

6. 安全上重要な建物・構築物の耐震安全性評価

【目 次】

6.1. 評価方針	6-1
6.2. 原子炉建屋の耐震安全性評価	6-2
6.2.1. 地震応答解析	6-2
6.2.1.1. 原子炉建屋の概要	6-2
6.2.1.2. 地震応答解析モデル	6-6
6.2.1.3. 地震応答解析結果	6-26
6.2.1.4. 接地率	6-41
6.2.1.5. 接地圧	6-42
6.2.2. 評価基準	6-45
6.2.3. 耐震安全性評価結果	6-46
6.2.3.1. 耐震壁	6-46
6.2.3.2. 局所的に発生する応答の影響	6-58
6.3. タービン建屋の耐震安全性評価	6-67
6.3.1. 地震応答解析	6-67
6.3.1.1. タービン建屋の概要	6-67
6.3.1.2. 地震応答解析モデル	6-72
6.3.1.3. 地震応答解析結果	6-96
6.3.1.4. 接地率	6-111
6.3.1.5. 接地圧	6-112

6.3.2.	評価基準	6-115
6.3.3.	耐震安全性評価結果	6-116
6.4.	海水熱交換器建屋の耐震安全性評価	6-123
6.4.1.	地震応答解析	6-123
6.4.1.1.	海水熱交換器建屋の概要	6-123
6.4.1.2.	地震応答解析モデル	6-127
6.4.1.3.	地震応答解析結果	6-147
6.4.1.4.	接地率	6-162
6.4.1.5.	接地圧	6-163
6.4.2.	評価基準	6-166
6.4.3.	耐震安全性評価結果	6-167
6.5.	排気筒の耐震安全性評価	6-171
6.5.1.	地震応答解析	6-171
6.5.1.1.	排気筒の概要	6-171
6.5.1.2.	地震応答解析モデル	6-175
6.5.1.3.	地震応答解析結果	6-184
6.5.2.	耐震安全性評価結果	6-204
6.5.2.1.	鉄塔部および筒身部	6-204
6.5.2.2.	基礎	6-208
6.5.2.3.	非常用ガス処理系用排気筒	6-211

6.6. 参考文献	6—216
-----------------	-------

【添付】

添付 6.1 5号機原子炉建屋の入力地震動に関する検討資料

【参考資料】

参考資料 6.1 屋根トラスの解析に用いる原子炉建屋の応答波形

参考資料 6.2 排気筒の解析に用いる入力地震動の波形

参考資料 6.3 非常用ガス処理系用排気筒脚部のコンクリートの評価について

参考資料 6.4 地震応答解析モデルの条件比較

参考資料 6.5 原子炉建屋のせん断応力一覧

6. 安全上重要な建物・構築物の耐震安全性評価

6.1. 評価方針

安全上重要な建物・構築物の耐震安全性評価は、基準地震動 S_s に対する耐震設計上重要な施設の安全機能を保持する観点から実施する。

新耐震指針による S クラスの建物・構築物としては、原子炉建屋があり、これに対しては「遮へい機能」、「耐漏洩機能（気密性）」、「支持機能」および「波及的影響の防止機能」の保持が地震時に要求される。

建物・構築物の評価は原子炉建屋，タービン建屋，海水熱交換器建屋，排気筒を対象とする。

建物・構築物の耐震安全性評価は、基準地震動 S_s を用いた地震応答解析（時刻歴応答解析法）によることとし、建物・構築物や地盤の特性を適切に表現できるモデルを設定した上で行う。

耐震安全性評価は、地震応答解析により得られた耐震壁のせん断ひずみと評価基準値との比較により行う。

局所的な応答による構造物の安全性への影響の評価は、水平地震動と鉛直地震動による地震応答解析結果より評価する。

6.2. 原子炉建屋の耐震安全性評価

6.2.1. 地震応答解析

6.2.1.1. 原子炉建屋の概要

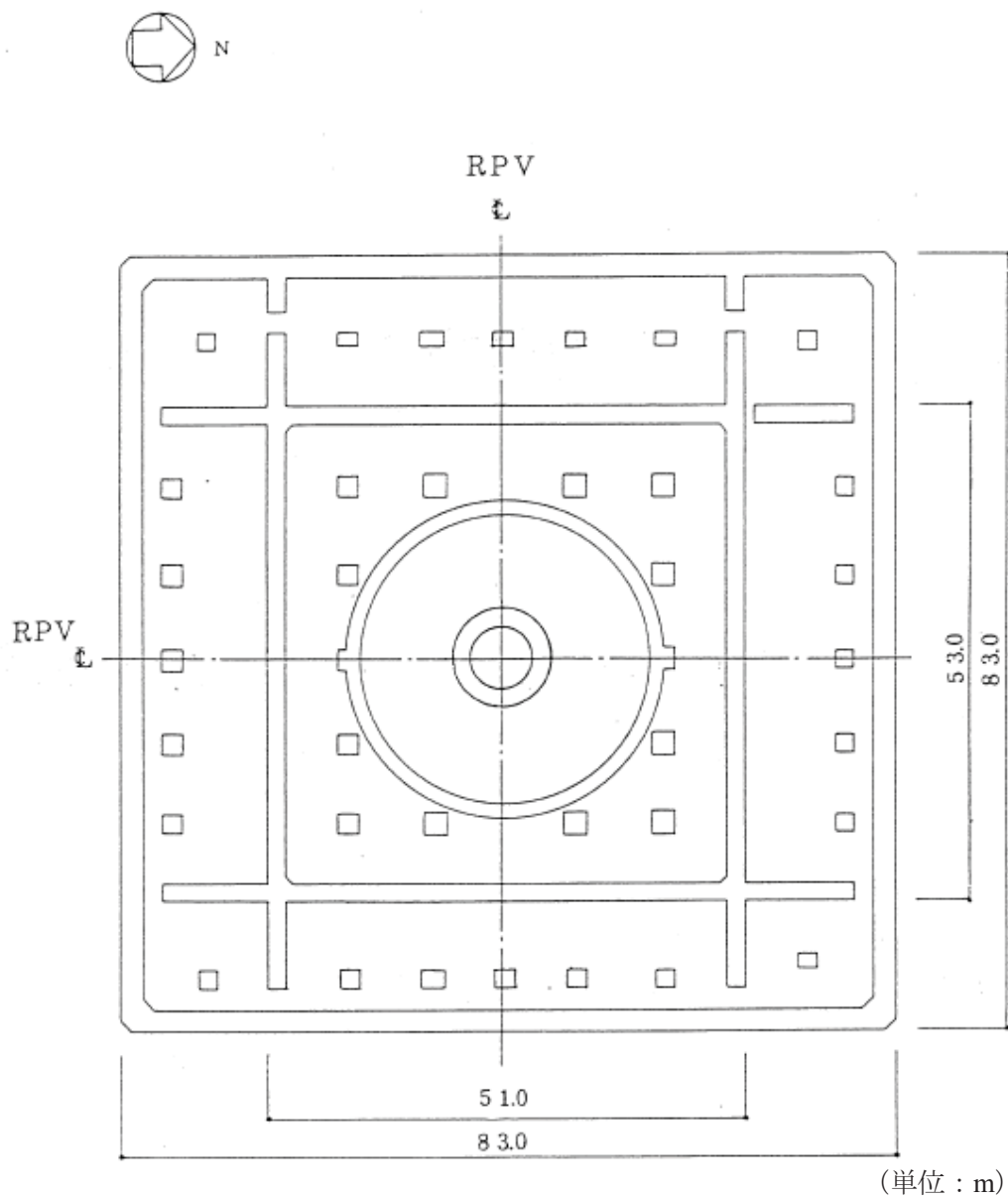
原子炉建屋は、主体構造が鉄筋コンクリート造（一部鉄骨鉄筋コンクリート造）で、鉄骨造陸屋根をもつ建物である。中央部には平面が $51.0\text{m}^{\ast 1}$ （NS 方向） $\times 53.0\text{m}^{\ast 1}$ （EW 方向）で地下 4 階、地上 4 階の原子炉建屋原子炉棟（以下、原子炉棟という）があり、その周囲には地下 4 階、地上 3 階の原子炉建屋付属棟（以下、付属棟という）を配置している。

原子炉棟とその付属棟とは同一基礎版上に配置した一体構造であり、原子炉建屋の平面は下部では $83.0\text{m}^{\ast 1}\times 83.0\text{m}^{\ast 1}$ の正方形をなしている。基礎版底面からの高さは 75.0m であり、地上高さは 39.0m である。また、原子炉建屋は隣接する他の建屋と構造的に分離している。原子炉建屋の概略平面図および概略断面図を第 6.2.1-1 図および第 6.2.1-2 図に、物性値を第 6.2.1-1 表に示す。

原子炉建屋の基礎は厚さ 6.5m のべた基礎で、支持地盤である新第三紀層の泥岩上に設置している。

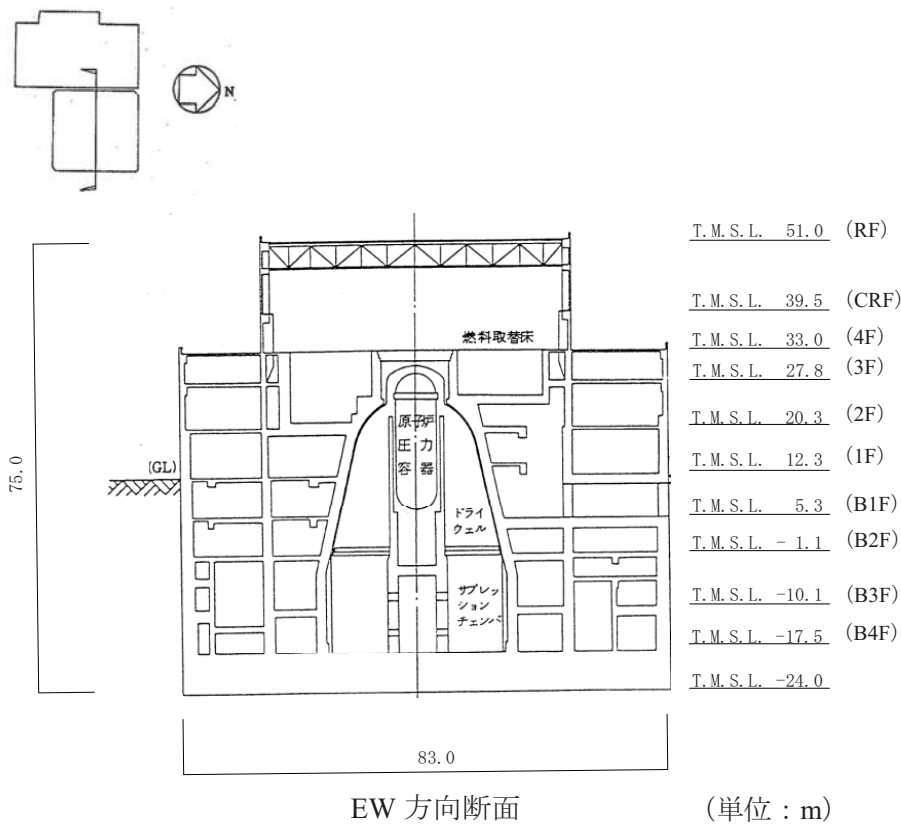
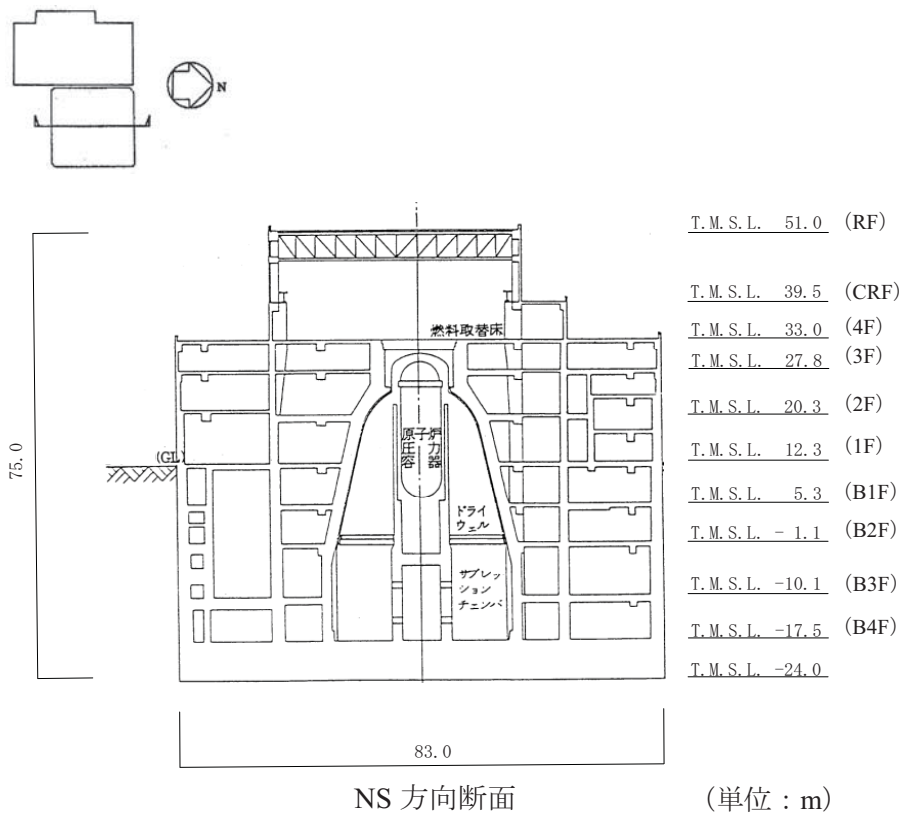
原子炉建屋の主な耐震要素は、原子炉格納容器の周りを囲んでいる原子炉一次遮へい壁、原子炉棟の外壁及び付属棟の外壁であり、開口部も少なく、建屋は全体として非常に剛性の高い構造となっている。

※1 建屋寸法は壁外面押えとする。



注記 * : 原子炉圧力容器 (以下, 「RPV」と略す。)

第 6.2.1-1 図 原子炉建屋の概略平面図 (地下 4 階)



第 6.2.1-2 図 原子炉建屋の概略断面図

第 6.2.1-1 表 原子炉建屋の物性値

コンクリート	コンクリート強度*1 Fc (N/mm ²)	ヤング係数 E (N/mm ²)	せん断弾性係数 G (N/mm ²)	ポアソン比 ν	単位体積重量*2 γ (kN/m ³)
	44.1	2.90×10 ⁴	1.21×10 ⁴	0.20	24.5
鉄筋	SD345 相当 (SD35)				
鋼材	SS400, SM400A, SM490A 相当 (SS41, SM41A, SM50A)				

*1：実強度に基づくコンクリート強度。

*2：鉄筋コンクリートの値を示す。

6.2.1.2. 地震応答解析モデル

地震応答解析モデルは、次の 4 項目について設計時に用いた解析モデルから修正を行うこととする。

- ①本検討では、柏崎刈羽原子力発電所 7 号機等の耐震安全性評価に用いた解析モデルと同様にスウェイ・ロッキングモデルを用いることとする。
- ②設計時にはコンクリートの設計基準強度を基に算定していた鉄筋コンクリートの剛性評価を、コンクリートの実際の平均的な強度を基に算定して見直すこととする。
- ③設計時には、多質点系並列地盤モデルである格子型モデルにより建物と地盤の相互作用を考慮していたが、本検討では、底面を振動アドミッタンス、側面を Novak^[1]の方法により算定した水平及び回転地盤ばねを考慮する。なお、基準地震動 S_s による地震応答レベルを踏まえ、表層部については地盤－建屋相互作用が見込めないと判断し、この部分のばね評価を行わないこととする。
- ④設計時には地震応答解析は弾性応答解析であったが、弾塑性応答解析を行うこととする。復元力特性については、「原子力発電所耐震設計技術指針 追補版 JEAG4601-1991」（以下、「JEAG4601-1991」という）に示された手法に従うことを基本にする。

(a) 水平方向の地震応答解析モデル

水平方向の地震応答解析モデルは、地盤との相互作用を考慮し、曲げおよびせん断剛性を考慮した質点系モデルとする。モデル化は NS 方向、EW 方向それぞれについて行う。地震応答解析モデルを第 6.2.1-3 図に、解析モデルの諸元を第 6.2.1-2 表に示す。

地盤は、地盤調査に基づき水平成層地盤とし、基礎底面地盤ばねについては、「JEAG 4601-1991」により、成層補正を行ったのち、振動アドミッタンス

ス理論に基づいて、スウェイおよびロッキングばね定数を近似法により評価する。基礎底面地盤ばねには、基礎浮き上がりによる幾何学的非線形性を考慮する。第 6.2.1-4 図に回転ばねの曲げモーメントと回転角の関係を示す。

また、埋め込み部分の建屋側面地盤ばねについては、建屋側面位置の地盤定数を用いて、水平および回転ばねを「JEAG 4601-1991」により Novak ばねに基づいて近似法により評価する。

なお、第 6.2.1-3 表に地盤調査に基づく地盤定数を、第 6.2.1-4 表に地震応答解析に用いる地盤のばね定数と減衰係数を示す。

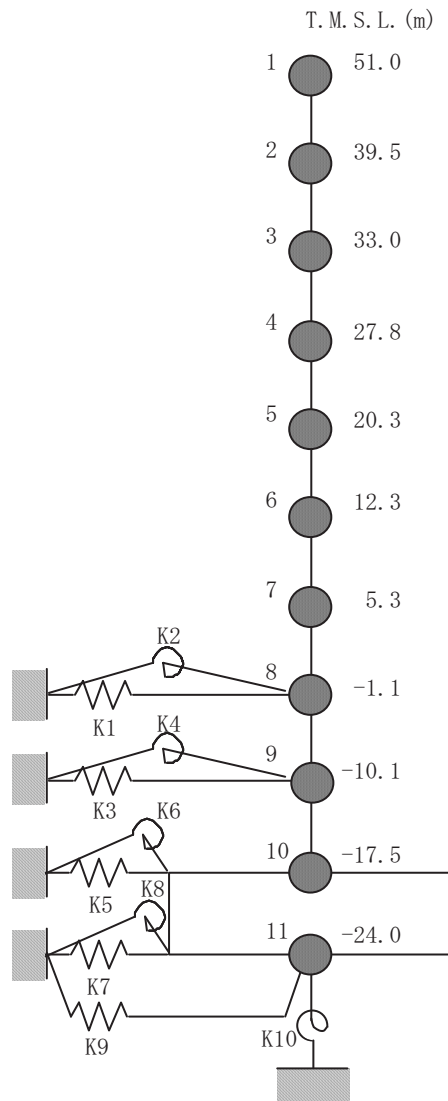
復元力特性は、建屋の方向別に、層を単位とした水平断面形状より「JEAG 4601-1991」に基づいて設定する。

水平方向の地震応答解析は、上記復元力特性を用いた弾塑性応答解析とする。

入力地震動は、解放基盤表面レベルに想定する基準地震動 S_s を用いることとする。

埋め込みを考慮した水平モデルであるため、モデルに入力する地震動は、一次元波動論に基づき、解放基盤表面レベルに想定する基準地震動 S_s に対する地盤の応答として評価する。また、建屋基礎底面レベルにおけるせん断力（以下、「切欠き力」という）を入力地震動に付加することにより、地盤の切欠き効果を考慮する。第 6.2.1-5 図に、地震応答解析モデルに入力する地震動の概念図を示す。

なお、「柏崎刈羽原子力発電所 5 号機新潟県中越沖地震後の設備健全性に係る点検・評価報告書（建物・構築物編）」（平成 22 年 5 月 21 日に原子力安全・保安院に提出）において、床などの柔性を考慮した解析および地震観測記録に基づいた解析などによる検討を実施し、水平方向の地震応答解析モデルの妥当性について確認しており、耐震安全性の評価に問題が無いと判断している。



NS 方向 (EW 方向)

第 6.2.1-3 図 地震応答解析モデル (水平方向)

第 6.2.1-2 表(1) 解析モデルの諸元

(NS 方向)

質点 番号	質点重量 W (kN)	回転慣性重量 I_G ($\times 10^6 \text{kNm}^2$)	せん断 断面積 A_s (m^2)	断面2次 モーメント I (m^4)
1	39,300	10.4		
2	50,280	20.2	42.6	29,000
3	244,510	143.1	61.0	53,000
4	341,850	187.1	295.8	260,100
5	477,550	262.7	335.8	331,700
6	471,970	300.9	484.0	470,700
7	454,390	299.4	570.7	599,000
8	608,920	373.9	658.6	656,800
9	637,660	436.1	724.3	730,500
10	815,450	472.1	802.2	801,400
11	526,750	304.0	6,889.0	3,954,900
合計	4,668,630			

建屋部, 基礎部

ヤング係数 E_c 2.90×10^4 (N/mm^2)

せん断弾性係数 G 1.21×10^4 (N/mm^2)

ポアソン比 ν 0.20

減衰定数 h 5%

基礎形状 83.0m (NS方向) \times 83.0m (EW方向)

第 6.2.1-2 表(2) 解析モデルの諸元

(EW 方向)

質点 番号	質点重量 W (kN)	回転慣性重量 I_G ($\times 10^6 \text{kNm}^2$)	せん断 断面積 A_s (m^2)	断面2次 モーメント I (m^4)
1	39,300	14.3		
			54.5	38,000
2	50,280	17.8		
			67.6	55,500
3	244,510	150.0		
			299.8	263,600
4	341,850	192.5		
			344.4	338,300
5	477,550	268.4		
			462.7	474,400
6	471,970	293.0		
			602.1	602,200
7	454,390	285.8		
			661.1	667,000
8	608,920	365.3		
			740.8	741,800
9	637,660	432.1		
			805.4	813,800
10	815,450	476.9		
			6889.0	3,954,900
11	526,750	304.0		
合計	4,668,630			

建屋部, 基礎部

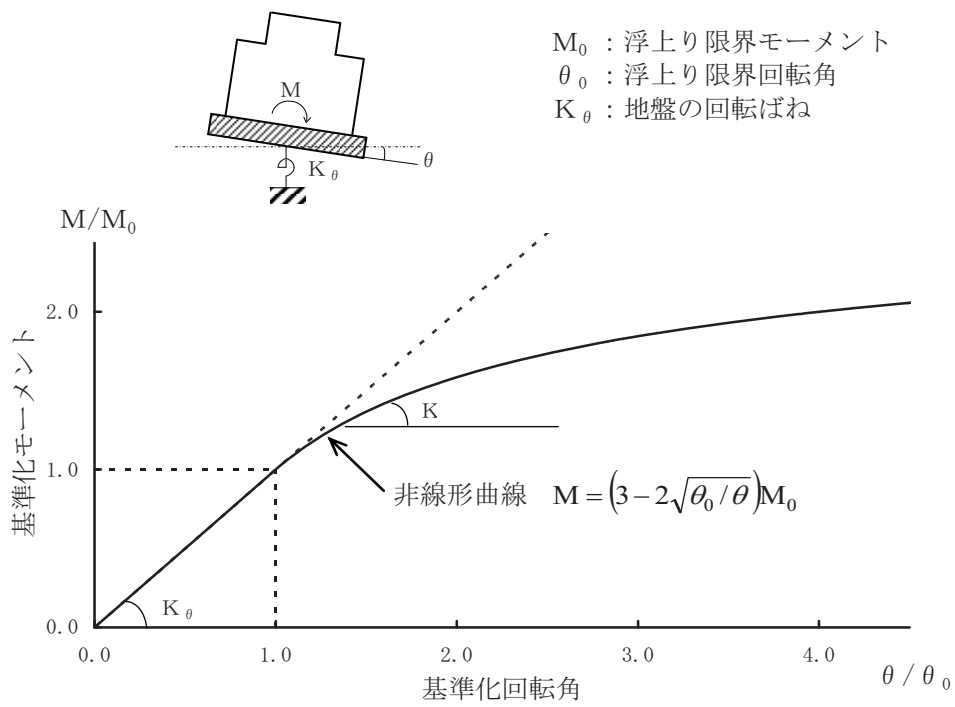
ヤング係数 E_c 2.90×10^4 (N/mm^2)

せん断弾性係数 G 1.21×10^4 (N/mm^2)

ポアソン比 ν 0.20

減衰定数 h 5%

基礎形状 83.0m (NS方向) \times 83.0m (EW方向)



第 6.2.1-4 図 回転ばねの曲げモーメントと回転角の関係

第 6.2.1-3 表(1) 地盤定数

(Ss-1)

標高 T. M. S. L. (m)	地層	せん断波 速度 Vs (m/s)	単位体積 重量 γ (kN/m ³)	ポアソン比 ν	せん断 弾性係数 G (N/mm ²)	初期せん断 弾性係数 G ₀ (N/mm ²)	剛性 低下率 G/G ₀	ヤング 係数 E (N/mm ²)	減衰 定数 h (%)	層厚 H (m)
12.0	〔砂層〕	140	17.9	0.41	16	35	0.47	45	14	4.0
8.0		170	17.9	0.40	10	55	0.19	29	22	4.0
4.0		200	17.9	0.40	10	70	0.15	29	24	4.0
0.0	安田層	310	17.5	0.48	128	171	0.75	378	4	9.0
-9.0	西山層	490	16.7	0.45	339	409	0.83	983	3	51.0
-60.0		560	17.2	0.44	445	550	0.81	1,281	3	40.0
-100.0		610	18.0	0.43	546	683	0.80	1,561	3	34.0
-134.0	〔解放 基盤〕	710	19.9	0.42	1,020	1,020	1.00	2,896	-	-

第 6.2.1-3 表(2) 地盤定数

(Ss-2)

標高 T. M. S. L. (m)	地層	せん断波 速度 Vs (m/s)	単位体積 重量 γ (kN/m ³)	ポアソン比 ν	せん断 弾性係数 G (N/mm ²)	初期せん断 弾性係数 G ₀ (N/mm ²)	剛性 低下率 G/G ₀	ヤング 係数 E (N/mm ²)	減衰 定数 h (%)	層厚 H (m)
12.0	〔砂層〕	140	17.9	0.41	18	35	0.53	51	11	4.0
8.0		170	17.9	0.40	11	55	0.20	30	16	4.0
4.0		200	17.9	0.40	10	70	0.15	29	19	4.0
0.0	安田層	310	17.5	0.48	126	171	0.74	372	4	9.0
-9.0	西山層	490	16.7	0.45	335	409	0.82	971	3	51.0
-60.0		560	17.2	0.44	467	550	0.85	1,344	3	40.0
-100.0		610	18.0	0.43	587	683	0.86	1,678	3	34.0
-134.0	〔解放 基盤〕	710	19.9	0.42	1,020	1,020	1.00	2,896	-	-

第 6.2.1-3 表(3) 地盤定数

(Ss-3)

標高 T. M. S. L. (m)	地層	せん断波 速度 Vs (m/s)	単位体積 重量 γ (kN/m ³)	ポアソン比 ν	せん断 弾性係数 G (N/mm ²)	初期せん断 弾性係数 G ₀ (N/mm ²)	剛性 低下率 G/G ₀	ヤング 係数 E (N/mm ²)	減衰 定数 h (%)	層厚 H (m)
12.0	〔砂層〕	140	17.9	0.41	20	35	0.57	55	10	4.0
8.0		170	17.9	0.40	14	55	0.25	38	20	4.0
4.0		200	17.9	0.40	9	70	0.13	25	28	4.0
0.0	安田層	310	17.5	0.48	119	171	0.70	352	4	9.0
-9.0	西山層	490	16.7	0.45	323	409	0.79	936	3	51.0
-60.0		560	17.2	0.44	418	550	0.76	1,203	3	40.0
-100.0		610	18.0	0.43	519	683	0.76	1,484	3	34.0
-134.0	〔解放 基盤〕	710	19.9	0.42	1,020	1,020	1.00	2,896	-	-

第 6.2.1-3 表(4) 地盤定数

(Ss-4)

標高 T. M. S. L. (m)	地層	せん断波 速度 Vs (m/s)	単位体積 重量 γ (kN/m ³)	ポアソン比 ν	せん断 弾性係数 G (N/mm ²)	初期せん断 弾性係数 G ₀ (N/mm ²)	剛性 低下率 G/G ₀	ヤング 係数 E (N/mm ²)	減衰 定数 h (%)	層厚 H (m)
12.0	〔砂層〕	140	17.9	0.41	19	35	0.55	53	9	4.0
8.0		170	17.9	0.40	14	55	0.25	38	14	4.0
4.0		200	17.9	0.40	13	70	0.19	36	13	4.0
0.0	安田層	310	17.5	0.48	136	171	0.80	402	3	9.0
-9.0	西山層	490	16.7	0.45	359	409	0.88	1,041	3	51.0
-60.0		560	17.2	0.44	478	550	0.87	1,376	3	40.0
-100.0		610	18.0	0.43	587	683	0.86	1,678	3	34.0
-134.0	〔解放 基盤〕	710	19.9	0.42	1,020	1,020	1.00	2,896	-	-

第 6.2.1-3 表(5) 地盤定数

(Ss-5)

標高 T. M. S. L. (m)	地層	せん断波 速度 Vs (m/s)	単位体積 重量 γ (kN/m ³)	ポアソン比 ν	せん断 弾性係数 G (N/mm ²)	初期せん断 弾性係数 G ₀ (N/mm ²)	剛性 低下率 G/G ₀	ヤング 係数 E (N/mm ²)	減衰 定数 h (%)	層厚 H (m)
12.0	〔砂層〕	140	17.9	0.41	17	35	0.48	46	8	4.0
8.0		170	17.9	0.40	12	55	0.22	33	11	4.0
4.0		200	17.9	0.40	18	70	0.26	50	14	4.0
0.0	安田層	310	17.5	0.48	135	171	0.79	399	4	9.0
-9.0	西山層	490	16.7	0.45	351	409	0.86	1,017	3	51.0
-60.0		560	17.2	0.44	456	550	0.83	1,313	3	40.0
-100.0		610	18.0	0.43	560	683	0.82	1,601	3	34.0
-134.0	〔解放 基盤〕	710	19.9	0.42	1,020	1,020	1.00	2,896	-	-

第 6.2.1-4 表(1) 地震応答解析に用いる基礎地盤のばね定数と減衰係数

(NS 方向, Ss-1)

ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね		減衰	
			ばね定数 ^(*1) K _c	採用振動数 (Hz)	減衰係数 ^(*2) C _c	採用振動数 ^(*3) f ₁ (Hz)
K1	8	側面・並進	3.13×10 ⁶	0.42	1.69×10 ⁶	2.04
K2	8	側面・回転	4.91×10 ⁹	0.01	8.08×10 ⁸	2.04
K3	9	側面・並進	8.90×10 ⁶	0.42	3.03×10 ⁶	2.04
K4	9	側面・回転	1.42×10 ¹⁰	0.01	1.50×10 ⁹	2.04
K5	10	側面・並進	1.01×10 ⁷	0.81	2.90×10 ⁶	2.04
K6	10	側面・回転	1.62×10 ¹⁰	0.01	1.47×10 ⁹	2.04
K7	11	側面・並進	4.74×10 ⁶	0.81	1.36×10 ⁶	2.04
K8	11	側面・回転	7.59×10 ⁹	0.01	6.86×10 ⁸	2.04
K9	11	底面・並進	9.93×10 ⁷	0.00	5.67×10 ⁶	2.04
K10	11	底面・回転	2.10×10 ¹¹	0.00	3.46×10 ⁹	2.04

(EW 方向, Ss-1)

ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね		減衰	
			ばね定数 ^(*1) K _c	採用振動数 (Hz)	減衰係数 ^(*2) C _c	採用振動数 ^(*3) f ₁ (Hz)
K1	8	側面・並進	3.13×10 ⁶	0.42	1.69×10 ⁶	2.04
K2	8	側面・回転	4.91×10 ⁹	0.01	8.08×10 ⁸	2.04
K3	9	側面・並進	8.90×10 ⁶	0.42	3.03×10 ⁶	2.04
K4	9	側面・回転	1.42×10 ¹⁰	0.01	1.50×10 ⁹	2.04
K5	10	側面・並進	1.01×10 ⁷	0.81	2.90×10 ⁶	2.04
K6	10	側面・回転	1.62×10 ¹⁰	0.01	1.47×10 ⁹	2.04
K7	11	側面・並進	4.74×10 ⁶	0.81	1.36×10 ⁶	2.04
K8	11	側面・回転	7.59×10 ⁹	0.01	6.86×10 ⁸	2.04
K9	11	底面・並進	9.93×10 ⁷	0.00	5.67×10 ⁶	2.04
K10	11	底面・回転	2.10×10 ¹¹	0.00	3.46×10 ⁹	2.04

(*1) K1, K3, K5, K7, K9はkN/m K2, K4, K6, K8, K10はkNm/rad

(*2) K1, K3, K5, K7, K9はkNs/m K2, K4, K6, K8, K10はkNsm/rad

(*3) f₁は連成系の1次固有振動数

第 6.2.1-4 表(2) 地震応答解析に用いる基礎地盤のばね定数と減衰係数
(NS 方向, Ss-2)

ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね		減衰	
			ばね定数 ^(*1) K _c	採用振動数 (Hz)	減衰係数 ^(*2) C _c	採用振動数 ^(*3) f ₁ (Hz)
K1	8	側面・並進	3.08×10 ⁶	0.41	1.68×10 ⁶	2.04
K2	8	側面・回転	4.83×10 ⁹	0.01	8.03×10 ⁸	2.04
K3	9	側面・並進	8.78×10 ⁶	0.41	3.01×10 ⁶	2.04
K4	9	側面・回転	1.40×10 ¹⁰	0.01	1.50×10 ⁹	2.04
K5	10	側面・並進	1.00×10 ⁷	0.80	2.88×10 ⁶	2.04
K6	10	側面・回転	1.60×10 ¹⁰	0.01	1.46×10 ⁹	2.04
K7	11	側面・並進	4.68×10 ⁶	0.80	1.35×10 ⁶	2.04
K8	11	側面・回転	7.48×10 ⁹	0.01	6.83×10 ⁸	2.04
K9	11	底面・並進	9.93×10 ⁷	0.00	5.67×10 ⁶	2.04
K10	11	底面・回転	2.11×10 ¹¹	0.00	3.46×10 ⁹	2.04

(EW 方向, Ss-2)

ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね		減衰	
			ばね数 ^(*1) K _c	採用振動数 (Hz)	減衰係数 ^(*2) C _c	採用振動数 ^(*3) f ₁ (Hz)
K1	8	側面・並進	3.08×10 ⁶	0.41	1.68×10 ⁶	2.04
K2	8	側面・回転	4.83×10 ⁹	0.01	8.03×10 ⁸	2.04
K3	9	側面・並進	8.78×10 ⁶	0.41	3.01×10 ⁶	2.04
K4	9	側面・回転	1.40×10 ¹⁰	0.01	1.50×10 ⁹	2.04
K5	10	側面・並進	1.00×10 ⁷	0.80	2.88×10 ⁶	2.04
K6	10	側面・回転	1.60×10 ¹⁰	0.01	1.46×10 ⁹	2.04
K7	11	側面・並進	4.68×10 ⁶	0.80	1.35×10 ⁶	2.04
K8	11	側面・回転	7.48×10 ⁹	0.01	6.83×10 ⁸	2.04
K9	11	底面・並進	9.93×10 ⁷	0.00	5.67×10 ⁶	2.04
K10	11	底面・回転	2.11×10 ¹¹	0.00	3.46×10 ⁹	2.04

(*1) K1, K3, K5, K7, K9はkN/m K2, K4, K6, K8, K10はkNm/rad

(*2) K1, K3, K5, K7, K9はkNs/m K2, K4, K6, K8, K10はkNsm/rad

(*3) f₁は連成系の1次固有振動数

第 6.2.1-4 表(3) 地震応答解析に用いる基礎地盤のばね定数と減衰係数

(NS 方向, Ss-3)

ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね		減衰	
			ばね定数 ^(*1) K _c	採用振動数 (Hz)	減衰係数 ^(*2) C _c	採用振動数 ^(*3) f ₁ (Hz)
K1	8	側面・並進	2.92×10 ⁶	0.40	1.64×10 ⁶	1.99
K2	8	側面・回転	4.58×10 ⁹	0.01	7.82×10 ⁸	1.99
K3	9	側面・並進	8.44×10 ⁶	0.40	2.95×10 ⁶	1.99
K4	9	側面・回転	1.34×10 ¹⁰	0.01	1.46×10 ⁹	1.99
K5	10	側面・並進	9.65×10 ⁶	0.80	2.83×10 ⁶	1.99
K6	10	側面・回転	1.54×10 ¹⁰	0.01	1.43×10 ⁹	1.99
K7	11	側面・並進	4.51×10 ⁶	0.80	1.32×10 ⁶	1.99
K8	11	側面・回転	7.22×10 ⁹	0.01	6.69×10 ⁸	1.99
K9	11	底面・並進	9.45×10 ⁷	0.00	5.53×10 ⁶	1.99
K10	11	底面・回転	1.98×10 ¹¹	0.00	3.37×10 ⁹	1.99

(EW 方向, Ss-3)

ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね		減衰	
			ばね定数 ^(*1) K _c	採用振動数 (Hz)	減衰係数 ^(*2) C _c	採用振動数 ^(*3) f ₁ (Hz)
K1	8	側面・並進	2.92×10 ⁶	0.40	1.64×10 ⁶	1.99
K2	8	側面・回転	4.58×10 ⁹	0.01	7.82×10 ⁸	1.99
K3	9	側面・並進	8.44×10 ⁶	0.40	2.95×10 ⁶	1.99
K4	9	側面・回転	1.34×10 ¹⁰	0.01	1.46×10 ⁹	1.99
K5	10	側面・並進	9.65×10 ⁶	0.80	2.83×10 ⁶	1.99
K6	10	側面・回転	1.54×10 ¹⁰	0.01	1.43×10 ⁹	1.99
K7	11	側面・並進	4.51×10 ⁶	0.80	1.32×10 ⁶	1.99
K8	11	側面・回転	7.22×10 ⁹	0.01	6.69×10 ⁸	1.99
K9	11	底面・並進	9.45×10 ⁷	0.00	5.53×10 ⁶	1.99
K10	11	底面・回転	1.98×10 ¹¹	0.00	3.37×10 ⁹	1.99

(*1) K1, K3, K5, K7, K9はkN/m K2, K4, K6, K8, K10はkNm/rad

(*2) K1, K3, K5, K7, K9はkNs/m K2, K4, K6, K8, K10はkNsm/rad

(*3) f₁は連成系の1次固有振動数

第 6.2.1-4 表(4) 地震応答解析に用いる基礎地盤のばね定数と減衰係数

(NS 方向, Ss-4)

ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね		減衰	
			ばね定数 ^(※1) K _c	採用振動数 (Hz)	減衰係数 ^(※2) C _c	採用振動数 ^(※3) f ₁ (Hz)
K1	8	側面・並進	3.35×10 ⁶	0.43	1.74×10 ⁶	2.09
K2	8	側面・回転	5.24×10 ⁹	0.01	8.35×10 ⁸	2.09
K3	9	側面・並進	9.45×10 ⁶	0.43	3.12×10 ⁶	2.09
K4	9	側面・回転	1.50×10 ¹⁰	0.01	1.55×10 ⁹	2.09
K5	10	側面・並進	1.07×10 ⁷	0.83	2.98×10 ⁶	2.09
K6	10	側面・回転	1.72×10 ¹⁰	0.01	1.51×10 ⁹	2.09
K7	11	側面・並進	5.02×10 ⁶	0.83	1.40×10 ⁶	2.09
K8	11	側面・回転	8.03×10 ⁹	0.01	7.06×10 ⁸	2.09
K9	11	底面・並進	1.05×10 ⁸	0.00	5.83×10 ⁶	2.09
K10	11	底面・回転	2.23×10 ¹¹	0.00	3.55×10 ⁹	2.09

(EW 方向, Ss-4)

ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね		減衰	
			ばね定数 ^(※1) K _c	採用振動数 (Hz)	減衰係数 ^(※2) C _c	採用振動数 ^(※3) f ₁ (Hz)
K1	8	側面・並進	3.35×10 ⁶	0.43	1.74×10 ⁶	2.09
K2	8	側面・回転	5.24×10 ⁹	0.01	8.35×10 ⁸	2.09
K3	9	側面・並進	9.45×10 ⁶	0.43	3.12×10 ⁶	2.09
K4	9	側面・回転	1.50×10 ¹⁰	0.01	1.55×10 ⁹	2.09
K5	10	側面・並進	1.07×10 ⁷	0.83	2.98×10 ⁶	2.09
K6	10	側面・回転	1.72×10 ¹⁰	0.01	1.51×10 ⁹	2.09
K7	11	側面・並進	5.02×10 ⁶	0.83	1.40×10 ⁶	2.09
K8	11	側面・回転	8.03×10 ⁹	0.01	7.06×10 ⁸	2.09
K9	11	底面・並進	1.05×10 ⁸	0.00	5.83×10 ⁶	2.09
K10	11	底面・回転	2.23×10 ¹¹	0.00	3.55×10 ⁹	2.09

(※1) K1, K3, K5, K7, K9はkN/m K2, K4, K6, K8, K10はkNm/rad

(※2) K1, K3, K5, K7, K9はkNs/m K2, K4, K6, K8, K10はkNsm/rad

(※3) f₁は連成系の1次固有振動数

第 6.2.1-4 表(5) 地震応答解析に用いる基礎地盤のばね定数と減衰係数

(NS 方向, Ss-5)

ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね		減衰	
			ばね定数 ^(*1) K _c	採用振動数 (Hz)	減衰係数 ^(*2) C _c	採用振動数 ^(*3) f ₁ (Hz)
K1	8	側面・並進	3.32×10 ⁶	0.43	1.73×10 ⁶	2.06
K2	8	側面・回転	5.21×10 ⁹	0.01	8.31×10 ⁸	2.06
K3	9	側面・並進	9.24×10 ⁶	0.43	3.09×10 ⁶	2.06
K4	9	側面・回転	1.47×10 ¹⁰	0.01	1.53×10 ⁹	2.06
K5	10	側面・並進	1.05×10 ⁷	0.82	2.94×10 ⁶	2.06
K6	10	側面・回転	1.67×10 ¹⁰	0.01	1.49×10 ⁹	2.06
K7	11	側面・並進	4.89×10 ⁶	0.82	1.38×10 ⁶	2.06
K8	11	側面・回転	7.83×10 ⁹	0.01	6.96×10 ⁸	2.06
K9	11	底面・並進	1.02×10 ⁸	0.00	5.67×10 ⁶	2.06
K10	11	底面・回転	2.15×10 ¹¹	0.00	3.49×10 ⁹	2.06

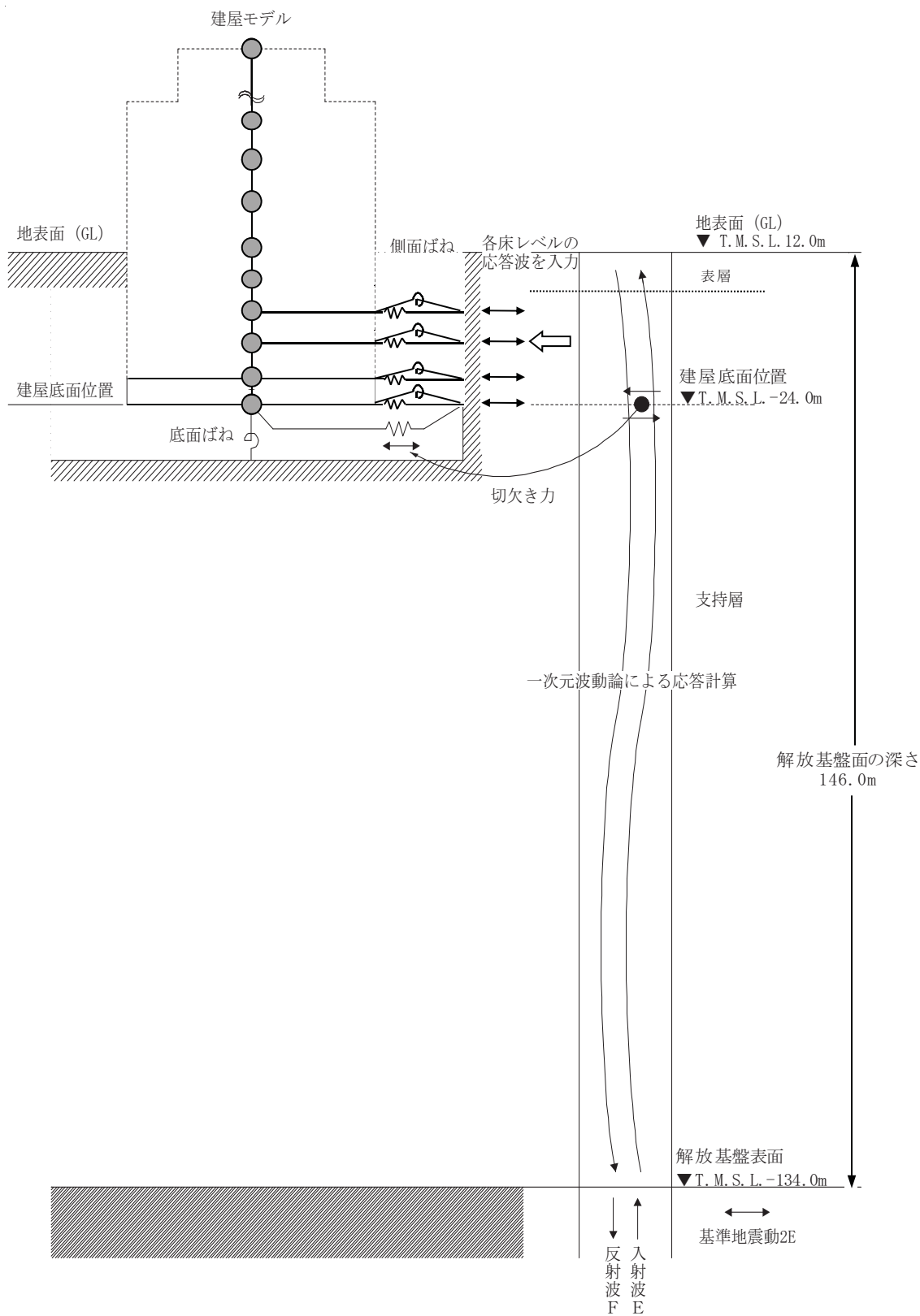
(EW 方向, Ss-5)

ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね		減衰	
			ばね定数 ^(*1) K _c	採用振動数 (Hz)	減衰係数 ^(*2) C _c	採用振動数 ^(*3) f ₁ (Hz)
K1	8	側面・並進	3.32×10 ⁶	0.43	1.73×10 ⁶	2.06
K2	8	側面・回転	5.21×10 ⁹	0.01	8.31×10 ⁸	2.06
K3	9	側面・並進	9.24×10 ⁶	0.43	3.09×10 ⁶	2.06
K4	9	側面・回転	1.47×10 ¹⁰	0.01	1.53×10 ⁹	2.06
K5	10	側面・並進	1.05×10 ⁷	0.82	2.94×10 ⁶	2.06
K6	10	側面・回転	1.67×10 ¹⁰	0.01	1.49×10 ⁹	2.06
K7	11	側面・並進	4.89×10 ⁶	0.82	1.38×10 ⁶	2.06
K8	11	側面・回転	7.83×10 ⁹	0.01	6.96×10 ⁸	2.06
K9	11	底面・並進	1.02×10 ⁸	0.00	5.67×10 ⁶	2.06
K10	11	底面・回転	2.15×10 ¹¹	0.00	3.49×10 ⁹	2.06

(*1) K1, K3, K5, K7, K9はkN/m K2, K4, K6, K8, K10はkNm/rad

(*2) K1, K3, K5, K7, K9はkNs/m K2, K4, K6, K8, K10はkNsm/rad

(*3) f₁は連成系の1次固有振動数



第 6.2.1-5 図 地震応答解析モデルに入力する地震動の概念図
(水平方向)

(b) 鉛直方向の地震応答解析モデル

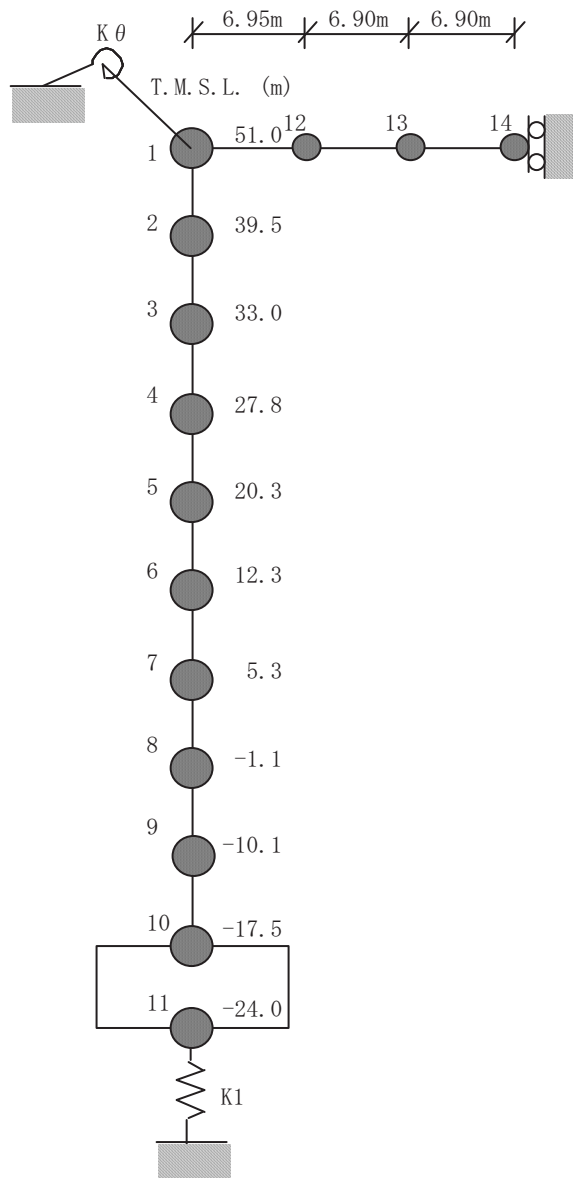
鉛直方向の地震応答解析モデルは、耐震壁の軸剛性および屋根トラスの曲げせん断剛性を評価した質点系モデルとする。鉛直方向の地震応答解析モデルを第 6.2.1-6 図に、解析モデルの諸元を第 6.2.1-5 表に示す。

地盤は、地盤調査に基づき水平成層地盤とし、基礎底面地盤ばねについては、スウェイおよびロッキングばね定数の評価法と同様、成層補正を行ったのち、振動アドミッタンス理論に基づいて、鉛直ばね定数を近似法により評価する。

第 6.2.1-6 表に地震応答解析に用いる地盤のばね定数と減衰係数を示す。なお、地盤調査に基づく地盤定数は第 6.2.1-3 表に示すとおりである。

鉛直方向の地震応答解析は、弾性応答解析とする。

入力地震動は、一次元波動論に基づき、解放基盤表面レベルに想定する基準地震動 S_s に対する地盤の応答として評価したものであり、基礎底面レベルに直接入力する。第 6.2.1-7 図に地震応答解析モデルに入力する地震動の概念図を示す。



第 6.2.1-6 図 地震応答解析モデル（鉛直方向）

第 6.2.1-5 表 解析モデルの諸元

(鉛直方向)

建屋		
質点番号	質点重量 W (kN)	軸断面積 A_N (m ²)
1	30,190	
		99.5
2	50,280	
		173.2
3	244,510	
		741.9
4	341,850	
		721.7
5	443,140	
		976.6
6	471,970	
		1205.3
7	454,390	
		1367.2
8	547,990	
		1532.5
9	637,660	
		1672.6
10	910,790	
		6889.0
11	526,750	
合計	4,668,630	

屋根			
質点番号	質点重量 W (kN)	せん断断面積 A_s ($\times 10^{-2} \text{m}^2$)	断面 2 次モーメント I (m ⁴)
1	-		
		20.7	2.876
12	3,650		
		12.4	2.876
13	3,630		
		8.5	2.876
14	1,830		

①コンクリート部 (建屋・基礎スラブ)

ヤング係数 E_c	2.90×10^4 (N/mm ²)
せん断弾性係数 G	1.21×10^4 (N/mm ²)
ポアソン比 ν	0.20
減衰定数 h	5%

②鉄骨部

ヤング係数 E_s	2.05×10^5 (N/mm ²)
せん断弾性係数 G	7.90×10^4 (N/mm ²)
ポアソン比 ν	0.30
減衰定数 h	2%

基礎形状 83.0m (NS方向) \times 83.0m (EW方向)

トラス端部回転拘束ばね $K_\theta = 6.84 \times 10^7$ (kNm/rad)

第 6.2.1-6 表 地震応答解析に用いる基礎地盤のばね定数と減衰係数

(Ss-1)

ばね定数	質点 番号	地盤ばね 成分	ばね		減衰	
			ばね定数 K_c (kN/m)	採用振動数 (Hz)	減衰係数 C_c (kNs/m)	採用振動数 ^{(*)1} f_1 (Hz)
k1	11	底面・鉛直	1.83×10^8	0.00	1.38×10^7	3.04

(Ss-2)

ばね定数	質点 番号	地盤ばね 成分	ばね		減衰	
			ばね定数 K_c (kN/m)	採用振動数 (Hz)	減衰係数 C_c (kNs/m)	採用振動数 ^{(*)1} f_1 (Hz)
k1	11	底面・鉛直	1.87×10^8	0.00	1.39×10^7	3.08

(Ss-3)

ばね定数	質点 番号	地盤ばね 成分	ばね		減衰	
			ばね定数 K_c (kN/m)	採用振動数 (Hz)	減衰係数 C_c (kNs/m)	採用振動数 ^{(*)1} f_1 (Hz)
k1	11	底面・鉛直	1.75×10^8	0.00	1.35×10^7	2.98

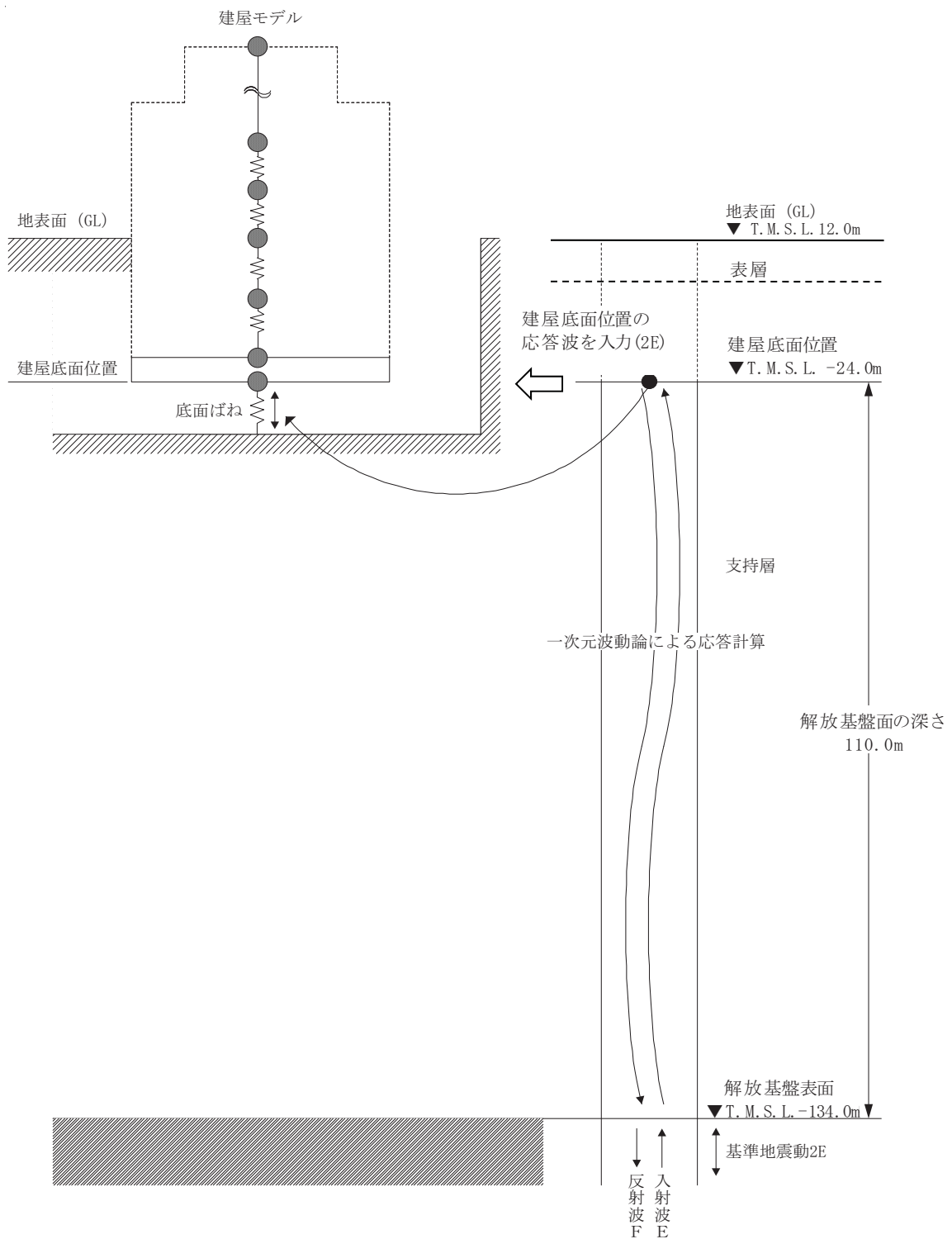
(Ss-4)

ばね定数	質点 番号	地盤ばね 成分	ばね		減衰	
			ばね定数 K_c (kN/m)	採用振動数 (Hz)	減衰係数 C_c (kNs/m)	採用振動数 ^{(*)1} f_1 (Hz)
k1	11	底面・鉛直	1.93×10^8	0.00	1.41×10^7	3.12

(Ss-5)

ばね定数	質点 番号	地盤ばね 成分	ばね		減衰	
			ばね定数 K_c (kN/m)	採用振動数 (Hz)	減衰係数 C_c (kNs/m)	採用振動数 ^{(*)1} f_1 (Hz)
k1	11	底面・鉛直	1.87×10^8	0.00	1.39×10^7	3.08

(*)1 f_1 は連成系の1次固有振動数



第 6.2.1-7 図 地震応答解析モデルに入力する地震動の概念図
(鉛直方向)

6.2.1.3. 地震応答解析結果

地震応答解析モデルの固有値（固有周期，固有振動数）および刺激係数を第 6.2.1-7 表および第 6.2.1-8 表に示す。

基準地震動 S_s(水平)による最大応答値を，それぞれ第 6.2.1-8 図～第 6.2.1-13 図に示す。

基準地震動 S_s(鉛直)による最大応答値を，それぞれ第 6.2.1-14 図，第 6.2.1-15 図に示す。

第 6.2.1-7 表(1) 固有値（固有周期，固有振動数）および刺激係数
（水平方向）

(NS 方向, Ss-1)

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数 *	備考
1	0.491	2.04	1.550	地盤建屋連成一次
2	0.237	4.22	-0.591	
3	0.101	9.95	-0.092	
4	0.083	11.99	0.222	
5	0.065	15.34	-0.100	

(NS 方向, Ss-2)

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数 *	備考
1	0.491	2.04	1.550	地盤建屋連成一次
2	0.237	4.22	-0.591	
3	0.101	9.95	-0.091	
4	0.083	11.99	0.221	
5	0.065	15.34	-0.100	

(NS 方向, Ss-3)

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数 *	備考
1	0.502	1.99	1.545	地盤建屋連成一次
2	0.242	4.12	-0.582	
3	0.101	9.91	-0.089	
4	0.083	11.99	0.211	
5	0.065	15.33	-0.095	

注*：モードごとに固有ベクトルの最大値を 1 に基準化して得られる刺激係数を示す。

第 6.2.1-7 表(2) 固有値（固有周期，固有振動数）および刺激係数
（水平方向）

(NS 方向, Ss-4)

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数 *	備考
1	0.479	2.09	1.557	地盤建屋連成一次
2	0.231	4.33	-0.602	
3	0.100	9.99	-0.096	
4	0.083	12.01	0.235	
5	0.065	15.35	-0.106	

(NS 方向, Ss-5)

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数 *	備考
1	0.485	2.06	1.554	地盤建屋連成一次
2	0.234	4.28	-0.597	
3	0.100	9.96	-0.094	
4	0.083	12.00	0.228	
5	0.065	15.35	-0.103	

注*：モードごとに固有ベクトルの最大値を 1 に基準化して得られる刺激係数を示す。

第 6.2.1-7 表(3) 固有値（固有周期，固有振動数）および刺激係数
（水平方向）

(EW 方向, Ss-1)

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数 *	備考
1	0.490	2.04	1.543	地盤建屋連成一次
2	0.236	4.23	-0.579	
3	0.100	10.03	-0.077	
4	0.081	12.37	0.189	
5	0.062	16.11	-0.088	

(EW 方向, Ss-2)

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数 *	備考
1	0.491	2.04	1.543	地盤建屋連成一次
2	0.236	4.23	-0.579	
3	0.100	10.03	-0.077	
4	0.081	12.37	0.189	
5	0.062	16.11	-0.088	

(EW 方向, Ss-3)

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数 *	備考
1	0.502	1.99	1.538	地盤建屋連成一次
2	0.242	4.13	-0.571	
3	0.100	9.99	-0.074	
4	0.081	12.35	0.180	
5	0.062	16.11	-0.083	

注*：モードごとに固有ベクトルの最大値を 1 に基準化して得られる刺激係数を示す。

第 6.2.1-7 表(4) 固有値（固有周期，固有振動数）および刺激係数
（水平方向）

(EW 方向, Ss-4)

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数 *	備考
1	0.478	2.09	1.549	地盤建屋連成一次
2	0.230	4.34	-0.589	
3	0.099	10.06	-0.080	
4	0.081	12.38	0.201	
5	0.062	16.12	-0.094	

(EW 方向, Ss-5)

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数 *	備考
1	0.484	2.06	1.547	地盤建屋連成一次
2	0.234	4.28	-0.585	
3	0.100	10.04	-0.079	
4	0.081	12.37	0.195	
5	0.062	16.12	-0.091	

注*：モードごとに固有ベクトルの最大値を 1 に基準化して得られる刺激係数を示す。

第 6.2.1-8 表(1) 固有値（固有周期，固有振動数）および刺激係数
（鉛直方向）

(Ss-1)

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数 *	備考
1	0.328	3.04	4.471	地盤建屋連成一次
2	0.277	3.60	-3.519	
3	0.081	12.37	0.091	
4	0.058	17.11	0.323	
5	0.057	17.51	0.334	

(Ss-2)

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数 *	備考
1	0.325	3.08	4.730	地盤建屋連成一次
2	0.277	3.61	-3.778	
3	0.081	12.37	0.093	
4	0.058	17.11	0.327	
5	0.057	17.52	0.338	

(Ss-3)

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数 *	備考
1	0.335	2.98	4.020	地盤建屋連成一次
2	0.278	3.60	-3.066	
3	0.081	12.37	0.087	
4	0.058	17.11	0.314	
5	0.057	17.50	0.325	

注*：モードごとに固有ベクトルの最大値を1に基準化して得られる刺激係数を示す。

第 6.2.1-8 表(2) 固有値（固有周期，固有振動数）および刺激係数
（鉛直方向）

(Ss-4)

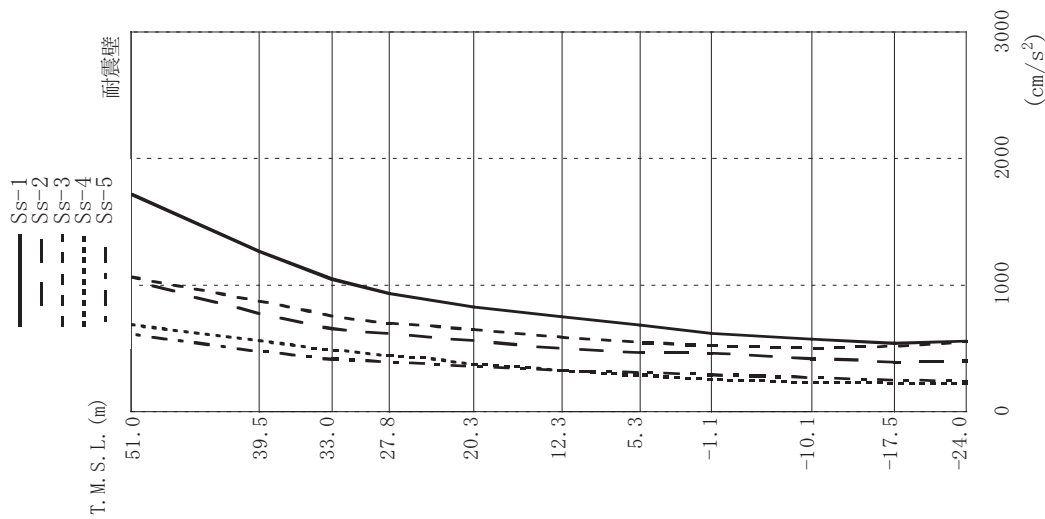
次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数 *	備考
1	0.320	3.12	5.168	地盤建屋連成一次
2	0.277	3.61	-4.219	
3	0.081	12.37	0.096	
4	0.058	17.11	-0.333	
5	0.057	17.53	0.345	

(Ss-5)

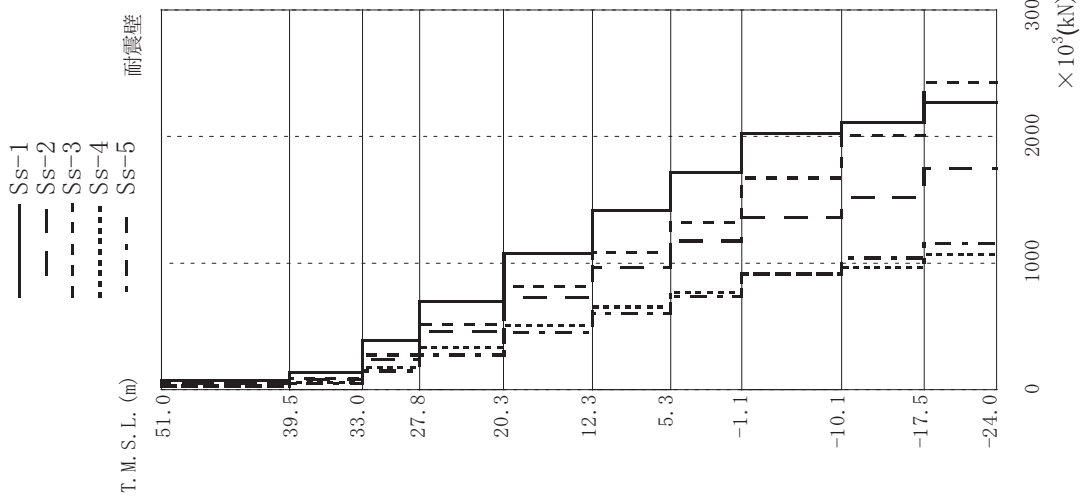
次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数 *	備考
1	0.325	3.08	4.730	地盤建屋連成一次
2	0.277	3.61	-3.778	
3	0.081	12.37	0.093	
4	0.058	17.11	0.327	
5	0.057	17.52	0.338	

注*：モードごとに固有ベクトルの最大値を 1 に基準化して得られる刺激係数を示す。

耐震壁 (cm/s ²)					
Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	
1719	1036	1064	685	615	
1267	778	871	561	478	
1047	658	755	486	411	
931	619	698	439	392	
825	561	650	374	357	
750	499	588	325	321	
681	465	546	285	307	
621	460	523	254	293	
570	419	504	228	271	
540	391	519	222	249	
556	402	551	224	236	



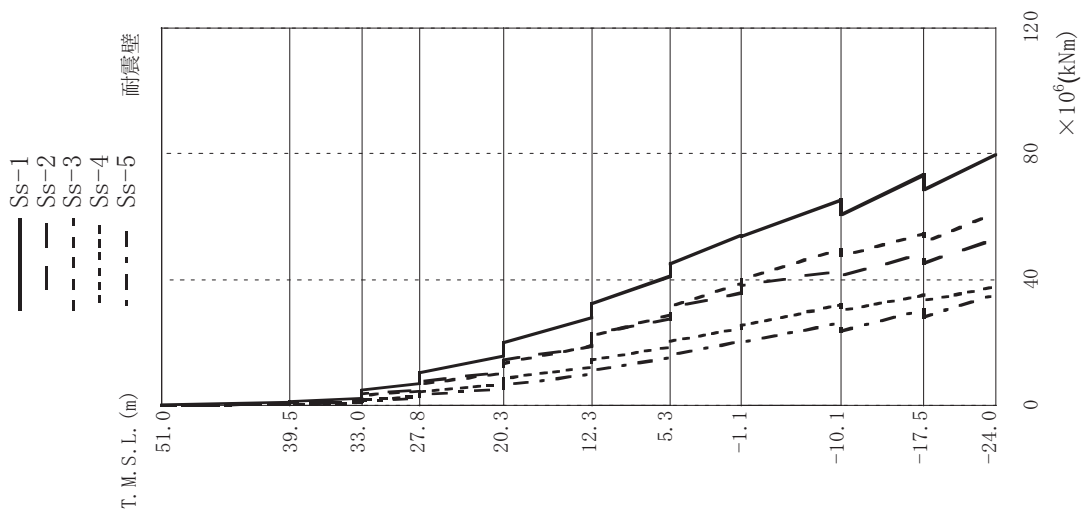
第 6.2.1-8 図 最大応答加速度 (NS 方向)



耐震壁
× 10³ (kN)

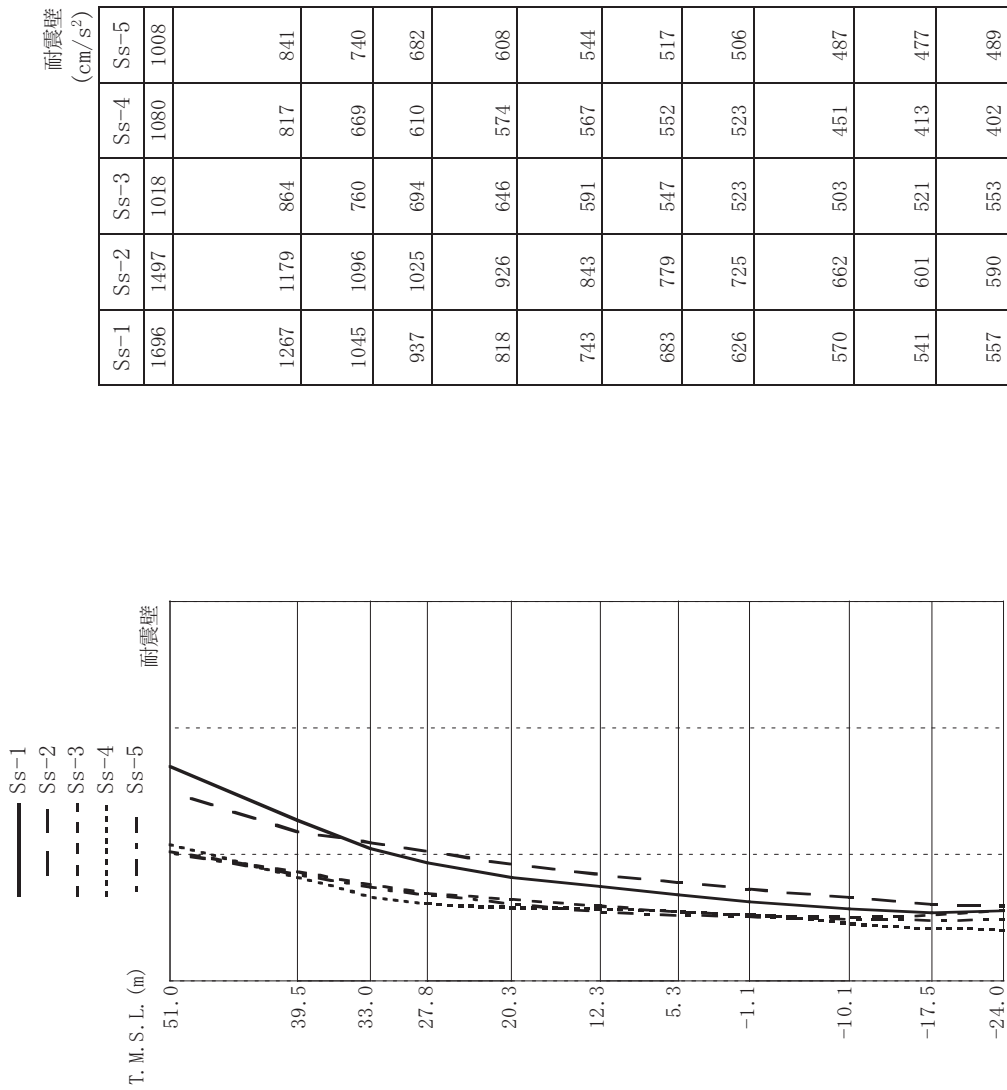
Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5
69.35	41.63	42.51	27.11	24.95
133.45	81.61	86.83	55.70	49.69
388.07	238.99	274.25	176.76	148.39
699.47	453.60	513.90	329.89	277.11
1079.64	725.85	813.46	508.44	450.83
1416.44	965.31	1085.25	654.53	604.52
1709.52	1171.51	1318.64	774.10	738.29
2022.17	1360.73	1675.94	912.49	916.18
2111.68	1519.48	2011.79	965.47	1038.62
2273.92	1748.51	2428.25	1067.02	1155.04

第 6.2.1-9 図 最大応答せん断力 (NS 方向)

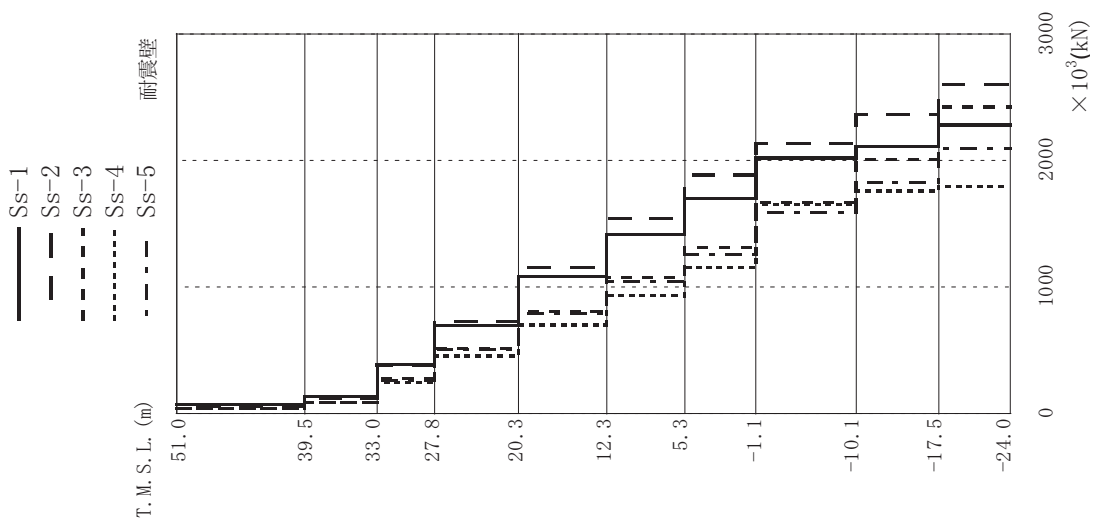


		耐震壁 × 10 ⁶ (kNm)				
	T.M.S.L. (m)	Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5
	51.0	0.22	0.17	0.14	0.08	0.08
	39.5	1.01	0.64	0.61	0.38	0.35
	33.0	1.41	0.96	0.85	0.53	0.47
	27.8	2.27	1.48	1.41	0.88	0.79
	20.3	4.96	3.67	3.16	1.97	1.59
	12.3	6.97	4.83	4.44	2.84	2.32
	5.3	10.40	7.64	6.74	4.26	3.36
	-1.1	15.59	10.61	10.21	6.61	5.32
	-10.1	19.97	14.35	13.24	8.49	6.56
	-17.5	28.01	18.88	18.98	12.32	9.88
	-24.0	32.44	22.85	22.18	14.31	11.18
		41.07	27.54	28.69	18.54	14.93
		45.02	31.18	31.61	20.35	16.13
		54.06	35.79	38.66	24.82	20.23
		53.69	38.07	39.96	25.33	19.80
		65.38	42.73	49.59	31.90	26.20
		60.67	41.13	47.62	30.26	23.68
		73.31	48.27	54.61	35.19	30.52
		68.55	45.17	51.71	33.37	28.05
		79.73	53.03	61.18	37.58	35.26

