

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	6-27
6.2.1.4. 接地率	6-42
6.2.1.5. 接地圧	6-43
6.2.2. 評価基準	6-46
6.2.3. 耐震安全性評価結果	6-47
6.2.3.1. 耐震壁	6-47
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	6-66
6.3.1. 地震応答解析	6-66
6.3.1.1. タービン建屋の概要	6-66
6.3.1.2. 地震応答解析モデル	6-71
6.2.1.3. 地震応答解析結果	6-95
6.3.1.4. 接地率	6-110
6.3.1.5. 接地圧	6-111

6.3.2.	評価基準	6-114
6.3.3.	耐震安全性評価結果	6-115
6.4.	排気筒の耐震安全性評価	6-124
6.4.1.	地震応答解析	6-124
6.4.1.1.	排気筒の概要	6-124
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	6-132
6.4.2.	耐震安全性評価結果	6-144
6.4.2.1.	鉄塔部および筒身部	6-144
6.4.2.2.	基礎	6-148
6.4.2.3.	非常用ガス処理系用排気筒	6-150
6.4.2.4.	制震装置（オイルダンパー）	6-155
6.5.	原子炉格納容器の耐震安全性評価	6-156
6.5.1.	原子炉格納容器の構造概要	6-156
6.5.2.	RCCV の耐震安全性評価	6-158
6.5.2.1.	検討概要	6-158
6.5.2.2.	応力解析	6-160
6.5.2.3.	評価基準	6-167
6.5.2.4.	耐震安全性評価結果	6-171
6.5.3.	RCCV 底部の耐震安全性評価	6-178

6.5.3.1.	検討概要	6-178
6.5.3.2.	応力解析	6-180
6.5.3.3.	評価基準	6-185
6.5.3.4.	耐震安全性評価結果	6-187
6.6.	使用済燃料貯蔵プールの耐震安全性評価	6-190
6.6.1.	使用済燃料貯蔵プールの構造概要	6-190
6.6.2.	検討概要	6-193
6.6.3.	応力解析	6-194
6.6.4.	評価基準	6-194
6.6.5.	耐震安全性評価結果	6-196
6.7.	コントロール建屋の耐震安全性評価	6-199
6.7.1.	地震応答解析	6-199
6.7.1.1.	コントロール建屋の概要	6-199
6.7.1.2.	地震応答解析モデル	6-203
6.7.1.3.	地震応答解析結果	6-223
6.7.1.4.	接地率	6-238
6.7.1.5.	接地圧	6-239
6.7.2.	評価基準	6-242
6.7.3.	耐震安全性評価結果	6-243
6.7.3.1.	耐震壁	6-243

6.8. 参考文献	6-250
-----------------	-------

【添付】

- 添付 6.1 7号機原子炉建屋の入力地震動に関する検討資料
- 添付 6.2 原子炉建屋 建屋モデルの違いが建屋応答に与える影響について
- 添付 6.3 タービン建屋 建屋モデルの違いが建屋応答に与える影響について

【参考資料】

- 参考資料 6.1 原子炉建屋 補助壁の評価について
- 参考資料 6.2 屋根トラス・排気筒の解析に用いる原子炉建屋の応答波形
- 参考資料 6.3 RCCV 底部以外の基礎スラブ部分の耐震安全性評価
- 参考資料 6.4 誘発上下動を考慮した影響検討

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、排気筒、原子炉格納容器（鉄筋コンクリート部）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、地上4階、地下3階建ての鉄筋コンクリート造を主体とした建物で、屋根部分が鉄骨造（トラス構造）となっている。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。

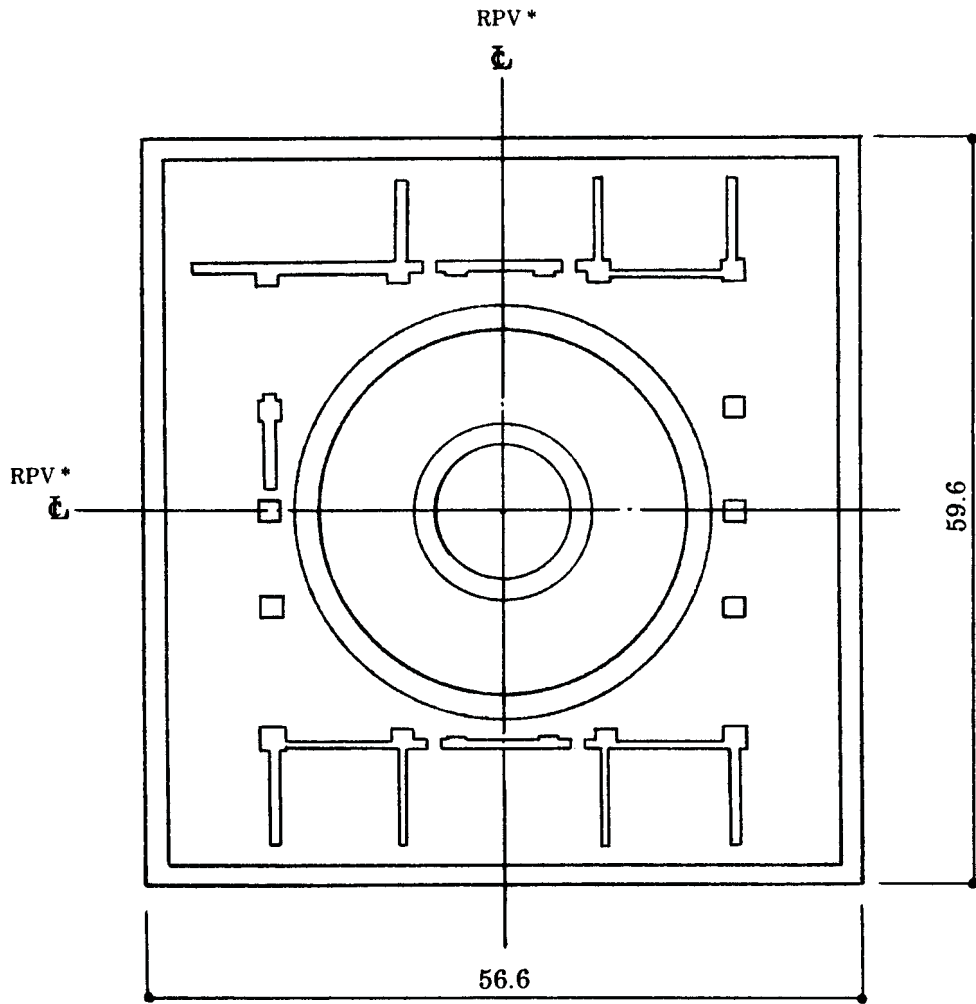
原子炉建屋の平面は、地下部分では56.6m^{※1}（NS方向）×59.6m^{※1}（EW方向）、最上階は39.0m^{※1}（NS方向）×59.6m^{※1}（EW方向）である。基礎版底面からの高さは63.4mであり、地上高さは37.7mである。なお、原子炉建屋の屋根部分には排気筒が設置されている。また、原子炉建屋は隣接する他の建屋と構造的に分離している。

原子炉建屋の基礎は厚さ5.5mのべた基礎で、支持地盤である新第三紀層の泥岩上にマンメイドロックを介して設置している。

原子炉建屋の中央部には原子炉圧力容器を収容している鉄筋コンクリート製原子炉格納容器（以下「RCCV」という。）がある。RCCVは円筒形で基礎版上から立ち上がり、床スラブによって原子炉建屋と一体構造になっている。このRCCVの高さは底部上端からトップスラブ部下端まで29.5m、内径は29.0mであり、壁厚は2.0mである。

原子炉建屋の主な耐震壁は、RCCVと外壁である。主要な耐震壁は建屋の中心に対してほぼ対称に配置しており、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。

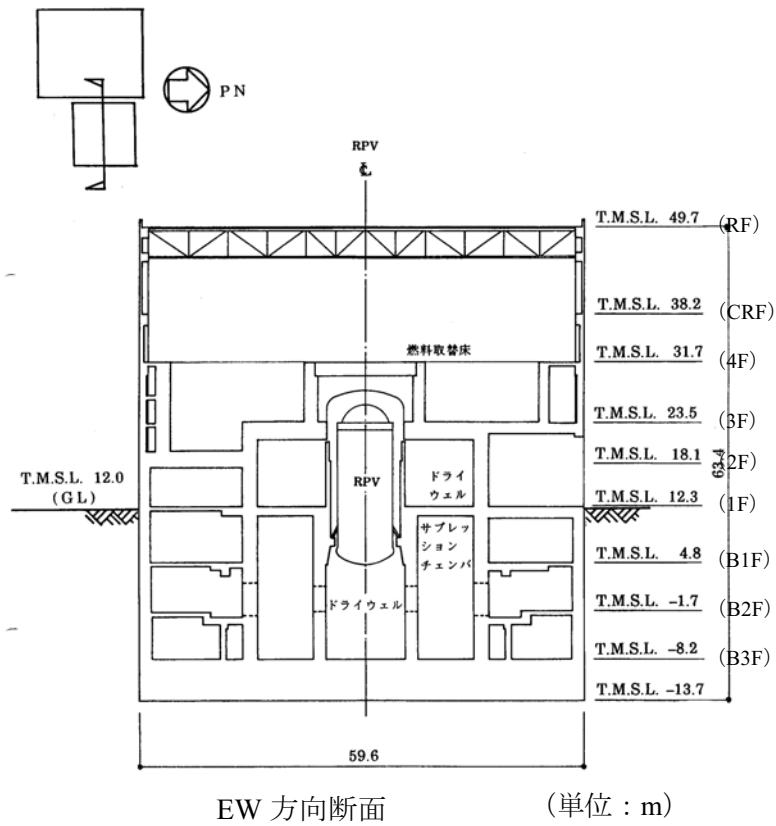
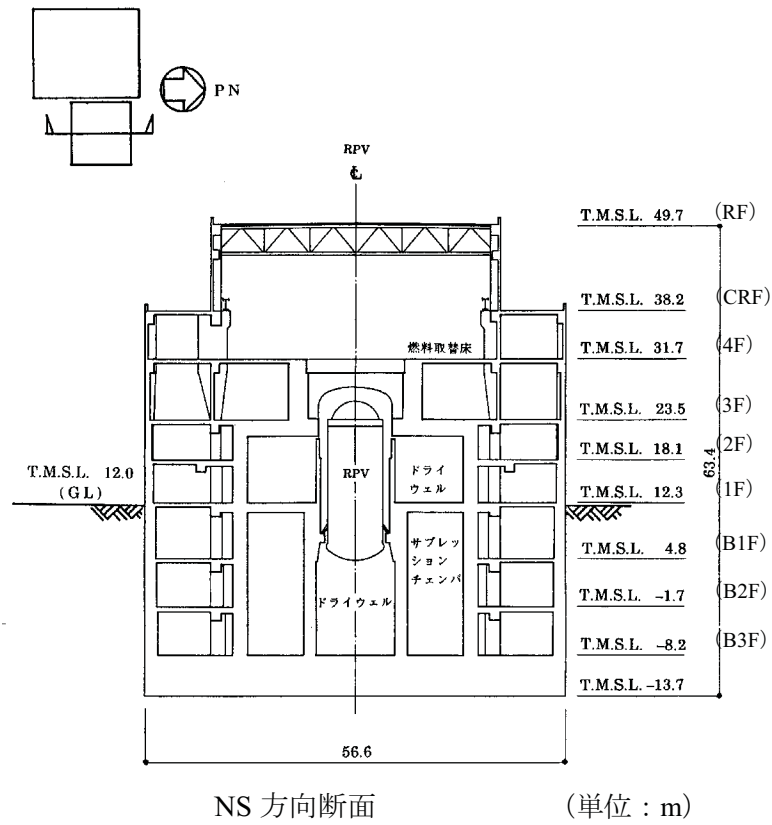
※1 建屋寸法は壁外面押えとする。



(単位：m)

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



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)
	49.0	3.13×10 ⁴	1.31×10 ⁴	0.2	25.0
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。
- ②設計時には耐震要素として考慮していなかった補助壁について、上下階に応力伝達が可能と考えられる壁を再評価して、新たに耐震要素に取り入れることとする。(参考資料 6.1 を参照)
- ③設計時には、建物と地盤の相互作用を反映するために側面ばねとして Novak^[1]の水平ばねを考慮していたが、Novak の回転ばねも新たに考慮することとする。(地盤表層部については④の通り)
- ④設計時には、地盤表層部も地盤ばねとして考慮していたが、基準地震動 S_s による地盤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が、EW 方向においては、プール壁が RCCV の曲げ変形を拘束する影響を考慮して回転ばねを取り付けている。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、「原子力発電所耐震設計技術指針 追補版 JEAG 4601-1991」(以下

「JEAG 4601-1991」という。)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ク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。

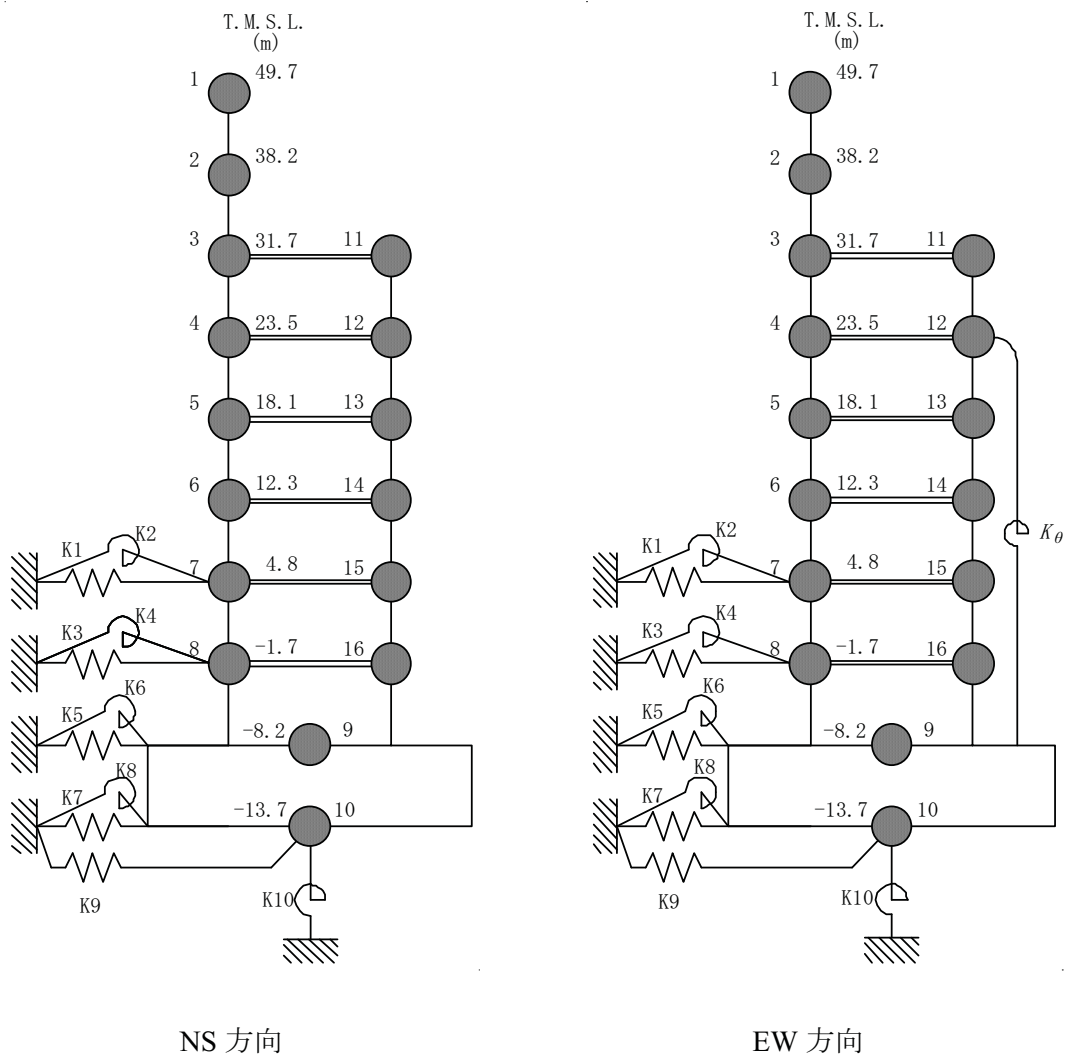
水平方向の地震応答解析は、上記復元力特性を用いた弾塑性応答解析とする。

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 7 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）（改訂 1）」（平成 20 年 9 月 25 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。



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 ($\times 10^5 \text{kN}\cdot\text{m}^2$)	せん断 断面積 A_s (m^2)	断面2次 モーメント I (m^4)	質点 番号	質点重量 W (kN)	回転慣性重量 I_G ($\times 10^5 \text{kN}\cdot\text{m}^2$)	せん断 断面積 A_s (m^2)	断面2次 モーメント I (m^4)
1	39,490	70.6			/	/	/	/	/
2	80,520	410.9	41.0	13,700					
3	84,470	473.7	83.0	51,100					
4	84,770	293.2	188.0	70,600					
5	55,380	198.1	132.5	69,000					
6	81,140	289.3	149.4	84,700					
7	80,120	296.2	180.5	105,000					
8	81,300	298.1	183.2	112,800					
9	342,450	945.4	223.5	119,000					
10	216,040	581.5	3373.4	900,600					
合計	1,955,110				11	91,400	32.4	119.6	7,200
					12	155,040	371.7	113.0	23,300
					13	102,870	305.0	137.6	23,500
					14	199,270	408.9	139.2	23,400
					15	124,050	387.4	132.4	23,600
					16	136,800	369.7	186.4	29,600

①建屋部

ヤング係数 E_c 3.13×10^7 (kN/m²)

せん断弾性係数 G 1.31×10^7 (kN/m²)

ポアソン比 ν 0.20

減衰 h 5%

基礎形状 56.6m(NS方向) \times 59.6m(EW方向)

②基礎スラブ

ヤング係数 E_c 2.90×10^7 (kN/m²)

せん断弾性係数 G 1.21×10^7 (kN/m²)

ポアソン比 ν 0.20

減衰 h 5%

第 6.2.1-2 表(2) 解析モデルの諸元

(EW 方向)

