

5. TVF 施設建家の地震応答計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	8
2.1 位置	8
2.2 構造概要	9
2.3 評価方針	15
2.4 準拠規格・基準	16
2.5 使用材料	16
3. 入力地震動	17
3.1 水平方向の入力地震動.....	17
3.2 鉛直方向の入力地震動.....	27
4. 解析モデル	32
4.1 水平方向の解析モデル.....	32
4.2 鉛直方向の解析モデル.....	41
5. 解析結果	44
5.1 固有値解析結果	44
5.2 地震応答解析結果.....	54
6. 基礎浮き上がりの検討.....	62
7. 評価結果	64

1. 概要

本資料は、廃止措置計画用設計地震動(Ss)に対して、ガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟(以下「TVF 開発棟」という)が耐震余裕を有することを説明するものである。

廃止措置計画用設計地震動は、令和2年2月10日付け原規規発第2002103号をもって認可された「国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 核燃料サイクル工学研究所再処理施設に係る廃止措置計画変更認可申請書」において策定した敷地の解放基盤表面における水平成分及び鉛直成分の地震動とする。策定した廃止措置計画用設計地震動の応答スペクトルを図1-1から図1-3に、時刻歴波形を図1-4から図1-6に示す。解放基盤表面は、S波速度が0.7 km/s以上であるT.P.*-303 m(G.L. -309 m)とする。

※T.P. : 東京湾平均海面

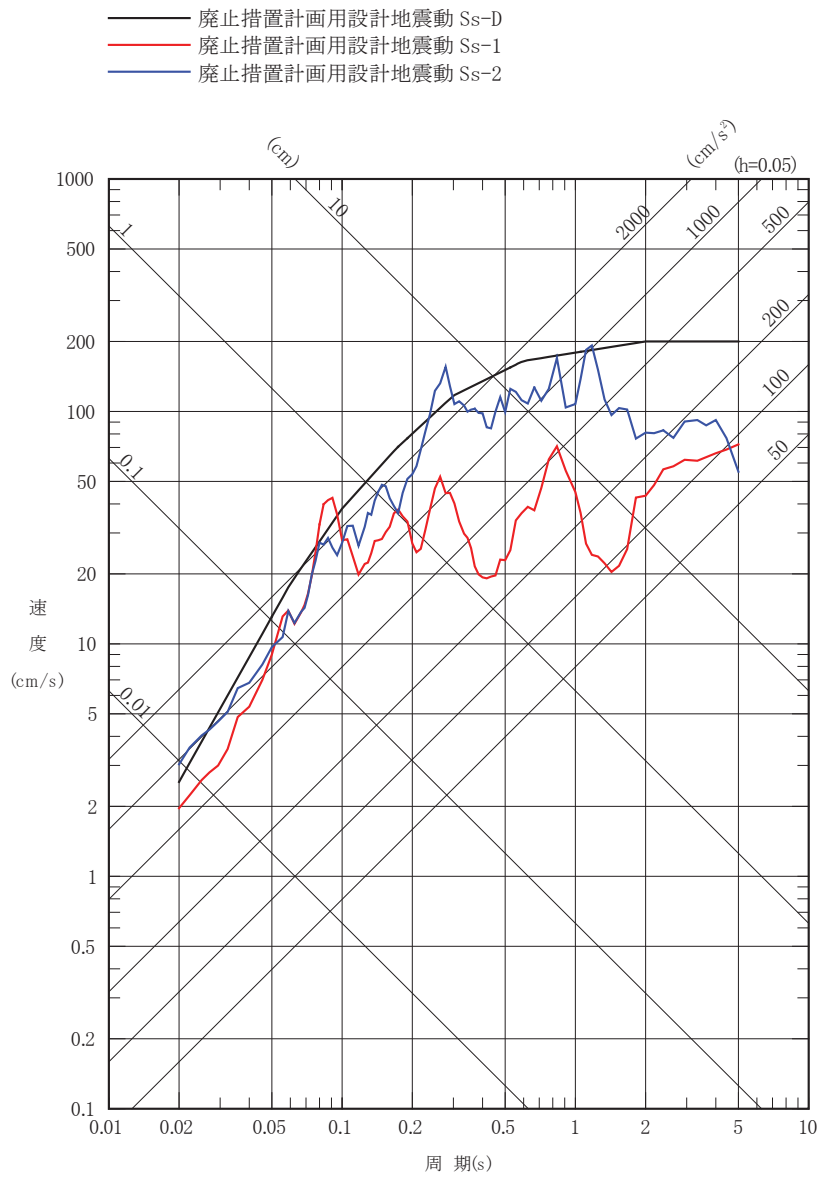


図 1-1 廃止措置計画用設計地震動(Ss)の応答スペクトル(NS成分)

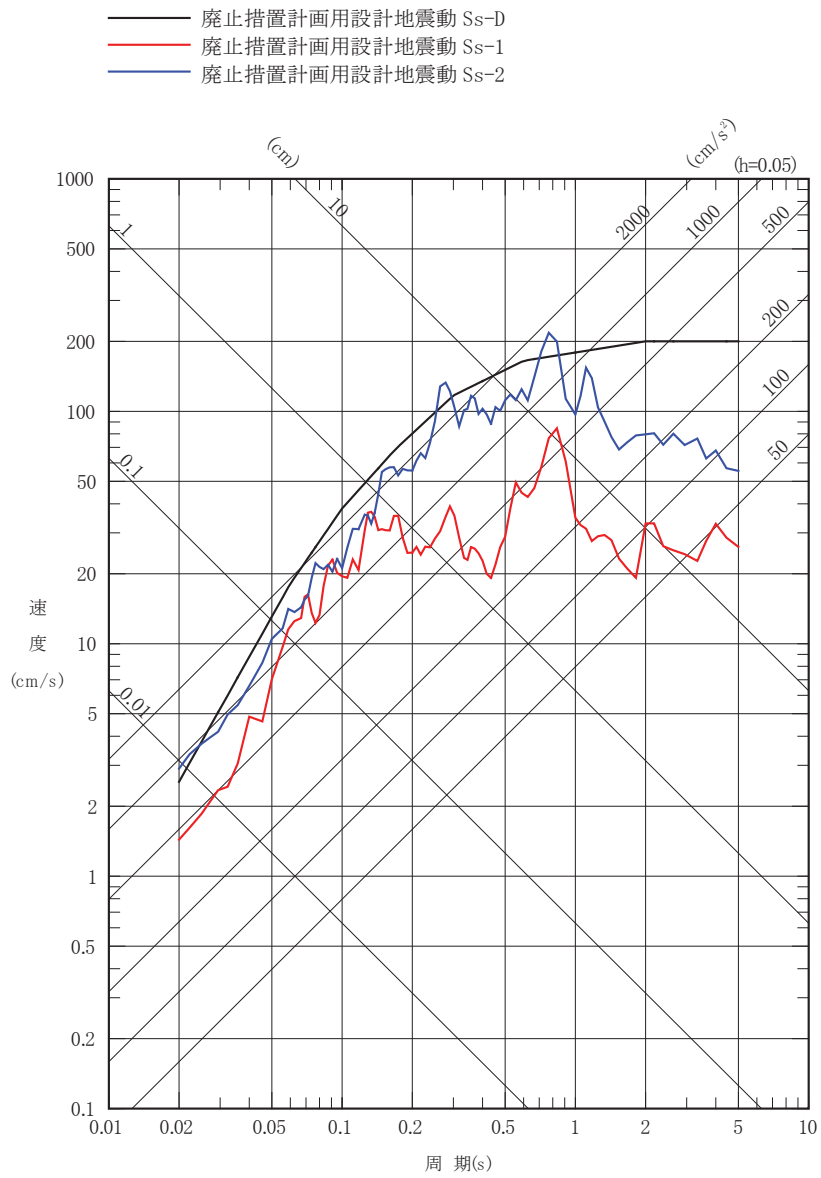


図 1-2 廃止措置計画用設計地震動(Ss)の応答スペクトル(EW成分)

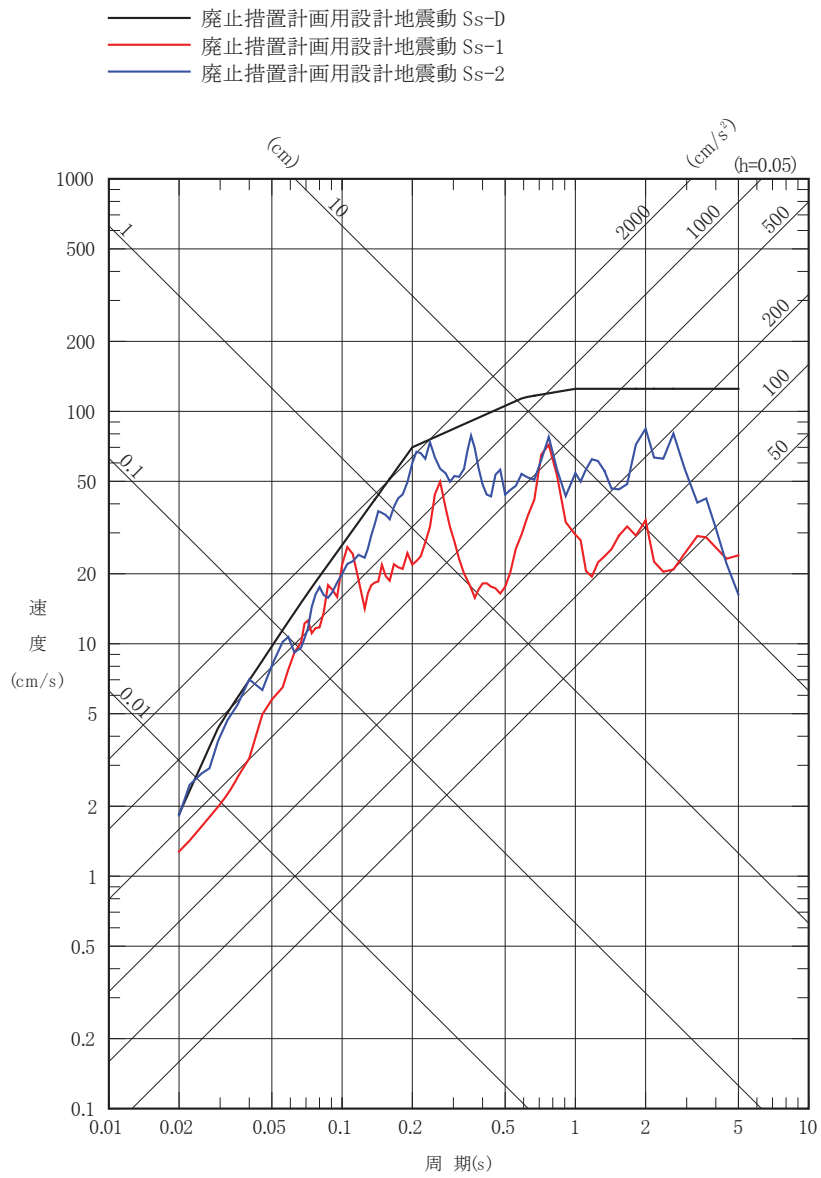


図 1-3 廃止措置計画用設計地震動(Ss)の応答スペクトル(UD成分)

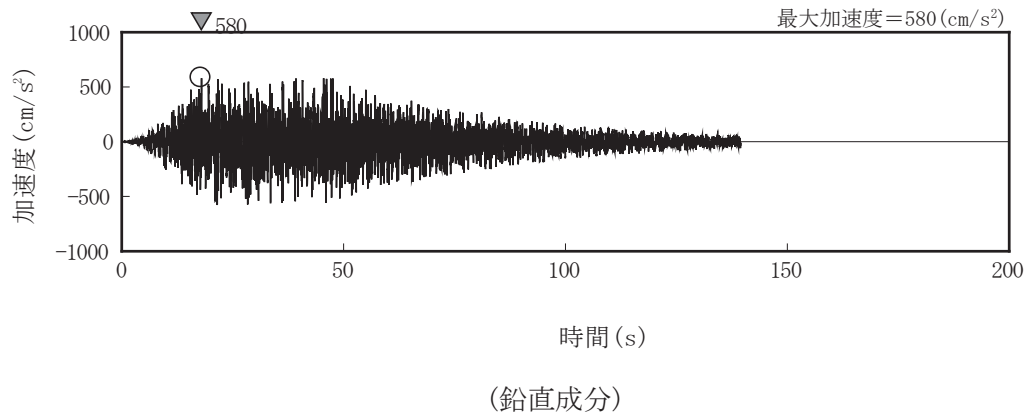
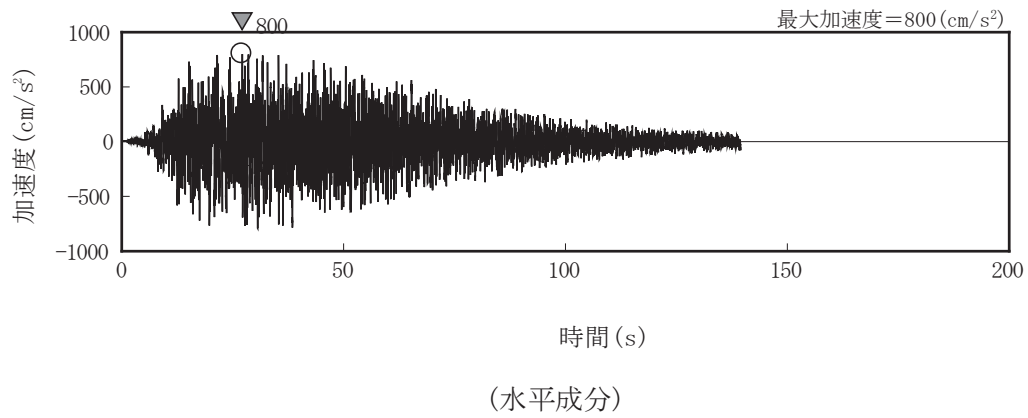


図 1-4 廃止措置計画用設計地震動(Ss-D)の時刻歴波形

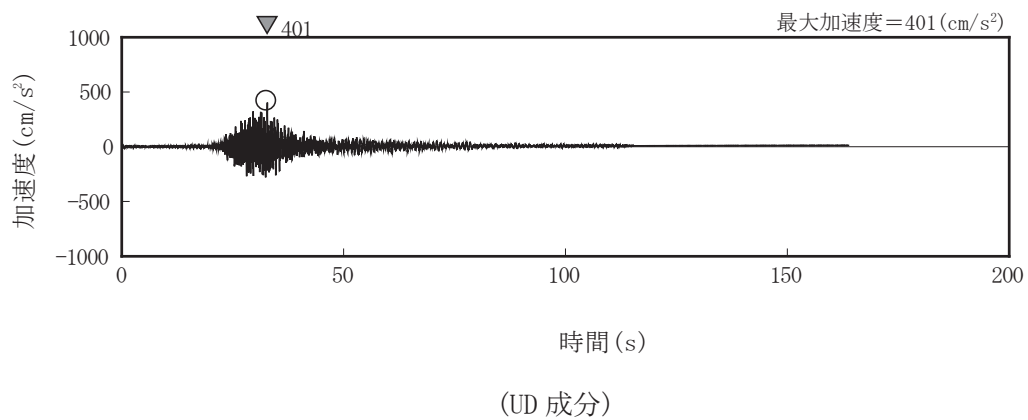
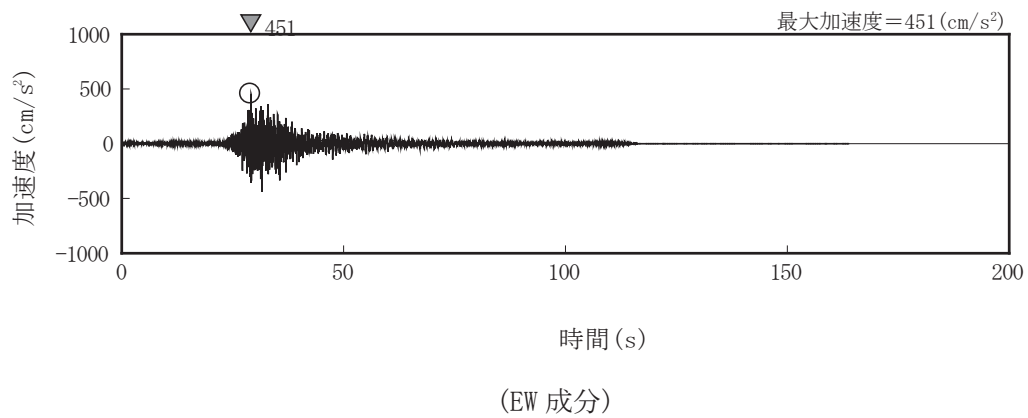
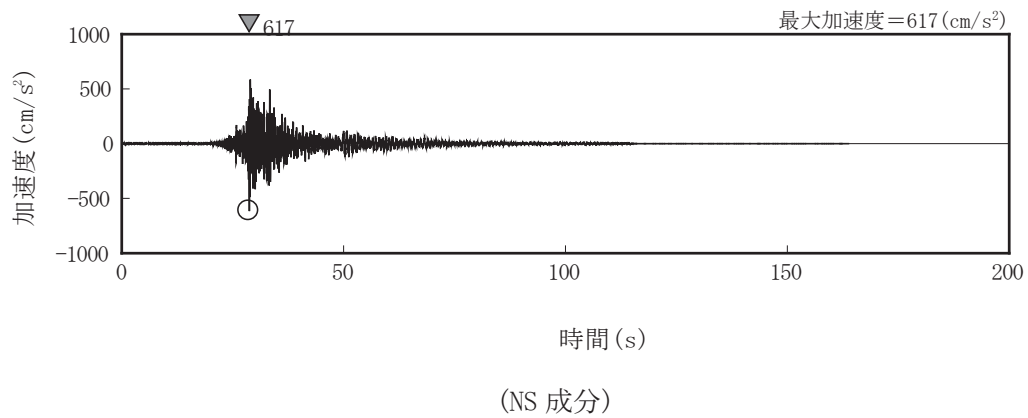


図 1-5 廃止措置計画用設計地震動(Ss-1)の時刻歴波形

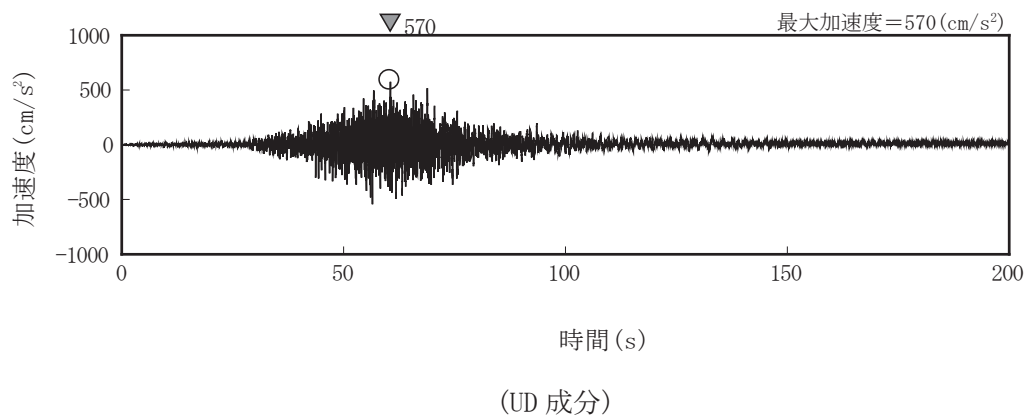
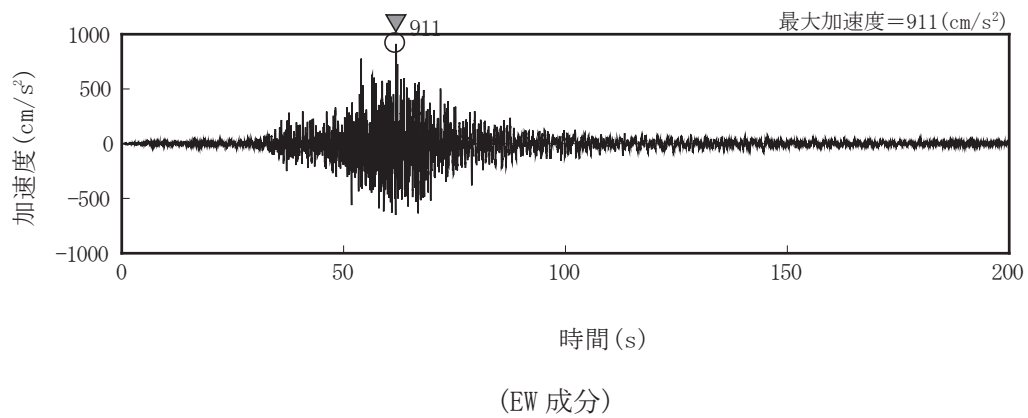
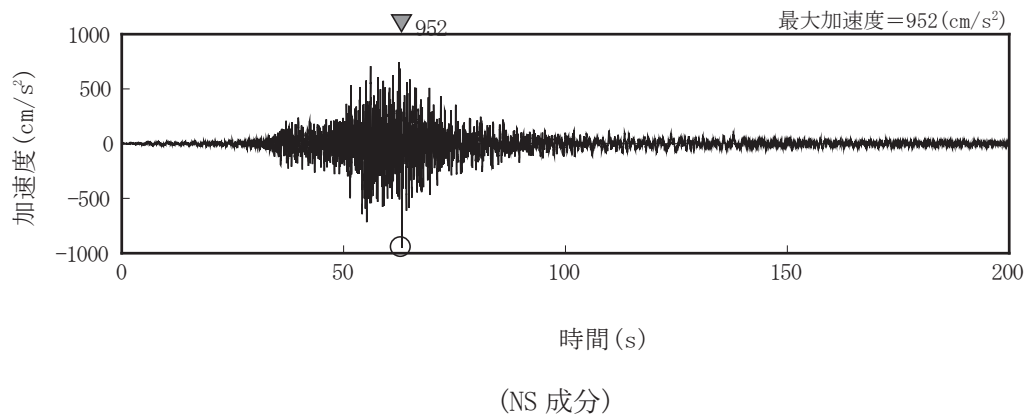


図 1-6 廃止措置計画用設計地震動(Ss-2)の時刻歴波形

2. 一般事項

2.1 位置

TVF 開発棟の位置を図 2-1 に示す。プラントノースと磁北方向の角度差は、 35.7° である。



図 2-1 TVF 開発棟の位置

2.2 構造概要

TVF 開発棟は、平面形状が [] の長方形を成しており、地上高さ [] の鉄骨鉄筋コンクリート造の建家である。基礎は、べた基礎とし、支持地盤である新第三系鮮新統の久米層に設置されている。建家の代表的な平面図及び断面図を図 2-2 から図 2-5 に、支持地盤(久米層)の等高線図及び断面図を図 2-6 から図 2-8 に示す。



図 2-2 TVF 開発棟平面図 (地下 2 階)

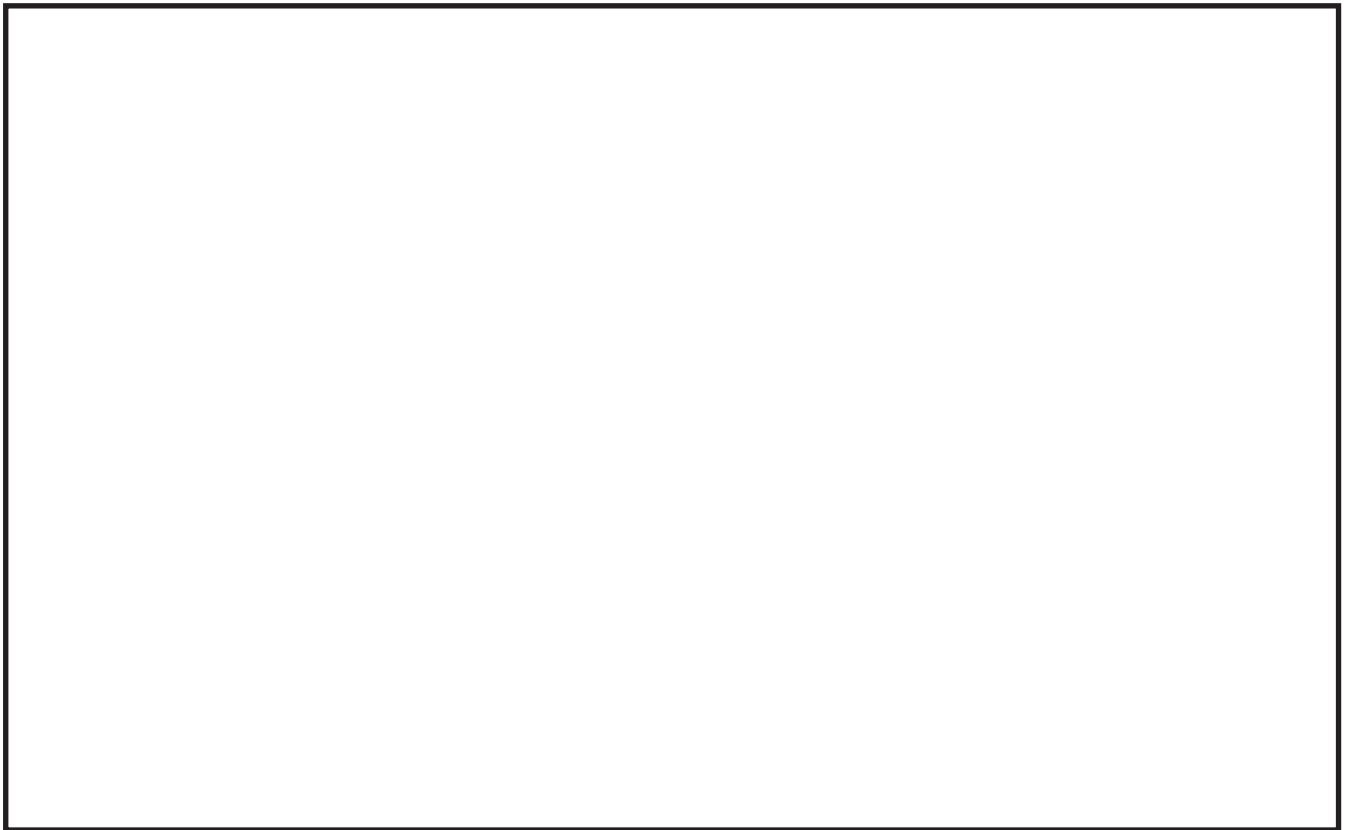


図 2-3 TVF 開発棟平面図 (3 階)

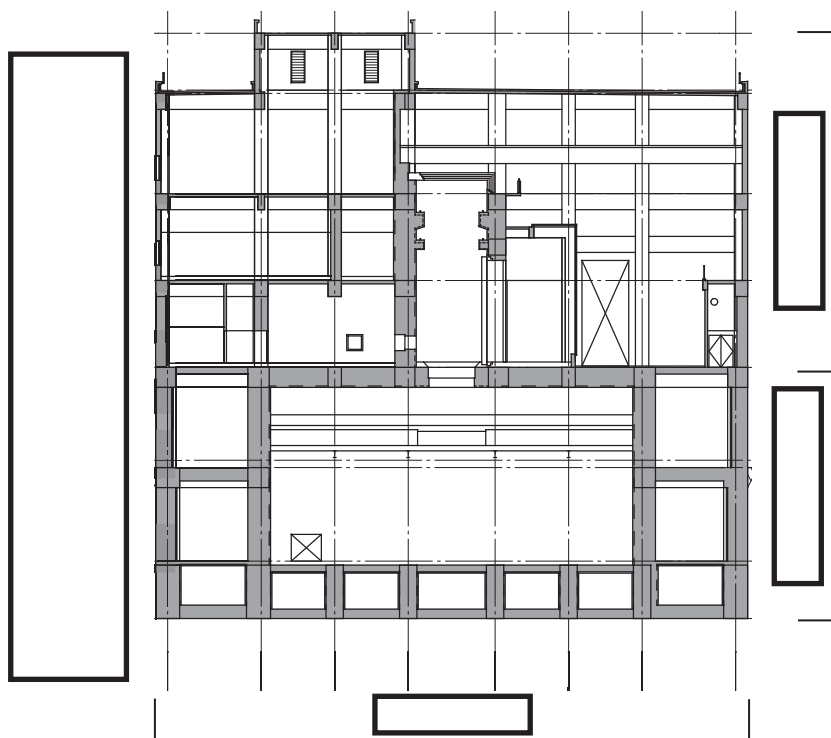


图 2-4 TVF 開發棟断面図 (NS 断面)

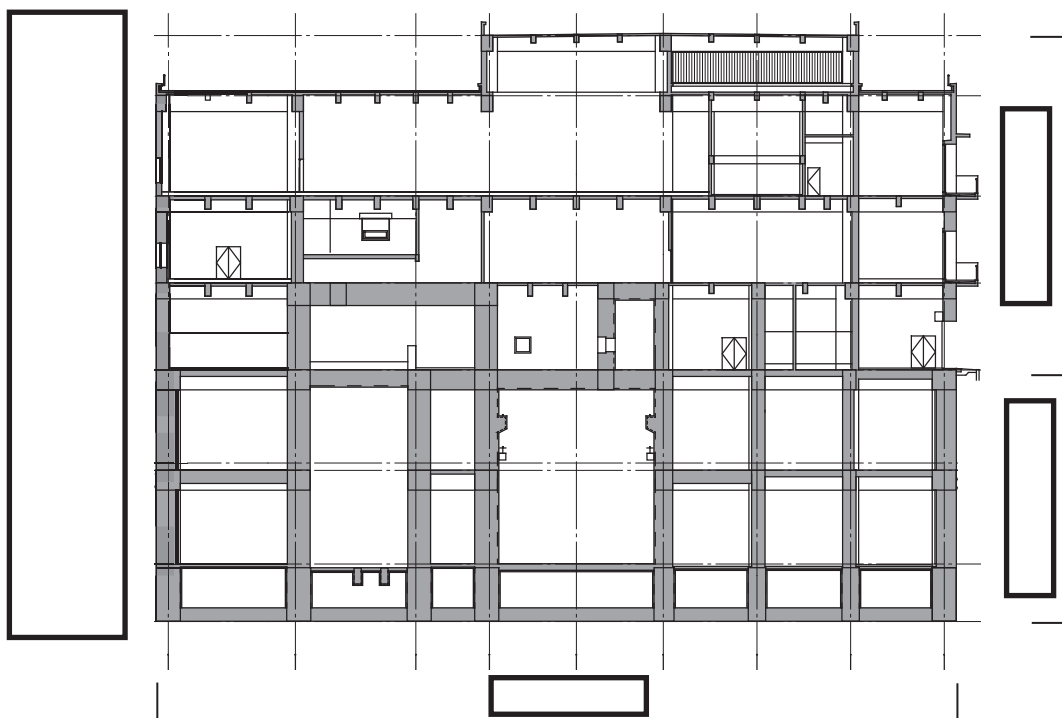


图 2-5 TVF 開發棟断面図 (EW 断面)

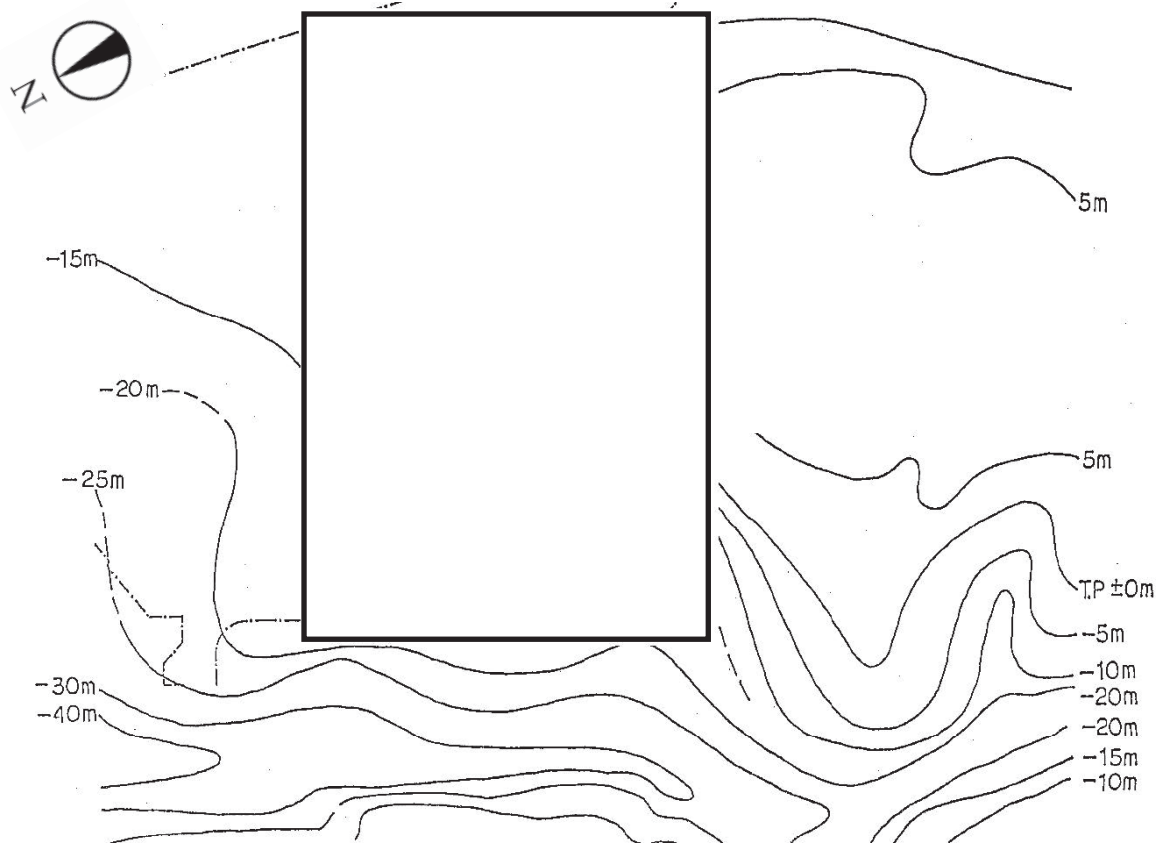
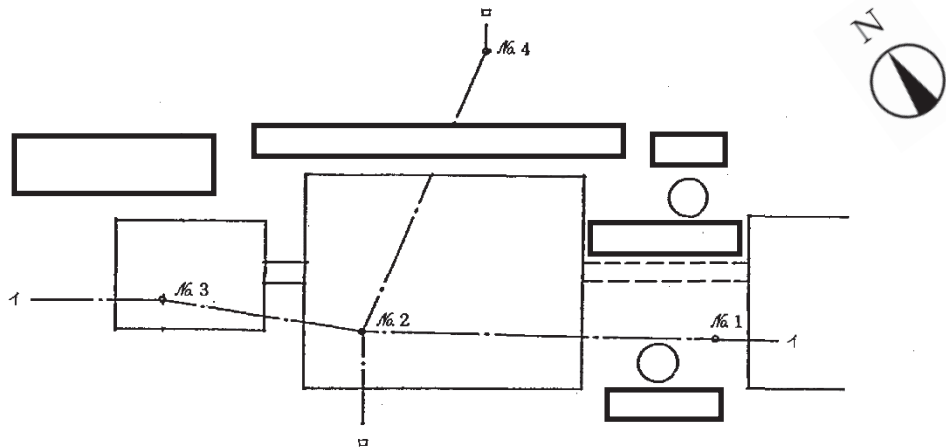
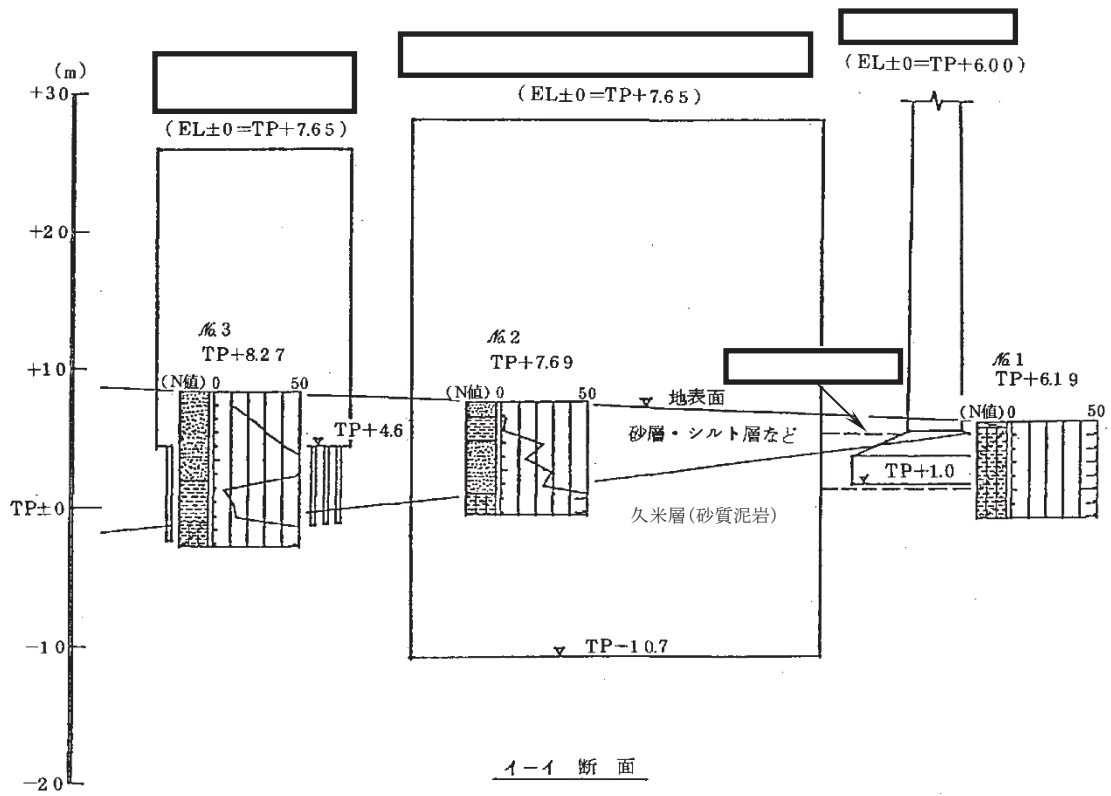