第 6.2.1-10 図 最大応答曲げモーメント (NS 方向)

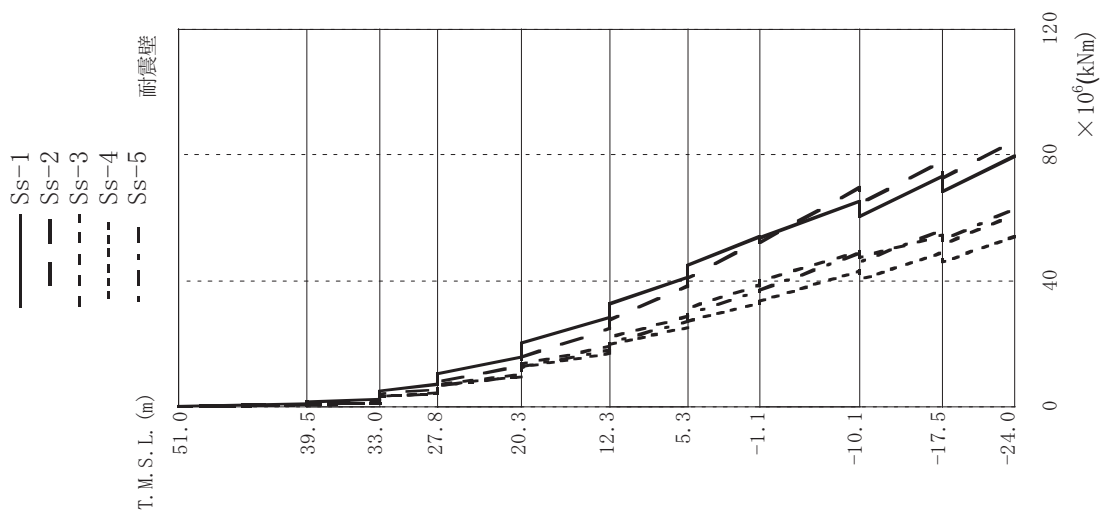


第 6.2.1-11 図 最大応答加速度 (EW 方向)



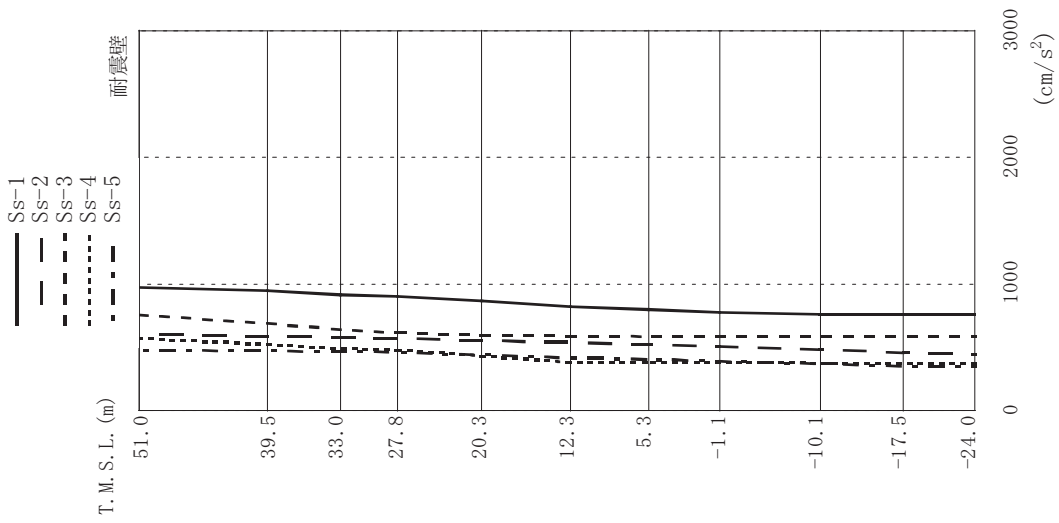
耐震壁 × 10 ³ (kN)					
Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	
68.42	60.45	40.61	43.28	40.09	
133.08	119.31	84.80	84.98	83.04	
387.62	381.38	274.49	248.94	266.85	
698.43	732.06	515.23	455.77	503.61	
1083.03	1158.04	809.74	703.19	792.37	
1416.32	1543.75	1079.83	932.60	1040.58	
1704.12	1883.74	1317.38	1154.57	1253.93	
2019.80	2141.83	1670.82	1646.73	1590.56	
2115.03	2366.87	2009.58	1760.01	1829.04	
2280.10	2606.80	2425.34	1795.44	2096.92	

第 6.2.1-12 図 最大応答せん断力 (EW 方向)

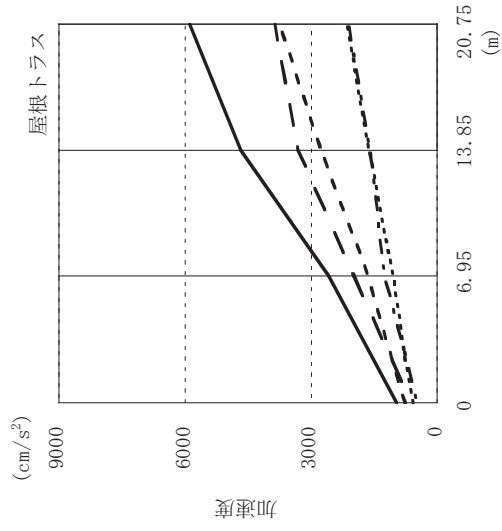


耐震壁		耐震壁				
		× 10 ⁶ (kNm)				
Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5		
0.31	0.26	0.19	0.20	0.21		
1.09	0.90	0.64	0.68	0.60		
1.44	1.18	0.87	0.90	0.83		
2.31	1.88	1.38	1.44	1.31		
5.16	4.02	3.28	3.28	3.27		
7.16	5.58	4.56	4.36	4.24		
10.70	8.02	6.92	6.73	6.79		
15.88	13.09	10.38	9.60	9.53		
20.36	15.91	13.48	12.57	12.69		
28.39	25.04	19.20	17.21	17.95		
32.70	27.78	22.31	19.87	20.39		
41.33	38.56	28.81	25.12	27.22		
45.08	41.04	31.59	27.32	29.42		
54.12	52.98	38.62	32.93	36.82		
53.66	52.27	39.86	33.53	37.12		
65.36	69.79	49.48	43.04	48.89		
60.52	64.53	47.49	40.49	45.95		
73.26	77.97	54.48	49.10	56.16		
68.47	72.75	51.64	46.06	52.95		
79.71	84.34	61.15	54.10	62.71		

第 6.2.1-13 図 最大応答曲げモーメント (EW 方向)

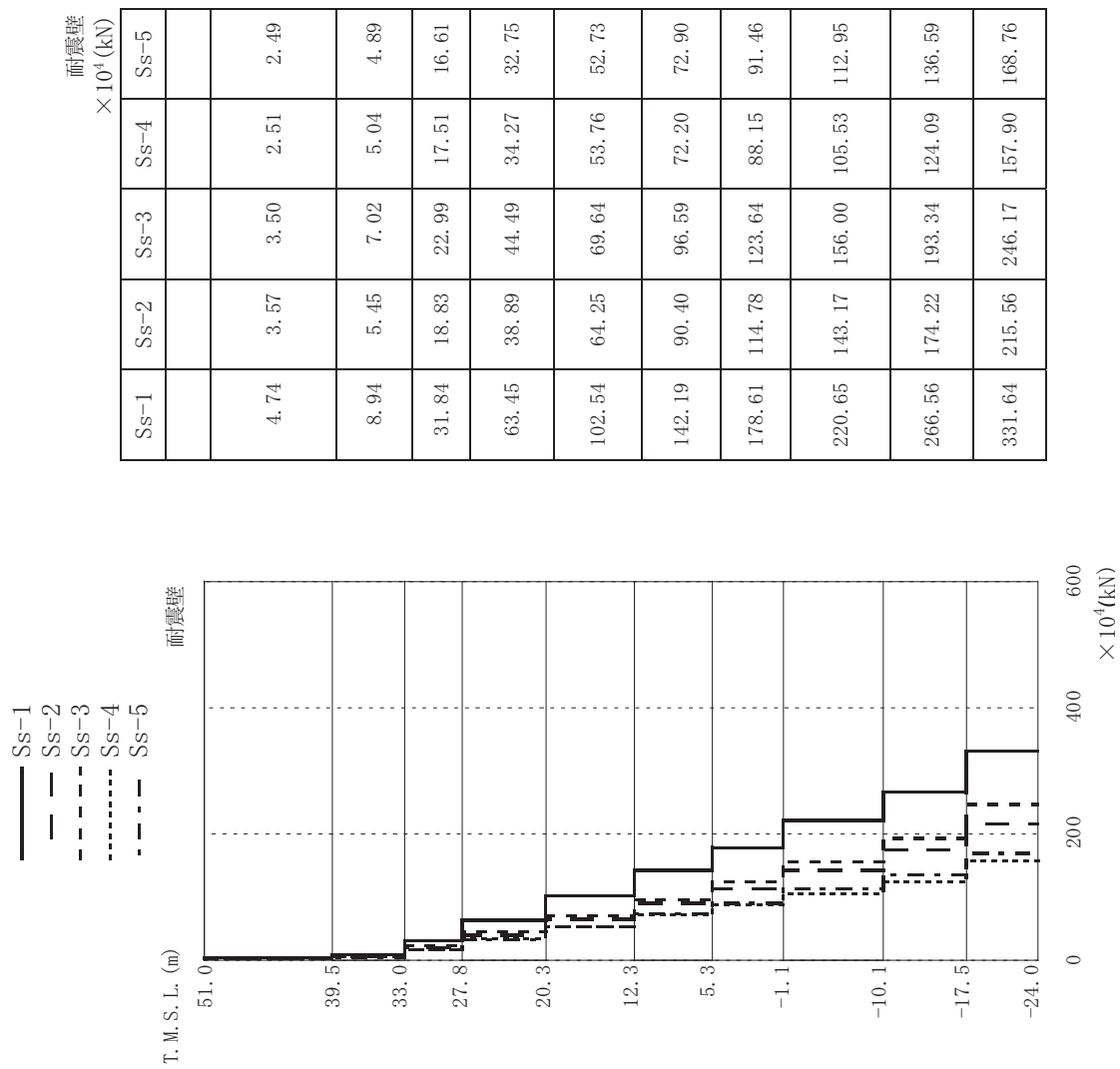


耐震壁 (cm/s^2)					
Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	
975	602	757	565	476	
944	585	687	525	473	
917	575	639	494	468	
904	570	614	475	461	
866	557	592	427	441	
822	540	588	381	419	
796	525	583	381	401	
775	508	582	381	390	
761	480	582	376	369	
762	453	583	372	349	
763	445	581	371	345	



屋根トラス (cm/s^2)					
Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	
975	2589	4669	5900		
602	1980	3319	3864		
757	1649	2755	3763		
565	1055	1610	2143		
476	1255	1600	2108		

第 6.2.1-14 図 最大応答加速度 (鉛直方向)



第 6.2.1-15 図 最大応答軸力 (鉛直方向)

6.2.1.4. 接地率

地震応答解析により得られた基礎版底面位置の最大転倒モーメントと、この結果から算出した接地率の検討結果を第 6.2.1-9 表に示す。

なお、接地率は、下式により算出している。

$$\eta = \frac{1}{2} \left(3 - \frac{M}{M_0} \right) = 3 \left(\frac{1}{2} - \frac{M}{WL} \right)$$

ここに、

η : 接地率 (>1.0 の場合は =100%とする。)

M : 最大転倒モーメント (基礎下端の最大応答モーメント)

M_0 : 浮上り限界転倒モーメント

W : 建屋総重量 (鉛直地震力および浮力は無視)

L : 加振方向の基礎長さ

第 6.2.1-9 表 基準地震動 Ss による地震応答解析結果に基づく接地率

基準地震動 Ss		Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5
NS 方 向	浮上り限界モーメント (×10 ⁷ kNm)	6.46	6.46	6.46	6.46	6.46
	最大転倒モーメント Mmax (×10 ⁷ kNm)	7.60	5.08	5.85	3.58	3.39
	接地率 η (%)	91.2	100.0	100.0	100.0	100.0
EW 方 向	浮上り限界モーメント (×10 ⁷ kNm)	6.46	6.46	6.46	6.46	6.46
	最大転倒モーメント Mmax (×10 ⁷ kNm)	7.59	8.07	5.85	5.15	5.98
	接地率 η (%)	91.2	87.6	100.0	100.0	100.0

6.2.1.5. 接地圧

基準地震動 S_s による地震応答解析結果^{※1}に基づく接地圧を第 6.2.1-10 表に示す。地盤の支持力試験の最大荷重は、 4412kN/m^2 (450tf/m^2) であり、地震時接地圧に対して十分な余裕がある。

※1 水平地震動による応力と組み合わせる場合の鉛直地震動による応力は、組合せ係数法により、係数 0.4 を考慮する。

第 6.2.1-10 表(1) 基準地震動 Ss による地震応答解析結果に基づく接地圧
(Ss-1)

		NS	EW	反力分布図 () 内は下向き地震時	
鉛直力 N (kN)	上向き	3,768,830		[NS方向] 1418.7 kN/m ² (1605.7 kN/m ²)	
	下向き	5,568,430			
転倒モーメント M (×10 ⁵ kNm)		759.86	759.40	[EW方向]	
最大接地圧※ (kN/m ²)	上向き	1418.7	1417.8	1417.8 kN/m ² (1605.2 kN/m ²)	
	下向き	1605.7	1605.2		

※：地盤の支持力試験の最大荷重 4412kN/m²

(Ss-2)

		NS	EW	反力分布図 () 内は下向き地震時	
鉛直力 N (kN)	上向き	4,177,590		[NS方向] 1139.4 kN/m ² (1281.9 kN/m ²)	
	下向き	5,159,670			
転倒モーメント M (×10 ⁵ kNm)		507.90	806.56	[EW方向]	
最大接地圧※ (kN/m ²)	上向き	1139.4	1511.9	1511.9 kN/m ² (1602.1 kN/m ²)	
	下向き	1281.9	1602.1		

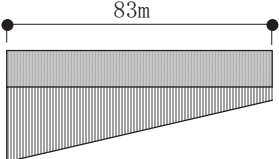
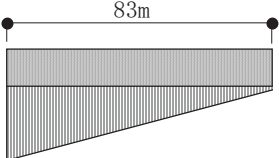
※：地盤の支持力試験の最大荷重 4412kN/m²

(Ss-3)

		NS	EW	反力分布図 () 内は下向き地震時	
鉛直力 N (kN)	上向き	3,841,030		[NS方向] 1174.8 kN/m ² (1412.0 kN/m ²)	
	下向き	5,496,230			
転倒モーメント M (×10 ⁵ kNm)		585.32	585.10	[EW方向]	
最大接地圧※ (kN/m ²)	上向き	1174.8	1174.5	1174.5 kN/m ² (1411.8 kN/m ²)	
	下向き	1412.0	1411.8		

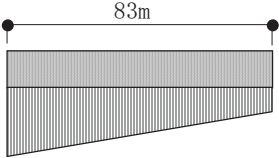
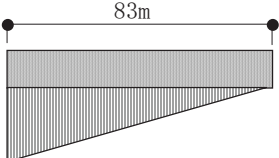
※：地盤の支持力試験の最大荷重 4412kN/m²

第 6.2.1-10 表(2) 基準地震動 Ss による地震応答解析結果に基づく接地圧
(Ss-4)

		NS	EW	反力分布図 () 内は下向き地震時	
鉛直力 N (kN)	上向き	4, 252, 830		[NS方向] 992.6 kN/m ² (1113.4 kN/m ²)	
	下向き	5, 084, 430			
転倒モーメント M (×10 ⁵ kNm)		357.66	514.71	[EW方向]	
最大接地圧※ (kN/m ²)	上向き	992.6	1157.4	1157.4 kN/m ² (1278.2 kN/m ²)	
	下向き	1113.4	1278.2		

※：地盤の支持力試験の最大荷重 4412kN/m²

(Ss-5)

		NS	EW	反力分布図 () 内は下向き地震時	
鉛直力 N (kN)	上向き	4, 196, 070		[NS方向] 964.7 kN/m ² (1101.9 kN/m ²)	
	下向き	5, 141, 190			
転倒モーメント M (×10 ⁵ kNm)		338.85	597.76	[EW方向]	
最大接地圧※ (kN/m ²)	上向き	964.7	1236.6	1236.6 kN/m ² (1373.5 kN/m ²)	
	下向き	1101.9	1373.5		

※：地盤の支持力試験の最大荷重 4412kN/m²

6.2.2. 評価基準

耐震安全性評価に当たっては、建物が構造物全体として変形能力（終局耐力時の変形）について十分な余裕を有し、建物の終局耐力に対し、妥当な安全余裕を有していることを確認する観点から、原子炉建屋の主たる耐震要素である耐震壁の安全性について評価する。

評価は、基準地震動 S_s による各層における耐震壁の最大せん断ひずみが、評価基準値 (2.0×10^{-3}) を超えないことを確認する（「JEAG 4601-1991」に準拠）。

6.2.3. 耐震安全性評価結果

6.2.3.1. 耐震壁

第 6.2.3-1 表および第 6.2.3-2 表に耐震壁のせん断ひずみ一覧を示す。また、第 6.2.3-1 図～第 6.2.3-18 図に基準地震動 S_s に対する最大応答値を耐震壁のせん断スケルトン曲線上に示す。せん断ひずみは、最大で 0.29×10^{-3} (S_s -2, EW 方向, B2F) であり、評価基準値 (2.0×10^{-3}) を満足している。

第6.2.3-1表 耐震壁のせん断ひずみ一覧（NS方向）

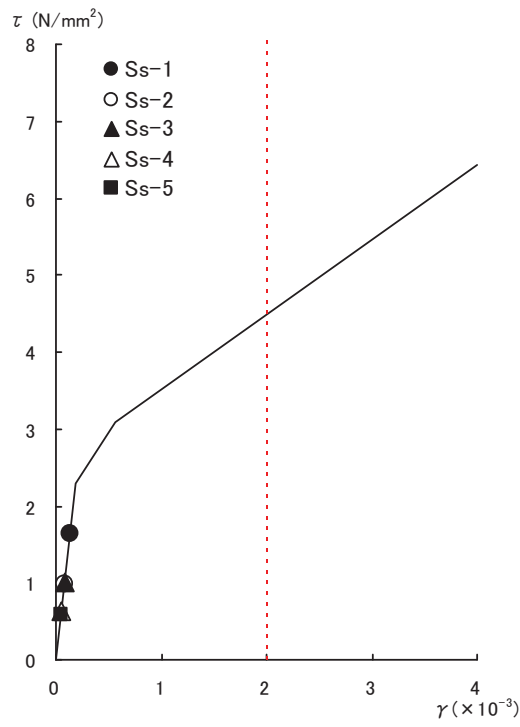
($\times 10^{-3}$)

階	S _s -1	S _s -2	S _s -3	S _s -4	S _s -5	評価 基準値
CRF	0.13	0.08	0.08	0.05	0.05	2.0以下
4F	0.18	0.11	0.12	0.08	0.07	
3F	0.11	0.07	0.08	0.05	0.04	
2F	0.17	0.11	0.13	0.08	0.07	
1F	0.18	0.12	0.14	0.09	0.08	
B1F	0.21	0.14	0.16	0.09	0.09	
B2F	0.21	0.15	0.17	0.10	0.09	
B3F	0.23	0.16	0.19	0.10	0.10	
B4F	0.22	0.16	0.21	0.10	0.11	

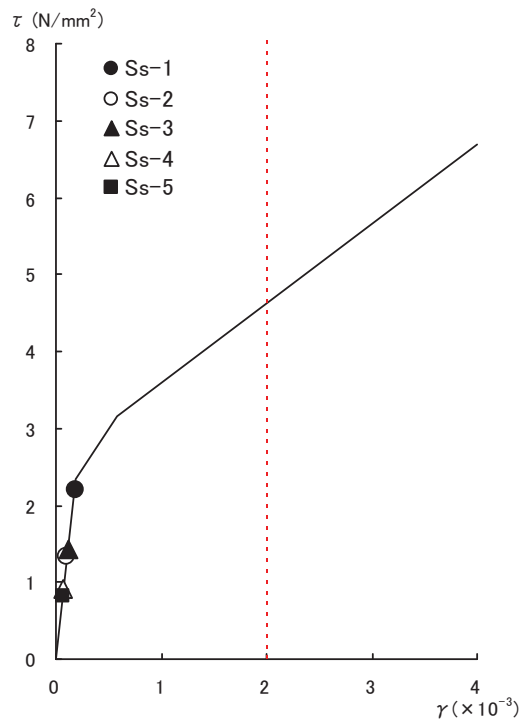
第6.2.3-2表 耐震壁のせん断ひずみ一覧（EW方向）

($\times 10^{-3}$)

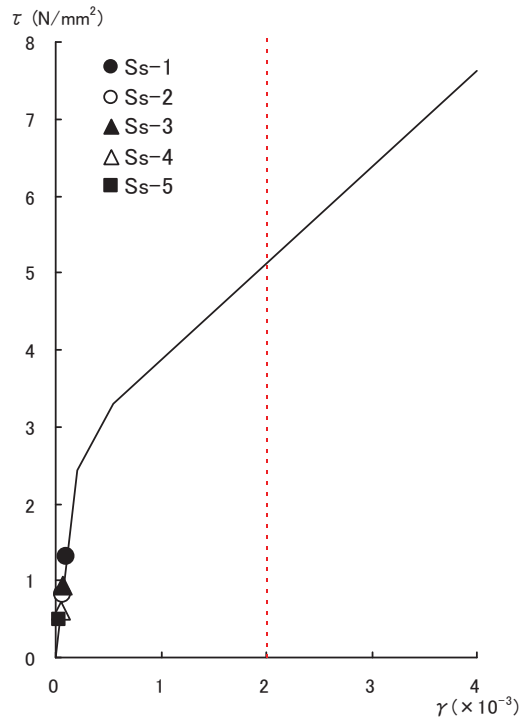
階	S _s -1	S _s -2	S _s -3	S _s -4	S _s -5	評価 基準値
CRF	0.10	0.09	0.06	0.07	0.06	2.0以下
4F	0.16	0.15	0.10	0.10	0.10	
3F	0.11	0.11	0.08	0.07	0.07	
2F	0.17	0.18	0.12	0.11	0.12	
1F	0.19	0.21	0.14	0.13	0.14	
B1F	0.19	0.21	0.15	0.13	0.14	
B2F	0.21	0.29	0.16	0.14	0.16	
B3F	0.23	0.27	0.19	0.18	0.18	
B4F	0.22	0.26	0.21	0.18	0.19	



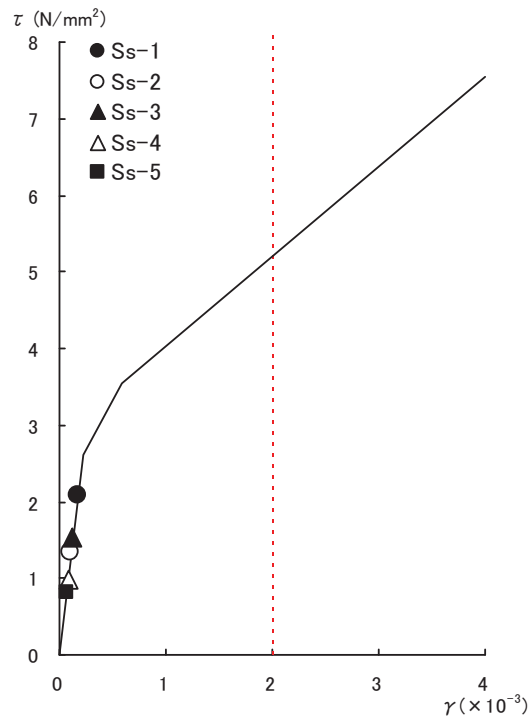
第 6.2.3-1 図 せん断スケルトン曲線上の最大応答値 (NS 方向, CRF)



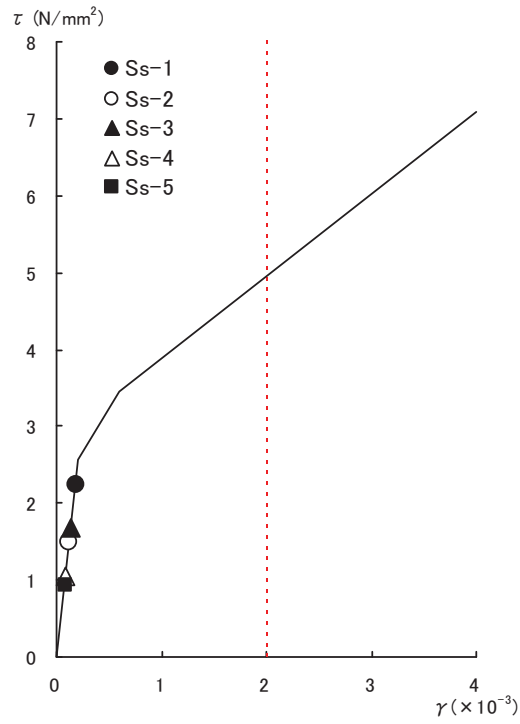
第 6.2.3-2 図 せん断スケルトン曲線上の最大応答値 (NS 方向, 4F)



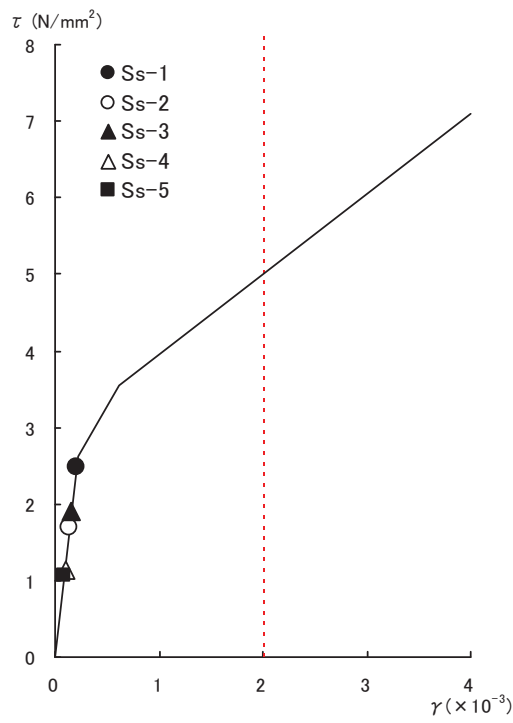
第 6.2.3-3 図 せん断スケルトン曲線上の最大応答値 (NS 方向, 3F)



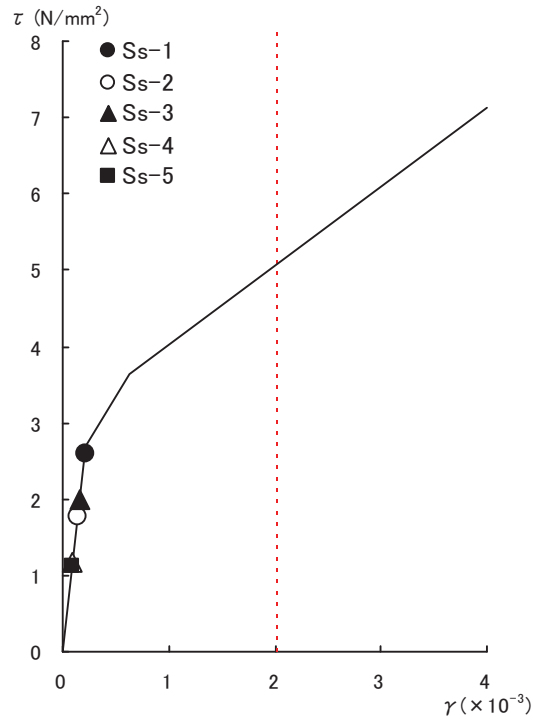
第 6.2.3-4 図 せん断スケルトン曲線上の最大応答値 (NS 方向, 2F)



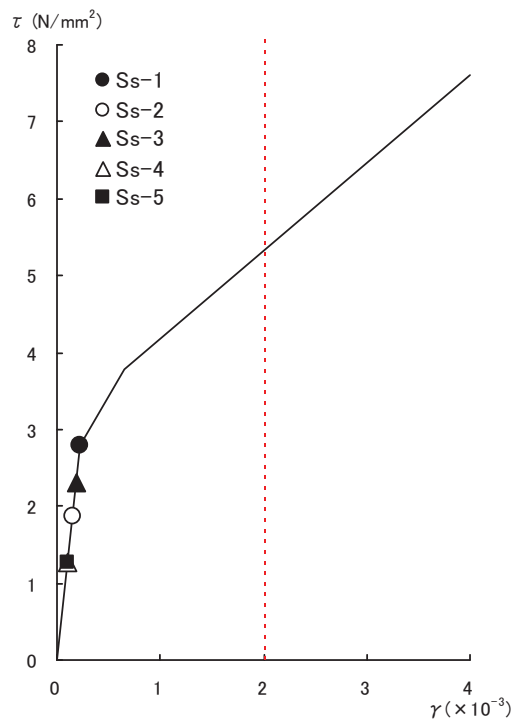
第 6.2.3-5 図 せん断スケルトン曲線上の最大応答値 (NS 方向, 1F)



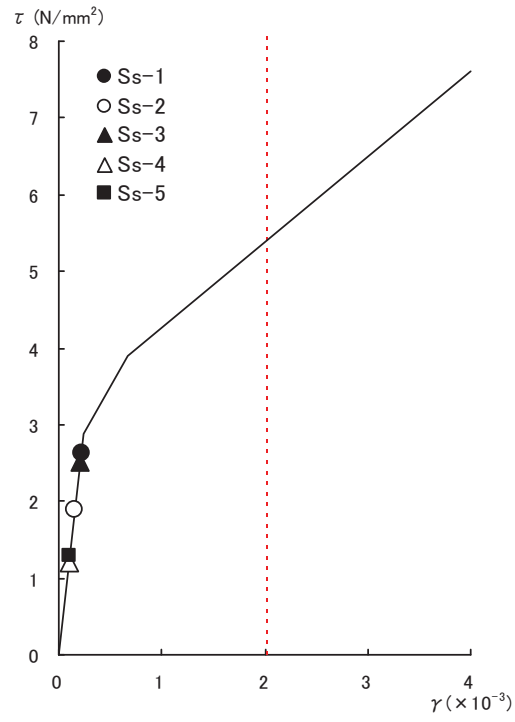
第 6.2.3-6 図 せん断スケルトン曲線上の最大応答値 (NS 方向, B1F)



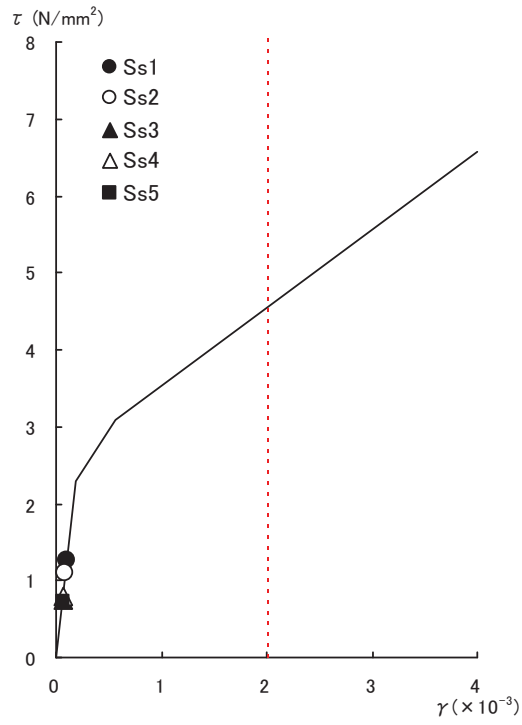
第 6.2.3-7 図 せん断スケルトン曲線上の最大応答値 (NS 方向, B2F)



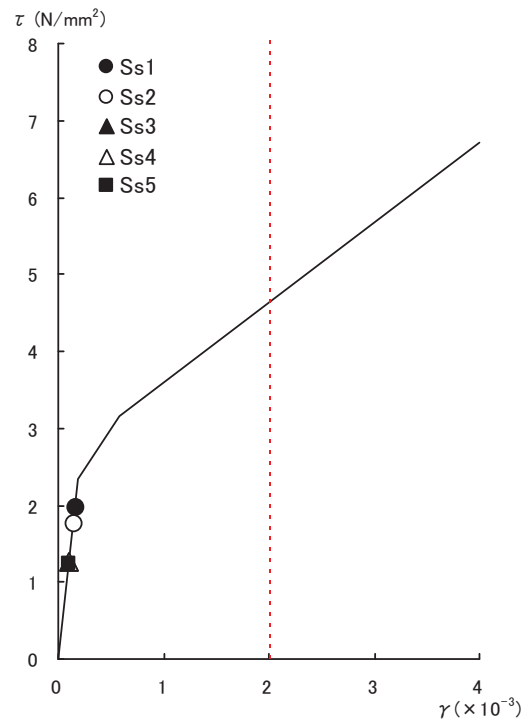
第 6.2.3-8 図 せん断スケルトン曲線上の最大応答値 (NS 方向, B3F)



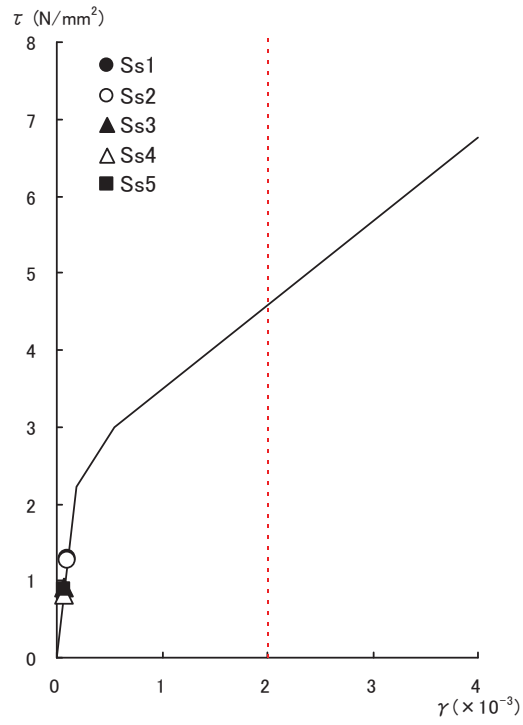
第 6.2.3-9 図 せん断スケルトン曲線上の最大応答値 (NS 方向, B4F)



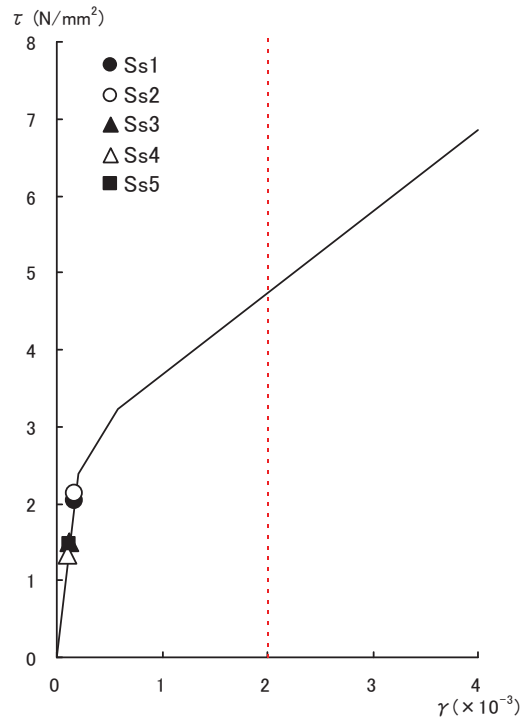
第 6.2.3-10 図 せん断スケルトン曲線上の最大応答値 (EW 方向, CRF)



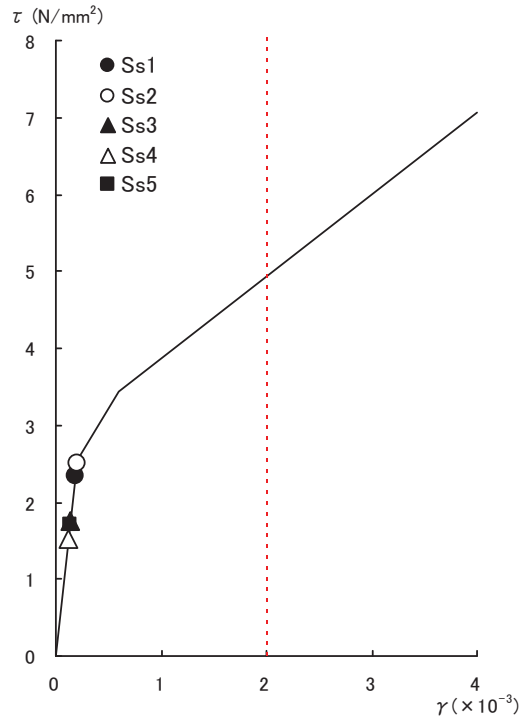
第 6.2.3-11 図 せん断スケルトン曲線上の最大応答値 (EW 方向, 4F)



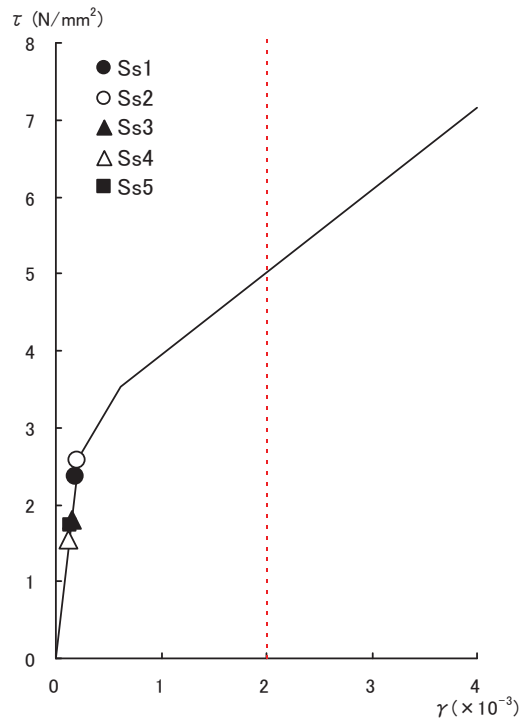
第 6.2.3-12 図 せん断スケルトン曲線上の最大応答値 (EW 方向, 3F)



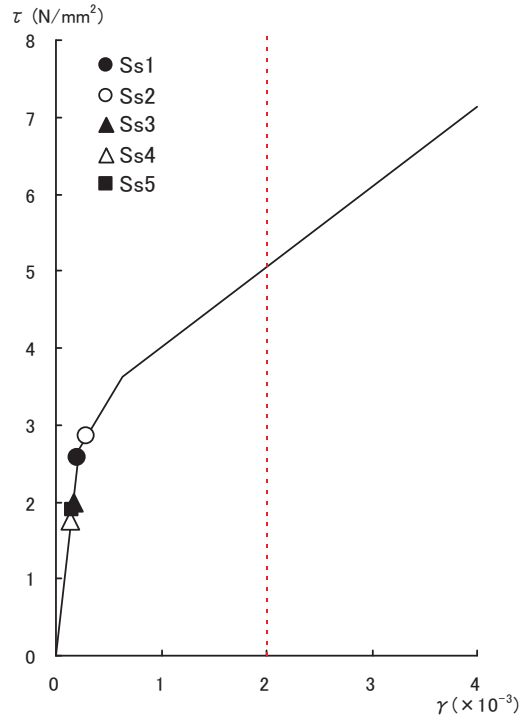
第 6.2.3-13 図 せん断スケルトン曲線上の最大応答値 (EW 方向, 2F)



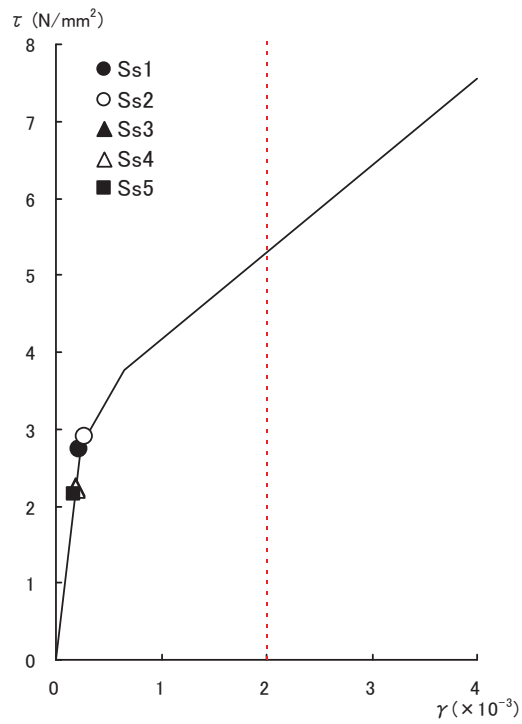
第 6.2.3-14 図 せん断スケルトン曲線上の最大応答値 (EW 方向, 1F)



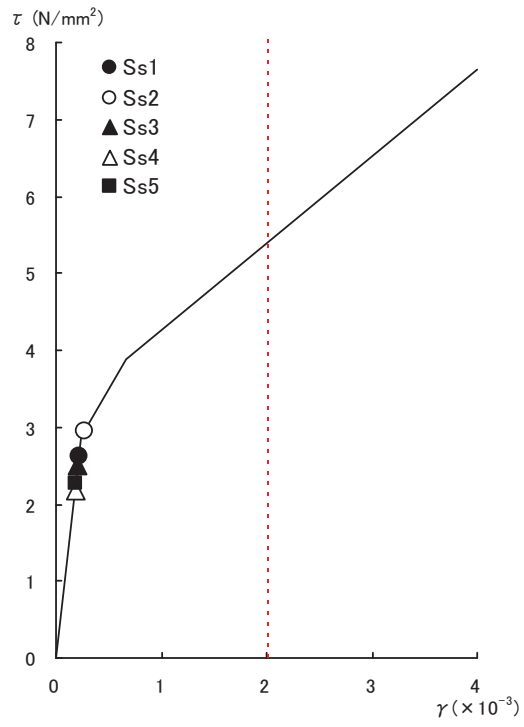
第 6.2.3-15 図 せん断スケルトン曲線上の最大応答値 (EW 方向, B1F)



第 6.2.3-16 図 せん断スケルトン曲線上の最大応答値 (EW 方向, B2F)



第 6.2.3-17 図 せん断スケルトン曲線上の最大応答値 (EW 方向, B3F)



第 6.2.3-18 図 せん断スケルトン曲線上の最大応答値 (EW 方向, B4F)

6.2.3.2. 局所的に発生する応答の影響

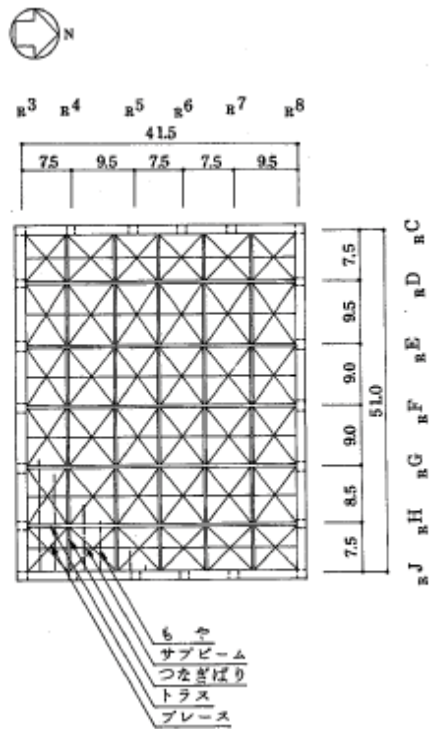
基準地震動 S_s による局所的に発生する応答の影響評価として、鉛直地震動による影響の大きい部位である屋根トラスの評価結果を示す。

なお、屋根トラスは裕度向上を目的として耐震強化工事（付録 1 参照）を実施しており、本検討においてはこの耐震強化後の状況を取り込んでいる。

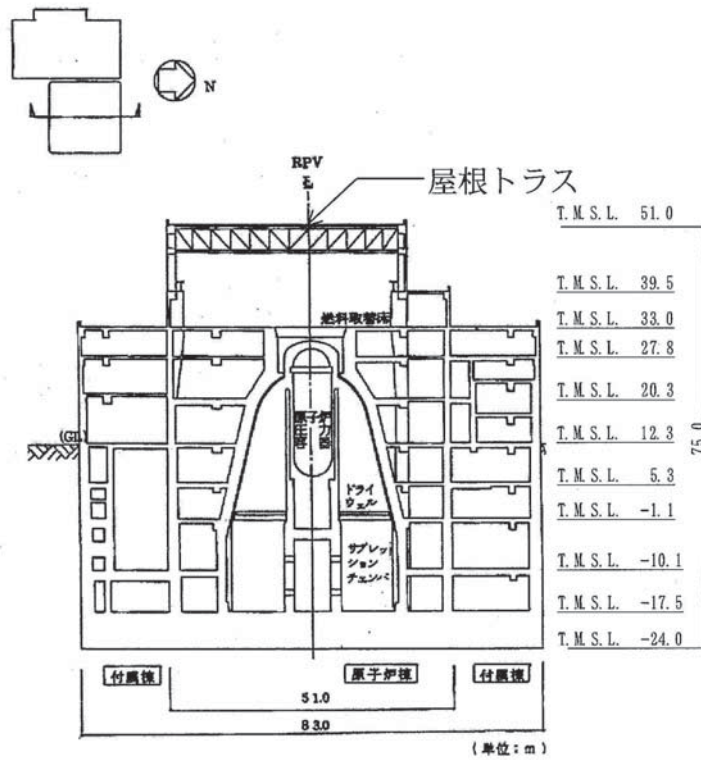
(a) 屋根トラスの概要

原子炉建屋の上部構造は、鉄骨造陸屋根をもつ屋根トラスで構成されている。屋根トラスの平面は、41.5m (NS 方向)×51.0m (EW 方向) の長方形をなしており、オペフロレベル (T.M.S.L. 33.0m) からの高さは 18.0m である。

屋根トラスの概要を第 6.2.3-19 図に示す。



屋根伏図 (T.M.S.L. 51.0m)



断面図 (NS 方向)

第 6.2.3-19 図 屋根トラスの概要

(b) 地震応答解析モデル

屋根トラスは、鉛直方向の地震動の影響を受けやすいと考え、水平方向と鉛直方向の同時入力による評価を行うため、3次元モデルによる地震応答解析を行う。

地震応答解析モデルは、オペフロレベルより上部の鉄筋コンクリート造の柱、梁、壁および鉄骨造の屋根トラス、屋根面水平ブレース等を線材、面材により立体的にモデル化した立体架構モデルとする。

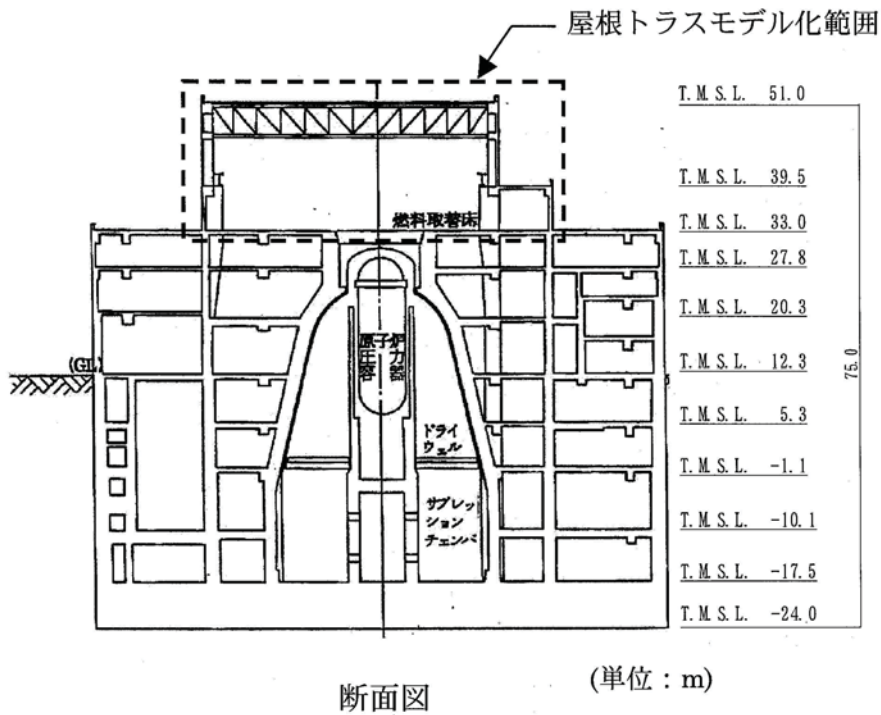
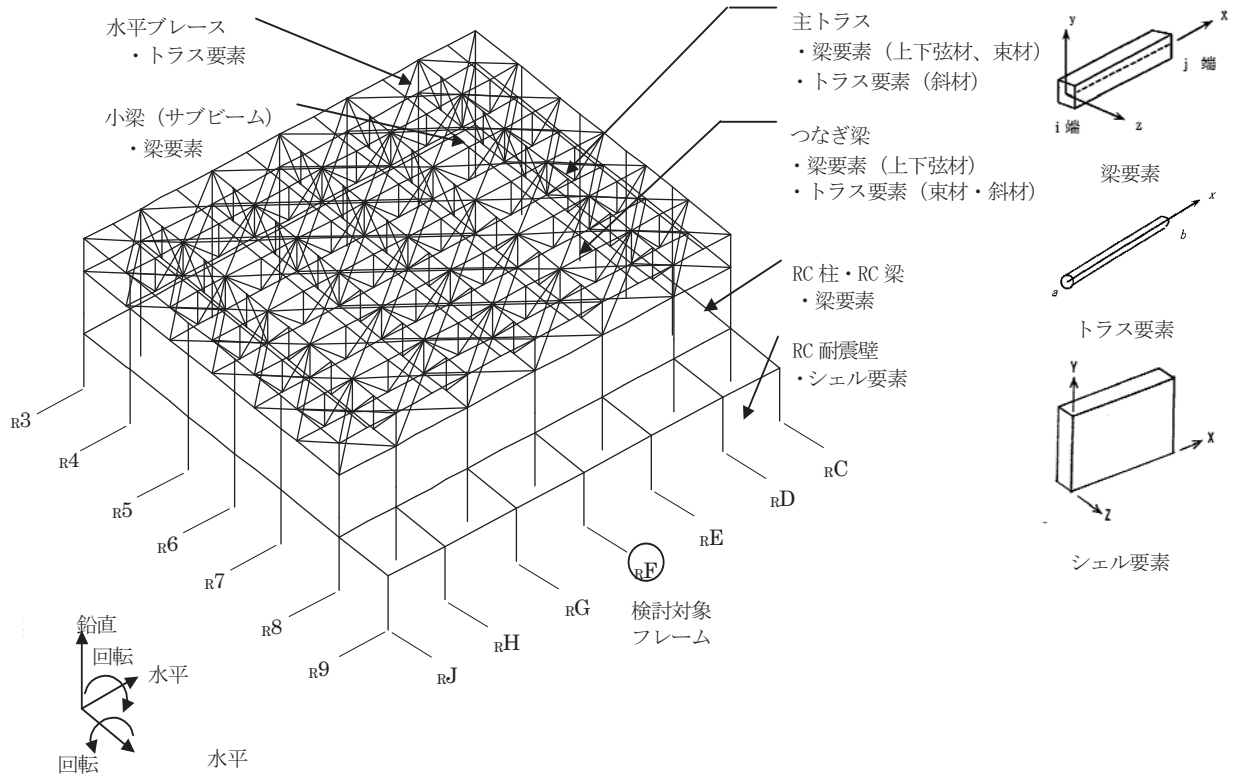
屋根トラス部は、主トラス、つなぎ梁、屋根上下面水平ブレース、サブビームをモデル化する。各鉄骨部材は軸、曲げ変形を考慮した梁要素（トラスの上下弦材、主トラスの束材等）と軸変形のみを考慮したトラス要素（屋根面水平ブレース、トラスの斜材等）としてモデル化する。また、耐震壁及び外周梁は各々シェル要素及び軸、曲げ変形を考慮した梁要素としてモデル化し、耐震壁の開口部についても考慮する。柱脚の条件は固定とする。

解析モデルの概要を第 6.2.3-20 図に示す。また、解析に用いる材料の物性値を第 6.2.3-3 表に示す。

解析モデルへの入力は、前述した原子炉建屋全体の地震応答解析結果から得られるオペフロレベルの応答結果を用いることとし、オペフロ位置を固定として入力する。

代表として、Ss-1 による応答波を第 6.2.3-21 図に示す。（参考資料 6.1 を参照）

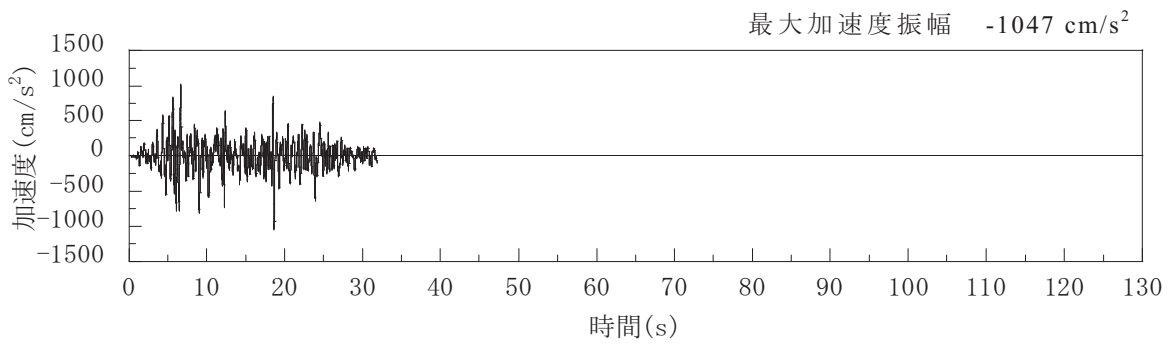
また、地震応答解析における減衰評価は、剛性比例型減衰を用いている（鉄骨造の減衰として 2%、コンクリート造の減衰として 5%を与えることとしている）。



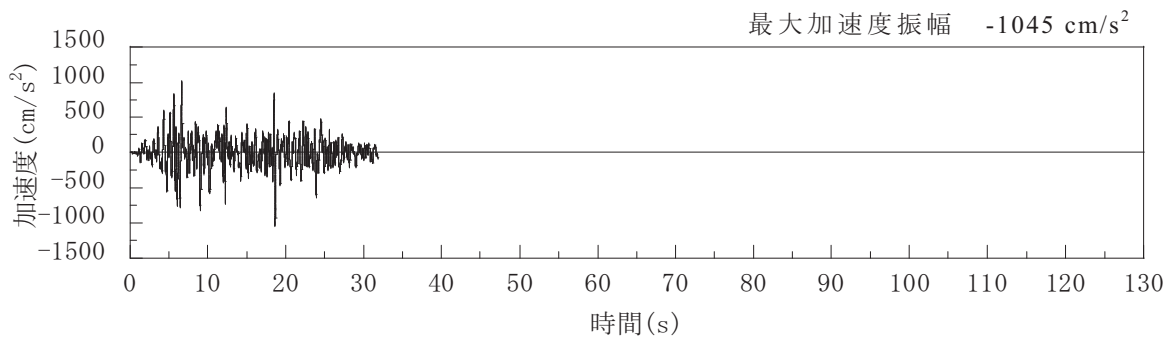
第 6.2.3-20 図 屋根トラスの解析モデル図

第 6.2.3-3 表 解析に用いた材料の物性値

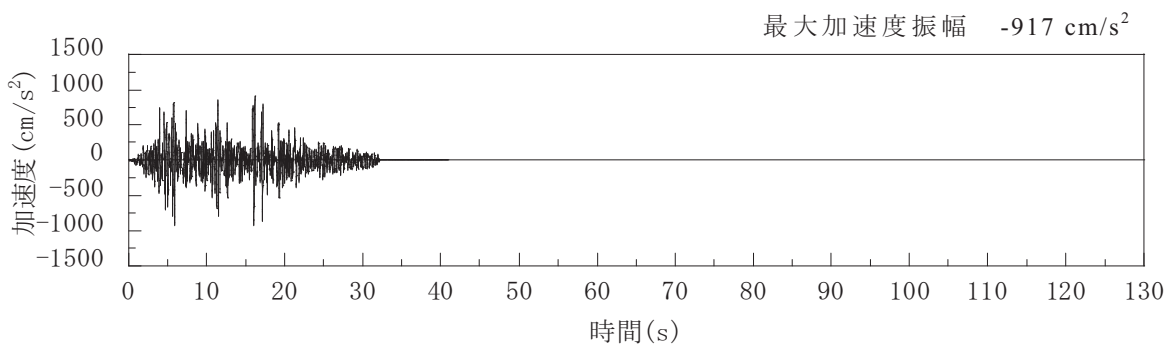
部位	材料	ヤング係数 E (N/mm ²)	ポアソン比 ν	単位体積重量 γ (kN/m ³)	減衰定数 h (%)
屋根トラス	鉄骨	2.05×10^5	0.30	77.0	2
躯体	コンクリート	2.90×10^4	0.20	24.5	5



(a) NS 方向 (水平)

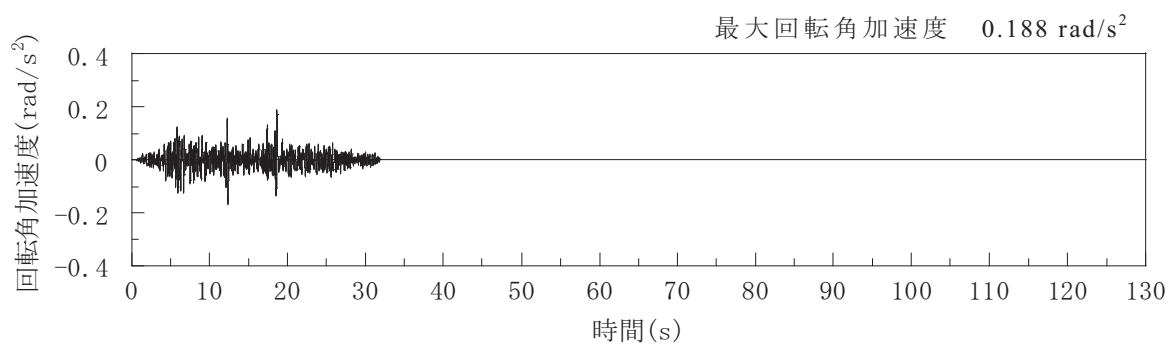


(b) EW 方向 (水平)

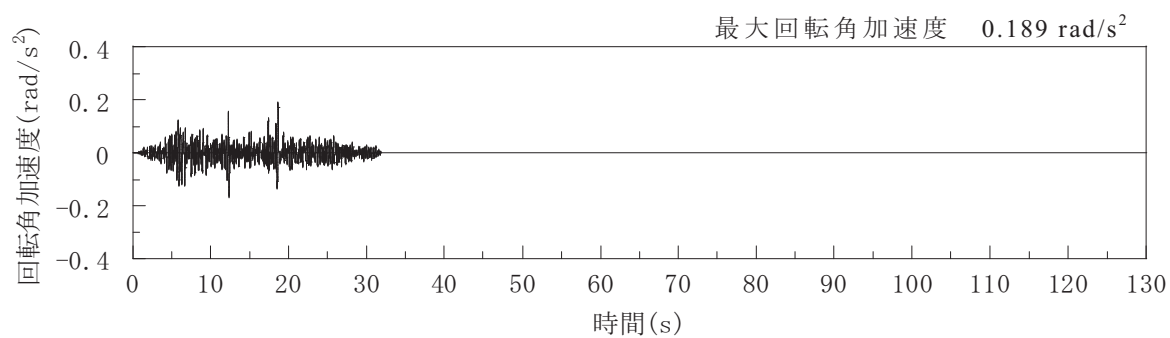


(c) 鉛直方向

第 6.2.3-21 図(1) オペフロレベル (T.M.S.L.33.0m) の加速度波形
(Ss-1, 水平, 鉛直成分)



(a) NS 方向 (回転)



(b) EW 方向 (回転)

第 6.2.3-21 図(2) オペフロレベル (T.M.S.L.33.0m) の加速度波形
(Ss-1, 回転成分)

(c) 評価基準

3 次元モデルの時刻歴地震応答解析により生じる各部材応力が評価基準値以下であることを確認する（日本建築学会「鋼構造設計規準－許容応力度設計法－」（2005）に準拠）。

屋根トラスを構成する各構面の上下弦材・斜材・束材を対象として、地震時に生じる軸力および曲げモーメントより評価基準値に対する断面検定について、下式を用いて行う。

（圧縮）

$$\frac{s\sigma_N}{sf_c} + \frac{s\sigma_b}{sf_b} \leq 1.0$$

ここに、
 $s\sigma_N$: 地震時における部材の軸応力
 $s\sigma_b$: 地震時における部材の曲げ応力
 sf_c : 圧縮応力に対する許容値※¹
（座屈の影響を考慮して細長比等により求めた数値）
 sf_b : 曲げ応力に対する許容値※¹

（引張）

$$\frac{s\sigma_N}{sf_t} + \frac{s\sigma_b}{sf_b} \leq 1.0$$

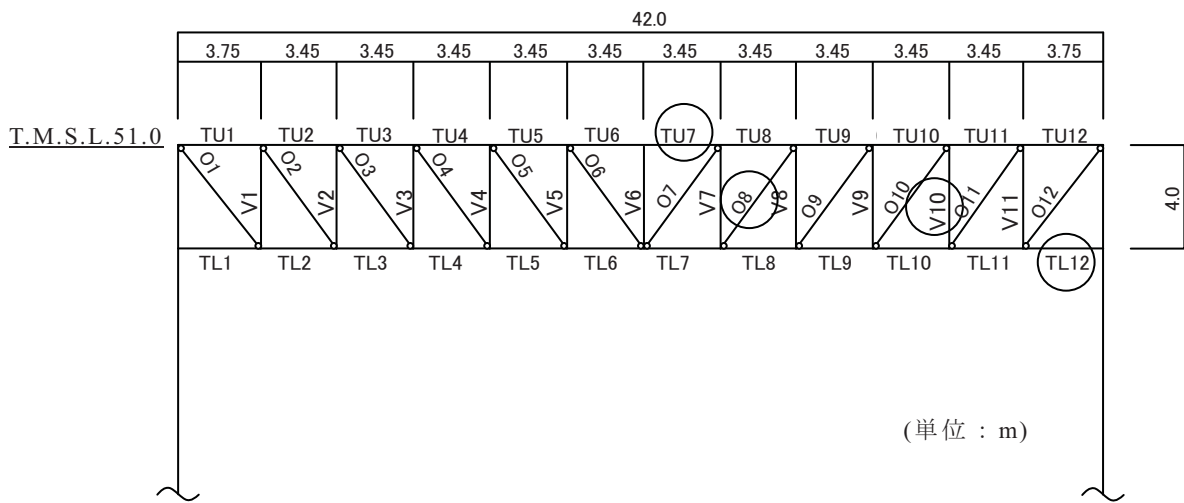
ここに、
 $s\sigma_N$: 地震時における部材の軸応力
 $s\sigma_b$: 地震時における部材の曲げ応力
 sf_t : 引張応力に対する許容値※¹
 sf_b : 曲げ応力に対する許容値※¹

※¹ 建築基準法に基づく鋼材の材料強度
(F 値の 1.1 倍) による許容値

(d) 評価結果

基準地震動 S_s に対する各部材の評価結果のうち、屋根トラスを構成する主トラス方向のフレームの断面検定結果（以下、応力比という）が最も大きい部材を含む RF 通りについて、評価部位を第 6.2.3-22 図に、評価結果を第 6.2.3-4 表に示す。

屋根トラスの各部材の最大応力は、評価基準値以下であり、耐震安全性は確保されている。



○：最大応力比が生じる位置を示す。

第 6.2.3-22 図 評価部位（RF 通り）

第 6.2.3-4 表 屋根トラスの鉄骨部における評価結果

部材		計算値 (N/mm^2)	評価基準値 (N/mm^2)	応力比	位置	使用部材
上弦材	(圧縮)	176.8	350	0.71	TU7	H-428×407×20×35
	(曲げ)	71.1	357			
下弦材	(圧縮)	200.0	328	0.95	TL12	H-428×407×20×35
	(曲げ)	119.7	357			
斜材	(引張)	231.6	258	0.90	O8	2[s-250×90×9×13
束材	(圧縮)	249.8	349	0.95	V10	H-344×348×10×16
	(曲げ)	82.9	357			

6.3. タービン建屋の耐震安全性評価

6.3.1. 地震応答解析

6.3.1.1. タービン建屋の概要

タービン建屋は、地上 2 階(一部 3 階)、地下 2 階の鉄筋コンクリート造（一部鉄骨鉄筋コンクリート造および鉄骨造）の建物であり、基礎底面からの高さは 49.3m（地上部 33.1m，地下部 16.2m）、平面の長さは、121.0m(NS 方向)×76.0m^{※1}（EW 方向）である。タービン建屋の概略平面図および概略断面図を第 6.3.1-1 図および第 6.3.1-2 図に、物性値を第 6.3.1-1 表に示す。

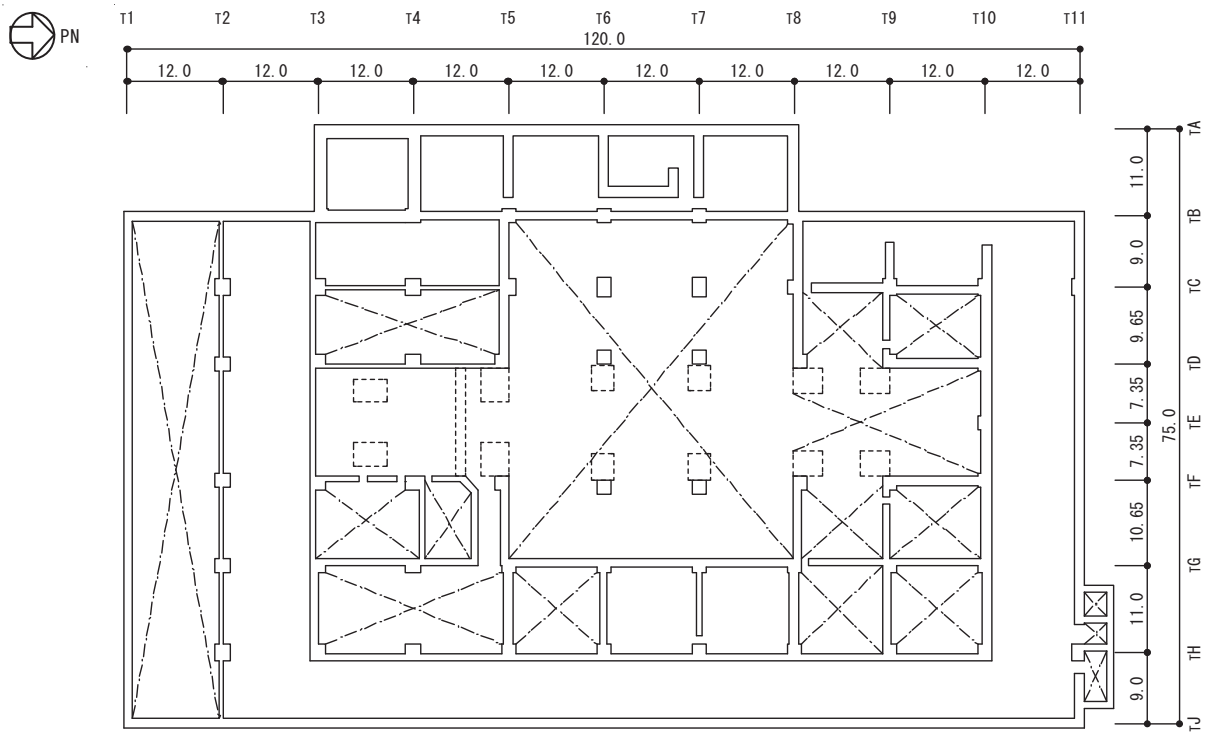
さらに、基礎版は厚さ 2.3m のべた基礎（蒸気タービンの基礎版およびその周辺部は厚さ 2.8m）で、直接またはコンクリートを介して支持地盤である新第三紀層の泥岩盤上に設置されている。

地震または風による水平力に対しては、耐震壁、ブレースおよびラーメン構造で負担する。さらに、耐震壁の配置にあたっては、ねじれを少なくするために各階とも偏心ができるだけ少なくなるようにしている。また、水平力の伝達を平滑にするため各階床レベルは統一している。

タービン建屋は隣接する原子炉建屋とは構造的に分離されている。

タービン建屋は耐震重要度分類による B クラスに属する施設であり、建屋そのものに動的解析を要求されていないが、耐震上重要な機器・配管系である高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水系配管（地下 2 階）が設置されていることから、基準地震動 S_s に対する地震応答解析を行い、当該部分の耐震安全性を評価する。機能維持部位を第 6.3.1-3 図に示す。

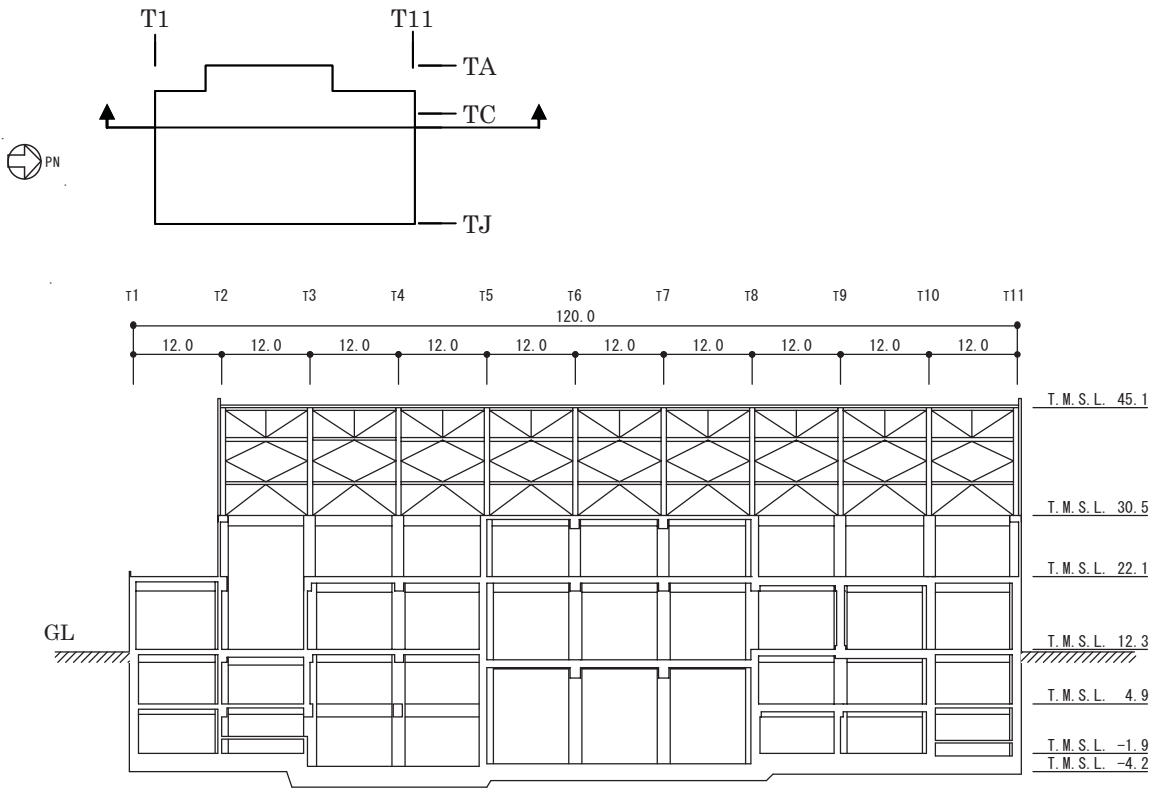
※1 建屋寸法は壁外面押えとする。



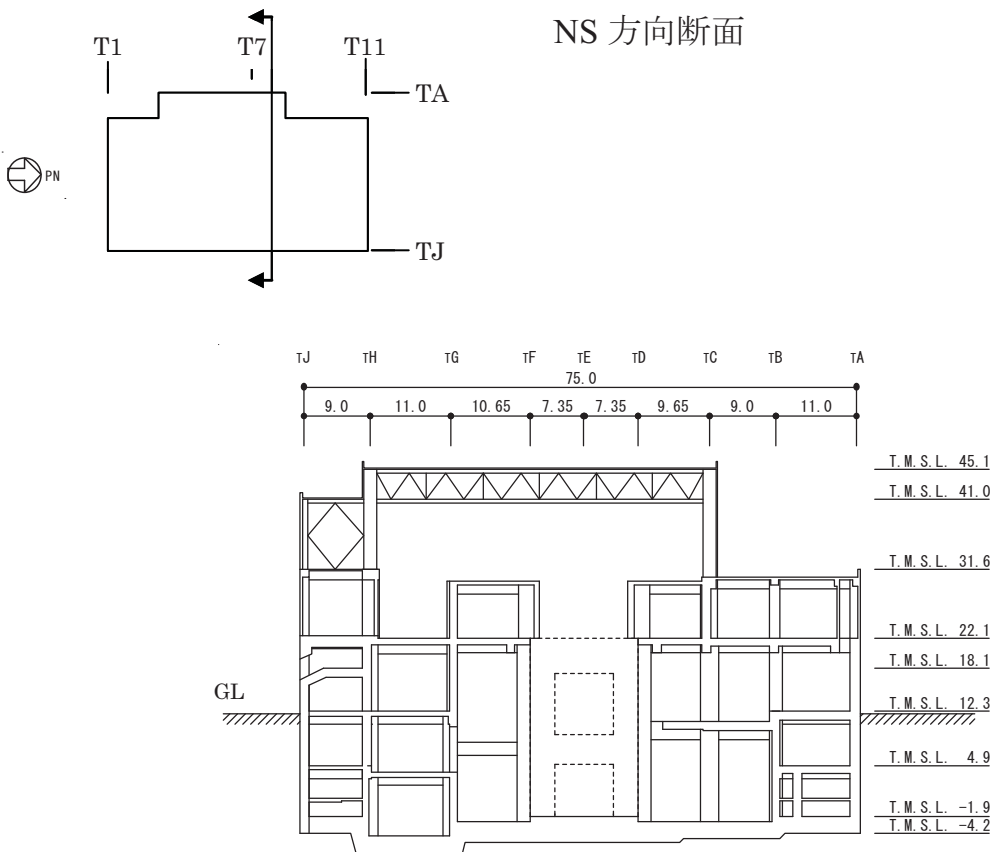
(単位 : m)

地下2階 (T.M.S.L. 0.5m)