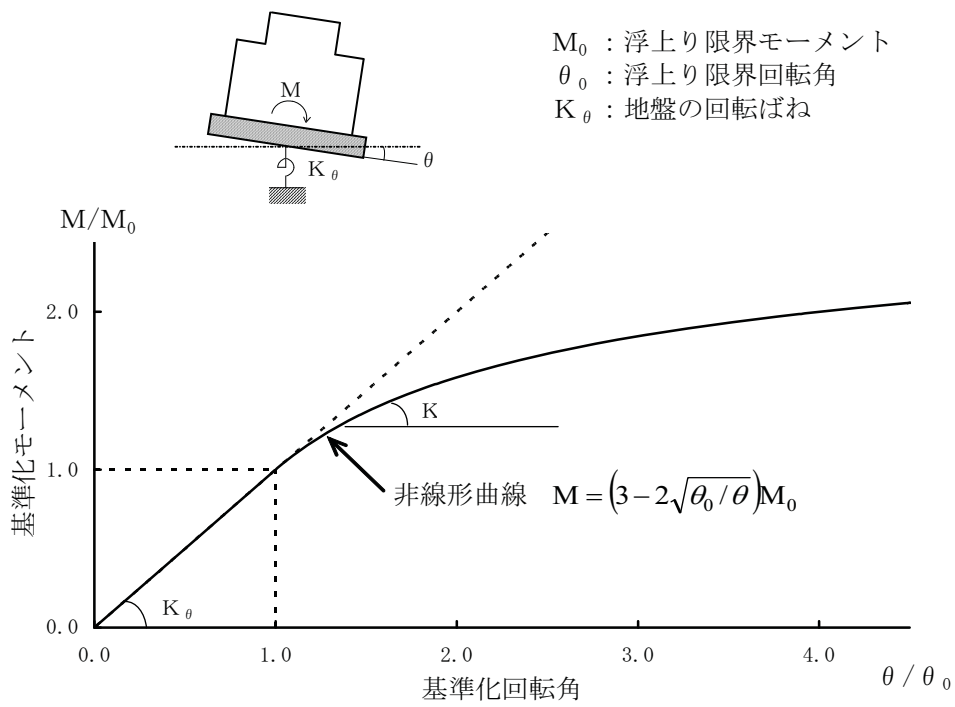
質点 番号	質点重量 W (kN)	回転慣性重量 I_G ($\times 10^5 \text{kN}\cdot\text{m}^2$)	せん断 断面積 A_s (m^2)	断面2次 モーメント I (m^4)	質点 番号	質点重量 W (kN)	回転慣性重量 I_G ($\times 10^5 \text{kN}\cdot\text{m}^2$)	せん断 断面積 A_s (m^2)	断面2次 モーメント I (m^4)
1	39,490	147.1			/	/	/	/	/
2	80,520	300.1	54.7	30,000					
3	89,570	299.1	122.9	62,600					
4	67,270	275.6	172.7	87,900					
5	50,210	210.8	131.8	81,900					
6	78,630	320.7	166.7	92,800					
7	76,690	316.8	179.3	114,600					
8	79,240	324.6	211.5	124,000					
9	342,450	1039.5	259.5	131,000					
10	216,040	644.3	3373.4	998,600					
11	86,300	267.7			219.0	6,700			
12	172,540	474.6			222.8	23,300			
13	108,040	340.3			207.4	23,100			
14	201,780	453.1			152.1	23,400			
15	127,480	432.5			180.1	21,200			
16	138,860	409.9			164.4	23,800			
合計	1,955,110								

① 建屋部

ヤング係数 E_c 3.13×10^7 (kN/m²)
 せん断弾性係数 G 1.31×10^7 (kN/m²)
 ポアソン比 ν 0.20
 減衰 h 5%
 基礎形状 56.6m(NS方向) \times 59.6m(EW方向)
 回転ばね K_θ 2.14×10^{10} (kN \cdot m/rad)

② 基礎スラブ

ヤング係数 E_c 2.90×10^7 (kN/m²)
 せん断弾性係数 G 1.21×10^7 (kN/m²)
 ポアソン比 ν 0.20
 減衰 h 5%



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)	地質	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 (×10 ⁵ kN/m ²)	初期せん断 弾性係数 G ₀ (×10 ⁵ kN/m ²)	剛性 低下率 G/G ₀	ヤング 係数 E (×10 ⁵ kN/m ²)	減衰 定数 h (%)	層厚 H (m)
+12.0	砂層	150	16.1	0.347	0.10	0.37	0.27	0.27	23	4.0
+8.0		200	16.1	0.308	0.08	0.66	0.12	0.21	28	4.0
+4.0	安田層	330	17.3	0.462	1.01	1.92	0.53	2.95	6	10.0
-6.0	西山層	490	17.0	0.451	3.82	4.16	0.92	11.09	3	27.0
-33.0		530	16.6	0.446	4.22	4.75	0.89	12.20	3	57.0
-90.0		590	17.3	0.432	5.28	6.14	0.86	15.12	3	46.0
-136.0		650	19.3	0.424	7.40	8.32	0.89	21.08	3	19.0
-155.0		解放 基盤	720	19.9	0.416	10.50	10.50	1.00	29.74	-

第 6.2.1-3 表(2) 地盤定数

(Ss-2)

標高 T. M. S. L (m)	地質	せん断波 速度 Vs (m/s)	単位体積 重量 γ (kN/m ³)	ポアソン比 ν	せん断 弾性係数 G (×10 ⁵ kN/m ²)	初期せん断 弾性係数 G ₀ (×10 ⁵ kN/m ²)	剛性 低下率 G/G ₀	ヤング 係数 E (×10 ⁵ kN/m ²)	減衰 定数 h (%)	層厚 H (m)
+12.0	砂層	150	16.1	0.347	0.11	0.37	0.29	0.29	19	4.0
+8.0		200	16.1	0.308	0.07	0.66	0.11	0.19	26	4.0
+4.0	安田層	330	17.3	0.462	0.98	1.92	0.51	2.86	5	10.0
-6.0	西山層	490	17.0	0.451	3.82	4.16	0.92	11.09	3	27.0
-33.0		530	16.6	0.446	4.32	4.75	0.91	12.49	3	57.0
-90.0		590	17.3	0.432	5.64	6.14	0.92	16.15	3	46.0
-136.0		650	19.3	0.424	7.82	8.32	0.94	22.27	3	19.0
-155.0		解放 基盤	720	19.9	0.416	10.50	10.50	1.00	29.74	-

第 6.2.1-3 表(3) 地盤定数

(Ss-3)

標高 T. M. S. L (m)	地質	せん断波 速度 Vs (m/s)	単位体積 重量 γ (kN/m ³)	ポアソン比 ν	せん断 弾性係数 G (×10 ⁵ kN/m ²)	初期せん断 弾性係数 G ₀ (×10 ⁵ kN/m ²)	剛性 低下率 G/G ₀	ヤング 係数 E (×10 ⁵ kN/m ²)	減衰 定数 h (%)	層厚 H (m)
+12.0	砂層	150	16.1	0.347	0.12	0.37	0.33	0.33	21	4.0
+8.0		200	16.1	0.308	0.11	0.66	0.16	0.27	27	4.0
+4.0	安田層	330	17.3	0.462	1.05	1.92	0.55	3.07	6	10.0
-6.0	西山層	490	17.0	0.451	3.86	4.16	0.93	11.20	3	27.0
-33.0		530	16.6	0.446	4.03	4.75	0.85	11.65	3	57.0
-90.0		590	17.3	0.432	5.15	6.14	0.84	14.75	3	46.0
-136.0		650	19.3	0.424	7.23	8.32	0.87	20.59	3	19.0
-155.0		解放 基盤	720	19.9	0.416	10.50	10.50	1.00	29.74	-

第 6.2.1-3 表(4) 地盤定数

(Ss-4)

標高 T. M. S. L (m)	地質	せん断波 速度 Vs (m/s)	単位体積 重量 γ (kN/m ³)	ポアソン比 ν	せん断 弾性係数 G (×10 ⁵ kN/m ²)	初期せん断 弾性係数 G ₀ (×10 ⁵ kN/m ²)	剛性 低下率 G/G ₀	ヤング 係数 E (×10 ⁵ kN/m ²)	減衰 定数 h (%)	層厚 H (m)
+12.0	砂層	150	16.1	0.347	0.12	0.37	0.33	0.33	18	4.0
+8.0		200	16.1	0.308	0.11	0.66	0.16	0.27	24	4.0
+4.0	安田層	330	17.3	0.462	1.11	1.92	0.58	3.25	4	10.0
-6.0	西山層	490	17.0	0.451	3.95	4.16	0.95	11.46	3	27.0
-33.0		530	16.6	0.446	4.37	4.75	0.92	12.64	3	57.0
-90.0		590	17.3	0.432	5.64	6.14	0.92	16.15	3	46.0
-136.0		650	19.3	0.424	7.82	8.32	0.94	22.27	3	19.0
-155.0		解放 基盤	720	19.9	0.416	10.50	10.50	1.00	29.74	-

第 6.2.1-3 表(5) 地盤定数

(Ss-5)

標高 T. M. S. L (m)	地質	せん断波 速度 Vs (m/s)	単位体積 重量 γ (kN/m ³)	ポアソン比 ν	せん断 弾性係数 G (×10 ⁵ kN/m ²)	初期せん断 弾性係数 G ₀ (×10 ⁵ kN/m ²)	剛性 低下率 G/G ₀	ヤング 係数 E (×10 ⁵ kN/m ²)	減衰 定数 h (%)	層厚 H (m)
+12.0	砂層	150	16.1	0.347	0.11	0.37	0.31	0.31	16	4.0
+8.0		200	16.1	0.308	0.11	0.66	0.16	0.27	22	4.0
+4.0	安田層	330	17.3	0.462	1.07	1.92	0.56	3.13	4	10.0
-6.0	西山層	490	17.0	0.451	3.91	4.16	0.94	11.35	3	27.0
-33.0		530	16.6	0.446	4.32	4.75	0.91	12.49	3	57.0
-90.0		590	17.3	0.432	5.46	6.14	0.89	15.64	3	46.0
-136.0		650	19.3	0.424	7.48	8.32	0.90	21.30	3	19.0
-155.0		解放 基盤	720	19.9	0.416	10.50	10.50	1.00	29.74	-

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-1H)

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	7	側面・並進	1.07×10 ⁶	0.60	4.25×10 ⁵	2.30
K2	7	側面・回転	8.33×10 ⁸	0.01	1.06×10 ⁸	2.30
K3	8	側面・並進	2.85×10 ⁶	0.60	1.13×10 ⁶	2.30
K4	8	側面・回転	2.21×10 ⁹	0.01	2.80×10 ⁸	2.30
K5	9	側面・並進	8.53×10 ⁶	1.17	1.73×10 ⁶	2.30
K6	9	側面・回転	6.73×10 ⁹	0.01	3.99×10 ⁸	2.30
K7	10	側面・並進	4.52×10 ⁶	1.26	8.62×10 ⁵	2.30
K8	10	側面・回転	3.54×10 ⁹	0.01	1.96×10 ⁸	2.30
K9	10	底面・並進	7.28×10 ⁷	0.00	2.82×10 ⁶	2.30
K10	10	底面・回転	7.06×10 ¹⁰	0.00	6.08×10 ⁸	2.30

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

(*2) K1, K3, K5, K7, K9はkN・s/m K2, K4, K6, K8, K10はkN・s・m/rad

(*3) f₁は連成系の1次固有振動数

(EW 方向, Ss-1H)

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	7	側面・並進	1.07×10 ⁶	0.60	4.27×10 ⁵	2.35
K2	7	側面・回転	8.33×10 ⁸	0.01	1.06×10 ⁸	2.35
K3	8	側面・並進	2.85×10 ⁶	0.60	1.13×10 ⁶	2.35
K4	8	側面・回転	2.21×10 ⁹	0.01	2.81×10 ⁸	2.35
K5	9	側面・並進	8.53×10 ⁶	1.17	1.73×10 ⁶	2.35
K6	9	側面・回転	6.73×10 ⁹	0.01	4.02×10 ⁸	2.35
K7	10	側面・並進	4.52×10 ⁶	1.26	8.61×10 ⁵	2.35
K8	10	側面・回転	3.54×10 ⁹	0.01	1.98×10 ⁸	2.35
K9	10	底面・並進	7.25×10 ⁷	0.00	2.80×10 ⁶	2.35
K10	10	底面・回転	7.60×10 ¹⁰	0.00	7.08×10 ⁸	2.35

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

(*2) K1, K3, K5, K7, K9はkN・s/m K2, K4, K6, K8, K10はkN・s・m/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-2H)

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	7	側面・並進	1.04×10 ⁶	0.59	4.19×10 ⁵	2.30
K2	7	側面・回転	8.05×10 ⁸	0.01	1.04×10 ⁸	2.30
K3	8	側面・並進	2.75×10 ⁶	0.59	1.11×10 ⁶	2.30
K4	8	側面・回転	2.14×10 ⁹	0.01	2.76×10 ⁸	2.30
K5	9	側面・並進	8.51×10 ⁶	1.17	1.73×10 ⁶	2.30
K6	9	側面・回転	6.72×10 ⁹	0.01	3.98×10 ⁸	2.30
K7	10	側面・並進	4.52×10 ⁶	1.26	8.62×10 ⁵	2.30
K8	10	側面・回転	3.54×10 ⁹	0.01	1.96×10 ⁸	2.30
K9	10	底面・並進	7.34×10 ⁷	0.00	2.84×10 ⁶	2.30
K10	10	底面・回転	7.15×10 ¹⁰	0.00	6.07×10 ⁸	2.30

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

(*2) K1, K3, K5, K7, K9はkN・s/m K2, K4, K6, K8, K10はkN・s・m/rad

(*3) f₁は連成系の1次固有振動数

(EW 方向, Ss-2H)

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	7	側面・並進	1.04×10 ⁶	0.59	4.21×10 ⁵	2.35
K2	7	側面・回転	8.05×10 ⁸	0.01	1.04×10 ⁸	2.35
K3	8	側面・並進	2.75×10 ⁶	0.59	1.12×10 ⁶	2.35
K4	8	側面・回転	2.14×10 ⁹	0.01	2.77×10 ⁸	2.35
K5	9	側面・並進	8.51×10 ⁶	1.17	1.73×10 ⁶	2.35
K6	9	側面・回転	6.72×10 ⁹	0.01	4.01×10 ⁸	2.35
K7	10	側面・並進	4.52×10 ⁶	1.26	8.61×10 ⁵	2.35
K8	10	側面・回転	3.54×10 ⁹	0.01	1.98×10 ⁸	2.35
K9	10	底面・並進	7.31×10 ⁷	0.00	2.81×10 ⁶	2.35
K10	10	底面・回転	7.70×10 ¹⁰	0.00	7.07×10 ⁸	2.35

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

(*2) K1, K3, K5, K7, K9はkN・s/m K2, K4, K6, K8, K10はkN・s・m/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-3H)

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	7	側面・並進	1.11×10 ⁶	0.61	4.31×10 ⁵	2.29
K2	7	側面・回転	8.61×10 ⁸	0.01	1.07×10 ⁸	2.29
K3	8	側面・並進	2.94×10 ⁶	0.61	1.14×10 ⁶	2.29
K4	8	側面・回転	2.28×10 ⁹	0.01	2.84×10 ⁸	2.29
K5	9	側面・並進	8.62×10 ⁶	1.18	1.74×10 ⁶	2.29
K6	9	側面・回転	6.79×10 ⁹	0.01	4.00×10 ⁸	2.29
K7	10	側面・並進	4.56×10 ⁶	1.27	8.66×10 ⁵	2.29
K8	10	側面・回転	3.57×10 ⁹	0.01	1.97×10 ⁸	2.29
K9	10	底面・並進	7.16×10 ⁷	0.00	2.80×10 ⁶	2.29
K10	10	底面・回転	6.89×10 ¹⁰	0.00	6.06×10 ⁸	2.29

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

(*2) K1, K3, K5, K7, K9はkN・s/m K2, K4, K6, K8, K10はkN・s・m/rad

(*3) f₁は連成系の1次固有振動数

(EW 方向, Ss-3H)

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	7	側面・並進	1.11×10 ⁶	0.61	4.32×10 ⁵	2.34
K2	7	側面・回転	8.61×10 ⁸	0.01	1.07×10 ⁸	2.34
K3	8	側面・並進	2.94×10 ⁶	0.61	1.15×10 ⁶	2.34
K4	8	側面・回転	2.28×10 ⁹	0.01	2.85×10 ⁸	2.34
K5	9	側面・並進	8.62×10 ⁶	1.18	1.74×10 ⁶	2.34
K6	9	側面・回転	6.79×10 ⁹	0.01	4.03×10 ⁸	2.34
K7	10	側面・並進	4.56×10 ⁶	1.27	8.65×10 ⁵	2.34
K8	10	側面・回転	3.57×10 ⁹	0.01	1.98×10 ⁸	2.34
K9	10	底面・並進	7.13×10 ⁷	0.00	2.78×10 ⁶	2.34
K10	10	底面・回転	7.42×10 ¹⁰	0.00	7.06×10 ⁸	2.34

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

(*2) K1, K3, K5, K7, K9はkN・s/m K2, K4, K6, K8, K10はkN・s・m/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-4H)

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	7	側面・並進	1.17×10 ⁶	0.63	4.43×10 ⁵	2.33
K2	7	側面・回転	9.12×10 ⁸	0.01	1.10×10 ⁸	2.33
K3	8	側面・並進	3.11×10 ⁶	0.63	1.17×10 ⁶	2.33
K4	8	側面・回転	2.42×10 ⁹	0.01	2.92×10 ⁸	2.33
K5	9	側面・並進	8.85×10 ⁶	1.19	1.77×10 ⁶	2.33
K6	9	側面・回転	6.98×10 ⁹	0.01	4.06×10 ⁸	2.33
K7	10	側面・並進	4.68×10 ⁶	1.29	8.77×10 ⁵	2.33
K8	10	側面・回転	3.66×10 ⁹	0.01	2.00×10 ⁸	2.33
K9	10	底面・並進	7.52×10 ⁷	0.00	2.87×10 ⁶	2.33
K10	10	底面・回転	7.33×10 ¹⁰	0.00	6.15×10 ⁸	2.33

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

(*2) K1, K3, K5, K7, K9はkN・s/m K2, K4, K6, K8, K10はkN・s・m/rad

(*3) f₁は連成系の1次固有振動数

(EW 方向, Ss-4H)

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	7	側面・並進	1.17×10 ⁶	0.63	4.44×10 ⁵	2.39
K2	7	側面・回転	9.12×10 ⁸	0.01	1.10×10 ⁸	2.39
K3	8	側面・並進	3.11×10 ⁶	0.63	1.18×10 ⁶	2.39
K4	8	側面・回転	2.42×10 ⁹	0.01	2.93×10 ⁸	2.39
K5	9	側面・並進	8.85×10 ⁶	1.19	1.77×10 ⁶	2.39
K6	9	側面・回転	6.98×10 ⁹	0.01	4.09×10 ⁸	2.39
K7	10	側面・並進	4.68×10 ⁶	1.29	8.76×10 ⁵	2.39
K8	10	側面・回転	3.66×10 ⁹	0.01	2.01×10 ⁸	2.39
K9	10	底面・並進	7.48×10 ⁷	0.00	2.84×10 ⁶	2.39
K10	10	底面・回転	7.89×10 ¹⁰	0.00	7.20×10 ⁸	2.39

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

(*2) K1, K3, K5, K7, K9はkN・s/m K2, K4, K6, K8, K10はkN・s・m/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-5H)