図 2-6 支持地盤(久米層)の等高線図



ボーリング位置図



I-I 断面

注) 断面図の縦と横の縮尺は異なる。
(単位 m)

図 2-7 支持層(久米層)の断面図 (その 1)

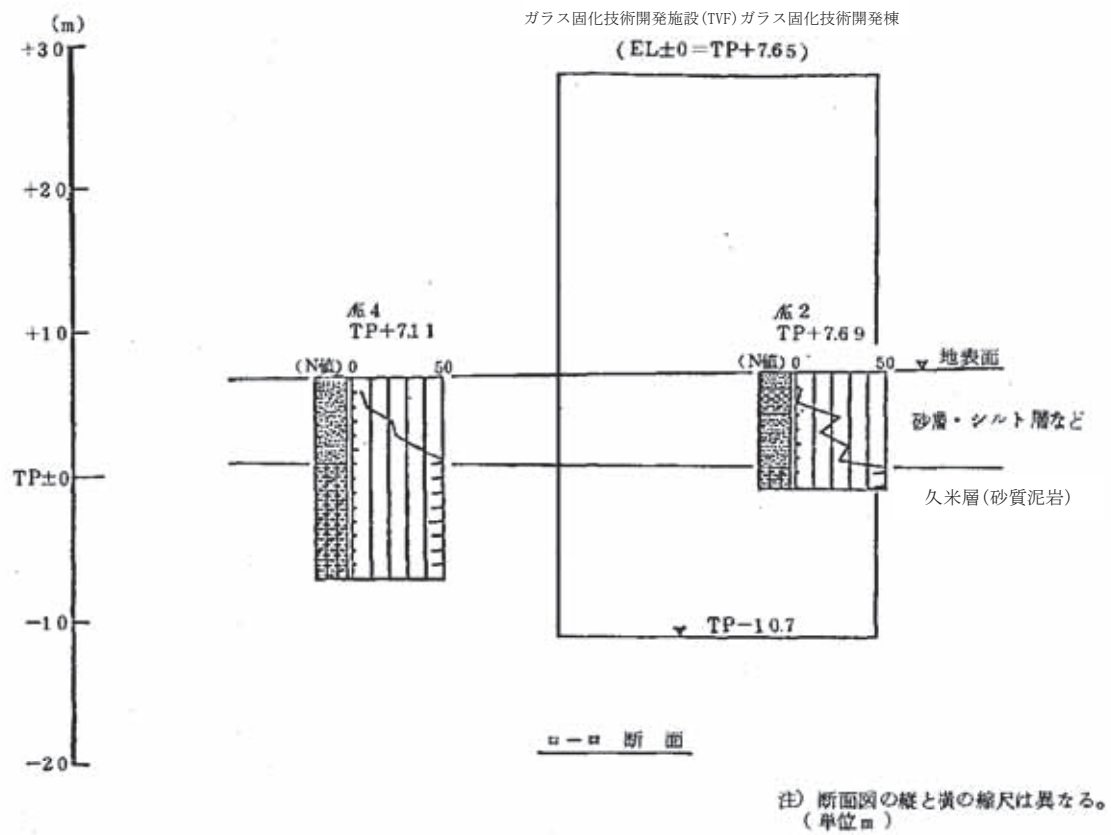


図 2-8 支持層(久米層)の断面図 (その 2)

2.3 評価方針

TVF 開発棟の評価は、廃止措置計画用設計地震動(S_s)による地震応答解析の結果に基づき実施する。

地震応答解析は、建物・構築物の形状、構造特性等を考慮した質点系の解析モデルを水平(NS, EW)方向及び鉛直(UD)方向ごとに設定し実施する。

評価は、耐震壁に生じるせん断ひずみ及び接地圧を算出し、評価基準値を超えないことを確認する。

なお、接地率を算出し、基礎浮き上がりの評価法の適用範囲内であることを確認する。

地震応答解析による応答値は、建物・構築物及び機器・配管系の耐震評価における入力地震動又は入力地震力として用いる。

TVF 開発棟の評価フローを図 2-9 に示す。

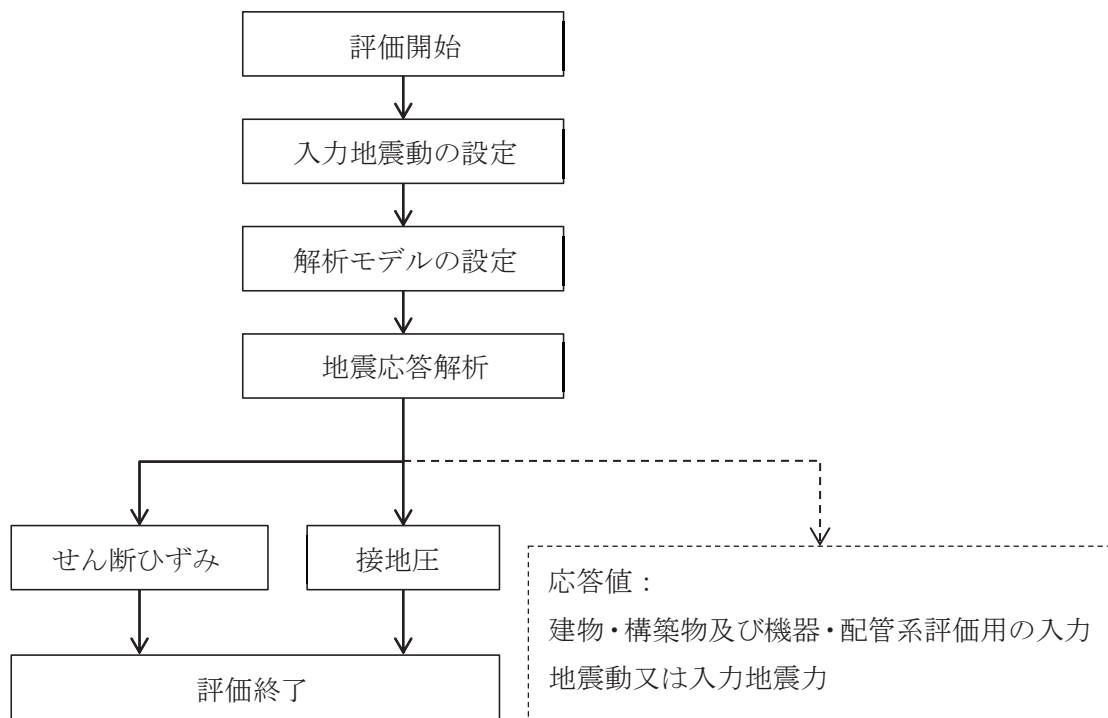


図 2-9 TVF 開発棟の評価フロー

2.4 準拠規格・基準

TVF 開発棟の地震応答解析において、準拠する規格・基準等を以下に示す。

- ・ 建築基準法・同施行令
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601(日本電気協会)
- ・ 原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601(日本電気協会)
- ・ 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説(日本建築学会)
- ・ 建築基礎構造設計指針(日本建築学会)

2.5 使用材料

地震応答解析に用いるコンクリートの材料定数を表 2-1 に示す。

表 2-1 コンクリートの材料定数

対象	設計基準強度 Fc (N/mm ²)	ヤング係数 E (N/mm ²)	ポアソン比 ν
建家	22.1	2.20×10^4	0.2

3. 入力地震動

3.1 水平方向の入力地震動

水平方向の入力地震動は、廃止措置計画用設計地震動(S_s)を解放基盤表面に入力して一次元波動論により算定した建家の基礎底面及び側面地盤ばね位置での応答波とする。

廃止措置計画用設計地震動のうち、NS 及び EW 方向で個別の地震動が定義されている S_s -1 及び S_s -2 については、解放基盤表面への入力前に建家座標系に方位変換する。

算定に用いる地盤モデルは、当該敷地の地層等を考慮して設定された水平成層地盤とし、等価線形化法により地盤の非線形性を考慮する。

水平方向の入力地震動算定の概要を図 3-1 に、地盤の物性値を表 3-1 に、動せん断弾性係数及び減衰定数のひずみ依存性を図 3-2 に示す。入力地震動の算定に使用する解析コードは「Nshake(株式会社ニュージェック)」である。

廃止措置計画用設計地震動(S_s)による地盤の地震応答解析結果を図 3-3 から図 3-7 に、建家の基礎底面位置における水平方向の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図 3-8 から図 3-10 に示す。

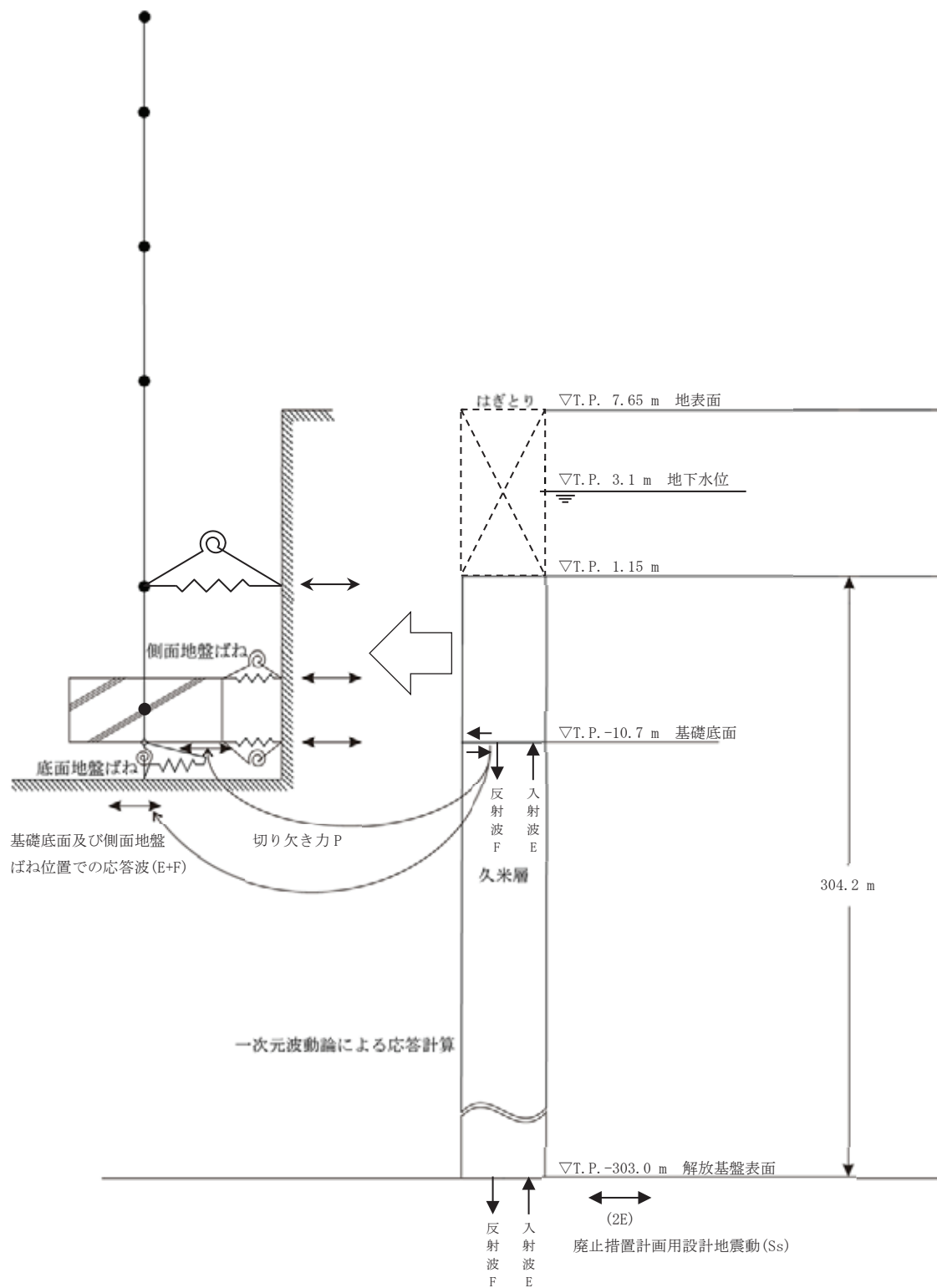
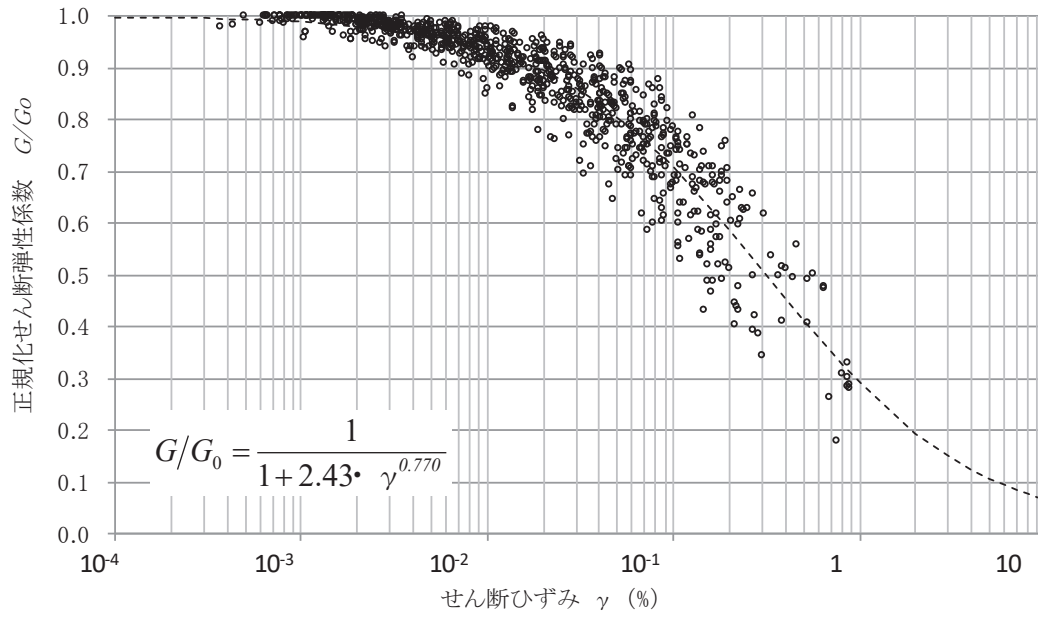


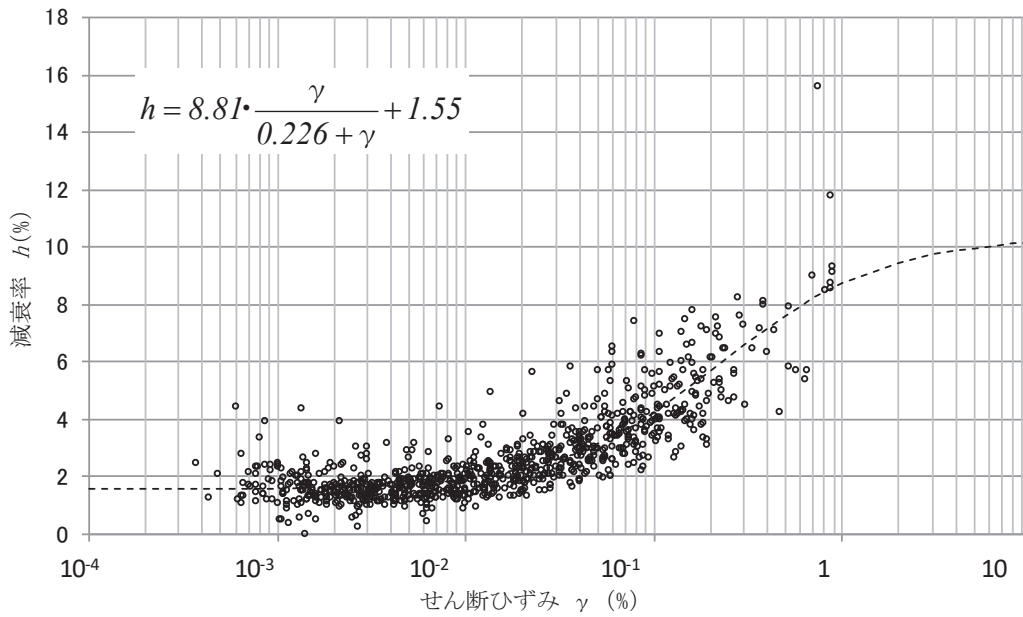
図 3-1 入力地震動算定の概要 (水平方向)

表 3-1 地盤の物性値

標高 T. P. (m)	地質名	地層 分類	湿潤密度 ρ_t (g/cm ³)	動ポア ソン比 ν_d	動せん断 弾性係数 G ₀ (MN/m ²)
1.15					
-10.0	久米層	Km1	1.77	0.455	427
-62.0		Km2	1.77	0.451	466
-92.0		Km3	1.77	0.447	515
-118.0		Km4	1.77	0.444	549
-169.0		Km5	1.77	0.440	596
-215.0		Km6	1.77	0.436	655
-261.0		Km7	1.77	0.431	711
-303.0		▽解放基盤表面	Km8	1.77	0.426
	解放基盤		1.77	0.417	867



(a) 動せん断弾性係数



(b) 減衰定数

図 3-2 動せん断弾性係数及び減衰定数のひずみ依存性(久米層)

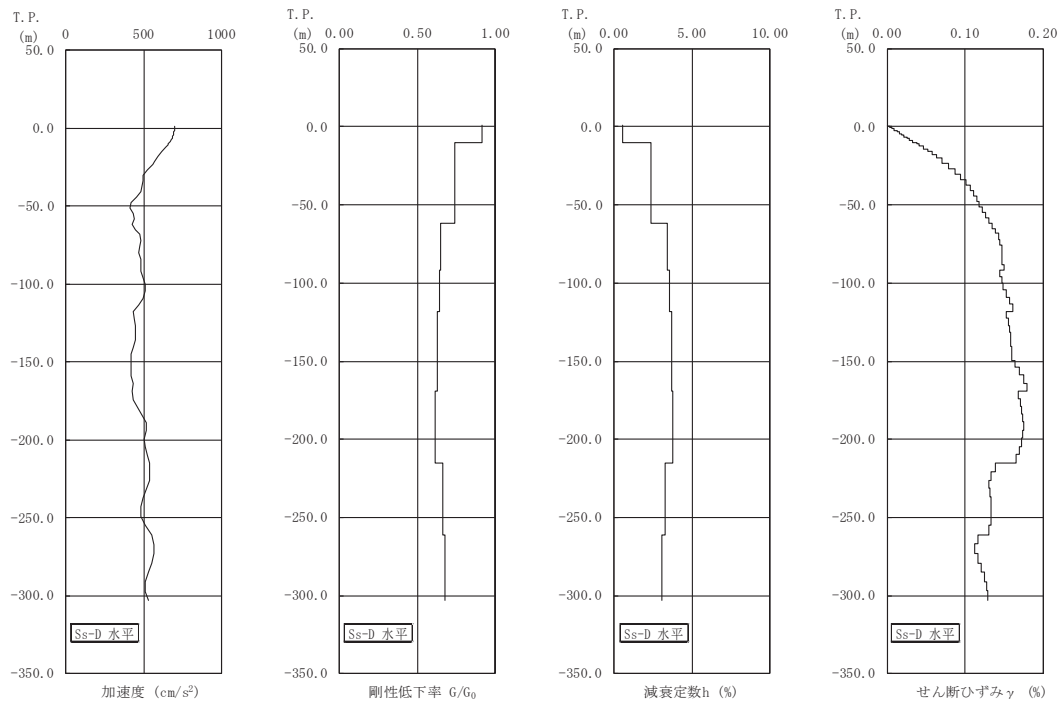


図 3-3 地盤の地震応答解析結果(水平方向, Ss-D)

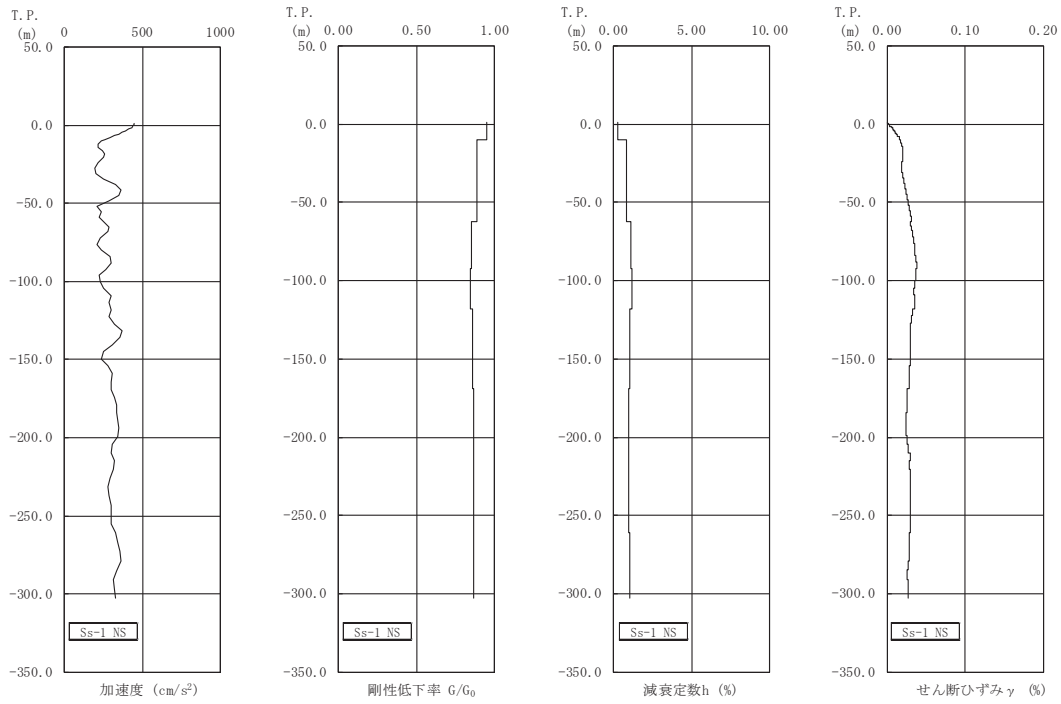


図 3-4 地盤の地震応答解析結果(NS 方向, Ss-1)

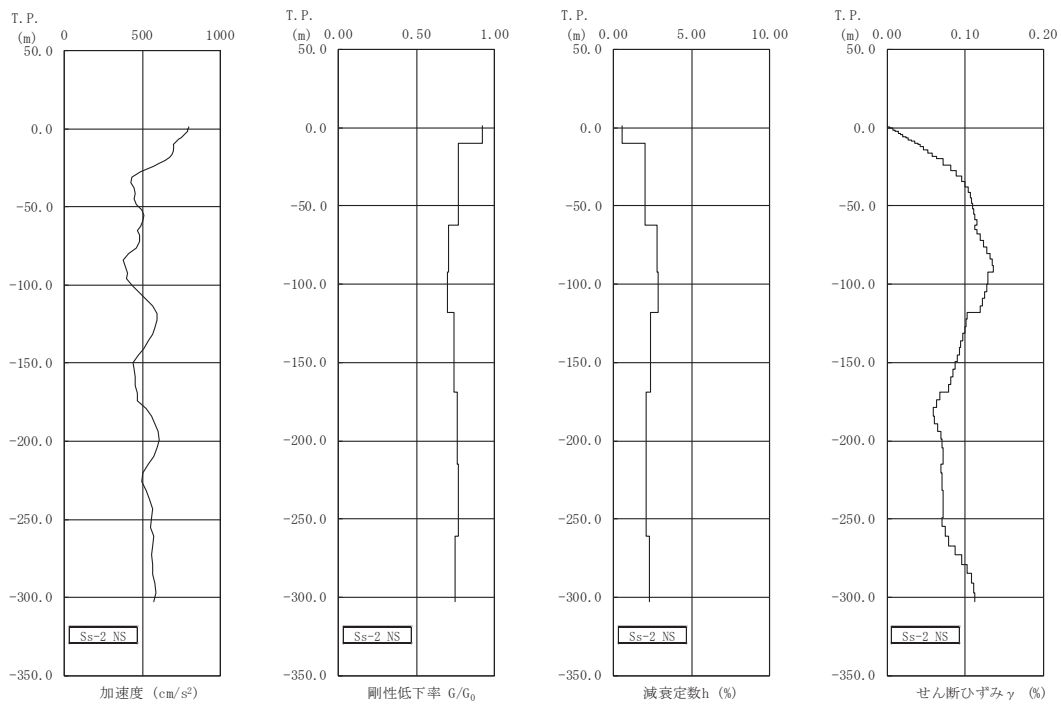


図 3-5 地盤の地震応答解析結果(NS 方向, Ss-2)

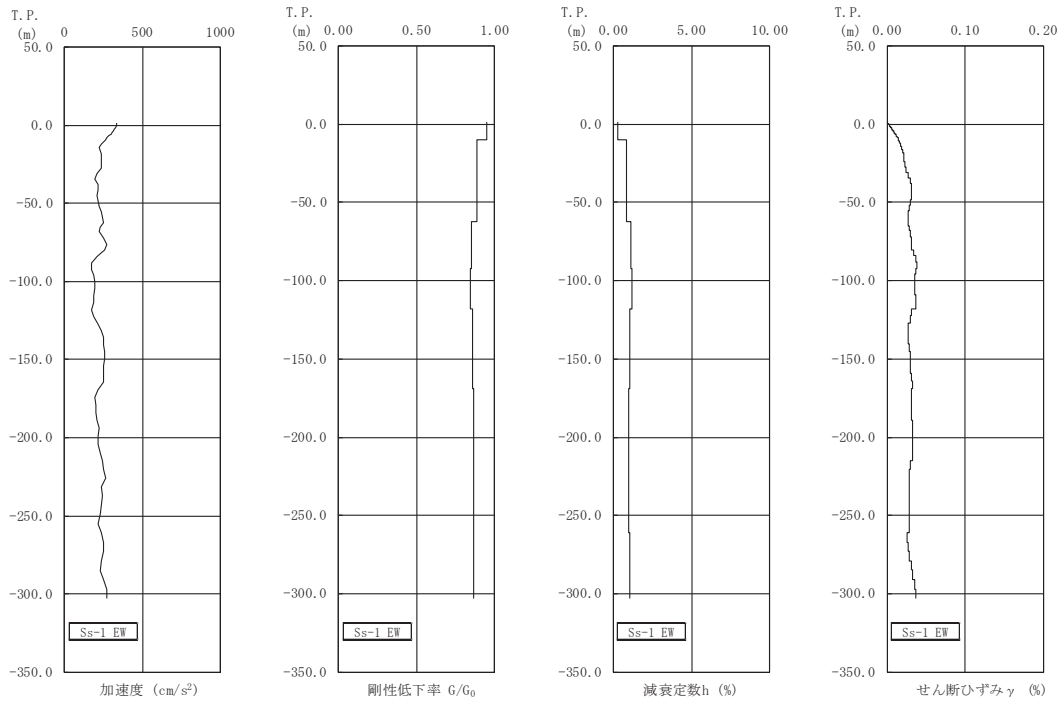


図 3-6 地盤の地震応答解析結果(EW 方向, Ss-1)

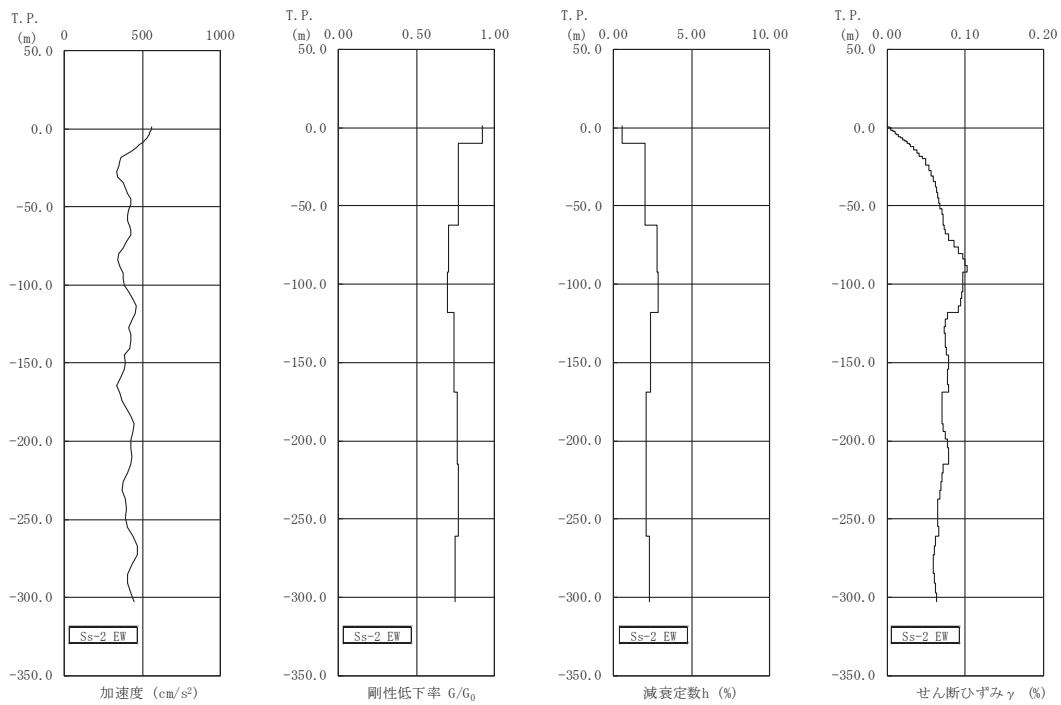


図 3-7 地盤の地震応答解析結果(EW 方向, Ss-2)

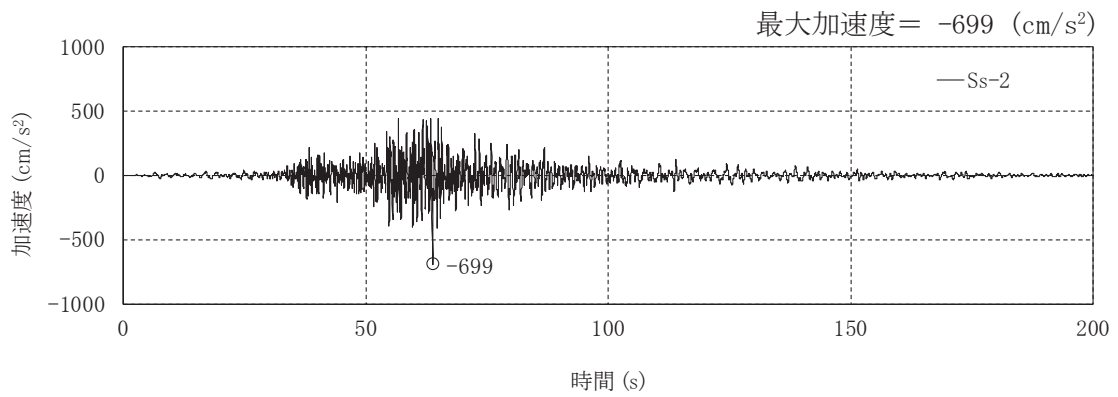
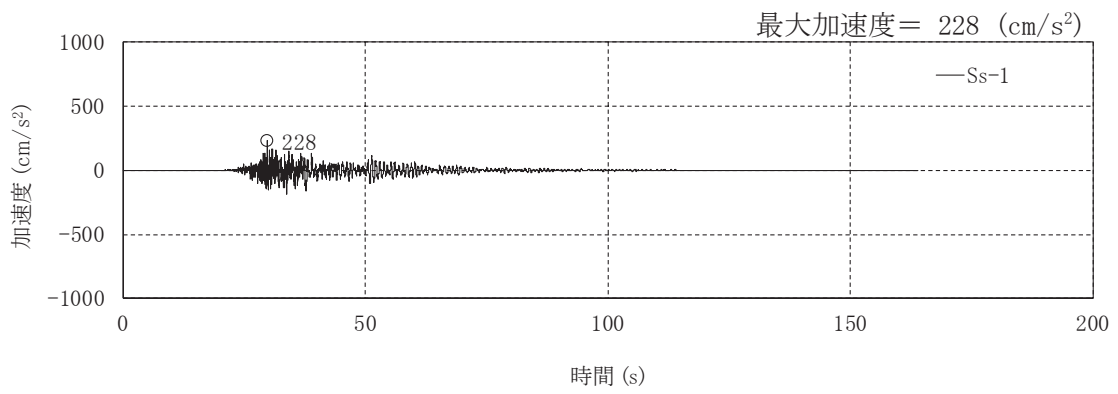
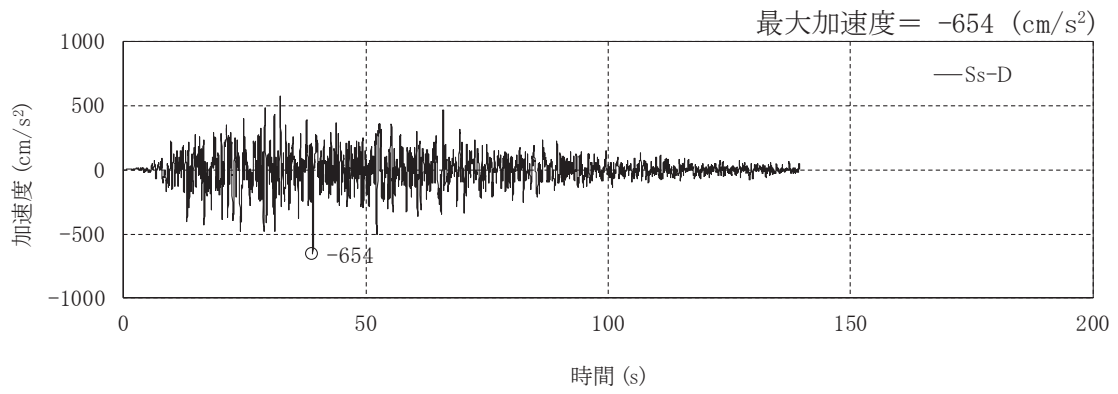


図 3-8 入力地震動の加速度時刻歴波形(NS 方向, Ss, 基礎底面位置)