第 6.3.1-1 図 タービン建屋の概略平面図



NS 方向断面

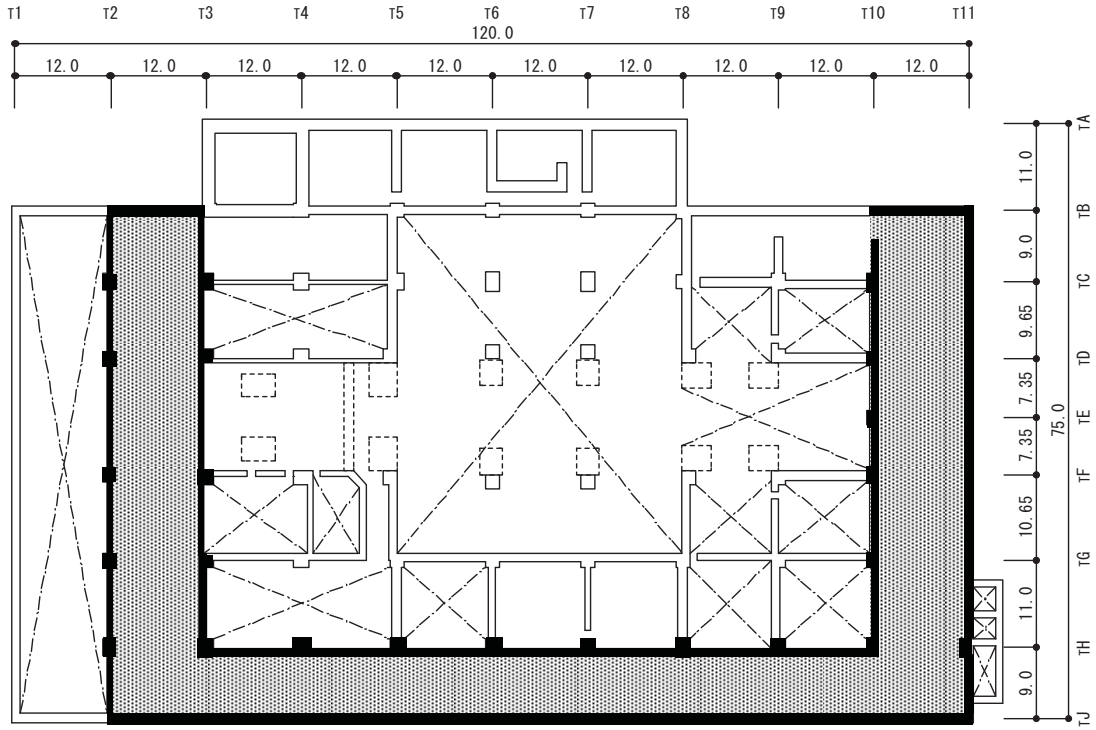


EW 方向断面

第 6.3.1-2 図 タービン建屋の概略断面図



- 機能維持要求部位の壁(間接支持機能)
- ▨ 機能維持要求部位の床(間接支持機能)



地下2階伏図 (T.M.S.L.0.5m)

第 6.3.1-3 図 タービン建屋の機能維持範囲

第 6.3.1-1 表 タービン建屋の物性値

コンクリート	コンクリート強度*1 Fc (N/mm ²)	ヤング係数 E (N/mm ²)	せん断弾性係数 G (N/mm ²)	ポアソン比 ν	単位体積重量*2 γ (kN/m ³)
	44.1	2.90×10 ⁴	1.21×10 ⁴	0.2	24.5
鉄筋	SD345 相当 (SD35)				
鋼材	SS400, SM400A, SM490A 相当 (SS41, SM41A, SM50A)				

*1：実強度に基づくコンクリート強度。

*2：鉄筋コンクリートの値を示す。

6.3.1.2. 地震応答解析モデル

地震応答解析モデルは、次の4項目について設計時に用いた解析モデルから修正を行うこととする。

- ①本検討では、柏崎刈羽原子力発電所7号機等の耐震安全性評価に用いた解析モデルと同様にスウェイ・ロッキングモデルを用いることとする。
- ②設計時にはコンクリートの設計基準強度を基に算定していた鉄筋コンクリート部の剛性評価を、コンクリートの実際の平均的な強度を基に算定して見直すこととする。
- ③設計時には、多質点系並列地盤モデルである格子型モデルにより建物と地盤の相互作用を考慮していたが、本検討では、側面は Novak の水平および回転地盤ばねを、底面は振動アドミタンス理論により算定した水平および回転地盤ばねを考慮する。なお、今回は地震時の表層地盤の変状を踏まえ、地盤-建屋相互作用効果が見込めないと判断し、この部分のばね評価を行わないこととする。
- ④設計時には地震応答解析は弾性応答解析であったが、弾塑性応答解析を行うこととする。復元力特性については、「JEAG 4601-1991」に示された手法に従うことを基本とする。

(a) 水平方向の地震応答解析モデル

水平方向の地震応答解析モデルは、地盤との相互作用を考慮し、曲げおよびせん断剛性を考慮した質点系モデルとする。モデル化はNS方向、EW方向それぞれについて行っている。地震応答解析モデルを第6.3.1-4図に、解析モデルの諸元および振動モデル図を第6.3.1-2表および第6.3.1-5図に示す。

地盤は、地盤調査に基づき水平成層地盤とし、基礎底面地盤ばねについては、「JEAG 4601-1991」により、成層補正を行ったのち、振動アドミタンス理論に基づいて、スウェイおよびロッキングばね定数を近似法により評価する。

基礎底面地盤ばねには、基礎浮き上がりによる幾何学的非線形性を考慮する。
第 6.3.1-6 図に回転ばねの曲げモーメントと回転角の関係を示す。

また、埋め込み部分の建屋側面地盤ばねについては、建屋側面位置の地盤定数を用いて、水平および回転ばねを「JEAG 4601-1991」により Novak ばねに基づいて近似法により評価する。

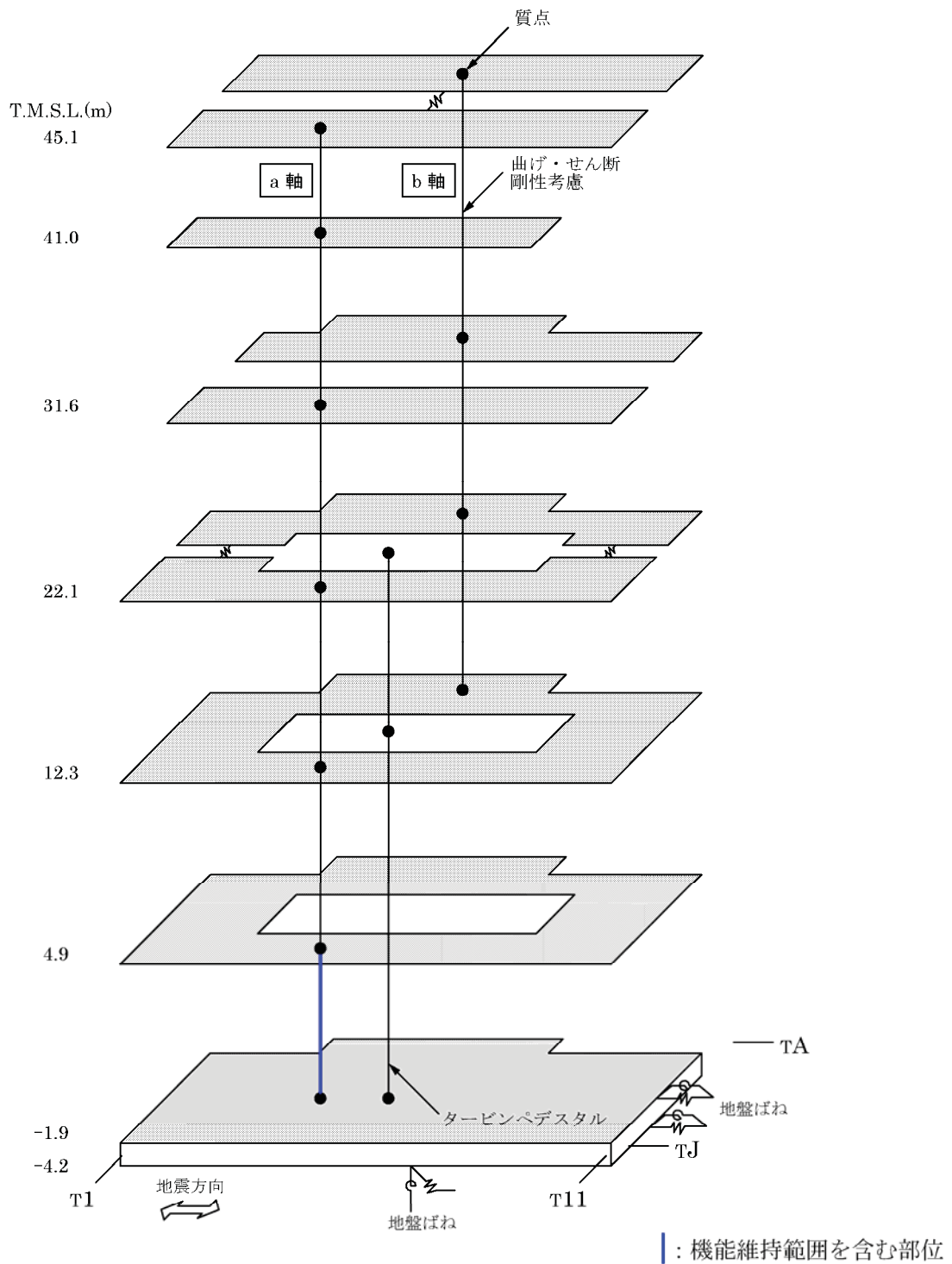
なお、第 6.3.1-3 表に地盤調査に基づく地盤定数を示す。また、地盤ばねの記号を第 6.3.1-7 図に、地震応答解析に用いる地盤のばね定数と減衰係数を第 6.3.1-4 表に示す。

復元力特性は、建屋の方向別に、振動モデル各軸のモデル化範囲における耐震要素の水平断面形状より「JEAG 4601-1991」に基づいて設定する。

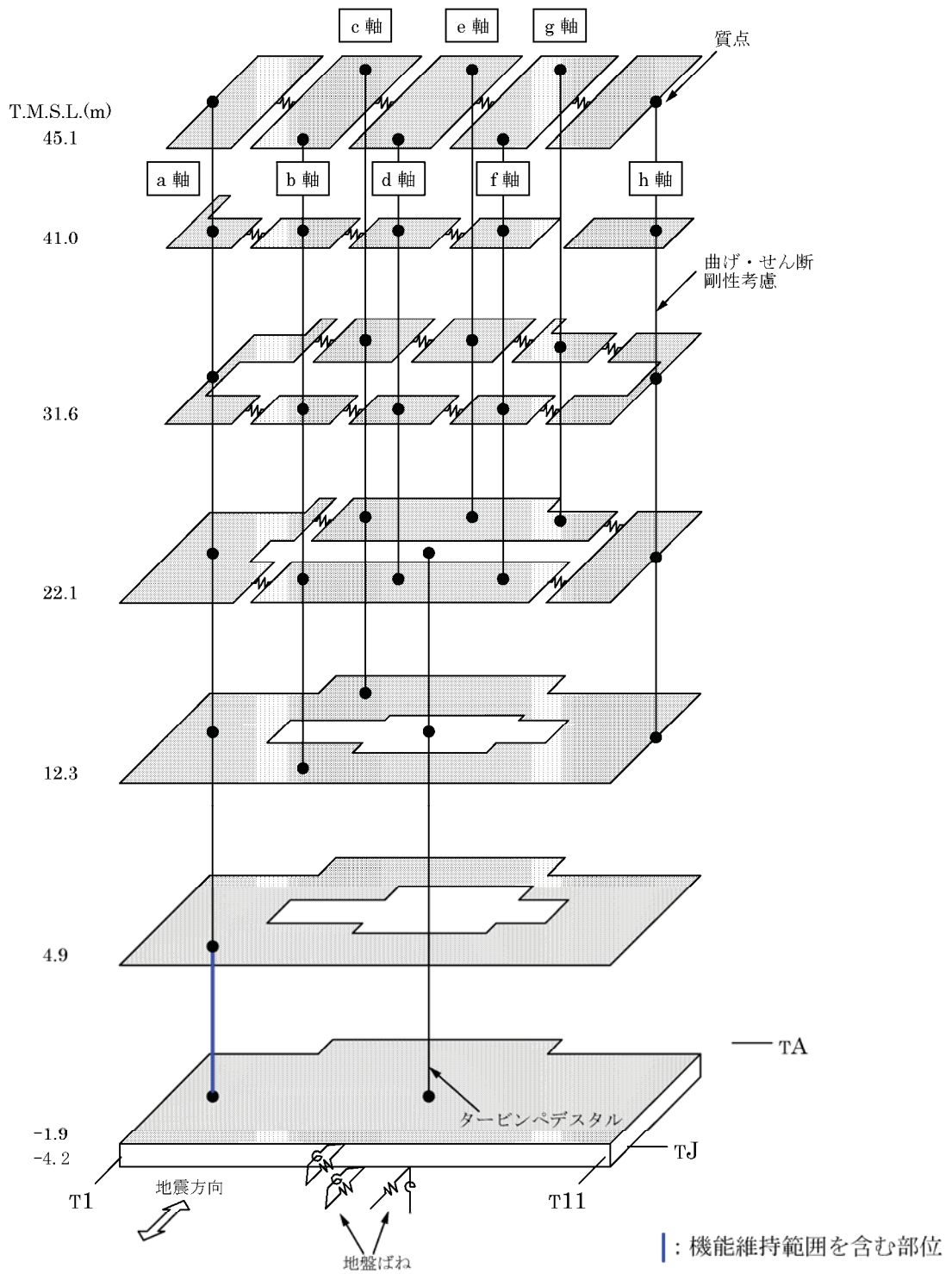
水平方向の地震応答解析は、上記復元力特性を用いた弾塑性応答解析とする。

入力地震動は、解放基盤表面レベルに想定する基準地震動 S_s を用いることとする。

なお、埋め込みを考慮した水平モデルであるため、モデルに入力する地震動は、一次元波動論に基づき、解放基盤表面レベルに想定する基準地震動 S_s に対する地盤の応答として評価する。また、切欠き力を入力地震動に付加することにより、地盤の切欠き効果を考慮する。第 6.3.1-8 図に、地震応答解析モデルに入力する地震動の概念図を示す。



第 6.3.1-4 図 (1) 地震応答解析モデルの概念図 (NS 方向)



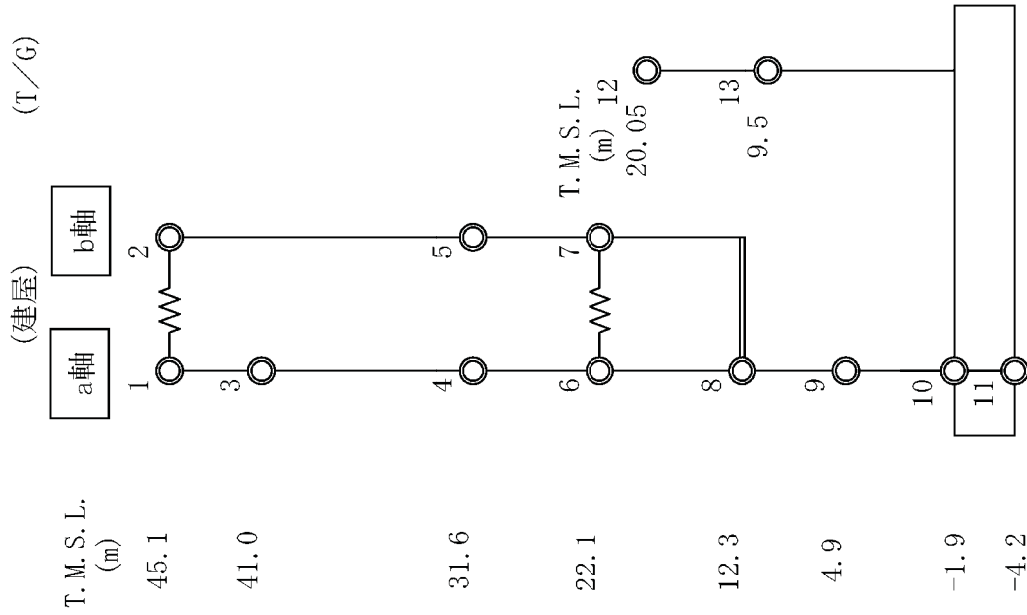
第 6.3.1-4 図 (2) 地震応答解析モデルの概念図 (EW 方向)

第 6.3.1-2 表(1) 解析モデルの諸元 (NS 方向)

質点重量および回転慣性重量

標高 T. M. S. L. (m)	T/G 架台	建 屋
45.1		(1) 25320 (2) 24920
41.0		(3) 11280 (4) 71010 (5) 77130
31.6		(6) 263700 (7) 186720
22.1	105910	(8) 515440
12.3	56670	(9) 404230
4.9		(10) 634340
-1.9		(11) 247270
-4.2		3011

質点重量 (kN)
 回転慣性重量 ($\times 10^6 \text{ kNm}^2$)



第 6.3.1-5 図 (1) 解析モデルの諸元 (NS 方向)
 振動モデル図

第 6.3.1-2 表(2) 解析モデルの諸元 (NS 方向)

せん断断面積および断面二次モーメント

標高 T. M. S. L. (m)	T/G架台	建 屋
45.1		(1) (2)
		2.60 —
41.0		(3)
		3.62 —
31.6		(4) (5)
		138.30 —
22.1	20.20 —	(6) (7)
		299.00 —
12.3	12.80 —	(8)
		654.30 —
4.9	—	(9)
		632.40 —
-1.9		(10)
		8536.00 —
-4.2		(11)

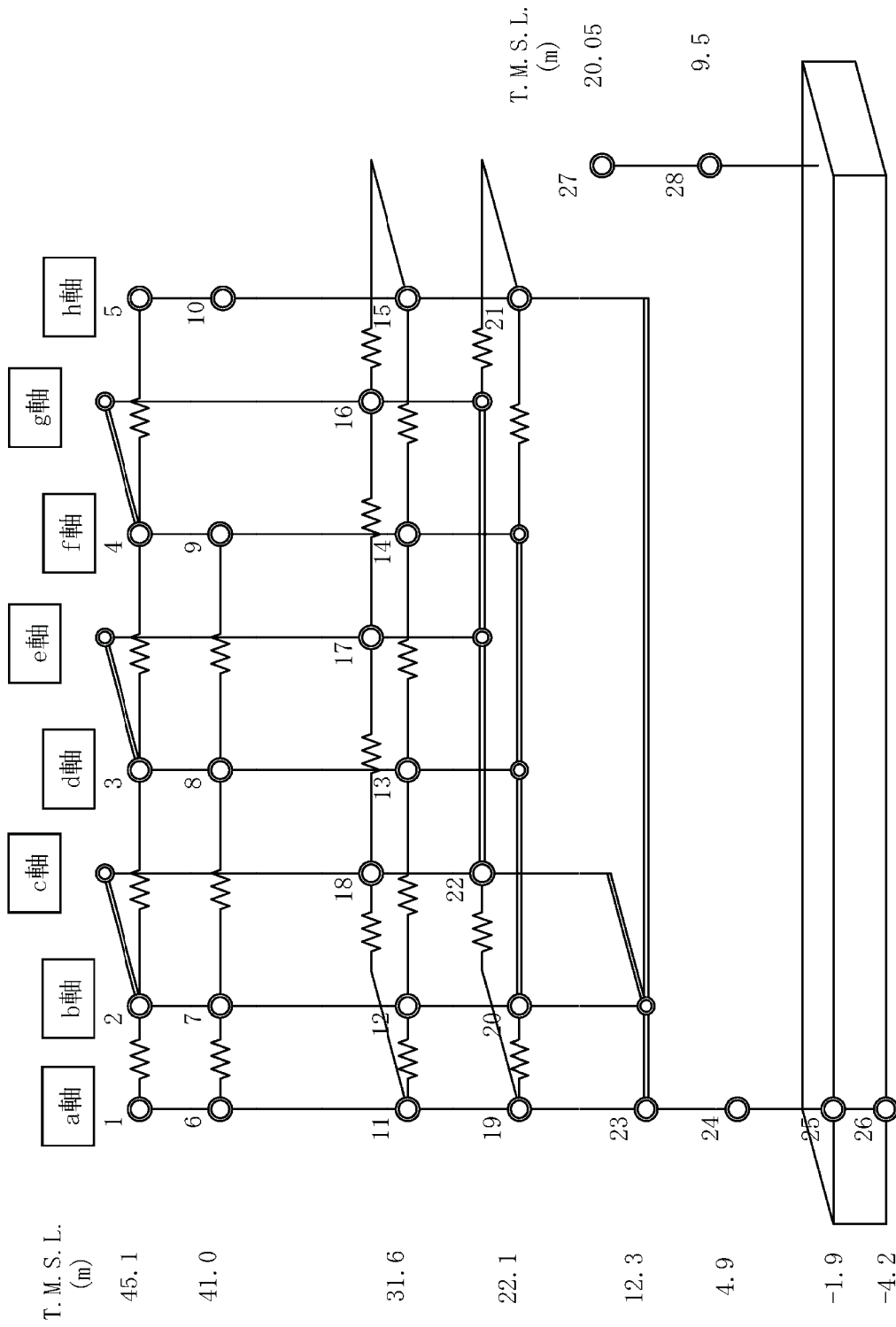
- ①コンクリート部
ヤング係数Ec 2.90×10⁴ (N/mm²)
せん断弾性係数G 1.21×10⁴ (N/mm²)
ポアソン比ν 0.20
減衰定数h 5%
- ②鉄骨部
ヤング係数Es 2.05×10⁵ (N/mm²)
せん断弾性係数G 7.90×10⁴ (N/mm²)
ポアソン比ν 0.30
減衰定数h 2%

基礎形状
121.0m(NS方向)×76.0m(EW方向)

せん断断面積(m ²)
断面二次モーメント(m ⁴)

(T/G)

(建屋)



第 6.3.1-5 図 (2) 解析モデルの諸元 (EW 方向)
振動モデル図

第 6.3.1-2 表(3) 解析モデルの諸元 (EW 方向)

質点重量および回転慣性重量

標高 T. M. S. L. (m)	T/G架台	建 屋									
		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
45.1		9440	9580	9580	10170	11470					
		—	—	—	—	—					
41.0		2630	2910	3170	2570	10320					
		—	—	—	—	—					
31.6		25880	9760	10280	10710	26390					
		—	—	—	—	—					
22.1	(27)	105910	150580	120670	—	—					
		—	—	—	—	—					
12.3	(28)	56670	—	—	—	—					
		—	—	—	—	—					
4.9		404230	—	—	—	—					
		—	—	—	—	—					
-1.9		(25)	634340	—	—	—					
		—	—	—	—	—					
-4.2		(26)	247270	—	—	—					
		—	1128	—	—	—					

質点重量 (kN)
 回転慣性重量 ($\times 10^6 \text{kNm}^2$)

第 6.3.1-2 表(4) 解析モデルの諸元 (EW 方向)

せん断断面積および断面二次モーメント

標高 T. M. S. L. (m)	T/G架台	建 屋									
		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
45.1		2.07	0.34	0.34	0.52	2.09					
		—	—	—	—	—	0.12	0.12	—	—	
41.0		(6)	(7)	(8)	(9)	(10)					
		1.92	0.71	0.71	0.71	26.30					
		—	—	—	—	—	—	—	—	—	
31.6		(11)	(12)	(13)	(14)	(15)					
		52.10	18.90	16.80	18.50	46.40					
		14660	311	228	276	15800					
22.1		(19)	(20)	(22)	(21)	(21)					
		13.40	150.00	78.80	114.00	151.00					
		—	85020	9385	19800	69130					
12.3		(28)	(23)								
		22.40	497.60								
		—	217000								
4.9		(24)	(24)								
		515.70									
		210300									
-1.9		(25)	(25)								
		8536.00									
		—									
-4.2		(26)	(26)								

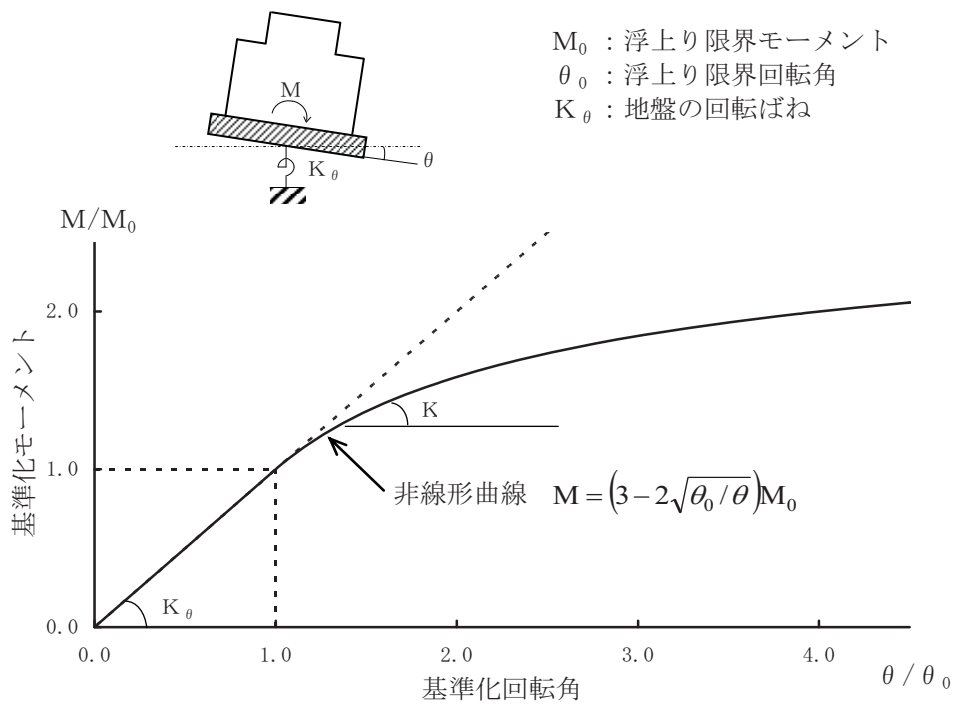
せん断断面積(m²)
断面二次モーメント(m⁴)

①コンクリート部
ヤング係数Ec 2.90×10⁴ (N/mm²)
せん断弾性係数G 1.21×10⁴ (N/mm²)
ポアソン比ν 0.20
減衰定数h 5%

②鉄骨部
ヤング係数Es 2.05×10⁵ (N/mm²)
せん断弾性係数G 7.90×10⁴ (N/mm²)
ポアソン比ν 0.30
減衰定数h 2%

基礎形状

121.0m (NS方向) × 76.0m (EW方向)



第 6.3.1-6 図 回転ばねの曲げモーメントと回転角の関係

第 6.3.1-3 表(1) 地盤定数

(Ss-1)

標高 T. M. S. L. (m)	地層	せん断波 速度 Vs (m/s)	単位体積 重量 γ (kN/m ³)	ポアソン比 ν	せん断 弾性係数 G (N/mm ²)	初期せん断 弾性係数 G ₀ (N/mm ²)	剛性 低下率 G/G ₀	ヤング 係数 E (N/mm ²)	減衰 定数 h (%)	層厚 H (m)
+12.0	(砂層)	140	17.9	0.41	16	35	0.47	45	14	4.0
+8.0		170	17.9	0.40	10	55	0.19	29	22	4.0
+4.0		200	17.9	0.40	10	70	0.15	29	24	4.0
±0.0	安田層	310	17.5	0.48	128	171	0.75	378	4	9.0
-9.0	西山層	490	16.7	0.45	339	409	0.83	983	3	51.0
-60.0		560	17.2	0.44	445	550	0.81	1,281	3	40.0
-100.0		610	18.0	0.43	546	683	0.80	1,561	3	34.0
-134.0		〔解放 基盤〕	710	19.9	0.42	1,020	1,020	1.00	2,896	-

第 6.3.1-3 表(2) 地盤定数

(Ss-2)

標高 T. M. S. L. (m)	地層	せん断波 速度 Vs (m/s)	単位体積 重量 γ (kN/m ³)	ポアソン比 ν	せん断 弾性係数 G (N/mm ²)	初期せん断 弾性係数 G ₀ (N/mm ²)	剛性 低下率 G/G ₀	ヤング 係数 E (N/mm ²)	減衰 定数 h (%)	層厚 H (m)
+12.0	(砂層)	140	17.9	0.41	18	35	0.53	51	11	4.0
+8.0		170	17.9	0.40	11	55	0.20	30	16	4.0
+4.0		200	17.9	0.40	10	70	0.15	29	19	4.0
0.0	安田層	310	17.5	0.48	126	171	0.74	372	4	9.0
-9.0	西山層	490	16.7	0.45	335	409	0.82	971	3	51.0
-60.0		560	17.2	0.44	467	550	0.85	1,344	3	40.0
-100.0		610	18.0	0.43	587	683	0.86	1,678	3	34.0
-134.0		〔解放 基盤〕	710	19.9	0.42	1,020	1,020	1.00	2,896	-

第 6.3.1-3 表(3) 地盤定数

(Ss-3)

標高 T. M. S. L. (m)	地層	せん断波 速度 Vs (m/s)	単位体積 重量 γ (kN/m ³)	ポアソン比 ν	せん断 弾性係数 G (N/mm ²)	初期せん断 弾性係数 G ₀ (N/mm ²)	剛性 低下率 G/G ₀	ヤング 係数 E (N/mm ²)	減衰 定数 h (%)	層厚 H (m)
+12.0	(砂層)	140	17.9	0.41	20	35	0.57	55	10	4.0
+8.0		170	17.9	0.40	14	55	0.25	38	20	4.0
+4.0		200	17.9	0.40	9	70	0.13	25	28	4.0
0.0	安田層	310	17.5	0.48	119	171	0.70	352	4	9.0
-9.0	西山層	490	16.7	0.45	323	409	0.79	936	3	51.0
-60.0		560	17.2	0.44	418	550	0.76	1,203	3	40.0
-100.0		610	18.0	0.43	519	683	0.76	1,484	3	34.0
-134.0	〔解放 基盤〕	710	19.9	0.42	1,020	1,020	1.00	2,896	-	-

第 6.3.1-3 表(4) 地盤定数

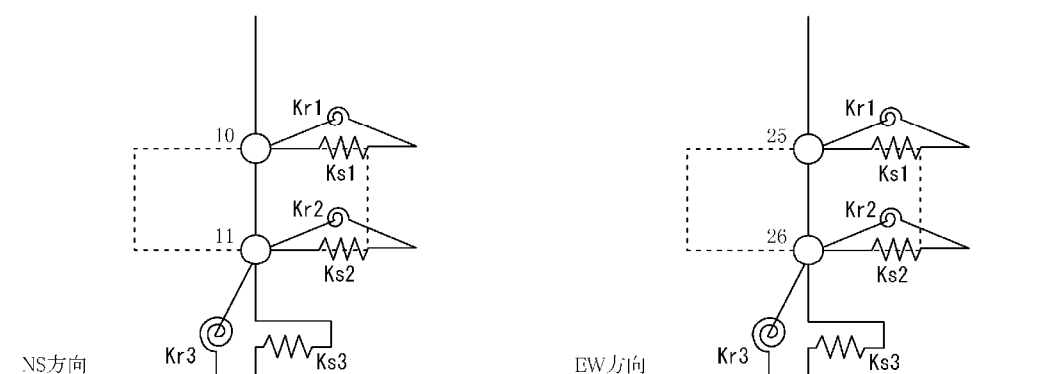
(Ss-4)

標高 T. M. S. L. (m)	地層	せん断波 速度 Vs (m/s)	単位体積 重量 γ (kN/m ³)	ポアソン比 ν	せん断 弾性係数 G (N/mm ²)	初期せん断 弾性係数 G ₀ (N/mm ²)	剛性 低下率 G/G ₀	ヤング 係数 E (N/mm ²)	減衰 定数 h (%)	層厚 H (m)
+12.0	(砂層)	140	17.9	0.41	19	35	0.55	53	9	4.0
+8.0		170	17.9	0.40	14	55	0.25	38	14	4.0
+4.0		200	17.9	0.40	13	70	0.19	36	13	4.0
0.0	安田層	310	17.5	0.48	136	171	0.80	402	3	9.0
-9.0	西山層	490	16.7	0.45	359	409	0.88	1,041	3	51.0
-60.0		560	17.2	0.44	478	550	0.87	1,376	3	40.0
-100.0		610	18.0	0.43	587	683	0.86	1,678	3	34.0
-134.0	〔解放 基盤〕	710	19.9	0.42	1,020	1,020	1.00	2,896	-	-

第 6.3.1-3 表(5) 地盤定数

(Ss-5)

標高 T. M. S. L. (m)	地層	せん断波 速度 Vs (m/s)	単位体積 重量 γ (kN/m ³)	ポアソン比 ν	せん断 弾性係数 G (N/mm ²)	初期せん断 弾性係数 G ₀ (N/mm ²)	剛性 低下率 G/G ₀	ヤング 係数 E (N/mm ²)	減衰 定数 h (%)	層厚 H (m)
+12.0	(砂層)	140	17.9	0.41	17	35	0.48	46	8	4.0
+8.0		170	17.9	0.40	12	55	0.22	33	11	4.0
+4.0		200	17.9	0.40	18	70	0.26	50	14	4.0
0.0	安田層	310	17.5	0.48	135	171	0.79	399	4	9.0
-9.0	西山層	490	16.7	0.45	351	409	0.86	1,017	3	51.0
-60.0		560	17.2	0.44	456	550	0.83	1,313	3	40.0
-100.0		610	18.0	0.43	560	683	0.82	1,601	3	34.0
-134.0	〔解放 基盤〕	710	19.9	0.42	1,020	1,020	1.00	2,896	-	-



第 6.3.1-7 図 地盤ばねの記号

第 6.3.1-4 表(1) 地震応答解析に用いる基礎地盤のばね定数と減衰係数
(NS 方向, Ss-1)

ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね		減衰	
			ばね定数 ^(*1) Kc	採用振動数 (Hz)	減衰係数 ^(*2) Cc	採用振動数 ^(*3) f ₁ (Hz)
Ks1	10	側面・並進	1.71×10 ⁶	0.37	1.17×10 ⁶	2.86
Kr1	10	側面・回転	3.31×10 ⁹	0.01	6.29×10 ⁸	2.86
Ks2	11	側面・並進	6.43×10 ⁵	0.37	4.42×10 ⁵	2.86
Kr2	11	側面・回転	1.25×10 ⁹	0.01	2.37×10 ⁸	2.86
Ks3	11	底面・並進	1.05×10 ⁸	0.00	6.74×10 ⁶	2.86
Kr3	11	底面・回転	4.13×10 ¹¹	0.00	1.33×10 ¹⁰	2.86

(EW 方向, Ss-1)

ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね		減衰	
			ばね定数 ^(*1) Kc	採用振動数 (Hz)	減衰係数 ^(*2) Cc	採用振動数 ^(*3) f ₁ (Hz)
Ks1	25	側面・並進	1.71×10 ⁶	0.37	1.17×10 ⁶	2.81
Kr1	25	側面・回転	3.31×10 ⁹	0.01	6.28×10 ⁸	2.81
Ks2	26	側面・並進	6.43×10 ⁵	0.37	4.40×10 ⁵	2.81
Kr2	26	側面・回転	1.25×10 ⁹	0.01	2.37×10 ⁸	2.81
Ks3	26	底面・並進	1.10×10 ⁸	0.00	7.35×10 ⁶	2.81
Kr3	26	底面・回転	1.80×10 ¹¹	0.00	3.74×10 ⁹	2.81

(*1) Ks1~Ks3はkN/m Kr1~Kr3はkNm/rad

(*2) Ks1~Ks3はkNs/m Kr1~Kr3はkNsm/rad

(*3) f₁は連成系の1次固有振動数

第 6.3.1-4 表(2) 地震応答解析に用いる基礎地盤のばね定数と減衰係数
(NS 方向, Ss-2)

ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね		減衰	
			ばね定数 ^(*1) Kc	採用振動数 (Hz)	減衰係数 ^(*2) Cc	採用振動数 ^(*3) f ₁ (Hz)
Ks1	10	側面・並進	1.68×10 ⁶	0.37	1.17×10 ⁶	2.86
Kr1	10	側面・回転	3.26×10 ⁹	0.01	6.25×10 ⁸	2.86
Ks2	11	側面・並進	6.34×10 ⁵	0.37	4.40×10 ⁵	2.86
Kr2	11	側面・回転	1.23×10 ⁹	0.01	2.35×10 ⁸	2.86
Ks3	11	底面・並進	1.05×10 ⁸	0.00	6.74×10 ⁶	2.86
Kr3	11	底面・回転	4.15×10 ¹¹	0.00	1.33×10 ¹⁰	2.86

(EW 方向, Ss-2)

ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね		減衰	
			ばね定数 ^(*1) Kc	採用振動数 (Hz)	減衰係数 ^(*2) Cc	採用振動数 ^(*3) f ₁ (Hz)
Ks1	25	側面・並進	1.68×10 ⁶	0.37	1.16×10 ⁶	2.81
Kr1	25	側面・回転	3.26×10 ⁹	0.01	6.24×10 ⁸	2.81
Ks2	26	側面・並進	6.34×10 ⁵	0.37	4.37×10 ⁵	2.81
Kr2	26	側面・回転	1.23×10 ⁹	0.01	2.35×10 ⁸	2.81
Ks3	26	底面・並進	1.10×10 ⁸	0.00	7.35×10 ⁶	2.81
Kr3	26	底面・回転	1.79×10 ¹¹	0.00	3.74×10 ⁹	2.81

(*1) Ks1~Ks3はkN/m Kr1~Kr3はkNm/rad

(*2) Ks1~Ks3はkNs/m Kr1~Kr3はkNsm/rad

(*3) f₁は連成系の1次固有振動数

第 6.3.1-4 表(3) 地震応答解析に用いる基礎地盤のばね定数と減衰係数

(NS 方向, Ss-3)

ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね		減衰	
			ばね定数 ^{(*)1} Kc	採用振動数 (Hz)	減衰係数 ^{(*)2} Cc	採用振動数 ^{(*)3} f ₁ (Hz)
Ks1	10	側面・並進	1.59×10 ⁶	0.36	1.14×10 ⁶	2.81
Kr1	10	側面・回転	3.09×10 ⁹	0.01	6.08×10 ⁸	2.81
Ks2	11	側面・並進	6.01×10 ⁵	0.36	4.30×10 ⁵	2.81
Kr2	11	側面・回転	1.17×10 ⁹	0.01	2.29×10 ⁸	2.81
Ks3	11	底面・並進	1.00×10 ⁸	0.00	6.59×10 ⁶	2.81
Kr3	11	底面・回転	3.93×10 ¹¹	0.00	1.30×10 ¹⁰	2.81

(EW 方向, Ss-3)

ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね		減衰	
			ばね定数 ^{(*)1} Kc	採用振動数 (Hz)	減衰係数 ^{(*)2} Cc	採用振動数 ^{(*)3} f ₁ (Hz)
Ks1	25	側面・並進	1.59×10 ⁶	0.36	1.13×10 ⁶	2.75
Kr1	25	側面・回転	3.09×10 ⁹	0.01	6.08×10 ⁸	2.75
Ks2	26	側面・並進	6.01×10 ⁵	0.36	4.27×10 ⁵	2.75
Kr2	26	側面・回転	1.17×10 ⁹	0.01	2.29×10 ⁸	2.75
Ks3	26	底面・並進	1.05×10 ⁸	0.00	7.18×10 ⁶	2.75
Kr3	26	底面・回転	1.71×10 ¹¹	0.00	3.66×10 ⁹	2.75

(*1) Ks1~Ks3はkN/m Kr1~Kr3はkNm/rad

(*2) Ks1~Ks3はkNs/m Kr1~Kr3はkNsm/rad

(*3) f₁は連成系の1次固有振動数

第 6.3.1-4 表(4) 地震応答解析に用いる基礎地盤のばね定数と減衰係数

(NS 方向, Ss-4)

ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね		減衰	
			ばね定数 ^(*1) Kc	採用振動数 (Hz)	減衰係数 ^(*2) Cc	採用振動数 ^(*3) f ₁ (Hz)
Ks1	10	側面・並進	1.82×10^6	0.39	1.21×10^6	2.93
Kr1	10	側面・回転	3.54×10^9	0.01	6.50×10^8	2.93
Ks2	11	側面・並進	6.87×10^5	0.39	4.56×10^5	2.93
Kr2	11	側面・回転	1.33×10^9	0.01	2.45×10^8	2.93
Ks3	11	底面・並進	1.11×10^8	0.00	6.94×10^6	2.93
Kr3	11	底面・回転	4.40×10^{11}	0.00	1.37×10^{10}	2.93

(EW 方向, Ss-4)

ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね		減衰	
			ばね定数 ^(*1) Kc	採用振動数 (Hz)	減衰係数 ^(*2) Cc	採用振動数 ^(*3) f ₁ (Hz)
Ks1	25	側面・並進	1.82×10^6	0.39	1.20×10^6	2.87
Kr1	25	側面・回転	3.54×10^9	0.01	6.49×10^8	2.87
Ks2	26	側面・並進	6.87×10^5	0.39	4.53×10^5	2.87
Kr2	26	側面・回転	1.33×10^9	0.01	2.45×10^8	2.87
Ks3	26	底面・並進	1.16×10^8	0.00	7.56×10^6	2.87
Kr3	26	底面・回転	1.91×10^{11}	0.00	3.84×10^9	2.87

(*1) Ks1~Ks3はkN/m Kr1~Kr3はkNm/rad

(*2) Ks1~Ks3はkNs/m Kr1~Kr3はkNsm/rad

(*3) f₁は連成系の1次固有振動数

第 6.3.1-4 表(5) 地震応答解析に用いる基礎地盤のばね定数と減衰係数
(NS 方向, Ss-5)

ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね		減衰	
			ばね定数 ^(*1) Kc	採用振動数 (Hz)	減衰係数 ^(*2) Cc	採用振動数 ^(*3) f ₁ (Hz)
Ks1	10	側面・並進	1.81×10 ⁶	0.39	1.20×10 ⁶	2.90
Kr1	10	側面・回転	3.51×10 ⁹	0.01	6.47×10 ⁸	2.90
Ks2	11	側面・並進	6.82×10 ⁵	0.39	4.53×10 ⁵	2.90
Kr2	11	側面・回転	1.32×10 ⁹	0.01	2.44×10 ⁸	2.90
Ks3	11	底面・並進	1.08×10 ⁸	0.00	6.84×10 ⁶	2.90
Kr3	11	底面・回転	4.25×10 ¹¹	0.00	1.35×10 ¹⁰	2.90

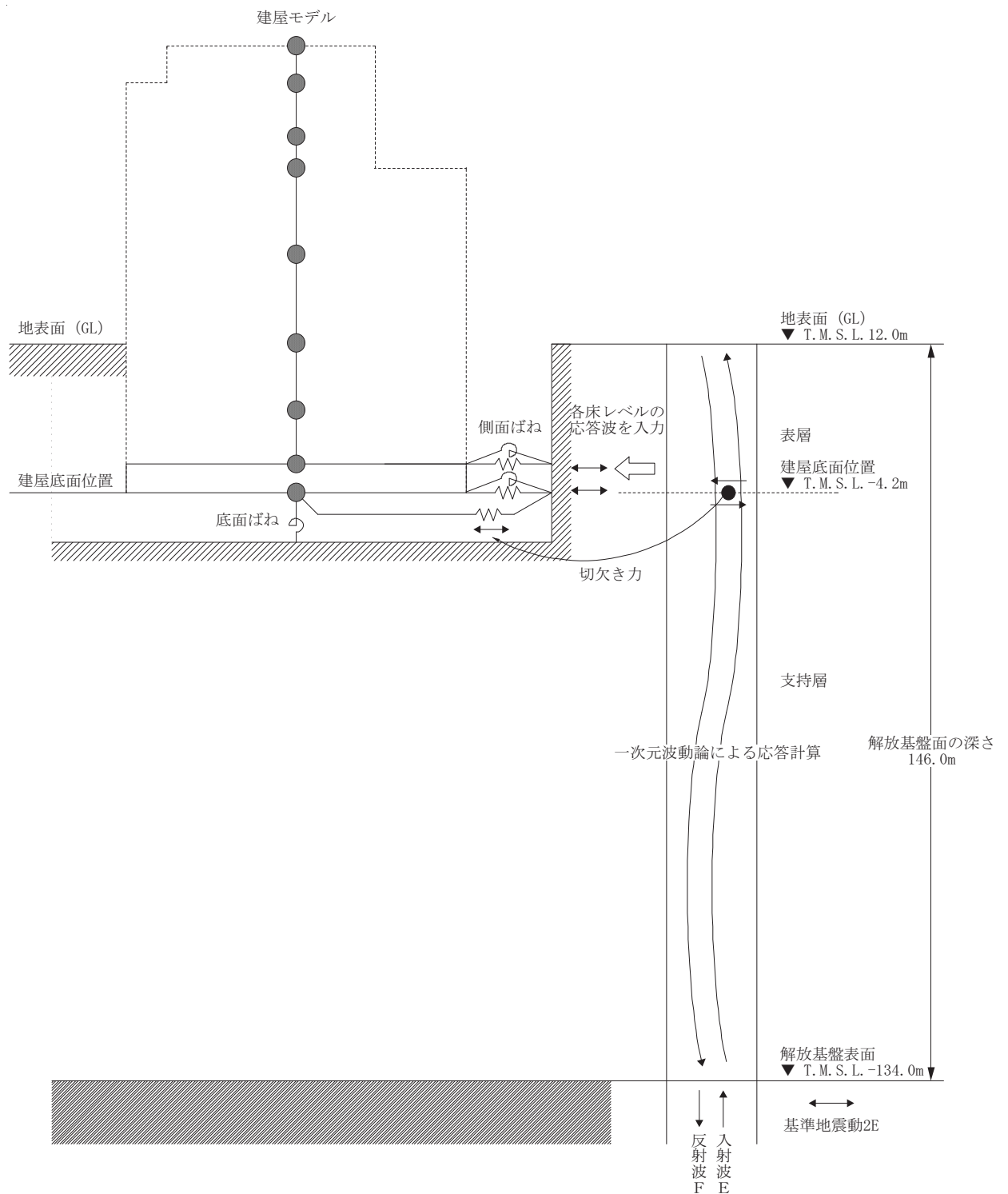
(EW 方向, Ss-5)

ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね		減衰	
			ばね定数 ^(*1) Kc	採用振動数 (Hz)	減衰係数 ^(*2) Cc	採用振動数 ^(*3) f ₁ (Hz)
Ks1	25	側面・並進	1.81×10 ⁶	0.39	1.19×10 ⁶	2.84
Kr1	25	側面・回転	3.51×10 ⁹	0.01	6.47×10 ⁸	2.84
Ks2	26	側面・並進	6.82×10 ⁵	0.39	4.50×10 ⁵	2.84
Kr2	26	側面・回転	1.32×10 ⁹	0.01	2.44×10 ⁸	2.84
Ks3	26	底面・並進	1.13×10 ⁸	0.00	7.46×10 ⁶	2.84
Kr3	26	底面・回転	1.85×10 ¹¹	0.00	3.79×10 ⁹	2.84

(*1) Ks1~Ks3はkN/m Kr1~Kr3はkNm/rad

(*2) Ks1~Ks3はkNs/m Kr1~Kr3はkNsm/rad

(*3) f₁は連成系の1次固有振動数



第 6.3.1-8 図 地震応答解析モデルに入力する地震動の概念図
(水平方向)

(b) 鉛直方向の地震応答解析モデル

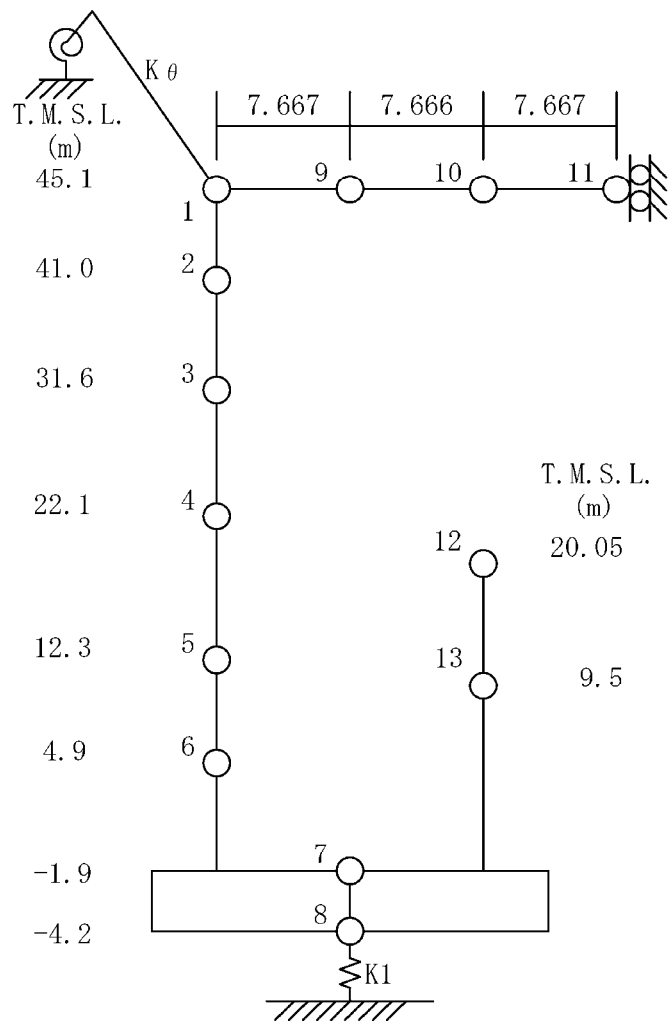
鉛直方向の地震応答解析モデルは、耐震壁の軸剛性および屋根トラスの曲げせん断剛性を評価した質点系モデルとする。鉛直方向の地震応答解析モデルを第 6.3.1-9 図に、解析モデルの諸元を第 6.3.1-5 表に示す。

地盤は、地盤調査に基づき水平成層地盤とし、基礎底面地盤ばねについては、スウェイおよびロッキングばね定数の評価法と同様、成層補正を行ったのち、振動アドミッタンス理論に基づいて、鉛直ばね定数を近似法により評価する。

第 6.3.1-6 表に地震応答解析に用いる地盤のばね定数と減衰係数を示す。なお、地盤調査に基づく地盤定数は第 6.3.1-3 表に示すとおりである。

鉛直方向の地震応答解析は、弾性応答解析とする。

入力地震動は、一次元波動論に基づき、解放基盤表面レベルに想定する基準地震動 S_s に対する地盤の応答として評価したものであり、基礎底面レベルに直接入力する。第 6.3.1-10 図に、地震応答解析モデルに入力する地震動の概念図を示す。



第 6.3.1-9 図 地震応答解析モデル (鉛直方向)

第 6.3.1-5 表 解析モデルの諸元

(鉛直方向)

質点番号	①	⑨	⑩	⑪
質点重量W (kN)	—	10110	10670	5330
せん断断面積 $A_s (\times 10^{-2} m^2)$	47.18	28.60	28.60	
断面二次モーメント $I_B (m^4)$	6.45	6.45	6.45	
質点番号	質点重量 W (kN)		軸断面積 A (m ²)	
①	24130		20.07	
②	11280		23.34	
③	148140		410.50	
④	450420		987.10	
⑤	515440		1185.00	
⑥	404230		1190.10	
⑦	634340		8536.00	
⑧	247270			
⑫	105910		128.50	
⑬	56670		151.00	

①コンクリート部

ヤング係数 E_c 2.90×10^4 (N/mm²)
 せん断弾性係数 G 1.21×10^4 (N/mm²)
 ポアソン比 ν 0.20
 減衰定数 h 5%

②鉄骨部

ヤング係数 E_s 2.05×10^5 (N/mm²)
 せん断弾性係数 G 7.90×10^4 (N/mm²)
 ポアソン比 ν 0.30
 減衰定数 h 2%

トラス端部回転拘束ばね K_θ 6.08×10^7 (kNm/rad)

基礎形状

121.0m (NS方向) \times 76.0m (EW方向)

第 6.3.1-6 表 地震応答解析に用いる基礎地盤のばね定数と減衰係数

(Ss-1)

ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね		減衰	
			ばね定数 Kc (kN/m)	採用振動数 (Hz)	減衰係数 Cc (kNs/m)	採用振動数 ^(*1) f ₁ (Hz)
K1	8	底面・鉛直	1.93×10^8	0.00	1.76×10^7	4.24

(Ss-2)

ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね		減衰	
			ばね定数 Kc (kN/m)	採用振動数 (Hz)	減衰係数 Cc (kNs/m)	採用振動数 ^(*1) f ₁ (Hz)
K1	8	底面・鉛直	1.96×10^8	0.00	1.77×10^7	4.27

(Ss-3)

ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね		減衰	
			ばね定数 Kc (kN/m)	採用振動数 (Hz)	減衰係数 Cc (kNs/m)	採用振動数 ^(*1) f ₁ (Hz)
K1	8	底面・鉛直	1.85×10^8	0.00	1.72×10^7	4.15

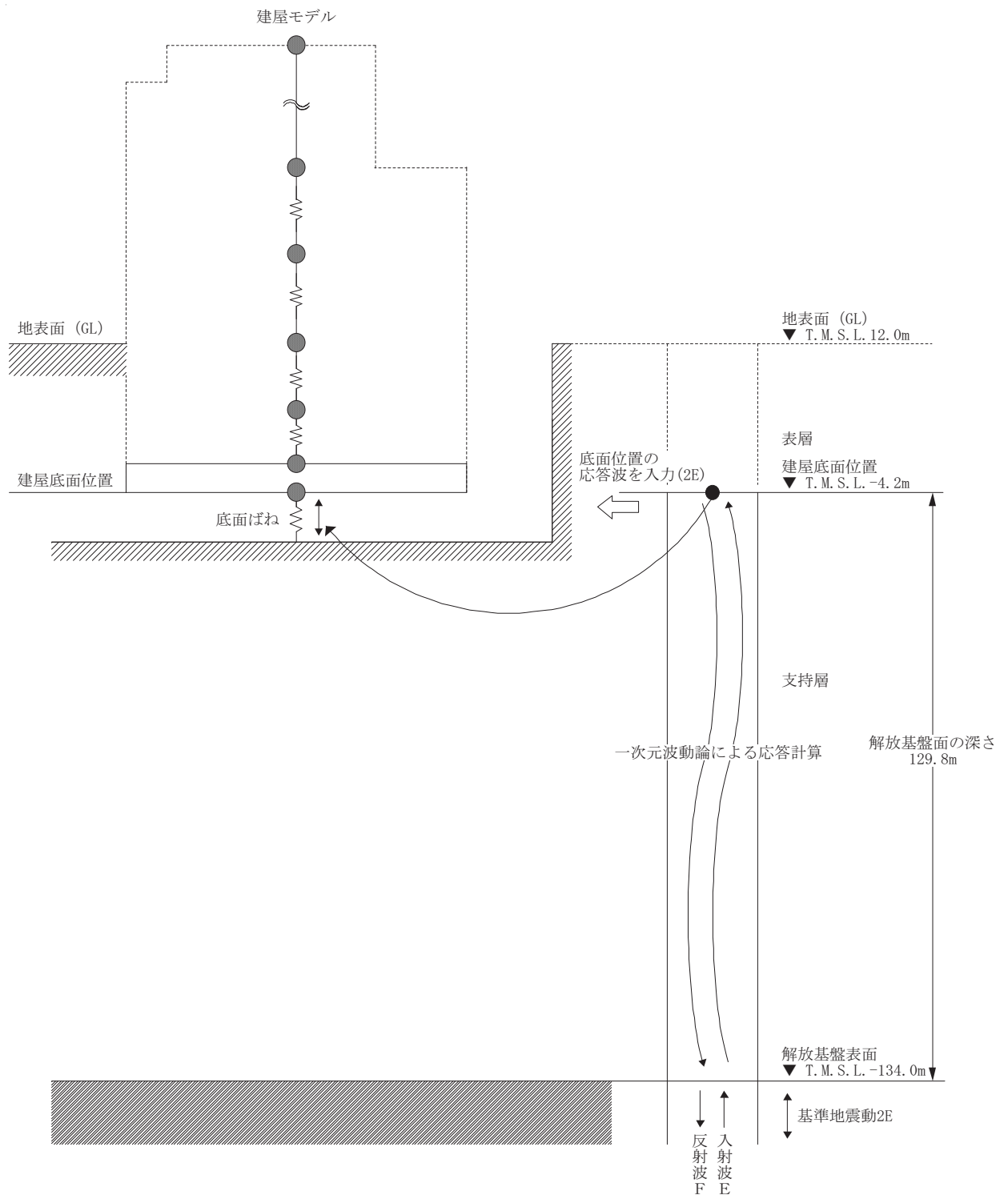
(Ss-4)

ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね		減衰	
			ばね定数 Kc (kN/m)	採用振動数 (Hz)	減衰係数 Cc (kNs/m)	採用振動数 ^(*1) f ₁ (Hz)
K1	8	底面・鉛直	2.04×10^8	0.00	1.81×10^7	4.35

(Ss-5)

ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね		減衰	
			ばね定数 Kc (kN/m)	採用振動数 (Hz)	減衰係数 Cc (kNs/m)	採用振動数 ^(*1) f ₁ (Hz)
K1	8	底面・鉛直	1.98×10^8	0.00	1.78×10^7	4.29

(*1) f₁は連成系の1次固有振動数



第 6.3.1-10 図 地震応答解析モデルに入力する地震動の概念図
(鉛直方向)

6.3.1.3. 地震応答解析結果

地震応答解析モデルの固有値（固有周期，固有振動数）および刺激係数を第 6.3.1-7 表および第 6.3.1-8 表に示す。

基準地震動 S_s （水平）による最大応答値を，それぞれ第 6.3.1-11 図～第 6.3.1-16 図に示す。

基準地震動 S_s （鉛直）による最大応答値を，それぞれ第 6.3.1-17 図，第 6.3.1-18 図に示す。

第 6.3.1-7 表(1) 固有値（固有周期，固有振動数）および刺激係数
（水平方向）

(NS 方向, Ss-1)

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数*	備考
1	0.349	2.86	1.801	地盤建屋連成一次
2	0.239	4.18	-0.476	
3	0.212	4.73	-1.656	
4	0.184	5.45	-0.480	
5	0.170	5.88	0.372	

(NS 方向, Ss-2)

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数*	備考
1	0.349	2.86	1.800	地盤建屋連成一次
2	0.239	4.18	-0.478	
3	0.212	4.73	-1.653	
4	0.184	5.45	-0.475	
5	0.170	5.89	0.366	

(NS 方向, Ss-3)

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数*	備考
1	0.356	2.81	1.770	地盤建屋連成一次
2	0.239	4.18	-0.443	
3	0.212	4.71	-1.598	
4	0.184	5.44	-0.506	
5	0.174	5.76	0.436	

注*：モードごとに固有ベクトルの最大値を 1 に基準化して得られる刺激係数を示す。

第 6.3.1-7 表(2) 固有値（固有周期，固有振動数）および刺激係数
（水平方向）

(NS 方向, Ss-4)

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数*	備考
1	0.341	2.93	1.836	地盤建屋連成一次
2	0.239	4.18	-0.517	
3	0.211	4.74	-1.727	
4	0.183	5.45	-0.461	
5	0.165	6.05	0.307	

(NS 方向, Ss-5)

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数*	備考
1	0.345	2.90	1.819	地盤建屋連成一次
2	0.239	4.18	-0.496	
3	0.211	4.73	-1.693	
4	0.184	5.45	-0.471	
5	0.168	5.96	0.341	

注*：モードごとに固有ベクトルの最大値を 1 に基準化して得られる刺激係数を示す。

第 6.3.1-7 表(3) 固有値（固有周期，固有振動数）および刺激係数
（水平方向）

(EW 方向, Ss-1)

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数*	備考
1	0.356	2.81	2.969	地盤建屋連成一次
2	0.250	4.01	-2.222	
3	0.214	4.68	-0.727	
4	0.195	5.13	-0.135	
5	0.172	5.80	1.460	

(EW 方向, Ss-2)

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数*	備考
1	0.356	2.81	2.967	地盤建屋連成一次
2	0.250	4.01	-2.225	
3	0.214	4.68	-0.727	
4	0.195	5.13	-0.136	
5	0.173	5.79	1.455	

(EW 方向, Ss-3)

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数*	備考
1	0.363	2.75	2.862	地盤建屋連成一次
2	0.250	4.00	-2.166	
3	0.214	4.67	-0.701	
4	0.195	5.13	-0.139	
5	0.175	5.70	1.322	

注*：モードごとに固有ベクトルの最大値を 1 に基準化して得られる刺激係数を示す。

第 6.3.1-7 表(4) 固有値（固有周期，固有振動数）および刺激係数
（水平方向）

（EW 方向， Ss-4）

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数*	備考
1	0.349	2.87	3.100	地盤建屋連成一次
2	0.249	4.02	-2.295	
3	0.213	4.69	-0.760	
4	0.195	5.13	-0.133	
5	0.170	5.89	1.540	

（EW 方向， Ss-5）

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数*	備考
1	0.352	2.84	3.035	地盤建屋連成一次
2	0.249	4.01	-2.260	
3	0.214	4.68	-0.744	
4	0.195	5.13	-0.134	
5	0.171	5.85	1.519	

注*：モードごとに固有ベクトルの最大値を 1 に基準化して得られる刺激係数を示す。

第 6.3.1-8 表(1) 固有値(固有周期, 固有振動数)および刺激係数
(鉛直方向)

(Ss-1)

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数*	備考
1	0.396	2.52	2.010	屋根トラス一次
2	0.236	4.24	-1.097	地盤建屋連成一次
3	0.092	10.92	0.124	
4	0.065	15.43	-0.042	
5	0.053	19.04	-0.035	

(Ss-2)

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数*	備考
1	0.396	2.52	1.994	屋根トラス一次
2	0.234	4.27	-1.083	地盤建屋連成一次
3	0.092	10.92	0.126	
4	0.065	15.43	-0.043	
5	0.053	19.04	-0.036	

(Ss-3)

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数*	備考
1	0.396	2.52	2.056	屋根トラス一次
2	0.241	4.15	-1.139	地盤建屋連成一次
3	0.092	10.92	0.118	
4	0.065	15.43	-0.040	
5	0.053	19.04	-0.034	

注* : モードごとに固有ベクトルの最大値を 1 に基準化して得られる刺激係数を示す。

第 6.3.1-8 表(2) 固有値(固有周期, 固有振動数)および刺激係数
(鉛直方向)

(Ss-4)

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数*	備考
1	0.396	2.52	1.955	屋根トラス一次
2	0.230	4.35	1.068	地盤建屋連成一次
3	0.092	10.92	0.132	
4	0.065	15.43	-0.044	
5	0.053	19.04	-0.037	

(Ss-5)

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数*	備考
1	0.396	2.52	1.984	屋根トラス一次
2	0.233	4.29	-1.073	地盤建屋連成一次
3	0.092	10.92	0.128	
4	0.065	15.43	-0.043	
5	0.053	19.04	-0.036	

注* : モードごとに固有ベクトルの最大値を 1 に基準化して得られる刺激係数を示す。

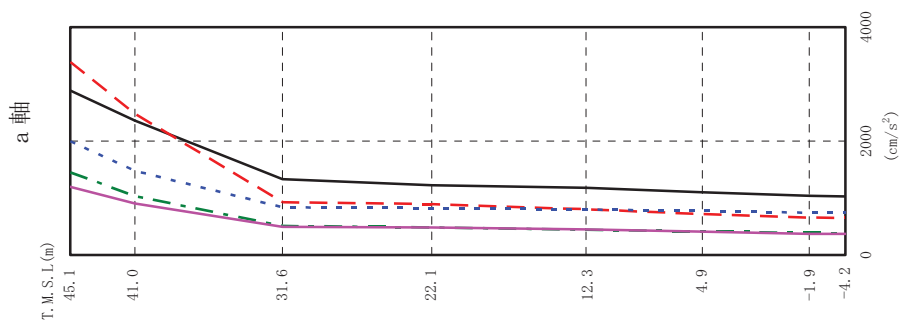
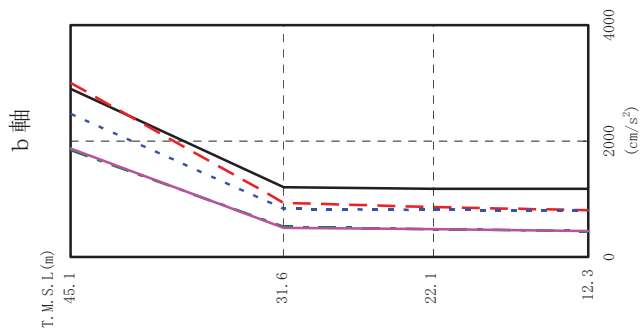
- Ss-1
- - - Ss-2
- ⋯ Ss-3
- · - Ss-4
- Ss-5

b 軸 (cm/s²)

Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5
2900	3003	2468	1843	1876
1206	935	831	520	501
1176	860	814	483	481
1177	805	800	446	448

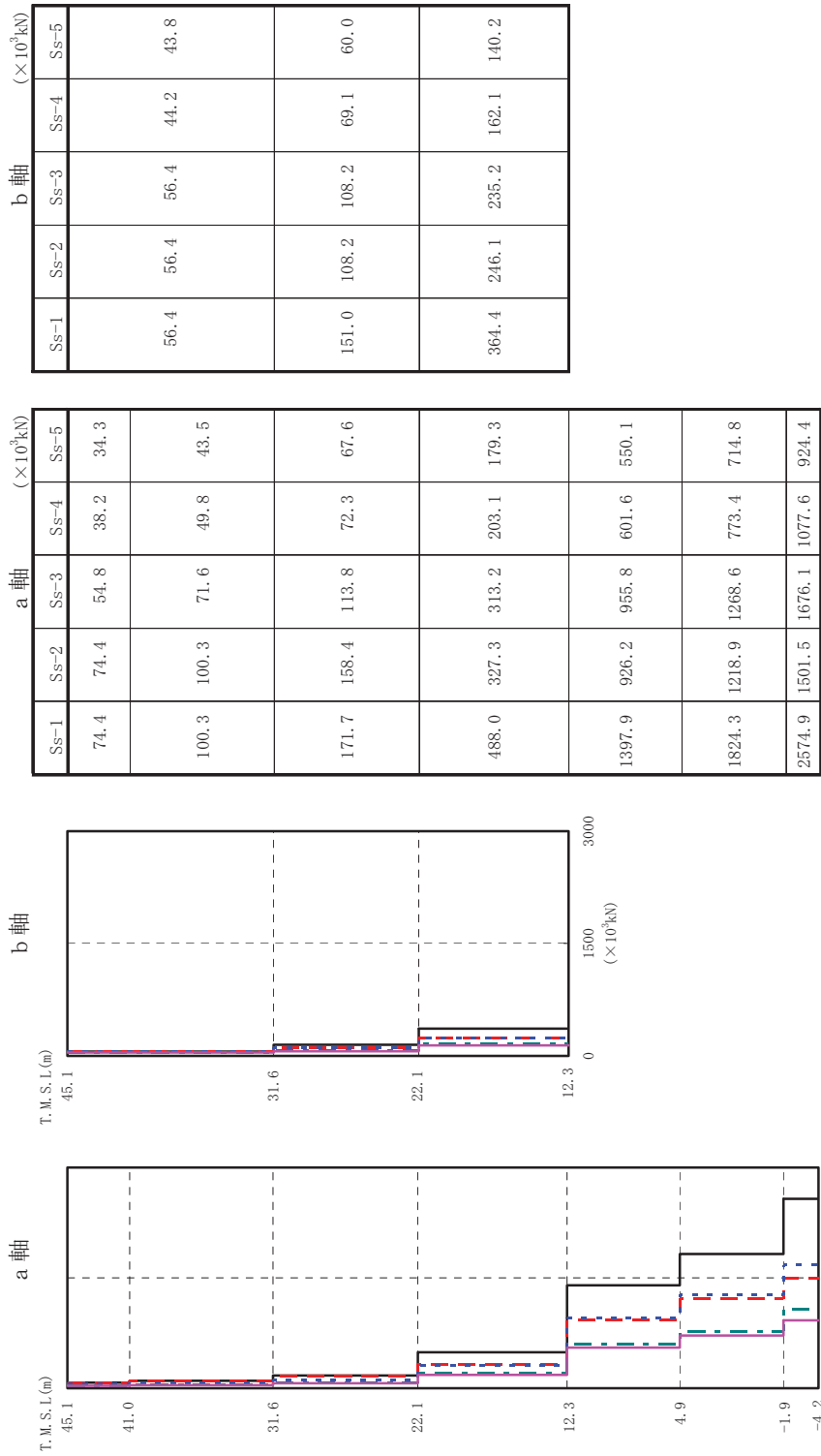
a 軸 (cm/s²)

Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5
2889	3385	1992	1450	1197
2359	2476	1478	1035	904
1329	929	838	510	495
1222	892	819	482	482
1177	805	800	446	448
1101	721	778	414	410
1037	656	744	386	368
1030	654	744	384	369



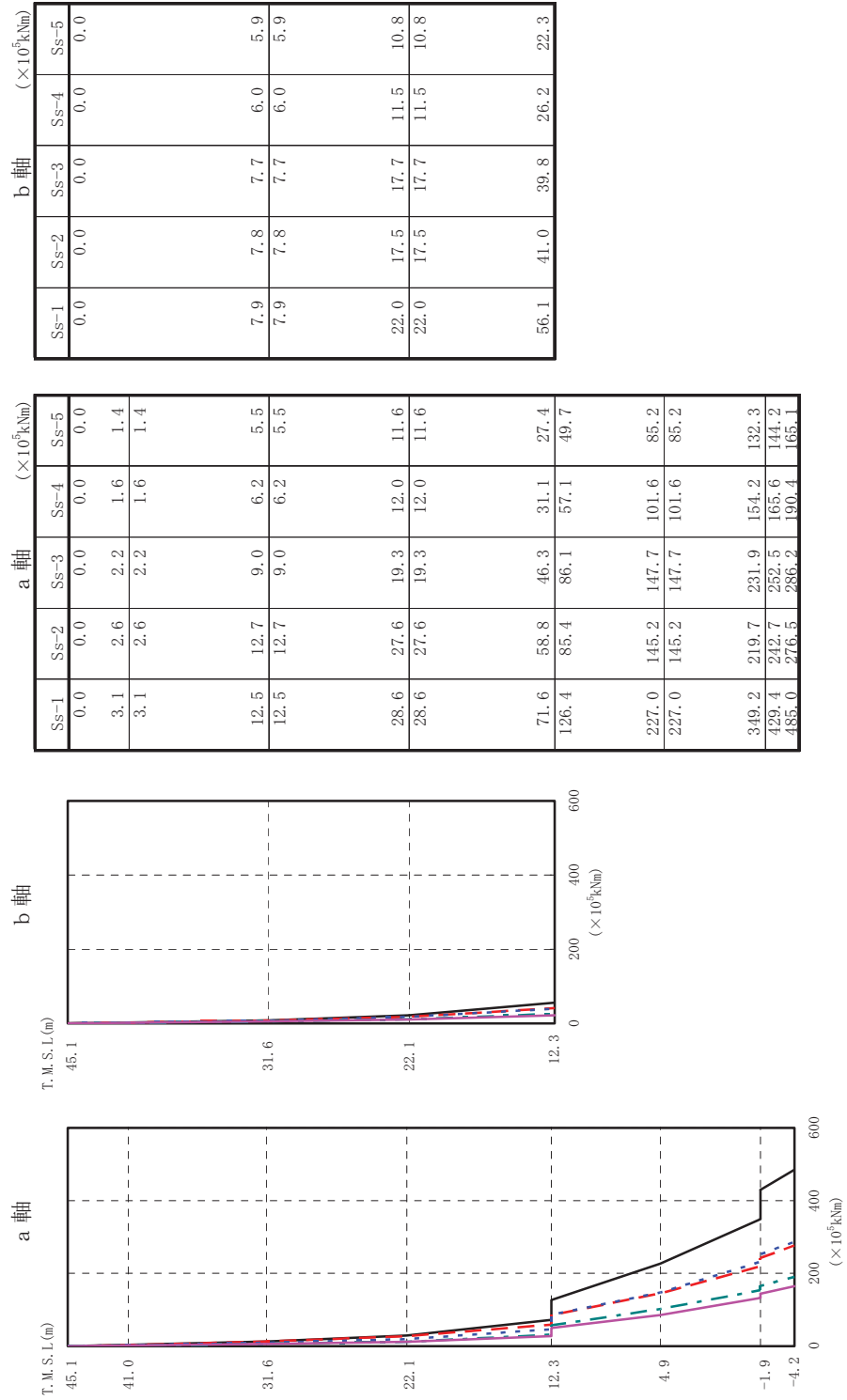
第 6.3.1-11 図 最大応答加速度 (NS 方向)

- Ss-1
- - - Ss-2
- ⋯ Ss-3
- · - Ss-4
- Ss-5

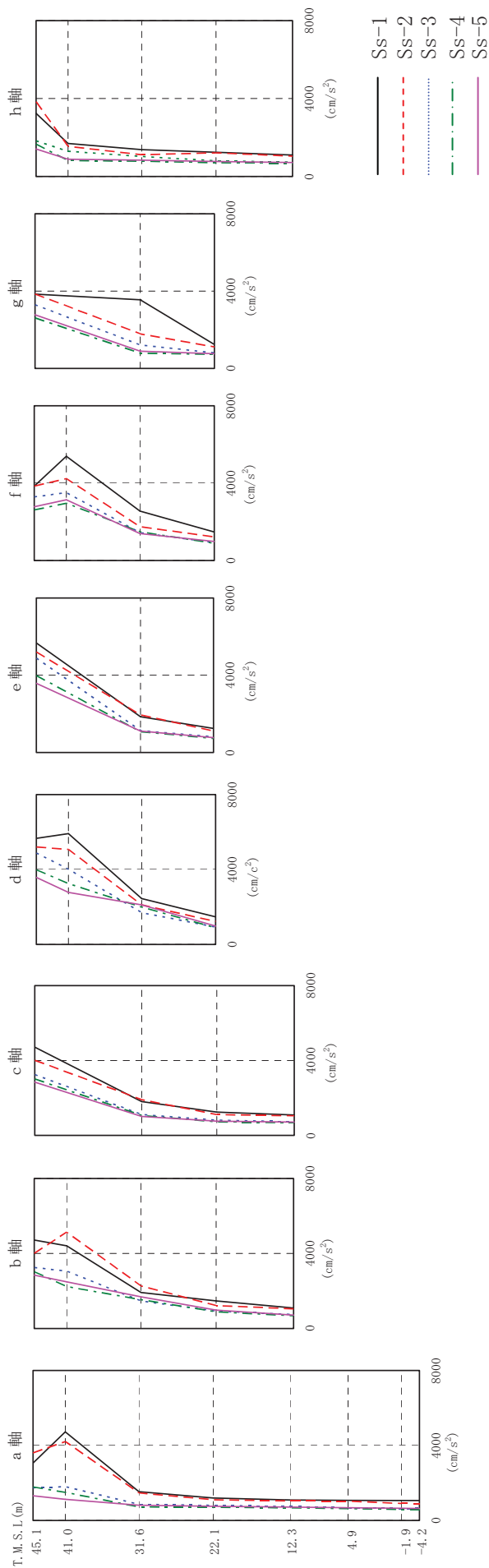


第 6.3.1-12 図 最大応答せん断力 (NS 方向)