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	7	側面・並進	1.14×10 ⁶	0.62	4.36×10 ⁵	2.32
K2	7	側面・回転	8.83×10 ⁸	0.01	1.08×10 ⁸	2.32
K3	8	側面・並進	3.01×10 ⁶	0.62	1.16×10 ⁶	2.32
K4	8	側面・回転	2.34×10 ⁹	0.01	2.87×10 ⁸	2.32
K5	9	側面・並進	8.73×10 ⁶	1.18	1.76×10 ⁶	2.32
K6	9	側面・回転	6.89×10 ⁹	0.01	4.04×10 ⁸	2.32
K7	10	側面・並進	4.62×10 ⁶	1.28	8.71×10 ⁵	2.32
K8	10	側面・回転	3.62×10 ⁹	0.01	1.98×10 ⁸	2.32
K9	10	底面・並進	7.43×10 ⁷	0.00	2.85×10 ⁶	2.32
K10	10	底面・回転	7.21×10 ¹⁰	0.00	6.13×10 ⁸	2.32

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

(*2) K1, K3, K5, K7, K9はkN・s/m K2, K4, K6, K8, K10はkN・s・m/rad

(*3) f₁は連成系の1次固有振動数

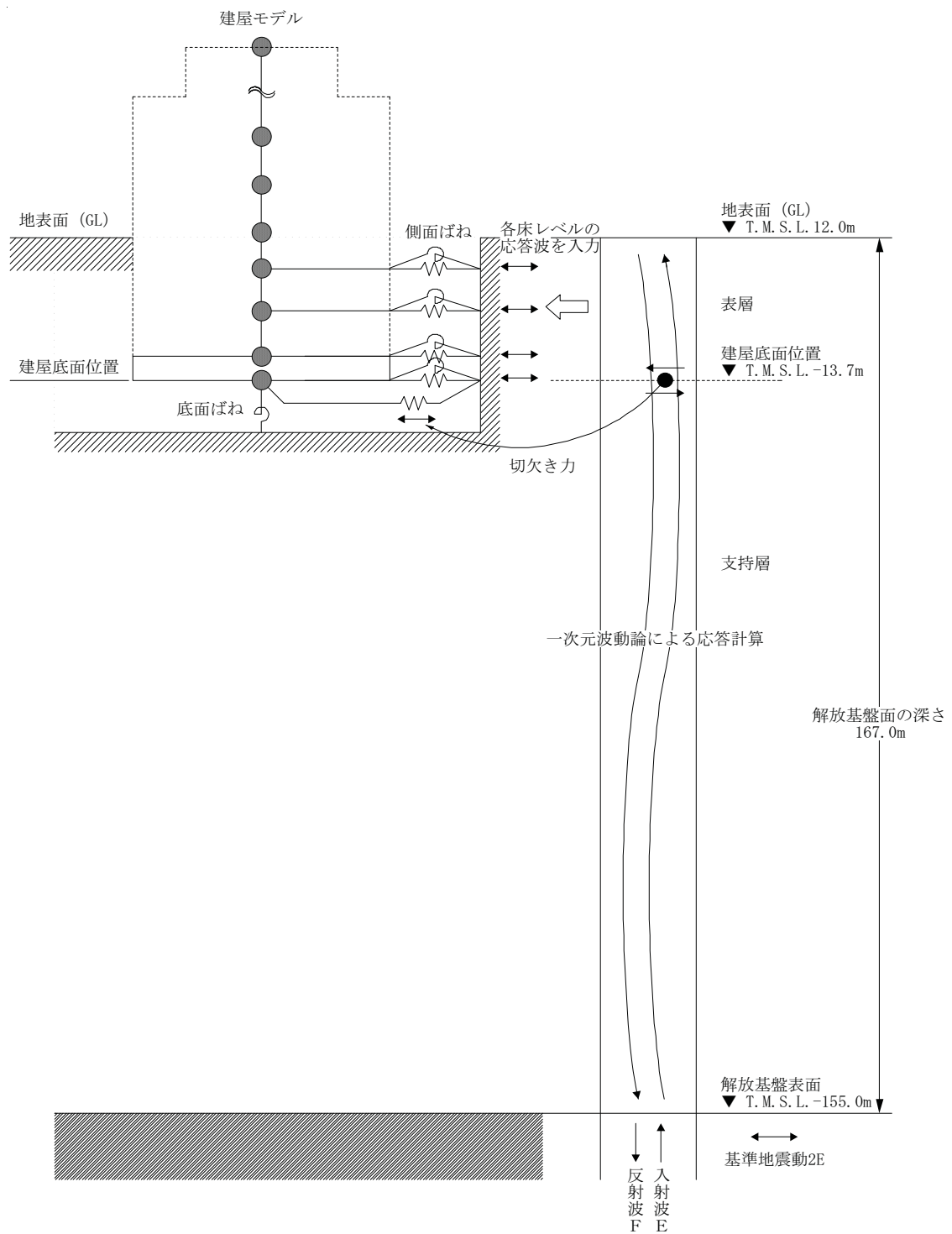
(EW 方向, Ss-5H)

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	7	側面・並進	1.14×10 ⁶	0.62	4.38×10 ⁵	2.37
K2	7	側面・回転	8.83×10 ⁸	0.01	1.09×10 ⁸	2.37
K3	8	側面・並進	3.01×10 ⁶	0.62	1.16×10 ⁶	2.37
K4	8	側面・回転	2.34×10 ⁹	0.01	2.88×10 ⁸	2.37
K5	9	側面・並進	8.73×10 ⁶	1.18	1.75×10 ⁶	2.37
K6	9	側面・回転	6.89×10 ⁹	0.01	4.06×10 ⁸	2.37
K7	10	側面・並進	4.62×10 ⁶	1.28	8.71×10 ⁵	2.37
K8	10	側面・回転	3.62×10 ⁹	0.01	2.00×10 ⁸	2.37
K9	10	底面・並進	7.40×10 ⁷	0.00	2.83×10 ⁶	2.37
K10	10	底面・回転	7.76×10 ¹⁰	0.00	7.14×10 ⁸	2.37

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

(*2) K1, K3, K5, K7, K9はkN・s/m K2, K4, K6, K8, K10はkN・s・m/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

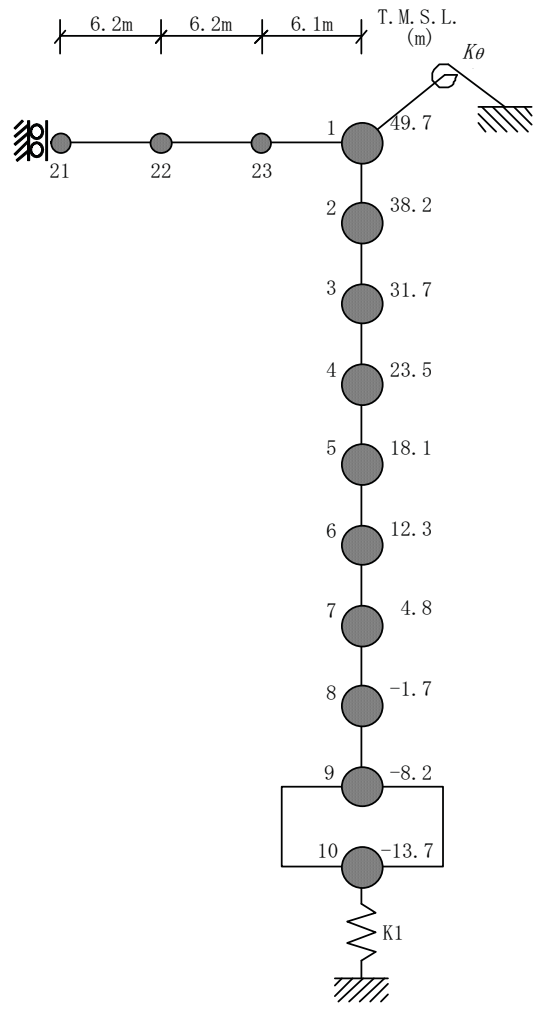
鉛直方向の地震応答解析モデルは、耐震壁の軸剛性および屋根トラスの曲げせん断剛性を評価した質点系モデルとする。鉛直方向の地震応答解析モデルを第 6.2.1-6 図に、解析モデルの諸元を第 6.2.1-5 表に示す。

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	30,640	
		89.0
2	80,520	
		200.1
3	175,870	
		581.5
4	239,810	
		611.6
5	158,250	
		674.3
6	280,410	
		681.3
7	204,170	
		719.6
8	218,100	
		833.7
9	342,450	
		3373.4
10	216,040	
合計	1,955,110	

屋根			
質点番号	質点重量 W (kN)	せん断断面積 A_s (×10 ⁻² m ²)	断面2次モーメント I (m ⁴)
1	—		
		21.25	2.000
23	3,540		
		16.82	2.000
22	3,540		
		7.94	2.000
21	1,770		

①コンクリート部 建屋

ヤング係数 E_c 3.13×10^7 (kN/m²)

せん断弾性係数 G 1.31×10^7 (kN/m²)

ポアソン比 ν 0.20

減衰 h 5%

②コンクリート部 基礎スラブ

ヤング係数 E_c 2.90×10^7 (kN/m²)

せん断弾性係数 G 1.21×10^7 (kN/m²)

ポアソン比 ν 0.20

減衰 h 5%

③鉄骨部

ヤング係数 E_s 2.05×10^8 (kN/m²)

せん断弾性係数 G 7.90×10^7 (kN/m²)

ポアソン比 ν 0.30

減衰 h 2%

トラス端部回転拘束ばね K_θ 4.24×10^7 (kN・m/rad)

基礎形状 56.6m(NS方向) × 59.6m(EW方向)

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-1V)

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 ^{(*)1} f_1 (Hz)
K1	10	底面・鉛直	1.20×10^8	0.00	6.46×10^6	3.89

(*1) f_1 は連成系の1次固有振動数

(Ss-2V)

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 ^{(*)1} f_1 (Hz)
K1	10	底面・鉛直	1.22×10^8	0.00	6.53×10^6	3.91

(*1) f_1 は連成系の1次固有振動数

(Ss-3V)

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 ^{(*)1} f_1 (Hz)
K1	10	底面・鉛直	1.16×10^8	0.00	6.37×10^6	3.85

(*1) f_1 は連成系の1次固有振動数

(Ss-4V)

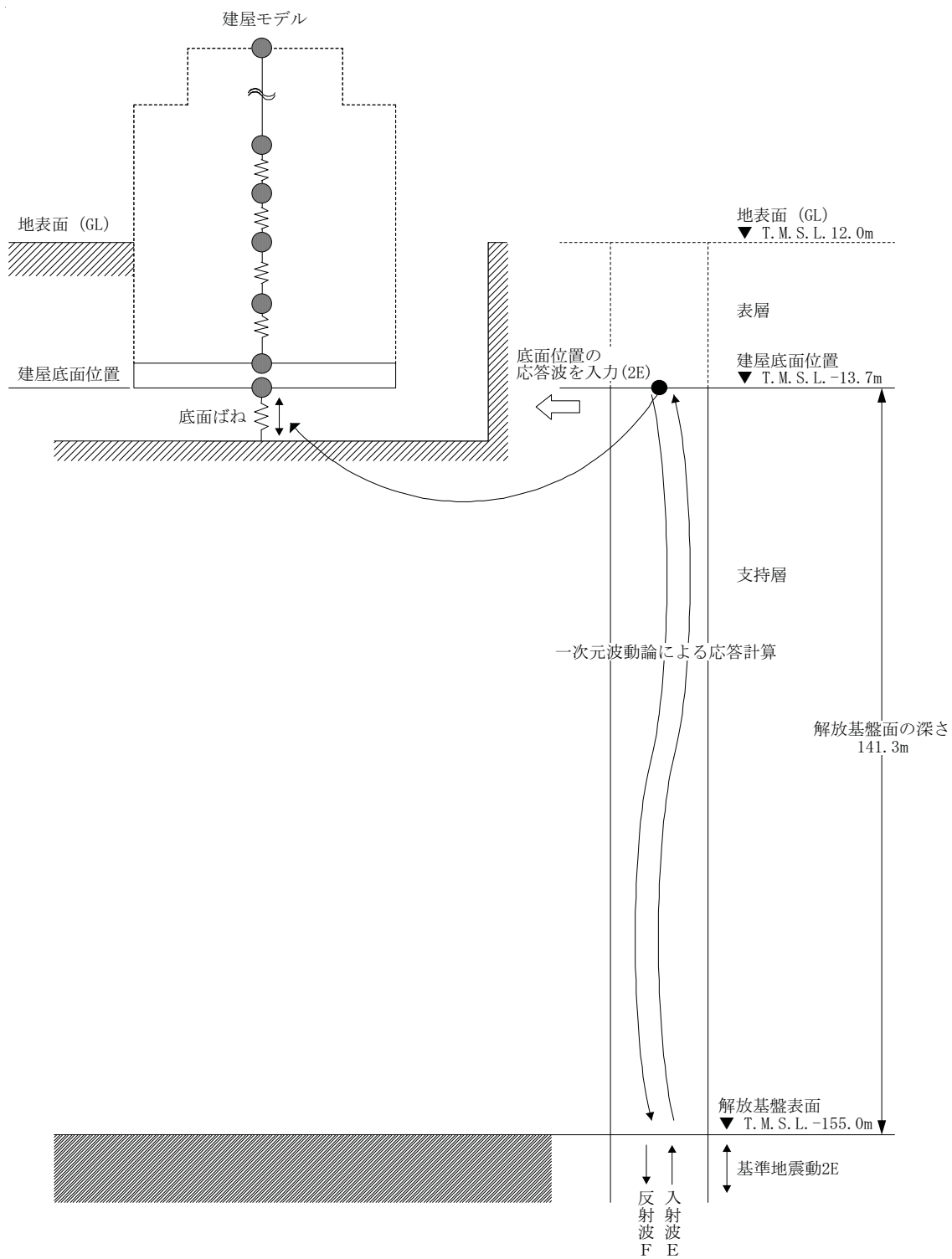
ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね		減衰	
			ばね定数 K_C (kN/m)	採用振動数 (Hz)	減衰係数 C_C (kN·s/m)	採用振動数 ^{(*)1} f_1 (Hz)
K1	10	底面・鉛直	1.24×10^8	0.00	6.58×10^6	3.94

(*1) f_1 は連成系の1次固有振動数

(Ss-5V)

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 ^{(*)1} f_1 (Hz)
K1	10	底面・鉛直	1.22×10^8	0.00	6.53×10^6	3.91

(*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-1H)

次数	固有周期 (秒)	固有振動数 (Hz)	刺激係数 *	備考
1	0.435	2.30	1.579	地盤建屋連成一次
2	0.191	5.24	-0.680	
3	0.087	11.51	0.063	
4	0.074	13.43	0.060	
5	0.074	13.45	0.018	

(NS 方向, Ss-2H)

次数	固有周期 (秒)	固有振動数 (Hz)	刺激係数 *	備考
1	0.434	2.30	1.579	地盤建屋連成一次
2	0.190	5.25	-0.682	
3	0.087	11.51	0.063	
4	0.074	13.43	0.059	
5	0.074	13.46	0.027	

(NS 方向, Ss-3H)

次数	固有周期 (秒)	固有振動数 (Hz)	刺激係数 *	備考
1	0.438	2.29	1.578	地盤建屋連成一次
2	0.192	5.21	-0.678	
3	0.087	11.51	0.062	
4	0.074	13.43	0.117	
5	0.074	13.43	-0.042	

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-4H)

次数	固有周期 (秒)	固有振動数 (Hz)	刺激係数 *	備考
1	0.429	2.33	1.581	地盤建屋連成一次
2	0.188	5.32	-0.687	
3	0.087	11.51	0.065	
4	0.074	13.45	0.060	
5	0.074	13.50	0.035	

(NS 方向, Ss-5H)

次数	固有周期 (秒)	固有振動数 (Hz)	刺激係数 *	備考
1	0.431	2.32	1.580	地盤建屋連成一次
2	0.189	5.29	-0.684	
3	0.087	11.51	0.064	
4	0.074	13.44	0.060	
5	0.074	13.48	0.032	

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-1H)

次数	固有周期 (秒)	固有振動数 (Hz)	刺激係数 *	備考
1	0.426	2.35	1.542	地盤建屋連成一次
2	0.190	5.27	-0.606	
3	0.079	12.69	-0.026	
4	0.074	13.50	0.129	
5	0.069	14.57	-0.043	

(EW 方向, Ss-2H)

次数	固有周期 (秒)	固有振動数 (Hz)	刺激係数 *	備考
1	0.425	2.35	1.542	地盤建屋連成一次
2	0.189	5.29	-0.607	
3	0.079	12.69	-0.026	
4	0.074	13.51	0.130	
5	0.069	14.58	-0.043	

(EW 方向, Ss-3H)

次数	固有周期 (秒)	固有振動数 (Hz)	刺激係数 *	備考
1	0.428	2.34	1.541	地盤建屋連成一次
2	0.191	5.24	-0.604	
3	0.079	12.69	-0.026	
4	0.074	13.50	0.128	
5	0.069	14.56	-0.044	

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-4H)

次数	固有周期 (秒)	固有振動数 (Hz)	刺激係数 *	備考
1	0.419	2.39	1.544	地盤建屋連成一次
2	0.187	5.35	-0.610	
3	0.079	12.69	-0.027	
4	0.074	13.52	0.132	
5	0.068	14.62	-0.044	

(EW 方向, Ss-5H)

次数	固有周期 (秒)	固有振動数 (Hz)	刺激係数 *	備考
1	0.422	2.37	1.543	地盤建屋連成一次
2	0.188	5.32	-0.609	
3	0.079	12.69	-0.027	
4	0.074	13.51	0.131	
5	0.069	14.60	-0.044	

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-1V)

次数	固有周期 (秒)	固有振動数 (Hz)	刺激係数 *	備考
1	0.277	3.61	9.852	屋根トラス一次
2	0.257	3.89	-8.911	地盤建屋連成一次
3	0.077	12.97	0.086	
4	0.051	19.47	-0.081	
5	0.045	22.16	-0.083	

(Ss-2V)

次数	固有周期 (秒)	固有振動数 (Hz)	刺激係数 *	備考
1	0.276	3.62	9.432	屋根トラス一次
2	0.256	3.91	-8.492	地盤建屋連成一次
3	0.077	12.97	0.087	
4	0.051	19.47	-0.082	
5	0.045	22.17	-0.084	

(Ss-3V)

次数	固有周期 (秒)	固有振動数 (Hz)	刺激係数 *	備考
1	0.278	3.59	10.530	屋根トラス一次
2	0.260	3.85	-9.587	地盤建屋連成一次
3	0.077	12.97	0.083	
4	0.051	19.47	-0.079	
5	0.045	22.15	-0.080	

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)

