す。

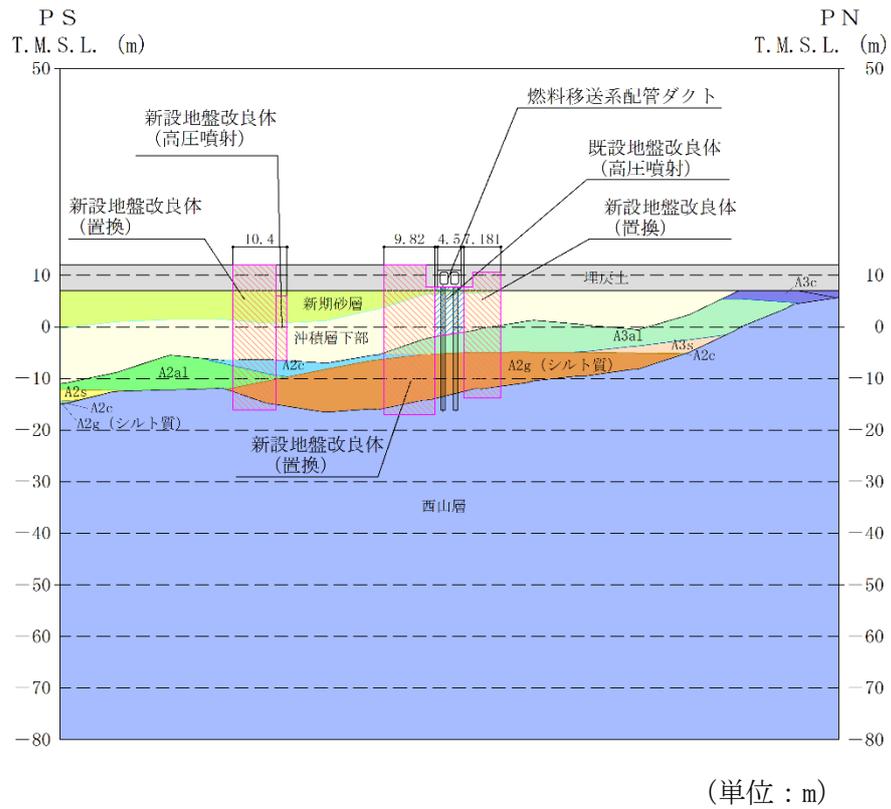


(単位：mm)

既設／新設	凡例	地盤改良工法
既設地盤改良体		置換 (CD掘削)
新設地盤改良体		置換 (CD掘削)

注：置換工法 (CD掘削) の施工範囲の内、地上構造物及び埋設構造物がある箇所では、高圧噴射または置換 (開削) を適用

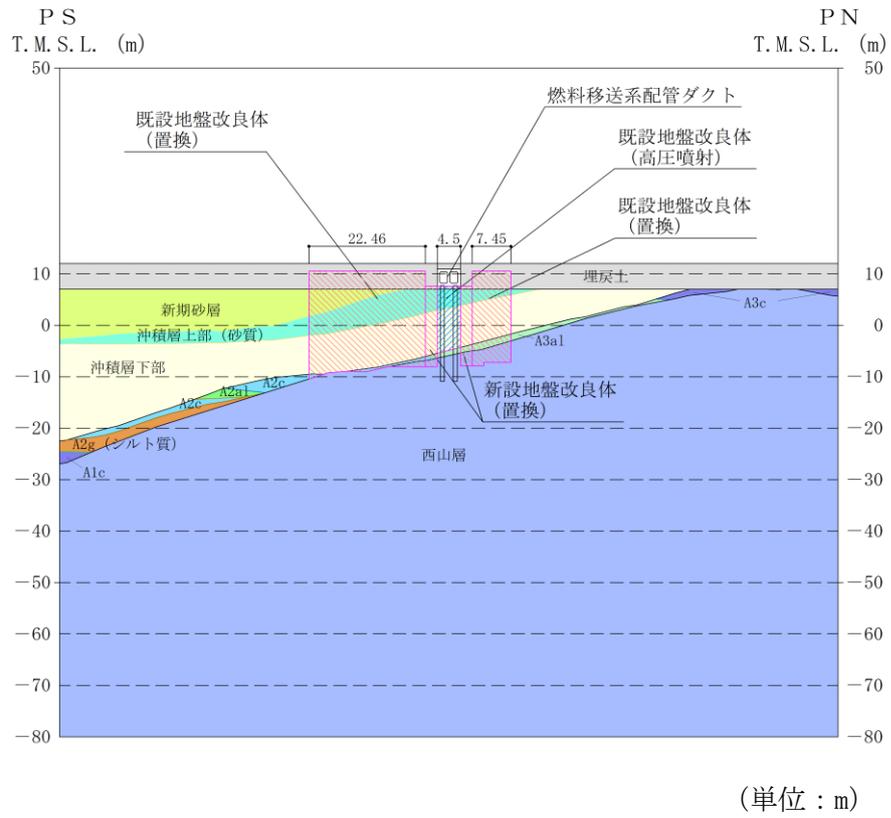
図 3-1 燃料移送系配管ダクトの評価対象断面位置図



既設／新設	凡例	地盤改良工法
既設地盤改良体		置換 (CD掘削)
新設地盤改良体		置換 (CD掘削)

注：置換工法 (CD掘削) の施工範囲の内、地上構造物及び埋設構造物がある箇所では、高圧噴射または置換 (開削) を適用

図 3-2 (1) 燃料移送系配管ダクトの評価対象断面図 (A-A断面)



既設／新設	凡例	地盤改良工法
既設地盤改良体		置換 (CD掘削)
新設地盤改良体		置換 (CD掘削)

注：置換工法 (CD掘削) の施工範囲の内、地上構造物及び埋設構造物がある箇所では、高圧噴射または置換 (開削) を適用

図 3-2 (2) 燃料移送系配管ダクトの評価対象断面図 (B-B断面)

3.2 使用材料及び材料物性値

構造物の使用材料を表 3-1, 材料物性値を表 3-2 に示す。

表 3-1 使用材料

材料	諸元
コンクリート	設計基準強度 23.5 N/mm ²
鉄筋	SD35 (SD345 相当)
鋼管杭	SKK400 (SKK41 相当)

表 3-2 材料物性値

材料	単位体積重量 (kN/m ³)	ヤング係数 (N/mm ²)	ポアソン比
鉄筋コンクリート	23.5*	2.45×10 ⁴ *	0.2*
鋼管杭	77*	2.06×10 ⁵ *	0.3*

注記* : 建設時の設計値に基づく

3.3 許容限界

許容限界は, V-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき設定する。

3.3.1 鉄筋コンクリート部材に対する許容限界

(1) 曲げ軸力に対する許容限界

鉄筋コンクリート部材の曲げ軸力に対する許容限界は, 原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル(土木学会, 2005年)(以下「土木学会マニュアル」という。)に基づき, 限界層間変形角(層間変形角1/100)とする。

土木学会マニュアルでは, 曲げ系の破壊に対する限界状態は, コンクリートの圧縮縁のかぶりが剥落しないこととされている。

層間変形角1/100の状態は, かぶりコンクリートの剥落が発生する前の状態であることが, 屋外重要土木構造物を模したラーメン構造の破壊実験及び数値シミュレーション等の結果より確認されている。この状態を限界値とすることで構造全体としての安定性が確保できるとして設定されたものである。

(2) せん断力に対する許容限界

鉄筋コンクリート部材のせん断力に対する許容限界は, 土木学会マニュアルに基づき, 棒部材式又はディープビーム式で求まるせん断耐力とする。

3.3.2 鋼管杭に対する許容限界

(1) 曲げ軸力に対する許容限界

鋼管杭の曲げ軸力に対する許容限界は、乾式キャスクを用いる使用済燃料中間貯蔵建屋の基礎構造の設計に関する技術規程 J E A C 4 6 1 6 -2009 (日本電気協会) (以下「キャスク指針」という。)に基づき、終局曲率とする。

(2) せん断に対する許容限界

鋼管杭のせん断に対する許容限界は、キャスク指針に基づき、終局せん断強度とする。

3.3.3 基礎地盤の支持性能に対する許容限界

基礎地盤に発生する鉛直力に対する許容限界は、V-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に基づき、道路橋示方書 (I 共通編・IV 下部構造編)・同解説 (日本道路協会, 平成14年3月) の杭基礎 (中掘り杭工法) より設定する極限支持力に、キャスク指針に基づく安全率を考慮した終局鉛直支持力とする。

3.4 評価方法

3.4.1 鉄筋コンクリート部材の評価

V-2-2-19「燃料移送系配管ダクトの地震応答計算書」に基づく地震応答解析により算定した鉄筋コンクリート部材の照査用層間変形角及び照査用せん断力が、「3.3.1 鉄筋コンクリート部材に対する許容限界」に示す許容限界以下であることを確認する。

3.4.2 鋼管杭の評価

V-2-2-19「燃料移送系配管ダクトの地震応答計算書」に基づく地震応答解析により算定した鋼管杭の照査用曲率及び照査用せん断力が、「3.3.2 鋼管杭に対する許容限界」に示す許容限界以下であることを確認する。

3.4.3 基礎地盤の支持性能評価

V-2-2-19「燃料移送系配管ダクトの地震応答計算書」に基づく地震応答解析により算定した杭頭に生じる鉛直力が、「3.3.3 基礎地盤の支持性能に対する許容限界」に示す許容限界以下であることを確認する。

4. 構造部材の地震時応答

4.1 鉄筋コンクリート部材

鉄筋コンクリート部材の曲げ軸力照査において、照査値が最大となる地震動及び解析ケースでの層間変形角の時刻歴波形を図 4-1 に、せん断力照査における最大照査値の評価時刻での断面力分布を図 4-2 に示す。

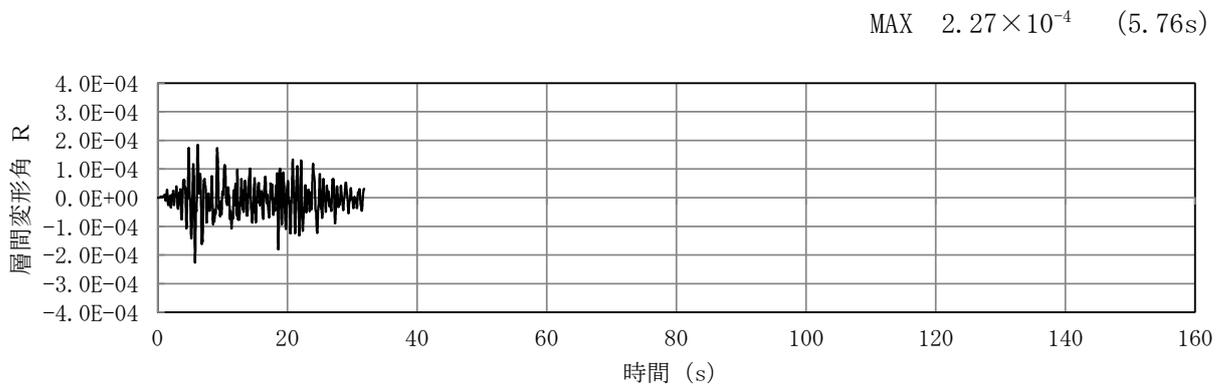


図 4-1 (1) 鉄筋コンクリート部材の曲げ軸力照査における層間変形角の時刻歴波形
(A-A断面, 解析ケース①, Ss-1+-)

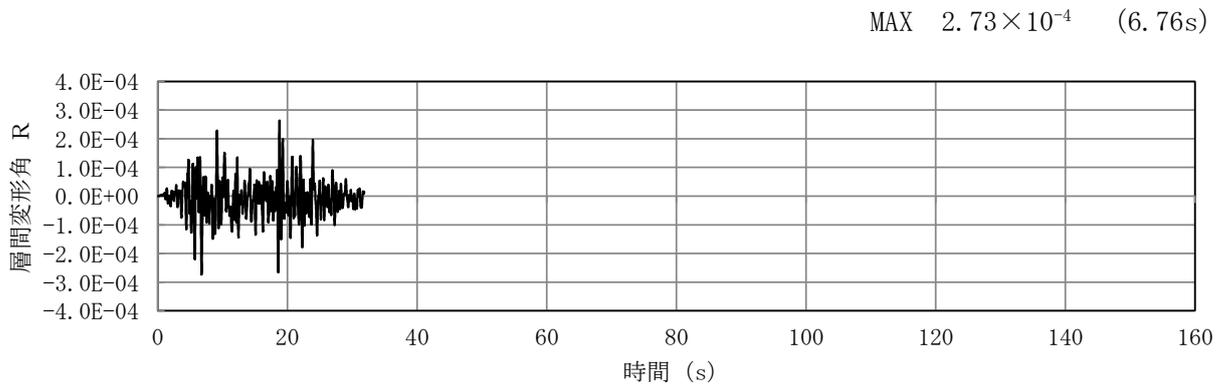
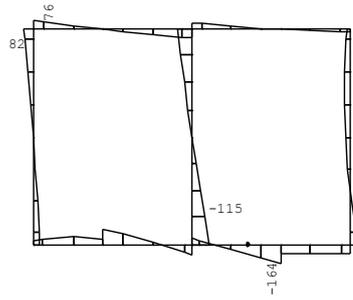
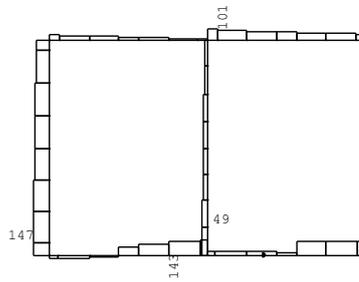


図 4-1 (2) 鉄筋コンクリート部材の曲げ軸力照査における層間変形角の時刻歴波形
(B-B断面, 解析ケース③, Ss-1++)



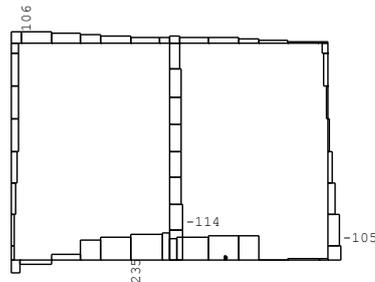
● : せん断力照査最大位置=-82 (kN・m)

曲げモーメント (kN・m)



● : せん断力照査最大位置=39 (kN)

軸力 (kN) (+ : 圧縮, - : 引張)

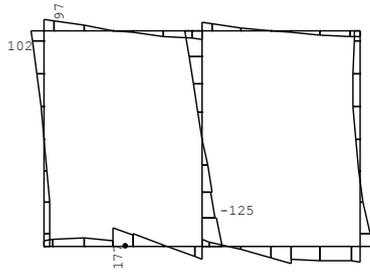


● : せん断力照査最大位置=216 (kN)

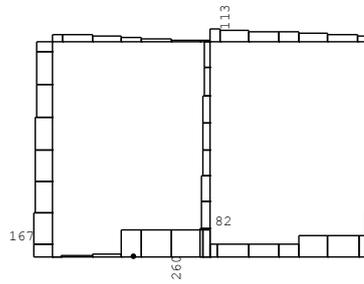
せん断力 (kN)

数値 : 各評価位置の最大断面力

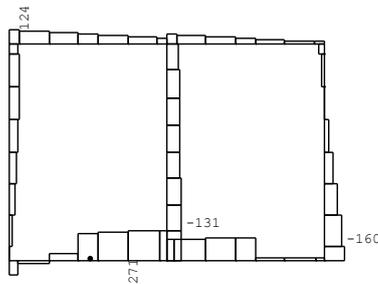
図 4-2 (1) 鉄筋コンクリート部材のせん断力照査値最大時の断面力分布図
(A-A断面, 解析ケース③, Ss-1--, t=6.21s)



● : せん断力照査最大位置=136 (kN・m)
 曲げモーメント (kN・m)



● : せん断力照査最大位置=258 (kN)
 軸力 (kN) (+ : 圧縮, - : 引張)



● : せん断力照査最大位置=252 (kN)
 せん断力 (kN)

数値 : 各評価位置の最大断面力

図 4-2 (2) 鉄筋コンクリート部材のせん断力照査値最大時の断面力分布図
 (B-B断面, 解析ケース③, Ss-1++, t=6.76s)

4.2 鋼管杭

地震応答解析により算定した鋼管杭の曲げ軸力照査における最大照査値の評価時刻での曲率分布を図 4-3 に,せん断力照査における最大照査値の評価時刻での断面力分布を図 4-4 に示す。

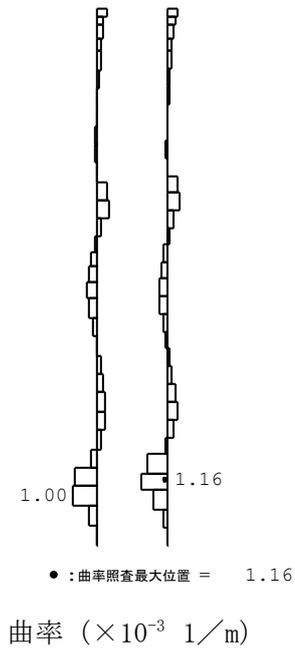


図 4-3 (1) 鋼管杭の曲げ軸力照査値最大時の曲率分布図
(A-A断面, 解析ケース③, Ss-1--, t=6.90s)

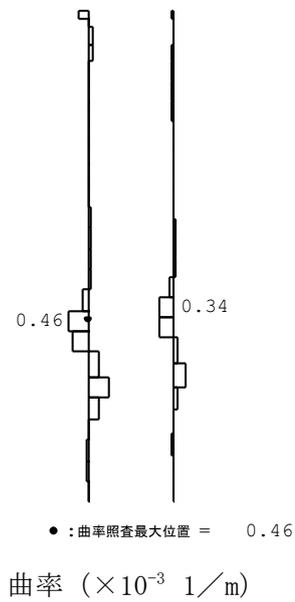


図 4-3 (2) 鋼管杭の曲げ軸力照査値最大時の曲率分布図
(B-B断面, 解析ケース③, Ss-1++, t=6.76s)

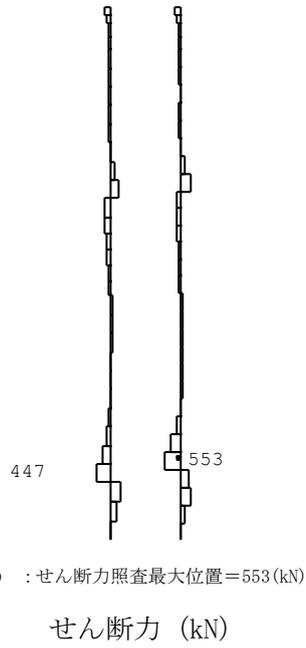


図 4-4 (1) 鋼管杭のせん断力照査値最大時の断面力分布図
(A-A断面, 解析ケース③, Ss-1--, t=5.24s)

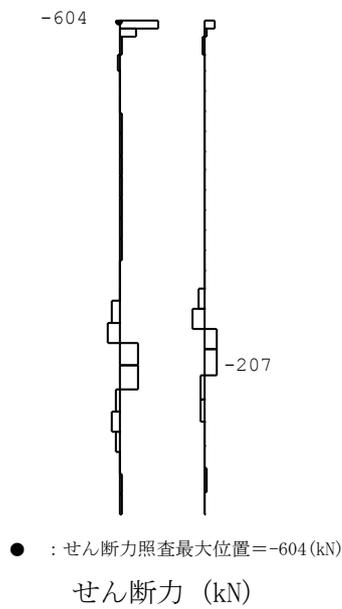


図 4-4 (2) 鋼管杭のせん断力照査値最大時の断面力分布図
(B-B断面, 解析ケース③, Ss-1++, t=6.77s)

5. 耐震評価結果

5.1 鉄筋コンクリート部材に対する評価結果

鉄筋コンクリート部材の曲げ軸力照査における最大照査値を表 5-1, 鉄筋コンクリート部材のせん断力照査における各評価位置での最大照査値を表 5-2 に示す。鉄筋コンクリート部材の照査用層間変形角及び照査用せん断力が許容限界以下であることを確認した。

表 5-1 (1) 鉄筋コンクリート部材の曲げ軸力照査における最大照査値 (A-A断面)

解析 ケース	地震動	照査用層間変形角* R_d	限界層間変形角 R_u	照査値 R_d/R_u
①	Ss-1+-	2.73×10^{-4}	1.0×10^{-2}	0.03

注記* : 照査用層間変形角 R_d = 最大層間変形角 R × 構造解析係数 γ_a

表 5-1 (2) 鉄筋コンクリート部材の曲げ軸力照査における最大照査値 (B-B断面)

解析 ケース	地震動	照査用層間変形角* R_d	限界層間変形角 R_u	照査値 R_d/R_u
③	Ss-1++	3.28×10^{-4}	1.0×10^{-2}	0.04

注記* : 照査用層間変形角 R_d = 最大層間変形角 R × 構造解析係数 γ_a

表 5-2 (1) 鉄筋コンクリート部材のせん断力照査における最大照査値 (A-A断面)

評価位置	解析ケース	地震動	照査用せん断力* V_d (kN)	せん断耐力 V_{yd} (kN)	照査値 V_d/V_{yd}
頂版	①	Ss-1++	118	509	0.24
側壁	④	Ss-1--	134	584	0.23
隔壁	①	Ss-1+-	132	394	0.34
底版	③	Ss-1--	228	425	0.54

注記* : 照査用せん断力 V_d =発生せん断力×構造解析係数 γ_a

表 5-2 (2) 鉄筋コンクリート部材のせん断力照査における最大照査値 (B-B断面)

評価位置	解析ケース	地震動	照査用せん断力* V_d (kN)	せん断耐力 V_{yd} (kN)	照査値 V_d/V_{yd}
頂版	①	Ss-1-+	123	500	0.25
側壁	③	Ss-1++	146	567	0.26
隔壁	③	Ss-1++	140	395	0.36
底版	③	Ss-1++	265	496	0.54

注記* : 照査用せん断力 V_d =発生せん断力×構造解析係数 γ_a

5.2 鋼管杭に対する評価結果

鋼管杭の曲げ軸力照査における最大照査値を表 5-3, 鋼管杭のせん断力照査における最大照査値を表 5-4 に示す。鋼管杭の照査用曲率及び照査用せん断力が許容限界以下であることを確認した。

表 5-3 (1) 鋼管杭の曲げ軸力照査における最大照査値 (A-A断面)

評価位置	解析ケース	地震動	照査用曲率* ϕ_d (1/m)	終局曲率 ϕ_u (1/m)	照査値 ϕ_d / ϕ_u
北側	③	Ss-1--	1.22×10^{-3}	1.35×10^{-2}	0.10

注記* : 照査用曲率 $\phi_d =$ 発生曲率 \times 構造解析係数 γ_a

表 5-3 (2) 鋼管杭の曲げ軸力照査における最大照査値 (B-B断面)

評価位置	解析ケース	地震動	照査用曲率* ϕ_d (1/m)	終局曲率 ϕ_u (1/m)	照査値 ϕ_d / ϕ_u
南側	③	Ss-1++	4.80×10^{-4}	1.32×10^{-2}	0.04

注記* : 照査用曲率 $\phi_d =$ 発生曲率 \times 構造解析係数 γ_a

表 5-4 (1) 鋼管杭のせん断力照査における最大照査値 (A-A断面)

評価位置	解析ケース	地震動	照査用せん断力* Q_d (kN)	終局せん断強度 Q_u (kN)	照査値 Q_d / Q_u
北側	③	Ss-1--	581	1677	0.35

注記* : 照査用せん断力 $Q_d =$ 発生せん断力 \times 構造解析係数 γ_a

表 5-4 (2) 鋼管杭のせん断力照査における最大照査値 (B-B断面)

評価位置	解析ケース	地震動	照査用せん断力* Q_d (kN)	終局せん断強度 Q_u (kN)	照査値 Q_d / Q_u
南側	③	Ss-1++	635	1977	0.33

注記* : 照査用せん断力 $Q_d =$ 発生せん断力 \times 構造解析係数 γ_a

5.3 基礎地盤の支持性能に対する評価結果

基礎地盤の支持性能に対する照査結果を表 5-5 に示す。

燃料移送系配管ダクトの杭頭に発生する最大鉛直力が許容限界以下であることを確認した。

表 5-5 (1) 基礎地盤の支持性能照査結果 (A-A断面)

評価位置	解析ケース	地震動	最大鉛直力 R_a (kN)	終局鉛直支持力* R_{ua} (kN)	照査値 R_a / R_{ua}
北側	③	Ss-1--	770	9160	0.09

注記* : 終局鉛直支持力 R_{ua} = 極限支持力 R_u ÷ 安全率

表 5-5 (2) 基礎地盤の支持性能照査結果 (B-B断面)

評価位置	解析ケース	地震動	最大鉛直力 R_a (kN)	終局鉛直支持力* R_{ua} (kN)	照査値 R_a / R_{ua}
南側	①	Ss-1+-	847	8011	0.11

注記* : 終局鉛直支持力 R_{ua} = 極限支持力 R_u ÷ 安全率

別紙 積雪を考慮した耐震評価

目 次

1. 概要	1
2. 評価方針	1
3. 積雪荷重の設定	1
4. 耐震評価結果	1

1. 概要

本資料は、燃料移送系配管ダクトに対し、積雪荷重を考慮した際の耐震評価結果を示すものである。

2. 評価方針

V-2-2-19「燃料移送系配管ダクトの地震応答計算書」に基づく地震応答解析において、積雪荷重を考慮した地震応答解析を実施し、V-2-2-20「燃料移送系配管ダクトの耐震性についての計算書」に示す評価方法で耐震評価を実施する。

耐震評価を実施する解析ケース及び評価対象断面は、V-2-2-20「燃料移送系配管ダクトの耐震性についての計算書」に示す評価結果において、照査値が卓越する鉄筋コンクリート部材のせん断力照査の結果に着目し、頂版、側壁、隔壁及び底版の各照査値のうち、照査値が最も厳しいB-B断面の「解析ケース③、基準地震動 S_s-1++ 」とする。

3. 積雪荷重の設定

V-1-1-3「発電用原子炉施設の自然現象等による損傷の防止に関する説明書」のうちV-1-1-3-1-1「発電用原子炉施設に対する自然現象等による損傷防止に関する基本方針」に基づき、積雪荷重を設定する。

4. 耐震評価結果

鉄筋コンクリート部材のせん断力照査における各評価位置での最大照査値を表 4-1 に示す。鉄筋コンクリート部材の照査用せん断力が許容限界以下であることを確認した。

表 4-1 鉄筋コンクリート部材のせん断力照査における最大照査値 (B-B断面)

評価位置	解析ケース	地震動	照査用せん断力* V_d (kN)	せん断耐力 $V_{y d}$ (kN)	照査値 $V_d / V_{y d}$
頂版	③	S_s-1++	124	497	0.25
側壁	③	S_s-1++	148	561	0.27
隔壁	③	S_s-1++	143	396	0.37
底版	③	S_s-1++	275	496	0.56

注記* : 照査用せん断力 $V_d =$ 発生せん断力 \times 構造解析係数 γ_a

V-2-2-21 常設代替交流電源設備基礎の地震応答計算書

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 解析方針	6
2.4 適用基準	8
3. 解析方法	9
3.1 評価対象断面	9
3.2 解析方法	14
3.2.1 鉄筋コンクリート部材	14
3.2.2 鋼管杭	14
3.2.3 地盤	16
3.2.4 減衰定数	17
3.2.5 地震応答解析の解析ケースの選定	17
3.3 荷重及び荷重の組合せ	17
3.3.1 耐震評価上考慮する状態	17
3.3.2 荷重	18
3.3.3 荷重の組合せ	18
3.4 入力地震動	19
3.5 解析モデル及び諸元	46
3.5.1 解析モデル	46
3.5.2 使用材料及び材料物性値	50
3.5.3 地盤, マンメイドロック及び地盤改良体の物性値	50
3.5.4 地下水位	51
4. 解析結果	52
4.1 A-A断面解析結果	52
4.2 B-B断面解析結果	88
4.3 C-C断面解析結果	124

1. 概要

本資料は、V-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に基づき実施する常設代替交流電源設備基礎の地震応答解析について説明するものである。

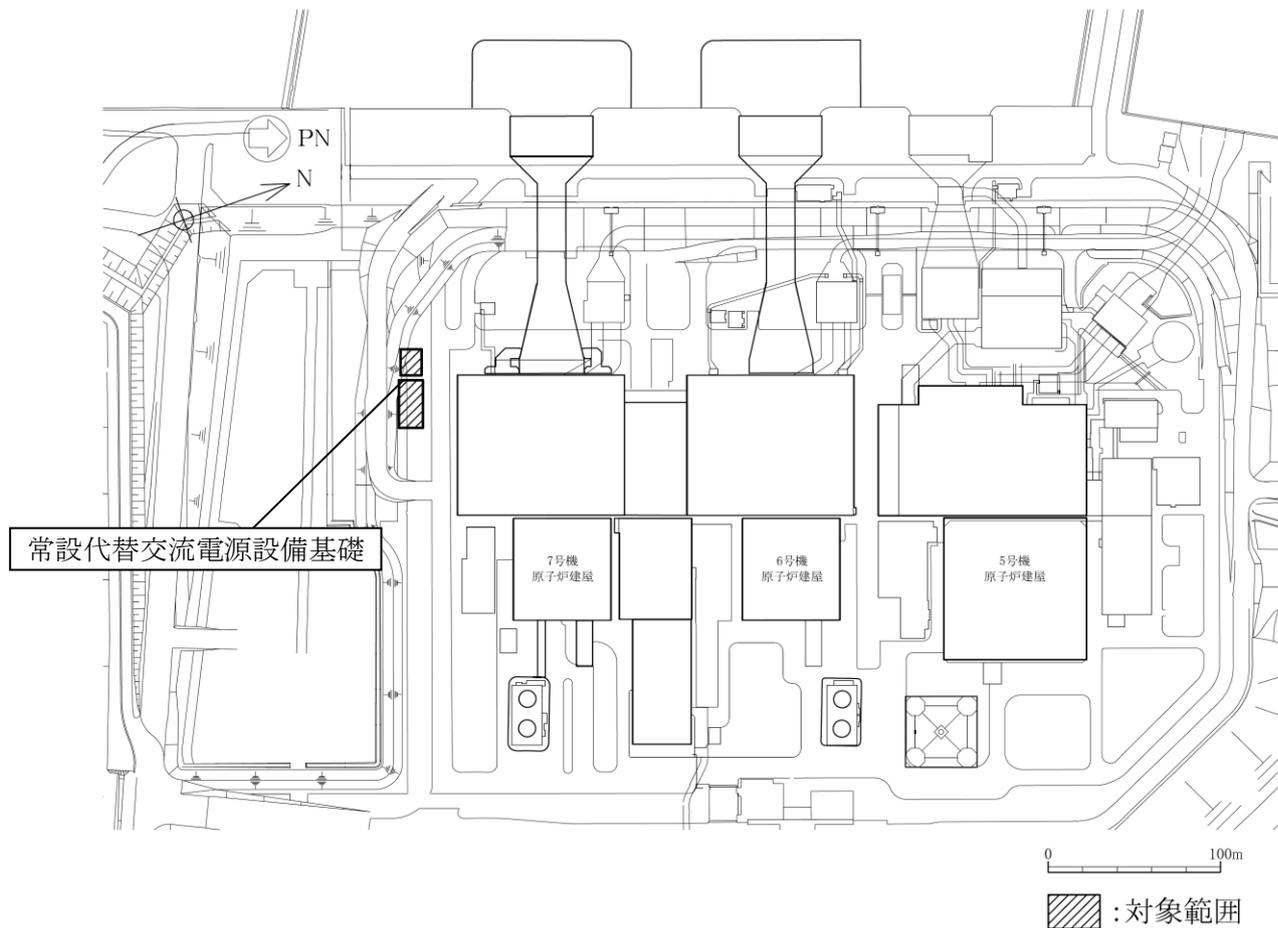
本地震応答解析は、常設代替交流電源設備基礎が耐震性に関する技術基準へ適合することを確認するために用いる応答値を抽出するものである。その際、耐震設計に用いる応答値は、この地震応答解析により構造物に発生する応答加速度、曲率、断面力及び杭頭に発生する鉛直力とする。

また、機器・配管系が耐震性に関する技術基準へ適合することを確認するために用いる応答値の抽出を行う。

2. 基本方針

2.1 位置

常設代替交流電源設備基礎の位置図を図 2-1 に示す。



K7 ① V-2-2-21 R1

図 2-1 常設代替交流電源設備基礎の位置図（全体平面図）

2.2 構造概要

常設代替交流電源設備基礎の平面図を図 2-2、断面図を図 2-3 に示す。

常設代替交流電源設備基礎は、第一ガスタービン発電機基礎と第一ガスタービン発電機用燃料タンク基礎で構成される。第一ガスタービン発電機基礎は、幅約 14m (NS 方向) × 約 36m (EW 方向)、高さ約 3.6m の鉄筋コンクリート造の地中構造物である。第一ガスタービン発電機用燃料タンク基礎は、幅約 12m (NS 方向) × 約 15m (EW 方向)、高さ約 8.3m の鉄筋コンクリート造の地中構造物である。両構造物ともに杭を介して十分な支持性能を有する西山層に支持される。

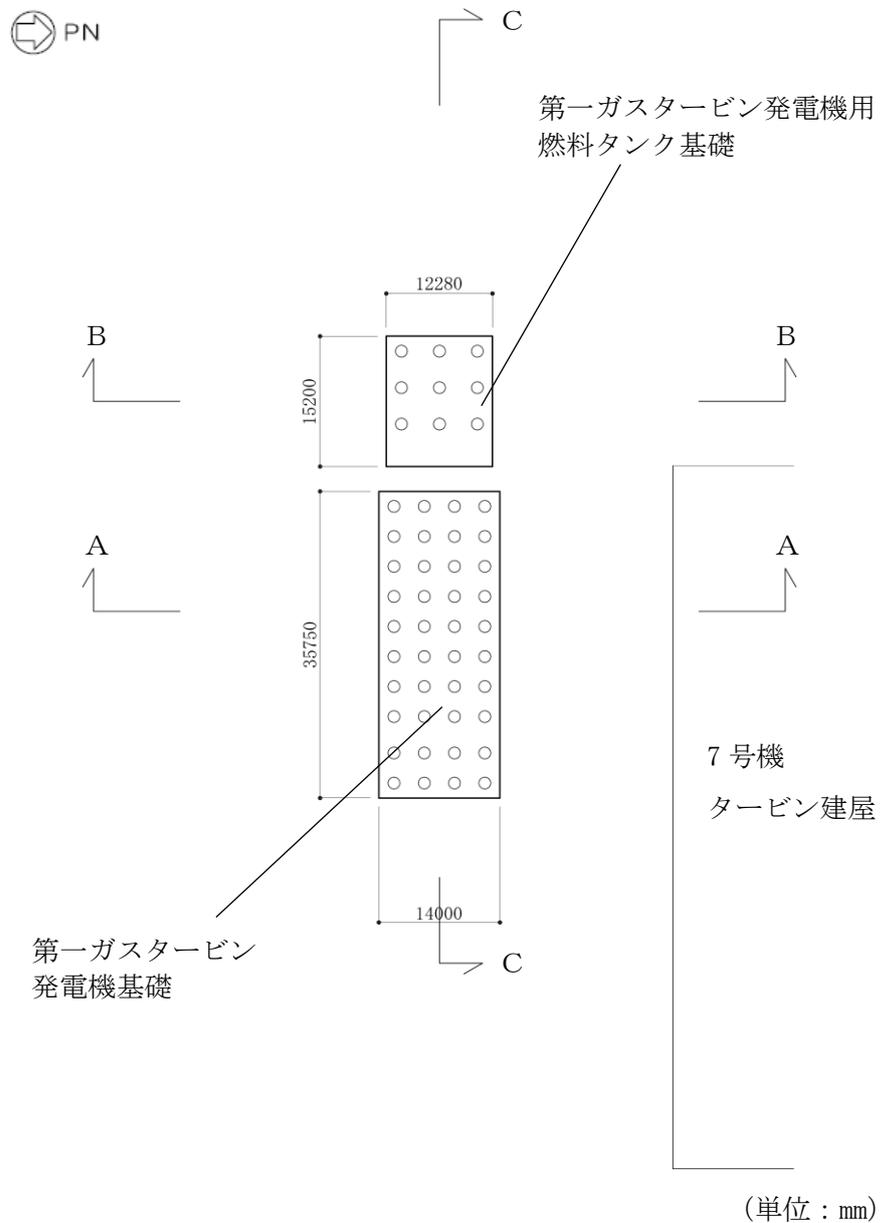
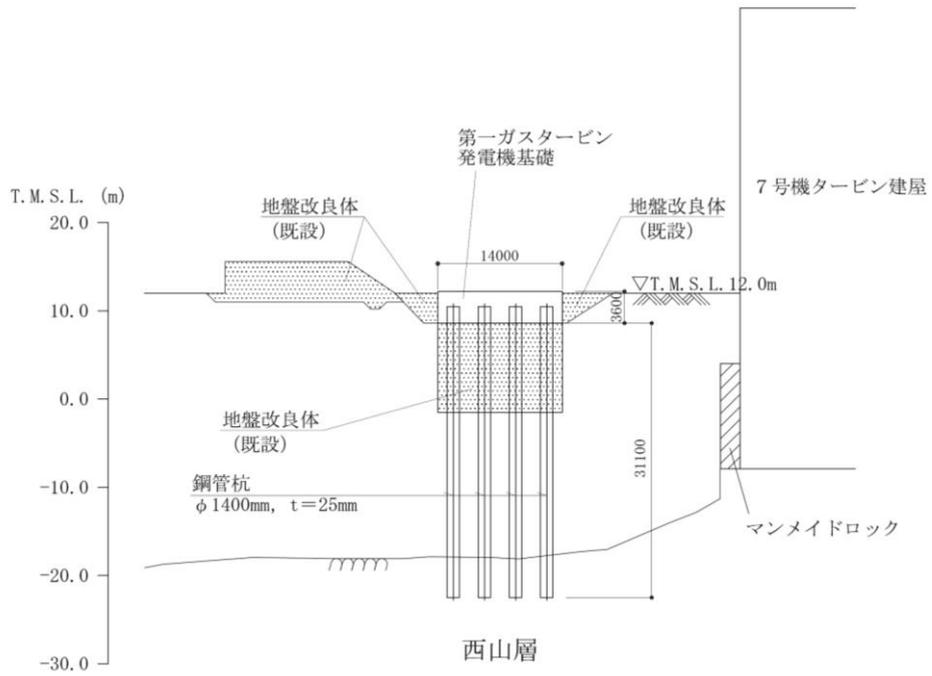


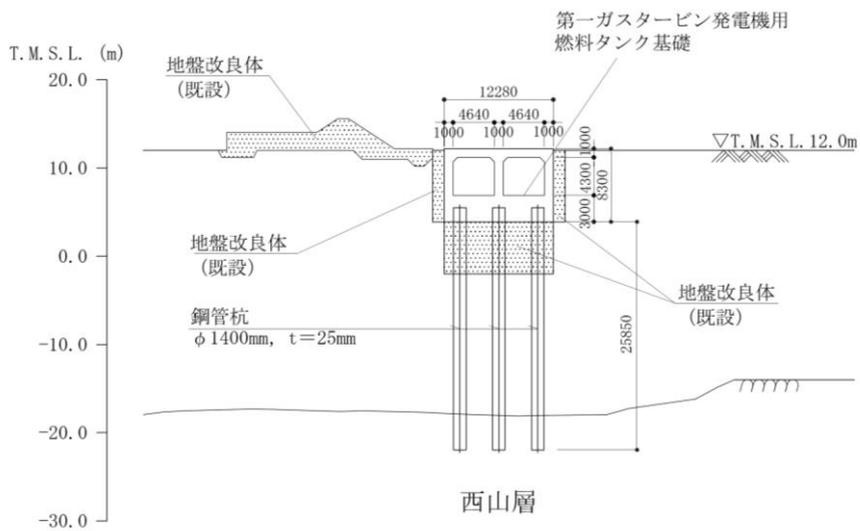
図 2-2 常設代替交流電源設備基礎の平面図



(単位：mm)

注：東京湾平均海面（以下「T.M.S.L.」という。）

図 2-3 (1) 常設代替交流電源設備基礎の断面図 (A-A 断面)



(単位：mm)

図 2-3 (2) 常設代替交流電源設備基礎の断面図 (B-B 断面)

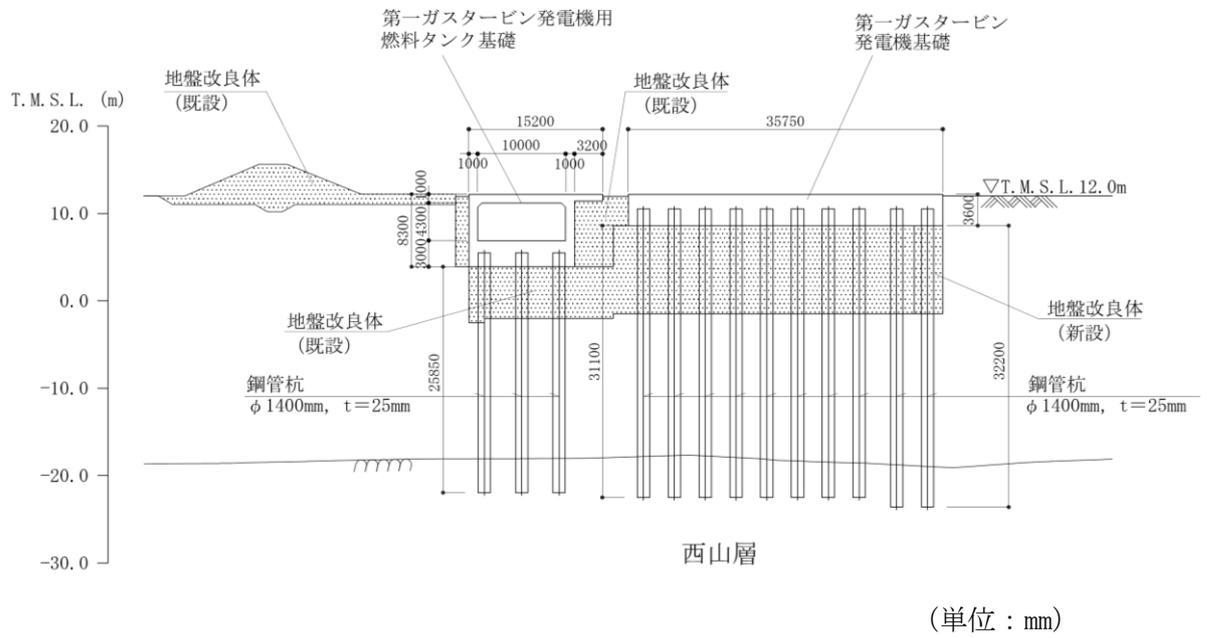


図 2-3 (3) 常設代替交流電源設備基礎の断面図 (C-C 断面)

2.3 解析方針

常設代替交流電源設備基礎は、V-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に基づき、基準地震動 S_s に対して地震応答解析を実施する。

地震応答解析においては、地震時の地盤の有効応力の変化に応じた影響を考慮できる有効応力解析を実施する。

有効応力解析に用いる地盤剛性及び液状化強度特性は、地盤の代表性及び網羅性を踏まえた上で、ばらつき等を考慮して設定する。

構造物及び機器・配管系への応答加速度に対する保守的な配慮として、地盤の非液状化の影響を考慮する。

図 2-4 に常設代替交流電源設備基礎の地震応答解析フローを示す。

地震応答解析は、「2. 基本方針」に基づき、「3.1 評価対象断面」にて設定する断面において、「3.2 解析方法」に示す水平地震動と鉛直地震動の同時加振による時刻歴非線形解析にて行う。

時刻歴非線形解析は、「3.3 荷重および荷重の組合せ」及び「3.5 解析モデル及び諸元」に示す条件を基に、「3.4 入力地震動」により設定する入力地震動を用いて実施する。

地震応答解析による応答加速度は、機器・配管系の設計用床応答曲線の作成に用いる。

また、地震応答解析による応答値のうち、鋼管杭に生じる曲率、断面力及び杭頭に発生する鉛直力は、鋼管杭の耐震評価及び基礎地盤の支持性能評価に用いる。応答加速度及び土水圧は、鉄筋コンクリート部材の耐震評価に用いる入力荷重の算定に用いる。

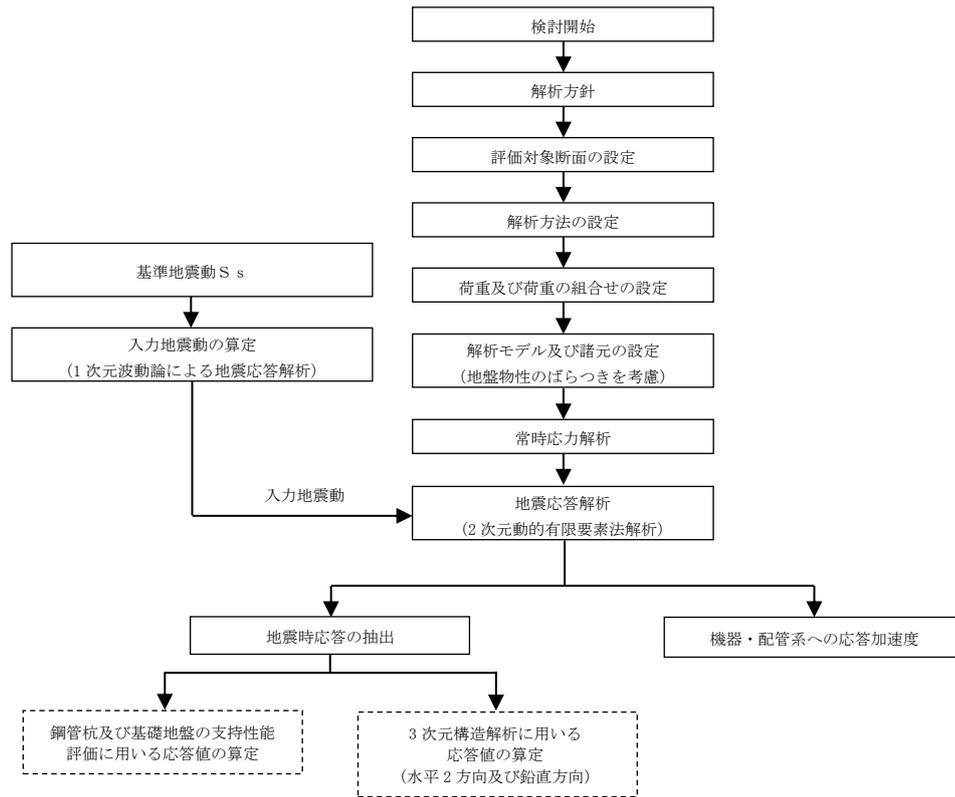


図 2-4 常設代替交流電源設備基礎の地震応答解析フロー

2.4 適用基準

適用する規格，基準等を以下に示す。

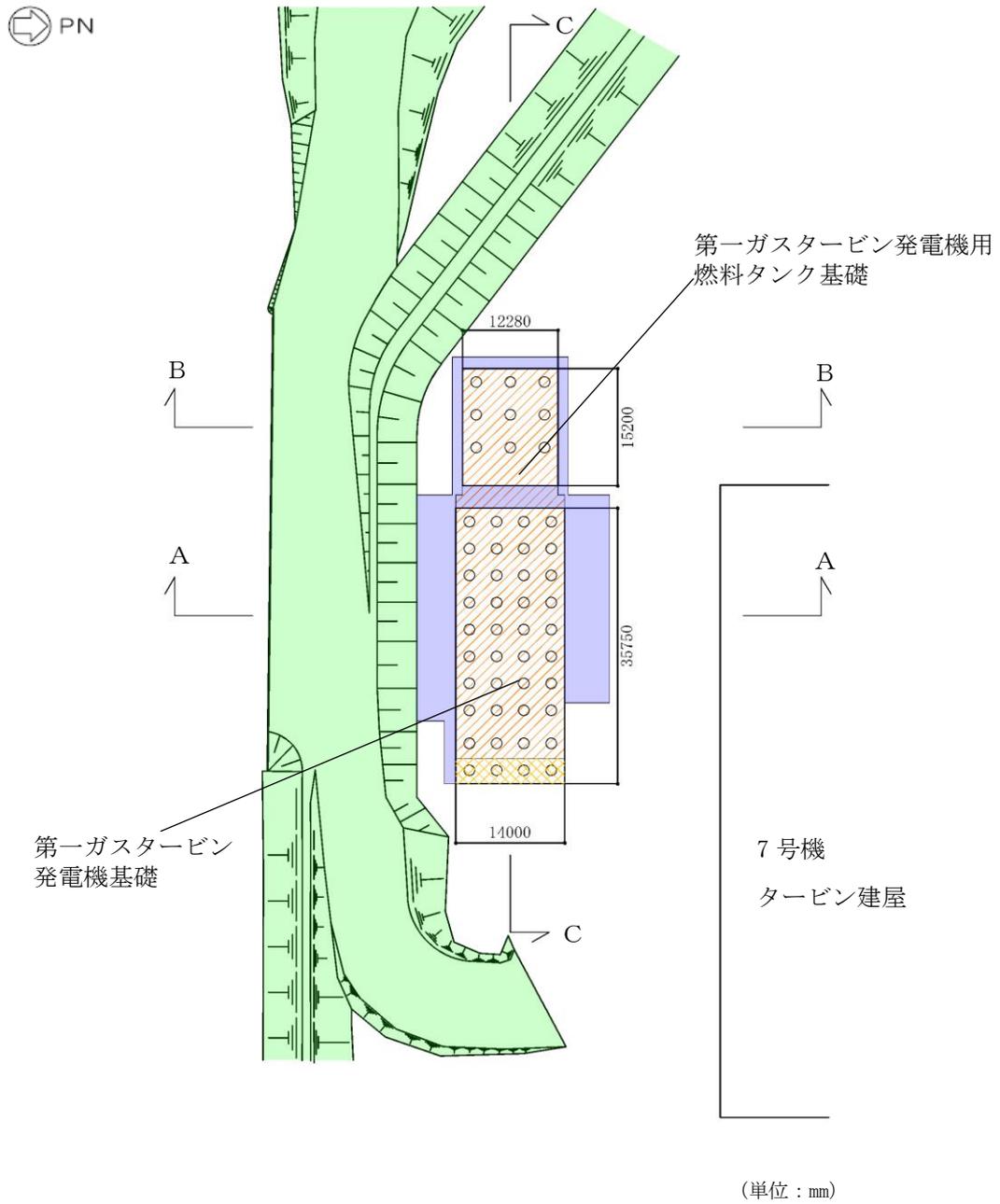
- ・コンクリート標準示方書 [構造性能照査編] (土木学会, 2002 年制定)
- ・原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル (土木学会, 2005年)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987 (日本電気協会)

3. 解析方法

3.1 評価対象断面

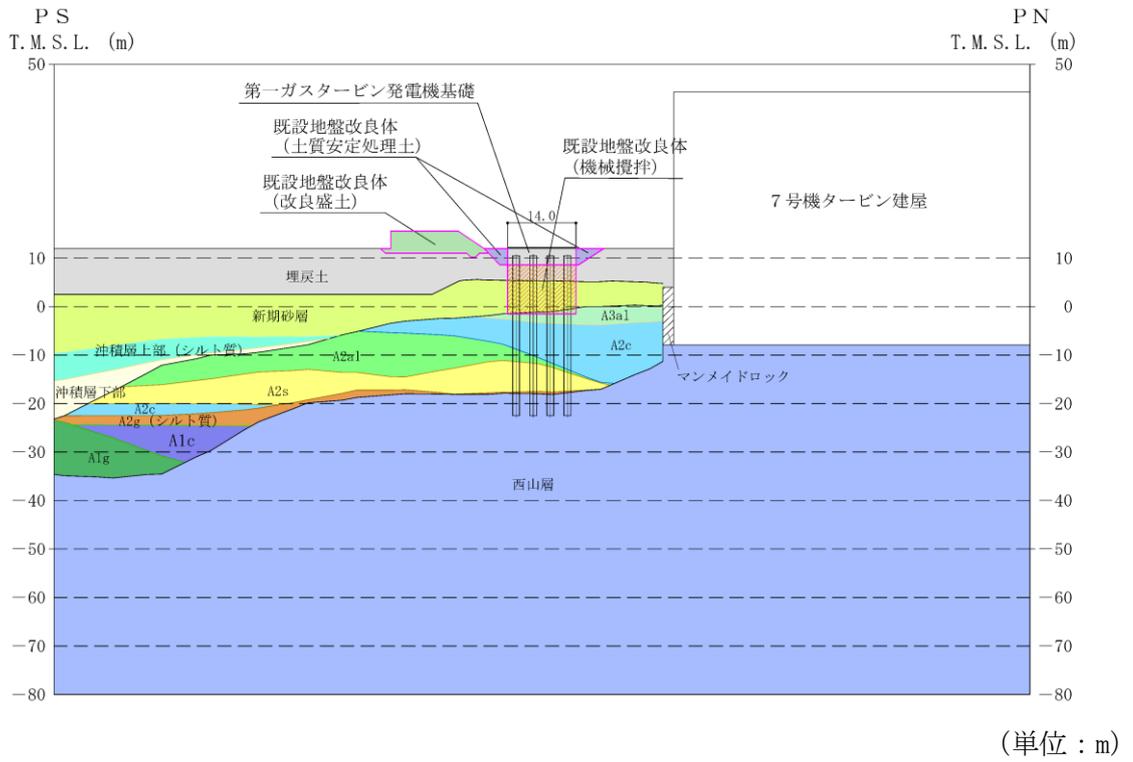
常設代替交流電源設備基礎の評価対象断面位置を図 3-1 に示す。構造物の耐震設計における評価対象断面及び機器・配管系の床応答抽出断面は、図 3-1 の A-A 断面、B-B 断面及び C-C 断面とする。

評価対象断面図を図 3-2 に示す。



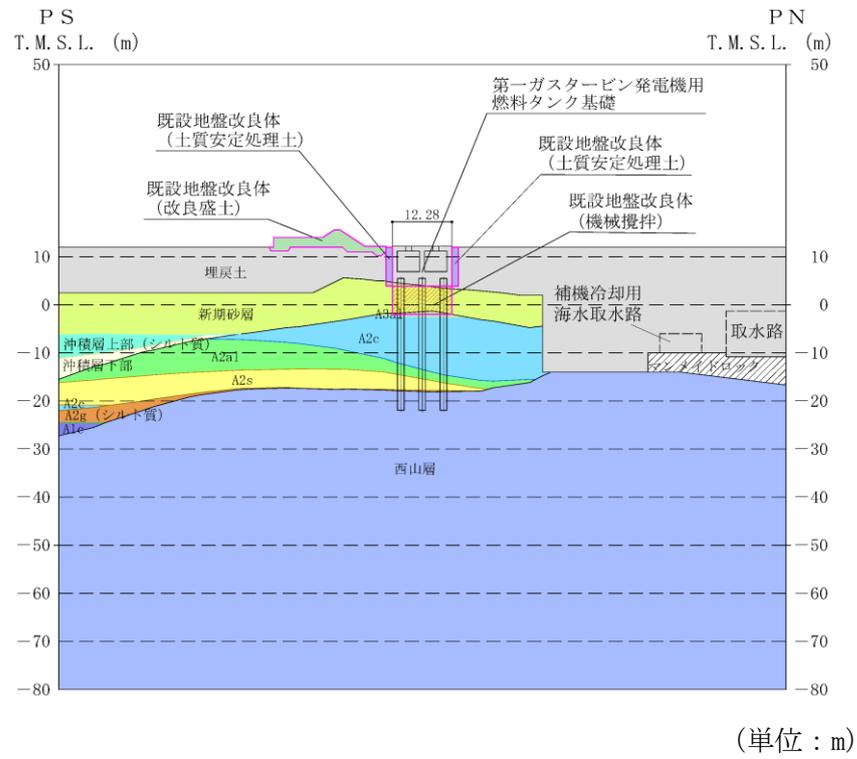
既設/新設	凡例	地盤改良工法
既設地盤改良体		機械攪拌
		土質安定処理土
新設地盤改良体		改良盛土
		機械攪拌

図 3-1 常設代替交流電源設備基礎の評価対象断面位置図



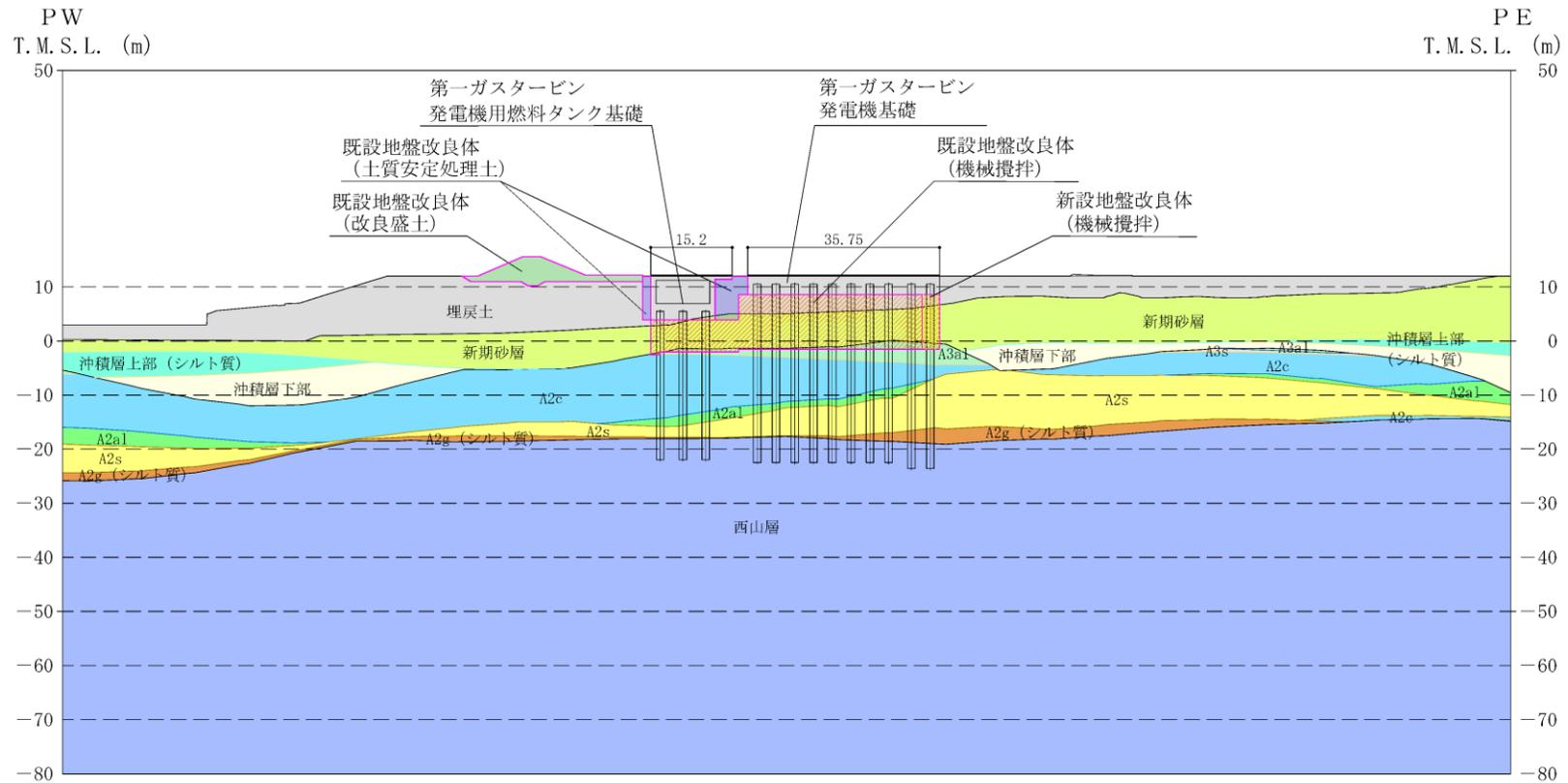
既設／新設	凡例	地盤改良工法
既設地盤改良体		機械攪拌
		土質安定処理土
		改良盛土
新設地盤改良体		機械攪拌

図 3-2 (1) 常設代替交流電源設備基礎の評価対象断面図 (A-A断面)



既設／新設	凡例	地盤改良工法
既設地盤改良体		機械攪拌
		土質安定処理土
		改良盛土
新設地盤改良体		機械攪拌

図 3-2 (2) 常設代替交流電源設備基礎の評価対象断面図 (B-B 断面)



(単位：m)

既設/新設	凡例	地盤改良工法
既設地盤改良体		機械攪拌
		土質安定処理土
新設地盤改良体		改良盛土
		機械攪拌

図 3-2 (3) 常設代替交流電源設備基礎の評価対象断面図 (C-C断面)

3.2 解析方法

常設代替交流電源設備基礎の地震応答解析は、V-2-1-6「地震応答解析の基本方針」のうち、「2.3 屋外重要土木構造物」に示す解析方法及び解析モデルを踏まえて実施する。

地震応答解析は、構造物と地盤の相互作用を考慮できる2次元動的有限要素法解析を用いて、基準地震動 S_s に基づき設定した水平地震動と鉛直地震動の同時加振による逐次時間積分の時刻歴応答解析にて行う。常設代替交流電源設備基礎を構成する部材のうち、鉄筋コンクリート部材については線形平面ひずみ要素で、鋼管杭については非線形はり要素でモデル化する。非線形はり要素の非線形特性については鋼管杭の $M-\phi$ 関係を適切にモデル化する。また、地盤については、有効応力の変化に応じた地震時挙動を適切に考慮できるようにモデル化する。

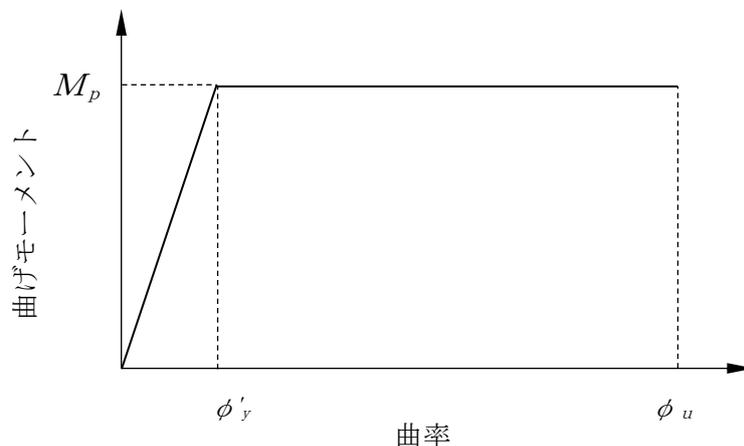
地震応答解析については、解析コード「FLIP」を使用する。なお、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

3.2.1 鉄筋コンクリート部材

鉄筋コンクリート部材は、線形平面ひずみ要素でモデル化する。

3.2.2 鋼管杭

鋼管杭は、非線形はり要素でモデル化し、図 3-3 及び図 3-4 に示す非線形性を考慮する。

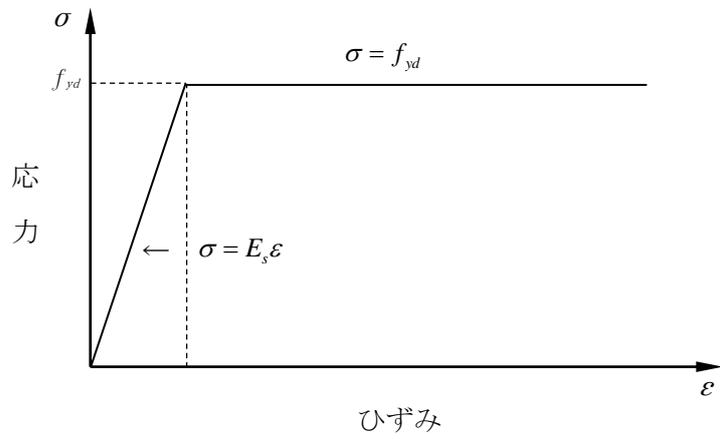


M_p : 終局時の曲げ強度（全塑性モーメント）

ϕ'_y : 全塑性モーメントに至る時の曲率

ϕ_u : 局部座屈が発生する時の曲率

図 3-3 鋼管杭の $M-\phi$ 関係



f_{yd} : 鋼材の降伏応力

E_s : 鋼材のヤング係数

図 3-4 鋼管杭の応力-ひずみ関係

3.2.3 地盤

地盤については、地盤の繰返しせん断応力～せん断ひずみ関係の骨格曲線に関するせん断ひずみ及び有効応力の変化に応じた特徴を適切に表現できる双曲線モデル (H-D モデル) を用いる。

また、地盤剛性のばらつき及び地盤の液状化強度特性のばらつきの影響を考慮するため、表 3-1 に示す解析ケース (①～⑤) を設定する。

表 3-1 耐震評価における解析ケース

	①	②	③	④	⑤
解析ケース	基本ケース	地盤物性のばらつき (+1 σ) を考慮した解析ケース	地盤物性のばらつき (-1 σ) を考慮した解析ケース	非液状化の条件を仮定した解析ケース	地盤物性のばらつき (+1 σ) を考慮して非液状化の条件を仮定した解析ケース
地盤剛性の設定	地盤剛性 (平均値)	地盤剛性 (+1 σ)	地盤剛性 (-1 σ)	地盤剛性 (平均値)	地盤剛性 (+1 σ)
液状化強度特性の設定	液状化強度特性 (-1 σ)	液状化強度特性 (-1 σ)	液状化強度特性 (-1 σ)	液状化パラメータを非適用	液状化パラメータを非適用

地盤剛性のばらつきの影響を考慮するため、地表付近で地下水面をまたぐ地層 (埋戻土及び新期砂層) のばらつきは、初期せん断弾性係数と有効拘束圧の関係から初期せん断弾性係数の標準偏差 σ を用いて、せん断波速度のばらつきとして設定する。地下水以深の飽和土層 (沖積層及び古安田層) のばらつきは、各地層の PS 検層の結果からせん断波速度の標準偏差 σ を求め、せん断波速度のばらつきとして設定する (解析ケース②, ③, ⑤)。

地盤の液状化強度特性は、代表性及び網羅性を踏まえた上で保守性を考慮し、液状化強度試験データの最小二乗法による回帰曲線と、その回帰係数の自由度を考慮した不偏分散に基づく標準偏差 σ を用いて、液状化強度特性を (-1 σ) にて設定する (解析ケース①, ②, ③)。

また、構造物及び機器・配管系への応答加速度に対する保守的な配慮として、地盤の非液状化の条件を仮定した解析ケースを設定する (解析ケース④, ⑤)。

上記の地盤剛性及び液状化強度特性の設定を組み合わせた解析ケース (①～⑤) を実施することにより、地盤物性のばらつきの影響を網羅的に考慮する。

3.2.4 減衰定数

減衰特性は、柏崎刈羽原子力発電所における新潟県中越沖地震の地震記録を入力波とした再現解析等を踏まえ、Rayleigh減衰として、 $\alpha=0$ 、 $\beta=0.005$ を設定する。

3.2.5 地震応答解析の解析ケースの選定

(1) 耐震評価における解析ケース

耐震評価においては、全ての基準地震動 S_s に対し、解析ケース①（基本ケース）を実施する。また、解析ケース①において、曲げ軸力、せん断力、面内せん断力及び基礎地盤の支持性能の全ての評価項目について、各照査値が最も厳しい地震動を用い、解析ケース②～⑤を実施する。最も厳しい照査値の選定は、照査値1.0に対して2倍の余裕となる照査値0.5以上を相対的に厳しい地震動の選定の目安として実施する。なお、解析ケースの結果を踏まえ、さらに照査値が大きくなる可能性がある場合は、追加解析を実施する。

(2) 機器・配管系に対する応答加速度抽出のための解析ケース

機器・配管系に対する応答加速度の抽出においては、全ての基準地震動 S_s に対し、解析ケース③～⑤を実施する。

3.3 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」に基づき設定する。

3.3.1 耐震評価上考慮する状態

常設代替交流電源設備基礎の地震応答解析において、地震以外に考慮する状態を以下に示す。

(1) 運転時の状態

発電用原子炉施設が運転状態にあり、通常の条件下におかれている状態。ただし、運転時の異常な過渡変化時の影響を受けないことから考慮しない。

(2) 設計基準事故時の状態

設計基準事故時の影響を受けないことから考慮しない。

(3) 設計用自然条件

V-1-1-3「発電用原子炉施設の自然現象等による損傷の防止に関する説明書」のうちV-1-1-3-1-1「発電用原子炉施設に対する自然現象等による損傷防止に関する基本方針」に基づく積雪を考慮する。

(4) 重大事故等時の状態

重大事故等時の状態の影響を受けないことから考慮しない。

3.3.2 荷重

常設代替交流電源設備基礎の地震応答解析において、考慮する荷重を以下に示す。

(1) 固定荷重 (G)

固定荷重として、躯体自重を考慮する。

(2) 積載荷重 (P)

積載荷重として、機器・配管荷重, 土圧及び水圧による荷重並びに積雪荷重を考慮する。

(3) 地震荷重 (S_s)

基準地震動S_sによる荷重を考慮する。

3.3.3 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 3-2 に示す。

表 3-2 荷重の組合せ

外力の状態	荷重の組合せ
地震時 (S _s)	G + P + S _s

G : 固定荷重

P : 積載荷重

S_s : 地震荷重

3.4 入力地震動

入力地震動は、V-2-1-6「地震応答解析の基本方針」のうち「2.3 屋外重要土木構造物」に示す入力地震動の設定方針を踏まえて設定する。

地震応答解析に用いる入力地震動は、解放基盤表面で定義される基準地震動 S_s を 1 次元波動論により地震応答解析モデルの底面位置で評価したものをを用いる。

図 3-5 に入力地震動算定の概念図を、図 3-6 に入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトルを示す。入力地震動の算定には、解析コード「SLOK」を使用する。

解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、別紙「計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。

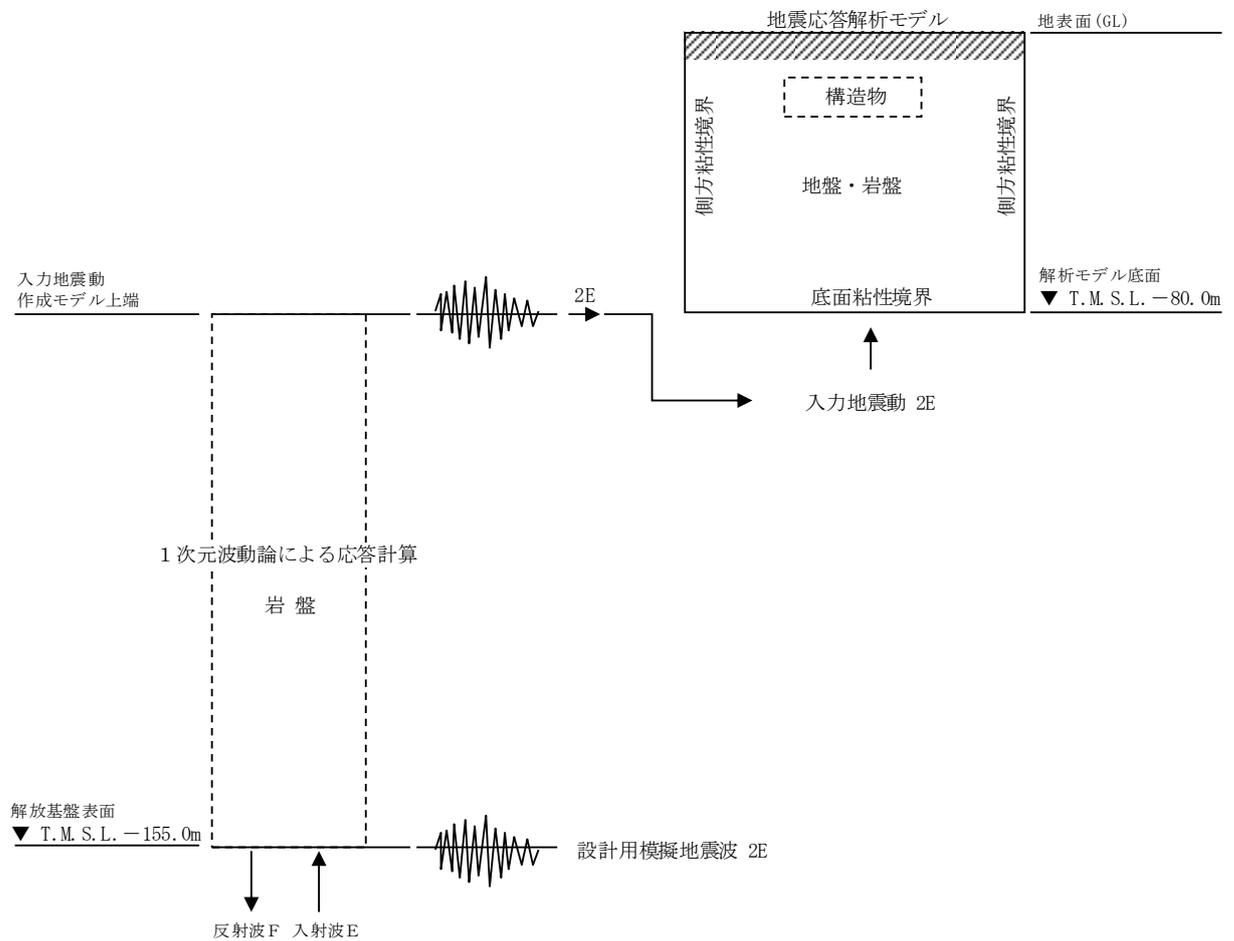


図 3-5 入力地震動算定の概念図

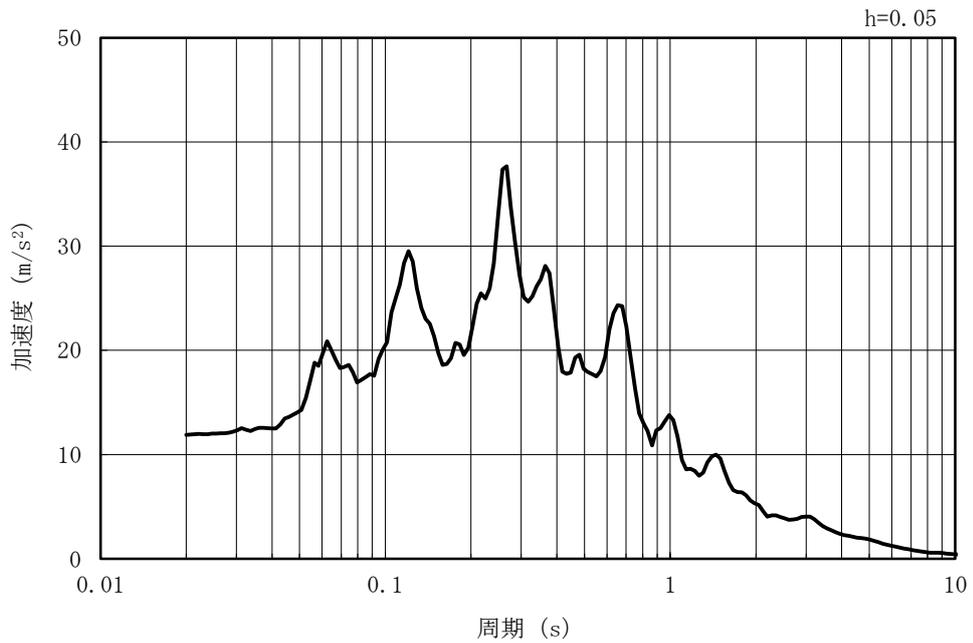
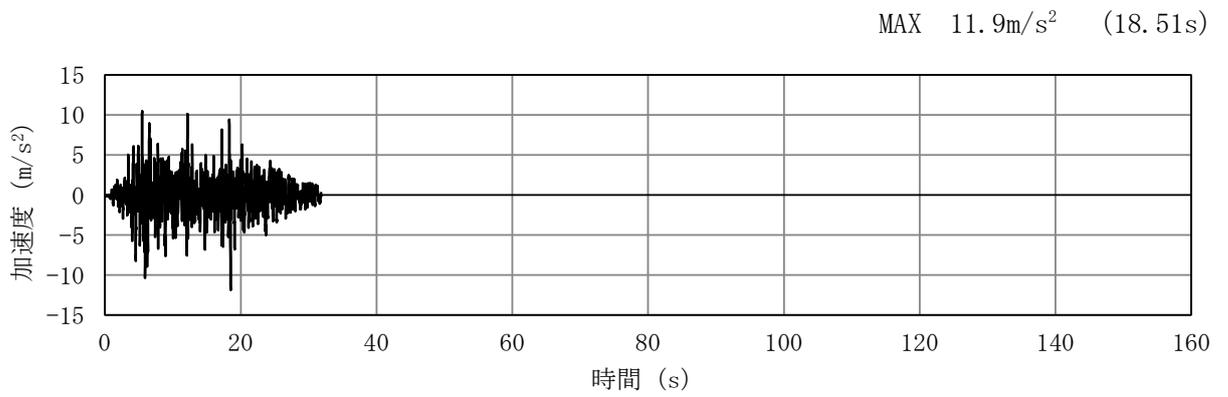
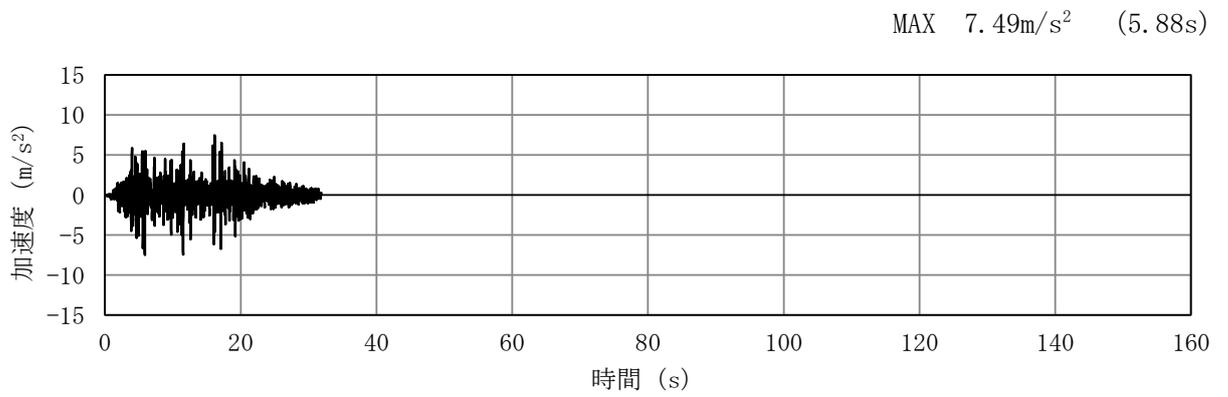
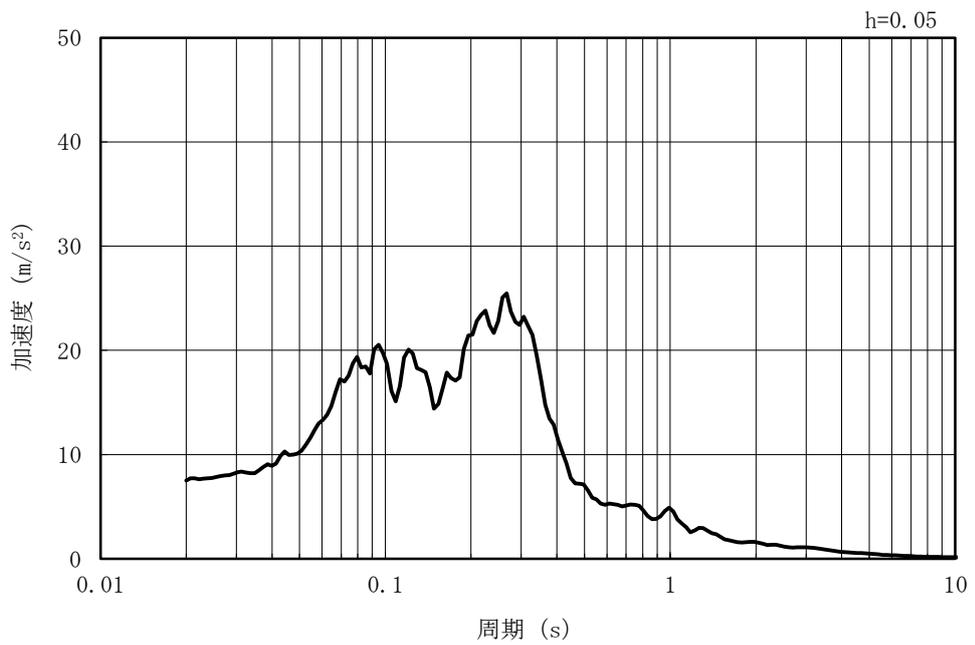


図 3-6 (1) 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平方向 : Ss-1)

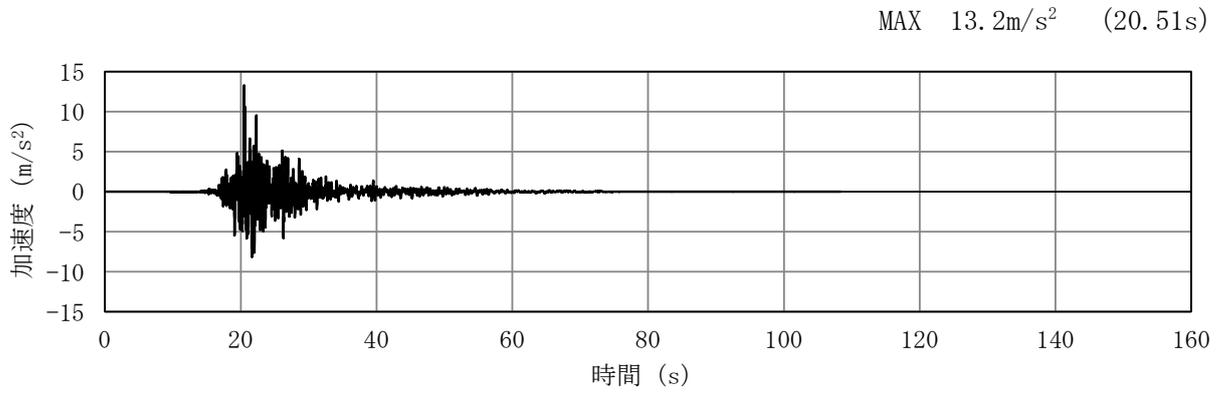


(a) 加速度時刻歴波形

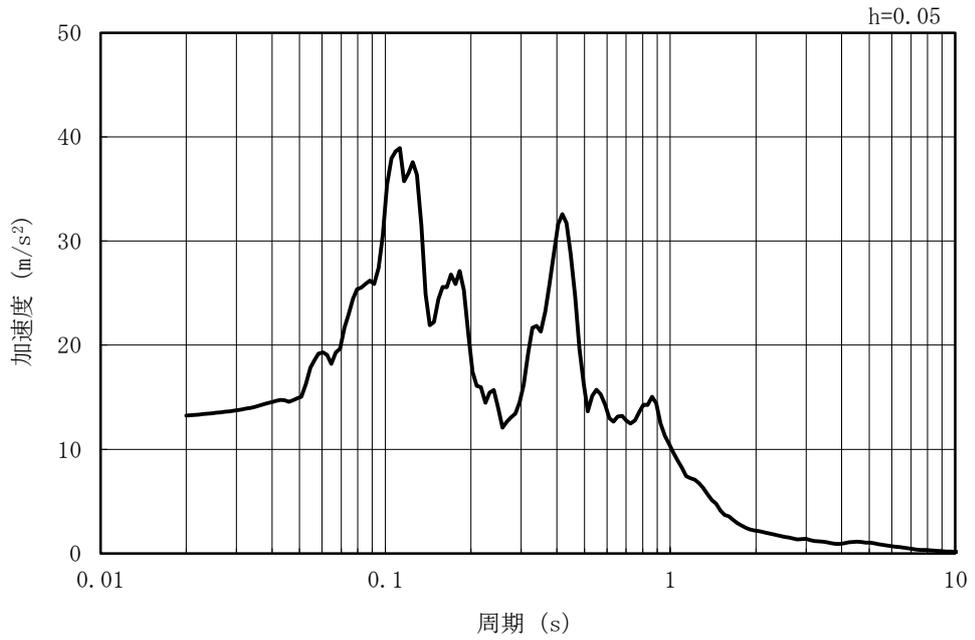


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-6 (2) 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直方向 : Ss-1)

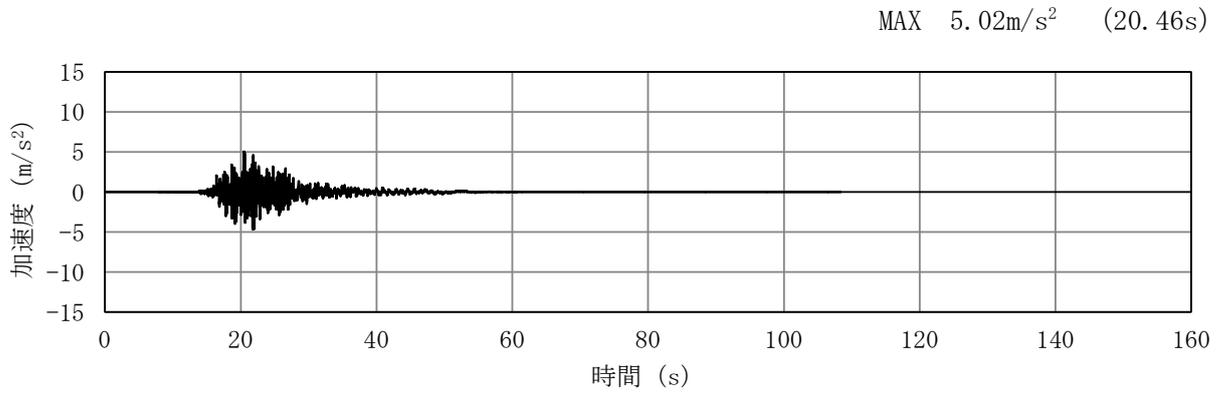


(a) 加速度時刻歴波形

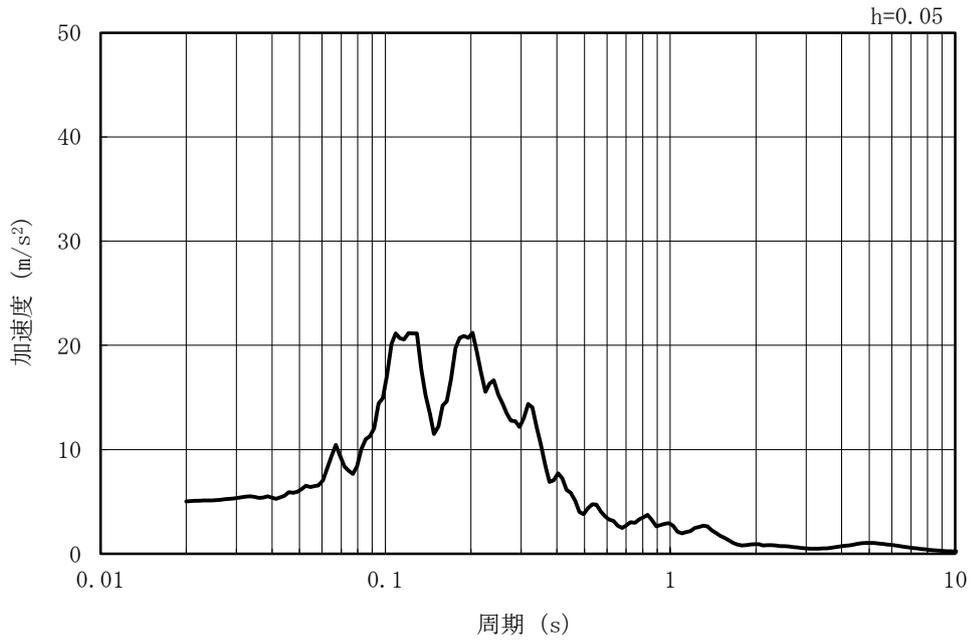


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-6 (3) 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平方向 : Ss-2EW)

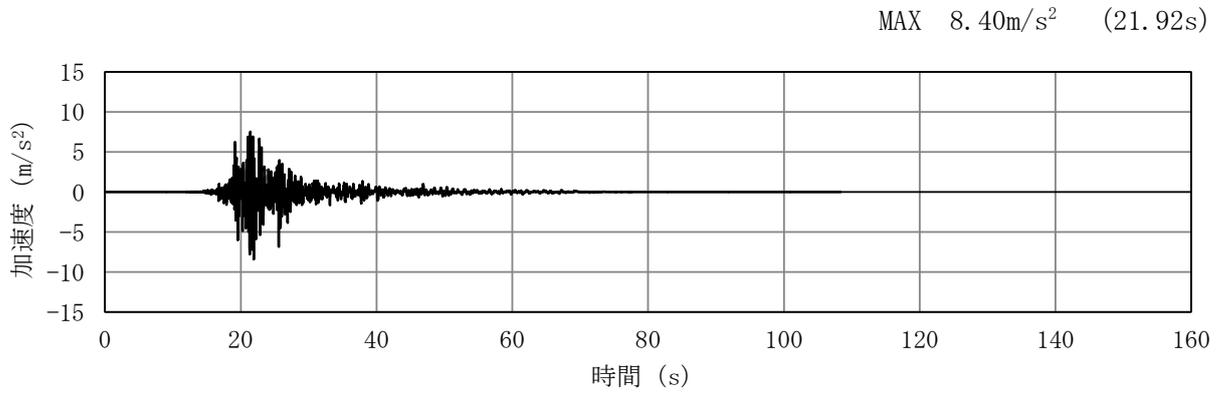


(a) 加速度時刻歴波形

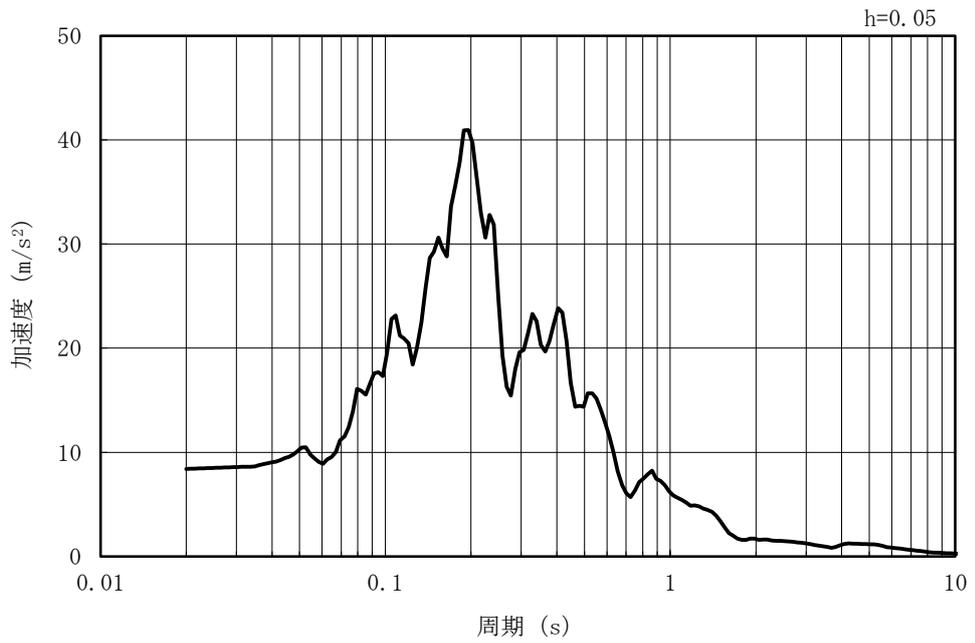


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-6 (4) 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直方向 : Ss-2EW)

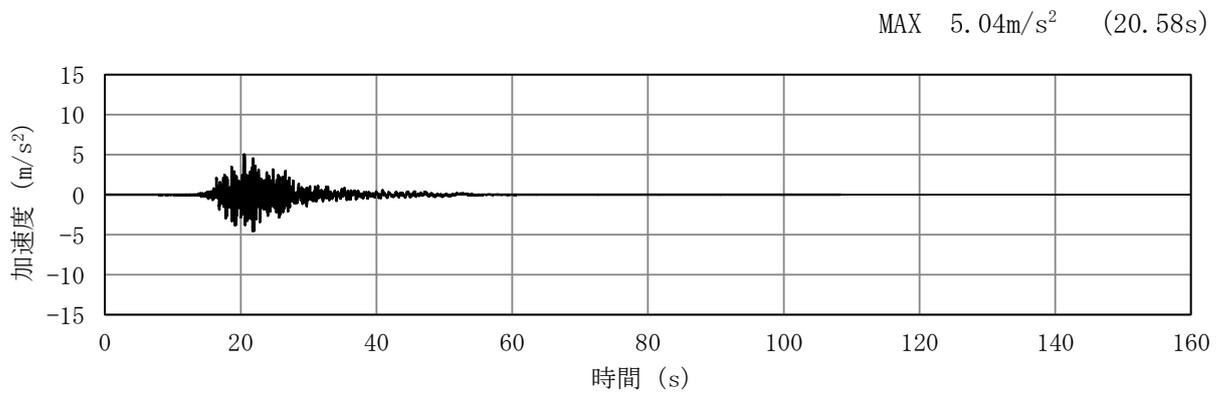


(a) 加速度時刻歴波形

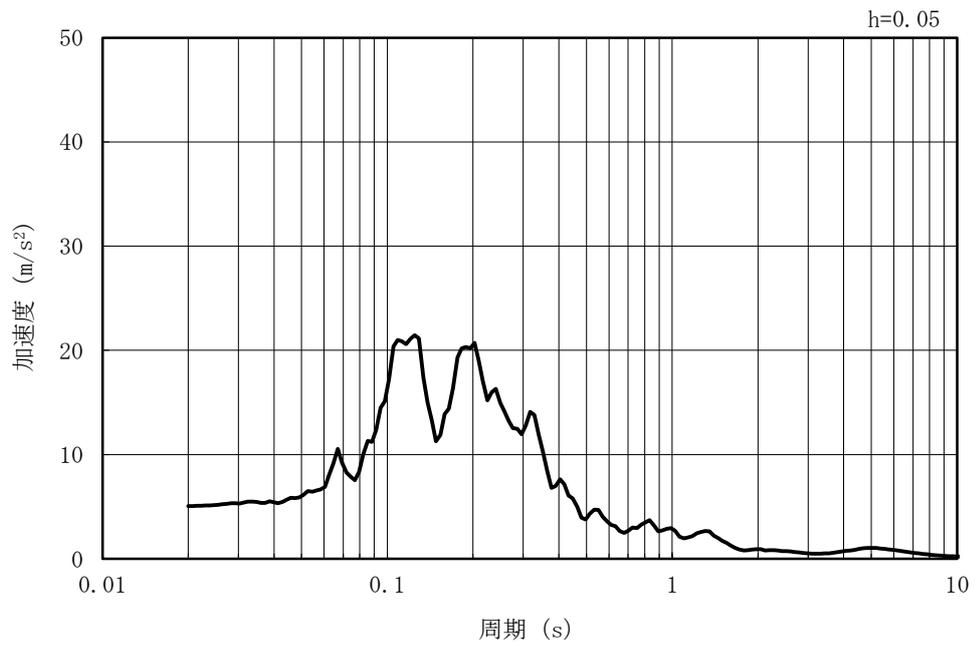


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-6 (5) 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平方向 : Ss-2NS)

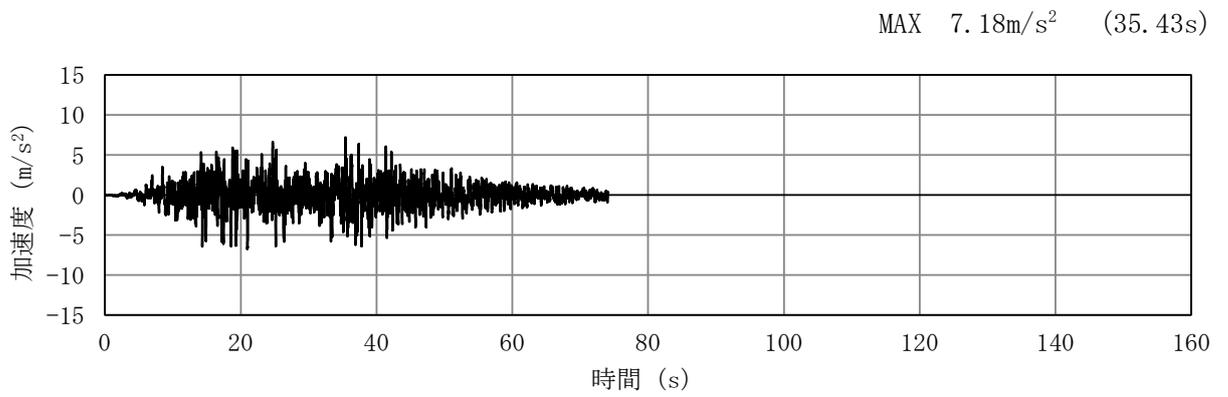


(a) 加速度時刻歴波形

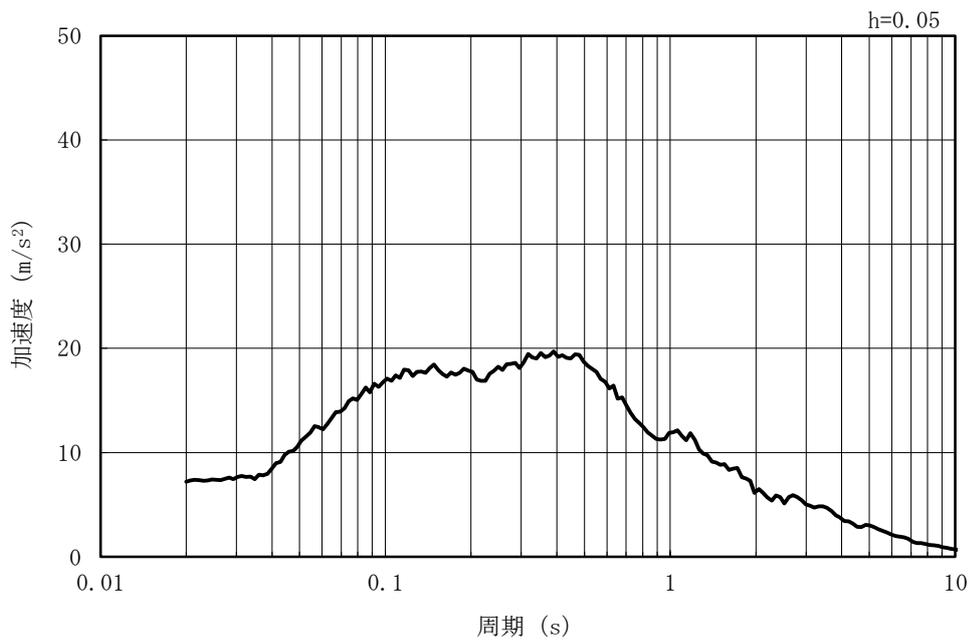


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-6 (6) 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直方向 : Ss-2NS)

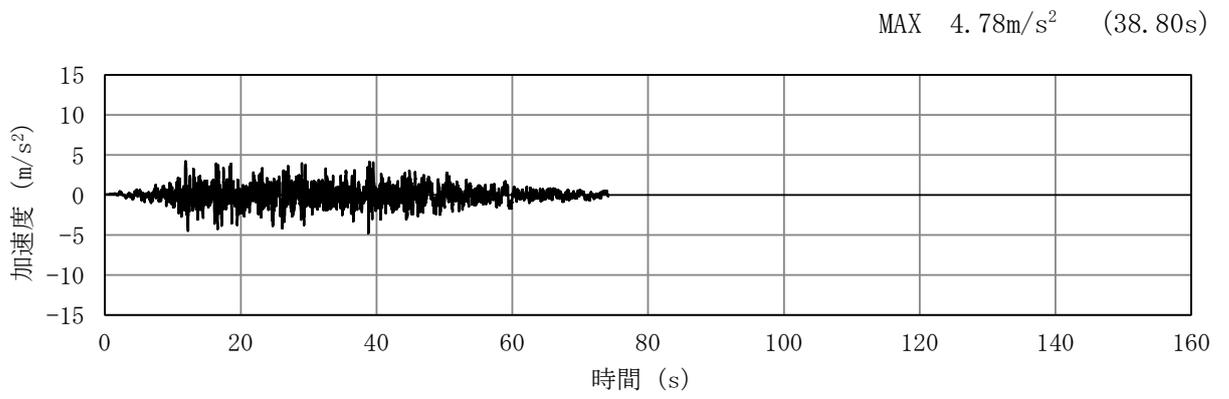


(a) 加速度時刻歴波形

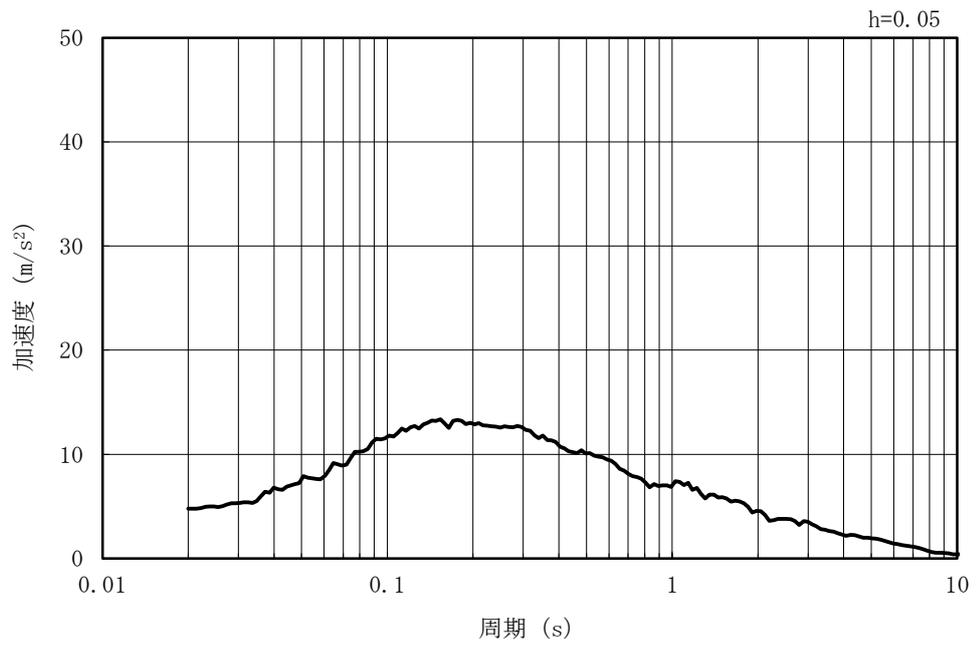


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-6 (7) 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平方向 : Ss-3)

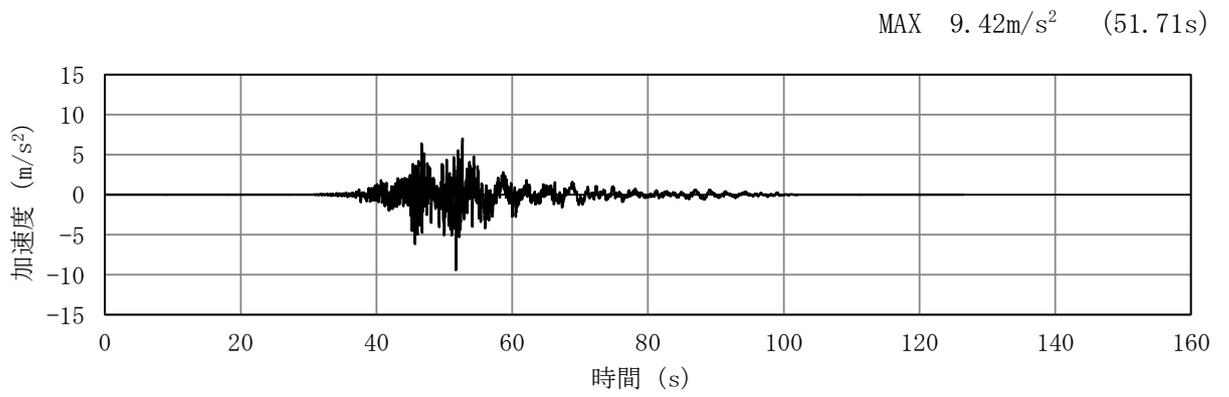


(a) 加速度時刻歴波形

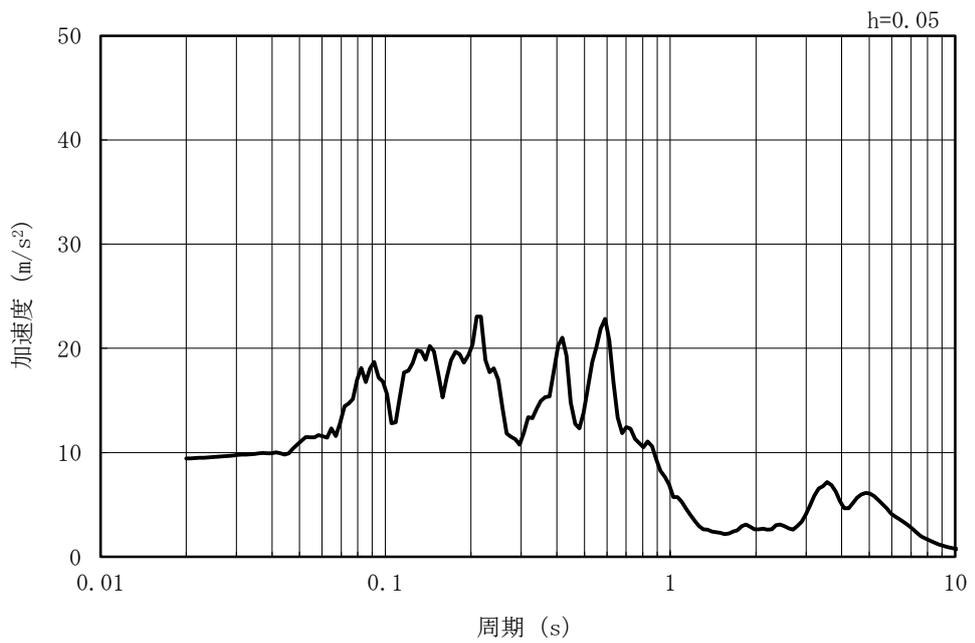


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-6 (8) 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直方向 : Ss-3)

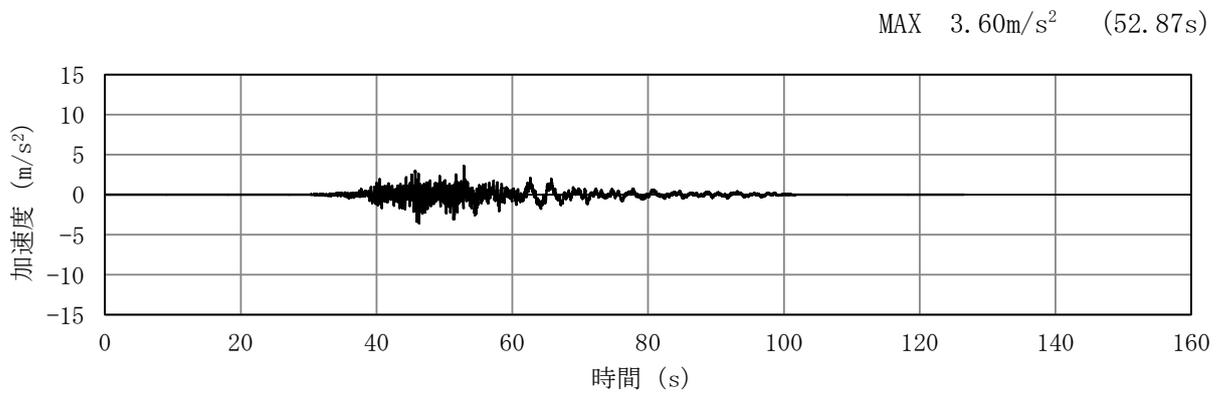


(a) 加速度時刻歴波形

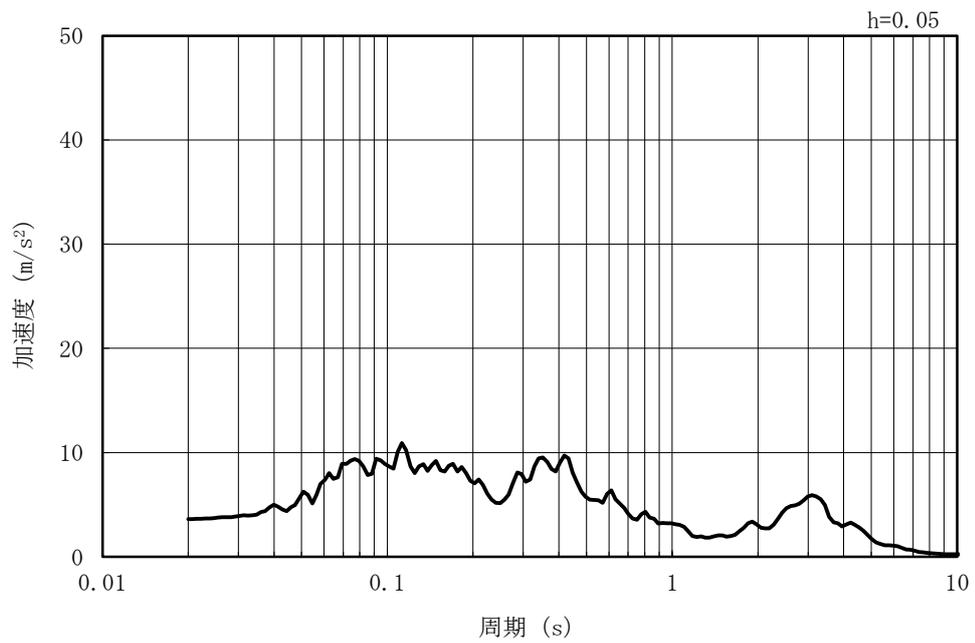


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-6 (9) 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平方向 : Ss-4EW)

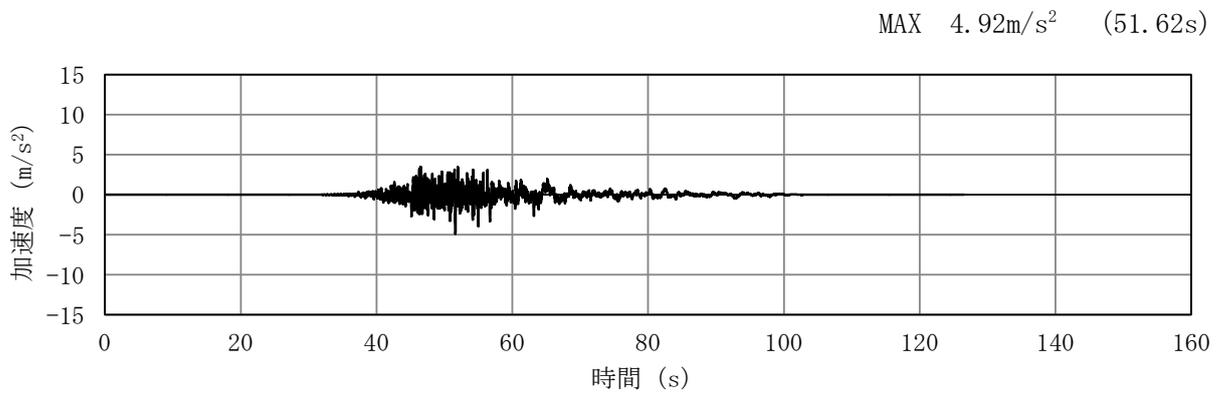


(a) 加速度時刻歴波形

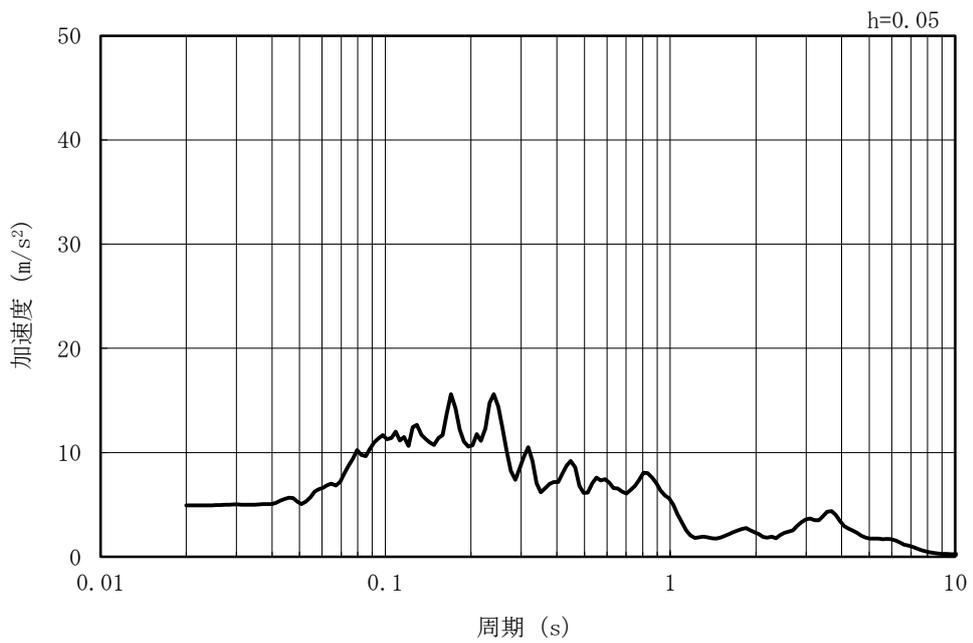


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-6 (10) 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直方向 : Ss-4EW)

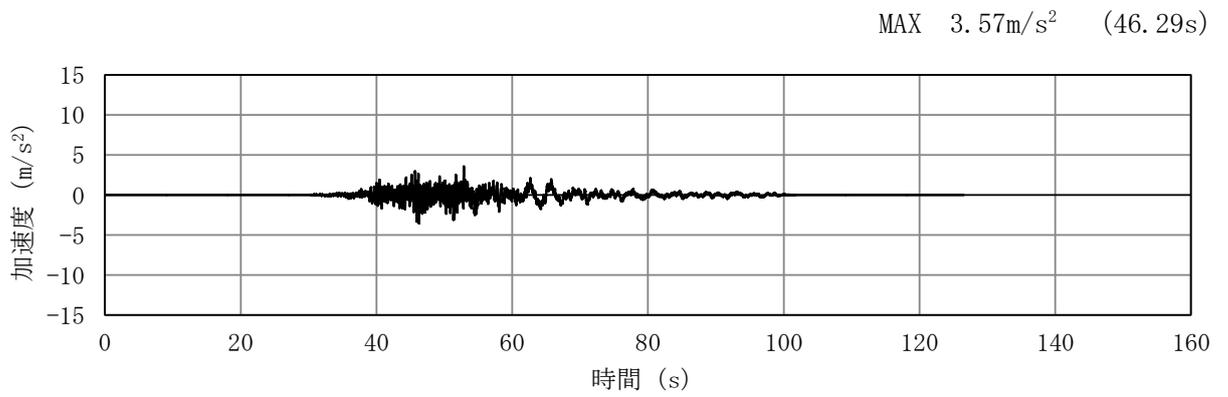


(a) 加速度時刻歴波形

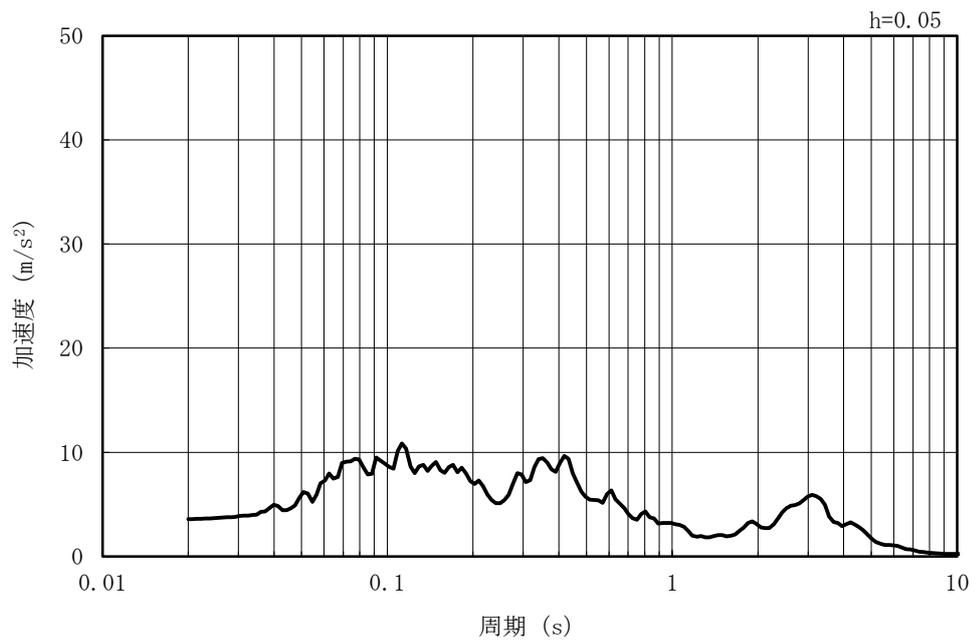


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-6 (11) 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平方向 : Ss=4NS)

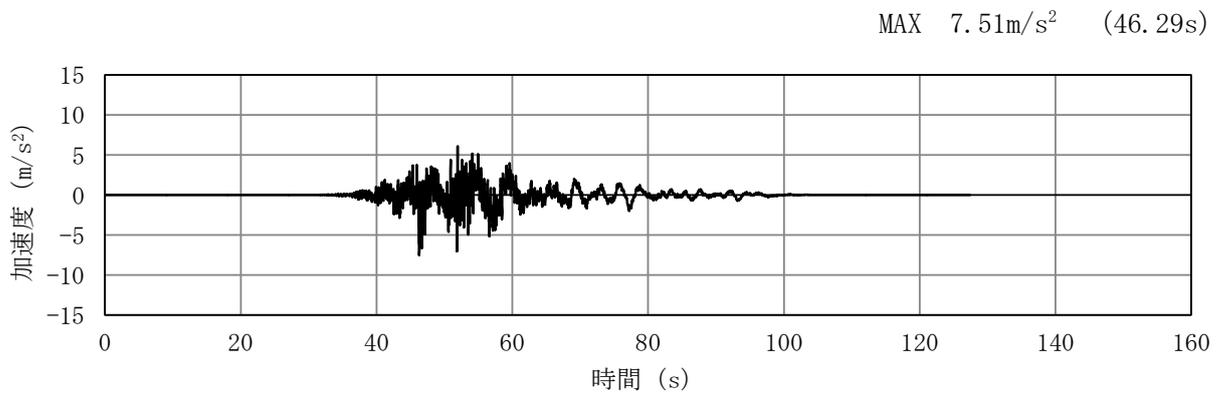


(a) 加速度時刻歴波形

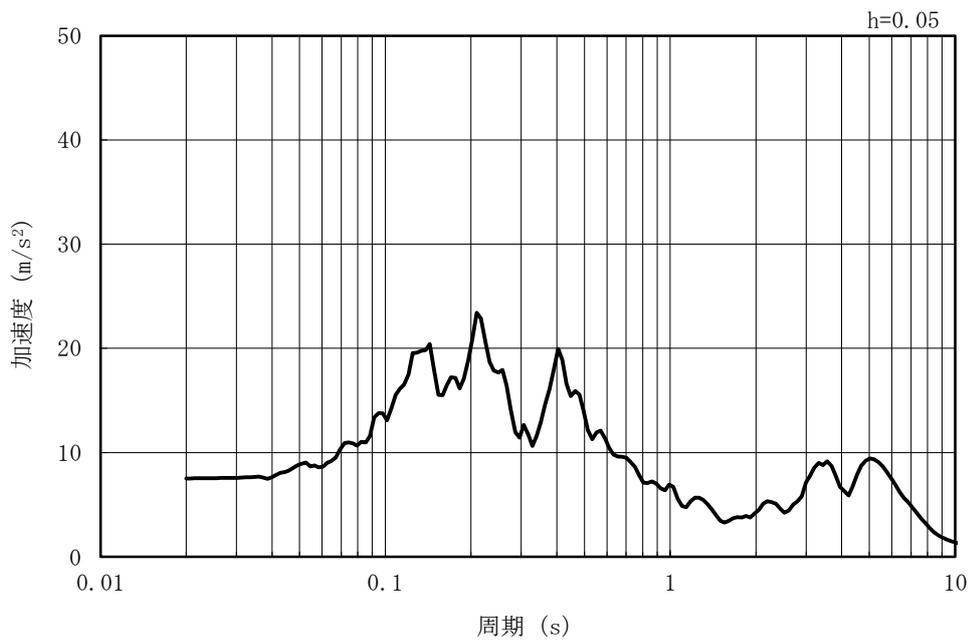


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-6 (12) 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直方向 : Ss-4NS)

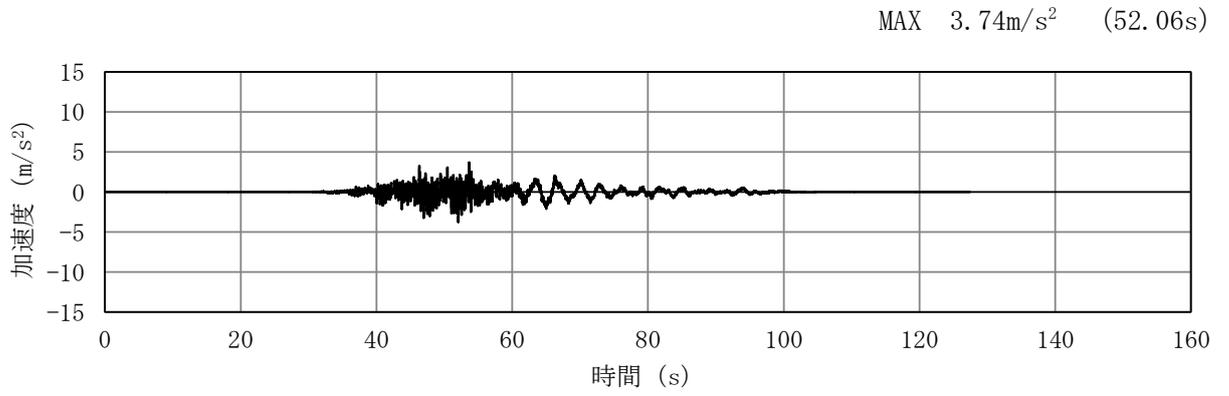


(a) 加速度時刻歴波形

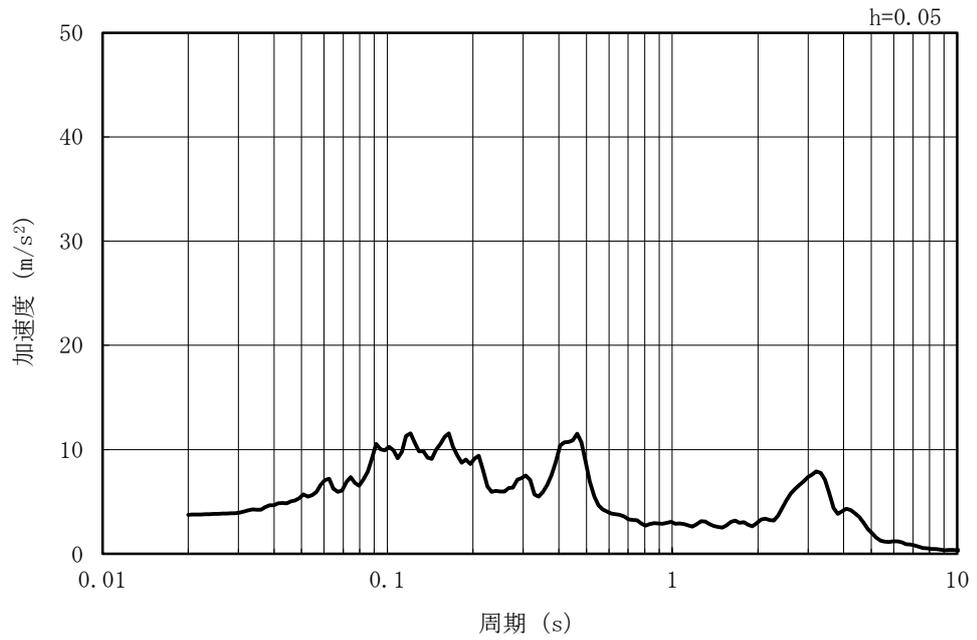


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-6 (13) 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平方向 : Ss-5EW)

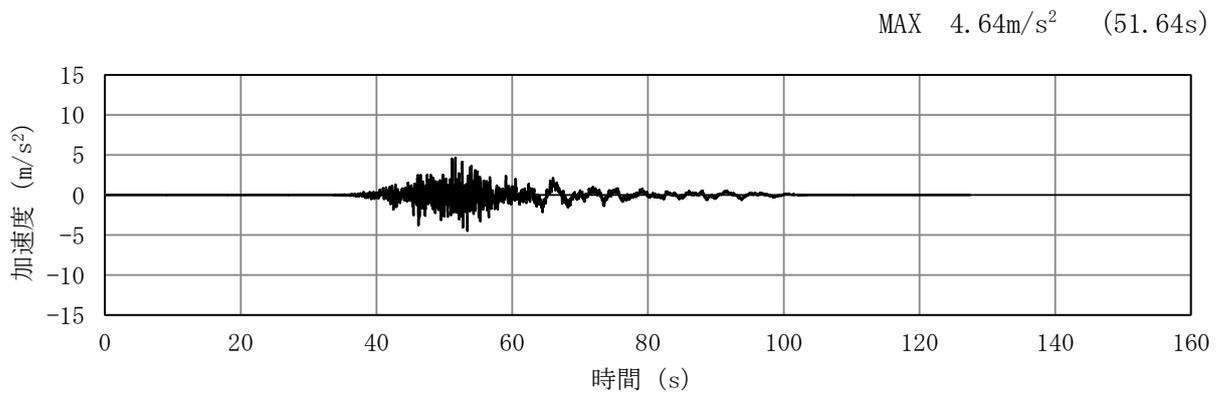


(a) 加速度時刻歴波形

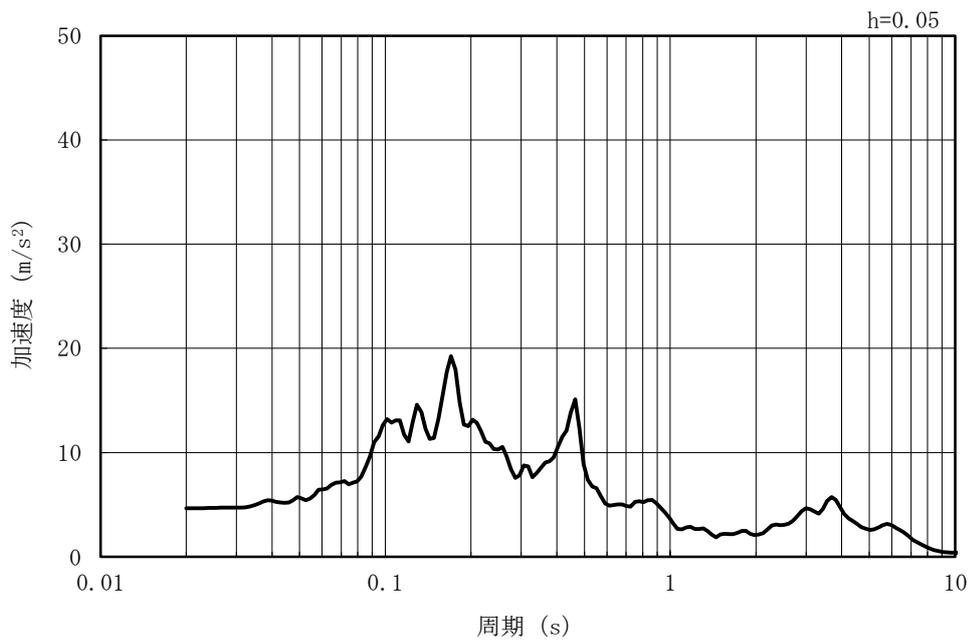


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-6 (14) 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直方向 : Ss-5EW)

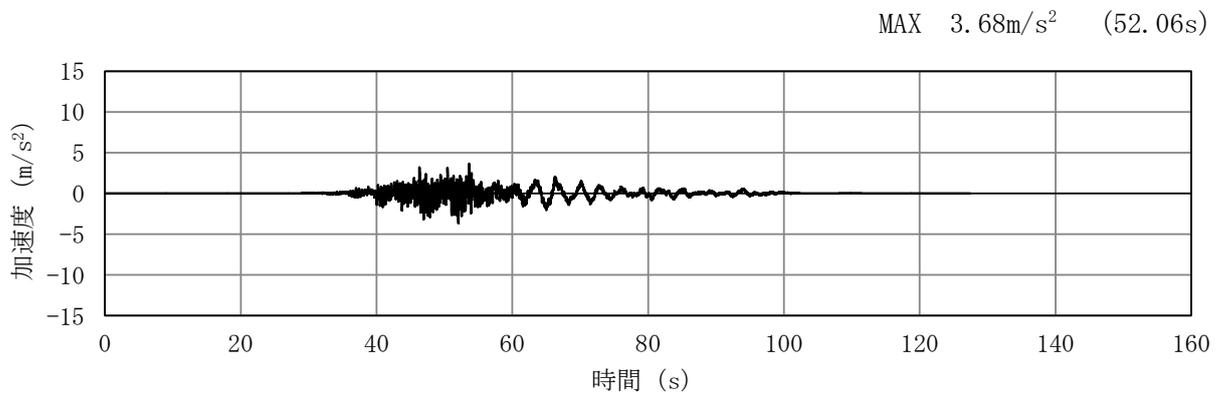


(a) 加速度時刻歴波形

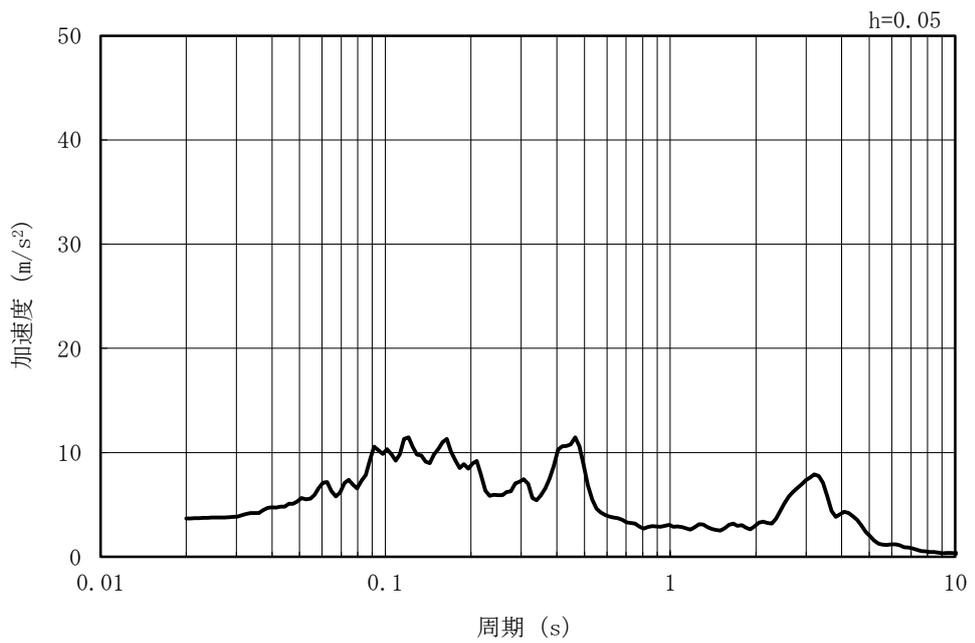


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-6 (15) 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平方向 : Ss-5NS)

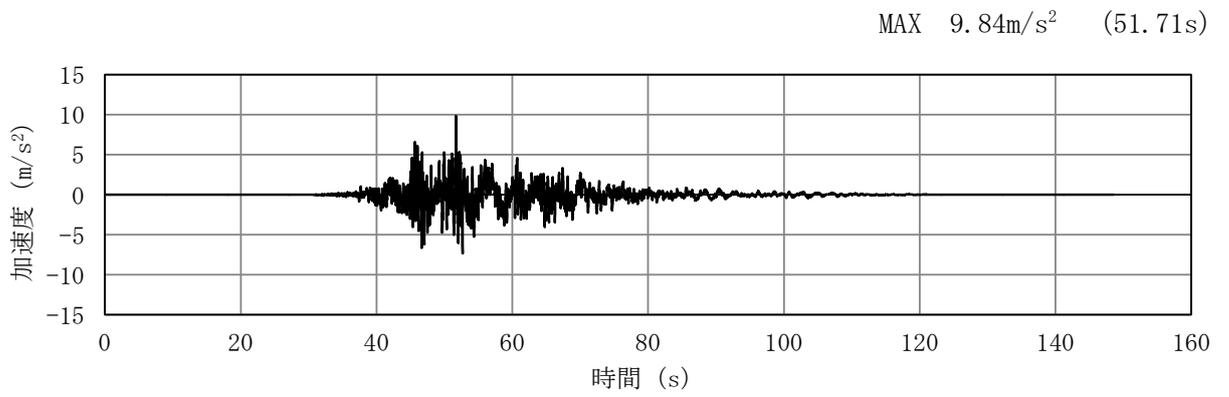


(a) 加速度時刻歴波形

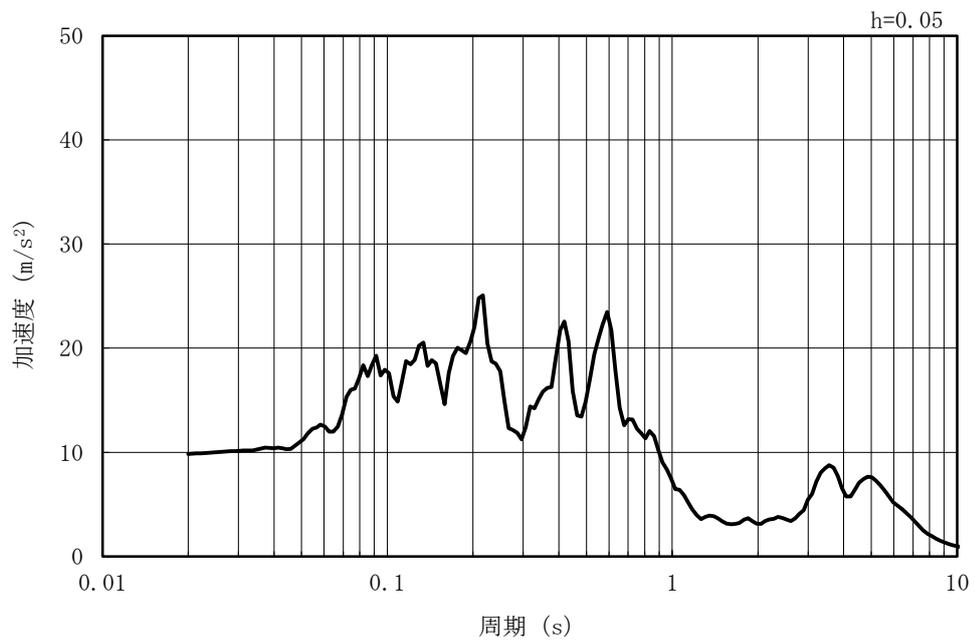


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-6 (16) 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直方向 : Ss-5NS)

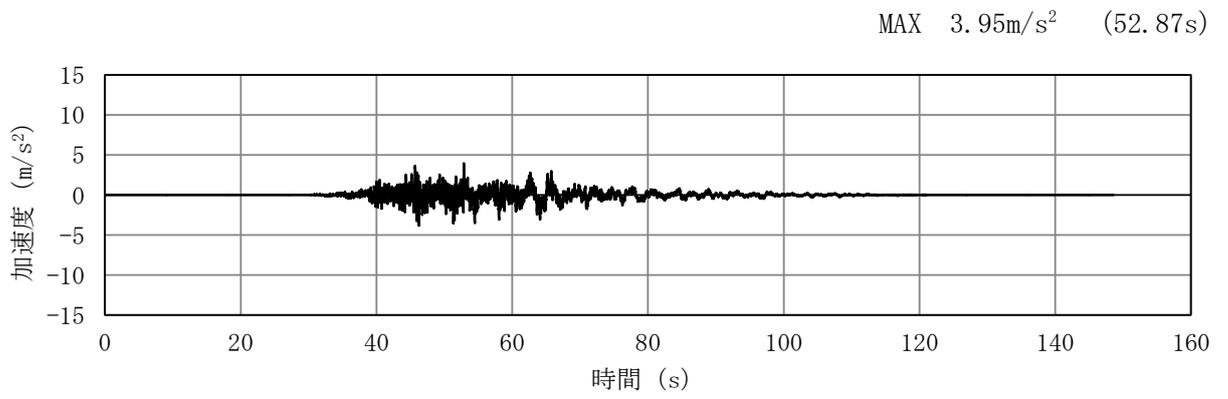


(a) 加速度時刻歴波形

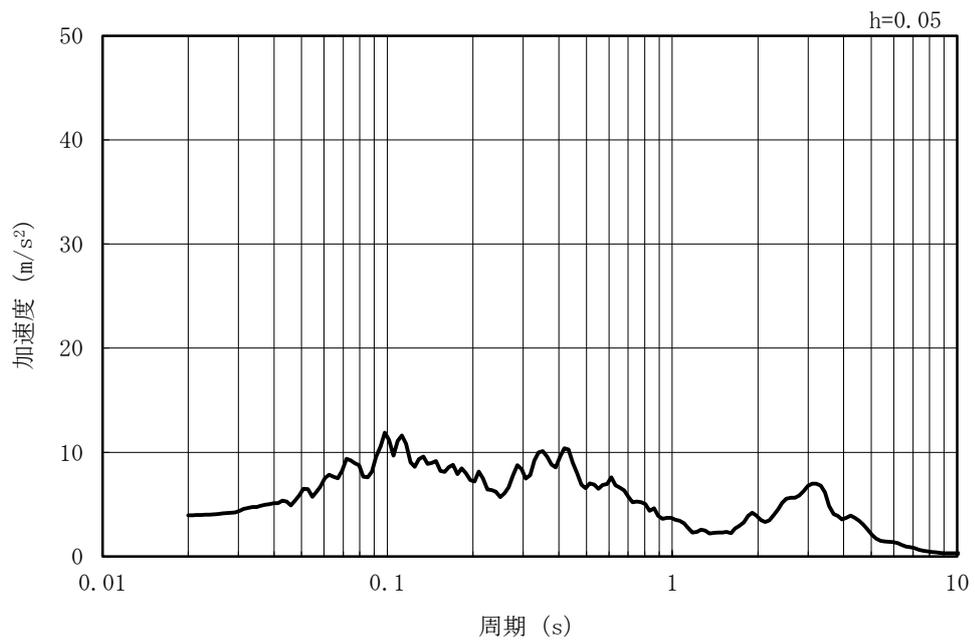


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-6 (17) 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平方向 : Ss-6EW)

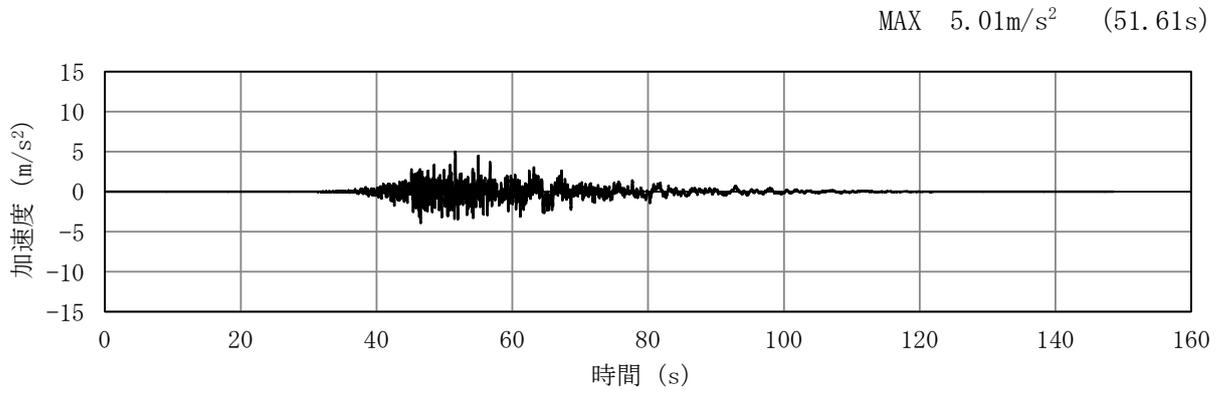


(a) 加速度時刻歴波形

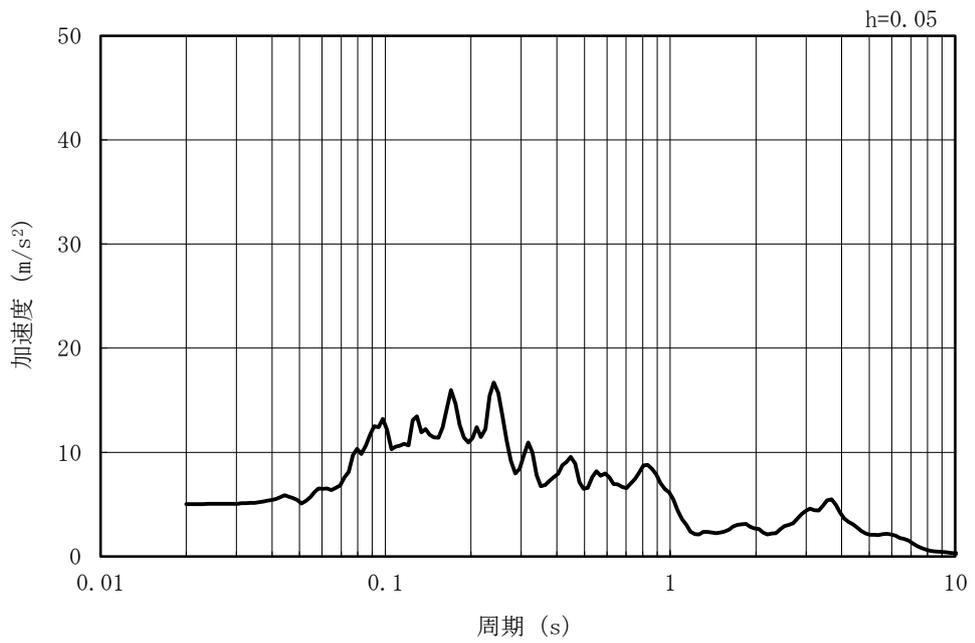


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-6 (18) 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直方向 : Ss-6EW)

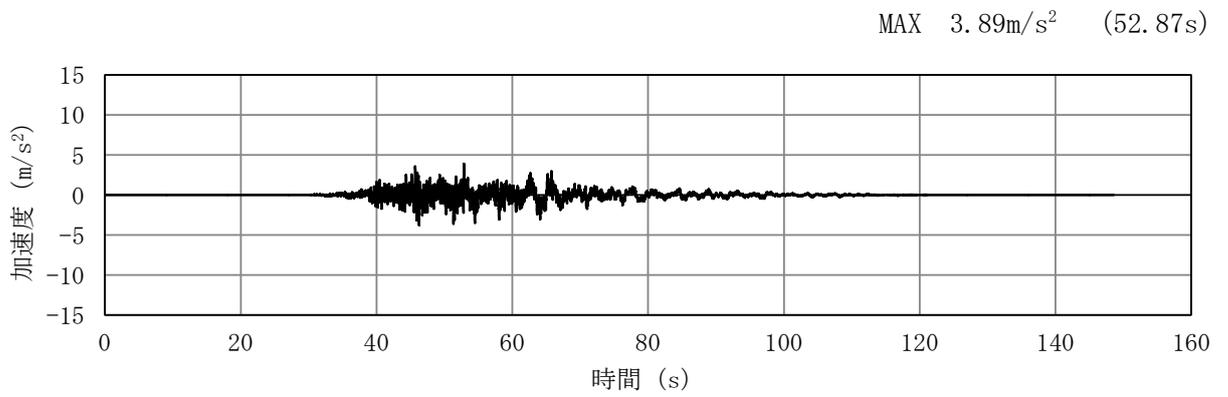


(a) 加速度時刻歴波形

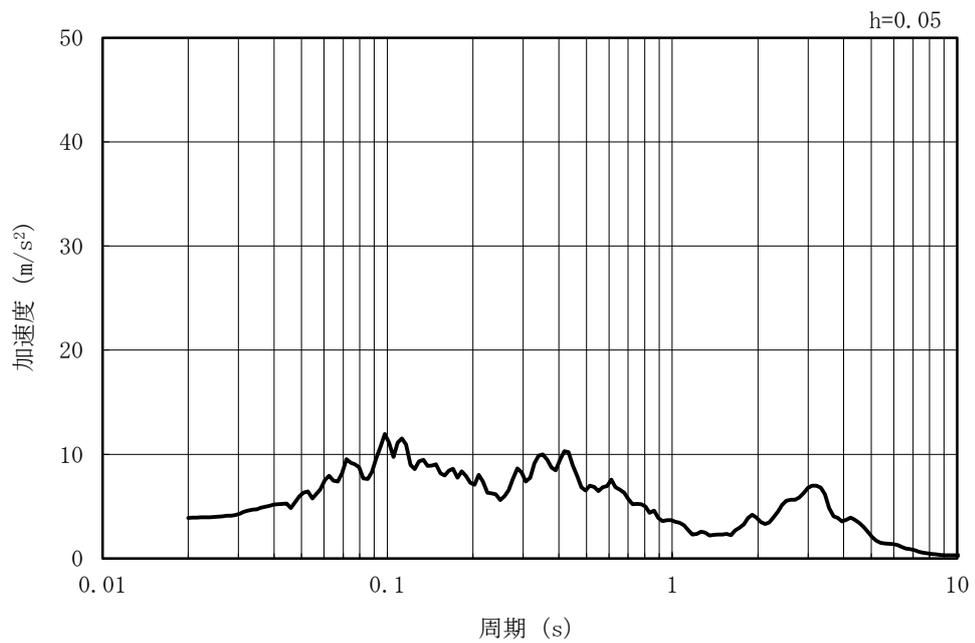


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-6 (19) 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平方向 : Ss-6NS)

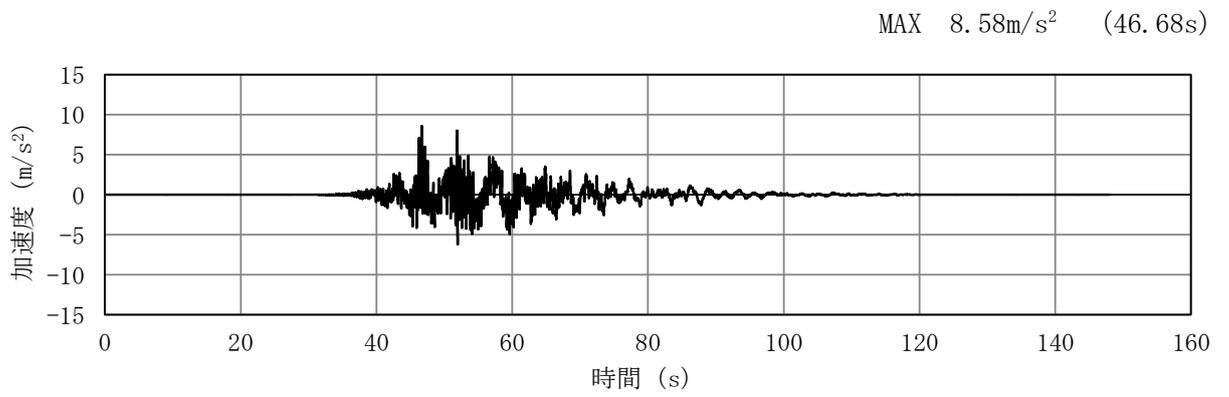


(a) 加速度時刻歴波形

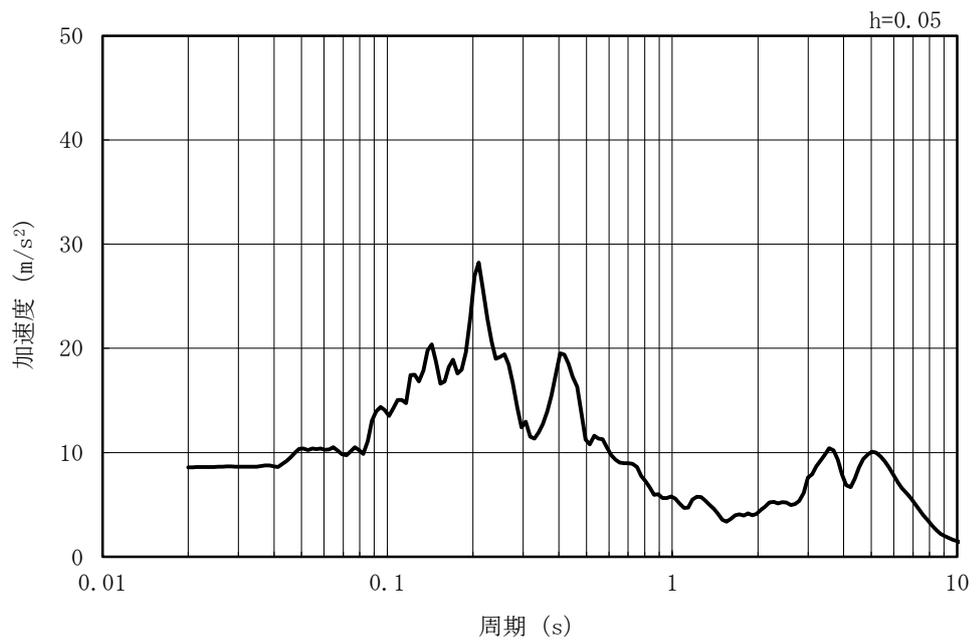


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-6 (20) 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直方向 : Ss-6NS)

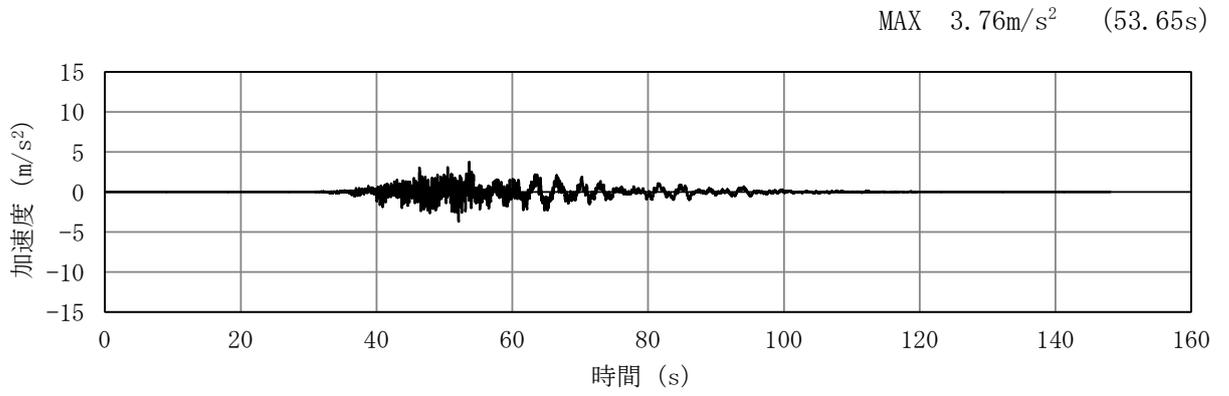


(a) 加速度時刻歴波形

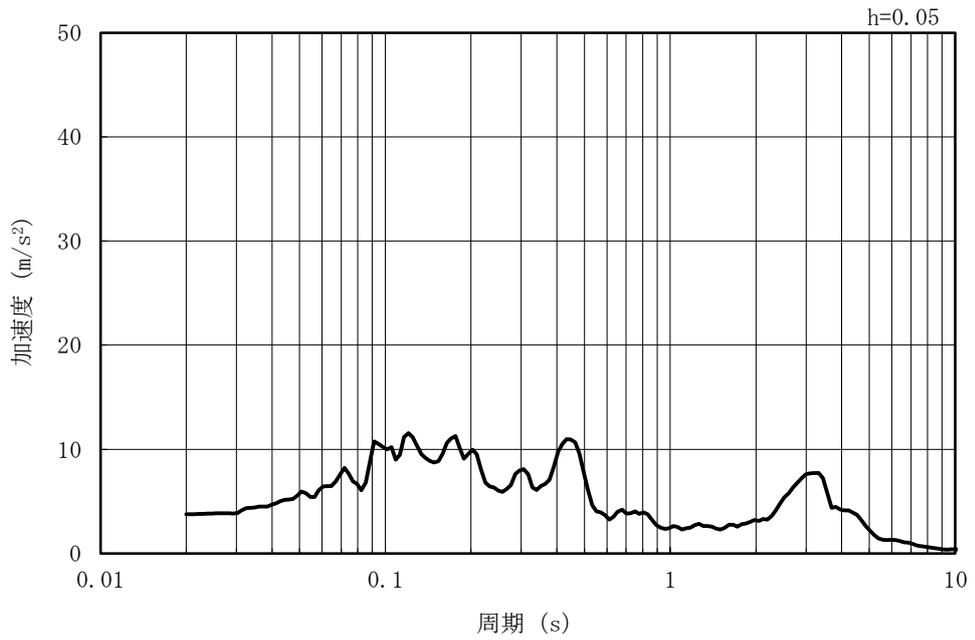


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-6 (21) 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平方向 : Ss-7EW)

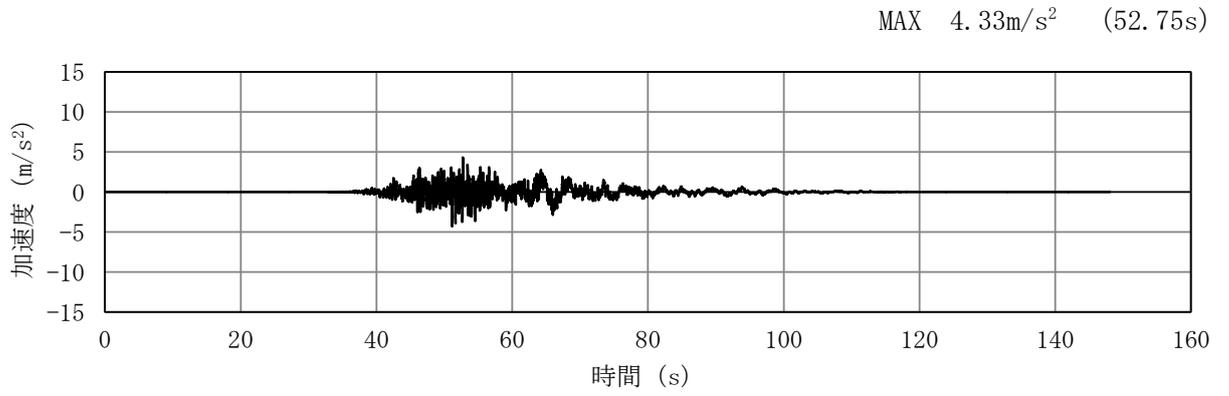


(a) 加速度時刻歴波形

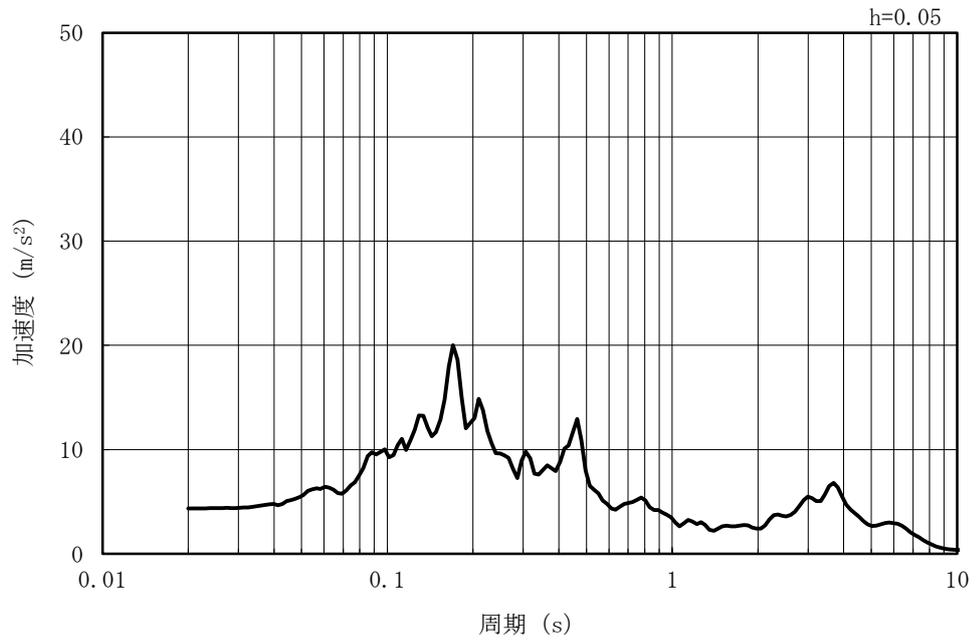


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-6 (22) 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直方向 : Ss-7EW)

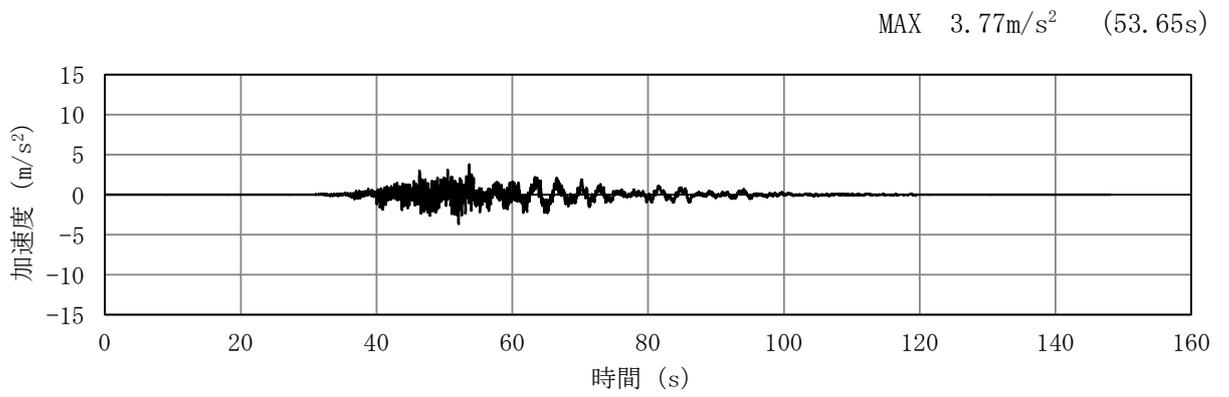


(a) 加速度時刻歴波形

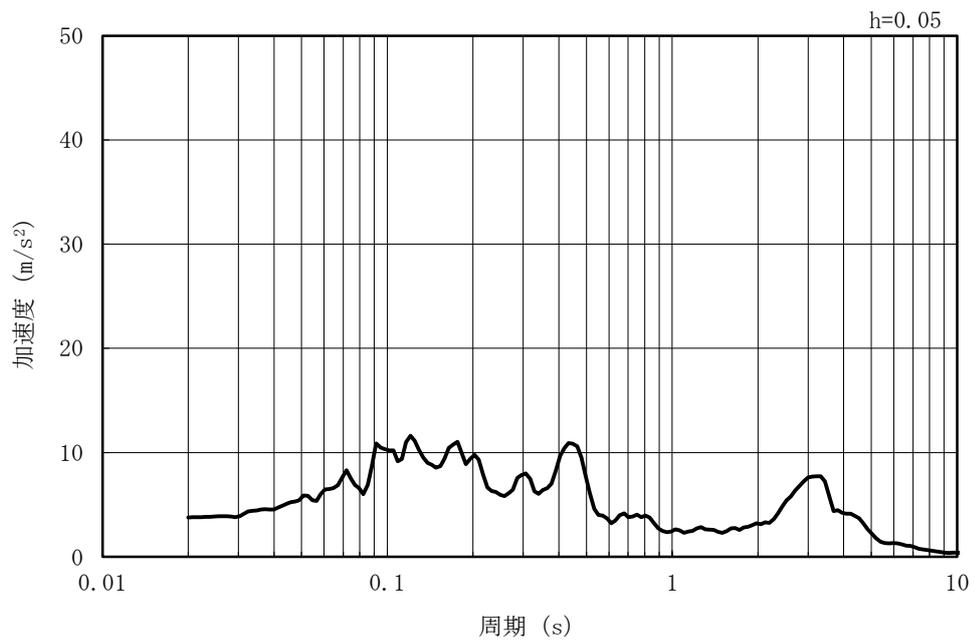


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-6 (23) 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平方向 : Ss-7NS)

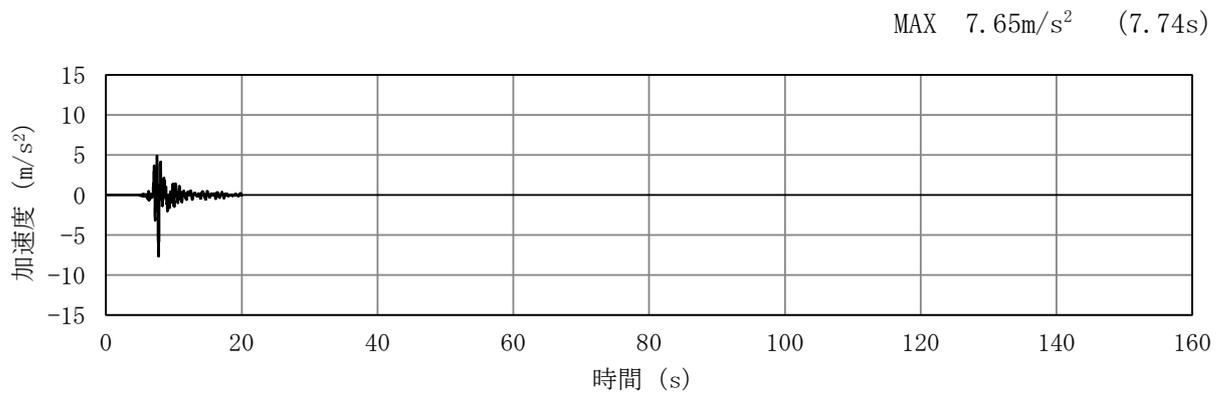


(a) 加速度時刻歴波形

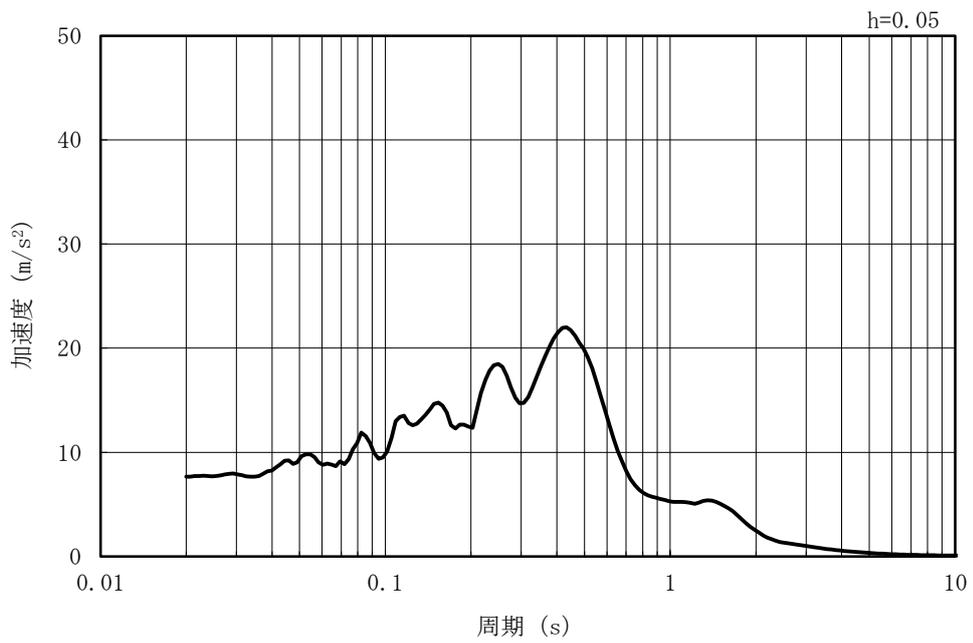


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-6 (24) 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直方向 : Ss-7NS)

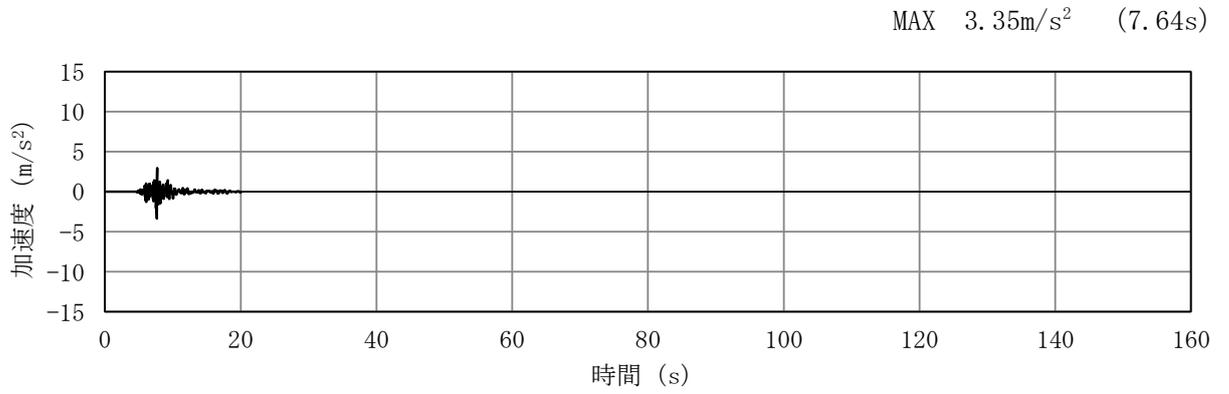


(a) 加速度時刻歴波形

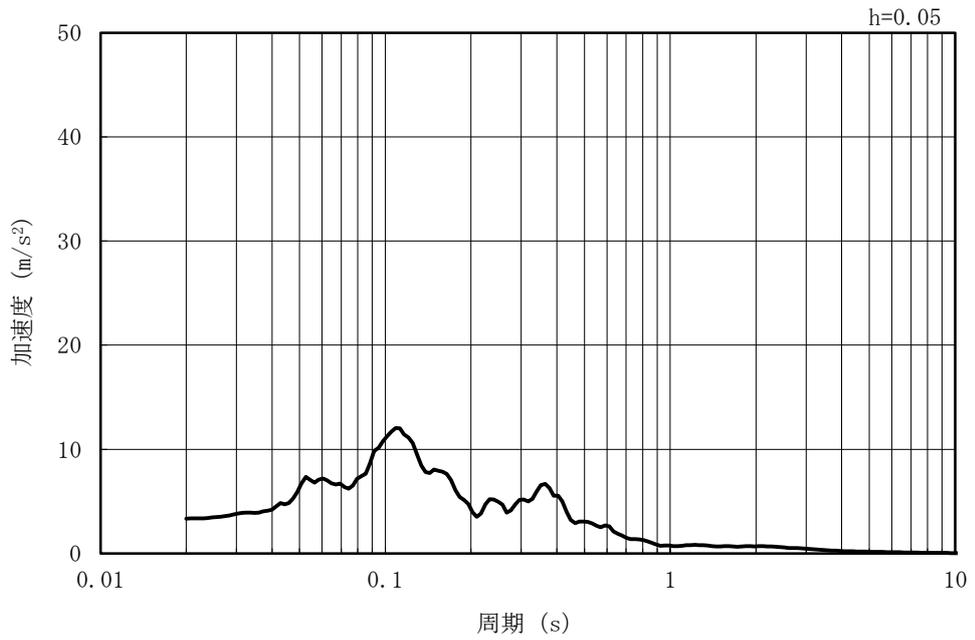


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-6 (25) 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平方向 : Ss-8)



(a) 加速度時刻歴波形



(b) 加速度応答スペクトル

図 3-6 (26) 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直方向 : Ss-8)

3.5 解析モデル及び諸元

3.5.1 解析モデル

常設代替交流電源設備基礎の地震応答解析モデルを図3-7に示す。

(1) 解析領域

解析領域は、側方境界及び底面境界が、構造物の応答に影響しないよう、構造物と側方境界及び底面境界との距離を十分に大きく設定する。

(2) 境界条件

解析領域の側方及び底面には、エネルギーの逸散効果を考慮するため、粘性境界を設ける。

(3) 構造物のモデル化

鉄筋コンクリート部材は、線形平面ひずみ要素によりモデル化する。

鋼管杭は、非線形はり要素によりモデル化する。

また、機器・配管荷重は解析モデルに付加質量として与えることで考慮する。

(4) 地盤のモデル化

地盤は、マルチスプリング要素及び間隙水要素によりモデル化し、地震時の有効応力の変化に応じた非線形せん断応力～せん断ひずみ関係を考慮する。

(5) マンメイドロックのモデル化

マンメイドロックは、マルチスプリング要素及び間隙水要素によりモデル化する。

(6) 地盤改良体のモデル化

構造物周辺の地盤改良体は、マルチスプリング要素及び間隙水要素によりモデル化する。

(7) ジョイント要素の設定

地震時の「地盤と構造物」、「地盤改良体と構造物」及び「地盤と地盤改良体」との接合面における剥離及びすべりを考慮するため、これらの接合面にジョイント要素を設定する。

(8) 杭-地盤相互作用ばねの設定

地震時の地盤と杭の接合面における相互作用の3次元効果を2次元モデルで考慮するため、地盤と杭の接合面に杭-地盤相互作用ばねを設定する。

(9) 杭先端ばねの設定

地震時の杭先端における地盤と杭の相互作用を考慮するため、杭先端と地盤間に杭先端ばねを設定する。

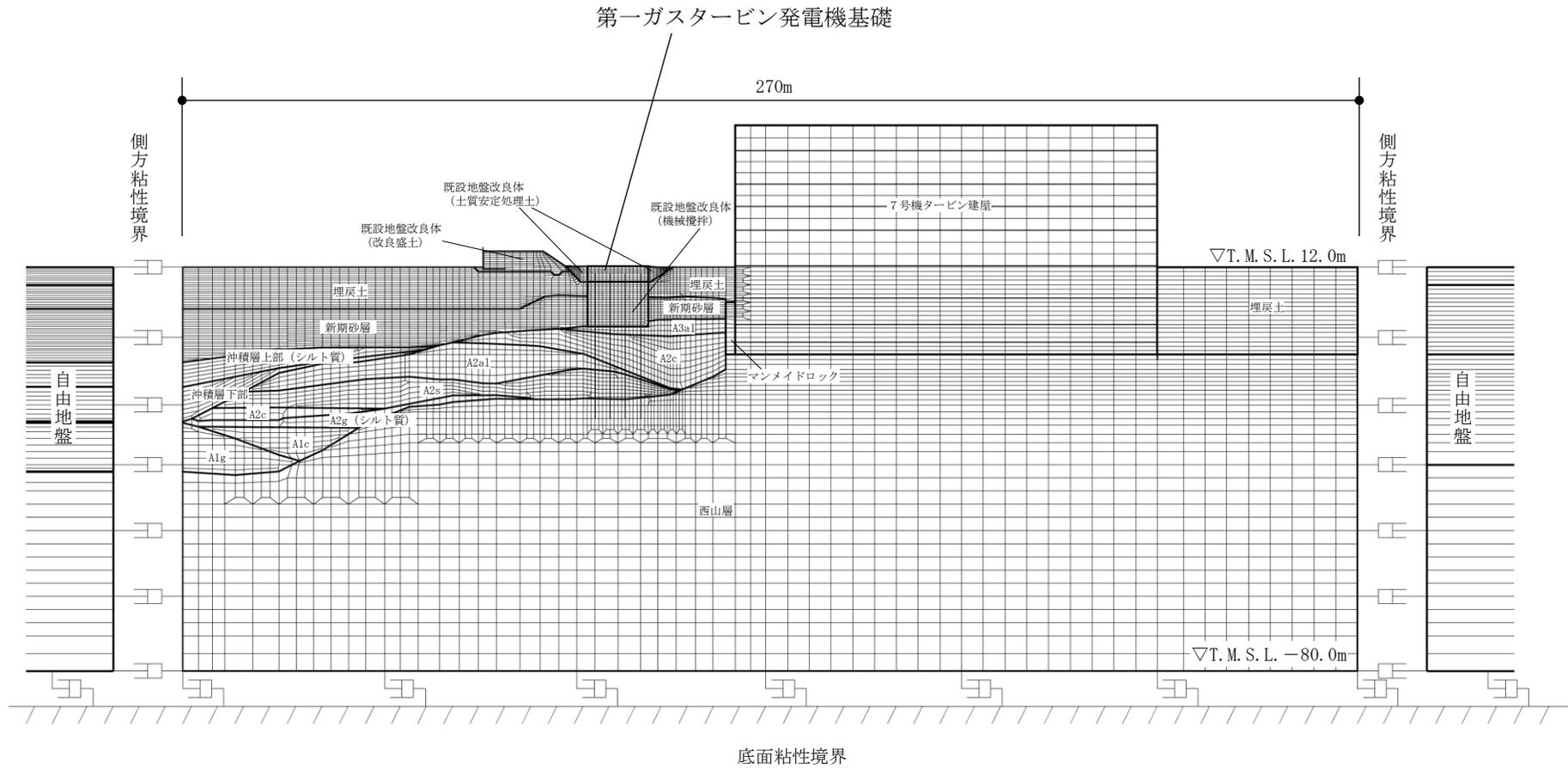


図 3-7 (1) 常設代替交流電源設備基礎の地震応答解析モデル (A-A断面)

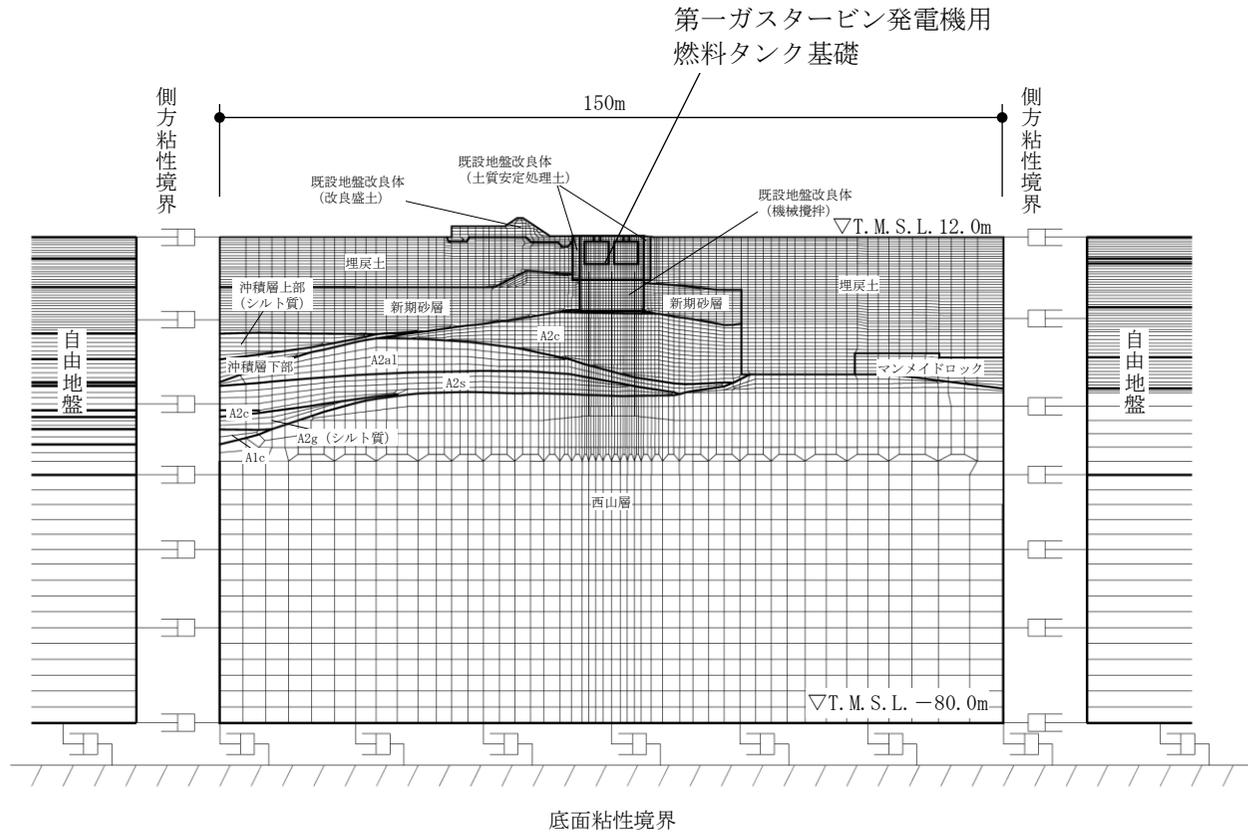


図 3-7 (2) 常設代替交流電源設備基礎の地震応答解析モデル (B-B断面)

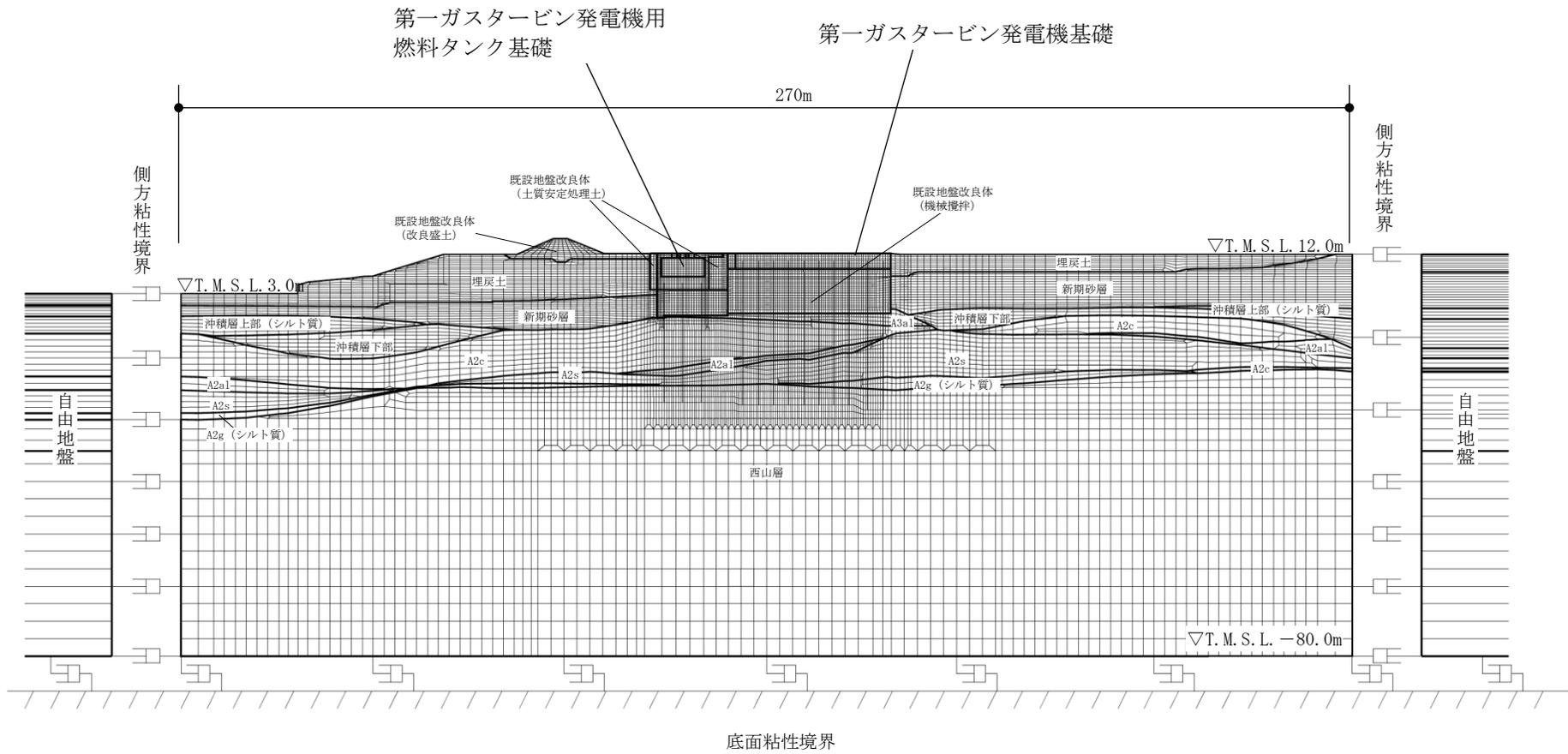


図 3-7 (3) 常設代替交流電源設備基礎の地震応答解析モデル (C-C断面)

3.5.2 使用材料及び材料物性値

構造物の使用材料を表 3-3, 材料物性値を表 3-4 に示す。

表 3-3 使用材料

材料	諸元
コンクリート	設計基準強度 30 N/mm ²
鉄筋	SD345 SD490
鋼管杭	SKK490

表 3-4 材料物性値

材料	単位体積重量 (kN/m ³)	ヤング係数 (N/mm ²)	ポアソン比
鉄筋コンクリート	24*	2.80×10 ⁴ *	0.2*
鋼管杭	77*	2.00×10 ⁵ *	0.3*

注記* : 建設時の設計値に基づく

3.5.3 地盤, マンメイドロック及び地盤改良体の物性値

地盤及びマンメイドロックの物性値は, V-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」にて設定している物性値を用いる。地盤改良体については, V-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」にて設定している物性値に基づき, 地盤改良体の配置を考慮した物性値を設定する。地盤改良体の配置を考慮した物性値を表 3-5 に示す。