- Ss-1
- - - Ss-2
- ⋯ Ss-3
- · - · Ss-4
- Ss-5

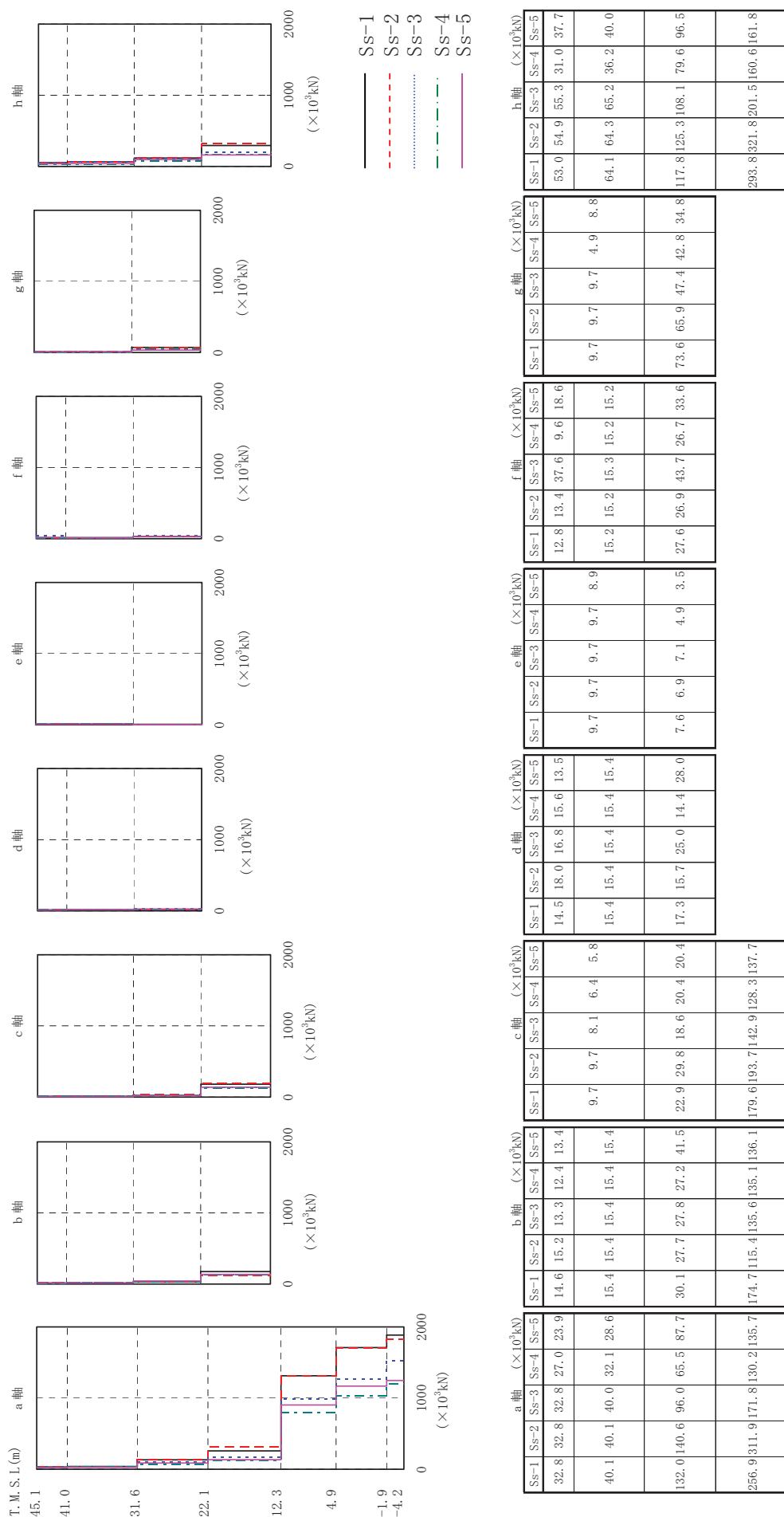


第 6.3.1-13 図 最大応答曲げモーメント (NS 方向)



a 軸		b 軸		c 軸		d 軸		e 軸		f 軸		g 軸		h 軸																
Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5											
3067	3605	1743	1785	1320	4719	4008	3251	3018	2847	5665	5197	4874	3981	3581	3845	3847	3289	2620	2781	3945	3847	3289	2620	2781	3241	3834	1827	1656	1411	
4729	4212	1807	1502	1130	4412	5139	3064	2234	2483	5914	5071	4013	3244	2784	5389	4231	3510	2955	3136						1696	1544	1296	808	879	
1537	1473	866	725	814	1918	2267	1462	1535	1689	2446	2111	1699	1994	2112	2549	1741	1434	1483	1389	3546	1789	1215	789	888	1370	1114	1030	783	842	
1199	1101	803	706	759	1477	1224	925	891	983	1853	1941	1137	1075	1105						1242	1114	813	728	764						
1093	1044	737	673	717	1093	1044	737	673	717	1477	1224	925	891	983	1477	1224	925	891	983	1242	1114	813	728	764	1241	1215	806	705	768	
1072	1035	674	626	681																										
1065	904	642	593	646																										
1063	898	651	594	643	1093	1044	737	673	717																1093	1044	737	673	717	

第 6.3.1-14 図 最大応答加速度 (EW 方向)



第 6.3.1-15 図 最大応答せん断力 (EW 方向)

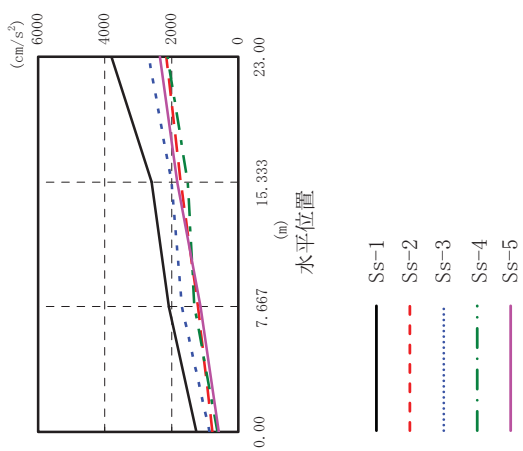
屋根トラス

水平位置 (m)	0.00	7.667	15.333	23.00
Ss-1	1255	2085	2606	3803
Ss-2	780	1209	1732	2159
Ss-3	868	1694	2009	2685
Ss-4	627	1313	1512	2126
Ss-5	587	1136	1829	2352

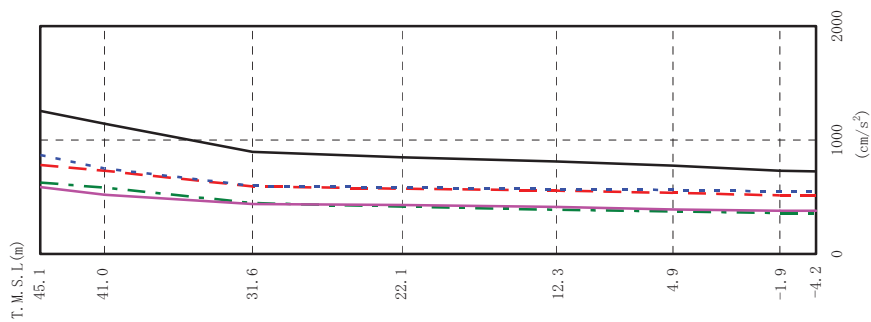
建屋

	Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5
	1255	780	868	627	587
	1143	729	750	582	519
	895	592	598	445	438
	848	574	584	417	430
	812	556	571	386	412
	775	536	561	375	392
	732	514	548	359	380
	726	512	547	358	379

屋根トラス



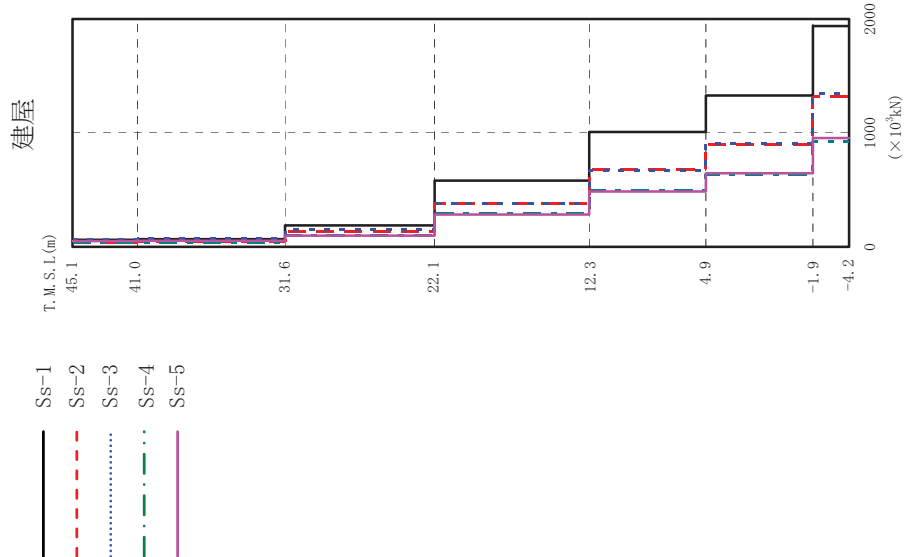
建屋



第 6.3.1-17 図 最大応答加速度 (鉛直方向)

建屋

						($\times 10^3$ kN)				
SS-1	SS-2	SS-3	SS-4	SS-5		SS-1	SS-2	SS-3	SS-4	SS-5
61.7	41.2	63.8	36.9	49.4		1938.7	1318.6	1342.2	920.5	954.1
68.2	47.5	71.2	40.1	53.3		1009.7	678.7	672.4	493.0	485.7
188.0	131.0	150.2	101.4	98.4		580.7	385.3	383.9	292.6	283.9
						1329.1	899.5	903.2	636.0	647.1



第 6.3.1-18 図 最大応答軸力 (鉛直方向)

6.3.1.4. 接地率

地震応答解析により得られた基礎版底面位置の最大転倒モーメントと、この結果から算出した接地率の検討結果を第 6.3.1-9 表に示す。

第 6.3.1-9 表 基準地震動 Ss による地震応答解析結果に基づく接地率

	基準地震動 Ss	Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5
NS 方 向	浮上り限界モーメント (×10 ⁷ kNm)	5.29	5.29	5.29	5.29	5.29
	最大転倒モーメント Mmax (×10 ⁷ kNm)	4.84	2.77	2.93	1.94	1.69
	接地率 η (%)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
EW 方 向	浮上り限界モーメント (×10 ⁷ kNm)	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08
	最大転倒モーメント Mmax (×10 ⁷ kNm)	4.22	4.02	3.13	2.30	2.61
	接地率 η (%)	81.5	84.8	99.2	100.0	100.0

6.3.1.5. 接地圧

基準地震動 S_s による地震応答解析結果^{※1}に基づく接地圧を第6.3.1-10表に示す。地盤の支持力試験の最大荷重は、 4412kN/m^2 (450tf/m^2) であり、地震時接地圧に対して十分な余裕がある。

※1 水平地震動による応力と組み合わせる場合の鉛直地震動による応力は、組み合わせ係数法により、係数 0.4 を考慮する。

第 6.3.1-10 表(1) 基準地震動 Ss による地震応答解析結果に基づく接地圧

(Ss-1)

		NS	EW	反力分布図 ()内は下向き地震時	
鉛直力 N (kN)	上向き	2, 190, 868		[NS方向] 121.0m 539.6 kN/m ² (639.9 kN/m ²)	
	下向き	3, 057, 012			
転倒モーメント M (×10 ⁵ kNm)		484.35	422.33	[EW方向] 70.5m	
最大接地圧※ (kN/m ²)	上向き	539.6	755.7	755.7 kN/m ² (785.8 kN/m ²)	
	下向き	639.9	785.8		

※：地盤の支持力試験の最大荷重 4412 kN/m²

(Ss-2)

		NS	EW	反力分布図 ()内は下向き地震時	
鉛直力 N (kN)	上向き	2, 386, 546		[NS方向] 121.0m 440.8 kN/m ² (496.4 kN/m ²)	
	下向き	2, 861, 334			
転倒モーメント M (×10 ⁵ kNm)		276.99	402.00	[EW方向] 70.5m	
最大接地圧※ (kN/m ²)	上向き	440.8	714.4	714.4 kN/m ² (743.6 kN/m ²)	
	下向き	496.4	743.6		

※：地盤の支持力試験の最大荷重 4412 kN/m²

(Ss-3)

		NS	EW	反力分布図 ()内は下向き地震時	
鉛直力 N (kN)	上向き	2, 219, 508		[NS方向] 121.0m 430.4 kN/m ² (525.2 kN/m ²)	
	下向き	3, 028, 372			
転倒モーメント M (×10 ⁵ kNm)		292.78	313.05	[EW方向] 70.5m	
最大接地圧※ (kN/m ²)	上向き	430.4	578.3	578.3 kN/m ² (667.3 kN/m ²)	
	下向き	525.2	667.3		

※：地盤の支持力試験の最大荷重 4412 kN/m²

第 6.3.1-10 表(2) 基準地震動 Ss による地震応答解析結果に基づく接地圧
(Ss-4)

		NS	EW	反力分布図 ()内は下向き地震時	
鉛直力 N (kN)	上向き	2,422,008		[NS方向] 396.7 kN/m ² (444.0 kN/m ²)	
	下向き	2,825,872			
転倒モーメント M (×10 ⁵ kNm)		194.02	229.84	[EW方向]	
最大接地圧※ (kN/m ²)	上向き	396.7	513.2	513.2 kN/m ² (560.6 kN/m ²)	
	下向き	444.0	560.6		

※：地盤の支持力試験の最大荷重 4412 kN/m²

(Ss-5)

		NS	EW	反力分布図 ()内は下向き地震時	
鉛直力 N (kN)	上向き	2,383,571		[NS方向] 377.5 kN/m ² (433.9 kN/m ²)	
	下向き	2,864,309			
転倒モーメント M (×10 ⁵ kNm)		168.82	260.57	[EW方向]	
最大接地圧※ (kN/m ²)	上向き	377.5	539.4	539.4 kN/m ² (595.7 kN/m ²)	
	下向き	433.9	595.7		

※：地盤の支持力試験の最大荷重 4412 kN/m²

6.3.2. 評価基準

耐震安全性評価に当たっては、機能維持部位が構造物として変形能力（終局耐力時の変形）について十分な余裕を有し、建物の終局耐力に対し、妥当な安全余裕を有していることを確認する観点から、タービン建屋の主たる耐震要素である耐震壁の安全性について評価する（「JEAG 4601-1991」に準拠）。

評価は、機能維持部位における耐震壁の基準地震動 S_s による最大せん断ひずみが、評価基準値（ 2.0×10^{-3} ）を超えないことを確認する。

6.3.3. 耐震安全性評価結果

第6.3.3-1表および第6.3.3-2表に機能維持部位における耐震壁のせん断ひずみ一覧を、第6.3.3-1図および第6.3.3-2図に振動モデルの概念図を示す。また、第6.3.3-3図および第6.3.3-4図に基準地震動 S_s に対する最大応答値を耐震壁のせん断スケルトン曲線上に示す。せん断ひずみは、最大で 0.54×10^{-3} (S_s-1,EW 方向, $B2F$) であり、評価基準値 (2.0×10^{-3}) を満足している。

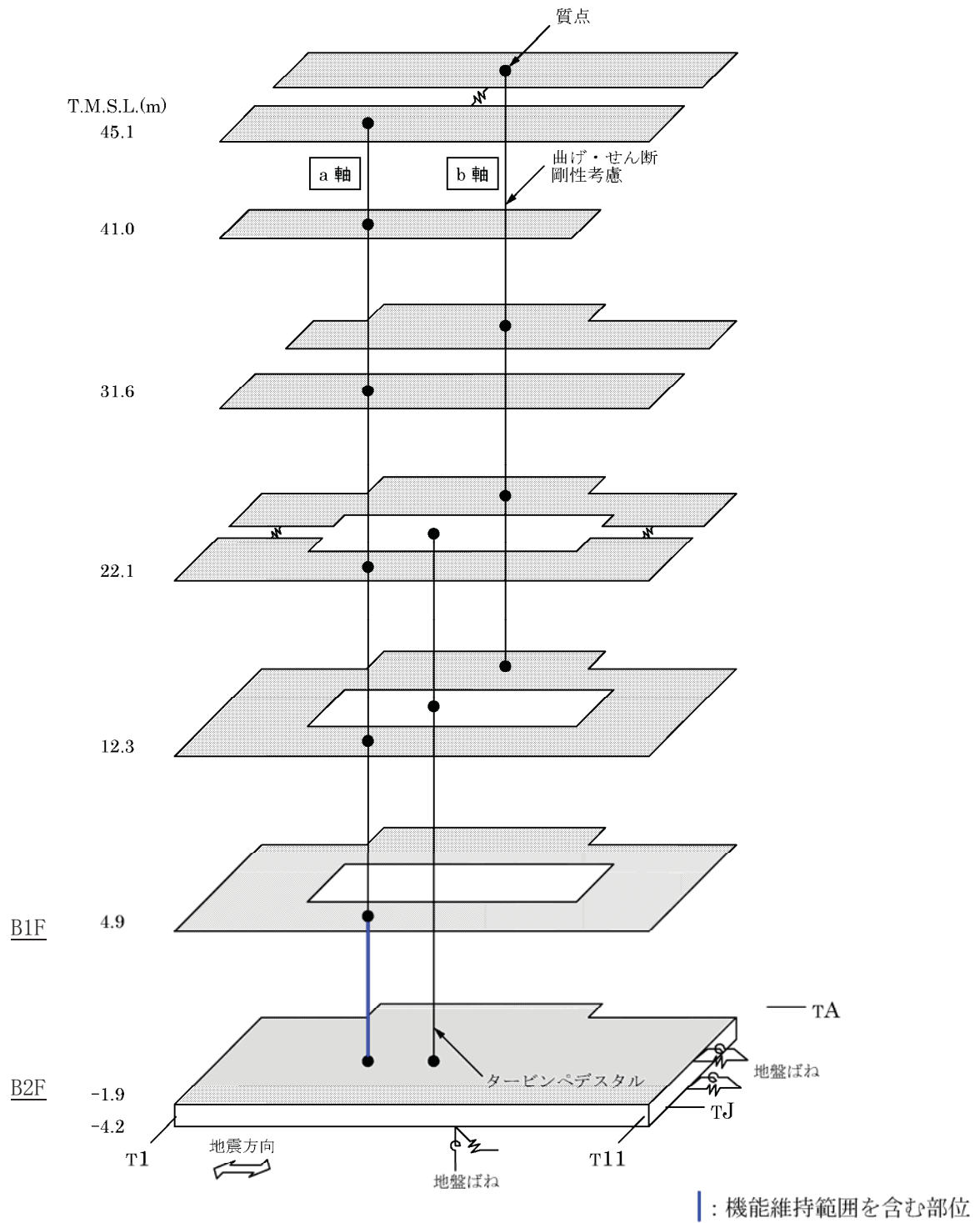
第6.3.3-1表 機能維持部位における耐震壁のせん断ひずみ一覧

(NS方向)

a軸

($\times 10^{-3}$)

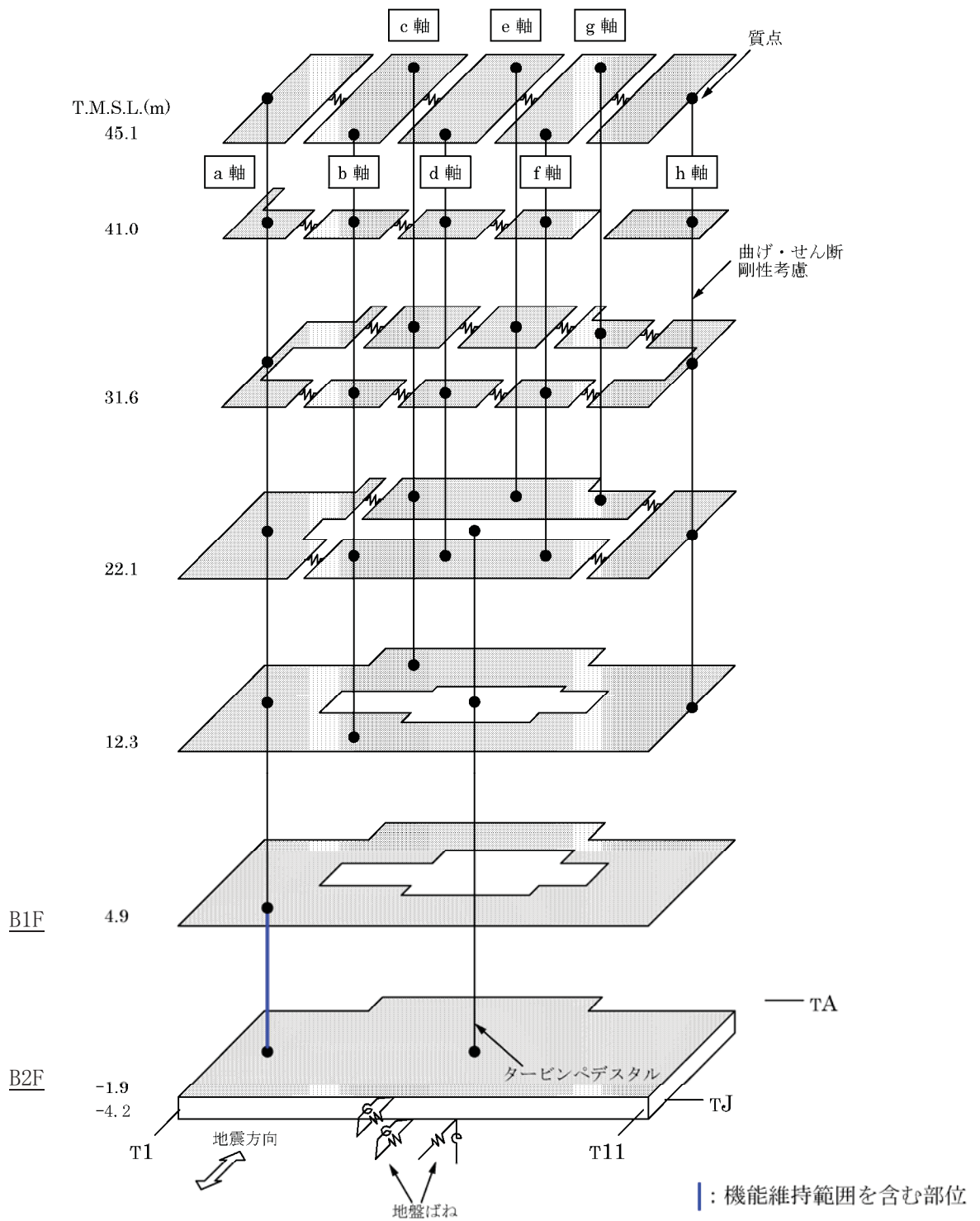
階	Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	評価基準値
B2F	0.33	0.16	0.17	0.10	0.09	2.0以下



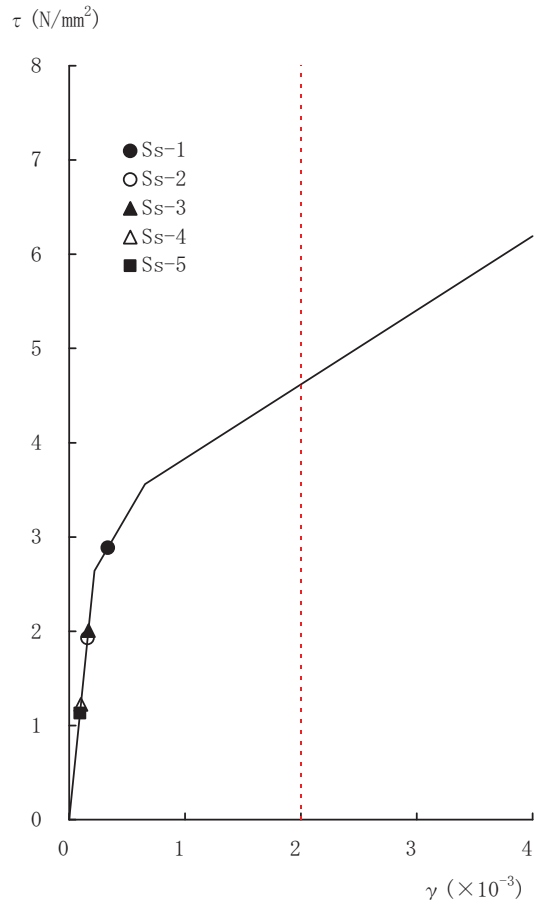
第6.3.3-1図 振動モデルの概念図 (NS方向)

第6.3.3-2表 機能維持部位における耐震壁のせん断ひずみ一覧
(EW方向)

階	a軸					($\times 10^{-3}$)
	Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	評価基準値
B2F	0.54	0.53	0.20	0.17	0.19	2.0以下

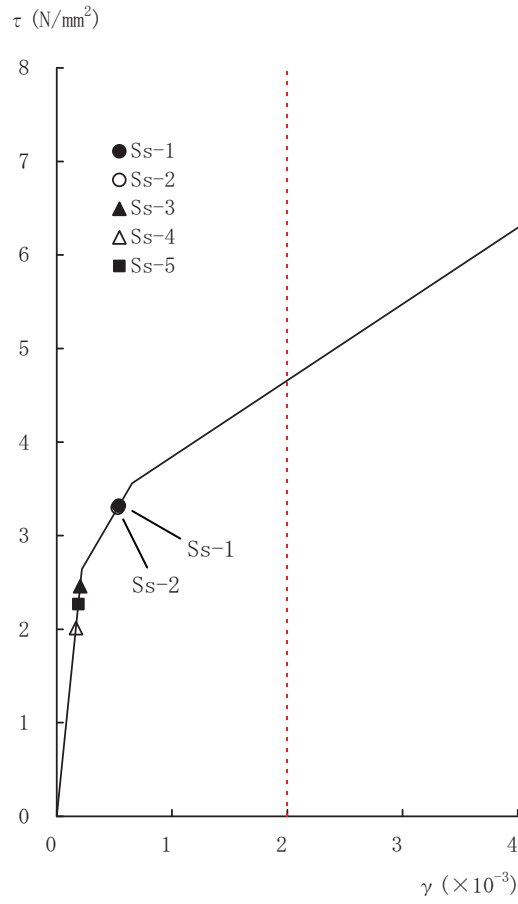


第 6.3.3-2 図 振動モデルの概念図 (EW 方向)



[a 軸]

第 6.3.3-3 図 せん断スケルトン曲線上の最大応答値
(NS 方向, B2F)



[a 軸]

第 6.3.3-4 図 せん断スケルトン曲線上の最大応答値
(EW 方向, B2F)

6.4. 海水熱交換器建屋の耐震安全性評価

6.4.1. 地震応答解析

6.4.1.1. 海水熱交換器建屋の概要

海水熱交換器建屋は、地上 1 階、地下 2 階の鉄筋コンクリート造（一部鉄骨造）壁付ラーメン構造の建物である。海水熱交換器建屋の概略平面図および概略断面図を第 6.4.1-1 図および第 6.4.1-2 図に、物性値を第 6.4.1-1 表に示す。

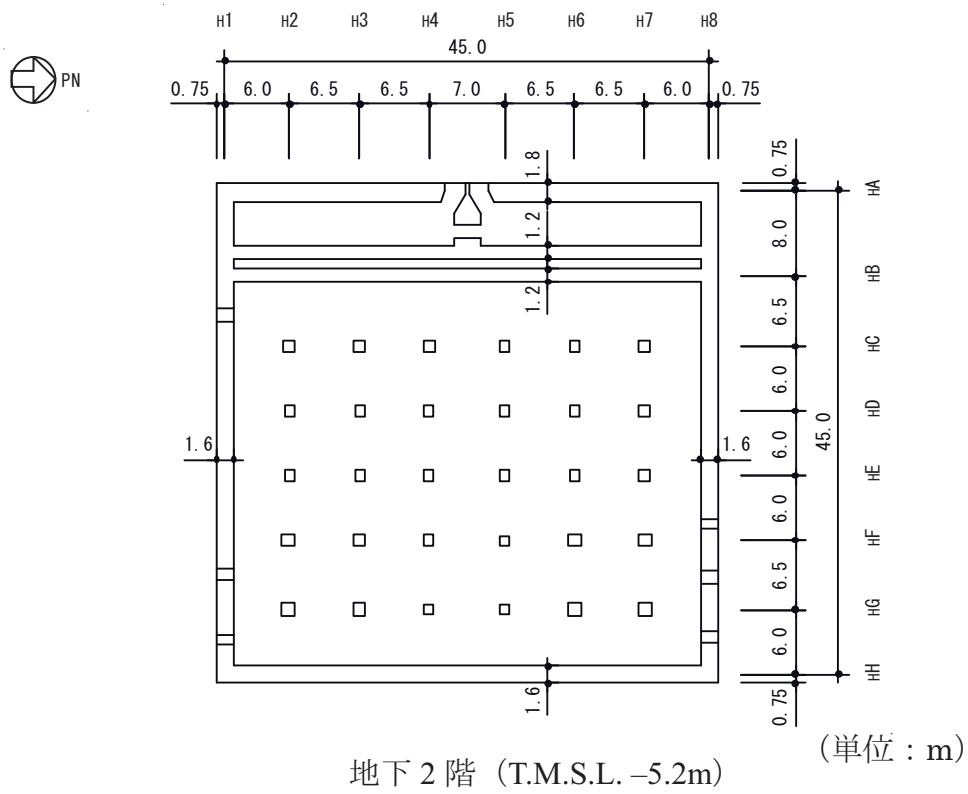
海水熱交換器建屋の高さは、基礎底面から 32.2m（地上部 13.0m^{※1}、地下部 19.2m）、平面は、地下部で 46.5m×46.5m^{※2}で地上部は 46.5m（NS 方向）×15.85m^{※2}（EW 方向）の形状をなしている。

海水熱交換器建屋の基礎は、厚さ 2.0m のベタ基礎で支持地盤である新第三期層の泥岩盤上に直接またはコンクリートを介して支持されている。

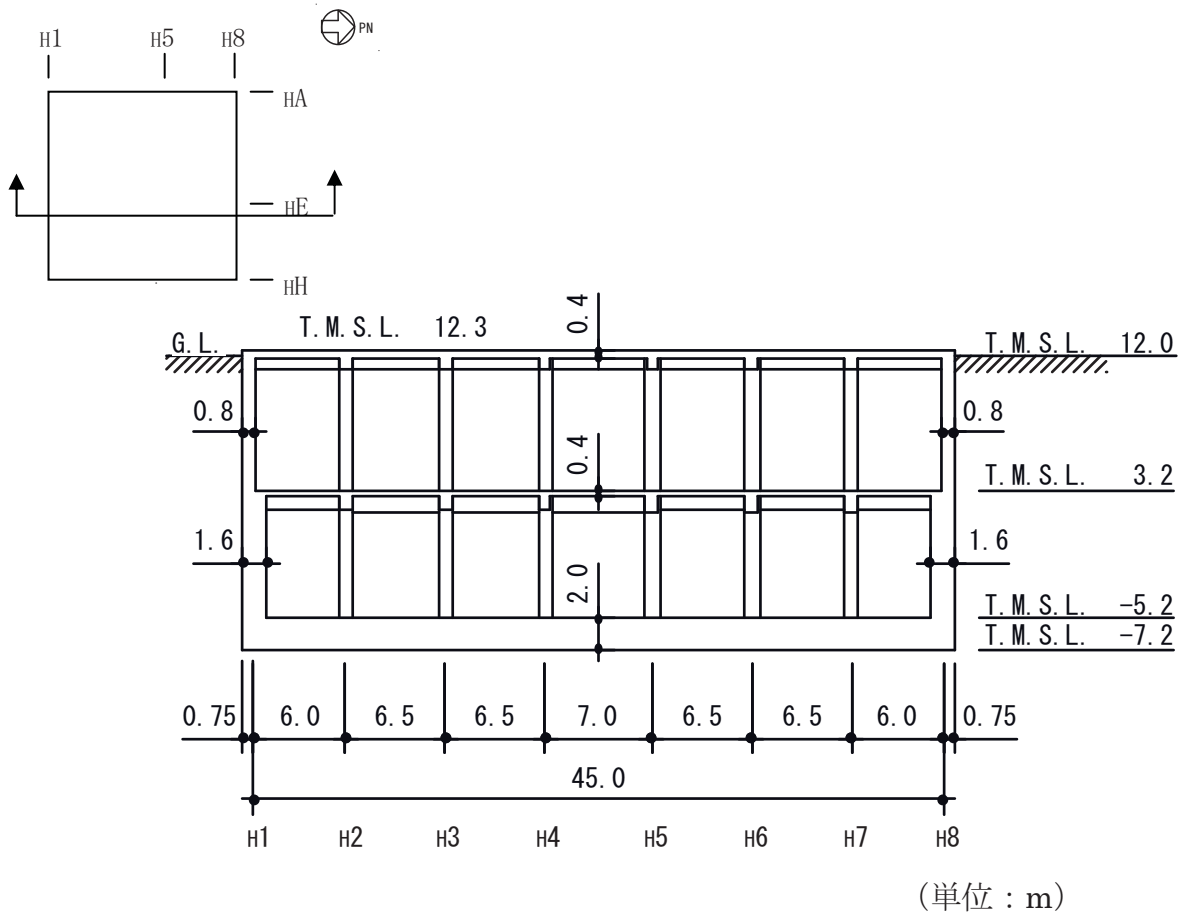
海水熱交換器建屋の耐震重要度分類は C クラスであり、建屋そのものに動的解析を要求されていないが、原子炉補機冷却海水ポンプ（地下 1 階）及び原子炉補機冷却水系熱交換器（地下 1 階）等の耐震上重要な機器・配管系が設置されていることから、これらの機器が設置された床を支持する耐震壁等の構造要素を機能維持部位として耐震安全性を評価する。

※1 鉄骨はり上端までの高さ

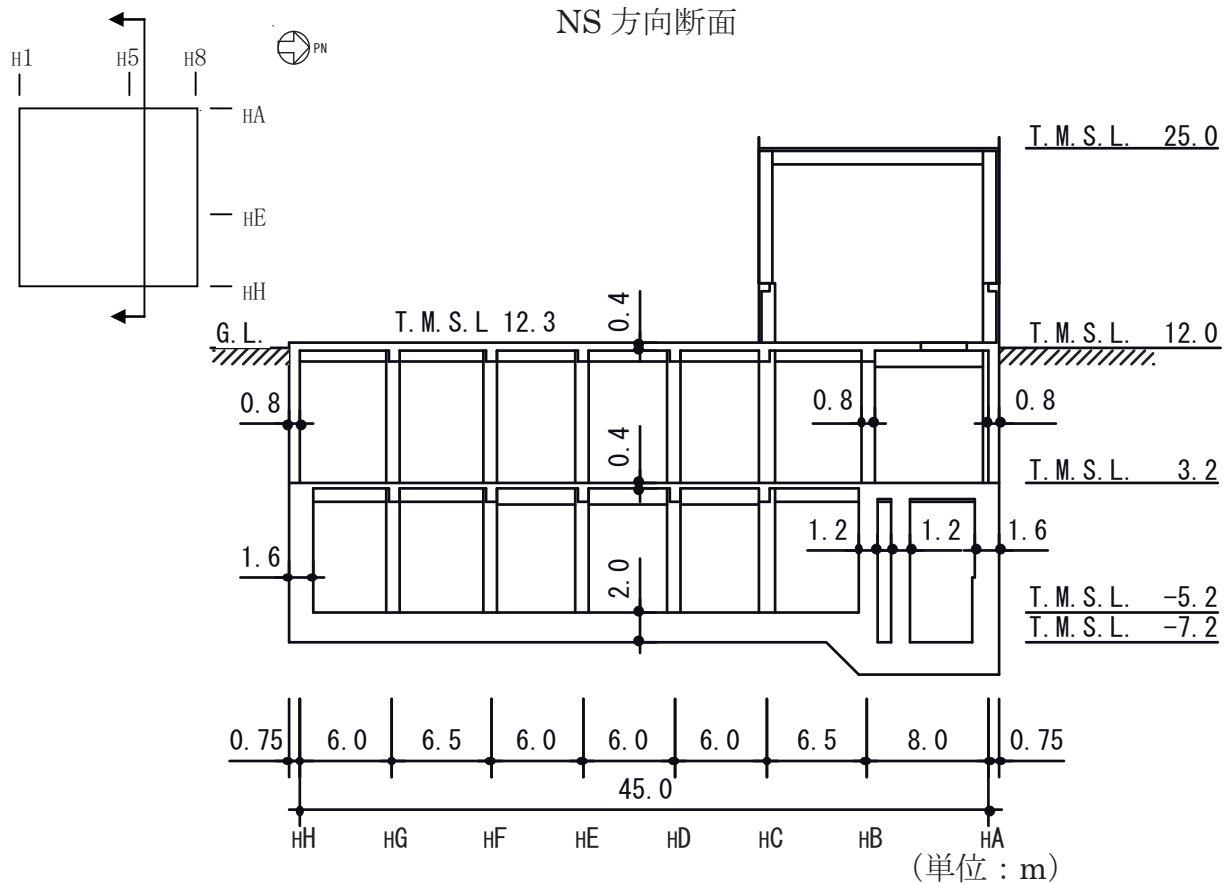
※2 建屋寸法は壁外面寸法



第 6.4.1-1 図 海水熱交換器建屋の概略平面図



NS 方向断面



EW 方向断面

第 6.4.1-2 図 海水熱交換器建屋の概略断面図

第 6.4.1-1 表 海水熱交換器建屋の物性値

コンクリート	コンクリート強度*1 Fc (N/mm ²)	ヤング係数 E (N/mm ²)	せん断弾性係数 G (N/mm ²)	ポアソン比 ν	単位体積重量*2 γ (kN/m ³)
	44.1	2.90×10 ⁴	1.21×10 ⁴	0.20	24.5
鉄筋	SD345 相当 (SD35)				
鋼材	SS400, SM490A 相当 (SS41, SM50A)				

*1：実強度に基づくコンクリート強度。

*2：鉄筋コンクリートの値を示す。

6.4.1.2. 地震応答解析モデル

地震応答解析モデルは、次の 4 項目について設計時に用いた解析モデルから修正を行うこととする。

- ①本検討では、柏崎刈羽原子力発電所 7 号機等の耐震安全性評価に用いた解析モデルと同様にスウェイ・ロッキングモデルを用いることとする。
- ②設計時にはコンクリートの設計基準強度を基に算定していた鉄筋コンクリートの剛性評価を、コンクリートの実際の平均的な強度を基に算定して見直すこととする。
- ③設計時には、多質点系並列地盤モデルである格子型モデルにより建物と地盤の相互作用を考慮していたが、本検討では、底面を振動アドミッタンス、側面を Novak の方法により算定した水平及び回転地盤ばねを考慮する。なお、基準地震動 S_s による地震応答レベルを踏まえ、表層部については地盤－建屋相互作用が見込めないと判断し、この部分のばね評価を行わないこととする。
- ④設計時には地震応答解析は弾性応答解析であったが、弾塑性応答解析を行うこととする。復元力特性については、「JEAG4601-1991」に示された手法に従うことを基本にする。

(a) 水平方向の地震応答解析モデル

水平方向の地震応答解析モデルは、地盤との相互作用を考慮し、曲げおよびせん断剛性を考慮した質点系モデルとする。モデル化は NS 方向、EW 方向それぞれについて行っている。解析モデルの諸元および振動モデル図を第 6.4.1-2 表および第 6.4.1-3 図に示す。

地盤は、地盤調査に基づき水平成層地盤とし、基礎底面地盤ばねについては、「JEAG 4601-1991」により、成層補正を行ったのち、振動アドミッタンス理論に基づいて、スウェイおよびロッキングばね定数を近似法によ

り評価する。基礎底面地盤ばねには、基礎浮き上がりによる幾何学的非線形性を考慮する。第 6.4.1-4 図に回転ばねの曲げモーメントと回転角の関係を示す。

また、埋め込み部分の建屋側面地盤ばねについては、建屋側面位置の地盤定数を用いて、水平および回転ばねを「JEAG 4601-1991」により Novak ばねに基づいて近似法により評価する。

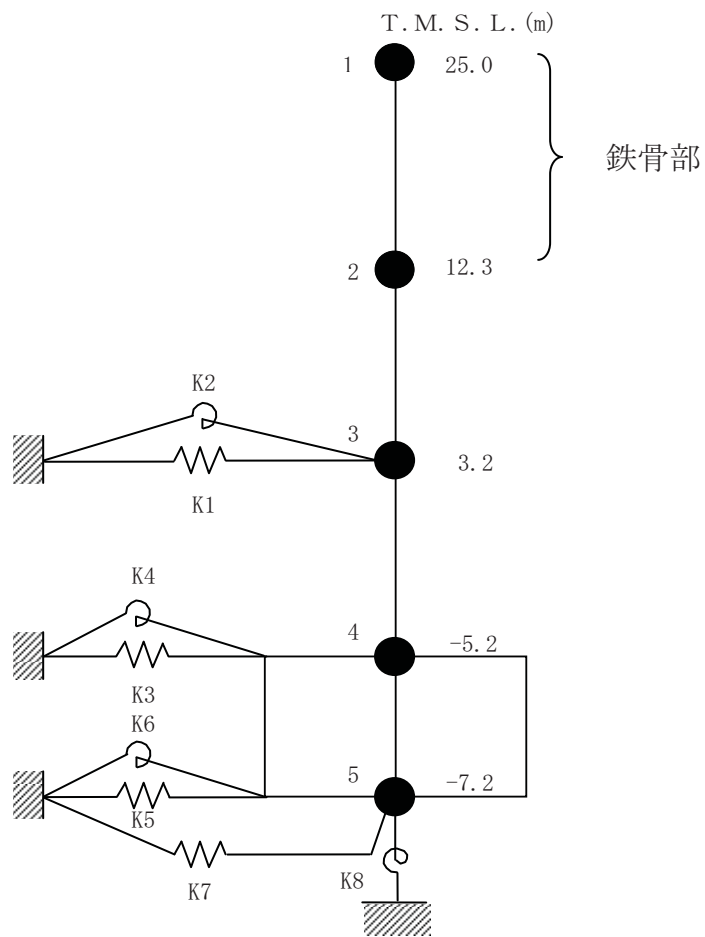
なお、第 6.4.1-3 表に地盤調査に基づく地盤定数を示す。また、地震応答解析に用いる地盤のばね定数と減衰係数を第 6.4.1-4 表に示す。

復元力特性は、建屋の方向別に、層を単位とした水平断面形状より「JEAG 4601-1991」に基づいて設定する。

水平方向の地震応答解析は、上記復元力特性を用いた弾塑性応答解析とする。

入力地震動は、解放基盤表面レベルに想定する基準地震動 S_s を用いることとする。

埋め込みを考慮した水平モデルであるため、モデルに入力する地震動は、一次元波動論に基づき、解放基盤表面レベルに想定する基準地震動 S_s に対する地盤の応答として評価する。また、切欠き力を入力地震動に付加することにより、地盤の切欠き効果を考慮する。第 6.4.1-5 図に、地震応答解析モデルに入力する地震動の概念図を示す。



NS 方向 (EW 方向)

第 6.4.1-3 図 地震応答解析モデル (水平方向)

第 6.4.1-2 表(1) 解析モデルの諸元

(NS 方向)

質点 番号	質点重量 W (kN)	回転慣性重量 I_G ($\times 10^6 \text{kNm}^2$)	せん断 断面積 A_s (m^2)	断面2次 モーメント I (m^4)
1	6,560	-		
			0.060	-
2	88,040	-		
			111.6	37,700
3	124,230	-		
			261.9	75,500
4	119,650	-		
			2,162.3	389,600
5	68,670	75.5		
合計	407,150			

① コンクリート部(建屋・基礎スラブ)

ヤング係数 E_c 2.90×10^4 (N/mm²)

せん断弾性係数 G 1.21×10^4 (N/mm²)

ポアソン比 ν 0.20

減衰定数 h 5%

② 鉄骨部

ヤング係数 E_s 2.05×10^5 (N/mm²)

せん断弾性係数 G 7.90×10^4 (N/mm²)

ポアソン比 ν 0.30

減衰定数 h 2%

基礎形状 46.5m (NS 方向) \times 46.5m (EW 方向)

第 6.4.1-2 表(2) 解析モデルの諸元

(EW 方向)

質点 番号	質点重量 W (kN)	回転慣性重量 I_G ($\times 10^6 \text{kNm}^2$)	せん断 断面積 A_s (m^2)	断面2次 モーメント I (m^4)
1	6,560	-		
			0.0229	-
2	88,040	-		
			74.4	27,300
3	124,230	-		
			146.2	53,300
4	119,650	-		
			2162.3	389,600
5	68,670	75.5		
合計	407,150			

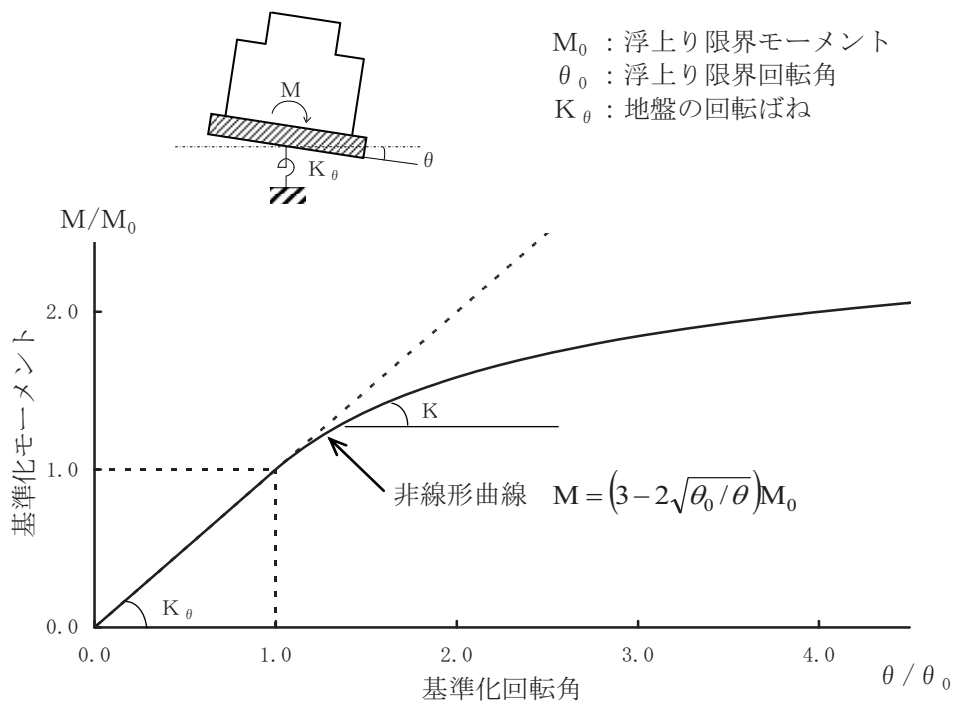
① コンクリート部(建屋・基礎スラブ)

ヤング係数 E_c	2.90×10^4 (N/mm ²)
せん断弾性係数 G	1.21×10^4 (N/mm ²)
ポアソン比 ν	0.20
減衰定数 h	5%

② 鉄骨部

ヤング係数 E_s	2.05×10^5 (N/mm ²)
せん断弾性係数 G	7.90×10^4 (N/mm ²)
ポアソン比 ν	0.30
減衰定数 h	2%

基礎形状 46.5m (NS 方向) \times 46.5m (EW 方向)



第 6.4.1-4 図 回転ばねの曲げモーメントと回転角の関係

第 6.4.1-3 表(1) 地盤定数

(Ss-1)

標高 T. M. S. L. (m)	地層	せん断波 速度 Vs (m/s)	単位体積 重量 γ (kN/m ³)	ポアソン比 ν	せん断 弾性係数 G (N/mm ²)	初期せん断 弾性係数 G ₀ (N/mm ²)	剛性 低下率 G/G ₀	ヤング 係数 E (N/mm ²)	減衰 定数 h (%)	層厚 H (m)
12.0	〔砂層〕	140	17.9	0.41	16	35	0.47	45	14	4.0
8.0		170	17.9	0.40	10	55	0.19	29	22	4.0
4.0		200	17.9	0.40	10	70	0.15	29	24	4.0
0.0	安田層	310	17.5	0.48	128	171	0.75	378	4	9.0
-9.0	西山層	490	16.7	0.45	339	409	0.83	983	3	51.0
-60.0		560	17.2	0.44	445	550	0.81	1,281	3	40.0
-100.0		610	18.0	0.43	546	683	0.80	1,561	3	34.0
-134.0	〔解放 基盤〕	710	19.9	0.42	1,020	1,020	1.00	2,896	-	-

第 6.4.1-3 表(2) 地盤定数

(Ss-2)

標高 T. M. S. L. (m)	地層	せん断波 速度 Vs (m/s)	単位体積 重量 γ (kN/m ³)	ポアソン比 ν	せん断 弾性係数 G (N/mm ²)	初期せん断 弾性係数 G ₀ (N/mm ²)	剛性 低下率 G/G ₀	ヤング 係数 E (N/mm ²)	減衰 定数 h (%)	層厚 H (m)
12.0	〔砂層〕	140	17.9	0.41	18	35	0.53	51	11	4.0
8.0		170	17.9	0.40	11	55	0.20	30	16	4.0
4.0		200	17.9	0.40	10	70	0.15	29	19	4.0
0.0	安田層	310	17.5	0.48	126	171	0.74	372	4	9.0
-9.0	西山層	490	16.7	0.45	335	409	0.82	971	3	51.0
-60.0		560	17.2	0.44	467	550	0.85	1,344	3	40.0
-100.0		610	18.0	0.43	587	683	0.86	1,678	3	34.0
-134.0	〔解放 基盤〕	710	19.9	0.42	1,020	1,020	1.00	2,896	-	-

第 6.4.1-3 表(3) 地盤定数

(Ss-3)

標高 T. M. S. L. (m)	地層	せん断波 速度 Vs (m/s)	単位体積 重量 γ (kN/m ³)	ポアソン比 ν	せん断 弾性係数 G (N/mm ²)	初期せん断 弾性係数 G ₀ (N/mm ²)	剛性 低下率 G/G ₀	ヤング 係数 E (N/mm ²)	減衰 定数 h (%)	層厚 H (m)
12.0	〔砂層〕	140	17.9	0.41	20	35	0.57	55	10	4.0
8.0		170	17.9	0.40	14	55	0.25	38	20	4.0
4.0		200	17.9	0.40	9	70	0.13	25	28	4.0
0.0	安田層	310	17.5	0.48	119	171	0.70	352	4	9.0
-9.0	西山層	490	16.7	0.45	323	409	0.79	936	3	51.0
-60.0		560	17.2	0.44	418	550	0.76	1,203	3	40.0
-100.0		610	18.0	0.43	519	683	0.76	1,484	3	34.0
-134.0	〔解放 基盤〕	710	19.9	0.42	1,020	1,020	1.00	2,896	-	-

第 6.4.1-3 表(4) 地盤定数

(Ss-4)

標高 T. M. S. L. (m)	地層	せん断波 速度 Vs (m/s)	単位体積 重量 γ (kN/m ³)	ポアソン比 ν	せん断 弾性係数 G (N/mm ²)	初期せん断 弾性係数 G ₀ (N/mm ²)	剛性 低下率 G/G ₀	ヤング 係数 E (N/mm ²)	減衰 定数 h (%)	層厚 H (m)
12.0	〔砂層〕	140	17.9	0.41	19	35	0.55	53	9	4.0
8.0		170	17.9	0.40	14	55	0.25	38	14	4.0
4.0		200	17.9	0.40	13	70	0.19	36	13	4.0
0.0	安田層	310	17.5	0.48	136	171	0.80	402	3	9.0
-9.0	西山層	490	16.7	0.45	359	409	0.88	1,041	3	51.0
-60.0		560	17.2	0.44	478	550	0.87	1,376	3	40.0
-100.0		610	18.0	0.43	587	683	0.86	1,678	3	34.0
-134.0	〔解放 基盤〕	710	19.9	0.42	1,020	1,020	1.00	2,896	-	-

第 6.4.1-3 表(5) 地盤定数

(Ss-5)

標高 T. M. S. L. (m)	地層	せん断波 速度 Vs (m/s)	単位体積 重量 γ (kN/m ³)	ポアソン比 ν	せん断 弾性係数 G (N/mm ²)	初期せん断 弾性係数 G ₀ (N/mm ²)	剛性 低下率 G/G ₀	ヤング 係数 E (N/mm ²)	減衰 定数 h (%)	層厚 H (m)
12.0	〔砂層〕	140	17.9	0.41	17	35	0.48	46	8	4.0
8.0		170	17.9	0.40	12	55	0.22	33	11	4.0
4.0		200	17.9	0.40	18	70	0.26	50	14	4.0
0.0	安田層	310	17.5	0.48	135	171	0.79	399	4	9.0
-9.0	西山層	490	16.7	0.45	351	409	0.86	1,017	3	51.0
-60.0		560	17.2	0.44	456	550	0.83	1,313	3	40.0
-100.0		610	18.0	0.43	560	683	0.82	1,601	3	34.0
-134.0	〔解放 基盤〕	710	19.9	0.42	1,020	1,020	1.00	2,896	-	-

第 6.4.1-4 表(1) 地震応答解析に用いる基礎地盤のばね定数と減衰係数
(NS 方向, Ss-1)

ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね		減衰	
			ばね定数 ^(*1) K _c	採用振動数 (Hz)	減衰係数 ^(*2) C _c	採用振動数 ^(*3) f ₁ (Hz)
K1	3	側面・並進	5.59E+05	0.74	1.89E+05	5.32
K2	3	側面・回転	2.75E+08	0.01	2.62E+07	5.32
K3	4	側面・並進	2.91E+06	0.74	9.83E+05	5.32
K4	4	側面・回転	1.43E+09	0.01	1.36E+08	5.32
K5	5	側面・並進	5.59E+05	0.74	1.89E+05	5.32
K6	5	側面・回転	2.75E+08	0.01	2.62E+07	5.32
K7	5	底面・並進	5.01E+07	0.00	1.74E+06	5.32
K8	5	底面・回転	3.21E+10	0.00	4.44E+08	5.32

(EW 方向, Ss-1)

ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね		減衰	
			ばね定数 ^(*1) K _c	採用振動数 (Hz)	減衰係数 ^(*2) C _c	採用振動数 ^(*3) f ₁ (Hz)
K1	3	側面・並進	5.59E+05	0.74	1.87E+05	5.14
K2	3	側面・回転	2.75E+08	0.01	2.61E+07	5.14
K3	4	側面・並進	2.91E+06	0.74	9.71E+05	5.14
K4	4	側面・回転	1.43E+09	0.01	1.36E+08	5.14
K5	5	側面・並進	5.59E+05	0.74	1.87E+05	5.14
K6	5	側面・回転	2.75E+08	0.01	2.61E+07	5.14
K7	5	底面・並進	5.01E+07	0.00	1.74E+06	5.14
K8	5	底面・回転	3.21E+10	0.00	4.35E+08	5.14

(*1) K1, K3, K5, K7はkN/m K2, K4, K6, K8はkNm/rad

(*2) K1, K3, K5, K7はkNs/m K2, K4, K6, K8はkNsm/rad

(*3) f₁は連成系の1次固有振動数

第 6.4.1-4 表(2) 地震応答解析に用いる基礎地盤のばね定数と減衰係数
(NS 方向, Ss-2)

ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね		減衰	
			ばね定数 ^(*1) K _c	採用振動数 (Hz)	減衰係数 ^(*2) C _c	採用振動数 ^(*3) f ₁ (Hz)
K1	3	側面・並進	5.51E+05	0.72	1.88E+05	5.30
K2	3	側面・回転	2.71E+08	0.01	2.60E+07	5.30
K3	4	側面・並進	2.86E+06	0.72	9.77E+05	5.30
K4	4	側面・回転	1.41E+09	0.01	1.35E+08	5.30
K5	5	側面・並進	5.51E+05	0.72	1.88E+05	5.30
K6	5	側面・回転	2.71E+08	0.01	2.60E+07	5.30
K7	5	底面・並進	4.96E+07	0.00	1.73E+06	5.30
K8	5	底面・回転	3.19E+10	0.00	4.43E+08	5.30

(EW 方向, Ss-2)

ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね		減衰	
			ばね定数 ^(*1) K _c	採用振動数 (Hz)	減衰係数 ^(*2) C _c	採用振動数 ^(*3) f ₁ (Hz)
K1	3	側面・並進	5.51E+05	0.72	1.86E+05	5.12
K2	3	側面・回転	2.71E+08	0.01	2.59E+07	5.12
K3	4	側面・並進	2.86E+06	0.72	9.65E+05	5.12
K4	4	側面・回転	1.41E+09	0.01	1.35E+08	5.12
K5	5	側面・並進	5.51E+05	0.72	1.86E+05	5.12
K6	5	側面・回転	2.71E+08	0.01	2.59E+07	5.12
K7	5	底面・並進	4.96E+07	0.00	1.73E+06	5.12
K8	5	底面・回転	3.19E+10	0.00	4.34E+08	5.12

(*1) K1, K3, K5, K7はkN/m K2, K4, K6, K8はkNm/rad

(*2) K1, K3, K5, K7はkNs/m K2, K4, K6, K8はkNsm/rad

(*3) f₁は連成系の1次固有振動数

第 6.4.1-4 表(3) 地震応答解析に用いる基礎地盤のばね定数と減衰係数

(NS 方向, Ss-3)

ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね		減衰	
			ばね定数 ^(*1) K _c	採用振動数 (Hz)	減衰係数 ^(*2) C _c	採用振動数 ^(*3) f ₁ (Hz)
K1	3	側面・並進	5.22E+05	0.71	1.83E+05	5.20
K2	3	側面・回転	2.57E+08	0.01	2.53E+07	5.20
K3	4	側面・並進	2.71E+06	0.71	9.53E+05	5.20
K4	4	側面・回転	1.33E+09	0.01	1.32E+08	5.20
K5	5	側面・並進	5.22E+05	0.71	1.83E+05	5.20
K6	5	側面・回転	2.57E+08	0.01	2.53E+07	5.20
K7	5	底面・並進	4.77E+07	0.00	1.70E+06	5.20
K8	5	底面・回転	3.05E+10	0.00	4.34E+08	5.20

(EW 方向, Ss-3)

ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね		減衰	
			ばね定数 ^(*1) K _c	採用振動数 (Hz)	減衰係数 ^(*2) C _c	採用振動数 ^(*3) f ₁ (Hz)
K1	3	側面・並進	5.22E+05	0.71	1.81E+05	5.03
K2	3	側面・回転	2.57E+08	0.01	2.52E+07	5.03
K3	4	側面・並進	2.71E+06	0.71	9.42E+05	5.03
K4	4	側面・回転	1.33E+09	0.01	1.31E+08	5.03
K5	5	側面・並進	5.22E+05	0.71	1.81E+05	5.03
K6	5	側面・回転	2.57E+08	0.01	2.52E+07	5.03
K7	5	底面・並進	4.77E+07	0.00	1.69E+06	5.03
K8	5	底面・回転	3.05E+10	0.00	4.25E+08	5.03

(*1) K1, K3, K5, K7はkN/m K2, K4, K6, K8はkNm/rad

(*2) K1, K3, K5, K7はkNs/m K2, K4, K6, K8はkNsm/rad

(*3) f₁は連成系の1次固有振動数

第 6.4.1-4 表(4) 地震応答解析に用いる基礎地盤のばね定数と減衰係数

(NS 方向, Ss-4)

ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね		減衰	
			ばね定数 ^(*1) K _c	採用振動数 (Hz)	減衰係数 ^(*2) C _c	採用振動数 ^(*3) f ₁ (Hz)
K1	3	側面・並進	5.97E+05	0.76	1.95E+05	5.46
K2	3	側面・回転	2.94E+08	0.01	2.70E+07	5.46
K3	4	側面・並進	3.11E+06	0.76	1.01E+06	5.46
K4	4	側面・回転	1.53E+09	0.01	1.41E+08	5.46
K5	5	側面・並進	5.97E+05	0.76	1.95E+05	5.46
K6	5	側面・回転	2.94E+08	0.01	2.70E+07	5.46
K7	5	底面・並進	5.31E+07	0.00	1.79E+06	5.46
K8	5	底面・回転	3.40E+10	0.00	4.57E+08	5.46

(EW 方向, Ss-4)

ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね		減衰	
			ばね定数 ^(*1) K _c	採用振動数 (Hz)	減衰係数 ^(*2) C _c	採用振動数 ^(*3) f ₁ (Hz)
K1	3	側面・並進	5.97E+05	0.76	1.93E+05	5.27
K2	3	側面・回転	2.94E+08	0.01	2.70E+07	5.27
K3	4	側面・並進	3.11E+06	0.76	1.00E+06	5.27
K4	4	側面・回転	1.53E+09	0.01	1.40E+08	5.27
K5	5	側面・並進	5.97E+05	0.76	1.93E+05	5.27
K6	5	側面・回転	2.94E+08	0.01	2.70E+07	5.27
K7	5	底面・並進	5.31E+07	0.00	1.79E+06	5.27
K8	5	底面・回転	3.40E+10	0.00	4.47E+08	5.27

(*1) K1, K3, K5, K7はkN/m K2, K4, K6, K8はkNm/rad

(*2) K1, K3, K5, K7はkNs/m K2, K4, K6, K8はkNsm/rad

(*3) f₁は連成系の1次固有振動数

第 6.4.1-4 表(5) 地震応答解析に用いる基礎地盤のばね定数と減衰係数

(NS 方向, Ss-5)

ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね		減衰	
			ばね定数 ^(*1) K _c	採用振動数 (Hz)	減衰係数 ^(*2) C _c	採用振動数 ^(*3) f ₁ (Hz)
K1	3	側面・並進	5.93E+05	0.76	1.94E+05	5.39
K2	3	側面・回転	2.92E+08	0.01	2.69E+07	5.39
K3	4	側面・並進	3.08E+06	0.76	1.01E+06	5.39
K4	4	側面・回転	1.52E+09	0.01	1.40E+08	5.39
K5	5	側面・並進	5.93E+05	0.76	1.94E+05	5.39
K6	5	側面・回転	2.92E+08	0.01	2.69E+07	5.39
K7	5	底面・並進	5.16E+07	0.00	1.76E+06	5.39
K8	5	底面・回転	3.31E+10	0.00	4.50E+08	5.39

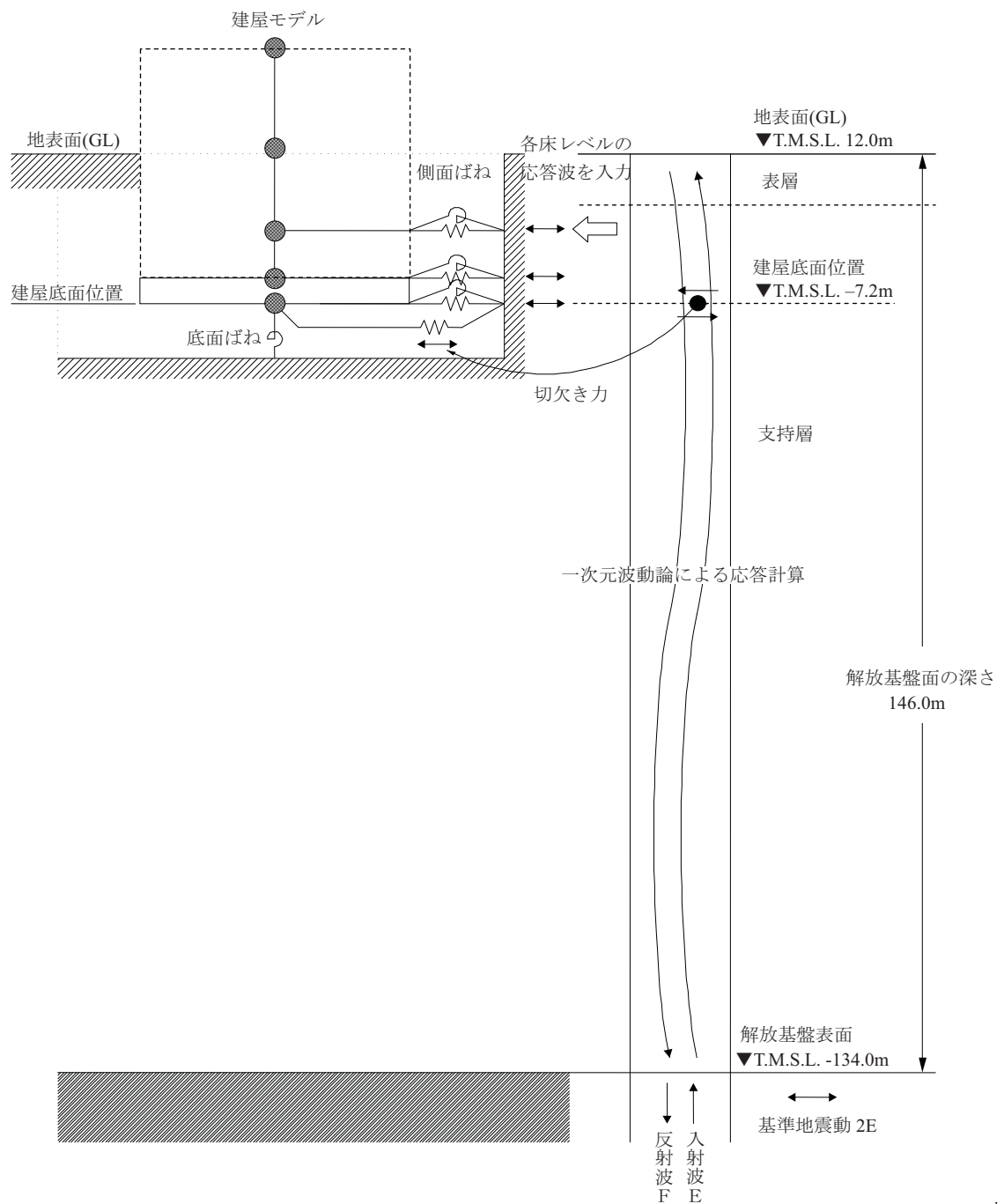
(EW 方向, Ss-5)

ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね		減衰	
			ばね定数 ^(*1) K _c	採用振動数 (Hz)	減衰係数 ^(*2) C _c	採用振動数 ^(*3) f ₁ (Hz)
K1	3	側面・並進	5.93E+05	0.76	1.91E+05	5.21
K2	3	側面・回転	2.92E+08	0.01	2.69E+07	5.21
K3	4	側面・並進	3.08E+06	0.76	9.95E+05	5.21
K4	4	側面・回転	1.52E+09	0.01	1.40E+08	5.21
K5	5	側面・並進	5.93E+05	0.76	1.91E+05	5.21
K6	5	側面・回転	2.92E+08	0.01	2.69E+07	5.21
K7	5	底面・並進	5.16E+07	0.00	1.76E+06	5.21
K8	5	底面・回転	3.31E+10	0.00	4.42E+08	5.21

(*1) K1, K3, K5, K7はkN/m K2, K4, K6, K8はkNm/rad

(*2) K1, K3, K5, K7はkNs/m K2, K4, K6, K8はkNsm/rad

(*3) f₁は連成系の1次固有振動数



第 6.4.1-5 図 地震応答解析モデルに入力する地震動の概念図
(水平方向)

(b) 鉛直方向の地震応答解析モデル

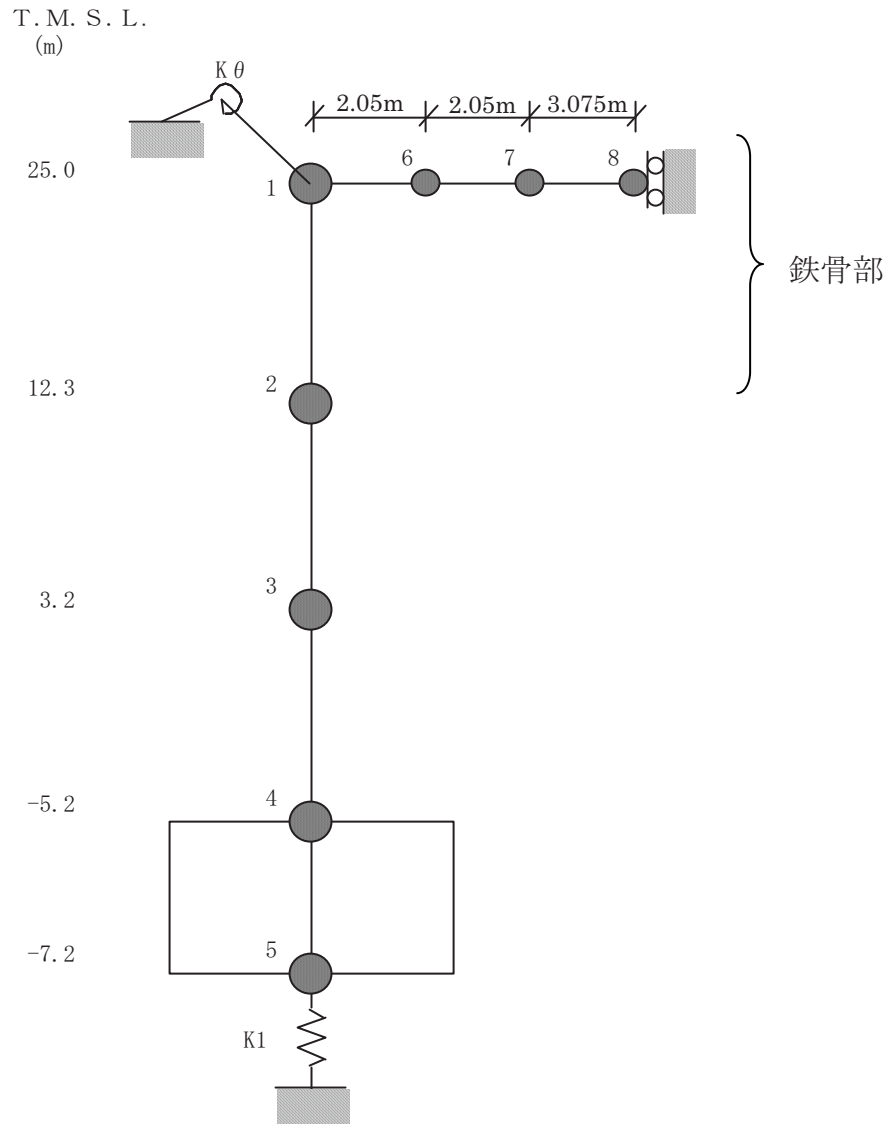
鉛直方向の地震応答解析モデルは、耐震壁の軸剛性および屋根部の曲げせん断剛性を評価した質点系モデルとする。鉛直方向の地震応答解析モデルを第 6.4.1-6 図に、解析モデルの諸元を第 6.4.1-5 表に示す。

地盤は、地盤調査に基づき水平成層地盤とし、基礎底面地盤ばねについては、スウェイおよびロッキングばね定数の評価法と同様、成層補正を行ったのち、振動アドミッタンス理論に基づいて、鉛直ばね定数を近似法により評価する。

第 6.4.1-6 表に地震応答解析に用いる地盤のばね定数と減衰係数を示す。なお、地盤調査に基づく地盤定数は第 6.4.1-3 表に示すとおりである。

鉛直方向の地震応答解析は、弾性応答解析とする。

入力地震動は、一次元波動論に基づき、解放基盤表面レベルに想定する基準地震動 S_s に対する地盤の応答として評価したものであり、基礎底面レベルに直接入力する。第 6.4.1-7 図に、地震応答解析モデルに入力する地震動の概念図を示す。



第 6.4.1-6 図 地震応答解析モデル（鉛直方向）

第 6.4.1-5 表 解析モデルの諸元

(鉛直方向)

建屋			屋根			
質点番号	質点重量 W (kN)	軸断面積 A_N (m ²)	質点番号	質点重量 W (kN)	せん断断面積 A_s (m ²)	断面2次モーメント I (m ⁴)
1	4,214	0.78	1	-	0.1728	0.04932
2	88,040		6	782		
3	124,230	214.1	7	782	0.1728	0.04932
4	119,650	425.0	8	782	0.1728	0.04932
5	68,670	2162.3				
合計	407,150					

① コンクリート部(建屋・基礎スラブ)

ヤング係数 E_c	2.90×10^4 (N/mm ²)
せん断弾性係数 G	1.21×10^4 (N/mm ²)
ポアソン比 ν	0.20
減衰定数 h	5%

② 鉄骨部

ヤング係数 E_s	2.05×10^5 (N/mm ²)
せん断弾性係数 G	7.90×10^4 (N/mm ²)
ポアソン比 ν	0.30
減衰定数 h	2%

屋根端部回転拘束ばね $K_\theta = 4.52 \times 10^6$ (kNm/rad)

基礎形状 46.5m (NS 方向) × 46.5m (EW 方向)

第 6.4.1-6 表 地震応答解析に用いる基礎地盤のばね定数と減衰係数

(Ss-1)

ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね		減衰	
			ばね定数 K _c (kN/m)	採用振動数 (Hz)	減衰係数 C _c (kN・s/m)	採用振動数 ^(*) f ₁ (Hz)
K1	5	底面・鉛直	8.12E+07	0.00	4.12E+06	7.02

(Ss-2)

ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね		減衰	
			ばね定数 K _c (kN/m)	採用振動数 (Hz)	減衰係数 C _c (kN・s/m)	採用振動数 ^(*) f ₁ (Hz)
K1	5	底面・鉛直	8.12E+07	0.00	4.12E+06	7.02

(Ss-3)

ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね		減衰	
			ばね定数 K _c (kN/m)	採用振動数 (Hz)	減衰係数 C _c (kN・s/m)	採用振動数 ^(*) f ₁ (Hz)
K1	5	底面・鉛直	7.73E+07	0.00	4.02E+06	6.86

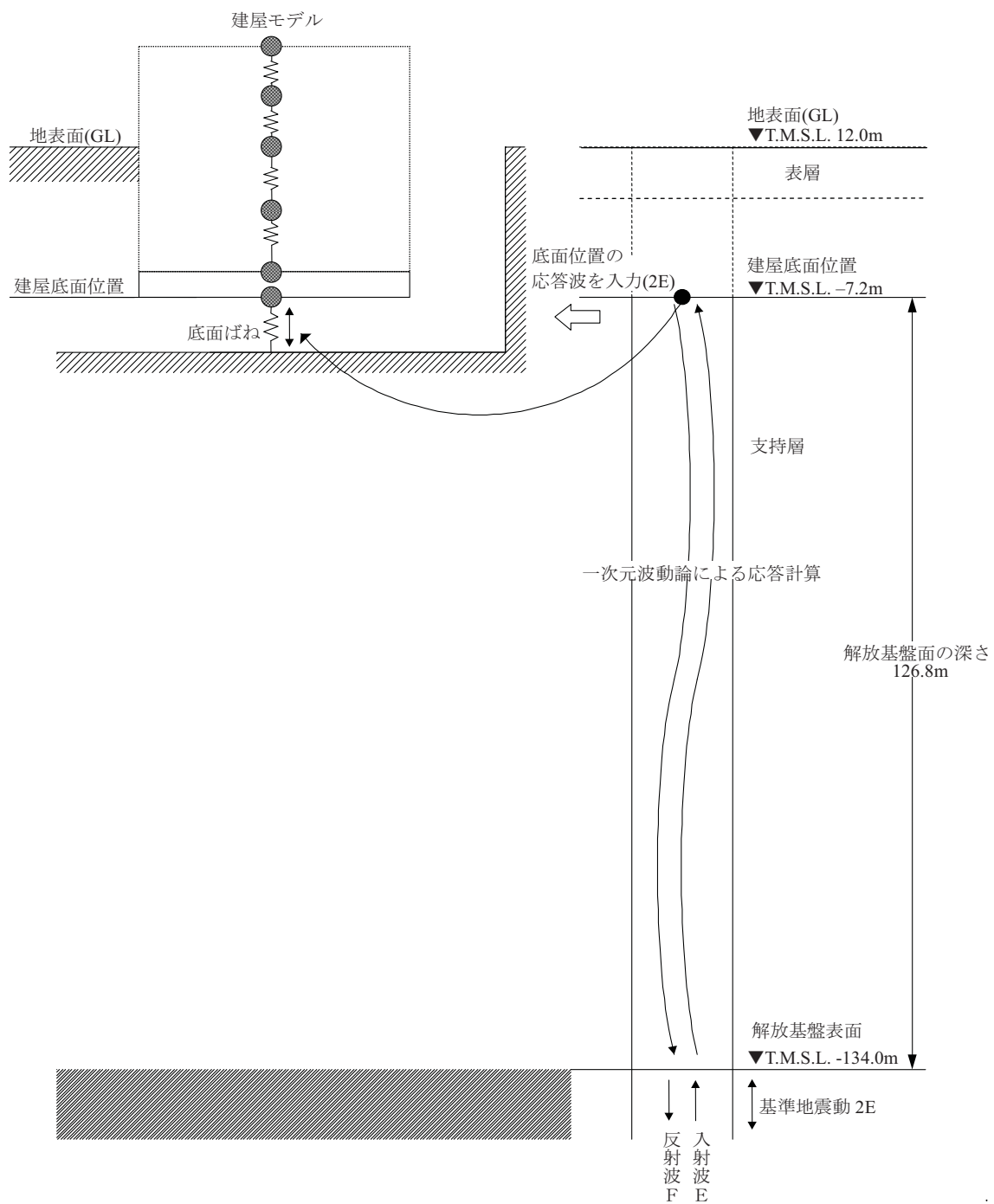
(Ss-4)

ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね		減衰	
			ばね定数 K _c (kN/m)	採用振動数 (Hz)	減衰係数 C _c (kN・s/m)	採用振動数 ^(*) f ₁ (Hz)
K1	5	底面・鉛直	8.59E+07	0.00	4.23E+06	7.20

(Ss-5)

ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね		減衰	
			ばね定数 K _c (kN/m)	採用振動数 (Hz)	減衰係数 C _c (kN・s/m)	採用振動数 ^(*) f ₁ (Hz)
K1	5	底面・鉛直	8.35E+07	0.00	4.17E+06	7.11