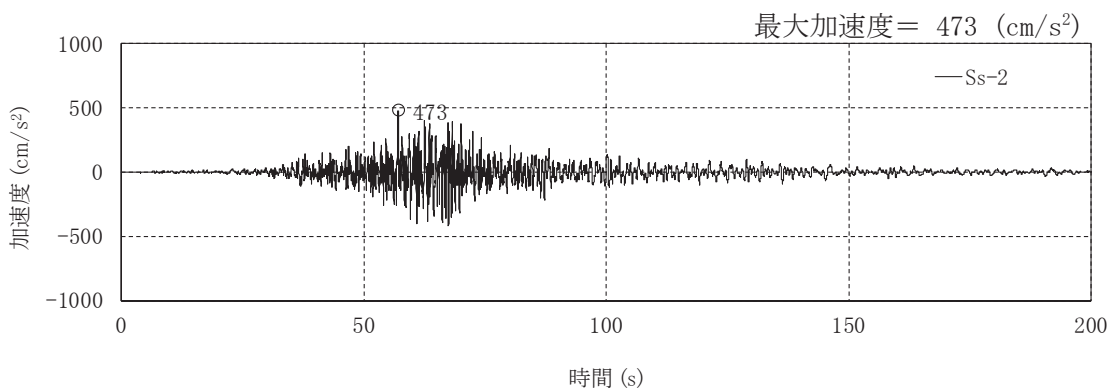
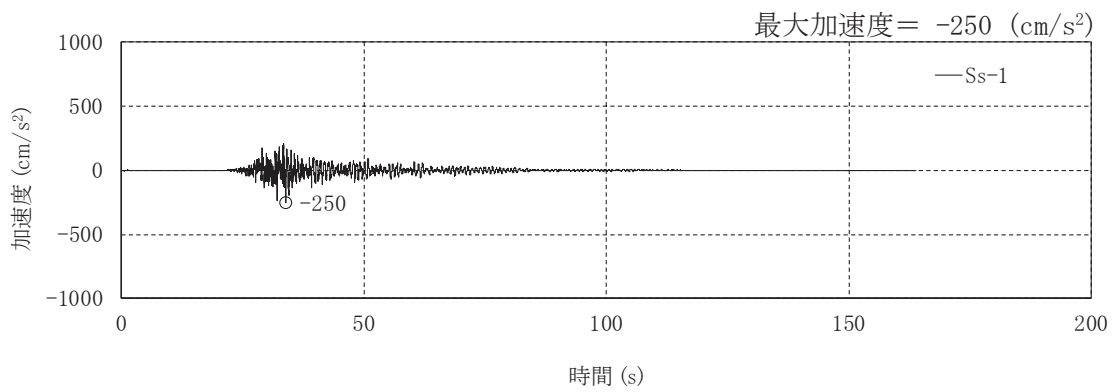
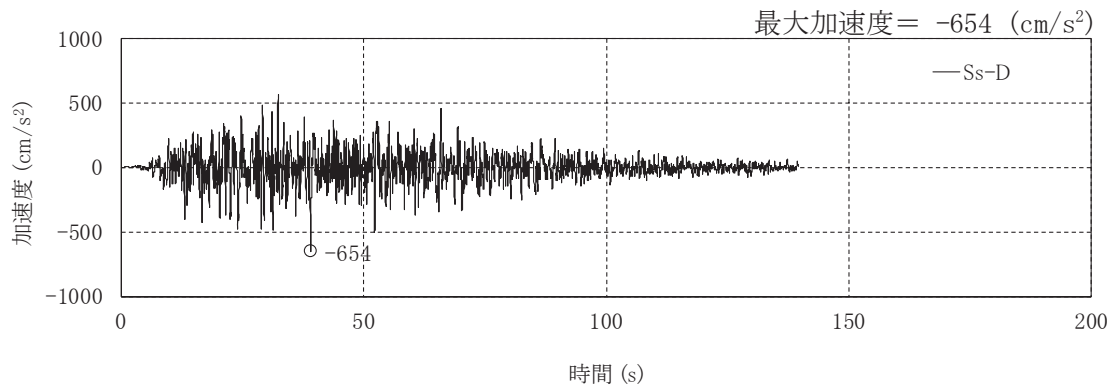
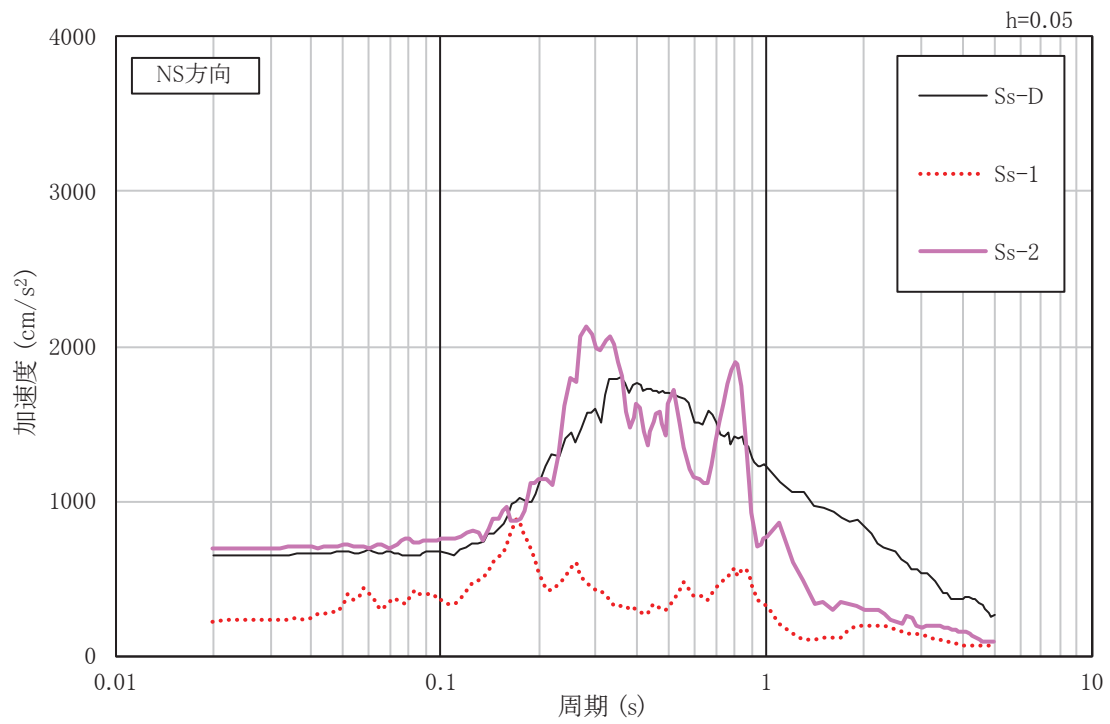
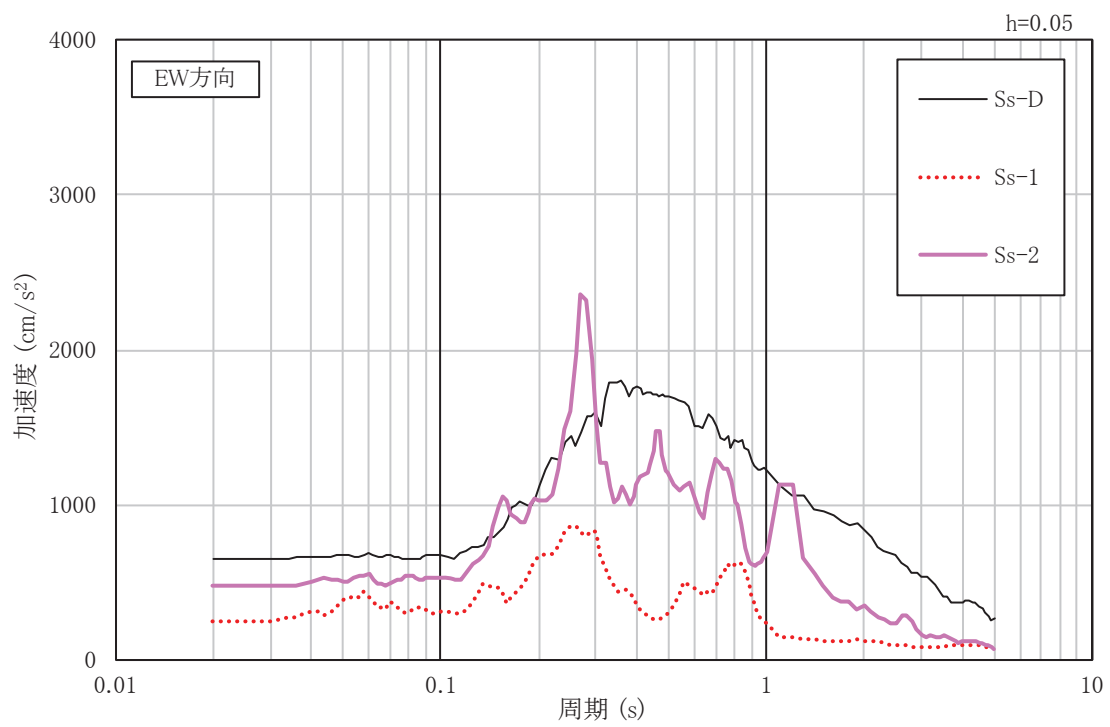


図 3-9 入力地震動の加速度時刻歴波形(EW 方向, Ss, 基礎底面位置)



(a)NS 方向



(b)EW 方向

図 3-10 入力地震動の加速度応答スペクトル(水平方向, Ss, 基礎底面位置)

3.2 鉛直方向の入力地震動

鉛直方向の入力地震動は、廃止措置計画用設計地震動(S_s)を解放基盤表面に入力して一次元波動論により算定した建家の基礎底面位置での応答波とする。

算定に用いる地盤モデルは、水平方向の入力地震動の算定において設定された物性値に基づき、基礎底面位置より上部を剥ぎ取った地盤モデルとする。

鉛直方向の入力地震動算定の概要を図 3-11 に示す。入力地震動の算定に使用する解析コードは「Nshake(株式会社ニュージェック)」である。

廃止措置計画用設計地震動(S_s)による地盤の地震応答解析結果を図 3-12 に、建家の基礎底面位置における鉛直方向の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図 3-13 及び図 3-14 に示す。

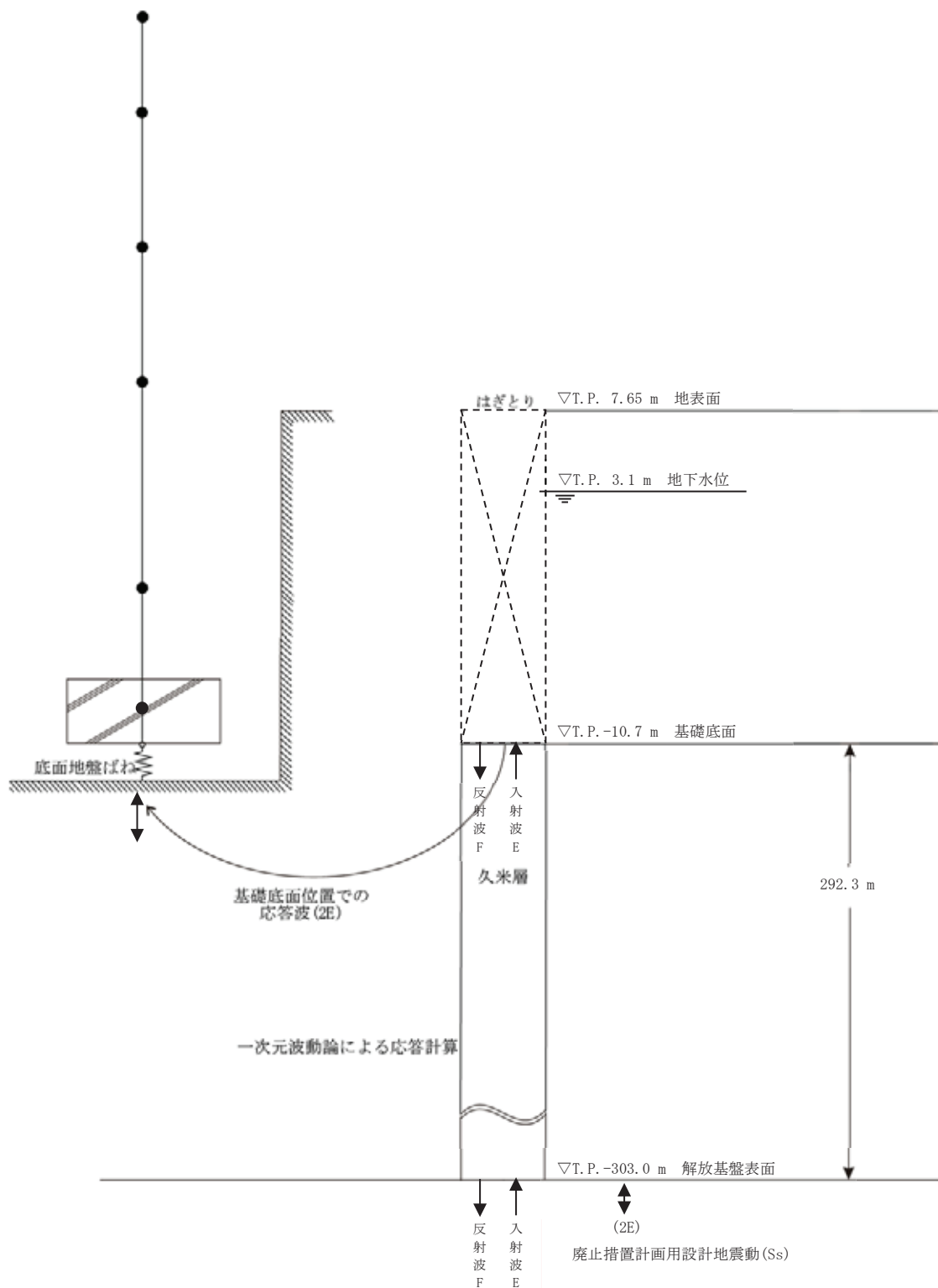
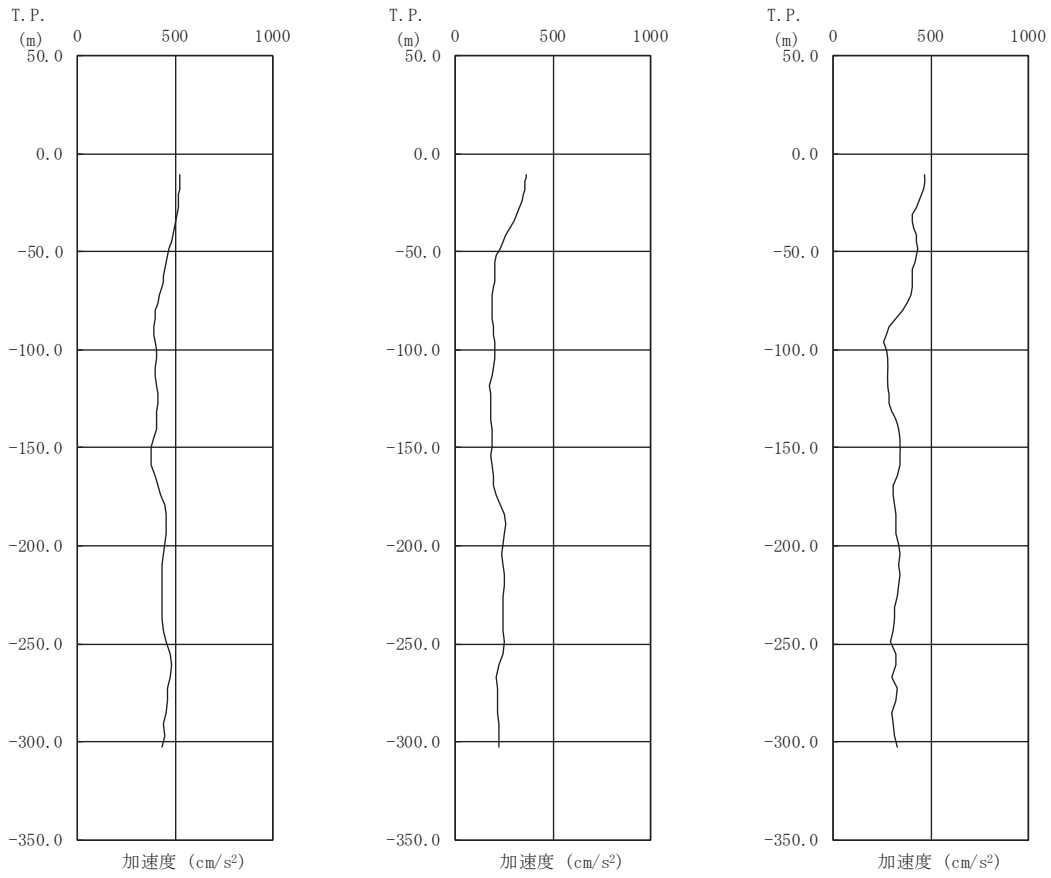


図 3-11 入力地震動算定の概要(鉛直方向)



(a) Ss-D

(b) Ss-1

(c) Ss-2

図 3-12 地盤の地震応答解析結果(鉛直方向, Ss)

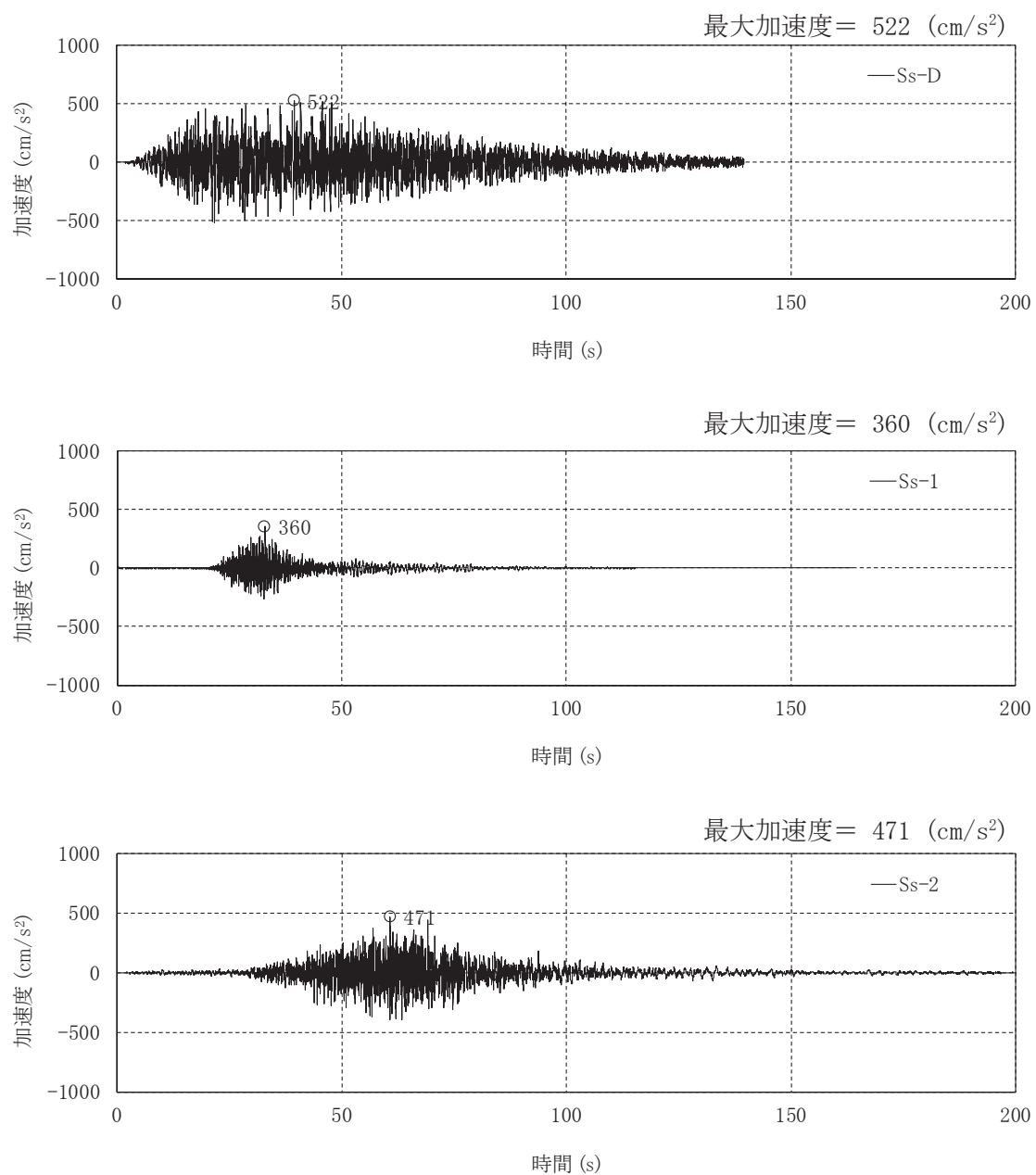


図 3-13 入力地震動の加速度時刻歴波形(鉛直方向, Ss, 基礎底面位置)

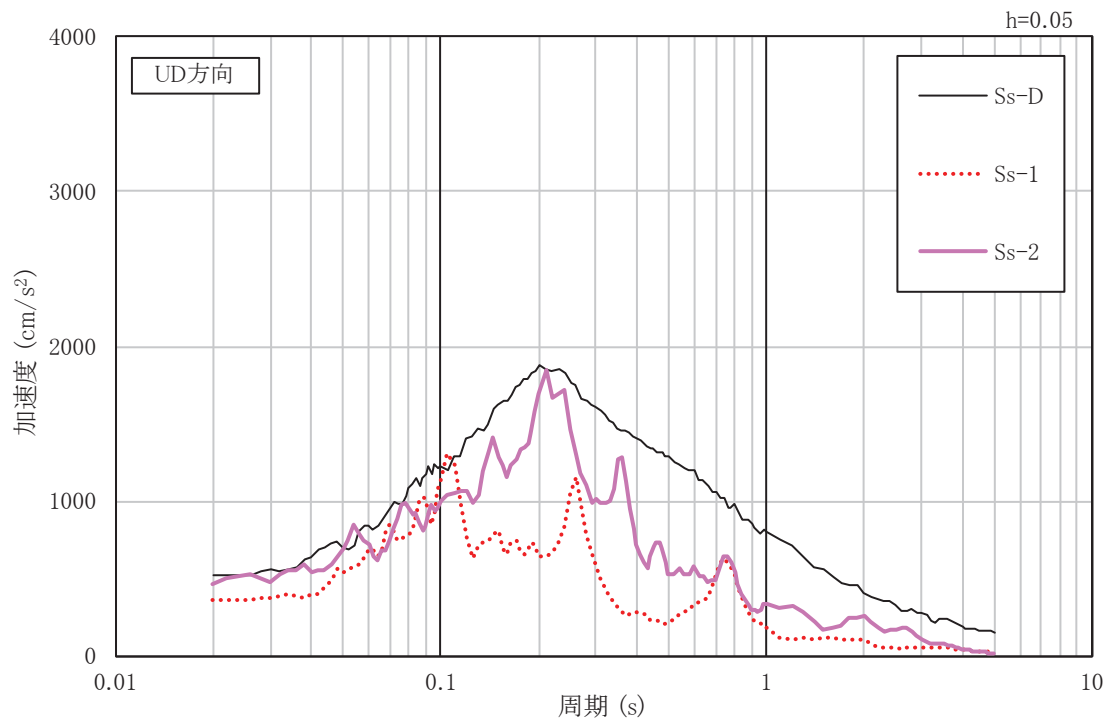


図 3-14 入力地震動の加速度応答スペクトル(鉛直方向, Ss, 基礎底面位置)

4. 解析モデル

4.1 水平方向の解析モデル

水平方向の解析モデルは、建家と地盤の相互作用を考慮した曲げせん断型の多質点系モデルとする。

水平方向の解析モデルを図 4-1 に、解析モデルの諸元を表 4-1 及び表 4-2 に示す。

耐震壁のせん断の復元力特性は、図 4-2 に示すトリリニア型のスケルトンカーブとし、履歴特性は最大点指向型とする。曲げの復元力特性は、図 4-3 に示すトリリニア型のスケルトンカーブとし、履歴特性はディグレイディングトリリニア型とする。せん断及び曲げのスケルトンカーブを表 4-3 から表 4-6 に示す。

基礎下の底面地盤ばねは、JEAG4601-1991 追補版に基づき、振動アドミッタンス理論により算定する。底面地盤ばねの評価に使用する解析コードは「Nbsp1(株式会社ニュージェック)」である。また、埋め込み部分の側面地盤ばねは、Novak の方法により算定する。側面地盤ばねの評価に使用する解析コードは「Nnovak1(株式会社ニュージェック)」である。

地盤ばね定数及び減衰係数を表 4-7 及び表 4-8 に、地盤ばね定数及び減衰係数と理論解との関係を図 4-4 に示す。

建家の減衰はモード減衰として与え、各次のモード減衰定数は建家各部のひずみエネルギーに比例した値として算定する。建家の減衰定数は 3 % (鉄筋コンクリート部分) とする。

建家の地震応答解析に使用する解析コードは「TDAP III(株式会社アーク情報システム)」である。

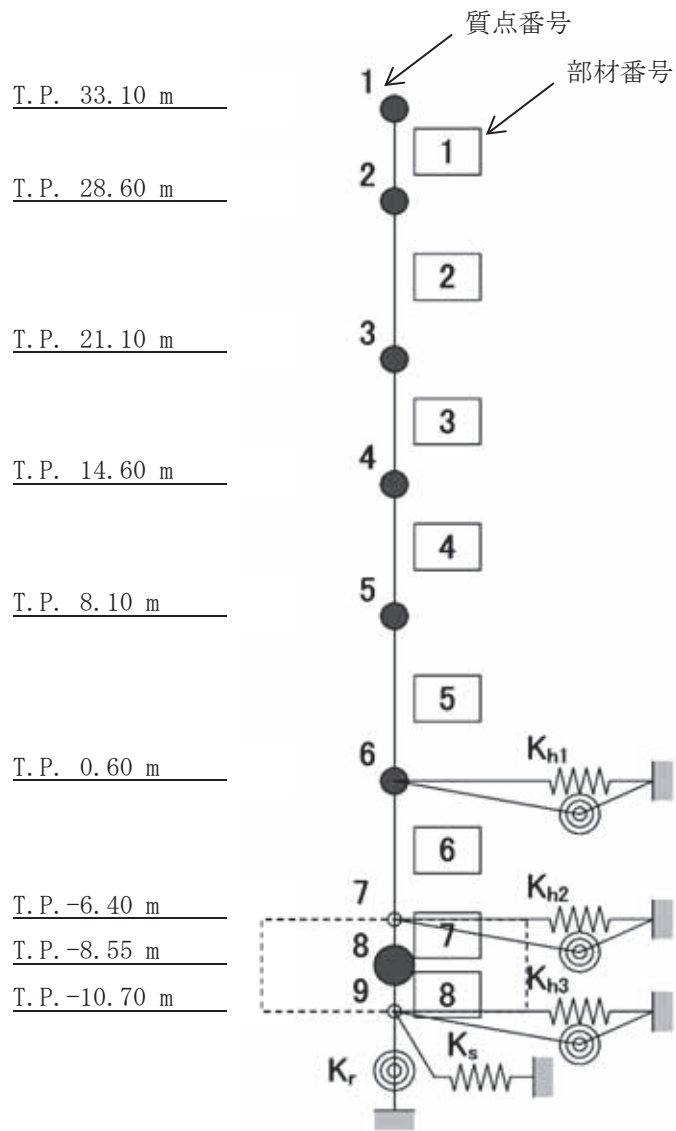


図 4-1 解析モデル(水平方向)

表 4-1 解析モデルの諸元(NS 方向)

質点 番号	高さ T.P.(m)	重量 (kN)	回転慣性 重量 ($\times 10^2$ kN \cdot m 2)	部材 番号	せん断 断面積 (m 2)	断面二次 モーメント (m 4)
1	33.10	6155	742	-	-	-
2	28.60	52990	99047	1	13.7	311
3	21.10	86842	158868	2	61.2	15850
4	14.60	117328	196133	3	125.0	28330
5	8.10	182339	309890	4	213.0	42910
6	0.60	175896	375595	5	372.5	84930
7	-6.40	-	-	6	363.5	94430
8	-8.55	288896	601148	7	-	-
9	-10.70	-	-	8	-	-
				-	-	-

表 4-2 解析モデルの諸元(EW 方向)

質点 番号	高さ T.P.(m)	重量 (kN)	回転慣性 重量 ($\times 10^2$ kN \cdot m 2)	部材 番号	せん断 断面積 (m 2)	断面二次 モーメント (m 4)
1	33.10	6155	4082	-	-	-
2	28.60	52990	183384	1	11.4	275
3	21.10	86842	304987	2	47.3	29820
4	14.60	117328	396189	3	79.0	62810
5	8.10	182339	556037	4	179.2	91300
6	0.60	175896	695291	5	320.2	164940
7	-6.40	-	-	6	373.9	181350
8	-8.55	288896	1068925	7	-	-
9	-10.70	-	-	8	-	-
				-	-	-

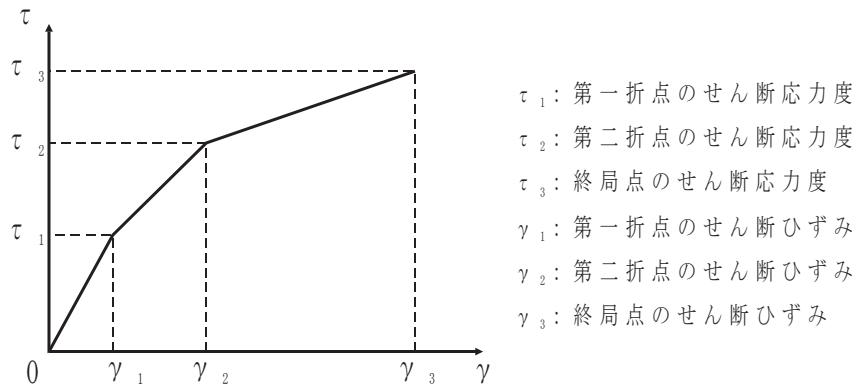


図 4-2 せん断のスケルトンカーブ (τ - γ 関係)

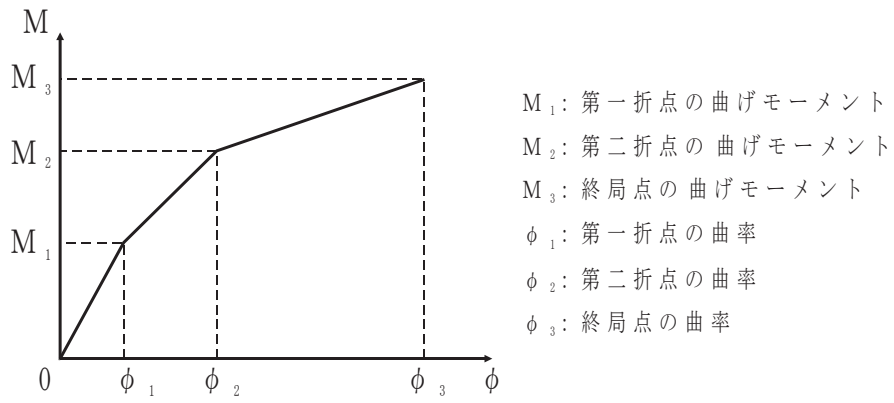


図 4-3 曲げのスケルトンカーブ (M - ϕ 関係)

表 4-3 せん断のスケルトンカーブ (τ - γ 関係, NS 方向)

部材 番号	τ_1 (N/mm ²)	γ_1 ($\times 10^{-3}$)	τ_2 (N/mm ²)	γ_2 ($\times 10^{-3}$)	τ_3 (N/mm ²)	γ_3 ($\times 10^{-3}$)
1	1.57	0.171	2.12	0.513	4.67	4.00
2	1.73	0.188	2.34	0.565	4.06	4.00
3	1.83	0.200	2.47	0.599	3.88	4.00
4	1.87	0.204	2.53	0.612	4.25	4.00
5	1.90	0.207	2.57	0.621	4.50	4.00
6	2.07	0.225	2.79	0.676	4.64	4.00

表 4-4 曲げのスケルトンカーブ (M- ϕ 関係, NS 方向)

部材 番号	M ₁ ($\times 10^5$ kN \cdot m)	ϕ_1 ($\times 10^{-5}$ 1/m)	M ₂ ($\times 10^5$ kN \cdot m)	ϕ_2 ($\times 10^{-5}$ 1/m)	M ₃ ($\times 10^5$ kN \cdot m)	ϕ_3 ($\times 10^{-5}$ 1/m)
1	0.898	1.31	4.66	17.5	6.21	37.0
2	16.0	0.458	36.5	5.10	51.2	102
3	31.9	0.512	69.0	5.25	96.1	90.3
4	50.4	0.534	132	5.40	186	90.7
5	102	0.546	267	5.48	373	98.4
6	128	0.616	319	5.59	428	102

表 4-5 せん断のスケルトンカーブ (τ - γ 関係, EW 方向)

部材 番号	τ_1 (N/mm ²)	γ_1 ($\times 10^{-3}$)	τ_2 (N/mm ²)	γ_2 ($\times 10^{-3}$)	τ_3 (N/mm ²)	γ_3 ($\times 10^{-3}$)
1	1.57	0.171	2.12	0.513	4.89	4.00
2	1.61	0.175	2.17	0.526	4.40	4.00
3	1.76	0.192	2.38	0.576	4.43	4.00
4	1.79	0.195	2.42	0.586	4.41	4.00
5	1.83	0.200	2.47	0.599	4.81	4.00
6	1.96	0.214	2.65	0.641	5.38	4.00

表 4-6 曲げのスケルトンカーブ (M- ϕ 関係, EW 方向)

部材 番号	M ₁ ($\times 10^5$ kN \cdot m)	ϕ_1 ($\times 10^{-5}$ 1/m)	M ₂ ($\times 10^5$ kN \cdot m)	ϕ_2 ($\times 10^{-5}$ 1/m)	M ₃ ($\times 10^5$ kN \cdot m)	ϕ_3 ($\times 10^{-5}$ 1/m)
1	0.780	1.29	3.87	16.2	5.45	30.8
2	20.0	0.305	33.9	3.70	47.1	72.2
3	47.7	0.345	64.9	3.76	87.0	70.0
4	73.2	0.364	145	3.87	202	77.2
5	136	0.375	326	3.95	449	78.8
6	169	0.424	409	4.09	561	70.5

表 4-7 地盤ばね定数及び減衰係数 (NS 方向, Ss)

地震動	地盤ばね			ばね定数 K (水平 : kN/m) (回転 : kN・m/rad)	減衰係数 C (水平 : kN・s/m) (回転 : kN・m・s/rad)
	位置	成分	記号		
Ss-D	側面	水平	Kh1	6.998×10^6	1.175×10^6
			Kh2	9.762×10^6	1.639×10^6
			Kh3	3.626×10^6	6.149×10^5
		回転	Kh1	4.269×10^9	2.260×10^8
			Kh2	5.955×10^9	3.153×10^8
			Kh3	2.213×10^9	1.189×10^8
	底面	水平	Ks	5.929×10^7	2.270×10^6
		回転	Kr	3.725×10^{10}	3.857×10^8
	Ss-1	側面	水平	Kh1	7.184×10^6
Kh2				1.002×10^7	1.664×10^6
Kh3				3.854×10^6	6.344×10^5
回転			Kh1	4.383×10^9	2.307×10^8
			Kh2	6.115×10^9	3.219×10^8
			Kh3	2.353×10^9	1.230×10^8
底面		水平	Ks	6.883×10^7	2.442×10^6
		回転	Kr	4.318×10^{10}	4.054×10^8
Ss-2		側面	水平	Kh1	7.018×10^6
	Kh2			9.791×10^6	1.642×10^6
	Kh3			3.670×10^6	6.188×10^5
	回転		Kh1	4.282×10^9	2.269×10^8
			Kh2	5.973×10^9	3.165×10^8
			Kh3	2.240×10^9	1.198×10^8
	底面	水平	Ks	6.174×10^7	2.315×10^6
		回転	Kr	3.868×10^{10}	3.906×10^8

表 4-8 地盤ばね定数及び減衰係数(EW 方向, Ss)

地震動	地盤ばね			ばね定数 K (水平 : kN/m) (回転 : kN・m/rad)	減衰係数 C (水平 : kN・s/m) (回転 : kN・m・s/rad)
	位置	成分	記号		
Ss-D	側面	水平	Kh1	6.998×10^6	1.177×10^6
			Kh2	9.762×10^6	1.641×10^6
			Kh3	3.626×10^6	6.157×10^5
		回転	Kh1	4.269×10^9	2.275×10^8
			Kh2	5.955×10^9	3.174×10^8
			Kh3	2.213×10^9	1.197×10^8
	底面	水平	Ks	5.712×10^7	2.098×10^6
		回転	Kr	5.786×10^{10}	8.143×10^8
	Ss-1	側面	水平	Kh1	7.184×10^6
Kh2				1.002×10^7	1.666×10^6
Kh3				3.854×10^6	6.354×10^5
回転			Kh1	4.383×10^9	2.323×10^8
			Kh2	6.115×10^9	3.241×10^8
			Kh3	2.353×10^9	1.239×10^8
底面		水平	Ks	6.632×10^7	2.256×10^6
		回転	Kr	6.706×10^{10}	8.595×10^8
Ss-2		側面	水平	Kh1	7.018×10^6
	Kh2			9.791×10^6	1.645×10^6
	Kh3			3.670×10^6	6.197×10^5
	回転		Kh1	4.282×10^9	2.284×10^8
			Kh2	5.973×10^9	3.186×10^8
			Kh3	2.240×10^9	1.206×10^8
	底面	水平	Ks	5.948×10^7	2.140×10^6
		回転	Kr	6.007×10^{10}	8.256×10^8

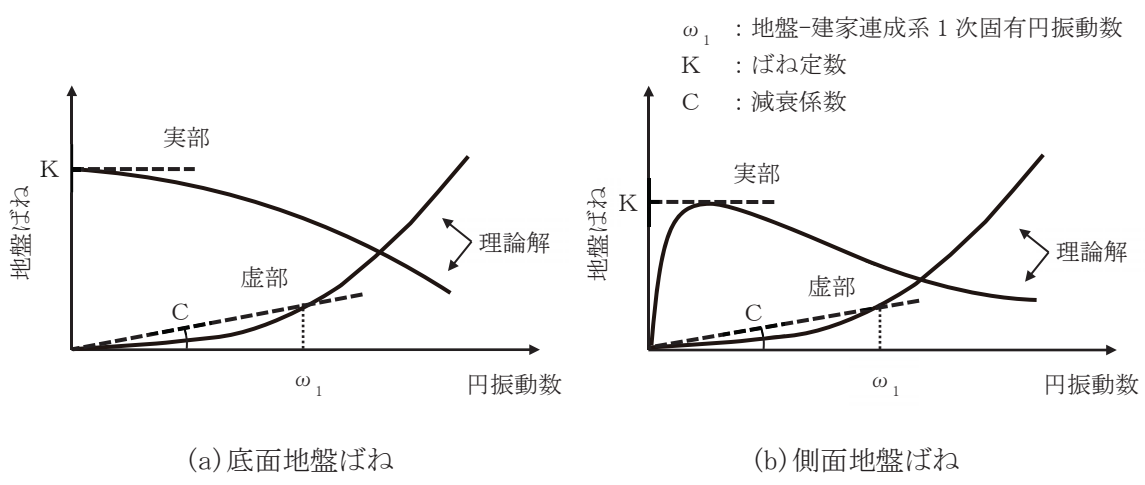


図 4-4 地盤ばね定数及び減衰係数と理論解との関係

4.2 鉛直方向の解析モデル

鉛直方向の解析モデルは、建家と地盤の相互作用を考慮した多質点系モデルとする。建家部分は質点を鉛直方向のばねで連結しモデル化する。

なお、建家の埋め込み部分は考慮しないモデルとする。

鉛直方向の解析モデルを図 4-5 に、解析モデルの諸元を表 4-9 に示す。

基礎下の底面地盤ばねは、JEAG4601-1991 追補版に基づき、振動アドミッタンス理論により算定する。底面地盤ばねの評価に使用する解析コードは「Nbsp1(株式会社ニュージエック)」である。

地盤ばね定数及び減衰係数を表 4-10 に示す。

建家の減衰はモード減衰として与え、各次のモード減衰定数は建家各部のひずみエネルギーに比例した値として算出する。建家の減衰定数は 3 % (鉄筋コンクリート部分) とする。