表 3-5 地盤改良体の配置を考慮した物性値

既設/新設		既設地盤改良体		
種別		機械攪拌	改良盛土	土質安定 処理土
物理特性	密度 ρ (g/cm ³)	2.00	1.69	1.85
	間隙率 n	0.49	0.48	0.48
変形特性	動せん断弾性係数 G_{ms} (kN/m ²)	5.84×10 ⁵	1.49×10 ⁶	9.58×10 ³
	基準平均有効拘束圧 σ_{ms}' (kN/m ²)	98.0	98.0	98.0
	ポアソン比 ν	0.33 (0.43)*	0.28	0.20
	減衰定数の上限値 h_{max}	0.060	0.160	0.050
強度特性	粘着力 c (kN/m ²)	2413	462	100

注記* : 括弧内の数字は, 地下水位以浅の数値を表す。

3.5.4 地下水位

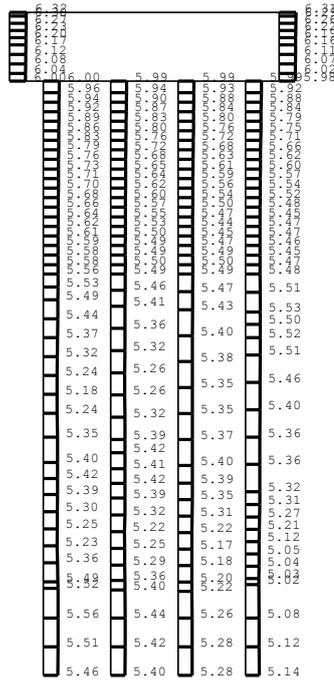
地下水位はV-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に基づき、T.M.S.L. 8.0mとして設定する。

4. 解析結果

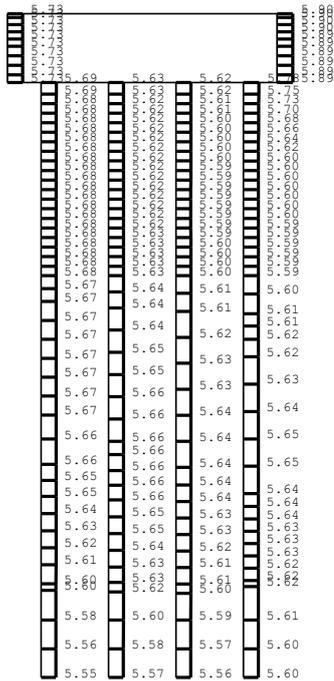
4.1 A-A断面解析結果

A-A断面の解析結果のうち、解析ケース①（基本ケース）の全ての基準地震動 S_s に対する最大加速度分布図及び解析ケース①において、各照査のうち照査値が最大となる地震動に対する解析ケース②，③，⑤での最大加速度分布図を図4-1に示す。

また、解析ケース④の全ての基準地震動 S_s に対する最大加速度分布図及び解析ケース④において鉄筋コンクリート部材の加速度が最大となる地震動に対する解析ケース③，⑤での最大加速度分布図を図4-2に示す。



(a) Ss-1++, 水平

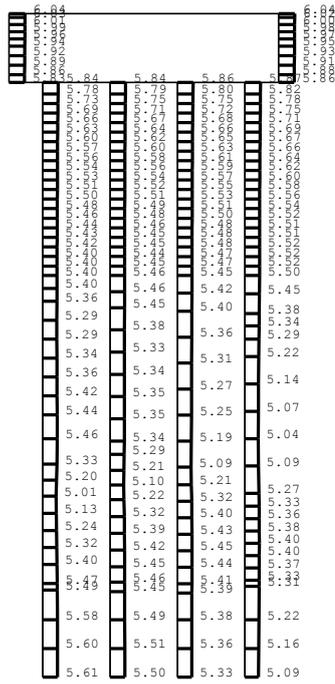


(b) Ss-1++, 鉛直

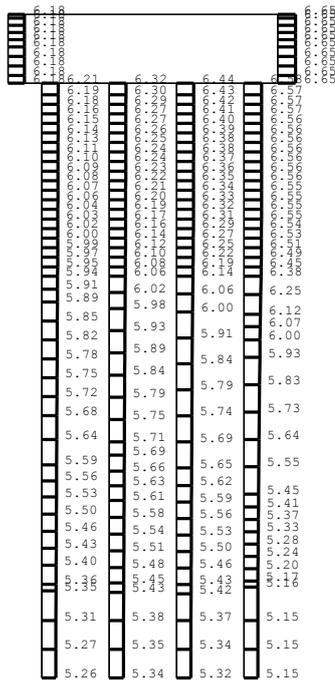
scale 0.0 5.0m 50.0 m/s²
 加速度スケール

図 4-1 (1) A-A断面の最大加速度分布図 (1/18)

(①基本ケース)



(a) Ss-1+-, 水平

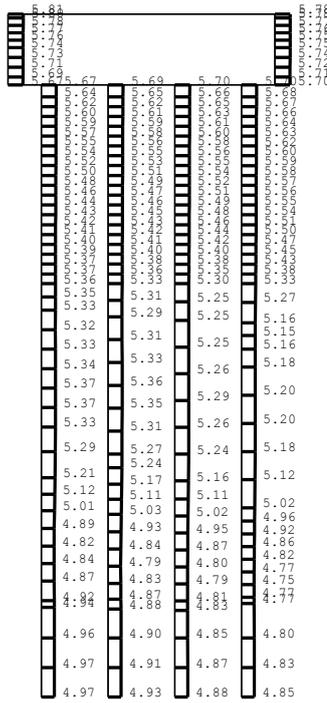


(b) Ss-1+-, 鉛直

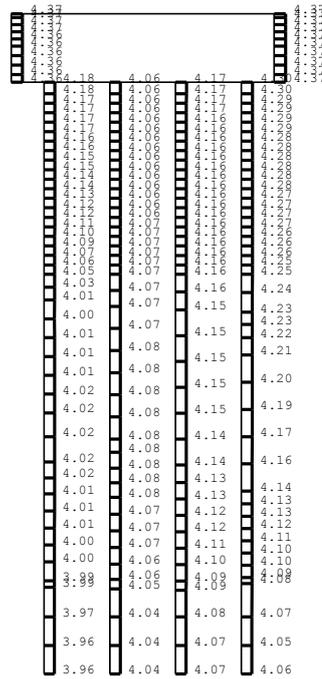


図 4-1 (3) A-A断面の最大加速度分布図 (3/18)

(①基本ケース)



(a) Ss-3+-, 水平

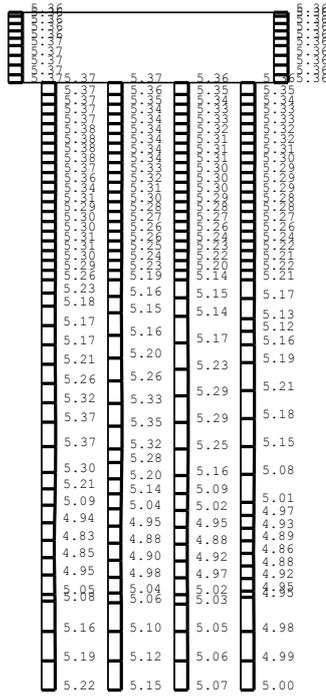


(b) Ss-3+-, 鉛直

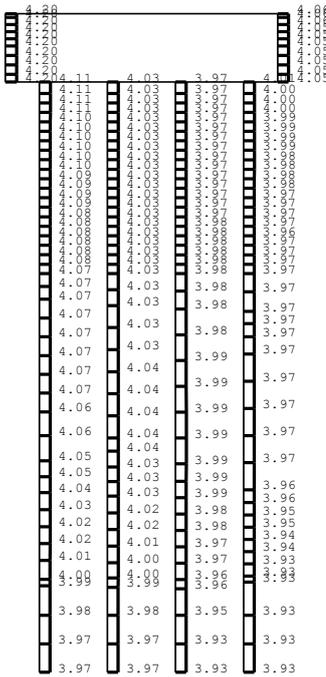
scale 加速度スケール
 0.0 5.0m 50.0m/s²

図 4-1 (8) A-A断面の最大加速度分布図 (8/18)

(①基本ケース)



(a) Ss-3—, 水平

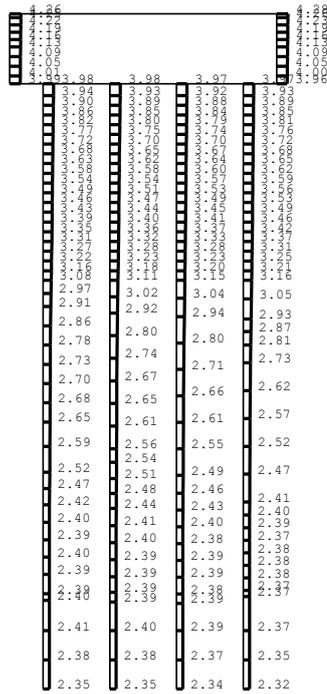


(b) Ss-3—, 鉛直

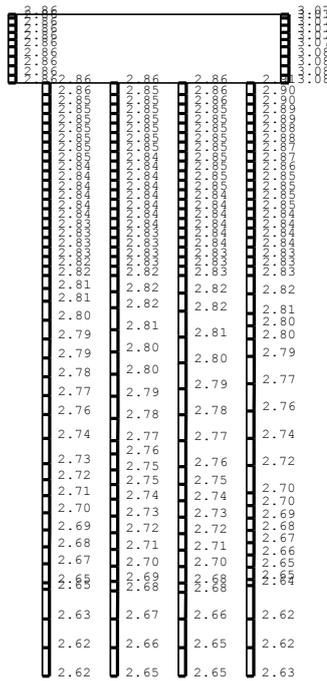


図 4-1 (9) A-A断面の最大加速度分布図 (9/18)

(①基本ケース)



(a) Ss-4NS, 水平

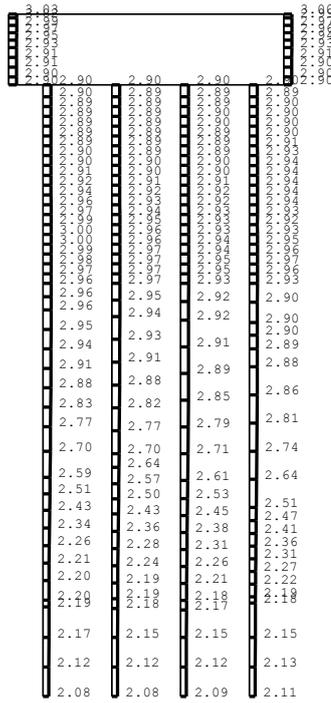


(b) Ss-4NS, 鉛直

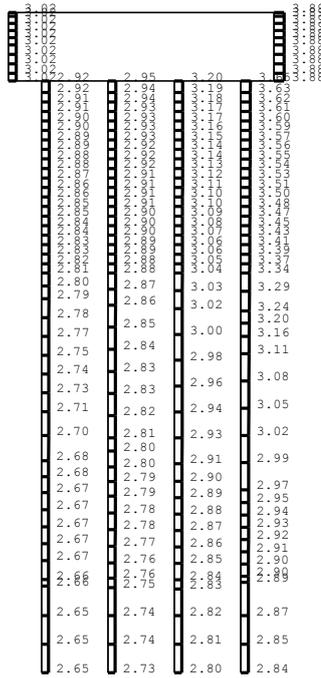
scale 加速度スケール
 0.0 5.0m 50.0m/s²

図 4-1 (10) A-A断面の最大加速度分布図 (10/18)

(①基本ケース)



(a) Ss-5NS, 水平

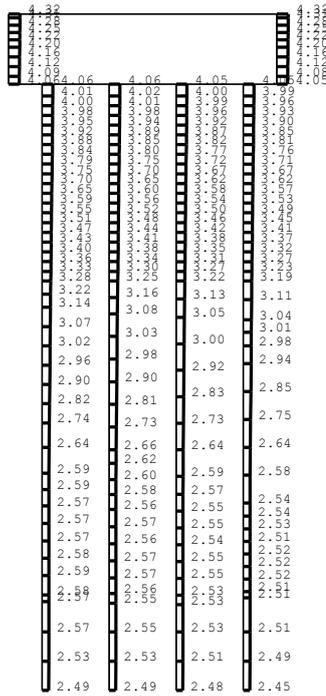


(b) Ss-5NS, 鉛直

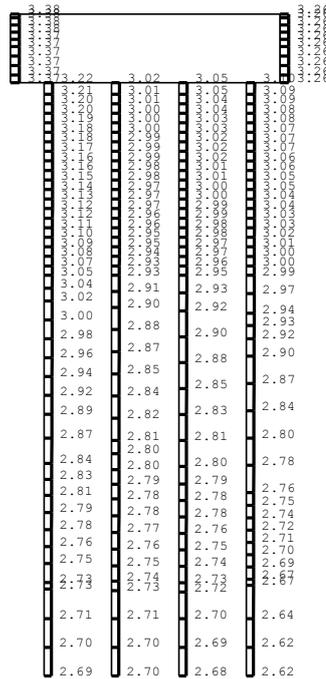
scale 加速度スケール
 0.0 5.0m 50.0m/s²

図 4-1 (11) A-A断面の最大加速度分布図 (11/18)

(①基本ケース)



(a) Ss-6NS, 水平

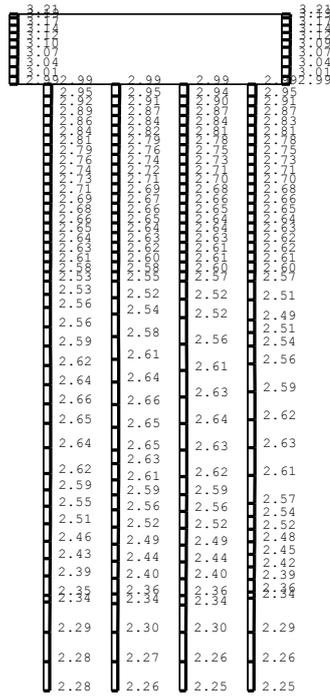


(b) Ss-6NS, 鉛直

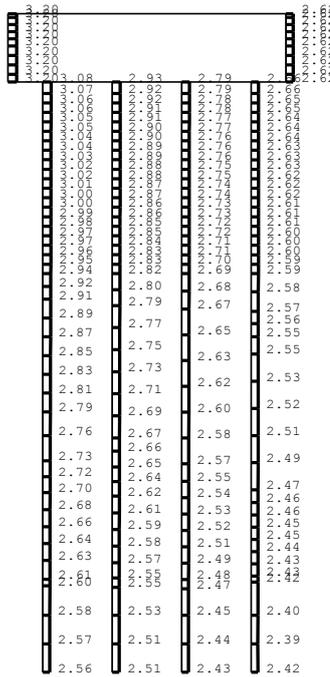
scale 加速度スケール
 0.0 5.0m 50.0 m/s²

図 4-1 (12) A-A断面の最大加速度分布図 (12/18)

(①基本ケース)



(a) Ss-7NS, 水平

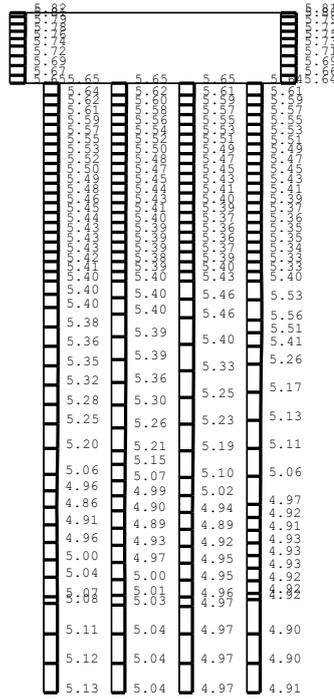


(b) Ss-7NS, 鉛直

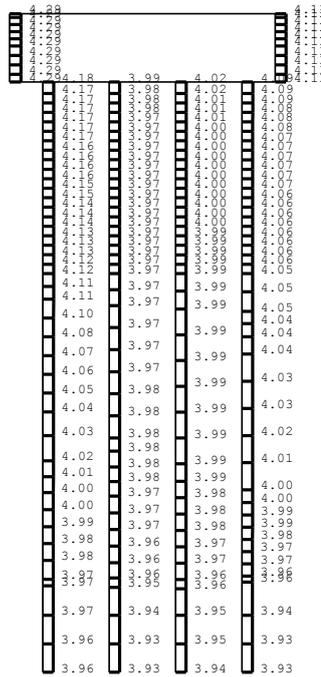
scale 加速度スケール
 0.0 5.0m 50.0m/s²

図 4-1 (13) A-A断面の最大加速度分布図 (13/18)

(①基本ケース)



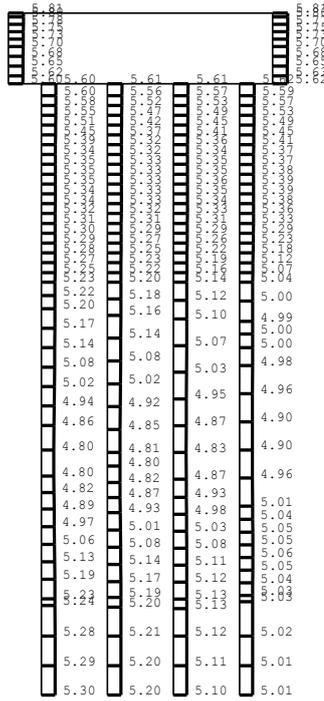
(a) Ss-3++，水平



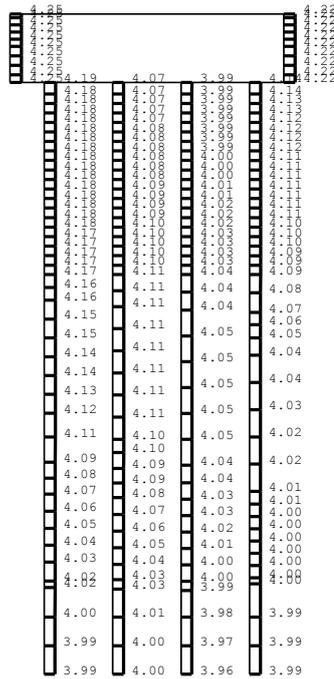
(b) Ss-3++，鉛直



図 4-1 (16) A-A断面の最大加速度分布図 (16/18)
 (②地盤物性のばらつき (+1σ) を考慮した解析ケース)



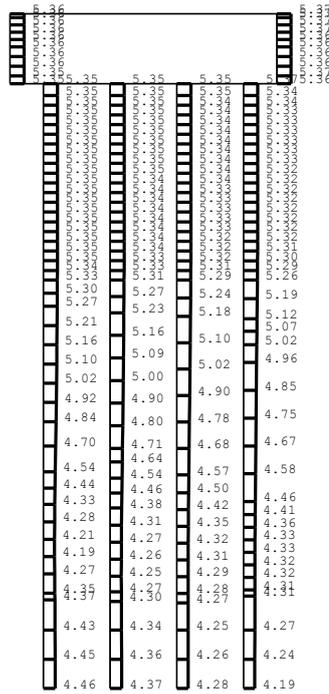
(a) Ss-3++, 水平



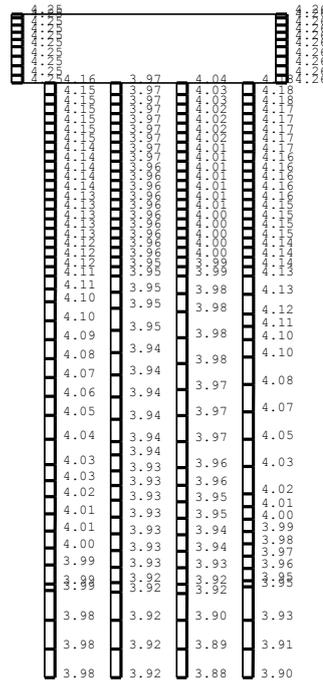
(b) Ss-3++, 鉛直



図 4-1 (17) A-A断面の最大加速度分布図 (17/18)
(③地盤物性のばらつき (-1σ) を考慮した解析ケース)



(a) Ss-3++，水平

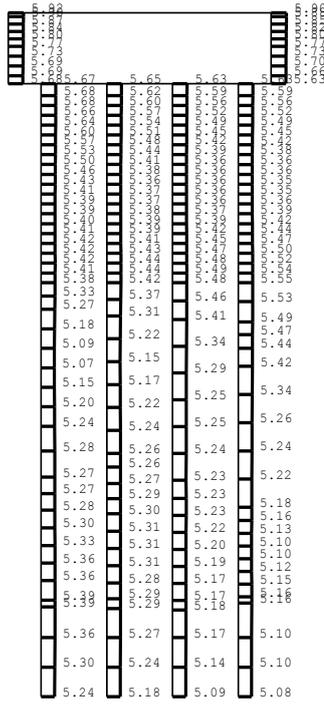


(b) Ss-3++，鉛直

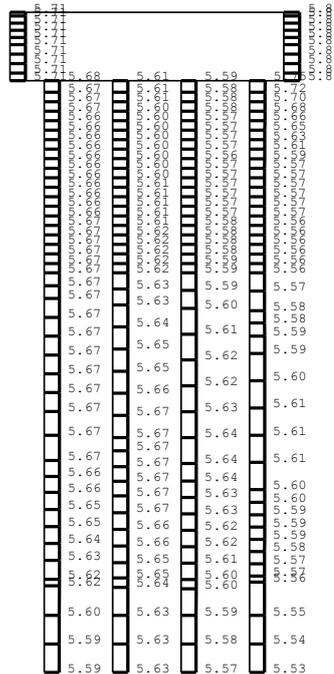
scale 0.0 5.0m 50.0 m/s² 加速度スケール

図 4-1 (18) A-A断面の最大加速度分布図 (18/18)

(⑤地盤物性のばらつき (+1σ) を考慮して非液状化の条件を仮定した解析ケース)



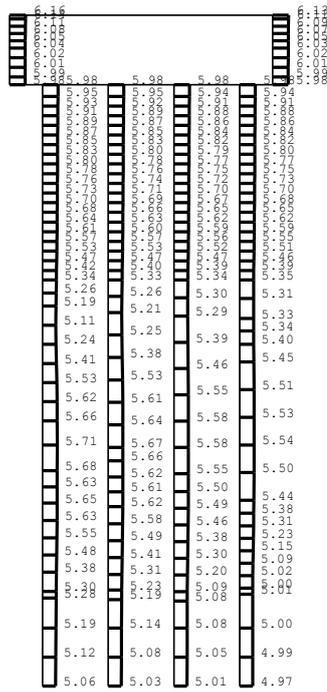
(a) Ss-1++, 水平



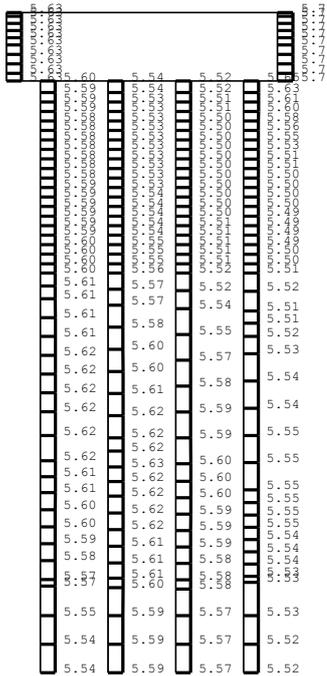
(b) Ss-1++, 鉛直

scale 0.0 5.0m 加速度スケール 50.0 m/s²

図 4-2 (1) A-A断面の最大加速度分布図 (1/17)
(④非液化化の条件を仮定した解析ケース)



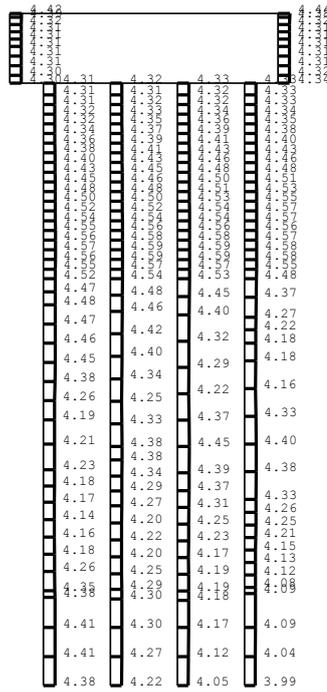
(a) Ss-1—, 水平



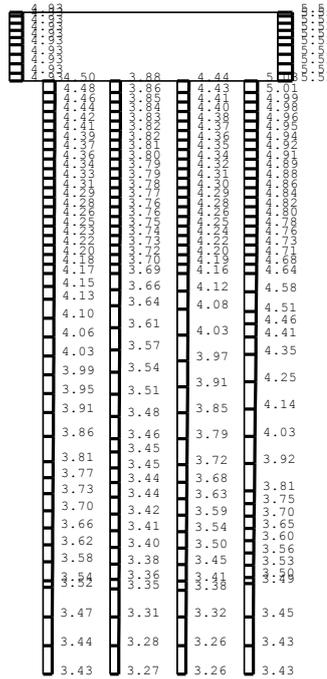
(b) Ss-1—, 鉛直

scale 0.0 5.0m 50.0m/s² 加速度スケール

図 4-2 (4) A-A断面の最大加速度分布図 (4/17)
 (④非液化化の条件を仮定した解析ケース)



(a) Ss-2NS, 水平

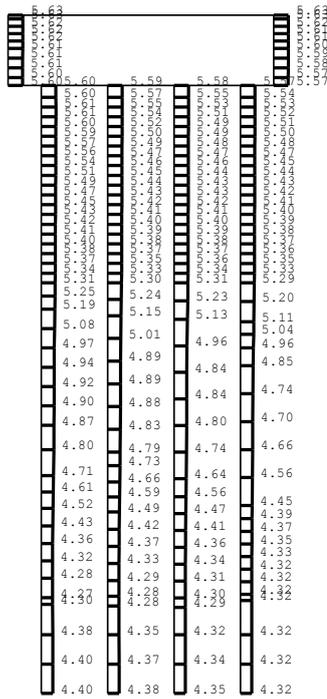


(b) Ss-2NS, 鉛直

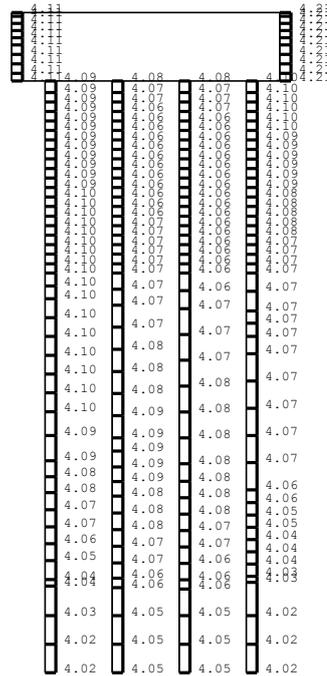


図 4-2 (5) A-A断面の最大加速度分布図 (5/17)

(④非液化化の条件を仮定した解析ケース)



(a) Ss-3+, 水平

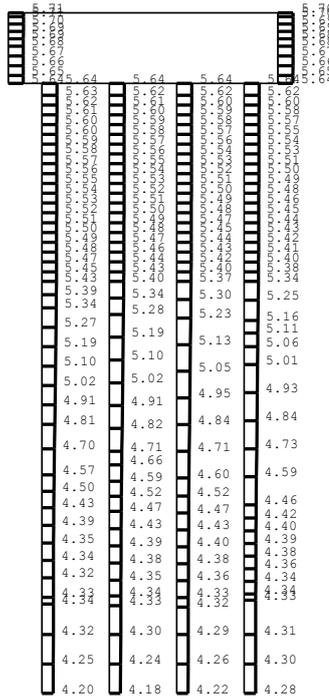


(b) Ss-3+, 鉛直

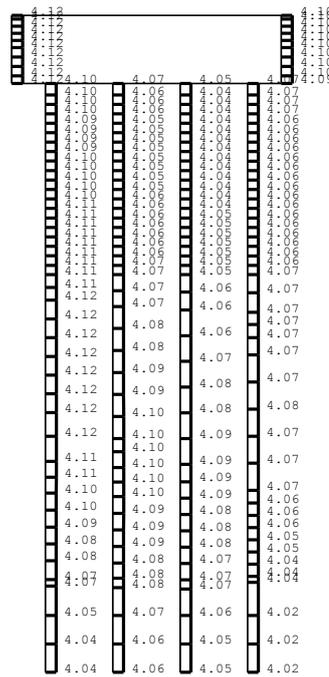
scale 0.0 5.0m 加速度スケール 50.0 m/s²

図 4-2 (7) A-A断面の最大加速度分布図 (7/17)

(④非液化化の条件を仮定した解析ケース)



(a) Ss-3+-, 水平

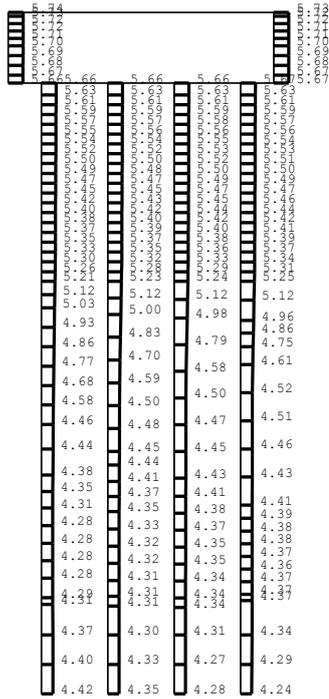


(b) Ss-3+-, 鉛直

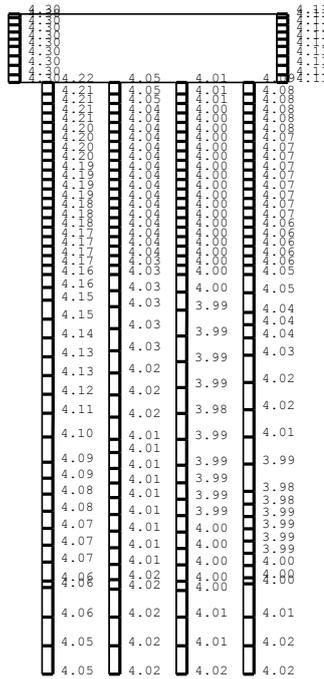


図 4-2 (8) A-A断面の最大加速度分布図 (8/17)

(④非液化化の条件を仮定した解析ケース)



(a) Ss-3—, 水平

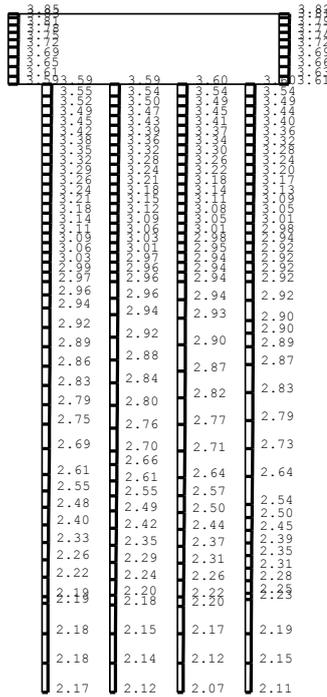


(b) Ss-3—, 鉛直

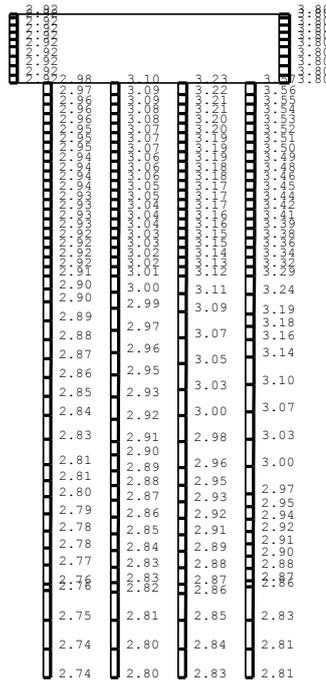
scale 加速度スケール
 0.0 5.0m 50.0 m/s²

図 4-2 (9) A-A断面の最大加速度分布図 (9/17)

(④非液化化の条件を仮定した解析ケース)



(a) Ss-5NS, 水平

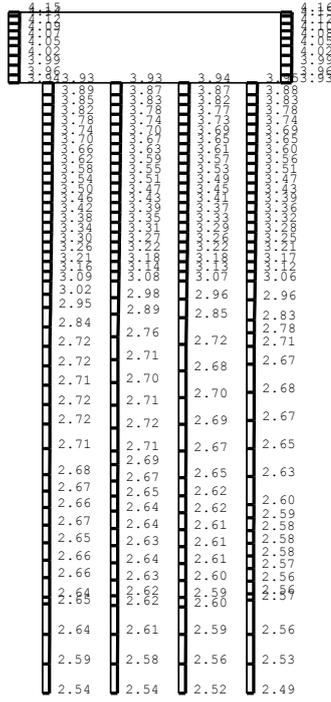


(b) Ss-5NS, 鉛直

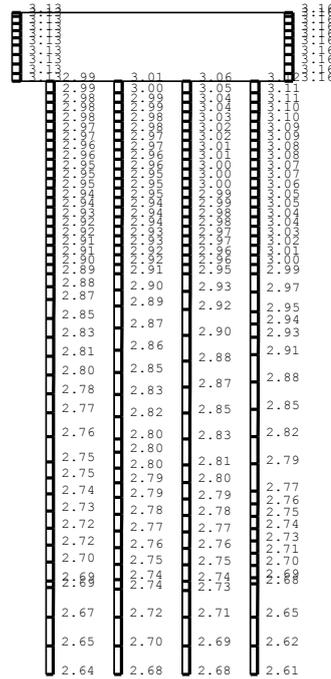


図 4-2 (11) A-A断面の最大加速度分布図 (11/17)

(④非液化化の条件を仮定した解析ケース)



(a) Ss-6NS, 水平

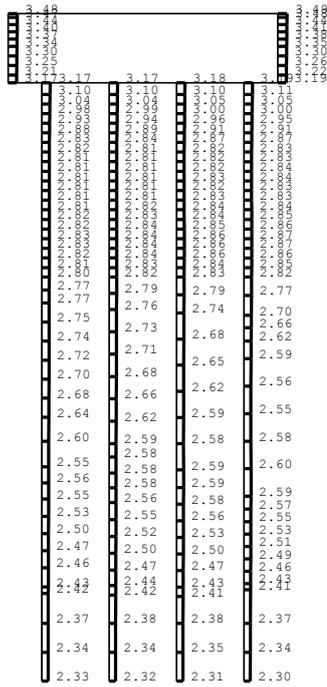


(b) Ss-6NS, 鉛直

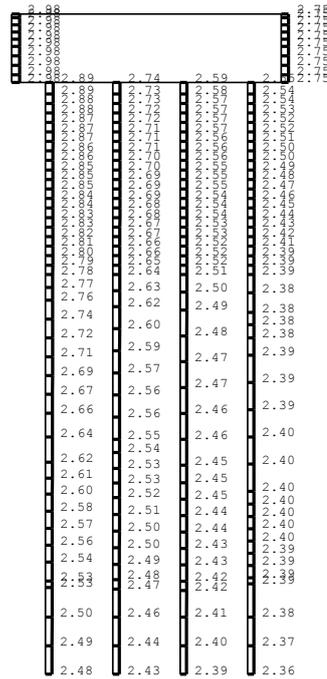
scale 加速度スケール
 0.0 5.0m 50.0 m/s²

図 4-2 (12) A-A断面の最大加速度分布図 (12/17)

(④非液化化の条件を仮定した解析ケース)



(a) Ss-7NS, 水平

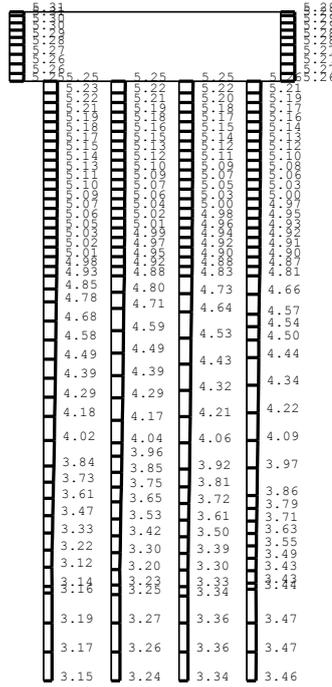


(b) Ss-7NS, 鉛直

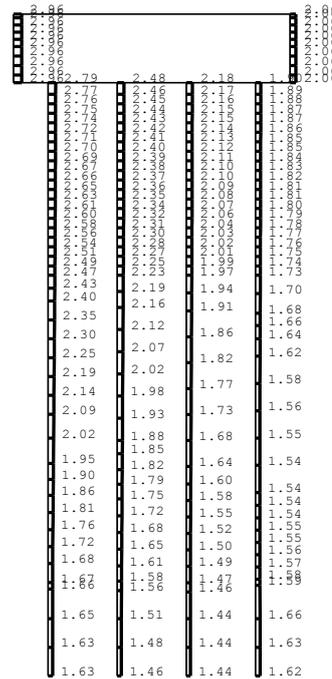


図 4-2 (13) A-A断面の最大加速度分布図 (13/17)

(④非液化化の条件を仮定した解析ケース)



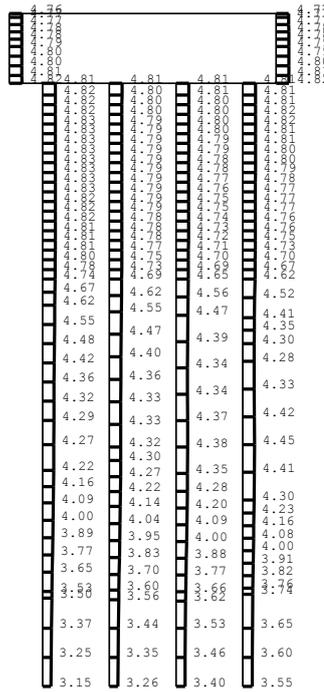
(a) Ss-8++, 水平



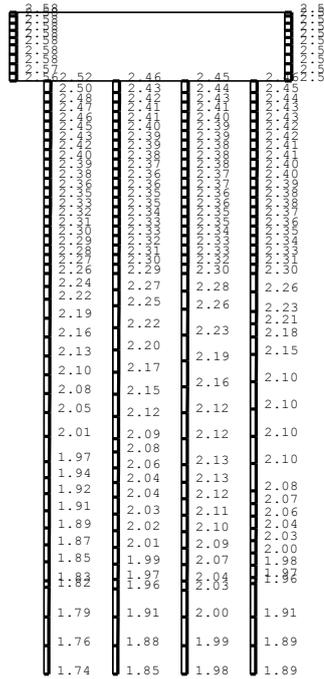
(b) Ss-8++, 鉛直



図 4-2 (14) A-A断面の最大加速度分布図 (14/17)
(④非液化化の条件を仮定した解析ケース)



(a) Ss-8-+, 水平



(b) Ss-8-+, 鉛直

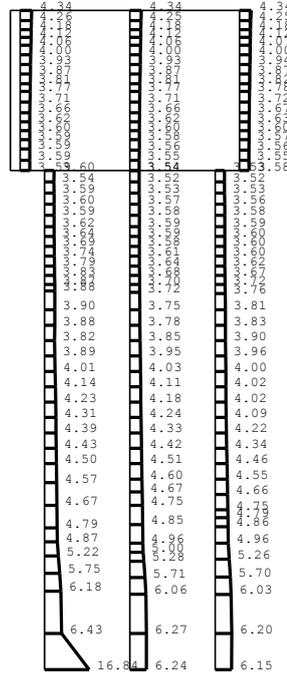
scale 加速度スケール
 0.0 5.0m 50.0 m/s²

図 4-2 (15) A-A断面の最大加速度分布図 (15/17)
 (④非液化化の条件を仮定した解析ケース)

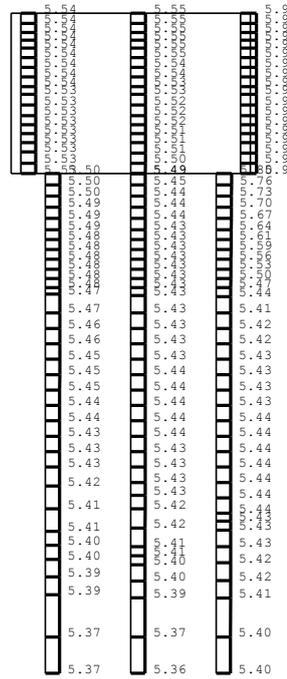
4.2 B-B断面解析結果

B-B断面の解析結果のうち、解析ケース①（基本ケース）の全ての基準地震動 S_s に対する最大加速度分布図及び解析ケース①において、各照査のうち照査値が最大となる地震動に対する解析ケース②，③，⑤での最大加速度分布図を図4-3に示す。

また、解析ケース④の全ての基準地震動 S_s に対する最大加速度分布図及び解析ケース④において鉄筋コンクリート部材の加速度が最大となる地震動に対する解析ケース③，⑤での最大加速度分布図を図4-4に示す。



(a) Ss-1++, 水平



(b) Ss-1++, 鉛直

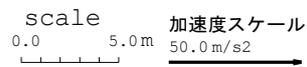
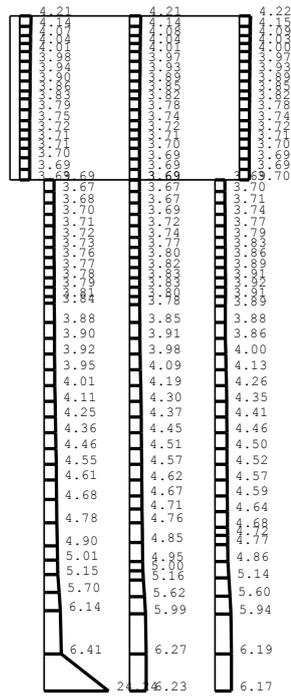
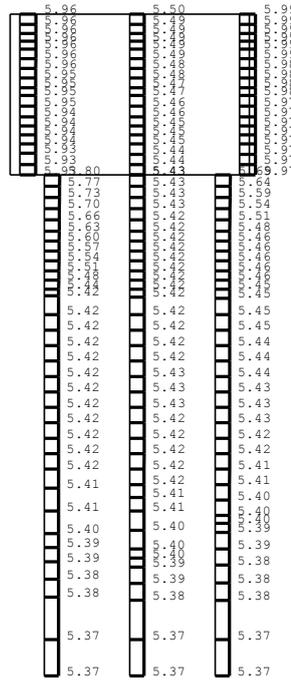


図 4-3 (1) B-B断面の最大加速度分布図 (1/18)

(①基本ケース)



(a) Ss-1-+, 水平

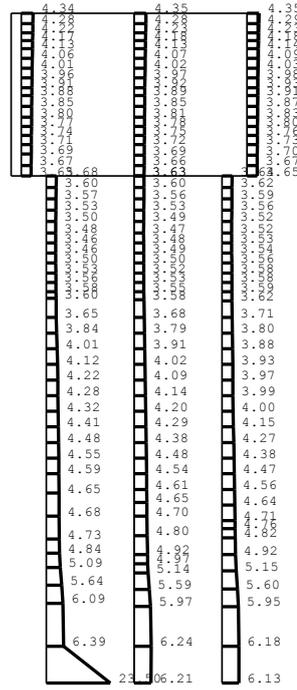


(b) Ss-1-+, 鉛直

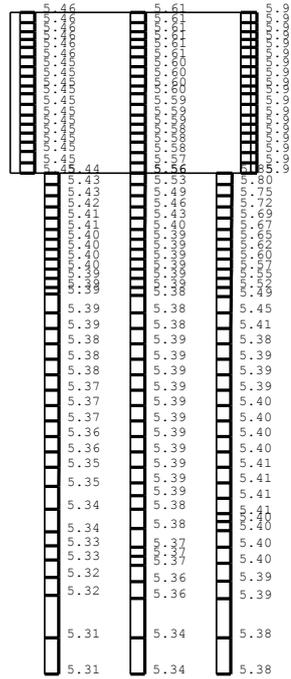


図 4-3 (2) B-B断面の最大加速度分布図 (2/18)

(①基本ケース)



(a) Ss-1—, 水平

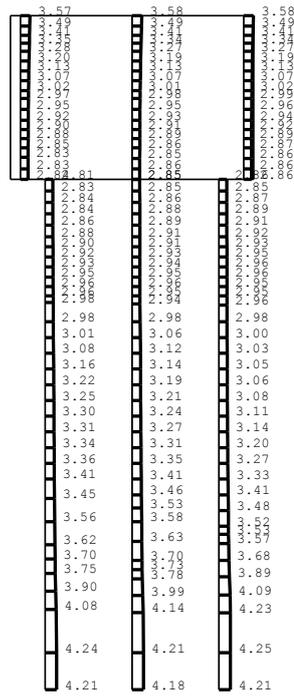


(b) Ss-1—, 鉛直

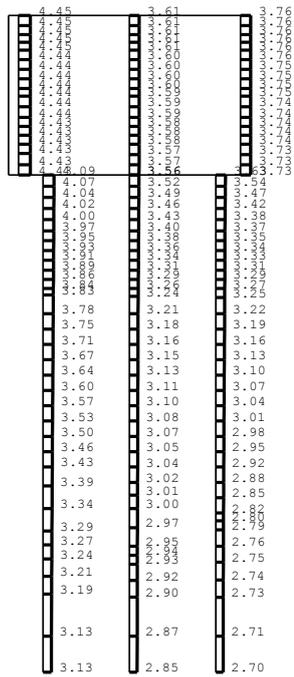
scale 加速度スケール
 0.0 5.0 m 50.0 m/s²

図 4-3 (4) B-B断面の最大加速度分布図 (4/18)

(①基本ケース)



(a) Ss-2NS, 水平

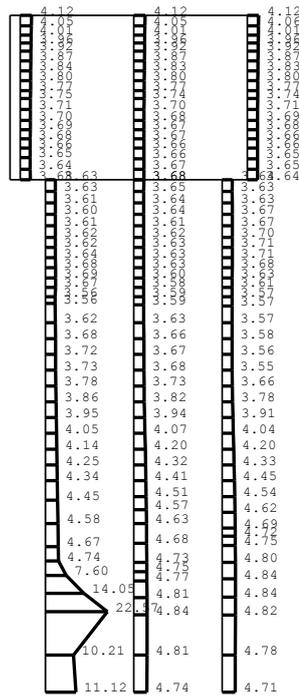


(b) Ss-2NS, 鉛直

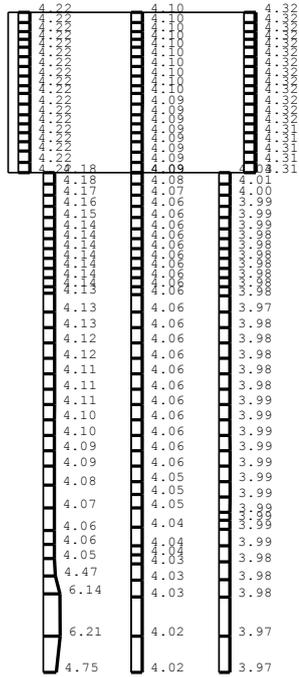


図 4-3 (5) B-B断面の最大加速度分布図 (5/18)

(①基本ケース)



(a) Ss-3++, 水平

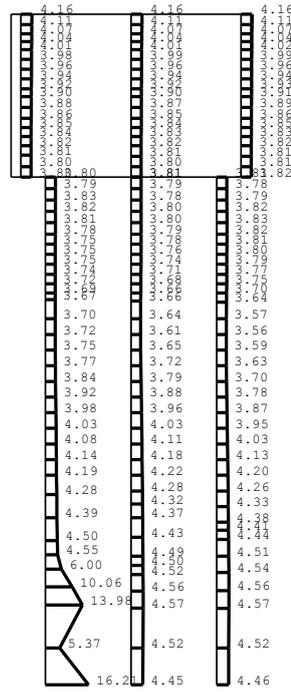


(b) Ss-3++, 鉛直

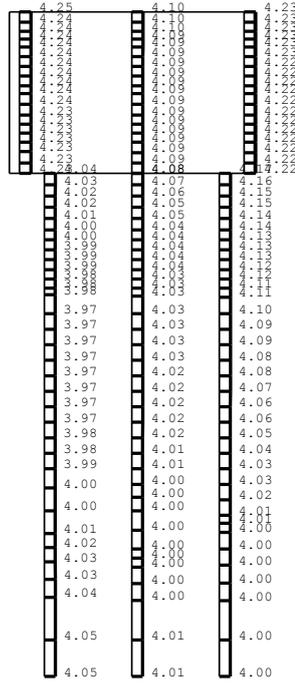


図 4-3 (6) B-B断面の最大加速度分布図 (6/18)

(①基本ケース)



(a) Ss-3-+, 水平

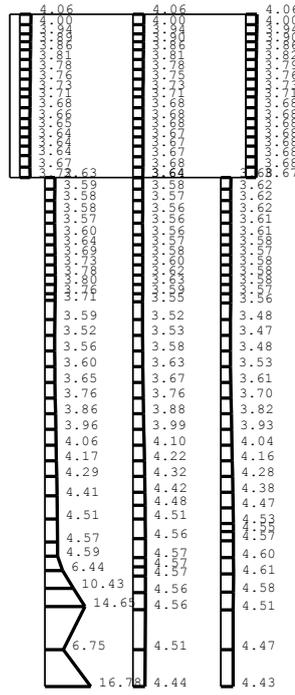


(b) Ss-3-+, 鉛直

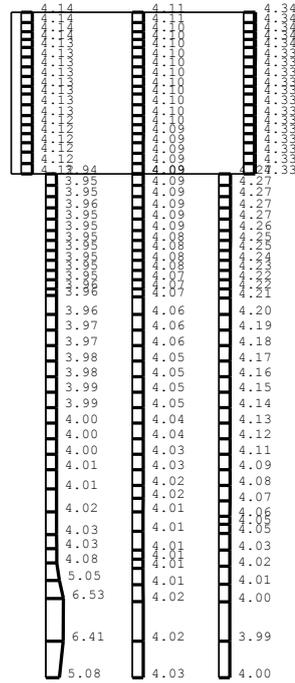


図 4-3 (7) B-B断面の最大加速度分布図 (7/18)

(①基本ケース)



(a) Ss-3+-, 水平

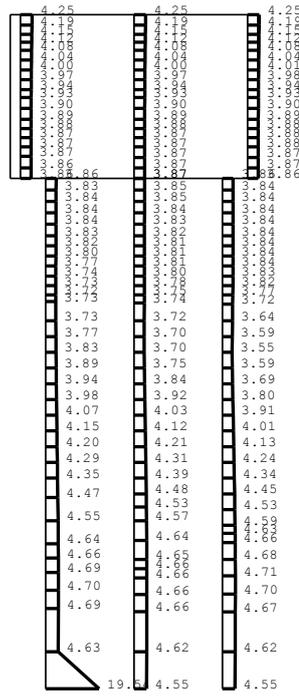


(b) Ss-3+-, 鉛直

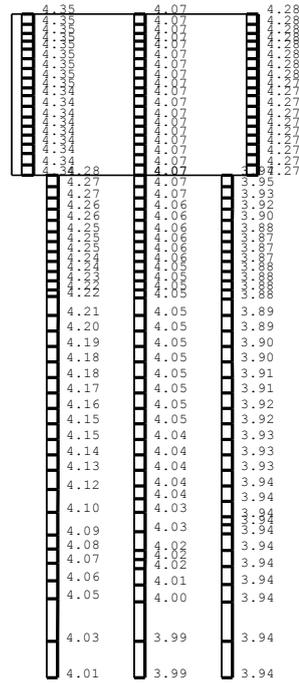


図 4-3 (8) B-B断面の最大加速度分布図 (8/18)

(①基本ケース)



(a) Ss-3—, 水平



(b) Ss-3—, 鉛直

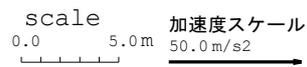
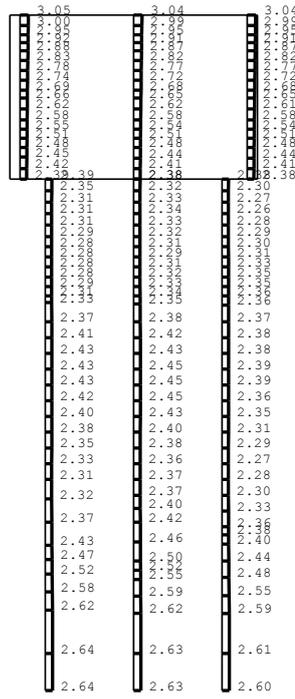
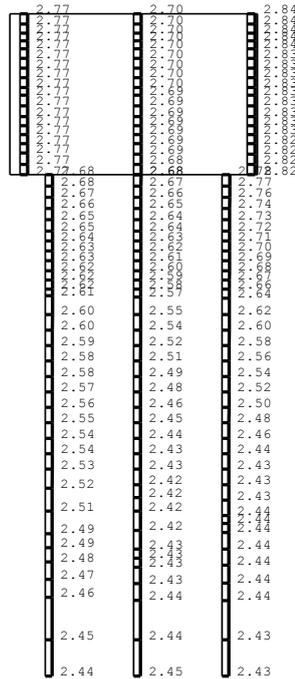


図 4-3 (9) B-B断面の最大加速度分布図 (9/18)

(①基本ケース)



(a) Ss-4NS, 水平

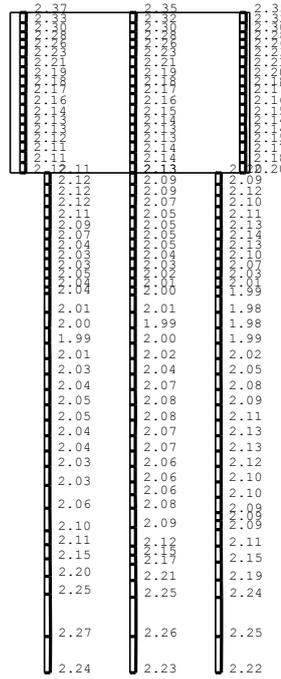


(b) Ss-4NS, 鉛直

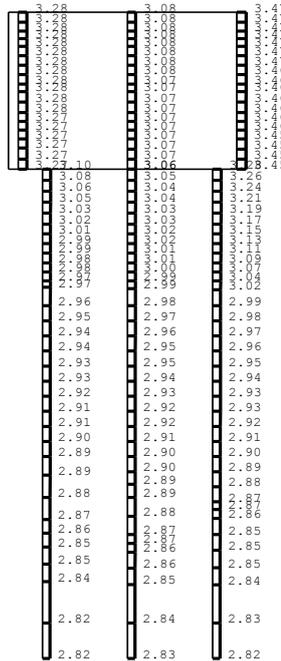


図 4-3 (10) B-B断面の最大加速度分布図 (10/18)

(①基本ケース)



(a) Ss-5NS, 水平

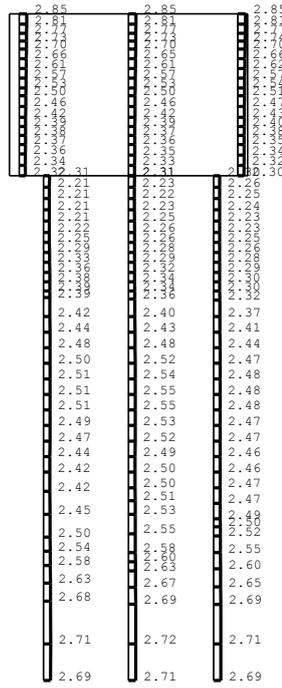


(b) Ss-5NS, 鉛直

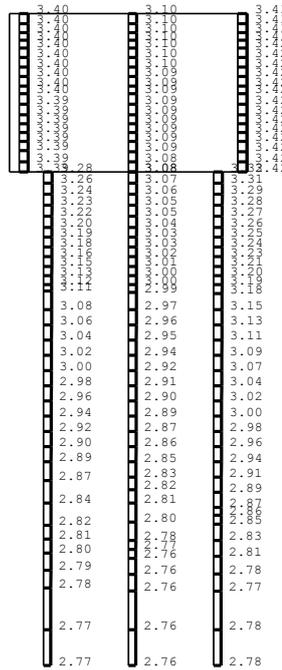


図 4-3 (11) B-B断面の最大加速度分布図 (11/18)

(①基本ケース)



(a) Ss-6NS, 水平

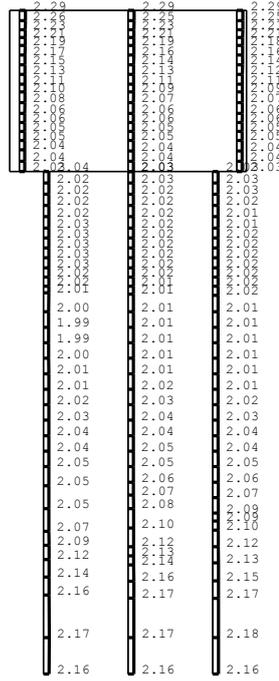


(b) Ss-6NS, 鉛直

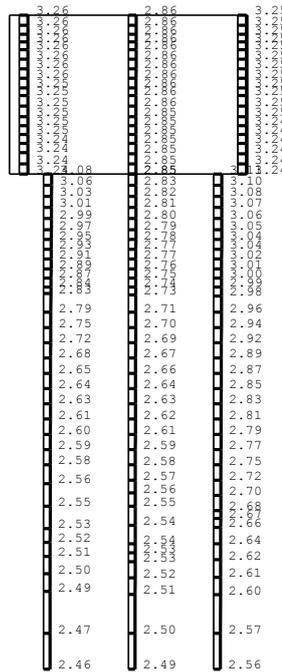


図 4-3 (12) B-B断面の最大加速度分布図 (12/18)

(①基本ケース)



(a) Ss-7NS, 水平

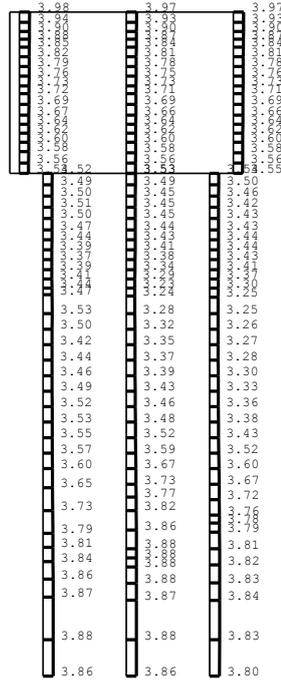


(b) Ss-7NS, 鉛直

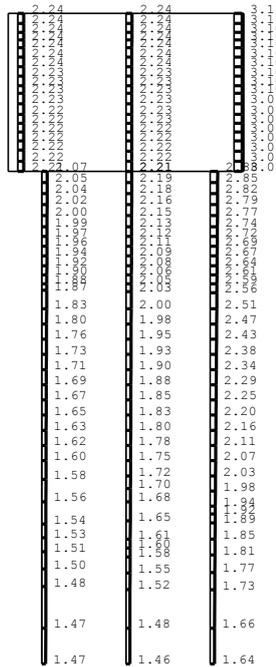


図 4-3 (13) B-B断面の最大加速度分布図 (13/18)

(①基本ケース)



(a) Ss-8-+, 水平

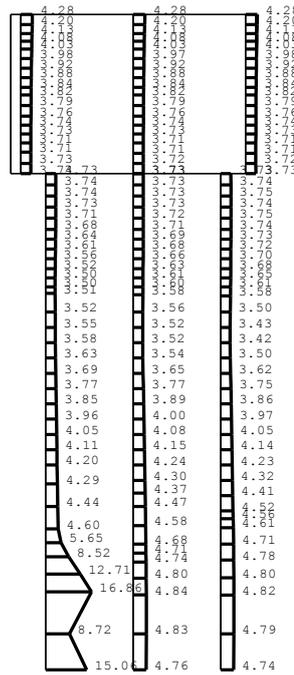


(b) Ss-8-+, 鉛直

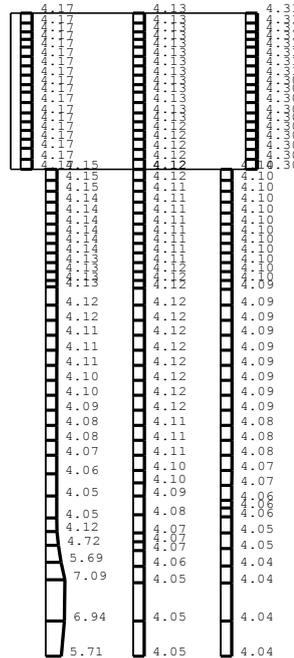


図 4-3 (15) B-B断面の最大加速度分布図 (15/18)

(①基本ケース)



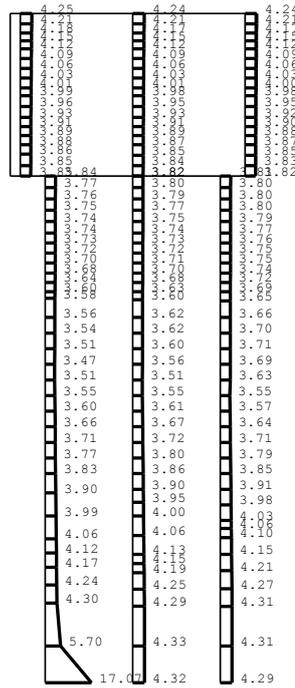
(a) Ss-3++, 水平



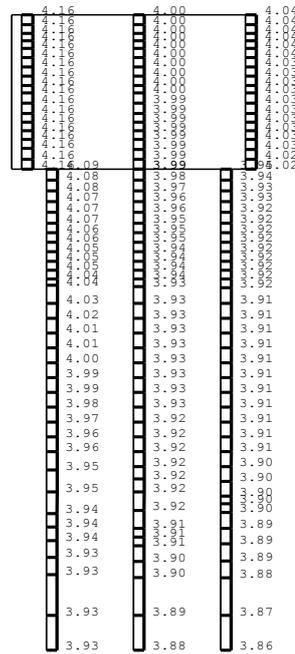
(b) Ss-3++, 鉛直



図 4-3 (17) B-B断面の最大加速度分布図 (17/18)
 (③地盤物性のばらつき (-1σ) を考慮した解析ケース)



(a) Ss-3++，水平

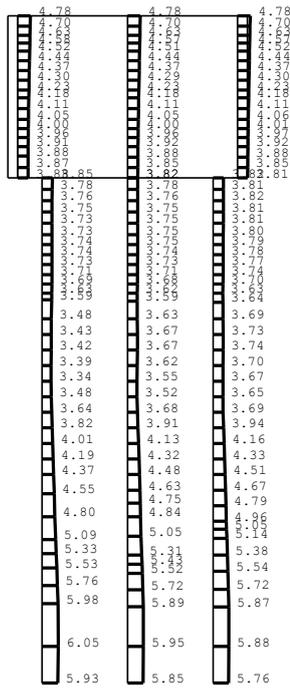


(b) Ss-3++，鉛直

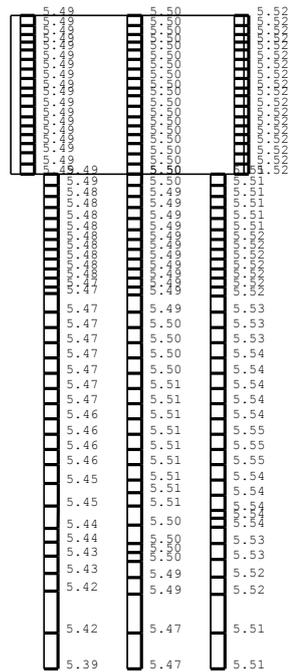


図 4-3 (18) B-B断面の最大加速度分布図 (18/18)

(⑤地盤物性のばらつき (+1σ) を考慮して非液状化の条件を仮定した解析ケース)



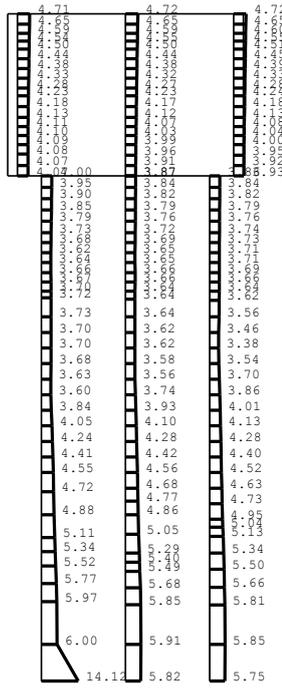
(a) Ss-1++ , 水平



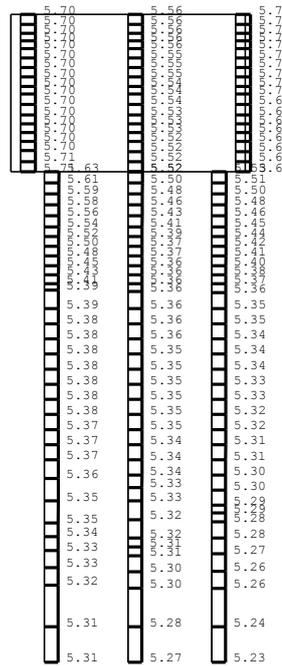
(b) Ss-1++ , 鉛直



図 4-4 (1) B-B 断面の最大加速度分布図 (1/17)
 (④非液化化の条件を仮定した解析ケース)



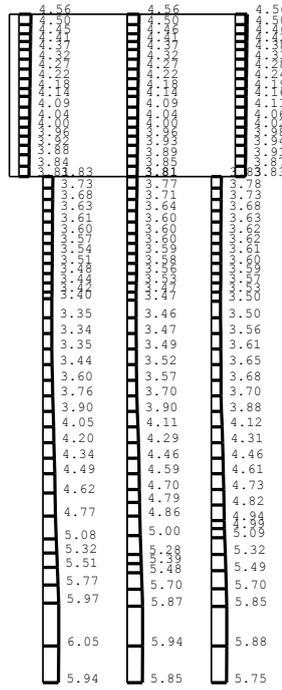
(a) Ss-1-+, 水平



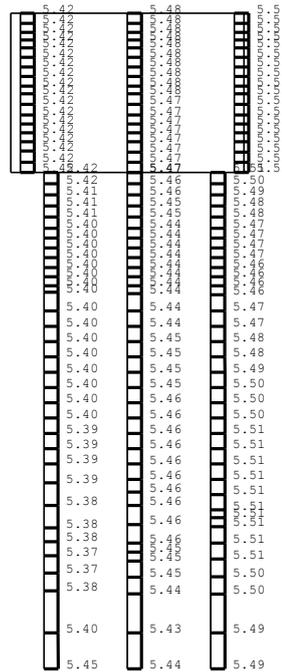
(b) Ss-1-+, 鉛直

scale 0.0 5.0m 加速度スケール 50.0 m/s²

図4-4 (2) B-B断面の最大加速度分布図 (2/17)
(④非液化化の条件を仮定した解析ケース)



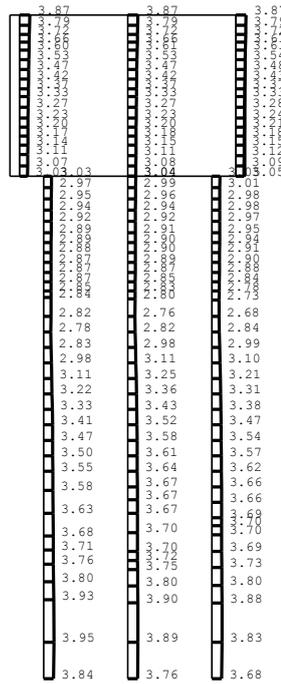
(a) Ss-1-- , 水平



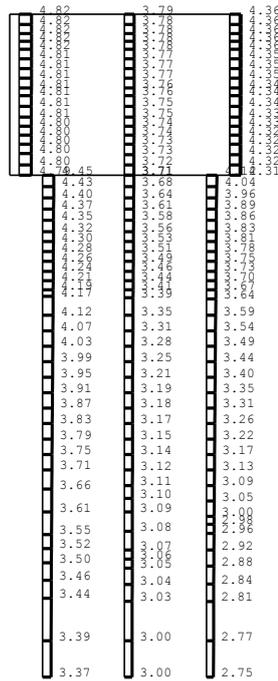
(b) Ss-1-- , 鉛直



図 4-4 (4) B-B断面の最大加速度分布図 (4/17)
 (④非液状化の条件を仮定した解析ケース)



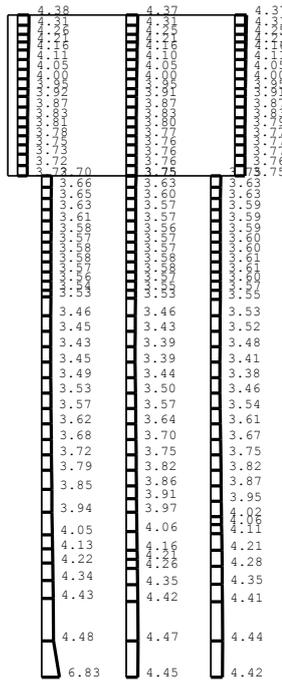
(a) Ss-2NS, 水平



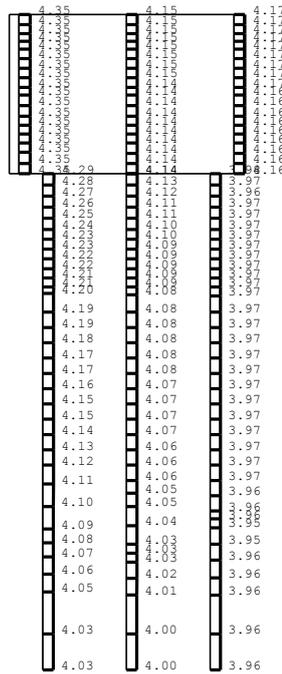
(b) Ss-2NS, 鉛直



図 4-4 (5) B-B断面の最大加速度分布図 (5/17)
(④非液状化の条件を仮定した解析ケース)



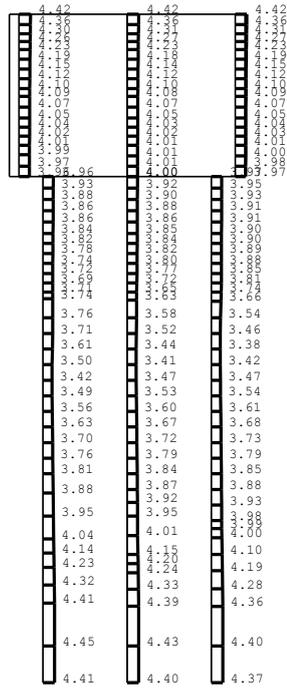
(a) Ss-3++，水平



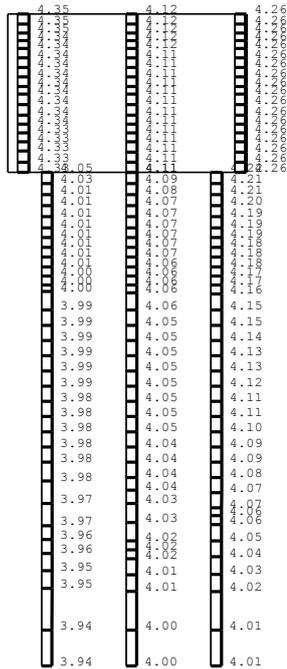
(b) Ss-3++，鉛直



図4-4 (6) B-B断面の最大加速度分布図 (6/17)
 (④非液化化の条件を仮定した解析ケース)



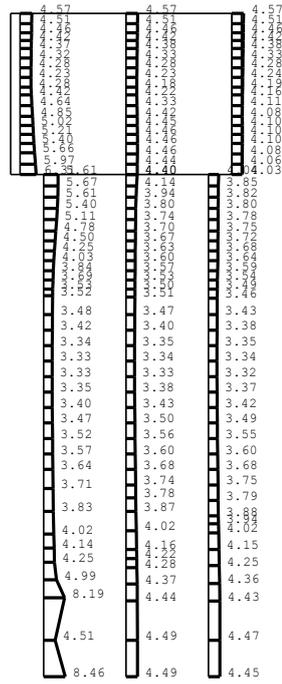
(a) Ss-3-+, 水平



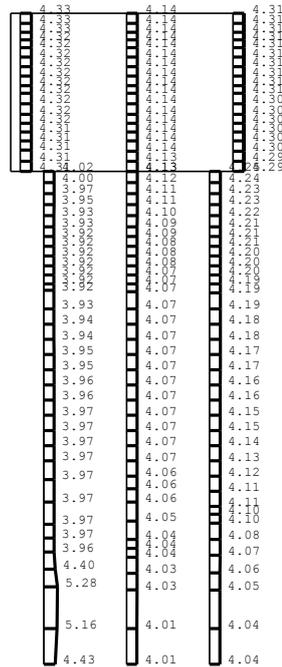
(b) Ss-3-+, 鉛直



図 4-4 (7) B-B断面の最大加速度分布図 (7/17)
 (④非液化化の条件を仮定した解析ケース)



(a) Ss-3+-, 水平



(b) Ss-3+-, 鉛直

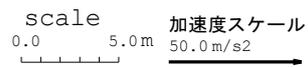
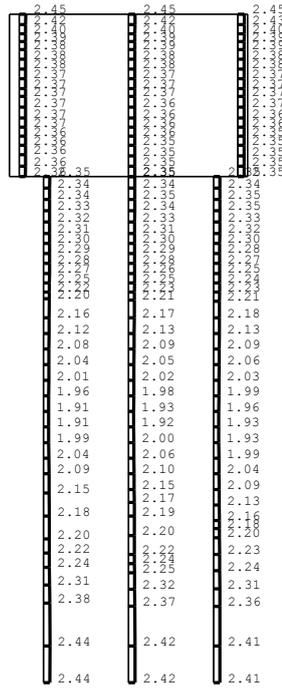
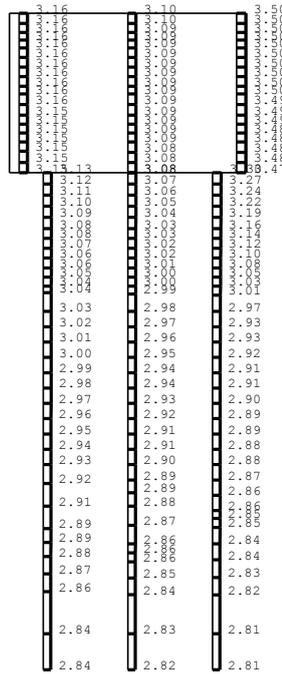


図 4-4 (8) B-B断面の最大加速度分布図 (8/17)
 (④非液化化の条件を仮定した解析ケース)



(a) Ss-5NS, 水平

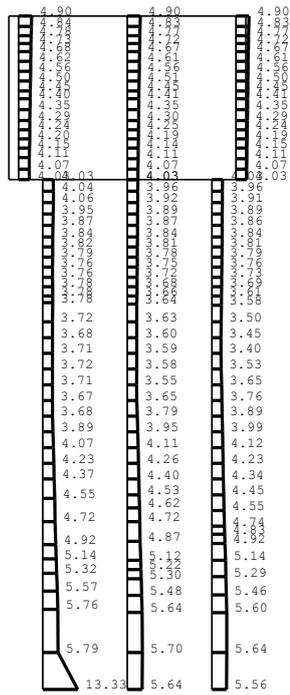


(b) Ss-5NS, 鉛直

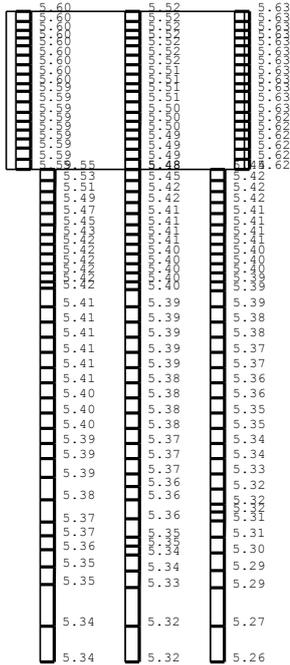


図 4-4 (11) B-B断面の最大加速度分布図 (11/17)

(④非液化化の条件を仮定した解析ケース)



(a) Ss-1-+, 水平



(b) Ss-1-+, 鉛直



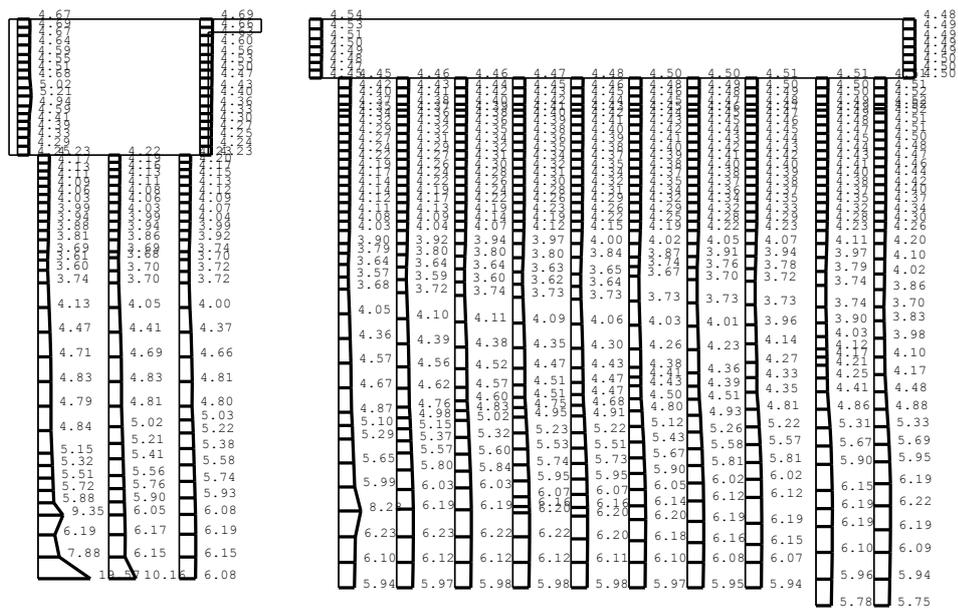
図 4-4 (17) B-B 断面の最大加速度分布図 (17/17)

(⑤地盤物性のばらつき (+1σ) を考慮して非液状化の条件を仮定した解析ケース)

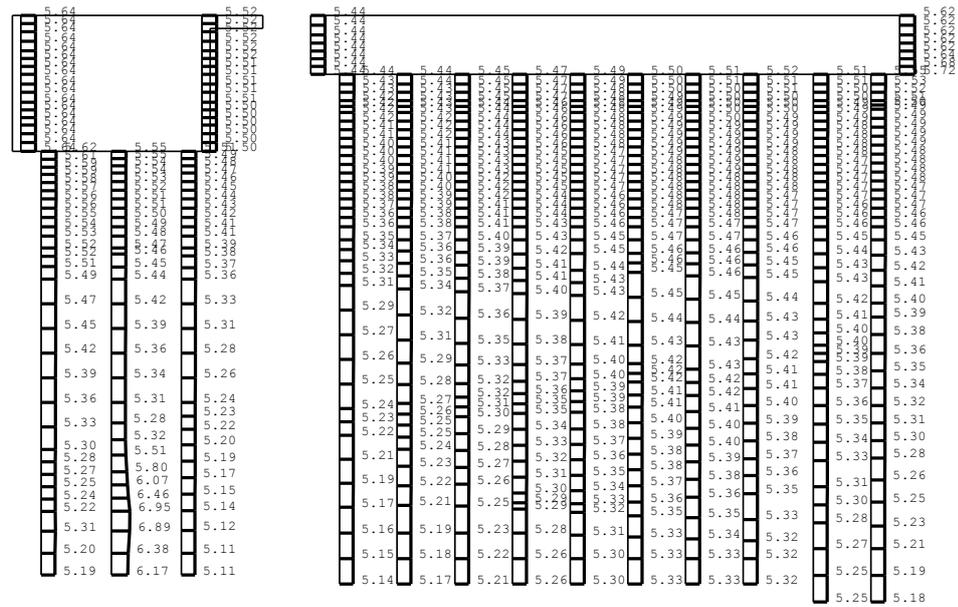
4.3 C-C断面解析結果

C-C断面の解析結果のうち、解析ケース①（基本ケース）の全ての基準地震動 S_s に対する最大加速度分布図及び解析ケース①において、各照査のうち照査値が最大となる地震動に対する解析ケース②，③，⑤での最大加速度分布図を図4-5に示す。

また、解析ケース④の全ての基準地震動 S_s に対する最大加速度分布図及び解析ケース④において鉄筋コンクリート部材の加速度が最大となる地震動に対する解析ケース③，⑤での最大加速度分布図を図4-6に示す。



(a) Ss-1-+, 水平



(b) Ss-1-+, 鉛直

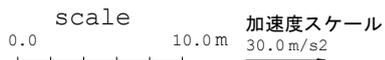
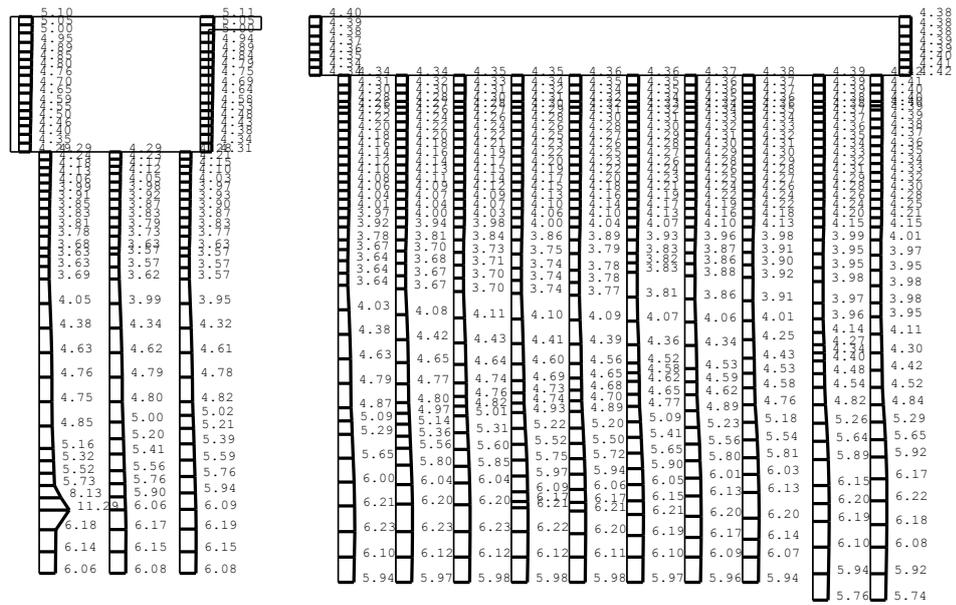
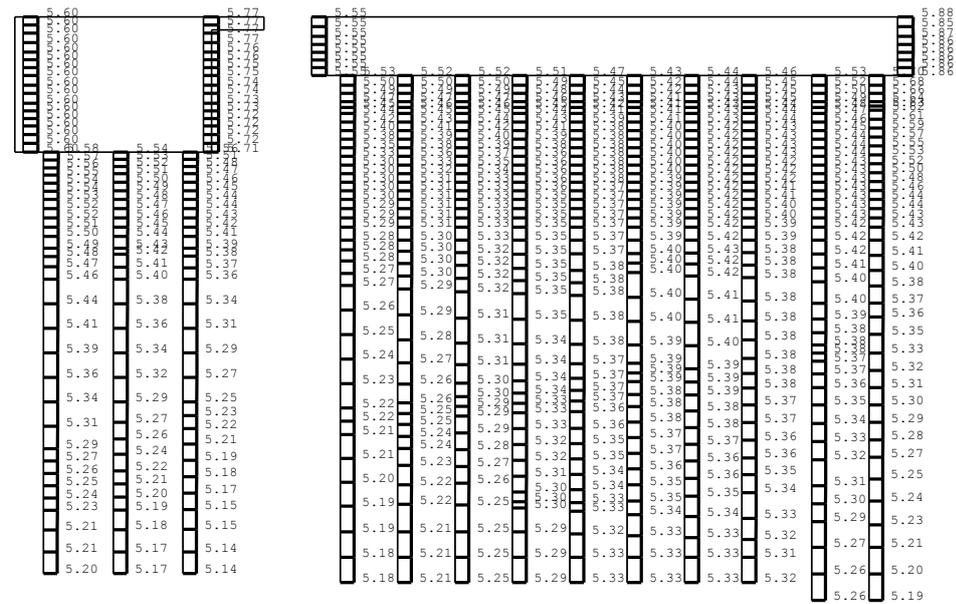


図 4-5 (2) C-C 断面の最大加速度分布図 (2/21)

(①基本ケース)



(a) Ss-1+-, 水平



(b) Ss-1+-, 鉛直



図4-5 (3) C-C断面の最大加速度分布図 (3/21)
(①基本ケース)

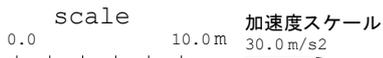
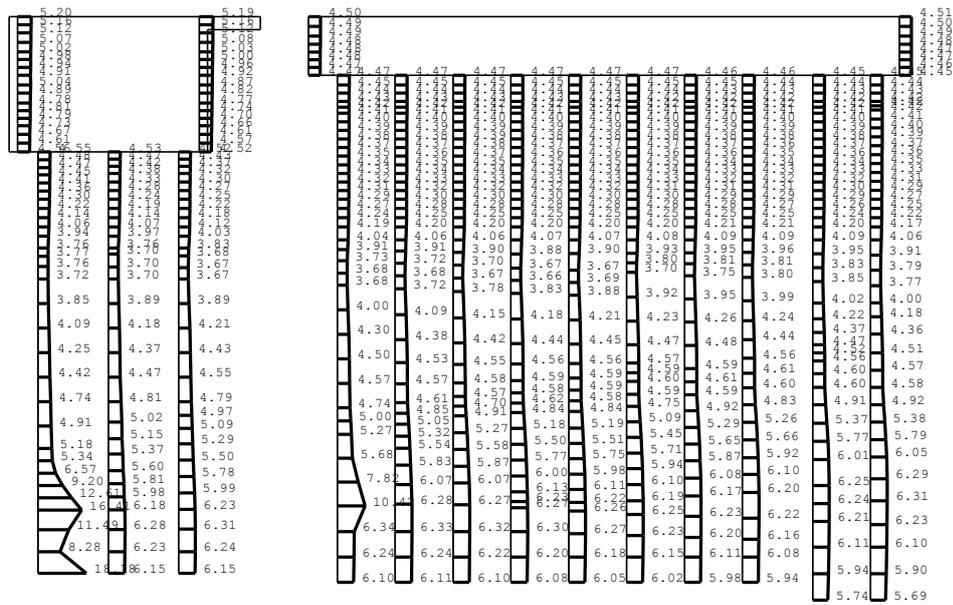
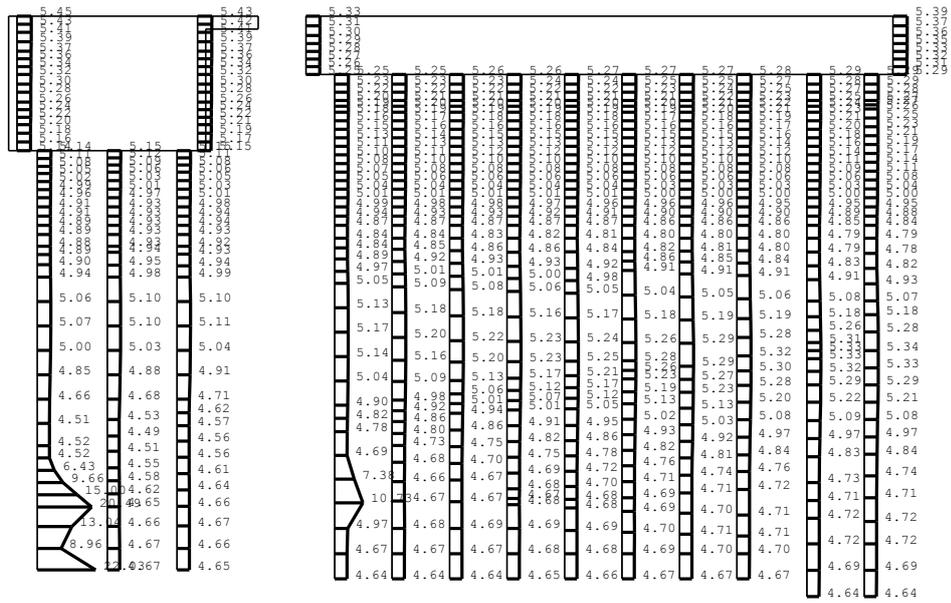
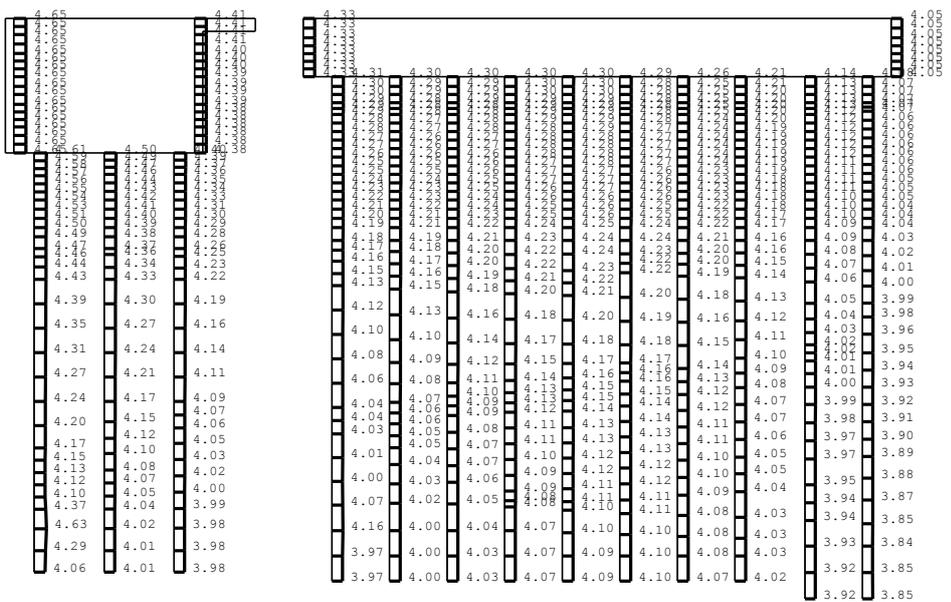


図 4-5 (4) C-C 断面の最大加速度分布図 (4/21)
(①基本ケース)



(a) Ss-3++，水平

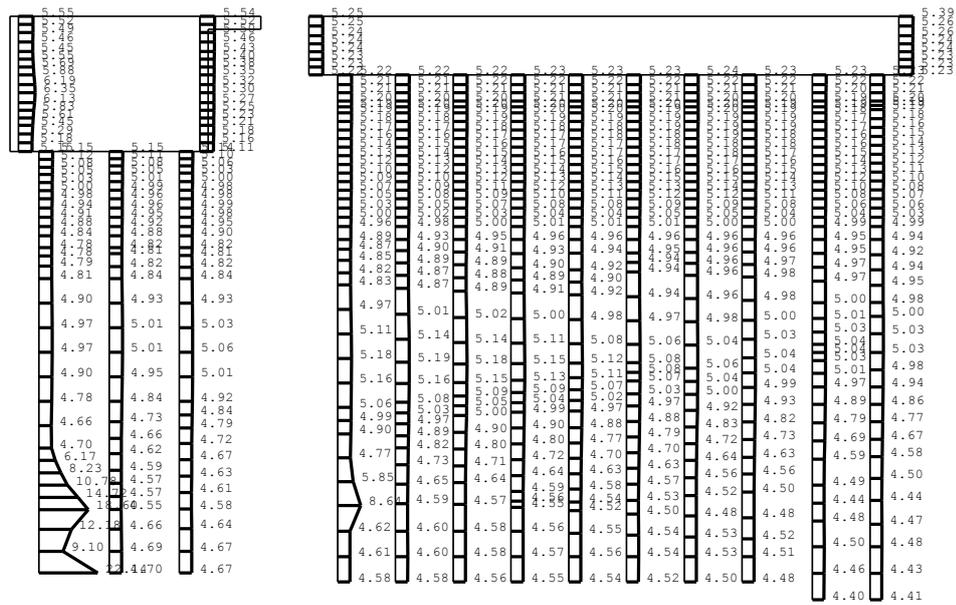


(b) Ss-3++，鉛直

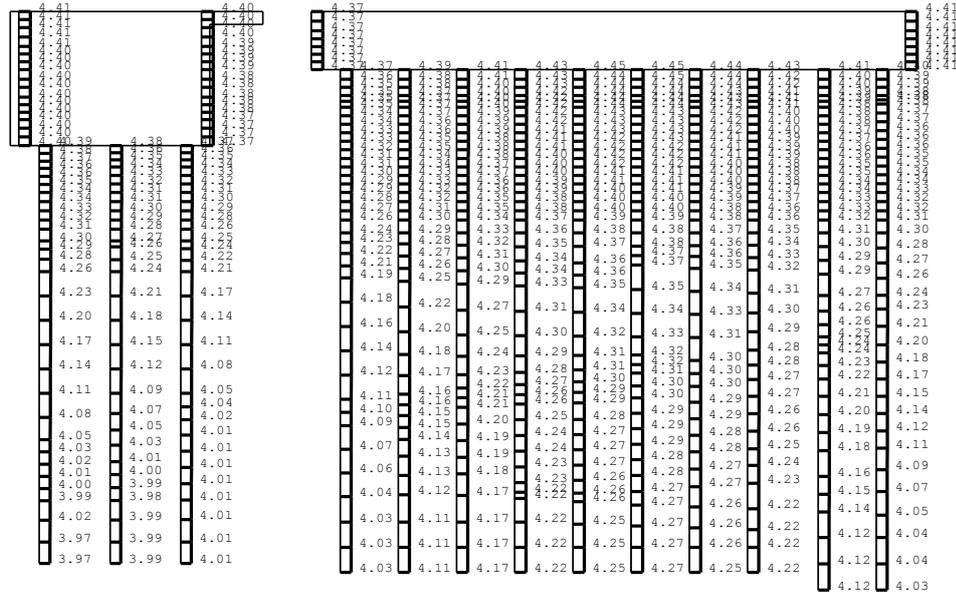


図 4-5 (6) C-C 断面の最大加速度分布図 (6/21)

(①基本ケース)



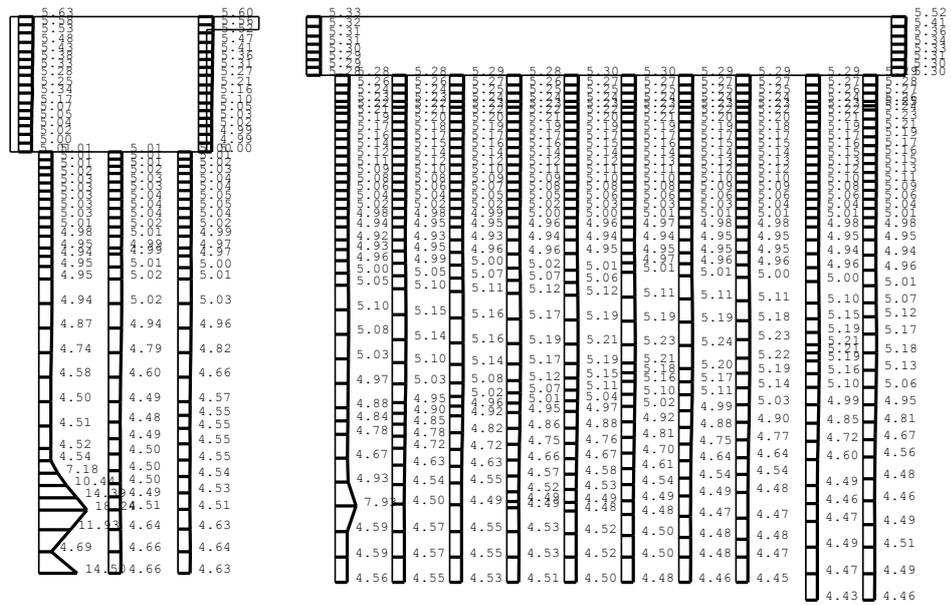
(a) Ss-3-+, 水平



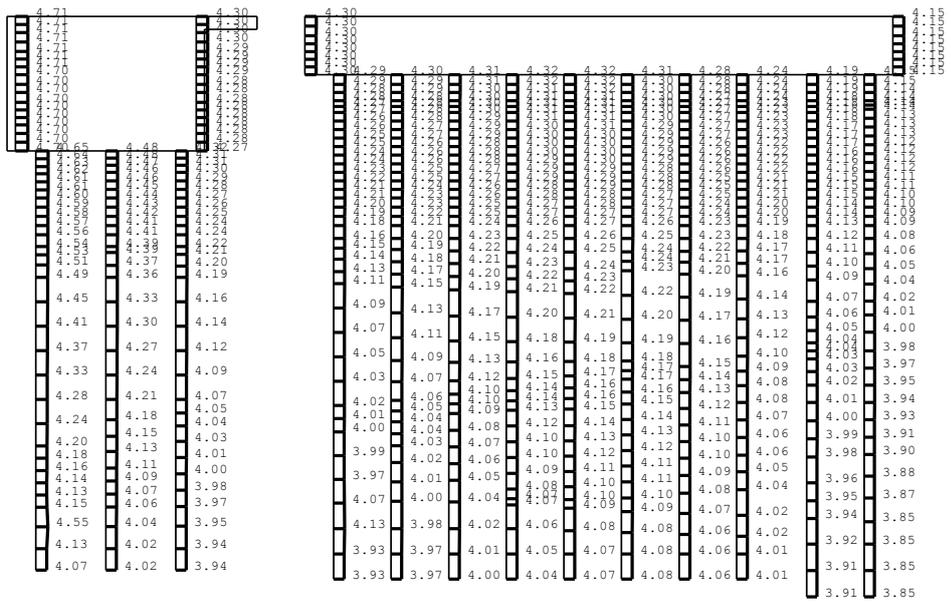
(b) Ss-3-+, 鉛直



図 4-5 (7) C-C 断面の最大加速度分布図 (7/21)
(①基本ケース)



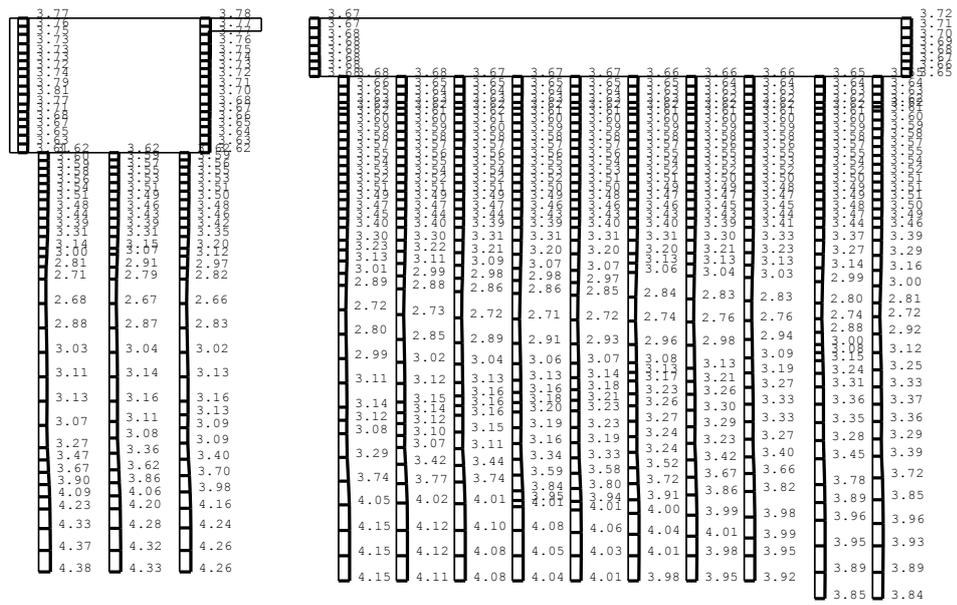
(a) Ss-3—, 水平



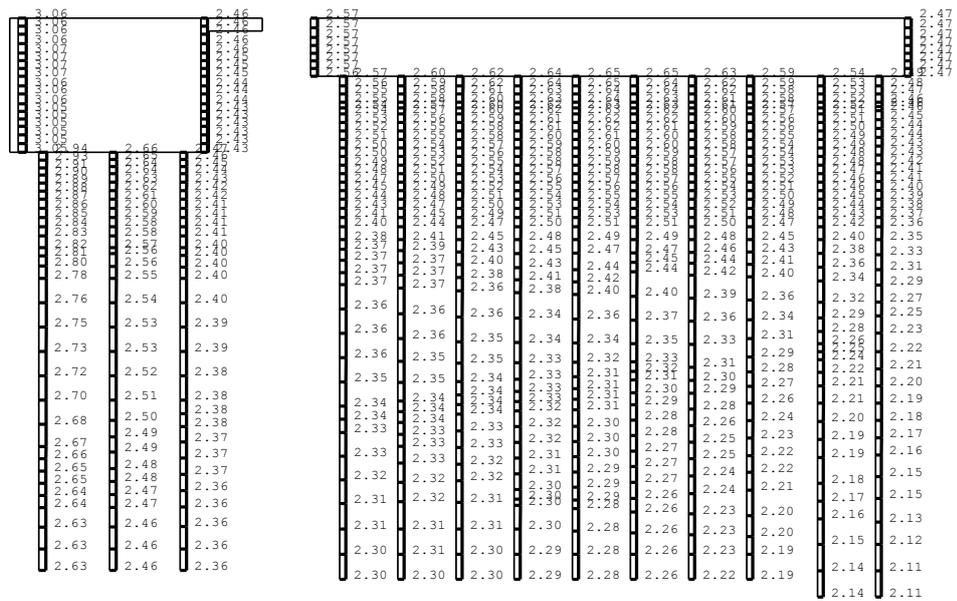
(b) Ss-3—, 鉛直



図 4-5 (9) C-C 断面の最大加速度分布図 (9/21)
(①基本ケース)



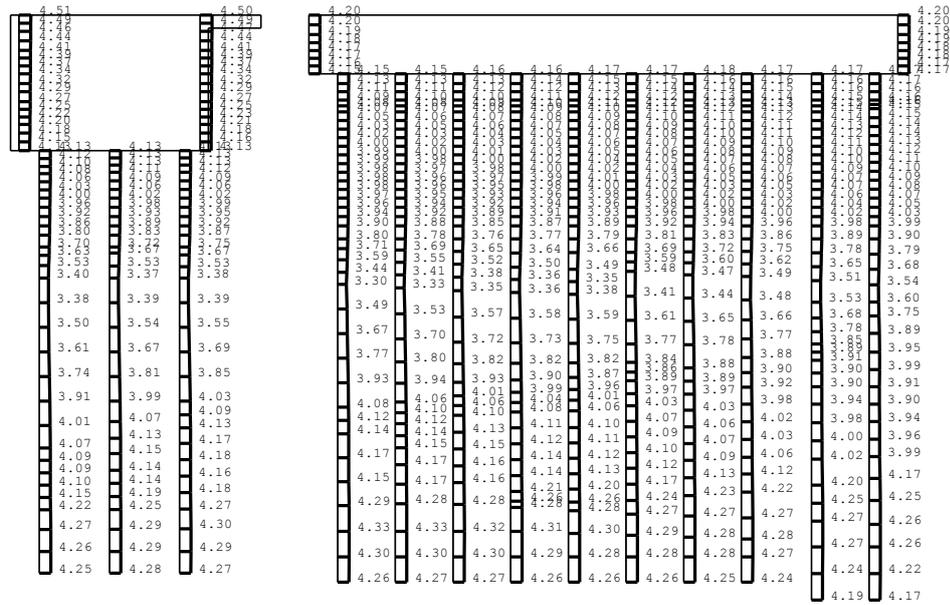
(a) Ss-4EW, 水平



(b) Ss-4EW, 鉛直

scale 0.0 10.0m 加速度スケール 30.0 m/s²

図 4-5 (10) C-C 断面の最大加速度分布図 (10/21)
(①基本ケース)



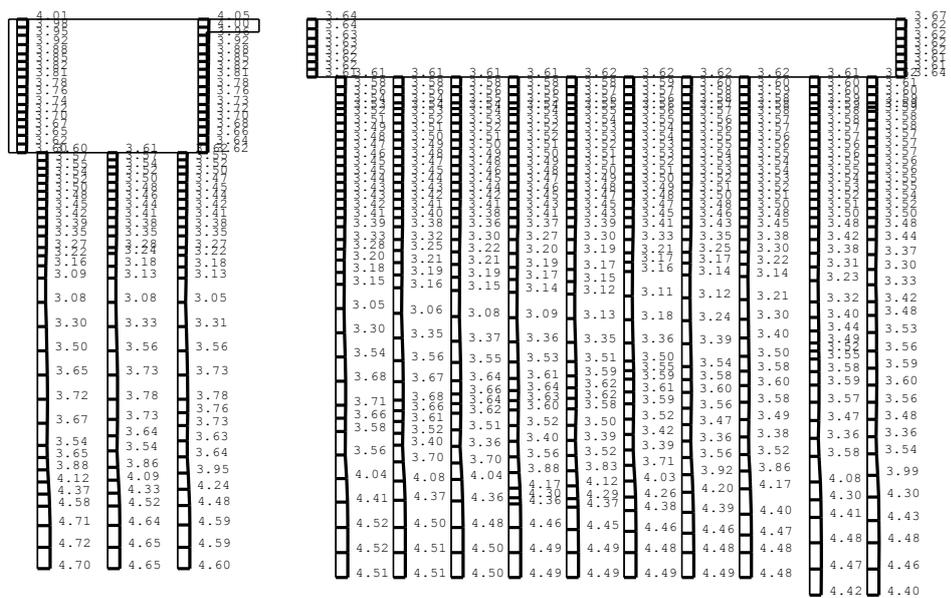
(a) Ss-5EW, 水平

(b) Ss-5EW, 鉛直

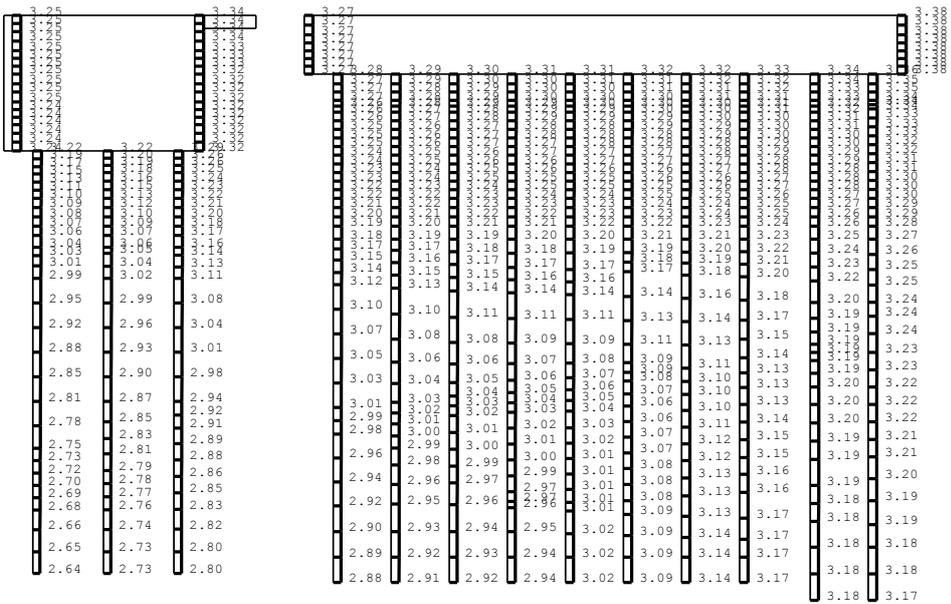


図 4-5 (11) C-C 断面の最大加速度分布図 (11/21)

(①基本ケース)



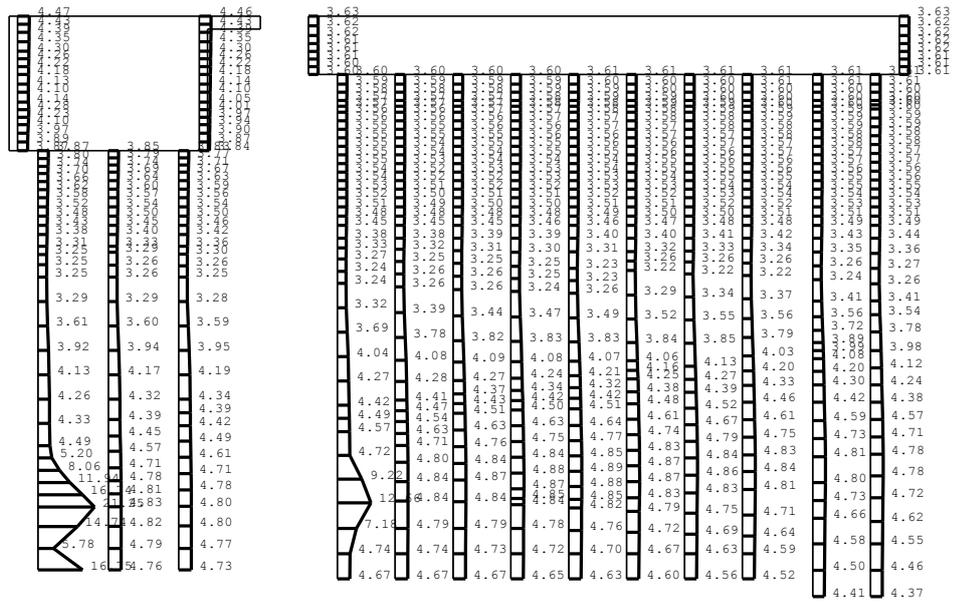
(a) Ss-6EW, 水平



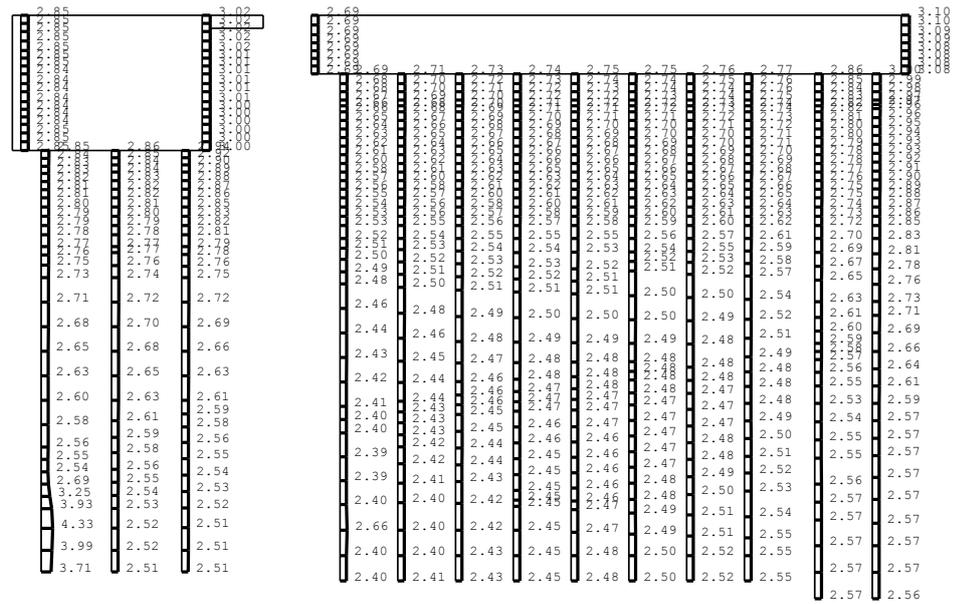
(b) Ss-6EW, 鉛直



図 4-5 (12) C-C 断面の最大加速度分布図 (12/21)
(①基本ケース)



(a) Ss-7EW, 水平

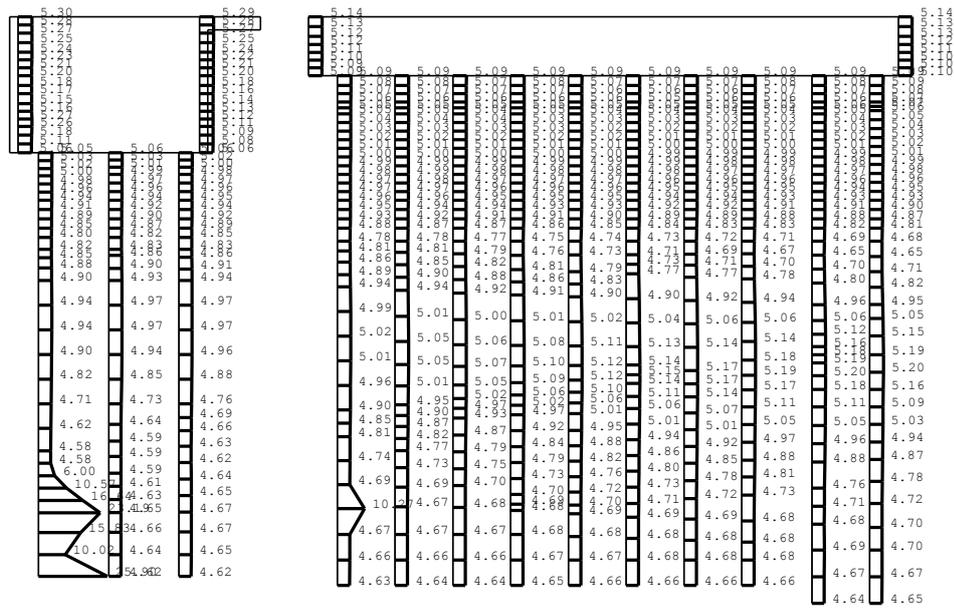


(b) Ss-7EW, 鉛直

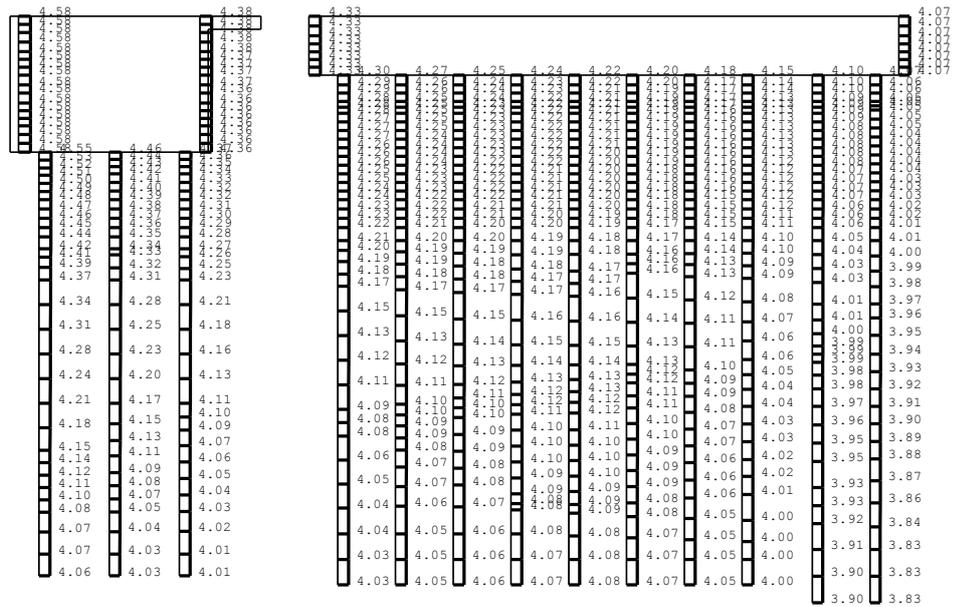


図 4-5 (13) C-C 断面の最大加速度分布図 (13/21)

(①基本ケース)



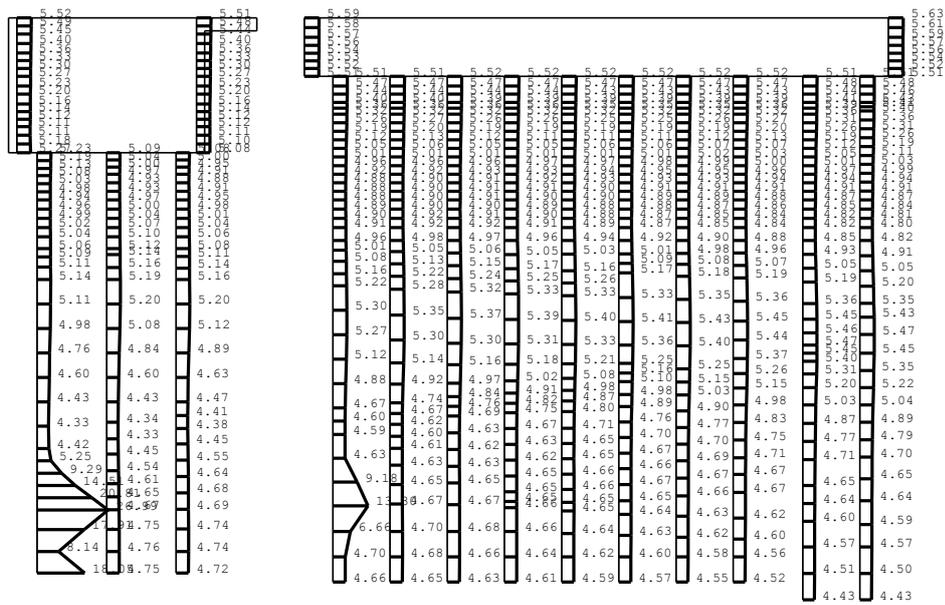
(a) Ss-3++，水平



(b) Ss-3++，鉛直



図4-5 (16) C-C断面の最大加速度分布図 (16/21)
 (②地盤物性のばらつき (+1σ) を考慮した解析ケース)

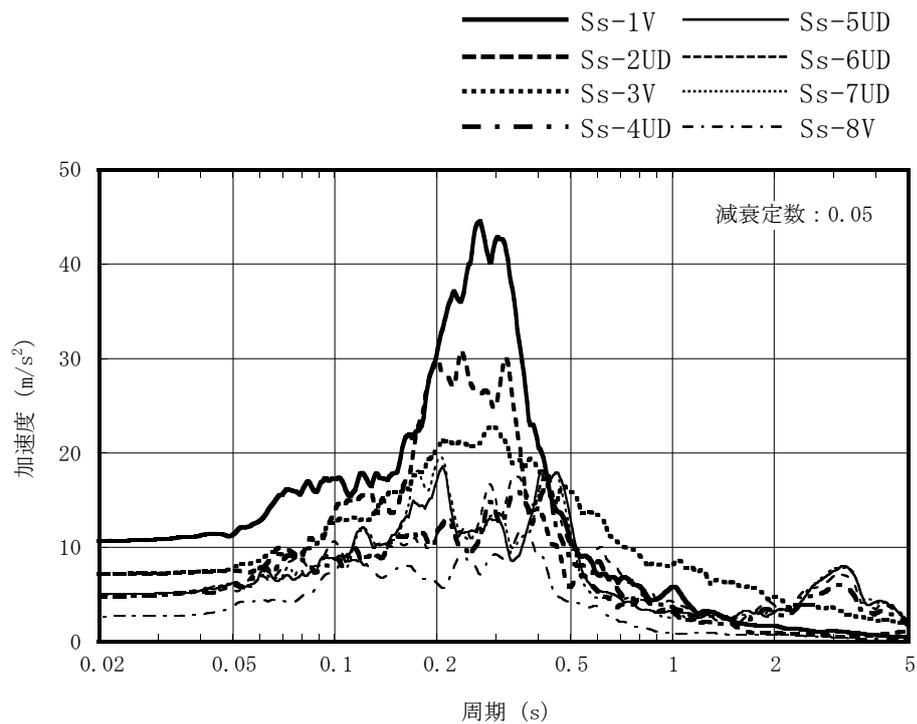


(a) Ss-3++ , 水平

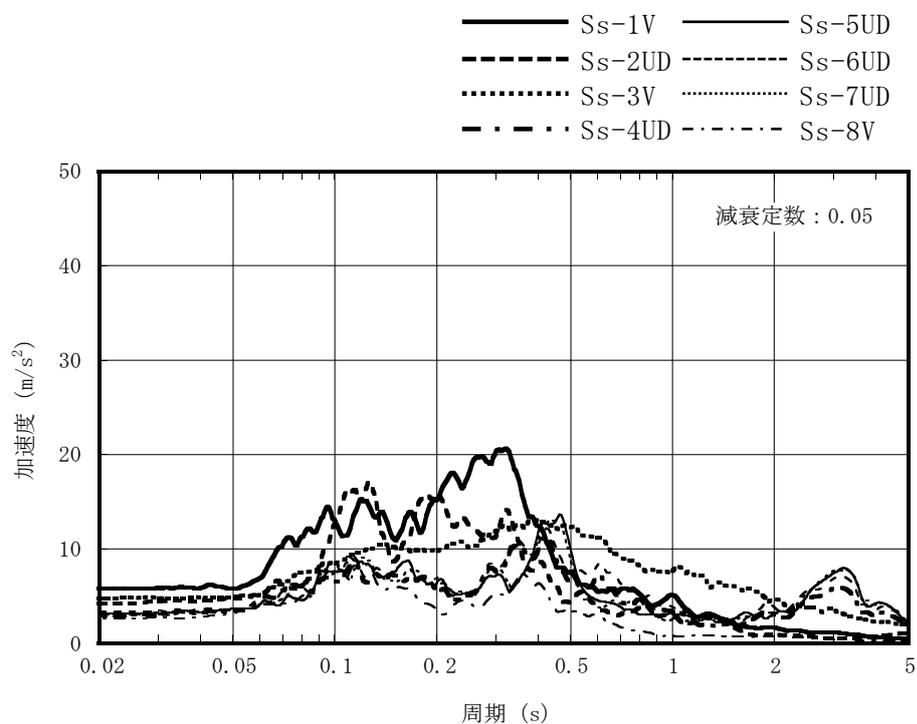
(b) Ss-3++ , 鉛直



図4-5 (18) C-C断面の最大加速度分布図 (18/21)
 (③地盤物性のばらつき (-1σ) を考慮した解析ケース)

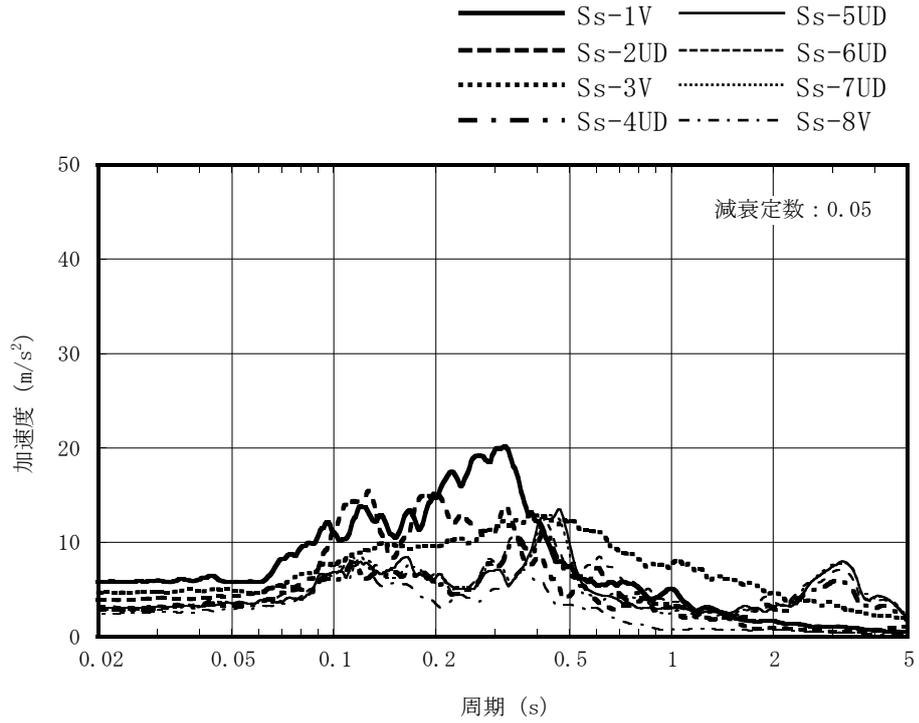


(a) 地表面 (T. M. S. L. 12. 0m)

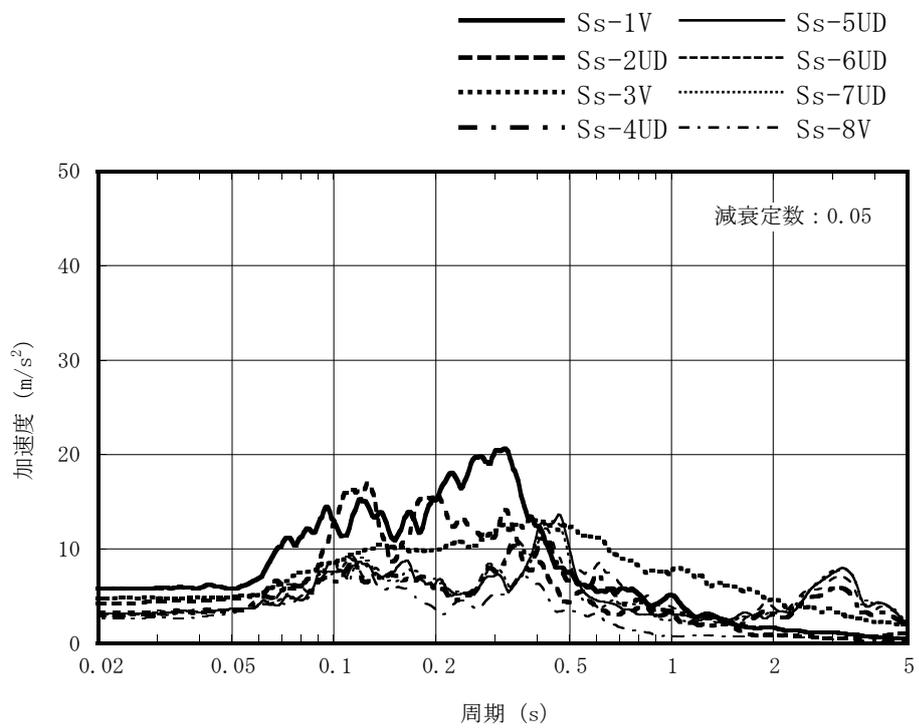


(b) 原子炉建屋サブドレンピット上部スラブ上面 (T. M. S. L. -10. 10m)

図 3-5 (1/3) 地盤の加速度応答スペクトル (標準地盤, 鉛直方向)

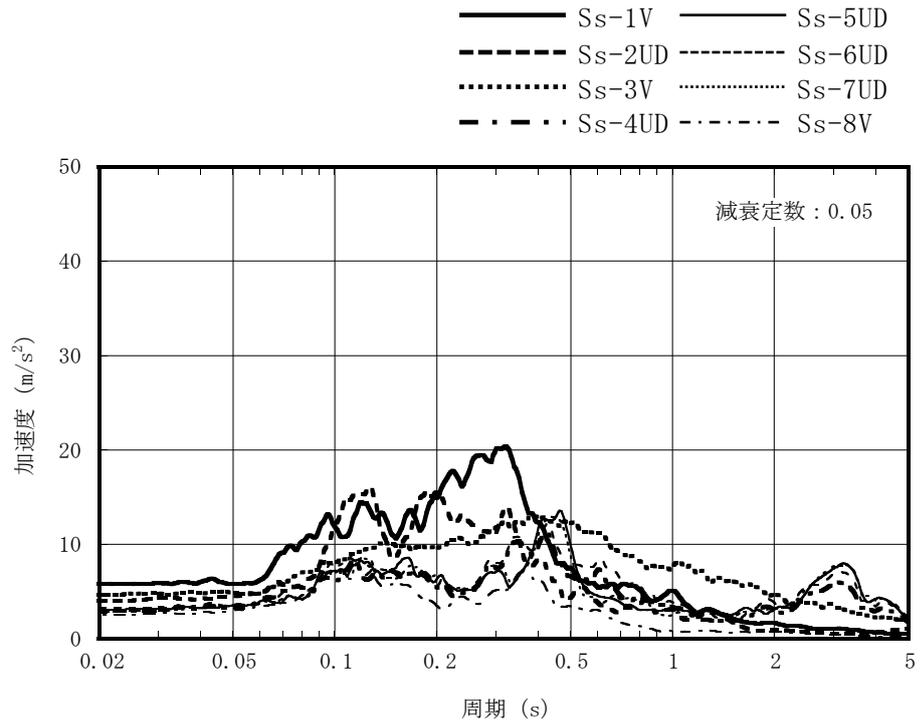


(c) 原子炉建屋サブドレンピット底部スラブ上面 (T. M. S. L. -15. 25m)



(d) タービン建屋サブドレンピット上部スラブ上面 (T. M. S. L. -10. 15m)

図 3-5 (2/3) 地盤の加速度応答スペクトル (標準地盤, 鉛直方向)



(e) タービン建屋サブドレンピット底部スラブ上面 (T.M.S.L. -13.05m)

図 3-5 (3/3) 地盤の加速度応答スペクトル (標準地盤, 鉛直方向)

V-2-2-別添 1-2-2 サブドレンポンプ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	7
4.1 基本方針	7
4.2 固有周期の算出方法	7
4.3 固有周期の算出結果	7
5. 構造強度評価	8
5.1 構造強度評価方法	8
5.2 荷重の組合せ及び許容応力	8
5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	8
5.2.2 許容応力	8
5.2.3 使用材料の許容応力評価条件	8
5.3 設計用地震力	11
5.4 計算方法	12
5.4.1 応力の計算方法	12
5.5 計算条件	15
5.5.1 基礎ボルトの応力計算条件	15
5.5.2 取付ボルトの応力計算条件	15
5.6 応力の評価	15
5.6.1 ボルトの応力評価	15
6. 機能維持評価	16
6.1 動的機能維持評価方法	16
7. 評価結果	16

1. 概要

7号機地下水排水設備は、建屋の耐震性を確保するため地下水位を建屋基礎スラブ底面レベル以深に維持する機能を有する。

7号機地下水排水設備の評価においては、V-2-1-1「耐震設計の基本方針」のうち、「10. 耐震計算の基本方針 10.1 建物・構築物」及びV-1-1-9「発電用原子炉施設の溢水防護に関する説明書」に基づき、基準地震動 S_s による地震力に対して機能を維持できることを確認する。

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、7号機地下水排水設備のうちサブドレンポンプ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。

2. 一般事項

2.1 構造計画

サブドレンポンプの構造計画を表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	
サブドレンポンプはポンプ取付ボルトで架台に固定する。架台は基礎ボルトで床に固定する。	水中ポンプ	<div style="text-align: center;"> <p>630 712 ポンプ取付ボルト 平面図 (A-A矢視) 平面図 (B-B矢視)</p> <p>ポンプ ポンプ架台 ポンプ取付ボルト 基礎ボルト (ケミカルアンカ) 966 916 50 正面図</p> <p style="text-align: right;">(単位 : mm)</p> </div>

2.2 評価方針

サブドレンポンプの応力評価は、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み合わせ並びに許容限界に基づき、「2.1 構造計画」にて示すサブドレンポンプの部位を踏まえ、「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。また、サブドレンポンプの機能維持評価は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した動的機器の機能維持の方針に基づき、地震時の応答加速度が動的機器の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。

サブドレンポンプの耐震評価フローを図2-1に示す。

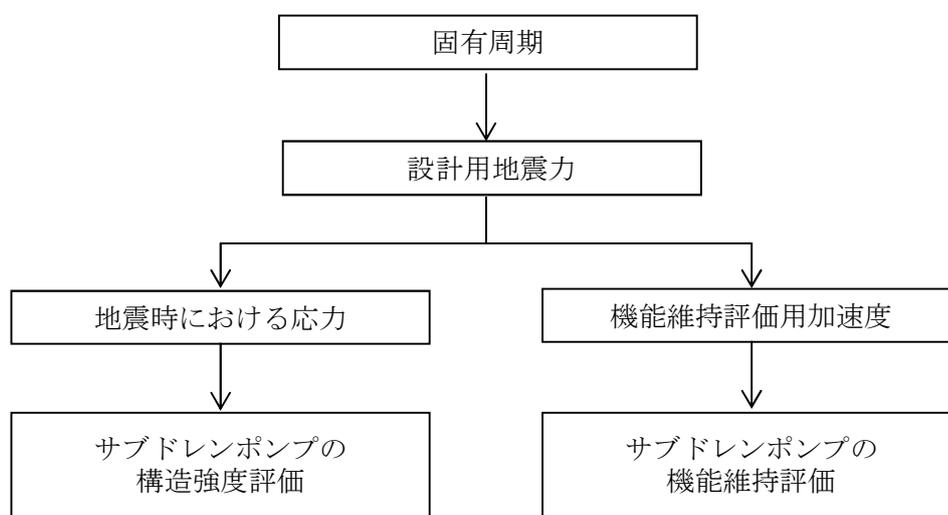


図2-1 サブドレンポンプの耐震評価フロー

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。

- (1) 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)
- (2) 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987 ((社) 日本電気協会)
- (3) 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)
- (4) 発電用原子力設備規格(設計・建設規格(2005年版(2007年追補版含む。)) JSME SNC1-2005/2007) ((社) 日本機械学会) (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 _P	ポンプ振動による震度	—
C _V	鉛直方向設計震度	—
D _i	ボルトのピッチ円直径 ^{*1}	mm
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本あたり) ^{*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 _P	予想最大両振幅	μm
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 _P	ポンプ回転により作用するモーメント	N・mm
m _i	運転時質量 ^{*2}	kg
N	回転数 (原動機の同期回転数)	rpm
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}	—
P	原動機出力	kW
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, 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、次頁のとおりとする。

i = 1 : 基礎ボルト

i = 2 : ポンプ取付ボルト

*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 = 1 : 据付面

i = 2 : ポンプ取付面

*3 : $L_{1i} \leq L_{2i}$

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 に示すとおりにする。

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

サブドレンポンプの耐震評価は、「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及び取付ボルトについて実施する。

サブドレンポンプ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

サブドレンポンプの固有周期は，振動試験（加振試験）にて求める。

4.2 固有周期の測定方法

振動試験装置により固有周期を測定する。サブドレンポンプの外形図を表 2-1 の概略構造図に示す。

4.3 固有周期の測定結果

固有周期の測定結果を表 4-1 に示す。測定の結果，固有周期は 0.05 秒以下であり，剛である事を確認した。

表 4-1 固有周期 (単位：s)

水平	0.036
鉛直	0.024

5. 構造強度評価

5.1 構造強度評価方法

- (1) ポンプ及び内容物の質量は重心に集中するものとする。
- (2) 地震力はポンプ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) ポンプは取付ボルトで架台に固定し、架台は基礎ボルトで基礎に固定する。
- (4) 転倒方向は表 2-1 概要構造図における正面方向及び平面方向について検討し、計算書には計算結果の厳しい方（許容値／発生値の小さい方をいう。）を記載する。
- (5) 設計用地震力はV-2-2-別添 1-1-1「地下水排水設備設置位置の地盤応答」に基づき設定する。

なお、サブドレンポンプは剛として扱うため、設置床面の最大応答加速度の1.2倍の値を用いて評価する。
- (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

サブドレンポンプの荷重の組合せ及び許容応力状態の評価に用いるものを表 5-1 に示す。

5.2.2 許容応力

サブドレンポンプの許容応力は、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

サブドレンポンプの使用材料の許容応力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

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
施設共通 (地震)	7号機地下水 排水設備	サブドレンポンプ	—	—*	D + P _D + M _D + S _s	I _{VAS}
浸水防護施設	7号機地下水 排水設備	サブドレンポンプ	—	—*	D + P _D + M _D + S _s	I _{VAS}

注記*：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

表 5-2 許容応力

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
I _{VAS}	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

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
基礎ボルト	SUS316L	最高使用温度	40	175	480	—
取付ボルト	SUS316L	最高使用温度	40	175	480	—

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 S_s 」による地震力は、V-2-2-別添 1-1-1「地下水排水設備設置位置の地盤応答」に基づき設定する。

表 5-4 設計用地震力

据付場所 及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s	
	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*1	鉛直方向 設計震度*1
原子炉建屋 サブドレンピット (7R-4-1) T.M.S.L. -15.25*2	0.036	0.024	—	—	$C_H=1.02$	$C_V=0.75$
タービン建屋 サブドレンピット (7T-6) T.M.S.L. -13.05*2	0.036	0.024	—	—	$C_H=1.02$	$C_V=0.75$

注記*1：設計震度は原子炉建屋及びタービン建屋を包絡したものを適用。

*2：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 ボルトの計算方法

ボルトの応力は、地震による震度，ポンプ振動による震度及びポンプ回転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。

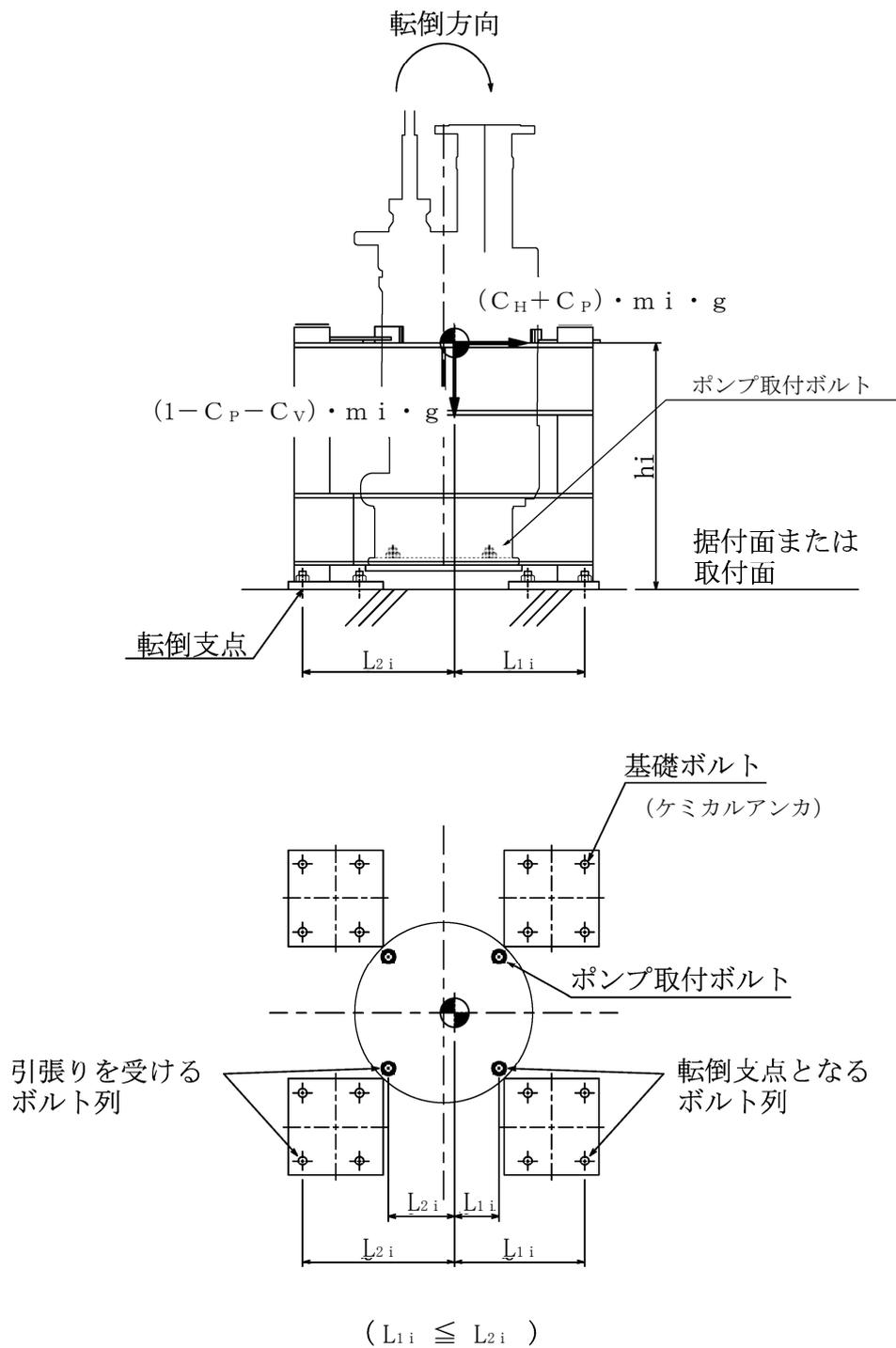


図 5-1 計算モデル

(1) 引張応力

ボルトに対する引張力は最も厳しい条件として、図5-1で最外列のボルトを支点とする転倒を考え、これを片側の最外列のボルトで受けるものとして計算する。

引張力

計算モデル図5-1の引張力

$$\begin{aligned}
 F_{bi} &= \frac{m_i \cdot g \cdot (C_H + C_P) \cdot h_i - m_i \cdot g \cdot (1 - C_P - C_V) \cdot L_{1i}}{n_{fi} \cdot (L_{1i} + L_{2i})} \\
 &= \frac{m_i \cdot g \cdot (C_H \cdot h_i + C_V \cdot L_{1i}) + m_i \cdot C_P \cdot g \cdot (h_i + L_{1i}) - m_i \cdot g \cdot L_{1i}}{n_{fi} \cdot (L_{1i} + L_{2i})} \\
 &\dots\dots\dots (5.4.1.1.1)
 \end{aligned}$$

また、 C_P はポンプ振動による振幅及び原動機の同期回転数を考慮して定める値で、次式で求める。

$$C_P = \frac{\frac{1}{2} \cdot \frac{HP}{1000} \cdot \left(2 \cdot \pi \cdot \frac{N}{60}\right)^2}{g \cdot 1000} \dots\dots\dots (5.4.1.1.2)$$

引張応力

$$\sigma_{bi} = \frac{F_{bi}}{n_{fi} \cdot A_{bi}} \dots\dots\dots (5.4.1.1.3)$$

ここで、ボルトの軸断面積 A_{bi} は次式により求める。

$$A_{bi} = \frac{\pi}{4} \cdot d_i^2 \dots\dots\dots (5.4.1.1.4)$$

ただし、 F_{bi} が負のときボルトには引張力が生じないので、引張応力の計算は行わない。

(2) せん断応力

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。なお、基礎ボルト($i=1$)については、ポンプ回転によるモーメントは作用しない。

せん断力

$$Q_{bi} = (C_H + C_P) \cdot m_i \cdot g \dots\dots\dots (5.4.1.1.5)$$

せん断応力

$$\tau_{bi} = \frac{Q_{bi} + 2 \cdot MP / D_i}{n_i \cdot A_{bi}} \dots\dots\dots (5.4.1.1.6)$$

ここで、ポンプ回転により作用するモーメントMPは次式で求める。

$$M_P = \left(\frac{60}{2 \cdot \pi \cdot N} \right) \cdot 10^6 \cdot P \dots\dots\dots (5.4.1.1.7)$$

(1kW = 10⁶ N · mm / s)

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【サブドレンポンプ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。

5.5.2 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【サブドレンポンプ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

5.4.1.1 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。

$$f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}] \dots \dots \dots (4.4.1.1)$$

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 S_s 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}	$\frac{F_i^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

6. 機能維持評価

6.1 動的機能維持評価方法

サブドレンポンプ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-2-2-別添 1-1-1「地下水排水設備設置位置の地盤応答」に基づき設定する。

サブドレンポンプ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、同型式のポンプの加振試験において動的機能の健全性を確認した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
サブドレンポンプ	水平	0.86
	鉛直	0.99

7. 評価結果

サブドレンポンプ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。

【サブドレンポンプの耐震性についての計算結果】

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 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		ポンプ振動 による震度	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*2	鉛直方向 設計震度*2			
原子炉建屋 (ピット 7R-4-1) サブドレンポンプ (A), (B)	—	地下水排水設備室 T. M. S. L. -15. 25*1	0. 036	0. 024	—	—	C _H =1. 02	C _V =0. 75	C _P =0. 21	40	—
タービン建屋 (ピット 7T-6) サブドレンポンプ (A), (B)	—	地下水排水設備室 T. M. S. L. -13. 05*1	0. 036	0. 024	—	—	C _H =1. 02	C _V =0. 75	C _P =0. 21	40	—

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計震度は原子炉建屋及びタービン建屋を包絡したものを適用。

2. 機器要目

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	L _{1 i} (mm)	L _{2 i} (mm)	D _i (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	n _{f i}
基礎ボルト (i =1)	341	345	286*	310*	—	16 (M16)	201	16	4
			306*	310*					
ポンプ取付ボルト (i =2)	179	398	94*	140*	330	16 (M16)	201	4	2
			115*	119*					

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。

部材	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向		M _P (N・mm)	H _P (μ m)	N (rpm)
					弾性設計用 地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s			
基礎ボルト (i =1)	175	480	—	210	—	水平	—	40	3000
ポンプ取付ボルト (i =2)	175	480	—	210	—	水平	4. 775×10 ⁴	40	3000

3. 計算数値

3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	—	580.2	—	4.113×10 ³
ポンプ取付ボルト (i=2)	—	1.827×10 ³	—	2.159×10 ³

4. 結論

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 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)	SUS316L	引張り	—	—	$\sigma_{b1}=1$	$f_{ts1}=126^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b1}=2$	$f_{sb1}=96$
ポンプ取付ボルト (i=2)	SUS316L	引張り	—	—	$\sigma_{b2}=5$	$f_{ts2}=157^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=4$	$f_{sb2}=121$

すべて許容応力以下である。

注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

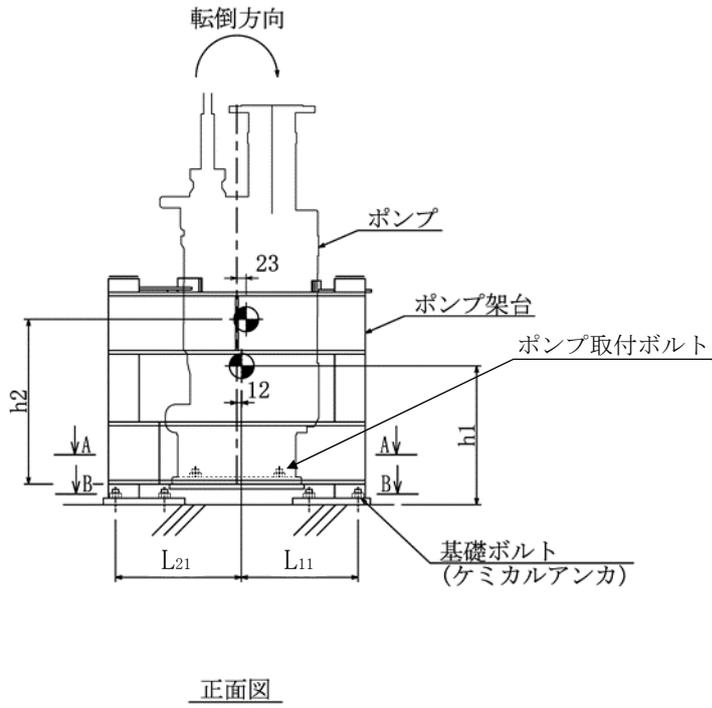
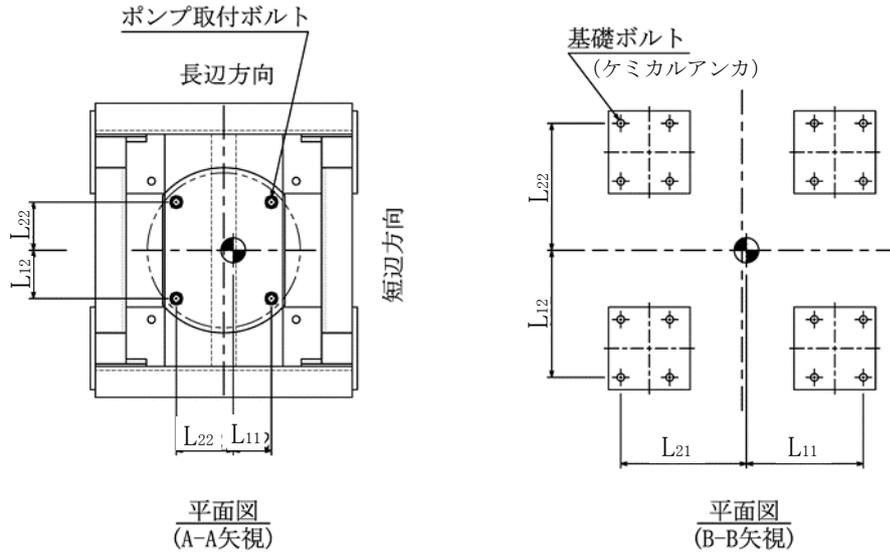
4.2 動的機能の評価結果

(×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
サブドレンポンプ	水平方向	0.85	0.86
	鉛直方向	0.62	0.99

注記*：基準地震動 S_s 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。



(単位：mm)

V-2-2-別添 1-2-3 管の耐震性についての計算書

目 次

1.	概要	1
2.	概略系統図及び鳥瞰図	2
2.1	概略系統図	2
2.2	鳥瞰図	5
3.	計算条件	7
3.1	計算方法	7
3.2	荷重の組合せ及び許容応力状態.....	7
3.3	設計条件	8
3.4	材料及び許容応力	11
3.5	設計用地震力	11
4.	解析結果及び評価	14
4.1	固有周期及び設計震度	14
4.2	評価結果	17
4.2.1	管の応力評価結果	17
4.2.2	支持構造物評価結果	18
4.2.3	代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果.....	19

1. 概要

7号機地下水排水設備は、建屋の耐震性を確保するため地下水位を建屋基礎スラブ底面レベル以下に維持する機能を有する。

7号機地下水排水設備の評価においては、V-2-1-1「耐震設計の基本方針」のうち、「10.耐震計算の基本方針 10.1 建物・構築物」及びV-1-1-9「発電用原子炉施設の溢水防護に関する説明書」に基づき、基準地震動 S_s による地震力に対して機能を維持できることを確認する。

本計算書は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」、V-2-1-12「配管及び支持構造物の耐震計算について」及びV-2-1-14「管の耐震性についての計算書作成の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき、7号機地下水排水設備のうち管及び支持構造物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。

評価結果の記載方法は、以下に示す通り。

(1) 管

工事計画記載範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点評価結果を解析モデル単位の記載する。また、全2モデルのうち各応力区分における最大応力評価点の許容値/発生値（以下「裕度」という。）が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載する。各応力区分における代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を4.2.3に記載する。

(2) 支持構造物

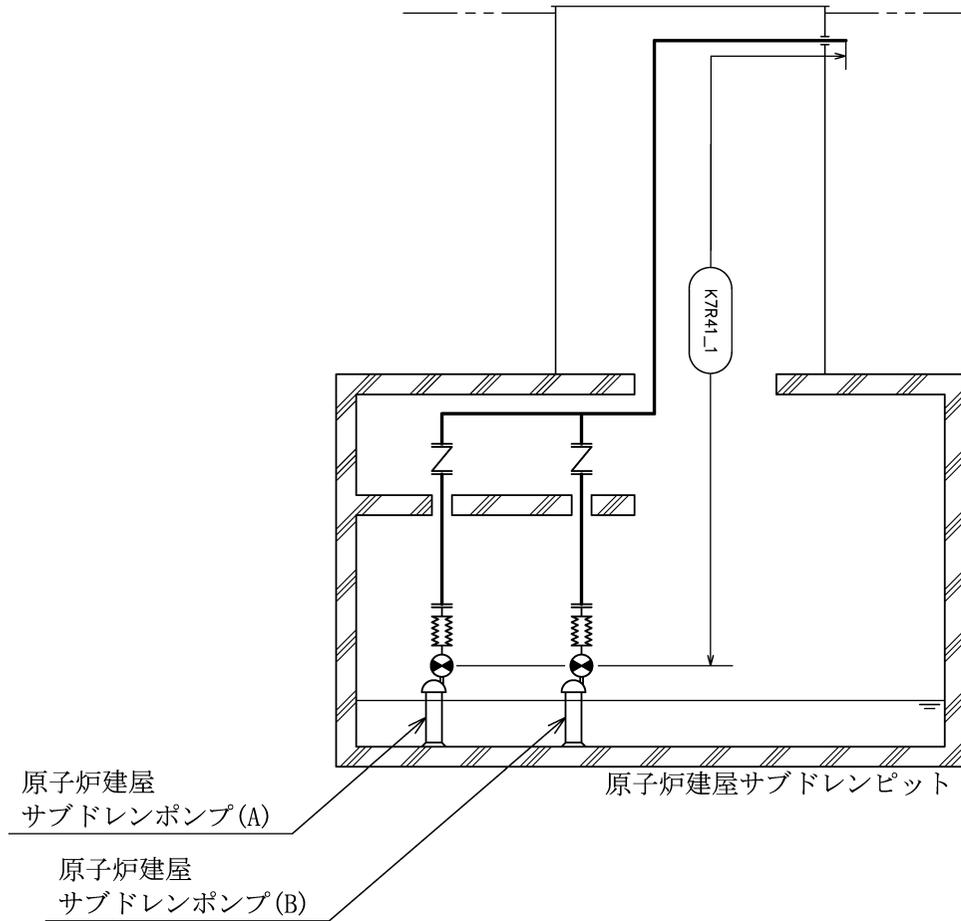
工事計画記載範囲の支持点のうち、種類及び型式ごとに反力が最大となる支持点の評価結果を代表として記載する。

2. 概略系統図及び鳥瞰図

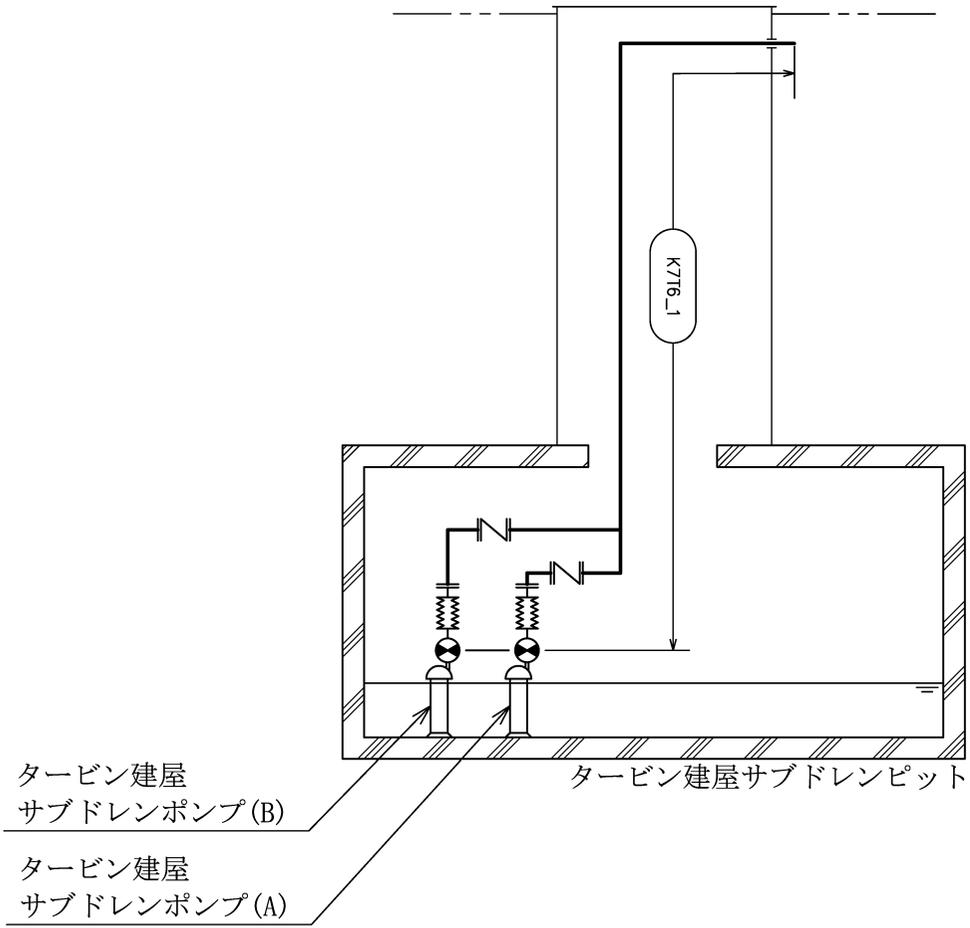
2.1 概略系統図

概略系統図記号凡例

記号	内容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管
	鳥瞰図番号
	アンカ



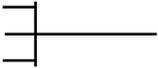
7号機地下水排水設備概略系統図 (その1)



7号機地下水排水設備概略系統図 (その2)

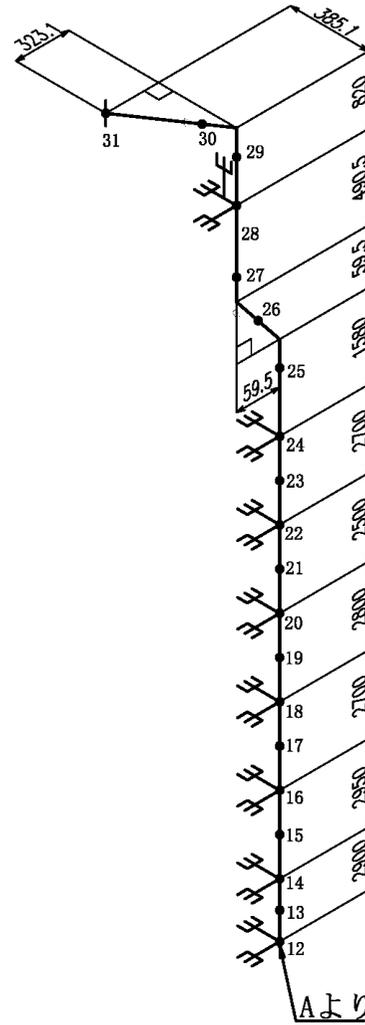
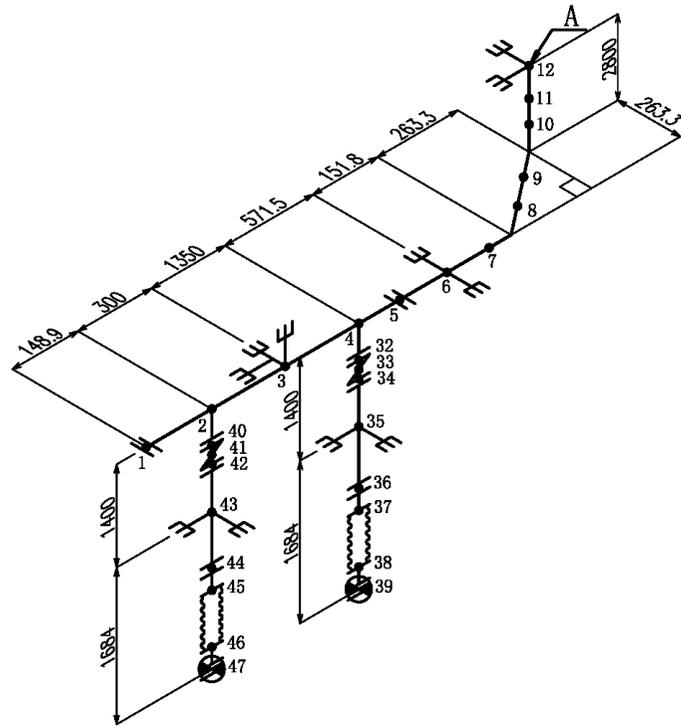
2.2 鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

記号	内容
 (太線)   	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管 質点 アンカ レストレイント

K7 ① V-2-2-別添 1-2-3 R1

9



支持点 番号	地震相対変位量(mm)		
	X	Y	Z
3	2.4	-	2.4
6	-	-	2.4
12	4.5	-	4.5
14	9.6	-	9.6
16	20.8	-	20.8
18	34.0	-	34.0
20	50.8	-	50.8
22	70.2	-	70.2
24	94.5	-	94.5
28	114.4	-	114.4
35	1.4	-	1.4
39	0.0	-	0.0
43	1.4	-	1.4
47	0.0	-	0.0

3. 計算条件

3.1 計算方法

管の構造強度評価は、V-2-1-14「計算書作成の方法 添付資料-6 管の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。解析コードは、「N u P I A S」を使用し、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 32「N u P I A S」に示す。

3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力状態を下表に示す。

施設名称	設備名称	系統名称	施設 分類*1	設備 分類	機器等の区分	耐震重要度 分類	荷重の組合せ*2	許容応力 状態
施設共通 (地震)	7号機地下水排水設備	—	DB	—	—*3	C	Ⅰ _L +S _s Ⅱ _L +S _s	Ⅳ _A S
浸水防護施設	7号機地下水排水設備	—	DB	—	—*3	C	Ⅰ _L +S _s Ⅱ _L +S _s	Ⅳ _A S

注記*1：DBは設計基準対象施設。SAは重大事故等対処設備を示す。

*2：許容応力状態ごとに最も厳しい条件又は包絡条件を用いて評価を実施する。

*3：クラス3相当として評価する。

3.3 設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管番号で区分し、管番号と対応する評価点番号を示す。

鳥瞰図 K7R41_1

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震重要度 分類	縦弾性係数 (MPa)
1	1～31, 4～32 34～36, 2～40, 42～44	0.75	40	114.3	6.0	SUS316LTP	C	193667

フランジの質量

鳥瞰図 K7R41_1

質量	対応する評価点
3 kg	31, 32, 36, 40, 44
4 kg	34, 42
6 kg	5
8 kg	1

弁部の寸法

鳥瞰図 K7R41_1

評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
32~34	114.3	12.0	292	40~42	114.3	12.0	292

弁部の質量

鳥瞰図 K7R41_1

質量	対応する評価点	質量	対応する評価点
13kg	32, 34, 40, 42	25kg	33, 41

支持点のばね定数

鳥瞰図 K7R41_1

支持点番号	各軸方向ばね定数(N/mm)			各軸回り回転ばね定数(N・mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
3	1.0×10^{12}	1.0×10^{12}	1.0×10^{12}	----	----	----
6	----	----	1.0×10^{12}	----	----	----
12	1.0×10^{12}	----	1.0×10^{12}	----	----	----
14	1.0×10^{12}	----	1.0×10^{12}	----	----	----
16	1.0×10^{12}	----	1.0×10^{12}	----	----	----
18	1.0×10^{12}	----	1.0×10^{12}	----	----	----
20	1.0×10^{12}	----	1.0×10^{12}	----	----	----
22	1.0×10^{12}	----	1.0×10^{12}	----	----	----
24	1.0×10^{12}	----	1.0×10^{12}	----	----	----
28	1.0×10^{12}	1.0×10^{12}	1.0×10^{12}	----	----	----
35	1.0×10^{12}	----	1.0×10^{12}	----	----	----
43	1.0×10^{12}	----	1.0×10^{12}	----	----	----
39	1.0×10^{12}					
47	1.0×10^{12}					

3.4 材料及び許容応力

使用する材料の最高使用温度での許容応力を下表に示す。

材料	最高使用温度 (℃)	許容応力 (MPa)			
		S_m	S_y	S_u	S_h
SUS316LTP	40	—	175	480	—

3.5 設計用地震力

本計算書において考慮する設計用地震力の算出に用いる設計用床応答曲線を以下に示す。なお、設計用床応答曲線はV-2-2-別添 1-1-1「地下水排水設備設置位置の地盤応答」の地盤応答解析の結果をV-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき策定したものをを用いる。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。

鳥瞰図	建屋・構築物	標高 (T. M. S. L.) (m)	減衰定数 (%)
K7R41_1	地下水排水設備	12.00	0.5
		-10.15	
		-10.45	
		-12.40	
		-13.00	
		-13.05	
		-15.20	
		-15.25	

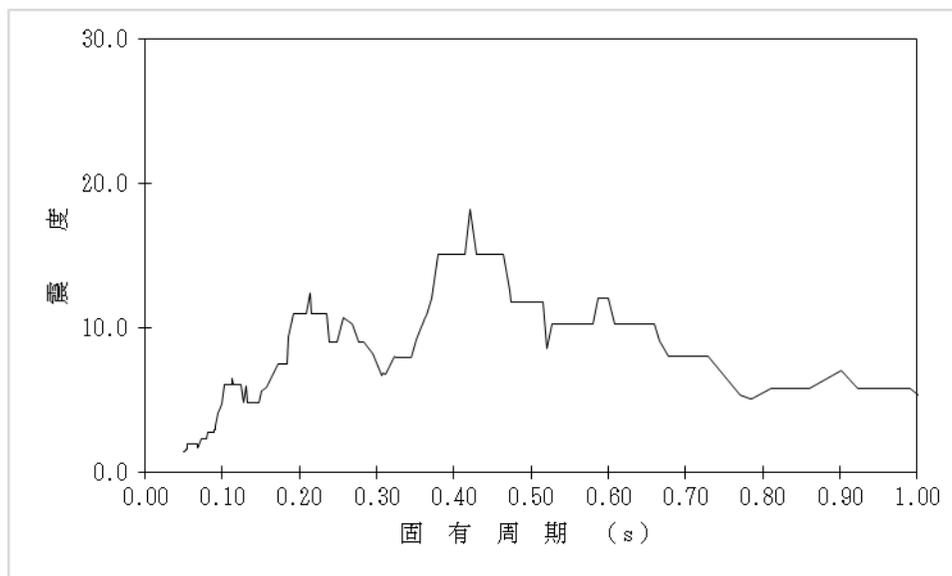
設計用床応答曲線

構造物名 : 7号機地下水排水設備

減衰定数 : 0.5%

標高 : T.M.S.L. 12.00m, -10.15m, -10.45m, -12.40m, -13.00m, -13.05m, -15.20m, -15.25m 包絡

波形名 : 基準地震動 S s



設計用床応答曲線 (水平方向)

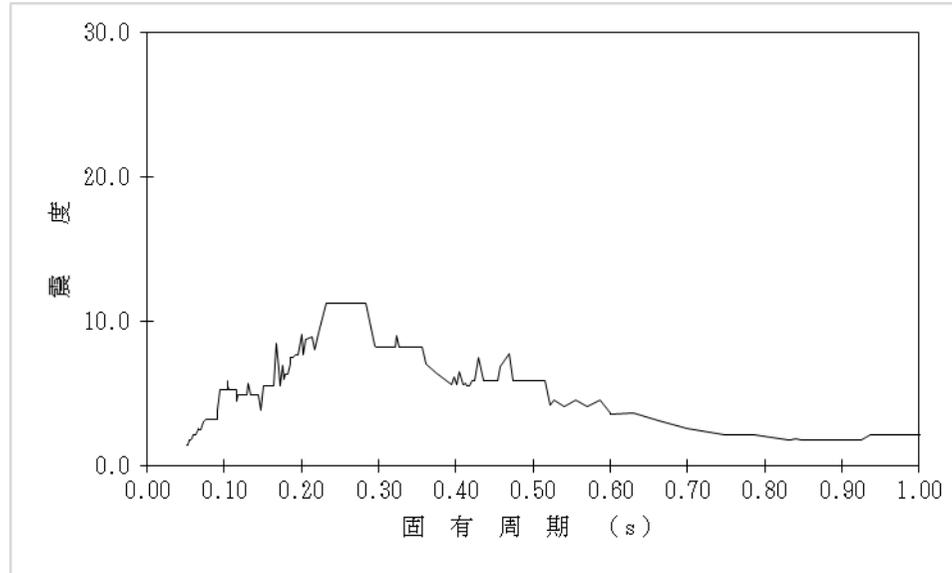
K7 ① V-2-2-別添 1-2-3 R1

構造物名 : 7 号機地下水排水設備

標高 : T. M. S. L. 12.00m, -10.15m, -10.45m, -12.40m, -13.00m, -13.05m, -15.20m, -15.25m 包絡

減衰定数 : 0.5%

波形名 : 基準地震動 S s



設計用床応答曲線 (鉛直方向)

4. 解析結果及び評価

4.1 固有周期及び設計震度

鳥瞰図 K7R41_1

適用する地震動等		S s		
モード	固有周期 (s)	応答水平震度*1		応答鉛直震度*1
		X方向	Z方向	Y方向
1次	0.072	2.15	2.15	2.86
2次	0.045	—	—	—
動的震度*2		1.73	1.73	1.31
静的震度		—	—	—

注記*1：各モードの固有周期に対し，設計用床応答曲線より得られる震度を示す。

*2：S s地震動に基づく設計用最大床応答加速度より定めた震度を示す。

各モードに対応する刺激係数

鳥瞰図 K7R41_1

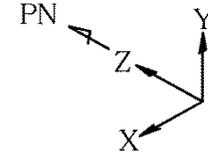
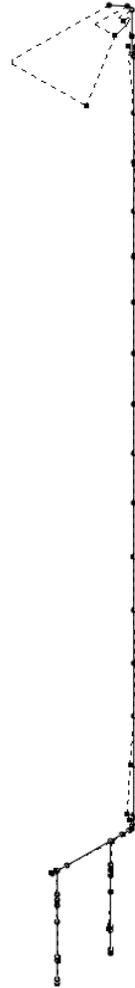
モード	固有周期 (s)	刺激係数*		
		X方向	Y方向	Z方向
1次	0.072	0.792	0.107	0.356

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。

代表的振動モード図

振動モード図は、1次モードを代表とし、各質点の変位の相対量・方向を破線で図示し、次頁以降に示す。

代表的振動モード図 (1次)



4.2 評価結果

4.2.1 管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

鳥瞰図	許容応力状態 (供用状態)	最大応力 評価点	最大応力 区分	一次応力評価 (MPa)		一次+二次応力評価 (MPa)		疲労評価
				計算応力 S _{prm} (S _s)	許容応力 0.9 S _u	計算応力 S _n (S _s)	許容応力 2 S _y	疲労累積係数 U S _s
K7R41_1	IV _A S	3	S _{prm} (S _s)	34	432	—	—	—
	IV _A S	3	S _n (S _s)	—	—	55	350	—

4.2.2 支持構造物評価結果

下表に示すとおり計算応力及び計算荷重はそれぞれの許容値以下である。

支持構造物評価結果（応力評価）

支持構造物 番号	種類	型式	材質	温度 (°C)	支持点荷重						評価結果		
					反力 (kN)			モーメント (kN・m)			応力 分類	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)
					F _X	F _Y	F _Z	M _X	M _Y	M _Z			
SDOP-14R	レストレイント	架構	STKR400	40	1	18	2	—	—	—	IV _A S	74	141

4.2.3 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し、応力分類毎に裕度最小のモデルを選定して鳥瞰図、設計条件及び評価結果を記載している。下表に、代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

No.	配管モデル	許容応力状態 IV _A S												
		一次応力					一次+二次応力					疲労評価		
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	疲労累積係数	代表
1	K7R41_1	3	34	432	12.70	○	3	55	350	6.36	○	—	—	—
2	K7T6_1	14	22	432	19.63	—	22	43	350	8.13	—	—	—	—

V-2-2-別添 1-2-4 地下水排水設備水位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	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	18
5.6.1 ボルトの応力評価	18
6. 機能維持評価	19
6.1 電気的機能維持評価方法	19
7. 評価結果	20

1. 概要

建屋評価における前提条件を満たすために、7号機地下水排水設備は、建屋の耐震性を確保するため地下水位を建屋基礎スラブ底面レベル以深に維持する機能を有する。

7号機地下水排水設備の評価においては、V-2-1-1「耐震設計の基本方針」のうち、「10. 耐震計算の基本方針 10.1 建物・構築物」及びV-1-1-9「発電用原子炉施設の溢水防護に関する説明書」に基づき、基準地震動 S_s による地震力に対して機能を維持できることを確認する。

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、7号機地下水排水設備のうち地下水排水設備水位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. 一般事項

2.1 構造計画

地下水排水設備水位の構造計画を表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	
検出器は検出器取付ボルトで架台に固定する。架台は基礎ボルトで壁に固定する。	電極式水位検出器	<p>【地下水排水設備水位】</p> <p>正面図 550</p> <p>側面図 184</p> <p>検出器取付ボルト</p> <p>検出器</p> <p>検出器取付ボルト</p> <p>架台</p> <p>基礎ボルト (ケミカルアンカ)</p> <p>サブドレンピット壁</p> <p>(正面方向) (側面方向) (単位:mm)</p>

2.2 評価方針

地下水排水設備水位の応力評価は、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」にて示す地下水排水設備水位の部位を踏まえ「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「4. 固有周期」で確認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、地下水排水設備水位の機能維持評価は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、地震時の応答加速度が電氣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。

地下水排水設備水位の耐震評価フローを図2-1に示す。

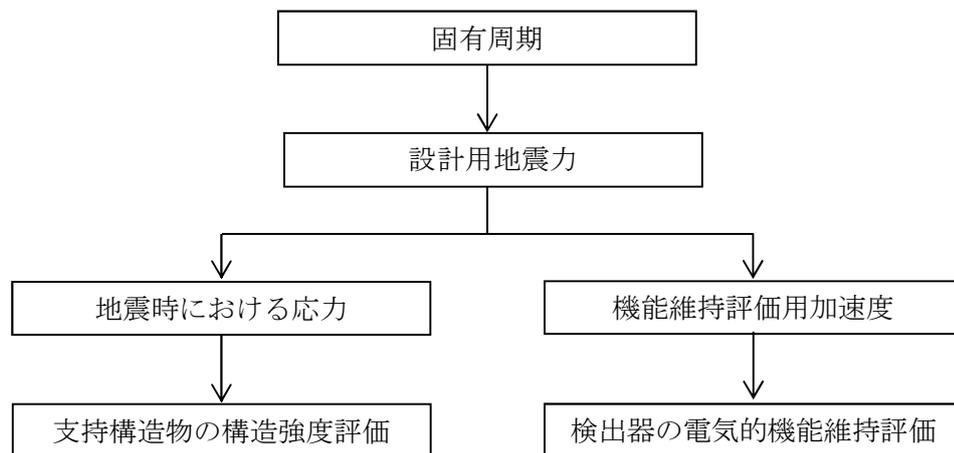


図2-1 地下水排水設備水位の耐震評価フロー

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 JEAG 4601・補-1984 ((社) 日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG 4601-1987 ((社) 日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG 4601-1991 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	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	ボルトの呼び径	mm
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-3133 に定める値	MPa
F_b	ボルトに作用する引張力 (1 本あたり)	N
F_{b1}	鉛直方向地震及び壁取付面に対し左右方向の水平方向地震によりボルトに作用する引張力 (1 本あたり) (壁掛形)	MPa
F_{b2}	鉛直方向地震及び壁取付面に対し前後方向の水平方向地震によりボルトに作用する引張力 (1 本あたり) (壁掛形)	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_{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ボルトの許容引張応力	MPa
g	重力加速度 (=9.80665)	m/s^2
h	据付面から重心までの距離	mm
l_3	重心と下側ボルト間の鉛直	mm
l_a	左側ボルトと右側ボルト間の水平方向距離	mm
l_b	上側ボルトと下側ボルト間の鉛直方向距離	mm
m	質量	kg
n	ボルトの本数	—
n_{fV}	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数(鉛直方向転倒) (壁掛形)	—
n_{fH}	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数(水平方向転倒) (壁掛形)	—
Q_b	ボルトに作用するせん断力	N
Q_{b1}	水平方向地震によりボルトに作用するせん断力(壁掛型)	N
Q_{b2}	鉛直方向地震によりボルトに作用するせん断力(壁掛型)	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°Cにおける値	MPa
σ_b	ボルトに生じる引張応力	MPa
τ_b	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	°C	—	—	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

地下水排水設備水位の耐震評価は、「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。地下水排水設備水位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

地下水排水設備水位が設置される計器架台の固有周期は、構造が同様な振動特性を持つ計器架台に対する振動試験より確認された固有周期を使用する。

4.2 固有周期の確認方法

プラスチックハンマ等により、当該装置に振動を与え自由減退振動を固有振動数測定装置（圧電式加速度ピックアップ、振動計、分析器）により記録解析する。

地下水排水設備水位の外形図を表 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。

表 4-1 固有周期 (単位: s)

地下水排水設備水位 (U61-LE-001A) (U61-LE-002A) (U61-LE-003A) (U61-LE-004A) (U61-LE-005A)	水平	0.05 以下
	鉛直	0.05 以下
地下水排水設備水位 (U61-LE-001B) (U61-LE-002B) (U61-LE-003B) (U61-LE-004B) (U61-LE-005B)	水平	0.05 以下
	鉛直	0.05 以下

5. 構造強度評価

5.1 構造強度評価方法

- (1) 地下水排水設備水位の質量は重心に集中しているものとする。
- (2) 地震力は地下水排水設備水位に対して、水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。
- (3) 地下水排水設備水位の架台は基礎ボルトでサブドレンピット壁に固定されており、固定端とする。
- (4) 転倒方向は、正面方向及び側面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) 地下水排水設備水位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

地下水排水設備水位の荷重の組合せ及び許容応力状態を表 5-1 に示す。

5.2.2 許容応力

地下水排水設備水位の許容応力を表 5-2 に示す。

5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

地下水排水設備水位の使用材料の許容応力評価条件を表 5-3 に示す。

表 5-1 荷重の組合せ及び許容応力状態

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
施設共通 (地震)	7号機地下水 排水設備	地下水排水設備水位	—	—*	$D + P_D + M_D + S_s$	$IV_A S$
その他発電用 原子炉の附属施設	浸水防護施設	地下水排水設備水位	—	—*	$D + P_D + M_D + S_s$	$IV_A S$

注記* : その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

表 5-2 許容応力

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	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$

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

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	$S_y(RT)$ (MPa)
		基礎ボルト	SUS316L	周囲環境温度	40	175

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 S_s」による地震力は、V-2-2-別添 1-2-1「地下水排水設備設置位置の地盤応答」に基づき設定する。

表 5-4 設計用地震力

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 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
		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
地下水排水 設備水位 (U61-LE-001A)	原子炉建屋 サブドレンピット T.M.S.L. -15.250 (T.M.S.L. -10.100*)	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C _H =1.06	C _V =0.75
地下水排水 設備水位 (U61-LE-002A)	原子炉建屋 サブドレンピット T.M.S.L. -15.250 (T.M.S.L. -10.100*)	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C _H =1.06	C _V =0.75
地下水排水 設備水位 (U61-LE-003A)	原子炉建屋 サブドレンピット T.M.S.L. -15.250 (T.M.S.L. -10.100*)	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C _H =1.06	C _V =0.75
地下水排水 設備水位 (U61-LE-004A)	原子炉建屋 サブドレンピット T.M.S.L. -15.250 (T.M.S.L. -10.100*)	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C _H =1.06	C _V =0.75
地下水排水 設備水位 (U61-LE-005A)	原子炉建屋 サブドレンピット T.M.S.L. -15.250 (T.M.S.L. -10.100*)	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C _H =1.06	C _V =0.75
地下水排水 設備水位 (U61-LE-001B)	タービン建屋 サブドレンピット T.M.S.L. -13.050 (T.M.S.L. -10.150*)	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C _H =1.06	C _V =0.75
地下水排水 設備水位 (U61-LE-002B)	タービン建屋 サブドレンピット T.M.S.L. -13.050 (T.M.S.L. -10.150*)	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C _H =1.06	C _V =0.75
地下水排水 設備水位 (U61-LE-003B)	タービン建屋 サブドレンピット T.M.S.L. -13.050 (T.M.S.L. -10.150*)	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C _H =1.06	C _V =0.75

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 S _d 又は静的震度		基準地震動S _s	
		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
地下水排水 設備水位 (U61-LE-004B)	タービン建屋 サブドレンピット T. M. S. L. -13. 050 (T. M. S. L. -10. 150*)	0. 05 以下	0. 05 以下	—	—	C _H =1. 06	C _V =0. 75
地下水排水 設備水位 (U61-LE-005B)	タービン建屋 サブドレンピット T. M. S. L. -13. 050 (T. M. S. L. -10. 150*)	0. 05 以下	0. 05 以下	—	—	C _H =1. 06	C _V =0. 75

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。

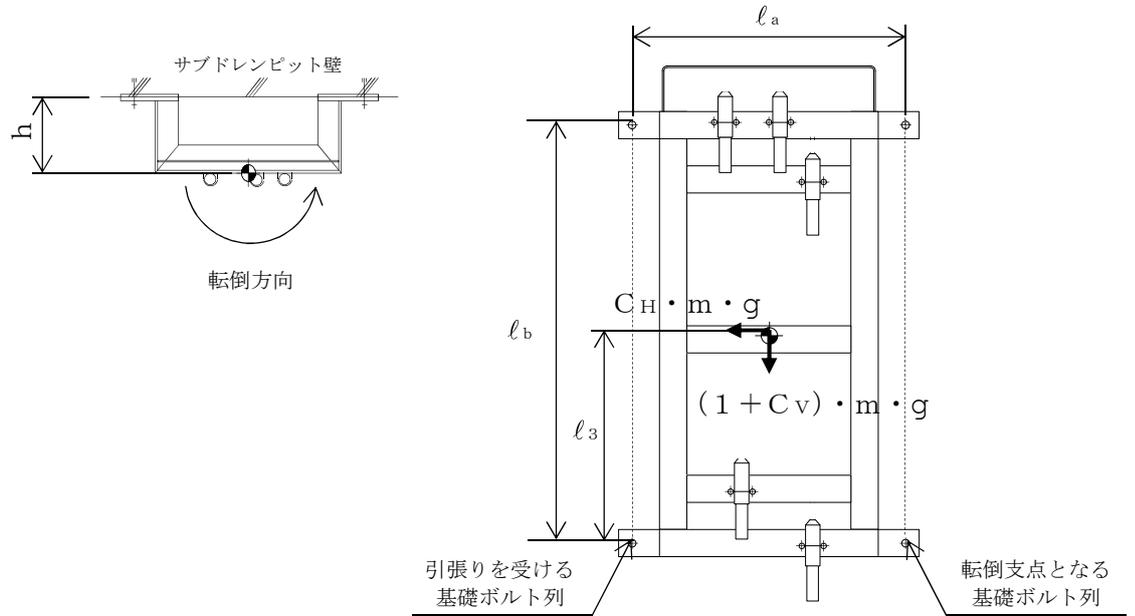


図 5-1 計算モデル（正面方向転倒）

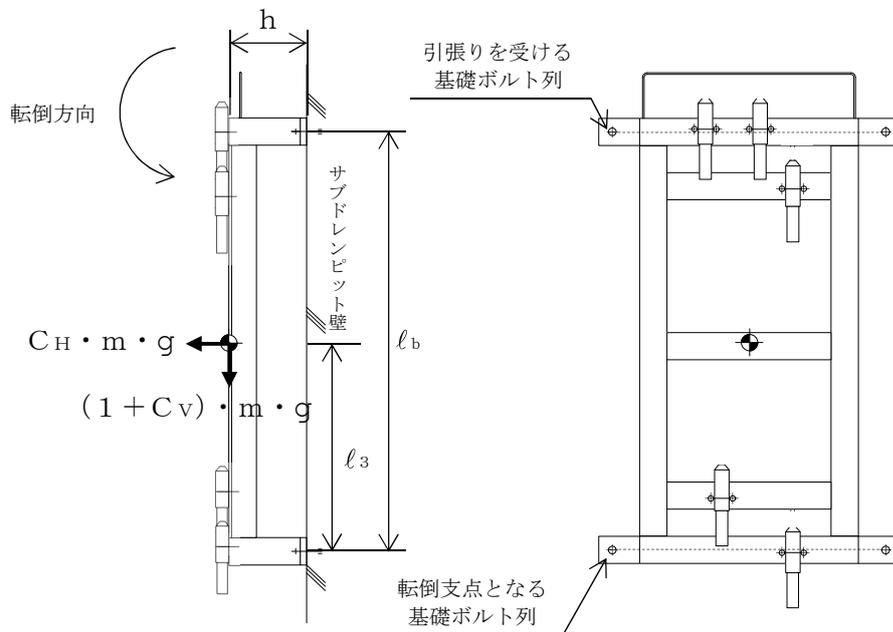


図 5-2 計算モデル（側面方向転倒）

(1) 引張応力

基礎ボルトに対する引張力は最も厳しい条件として、図 5-1 及び図 5-2 で基礎ボルトを支点とする転倒を考え、これを片側の列の基礎ボルトで受けるものとして計算する。