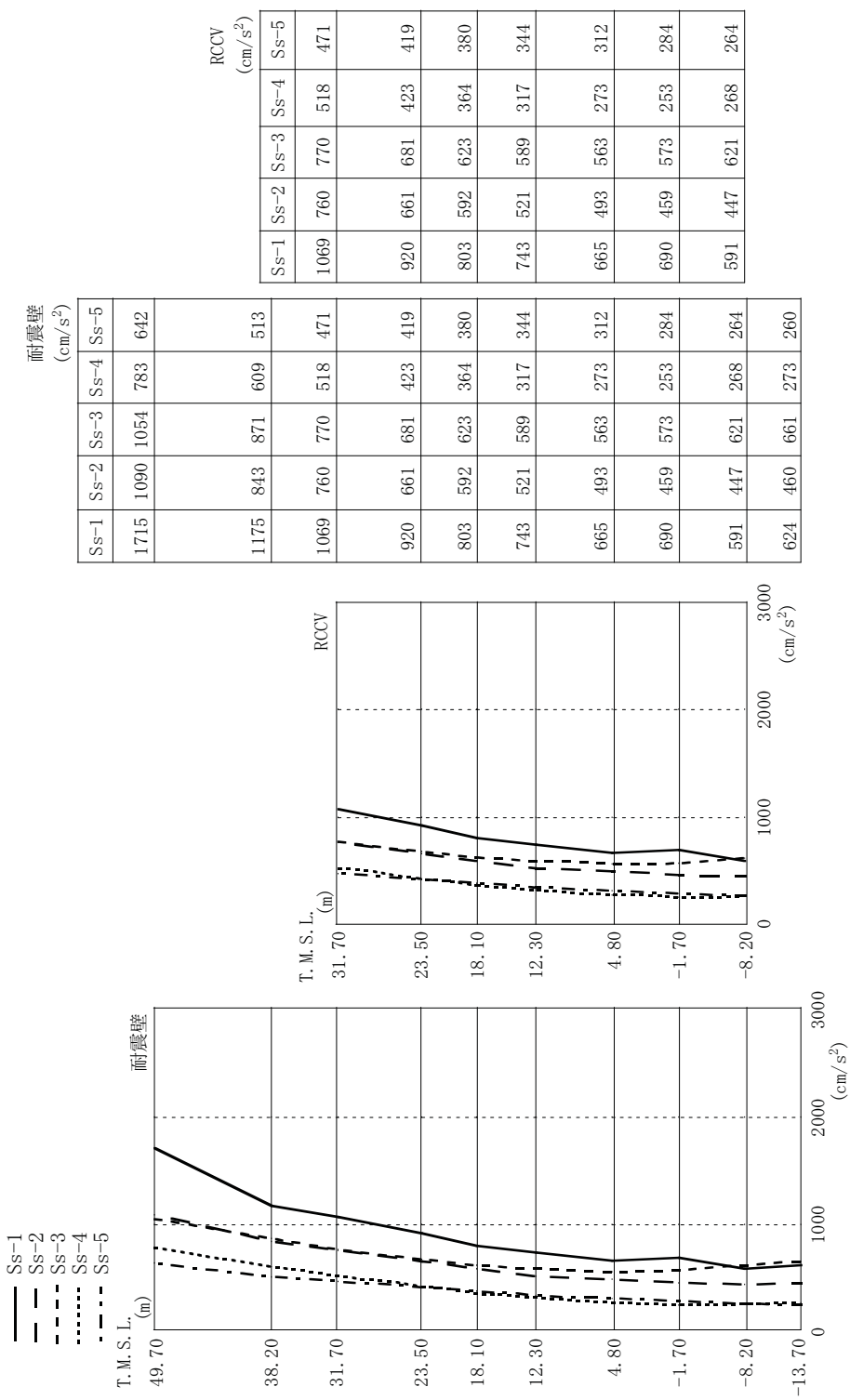
(Ss-4V)

次数	固有周期 (秒)	固有振動数 (Hz)	刺激係数 *	備考
1	0.276	3.62	9.000	屋根トラス一次
2	0.254	3.94	-8.061	地盤建屋連成一次
3	0.077	12.97	0.089	
4	0.051	19.47	-0.083	
5	0.045	22.18	-0.086	

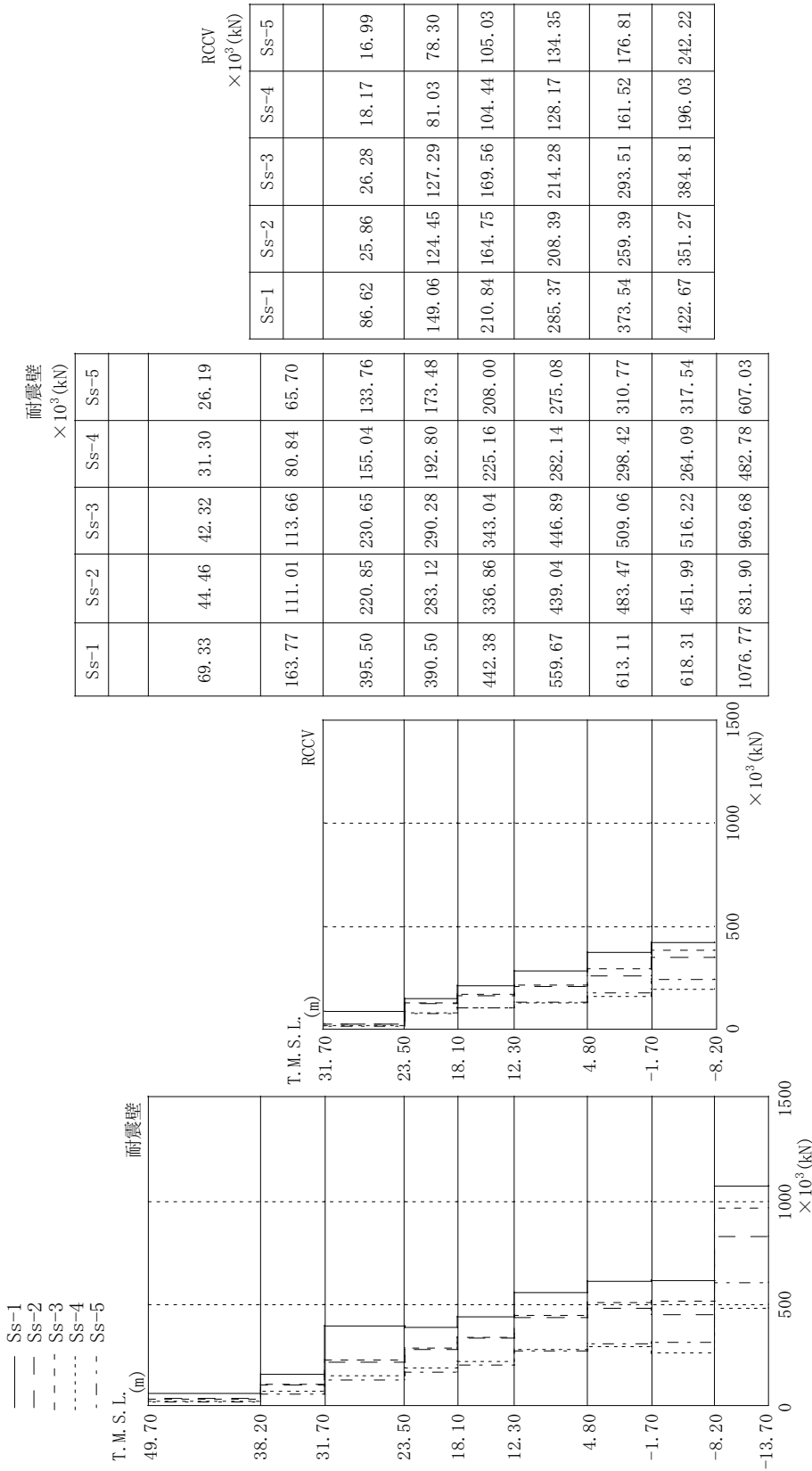
(Ss-5V)

次数	固有周期 (秒)	固有振動数 (Hz)	刺激係数 *	備考
1	0.276	3.62	9.432	屋根トラス一次
2	0.256	3.91	-8.492	地盤建屋連成一次
3	0.077	12.97	0.087	
4	0.051	19.47	-0.082	
5	0.045	22.17	-0.084	

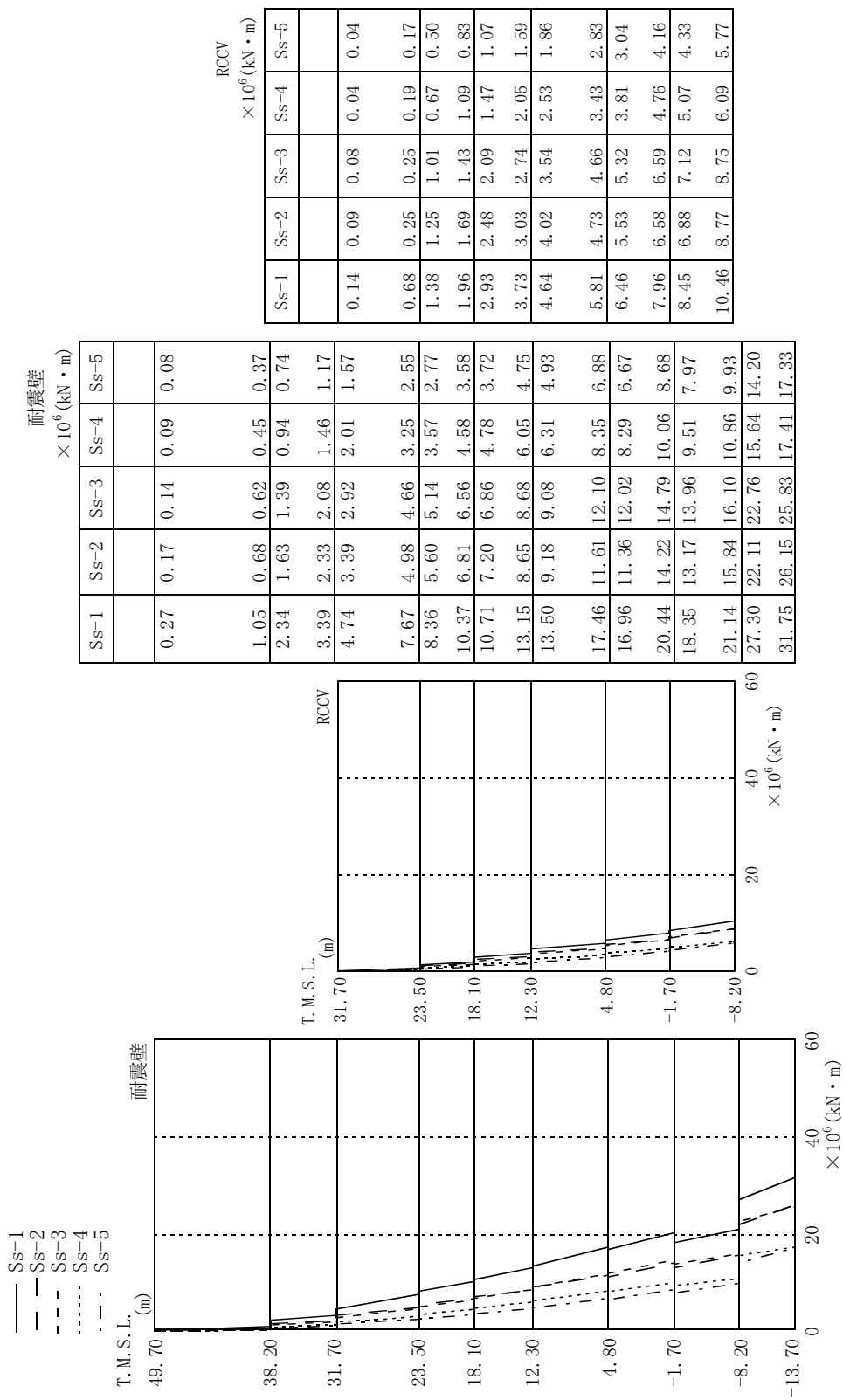
注* : モードごとに固有ベクトルの最大値を 1 に基準化して得られる刺激係数を示す。



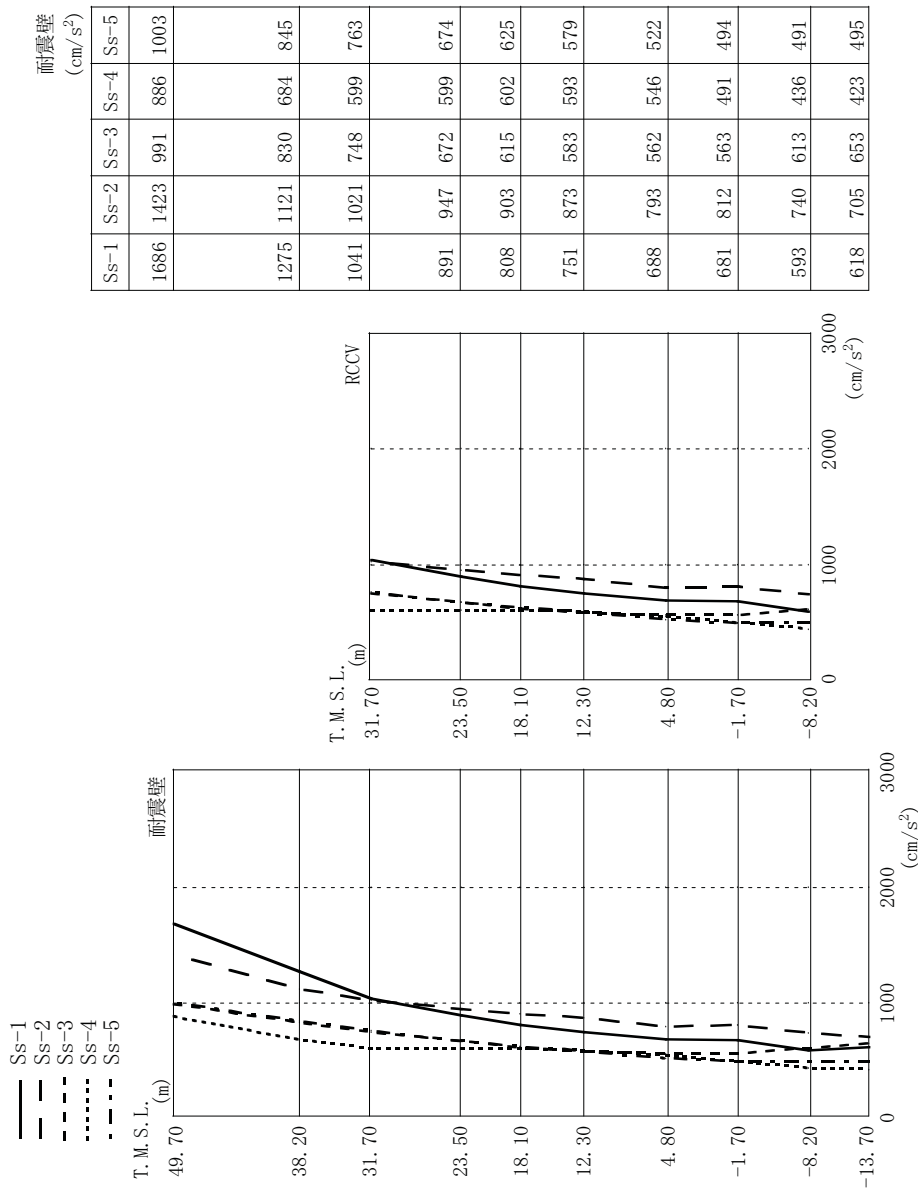
第 6.2.1-8 図 最大心管加速度 (NS 方向)



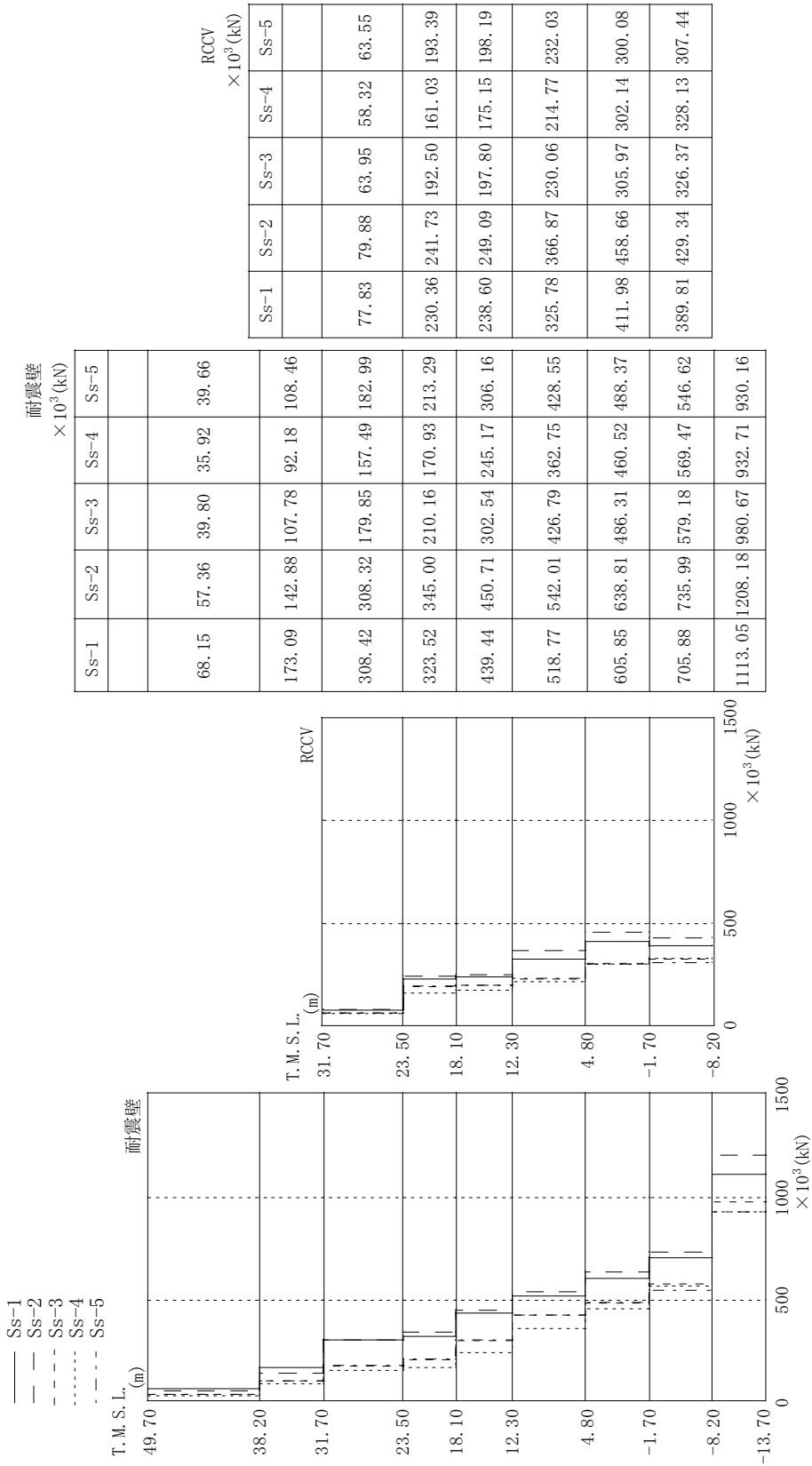
第 6.2.1-9 図 最大芯答せん断力 (NS 方向)