建家の地震応答解析に使用する解析コードは「TDAP III (株式会社アーク情報システム)」である。

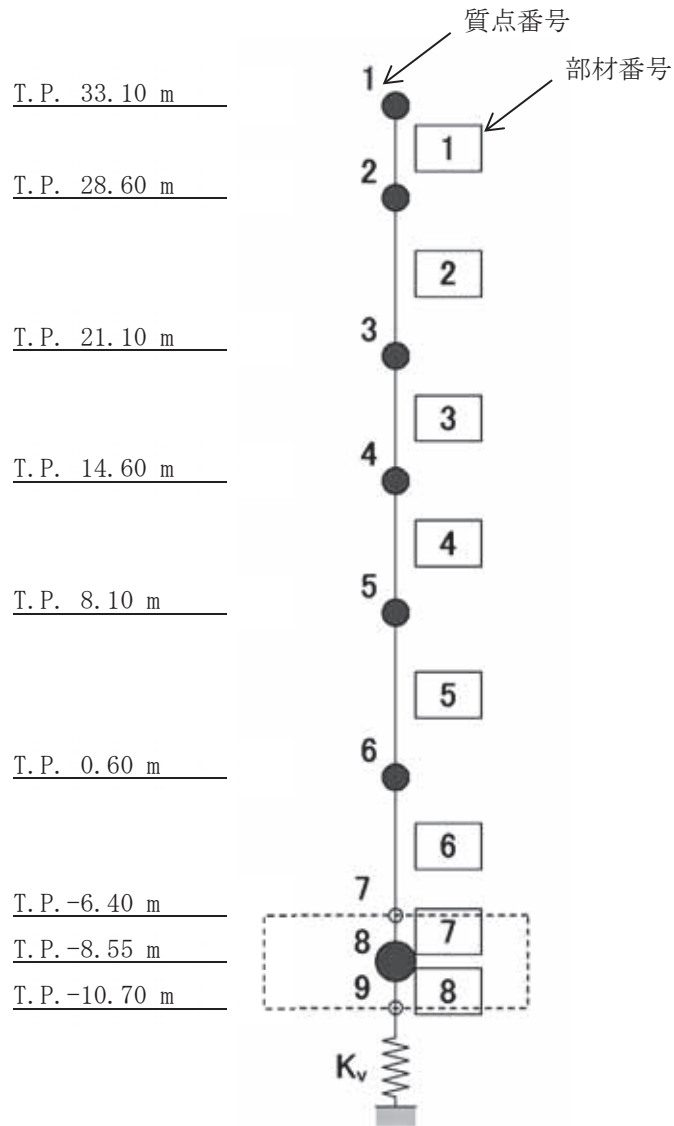


図 4-5 解析モデル(鉛直方向)

表 4-9 解析モデルの諸元(鉛直方向)

質点 番号	高さ T.P.(m)	重量 (kN)	部材 番号	軸断面積 (m ²)
1	33.10	6155	-	-
			1	26.2
2	28.60	52990	2	139.9
3	21.10	86842	3	207.7
4	14.60	117328	4	361.7
5	8.10	182339	5	600.9
6	0.60	175896	6	622.2
7	-6.40	-	7	-
8	-8.55	288896	8	-
9	-10.70	-	-	-

表 4-10 地盤ばね定数及び減衰係数(鉛直方向, S_s)

地震動	地盤ばね			ばね定数 K (kN/m)	減衰係数 C (kN・s/m)
	位置	成分	記号		
S _s -D	底面	鉛直	K _v	8.692×10^7	4.798×10^6
S _s -1	底面	鉛直	K _v	1.023×10^8	5.203×10^6
S _s -2	底面	鉛直	K _v	9.156×10^7	4.923×10^6

5. 解析結果

5.1 固有値解析結果

解析モデルの固有値解析結果を表 5-1 から表 5-3 に示す。刺激関数を S_s-D の結果を代表として、図 5-1 から図 5-6 に示す。

表 5-1 固有値解析結果 (Ss-D)

方向	次数	固有周期 (s)	振動数 (Hz)	刺激係数	備考
NS	1	0.284	3.52	1.582	全体1次
	2	0.138	7.26	-0.661	
	3	0.066	15.05	0.039	
	4	0.053	18.70	0.073	
	5	0.040	24.93	0.000	
	6	0.036	27.87	-0.056	
	7	0.029	33.96	0.033	
EW	1	0.276	3.63	1.524	全体1次
	2	0.145	6.91	-0.507	
	3	0.081	12.40	-0.112	
	4	0.055	18.07	0.154	
	5	0.043	23.36	-0.008	
	6	0.040	24.78	-0.089	
	7	0.037	27.26	0.030	
UD	1	0.210	4.77	1.070	全体1次
	2	0.040	24.78	-0.095	
	3	0.023	42.69	0.036	
	4	0.017	59.13	-0.016	
	5	0.013	74.83	0.011	
	6	0.013	79.69	-0.006	
	7	0.011	90.16	-0.002	

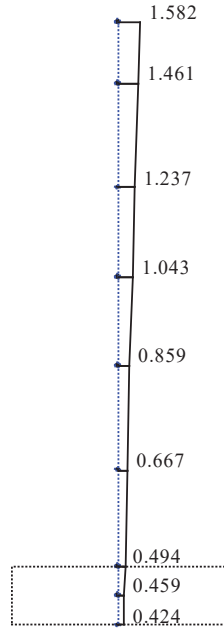
表 5-2 固有値解析結果(Ss-1)

方向	次数	固有周期 (s)	振動数 (Hz)	刺激係数	備考
NS	1	0.271	3.69	1.598	全体1次
	2	0.131	7.65	-0.696	
	3	0.066	15.21	0.053	
	4	0.053	18.75	0.083	
	5	0.040	25.03	-0.003	
	6	0.036	27.92	-0.064	
	7	0.029	33.96	0.039	
EW	1	0.263	3.81	1.545	全体1次
	2	0.137	7.30	-0.540	
	3	0.080	12.51	-0.113	
	4	0.055	18.12	0.176	
	5	0.043	23.44	-0.012	
	6	0.040	24.82	-0.100	
	7	0.037	27.28	0.035	
UD	1	0.194	5.15	1.082	全体1次
	2	0.040	24.84	-0.111	
	3	0.023	42.72	0.042	
	4	0.017	59.14	-0.019	
	5	0.013	74.84	0.013	
	6	0.013	79.69	-0.008	
	7	0.011	90.17	-0.002	

表 5-3 固有値解析結果(Ss-2)

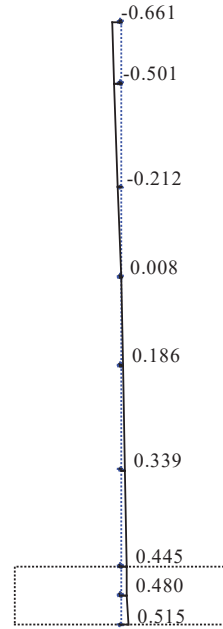
方向	次数	固有周期 (s)	振動数 (Hz)	刺激係数	備考
NS	1	0.280	3.57	1.586	全体1次
	2	0.205	4.89	1.073	UD方向1次
	3	0.136	7.36	-0.670	
	4	0.066	15.08	0.042	
	5	0.053	18.71	0.075	
	6	0.040	24.80	-0.100	
	7	0.040	24.96	-0.001	
EW	1	0.272	3.67	1.529	全体1次
	2	0.143	7.01	-0.515	
	3	0.080	12.43	-0.112	
	4	0.055	18.08	0.159	
	5	0.043	23.38	-0.009	
	6	0.040	24.79	-0.092	
	7	0.037	27.26	0.032	
UD	1	0.205	4.89	1.073	全体1次
	2	0.040	24.80	-0.100	
	3	0.023	42.70	0.038	
	4	0.017	59.13	-0.017	
	5	0.013	74.83	0.012	
	6	0.013	79.69	-0.007	
	7	0.011	90.17	-0.002	

Mode - 1
 $T(s) = 0.284$
 $f(\text{Hz}) = 3.525$
 $\beta h = 1.582$



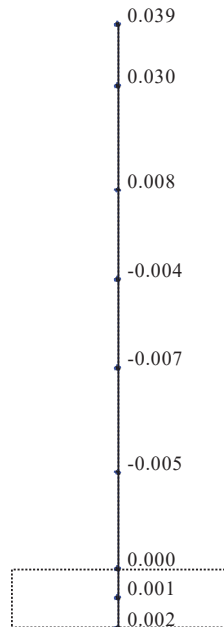
(1 次)

Mode - 2
 $T(s) = 0.138$
 $f(\text{Hz}) = 7.265$
 $\beta h = -0.661$



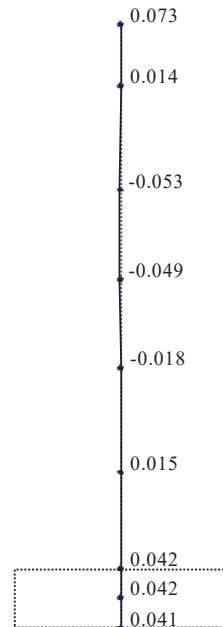
(2 次)

Mode - 3
 $T(s) = 0.066$
 $f(\text{Hz}) = 15.046$
 $\beta h = 0.039$



(3 次)

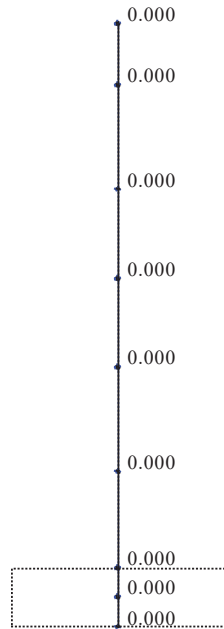
Mode - 4
 $T(s) = 0.053$
 $f(\text{Hz}) = 18.699$
 $\beta h = 0.073$



(4 次)

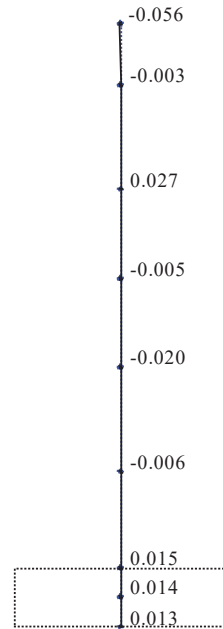
図 5-1 刺激関数(NS 方向, Ss-D, 1~4 次)

Mode - 5
 $T(s) = 0.040$
 $f(\text{Hz}) = 24.933$
 $\beta h = 0.000$



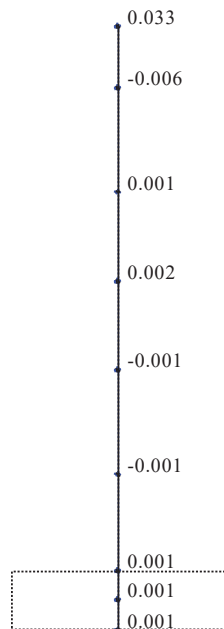
(5 次)

Mode - 6
 $T(s) = 0.036$
 $f(\text{Hz}) = 27.870$
 $\beta h = -0.056$



(6 次)

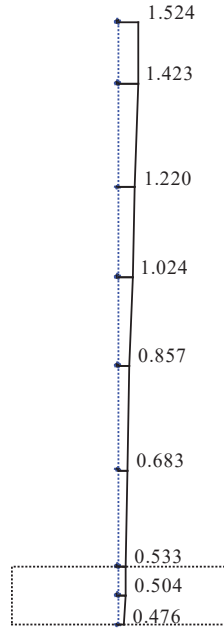
Mode - 7
 $T(s) = 0.029$
 $f(\text{Hz}) = 33.961$
 $\beta h = 0.033$



(7 次)

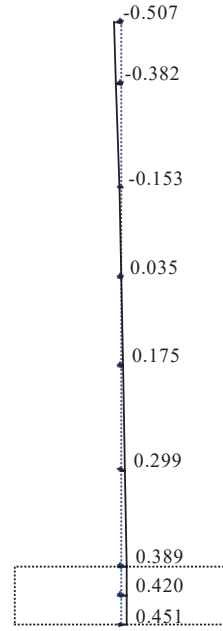
図 5-2 刺激関数(NS 方向, Ss-D, 5~7 次)

Mode - 1
 $T(s) = 0.276$
 $f(\text{Hz}) = 3.630$
 $\beta h = 1.524$



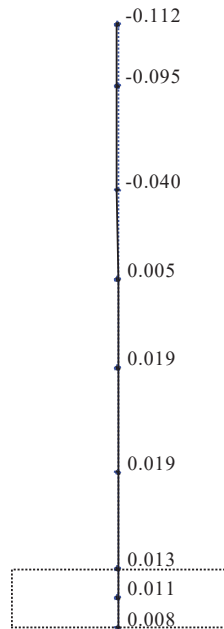
(1 次)

Mode - 2
 $T(s) = 0.145$
 $f(\text{Hz}) = 6.908$
 $\beta h = -0.507$



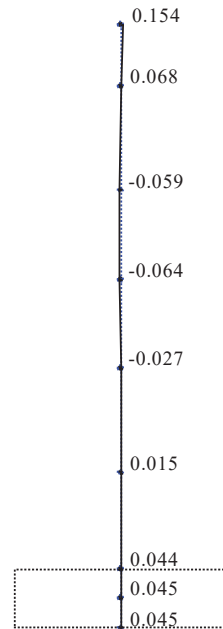
(2 次)

Mode - 3
 $T(s) = 0.081$
 $f(\text{Hz}) = 12.404$
 $\beta h = -0.112$



(3 次)

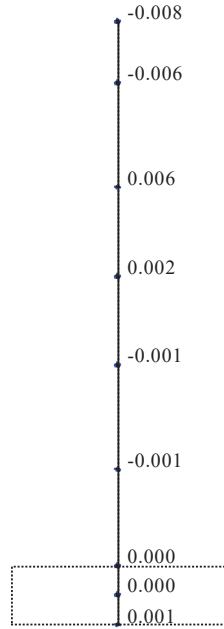
Mode - 4
 $T(s) = 0.055$
 $f(\text{Hz}) = 18.065$
 $\beta h = 0.154$



(4 次)

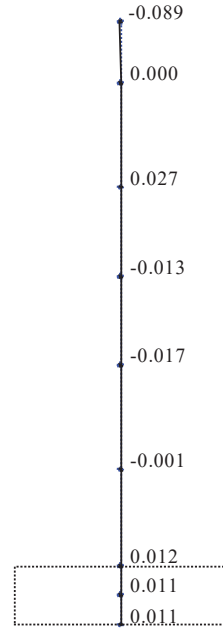
図 5-3 刺激関数(EW 方向, Ss-D, 1~4 次)

Mode - 5
 $T(s) = 0.043$
 $f(\text{Hz}) = 23.355$
 $\beta h = -0.008$



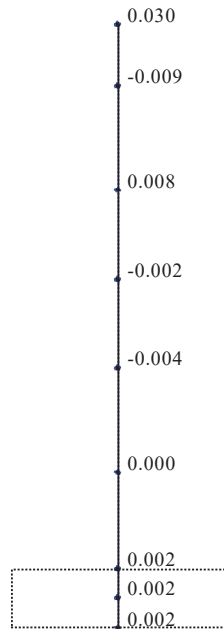
(5 次)

Mode - 6
 $T(s) = 0.040$
 $f(\text{Hz}) = 24.784$
 $\beta h = -0.089$



(6 次)

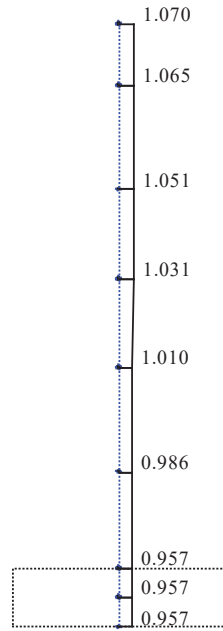
Mode - 7
 $T(s) = 0.037$
 $f(\text{Hz}) = 27.257$
 $\beta h = 0.030$



(7 次)

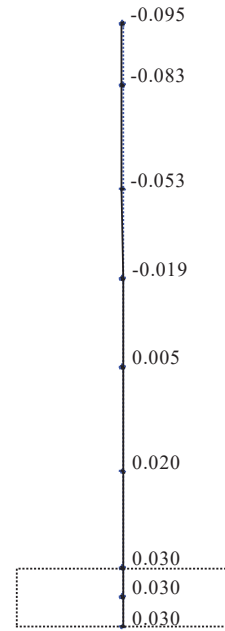
図 5-4 刺激関数(EW 方向, Ss-D, 5~7 次)

Mode - 1
 $T(s) = 0.210$
 $f(\text{Hz}) = 4.766$
 $\beta = 1.070$



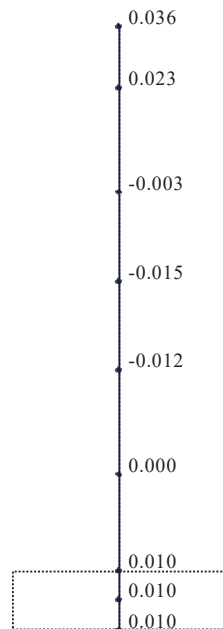
(1 次)

Mode - 2
 $T(s) = 0.040$
 $f(\text{Hz}) = 24.779$
 $\beta = -0.095$



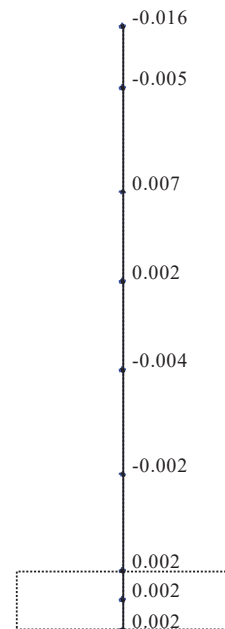
(2 次)

Mode - 3
 $T(s) = 0.023$
 $f(\text{Hz}) = 42.685$
 $\beta = 0.036$



(3 次)

Mode - 4
 $T(s) = 0.017$
 $f(\text{Hz}) = 59.127$
 $\beta = -0.016$

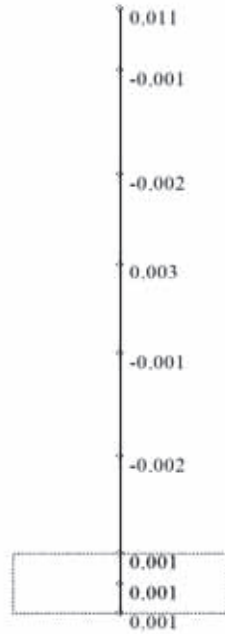


(4 次)

図 5-5 刺激関数(UD 方向, Ss-D, 1~4 次)

Mode - 5

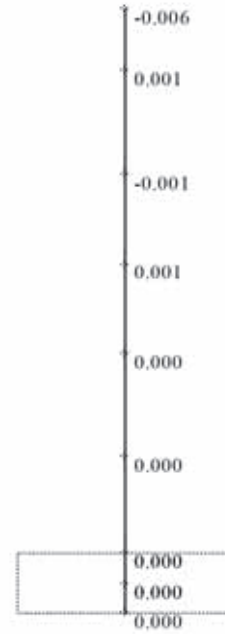
T (s) = 0.013
f (Hz) = 74.834
 β = 0.011



(5 次)

Mode - 6

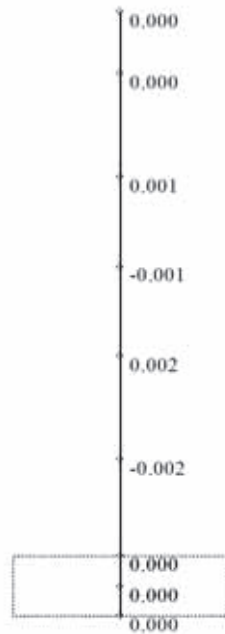
T (s) = 0.013
f (Hz) = 79.691
 β = -0.006



(6 次)

Mode - 7

T (s) = 0.011
f (Hz) = 90.164
 β = -0.002

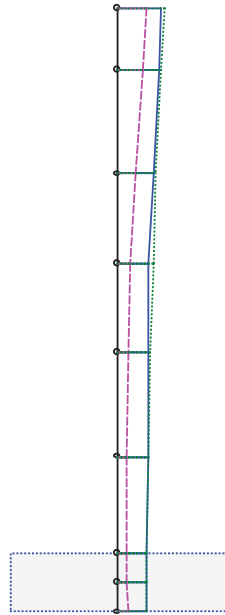
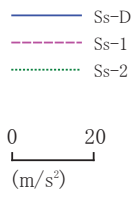


(7 次)

図 5-6 刺激関数(UD 方向, Ss-D, 5~7 次)

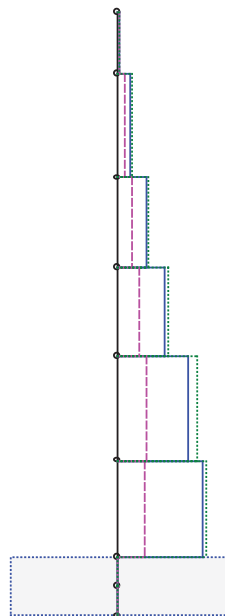
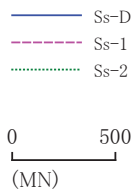
5.2 地震応答解析結果

廃止措置計画用設計地震動(Ss)による水平方向の最大応答加速度，最大応答せん断力及び最大応答曲げモーメントを図 5-7 から図 5-12 に，鉛直方向の最大応答加速度及び最大応答軸力を図 5-13 及び図 5-14 に示す。また，耐震壁のせん断のスケルトンカーブ上の最大応答値を図 5-15 及び図 5-16 に示す。せん断ひずみは最大で 0.18×10^{-3} であり，評価基準値(2.0×10^{-3})を超えないことを確認した。



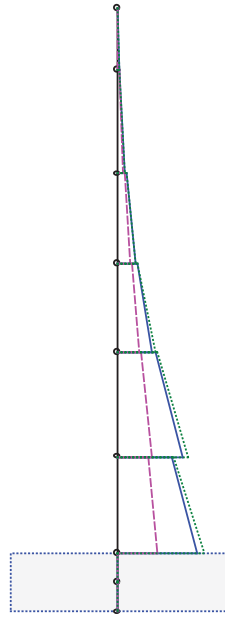
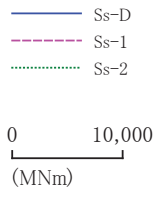
質点	Ss-D	Ss-1	Ss-2
1	10.351	6.800	11.053
2	9.688	5.825	10.450
3	8.413	4.071	9.073
4	7.465	2.948	8.392
5	7.289	2.379	7.885
6	7.111	2.133	7.282
7	6.925	2.165	6.971
8	6.894	2.241	6.941
9	6.863	2.348	6.919

図 5-7 最大応答加速度 (Ss, NS 方向)



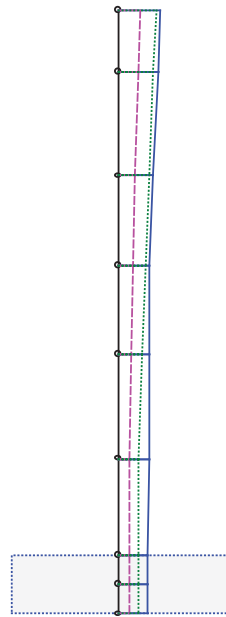
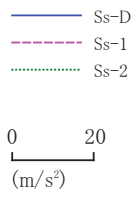
部材	Ss-D	Ss-1	Ss-2
1	6.5	4.3	7.0
2	59.1	35.8	63.6
3	133.0	70.3	144.1
4	220.8	104.4	242.7
5	340.7	140.3	385.2
6	406.0	127.3	424.5
7	-	-	-
8	-	-	-

図 5-8 最大応答せん断力 (Ss, NS 方向)



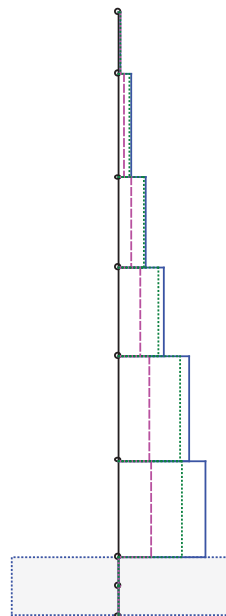
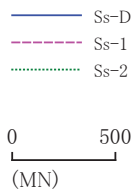
部材	Ss-D	Ss-1	Ss-2
	1.2	1.2	1.0
1	30.0	20.3	31.8
	169.2	160.6	153.7
2	562.7	412.6	587.4
	722.4	584.0	710.1
3	1557.9	1040.9	1623.4
	1691.9	1210.3	1759.7
4	3113.0	1869.2	3325.3
	3357.9	2066.9	3512.7
5	5877.5	3117.2	6401.6
	4801.2	2789.7	4944.4
6	7125.4	3489.1	7878.4
7	=	=	=
8	=	=	=

図 5-9 最大応答曲げモーメント (Ss, NS 方向)



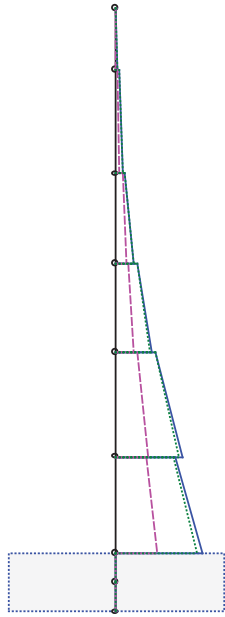
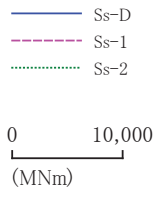
質点	Ss-D	Ss-1	Ss-2
1	9.782	5.119	8.806
2	9.245	4.449	8.319
3	8.200	3.970	7.389
4	7.454	3.249	6.445
5	7.278	2.830	5.612
6	7.100	2.611	4.798
7	6.935	2.574	4.676
8	6.913	2.595	4.684
9	6.892	2.616	4.692

図 5-10 最大応答加速度 (Ss, EW 方向)



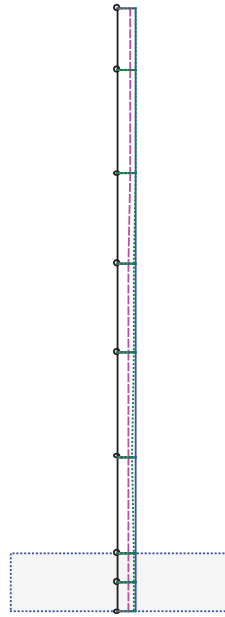
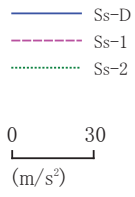
部材	Ss-D	Ss-1	Ss-2
1	6.2	3.2	5.5
2	56.2	27.4	50.6
3	128.9	61.3	116.0
4	214.7	99.3	193.1
5	339.5	146.5	297.2
6	415.3	157.6	302.7
7	-	-	-
8	-	-	-

図 5-11 最大応答せん断力 (Ss, EW 方向)



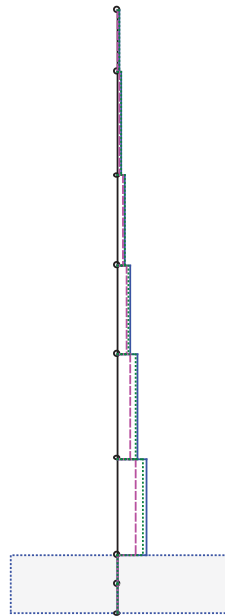
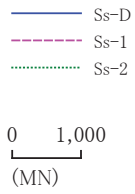
部材	Ss-D	Ss-1	Ss-2
	7.2	5.4	5.9
1	31.3	18.3	28.4
	213.9	142.6	214.2
2	580.6	343.1	554.3
	811.6	520.1	793.9
3	1620.5	883.1	1547.8
	1843.5	1085.0	1843.4
4	3239.1	1628.5	3098.5
	3476.3	1870.5	3462.8
5	5973.6	2938.3	5691.9
	5346.7	2771.4	5182.5
6	7730.0	3721.3	7301.6
7	=	=	=
8	=	=	=

図 5-12 最大応答曲げモーメント (Ss, EW 方向)



質点	Ss-D	Ss-1	Ss-2
1	6.475	4.229	6.276
2	6.439	4.202	6.258
3	6.420	4.115	6.032
4	6.400	3.970	5.660
5	6.371	3.860	5.410
6	6.319	3.705	5.283
7	6.240	3.539	5.336
8	6.240	3.539	5.336
9	6.240	3.539	5.336

图 5-13 最大応答加速度 (Ss, UD 方向)



部材	Ss-D	Ss-1	Ss-2
1	4.1	2.7	4.0
2	39.1	25.5	38.0
3	96.1	62.2	91.7
4	172.6	109.9	159.6
5	290.7	181.8	260.3
6	404.0	248.2	352.5
7	-	-	-
8	-	-	-

图 5-14 最大応答軸力 (Ss, UD 方向)

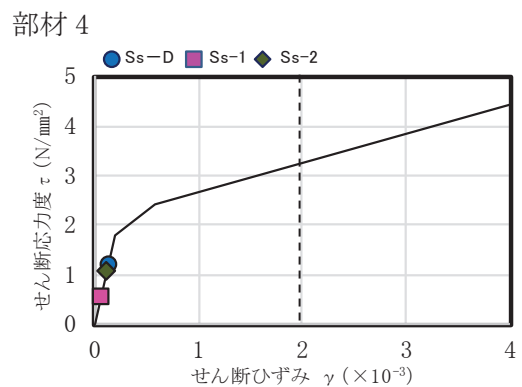
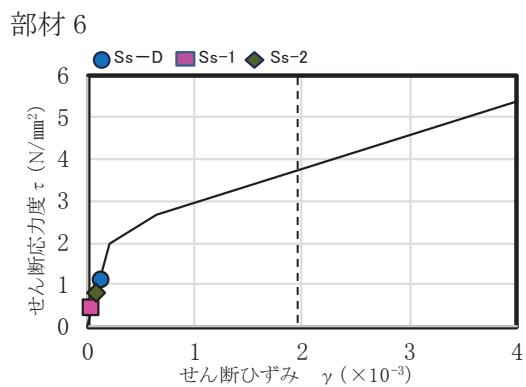
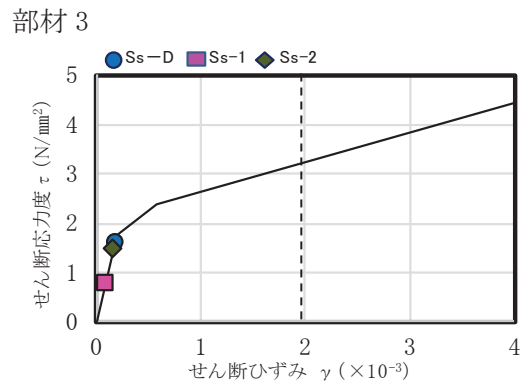
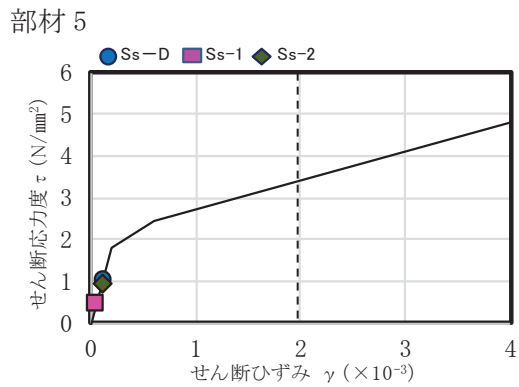
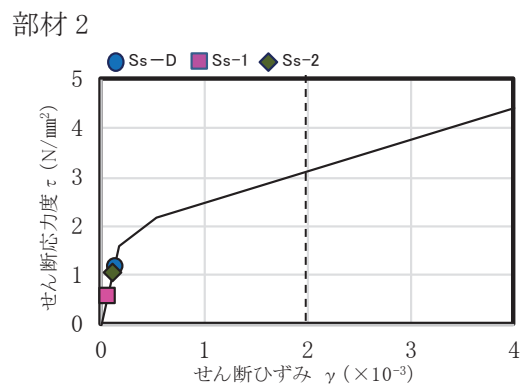
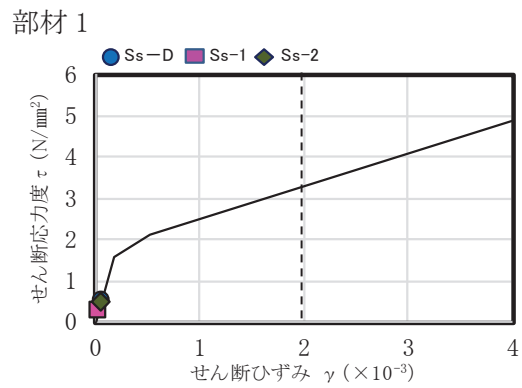
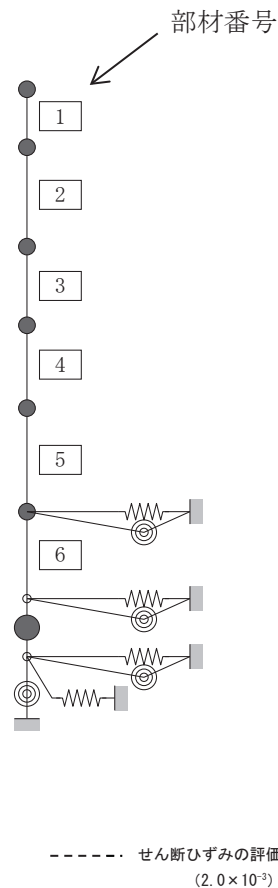


図 5-15 せん断のスケルトンカーブ上の最大応答値(NS 方向, Ss)

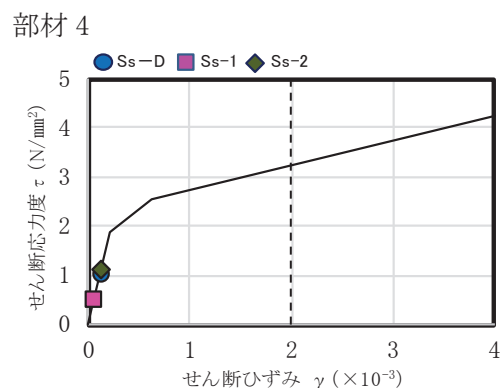
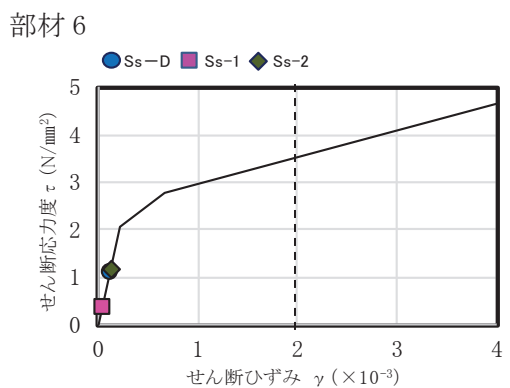
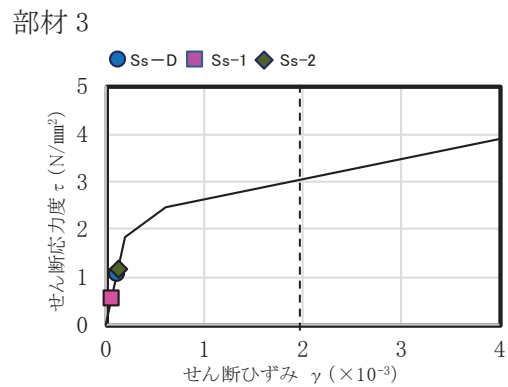
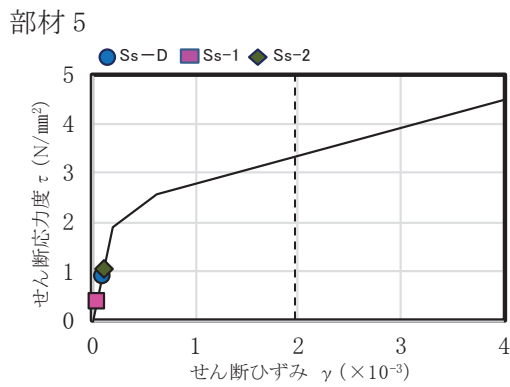
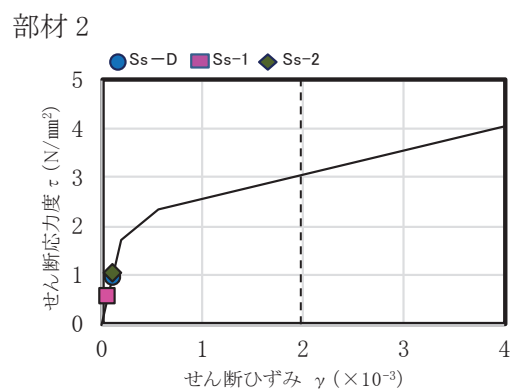
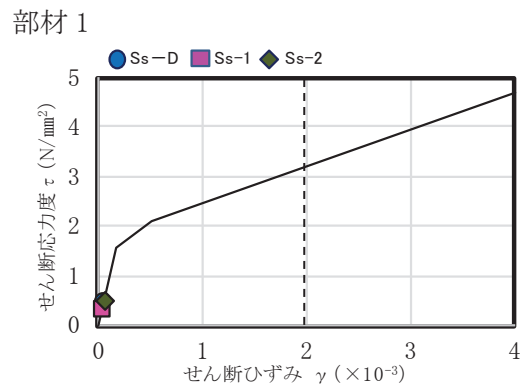
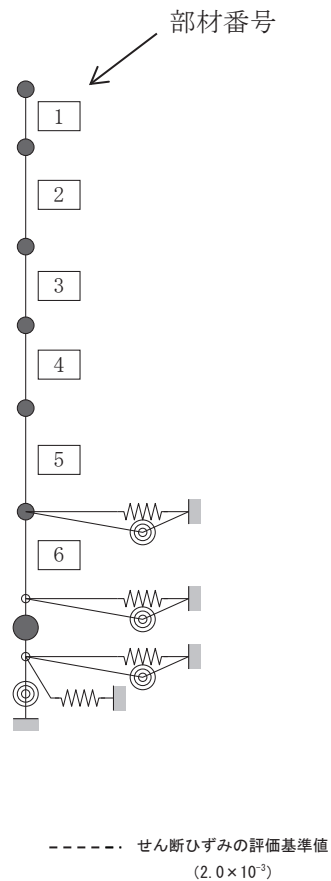


図 5-16 せん断のスケルトンカーブ上の最大応答値(EW 方向, Ss)

6. 基礎浮き上がりの検討

廃止措置計画用設計地震動(S_s)による地震応答解析の結果に基づく最小接地率の一覧表を表 6-1 に示す。地震時の最大接地圧は、地反力分布を三角形分布と仮定し、鉛直方向の地震力を組合せ係数法(組合せ係数 0.4)により考慮して算定する。最大接地圧の一覧表を表 6-2 に示す。

接地率は、誘発上下動を考慮した浮き上がり非線形解析を適用できる基準値(50 %)以上を満足していることを確認した。

接地圧は、基礎地盤における平板載荷試験の結果から設定した極限支持力度 2350 kN/m²を超えないことを確認した。

表 6-1 最小接地率(Ss)