引張力

$$F_{b1} = \frac{m \cdot (1 + C_v) \cdot h \cdot g}{n_{fv} \cdot l_b} + \frac{m \cdot C_H \cdot h \cdot g}{n_{fH} \cdot l_a} \dots\dots\dots (5.4.1.1.1)$$

$$F_{b2} = \frac{m \cdot (1 + C_v) \cdot h \cdot g + m \cdot C_H \cdot l_3 \cdot g}{n_{fv} \cdot l_b} \dots\dots\dots (5.4.1.1.2)$$

$$F_b = \text{Max}(F_{b1}, F_{b2}) \dots\dots\dots (5.4.1.1.3)$$

引張応力

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_b} \dots\dots\dots (5.4.1.1.4)$$

ここで、基礎ボルトの軸断面積 A_b は次式により求める。

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \dots\dots\dots (5.4.1.1.5)$$

ただし、 F_b が負のとき基礎ボルトには引張力が生じないので、引張応力の計算は行わない。

(2) せん断応力

基礎ボルトに対するせん断力は基礎ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_{b1} = m \cdot C_H \cdot g \dots\dots\dots (5.4.1.1.6)$$

$$Q_{b2} = m \cdot (1 + C_v) \cdot g \dots\dots\dots (5.4.1.1.7)$$

$$Q_b = \sqrt{(Q_{b1})^2 + (Q_{b2})^2} \dots\dots\dots (5.4.1.1.8)$$

せん断応力

$$\tau_b = \frac{Q_b}{n \cdot A_b} \dots\dots\dots (5.4.1.1.9)$$

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【地下水排水設備水位の耐震性についての計算結果 (U61-LE-001A)】、【地下水排水設備水位の耐震性についての計算結果 (U61-LE-002A)】、【地下水排水設備水位の耐震性についての計算結果 (U61-LE-003A)】、【地下水排水設備水位の耐震性についての計算結果 (U61-LE-004A)】、【地下水排水設備水位の耐震性についての計算結果 (U61-LE-005A)】、【地下水排水設備水位の耐震性についての計算結果 (U61-LE-001B)】、【地下水排水設備水位の耐震性についての計算結果 (U61-LE-002B)】、【地下水排水設備水位の耐震性についての計算結果 (U61-LE-003B)】、【地下水排水設備水位の耐震性についての計算結果 (U61-LE-004B)】、【地下水排水設備水位の耐震性についての計算結果 (U61-LE-005B)】 の設計条件及び機器要目に示す。

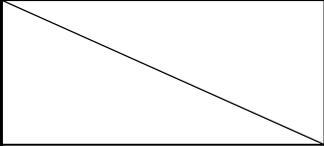
5.6 応力の評価

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。

$$f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}] \dots\dots\dots (5.6.1.1)$$

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 S_s 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}	$\frac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

6. 機能維持評価

6.1 電気的機能維持評価方法

地下水排水設備水位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-2-2-別添 1-2-1「地下水排水設備設置位置の地盤応答」に基づき、基準地震動 S_s により定まる応答加速度を設定する。

地下水排水設備水位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 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
地下水排水設備水位 (U61-LE-001A)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>
地下水排水設備水位 (U61-LE-002A)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>
地下水排水設備水位 (U61-LE-003A)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>
地下水排水設備水位 (U61-LE-004A)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>
地下水排水設備水位 (U61-LE-005A)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>
地下水排水設備水位 (U61-LE-001B)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>
地下水排水設備水位 (U61-LE-002B)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>
地下水排水設備水位 (U61-LE-003B)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>
地下水排水設備水位 (U61-LE-004B)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>
地下水排水設備水位 (U61-LE-005B)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>

7. 評価結果

地下水排水設備水位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氣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

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【地下水排水設備水位の耐震性についての計算結果 (U61-LE-001A)】

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 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			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	
地下水排水設備水位 (U61-LE-001A)	—	原子炉建屋サブドレンピット T. M. S. L. -15. 250 (T. M. S. L. -10. 100*)	0. 05 以下	0. 05 以下	—	—	C _H =1. 06	C _V =0. 75	40

注記* : 基準床レベルを示す。

2. 機器要目

部材	m (kg)	h (mm)	d (mm)	A _b (mm ²)	n	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
基礎ボルト	□	142	12 (M12)	113. 1	4	175	480	175

部材	l ₃ * (mm)	l _a * (mm)	l _b * (mm)	n _{fV} *	n _{fH} *	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用 地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト	382	490	770	2	2	—	210	—	側面方向
	382	490	770	2	2				

注記* : 各ボルトの機器要目における上段は正面方向転倒に対する評価時の要目を示し,
下段は側面方向転倒に対する評価時の要目を示す。

3. 計算数値

3.1 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 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

4. 結論

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 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SUS316L	引張り	—	—	$\sigma_b=1$	$f_{ts}=126^*$
		せん断	—	—	$\tau_b=1$	$f_{sb}=96$

すべて許容応力以下である。

注記*： $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$

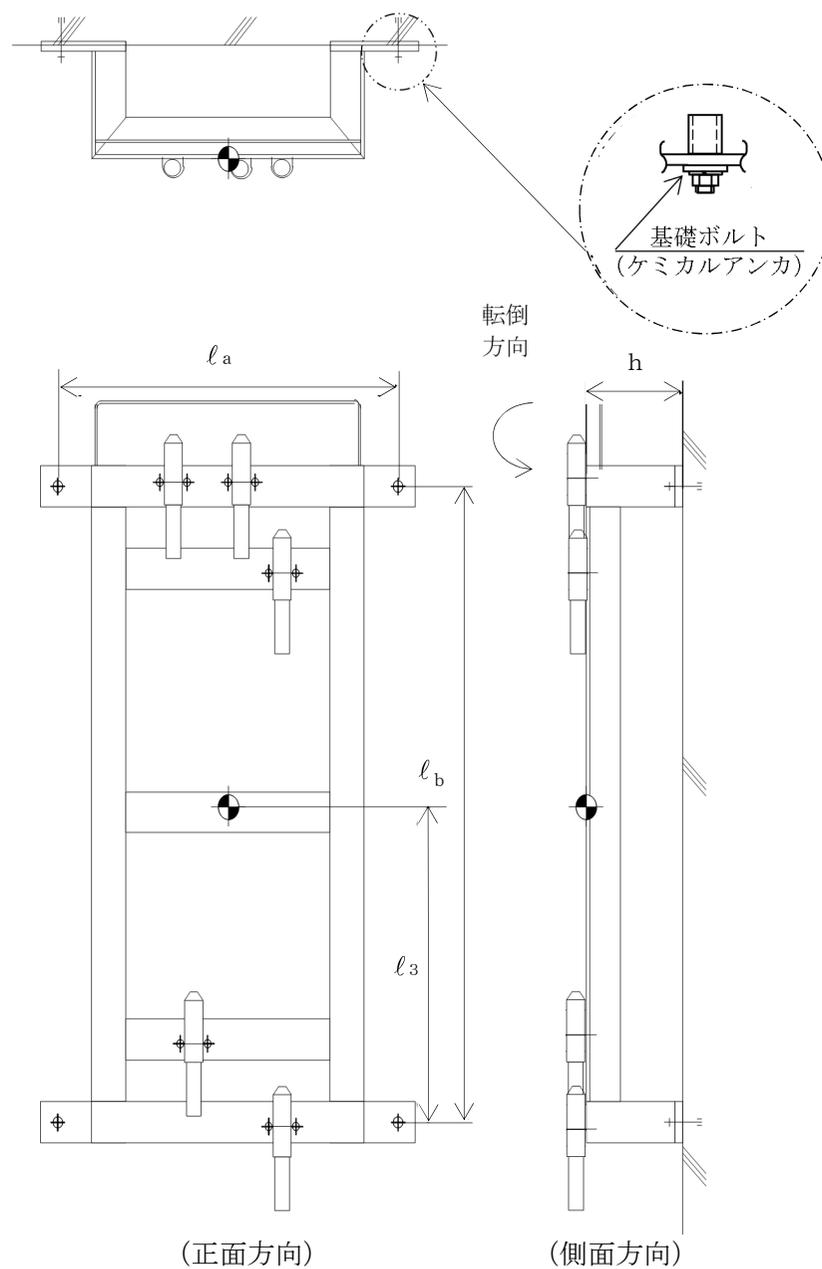
4.2 電氣的機能の評価結果

($\times 9.8\text{m/s}^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
地下水排水設備水位 (U61-LE-001A)	水平方向	0.89	<input type="text"/>
	鉛直方向	0.63	<input type="text"/>

注記*：基準地震動 S_s 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。



【地下水排水設備水位の耐震性についての計算結果 (U61-LE-002A)】

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 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			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	
地下水排水設備水位 (U61-LE-002A)	—	原子炉建屋サブドレンピット T. M. S. L. -15. 250 (T. M. S. L. -10. 100*)	0. 05 以下	0. 05 以下	—	—	C _H =1. 06	C _V =0. 75	40

注記* : 基準床レベルを示す。

2. 機器要目

部材	m (kg)	h (mm)	d (mm)	A _b (mm ²)	n	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
基礎ボルト	□	142	12 (M12)	113. 1	4	175	480	175

部材	l ₃ * (mm)	l _a * (mm)	l _b * (mm)	n _{fV} *	n _{fH} *	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト	382	490	770	2	2	—	210	—	側面方向
	382	490	770	2	2				

注記* : 各ボルトの機器要目における上段は正面方向転倒に対する評価時の要目を示し、
下段は側面方向転倒に対する評価時の要目を示す。

3. 計算数値

3.1 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 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

4. 結論

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 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SUS316L	引張り	—	—	$\sigma_b=1$	$f_{ts}=126^*$
		せん断	—	—	$\tau_b=1$	$f_{sb}=96$

すべて許容応力以下である。

注記*： $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$

4.2 電氣的機能の評価結果

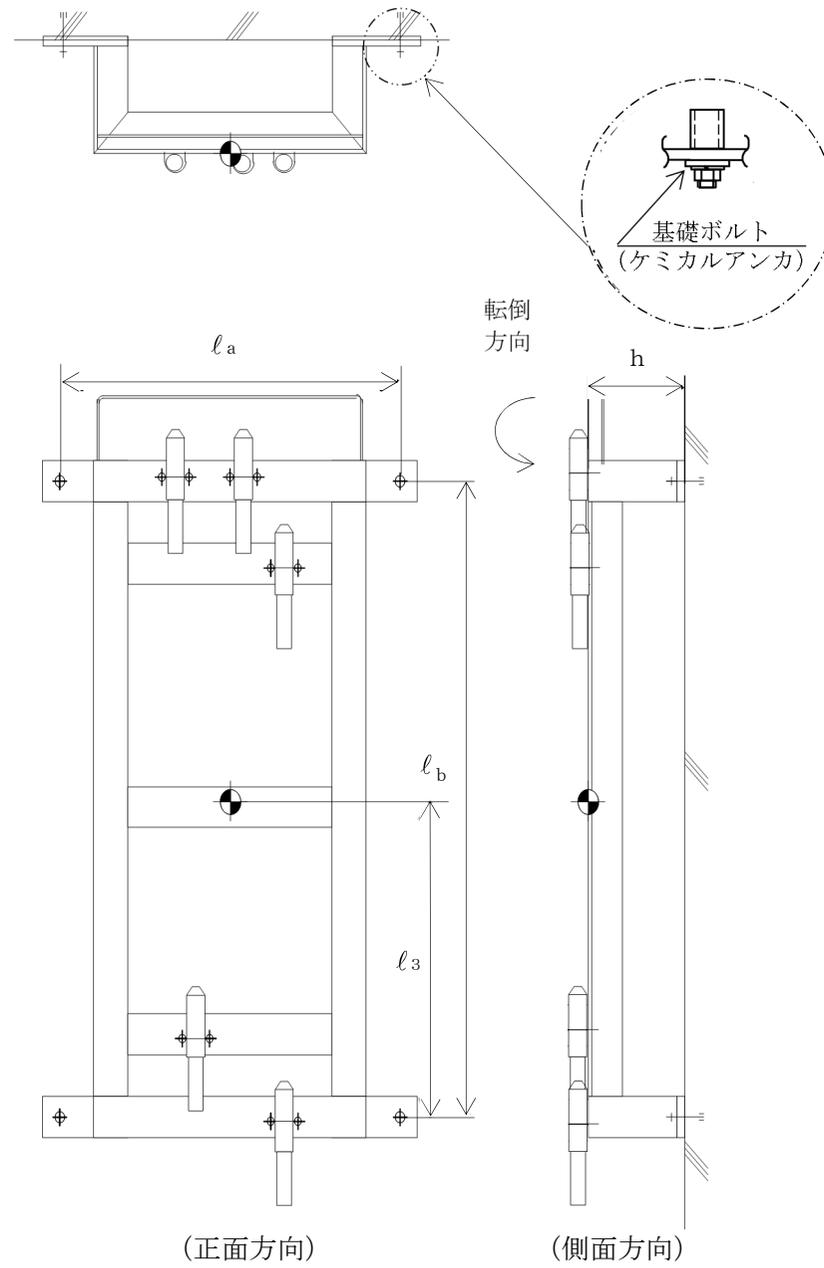
($\times 9.8\text{m/s}^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
地下水排水設備水位 (U61-LE-002A)	水平方向	0.89	<input type="text"/>
	鉛直方向	0.63	<input type="text"/>

注記*：基準地震動 S_s 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。

K7 ① V-2-2-別添 1-2-4 R1



【地下水排水設備水位の耐震性についての計算結果 (U61-LE-003A)】

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 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			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	
地下水排水設備水位 (U61-LE-003A)	—	原子炉建屋サブドレンピット T. M. S. L. -15. 250 (T. M. S. L. -10. 100*)	0. 05 以下	0. 05 以下	—	—	C _H =1. 06	C _V =0. 75	40

注記* : 基準床レベルを示す。

2. 機器要目

部材	m (kg)	h (mm)	d (mm)	A _b (mm ²)	n	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
基礎ボルト	□	142	12 (M12)	113. 1	4	175	480	175

部材	l ₃ * (mm)	l _a * (mm)	l _b * (mm)	n _{fV} *	n _{fH} *	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト	382	490	770	2	2	—	210	—	側面方向
	382	490	770	2	2				

注記* : 各ボルトの機器要目における上段は正面方向転倒に対する評価時の要目を示し、
下段は側面方向転倒に対する評価時の要目を示す。

3. 計算数値

3.1 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 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

4. 結論

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 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SUS316L	引張り	—	—	$\sigma_b=1$	$f_{ts}=126^*$
		せん断	—	—	$\tau_b=1$	$f_{sb}=96$

すべて許容応力以下である。

注記*： $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$

4.2 電氣的機能の評価結果

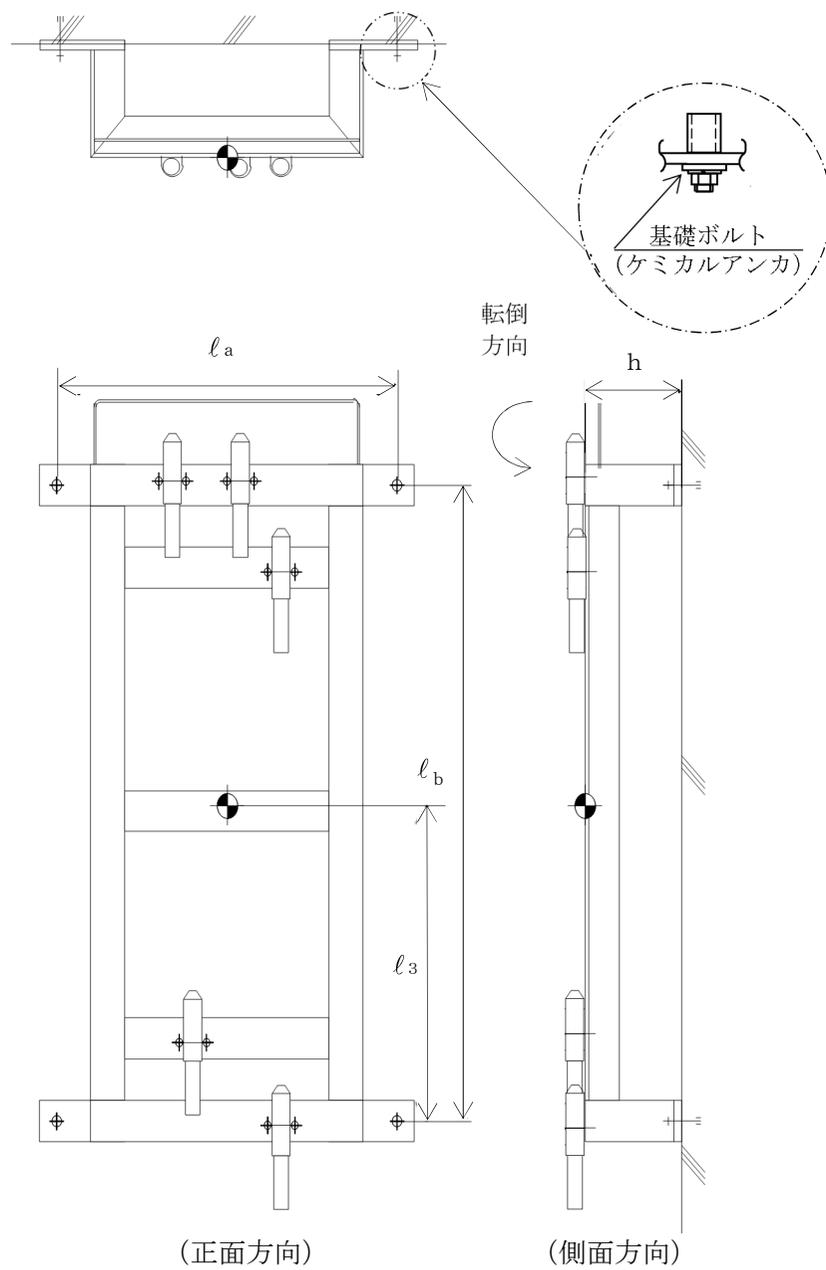
($\times 9.8\text{m/s}^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
地下水排水設備水位 (U61-LE-003A)	水平方向	0.89	<input type="text"/>
	鉛直方向	0.63	<input type="text"/>

注記*：基準地震動 S_s 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。

K7 ① V-2-2-別添 1-2-4 R1



【地下水排水設備水位の耐震性についての計算結果 (U61-LE-004A)】

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 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			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	
地下水排水設備水位 (U61-LE-004A)	—	原子炉建屋サブドレンピット T. M. S. L. -15. 250 (T. M. S. L. -10. 100*)	0. 05 以下	0. 05 以下	—	—	C _H =1. 06	C _V =0. 75	40

注記* : 基準床レベルを示す。

2. 機器要目

部材	m (kg)	h (mm)	d (mm)	A _b (mm ²)	n	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
基礎ボルト		142	12 (M12)	113. 1	4	175	480	175

部材	l ₃ * (mm)	l _a * (mm)	l _b * (mm)	n f _V * (mm)	n f _H * (mm)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用 地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト	382	490	770	2	2	—	210	—	側面方向
	382	490	770	2	2				

注記* : 各ボルトの機器要目における上段は正面方向転倒に対する評価時の要目を示し,
下段は側面方向転倒に対する評価時の要目を示す。

3. 計算数値

3.1 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 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

4. 結論

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 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SUS316L	引張り	—	—	$\sigma_b=1$	$f_{ts}=126^*$
		せん断	—	—	$\tau_b=1$	$f_{sb}=96$

すべて許容応力以下である。

注記*： $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$

4.2 電氣的機能の評価結果

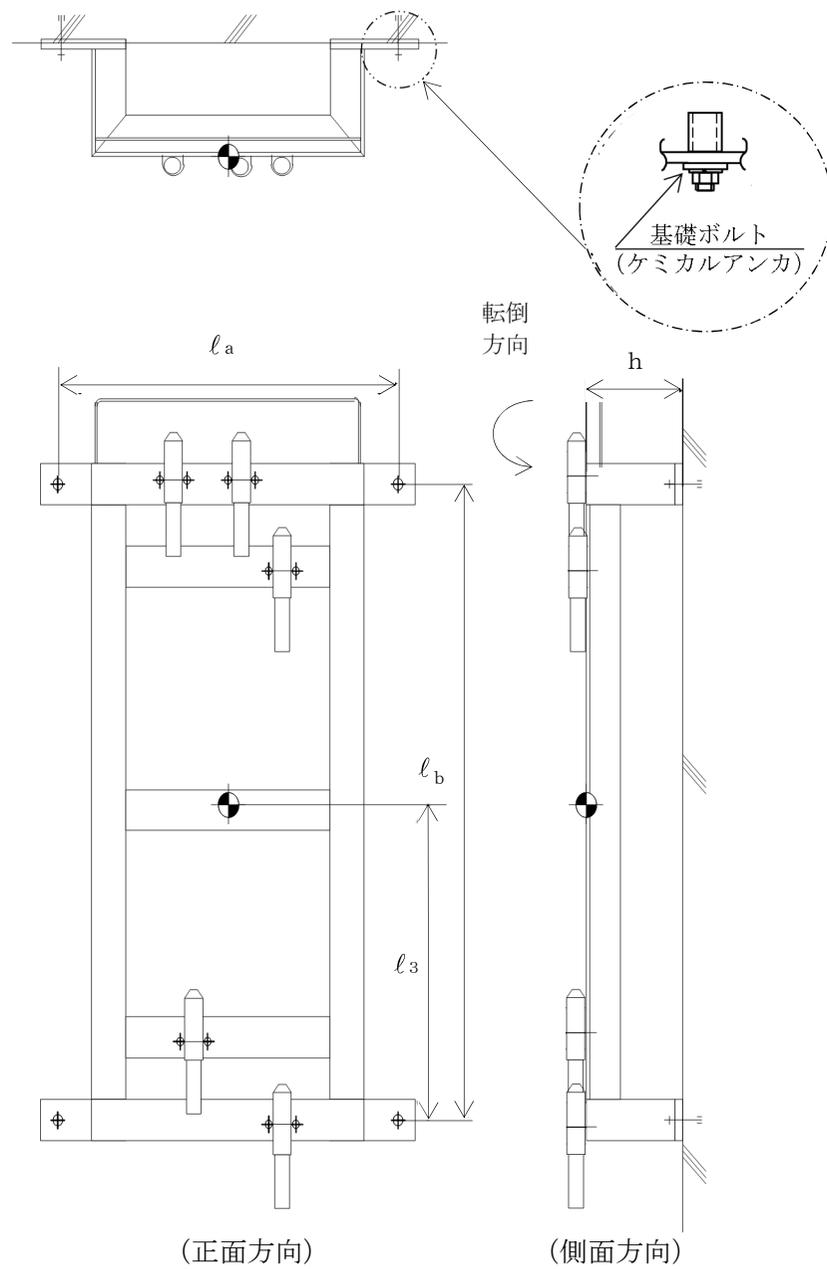
($\times 9.8\text{m/s}^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
地下水排水設備水位 (U61-LE-004A)	水平方向	0.89	<input type="text"/>
	鉛直方向	0.63	<input type="text"/>

注記*：基準地震動 S_s 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。

K7 ① V-2-2-別添 1-2-4 R1



【地下水排水設備水位の耐震性についての計算結果 (U61-LE-005A)】

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 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			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	
地下水排水設備水位 (U61-LE-005A)	—	原子炉建屋サブドレンピット T. M. S. L. -15. 250 (T. M. S. L. -10. 100*)	0. 05 以下	0. 05 以下	—	—	C _H =1. 06	C _V =0. 75	40

注記* : 基準床レベルを示す。

2. 機器要目

部材	m (kg)	h (mm)	d (mm)	A _b (mm ²)	n	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
基礎ボルト	□	142	12 (M12)	113. 1	4	175	480	175

部材	l ₃ * (mm)	l _a * (mm)	l _b * (mm)	n _{fV} *	n _{fH} *	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト	382	490	770	2	2	—	210	—	側面方向
	382	490	770	2	2				

注記* : 各ボルトの機器要目における上段は正面方向転倒に対する評価時の要目を示し、
下段は側面方向転倒に対する評価時の要目を示す。

3. 計算数値

3.1 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 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

4. 結論

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 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SUS316L	引張り	—	—	$\sigma_b=1$	$f_{ts}=126^*$
		せん断	—	—	$\tau_b=1$	$f_{sb}=96$

すべて許容応力以下である。

注記*： $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$

4.2 電氣的機能の評価結果

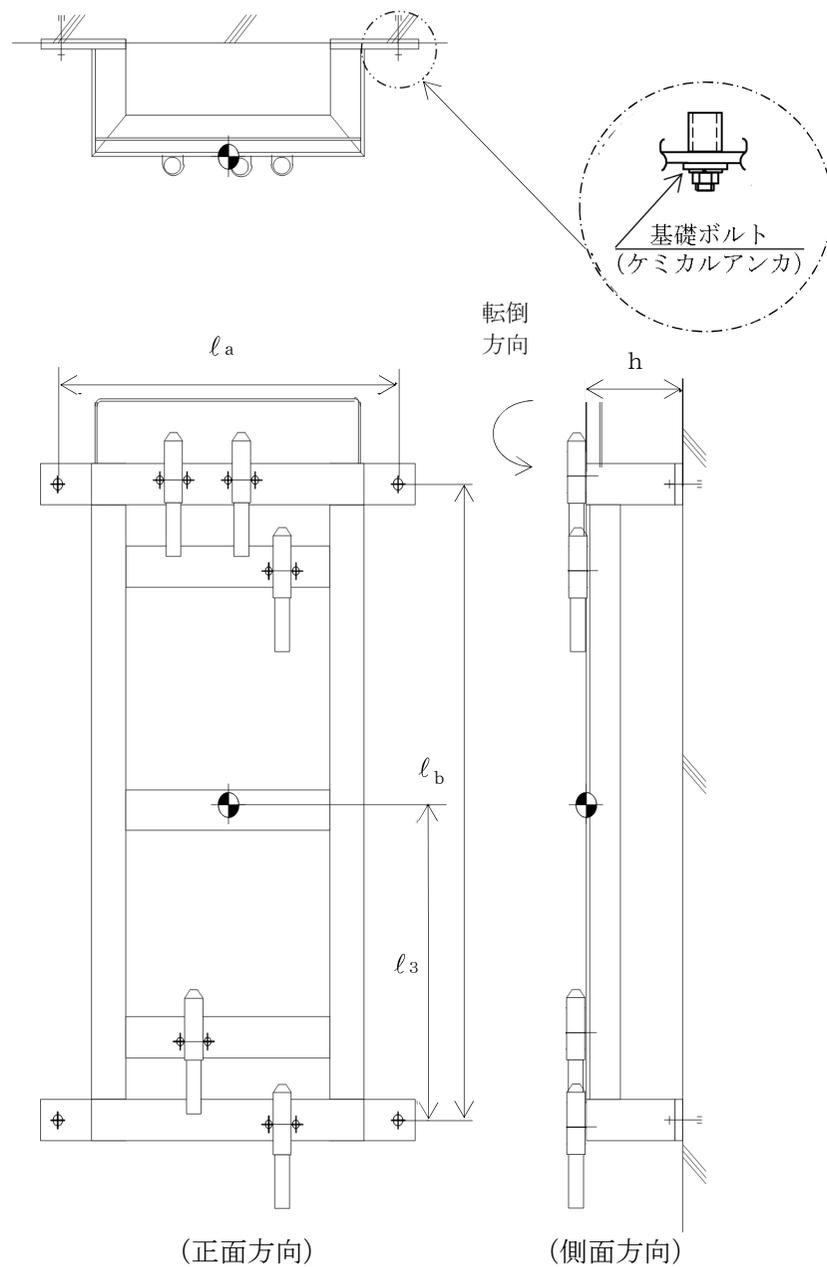
($\times 9.8\text{m/s}^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
地下水排水設備水位 (U61-LE-005A)	水平方向	0.89	<input type="text"/>
	鉛直方向	0.63	<input type="text"/>

注記*：基準地震動 S_s 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。

K7 ① V-2-2-別添 1-2-4 R1



【地下水排水設備水位の耐震性についての計算結果 (U61-LE-001B)】

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 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			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	
地下水排水設備水位 (U61-LE-001B)	—	タービン建屋サブドレンピット T. M. S. L. -13.050 (T. M. S. L. -10.150*)	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C _H =1.06	C _V =0.75	40

注記* : 基準床レベルを示す。

2. 機器要目

部材	m (kg)	h (mm)	d (mm)	A _b (mm ²)	n	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
基礎ボルト		142	12 (M12)	113.1	4	175	480	175

部材	l ₃ * (mm)	l _a * (mm)	l _b * (mm)	n _{fV} *	n _{fH} *	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト	382	490	770	2	2	—	210	—	側面方向
	382	490	770	2	2				

注記* : 各ボルトの機器要目における上段は正面方向転倒に対する評価時の要目を示し、
下段は側面方向転倒に対する評価時の要目を示す。

3. 計算数値

3.1 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 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

4. 結論

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 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SUS316L	引張り	—	—	$\sigma_b=1$	$f_{ts}=126^*$
		せん断	—	—	$\tau_b=1$	$f_{sb}=96$

すべて許容応力以下である。

注記*： $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$

4.2 電氣的機能の評価結果

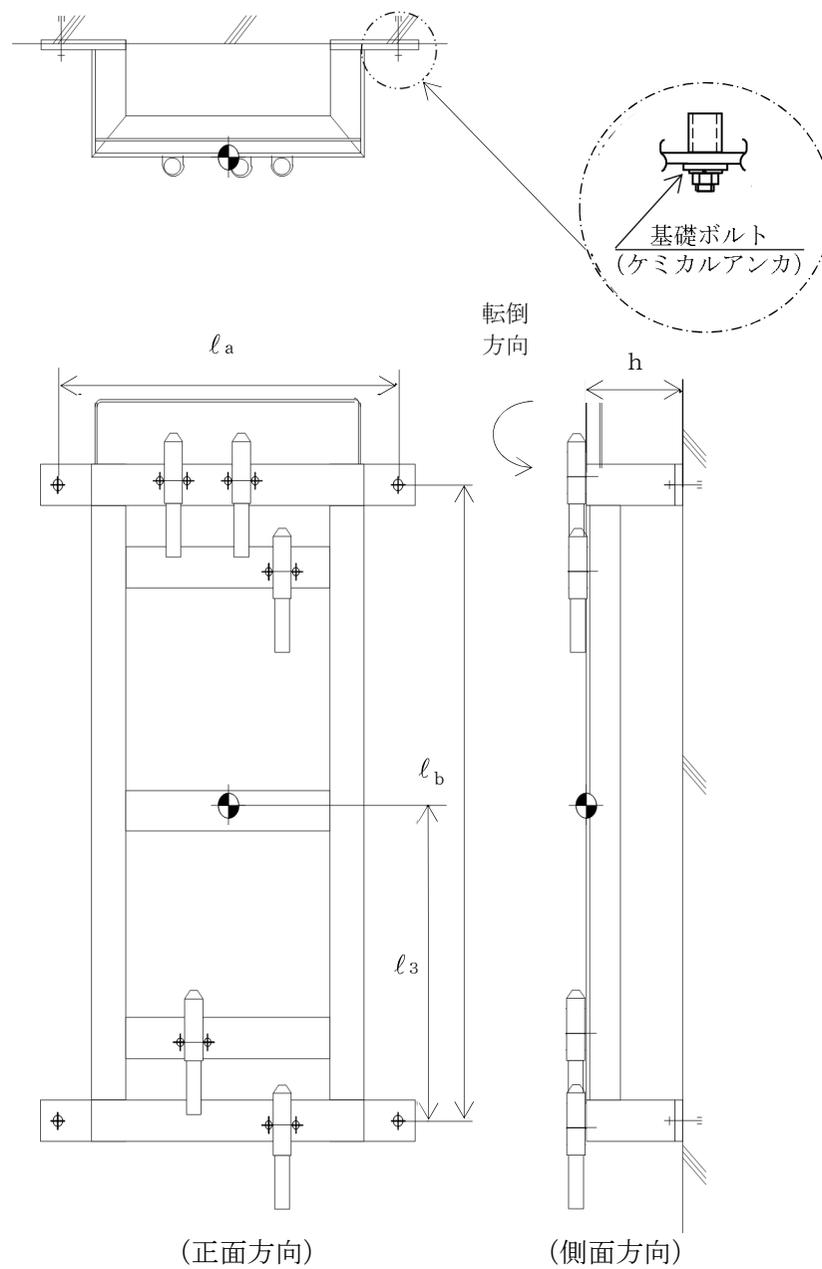
($\times 9.8\text{m/s}^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
地下水排水設備水位 (U61-LE-001B)	水平方向	0.89	<input type="text"/>
	鉛直方向	0.63	<input type="text"/>

注記*：基準地震動 S_s 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。

K7 ① V-2-2-別添 1-2-4 R1



【地下水排水設備水位の耐震性についての計算結果 (U61-LE-002B)】

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 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			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	
地下水排水設備水位 (U61-LE-002B)	—	タービン建屋サブドレンピット T. M. S. L. -13. 050 (T. M. S. L. -10. 150*)	0. 05 以下	0. 05 以下	—	—	C _H =1. 06	C _V =0. 75	40

注記* : 基準床レベルを示す。

2. 機器要目

部材	m (kg)	h (mm)	d (mm)	A _b (mm ²)	n	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
基礎ボルト		142	12 (M12)	113. 1	4	175	480	175

部材	ℓ ₃ * (mm)	ℓ _a * (mm)	ℓ _b * (mm)	n f _V * (mm)	n f _H * (mm)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用 地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト	382	490	770	2	2	—	210	—	側面方向
	382	490	770	2	2				

注記* : 各ボルトの機器要目における上段は正面方向転倒に対する評価時の要目を示し、
下段は側面方向転倒に対する評価時の要目を示す。

3. 計算数値

3.1 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 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

4. 結論

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 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SUS316L	引張り	—	—	$\sigma_b=1$	$f_{ts}=126^*$
		せん断	—	—	$\tau_b=1$	$f_{sb}=96$

すべて許容応力以下である。

注記*： $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$

4.2 電氣的機能の評価結果

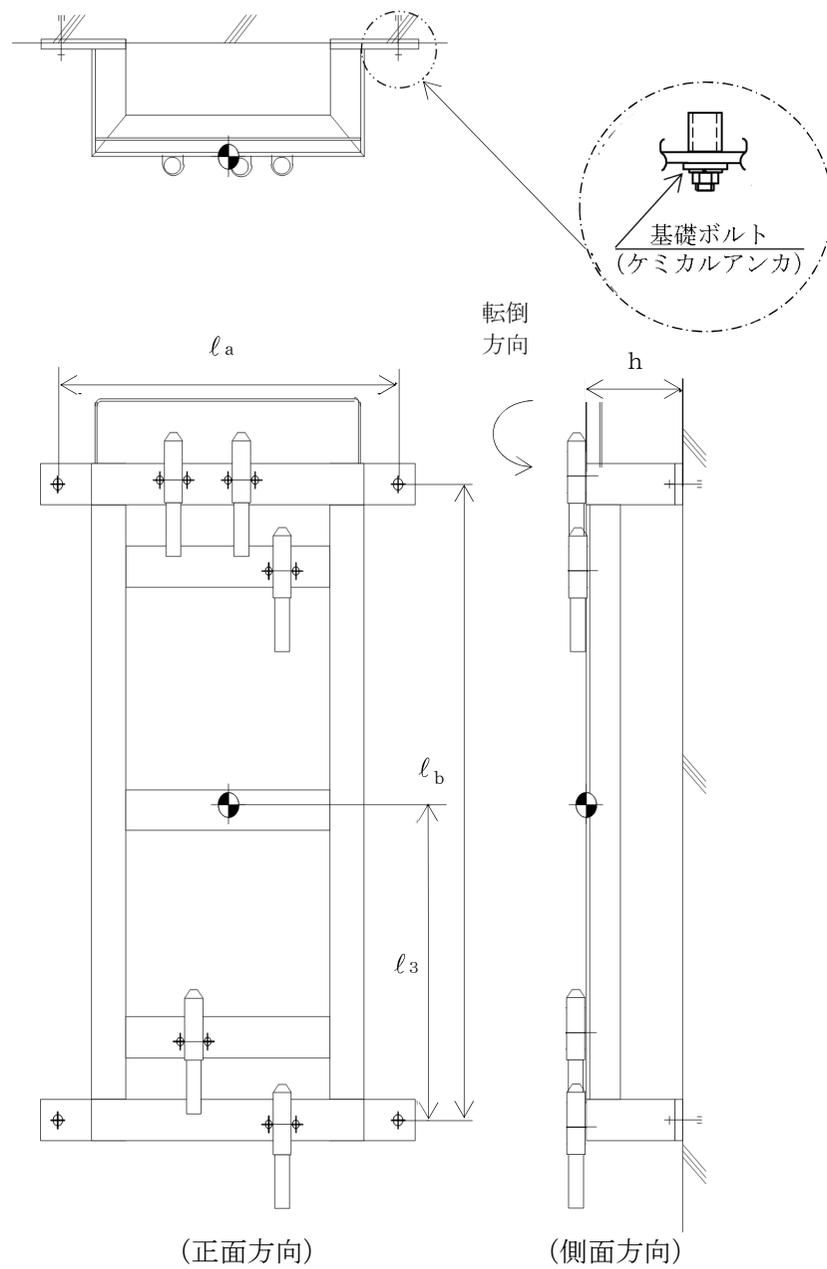
($\times 9.8\text{m/s}^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
地下水排水設備水位 (U61-LE-002B)	水平方向	0.89	<input type="text"/>
	鉛直方向	0.63	<input type="text"/>

注記*：基準地震動 S_s 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。

K7 ① V-2-2-別添 1-2-4 R1



【地下水排水設備水位の耐震性についての計算結果 (U61-LE-003B)】

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 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			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	
地下水排水設備水位 (U61-LE-003B)	—	タービン建屋サブドレンピット T. M. S. L. -13. 050 (T. M. S. L. -10. 150*)	0. 05 以下	0. 05 以下	—	—	C _H =1. 06	C _V =0. 75	40

注記* : 基準床レベルを示す。

2. 機器要目

部材	m (kg)	h (mm)	d (mm)	A _b (mm ²)	n	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
基礎ボルト		142	12 (M12)	113. 1	4	175	480	175

部材	l ₃ * (mm)	l _a * (mm)	l _b * (mm)	n _{fV} *	n _{fH} *	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用 地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト	382	490	770	2	2	—	210	—	側面方向
	382	490	770	2	2				

注記* : 各ボルトの機器要目における上段は正面方向転倒に対する評価時の要目を示し、
下段は側面方向転倒に対する評価時の要目を示す。

3. 計算数値

3.1 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 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

4. 結論

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 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SUS316L	引張り	—	—	$\sigma_b=1$	$f_{ts}=126^*$
		せん断	—	—	$\tau_b=1$	$f_{sb}=96$

すべて許容応力以下である。

注記*： $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$

4.2 電氣的機能の評価結果

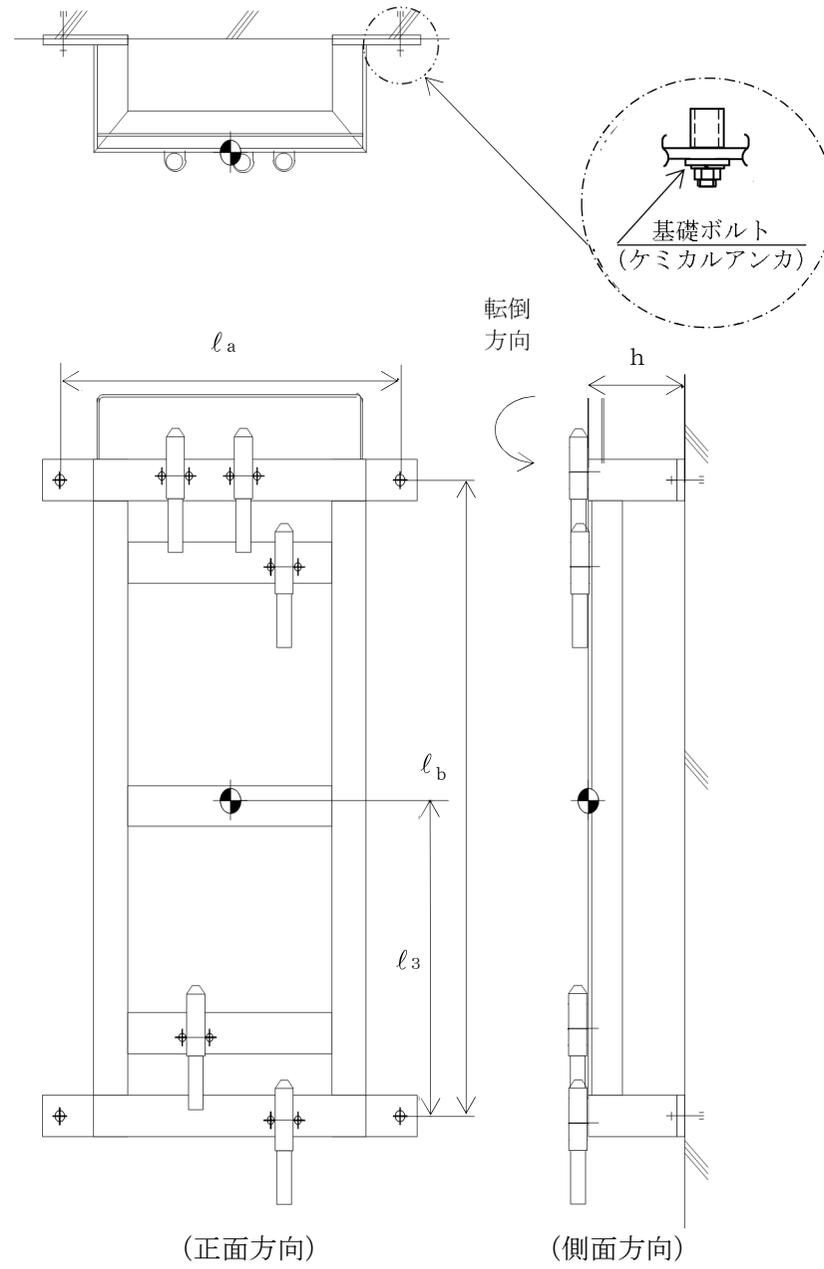
($\times 9.8\text{m/s}^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
地下水排水設備水位 (U61-LE-003B)	水平方向	0.89	<input type="text"/>
	鉛直方向	0.63	<input type="text"/>

注記*：基準地震動 S_s 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。

K7 ① V-2-2-別添 1-2-4 R1



【地下水排水設備水位の耐震性についての計算結果 (U61-LE-004B)】

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 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			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	
地下水排水設備水位 (U61-LE-004B)	—	タービン建屋サブドレンピット T. M. S. L. -13. 050 (T. M. S. L. -10. 150*)	0. 05 以下	0. 05 以下	—	—	C _H =1. 06	C _V =0. 75	40

注記* : 基準床レベルを示す。

2. 機器要目

部材	m (kg)	h (mm)	d (mm)	A _b (mm ²)	n	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
基礎ボルト		142	12 (M12)	113. 1	4	175	480	175

部材	ℓ ₃ * (mm)	ℓ _a * (mm)	ℓ _b * (mm)	n _{fV} *	n _{fH} *	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用 地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト	382	490	770	2	2	—	210	—	側面方向
	382	490	770	2	2				

注記* : 各ボルトの機器要目における上段は正面方向転倒に対する評価時の要目を示し、
下段は側面方向転倒に対する評価時の要目を示す。

3. 計算数値

3.1 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 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

4. 結論

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 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SUS316L	引張り	—	—	$\sigma_b=1$	$f_{ts}=126^*$
		せん断	—	—	$\tau_b=1$	$f_{sb}=96$

すべて許容応力以下である。

注記*： $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$

4.2 電気的機能の評価結果

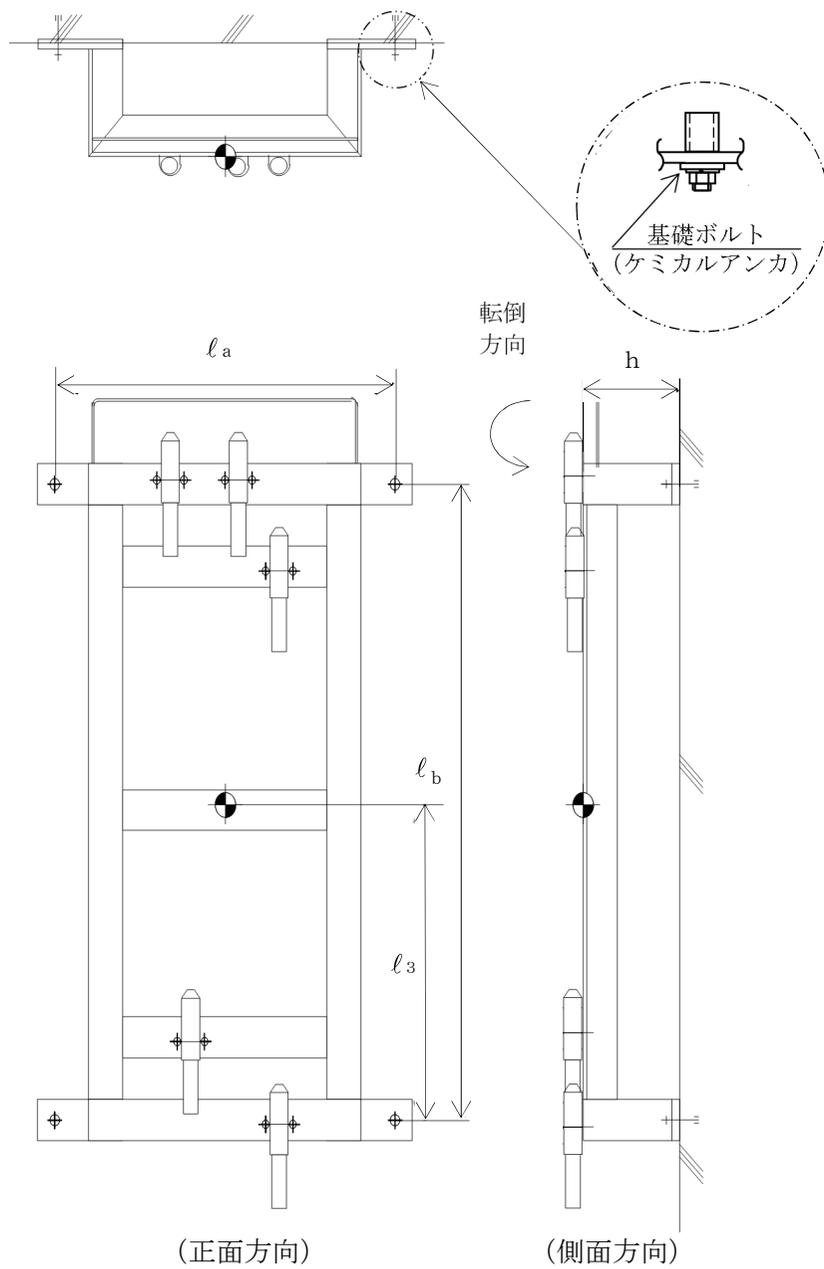
($\times 9.8\text{m/s}^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
地下水排水設備水位 (U61-LE-004B)	水平方向	0.89	<input type="text"/>
	鉛直方向	0.63	<input type="text"/>

注記*：基準地震動 S_s 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。

K7 ① V-2-2-別添 1-2-4 R1



【地下水排水設備水位の耐震性についての計算結果 (U61-LE-005B)】

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 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			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	
地下水排水設備水位 (U61-LE-005B)	—	タービン建屋サブドレンピット T. M. S. L. -13. 050 (T. M. S. L. -10. 150*)	0. 05 以下	0. 05 以下	—	—	C _H =1. 06	C _V =0. 75	40

注記* : 基準床レベルを示す。

2. 機器要目

部材	m (kg)	h (mm)	d (mm)	A _b (mm ²)	n	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
基礎ボルト		142	12 (M12)	113. 1	4	175	480	175

部材	ℓ ₃ * (mm)	ℓ _a * (mm)	ℓ _b * (mm)	n f _V * (mm)	n f _H * (mm)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用 地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト	382	490	770	2	2	—	210	—	側面方向
	382	490	770	2	2				

注記* : 各ボルトの機器要目における上段は正面方向転倒に対する評価時の要目を示し、
下段は側面方向転倒に対する評価時の要目を示す。

3. 計算数値

3.1 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 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

4. 結論

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 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SUS316L	引張り	—	—	$\sigma_b=1$	$f_{ts}=126^*$
		せん断	—	—	$\tau_b=1$	$f_{sb}=96$

すべて許容応力以下である。

注記*： $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$

4.2 電氣的機能の評価結果

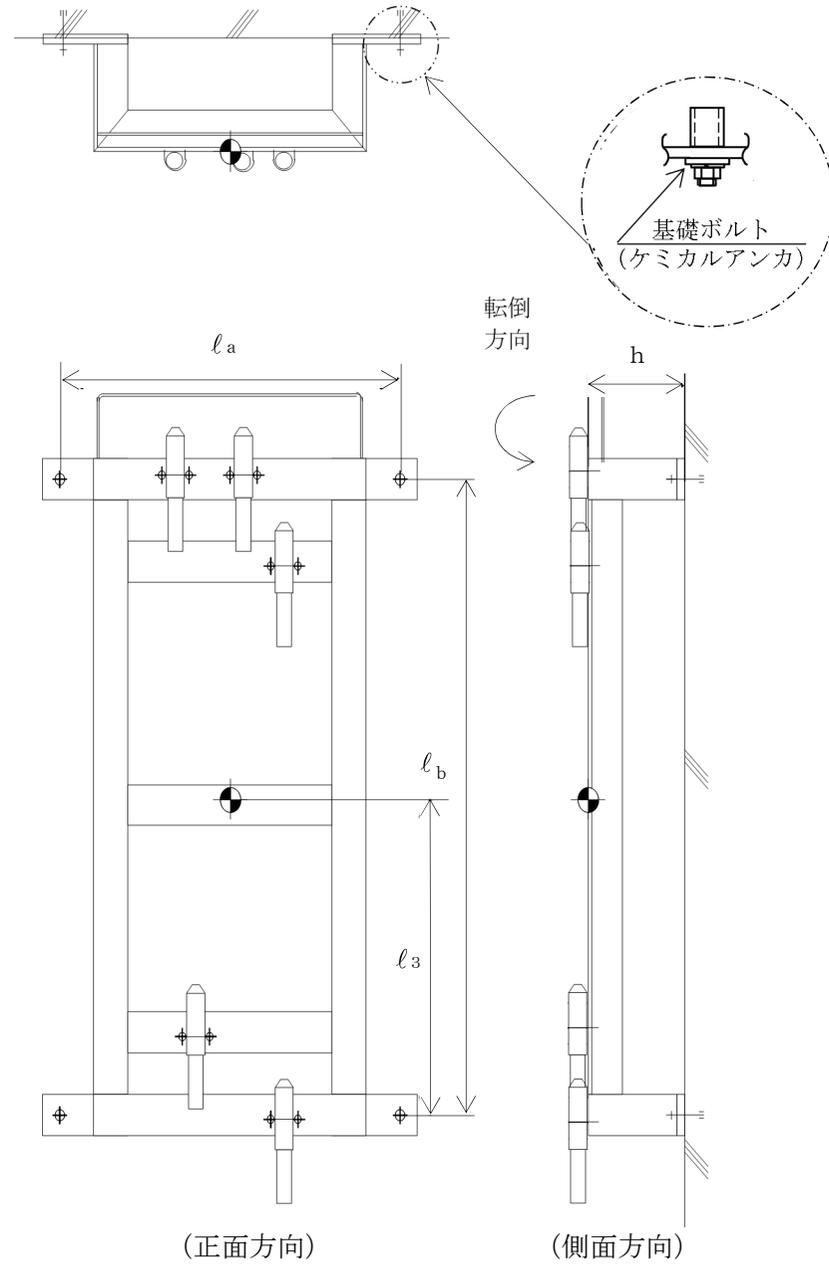
($\times 9.8\text{m/s}^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
地下水排水設備水位 (U61-LE-005B)	水平方向	0.89	<input type="text"/>
	鉛直方向	0.63	<input type="text"/>

注記*：基準地震動 S_s 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。

K7 ① V-2-2-別添 1-2-4 R1E



V-2-2-別添 1-2-5 サブドレン動力制御盤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
3. 固有周期	3
3.1 固有周期の確認	3
4. 構造強度評価	4
4.1 構造強度評価方法	4
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	4
4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	4
4.2.2 許容応力	4
4.2.3 使用材料の許容応力評価条件	4
4.3 計算条件	4
5. 機能維持評価	8
5.1 電氣的機能維持評価方法	8
6. 評価結果	9

1. 概要

7号機地下水排水設備は、建屋の耐震性を確保するため地下水位を建屋基礎スラブ底面レベル以深に維持する機能を有する。

7号機地下水排水設備の評価においては、V-2-1-1「耐震設計の基本方針」のうち、「10. 耐震計算の基本方針 10.1 建物・構築物」及びV-1-1-9「発電用原子炉施設の溢水防護に関する説明書」に基づき、基準地震動 S_s による地震力に対して機能を維持できることを確認する。

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、7号機地下水排水設備のうちサブドレン動力制御盤が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを説明するものである。

なお、サブドレン動力制御盤は、V-2-1-14「計算書作成の方法」に記載の壁掛形であるため、V-2-1-14「計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

サブドレン動力制御盤の構造計画を表 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													
<p>サブドレン動力制御盤は、取付ボルトによりチャンネルベースに固定される。 チャンネルベースは、壁に基礎ボルトで設置される。</p>	<p>壁掛形 (鋼材及び鋼板を組み合わせた壁掛閉鎖型の盤)</p>	<p>【サブドレン動力制御盤】</p> <p>(正面方向)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>機器名称</th> <th>サブドレン動力制御盤 (H21-P751)</th> <th>サブドレン動力制御盤 (H21-P752)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>たて</td> <td>700</td> <td>700</td> </tr> <tr> <td>横</td> <td>1000</td> <td>1000</td> </tr> <tr> <td>高さ</td> <td>1650</td> <td>1650</td> </tr> </tbody> </table> <p>(側面方向)</p> <p>(単位：mm)</p>	機器名称	サブドレン動力制御盤 (H21-P751)	サブドレン動力制御盤 (H21-P752)	たて	700	700	横	1000	1000	高さ	1650	1650
機器名称	サブドレン動力制御盤 (H21-P751)	サブドレン動力制御盤 (H21-P752)												
たて	700	700												
横	1000	1000												
高さ	1650	1650												

3. 固有周期

3.1 固有周期の確認

振動試験装置により固有振動数を測定する。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。固有周期の確認結果を表3-1に示す。

表3-1 固有周期

(単位：s)

サブドレン動力制御盤 (H21-P751)	水平	0.05 以下
	鉛直	0.05 以下
サブドレン動力制御盤 (H21-P752)	水平	0.05 以下
	鉛直	0.05 以下

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

サブドレン動力制御盤の構造強度評価は、V-2-1-14「計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

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

サブドレン動力制御盤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

サブドレン動力制御盤の許容応力は、表 4-2 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

サブドレン動力制御盤の使用材料の許容応力評価に用いるものを表 4-3 に示す。

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【サブドレン動力制御盤(H21-P751)の耐震性についての計算結果】及び【サブドレン動力制御盤(H21-P752)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。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態

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
施設共通 (地震)	7号機地下水 排水設備	サブドレン動力制御盤	—	—*	$D + P_D + M_D + S_s$	$IV_A S$
浸水防護施設	7号機地下水 排水設備	サブドレン動力制御盤	—	—*	$D + P_D + M_D + S_s$	$IV_A S$

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 許容応力

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 _A S	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$

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 4-3 使用材料の許容応力評価条件

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	SS400 (40mm<径)	周囲環境温度	40	215	400	—
取付ボルト	SS400 (40mm<径)	周囲環境温度	40	215	400	—

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

サブドレン動力制御盤の電氣的機能維持評価は、V-2-1-14「計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

サブドレン動力制御盤に設置される器具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、同形式の器具の正弦波加振試験において、電氣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 5-1 に示す。

表 5-1 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
サブドレン動力制御盤 (H21-P751)	水平	4.59
	鉛直	3.91
サブドレン動力制御盤 (H21-P752)	水平	4.59
	鉛直	3.91

6. 評価結果

サブドレン動力制御盤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氣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

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

K7 ① V-2-2-別添 1-2-5 R1

【サブドレン動力制御盤 (H21-P751) の耐震性についての計算結果】

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 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			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	
サブドレン動力制御盤 (H21-P751)	—	原子炉建屋 T.M.S.L. 12.3 (T.M.S.L. 18.1*)	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C _H =1.45	C _V =1.34	40

注記* : 基準床レベルを示す。

2. 機器要目

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)
基礎ボルト (i=1)	1036	370	20 (M20)	314.2	12	215 (40mm<径)	400 (40mm<径)
取付ボルト (i=2)	911	270	16 (M16)	201.1	16	215 (40mm<径)	400 (40mm<径)

部材	l _{1 i} * (mm)	l _{2 i} * (mm)	l _{3 i} * (mm)	n _{f v i} *	n _{f H i} *	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用 地震動 S _d 又は 静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	730	1460	960	2	4	—	258	—	側面方向
	730	1460	960	2	4				
取付ボルト (i=2)	725	1450	950	3	5	—	258	—	側面方向
	725	1450	950	3	5				

注記* : 各ボルトの機器要目における上段は正面方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は側面方向転倒に対する評価時の要目を示す。

3. 計算数値

3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用 地震動 S _d 又は 静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用 地震動 S _d 又は 静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	—	6.692×10 ³	—	2.796×10 ⁴
取付ボルト (i=2)	—	3.455×10 ³	—	2.458×10 ⁴

4. 結論

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 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			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	—	—	$\sigma_{b1}=22$	$f_{ts1}=154^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b1}=8$	$f_{sb1}=119$
取付ボルト (i=2)	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{b2}=18$	$f_{ts2}=193^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=8$	$f_{sb2}=148$

すべて許容応力以下である。

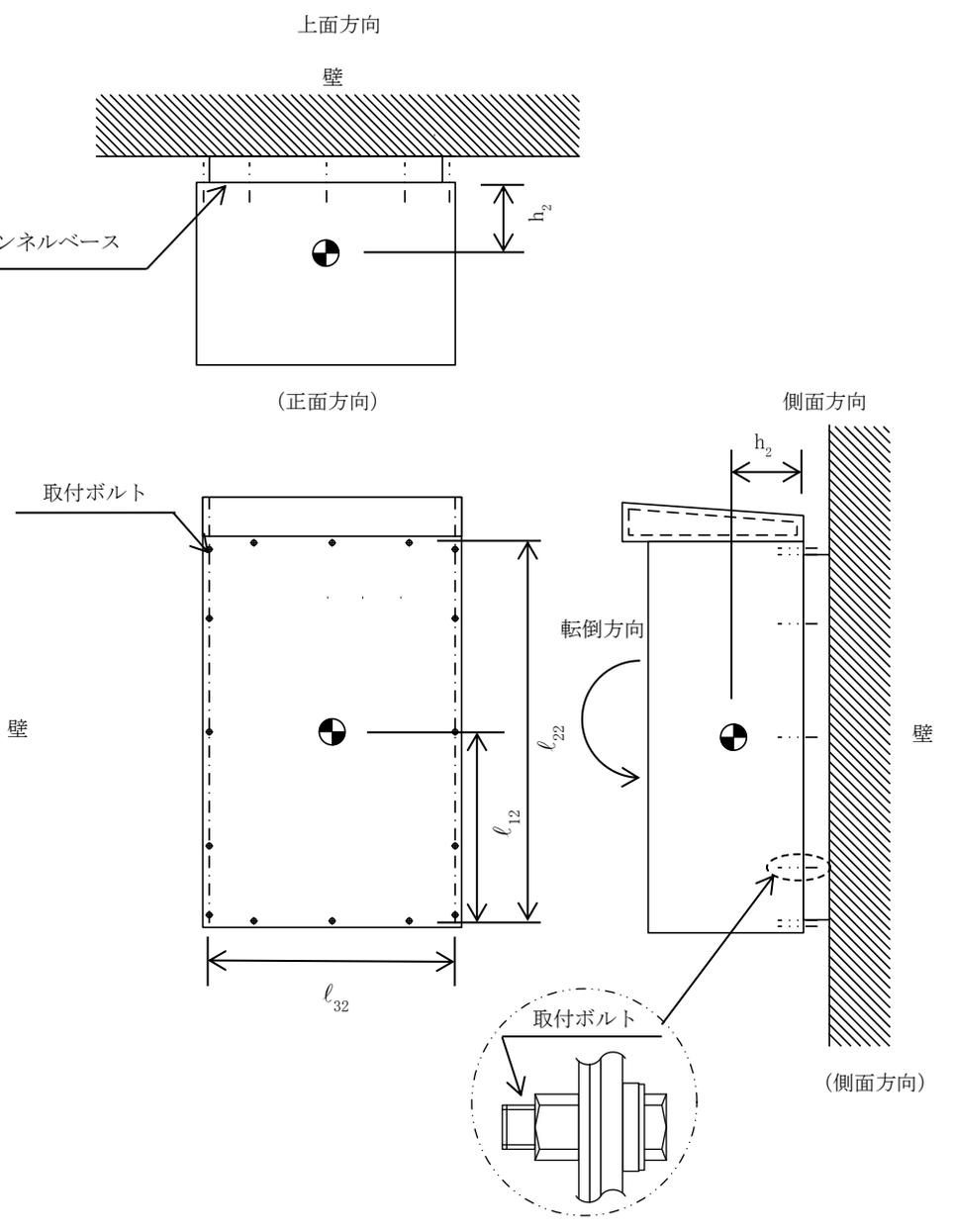
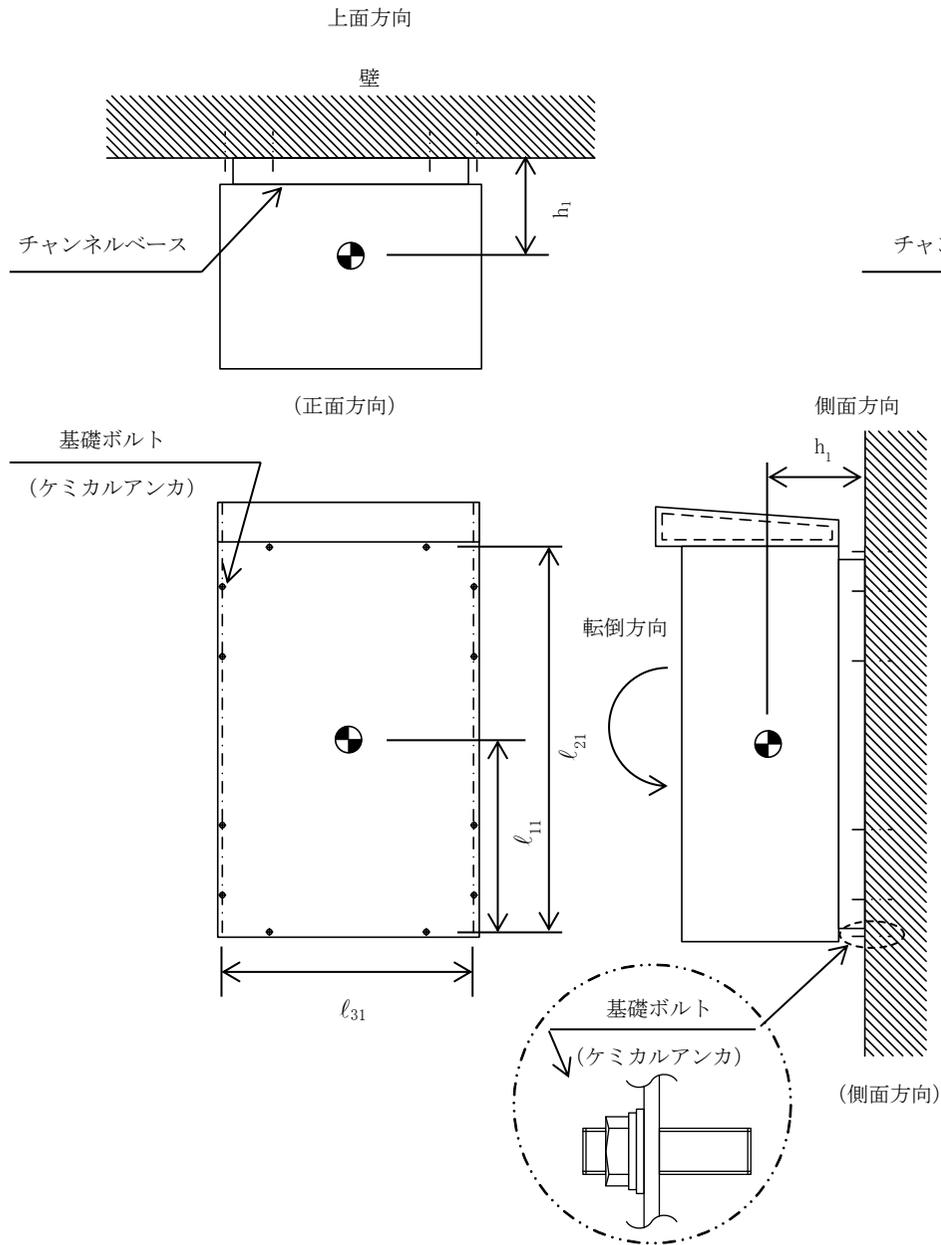
注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

4.2 電氣的機能の評価結果 (×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
サブドレン動力制御盤 (H21-P751)	水平方向	1.20	4.59
	鉛直方向	1.12	3.91

注記*：基準地震動 S_s 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。



K7 ① V-2-2-別添 1-2-5 R1

【サブドレン動力制御盤 (H21-P752) の耐震性についての計算結果】

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 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			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	
サブドレン動力制御盤 (H21-P752)	—	タービン建屋 T.M.S.L. 12.3 (T.M.S.L. 20.4*)	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C _H =2.23	C _V =1.28	40

注記* : 基準床レベルを示す。

2. 機器要目

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)
基礎ボルト (i = 1)	1036	370	20 (M20)	314.2	12	215 (40mm < 径)	400 (40mm < 径)
取付ボルト (i = 2)	911	270	16 (M16)	201.1	16	215 (40mm < 径)	400 (40mm < 径)

部材	ℓ _{1 i} * (mm)	ℓ _{2 i} * (mm)	ℓ _{3 i} * (mm)	n _{f v i} *	n _{f H i} *	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用 地震動 S _d 又は 静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i = 1)	730	1460	960	2	4	—	258	—	側面方向
	730	1460	960	2	4				
取付ボルト (i = 2)	725	1450	950	3	5	—	258	—	側面方向
	725	1450	950	3	5				

注記* : 各ボルトの機器要目における上段は正面方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は側面方向転倒に対する評価時の要目を示す。

3. 計算数値

3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用 地震動 S _d 又は 静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用 地震動 S _d 又は 静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	—	8.595×10 ³	—	3.239×10 ⁴
取付ボルト (i=2)	—	4.582×10 ³	—	2.848×10 ⁴

4. 結論

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 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			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	—	—	$\sigma_{b1}=28$	$f_{ts1}=154^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b1}=9$	$f_{sb1}=119$
取付ボルト (i=2)	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{b2}=23$	$f_{ts2}=193^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=9$	$f_{sb2}=148$

すべて許容応力以下である。

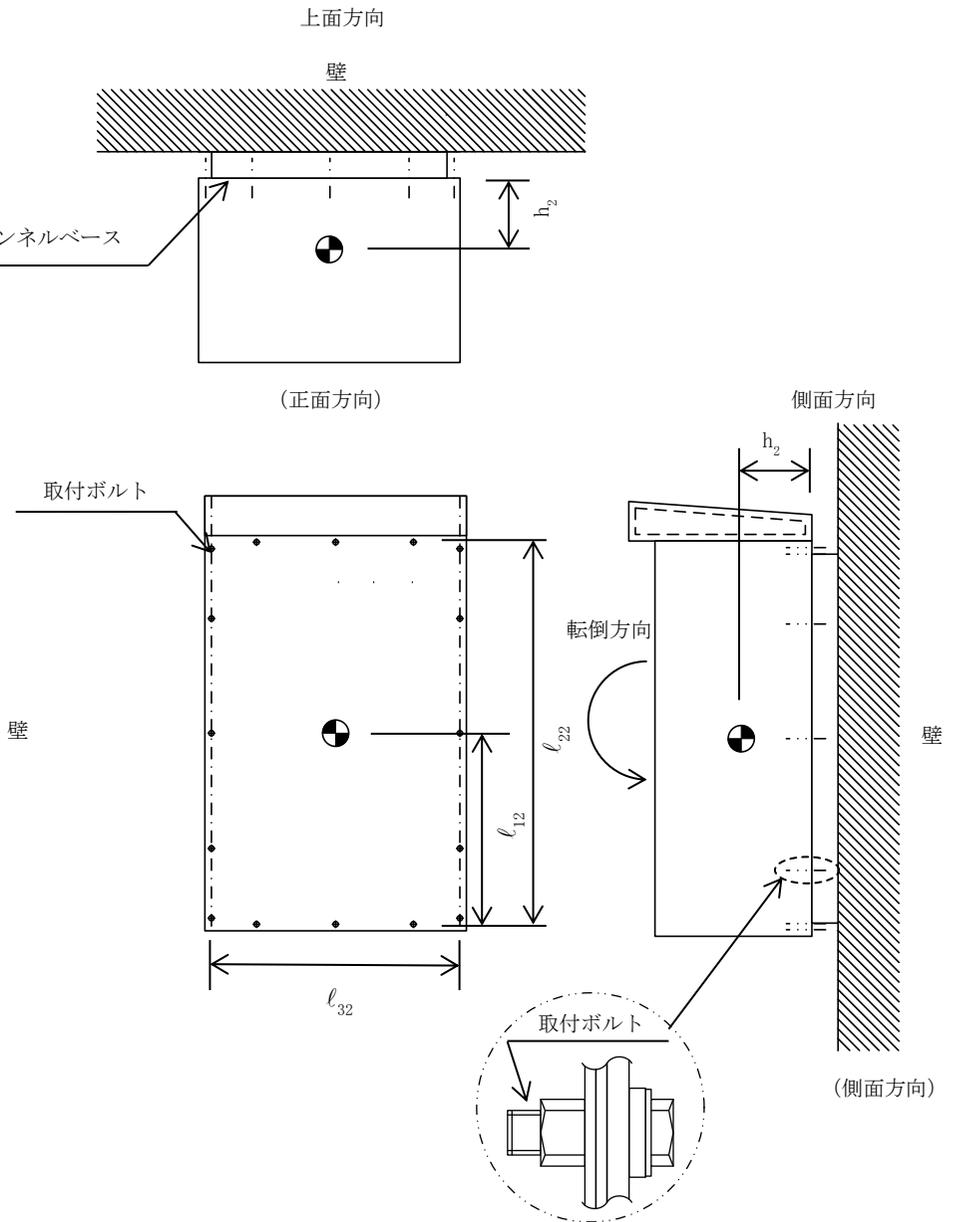
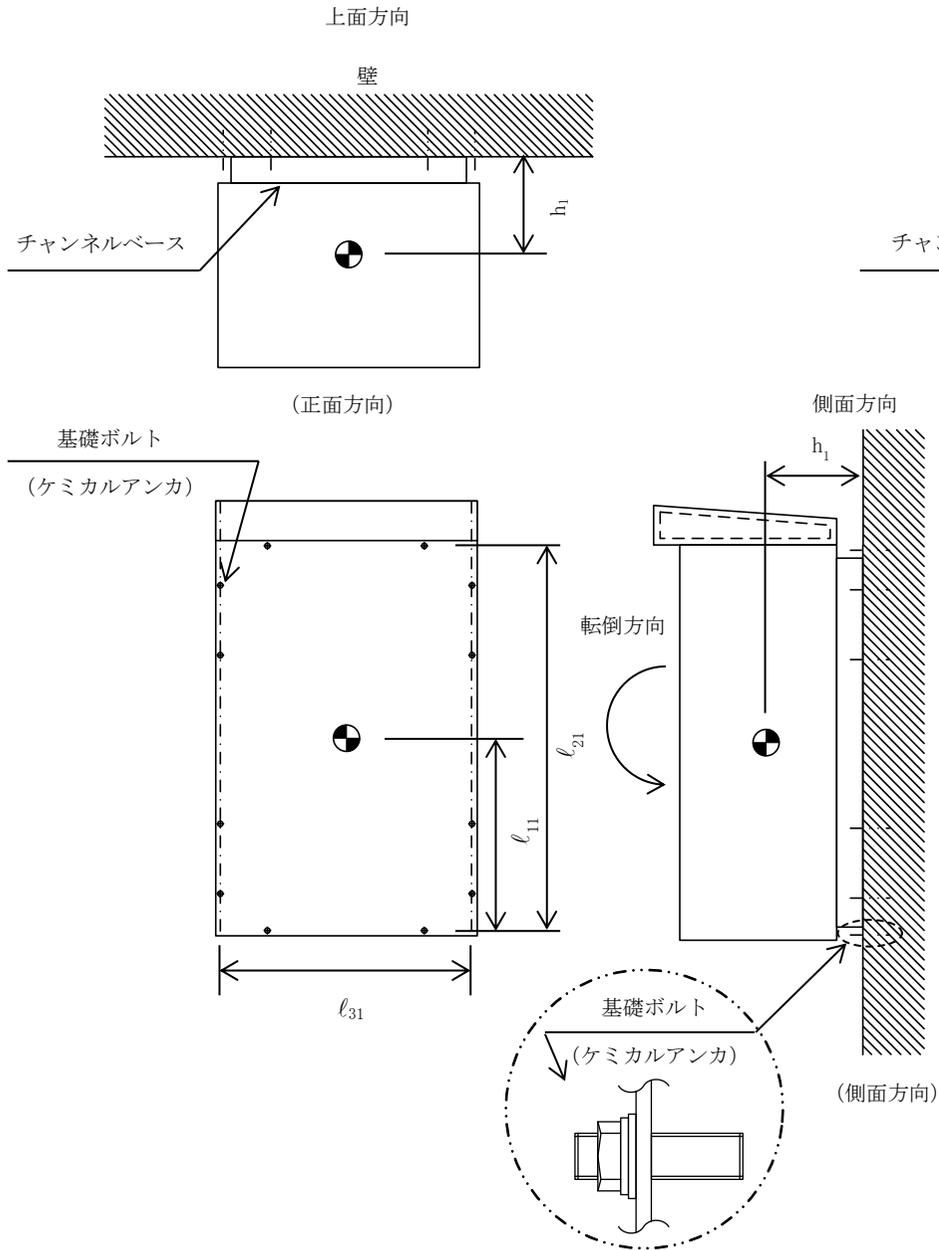
注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

4.2 電氣的機能の評価結果 (×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
サブドレン動力制御盤 (H21-P752)	水平方向	1.86	4.59
	鉛直方向	1.07	3.91

注記*：基準地震動 S_s 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。



V-2-2-別添 1-2-6 サブドレンシャフ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	9
3. 応力解析による評価方法	10
3.1 評価対象部位及び評価方針	10
3.2 荷重及び荷重の組合せ	12
3.2.1 荷重	12
3.2.2 荷重の組合せ	12
3.3 許容限界	13
3.4 評価方法	14
3.4.1 応力解析方法	14
3.4.2 地震動の選定	20
3.4.3 地盤物性の不確かさを考慮した検討に用いる地震動	29
3.5 応力解析による最大応答値のまとめ	49
3.5.1 管軸方向断面の最大応答値	49
3.5.2 横断方向断面の最大応答値	49
4. 評価結果	50
4.1 管軸方向断面の評価結果	50
4.2 横断方向断面の評価結果	52
参考資料 1. 本計算書以外のサブドレンシャフトの耐震性について	53
参考資料 2. タービン側地盤層序の評価影響について	54

1. 概要

建屋評価における前提条件を満たすために、7号機地下水排水設備は、建屋の耐震性を確保するため地下水位を建屋基礎スラブ底面レベル以深に維持する機能を有する。

7号機地下水排水設備の評価においては、V-2-1-1「耐震設計の基本方針」のうち、「10. 耐震計算の基本方針 10.1 建物・構築物」及びV-1-1-9「発電用原子炉施設の溢水防護に関する説明書」に基づき、基準地震動 S_s による地震力に対して機能を維持できることを確認する。

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、7号機地下水排水設備のうちサブドレンシャフト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。

2. 基本方針

原子炉建屋，タービン建屋，コントロール建屋，廃棄物処理建屋の地下水排水設備（以下，「地下水排水設備」という。）は，各建屋に対し，その耐震性を確保するため地下水位を建屋基礎スラブ底面レベル以深に維持する機能を有し，基準地震動 S_s に対する機能維持を確認する必要があることから，地下水排水設備を構成するサブドレンシャフトについて基準地震動 S_s による地震力に対する評価を実施する。

2.1 位置

地下水排水設備の概略配置を図 2-1 に示す。

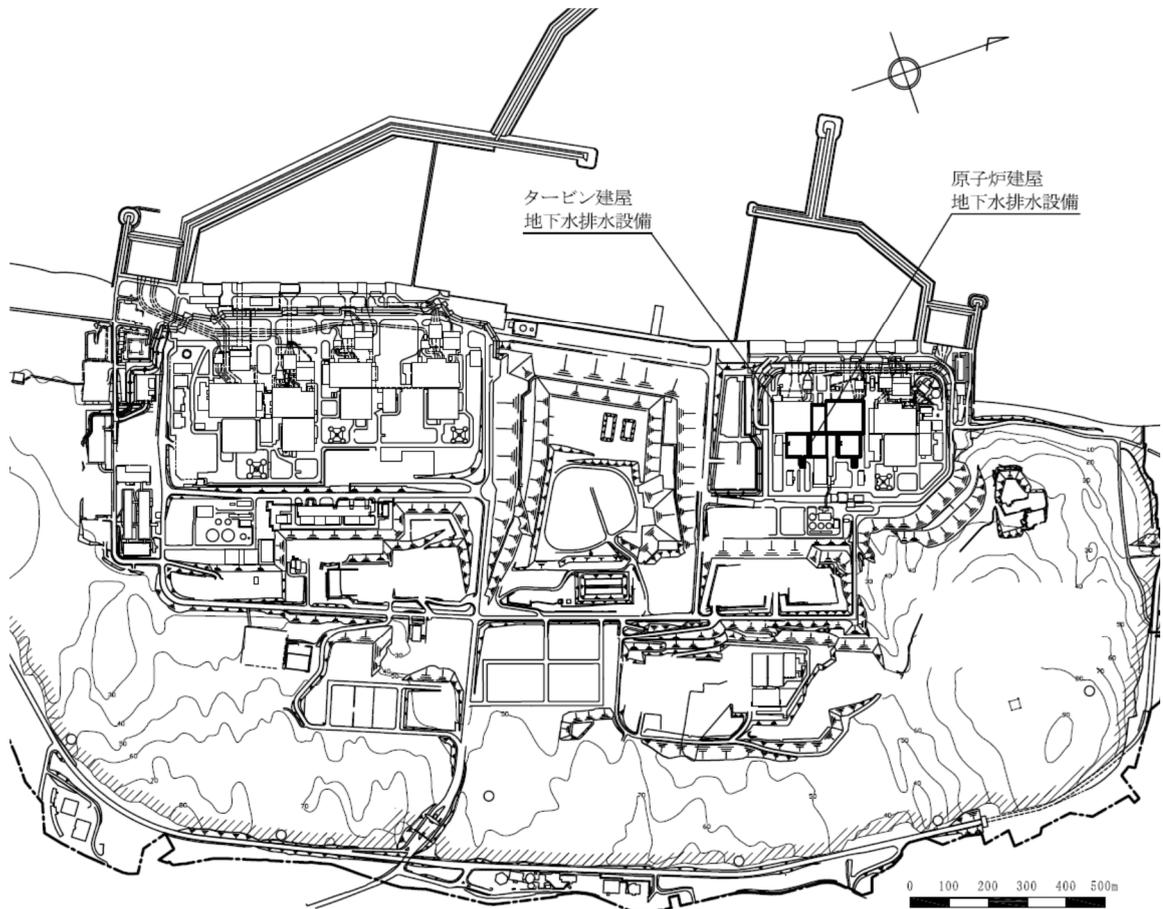


図 2-1 地下水排水設備の概略配置図

2.2 構造概要

原子炉建屋のサブドレンシャフトは、北側に3箇所、南側に2箇所設置し、原子炉建屋の四方隅角部付近及び北側中央付近に位置する。評価対象とするサブドレンシャフトは、外径φ1.9mの鋼管である。

タービン建屋のサブドレンシャフトは、北側に1箇所、南側に2箇所設置し、タービン建屋の四方隅角部付近に位置する。評価対象とするサブドレンシャフトは、内径φ1.7mの鋼管である。

地下水排水設備の評価対象配置図及び概略構成図を図2-2～図2-3に、原子炉建屋サブドレンシャフトの概略断面図を図2-4に、タービン建屋サブドレンシャフトの概略断面図を図2-5に示す。

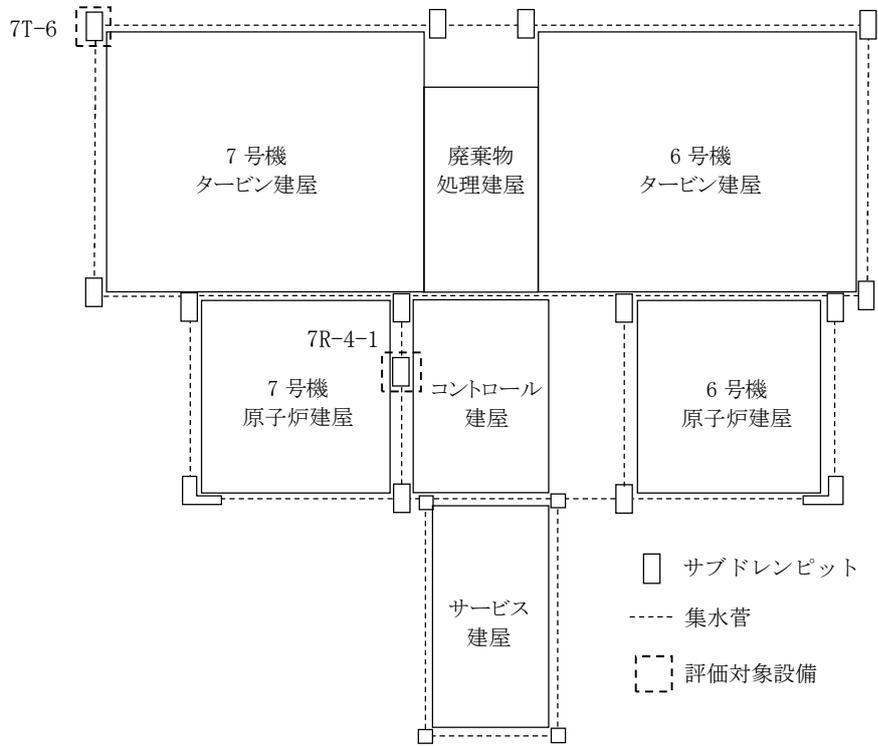


図 2-2 地下水排水設備の評価対象配置図

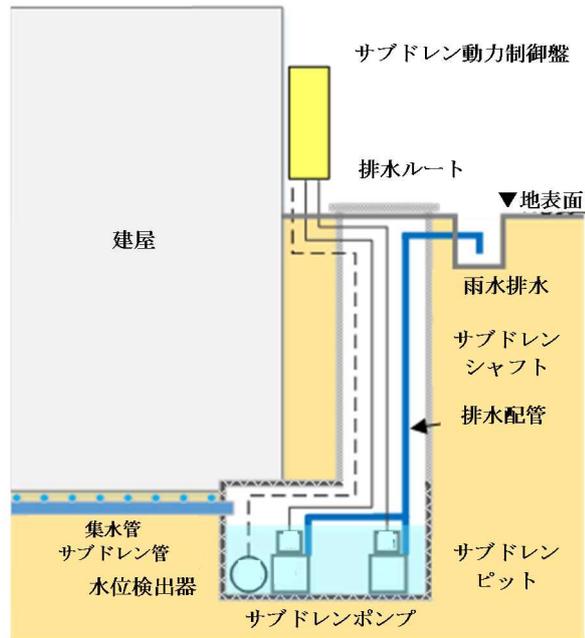


図 2-3 地下水排水設備の概略構成図

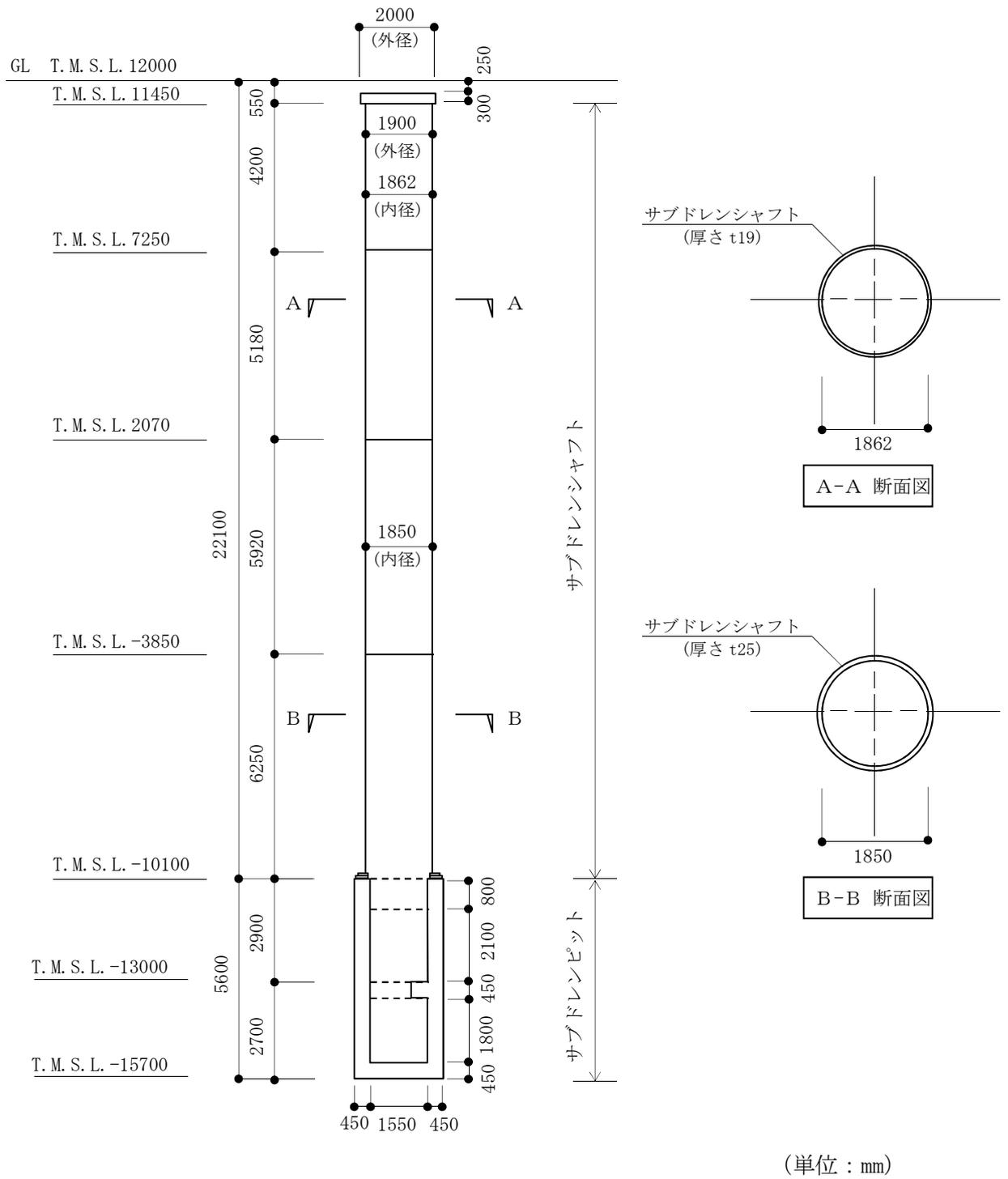
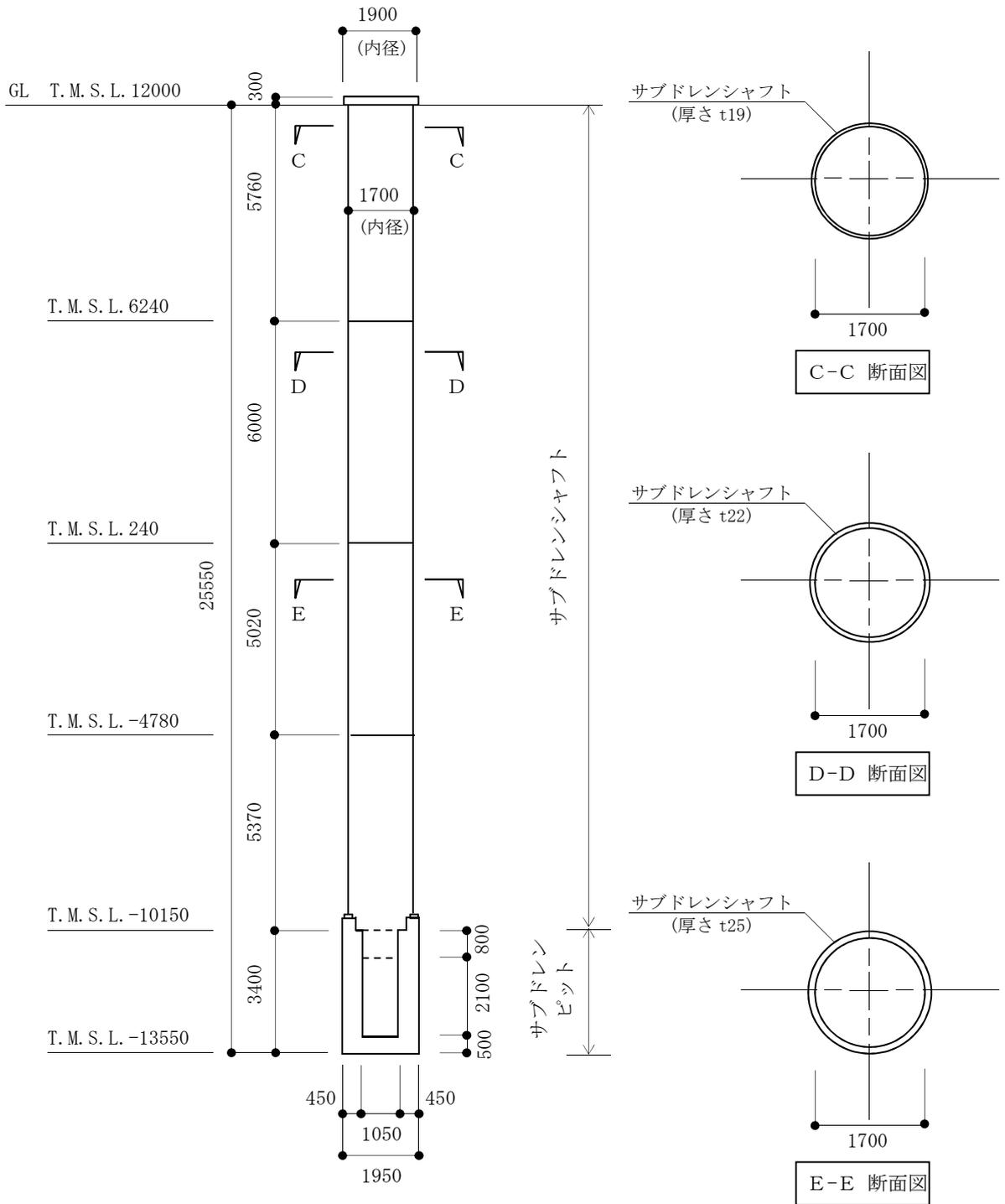


図 2-4 原子炉建屋サブドレンシャフトの概略断面図



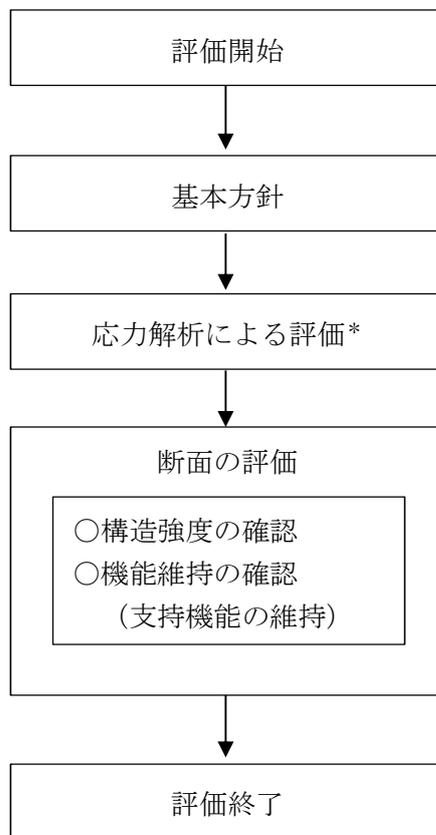
(単位 : mm)

図 2-5 タービン建屋サブドレンシャフトの概略断面図

2.3 評価方針

サブドレンシャフトの評価は、V-2-1-1「耐震設計の基本方針」に基づき、応力解析による断面の評価を行うことで、地震時の構造強度及び機能維持の確認を行う。評価は、V-2-2-別添 1-2-1「地下水排水設備設置位置の地盤応答」の結果を踏まえたものとする。評価に当たっては地盤物性の不確かさを考慮する。

サブドレンシャフトの評価フローを図 2-6 に示す。



注記* : 地盤物性の不確かさを考慮する。

図2-6 サブドレンシャフトの評価フロー

2.4 適用規格・基準等

サブドレンシャフトの評価において、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 J E A G 4 6 0 1 -1987 ((社) 日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1
 - ・補-1984 ((社) 日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版 ((社) 日本電気協会)
- ・鋼構造設計規準 ー許容応力度設計法ー ((社) 日本建築学会, 2005改定)
(以下「S規準」という。)
- ・道路橋示方書 (I共通編・IV下部構造編)・同解説 ((社) 日本道路協会, 2002)

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

応力解析による評価対象部位はサブドレンシャフトとする。管軸方向（鉛直断面）の検討では線形はり-地盤ばねモデルによる応答変位法解析を実施し、横断方向（水平断面）の検討では線形はりモデルによる静的解析を行う。

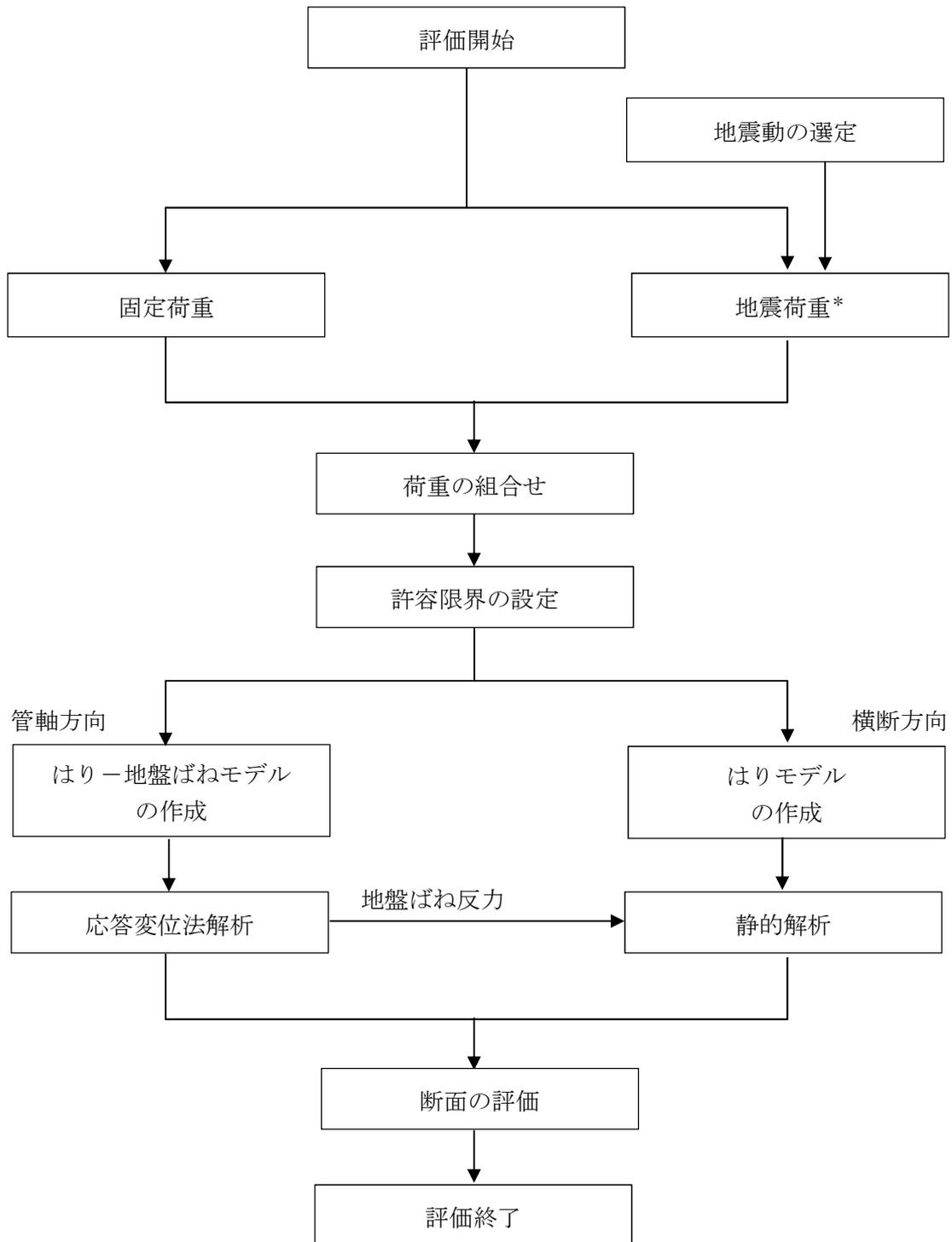
応力解析にあたっては、地盤応答解析による結果を用いて地震荷重を設定する。

地震荷重と地震荷重以外の荷重の組合せの結果、発生する応力が「S規準」に基づき設定した許容限界を超えないことを確認する。許容応力度の評価は、鋼構造計算基準に基づいて曲げ及び圧縮応力度の組合せ並びにせん断力について評価を行う。

応力解析によるサブドレンシャフトの評価フローを図 3-1 に示す。

地震動の選定については、V-2-2-1「原子炉建屋の地震応答計算書」及び「原子炉建屋の地震応答計算書に関する補足説明資料」に基づき、地盤物性の不確かさを考慮するものとし、建屋及び基準地震動 S_s ごとの基本ケースにおける応答結果を確認したうえで、応答結果の大きい波に対して検討を実施する。

サブドレンシャフトは、鋼材の腐食対策として、外面にFRPライニング塗料、内面にタールエポキシ樹脂系塗料を施すものとし、設計において腐食代は考慮しないものとする。



注記* : 地盤剛性の $\pm\sigma$ を考慮した地震荷重とする。

図 3-1 応力解析によるサブドレンシャフトの評価フロー

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 (G)

固定荷重として、サブドレンシャフトの管体の自重を考慮する。

(2) 地震荷重 (S_s)

地震力は、基準地震動 S_s に対する地盤応答より算定される動的地震力に地盤物性の不確かさを考慮して設定する。

管軸方向の地震荷重は、基準地震動 S_s に対する地盤の時刻歴応答変位を地震力として設定する。また、鉛直荷重は、地表面での鉛直方向最大応答加速度より算定される鉛直震度とする。

横断方向の地震荷重は、サブドレンシャフトの周辺の地盤に発生する最大水平変位による地盤ばね反力より算定される地震時増分土圧と地震時静止土圧を加算して算定される地震時土圧を考慮する。

なお、管軸方向と横断方向の地震荷重の組合せは、各断面方向の地震荷重による断面内の最大応力発生位置が異なるため、地震荷重の組合せは行わない。各断面方向の地震荷重によるサブドレンシャフト断面内の最大応力発生位置を図 3-2 に示す。

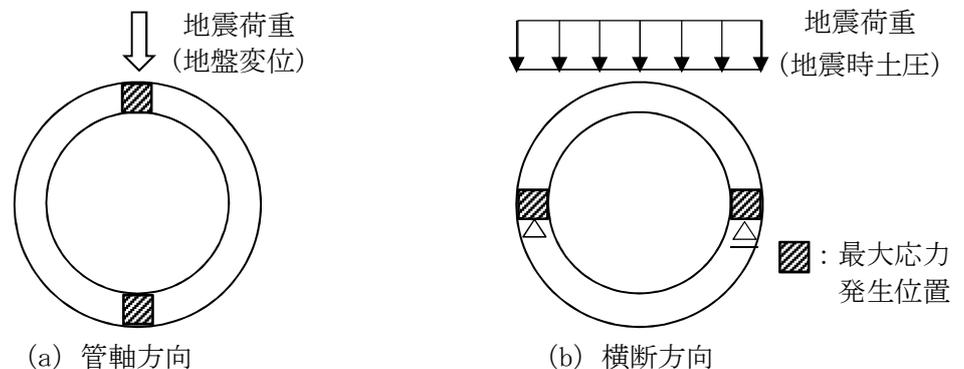


図 3-2 サブドレンシャフト断面内の最大応力発生位置

3.2.2 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 3-1 に示す。

表 3-1 荷重の組合せ

荷重状態	荷重の組合せ
S _s 地震時	G + S _s

G : 固定荷重

S_s : 基準地震動 S_s による地震荷重

3.3 許容限界

応力解析による評価におけるサブドレンシャフトの許容限界は、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及び機能維持の基本方針に基づき、表 3-2 のとおり設定する。また、鋼管の弾性限強度を表 3-3 に示す。

表 3-2 応力解析による評価における許容限界

要求機能	機能設計上の性能目標	地震力	部位	機能維持のための考え方	許容限界
—	構造強度を有すること	基準地震動 S _s	サブドレンシャフト	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	「S規準」に基づく弾性限強度
支持機能	機器・配管系等の設備を支持する機能を損なわないこと	基準地震動 S _s	サブドレンシャフト	部材に生じる応力が支持機能を維持するための許容限界を超えないことを確認	「S規準」に基づく弾性限強度

表 3-3 鋼管の弾性限強度

(単位：N/mm²)

材 料	板 厚	F 値	弾性限強度*2		
			圧縮 引張	曲げ	せん断
SS400[SS41]*1	t ≤ 40mm	235	258	258 (297)*3	148

注記*1 : []内は従来標記を示す。

*2 : 「技術基準解説書」を参考にF値に1.1倍の割増しを考慮する。ただし、圧縮の弾性限強度に対しては上限値であり、座屈長さを勘案して設定する。

*3 : () の数値は、面外に曲げを受ける場合の弾性限強度を示す。

3.4 評価方法

3.4.1 応力解析方法

サブドレンシャフトの応力解析においては、管軸方向断面（鉛直断面）と横断方向断面（水平断面）について評価を行う。

(1) 管軸方向断面の応力解析

サブドレンシャフトの管軸方向断面（鉛直断面）の応力解析は、上述の地盤の応答解析で得られる地盤変位を用いた応答変位法を用いる。サブドレンシャフトは線形はり要素としてモデル化し、地盤は「道路橋示方書（I 共通編・IV 下部構造編）」に基づき、地盤ばねでモデル化する。応答変位法では、水平方向の地盤ばねを介して地盤の応答変位を時々刻々作用させ、地震時応力を算出する。

図 3-3～図 3-4 に応力解析モデルを示す。サブドレンシャフトは、曲げ及びせん断剛性を考慮した線形はり要素とする。サブドレンシャフトを構成する鋼管の断面性能を表 3-4～表 3-5 に示し、サブドレンピットの断面性能を表 3-6～表 3-7 に示す。また、サブドレンシャフト及びピットの物性値を表 3-8 に示す。

解析には解析コード「NUPP4」を用いる。

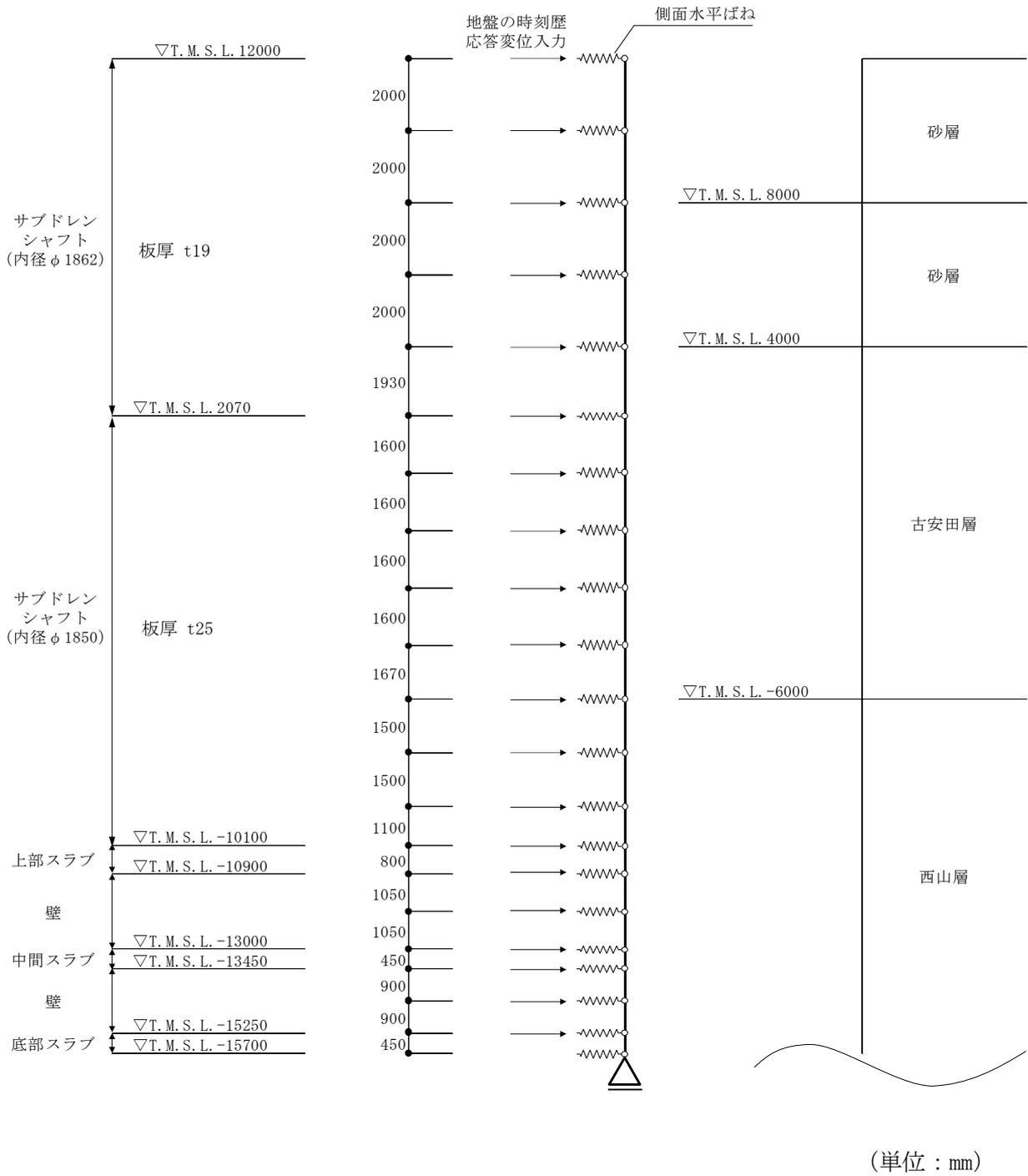


図 3-3 管軸方向断面の応力解析モデル (原子炉建屋)

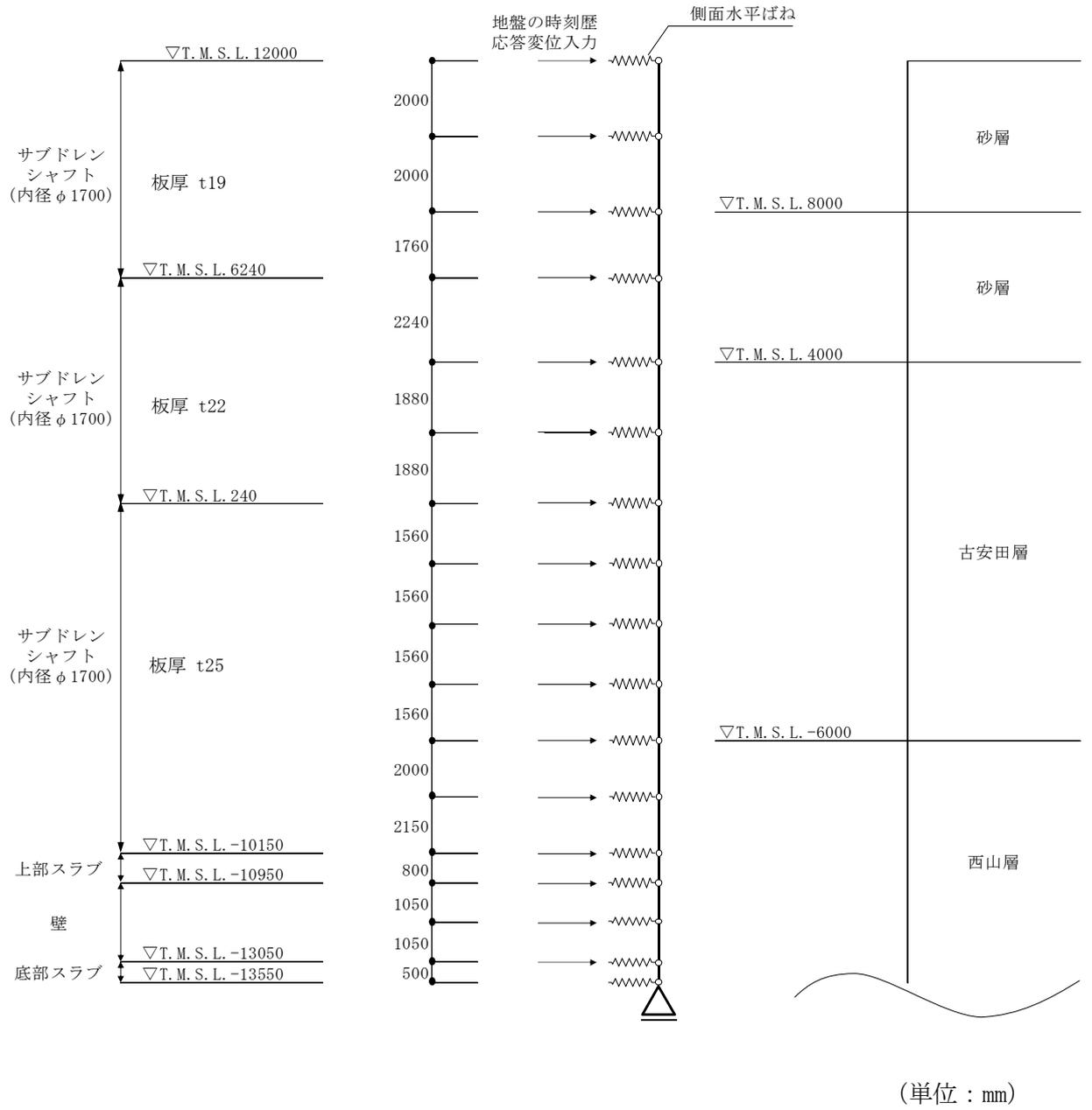


図 3-4 管軸方向断面の応力解析モデル (タービン建屋)

表 3-4 原子炉建屋サブドレンシャフトの断面性能

標高 T. M. S. L. (m)	呼び径 (mm)	内径 (mm)	厚さ (mm)	断面 2 次 モーメント (m ⁴)	せん断面積 (m ²)
12.0 ~ 2.07	1900	1862	19	0.0497	0.0560
2.07 ~ -10.1	1900	1850	25	0.0647	0.0735

表 3-5 タービン建屋サブドレンシャフトの断面性能

標高 T. M. S. L. (m)	呼び径 (mm)	内径 (mm)	厚さ (mm)	断面 2 次 モーメント (m ⁴)	せん断面積 (m ²)
12.0 ~ 6.24	1700	1700	19	0.0379	0.0513
6.24 ~ 0.24	1700	1700	22	0.0441	0.0595
0.24 ~ -10.15	1700	1700	25	0.0504	0.0678

表 3-6 原子炉建屋サブドレンピットの断面性能

部位	標高 T. M. S. L. (m)	断面 2 次 モーメント* ¹ (m ⁴)		せん断 断面* ¹ (m ²)	
		NS	EW	NS	EW
上部スラブ	-10.1 ~ -10.9	5.22	20.4	2.21	4.86
壁	-10.9 ~ -13.0	5.22	15.6	1.10	4.86
中間スラブ	-13.0 ~ -13.45	5.22	20.4	2.21	4.86
壁	-13.45 ~ -15.25	5.22	20.4	2.21	4.86
底部スラブ	-15.25 ~ -15.7	6.62	32.1	11.0	11.0

表 3-7 タービン建屋サブドレンピットの断面性能

部位	標高 T. M. S. L. (m)	断面 2 次 モーメント* ¹ (m ⁴)		せん断 断面* ¹ (m ²)	
		NS	EW	NS	EW
上部スラブ	-10.15 ~ -10.95	2.38	10.1	1.76	3.96
壁	-10.95 ~ -13.05	2.38	10.1	1.76	3.96
底部スラブ	-13.05 ~ -13.55	2.72	13.8	7.15	7.15

表 3-8 サブドレンシャフト及びピットの物性値

部位	材料	ヤング係数 (N/mm ²)	ポアソン比
サブドレン シャフト	鋼管 : SS400[SS41]*2	2.05×10 ⁵	0.3
サブドレン ピット	コンクリート : F _c = 32.3 (N/mm ²) [F _c = 330kgf/cm ²]*2	2.50×10 ⁴	0.2

注記*1 : V-2-2-別添1-2-7「サブドレンピットの耐震性についての計算書」の「2.2
構造概要」の躯体形状に基づき算出。

注記*2 : []内は従来標記を示す。

(2) 横断方向断面の応力解析

サブドレンシャフトの横断方向断面（水平断面）の応力解析は、管軸方向断面の応力解析において、はり要素の節点位置に取付けた地盤ばね要素の反力を、地盤ばね要素の支配面積で除した地震時増分土圧に、地震時静止土圧を加算して算定される地震時土圧を設定した静的解析とする。構造部材は円形状にモデル化した線形はり要素とし、「道路橋示方書（I 共通編・IV 下部構造編）」のケーソン基礎の設計における地震時の荷重状態に倣って地震時土圧を静的に載荷して、地震時の最大曲げモーメントを算出する。

図 3-5 に解析モデルを示す。

解析には解析コード「KANSAS 2」を用いる。

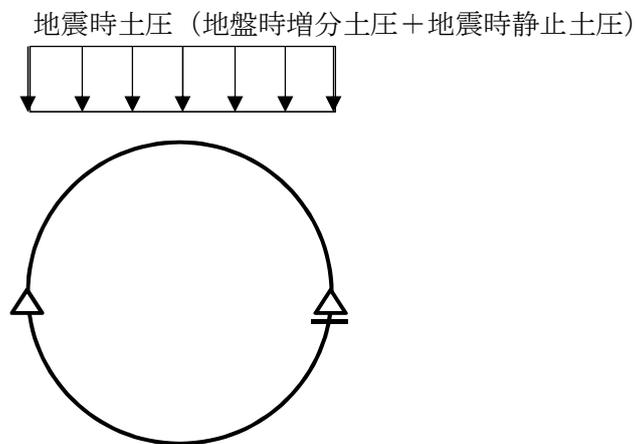


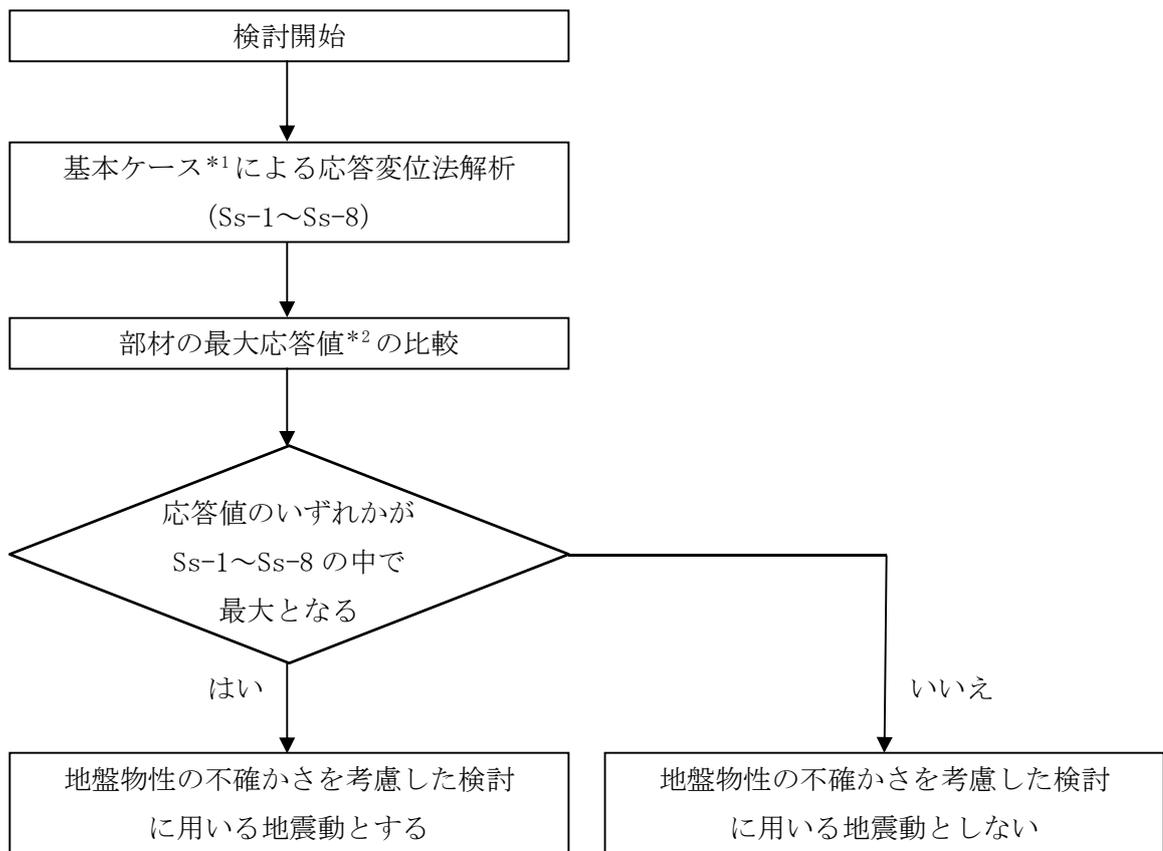
図 3-5 横断方向断面の応力解析モデル

3.4.2 地震動の選定

地盤物性の不確かさを考慮した検討に用いる地震動の選定方法について、基本ケースでの応答変位法解析結果より、最大応答値の比較を行う。ここで用いる応答値は、曲げモーメント、せん断力、せん断ひずみとする。応答値のいずれかが最大となる波を、地盤物性の不確かさを考慮した検討に用いる地震動とする。

地震動の選定フローを図3-6に示す。

標準地盤による応答変位法解析にて確認した最大応答値を表3-9～表3-20に示す。



注記*1 : 地盤のせん断波速度：標準地盤

*2 : 応答値は、曲げモーメント、せん断力及びせん断ひずみとする。

図3-6 地震動の選定フロー

表 3-9 原子炉建屋 最大応答曲げモーメント一覧表 (標準地盤, NS 方向)

部位	標高 T. M. S. L. (m)	最大応答曲げモーメント ($\times 10^2$ kN・m)								
		Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	最大値
シャフト 板厚19mm	12.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	10.0	2.30	2.16	1.97	0.867	1.21	0.968	1.21	1.20	2.30
	8.0	19.2	15.2	11.1	7.84	7.39	8.97	6.98	14.8	19.2
	6.0	54.2	42.4	34.5	24.2	21.4	27.1	19.4	49.5	54.2
	4.0	96.9	75.2	63.4	44.4	38.2	48.8	34.1	93.2	96.9
	2.07	86.3	67.4	54.1	37.2	31.9	40.6	28.7	75.4	86.3
シャフト 板厚25mm	0.47	61.8	47.9	36.2	24.3	21.0	26.5	19.1	46.5	61.8
	-1.13	39.0	29.5	20.8	13.6	12.2	14.9	11.7	27.6	39.0
	-2.73	21.2	15.8	12.0	7.71	6.95	8.04	6.40	14.0	21.2
	-4.33	16.1	14.9	13.7	7.51	8.77	7.37	7.05	13.1	16.1
	-6.0	27.3	23.4	23.3	12.5	13.9	12.5	12.8	19.2	27.3
	-7.5	20.4	17.8	17.0	9.18	9.83	9.18	8.98	13.2	20.4
	-9.0	10.3	11.1	9.36	4.75	4.84	4.64	4.27	6.14	11.1
-10.1	6.96	8.27	5.39	2.61	3.87	2.89	3.31	4.29	8.27	
ピット	-10.9	7.46	7.02	5.79	2.64	3.53	2.93	3.19	4.44	7.46
	-11.95	8.04	6.14	6.98	3.01	3.33	3.16	3.09	4.99	8.04
	-13.0	7.24	5.37	6.54	2.95	2.95	3.07	2.69	4.84	7.24
	-13.45	6.25	4.63	5.69	2.58	2.53	2.69	2.31	4.23	6.25
	-14.35	3.46	2.57	3.18	1.46	1.40	1.53	1.28	2.38	3.46
	-15.25	0.600	0.447	0.557	0.257	0.241	0.269	0.220	0.416	0.600
	-15.7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

注：網掛け部分は最大値を示す。

表 3-10 原子炉建屋 最大応答せん断力一覧表 (標準地盤, NS 方向)

部位	標高 T. M. S. L. (m)	最大応答せん断力 ($\times 10^2$ kN)								
		Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	最大値
シャフト 板厚19mm	12.0									
	10.0	1.15	1.08	0.985	0.434	0.603	0.484	0.601	0.597	1.15
	8.0	8.77	6.95	5.49	3.89	3.52	4.38	3.24	7.60	8.77
	6.0	17.6	14.0	11.8	8.21	6.97	9.03	6.22	17.4	17.6
	4.0	21.4	16.9	14.5	10.1	9.31	10.9	8.12	21.9	21.9
	2.07	7.84	4.45	5.94	3.91	3.73	4.34	3.18	9.23	9.23
シャフト 板厚25mm	0.47	17.0	12.2	11.4	8.07	7.36	8.90	6.28	18.1	18.1
	-1.13	14.4	12.0	9.62	6.70	5.58	7.33	5.05	14.0	14.4
	-2.73	11.9	9.51	5.98	3.92	3.68	4.52	3.65	8.72	11.9
	-4.33	10.6	8.53	6.06	3.99	3.65	4.48	3.51	7.02	10.6
	-6.0	9.20	8.44	7.62	4.16	3.63	4.44	3.52	6.38	9.20
	-7.5	4.79	3.80	4.45	2.21	2.71	2.19	2.49	4.00	4.79
	-9.0	6.76	5.26	6.03	3.13	3.33	3.20	3.28	4.72	6.76
-10.1	5.42	3.85	4.81	2.41	2.44	2.49	2.48	3.73	5.42	
ピット	-10.9	4.47	2.96	3.94	1.95	1.88	2.03	1.96	3.14	4.47
	-11.95	2.30	1.56	1.92	0.958	0.971	0.994	0.970	1.54	2.30
	-13.0	1.07	1.25	0.926	0.433	0.563	0.422	0.469	0.622	1.25
	-13.45	2.24	1.78	1.91	0.816	0.931	0.871	0.869	1.36	2.24
	-14.35	3.10	2.30	2.79	1.25	1.27	1.30	1.16	2.06	3.10
	-15.25	3.18	2.36	2.92	1.34	1.28	1.40	1.17	2.18	3.18
	-15.7	1.34	0.992	1.24	0.570	0.536	0.597	0.489	0.925	1.34

注：網掛け部分は最大値を示す。

表 3-11 原子炉建屋 最大応答せん断ひずみ一覧表 (標準地盤, NS 方向)

部位	標高 T. M. S. L. (m)	最大応答せん断ひずみ ($\times 10^{-3}$)								
		Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	最大値
ピット 壁	-10.9~ -15.25	0.0201	0.0136	0.0167	0.00835	0.00847	0.00866	0.00846	0.0134	0.0201

注：網掛け部分は最大値を示す。

表 3-12 原子炉建屋 最大応答曲げモーメント一覧表 (標準地盤, EW 方向)

部位	標高 T. M. S. L. (m)	最大応答曲げモーメント ($\times 10^2$ kN・m)								
		Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	最大値
シャフト 板厚19mm	12.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	10.0	2.30	1.79	1.97	1.47	1.57	1.32	1.66	1.20	2.30
	8.0	19.2	19.4	11.1	11.5	12.4	14.2	14.7	14.8	19.4
	6.0	54.2	58.9	34.5	35.7	37.8	43.3	43.5	49.5	58.9
	4.0	96.9	106	63.4	66.7	69.4	79.7	79.0	93.2	106
	2.07	86.3	91.3	54.1	55.7	58.2	66.6	66.3	75.4	91.3
シャフト 板厚25mm	0.47	61.8	61.7	36.2	36.2	38.2	43.4	43.8	46.5	61.8
	-1.13	39.0	36.0	20.8	20.1	21.8	24.5	25.1	27.6	39.0
	-2.73	21.2	20.0	12.0	11.5	12.9	13.7	14.1	14.0	21.2
	-4.33	16.1	20.1	13.7	13.8	13.2	14.6	12.3	13.1	20.1
	-6.0	27.3	31.1	23.3	22.9	22.8	24.2	22.4	19.2	31.1
	-7.5	20.5	23.2	17.1	17.1	16.6	18.0	16.4	13.3	23.2
	-9.0	10.6	13.4	9.70	9.76	8.33	10.2	7.96	6.33	13.4
-10.1	7.44	8.48	6.01	6.21	4.89	6.41	5.30	4.61	8.48	
ピット	-10.9	7.59	8.50	5.60	4.32	4.71	4.67	5.35	4.64	8.50
	-11.95	7.87	9.62	6.66	5.19	4.68	5.52	5.35	4.67	9.62
	-13.0	6.74	8.68	6.06	4.74	4.25	5.00	4.84	4.45	8.68
	-13.45	5.73	7.44	5.20	4.07	3.73	4.29	4.17	3.86	7.44
	-14.35	3.07	4.01	2.82	2.20	2.08	2.32	2.28	2.11	4.01
	-15.25	0.499	0.655	0.464	0.361	0.346	0.380	0.376	0.349	0.655
	-15.7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

注：網掛け部分は最大値を示す。

表 3-13 原子炉建屋 最大応答せん断力一覧表 (標準地盤, EW 方向)

部位	標高 T. M. S. L. (m)	最大応答せん断力 ($\times 10^2$ kN)								
		Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	最大値
シャフト 板厚19mm	12.0									
	10.0	1.15	0.892	0.985	0.731	0.785	0.659	0.826	0.597	1.15
	8.0	8.77	9.42	5.49	5.70	6.07	6.91	7.05	7.60	9.42
	6.0	17.6	19.8	11.8	12.4	12.8	14.8	14.5	17.4	19.8
	4.0	21.4	23.6	14.5	15.8	15.8	18.5	17.9	21.9	23.6
	2.07	7.84	7.65	5.94	5.82	5.81	6.85	6.59	9.23	9.23
シャフト 板厚25mm	0.47	17.0	18.6	11.4	12.2	12.5	14.6	14.1	18.1	18.6
	-1.13	14.4	16.2	9.62	10.1	10.3	12.1	11.7	14.0	16.2
	-2.73	11.9	10.3	5.98	5.75	6.43	7.01	7.45	8.72	11.9
	-4.33	10.6	9.01	6.05	5.11	5.88	5.57	6.61	7.02	10.6
	-6.0	9.21	8.56	7.62	5.99	6.99	6.33	7.57	6.38	9.21
	-7.5	4.74	5.31	4.42	3.88	4.15	4.18	4.03	3.97	5.31
	-9.0	6.63	6.57	5.93	4.86	5.66	5.22	5.73	4.63	6.63
-10.1	5.12	4.72	4.56	3.45	4.20	3.80	4.29	3.56	5.12	
ピット	-10.9	4.18	3.78	3.67	2.79	3.37	3.06	3.45	2.92	4.18
	-11.95	2.41	2.35	2.00	1.72	1.93	1.84	1.96	1.56	2.41
	-13.0	1.39	1.66	1.21	1.21	0.904	1.25	0.981	0.834	1.66
	-13.45	2.31	2.78	1.91	1.49	1.39	1.59	1.57	1.36	2.78
	-14.35	2.96	3.81	2.65	2.08	1.85	2.19	2.11	1.95	3.81
	-15.25	2.85	3.73	2.62	2.05	1.92	2.16	2.11	1.96	3.73
	-15.7	1.11	1.46	1.03	0.802	0.769	0.844	0.835	0.774	1.46

注：網掛け部分は最大値を示す。

表 3-14 原子炉建屋 最大応答せん断ひずみ一覧表 (標準地盤, EW 方向)

部位	標高 T. M. S. L. (m)	最大応答せん断ひずみ ($\times 10^{-3}$)								
		Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	最大値
ピット 壁	-10.9~ -15.25	0.00586	0.00754	0.00524	0.00410	0.00381	0.00434	0.00418	0.00387	0.00754

注：網掛け部分は最大値を示す。

表 3-15 タービン建屋 最大応答曲げモーメント一覧表 (標準地盤, NS 方向)

部位	標高 T. M. S. L. (m)	最大応答曲げモーメント ($\times 10^2$ kN・m)								
		Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	最大値
シャフト 板厚19mm	12.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	10.0	1.74	1.89	1.95	0.929	1.03	0.933	1.04	1.21	1.95
	8.0	15.7	12.5	8.91	6.32	6.05	7.27	5.76	11.7	15.7
	6.24	42.6	33.2	26.8	18.9	16.8	21.2	15.3	38.5	42.6
シャフト 板厚22mm	4.0	86.2	66.8	56.4	39.6	34.0	43.5	30.4	83.4	86.2
	2.12	75.1	58.8	47.2	32.5	27.8	35.5	25.1	66.1	75.1
	0.24	46.7	36.1	26.5	17.7	15.3	19.3	14.0	34.5	46.7
シャフト 板厚25mm	-1.32	27.9	20.9	14.3	9.25	8.66	10.1	8.35	19.4	27.9
	-2.88	14.0	10.4	8.01	4.98	4.55	5.05	4.25	8.80	14.0
	-4.44	12.9	12.1	11.4	6.04	6.92	5.95	5.72	9.90	12.9
	-6.0	24.2	20.3	20.4	11.0	12.0	11.0	11.1	16.4	24.2
	-8.0	12.7	11.2	10.7	5.69	6.03	5.69	5.49	8.01	12.7
	-10.15	3.74	4.61	3.28	1.58	2.10	1.54	1.76	2.36	4.61
ピット	-10.95	2.94	3.07	2.07	1.09	1.50	1.21	1.30	1.82	3.07
	-12.0	1.92	1.54	1.60	0.696	0.802	0.745	0.736	1.18	1.92
	-13.05	0.402	0.292	0.350	0.158	0.165	0.164	0.151	0.268	0.402
	-13.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

注：網掛け部分は最大値を示す。

表 3-16 タービン建屋 最大応答せん断力一覧表 (標準地盤, NS 方向)

部位	標高 T. M. S. L. (m)	最大応答せん断力 ($\times 10^2$ kN)								
		Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	最大値
シャフト 板厚19mm	12.0									
	10.0	0.870	0.942	0.972	0.465	0.515	0.467	0.519	0.602	0.972
	8.0	7.49	5.96	4.67	3.32	3.02	3.74	2.79	6.44	7.49
	6.24	15.4	12.2	10.3	7.15	6.07	7.89	5.41	15.3	15.4
シャフト 板厚22mm	4.0	19.5	15.5	13.3	9.26	8.57	9.95	7.45	20.1	20.1
	2.12	7.90	4.56	5.86	3.91	3.70	4.34	3.16	9.20	9.20
	0.24	16.7	12.2	11.2	7.86	7.19	8.68	6.13	17.6	17.6
シャフト 板厚25mm	-1.32	12.1	10.1	7.89	5.44	4.52	5.94	4.11	11.2	12.1
	-2.88	9.64	7.68	4.65	3.01	2.96	3.67	2.97	6.95	9.64
	-4.44	8.60	7.30	5.69	3.45	3.06	3.79	3.01	5.73	8.60
	-6.0	8.43	7.49	7.27	3.83	3.34	4.02	3.46	5.56	8.43
	-8.0	5.72	4.63	5.08	2.68	2.97	2.70	2.81	4.18	5.72
	-10.15	4.49	3.56	3.91	2.05	2.14	2.10	2.10	2.97	4.49
ピット	-10.95	2.47	2.08	2.00	1.08	1.16	1.10	1.08	1.56	2.47
	-12.0	1.22	1.51	1.11	0.530	0.678	0.515	0.563	0.763	1.51
	-13.05	1.45	1.20	1.19	0.520	0.616	0.557	0.565	0.862	1.45
	-13.55	0.803	0.584	0.700	0.315	0.330	0.327	0.302	0.535	0.803

注：網掛け部分は最大値を示す。

表 3-17 タービン建屋 最大応答せん断ひずみ一覧表 (標準地盤, NS 方向)

部位	標高 T. M. S. L. (m)	最大応答せん断ひずみ ($\times 10^{-3}$)								
		Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	最大値
ピット 壁	-10.95~ -13.05	0.00795	0.00825	0.00650	0.00290	0.00372	0.00305	0.00310	0.00473	0.00825

注：網掛け部分は最大値を示す。

表 3-18 タービン建屋 最大応答曲げモーメント一覧表 (標準地盤, EW 方向)

部位	標高 T. M. S. L. (m)	最大応答曲げモーメント ($\times 10^2$ kN・m)								
		Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	最大値
シャフト 板厚19mm	12.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	10.0	1.74	2.02	1.95	1.81	1.31	1.72	1.57	1.21	2.02
	8.0	15.7	15.7	8.91	9.28	10.1	11.5	12.1	11.7	15.7
	6.24	42.6	46.1	26.8	27.8	29.5	33.7	34.0	38.5	46.1
シャフト 板厚22mm	4.0	86.2	94.4	56.4	59.5	61.9	71.1	70.4	83.4	94.4
	2.12	75.1	79.8	47.2	48.7	50.8	58.3	57.9	66.1	79.8
	0.24	46.7	45.5	26.5	26.3	27.8	31.6	32.0	34.5	46.7
シャフト 板厚25mm	-1.32	27.9	24.9	14.3	13.6	14.8	16.6	17.2	19.4	27.9
	-2.88	14.0	12.7	8.01	7.26	8.22	8.58	8.86	8.80	14.0
	-4.44	12.9	15.9	11.4	11.3	10.7	12.0	9.86	9.89	15.9
	-6.0	24.2	26.7	20.4	19.8	20.0	21.0	19.8	16.4	26.7
	-8.0	12.8	14.5	10.7	10.6	10.2	11.2	10.1	8.03	14.5
	-10.15	3.82	5.02	3.60	3.65	2.71	3.78	2.85	2.48	5.02
ピット	-10.95	2.90	3.18	2.09	2.11	1.78	2.17	2.00	1.78	3.18
	-12.0	1.66	1.87	1.26	1.01	1.02	1.08	1.14	0.993	1.87
	-13.05	0.317	0.384	0.261	0.209	0.190	0.222	0.216	0.190	0.384
	-13.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

注：網掛け部分は最大値を示す。

表 3-19 タービン建屋 最大応答せん断力一覧表 (標準地盤, EW 方向)

部位	標高 T. M. S. L. (m)	最大応答せん断力 ($\times 10^2$ kN)								
		Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	最大値
シャフト 板厚19mm	12.0									
	10.0	0.870	1.01	0.972	0.902	0.651	0.859	0.781	0.602	1.01
	8.0	7.49	8.03	4.67	4.85	5.18	5.90	6.03	6.44	8.03
	6.24	15.4	17.4	10.3	10.8	11.1	12.9	12.6	15.3	17.4
シャフト 板厚22mm	4.0	19.5	21.6	13.3	14.5	14.5	17.0	16.4	20.1	21.6
	2.12	7.90	7.76	5.86	5.86	5.89	6.88	6.69	9.20	9.20
	0.24	16.7	18.3	11.2	12.0	12.3	14.2	13.8	17.6	18.3
シャフト 板厚25mm	-1.32	12.1	13.3	7.89	8.14	8.34	9.76	9.49	11.2	13.3
	-2.88	9.64	8.02	4.65	4.40	5.18	5.38	5.92	6.95	9.64
	-4.44	8.60	7.62	5.68	4.52	5.39	4.77	5.98	5.72	8.60
	-6.0	8.43	7.94	7.26	5.78	6.61	6.11	7.06	5.55	8.43
	-8.0	5.70	6.13	5.06	4.59	4.90	4.89	4.88	4.16	6.13
	-10.15	4.30	4.38	3.73	3.24	3.59	3.46	3.65	2.84	4.38
ピット	-10.95	2.34	2.64	1.96	1.94	1.86	2.04	1.84	1.46	2.64
	-12.0	1.30	1.74	1.25	1.26	0.947	1.31	0.968	0.838	1.74
	-13.05	1.28	1.42	0.949	0.756	0.789	0.813	0.884	0.769	1.42
	-13.55	0.633	0.768	0.521	0.417	0.380	0.443	0.431	0.380	0.768

注：網掛け部分は最大値を示す。

表 3-20 タービン建屋 最大応答せん断ひずみ一覧表 (標準地盤, EW 方向)

部位	標高 T. M. S. L. (m)	最大応答せん断ひずみ ($\times 10^{-3}$)								
		Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	最大値
ピット 壁	-10.95~ -13.05	0.00315	0.00421	0.00304	0.00306	0.00230	0.00316	0.00235	0.00204	0.00421

注：網掛け部分は最大値を示す。

3.4.3 地盤物性の不確かさを考慮した検討に用いる地震動

サブドレンシャフトの地盤物性の不確かさを考慮した検討に用いる地震動の算定結果を表 3-21 に示し、算定した地震動での応力解析値一覧を表 3-22～表 3-45、応力解析値の分布図を図 3-7～図 3-12 に示す。

表 3-21 地盤物性の不確かさを考慮した検討に用いる地震動

建屋名	地盤物性の不確かさを考慮した検討に用いる地震動
	基準地震動 S_s
原子炉建屋及び タービン建屋 サブドレンシャフト	$Ss-1, Ss-2, Ss-3, Ss-8$

表 3-22 原子炉建屋 最大応答曲げモーメント一覧表 (地盤剛性+σ, NS 方向)

部位	標高 T. M. S. L. (m)	最大応答曲げモーメント (×10 ² kN・m)				
		Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-8	最大値
シャフト 板厚19mm	12.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	10.0	1.87	1.89	2.01	2.40	2.40
	8.0	12.0	9.63	5.95	7.48	12.0
	6.0	40.1	31.2	25.5	34.1	40.1
	4.0	79.7	58.8	52.5	70.5	79.7
	2.07	59.6	44.7	38.6	50.2	59.6
シャフト 板厚25mm	0.47	35.3	27.0	21.7	26.1	35.3
	-1.13	18.2	15.5	10.2	13.1	18.2
	-2.73	8.65	7.77	4.71	5.89	8.65
	-4.33	6.32	5.40	5.27	6.18	6.32
	-6.0	13.1	11.6	9.98	11.9	13.1
	-7.5	8.59	8.06	6.68	7.67	8.59
	-9.0	4.46	4.16	3.65	2.96	4.46
-10.1	4.93	3.19	3.55	2.45	4.93	
ピット	-10.9	6.00	4.27	5.20	3.77	6.00
	-11.95	6.90	4.96	6.20	4.62	6.90
	-13.0	6.32	4.60	5.79	4.36	6.32
	-13.45	5.46	3.99	5.03	3.80	5.46
	-14.35	3.04	2.24	2.82	2.14	3.04
	-15.25	0.534	0.397	0.500	0.379	0.534
	-15.7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

注：網掛け部分は最大値を示す。

表 3-23 原子炉建屋 最大応答せん断力一覧表 (地盤剛性+ σ , NS 方向)

部位	標高 T. M. S. L. (m)	最大応答せん断力 ($\times 10^2$ kN)				
		Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-8	最大値
シャフト 板厚19mm	12.0					
	10.0	0.931	0.941	1.01	1.20	1.20
	8.0	6.13	4.82	3.71	4.85	6.13
	6.0	14.8	11.1	9.91	13.5	14.8
	4.0	19.9	14.2	13.6	18.3	19.9
	2.07	10.7	8.02	7.26	10.7	10.7
シャフト 板厚25mm	0.47	15.7	11.7	10.6	15.1	15.7
	-1.13	10.9	8.14	7.25	9.98	10.9
	-2.73	5.98	4.97	3.58	4.47	5.98
	-4.33	4.70	4.19	2.65	3.18	4.70
	-6.0	4.88	3.89	3.56	3.54	4.88
	-7.5	2.99	2.32	2.39	2.79	2.99
	-9.0	3.72	2.76	2.96	3.17	3.72
-10.1	2.89	2.08	2.47	2.51	2.89	
ピット	-10.9	2.40	1.75	2.25	2.17	2.40
	-11.95	1.11	0.781	0.951	0.997	1.11
	-13.0	0.620	0.423	0.396	0.320	0.620
	-13.45	1.91	1.35	1.69	1.25	1.91
	-14.35	2.70	1.95	2.46	1.85	2.70
	-15.25	2.78	2.05	2.58	1.95	2.78
	-15.7	1.19	0.883	1.11	0.841	1.19

注：網掛け部分は最大値を示す。

表 3-24 原子炉建屋 最大応答せん断ひずみ一覧表 (地盤剛性+ σ , NS 方向)

部位	標高 T. M. S. L. (m)	最大応答せん断ひずみ ($\times 10^{-3}$)				
		Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-8	最大値
ピット 壁	-10.9~ -15.25	0.0122	0.00892	0.0113	0.00869	0.0122

注：網掛け部分は最大値を示す。

表 3-25 原子炉建屋 最大応答曲げモーメント一覧表 (地盤剛性+σ, EW 方向)

部位	標高 T. M. S. L. (m)	最大応答曲げモーメント (×10 ² kN・m)				
		Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-8	最大値
シャフト 板厚19mm	12.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	10.0	1.87	3.05	2.01	2.40	3.05
	8.0	12.0	13.7	5.95	7.48	13.7
	6.0	40.1	51.1	25.5	34.1	51.1
	4.0	79.7	99.8	52.5	70.5	99.8
	2.07	59.6	73.8	38.6	50.2	73.8
シャフト 板厚25mm	0.47	35.3	41.5	21.7	26.1	41.5
	-1.13	18.2	19.2	10.2	13.1	19.2
	-2.73	8.66	8.52	4.71	5.89	8.66
	-4.33	6.33	7.75	5.27	6.18	7.75
	-6.0	13.1	15.7	9.97	11.9	15.7
	-7.5	8.60	10.9	6.69	7.67	10.9
	-9.0	4.68	5.31	3.79	3.09	5.31
-10.1	5.27	5.69	3.74	2.66	5.69	
ピット	-10.9	6.11	7.48	5.24	3.76	7.48
	-11.95	6.89	8.40	6.16	4.58	8.40
	-13.0	6.12	7.50	5.59	4.21	7.50
	-13.45	5.22	6.42	4.80	3.63	6.42
	-14.35	2.81	3.48	2.60	1.97	3.48
	-15.25	0.458	0.577	0.428	0.326	0.577
	-15.7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

注：網掛け部分は最大値を示す。

表 3-26 原子炉建屋 最大応答せん断力一覧表 (地盤剛性+ σ , EW 方向)

部位	標高 T. M. S. L. (m)	最大応答せん断力 ($\times 10^2$ kN)				
		Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-8	最大値
シャフト 板厚19mm	12.0					
	10.0	0.931	1.53	1.01	1.20	1.53
	8.0	6.13	7.65	3.71	4.85	7.65
	6.0	14.8	18.9	9.91	13.5	18.9
	4.0	19.9	24.6	13.6	18.3	24.6
	2.07	10.7	13.5	7.26	10.7	13.5
シャフト 板厚25mm	0.47	15.7	20.2	10.6	15.1	20.2
	-1.13	10.9	14.0	7.25	9.98	14.0
	-2.73	5.98	6.80	3.58	4.47	6.80
	-4.33	4.70	4.73	2.65	3.17	4.73
	-6.0	4.88	5.10	3.55	3.54	5.10
	-7.5	2.98	3.35	2.40	2.78	3.35
	-9.0	3.70	3.94	2.96	3.15	3.94
-10.1	2.80	2.96	2.45	2.45	2.96	
ピット	-10.9	2.29	2.48	2.13	2.07	2.48
	-11.95	1.14	1.22	0.933	1.02	1.22
	-13.0	0.869	0.854	0.570	0.447	0.869
	-13.45	2.00	2.40	1.77	1.31	2.40
	-14.35	2.69	3.27	2.45	1.84	3.27
	-15.25	2.61	3.23	2.41	1.83	3.23
	-15.7	1.02	1.29	0.951	0.723	1.29

注：網掛け部分は最大値を示す。

表 3-27 原子炉建屋 最大応答せん断ひずみ一覧表 (地盤剛性+ σ , EW 方向)

部位	標高 T. M. S. L. (m)	最大応答せん断ひずみ ($\times 10^{-3}$)				
		Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-8	最大値
ピット 壁	-10.9~ -15.25	0.00532	0.00647	0.00484	0.00364	0.00647

注：網掛け部分は最大値を示す。

表 3-28 原子炉建屋 最大応答曲げモーメント一覧表 (地盤剛性 σ , NS 方向)

部位	標高 T. M. S. L. (m)	最大応答曲げモーメント ($\times 10^2$ kN \cdot m)				
		Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-8	最大値
シャフト 板厚19mm	12.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	10.0	4.71	3.21	2.98	3.46	4.71
	8.0	27.2	18.5	20.8	20.1	27.2
	6.0	65.6	45.1	64.7	54.6	65.6
	4.0	109	75.4	115	97.3	115
	2.07	113	78.2	119	93.1	119
シャフト 板厚25mm	0.47	94.7	65.4	98.4	71.9	98.4
	-1.13	67.8	47.7	75.1	51.6	75.1
	-2.73	43.6	31.1	59.4	39.4	59.4
	-4.33	47.0	33.3	71.1	36.4	71.1
	-6.0	67.9	50.2	95.7	39.0	95.7
	-7.5	54.7	40.9	73.7	30.7	73.7
	-9.0	31.6	26.9	43.2	17.1	43.2
	-10.1	19.6	20.2	26.5	10.3	26.5
ピット	-10.9	15.3	16.8	17.3	8.33	17.3
	-11.95	11.8	13.6	9.88	7.06	13.6
	-13.0	9.30	9.95	6.08	5.70	9.95
	-13.45	7.91	8.11	5.50	4.78	8.11
	-14.35	4.29	4.15	3.24	2.57	4.29
	-15.25	0.728	0.671	0.580	0.441	0.728
	-15.7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

注：網掛け部分は最大値を示す。

表 3-29 原子炉建屋 最大応答せん断力一覧表 (地盤剛性- σ , NS 方向)

部位	標高 T. M. S. L. (m)	最大応答せん断力 ($\times 10^2$ kN)				
		Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-8	最大値
シャフト 板厚19mm	12.0					
	10.0	2.36	1.61	1.49	1.73	2.36
	8.0	11.3	7.72	10.3	8.82	11.3
	6.0	19.3	13.5	22.1	17.9	22.1
	4.0	21.7	15.4	25.3	21.4	25.3
	2.07	2.83	2.56	2.62	2.22	2.83
シャフト 板厚25mm	0.47	13.1	8.20	12.6	13.3	13.3
	-1.13	18.4	11.6	14.9	13.2	18.4
	-2.73	20.9	12.5	15.4	15.3	20.9
	-4.33	21.6	12.6	15.3	16.7	21.6
	-6.0	20.2	12.9	15.9	16.3	20.2
	-7.5	10.1	6.67	14.8	7.88	14.8
	-9.0	15.5	10.6	20.5	9.41	20.5
-10.1	12.4	8.17	15.5	8.03	15.5	
ピット	-10.9	9.79	6.42	11.9	6.67	11.9
	-11.95	5.71	3.99	7.05	3.85	7.05
	-13.0	3.37	3.42	4.64	1.77	4.64
	-13.45	3.59	4.10	3.29	2.09	4.10
	-14.35	4.03	4.41	2.59	2.49	4.41
	-15.25	3.96	3.86	2.96	2.37	3.96
	-15.7	1.62	1.49	1.29	0.979	1.62

注：網掛け部分は最大値を示す。

表 3-30 原子炉建屋 最大応答せん断ひずみ一覧表 (地盤剛性- σ , NS 方向)

部位	標高 T. M. S. L. (m)	最大応答せん断ひずみ ($\times 10^{-3}$)				
		Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-8	最大値
ピット 壁	-10.9~ -15.25	0.0498	0.0348	0.0615	0.0336	0.0615

注：網掛け部分は最大値を示す。

表 3-31 原子炉建屋 最大応答曲げモーメント一覧表 (地盤剛性 σ , EW 方向)

部位	標高 T. M. S. L. (m)	最大応答曲げモーメント ($\times 10^2$ kN \cdot m)				
		Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-8	最大値
シャフト 板厚19mm	12.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	10.0	4.71	3.01	2.98	3.46	4.71
	8.0	27.2	22.7	20.8	20.1	27.2
	6.0	65.6	60.3	64.7	54.6	65.6
	4.0	109	105	115	97.3	115
	2.07	113	107	119	93.1	119
シャフト 板厚25mm	0.47	94.7	88.4	98.4	71.9	98.4
	-1.13	67.8	67.2	75.1	51.6	75.1
	-2.73	43.6	49.6	59.4	39.4	59.4
	-4.33	47.1	49.2	71.2	36.4	71.2
	-6.0	68.0	66.9	95.9	39.0	95.9
	-7.5	55.1	53.5	74.3	30.9	74.3
	-9.0	32.8	32.6	44.8	17.7	44.8
	-10.1	21.4	21.8	29.4	11.2	29.4
ピット	-10.9	17.1	15.7	20.5	9.13	20.5
	-11.95	12.5	11.5	12.0	7.24	12.5
	-13.0	8.52	8.44	5.82	5.34	8.52
	-13.45	7.11	6.86	4.57	4.38	7.11
	-14.35	3.72	3.44	2.65	2.23	3.72
	-15.25	0.594	0.529	0.459	0.355	0.594
	-15.7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

注：網掛け部分は最大値を示す。

表 3-32 原子炉建屋 最大応答せん断力一覧表 (地盤剛性- σ , EW 方向)

部位	標高 T. M. S. L. (m)	最大応答せん断力 ($\times 10^2$ kN)				
		Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-8	最大値
シャフト 板厚19mm	12.0					
	10.0	2.36	1.51	1.49	1.73	2.36
	8.0	11.3	10.1	10.3	8.82	11.3
	6.0	19.3	19.0	22.1	17.9	22.1
	4.0	21.7	22.1	25.3	21.4	25.3
	2.07	2.84	3.00	2.62	2.22	3.00
シャフト 板厚25mm	0.47	13.1	11.2	12.6	13.3	13.3
	-1.13	18.4	13.5	14.9	13.2	18.4
	-2.73	20.9	14.3	15.4	15.3	20.9
	-4.33	21.6	18.0	15.3	16.7	21.6
	-6.0	20.2	20.0	16.0	16.3	20.2
	-7.5	9.91	9.86	14.5	7.79	14.5
	-9.0	15.0	14.0	19.8	9.13	19.8
-10.1	11.5	10.8	14.3	7.49	14.3	
ピット	-10.9	9.26	8.85	11.4	6.20	11.4
	-11.95	6.36	6.32	8.09	4.07	8.09
	-13.0	4.24	4.37	5.87	2.20	5.87
	-13.45	3.93	3.55	4.02	2.23	4.02
	-14.35	3.80	3.80	2.77	2.39	3.80
	-15.25	3.47	3.23	2.43	2.09	3.47
	-15.7	1.32	1.18	1.02	0.788	1.32

注：網掛け部分は最大値を示す。

表 3-33 原子炉建屋 最大応答せん断ひずみ一覧表 (地盤剛性- σ , EW 方向)

部位	標高 T. M. S. L. (m)	最大応答せん断ひずみ ($\times 10^{-3}$)				
		Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-8	最大値
ピット 壁	-10.9~ -15.25	0.0126	0.0126	0.0160	0.00806	0.0160

注：網掛け部分は最大値を示す。

表 3-34 タービン建屋 最大応答曲げモーメント一覧表 (地盤剛性+σ, NS 方向)

部位	標高 T. M. S. L. (m)	最大応答曲げモーメント (×10 ² kN・m)				
		Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-8	最大値
シャフト 板厚19mm	12.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	10.0	2.03	2.12	2.22	2.85	2.85
	8.0	9.65	7.89	4.37	5.47	9.65
	6.24	30.6	24.2	19.2	25.8	30.6
シャフト 板厚22mm	4.0	71.4	52.5	47.1	63.4	71.4
	2.12	51.6	38.6	33.4	43.7	51.6
	0.24	24.8	19.3	15.0	18.0	24.8
シャフト 板厚25mm	-1.32	12.3	10.9	6.39	8.66	12.3
	-2.88	5.47	5.12	2.77	3.51	5.47
	-4.44	5.13	4.41	4.12	4.76	5.13
	-6.0	11.6	10.2	8.81	10.4	11.6
	-8.0	5.08	4.87	4.01	4.52	5.08
	-10.15	2.54	1.65	1.72	1.33	2.54
ピット	-10.95	2.42	1.68	2.03	1.46	2.42
	-12.0	1.75	1.20	1.53	1.15	1.75
	-13.05	0.376	0.261	0.335	0.254	0.376
	-13.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

注：網掛け部分は最大値を示す。

表 3-35 タービン建屋 最大応答せん断力一覧表 (地盤剛性+σ, NS 方向)

部位	標高 T. M. S. L. (m)	最大応答せん断力 ($\times 10^2$ kN)				
		Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-8	最大値
シャフト 板厚19mm	12.0					
	10.0	1.02	1.06	1.11	1.43	1.43
	8.0	5.26	4.08	3.09	4.04	5.26
	6.24	12.9	9.65	8.58	11.7	12.9
シャフト 板厚22mm	4.0	18.2	13.1	12.5	16.9	18.2
	2.12	10.8	7.99	7.32	10.6	10.8
	0.24	14.6	10.9	9.76	14.0	14.6
シャフト 板厚25mm	-1.32	8.30	6.27	5.50	7.50	8.30
	-2.88	4.44	3.82	2.58	3.31	4.44
	-4.44	3.82	3.31	2.44	2.70	3.82
	-6.0	4.61	3.80	3.46	3.60	4.61
	-8.0	3.26	2.64	2.54	2.91	3.26
	-10.15	2.24	1.74	1.74	1.91	2.24
ピット	-10.95	1.01	0.889	0.759	0.904	1.01
	-12.0	0.777	0.505	0.508	0.415	0.777
	-13.05	1.31	0.893	1.14	0.846	1.31
	-13.55	0.752	0.522	0.670	0.507	0.752

注：網掛け部分は最大値を示す。

表 3-36 タービン建屋 最大応答せん断ひずみ一覧表 (地盤剛性+σ, NS 方向)

部位	標高 T. M. S. L. (m)	最大応答せん断ひずみ ($\times 10^{-3}$)				
		Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-8	最大値
ピット 壁	-10.95~ -13.05	0.00715	0.00490	0.00621	0.00463	0.00715

注：網掛け部分は最大値を示す。

表 3-37 タービン建屋 最大応答曲げモーメント一覧表 (地盤剛性+σ, EW 方向)

部位	標高 T. M. S. L. (m)	最大応答曲げモーメント (×10 ² kN・m)				
		Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-8	最大値
シャフト 板厚19mm	12.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	10.0	2.03	3.43	2.22	2.85	3.43
	8.0	9.65	10.6	4.37	5.47	10.6
	6.24	30.6	39.3	19.2	25.8	39.3
シャフト 板厚22mm	4.0	71.4	89.5	47.1	63.4	89.5
	2.12	51.6	64.0	33.4	43.7	64.0
	0.24	24.8	28.7	15.0	18.0	28.7
シャフト 板厚25mm	-1.32	12.3	12.1	6.39	8.66	12.3
	-2.88	5.47	4.62	2.78	3.51	5.47
	-4.44	5.12	6.08	4.12	4.75	6.08
	-6.0	11.6	13.8	8.80	10.4	13.8
	-8.0	5.10	6.56	4.03	4.52	6.56
	-10.15	2.56	2.51	1.67	1.39	2.56
ピット	-10.95	2.22	2.52	1.75	1.24	2.52
	-12.0	1.47	1.69	1.26	0.925	1.69
	-13.05	0.294	0.339	0.258	0.193	0.339
	-13.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

注：網掛け部分は最大値を示す。

表 3-38 タービン建屋 最大応答せん断力一覧表 (地盤剛性+σ, EW 方向)

部位	標高 T. M. S. L. (m)	最大応答せん断力 ($\times 10^2$ kN)				
		Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-8	最大値
シャフト 板厚19mm	12.0					
	10.0	1.02	1.72	1.11	1.43	1.72
	8.0	5.26	6.44	3.09	4.04	6.44
	6.24	12.9	16.5	8.58	11.7	16.5
シャフト 板厚22mm	4.0	18.2	22.6	12.5	16.9	22.6
	2.12	10.8	13.6	7.32	10.6	13.6
	0.24	14.6	18.9	9.76	14.0	18.9
シャフト 板厚25mm	-1.32	8.30	10.7	5.50	7.51	10.7
	-2.88	4.44	4.88	2.58	3.31	4.88
	-4.44	3.81	4.03	2.44	2.70	4.03
	-6.0	4.61	5.04	3.45	3.59	5.04
	-8.0	3.26	3.63	2.54	2.90	3.63
	-10.15	2.14	2.32	1.66	1.83	2.32
ピット	-10.95	0.918	1.17	0.716	0.816	1.17
	-12.0	0.835	0.796	0.531	0.463	0.835
	-13.05	1.12	1.29	0.950	0.697	1.29
	-13.55	0.588	0.677	0.515	0.385	0.677

注：網掛け部分は最大値を示す。

表 3-39 タービン建屋 最大応答せん断ひずみ一覧表 (地盤剛性+σ, EW 方向)

部位	標高 T. M. S. L. (m)	最大応答せん断ひずみ ($\times 10^{-3}$)				
		Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-8	最大値
ピット 壁	-10.95~ -13.05	0.00272	0.00312	0.00231	0.00170	0.00312

注：網掛け部分は最大値を示す。

表 3-40 タービン建屋 最大応答曲げモーメント一覧表 (地盤剛性 σ , NS 方向)

部位	標高 T. M. S. L. (m)	最大応答曲げモーメント ($\times 10^2$ kN \cdot m)				
		Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-8	最大値
シャフト 板厚19mm	12.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	10.0	3.63	2.77	3.51	2.68	3.63
	8.0	23.2	15.7	16.6	17.0	23.2
	6.24	52.7	36.2	50.6	43.1	52.7
シャフト 板厚22mm	4.0	95.9	66.9	102	86.7	102
	2.12	99.5	68.9	104	82.0	104
	0.24	76.0	52.3	77.7	55.8	77.7
シャフト 板厚25mm	-1.32	51.2	36.1	56.6	37.9	56.6
	-2.88	31.4	22.7	44.2	28.2	44.2
	-4.44	37.9	28.1	58.2	27.4	58.2
	-6.0	59.8	43.8	81.2	33.3	81.2
	-8.0	35.3	26.5	46.4	20.5	46.4
	-10.15	11.5	11.5	15.8	5.90	15.8
ピット	-10.95	7.11	7.57	8.71	3.74	8.71
	-12.0	3.14	3.59	3.09	1.78	3.59
	-13.05	0.524	0.608	0.402	0.318	0.608
	-13.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

注：網掛け部分は最大値を示す。

表 3-41 タービン建屋 最大応答せん断力一覧表 (地盤剛性- σ , NS 方向)

部位	標高 T. M. S. L. (m)	最大応答せん断力 ($\times 10^2$ kN)				
		Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-8	最大値
シャフト 板厚19mm	12.0					
	10.0	1.82	1.39	1.76	1.34	1.82
	8.0	9.80	6.71	8.69	7.56	9.80
	6.24	16.9	11.8	19.5	15.8	19.5
シャフト 板厚22mm	4.0	19.8	14.0	23.1	19.5	23.1
	2.12	2.61	2.37	2.28	2.60	2.61
	0.24	14.2	8.96	14.0	14.2	14.2
シャフト 板厚25mm	-1.32	17.2	10.8	13.8	12.2	17.2
	-2.88	18.2	10.9	13.5	13.3	18.2
	-4.44	18.5	10.9	13.4	14.4	18.5
	-6.0	17.7	11.9	15.4	14.3	17.7
	-8.0	12.3	8.67	17.4	7.63	17.4
	-10.15	11.3	7.83	14.4	6.92	14.4
ピット	-10.95	6.88	5.10	8.89	4.15	8.89
	-12.0	3.91	3.85	5.36	2.08	5.36
	-13.05	2.50	2.84	2.56	1.40	2.84
	-13.55	1.05	1.22	0.803	0.636	1.22

注：網掛け部分は最大値を示す。

表 3-42 タービン建屋 最大応答せん断ひずみ一覧表 (地盤剛性- σ , NS 方向)

部位	標高 T. M. S. L. (m)	最大応答せん断ひずみ ($\times 10^{-3}$)				
		Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-8	最大値
ピット 壁	-10.95~ -13.05	0.0215	0.0211	0.0294	0.0114	0.0294

注：網掛け部分は最大値を示す。

表 3-43 タービン建屋 最大応答曲げモーメント一覧表 (地盤剛性- σ , EW 方向)

部位	標高 T. M. S. L. (m)	最大応答曲げモーメント ($\times 10^2$ kN・m)				
		Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-8	最大値
シャフト 板厚19mm	12.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	10.0	3.63	2.55	3.51	2.68	3.63
	8.0	23.2	19.1	16.6	17.0	23.2
	6.24	52.7	47.9	50.6	43.1	52.7
シャフト 板厚22mm	4.0	95.9	92.7	102	86.7	102
	2.12	99.5	93.3	104	82.0	104
	0.24	76.0	69.9	77.7	55.8	77.7
シャフト 板厚25mm	-1.32	51.2	50.7	56.6	37.9	56.6
	-2.88	31.4	35.9	44.1	28.1	44.1
	-4.44	37.9	40.7	58.2	27.4	58.2
	-6.0	59.7	57.3	81.2	33.3	81.2
	-8.0	35.4	34.7	46.6	20.5	46.6
	-10.15	12.5	12.6	17.1	6.53	17.1
ピット	-10.95	7.67	7.59	10.1	4.02	10.1
	-12.0	3.36	3.02	3.88	1.81	3.88
	-13.05	0.516	0.467	0.524	0.291	0.524
	-13.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

注：網掛け部分は最大値を示す。

表 3-44 タービン建屋 最大応答せん断力一覧表 (地盤剛性- σ , EW 方向)

部位	標高 T. M. S. L. (m)	最大応答せん断力 ($\times 10^2$ kN)				
		Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-8	最大値
シャフト 板厚19mm	12.0					
	10.0	1.82	1.28	1.76	1.34	1.82
	8.0	9.80	8.64	8.69	7.56	9.80
	6.24	16.9	16.7	19.5	15.8	19.5
シャフト 板厚22mm	4.0	19.8	20.1	23.1	19.5	23.1
	2.12	2.61	2.68	2.28	2.60	2.68
	0.24	14.2	12.5	14.0	14.2	14.2
シャフト 板厚25mm	-1.32	17.2	12.5	13.8	12.2	17.2
	-2.88	18.2	12.5	13.5	13.3	18.2
	-4.44	18.5	16.3	13.4	14.4	18.5
	-6.0	17.7	18.2	15.4	14.3	18.2
	-8.0	12.2	12.0	17.3	7.60	17.3
	-10.15	10.9	10.4	13.8	6.62	13.8
ピット	-10.95	6.68	6.61	8.72	3.95	8.72
	-12.0	4.34	4.40	5.93	2.33	5.93
	-13.05	2.71	2.47	3.19	1.45	3.19
	-13.55	1.04	0.934	1.05	0.582	1.05

注：網掛け部分は最大値を示す。

表 3-45 タービン建屋 最大応答せん断ひずみ一覧表 (地盤剛性- σ , EW 方向)

部位	標高 T. M. S. L. (m)	最大応答せん断ひずみ ($\times 10^{-3}$)				
		Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-8	最大値
ピット 壁	-10.95~ -13.05	0.0106	0.0107	0.0144	0.00565	0.0144

注：網掛け部分は最大値を示す。

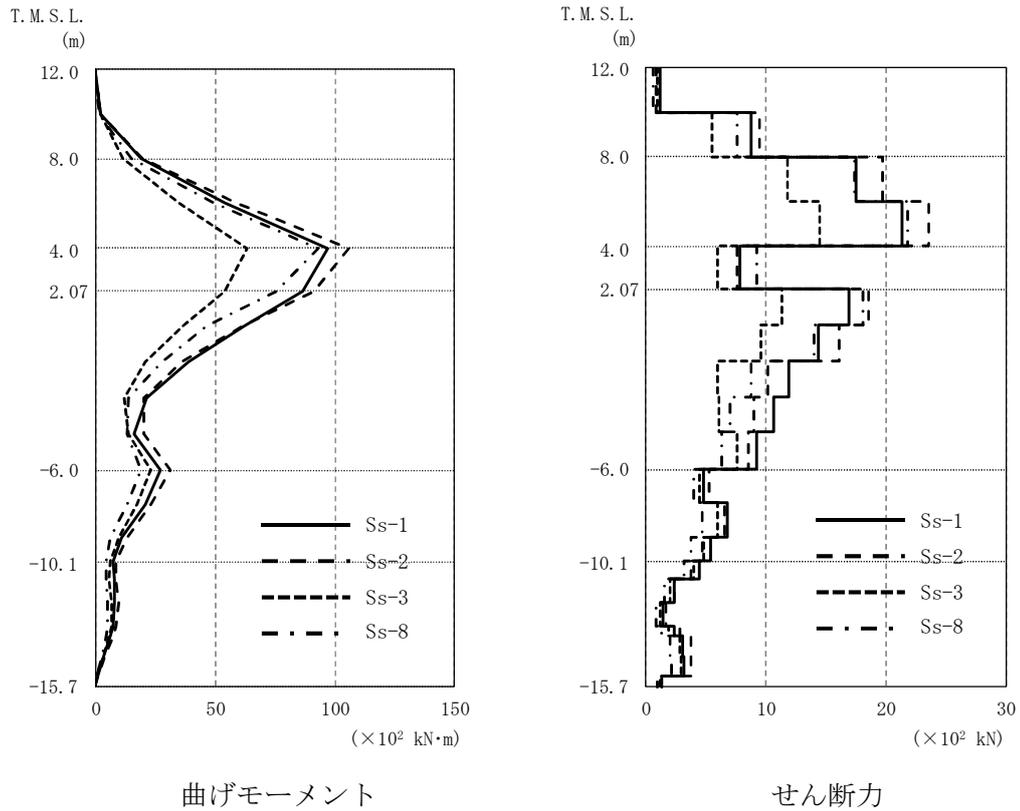


図 3-7 地盤物性の不確かさを考慮した検討による応力解析結果（原子炉建屋，標準地盤）

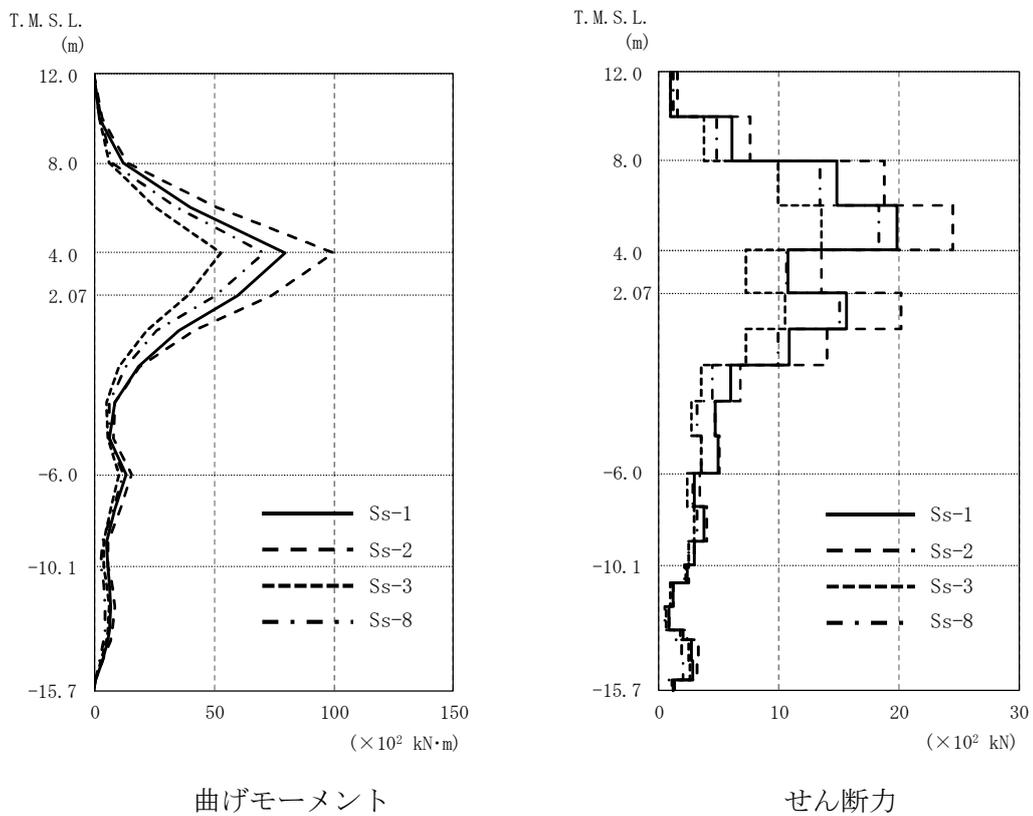


図 3-8 地盤物性の不確かさを考慮した検討による応力解析結果（原子炉建屋，地盤剛性+ σ ）

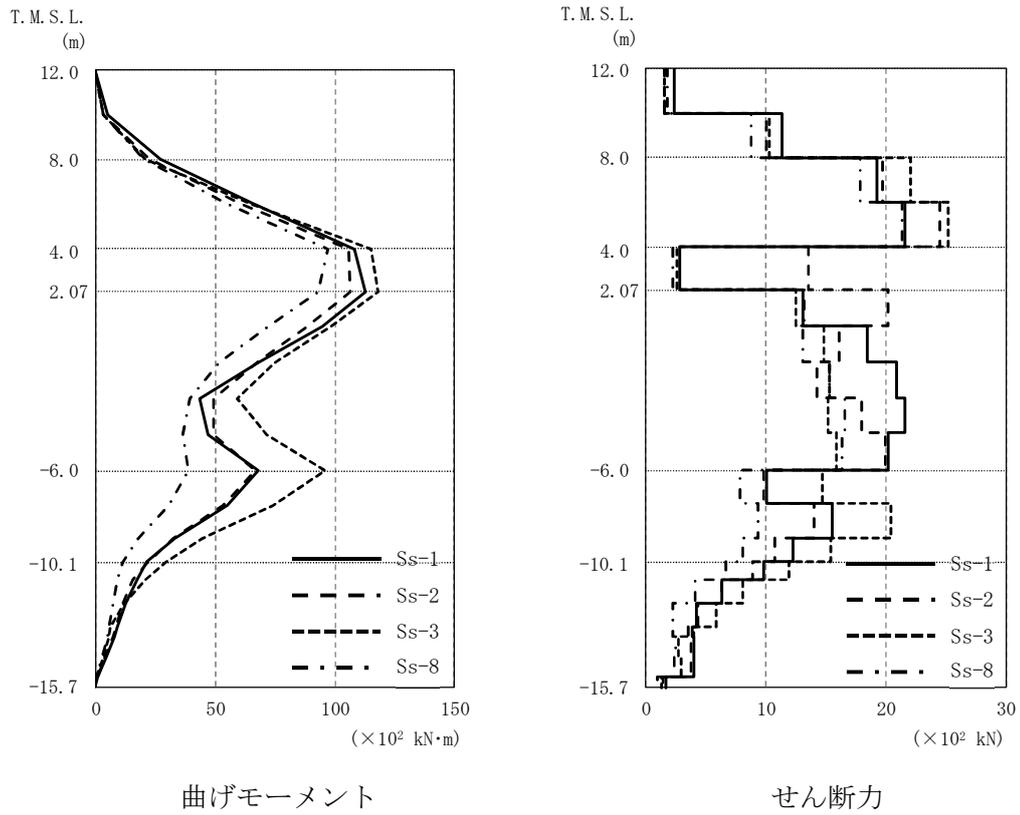


図 3-9 地盤物性の不確かさを考慮した検討による応力解析結果 (原子炉建屋, 地盤剛性- σ)

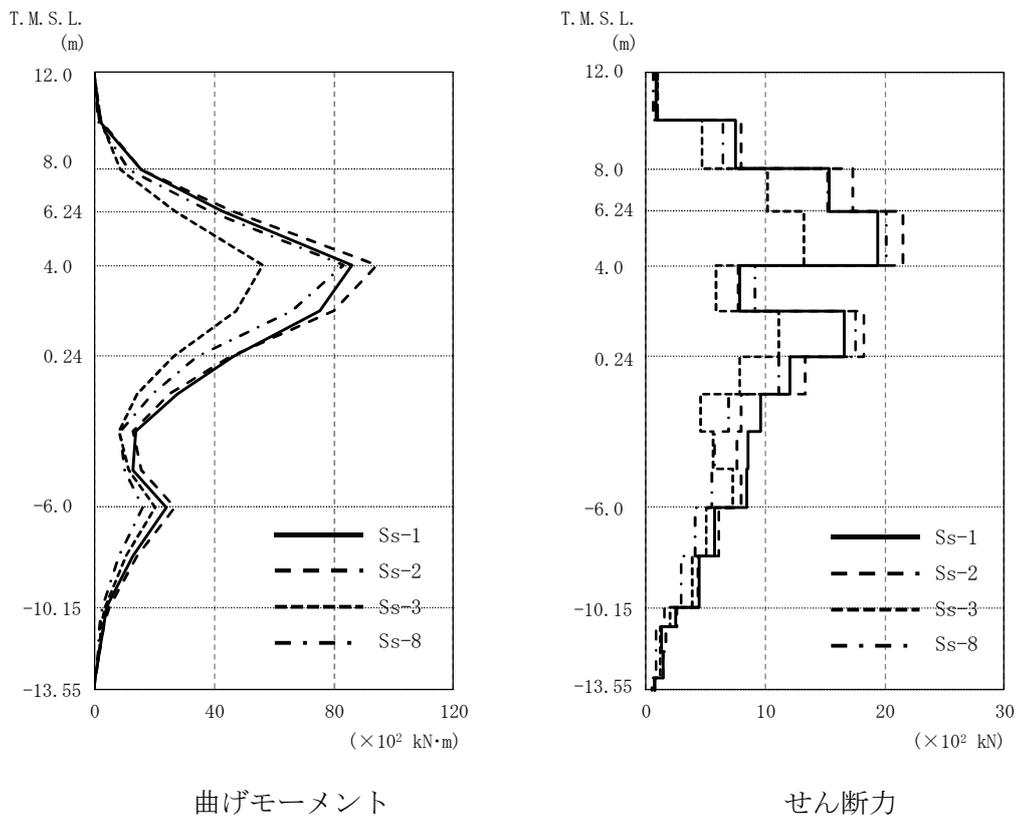


図 3-10 地盤物性の不確かさを考慮した検討による応力解析結果 (タービン建屋, 標準地盤)

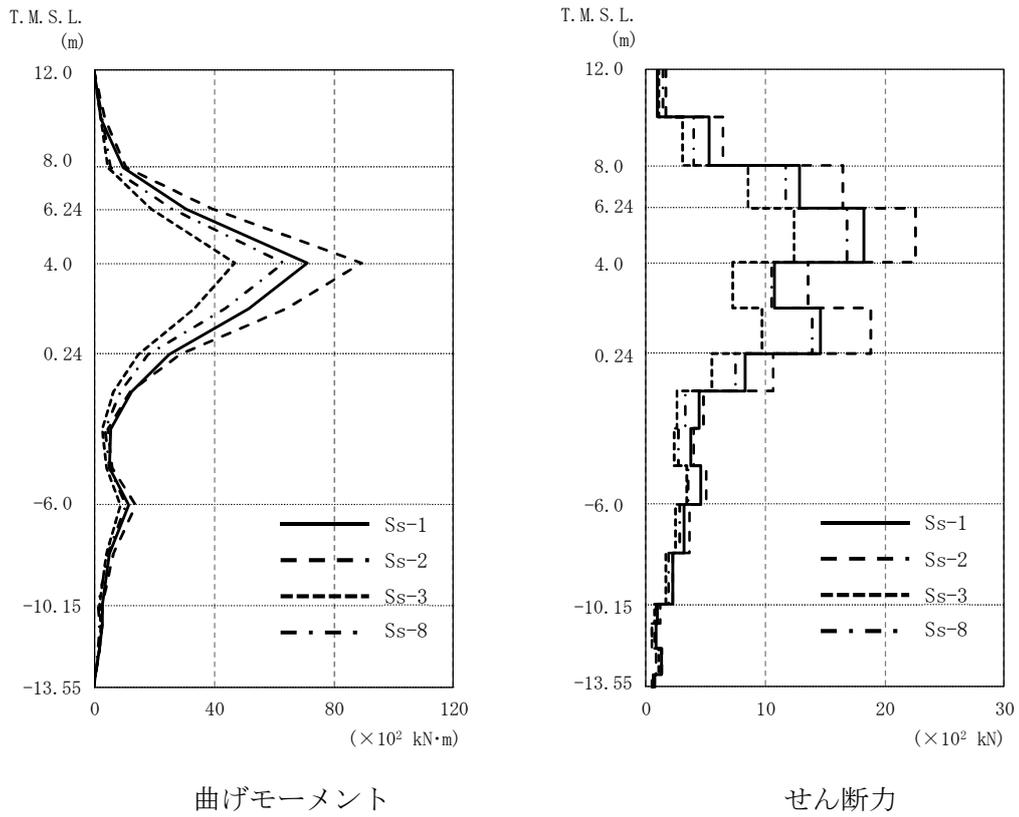


図 3-11 地盤物性の不確かさを考慮した検討による応力解析結果（タービン建屋，地盤剛性+ σ ）

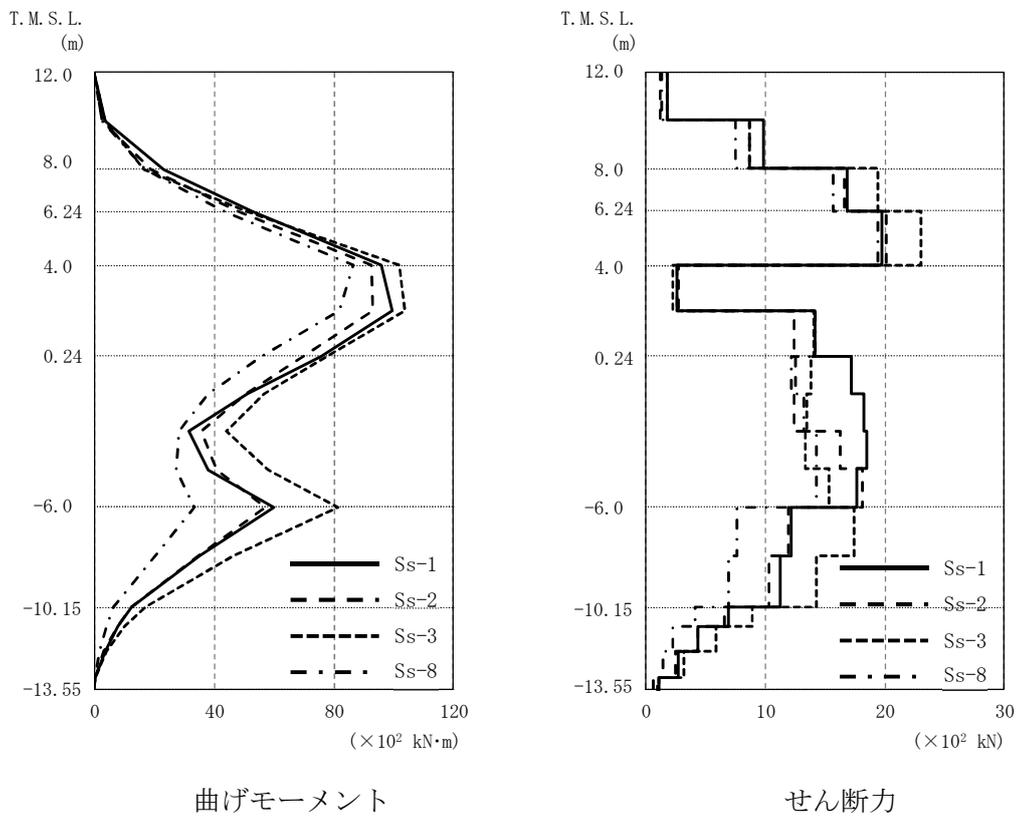


図 3-12 地盤物性の不確かさを考慮した検討による応力解析結果（タービン建屋，地盤剛性- σ ）

3.5 応力解析による最大応答値のまとめ

3.5.1 管軸方向断面の最大応答値

地盤物性の不確かさを考慮した検討による管軸方向断面での検定値が最大となる曲げモーメント，せん断力，軸力の最大応答値を表 3-46～表 3-48 に示す。

表 3-46 地盤物性の不確かさを考慮した曲げモーメントの最大応答値 (kN・m)