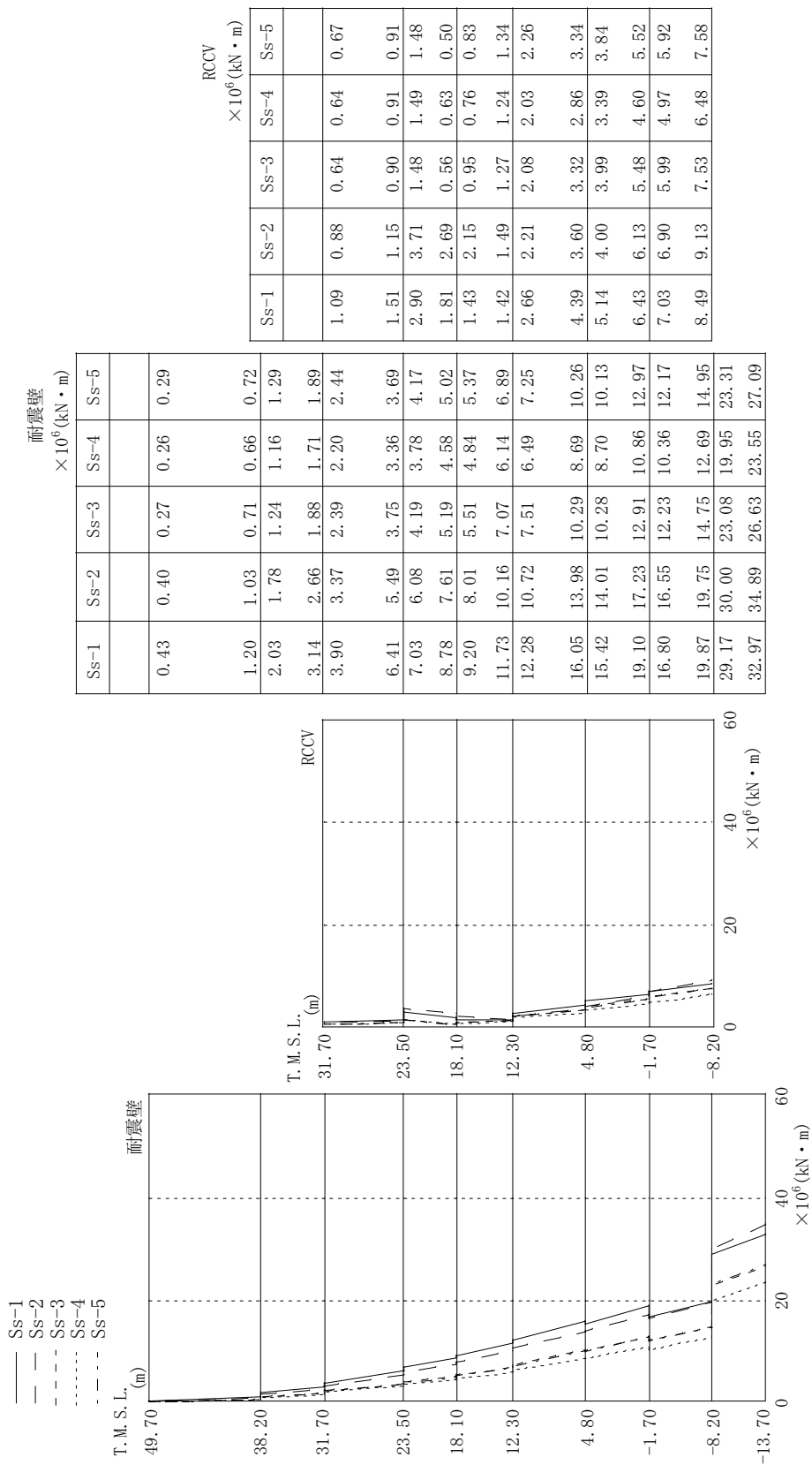
第 6.2.1-10 図 最大応答曲げモーメント (NS 方向)



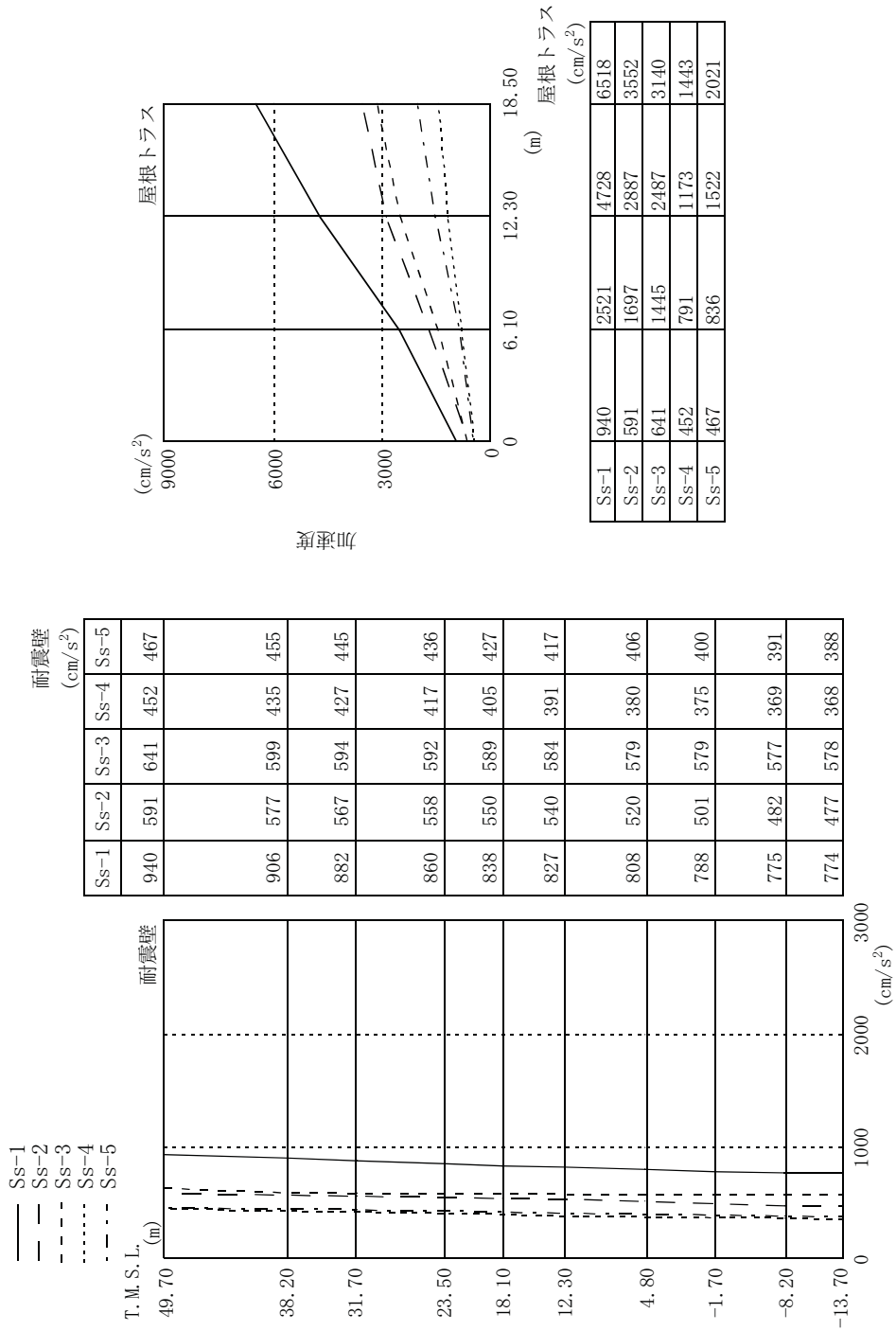
第 6.2.1-11 図 最大応答加速度 (EW 方向)



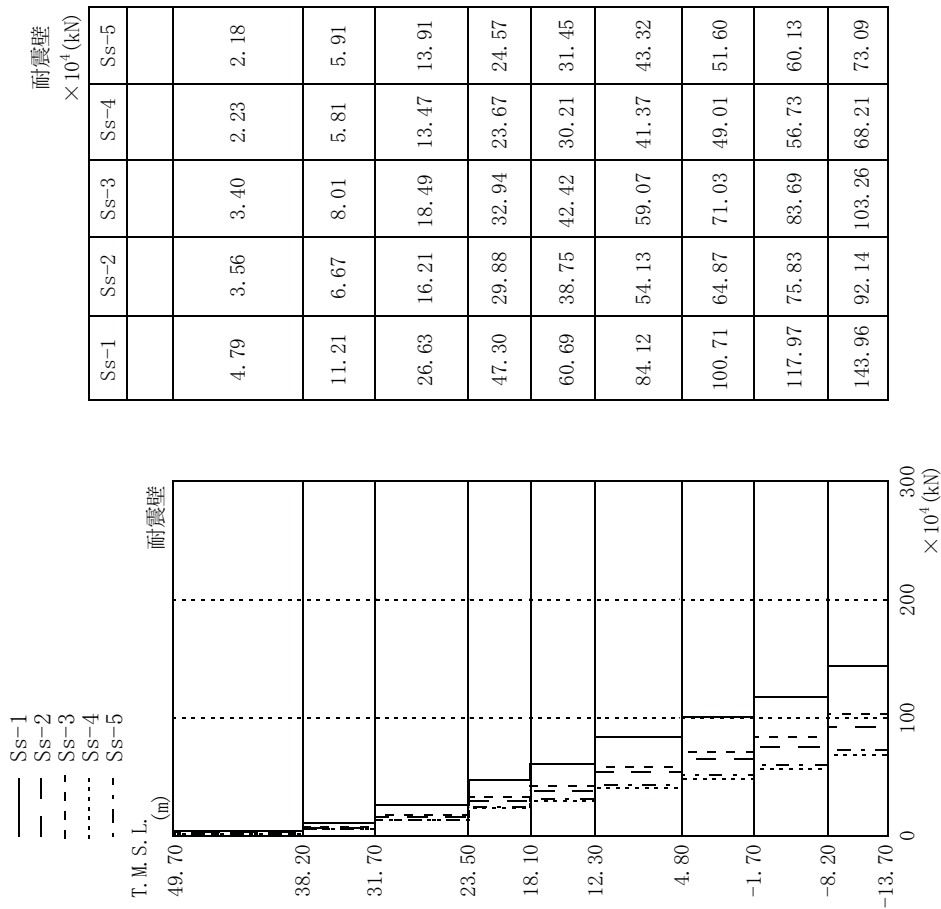
第 6.2.1-12 図 最大応答せん断力 (EW 方向)



第 6.2.1-13 図 最大応答曲げモーメント (EW 方向)



第 6.2.1-14 図 最大芯答加速度 (鉛直方向)



第 6.2.1-15 図 最大芯答軸力 (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 kN・m)	1.84	1.84	1.84	1.84	1.84
	最大転倒モーメント Mmax (×10 ⁷ kN・m)	3.01	2.49	2.46	1.67	1.65
	接地率 η (%)	68.5	82.4	83.2	100.0	100.0
EW 方 向	浮上り限界モーメント (×10 ⁷ kN・m)	1.94	1.94	1.94	1.94	1.94
	最大転倒モーメント Mmax (×10 ⁷ kN・m)	3.13	3.30	2.55	2.25	2.59
	接地率 η (%)	69.3	65.0	84.4	92.0	83.2

6.2.1.5. 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 6.2.1-9 表に示す。地盤の支持力試験の最大荷重は、 6178kN/m^2 (630tf/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-1H)

		NS	EW	反力分布図 ()内は下向き地震時
鉛直力 N (kN)	上向き	1,507,927		[NS方向] 56.6m 2019.0 kN/m ² (1702.9 kN/m ²)
	下向き	2,402,293		
転倒モーメント M (×10 ⁵ kN・m)		300.77	313.42	[EW方向] 59.6m
最大接地圧※ (kN/m ²)	上向き	2019.0	1970.2	1970.2 kN/m ² (1689.0 kN/m ²)
	下向き	1702.9	1689.0	

※：地盤の支持力試験の最大荷重 6178 kN/m²

(Ss-2H)

		NS	EW	反力分布図 ()内は下向き地震時
鉛直力 N (kN)	上向き	1,722,026		[NS方向] 56.6m 1394.6 kN/m ² (1448.4 kN/m ²)
	下向き	2,188,194		
転倒モーメント M (×10 ⁵ kN・m)		249.48	330.26	[EW方向] 59.6m
最大接地圧※ (kN/m ²)	上向き	1394.6	1909.6	1909.6 kN/m ² (1752.4 kN/m ²)
	下向き	1448.4	1752.4	

※：地盤の支持力試験の最大荷重 6178 kN/m²

(Ss-3H)

		NS	EW	反力分布図 ()内は下向き地震時
鉛直力 N (kN)	上向き	1,567,590		[NS方向] 56.6m 1392.6 kN/m ² (1473.1 kN/m ²)
	下向き	2,342,630		
転倒モーメント M (×10 ⁵ kN・m)		246.24	254.68	[EW方向] 59.6m
最大接地圧※ (kN/m ²)	上向き	1392.6	1362.3	1362.3 kN/m ² (1457.7 kN/m ²)
	下向き	1473.1	1457.7	

※：地盤の支持力試験の最大荷重 6178 kN/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-4H)

		NS	EW	反力分布図 ()内は下向き地震時
鉛直力 N (kN)	上向き	1,743,914		[NS方向] 56.6m 1040.6 kN/m ² (1165.8 kN/m ²)
	下向き	2,166,306		
転倒モーメント M (×10 ⁵ kN・m)		166.61	225.45	[EW方向] 59.6m 1217.5 kN/m ² (1315.8 kN/m ²)
最大接地圧※ (kN/m ²)	上向き	1040.6	1217.5	
	下向き	1165.8	1315.8	

※：地盤の支持力試験の最大荷重 6178 kN/m²

(Ss-5H)

		NS	EW	反力分布図 ()内は下向き地震時
鉛直力 N (kN)	上向き	1,729,910		[NS方向] 56.6m 1032.7 kN/m ² (1166.2 kN/m ²)
	下向き	2,180,310		
転倒モーメント M (×10 ⁵ kN・m)		165.44	259.48	[EW方向] 59.6m 1376.7 kN/m ² (1434.8 kN/m ²)
最大接地圧※ (kN/m ²)	上向き	1032.7	1376.7	
	下向き	1166.2	1434.8	

※：地盤の支持力試験の最大荷重 6178 kN/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 6.2.3-16 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 0.44×10^{-3} (S_s -1H, NS 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)

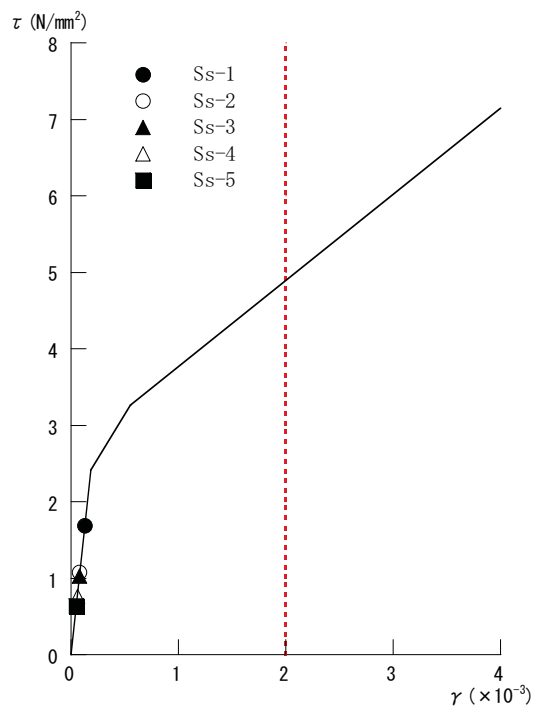
外壁						($\times 10^{-3}$)
階	Ss-1H	Ss-2H	Ss-3H	Ss-4H	Ss-5H	評価 基準値
CRF	0.13	0.08	0.08	0.06	0.05	2.0以下
4F	0.15	0.10	0.10	0.07	0.06	
3F	0.16	0.09	0.09	0.06	0.05	
2F	0.33	0.16	0.17	0.11	0.10	
1F	0.36	0.17	0.18	0.12	0.11	
B1F	0.37	0.19	0.19	0.12	0.12	
B2F	0.44	0.20	0.21	0.12	0.13	
B3F	0.21	0.15	0.18	0.09	0.11	

RCCV						($\times 10^{-3}$)
階	Ss-1H	Ss-2H	Ss-3H	Ss-4H	Ss-5H	評価 基準値
3F	0.06	0.02	0.02	0.01	0.01	2.0以下
2F	0.10	0.08	0.09	0.05	0.05	
1F	0.12	0.09	0.09	0.06	0.06	
B1F	0.16	0.11	0.12	0.07	0.07	
B2F	0.31	0.15	0.17	0.09	0.10	
B3F	0.17	0.14	0.16	0.08	0.10	

第6.2.3-2表 耐震壁のせん断ひずみ一覧 (EW方向)

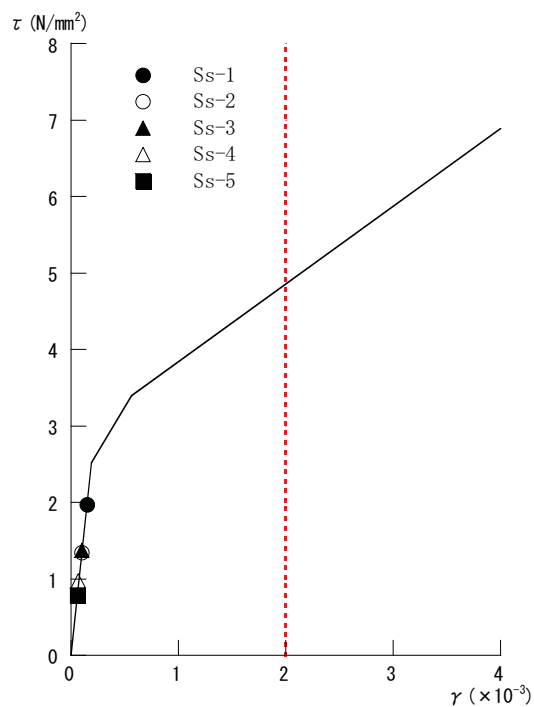
外壁						($\times 10^{-3}$)
階	Ss-1H	Ss-2H	Ss-3H	Ss-4H	Ss-5H	評価 基準値
CRF	0.10	0.08	0.06	0.05	0.06	2.0以下
4F	0.11	0.09	0.07	0.06	0.07	
3F	0.14	0.14	0.08	0.07	0.08	
2F	0.19	0.21	0.12	0.10	0.12	
1F	0.21	0.25	0.14	0.11	0.14	
B1F	0.30	0.35	0.18	0.15	0.18	
B2F	0.28	0.35	0.18	0.17	0.18	
B3F	0.21	0.28	0.17	0.17	0.16	

RCCV						($\times 10^{-3}$)
階	Ss-1H	Ss-2H	Ss-3H	Ss-4H	Ss-5H	評価 基準値
3F	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	2.0以下
2F	0.08	0.08	0.07	0.06	0.07	
1F	0.09	0.09	0.07	0.06	0.07	
B1F	0.16	0.18	0.12	0.11	0.12	
B2F	0.17	0.19	0.13	0.13	0.13	
B3F	0.18	0.20	0.15	0.15	0.14	