(a)NS 方向

地震動	浮き上がり限界 転倒モーメント ($\times 10^6$ kN・m)	最大転倒モーメント ($\times 10^6$ kN・m)	最小接地率 (%)
Ss-D	4.08	6.73	67.4
Ss-1		3.00	100.0
Ss-2		7.25	61.1

(b)EW 方向

地震動	浮き上がり限界 転倒モーメント ($\times 10^6$ kN・m)	最大転倒モーメント ($\times 10^6$ kN・m)	最小接地率 (%)
Ss-D	5.50	8.06	76.8
Ss-1		3.75	100.0
Ss-2		7.26	84.0

表 6-2 最大接地圧(Ss)

地震動	方向	最大接地圧 (kN/m ²)
Ss-D	NS	687
	EW	561
Ss-1	NS	379
	EW	367
Ss-2	NS	764
	EW	515

7. 評価結果

TVF 開発棟の耐震性評価として廃止措置計画用設計地震動(Ss)による地震応答解析を行い、接地率が誘発上下動を考慮した浮き上がり非線形解析を適用できる基準を満足していること、耐震壁に生じるせん断ひずみ及び接地圧が評価基準値を超えないことを確認した。以上により、TVF 開発棟は廃止措置計画用設計地震動(Ss)に対して耐震余裕を有していることを確認した。

6. TVF 施設の機器・配管系の耐震性についての計算書

6.1 受入槽(G11V10)及び回収液槽(G11V20)
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 評価方針	1
2.2 適用規格・基準等	1
2.3 記号の説明	1
3. 評価部位	2
4. 構造強度評価	2
4.1 荷重の組み合わせ	2
4.2 許容応力	3
4.3 減衰定数	3
4.4 設計用地震力	4
4.5 計算方法	6
4.6 計算条件	6
4.7 固有周期	8
5. 評価結果	16

1. 概要

高放射性廃液の崩壊熱除去機能および閉じ込め機能を構成する受入槽(G11V10)及び回収液槽(G11V20)について、「再処理施設の位置，構造及び設備の基準に関する規則の解釈」及び「耐震設計に係る工認審査ガイド」を踏まえ，廃止措置計画用設計地震動によって生じる地震力が作用したとしてもその安全機能の維持が可能であることを示す。

2. 一般事項

2.1 評価方針

評価対象の受入槽(G11V10)及び回収液槽(G11V20)の構造強度の評価は，有限要素法(FEM)解析により行い，当該設備に廃止措置計画用設計地震動時に発生する最大応力を評価し，構造上の許容限界を超えないことを確認する。

2.2 適用規格・基準等

適用規格・基準等を以下に示す。

- (1)原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601 (日本電気協会)
- (2)原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601 (日本電気協会)
- (3)発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1 (日本機械学会)
- (4)発電用原子力設備規格 材料規格 JSME S NJ1 (日本機械学会)

2.3 記号の説明

記号	記号の説明	単位
A_L	JSME S NC1-2012 SSB-3200 に定める許容荷重	N
F	JSME S NC1-2012 SSB-3121 に定める許容応力算定用基準値	MPa
S_u	JSME S NJ1-2012 Part3 に定める材料の設計引張強さ	MPa
S_{yd}	JSME S NC1-2012 SSB-3200 に定める最高使用温度における材料の設計降伏点	MPa
S_{yt}	JSME S NC1-2012 SSB-3200 に定める試験温度における材料の設計降伏点	MPa
T_L	JSME S NC1-2012 SSB-3210 に定める荷重試験により支持構造物が破損するおそれのある荷重	N

3. 評価部位

受入槽 (G11V10) 及び回収液槽 (G11V20) の構造強度の評価は，評価上厳しくなる胴，ラグ，据付ボルトについて実施する。受入槽 (G11V10) 及び回収液槽 (G11V20) の概要図を図 3-1 に示す。

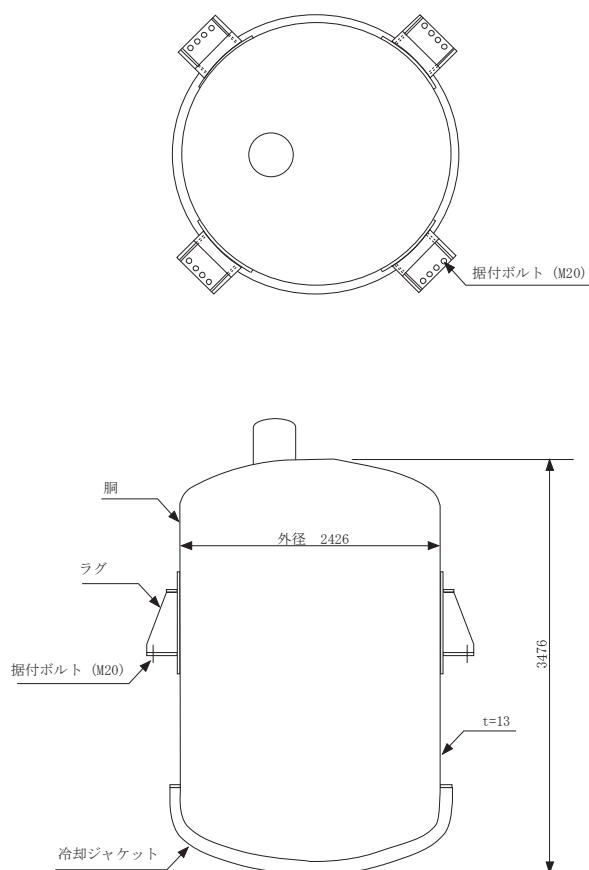


図 3-1 受入槽 (G11V10) 及び回収液槽 (G11V20) の概要図

4. 構造強度評価

4.1 荷重の組み合わせ

発生応力の算出においては，自重，圧力及び地震による応力を組み合わせた。地震による応力については，水平方向応力と鉛直方向応力を，二乗和平方根 (SRSS) 法に

より組み合わせた。

4.2 許容応力

設備の構造強度の許容応力は、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」及び「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1-2012」を準拠又は実験値等で妥当性が確認されているものを用いた。評価にあたっては供用状態 Ds における許容応力を用いた。供用状態 Ds について、温度は設計温度、圧力については設計圧力、自重については液量を満杯とし、それぞれ生じる荷重と廃止措置計画用設計地震動による地震力を組み合わせた状態とした。

据付ボルトのせん断応力の許容応力について、「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1-2012 SSB-3200」では、当該支持構造物と同一の材質及び形状を有する支持構造物がある場合は、その支持構造物で求めた値を使用することができることとしていることから、当該規格に基づき、せん断試験を実施し、その試験から得られた値を用いた。

評価部位	応力分類	許容応力
胴	一次一般膜応力	0.6 Su
胴	一次応力	0.9 Su
ラグ	一次応力	F
据付ボルト	引張応力	1.5 × (F/1.5)
据付ボルト	せん断応力	A_L (許容荷重) = 0.6 $T_L S_{yd}/S_{yt}$

4.3 減衰定数

減衰定数は、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」に規定された値を用いた。

使用した減衰定数を表 4-1 に示す。

表 4-1 使用した減衰定数

評価対象設備	減衰定数 (%)	
	水平方向	鉛直方向
受入槽 (G11V10) 及び 回収液槽 (G11V20)	1.0	1.0

4.4 設計用地震力

「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987」に基づき，廃止措置計画用設計地震動による建家の地震応答解析の結果得られる各階の床応答加速度をもとに，各階の床応答スペクトル（ S_s-D ， S_s-1 ， S_s-2 の 3 波包絡，周期軸方向に±10%拡幅したもの）を作成し，これを評価に用いた。

受入槽 (G11V10) 及び回収液槽 (G11V20) の解析用の床応答スペクトルは，機器据付階（地下 1 階）のものを用いた。使用した解析用の床応答スペクトルを表 4-2，図 4-1 及び図 4-2 に示す。

表 4-2 使用した解析用の床応答スペクトル

評価対象設備	水平方向	鉛直方向
受入槽 (G11V10) 及び 回収液槽 (G11V20)	解析用の床応答スペクトル (地下 1 階，減衰定数 1.0%)	解析用の床応答スペクトル (地下 1 階，減衰定数 1.0%)

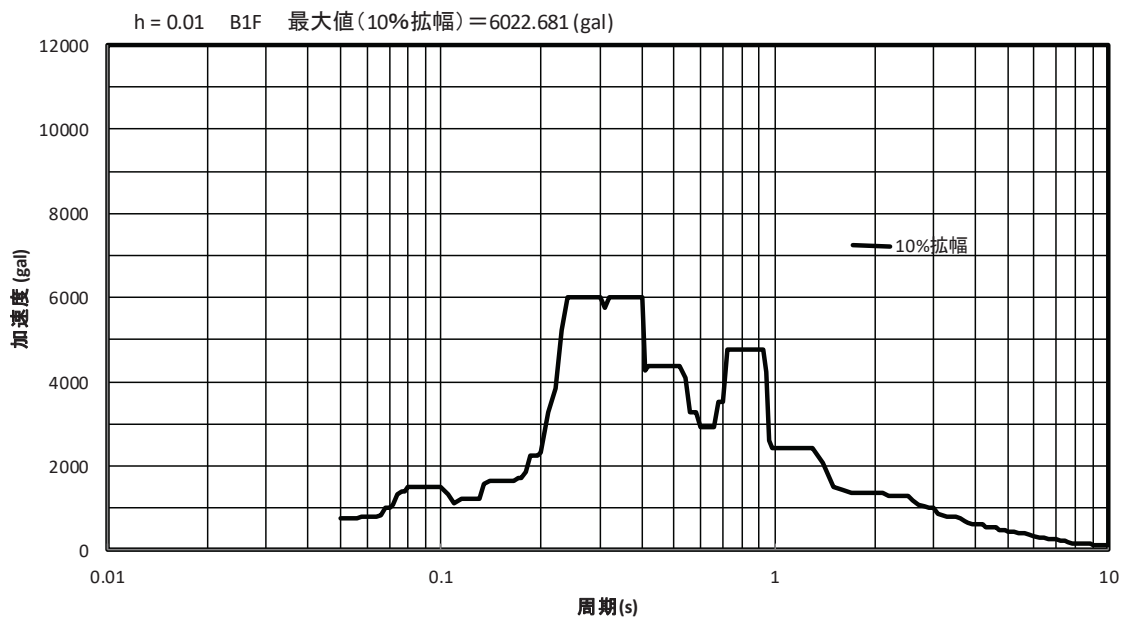


図 4-1 解析用の床応答スペクトル（水平方向，地下 1 階，減衰定数 1.0%）

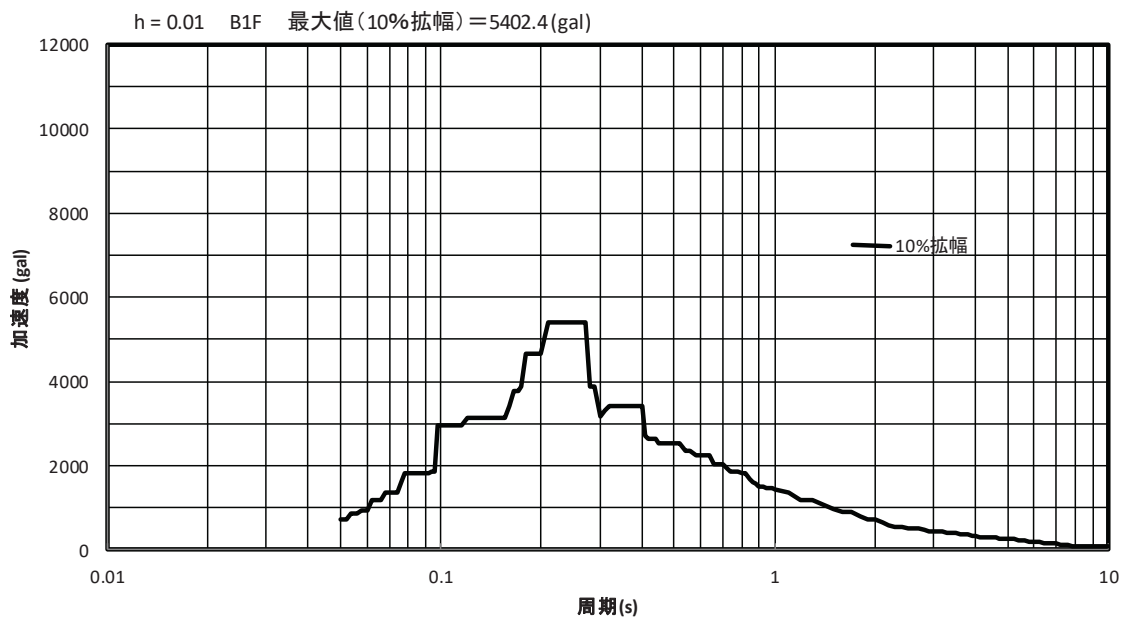


図 4-2 解析用の床応答スペクトル（鉛直方向，地下 1 階，減衰定数 1.0%）

4.5 計算方法

受入槽 (G11V10) 及び回収液槽 (G11V20) の計算方法について、FEM 解析 (スペクトルモーダル法) により発生応力を算出した。発生応力と許容応力を比較することにより評価を行った。解析コードは FINAS^{※1} を用いた。

※1 日本原子力研究開発機構, 伊藤忠テクノソリューション株式会社, “FINAS 汎用非線形構造解析システム Version 21.0” .

4.6 計算条件

4.6.1 解析モデル

受入槽 (G11V10) 及び回収液槽 (G11V20) の解析モデルを図 4-3 に示す。FEM 解析のモデルは、その振動特性に応じ、代表的な振動モードが適切に表現でき、地震荷重による応力を適切に算定できるものを用いた。

解析モデルにおいて、槽内構造物等の質量は胴板に付加し、高放射性廃液の質量は接液部胴板に付加し、解析モデルの総質量が約 27.07 t となるように、胴板の密度を設定した。

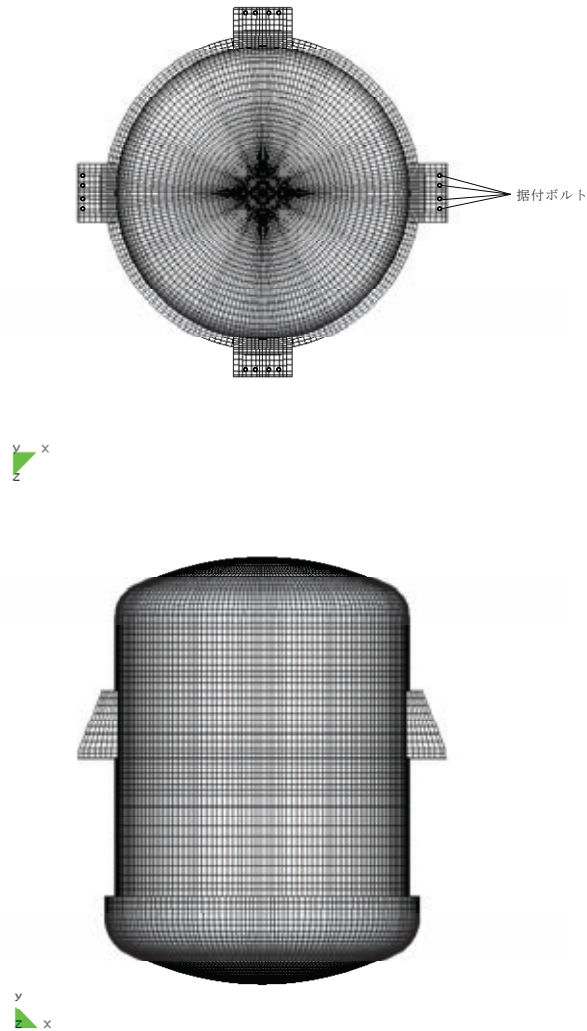
4.6.2 諸元

受入槽 (G11V10) 及び回収液槽 (G11V20) の主要寸法・仕様を表 4-3 に示す。

表 4-3 主要寸法・仕様

評価対象設備	項目	値
受入槽 (G11V10) 及び 回収液槽 (G11V20)	耐震重要度分類	S クラス
	機器区分	クラス 3
	圧力 (設計圧力)	0.049 (MPa)
	胴外径	2426 (mm)
	胴板厚さ	13 (mm)
	胴高さ (外側)	3476 (mm)
	胴材質	R-SUS304ULC
	胴温度 (設計温度)	95 (°C)
	据付ボルト呼び径	M20
	据付ボルト材質	SUS316
	据付ボルト温度	45 (°C)
	液量 (満杯)	11 (m ³)
	液密度	1.6 (g/cm ³)

	空質量	約 9.47 (t)
	総質量	約 27.07 (t)



拘束条件 ○：固定、－：フリー

部位	並進方向			回転方向		
	x	y	z	θ_x	θ_y	θ_z
据付ボルト	○	○	○	－	－	－

図 4-3 受入槽 (G11V10) 及び回収液槽 (G11V20) の解析モデル

4.7 固有周期

受入槽 (G11V10) 及び回収液槽 (G11V20) の固有周期及び固有モードを図 4-5 に示す。

1次モード図 固有周期：0.062（秒）

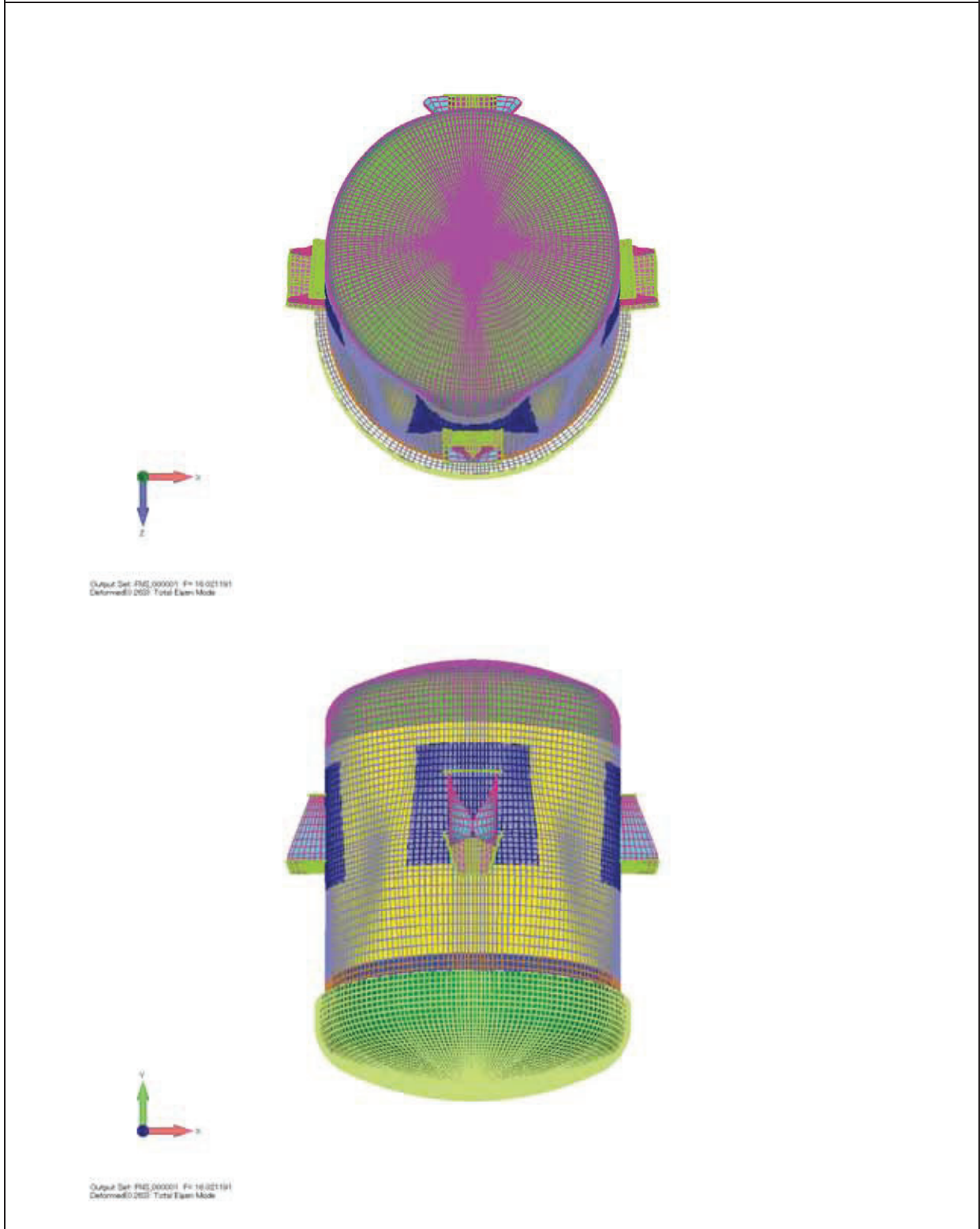


図 4-5 受入槽 (G11V10) 及び回収液槽 (G11V20) 固有モード図 (1/3)

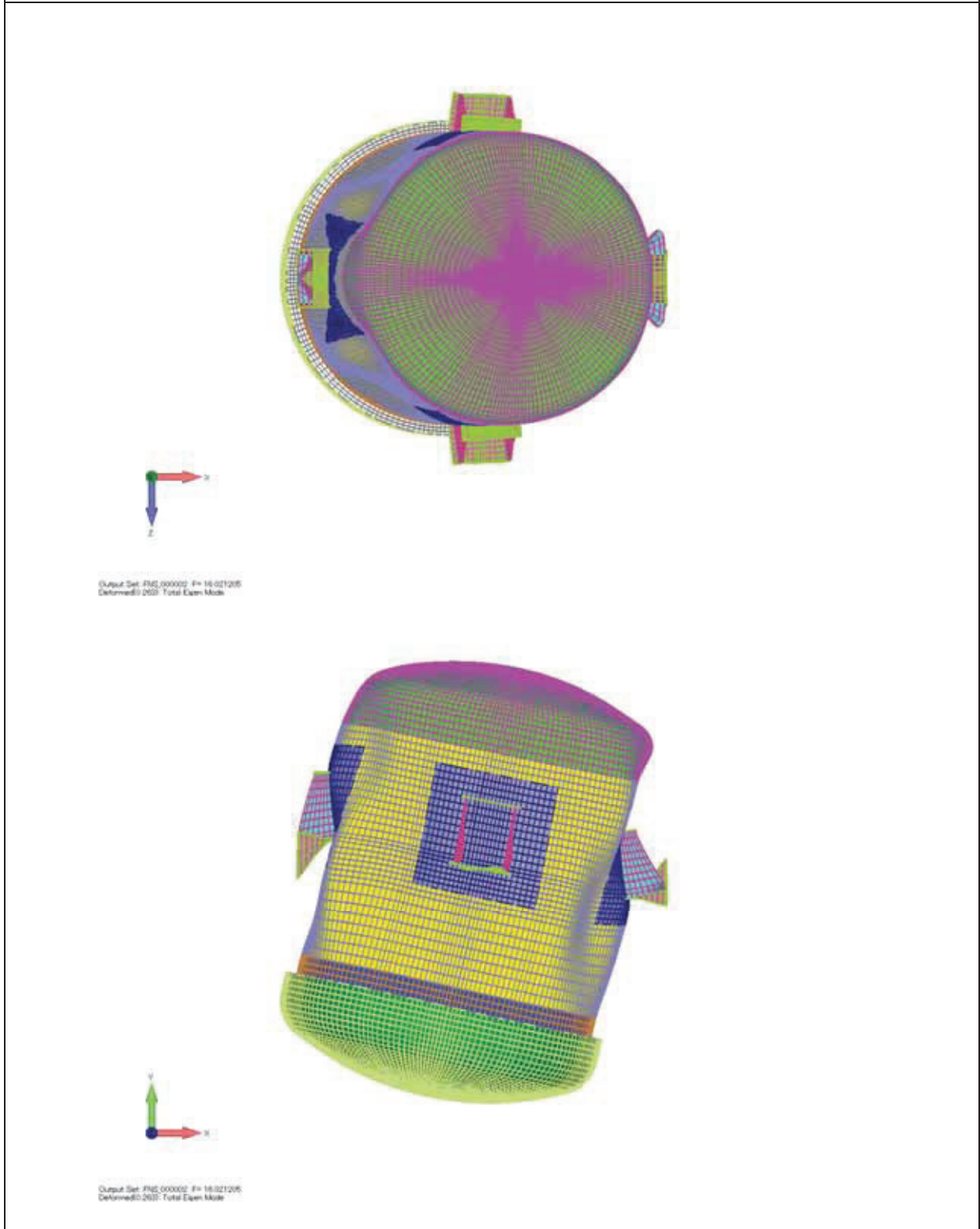


図 4-5 受入槽 (G11V10) 及び回収液槽 (G11V20) 固有モード図 (2/3)

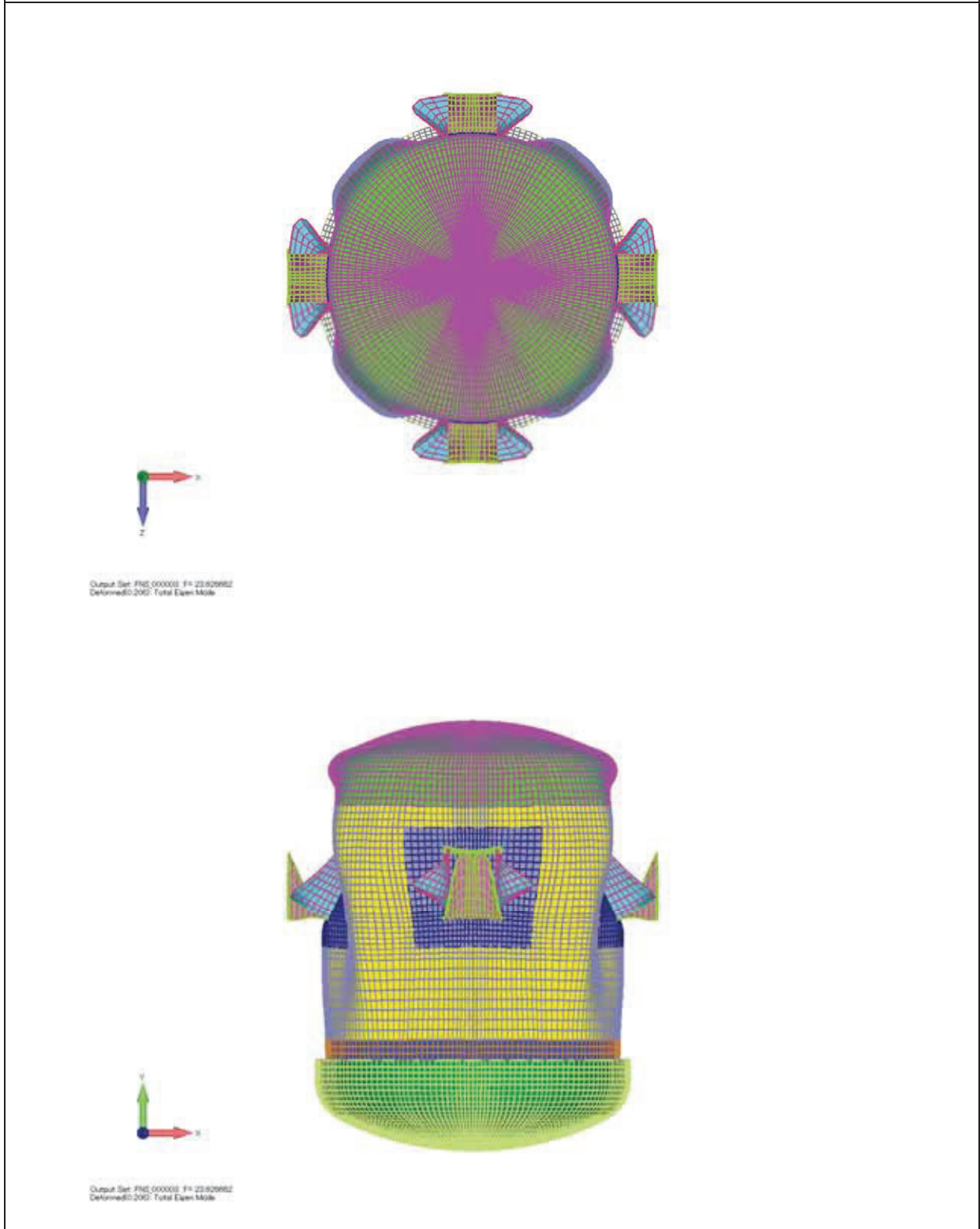


図 4-5 受入槽 (G11V10) 及び回収液槽 (G11V20) 固有モード図 (3/3)

5. 評価結果

構造強度評価結果を表 5-1 に示す。

ガラス固化技術開発施設 (TVF) の受入槽 (G11V10) 及び回収液槽 (G11V20) の各評価部位の発生応力はいずれも許容応力以下であることを確認した。

表 5-1 構造強度評価結果

評価対象設備	評価部位	応力分類	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	応力比 ^{※1}
受入槽 (G11V10) 及び回収液槽 (G11V20)	胴 (冷却ジャケットを含む)	一次一般膜	103	247	0.42
		一次	152	371	0.41
	ラグ	一次	176	246	0.72
	据付ボルト	引張	139	246	0.57
		せん断	205	290 ^{※2}	0.71

※1 応力比は、発生応力/許容応力を示す。

※2 JSME S NC1-2012 SSB-3200 に基づき実施したせん断試験から得られた A_L をボルトの断面積で除して算出した許容応力。

6.2 1次冷却水系配管(KG11-145)
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 評価方針	1
2.2 適用規格・基準等	1
3. 評価部位	1
4. 構造強度評価	2
4.1 荷重の組み合わせ	2
4.2 許容応力	2
4.3 減衰定数	3
4.4 設計用地震力	3
4.5 計算方法	7
4.6 計算条件	7
4.7 固有周期	9
5. 評価結果	13

1. 概要

高放射性廃液の崩壊熱除去機能および閉じ込め機能を構成する 1 次冷却水系配管 (KG11-145) について、「再処理施設の位置，構造及び設備の基準に関する規則の解釈」及び「耐震設計に係る工認審査ガイド」を踏まえ，廃止措置計画用設計地震動によって生じる地震力が作用したとしてもその安全機能の維持が可能であることを示す。

2. 一般事項

2.1 評価方針

評価対象の 1 次冷却水系配管 (KG11-145) の構造強度の評価は，有限要素法 (FEM) 解析により行い，当該設備に廃止措置計画用設計地震動時に発生する最大応力を評価し，構造上の許容限界を超えないことを確認する。

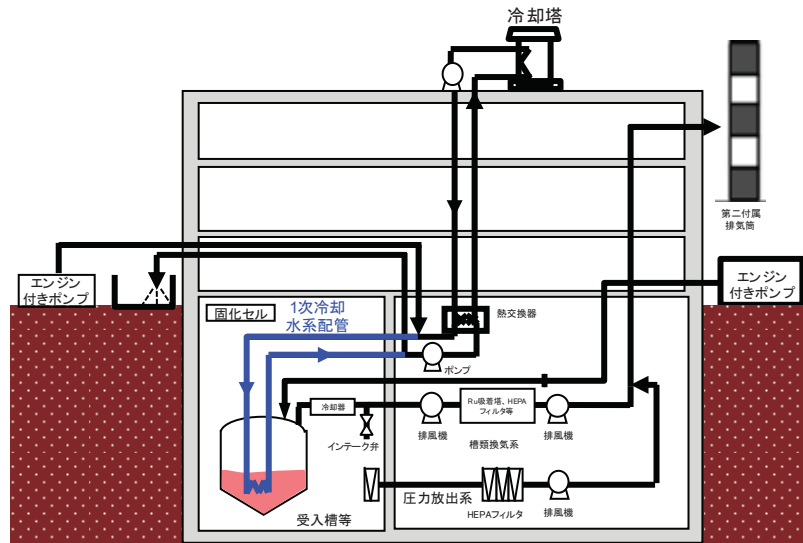
2.2 適用規格・基準等

適用規格・基準等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601 (日本電気協会)
- (2) 原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601 (日本電気協会)
- (3) 発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1 (日本機械学会)
- (4) 発電用原子力設備規格 材料規格 JSME S NJ1 (日本機械学会)

3. 評価部位

1 次冷却水系配管 (KG11-145) の構造強度の評価は，本体の一次応力について実施する。評価の範囲は事故対処設備として機能維持が求められる 1 次冷却水系配管の系統の一部 (図 3.1) とする。



配管系統の評価範囲
 1次冷却水系配管：
 事故対処時にエンジン付きポンプを接続する1次冷却水配管の接続位置から冷却コイルまでの範囲（青線部）。

図 3.1 1次冷却水系配管(KG11-145)の概要図

4. 構造強度評価

4.1 荷重の組み合わせ

発生応力の算出においては、自重、圧力及び地震による応力を組み合わせた。地震による応力については、水平方向応力と鉛直方向応力を、二乗和平方根（SRSS）法により組み合わせた。

4.2 許容応力

設備の構造強度の許容応力は、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」及び「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1-2012」を準拠し、供用状態 Ds における許容応力を用いた。供用状態 Ds について、温度は設計温度、圧力については設計圧力、配管内部の流体については充填し、それぞれ生じる荷重と廃止措置計画用設計地震動による地震力を組み合わせた状態とした。

評価部位	応力分類	許容応力
配管	一次応力	0.9 Su

4.3 減衰定数

減衰定数は、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」に規定された値を用いた。

使用した減衰定数を表 4-1 に示す。

表 4-1 使用した減衰定数

評価対象設備	減衰定数 (%)	
	水平方向	鉛直方向
1 次冷却水系配管 (KG11-145)	0.5	0.5

4.4 設計用地震力

廃止措置計画用設計地震動による建家の地震応答解析の結果得られる各階の床応答時刻歴波を評価に用いた。

1 次冷却水系配管 (KG11-145) の床応答時刻歴波は、機器据付階 (地下 1 階) のものを用いた。使用した床応答時刻歴波を表 4-2, 図 4-1, 図 4-2 及び図 4-3 に示す。

表 4-2 使用した床応答時刻歴波

評価対象設備	水平方向	鉛直方向
1 次冷却水系 配管 (KG11-145)	廃止措置計画用設計地震動 Ss(Ss-D, Ss-2, Ss-2)による床応答 時刻歴波(地下 1 階)	廃止措置計画用設計地震動 Ss(Ss-D, Ss-1, Ss-2)による床応 答時刻歴波(地下 1 階)

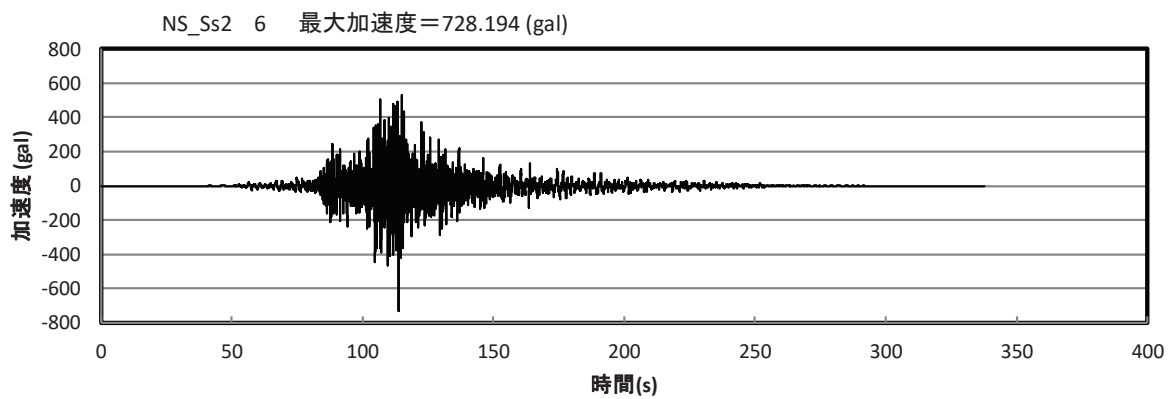
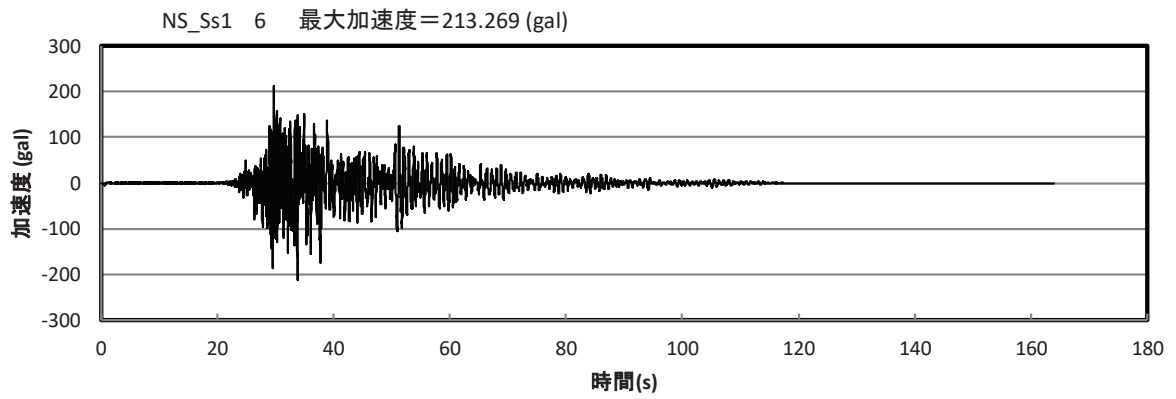
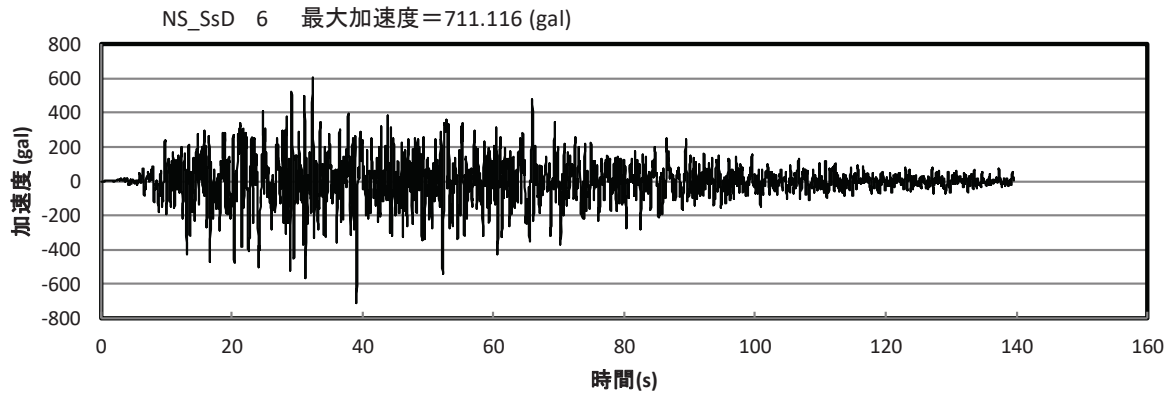