建屋	標準地盤	地盤剛性 + σ	地盤剛性 - σ
原子炉建屋	10600 (Ss-2)	9980 (Ss-2)	11900 (Ss-3)
タービン建屋	9440 (Ss-2)	8950 (Ss-2)	10400 (Ss-3)

表 3-47 地盤物性の不確かさを考慮したせん断力の最大応答値 (kN)

建屋	標準地盤	地盤剛性 + σ	地盤剛性 - σ
原子炉建屋	2360 (Ss-2)	2460 (Ss-2)	2530 (Ss-3)
タービン建屋	2160 (Ss-2)	2260 (Ss-2)	2310 (Ss-3)

表 3-48 地盤物性の不確かさを考慮した軸力の最大応答値 (kN)

建屋	標準地盤	地盤剛性 + σ	地盤剛性 - σ
原子炉建屋	168 (Ss-3)	169 (Ss-3)	165 (Ss-3)
タービン建屋	177 (Ss-3)	178 (Ss-3)	174 (Ss-3)

3.5.2 横断方向断面の最大応答値

地盤物性の不確かさを考慮した検討による横断方向断面での検定値が最大となる曲げモーメント，せん断力の最大応答値を表 3-49～表 3-50 に示す。

表 3-49 地盤物性の不確かさを考慮した曲げモーメントの最大応答値 (kN・m)

建屋	標準地盤	地盤剛性 + σ	地盤剛性 - σ
原子炉建屋	9.24 (Ss-2)	7.82 (Ss-2)	11.3 (Ss-3)
タービン建屋	11.0 (Ss-2)	9.49 (Ss-2)	9.97 (Ss-3)

表 3-50 地盤物性の不確かさを考慮したせん断力の最大応答値 (kN)

建屋	標準地盤	地盤剛性 + σ	地盤剛性 - σ
原子炉建屋	86.4 (Ss-2)	83.6 (Ss-2)	110 (Ss-3)
タービン建屋	97.0 (Ss-2)	95.2 (Ss-3)	106 (Ss-3)

4. 評価結果

4.1 管軸方向断面の評価結果

サブドレンシャフトの管軸方向断面（鉛直断面）の応答変位法による応力解析で得られた検定値が最大となる曲げモーメント及びせん断力について、鋼管断面の評価結果を表4-1～表4-2に示す。

発生応力度が許容限界を超えないことを確認した。

表4-1 原子炉建屋サブドレンシャフトの管軸方向断面の評価結果

構造諸元	呼び径	1900	
	内径 (mm) × 鋼板厚 (mm)	1862 × 19	
発生断面力	曲げモーメント	M (kN・m)	11900
	軸力	N (kN)	169
	せん断力	S (kN)	2530
発生応力度	曲げ応力度	σ_b (N/mm ²)	228
	圧縮応力度	σ_c (N/mm ²)	1.51
	せん断応力度	τ (N/mm ²)	45.1
許容限界	曲げ応力に関する弾性限強度	f_b (N/mm ²)	258
	圧縮応力に関する弾性限強度	f_c (N/mm ²)	255
	せん断応力に関する弾性限強度	f_s (N/mm ²)	148
検定値	$\sigma_b / f_b + \sigma_c / f_c$		0.89
	τ / f_s		0.31
判定			可

表 4-2 (1/2) タービン建屋サブドレンシャフトの管軸方向断面の評価結果

構造諸元	呼び径	1700
	内径 (mm) × 鋼板厚 (mm)	1700 × 19
発生断面力	せん断力 S (kN)	2310
発生応力度	せん断応力度 τ (N/mm ²)	45.1
許容限界	せん断応力に関する弾性限強度 f_s (N/mm ²)	148
検定値	τ / f_s	0.31
判定		可

表 4-2 (2/2) タービン建屋サブドレンシャフトの管軸方向断面の評価結果

構造諸元	呼び径	1700
	内径 (mm) × 鋼板厚 (mm)	1700 × 22
発生断面力	曲げモーメント M (kN・m)	10400
	軸力 N (kN)	178
発生応力度	曲げ応力度 σ_b (N/mm ²)	206
	圧縮応力度 σ_c (N/mm ²)	1.50
許容限界	曲げ応力に関する弾性限強度 f_b (N/mm ²)	258
	圧縮応力に関する弾性限強度 f_c (N/mm ²)	255
検定値	$\sigma_b / f_b + \sigma_c / f_c$	0.81
判定		可

4.2 横断方向断面の評価結果

サブドレンシャフトの横断方向（水平方向）断面の応力解析で得られた検定値が最大となる曲げモーメントについて，鋼管断面の評価結果を表 4-3～表 4-4 に示す。

発生応力度が許容限界を超えないことを確認した。

表 4-3 原子炉建屋サブドレンシャフトの横断方向断面の評価結果

構造諸元	呼び径		1900
	内径 (mm) × 鋼板厚 (mm)		1862×19
発生断面力	曲げモーメント	M (kN・m)	9.24
	せん断力	S (kN)	86.4
発生応力度	曲げ応力度	σ_b (N/mm ²)	154
	せん断応力度	τ (N/mm ²)	5.46
許容限界	曲げ応力に関する弾性限強度	f_b (N/mm ²)	297
	せん断応力に関する弾性限強度	f_s (N/mm ²)	148
検定値		σ_b / f_b	0.52
		τ / f_s	0.04
判定			可

表 4-4 タービン建屋サブドレンシャフトの横断方向断面の評価結果

構造諸元	呼び径		1700
	内径 (mm) × 鋼板厚 (mm)		1700×22
発生断面力	曲げモーメント	M (kN・m)	11.0
	せん断力	S (kN)	97.0
発生応力度	曲げ応力度	σ_b (N/mm ²)	137
	せん断応力度	τ (N/mm ²)	5.30
許容限界	曲げ応力に関する弾性限強度	f_b (N/mm ²)	297
	せん断応力に関する弾性限強度	f_s (N/mm ²)	148
検定値		σ_b / f_b	0.47
		τ / f_s	0.04
判定			可

参考資料 1. 本計算書以外のサブドレンシャフトの耐震性について

1. 概要

本計算書に示す 7R-4-1 及び 7T-6 以外のサブドレンシャフトが、S_s地震時において集水を期待するサブドレンピットへ波及的影響を及ぼさないことを確認する。

2. 評価方針

7号機及び6号機側サブドレンシャフトは全て鋼製仕様であり、地盤モデルが共通であることから、各建屋において最大応力の発生位置は同様の傾向となっている。最大応力の発生位置は、原子炉建屋 7R-4-1 において、せん断応力は T. M. S. L. 4. 0m, 曲げモーメントは T. M. S. L. 2. 07m, タービン建屋 7T-6 において、せん断応力は T. M. S. L. 4. 0m, 曲げモーメントは T. M. S. L. 2. 12m となっている。

このため 7R-4-1 及び 7T-6 以外のシャフトにおける板厚及び内径の諸元を比較し、板厚が同等なこと及び内径が小さいことによりシャフトの耐震性を評価する。

各サブドレンシャフトの板厚及び内径の諸元を表 3-1 に示す。

3. 評価結果

表 3-1 より、7R-4-1 及び 7T-6 の板厚及び内径の諸元と比較し、各応力が最大となる位置での板厚が 7R-4-1 と同等又はそれ以上であり、内径も同等以下であることから、7R-4-1 及び 7T-6 同様にせん断破壊が生じず、サブドレンピットへ波及的影響を及ぼすことはない。

表 3-1 各サブドレンシャフトの板厚及び内径の諸元

建屋	ピット番号	曲げモーメント		せん断力		内径
		最大発生値位置	最大発生値位置の板厚	最大発生値位置	最大発生値位置の板厚	
原子炉建屋	7R-4-1	T. M. S. L. 2. 07m	19mm	T. M. S. L. 4. 0m	19mm	1862mm
	7R-1		19mm		19mm	1862mm
	7R-2		19mm		19mm	1862mm
	7R-3		19mm		19mm	1862mm
	6R-1		20mm		20mm	1700mm
	6R-3		20mm		20mm	1700mm
	6R-4		20mm		20mm	1700mm
タービン建屋	7T-6	T. M. S. L. 2. 12m	22mm	T. M. S. L. 4. 0m	22mm	1700mm
	7T-5		22mm		22mm	1700mm
	7T-7		22mm		22mm	1700mm
	6T-5		22mm		22mm	1700mm
	6T-6		22mm		22mm	1700mm
	6T-7		22mm		22mm	1700mm

注 : は本計算書評価ピットを示す。

参考資料 2. タービン側地盤層序の評価影響について

1. 概要

7号機地下水排水設備の評価においては、V-2-2-1「原子炉建屋の地震応答計算書」に基づき原子炉建屋評価にて採用した地盤（以下、「工認地盤」という。）を元に評価を実施している。

7号機タービン建屋の海側に設置されている地下水排水設備は、周囲にタービン建屋及び既存の自然地盤が存在していることから、地下水排水設備の変位を拘束する効果が期待できると考えられるが、西側の一部は埋戻土であるため、地下水排水設備の周囲を全層埋戻土と仮定し、工認地盤による解析結果に対する影響を確認する。

2. 評価方針

2.1 地盤の物性値

タービン建屋西側の地盤は、地表面からサブドレンピットの底部スラブ底面（T.M.S.L. - 13.55m）までが新期砂層（以下、「影響検討ケース」という。）であると仮定し、V-2-2-別添1-2-1「地下水排水設備設置位置の地盤応答」に記載した工認標準地盤における新期砂層の物性値を用いる。

地盤の物性値を表2-1に示す。

表 2-1 地盤の物性値

標高 T.M.S.L. (m)	工認地盤			影響検討ケース		
	地層区分	地盤のせん断波速度 (m/s)		地層区分	地盤のせん断波速度 (m/s)	
		標準地盤	-σ		標準地盤	
12.0 ~ 8.0	新期砂層	150	131	新期砂層	150	
8.0 ~ 4.0		200	174		200	
4.0 ~ -6.0	古安田層	330	248	新期砂層		200
-6.0 ~ -13.55	西山層	490	441		西山層	
-13.55 ~ -33.0		490	441	490		
-33.0 ~ -90.0		530	477	530		
-90.0 ~ -136.0		590	531	590		
-136.0 ~ -155.0		650	585		650	

2.2 地震動

検討に用いる地震動は、基準地震動 Ss-1~Ss-8 における応答値を比較し、最も大きい応答値となった Ss-1 を選定する。

2.3 評価方法

応力解析の方法は、本計算書「3.4 評価方法」に示す通りとする。

工認地盤にて算出している地盤物性の不確かさを考慮した応答値の最大となる地盤剛性- σ の Ss-3 における評価結果と影響検討ケースによる標準地盤の Ss-1 における評価結果を比較し、影響がないことを確認する。

2.3.1 サブドレンシャフトの評価

サブドレンシャフトは管軸方向断面と横断方向断面の評価を実施する。

管軸方向断面評価は、影響検討ケースにおける曲げモーメント及びせん断力の最大発生断面力を算出し、影響がないことを確認する。

横断方向断面評価は、地震時土圧を用いた評価をしていることから、地震時土圧を算出し、影響がないことを確認する。

2.3.2 サブドレンピットの評価

サブドレンピットについても評価を行うものとし、サブドレンピット壁の最大せん断ひずみ及び地震時土圧、サブドレン上部スラブ及び底部スラブの曲げモーメント並びにせん断力を算出し、影響がないことを確認する。

3. 評価結果

管軸方向の曲げモーメント及びせん断力の比較を表 3-1 に、サブドレンピット壁のせん断ひずみの比較を表 3-2 に、サブドレンシャフト及びサブドレンピット壁に作用する地震時土圧の比較を表 3-3 に、サブドレンピットスラブの曲げモーメント及びせん断力の比較を表 3-4 に、管軸方向の曲げモーメント及びせん断力分布を図 3-1 に示す。

評価項目のいずれにおいても、工認地盤の評価結果と比較し、影響検討ケースの結果が小さいことから、影響がないことを確認した。

表 3-1 管軸方向の曲げモーメント及びせん断力の比較

発生断面力	工認地盤*	影響検討ケース
曲げモーメント (kN・m)	10400	6920
せん断力 (kN)	2310	956

注記* : V-2-2-別添 1-2-6 「サブドレンシャフトの耐震性についての計算書」より抜粋

表 3-2 サブドレンピット壁のせん断ひずみの比較

発生断面力	工認地盤*	影響検討ケース
せん断ひずみ	0.0294×10^{-3}	0.0200×10^{-3}

注記* : V-2-2-別添 1-2-6 「サブドレンシャフトの耐震性についての計算書」より抜粋

表 3-3 サブドレンシャフト及びサブドレンピット壁に作用する地震時土圧の比較

部位	地震時土圧 (kN/m ²)	
	工認地盤*	影響検討ケース
サブドレンシャフト (横断方向)	371	289
サブドレンピット 壁	282	254

注記* : V-2-2-別添 1-2-6 「サブドレンシャフトの耐震性についての計算書」及び V-2-2-別添 1-2-7 「サブドレンピットの耐震性についての計算書」にて算出した値

表 3-4 サブドレンピットスラブの曲げモーメント及びせん断力の比較

部位		工認地盤*	影響検討ケース
曲げ モーメント (kN・m/m)	上部スラブ	295	199
	底部スラブ	73.6	71.4
せん断力 (kN/m)	上部スラブ	931	672
	底部スラブ	441	428

注記* : V-2-2-別添 1-2-7 「サブドレンピットの耐震性についての計算書」より抜粋

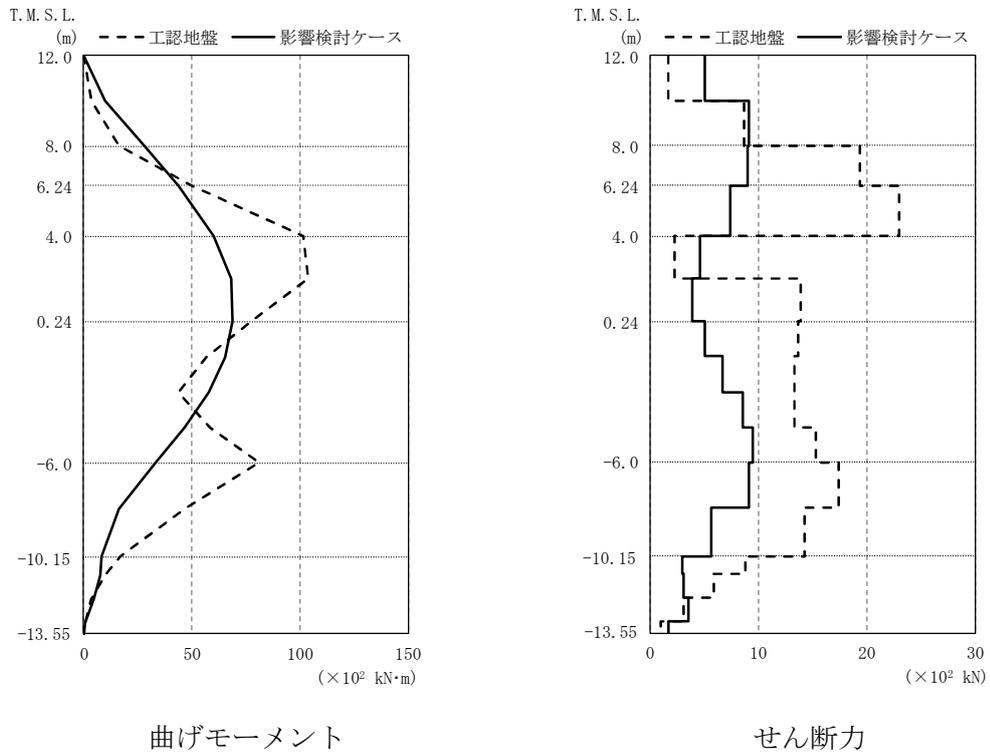


図 3-1 管軸方向の曲げモーメント及びせん断力分布

V-2-2-別添 1-2-7 サブドレン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	9
2.4	適用規格・基準等	11
3.	サブドレンピット壁の評価	12
3.1	地震応答解析による評価	12
3.1.1	評価方法	12
3.1.2	評価結果	12
3.2	応答解析による評価	13
3.2.1	評価方針	13
3.2.2	荷重及び荷重の組合せ	15
3.2.3	許容限界	16
3.2.4	解析モデル	17
3.2.5	応力の算出方法	18
3.2.6	断面の評価方法	19
3.2.7	評価結果	20
4.	サブドレンピット上部スラブ及び底部スラブの評価	21
4.1	評価方針	21
4.2	荷重及び荷重の組合せ	23
4.2.1	荷重	23
4.2.2	荷重の組合せ	24
4.3	許容限界	25
4.4	解析モデル	26
4.5	評価方法	27
4.5.1	応力解析方法	27
4.5.2	断面の評価方法	30
4.6	評価結果	31
参考資料 1.	本計算書以外のサブドレンピットの耐震性について	34

1. 概要

建屋評価における前提条件を満たすために、7号機地下水排水設備は、建屋の耐震性を確保するため地下水位を建屋基礎スラブ底面レベル以深に維持する機能を有する。

7号機地下水排水設備の評価においては、V-2-1-1「耐震設計の基本方針」のうち、「10. 耐震計算の基本方針 10.1 建物・構築物」及びV-1-1-9「発電用原子炉施設の溢水防護に関する説明書」に基づき、基準地震動 S_s による地震力に対して機能を維持できることを確認する。

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、7号機地下水排水設備のうちサブドレンピット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。

2. 基本方針

原子炉建屋，タービン建屋，コントロール建屋，廃棄物処理建屋の地下水排水設備（以下，「地下水排水設備」という。）は，各建屋に対し，その耐震性を確保するため地下水位を建屋基礎スラブ底面レベル以深に維持する機能を有し，基準地震動 S_s に対する機能維持を確認する必要があることから，地下水排水設備を構成するサブドレンピットについて，基準地震動 S_s による地震力に対する評価を実施する。

2.1 位置

地下水排水設備の概略配置を図 2-1 に示す。

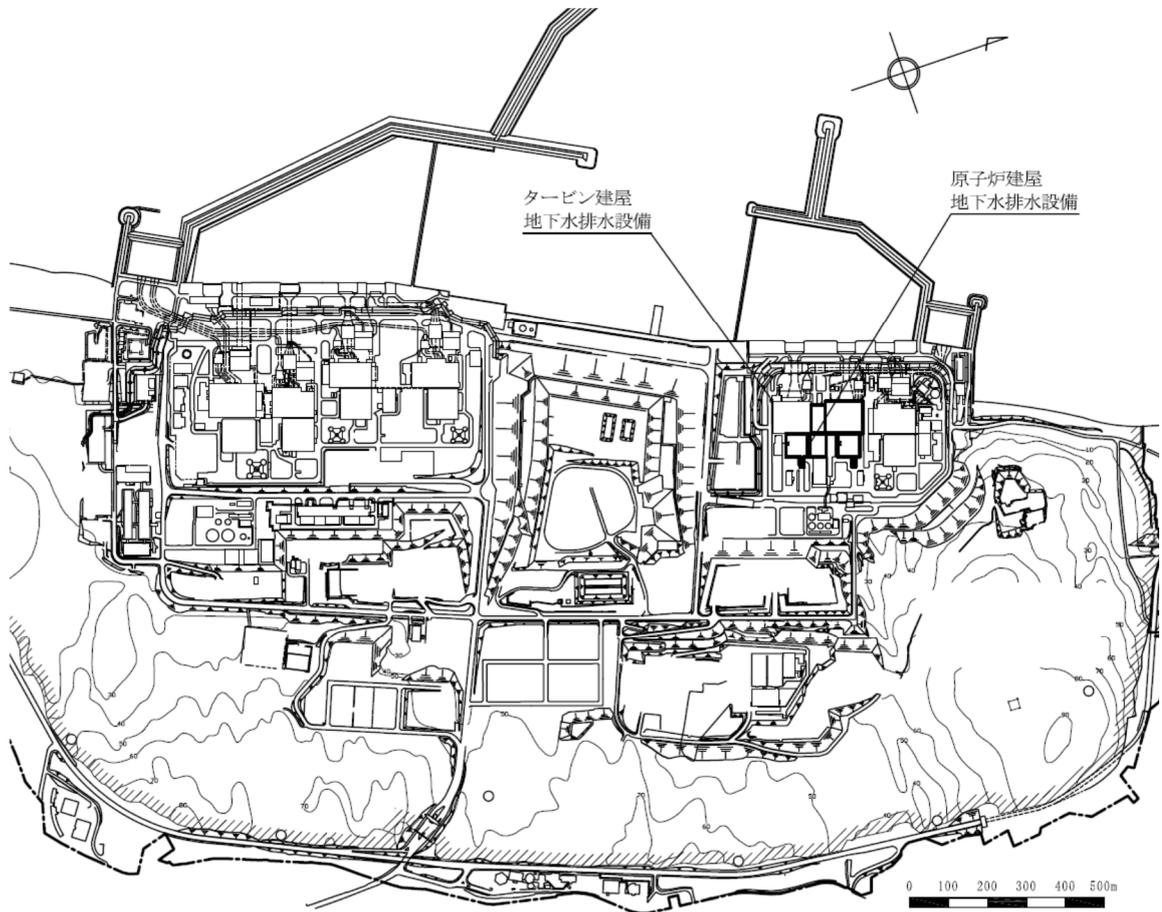


図 2-1 地下水排水設備の概略配置図

2.2 構造概要

原子炉建屋のサブドレンピットは、北側に3箇所、南側に2箇所設置し、原子炉建屋の四方隅角部付近及び北側中央付近に位置する。評価対象とするサブドレンピットは、平面が南北方向 2.45m、東西方向 5.4m、高さ 5.6m の鉄筋コンクリート造であり、支持地盤である西山層にマンメイドロックを介して設置されている。

タービン建屋のサブドレンピットは、北側に1箇所、南側に2箇所設置し、タービン建屋の四方隅角部付近に位置する。評価対象とするサブドレンピットは、平面が南北方向 1.95m、東西方向 4.4m、高さ 3.4m の鉄筋コンクリート造であり、支持地盤である西山層にマンメイドロックを介して設置されている。

地下水排水設備の評価対象配置図及び概略構成図を図 2-2～図 2-3 に、原子炉建屋サブドレンシャフトの概略断面図を図 2-4 に、原子炉建屋サブドレンピットの概略断面図及び概略平面図を図 2-5～図 2-6 に、タービン建屋サブドレンシャフトの概略断面図を図 2-7 に、タービン建屋サブドレンピットの概略断面図及び概略平面図を図 2-8～図 2-9 に示す。

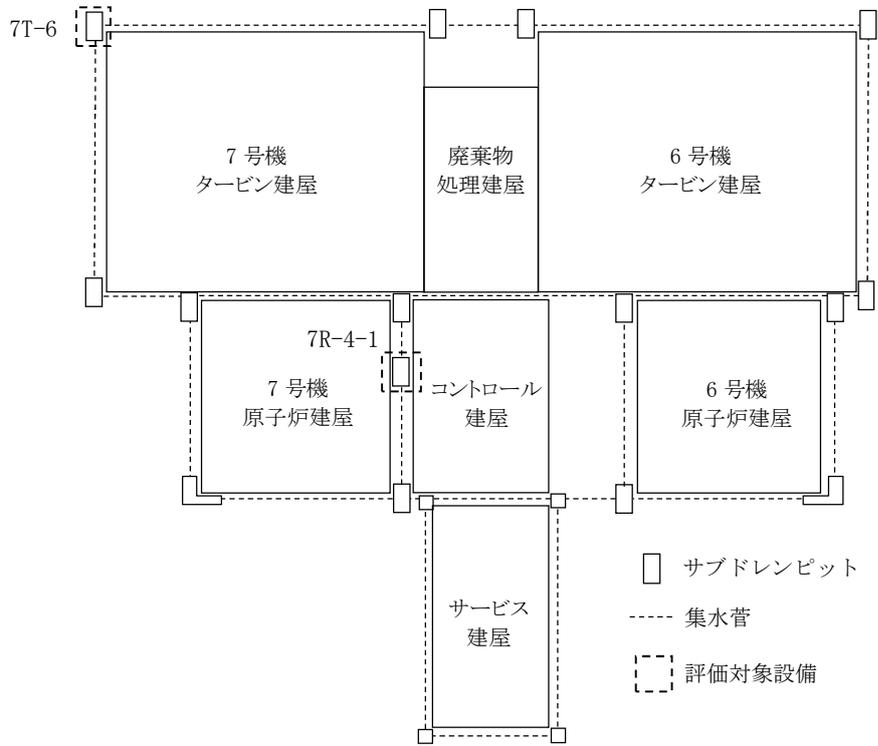


図 2-2 地下水排水設備の評価対象配置図

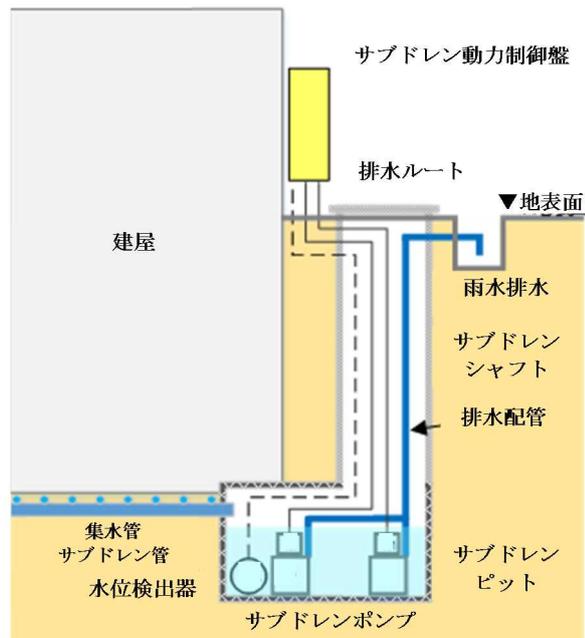
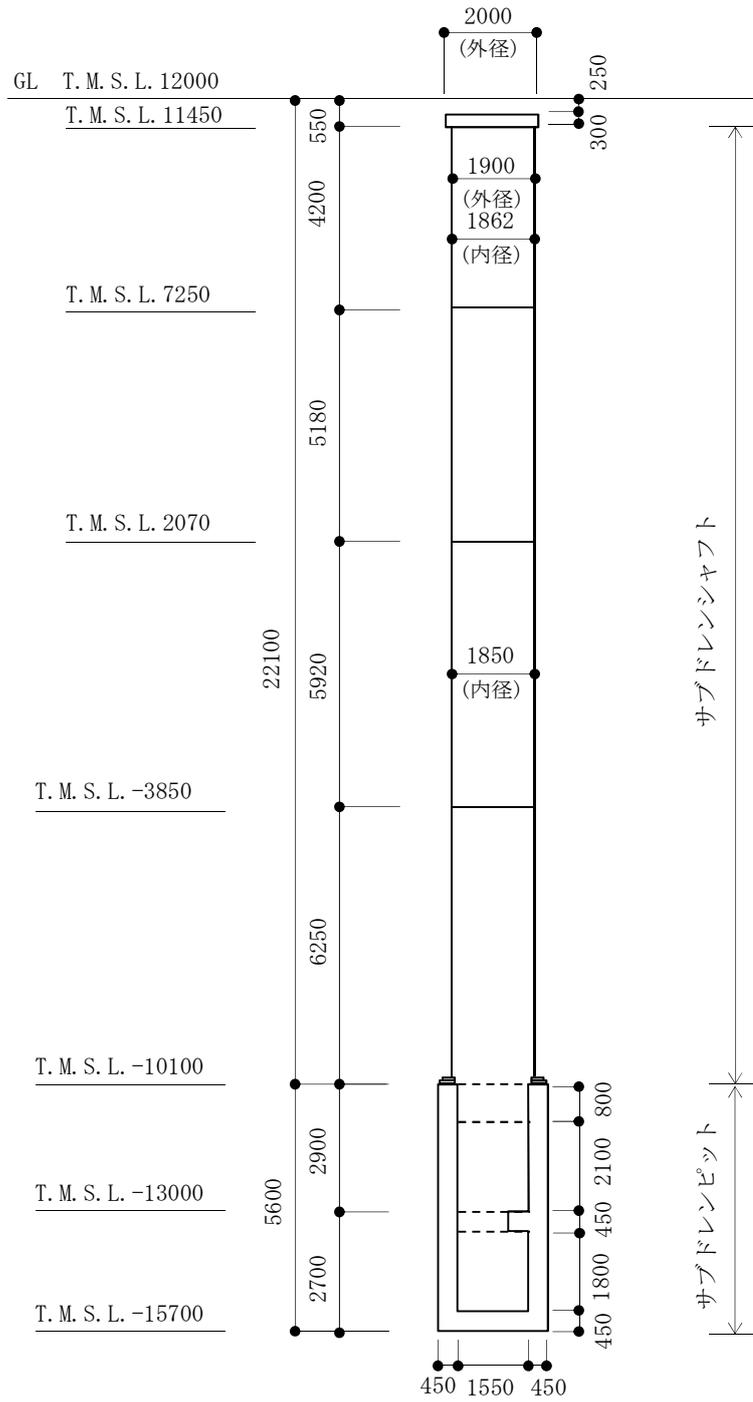
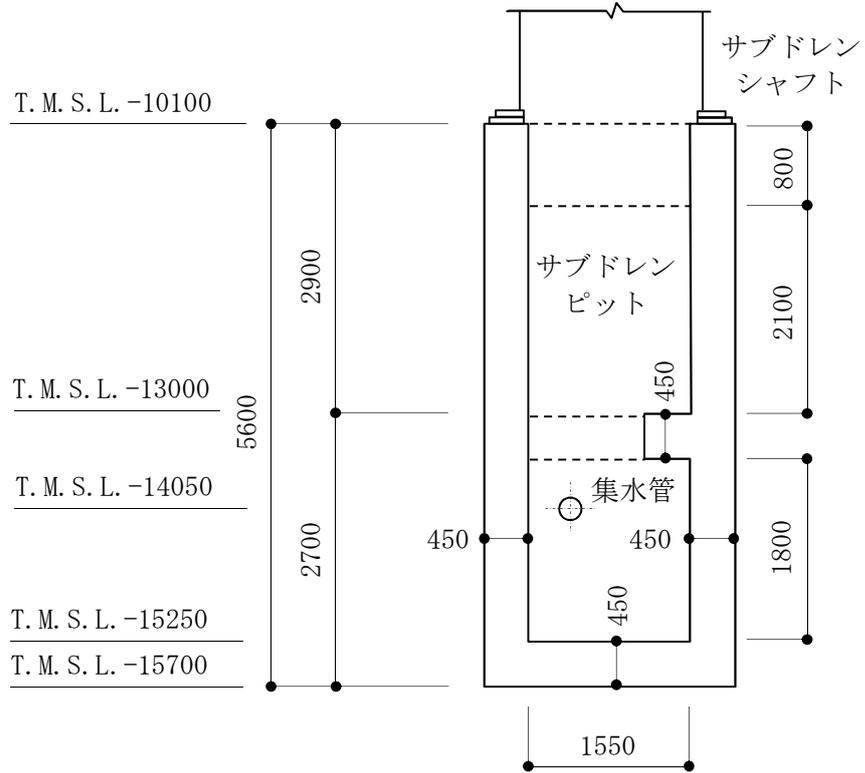


図 2-3 地下水排水設備の概略構成図



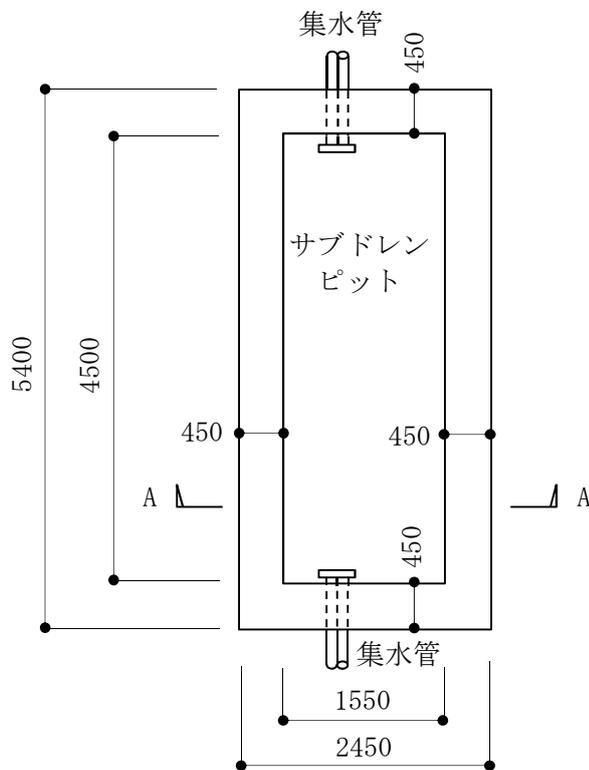
(単位 : mm)

図 2-4 原子炉建屋サブドレンシャフトの概略断面図



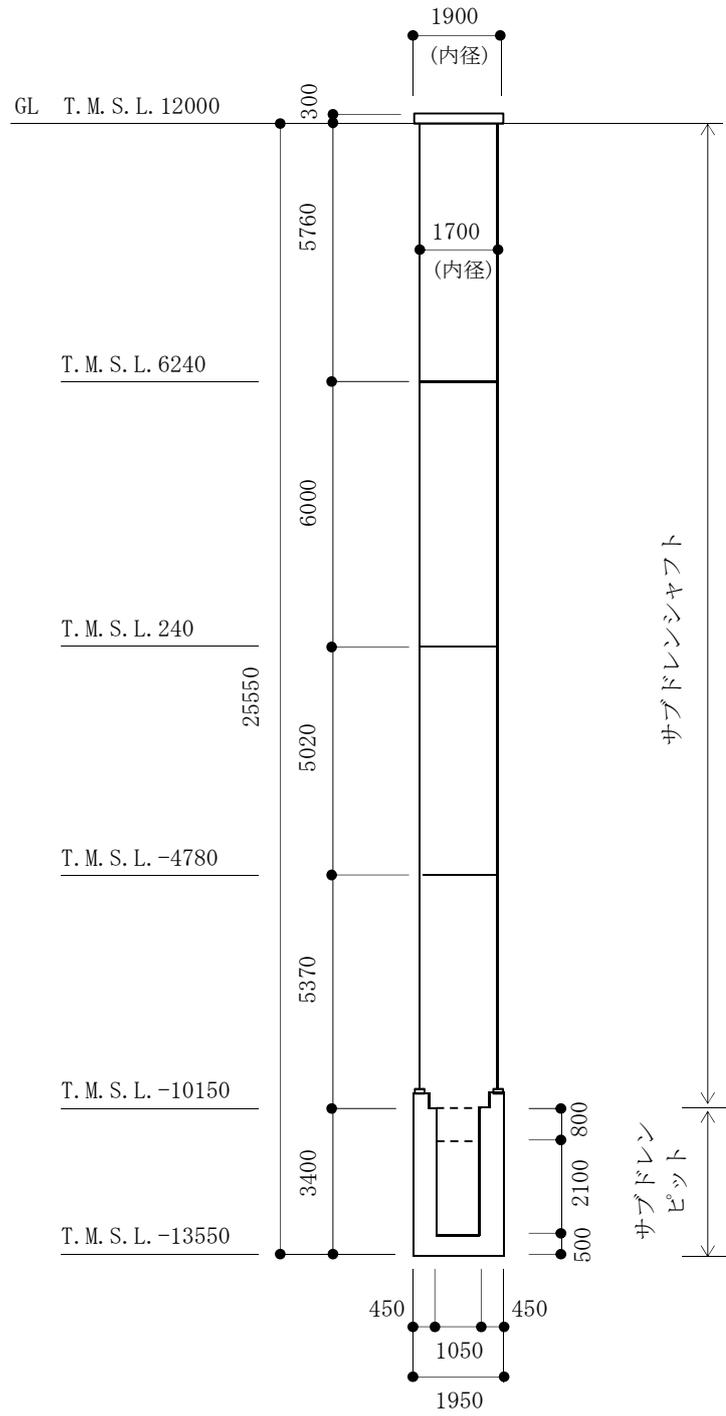
(単位：mm)

図 2-5 原子炉建屋サブドレンピットの概略断面図 (A-A 断面)



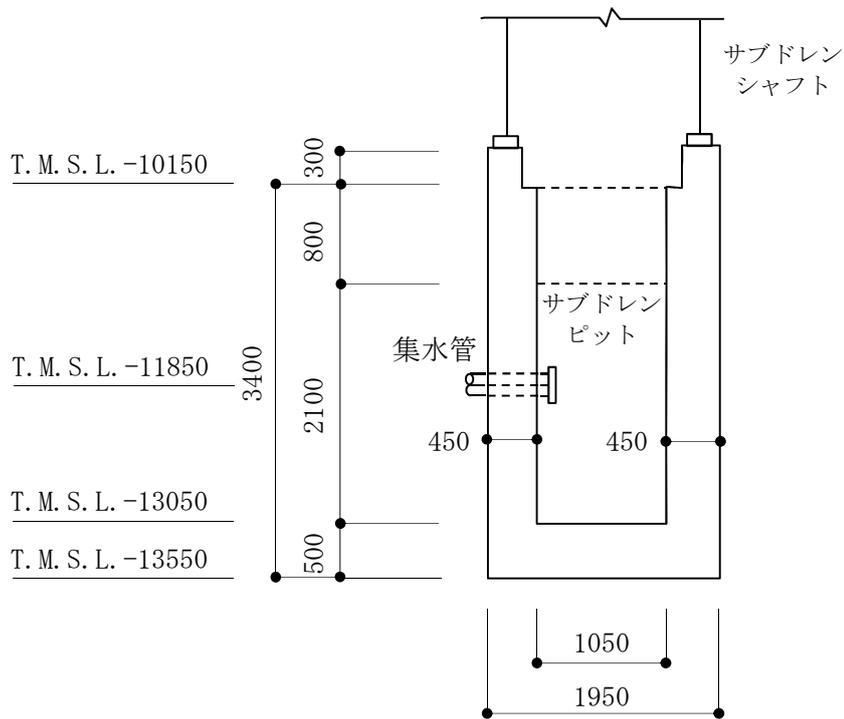
(単位：mm)

図 2-6 原子炉建屋サブドレンピットの概略平面図 (T.M.S.L. -15.25m)



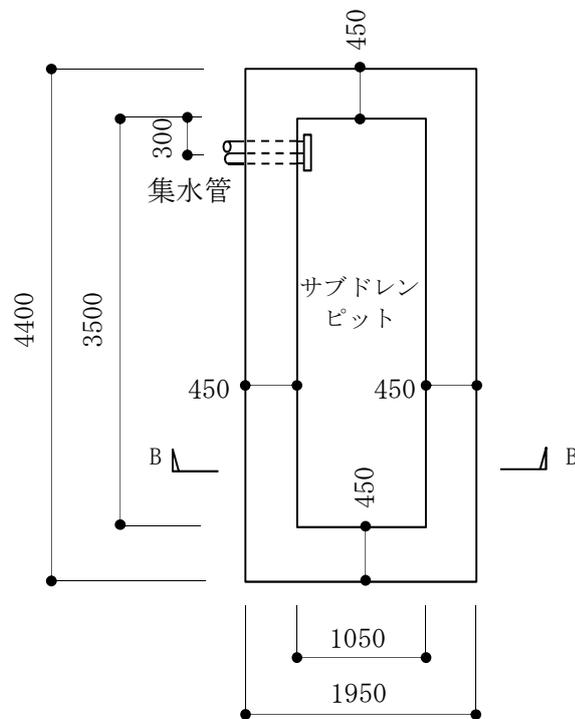
(単位 : mm)

図 2-7 タービン建屋サブドレンシャフトの概略断面図



(単位：mm)

図 2-8 タービン建屋サブドレンピットの概略断面図 (B-B 断面)



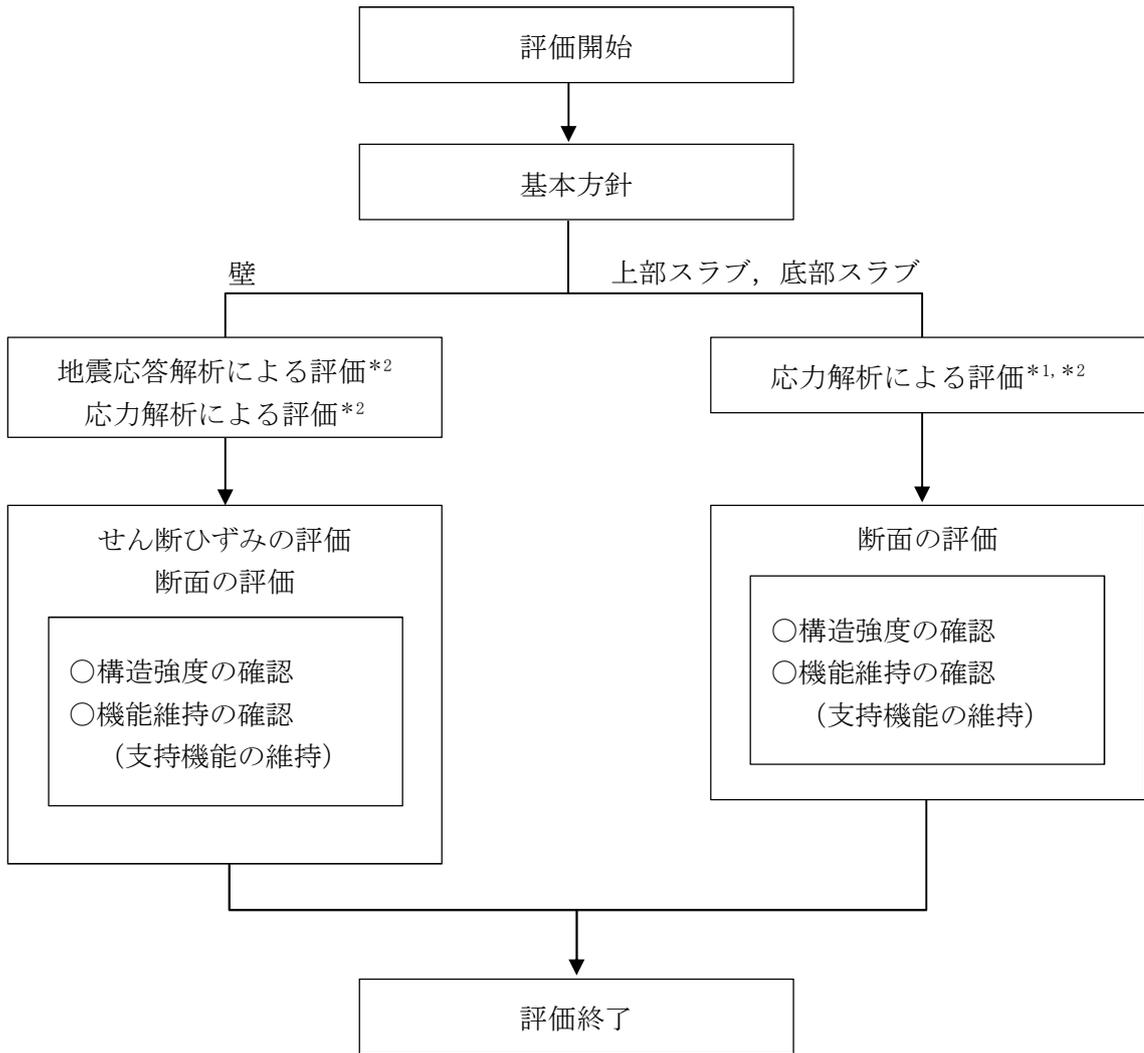
(単位：mm)

図 2-9 タービン建屋サブドレンピットの概略平面図 (T. M. S. L. -13.05m)

2.3 評価方針

サブドレンピットの評価は、V-2-1-1「耐震設計の基本方針」に基づき、地震応答解析による評価においては壁を対象にせん断ひずみの評価を、応力解析による評価においては上部スラブ、底部スラブを対象に断面の評価を行うことで、地震時の構造強度及び機能維持の確認を行う。それぞれの評価は、V-2-2-別添 1-2-1「地下水排水設備設置位置の地盤応答」及び、V-2-2-別添 1-2-6「サブドレンシャフトの耐震性についての計算書」の結果を踏まえたものとする。評価に当たっては地盤物性の不確かさを考慮する。

サブドレンピットの評価フローを図 2-10 に示す。



注記*1 : V-2-2-別添 1-2-1 「地下水排水設備設置位置の地盤応答」の結果を踏まえた評価を行う。

*2 : V-2-2-別添 1-2-6 「サブドレンシャフトの耐震性についての計算書」の結果を踏まえた評価を行う。

図 2-10 サブドレンピットの評価フロー

2.4 適用規格・基準等

サブドレンピットの評価において、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 J E A G 4 6 0 1 -1987 ((社) 日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1
 - ・補-1984 ((社) 日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版 ((社) 日本電気協会)
- ・建築基準法・同施行令
- ・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)
(以下「RC-N規準」という。)
- ・建築基礎構造設計指針 ((社) 日本建築学会, 2001改訂)

3. サブドレンピット壁の評価

3.1 地震応答解析による評価

3.1.1 評価方法

サブドレンピット壁の構造強度及び支持機能については、V-2-2-別添 1-2-6「サブドレンシャフトの耐震性についての計算書」の結果に基づき、地盤物性の不確かさを考慮した最大せん断ひずみが許容限界を超えないことを確認する。

地震応答解析による評価における壁の許容限界は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、表 3-1 のとおり設定する。

表 3-1 地震応答解析による評価における許容限界

要求機能	機能設計上の性能目標	地震力	部位	機能維持のための考え方	許容限界
—	構造強度を有すること	基準地震動 S _s	サブドレンピット壁	最大せん断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	最大せん断ひずみ 2.0×10 ⁻³
支持機能	機器・配管系等の設備を支持する機能を損なわないこと	基準地震動 S _s	サブドレンピット壁	最大せん断ひずみが支持機能を維持するための許容限界を超えないことを確認	最大せん断ひずみ 2.0×10 ⁻³

3.1.2 評価結果

サブドレンピットの壁について、基準地震動 S_s に対し、壁の各高さにおける最大せん断ひずみが許容限界 (2.0×10⁻³) を超えないことを確認する。

地盤物性の不確かさを考慮した壁の最大せん断ひずみは、V-2-2-別添 1-2-6「サブドレンシャフトの耐震性についての計算書」に基づき、原子炉建屋で 0.0615×10⁻³ (NS 方向, S_s-3, 標準地盤-σ) で、タービン建屋で 0.0294×10⁻³ (NS 方向, S_s-3, 標準地盤-σ) であり、共に許容限界 (2.0×10⁻³) を超えないことを確認した。

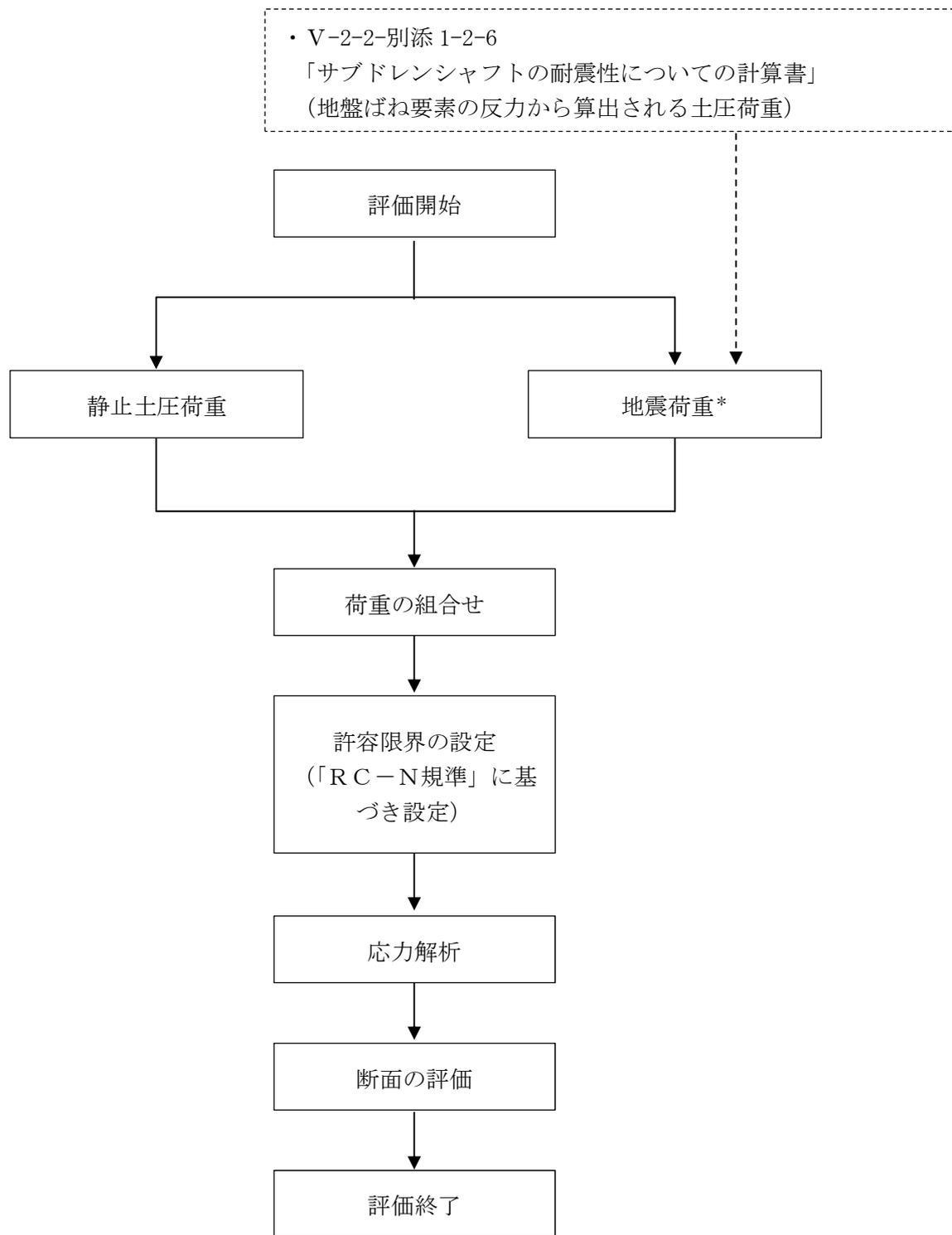
3.2 応力解析による評価

3.2.1 評価方針

評価にあたっては、V-2-2-別添 1-2-6「サブドレンシャフトの耐震性についての計算書」による結果を用いて評価する。

地盤物性の不確かさを考慮した水平方向の地震力によって発生する応力が、「RC-N規準」に基づき設定した許容限界を超えないことを確認する。

応力解析による評価フローを図3-1に示す。



注記* : 地盤剛性の $\pm\sigma$ を考慮した地震荷重とする。

図 3-1 応力解析による評価フロー

3.2.2 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組合せを用いる。応力解析において考慮する荷重は、土圧荷重とする。

(1) 静止土圧荷重 (P)

静止土圧荷重は、下式により算定する。

$$P = 0.5 \cdot \gamma \cdot h$$

ここで、

P : 地盤ばね要素の支配面積当たりの土圧 (kN/m²)

γ : 土の単位体積重量

新期砂層 16.1 (kN/m³)

古安田層 17.3 (kN/m³)

西山層 17.0 (kN/m³)

h : 地表面からの深さ (m)

(2) 地震荷重 (S s)

地震荷重は、V-2-2-別添 1-2-6「サブドレンシャフトの耐震性についての計算書」の結果に基づき、はり-地盤ばねモデルによる応答変位法解析による、サブドレンピット壁のはり要素の節点位置に取付けた地盤ばね要素の反力を、地盤ばね要素の支配面積で除した地震時増分土圧とする。

(3) 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 3-2 に示す。

表 3-2 荷重の組合せ

荷重状態	荷重の組合せ
S s 地震時	P + S s

P : 静止土圧荷重

S s : 基準地震動 S s による地震荷重

3.2.3 許容限界

サブドレンピット壁の構造強度及び支持機能については、地盤物性の不確かさを考慮した地震時土圧による部材の応力度が許容限界を超えないことを確認する。

応答解析による評価における壁の許容限界は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、表3-3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3-4及び表3-5に示す。

表3-3 地震応答解析による評価における許容限界

要求機能	機能設計上の性能目標	地震力	部位	機能維持のための考え方	許容限界
—	構造強度を有すること	基準地震動 S _s	サブドレン ピット壁	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	「RC-N規準」に基づく短期許容応力度
支持機能	機器・配管系等の設備を支持する機能を損なわないこと	基準地震動 S _s	サブドレン ピット壁	部材に生じる応力が支持機能を維持するための許容限界を超えないことを確認	「RC-N規準」に基づく短期許容応力度

表3-4 コンクリートの許容応力度（短期許容応力度）

F _c (N/mm ²)	圧縮 (N/mm ²)	せん断 (N/mm ²)
32.3	21.5	1.21

表3-5 鉄筋の許容応力度（短期許容応力度）

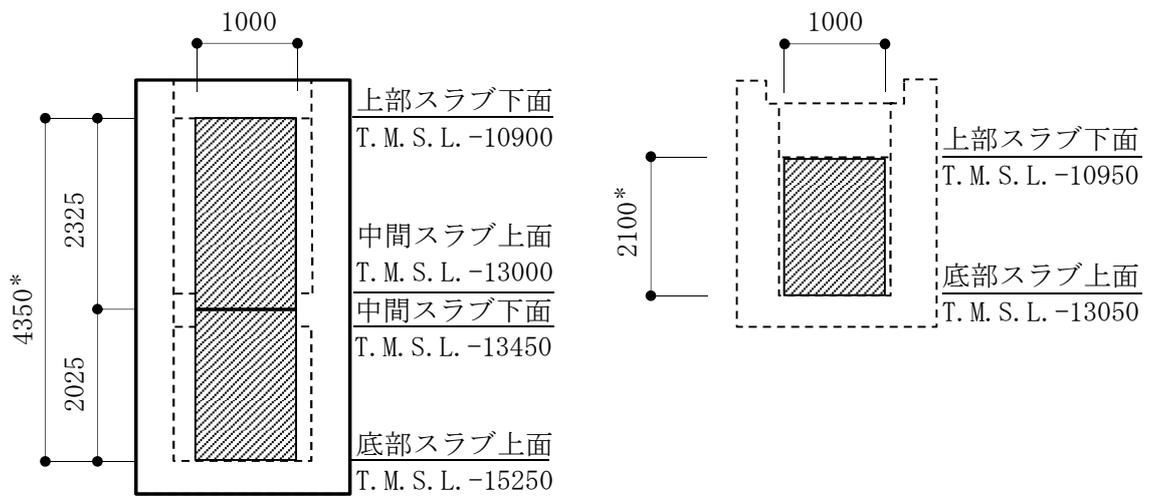
材質	引張及び圧縮 (N/mm ²)	せん断補強 (N/mm ²)
SD345*	345	345

注記* : 建設当時の鉄筋の種類はSD35であるが現在の規格（SD345）に読み替えた許容応力度を示す。

3.2.4 解析モデル

サブドレンピット壁の地震時土圧に対する検討において、上部スラブ及び底部スラブ間についてモデル化する。

解析モデルは、「RC-N規準」に準拠して、サブドレンピット壁の解析モデルを単位幅の1方向版として評価する。なお、原子炉建屋のサブドレンピット壁は、中間スラブ芯位置でピン支持とし、上下で分割をして評価する。サブドレンピット壁の解析モデルを図3-2に示す。



注記* : スラブの内法間距離を示す。

(原子炉建屋)

(タービン建屋)

(単位 : mm)

図3-2 サブドレンピット壁の解析モデル

3.2.5 応力の算出方法

サブドレンピット壁に生じる応力は、V-2-2-別添 1-2-6「サブドレンシャフトの耐震性についての計算書」に基づき、壁の各高さに作用する地震時土圧の最大値を、等分布荷重として1方向版の両端固定梁に考慮する。

サブドレンピット壁に作用する地震時土圧を表 3-6 に、検討用地震時土圧及び算出したサブドレンピット壁に生じる曲げモーメント及びせん断力を表 3-7 に示す。

表 3-6 (1/2) サブドレンピット壁の地震時土圧 (原子炉建屋)

位置	地震時増分土圧* (kN/m ²)	地震時静止土圧 (kN/m ²)	地震時土圧 (kN/m ²)
上部スラブ下面 T. M. S. L. -10900 mm	80.1	193	274
中間スラブ上面 T. M. S. L. -13000 mm	67.8	210	278
中間スラブ下面 T. M. S. L. -13450 mm	45.4	214	260
底部スラブ上面 T. M. S. L. -15250 mm	68.5	230	299

注記* : 地盤剛性の $\pm\sigma$ を考慮した最大値

表 3-6 (2/2) サブドレンピット壁の地震時土圧 (タービン建屋)

位置	地震時増分土圧* (kN/m ²)	地震時静止土圧 (kN/m ²)	地震時土圧 (kN/m ²)
上部スラブ下面 T. M. S. L. -10950 mm	80.5	193	274
底部スラブ上面 T. M. S. L. -13050 mm	70.9	211	282

注記* : 地盤剛性の $\pm\sigma$ を考慮した最大値

表 3-7 検討用地震時土圧及び応力算定結果

建屋	検討用 地震時土圧 (kN/m ²)	曲げモーメント (kN・m)	せん断力 (kN)
原子炉建屋	299	142	358
タービン建屋	282	105	298

3.2.6 断面の評価方法

(1) 面外せん断力に対する断面の評価方法

断面の評価は、「RC-N規準」に基づき、評価対象部位に生じる面外せん断力が、次式をもとに計算した許容面外せん断力を超えないことを確認する。

$$Q_A = b \cdot j \cdot \alpha \cdot f_s$$

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)

α : 許容せん断力の割増し係数

(2を超える場合は2, 1未満の場合は1とする。)

$$\alpha = \frac{4}{M / (Q \cdot d) + 1}$$

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_s : コンクリートの短期許容せん断応力度で、表3-4に示す値 (N/mm²)

(2) 曲げモーメントに対する断面の評価方法

断面の評価は、「RC-N規準」に基づき、評価対象部位に生じる曲げモーメントが、短期許容曲げモーメントを超えないことを確認する。

$$M_A = a_t \cdot f_t \cdot j$$

ここで、

M_A : 短期許容曲げモーメント (N・mm)

a_t : 引張鉄筋断面積 (mm²)

f_t : 引張鉄筋の短期許容引張応力度で、表3-5に示す値 (N/mm²)

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)

3.3.7 評価結果

「3.2.6 断面の評価方法」に基づいたサブドレンピット壁の断面の評価結果を表 3-8 に示す。発生値が許容限界値を超えないことを確認した。

表 3-8 (1/2) サブドレンピット壁の評価結果 (原子炉建屋)

厚さ t (mm) × 幅 b (mm)	450×1000
配筋	D32@200
発生曲げモーメント M (kN・m/m)	142
許容値 M_A (kN・m/m)	419
検定値 M/M_A	0.34
発生せん断力 Q (kN/m)	358
許容値 Q_A (kN/m)	694
検定値 Q/Q_A	0.52
判定	可

表 3-8 (2/2) サブドレンピット壁の評価結果 (タービン建屋)

厚さ t (mm) × 幅 b (mm)	450×1000
配筋	D25@200
発生曲げモーメント M (kN・m/m)	105
許容値 M_A (kN・m/m)	237
検定値 M/M_A	0.45
発生せん断力 Q (kN/m)	298
許容値 Q_A (kN/m)	614
検定値 Q/Q_A	0.49
判定	可

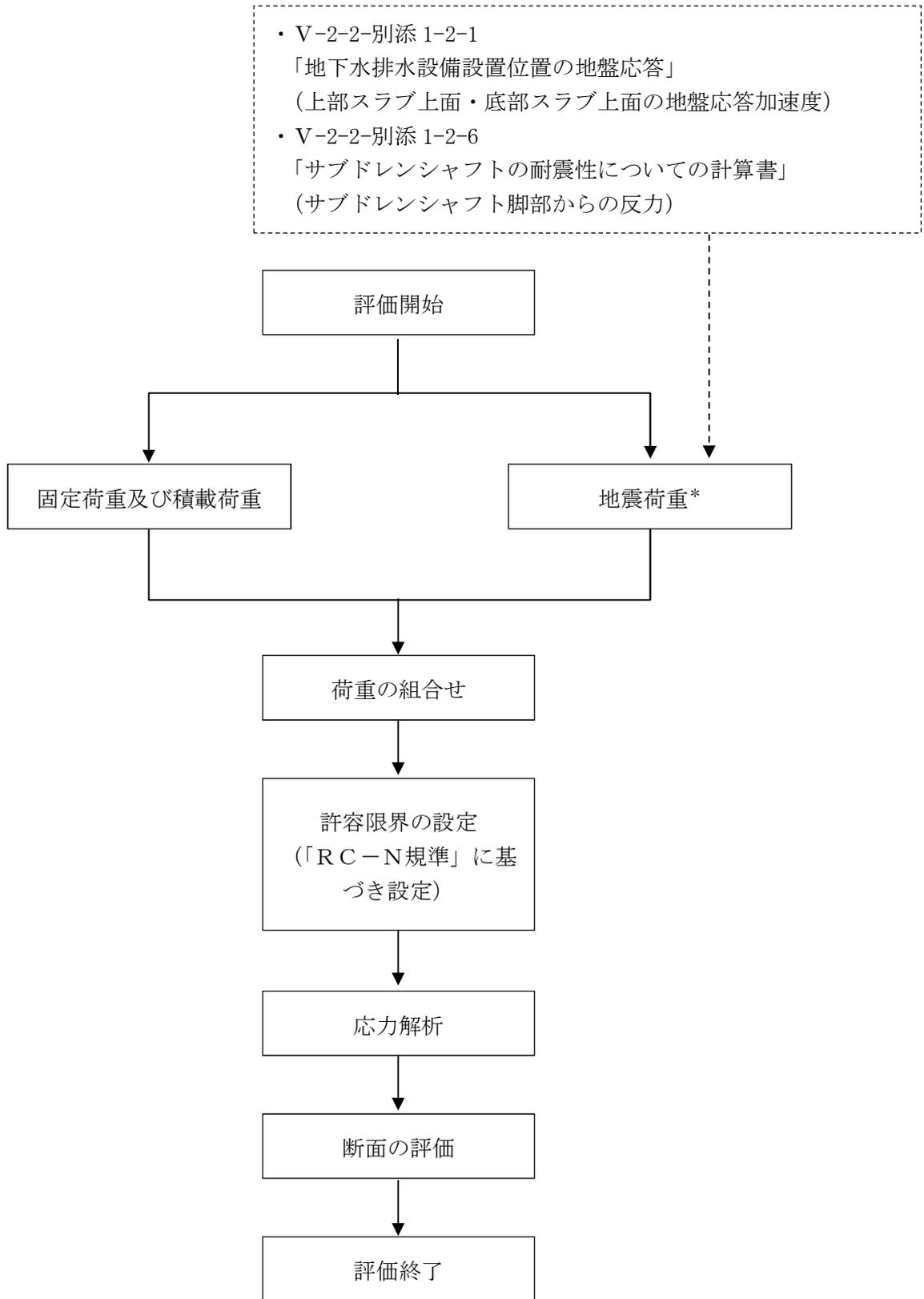
4. サブドレンピット上部スラブ及び底部スラブの評価

4.1 評価方針

評価にあたっては、V-2-2-別添 1-2-1「地下水排水設備設置位置の地盤応答」及び、V-2-2-別添 1-2-6「サブドレンシャフトの耐震性についての計算書」による結果を用いて評価する。

地盤物性の不確かさを考慮した水平方向の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、「RC-N規準」に基づき設定した許容限界を超えないことを確認する。

応力解析による評価フローを図 4-1 に示す。



注記* : 地盤剛性の $\pm\sigma$ を考慮した地震荷重とする。

図 4-1 応力解析による評価フロー

4.2 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。

4.2.1 荷重

(1) 固定荷重 (G)

応力解析において考慮する固定荷重を表4-1に示す。

表4-1 (1/2) 固定荷重 (G) (原子炉建屋)

部位	固定荷重 (kN/m ²)
上部スラブ	408* ¹
底部スラブ	21.6* ²
壁	43.2
サブドレンシャフト	12.3* ³

注記*1 : 上載土圧を考慮

*2 : 中間スラブ (T. M. S. L. -13.0m) の重量を考慮

*3 : 上蓋の重量を考慮

表4-1 (2/2) 固定荷重 (G) (タービン建屋)

部位	固定荷重 (kN/m ²)
上部スラブ	409* ¹
底部スラブ	12.0
壁	43.2
サブドレンシャフト	14.8* ²

注記*1 : 上載土圧を考慮

*2 : 上蓋の重量を考慮

(2) 地震荷重 (S s)

鉛直地震力は、基準地震動 S s に対する地盤応答より算定される動的地震力に地盤物性の不確かさを考慮して設定する。

地震荷重は、上部スラブ位置及び底部スラブ位置の鉛直方向最大応答加速度より算定される鉛直震度とする。

水平地震力は、サブドレンシャフトの転倒モーメントを、鉛直方向に換算した地震荷重として上部スラブに考慮する。サブドレンシャフトの転倒モーメントは、上部スラブからピット壁を介して壁底部より支持地盤である西山層に直接伝達されるため、底部スラブには考慮しない。転倒モーメントの支持地盤への応力伝達を図 4-2 に、ピット壁底面の圧縮応力度が西山層の極限支持力度に比べ十分小さい関係を表 4-2 に示す。

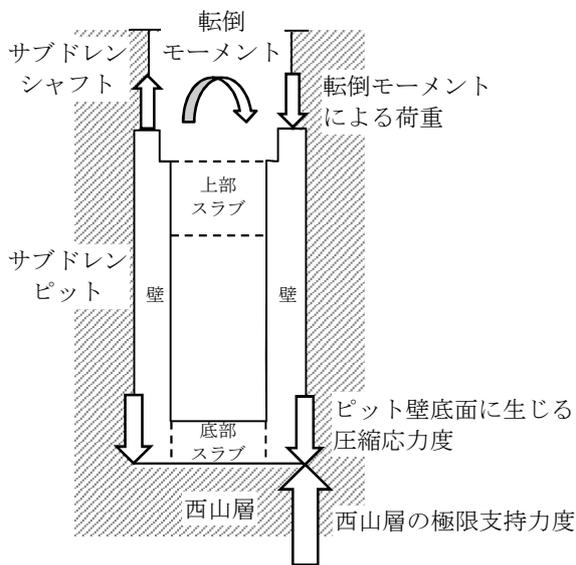


図 4-2 サブドレンシャフトの転倒モーメントの支持地盤への応力伝達概念図

表 4-2 ピット壁底面の圧縮応力度と西山層の極限支持力度の関係

建屋	転倒モーメントによる圧縮応力度 (kN/m ²)	鉛直荷重による圧縮応力度*1 (kN/m ²)	転倒モーメント及び鉛直荷重による圧縮応力度の合計 (kN/m ²)	許容限界
				極限支持力度*2 (kN/m ²)
原子炉建屋	691	361	1052	6170
タービン建屋	701	285	986	

注記*1 : 壁の長期荷重に底部スラブ位置の鉛直震度を乗じた鉛直荷重を、壁の軸断面積で除した値

*2 : 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資料 IV-2-7-1 「原子炉建屋についての計算書」に基づく。

4.2.2 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 4-3 に示す。

表 4-3 荷重の組合せ

荷重状態	荷重の組合せ
S _s 地震時	G + S _s

G : 固定荷重

S_s : 基準地震動 S_s による地震荷重

4.3 許容限界

応力解析による評価におけるサブドレン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及び機能維持の基本方針に基づき、表 4-4 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 4-5 及び表 4-6 に示す。

表 4-4 応力解析による評価における許容限界

要求機能	機能設計上の性能目標	地震力	部位	機能維持のための考え方	許容限界
—	構造強度を有すること	基準地震動 S _s	サブドレンピット 上部スラブ 底部スラブ	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	「RC-N規準」に基づく短期許容応力度
支持機能	機器・配管系等の設備を支持する機能を損なわないこと	基準地震動 S _s	サブドレンピット 上部スラブ 底部スラブ	部材に生じる応力が支持機能を維持するための許容限界を超えないことを確認	「RC-N規準」に基づく短期許容応力度

表 4-5 コンクリートの許容応力度（短期許容応力度）

F _c (N/mm ²)	圧縮 (N/mm ²)	せん断 (N/mm ²)
32.3	21.5	1.21

表 4-6 鉄筋の許容応力度（短期許容応力度）

材質	引張及び圧縮 (N/mm ²)	せん断補強 (N/mm ²)
SD345*	345	345

注記* : 建設当時の鉄筋の種類はSD35であるが現在の規格（SD345）に読み替えた許容応力度を示す。

4.4 解析モデル

上部スラブ及び底部スラブの鉛直地震動に対する検討において、壁で囲まれた範囲についてモデル化する。

解析モデルは、「RC-N規準」に準拠して、上部スラブの解析モデルを1方向版の両端固定梁として評価する。底部スラブの解析モデルは、四辺支持版として評価する。上部スラブ及び底部スラブの解析モデルを図4-3に示す。



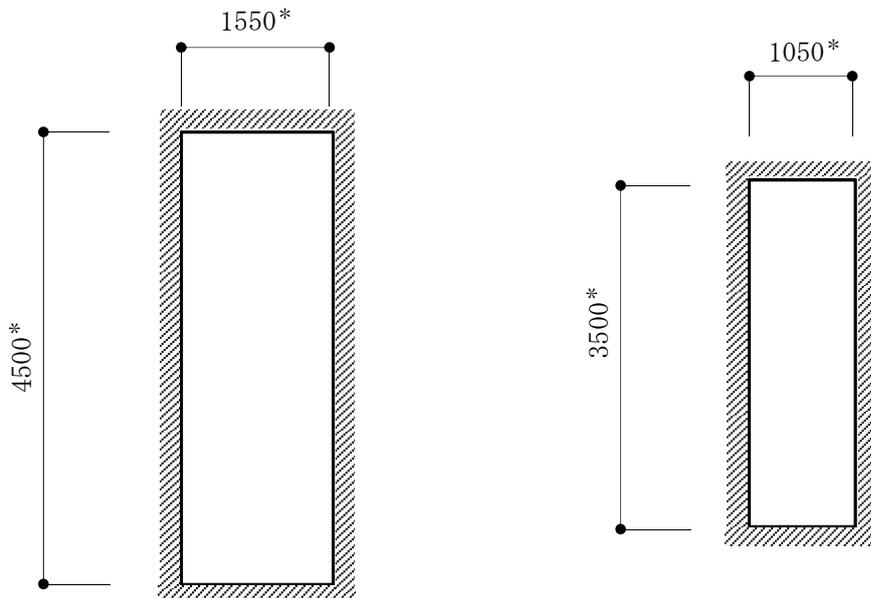
注記* : 壁の壁芯間距離を示す。

(原子炉建屋)

(タービン建屋)

(単位 : mm)

図4-3 (1/2) 上部スラブの解析モデル



注記* : 壁の内法間距離を示す。

(原子炉建屋)

(タービン建屋)

(単位 : mm)

図4-3 (2/2) 底部スラブの解析モデル

4.5 評価方法

4.5.1 応力解析方法

(1) 荷重ケース

地震荷重は、固定荷重と同じ下向きに作用する場合に生じる応力が最大となるため、鉛直下向きのみを考慮する。

(2) 応力の算出方法

上部スラブに生じる応力は、サブドレンシャフト脚部から伝わる荷重によるものと、上部スラブに作用する慣性力によるものを考慮する。サブドレンシャフト脚部から伝わる荷重による応力は、V-2-2-別添 1-2-6「サブドレンシャフトの耐震性についての計算書」に基づき、はり-地盤ばねモデルによる応答変位法解析結果におけるサブドレンシャフト脚部に生じる曲げモーメントを偶力換算し、床の中央に集中荷重として考慮する。集中荷重を受ける両端固定梁の曲げモーメント及びせん断力は下式により求める。

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

$$Q = \frac{P}{2}$$

ここで、

M : 曲げモーメント (N・mm)

Q : せん断力 (N)

L : 検討スパン (壁芯間距離) (mm)

P : 集中荷重 (N)

$$P = M_A / D$$

M_A : サブドレンシャフト脚部に生じる曲げモーメント (N・mm)

D : サブドレンシャフトの外径 (mm)

また、上部スラブに作用する慣性力による応力は、固定荷重に対し、V-2-2-別添 1-2-1「地下水排水設備設置位置の地盤応答」に基づき、上部スラブ位置の鉛直方向最大応答加速度より算出した鉛直震度を乗じた鉛直荷重を等分布荷重として考慮する。等分布荷重を受ける両端固定梁の曲げモーメント及びせん断力は下式により求める。

$$M = \frac{W \cdot L^2}{12} \quad (\text{端部曲げモーメント})$$

$$Q = \frac{W \cdot L}{2} \quad (\text{端部せん断力})$$

ここで、

M : 曲げモーメント (N・mm)

Q : せん断力 (N)

L : 検討スパン (壁芯間距離) (mm)

W : 等分布荷重 (N/m)

底部スラブに生じる応力は、上部スラブ、底部スラブ、壁、サブドレンシャフトの固定荷重に対し、V-2-2-別添 1-2-1「地下水排水設備設置位置の地盤応答」に基づき、底部スラブ位置の鉛直方向最大応答加速度より算出した鉛直震度を乗じた鉛直荷重を等分布荷重として考慮する。等分布荷重を受ける四辺支持版の曲げモーメント及びせん断力は下式により求める。

$$M_{x1} = \frac{W_x \cdot L_x^2}{12}$$

$$M_{x2} = \frac{W_x \cdot L_x^2}{18}$$

$$W_x = \frac{L_y^4}{L_x^4 + L_y^4} \cdot W$$

$$Q_x = 0.52 \cdot W \cdot L_x$$

ここで、

M_{x1} : 等分布荷重による部材端部の曲げモーメント (N・mm)

M_{x2} : 等分布荷重による部材中央の曲げモーメント (N・mm)

Q_x : 等分布荷重によるせん断力 (N)

L_x : 短辺方向の検討スパン (壁の内法間距離) (mm)

L_y : 長辺方向の検討スパン (壁の内法間距離) (mm)

W : スラブに作用する等分布荷重 (N/m)

鉛直方向最大応答加速度を表4-7に、算出した上部スラブ及び底部スラブに生じる曲げモーメント及びせん断力を表4-8に示す。

表4-7 (1/2) 地盤応答の鉛直方向最大応答加速度 (原子炉建屋)

位置	標準地盤*1 (m/s ²)	標準地盤 + σ *2 (m/s ²)	標準地盤 - σ *2 (m/s ²)	最大値 (m/s ²)
サブドレンピット 上部スラブ上面 T. M. S. L. -10100 mm	5.78	5.44	6.11	6.11
サブドレンピット 底部スラブ上面 T. M. S. L. -15250 mm	5.80	5.47	6.06	6.06

注記*1 : Ss-1, Ss-2, Ss-3, Ss-4, Ss-5, Ss-6, Ss-7, Ss-8の最大値

*2 : Ss-1, Ss-2の最大値

表4-7 (2/2) 地盤応答の鉛直方向最大応答加速度 (タービン建屋)

位置	標準地盤*1 (m/s ²)	標準地盤 + σ *2 (m/s ²)	標準地盤 - σ *2 (m/s ²)	最大値 (m/s ²)
サブドレンピット 上部スラブ上面 T. M. S. L. -10150 mm	5.78	5.44	6.11	6.11
サブドレンピット 底部スラブ上面 T. M. S. L. -13050 mm	5.80	5.46	6.09	6.09

注記*1 : Ss-1, Ss-2, Ss-3, Ss-4, Ss-5, Ss-6, Ss-7, Ss-8の最大値

*2 : Ss-1, Ss-2の最大値

表4-8 (1/2) 応力算定結果 (原子炉建屋)

部位	検討用 鉛直震度	曲げモーメント (kN・m)	せん断力 (kN)
上部スラブ	1.63	578	1350
底部スラブ	1.62	160	653

表4-8 (2/2) 応力算定結果 (タービン建屋)

部位	検討用 鉛直震度	曲げモーメント (kN・m)	せん断力 (kN)
上部スラブ	1.63	295	931
底部スラブ	1.63	73.6	441

4.5.2 断面の評価方法

(1) 面外せん断力に対する断面の評価方法

断面の評価は、「RC-N規準」に基づき、評価対象部位に生じる面外せん断力が、次式をもとに計算した許容面外せん断力を超えないことを確認する。

$$Q_{A1} = b \cdot j \cdot \alpha \cdot f_s$$

$$Q_{A2} = b \cdot j \cdot \{ \alpha \cdot f_s + 0.5 \cdot w f_t \cdot (p_w - 0.002) \}$$

ここで、

Q_{A1} : 許容面外せん断力 (N)

Q_{A2} : せん断補強筋を考慮した許容面外せん断力 (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)

α : 許容せん断力の割増し係数

(2 を超える場合は 2, 1 未満の場合は 1 とする。)

$$\alpha = \frac{4}{M / (Q \cdot d) + 1}$$

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_s : コンクリートの短期許容せん断応力度で、表 4-5 に示す値 (N/mm²)

$w f_t$: せん断補強筋の短期許容引張応力度 (N/mm²)

p_w : せん断補強筋比

(2) 曲げモーメントに対する断面の評価方法

断面の評価は、「RC-N規準」に基づき、評価対象部位に生じる曲げモーメントが、短期許容曲げモーメントを超えないことを確認する。

$$M_A = a_t \cdot f_t \cdot j$$

ここで、

M_A : 短期許容曲げモーメント (N・mm)

a_t : 引張鉄筋断面積 (mm²)

f_t : 引張鉄筋の短期許容引張応力度で、表 4-6 に示す値 (N/mm²)

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)

4.6 評価結果

「4.5.2 断面の評価方法」に基づいた上部スラブ及び底部スラブの断面の評価結果を表 4-9 及び表 4-10 に示す。発生値が許容限界値を超えないことを確認した。

表 4-9 (1/2) 上部スラブの評価結果 (原子炉建屋)

厚さ t (mm) × 幅 b (mm)		800×1000
配筋 (鉄筋断面積)	主筋	D32@200 (3970 mm ² /m)
	せん断補強筋	D16@200×400
発生曲げモーメント M (kN・m/m)		578
許容値 M _A (kN・m/m)		838
検定値 M/M _A		0.69
発生せん断力 Q (kN/m)		1350
許容値 Q _{A2} (kN/m)		1530
検定値 Q/Q _{A2}		0.89
判定		可

表 4-9 (2/2) 上部スラブの評価結果 (タービン建屋)

厚さ t (mm) × 幅 b (mm)		800×1000
配筋 (鉄筋断面積)		D25@200 (2535 mm ² /m)
発生曲げモーメント M (kN・m/m)		295
許容値 M _A (kN・m/m)		535
検定値 M/M _A		0.56
発生せん断力 Q (kN/m)		931
許容値 Q _{A1} (kN/m)		1480
検定値 Q/Q _{A1}		0.63
判定		可

表 4-10 (1/2) 底部スラブの評価結果 (原子炉建屋)

厚さ t (mm) × 幅 b (mm)		450 × 1000
配筋 (鉄筋断面積)	主筋	D32@200 (3970 mm ² /m)
	せん断補強筋	D16@200 × 400
発生曲げモーメント M (kN・m/m)		160
許容値 M _A (kN・m/m)		419
検定値 M/M _A		0.39
発生せん断力 Q (kN/m)		653
許容値 Q _{A2} (kN/m)		766
検定値 Q/Q _{A2}		0.86
判定		可

表 4-10 (2/2) 底部スラブの評価結果 (タービン建屋)

厚さ t (mm) × 幅 b (mm)		500 × 1000
配筋 (鉄筋断面積)	主筋	D25@200 (2535 mm ² /m)
	せん断補強筋	D16@200 × 200
発生曲げモーメント M (kN・m/m)		73.6
許容値 M _A (kN・m/m)		306
検定値 M/M _A		0.25
発生せん断力 Q (kN/m)		441
許容値 Q _{A2} (kN/m)		1020
検定値 Q/Q _{A2}		0.44
判定		可

参考資料 1. 本計算書以外のサブドレンピットの耐震性について

1. 概要

本計算書で評価を実施した 7R-4-1 及び 7T-6 以外のサブドレンピットについて、耐震性が確保されていることの確認を行う。その評価結果により、耐震性を確保し、集水を期待する位置づけのサブドレンピットにおいては、基準地震動 S_s による地震力に対して機能を維持し、地震発生後においても集水を可能とした設計であることを確認する。

2. 評価方針

集水を期待するサブドレンピットにおいて、本計算書にて評価を実施した 7R-4-1 及び 7T-6 以外のサブドレンピットについては、網羅性を説明する上で評価が必要な対象を埋設レベル、躯体寸法及び形状等の比較より整理し、評価対象箇所の選定を行う。また、選定箇所の評価を実施することで集水を期待するすべてのサブドレンピットの壁及びスラブについて基準地震動 S_s による地震力に対しての健全性を確認する。

サブドレンピットの評価は、V-2-1-1「耐震設計の基本方針」及び本書に基づき、地震応答解析及び応力解析による断面の評価を行うことで、地震時の構造強度及び機能維持の確認を行う。

サブドレンピットの壁に関しては、地震応答解析によるせん断ひずみの評価と応力解析による断面の評価を行う。評価対象箇所の選定については、評価において応力のかかる高さ方向の躯体寸法を比較する。7R-4-1 及び 7T-6 以上の躯体寸法を有する 6R-3, 6R-4 及び 7R-4-2 について評価する必要がある、躯体寸法の最大となる 6R-3 において健全性を確認する。

サブドレンピットのスラブに関しては、応力解析による断面の評価を行う。代表評価箇所の選定については、評価に用いる短辺方向の躯体寸法及びスラブ厚さを比較する。なお、上部スラブについては、サブドレンシャフトの転倒モーメントを鉛直方向に換算した地震荷重を考慮するため、壁芯間距離の躯体寸法を比較し、底部スラブについては、サブドレンピット壁を介して直接地盤へ伝わるため、壁内法間距離の躯体寸法を比較する。7R-4-1 及び 7T-6 以上の躯体寸法及びスラブ厚さを有する 7R-1, 7R-2, 7R-3, 7R-4-2, 7T-5, 7T-7, 6R-3, 6R-4 及び 6T-7 について評価する必要がある、躯体寸法が大きく、スラブ厚さが最も薄いスラブについて健全性を確認する。上部スラブについては、7T-5 及び 6R-3, 底部スラブについては、7R-3 及び 7T-5 を対象とする。

サブドレンピットの評価対象分類を表 2-1, 表 2-2 及び表 2-3 に示す。

表 2-1 サブドレンピットの壁の評価対象分類

ピットの分類	耐震性確認済み ピット	集水を期待するピット (代表評価箇所の選定)		
該当ピット	7R-4-1 7T-6	6R-3 6R-4	7R-4-2	7R-1 , 7R-2, 7R-3, 7T-5, 7T-7, 6R-1, 6T-5, 6T-6, 6T-7
高さ方向の 躯体寸法	2100 mm	6800mm	3850mm	2100mm～1500mm

注 : は選定した代表評価箇所を示す。

表 2-2 サブドレンピットの上部スラブの評価対象分類

ピットの分類	耐震性確認済み ピット		集水を期待するピット (代表評価箇所の選定)									
			7R-4-1	7T-6	6R-1	7T-5	7T-7 6T-7	6T-5	6T-6	7R-1 7R-2 7R-3	6R-3	7R-4-2
該当ピット												
短辺方向の 躯体寸法	2000mm	1500mm	1950mm	3321mm	2350mm	1950mm	1500mm	2350mm	2350mm	2000mm	1500mm	
スラブ厚	800mm		900mm	800mm	800mm	800mm	800mm	600mm	450mm	450mm	450mm	
評価箇所	—		7T-5, 6R-3									

注 : は選定した代表評価箇所を示す。

表 2-3 サブドレンピットの底部スラブの評価対象分類

ピットの分類	耐震性確認済み ピット		集水を期待するピット (代表評価箇所の選定)									
			7R-4-1	7T-6	6R-1	6R-3	6R-4	7T-5	7T-7 6T-7	6T-5	6T-6	7R-1 7R-2 7R-3
該当ピット												
短辺方向の 躯体寸法	1550mm	1050mm	1500mm	1900mm	1050mm	2871mm	1900mm	1500mm	1050mm	1900mm	1550mm	
スラブ厚	450mm	500mm	600mm	550mm	550mm	500mm	500mm	500mm	500mm	450mm	450mm	
評価箇所	—		7R-3, 7T-5									

注 : は選定した代表評価箇所を示す。

3. サブドレンピットの壁の評価

3.1 地震応答解析による評価

3.1.1 評価方法

壁の評価箇所である 6R-3 のサブドレンピット壁の構造強度及び支持機能については、最大せん断ひずみが許容限界を超えないことを確認する。

地震応答解析による評価における耐震壁の許容限界は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、表 3-1 のとおり設定する。

表 3-1 地震応答解析による評価における許容限界

要求機能	機能設計上の性能目標	地震力	部位	機能維持のための考え方	許容限界
—	構造強度を有すること	基準地震動 S _s	サブドレンピット壁	最大せん断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	最大せん断ひずみ 2.0×10 ⁻³
支持機能	機器・配管系等の設備を支持する機能を損なわないこと	基準地震動 S _s	サブドレンピット壁	最大せん断ひずみが支持機能を維持するための許容限界を超えないことを確認	最大せん断ひずみ 2.0×10 ⁻³

3.1.2 評価結果

6R-3 のサブドレンピットの壁について、基準地震動 S_s に対し、壁の各高さにおける最大せん断ひずみが許容限界 (2.0×10⁻³) を超えないことを確認する。

壁の最大せん断ひずみは、0.0631×10⁻³ (NS 方向, S_s-3, 標準地盤-σ) であり、許容限界 (2.0×10⁻³) を超えないことを確認した。

3.2 応力解析による評価

3.2.1 評価方法

壁の評価箇所である 6R-3 のサブドレンピット壁の構造強度及び支持機能については、地震時土圧による部材の応力度が許容限界を超えないことを確認する。

応力解析による評価における壁の許容限界は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、表 3-2 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 3-3 及び表 3-4 に示す。

表 3-2 応力解析による評価における許容限界

要求機能	機能設計上の性能目標	地震力	部位	機能維持のための考え方	許容限界
—	構造強度を有すること	基準地震動 S _s	サブドレンピット壁	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	「RC-N規準」に基づく短期許容応力度
支持機能	機器・配管系等の設備を支持する機能を損なわないこと	基準地震動 S _s	サブドレンピット壁	部材に生じる応力が支持機能を維持するための許容限界を超えないことを確認	「RC-N規準」に基づく短期許容応力度

表 3-3 コンクリートの許容応力度（短期許容応力度）

F _c (N/mm ²)	圧縮 (N/mm ²)	せん断 (N/mm ²)
23.5	15.6	1.09

表 3-4 鉄筋の許容応力度（短期許容応力度）

材質	引張及び圧縮 (N/mm ²)	せん断補強 (N/mm ²)
SD345*	345	345

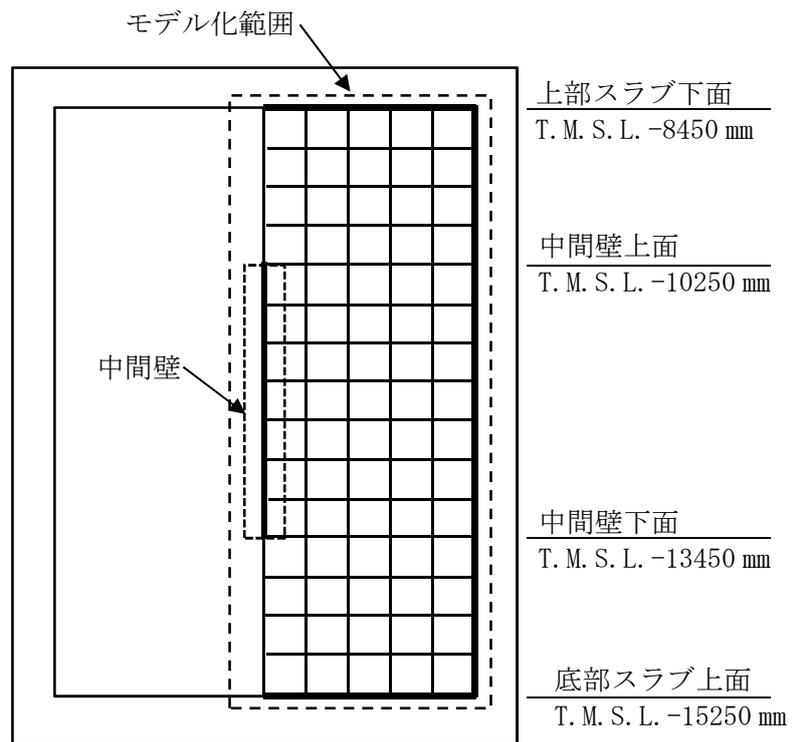
注記* : 建設当時の鉄筋の種類は SD35 であるが現在の規格 (SD345) に読み替えた許容応力度を示す。

3.2.2 解析モデル

6R-3 のサブドレンピット壁の地震時土圧に対する検討において、上部スラブ及び底部スラブ間についてモデル化する。

解析モデルは弾性 FEM モデルとし、壁の構造が対象のため、ハーフモデルとする。モデル周辺の境界条件は、上部スラブ、底部スラブ、壁、中間壁に接する位置を固定とする。6R-3 のサブドレンピット壁の解析モデルを図 3-1 に示す。

解析には解析コード「MSC N a s t r a n」を用いる。



注記 **—** : 境界条件を固定
(単位 : mm)

図 3-1 6R-3 のサブドレンピット壁の解析モデル

3.2.3 応力の算出方法

サブドレンピット壁に生じる応力は、壁の各高さに作用する地震時土圧の最大値を、等分布荷重として考慮する。

3.2.4 断面の評価方法

(1) 面外せん断力に対する断面の評価方法

断面の評価は、「RC-N規準」に基づき、評価対象部位に生じる面外せん断力が、次式をもとに計算した許容面外せん断力を超えないことを確認する。

$$Q_A = b \cdot j \cdot \alpha \cdot f_s$$

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)

α : 許容せん断力の割増し係数

(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。)

$$\alpha = \frac{4}{M / (Q \cdot d) + 1}$$

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_s : コンクリートの短期許容せん断応力度で、表 3-3 に示す値 (N/mm^2)

(2) 曲げモーメントに対する断面の評価方法

断面の評価は、「RC-N規準」に基づき、評価対象部位に生じる曲げモーメントが、短期許容曲げモーメントを超えないことを確認する。

$$M_A = a_t \cdot f_t \cdot j$$

ここで、

M_A : 短期許容曲げモーメント (N・mm)

a_t : 引張鉄筋断面積 (mm^2)

f_t : 引張鉄筋の短期許容引張応力度で、表 3-4 に示す値 (N/mm^2)

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)

3.2.5 評価結果

6R-3 のサブドレンピット壁の断面の評価結果を表 3-5 に示す。発生値が許容限界値を超えないことを確認した。

表 3-5 サブドレンピット壁の評価結果 (6R-3)

厚さ t (mm) × 幅 b (mm)	450 × 1000
配筋 (鉄筋断面積)	D32@200 (3970 mm ² /m)
発生曲げモーメント M (kN・m)	78.9
許容値 M _A (kN・m)	419
検定値 M/M _A	0.19
発生せん断力 Q (kN)	396
許容値 Q _A (kN)	740
検定値 Q/Q _A	0.54
判定	可

4. サブドレンピットの上部スラブ及び底部スラブの評価

4.1 評価方法

上部スラブの評価箇所である 7T-5, 6R-3 及び底部スラブの評価対象である 7R-3, 7T-5 について、応力解析による評価を行う。

応力解析による評価におけるサブドレン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及び機能維持の基本方針に基づき、表 4-1 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 4-2 及び表 4-3 に示す。

表 4-1 応力解析による評価における許容限界

要求機能	機能設計上の性能目標	地震力	部位	機能維持のための考え方	許容限界
—	構造強度を有すること	基準地震動 S s	サブドレン ピット 上部スラブ 底部スラブ	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	「RC-N規準」に基づく 短期許容応力度
支持機能	機器・配管系等の設備を支持する機能を損なわないこと	基準地震動 S s	サブドレン ピット 上部スラブ 底部スラブ	部材に生じる応力が支持機能を維持するための許容限界を超えないことを確認	「RC-N規準」に基づく 短期許容応力度

表 4-2 コンクリートの許容応力度（短期許容応力度）

F _c (N/mm ²)	圧縮 (N/mm ²)	せん断 (N/mm ²)
23.5	15.6	1.09

表 4-3 鉄筋の許容応力度（短期許容応力度）

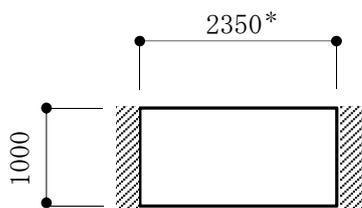
材質	引張及び圧縮 (N/mm ²)	せん断補強 (N/mm ²)
SD345*	345	345

注記* : 建設当時の鉄筋の種類は SD35 であるが現在の規格 (SD345) に読み替えた許容応力度を示す。

4.2 解析モデル

上部スラブ及び底部スラブの鉛直地震動に対する検討において、壁で囲まれた範囲についてモデル化する。

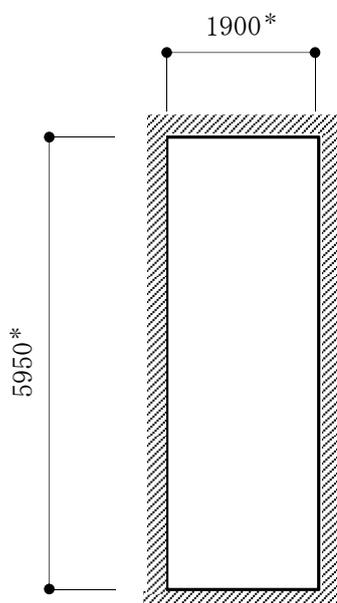
解析モデルは、6R-3 の上部スラブは「RC-N規準」に準拠して、解析モデルを1方向版の両端固定梁として評価する。7R-3 の底部スラブの解析モデルは、四辺支持版として評価する。7T-5 の上部スラブ及び底部スラブの解析モデルは、ピットの形状を考慮し弾性 FEM モデルとし、モデル周辺の境界条件は固定とする。なお、上部スラブは開口を考慮したモデルとする。上部スラブ及び底部スラブの解析モデルを図 4-1～図 4-3 に示す。



注記* : 壁の壁芯間距離を示す。

(単位 : mm)

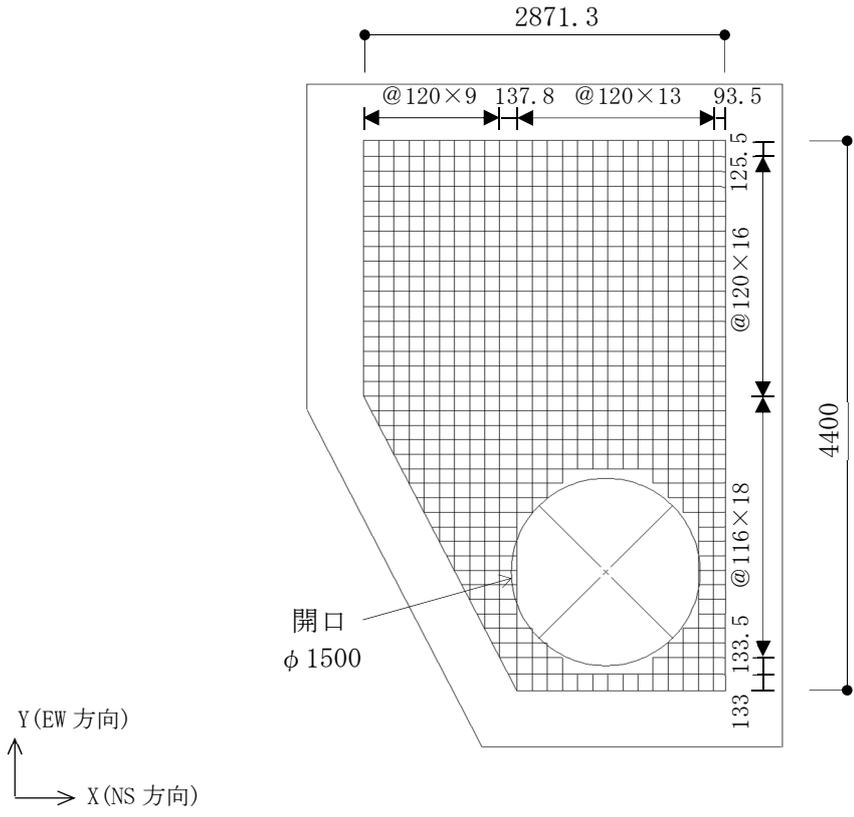
図 4-1 6R-3 の上部スラブの解析モデル



注記* : 壁の内法間距離を示す。

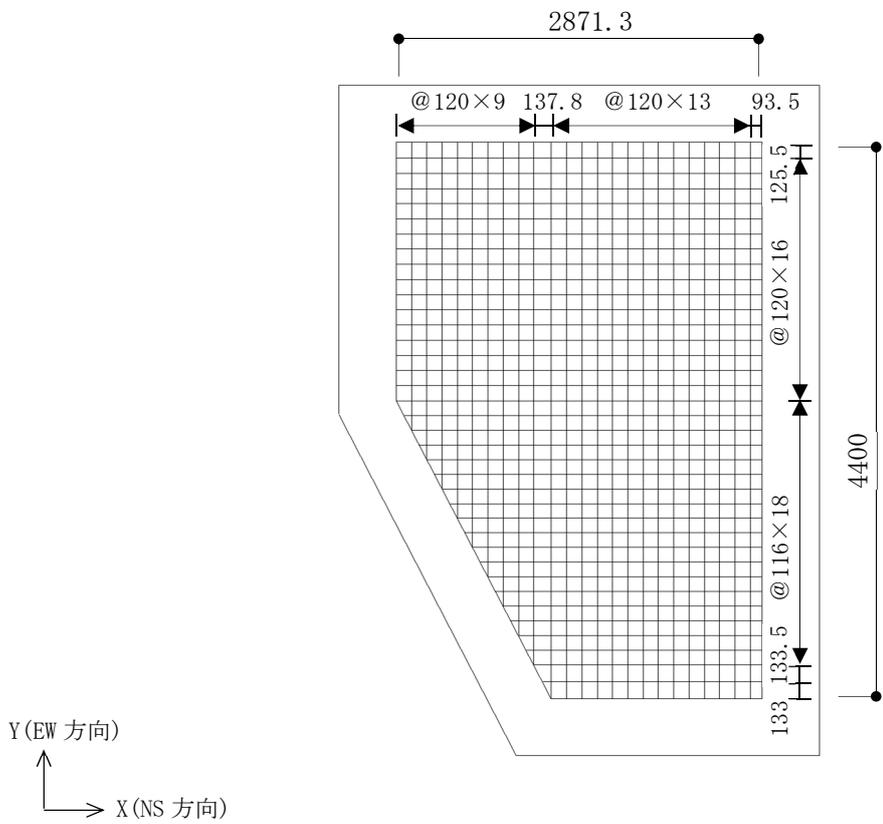
(単位 : mm)

図 4-2 7R-3 の底部スラブの解析モデル



(単位 : mm)

図 4-3 (1/2) 7T-5 の上部スラブの解析モデル



(単位 : mm)

図 4-3 (2/2) 7T-5 の底部スラブの解析モデル

4.3 応力の算出方法

上部スラブに生じる応力は、サブドレンシャフト脚部から伝わる荷重によるものと、上部スラブに作用する慣性力によるものを考慮する。サブドレンシャフト脚部から伝わる荷重による応力は、サブドレンシャフト脚部に生じる転倒モーメントを偶力換算し、集中荷重として考慮する。また、上部スラブに作用する慣性力による応力は、固定荷重に対し、上部スラブ位置の鉛直方向最大応答加速度より算出した鉛直震度を乗じた鉛直荷重を等分布荷重として考慮する。

底部スラブに生じる応力は、底部スラブに作用する固定荷重に対し、底部スラブ位置の鉛直方向最大応答加速度より算出した鉛直震度を乗じた鉛直荷重を等分布荷重とする。

弾性FEMモデルによる解析には、解析コード「MSC N a s t r a n」を用いる。

4.4 断面の評価方法

(1) 面外せん断力に対する断面の評価方法

断面の評価は、「RC-N規準」に基づき、評価対象部位に生じる面外せん断力が、次式をもとに計算した許容面外せん断力を超えないことを確認する。

$$Q_{A1} = b \cdot j \cdot \alpha \cdot f_s$$

$$Q_{A2} = b \cdot j \cdot \{ \alpha \cdot f_s + 0.5 \cdot w_f \cdot f_t \cdot (p_w - 0.002) \}$$

ここで、

Q_{A1} : 許容面外せん断力 (N)

Q_{A2} : せん断補強筋を考慮した許容面外せん断力 (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)

α : 許容せん断力の割増し係数

(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。)

$$\alpha = \frac{4}{M / (Q \cdot d) + 1}$$

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_s : コンクリートの短期許容せん断応力度で、表 4-2 に示す値 (N/mm^2)

$w_f \cdot f_t$: せん断補強筋の短期許容引張応力度 (N/mm^2)

p_w : せん断補強筋比

(2) 曲げモーメントに対する断面の評価方法

断面の評価は、「RC-N規準」に基づき、評価対象部位に生じる曲げモーメントが、短期許容曲げモーメントを超えないことを確認する。

$$M_A = a_t \cdot f_t \cdot j$$

ここで、

M_A : 短期許容曲げモーメント (N・mm)

a_t : 引張鉄筋断面積 (mm^2)

f_t : 引張鉄筋の短期許容引張応力度で、表 4-3 に示す値 (N/mm^2)

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)

4.5 評価結果

上部スラブの評価箇所である 7T-5, 6R-3 及び底部スラブの評価箇所である 7R-3, 7T-5 の断面の評価結果を表 4-4 及び表 4-5 に示す。発生値が許容限界値を超えないことを確認した。

表 4-4 (1/2) 上部スラブの評価結果 (7T-5)

厚さ t (mm)	800
配筋 (鉄筋断面積)	D25@200 (2535 mm ² /m)
発生曲げモーメント M (kN・m/m)	280
許容値 M_A (kN・m/m)	558
検定値 M/M_A	0.51
発生せん断力 Q (kN/m)	865
許容値 Q_{A1} (kN/m)	1540
検定値 Q/Q_{A1}	0.57
判定	可

表 4-4 (2/2) 上部スラブの評価結果 (6R-3)

厚さ t (mm)	900	
配筋 (鉄筋断面積)	主筋	D25@200 (2535 mm ² /m)
	せん断補強筋	D16@600×200
発生曲げモーメント M (kN・m/m)	433	
許容値 M_A (kN・m/m)	635	
検定値 M/M_A	0.69	
発生せん断力 Q (kN/m)	930	
許容値 Q_{A2} (kN/m)	1710	
検定値 Q/Q_{A2}	0.55	
判定	可	

表 4-5 (1/2) 底部スラブの評価結果 (7R-3)

厚さ t (mm)		450
配筋 (鉄筋断面積)	主筋	D29@200 (3210 mm ² /m)
	せん断補強筋	D16@200×400
発生曲げモーメント M (kN・m/m)		225
許容値 M_A (kN・m/m)		368
検定値 M/M_A		0.62
発生せん断力 Q (kN/m)		745
許容値 Q_{A2} (kN/m)		832
検定値 Q/Q_{A2}		0.90
判定		可

表 4-5 (2/2) 底部スラブの評価結果 (7T-5)

厚さ t (mm)		500
配筋 (鉄筋断面積)	主筋	D25@200 (2535 mm ² /m)
	せん断補強筋	D16@200×200
発生曲げモーメント M (kN・m/m)		303
許容値 M_A (kN・m/m)		329
検定値 M/M_A		0.93
発生せん断力 Q (kN/m)		821
許容値 Q_{A2} (kN/m)		1100
検定値 Q/Q_{A2}		0.75
判定		可

V-2-2-別添1-2-8 集水管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	4
2.4 適用規格・基準等	5
3. 解析方法	6
3.1 評価対象部位及び評価方針	6
3.2 荷重及び荷重の組合せ	7
3.2.1 荷重	7
3.2.2 荷重の組合せ	7
3.3 許容限界	8
3.4 評価方法	10
3.4.1 集水管の変形量算出方法	10
3.4.2 断面の評価方法	12
4. 評価結果	13
4.1 フレーム解析による評価結果	13
参考資料 1. 6号機側集水管の耐震性について	15

1. 概要

建屋評価における前提条件を満たすために、7号機地下水排水設備は、建屋の耐震性を確保するため地下水位を建屋基礎スラブ底面レベル以深に維持する機能を有する。

7号機地下水排水設備の評価においては、V-2-1-1「耐震設計の基本方針」のうち、「10. 耐震計算の基本方針 10.1 建物・構築物」及びV-1-1-9「発電用原子炉施設の溢水防護に関する説明書」に基づき、基準地震動 S_s による地震力に対して機能を維持できることを確認する。

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、7号機地下水排水設備のうち集水管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。

2. 基本方針

原子炉建屋，タービン建屋，コントロール建屋，廃棄物処理建屋の地下水排水設備（以下，「地下水排水設備」という。）は，各建屋に対し，その耐震性を確保するため地下水位を建屋基礎スラブ底面レベル以深に維持する機能を有し，基準地震動 S_s に対する機能維持を確認する必要があることから，地下水排水設備を構成する集水管について，基準地震動 S_s による地震力に対する評価（以下「 S_s 地震時に対する評価」という。）を実施する。

2.1 位置

地下水排水設備の概略配置を図2-1に示す。

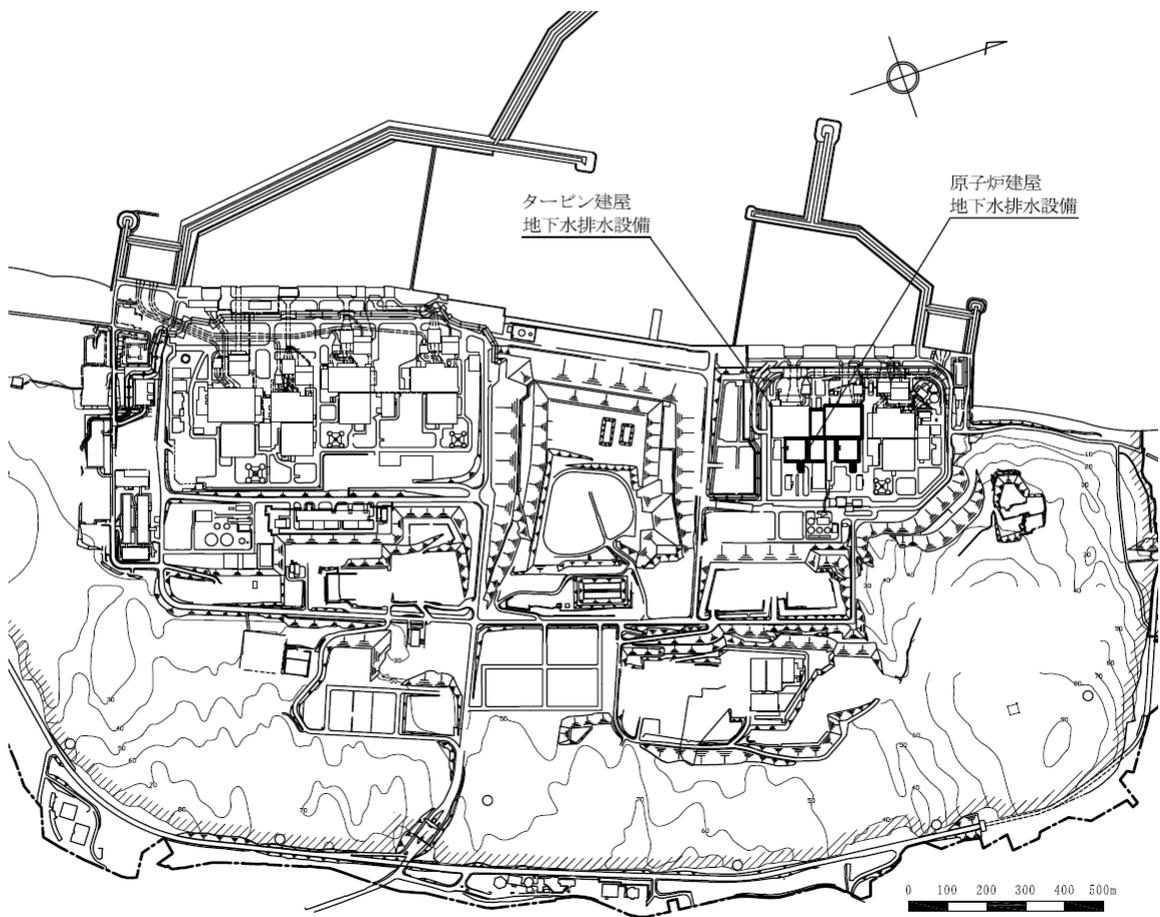


図2-1 地下水排水設備の概略配置図

2.2 構造概要

集水管は原子炉建屋，タービン建屋，コントロール建屋，廃棄物処理建屋の周囲に配置するφ200mmのSUS管であり，支持地盤である西山層に直接または西山層にマンメイドロックを介して設置し，サブドレンピットに接続している。

集水管の概略平面図・断面図及び1/4断面構造図を図2-2に示す。

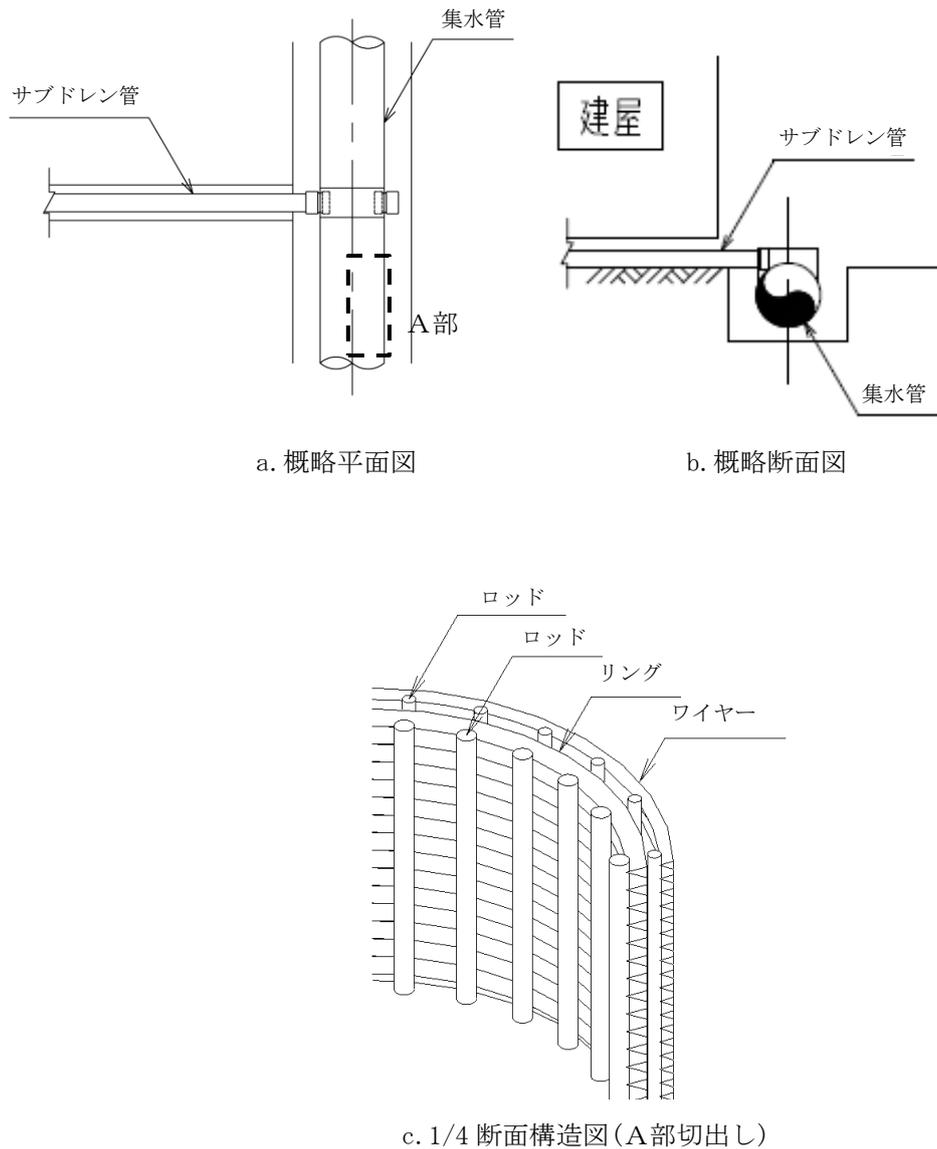


図2-2 概略平面図・断面図及び断面構造図

2.3 評価方針

集水管の評価は、V-2-1-1「耐震設計の基本方針」に基づき、集水管の変形量による評価において断面の評価を行うことで、地震時の構造強度及び機能維持の確認を行う。

集水管の評価フローを図2-3に示す。

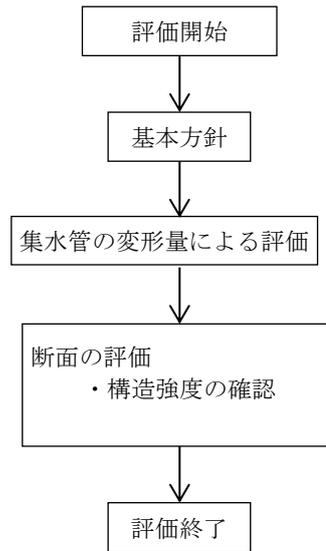


図2-3 集水管の評価フロー

2.4 適用規格・基準等

集水管の評価において、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 J E A G 4 6 0 1 -1987 ((社) 日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・補-1984 ((社) 日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -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 J S M E S N C 1 -2005/2007」((社) 日本機械学会)
- ・日本工業規格 (J I S)
- ・道路橋示方書 (I共通編・IV下部構造編)・同解説 ((社) 日本道路協会, 2002)

3. 解析方法

3.1 評価対象部位及び評価方針

評価対象部位は集水管とし、 S_s 地震時の変形量により評価を行う。

S_s 地震時に対する評価は、集水管に生じる変形量が地下水排水設備の建設時に実施した強度試験結果に基づき設定した許容限界を超えないことを確認する。

集水管の評価フローを図3-1に示す。

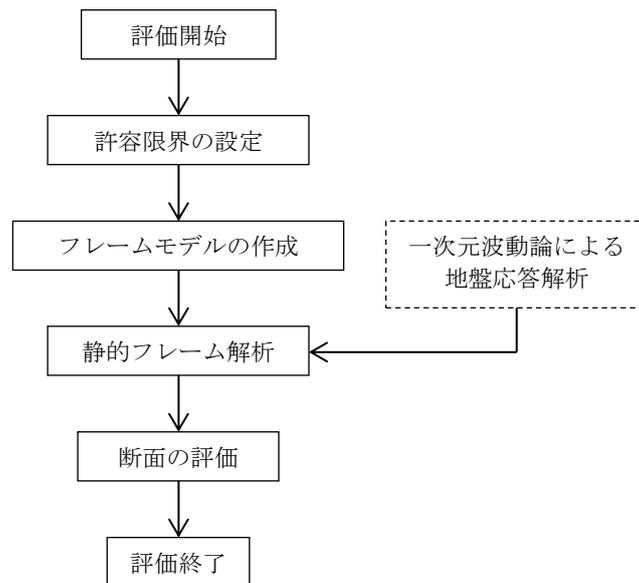


図3-1 集水管の評価フロー

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

集水管に作用する荷重は、集水管が岩盤を掘り込んだ建屋周辺の空隙内に設置されていることを踏まえ設定する。

(1) 固定荷重 (G)

固定荷重として集水管自体の自重と地表面から集水管上部までを考慮した上載土による鉛直土圧、水平土圧を考慮する。なお、集水管は岩盤を掘り込んだ建屋周辺の空隙内に設置されており、西山層やマンメイドロックに囲われているため水平土圧は受けませんが、保守的に地上面までの上載土を考慮した水平土圧を設定する。水平土圧は「道路橋示方書 (I 共通編・IV 下部構造編)」に準じ、鉛直土圧に静止土圧係数 0.50 を乗じて算定する。

(2) 地震荷重 (S_s)

地震荷重は、基準地震動 S_s に対する一次元波動論による地盤の応答解析より設定する。なお、地盤物性の不確かさを考慮した地盤の応答解析結果を包絡したものとする。

3.2.2 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 3-1 に示す。

表 3-1 荷重の組合せ

荷重状態	荷重の組合せ
S _s 地震時	G + S _s

G : 固定荷重

S_s : S_s 地震荷重

3.3 許容限界

集水管の評価における許容限界は、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及び機能維持の基本方針に基づき、表3-2 のとおりサブドレン・集水管材料強度試験成績書(竣工図書『柏崎刈羽原子力発電所7号機工事の内発電所本館建物新設工事 原子力建屋』)に基づき設定する。

集水管のひずみ率は、油圧式耐圧試験機を用いた集水管の直径方向のへん平試験を行って荷重変位曲線を求めている。

荷重変位曲線図を図3-2に示す。

集水管の許容限界は、図3-2の荷重変位曲線図から概ね弾性と認められる許容強度範囲を設定して求めた、発生ひずみ率8%以下とする。

表3-2 集水管の評価における許容限界

機能設計上の性能目標	地震力	部位	機能維持のための考え方	許容限界
構造強度を有すること	基準地震動 S _s	集水管	部材に生じる応力が内空断面を確保するための許容限界を超えないことを確認	ひずみ率 8%
通水機能を損なわないこと	基準地震動 S _s	集水管	部材に生じる応力が内空断面を確保するための許容限界を超えないことを確認	ひずみ率 8%

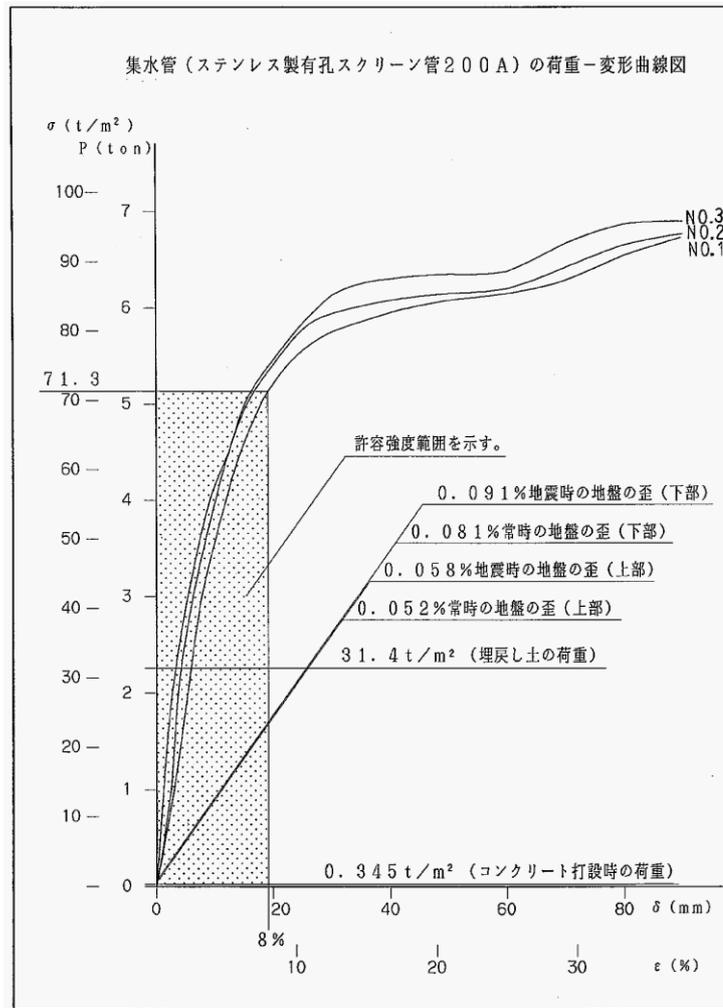


図3-2 集水管の荷重－変位曲線図

注 : サブドレン・集水管材料強度試験成績書(竣工図書『柏崎刈羽原子力発電所7号機工事の内発電所本館建物新設工事 原子力建屋』)より抜粋。

3.4 評価方法

3.4.1 集水管の変形量算出方法

集水管は、横断方向断面（管軸直交方向）について評価を実施する。

(1) 地震荷重の設定

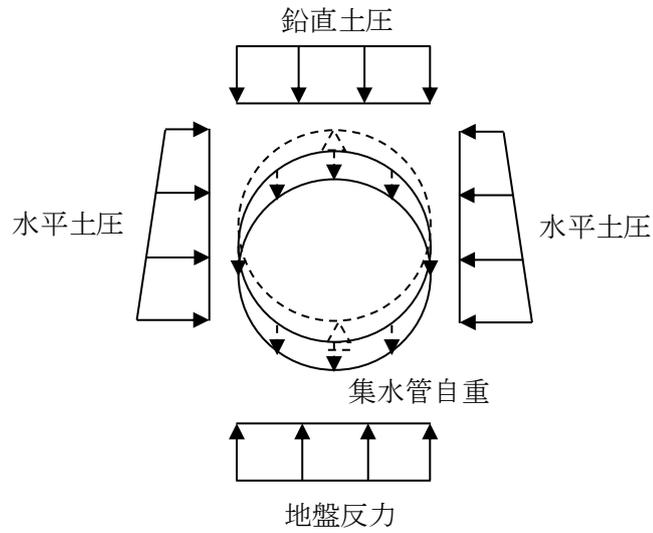
地震荷重は、原子炉建屋基礎スラブ底面位置の地盤に発生する水平方向及び鉛直方向の最大応答加速度を算出し設定する。

(2) 横断方向断面の検討

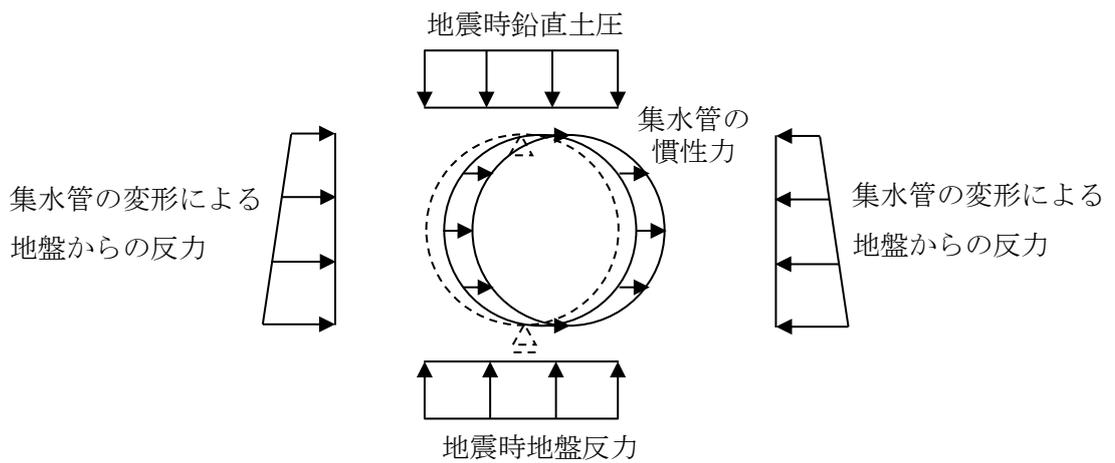
集水管の横断方向断面の検討は、一次元波動論による地盤の応答解析によって得られた最大応答加速度を震度として設定したフレーム解析とする。震度は鉛直最大応答加速度に着目して、地震時慣性力を設定する。構造部材は円形状にモデル化した線形はり要素とし、地震時慣性力を一方向から静的に載荷し、最大変形量を算出する。解析には、解析コード「FRAME」を用いる。また、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

図 3-3 に解析モデルを示す。また、集水管の断面諸元と物性値を表 3-3、表 3-4 に示す。

固定荷重 (G)



地震荷重 (S s)



注：鉛直土圧による水平増分は $k_0 = \nu d / (1 - \nu d)$ を鉛直応力に乘じる。
 ここで、 νd は 6,7 号物性の砂層の動ポアソン比 0.41 とする。

図 3-3 横断方向断面のフレーム解析モデル

表 3-3 集水管(SUS 管)の断面諸元

	断面積 (mm ²)	断面二次 モーメント (mm ⁴)	部材ピッチ (mm)
ワイヤー	5.290	6.219	3.1
リング	9.000	18.000	7.0

なお、集水管は図 2-2 に示すとおり、ワイヤーとリングをロッドにより固定する構造である。評価においては保守的にロッドの断面二次モーメントを見込まないこととした。

表 3-4 集水管(SUS 管)の物性値

材料	単位体積重量	ヤング係数
SUS304	77.8 kN/m ³	193×10 ⁶ kN/m ²

3.4.2 断面の評価方法

集水管は、地震時に内空断面を確保して集水する機能が求められる。そのため、横断方向断面に発生するひずみ率が、許容限界を超えないことを確認する。

4. 評価結果

4.1 フレーム解析による評価結果

(1) 地震荷重

集水管に作用する地震荷重は、原子炉建屋基礎スラブ底面位置(T. M. S. L. -13.70m)における最大応答加速度を用いて、V-2-2-別添 1-2-1「地下水排水設備設置位置の地盤応答」より一次元波動論による地盤の応答解析にて算出する。Ss-1～Ss-8 について標準地盤ケースおよび地盤定数の不確かさを考慮したケース (+ σ 地盤, - σ 地盤) を実施し、最大応答加速度が最大となった Ss-1(- σ 地盤)の結果を表 4-1 に示す。

表 4-1 地盤の応答解析より得られた最大応答加速度

方向	最大応答加速度 (m/s^2)	地震動
鉛直	6.08	Ss-1 (- σ 地盤)

(2) 評価結果

フレーム解析より得られた最大変形量について、集水管外径の 239 mm で除し、発生ひずみ率を算出する。集水管の評価結果を表 4-2 に示す。

S s 地震時において、発生値が許容限界を超えないことを確認した。

表 4-2 集水管の評価結果

検討条件	鉛直震度 Ss-1 (-σ 地盤)	$K_V=0.62$
最大変形量 発生ひずみ率	最大変形量	14.4 mm
	発生ひずみ率 (SUS φ 200 外径 239mm)	6.0 %
許容限界	許容ひずみ率	8%

参考資料 1. 6号機側集水管の耐震性について

1. 概要

集水を期待する7号機の原子炉建屋，タービン建屋，コントロール建屋及び廃棄物処理建屋を囲む集水管について，6号機側の建屋を含め設置していることから，6号機側集水管の耐震性についても確認をする。

2. 評価方針

6号機側集水管の耐震性評価については，本計算書に則り，集水管の変形量による評価において断面の評価を行うことで，地震時の構造強度及び機能維持の確認を行う。

なお，地震時に対する評価は，集水管に生じる変形量が地下水排水設備の建設時に実施した強度試験結果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. 許容限界

集水管の評価における許容限界は，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及び機能維持の基本方針に基づき，表3-1のとおりSD集水管・排水材材料試験報告書に基づき設定する。

集水管のひずみ率は，油圧式耐圧試験機を用いた集水管の直径方向のへん平試験を行って荷重変位曲線を求めている。

荷重変位曲線図を図3-1に示す。

集水管の許容限界は，図3-1の荷重変位曲線図から概ね弾性と認められる許容強度範囲を設定して求めた，発生ひずみ率4%以下とする。

表 3-1 集水管の評価における許容限界

機能設計上の性能目標	地震力	部位	機能維持のための考え方	許容限界
構造強度を有すること	基準地震動 S_s	集水管	部材に生じる応力が内空断面を確保するための許容限界を超えないことを確認	ひずみ率 4%
通水機能を損なわないこと	基準地震動 S_s	集水管	部材に生じる応力が内空断面を確保するための許容限界を超えないことを確認	ひずみ率 4%

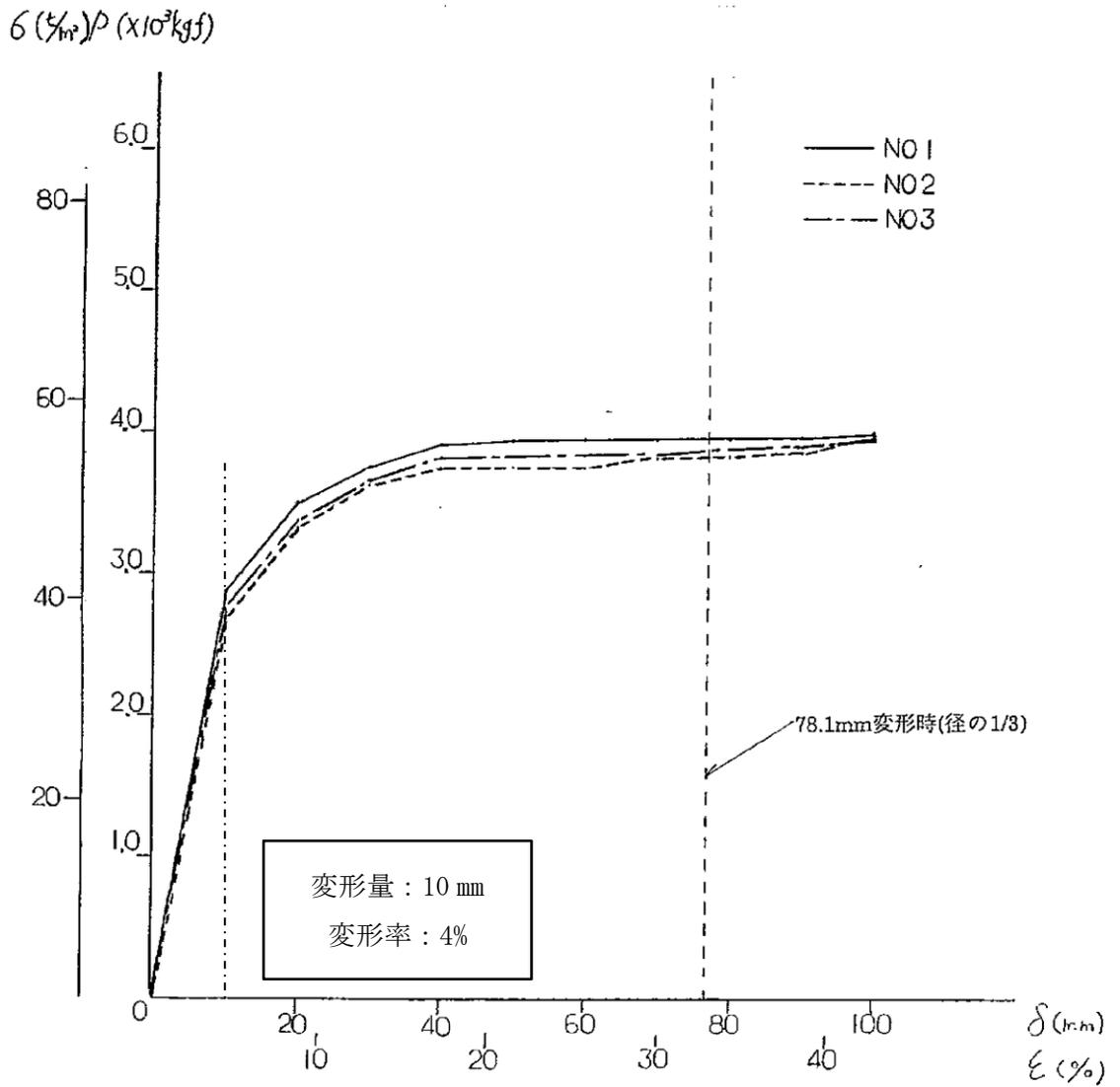


図3-1 集水管の荷重-変位曲線図

注 : 竣工図書「SD 集水管・排水管材料試験報告書」より抜粋。

4. 評価方法

4.1 集水管の変形量算出方法

集水管は、横断方向断面（管軸直交方向）について評価を実施する。

(1) 地震荷重の設定

地震荷重は、原子炉建屋基礎スラブ底面位置の地盤に発生する水平方向及び鉛直方向の最大応答加速度を算出し設定する。

(2) 横断方向断面の検討

集水管の横断方向断面の検討は、一次元波動論による地盤の応答解析によって得られた最大応答加速度を震度として設定したフレーム解析とする。震度は鉛直最大応答加速度に着目して地震時慣性力を設定する。構造部材は円形状にモデル化した線形はり要素とし、地震時慣性力を一方向から静的に載荷し、最大変形量を算出する。解析には、解析コード「FRAME」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。

集水管の断面諸元と物性値を表 4-1、表 4-2 に示す。

表 4-1 集水管(SUS 管)の断面諸元

材料名	断面積 (mm ²)	断面二次 モーメント (mm ⁴)	部材ピッチ (mm)
ワイヤー	9.0	6.500	5.0
リング	1661.4*	5849.513*	—

注* : パイプの断面積，断面二次モーメントは試験片長 300mm 当たりの値

表 4-2 集水管(SUS 管)の物性値

材料	単位体積重量	ヤング係数
SUS304	77.8 kN/m ³	193×10 ⁶ kN/m ²

4.2 断面の評価方法

集水管は、地震時に内空断面を確保して集水する機能が求められる。そのため、横断方向断面に発生するひずみ率が、許容限界を超えないことを確認する。

5. 評価結果

5.1 フレーム解析による評価結果

(1) 地震荷重

集水管に作用する地震荷重は、原子炉建屋基礎スラブ底面位置(T.M.S.L. -13.70m)における最大応答加速度を用いて、V-2-2-別添 1-2-1「地下水排水設備設置位置の地盤応答」より一次元波動論による地盤の応答解析にて算出する。Ss-1～Ss-8 について標準地盤ケースおよび地盤定数の不確かさを考慮したケース (+ σ 地盤, - σ 地盤) を実施し、最大応答加速度が最大となった Ss-1(- σ 地盤)の結果を表 5-1 に示す。

表 5-1 地盤の応答解析より得られた最大応答加速度

方向	最大応答加速度 (m/s ²)	地震動
鉛直	6.08	Ss-1 (- σ 地盤)

(2) 評価結果

フレーム解析より得られた最大変形量について、集水管外径の 216.3 mm で除し、発生ひずみ率を算出する。集水管の評価結果を表 5-2 に示す。

S s 地震時において、発生値が許容限界を超えないことを確認した。

表 5-2 集水管の評価結果

検討条件	鉛直震度 Ss-1 (- σ 地盤)	Kv=0.62
最大変形量 発生ひずみ率	最大変形量	3.2 mm
	発生ひずみ率 (SUS ϕ 200 外径 216.3mm)	1.5 %
許容限界	許容ひずみ率	4%

V-2-2-別添1-2-9 サブドレン管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	4
2.4 適用規格・基準等	5
3. 解析方法	6
3.1 評価対象部位及び評価方針	6
3.2 荷重及び荷重の組合せ	7
3.2.1 荷重	7
3.2.2 荷重の組合せ	7
3.3 許容限界	8
3.4 評価方法	10
3.4.1 サブドレン管の変形量算出方法	10
3.4.2 断面の評価方法	12
4. 評価結果	13
4.1 フレーム解析による評価結果	13

1. 概要

建屋評価における前提条件を満たすために、7号機地下水排水設備は、建屋の耐震性を確保するため地下水位を建屋基礎スラブ底面レベル以深に維持する機能を有する。

7号機地下水排水設備の評価においては、V-2-1-1「耐震設計の基本方針」のうち、「10. 耐震計算の基本方針 10.1 建物・構築物」及びV-1-1-9「発電用原子炉施設の溢水防護に関する説明書」に基づき、基準地震動 S_s による地震力に対して機能を維持できることを確認する。

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、7号機地下水排水設備のうちサブドレン管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。

2. 基本方針

原子炉建屋，タービン建屋，コントロール建屋，廃棄物処理建屋の地下水排水設備（以下，「地下水排水設備」という。）は，各建屋に対し，その耐震性を確保するため地下水位を建屋基礎スラブ底面レベル以深に維持する機能を有し，基準地震動 S_s に対する機能維持を確認する必要があることから，地下水排水設備を構成するサブドレン管について，基準地震動 S_s による地震力に対する評価（以下「 S_s 地震時に対する評価」という。）を実施する。

2.1 位置

地下水排水設備の概略配置を図 2-1 に示す。

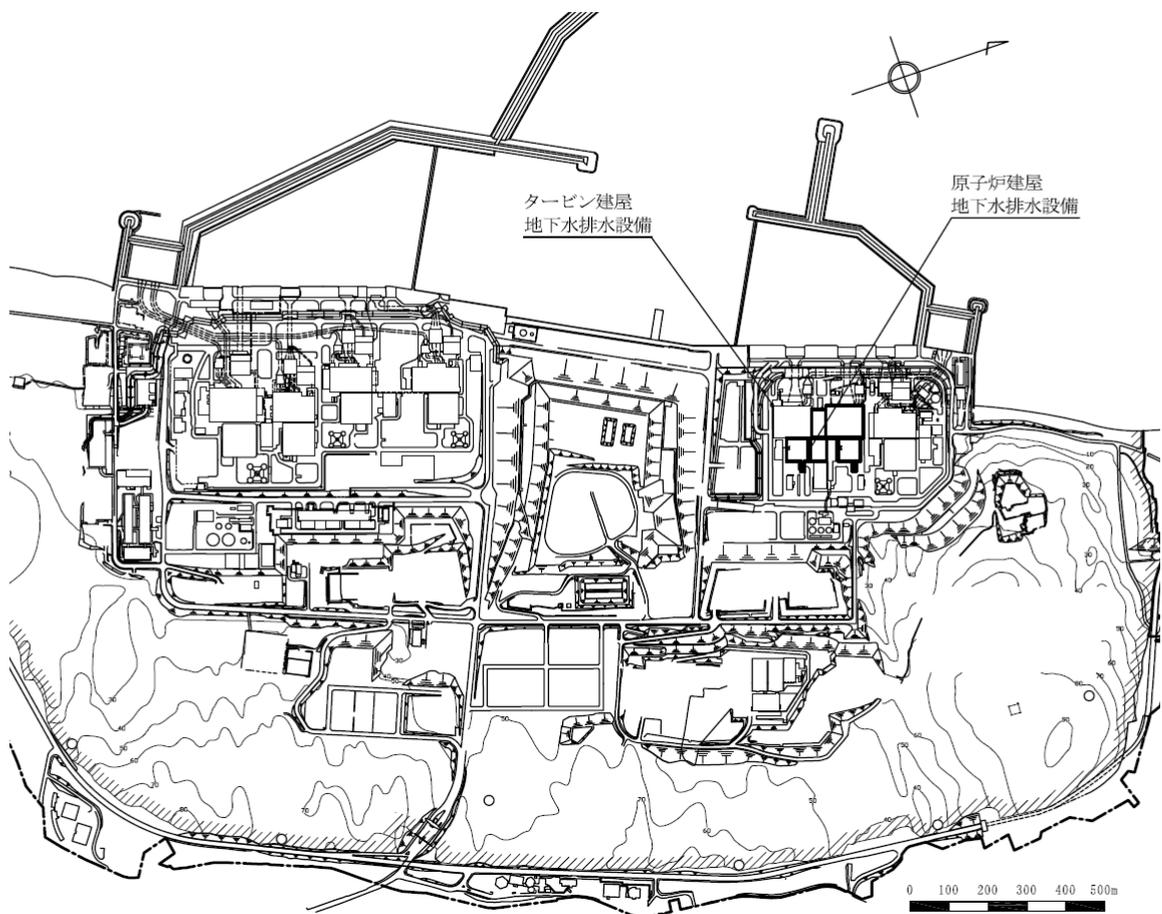


図 2-1 地下水排水設備の概略配置図

2.2 構造概要

サブドレン管は原子炉建屋，コントロール建屋の下に配置するφ50mmの塩ビ管であり，支持地盤である西山層にマンメイドロックを介して設置し，集水管（SUS管）に接続している。

サブドレン管の概略平面図及び概略断面図を図2-2に示す。

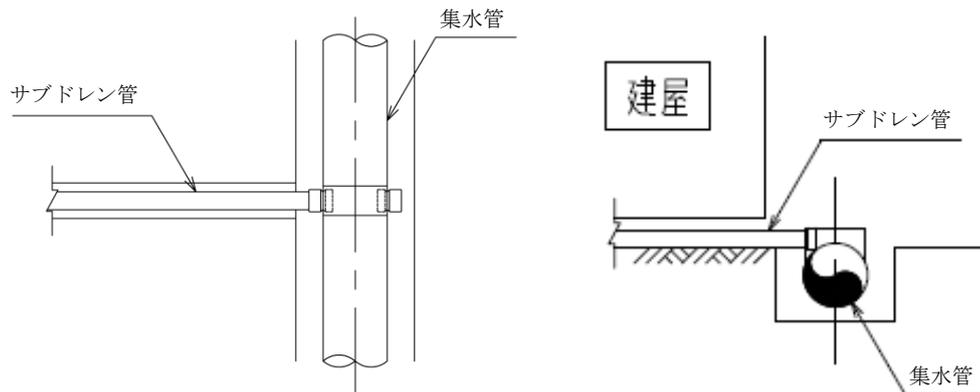


図2-2 概略平面図・断面図

2.3 評価方針

サブドレン管の評価は、V-2-1-1「耐震設計の基本方針」に基づき、サブドレン管の変形量による評価において断面の評価を行うことで、地震時の構造強度及び機能維持の確認を行う。サブドレン管の評価フローを図2-3に示す。

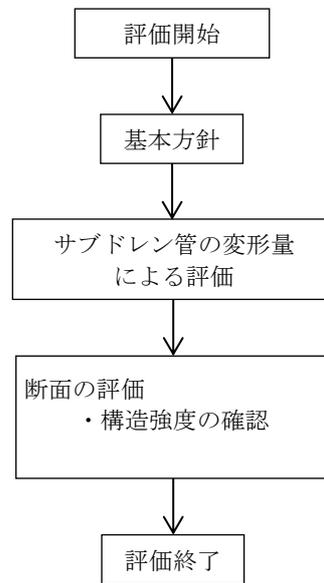


図2-3 サブドレン管の評価フロー

2.4 適用規格・基準等

サブドレン管の評価において、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 J E A G 4 6 0 1 -1987 ((社) 日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・補-1984 ((社) 日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版 ((社) 日本電気協会)
- ・水道用硬質ポリ塩化ビニル管技術資料 (塩化ビニル管・継手協会)
- ・日本工業規格 (J I S)

3. 解析方法

3.1 評価対象部位及び評価方針

評価対象部位はサブドレン管とし、 S_s 地震時の変形量により評価を行う。
 S_s 地震時に対する評価は、サブドレン管に生じる応力及びたわみ量が地下水排水設備の建設時に実施した強度試験結果に基づき設定した許容限界を超えないことを確認する。
サブドレン管の評価フローを図3-1に示す。

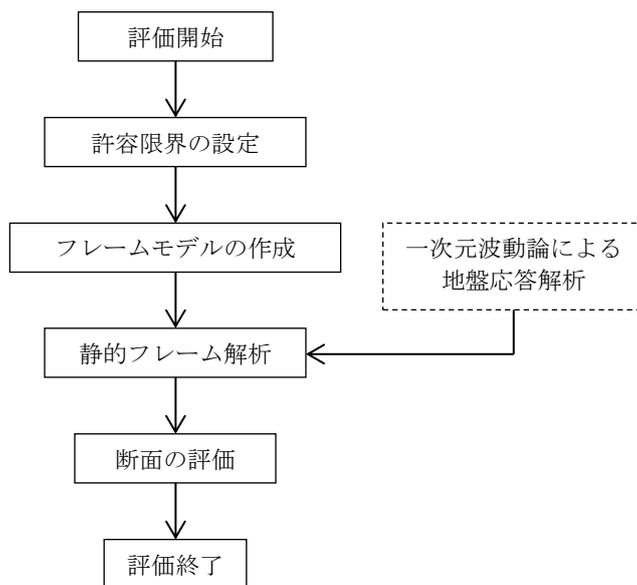


図3-1 サブドレン管の評価フロー

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

サブドレン管に作用する荷重は、サブドレン管が岩盤を掘り込んだ建屋基礎スラブ底面の空隙内に設置されていることを踏まえ設定する。

V-2-9-3-4「原子炉建屋基礎スラブの耐震性についての計算書」において、建屋基礎スラブ底面にあるマンメイドロックの極限支持力は $6170\text{kN}/\text{m}^2$ で、原子炉建屋の接地圧は $2620\text{kN}/\text{m}^2$ であり、マンメイドロックの極限支持力は十分な余裕を持っている。

よって、サブドレン管を設置している空隙は、 S_s 地震時においても形状が保持されることが考えられることから、サブドレン管には建屋基礎スラブ及びマンメイドロックからの鉛直及び水平の土圧は作用しない。

(1) 固定荷重 (G)

固定荷重としてサブドレン管自体の自重と空隙内の砂の上載土荷重を考慮する。空隙内の砂の自重による鉛直荷重は軽微であり、空隙内の拘束力は小さいため、鉛直土圧による水平土圧は見込まないものとする。水平土圧は、上載土荷重を打ち消す効果があるため、水平土圧を見込まない場合のひずみ率は、判定として保守的な値となる。

(2) 地震荷重 (S_s)

地震荷重は、基準地震動 S_s に対する一次元波動論による地盤の応答解析より設定する。なお、地盤物性の不確かさを考慮した地盤の応答解析結果を包絡したものとする。

3.2.2 荷重の組合せ

荷重の組合せを表3-1に示す。

表3-1 荷重の組合せ

荷重状態	荷重の組合せ
S_s 地震時	$G + S_s$

G : 固定荷重

S_s : S_s 地震荷重

3.3 許容限界

サブドレン管の評価における許容限界は、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及び機能維持の基本方針に基づき、表3-2のとおりサブドレン・集水管材料強度試験成績書(竣工図書『柏崎刈羽原子力発電所7号機工事の内発電所本館建物新設工事 原子力建屋』)に基づき設定する。

サブドレン管のひずみ率は、油圧式耐圧試験機を用いたサブドレン管の直径方向のへん平試験を行って荷重変位曲線を求めている。

荷重変位曲線図を図3-2に示す。

サブドレン管の許容限界は、図3-2の荷重変位曲線図から概ね弾性と認められる許容強度範囲を設定して求めた、発生ひずみ率13%以下とする。

表3-2 サブドレン管の評価における許容限界

機能設計上の性能目標	地震力	部位	機能維持のための考え方	許容限界
構造強度を有すること	基準地震動 S _s	サブドレン管	部材に生じる応力が内空断面を確保するための許容限界を超えないことを確認	ひずみ率 13%
通水機能を損なわないこと	基準地震動 S _s	サブドレン管	部材に生じる応力が内空断面を確保するための許容限界を超えないことを確認	ひずみ率 13%

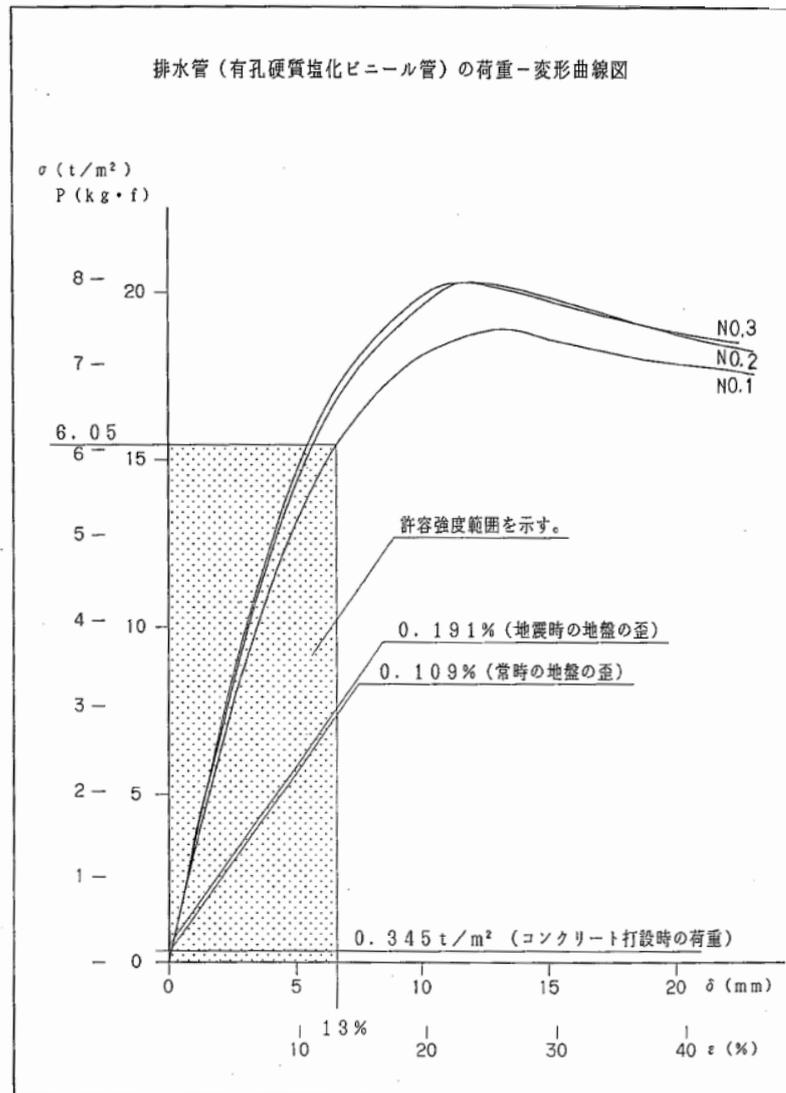


図 3-2 サブドレン管の荷重-変位曲線図

注 : サブドレン・集水管材料強度試験成績書(竣工図書『柏崎刈羽原子力発電所 7号機工事の内発電所本館建物新設工事 原子力建屋』)より抜粋。

3.4 評価方法

3.4.1 サブドレン管の変形量算出方法

サブドレン管は，横断方向（管軸直交方向）について評価を実施する。

(1) 地震荷重の設定

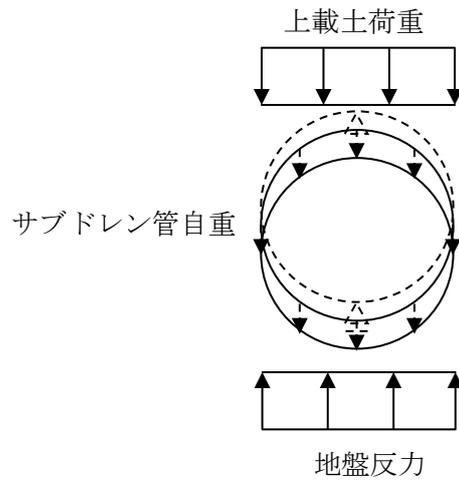
地震荷重は，原子炉建屋基礎スラブ底面位置の地盤に発生する鉛直方向の最大応答加速度を算出し設定する。

(2) 横断方向断面の検討

サブドレン管の横断方向断面の検討は，一次元波動論による地盤の応答解析によって得られた最大応答加速度を震度として設定したフレーム解析とする。震度は鉛直最大応答加速度に着目して，地震時慣性力を設定する。構造部材は円形状にモデル化した線形はり要素とし，地震時慣性力を一方向から静的に載荷して，最大変形量を算出する。解析には，解析コード「FRAME」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。

図3-3に解析モデルを示す。また，サブドレン管の構造諸元と物性値を表3-3，表3-4に示す。

固定荷重 (G)



地震荷重 (S s)

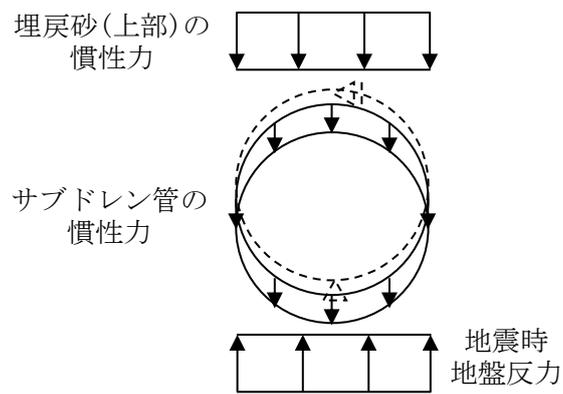


図 3-3 横断方向断面のフレーム解析モデル

表 3-3 サブドレン管(塩ビ管)の構造諸元

呼び径	外径	内径	厚さ
50mm	51mm	45mm	3mm

表 3-4 サブドレン管(塩ビ管)の物性値

材料	単位体積重量	ヤング係数
硬質ポリ塩化ビニル	14.0 kN/m ³	3.4×10 ⁶ kN/m ²

3.4.2 断面の評価方法

サブドレン管は、地震時に内空断面を確保して集水する機能が求められる。
 そのため、横断方向断面に発生するひずみ率が、許容限界を超えないことを確認する。

4. 評価結果

4.1 フレーム解析による評価結果

(1) 地震荷重

サブドレン管に作用する地震荷重は、原子炉建屋基礎スラブ底面位置(T. M. S. L. - 13.70m)における最大応答加速度を用いて、V-2-2-別添 1-2-1「地下水排水設備設置位置の地盤応答」より次元波動論による地盤の応答解析にて算出する。Ss-1～Ss-8について標準地盤ケースおよび地盤定数の不確かさを考慮したケース(+ σ 地盤,- σ 地盤)を実施し、最大応答加速度が最大となったSs-1(- σ 地盤)の結果を表4-1に示す。

表 4-1 地盤の応答解析より得られた最大応答加速度

方向	最大応答加速度 (m/s^2)	地震動
鉛直	6.08	Ss-1 (- σ 地盤)

(2) 評価結果

フレーム解析より得られた最大変形量について、サブドレン管外径の51mmで除し、発生ひずみ率を算出する。サブドレン管の照査を実施した結果を表4-2に示す。

Ss地震時において、発生値が許容限界を超えないことを確認した。

表4-2 サブドレン管の評価結果

検討条件	鉛直震度 Ss-1 (-σ地盤)	Kv=0.62
最大変形量 発生ひずみ率	最大変形量	0.14 mm
	発生ひずみ率 (塩ビφ50 外径51mm)	0.27 %
許容限界	許容ひずみ率	13 %

-2-2-別添1-3 5号機地下水排水設備の耐震性についての計算書

V-2-2-別添 1-3-1 地下水排水設備設置位置の地盤応答

目 次

1. 概要	1
2. 基本方針	2
2.1 位置	2
2.2 地下水排水設備の概要	3
2.3 評価方針	6
2.4 適用規格・基準等	7
3. 解析方法	8
3.1 設計用模擬地震波	8
3.2 地盤の応答解析モデル	9
3.3 地盤応答	15
3.3.1 水平方向	15
3.3.2 鉛直方向	22

1. 概要

建屋評価における前提条件を満たすために、5号機地下水排水設備は、建屋の耐震性を確保するため地下水位を建屋基礎スラブ底面レベル以深に維持する機能を有する。

5号機地下水排水設備の評価においては、V-2-1-1「耐震設計の基本方針」のうち、「10. 耐震計算の基本方針 10.1 建物・構築物」に基づき、基準地震動 S_s による地震力に対して機能を維持できることを確認する。

本計算書は、V-2-1-1「耐震設計の基本方針」に基づく地下水排水設備を設置する地盤の応答解析について説明するものである。

地震応答解析により算出した地盤の最大応答加速度等は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」を参考に、建物・構築物及び機器・配管系の設計用地震力に用いる。

2. 基本方針

2.1 位置

地下水排水設備の概略配置を図 2-1 に示す。

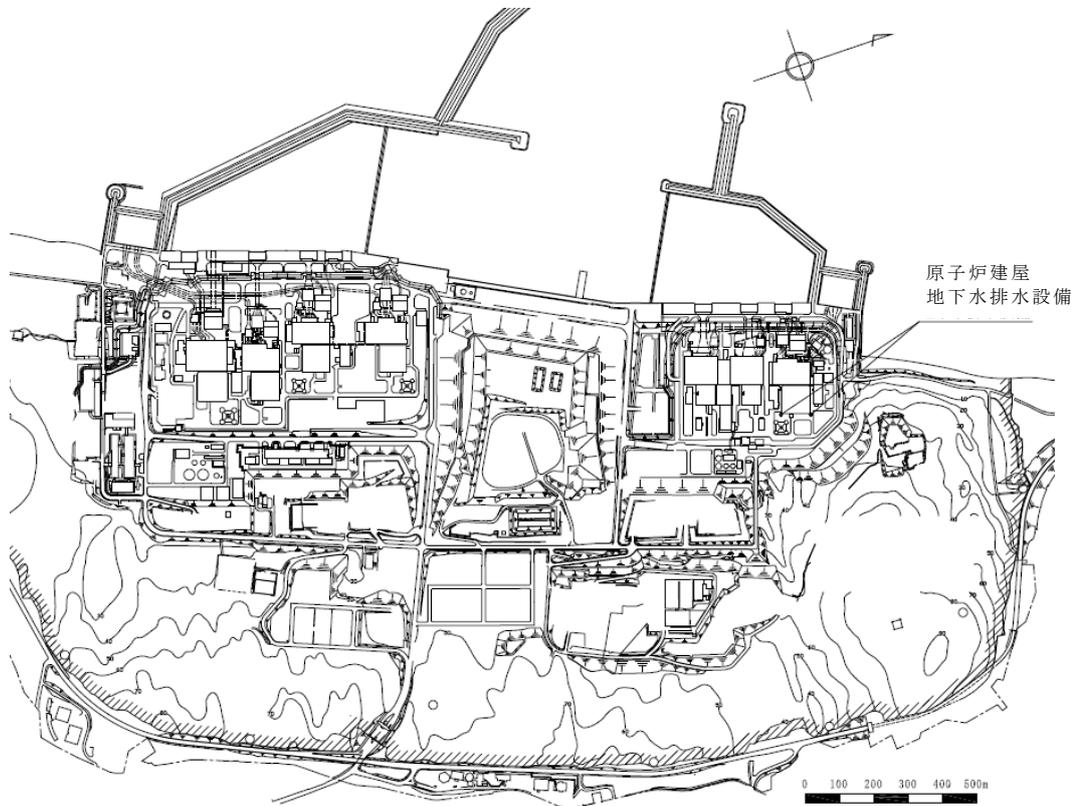


図 2-1 地下水排水設備の概略配置図

2.2 地下水排水設備の概要

原子炉建屋地下水排水設備（以下「地下水排水設備」という。）は、建屋に対し耐震性を確保するため、地下水位を建屋基礎スラブ底面レベル以深に維持する機能を有し、基準地震動 S_s に対する機能維持を確認することとしている。

地下水排水設備の評価対象配置図及び概略構成図を図 2-2～図 2-3 に、原子炉建屋サブドレンピットの概略平面図及び概略断面図を図 2-4～図 2-5 に示す。

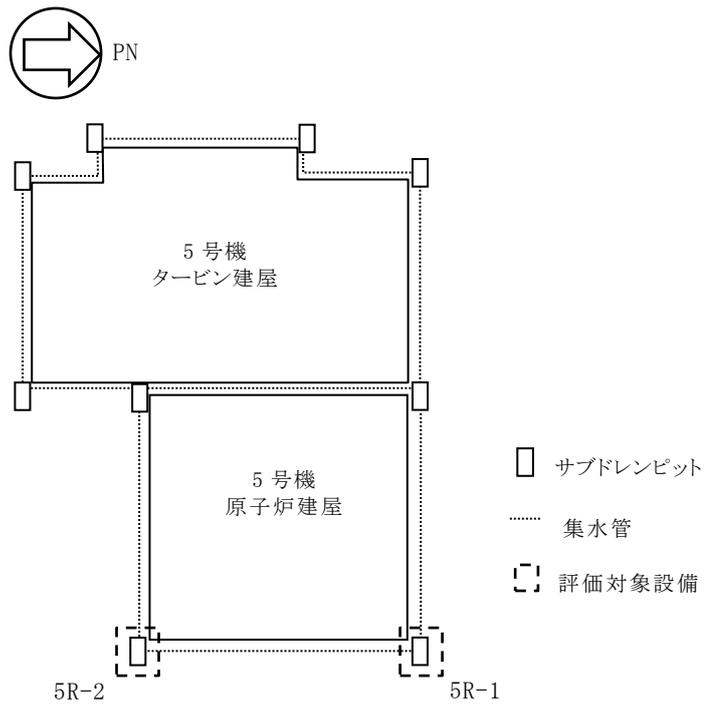


図 2-2 地下水排水設備の評価対象配置図

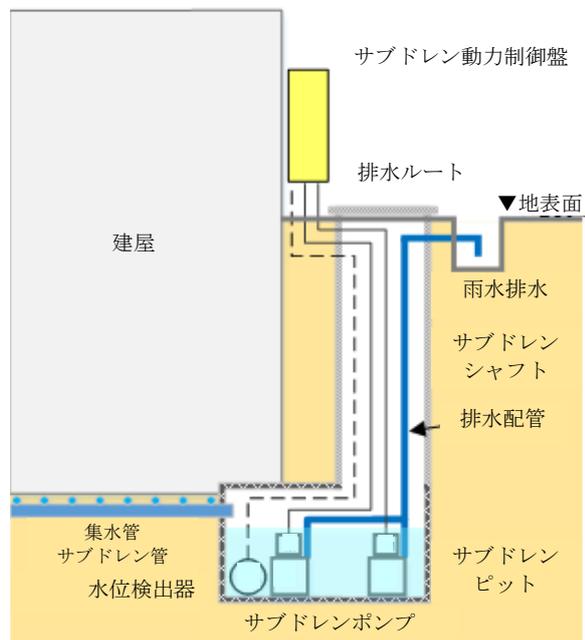


図 2-3 地下水排水設備の概略構成図

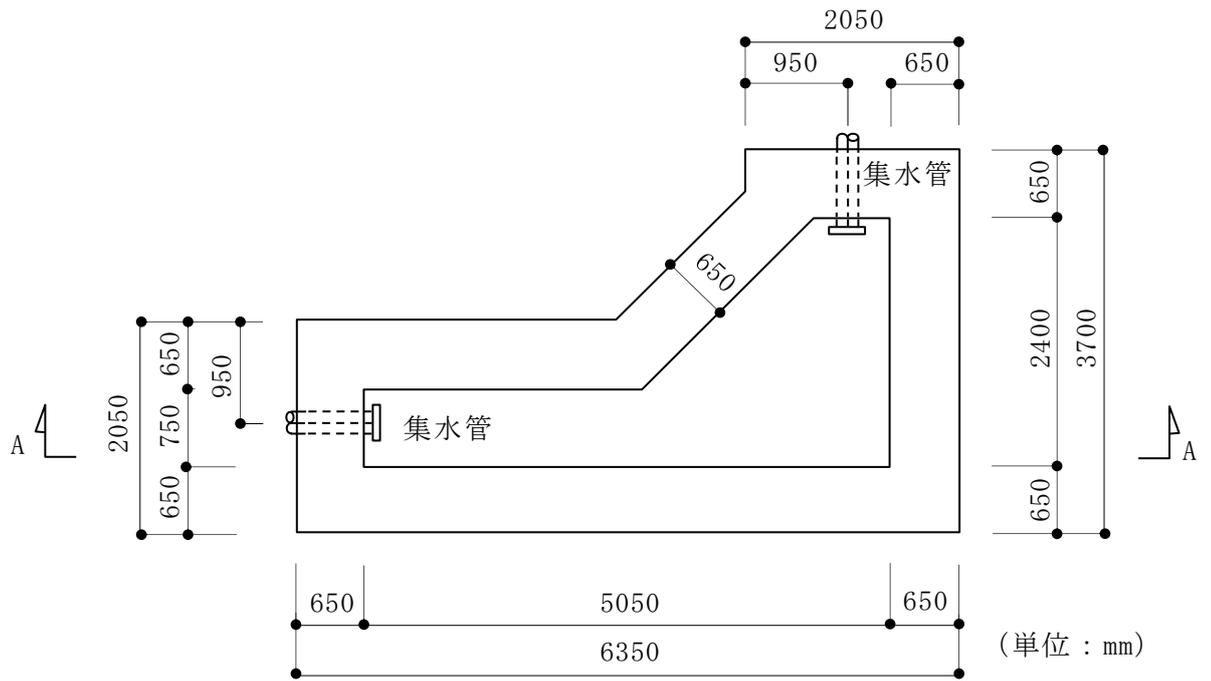


図 2-4 原子炉建屋サブドレンピットの概略平面図 (T.M.S.L. -25.55m)

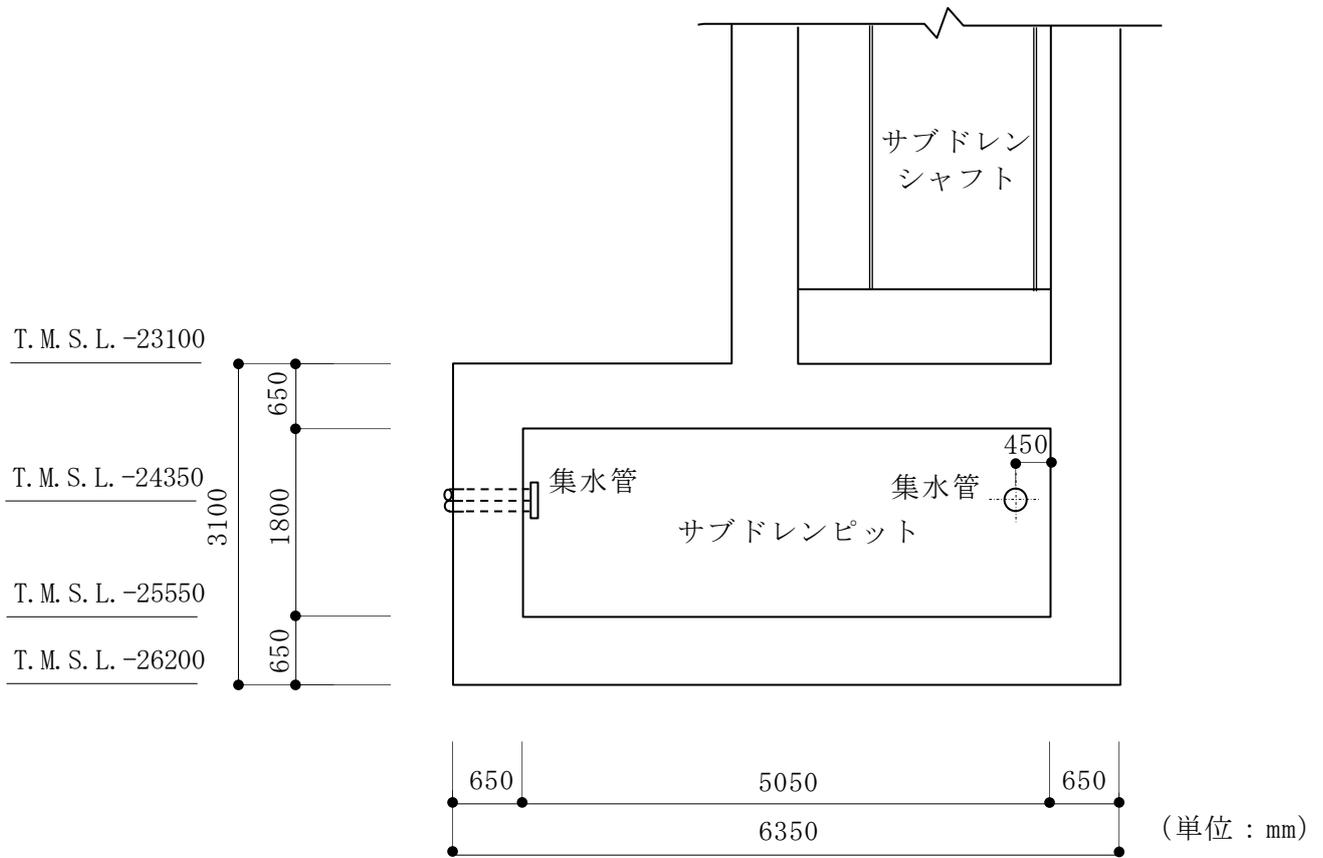


図 2-5 原子炉建屋サブドレンピットの概略断面図 (A-A 断面)

2.3 評価方針

地下水排水設備設置位置の地盤の応答解析は、V-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に基づいて行う。

図2-6に地下水排水設備設置位置の地盤の応答解析フローを示す。

地盤の応答解析は、「3.2 地震応答解析モデル」において設定した地盤モデル及び「3.1 設計用模擬地震波」に基づき「3.3 地盤応答」を評価する。地盤モデルには、地盤物性の不確かさを考慮し、地盤応答として最大応答加速度を算出する。

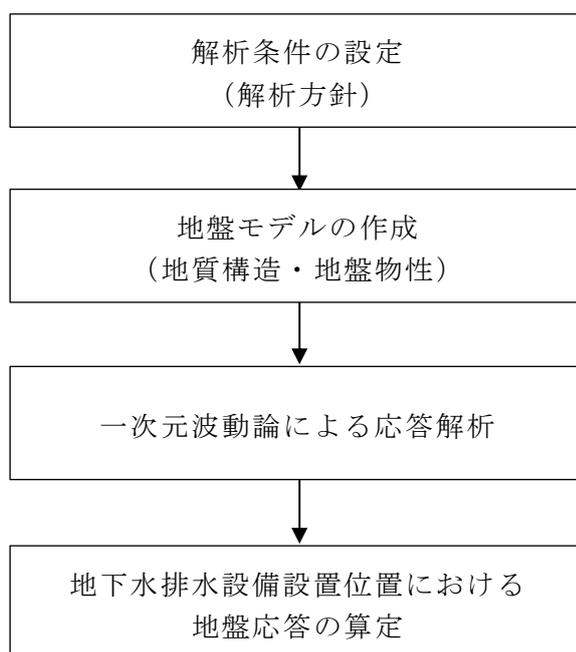


図2-6 地下水排水設備設置位置の地盤の応答解析フロー

2.4 適用規格・基準等

地下水排水設備設置位置の地盤の応答解析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 J E A G 4 6 0 1 -1987 ((社) 日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1
・補-1984 ((社) 日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版 ((社) 日本電気協会)

3. 解析方法

3.1 設計用模擬地震波

地盤モデルへの入力地震動は，V-2-1-2「基準地震動 S_s 及び弾性設計用地震動 S_d の策定概要」に示す解放基盤表面レベルで定義された基準地震動 S_s を用いることとする。

3.2 地盤の応答解析モデル

地盤の応答解析は、一次元波動論に基づき、解放基盤表面レベルで定義される基準地震動 S_s に対する地表面レベルでの地盤の応答を評価する。地盤の応答解析モデルは、水平方向及び鉛直方向についてそれぞれ設定する。

地盤の応答解析では地盤物性の不確かさを考慮し、地盤物性の不確かさは、V-2-2-15「緊急時対策所の地震応答計算書」と同じとする。地盤物性の不確かさを考慮する地盤の応答解析ケースと初期地盤の物性値を表 3-1 に示す。また、地盤ばねの算定に用いる地盤定数は初期地盤の物性値とひずみ依存特性から一次元波動論より求めた等価物性値とする。初期地盤の物性値及びひずみ依存特性は、V-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」を参考に設定する。

水平方向及び鉛直方向の地盤の応答解析に用いる地層区分及び標準地盤の地盤定数を表 3-2～表 3-9 に示す。

表 3-1 地盤物性の不確かさを考慮する地盤の応答解析ケース（初期地盤の物性値）

標高 T. M. S. L. (m)	地層 区分	地盤のせん断波速度 (m/s)		
		標準地盤	標準地盤+ σ	標準地盤- σ
12.0 ~ 8.0	埋戻土	182	225	146
8.0 ~ 4.0		230	285	185
4.0 ~ 0.0		256	318	207
0.0 ~ -9.0	古安田層	310	344	276
-9.0 ~ -60.0	西山層	490	544	436
-60.0 ~ -100.0		560	622	498
-100.0 ~ -134.0		610	677	543

表 3-2 地盤定数 (Ss-1)

標高 T. M. S. L. (m)	地質	せん断波 速度 Vs (m/s)	単位体積 重量 γ_t (kN/m ³)	ポアソン 比 ν	初期せん断 弾性係数 Go ($\times 10^5$ kN/m ²)	剛性低下率 G/Go	せん断 弾性係数 G ($\times 10^5$ kN/m ²)	剛性低下後 S波速度 Vs (m/s)	剛性低下後 P波速度 Vp (m/s)	減衰定数 h (%)
+12.0	埋戻土	182	17.6	0.415	0.592	0.36	0.213	108	283	13
+8.0		230	17.6	0.415	0.949	0.13	0.123	82	215	18
+4.0		256	17.6	0.415	1.18	0.11	0.129	84	220	19
0.0	古安田層	310	17.5	0.48	1.71	0.72	1.23	262	1,330	4
-9.0	西山層	490	16.7	0.45	4.09	0.82	3.35	443	1,460	3
-60.0		560	17.2	0.44	5.50	0.81	4.45	503	1,530	3
-100.0		610	18.0	0.43	6.83	0.78	5.32	538	1,530	3
-134.0 解放基盤 ∞	椎谷層	710	19.9	0.42	10.2	1.00	10.2	710	1,910	—

表 3-3 地盤定数 (Ss-2)

標高 T. M. S. L. (m)	地質	せん断波 速度 Vs (m/s)	単位体積 重量 γ_t (kN/m ³)	ポアソン 比 ν	初期せん断 弾性係数 Go ($\times 10^5$ kN/m ²)	剛性低下率 G/Go	せん断 弾性係数 G ($\times 10^5$ kN/m ²)	剛性低下後 S波速度 Vs (m/s)	剛性低下後 P波速度 Vp (m/s)	減衰定数 h (%)
+12.0	埋戻土	182	17.6	0.415	0.592	0.40	0.236	114	299	11
+8.0		230	17.6	0.415	0.949	0.14	0.132	85	222	15
+4.0		256	17.6	0.415	1.18	0.09	0.106	76	199	17
0.0	古安田層	310	17.5	0.48	1.71	0.73	1.24	263	1,340	4
-9.0	西山層	490	16.7	0.45	4.09	0.82	3.35	443	1,460	3
-60.0		560	17.2	0.44	5.50	0.85	4.67	516	1,570	3
-100.0		610	18.0	0.43	6.83	0.86	5.87	565	1,610	3
-134.0 解放基盤 ∞	椎谷層	710	19.9	0.42	10.2	1.00	10.2	710	1,910	—

表 3-4 地盤定数 (Ss-3)

標高 T. M. S. L. (m)	地質	せん断波 速度 Vs (m/s)	単位体積 重量 γ_t (kN/m ³)	ポアソン 比 ν	初期せん断 弾性係数 Go (×10 ⁵ kN/m ²)	剛性低下率 G/Go	せん断 弾性係数 G (×10 ⁵ kN/m ²)	剛性低下後 S波速度 Vs (m/s)	剛性低下後 P波速度 Vp (m/s)	減衰定数 h (%)
+12.0	埋戻土	182	17.6	0.415	0.592	0.45	0.266	121	317	10
+8.0		230	17.6	0.415	0.949	0.18	0.170	97	254	17
+4.0		256	17.6	0.415	1.18	0.11	0.129	84	220	19
0.0	古安田層	310	17.5	0.48	1.71	0.71	1.21	260	1,320	4
-9.0	西山層	490	16.7	0.45	4.09	0.78	3.19	432	1,430	3
-60.0		560	17.2	0.44	5.50	0.75	4.12	484	1,470	4
-100.0		610	18.0	0.43	6.83	0.76	5.19	531	1,510	3
-134.0 解放基盤 ∞	椎谷層	710	19.9	0.42	10.2	1.00	10.2	710	1,910	—

表 3-5 地盤定数 (Ss-4)

標高 T. M. S. L. (m)	地質	せん断波 速度 Vs (m/s)	単位体積 重量 γ_t (kN/m ³)	ポアソン 比 ν	初期せん断 弾性係数 Go (×10 ⁵ kN/m ²)	剛性低下率 G/Go	せん断 弾性係数 G (×10 ⁵ kN/m ²)	剛性低下後 S波速度 Vs (m/s)	剛性低下後 P波速度 Vp (m/s)	減衰定数 h (%)
+12.0	埋戻土	182	17.6	0.415	0.592	0.41	0.242	116	304	8
+8.0		230	17.6	0.415	0.949	0.18	0.170	97	254	13
+4.0		256	17.6	0.415	1.18	0.15	0.177	99	259	14
0.0	古安田層	310	17.5	0.48	1.71	0.77	1.31	270	1,370	4
-9.0	西山層	490	16.7	0.45	4.09	0.87	3.55	456	1,510	3
-60.0		560	17.2	0.44	5.50	0.87	4.78	522	1,590	3
-100.0		610	18.0	0.43	6.83	0.87	5.94	568	1,620	3
-134.0 解放基盤 ∞	椎谷層	710	19.9	0.42	10.2	1.00	10.2	710	1,910	—

表 3-6 地盤定数 (Ss-5)

標高 T. M. S. L. (m)	地質	せん断波 速度 Vs (m/s)	単位体積 重量 γ_t (kN/m ³)	ポアソン 比 ν	初期せん断 弾性係数 Go ($\times 10^5$ kN/m ²)	剛性低下率 G/Go	せん断 弾性係数 G ($\times 10^5$ kN/m ²)	剛性低下後 S波速度 Vs (m/s)	剛性低下後 P波速度 Vp (m/s)	減衰定数 h (%)
+12.0	埋戻土	182	17.6	0.415	0.592	0.41	0.242	116	304	7
+8.0		230	17.6	0.415	0.949	0.17	0.161	94	246	11
+4.0		256	17.6	0.415	1.18	0.16	0.188	102	267	14
0.0	古安田層	310	17.5	0.48	1.71	0.78	1.33	273	1,390	4
-9.0	西山層	490	16.7	0.45	4.09	0.86	3.51	453	1,500	3
-60.0		560	17.2	0.44	5.50	0.83	4.56	509	1,550	3
-100.0		610	18.0	0.43	6.83	0.82	5.60	552	1,570	3
-134.0 解放基盤 ∞	椎谷層	710	19.9	0.42	10.2	1.00	10.2	710	1,910	—

表 3-7 地盤定数 (Ss-6)

標高 T. M. S. L. (m)	地質	せん断波 速度 Vs (m/s)	単位体積 重量 γ_t (kN/m ³)	ポアソン 比 ν	初期せん断 弾性係数 Go ($\times 10^5$ kN/m ²)	剛性低下率 G/Go	せん断 弾性係数 G ($\times 10^5$ kN/m ²)	剛性低下後 S波速度 Vs (m/s)	剛性低下後 P波速度 Vp (m/s)	減衰定数 h (%)
+12.0	埋戻土	182	17.6	0.415	0.592	0.39	0.230	113	296	9
+8.0		230	17.6	0.415	0.949	0.17	0.161	94	246	14
+4.0		256	17.6	0.415	1.18	0.13	0.153	92	241	15
0.0	古安田層	310	17.5	0.48	1.71	0.76	1.29	268	1,360	3
-9.0	西山層	490	16.7	0.45	4.09	0.86	3.51	453	1,500	3
-60.0		560	17.2	0.44	5.50	0.84	4.62	513	1,560	3
-100.0		610	18.0	0.43	6.83	0.83	5.66	555	1,580	3
-134.0 解放基盤 ∞	椎谷層	710	19.9	0.42	10.2	1.00	10.2	710	1,910	—