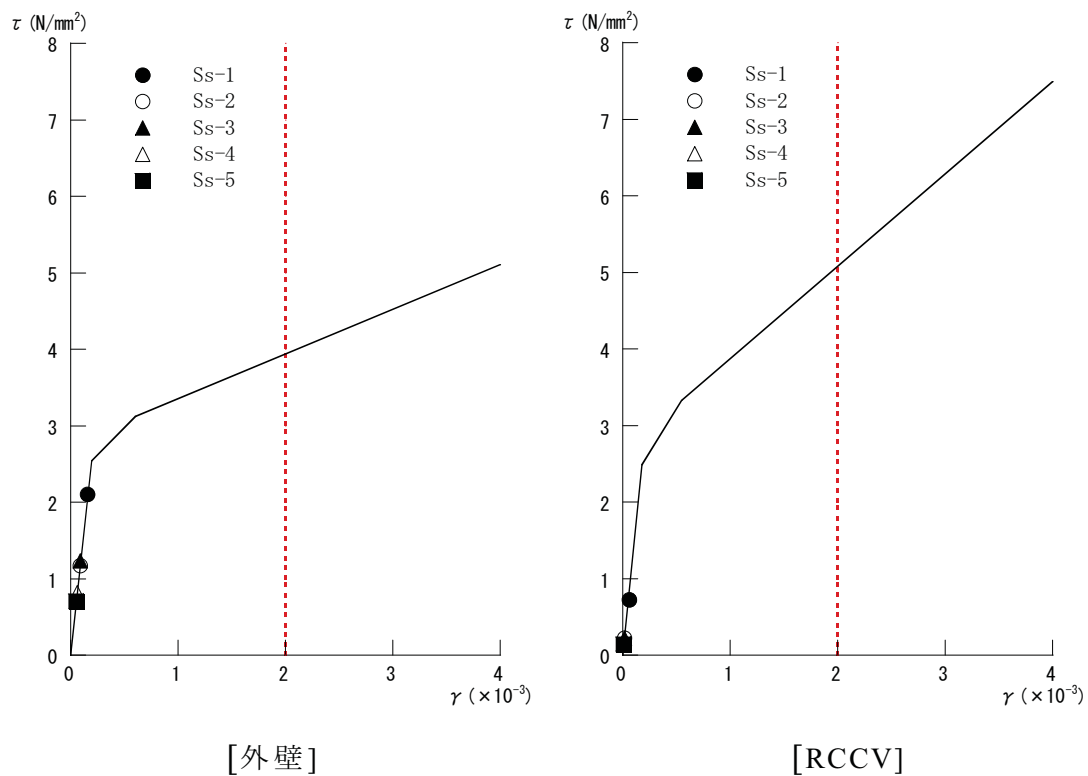
[外壁]

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)

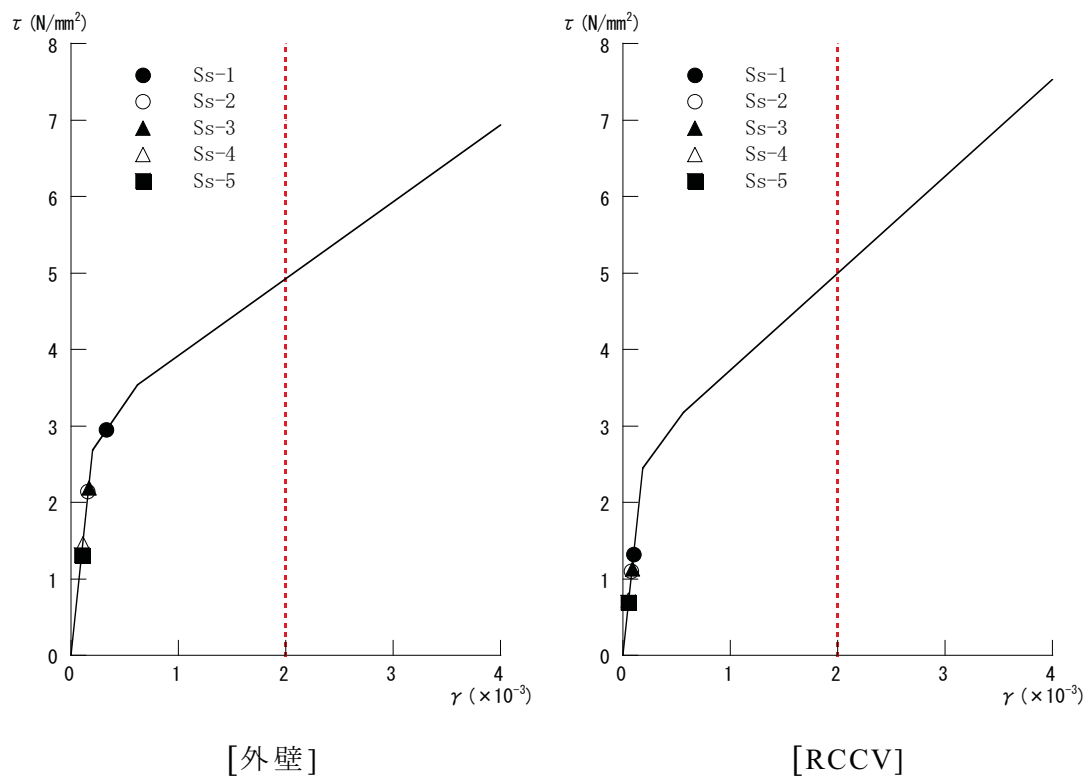


[外壁]

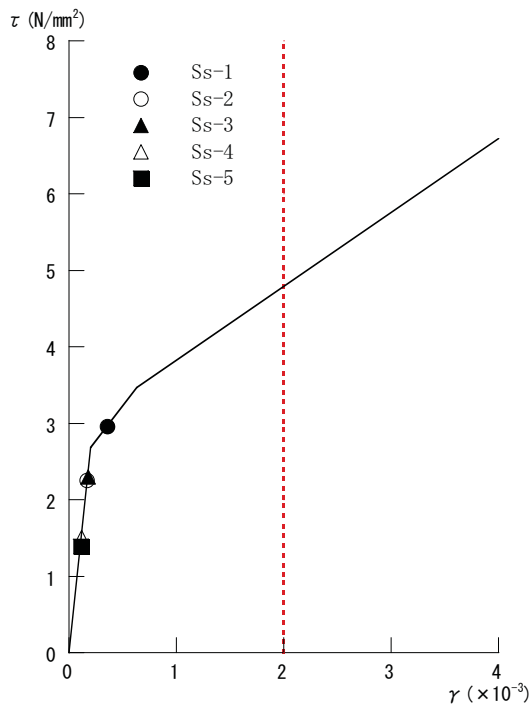
第 6.2.3-2 図 せん断スケルトン曲線上の最大応答値 (NS 方向, 4F)



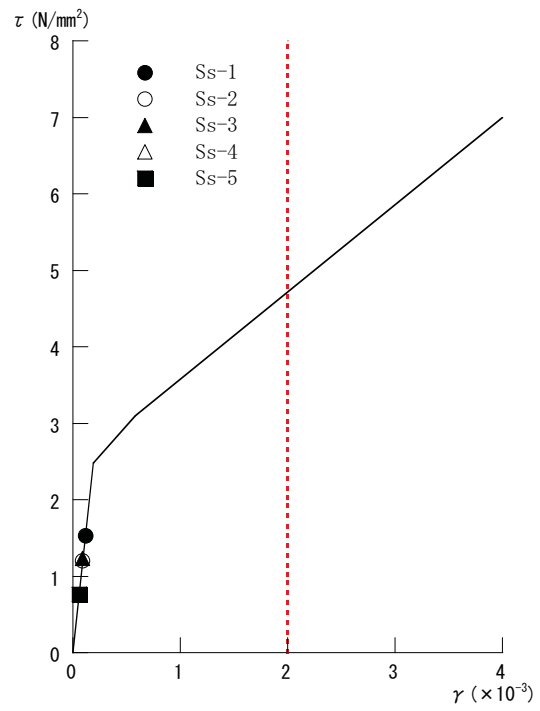
第 6.2.3-3 図 せん断スケルトン曲線上の最大応答値 (NS 方向, 3F)



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)

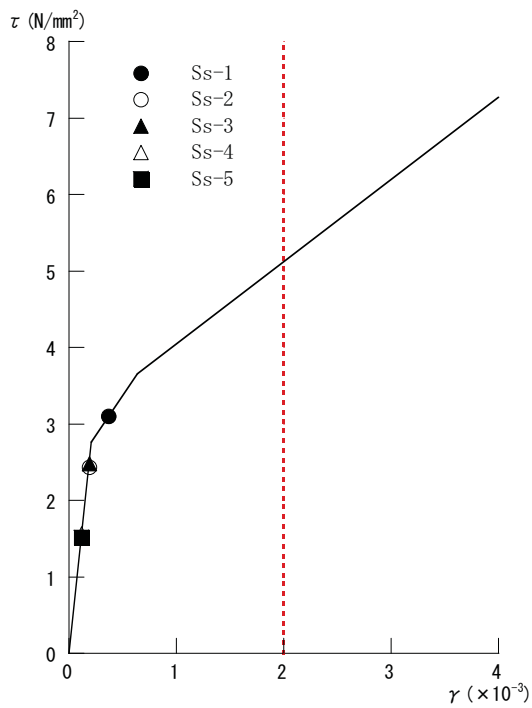


[外壁]

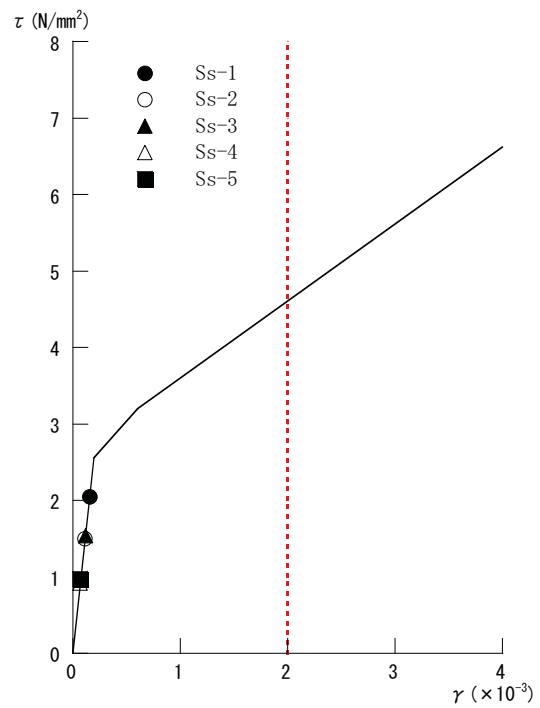


[RCCV]

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)

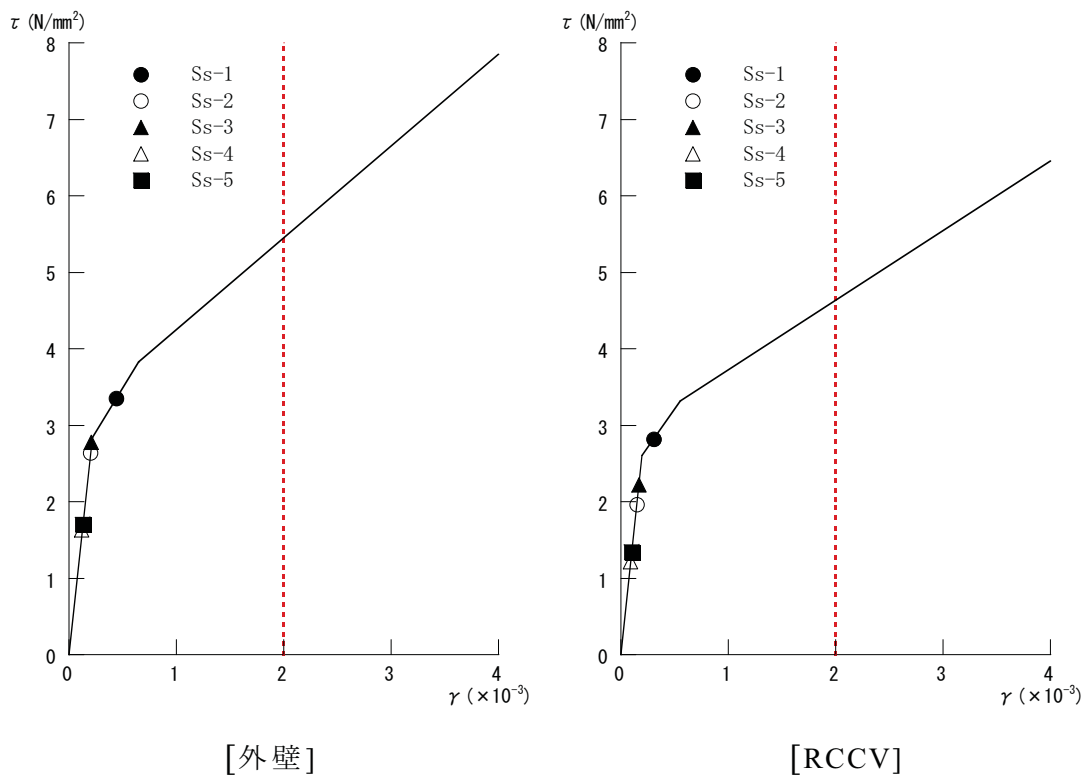


[外壁]

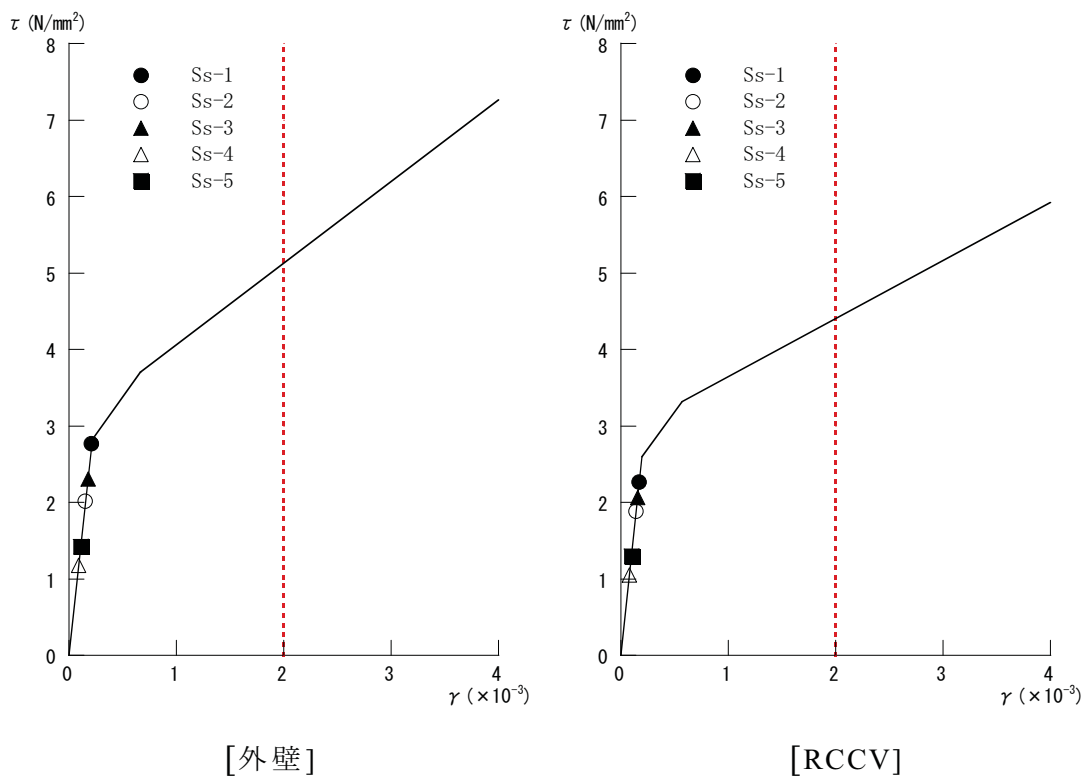


[RCCV]

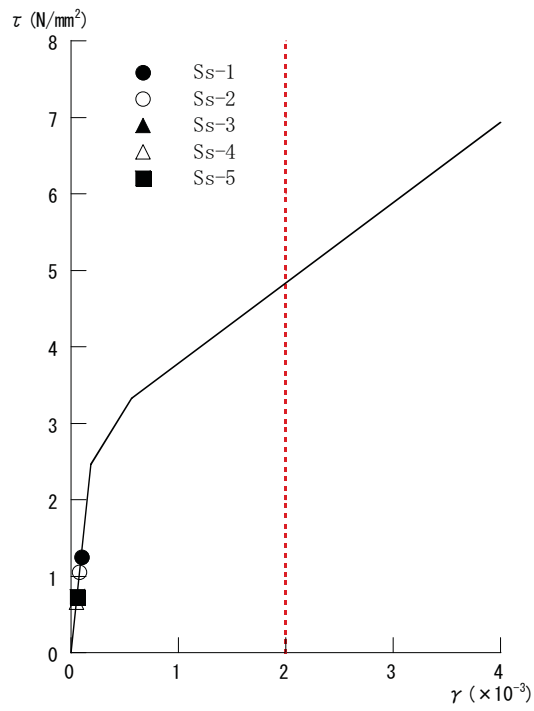
第 6.2.3-6 図 せん断スケルトン曲線上の最大応答値 (NS 方向, B1F)



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)

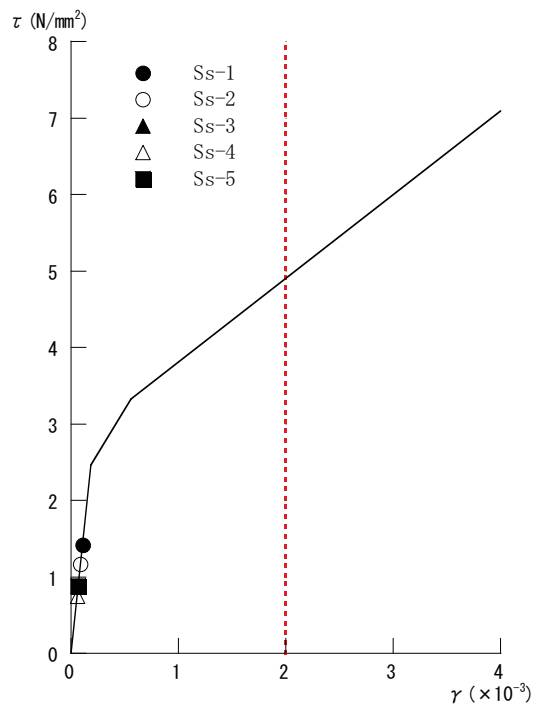


第 6.2.3-8 図 せん断スケルトン曲線上の最大応答値 (NS 方向, B3F)