図 4-1 廃止措置計画用設計地震動 Ss(Ss-D, Ss-1, Ss-2)による床応答時刻歴波形
(地下 1 階, 水平 NS 方向)

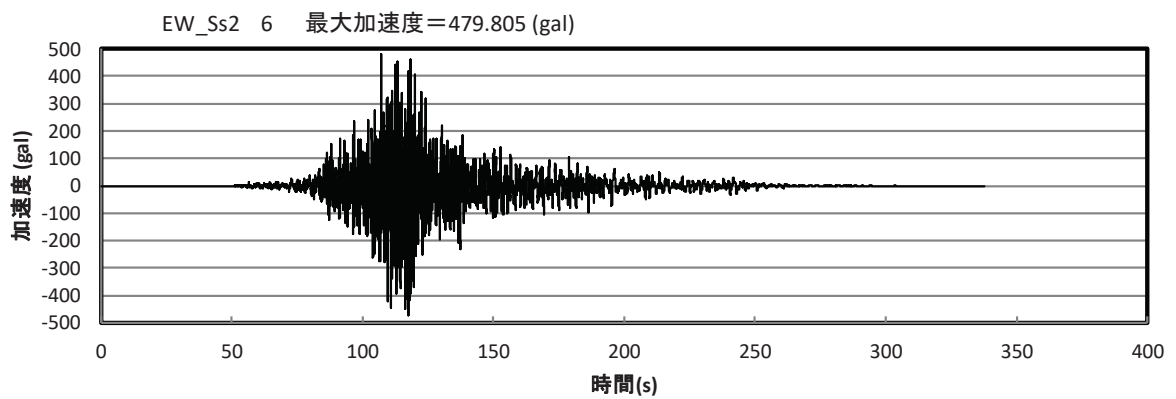
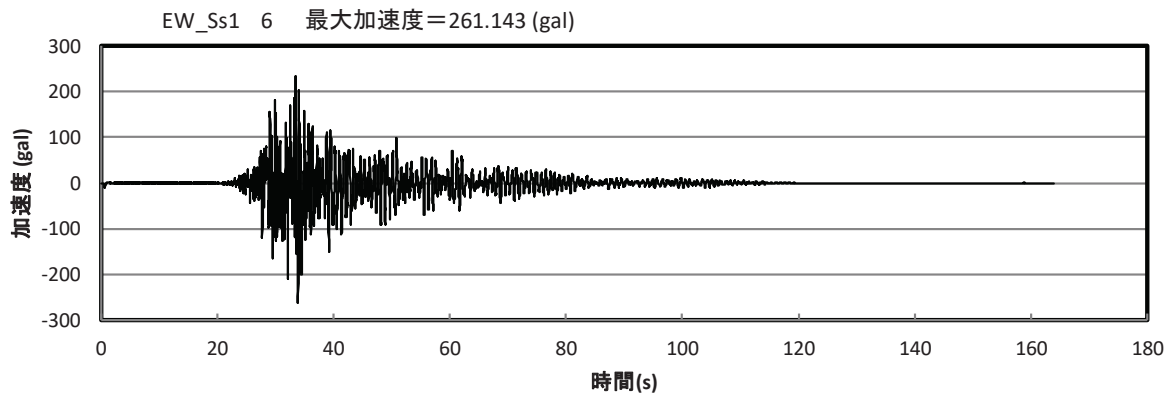
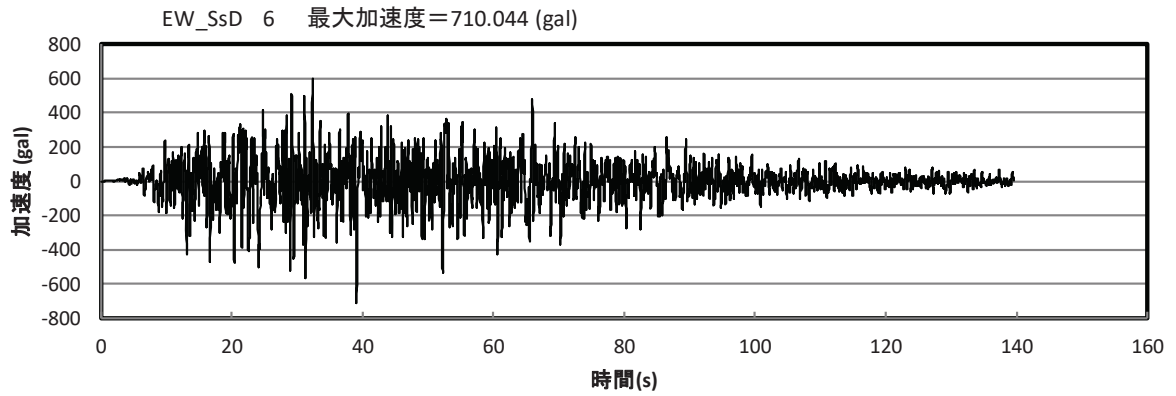


図 4-2 廃止措置計画用設計地震動 Ss(Ss-D, Ss-1, Ss-2)による床応答時刻歴波形
(地下 1 階, 水平 EW 方向)

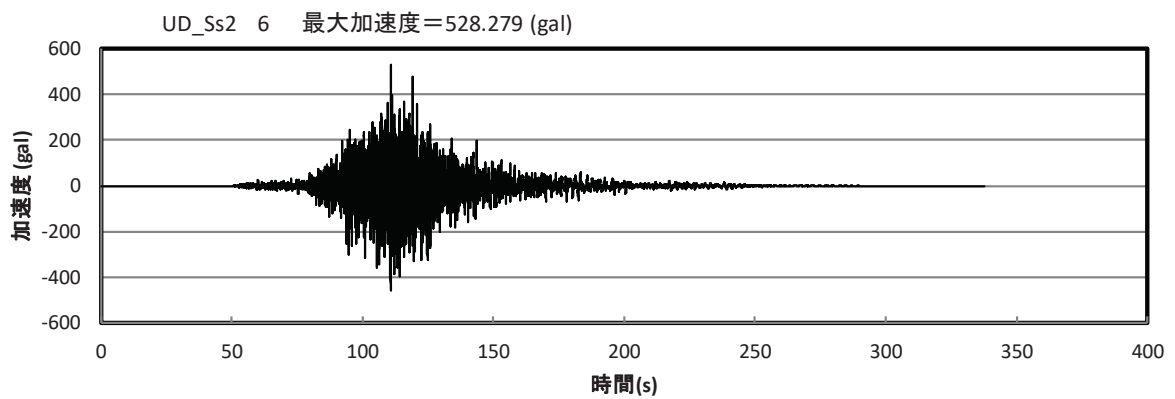
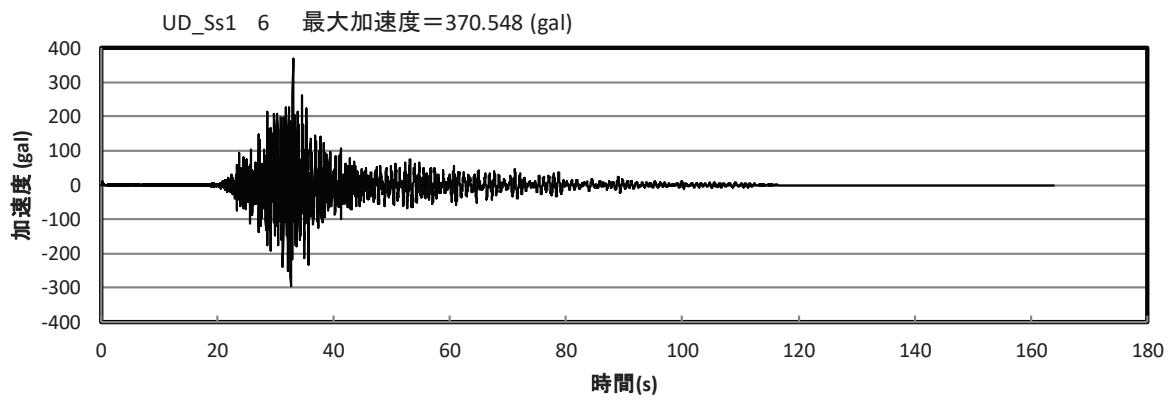
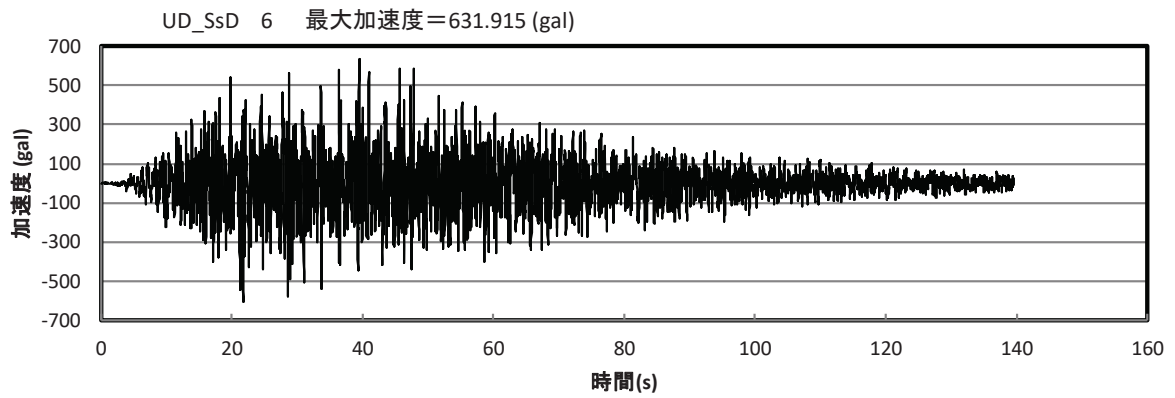


図 4-3 廃止措置計画用設計地震動 Ss(Ss-D, Ss-1, Ss-2)による床応答時刻歴波形
(地下 1 階, 鉛直方向)

4.5 計算方法

1次冷却水系配管(KG11-145)の計算方法について、FEM解析(時刻歴応答解析)により発生応力を算出した。発生応力と許容応力を比較することにより評価を行った。解析コードはFINAS^{※1}を用いた。

※1 日本原子力研究開発機構, 伊藤忠テクノソリューション株式会社, “FINAS 汎用非線形構造解析システム Version 21.0”。

4.6 計算条件

4.6.1 解析モデル

1次冷却水系配管(KG11-145)の解析モデルを図4-4に、拘束条件を図4-5に示す。FEM解析のモデルは、その振動特性に応じ、代表的な振動モードが適切に表現でき、地震荷重による応力を適切に算定できるものを用いた。

4.6.2 諸元

1次冷却水系配管(KG11-145)の主要寸法・仕様を表4-3に示す。

表4-3 主要寸法・仕様

評価対象設備	項目	値
1次冷却水系配管 (KG11-145)	耐震重要度分類	Sクラス
	機器区分	クラス3
	流体名	冷却水
	流体の密度	1.0 (g/cm ³)
	材質	SUS304LTP
	保温有無	無
	温度(設計温度)	55 (°C)
	圧力	0.59 (MPa)
	呼び径	15 (A)
	Sch	40

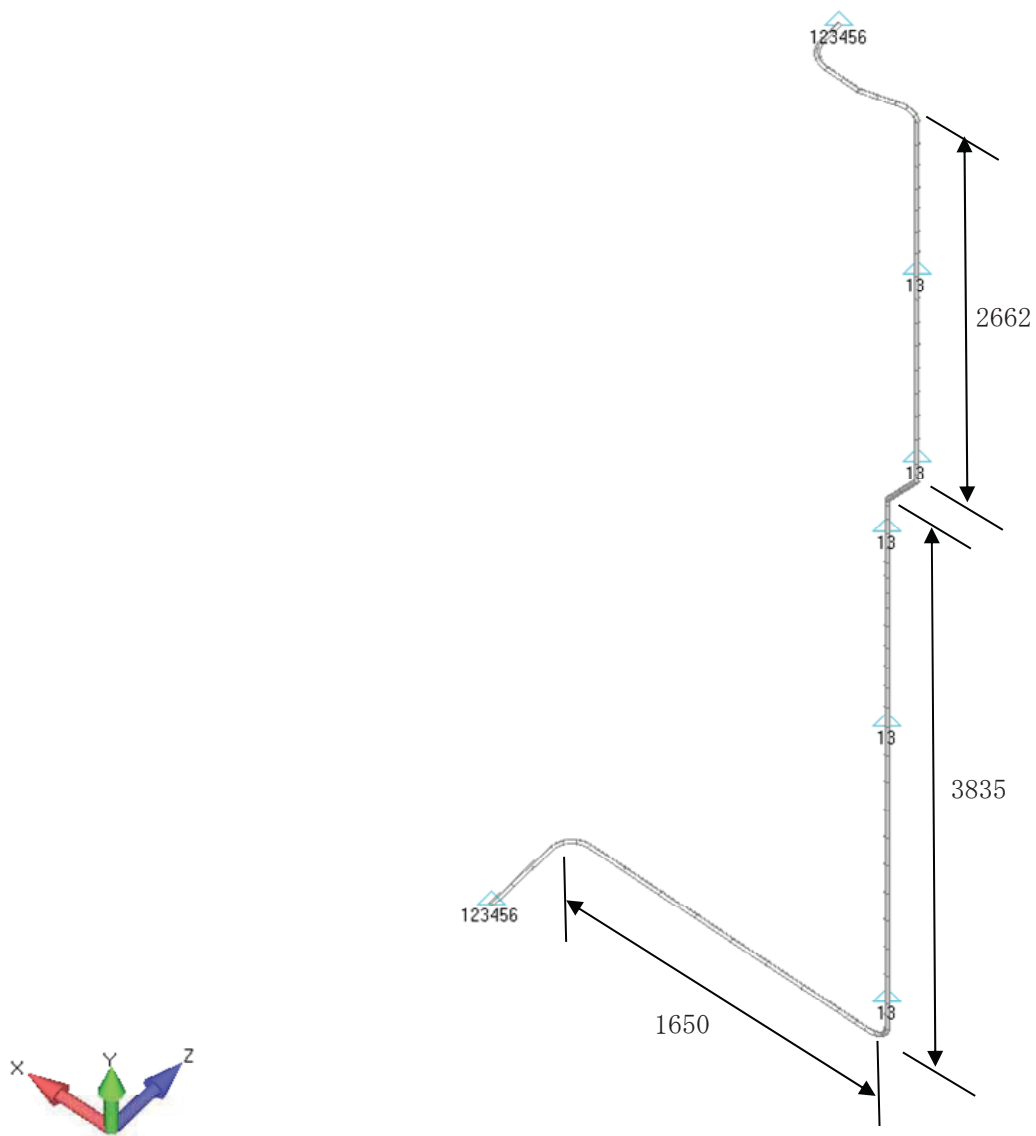


図 4-4 1次冷却水系配管 (KG11-145) の解析モデル

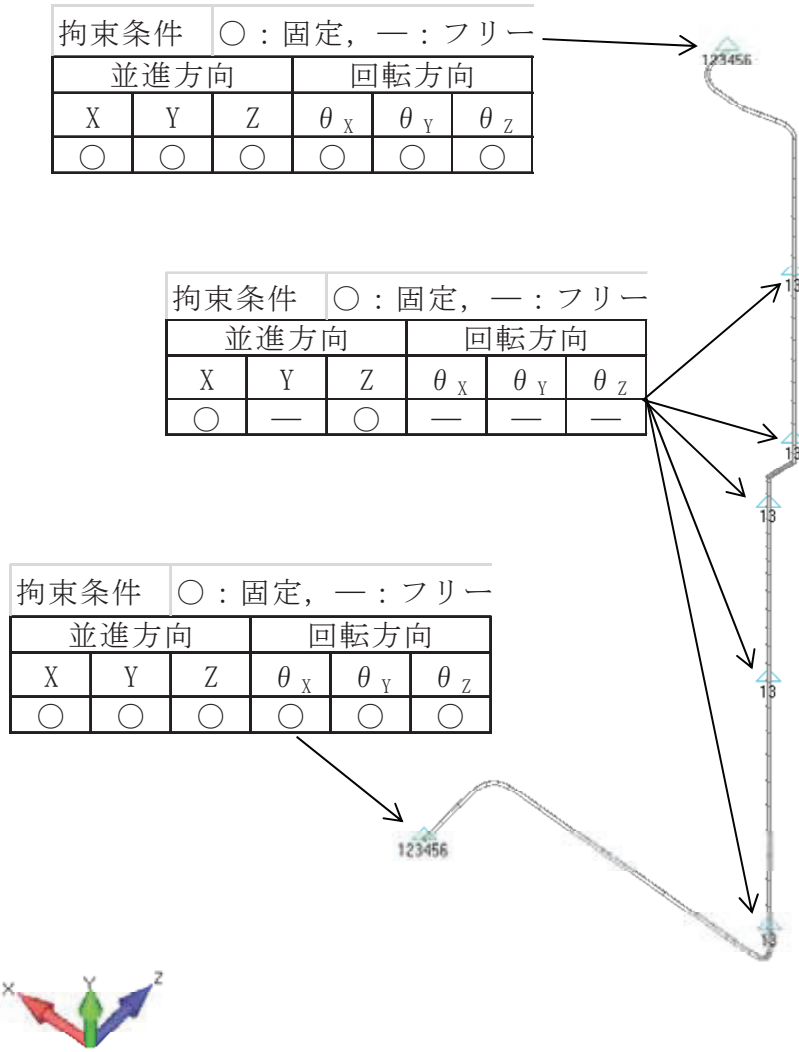


図 4-5 1次冷却水系配管 (KG11-145) の拘束条件

4.7 固有周期

1次冷却水系配管 (KG11-145) の固有周期及び固有モードを図 4-6 に示す。

1次モード図 固有周期：0.114 (秒)

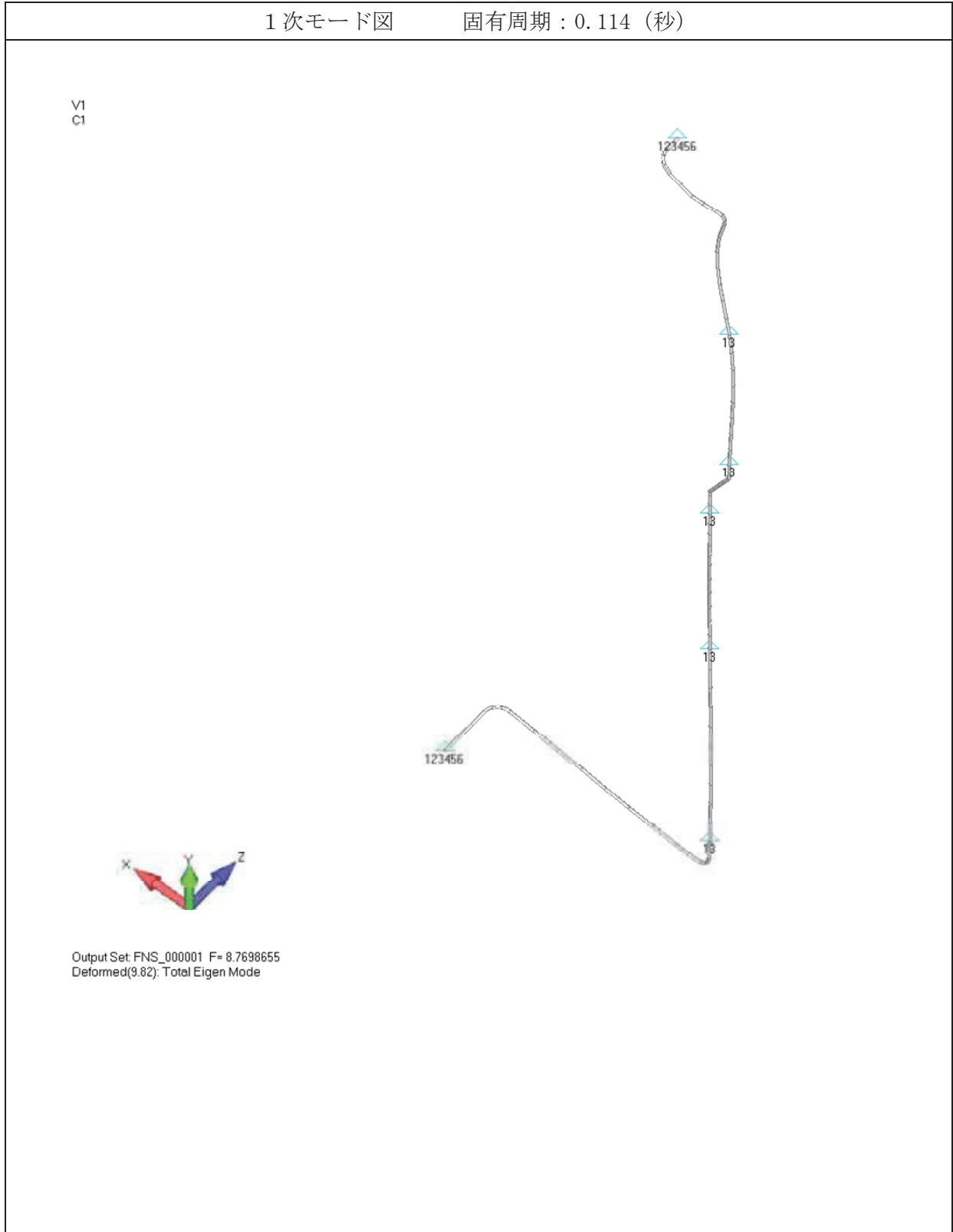


図 4-6 1次冷却水系配管 (KG11-145) 固有モード図 (1/3)

2次モード図 固有周期：0.065（秒）

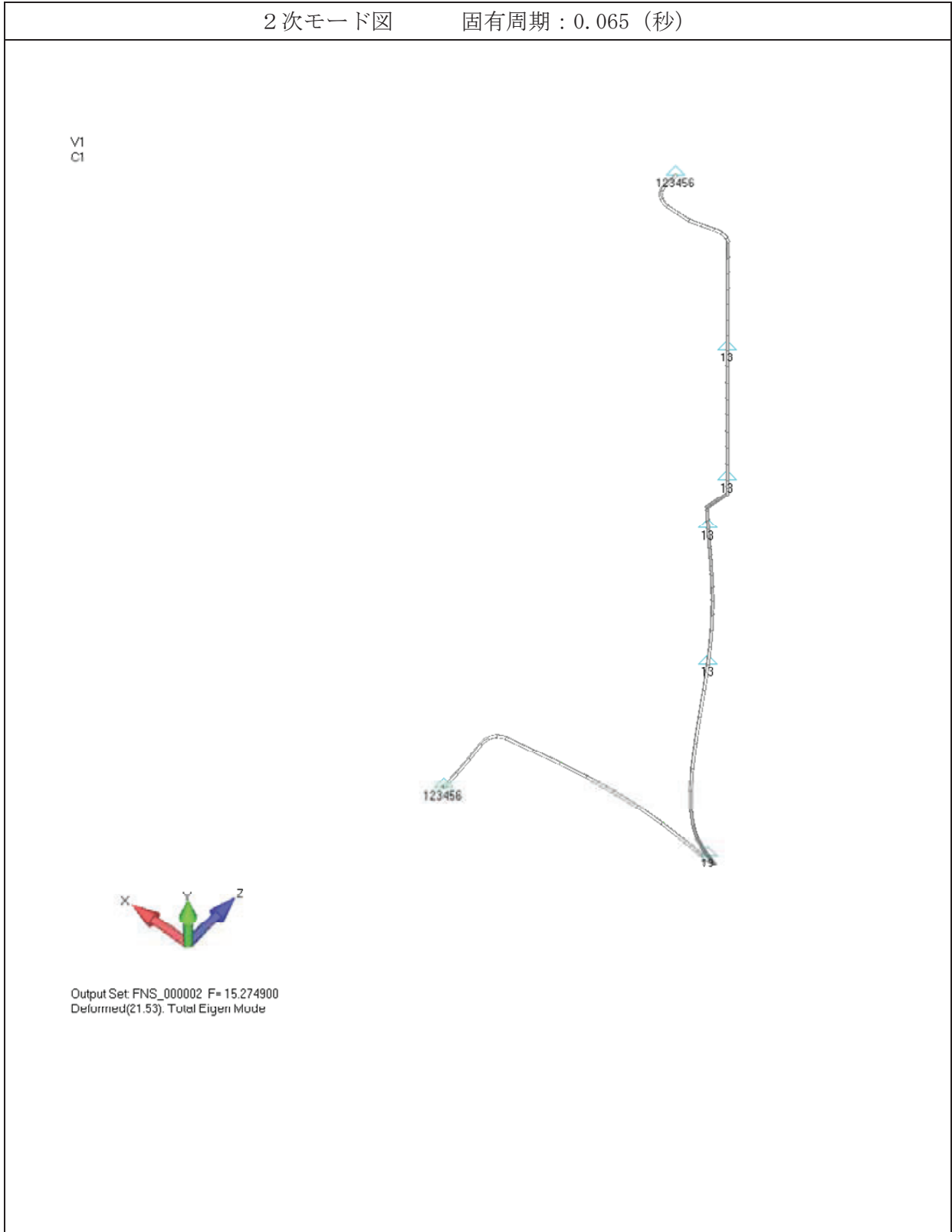


図 4-6 1次冷却水系配管(KG11-145) 固有モード図 (2/3)

3次モード図 固有周期：0.056（秒）

V1
C1

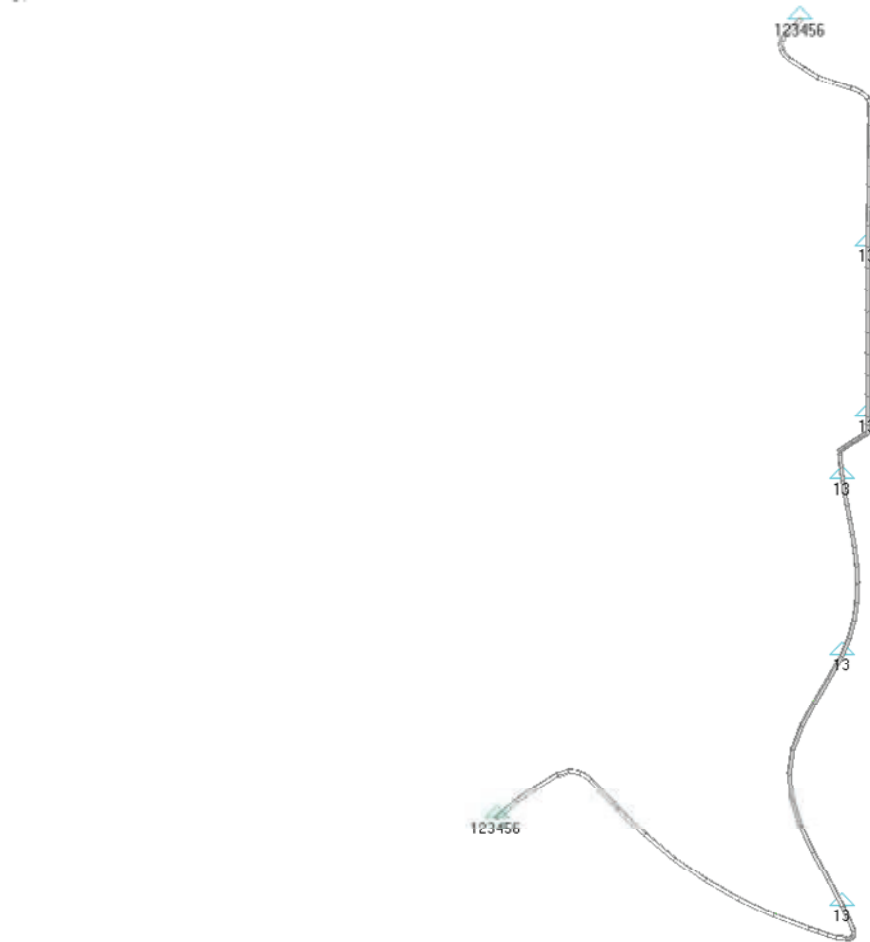


図 4-6 1次冷却水系配管(KG11-145) 固有モード図 (3/3)

5. 評価結果

構造強度評価結果を表 5-1 に示す。

ガラス固化技術開発施設 (TVF) の 1 次冷却水系配管 (KG11-145) の各評価部位の発生応力はいずれも許容応力以下であることを確認した。

表 5.1 構造強度評価結果

評価対象設備	評価部位	応力分類	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	応力比 ^{※1}
1 次冷却水系 配管 (KG11-145)	配管	一次	188	413	0.46

※1 応力比は、発生応力／許容応力を示す。

6.3 槽類換気系配管 (KG41-265, KG-41-266)

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 評価方針	1
2.2 適用規格・基準等	1
3. 評価部位	1
4. 構造強度評価	2
4.1 荷重の組み合わせ	2
4.2 許容応力	2
4.3 減衰定数	3
4.4 設計用地震力	3
4.5 計算方法	5
4.6 計算条件	5
4.7 固有周期	7
5. 評価結果	11

1. 概要

高放射性廃液の崩壊熱除去機能および閉じ込め機能を構成する槽類換気系配管 (KG41-265, KG-41-266) について、「再処理施設の位置，構造及び設備の基準に関する規則の解釈」及び「耐震設計に係る工認審査ガイド」を踏まえ，廃止措置計画用設計地震動によって生じる地震力が作用したとしてもその安全機能の維持が可能であることを示す。

2. 一般事項

2.1 評価方針

評価対象の槽類換気系配管 (KG41-265, KG-41-266) の構造強度の評価は，有限要素法 (FEM) 解析により行い，当該設備に廃止措置計画用設計地震動時に発生する最大応力を評価し，構造上の許容限界を超えないことを確認する。

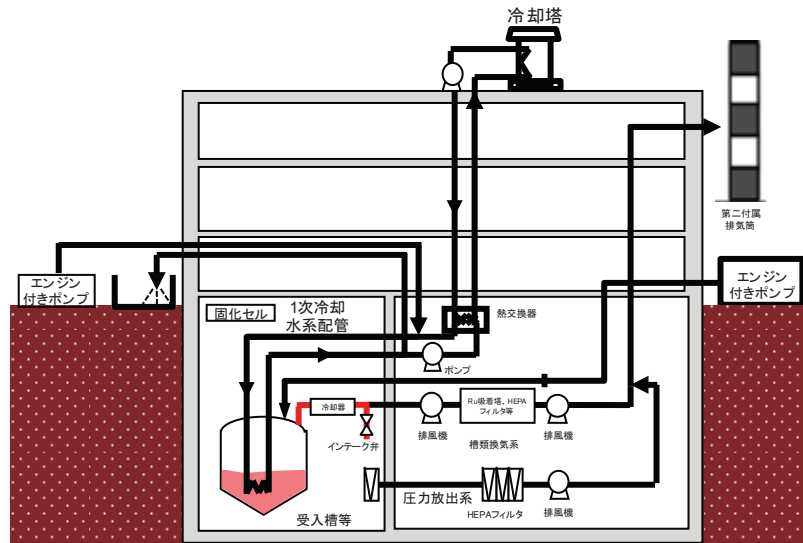
2.2 適用規格・基準等

適用規格・基準等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601 (日本電気協会)
- (2) 原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601 (日本電気協会)
- (3) 発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1 (日本機械学会)
- (4) 発電用原子力設備規格 材料規格 JSME S NJ1 (日本機械学会)

3. 評価部位

槽類換気系配管 (KG41-265, KG-41-266) の構造強度の評価は，本体の一次応力について実施する。評価の範囲は事故対処設備として機能維持が求められる槽類換気系配管の系統の一部(図 3.1)とする。



配管系統の評価範囲
 槽類換気系配管：
 重大事故時に影響緩和のために期待する受入槽からインテーク弁までの放出経路（赤線部）。
 なお、冷却器は別紙で評価する。

図 3.1 槽類換気系配管 (KG41-265, KG-41-266) の概要図

4. 構造強度評価

4.1 荷重の組み合わせ

発生応力の算出においては、自重、圧力及び地震による応力を組み合わせた。地震による応力については、水平方向応力と鉛直方向応力を、二乗和平方根（SRSS）法により組み合わせた。

4.2 許容応力

配管の構造強度の許容応力は、「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987」及び「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1-2012」を準拠し、供用状態 Ds における許容応力を用いた。供用状態 Ds について、温度は設計温度、圧力については設計圧力、配管内部の流体については充填し、それぞれ生じる荷重と廃止措置計画用設計地震動による地震力を組み合わせた状態とした。

評価部位	応力分類	許容応力
配管	一次応力	0.9 Su

4.3 減衰定数

減衰定数は、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」に規定された値を用いた。

使用した減衰定数を表 4-1 に示す。

表 4-1 使用した減衰定数

評価対象設備	減衰定数 (%)	
	水平方向	鉛直方向
槽類換気系配管 (KG41-265, KG-41-266)	0.5	0.5

4.4 設計用地震力

「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987」に基づき、廃止措置計画用設計地震動による建家の地震応答解析の結果得られる各階の床応答加速度をもとに、各階の床応答スペクトル (Ss-D, Ss-1, Ss-2 の 3 波包絡, 周期軸方向に±10%拡幅したもの) を作成し、これを評価に用いた。

槽類換気系配管 (KG41-265, KG-41-266) の解析用の床応答スペクトルは、機器据付階 (地下 1 階) のものを用いた。使用した解析用の床応答スペクトルを表 4-2, 図 4-1 及び図 4-2 に示す。

表 4-2 使用した解析用の床応答スペクトル

評価対象設備	水平方向	鉛直方向
槽類換気系配管 (KG41-265, KG-41-266)	解析用の床応答スペクトル (地下 1 階, 減衰定数 0.5%)	解析用の床応答スペクトル (地下 1 階, 減衰定数 0.5%)

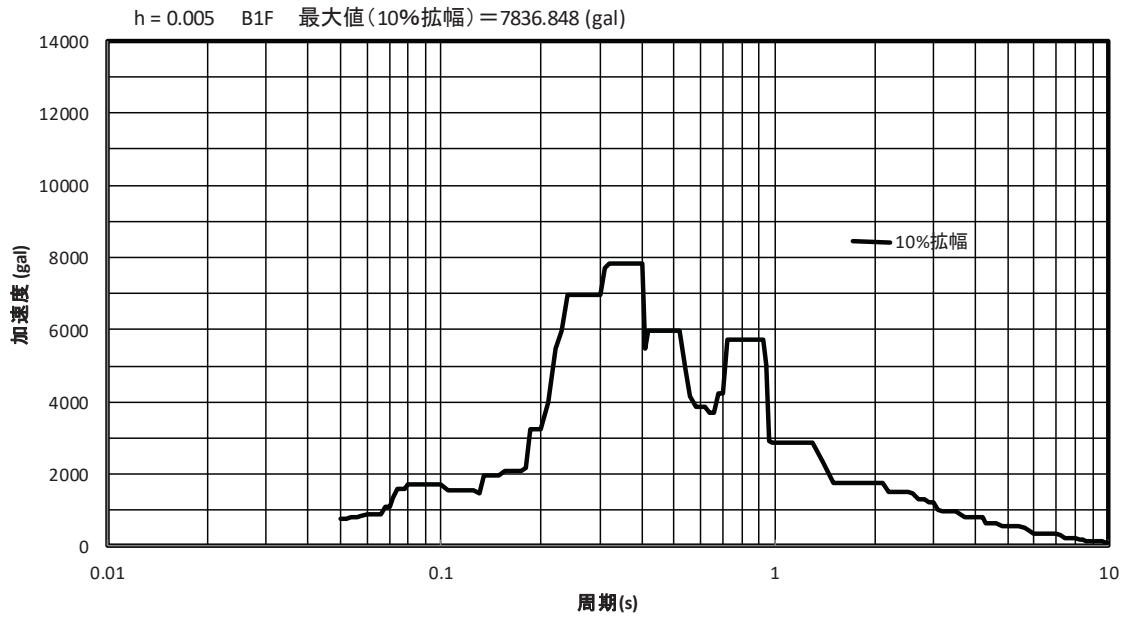


図 4-1 解析用の床応答スペクトル (水平方向, 地下 1 階, 減衰定数 0.5%)