表 3-8 地盤定数 (Ss-7)

標高 T. M. S. L. (m)	地質	せん断波 速度 Vs (m/s)	単位体積 重量 γ_t (kN/m ³)	ポアソン 比 ν	初期せん断 弾性係数 Go ($\times 10^5$ kN/m ²)	剛性低下率 G/Go	せん断 弾性係数 G ($\times 10^5$ kN/m ²)	剛性低下後 S波速度 Vs (m/s)	剛性低下後 P波速度 Vp (m/s)	減衰定数 h (%)
+12.0	埋戻土	182	17.6	0.415	0.592	0.39	0.230	113	296	8
+8.0		230	17.6	0.415	0.949	0.18	0.170	97	254	11
+4.0		256	17.6	0.415	1.18	0.19	0.224	111	291	12
0.0	古安田層	310	17.5	0.48	1.71	0.79	1.35	275	1,400	4
-9.0	西山層	490	16.7	0.45	4.09	0.85	3.47	451	1,490	3
-60.0		560	17.2	0.44	5.50	0.81	4.45	503	1,530	3
-100.0		610	18.0	0.43	6.83	0.80	5.46	545	1,550	3
-134.0 解放基盤 ∞	椎谷層	710	19.9	0.42	10.2	1.00	10.2	710	1,910	-

表 3-9 地盤定数 (Ss-8)

標高 T. M. S. L. (m)	地質	せん断波 速度 Vs (m/s)	単位体積 重量 γ_t (kN/m ³)	ポアソン 比 ν	初期せん断 弾性係数 Go ($\times 10^5$ kN/m ²)	剛性低下率 G/Go	せん断 弾性係数 G ($\times 10^5$ kN/m ²)	剛性低下後 S波速度 Vs (m/s)	剛性低下後 P波速度 Vp (m/s)	減衰定数 h (%)
+12.0	埋戻土	182	17.6	0.415	0.592	0.46	0.272	123	322	10
+8.0		230	17.6	0.415	0.949	0.17	0.161	94	246	17
+4.0		256	17.6	0.415	1.18	0.10	0.118	81	212	19
0.0	古安田層	310	17.5	0.48	1.71	0.77	1.31	270	1,370	4
-9.0	西山層	490	16.7	0.45	4.09	0.85	3.47	451	1,490	3
-60.0		560	17.2	0.44	5.50	0.83	4.56	509	1,550	3
-100.0		610	18.0	0.43	6.83	0.88	6.01	572	1,630	3
-134.0 解放基盤 ∞	椎谷層	710	19.9	0.42	10.2	1.00	10.2	710	1,910	-

3.3 地盤応答

3.3.1 水平方向

水平方向の地盤応答は、一次元波動論に基づき、解放基盤表面レベルで定義される基準地震動 S_s に対する地表面レベルでの地盤の応答として評価する。図 3-1 に、地盤応答の概念図を示す。地盤応答の算定には、解析コード「SHAKE」及び「KSHAKE」を用いる。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。設定した地盤定数に基づき算定した地表面、サブドレンピット上部スラブ上面、底部スラブ上面及び原子炉建屋基礎スラブ底面の地盤の最大応答加速度を表 3-10 に、標準地盤における地盤の加速度応答スペクトルを図 3-2～図 3-3 に示す。

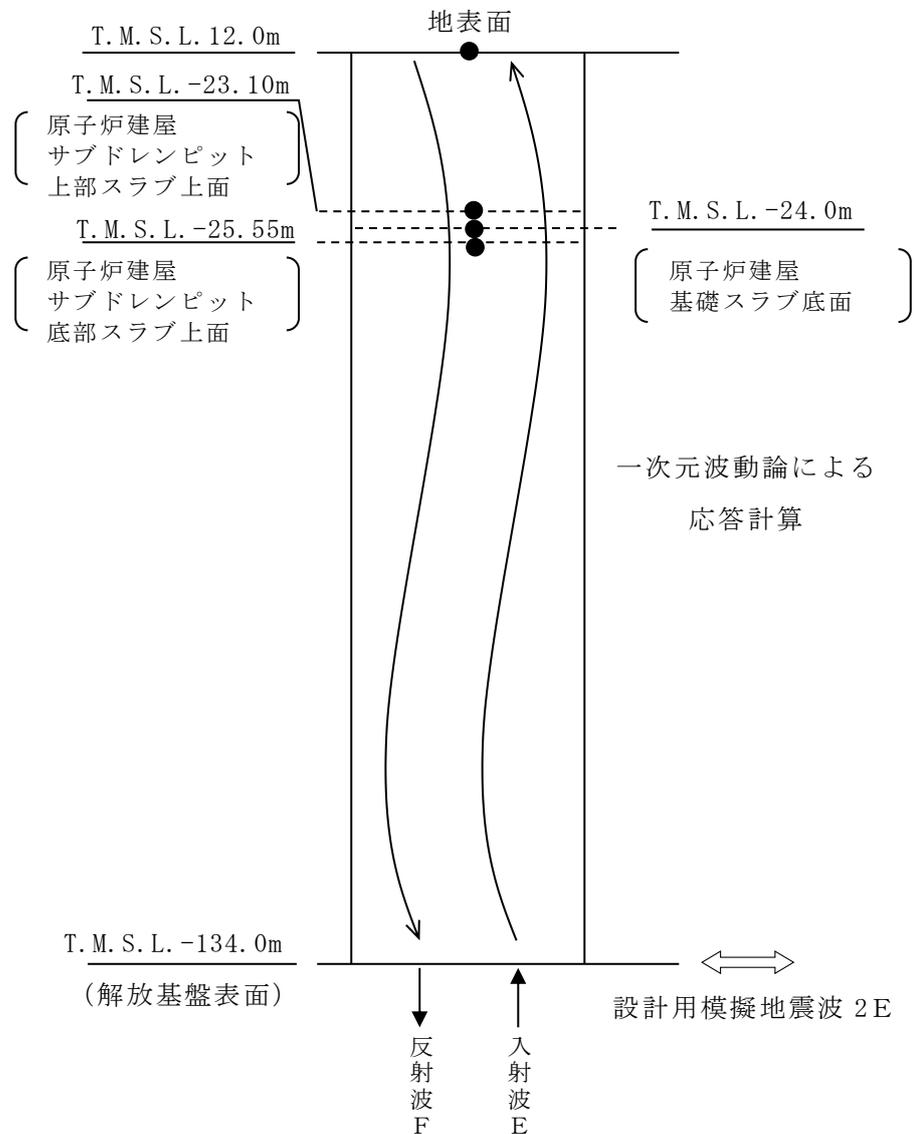


図 3-1 地盤応答の概念図（水平方向）

表 3-10 (1/3) 地盤の最大応答加速度 (標準地盤, 水平方向)

(m/s²)

位置	方向	Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8
地表面 T. M. S. L. 12. 0m	NS	11. 9	8. 58	8. 83	7. 19	6. 18	7. 23	5. 73	8. 70
	EW		11. 8		11. 5	10. 6	12. 0	11. 5	
原子炉建屋 サブドレンピット 上部スラブ上面 T. M. S. L. -23. 10m	NS	5. 44	4. 39	5. 47	2. 42	2. 49	2. 61	2. 49	5. 23
	EW		7. 12		4. 63	5. 08	5. 23	5. 58	
原子炉建屋 基礎スラブ底面 T. M. S. L. -24. 0m	NS	5. 30	4. 42	5. 48	2. 40	2. 49	2. 60	2. 51	5. 28
	EW		6. 98		4. 66	5. 15	5. 27	5. 67	
原子炉建屋 サブドレンピット 底部スラブ上面 T. M. S. L. -25. 55m	NS	5. 29	4. 56	5. 48	2. 41	2. 56	2. 62	2. 49	5. 31
	EW		6. 65		4. 68	5. 25	5. 32	5. 79	

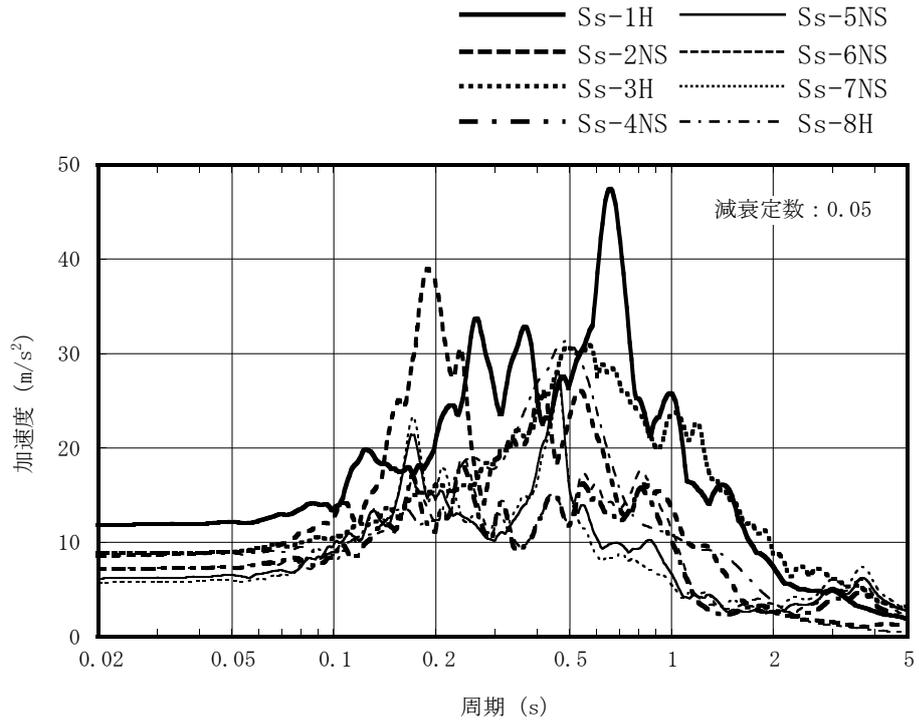
表 3-10 (2/3) 地盤の最大応答加速度 (標準地盤 + σ , 水平方向)

(m/s²)

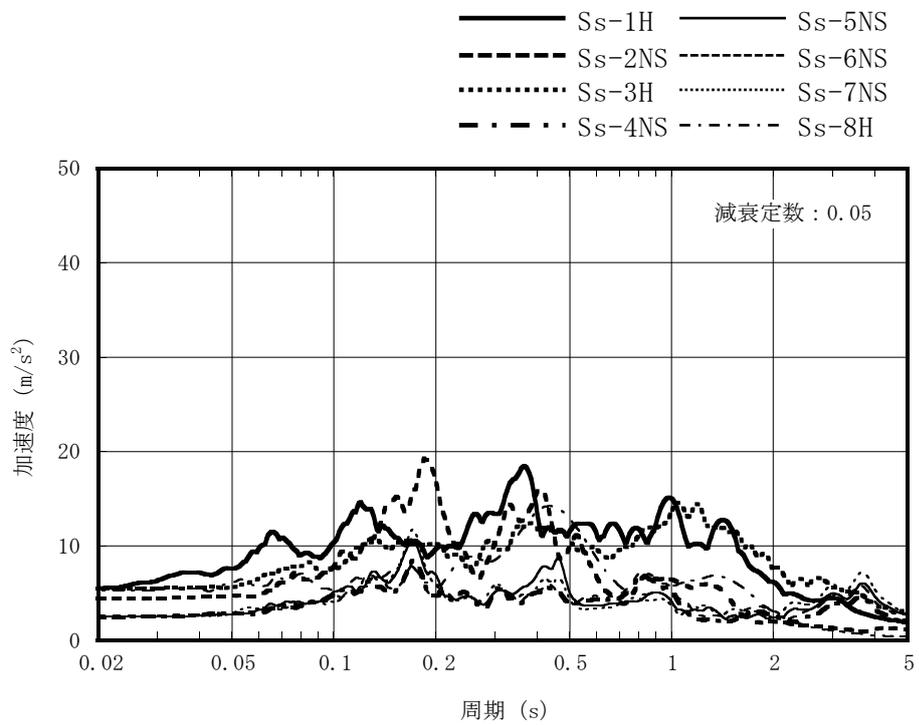
位置	方向	Ss-1	Ss-2
地表面 T. M. S. L. 12. 0m	NS	15. 5	9. 07
	EW		14. 0
原子炉建屋 サブドレンピット 上部スラブ上面 T. M. S. L. -23. 10m	NS	6. 39	4. 34
	EW		6. 75
原子炉建屋 基礎スラブ底面 T. M. S. L. -24. 0m	NS	6. 25	4. 43
	EW		6. 58
原子炉建屋 サブドレンピット 底部スラブ上面 T. M. S. L. -25. 55m	NS	6. 00	4. 56
	EW		6. 40

表 3-10 (3/3) 地盤の最大応答加速度 (標準地盤- σ , 水平方向)
(m/s^2)

位置	方向	Ss-1	Ss-2
地表面 T. M. S. L. 12. 0m	NS	8. 19	6. 83
	EW		9. 96
原子炉建屋 サブドレンピット 上部スラブ上面 T. M. S. L. -23. 10m	NS	6. 07	5. 50
	EW		5. 65
原子炉建屋 基礎スラブ底面 T. M. S. L. -24. 0m	NS	6. 19	5. 51
	EW		5. 45
原子炉建屋 サブドレンピット 底部スラブ上面 T. M. S. L. -25. 55m	NS	6. 34	5. 58
	EW		5. 11

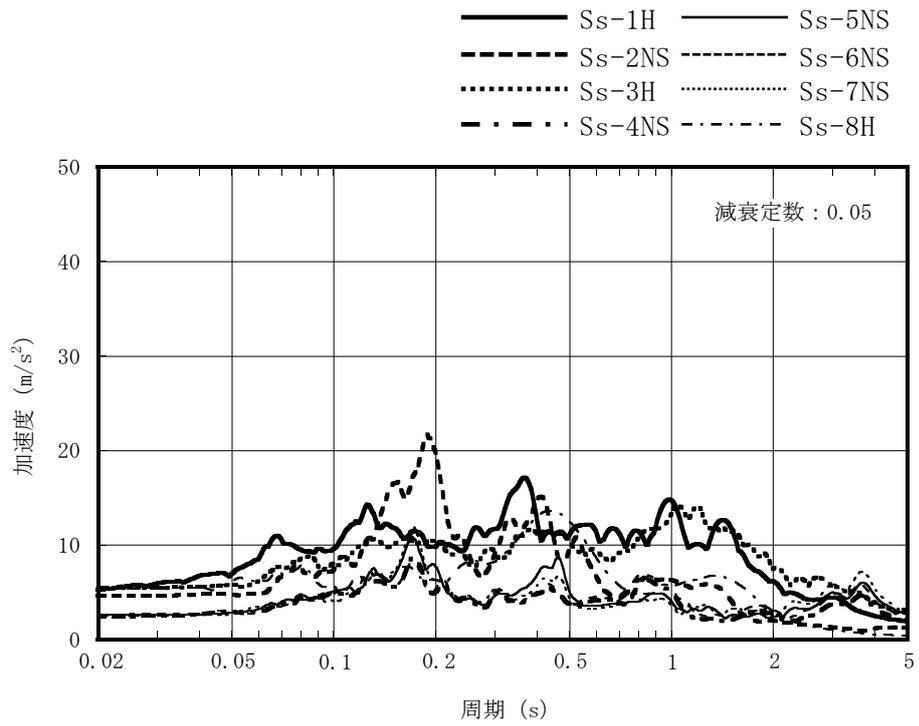


(a) 地表面 (T. M. S. L. 12.0m)



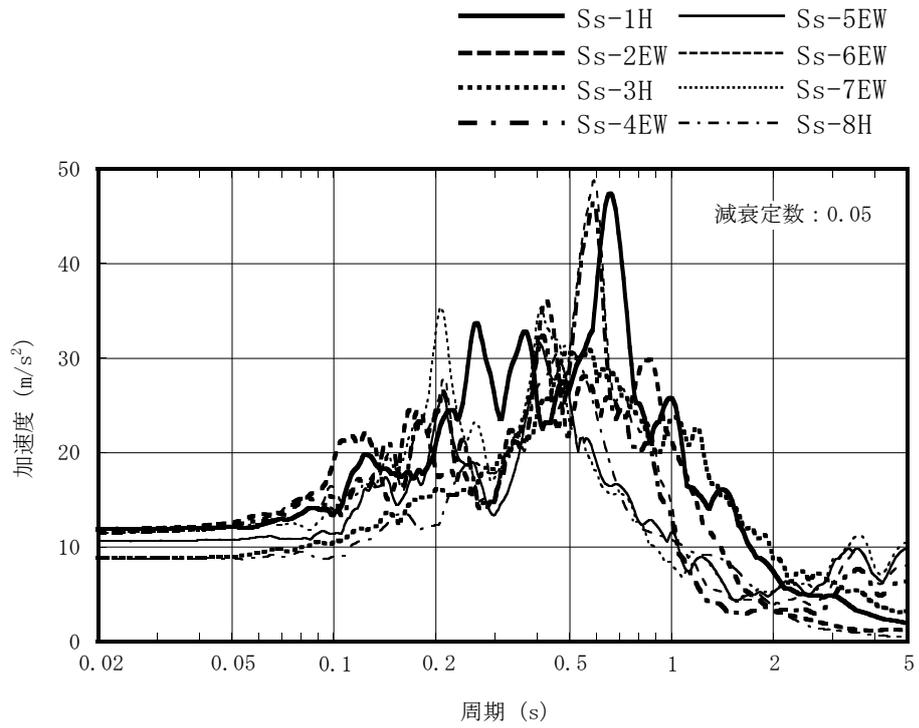
(b) 原子炉建屋サブドレンピット上部スラブ上面 (T. M. S. L. -23.1m)

図 3-2 (1/2) 地盤の加速度応答スペクトル (標準地盤, NS 方向)

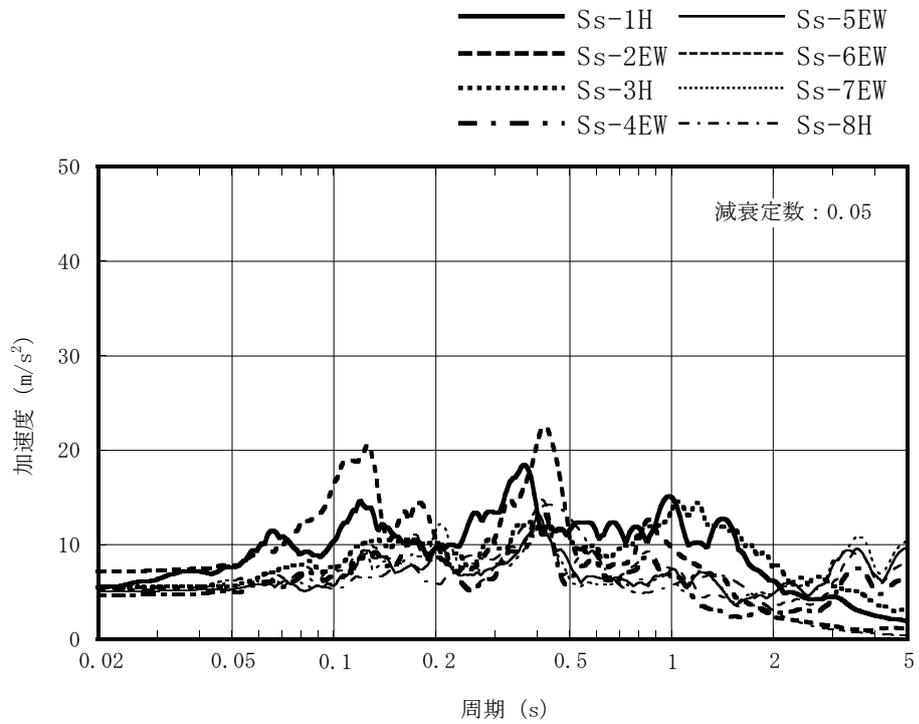


(d) 原子炉建屋サブドレンピット底部スラブ底面 (T. M. S. L. -25.55m)

図 3-2 (2/2) 地盤の加速度応答スペクトル (標準地盤, NS 方向)

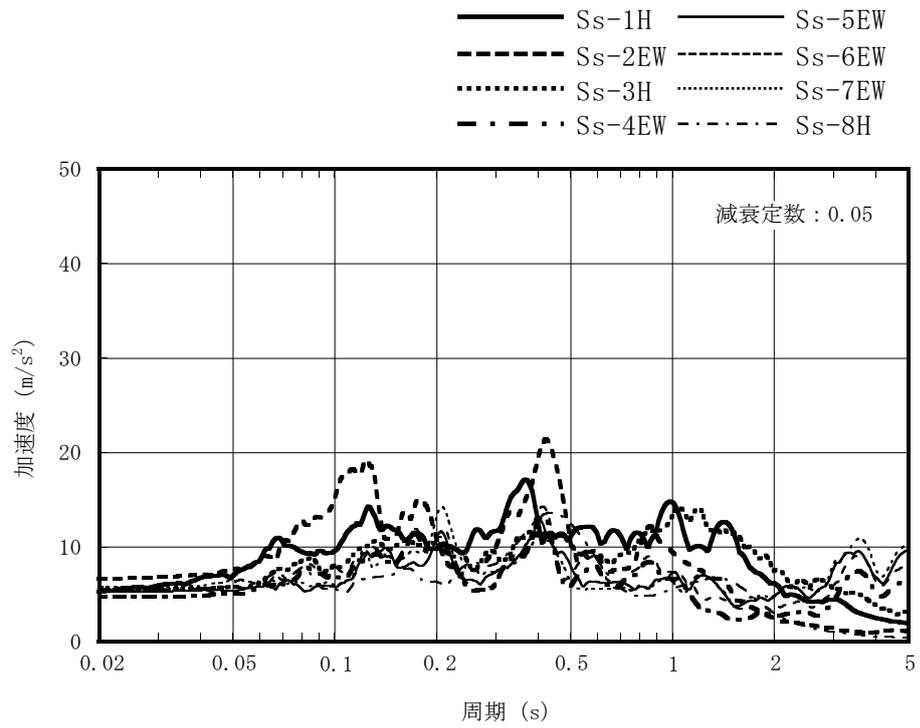


(a) 地表面 (T. M. S. L. 12.0m)



(b) 原子炉建屋サブドレンピット上部スラブ上面 (T. M. S. L. -23.1m)

図 3-3 (1/2) 地盤の加速度応答スペクトル (標準地盤, EW 方向)



(d) 原子炉建屋サブドレンピット底部スラブ底面 (T.M.S.L. -25.55m)

図 3-3 (2/2) 地盤の加速度応答スペクトル (標準地盤, EW 方向)

3.3.2 鉛直方向

鉛直方向の地盤応答は、一次元波動論に基づき、解放基盤表面レベルで定義された基準地震動 S_s に対する地表面レベルでの地盤の応答として評価する。図 3-4 に、地盤応答の概念図を示す。地盤応答の算定には、解析コード「SHAKE」及び「KSHAKE」を用いる。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。設定した地盤定数に基づき算定した地表面、サブドレンピット上部スラブ上面、底部スラブ上面及び原子炉建屋基礎スラブ底面の地盤の最大応答加速度を表 3-11 に、標準地盤における地盤の加速度応答スペクトルを図 3-5 に示す。

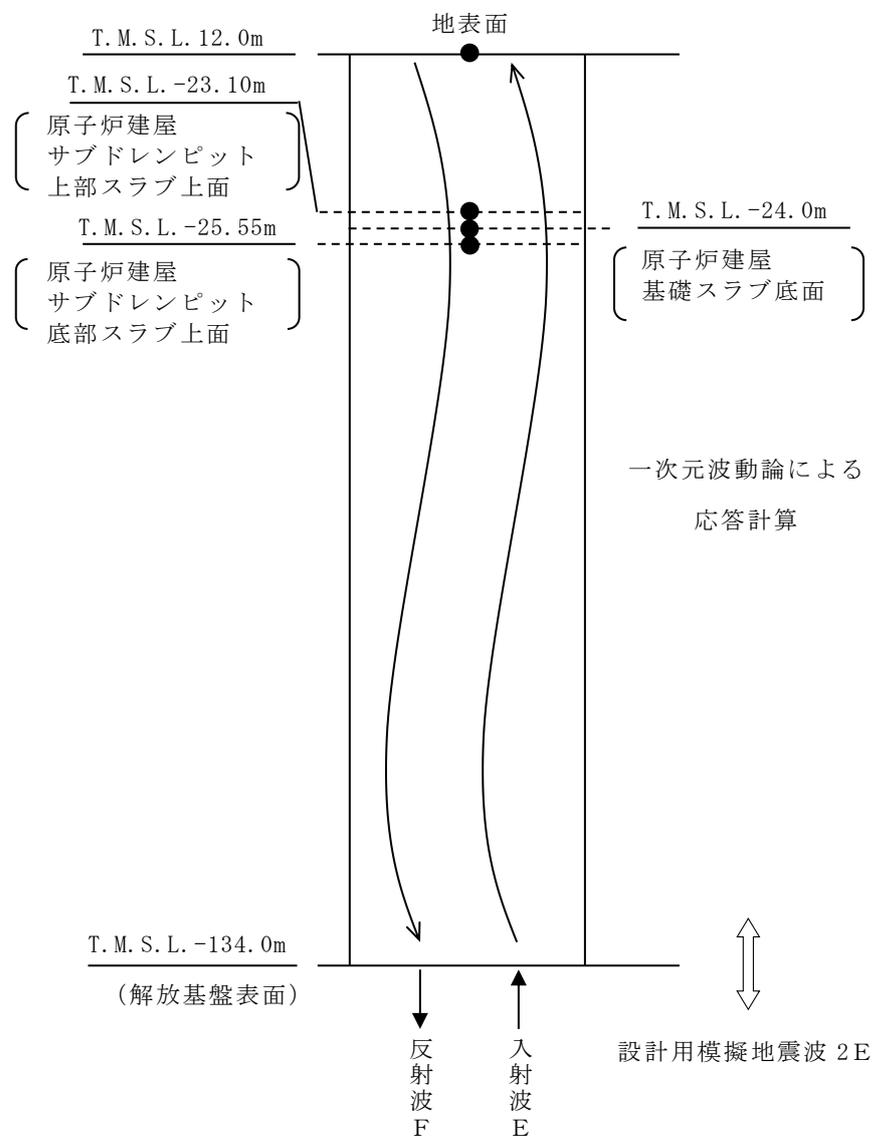


図 3-4 地盤応答の概念図（鉛直方向）

表 3-11 (1/3) 地盤の最大応答加速度 (標準地盤, 鉛直方向)

(m/s²)

位置	方向	Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8
地表面 T. M. S. L. 12. 0m	鉛直	12. 3	8. 97	7. 81	5. 29	5. 26	5. 55	5. 40	2. 99
原子炉建屋 サブドレンピット 上部スラブ上面 T. M. S. L. -23. 10m	鉛直	5. 64	3. 89	4. 74	2. 86	2. 88	3. 05	2. 60	2. 28
原子炉建屋 基礎スラブ底面 T. M. S. L. -24. 0m	鉛直	5. 63	3. 79	4. 74	2. 85	2. 86	3. 02	2. 57	2. 27
原子炉建屋 サブドレンピット 底部スラブ上面 T. M. S. L. -25. 55m	鉛直	5. 62	3. 62	4. 73	2. 83	2. 83	2. 96	2. 51	2. 24

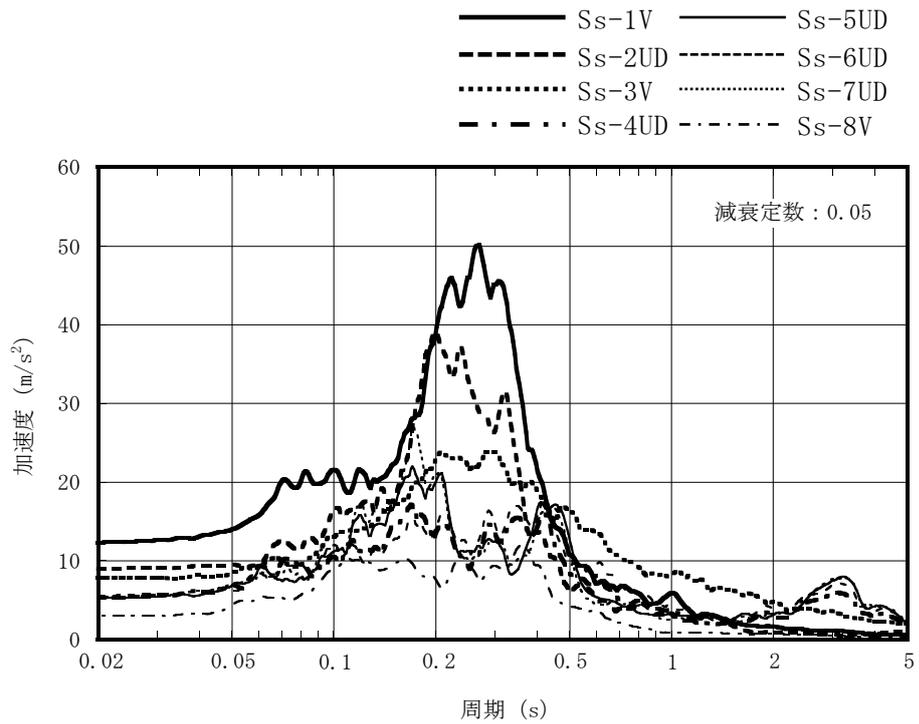
表 3-11 (2/3) 地盤の最大応答加速度 (標準地盤 + σ , 鉛直方向)

(m/s²)

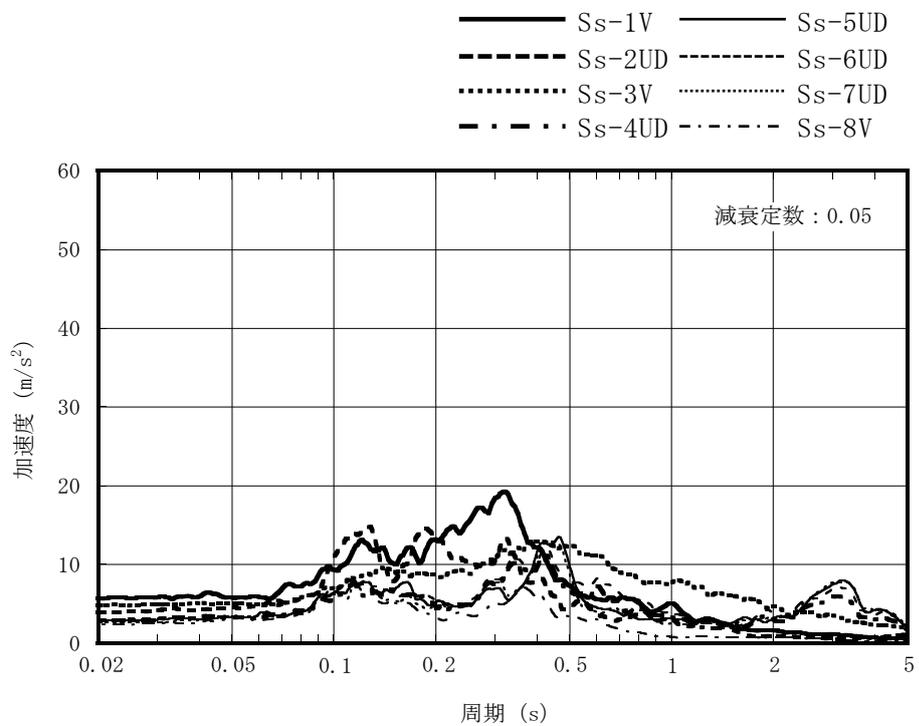
位置	方向	Ss-1	Ss-2
地表面 T. M. S. L. 12. 0m	鉛直	11. 20	8. 20
原子炉建屋 サブドレンピット 上部スラブ上面 T. M. S. L. -23. 10m	鉛直	5. 34	3. 55
原子炉建屋 基礎スラブ底面 T. M. S. L. -24. 0m	鉛直	5. 30	3. 54
原子炉建屋 サブドレンピット 底部スラブ上面 T. M. S. L. -25. 55m	鉛直	5. 22	3. 51

表 3-11 (3/3) 地盤の最大応答加速度 (標準地盤 - σ , 鉛直方向)
(m/s^2)

位置	方向	Ss-1	Ss-2
地表面 T. M. S. L. 12. 0m	鉛直	9. 16	6. 47
原子炉建屋 サブドレンピット 上部スラブ上面 T. M. S. L. -23. 10m	鉛直	6. 14	3. 36
原子炉建屋 基礎スラブ底面 T. M. S. L. -24. 0m	鉛直	6. 13	3. 31
原子炉建屋 サブドレンピット 底部スラブ上面 T. M. S. L. -25. 55m	鉛直	6. 11	3. 23

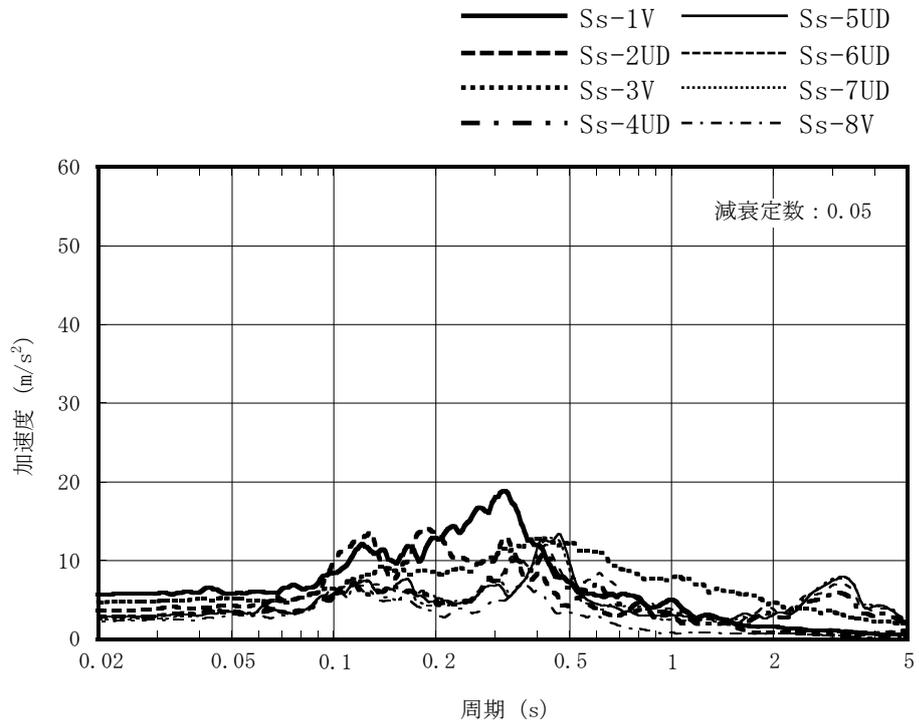


(a) 地表面 (T. M. S. L. 12.0m)



(b) 原子炉建屋サブドレンピット上部スラブ上面 (T. M. S. L. -23.1m)

図 3-5 (1/2) 地盤の加速度応答スペクトル (標準地盤, 鉛直方向)



(d) 原子炉建屋サブドレンピット底部スラブ底面 (T.M.S.L. -25.55m)

図 3-5 (2/2) 地盤の加速度応答スペクトル (標準地盤, 鉛直方向)

V-2-2-別添 1-3-2 サブドレンポンプ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	7
4.1 基本方針	7
4.2 固有周期の算出方法	7
4.3 固有周期の算出結果	7
5. 構造強度評価	8
5.1 構造強度評価方法	8
5.2 荷重の組合せ及び許容応力	8
5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	8
5.2.2 許容応力	8
5.2.3 使用材料の許容応力評価条件	8
5.3 設計用地震力	11
5.4 計算方法	12
5.4.1 応力の計算方法	12
5.5 計算条件	15
5.5.1 基礎ボルトの応力計算条件	15
5.5.2 取付ボルトの応力計算条件	15
5.6 応力の評価	15
5.6.1 ボルトの応力評価	15
6. 機能維持評価	16
6.1 動的機能維持評価方法	16
7. 評価結果	16

1. 概要

5号機地下水排水設備は、建屋の耐震性を確保するため地下水位を建屋基礎スラブ底面レベル以深に維持する機能を有する。

5号機地下水排水設備の評価においては、V-2-1-1「耐震設計の基本方針」のうち、「10. 耐震計算の基本方針 10.1 建物・構築物」に基づき、基準地震動 S_s による地震力に対して機能を維持できることを確認する。

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、5号機地下水排水設備のうちサブドレンポンプ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確認するものである。

2. 一般事項

2.1 構造計画

サブドレンポンプの構造計画を表 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	
サブドレンポンプはポンプ取付ボルトで架台に固定する。架台は基礎ボルトで床に固定する。	水中ポンプ	<p>平面図 (A-A矢視)</p> <p>平面図 (B-B矢視)</p> <p>正面図</p> <p>(単位：mm)</p>

2.2 評価方針

サブドレンポンプの応力評価は、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わせ並びに許容限界に基づき、「2.1 構造計画」にて示すサブドレンポンプの部位を踏まえ、「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。また、サブドレンポンプの機能維持評価は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した動的機器の機能維持の方針に基づき、地震時の応答加速度が動的機器の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。

サブドレンポンプの耐震評価フローを図 2-1 に示す。

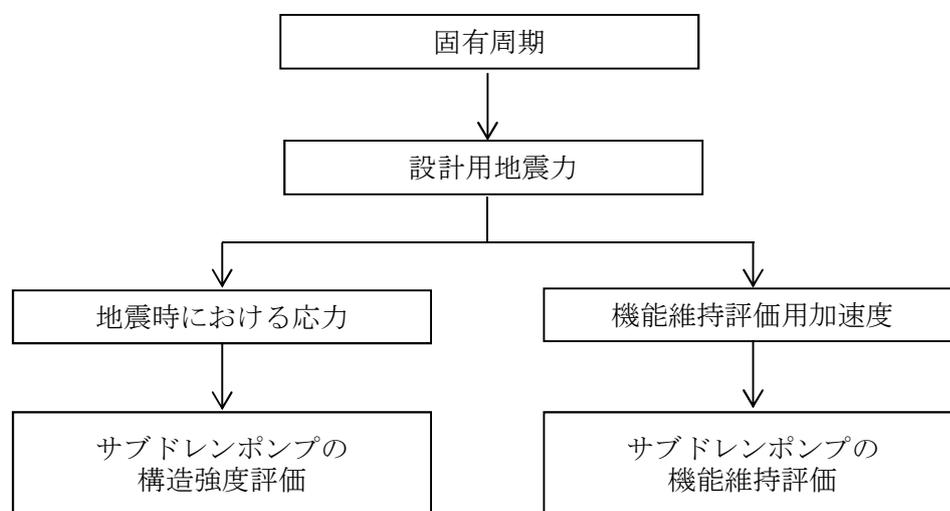


図 2-1 サブドレンポンプの耐震評価フロー

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。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 補-1984
((社) 日本電気協会)
- (2) 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987 ((社) 日本電気協会)
- (3) 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版 ((社) 日本電気協会)
- (4) 発電用原子力設備規格 (設計・建設規格 (2005年版 (2007年追補版含む。)) J S M E S
N C 1-2005/2007) ((社) 日本機械学会) (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_P	ポンプ振動による震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
D_i	ボルトのピッチ円直径* ¹	mm
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 本あたり) * 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_P	予想最大両振幅	μm
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_P	ポンプ回転により作用するモーメント	N・mm
m_i	運転時質量* ²	kg
N	回転数 (原動機の同期回転数)	rpm
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	—
P	原動機出力	kW
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 , 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、次頁のとおりとする。

$i = 1$: 基礎ボルト

$i = 2$: ポンプ取付ボルト

*2 : h_i 及び m_i の添字 i の意味は、以下のとおりとする。

$i = 1$: 据付面

$i = 2$: ポンプ取付面

*3 : $L_{1i} \leq L_{2i}$

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	°C	—	—	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

サブドレンポンプの耐震評価は、「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及び取付ボルトについて実施する。

サブドレンポンプ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

サブドレンポンプの固有周期は、振動試験（加振試験）にて求める。

4.2 固有周期の測定方法

振動試験装置により固有周期を測定する。サブドレンポンプの外形図を表 2-1 の概略構造図に示す。

4.3 固有周期の測定結果

固有周期の測定結果を表 4-1 に示す。測定の結果、固有周期は 0.05 秒以下であり、剛である事を確認した。

表 4-1 固有周期 (単位：s)

水平	0.036
鉛直	0.024

5. 構造強度評価

5.1 構造強度評価方法

- (1) ポンプ及び内容物の質量は重心に集中するものとする。
- (2) 地震力はポンプ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) ポンプは取付ボルトで架台に固定し、架台は基礎ボルトで基礎に固定する。
- (4) 転倒方向は表 2-1 概要構造図における正面方向及び平面方向について検討し、計算書には計算結果の厳しい方（許容値／発生値の小さい方をいう。）を記載する。
- (5) 設計用地震力はV-2-2-別添 1-2-1「地下水排水設備設置位置の地盤応答」に基づき設定する。

なお、サブドレンポンプは剛として扱うため、設置床面の最大応答加速度の 1.2 倍の値を用いて評価する。

- (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

サブドレンポンプの荷重の組合せ及び許容応力状態の評価に用いるものを表 5-1 に示す。

5.2.2 許容応力

サブドレンポンプの許容応力は、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

サブドレンポンプの使用材料の許容応力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

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
施設共通 (地震)	5号機地下水 排水設備	サブドレンポンプ	—	—*	$D + P_D + M_D + S_s$	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状態を適用する。

表 5-2 許容応力

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	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$

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

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		最高使用温度				
基礎ボルト	SUS316L	最高使用温度	40	175	480	—
取付ボルト	SUS316L	最高使用温度	40	175	480	—

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 S_s 」による地震力は、V-2-2-別添 1-2-1「地下水排水設備設置位置の地盤応答」に基づき設定する。

表 5-4 設計用地震力

据付場所 及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s	
	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 サブドレンピット (5R-1) T. M. S. L. -25.55*	0.036	0.024	—	—	$C_H =$ 0.82	$C_V =$ 0.75
原子炉建屋 サブドレンピット (5R-2) T. M. S. L. -25.55*	0.036	0.024	—	—	$C_H =$ 0.82	$C_V =$ 0.75

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 ボルトの計算方法

ボルトの応力は、地震による震度，ポンプ振動による震度及びポンプ回転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。

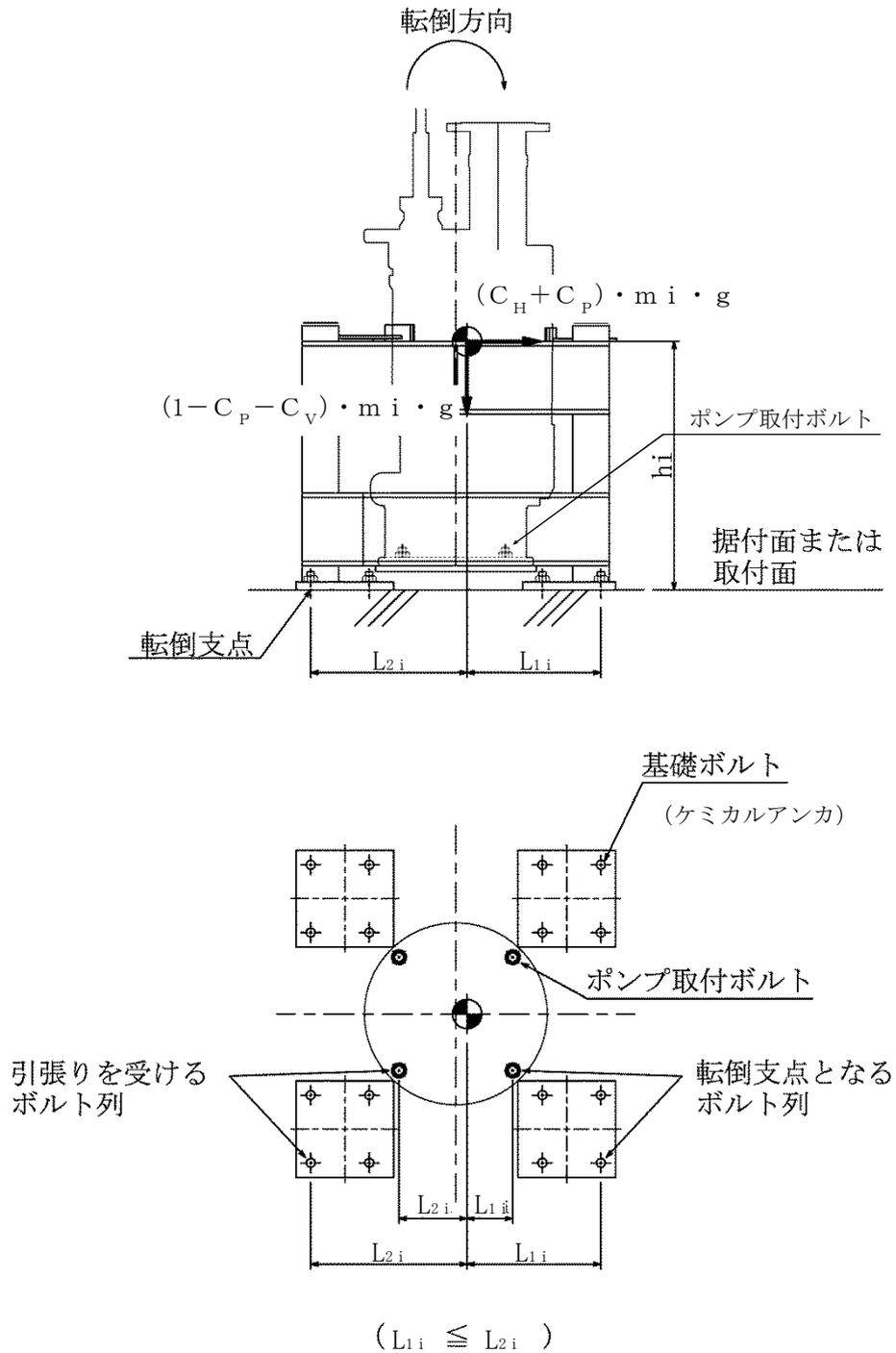


図 5-1 計算モデル

(1) 引張応力

ボルトに対する引張力は最も厳しい条件として、図 5-1 で最外列のボルトを支点とする転倒を考え、これを片側の最外列のボルトで受けるものとして計算する。

引張力

計算モデル図 5-1 の引張力

$$F_{bi} = \frac{m_i \cdot g \cdot (C_H + C_P) \cdot h_i - m_i \cdot g \cdot (1 - C_P - C_V) \cdot L_{1i}}{n_{fi} \cdot (L_{1i} + L_{2i})}$$

$$= \frac{m_i \cdot g \cdot (C_H \cdot h_i + C_V \cdot L_{1i}) + m_i \cdot C_P \cdot g \cdot (h_i + L_{1i}) - m_i \cdot g \cdot L_{1i}}{n_{fi} \cdot (L_{1i} + L_{2i})}$$

..... (5.4.1.1.1)

また、 C_P はポンプ振動による振幅及び原動機の同期回転数を考慮して定める値で、次式で求める。

$$C_P = \frac{\frac{1}{2} \cdot \frac{H_P}{1000} \cdot \left(2 \cdot \pi \cdot \frac{N}{60}\right)^2}{g \cdot 1000}$$

..... (5.4.1.1.2)

引張応力

$$\sigma_{bi} = \frac{F_{bi}}{n_{fi} \cdot A_{bi}}$$

..... (5.4.1.1.3)

ここで、ボルトの軸断面積 A_{bi} は次式により求める。

$$A_{bi} = \frac{\pi}{4} \cdot d_i^2$$

..... (5.4.1.1.4)

ただし、 F_{bi} が負のときボルトには引張力が生じないので、引張応力の計算は行わない。

(2) せん断応力

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。なお、基礎ボルト ($i=1$) については、ポンプ回転によるモーメントは作用しない。

せん断力

$$Q_{bi} = (C_H + C_P) \cdot m_i \cdot g$$

..... (5.4.1.1.5)

せん断応力

$$\tau_{bi} = \frac{Q_{bi} + 2 \cdot M_P / D_i}{n_i \cdot A_{bi}}$$

..... (5.4.1.1.6)

ここで、ポンプ回転により作用するモーメント M_P は次式で求める。

$$M_P = \left(\frac{60}{2 \cdot \pi \cdot N} \right) \cdot 10^6 \cdot P \dots\dots\dots (5.4.1.1.7)$$

$$(1\text{kW} = 10^6 \text{N} \cdot \text{mm} / \text{s})$$

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【サブドレンポンプ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。

5.5.2 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【サブドレンポンプ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。

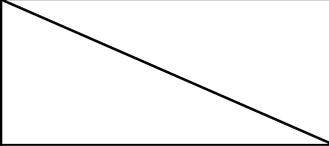
5.6 応力の評価

5.6.1 ボルトの応力評価

5.4.1.1 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。

$$f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}] \dots\dots\dots (4.4.1.1)$$

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 S_s 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}	$\frac{F_i^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

6. 機能維持評価

6.1 動的機能維持評価方法

サブドレンポンプ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-2-2-別添 1-1-1「地下水排水設備設置位置の地盤応答」に基づき設定する。

サブドレンポンプ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、同型式のポンプの加振試験において動的機能の健全性を確認した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
サブドレンポンプ	水平	0.86
	鉛直	0.99

7. 評価結果

サブドレンポンプ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。

【サブドレンポンプの耐震性についての計算結果】

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S _d 又は静的震度		基準地震動S _s		ポンプ振動 による震度	最高 使用温度 (°C)	周囲 環境温度 (°C)
			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 (ピット5R-1) サブドレンポンプ (A), (B)	—	地下水排水設備室 T.M.S.L.-25.55*	0.036	0.024	—	—	C _H =0.82	C _V =0.75	C _P =0.21	40	—
原子炉建屋 (ピット5R-2) サブドレンポンプ (A), (B)	—	地下水排水設備室 T.M.S.L.-25.55*	0.036	0.024	—	—	C _H =0.82	C _V =0.75	C _P =0.21	40	—

注記* : 基準床レベルを示す。

2. 機器要目

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	L _{1i} (mm)	L _{2i} (mm)	D _i (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	n _{f i}
基礎ボルト (i=1)	341	345	286*	310*	—	16 (M16)	201	16	4
			306*	310*					
ポンプ取付ボルト (i=2)	179	398	94*	140*	330	16 (M16)	201	4	2
			115*	119*					

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。

部材	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向		MP (N・mm)	HP (μm)	N (rpm)
					弾性設計用 地震動S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s			
基礎ボルト (i=1)	175	480	—	210	—	水平	—	40	3000
ポンプ取付ボルト (i=2)	175	480	—	210	—	水平	4.775×10 ⁴	40	3000

3. 計算数値

3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F b i		Q b i	
	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
基礎ボルト (i=1)	—	483.2	—	3.444×10^3
ポンプ取付ボルト (i=2)	—	1.528×10^3	—	1.808×10^3

4. 結論

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 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)	SUS316L	引張り	—	—	$\sigma_{b1}=1$	$f_{ts1}=126^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b1}=2$	$f_{sb1}=96$
ポンプ取付ボルト (i=2)	SUS316L	引張り	—	—	$\sigma_{b2}=4$	$f_{ts2}=157^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=3$	$f_{sb2}=121$

すべて許容応力以下である。

注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

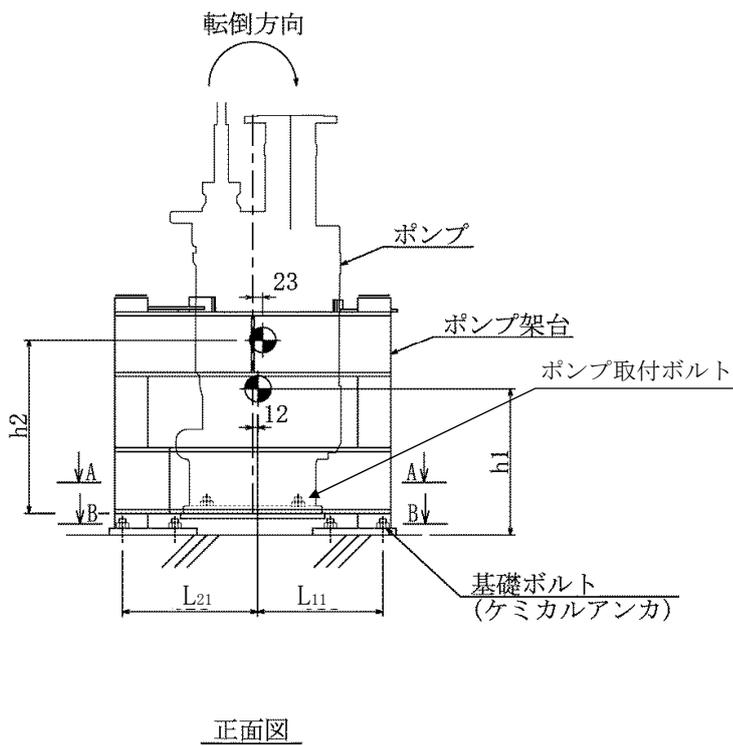
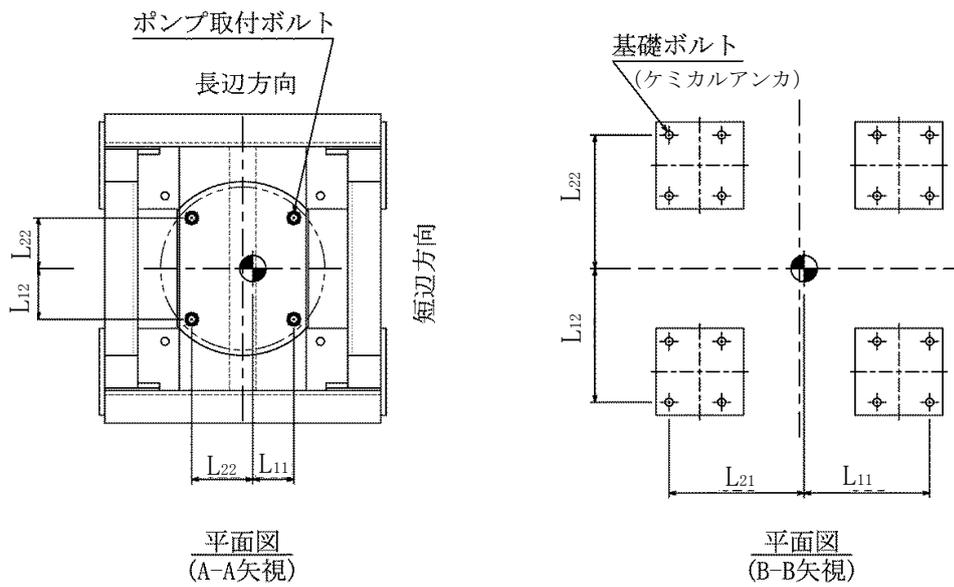
4.2 動的機能の評価結果

($\times 9.8\text{m/s}^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
サブドレンポンプ	水平方向	0.68	0.86
	鉛直方向	0.63	0.99

注記*：基準地震動 S s 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。



(単位：mm)

V-2-2-別添 1-3-3 管の耐震性についての計算書

目次

1. 概要	1
2. 概略系統図及び鳥瞰図	2
2.1 概略系統図	2
2.2 鳥瞰図	5
3. 計算条件	7
3.1 計算方法	7
3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態	7
3.3 設計条件	8
3.4 材料及び許容応力	11
3.5 設計用地震力	11
4. 解析結果及び評価	14
4.1 固有周期及び設計震度	14
4.2 評価結果	19
4.2.1 管の応力評価結果	19
4.2.2 支持構造物評価結果	20
4.2.3 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果	21

1. 概要

5号機地下水排水設備は、建屋の耐震性を確保するため地下水位を建屋基礎スラブ底面レベル以深に維持する機能を有する。

5号機地下水排水設備の評価においては、V-2-1-1「耐震設計の基本方針」、 「10.耐震計算の基本方針 10.1 建物・構築物」に基づき、基準地震動 S_s による地震力に対して機能を維持できることを確認する。

本計算書は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」、V-2-1-12「配管及び支持構造物の耐震計算について」及びV-2-1-14「管の耐震性についての計算書作成の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき、5号機地下水排水設備のうち管及び支持構造物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確認するものである。

評価結果の記載方法は、以下に示す通り。

(1) 管

工事計画記載範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点評価結果を解析モデル単位の記載する。また、全2モデルのうち各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（以下「裕度」という。）が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載する。各応力区分における代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を4.2.3に記載する。

(2) 支持構造物

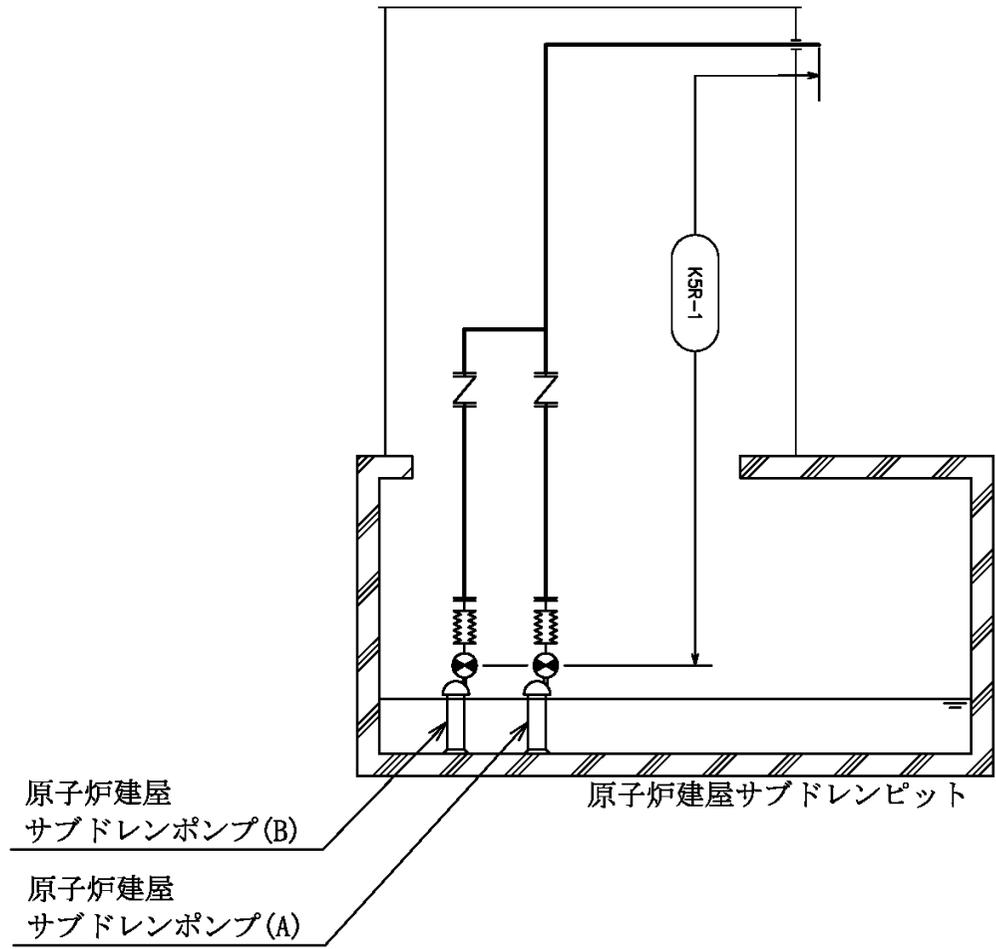
工事計画記載範囲の支持点のうち、種類及び型式ごとに反力が最大となる支持点の評価結果を代表として記載する。

2. 概略系統図及び鳥瞰図

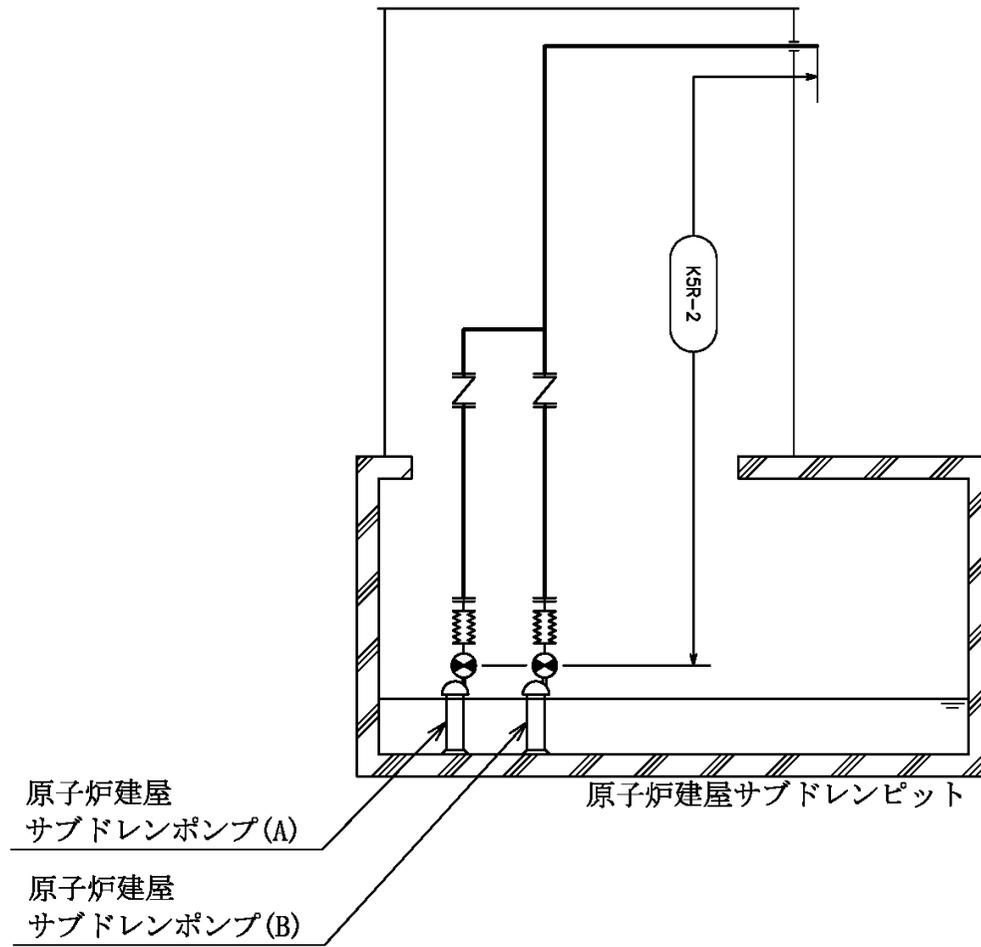
2.1 概略系統図

概略系統図記号凡例

記号	内容
 (太線)  	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管 鳥瞰図番号 アンカ

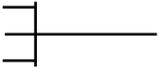


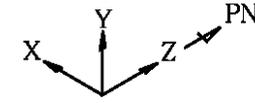
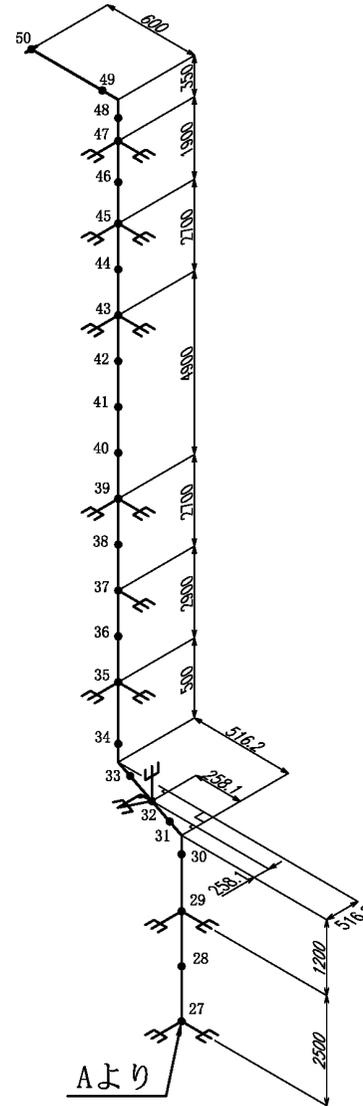
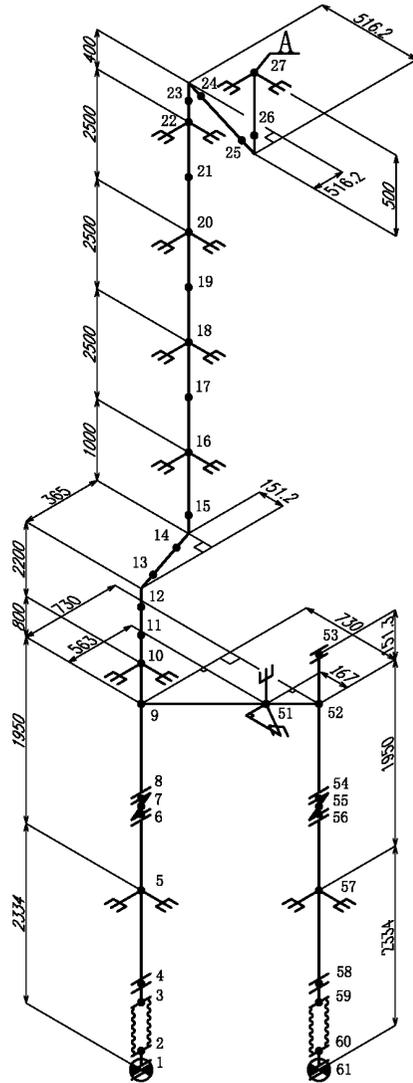
5号機地下水排水設備概略系統図（その1）



2.2 鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

記号	内容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管
	質点
	アンカ
	レストレイント



支持点 番号	地震相対変位量(mm)		
	X	Y	Z
1	0.0	-	0.0
5	2.8	-	2.8
10	6.0	-	6.0
16	9.4	-	9.4
18	11.8	-	11.8
20	13.9	-	13.9
22	16.6	-	16.6
27	17.9	-	17.9
29	21.8	-	21.8
32	23.5	-	23.5
35	24.1	-	24.1
37	38.9	-	-
39	117.7	-	117.7
43	313.5	-	313.5
45	362.1	-	362.1
47	359.0	-	359.0
51	5.1	-	5.1
57	2.8	-	2.8
61	0.0	-	0.0

鳥瞰図	K5R-2
-----	-------

3. 計算条件

3.1 計算方法

管の構造強度評価は、V-2-1-14「計算書作成の方法 添付資料-6 管の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。解析コードは、「N u P I A S」を使用し、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 32「N u P I A S」に示す。

3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力状態を下表に示す。

施設名称	設備名称	系統名称	施設 分類*1	設備 分類	機器等の区分	耐震重要度 分類	荷重の組合せ*2	許容応力 状態
施設共通 (地震)	5号機地下水排水設備	—	DB	—	—*3	C	I _L +S _s II _L +S _s	IV _A S

注記*1：DBは設計基準対象施設。SAは重大事故等対処設備を示す。

*2：許容応力状態ごとに最も厳しい条件又は包絡条件を用いて評価を実施する。

*3：クラス3相当として評価する。

3.3 設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管番号で区分し、管番号と対応する評価点番号を示す。

鳥瞰図 K5R-2

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震重要度 分類	縦弾性係数 (MPa)
1	4~6, 8~50, 9~53, 53~54, 56~58	0.75	40	114.3	6.0	SUS316LTP	C	193667

フランジの質量

鳥瞰図 K5R-2

質量	対応する評価点
2 kg	1, 61
3 kg	50
5 kg	4, 6, 8, 54, 56, 58
10 kg	53

弁部の寸法

鳥瞰図 K5R-2

評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
6~8	114.3	12.0	292	54~56	114.3	12.0	292

弁部の質量

鳥瞰図 K5R-2

質量	対応する評価点	質量	対応する評価点
13kg	6, 8, 54, 56	25kg	7, 55

支持点のばね定数

鳥瞰図 K5R-2

支持点番号	各軸方向ばね定数(N/mm)			各軸回り回転ばね定数(N・mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
1	1.0×10^{12}					
5	1.0×10^{12}	----	1.0×10^{12}	----	----	----
10	1.0×10^{12}	----	1.0×10^{12}	----	----	----
16	1.0×10^{12}	----	1.0×10^{12}	----	----	----
18	1.0×10^{12}	----	1.0×10^{12}	----	----	----
20	1.0×10^{12}	----	1.0×10^{12}	----	----	----
22	1.0×10^{12}	----	1.0×10^{12}	----	----	----
27	1.0×10^{12}	----	1.0×10^{12}	----	----	----
29	1.0×10^{12}	----	1.0×10^{12}	----	----	----
32	----	1.0×10^{12}	----	----	----	----
** 32 **	1.0×10^{12}	----	----	----	----	----
	0.7071	0.0000	0.7071	----	----	----
35	1.0×10^{12}	----	1.0×10^{12}	----	----	----
37	1.0×10^{12}	----	----	----	----	----
39	1.0×10^{12}	----	1.0×10^{12}	----	----	----
43	1.0×10^{12}	----	1.0×10^{12}	----	----	----
45	1.0×10^{12}	----	1.0×10^{12}	----	----	----
47	1.0×10^{12}	----	1.0×10^{12}	----	----	----
51	----	1.0×10^{12}	----	----	----	----
** 51 **	1.0×10^{12}	----	----	----	----	----
	0.7071	0.0000	0.7071	----	----	----
57	1.0×10^{12}	----	1.0×10^{12}	----	----	----
61	1.0×10^{12}					

** 印は斜め拘束を示す。また、下段は方向余弦を示す。

3.4 材料及び許容応力

使用する材料の最高使用温度での許容応力を下表に示す。

材料	最高使用温度 (°C)	許容応力 (MPa)			
		S _m	S _y	S _u	S _h
SUS316LTP	40	—	175	480	—

3.5 設計用地震力

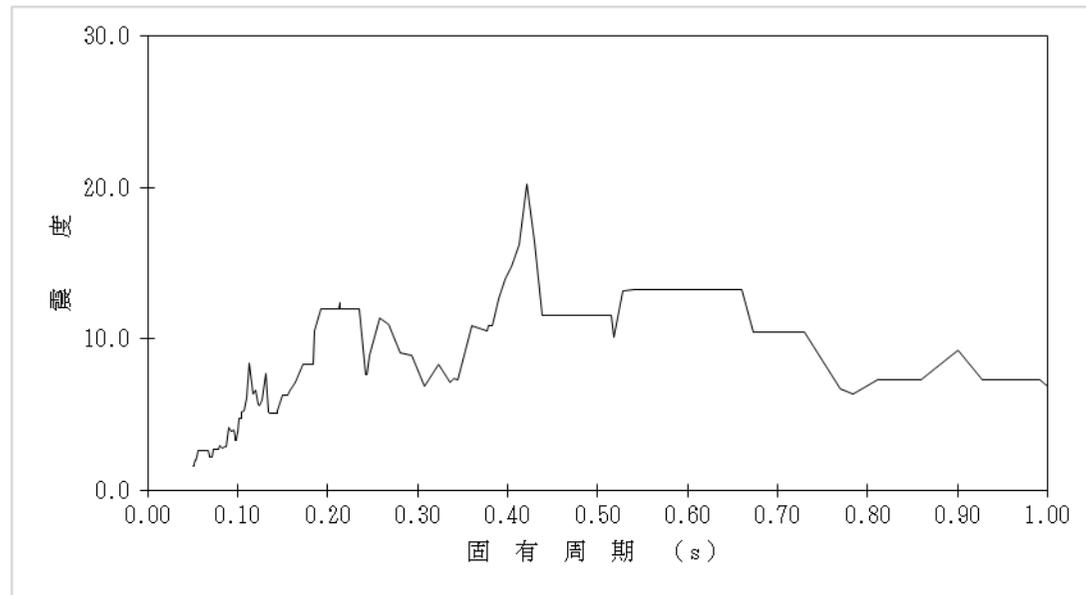
本計算書において考慮する設計用地震力の算出に用いる設計用床応答曲線を以下に示す。なお、設計用床応答曲線はV-2-2-別添 1-2-1「地下水排水設備設置位置の地盤応答」の地盤応答解析の結果をV-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき策定したものをを用いる。また、減衰定数はV-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

鳥瞰図	建屋・構築物	標高(T. M. S. L.) (m)	減衰定数 (%)
K5R-2	地下水排水設備	12.00	0.5
		-23.10	
		-25.55	

設計用床応答曲線

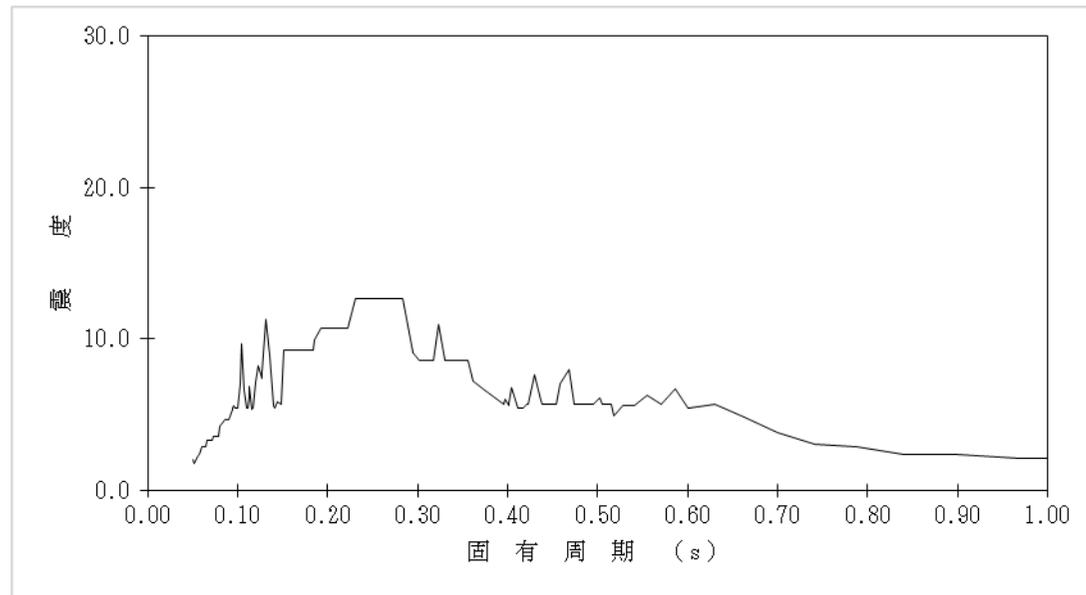
構造物名：5号機地下水排水設備 標高：T.M.S.L. 12.00m -23.00m, -25.55m 包絡

減衰定数：0.5% 波形名：基準地震動 S s



設計用床応答曲線 (水平方向)

構造物名：5号機地下水排水設備 標高：T.M.S.L. 12.00m -23.00m, -25.55m 包絡
減衰定数：0.5% 波形名：基準地震動 S s



設計用床応答曲線（鉛直方向）

4. 解析結果及び評価

4.1 固有周期及び設計震度

鳥瞰図 K5R-2

適用する地震動等		S s		
モード	固有周期 (s)	応答水平震度*1		応答鉛直震度*1
		X方向	Z方向	Y方向
1次	0.098	3.39	3.39	5.42
2次	0.082	2.92	2.92	4.35
3次	0.076	2.69	2.69	3.61
4次	0.073	2.69	2.69	3.61
5次	0.066	2.64	2.64	3.33
6次	0.066	2.64	2.64	3.33
7次	0.063	2.64	2.64	2.91
8次	0.061	2.64	2.64	2.91
9次	0.059	2.64	2.64	2.56
10次	0.048	—	—	—
動的震度*2		1.90	1.90	1.51
静的震度		—	—	—

注記*1：各モードの固有周期に対し，設計用床応答曲線より得られる震度を示す。

*2：S s地震動に基づく設計用最大床応答加速度より定めた震度を示す。

各モードに対応する刺激係数

鳥瞰図 K5R-2

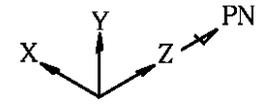
モード	固有周期 (s)	刺激係数*		
		X方向	Y方向	Z方向
1次	0.098	0.038	0.126	0.482
2次	0.082	0.073	0.676	0.065
3次	0.076	0.306	0.029	0.300
4次	0.073	0.138	0.075	0.880
5次	0.066	0.423	0.177	0.433
6次	0.066	0.163	0.383	0.157
7次	0.063	1.042	0.018	0.005
8次	0.061	0.084	0.254	0.245
9次	0.059	0.131	0.577	1.192

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。

代表的振動モード図

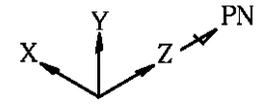
振動モード図は、3次モードまでを代表とし、各質点の変位の相対量・方向を破線で図示し、次頁以降に示す。

代表的振動モード図 (1次)



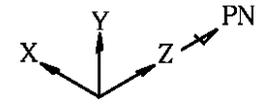
鳥瞰図	K5R-2
-----	-------

代表的振動モード図 (2次)



鳥瞰図	K5R-2
-----	-------

代表的振動モード図 (3次)



鳥瞰図	K5R-2
-----	-------

4.2 評価結果

4.2.1 管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

鳥瞰図	許容応力状態 (供用状態)	最大応力 評価点	最大応力 区分	一次応力評価 (MPa)		一次+二次応力評価 (MPa)		疲労評価
				計算応力 $S_{prm}(S_s)$	許容応力 $0.9S_u$	計算応力 $S_n(S_s)$	許容応力 $2S_y$	疲労累積係数 $U S_s$
K5R-2	IV _A S	9	$S_{prm}(S_s)$	69	432	—	—	—
	IV _A S	45	$S_n(S_s)$	—	—	322	350	—

4.2.2 支持構造物評価結果

下表に示すとおり計算応力及び計算荷重はそれぞれの許容値以下である。

支持構造物評価結果（応力評価）

支持構造物 番号	種類	型式	材質	温度 (°C)	支持点荷重						評価結果		
					反力 (kN)			モーメント (kN・m)			応力 分類	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)
					F _x	F _y	F _z	M _x	M _y	M _z			
5R2SS-11R	レストレイント	架構	SS400	40	2	23	—	—	—	—	IV _A S	57	141

4.2.3 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し、応力分類ごとに裕度最小のモデルを選定して鳥瞰図、設計条件及び評価結果を記載している。下表に、代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

No.	配管モデル	許容応力状態 IV _A S												
		一次応力					一次+二次応力					疲労評価		
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	疲労累積 係数	代表
1	K5R-1	9	68	432	6.35	—	45	322	350	1.08	—	—	—	—
2	K5R-2	9	69	432	6.26	○	45	322	350	1.08	○	—	—	—

V-2-2-別添 1-3-4 地下水排水設備水位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	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	18
5.6.1 ボルトの応力評価	18
6. 機能維持評価	19
6.1 電氣的機能維持評価方法	19
7. 評価結果	20

1. 概要

建屋評価における前提条件を満たすために、5号機地下水排水設備は、建屋の耐震性を確保するため地下水位を建屋基礎スラブ底面レベル以深に維持する機能を有する。

5号機地下水排水設備の評価においては、V-2-1-1「耐震設計の基本方針」のうち、「10. 耐震計算の基本方針 10.1 建物・構築物」及びV-1-1-9「発電用原子炉施設の溢水防護に関する説明書」に基づき、基準地震動 S_s による地震力に対して機能を維持できることを確認する。

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、5号機地下水排水設備のうち地下水排水設備水位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. 一般事項

2.1 構造計画

地下水排水設備水位の構造計画を表 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	
<p>検出器は検出器取付ボルトで架台に固定する。架台は基礎ボルトで壁に固定する。</p>	<p>電極式水位検出器</p>	<p>【地下水排水設備水位】</p> <p>正面図 550</p> <p>側面図 184</p> <p>820</p> <p>検出器取付ボルト 検出器 検出器取付ボルト</p> <p>架台</p> <p>基礎ボルト (ケミカルアンカ)</p> <p>サブドレンピット壁</p> <p>(正面方向) (側面方向) (単位:mm)</p>

2.2 評価方針

地下水排水設備水位の応力評価は、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」にて示す地下水排水設備水位の部位を踏まえ「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「4. 固有周期」で確認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、地下水排水設備水位の機能維持評価は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、地震時の応答加速度が電氣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。

地下水排水設備水位の耐震評価フローを図2-1に示す。

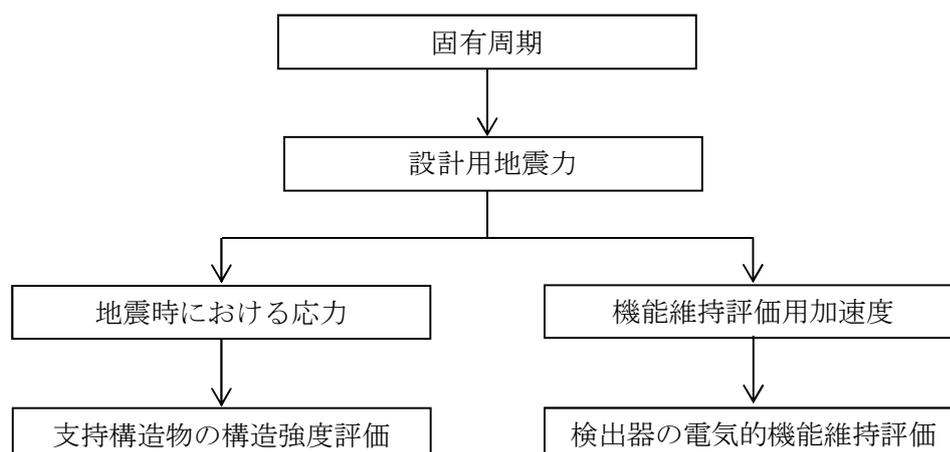


図2-1 地下水排水設備水位の耐震評価フロー

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 J E A G 4 6 0 1 ・補-1984
((社) 日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987 ((社) 日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -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	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	ボルトの呼び径	mm
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-3133 に定める値	MPa
F_b	ボルトに作用する引張力 (1本あたり)	N
F_{b1}	鉛直方向地震及び壁取付面に対し左右方向の水平方向地震によりボルトに作用する引張力 (1本あたり) (壁掛形)	MPa
F_{b2}	鉛直方向地震及び壁取付面に対し前後方向の水平方向地震によりボルトに作用する引張力 (1本あたり) (壁掛形)	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_{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ボルトの許容引張応力	MPa
g	重力加速度 (=9.80665)	m/s^2
h	据付面から重心までの距離	mm
l_3	重心と下側ボルト間の鉛直	mm
l_a	左側ボルトと右側ボルト間の水平方向距離	mm
l_b	上側ボルトと下側ボルト間の鉛直方向距離	mm
m	質量	kg
n	ボルトの本数	—
n_{fV}	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数(鉛直方向転倒) (壁掛形)	—
n_{fH}	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数(水平方向転倒) (壁掛形)	—
Q_b	ボルトに作用するせん断力	N
Q_{b1}	水平方向地震によりボルトに作用するせん断力(壁掛型)	N
Q_{b2}	鉛直方向地震によりボルトに作用するせん断力(壁掛型)	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°Cにおける値	MPa
σ_b	ボルトに生じる引張応力	MPa
τ_b	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
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

地下水排水設備水位の耐震評価は、「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。地下水排水設備水位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

地下水排水設備水位が設置される計器架台の固有周期は、構造が同様な振動特性を持つ計器架台に対する振動試験より確認された固有周期を使用する。

4.2 固有周期の確認方法

プラスチックハンマ等により、当該装置に振動を与え自由減退振動を固有振動数測定装置（圧電式加速度ピックアップ、振動計、分析器）により記録解析する。

地下水排水設備水位の外形図を表 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。

表 4-1 固有周期 (単位：s)

地下水排水設備水位 (U61-LE-001A) (U61-LE-002A) (U61-LE-003A) (U61-LE-004A) (U61-LE-005A)	水平	0.05 以下
	鉛直	0.05 以下
地下水排水設備水位 (U61-LE-001B) (U61-LE-002B) (U61-LE-003B) (U61-LE-004B) (U61-LE-005B)	水平	0.05 以下
	鉛直	0.05 以下

5. 構造強度評価

5.1 構造強度評価方法

- (1) 地下水排水設備水位の質量は重心に集中しているものとする。
- (2) 地震力は地下水排水設備水位に対して、水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。
- (3) 地下水排水設備水位の架台は基礎ボルトでサブドレンピット壁に固定されており、固定端とする。
- (4) 転倒方向は、正面方向及び側面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) 地下水排水設備水位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

地下水排水設備水位の荷重の組合せ及び許容応力状態を表 5-1 に示す。

5.2.2 許容応力

地下水排水設備水位の許容応力を表 5-2 に示す。

5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

地下水排水設備水位の使用材料の許容応力評価条件を表 5-3 に示す。

表 5-1 荷重の組合せ及び許容応力状態

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
施設共通 (地震)	5号機地下水 排水設備	地下水排水設備水位	—	—*	$D + P_D + M_D + S_s$	$IV_A S$
その他発電用 原子炉の附属施設	浸水防護施設	地下水排水設備水位	—	—*	$D + P_D + M_D + S_s$	$IV_A S$

注記*：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

表 5-2 許容応力

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	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$

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

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	SUS316L	周囲環境温度	40	175	480	175

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 S_s」による地震力は、V-2-2-別添 1-3-1「地下水排水設備設置位置の地盤応答」に基づき設定する。

表 5-4 設計用地震力

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 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
		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
地下水排水 設備水位 (U61-LE-001A)	原子炉建屋 サブドレンピット T. M. S. L. -25. 550 (T. M. S. L. -23. 100*)	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C _H =0.88	C _V =0.76
地下水排水 設備水位 (U61-LE-002A)	原子炉建屋 サブドレンピット T. M. S. L. -25. 550 (T. M. S. L. -23. 100*)	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C _H =0.88	C _V =0.76
地下水排水 設備水位 (U61-LE-003A)	原子炉建屋 サブドレンピット T. M. S. L. -25. 550 (T. M. S. L. -23. 100*)	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C _H =0.88	C _V =0.76
地下水排水 設備水位 (U61-LE-004A)	原子炉建屋 サブドレンピット T. M. S. L. -25. 550 (T. M. S. L. -23. 100*)	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C _H =0.88	C _V =0.76
地下水排水 設備水位 (U61-LE-005A)	原子炉建屋 サブドレンピット T. M. S. L. -25. 550 (T. M. S. L. -23. 100*)	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C _H =0.88	C _V =0.76
地下水排水 設備水位 (U61-LE-001B)	原子炉建屋 サブドレンピット T. M. S. L. -25. 550 (T. M. S. L. -23. 100*)	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C _H =0.88	C _V =0.76
地下水排水 設備水位 (U61-LE-002B)	原子炉建屋 サブドレンピット T. M. S. L. -25. 550 (T. M. S. L. -23. 100*)	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C _H =0.88	C _V =0.76
地下水排水 設備水位 (U61-LE-003B)	原子炉建屋 サブドレンピット T. M. S. L. -25. 550 (T. M. S. L. -23. 100*)	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C _H =0.88	C _V =0.76

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 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
		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
地下水排水 設備水位 (U61-LE-004B)	原子炉建屋 サブドレンピット T. M. S. L. -25. 550 (T. M. S. L. -23. 100*)	0. 05 以下	0. 05 以下	—	—	C _H =0. 88	C _V =0. 76
地下水排水 設備水位 (U61-LE-005B)	原子炉建屋 サブドレンピット T. M. S. L. -25. 550 (T. M. S. L. -23. 100*)	0. 05 以下	0. 05 以下	—	—	C _H =0. 88	C _V =0. 76

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。

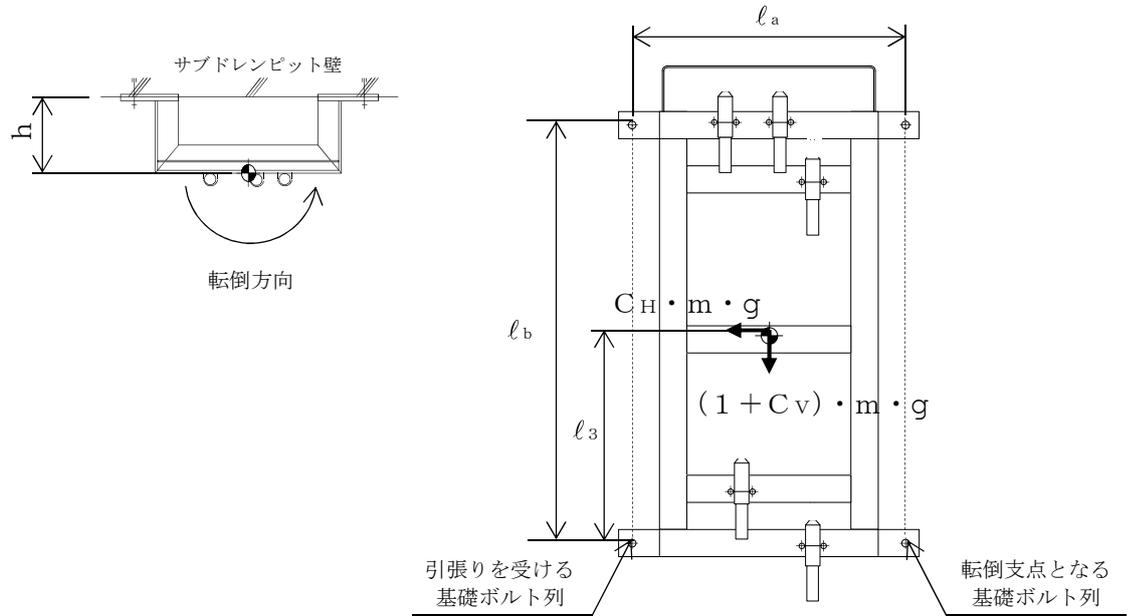


図 5-1 計算モデル（正面方向転倒）

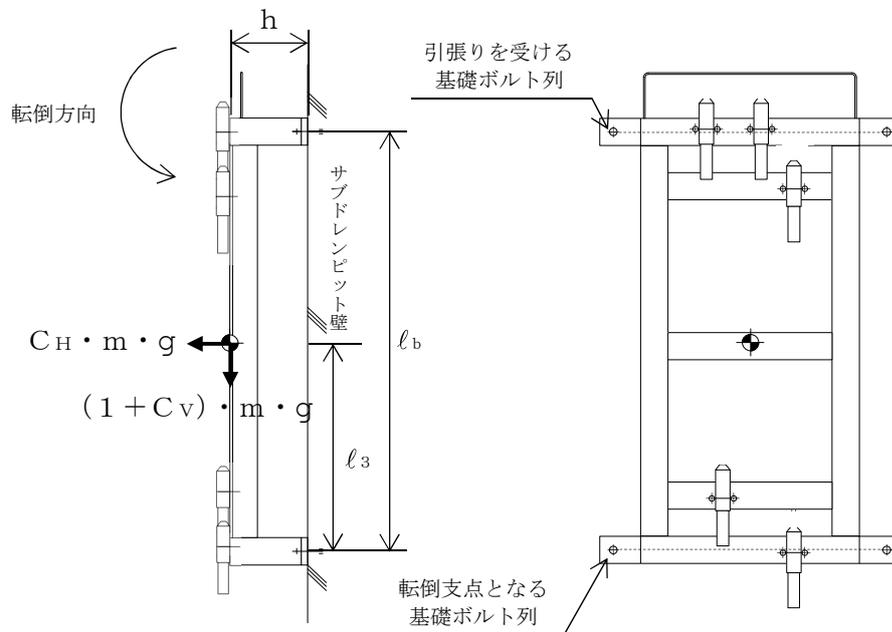


図 5-2 計算モデル（側面方向転倒）

(1) 引張応力

基礎ボルトに対する引張力は最も厳しい条件として、図 5-1 及び図 5-2 で基礎ボルトを支点とする転倒を考え、これを片側の列の基礎ボルトで受けるものとして計算する。

引張力

$$F_{b1} = \frac{m \cdot (1 + C_v) \cdot h \cdot g}{n_{fv} \cdot l_b} + \frac{m \cdot C_H \cdot h \cdot g}{n_{fH} \cdot l_a} \dots\dots\dots (5.4.1.1.1)$$

$$F_{b2} = \frac{m \cdot (1 + C_v) \cdot h \cdot g + m \cdot C_H \cdot l_3 \cdot g}{n_{fv} \cdot l_b} \dots\dots\dots (5.4.1.1.2)$$

$$F_b = \text{Max} (F_{b1}, F_{b2}) \dots\dots\dots (5.4.1.1.3)$$

引張応力

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_b} \dots\dots\dots (5.4.1.1.4)$$

ここで、基礎ボルトの軸断面積 A_b は次式により求める。

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \dots\dots\dots (5.4.1.1.5)$$

ただし、 F_b が負のとき基礎ボルトには引張力が生じないので、引張応力の計算は行わない。

(2) せん断応力

基礎ボルトに対するせん断力は基礎ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_{b1} = m \cdot C_H \cdot g \dots\dots\dots (5.4.1.1.6)$$

$$Q_{b2} = m \cdot (1 + C_v) \cdot g \dots\dots\dots (5.4.1.1.7)$$

$$Q_b = \sqrt{(Q_{b1})^2 + (Q_{b2})^2} \dots\dots\dots (5.4.1.1.8)$$

せん断応力

$$\tau_b = \frac{Q_b}{n \cdot A_b} \dots\dots\dots (5.4.1.1.9)$$

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【地下水排水設備水位の耐震性についての計算結果 (U61-LE-001A)】、【地下水排水設備水位の耐震性についての計算結果 (U61-LE-002A)】、【地下水排水設備水位の耐震性についての計算結果 (U61-LE-003A)】、【地下水排水設備水位の耐震性についての計算結果 (U61-LE-004A)】、【地下水排水設備水位の耐震性についての計算結果 (U61-LE-005A)】、【地下水排水設備水位の耐震性についての計算結果 (U61-LE-001B)】、【地下水排水設備水位の耐震性についての計算結果 (U61-LE-002B)】、【地下水排水設備水位の耐震性についての計算結果 (U61-LE-003B)】、【地下水排水設備水位の耐震性についての計算結果 (U61-LE-004B)】、【地下水排水設備水位の耐震性についての計算結果 (U61-LE-005B)】 の設計条件及び機器要目に示す。

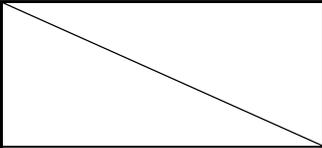
5.6 応力の評価

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。

$$f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}] \dots\dots\dots (5.6.1.1)$$

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 S_s 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}	$\frac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

6. 機能維持評価

6.1 電気的機能維持評価方法

地下水排水設備水位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-2-2-別添 1-3-1「地下水排水設備設置位置の地盤応答」に基づき、基準地震動 S_s により定まる応答加速度を設定する。

地下水排水設備水位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 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
地下水排水設備水位 (U61-LE-001A)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>
地下水排水設備水位 (U61-LE-002A)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>
地下水排水設備水位 (U61-LE-003A)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>
地下水排水設備水位 (U61-LE-004A)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>
地下水排水設備水位 (U61-LE-005A)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>
地下水排水設備水位 (U61-LE-001B)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>
地下水排水設備水位 (U61-LE-002B)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>
地下水排水設備水位 (U61-LE-003B)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>
地下水排水設備水位 (U61-LE-004B)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>
地下水排水設備水位 (U61-LE-005B)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>

7. 評価結果

地下水排水設備水位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氣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

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【地下水排水設備水位の耐震性についての計算結果 (U61-LE-001A)】

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 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			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	
地下水排水設備水位 (U61-LE-001A)	—	原子炉建屋サブドレンピット T. M. S. L. -25. 550 (T. M. S. L. -23. 100*)	0. 05 以下	0. 05 以下	—	—	C _H =0. 88	C _V =0. 76	40

注記* : 基準床レベルを示す。

2. 機器要目

部材	m (kg)	h (mm)	d (mm)	A _b (mm ²)	n	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
基礎ボルト		142	12 (M12)	113. 1	4	175	480	175

部材	ℓ ₃ * (mm)	ℓ _a * (mm)	ℓ _b * (mm)	n _{fV} *	n _{fH} *	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用 地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト	382	490	770	2	2	—	210	—	側面方向
	382	490	770	2	2				

注記* : 各ボルトの機器要目における上段は正面方向転倒に対する評価時の要目を示し,
下段は側面方向転倒に対する評価時の要目を示す。

3. 計算数値

3.1 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 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

4. 結論

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 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SUS316L	引張り	—	—	$\sigma_b=1$	$f_{ts}=126^*$
		せん断	—	—	$\tau_b=1$	$f_{sb}=96$

すべて許容応力以下である。

注記*： $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$

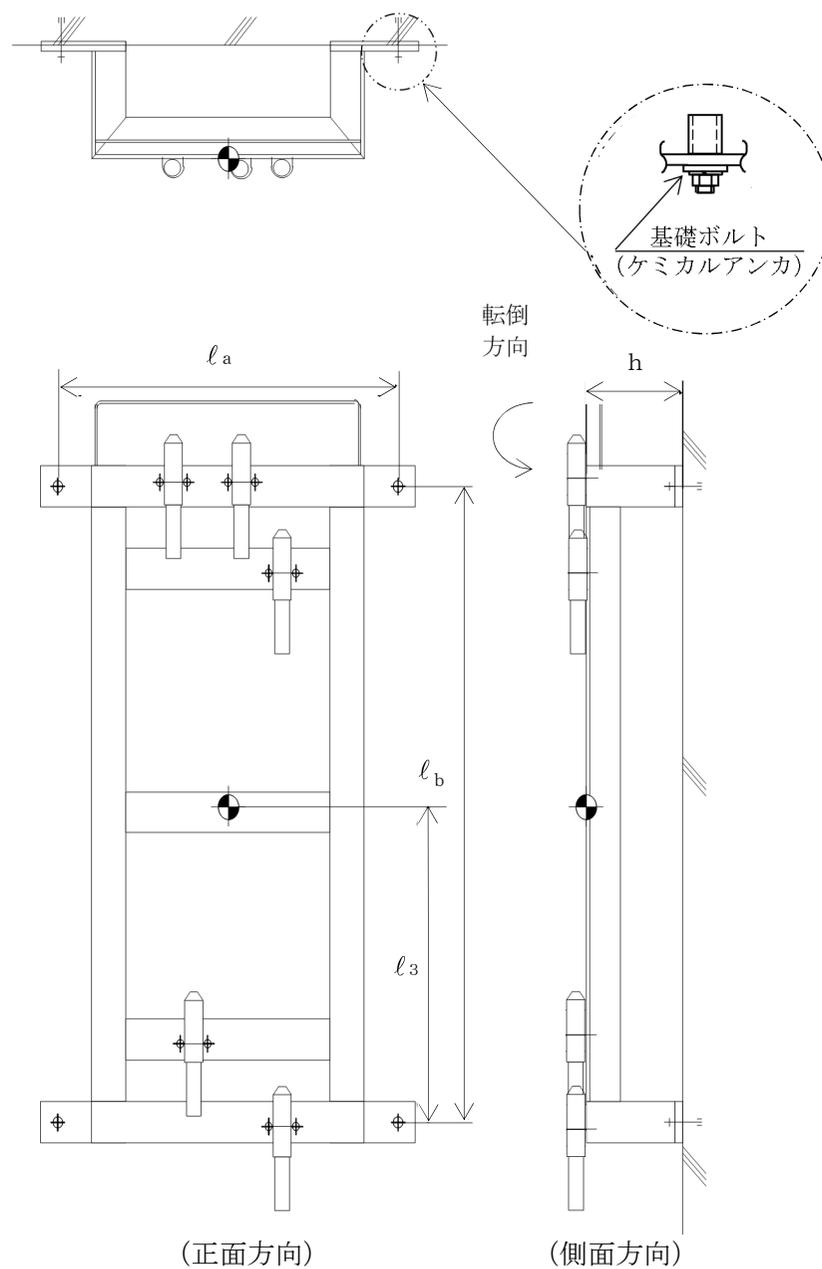
4.2 電氣的機能の評価結果

($\times 9.8\text{m/s}^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
地下水排水設備水位 (U61-LE-001A)	水平方向	0.73	<input type="text"/>
	鉛直方向	0.63	<input type="text"/>

注記*：基準地震動 S_s 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。



【地下水排水設備水位の耐震性についての計算結果 (U61-LE-002A)】

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 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			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	
地下水排水設備水位 (U61-LE-002A)	—	原子炉建屋サブドレンピット T. M. S. L. -25. 550 (T. M. S. L. -23. 100*)	0. 05 以下	0. 05 以下	—	—	C _H =0. 88	C _V =0. 76	40

注記* : 基準床レベルを示す。

2. 機器要目

部材	m (kg)	h (mm)	d (mm)	A _b (mm ²)	n	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
基礎ボルト		142	12 (M12)	113. 1	4	175	480	175

部材	l ₃ * (mm)	l _a * (mm)	l _b * (mm)	n f _V * (mm)	n f _H * (mm)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用 地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト	382	490	770	2	2	—	210	—	側面方向
	382	490	770	2	2				

注記* : 各ボルトの機器要目における上段は正面方向転倒に対する評価時の要目を示し,
下段は側面方向転倒に対する評価時の要目を示す。

3. 計算数値

3.1 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 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

4. 結論

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 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SUS316L	引張り	—	—	$\sigma_b=1$	$f_{ts}=126^*$
		せん断	—	—	$\tau_b=1$	$f_{sb}=96$

すべて許容応力以下である。

注記*： $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$

4.2 電氣的機能の評価結果

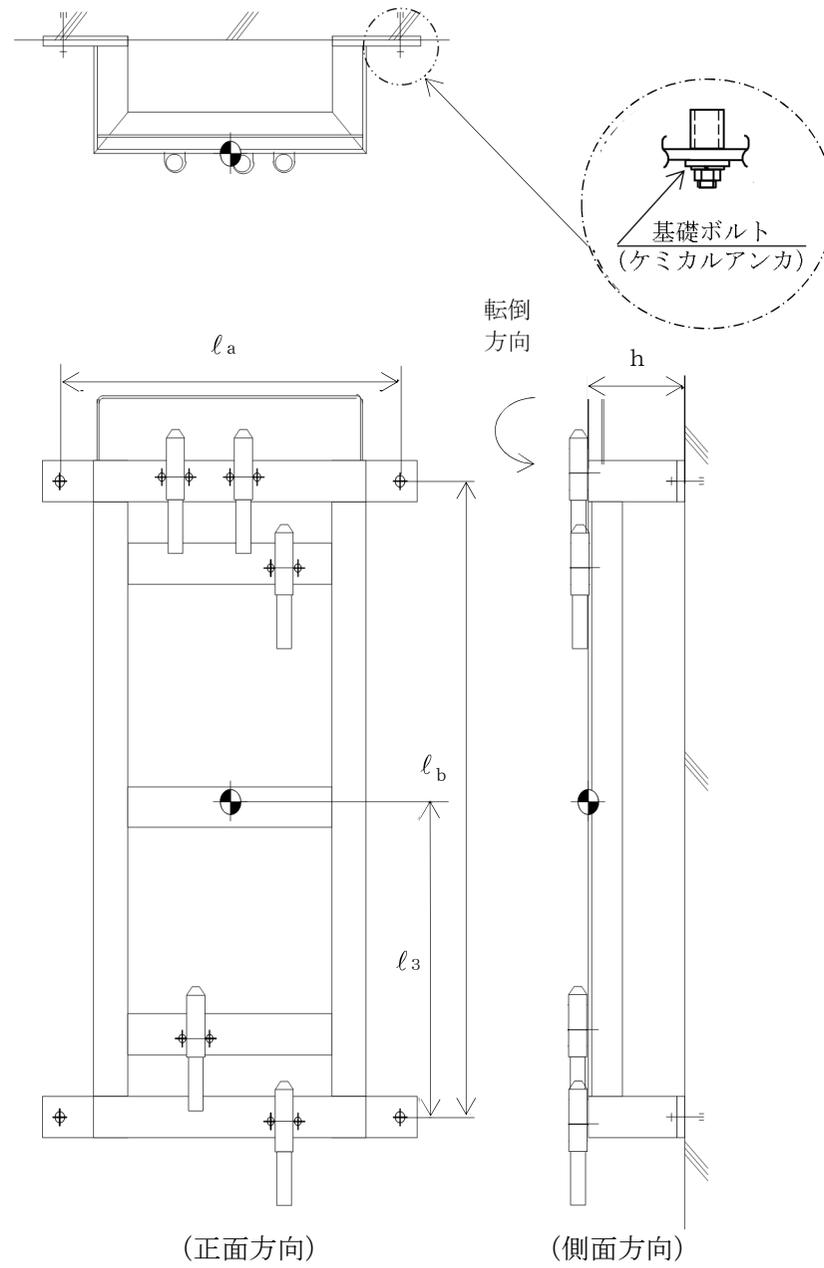
($\times 9.8\text{m/s}^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
地下水排水設備水位 (U61-LE-002A)	水平方向	0.73	<input type="text"/>
	鉛直方向	0.63	<input type="text"/>

注記*：基準地震動 S_s 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。

K7 ① V-2-2-別添 1-3-4 R1



【地下水排水設備水位の耐震性についての計算結果 (U61-LE-003A)】

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 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			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	
地下水排水設備水位 (U61-LE-003A)	—	原子炉建屋サブドレンピット T. M. S. L. -25. 550 (T. M. S. L. -23. 100*)	0. 05 以下	0. 05 以下	—	—	C _H =0. 88	C _V =0. 76	40

注記* : 基準床レベルを示す。

2. 機器要目

部材	m (kg)	h (mm)	d (mm)	A _b (mm ²)	n	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
基礎ボルト	□	142	12 (M12)	113. 1	4	175	480	175

部材	l ₃ * (mm)	l _a * (mm)	l _b * (mm)	n f _V *	n f _H *	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト	382	490	770	2	2	—	210	—	側面方向
	382	490	770	2	2				

注記* : 各ボルトの機器要目における上段は正面方向転倒に対する評価時の要目を示し、
下段は側面方向転倒に対する評価時の要目を示す。

3. 計算数値

3.1 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 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

4. 結論

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 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SUS316L	引張り	—	—	$\sigma_b=1$	$f_{ts}=126^*$
		せん断	—	—	$\tau_b=1$	$f_{sb}=96$

すべて許容応力以下である。

注記*： $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$

4.2 電氣的機能の評価結果

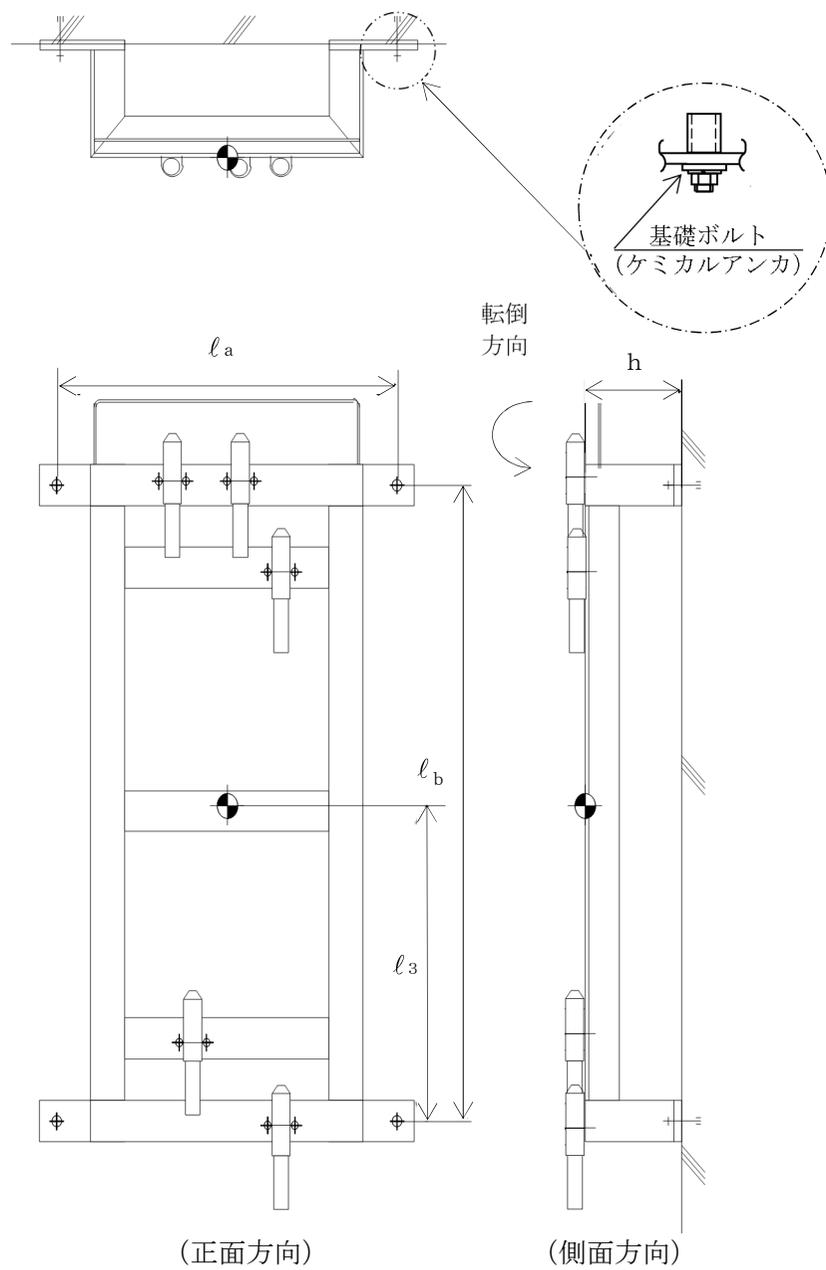
($\times 9.8\text{m/s}^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
地下水排水設備水位 (U61-LE-003A)	水平方向	0.73	<input type="text"/>
	鉛直方向	0.63	<input type="text"/>

注記*：基準地震動 S_s 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。

K7 ① V-2-2-別添 1-3-4 R1



【地下水排水設備水位の耐震性についての計算結果 (U61-LE-004A)】

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 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			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	
地下水排水設備水位 (U61-LE-004A)	—	原子炉建屋サブドレンピット T. M. S. L. -25. 550 (T. M. S. L. -23. 100*)	0. 05 以下	0. 05 以下	—	—	C _H =0. 88	C _V =0. 76	40

注記* : 基準床レベルを示す。

2. 機器要目

部材	m (kg)	h (mm)	d (mm)	A _b (mm ²)	n	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
基礎ボルト		142	12 (M12)	113. 1	4	175	480	175

部材	l ₃ * (mm)	l _a * (mm)	l _b * (mm)	n _{fV} *	n _{fH} *	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト	382	490	770	2	2	—	210	—	側面方向
	382	490	770	2	2				

注記* : 各ボルトの機器要目における上段は正面方向転倒に対する評価時の要目を示し、
下段は側面方向転倒に対する評価時の要目を示す。

3. 計算数値

3.1 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 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

4. 結論

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 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SUS316L	引張り	—	—	$\sigma_b=1$	$f_{ts}=126^*$
		せん断	—	—	$\tau_b=1$	$f_{sb}=96$

すべて許容応力以下である。

注記*： $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$

4.2 電氣的機能の評価結果

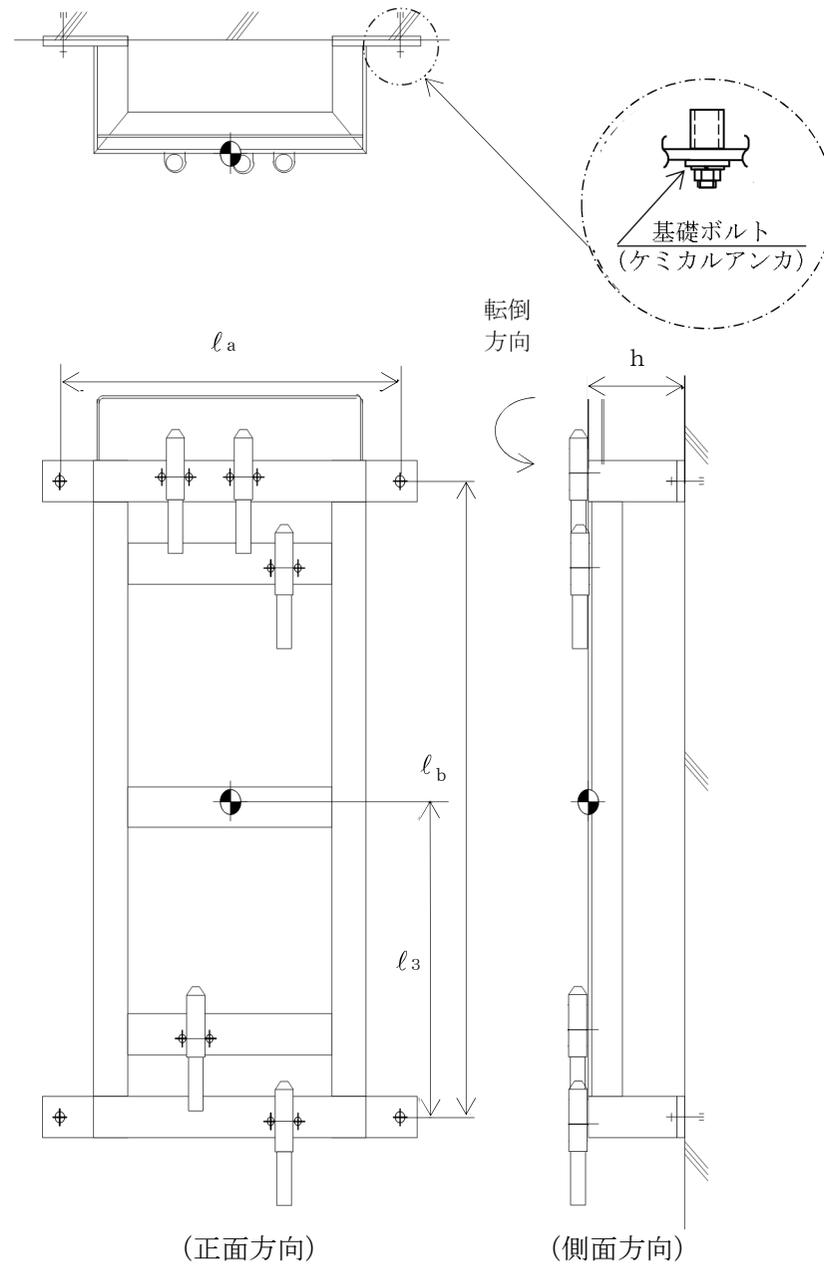
($\times 9.8\text{m/s}^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
地下水排水設備水位 (U61-LE-004A)	水平方向	0.73	<input type="text"/>
	鉛直方向	0.63	<input type="text"/>

注記*：基準地震動 S_s 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。

K7 ① V-2-2-別添 1-3-4 R1



【地下水排水設備水位の耐震性についての計算結果 (U61-LE-005A)】

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 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			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	
地下水排水設備水位 (U61-LE-005A)	—	原子炉建屋サブドレンピット T. M. S. L. -25. 550 (T. M. S. L. -23. 100*)	0. 05 以下	0. 05 以下	—	—	C _H =0. 88	C _V =0. 76	40

注記* : 基準床レベルを示す。

2. 機器要目

部材	m (kg)	h (mm)	d (mm)	A _b (mm ²)	n	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
基礎ボルト	□	142	12 (M12)	113. 1	4	175	480	175

部材	l ₃ * (mm)	l _a * (mm)	l _b * (mm)	n _{fV} *	n _{fH} *	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト	382	490	770	2	2	—	210	—	側面方向
	382	490	770	2	2				

注記* : 各ボルトの機器要目における上段は正面方向転倒に対する評価時の要目を示し、
下段は側面方向転倒に対する評価時の要目を示す。

3. 計算数値

3.1 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 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

4. 結論

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 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SUS316L	引張り	—	—	$\sigma_b=1$	$f_{ts}=126^*$
		せん断	—	—	$\tau_b=1$	$f_{sb}=96$

すべて許容応力以下である。

注記*： $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$

4.2 電氣的機能の評価結果

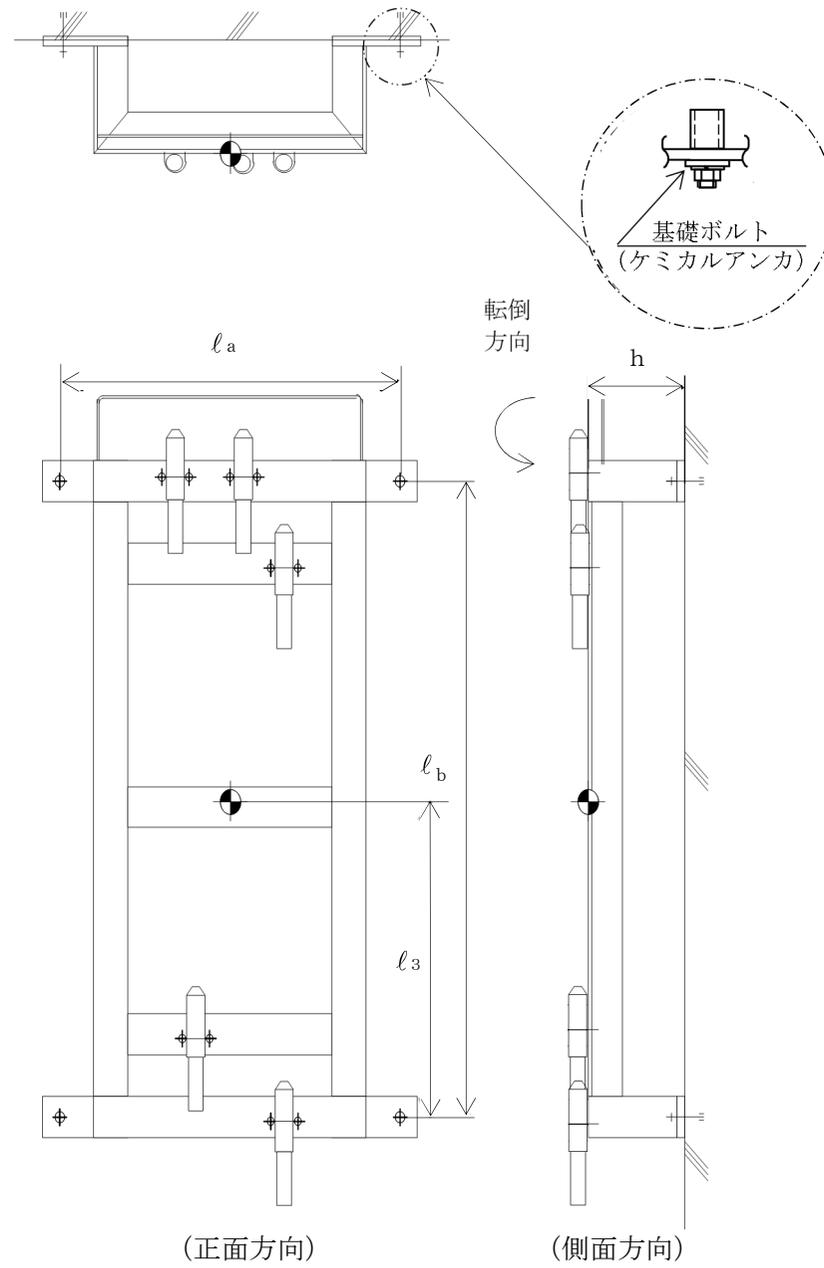
($\times 9.8\text{m/s}^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
地下水排水設備水位 (U61-LE-005A)	水平方向	0.73	<input type="text"/>
	鉛直方向	0.63	<input type="text"/>

注記*：基準地震動 S_s 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。

K7 ① V-2-2-別添 1-3-4 R1



【地下水排水設備水位の耐震性についての計算結果 (U61-LE-001B)】

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 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			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	
地下水排水設備水位 (U61-LE-001B)	—	原子炉建屋サブドレンピット T. M. S. L. -25.550 (T. M. S. L. -23.100*)	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C _H =0.88	C _V =0.76	40

注記* : 基準床レベルを示す。

2. 機器要目

部材	m (kg)	h (mm)	d (mm)	A _b (mm ²)	n	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
基礎ボルト		142	12 (M12)	113.1	4	175	480	175

部材	l ₃ * (mm)	l _a * (mm)	l _b * (mm)	n _{fV} *	n _{fH} *	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト	382	490	770	2	2	—	210	—	側面方向
	382	490	770	2	2				

注記* : 各ボルトの機器要目における上段は正面方向転倒に対する評価時の要目を示し、
下段は側面方向転倒に対する評価時の要目を示す。

3. 計算数値

3.1 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 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

4. 結論

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 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SUS316L	引張り	—	—	$\sigma_b=1$	$f_{ts}=126^*$
		せん断	—	—	$\tau_b=1$	$f_{sb}=96$

すべて許容応力以下である。

注記*： $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$

4.2 電氣的機能の評価結果

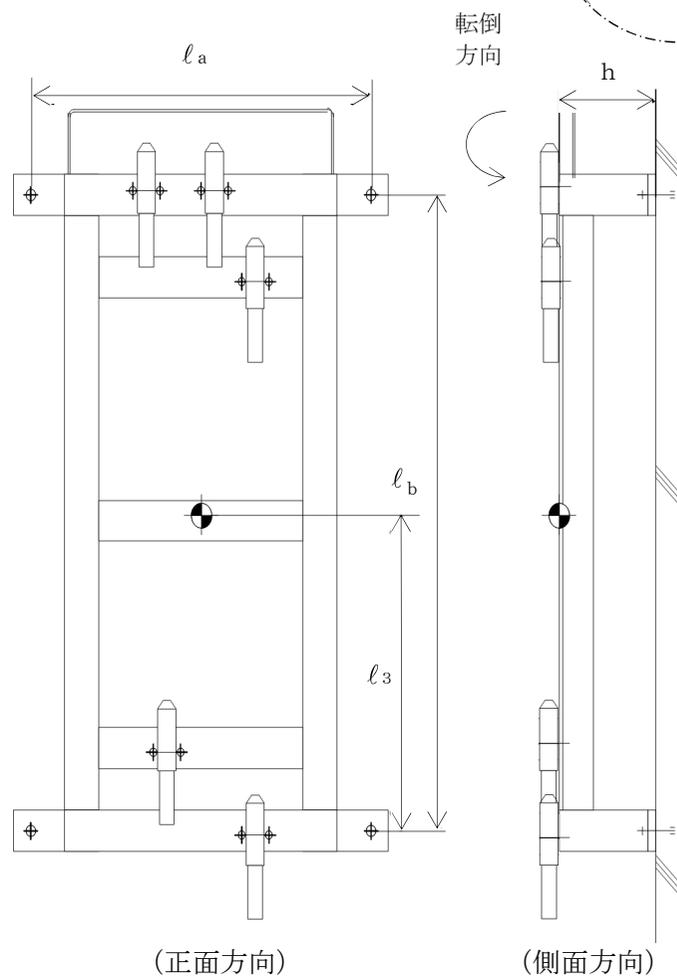
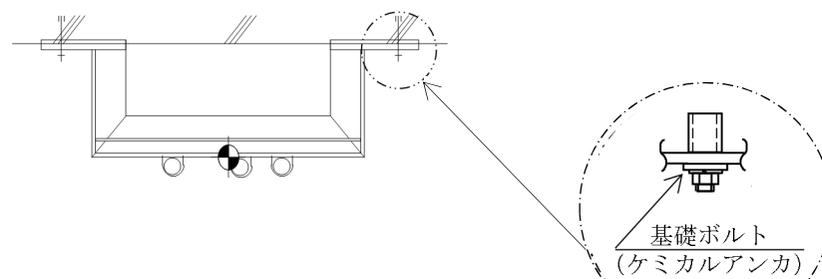
($\times 9.8\text{m/s}^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
地下水排水設備水位 (U61-LE-001B)	水平方向	0.73	<input type="text"/>
	鉛直方向	0.63	<input type="text"/>

注記*：基準地震動 S_s 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。

K7 ① V-2-2-別添 1-3-4 R1



【地下水排水設備水位の耐震性についての計算結果 (U61-LE-002B)】

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 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			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	
地下水排水設備水位 (U61-LE-002B)	—	原子炉建屋サブドレンピット T. M. S. L. -25.550 (T. M. S. L. -23.100*)	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C _H =0.88	C _V =0.76	40

注記* : 基準床レベルを示す。

2. 機器要目

部材	m (kg)	h (mm)	d (mm)	A _b (mm ²)	n	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
基礎ボルト	□	142	12 (M12)	113.1	4	175	480	175

部材	l ₃ * (mm)	l _a * (mm)	l _b * (mm)	n _{fV} *	n _{fH} *	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト	382	490	770	2	2	—	210	—	側面方向
	382	490	770	2	2				

注記* : 各ボルトの機器要目における上段は正面方向転倒に対する評価時の要目を示し、
下段は側面方向転倒に対する評価時の要目を示す。

3. 計算数値

3.1 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 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

4. 結論

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 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SUS316L	引張り	—	—	$\sigma_b=1$	$f_{ts}=126^*$
		せん断	—	—	$\tau_b=1$	$f_{sb}=96$

すべて許容応力以下である。

注記*： $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$

4.2 電氣的機能の評価結果

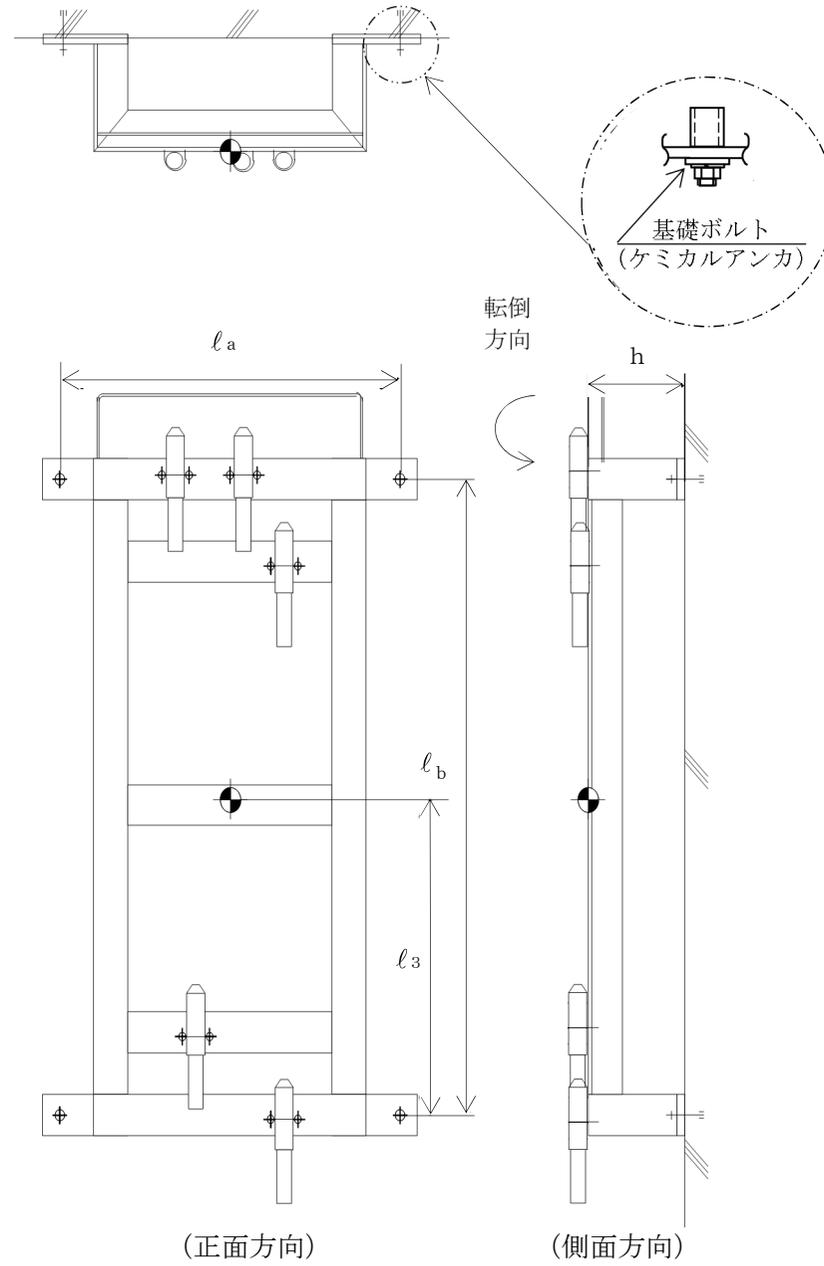
($\times 9.8\text{m/s}^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
地下水排水設備水位 (U61-LE-002B)	水平方向	0.73	<input type="text"/>
	鉛直方向	0.63	<input type="text"/>

注記*：基準地震動 S_s 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。

K7 ① V-2-2-別添 1-3-4 R1



【地下水排水設備水位の耐震性についての計算結果 (U61-LE-003B)】

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 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			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	
地下水排水設備水位 (U61-LE-003B)	—	原子炉建屋サブドレンピット T. M. S. L. -25.550 (T. M. S. L. -23.100*)	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C _H =0.88	C _V =0.76	40

注記* : 基準床レベルを示す。

2. 機器要目

部材	m (kg)	h (mm)	d (mm)	A _b (mm ²)	n	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
基礎ボルト		142	12 (M12)	113.1	4	175	480	175

部材	ℓ ₃ * (mm)	ℓ _a * (mm)	ℓ _b * (mm)	n _{fV} *	n _{fH} *	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト	382	490	770	2	2	—	210	—	側面方向
	382	490	770	2	2				

注記* : 各ボルトの機器要目における上段は正面方向転倒に対する評価時の要目を示し、
下段は側面方向転倒に対する評価時の要目を示す。

3. 計算数値

3.1 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 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

4. 結論

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 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SUS316L	引張り	—	—	$\sigma_b=1$	$f_{ts}=126^*$
		せん断	—	—	$\tau_b=1$	$f_{sb}=96$

すべて許容応力以下である。

注記*： $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$

4.2 電氣的機能の評価結果

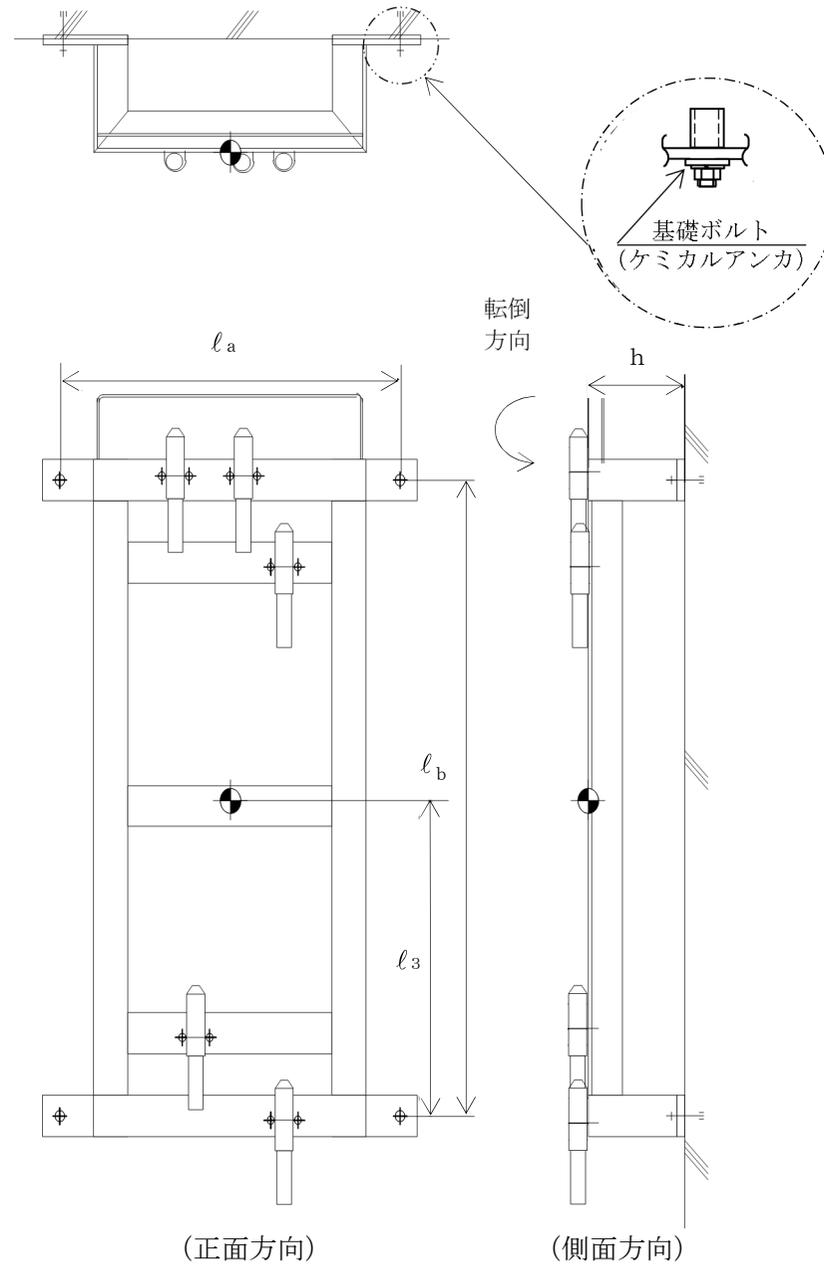
($\times 9.8\text{m/s}^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
地下水排水設備水位 (U61-LE-003B)	水平方向	0.73	<input type="text"/>
	鉛直方向	0.63	<input type="text"/>

注記*：基準地震動 S_s 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。

K7 ① V-2-2-別添 1-3-4 R1



【地下水排水設備水位の耐震性についての計算結果 (U61-LE-004B)】

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 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			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	
地下水排水設備水位 (U61-LE-004B)	—	原子炉建屋サブドレンピット T. M. S. L. -25.550 (T. M. S. L. -23.100*)	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C _H =0.88	C _V =0.76	40

注記* : 基準床レベルを示す。

2. 機器要目

部材	m (kg)	h (mm)	d (mm)	A _b (mm ²)	n	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
基礎ボルト		142	12 (M12)	113.1	4	175	480	175

部材	l ₃ * (mm)	l _a * (mm)	l _b * (mm)	n f _V * (mm)	n f _H * (mm)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用 地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト	382	490	770	2	2	—	210	—	側面方向
	382	490	770	2	2				

注記* : 各ボルトの機器要目における上段は正面方向転倒に対する評価時の要目を示し、
下段は側面方向転倒に対する評価時の要目を示す。

3. 計算数値

3.1 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 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

4. 結論

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 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SUS316L	引張り	—	—	$\sigma_b=1$	$f_{ts}=126^*$
		せん断	—	—	$\tau_b=1$	$f_{sb}=96$

すべて許容応力以下である。

注記*： $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$

4.2 電氣的機能の評価結果

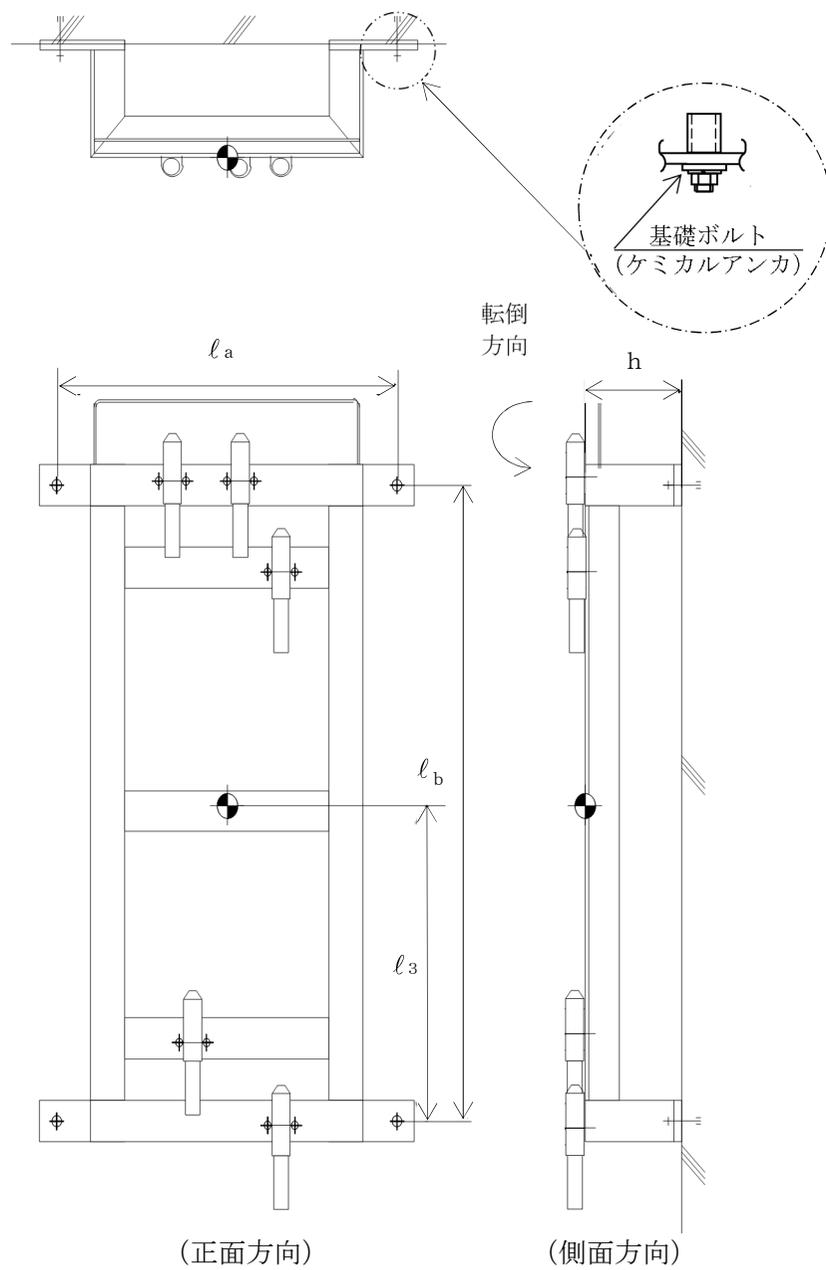
($\times 9.8\text{m/s}^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
地下水排水設備水位 (U61-LE-004B)	水平方向	0.73	<input type="text"/>
	鉛直方向	0.63	<input type="text"/>

注記*：基準地震動 S_s 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。

K7 ① V-2-2-別添 1-3-4 R1



【地下水排水設備水位の耐震性についての計算結果 (U61-LE-005B)】

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 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			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	
地下水排水設備水位 (U61-LE-005B)	—	原子炉建屋サブドレンピット T. M. S. L. -25.550 (T. M. S. L. -23.100*)	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C _H =0.88	C _V =0.76	40

注記* : 基準床レベルを示す。

2. 機器要目

部材	m (kg)	h (mm)	d (mm)	A _b (mm ²)	n	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
基礎ボルト		142	12 (M12)	113.1	4	175	480	175

部材	ℓ ₃ * (mm)	ℓ _a * (mm)	ℓ _b * (mm)	n f _V * (mm)	n f _H * (mm)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用 地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト	382	490	770	2	2	—	210	—	側面方向
	382	490	770	2	2				

注記* : 各ボルトの機器要目における上段は正面方向転倒に対する評価時の要目を示し、
下段は側面方向転倒に対する評価時の要目を示す。

3. 計算数値

3.1 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 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

4. 結論

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 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SUS316L	引張り	—	—	$\sigma_b=1$	$f_{ts}=126^*$
		せん断	—	—	$\tau_b=1$	$f_{sb}=96$

すべて許容応力以下である。

注記*： $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$

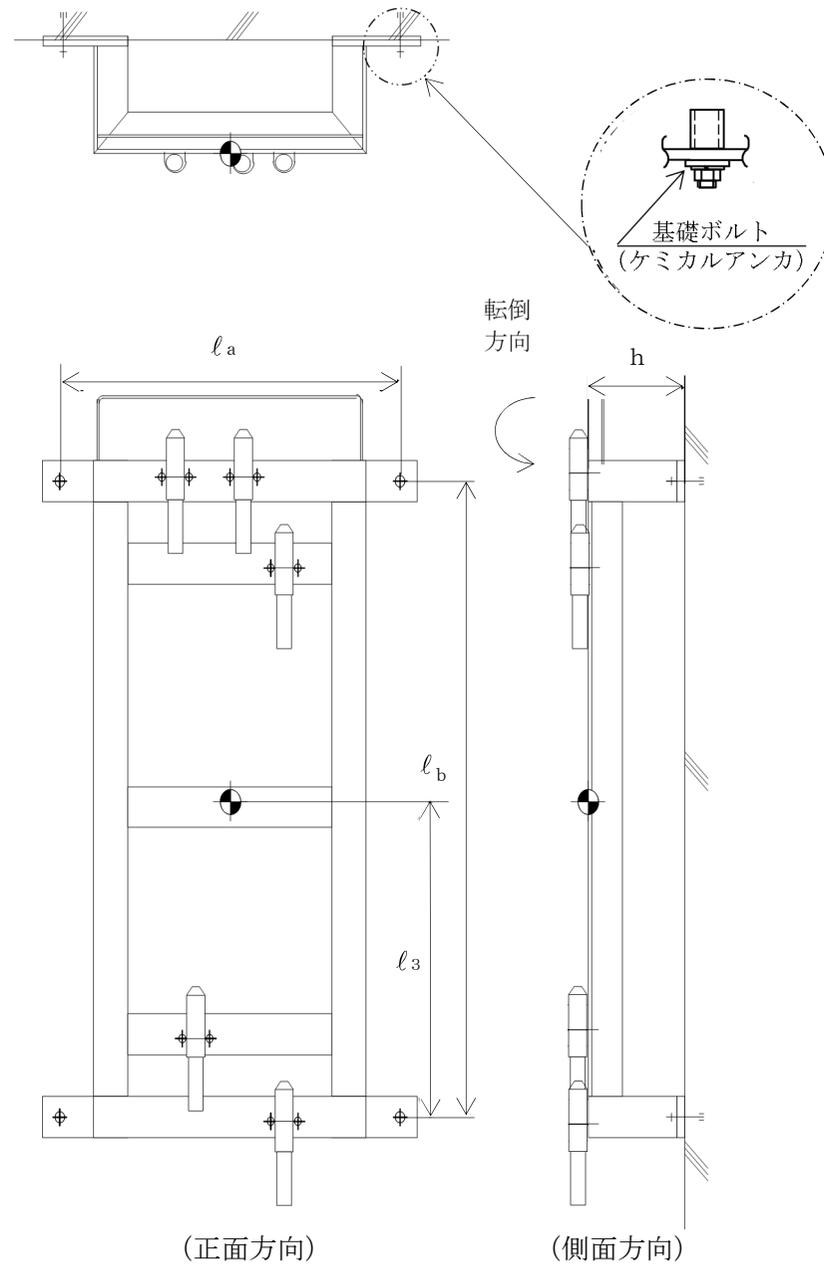
4.2 電氣的機能の評価結果

($\times 9.8\text{m/s}^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
地下水排水設備水位 (U61-LE-005B)	水平方向	0.73	<input type="text"/>
	鉛直方向	0.63	<input type="text"/>

注記*：基準地震動 S_s 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。



V-2-2-別添 1-3-5 サブドレン動力制御盤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
3. 固有周期	3
3.1 固有周期の確認	3
4. 構造強度評価	4
4.1 構造強度評価方法	4
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	4
4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	4
4.2.2 許容応力	4
4.2.3 使用材料の許容応力評価条件	4
4.3 計算条件	4
5. 機能維持評価	8
5.1 電氣的機能維持評価方法	8
6. 評価結果	9

1. 概要

5号機地下水排水設備は、建屋の耐震性を確保するため地下水位を建屋基礎スラブ底面レベル以深に維持する機能を有する。

5号機地下水排水設備の評価においては、V-2-1-1「耐震設計の基本方針」のうち、「10. 耐震計算の基本方針 10.1 建物・構築物」に基づき、基準地震動 S_s による地震力に対して機能を維持できることを確認する。

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、5号機地下水排水設備のうちサブドレン動力制御盤が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを説明するものである。

なお、サブドレン動力制御盤は、V-2-1-14「計算書作成の方法」に記載の壁掛形であるため、V-2-1-14「計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

サブドレン動力制御盤の構造計画を表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													
<p>サブドレン動力制御盤は、取付ボルトによりチャンネルベースに固定される。 チャンネルベースは、壁に基礎ボルトで設置される。</p>	<p>壁掛形 (鋼材及び鋼板を組み合わせた壁掛閉鎖型の盤)</p>	<p>【サブドレン動力制御盤】</p> <p>(正面方向)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>機器名称</th> <th>サブドレン動力制御盤 (H21-P573)</th> <th>サブドレン動力制御盤 (H21-P574)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>たて</td> <td>700</td> <td>700</td> </tr> <tr> <td>横</td> <td>1000</td> <td>1000</td> </tr> <tr> <td>高さ</td> <td>1650</td> <td>1650</td> </tr> </tbody> </table> <p>(側面方向)</p> <p>(単位：mm)</p>	機器名称	サブドレン動力制御盤 (H21-P573)	サブドレン動力制御盤 (H21-P574)	たて	700	700	横	1000	1000	高さ	1650	1650
機器名称	サブドレン動力制御盤 (H21-P573)	サブドレン動力制御盤 (H21-P574)												
たて	700	700												
横	1000	1000												
高さ	1650	1650												

3. 固有周期

3.1 固有周期の確認

振動試験装置により固有振動数を測定する。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。固有周期の確認結果を表3-1に示す。

表3-1 固有周期

(単位：s)

サブドレン動力制御盤 (H21-P573)	水平	0.05 以下
	鉛直	0.05 以下
サブドレン動力制御盤 (H21-P574)	水平	0.05 以下
	鉛直	0.05 以下

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

サブドレン動力制御盤の構造強度評価は、V-2-1-14「計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

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

サブドレン動力制御盤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

サブドレン動力制御盤の許容応力は、表 4-2 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

サブドレン動力制御盤の使用材料の許容応力評価に用いるものを表 4-3 に示す。

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【サブドレン動力制御盤(H21-P573)の耐震性についての計算結果】及び【サブドレン動力制御盤(H21-P574)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。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態

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
施設共通 (地震)	5号機地下水 排水設備	サブドレン動力制御盤	—	—*	$D + P_D + M_D + S_s$	IV_{AS}

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 許容応力

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 _A S	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$

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 4-3 使用材料の許容応力評価条件

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	SS400 (40mm<径)	周囲環境温度	40	215	400	—
取付ボルト	SS400 (40mm<径)	周囲環境温度	40	215	400	—

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

サブドレン動力制御盤の電氣的機能維持評価は、V-2-1-14「計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

サブドレン動力制御盤に設置される器具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、同形式の器具単体の正弦波加振試験において、電氣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 5-1 に示す。

表 5-1 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
サブドレン動力制御盤 (H21-P573)	水平	4.11
	鉛直	3.14
サブドレン動力制御盤 (H21-P574)	水平	4.11
	鉛直	3.14

6. 評価結果

サブドレン動力制御盤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氣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

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

K7 ① V-2-2-別添 1-3-5 R1

【サブドレン動力制御盤 (H21-P573) の耐震性についての計算結果】

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 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			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	
サブドレン動力制御盤 (H21-P573)	—	緊急時対策所 T.M.S.L. 12.3 (T.M.S.L. 20.3*)	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C _H =1.56	C _V =1.38	40

注記* : 基準床レベルを示す。

2. 機器要目

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)
基礎ボルト (i=1)	1036	370	20 (M20)	314.2	12	215 (40mm<径)	400 (40mm<径)
取付ボルト (i=2)	911	270	16 (M16)	201.1	16	215 (40mm<径)	400 (40mm<径)

部材	l _{1 i} * (mm)	l _{2 i} * (mm)	l _{3 i} * (mm)	n _{f v i} *	n _{f H i} *	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用 地震動 S _d 又は 静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	730	1460	960	2	4	—	258	—	側面方向
	730	1460	960	2	4				
取付ボルト (i=2)	725	1450	950	3	5	—	258	—	側面方向
	725	1450	950	3	5				

注記* : 各ボルトの機器要目における上段は正面方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は側面方向転倒に対する評価時の要目を示す。

3. 計算数値

3.1 ボルトに作用する力 (単位: N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用 地震動 S _d 又は 静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用 地震動 S _d 又は 静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	—	7.023×10 ³	—	2.890×10 ⁴
取付ボルト (i=2)	—	3.640×10 ³	—	2.541×10 ⁴

4. 結論

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 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			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	—	—	$\sigma_{b1}=23$	$f_{ts1}=154^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b1}=8$	$f_{sb1}=119$
取付ボルト (i=2)	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{b2}=19$	$f_{ts2}=193^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=8$	$f_{sb2}=148$

すべて許容応力以下である。

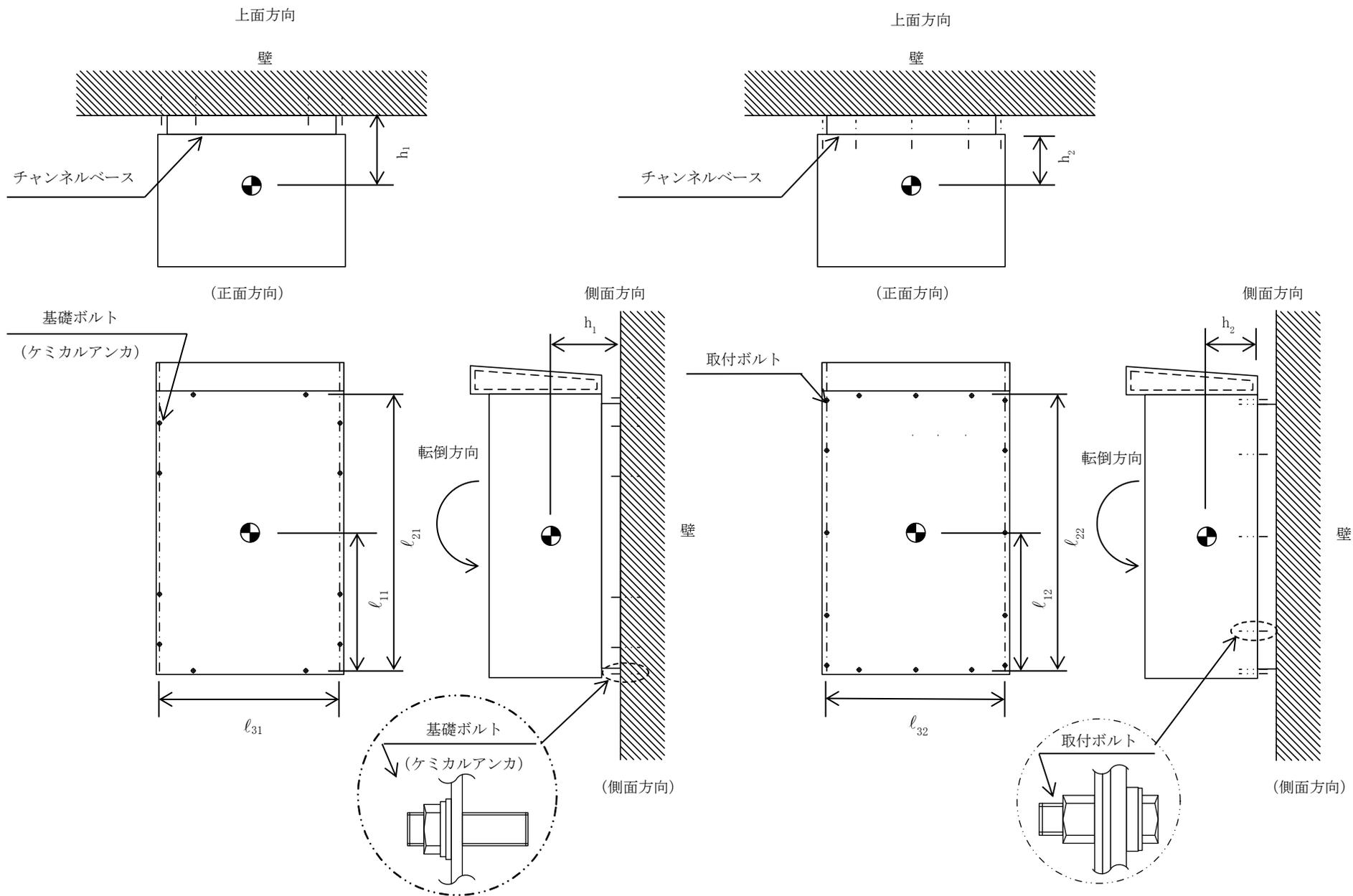
注記*: $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

4.2 電氣的機能の評価結果 (×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
サブドレン動力制御盤 (H21-P573)	水平方向	1.30	4.11
	鉛直方向	1.16	3.14

注記*: 基準地震動 S_s 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。



K7 ① V-2-2-別添 1-3-5 R1

【サブドレン動力制御盤 (H21-P574) の耐震性についての計算結果】

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 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			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	
サブドレン動力制御盤 (H21-P574)	—	緊急時対策所 T.M.S.L. 12.3 (T.M.S.L. 20.3*)	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C _H =1.56	C _V =1.38	40

注記* : 基準床レベルを示す。

2. 機器要目

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)
基礎ボルト (i = 1)	1036	370	20 (M20)	314.2	12	215 (40mm < 径)	400 (40mm < 径)
取付ボルト (i = 2)	911	270	16 (M16)	201.1	16	215 (40mm < 径)	400 (40mm < 径)

部材	ℓ _{1 i} * (mm)	ℓ _{2 i} * (mm)	ℓ _{3 i} * (mm)	n _{f v i} *	n _{f H i} *	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用 地震動 S _d 又は 静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i = 1)	730	1460	960	2	4	—	258	—	側面方向
	730	1460	960	2	4				
取付ボルト (i = 2)	725	1450	950	3	5	—	258	—	側面方向
	725	1450	950	3	5				

注記* : 各ボルトの機器要目における上段は正面方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は側面方向転倒に対する評価時の要目を示す。

3. 計算数値

3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用 地震動 S _d 又は 静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用 地震動 S _d 又は 静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	—	7.023×10 ³	—	2.890×10 ⁴
取付ボルト (i=2)	—	3.640×10 ³	—	2.541×10 ⁴

4. 結論

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 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			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	—	—	$\sigma_{b1}=23$	$f_{ts1}=154^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b1}=8$	$f_{sb1}=119$
取付ボルト (i=2)	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{b2}=19$	$f_{ts2}=193^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=8$	$f_{sb2}=148$

すべて許容応力以下である。

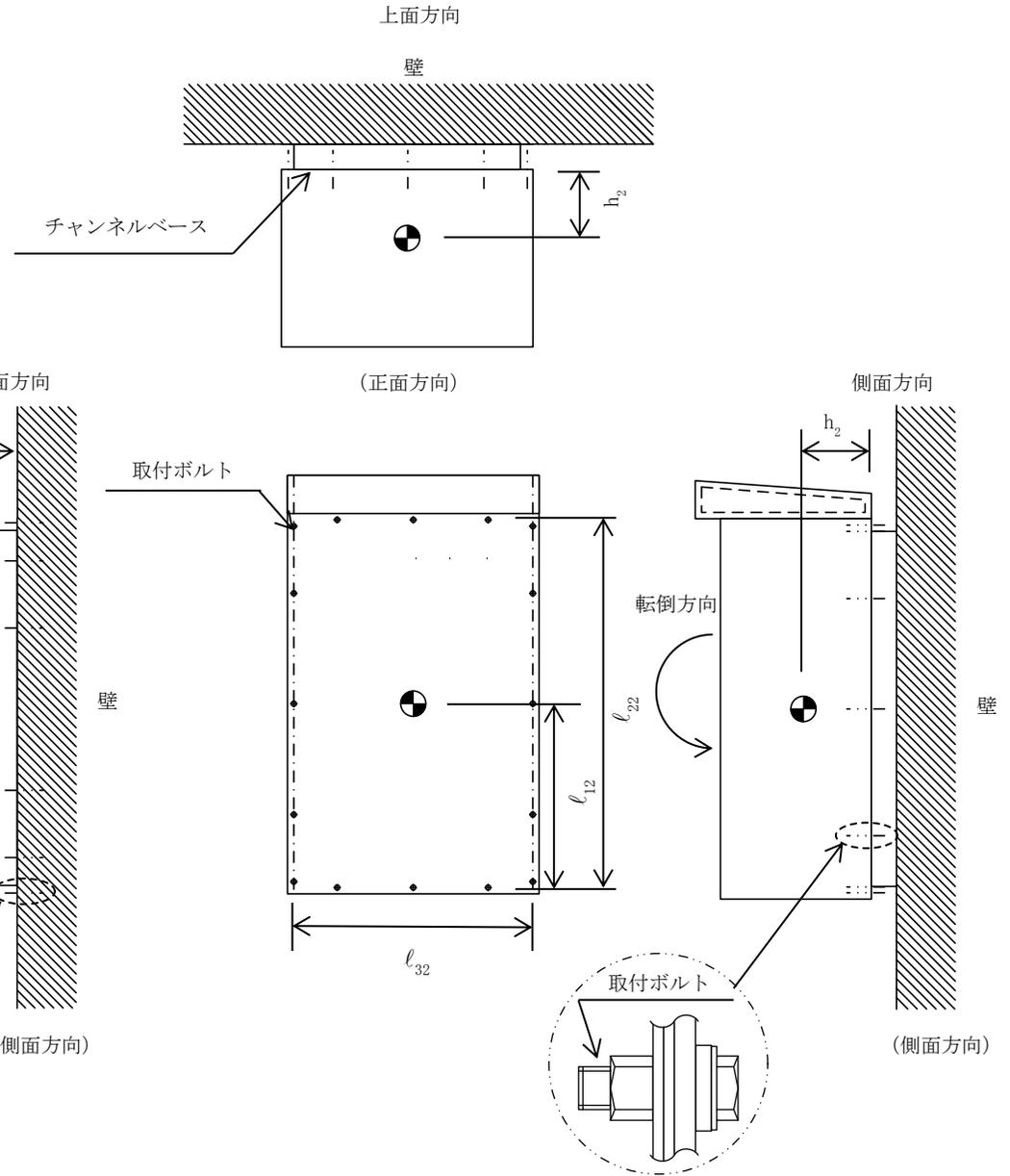
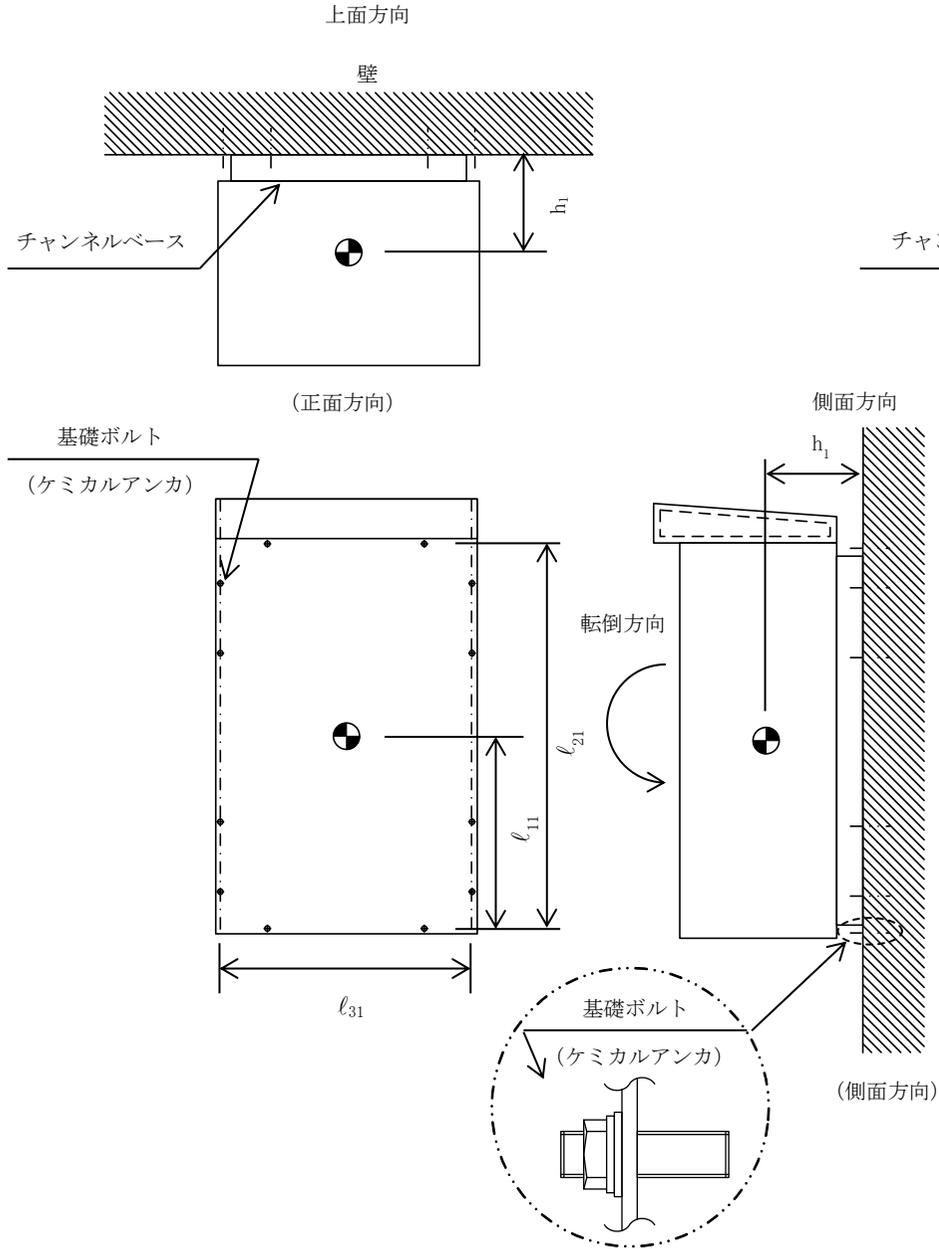
注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

4.2 電氣的機能の評価結果 (×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
サブドレン動力制御盤 (H21-P574)	水平方向	1.30	4.11
	鉛直方向	1.16	3.14

注記*：基準地震動 S_s 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。



V-2-2-別添 1-3-6 サブドレンシャフ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	6
2.4 適用規格・基準等	8
3. 応力解析による評価方法	9
3.1 評価対象部位及び評価方針	9
3.2 荷重及び荷重の組合せ	11
3.2.1 荷重	11
3.2.2 荷重の組合せ	11
3.3 許容限界	12
3.4 評価方法	13
3.4.1 応力解析方法	13
3.4.2 地震動の選定	17
3.4.3 地盤物性の不確かさを考慮した検討に用いる地震動	22
3.5 応力解析による最大応答値のまとめ	33
3.5.1 管軸方向断面の最大応答値	33
3.5.2 横断方向断面の最大応答値	33
4. 評価結果	34
4.1 管軸方向断面の評価結果	34
4.2 横断方向断面の評価結果	35

1. 概要

建屋評価における前提条件を満たすために、5号機地下水排水設備は、建屋の耐震性を確保するため地下水位を建屋基礎スラブ底面レベル以深に維持する機能を有する。

5号機地下水排水設備の評価においては、V-2-1-1「耐震設計の基本方針」のうち、「10. 耐震計算の基本方針 10.1 建物・構築物」に基づき、基準地震動 S_s による地震力に対して機能を維持できることを確認する。

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、5号機地下水排水設備のうちサブドレンシャフト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。

2. 基本方針

原子炉建屋地下水排水設備（以下「地下水排水設備」という。）は，建屋に対し耐震性を確保するため，地下水位を建屋基礎スラブ底面レベル以深に維持する機能を有し，基準地震動 S_s に対する機能維持を確認する必要があることから，地下水排水設備を構成するサブドレンシャフトについて基準地震動 S_s による地震力に対する評価を実施する。

2.1 位置

地下水排水設備の概略配置を図 2-1 に示す。

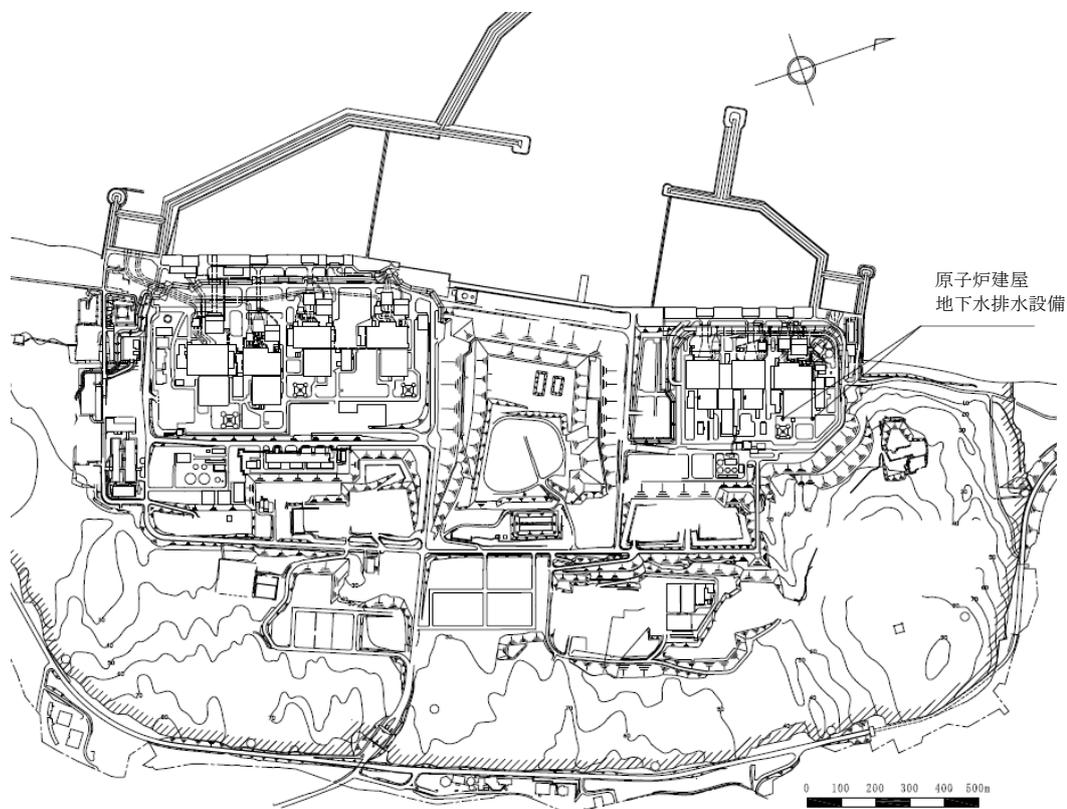


図 2-1 地下水排水設備の概略配置図

2.2 構造概要

原子炉建屋のサブドレンシャフトは、地下水排水設備の間接支持構造物となる。北側に2箇所、南側に2箇所設置し、原子炉建屋の四方隅角部付近に位置する。評価対象とするサブドレンシャフトは、外径 ϕ 1.6mの鋼管である。

地下水排水設備の評価対象配置図及び概略構成図を図2-2～図2-3に、原子炉建屋サブドレンシャフトの概略断面図を図2-4に示す。

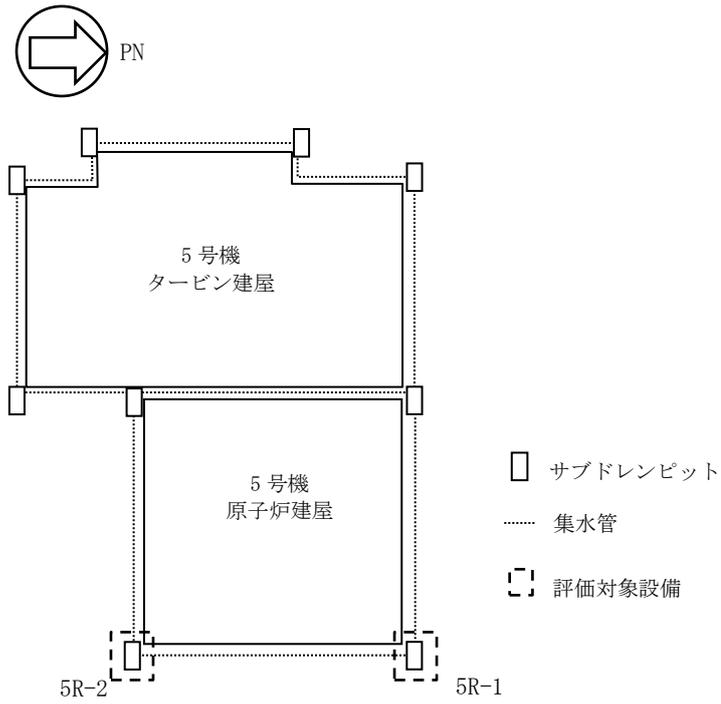


図 2-2 地下水排水設備の評価対象配置図

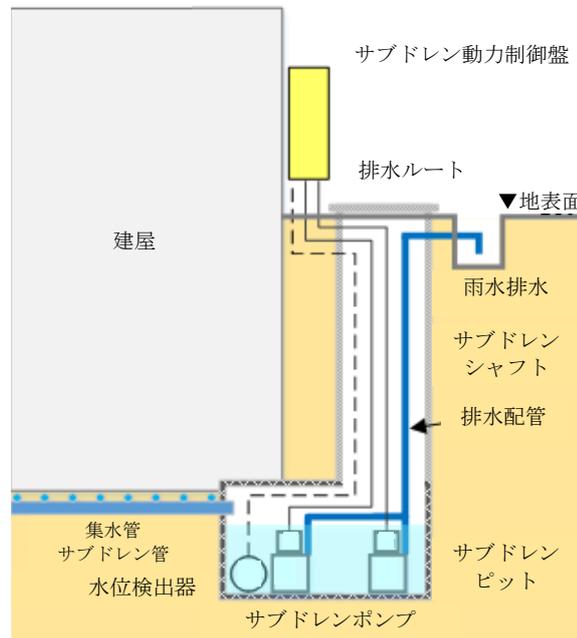
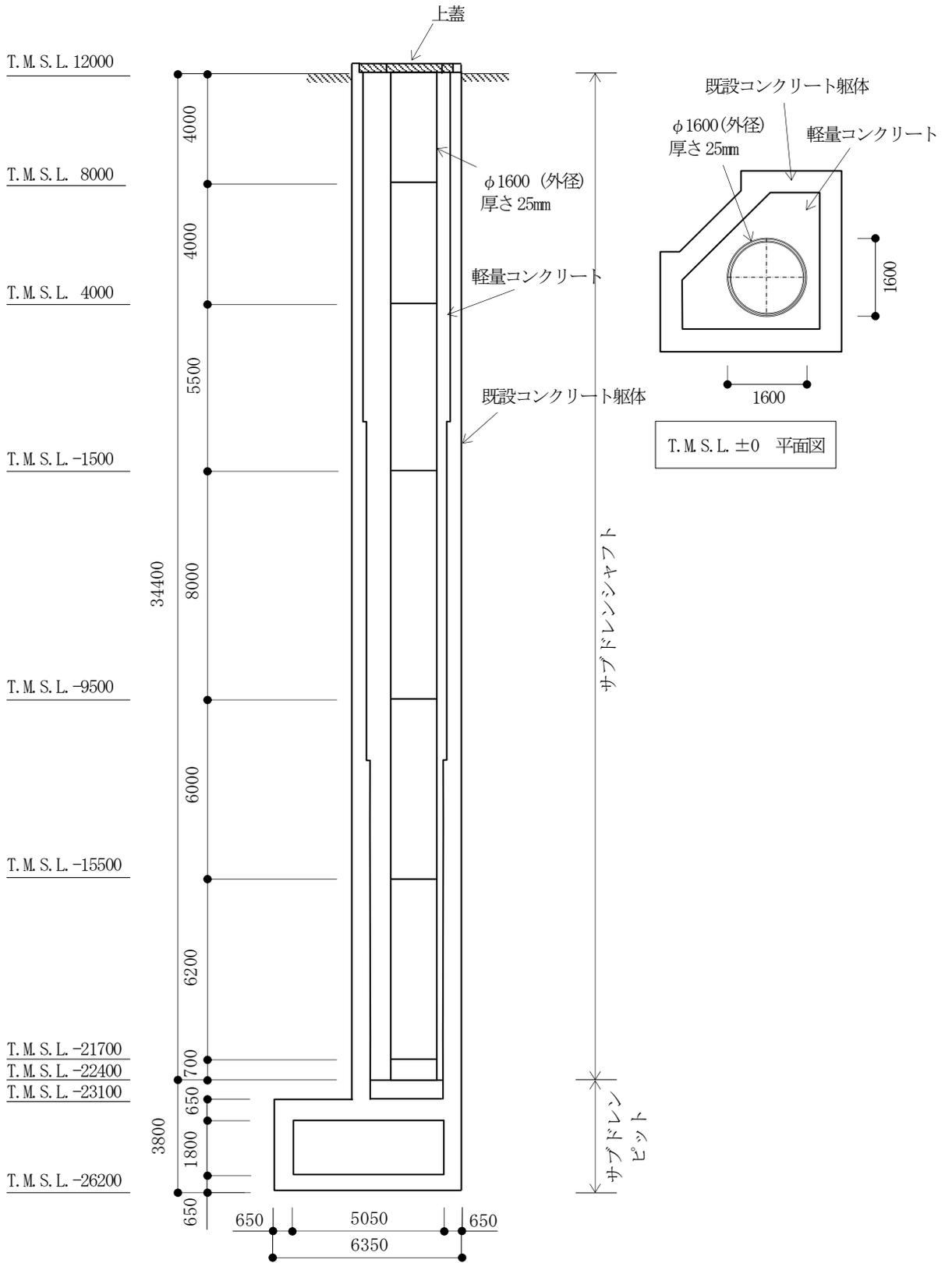


図 2-3 地下水排水設備の概略構成図



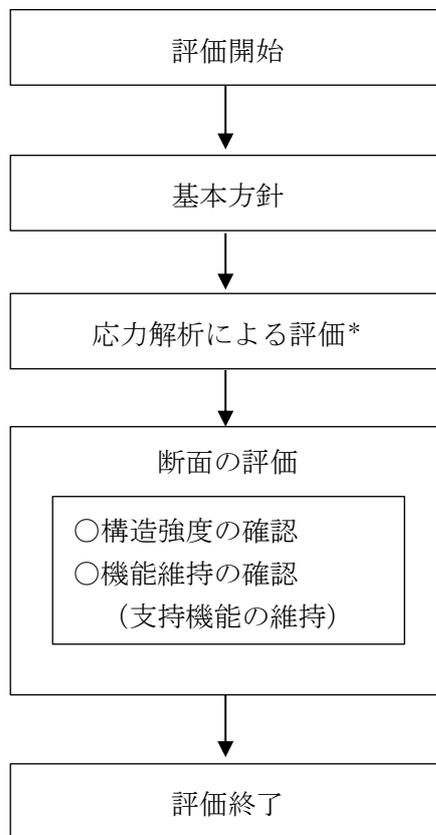
(単位 : mm)

図 2-4 原子炉建屋サブドレンシャフトの概略断面図

2.3 評価方針

サブドレンシャフトの評価は、V-2-1-1「耐震設計の基本方針」に基づき、応力解析による断面の評価を行うことで、地震時の構造強度及び機能維持の確認を行う。評価は、V-2-2-別添 1-3-1「地下水排水設備設置位置の地盤応答」の結果を踏まえたものとする。評価に当たっては地盤物性の不確かさを考慮する。

サブドレンシャフトの評価フローを図 2-5 に示す。



注記* : 地盤物性の不確かさを考慮する。

図 2-5 サブドレンシャフトの評価フロー

2.4 適用規格・基準等

サブドレンシャフトの評価において、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 J E A G 4 6 0 1 -1987 ((社) 日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1
・補-1984 ((社) 日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版 ((社) 日本電気協会)
- ・鋼構造設計規準 ー許容応力度設計法ー ((社) 日本建築学会, 2005改定)
(以下「S規準」という。)
- ・道路橋示方書 (I共通編・IV下部構造編)・同解説 ((社) 日本道路協会, 2002)
- ・建築構造用高性能590N/mm² (SA440) 設計・溶接施工指針 ((社) 日本鉄鋼連盟高性能鋼
利用技術小委員会, 2004)

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

応力解析による評価対象部位はサブドレンシャフトとする。管軸方向（鉛直断面）の検討では線形はり-地盤ばねモデルによる応答変位法解析を実施し、横断方向（水平断面）の検討では線形はりモデルによる静的解析を行う。

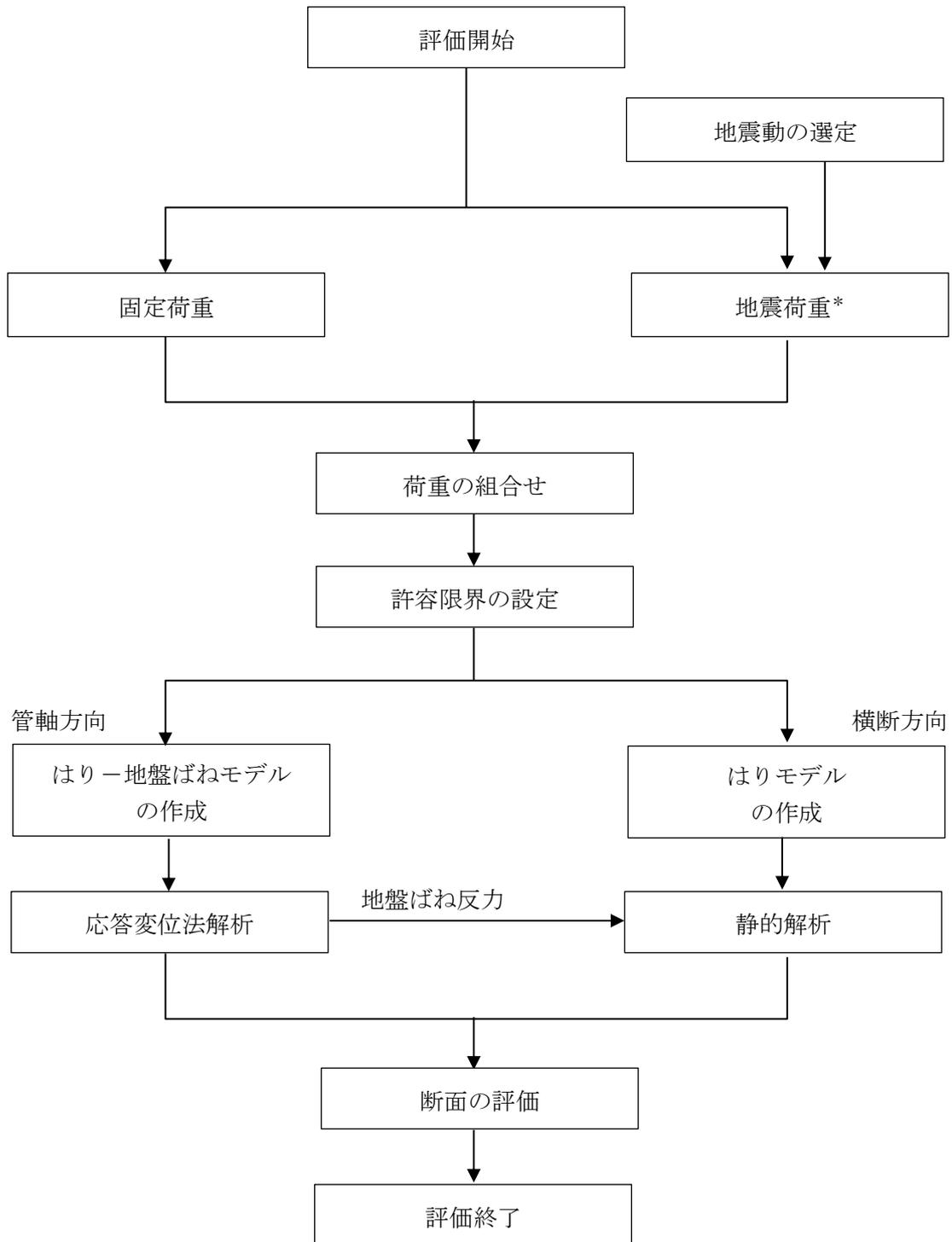
応力解析にあたっては、地盤応答解析による結果を用いて地震荷重を設定する。

地震荷重と地震荷重以外の荷重の組合せの結果、発生する応力が「S規準」に基づき設定した許容限界を超えないことを確認する。許容応力度の評価は、鋼構造計算基準に基づいて曲げ及び圧縮応力度の組合せ及びせん断力について評価を行う。

応力解析によるサブドレンシャフトの評価フローを図 3-1 に示す。

地震動の選定については、地盤物性の不確かさを考慮するものとし、建屋及び基準地震動 S_s ごとの基本ケースにおける応答結果を確認したうえで、応答結果の大きい波に対して検討を実施する。

サブドレンシャフトは、鋼材の腐食対策として、外面に軽量コンクリート、内面にタールエポキシ樹脂系塗料を施すものとし、設計において腐食代は考慮しないものとする。



注記* : 地盤剛性の $\pm\sigma$ を考慮した地震荷重とする。

図 3-1 応力解析によるサブドレンシャフトの評価フロー

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 (G)

固定荷重として、サブドレンシャフトの管体の自重を考慮する。

(2) 地震荷重 (S_s)

地震力は、基準地震動 S_s に対する地盤応答より算定される動的地震力に地盤物性の不確かさを考慮して設定する。

管軸方向の地震荷重は、基準地震動 S_s に対する地盤の時刻歴応答変位を地震力として設定する。また、鉛直荷重は、地表面での鉛直方向最大応答加速度より算定される鉛直震度とする。

横断方向の地震荷重は、サブドレンシャフトの周辺の地盤に発生する最大水平変位による地盤ばね反力より算定される地震時増分土圧と地震時静止土圧を加算して算定される地震時土圧を考慮する。