(*) f₁は連成系の1次固有振動数



第 6.4.1-7 図 地震応答解析モデルに入力する地震動の概念図
(鉛直方向)

6.4.1.3. 地震応答解析結果

地震応答解析モデルの固有値（固有周期，固有振動数）および刺激係数を第 6.4.1-7 表および第 6.4.1-8 表に示す。

基準地震動 S_s （水平）による最大応答値を，それぞれ第 6.4.1-8 図～第 6.4.1-13 図に示す。

基準地震動 S_s （鉛直）による最大応答値を，それぞれ第 6.4.1-14 図，第 6.4.1-15 図に示す。

第 6.4.1-7 表(1) 固有値 (固有周期, 固有振動数) および刺激係数
(水平方向)

(NS 方向, Ss-1)

次数	固有周期 (秒)	固有振動数 (Hz)	刺激係数*	備考
1	0.272	3.68	2.241	
2	0.188	5.32	-1.300	地盤建屋連成一次
3	0.100	9.98	0.210	
4	0.043	23.07	-0.057	
5	0.025	39.38	-0.023	

(NS 方向, Ss-2)

次数	固有周期 (秒)	固有振動数 (Hz)	刺激係数*	備考
1	0.272	3.68	2.260	
2	0.189	5.30	-1.320	地盤建屋連成一次
3	0.101	9.94	0.209	
4	0.043	23.06	-0.057	
5	0.025	39.38	-0.023	

(NS 方向, Ss-3)

次数	固有周期 (秒)	固有振動数 (Hz)	刺激係数*	備考
1	0.272	3.67	2.346	
2	0.192	5.20	-1.409	地盤建屋連成一次
3	0.103	9.73	0.209	
4	0.043	23.02	-0.055	
5	0.025	39.37	-0.022	

注* : モードごとに固有ベクトルの最大値を 1 に基準化して得られる刺激係数を示す。

第 6.4.1-7 表(2) 固有値 (固有周期, 固有振動数) および刺激係数
(水平方向)

(NS 方向, Ss-4)

次数	固有周期 (秒)	固有振動数 (Hz)	刺激係数*	備考
1	0.271	3.69	2.134	
2	0.183	5.46	-1.190	地盤建屋連成一次
3	0.097	10.27	0.212	
4	0.043	23.12	-0.060	
5	0.025	39.40	-0.024	

(NS 方向, Ss-5)

次数	固有周期 (秒)	固有振動数 (Hz)	刺激係数*	備考
1	0.271	3.68	2.181	
2	0.185	5.39	-1.238	地盤建屋連成一次
3	0.099	10.14	0.211	
4	0.043	23.09	-0.059	
5	0.025	39.39	-0.024	

注* : モードごとに固有ベクトルの最大値を 1 に基準化して得られる刺激係数を示す。

第 6.4.1-7 表(3) 固有値 (固有周期, 固有振動数) および刺激係数
(水平方向)

(EW 方向, Ss-1)

次数	固有周期 (秒)	固有振動数 (Hz)	刺激係数*	備考
1	0.434	2.31	1.339	
2	0.195	5.14	1.220	地盤建屋連成一次
3	0.101	9.91	0.234	
4	0.053	18.99	-0.083	
5	0.033	30.23	-0.038	

(EW 方向, Ss-2)

次数	固有周期 (秒)	固有振動数 (Hz)	刺激係数*	備考
1	0.434	2.31	1.343	
2	0.195	5.12	1.219	地盤建屋連成一次
3	0.101	9.88	0.233	
4	0.053	18.99	-0.082	
5	0.033	30.23	-0.037	

(EW 方向, Ss-3)

次数	固有周期 (秒)	固有振動数 (Hz)	刺激係数*	備考
1	0.434	2.31	1.358	
2	0.199	5.03	1.215	地盤建屋連成一次
3	0.103	9.67	0.231	
4	0.053	18.94	-0.080	
5	0.033	30.21	-0.036	

注* : モードごとに固有ベクトルの最大値を 1 に基準化して得られる刺激係数を示す。

第 6.4.1-7 表(4) 固有値 (固有周期, 固有振動数) および刺激係数
(水平方向)

(EW 方向, Ss-4)

次数	固有周期 (秒)	固有振動数 (Hz)	刺激係数*	備考
1	0.433	2.31	1.319	
2	0.190	5.27	1.227	地盤建屋連成一次
3	0.098	10.19	0.238	
4	0.052	19.07	-0.086	
5	0.033	30.25	-0.040	

(EW 方向, Ss-5)

次数	固有周期 (秒)	固有振動数 (Hz)	刺激係数*	備考
1	0.434	2.31	1.328	
2	0.192	5.21	1.224	地盤建屋連成一次
3	0.099	10.07	0.236	
4	0.053	19.03	-0.084	
5	0.033	30.24	-0.039	

注* : モードごとに固有ベクトルの最大値を 1 に基準化して得られる刺激係数を示す。

第 6.4.1-8 表(1) 固有値(固有周期, 固有振動数)および刺激係数
(鉛直方向)

(Ss-1)

次数	固有周期 (秒)	固有振動数 (Hz)	刺激係数*	備考
1	0.173	5.77	4.147	屋根一次
2	0.143	7.02	-3.205	地盤建屋連成一次
3	0.041	24.64	-0.147	
4	0.032	31.56	-0.062	
5	0.022	44.70	-0.037	

(Ss-2)

次数	固有周期 (秒)	固有振動数 (Hz)	刺激係数*	備考
1	0.173	5.77	4.147	屋根一次
2	0.143	7.02	-3.205	地盤建屋連成一次
3	0.041	24.64	-0.147	
4	0.032	31.56	-0.062	
5	0.022	44.70	-0.037	

(Ss-3)

次数	固有周期 (秒)	固有振動数 (Hz)	刺激係数*	備考
1	0.174	5.76	4.572	屋根一次
2	0.146	6.86	-3.626	地盤建屋連成一次
3	0.041	24.64	-0.140	
4	0.032	31.56	-0.059	
5	0.022	44.69	-0.035	

注* : モードごとに固有ベクトルの最大値を 1 に基準化して得られる刺激係数を示す。

第 6.4.1-8 表(2) 固有値(固有周期, 固有振動数)および刺激係数
(鉛直方向)

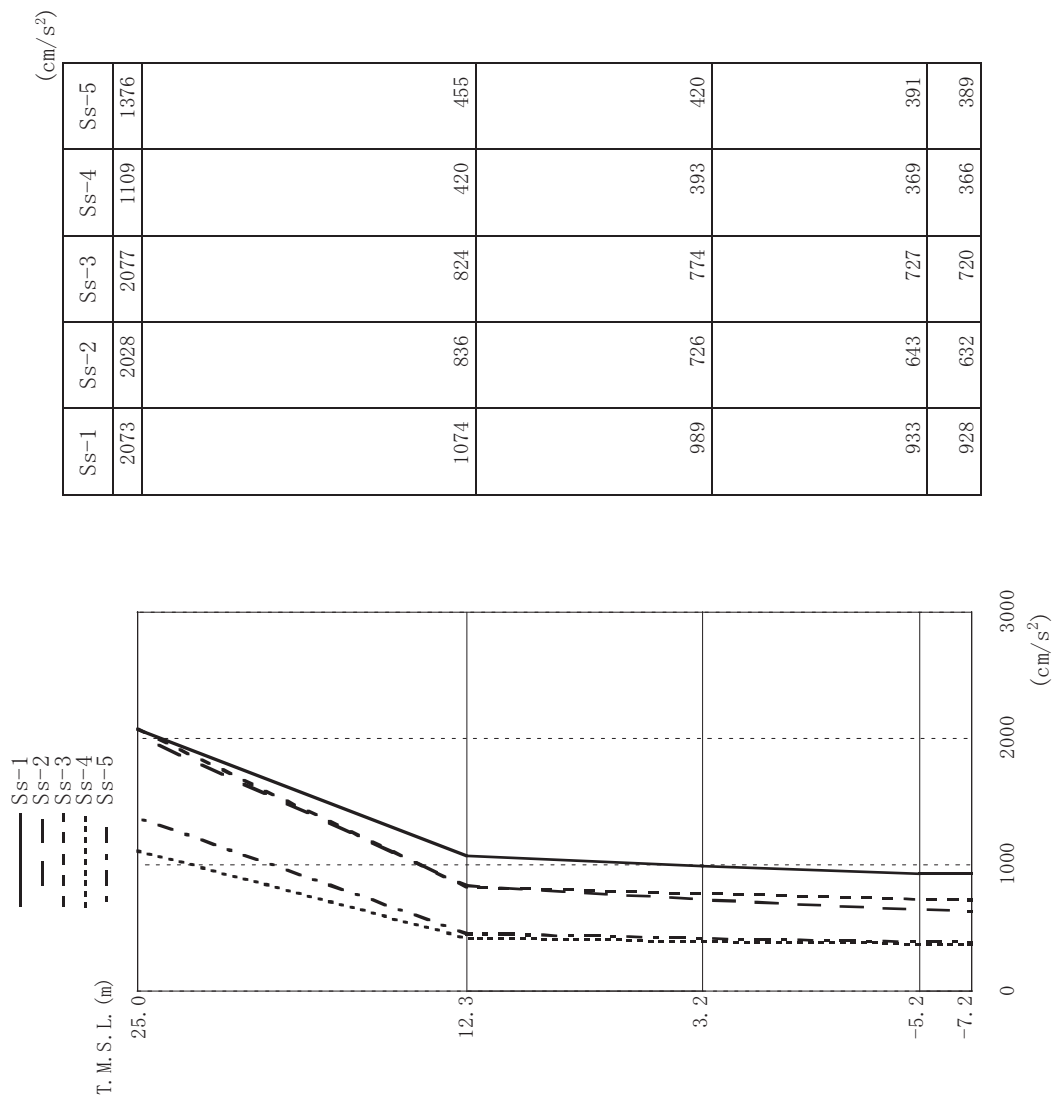
(Ss-4)

次数	固有周期 (秒)	固有振動数 (Hz)	刺激係数*	備考
1	0.173	5.77	3.759	屋根一次
2	0.139	7.20	-2.820	地盤建屋連成一次
3	0.041	24.64	-0.156	
4	0.032	31.56	-0.066	
5	0.022	44.73	-0.039	

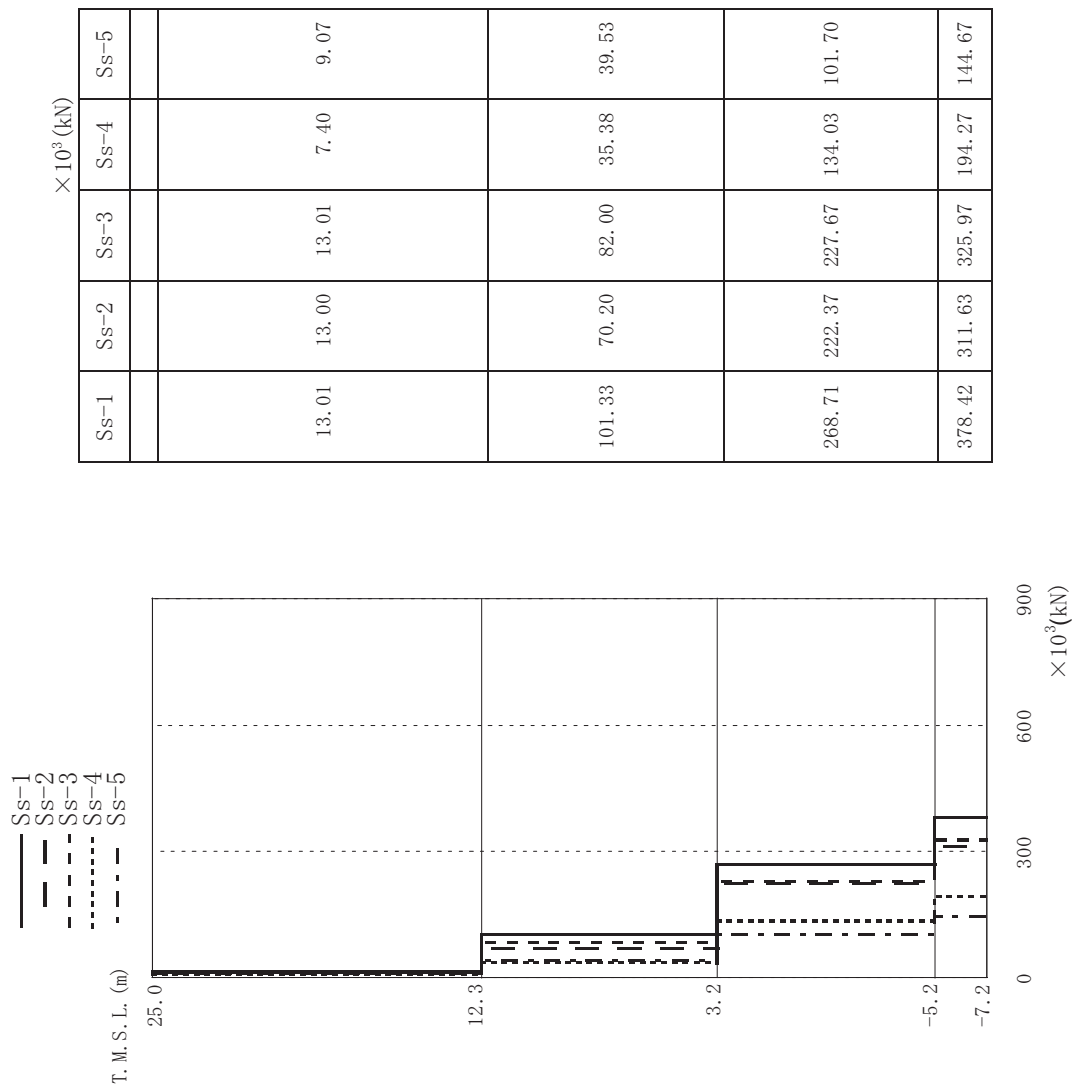
(Ss-5)

次数	固有周期 (秒)	固有振動数 (Hz)	刺激係数*	備考
1	0.173	5.77	3.943	屋根一次
2	0.141	7.11	-3.003	地盤建屋連成一次
3	0.041	24.64	-0.152	
4	0.032	31.56	-0.064	
5	0.022	44.71	-0.038	

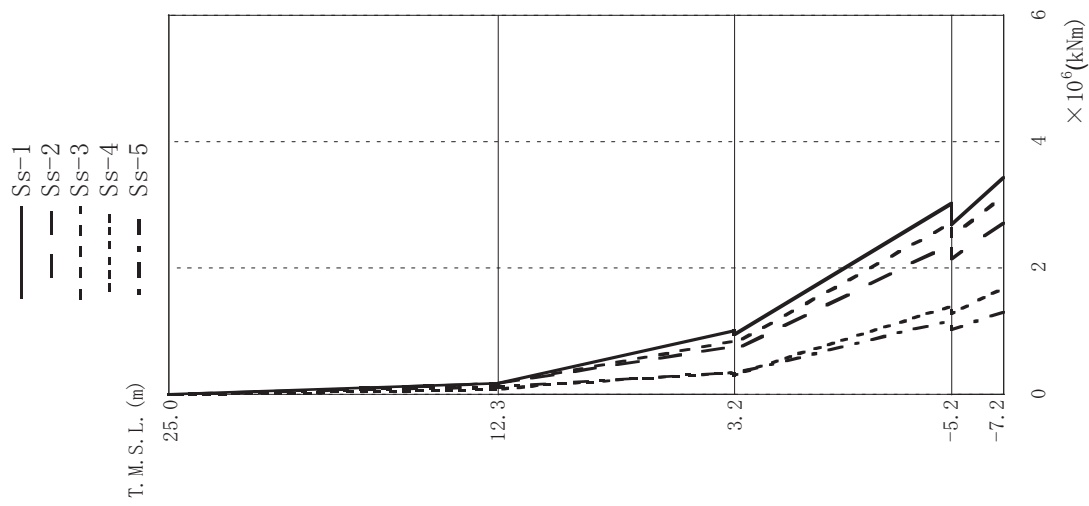
注* : モードごとに固有ベクトルの最大値を 1 に基準化して得られる刺激係数を示す。



第 6.4.1-8 图 最大応答加速度 (NS 方向)

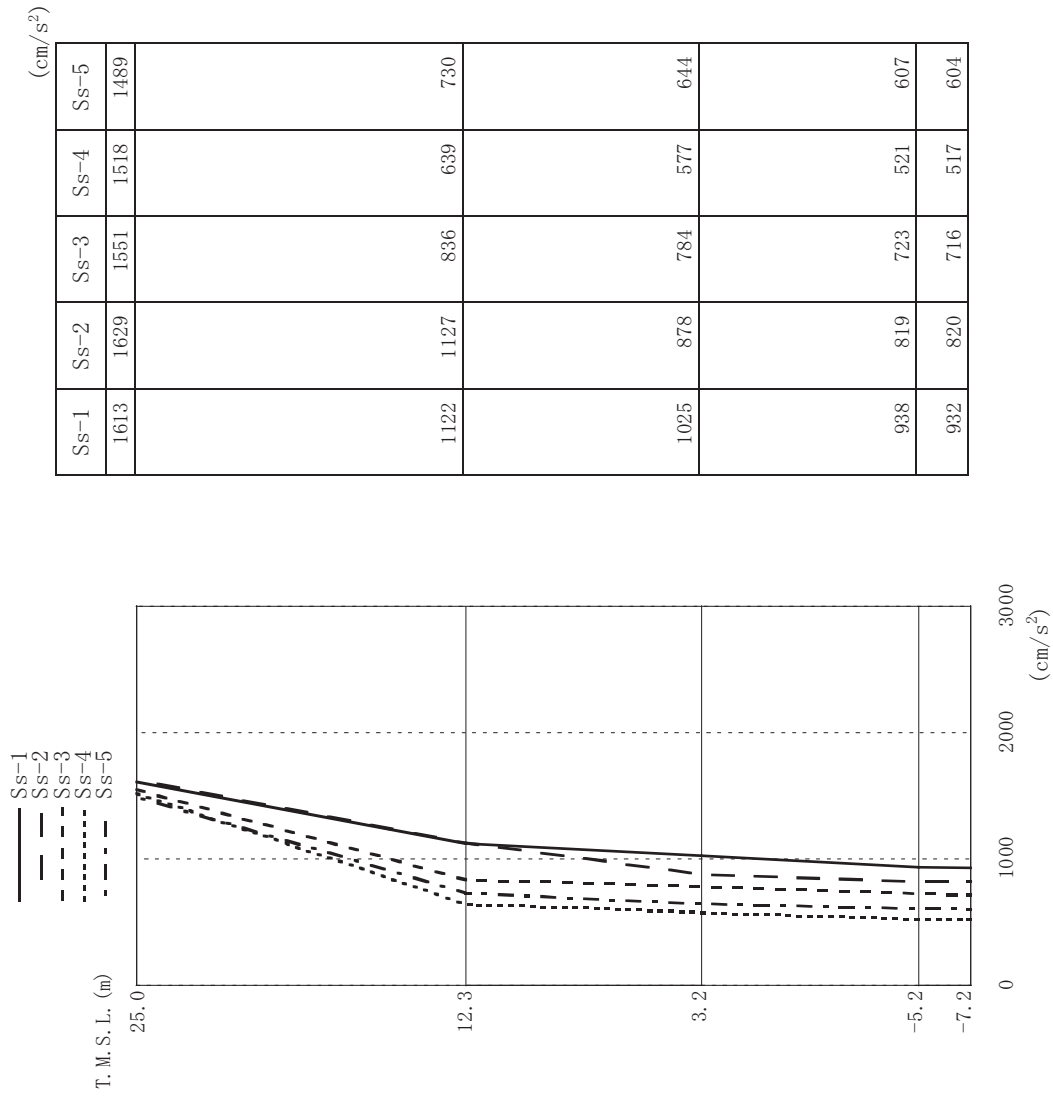


第 6.4.1-9 図 最大応答せん断力 (NS 方向)

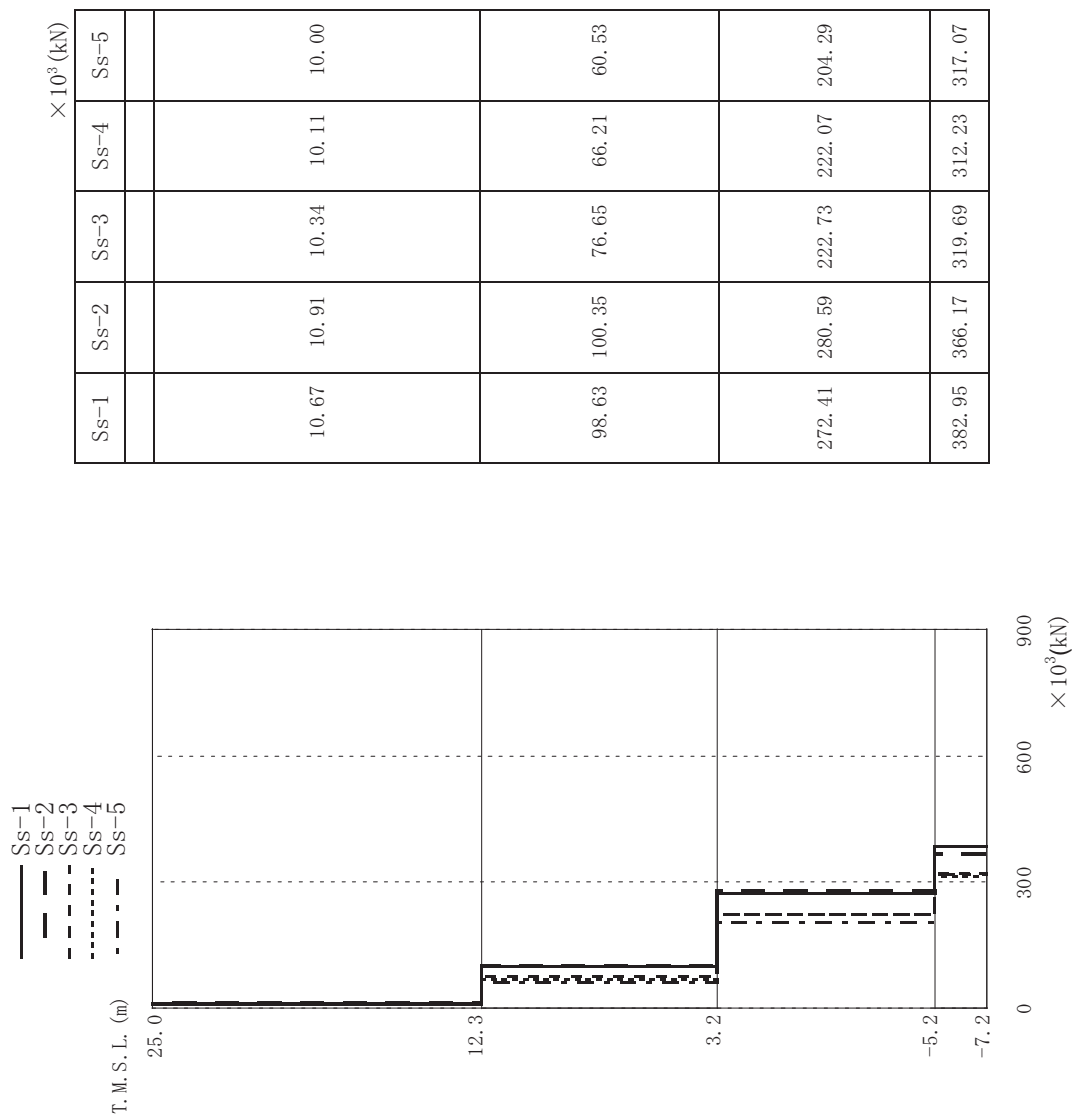


		×10 ⁶ (kNm)				
Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5		
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
0.17	0.17	0.17	0.09	0.12		
0.17	0.17	0.17	0.09	0.12		
1.00	0.75	0.85	0.34	0.35		
0.94	0.70	0.80	0.31	0.33		
3.02	2.38	2.72	1.40	1.17		
2.70	2.15	2.51	1.28	1.03		
3.43	2.72	3.15	1.67	1.30		

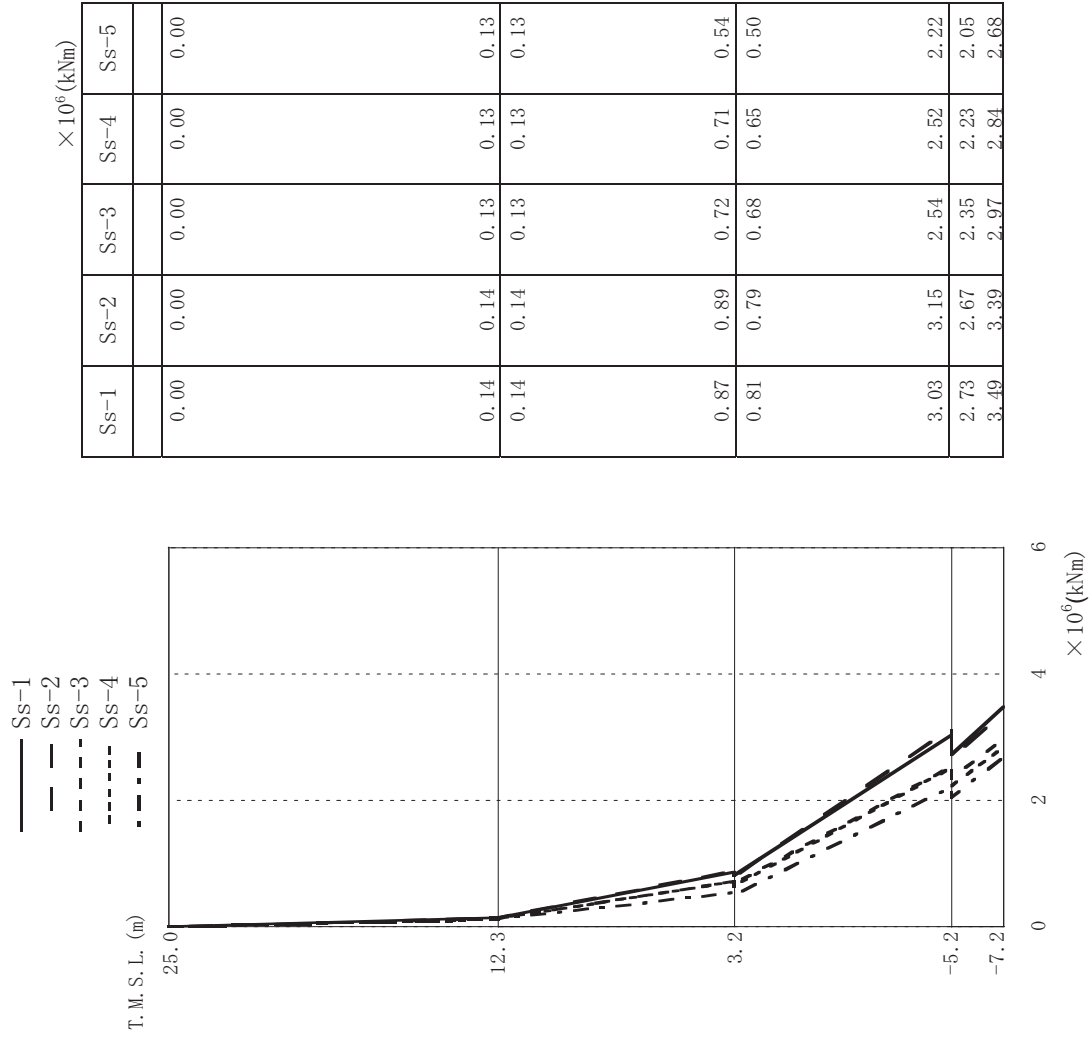
第 6.4.1-10 図 最大応答曲げモーメント (NS 方向)



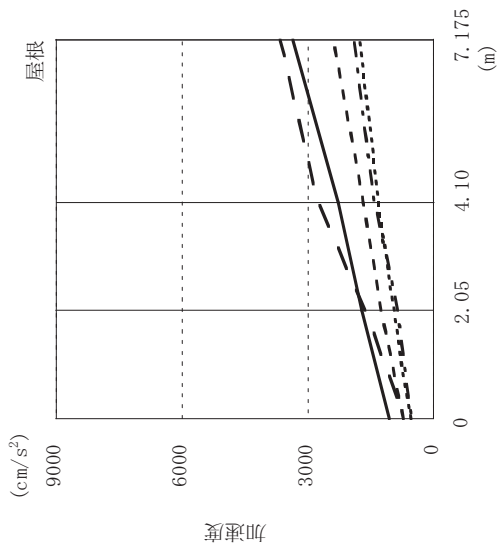
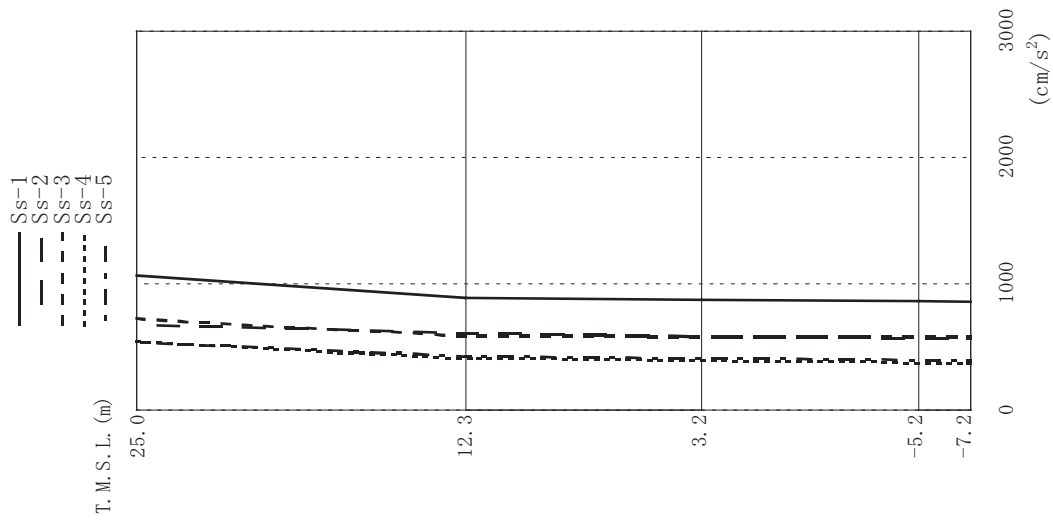
第 6.4.1-11 図 最大応答加速度 (EW 方向)



第 6.4.1-12 図 最大応答せん断力 (EW 方向)



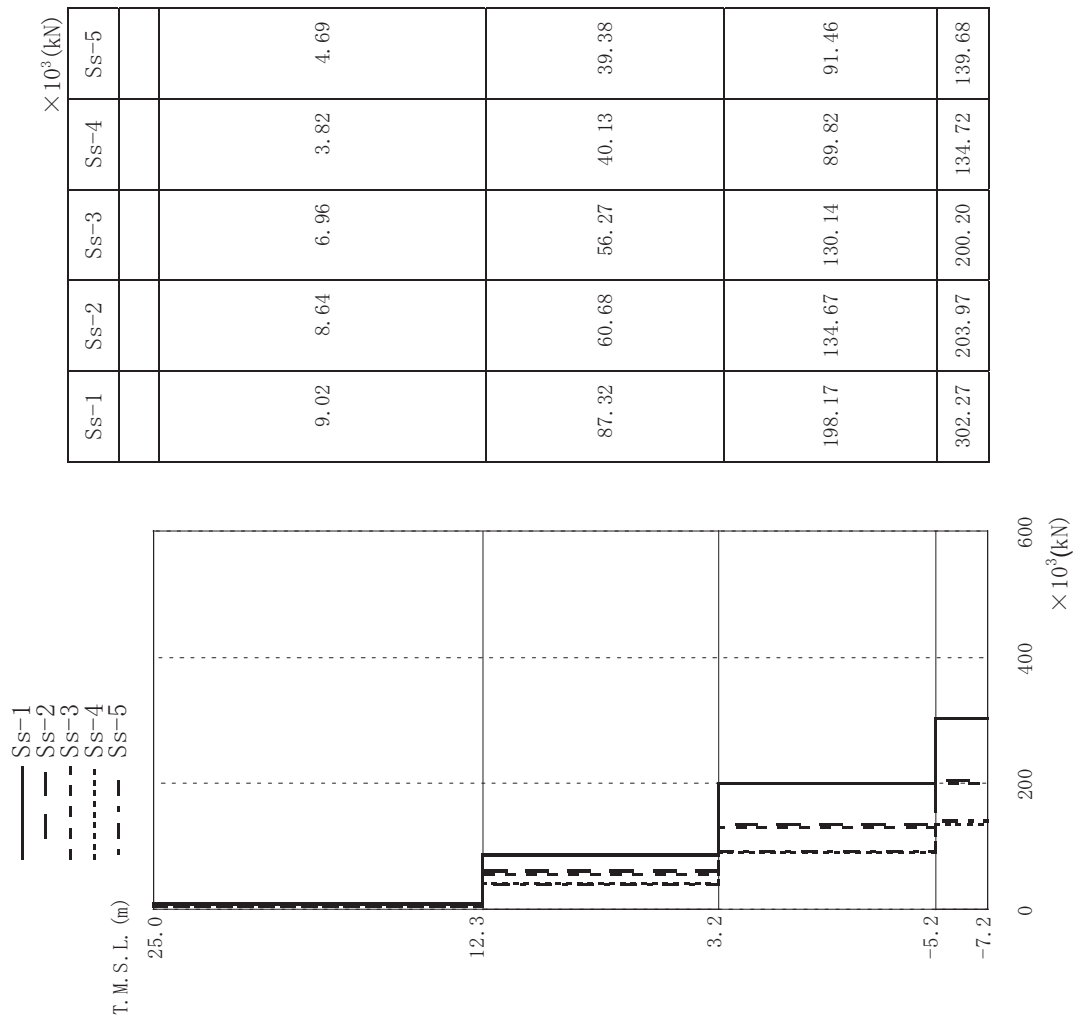
第 6.4.1-13 図 最大応答曲げモーメント (EW 方向)



		(cm/s ²)				
Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5		
1,068	677	726	545	532		
890	606	586	409	426		
874	583	583	392	410		
860	571	578	371	397		
858	570	578	370	397		

		屋根 (cm/s ²)				
Ss-1	1068	1718	2290	3354		
Ss-2	677	1635	2752	3664		
Ss-3	726	1255	1681	2389		
Ss-4	545	939	1320	1769		
Ss-5	532	866	1413	1909		

第 6.4.1-14 図 最大応答加速度 (鉛直方向)



第 6.4.1-15 図 最大応答軸力 (鉛直方向)

6.4.1.4. 接地率

地震応答解析により得られた基礎版底面位置の最大転倒モーメントと、この結果から算出した接地率の検討結果を第 6.4.1-9 表に示す。

第 6.4.1-9 表 基準地震動 S_s による地震応答解析結果に基づく接地率

	基準地震動 S _s	S _s -1	S _s -2	S _s -3	S _s -4	S _s -5
NS 方 向	浮上り限界モーメント (×10 ⁶ kNm)	3.16	3.16	3.16	3.16	3.16
	最大転倒モーメント M _{max} (×10 ⁶ kNm)	3.42	2.87	3.25	1.67	1.40
	接地率 η (%)	95.7	100.0	98.5	100.0	100.0
EW 方 向	浮上り限界モーメント (×10 ⁶ kNm)	3.16	3.16	3.16	3.16	3.16
	最大転倒モーメント M _{max} (×10 ⁶ kNm)	3.60	3.56	3.09	2.95	2.65
	接地率 η (%)	93.0	93.6	100.0	100.0	100.0

6.4.1.5. 接地圧

基準地震動 Ss による地震応答解析結果^{※1}に基づく接地圧を第 6.4.1-10 表に示す。地盤の支持力試験の最大荷重は、 4412kN/m^2 (450tf/m^2) であり、地震時接地圧に対して十分な余裕がある。

※1 水平地震動による応力と組み合わせる場合の鉛直地震動による応力は、組合せ係数法により、係数 0.4 を考慮する。

第 6.4.1-10 表(1) 基準地震動 Ss による地震応答解析結果に基づく接地圧 (Ss-1)

		NS	EW	反力分布図 () 内は下向き地震時	
鉛直力 N (kN)	上向き	318,430		[NS方向] 365.3 kN/m ² (433.6 kN/m ²)	
	下向き	495,870			
転倒モーメント M (×10 ⁵ kNm)		34.24	35.97	[EW方向] 381.9 kN/m ² (444.0 kN/m ²)	
最大接地圧※ (kN/m ²)	上向き	365.3	381.9		
	下向き	433.6	444.0		

※：地盤の支持力試験の最大荷重 4412kN/m²

(Ss-2)

		NS	EW	反力分布図 () 内は下向き地震時	
鉛直力 N (kN)	上向き	358,830		[NS方向] 337.6 kN/m ² (382.2 kN/m ²)	
	下向き	455,470			
転倒モーメント M (×10 ⁵ kNm)		28.75	35.58	[EW方向] 385.8 kN/m ² (423.0 kN/m ²)	
最大接地圧※ (kN/m ²)	上向き	337.6	385.8		
	下向き	382.2	423.0		

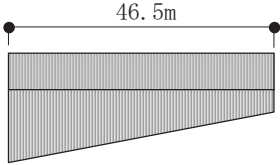
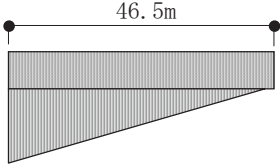
※：地盤の支持力試験の最大荷重 4412kN/m²

(Ss-3)

		NS	EW	反力分布図 () 内は下向き地震時	
鉛直力 N (kN)	上向き	332,750		[NS方向] 353.8 kN/m ² (416.6 kN/m ²)	
	下向き	481,550			
転倒モーメント M (×10 ⁵ kNm)		32.50	30.85	[EW方向] 341.3 kN/m ² (406.8 kN/m ²)	
最大接地圧※ (kN/m ²)	上向き	353.8	341.3		
	下向き	416.6	406.8		

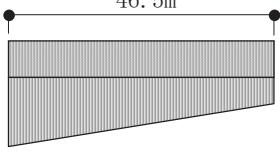
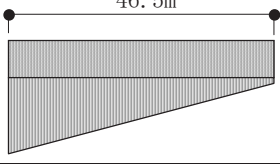
※：地盤の支持力試験の最大荷重 4412kN/m²

第 6.4.1-10 表(2) 基準地震動 Ss による地震応答解析結果に基づく接地圧
(Ss-4)

		NS	EW	反力分布図 () 内は下向き地震時	
鉛直力 N (kN)	上向き	364,870		[NS方向] 268.5 kN/m ² (307.6 kN/m ²)	
	下向き	449,430			
転倒モーメント M (×10 ⁵ kNm)		16.72	29.54	[EW方向]	
最大接地圧※ (kN/m ²)	上向き	268.5	345.2	345.2 kN/m ² (384.1 kN/m ²)	
	下向き	307.6	384.1		

※：地盤の支持力試験の最大荷重 4412kN/m²

(Ss-5)

		NS	EW	反力分布図 () 内は下向き地震時	
鉛直力 N (kN)	上向き	360,870		[NS方向] 250.2 kN/m ² (293.0 kN/m ²)	
	下向き	453,430			
転倒モーメント M (×10 ⁵ kNm)		13.96	26.50	[EW方向]	
最大接地圧※ (kN/m ²)	上向き	250.2	325.0	325.0 kN/m ² (367.8 kN/m ²)	
	下向き	293.0	367.8		

※：地盤の支持力試験の最大荷重 4412kN/m²

6.4.2. 評価基準

耐震安全性評価に当たっては、機能維持部位が構造物として変形能力（終局耐力時の変形）について十分な余裕を有し、建物の終局耐力に対し、妥当な安全余裕を有していることを確認する観点から、海水熱交換器建屋の主たる耐震要素である耐震壁の安全性について評価する。

評価は、機能維持部位における耐震壁の基準地震動 S_s による最大せん断ひずみが、評価基準値（ 2.0×10^{-3} ）を超えないことを確認する（「JEAG 4601-1991」に準拠）。

6.4.3. 耐震安全性評価結果

第 6.4.3-1 表および第 6.4.3-2 表に機能維持部位における耐震壁のせん断ひずみ一覧を示す。また、第 6.4.3-1 図～第 6.4.3-4 図に基準地震動 S_s に対する最大応答値を耐震壁のせん断スケルトン曲線上に示す。せん断ひずみは、最大で 0.16×10^{-3} ($S_s=2$, EW 方向, B2F) であり、評価基準値 (2.0×10^{-3}) を満足している。

第6.4.3-1表 機能維持部位における耐震壁のせん断ひずみ一覧
(NS方向)

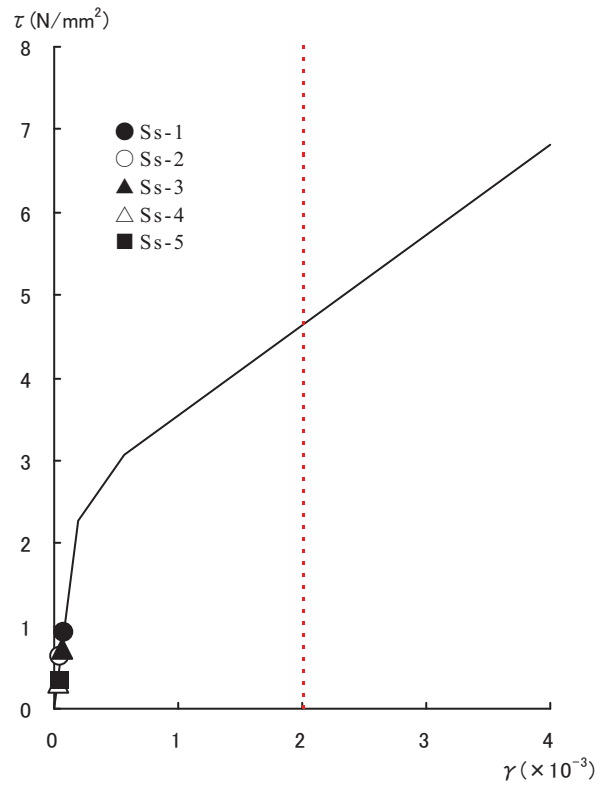
($\times 10^{-3}$)

階	Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	評価 基準値
B1F	0.08	0.05	0.06	0.03	0.03	2.0以下
B2F	0.08	0.07	0.07	0.04	0.03	

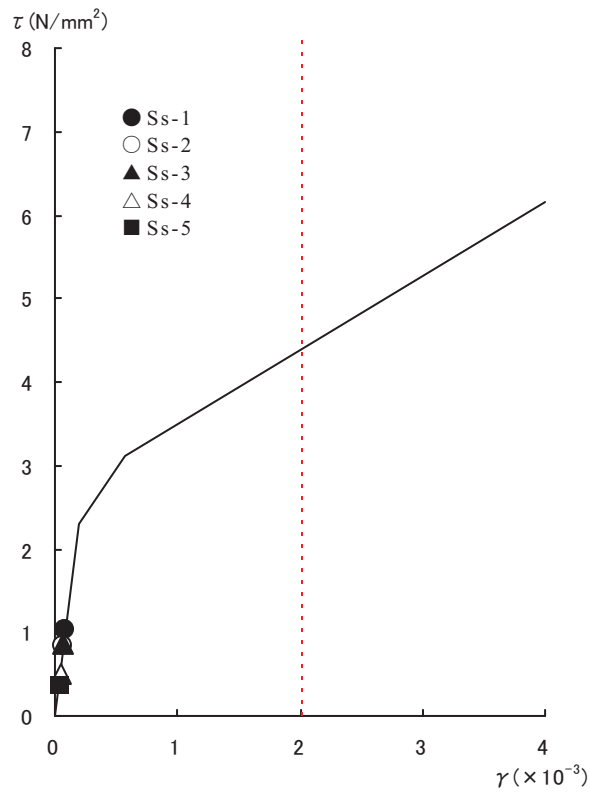
第6.4.3-2表 機能維持部位における耐震壁のせん断ひずみ一覧
(EW方向)

($\times 10^{-3}$)

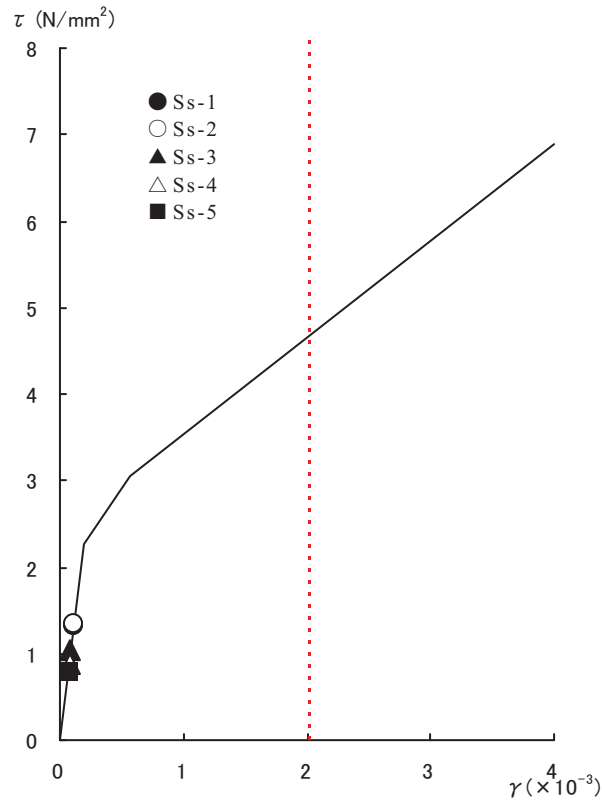
階	Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	評価 基準値
B1F	0.11	0.11	0.09	0.07	0.07	2.0以下
B2F	0.15	0.16	0.13	0.13	0.12	



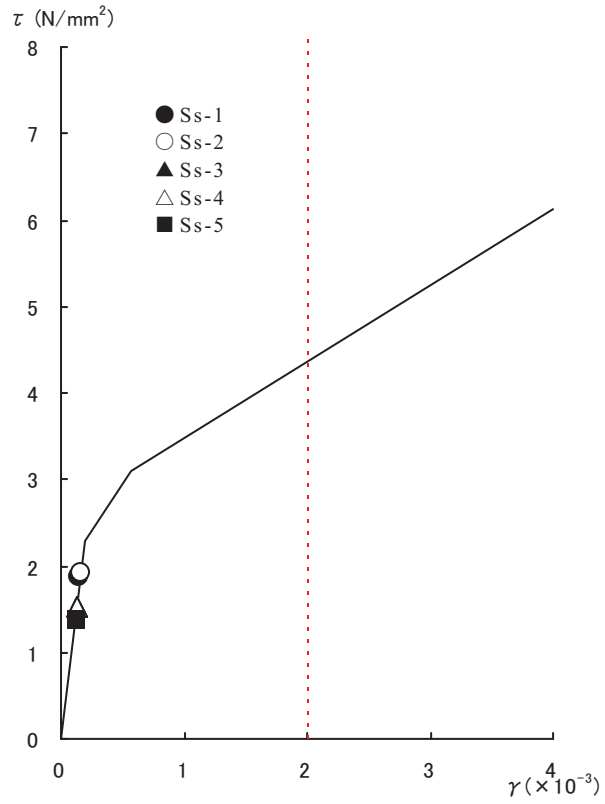
第 6.4.3-1 図 せん断スケルトン曲線上の最大応答値 (NS 方向, B1F)



第 6.4.3-2 図 せん断スケルトン曲線上の最大応答値 (NS 方向, B2F)



第 6.4.3-3 図 せん断スケルトン曲線上の最大応答値 (EW 方向, B1F)



第 6.4.3-4 図 せん断スケルトン曲線上の最大応答値 (EW 方向, B2F)

6.5. 排気筒の耐震安全性評価

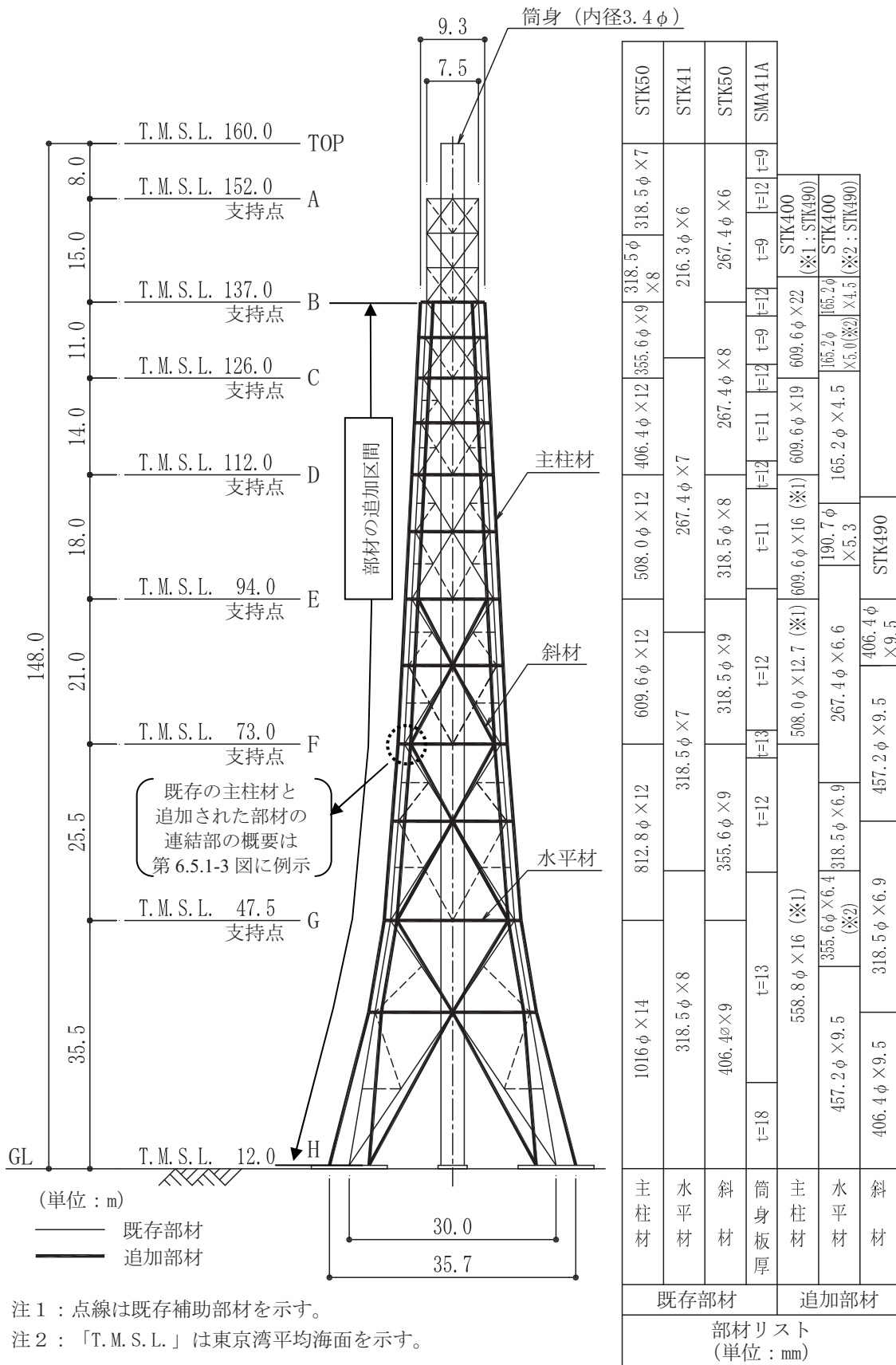
6.5.1. 地震応答解析

6.5.1.1. 排気筒の概要

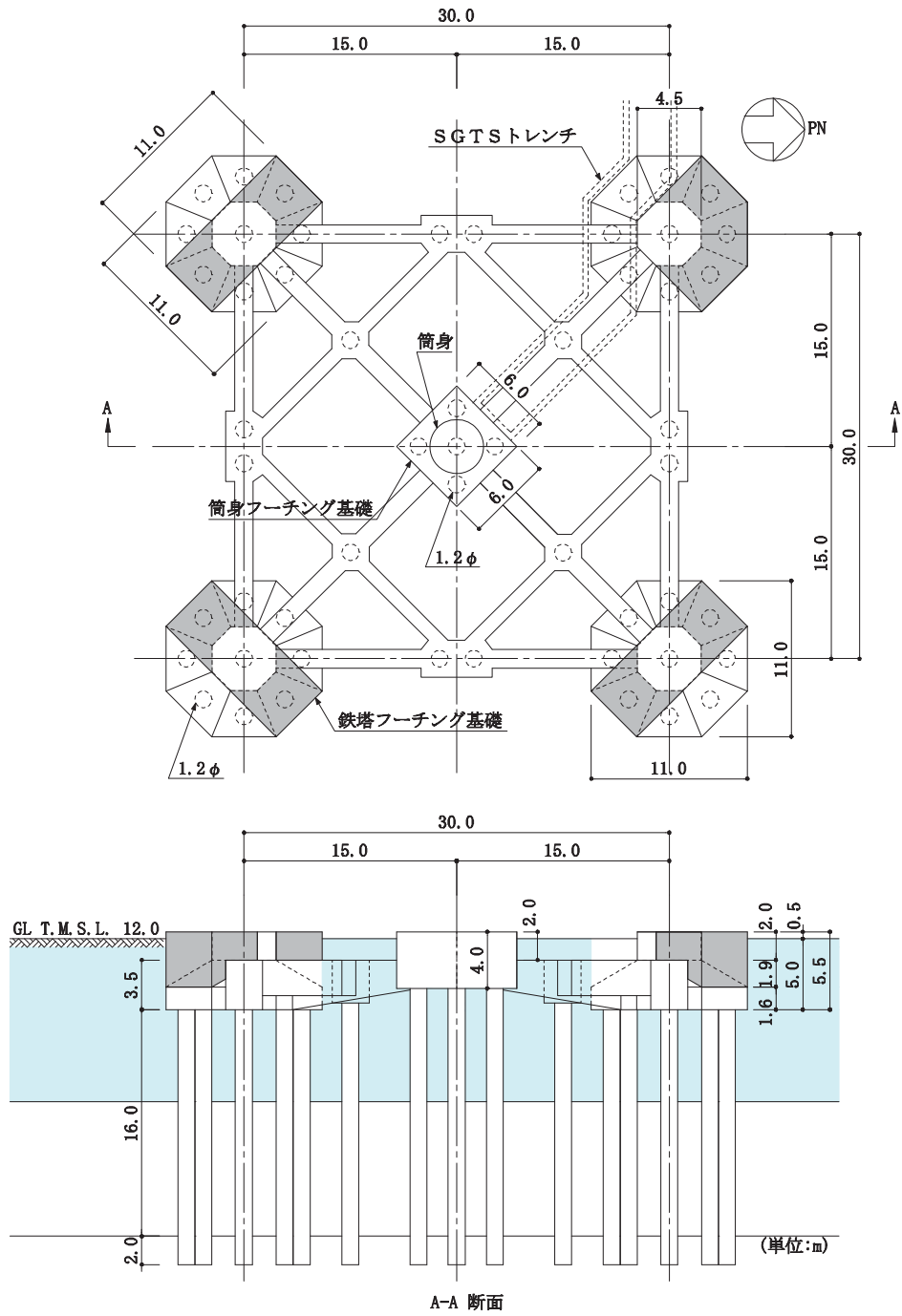
本排気筒は、高さ 148.0m、内径 3.4m の筒身を鋼管四角形鉄塔で支えた鉄塔支持型排気筒で、鉄塔部は T.M.S.L.137m まで既存の主柱材や斜材または水平材に沿って部材が追加され主柱材にブラケット等により剛結されている。また、この筒身内部には、非常用ガス処理系（以下、「SGTS」という）用排気筒があり、筒身に支持されている。

この筒身および支持鉄塔は、鉄筋コンクリート構造物のフーチング基礎と杭を介して泥岩盤上に設置される。なお、排気筒直下の砂地盤は、セメント系固化材による地盤改良を実施している。

排気筒およびその基礎の概要を第 6.5.1-1 図および第 6.5.1-2 図に、排気筒中間部の既存主柱材と追加された柱材との連結部の概要を第 6.5.1-3 図に、物性値を第 6.5.1-1 表に示す。



第 6.5.1-1 図 排気筒の概要



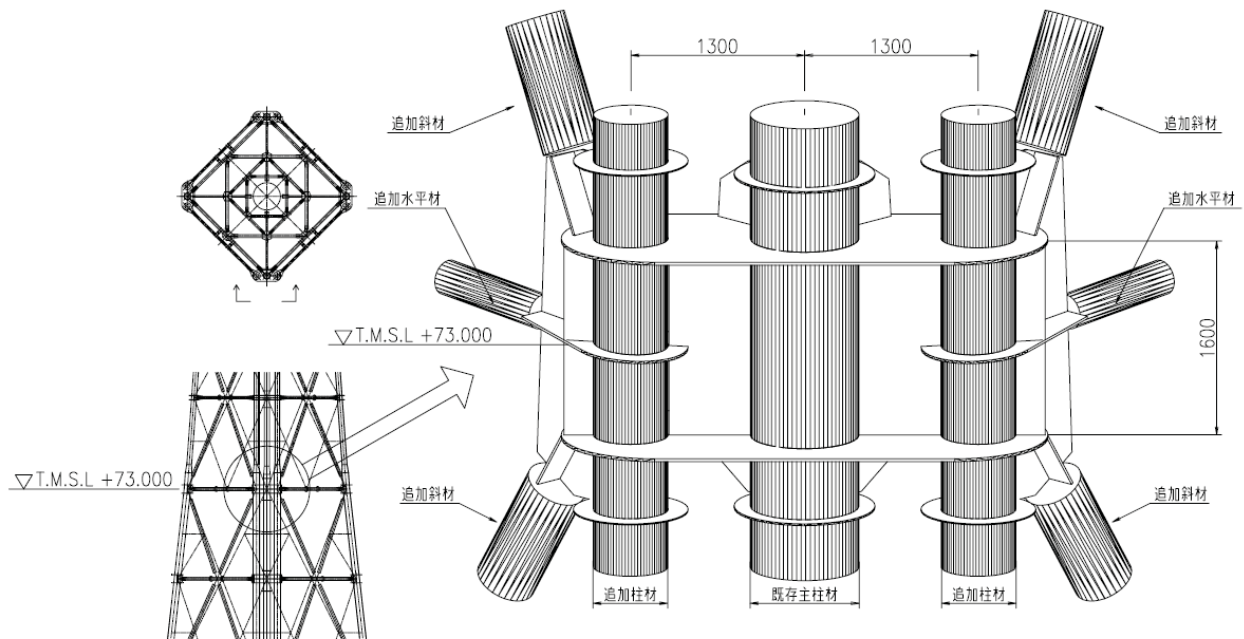
A-A 断面

- 注 1 : ----- は既存フーチングの位置を示す。
- 注 2 : ■■■ はフーチング基礎の増打ち部を示す。
- 注 3 : ■■■ は基礎廻りの地盤改良土の概ねの範囲を示す。

第 6.5.1-2 図 基礎の概要

第 6.5.1-1 表 排気筒の物性値

部 位	材 料	ヤング係数 E (N/mm ²)	ポアソン比 ν	単位体積重量 γ (kN/m ³)	減衰定数 h (%)
鉄塔部 筒身部	鉄 骨	2.05×10 ⁵	0.3	77.0	2
基 礎 杭 体	コンクリート	2.90×10 ⁴ 2.25×10 ⁴	0.2	24.5 24.0	5



(a) 矢視図

(b) 拡大図

(矢視面の既存斜材や補助材等は拡大図からは割愛した。)

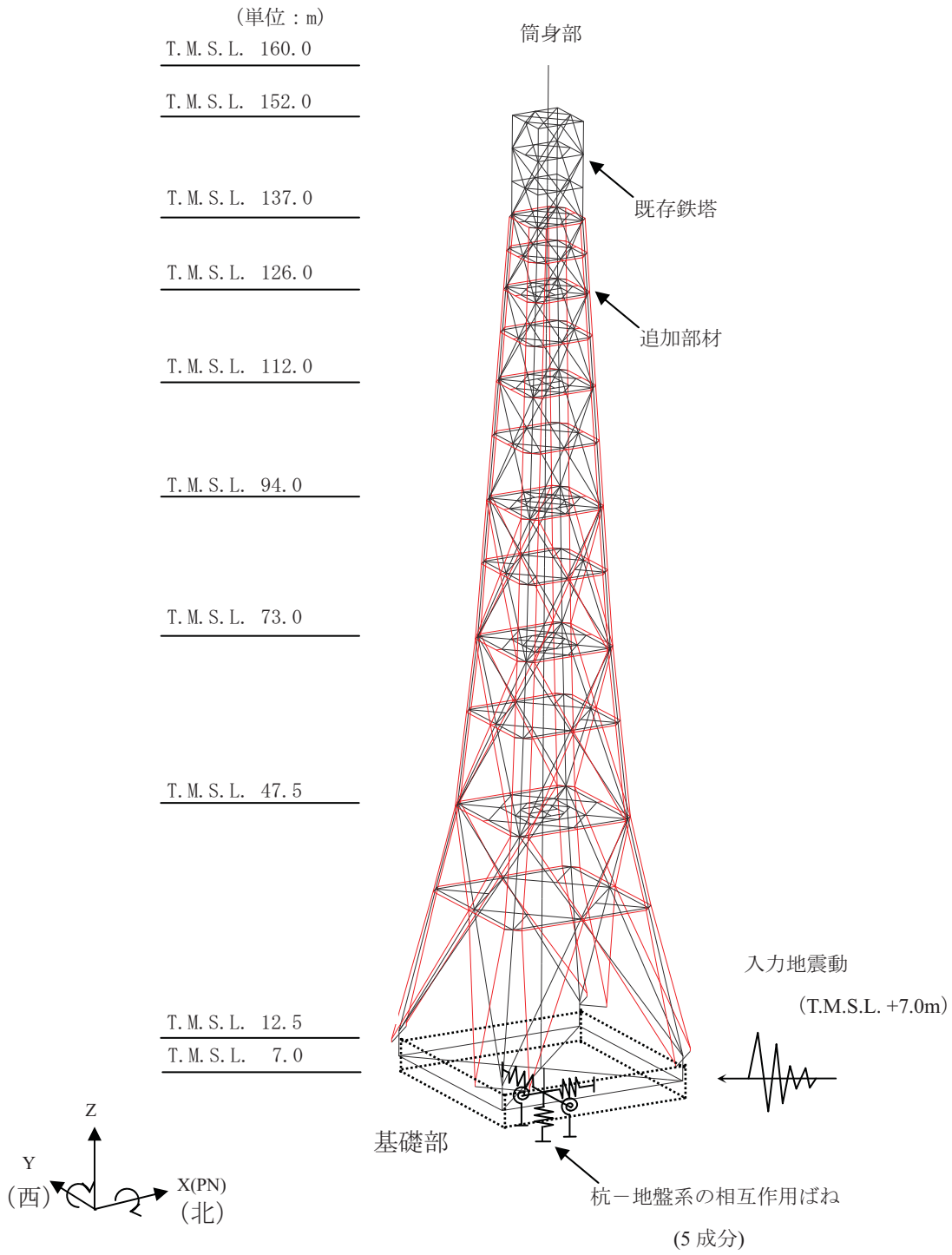
第 6.5.1-3 図 既存主柱材と追加柱材および追加水平材の連結部の概要

6.5.1.2. 地震応答解析モデル

排気筒の地震応答解析モデルは、次の3項目について設計時に用いた解析モデルから修正を行うこととする。

- ① 本検討では、柏崎刈羽原子力発電所5号機排気筒の中越沖地震後の耐震健全性評価モデルに準じた3次元立体架構モデルを用いることとする。
- ② 鉄塔に追加する部材は、個々にモデル化し既存鉄塔及び筒身部の3次元架構モデルに付加することとする。
- ③ 杭基礎については、各フーチングが剛性の高い地盤改良土と一体となって挙動することから、フーチング基礎下端レベルに集約した水平・回転、鉛直成分の杭-地盤の動的相互作用ばねに置換して用いることとする。この動的相互作用ばねは、3次元薄層法^[2]により鉄塔フーチング、筒身フーチング下の杭配置を考慮し、フーチング下端レベルでの杭頭インピーダンスを算定して用いる。

以上の解析モデルの概要を第6.5.1-4図に示す。



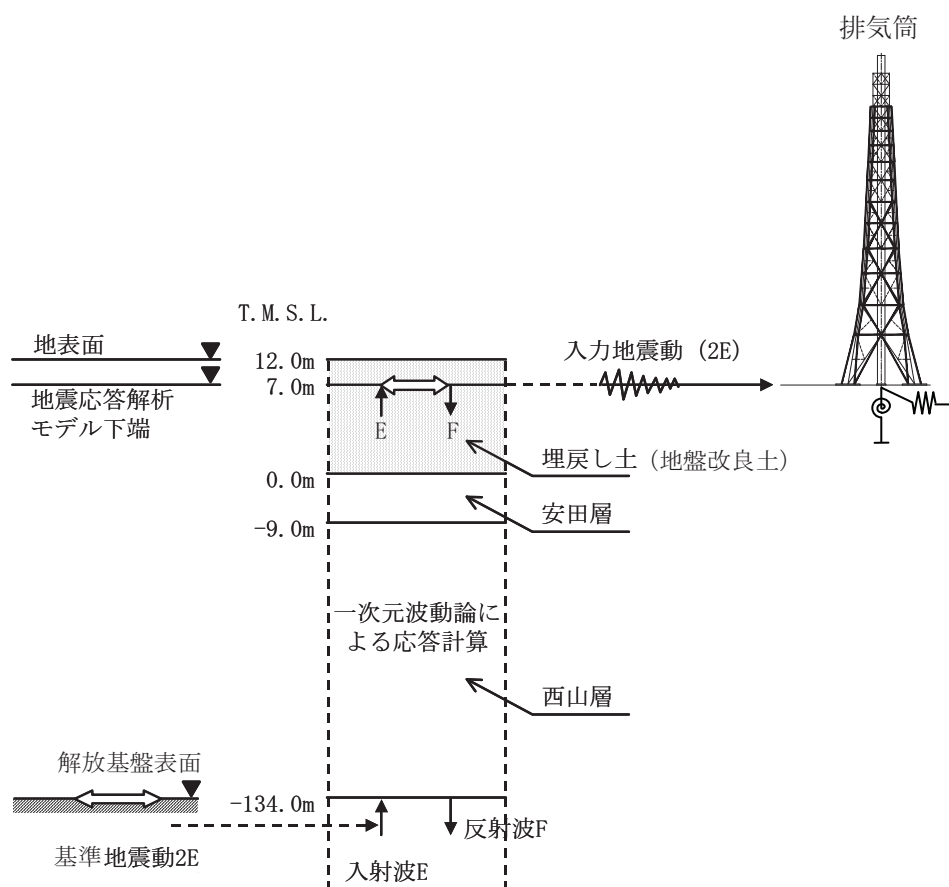
注) — : 追加部材

第 6.5.1-4 図 排気筒の地震応答解析モデル

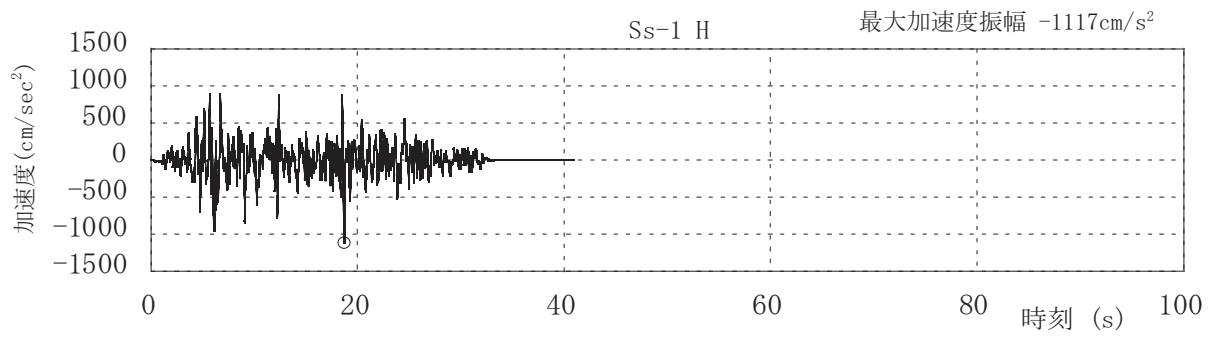
解析モデルへの入力は、基準地震動 S_s ($S_s-1 \sim S_s-5$) を解放基盤表面に定義し、一次元波動論より解析モデル下端 (T.M.S.L.7.0m) での応答波を求め、これを入力地震動としている。

地震応答解析モデルに入力する地震動の概念図を第 6.5.1-5 図に、排気筒へ入力する応答波のうち、本排気筒への影響が比較的大きい基準地震動 S_s-1 および S_s-2 に基づく応答波を代表して第 6.5.1-6 図に示す。また、これらの入力動を含め、基準地震動 $S_s-1 \sim S_s-5$ に基づく入力動を求めるために用いる地盤モデルを第 6.5.1-2 表に、さらにこれらの地盤定数を用いて求めた杭-地盤の動的相互作用ばねのばね定数および減衰係数を第 6.5.1-3 表に示す。

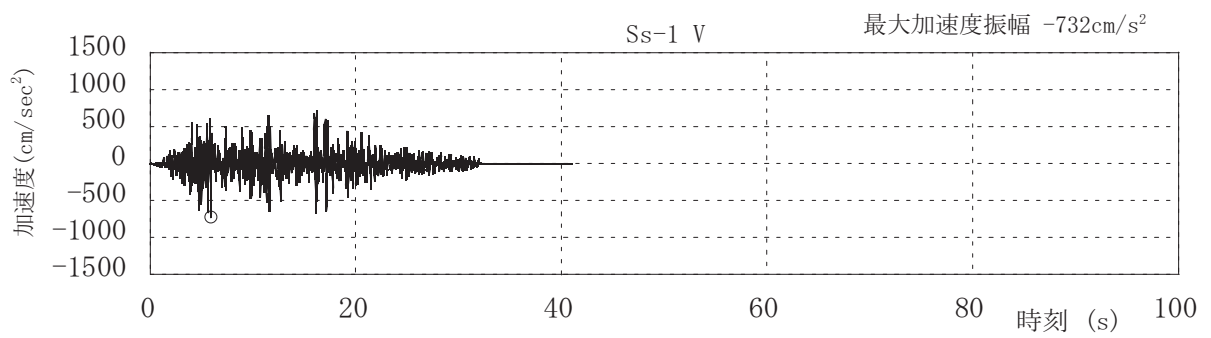
なお、地震応答解析における減衰評価は、剛性比例型減衰を用いている (鉄骨造の減衰として 2%, 鉄筋コンクリート造の減衰として 5% を与えることとしている)。



第 6.5.1-5 図 排気筒の入力地震動の考え方

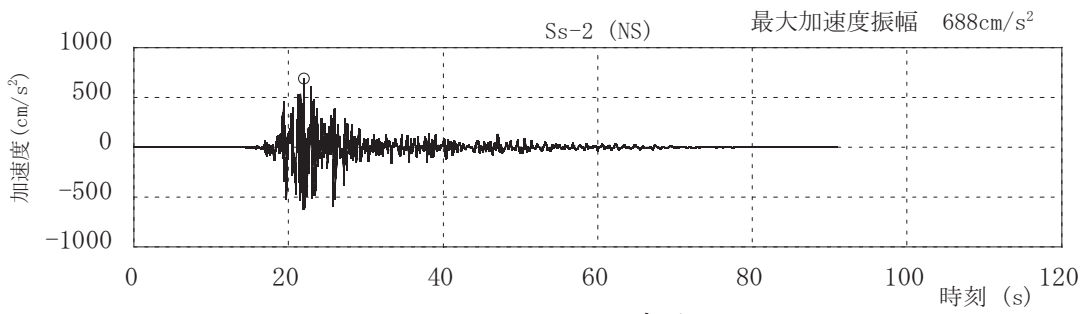


(a) 水平方向

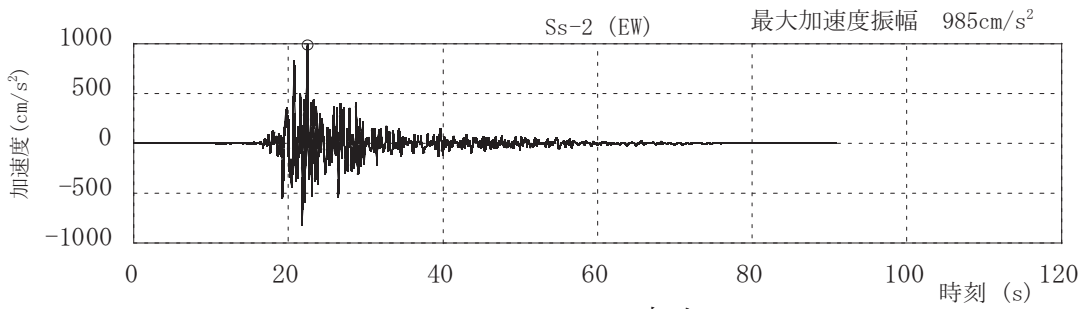


(b) 鉛直方向

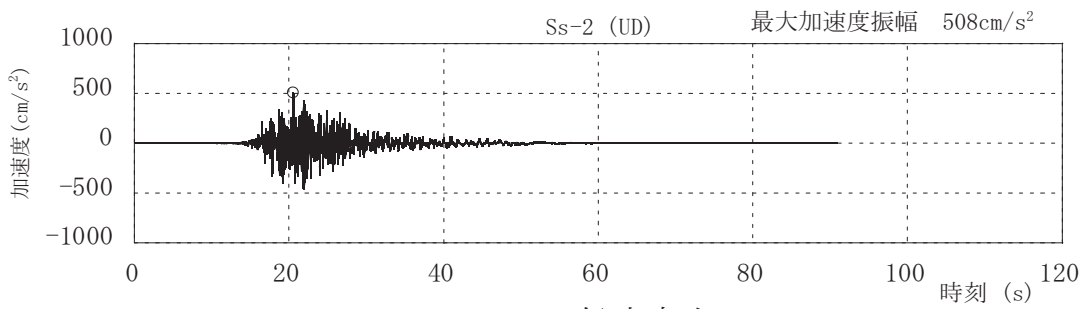
第 6.5.1-6 図(1) 入力地震動 (T.M.S.L.7.0m) の加速度波形 (基準地震動 Ss-1)



(a) NS 方向



(b) EW 方向



(c) 鉛直方向

第 6.5.1-6 図(2) 入力地震動 (T.M.S.L.7.0m) の加速度波形 (基準地震動 Ss-2)

第 6.5.1-2 表(1) 地盤定数 (Ss-1)

標高 T. M. S. L. (m)	地層	せん断波 速度 Vs (m/s)	単位体積 重量 γ (kN/m ³)	ポアソン 比 ν	せん断 弾性係数 G (N/mm ²)	初期せん断 弾性係数 Go (N/mm ²)	剛性 低下率 G/Go	ヤング 係数 E (N/mm ²)	減衰 定数 h (%)	層厚 H (m)
12.0 7.0	(地盤改良土)	800	17.9	0.31	1144	1168	0.98	2997	2	12.0
0.0 -9.0	安田層	310	17.5	0.48	107	171	0.63	316	5	9.0
-60.0	西山層	490	16.7	0.45	327	409	0.80	948	3	51.0
-100.0		560	17.2	0.44	434	550	0.79	1249	3	40.0
-134.0		610	18.0	0.43	539	683	0.79	1541	3	34.0
-134.0	(解放基盤)	710	19.9	0.42	1020	1020	1.00	2896	—	—

第 6.5.1-2 表(2) 地盤定数 (Ss-2)