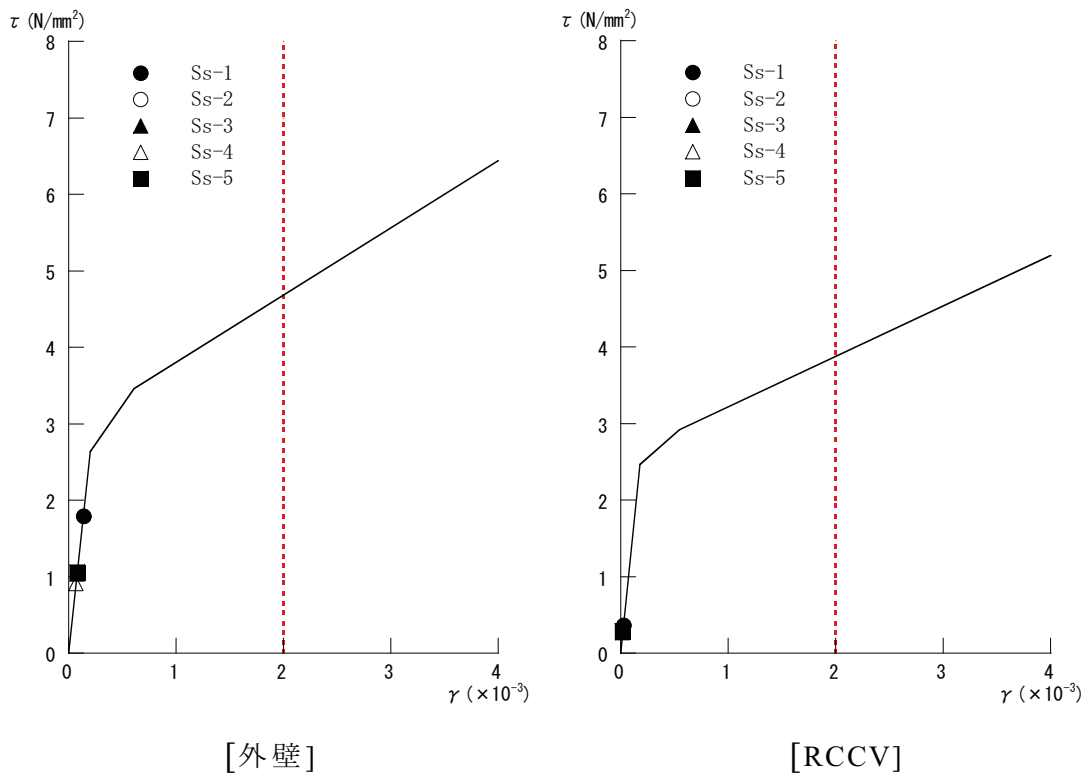
[外壁]

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

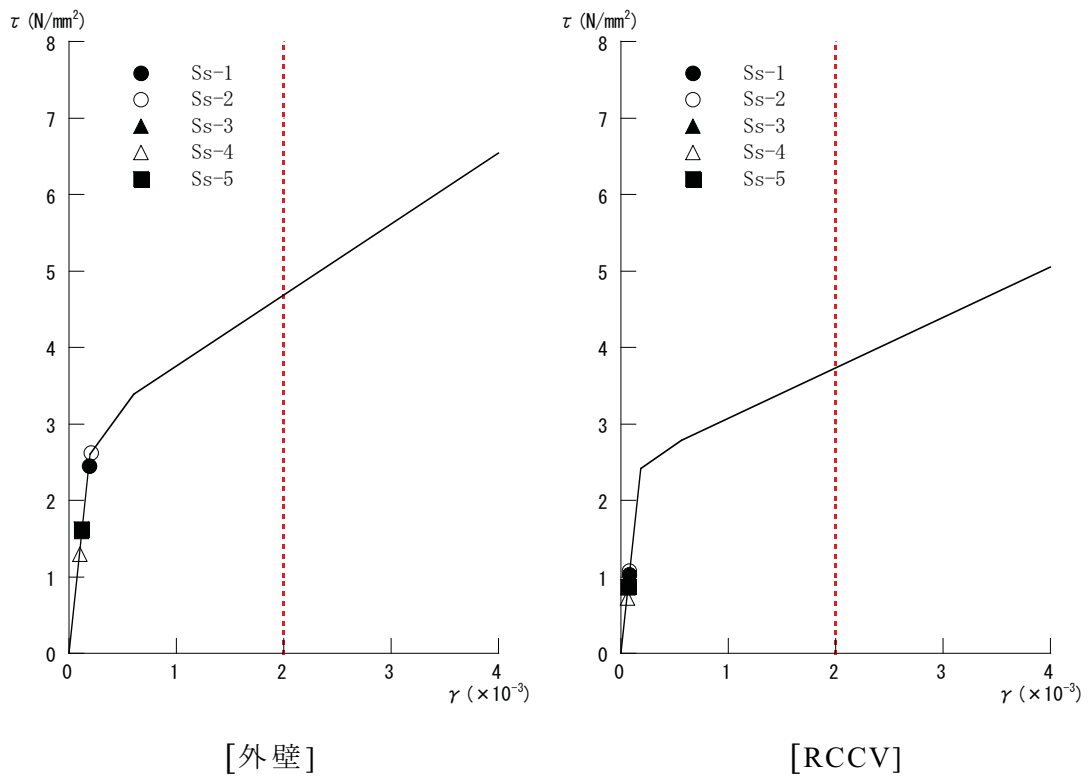


[外壁]

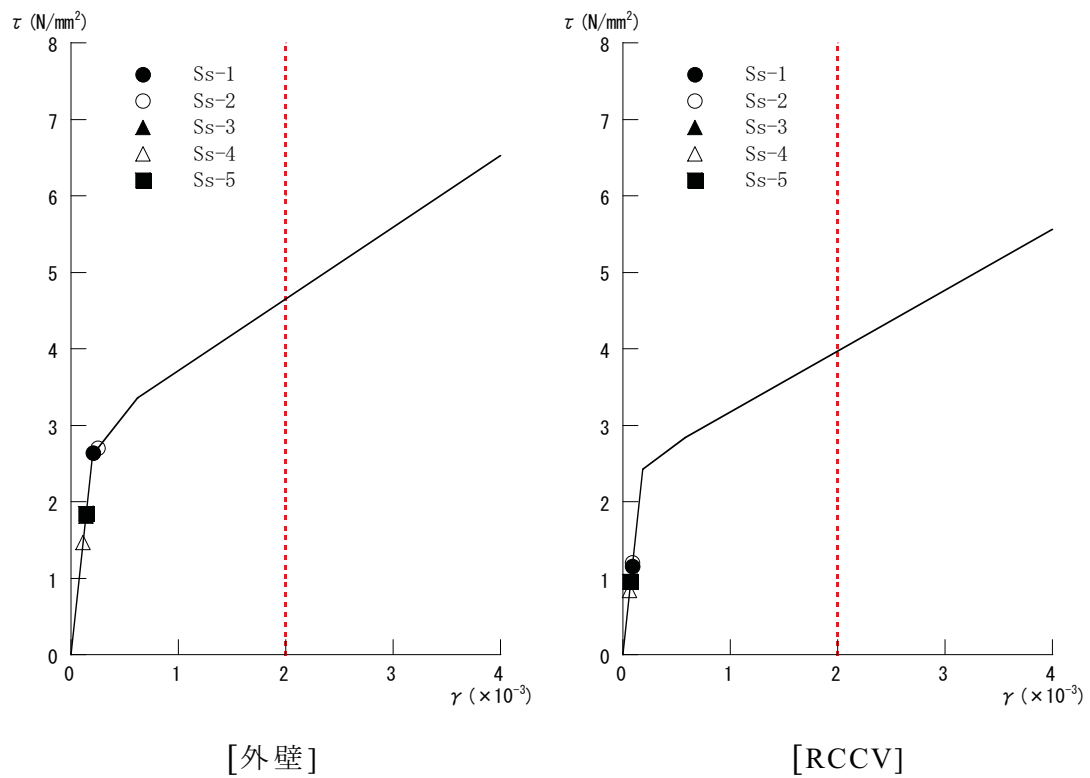
第 6.2.3-10 図 せん断スケルトン曲線上の最大応答値 (EW 方向, 4F)



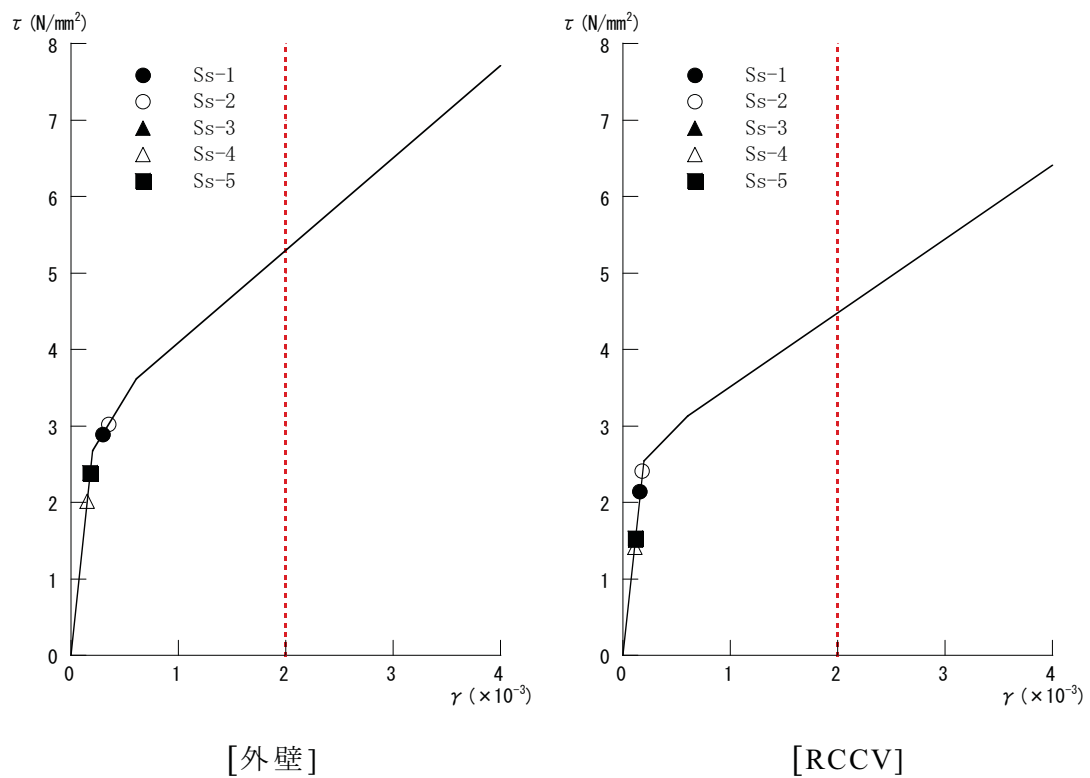
第 6.2.3-11 図 せん断スケルトン曲線上の最大応答値 (EW 方向, 3F)



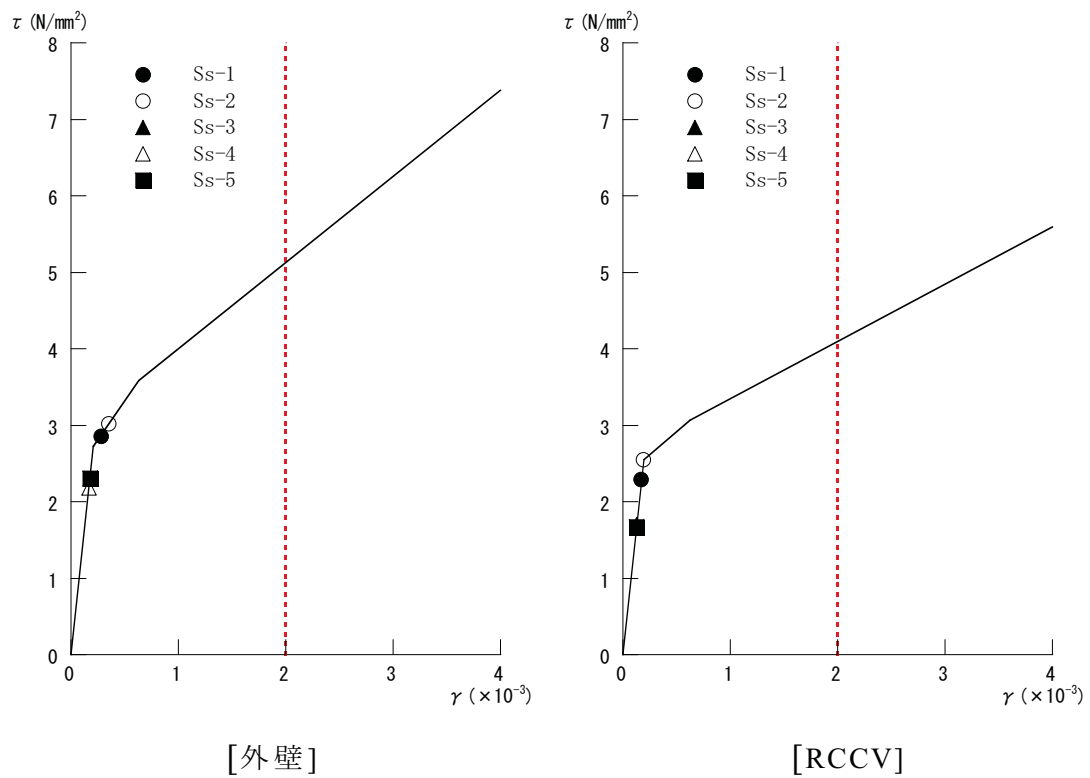
第 6.2.3-12 図 せん断スケルトン曲線上の最大応答値 (EW 方向, 2F)



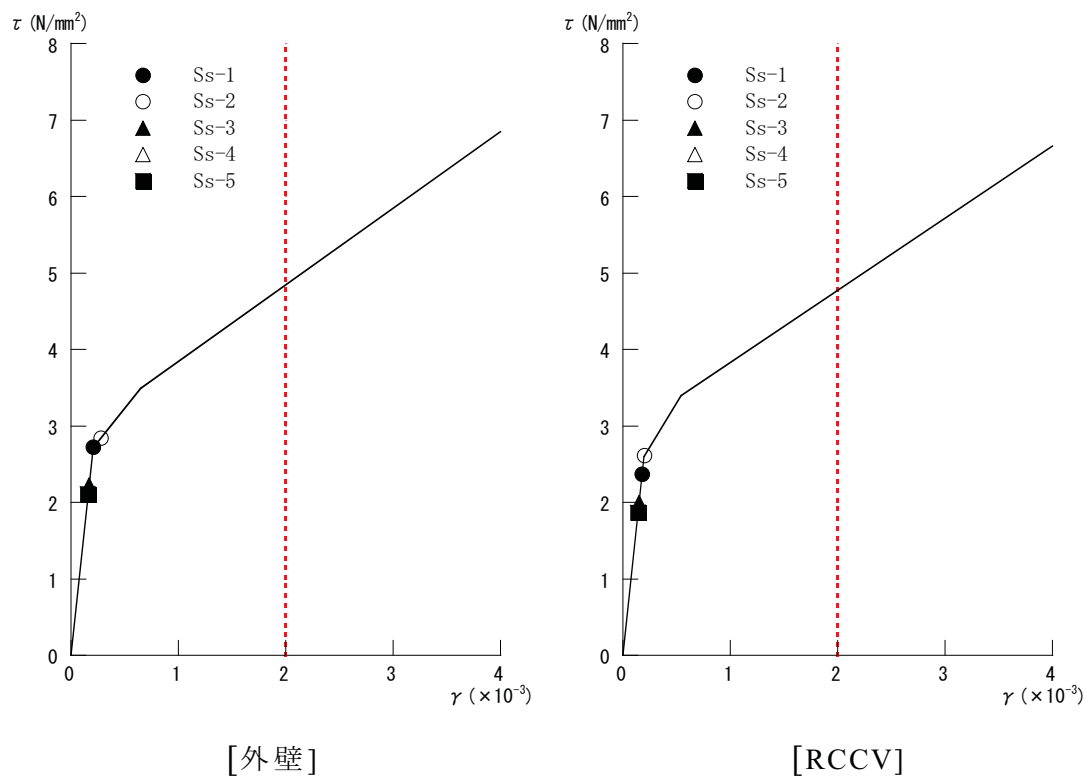
第 6.2.3-13 図 せん断スケルトン曲線上の最大応答値 (EW 方向, 1F)



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, B1F)



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, B2F)



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, B3F)

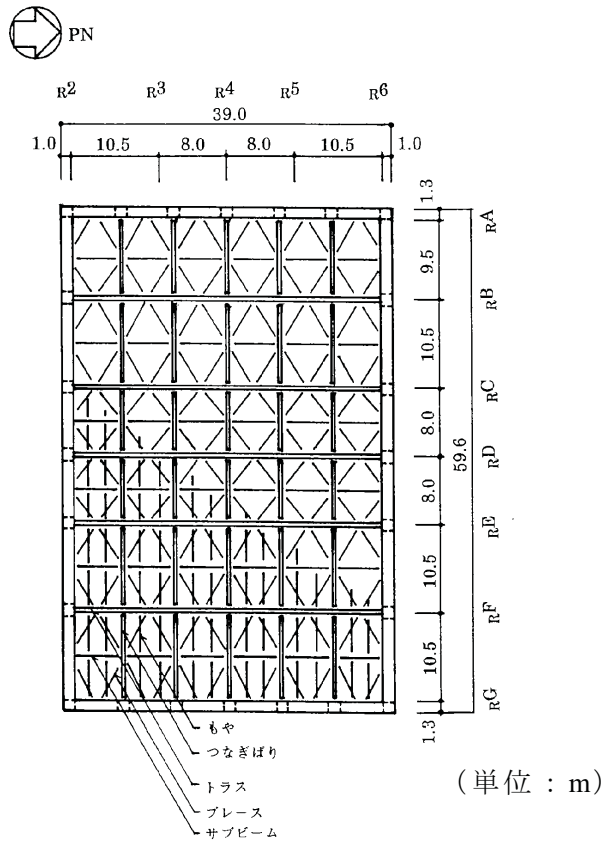
6.2.3.2. 局所的に発生する応答の影響

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。

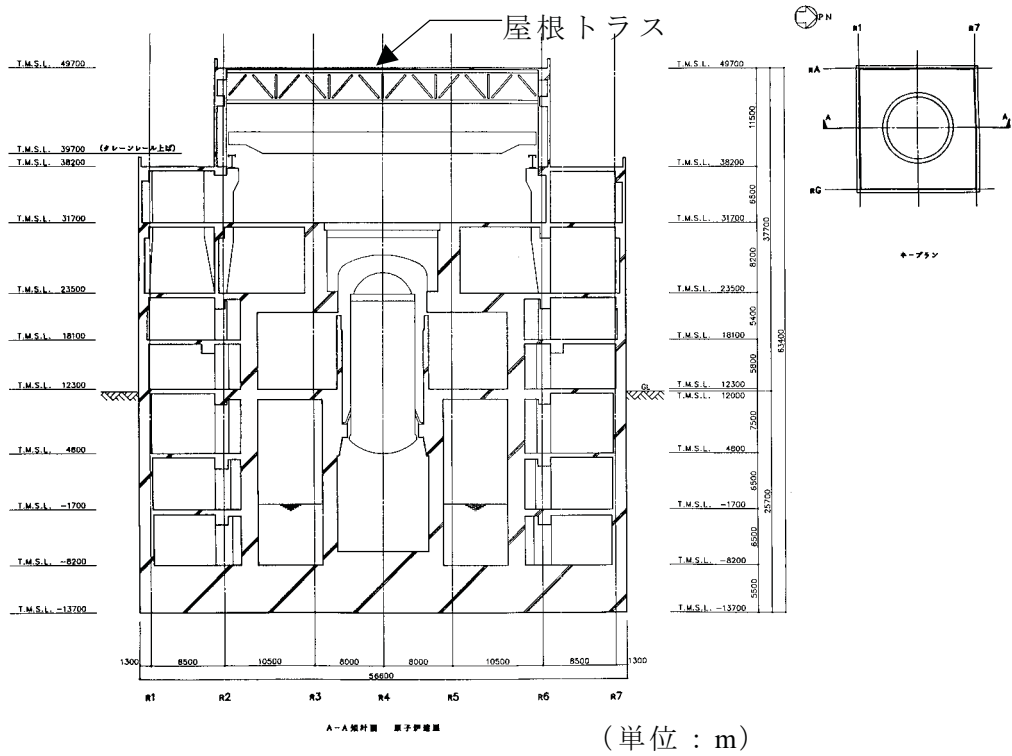
(a) 屋根トラスの概要

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、39.0m(南北)×59.6m(東西)の長方形をなしており、オペフロレベル (T.M.S.L. 31.7m) からの高さは 18.0m である。