なお、管軸方向と横断方向の地震荷重の組合せは、各断面方向の地震荷重による断面内の最大応力発生位置が異なるため、地震荷重の組合せは行わない。各断面方向の地震荷重によるサブドレンシャフト断面内の最大応力発生位置を図 3-2 に示す。

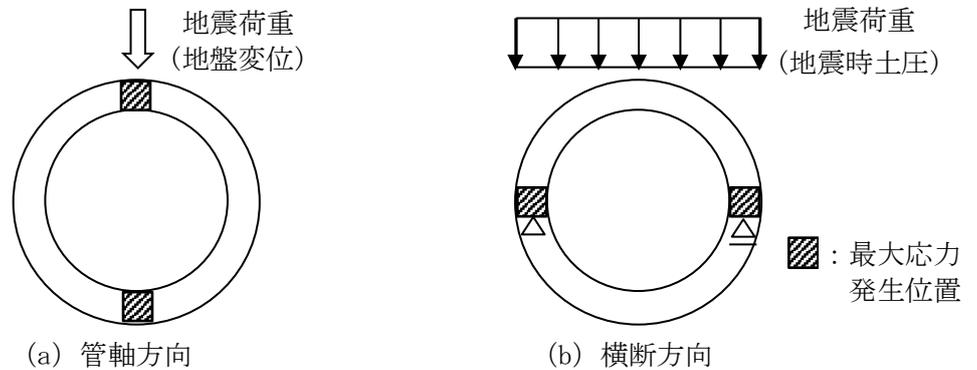


図 3-2 サブドレンシャフト断面内の最大応力発生位置

3.2.2 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 3-1 に示す。

表 3-1 荷重の組合せ

荷重状態	荷重の組合せ
S _s 地震時	G + S _s

G : 固定荷重

S_s : 基準地震動 S_s による地震荷重

3.3 許容限界

応力解析による評価におけるサブドレンシャフトの許容限界は、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及び機能維持の基本方針に基づき、表 3-2 のとおり設定する。また、鋼管の弾性限強度を表 3-3 に示す。

表 3-2 応力解析による評価における許容限界

要求機能	機能設計上の性能目標	地震力	部位	機能維持のための考え方	許容限界
—	構造強度を有すること	基準地震動 S _s	サブドレンシャフト	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	「S規準」に基づく弾性限強度
支持機能	機器・配管系等の設備を支持する機能を損なわないこと	基準地震動 S _s	サブドレンシャフト	部材に生じる応力が支持機能を維持するための許容限界を超えないことを確認	「S規準」に基づく弾性限強度

表 3-3 鋼管の弾性限強度

(単位：N/mm²)

材 料	板 厚	F 値	弾性限強度* ¹		
			圧縮 引張	曲げ	せん断
SA440	t ≤ 40mm	440	440	440 (507)* ²	254

注記*¹ : 短期許容応力度の1.0倍の値を示す。なお、圧縮の弾性限強度は上限値であり、座屈長さ等を勘案して設定する。

*² : () の数値は、面外に曲げを受ける場合の弾性限強度を示す。

3.4 評価方法

3.4.1 応力解析方法

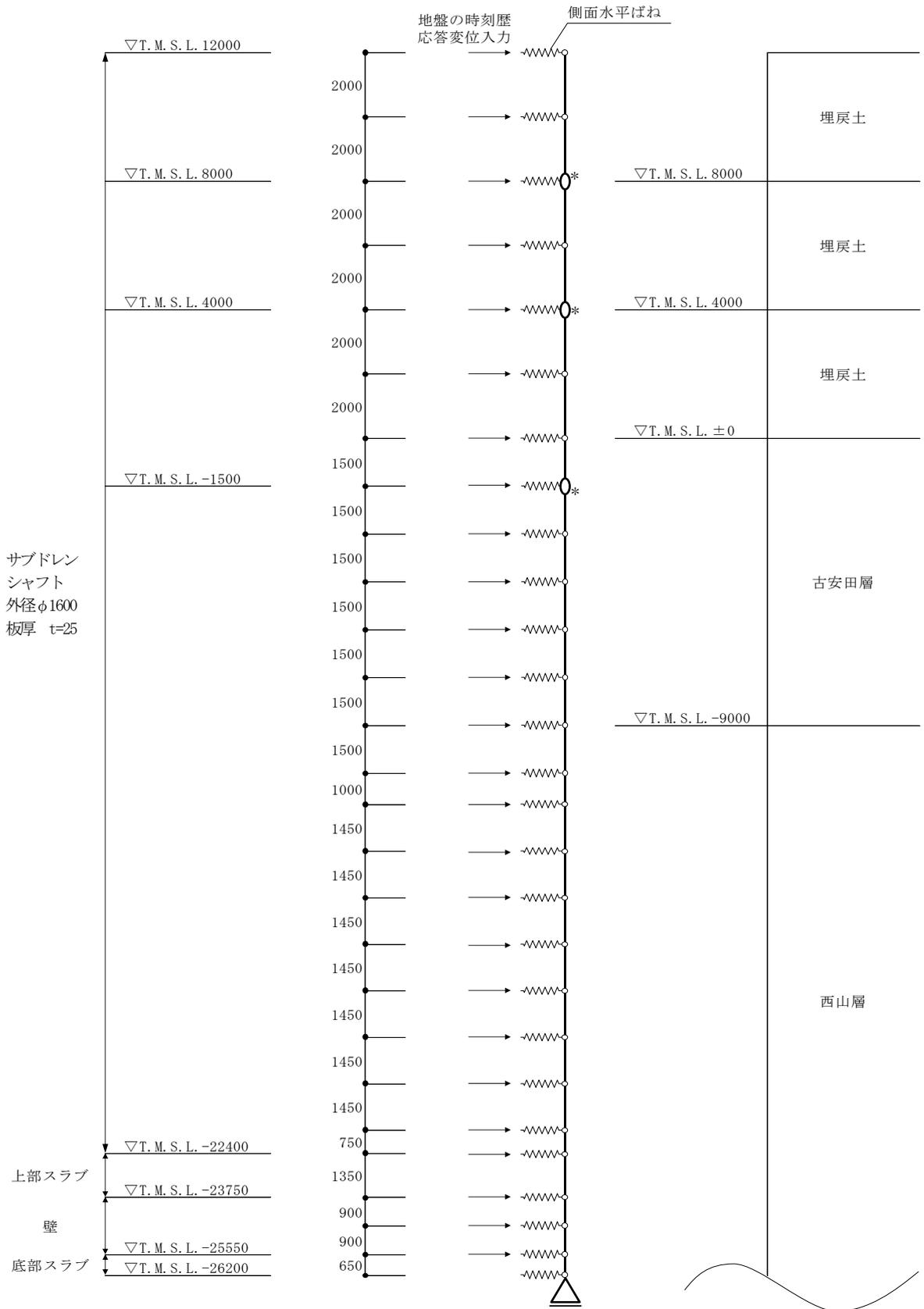
サブドレンシャフトの応力解析においては、管軸方向断面（鉛直断面）と横断方向断面（水平断面）について評価を行う。

(1) 管軸方向断面の応力解析

サブドレンシャフトの管軸方向断面（鉛直断面）の応力解析は、上述の地震応答解析で得られる地盤変位を用いた応答変位法を用いる。サブドレンシャフトは線形はり要素としてモデル化し、地盤は「道路橋示方書（I 共通編・IV下部構造編）」に基づき、地盤ばねでモデル化する。応答変位法では、水平方向の地盤ばねを介して地盤の応答変位を時々刻々作用させ、地震時応力を算出する。

図 3-3 に解析モデルを示す。サブドレンシャフトは、曲げ及びせん断剛性を考慮した線形はり要素とする。サブドレンシャフトを構成する鋼管の断面性能を表 3-4 に示し、サブドレンピットの断面性能を表 3-5 に示す。また、サブドレンシャフト及びピットの物性値を表 3-6 に示す。

解析には解析コード「NUPP4」を用いる。



注記* : 縦方向ルーズホールによるピン接合を示す。

(単位 : mm)

図 3-3 管軸方向断面の応力解析モデル

表 3-4 原子炉建屋サブドレンシャフトの断面性能

標高 T. M. S. L. (m)	呼び径 (mm)	内径 (mm)	厚さ (mm)	断面 2 次 モーメント (m ⁴)	せん断断面積 (m ²)
12.0 ~ -22.4	1600	1550	25	0.0384	0.0620

表 3-5 原子炉建屋サブドレンピットの断面性能

部位	標高 T. M. S. L. (m)	断面 2 次 モーメント (m ⁴)		せん断断面積 (m ²)	
		NS	EW	NS	EW
上部スラブ	-22.40 ~ -23.75	42.0	14.3	14.3	14.3
壁	-23.75 ~ -25.55	43.4	11.6	7.54	3.74
底部スラブ	-25.55 ~ -26.20	42.0	14.3	14.3	14.3

表 3-6 サブドレンシャフト及びピットの物性値

部位	材料	ヤング係数 (N/mm ²)	ポアソン比
シャフト	鋼管 : SA440	2.05×10^5	0.3
ピット	コンクリート : $F_c = 23.5$ (N/mm ²) [$F_c = 240$ kgf/cm ²]*	2.25×10^4	0.2

注記* : []内は従来標記を示す。

(2) 横断方向断面の応力解析

サブドレンシャフトの横断方向断面（水平断面）の応力解析は、管軸方向断面の応力解析において、はり要素の節点位置に取付けた地盤ばね要素の反力を、地盤ばね要素の支配面積で除した地震時増分土圧に、地震時静止土圧を加算して算定される地震時土圧を設定した静的解析とする。構造部材は円形状にモデル化した線形はり要素とし、「道路橋示方書（I 共通編・IV 下部構造編）」のケーソン基礎の設計における地震時の荷重状態に倣って地震時土圧を静的に載荷して、地震時の最大曲げモーメントを算出する。

図 3-4 に解析モデルを示す。

解析には解析コード「KANSAS 2」を用いる。

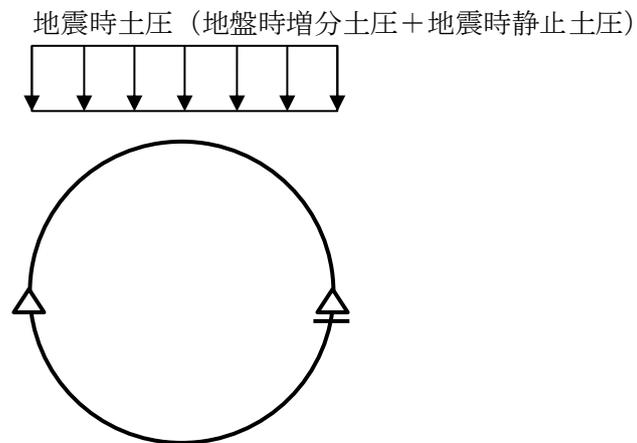


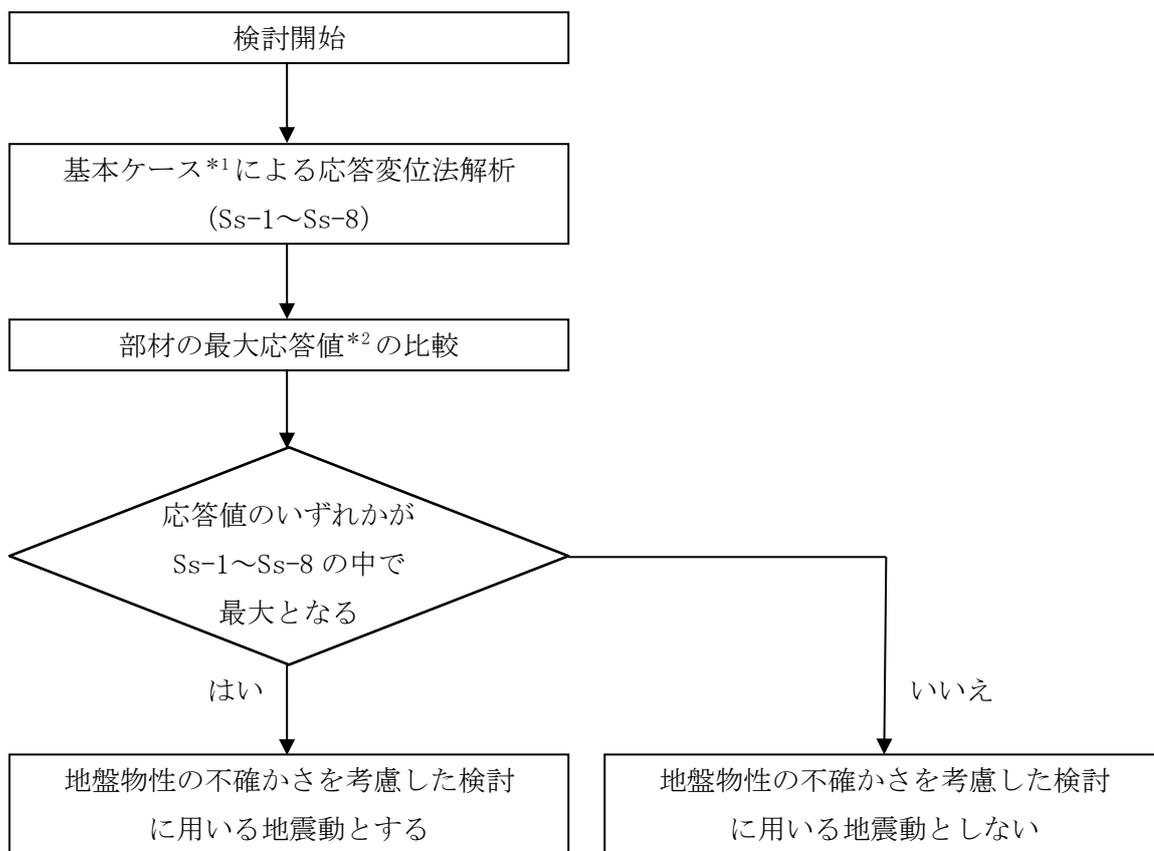
図 3-4 横断方向断面の応力解析モデル

3.4.2 地震動の選定

地盤物性の不確かさを考慮した検討に用いる地震動の選定方法について、基本ケースでの応答変位法解析結果より、最大応答値の比較を行う。ここで用いる応答値は、曲げモーメント、せん断力、せん断ひずみとする。応答値のいずれかが最大となる波を、地盤物性の不確かさを考慮した検討に用いる地震動とする。

地震動の選定フローを図3-4に示す。

応答変位法解析結果より確認した最大応答値を表3-7～表3-12に示す。



注記*1 : 地盤のせん断波速度：標準地盤

*2 : 応答値は、曲げモーメント、せん断力及びせん断ひずみとする。

図3-4 地震動の選定フロー

表 3-7 原子炉建屋 最大応答曲げモーメント一覧表 (標準地盤, NS 方向)

部位	標高 T. M. S. L. (m)	最大応答曲げモーメント ($\times 10^2$ kN・m)								
		Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	最大値
シャフト 板厚25mm	12.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	10.0	36.2	30.3	36.4	17.9	16.2	18.7	12.6	41.8	41.8
	8.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	6.0	43.3	37.8	53.4	25.5	23.4	27.1	19.4	57.0	57.0
	4.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2.0	9.11	9.49	10.5	5.03	3.43	5.17	3.44	10.7	10.7
	0.0	38.0	33.0	42.8	20.9	18.6	21.7	15.2	47.1	47.1
	-1.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	-3.0	63.5	53.3	70.8	33.2	31.1	35.2	25.3	74.9	74.9
	-4.5	61.9	51.7	68.4	31.5	29.3	33.6	23.9	70.7	70.7
	-6.0	42.7	35.0	47.3	21.4	20.0	23.1	16.4	47.5	47.5
	-7.5	26.7	19.9	30.3	13.7	13.4	15.2	11.1	29.2	30.3
	-9.0	22.3	14.3	21.8	10.2	10.4	11.5	9.60	18.9	22.3
	-10.5	11.5	7.68	10.6	4.86	5.08	5.50	4.87	8.07	11.5
	-11.5	5.92	4.20	5.26	2.35	2.52	2.68	2.44	3.61	5.92
	-12.95	2.05	1.74	1.62	0.799	0.973	0.832	0.932	1.16	2.05
	-14.4	2.43	1.66	2.25	0.953	1.01	1.03	0.924	1.74	2.43
	-15.85	2.58	1.85	2.59	1.09	1.05	1.18	0.980	2.02	2.59
	-17.3	2.65	1.89	2.51	1.05	1.06	1.14	0.994	2.07	2.65
	-18.75	2.66	1.94	2.51	1.06	1.08	1.15	1.01	2.09	2.66
-20.2	2.92	2.16	2.77	1.14	1.19	1.24	1.10	2.40	2.92	
-21.65	3.38	2.55	3.26	1.35	1.39	1.47	1.33	2.89	3.38	
-22.4	3.56	2.72	3.47	1.46	1.48	1.58	1.44	3.12	3.56	
ビット	-23.75	3.17	2.51	3.18	1.37	1.37	1.49	1.37	2.92	3.18
	-24.65	2.05	1.67	2.10	0.909	0.913	0.984	0.909	1.94	2.10
	-25.55	0.619	0.516	0.644	0.282	0.285	0.305	0.283	0.603	0.644
	-26.2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

注：網掛け部分は最大値を示す。

表 3-8 原子炉建屋 最大応答せん断力一覧表 (標準地盤, NS 方向)

部位	標高 T. M. S. L. (m)	最大応答せん断力 ($\times 10^2$ kN)								
		Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	最大値
シャフト 板厚25mm	12.0									
	10.0	18.1	15.2	18.2	8.95	8.08	9.33	6.29	20.9	20.9
	8.0	18.1	15.2	18.2	8.95	8.08	9.33	6.29	20.9	20.9
	6.0	21.7	18.9	26.7	12.8	11.7	13.6	9.68	28.5	28.5
	4.0	21.7	18.9	26.7	12.8	11.7	13.6	9.68	28.5	28.5
	2.0	4.56	4.75	5.25	2.52	1.72	2.59	1.72	5.33	5.33
	0.0	15.2	12.3	16.5	8.02	8.36	8.83	6.98	18.2	18.2
	-1.5	25.3	22.0	28.5	14.0	12.4	14.5	10.1	31.4	31.4
	-3.0	42.4	35.5	47.2	22.1	20.7	23.5	16.9	50.0	50.0
	-4.5	1.79	1.12	2.04	1.18	1.21	1.20	1.10	2.83	2.83
	-6.0	12.9	11.2	14.3	6.80	6.18	7.00	5.01	15.5	15.5
	-7.5	11.7	10.5	12.0	5.61	4.56	5.68	3.99	12.3	12.3
	-9.0	9.51	7.28	7.17	3.36	2.73	3.78	2.66	7.51	9.51
	-10.5	7.25	4.63	7.61	3.58	3.59	4.01	3.16	7.23	7.61
	-11.5	5.51	3.48	5.33	2.53	2.57	2.82	2.46	4.48	5.51
	-12.95	3.16	2.05	3.11	1.39	1.41	1.52	1.42	2.15	3.16
	-14.4	1.30	0.774	1.17	0.504	0.505	0.542	0.524	0.680	1.30
	-15.85	0.430	0.184	0.289	0.123	0.109	0.124	0.108	0.259	0.430
	-17.3	0.208	0.145	0.159	0.0723	0.0653	0.0730	0.0613	0.114	0.208
	-18.75	0.261	0.190	0.174	0.0927	0.0864	0.0996	0.0895	0.115	0.261
-20.2	0.295	0.248	0.244	0.123	0.115	0.125	0.129	0.216	0.295	
-21.65	0.385	0.340	0.347	0.162	0.176	0.174	0.181	0.354	0.385	
-22.4	0.341	0.295	0.296	0.150	0.159	0.160	0.157	0.317	0.341	
ビット	-23.75	0.335	0.180	0.252	0.0972	0.106	0.106	0.0983	0.200	0.335
	-24.65	1.25	0.949	1.21	0.511	0.519	0.554	0.507	1.10	1.25
	-25.55	1.59	1.28	1.61	0.698	0.698	0.755	0.696	1.49	1.61
	-26.2	0.952	0.794	0.990	0.434	0.438	0.469	0.435	0.928	0.990

注：網掛け部分は最大値を示す。

表 3-9 原子炉建屋 最大応答せん断ひずみ一覧表 (標準地盤, NS 方向)

部位	標高 T. M. S. L. (m)	最大応答せん断ひずみ ($\times 10^{-3}$)								
		Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	最大値
ビット 壁	-23.75~ -25.55	0.00225	0.00181	0.00228	0.000986	0.000987	0.00107	0.000984	0.00210	0.00228

注：網掛け部分は最大値を示す。

表 3-10 原子炉建屋 最大応答曲げモーメント一覧表 (標準地盤, EW 方向)

部位	標高 T. M. S. L. (m)	最大応答曲げモーメント ($\times 10^2$ kN・m)								
		Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	最大値
シャフト 板厚25mm	12.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	10.0	36.2	45.4	36.4	28.6	28.8	31.1	24.4	41.8	45.4
	8.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	6.0	43.3	59.1	53.4	42.4	38.8	46.2	34.4	57.0	59.1
	4.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2.0	9.11	11.6	10.5	6.94	6.72	7.73	7.34	10.7	11.6
	0.0	38.0	49.8	42.8	33.9	32.4	36.9	28.8	47.1	49.8
	-1.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	-3.0	63.5	81.9	70.8	55.1	52.3	60.1	45.5	74.9	81.9
	-4.5	61.9	79.1	68.4	52.6	49.6	57.6	43.3	70.7	79.1
	-6.0	42.7	53.8	47.3	35.8	33.6	39.4	29.3	47.5	53.8
	-7.5	26.7	31.5	30.3	22.1	20.6	24.3	17.6	29.2	31.5
	-9.0	22.3	21.4	21.8	16.4	14.4	18.1	12.7	18.9	22.3
	-10.5	11.5	11.3	10.6	8.38	7.33	8.68	6.18	8.07	11.5
	-11.5	5.92	6.06	5.26	4.64	3.73	4.68	3.14	3.61	6.06
	-12.95	2.05	2.34	1.62	1.53	1.28	1.54	1.49	1.16	2.34
	-14.4	2.43	2.99	2.25	1.47	1.57	1.73	1.85	1.74	2.99
	-15.85	2.58	3.20	2.59	1.57	1.76	1.84	2.03	2.01	3.20
	-17.3	2.65	3.20	2.50	1.64	1.81	1.90	2.07	2.07	3.20
-18.75	2.65	3.27	2.49	1.76	1.94	2.03	2.18	2.08	3.27	
-20.2	2.92	3.56	2.77	2.04	2.26	2.36	2.51	2.39	3.56	
-21.65	3.45	4.20	3.33	2.56	2.83	2.94	3.13	2.95	4.20	
-22.4	3.72	4.58	3.65	2.85	3.14	3.27	3.48	3.26	4.58	
ビット	-23.75	3.58	4.54	3.62	2.93	3.22	3.33	3.55	3.31	4.54
	-24.65	2.40	3.09	2.47	2.03	2.24	2.30	2.46	2.29	3.09
	-25.55	0.752	0.986	0.791	0.656	0.724	0.742	0.796	0.739	0.986
	-26.2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

注：網掛け部分は最大値を示す。

表 3-11 原子炉建屋 最大応答せん断力一覧表 (標準地盤, EW 方向)

部位	標高 T. M. S. L. (m)	最大応答せん断力 ($\times 10^2$ kN)								
		Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	最大値
シャフト 板厚25mm	12.0									
	10.0	18.1	22.7	18.2	14.3	14.4	15.6	12.2	20.9	22.7
	8.0	18.1	22.7	18.2	14.3	14.4	15.6	12.2	20.9	22.7
	6.0	21.7	29.6	26.7	21.2	19.4	23.1	17.2	28.5	29.6
	4.0	21.7	29.6	26.7	21.2	19.4	23.1	17.2	28.5	29.6
	2.0	4.56	5.78	5.25	3.47	3.36	3.87	3.67	5.33	5.78
	0.0	15.2	19.2	16.5	13.7	13.0	14.9	11.3	18.2	19.2
	-1.5	25.3	33.2	28.5	22.6	21.6	24.6	19.2	31.4	33.2
	-3.0	42.4	54.6	47.2	36.8	34.9	40.1	30.3	50.0	54.6
	-4.5	1.79	1.91	2.04	1.94	1.82	1.93	1.59	2.83	2.83
	-6.0	12.9	16.9	14.3	11.2	10.8	12.2	9.33	15.5	16.9
	-7.5	11.7	14.9	12.0	9.14	8.73	10.5	7.84	12.3	14.9
	-9.0	9.51	9.65	7.17	5.45	5.12	6.69	4.86	7.51	9.65
	-10.5	7.25	7.28	7.61	5.66	5.06	6.24	4.30	7.23	7.61
	-11.5	5.51	5.20	5.33	4.24	3.60	4.52	3.31	4.48	5.51
	-12.95	3.16	2.98	3.11	2.40	2.14	2.52	1.92	2.15	3.16
	-14.4	1.30	1.14	1.17	0.898	0.838	0.929	0.791	0.680	1.30
	-15.85	0.428	0.352	0.287	0.206	0.199	0.211	0.193	0.257	0.428
	-17.3	0.206	0.201	0.157	0.122	0.0975	0.141	0.107	0.110	0.206
	-18.75	0.261	0.255	0.172	0.151	0.152	0.164	0.152	0.112	0.261
-20.2	0.303	0.335	0.251	0.218	0.236	0.243	0.271	0.223	0.335	
-21.65	0.430	0.492	0.397	0.359	0.403	0.413	0.449	0.400	0.492	
-22.4	0.463	0.523	0.418	0.390	0.436	0.445	0.482	0.434	0.523	
ビット	-23.75	0.281	0.195	0.155	0.129	0.128	0.128	0.127	0.0952	0.281
	-24.65	1.31	1.61	1.28	1.00	1.11	1.15	1.23	1.15	1.61
	-25.55	1.83	2.34	1.87	1.52	1.68	1.73	1.85	1.72	2.34
	-26.2	1.16	1.52	1.22	1.01	1.12	1.15	1.23	1.14	1.52

注：網掛け部分は最大値を示す。

表 3-12 原子炉建屋 最大応答せん断ひずみ一覧表 (標準地盤, EW 方向)

部位	標高 T. M. S. L. (m)	最大応答せん断ひずみ ($\times 10^{-3}$)								
		Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	最大値
ビット 壁	-23.75~ -25.55	0.00520	0.00666	0.00531	0.00434	0.00478	0.00493	0.00525	0.00490	0.00666

注：網掛け部分は最大値を示す。

3.4.3 地盤物性の不確かさを考慮した検討に用いる地震動

サブドレンシャフトの地盤物性の不確かさを考慮した検討に用いる地震動の算定結果を表 3-13 に示し、算定した地震動での応力解析値一覧を表 3-14～表 3-25、応力解析値の分布図を図 3-5～図 3-7 に示す。

表 3-13 地盤物性の不確かさを考慮した検討に用いる地震動

建屋名	地盤物性の不確かさを考慮した検討に用いる地震動
	基準地震動 S_s
原子炉建屋 サブドレンシャフト	S_{s-1} , S_{s-2} , S_{s-3} , S_{s-8}

表 3-14 原子炉建屋 最大応答曲げモーメント一覧表 (地盤剛性+σ, NS 方向)

部位	標高 T. M. S. L. (m)	最大応答曲げモーメント (×10 ² kN・m)				
		Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-8	最大値
シャフト 板厚25mm	12.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	10.0	28.6	25.2	21.3	32.5	32.5
	8.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	6.0	48.7	38.7	41.0	57.8	57.8
	4.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2.0	9.67	10.2	9.71	11.4	11.4
	0.0	38.5	31.9	32.7	45.4	45.4
	-1.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	-3.0	56.7	46.9	45.5	66.1	66.1
	-4.5	51.9	43.1	41.2	60.2	60.2
	-6.0	34.4	28.3	27.0	39.9	39.9
	-7.5	21.6	17.7	17.8	26.9	26.9
	-9.0	17.7	15.8	15.6	22.2	22.2
	-10.5	8.88	8.31	8.01	10.6	10.6
	-11.5	4.47	4.48	4.33	5.17	5.17
	-12.95	1.97	1.41	1.45	1.25	1.97
	-14.4	2.04	1.39	1.76	0.993	2.04
	-15.85	2.16	1.45	1.96	1.15	2.16
	-17.3	2.10	1.39	1.95	1.16	2.10
	-18.75	2.15	1.37	1.98	1.17	2.15
-20.2	2.35	1.55	2.23	1.27	2.35	
-21.65	2.83	1.97	2.75	1.54	2.83	
-22.4	3.12	2.19	3.02	1.69	3.12	
ピット	-23.75	3.07	2.19	2.98	1.66	3.07
	-24.65	2.08	1.50	2.02	1.14	2.08
	-25.55	0.650	0.472	0.635	0.358	0.650
	-26.2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

注：網掛け部分は最大値を示す。

表 3-15 原子炉建屋 最大応答せん断力一覧表 (地盤剛性+σ, NS 方向)

部位	標高 T. M. S. L. (m)	最大応答せん断力 ($\times 10^2$ kN)				
		Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-8	最大値
シャフト 板厚25mm	12.0					
	10.0	14.3	12.6	10.7	16.3	16.3
	8.0	14.3	12.6	10.7	16.3	16.3
	6.0	24.4	19.4	20.5	28.9	28.9
	4.0	24.4	19.4	20.5	28.9	28.9
	2.0	4.84	5.10	4.86	5.67	5.67
	0.0	15.3	12.2	11.9	17.1	17.1
	-1.5	25.7	21.3	21.8	30.3	30.3
	-3.0	37.8	31.3	30.3	44.1	44.1
	-4.5	3.51	2.89	3.10	4.03	4.03
	-6.0	11.8	9.85	9.45	13.5	13.5
	-7.5	8.91	8.00	6.72	8.87	8.91
	-9.0	5.65	5.59	3.25	4.77	5.65
	-10.5	5.99	4.95	5.02	7.71	7.71
	-11.5	4.41	3.88	3.78	5.45	5.45
	-12.95	2.45	2.18	2.16	2.86	2.86
	-14.4	0.887	0.752	0.794	0.985	0.985
	-15.85	0.271	0.119	0.189	0.205	0.271
	-17.3	0.152	0.102	0.120	0.0825	0.152
	-18.75	0.195	0.146	0.146	0.101	0.195
-20.2	0.251	0.179	0.200	0.118	0.251	
-21.65	0.410	0.297	0.361	0.211	0.410	
-22.4	0.412	0.300	0.367	0.221	0.412	
ピット	-23.75	0.190	0.122	0.121	0.0644	0.190
	-24.65	1.11	0.775	1.07	0.596	1.11
	-25.55	1.59	1.14	1.54	0.860	1.59
	-26.2	1.00	0.725	0.977	0.551	1.00

注：網掛け部分は最大値を示す。

表 3-16 原子炉建屋 最大応答せん断ひずみ一覧表 (地盤剛性+σ, NS 方向)

部位	標高 T. M. S. L. (m)	最大応答せん断ひずみ ($\times 10^{-3}$)				
		Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-8	最大値
ピット 壁	-23.75~ -25.55	0.00224	0.00161	0.00217	0.00122	0.00224

注：網掛け部分は最大値を示す。

表 3-17 原子炉建屋 最大応答曲げモーメント一覧表 (地盤剛性+σ, EW 方向)

部位	標高 T. M. S. L. (m)	最大応答曲げモーメント (×10 ² kN・m)				
		Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-8	最大値
シャフト 板厚25mm	12.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	10.0	28.6	43.1	21.3	32.5	43.1
	8.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	6.0	48.7	66.3	41.0	57.8	66.3
	4.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2.0	9.67	14.3	9.71	11.4	14.3
	0.0	38.5	54.7	32.7	45.4	54.7
	-1.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	-3.0	56.7	79.6	45.5	66.1	79.6
	-4.5	51.9	72.7	41.2	60.2	72.7
	-6.0	34.4	47.6	27.0	39.9	47.6
	-7.5	21.6	29.3	17.8	26.9	29.3
	-9.0	17.7	21.0	15.6	22.2	22.2
	-10.5	8.88	10.5	8.01	10.6	10.6
	-11.5	4.47	5.35	4.33	5.17	5.35
	-12.95	1.97	1.56	1.45	1.25	1.97
	-14.4	2.04	2.11	1.76	0.993	2.11
	-15.85	2.16	2.27	1.96	1.15	2.27
	-17.3	2.09	2.27	1.94	1.16	2.27
	-18.75	2.13	2.34	1.97	1.17	2.34
-20.2	2.34	2.63	2.22	1.26	2.63	
-21.65	2.87	3.24	2.79	1.56	3.24	
-22.4	3.25	3.63	3.14	1.75	3.63	
ピット	-23.75	3.47	3.82	3.36	1.88	3.82
	-24.65	2.43	2.67	2.37	1.33	2.67
	-25.55	0.796	0.871	0.778	0.439	0.871
	-26.2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

注：網掛け部分は最大値を示す。

表 3-18 原子炉建屋 最大応答せん断力一覧表 (地盤剛性+σ, EW 方向)

部位	標高 T. M. S. L. (m)	最大応答せん断力 (×10 ² kN)				
		Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-8	最大値
シャフト 板厚25mm	12.0					
	10.0	14.3	21.6	10.7	16.3	21.6
	8.0	14.3	21.6	10.7	16.3	21.6
	6.0	24.4	33.2	20.5	28.9	33.2
	4.0	24.4	33.2	20.5	28.9	33.2
	2.0	4.84	7.11	4.86	5.67	7.11
	0.0	15.3	20.5	11.9	17.1	20.5
	-1.5	25.7	36.5	21.8	30.3	36.5
	-3.0	37.8	53.1	30.3	44.1	53.1
	-4.5	3.51	4.64	3.10	4.03	4.64
	-6.0	11.8	16.9	9.45	13.5	16.9
	-7.5	8.91	12.4	6.72	8.87	12.4
	-9.0	5.65	6.29	3.25	4.77	6.29
	-10.5	5.99	7.51	5.02	7.71	7.71
	-11.5	4.41	5.15	3.78	5.45	5.45
	-12.95	2.45	2.81	2.16	2.86	2.86
	-14.4	0.887	0.979	0.794	0.984	0.984
	-15.85	0.270	0.222	0.188	0.205	0.270
	-17.3	0.152	0.131	0.119	0.0820	0.152
	-18.75	0.194	0.169	0.145	0.101	0.194
-20.2	0.253	0.253	0.202	0.119	0.253	
-21.65	0.445	0.437	0.394	0.230	0.445	
-22.4	0.519	0.521	0.473	0.279	0.521	
ピット	-23.75	0.223	0.219	0.190	0.119	0.223
	-24.65	1.15	1.28	1.11	0.618	1.28
	-25.55	1.82	2.00	1.77	0.988	2.00
	-26.2	1.23	1.34	1.20	0.674	1.34

注：網掛け部分は最大値を示す。

表 3-19 原子炉建屋 最大応答せん断ひずみ一覧表 (地盤剛性+σ, EW 方向)

部位	標高 T. M. S. L. (m)	最大応答せん断ひずみ (×10 ⁻³)				
		Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-8	最大値
ピット 壁	-23.75～ -25.55	0.00518	0.00569	0.00503	0.00282	0.00569

注：網掛け部分は最大値を示す。

表 3-20 原子炉建屋 最大応答曲げモーメント一覧表 (地盤剛性 σ , NS 方向)

部位	標高 T. M. S. L. (m)	最大応答曲げモーメント ($\times 10^2$ kN \cdot m)				
		Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-8	最大値
シャフト 板厚25mm	12.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	10.0	57.0	20.4	106	35.9	106
	8.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	6.0	49.7	23.3	101	41.8	101
	4.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2.0	75.8	4.85	37.0	6.69	75.8
	0.0	85.1	19.7	98.0	35.6	98.0
	-1.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	-3.0	157	38.4	165	64.2	165
	-4.5	158	39.2	168	64.1	168
	-6.0	111	28.3	119	45.4	119
	-7.5	64.1	18.2	68.8	27.8	68.8
	-9.0	30.6	13.3	33.4	15.9	33.4
	-10.5	11.3	8.15	11.7	6.75	11.7
	-11.5	5.08	4.81	4.93	3.14	5.08
	-12.95	3.06	2.31	2.16	1.39	3.06
	-14.4	3.55	2.25	2.77	2.60	3.55
	-15.85	3.56	2.35	2.76	3.10	3.56
	-17.3	3.55	2.55	2.73	3.28	3.55
	-18.75	3.57	2.82	2.94	3.44	3.57
-20.2	3.82	3.24	3.29	3.71	3.82	
-21.65	4.31	3.83	3.80	4.12	4.31	
-22.4	4.46	4.04	3.99	4.28	4.46	
ピット	-23.75	3.96	3.56	3.52	3.70	3.96
	-24.65	2.57	2.30	2.28	2.36	2.57
	-25.55	0.781	0.698	0.693	0.710	0.781
	-26.2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

注：網掛け部分は最大値を示す。

表 3-21 原子炉建屋 最大応答せん断力一覧表 (地盤剛性- σ , NS 方向)

部位	標高 T. M. S. L. (m)	最大応答せん断力 ($\times 10^2$ kN)				
		Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-8	最大値
シャフト 板厚25mm	12.0					
	10.0	28.5	10.2	52.6	18.0	52.6
	8.0	28.5	10.2	52.6	18.0	52.6
	6.0	24.9	11.7	50.3	20.9	50.3
	4.0	24.9	11.7	50.3	20.9	50.3
	2.0	37.9	2.43	18.5	3.35	37.9
	0.0	75.2	8.91	30.6	14.6	75.2
	-1.5	56.8	13.1	65.3	23.7	65.3
	-3.0	105	25.6	110	42.8	110
	-4.5	1.44	1.15	2.06	0.813	2.06
	-6.0	31.2	7.33	32.8	12.5	32.8
	-7.5	31.0	7.96	34.3	11.9	34.3
	-9.0	22.6	6.47	26.2	8.46	26.2
	-10.5	14.3	4.22	14.9	6.17	14.9
	-11.5	7.30	3.35	7.54	3.65	7.54
	-12.95	3.34	2.33	3.39	1.80	3.39
	-14.4	1.32	1.05	1.18	0.982	1.32
	-15.85	0.645	0.277	0.586	0.426	0.645
	-17.3	0.489	0.225	0.428	0.174	0.489
	-18.75	0.392	0.323	0.338	0.159	0.392
-20.2	0.415	0.398	0.330	0.236	0.415	
-21.65	0.481	0.431	0.408	0.338	0.481	
-22.4	0.340	0.341	0.283	0.209	0.341	
ピット	-23.75	0.501	0.374	0.374	0.471	0.501
	-24.65	1.55	1.40	1.38	1.48	1.55
	-25.55	1.99	1.79	1.76	1.84	1.99
	-26.2	1.21	1.08	1.07	1.10	1.21

注：網掛け部分は最大値を示す。

表 3-22 原子炉建屋 最大応答せん断ひずみ一覧表 (地盤剛性- σ , NS 方向)

部位	標高 T. M. S. L. (m)	最大応答せん断ひずみ ($\times 10^{-3}$)				
		Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-8	最大値
ピット 壁	-23.75~ -25.55	0.00281	0.00252	0.00249	0.00260	0.00281

注：網掛け部分は最大値を示す。

表 3-23 原子炉建屋 最大応答曲げモーメント一覧表 (地盤剛性 σ , EW 方向)

部位	標高 T. M. S. L. (m)	最大応答曲げモーメント ($\times 10^2$ kN \cdot m)				
		Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-8	最大値
シャフト 板厚25mm	12.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	10.0	57.0	31.6	106	35.9	106
	8.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	6.0	49.7	33.0	101	41.8	101
	4.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2.0	75.8	5.50	37.0	6.69	75.8
	0.0	85.1	29.2	98.0	35.6	98.0
	-1.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	-3.0	157	55.3	165	64.2	165
	-4.5	158	56.4	168	64.1	168
	-6.0	111	40.9	119	45.4	119
	-7.5	64.1	26.3	68.8	27.8	68.8
	-9.0	30.6	19.0	33.4	15.9	33.4
	-10.5	11.3	9.84	11.7	6.75	11.7
	-11.5	5.08	5.96	4.93	3.14	5.96
	-12.95	3.06	3.35	2.16	1.38	3.35
	-14.4	3.55	3.84	2.77	2.60	3.84
	-15.85	3.55	4.03	2.75	3.10	4.03
	-17.3	3.53	4.01	2.71	3.26	4.01
	-18.75	3.55	3.94	2.92	3.42	3.94
-20.2	3.83	3.98	3.30	3.73	3.98	
-21.65	4.44	4.27	3.92	4.25	4.44	
-22.4	4.73	4.47	4.23	4.53	4.73	
ピット	-23.75	4.53	4.10	4.02	4.20	4.53
	-24.65	3.05	2.70	2.70	2.79	3.05
	-25.55	0.960	0.839	0.851	0.867	0.960
	-26.2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

注：網掛け部分は最大値を示す。

表 3-24 原子炉建屋 最大応答せん断力一覧表 (地盤剛性- σ , EW 方向)

部位	標高 T. M. S. L. (m)	最大応答せん断力 ($\times 10^2$ kN)				
		Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-8	最大値
シャフト 板厚25mm	12.0					
	10.0	28.5	15.8	52.6	18.0	52.6
	8.0	28.5	15.8	52.6	18.0	52.6
	6.0	24.9	16.5	50.3	20.9	50.3
	4.0	24.9	16.5	50.3	20.9	50.3
	2.0	37.9	2.75	18.5	3.35	37.9
	0.0	75.2	12.3	30.6	14.6	75.2
	-1.5	56.8	19.5	65.3	23.7	65.3
	-3.0	105	36.9	110	42.8	110
	-4.5	1.44	1.45	2.06	0.813	2.06
	-6.0	31.2	10.6	32.8	12.5	32.8
	-7.5	31.0	11.4	34.3	11.9	34.3
	-9.0	22.6	9.33	26.2	8.46	26.2
	-10.5	14.3	6.36	14.9	6.17	14.9
	-11.5	7.30	4.55	7.54	3.65	7.54
	-12.95	3.34	3.05	3.39	1.79	3.39
	-14.4	1.32	1.48	1.17	0.980	1.48
	-15.85	0.643	0.497	0.585	0.422	0.643
	-17.3	0.488	0.309	0.425	0.169	0.488
	-18.75	0.391	0.344	0.337	0.159	0.391
-20.2	0.419	0.409	0.344	0.256	0.419	
-21.65	0.567	0.483	0.482	0.416	0.567	
-22.4	0.517	0.436	0.442	0.376	0.517	
ピット	-23.75	0.416	0.434	0.262	0.292	0.434
	-24.65	1.65	1.56	1.48	1.58	1.65
	-25.55	2.32	2.07	2.05	2.13	2.32
	-26.2	1.48	1.29	1.31	1.34	1.48

注：網掛け部分は最大値を示す。

表 3-25 原子炉建屋 最大応答せん断ひずみ一覧表 (地盤剛性- σ , EW 方向)

部位	標高 T. M. S. L. (m)	最大応答せん断ひずみ ($\times 10^{-3}$)				
		Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-8	最大値
ピット 壁	-23.75~ -25.55	0.00660	0.00590	0.00585	0.00607	0.00660

注：網掛け部分は最大値を示す。

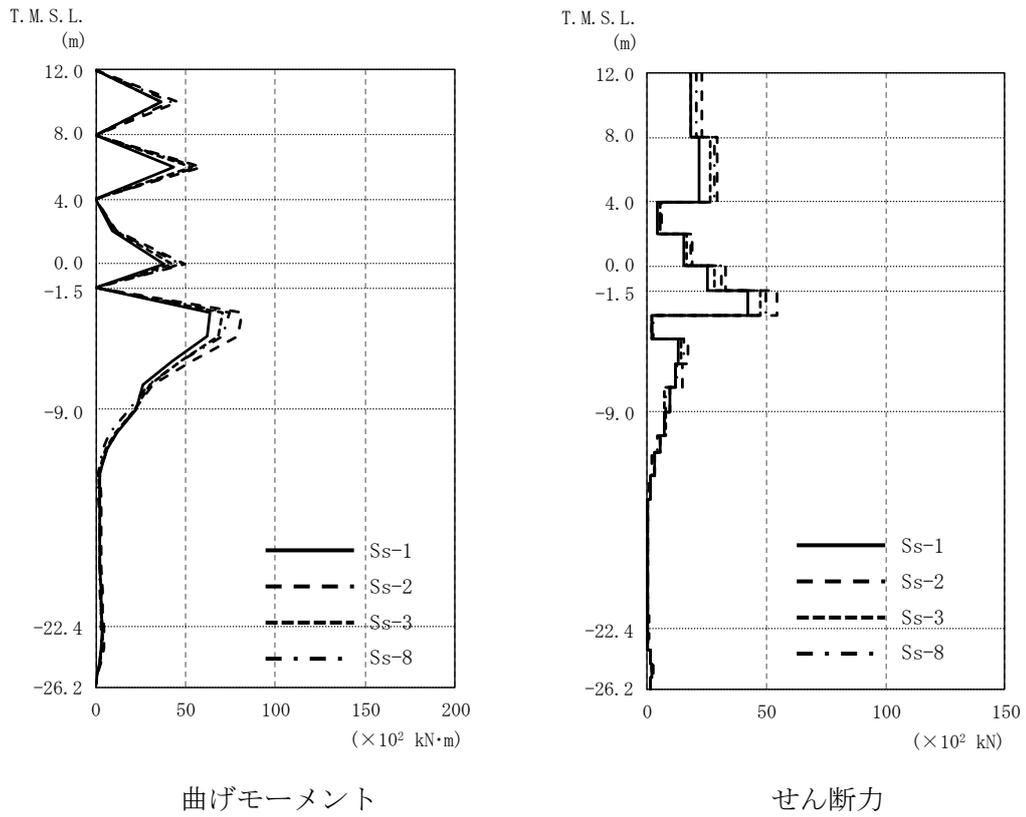


図 3-5 地盤物性の不確かさを考慮した検討による応力解析結果 (標準地盤)

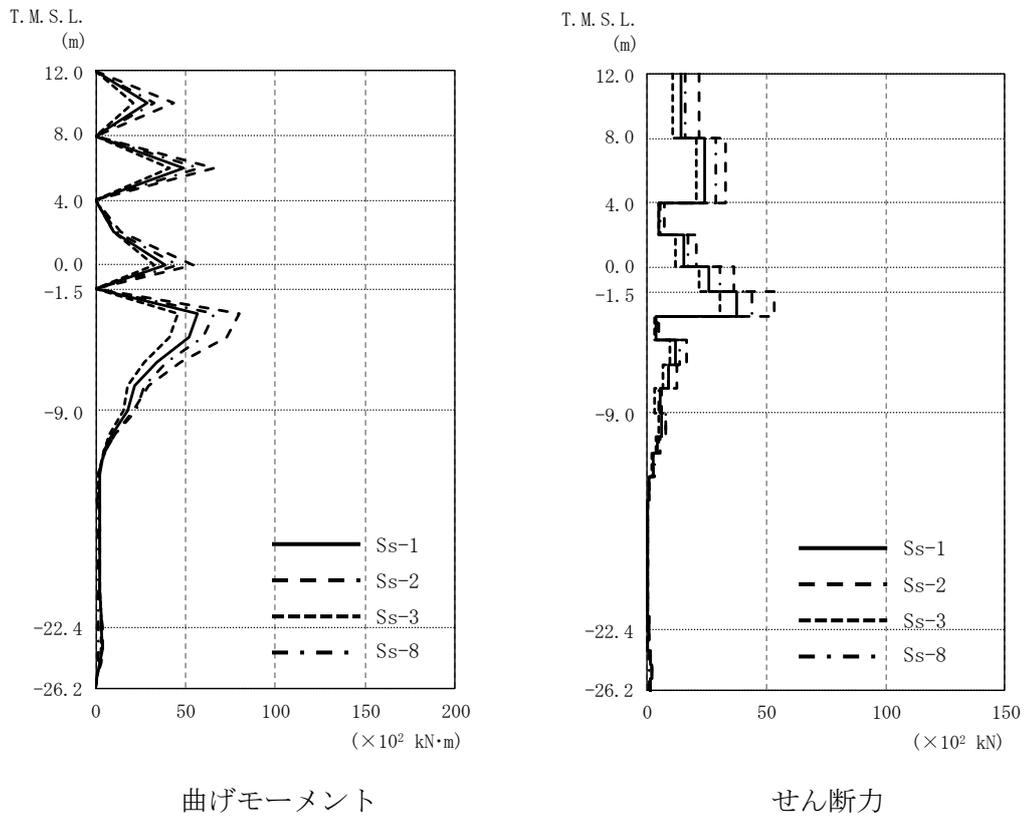


図 3-6 地盤物性の不確かさを考慮した検討による応力解析結果 (地盤剛性 + σ)

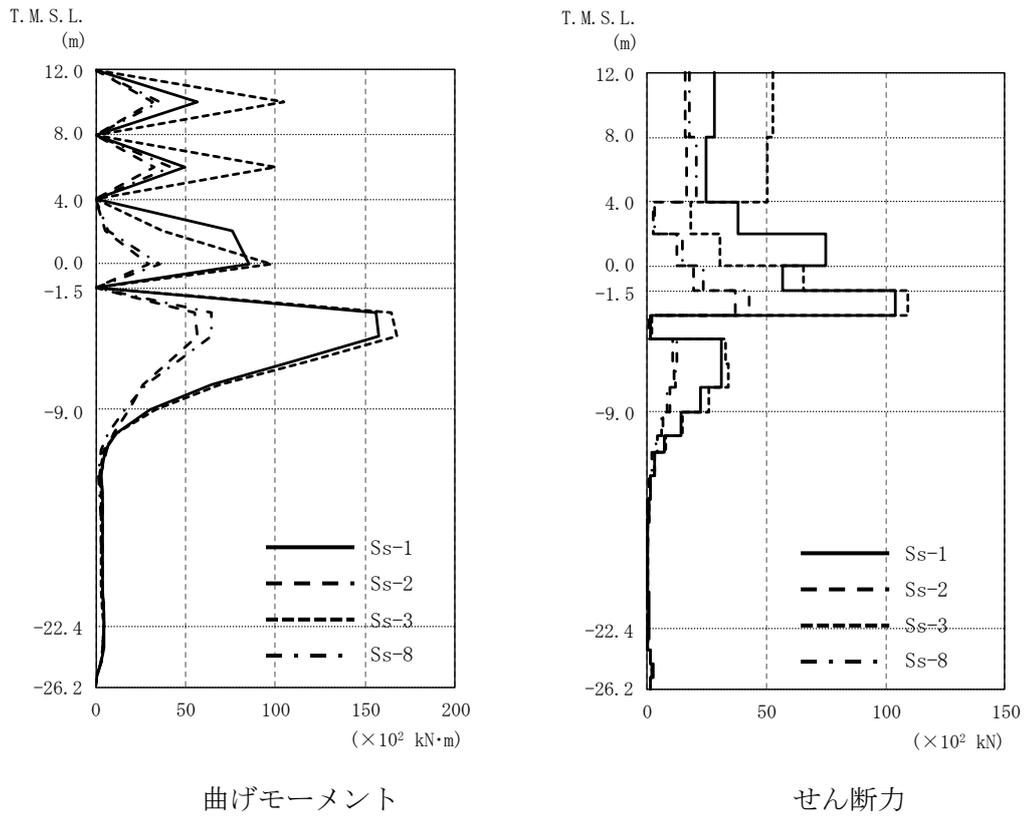


図 3-7 地盤物性の不確かさを考慮した検討による応力解析結果 (地盤剛性 - σ)

3.5 応力解析による最大応答値のまとめ

3.5.1 管軸方向断面の最大応答値

地盤物性の不確かさを考慮した検討による管軸方向断面での検定値が最大となる曲げモーメント，せん断力，軸力の最大応答値を表 3-26～表 3-28 に示す。

表 3-26 地盤物性の不確かさを考慮した曲げモーメントの最大応答値 (kN・m)

建屋	標準地盤	地盤剛性+ σ	地盤剛性- σ
原子炉建屋	8190 (S _S -2)	7960 (S _S -2)	16800 (S _S -3)

表 3-27 地盤物性の不確かさを考慮したせん断力の最大応答値 (kN)

建屋	標準地盤	地盤剛性+ σ	地盤剛性- σ
原子炉建屋	5460 (S _S -2)	5310 (S _S -2)	11000 (S _S -3)

表 3-28 地盤物性の不確かさを考慮した軸力の最大応答値 (kN)

建屋	標準地盤	地盤剛性+ σ	地盤剛性- σ
原子炉建屋	312 (S _S -3)	307 (S _S -3)	314 (S _S -3)

3.5.2 横断方向断面の最大応答値

地盤物性の不確かさを考慮した検討による横断方向断面での検定値が最大となる曲げモーメント，せん断力の最大応答値を表 3-29～表 3-30 に示す。

表 3-29 地盤物性の不確かさを考慮した曲げモーメントの最大応答値 (kN・m)

建屋	標準地盤	地盤剛性+ σ	地盤剛性- σ
原子炉建屋	23.4 (S _S -2)	22.8 (S _S -2)	47.5 (S _S -3)

表 3-30 地盤物性の不確かさを考慮したせん断力の最大応答値 (kN)

建屋	標準地盤	地盤剛性+ σ	地盤剛性- σ
原子炉建屋	267 (S _S -2)	273 (S _S -2)	507 (S _S -3)

4. 評価結果

4.1 管軸方向断面の評価結果

サブドレンシャフトの管軸方向断面の応答変位法による応力解析で得られた検定値が最大となる曲げモーメント及びせん断力について、鋼管断面の評価結果を表 4-1 に示す。

発生応力度が許容限界を超えないことを確認した。

表 4-1 原子炉建屋サブドレンシャフトの管軸方向断面の評価結果

構造諸元	呼び径	1600	
	内径 (mm) × 鋼板厚 (mm)	1550 × 25	
発生断面力	曲げモーメント	M (kN・m)	16800
	軸力	N (kN)	314
	せん断力	S (kN)	11000
発生応力度	曲げ応力度	σ_b (N/mm ²)	351
	圧縮応力度	σ_c (N/mm ²)	2.54
	せん断応力度	τ (N/mm ²)	178
許容限界	曲げ応力に関する弾性限強度	f_b (N/mm ²)	440
	圧縮応力に関する弾性限強度	f_c (N/mm ²)	429
	せん断応力に関する弾性限強度	f_s (N/mm ²)	254
検定値	$\sigma_b / f_b + \sigma_c / f_c$		0.81
	τ / f_s		0.71
判定			可

4.2 横断方向断面の評価結果

サブドレンシャフトの横断方向断面の応力解析で得られた検定値が最大となる曲げモーメントについて、鋼管断面の評価結果を表 4-2 に示す。

発生応力度が許容限界を超えないことを確認した。

表 4-2 原子炉建屋サブドレンシャフトの横断方向断面の評価結果

構造諸元	呼び径	1600
	内径 (mm) × 鋼板厚 (mm)	1550 × 25
発生断面力	曲げモーメント M (kN・m)	47.5
	せん断力 S (kN)	507
発生応力度	曲げ応力度 σ_b (N/mm ²)	456
	せん断応力度 τ (N/mm ²)	24.4
許容限界	曲げ応力に関する弾性限強度 f_b (N/mm ²)	507
	せん断応力に関する弾性限強度 f_s (N/mm ²)	254
検定値	σ_b / f_b	0.90
	τ / f_s	0.10
判定		可

V-2-2-別添 1-3-7 サブドレン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	9
3.	サブドレンピット壁の評価	10
3.1	地震応答解析による評価	10
3.1.1	評価方法	10
3.1.2	評価結果	10
3.2	応答解析による評価	11
3.2.1	評価方針	11
3.2.2	荷重及び荷重の組合せ	13
3.2.3	許容限界	14
3.2.4	解析モデル	15
3.2.5	応力解析方法	16
3.2.6	断面の評価方法	17
3.2.7	評価結果	18
4.	サブドレンピット上部スラブ及び底部スラブの評価	19
4.1	評価方針	19
4.2	荷重及び荷重の組合せ	21
4.2.1	荷重	21
4.2.2	荷重の組合せ	23
4.3	許容限界	24
4.4	解析モデル	25
4.5	評価方法	26
4.5.1	応力解析方法	26
4.5.2	断面の評価方法	30
4.6	評価結果	31

1. 概要

建屋評価における前提条件を満たすために、5号機地下水排水設備は、建屋の耐震性を確保するため地下水位を建屋基礎スラブ底面レベル以深に維持する機能を有する。

5号機地下水排水設備の評価においては、V-2-1-1「耐震設計の基本方針」のうち、「10. 耐震計算の基本方針 10.1 建物・構築物」に基づき、基準地震動 S_s による地震力に対して機能を維持できることを確認する。

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、5号機地下水排水設備のうちサブドレンピット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。

2. 基本方針

原子炉建屋地下水排水設備（以下「地下水排水設備」という。）は、建屋に対し耐震性を確保するため地下水位を建屋基礎スラブ底面レベル以深に維持する機能を有し、基準地震動 S_s に対する機能維持を確認する必要があることから、地下水排水設備を構成するサブドレンピットについて、基準地震動 S_s による地震力に対する評価を実施する。

2.1 位置

地下水排水設備の概略配置を図 2-1 に示す。

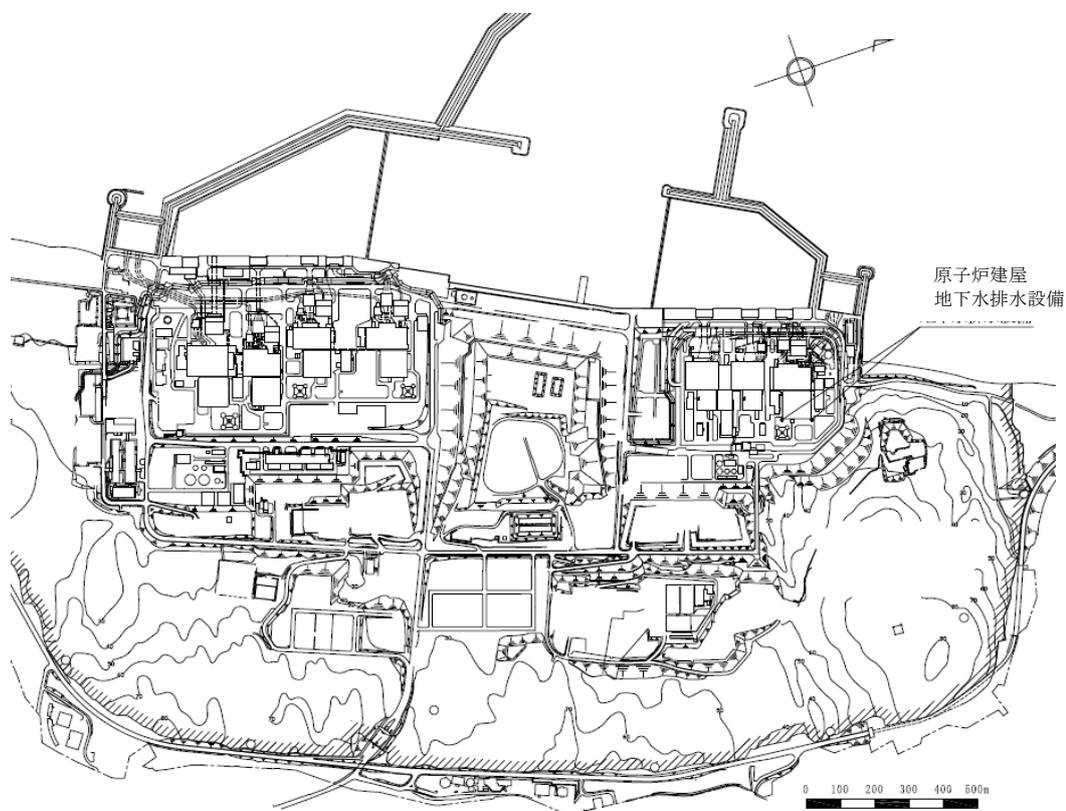


図 2-1 地下水排水設備の概略配置図

2.2 構造概要

原子炉建屋のサブドレンピットは、地下水排水設備の間接支持構造物となる。北側に2箇所、南側に2箇所設置し、原子炉建屋の四方隅角部付近に位置する。評価対象とするサブドレンピットは、平面が南北方向 6.35m、東西方向 3.7m、高さ 3.8m の鉄筋コンクリート造であり、支持地盤である西山層に直接設置されている。

地下水排水設備の評価対象配置図及び概略構成図を図 2-2～図 2-3 に、原子炉建屋サブドレンシャフトの概略断面図を図 2-4 に、原子炉建屋サブドレンピットの概略断面図及び概略平面図を図 2-5～図 2-6 に示す。

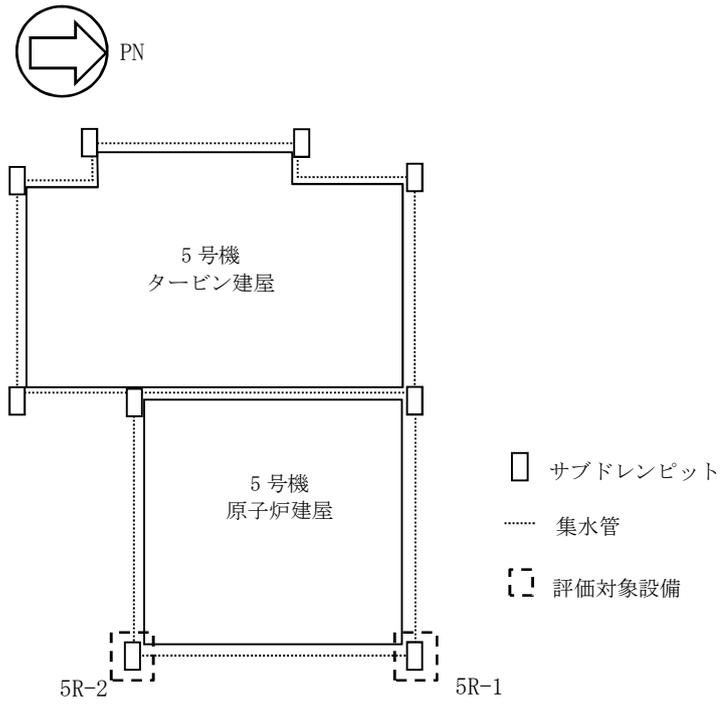


図 2-2 地下水排水設備の評価対象配置図

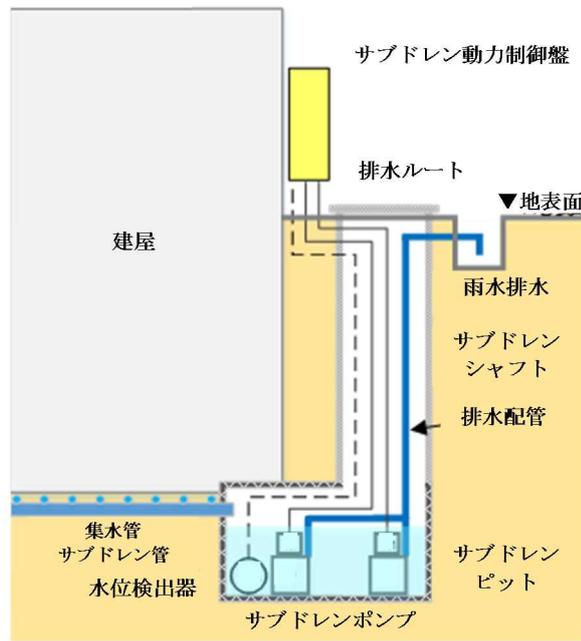
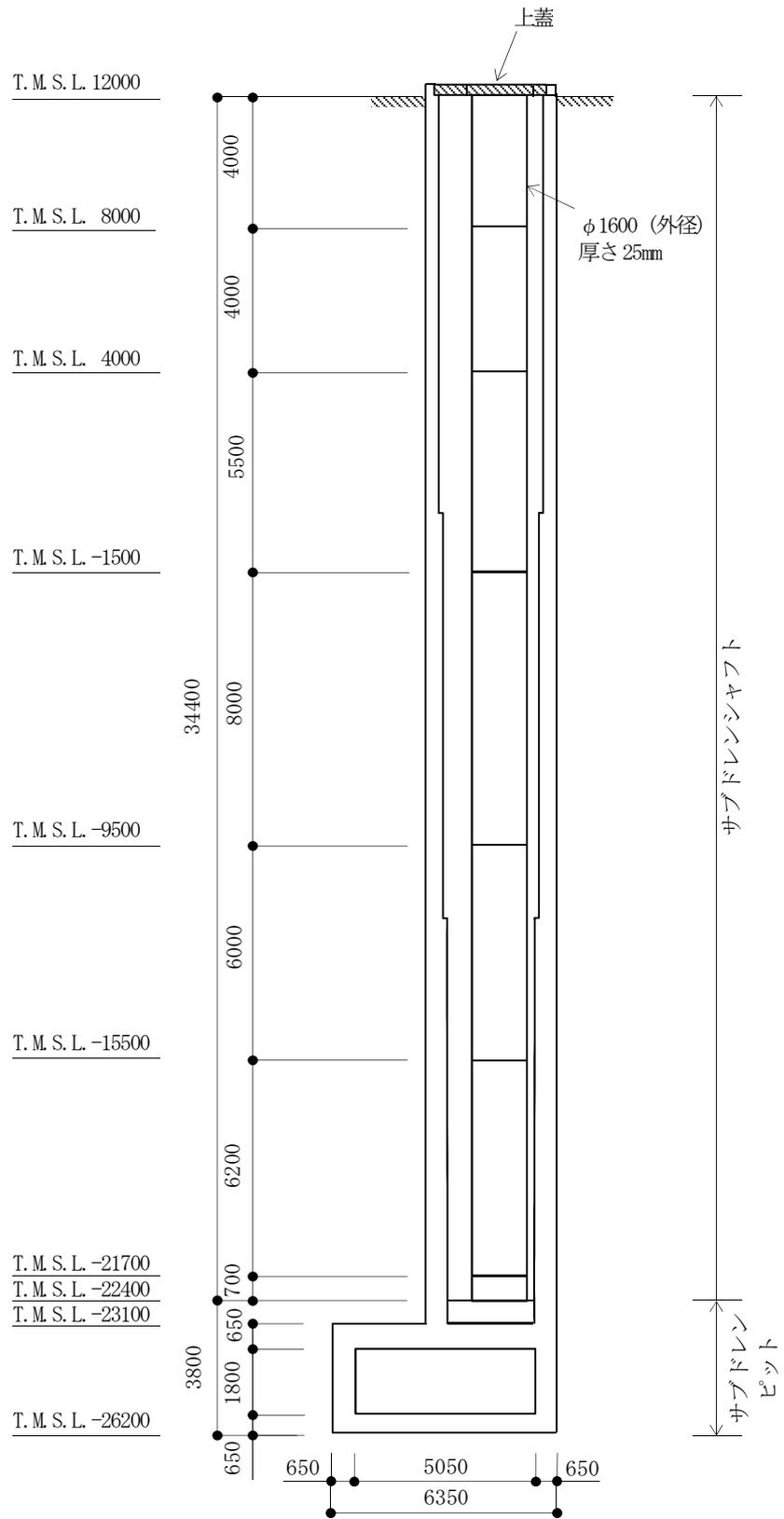


図 2-3 地下水排水設備の概略構成図



(単位 : mm)

図 2-4 原子炉建屋サブドレンシャフトの概略断面図

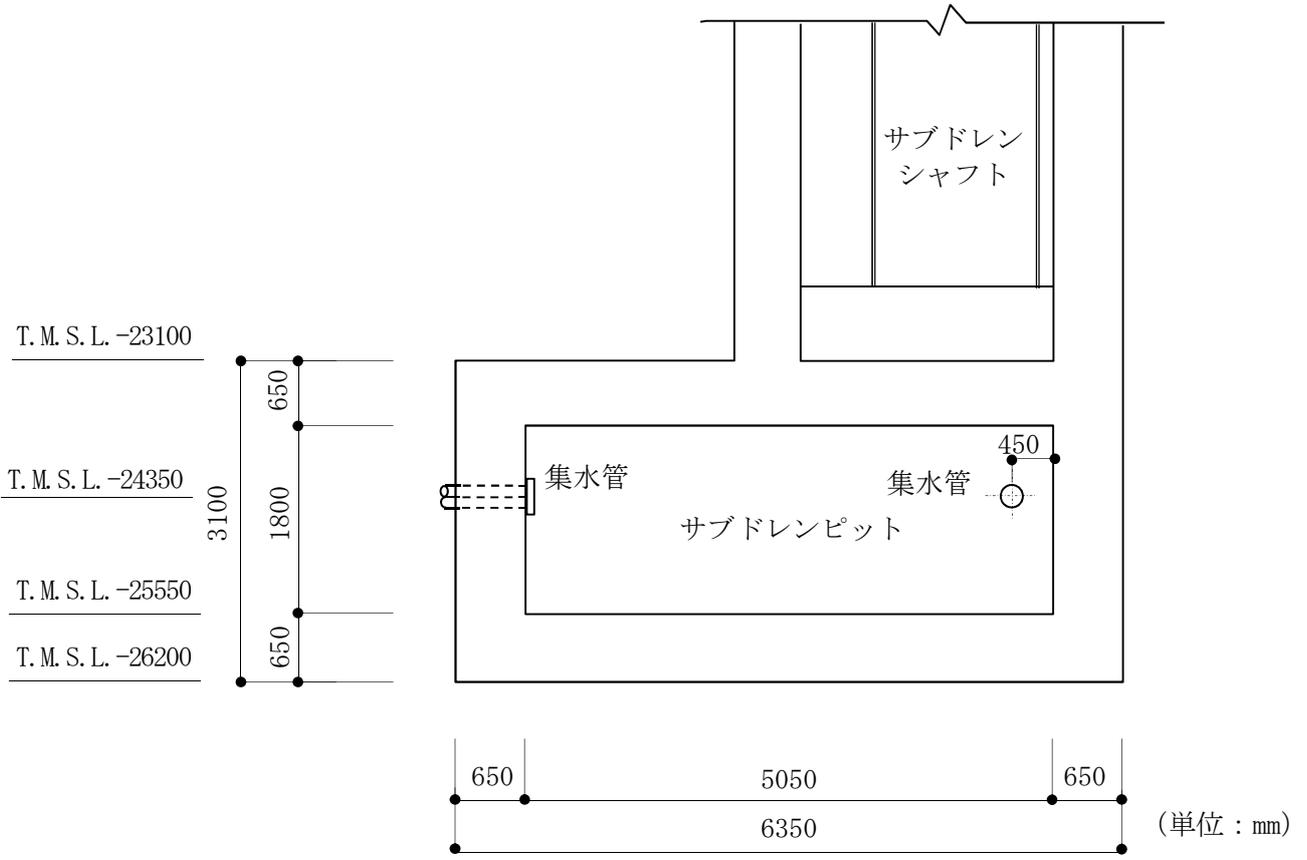


図 2-5 原子炉建屋サブドレンピットの概略断面図

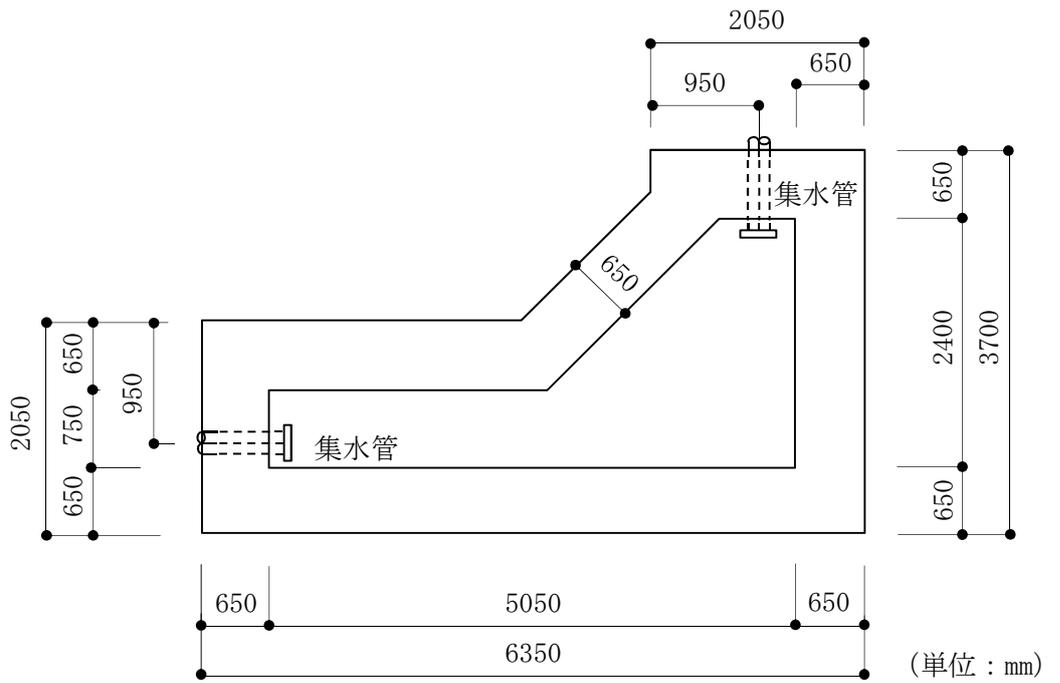
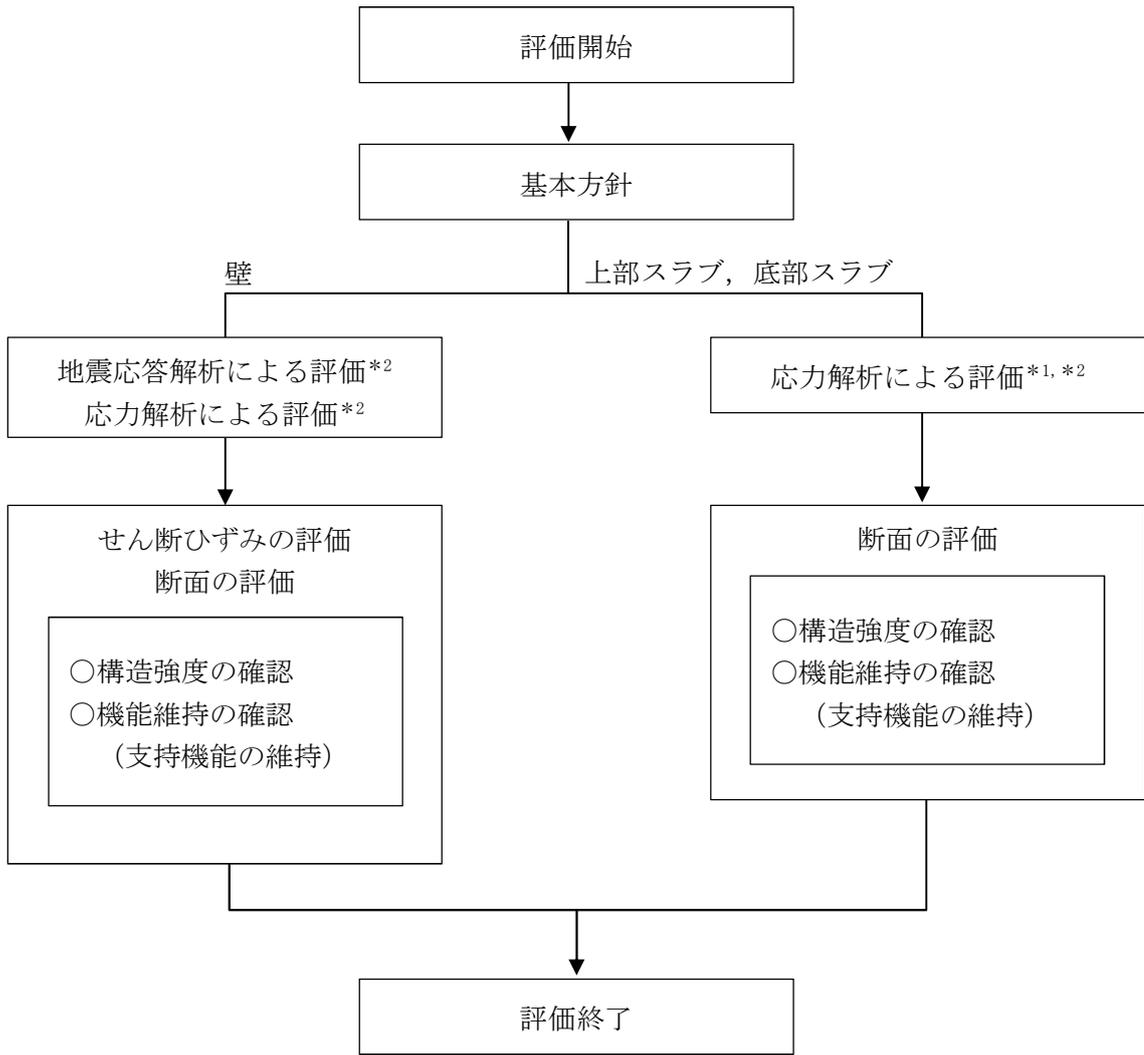


図 2-6 原子炉建屋サブドレンピットの概略平面図 (T.M.S.L. -25.55m)

2.3 評価方針

サブドレンピットの評価は、V-2-1-1「耐震設計の基本方針」に基づき、地震応答解析による評価においては壁を対象にせん断ひずみの評価を、応力解析による評価においては壁、上部スラブ及び底部スラブを対象に断面の評価を行うことで、地震時の構造強度及び機能維持の確認を行う。それぞれの評価は、V-2-2-別添 1-3-1「地下水排水設備設置位置の地盤応答」及び、V-2-2-別添 1-3-6「サブドレンシャフトの耐震性についての計算書」の結果を踏まえたものとする。評価に当たっては地盤物性の不確かさを考慮する。

サブドレンピットの評価フローを図2-7に示す。



注記*1 : V-2-2-別添 1-3-1 「地下水排水設備設置位置の地盤応答」の結果を踏まえた評価を行う。

*2 : V-2-2-別添 1-3-6 「サブドレンシャフトの耐震性についての計算書」の結果を踏まえた評価を行う。

図 2-7 サブドレンピットの評価フロー

2.4 適用規格・基準等

サブドレンピットの評価において、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 J E A G 4 6 0 1 -1987 ((社) 日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1
 - ・補-1984 ((社) 日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版 ((社) 日本電気協会)
- ・建築基準法・同施行令
- ・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)
(以下「RC-N規準」という。)
- ・建築基礎構造設計指針 ((社) 日本建築学会, 2001改訂)

3. サブドレンピット壁の評価

3.1 地震応答解析による評価

3.1.1 評価方法

サブドレンピット壁の構造強度及び支持機能については、V-2-2-別添 1-3-6「サブドレンシャフトの耐震性についての計算書」の結果に基づき、地盤物性の不確かさを考慮した最大せん断ひずみが許容限界を超えないことを確認する。

地震応答解析による評価における耐震壁の許容限界は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、表 3-1 のとおり設定する。

表 3-1 地震応答解析による評価における許容限界

要求機能	機能設計上の性能目標	地震力	部位	機能維持のための考え方	許容限界
—	構造強度を有すること	基準地震動 S _s	サブドレンピット壁	最大せん断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	最大せん断ひずみ 2.0×10 ⁻³
支持機能	機器・配管系等の設備を支持する機能を損なわないこと	基準地震動 S _s	サブドレンピット壁	最大せん断ひずみが支持機能を維持するための許容限界を超えないことを確認	最大せん断ひずみ 2.0×10 ⁻³

3.1.2 評価結果

サブドレンピットの壁について、基準地震動S_sに対し、壁の各高さにおける最大せん断ひずみが許容限界 (2.0×10⁻³) を超えないことを確認する。

地盤物性の不確かさを考慮した壁の最大せん断ひずみは、V-2-2-別添 1-3-6「サブドレンシャフトの耐震性についての計算書」に基づき、0.00666×10⁻³ (EW 方向, S_s-2, 標準地盤) であり、許容限界 (2.0×10⁻³) を超えないことを確認した。

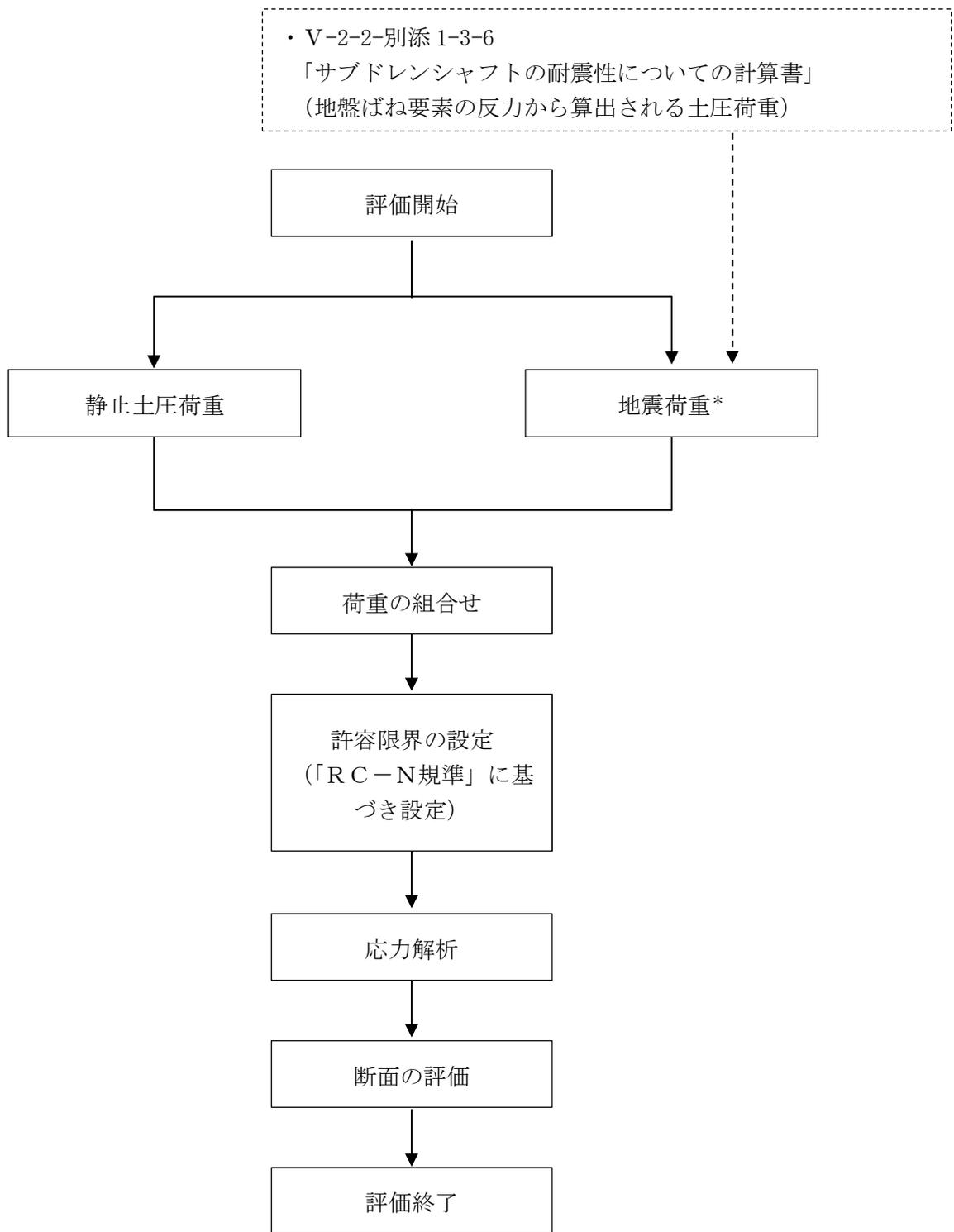
3.2 応力解析による評価

3.2.1 評価方針

評価にあたっては、V-2-2-別添 1-3-6「サブドレンシャフトの耐震性についての計算書」による結果を用いて評価する。

地盤物性の不確かさを考慮した水平方向の地震力によって発生する応力が、「RC-N規準」に基づき設定した許容限界を超えないことを確認する。

応力解析による評価フローを図 3-1 に示す。



注記* : 地盤剛性の $\pm\sigma$ を考慮した地震荷重とする。

図 3-1 応力解析による評価フロー

3.2.2 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組合せを用いる。応力解析において考慮する荷重は、土圧荷重とする。

(1) 静止土圧荷重 (P)

静止土圧荷重は、下式により算定する。

$$P = 0.5 \cdot \gamma \cdot h$$

ここで、

P : 地盤ばね要素の支配面積当たりの土圧 (kN/m²)

γ : 土の単位体積重量

埋戻土 17.6 (kN/m³)

古安田層 17.5 (kN/m³)

西山層 16.7 (kN/m³)

h : 地表面からの深さ (m)

(2) 地震荷重 (S s)

地震荷重は、V-2-2-別添 1-3-6「サブドレンシャフトの耐震性についての計算書」の結果に基づき、はり-地盤ばねモデルの応答変位法解析による、サブドレンピット壁のはり要素の節点位置に取付けた地盤ばね要素の反力を、地盤ばね要素の支配面積で除した地震時増分土圧とする。

(3) 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 3-2 に示す。

表 3-2 荷重の組合せ

荷重状態	荷重の組合せ
S s 地震時	P + S s

P : 静止土圧荷重

S s : 基準地震動 S s による地震荷重

3.2.3 許容限界

サブドレンピット壁の構造強度及び支持機能については、地盤物性の不確かさを考慮した地震時土圧による部材の応力度が許容限界を超えないことを確認する。

応力解析による評価における壁の許容限界は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、表3-3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3-4及び表3-5に示す。

表3-3 応力解析による評価における許容限界

要求機能	機能設計上の性能目標	地震力	部位	機能維持のための考え方	許容限界
—	構造強度を有すること	基準地震動 S _s	サブドレン ピット壁	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	「RC-N規準」に基づく短期許容応力度
支持機能	機器・配管系等の設備を支持する機能を損なわないこと	基準地震動 S _s	サブドレン ピット壁	部材に生じる応力が支持機能を維持するための許容限界を超えないことを確認	「RC-N規準」に基づく短期許容応力度

表3-4 コンクリートの許容応力度（短期許容応力度）

F _c (N/mm ²)	圧縮 (N/mm ²)	せん断 (N/mm ²)
23.5	15.6	1.09

表3-5 鉄筋の許容応力度（短期許容応力度）

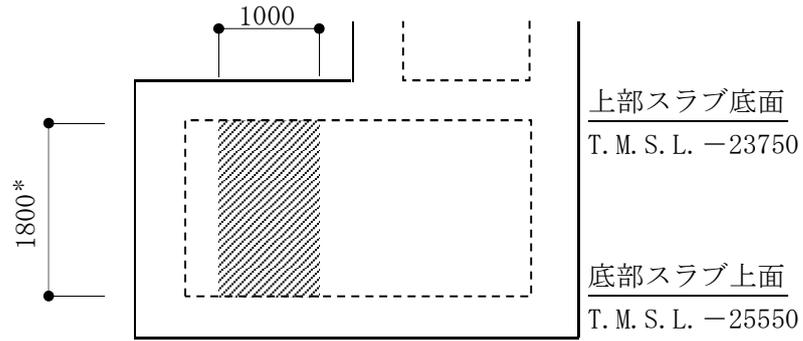
材質	引張及び圧縮 (N/mm ²)	せん断補強 (N/mm ²)
SD345*	345	345

注記*：建設当時の鉄筋の種類はSD35であるが現在の規格（SD345）に読み替えた許容応力度を示す。

3.2.4 解析モデル

サブドレンピット壁の地震時土圧に対する検討において、上部スラブ及び底部スラブ間についてモデル化する。

解析モデルは、「RC-N規準」に準拠して、サブドレンピット壁の解析モデルを単位幅の1方向版として評価する。サブドレンピット壁の解析モデルを図3-2に示す。



注記* : スラブの内法間距離を示す。

(単位 : mm)

図3-2 サブドレンピット壁の解析モデル

3.2.5 応力解析方法

サブドレンピット壁に生じる応力は、V-2-2-別添 1-3-6「サブドレンシャフトの耐震性についての計算書」に基づき、壁の各高さに作用する地震時土圧の最大値を、等分布荷重として1方向版の両端固定梁に考慮する。等分布荷重を受ける両端固定梁の曲げモーメント及びせん断力は下式により求める。

サブドレンピット壁に作用する地震時土圧を表 3-6 に、検討用地震時土圧及び算出したサブドレンピット壁に生じる曲げモーメント及びせん断力を表 3-7 に示す。

$$M = \frac{W \cdot L^2}{12} \quad (\text{端部曲げモーメント})$$

$$Q = \frac{W \cdot L}{2} \quad (\text{端部せん断力})$$

ここで、

- M : 曲げモーメント(N・mm)
- Q : せん断力(N)
- L : 検討スパン (スラブの内法間距離) (mm)
- W : 等分布荷重(N/m)

表 3-6 サブドレンピット壁に作用する地震時土圧

位置	地震時増分土圧* (kN/m ²)	地震時静止土圧 (kN/m ²)	地震時土圧 (kN/m ²)
上部スラブ底面 T. M. S. L. -23750 mm	14.2	308	323
底部スラブ上面 T. M. S. L. -25550 mm	13.6	322	336

注記* : 地盤剛性の±σを考慮した最大値

表 3-7 検討用地震時土圧及び応力算定結果

検討用 地震時土圧 (kN/m ²)	曲げモーメント (kN・m)	せん断力 (kN)
336	90.8	303

3.2.6 断面の評価方法

(1) 面外せん断力に対する断面の評価方法

断面の評価は、「RC-N規準」に基づき、評価対象部位に生じる面外せん断力が、次式をもとに計算した許容面外せん断力を超えないことを確認する。

$$Q_A = b \cdot j \cdot \alpha \cdot f_s$$

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)

α : 許容せん断力の割増し係数

(2 を超える場合は 2, 1 未満の場合は 1 とする。)

$$\alpha = \frac{4}{M / (Q \cdot d) + 1}$$

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_s : コンクリートの短期許容せん断応力度で、表 3-4 に示す値 (N/mm²)

(2) 曲げモーメントに対する断面の評価方法

断面の評価は、「RC-N規準」に基づき、評価対象部位に生じる曲げモーメントが、短期許容曲げモーメントを超えないことを確認する。

$$M_A = a_t \cdot f_t \cdot j$$

ここで、

M_A : 短期許容曲げモーメント (N・mm)

a_t : 引張鉄筋断面積 (mm²)

f_t : 引張鉄筋の短期許容引張応力度で、表 3-5 に示す値 (N/mm²)

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)

3.3.7 評価結果

「3.2.6 断面の評価方法」に基づいたサブドレンピット壁の断面の評価結果を表 3-8 に示す。発生値が許容限界値を超えないことを確認した。

表 3-8 サブドレンピット壁の評価結果

厚さ t (mm) × 幅 b (mm)	650×1000
配筋 (鉄筋断面積)	D38@150 (6840 mm ² /m)
発生曲げモーメント M (kN・m)	90.8
許容値 M _A (kN・m)	1130
検定値 M/M _A	0.09
発生せん断力 Q (kN)	303
許容値 Q _A (kN)	1040
検定値 Q/Q _A	0.30
判定	可

4. サブドレンピット上部スラブ及び底部スラブの評価

4.1 評価方針

評価にあたっては、V-2-2-別添 1-3-1「地下水排水設備設置位置の地盤応答」及び、V-2-2-別添 1-3-6「サブドレンシャフトの耐震性についての計算書」による結果を用いて評価する。

地盤物性の不確かさを考慮した水平方向の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、「RC-N規準」に基づき設定した許容限界を超えないことを確認する。

応力解析による評価フローを図 4-1 に示す。

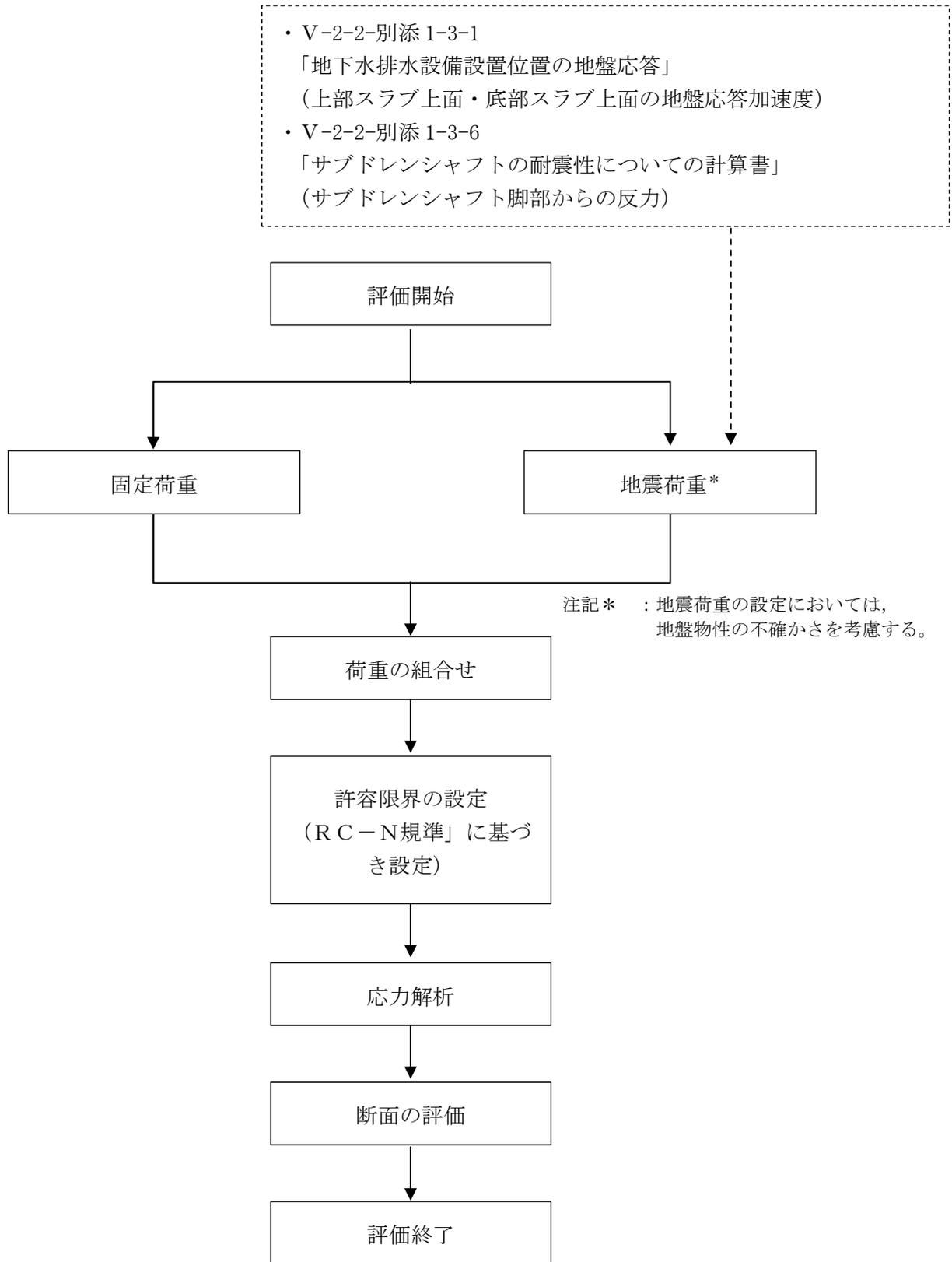


図 4-1 応力解析による評価フロー

4.2 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。

4.2.1 荷重

(1) 固定荷重 (G)

応力解析において考慮する固定荷重を表 4-1 に示す。

表 4-1 固定荷重 (G)

部位	固定荷重 (kN/m ²)
サブドレンシャフト (RC)	39.6
サブドレンシャフト (鋼管)	10.1 ^{*1}
フィルコン	654
上部スラブ	648 ^{*2}
壁	43.2
底部スラブ	15.6

注記*1 : 上蓋の重量を考慮

*2 : 上載土圧を考慮

(2) 地震荷重 (S s)

鉛直地震力は、基準地震動 S s に対する地盤応答より算定される動的地震力に地盤物性の不確かさを考慮して設定する。

地震荷重は、上部スラブ位置及び底部スラブ位置の鉛直方向最大応答加速度より算定される鉛直震度とする。

水平地震力は、サブドレンシャフトの転倒モーメントを、鉛直方向に換算した地震荷重として上部スラブに考慮する。サブドレンシャフトの転倒モーメントは、上部スラブからピット壁を介して壁底部から支持地盤である西山層に直接伝達されるため、底部スラブには考慮しない。転倒モーメントの支持地盤への応力伝達を図 4-2 に、ピット壁底面の圧縮応力度が西山層の極限支持力度に比べ十分小さい関係を表 4-2 に示す。

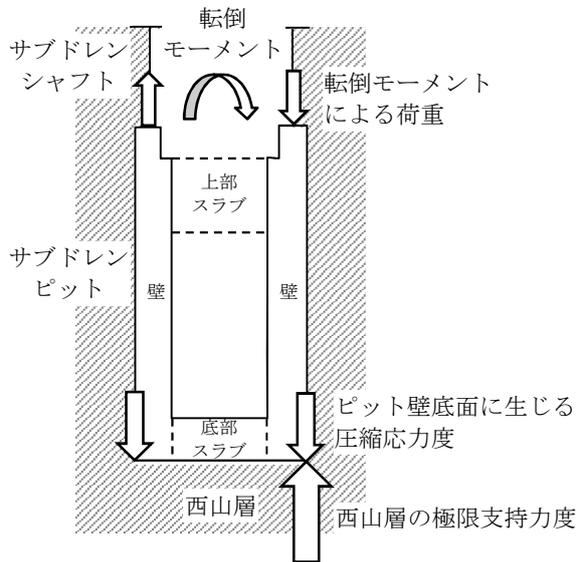


図 4-2 サブドレンシャフトの転倒モーメントの支持地盤への応力伝達

表 4-2 ピット壁底面の圧縮応力度と西山層の極限支持力度の関係

転倒モーメントによる圧縮応力度 (kN/m ²)	鉛直荷重による圧縮応力度* ¹ (kN/m ²)	転倒モーメント及び鉛直荷重による圧縮応力度の合計 (kN/m ²)	許容限界
			極限支持力度* ² (kN/m ²)
96.8	1683	1779.8	4410

注記*1 : 壁の長期荷重に底部スラブ位置の鉛直震度を乗じた鉛直荷重を、壁の軸断面積で除した値

*2 : 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資料 IV-2-7-1 「原子炉建屋についての計算書」に基づく。

4.2.2 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 4-3 示す。

表 4-3 荷重の組合せ

荷重状態	荷重の組合せ
S _s 地震時	G + S _s

G : 固定荷重

S_s : 基準地震動 S_s による地震荷重

4.3 許容限界

応力解析による評価におけるサブドレン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及び機能維持の基本方針に基づき、表 4-4 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 4-5 及び表 4-6 に示す。

表 4-4 応力解析による評価における許容限界

要求機能	機能設計上の性能目標	地震力	部位	機能維持のための考え方	許容限界
—	構造強度を有すること	基準地震動 S _s	サブドレンピット 上部スラブ 底部スラブ	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	「RC-N規準」に基づく短期許容応力度
支持機能	機器・配管系等の設備を支持する機能を損なわないこと	基準地震動 S _s	サブドレンピット 上部スラブ 底部スラブ	部材に生じる応力が支持機能を維持するための許容限界を超えないことを確認	「RC-N規準」に基づく短期許容応力度

表 4-5 コンクリートの許容応力度（短期許容応力度）

F _c (N/mm ²)	圧縮 (N/mm ²)	せん断 (N/mm ²)
23.5	15.6	1.09

表 4-6 鉄筋の許容応力度（短期許容応力度）

材質	引張及び圧縮 (N/mm ²)	せん断補強 (N/mm ²)
SD345*	345	345

注記* : 建設当時の鉄筋の種類はSD35であるが現在の規格（SD345）に読み替えた許容応力度を示す。

4.4 解析モデル

上部スラブ及び底部スラブの鉛直地震動に対する検討において、壁で囲まれた範囲についてモデル化する。

解析モデルは、弾性 FEM モデルとし、モデル周辺の境界条件は固定とする。なお、上部スラブは、マンホール及びボーリング開口を考慮したモデルとする。上部スラブ及び底部スラブの解析モデルを図 4-3 に示す。

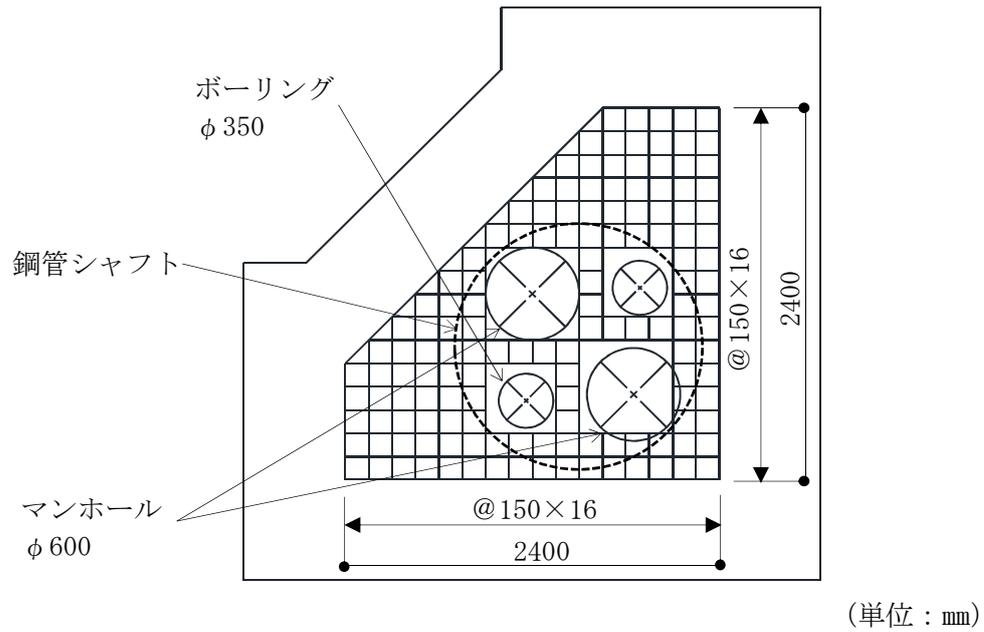


図 4-3 (1/2) 上部スラブの解析モデル

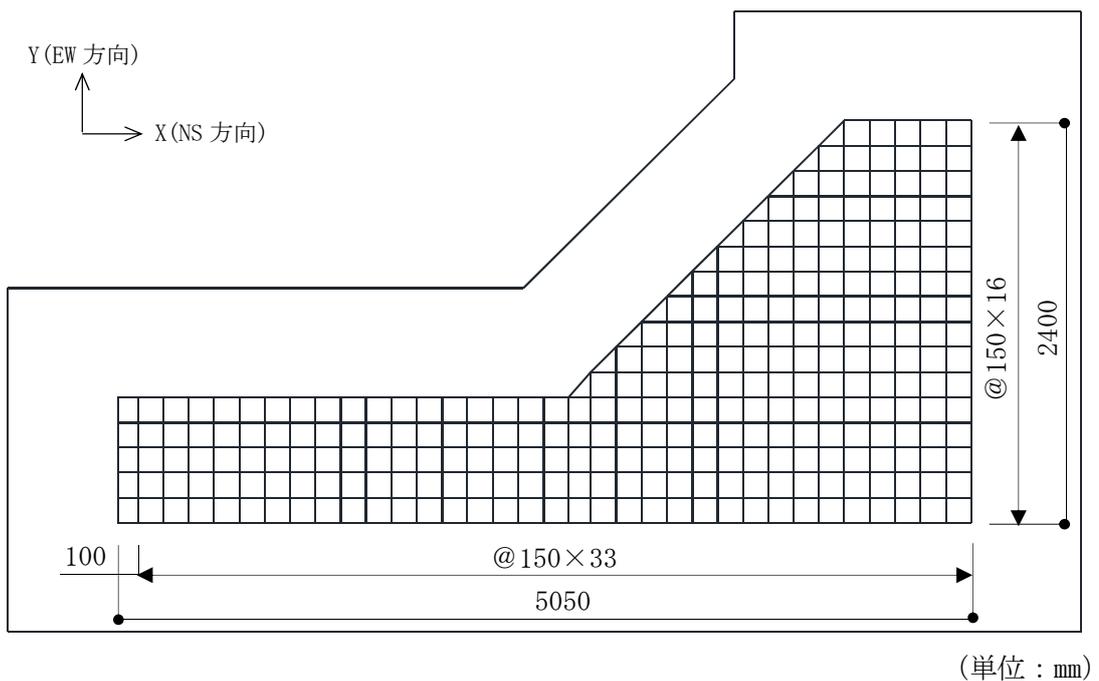


図 4-3 (2/2) 底部スラブの解析モデル

4.5 評価方法

4.5.1 応力解析方法

(1) 荷重ケース

地震荷重は、固定荷重と同じ下向きに作用する場合に生じる応力が最大となるため、鉛直下向きのみを考慮する。

(2) 応力の算出方法

上部スラブに生じる応力は、サブドレンシャフト脚部から伝わる荷重によるものと、上部スラブに作用する慣性力によるものを考慮する。サブドレンシャフト脚部から伝わる荷重による応力は、V-2-2-別添 1-3-6「サブドレンシャフトの耐震性についての計算書」に基づき、はり-地盤ばねモデルによる応答変位法解析結果におけるサブドレンシャフト脚部に生じる転倒モーメントを偶力換算し、集中荷重として考慮する。

集中荷重は、鋼管シャフトの最外径部に生じる集中荷重を、荷重入力節点における中立軸までの距離の比に応じた集中荷重に分配し、平面保持仮定の条件で押し引き荷重として設定する。上部スラブへのサブドレンシャフト脚部の転倒モーメントの入力方法を図 4-4 に示す。

また、上部スラブに作用する慣性力による応力は、固定荷重に対し、V-2-2-別添 1-3-1「地下水排水設備設置位置の地盤応答」に基づき、上部スラブ位置の鉛直方向最大応答加速度より算出した鉛直震度を乗じた鉛直荷重を等分布荷重として考慮する。

底部スラブに生じる応力は、底部スラブに作用する固定荷重に対し、V-2-2-別添 1-3-1「地下水排水設備設置位置の地盤応答」に基づき、底部スラブ位置の鉛直方向最大応答加速度より算出した鉛直震度を乗じた鉛直荷重を等分布荷重として考慮する。

鉛直方向最大応答加速度を表 4-7 に示す。

また、応力解析により算出した、上部スラブ及び底部スラブに生じる曲げモーメント及びせん断力の応力分布図を図 4-5～図 4-6 に示し、断面の評価に用いる検討用応力を表 4-8 に示す。

解析には解析コード「MSC N a s t r a n」を用いる。

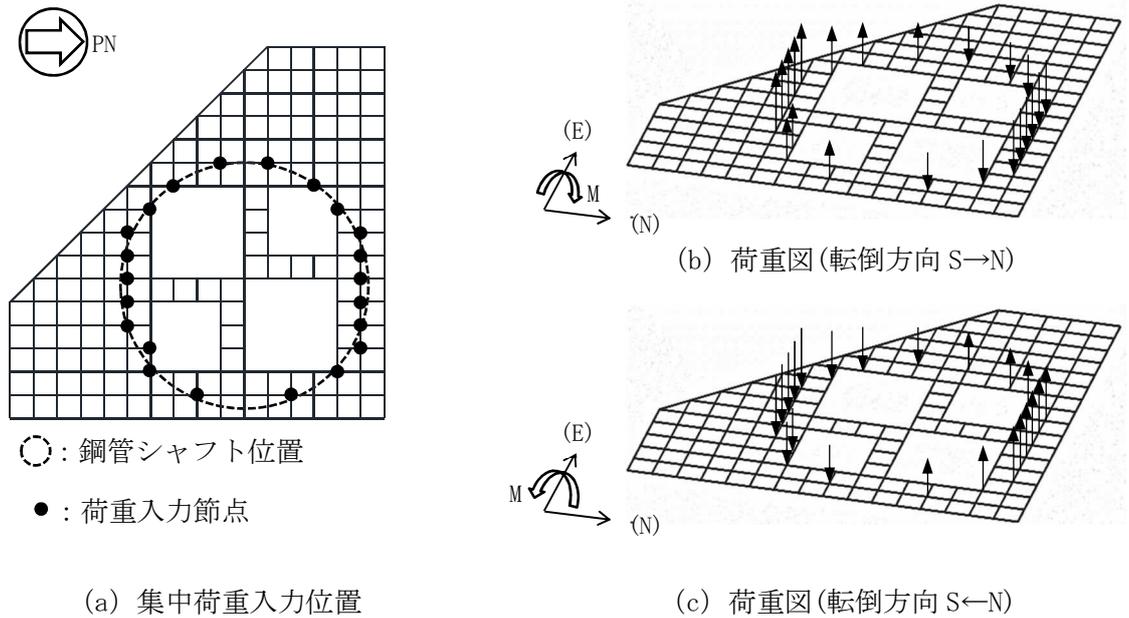


図 4-4 上部スラブへのサブドレンシャフト脚部の転倒モーメントの入力方法

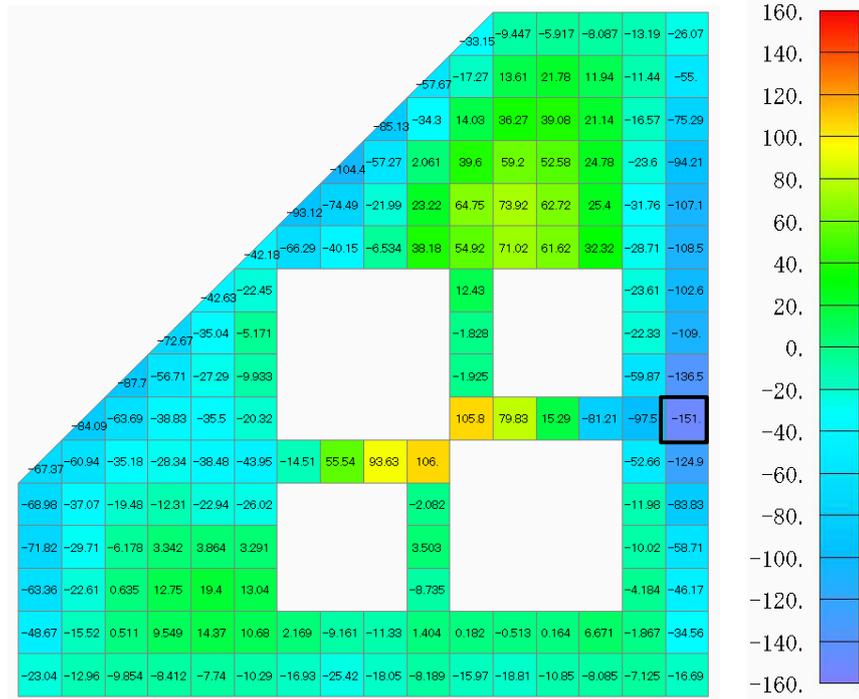
表 4-7 地盤応答の鉛直方向最大応答加速度

位置	標準地盤*1 (m/s ²)	標準地盤 + σ *2 (m/s ²)	標準地盤 - σ *2 (m/s ²)	最大値 (m/s ²)
サブドレンピット 上部スラブ上面 T. M. S. L. -23100 mm	5.64	5.34	6.14	6.14
サブドレンピット 底部スラブ上面 T. M. S. L. -25550 mm	5.62	5.22	6.11	6.11

注記*1 : Ss-1, Ss-2, Ss-3, Ss-4, Ss-5, Ss-6, Ss-7, Ss-8 の最大値

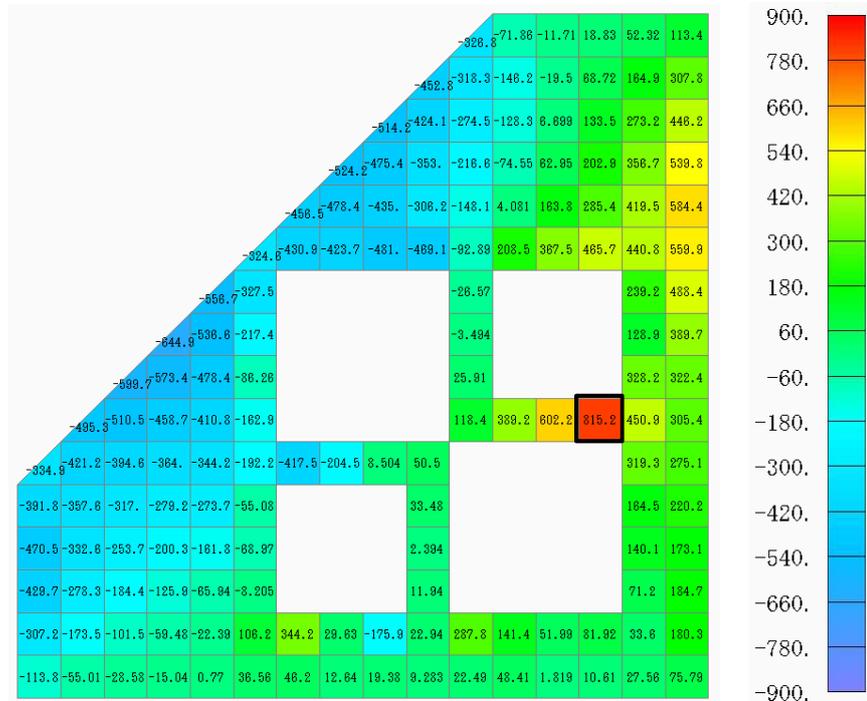
*2 : Ss-1, Ss-2 の最大値

(単位：kN・m/m)



(a) 曲げモーメント

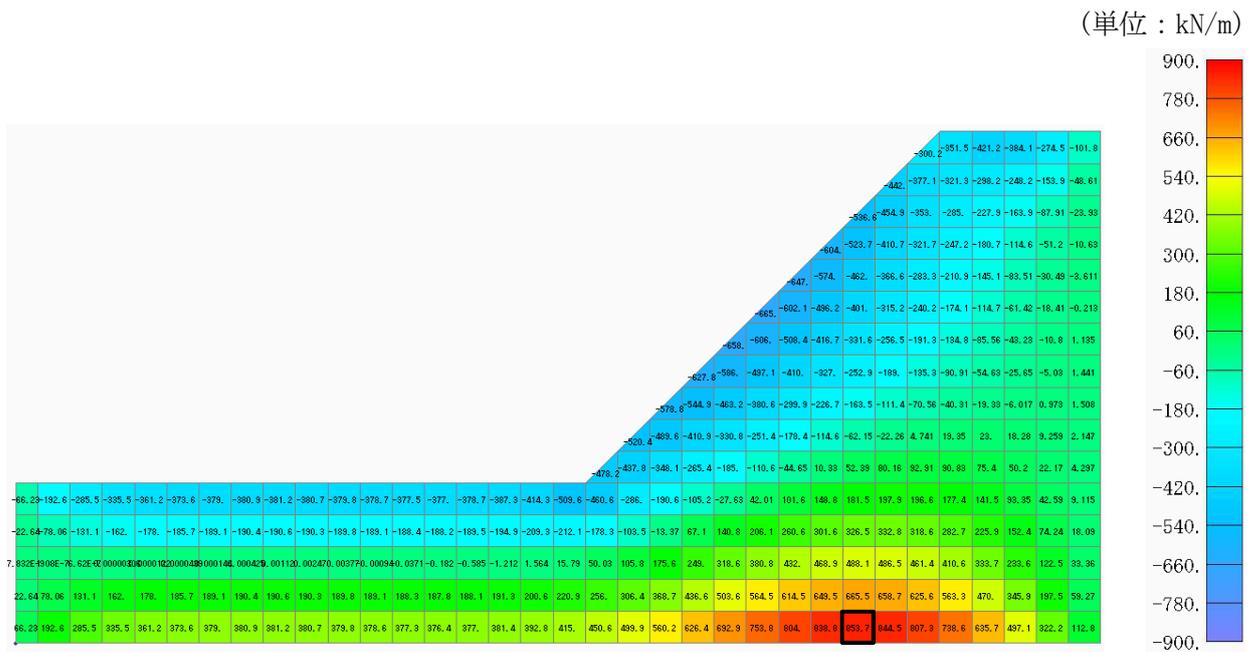
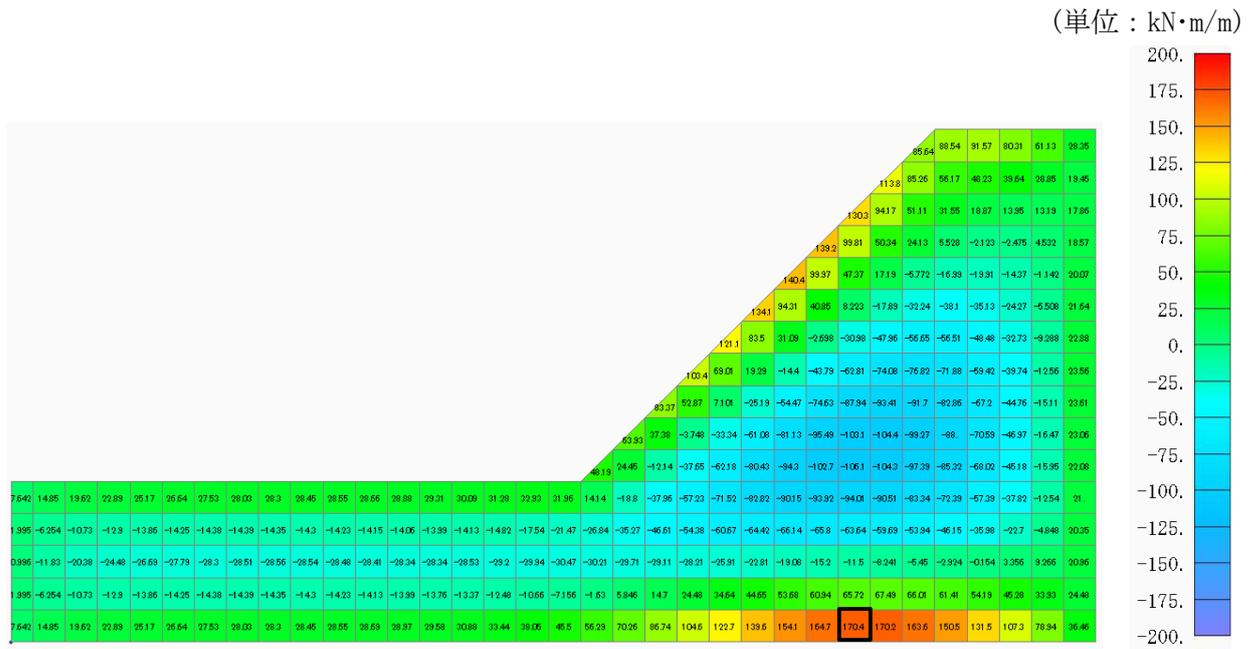
(単位：kN/m)



(b) せん断力

□：検討用応力を示す。

図 4-5 上部スラブの応力分布図



□：検討用応力を示す。

図 4-6 底部スラブの応力分布図

表 4-8 検討用応力

部位	検討用鉛直震度	曲げモーメント (kN・m/m)	せん断力 (kN/m)
上部スラブ	1.63	151	816
底部スラブ	1.63	171	854

4.5.2 断面の評価方法

(1) 面外せん断力に対する断面の評価方法

断面の評価は、「RC-N規準」に基づき、評価対象部位に生じる面外せん断力が、次式をもとに計算した許容面外せん断力を超えないことを確認する。

$$Q_A = b \cdot j \cdot \alpha \cdot f_s$$

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)

α : 許容せん断力の割増し係数

(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。)

$$\alpha = \frac{4}{M / (Q \cdot d) + 1}$$

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_s : コンクリートの短期許容せん断応力度で、表 4-5 に示す値 (N/mm^2)

(2) 曲げモーメントに対する断面の評価方法

断面の評価は、「RC-N規準」に基づき、評価対象部位に生じる曲げモーメントが、短期許容曲げモーメントを超えないことを確認する。

$$M_A = a_t \cdot f_t \cdot j$$

ここで、

M_A : 短期許容曲げモーメント (N・mm)

a_t : 引張鉄筋断面積 (mm^2)

f_t : 引張鉄筋の短期許容引張応力度で、表 4-6 に示す値 (N/mm^2)

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)

4.6 サブドレンピット上部スラブ及び底部スラブの評価結果

「4.5.2 断面の評価方法」に基づいた上部スラブ及び底部スラブの断面の評価結果を表 4-9 及び表 4-10 に示す。発生値が許容限界値を超えないことを確認した。

表 4-9 上部スラブの評価結果

厚さ t (mm)	650
配筋 (鉄筋断面積)	D38@250 (4560 mm ² /m)
発生曲げモーメント M (kN・m/m)	151
許容値 M _A (kN・m/m)	757
検定値 M/M _A	0.20
発生せん断力 Q (kN/m)	816
許容値 Q _A (kN/m)	1040
検定値 Q/Q _A	0.79
判定	可

表 4-10 底部スラブの評価結果

厚さ t (mm)	650
配筋 (鉄筋断面積)	D38@250 (4560 mm ² /m)
発生曲げモーメント M (kN・m/m)	171
許容値 M _A (kN・m/m)	757
検定値 M/M _A	0.23
発生せん断力 Q (kN/m)	854
許容値 Q _A (kN/m)	1040
検定値 Q/Q _A	0.83
判定	可

V-2-2-別添1-3-8 集水管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	4
2.4 適用規格・基準等	5
3. 解析方法	6
3.1 評価対象部位及び評価方針	6
3.2 荷重及び荷重の組合せ	7
3.2.1 荷重	7
3.2.2 荷重の組合せ	7
3.3 許容限界	8
3.4 評価方法	10
3.4.1 集水管の変形量算出方法	10
3.4.2 断面の評価方法	12
4. 評価結果	13
4.1 フレーム解析による評価結果	13

1. 概要

建屋評価における前提条件を満たすために、5号機地下水排水設備は、建屋の耐震性を確保するため地下水位を建屋基礎スラブ底面レベル以深に維持する機能を有する。

5号機地下水排水設備の評価においては、V-2-1-1「耐震設計の基本方針」のうち、「10. 耐震計算の基本方針 10.1 建物・構築物」に基づき、基準地震動 S_s による地震力に対して機能を維持できることを確認する。

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、5号機地下水排水設備のうち集水管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。

2. 基本方針

原子炉建屋地下水排水設備（以下「地下水排水設備」という。）は、建屋に対し耐震性を確保するため、地下水位を建屋基礎スラブ底面レベル以深に維持する機能を有し、基準地震動 S_s に対する機能維持を確認する必要があることから、地下水排水設備を構成する集水管について、基準地震動 S_s による地震力に対する評価（以下「 S_s 地震時に対する評価」という。）を実施する。

2.1 位置

地下水排水設備の概略配置を図2-1に示す。

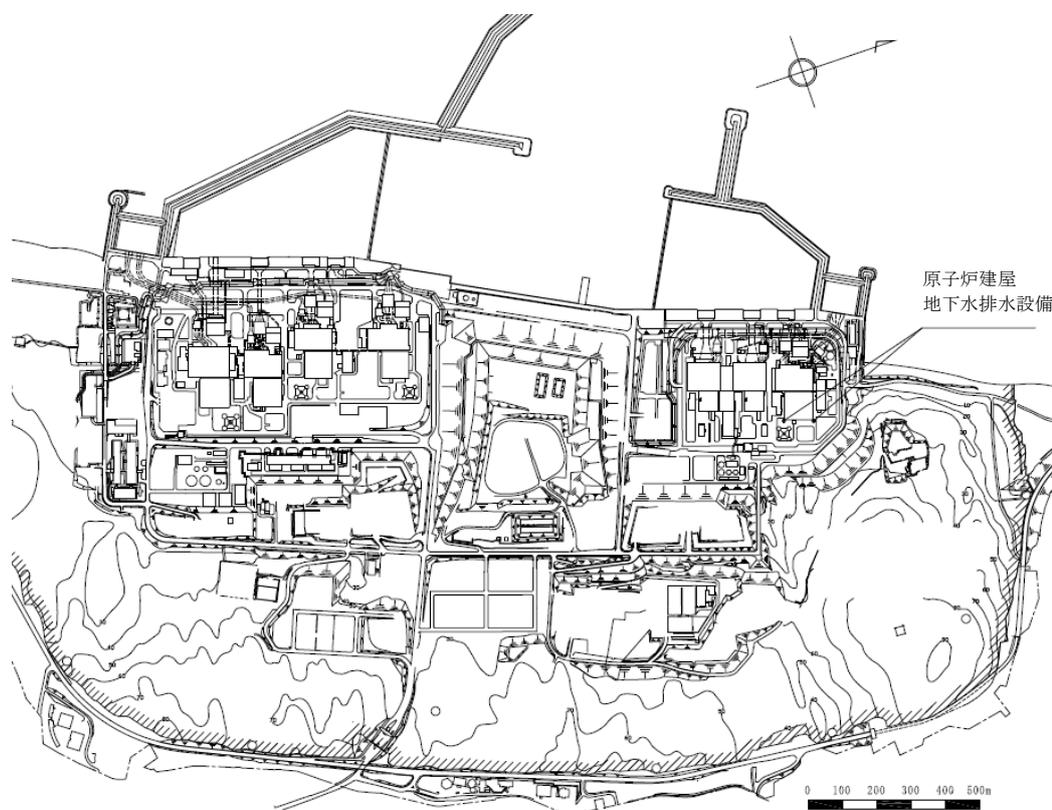


図2-1 地下水排水設備の概略配置図

2.2 構造概要

集水管は原子炉建屋，タービン建屋，コントロール建屋，廃棄物処理建屋の周囲に配置するφ200mmのSUS管であり，支持地盤である西山層に直接設置し，サブドレンピットに接続している。

集水管の概略平面図・断面図及び1/4断面構造図を図2-2に示す。

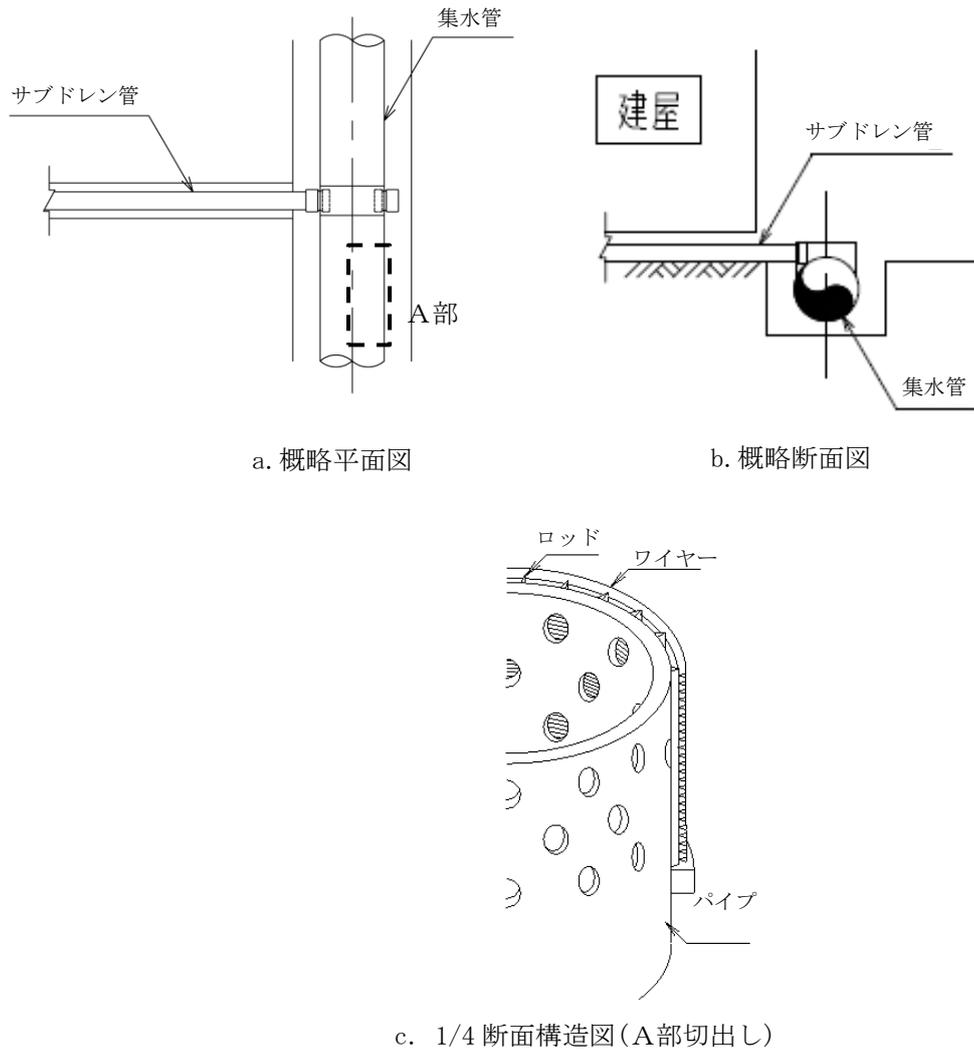


図2-2 概略平面図・断面図及び断面構造図

2.3 評価方針

集水管の評価は、V-2-1-1「耐震設計の基本方針」に基づき、集水管の変形量による評価において断面の評価を行うことで、地震時の構造強度及び機能維持の確認を行う。

集水管の評価フローを図2-3に示す。

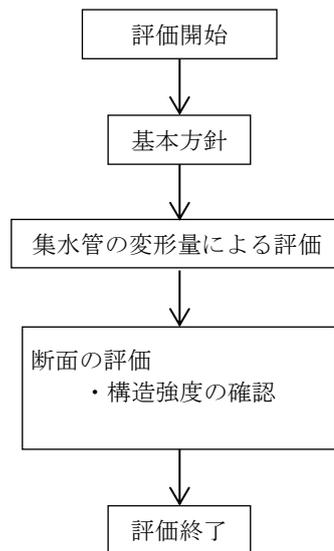


図2-3 集水管の評価フロー

2.4 適用規格・基準等

集水管の評価において、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 J E A G 4 6 0 1 -1987 ((社) 日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・補-1984 ((社) 日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -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 J S M E S N C 1 -2005/2007」((社) 日本機械学会)
- ・日本工業規格 (J I S)
- ・道路橋示方書 (I 共通編・IV下部構造編)・同解説 ((社) 日本道路協会, 2002)

3. 解析方法

3.1 評価対象部位及び評価方針

評価対象部位は集水管とし、 S_s 地震時の変形量により評価を行う。
 S_s 地震時に対する評価は、集水管に生じる変形量が地下水排水設備の建設時の「原子炉建屋サブドレーン・集水管工事施工要領書」に基づき設定した許容限界を超えないことを確認する。

集水管の評価フローを図3-1に示す。

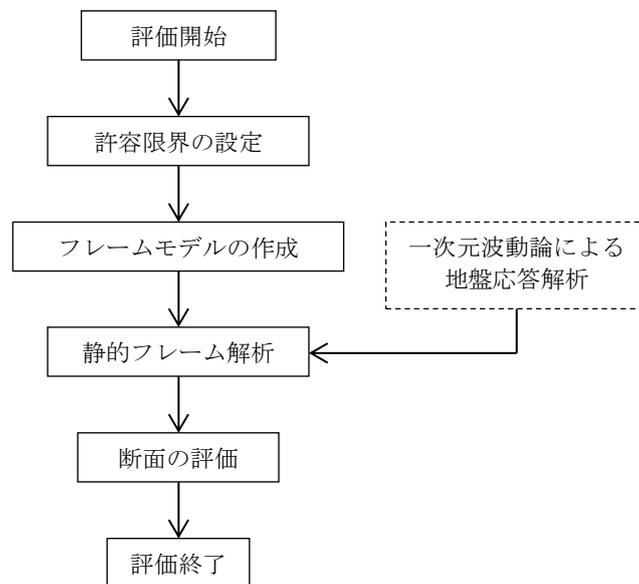


図3-1 集水管の評価フロー

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

集水管に作用する荷重は、集水管が岩盤を掘り込んだ建屋周辺の空隙内に設置されていることを踏まえ設定する。

(1) 固定荷重 (G)

固定荷重として集水管自体の自重と地表面から集水管上部までを考慮した上載土による鉛直土圧、水平土圧を考慮する。なお、集水管は岩盤を掘り込んだ建屋周辺の空隙内に設置されており、西山層やマンメイドロックに囲われているため水平土圧は受けないが、保守的に地上面までの上載土を考慮した水平土圧を設定する。水平土圧は「道路橋示方書 (I 共通編・IV 下部構造編)」に準じ、鉛直土圧に静止土圧係数 0.50 を乗じて算定する。

(2) 地震荷重 (S_s)

地震荷重は、基準地震動 S_s に対する一次元波動論による地盤の応答解析より設定する。なお、地盤物性の不確かさを考慮した地盤の応答解析結果を包絡したものとする。

3.2.2 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 3-1 に示す。

表 3-1 荷重の組合せ

荷重状態	荷重の組合せ
S _s 地震時	G + S _s

G : 固定荷重

S_s : S_s 地震荷重

3.3 許容限界

集水管の評価における許容限界は、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及び機能維持の基本方針に基づき、表3-2のとおり原子炉建屋サブドレーン・集水管工事施工要領書（竣工図書『柏崎・刈羽原子力発電所5号機工事の内発電所本館建物新設工事』）に基づき設定する。

集水管のひずみ率は、油圧式耐圧試験機を用いた集水管の直径方向のへん平試験を行って荷重変位曲線を求めている。

荷重変位曲線図を図3-2に示す。

集水管の許容限界は、図3-2の荷重変位曲線図から概ね弾性と認められる許容強度範囲を設定して求めた、発生ひずみ率2%以下とする。

表3-2 集水管の評価における許容限界

機能設計上の性能目標	地震力	部位	機能維持のための考え方	許容限界
構造強度を有すること	基準地震動 S _s	集水管	部材に生じる応力が内空断面を確保するための許容限界を超えないことを確認	ひずみ率 2%
通水機能を損なわないこと	基準地震動 S _s	集水管	部材に生じる応力が内空断面を確保するための許容限界を超えないことを確認	ひずみ率 2%

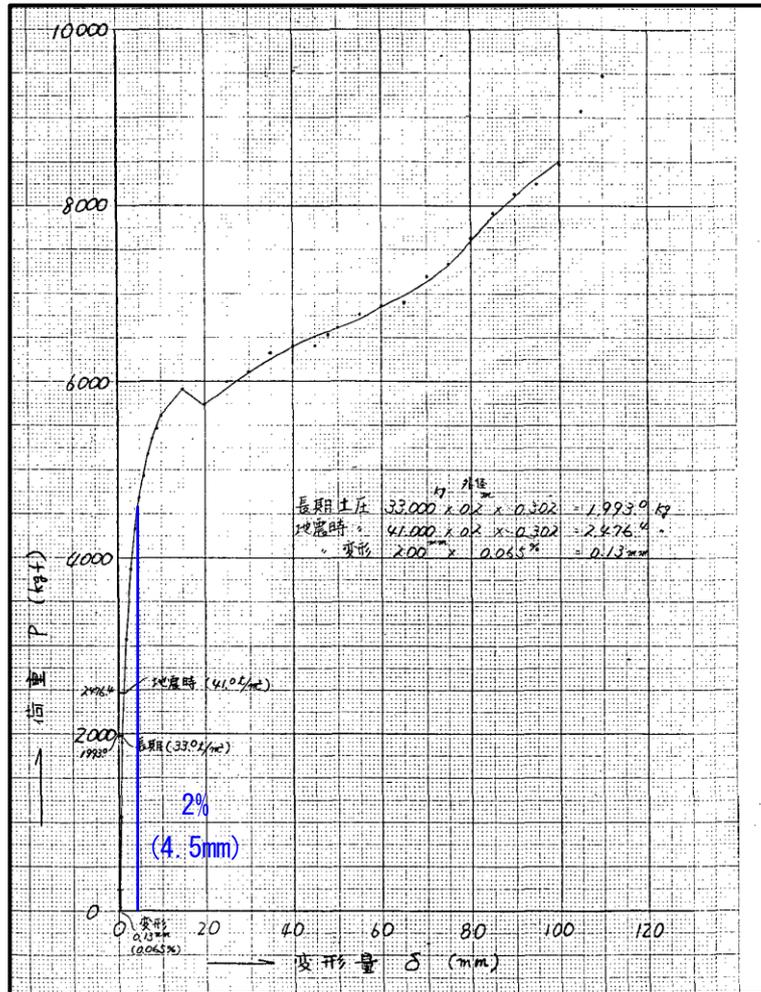


図 3-2 集水管の荷重-変位曲線図

注：「柏崎・刈羽原子力発電所 5 号機工事の内発電所本館建物新設工事 原子炉建屋サブドレーン・集水管工事施工要領書」より抜粋し，許容値を加筆。

3.4 評価方法

3.4.1 集水管の変形量算出方法

集水管は、横断方向断面（管軸直交方向）について評価を実施する。

(1) 地震荷重の設定

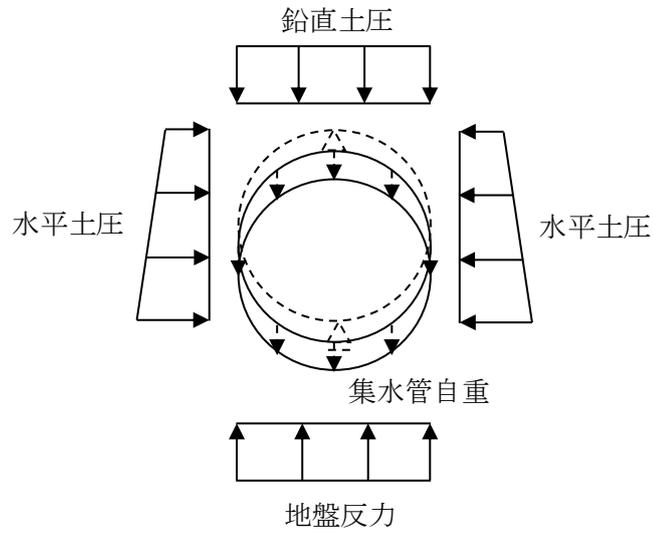
地震荷重は、原子炉建屋基礎スラブ底面位置の地盤に発生する水平方向及び鉛直方向の最大応答加速度を算出し設定する。

(2) 横断方向断面の検討

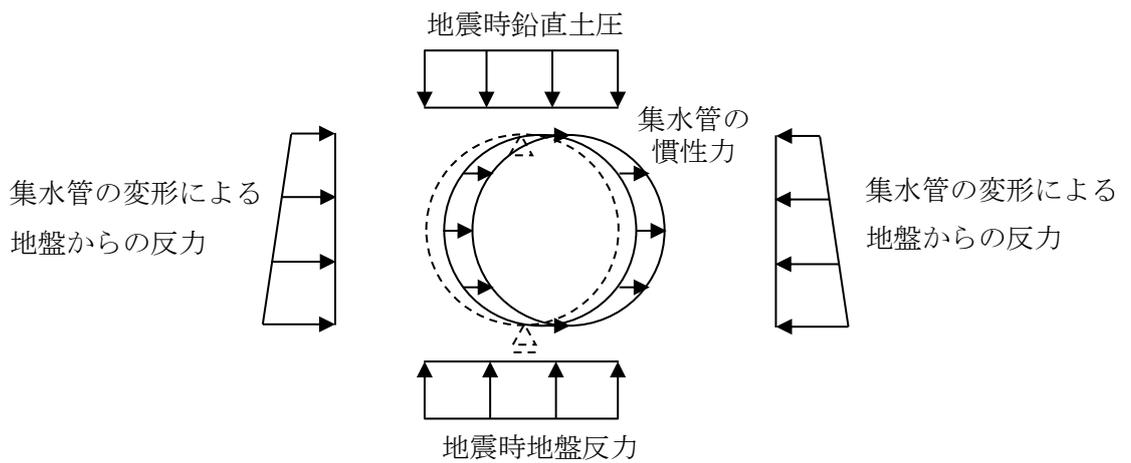
集水管の横断方向断面の検討は、一次元波動論による地盤の応答解析によって得られた最大応答加速度を震度として設定したフレーム解析とする。震度は鉛直最大応答加速度に着目して地震時慣性力を設定する。構造部材は円形状にモデル化した線形はり要素とし、地震時慣性力を一方向から静的に載荷して最大変形量を算出する。解析には、解析コード「FRAME」を用いる。また、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

図 3-3 に解析モデルを示す。また、集水管の構造諸元と物性値を表 3-3、表 3-4 に示す。

固定荷重 (G)



地震荷重 (S s)



注：鉛直土圧による水平増分は $k_0 = \nu d / (1 - \nu d)$ を鉛直応力に乗じる。

ここで、 νd は 5 号物性の砂層の動ポアソン比 0.415 とする。

図 3-3 横断方向断面のフレーム解析モデル

表 3-3 集水管 (SUS 管) の断面諸元

	断面積 (mm ²)	断面二次 モーメント (mm ⁴)	部材ピッチ (mm)
ワイヤー	5.290	6.219	3.1
パイプ	1615.5*	5688.079*	—

注記* : パイプの断面積, 断面二次モーメントは試験片長 302mm 当たりの値

なお, 集水管は図 2-2 に示す通り, ワイヤーをパイプの外周にロッドにて固定する構造である。評価において保守的にロッドの断面二次モーメントを見込まないこととした。

表 3-4 集水管 (SUS 管) の物性値

材料	単位体積重量	ヤング係数
SUS304	77.8 kN/m ³	193×10 ⁶ kN/m ²

3.4.2 断面の評価方法

集水管は, 地震時に内空断面を確保して集水する機能が求められる。そのため, 横断方向断面に発生するひずみ率が, 許容限界を超えないことを確認する。

4. 評価結果

4.1 フレーム解析による評価結果

(1) 地震荷重

集水管に作用する地震荷重は、原子炉建屋基礎スラブ底面位置 (T.M.S.L. -24.0m) における最大応答加速度を用いて、V-2-2-別添 1-3-1「地下水排水設備設置位置の地盤応答」より一次元波動論による地盤の応答解析にて算出する。Ss-1～Ss-8 について標準地盤ケースおよび地盤定数の不確かさを考慮したケース (+ σ 地盤, - σ 地盤) を実施し、最大応答加速度が最大となった Ss-1 (- σ 地盤) の結果を表 4-1 に示す。

表 4-1 地盤の応答解析より得られた最大応答加速度

方向	最大応答加速度 (m/s ²)	地震動
鉛直	6.13	Ss-1 (- σ 地盤)

(2) 評価結果

フレーム解析より得られた最大変形量について、集水管外径の 227 mm で除し、発生ひずみ率を算出する。集水管の照査を実施した結果を表 4-2 に示す。

S s 地震時において、発生値が許容限界を超えないことを確認した。

表 4-2 集水管の評価結果

検討条件	鉛直震度 Ss-1 (- σ 地盤)	Kv=0.62
最大変形量 発生ひずみ率	最大変形量	2.6 mm
	発生ひずみ率 (SUS ϕ 200 外径 227mm)	1.2 %
許容限界	許容ひずみ率	2%

V-2-2-別添 1-3-9 サブドレン管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	4
2.4 適用規格・基準等	5
3. 解析方法	6
3.1 評価対象部位及び評価方針	6
3.2 荷重及び荷重の組合せ	7
3.2.1 荷重	7
3.2.2 荷重の組合せ	7
3.3 許容限界	8
3.4 評価方法	10
3.4.1 サブドレン管の変形量算出方法	10
3.4.2 断面の評価方法	12
4. 評価結果	13
4.1 フレーム解析による評価結果	13

1. 概要

建屋評価における前提条件を満たすために、5号機地下水排水設備は、建屋の耐震性を確保するため地下水位を建屋基礎スラブ底面レベル以深に維持する機能を有する。

5号機地下水排水設備の評価においては、V-2-1-1「耐震設計の基本方針」のうち、「10. 耐震計算の基本方針 10.1 建物・構築物」に基づき、基準地震動 S_s による地震力に対して機能を維持できることを確認する。

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、5号機地下水排水設備のうちサブドレン管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。

2. 基本方針

原子炉建屋地下水排水設備（以下「地下水排水設備」という。）は、建屋に対し耐震性を確保するため、地下水位を建屋基礎スラブ底面レベル以深に維持する機能を有し、基準地震動 S_s に対する機能維持を確認する必要があることから、地下水排水設備を構成するサブドレン管について、 S_s 地震時に対する評価（以下「 S_s 地震時に対する評価」という。）を実施する。

2.1 位置

地下水排水設備の概略配置を図2-1に示す。

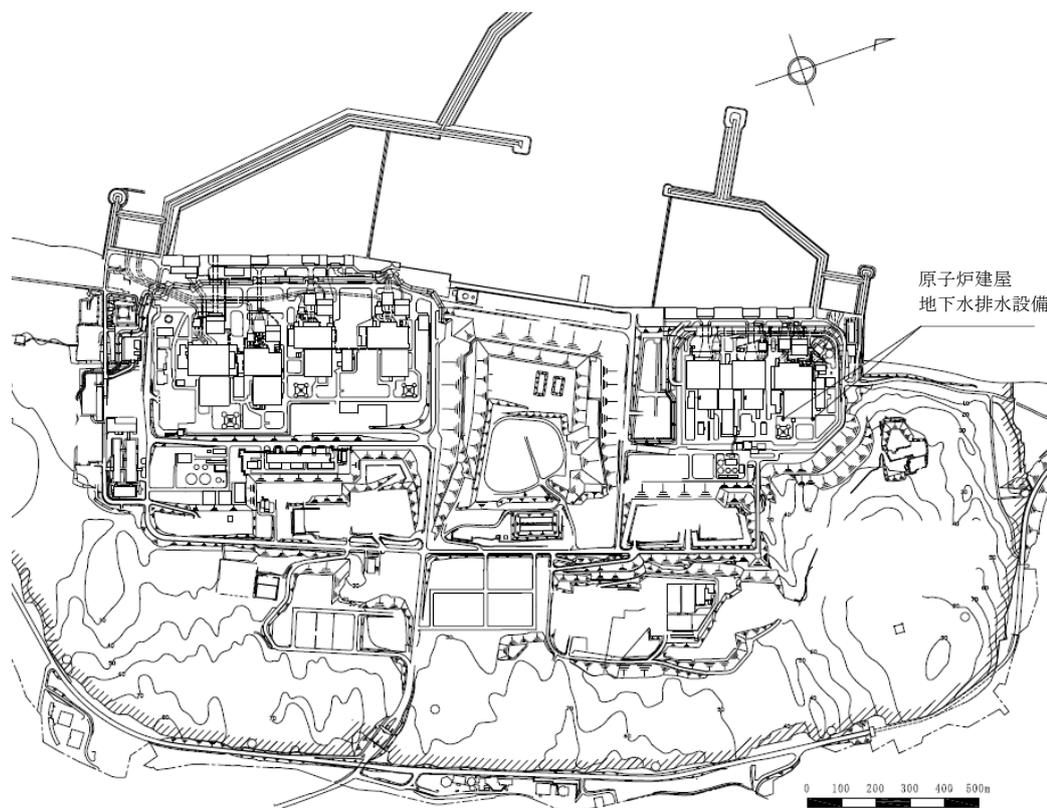


図2-1 地下水排水設備の概略配置図

2.2 構造概要

サブドレン管は原子炉建屋，コントロール建屋の下に配置するφ50mmの塩ビ管であり，支持地盤である西山層に直接設置し，集水管（SUS管）に接続している。

サブドレン管の概略平面図及び概略断面図を図2-2に示す。

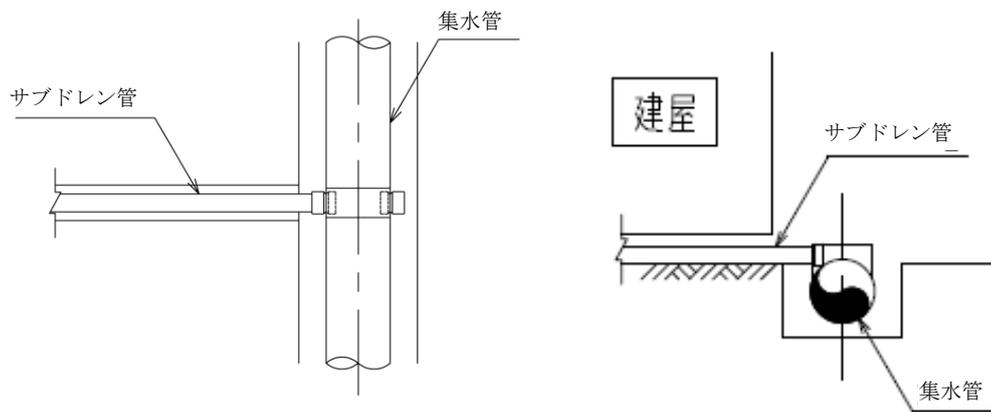


図2-2 概略平面図・断面図

2.3 評価方針

サブドレン管の評価は、V-2-1-1「耐震設計の基本方針」に基づき、サブドレン管の変形量による評価において断面の評価を行うことで、地震時の構造強度及び機能維持の確認を行う。サブドレン管の評価フローを図2-3に示す。

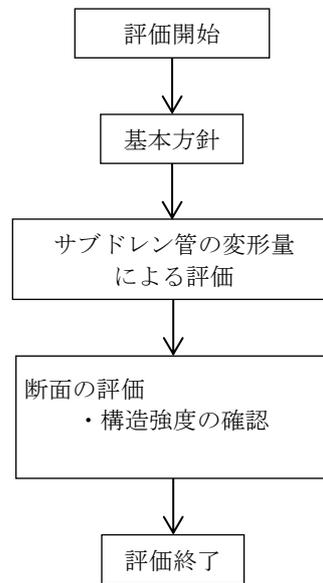


図2-3 サブドレン管の評価フロー

2.4 適用規格・基準等

サブドレン管の評価において、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 J E A G 4 6 0 1 -1987 ((社) 日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・補-1984
((社) 日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版 ((社) 日本電気協会)
- ・水道用硬質ポリ塩化ビニル管技術資料 (塩化ビニル管・継手協会)
- ・日本工業規格 (J I S)

3. 解析方法

3.1 評価対象部位及び評価方針

評価対象部位はサブドレン管とし、 S_s 地震時の変形量により評価を行う。
 S_s 地震時に対する評価は、サブドレン管に生じる変形量が地下水排水設備の建設時の「原子炉建屋サブドレーン・集水管工事施工要領書」に基づき設定した許容限界を超えないことを確認する。

サブドレン管の評価フローを図 3-1 に示す。

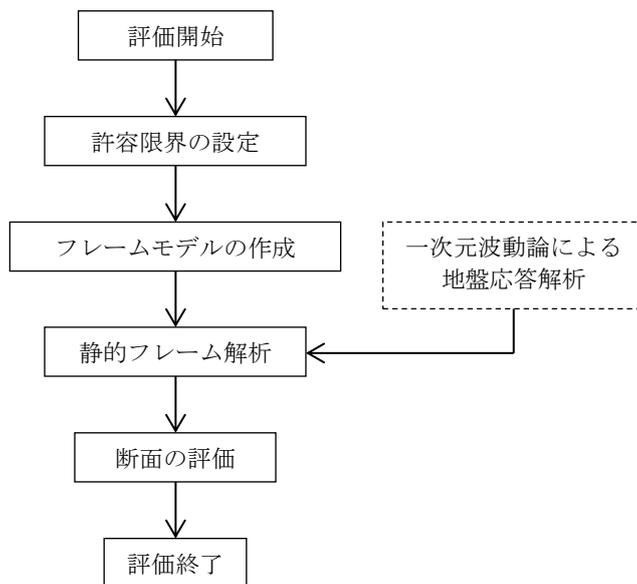


図 3-1 サブドレン管の評価フロー

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

サブドレン管に作用する荷重は、サブドレン管が岩盤を掘り込んだ建屋基礎スラブ底面の空隙内に設置されていることを踏まえ設定する。

V-2-9-3-4「原子炉建屋基礎スラブの耐震性についての計算書」において、建屋基礎スラブ底面にある西山層の極限支持力は 4410kN/m^2 で、原子炉建屋の接地圧は 2220kN/m^2 であり、西山層の極限支持力は十分な余裕を持っている。

よって、サブドレン管を設置している空隙は、 S_s 地震時においても形状が保持されると考えられることから、サブドレン管には建屋基礎スラブ及び西山層からの鉛直及び水平の土圧は作用しない。

(1) 固定荷重 (G)

固定荷重としてサブドレン管自体の自重と空隙内の砂の上載土荷重を考慮する。空隙内の砂の自重による鉛直荷重は軽微であり、空隙内の拘束力は小さいため、鉛直土圧による水平土圧は見込まないものとする。水平土圧は、上載土荷重を打ち消す効果があるため、水平土圧を見込まない場合のひずみ率は、判定として保守的な値となる。

(2) 地震荷重 (S_s)

地震力は、基準地震動 S_s に対する一次元波動論による地盤の応答解析より設定する。なお、地盤物性の不確かさを考慮した地盤の応答解析結果を包絡したものとする。

3.2.2 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 3-1 に示す。

表 3-1 荷重の組合せ

荷重状態	荷重の組合せ
S_s 地震時	$G + S_s$

G : 固定荷重

S_s : S_s 地震荷重

3.3 許容限界

サブドレン管の評価における許容限界は、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及び機能維持の基本方針に基づき、表3-2のとおりサブドレン・集水管材料強度試験成績書（竣工図書『柏崎刈羽原子力発電所5号機工事の内発電所本館建物新設工事原子力建屋』）に基づき設定する。

サブドレン管のひずみ率は、油圧式耐圧試験機を用いたサブドレン管の直径方向のへん平試験を行って荷重変位曲線を求めている。

荷重変位曲線図を図3-2に示す。

サブドレン管の許容限界は、図3-2の荷重変位曲線図から概ね弾性と認められる許容強度範囲を設定して求めた、発生ひずみ率11%以下とする。

表3-2 サブドレン管の評価における許容限界

機能設計上の性能目標	地震力	部位	機能維持のための考え方	許容限界
構造強度を有すること	基準地震動 S _s	サブドレン管	部材に生じる応力が内空断面を確保するための許容限界を超えないことを確認	ひずみ率 11%
通水機能を損なわないこと	基準地震動 S _s	サブドレン管	部材に生じる応力が内空断面を確保するための許容限界を超えないことを確認	ひずみ率 11%

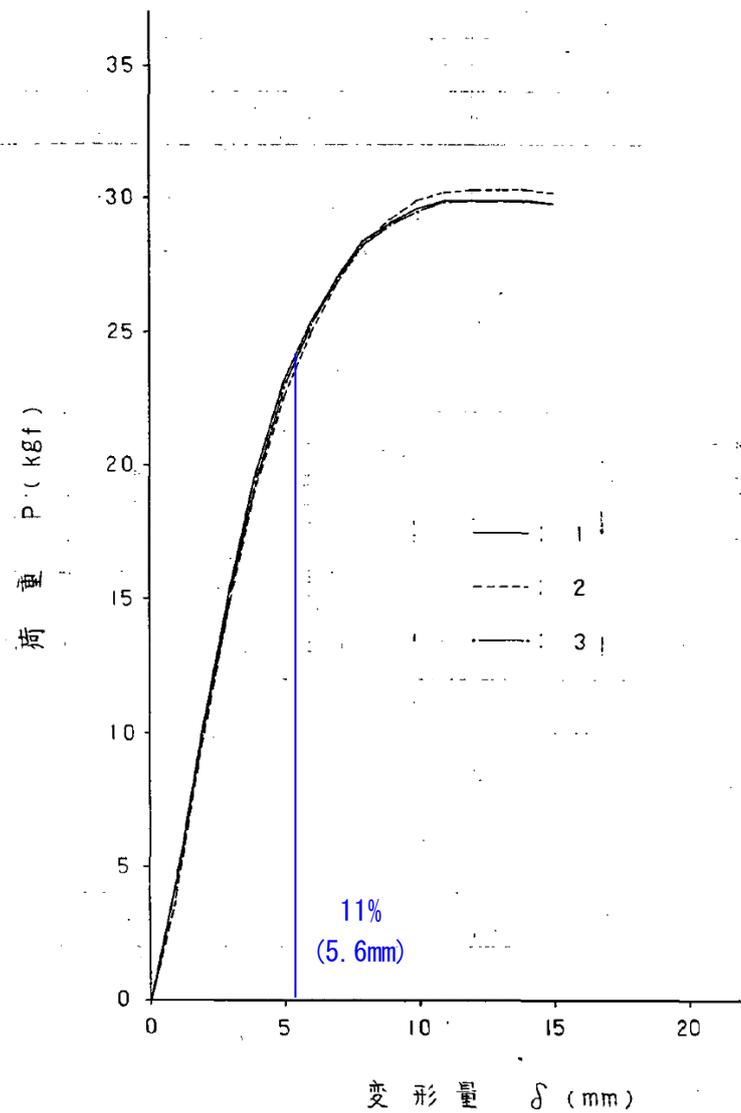


図 3-2 サブドレン管の荷重-変位曲線図

注：「柏崎刈羽原子力発電所 5 号機工事の内発電所本館建物新設工事 原子炉建屋サブドレ
ーン・集水管工事施工要領書」より抜粋し，許容値を加筆。

3.4 評価方法

3.4.1 サブドレン管の変形量算出方法

サブドレン管は、横断方向（管軸直交方向）について評価を実施する。

(1) 地震荷重の設定

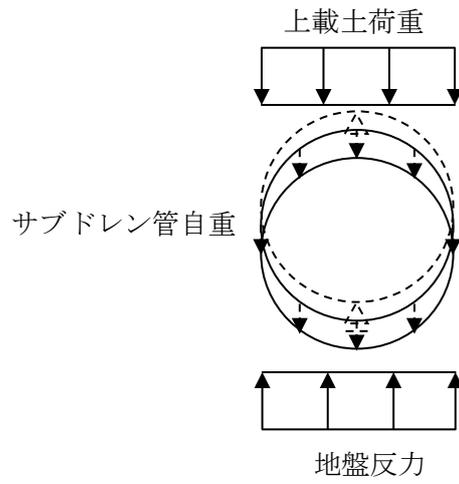
地震荷重は、原子炉建屋基礎スラブ底面位置の地盤に発生する鉛直方向の最大応答加速度を算出し設定する。

(2) 横断方向断面の検討

サブドレン管の横断方向断面の検討は、一次元波動論による地盤の応答解析によって得られた最大応答加速度を震度として設定したフレーム解析とする。震度は鉛直最大応答加速度に着目して、地震時慣性力を設定する。構造部材は円形状にモデル化した線形はり要素とし、地震時慣性力を一方向から静的に載荷して、最大変形量を算出する。解析には、解析コード「FRAME」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。

図3-3に解モデルを示す。また、サブドレン管の構造諸元と物性値を表3-3,表3-4に示す。

固定荷重 (G)



地震荷重 (S s)

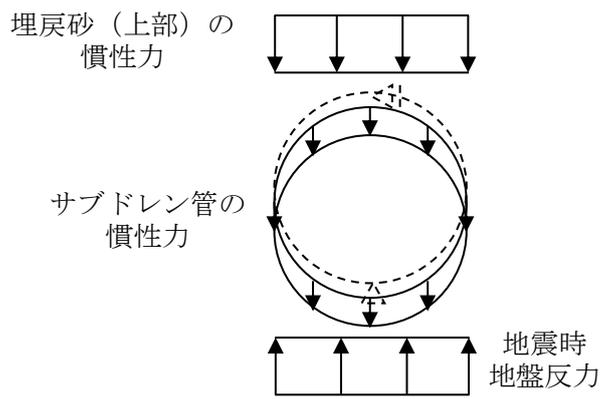


図 3-3 横断方向断面のフレーム解析モデル

表 3-3 サブドレン管（塩ビ管）の構造諸元

呼び径	外径	内径	厚さ
50mm	51mm	45mm	3mm

表 3-4 サブドレン管（塩ビ管）の物性値

材料	単位体積重量	ヤング係数
硬質ポリ塩化ビニル	14.0 kN/m ³	3.4×10 ⁶ kN/m ²

3.4.2 断面の評価方法

サブドレン管は、地震時に内空断面を確保して集水する機能が求められる。そのため、横断方向断面に発生するひずみ率が、許容限界を超えないことを確認する。

4. 評価結果

4.1 フレーム解析による評価結果

(1) 地震荷重

サブドレン管に作用する地震荷重は、原子炉建屋基礎スラブ底面位置（T.M.S.L. -24.0m）における最大応答加速度を用いて、V-2-2-別添 1-3-1「地下水排水設備設置位置の地盤応答」より一次元波動論による地盤の応答解析にて算出する。Ss-1～Ss-8 について標準地盤ケースおよび地盤定数の不確かさを考慮したケース（+ σ 地盤, - σ 地盤）を実施し、最大応答加速度が最大となった Ss-1（- σ 地盤）の結果を表 4-1 に示す。

表 4-1 地盤の応答解析より得られた最大応答加速度

方向	最大応答加速度 (m/s^2)	地震動
水平	6.13	Ss-1（- σ 地盤）

(2) 評価結果

フレーム解析より得られた最大変形量について、サブドレン管外径の 51 mm で除し、発生ひずみ率を算出する。サブドレン管の照査を実施した結果を表 4-2 に示す。

S s 地震時において、発生値が許容限界を超えないことを確認した。

表 4-2 サブドレン管の評価結果

検討条件	鉛直震度 Ss-1 (- σ 地盤)	$K_V=0.62$
最大変形量 発生ひずみ率	最大変形量	0.09 mm
	発生ひずみ率 (塩ビ ϕ 50 外径 51mm)	0.18 %
許容限界	許容ひずみ率	11 %

V-2-2-別添 1-4 地下水排水設備に係る施設の水平 2 方向及び鉛直方向
地震力の組合せに関する影響評価結果

目 次

1. 概要	1
2. 建物・構築物の影響評価	1
2.1 基本方針	1
2.2 評価条件及び評価方法	1
2.3 評価結果	4
2.3.1 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価設備（部位）の抽出	4
2.3.2 抽出部位の検討	5
2.3.3 検討評価結果	6
2.3.4 まとめ	6
3. 機器・配管系の影響評価	9
3.1 基本方針	9
3.2 評価条件及び評価方法	9
3.3 評価結果	11
3.3.1 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価設備（部位）の抽出	11
3.3.2 建物・構築物の検討結果を踏まえた機器・配管系の設備の抽出	11
3.3.3 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価	11
3.3.4 水平2方向及び鉛直方向地震力の影響評価結果	12
3.3.5 まとめ	12

1. 概要

本資料は、V-2-2-別添 1-1「地下水排水設備に係る施設の耐震計算書の方針」の4.4「水平2方向及び鉛直方向地震力の考慮」に基づき、7号機及び5号機地下水排水設備に係る施設について、基準地震動 S_s による地震力に対して、耐震性を有することを確認しているため、水平2方向及び鉛直方向の組合せに関する影響評価について説明するものである。

2. 建物・構築物の影響評価

2.1 基本方針

地下水排水設備に係る施設に関する、水平方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価については、V-2-1-8「水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価方針」の「4.1 建物・構築物」の評価方針及び評価方法を踏まえて、設備が有する耐震性への影響を評価する。

2.2 評価条件及び評価方法

V-2-1-8「水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価方針」の「4. 各施設における水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに対する影響評価方針」を踏まえて、基準地震動 S_s による地震力に対して耐震評価を実施する設備のうち、従来の設計手法における水平1方向及び鉛直方向地震力を組み合わせた耐震計算（以下「従来の計算」という。）に対して、設備の構造特性から水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響の可能性のあるものを抽出し、影響を評価する。影響評価のフローを図2-1に示す。

(1) 影響評価部位の抽出

① 耐震評価上の構成部位の整理

耐震評価上の構成部位を整理し、該当する構成部位を確認する。

② 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響が想定される応答特性の整理

耐震評価上の構成部位について、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響が想定される応答特性を整理する。

③ 荷重の組合せによる応答特性が想定される部位の抽出

整理した耐震評価上の構成部位について、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響が想定される応答特性のうち、荷重の組合せによる応答特性を検討する。水平2方向及び鉛直方向地震力に対し、荷重の組合せによる応答特性により耐震性への影響が想定される部位を抽出する。

④ 3次元的な応答特性が想定される部位の抽出

荷重の組合せによる応答特性が想定される部位として抽出されなかった部位のうち、3次元的な応答特性が想定される部位を検討する。水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに対し、3次元的な応答特性により、有する耐震性への影響が想定される部位を抽出する。

⑤ 3次元 FEM モデルによる精査

3次元的な応答特性が想定される部位として抽出された部位について、3次元 FEM モデ

ルを用いた精査を実施し、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せにより、有する耐震性への影響が想定される部位を抽出する。

また、3 次元的な応答特性が想定される部位として抽出されなかった部位についても、局所応答の観点から、3 次元 FEM モデルによる精査を実施し、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せにより、耐震性への影響が想定される部位を抽出する。

(2) 影響評価手法

⑥ 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価

水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価において、水平 1 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる局部評価の荷重又は応力の算出結果を組み合わせることにより評価を行う場合は、米国 Regulatory Guide 1.92*の「2. Combining Effects Caused by Three Spatial Components of an Earthquake」を参考として、組合せ係数法(1.0 : 0.4 : 0.4)に基づいて地震力を設定する。

評価対象として抽出した耐震評価上の構成部位について、構造部材の発生応力等を適切に組み合わせることで、各部位の設計上の許容値に対する評価を実施し、各部位が有する耐震性への影響を評価する。

⑦ 機器・配管系への影響検討

水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響が確認された構造物が、機器・配管系の間接支持構造物である場合、機器・配管系に対して、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる応答値への影響を確認する。

水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる応答値への影響が確認された場合、機器・配管系の影響評価に反映する。

注記* : REGULATORY GUIDE (RG) 1.92 “COMBINING MODAL RESPONSES AND SPATIAL COMPONENTS IN SEISMIC RESPONSE ANALYSIS”

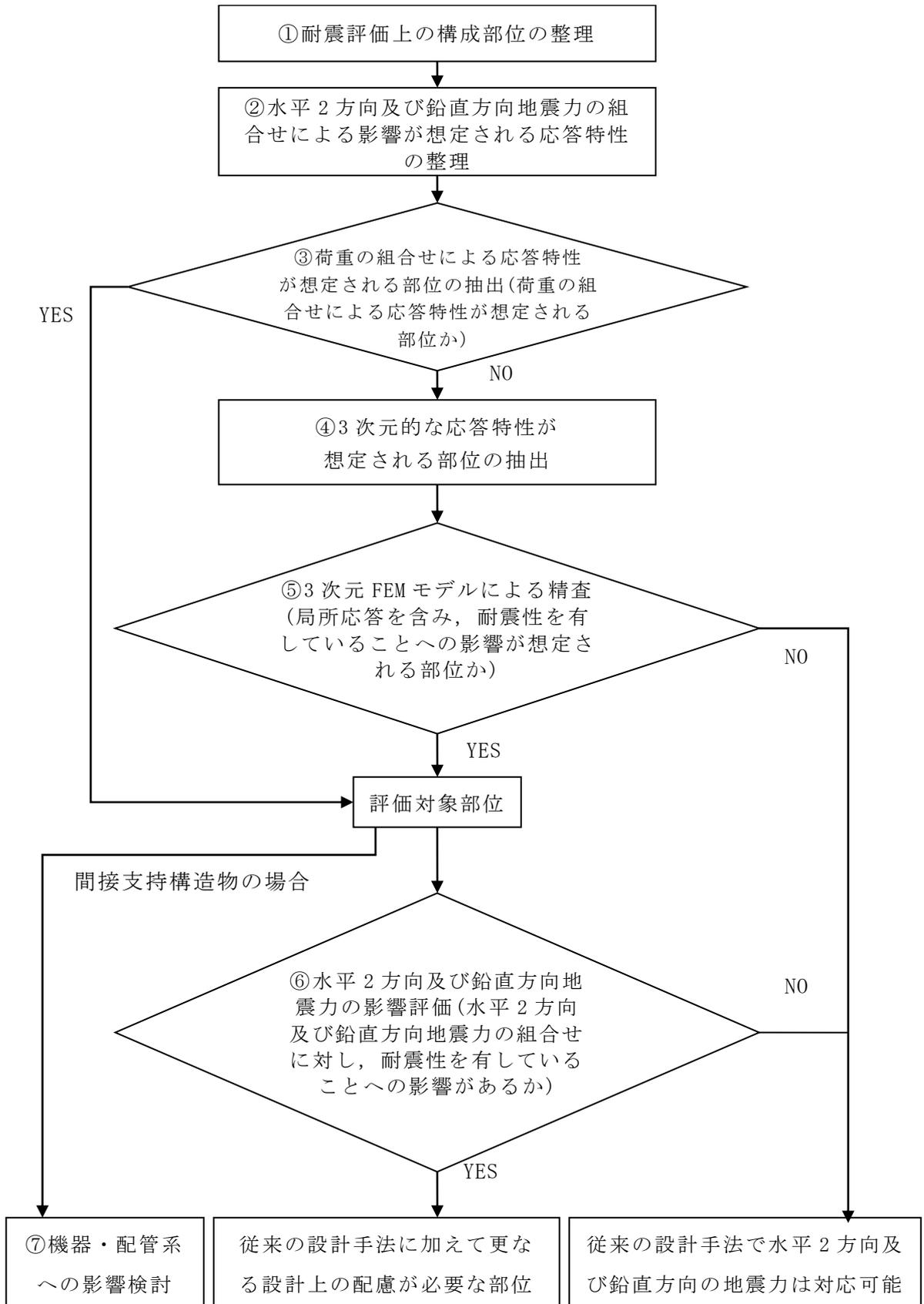


図 2-1 水平 2 方向及び鉛直方向地震力による影響評価のフロー

2.3 評価結果

2.3.1 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価設備（部位）の抽出

対象とする部位について、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響が想定される応答特性から、水平方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響を受ける可能性のある部位を抽出する。

(1) 耐震評価上の構成部位の整理

耐震評価上の構成部位を表2-1に示す。

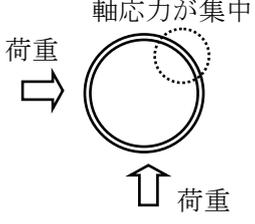
表2-1 地下水排水設備構成部位一覧表

名 称
サブドレンシャフト
サブドレンピット
集水管
サブドレン管

(2) 応答特性の整理と評価部位の抽出

耐震評価上の構成部位について、水平2方向及び鉛直方向地震力の影響が想定される応答特性を整理し、応答特性を踏まえた影響評価が必要な部位を表2-2に示す。

表 2-2 応答特性の整理と影響評価が必要な部位

耐震評価上の構成部材	水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響が想定される応答特性	影響評価の必要性
サブドレンシャフト 管軸方向	<p>1 方向のみ地震荷重を負担することが基本 円筒型のシャフトは直行する水平 2 方向の 地震力により，集中応力が作用する。</p> 	要
サブドレンピット 上部スラブ	サブドレンシャフト下部に生じる反力を上部スラブが受けるため影響がある。	要
集水管	鉛直荷重は，上載土による鉛直土圧，水平土圧を考慮する。水平力は，岩盤を掘り込んだ空隙内に設置されていることから，土圧の影響を受けないため考慮しない。	不要
サブドレン管	鉛直荷重は，岩盤を掘り込んだ建屋基礎スラブ底面の空隙内に設置されているため，空隙内の充填材（砂）の上載土圧を考慮する。水平力は空隙内に設置されていることから，土圧の影響を受けないため考慮しない。	不要

2.3.2 抽出部位の検討

「2.3.1 影響評価結果」より，直行する水平 2 方向の荷重が応力として集中する部位として，サブドレンシャフトについて検討する。また，サブドレンシャフトの荷重影響を考慮し，サブドレンピット上部スラブについても検討することとし，基準地震動 S_s における平行成層地盤の応答変位を用いた応答変位法解析を実施し，水平 2 方向及び鉛直方向の組合せを考慮した応答評価を行う。

(1) 検討方針

本検討に用いる応力は，V-2-2-別添 1-2-6「サブドレンシャフトの耐震性についての計算書」及びV-2-2-別添 1-3-6「サブドレンシャフトの耐震性についての計算書」における，地盤物性の不確かさを考慮した検討に用いる地震動（基準地震動 S_s -1, S_s -2, S_s -3, S_s -8）について，線形はり-地盤ばねモデルによる応答変位法解析より算定した，サブドレンシャフトの最大応力とする。許容応力度の評価は，鋼構造計算基準に基づいて曲げ及び圧縮応力度の組合せ並びにせん断力について評価を行う。

(2) 組合せ応力

水平 2 方向及び鉛直方向の組合せにおける応答の確認として、地盤物性の不確かさを考慮した検討に用いる地震動における、NS 方向入力及びEW 方向入力の応答結果より、組合せ係数法を用いて算定した組合せ応力について、サブドレンシャフト及びピット上部スラブの検討を行う。組合せ応力は、水平 2 方向及び鉛直方向地震力を組み合わせる方法として、米国 Regulatory Guide1.92 の「2. Combining Effects Caused by Three Spatial Components of an Earthquake」を参考に、組合せ係数法 (1.0:0.4:0.4) に基づいた評価により実施した。

表 2-3 に組合せ応力を示す。なお、組合せ応力は基準地震動 Ss-3 にて算定した値であり、鉛直方向は水平方向に比べ発生応力は小さく、Ss-3 は水平方向の方向性を持たないため、ケース 1 及びケース 2 による算出値が最大応力となる。

表 2-3 組合せ係数法における組合せ応力

ケース	応力方向の組合せ
1	1.0NS + 0.4EW + 0.4UD
2	0.4NS + 1.0EW + 0.4UD
3	0.4NS + 0.4EW + 1.0UD

注：応力方向は、N→S 入力，S→N 入力，E→W 入力，W→E 入力，上向き+UD，下向き-UDの組合せがある。

2.3.3 検討評価結果

組合せ応力によるサブドレンシャフト及びピット上部スラブの検討結果を表 2-4 に示す。なお、5 号機サブドレン上部スラブのせん断力が、従来の設計による発生値に対して小さくなるが、これは水平 2 方向の合力により作用軸が変化したことにより、応力分布が変わったためである。

FEM 解析における応力分布比較を、図 2-2 に示す。

建物・構築物の検討評価において、機器・配管系への影響がある部位としてサブドレンシャフトが抽出された。

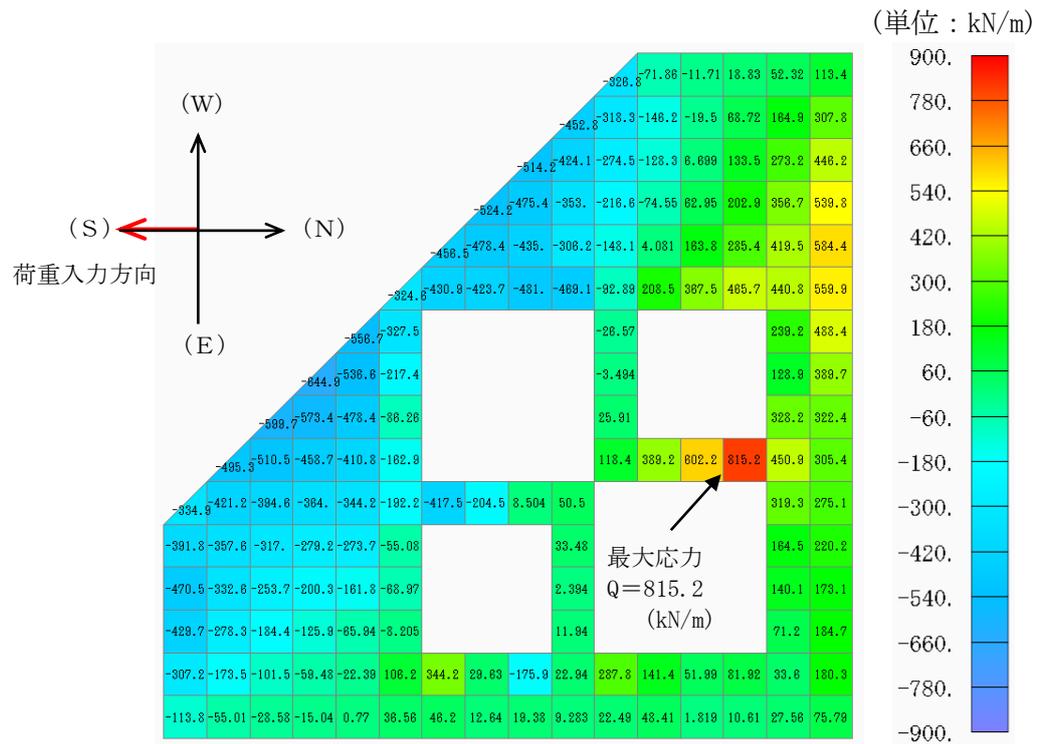
2.3.4 まとめ

地下水排水設備の建物・構築物について、水平 2 方向及び鉛直方向の組合せを考慮した応答評価を行い、全ての評価対象部位で、許容値以下となることを確認した。

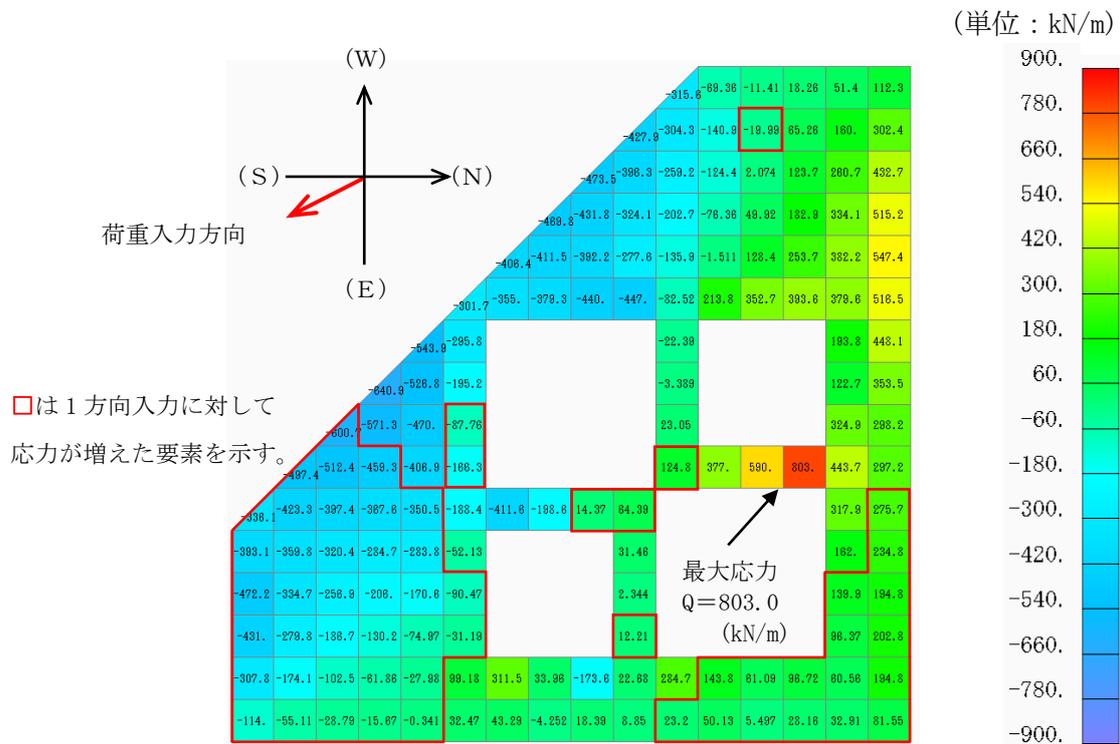
表 2-4 水平 2 方向及び鉛直方向地震力による影響評価結果

建屋名	部位名称	水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響評価						
		方向	応力分類	1 方向入力 発生値	2 方向想定 発生値	許容値	2 方向想定 検定値	判定
7 号機 原子炉 建屋	サブドレン シャフト	管軸 方向	曲げ応力度 (N/mm ²)	228	245	258	0.96	○
			圧縮応力度 (N/mm ²)	1.51	1.51	255		○
			せん断応力度 (N/mm ²)	45.1	48.7	148	0.33	○
	サブドレン ピット 上部スラブ	曲げモーメント (kN・m)		578	608	838	0.73	○
		せん断力 (kN・m)		1350	1410	1530	0.93	○
7 号機 タービン 建屋	サブドレン シャフト	管軸 方向	曲げ応力度 (N/mm ²)	206	222	258	0.87	○
			圧縮応力度 (N/mm ²)	1.50	1.50	255		○
			せん断応力度 (N/mm ²)	45.1	48.4	148	0.33	○
	サブドレン ピット 上部スラブ	曲げモーメント (kN・m)		295	310	535	0.58	○
		せん断力 (kN・m)		931	971	1480	0.66	○
5 号機 原子炉 建屋	サブドレン シャフト	管軸 方向	曲げ応力度 (N/mm ²)	351	378	440	0.87	○
			圧縮応力度 (N/mm ²)	2.54	2.54	429		○
			せん断応力度 (N/mm ²)	178	191	254	0.76	○
	サブドレン ピット 上部スラブ	曲げモーメント (kN・m)		151	154	757	0.21	○
		せん断力 (kN・m)		816	803	1040	0.78	○

注：表 2-3 に示す，最大となる組合せ応力での値を示す。



1 方向入力せん断力 (荷重ケース : 1.0(N→S 入力) - 0.4UD 入力)



2 方向想定せん断力 (荷重ケース : 1.0(N→S 入力) + 0.4(W→E 入力) - 0.4UD 入力)

図 2-2 5号機サブドレンピット上部スラブの応力分布比較

3. 機器・配管系の影響評価

3.1 基本方針

地下水排水設備に係る施設に関する、水平方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価については、V-2-1-8「水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価方針」の「4.2 機器・配管系」の評価方針及び評価方法を踏まえて、設備が有する耐震性への影響を評価する。