標高 T. M. S. L. (m)	地層	せん断波 速度 Vs (m/s)	単位体積 重量 γ (kN/m ³)	ポアソン 比 ν	せん断 弾性係数 G (N/mm ²)	初期せん断 弾性係数 Go (N/mm ²)	剛性 低下率 G/Go	ヤング 係数 E (N/mm ²)	減衰 定数 h (%)	層厚 H (m)
12.0 7.0	(地盤改良土)	800	17.9	0.31	1144	1168	0.98	2997	2	12.0
0.0 -9.0	安田層	310	17.5	0.48	109	171	0.64	322	4	9.0
-60.0	西山層	490	16.7	0.45	327	409	0.80	948	3	51.0
-100.0		560	17.2	0.44	467	550	0.85	1344	3	40.0
-134.0		610	18.0	0.43	587	683	0.86	1678	3	34.0
-134.0	(解放基盤)	710	19.9	0.42	1020	1020	1.00	2896	—	—

第 6.5.1-2 表(3) 地盤定数 (Ss-3)

標高 T. M. S. L. (m)	地層	せん断波 速度 Vs (m/s)	単位体積 重量 γ (kN/m ³)	ポアソン 比 ν	せん断 弾性係数 G (N/mm ²)	初期せん断 弾性係数 Go (N/mm ²)	剛性 低下率 G/Go	ヤング 係数 E (N/mm ²)	減衰 定数 h (%)	層厚 H (m)									
12.0	(地盤改良土)	800	17.9	0.31	1144	1168	0.98	2997	2	12.0									
7.0																			
0.0	安田層	310	17.5	0.48	121	171	0.71	358	4	9.0									
-9.0	西山層	490	16.7	0.45	327	409	0.80	948	3	51.0									
-60.0																			
-100.0											560	17.2	0.44	407	550	0.74	1172	4	40.0
-134.0											610	18.0	0.43	525	683	0.77	1501	3	34.0
-134.0	(解放基盤)	710	19.9	0.42	1020	1020	1.00	2896	—	—									

第 6.5.1-2 表(4) 地盤定数 (Ss-4)

標高 T. M. S. L. (m)	地層	せん断波 速度 Vs (m/s)	単位体積 重量 γ (kN/m ³)	ポアソン 比 ν	せん断 弾性係数 G (N/mm ²)	初期せん断 弾性係数 Go (N/mm ²)	剛性 低下率 G/Go	ヤング 係数 E (N/mm ²)	減衰 定数 h (%)	層厚 H (m)									
12.0	(地盤改良土)	800	17.9	0.31	1144	1168	0.98	2997	2	12.0									
7.0																			
0.0	安田層	310	17.5	0.48	126	171	0.74	372	4	9.0									
-9.0	西山層	490	16.7	0.45	351	409	0.86	1017	3	51.0									
-60.0																			
-100.0											560	17.2	0.44	473	550	0.86	1362	3	40.0
-134.0											610	18.0	0.43	587	683	0.86	1678	3	34.0
-134.0	(解放基盤)	710	19.9	0.42	1020	1020	1.00	2896	—	—									

第 6.5.1-2 表(5) 地盤定数 (Ss-5)

標高 T. M. S. L. (m)	地層	せん断波 速度 Vs (m/s)	単位体積 重量 γ (kN/m ³)	ポアソン 比 ν	せん断 弾性係数 G (N/mm ²)	初期せん断 弾性係数 Go (N/mm ²)	剛性 低下率 G/Go	ヤング 係数 E (N/mm ²)	減衰 定数 h (%)	層厚 H (m)
12.0	(地盤改良土)	800	17.9	0.31	1144	1168	0.98	2997	2	12.0
7.0										
0.0	安田層	310	17.5	0.48	117	171	0.69	346	4	9.0
-9.0	西山層	490	16.7	0.45	347	409	0.85	1006	3	51.0
-60.0										
-100.0										
-134.0										
-134.0	(解放基盤)	710	19.9	0.42	1020	1020	1.00	2896	—	—

第 6.5.1-3 表(1) 杭―地盤の動的相互作用ばね定数および減衰係数
(Ss-1)

方 向	ばね定数	減衰係数
水 平	4.95×10^7 (kN/m)	1.60×10^6 (kNs/m)
回 転	1.86×10^{10} (kNm/rad)	1.96×10^8 (kNms/rad)
鉛 直	5.45×10^7 (kN/m)	3.41×10^6 (kNs/m)

第 6.5.1-3 表(2) 杭―地盤の動的相互作用ばね定数および減衰係数
(Ss-2)

方 向	ばね定数	減衰係数
水 平	4.98×10^7 (kN/m)	1.54×10^6 (kNs/m)
回 転	1.87×10^{10} (kNm/rad)	1.97×10^8 (kNms/rad)
鉛 直	5.52×10^7 (kN/m)	3.40×10^6 (kNs/m)

第 6.5.1-3 表(3) 杭―地盤の動的相互作用ばね定数および減衰係数
(Ss-3)

方 向	ばね定数	減衰係数
水 平	5.02×10^7 (kN/m)	1.68×10^6 (kNs/m)
回 転	1.90×10^{10} (kNm/rad)	2.01×10^8 (kNms/rad)
鉛 直	5.48×10^7 (kN/m)	3.46×10^6 (kNs/m)

第 6.5.1-3 表(4) 杭―地盤の動的相互作用ばね定数および減衰係数
(Ss-4)

方 向	ばね定数	減衰係数
水 平	5.13×10^7 (kN/m)	1.56×10^6 (kNs/m)
回 転	1.95×10^{10} (kNm/rad)	2.06×10^8 (kNms/rad)
鉛 直	5.76×10^7 (kN/m)	3.38×10^6 (kNs/m)

第 6.5.1-3 表(5) 杭―地盤の動的相互作用ばね定数および減衰係数
(Ss-5)

方 向	ばね定数	減衰係数
水 平	5.06×10^7 (kN/m)	1.58×10^6 (kNs/m)
回 転	1.92×10^{10} (kNm/rad)	2.04×10^8 (kNms/rad)
鉛 直	5.65×10^7 (kN/m)	3.37×10^6 (kNs/m)

6.5.1.3. 地震応答解析結果

地震応答解析モデルの固有値（固有周期，固有振動数），刺激係数および固有モード図を第 6.5.1-4 表および第 6.5.1-7 図に示す。

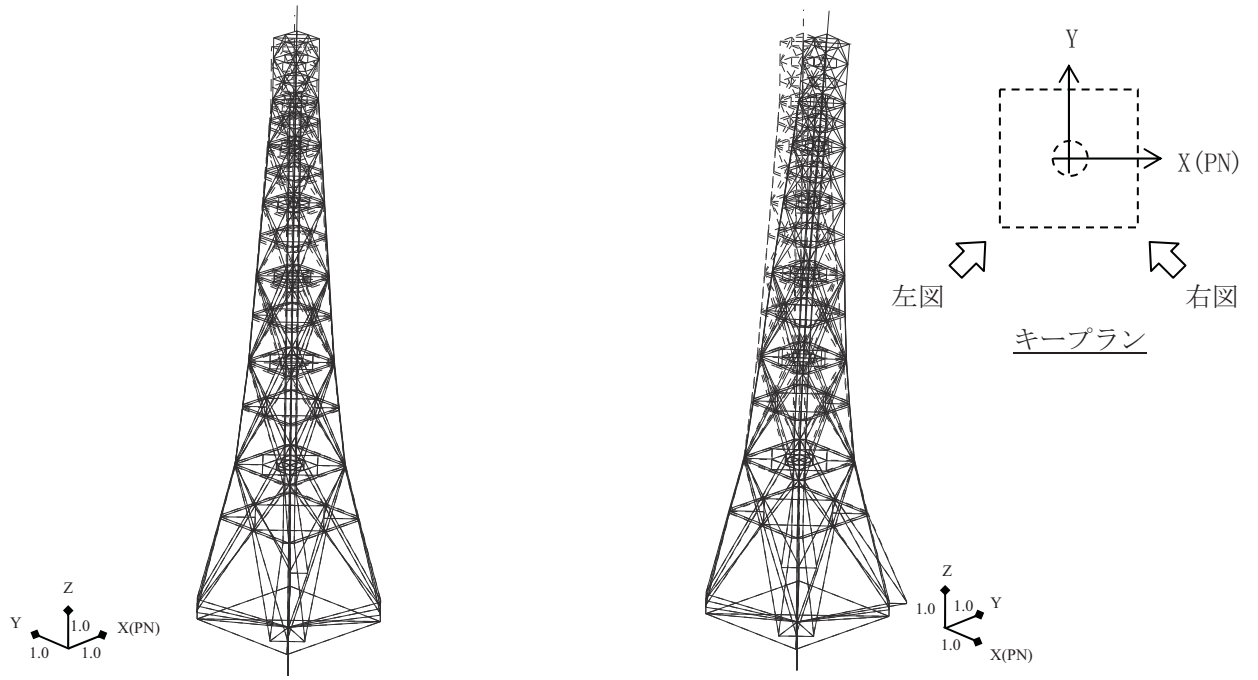
基準地震動 Ss による鉄塔部および筒身部の最大応答加速度，最大応答変位，最大応答軸力および最大応答曲げモーメントを第 6.5.1-8 図～第 6.5.1-12 図に示す。

なお，基準地震動に応じて地盤モデルが異なることから，若干の固有値の変動はあるものの大局的な傾向は近似しているので，以下には代表して基準地震動 Ss-2 の場合の固有値を示している。

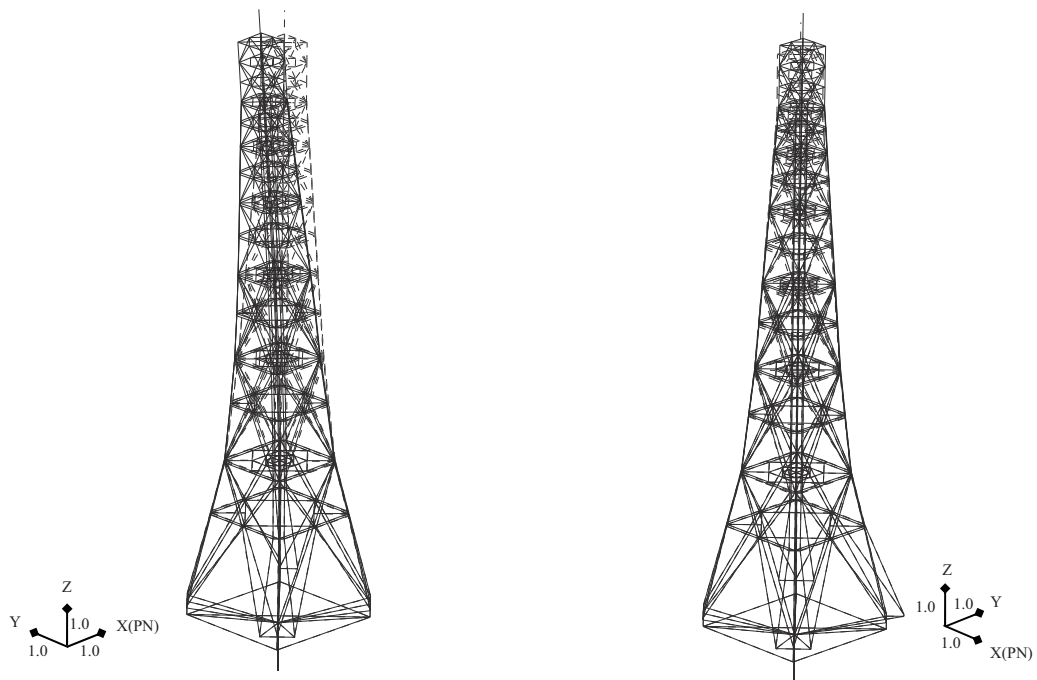
第 6.5.1-4 表 固有値（固有周期，固有振動数）および刺激係数
(Ss-2)

次数	振動数 (Hz)	周 期 (s)	刺激係数 *			備 考
			X	Y	Z	
1	0.875	1.143	1.006	0.869	-0.002	NS 方向 1 次
2	0.880	1.137	-0.867	1.014	0.000	EW 方向 1 次
4	2.515	0.398	0.455	-1.447	0.007	EW 方向 2 次
5	2.553	0.392	-1.462	-0.456	-0.010	NS 方向 2 次
7	4.089	0.245	-0.453	1.321	-0.023	EW 方向 3 次
8	4.124	0.242	1.383	0.479	0.059	NS 方向 3 次
13	6.844	0.146	-0.012	0.005	1.852	鉛直方向 1 次
19	8.190	0.122	0.021	0.005	1.232	鉛直方向 2 次

注) *: モードごとに固有ベクトルの最大値を 1 に基準化して得られる刺激係数を示す。

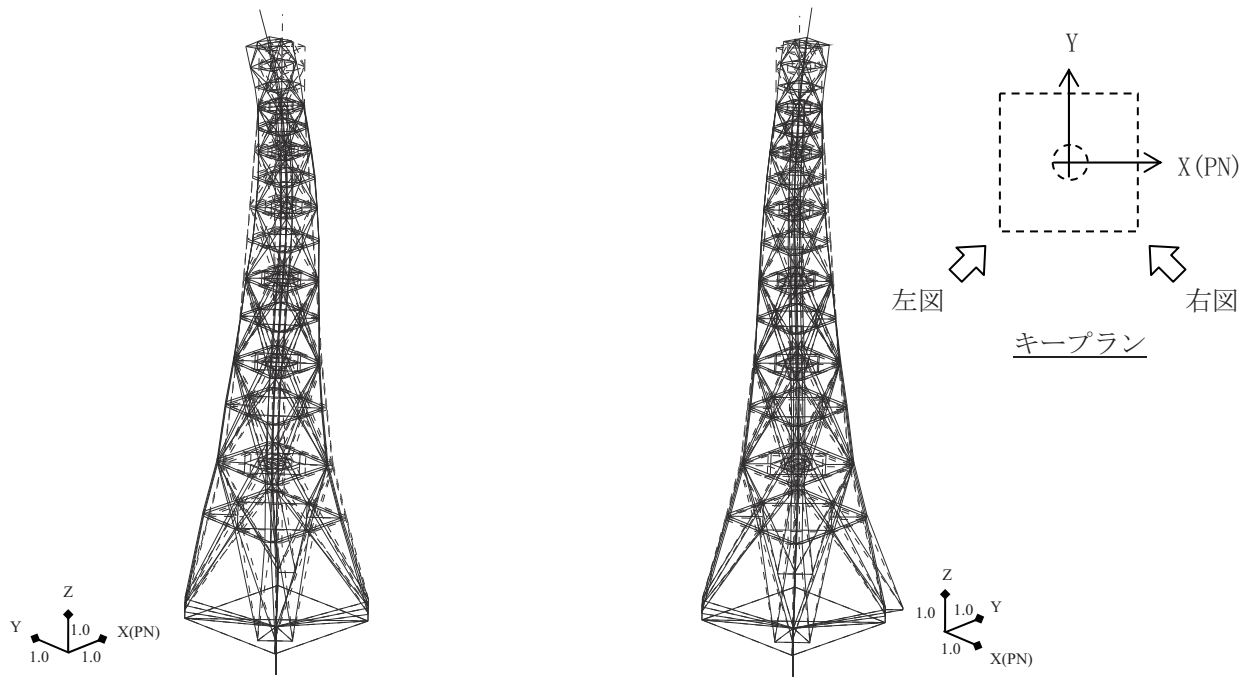


(a) NS 方向 1 次

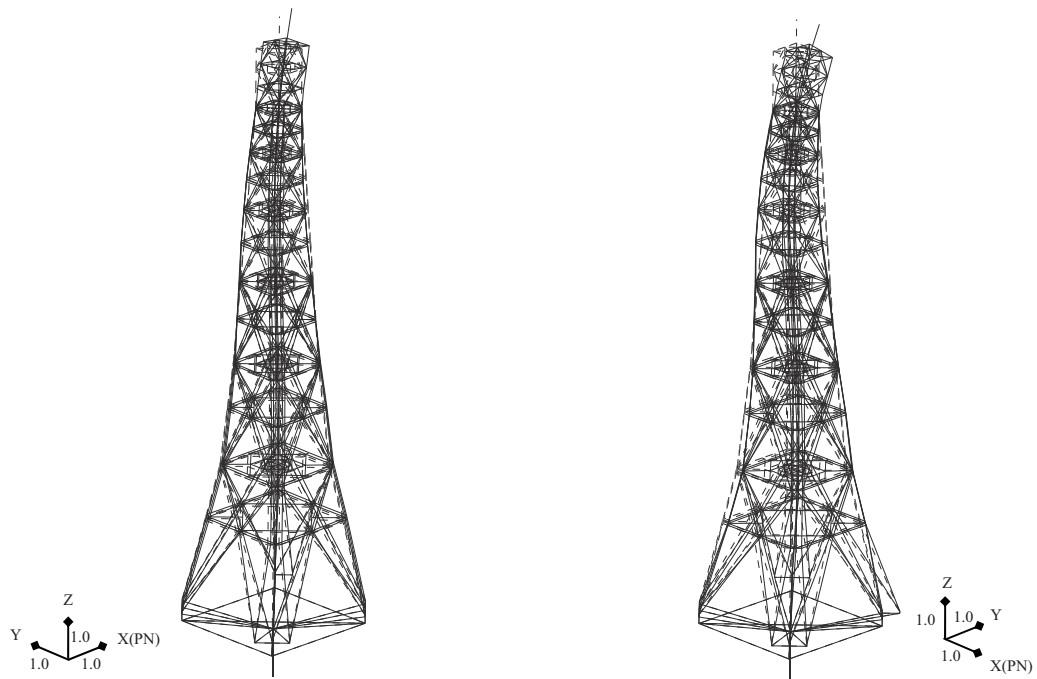


(b) EW 方向 1 次

第 6.5.1-7 図(1) 固有値解析結果 (モード図) (Ss-2)

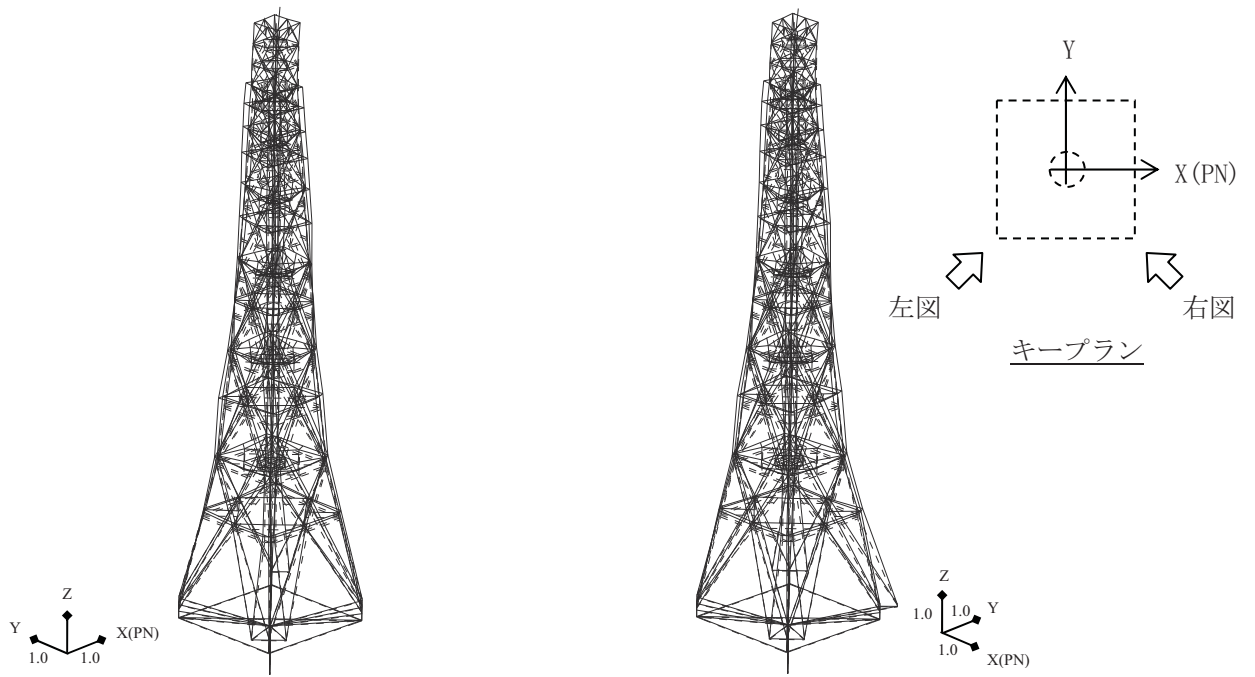


(e) EW 方向 3 次

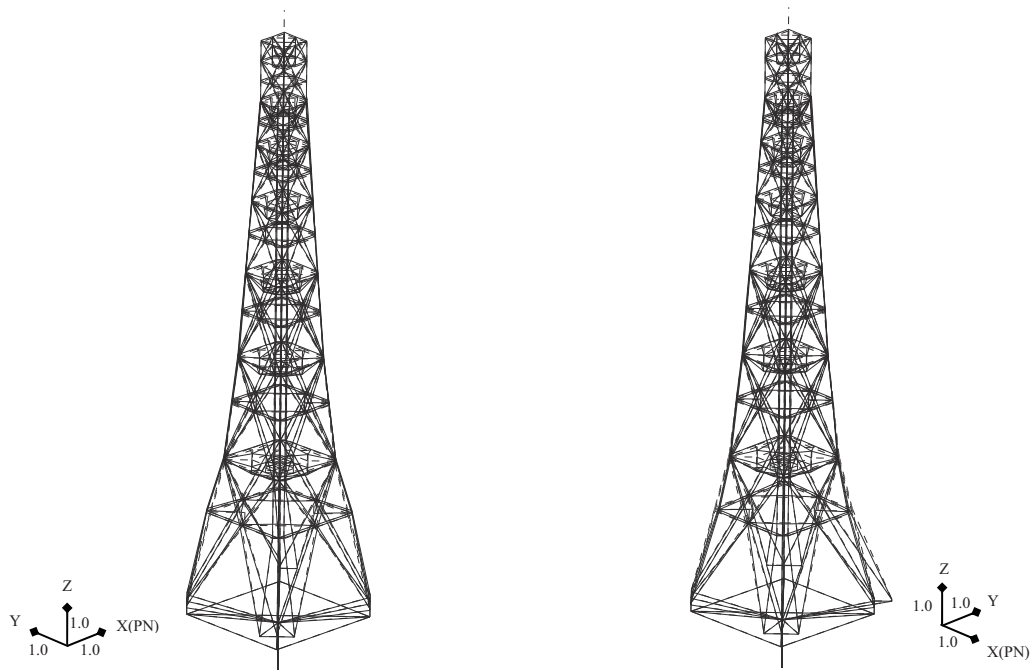


(f) NS 方向 3 次

第 6.5.1-7 図(3) 固有値解析結果 (モード図) (Ss-2)

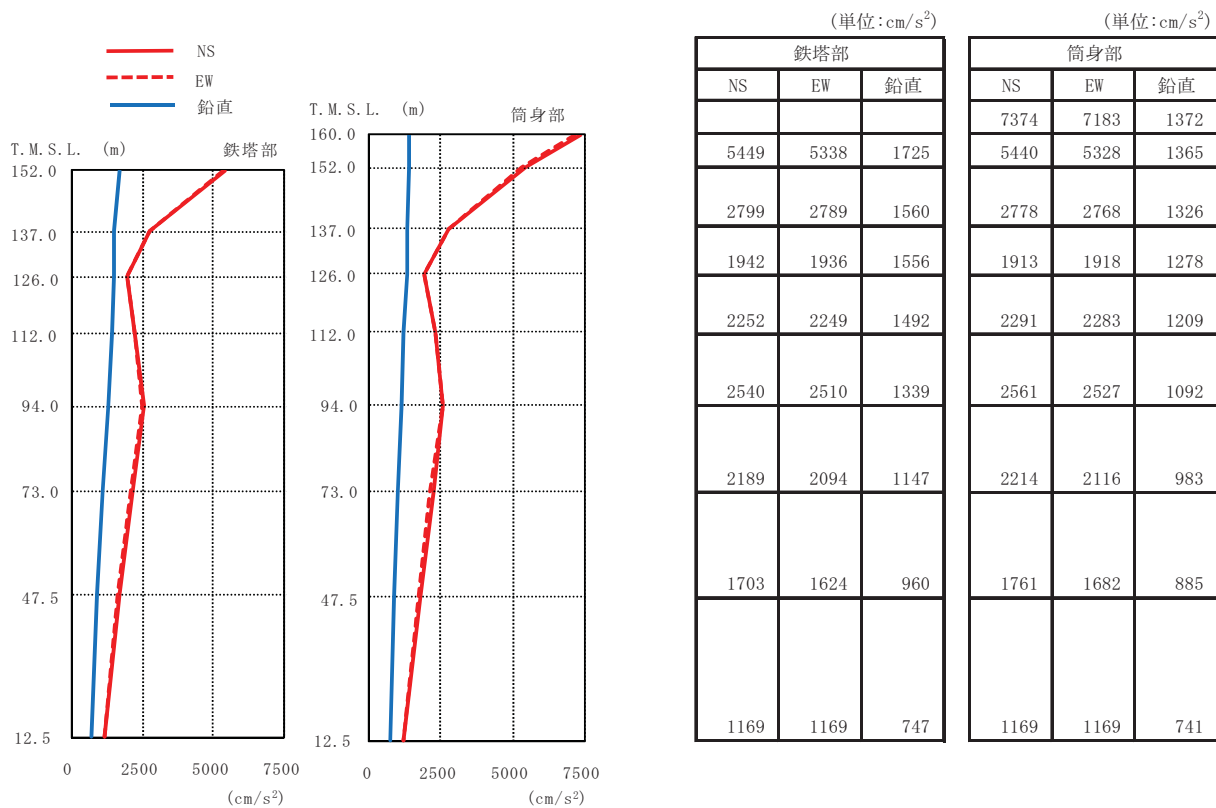


(g) 鉛直方向 1 次

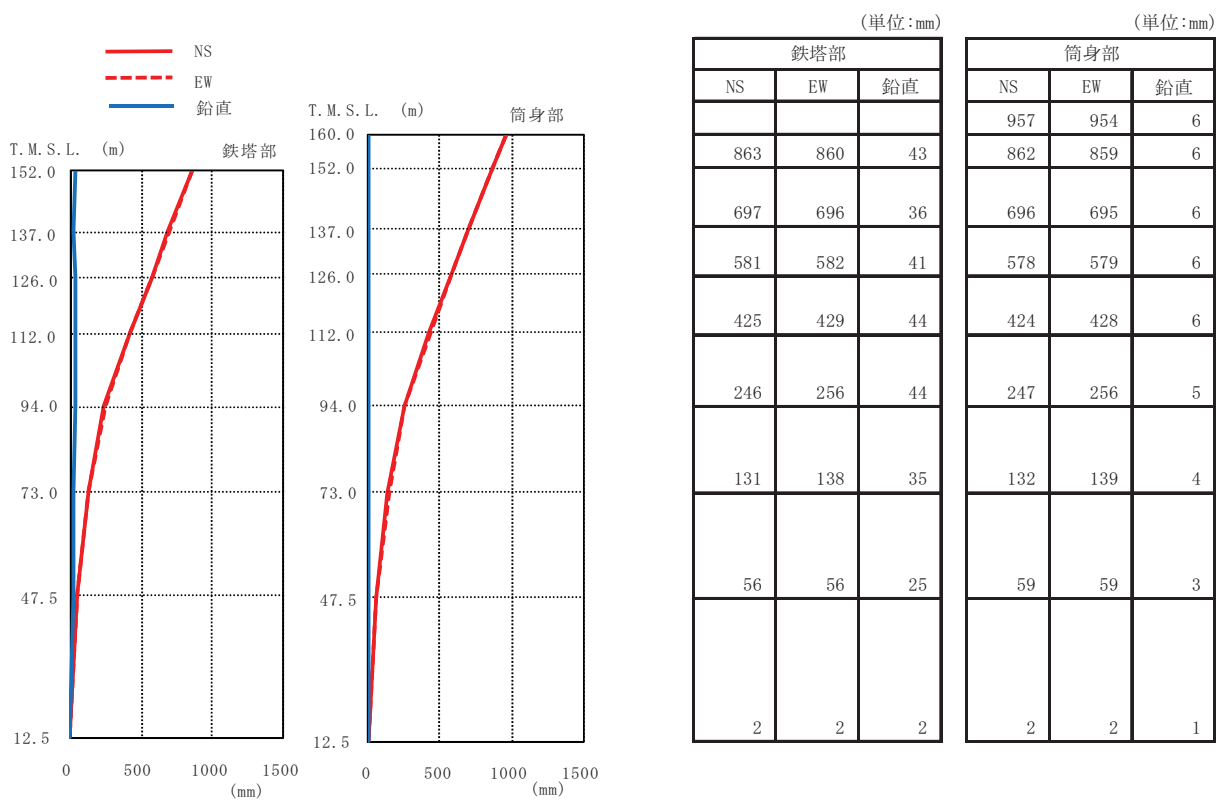


(h) 鉛直方向 2 次

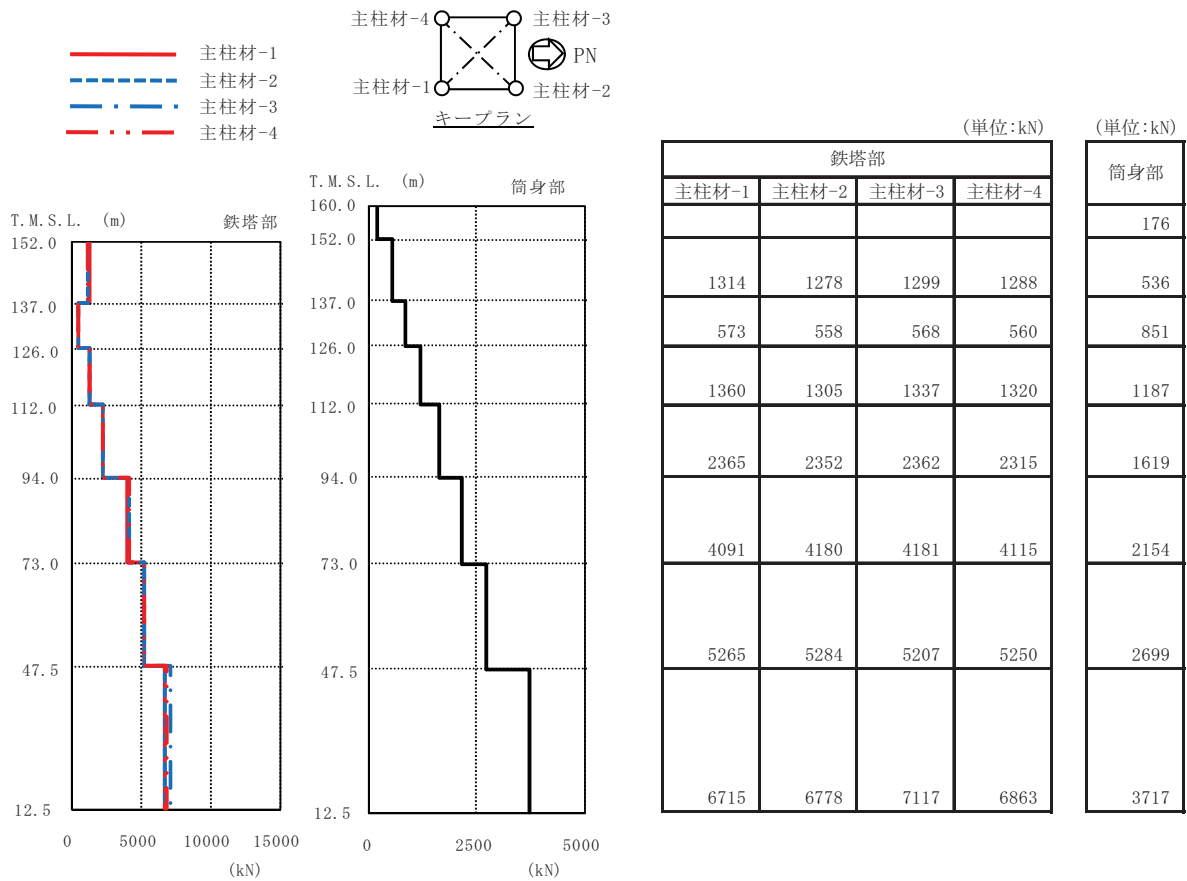
第 6.5.1-7 図(4) 固有値解析結果 (モード図) (Ss-2)



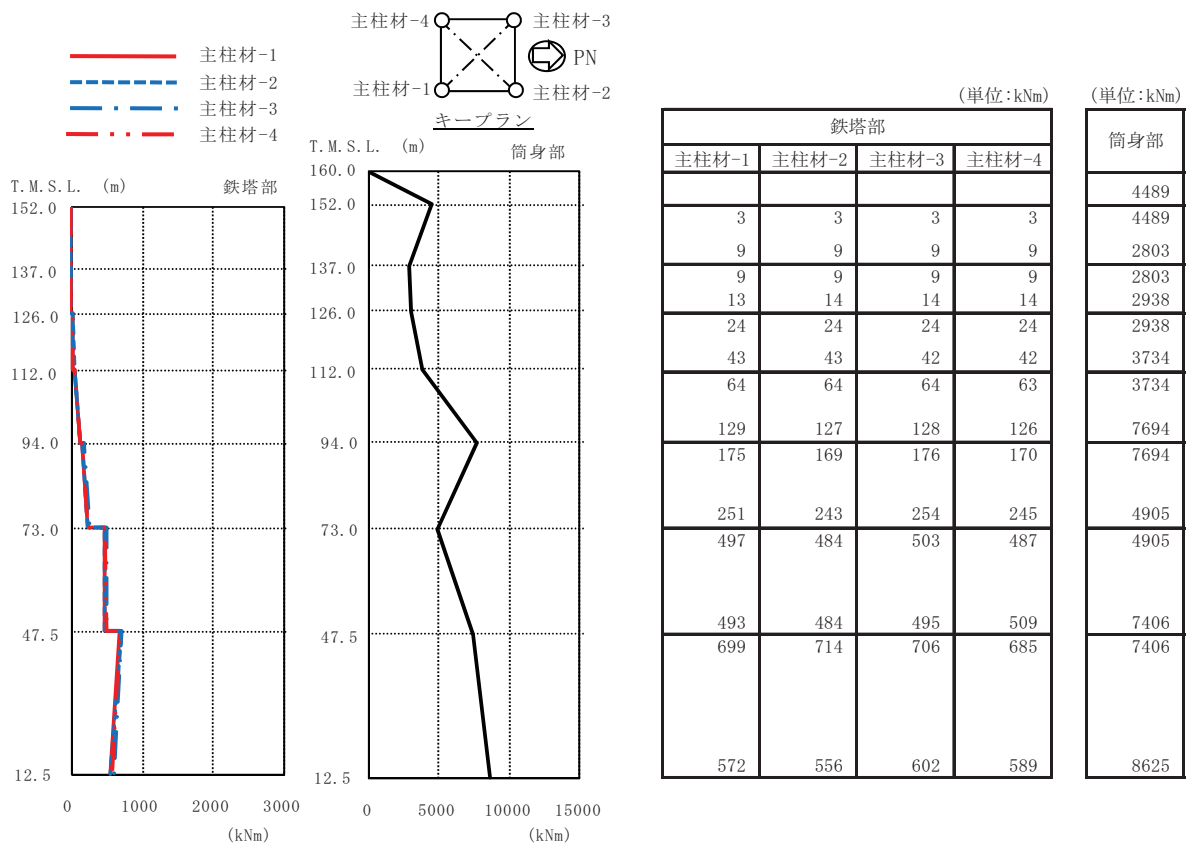
第 6.5.1-8 図(1) 鉄塔部および筒身部の最大応答加速度 (Ss-1)



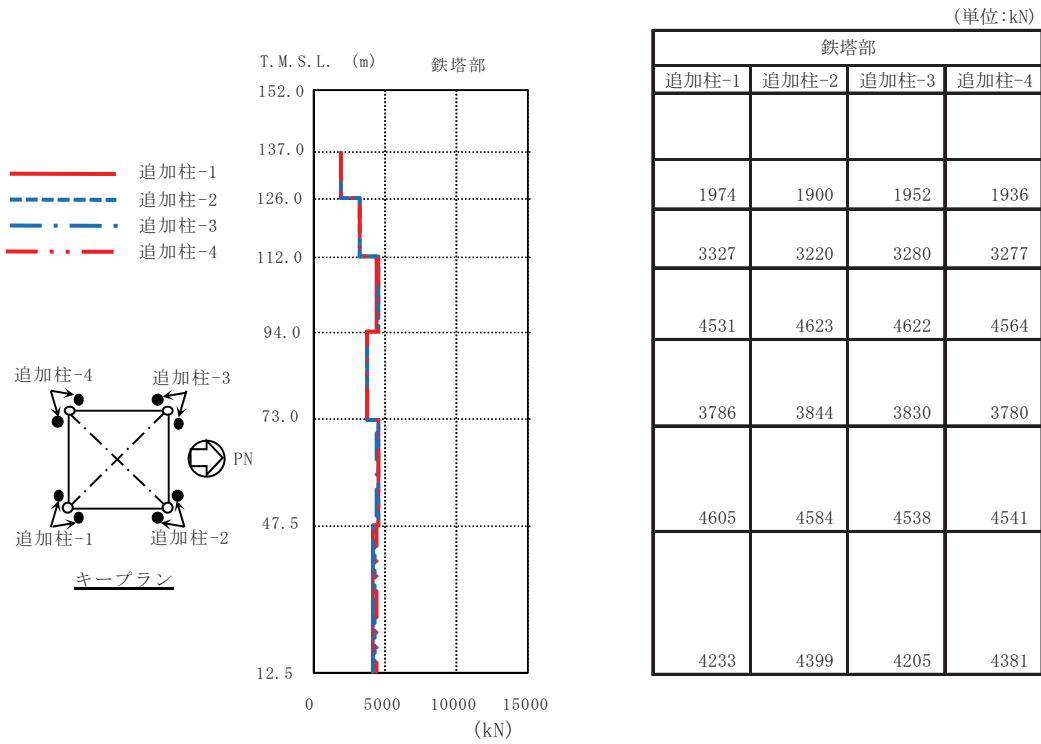
第 6.5.1-8 図(2) 鉄塔部および筒身部の最大応答変位 (Ss-1)



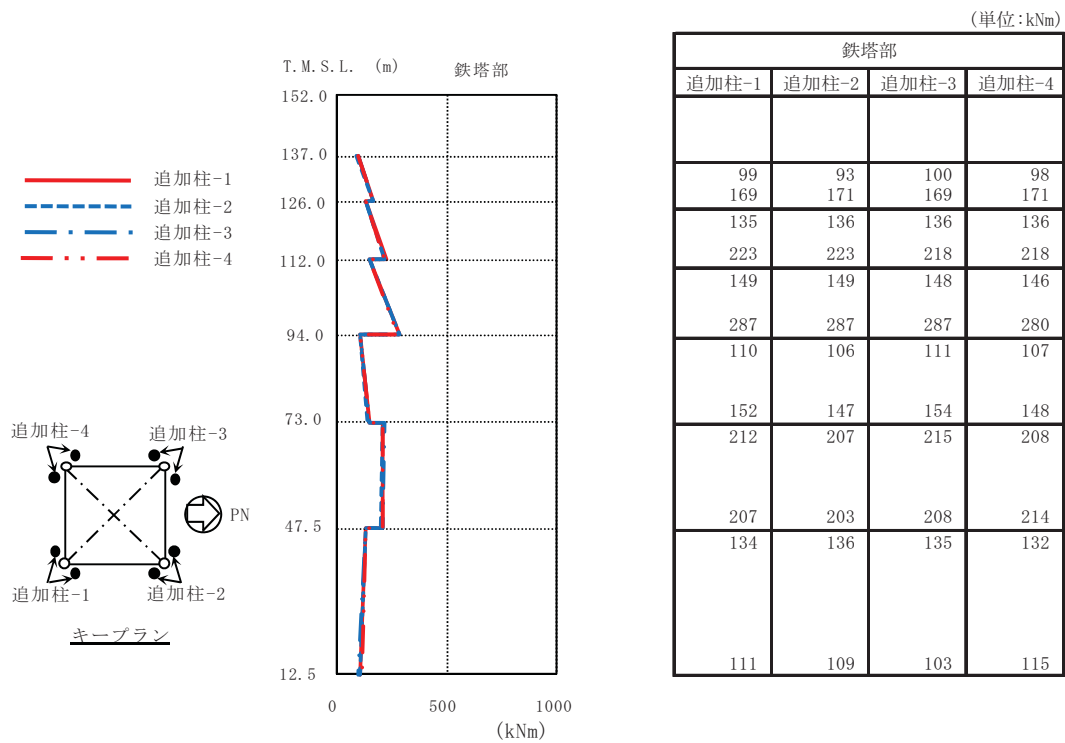
第 6.5.1-8 図(3) 既存主柱材および筒身の最大応答軸力 (Ss-1)



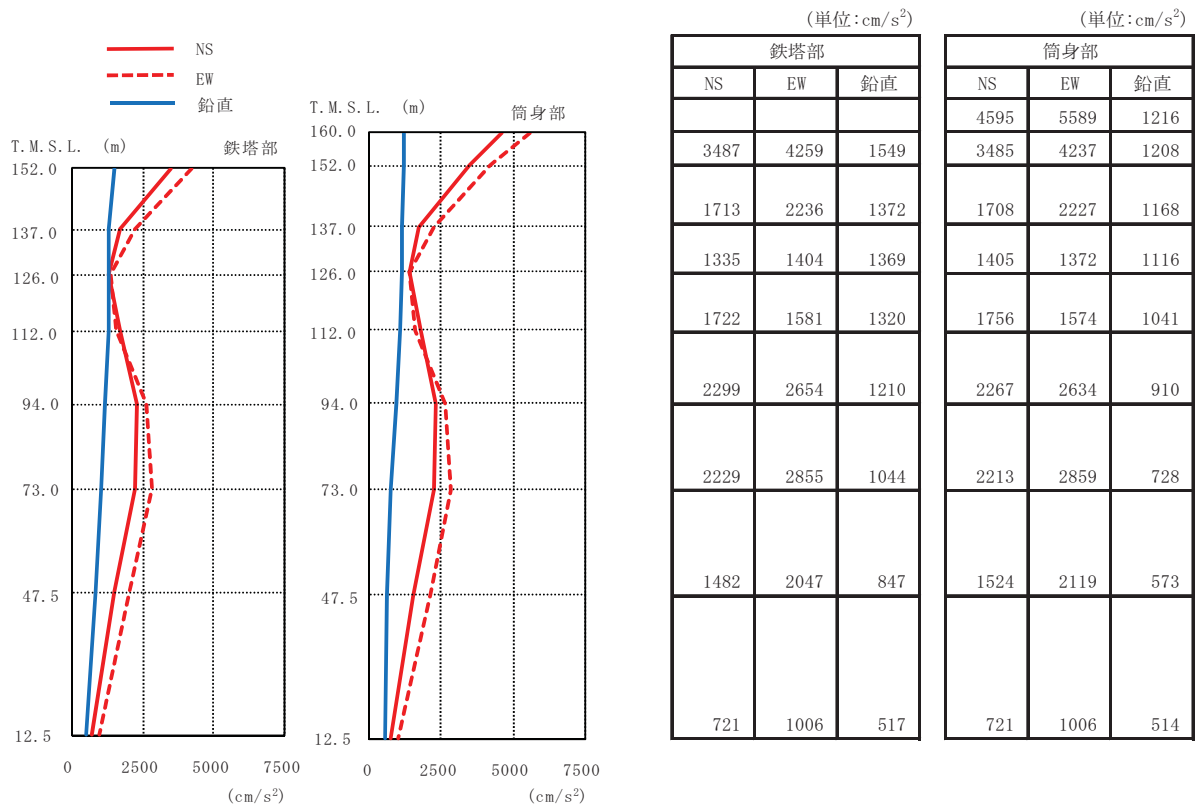
第 6.5.1-8 図(4) 既存主柱材および筒身の最大応答曲げモーメント (Ss-1)



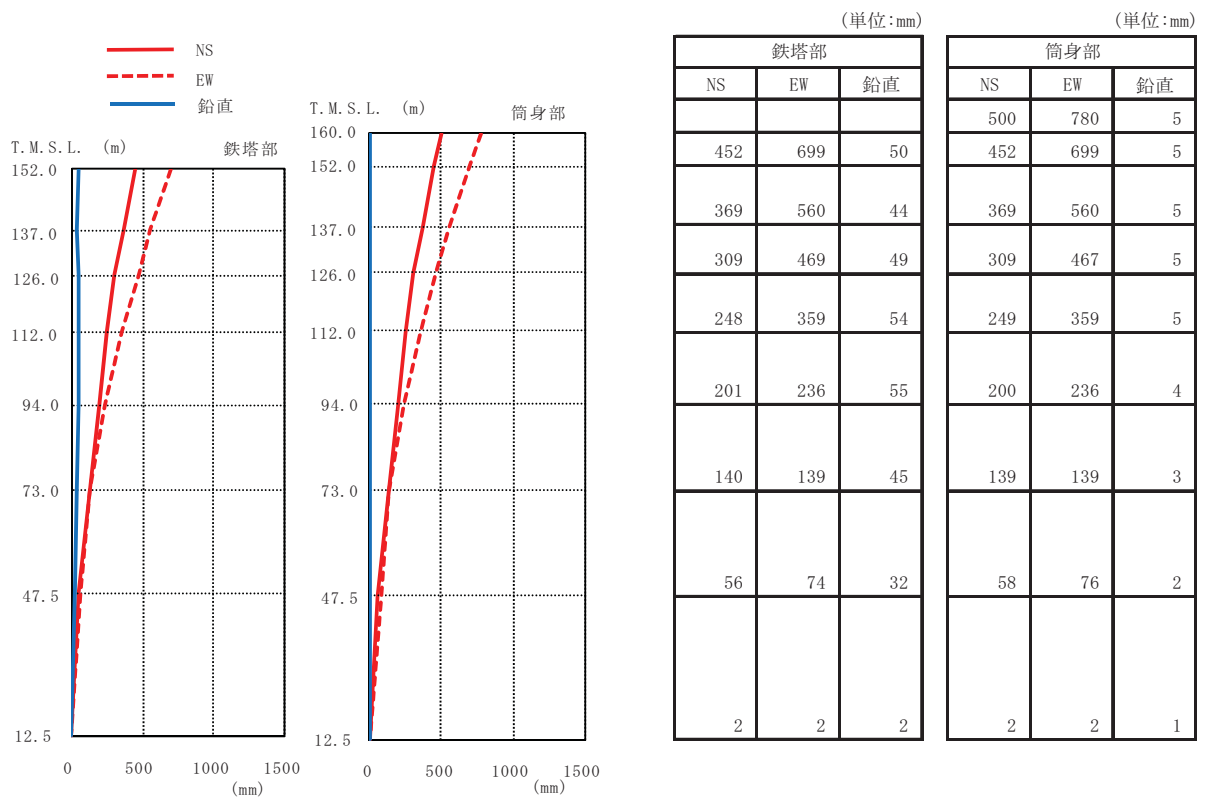
第 6.5.1-8 図(5) 追加柱材の最大応答軸力 (Ss-1)



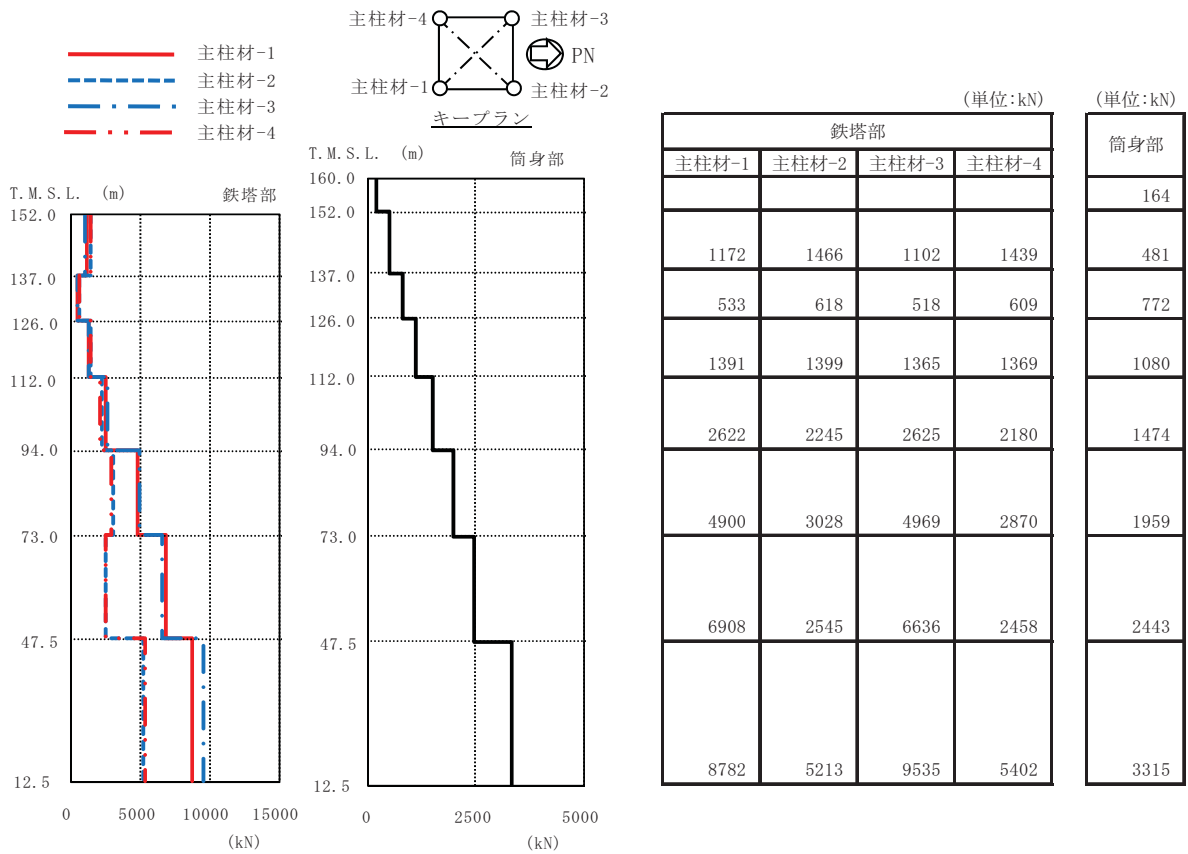
第 6.5.1-8 図(6) 追加柱材の最大応答曲げモーメント (Ss-1)



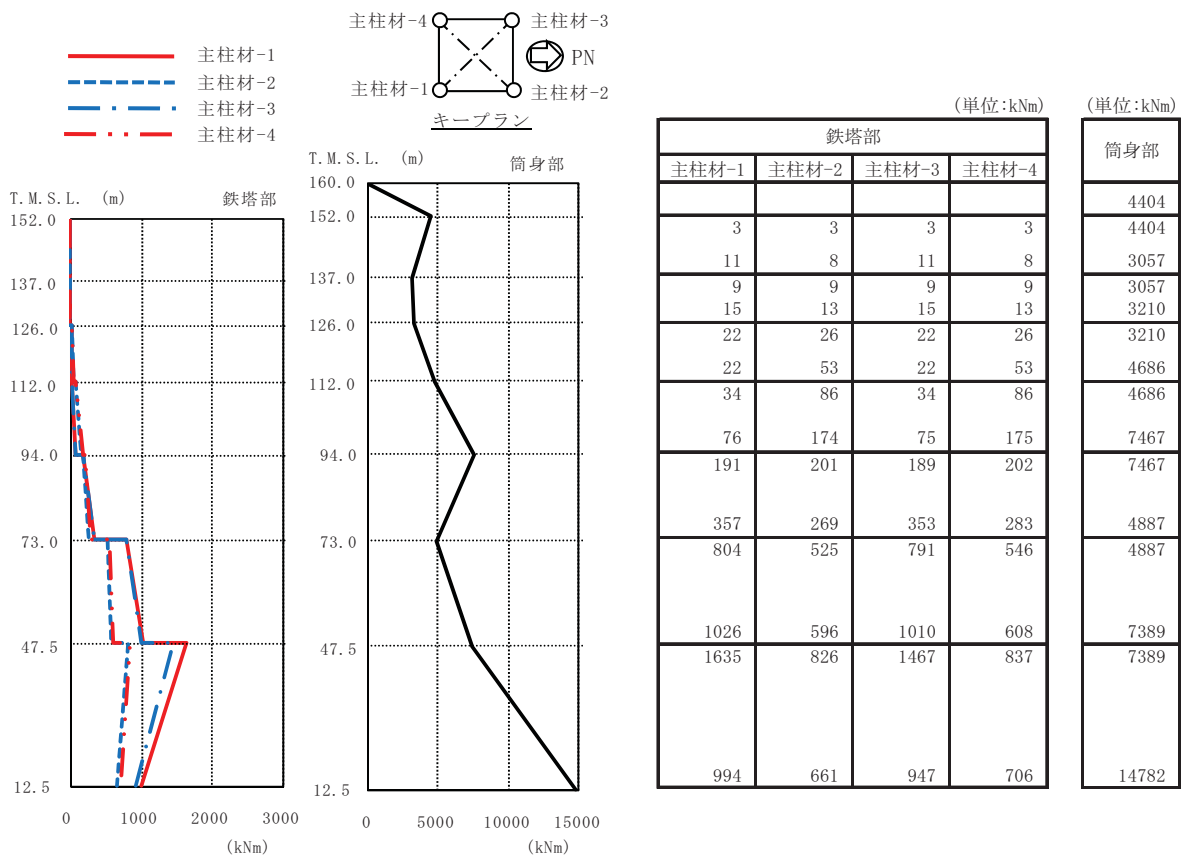
第 6.5.1-9 図(1) 鉄塔部および筒身部の最大応答加速度 (Ss-2)



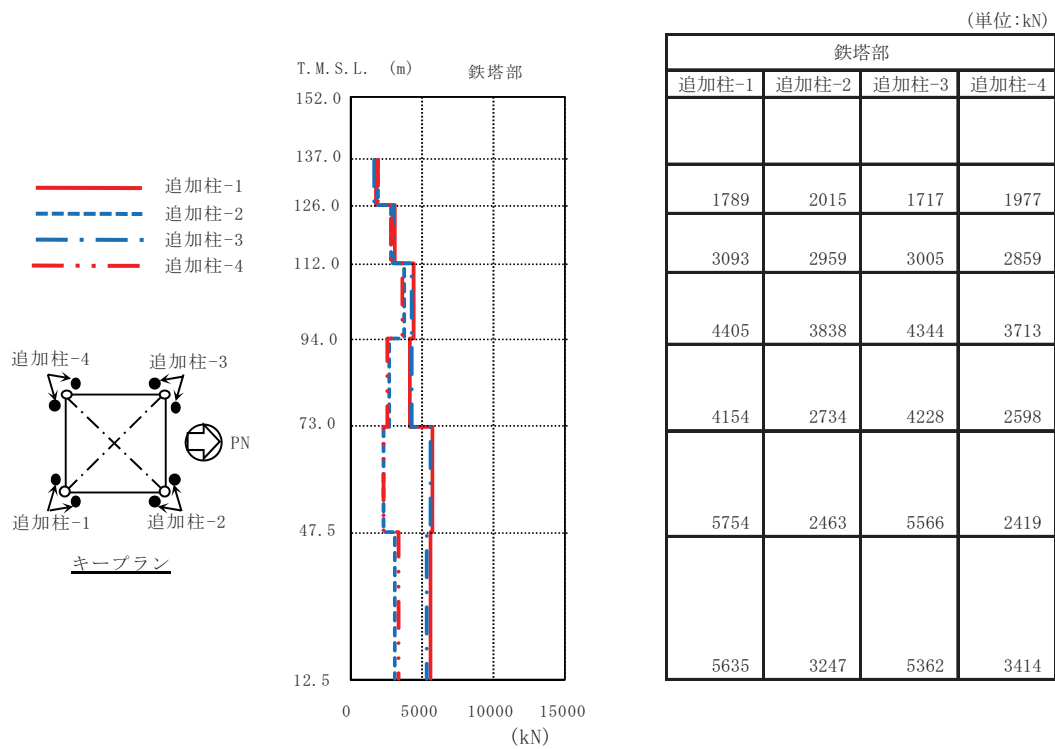
第 6.5.1-9 図(2) 鉄塔部および筒身部の最大応答変位 (Ss-2)



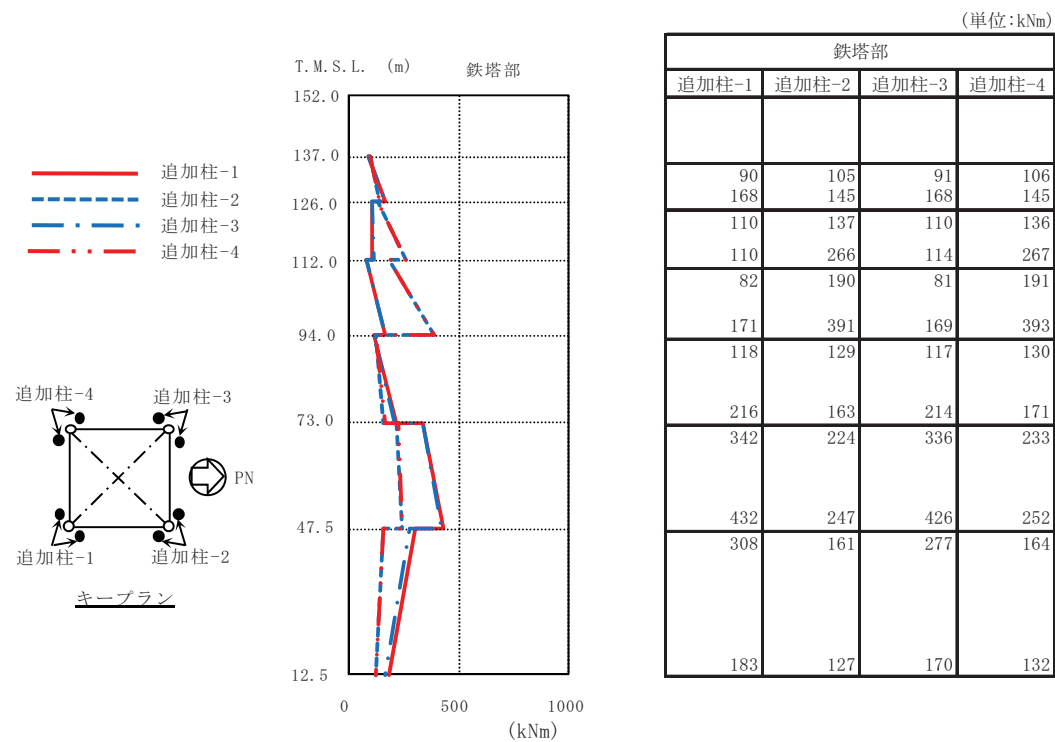
第 6.5.1-9 図(3) 既存主柱材および筒身の最大応答軸力 (Ss-2)



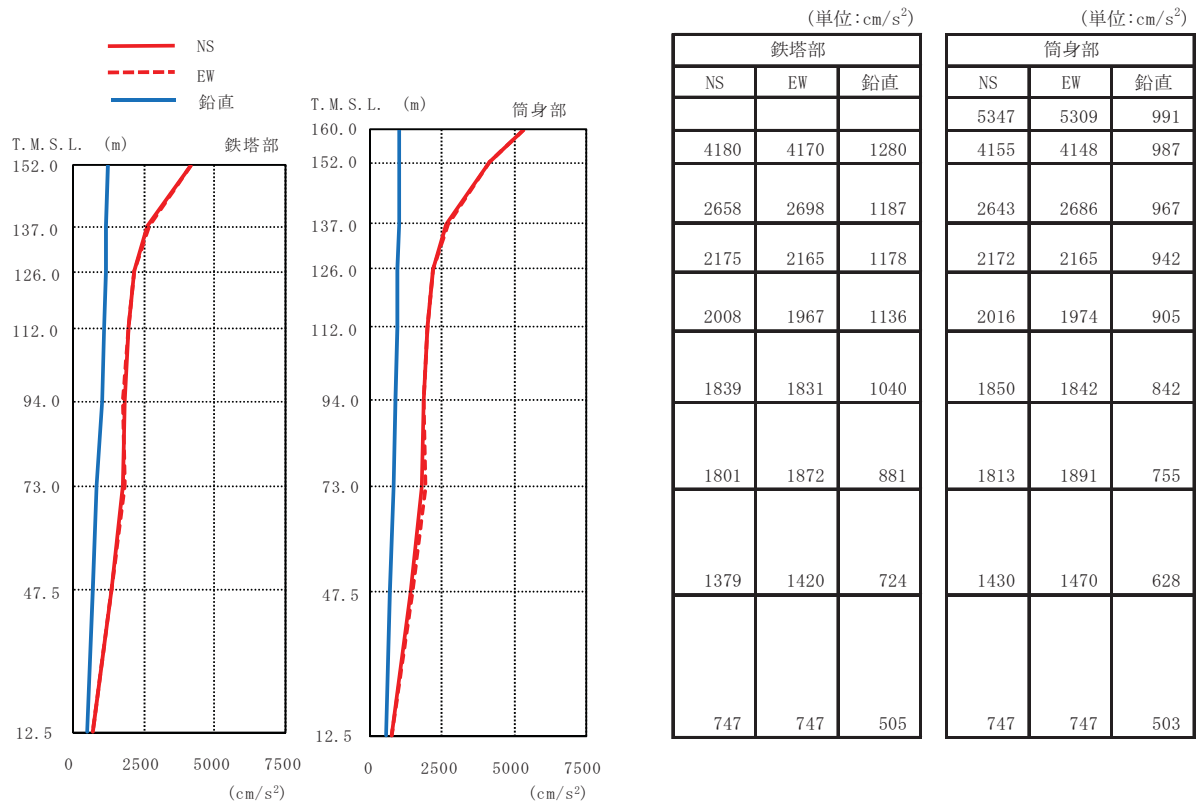
第 6.5.1-9 図(4) 既存主柱材および筒身の最大応答曲げモーメント (Ss-2)



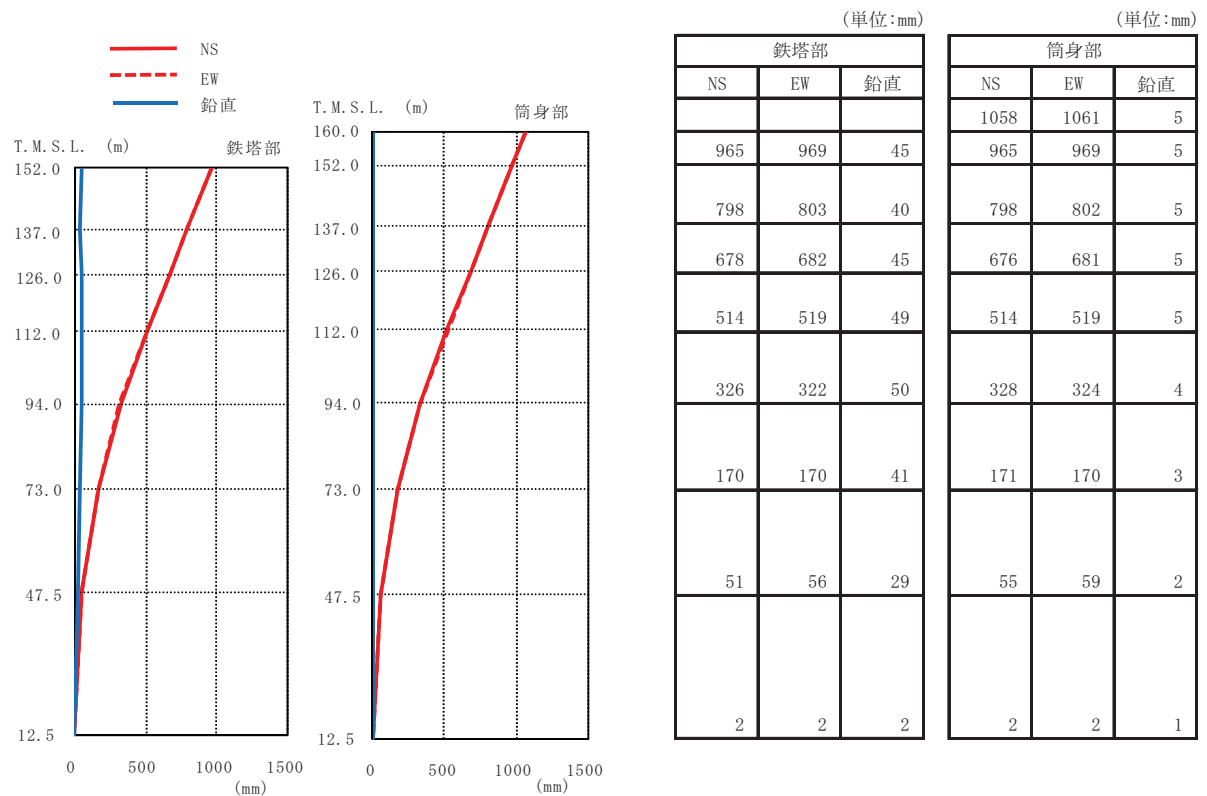
第 6.5.1-9 図(5) 追加柱材の最大応答軸力 (Ss-2)



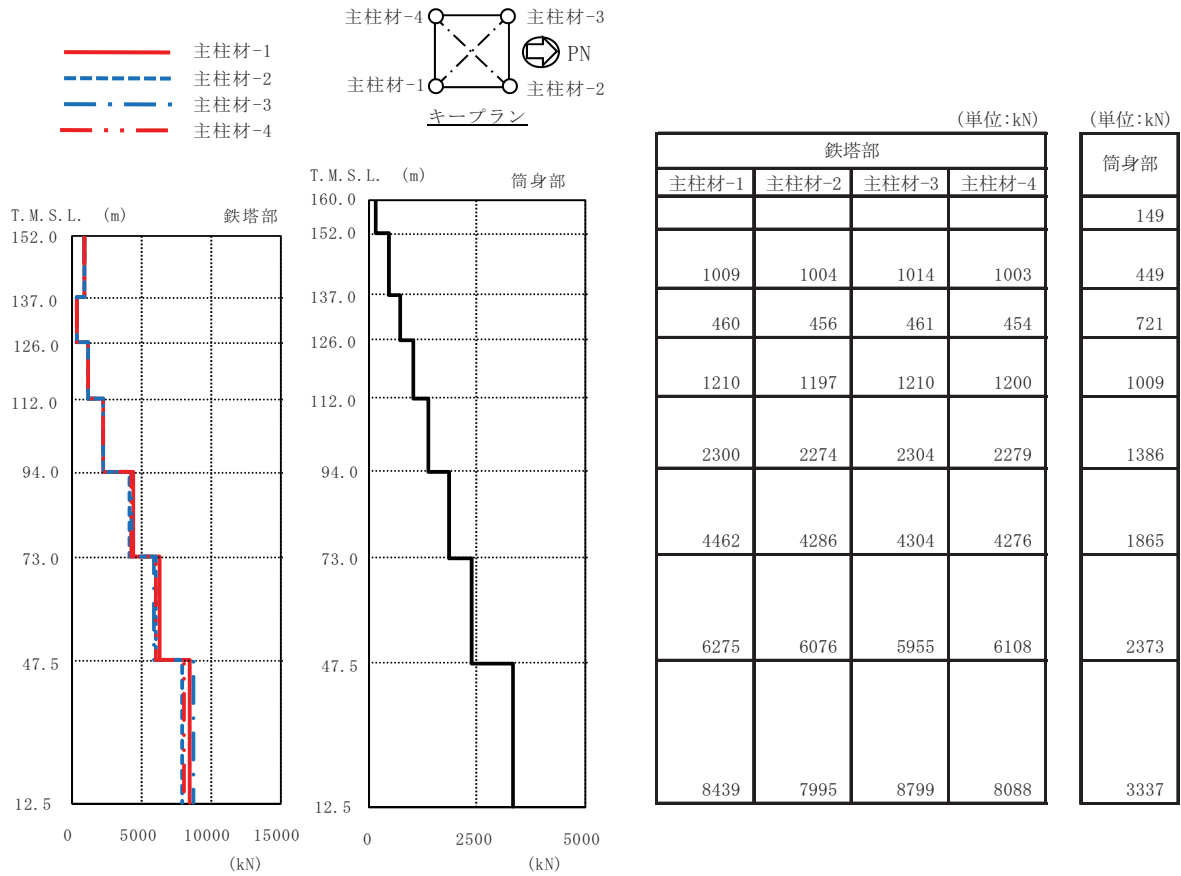
第 6.5.1-9 図(6) 追加柱材の最大応答曲げモーメント (Ss-2)



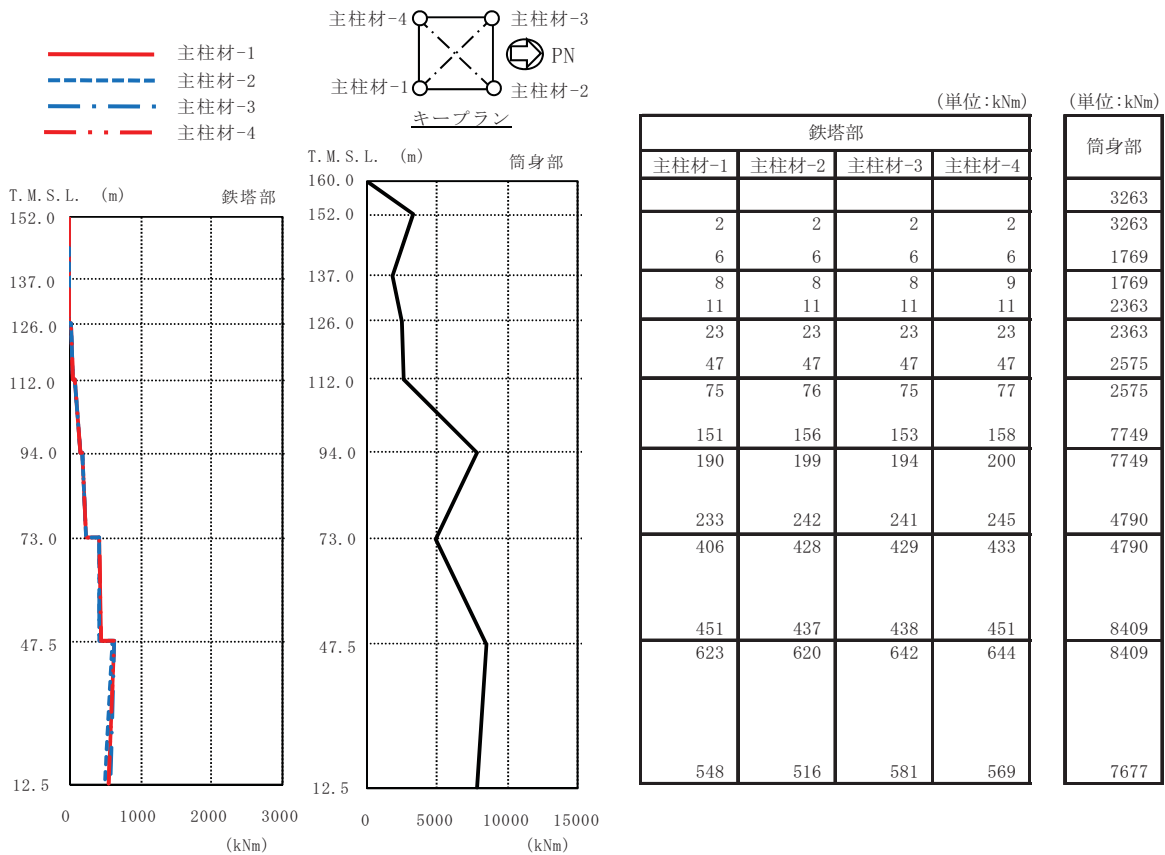
第 6.5.1-10 図(1) 鉄塔部および筒身部の最大応答加速度 (Ss-3)



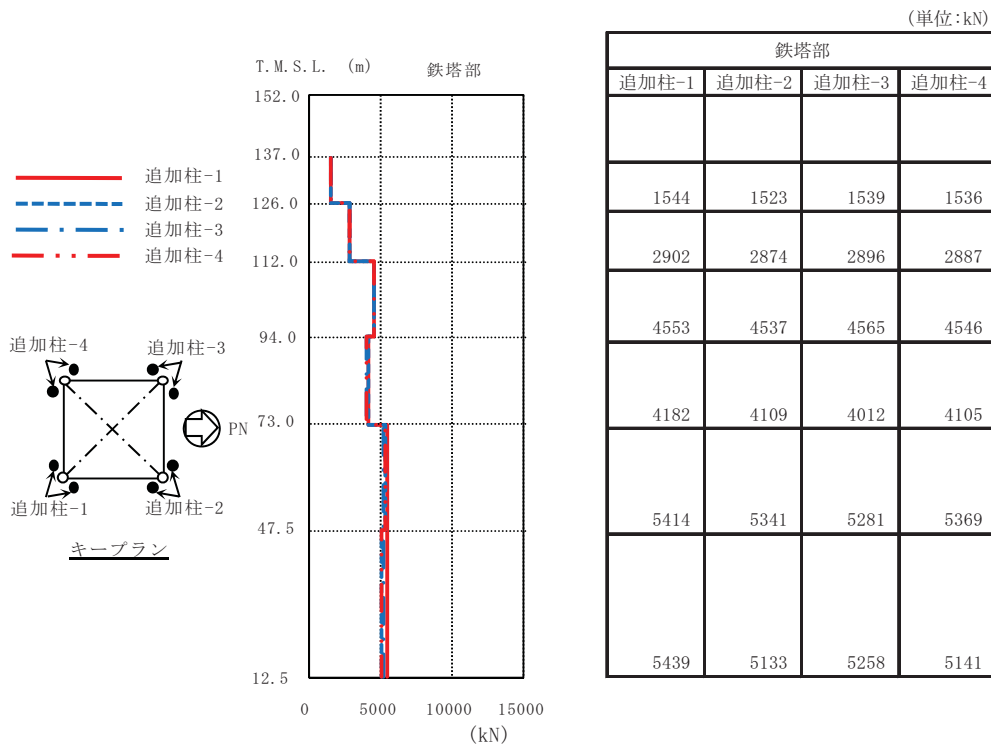
第 6.5.1-10 図(2) 鉄塔部および筒身部の最大応答変位 (Ss-3)



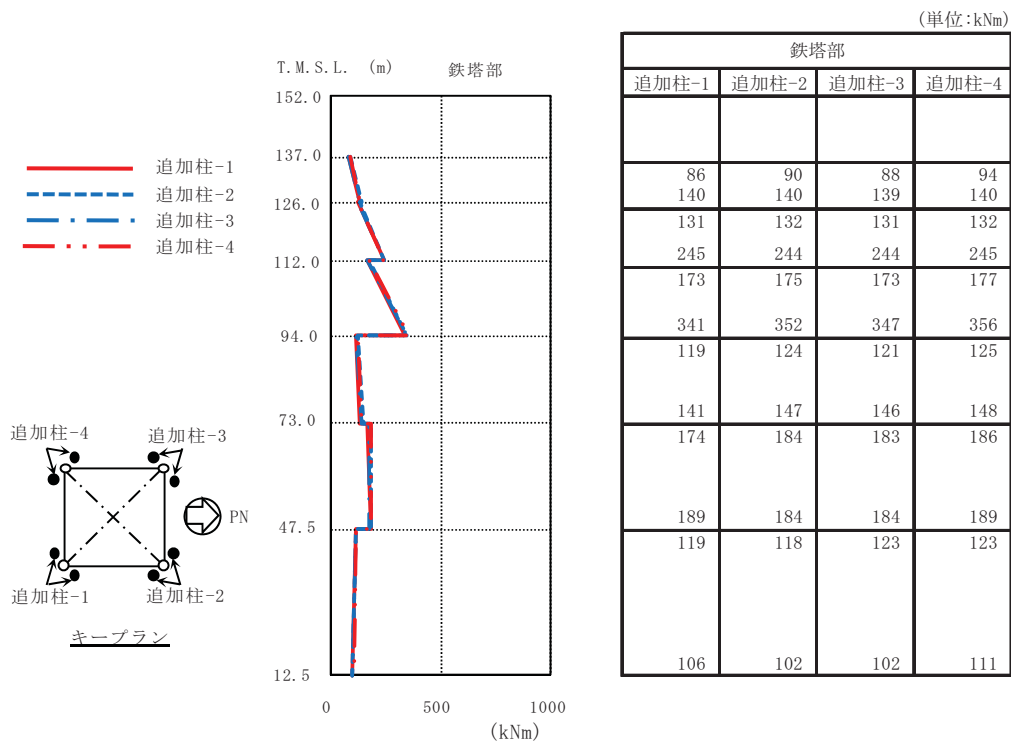
第 6.5.1-10 図(3) 既存主柱材および筒身の最大応答軸力 (Ss-3)