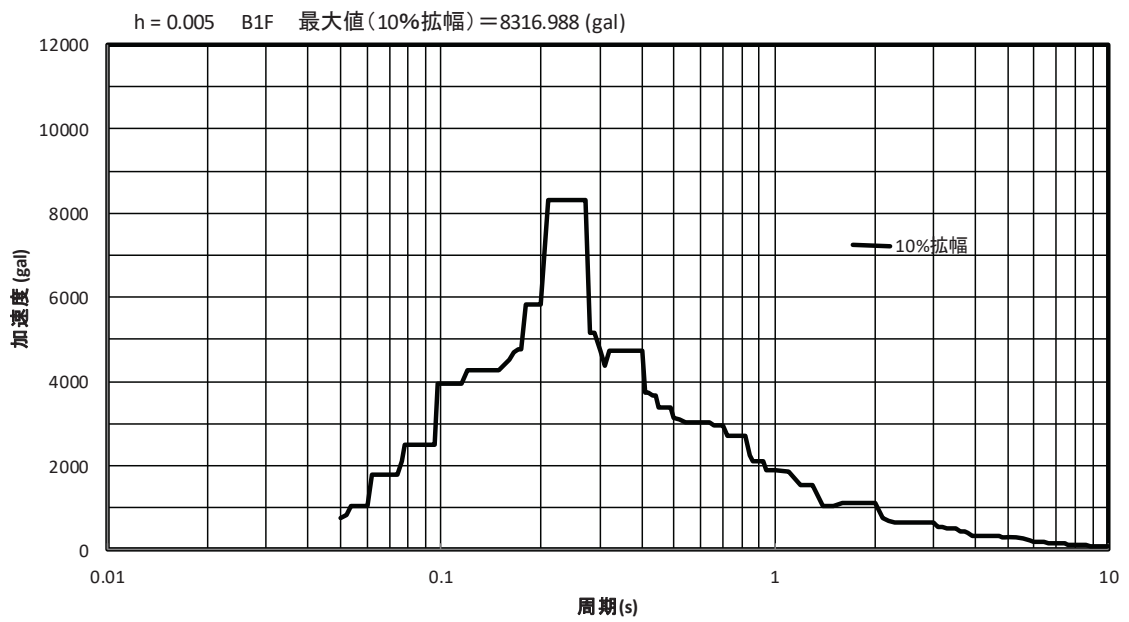


図 4-2 解析用の床応答スペクトル (鉛直方向, 地下 1 階, 減衰定数 0.5%)

4.5 計算方法

槽類換気系配管 (KG41-265, KG-41-266) の計算方法について、FEM 解析（スペクトルモーダル法）により発生応力を算出した。発生応力と許容応力を比較することにより評価を行った。解析コードは FINAS^{※1} を用いた。

※1 日本原子力研究開発機構，伊藤忠テクノソリューション株式会社，“FINAS 汎用非線形構造解析システム Version 21.0”。

4.6 計算条件

4.6.1 解析モデル

槽類換気系配管 (KG41-265, KG-41-266) の解析モデルを図 4-4 に、拘束条件を図 4-5 に示す。FEM 解析のモデルは、その振動特性に応じ、代表的な振動モードが適切に表現でき、地震荷重による応力を適切に算定できるものを用いた。

4.6.2 諸元

槽類換気系配管 (KG41-265, KG-41-266) の主要寸法・仕様を表 4-3 に示す。

表 4-3 主要寸法・仕様

評価対象設備	項目	値
槽類換気系配管 (KG41-265, KG-41-266)	耐震重要度分類	S クラス
	機器区分	クラス 3
	流体名	空気
	流体の密度	—
	材質	SUS304LTP
	保温有無	無
	温度（設計温度）	65 (°C)
	圧力（設計圧力）	—
	呼び径	80 (A)
	Sch	20S

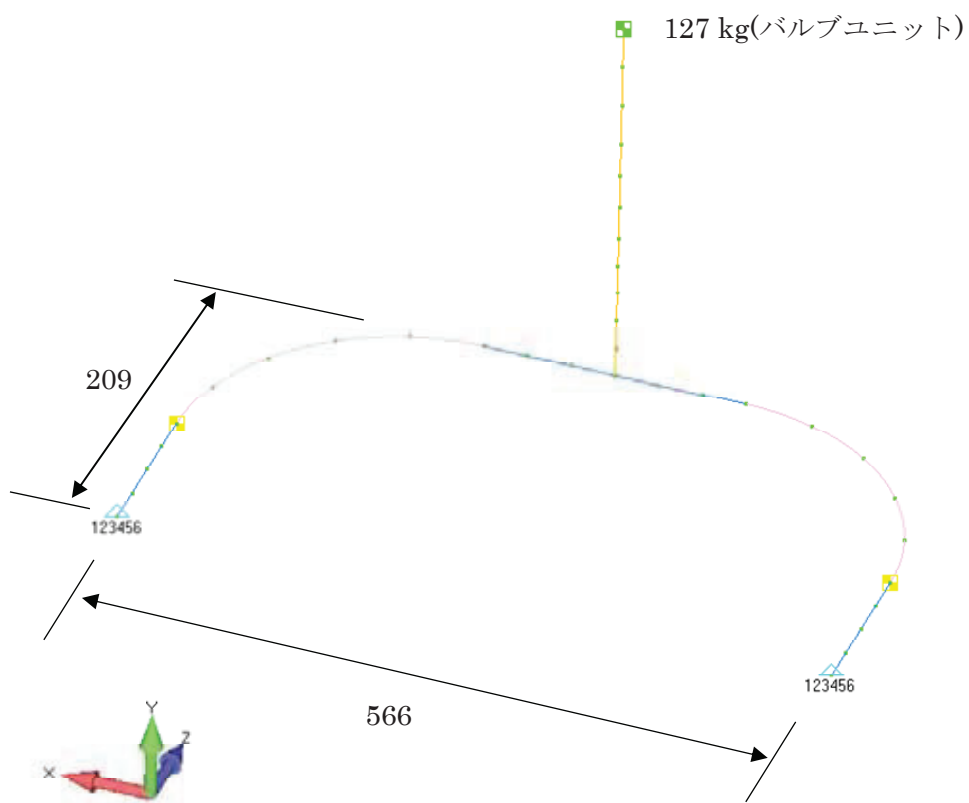


図 4-4 槽類換気系配管 (KG41-265, KG-41-266) の解析モデル

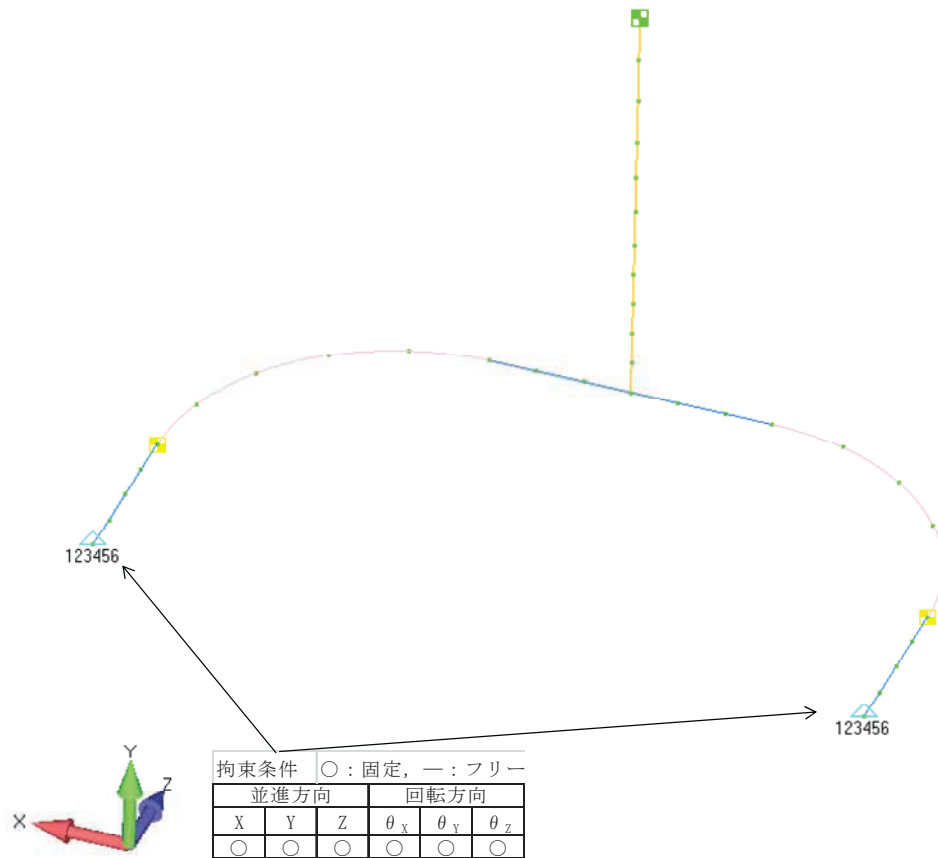


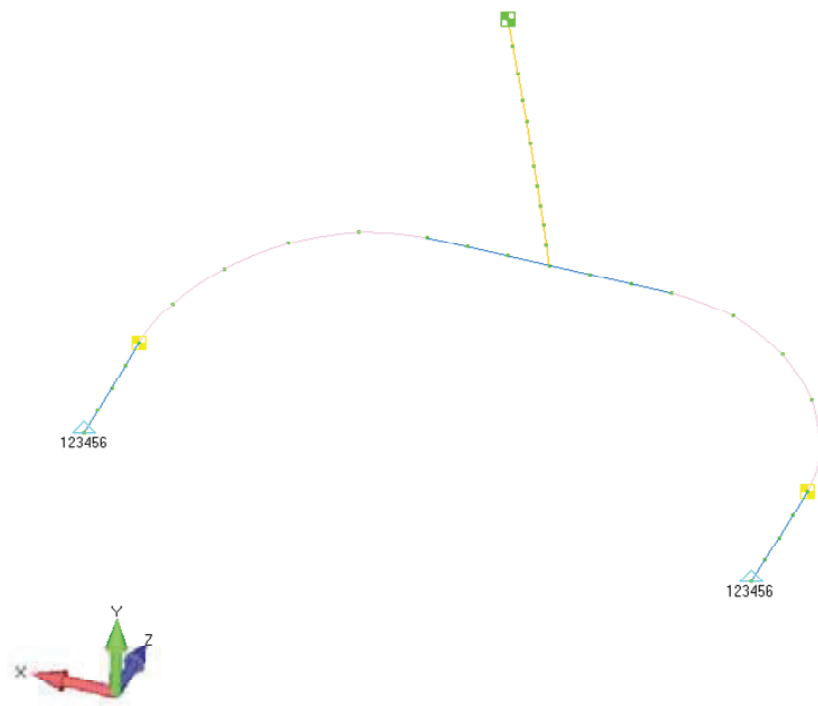
図 4-5 槽類換気系配管 (KG41-265, KG-41-266) の拘束条件

4.7 固有周期

槽類換気系配管 (KG41-265, KG-41-266) の固有周期及び固有モードを図 4-6 に示す。

1次モード図 固有周期：0.052（秒）

V1
C1



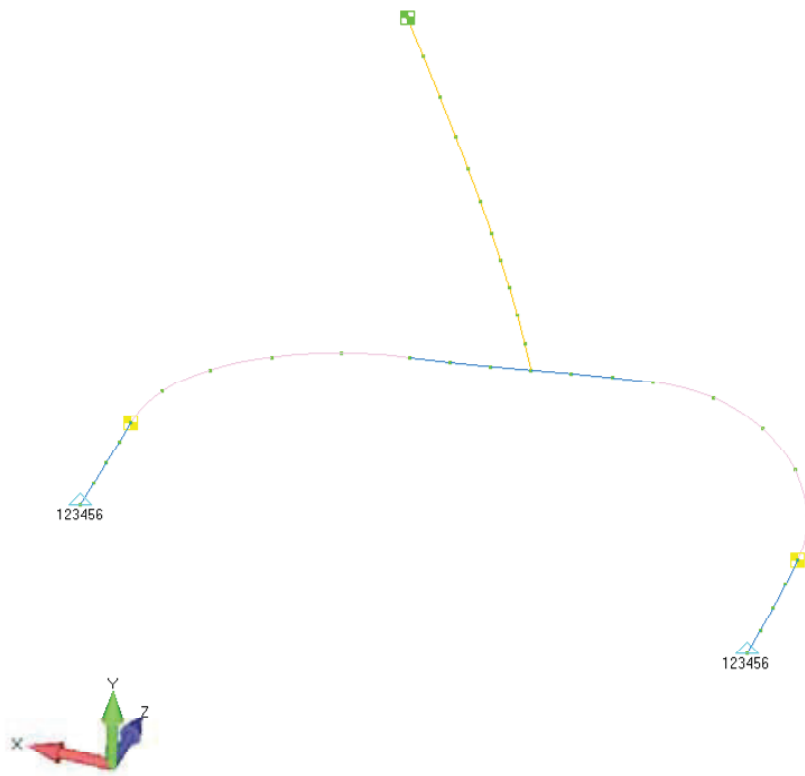
Output Set: FNS_000001 F= 19.391395
Deformed(2.79): Total Eigen Mode

図 4-5 槽類換気系配管 (KG41-265, KG-41-266) 固有モード図 (1/3)

2次モード図

固有周期：0.033（秒）

V1
C1

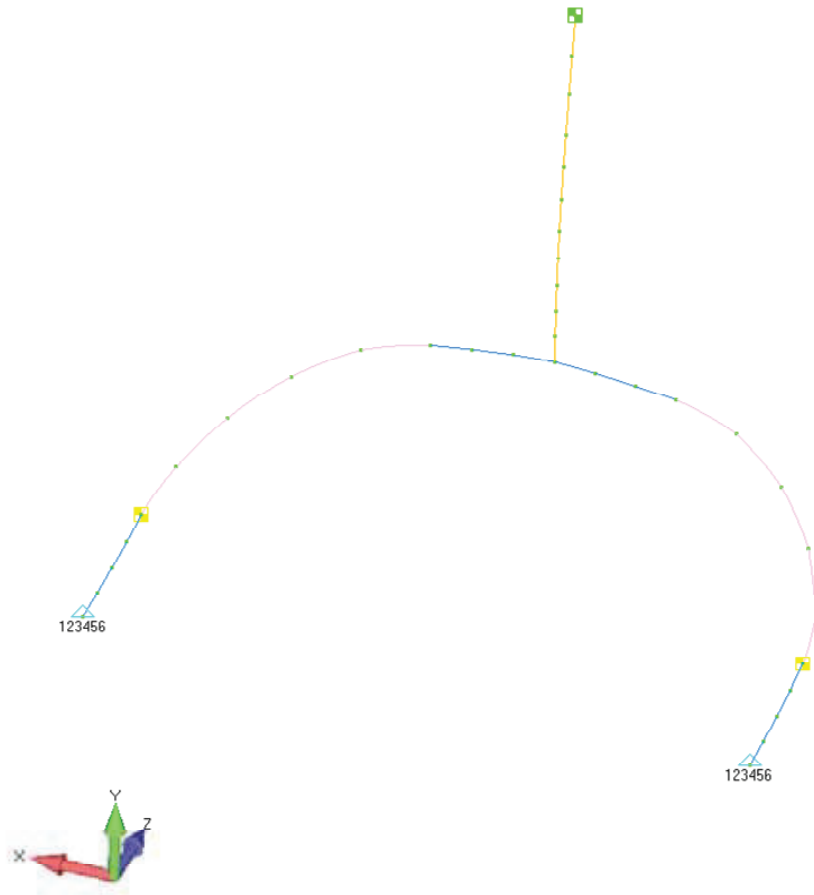


Output Set: FNS_000002 F= 30.170056
Deformed(2.793): Total Eigen Mode

図 4-6 槽類換気系配管 (KG41-265, KG-41-266) 固有モード図 (2/3)

3次モード図 固有周期：0.018（秒）

V1
C1



Output Set: FNS_000003 F= 57.056745
Deformed(2.743): Total Eigen Mode

図 4-5 槽類換気系配管 (KG41-265, KG-41-266) 固有モード図 (3/3)

5. 評価結果

構造強度評価結果を表 5-1 に示す。

ガラス固化技術開発施設(TVF)の槽類換気系配管(KG41-265, KG-41-266)の各評価部位の発生応力はいずれも許容応力以下であることを確認した。

表 5.1 構造強度評価結果

評価対象設備	評価部位	応力分類	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	応力比 ^{※1}
槽類換気系配管 (KG41-265, KG-41-266)	配管	一次	45	400	0.12

※1 応力比は、発生応力／許容応力を示す。

6.4 圧力放出系配管(KG43-601)
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 評価方針	1
2.2 適用規格・基準等	1
3. 評価部位	1
4. 構造強度評価	2
4.1 荷重の組み合わせ	2
4.2 許容応力	2
4.3 減衰定数	3
4.4 設計用地震力	3
4.5 計算方法	5
4.6 計算条件	5
4.7 固有周期	8
5. 評価結果	10

1. 概要

高放射性廃液の閉じ込め機能（蒸発乾固の影響緩和）を構成する圧力放出系配管（KG43-601）について、「再処理施設の位置，構造及び設備の基準に関する規則の解釈」及び「耐震設計に係る工認審査ガイド」を踏まえ，廃止措置計画用設計地震動によって生じる地震力が作用したとしてもその安全機能の維持が可能であることを示す。

2. 一般事項

2.1 評価方針

評価対象の圧力放出系配管（KG43-601）の構造強度の評価は，有限要素法（FEM）解析により行い，当該設備に廃止措置計画用設計地震動時に発生する最大応力を評価し，構造上の許容限界を超えないことを確認する。

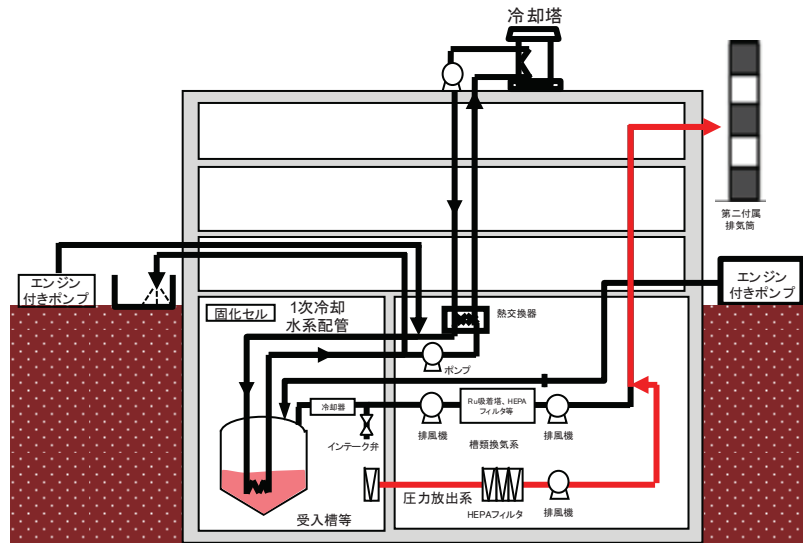
2.2 適用規格・基準等

適用規格・基準等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601（日本電気協会）
- (2) 原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601（日本電気協会）
- (3) 発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1（日本機械学会）
- (4) 発電用原子力設備規格 材料規格 JSME S NJ1（日本機械学会）

3. 評価部位

圧力放出系配管（KG43-601）の構造強度の評価は，本体の一次応力について実施する。評価の範囲は事故対処設備として機能維持が求められる圧力放出系配管の系統の一部（図 3.1）とする。



配管系統の評価範囲
 圧力放出系配管：
 重大事故時に影響緩和のために期待する固化セルから第二付属排気筒までの放出経路（赤線部）。
 なお、HEPA フィルタ及び排風機は別紙で評価する。

図 3.1 圧力放出系配管(KG43-601)の概要図

4. 構造強度評価

4.1 荷重の組み合わせ

発生応力の算出においては、自重、圧力及び地震による応力を組み合わせた。地震による応力については、水平方向応力と鉛直方向応力を、二乗和平方根（SRSS）法により組み合わせた。

4.2 許容応力

設備の構造強度の許容応力は、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」及び「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1-2012」を準拠し、供用状態 Ds における許容応力を用いた。供用状態 Ds について、温度は設計温度、圧力については設計圧力、配管内部の流体については充填し、それぞれ生じる荷重と廃止措置計画用設計地震動による地震力を組み合わせた状態とした。

評価部位	応力分類	許容応力
配管	一次応力	0.9 Su

4.3 減衰定数

減衰定数は、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」に規定された値を用いた。

使用した減衰定数を表 4-1 に示す。

表 4-1 使用した減衰定数

評価対象設備	減衰定数 (%)	
	水平方向	鉛直方向
圧力放出系配管 (KG43-601)	0.5	0.5

4.4 設計用地震力

「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987」に基づき、廃止措置計画用設計地震動による建家の地震応答解析の結果得られる各階の床応答加速度をもとに、各階の床応答スペクトル (Ss-D, Ss-1, Ss-2 の 3 波包絡, 周期軸方向に±10%拡幅したもの) を作成し、これを評価に用いた。

圧力放出系配管 (KG43-601) の解析用の床応答スペクトルは、機器据付階 (RF) のものを用いた。使用した解析用の床応答スペクトルを表 4-2, 図 4-1 及び図 4-2 に示す。

表 4-2 使用した解析用の床応答スペクトル

評価対象設備	水平方向	鉛直方向
圧力放出系配管 (KG43-601)	解析用の床応答スペクトル (RF, 減衰定数 0.5%)	解析用の床応答スペクトル (RF, 減衰定数 0.5%)

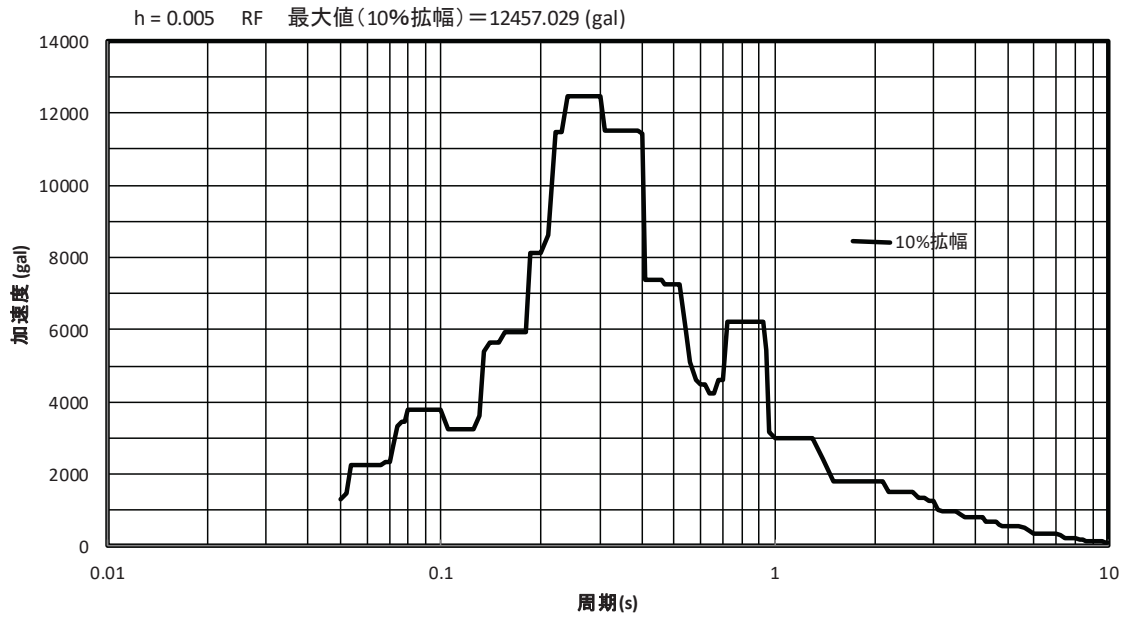


図 4-1 解析用の床応答スペクトル（水平方向，RF，減衰定数 0.5%）

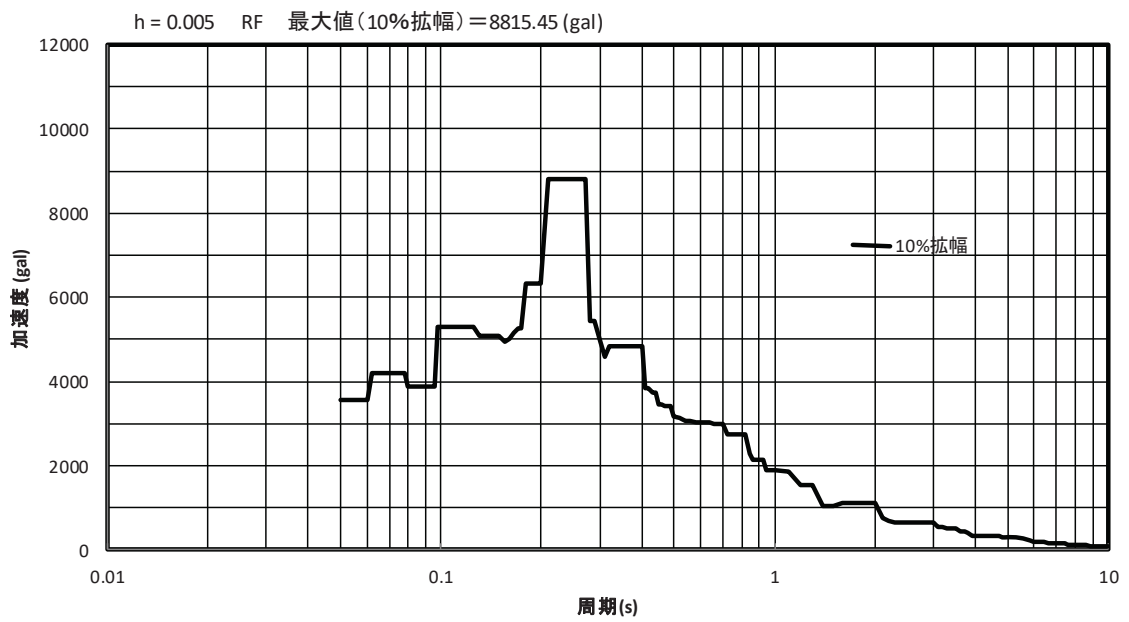


図 4-2 解析用の床応答スペクトル（鉛直方向，RF，減衰定数 0.5%）

4.5 計算方法

圧力放出系配管 (KG43-601) の計算方法について、FEM 解析 (スペクトルモーダル法) により発生応力を算出した。発生応力と許容応力を比較することにより評価を行った。解析コードは FINAS^{※1} を用いた。

※1 日本原子力研究開発機構, 伊藤忠テクノソリューション株式会社, “FINAS 汎用非線形構造解析システム Version 21.0”。

4.6 計算条件

4.6.1 解析モデル

圧力放出系配管 (KG43-601) の解析モデルを図 4-4 に示す。FEM 解析のモデルは、その振動特性に応じ、代表的な振動モードが適切に表現でき、地震荷重による応力を適切に算定できるものを用いた。

4.6.2 諸元

圧力放出系配管 (KG43-601) の主要寸法・仕様を表 4-3 に示す。

表 4-3 主要寸法・仕様

評価対象設備	項目	値
圧力放出系配管 (KG43-601)	耐震重要度分類	S クラス
	機器区分	クラス 3
	流体名	空気
	流体の密度	—
	材質	SUS304LTP
	保温有無	無
	温度 (設計温度)	65 (°C)
	圧力 (設計圧力)	—
	呼び径	80 (A)
	Sch	20S

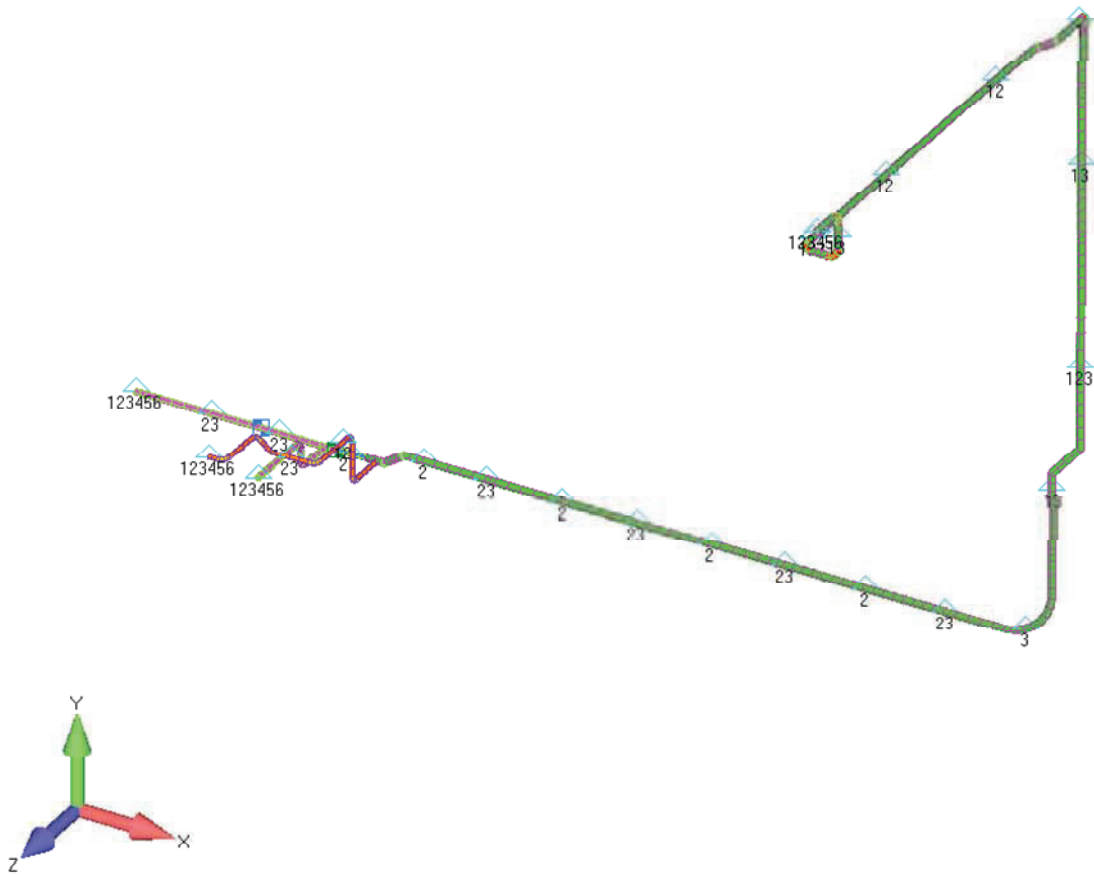
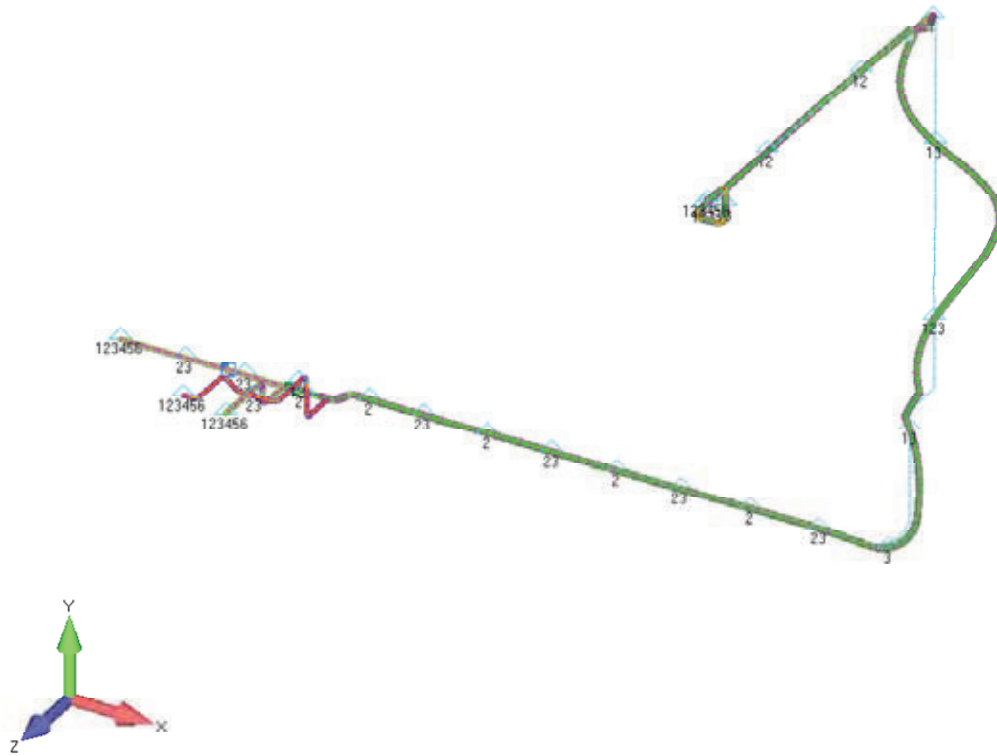


図 4-4 圧力放出系配管 (KG43-601) の解析モデル

4.7 固有周期

圧力放出系配管 (KG43-601) の固有周期及び固有モードを図 4-5 に示す。

1次モード図 固有周期：0.105（秒）

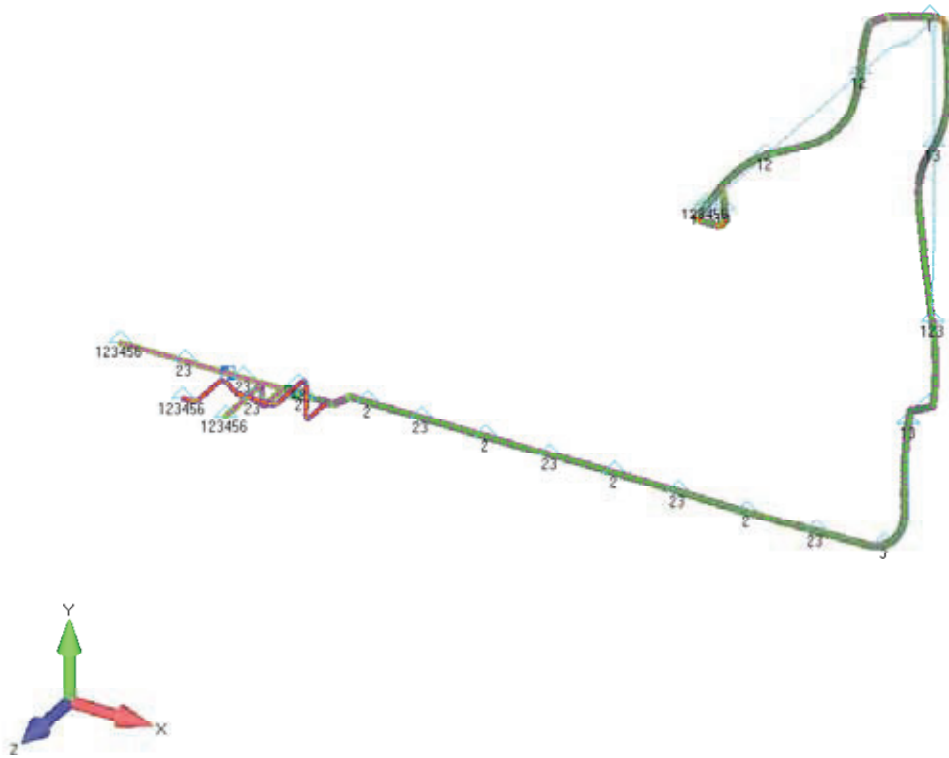


Output Set: FNS_000003 F= 12.773563
Deformed(1.265): Total Eigen Mode

図 4-5 圧力放出系配管(KG43-601) 固有モード図 (1/3)

2次モード図

固有周期：0.080（秒）

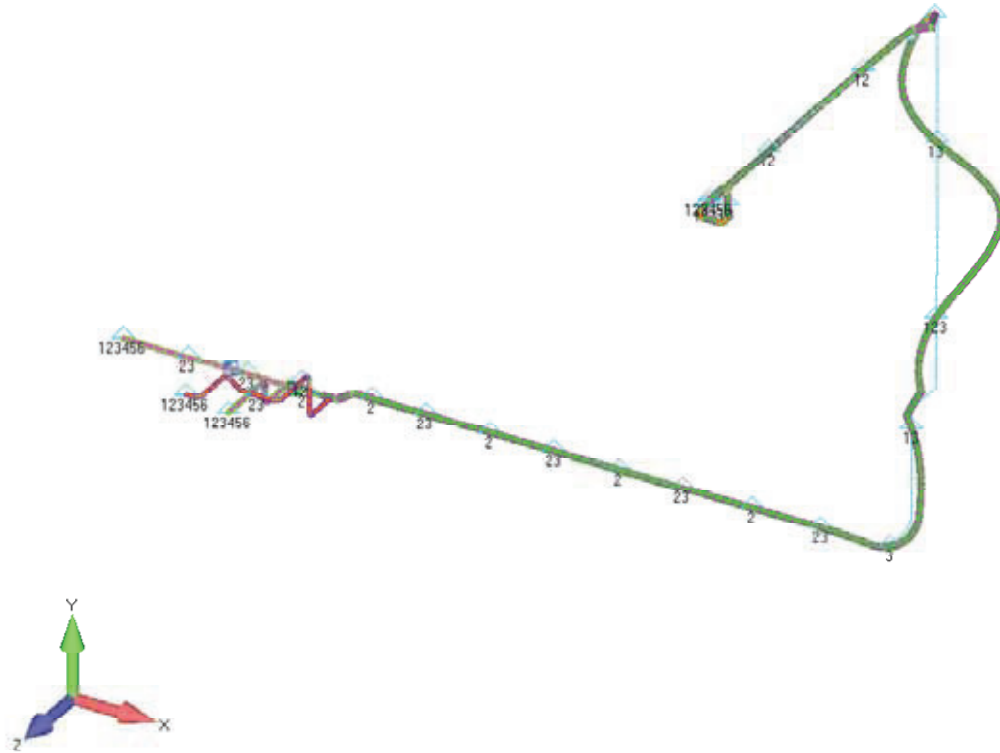


Output Set: FNS_000002 F= 12.542519
Deformed(1.214): Total Eigen Mode

図 4-5 圧力放出系配管 (KG43-601) 固有モード図 (2/3)

3次モード図

固有周期：0.078（秒）



Output Set: FNS_000003 F=12.773563
Deformed(1.265): Total Eigen Mode

図 4-5 圧力放出系配管(KG43-601) 固有モード図 (3/3)

5. 評価結果

構造強度評価結果を表 5-1 に示す。

ガラス固化技術開発施設 (TVF) の圧力放出系配管 (KG43-601) の各評価部位の発生応力はいずれも許容応力以下であることを確認した。

表 5.1 構造強度評価結果

評価対象設備	評価部位	応力分類	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	応力比 ^{※1}
圧力放出系配管 (KG43-601)	配管	一次	72	356	0.21