3.2 評価条件及び評価方法

V-2-1-8「水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価方針」の「4. 各施設における水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに対する影響評価方針」を踏まえて、基準地震動 S_s による地震力に対して耐震評価を実施する設備のうち、従来の設計手法における水平1方向及び鉛直方向地震力を組み合わせた耐震計算（以下「従来の計算」という。）に対して、設備の構造特性から水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響の可能性のあるものを抽出し、設備が有する耐震性に及ぼす影響を評価する。影響評価のフローを図3-1に示す。

(1) 評価対象となる設備の整理

地下水排水設備に係る施設のうち、基準地震動 S_s による地震力に対して構造強度又は機能維持を確認する設備を評価対象とする。（図3-1①）

(2) 構造上の特徴による抽出

構造上の特徴から水平2方向の地震力が重畳する観点、若しくは応答軸方向以外の振動モード（ねじれ振動等）が生じる観点にて検討を行い、水平2方向の地震力による影響の可能性のある設備を抽出する。（図3-1②）

(3) 発生値の増分による抽出

水平2方向の地震力による影響の可能性のある設備に対して、水平2方向の地震力が各方向1:1で入力された場合に各部にかかる荷重や応力を求め、従来の水平1方向及び鉛直方向地震力の組合せによる設計に対して、水平2方向及び鉛直方向地震力を考慮した発生値の増分を用いて影響を検討し、耐震性への影響が懸念される設備を抽出する。

また、建物・構築物の検討において、機器・配管系への影響の可能性のある部位が抽出された場合は、機器・配管系への影響を評価し、耐震性への影響が懸念される設備を抽出する。（図3-1③）

(4) 水平2方向及び鉛直方向地震力の影響評価

「(3) 発生値の増分による抽出」の検討において算出された荷重や応力を用いて、設備が有する耐震性への影響を検討する。（図3-1④）

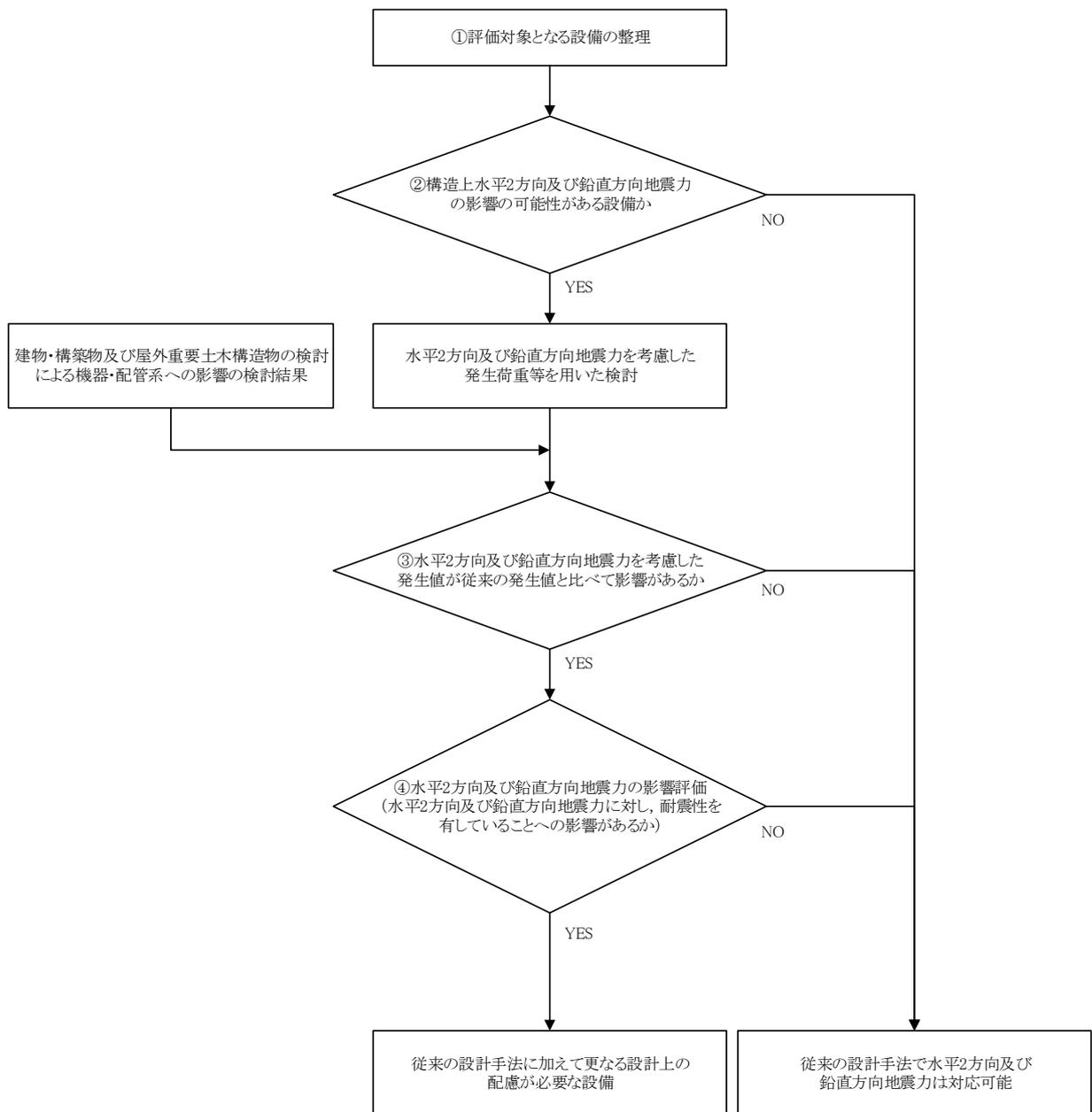


図 3-1 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せを考慮した影響評価フロー

3.3 評価結果

3.3.1 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価設備（部位）の抽出

地下水排水設備に係る施設の評価対象設備を表3-1に示す。V-2-1-8「水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価方針」の「4. 各施設における水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに対する影響評価方針」の「4.2 機器・配管系」の評価設備（部位）抽出方法を踏まえ、評価対象設備の各評価部位、応力分類に対し構造上の特徴から、水平2方向の地震力による影響を以下の項目により検討し影響の可能性がある設備を抽出した。

(1) 水平2方向の地震力が重畳する観点

評価対象設備は、水平1方向の地震に加えて、さらに水平直交方向に地震力が重畳した場合、水平2方向の地震力による影響検討が必要となる可能性があるものとして抽出した。なお、ここでの影響が軽微な設備とは、構造上の観点から発生応力への影響に着目し、その増分が1割程度以下となる設備を分類しているが、水平1方向地震力による裕度（許容応力／発生応力）が1.1未満の設備については、個別に検討を行うこととする。

(2) 水平方向とその直交方向が相関する振動モード（ねじれ振動等）が生じる観点

水平方向とその直交方向が相関する振動モードが生じることで有意な影響が生じる可能性がある設備を抽出した。

(3) 水平1方向及び鉛直方向地震力に対する水平2方向及び鉛直方向地震力の増分の観点

(1)及び(2)にて影響の可能性がある設備について、水平2方向の地震力が各方向1:1で入力された場合に各部にかかる荷重や応力を求め、従来の計算による発生値と比較し、その増分により影響の程度を確認し、耐震性への影響が懸念される設備を抽出した。

3.3.2 建物・構築物の検討結果を踏まえた機器・配管系の設備の抽出

サブドレンポンプ、及び地下水排水設備水位は、V-2-2-別添 1-2-1「地下水排水設備設置位置の地盤応答」及びV-2-2-別添 1-3-1「地下水排水設備設置位置の地盤応答」に基づく地盤応答による設計用地震力を用いるため、建物・構築物の影響を受けない。

2.3.3項に示す建物・構築物の検討において、機器・配管系への影響の可能性がある部位としてサブドレンシャフトが抽出された。機器・配管系への影響を検討した結果、サブドレンシャフトによる応答を用いる設備として配管（地下水排水設備）が抽出された。

V-2-12「水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価結果」に示す原子炉建屋の検討において、サブドレン動力制御盤への影響を検討した結果、耐震性への影響が懸念されるものは抽出されなかった。

3.3.3 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価

表3-2にて抽出された設備について、水平2方向及び鉛直方向地震力を想定した発生値を、V-2-1-8「水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価方針」の「4.2 機器・配管系」の方法にて算出した。

3.3.4 水平2方向及び鉛直方向地震力の影響評価結果

「3.3.3 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価」の影響評価条件にて算出した発生値に対して、設備が有する耐震性への影響を評価した。影響評価結果を表3-3に示す。

3.3.5 まとめ

地下水排水設備に係る施設について、水平2方向及び鉛直方向地震力を想定した場合でも地下水排水設備に係る施設が有する耐震性への影響がないことを確認したため、従来の水平1方向及び鉛直方向地震力の組合せによる設計手法に加えて更なる設計上の配慮が必要な設備はない。

表3-1 水平2方向入力の影響検討対象設備

設備名称	評価対象部位
サブドレンポンプ	基礎ボルト・ポンプ取付ボルト・ポンプ
配管（排水配管）	配管本体・サポート
地下水排水設備水位	基礎ボルト・伝送器
サブドレン動力制御盤	基礎ボルト・取付ボルト・制御盤

表 3-2 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の評価部位の抽出結果 (1/4)

(1) 構造強度評価

設備名称	水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響の可能性			抽出結果
	3.3.1 (1) 水平 2 方向の地震力が重畳する観点 (以下「重畳の観点」という。) ○：影響あり △：影響軽微	3.3.1 (2) 水平方向とその直交方向が相関する振動モード (ねじれ振動等) が生じる観点 (以下「ねじれ振動等の観点」という。) ×：発生しない ○：発生する	3.3.1 (3) 水平 1 方向及び鉛直方向地震力に対する水平 2 方向及び鉛直方向地震力の増分の観点 (以下「増分の観点」という。) ○：影響あり －：該当なし	
サブドレンポンプ	△ (基礎ボルト, ポンプ取付ボルト) 一次応力 (引張)	×	－	ボルトは矩形配置であり, 水平 2 方向入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果, 水平 2 方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより, 水平 2 方向の地震を組み合わせた場合であっても 1 方向の地震による応力と同等といえるため, 影響は軽微となる。
	△ (基礎ボルト, ポンプ取付ボルト) 一次応力 (せん断)	×	－	水平 2 方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果, 水平 2 方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより, 水平 2 方向の地震を組み合わせた場合であっても 1 方向の地震による応力と同等といえるため, 影響は軽微となる。

表 3-2 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の評価部位の抽出結果 (2/4)

(1) 構造強度評価

設備名称	水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響の可能性			
	3.3.1 (1) 重量の観点 ○：影響あり △：影響軽微	3.3.1 (2) ねじれ 振動等の観点 ×：発生しない ○：発生する	3.3.1 (3) 増分の 観点 ○：影響あり －：該当なし	抽出結果
配管 (排水配管)	△ (配管本体, サポート) 一次応力	○	－	配管系は、水平 2 方向及び鉛直方向地震力を考慮済みである。 配管系は、3次元モデルを用いた解析により、ねじれモードを考慮した耐震評価を実施しているため、水平方向とその直交方向が相関する振動モードによる影響は考慮済みである。
	△ (配管本体, サポート) 一次+二次応力	○	－	配管系は、水平 2 方向及び鉛直方向地震力を考慮済みである。 配管系は、3次元モデルを用いた解析により、ねじれモードを考慮した耐震評価を実施しているため、水平方向とその直交方向が相関する振動モードによる影響は考慮済みである。
地下水排水設備 水位	○ (基礎ボルト) 一次応力 (引張)	×	○	評価結果は表 3-3 参照
	△ (基礎ボルト) 一次応力 (せん断)	×	－	壁掛けのボルトは、壁と平行方向の水平地震力と鉛直地震力のみによりせん断力が発生するため、水平 2 方向入力の影響はない。

表 3-2 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の評価部位の抽出結果 (3/4)

(1) 構造強度評価

設備名称	水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響の可能性			
	3.3.1 (1) 重量の観点 ○：影響あり △：影響軽微	3.3.1 (2) ねじれ 振動等の観点 ×：発生しない ○：発生する	3.3.1 (3) 増分の 観点 ○：影響あり －：該当なし	抽出結果
サブドレン 動力制御盤	○ (基礎ボルト, 取付ボ ルト) 一次応力 (引張)	×	○	評価結果は表 3-3 参照
	△ (基礎ボルト, 取付ボ ルト) 一次応力 (せん断)	×	－	

表 3-2 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の評価部位の抽出結果 (4/4)

(2) 機能維持評価

設備名称	水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響の可能性			
	3.3.1 (1) 重量の観点 ○：影響あり △：影響軽微	3.3.1 (2) ねじれ 振動等の観点 ×：発生しない ○：発生する	3.3.1 (3) 増分の 観点 ○：影響あり －：該当なし	抽出結果
サブドレンポンプ	○	○	－	水平 2 方向と鉛直方向を同時に入力した加振試験結果に基づき機能維持評価を行い、健全性を確認していることから、水平 2 方向入力の影響は考慮済みである。
地下水排水設備 水位	△	×	－	各水平方向で共振点はなく出力変動を生じないため、水平 2 方向でも共振することなく出力変動が生じない。
サブドレン 動力制御盤	△	×	－	電気盤、制御盤等に取付けられているリレー、遮断器等の電気品は、基本的に 1 次元的な接点の ON-OFF に関わる比較的単純な構造をしている。加えて、基本的には全て梁、扉等の強度部材に強固に固定されているため、器具の非線形応答はないと考えられる。したがって、電気品は水平 1 方向の地震力のみを負担し、他の水平方向の地震力は負担しないため、水平 2 方向入力の影響は軽微である。

表 3-3 水平 2 方向及び鉛直方向地震力による影響評価結果

(1) 構造強度評価

(単位:MPa)

設備名称	水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響の可能性					
	評価部位	応力分類	1 方向入力発生値*1	2 方向想定発生値*2	許容値	判定
7 号機 地下水排水設備 水位	基礎ボルト	一次応力 (引張)	1	2	126	○
5 号機 地下水排水設備 水位	基礎ボルト	一次応力 (引張)	1	2	126	○
7 号機 サブドレン 動力制御盤 (H21-P751)	基礎ボルト	一次応力 (引張)	22	32	154	○
	取付ボルト	一次応力 (引張)	18	26	193	○
7 号機 サブドレン 動力制御盤 (H21-P752)	基礎ボルト	一次応力 (引張)	28	40	154	○
	取付ボルト	一次応力 (引張)	23	33	193	○
5 号機 サブドレン 動力制御盤 (H21-P573)	基礎ボルト	一次応力 (引張)	23	33	154	○
	取付ボルト	一次応力 (引張)	19	27	193	○
5 号機 サブドレン 動力制御盤 (H21-P574)	基礎ボルト	一次応力 (引張)	23	33	154	○
	取付ボルト	一次応力 (引張)	19	27	193	○

注記*1 : 基準地震動 S s による地震力において発生する応力値を記載している。

*2 : 「1 方向入力発生値」に対して、 $\sqrt{2}$ を乗じた値を記載している。

-2-2-別添 2 隣接建屋による影響を考慮した耐震性についての
計算書

V-2-2-別添 2-1 隣接建屋による影響を考慮した地震応答計算
及び建物・構築物の耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
1.1 位置	2
1.2 構造概要	3
1.3 解析方針	4
1.4 適用規格・基準等	5
2. 隣接建屋の影響検討	6
2.1 地震応答解析	6
2.1.1 検討概要	6
2.1.2 解析ケース	7
2.1.3 建屋のモデル化	11
2.1.4 地盤のモデル化	23
2.1.5 検討用地震動	27
2.1.6 解析結果	28
3. 建物・構築物の応答増幅の評価	51
3.1 検討方針	51
3.2 検討結果	52
3.2.1 耐震壁	52
3.2.2 基礎スラブ	54
3.2.3 原子炉建屋屋根トラス	57
3.2.4 原子炉格納容器コンクリート部	64
3.2.5 使用済燃料貯蔵プール	78
3.2.6 主排気筒	90
3.2.7 復水貯蔵槽	100
3.2.8 建物付帯設備	101

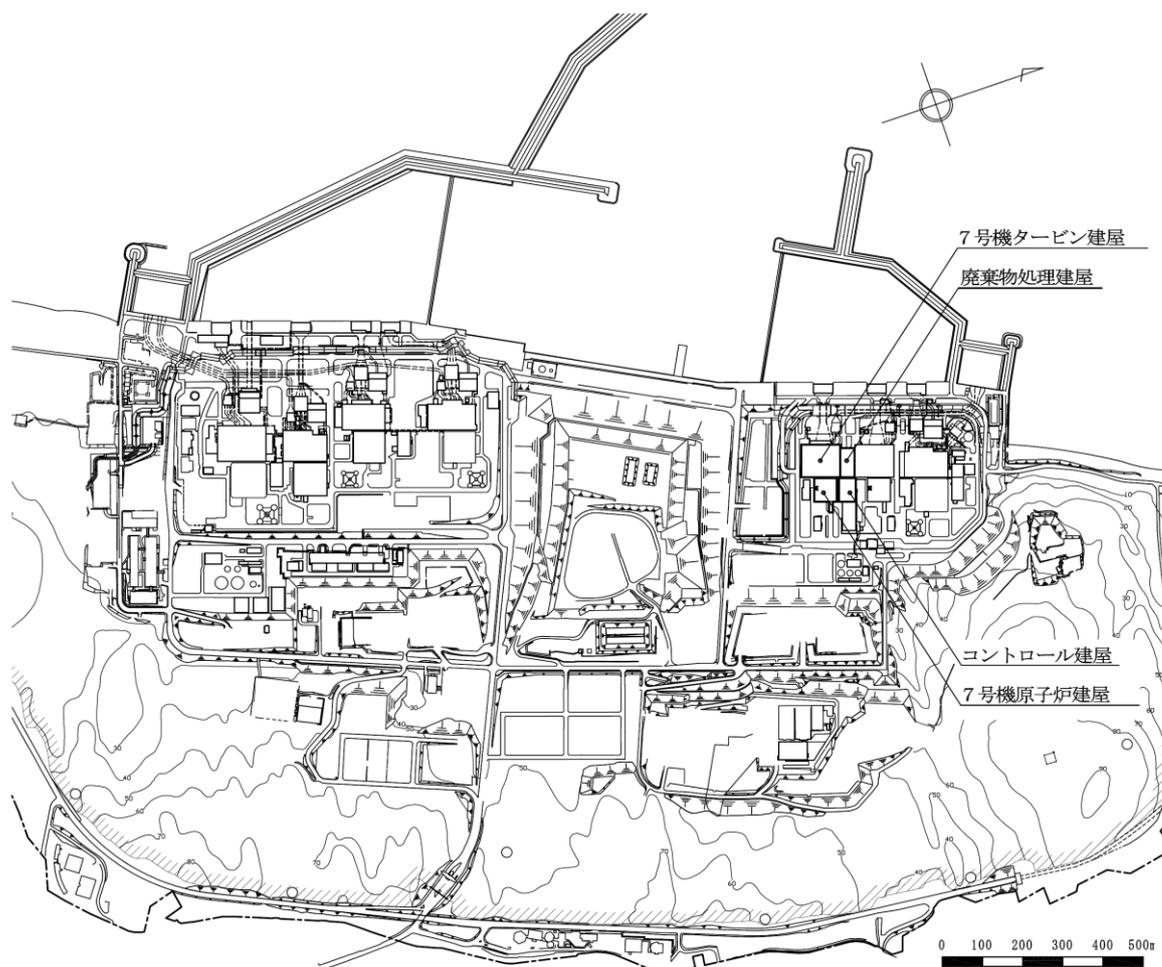
1. 概要

本資料は、V-1-1-7「安全設備及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書」のうちV-1-1-7-別添 4「ブローアウトパネル関連設備の設計方針」、V-1-1-9「発電用原子炉施設の溢水防護に関する説明書」のうちV-1-1-9-1「溢水等による損傷防止の基本方針」、V-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」、V-2-1-6「地震応答解析の基本方針」、V-2-1-9「機能維持の基本方針」及びV-1-1-3「発電用原子炉施設の自然現象等による損傷の防止に関する説明書」のうちV-1-1-3-1-1「発電用原子炉施設に対する自然現象等による損傷の防止に関する基本方針」に基づく隣接建屋の影響を考慮した地震応答解析及び施設の耐震性について、以下の添付書類（以下「原子炉建屋の地震応答計算書等」という。）とあわせて説明するものである。

- ・ V-2-2-1 「原子炉建屋の地震応答計算書」
- ・ V-2-2-2 「原子炉建屋の耐震性についての計算書」
- ・ V-2-2-5 「タービン建屋の地震応答計算書」
- ・ V-2-2-6 「タービン建屋の耐震性についての計算書」
- ・ V-2-2-9 「コントロール建屋の地震応答計算書」
- ・ V-2-2-10 「コントロール建屋の耐震性についての計算書」
- ・ V-2-2-11 「廃棄物処理建屋の地震応答計算書」
- ・ V-2-2-12 「廃棄物処理建屋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」
- ・ V-2-5-5-1-2 「復水貯蔵槽の耐震性についての計算書」
- ・ V-2-7-2-1 「主排気筒の耐震性についての計算書」
- ・ V-2-8-4-3 「中央制御室遮蔽の耐震性についての計算書」
- ・ V-2-8-4-4 「中央制御室待避室遮蔽の耐震性についての計算書」
- ・ 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」
- ・ V-2-9-3-1 「原子炉建屋原子炉区域（二次格納施設）の耐震性についての計算書」
- ・ V-2-9-3-1-1 「燃料取替床ブローアウトパネルの耐震性についての計算書」
- ・ V-2-9-3-1-2 「主蒸気系トンネル室ブローアウトパネルの耐震性についての計算書」
- ・ V-2-9-3-3 「原子炉建屋エアロックの耐震性についての計算書」
- ・ V-2-9-3-4 「原子炉建屋基礎スラブの耐震性についての計算書」
- ・ V-2-10-2-2-1 「取水槽閉止板の耐震性についての計算書」
- ・ V-2-10-2-3-1 「水密扉の耐震性についての計算書」
- ・ V-2-10-2-3-2 「水密扉付止水堰の耐震性についての計算書」
- ・ V-2-10-2-3-3 「止水堰の耐震性についての計算書」

1.1 位置

原子炉建屋，コントロール建屋，タービン建屋及び廃棄物処理建屋の設置位置を図1-1に示す。



K7 ① V-2-2-別添 2-1 R1

図1-1 原子炉建屋，コントロール建屋，タービン建屋及び廃棄物処理建屋の設置位置

1.2 構造概要

各建屋の構造概要は、V-2-2-1「原子炉建屋の地震応答計算書」、V-2-2-5「タービン建屋の地震応答計算書」、V-2-2-9「コントロール建屋の地震応答計算書」、V-2-2-11「廃棄物処理建屋の地震応答計算書」に示すとおりである。

1.3 解析方針

隣接建屋を考慮した地震応答解析は、V-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に基づいて行う。隣接建屋を考慮した評価のフローを図1-2に示す。

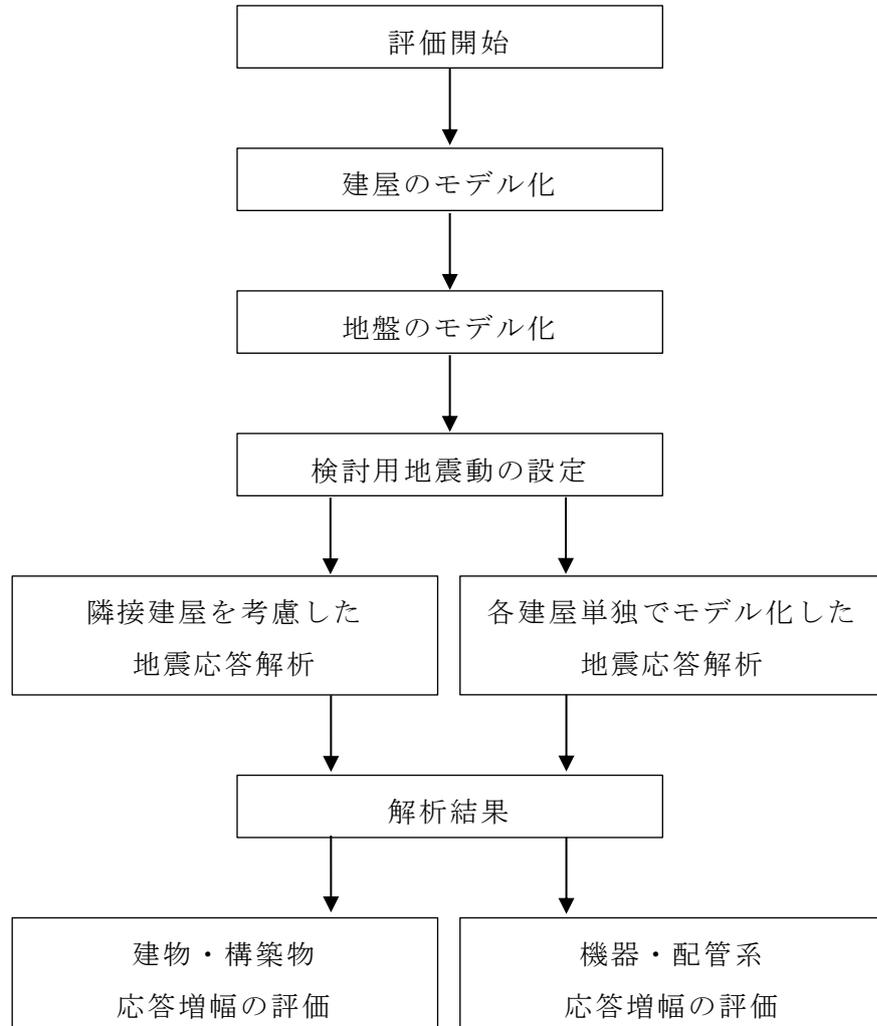


図1-2 隣接建屋を考慮した評価のフロー

1.4 適用規格・基準等

地震応答解析及び施設の耐震性の確認において適用する規格・基準等は，原子炉建屋の地震応答計算書等と同一とする。

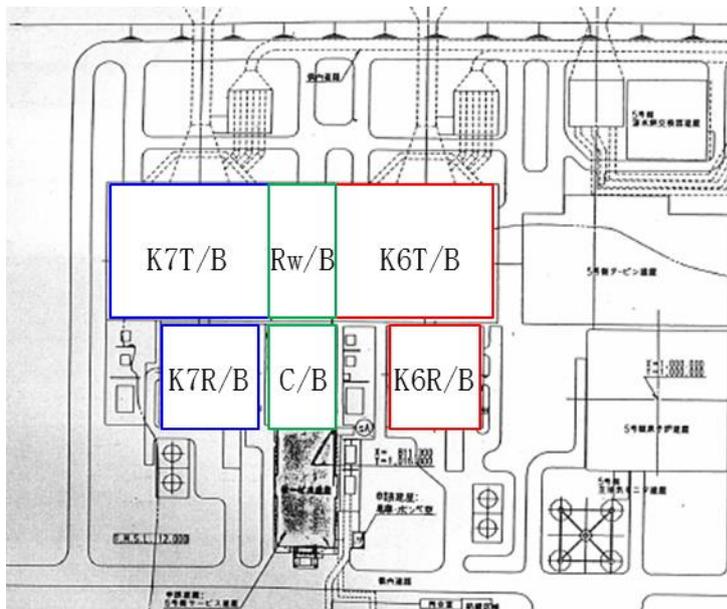
2. 隣接建屋の影響検討

2.1 地震応答解析

2.1.1 検討概要

原子炉建屋，コントロール建屋，タービン建屋及び廃棄物処理建屋について，実際の建屋配置状況に則して各建屋を配置する場合と各建屋を単独でモデル化する場合の地震応答解析を実施し，両者の建屋応答を踏まえて，各施設の耐震性の評価を行う。

地震応答解析には，解析コード「NAPISOS」を用いる。地震応答解析に用いる解析コードの検証，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。モデル化対象建屋の配置を図 2-1 に示す。柏崎刈羽原子力発電所第 7 号機は 6 号機と隣接しているため，6 号機原子炉建屋及び 6 号機タービン建屋をモデル化対象建屋に含む。



【凡例】

- ・ K7R/B：原子炉建屋（以下「K7R/B」という。）
- ・ C/B：コントロール建屋（以下「C/B」という。）
- ・ K7T/B：タービン建屋（以下「K7T/B」という。）
- ・ Rw/B：廃棄物処理建屋（以下「Rw/B」という。）
- ・ K6R/B：6号機原子炉建屋（以下「K6R/B」という。）
- ・ K6T/B：6号機タービン建屋（以下「K6T/B」という。）

図 2-1 モデル化対象建屋の配置

2.1.2 解析ケース

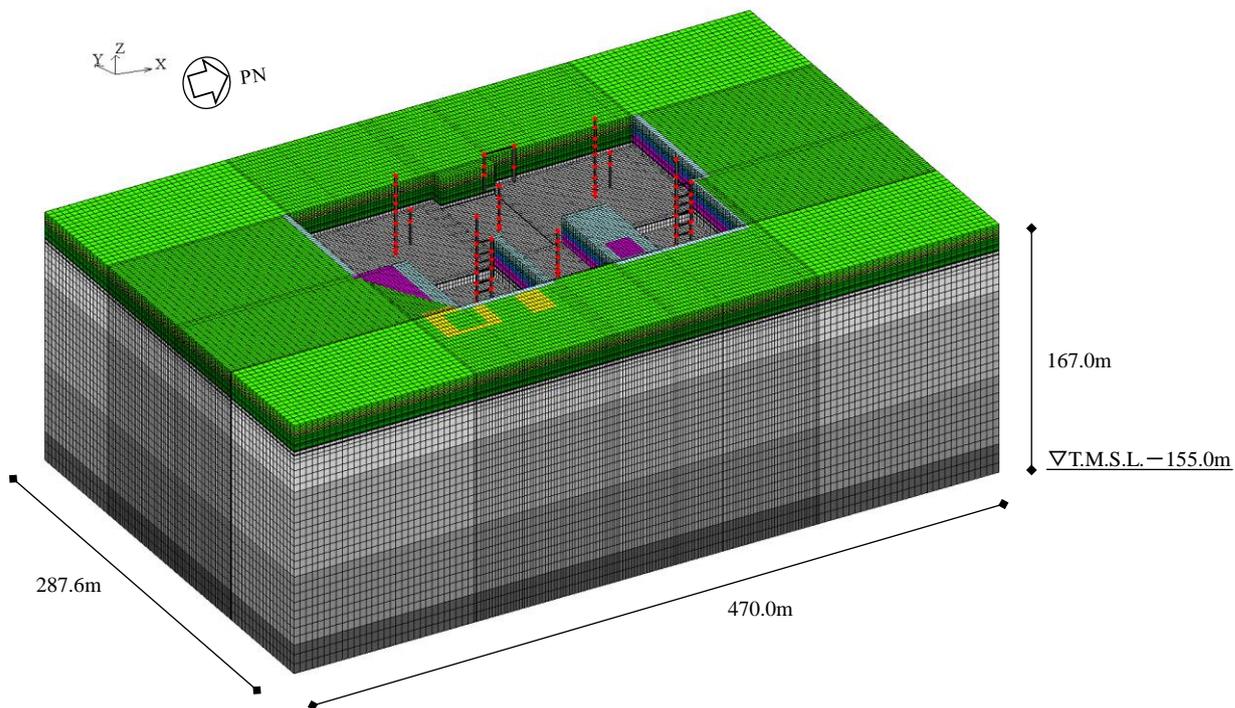
解析ケースの一覧を表 2-1 に示す。

図 2-2～図 2-6 に各解析モデルの概要を示す。各解析モデルは、ソリッド要素でモデル化した地盤上に、各建屋を質点系モデルとしてモデル化する。解析は線形とし、時刻歴応答解析を実施する。

検討は、各ケースそれぞれについて水平（NS 方向，EW 方向）2 成分について行う。

表 2-1 解析ケース一覧

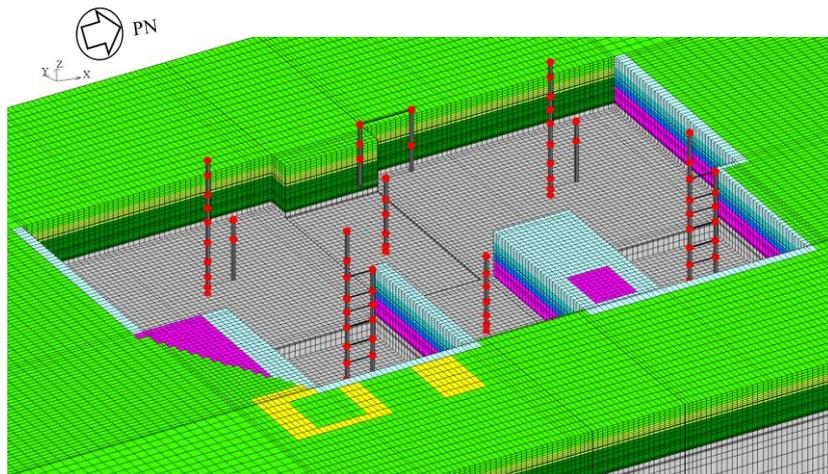
解析 ケース	モデル化する建屋
ALL	K7R/B C/B K7T/B Rw/B K6R/B K6T/B
S1	K7R/B
S2	C/B
S3	K7T/B
S4	Rw/B



注：東京湾平均海面（以下「T.M.S.L.」という。）

(a) 鳥観図：全体図

	新期砂層	表層1
		表層2
	古安田層	古安田層
	西山層	西山層1
		西山層2
		西山層3
		西山層4
	マンメイドロック	マンメイドロック
	地盤改良体	地盤改良体
	埋戻土層	埋戻土層1
		埋戻土層2
		埋戻土層3
		埋戻土層4



(b) 鳥観図：建屋部分拡大図

図 2-2 解析モデルの概要：解析ケース ALL

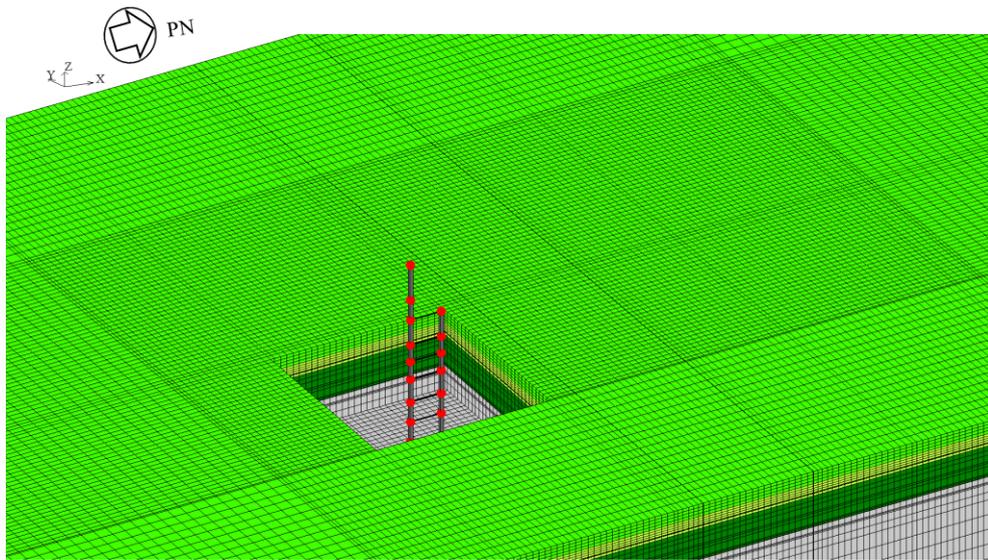


図 2-3 解析モデルの概要：解析ケース S1 (K7R/B 単独)

K7 ① V-2-2-2-別添 2-1 R1

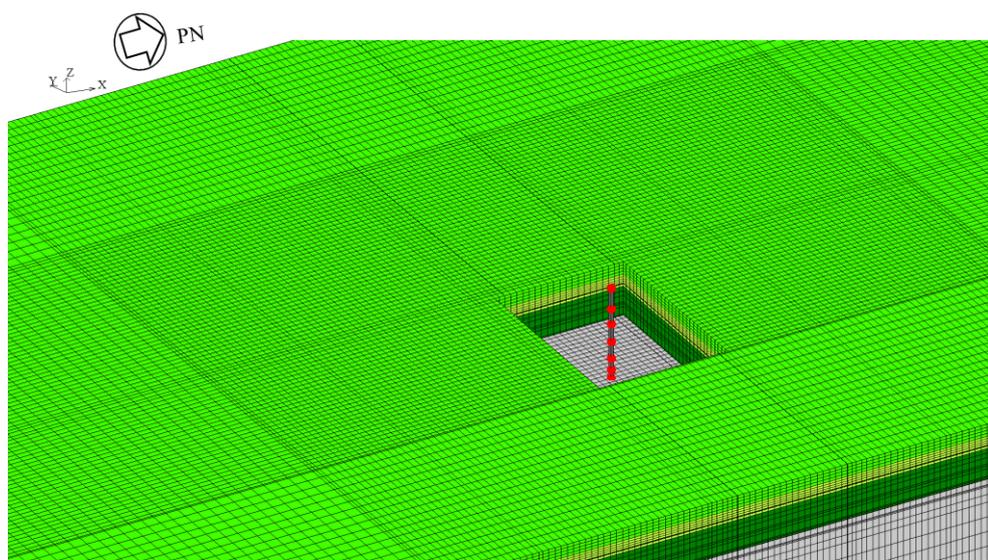


図 2-4 解析モデルの概要：解析ケース S2 (C/B 単独)

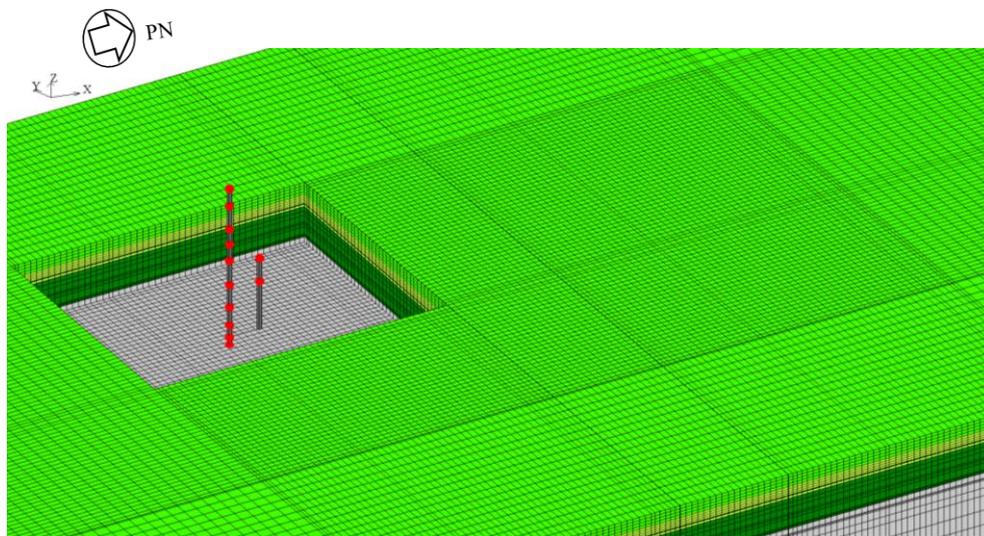


図 2-5 解析モデルの概要：解析ケース S3 (K7T/B 単独)

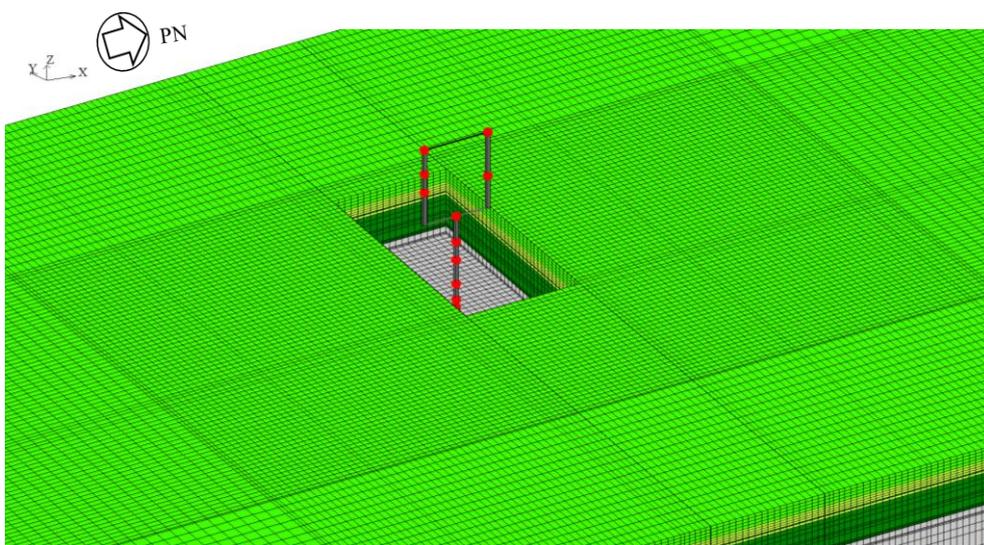


図 2-6 解析モデルの概要：解析ケース S4 (Rw/B 単独)

2.1.3 建屋のモデル化

建屋モデルは、原子炉建屋の地震応答計算書等に記載のモデルの諸元に基づく。なお、タービン建屋については図 2-10 に示すモデル（質点を単軸に集約したモデル）及び表 2-4 に示すモデル諸元とする。ただし、「2.1.5 検討用地震動」に示す入力レベルでは建屋はほぼ弾性状態と考えられることから、部材の非線形特性は考慮しない。

各モデルは基礎の中心に各建屋モデルを配置する。

各建屋の解析モデルの基礎寸法を、全体配置とともに図 2-7 に示す。

図 2-8～図 2-11 に各建屋の建屋モデル図を、表 2-2～表 2-5 にモデル諸元を示す。

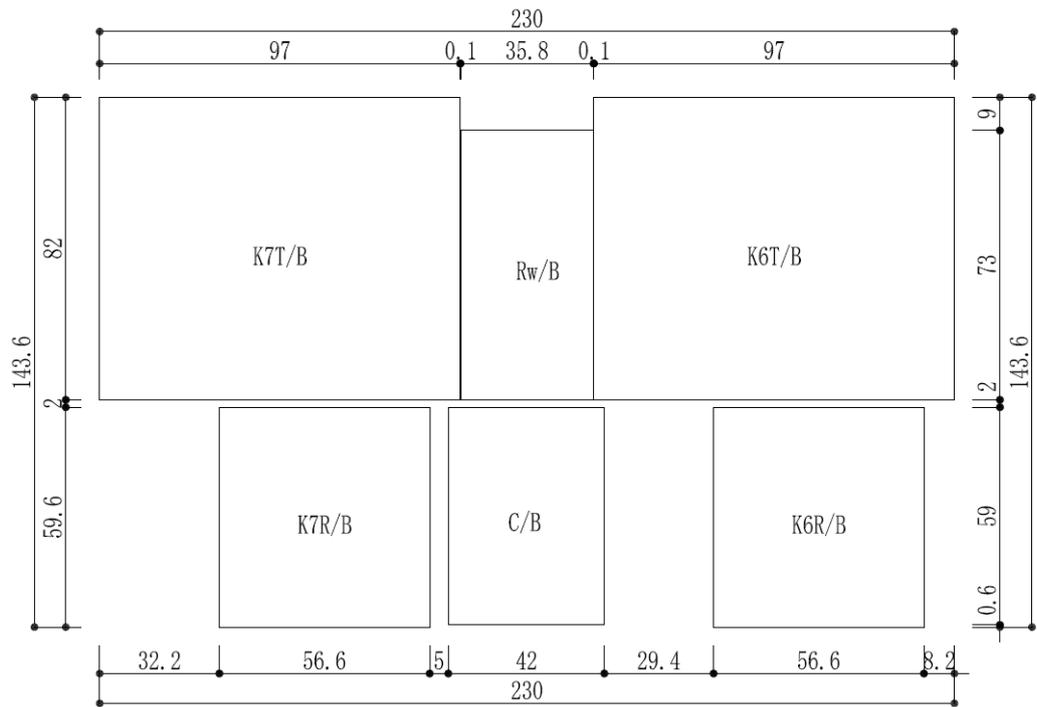
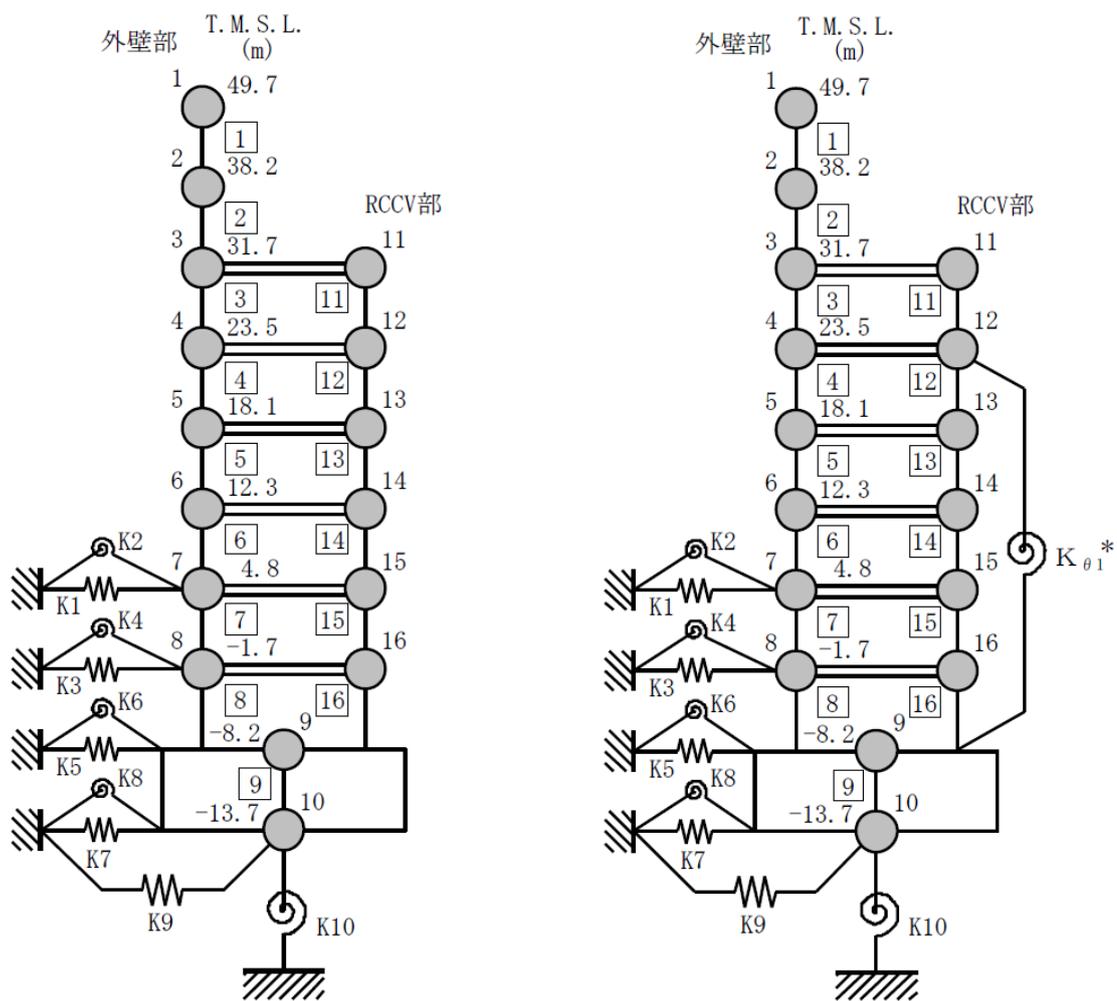


図 2-7 各建屋の解析モデルの基礎寸法及び全体配置図 (単位：m)



注記* : 原子炉格納容器コンクリート部 (以下「RCCV」という。) 回転ばね

(a) NS 方向

(b) EW 方向

図 2-8 K7R/B の建屋モデル

表 2-2 K7R/B の建屋モデル諸元

(a) NS 方向

質点番号	質点重量 W (kN)	回転慣性重量 I_G ($\times 10^5 \text{kN}\cdot\text{m}^2$)	部材番号	せん断断面積 A_s (m^2)	断面二次モーメント I (m^4)	質点番号	質点重量 W (kN)	回転慣性重量 I_G ($\times 10^5 \text{kN}\cdot\text{m}^2$)	部材番号	せん断断面積 A_s (m^2)	断面二次モーメント I (m^4)
1	39490	70.6									
2	80520	410.9	1	41.0	13700						
3	84470	473.7	2	83.0	51100						
4	84770	293.2	3	188.0	70600	11	91400	32.4	11	119.6	7200
5	55380	198.1	4	132.5	69000	12	155040	371.7	12	113.0	23300
6	81140	289.3	5	149.4	84700	13	102870	305.0	13	137.6	23500
7	80120	296.2	6	180.5	105000	14	199270	408.9	14	139.2	23400
8	81300	298.1	7	183.2	112800	15	124050	387.4	15	132.4	23600
9	342450	945.4	8	223.5	119000	16	136800	369.7	16	186.4	29600
10	216040	581.5	9	3373.4	900600						
合計	1955110										

①建屋部

ヤング係数 E 2.88×10^4 (N/mm²)
 せん断弾性係数 G 1.20×10^4 (N/mm²)
 ポアソン比 ν 0.20
 減衰定数 h 5%

②基礎スラブ

ヤング係数 E 2.79×10^4 (N/mm²)
 せん断弾性係数 G 1.16×10^4 (N/mm²)
 ポアソン比 ν 0.20
 減衰定数 h 5%
 基礎形状 56.6m(NS方向) \times 59.6m(EW方向)
 \times 5.5m(厚さ)

(b) EW 方向

質点番号	質点重量 W (kN)	回転慣性重量 I_G ($\times 10^5 \text{kN}\cdot\text{m}^2$)	部材番号	せん断断面積 A_s (m^2)	断面二次モーメント I (m^4)	質点番号	質点重量 W (kN)	回転慣性重量 I_G ($\times 10^5 \text{kN}\cdot\text{m}^2$)	部材番号	せん断断面積 A_s (m^2)	断面二次モーメント I (m^4)
1	39490	147.1									
2	80520	300.1	1	54.7	30000						
3	89570	299.1	2	122.9	62600						
4	67270	275.6	3	172.7	87900	11	86300	267.7	11	219.0	6700
5	50210	210.8	4	131.8	81900	12	172540	474.6	12	222.8	23300
6	78630	320.7	5	166.7	92800	13	108040	340.3	13	207.4	23100
7	76690	316.8	6	179.3	114600	14	201780	453.1	14	152.1	23400
8	79240	324.6	7	211.5	124000	15	127480	432.5	15	180.1	21200
9	342450	1039.5	8	259.5	131000	16	138860	409.9	16	164.4	23800
10	216040	644.3	9	3373.4	998600						
合計	1955110										

①建屋部

ヤング係数 E 2.88×10^4 (N/mm²)
 せん断弾性係数 G 1.20×10^4 (N/mm²)
 ポアソン比 ν 0.20
 減衰定数 h 5%
 回転ばね $K_{\theta 1}$ 1.97×10^{10} (kN \cdot m/rad)

②基礎スラブ

ヤング係数 E 2.79×10^4 (N/mm²)
 せん断弾性係数 G 1.16×10^4 (N/mm²)
 ポアソン比 ν 0.20
 減衰定数 h 5%
 基礎形状 56.6m(NS方向) \times 59.6m(EW方向)
 \times 5.5m(厚さ)

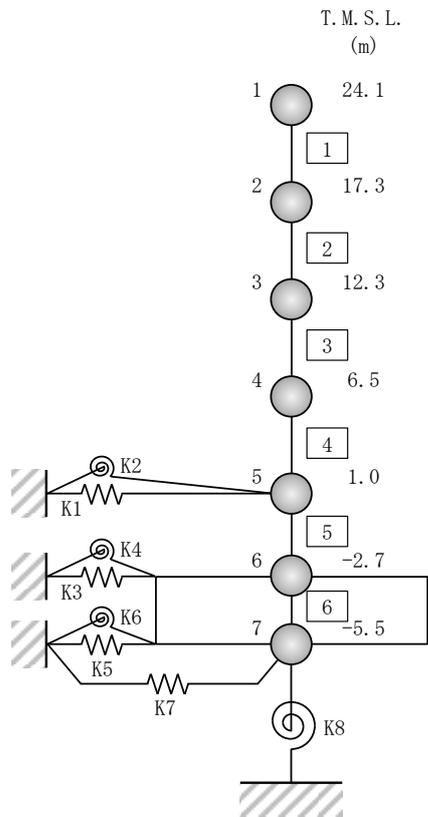


図 2-9 C/B の建屋モデル

表 2-3 C/B の建屋モデル諸元 (1/2)

(a) NS 方向

質点 番号	質点重量 W (kN)	回転慣性重量 I_G ($\times 10^6 \text{kN}\cdot\text{m}^2$)	部材 番号	せん断断面積 A_s (m ²)	断面二次モーメント I (m ⁴)
1	68160	10.9			
			①	76.7	24000
2	92410	14.8			
			②	112.1	27400
3	103900	18.6			
			③	151.7	41700
4	120780	22.6			
			④	156.8	53200
5	65170	13.9			
			⑤	153.6	53200
6	124330	19.9			
			⑥	2478.0	364300
7	81650	12.0			
合計	656400				

①建屋部

ヤング係数 E	2.88×10^4 (N/mm ²)
せん断弾性係数 G	1.20×10^4 (N/mm ²)
ポアソン比 ν	0.20
減衰定数 h	5 %

②基礎スラブ

ヤング係数 E	2.79×10^4 (N/mm ²)
せん断弾性係数 G	1.16×10^4 (N/mm ²)
ポアソン比 ν	0.20
減衰定数 h	5 %

基礎形状 42.0m(NS 方向) × 59.0m(EW 方向) × 2.8m(厚さ)

表 2-3 C/B の建屋モデル諸元 (2/2)

(b) EW 方向

質点 番号	質点重量 W (kN)	回転慣性重量 I_G ($\times 10^6 \text{kN}\cdot\text{m}^2$)	部材 番号	せん断断面積 A_s (m ²)	断面二次モーメント I (m ⁴)
1	68160	22.6			
			①	68.9	38100
2	92410	30.1			
			②	129.8	61100
3	103900	33.2			
			③	151.7	84100
4	120780	37.4			
			④	204.1	109100
5	65170	24.9			
			⑤	202.3	107800
6	124330	38.7			
			⑥	2478.0	718800
7	81650	23.7			
合計	656400				

①建屋部

ヤング係数 E 2.88×10^4 (N/mm²)

せん断弾性係数 G 1.20×10^4 (N/mm²)

ポアソン比 ν 0.20

減衰定数 h 5 %

②基礎スラブ

ヤング係数 E 2.79×10^4 (N/mm²)

せん断弾性係数 G 1.16×10^4 (N/mm²)

ポアソン比 ν 0.20

減衰定数 h 5 %

基礎形状 42.0m(NS 方向) \times 59.0m(EW 方向) \times 2.8m(厚さ)

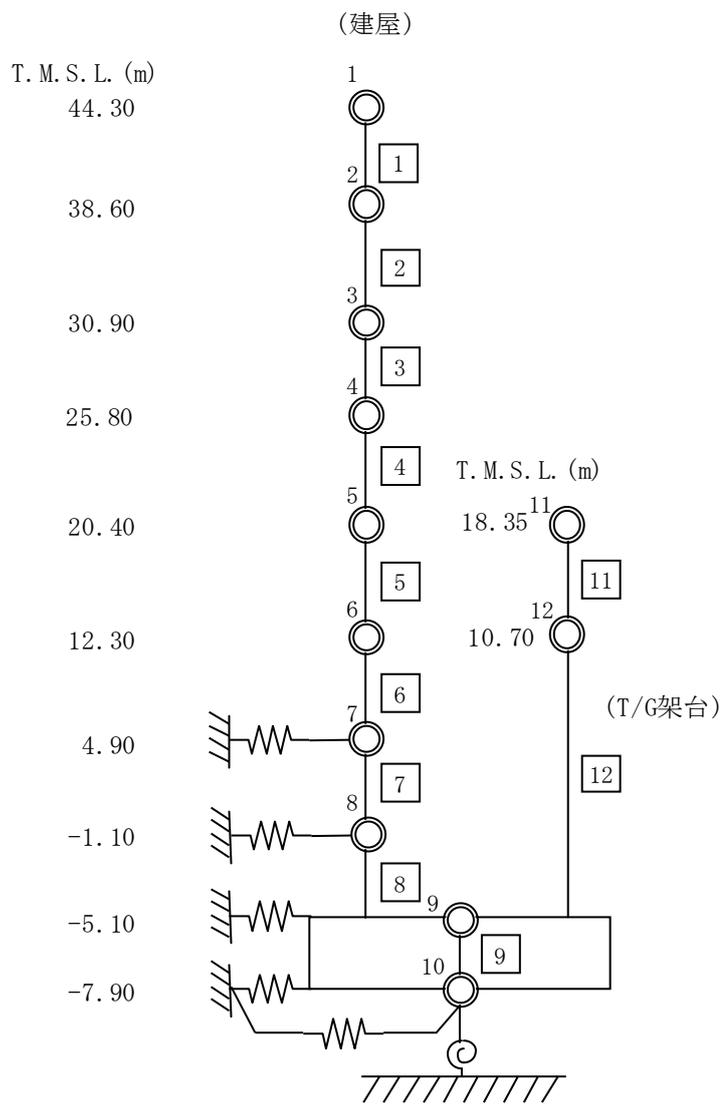


図 2-10 K7T/B の建屋モデル

表 2-4 K7T/B の建屋モデル諸元

(a) NS 方向

質点 番号	重量 (kN)	回転慣性 重量 ($\times 10^3 \text{kN} \cdot \text{m}^2$)	せん断 断面積 (m^2)	断面二次 モーメント (m^4)	質点 番号	重量 (kN)	回転慣性 重量 ($\times 10^3 \text{kN} \cdot \text{m}^2$)	せん断 断面積 (m^2)	断面二次 モーメント (m^4)
1	55140	31293.0	6.70	-					
2	52320	11346.0							
3	156500	107098.0	8.50	-					
4	64580	688946.0	300.6	149000					
5	284230	738323.0	329.1	134600					
6	376070	1108838.0	319.6	154600					
7	370000	1317975.0	530.0	256600					
8	264280	1406166.0	645.1	307900					
9	494300	3783700.0	665.8	317200					
10	264930	1487022.0	7954.0	-					
					11	103470	-	13.9	-
					12	70210	-		
								10.2	-

(b) EW 方向

質点 番号	重量 (kN)	回転慣性 重量 ($\times 10^3 \text{kN} \cdot \text{m}^2$)	せん断 断面積 (m^2)	断面二次 モーメント (m^4)	質点 番号	重量 (kN)	回転慣性 重量 ($\times 10^3 \text{kN} \cdot \text{m}^2$)	せん断 断面積 (m^2)	断面二次 モーメント (m^4)
1	55140	22398.0	4.51	-					
2	52320	21329.0							
3	156500	48495.0	5.87	-					
4	64580	14357.0	207.2	17100					
5	284230	253169.0	238.2	30100					
6	376070	826798.0	346.3	81600					
7	370000	1212837.0	471.3	142200					
8	264280	773715.0	555.8	154800					
9	494300	5278312.0	650.6	159000					
10	264930	2079794.0	7954.0	-					
					11	103470	-	25.3	-
					12	70210	-		
								11.4	-

① コンクリート部 建屋

ヤング係数 E_c $2.88 \times 10^7 (\text{kN/m}^2)$
 せん断弾性係数 G $1.20 \times 10^7 (\text{kN/m}^2)$
 ポアソン比 ν 0.20
 減衰 h 5%

② コンクリート部 基礎スラブ

ヤング係数 E_c $2.79 \times 10^7 (\text{kN/m}^2)$
 せん断弾性係数 G $1.16 \times 10^7 (\text{kN/m}^2)$
 ポアソン比 ν 0.20
 減衰 h 5%

③ 鉄骨部 建屋 (30.9mより上部 (設計時RC等価))

ヤング係数 E_s $2.65 \times 10^7 (\text{kN/m}^2)$
 せん断弾性係数 G $1.13 \times 10^7 (\text{kN/m}^2)$
 ポアソン比 ν 0.167
 減衰 h 2%

基礎形状

97.0m (NS方向) \times 82.0m (EW方向) \times 2.0m又は2.8m (厚さ)

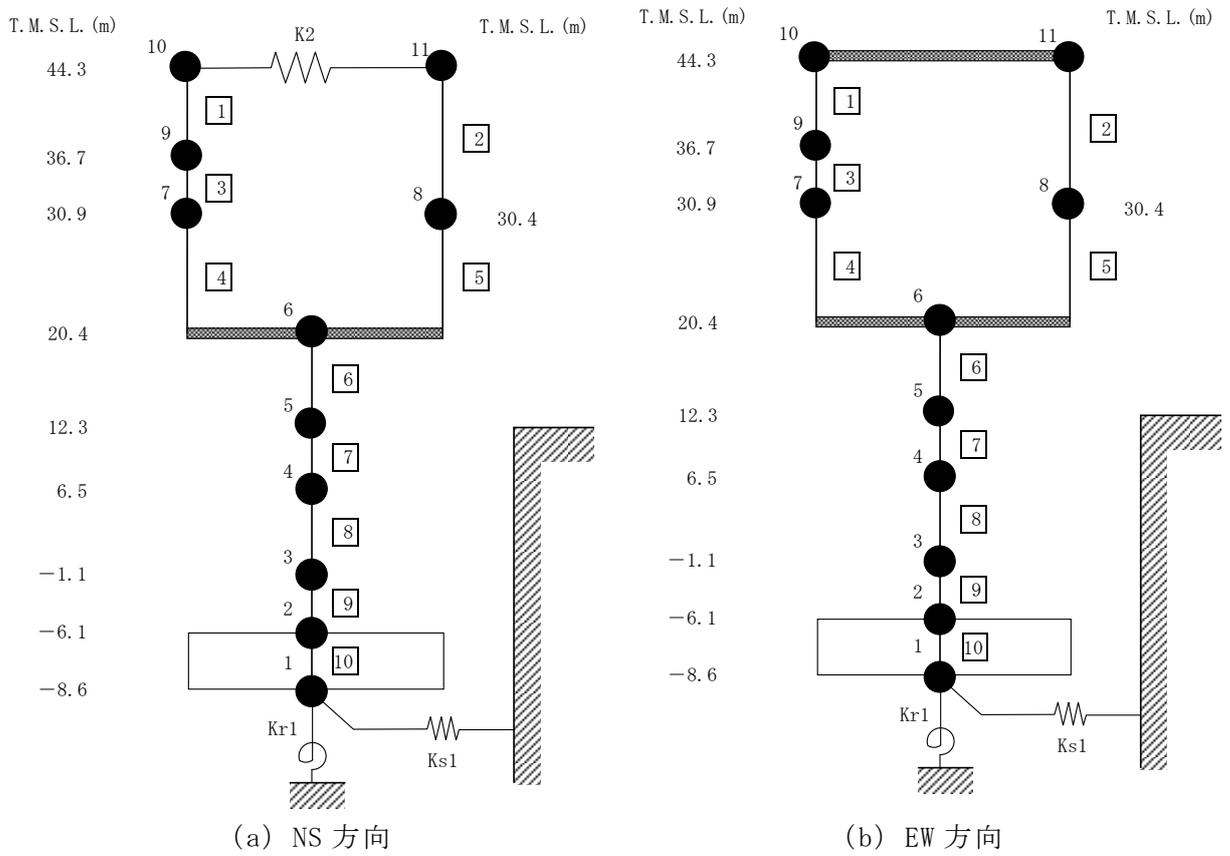


図 2-11 Rw/B の建屋モデル

表 2-5 Rw/B の建屋モデル諸元 (1/2)

(a) NS 方向

(i) 重量・回転慣性重量

T. M. S. L. (m)	建屋	
44.3	10	11
	24620	8400
	3.1	1.1
36.7	9	-
	21950	
	2.7	
30.9	7	-
	33800	
	4.0	
30.4	-	8
		19940
		2.3
20.4	6	-
	125570	
	15.4	
12.3	5	-
	167720	
	19.3	
6.5	4	-
	185670	
	21.7	
-1.1	3	-
	209330	
	23.0	
-6.1	2	-
	138300	
	15.7	
-8.6	1	-
	76880	
	8.2	

質点番号
重量 (kN)
回転慣性重量 ($\times 10^6$ kN・m)

(ii) セン断断面積・断面二次モーメント

T. M. S. L. (m)	建屋	
44.3	1	2
	0.31	0.19
	-	
3		
36.7	0.55	-
	-	
	4	
30.9	36.5	-
	-	
30.4	4990	5
		35.8
		4230
20.4	6	-
	192.0	
	25540	
12.3	7	-
	271.4	
	44580	
6.5	8	-
	305.1	
	49890	
-1.1	9	-
	301.3	
	50620	
-6.1	10	-
	2613.4	
	279100	

- ① コンクリート部 建屋
 ヤング係数 E 2.88 $\times 10^4$ (N/mm²)
 セン断弾性係数 G 1.20 $\times 10^4$ (N/mm²)
 ポアソン比 ν 0.20
 減衰定数 h 5%
- ② コンクリート部 基礎スラブ
 ヤング係数 E 2.79 $\times 10^4$ (N/mm²)
 セン断弾性係数 G 1.16 $\times 10^4$ (N/mm²)
 ポアソン比 ν 0.20
 減衰定数 h 5%
- ③ 鉄骨部
 ヤング係数 E 2.05 $\times 10^5$ (N/mm²)
 セン断弾性係数 G 7.90 $\times 10^4$ (N/mm²)
 ポアソン比 ν 0.30
 減衰定数 h 2%

基礎形状 35.8m(NS方向) \times 73.0m(EW方向) \times 2.5m(厚さ)

K₂ : 屋根トラス部セン断ばね 2.96×10^5 (kN/m)

部材番号
セン断断面積 (m ²)
断面二次モーメント (m ⁴)

表 2-5 Rw/B の建屋モデル諸元 (2/2)

(b) EW 方向

(i) 重量・回転慣性重量

T. M. S. L. (m)	建屋	
	10	11
44.3	33020	-
	0.4	
36.7	9	-
	21950	
	0.6	
30.9	7	-
	33800	
	1.3	
30.4	-	8
	-	
	19940	
20.4	6	-
	125570	
	115.5	
12.3	5	-
	167720	
	67.4	
6.5	4	-
	185670	
	78.2	
-1.1	3	-
	209330	
	86.1	
-6.1	2	-
	138300	
	66.5	
-8.6	1	-
	76880	
	34.2	

質点番号
重量 (kN)
回転慣性重量 ($\times 10^6 \text{ kN} \cdot \text{m}^2$)

(ii) せん断断面積・断面二次モーメント

T. M. S. L. (m)	建屋	
	1	2
44.3	1	0.03
	0.40	
36.7	3	-
	0.49	
	-	
30.9	4	-
	47.9	
30.4	5	-
	1775	
	24.6	
20.4	6	-
	187.7	
	82380	
12.3	7	-
	329.8	
	163990	
6.5	8	-
	381.7	
	214550	
-1.1	9	-
	416.2	
	228710	
-6.1	10	-
	2613.4	
	1160600	

部材番号
せん断断面積 (m ²)
断面二次モーメント (m ⁴)

- ①コンクリート部 建屋
 - ヤング係数 E 2.88 $\times 10^4$ (N/mm²)
 - せん断弾性係数 G 1.20 $\times 10^4$ (N/mm²)
 - ポアソン比 ν 0.20
 - 減衰定数 h 5%
- ②コンクリート部 基礎スラブ
 - ヤング係数 E 2.79 $\times 10^4$ (N/mm²)
 - せん断弾性係数 G 1.16 $\times 10^4$ (N/mm²)
 - ポアソン比 ν 0.20
 - 減衰定数 h 5%
- ③鉄骨部
 - ヤング係数 E 2.05 $\times 10^5$ (N/mm²)
 - せん断弾性係数 G 7.90 $\times 10^4$ (N/mm²)
 - ポアソン比 ν 0.30
 - 減衰定数 h 2%

基礎形状 35.8m(NS方向) \times 73.0m(EW方向) \times 2.5m(厚さ)

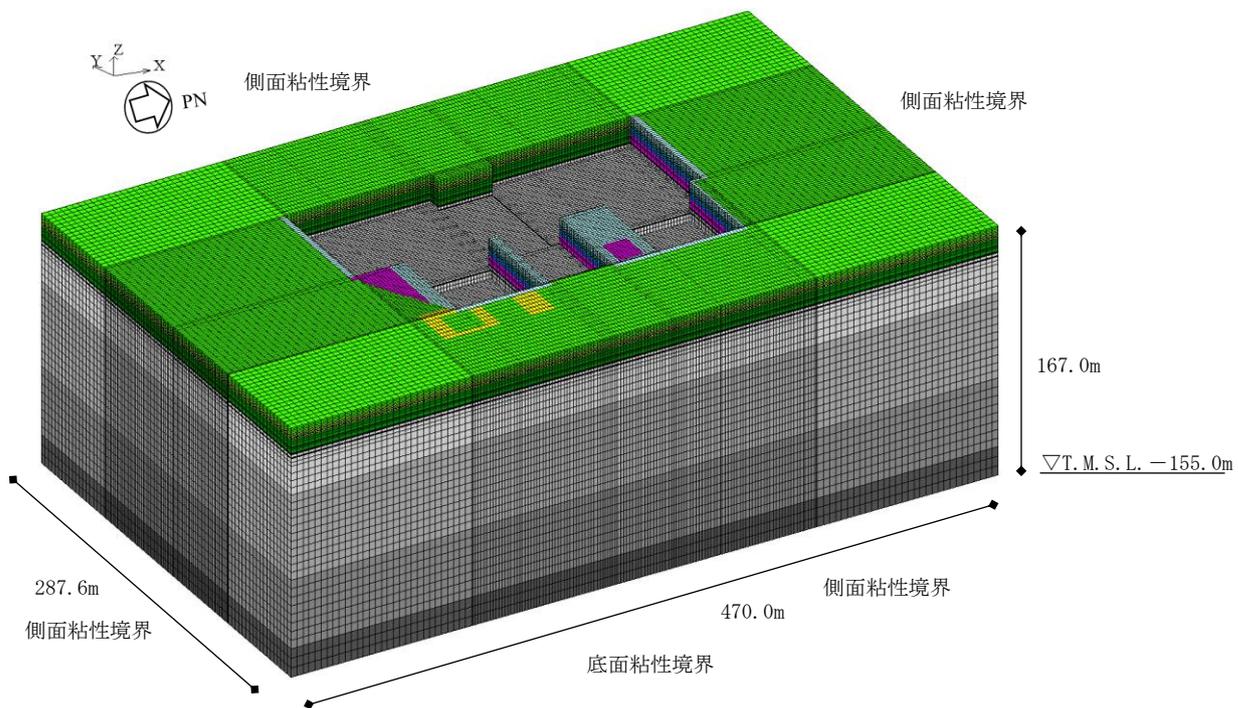
2.1.4 地盤のモデル化

地盤モデルを図 2-12 に示す。地盤はソリッド要素でモデル化する。NS 方向 470m, EW 方向 287.6m の領域をモデル化し, 地盤モデル底面は解放基盤位置 (T. M. S. L. -155.0m) とする。

弾性設計用地震動 Sd-1 における地盤物性を表 2-6~表 2-8 に示す。自然地盤と埋戻土層の地盤物性は地盤のひずみ依存特性を考慮して求めた等価地盤物性値を用いる。ひずみ依存特性については, V-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に基づく。地盤の減衰はレーリー型とし, 各層の減衰定数において 1.0 Hz 及び 10.0 Hz を採用振動数とする。

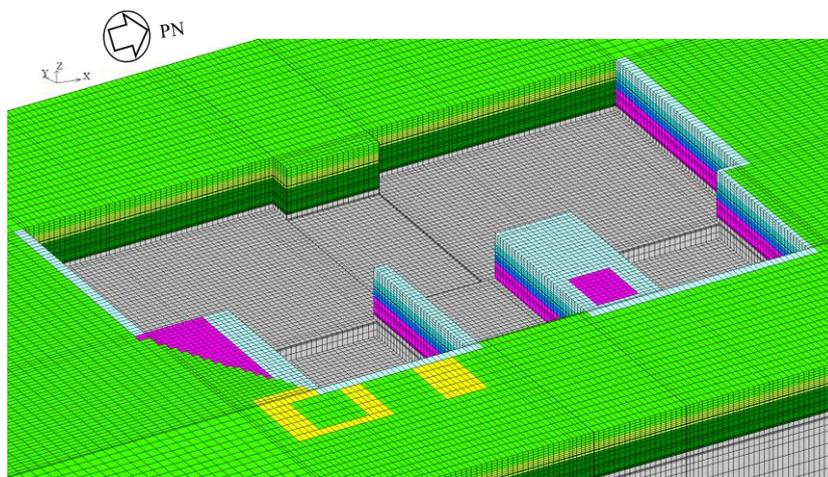
地盤モデルの境界は, 底面粘性境界, 側面粘性境界かつ繰り返し境界とする。

建屋の基礎は剛体として考慮し, 浮き上がりは考慮せず完全固着とし, 建屋の鉛直自由度を拘束し, 基礎底面と支持基盤が同一に挙動するように結合する。また, 建屋側面と側面地盤間について, 表層及び埋戻土層を除いた範囲で建屋質点と同じ高さの地盤節点は剛接とし, 地震応答解析モデルで側面水平地盤ばねが定義してある建屋については地盤の水平自由度を拘束し, 側面回転地盤ばねが定義してある建屋については地盤の鉛直自由度を拘束する。



(a) 全体図

	新期砂層	表層1
	古安田層	表層2
	西山層	西山層1
		西山層2
		西山層3
		西山層4
	マンメイドロック	マンメイドロック
	地盤改良体	地盤改良体
	埋戻土層	埋戻土層1
		埋戻土層2
		埋戻土層3
		埋戻土層4



(b) 基礎底面部拡大図

図 2-12 地盤モデル (ALL)

表 2-6 地盤物性（自然地盤，Sd-1）

標高 T. M. S. L. (m)	地層	せん断波 速度 V_s (m/s)	単位体積 重量 γ_t (kN/m ³)	ポアソン比 ν	せん断 弾性係数 G ($\times 10^5$ kN/m ²)	初期せん断 弾性係数 G_0 ($\times 10^5$ kN/m ²)	剛性 低下率 G/G_0	減衰 定数 h (%)
+12.0	新期砂層	150	16.1	0.347	0.140	0.369	0.38	19
+8.0		200	16.1	0.308	0.170	0.657	0.26	23
+4.0	古安田層	330	17.3	0.462	1.26	1.92	0.66	4
-6.0	西山層	490	17.0	0.451	4.03	4.16	0.97	3
-33.0		530	16.6	0.446	4.51	4.75	0.95	3
-90.0		590	17.3	0.432	5.83	6.14	0.95	3
-136.0		650	19.3	0.424	7.90	8.32	0.95	3
-155.0		720	19.9	0.416	10.5	10.5	1.00	-
∞	椎谷層	720	19.9	0.416	10.5	10.5	1.00	-

表 2-7 地盤物性（埋戻土層，Sd-1）

標高 T. M. S. L. (m)	地層	せん断波 速度 V_s (m/s)	単位体積 重量 γ_t (kN/m ³)	ポアソン比 ν	せん断 弾性係数 G ($\times 10^5$ kN/m ²)	初期せん断 弾性係数 G_0 ($\times 10^5$ kN/m ²)	剛性 低下率 G/G_0	減衰 定数 h (%)
+12.0	埋戻土層	176	17.6	0.415	0.292	0.562	0.52	9
+8.0		224	17.6	0.415	0.297	0.902	0.33	13
+4.0		247	17.6	0.415	0.319	1.10	0.29	14
+1.0		263	17.6	0.415	0.362	1.25	0.29	14
-2.7								

K7 ① V-2-2-別添 2-1 R1

表 2-8 地盤物性 (マンメイドロック, 地盤改良体)

地層	せん断波 速度 V_s (m/s)	単位体積 重量 γ_t (kN/m ³)	ポアソン比 ν	せん断 弾性係数 G ($\times 10^5$ kN/m ²)	減衰 定数 h (%)
マンメイドロック	1040	17.2	0.360	19.1	2.00
地盤改良体	840	18.1	0.302	13.1	0.401

2.1.5 検討用地震動

検討用地震動は、V-2-1-2「基準地震動 S_s 及び弾性設計用地震動 S_d の策定概要」に示す弾性設計用地震動 S_d-1 （水平最大応答加速度 -5.25m/s^2 ，図 2-13）を用いる。

図 2-14 に示すように、K7R/B の基礎底面レベルにおける地盤の応答が一次元波動論に基づき算定した地盤の応答と一致するように補正した地震動を地盤 FEM モデル底面に入力する。地盤応答解析には、解析コード「SHAKE」を用いる。地盤応答解析に用いる解析コードの検証，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。

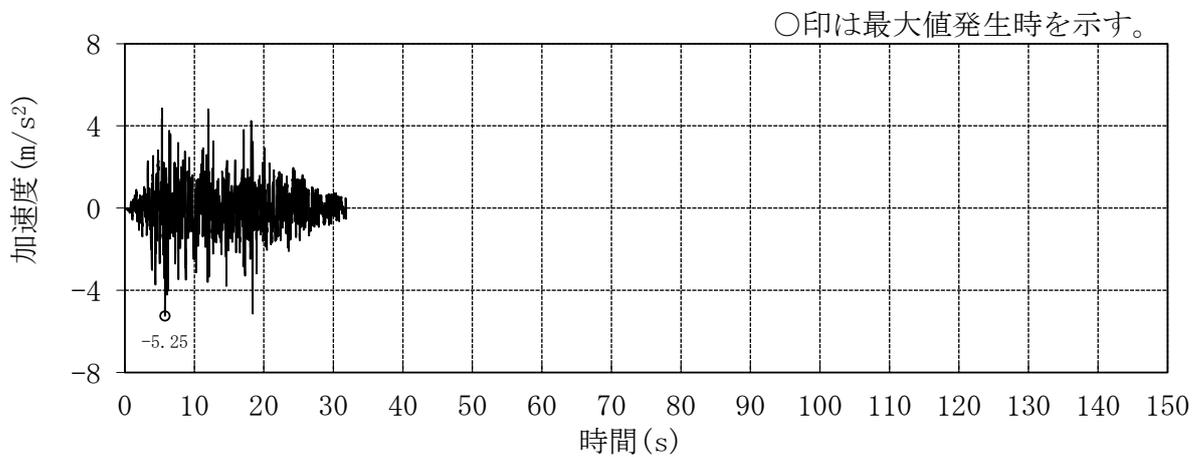


図 2-13 弾性設計用地震動 S_d-1H

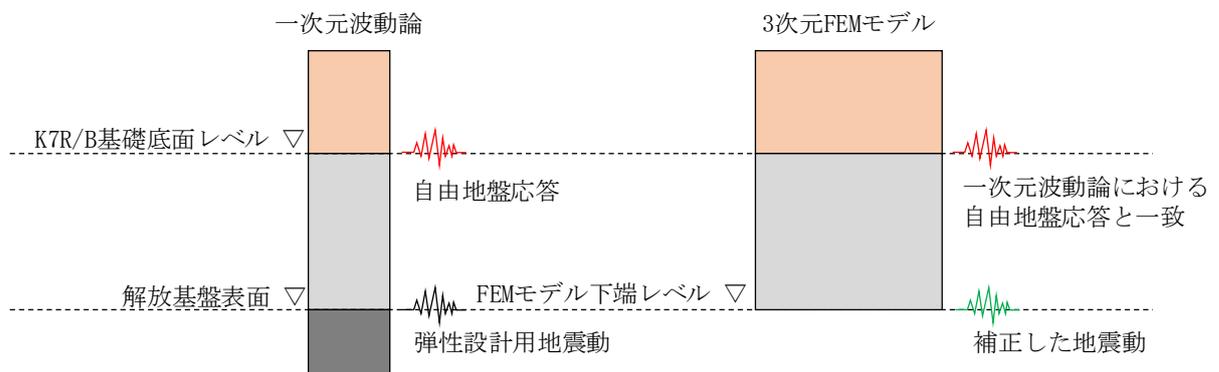


図 2-14 FEM モデルへ入力する補正した地震動

2.1.6 解析結果

全建屋を考慮したケース（ALL）と各建屋単独でモデル化したケース（S1～S4）の地震応答解析結果を図 2-15～図 2-38 に示す。

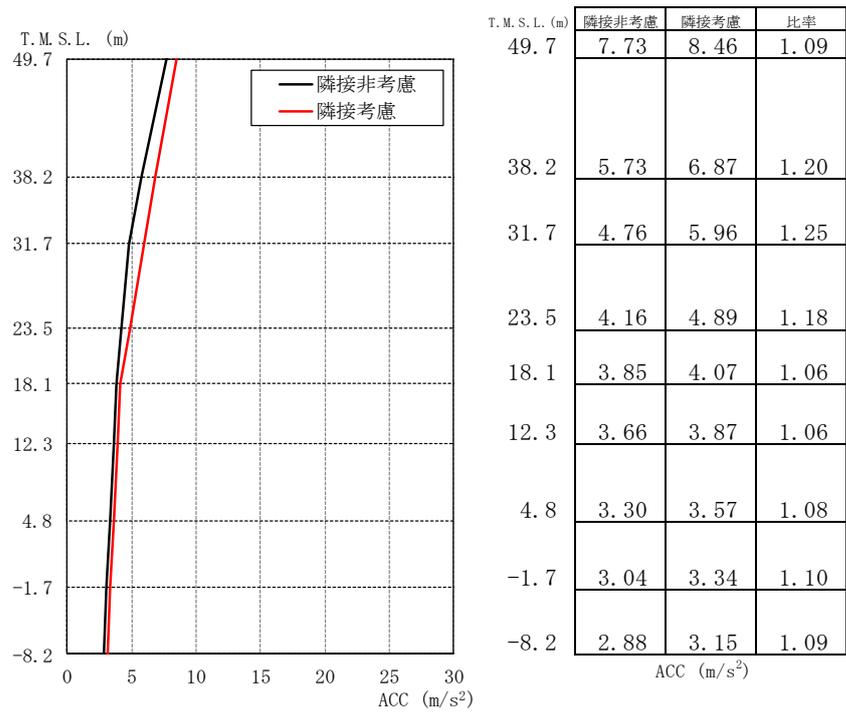
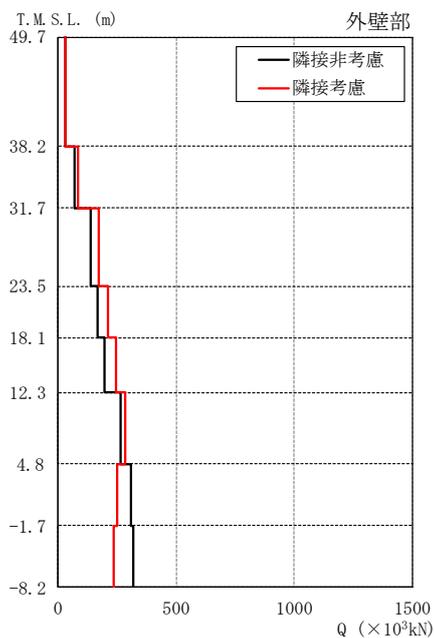
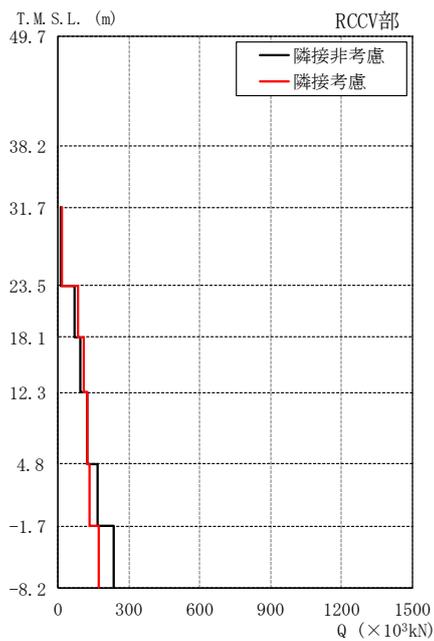


図 2-15 最大応答加速度の比較 (K7R/B, NS 方向)

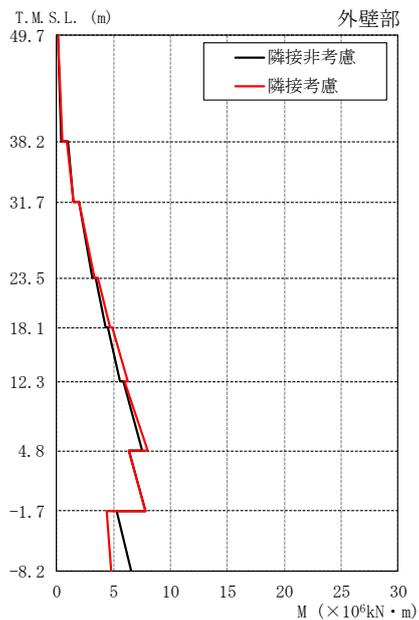


T.M.S.L. (m)	隣接非考慮	隣接考慮	比率
49.7	29.9	32.8	1.10
38.2	72.2	86.3	1.20
31.7	140	172	1.23
23.5	167	212	1.27
18.1	199	247	1.24
12.3	263	284	1.08
4.8	310	252	0.81
-1.7	318	237	0.75

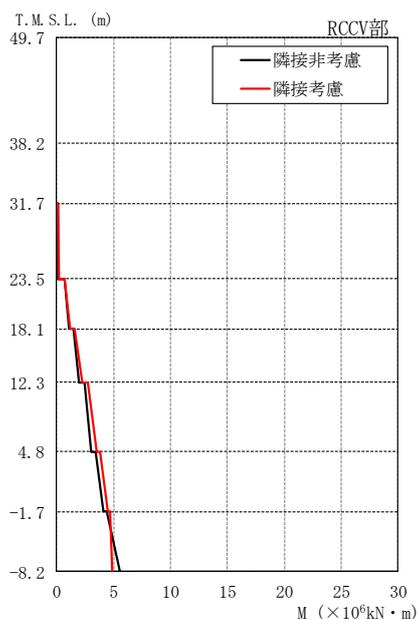


T.M.S.L. (m)	隣接非考慮	隣接考慮	比率
31.7	14.0	17.7	1.26
23.5	69.6	84.4	1.21
18.1	95.3	109	1.14
12.3	125	122	0.98
4.8	170	132	0.78
-1.7	236	175	0.74

図 2-16 最大応答せん断力の比較 (K7R/B, NS 方向)



T.M.S.L. (m)	隣接非考慮	隣接考慮	比率
49.7	0.0986	0.0853	0.87
	0.442	0.463	1.05
38.2	0.960	0.915	0.95
	1.43	1.45	1.01
31.7	1.99	1.95	0.98
	3.11	3.31	1.06
23.5	3.42	3.57	1.04
	4.30	4.71	1.10
18.1	4.49	4.87	1.08
	5.57	6.28	1.13
12.3	5.83	5.92	1.02
	7.55	8.00	1.06
4.8	6.30	6.33	1.00
	7.77	7.76	1.00
-1.7	5.31	4.38	0.82
	6.55	4.80	0.73
-8.2			



T.M.S.L. (m)	隣接非考慮	隣接考慮	比率
31.7	0.0561	0.0535	0.95
	0.123	0.158	1.28
23.5	0.722	0.728	1.01
	1.04	1.17	1.13
18.1	1.49	1.60	1.07
	1.91	2.20	1.15
12.3	2.43	2.69	1.11
	3.06	3.51	1.15
4.8	3.43	3.85	1.12
	4.10	4.45	1.09
-1.7	4.39	4.69	1.07
	5.51	4.87	0.88
-8.2			

図 2-17 最大応答曲げモーメントの比較 (K7R/B, NS 方向)

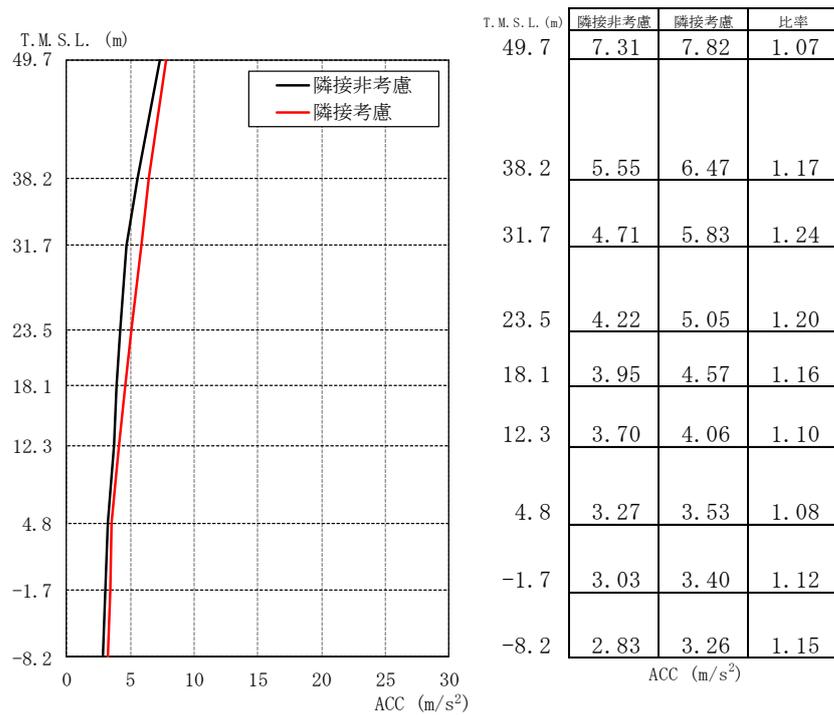
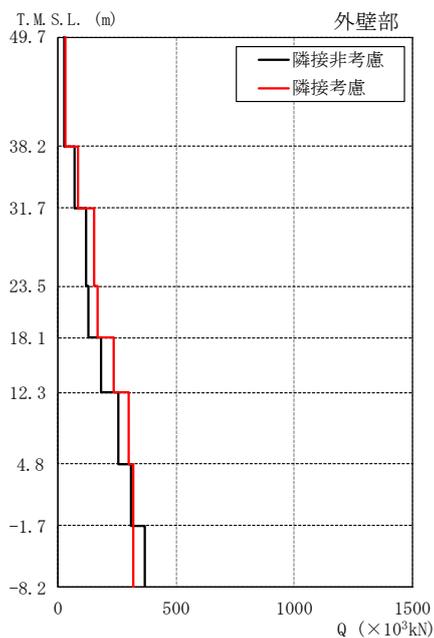
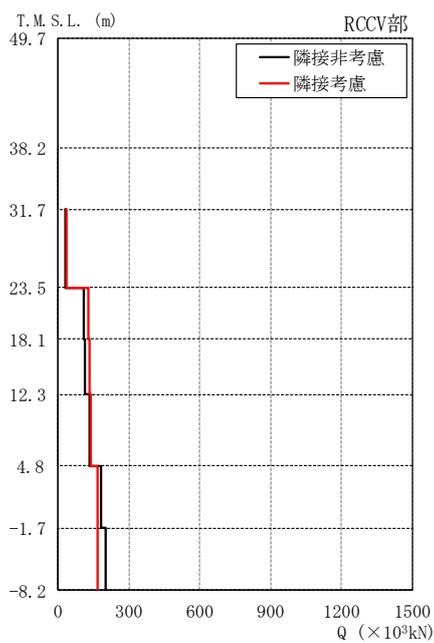


図 2-18 最大応答加速度の比較 (K7R/B, EW 方向)

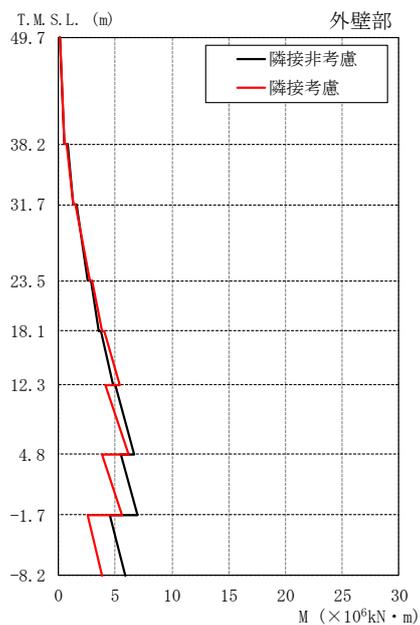


T.M.S.L. (m)	隣接非考慮	隣接考慮	比率
49.7	27.6	31.0	1.12
38.2	69.4	83.4	1.20
31.7	121	151	1.25
23.5	130	170	1.31
18.1	181	238	1.31
12.3	257	302	1.18
4.8	310	317	1.02
-1.7	369	318	0.86

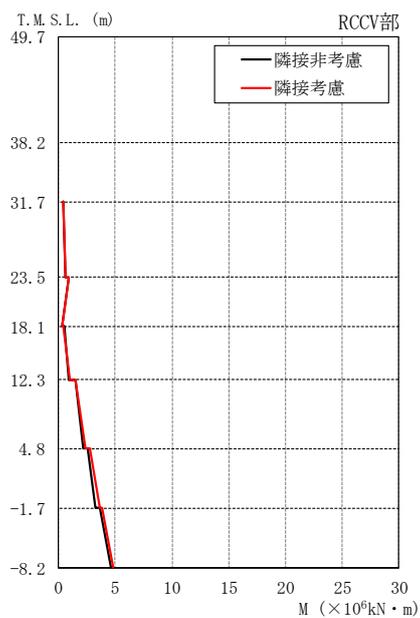


T.M.S.L. (m)	隣接非考慮	隣接考慮	比率
31.7	33.1	36.4	1.10
23.5	108	131	1.21
18.1	113	134	1.19
12.3	135	141	1.04
4.8	183	167	0.91
-1.7	204	167	0.82

図 2-19 最大応答せん断力の比較 (K7R/B, EW 方向)



T.M.S.L. (m)	隣接非考慮	隣接考慮	比率
49.7	0.174	0.136	0.78
	0.491	0.492	1.00
38.2	0.825	0.751	0.91
	1.28	1.28	1.00
31.7	1.59	1.52	0.96
	2.59	2.75	1.06
23.5	2.86	2.95	1.03
	3.55	3.87	1.09
18.1	3.74	4.01	1.07
	4.77	5.37	1.13
12.3	5.03	4.13	0.82
	6.71	6.22	0.93
4.8	5.48	3.81	0.70
	6.96	5.56	0.80
-1.7	4.48	2.53	0.56
	5.87	3.89	0.66
-8.2			



T.M.S.L. (m)	隣接非考慮	隣接考慮	比率
31.7	0.463	0.410	0.89
	0.628	0.607	0.97
23.5	0.899	0.960	1.07
	0.336	0.286	0.85
18.1	0.481	0.472	0.98
	0.898	1.01	1.12
12.3	1.46	1.52	1.04
	2.16	2.40	1.11
4.8	2.59	2.78	1.07
	3.30	3.60	1.09
-1.7	3.62	3.85	1.06
	4.64	4.80	1.03
-8.2			

図 2-20 最大応答曲げモーメントの比較 (K7R/B, EW 方向)

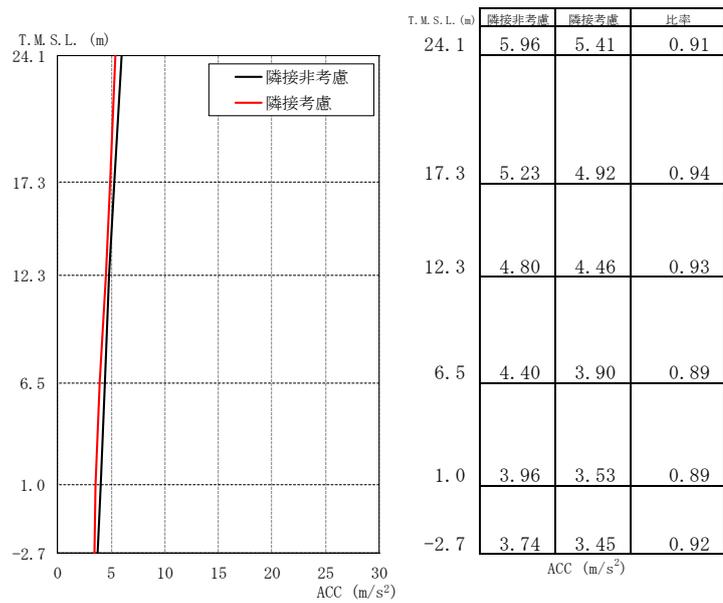


図 2-21 最大応答加速度の比較 (C/B, NS 方向)

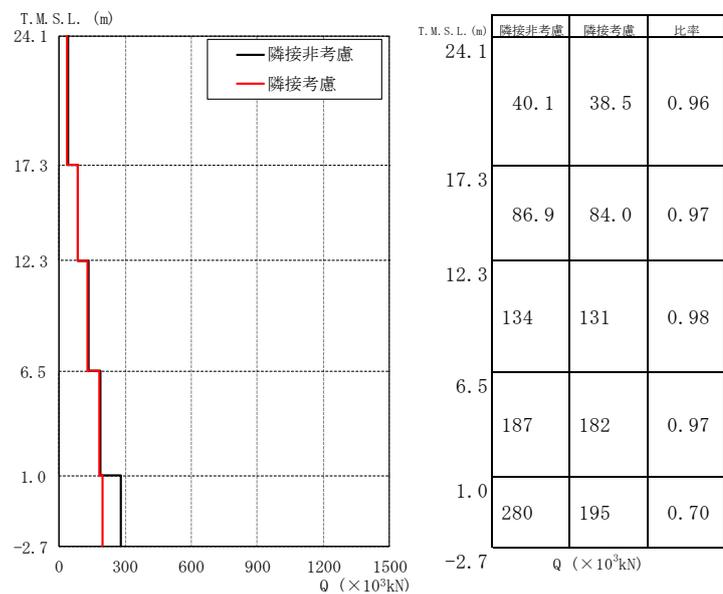


図 2-22 最大応答せん断力の比較 (C/B, NS 方向)

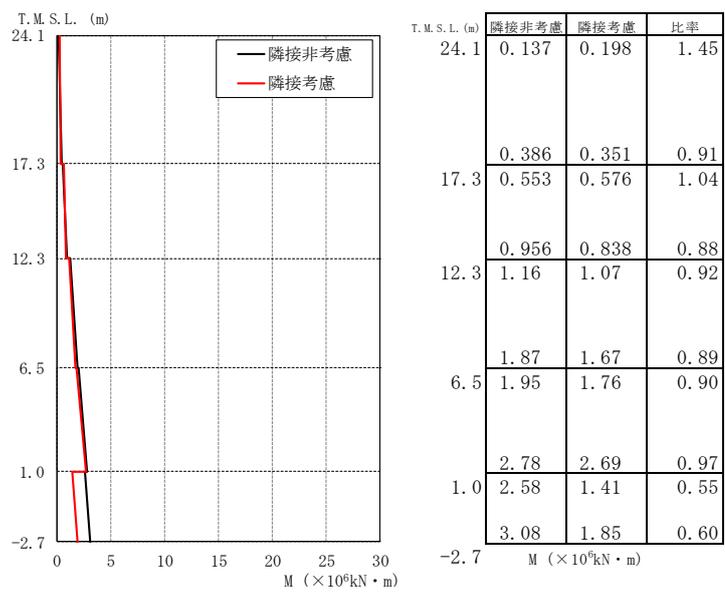


図 2-23 最大応答曲げモーメントの比較 (C/B, NS 方向)

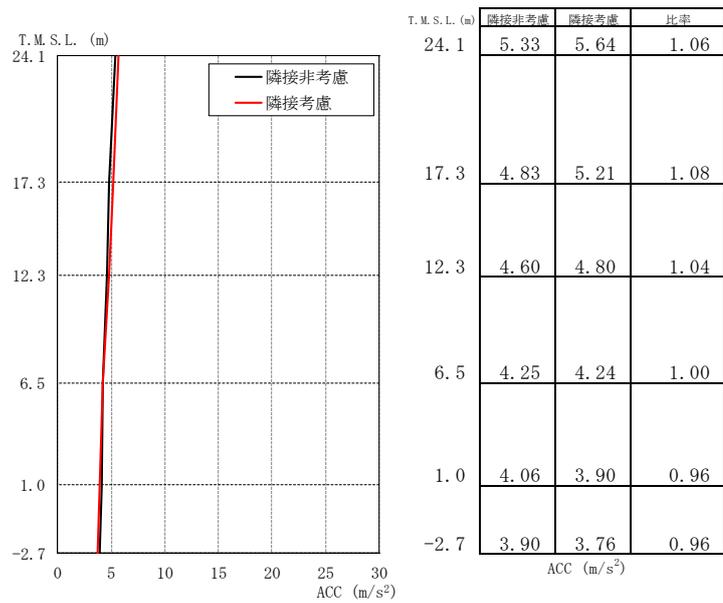


図 2-24 最大応答加速度の比較 (C/B, EW 方向)

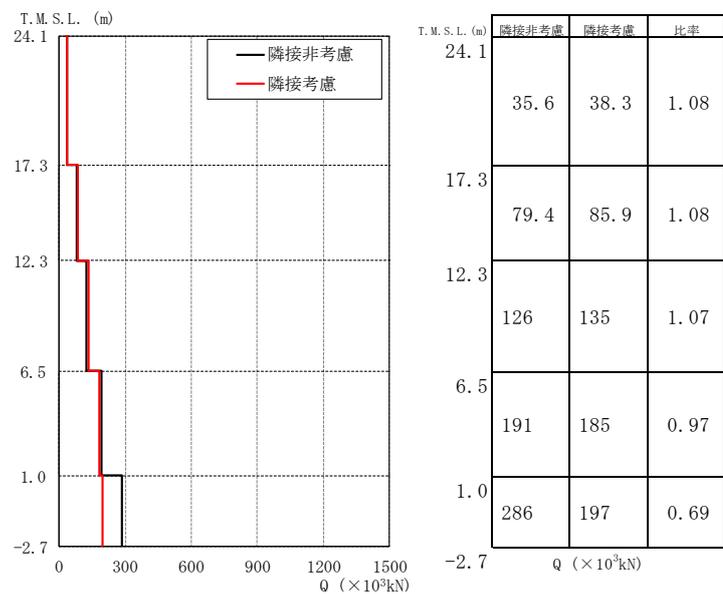


図 2-25 最大応答せん断力の比較 (C/B, EW 方向)

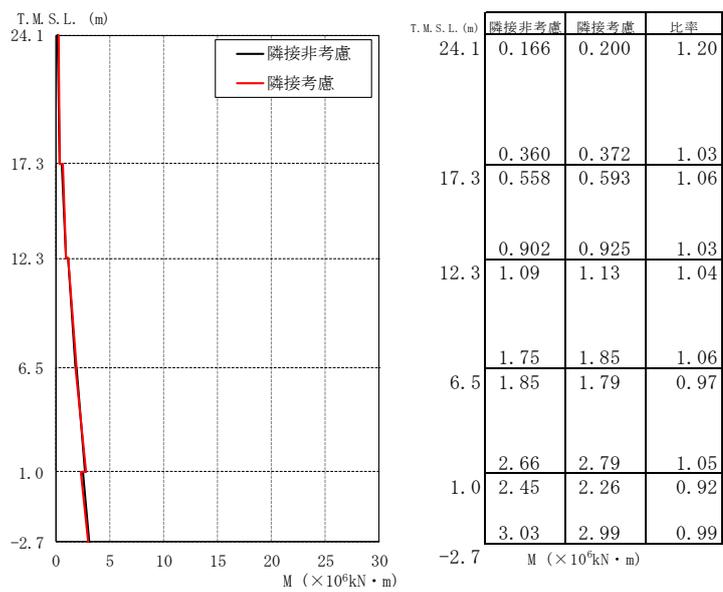
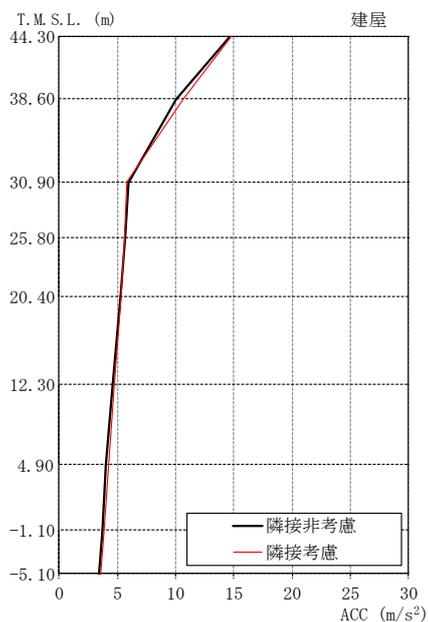
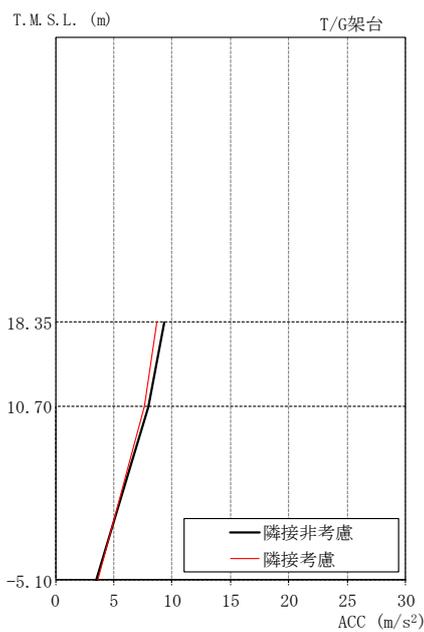


図 2-26 最大応答曲げモーメントの比較 (C/B, EW 方向)



T.M.S.L. (m)	隣接非考慮	隣接考慮	比率
44.30	14.6	14.8	1.01
38.60	10.1	10.7	1.06
30.90	5.96	5.83	0.98
25.80	5.62	5.60	1.00
20.40	5.25	5.32	1.01
12.30	4.56	4.73	1.04
4.90	4.05	4.23	1.04
-1.10	3.68	3.86	1.05
-5.10	3.45	3.59	1.04

ACC (m/s²)



T.M.S.L. (m)	隣接非考慮	隣接考慮	比率
18.35	9.34	8.71	0.93
10.70	8.00	7.60	0.95
-5.10	3.45	3.59	1.04

ACC (m/s²)

図 2-27 最大応答加速度の比較 (K7T/B, NS 方向)

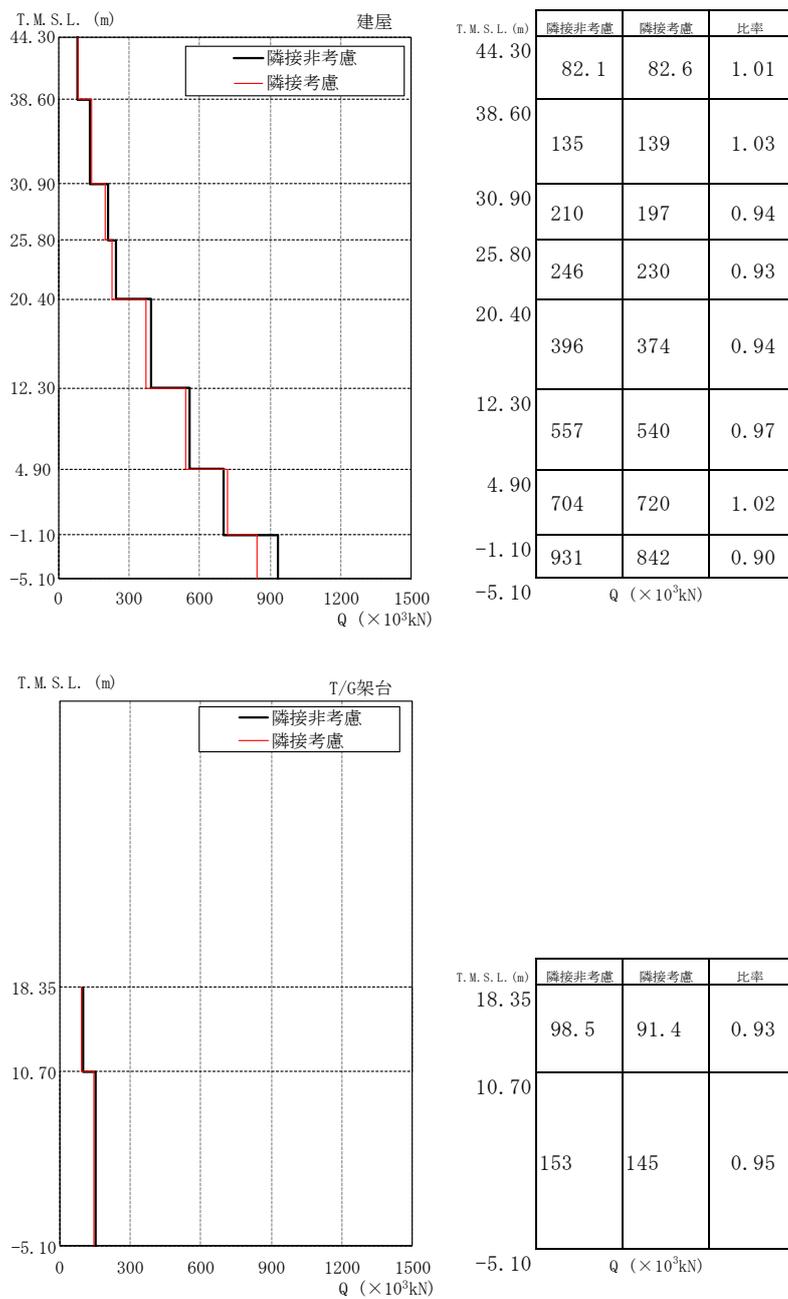
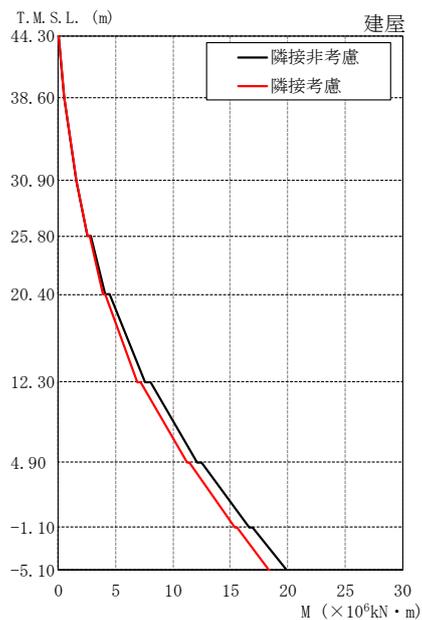
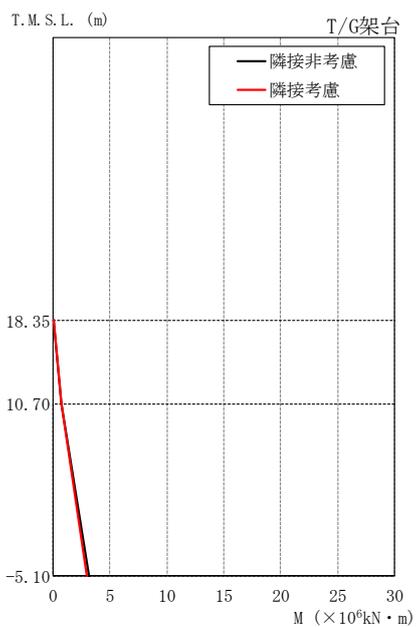


図 2-28 最大応答せん断力の比較 (K7T/B, NS 方向)

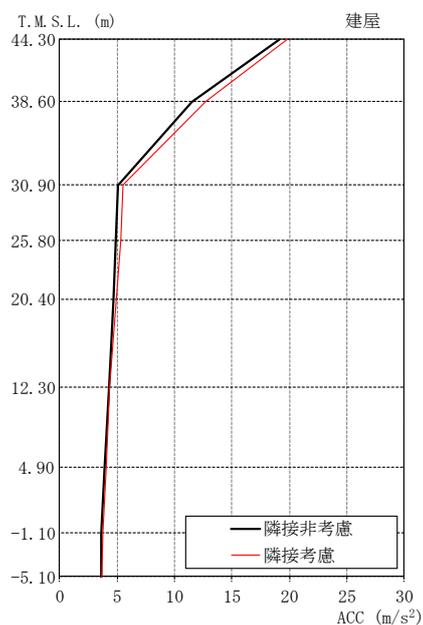


T.M.S.L. (m)	隣接非考慮	隣接考慮	比率
44.30	0.0250	0.0210	0.84
	0.475	0.477	1.00
38.60	0.478	0.479	1.00
	1.52	1.55	1.02
30.90	1.54	1.57	1.02
	2.50	2.55	1.02
25.80	2.78	2.72	0.98
	4.06	3.92	0.97
20.40	4.46	4.11	0.92
	7.54	6.91	0.92
12.30	8.05	7.18	0.89
	12.1	11.2	0.93
4.90	12.5	11.4	0.91
	16.6	15.4	0.93
-1.10	16.9	15.6	0.92
-5.10	19.9	18.4	0.92

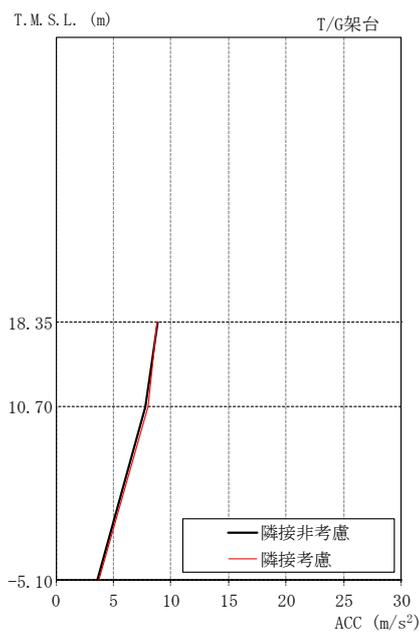


T.M.S.L. (m)	隣接非考慮	隣接考慮	比率
18.35	0.00	0.00	-
	0.753	0.699	0.93
10.70	0.753	0.699	0.93
	3.18	3.00	0.94
-5.10			

図 2-29 最大応答曲げモーメントの比較 (K7T/B, NS 方向)

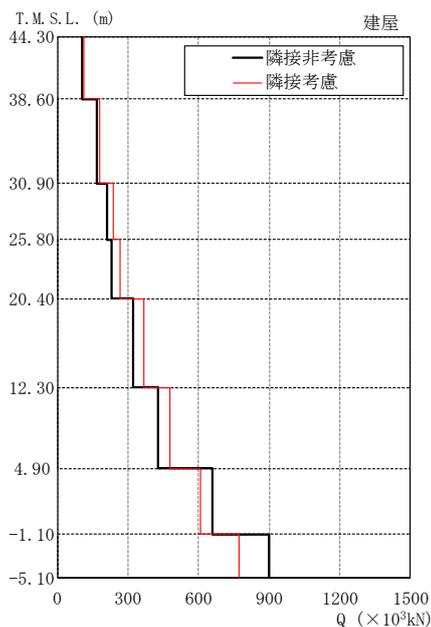


T.M.S.L. (m)	隣接非考慮	隣接考慮	比率
44.30	19.1	19.9	1.04
38.60	11.5	12.7	1.10
30.90	5.06	5.49	1.08
25.80	4.92	5.27	1.07
20.40	4.71	4.97	1.06
12.30	4.25	4.36	1.03
4.90	3.88	4.02	1.04
-1.10	3.66	3.80	1.04
-5.10	3.57	3.70	1.04

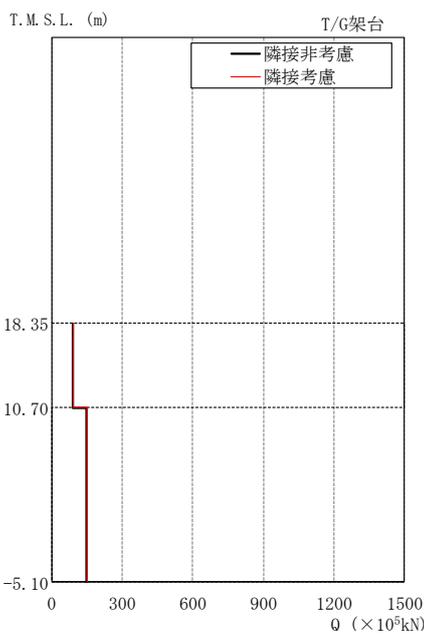


T.M.S.L. (m)	隣接非考慮	隣接考慮	比率
18.35	8.84	8.78	0.99
10.70	7.81	7.99	1.02
-5.10	3.57	3.70	1.04

図 2-30 最大応答加速度の比較 (K7T/B, EW 方向)

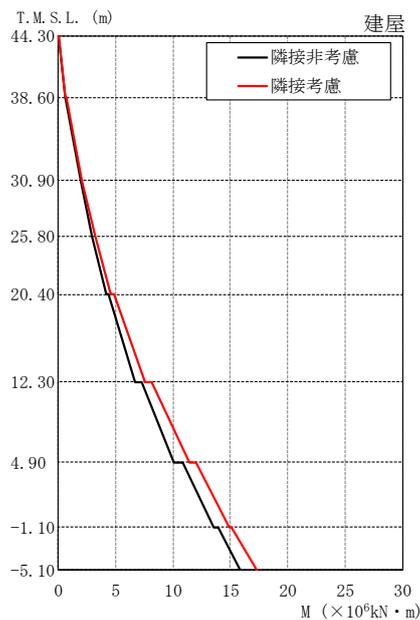


T.M.S.L. (m)	隣接非考慮	隣接考慮	比率
44.30	107	112	1.05
38.60	168	178	1.06
30.90	212	238	1.12
25.80	231	265	1.15
20.40	321	368	1.15
12.30	426	480	1.13
4.90	661	610	0.92
-1.10	898	773	0.86

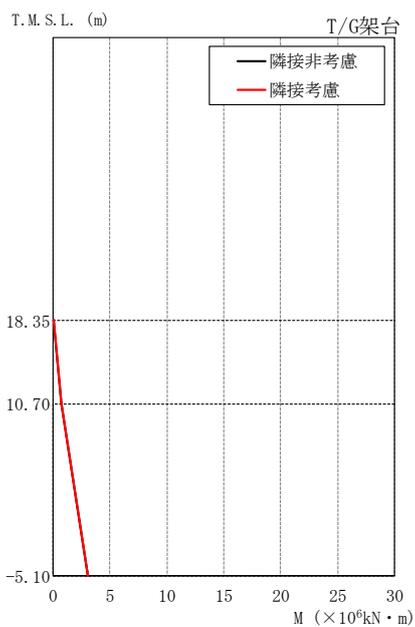


T.M.S.L. (m)	隣接非考慮	隣接考慮	比率
18.35	92.6	92.0	0.99
10.70	148	149	1.01

図 2-31 最大応答せん断力の比較 (K7T/B, EW 方向)



T.M.S.L. (m)	隣接非考慮	隣接考慮	比率
44.30	0.0297	0.0273	0.92
	0.614	0.635	1.03
38.60	0.621	0.650	1.05
	1.91	2.01	1.05
30.90	1.92	2.04	1.06
	2.94	3.17	1.08
25.80	2.95	3.19	1.08
	4.14	4.60	1.11
20.40	4.37	4.80	1.10
	6.70	7.59	1.13
12.30	7.29	8.14	1.12
	10.1	11.4	1.13
4.90	10.8	12.0	1.11
	13.6	14.9	1.10
-1.10	13.9	15.1	1.09
-5.10	15.9	17.3	1.09



T.M.S.L. (m)	隣接非考慮	隣接考慮	比率
18.35	0.00	0.00	-
	0.709	0.704	0.99
10.70	0.709	0.704	0.99
	3.05	3.05	1.00
-5.10			

図 2-32 最大応答曲げモーメントの比較 (K7T/B, EW 方向)

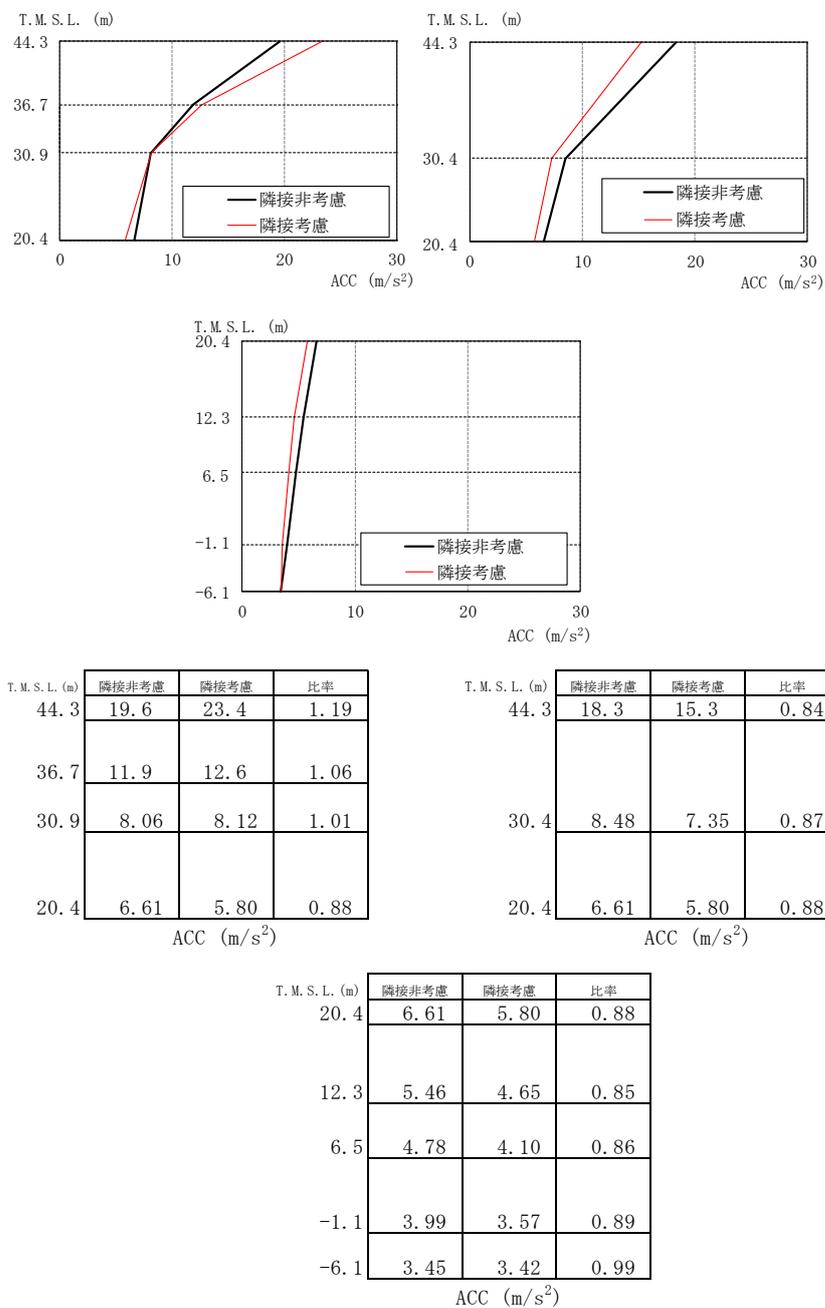


図 2-33 最大応答加速度の比較 (Rw/B, NS 方向)

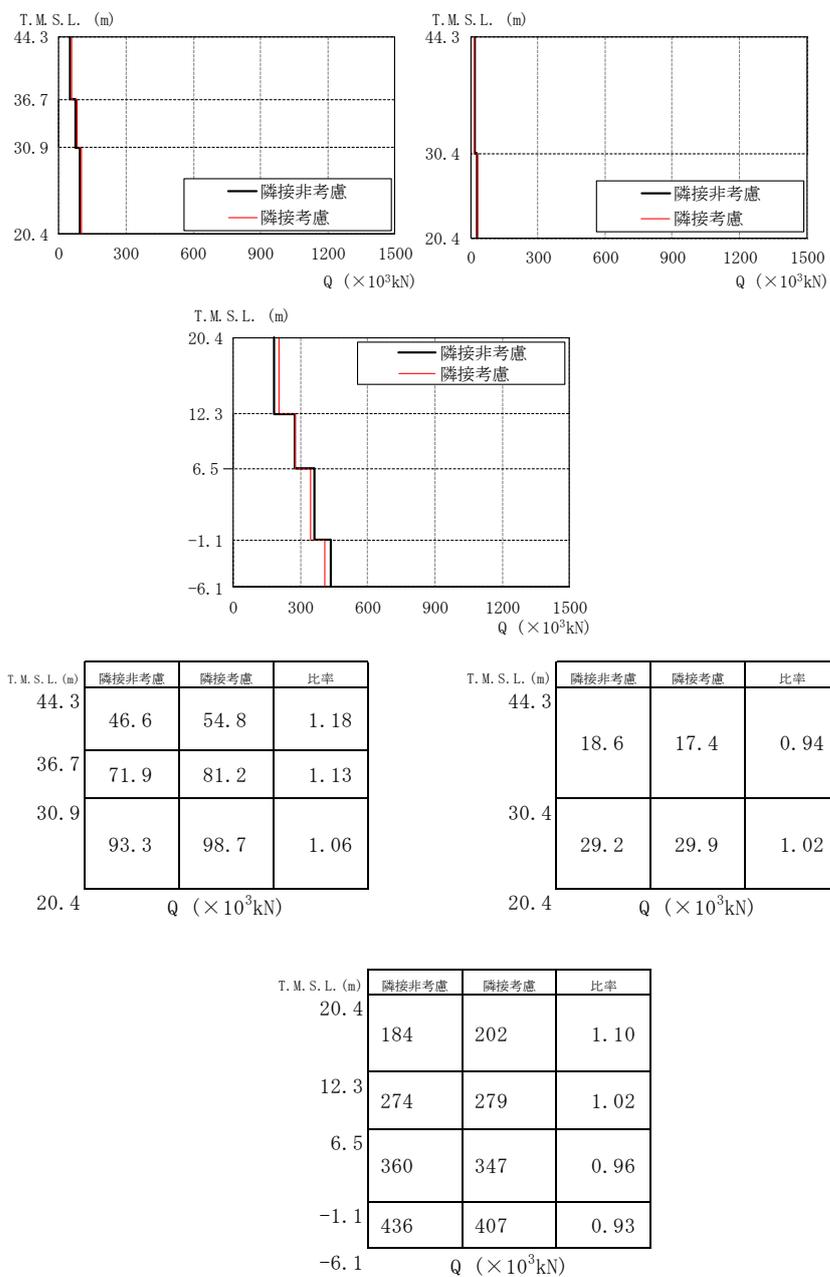


図 2-34 最大応答せん断力の比較 (Rw/B, NS 方向)

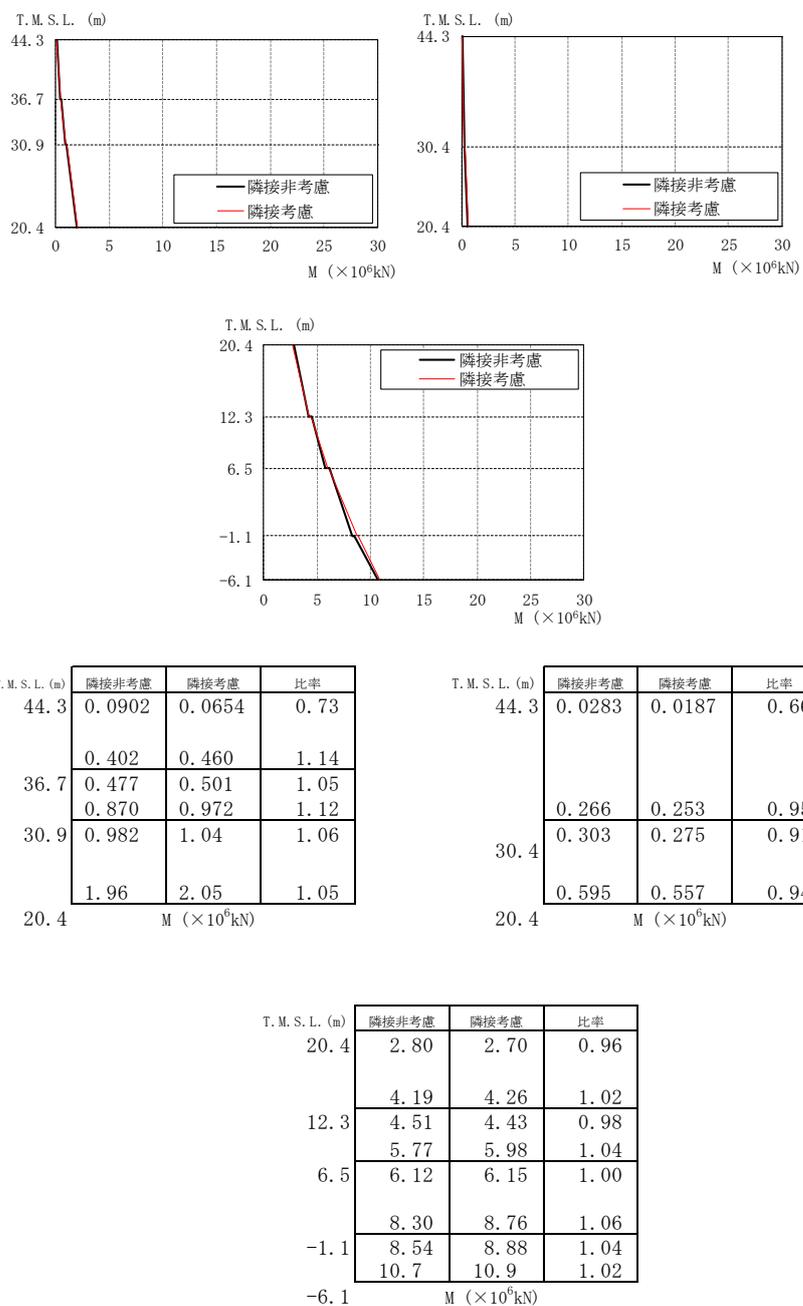


図 2-35 最大応答曲げモーメントの比較 (Rw/B, NS 方向)

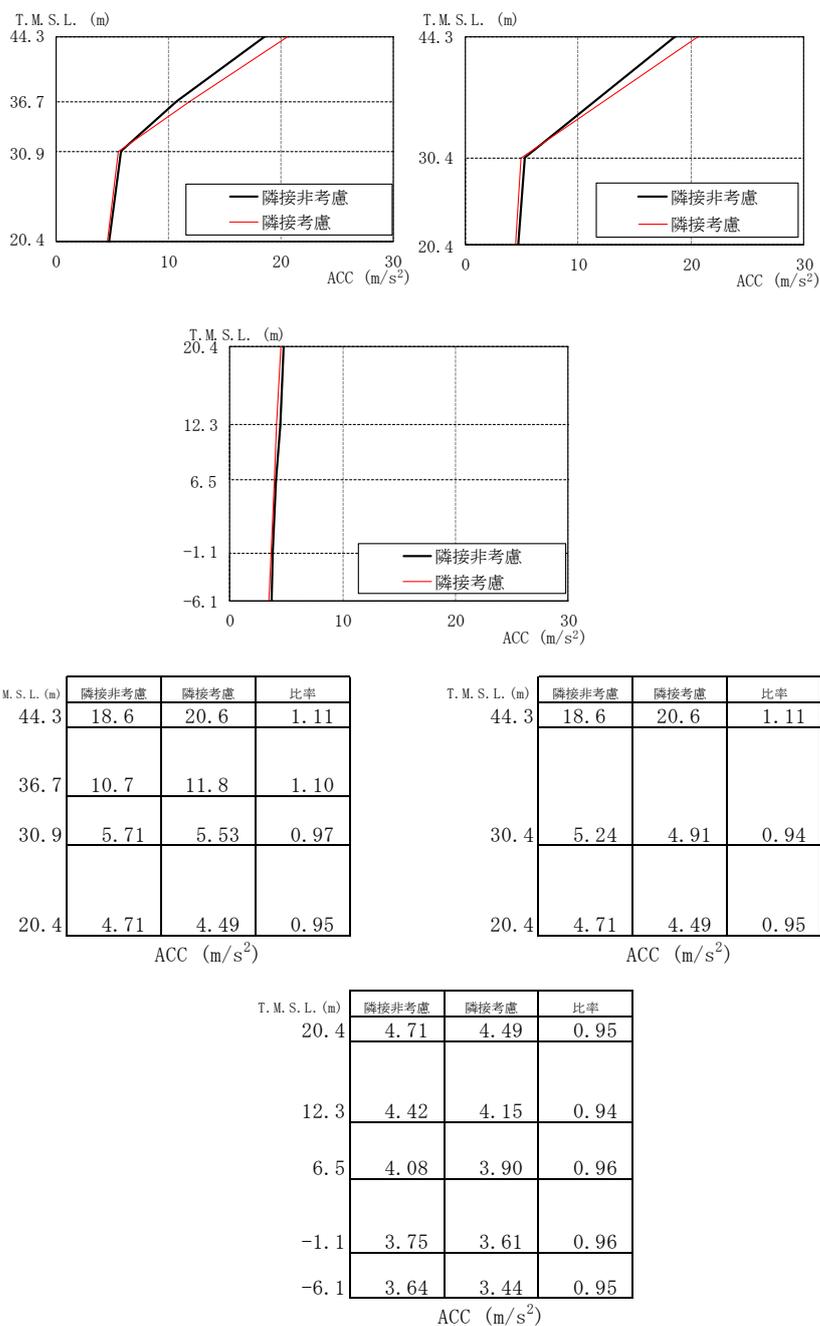


図 2-36 最大応答加速度の比較 (Rw/B, EW 方向)

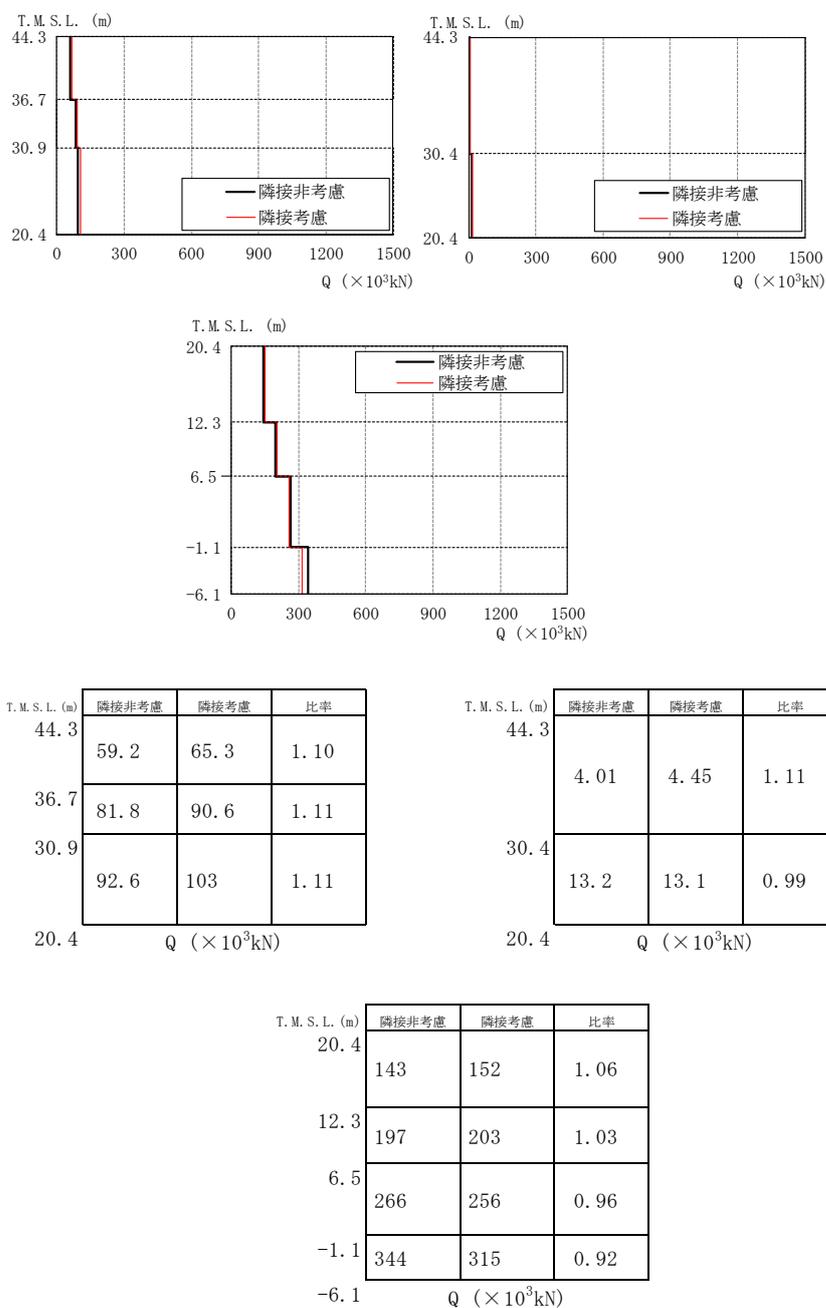


図 2-37 最大応答せん断力の比較 (Rw/B, EW 方向)

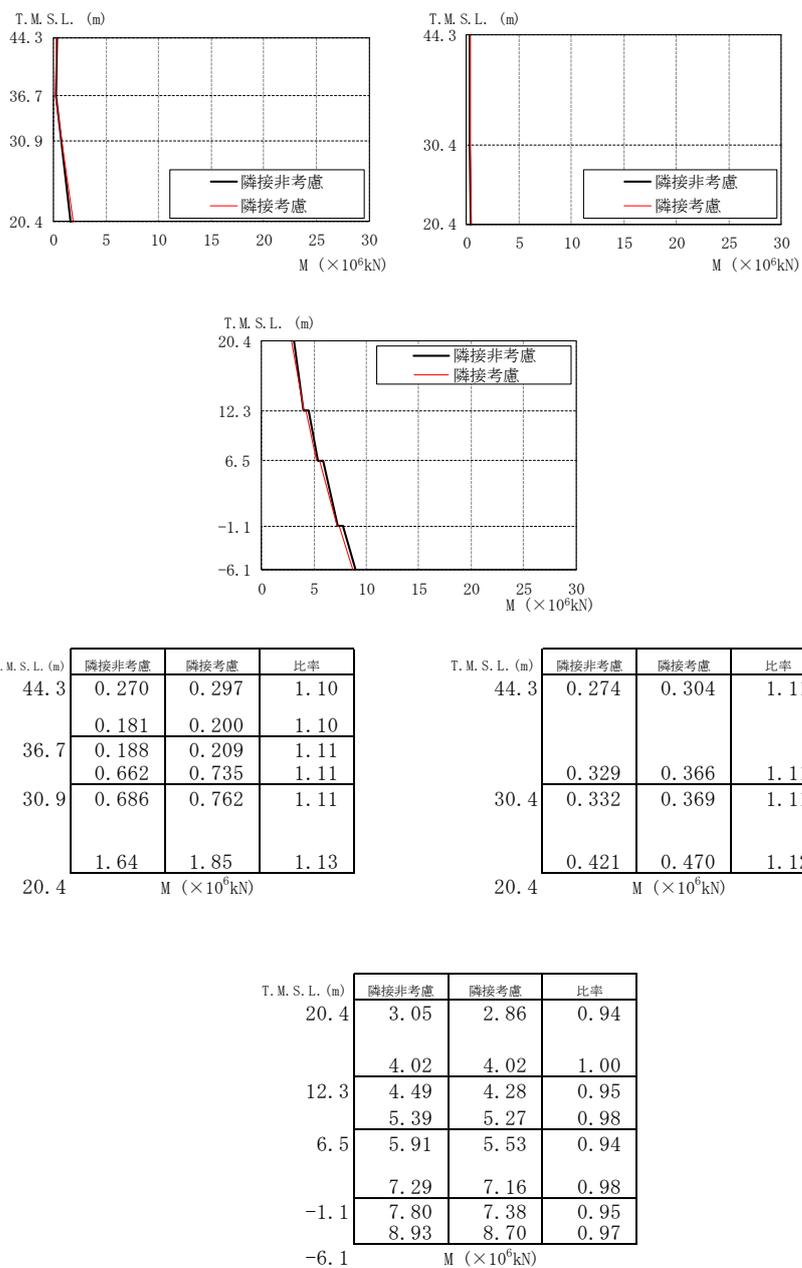


図 2-38 最大応答曲げモーメントの比較 (Rw/B, EW 方向)

3. 建物・構築物の応答増幅の評価

3.1 検討方針

隣接建屋を考慮した隣接応答倍率（隣接考慮／隣接非考慮）と，原子炉建屋の地震応答計算書等の評価結果より評価を行う。

3.2 検討結果

3.2.1 耐震壁

K7R/B, C/B, K7T/B 及び Rw/B の耐震壁については、原子炉建屋の地震応答計算書等において、地震応答解析による評価結果として最大せん断ひずみが許容限界 (2.0×10^{-3}) を超えないことを確認している。

ここでは、各建屋の地震応答解析によって評価された材料物性の不確かさを考慮した最大せん断ひずみに対して、隣接建屋の影響を考慮した応答倍率を乗じて、許容限界 (2.0×10^{-3}) 以内であることを確認する。なお、最大せん断ひずみが弾性限界を超える場合は、エネルギー一定とし弾性応答に変換し、変換後の応答値に隣接応答倍率をかけて、再度エネルギー一定則によりせん断ひずみを評価する。

表 3-1 に各建屋に対する隣接建屋の影響を考慮した評価結果を示す。この際、NS 方向及び EW 方向のうち最大値を評価結果としている。

K7R/B の耐震壁における最大せん断ひずみは 0.721×10^{-3} (EW 方向)、C/B の耐震壁における最大せん断ひずみは 0.676×10^{-3} (NS 方向)、K7T/B の耐震壁における最大せん断ひずみは 0.823×10^{-3} (EW 方向)、Rw/B の耐震壁における最大せん断ひずみは 0.178×10^{-3} (NS 方向) で、いずれも許容限界 (2.0×10^{-3}) を超えないことを確認した。

表 3-1 隣接建屋の影響を考慮した最大せん断ひずみ

(a) K7R/B の耐震壁 (外壁部)

方向	T. M. S. L. (m)	影響考慮の 最大せん断ひずみ	備考
EW 方向	12.3~4.8	0.721×10^{-3}	エネルギー一定則により、せん断ひずみを評価

(b) C/B の耐震壁

方向	T. M. S. L. (m)	影響考慮の 最大せん断ひずみ	備考
NS 方向	1.0~-2.7	0.676×10^{-3}	—

(c) K7T/B の耐震壁

方向	T. M. S. L. (m)	影響考慮の 最大せん断ひずみ	備考
EW 方向	20.4~12.3	0.823×10^{-3}	エネルギー一定則により、せん断ひずみを評価

(d) Rw/B の耐震壁

方向	T. M. S. L. (m)	影響考慮の 最大せん断ひずみ	備考
NS 方向	-1.1~-6.1	0.178×10^{-3}	—

3.2.2 基礎スラブ

上部構造から伝わる基礎スラブへの地震時反力を地震荷重として考慮することから、各建屋基礎スラブ（K7R/B は RCCV 底部含む）直上の部材における隣接応答倍率を用いる。隣接建屋を考慮した基礎スラブ直上の部材における隣接応答倍率（せん断力及び曲げモーメント）を表 3-2 に示す。

評価結果を表 3-3 に示す。

C/B については、隣接応答倍率がいずれも 1.0 を下回ること、K7R/B、K7T/B 及び R_w/B については、隣接応答倍率を考慮した検定値が 1.0 を下回ることより、許容限界を超えないことを確認した。

表 3-2 隣接建屋を考慮した基礎スラブ直上の部材における隣接応答倍率
(せん断力及び曲げモーメント)

(a) K7R/B

項目	NS 方向	EW 方向
せん断力 (建屋部)	0.75	0.86
せん断力 (RCCV 部)	0.74	0.82
曲げモーメント (建屋部)	0.82	0.66
曲げモーメント (RCCV 部)	1.07	1.06
最大値	1.07	1.06

(b) C/B

項目	NS 方向	EW 方向
せん断力	0.70	0.69
曲げモーメント	0.60	0.99
最大値	0.70	0.99

(c) K7T/B

項目	NS 方向	EW 方向
せん断力	0.90	0.86
曲げモーメント	0.92	1.09
最大値	0.92	1.09

(d) Rw/B

項目	NS 方向	EW 方向
せん断力	0.93	0.92
曲げモーメント	1.04	0.97
最大値	1.04	0.97

表 3-3 隣接建屋を考慮した基礎スラブの評価結果

(a) K7R/B

部位	評価項目		方向	要素番号	組合せ ケース	検定値 ①	倍率 ②	①×②
RCCV 底部	面外 せん断力	面外せん断 応力度	放射	10002371	3-2	0.832 (1.02)	1.07	0.891 (1.10)
周辺部 基礎	面外 せん断力	面外せん断 応力度	EW	10002411	2-2	0.785	1.07	0.840

注：() 内は、応力平均化前の値を示す。

(b) K7T/B

部位	評価項目		方向	要素番号	組合せ ケース	検定値 ①	倍率 ②	①×②
建屋部 基礎	面外 せん断力	面外せん断 応力度	NS	325	3	0.820	1.09	0.894

(c) Rw/B

部位	評価項目		方向	要素番号	組合せ ケース	検定値 ①	倍率 ②	①×②
基礎	面外 せん断力	面外せん断 応力度	NS	316	3	0.949 (1.53)	1.04	0.987 (1.60)

注：() 内は、応力平均化前の値を示す。

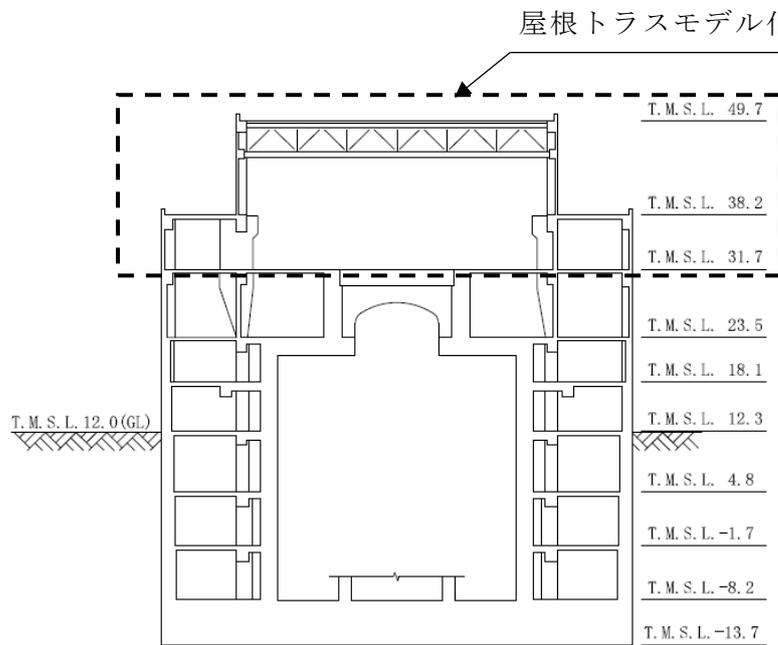
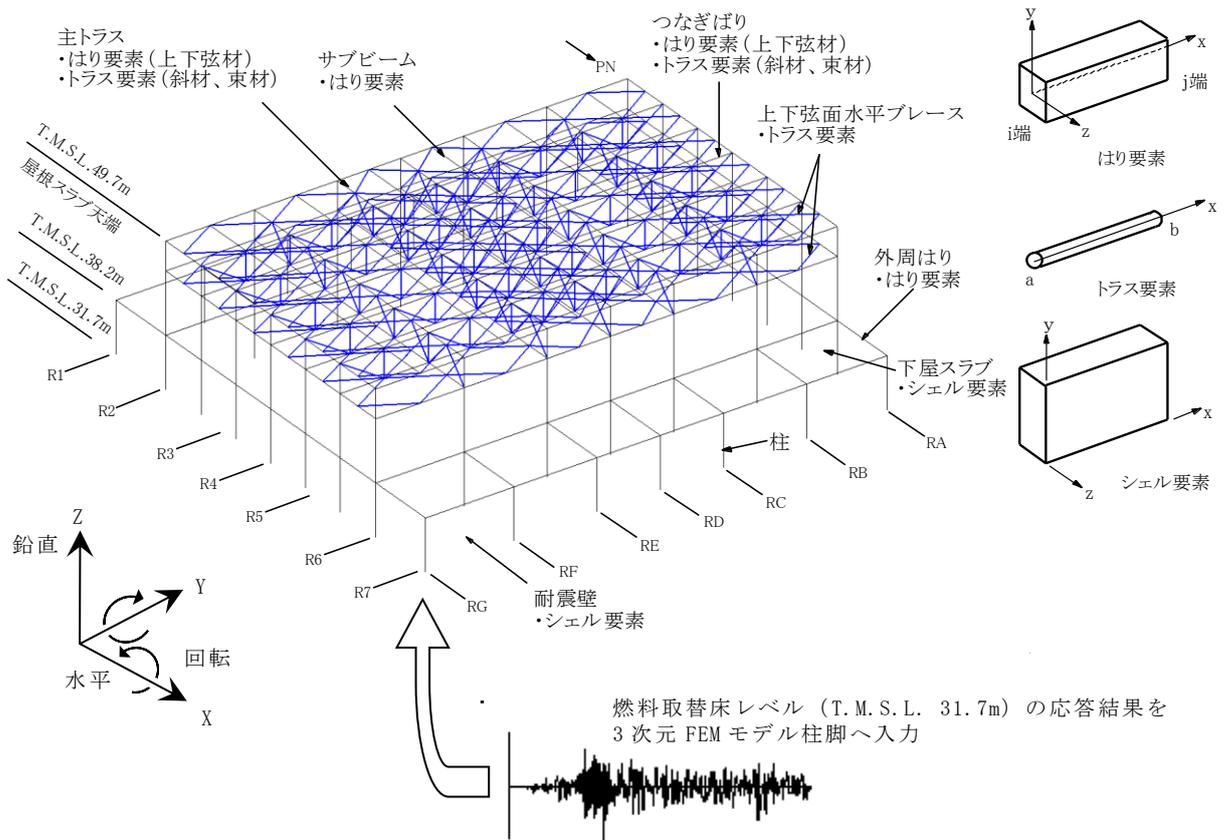
3.2.3 原子炉建屋屋根トラス

原子炉建屋の屋根トラスについては、V-2-9-3-1「原子炉建屋原子炉区域（二次格納施設）の耐震性についての計算書」の評価結果に対して、3次元FEMモデル下端レベルである燃料取替床レベル（T.M.S.L. 31.7m）における時刻歴応答波形を入力地震動として耐震評価を行う。図3-1に屋根トラス（燃料取替床上部フレーム）の解析概要図と入力概要を示す。隣接建屋を考慮しない燃料取替床レベルにおける時刻歴応答波形と、隣接建屋を考慮した燃料取替床レベルにおける時刻歴応答波形を用いて屋根トラス3次元FEMモデルによる地震応答解析を行う。

隣接建屋を考慮しない燃料取替床レベルにおける時刻歴波形を図3-2に、隣接建屋を考慮した燃料取替床レベルにおける時刻歴波形を図3-3に示す。

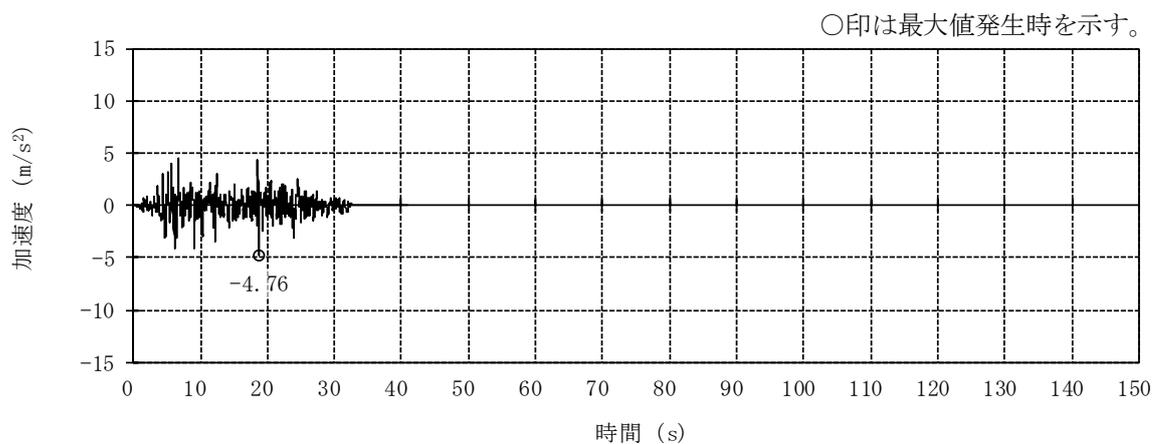
隣接建屋を考慮したケースと隣接建屋を考慮しないケースから得られた断面算定結果（検定値）の比率を隣接建屋の影響による隣接応答倍率として設定する。隣接応答倍率を表3-4に示す。次に、V-2-9-3-1「原子炉建屋原子炉区域（二次格納施設）の耐震性についての計算書」に示す断面算定結果（検定値）に対し、隣接応答倍率を乗じた値が1.0を超えないことを確認する。

屋根トラスの断面評価結果一覧を表3-5に示す。いずれの部位においても、検定値が1.0を下回ることであり、許容限界を超えないことを確認した。

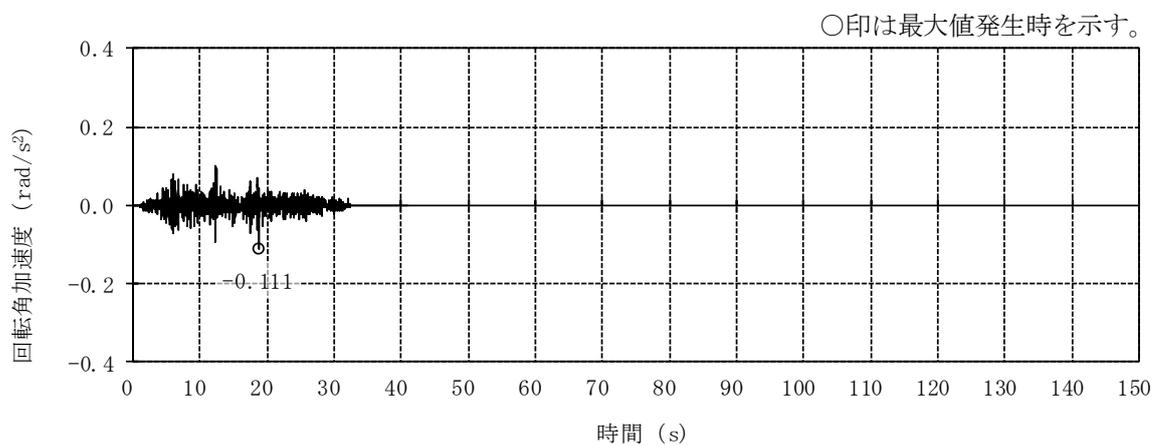


(単位：m)

図3-1 屋根トラス（燃料取替床上部フレーム）の解析モデル図と入力概要

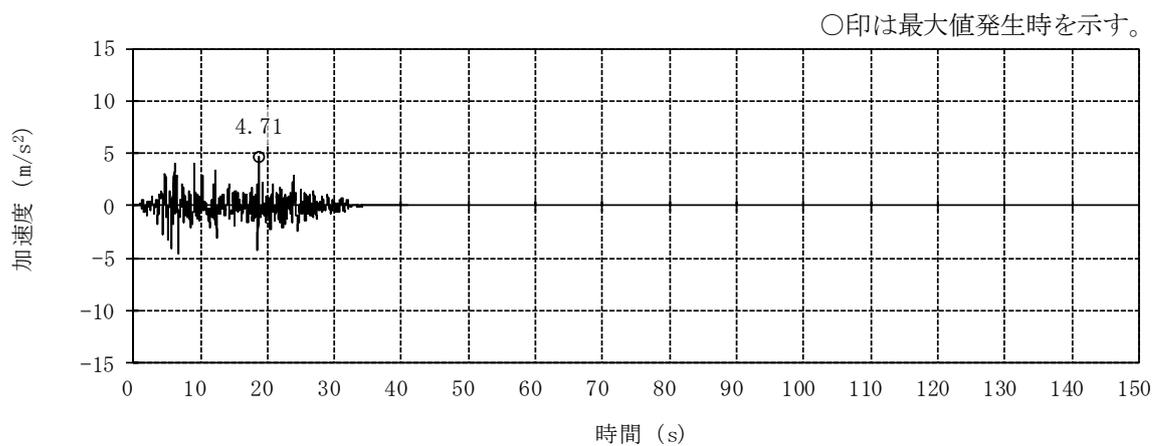


(a) 並進加速度

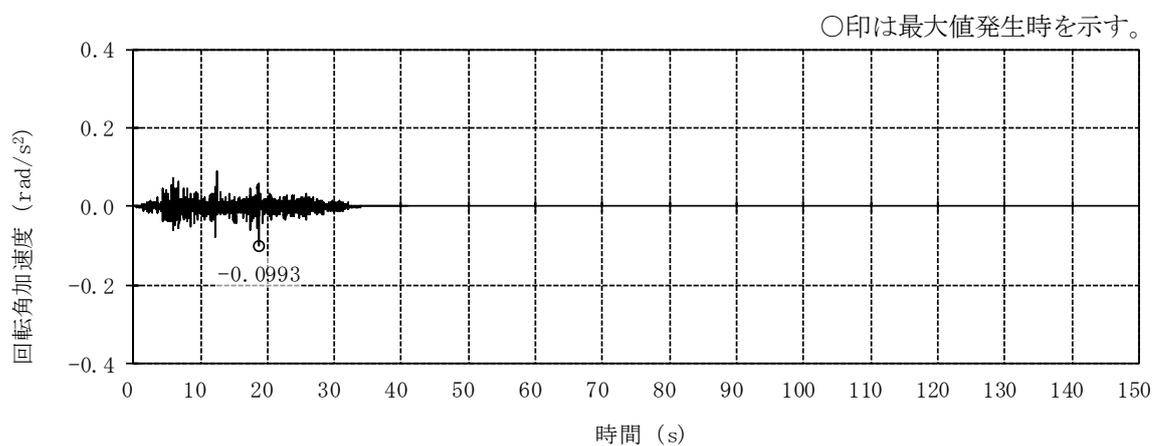


(b) 回転角加速度

図 3-2 燃料取替床レベルにおける時刻歴応答波形
(NS 方向, 隣接非考慮, T.M.S.L. 31.7m) (1/2)

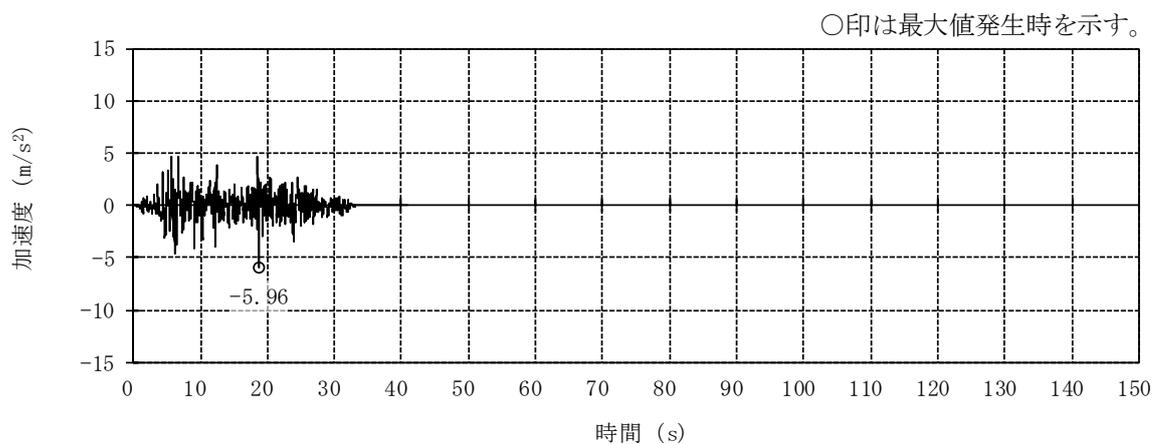


(a) 並進加速度

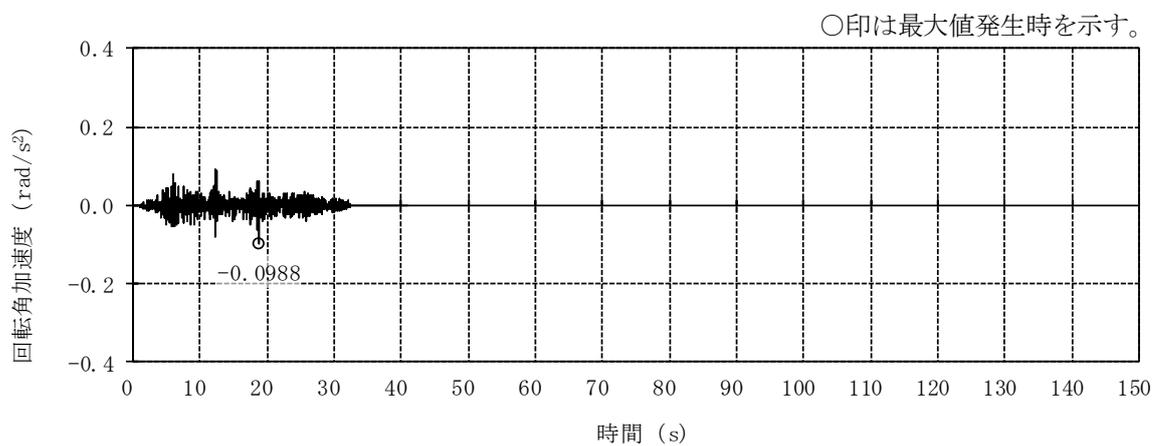


(b) 回転角加速度

図 3-2 燃料取替床レベルにおける時刻歴応答波形
(EW 方向, 隣接非考慮, T.M.S.L. 31.7m) (2/2)

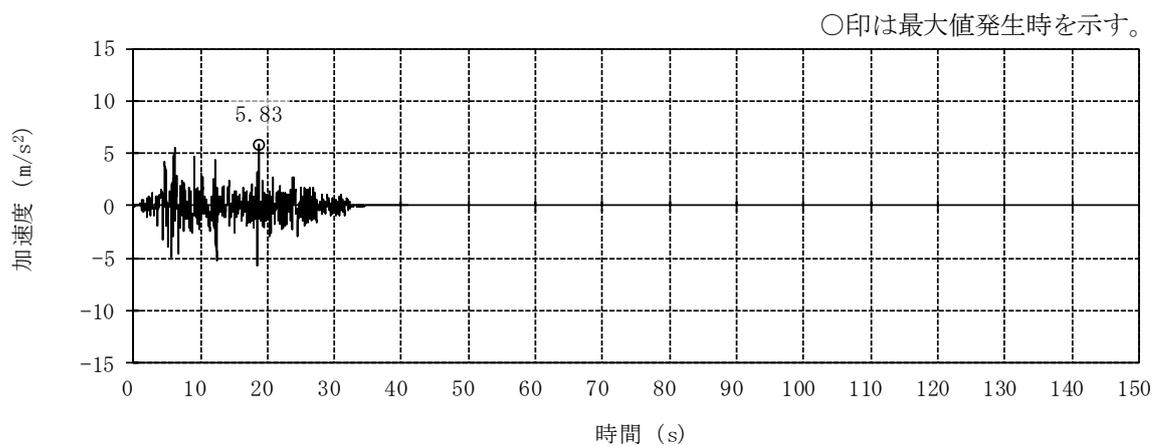


(a) 並進加速度

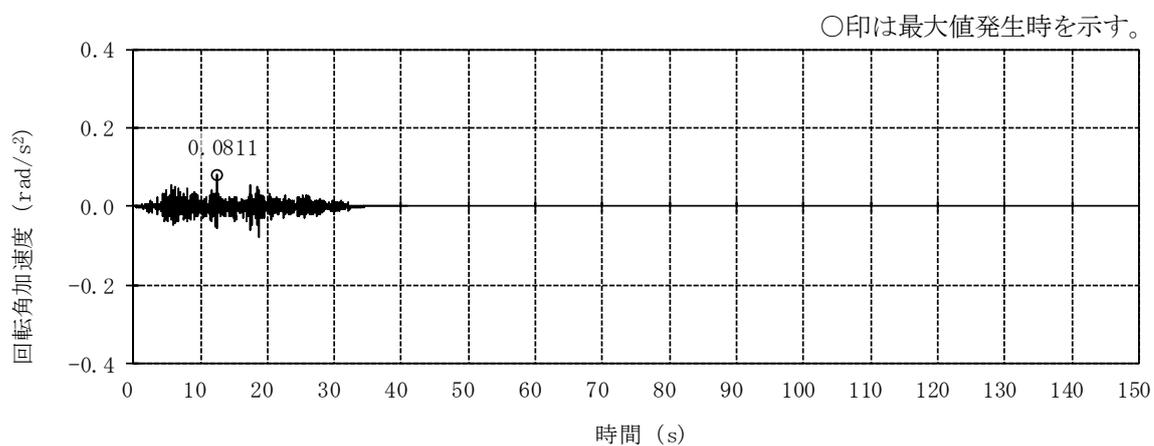


(b) 回転角加速度

図 3-3 燃料取替床レベルにおける時刻歴応答波形
(NS 方向, 隣接考慮, T.M.S.L. 31.7m) (1/2)



(a) 並進加速度



(b) 回転角加速度

図 3-3 燃料取替床レベルにおける時刻歴応答波形
(EW 方向, 隣接考慮, T.M.S.L. 31.7m) (2/2)

表 3-4 単独ケースに対する隣接ケースの検定値の比率及び隣接応答倍率

部 材		Sd-1 NS 入力	Sd-1 EW 入力	隣接応答倍率
主トラス	上弦材	1.05	1.07	1.07
	下弦材	1.04	1.00	1.04
	斜材	1.00	1.00	1.00
	束材	1.00	1.00	1.00
つなぎばり	上弦材	1.00	1.20	1.20
	下弦材	1.00	1.00	1.00
上弦面水平ブレース		1.14	1.07	1.14

表 3-5 隣接建屋の影響を考慮した屋根トラスの検定値

部 材		最大検定値 (S _s)	隣接応答倍率	最大検定値× 隣接応答倍率
主トラス	上弦材	0.63	1.07	0.68
	下弦材	0.69	1.04	0.72
	斜材	0.70	1.00	0.70
	束材	0.47	1.00	0.47
つなぎばり	上弦材	0.13	1.20	0.16
	下弦材	0.93	1.00	0.93
上弦面水平ブレース		0.41	1.14	0.47

注：ハッチングは検定値のうち最も大きい値を表示。

3.2.4 原子炉格納容器コンクリート部

RCCV 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」（以下「RCCV の耐震計算書」という。）の評価結果に対して、部位に応じたせん断力の隣接応答倍率を乗じた評価（以下「簡易評価」という。）を実施する。簡易評価用の隣接応答倍率を表 3-6 に示す。

RCCV の耐震計算書における荷重状態Ⅲ～Ⅴのすべての組合せケースに対する簡易評価結果を表 3-7～表 3-9 に示す。表 3-8 に示すとおり、MS/FDW 開口の組合せケース 5-3（荷重状態Ⅴ・（異常＋地震）時（3））において面外せん断応力度の評価値が許容値を超えるため、より詳細な評価を実施する。

組合せケース 5-3 について、RCCV の耐震計算書の地震荷重に部位に応じたせん断力及び曲げモーメントの隣接応答倍率を乗じた地震荷重を用いて応力解析（以下「詳細評価」という。）を実施する。詳細評価用の地震荷重を表 3-10 に示す。

詳細評価結果のうち、発生値に対する許容値の割合が最小となる要素を選定し、選定した要素の位置を図 3-4 に、詳細評価結果を表 3-11 に示す。いずれの部位においても、許容限界を超えないことを確認した。

表 3-6 簡易評価用の隣接応答倍率

部位		隣接応答倍率
トップスラブ部		1.26
シェル部 貫通部 局部	T. M. S. L. 18.1~23.5 (m)	1.21
	T. M. S. L. 12.3~18.1 (m)	1.19
	T. M. S. L. 4.8~12.3 (m)	1.04
	T. M. S. L. -1.7~ 4.8 (m)	0.91*
	T. M. S. L. -8.2~-1.7 (m)	0.82*

注記* : 1.00 として簡易評価を実施する。

表 3-7 簡易評価結果 (シェル部及びトップスラブ部) (1/3)
(a) 荷重状態Ⅲ・地震時 (1)

部位	評価項目	方向	要素番号	組合せ ケース	応答倍率	評価値	許容値	
シェル部	等価膜力 + 曲げモーメント	コンクリート圧縮応力度 (N/mm ²)	子午線	515	1-21	1.21	9.74	24.2
		鉄筋引張応力度 (N/mm ²)	子午線	9	1-3	1.00	265	390
	面内せん断力	面内せん断応力度 (N/mm ²)	-	21	1-23	1.00	2.58	4.68
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm ²)	子午線	100432	1-8	1.19	0.646	1.53
トップ スラブ部	軸力 + 曲げモーメント	コンクリート圧縮応力度 (N/mm ²)	EW	101425	1-14	1.26	10.4	24.2
		鉄筋引張応力度 (N/mm ²)	NS	1411	1-23	1.26	267	390
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm ²)	NS	101413	1-23	1.26	2.82*	4.14

注記* : 応力の再配分等を考慮して、応力の平均化を行った結果。

(b) 荷重状態Ⅲ・(異常+地震)時 (1)

部位	評価項目	方向	要素番号	組合せ ケース	応答倍率	評価値	許容値	
シェル部	等価膜力 + 曲げモーメント	コンクリート圧縮応力度 (N/mm ²)	子午線	515	2-21	1.21	9.97	24.2
		鉄筋引張応力度 (N/mm ²)	子午線	9	2-3	1.00	300	390
	面内せん断力	面内せん断応力度 (N/mm ²)	-	388	2-24	1.19	2.76	4.68
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm ²)	子午線	100432	2-8	1.19	0.770	1.52
トップ スラブ部	軸力 + 曲げモーメント	コンクリート圧縮応力度 (N/mm ²)	EW	101425	2-14	1.26	10.9	24.2
		鉄筋引張応力度 (N/mm ²)	NS	1411	2-23	1.26	275	390
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm ²)	NS	101413	2-23	1.26	2.94*	4.14

注記* : 応力の再配分等を考慮して、応力の平均化を行った結果。

表 3-7 簡易評価結果（シェル部及びトップスラブ部）（2/3）

(c) 荷重状態Ⅳ・地震時（2）

部位	評価項目		方向	要素番号	組合せケース	応答倍率	評価値	許容値
シェル部	等価膜力 + 曲げモーメント	コンクリート圧縮ひずみ ($\times 10^{-3}$)	子午線	11	3-1	1.00	0.684	3.00
		鉄筋引張ひずみ ($\times 10^{-3}$)	子午線	109	3-3	1.00	0.852	5.00
	膜力	圧縮応力度 (N/mm^2)	子午線	11	3-1	1.00	14.8	21.4
	面内せん断力	面内せん断応力度 (N/mm^2)	-	111	3-5	1.00	4.36	6.25
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	子午線	431	3-8	1.19	1.24	2.08
トップ スラブ部	軸力 + 曲げモーメント	コンクリート圧縮ひずみ ($\times 10^{-3}$)	NS	101412	3-5	1.26	0.260	3.00
		鉄筋引張ひずみ ($\times 10^{-3}$)	NS	101412	3-5	1.26	0.257	5.00
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	NS	1413	3-3	1.26	2.82*	3.83

注記*：応力の再配分等を考慮して、応力の平均化を行った結果。

(d) 荷重状態Ⅳ・（異常+地震）時（2）

部位	評価項目		方向	要素番号	組合せケース	応答倍率	評価値	許容値
シェル部	等価膜力 + 曲げモーメント	コンクリート圧縮ひずみ ($\times 10^{-3}$)	子午線	11	4-17	1.00	0.274	3.00
		鉄筋引張ひずみ ($\times 10^{-3}$)	子午線	177	4-3	1.00	0.429	5.00
	膜力	圧縮応力度 (N/mm^2)	子午線	11	4-5	1.00	6.44	21.4
	面内せん断力	面内せん断応力度 (N/mm^2)	-	100	4-17	1.00	2.64	6.25
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	子午線	431	4-8	1.19	0.696	2.20
トップ スラブ部	軸力 + 曲げモーメント	コンクリート圧縮ひずみ ($\times 10^{-3}$)	NS	101411	4-19	1.26	0.202	3.00
		鉄筋引張ひずみ ($\times 10^{-3}$)	NS	1411	4-17	1.26	0.243	5.00
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	NS	101413	4-17	1.26	3.87	4.14

表 3-7 簡易評価結果（シェル部及びトップスラブ部）（3/3）

(e) 荷重状態 V・(異常+地震) 時 (3)

部位	評価項目		方向	要素番号	組合せケース	応答倍率	評価値	許容値
シェル部	等価膜力 + 曲げモーメント	コンクリート圧縮ひずみ ($\times 10^{-3}$)	子午線	11	5-1	1.00	0.437	3.00
		鉄筋引張ひずみ ($\times 10^{-3}$)	子午線	40	5-4	1.00	1.08	5.00
	膜力	圧縮応力度 (N/mm^2)	子午線	100011	5-7	1.00	8.39	21.4
	面内せん断力	面内せん断応力度 (N/mm^2)	-	111	5-5	1.00	2.52	5.88
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	子午線	326	5-8	1.19	1.17	2.03
トップ スラブ部	軸力 + 曲げモーメント	コンクリート圧縮ひずみ ($\times 10^{-3}$)	NS	1401	5-9	1.26	0.396	3.00
		鉄筋引張ひずみ ($\times 10^{-3}$)	NS	1413	5-12	1.26	1.02	5.00
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	EW	1471	5-4	1.26	1.02*	1.51

注記*：応力の再配分等を考慮して、応力の平均化を行った結果。

(f) 荷重状態 V・(異常+地震) 時 (4)

部位	評価項目		方向	要素番号	組合せケース	応答倍率	評価値	許容値
シェル部	等価膜力 + 曲げモーメント	コンクリート圧縮ひずみ ($\times 10^{-3}$)	子午線	11	6-1	1.00	0.764	3.00
		鉄筋引張ひずみ ($\times 10^{-3}$)	子午線	39	6-4	1.00	1.09	5.00
	膜力	圧縮応力度 (N/mm^2)	子午線	11	6-1	1.00	15.8	21.4
	面内せん断力	面内せん断応力度 (N/mm^2)	-	216	6-1	1.04	4.31	6.25
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	子午線	431	6-8	1.19	1.10	1.96
トップ スラブ部	軸力 + 曲げモーメント	コンクリート圧縮ひずみ ($\times 10^{-3}$)	NS	101411	6-3	1.26	0.207	3.00
		鉄筋引張ひずみ ($\times 10^{-3}$)	EW	1472	6-2	1.26	0.208	5.00
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	NS	1413	6-3	1.26	3.04*	3.99

注記*：応力の再配分等を考慮して、応力の平均化を行った結果。

表 3-8 簡易評価結果（貫通部）（1/2）

(a) 荷重状態Ⅲ・地震時（1）

部位	評価項目		方向	領域番号	組合せケース	応答倍率	評価値	許容値
MS/FDW 開口	等価膜力 + 曲げモーメント	コンクリート圧縮応力度 (N/mm^2)	子午線	MA3	1-16	1.19	10.8	24.2
		鉄筋引張応力度 (N/mm^2)	円周	MD4	1-17	1.19	313	390
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	円周	MA5	1-9	1.19	1.24	1.40
L/Dアクセス トンネル開口	等価膜力 + 曲げモーメント	コンクリート圧縮応力度 (N/mm^2)	子午線	LDH13	1-6	1.00	7.14	21.4
		鉄筋引張応力度 (N/mm^2)	円周	LDA16	1-19	1.00	206	390
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	子午線	LDA3	1-8	1.00	0.307	1.97

(b) 荷重状態Ⅲ・（異常+地震）時（1）

部位	評価項目		方向	領域番号	組合せケース	応答倍率	評価値	許容値
MS/FDW 開口	等価膜力 + 曲げモーメント	コンクリート圧縮応力度 (N/mm^2)	子午線	MA3	2-16	1.19	9.08	24.2
		鉄筋引張応力度 (N/mm^2)	円周	MB6	2-19	1.19	364	390
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	円周	MA5	2-9	1.19	1.21	1.40
L/Dアクセス トンネル開口	等価膜力 + 曲げモーメント	コンクリート圧縮応力度 (N/mm^2)	子午線	LDH14	2-6	1.00	8.82	24.2
		鉄筋引張応力度 (N/mm^2)	円周	LDA16	2-19	1.00	199	390
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	子午線	LDA16	2-17	1.00	0.246	1.32

(c) 荷重状態Ⅳ・地震時（2）

部位	評価項目		方向	領域番号	組合せケース	応答倍率	評価値	許容値
MS/FDW 開口	等価膜力 + 曲げモーメント	コンクリート圧縮ひずみ ($\times 10^{-3}$)	子午線	MA5	3-8	1.19	0.434	3.00
		鉄筋引張ひずみ ($\times 10^{-3}$)	円周	MB15	3-7	1.19	0.590	5.00
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	円周	MD13	3-13	1.19	1.64	1.93
L/Dアクセス トンネル開口	等価膜力 + 曲げモーメント	コンクリート圧縮ひずみ ($\times 10^{-3}$)	子午線	LDH14	3-6	1.00	0.839	3.00
		鉄筋引張ひずみ ($\times 10^{-3}$)	子午線	LDH14	3-4	1.00	1.42	5.00
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	子午線	LDA5	3-3	1.00	0.341	1.96

表 3-8 簡易評価結果（貫通部）（2/2）

(d) 荷重状態Ⅳ・（異常＋地震）時（2）

部位	評価項目		方向	領域番号	組合せ ケース	応答倍率	評価値	許容値
MS/FDW 開口	等価膜力 ＋ 曲げモーメント	コンクリート圧縮ひずみ ($\times 10^{-3}$)	子午線	MA12	4-23	1.19	0.289	3.00
		鉄筋引張ひずみ ($\times 10^{-3}$)	子午線	MB14	4-19	1.19	0.594	5.00
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	円周	MA5	4-13	1.19	1.20	1.89
L/Dアクセス トンネル開口	等価膜力 ＋ 曲げモーメント	コンクリート圧縮ひずみ ($\times 10^{-3}$)	子午線	LDH14	4-6	1.00	0.482	3.00
		鉄筋引張ひずみ ($\times 10^{-3}$)	円周	LDA16	4-19	1.00	0.660	5.00
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	子午線	LDA6	4-3	1.00	0.387	2.51

(e) 荷重状態Ⅴ・（異常＋地震）時（3）

部位	評価項目		方向	領域番号	組合せ ケース	応答倍率	評価値	許容値
MS/FDW 開口	等価膜力 ＋ 曲げモーメント	コンクリート圧縮ひずみ ($\times 10^{-3}$)	子午線	MD15	5-4	1.19	0.600	3.00
		鉄筋引張ひずみ ($\times 10^{-3}$)	子午線	MB13	5-3	1.19	1.37	5.00
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	子午線	FA11	5-3	1.19	2.19	2.06
L/Dアクセス トンネル開口	等価膜力 ＋ 曲げモーメント	コンクリート圧縮ひずみ ($\times 10^{-3}$)	子午線	LDH14	5-6	1.00	0.885	3.00
		鉄筋引張ひずみ ($\times 10^{-3}$)	子午線	LDA12	5-2	1.00	1.88	5.00
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	子午線	LDA3	5-16	1.00	0.783	2.38

(f) 荷重状態Ⅴ・（異常＋地震）時（4）

部位	評価項目		方向	領域番号	組合せ ケース	応答倍率	評価値	許容値
MS/FDW 開口	等価膜力 ＋ 曲げモーメント	コンクリート圧縮ひずみ ($\times 10^{-3}$)	子午線	MA3	6-4	1.19	0.474	3.00
		鉄筋引張ひずみ ($\times 10^{-3}$)	子午線	MB13	6-3	1.19	0.777	5.00
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	円周	MA5	6-13	1.19	1.62	1.92
L/Dアクセス トンネル開口	等価膜力 ＋ 曲げモーメント	コンクリート圧縮ひずみ ($\times 10^{-3}$)	子午線	LDH14	6-6	1.00	0.974	3.00
		鉄筋引張ひずみ ($\times 10^{-3}$)	子午線	LDH14	6-4	1.00	1.62	5.00
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	子午線	LDA3	6-7	1.00	0.398	1.51

表 3-9 簡易評価結果（局部）（1/2）

(a) 荷重状態Ⅲ・地震時（1）

評価項目		方向	要素番号	組合せ ケース	応答倍率	評価値	許容値
等価膜力 + 曲げモーメント	コンクリート圧縮応力度 (N/mm ²)	子午線	401	1-24	1.19	10.6	24.2
	鉄筋引張応力度 (N/mm ²)	円周	361	1-17	1.19	274	390
面内せん断力	面内せん断応力度 (N/mm ²)	-	404	1-23	1.19	3.26	4.68
面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm ²)	円周	100318	1-6	1.19	1.15	1.68

(b) 荷重状態Ⅲ・（異常+地震）時（1）

評価項目		方向	要素番号	組合せ ケース	応答倍率	評価値	許容値
等価膜力 + 曲げモーメント	コンクリート圧縮応力度 (N/mm ²)	子午線	401	2-24	1.19	9.09	24.2
	鉄筋引張応力度 (N/mm ²)	円周	361	2-17	1.19	270	390
面内せん断力	面内せん断応力度 (N/mm ²)	-	435	2-21	1.19	3.11	4.68
面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm ²)	円周	100318	2-6	1.19	1.37	1.67