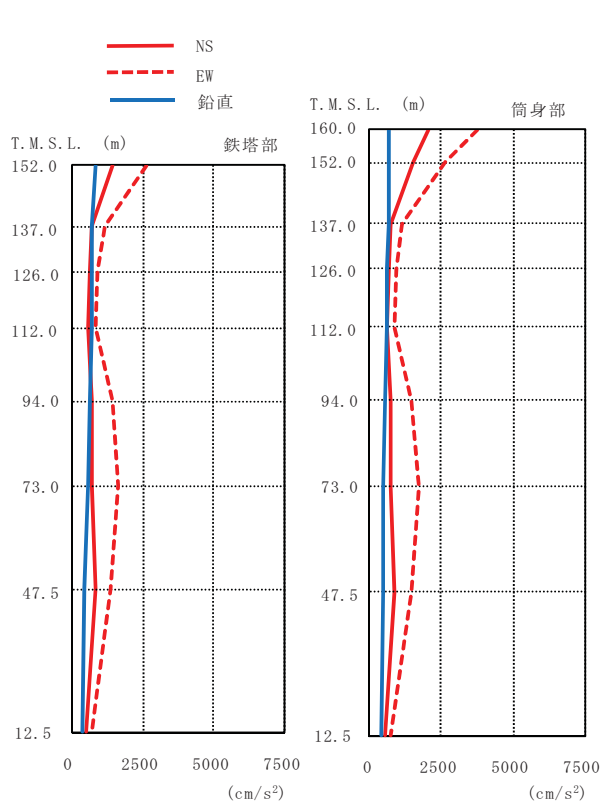
第 6.5.1-10 図(4) 既存主柱材および筒身の最大応答曲げモーメント (Ss-3)



第 6.5.1-10 図(5) 追加柱材の最大応答軸力 (Ss-3)

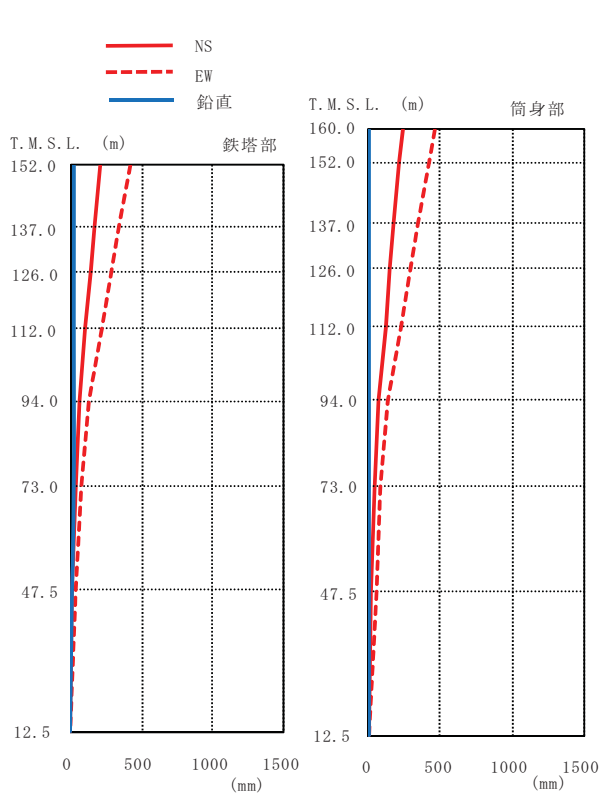


第 6.5.1-10 図(6) 追加柱材の最大応答曲げモーメント (Ss-3)



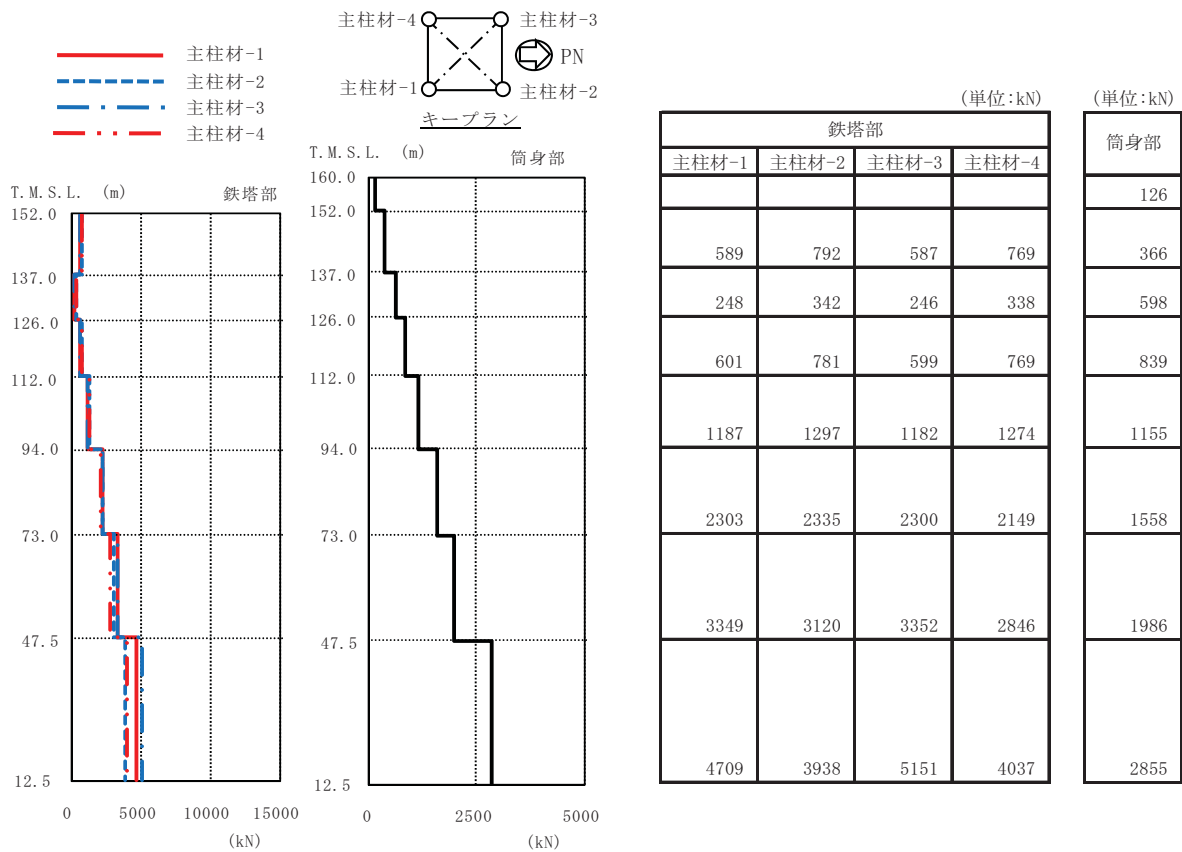
(単位: cm/s ²)			(単位: cm/s ²)		
鉄塔部			筒身部		
NS	EW	鉛直	NS	EW	鉛直
			2011	3753	679
1471	2652	886	1472	2647	676
761	1163	777	734	1146	660
662	897	768	656	895	641
606	859	737	607	859	612
756	1463	688	737	1448	560
744	1682	601	735	1696	504
868	1404	501	889	1475	450
537	722	410	537	722	404

第 6.5.1-11 図(1) 鉄塔部および筒身部の最大応答加速度 (Ss-4)

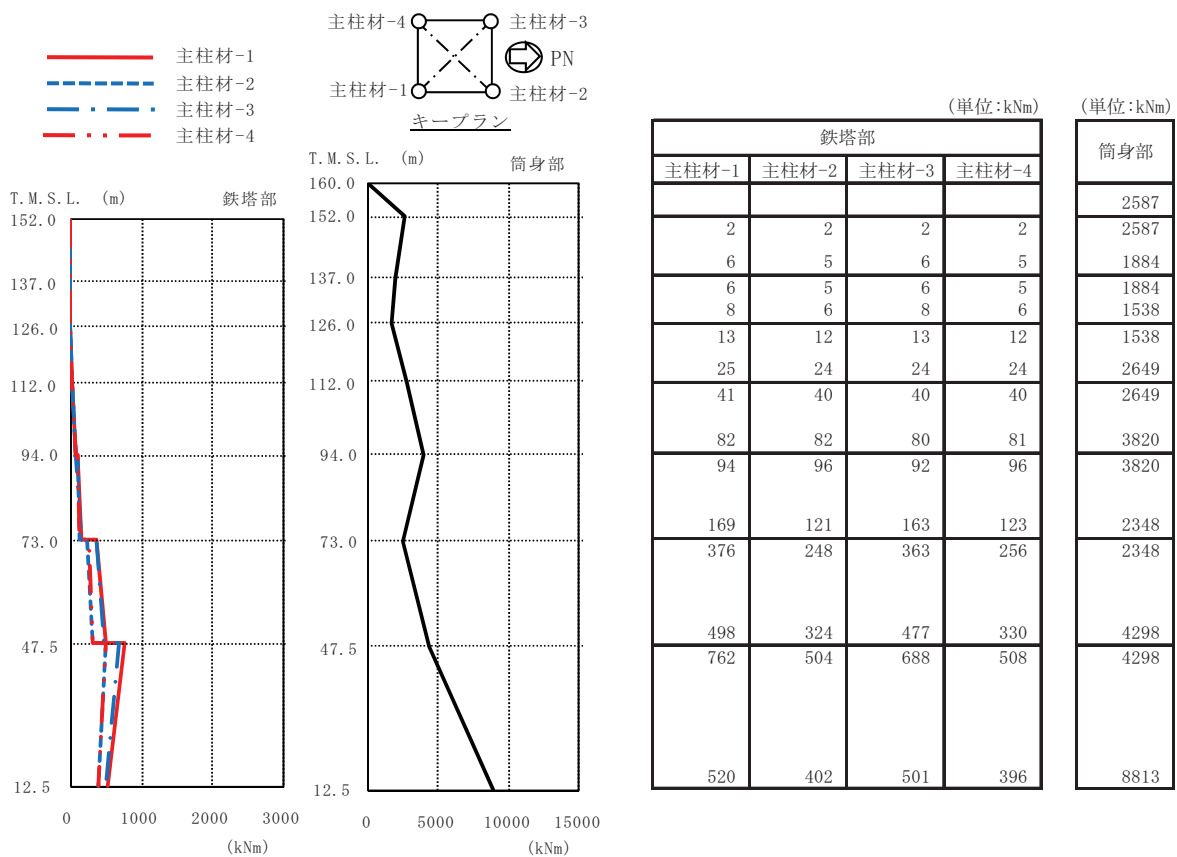


(単位: mm)			(単位: mm)		
鉄塔部			筒身部		
NS	EW	鉛直	NS	EW	鉛直
			240	459	4
216	418	24	215	418	4
177	346	21	176	346	3
150	294	23	149	293	3
114	223	25	114	223	3
74	137	26	73	137	3
40	74	21	39	75	2
18	45	15	18	47	2
1	1	1	1	1	1

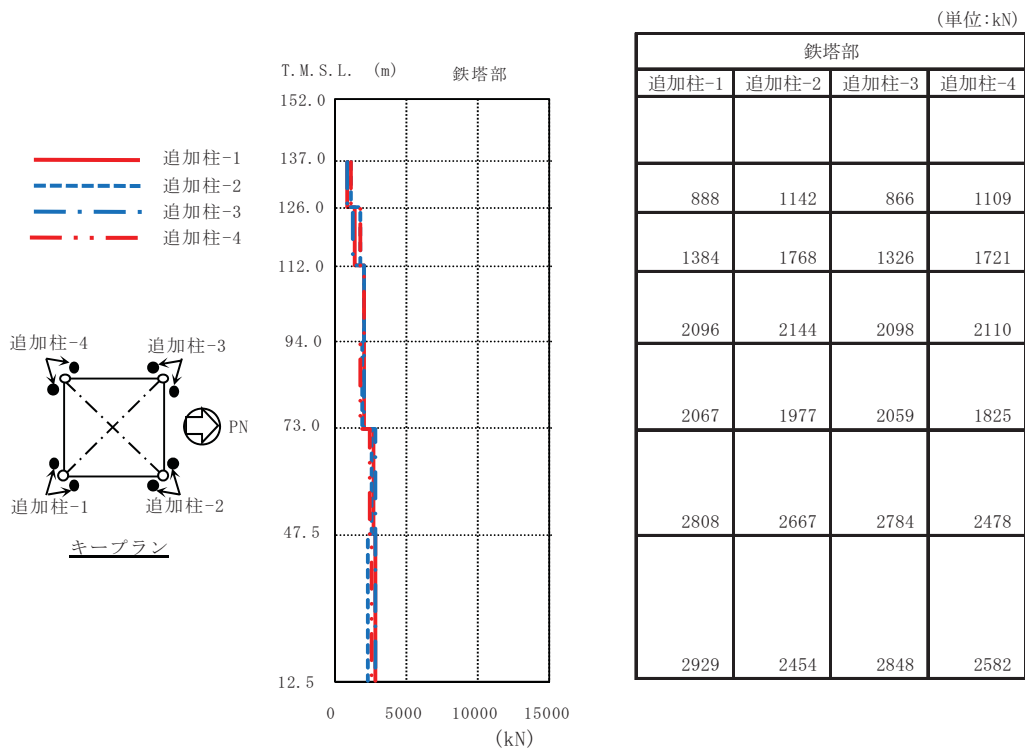
第 6.5.1-11 図(2) 鉄塔部および筒身部の最大応答変位 (Ss-4)



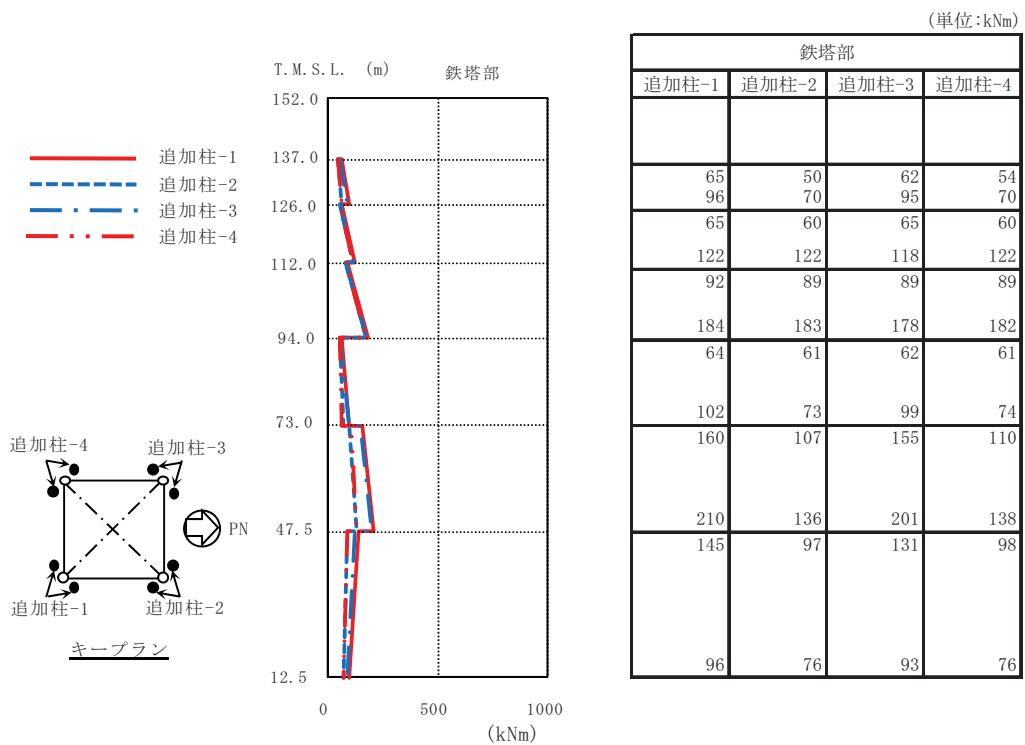
第 6.5.1-11 図(3) 既存主柱材および筒身の最大応答軸力 (Ss-4)



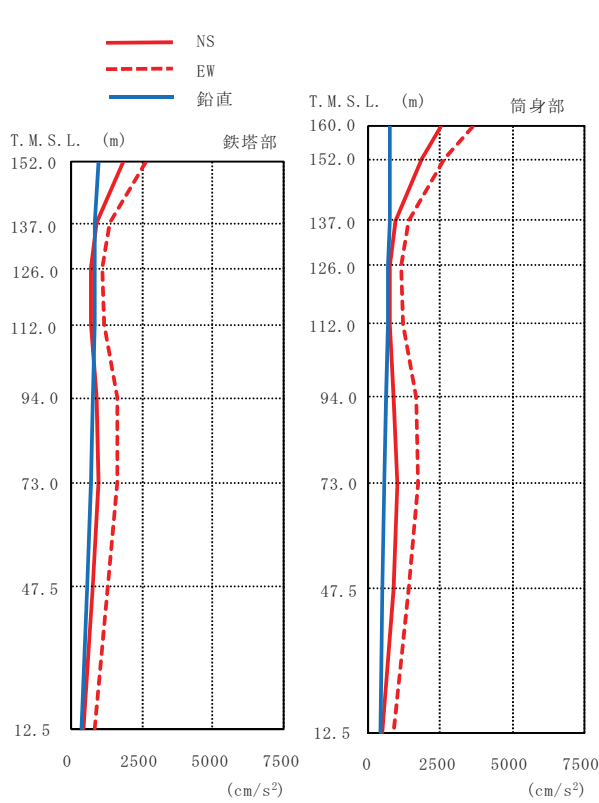
第 6.5.1-11 図(4) 既存主柱材および筒身の最大応答曲げモーメント (Ss-4)



第 6.5.1-11 図(5) 追加柱材の最大応答軸力 (Ss-4)



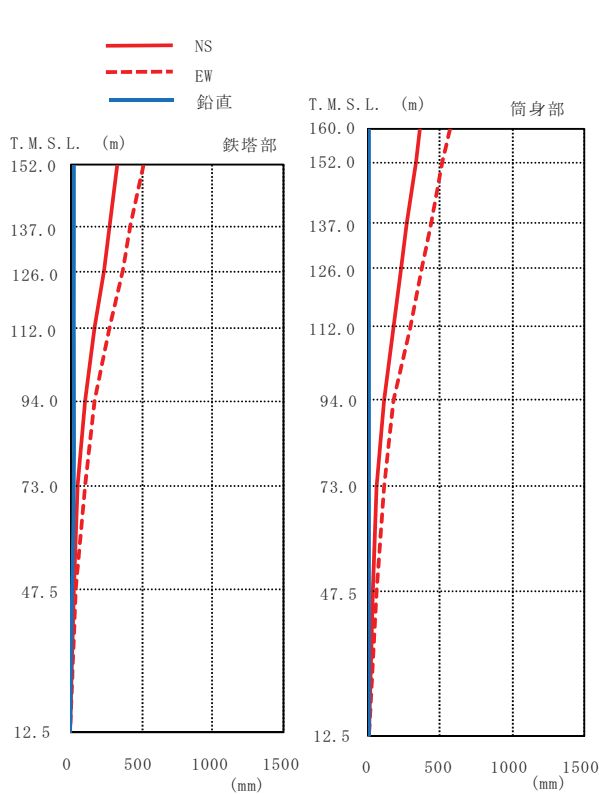
第 6.5.1-11 図(6) 追加柱材の最大応答曲げモーメント (Ss-4)



(単位: cm/s²)

鉄塔部			筒身部		
NS	EW	鉛直	NS	EW	鉛直
1825	2624	991	1830	2633	718
881	1389	847	887	1388	701
685	1096	855	681	1094	680
719	1146	832	698	1162	649
887	1603	773	863	1602	593
958	1665	714	958	1685	522
791	1326	624	810	1361	465
449	840	412	449	840	403

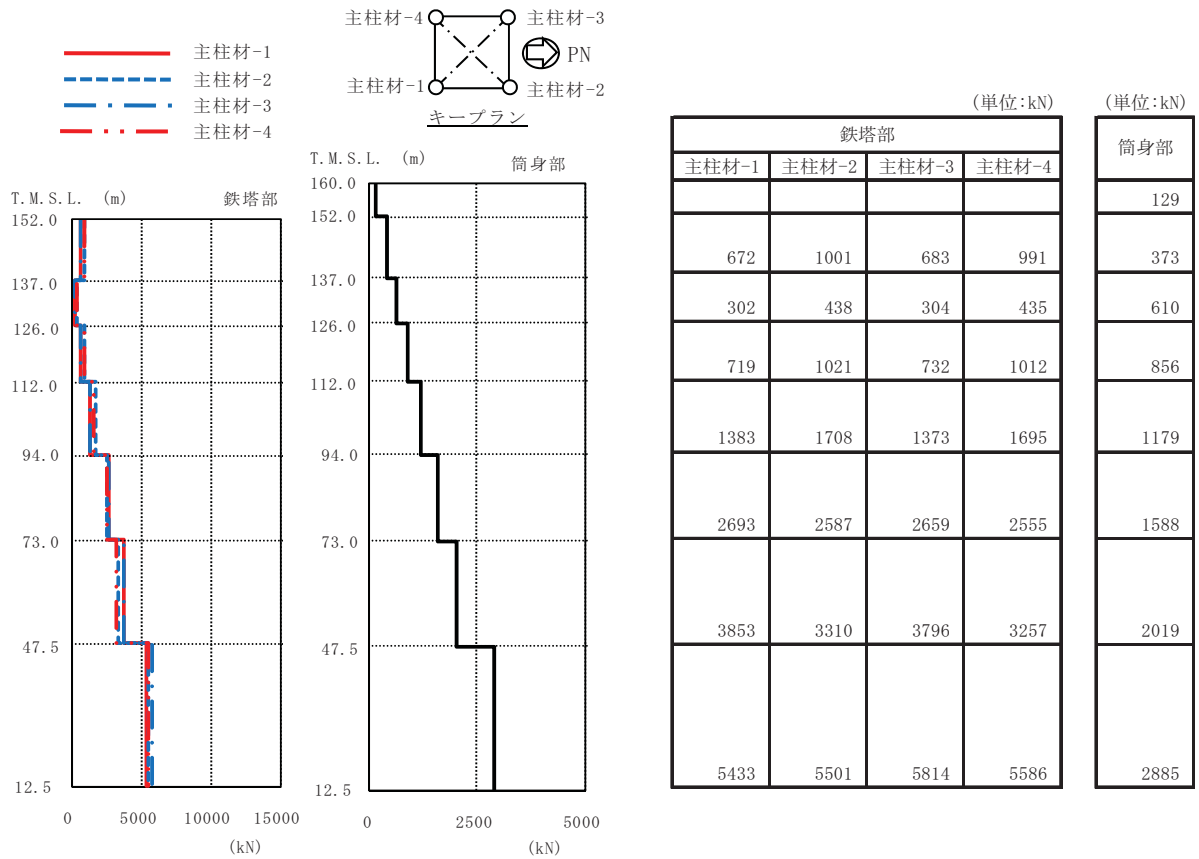
第 6.5.1-12 図(1) 鉄塔部および筒身部の最大応答加速度 (Ss-5)



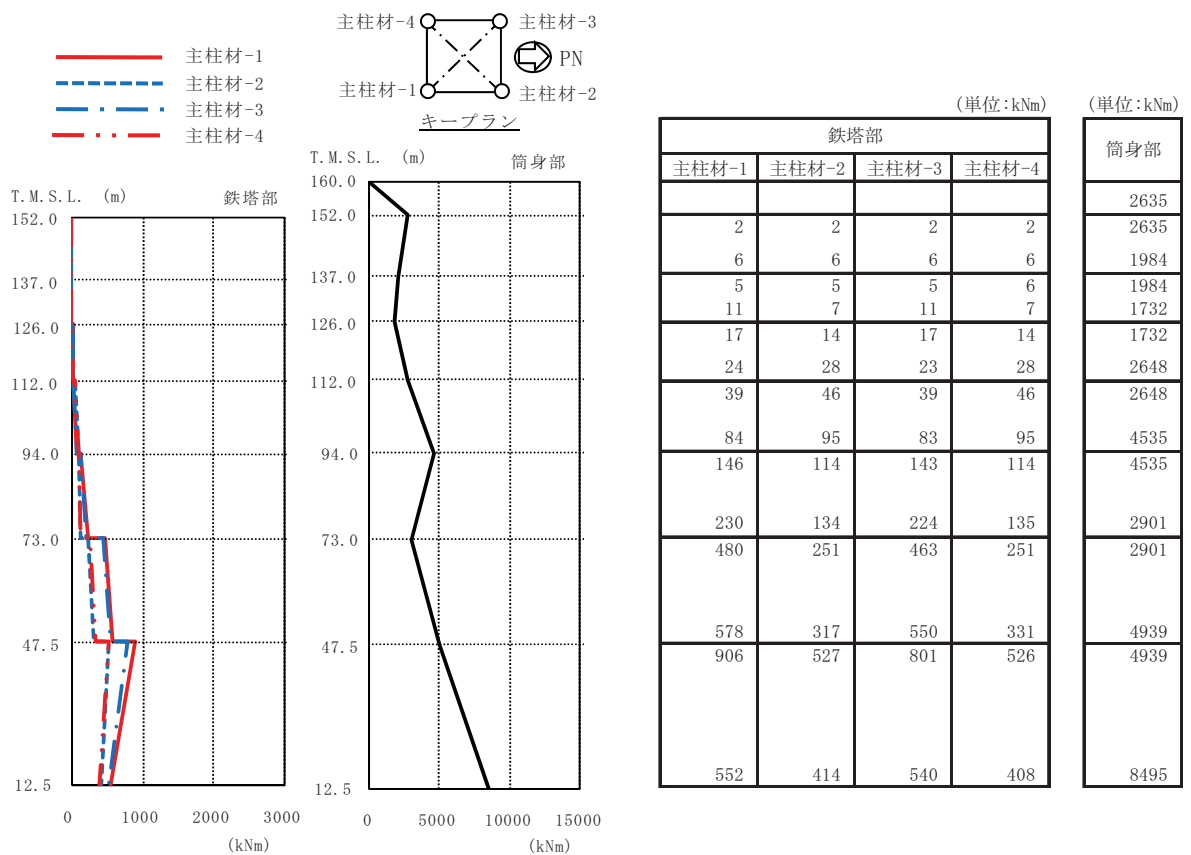
(単位: mm)

鉄塔部			筒身部		
NS	EW	鉛直	NS	EW	鉛直
324	515	29	323	515	4
268	429	23	268	429	4
228	367	25	228	367	3
175	282	28	175	283	3
110	178	29	110	178	3
55	108	24	55	109	2
25	46	17	25	49	2
1	2	1	1	2	1

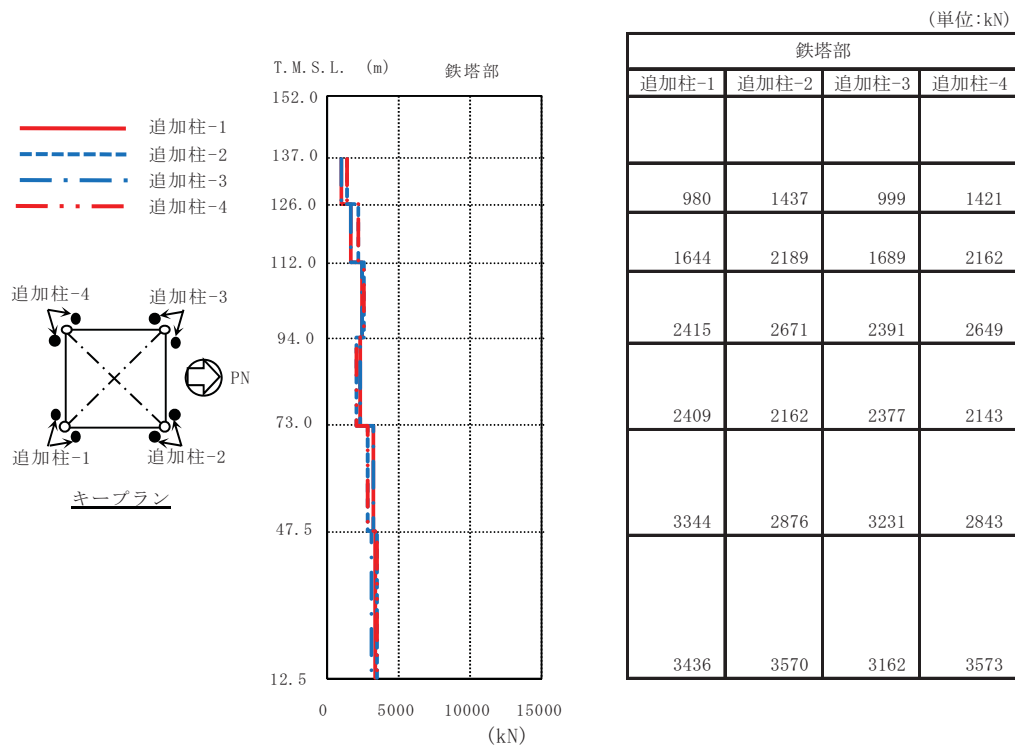
第 6.5.1-12 図(2) 鉄塔部および筒身部の最大応答変位 (Ss-5)



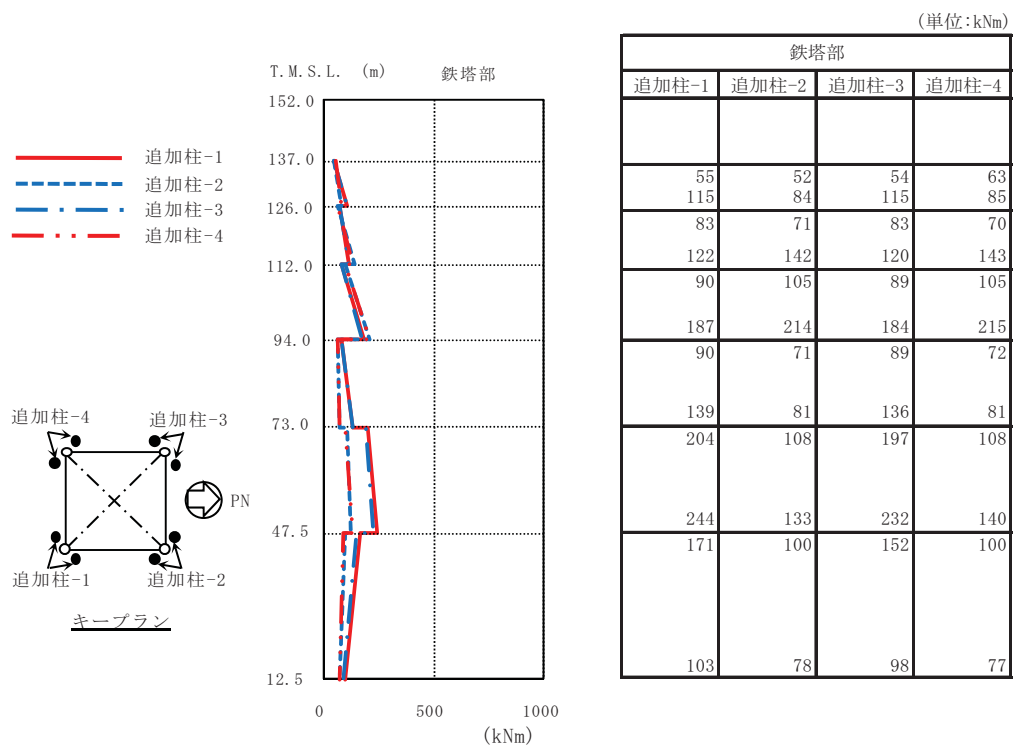
第 6.5.1-12 図(3) 既存主柱材および筒身の最大応答軸力 (Ss-5)



第 6.5.1-12 図(4) 既存主柱材および筒身の最大応答曲げモーメント (Ss-5)



第 6.5.1-12 図(5) 追加柱材の最大応答軸力 (Ss-5)



第 6.5.1-12 図(6) 追加柱材の最大応答曲げモーメント (Ss-5)

6.5.2. 耐震安全性評価結果

6.5.2.1. 鉄塔部および筒身部

3次元モデルの時刻歴地震応答解析により生じる各部材応力が評価基準値以下であることを確認する。

鉄塔部の柱材，斜材，水平材および筒身部材を対象として，地震時に生じる軸力および曲げモーメントより評価基準値に対する断面検定について，下式を用いて行う。

(圧縮)

$$\frac{s\sigma_N + s\sigma_b}{sf_c \quad sf_b} \leq 1.0$$

ここに，

$s\sigma_N$: 地震時における部材の軸応力

$s\sigma_b$: 地震時における部材の曲げ応力

sf_c : 圧縮応力に対する許容値^{※1}

(座屈の影響を考慮して細長比等により求めた数値)

sf_b : 曲げ応力に対する許容値^{※1}

(引張)

$$\frac{s\sigma_N + s\sigma_b}{sf_t \quad sf_b} \leq 1.0$$

ここに，

$s\sigma_N$: 地震時における部材の軸応力

$s\sigma_b$: 地震時における部材の曲げ応力

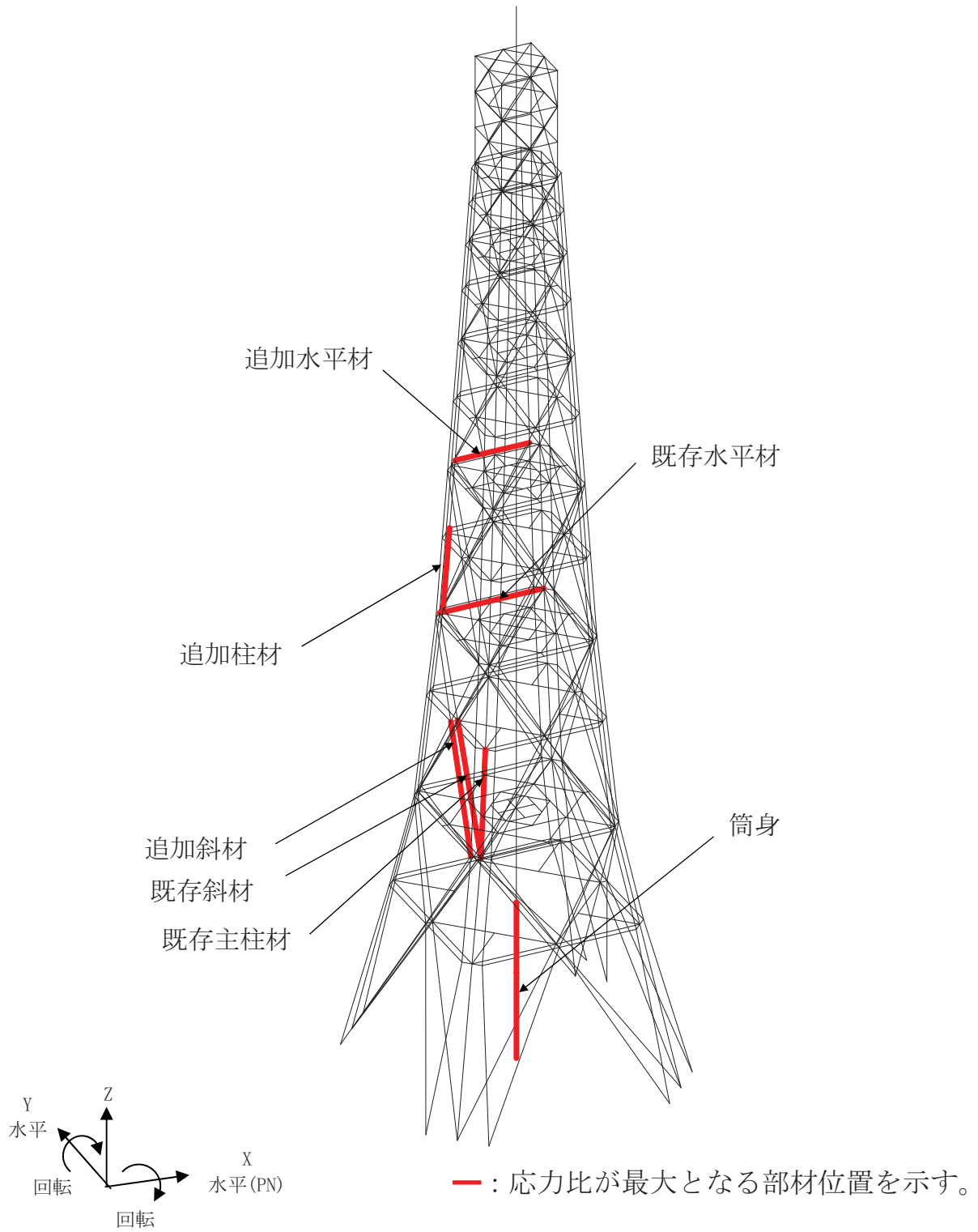
sf_t : 引張応力に対する許容値^{※1}

sf_b : 曲げ応力に対する許容値^{※1}

※1 建築基準法に基づく鋼材の材料強度
(F値の1.1倍) による許容値

基準地震動 S_s による各部材の評価結果のうち、応力比が最も大きい部材について、評価部位を第 6.5.2-1 図に、評価結果を第 6.5.2-1 表に示す。

排気筒について各部材の最大応力は、評価基準値以下であり、耐震安全性は確保されている。



第 6.5.2-1 図 評価部位

第 6.5.2-1 表 鉄塔部および筒身部における評価結果

箇所	部材	N (kN)	M (kNm)	A ($\times 10^2 \text{mm}^2$)	Z ($\times 10^3 \text{mm}^3$)	σ_c (N/mm ²)	σ_b (N/mm ²)	${}_s f_c$ (N/mm ²)	${}_s f_b$ (N/mm ²)	$\frac{{}_s \sigma_c}{{}_s f_c} + \frac{{}_s \sigma_b}{{}_s f_b}$
鉄塔	既存支柱材	4095	1024	301.9	5960	135.7	171.9	324	357	0.90
	既存斜材	2952	—	98.00	828	301.3	—	317	—	0.96
	既存水平材	753	—	68.50	522	109.9	—	235	—	0.47
	追加柱材	4105	104	197.6	2390	207.8	43.4	309	357	0.80
	追加斜材	2077	—	67.55	515	307.5	—	333	—	0.93
	追加水平材	1068	—	54.08	344	197.5	—	242	—	0.82
筒身		2224	13160	1180	100000	18.9	131.6	225	233	0.65

記号の説明

N : 軸力 (圧縮を正とする。)

M : 曲げモーメント

A : 断面積

Z : 断面係数

σ_c : 圧縮応力 (N/A)

σ_b : 曲げ応力 (M/Z)

${}_s f_c$: 圧縮応力に対する許容値 (平成 12 年建設省告示第 2464 号, 平成 13 年国土交通省告示第 1024 号, 日本建築学会「鋼構造設計規準 - 許容応力度設計法 -」(2005) および「煙突構造設計指針」(2007) に準拠)

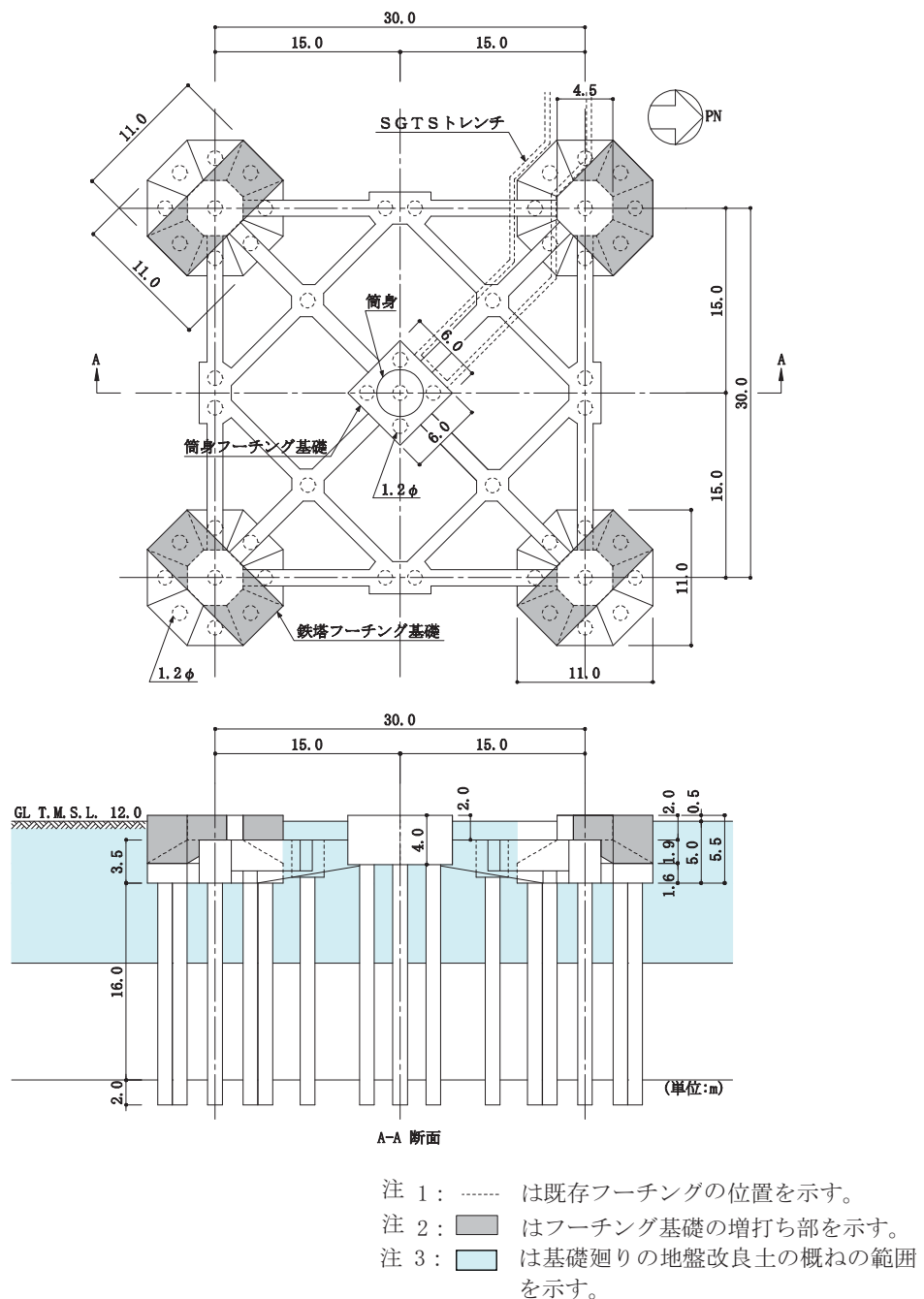
${}_s f_b$: 曲げ応力に対する許容値 (平成 12 年建設省告示第 2464 号, 日本建築学会「鋼構造設計規準 - 許容応力度設計法 -」(2005) および「煙突構造設計指針」(2007) に準拠)

6.5.2.2. 基礎

排気筒のフーチング基礎部と杭配置の概要を第 6.5.2-2 図に、鉄塔部と筒身部の 1 脚当たりのフーチング基礎の概要を第 6.5.2-3 図にそれぞれ示す。

第 6.5.2-2 表に上部架構からフーチング基礎に伝達される荷重を示す。また、第 6.5.2-3 表および第 6.5.2-4 表に杭の支持力確認結果を示す。

杭基礎についての最大応力は、評価基準値以下であり、耐震安全性は確保されている。

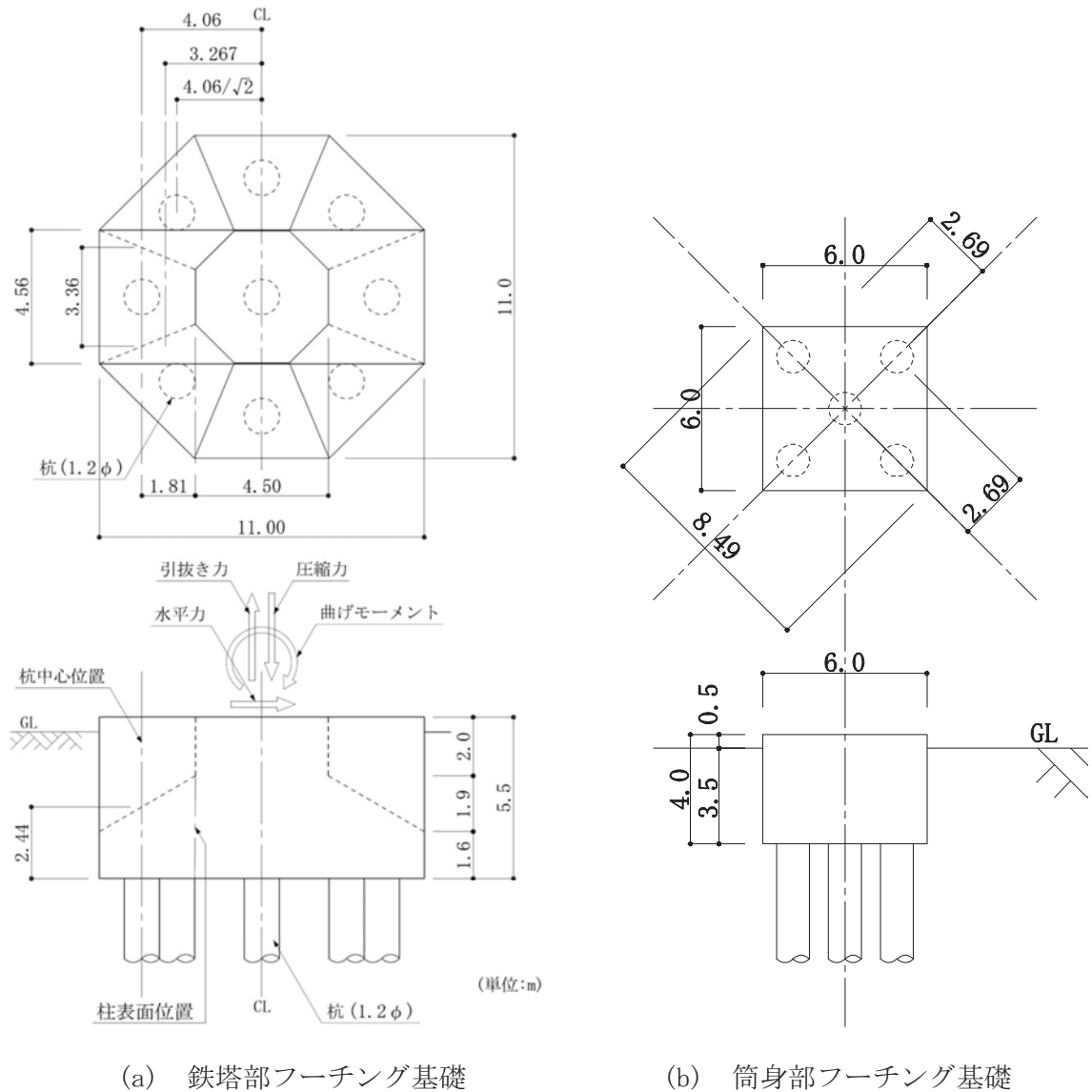


第 6.5.2-2 図 排気筒の基礎の概要

第 6.5.2-2 表 上部架構からフーチング基礎に伝達される荷重

		鉄塔部	筒身部	備考
上部から 伝達される荷重	圧縮力 (kN/脚)	19,627	3,610	長期軸力含む
	引抜き力 (kN/脚)	15,799	(生じない)	
	水平力 (kN/脚)	6,624	819	NS 方向および EW 方向の ベクトル和
	曲げモーメント (kNm/脚)	25,800	14,309	
杭支持力の 確認用の荷重 (フーチング下面)	フーチング基礎下端位置 における曲げモーメント* (kNm/脚)	69,362	17,119	NS 方向および EW 方向の ベクトル和
	フーチング基礎廻り自重 (kN/脚)	14,993	5,078	基礎梁および土 被り重量含む

注)*: 水平力×フーチング基礎高さ (鉄塔部 5.5m, 筒身部 4.0m) + 基礎の水平力×基礎底面からの高さ (鉄塔部, 筒身部 1.75m) + 曲げモーメント



(a) 鉄塔部フーチング基礎

(b) 筒身部フーチング基礎

第 6.5.2-3 図 フーチング基礎の概要 (鉄塔部, 筒身部)

第 6.5.2-3 表 杭の鉛直支持力等の確認（鉄塔部）

検討項目	計算値	評価基準値 (抵抗力)	$\frac{\text{発生応力}}{\text{評価基準値}}$
全体引抜き力 (kN/脚)	4,313 (最大引抜き力)	51,300 (残留引抜き抵抗力)	0.09
杭の支持力の確認 (最外縁杭：kN/本)	7,917 (最大圧縮力)	11,700 (極限鉛直支持力)	0.68

第 6.5.2-4 表 杭の鉛直支持力等の確認（筒身部）

検討項目	計算値	評価基準値 (抵抗力)	$\frac{\text{計算値}}{\text{評価基準値}}$
全体引抜き力 (kN/脚)	(引抜き力は生じない)	28,500 (残留引抜き抵抗力)	—
杭の支持力の確認 (最外縁杭：kN/本)	3,978 (最大圧縮力)	11,700 (極限鉛直支持力)	0.34

なお、第 6.5.2-3 表および第 6.5.2-4 表に示す評価基準値（残留引抜き抵抗力、極限鉛直支持力）は、日本建築学会編『建築基礎構造設計指針』（2001 改）に示される設定方法に基づいて算定している。すなわち、極限鉛直支持力は杭の極限先端支持力と極限周面摩擦力等から求めている。杭の残留引抜き抵抗力は、杭の極限周面摩擦力と杭自重等を用いて求めている。

6.5.2.3. 非常用ガス処理系用排気筒

(a) 筒身部

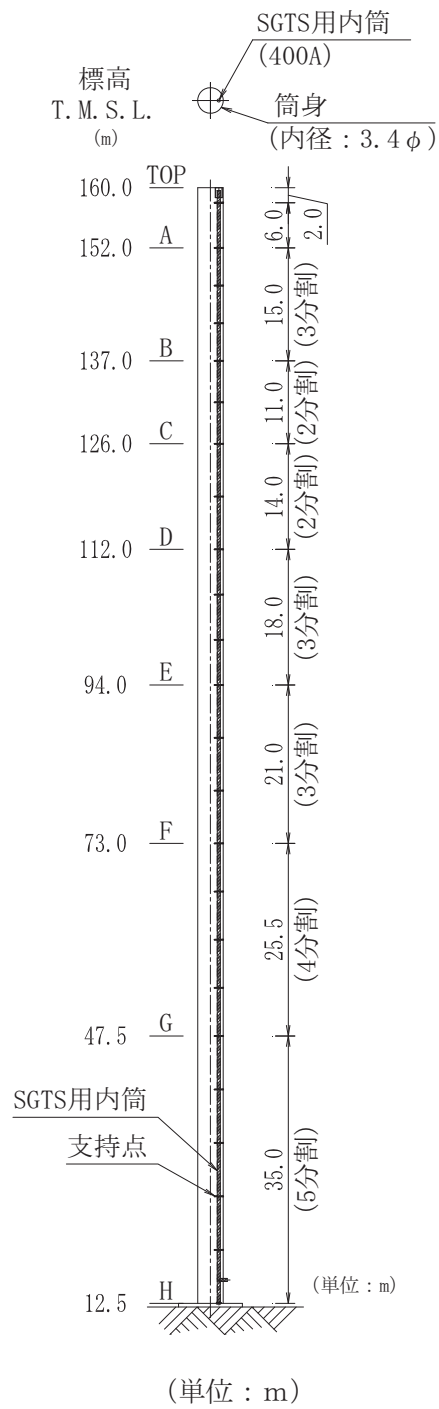
SGTS 用排気筒は熱による変形を考慮し、上下方向は拘束せず、水平方向のみ拘束し、筒身の変形に追従する支持構造となっている。排気筒の筒身部および SGTS 用排気筒の概要を第 6.5.2-4 図に示す。SGTS 用排気筒の剛性は筒身の剛性に比べて小さい。これらのことから、SGTS 用排気筒の変形は筒身の変形に追従する。したがって、筒身の変位を SGTS 用排気筒に強制的に与えることにより応力を算出し、耐震安全性の確認を行う。

第 6.5.2-5 表に筒身の変位を、第 6.5.2-6 表に SGTS 用排気筒応力および評価結果を示す。

SGTS 用排気筒の最大応力は評価基準値以下であり、耐震安全性は確保されている。

第 6.5.2-5 表 筒身の変位

位置	標高 T. M. S. L. (m)	最大応答変位 (mm)				
		Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5
TOP	160.0	956	778	1060	457	561
A	152.0	860	697	967	417	514
B	137.0	694	558	801	345	428
C	126.0	576	465	679	292	365
D	112.0	422	357	517	222	281
E	94.0	245	234	323	136	177
F	73.0	130	137	169	73	108
G	47.5	57	74	58	46	47



第 6.5.2-4 図 排気筒筒身部および SGTS 用排気筒の概要

第 6.5.2-6 表 SGTS 用排気筒筒身部における評価結果

部材間	部材長 (m)	N (kN)	M (kNm)	A ($\times 10^2 \text{mm}^2$)	Z ($\times 10^3 \text{mm}^3$)	${}_s\sigma_c$ (N/mm ²)	${}_s\sigma_b$ (N/mm ²)	${}_sf_c$ (N/mm ²)	${}_sf_b$ (N/mm ²)	$\frac{{}_s\sigma_c}{{}_f_c} + \frac{{}_s\sigma_b}{{}_f_b}$
TOP	6.00	14.7	7.8	94.0	920	1.6	8.5	218	245	0.05
A-B	5.00	40.0	7.8			4.3	8.5	226		0.06
B-C	5.50	48.1	4.7			5.2	5.2	222		0.05
C-D	7.00	68.9	8.9			7.4	9.7	210		0.08
D-E	6.00	97.4	15.8			10.4	17.2	218		0.12
E-F	7.00	125.3	15.8			13.4	17.2	210		0.14
F-G	6.38	232.0	1.8			24.7	2.0	215		0.13
G-H	7.00	287.7	2.8			30.7	3.0	210		0.16

記号の説明

N : 軸力 (圧縮を正とする。)

M : 曲げモーメント

A : 断面積

Z : 断面係数

${}_s\sigma_c$: 圧縮応力 (N/A)

${}_s\sigma_b$: 曲げ応力 (M/Z)

${}_sf_c$: 圧縮応力に対する許容値 (日本建築学会「鋼構造設計規準 - 許容応力度設計法 -」(2005) に準拠)

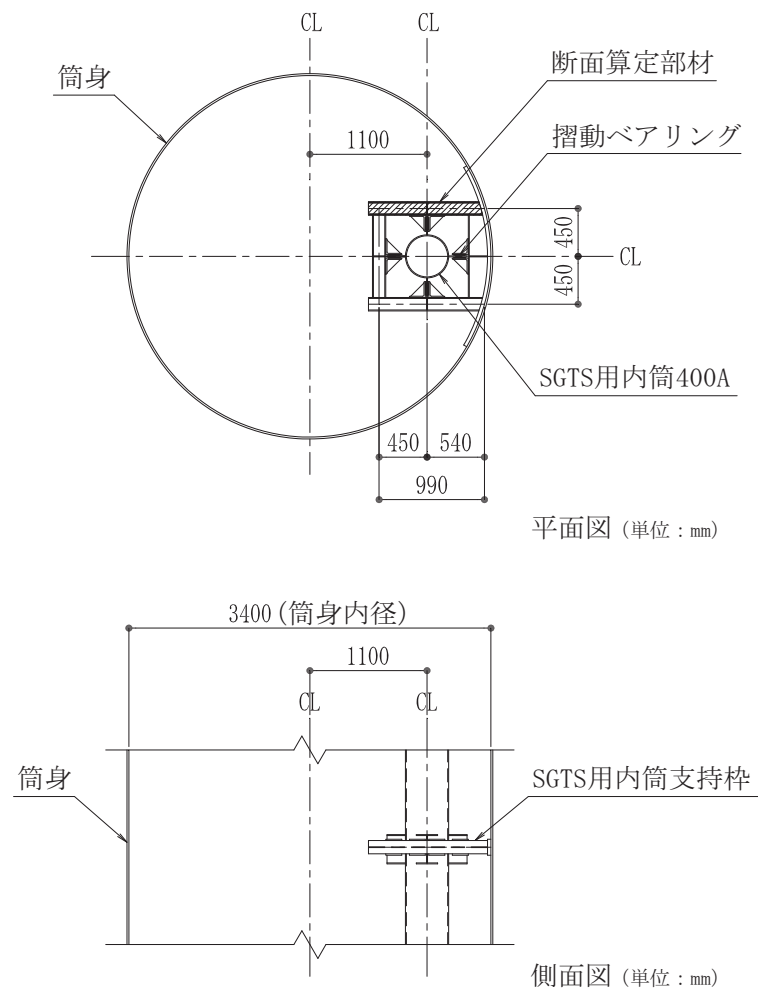
${}_sf_b$: 曲げ応力に対する許容値 (日本建築学会「鋼構造設計規準 - 許容応力度設計法 -」(2005) に準拠)

(b) 支持部

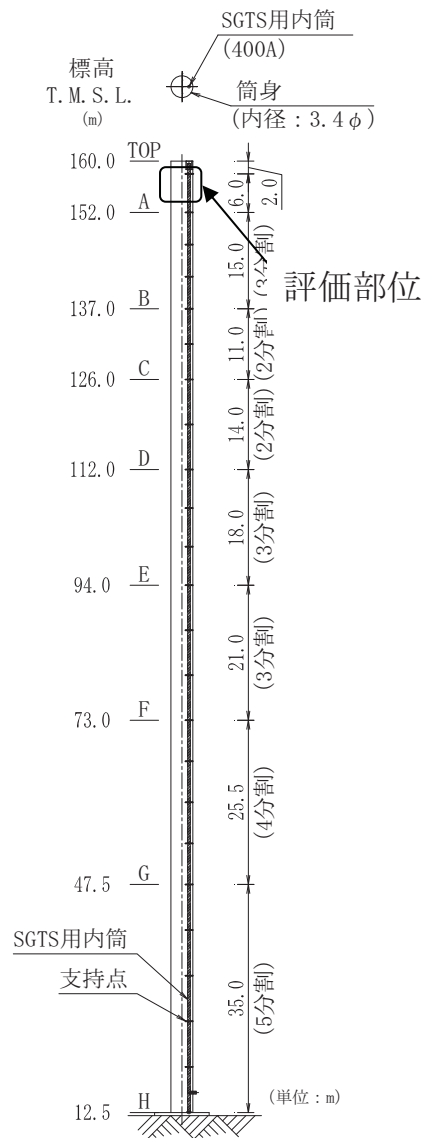
SGTS 用排気筒の支持部は第 6.5.2-5 図に示すとおり、筒身に SGTS 用排気筒を水平方向に支持する構造である。

支持部の評価に用いる応力としては、支持部に発生する最大水平力を考慮する。応力が最大となる部材を第 6.5.2-6 図に示し、評価結果を第 6.5.2-7 表に示す。

支持部に発生する応力は、評価基準値以下であり、耐震安全性は確保されている。



第 6.5.2-5 図 支持部の概要 (単位 : mm)



第 6.5.2-6 図 応力が最大となる部材 (単位 : m)

第 6.5.2-7 表 SGTS 用排気筒支持部における評価結果

部材長 (mm)	N (kN)	M (kNm)	A ($\times 10^2 \text{mm}^2$)	Z ($\times 10^3 \text{mm}^3$)	${}_s \sigma_c$ (N/mm ²)	${}_s \sigma_b$ (N/mm ²)	${}_s f_c$ (N/mm ²)	${}_s f_b$ (N/mm ²)	$\frac{{}_s \sigma_c}{{}_s f_c} + \frac{{}_s \sigma_b}{{}_s f_b}$
990	18.2	10.7	22.1	102	8.3	105.0	241	255	0.45

- 記号の説明
- N : 軸力 (圧縮を正とする。)
 - M : 曲げモーメント
 - A : 断面積
 - Z : 断面係数
 - ${}_s \sigma_c$: 圧縮応力 (N/A)
 - ${}_s \sigma_b$: 曲げ応力 (M/Z)
 - ${}_s f_c$: 圧縮応力に対する許容値 (日本建築学会「鋼構造設計規準 - 許容応力度設計法 -」(2005) に準拠)
 - ${}_s f_b$: 曲げ応力に対する許容値 (日本建築学会「鋼構造設計規準 - 許容応力度設計法 -」(2005) に準拠)

6.6. 参考文献

- [1] Novak, M., Nogami, T., and Aboul-Ella, F., “Dynamic Soil Reactions For Plane Strain Case” ASCE, EM4, 1987, 953-959

- [2] 田治見 宏, 下村 幸男, 「3次元薄層要素による建物—地盤系の動的解析」, 日本建築学会論文報告集, No.243, pp.41-51, 1976年

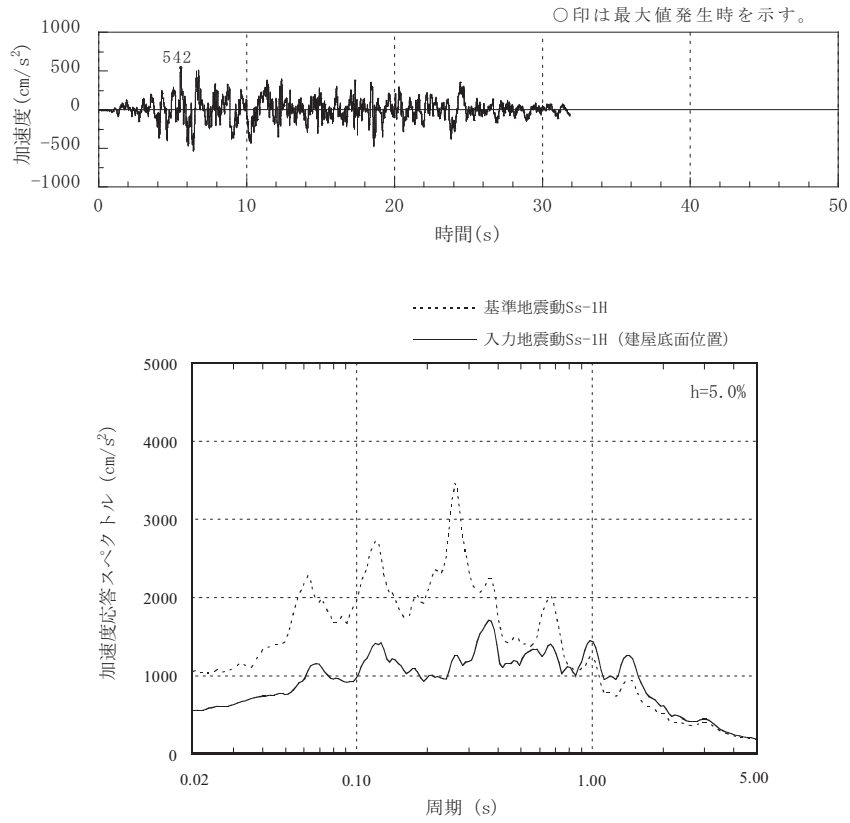
5号機原子炉建屋の入力地震動に関する検討

基準地震動 S_s による入力地震動の時刻歴波形及び加速度応答スペクトルの比較を以下に示す。

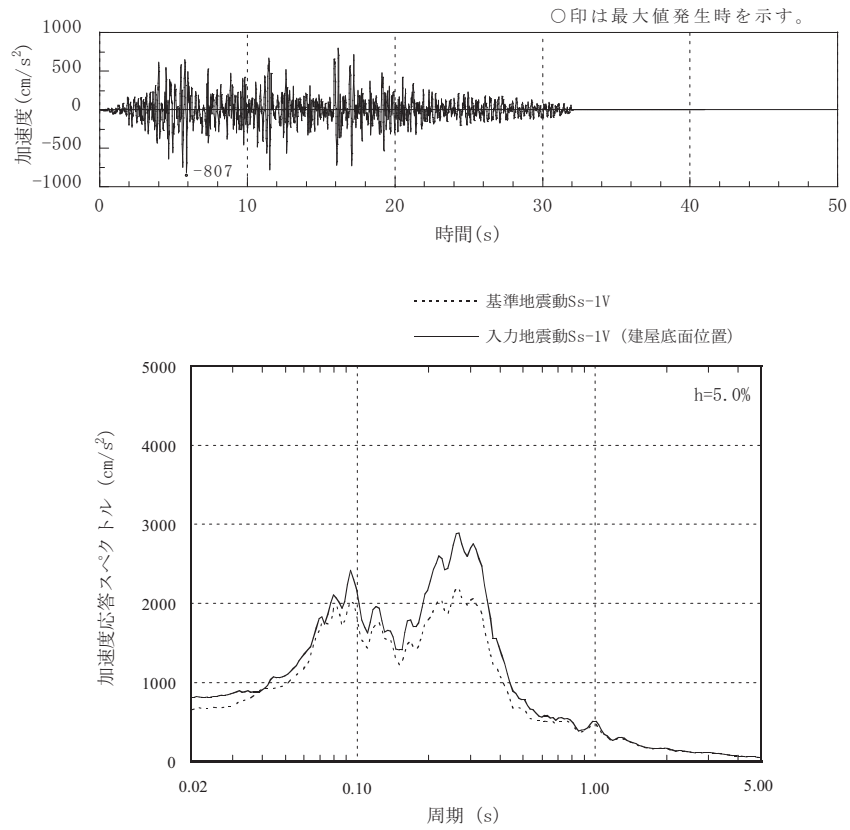
水平方向の入力地震動は、解放基盤表面で定義される基準地震動 S_s (2E) を用いて、一次元波動論により算定した建屋側面及び底面位置での応答波 (E+F) とする。

鉛直方向の入力地震動は、解放基盤表面で定義される基準地震動 S_s (鉛直動, 2E) を用いて、一次元波動論により算定した建屋底面位置での応答波 (2E) とする。

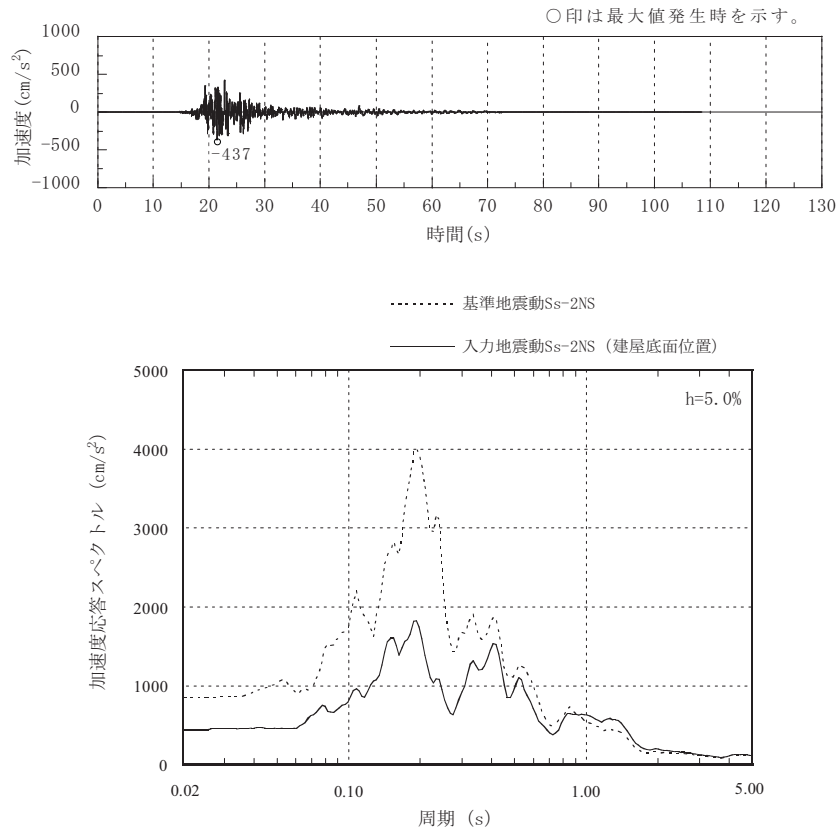
水平及び鉛直方向の建屋底面位置における入力地震動の時刻歴波形及び加速度応答スペクトルを添図-1～添図-5 に示す。加速度応答スペクトルについては基準地震動 S_s と比較して示す。



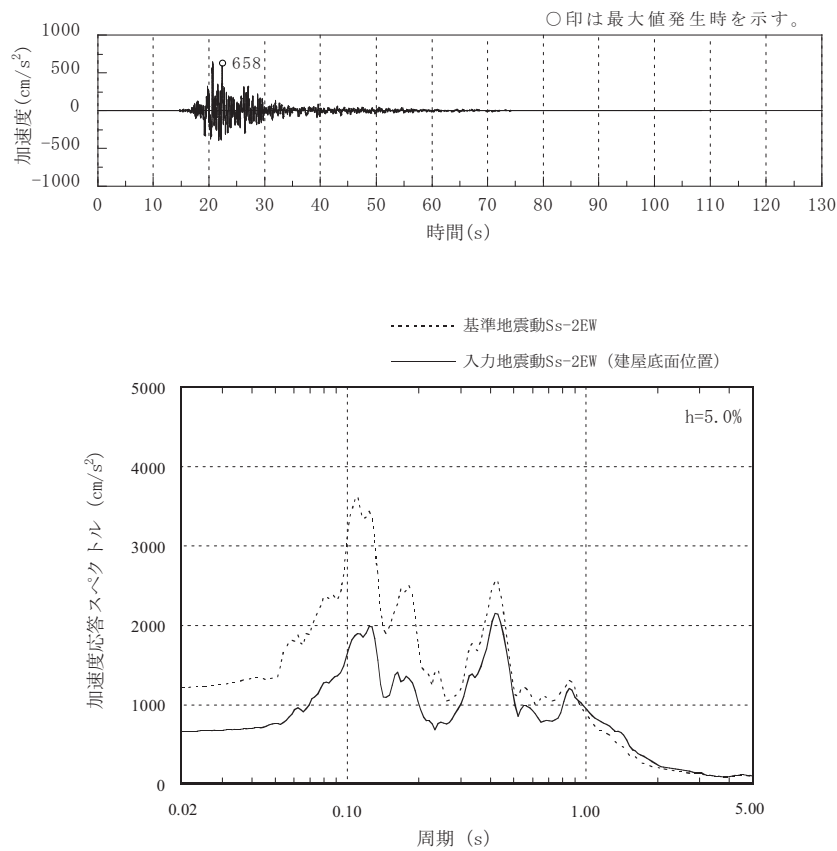
添図-1(a) 水平方向入力地震動の時刻歴波形と加速度応答スペクトル (Ss-1H)



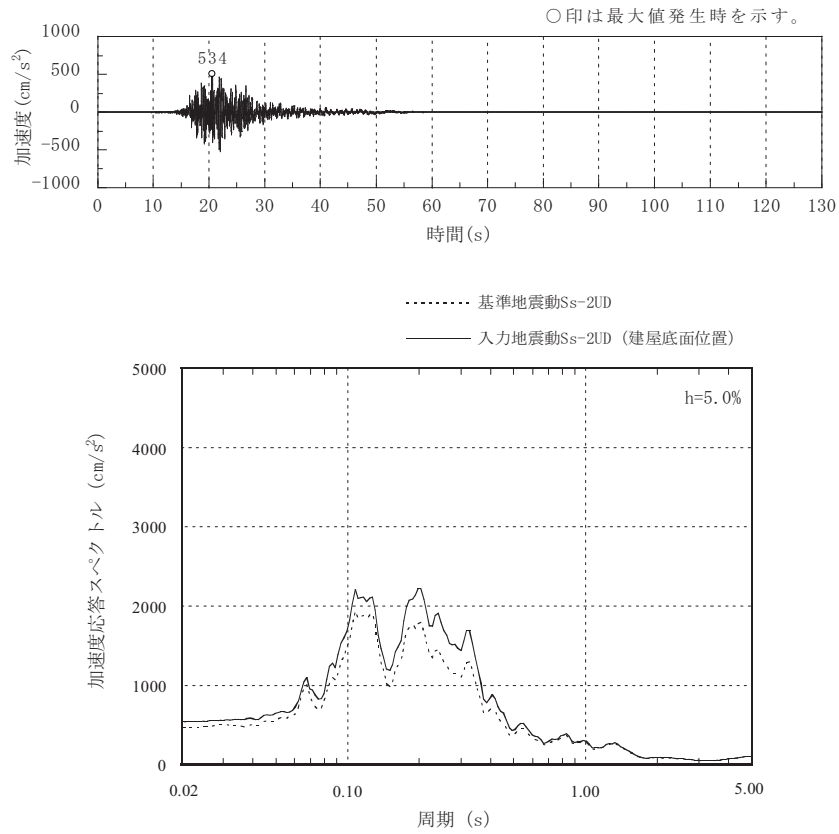
添図-1(b) 鉛直方向入力地震動の時刻歴波形と加速度応答スペクトル (Ss-1V)



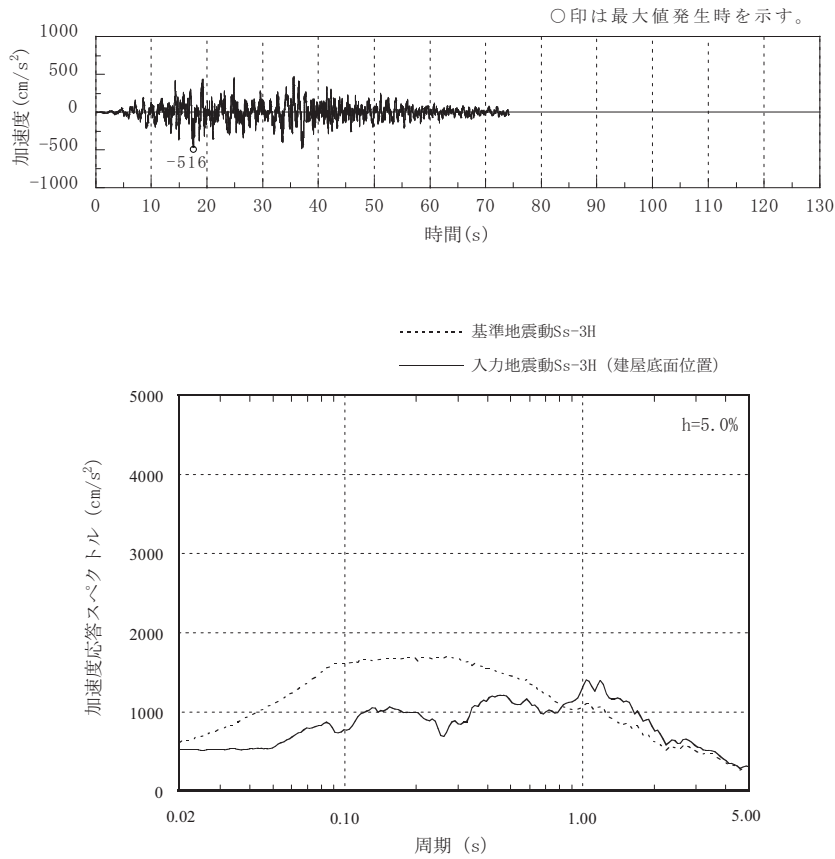
添図-2(a) 水平方向入力地震動の時刻歴波形と加速度応答スペクトル (Ss-2 NS)