※1 応力比は、発生応力／許容応力を示す。

6.5 冷却器 (G11H11, H21) 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 評価方針	1
2.2 適用規格・基準等	1
2.3 記号の説明	2
3. 評価部位	3
4. 構造強度評価	3
4.1 荷重の組み合わせ	3
4.2 許容応力	3
4.3 設計用地震力	4
4.4 計算方法	4
4.5 計算条件	5
4.6 固有周期	6
5. 評価結果	8

1. 概要

廃高放射性廃液の閉じ込め機能を構成する冷却器(G11H11, H21)について、「再処理施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」及び「耐震設計に係る工認審査ガイド」を踏まえ、廃止措置計画用設計地震動によって生じる地震力が作用したとしてもその安全機能の維持が可能であることを示す。

2. 一般事項

2.1 評価方針

評価対象の冷却器(G11H11, H21)の構造強度の評価は、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」の横置円筒形容器の構造強度評価に準拠し、当該設備に廃止措置計画用設計地震動時に発生する最大応力を評価し、構造上の許容限界を超えないことを確認する。

2.2 適用規格・基準等

適用規格・基準等を以下に示す。

- (1)原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601 (日本電気協会)
- (2)原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601 (日本電気協会)
- (3)発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1 (日本機械学会)
- (4)発電用原子力設備規格 材料規格 JSME S NJ1 (日本機械学会)

2.3 記号の説明

記号	記号の説明	単位
A_b	据付ボルトの軸断面積	mm ²
C_H	水平方向設計震度	—
D_o	胴外径	Mm
F	JSME S NC1-2012 SSB-3121 に定める許容応力算定用基準値	MPa
F_b	据付ボルトに作用する引張力	N
K_l	第1脚のばね定数（胴の長手方向に水平力が作用する場合）	N/mm
L	胴長さ	mm
m_0	容器の運転時質量	kg
n	脚1個当たりの据付ボルトの本数	—
n_1	鉛直方向地震力及び水平方向地震力（長手方向）により引張りを受ける据付ボルトの本数	—
P_r	最高使用圧力	MPa
S_u	JSME S NJ1-2012 Part3 に定める材料の設計引張強さ	MPa
t	胴板厚さ	mm
T_1	水平方向（長手方向）固有周期	s
σ_0	胴の組合せ一次一般膜応力の最大値	MPa
σ_{0c}	水平方向地震力（横方向）及び鉛直方向地震力が作用した場合の胴の組合せ一次一般膜応力	MPa
σ_{0cx}	水平方向地震力（横方向）及び鉛直方向地震力が作用した場合の胴の軸方向一次一般膜応力の和	MPa
$\sigma_{0c\phi}$	水平方向地震力（横方向）及び鉛直方向地震力が作用した場合の胴の周方向一次一般膜応力の和	MPa
σ_{0l}	水平方向地震力（長手方向）及び鉛直方向地震力が作用した場合の胴の組合せ一次一般膜応力	MPa
σ_{0lx}	水平方向地震力（長手方向）及び鉛直方向地震力が作用した場合の胴の軸方向一次一般膜応力	MPa
$\sigma_{0l\phi}$	水平方向地震力（長手方向）及び鉛直方向地震力が作用した場合の胴の周方向一次一般膜応力	MPa
σ_1	胴の組合せ一次応力の最大値	MPa
σ_{1c}	水平方向地震力（横方向）及び鉛直方向地震力が作用した場合の胴の組合せ一次応力	MPa
σ_{1l}	水平方向地震力（長手方向）及び鉛直方向地震力が作用した場合の胴の組合せ一次応力	MPa
σ_{b1}	水平方向地震力（長手方向）及び鉛直方向地震力により据付ボルトに生じる引張応力	MPa
τ_{b1}	水平方向地震力（長手方向）により据付ボルトに生じるせん断応力	MPa

3. 評価部位

冷却器(G11H11, H21)の構造強度の評価は、評価上厳しくなる胴、据付ボルトについて実施する。冷却器(G11H11, H21)の概要図を図3-1に示す。

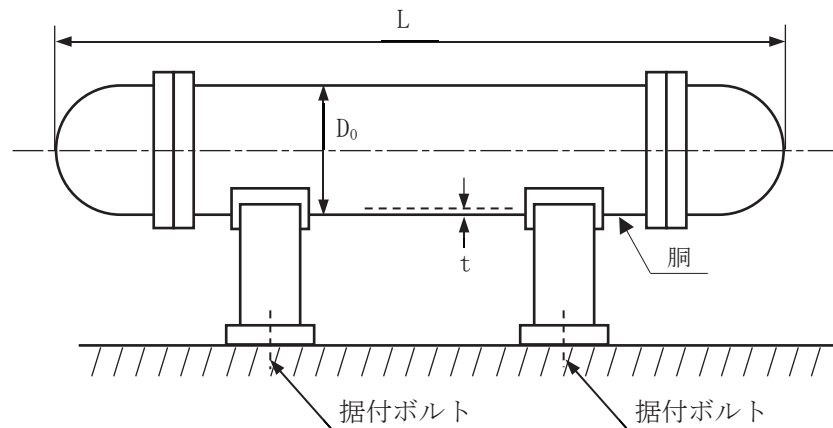


図3-1 冷却器(G11H11, H21)の概要図

4. 構造強度評価

4.1 荷重の組み合わせ

発生応力の算出においては、自重、圧力及び地震による応力を組み合わせた。地震による応力については、水平方向応力と鉛直方向応力を、二乗和平方根（SRSS）法により組み合わせた。

4.2 許容応力

設備の構造強度の許容応力は、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」及び「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1-2012」を準拠し、供用状態Dsにおける許容応力を用いた。供用状態Dsについて、温度は設計温度、圧力については設計圧力、自重については設計時の質量とし、それぞれ生じる荷重と廃止措置計画用設計地震動による地震力を組み合わせた状態とした。

評価部位	応力分類	許容応力
胴	一次一般膜応力	0.6 Su
胴	一次応力	0.9 Su
据付ボルト	引張応力	$1.5 \times (F/1.5)$
据付ボルト	せん断応力	$1.5 \times (F/(1.5\sqrt{3}))$

4.3 設計用地震力

廃止措置計画用設計地震動によるガラス固化技術開発施設(TVF)の各階での静的解析用震度を表4-1に示す。

冷却器(G11H11, H21)の静的解析用震度は、機器据付階のもの(B1F, 水平方向:0.90, 鉛直方向:0.78)を用いた。

表4-1 静的解析用震度

階	静的解析用震度 (床応答最大加速度×1.2)	
	水平方向	鉛直方向
RF	1.28	0.79
3F	1.12	0.79
2F	1.03	0.79
1F	0.97	0.78
B1F	0.90	0.78
B2F	0.86	0.77

4.4 計算方法

冷却器(G11H11, H21)の計算方法として、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」の横置円筒形容器の構造強度評価の計算式を適用して発生応力を算

出した。発生応力と許容応力を比較することにより評価を行った。

胴の一次一般膜応力：

$$\begin{aligned}\sigma_0 &= \max[\sigma_{0l}, \sigma_{0c}] \\ \sigma_{0l} &= \max[\sigma_{0l\phi}, \sigma_{0lx}] \\ \sigma_{0c} &= \max[\sigma_{0c\phi}, \sigma_{0cx}]\end{aligned}$$

胴の一次応力：

$$\sigma_1 = \max[\sigma_{1l}, \sigma_{1c}]$$

据付ボルトの引張応力：

$$\sigma_{b1} = \frac{F_b}{n_1 A_b}$$

据付ボルトのせん断応力：

$$\tau_{b1} = \frac{C_H m_0 g}{n A_b}$$

4.5 計算条件

4.5.1 解析モデル

冷却器 (G11H11, H21) の解析モデルを図 4-1 に示す。

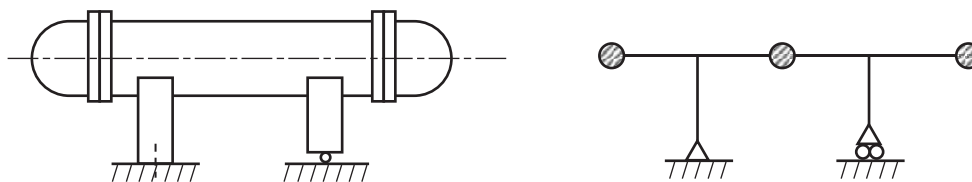


図 4-1 冷却器 (G11H11, H21) の解析モデル

4.5.2 諸元

冷却器(G11H11, H21)の主要寸法・仕様を表4-2に示す。

表4-2 主要寸法・仕様

評価対象設備	項目	記号	値
冷却器 (G11H11, H21)	耐震重要度分類	—	Sクラス
	機器区分	—	クラス3
	圧力(設計圧力)	P_r	0.59 (MPa)
	胴外径	D_o	318.5 (mm)
	胴板厚さ	t	6.5 (mm)
	胴長さ	L	2563 (mm)
	胴材質	—	SUS304LTP
	胴温度(設計温度)	—	30 (°C)
	据付ボルト呼び径	—	M16
	据付ボルト材質	—	SUS316
	据付ボルト温度	—	45 (°C)
	総質量	—	428 (kg)

4.6 固有周期

冷却器(G11H11, H21)の固有周期は、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」の横置円筒形容器の以下の計算式を用いて算出した。

$$T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{m_0}{10^3 \cdot K_l}}$$

冷却器(G11H11, H21)の固有周期を表4-3に示す。

表 4-3 固有周期

評価対象設備	固有周期
冷却器 (G11H11, H21)	0.016 (秒)

5. 評価結果

構造強度評価結果を表 5-1 に示す。

ガラス固化技術開発施設(TVF)の冷却器(G11H11, H21)の各評価部位の発生応力はいずれも許容応力以下であることを確認した。

表 5-1 構造強度評価結果

評価対象設備	評価部位	応力分類	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	応力比 ^{※1}
冷却器 (G11H11, H21)	胴	一次一般膜	36	288	0.13
		一次	46	432	0.11
	据付ボルト	引張	19	246	0.08
		せん断	13	142	0.10

※1 応力比は、発生応力／許容応力を示す。

6.6 固化セル換気系フィルタユニット(G43F32)
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 評価方針	1
2.2 適用規格・基準等	1
2.3 記号の説明	2
3. 評価部位	2
4. 構造強度評価	2
4.1 荷重の組み合わせ	2
4.2 許容応力	3
4.3 設計用地震力	3
4.4 計算方法	4
4.5 計算条件	5
4.6 固有周期	6
5. 評価結果	7

1. 概要

高放射性廃液の閉じ込め機能（蒸発乾固の影響緩和）を構成する固化セル換気系フィルタユニット(G43F32)について、「再処理施設の位置，構造及び設備の基準に関する規則の解釈」及び「耐震設計に係る工認審査ガイド」を踏まえ，廃止措置計画用設計地震動によって生じる地震力が作用したとしてもその安全機能の維持が可能であることを示す。

2. 一般事項

2.1 評価方針

評価対象の固化セル換気系フィルタユニット(G43F32)の構造強度の評価は、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」のポンプ・ファン類の構造強度評価に準拠し，当該設備に廃止措置計画用設計地震動時に発生する最大応力を評価し，構造上の許容限界を超えないことを確認する。

2.2 適用規格・基準等

適用規格・基準等を以下に示す。

- (1)原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601（日本電気協会）
- (2)原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601（日本電気協会）
- (3)発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1（日本機械学会）
- (4)発電用原子力設備規格 材料規格 JSME S NJ1（日本機械学会）

2.3 記号の説明

記号	記号の説明	単位
A_b	据付ボルトの軸断面積	mm ²
A_S	最小有効せん断断面積	mm ²
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
E	縦弾性係数	MPa
F	JSME S NC1-2012 SSB-3121 に定める許容応力算定用基準値	MPa
F_H	水平方向地震力	N
G_I	せん断弾性係数	MPa
g	重力加速度	mm/s ²
h	据付面から重心までの距離	mm
I	断面 2 次モーメント	mm ⁴
l_1, l_2	重心と据付ボルト間の水平方向距離 ($l_1 \leq l_2$)	mm
L	据付ボルト間隔	mm
m	総質量	kg
M_1	転倒モーメント	N・mm
M_2	復元モーメント	N・mm
n	据付ボルトの本数	—
n_t	引張力を受ける据付ボルトの本数	—
σ_b	据付ボルトに生じる引張応力	MPa
Su	JSME S NJ1-2012 Part3 に定める材料の設計引張強さ	MPa
T_H	水平方向固有周期	s
τ_b	据付ボルトに生じるせん断応力	MPa

3. 評価部位

固化セル換気系フィルタユニット (G43F32) の構造強度の評価は、評価上厳しくなる据付ボルトについて実施する。

4. 構造強度評価

4.1 荷重の組み合わせ

発生応力の算出においては、自重及び地震による応力を組み合わせた。地震による応力については、水平方向応力と鉛直方向応力を、二乗和平方根 (SRSS) 法により組み合わせた。

4.2 許容応力

設備の構造強度の許容応力は、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」及び「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1-2012」を準拠し、供用状態 Ds における許容応力を用いた。供用状態 Ds について、温度は設計温度、自重については設計時の質量とし、それぞれ生じる荷重と廃止措置計画用設計地震動による地震力を組み合わせた状態とした。

評価部位	応力分類	許容応力
据付ボルト	引張応力	$1.5 \times (F/1.5)$
据付ボルト	せん断応力	$1.5 \times (F/(1.5\sqrt{3}))$

4.3 設計用地震力

廃止措置計画用設計地震動によるガラス固化技術開発施設 (TVF) の各階での静的解析用震度を表 4-1 に示す。

固化セル換気系フィルタユニット (G43F32) の静的解析用震度は、機器据付階のもの (B2F, 水平方向 : 0.86, 鉛直方向 : 0.77) を用いた。

表 4.1 静的解析用震度

階	静的解析用震度 (床応答最大加速度×1.2)	
	水平方向	鉛直方向
RF	1.28	0.79
3F	1.12	0.79
2F	1.03	0.79
1F	0.97	0.78
B1F	0.90	0.78
B2F	0.86	0.77

4.4 計算方法

固化セル換気系フィルタユニット (G43F32) の計算方法として、以下の計算式を用いて発生応力を算出した。発生応力と許容応力を比較することにより評価を行った。

水平方向地震力 (F_H) :

$$F_H = m \cdot g \cdot C_H$$

転倒モーメント (M_1) :

$$M_1 = F_H \cdot h$$

復元モーメント (M_2) :

$$M_2 = m \cdot g \cdot (1 - C_V) \cdot l_1$$

引張応力 (σ_b) :

$$\sigma_b = \frac{M_1 - M_2}{(l_1 + l_2)n_t \cdot A_b}$$

せん断応力 (τ_b) :

$$\tau_b = \frac{F_H}{n \cdot A_b}$$

4.5 計算条件

4.5.1 解析モデル

固化セル換気系フィルタユニット (G43F32) の解析モデルを図 4-1 に示す。

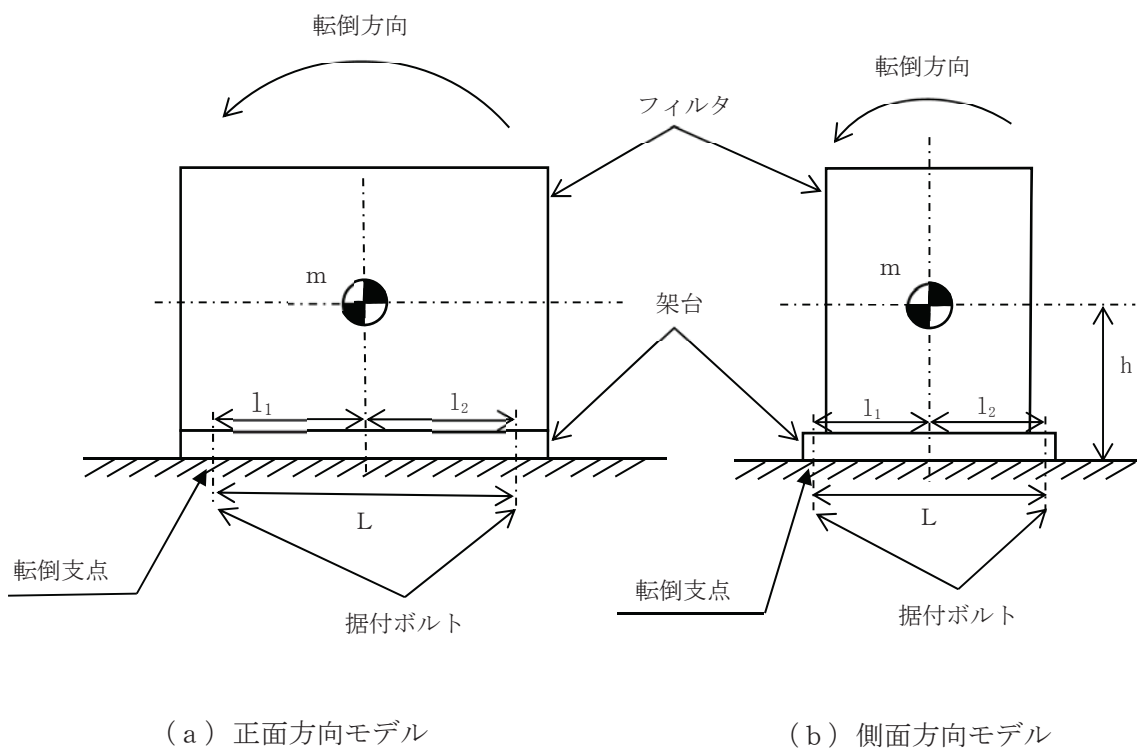


図 4-1 解析モデル

4.5.2 諸元

固化セル換気系フィルタユニット (G43F32) の主要寸法・仕様を表 4-2 に示す。

表 4-2 主要寸法・仕様

評価対象設備	項目	記号	値
固化セル換気系 フィルタユニット (G43F32)	耐震重要度分類	—	Sクラス
	機器区分	—	クラス3
	据付ボルト間隔	L	700 (mm)
	据付ボルト呼び径	—	M12
	据付ボルト材質	—	SUS316
	据付ボルト温度	—	60 (°C)
	据付面から重心までの距離	h	835 (mm)
	総質量	m	530 (kg)

4.6 固有周期

固化セル換気系フィルタユニット (G43F32) の固有周期は、1 質点系振動モデルとして考え、以下の計算式を用いて算出した。

$$T_H = 2\pi \sqrt{\frac{m}{1000} \left(\frac{h^3}{3EI} + \frac{h}{A_S G_I} \right)}$$

固化セル換気系フィルタユニット (G43F32) の固有周期を表 4-3 に示す。

表 4-3 固有周期

評価対象設備	固有周期
固化セル換気系フィルタユニット (G43F32)	0.010 (秒)

5. 評価結果

構造強度評価結果を表 5-1 に示す。

高放射性廃液貯蔵場(HAW)の固化セル換気系フィルタユニット(G43F32)の発生応力はいずれも許容応力以下であることを確認した。

表 5-1 構造強度評価結果

評価対象設備	評価部位	応力分類	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	応力比 ^{※1}
固化セル換気系フ ィルタユニット (G43F32)	据付ボルト	引張	29	246	0.12
		せん断	14	142	0.10

※1 応力比は、発生応力／許容応力を示す。

6.7 固化セル換気系フィルタユニット (G43F33, F34)

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 評価方針	1
2.2 適用規格・基準等	1
2.3 記号の説明	2
3. 評価部位	2
4. 構造強度評価	2
4.1 荷重の組み合わせ	2
4.2 許容応力	3
4.3 設計用地震力	3
4.4 計算方法	4
4.5 計算条件	5
4.6 固有周期	6
5. 評価結果	7

1. 概要

高放射性廃液の閉じ込め機能（蒸発乾固の影響緩和）を構成する固化セル換気系フィルタユニット（G43F33, F34）について、「再処理施設の位置，構造及び設備の基準に関する規則の解釈」及び「耐震設計に係る工認審査ガイド」を踏まえ，廃止措置計画用設計地震動によって生じる地震力が作用したとしてもその安全機能の維持が可能であることを示す。

2. 一般事項

2.1 評価方針

評価対象の固化セル換気系フィルタユニット（G43F33, F34）の構造強度の評価は，「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」のポンプ・ファン類の構造強度評価に準拠し，当該設備に廃止措置計画用設計地震動時に発生する最大応力を評価し，構造上の許容限界を超えないことを確認する。

2.2 適用規格・基準等

適用規格・基準等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601（日本電気協会）
- (2) 原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601（日本電気協会）
- (3) 発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1（日本機械学会）
- (4) 発電用原子力設備規格 材料規格 JSME S NJ1（日本機械学会）

2.3 記号の説明

記号	記号の説明	単位
A_S	最小有効せん断断面積	mm ²
B	溶接線長さ	mm
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
E	縦弾性係数	MPa
F	JSME S NC1-2012 SSB-3121 に定める許容応力算定用基準値	MPa
F_H	水平方向地震力	N
G_I	せん断弾性係数	MPa
g	重力加速度	mm/s ²
h	据付面から重心までの距離	mm
I	断面 2 次モーメント	mm ⁴
K	溶接部のど厚	mm
l_1, l_2	重心と据付ボルト間の水平方向距離 ($l_1 \leq l_2$)	mm
L	据付ボルト間隔	mm
m	総質量	kg
M_1	転倒モーメント	N・mm
M_2	復元モーメント	N・mm
N_1	引張力を受ける溶接箇所数	—
N_2	せん断力を受ける溶接箇所数	—
σ_w	溶接部に生じる引張応力	MPa
Su	JSME S NJ1-2012 Part3 に定める材料の設計引張強さ	MPa
T_H	水平方向固有周期	s
τ_w	溶接部に生じるせん断応力	MPa

3. 評価部位

固化セル換気系フィルタユニット (G43F33, F34) の構造強度の評価は、評価上厳しくなる底部溶接部について実施する。

4. 構造強度評価

4.1 荷重の組み合わせ

発生応力の算出においては、自重及び地震による応力を組み合わせた。地震による応力については、水平方向応力と鉛直方向応力を、二乗和平方根 (SRSS) 法により組

み合わせた。

4.2 許容応力

設備の構造強度の許容応力は、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」及び「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1-2012」を準拠し、供用状態 Ds における許容応力を用いた。供用状態 Ds について、温度は設計温度、自重については設計時の質量とし、それぞれ生じる荷重と廃止措置計画用設計地震動による地震力を組み合わせた状態とした。

評価部位	応力分類	許容応力
底部溶接部	引張応力	$1.5 \times (F/1.5)$
底部溶接部	せん断応力	$1.5 \times (F/(1.5\sqrt{3}))$

4.3 設計用地震力

廃止措置計画用設計地震動によるガラス固化技術開発施設 (TVF) の各階での静的解析用震度を表 4-1 に示す。

固化セル換気系フィルタユニット (G43F33, F34) の静的解析用震度は、機器据付階のもの (B2F, 水平方向 : 0.86, 鉛直方向 : 0.77) を用いた。

表 4.1 静的解析用震度

階	静的解析用震度 (床応答最大加速度 $\times 1.2$)	
	水平方向	鉛直方向
RF	1.28	0.79
3F	1.12	0.79
2F	1.03	0.79
1F	0.97	0.78
B1F	0.90	0.78
B2F	0.86	0.77

4.4 計算方法

固化セル換気系フィルタユニット (G43F33, F34) の計算方法として、以下の計算式を用いて発生応力を算出した。発生応力と許容応力を比較することにより評価を行った。

水平方向地震力 (F_H) :

$$F_H = m \cdot g \cdot C_H$$

転倒モーメント (M_1) :

$$M_1 = F_H \cdot h$$

復元モーメント (M_2) :

$$M_2 = m \cdot g \cdot (1 - C_V) \cdot l_1$$

引張応力 (σ_b) :

$$\sigma_w = \frac{M_1 - M_2}{(l_1 + l_2)N_1 \cdot K \cdot B}$$

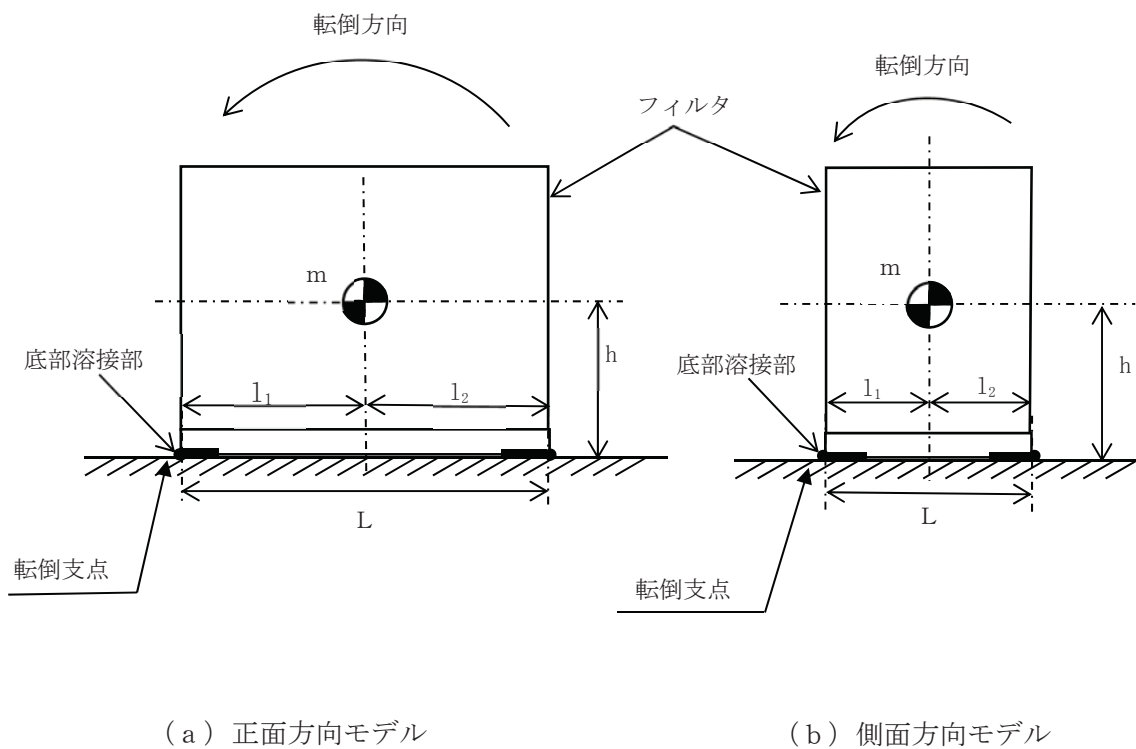
せん断応力 (τ_b) :

$$\tau_w = \frac{F_H}{N_2 \cdot K \cdot B}$$

4.5 計算条件

4.5.1 解析モデル

固化セル換気系フィルタユニット (G43F33, F34) の解析モデルを図 4-1 に示す。



(a) 正面方向モデル

(b) 側面方向モデル

図 4-1 解析モデル

4.5.2 諸元

固化セル換気系フィルタユニット (G43F33, F34) の主要寸法・仕様を表 4-2 に示す。

表 4-2 主要寸法・仕様

評価対象設備	項目	記号	値
固化セル換気系フィルタユニット (G43F33, F34)	耐震重要度分類	—	S クラス
	機器区分	—	クラス 3
	溶接部の間隔	L	700 (mm)
	溶接線長さ	<i>B</i>	200 (mm)
	溶接部のど厚	<i>K</i>	3.5 (mm)
	材質	—	SS400
	溶接部温度	—	60 (°C)
	据付面から重心までの距離	h	1275 (mm)
	総質量	m	880 (kg)

4.6 固有周期

固化セル換気系フィルタユニット (G43F33, F34) の固有周期は、1 質点系振動モデルとして考え、以下の計算式を用いて算出した。

$$T_H = 2\pi \sqrt{\frac{m}{1000} \left(\frac{h^3}{3EI} + \frac{h}{A_S G_I} \right)}$$

固化セル換気系フィルタユニット (G43F33, F34) の固有周期を表 4-3 に示す。

表 4-3 固有周期

評価対象設備	固有周期
固化セル換気系フィルタユニット (G43F33, F34)	0.023 (秒)

5. 評価結果

構造強度評価結果を表 5-1 に示す。

高放射性廃液貯蔵場(HAW)の固化セル換気系フィルタユニット (G43F33, F34) の発生応力はいずれも許容応力以下であることを確認した。

表 5-1 構造強度評価結果

評価対象設備	評価部位	応力分類	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	応力比 ^{※1}
固化セル換気系フィルタユニット (G43F33, F34)	底部溶接部	引張	8	272	0.03
		せん断	3	157	0.02

※1 応力比は、発生応力／許容応力を示す。

6.8 排風機（G43K35, K36）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 評価方針	1
2.2 適用規格・基準等	1
2.3 記号の説明	2
3. 評価部位	2
4. 構造強度評価	2
4.1 荷重の組み合わせ	2
4.2 許容応力	3
4.3 設計用地震力	3
4.4 計算方法	4
4.5 計算条件	5
4.6 固有周期	6
5. 評価結果	7

1. 概要

高放射性廃液の閉じ込め機能を構成する排風機（G43K35, K36）について、「再処理施設の位置，構造及び設備の基準に関する規則の解釈」及び「耐震設計に係る工認審査ガイド」を踏まえ，廃止措置計画用設計地震動によって生じる地震力が作用したとしてもその安全機能の維持が可能であることを示す。

2. 一般事項

2.1 評価方針

評価対象の排風機（G43K35, K36）の構造強度の評価は、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」のポンプ・ファン類の構造強度評価に準拠し，当該設備に廃止措置計画用設計地震動時に発生する最大応力を評価し，構造上の許容限界を超えないことを確認する。

2.2 適用規格・基準等

適用規格・基準等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601（日本電気協会）
- (2) 原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601（日本電気協会）
- (3) 発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1（日本機械学会）
- (4) 発電用原子力設備規格 材料規格 JSME S NJ1（日本機械学会）

2.3 記号の説明

記号	記号の説明	単位
A_b	据付ボルトの軸断面積	mm ²
A_S	最小有効せん断断面積	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	—
E	縦弾性係数	MPa
F	JSME S NC1-2012 SSB-3121 に定める許容応力算定用基準値	MPa
F_b	据付ボルトに生じる引張力	N
G_I	せん断弾性係数	MPa
g	重力加速度	mm/s ²
h	据付面から重心までの距離	mm
I	断面 2 次モーメント	mm ⁴
l_1, l_2	重心と据付ボルト間の水平方向距離 ($l_1 \leq l_2$)	mm
L	据付ボルト間隔	mm
M	総質量	kg
M_P	ポンプ回転により働くモーメント	N・mm
n	据付ボルトの本数	—
n_f	引張力の作用する据付ボルトの評価本数	—
Q_b	据付ボルトに生じるせん断力	N
σ_b	据付ボルトに生じる引張応力	MPa
Su	JSME S NJ1-2012 Part3 に定める材料の設計引張強さ	MPa
T_H	水平方向固有周期	s
τ_b	据付ボルトに生じるせん断応力	MPa

3. 評価部位

排風機 (G43K35, K36) の構造強度の評価は、評価上厳しくなる据付ボルトについて実施する。

4. 構造強度評価

4.1 荷重の組み合わせ

発生応力の算出においては、自重及び地震による応力を組み合わせた。地震による応力については、水平方向応力と鉛直方向応力を、二乗和平方根 (SRSS) 法により組

み合わせた。

4.2 許容応力

設備の構造強度の許容応力は、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」及び「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1-2012」を準拠し、供用状態 Ds における許容応力を用いた。供用状態 Ds について、温度は設計温度、自重については設計時の質量とし、それぞれ生じる荷重と廃止措置計画用設計地震動による地震力を組み合わせた状態とした。

評価部位	応力分類	許容応力
据付ボルト	引張応力	$1.5 \times (F/1.5)$
据付ボルト	せん断応力	$1.5 \times (F/(1.5\sqrt{3}))$

4.3 設計用地震力

廃止措置計画用設計地震動によるガラス固化技術開発施設(TVF)の各階での静的解析用震度を表 4-1 に示す。

排風機 (G43K35, K36) の静的解析用震度は、機器据付階のもの (B2F, 水平方向 : 0.86, 鉛直方向 : 0.77) を用いた。

表 4.1 静的解析用震度

階	静的解析用震度 (床応答最大加速度×1.2)	
	水平方向	鉛直方向
RF	1.28	0.79
3F	1.12	0.79
2F	1.03	0.79
1F	0.97	0.78
B1F	0.90	0.78
B2F	0.86	0.77

4.4 計算方法

排風機（G43K35, K36）の計算方法として、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」の横形ポンプの構造強度評価の計算式を適用して発生応力を算出した。発生応力と許容応力を比較することにより評価を行った。

引張力 (F_b) :

$$F_b = \frac{1}{L} \left\{ mg\sqrt{(C_H h)^2 + (C_V l_1)^2} + mgC_P(h + l_1) + M_P - mgl_1 \right\}$$

引張応力 (σ_b) :

$$\sigma_b = \frac{F_b}{n_f A_b}$$

せん断力 (Q_b) :

$$Q_b = mg(C_H + C_P)$$

せん断応力 (τ_b) :

$$\tau_b = \frac{Q_b}{nA_b}$$

4.5 計算条件

4.5.1 解析モデル

排風機（G43K35, K36）の解析モデルを図 4-1 に示す。

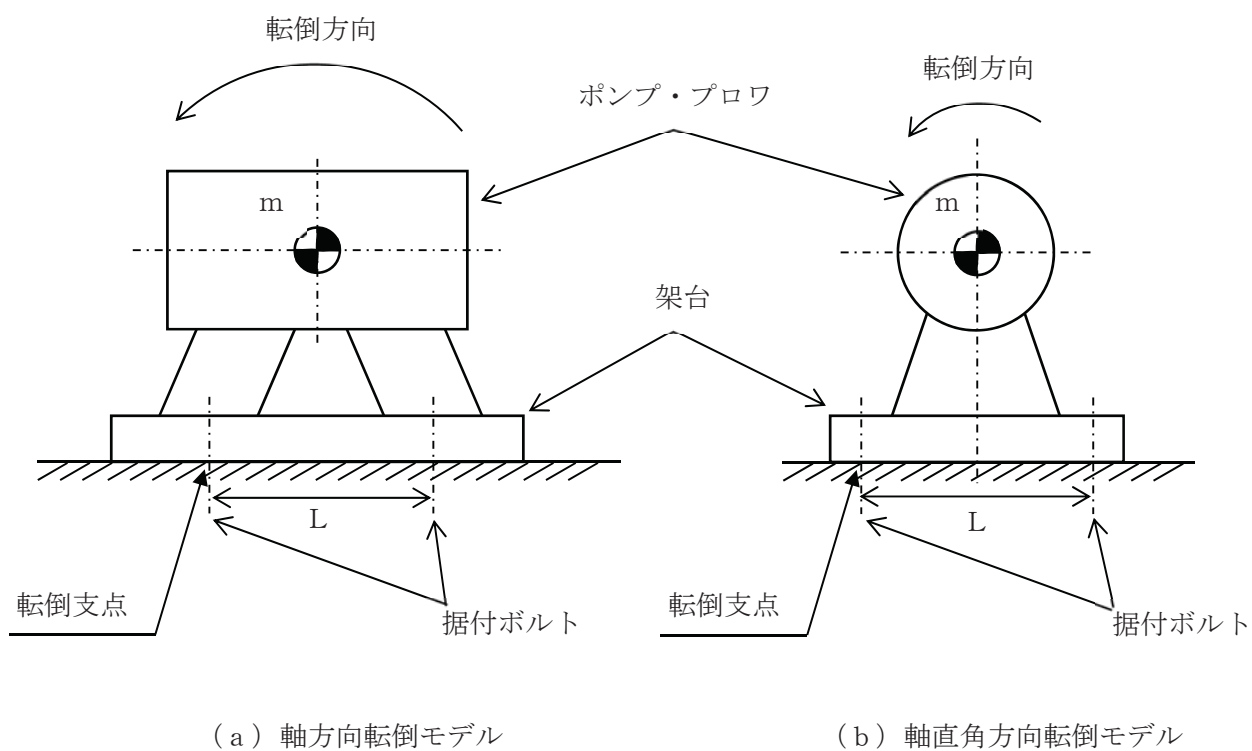


図 4.1 解析モデル

4.5.2 諸元

排風機（G43K35, K36）の主要寸法・仕様を表 4-2 に示す。

表 4-2 主要寸法・仕様

評価対象設備	項目	記号	値
排風機 (G43K35, K36)	耐震重要度分類	—	S クラス
	機器区分	—	クラス 3
	据付ボルト間隔	L	200 (mm)
	据付ボルト呼び径	—	M16
	据付ボルト材質	—	SCM435
	据付ボルト温度	—	60 (°C)
	据付面から重心までの距離	h	590 (mm)
	総質量	m	200 (kg)

4.6 固有周期

排風機 (G43K35, K36) の固有周期は、1 質点系振動モデルとして考え、以下の計算式を用いて算出した。

$$T_H = 2\pi \sqrt{\frac{m}{1000} \left(\frac{h^3}{3EI} + \frac{h}{A_S G_I} \right)}$$

排風機 (G43K35, K36) の固有周期を表 4-3 に示す。

表 4-3 固有周期

評価対象設備	固有周期
排風機 (G43K35, K36)	0.007 (秒)

5. 評価結果

構造強度評価結果を表 5-1 に示す。

ガラス固化技術開発施設(TVF)の排風機(G43K35, K36)の発生応力はいずれも許容応力以下であることを確認した。

表 5-1 構造強度評価結果

評価対象設備	評価部位	応力分類	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	応力比 ^{※1}
排風機 (G43K35, K36)	据付ボルト	引張	18	617	0.03
		せん断	4	356	0.02

※1 応力比は、発生応力／許容応力を示す。