(c) 荷重状態Ⅳ・地震時（2）

評価項目		方向	要素番号	組合せ ケース	応答倍率	評価値	許容値
等価膜力 + 曲げモーメント	コンクリート圧縮ひずみ ($\times 10^{-3}$)	子午線	401	3-8	1.19	0.332	3.00
	鉄筋引張ひずみ ($\times 10^{-3}$)	円周	406	3-7	1.19	0.253	5.00
膜力	圧縮応力度 (N/mm ²)	子午線	100284	3-15	1.04	5.55	21.4
面内せん断力	面内せん断応力度 (N/mm ²)	-	100336	3-5	1.19	3.52	6.25
面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm ²)	円周	100318	3-6	1.19	1.20*	2.34

注記*：応力の再配分等を考慮して、応力の平均化を行った結果。

表 3-9 簡易評価結果（局部）（2/2）

(d) 荷重状態Ⅳ・（異常＋地震）時（2）

評価項目		方向	要素番号	組合せ ケース	応答倍率	評価値	許容値
等価膜力 ＋ 曲げモーメント	コンクリート圧縮ひずみ ($\times 10^{-3}$)	子午線	303	4-21	1.19	0.223	3.00
	鉄筋引張ひずみ ($\times 10^{-3}$)	子午線	100309	4-17	1.19	0.277	5.00
膜力	圧縮応力度 (N/mm^2)	子午線	100284	4-7	1.04	3.40	21.4
面内せん断力	面内せん断応力度 (N/mm^2)	-	100336	4-21	1.19	2.58	6.25
面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	円周	100318	4-6	1.19	1.29	2.22

(e) 荷重状態Ⅴ・（異常＋地震）時（3）

評価項目		方向	要素番号	組合せ ケース	応答倍率	評価値	許容値
等価膜力 ＋ 曲げモーメント	コンクリート圧縮ひずみ ($\times 10^{-3}$)	子午線	401	5-4	1.19	0.564	3.00
	鉄筋引張ひずみ ($\times 10^{-3}$)	子午線	305	5-3	1.19	1.05	5.00
膜力	圧縮応力度 (N/mm^2)	子午線	278	5-8	1.04	1.15	21.4
面内せん断力	面内せん断応力度 (N/mm^2)	-	100375	5-3	1.19	1.76	6.25
面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	子午線	395	5-12	1.19	1.59	1.98

(f) 荷重状態Ⅴ・（異常＋地震）時（4）

評価項目		方向	要素番号	組合せ ケース	応答倍率	評価値	許容値
等価膜力 ＋ 曲げモーメント	コンクリート圧縮ひずみ ($\times 10^{-3}$)	子午線	401	6-4	1.19	0.438	3.00
	鉄筋引張ひずみ ($\times 10^{-3}$)	子午線	100284	6-1	1.04	0.389	5.00
膜力	圧縮応力度 (N/mm^2)	子午線	284	6-8	1.04	4.89	21.4
面内せん断力	面内せん断応力度 (N/mm^2)	-	100284	6-3	1.04	3.40	6.25
面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	円周	100283	6-6	1.04	2.93	2.99

表 3-10 詳細評価用の地震荷重 (1/2)

(a) せん断力

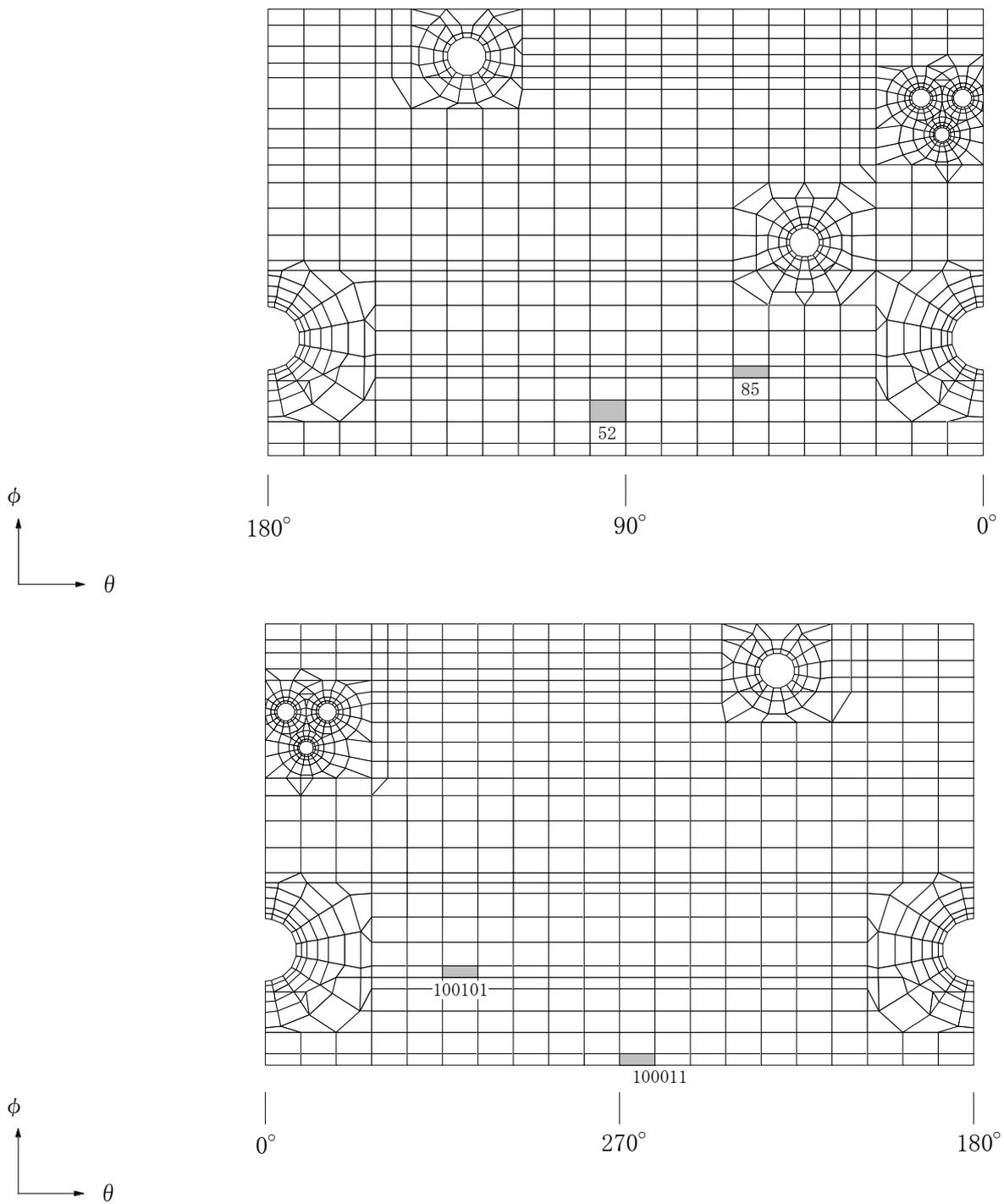
T. M. S. L. (m)	地震応答解析結果 における最大応答 せん断力 ($\times 10^3 \text{kN}$) ①	隣接 応答倍率 ②	① \times ② ($\times 10^3 \text{kN}$)	詳細評価用の せん断力 ($\times 10^3 \text{kN}$)
	S d			S d
	NS 方向			NS 方向
31.7	23.1	1.26	29.1	26.3
23.5	95.3	1.21	115	99.1
18.1	125	1.14	142	98.7
12.3	159	0.98	156	109
4.8	206	0.78	161	107
-1.7	261	0.74	193	101
-8.2				

表 3-10 詳細評価用の地震荷重 (2/2)

(b) 曲げモーメント

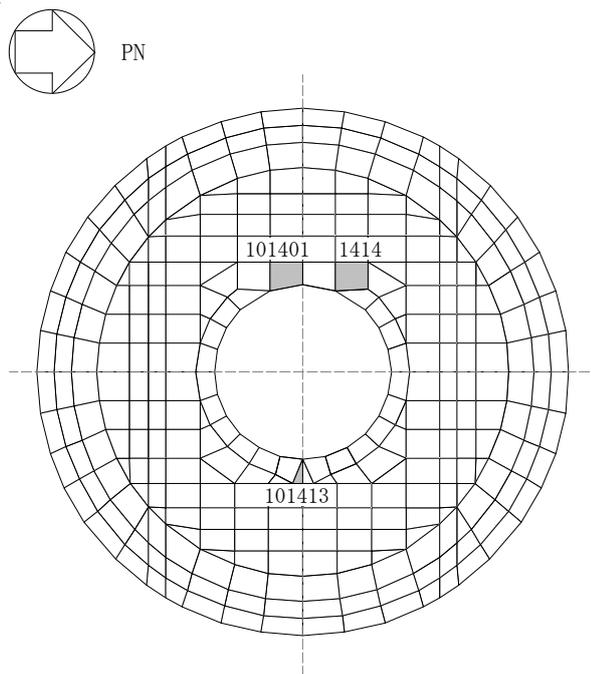
T. M. S. L. (m)	地震応答解析結果 における最大応答 曲げモーメント ($\times 10^4 \text{kN}\cdot\text{m}$) ①	隣接 応答倍率 ②	① \times ② ($\times 10^4 \text{kN}\cdot\text{m}$)	詳細評価用の 曲げモーメント ($\times 10^4 \text{kN}\cdot\text{m}$)
	S d			S d
	NS 方向			NS 方向
31.7	7.11	0.95	6.75	6.80
	21.3	1.28	27.3	27.3
23.5	100	1.01	101	101
	145	1.13	164	164
18.1	203	1.07	218	218
	263	1.15	302	302
12.3	328	1.11	364	364
	416	1.15	478	478
4.8	459	1.12	514	514
	543	1.09	591	575
-1.7	573	1.07	614	575
-8.2	691	0.88	608	535

K7 ① V-2-2-別添 2-1 R1

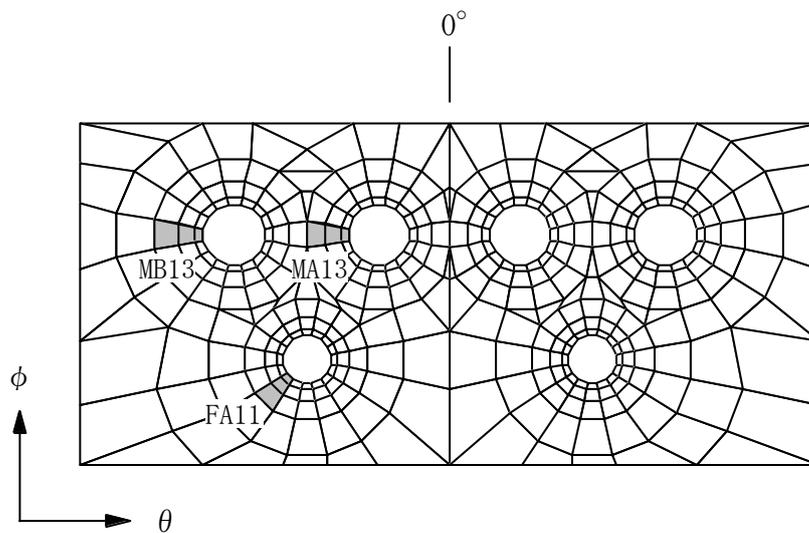


(a) シェル部

図 3-4 選定した要素の位置 (1/3)

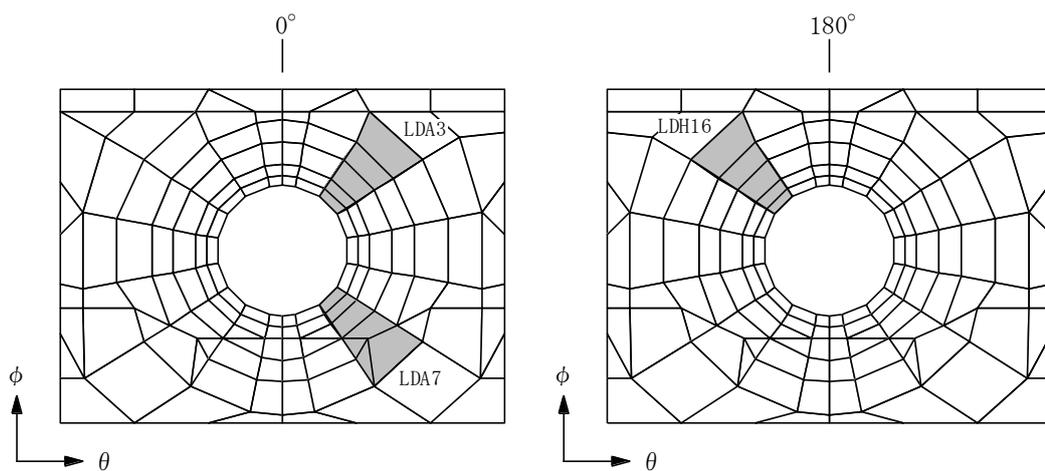


(b) トップスラブ部

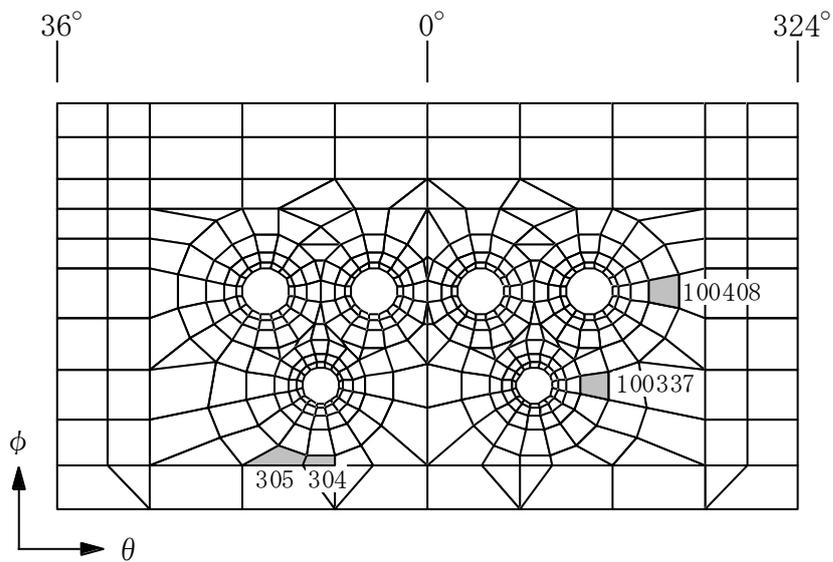


(c) 貫通部 MS/FDW 開口

図 3-4 選定した要素の位置 (2/3)



(d) 貫通部 L/D アクセストンネル開口



(e) 局部

図 3-4 選定した要素の位置 (3/3)

表 3-11 詳細評価結果

(a) シェル部及びトッスラブ部

部位	評価項目		方向	要素番号	組合せ ケース	発生値	許容値
シェル部	等価膜力 + 曲げモーメント	コンクリート圧縮ひずみ ($\times 10^{-3}$)	子午線	100011	5-3	0.425	3.00
		鉄筋引張ひずみ ($\times 10^{-3}$)	子午線	52	5-3	1.08	5.00
	膜力	圧縮応力度 (N/mm^2)	子午線	100011	5-3	8.50	21.4
	面内せん断力	面内せん断応力度 (N/mm^2)	-	100101	5-3	2.15	5.73
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	子午線	85	5-3	0.788	1.73
トッ スラブ部	軸力 + 曲げモーメント	コンクリート圧縮ひずみ ($\times 10^{-3}$)	NS	101401	5-3	0.314	3.00
		鉄筋引張ひずみ ($\times 10^{-3}$)	NS	101413	5-3	0.692	5.00
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	NS	1414	5-3	2.11	2.60

(b) 貫通部

部位	評価項目		方向	領域番号	組合せ ケース	発生値	許容値
MS/FDW 開口	等価膜力 + 曲げモーメント	コンクリート圧縮ひずみ ($\times 10^{-3}$)	子午線	MA13	5-3	0.365	3.00
		鉄筋引張ひずみ ($\times 10^{-3}$)	子午線	MB13	5-3	1.22	5.00
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	子午線	FA11	5-3	1.86	2.05
L/Dアクセス トンネル開口	等価膜力 + 曲げモーメント	コンクリート圧縮ひずみ ($\times 10^{-3}$)	子午線	LDH16	5-3	0.455	3.00
		鉄筋引張ひずみ ($\times 10^{-3}$)	子午線	LDA7	5-3	1.26	5.00
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	子午線	LDA3	5-3	0.666	2.09

(c) 局部

評価項目		方向	要素番号	組合せ ケース	発生値	許容値
等価膜力 + 曲げモーメント	コンクリート圧縮ひずみ ($\times 10^{-3}$)	子午線	304	5-3	0.439	3.00
	鉄筋引張ひずみ ($\times 10^{-3}$)	子午線	305	5-3	0.902	5.00
膜力	圧縮応力度 (N/mm^2)	円周	100408	5-3	0.126	21.4
面内せん断力	面内せん断応力度 (N/mm^2)	-	100337	5-3	1.59	6.25
面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	子午線	304	5-3	1.18	1.83

3.2.5 使用済燃料貯蔵プール

使用済燃料貯蔵プールについては、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」（以下「SFPの耐震計算書」という。）の評価結果に対して、部位に応じたせん断力の隣接応答倍率を乗じた評価（以下「簡易評価」という。）を実施する。簡易評価用の隣接応答倍率を表3-12に示す。

SFPの耐震計算書における全ての組合せケースに対する簡易評価結果を表3-13に示す。表3-13に示すとおり、底面スラブの組合せケース2-14（（S_s地震）時）及び組合せケース4-14（（異常+S_s地震）時）において面外せん断応力度の評価値が許容値を超えるため、許容値に対する評価値の割合が最大となる組合せケース2-14について、より詳細な評価を実施する。

組合せケース2-14について、SFPの耐震計算書の地震荷重に部位に応じた加速度、せん断力及び曲げモーメントの隣接応答倍率を乗じた地震荷重を用いて応力解析（以下「詳細評価」という。）を実施する。詳細評価用の地震荷重を表3-14に示す。

詳細評価結果のうち、発生値に対する許容値の割合が最小となる要素を選定し、選定した要素の位置を図3-5に、詳細評価結果を表3-15に示す。いずれの部位においても、許容限界を超えないことを確認した。

表 3-12 簡易評価用の隣接応答倍率

部位	隣接応答倍率
壁及び底面スラブ	1.26

表 3-13 簡易評価結果 (1/4)

(a) S d 地震時

部位	評価項目	方向	要素番号	組合せ ケース	応答倍率	評価値	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	1.26	11.6	24.2
		鉄筋引張応力度 (N/mm ²)	水平	2286	1-8	1.26	281	345
	面内せん断力	面内せん断応力度 (N/mm ²)	-	2146	1-8	1.26	2.82	3.68
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm ²)	鉛直	2145	1-19	1.26	0.738	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	1.26	11.6	24.2
		鉄筋引張応力度 (N/mm ²)	水平	102286	1-8	1.26	287	345
	面内せん断力	面内せん断応力度 (N/mm ²)	-	102146	1-8	1.26	2.87	3.68
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm ²)	鉛直	102145	1-17	1.26	0.730	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	1.26	10.8	21.4
		鉄筋引張応力度 (N/mm ²)	鉛直	2379	1-6	1.26	286	345
	面内せん断力	面内せん断応力度 (N/mm ²)	-	2382	1-21	1.26	1.27	2.94
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm ²)	鉛直	2383	1-6	1.26	0.640	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	1.26	7.09	21.4
		鉄筋引張応力度 (N/mm ²)	水平	102493	1-23	1.26	325	345
	面内せん断力	面内せん断応力度 (N/mm ²)	-	102489	1-23	1.26	1.02	1.42
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm ²)	水平	102493	1-8	1.26	0.203	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	1.26	10.8	24.2
		鉄筋引張応力度 (N/mm ²)	NS	1546	1-2	1.26	297	345
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm ²)	NS	1606	1-14	1.26	0.939*	1.21

注記*：応力の再配分等を考慮して、応力の平均化を行った結果。

表 3-13 簡易評価結果 (2/4)

(b) S s 地震時

部位	評価項目		方向	要素番号	組合せ ケース	応答倍率	評価値	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	1.26	0.355	3.00
		鉄筋引張ひずみ ($\times 10^{-3}$)	水平	2320	2-8	1.26	0.638	5.00
	軸力	圧縮応力度 (N/mm^2)	水平	2320	2-2	1.26	9.29	21.4
	面内せん断力	面内せん断応力度 (N/mm^2)	-	2092	2-16	1.26	3.48	4.91
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	鉛直	2145	2-5	1.26	1.15	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	1.26	0.355	3.00
		鉄筋引張ひずみ ($\times 10^{-3}$)	水平	102320	2-8	1.26	0.635	5.00
	軸力	圧縮応力度 (N/mm^2)	水平	102320	2-2	1.26	9.29	21.4
	面内せん断力	面内せん断応力度 (N/mm^2)	-	102092	2-16	1.26	3.45	4.91
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	鉛直	102145	2-7	1.26	1.15	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	1.26	0.493	3.00
		鉄筋引張ひずみ ($\times 10^{-3}$)	鉛直	102379	2-6	1.26	0.935	5.00
	軸力	圧縮応力度 (N/mm^2)	水平	102414	2-5	1.26	1.42	21.4
	面内せん断力	面内せん断応力度 (N/mm^2)	-	2390	2-5	1.26	1.26	3.87
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	鉛直	102386	2-6	1.26	1.17	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	1.26	0.261	3.00
		鉄筋引張ひずみ ($\times 10^{-3}$)	鉛直	102469	2-3	1.26	0.630	5.00
	軸力	圧縮応力度 (N/mm^2)	鉛直	2469	2-7	1.26	7.43	21.4
	面内せん断力	面内せん断応力度 (N/mm^2)	-	2485	2-5	1.26	1.23	2.33
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	水平	102493	2-8	1.26	0.367	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	1.26	0.599	3.00
		鉄筋引張ひずみ ($\times 10^{-3}$)	EW	101548	2-6	1.26	0.549	5.00
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	NS	1607	2-14	1.26	1.30*	1.21

注記* : 応力の再配分等を考慮して、応力の平均化を行った結果。

表 3-13 簡易評価結果 (3/4)

(c) (異常+Sd地震)時

部位	評価項目		方向	要素番号	組合せ ケース	応答倍率	評価値	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	1.26	0.223	3.00
		鉄筋引張ひずみ ($\times 10^{-3}$)	水平	2318	3-4	1.26	0.233	5.00
	軸力	圧縮応力度 (N/mm^2)	鉛直	2145	3-8	1.26	2.82	21.4
	面内せん断力	面内せん断応力度 (N/mm^2)	-	2092	3-8	1.26	2.10	4.91
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	鉛直	2145	3-21	1.26	0.942	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	1.26	0.222	3.00
		鉄筋引張ひずみ ($\times 10^{-3}$)	水平	102318	3-4	1.26	0.232	5.00
	軸力	圧縮応力度 (N/mm^2)	鉛直	102145	3-8	1.26	2.82	21.4
	面内せん断力	面内せん断応力度 (N/mm^2)	-	102092	3-8	1.26	2.09	4.91
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	鉛直	102145	3-23	1.26	0.939	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	1.26	0.200	3.00
		鉄筋引張ひずみ ($\times 10^{-3}$)	鉛直	102379	3-6	1.26	0.218	5.00
	軸力	圧縮応力度 (N/mm^2)	鉛直	2398	3-6	1.26	0.324	21.4
	面内せん断力	面内せん断応力度 (N/mm^2)	-	2414	3-17	1.26	0.770	3.27
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	鉛直	2383	3-6	1.26	0.537	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	1.26	0.249	3.00
		鉄筋引張ひずみ ($\times 10^{-3}$)	鉛直	2469	3-17	1.26	0.498	5.00
	軸力	圧縮応力度 (N/mm^2)	鉛直	102469	3-21	1.26	6.35	21.4
	面内せん断力	面内せん断応力度 (N/mm^2)	-	102489	3-17	1.26	0.953	2.26
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	鉛直	2469	3-20	1.26	0.493	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	1.26	0.278	3.00
		鉄筋圧縮ひずみ ($\times 10^{-3}$)	EW	1601	3-8	1.26	0.192	5.00
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	NS	1606	3-14	1.26	1.18	1.21

表 3-13 簡易評価結果 (4/4)

(d) (異常 + S s 地震) 時

部位	評価項目		方向	要素番号	組合せ ケース	応答倍率	評価値	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	1.26	0.312	3.00
		鉄筋引張ひずみ ($\times 10^{-3}$)	鉛直	2145	4-2	1.26	0.907	5.00
	軸力	圧縮応力度 (N/mm^2)	水平	2320	4-2	1.26	9.35	21.4
	面内せん断力	面内せん断応力度 (N/mm^2)	-	2092	4-8	1.26	3.29	4.91
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	鉛直	2145	4-1	1.26	1.12	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	1.26	0.312	3.00
		鉄筋引張ひずみ ($\times 10^{-3}$)	鉛直	102145	4-2	1.26	0.908	5.00
	軸力	圧縮応力度 (N/mm^2)	水平	102320	4-2	1.26	9.35	21.4
	面内せん断力	面内せん断応力度 (N/mm^2)	-	102092	4-8	1.26	3.28	4.91
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	鉛直	102145	4-3	1.26	1.12	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	1.26	0.484	3.00
		鉄筋引張ひずみ ($\times 10^{-3}$)	鉛直	102379	4-6	1.26	0.927	5.00
	軸力	圧縮応力度 (N/mm^2)	鉛直	2382	4-6	1.26	0.961	21.4
	面内せん断力	面内せん断応力度 (N/mm^2)	-	2390	4-5	1.26	1.22	3.87
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	鉛直	102386	4-6	1.26	1.14	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	1.26	0.261	3.00
		鉄筋引張ひずみ ($\times 10^{-3}$)	鉛直	102469	4-3	1.26	0.615	5.00
	軸力	圧縮応力度 (N/mm^2)	鉛直	102469	4-5	1.26	7.60	21.4
	面内せん断力	面内せん断応力度 (N/mm^2)	-	2489	4-5	1.26	0.927	1.91
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	鉛直	102469	4-4	1.26	0.513	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	1.26	0.556	3.00
		鉄筋引張ひずみ ($\times 10^{-3}$)	EW	1548	4-6	1.26	0.529	5.00
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	NS	1607	4-14	1.26	1.29*	1.21

注記* : 応力の再配分等を考慮して、応力の平均化を行った結果。

表 3-14 詳細評価用の地震荷重 (1/3)

(a) せん断力

T. M. S. L. (m)	地震応答解析結果に おける最大応答 せん断力 ($\times 10^3 \text{kN}$) ①	隣接 応答倍率 ②	① \times ② ($\times 10^3 \text{kN}$)	詳細評価用の せん断力 ($\times 10^3 \text{kN}$)
	S s			S s
	EW 方向			EW 方向
31.7	82.5	1.10	90.8	80.7
23.5	259	1.21	314	269
18.1	302	1.19	360	231
12.3	379	1.04	395	283
4.8	462	0.91	420	257
-1.7	434	0.82	356	214
-8.2				

表 3-14 詳細評価用の地震荷重 (2/3)

(b) 曲げモーメント

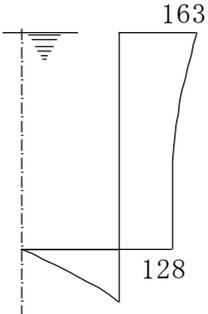
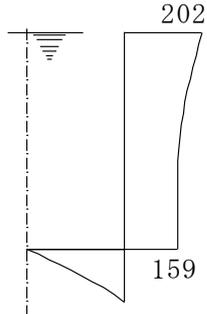
T. M. S. L. (m)	地震応答解析結果に おける最大応答 曲げモーメント ($\times 10^4 \text{kN}\cdot\text{m}$) ①	隣接 応答倍率 ②	① \times ② ($\times 10^4 \text{kN}\cdot\text{m}$)	詳細評価用の 曲げモーメント ($\times 10^4 \text{kN}\cdot\text{m}$)
	S s			S s
	EW 方向			EW 方向
31.7	126	0.89	112	112
	163	0.97	158	158
23.5	349	1.07	374	-374
	219	0.85	186	-186
18.1	158	0.98	155	-155
	181	1.12	203	203
12.3	301	1.04	313	313
	466	1.11	518	518
4.8	573	1.07	613	613
	745	1.09	813	813
-1.7	806	1.06	855	855
	1030	1.03	1060	989
-8.2				
回転ばね ^{*1}	518	1.05	544	544

注記*1 : 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。

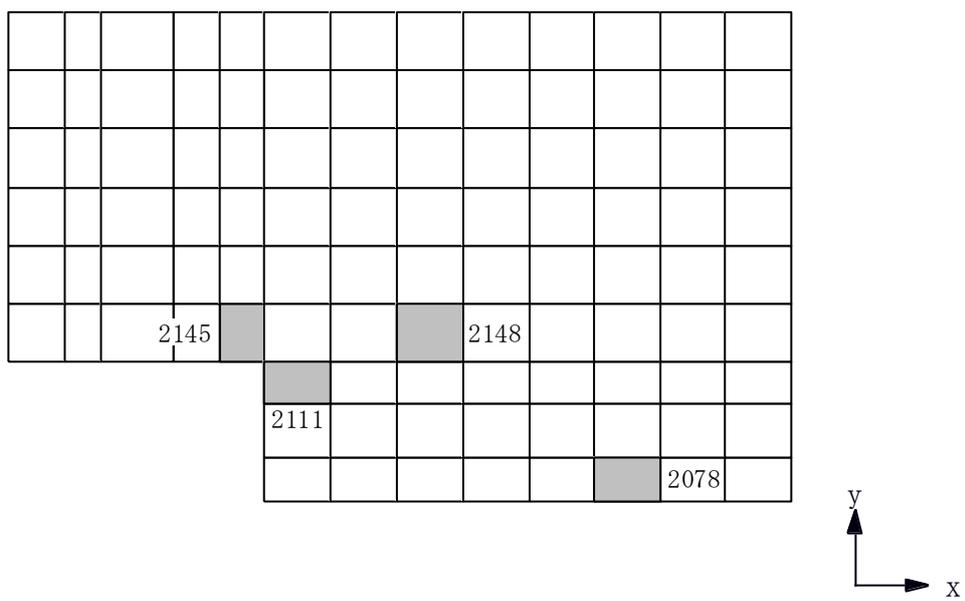
表 3-14 詳細評価用の地震荷重 (3/3)

(c) 地震時動水圧荷重 (KH)

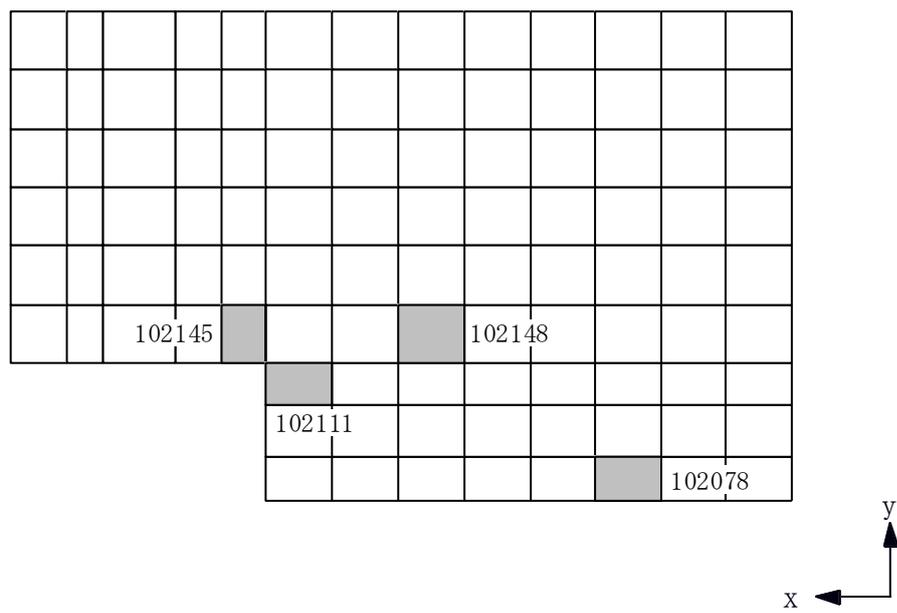
(単位: kN/m²)

耐震計算書の KH _s *	隣接 応答倍率	詳細評価用の KH _s *
EW 方向		EW 方向
	1.24	

注記*: KH_sは, S_s地震荷重と同時に作用するものとする。

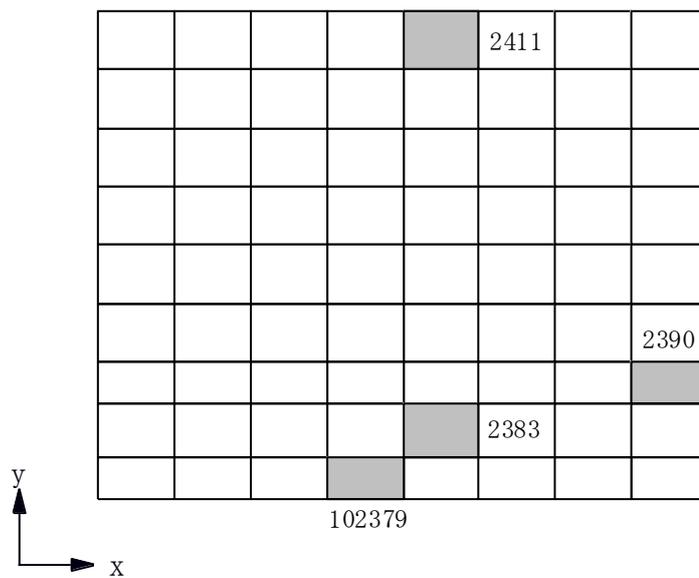


(a) 北側壁

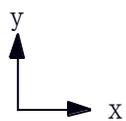
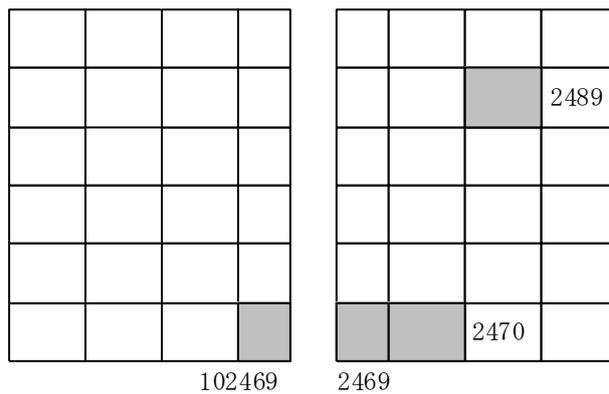


(b) 南側壁

図 3-5 選定した要素の位置 (1/3)

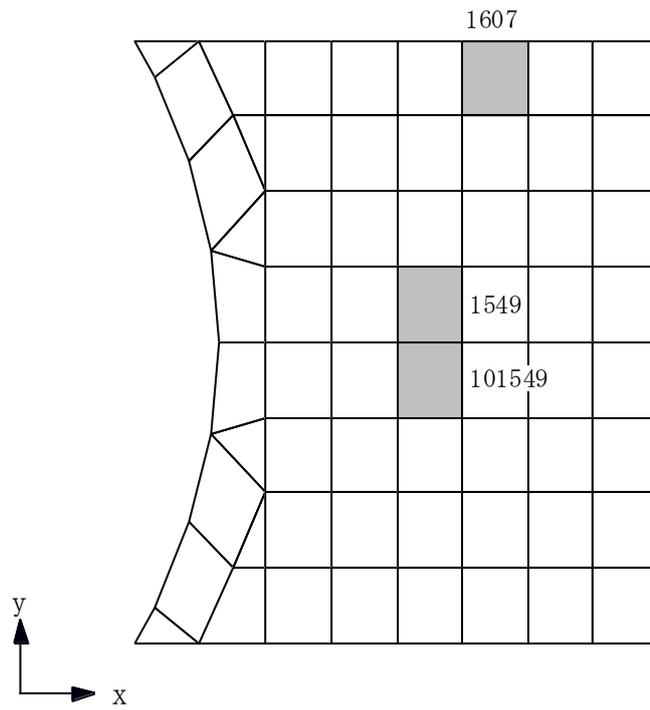


(c) 東側壁



(d) 西側壁

図 3-5 選定した要素の位置 (2/3)



(e) 底面スラブ

図 3-5 選定した要素の位置 (3/3)

表 3-15 詳細評価結果

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	2-14	0.145	3.00
		鉄筋引張ひずみ ($\times 10^{-3}$)	鉛直	2078	2-14	0.356	5.00
	軸力	圧縮応力度 (N/mm^2)	鉛直	2145	2-14	3.30	21.4
	面内せん断力	面内せん断応力度 (N/mm^2)	-	2111	2-14	1.67	4.55
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	鉛直	2148	2-14	0.487	1.91
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	2-14	0.144	3.00
		鉄筋引張ひずみ ($\times 10^{-3}$)	鉛直	102078	2-14	0.356	5.00
	軸力	圧縮応力度 (N/mm^2)	鉛直	102145	2-14	3.28	21.4
	面内せん断力	面内せん断応力度 (N/mm^2)	-	102111	2-14	1.65	4.55
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	鉛直	102148	2-14	0.487	1.91
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	2-14	0.258	3.00
		鉄筋引張ひずみ ($\times 10^{-3}$)	鉛直	102379	2-14	0.435	5.00
	軸力	圧縮応力度 (N/mm^2)	水平	2411	2-14	0.744	21.4
	面内せん断力	面内せん断応力度 (N/mm^2)	-	2390	2-14	0.499	3.83
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	鉛直	2383	2-14	0.548	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	102469	2-14	0.0532	3.00
		鉄筋引張ひずみ ($\times 10^{-3}$)	鉛直	2470	2-14	0.0334	5.00
	軸力	圧縮応力度 (N/mm^2)	鉛直	102469	2-14	0.393	21.4
	面内せん断力	面内せん断応力度 (N/mm^2)	-	2489	2-14	0.278	2.19
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	鉛直	2469	2-14	0.117	1.33
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	1549	2-14	0.181	3.00
		鉄筋引張ひずみ ($\times 10^{-3}$)	EW	101549	2-14	0.310	5.00
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	NS	1607	2-14	1.04*	1.21

注記*：応力の再配分等を考慮して、応力の平均化を行った結果。

3.2.6 主排気筒

主排気筒については、V-2-7-2-1「主排気筒の耐震性についての計算書」の評価結果に対して、主排気筒設置レベル（T.M.S.L. 38.2m）における時刻歴応答波形を入力地震動として耐震評価を行う。図 3-6 に主排気筒の配置図を示す。隣接建屋を考慮しない主排気筒設置レベルにおける時刻歴応答波形と、隣接建屋を考慮した主排気筒設置レベルにおける時刻歴応答波形を用いて立体フレームモデルによる地震応答解析を行う。

隣接建屋を考慮しない主排気筒設置レベルにおける時刻歴波形を図 3-7 に、隣接建屋を考慮した主排気筒設置レベルにおける時刻歴波形を図 3-8 に示す。

隣接建屋を考慮したケースと隣接建屋を考慮しないケースから得られた断面算定結果（検定値）の比率を隣接建屋の影響による隣接応答倍率として設定する。隣接応答倍率を表 3-16 に示す。次に、V-2-7-2-1「主排気筒の耐震性についての計算書」に示す断面算定結果（検定値）に対し、隣接応答倍率を乗じた値が 1.0 を超えないことを確認し、超過した場合については評価方法の見直しを行う。

主排気筒の断面評価結果一覧を表 3-17 に示す。最も検定値が大きいのは、主柱材 D-E 間であり、隣接応答倍率 1.058 を乗じると検定値は 1.048 となり、1.0 を超過する。その他の部材についてはいずれも 1.0 を下回る。よって、主柱材については評価方法の見直しを行う。

評価方法の見直しは、実状の鉄塔部主柱材及び筒身部の断面の切り替え位置に合わせたモデルを用い、隣接建屋を考慮したケースと隣接建屋を考慮しないケースについて再解析を行い、隣接応答倍率を再算定する。次に、実状の鉄塔部主柱材及び筒身部の断面の切り替え位置に合わせたモデルを用い、主柱材 D-E 間の検定値が最も厳しくなる S_S-2（ケース 6）について再解析を行い断面算定結果（検定値）に対し、隣接応答倍率を乗じた値が 1.0 を超えないことを確認する。

評価方法の見直しに基づく隣接建屋の影響評価結果を表 3-18 に示す。いずれの部位においても、検定値が 1.0 を下回ることより、許容限界を超えないことを確認した。

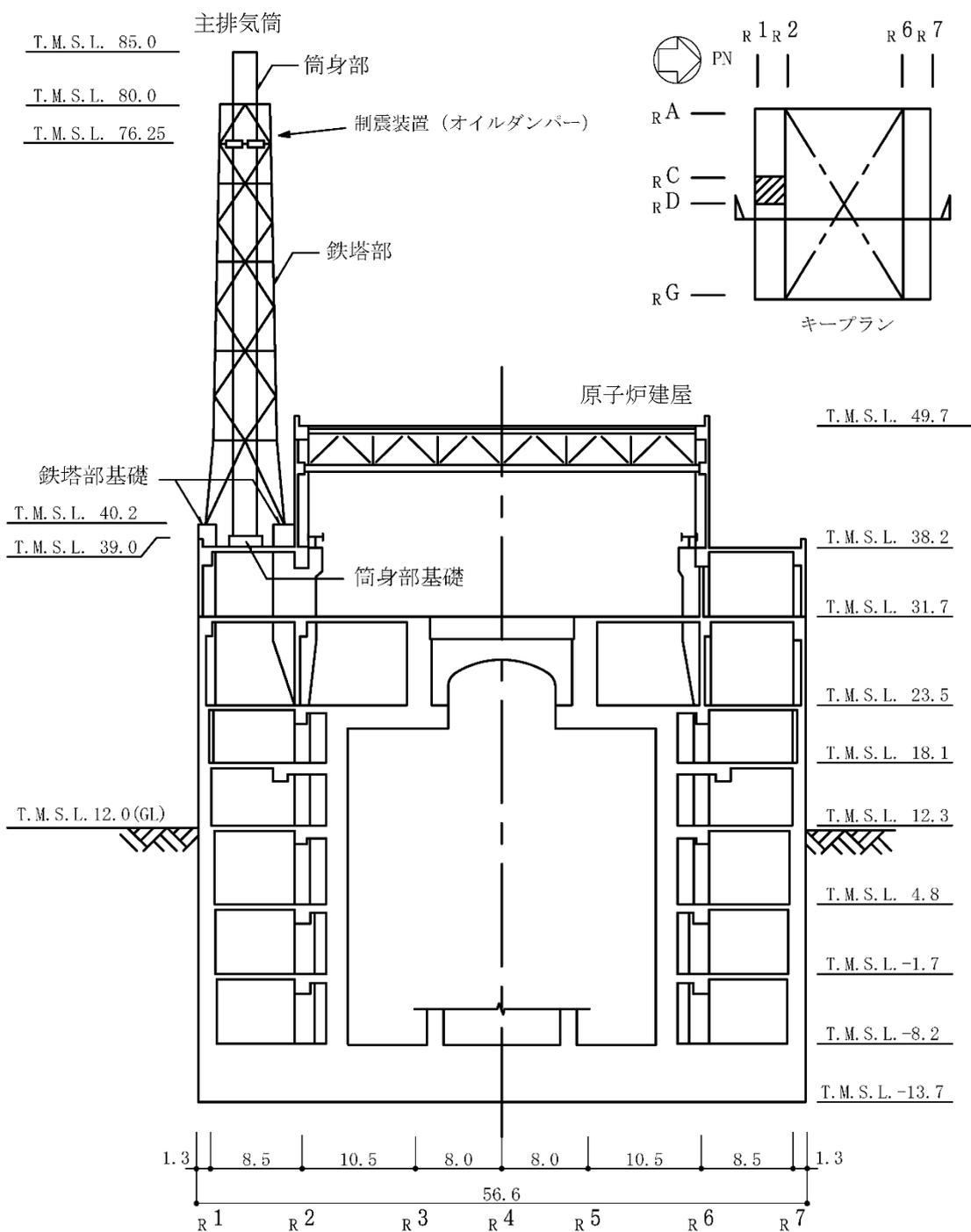
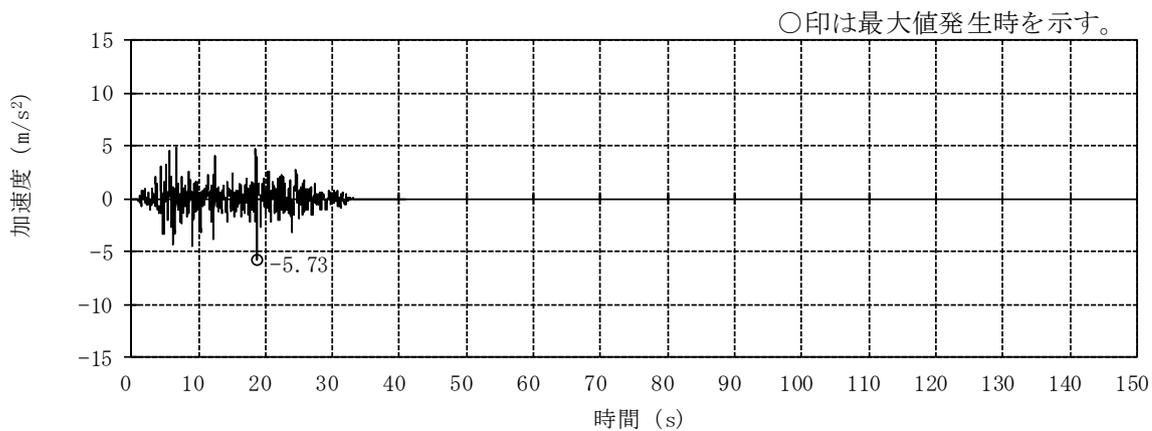
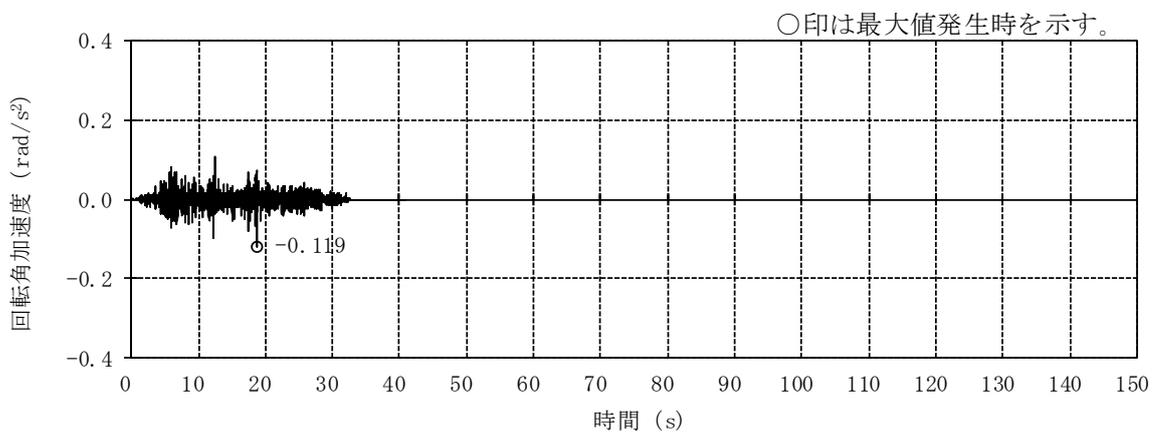


図 3-6 主排気筒配置図 (単位 : m)

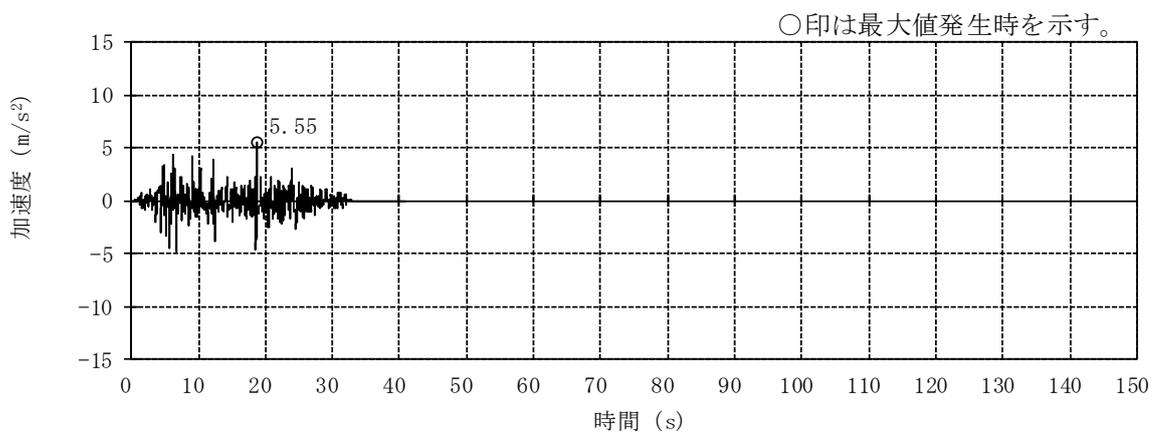


(a) 並進加速度

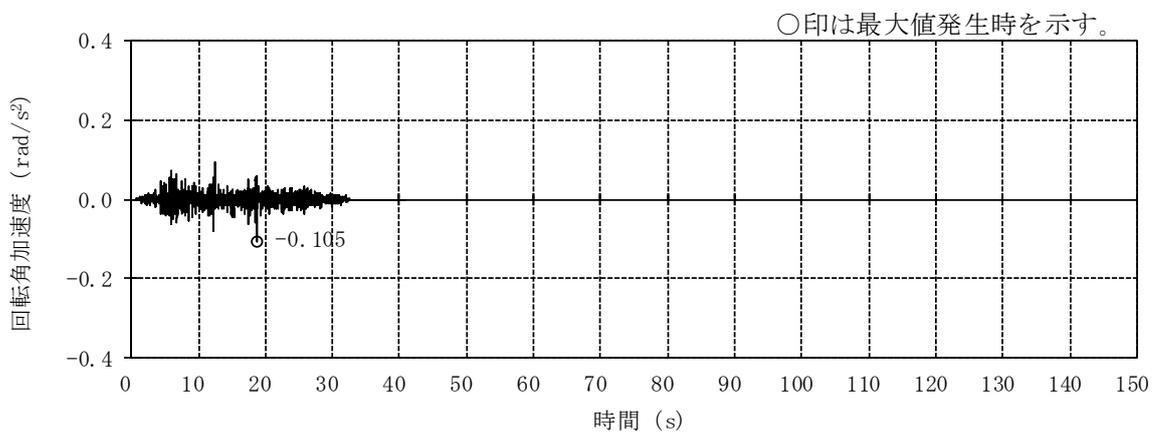


(b) 回転角加速度

図 3-7 時刻歴波形 (NS 方向, 隣接非考慮, T. M. S. L. 38.2m) (1/2)

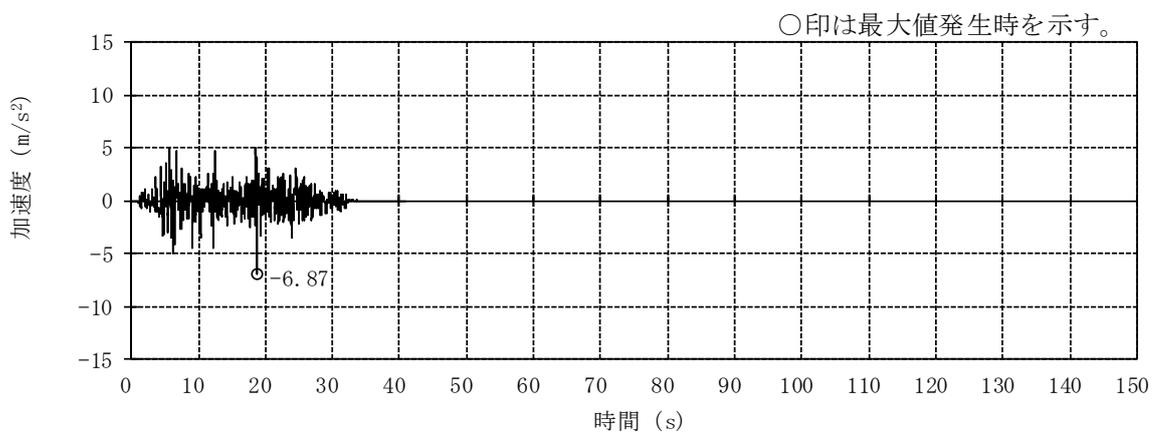


(a) 並進加速度

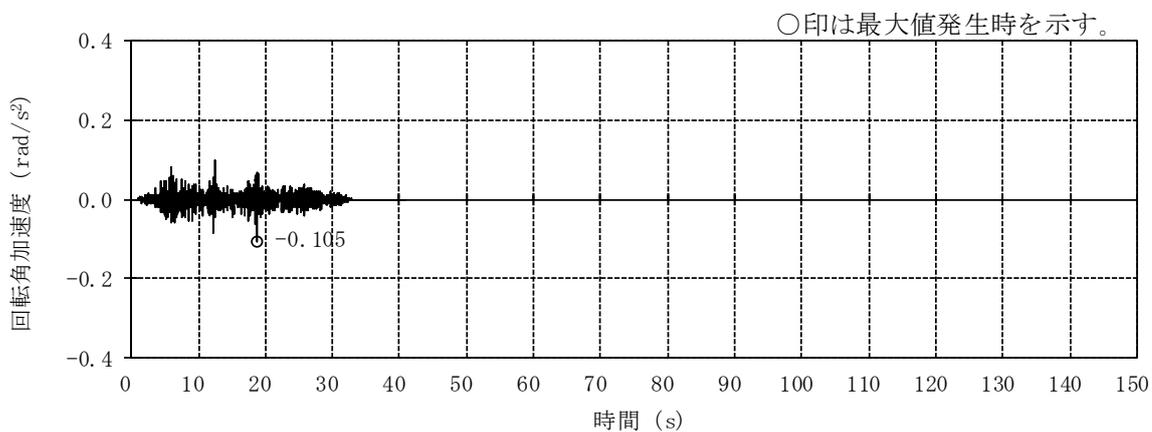


(b) 回転角加速度

図 3-7 時刻歴波形 (EW 方向, 隣接非考慮, T.M.S.L. 38.2m) (2/2)

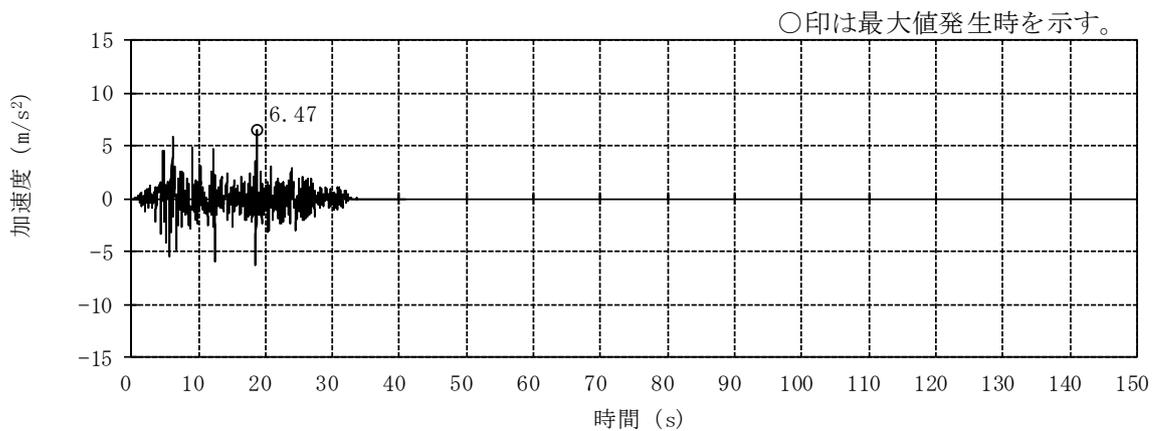


(a) 並進加速度

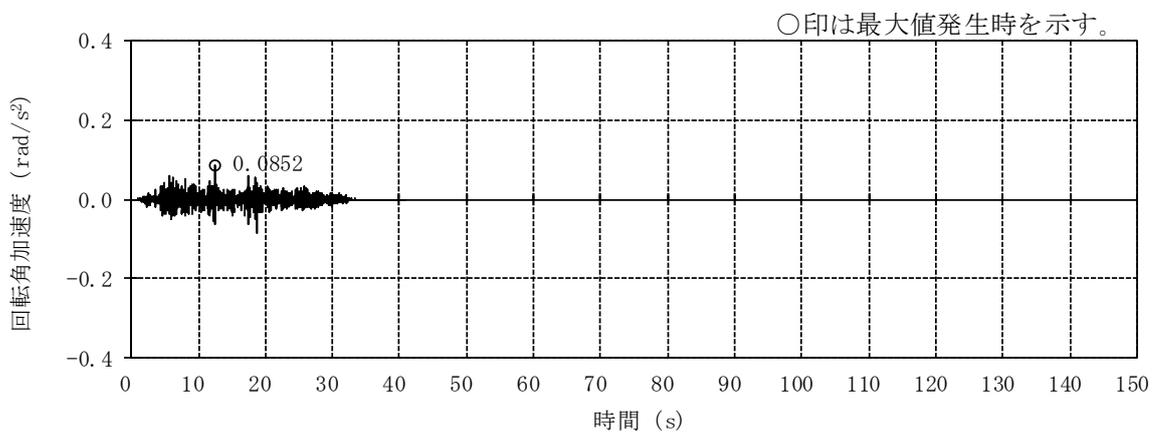


(b) 回転角加速度

図 3-8 時刻歴波形 (NS 方向, 隣接考慮, T. M. S. L. 38.2m) (1/2)



(a) 並進加速度



(b) 回転角加速度

図 3-8 時刻歴波形 (EW 方向, 隣接考慮, T. M. S. L. 38.2m) (2/2)

表 3-16 部材評価結果及び隣接応答倍率 (1/2)

ケース番号			①	③	検定値 比率 ③/①	②	④	検定値 比率 ④/②	
地震動			Sd-1	Sd-1		Sd-1	Sd-1		
質点系モデル			単独	隣接		単独	隣接		
水平動の入力方向			NS	NS		EW	EW		
鉄塔部	主柱材	B-C	φ 318.5×6	0.046	0.049	<u>1.066</u>	0.042	0.042	1.000
		C-D	φ 406.4×6.4	0.194	0.205	<u>1.057</u>	0.175	0.178	1.018
		D-E	φ 508.0×7.9	0.228	0.241	<u>1.058</u>	0.214	0.219	1.024
		E-F	φ 609.6×16	0.232	0.244	<u>1.052</u>	0.202	0.196	0.971
		F-G	φ 711.2×19	0.191	0.202	<u>1.058</u>	0.183	0.175	0.957
	斜材	B-C	φ 216.3×4.5	0.284	0.299	<u>1.053</u>	0.263	0.264	1.004
		C-D	φ 267.4×6	0.188	0.199	<u>1.059</u>	0.175	0.176	1.006
		D-E	φ 355.6×7.9	0.129	0.137	<u>1.063</u>	0.120	0.114	0.950
		E-F	φ 406.4×12.7	0.078	0.083	<u>1.065</u>	0.073	0.064	0.877
		F-G	φ 558.8×16	0.055	0.054	0.982	0.030	0.033	<u>1.100</u>
	水平材	B	φ 216.3×4.5	0.034	0.037	1.089	0.033	0.036	<u>1.091</u>
		C	φ 216.3×4.5	0.046	0.048	<u>1.044</u>	0.043	0.042	0.977
		D	φ 318.5×6	0.035	0.036	<u>1.029</u>	0.033	0.028	0.849
		E	φ 318.5×6	0.061	0.064	<u>1.050</u>	0.053	0.051	0.963
		F	φ 406.4×6.4	0.040	0.042	1.050	0.043	0.051	<u>1.187</u>

注：下線部は隣接応答倍率とするケースを表示。

表 3-16 部材評価結果及び隣接応答倍率 (2/2)

ケース番号		①	③	検定値 比率 ③/①	②	④	検定値 比率 ④/②		
地震動		Sd-1	Sd-1		Sd-1	Sd-1			
質点系モデル		単独	隣接		単独	隣接			
水平動の入力方向		NS	NS		EW	EW			
筒身部	A-B	φ 2412×6	0.122	0.128	1.050	0.115	0.128	<u>1.114</u>	
	B-C	φ 2412×6	0.300	0.314	1.047	0.280	0.309	<u>1.104</u>	
	C-D	φ 2412×6	0.262	0.286	1.092	0.261	0.317	<u>1.215</u>	
	D-E	φ 2416×8	0.207	0.230	<u>1.112</u>	0.204	0.192	0.942	
	E-F	φ 2416×8	0.310	0.328	<u>1.059</u>	0.286	0.233	0.815	
	F-G	φ 2424×12	0.168	0.177	<u>1.054</u>	0.154	0.126	0.819	
基礎	鉄塔部	基礎	引張り	0.243	0.257	<u>1.058</u>	0.210	0.197	0.939
		ボルト	せん断	0.067	0.068	<u>1.015</u>	0.053	0.046	0.868
	基礎 立上り部	基礎	曲げ	0.231	0.234	<u>1.013</u>	0.180	0.160	0.889
		基礎	せん断	0.187	0.191	<u>1.022</u>	0.149	0.130	0.873
		基礎	圧縮軸力	0.130	0.137	<u>1.054</u>	0.109	0.099	0.909
	筒身部	基礎	引張り	0.138	0.134	0.972	0.096	0.103	<u>1.073</u>
		ボルト	せん断	0.047	0.051	<u>1.086</u>	0.046	0.048	1.044

注：下線部は隣接応答倍率とするケースを表示。

表 3-17 基準地震動 S_s における隣接建屋の影響評価結果

対象部位		地震動 (ケース名)	最大 検定値	隣接応答 倍率	検定値 ×隣接応 答倍率	
鉄塔部	支柱材	<u>D-E間</u>	<u>S_s-2</u> (ケース 6)	<u>0.99</u>	<u>1.058</u>	<u>1.048</u>
	斜材	B-C間	S _s -1(NS+鉛直) (ケース 6)	0.78	1.053	0.822
	水平材	E	S _s -2 (ケース 6)	0.24	1.050	0.252
筒身部		C-D間	S _s -1(NS+鉛直) (ケース 6)	0.79	1.215	0.960
基礎	鉄塔部 基礎ボルト	引張検討	S _s -2 (ケース 6)	0.90	1.058	0.953
		せん断検討		0.27	1.015	0.275
	鉄塔部 基礎 立上り部	曲げ検討 (主筋)	S _s -2 (ケース 6)	0.90	1.013	0.912
		せん断検討 (コンクリート)		0.75	1.022	0.767
		圧縮軸力検討 (鉄骨柱)		0.58	1.054	0.612
	筒身部 基礎ボルト	引張検討	S _s -2 (ケース 6)	0.36	1.073	0.387
せん断検討		0.16		1.086	0.174	

注：下線部は、検定値×隣接応答倍率が 1.0 を超過したため、評価方法の見直しを行う箇所を示す。

表 3-18 評価方法の見直しに基づく隣接建屋の影響評価結果

部材評価結果及び隣接応答倍率						評価方法の見直しに基づく隣接建屋の影響評価結果				
ケース番号	①	③	検定値 比率 ③/①	②	④	検定値 比率 ④/②	最大 検定値	地震動 (ケース)	隣接応答 倍率	検定値 ×隣接応答 倍率
地震動	Sd-1	Sd-1		Sd-1	Sd-1					
質点系モデル	単独	隣接		単独	隣接					
水平動の入力方向	NS	NS		EW	EW					
主柱材 D-E間 (φ 508.0×7.9)	0.227	0.239	<u>1.053</u>	0.212	0.219	1.034	0.94	Ss-2 (ケース 6)	1.053	0.990
評価方法の見直しの概要：実状の鉄塔部主柱材及び筒身部の断面の切り替え位置に合わせたモデル										
主柱材						筒身部				
<p>評価方法の見直し (参考) 工認モデル</p>						<p>評価方法の見直し (参考) 工認モデル</p>				

注：下線部は隣接応答倍率とするケースを表示。

3.2.7 復水貯蔵槽

復水貯蔵槽については、V-2-5-5-1-2「復水貯蔵槽の耐震性についての計算書」の評価結果に対して、隣接応答倍率を乗じた評価を実施する。壁の評価にはせん断力の隣接応答倍率を、底面スラブの評価にはせん断力及び曲げモーメントの隣接応答倍率を用いる。評価用の隣接応答倍率を表3-19に、評価結果を表3-20に示す。いずれの部位においても、検定値が1.0を下回ることであり、許容限界を超えないことを確認した。

表3-19 評価用の隣接応答倍率

部位		隣接応答倍率
壁	T.M.S.L. 16.1～12.3 (m)	1.10
	T.M.S.L. 12.3～6.5 (m)	1.03
	T.M.S.L. 6.5～-1.1 (m)	0.96*
底面スラブ		1.06

注記* : 1.00として簡易評価を実施する。

表3-20 評価結果

項目		評価項目	方向	要素番号	組合せケース	検定値 ①	倍率 ②	①×②
軸力 + 曲げモーメント + 面内せん断力	壁	必要 鉄筋量 (mm ² /m)	横	22858	2	0.940	1.03	0.969
	底面 スラブ		EW	10803	5	0.573	1.06	0.608
面外せん断力 (kN/m)	壁	面外せん 断力 (kN/m)	横	22468	7	0.511	1.03	0.527
	底面 スラブ		NS	10710	1	0.476	1.06	0.505

3.2.8 建物付帯設備

検討対象を表 3-21 に示す。建物の壁，床に設置された設備のうち，建物・構築物に分類される設備（以下「建物付帯設備」という。）については，隣接建屋を考慮した隣接応答倍率（隣接考慮／隣接非考慮）と，V-2-8-4-4「中央制御室待避室遮蔽の耐震性についての計算書」，V-2-9-3-1-1「燃料取替床ブローアウトパネルの耐震性についての計算書」，V-2-9-3-1-2「主蒸気系トンネル室ブローアウトパネルの耐震性についての計算書」，V-2-9-3-3「原子炉建屋エアロックの耐震性についての計算書」，V-2-10-2-2-1「取水槽閉止板の耐震性についての計算書」，V-2-10-2-3-1「水密扉の耐震性についての計算書」，V-2-10-2-3-2「水密扉付止水堰の耐震性についての計算書」及びV-2-10-2-3-3「止水堰の耐震性についての計算書」（以下「中央制御室待避室遮蔽の耐震性についての計算書等」という。）の評価結果により評価を行う。検討は，各検討対象の耐震性の計算方法に応じて最大応答加速度の比較又は最大応答せん断力の比較から求まる隣接応答倍率を，中央制御室待避室遮蔽の耐震性についての計算書等の最大検定値に乗じて評価を行い，隣接応答倍率を乗じた値が 1.0 を超えないことを確認し，超過した場合については評価方法の見直しを行う。

建物付帯設備の評価結果一覧を表 3-22 に示す。表 3-22 において，検討対象が複数存在する場合には，検定値が最大となる結果を代表値として示す。

の締付装置受けピン（以下「締付装置受けピン」という。）及び建屋間連絡水密扉（原子炉建屋地下 1 階～タービン建屋地下 1 階）のアンカーボルト（以下「アンカーボルト」という。）について，それぞれ隣接応答倍率 1.16，1.04 を乗じると検定値は 1.13，1.03 となり，1.0 を超過する。その他の建物付帯設備についてはいずれも 1.0 を下回る。よって，締付装置受けピン，アンカーボルトについては「(1) 締付装置受けピンの評価方法」及び「(2) アンカーボルトの評価方法」に示すとおり，評価方法の見直しを行う。

評価方法の見直しの結果，締付装置受けピン及びアンカーボルトの検定値はそれぞれ 0.25，0.72 となる。したがって，いずれの建物付帯設備も隣接応答倍率を考慮した検定値が 1.0 を下回ることから，許容限界を超えないことを確認した。

表 3-21 検討対象

検討対象	設置建屋
中央制御室待避室遮蔽	C/B
燃料取替床ブローアウトパネル	K7R/B
主蒸気系トンネル室ブローアウトパネル	K7R/B
原子炉建屋エアロック	K7R/B
取水槽閉止板	K7T/B
水密扉	K7R/B
	K7T/B
水密扉付止水堰	K7R/B
	K7T/B
止水堰	K7R/B
	K7T/B

表 3-22 建物付帯設備の評価結果 (1/2)

検討対象		最大 検定値	隣接応答倍率		検定値 ×隣接応答 倍率
			倍率	応力種別 ・方向	
中央制御室待避室遮蔽 C/B 2階 T. M. S. L. 17. 3m	新設壁	0. 85	0. 96*	せん断 NS	0. 85
燃料取替床 ブローアウトパネル R/B 4階 T. M. S. L. 41. 1m~45. 18m	Sd 閉機能維持	0. 49	1. 09	加速度 NS	0. 54
	Ss 開機能維持	0. 12	1. 12	せん断 EW	0. 14
主蒸気系トンネル室 ブローアウトパネル R/B 1階 T. M. S. L. 12. 3m~23. 5m	Sd 閉機能維持	0. 001	1. 20	加速度 EW	0. 002
	Ss 開機能維持	0. 14	1. 27	せん断 NS	0. 18
原子炉建屋エアロック FCS室エアロック R/B 1階 T. M. S. L. 12. 3m	ヒンジピン	0. 38	1. 16	組合せ (曲げ, せん断) EW	0. 45
原子炉建屋エアロック ギャラリー室エアロック R/B 4階 T. M. S. L. 34. 5m	締付 ローラー	0. 13	1. 24	定格荷重 EW	0. 17
取水槽閉止板 タービン補機冷却用 海水取水槽閉止板 T/B 地下1階 T. M. S. L. 4. 9m	戸当り	0. 05	1. 04	曲げ NS	0. 06

注記* : 1.00 として簡易評価を実施する。

表 3-22 建物付帯設備の評価結果 (2/2)

検討対象	最大 検定値	隣接応答倍率		検定値 ×隣接応答 倍率
		倍率	応力種別 ・方向	
水密扉 残留熱除去系 <input type="checkbox"/> ポンプハッチ室水密扉 R/B 地下 2 階 T. M. S. L. -1.7m	0.73	1.08	せん断 EW	0.79
水密扉 <input type="checkbox"/> R/B 1 階 T. M. S. L. 12.3m	0.21 (0.97)* ¹	1.16	組合せ (曲げ, せん断) EW	0.25 (1.13)* ²
水密扉 建屋間連絡水密扉 (原子炉建屋地下 1 階～ タービン建屋地下 1 階) T/B 地下 1 階 T. M. S. L. 4.9m	0.69 (0.99)* ¹	1.04	せん断 NS	0.72 (1.03)* ²
水密扉付止水堰 R/B 4 階 T. M. S. L. 31.7m	0.51	1.25	せん断 NS	0.64
水密扉付止水堰 T/B 1 階 T. M. S. L. 12.3m	0.28	1.04	せん断 NS	0.30
鋼製落とし込み型堰 T/B 1 階 T. M. S. L. 12.3m	0.42	1.04	引張 NS	0.44
鋼板組合せ堰 R/B 4 階 T. M. S. L. 31.7m	0.24	1.25	引張 NS	0.30

注記*1 : V-2-10-2-3-1「水密扉の耐震性についての計算書」に記載の最大検定値。

注記*2 : V-2-10-2-3-1「水密扉の耐震性についての計算書」に記載の最大検定値に隣接応答倍率を乗じた数値。

(1) 締付装置受けピンの評価方法

締付装置受けピンについては、V-2-10-2-3-1「水密扉の耐震性についての計算書」において、締付装置と締付装置受けピンが点接触する場合、締付装置受けピンに集中荷重が作用する両端固定ばりと仮定し、保守的に評価している。締付装置受けピンに生じる荷重の例を図3-9に示す。

$$M = R_1 \cdot L_p \cdot 10^{-3} / 4$$

M : 締付装置受けピンの最大曲げモーメント (kN・m)

ここで、 $R_1 = K_H \cdot G / n$

R_1 : 締付装置受けピンに生じる地震力に伴う荷重の反力 (kN)

L_p : 締付装置受けピンの軸支持間距離 (mm)

K_H : 水平震度

G : 扉重量

n : 締付装置の本数

$$Q = R_1 / 2$$

Q : 締付装置受けピンの最大せん断力 (kN)

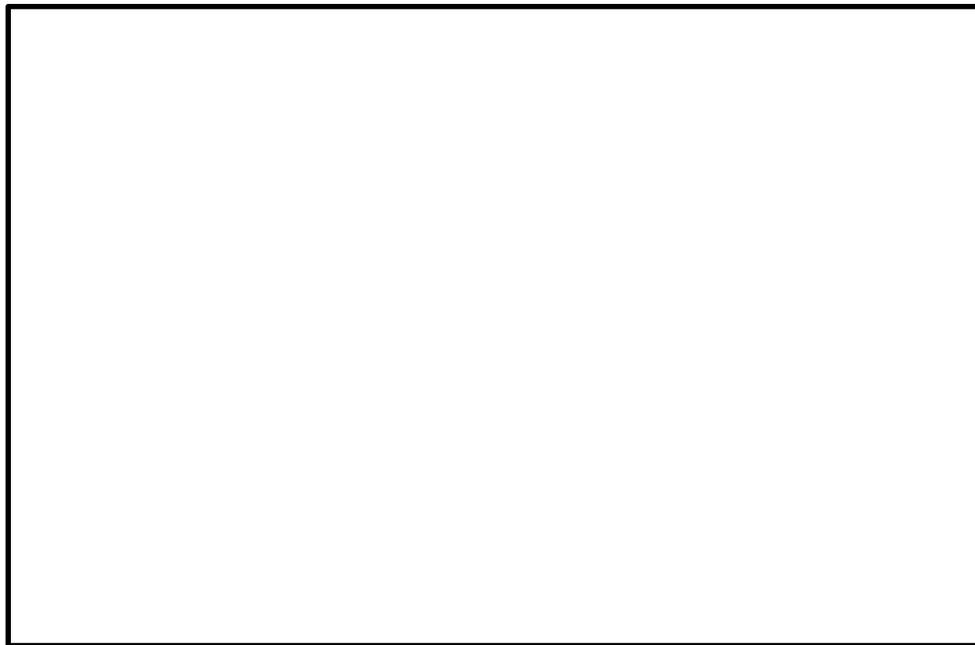


図3-9 締付装置受けピンに生じる荷重の例

本資料においては、以下のとおり、締付装置受けピンとカラーが線接触することから、締付装置受けピンとカラーが接触している部分に等分布荷重が作用する両端固定ばりと仮定し、評価を行う。締付装置受けピンに生じる荷重の例を図 3-10 に示す。

$$M = R_1 \cdot (L_p^3 - 8 \cdot a^3) / (24 \cdot b \cdot L_p)$$

M : 締付装置受けピンの最大曲げモーメント (kN・m)

$$a = (L_p - b) / 2$$

ここで、 $R_1 = K_H \cdot G / n$

R_1 : 締付装置受けピンに生じる地震力に伴う荷重の反力 (kN)

L_p : 締付装置受けピンの軸支持間距離 (mm)

a : 締付装置受けピンの支持点からカラー端部までの距離 (mm)

b : 締付装置受けピンとカラーが接する長さ (mm)

K_H : 水平震度

G : 扉重量

n : 締付装置の本数

$$Q = R_1 / 2$$

Q : 締付装置受けピンの最大せん断力 (kN)



図 3-10 締付装置受けピンに生じる荷重の例

(2) アンカーボルトの評価方法

アンカーボルトについては、V-2-10-2-3-1「水密扉の耐震性についての計算書」において、以下のとおり評価している。アンカーボルトに生じる荷重の例を図3-11に示す。

$$F_{1a} = F_1 + K_H \cdot w_a / 4$$

F_{1a} : アンカーボルトに生じる転倒力 (kN)

F_1 : ヒンジに生じる転倒力 (kN)

K_H : 水平震度

w_a : 扉枠の重量 (kN)

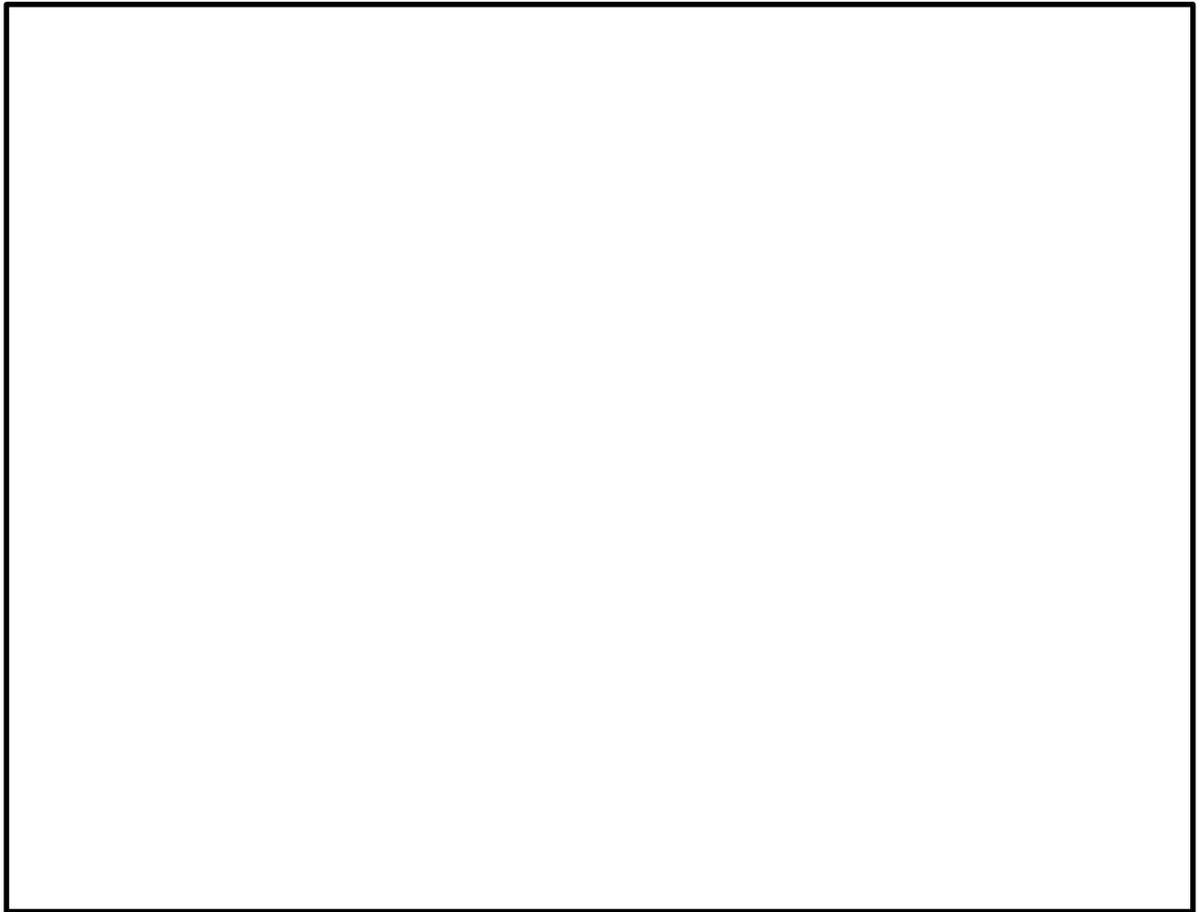


図3-11 アンカーボルトに生じる荷重の例

ここで、ヒンジに生じる転倒力 F_1 については以下のとおりとし、転倒力の作用状況を図 3-12 に示す。

$$F_1 = W_1 \cdot L_1 / L_2 + K_H \cdot G / 2$$

$$W_1 = G + K_{UD} \cdot G$$

W_1 : スラスト荷重 (kN)

G : 扉重量 (kN)

K_H : 水平震度

K_{UD} : 鉛直震度

F_1 : ヒンジに生じる転倒力 (kN)

L_1 : 扉重心とヒンジ芯間距離 (mm)

L_2 : ヒンジ芯間距離 (mm)

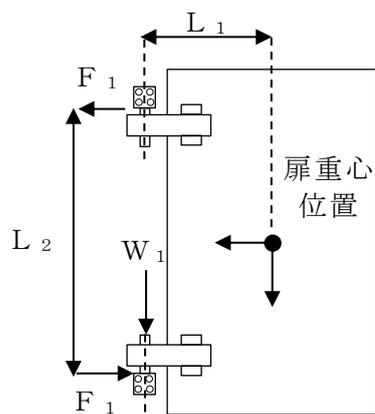


図 3-12 ヒンジに生じる転倒力の作用状況

V-2-10-2-3-1「水密扉の耐震性についての計算書」においては、保守的にヒンジ側のアンカーボルトのみを考慮しているが、本資料においては、水密扉の構造から評価上期待できる要素は考慮することとし、以下のとおり、扉の面内方向の変形に抵抗する要素として、上部のアンカーボルトにも転倒力を負担させた評価を行う。アンカーボルトに生じる荷重の例を図3-13に示す。

$$F_{1a} = F_1 + K_H \cdot w_a / 4$$

$$T_d = Q_d = F_{1a} / (n_1 + n_2)$$

F_{1a} : 扉と扉枠の重量を含んだ転倒力(kN)

n_1 : ヒンジ側アンカーボルトの本数(本)

n_2 : 上部アンカーボルトの本数(本)

T_d : アンカーボルトに生じる引張力(kN)

Q_d : アンカーボルトに生じるせん断力(kN)

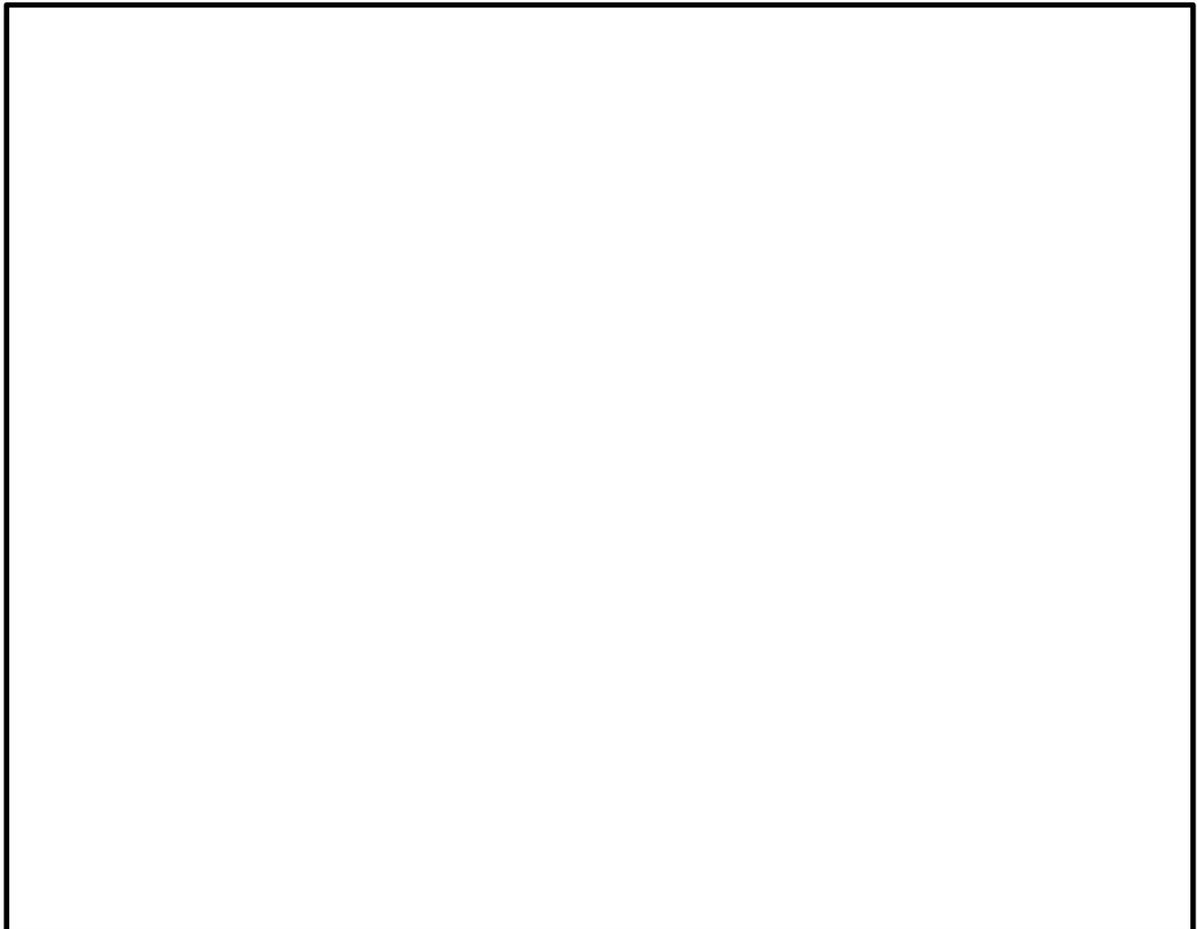


図3-13 アンカーボルトに生じる荷重の例

V-2-2-別添 2-2 隣接建屋による影響を考慮した機器・配管系の耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
1.1 基本方針	1
1.2 適用規格・基準等	1
2. 機器・配管系への影響検討	3
2.1 検討対象	3
2.2 検討内容	3
2.2.1 隣接応答倍率の算定	3
2.2.2 簡易評価	3
2.2.3 詳細評価	3
3. 検討結果	32

1. 概要

本資料は、V-2-2-別添 2-1「隣接建屋による影響を考慮した地震応答計算及び建物・構築物の耐震性についての計算書」にて検討した隣接建屋の影響を考慮した地震応答解析結果を踏まえ、機器・配管系の耐震性への影響について検討するものである。

1.1 基本方針

「2.1」に示す検討対象について、隣接建屋を考慮した応答倍率（隣接考慮／隣接非考慮）（以下「隣接応答倍率」という。）と、各検討対象の裕度（許容値／発生値）を用いた簡易評価及び隣接応答倍率を考慮した耐震条件を用いた詳細評価を行う。

影響検討フローを図 1-1 に示す。

1.2 適用規格・基準等

耐震性の確認において適用する規格・基準等は、検討対象設備の地震応答計算書及び耐震計算書と同一である。

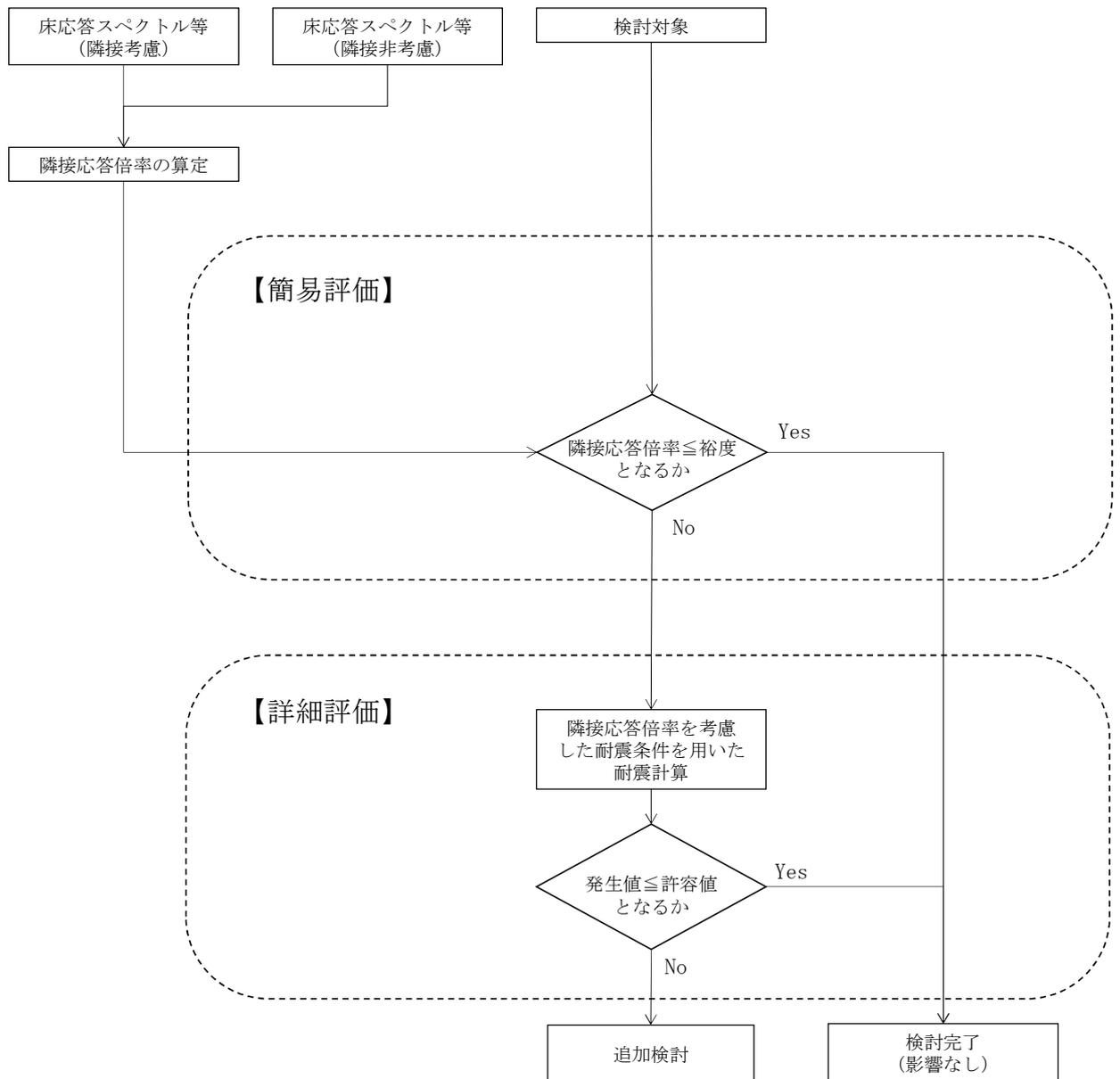


図1-1 隣接建屋による機器・配管系への影響検討フロー

2. 機器・配管系への影響検討

2.1 検討対象

検討対象は7号機原子炉建屋(K7R/B)、コントロール建屋(C/B)、7号機タービン建屋(K7T/B)、廃棄物処理建屋(Rw/B)に設置される以下の機器・配管系とする。

- ・設計基準対象施設のうち、耐震重要度分類のSクラスに属する機器・配管系
- ・重大事故等対処施設のうち、常設耐震重要重大事故防止設備、常設重大事故緩和設備、常設重大事故防止設備（設計基準拡張）（当該設備が属する耐震重要度分類がSクラスのもの）及び常設重大事故緩和設備（設計基準拡張）に属する機器・配管系
- ・波及的影響防止のために耐震評価を実施する機器・配管系

2.2 検討内容

2.2.1 隣接応答倍率の算定

隣接建屋非考慮モデルによる最大応答加速度、床応答スペクトル及び地震荷重に対する隣接建屋考慮モデルによる最大応答加速度、床応答スペクトル及び地震荷重の比（隣接考慮／隣接非考慮）を隣接応答倍率とする。

なお、原子炉建屋との建屋－機器連成地震応答解析モデルの応答を用いて評価を行う機器・配管系については、図2-1に示す大型機器・炉内応答解析モデルを用いた地震応答解析により隣接応答倍率を算出する。大型機器・炉内応答解析では、原子炉建屋の解析モデル（隣接考慮及び隣接非考慮）にて算出した時刻歴応答（加速度及び変位）を、大型機器・炉内応答解析モデルにおける原子炉建屋との接続点（燃料取替用ベローズ、ダイヤフラムフロア及び原子炉建屋基礎スラブ）に入力（多点入力）することで、機器・配管系の評価点における応答（隣接考慮及び隣接非考慮）を求める。

地震応答解析には、解析コード「DYNA2E」を用いる。地震応答解析に用いる解析コードの検証、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。

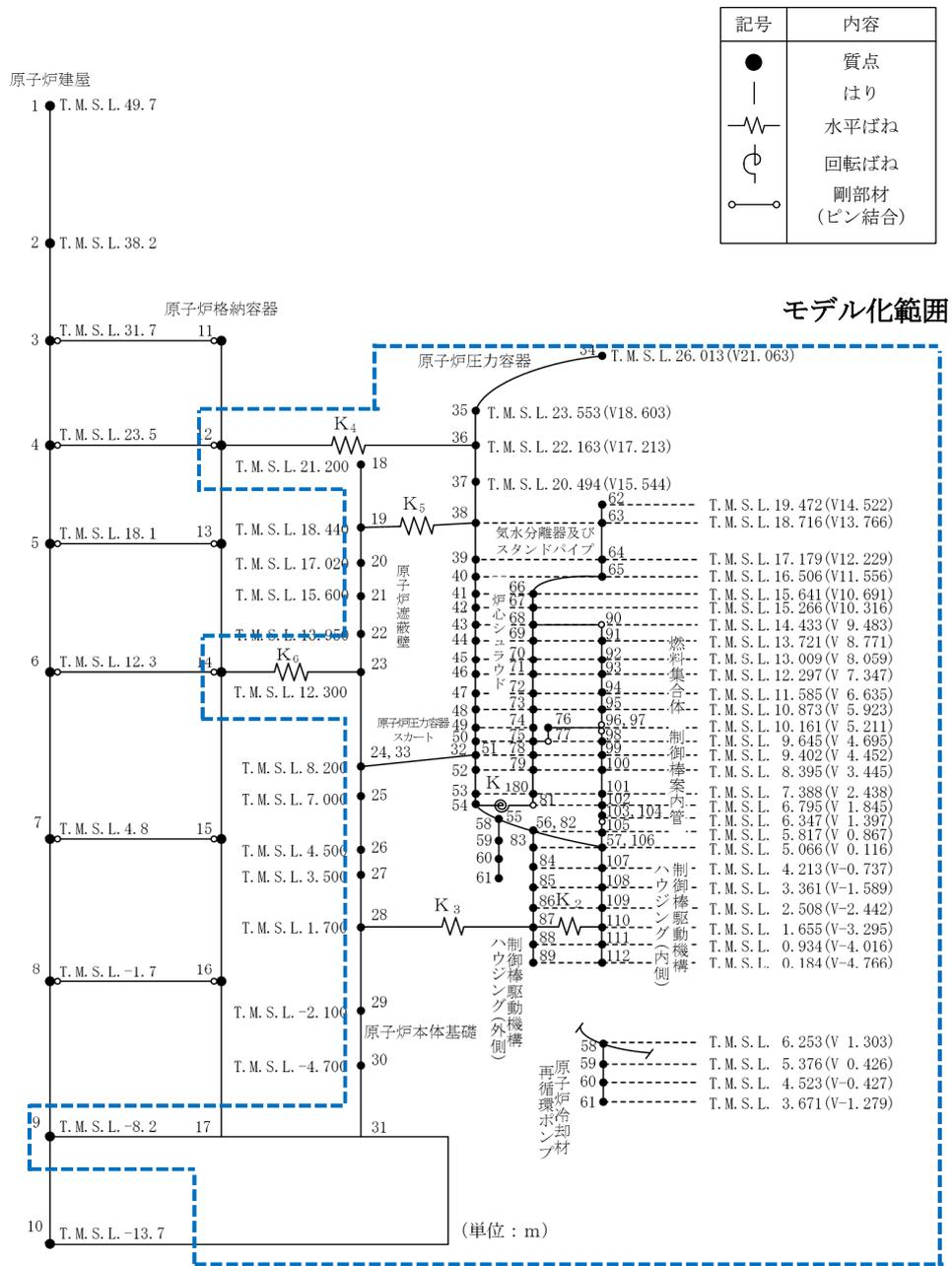
隣接考慮及び隣接非考慮の応答について、表2-1～表2-5及び図2-2～図2-23に示す。

2.2.2 簡易評価

隣接応答倍率と各検討対象の裕度を比較し、裕度が隣接応答倍率以上となることを確認する。

2.2.3 詳細評価

隣接応答倍率を考慮して算出される最大応答加速度、床応答スペクトル及び地震荷重を用いた耐震計算の結果が許容値を満たすことを確認する。



K ₁	シュラウドサポート
K ₂	制御棒駆動機構ハウジングラテラルレストレント
K ₃	制御棒駆動機構ハウジングレストレントビーム
K ₄	燃料取替用ペローズ
K ₅	原子炉圧力容器スタビライザ
K ₆	ダイヤフラムフロア

図 2-1 大型機器・炉内応答解析モデル

表 2-1 (1/6) 最大応答加速度 (水平方向)

構造物名	質点 番号	標 高 T. M. S. L. (m)	最大応答加速度 ($\times 9.80665\text{m/s}^2$) $\times 1.0$		
			①隣接考慮	②隣接非考慮	隣接応答倍率 (①/②)
原子炉建屋	1	49.70	0.87	0.79	1.11
	2	38.20	0.70	0.59	1.19
	3	31.70	0.61	0.53	1.15
	4	23.50	0.52	0.50	1.04
	5	18.10	0.50	0.47	1.07
	6	12.30	0.49	0.45	1.09
	7	4.80	0.46	0.41	1.13
	8	-1.70	0.44	0.38	1.16
	9	-8.20	0.41	0.35	1.18
	10	-13.70	0.41	0.34	1.21

表 2-1 (2/6) 最大応答加速度 (水平方向)

構造物名	質点 番号	標 高 T. M. S. L. (m)	最大応答加速度 ($\times 9.80665\text{m/s}^2$) $\times 1.0$							隣接応答倍率 (①/②)
			隣接考慮			隣接非考慮				
			NS方向	EW方向	① 包絡値	NS方向	EW方向	② 包絡値		
原子炉遮蔽壁	18	21.200	0.51	0.56	0.56	0.49	0.49	0.49	1.15	
	19	18.440	0.48	0.53	0.53	0.44	0.46	0.46	1.16	
	20	17.020	0.46	0.50	0.50	0.42	0.44	0.44	1.14	
	21	15.600	0.43	0.47	0.47	0.40	0.42	0.42	1.12	
	22	13.950	0.41	0.44	0.44	0.39	0.40	0.40	1.10	
原子炉本体基礎	23	12.300	0.40	0.42	0.42	0.38	0.38	0.38	1.11	
	24	8.200	0.38	0.39	0.39	0.35	0.35	0.35	1.12	
	25	7.000	0.37	0.38	0.38	0.34	0.34	0.34	1.12	
	26	4.500	0.36	0.36	0.36	0.33	0.33	0.33	1.09	
	27	3.500	0.36	0.36	0.36	0.33	0.32	0.33	1.09	
	28	1.700	0.35	0.35	0.35	0.32	0.32	0.32	1.10	
	29	-2.100	0.34	0.34	0.34	0.31	0.31	0.31	1.10	
原子炉压力容器	30	-4.700	0.33	0.34	0.34	0.30	0.30	0.30	1.14	
	34	26.013	0.67	0.70	0.70	0.70	0.63	0.70	1.00	
	35	23.553	0.61	0.66	0.66	0.64	0.59	0.64	1.04	
	36	22.163	0.59	0.63	0.63	0.60	0.56	0.60	1.05	
	37	20.494	0.56	0.60	0.60	0.55	0.53	0.55	1.09	
	38	18.716	0.53	0.56	0.56	0.50	0.50	0.50	1.12	
	40	16.506	0.49	0.52	0.52	0.44	0.45	0.45	1.16	
	42	15.266	0.47	0.50	0.50	0.41	0.43	0.43	1.17	
	46	12.297	0.42	0.44	0.44	0.37	0.39	0.39	1.13	
	51	9.402	0.38	0.40	0.40	0.36	0.36	0.36	1.12	
54	6.795	0.38	0.38	0.38	0.35	0.35	0.35	1.09		
57	5.066	0.37	0.37	0.37	0.34	0.34	0.34	1.09		

表 2-1 (3/6) 最大応答加速度 (水平方向)

構造物名	質点 番号	標 高 T. M. S. L. (m)	最大応答加速度 ($\times 9.80665\text{m/s}^2$) $\times 1.0$						
			隣接考慮			隣接非考慮			隣接応答倍率 (①/②)
			NS方向	EW方向	① 包絡値	NS方向	EW方向	② 包絡値	
気水分離器, スタンドパイプ 及び 炉心シュラウド	62	19.472	0.88	0.95	0.95	0.96	0.92	0.96	0.99
	63	18.716	0.75	0.82	0.82	0.74	0.74	0.74	1.11
	64	17.179	0.52	0.59	0.59	0.47	0.50	0.50	1.18
	65	16.506	0.50	0.57	0.57	0.44	0.48	0.48	1.19
	66	15.641	0.49	0.55	0.55	0.43	0.47	0.47	1.17
	67	15.266	0.48	0.54	0.54	0.43	0.46	0.46	1.18
	68	14.433	0.47	0.52	0.52	0.42	0.45	0.45	1.16
	69	13.721	0.46	0.51	0.51	0.41	0.44	0.44	1.16
	70	13.009	0.45	0.49	0.49	0.41	0.43	0.43	1.14
	71	12.297	0.44	0.48	0.48	0.40	0.42	0.42	1.15
	72	11.585	0.43	0.47	0.47	0.40	0.41	0.41	1.15
	73	10.873	0.42	0.45	0.45	0.39	0.40	0.40	1.13
	74	10.161	0.41	0.44	0.44	0.39	0.39	0.39	1.13
	75	9.645	0.41	0.43	0.43	0.38	0.39	0.39	1.11
	76	10.161	0.41	0.44	0.44	0.38	0.39	0.39	1.13
	78	9.402	0.41	0.43	0.43	0.38	0.38	0.38	1.14
79	8.395	0.40	0.41	0.41	0.37	0.37	0.37	1.11	
80	7.388	0.38	0.39	0.39	0.36	0.36	0.36	1.09	
81	6.795	0.38	0.38	0.38	0.35	0.35	0.35	1.09	
原子炉冷却材 再循環ポンプ	58	6.253	0.38	0.38	0.38	0.35	0.35	0.35	1.09
原子炉圧力容器	56	5.817	0.37	0.38	0.38	0.35	0.34	0.35	1.09
	57	5.066	0.37	0.37	0.37	0.34	0.34	0.34	1.09
制御棒駆動機構 ハウジング (内側)	110	1.655	0.44	0.40	0.44	0.41	0.41	0.41	1.08
	111	0.934	0.53	0.45	0.53	0.48	0.51	0.51	1.04
	112	0.184	0.67	0.50	0.67	0.57	0.62	0.62	1.08
制御棒駆動機構 ハウジング (外側)	82	5.817	0.37	0.38	0.38	0.35	0.34	0.35	1.09
	83	5.066	0.38	0.38	0.38	0.35	0.35	0.35	1.09
	87	1.655	0.44	0.40	0.44	0.41	0.41	0.41	1.08
	88	0.934	0.46	0.41	0.46	0.42	0.42	0.42	1.10
	89	0.184	0.53	0.50	0.53	0.52	0.54	0.54	0.99
燃料集合体	90	14.433	0.47	0.52	0.52	0.42	0.45	0.45	1.16
	91	13.721	0.57	0.75	0.75	0.46	0.50	0.50	1.50
	92	13.009	0.71	0.92	0.92	0.57	0.61	0.61	1.51
	93	12.297	0.76	0.98	0.98	0.62	0.66	0.66	1.49
	94	11.585	0.71	0.90	0.90	0.57	0.61	0.61	1.48
	95	10.873	0.55	0.70	0.70	0.45	0.48	0.48	1.46
	96	10.161	0.41	0.44	0.44	0.38	0.39	0.39	1.13

表 2-1 (4/6) 最大応答加速度 (水平方向)

構造物名	質点 番号	標 高 T. M. S. L. (m)	最大応答加速度 ($\times 9.80665\text{m/s}^2$) $\times 1.2$		
			①隣接考慮	②隣接非考慮	隣接応答倍率 (①/②)
原子炉建屋	1	49.70	1.04	0.95	1.10
	2	38.20	0.84	0.71	1.19
	3	31.70	0.73	0.64	1.14
	4	23.50	0.62	0.60	1.04
	5	18.10	0.60	0.56	1.08
	6	12.30	0.59	0.54	1.10
	7	4.80	0.56	0.49	1.15
	8	-1.70	0.53	0.45	1.18
	9	-8.20	0.49	0.42	1.17
	10	-13.70	0.49	0.41	1.20

表 2-1 (5/6) 最大応答加速度 (水平方向)

構造物名	質点 番号	標 高 T. M. S. L. (m)	最大応答加速度 ($\times 9.80665\text{m/s}^2$) $\times 1.2$							隣接応答倍率 (①/②)
			隣接考慮			隣接非考慮				
			NS方向	EW方向	① 包絡値	NS方向	EW方向	② 包絡値		
原子炉遮蔽壁	18	21.200	0.61	0.67	0.67	0.58	0.58	0.58	1.16	
	19	18.440	0.58	0.63	0.63	0.53	0.55	0.55	1.15	
	20	17.020	0.55	0.60	0.60	0.50	0.53	0.53	1.14	
	21	15.600	0.51	0.56	0.56	0.48	0.50	0.50	1.12	
	22	13.950	0.49	0.53	0.53	0.47	0.48	0.48	1.11	
原子炉本体基礎	23	12.300	0.48	0.50	0.50	0.45	0.46	0.46	1.09	
	24	8.200	0.45	0.46	0.46	0.42	0.42	0.42	1.10	
	25	7.000	0.45	0.45	0.45	0.41	0.41	0.41	1.10	
	26	4.500	0.43	0.43	0.43	0.40	0.40	0.40	1.08	
	27	3.500	0.43	0.43	0.43	0.39	0.39	0.39	1.11	
	28	1.700	0.42	0.42	0.42	0.38	0.38	0.38	1.11	
	29	-2.100	0.40	0.41	0.41	0.37	0.37	0.37	1.11	
	30	-4.700	0.39	0.41	0.41	0.36	0.36	0.36	1.14	
原子炉压力容器	34	26.013	0.80	0.84	0.84	0.84	0.75	0.84	1.00	
	35	23.553	0.73	0.79	0.79	0.76	0.70	0.76	1.04	
	36	22.163	0.70	0.76	0.76	0.72	0.67	0.72	1.06	
	37	20.494	0.67	0.72	0.72	0.66	0.64	0.66	1.09	
	38	18.716	0.63	0.67	0.67	0.60	0.59	0.60	1.12	
	40	16.506	0.59	0.62	0.62	0.53	0.54	0.54	1.15	
	42	15.266	0.56	0.60	0.60	0.49	0.52	0.52	1.16	
	46	12.297	0.50	0.53	0.53	0.45	0.47	0.47	1.13	
	51	9.402	0.46	0.48	0.48	0.43	0.43	0.43	1.12	
	54	6.795	0.45	0.46	0.46	0.42	0.42	0.42	1.10	
57	5.066	0.44	0.45	0.45	0.41	0.41	0.41	1.10		

表 2-1 (6/6) 最大応答加速度 (水平方向)

構造物名	質点 番号	標 高 T. M. S. L. (m)	最大応答加速度 ($\times 9.80665\text{m/s}^2$) $\times 1.2$						
			隣接考慮			隣接非考慮			隣接応答倍率 (①/②)
			NS方向	EW方向	① 包絡値	NS方向	EW方向	② 包絡値	
気水分離器, スタンドパイプ 及び 炉心シュラウド	62	19.472	1.06	1.14	1.14	1.16	1.11	1.16	0.99
	63	18.716	0.90	0.99	0.99	0.89	0.89	0.89	1.12
	64	17.179	0.63	0.71	0.71	0.56	0.60	0.60	1.19
	65	16.506	0.60	0.68	0.68	0.52	0.57	0.57	1.20
	66	15.641	0.58	0.66	0.66	0.51	0.56	0.56	1.18
	67	15.266	0.58	0.65	0.65	0.51	0.55	0.55	1.19
	68	14.433	0.56	0.63	0.63	0.50	0.54	0.54	1.17
	69	13.721	0.55	0.61	0.61	0.50	0.53	0.53	1.15
	70	13.009	0.54	0.59	0.59	0.49	0.52	0.52	1.14
	71	12.297	0.52	0.57	0.57	0.48	0.51	0.51	1.12
	72	11.585	0.51	0.56	0.56	0.48	0.50	0.50	1.12
	73	10.873	0.50	0.54	0.54	0.47	0.48	0.48	1.13
	74	10.161	0.50	0.53	0.53	0.46	0.47	0.47	1.13
	75	9.645	0.49	0.52	0.52	0.46	0.46	0.46	1.13
	76	10.161	0.49	0.52	0.52	0.46	0.47	0.47	1.11
78	9.402	0.49	0.51	0.51	0.45	0.46	0.46	1.11	
79	8.395	0.47	0.49	0.49	0.44	0.44	0.44	1.12	
80	7.388	0.46	0.47	0.47	0.43	0.43	0.43	1.10	
81	6.795	0.45	0.46	0.46	0.42	0.42	0.42	1.10	
原子炉冷却材 再循環ポンプ	58	6.253	0.45	0.46	0.46	0.42	0.42	0.42	1.10
原子炉圧力容器	56	5.817	0.45	0.45	0.45	0.41	0.41	0.41	1.10
	57	5.066	0.44	0.45	0.45	0.41	0.41	0.41	1.10
制御棒駆動機構 ハウジング (内側)	110	1.655	0.53	0.48	0.53	0.49	0.49	0.49	1.09
	111	0.934	0.64	0.54	0.64	0.58	0.61	0.61	1.05
	112	0.184	0.81	0.60	0.81	0.68	0.74	0.74	1.10
制御棒駆動機構 ハウジング (外側)	82	5.817	0.45	0.45	0.45	0.41	0.41	0.41	1.10
	83	5.066	0.45	0.46	0.46	0.42	0.42	0.42	1.10
	87	1.655	0.53	0.48	0.53	0.49	0.49	0.49	1.09
	88	0.934	0.55	0.49	0.55	0.51	0.50	0.51	1.08
	89	0.184	0.64	0.59	0.64	0.62	0.64	0.64	1.00
燃料集合体	90	14.433	0.56	0.63	0.63	0.50	0.54	0.54	1.17
	91	13.721	0.68	0.90	0.90	0.55	0.59	0.59	1.53
	92	13.009	0.85	1.11	1.11	0.69	0.74	0.74	1.50
	93	12.297	0.92	1.18	1.18	0.74	0.79	0.79	1.50
	94	11.585	0.85	1.08	1.08	0.69	0.73	0.73	1.48
	95	10.873	0.66	0.83	0.83	0.54	0.57	0.57	1.46
	96	10.161	0.49	0.52	0.52	0.46	0.47	0.47	1.11

表 2-2 (1/3) せん断力

構造物名	質点 番号	標 高 T. M. S. L. (m)	せん断力 (kN)						隣接応答倍率 (①/②)
			隣接考慮			隣接非考慮			
			NS方向	EW方向	① 包絡値	NS方向	EW方向	② 包絡値	
原子炉压力容器	34	26.013	146	154	154	154	138	154	1.00
	35	23.553	638	683	683	664	610	664	1.03
	36	22.163	1290	1160	1290	1310	1070	1310	0.99
	37	20.494	2180	2140	2180	2220	1910	2220	0.99
	38	18.716	2210	2030	2210	2500	2160	2500	0.89
	40	16.506	2520	2340	2520	2800	2440	2800	0.90
			2830	2700	2830	3110	2720	3110	0.91
	42	15.266	3010	2880	3010	3280	2880	3280	0.92
			3240	3070	3240	3500	3090	3500	0.93
	46	12.297	3800	3640	3800	4030	3600	4030	0.95
			3950	3820	3950	4170	3740	4170	0.95
51	9.402	4400	4390	4400	4570	4150	4570	0.97	
		3730	4870	4870	3540	3600	3600	1.36	
54	6.795	3420	4470	4470	3170	3240	3240	1.38	
		1210	1270	1270	1160	1180	1180	1.08	
57	5.066	428	427	428	400	422	422	1.02	
原子炉压力容器 スカート	32	9.402	8010	9090	9090	7460	7620	7620	1.20
	33	8.200							
原子炉遮蔽壁	18	21.200	360	393	393	338	341	341	1.16
	19	18.440	2390	2600	2600	1860	2040	2040	1.28
	20	17.020	2790	3030	3030	2220	2420	2420	1.26
	21	15.600	4350	4760	4760	3700	3930	3930	1.22
	22	13.950	4760	5220	5220	4100	4330	4330	1.21
	23	12.300	26600	17500	26600	35200	31500	35200	0.76
原子炉本体基礎	24	8.200	33400	27400	33400	41300	37600	41300	0.81
	25	7.000	34400	28800	34400	42200	38500	42200	0.82
	26	4.500	35200	29800	35200	42800	39200	42800	0.83
	27	3.500	35700	30400	35700	43200	39700	43200	0.83
	28	1.700	37100	32100	37100	44300	41100	44300	0.84
	29	-2.100	38200	33600	38200	45000	42200	45000	0.85
	30	-4.700	39200	35000	39200	45800	43100	45800	0.86
	31	-8.200	39200	35000	39200	45800	43100	45800	0.86

表 2-2 (2/3) せん断力

構造物名	質点 番号	標 高 T. M. S. L. (m)	せん断力 (kN)						隣接応答倍率 (①/②)
			隣接考慮			隣接非考慮			
			NS方向	EW方向	① 包絡値	NS方向	EW方向	② 包絡値	
燃料集合体	90	14.433	813	1050	1050	657	701	701	1.50
	91	13.721	542	695	695	439	469	469	1.49
	92	13.009	191	239	239	155	166	166	1.44
	93	12.297	192	254	254	156	166	166	1.53
	94	11.585	544	699	699	440	471	471	1.49
	95	10.873	810	1040	1040	654	699	699	1.49
	96	10.161	130	120	130	111	117	117	1.12
制御棒案内管	97	10.161	130	120	130	111	117	117	1.12
	98	9.645	104	92.2	104	87.1	91.3	91.3	1.14
	99	9.402	58.4	50.4	58.4	47.0	49.2	49.2	1.19
	100	8.395	27.7	27.4	27.7	24.5	25.3	25.3	1.10
	101	7.388	98.9	85.0	98.9	81.6	85.4	85.4	1.16
	102	6.795	146	126	146	119	124	124	1.18
	103	6.347	204	179	204	167	176	176	1.16
制御棒駆動機構 ハウジング	104	6.347	204	179	204	167	176	176	1.16
	105	5.817	256	228	256	217	228	228	1.13
	106	5.066	65.7	58.1	65.7	49.4	55.1	55.1	1.20
制御棒駆動機構 ハウジング (内側)	107	4.213	29.5	25.6	29.5	20.3	23.1	23.1	1.28
	108	3.361	22.7	18.7	22.7	23.5	23.4	23.5	0.97
	109	2.508	56.2	51.1	56.2	55.9	55.0	55.9	1.01
	110	1.655	83.4	68.8	83.4	75.0	78.9	78.9	1.06
	111	0.934	14.7	11.2	14.7	12.7	13.6	13.6	1.08
	112	0.184	81.1	81.0	81.1	71.9	72.8	72.8	1.12
制御棒駆動機構 ハウジング (外側)	82	5.817	81.1	81.0	81.1	71.9	72.8	72.8	1.12
	83	5.066	49.9	49.7	49.9	43.7	43.9	43.9	1.14
	84	4.213	14.0	13.8	14.0	13.7	12.1	13.7	1.03
	85	3.361	29.1	26.6	29.1	28.5	27.7	28.5	1.03
	86	2.508	70.2	63.3	70.2	65.3	64.5	65.3	1.08
	87	1.655	70.9	62.3	70.9	64.0	63.8	64.0	1.11
	88	0.934	11.7	10.9	11.7	11.2	11.7	11.7	1.00
	89	0.184	11.7	10.9	11.7	11.2	11.7	11.7	1.00

K7 ① V-2-2-別添 2-2 R1

表 2-2 (3/3) せん断力

構造物名	質点 番号	標 高 T. M. S. L. (m)	せん断力 (kN)						隣接応答倍率 (①/②)
			隣接考慮			隣接非考慮			
			NS方向	EW方向	① 包絡値	NS方向	EW方向	② 包絡値	
気水分離器及び スタンドパイプ	62	19.472	89.7	96.2	96.2	98.6	94.1	98.6	0.98
	63	18.716							
	64	17.179	266	289	289	283	273	283	1.03
	65	16.506	398	441	441	385	384	385	1.15
炉心シュラウド	66	15.641	437	486	486	415	415	415	1.18
	67	15.266	478	534	534	449	449	449	1.19
	68	14.433	550	619	619	528	513	528	1.18
	69	13.721	1420	1900	1900	1180	1210	1210	1.57
	70	13.009	1430	1900	1900	1200	1220	1220	1.56
	71	12.297	1430	1860	1860	1200	1220	1220	1.53
	72	11.585	1420	1810	1810	1190	1210	1210	1.50
	73	10.873	1410	1770	1770	1190	1210	1210	1.47
	74	10.161	1410	1750	1750	1200	1210	1210	1.45
	75	9.645	1420	1760	1760	1210	1220	1220	1.45
	76	10.161	1030	1300	1300	825	880	880	1.48
	75(77)	9.645							
	78	9.402	2350	3150	3150	1910	2020	2020	1.56
	79	8.395	2380	3180	3180	1920	2040	2040	1.56
	80	7.388	2410	3210	3210	1940	2070	2070	1.55
	81	6.795	2420	3230	3230	1960	2080	2080	1.56
	原子炉冷却材 再循環ポンプ	58	6.253	410	385	410	363	352	363
59		5.376							
60		4.523	308	283	308	268	257	268	1.15
61		3.671	247	225	247	213	203	213	1.16

K7 ① V-2-2-別添 2-2 R1

表 2-3 (1/3) モーメント

構造物名	質点 番号	標 高 T. M. S. L. (m)	モーメント (kN・m)						隣接応答倍率 (①/②)
			隣接考慮			隣接非考慮			
			NS方向	EW方向	① 包絡値	NS方向	EW方向	② 包絡値	
原子炉圧力容器	34	26.013	0	0	0	0	0	0	—
	35	23.553	359	379	379	377	340	377	1.01
	36	22.163	1250	1330	1330	1300	1190	1300	1.03
	37	20.494	3400	3260	3400	3490	2940	3490	0.98
	38	18.716	7270	7060	7270	7430	6300	7430	0.98
	40	16.506	12400	11800	12400	13200	11300	13200	0.94
	42	15.266	16000	15200	16000	17100	14700	17100	0.94
	46	12.297	26400	25100	26400	28300	24600	28300	0.94
	51	9.402	38400	36700	38400	40900	36000	40900	0.94
			6970	6940	6970	6730	6940	6940	1.01
54	6.795	15000	19200	19200	12300	12600	12600	1.53	
		1900	1930	1930	1740	1740	1740	1.11	
57	5.066	248	218	248	209	218	218	1.14	
原子炉圧力容器 スカート	32	9.402	39600	41300	41300	38500	36400	38500	1.08
	33	8.200	48500	52100	52100	46600	45500	46600	1.12
原子炉遮蔽壁	18	21.200	0	0	0	0	0	0	—
	19	18.440	992	1090	1090	933	939	939	1.16
	20	17.020	4390	4770	4770	3550	3840	3840	1.25
	21	15.600	8340	9070	9070	6670	7270	7270	1.25
	22	13.950	15500	17000	17000	12800	13800	13800	1.24
23	12.300	23400	25600	25600	19600	20900	20900	1.23	
原子炉本体基礎	24	8.200	120000	90900	120000	154000	137000	154000	0.78
			153000	140000	153000	198000	173000	198000	0.78
	25	7.000	191000	173000	191000	246000	217000	246000	0.78
	26	4.500	275000	245000	275000	350000	313000	350000	0.79
	27	3.500	310000	275000	310000	393000	352000	393000	0.79
	28	1.700	374000	329000	374000	470000	424000	470000	0.80
	29	-2.100	515000	451000	515000	638000	580000	638000	0.81
	30	-4.700	614000	538000	614000	755000	689000	755000	0.82
31	-8.200	751000	660000	751000	914000	840000	914000	0.83	

表 2-3 (2/3) モーメント

構造物名	質点 番号	標 高 T. M. S. L. (m)	モーメント (kN・m)						隣接応答倍率 (①/②)
			隣接考慮			隣接非考慮			
			NS方向	EW方向	① 包絡値	NS方向	EW方向	② 包絡値	
燃料集合体	90	14.433	0	0	0	0	0	0	—
	91	13.721	579	747	747	468	500	500	1.50
	92	13.009	965	1250	1250	780	833	833	1.50
	93	12.297	1100	1420	1420	890	951	951	1.50
	94	11.585	964	1240	1240	779	833	833	1.49
	95	10.873	577	735	735	466	498	498	1.48
	96	10.161	0	0	0	0	0	0	—
制御棒案内管	97	10.161	0	0	0	0	0	0	—
	98	9.645	67.1	61.7	67.1	57.3	60.1	60.1	1.12
	99	9.402	92.3	84.1	92.3	78.4	82.2	82.2	1.13
	100	8.395	151	132	151	126	132	132	1.15
	101	7.388	124	107	124	102	107	107	1.16
	102	6.795	65.1	56.4	65.1	52.9	55.6	55.6	1.17
	103	6.347	0	0	0	0	0	0	—
制御棒駆動機構 ハウジング	104	6.347	0	0	0	0	0	0	—
	105	5.817	108	94.5	108	88.3	93.0	93.0	1.17
	106	5.066	301	265	301	251	264	264	1.14
制御棒駆動機構 ハウジング (内側)	107	4.213	65.0	60.0	65.0	56.4	57.2	57.2	1.14
	108	3.361	24.5	18.1	24.5	29.8	28.2	29.8	0.83
	109	2.508	28.1	24.7	28.1	36.1	34.4	36.1	0.78
	110	2.508	35.4	23.0	35.4	30.6	28.6	30.6	1.16
	111	1.655	71.2	57.9	71.2	63.5	67.0	67.0	1.07
	112	0.934	11.1	8.39	11.1	9.49	10.2	10.2	1.09
	112	0.184	0	0	0	0	0	0	—
制御棒駆動機構 ハウジング (外側)	82	5.817	83.3	84.7	84.7	69.2	72.3	72.3	1.18
	83	5.066	22.4	23.9	23.9	25.0	23.5	25.0	0.96
	84	4.213	26.3	25.4	26.3	29.1	28.8	29.1	0.91
	85	3.361	34.1	35.8	35.8	35.2	36.8	36.8	0.98
	86	2.508	24.0	19.5	24.0	27.2	26.0	27.2	0.89
	87	1.655	59.8	52.5	59.8	53.7	54.8	54.8	1.10
	88	0.934	8.75	8.13	8.75	8.37	8.74	8.74	1.01
	89	0.184	0	0	0	0	0	0	—

K7 ① V-2-2-別添 2-2 R1

表 2-3 (3/3) モーメント

構造物名	質点 番号	標 高 T. M. S. L. (m)	モーメント (kN・m)						隣接応答倍率 (①/②)
			隣接考慮			隣接非考慮			
			NS方向	EW方向	① 包絡値	NS方向	EW方向	② 包絡値	
気水分離器及び スタンドパイプ	62	19.472	0	0	0	0	0	0	—
	63	18.716	67.8	72.7	72.7	74.5	71.1	74.5	0.98
	64	17.179	476	516	516	509	490	509	1.02
	65	16.506	743	813	813	767	749	767	1.06
炉心シュラウド	66	15.641	1120	1240	1240	1120	1110	1120	1.11
	67	15.266	1300	1440	1440	1290	1280	1290	1.12
	68	14.433	1760	1950	1950	1730	1710	1730	1.13
	69	13.721	2760	3280	3280	2520	2510	2520	1.31
	70	13.009	3770	4620	4620	3350	3340	3350	1.38
	71	12.297	4790	5940	5940	4180	4170	4180	1.43
	72	11.585	5790	7230	7230	5020	5000	5020	1.44
	73	10.873	6790	8480	8480	5870	5840	5870	1.45
	74	10.161	7790	9730	9730	6720	6690	6720	1.45
	75	9.645	8520	10700	10700	7340	7310	7340	1.46
	75(77)	9.645	531	671	671	426	454	454	1.48
			8960	11300	11300	7660	7680	7680	1.48
	78	9.402	9530	12100	12100	8120	8170	8170	1.49
	79	8.395	12000	15300	15300	10100	10300	10300	1.49
80	7.388	14400	18500	18500	12000	12300	12300	1.51	
81	6.795	15800	20400	20400	13200	13600	13600	1.50	
原子炉冷却材 再循環ポンプ	58	6.253	831	769	831	729	701	729	1.14
	59	5.376	473	432	473	410	392	410	1.16
	60	4.523	211	191	211	182	174	182	1.16
	61	3.671	0	0	0	0	0	0	—

K7 ① V-2-2-別添 2-2 R1

表 2-4 ばね反力

構造物名	ばね反力 (kN)						
	隣接考慮			隣接非考慮			隣接応答倍率 (①/②)
	NS方向	EW方向	① 包絡値	NS方向	EW方向	② 包絡値	
原子炉圧力容器 スタビライザ	492	505	505	604	561	604	0.84
ダイヤフラムフロア	20100	11500	20100	30800	26800	30800	0.66
制御棒駆動機構ハウジング レストレイントビーム	399	366	399	388	389	389	1.03

表 2-5 相対変位

構造物名	質点 番号	標高 T. M. S. L. (m)	相対変位 (mm)						
			隣接考慮			隣接非考慮			隣接応答倍率 (①/②)
			NS方向	EW方向	① 包絡値	NS方向	EW方向	② 包絡値	
燃料集合体	90	14.433	—	—	—	—	—	—	—
	91	13.721	3.8	4.9	4.9	3.1	3.3	3.3	1.49
	92	13.009	6.6	8.4	8.4	5.3	5.7	5.7	1.48
	93	12.297	7.6	9.7	9.7	6.1	6.5	6.5	1.50
	94	11.585	6.6	8.4	8.4	5.3	5.7	5.7	1.48
	95	10.873	3.8	4.9	4.9	3.1	3.3	3.3	1.49
	96	10.161	—	—	—	—	—	—	—

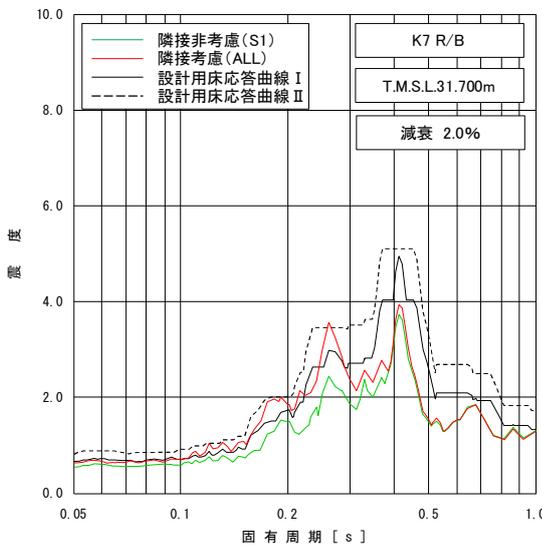
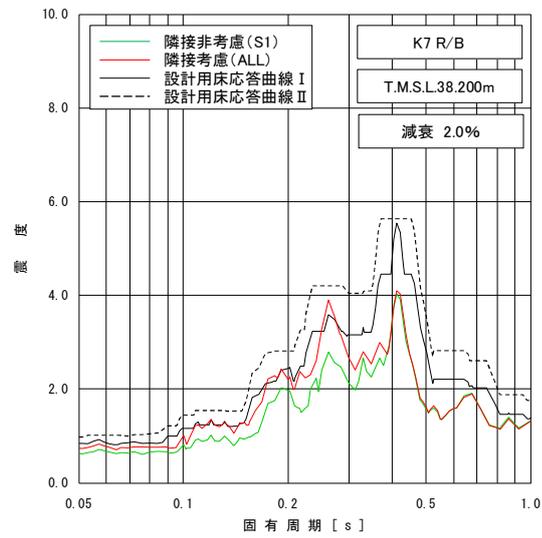
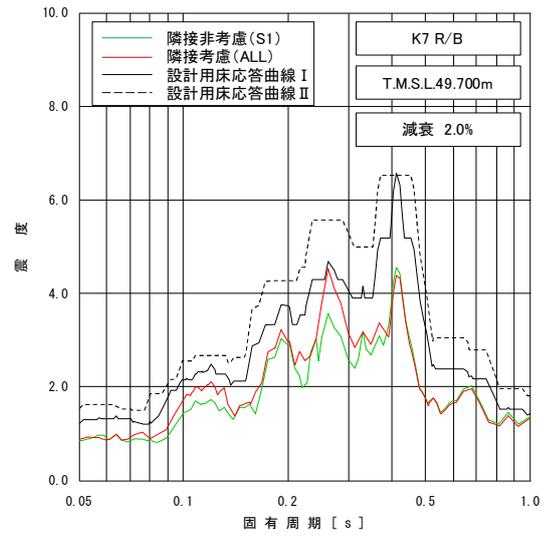


図 2-2 床応答スペクトルの比較 (7号機原子炉建屋, 水平方向, 減衰定数 2.0%) (1/3)

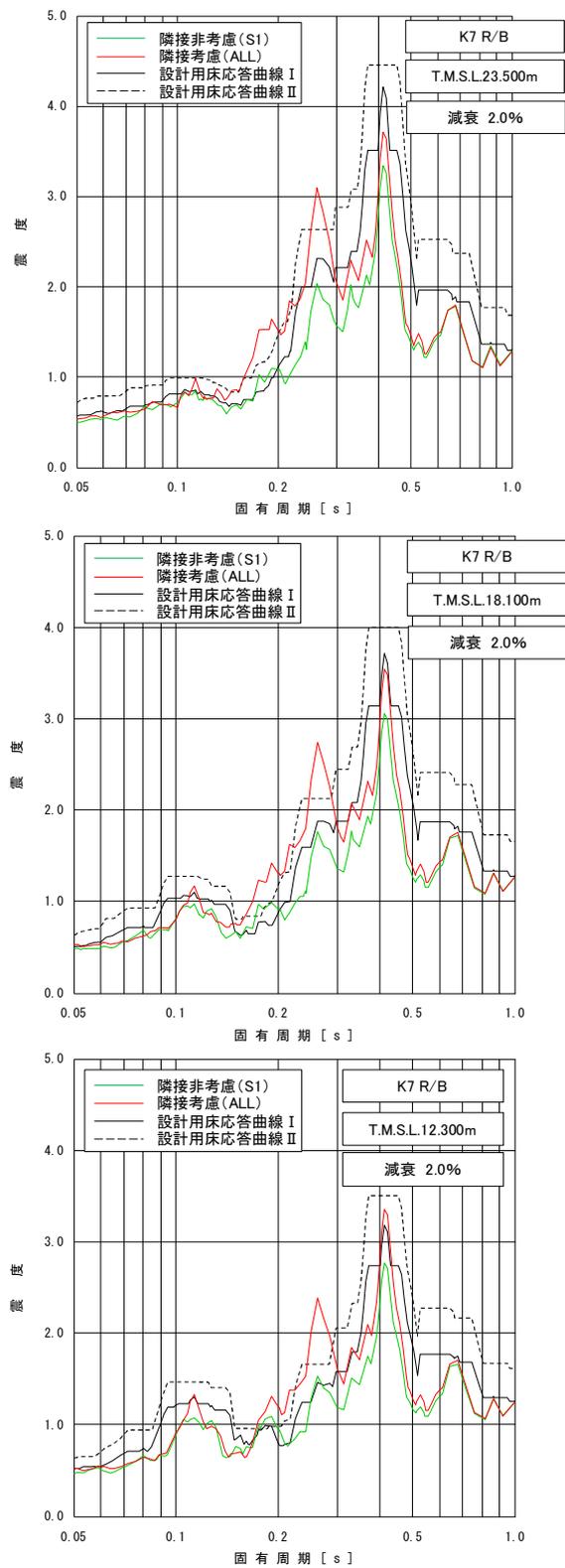


図 2-2 床応答スペクトルの比較 (7号機原子炉建屋, 水平方向, 減衰定数 2.0%) (2/3)

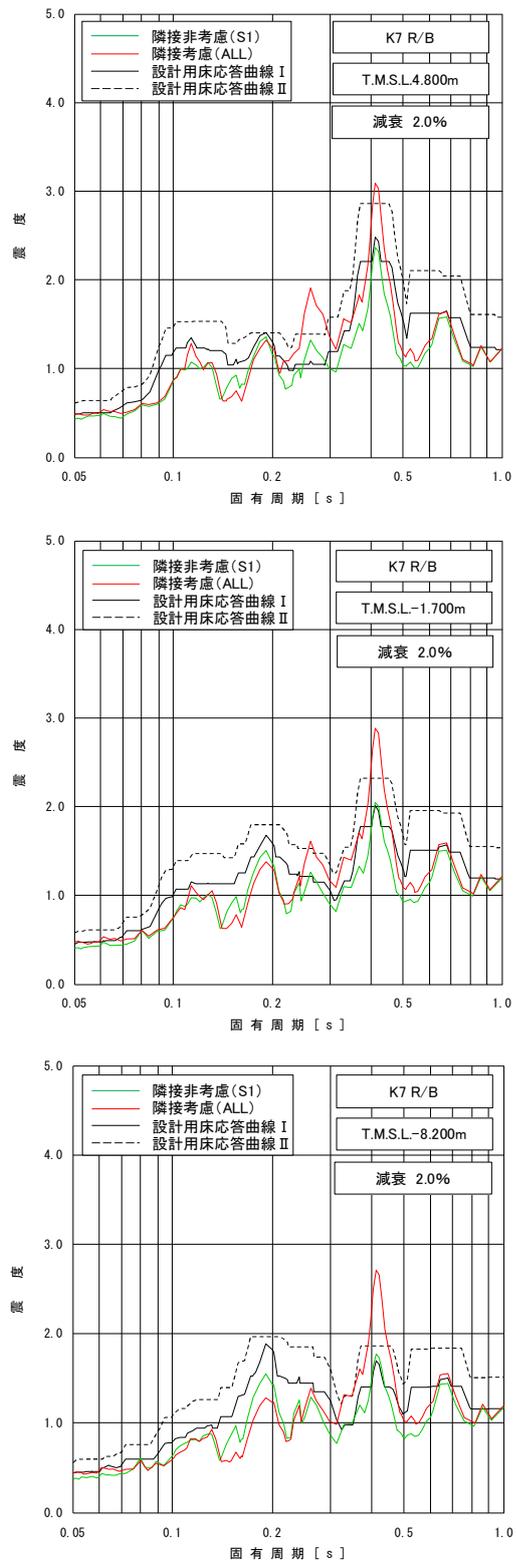


図 2-2 床応答スペクトルの比較 (7号機原子炉建屋, 水平方向, 減衰定数 2.0%) (3/3)

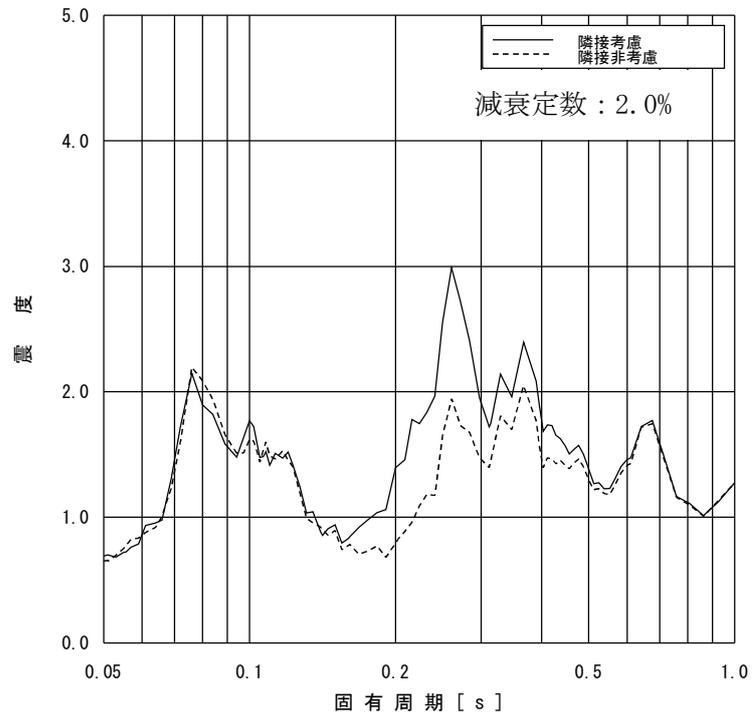


図 2-3 床応答スペクトルの比較
(原子炉遮蔽壁 T. M. S. L. 21. 200m, 水平方向, 減衰定数 2.0%)

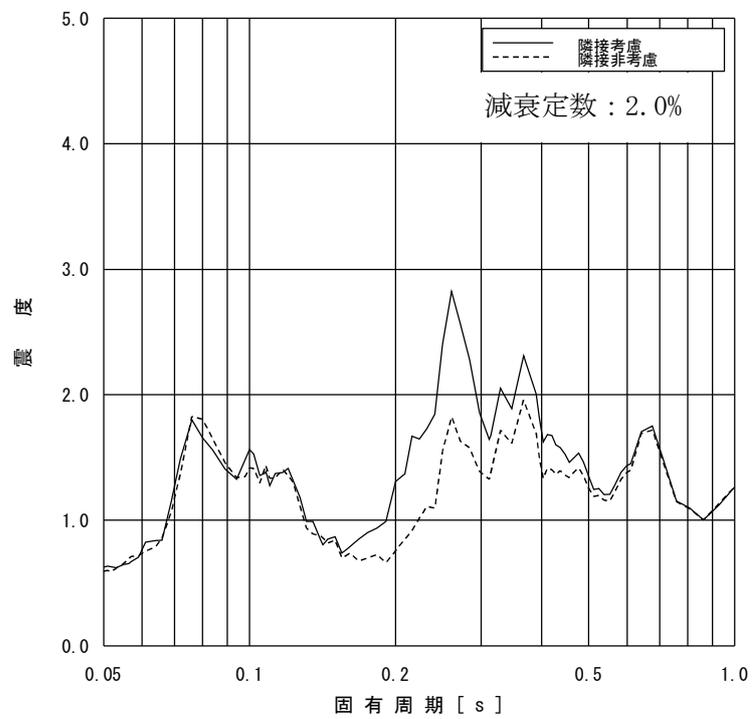


図 2-4 床応答スペクトルの比較
(原子炉遮蔽壁 T. M. S. L. 18. 440m, 水平方向, 減衰定数 2.0%)

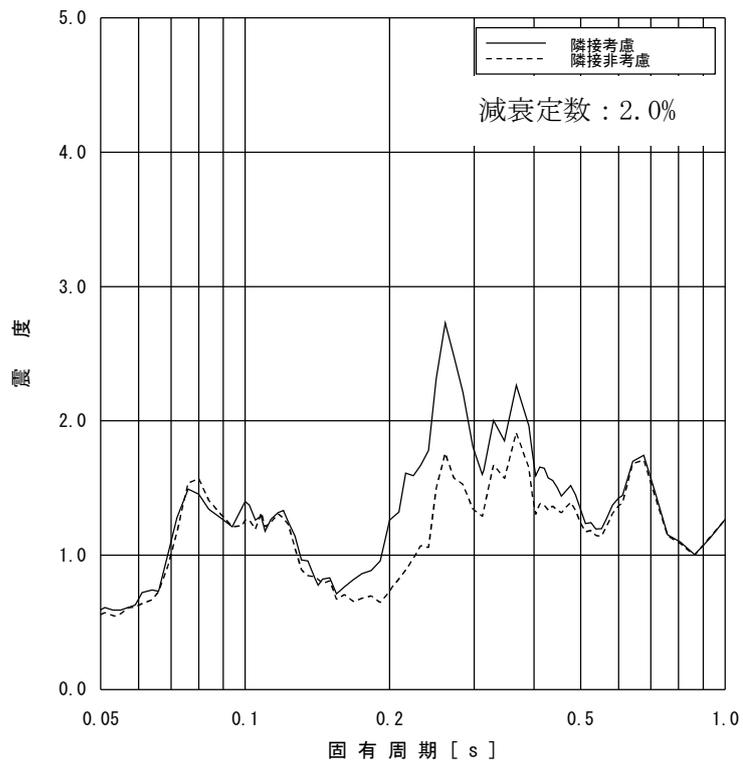


図 2-5 床応答スペクトルの比較
(原子炉遮蔽壁 T. M. S. L. 17.020m, 水平方向, 減衰定数 2.0%)

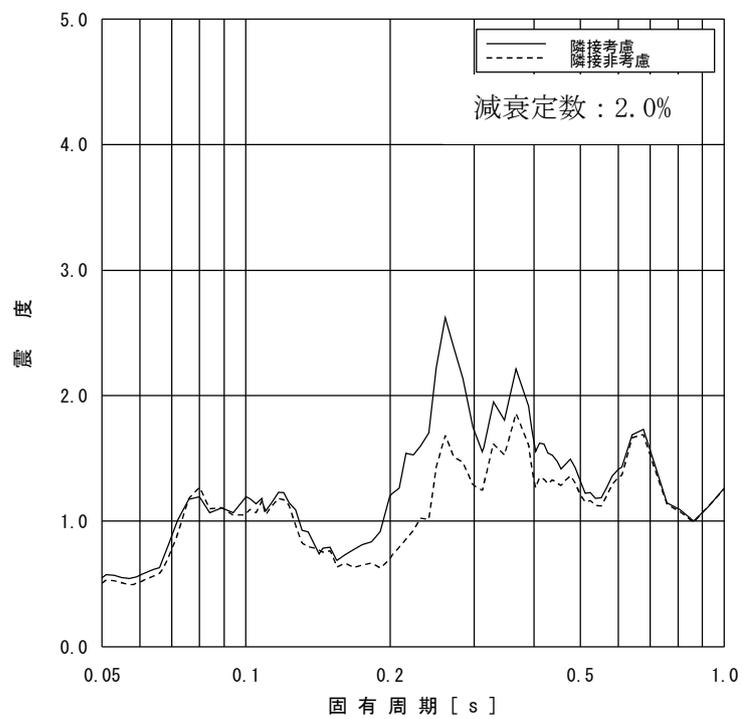


図 2-6 床応答スペクトルの比較
(原子炉遮蔽壁 T. M. S. L. 15.600m, 水平方向, 減衰定数 2.0%)

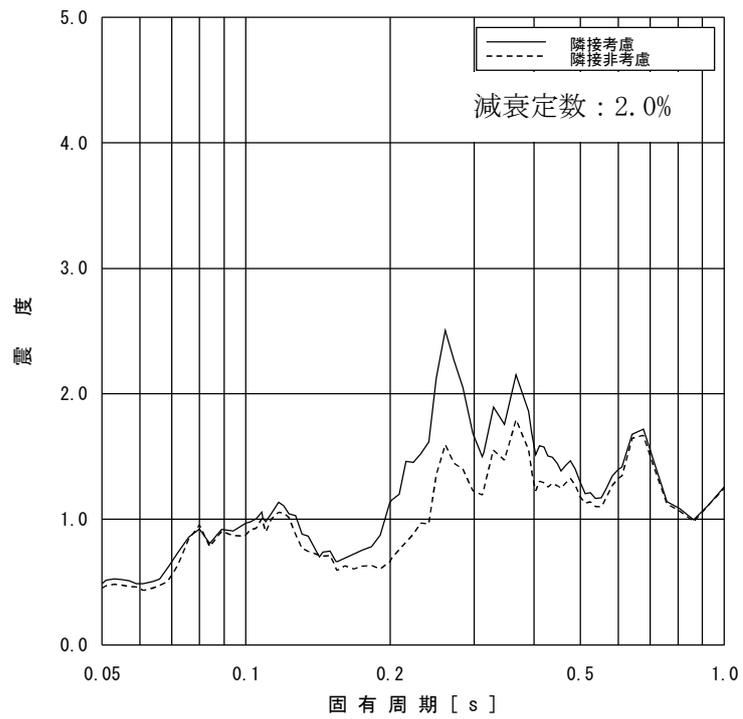


図 2-7 床応答スペクトルの比較
(原子炉遮蔽壁 T. M. S. L. 13. 9500m, 水平方向, 減衰定数 2.0%)

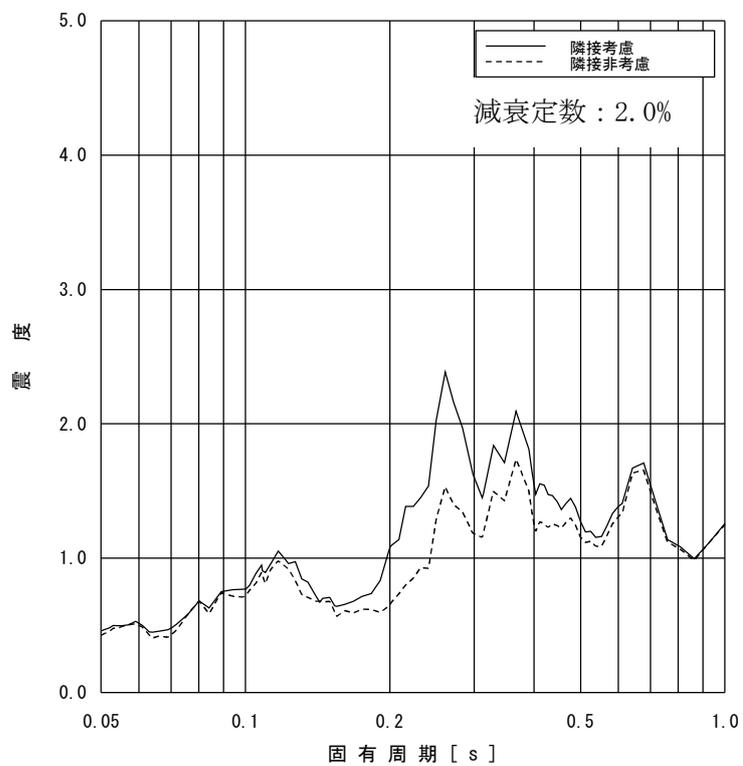


図 2-8 床応答スペクトルの比較
(原子炉本体基礎 T. M. S. L. 12. 300m, 水平方向, 減衰定数 2.0%)

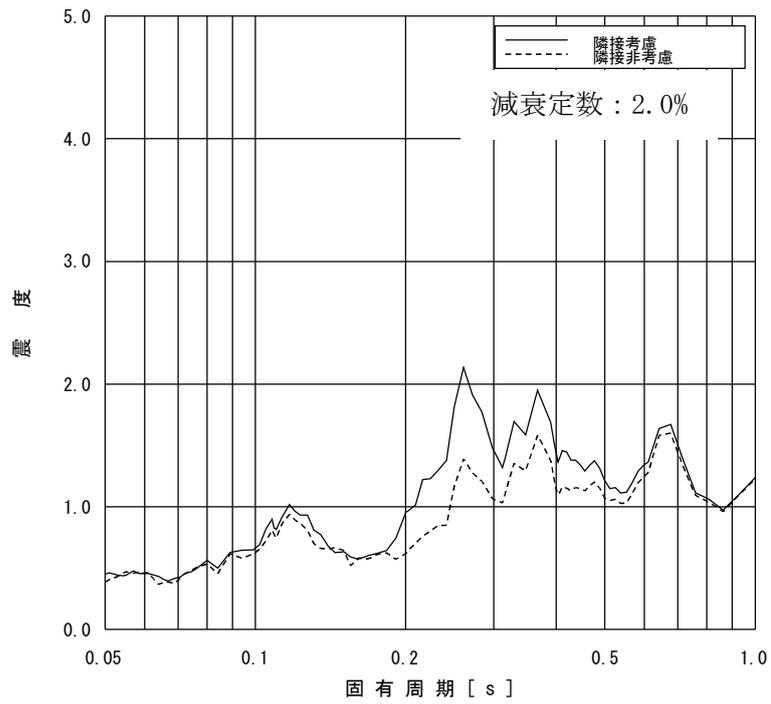


図 2-9 床応答スペクトルの比較
(原子炉本体基礎 T.M.S.L. 8.200m, 水平方向, 減衰定数 2.0%)

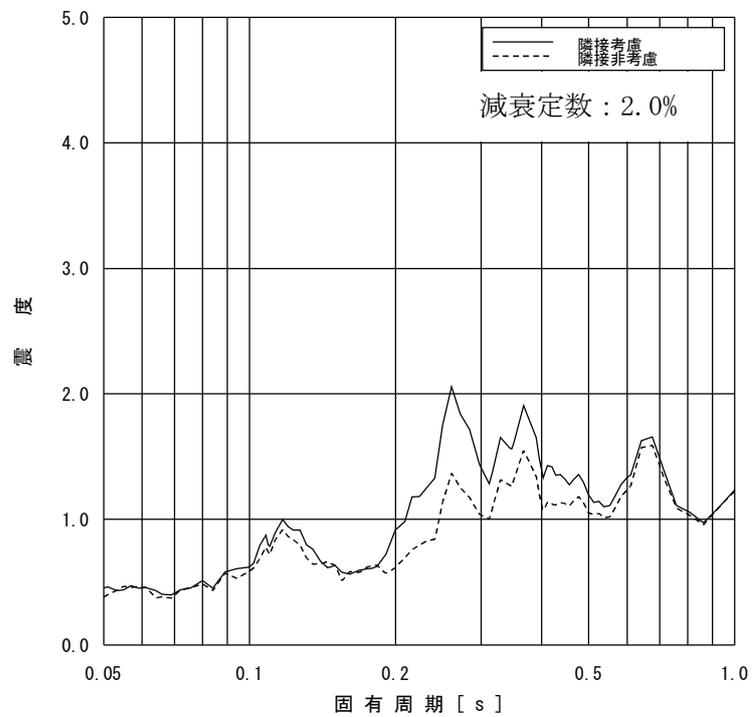


図 2-10 床応答スペクトルの比較
(原子炉本体基礎 T.M.S.L. 7.000m, 水平方向, 減衰定数 2.0%)

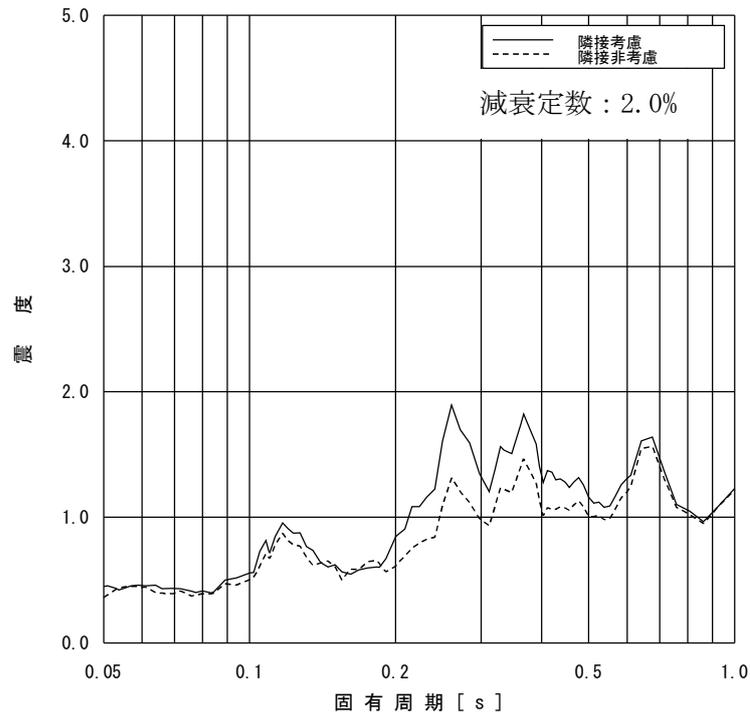


図 2-11 床応答スペクトルの比較
(原子炉本体基礎 T.M.S.L. 4. 500m, 水平方向, 減衰定数 2.0%)

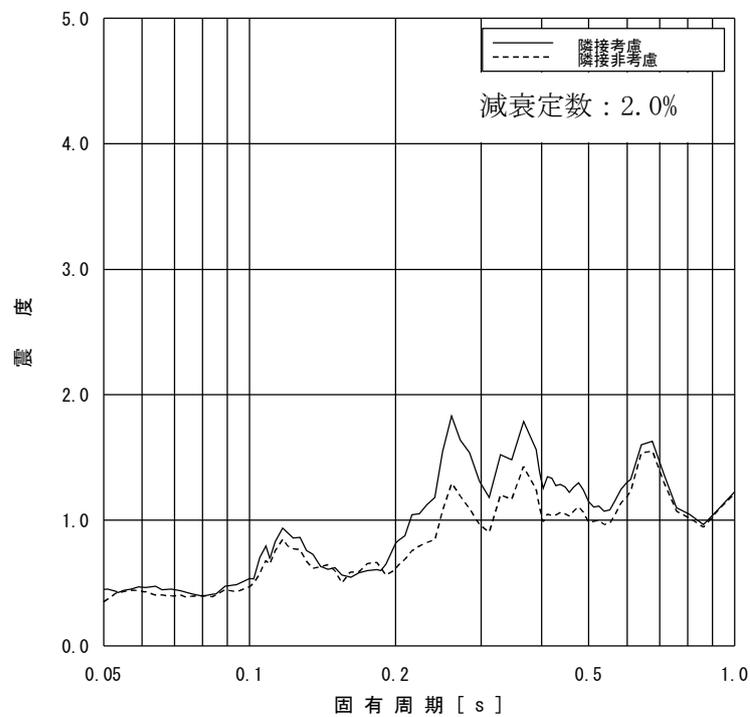


図 2-12 床応答スペクトルの比較
(原子炉本体基礎 T.M.S.L. 3. 500m, 水平方向, 減衰定数 2.0%)

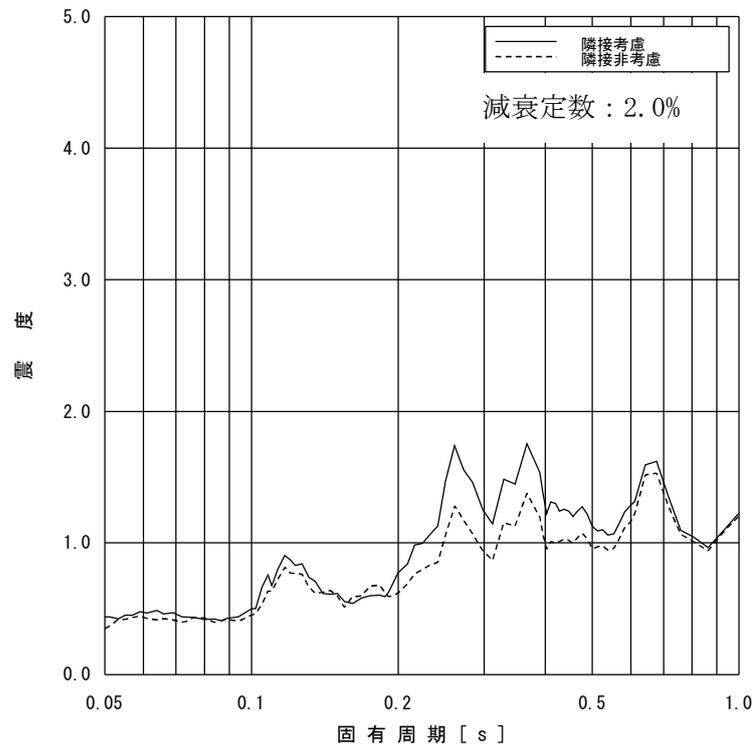


図 2-13 床応答スペクトルの比較
(原子炉本体基礎 T.M.S.L. 1.700m, 水平方向, 減衰定数 2.0%)

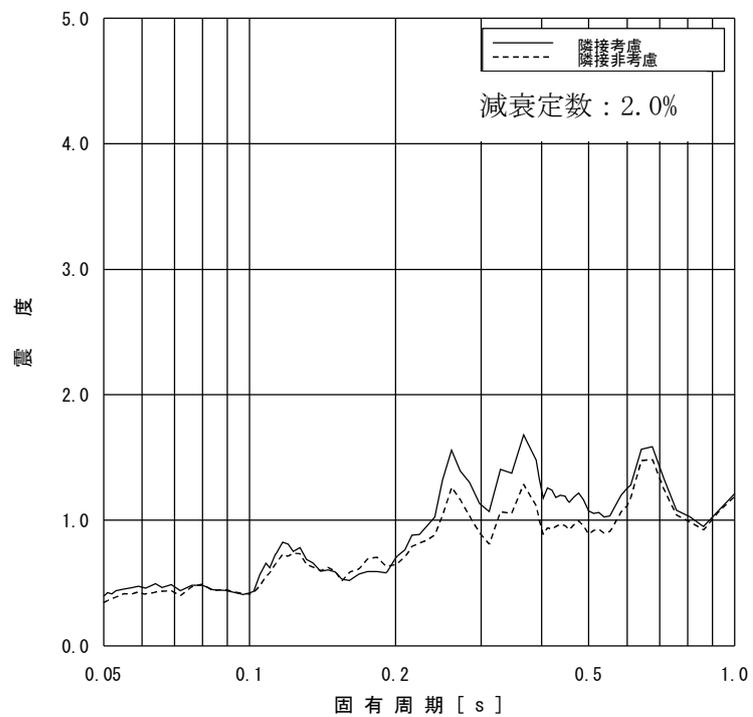


図 2-14 床応答スペクトルの比較
(原子炉本体基礎 T.M.S.L. -2.100m, 水平方向, 減衰定数 2.0%)

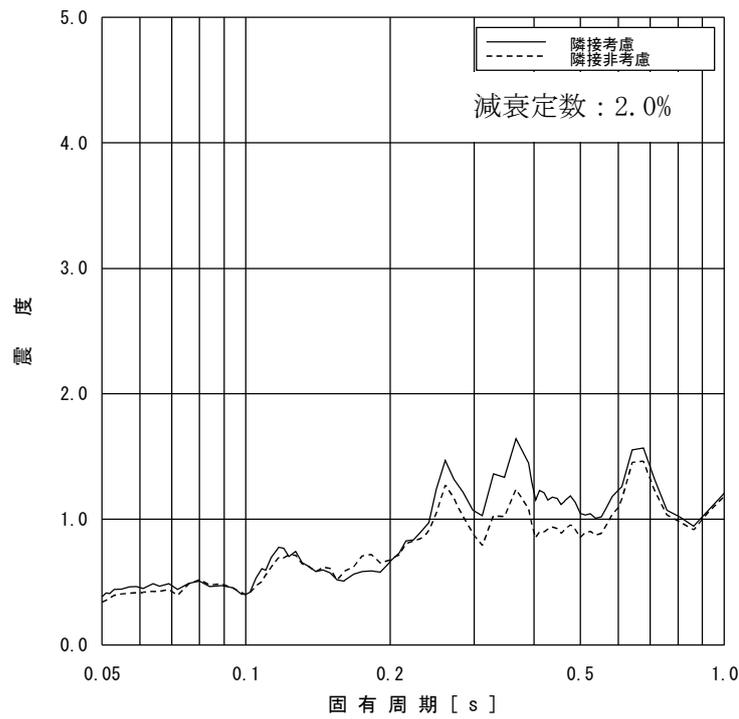


図 2-15 床応答スペクトルの比較
(原子炉本体基礎 T.M.S.L.-4.700m, 水平方向, 減衰定数 2.0%)

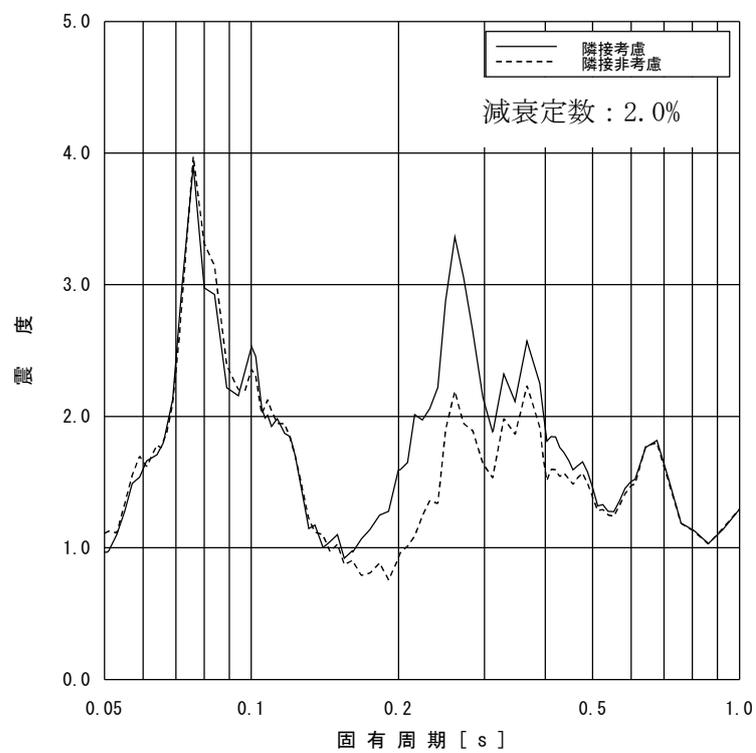


図 2-16 床応答スペクトルの比較
(原子炉圧力容器 T.M.S.L. 26.013m, 水平方向, 減衰定数 2.0%)

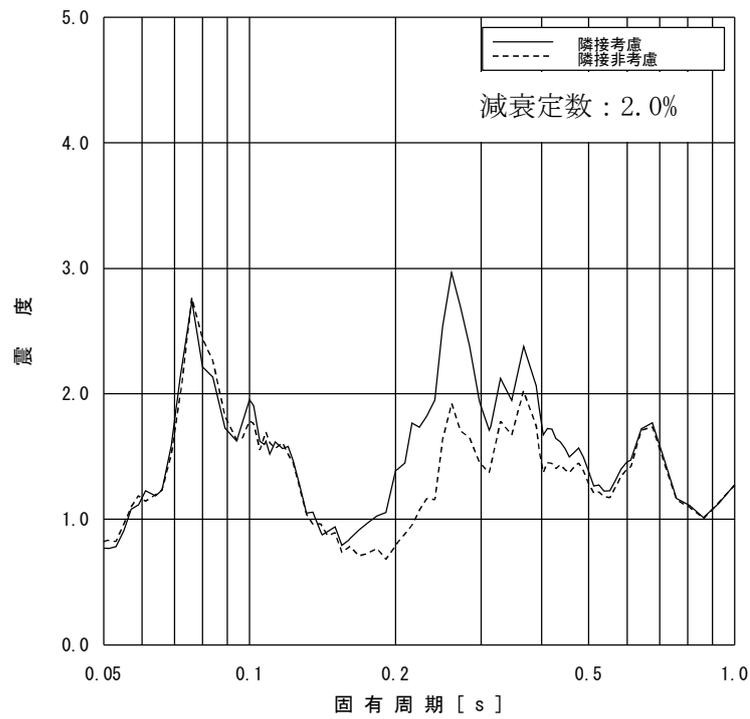


図 2-17 床応答スペクトルの比較
(原子炉圧力容器 T.M.S.L. 20.494m, 水平方向, 減衰定数 2.0%)

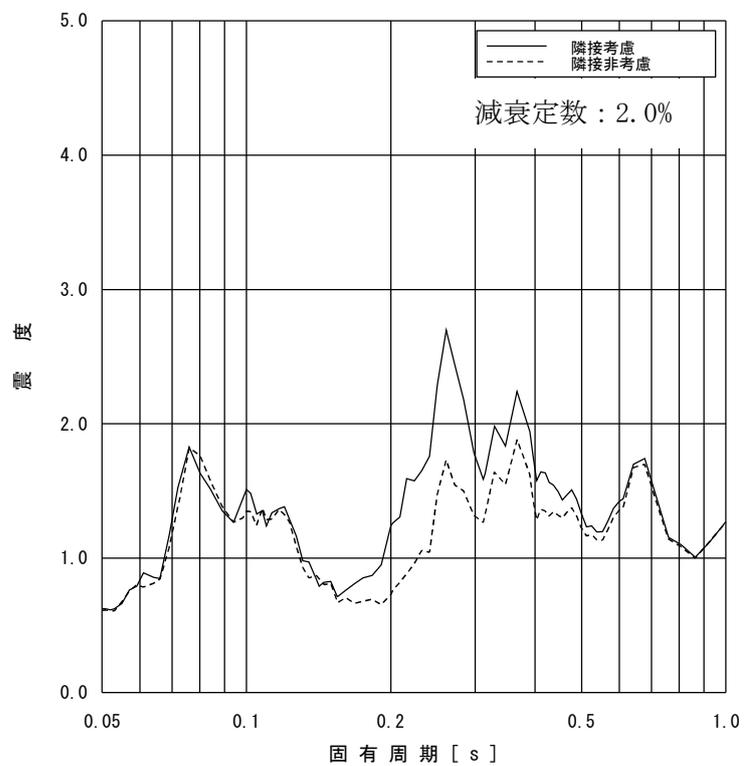


図 2-18 床応答スペクトルの比較
(原子炉圧力容器 T.M.S.L. 16.506m, 水平方向, 減衰定数 2.0%)

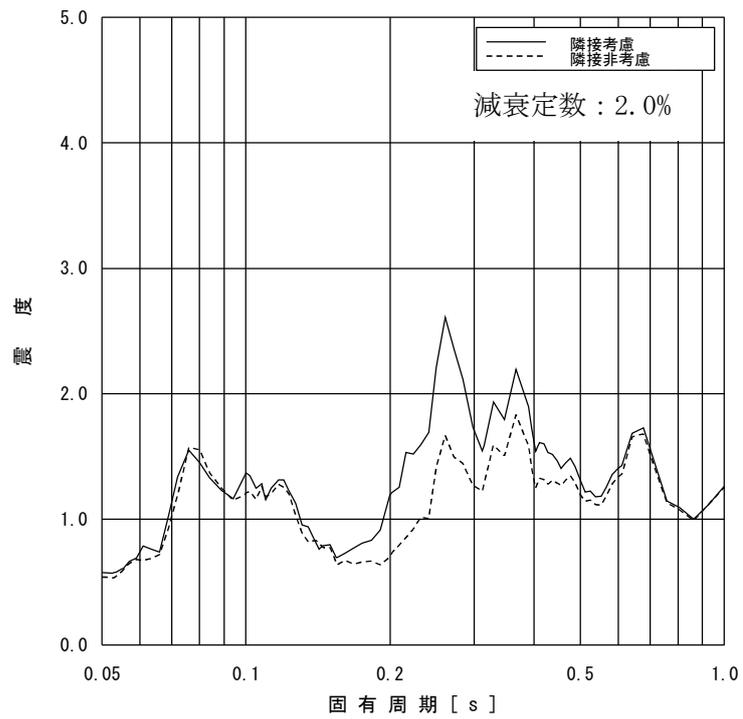


図 2-19 床応答スペクトルの比較
(原子炉压力容器 T. M. S. L. 15. 266m, 水平方向, 減衰定数 2. 0%)

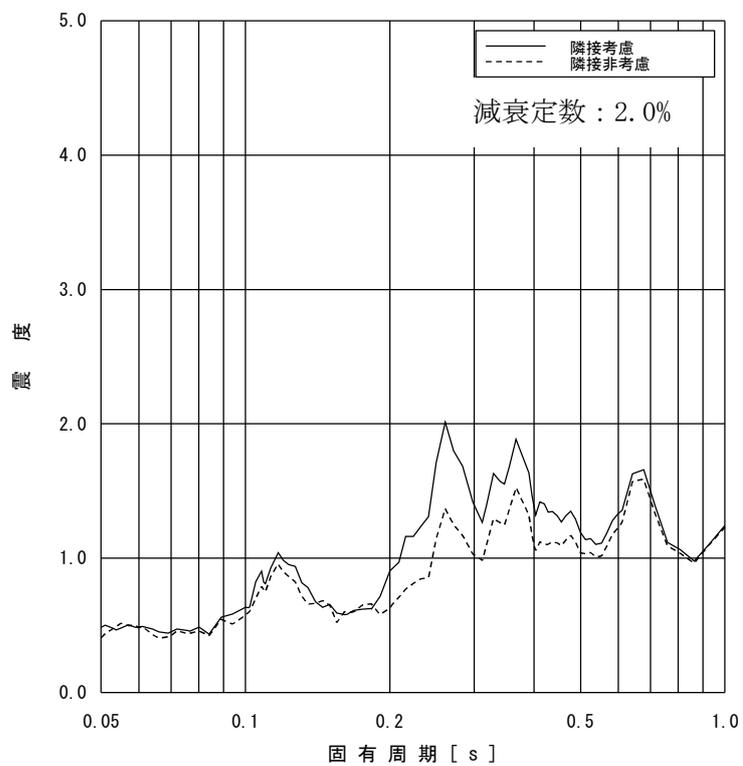


図 2-20 床応答スペクトルの比較
(原子炉压力容器 T. M. S. L. 5. 066m, 水平方向, 減衰定数 2. 0%)

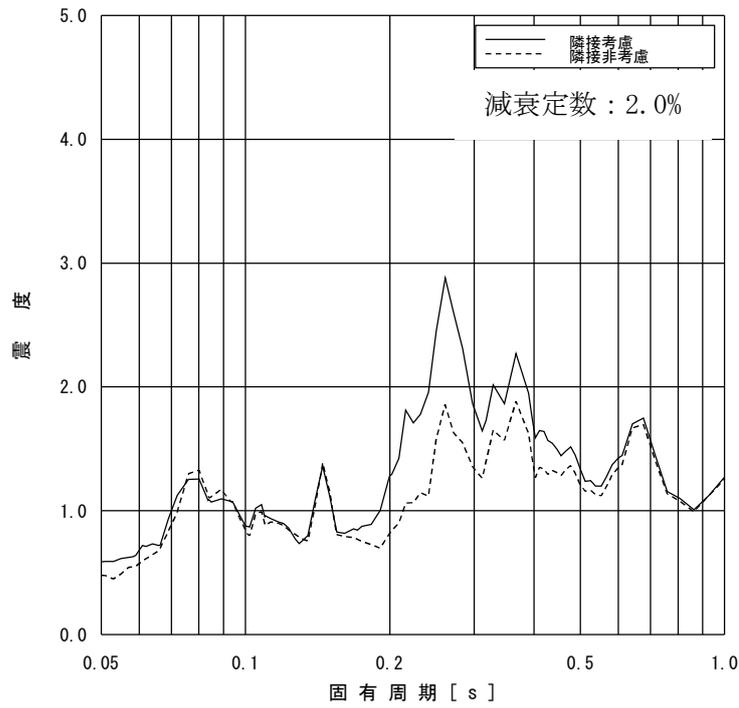


図 2-21 床応答スペクトルの比較

(炉心シュラウド T.M.S.L. 14.433m, 水平方向, 減衰定数 2.0%)

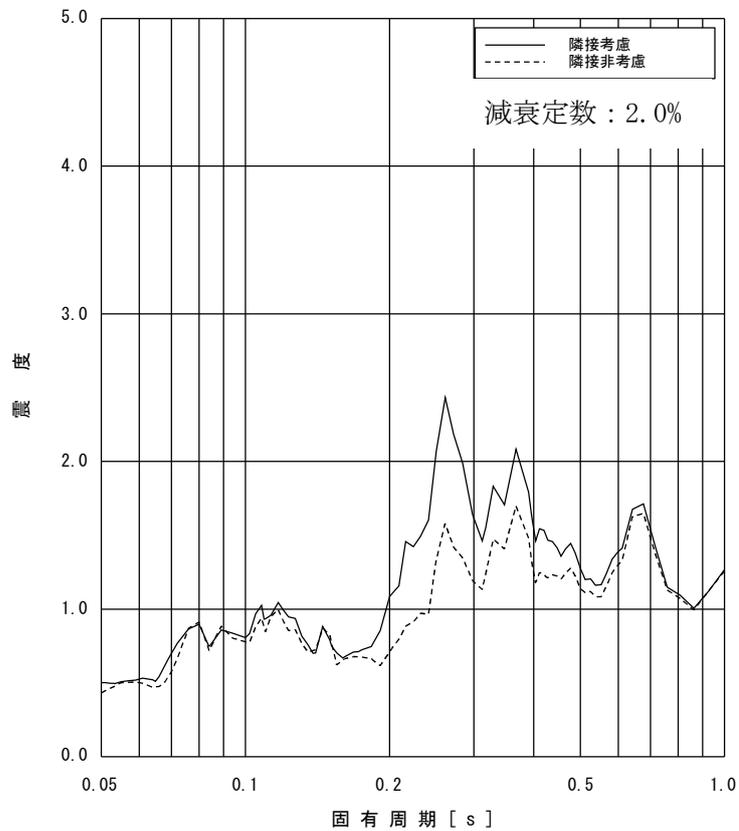


図 2-22 床応答スペクトルの比較

(炉心シュラウド T.M.S.L. 10.161m, 水平方向, 減衰定数 2.0%)

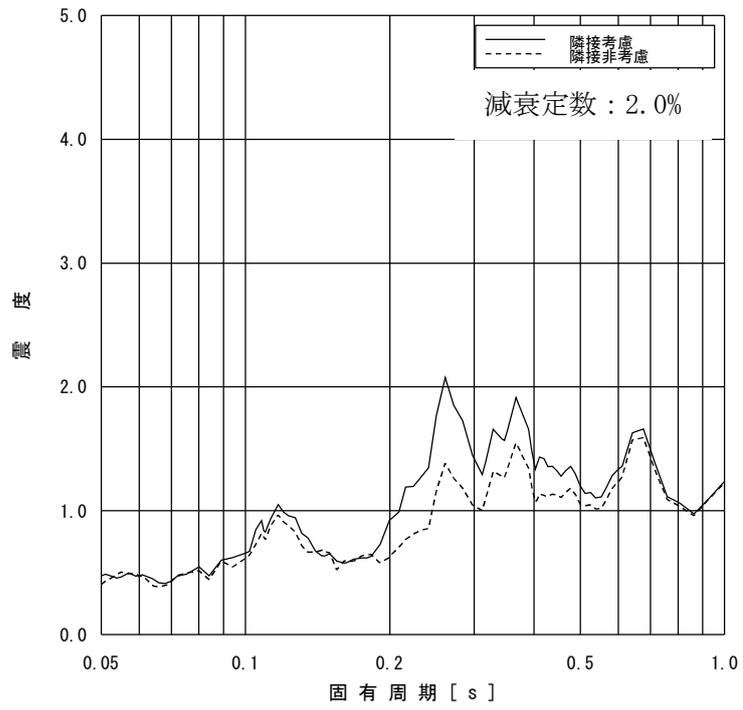


図 2-23 床応答スペクトルの比較

(原子炉冷却材再循環ポンプ T.M.S.L. 6. 253m, 水平方向, 減衰定数 2.0%)

3. 検討結果

簡易評価の結果、裕度が隣接応答倍率を下回り詳細評価が必要となった機器について、評価結果を表 3-1 に示す。

簡易評価で裕度が隣接応答倍率以上となること及び詳細評価で隣接応答倍率を考慮した発生値が許容値以下となることを確認したことから、全ての検討対象について隣接建屋による耐震性への影響がないことを確認した。

表 3-1 評価結果 (1 / 3)

No.	機器名称	建屋	標高 T. M. S. L. (m)	減衰 定数	一次 固有 周期 (s)	簡易評価				詳細評価		
						評価 部位	応力 分類	裕度*1	隣接応答 倍率	発生値 (MPa)	許容値 (MPa)	許容値/発生値
1	配管 (CUW-PD-1)	K7R/B	23.5	2.0%	0.130	配管	一次 +二次	0.87*2 (0.0359)	1.19	360	366	1.01
2	配管 (HPCF-R-3)	K7R/B	-1.7	2.0%	0.173	配管	一次 +二次	0.99*2 (0.0003)	1.19	385	376	0.97*2 (0.0004)
3	配管 (HPCF-W-1)	Rw/B	-1.1	2.0%	0.147	配管	一次 +二次	1.06	1.42	338	356	1.05
4	配管 (MUWC-W-1)	Rw/B	-1.1	2.0%	0.172	配管	一次 +二次	1.06	1.56	342	354	1.03
5	配管 (RCW-T-4)	K7T/B	-1.1	2.0%	0.145	配管	一次 +二次	0.56*2 (0.2071)	1.09	827	450	0.54*2 (0.2546)
6	配管 (HPCF-R-024)	K7R/B	4.8	3.0%	0.076	配管	一次 +二次	1.13	1.16	389	434	1.11
7	配管 (RCW-T-1)	K7T/B	-1.1	2.0%	0.139	配管	一次 +二次	0.98*2 (0.0189)	1.09	486	466	0.95*2 (0.0202)
8	配管 (RCW-T-3)	K7T/B	-1.1	2.0%	0.098	配管	一次 +二次	0.61*2 (0.1617)	1.09	762	466	0.61*2 (0.1628)
9	配管 (RCW-T-5)	K7T/B	-1.1	2.0%	0.161	配管	一次 +二次	1.03	1.09	454	466	1.02
10	配管 (SGTS-R-3)	K7R/B	23.5 ~49.7	2.0%	0.160	配管	一次 +二次	1.19	1.28	378	422	1.11
11	配管 (HCVS-R-1)	K7R/B	12.3 ~31.7	2.0%	0.165	配管	一次 +二次	1.22	1.62	248	300	1.20
12	配管 (FCVS-R-5)	K7R/B	18.1 ~31.7	2.0%	0.164	配管	一次 +二次	1.40	1.59	328	342	1.04

注記*1： 耐震計算書における評価結果の裕度（許容値／発生値）を示す。

*2： 一次+二次応力の計算結果が許容応力を上回るが、疲労評価を実施し疲労累積係数が許容値1を満足することで、耐震性を有することを確認している。（ ）内に疲労累積係数を示す。

表 3-1 評価結果 (2 / 3)

No.	機器名称	建屋	標高 T. M. S. L. (m)	減衰 定数	一次 固有 周期 (s)	簡易評価				詳細評価		
						評価 部位	応力 分類	裕度*1	隣接応答 倍率	発生値 (MPa)	許容値 (MPa)	許容値/発生値
13	使用済燃料 貯蔵プール 水位・温度 (SA 広域)	K7R/B	18.1 ~31.7	1.0%	0.151	支持 架台 (部 材)	組合せ	1.02	1.56	203	205	1.00
14	下部ドライウエ ルアクセストン ネルスリーブ及 び鏡板 (所員用 エアロック付)	K7R/B	-1.7	1.0%	0.090	P3	一次 +二次	0.86*2 (0.266)	1.16	528	393	0.74*2 (0.509)
						P2	一次 +二次	0.88*2 (0.237)	1.16	518	393	0.75*2 (0.462)
15	下部ドライウエ ル所員用 エアロック	K7R/B	-1.7	1.0%	0.090	P12	一次 +二次	0.80*2 (0.369)	1.16	570	393	0.68*2 (0.712)
16	原子炉補機 冷却水系 熱交換器	K7T/B	4.9	—	—	胴板	一次 +二次	0.78*2 (0.827)	1.09	683	497	0.72*2 (0.667*3)

注記*1: 耐震計算書における評価結果の裕度 (許容値/発生値) を示す。

*2: 一次+二次応力の計算結果が許容応力を上回るが、疲労評価を実施し疲労累積係数が許容値 1 を満足することで、耐震性を有することを確認している。() 内に疲労累積係数を示す。

*3: 個別に設定する等価繰返し回数 (120 回) を用いて算出した値。なお、耐震計算書では一律に設定する等価繰返し回数 (200 回) を用いている。

表 3-1 評価結果 (3/3)

No.	機器名称	建屋	標高 T. M. S. L. (m)	減衰 定数	一次 固有 周期 (s)	簡易評価				詳細評価		
						評価 部位	応力 分類	裕度*1	隣接応答 倍率	発生値 (MPa)	許容値 (MPa)	許容値/発生値
1	原子炉本体基礎	K7R/B (大型)	-8.2 ~12.3	—	—	ブラケット部	曲げ応力度	1.09	1.23	408.8	427	1.04
2	燃料集合体	K7R/B (炉内)	12.297	—	—	燃料被覆管	一次 +二次	1.31	1.53	設計比 : 0.87*3		
3	原子炉冷却材再 循環ポンプモー タケーシング	K7R/B (炉内)	5.376 ~6.253	—	—	ケーシング	軸圧縮応力	1.11	1.14	207	207	1.00
4	配管 (CUW-PD-2)	K7R/B (大型)	17.02	1.5%	0.232	配管	一次 +二次	0.58*2 (0.3097)	1.57	542	366	0.67*2 (0.1526)
5	配管 (MS-PD-28)	K7R/B (大型)	18.44	2.0%	0.228	配管	一次 +二次	1.11	1.83	251	300	1.19
6	配管 (MS-PD-29)	K7R/B (大型)	18.44	2.0%	0.247	配管	一次 +二次	1.31	1.70	325	300	0.92*2 (0.6945)
7	配管 (MS-PD-30)	K7R/B (大型)	18.44	2.0%	0.248	配管	一次 +二次	1.03	1.60	252	300	1.19
8	配管 (MS-PW-11)	K7R/B (大型)	1.7	0.5%	0.273	配管	一次 +二次	1.06	1.41	256	278	1.08
9	出力領域モニタ	K7R/B (炉内)	10.161 ~ 14.433	1.0%	0.308	校正用導管 カバーチューブ	一次一般膜+ 一次曲げ応力	1.27	1.39	201	225	1.11

注記*1: 耐震計算書における評価結果の裕度(許容値/発生値)を示す。

*2: 一次+二次応力の計算結果が許容応力を上回るが、疲労評価を実施し疲労累積係数が許容値1を満足することで、耐震性を有することを確認している。()内に疲労累積係数を示す。

*3: 設計比(発生値/許容値)が1以下となることで、耐震性を有することを確認している。