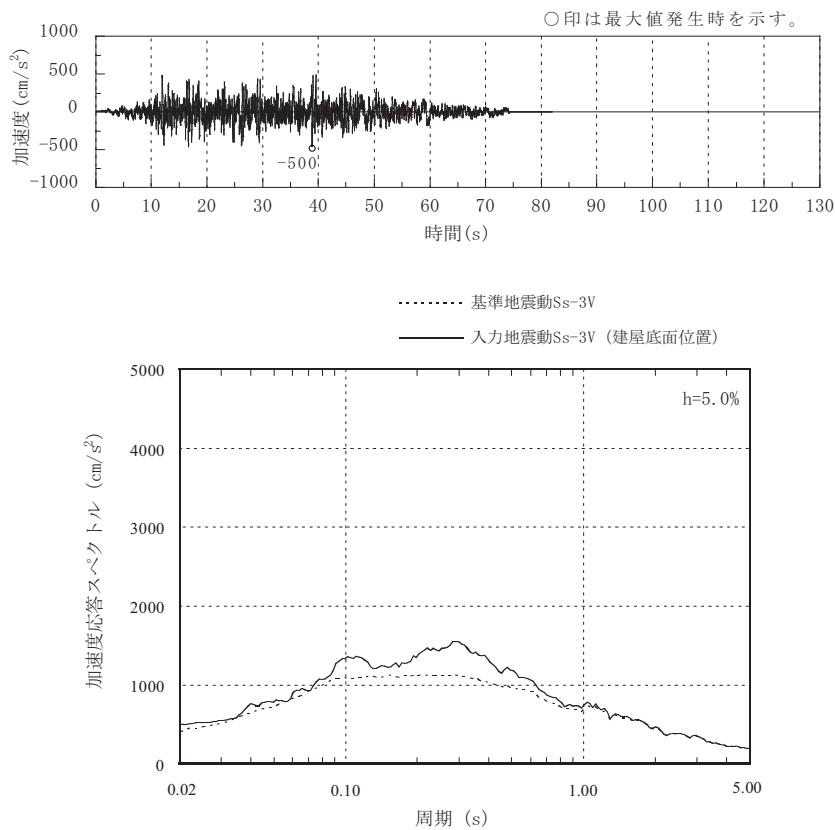
添図-2(b) 水平方向入力地震動の時刻歴波形と加速度応答スペクトル (Ss-2 EW)



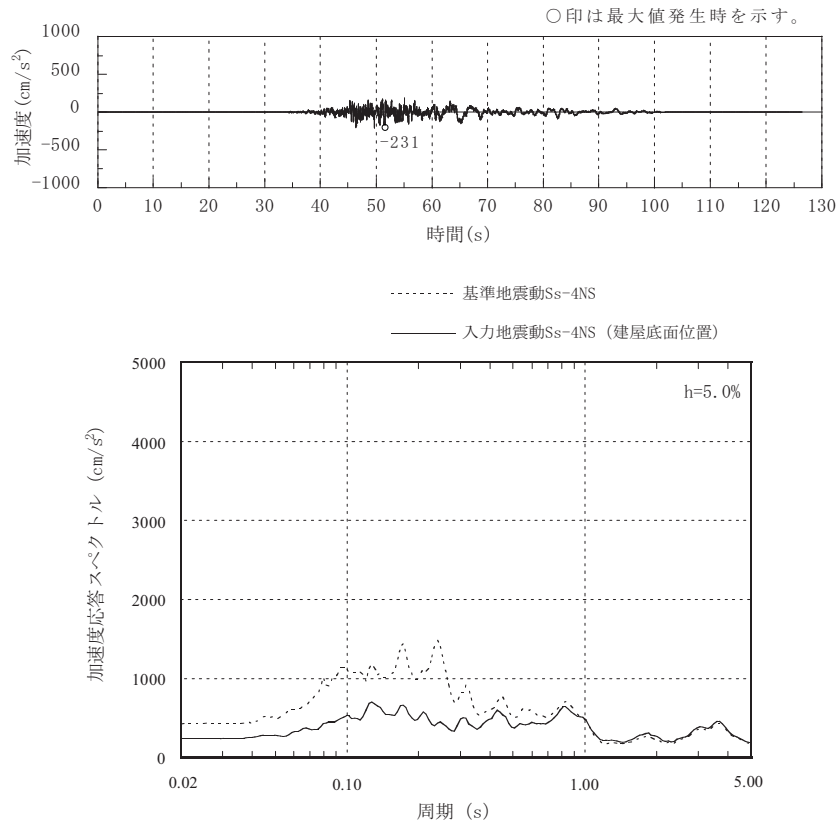
添図-2(c) 鉛直方向入力地震動の時刻歴波形と加速度応答スペクトル (Ss-2 鉛直)



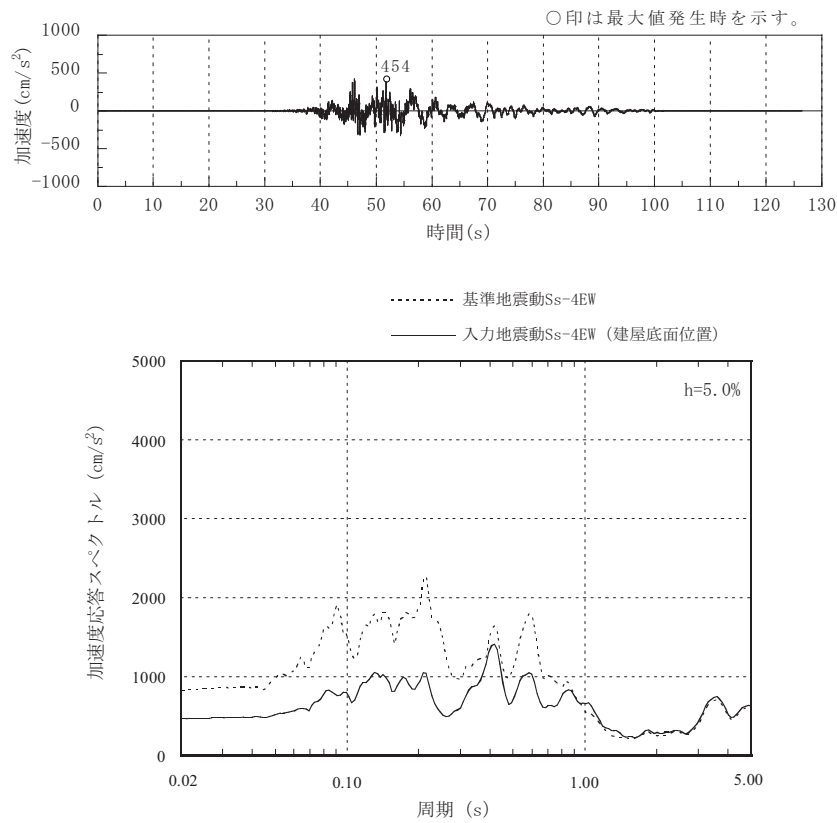
添図-3(a) 水平方向入力地震動の時刻歴波形と加速度応答スペクトル (Ss-3H)



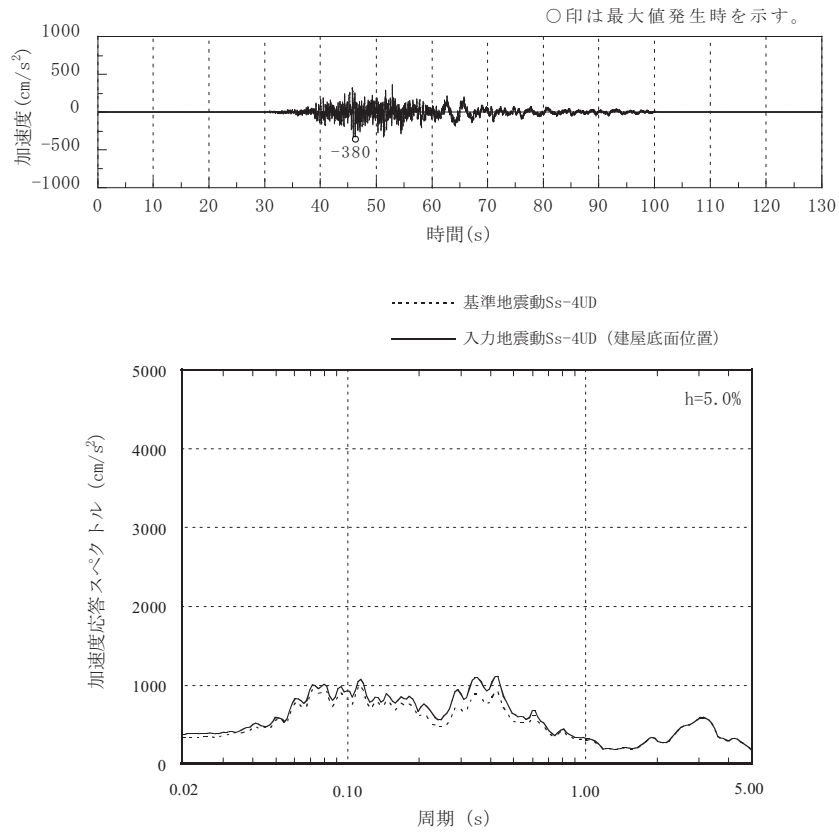
添図-3(b) 鉛直方向入力地震動の時刻歴波形と加速度応答スペクトル (Ss-3V)



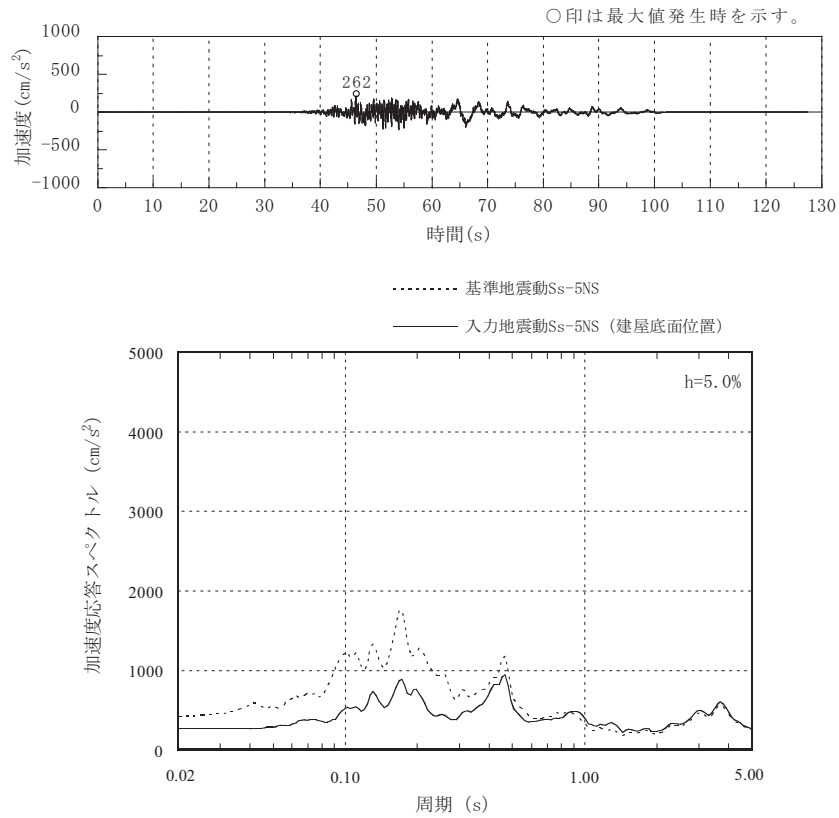
添図-4(a) 水平方向入力地震動の時刻歴波形と加速度応答スペクトル (Ss-4 NS)



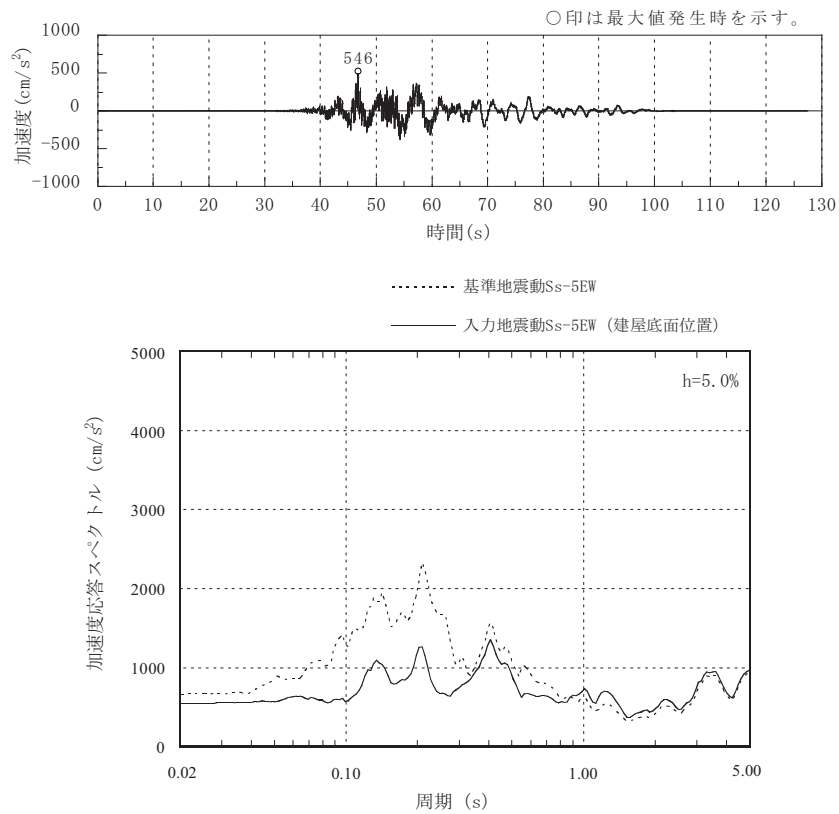
添図-4(b) 水平方向入力地震動の時刻歴波形と加速度応答スペクトル (Ss-4 EW)



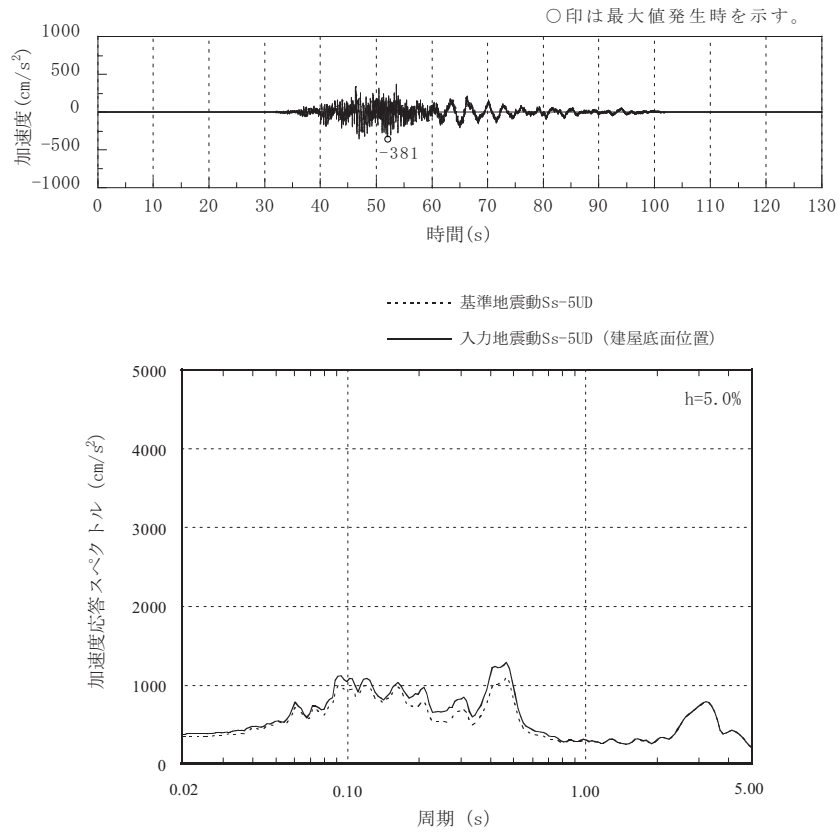
添図-4(c) 鉛直方向入力地震動の時刻歴波形と加速度応答スペクトル (Ss-4 鉛直)



添図-5(a) 水平方向入力地震動の時刻歴波形と加速度応答スペクトル (Ss-5 NS)



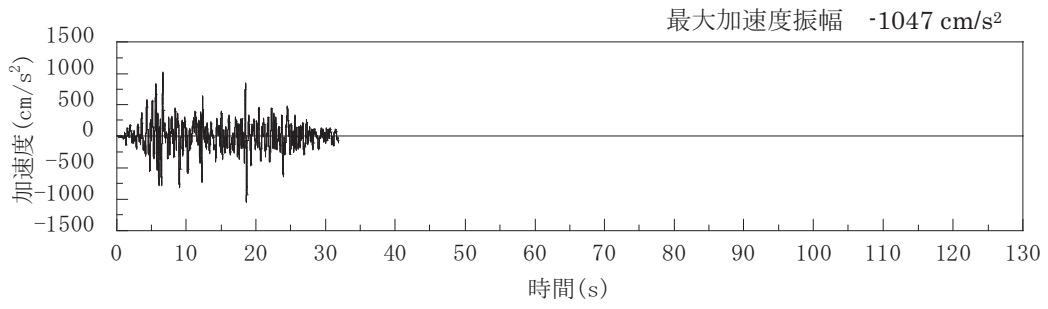
添図-5(b) 水平方向入力地震動の時刻歴波形と加速度応答スペクトル (Ss-5 EW)



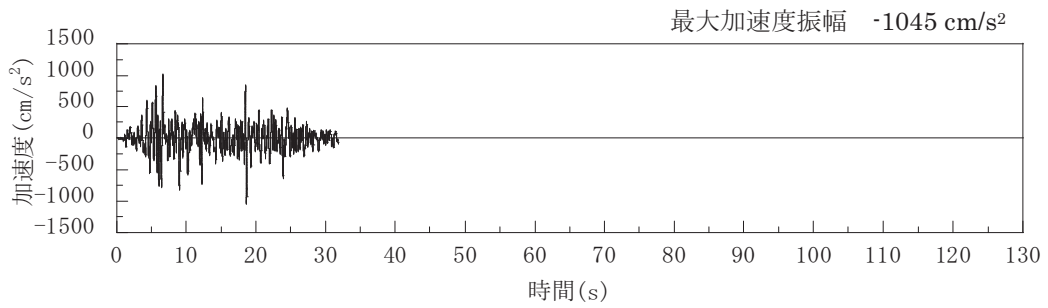
添図-5(c) 鉛直方向入力地震動の時刻歴波形と加速度応答スペクトル (Ss-5 鉛直)

参考資料6.1 屋根トラスの解析に用いる原子炉建屋の応答波形

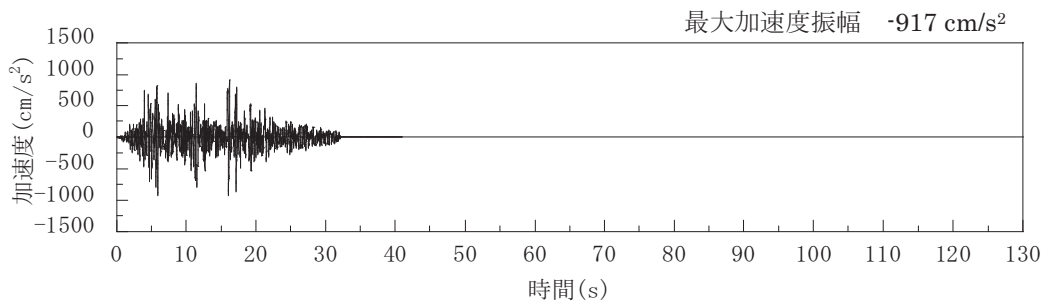
屋根トラスの地震応答解析に用いる基準地震動 S_s に基づくオペフロレベル (T.M.S.L.33.0m) の原子炉建屋の応答波について, 参図-6.1.1~参図-6.1.5 に示す。



(a)NS 方向 (水平)

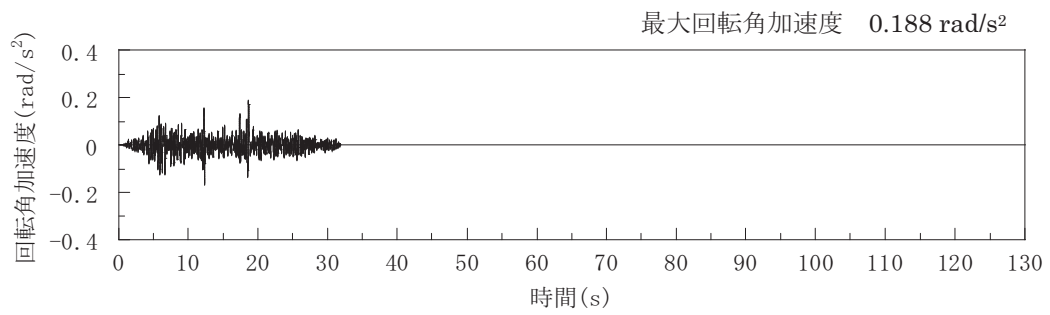


(b)EW 方向 (水平)

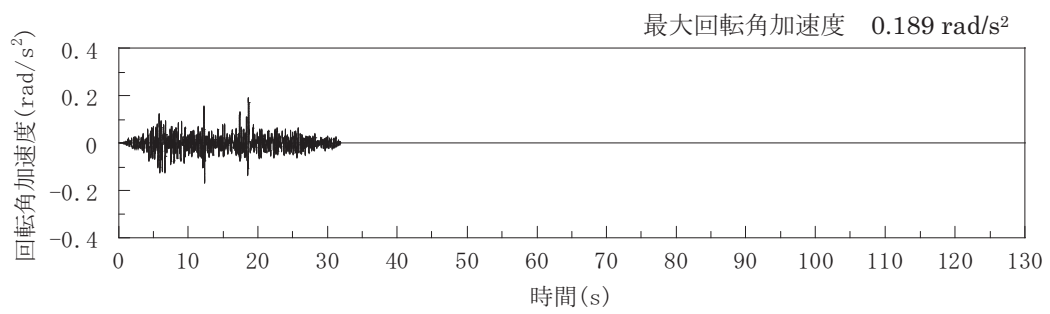


(c)鉛直方向

参図-6.1.1(a) オペフロレベル(T.M.S.L.33.0m)の加速度波形
(Ss-1, 水平, 鉛直成分)

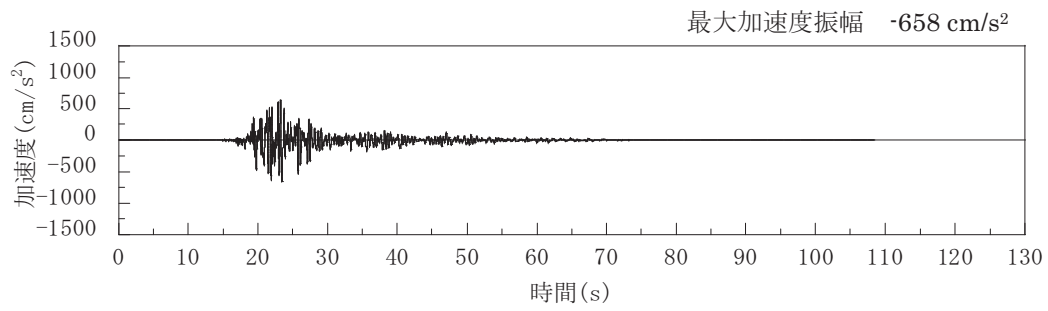


(d)NS 方向 (回転)

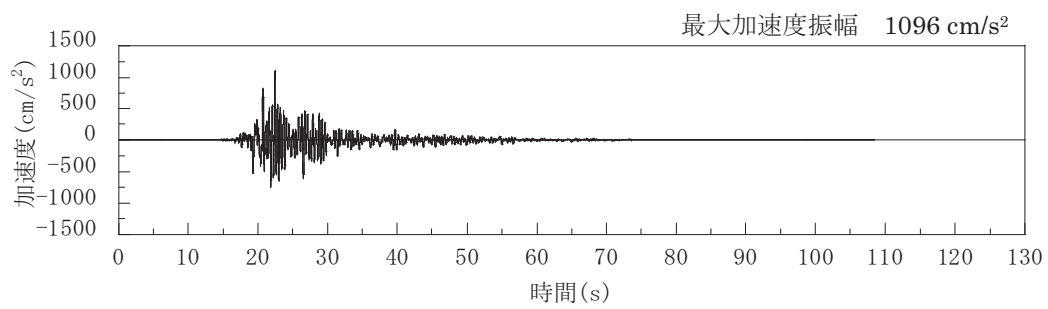


(e)EW 方向 (回転)

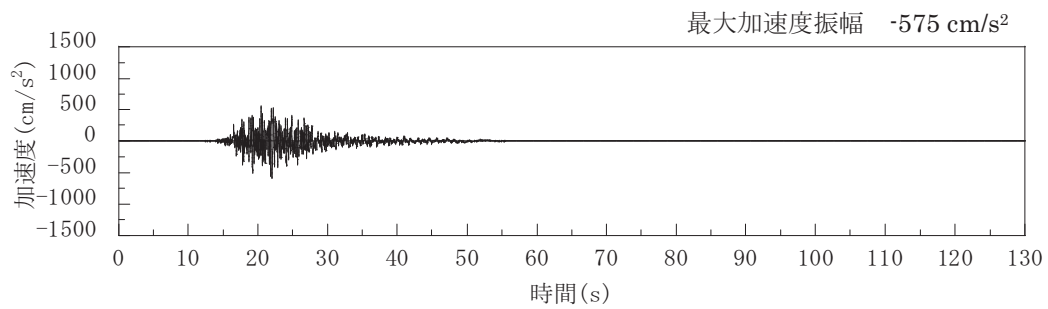
参図-6.1.1(b) オペフロレベル(T.M.S.L.33.0m)の加速度波形
(Ss-1, 回転成分)



(a)NS 方向 (水平)

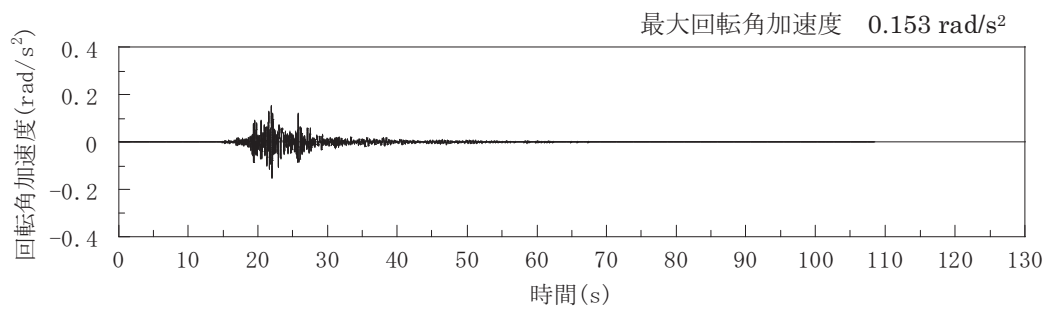


(b)EW 方向 (水平)

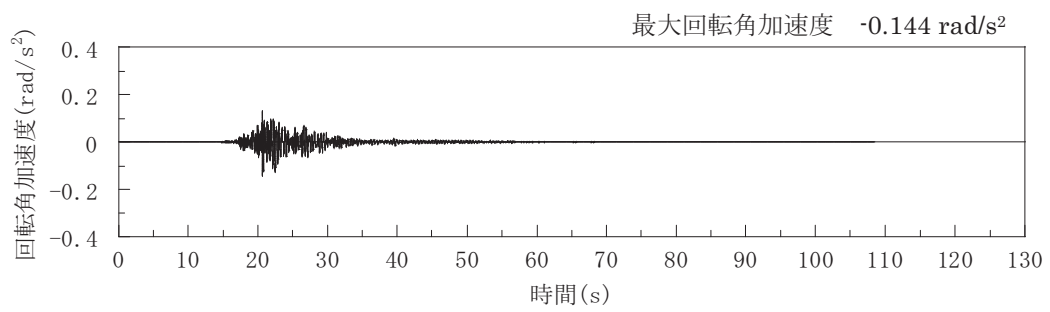


(c)鉛直方向

参図-6.1.2(a) オペフロレベル(T.M.S.L.33.0m)の加速度波形
(Ss-2, 水平, 鉛直成分)

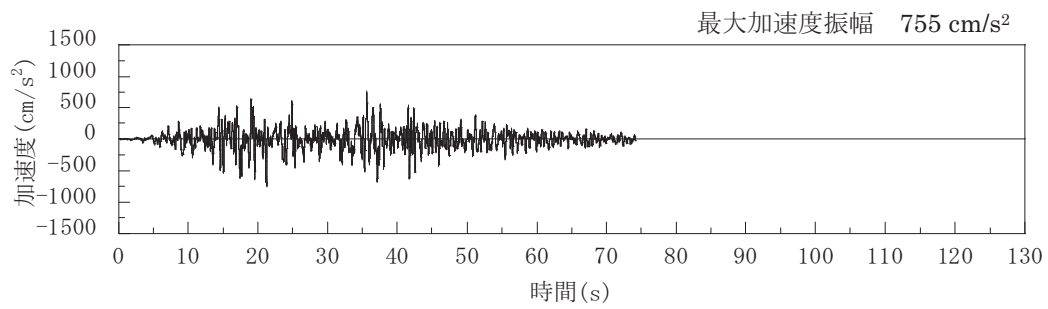


(d)NS 方向 (回転)

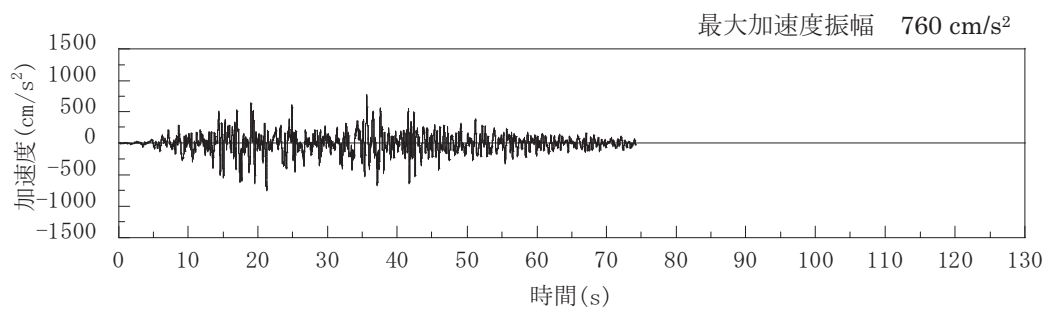


(e)EW 方向 (回転)

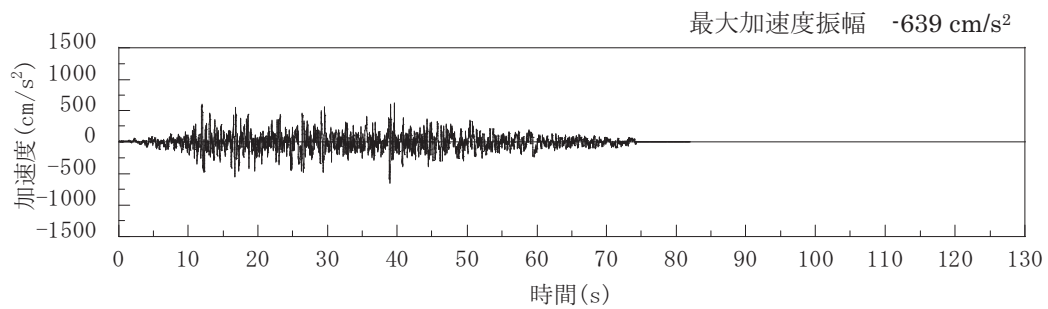
参図-6.1.2(b) オペフロレベル(T.M.S.L.33.0m)の加速度波形
(Ss-2, 回転成分)



(a)NS 方向 (水平)

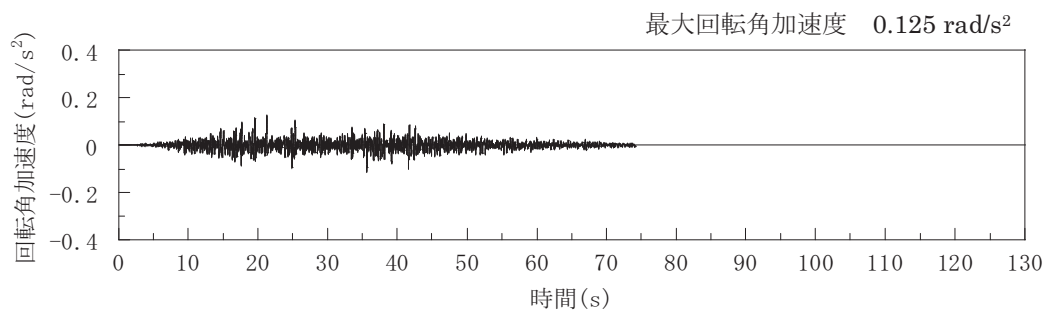


(b)EW 方向 (水平)

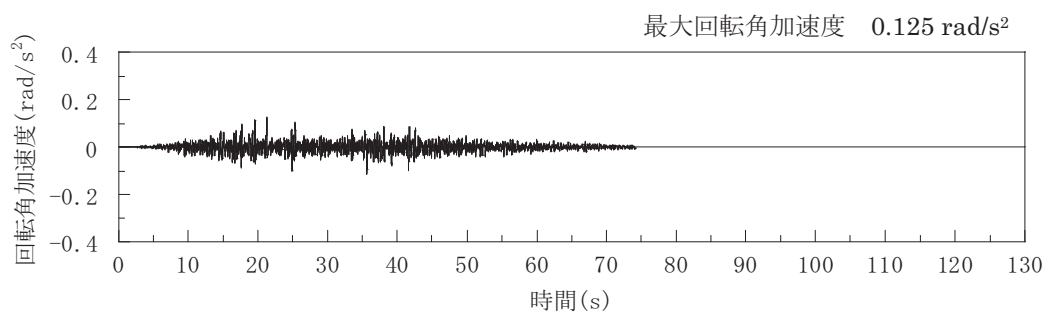


(c)鉛直方向

参図-6.1.3(a) オペフロレベル(T.M.S.L.33.0m)の加速度波形
(Ss-3, 水平, 鉛直成分)

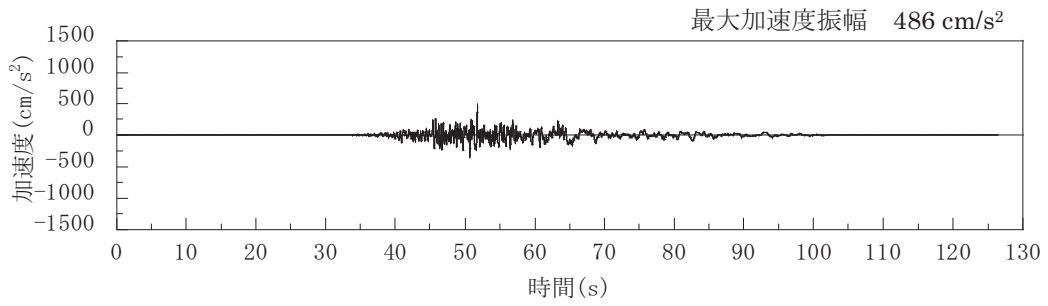


(d)NS 方向 (回転)

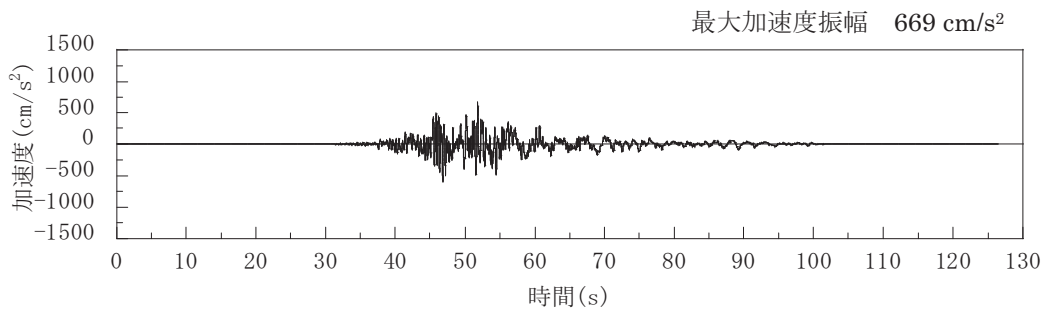


(e)EW 方向 (回転)

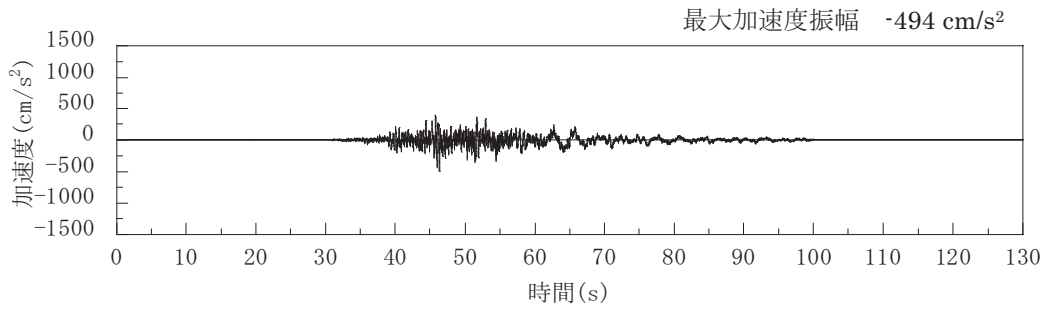
参図-6.1.3(b) オペフロレベル(T.M.S.L.33.0m)の加速度波形
(Ss-3, 回転成分)



(a)NS 方向 (水平)

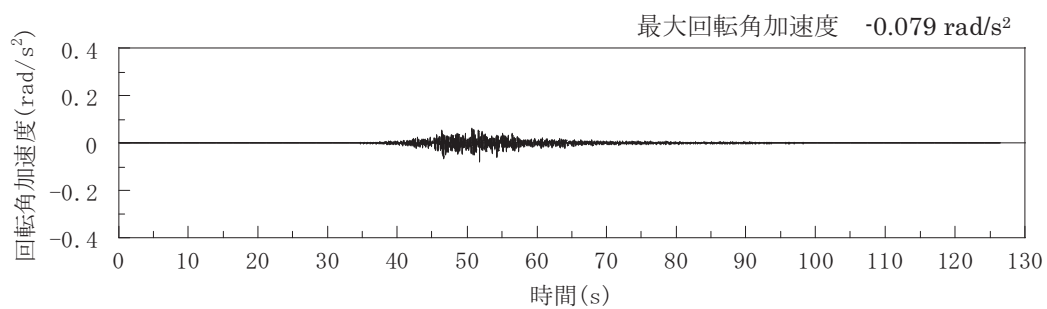


(b)EW 方向 (水平)

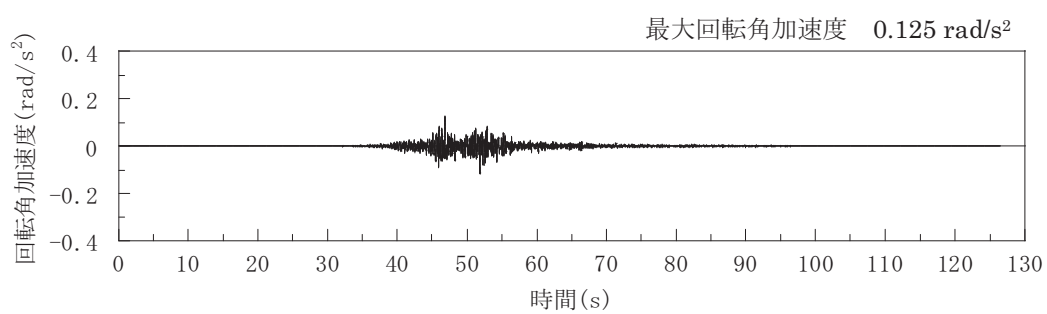


(c)鉛直方向

参図-6.1.4(a) オペフロレベル(T.M.S.L.33.0m)の加速度波形
(Ss-4, 水平, 鉛直成分)

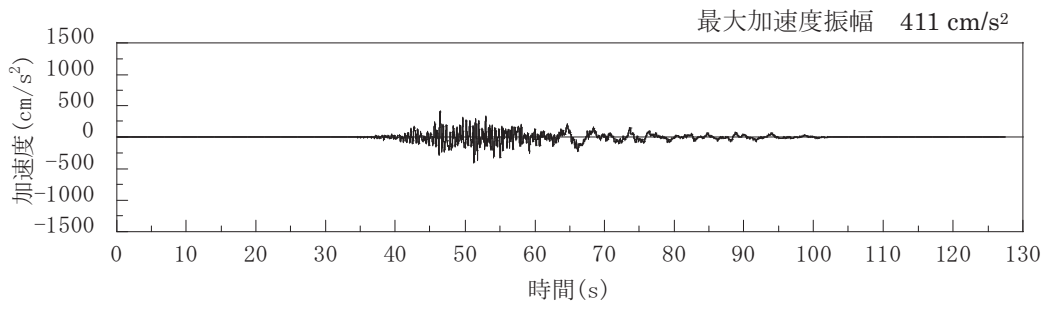


(d)NS 方向 (回転)

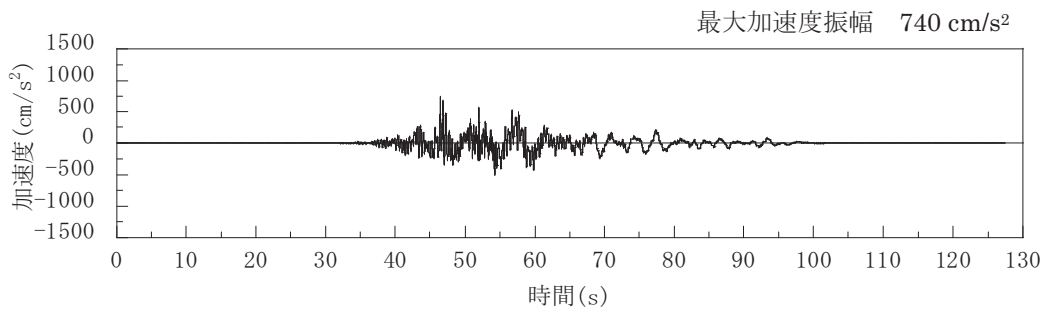


(e)EW 方向 (回転)

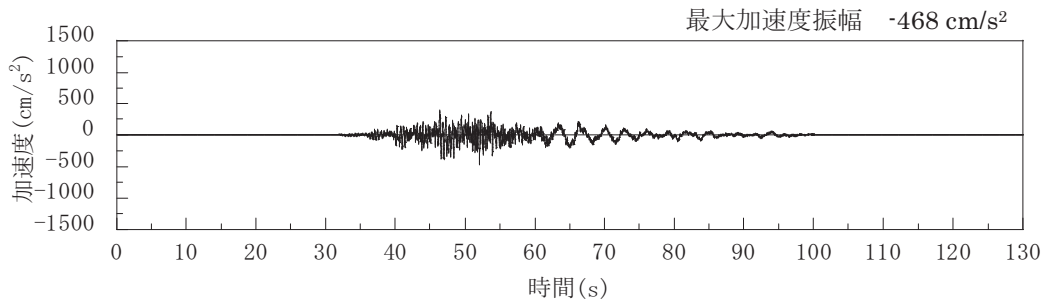
参図-6.1.4(b) オペフロレベル(T.M.S.L.33.0m)の加速度波形
(Ss-4, 回転成分)



(a)NS 方向 (水平)

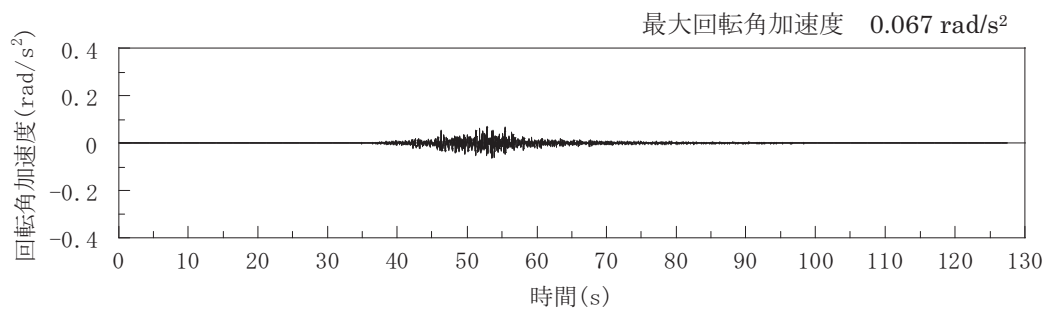


(b)EW 方向 (水平)

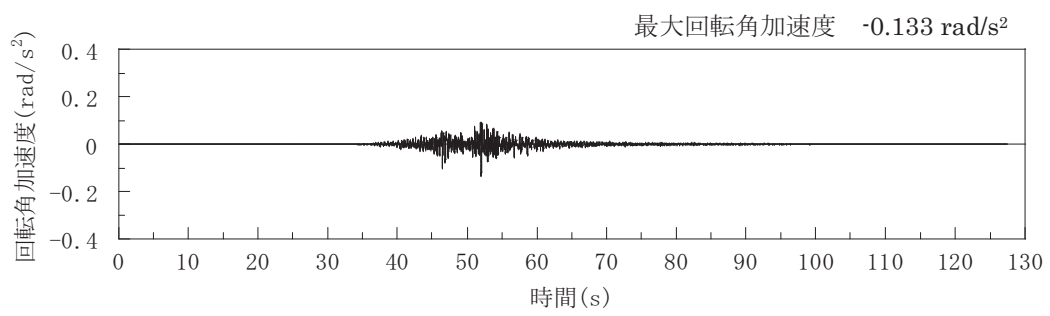


(c)鉛直方向

参図-6.1.5(a) オペフロレベル(T.M.S.L.33.0m)の加速度波形
(Ss-5, 水平, 鉛直成分)



(d)NS 方向 (回転)

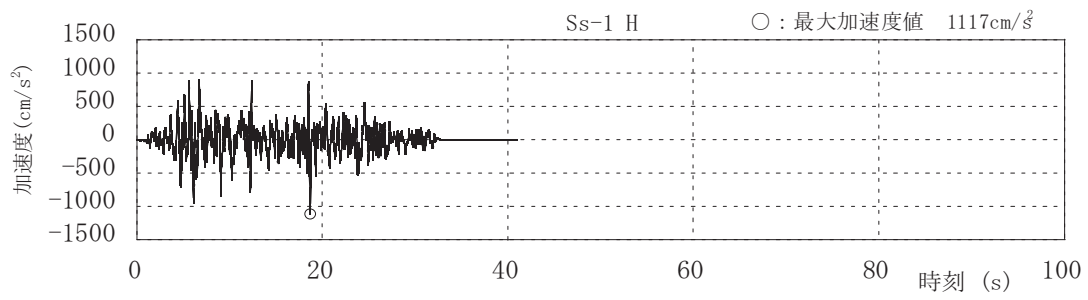


(e)EW 方向 (回転)

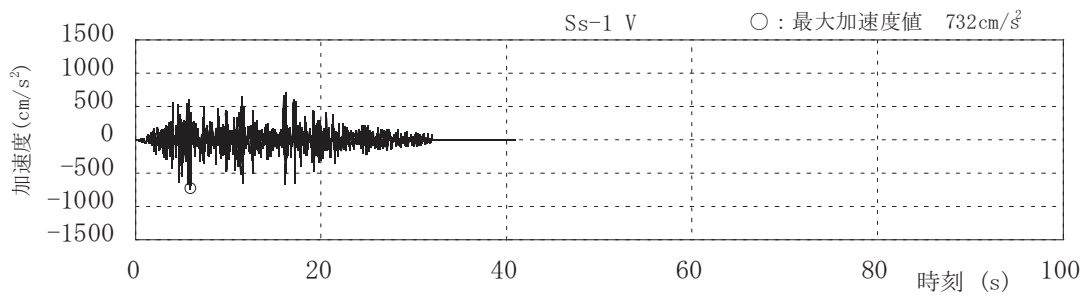
参図-6.1.5(b) オペフロレベル(T.M.S.L.33.0m)の加速度波形
(Ss-5, 回転成分)

参考資料 6.2 排気筒の解析に用いる入力地震動の波形

排気筒の地震応答解析に用いる基準地震動 S_s に基づく入力地震動 (T.M.S.L.+7.0 m) の加速度波について、参図-6.2.1～参図-6.2.5 に示す。

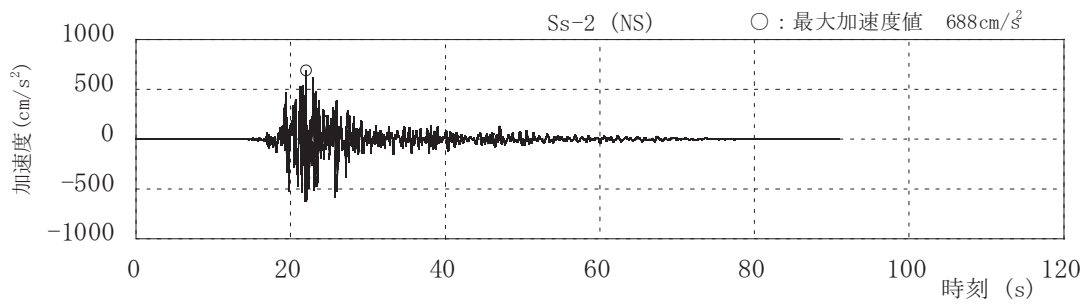


(a) 水平方向

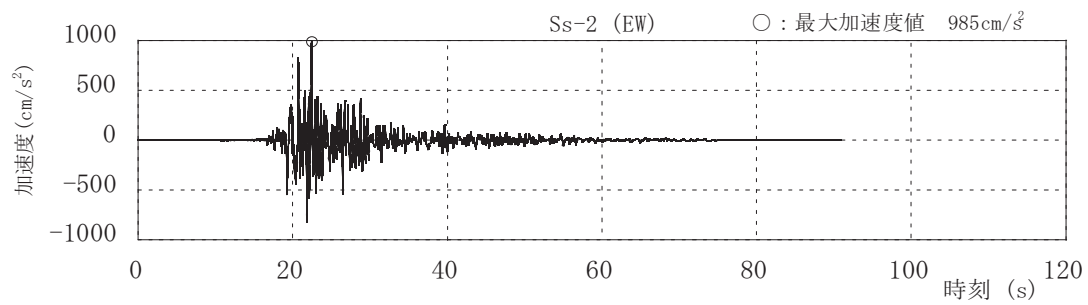


(b) 鉛直方向

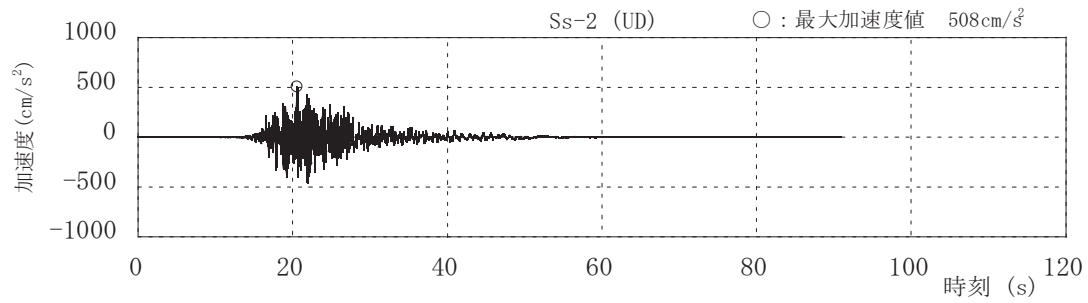
参図-6.2.1 入力地震動 (T.M.S.L. 7.0m) 加速度波形 (Ss-1)



(a) NS 方向

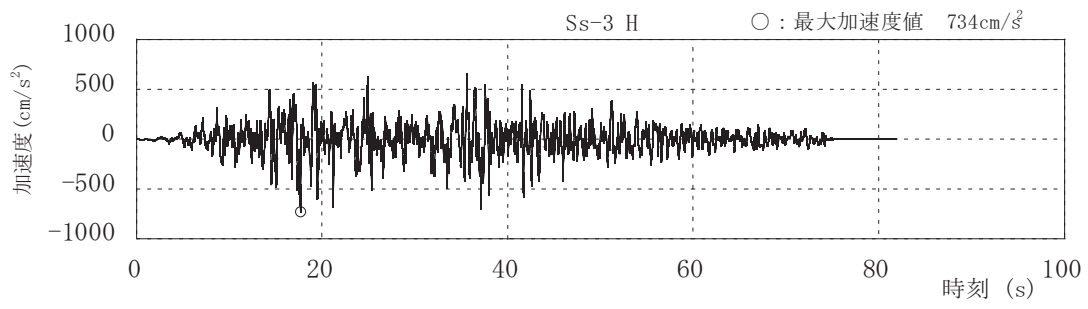


(b) EW 方向

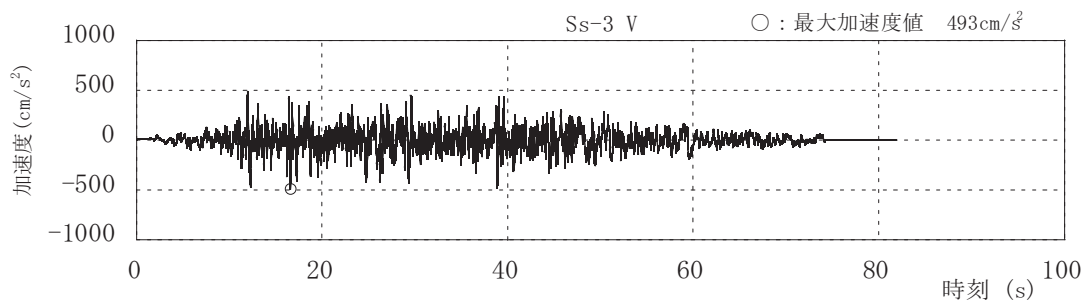


(c) 鉛直方向

参図-6.2.2 入力地震動 (T.M.S.L. 7.0m) 加速度波形 (Ss-2)

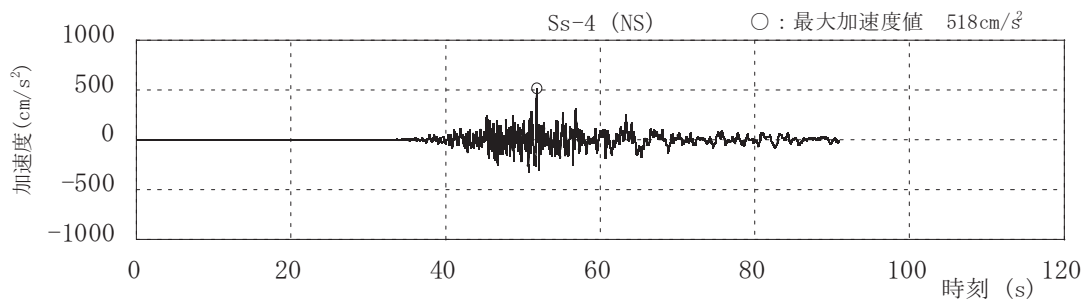


(a) 水平方向

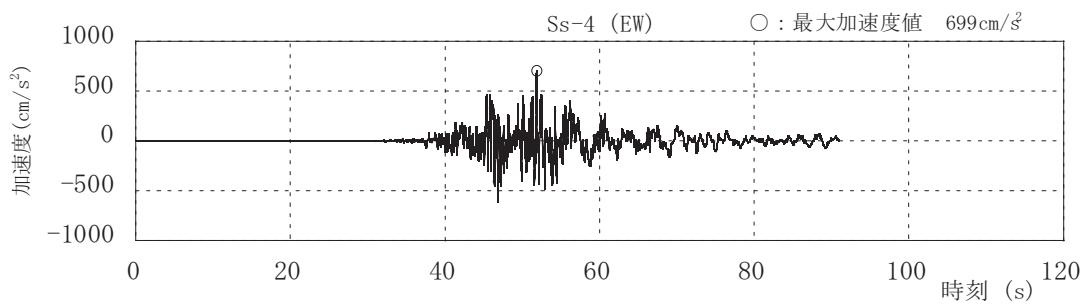


(b) 鉛直方向

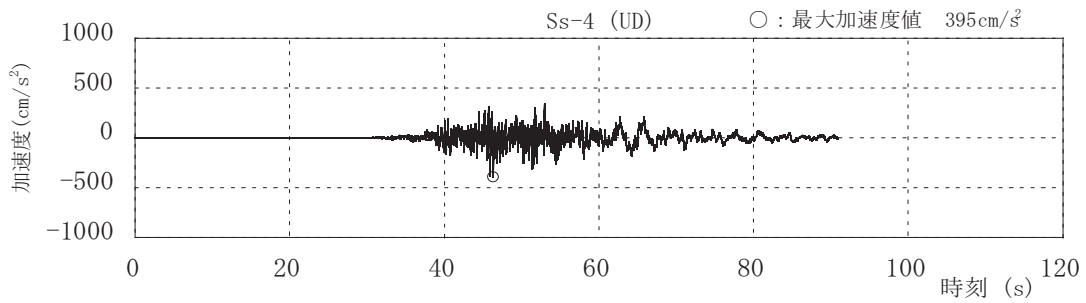
参図-6.2.3 入力地震動 (T.M.S.L. 7.0m) 加速度波形 (Ss-3)



(a) NS 方向

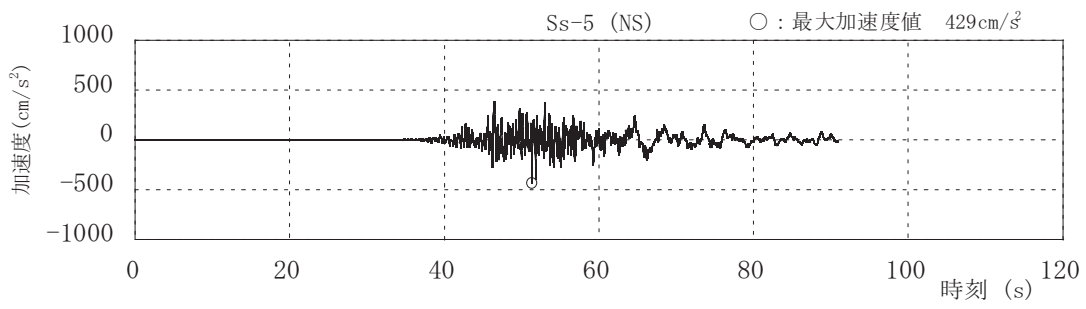


(b) EW 方向

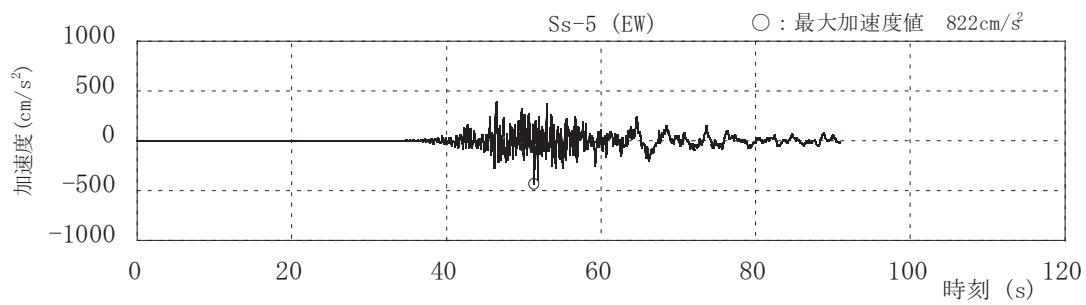


(c) 鉛直方向

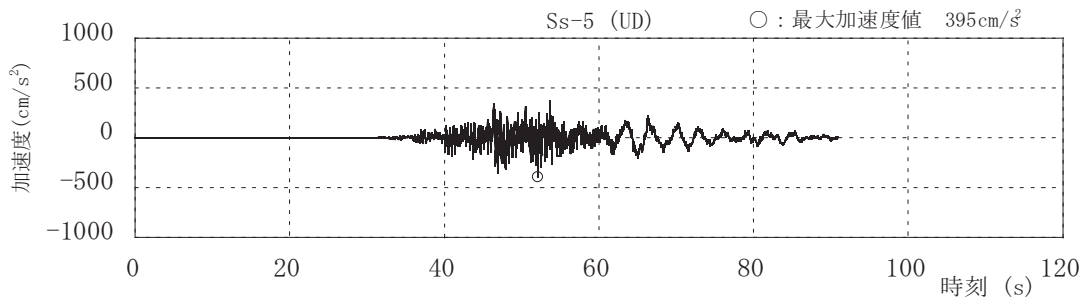
参図-6.2.4 入力地震動 (T.M.S.L. 7.0m) 加速度波形 (Ss-4)



(a) NS 方向



(b) EW 方向

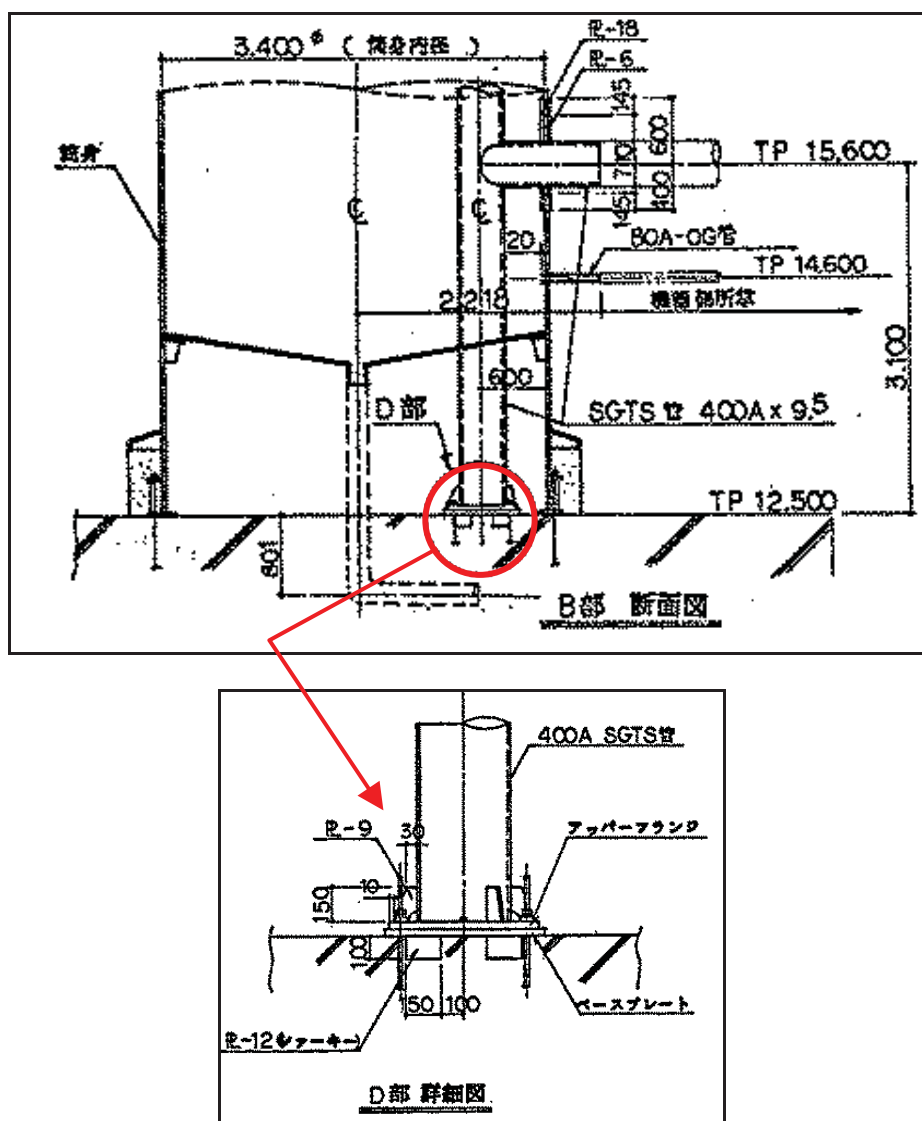


(c) 鉛直方向

参図-6.2.5 入力地震動 (T.M.S.L. 7.0m) 加速度波形 (Ss-5)

参考資料 6.3 非常用ガス処理系用排気筒脚部のコンクリートの評価について

非常用ガス処理系(SGTS)用排気筒は、熱による変形を考慮し、上下方向は拘束せず、水平方向のみを拘束した構造となっている。また、SGTS 用排気筒脚部は、参図-6.3.1 に示すとおり、筒身基礎にベースプレートとアンカーボルトにより直接支持されており、SGTS 用排気筒の自重や地震時に発生する応力を筒身基礎に伝達できる構造となっている。したがって、SGTS 用排気筒による軸力が全て筒身基礎に作用することとなり、当該部位について耐震安全性評価を行う。



参図-6.3.1 5号機 SGTS 用排気筒脚部詳細図 (建設時設計図より抜粋)

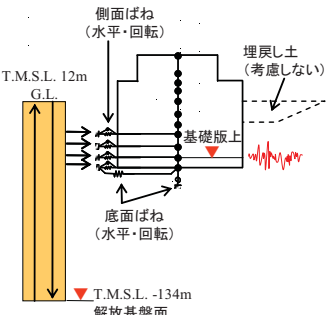
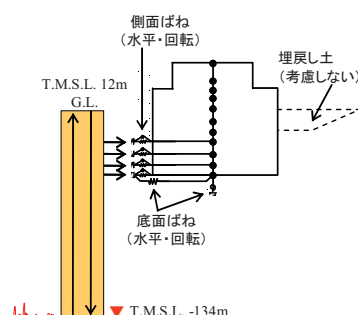
基準地震動 S_s に対する耐震安全性評価では、SGTS 用排気筒について地震力を上向きと下向きに検討している。

上向きに地震力を考慮した場合の SGTS 用排気筒脚部の断面検討用軸力は 19.4 kN (圧縮力) であり、引張力は作用していない。また、軸力 (圧縮力) の大きな下向きの地震力を考慮した場合の SGTS 用排気筒脚部の断面検討用軸力は 287.7 kN (圧縮力) であり、ベースプレート下面に発生する応力は 0.77 N/mm^2 となる。これに対して、コンクリートの短期許容圧縮応力度は 29.4 N/mm^2 であり、SGTS 管脚部ベースプレート下面のコンクリートの耐震安全性は確保されているものと評価できる。

参考資料 6.4 地震応答解析モデルの条件比較

基準地震動 Ss に対する耐震安全性評価においては、中越沖地震後の健全性評価で使用した解析モデルから一部モデルを修正している。ここでは、健全性評価と耐震安全性評価のモデルの違いについて比較を行う。原子炉建屋に関して比較したものを参表-6.4.1 に、排気筒に関して比較したものを参表-6.4.2 に示す。なお、耐震安全性評価の排気筒の解析では、健全性評価で用いた JEAG4616 に基づく地盤ばねではなく、3次元薄層要素法に基づく地盤ばねを採用している。地盤ばねの算定方法を変更した理由と3次元薄層要素法による地盤ばねの算定方法の概要について、参図-6.4.1 に示す。

参表-6.4.1 原子炉建屋の地震応答解析の条件比較

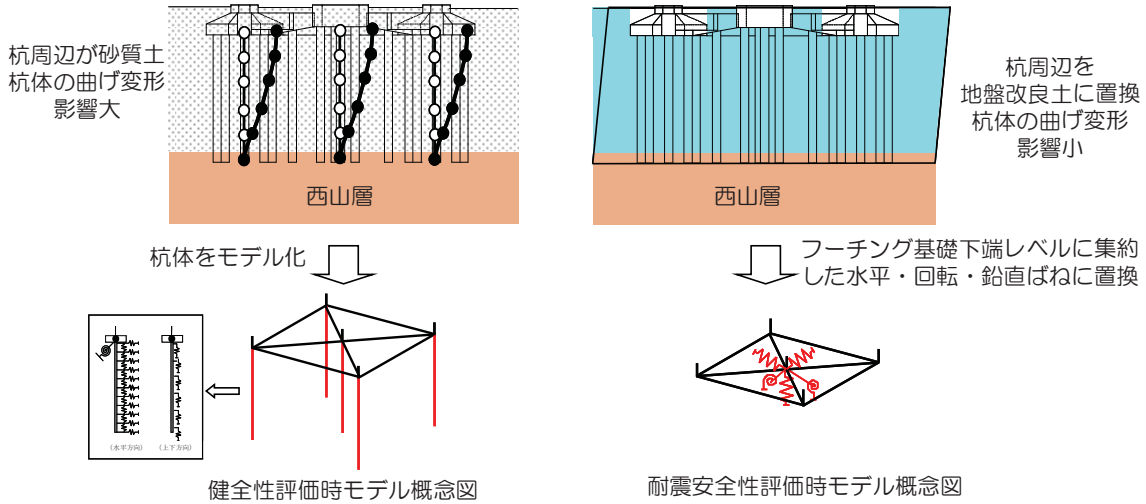
		健全性評価	耐震安全性評価
モデル化条件		<p>考慮する地震動:基礎版上で観測された地震動(水平・鉛直) 建屋: 質点系1軸モデル 地盤: — 相互作用:側面及び底面地盤ばね(水平・回転)により考慮 但し、埋戻土は考慮しない 入力動: 基礎版上の観測波</p>  <p>▼:地震動入力位置=基礎版上</p>	<p>考慮する地震動:基準地震動 Ss-1~Ss-5(水平・鉛直) 建屋: 質点系1軸モデル 地盤: — 相互作用:側面及び底面地盤ばね(水平・回転)により考慮 但し、埋戻土は考慮しない 入力動: 解放基盤で定義された地震動を一次元波動論により建屋側面位置の入力動へ変換</p>  <p>▼:地震動入力位置=解放基盤(2E)</p>
建屋モデル	モデル重量	中越沖地震時の状態を考慮した重量	通常運転時重量+雪荷重
	コンクリートの材料物性	実強度44.1N/mm ² ヤング係数2.90×10 ⁴ N/mm ²	同左
	剛性評価に考慮する壁	耐震壁+補助壁	耐震壁
	減衰定数	5%	5%
地盤モデル	底面ばね	水平・回転: 振動アドミタンス	水平・回転: 振動アドミタンス
	側面ばね	水平・回転: NOVAK	水平・回転: NOVAK
応答解析		弾性解析	弾塑性解析

参表-6.4.2 排気筒の地震応答解析の条件比較

		健全性評価	耐震安全性評価
モデル化条件		<p>考慮する地震動 中越沖地震時に5号機原子炉建屋基礎上で観測された記録に基づき作成した。(水平2成分、鉛直1成分) 構造物：3次元架構モデル 地盤：水平成層地盤 入力動：一次元波動論により求めた杭の各深さ位置における地震波 杭～地盤：杭体と杭周ばね</p>	<p>考慮する地震動 基準地震動Ss-1～Ss-5 (水平動、鉛直動) 構造物：3次元架構モデル 地盤：水平成層地盤 入力動：一次元波動論により求めた基礎下端 (TMSL 7m) の地震波 杭～地盤：動的ばね 耐震強化工事 (鉄塔部材を追加、表層部の地盤改良を実施) を反映</p>
解析モデル	材料物性 (上部鉄骨)	$2.05 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$ (既存部材：STK50、STK41、SMA41A)	$2.05 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$ (既存部材：STK50、STK41、SMA41A) 追加部材：STK400、STK490
	減衰定数	鉄骨部：2%	同左
	上部架構	3次元架構モデル	耐震強化工事 (鉄塔部材の追加) を反映した3次元架構モデル
	杭	杭体を深さ方向にモデル化 (JEAG4616による地盤ばね)	基礎下端レベルに集約してモデル化 (3次元薄層要素法による地盤ばね)
地盤モデル	表層	埋め戻し土 (砂層)	地盤改良土 (セメント系固化材による)
	下層	西山層	同左
応答解析		弾性解析	弾性解析

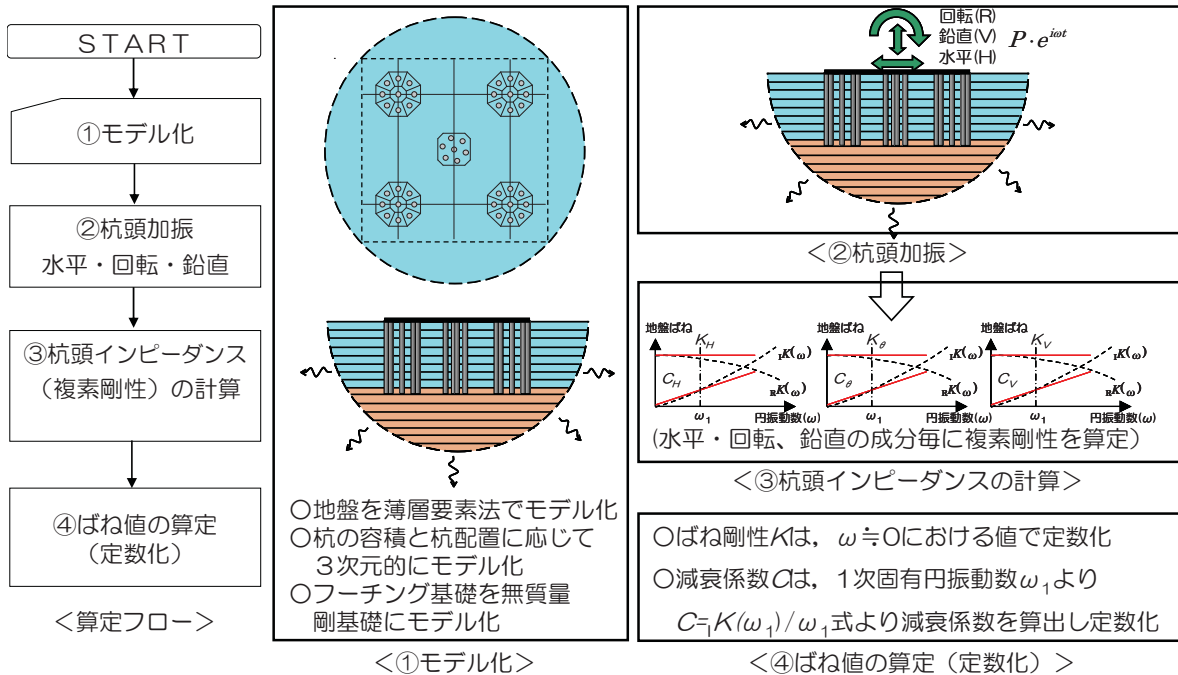
■排気筒の杭体のモデル化を変更した理由

- 健全性評価時は、杭周辺の地盤が砂質土であり、杭の曲げ変形の影響が大きいため、フーチング毎に深さ方向に杭をモデル化している。
- 耐震安全性評価時は、杭周辺の砂質土を地盤改良土に置換したため、地盤改良土のせん断剛性の影響が大きく、杭の曲げ変形が抑制され各フーチングが剛性の高い地盤改良土と一体となって挙動することから、フーチング基礎下端レベルに集約した水平・回転、鉛直成分の杭-地盤の動的相互作用ばねに置換して用いている。



■算定方法

3次元薄層要素法(*)により鉄塔フーチング、筒身フーチング下の杭配置を考慮し、フーチング下端レベルでの杭頭インピーダンスを算定し、地盤ばね値を算定している。



*地盤を薄い水平成層に分割して3次元に広がる地盤のモデルを用いて、地盤の波動伝播を、水平方向は解析的に考慮し、上下方向は有限要素法と同様に離散化して近似計算することにより、振動が地盤内に3次元的に伝わる現象が評価できる手法である。

参図-6.4.1 排気筒の地盤ばねの評価

参考資料 6.5 原子炉建屋のせん断応力一覧

参考として、参表-6.5.1 および参表-6.5.2 に基準地震動 Ss による原子炉建屋各層の耐震壁の最大せん断応力一覧を示す。

参表-6.5.1 耐震壁のせん断応力一覧 (NS 方向)
(N/mm²)

階	Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5
CRF	1.63	0.98	1.00	0.64	0.59
4F	2.19	1.34	1.42	0.91	0.81
3F	1.31	0.81	0.93	0.60	0.50
2F	2.08	1.35	1.53	0.98	0.83
1F	2.23	1.50	1.68	1.05	0.93
B1F	2.48	1.69	1.90	1.15	1.06
B2F	2.60	1.78	2.00	1.18	1.12
B3F	2.79	1.88	2.31	1.26	1.26
B4F	2.63	1.89	2.51	1.20	1.29

参表-6.5.2 耐震壁のせん断応力一覧 (EW 方向)
(N/mm²)

階	Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5
CRF	1.26	1.11	0.75	0.79	0.74
4F	1.97	1.76	1.25	1.26	1.23
3F	1.29	1.27	0.92	0.83	0.89
2F	2.03	2.13	1.50	1.32	1.46
1F	2.34	2.50	1.75	1.52	1.71
B1F	2.35	2.56	1.79	1.55	1.73
B2F	2.58	2.85	1.99	1.75	1.90
B3F	2.73	2.89	2.26	2.22	2.15
B4F	2.63	2.94	2.50	2.19	2.27