屋根トラスの概要を第 6.2.3-17 図に示す。



屋根伏図 (T.M.S.L. 49.7m)



断面図

第 6.2.3-17 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（T.M.S.L. 31.7m）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。

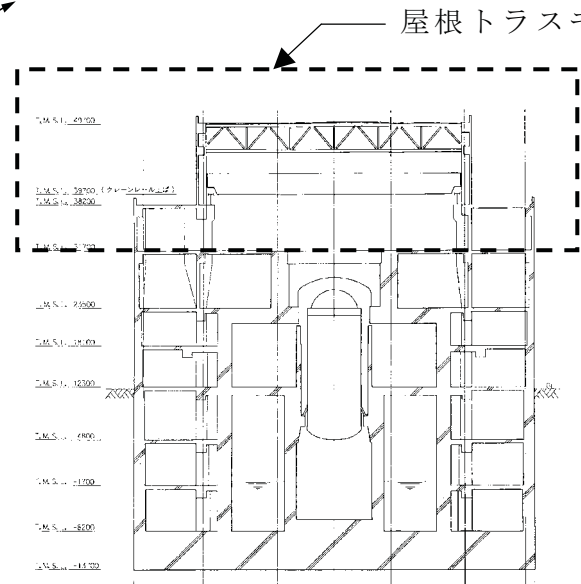
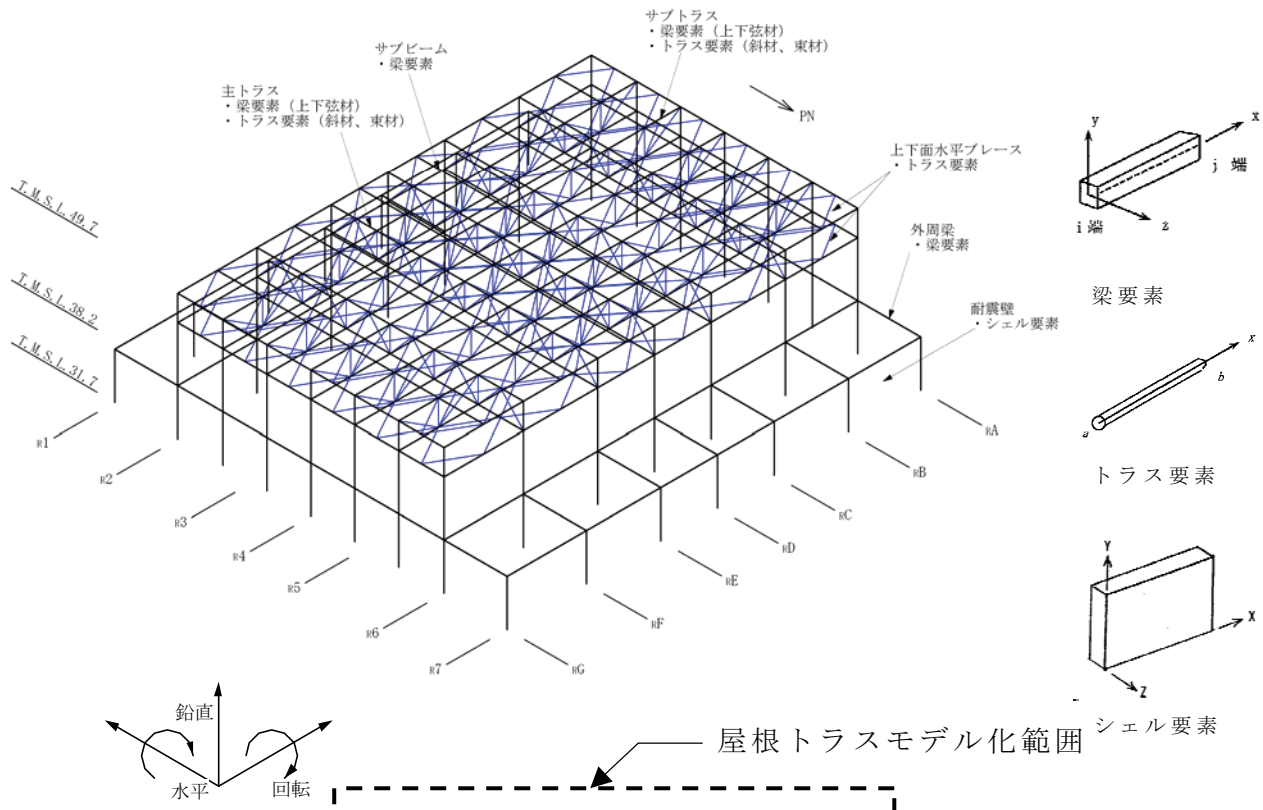
母屋、胴縁を除く構造部材を全てモデル化する。屋根トラス部は、主トラス、サブトラス、屋根上下面水平ブレース、サブビームをモデル化する。各鉄骨部材は軸、曲げ変形を考慮した梁要素（トラスの上下弦材）と軸変形のみを考慮したトラス要素（屋根面水平ブレース、トラスの斜材、束材等）としてモデル化する。また、耐震壁および外周梁は各々シェル要素および軸、曲げ変形を考慮した梁要素としてモデル化し、耐震壁の開口部についても考慮する。柱脚の条件は固定とする。

解析モデルの概要を第 6.2.3-18 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（T.M.S.L. 31.7m）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-2 による応答波を第 6.2.3-19 図に示す（参考資料 6.2 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 0.02、コンクリート造の減衰として 0.05 を与えることとしている）。

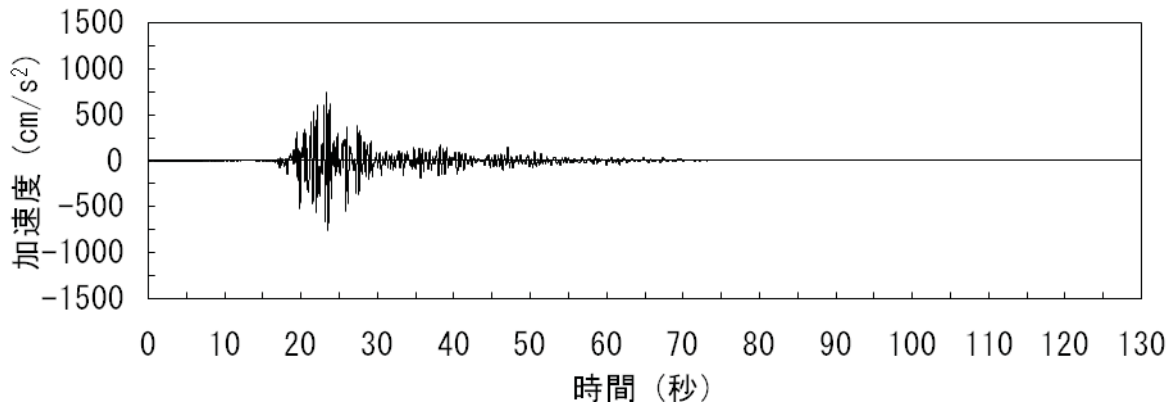


断面図

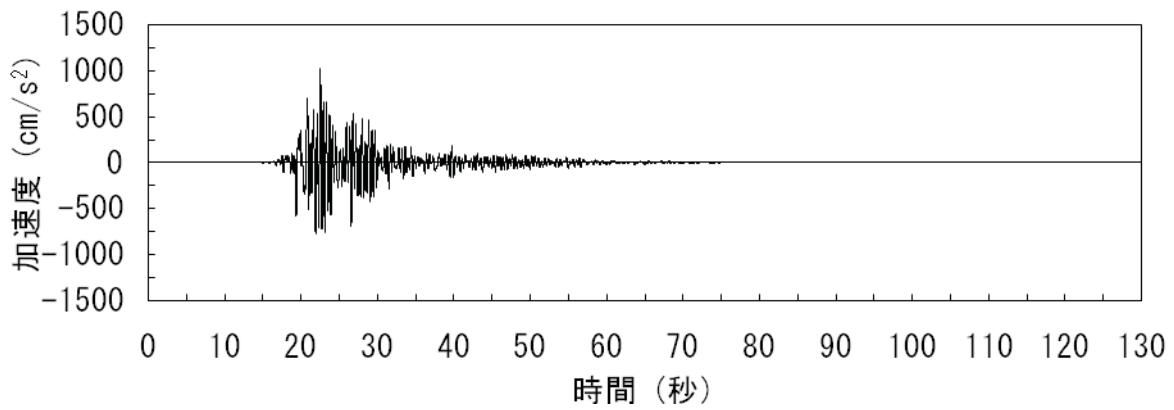
第 6.2.3-18 図 屋根トラス（オペフロ上部架構）の解析モデル図と入力イメージ

第 6.2.3-3 表 解析に用いた材料定数

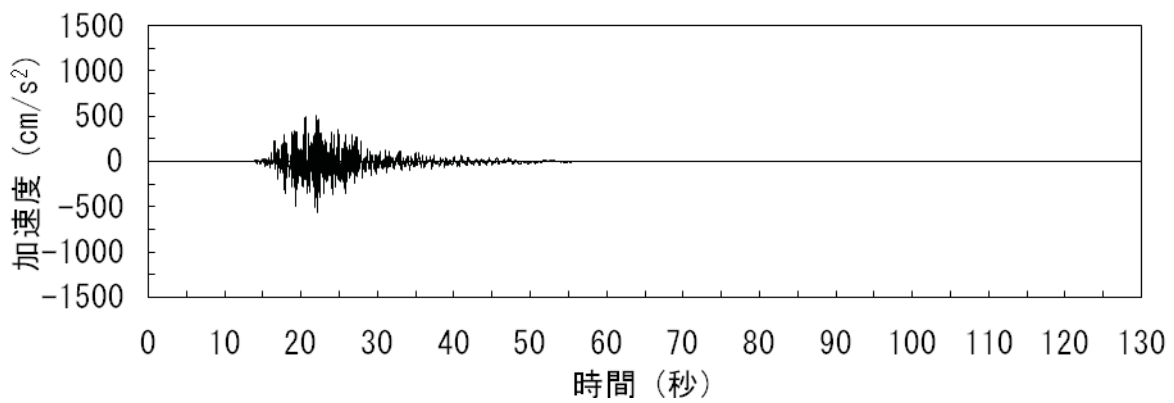
部位	材料	ヤング係数 N/mm ²	ポアソン比	単位体積重量 kN/m ³	減衰定数 h
屋根トラス	鉄骨	2.05×10 ⁵	0.3	77.0	0.02
躯体	コンクリート	3.13×10 ⁴	0.2	25.0	0.05



(a) 南北方向 (水平)

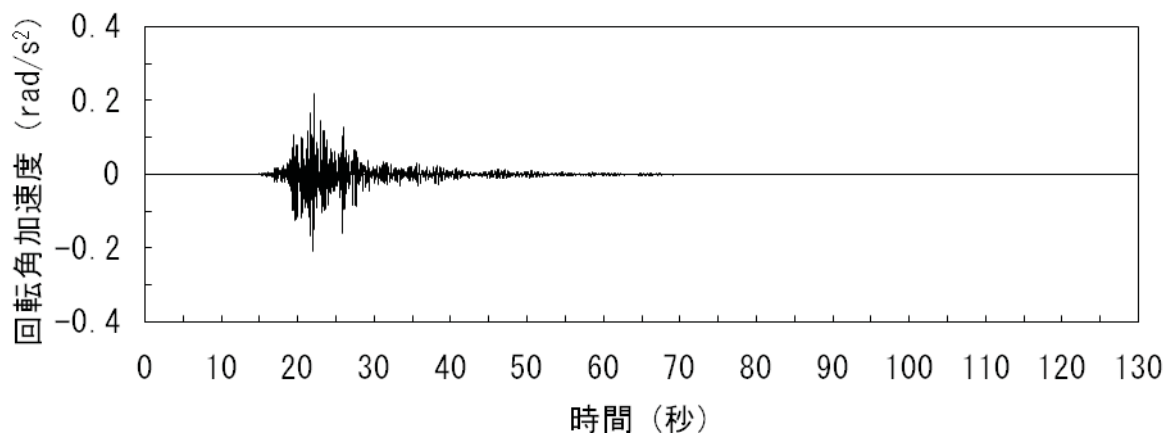


(b) 東西方向 (水平)

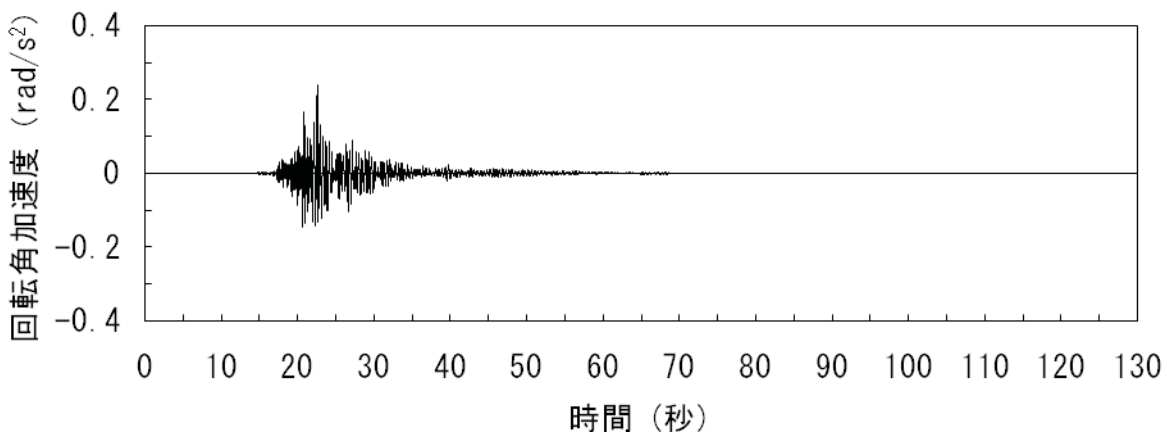


(c) 鉛直方向

第 6.2.3-19 図(1) オペフロレベル (T.M.S.L.31.7m) の加速度波形 (Ss-2, 水平, 鉛直成分)



(d) 南北方向 (回轉)



(e) 東西方向 (回轉)

第 6.2.3-19 図(2) オペフロレベル (T.M.S.L.31.7m) の加速度波形 (Ss-2, 回轉成分)

(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 - 」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)

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

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)

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

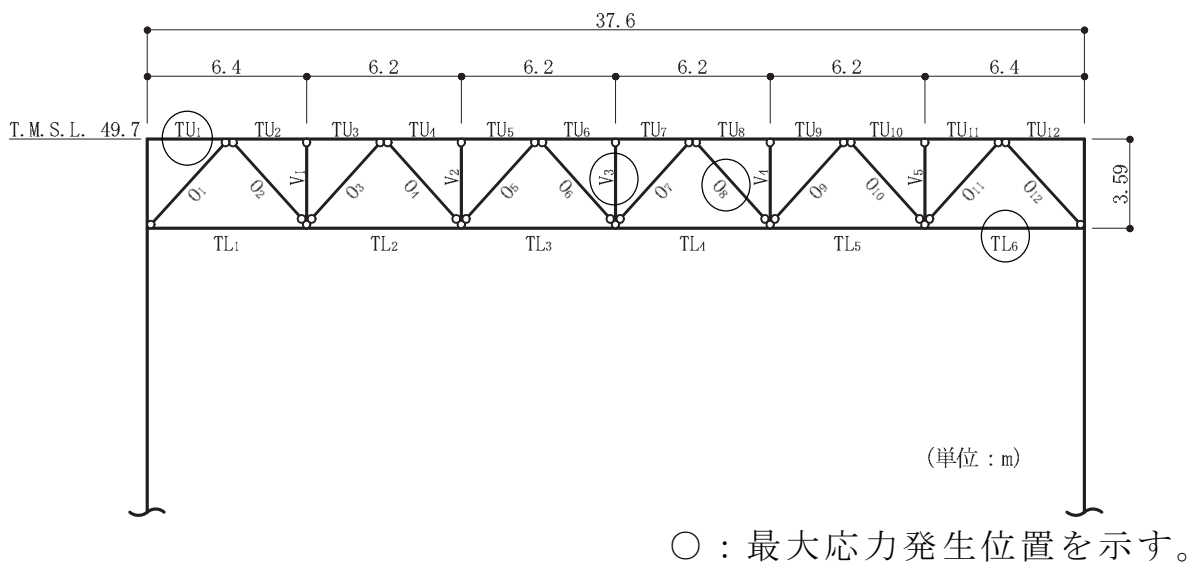
ここに、
 $s\sigma_N$: 地震時における部材の軸応力
 $s\sigma_b$: 地震時における部材の曲げ応力
 sf_t : 引張応力に対する許容値※¹
 sf_b : 曲げ応力に対する許容値※¹

※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

(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発生応力と評価基準値の比（発生応力／評価基準値）が最も大きい部材を含む R_E 通りについて、評価部位を第 6.2.3-20 図に、評価結果を第 6.2.3-4 表に示す。

屋根トラスについて各部材の発生応力は、評価基準値以下であり、耐震安全性は確保されている。



第 6.2.3-20 図 評価部位 (R_E 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	発生応力	評価基準値	発生応力／ 評価基準値	位 置	使用部材
	(N/mm^2)	(N/mm^2)			
上弦材	(引張)	129.7	0.59	TU1	H-428×407×20×35
	(曲げ)	77.4			
下弦材	(圧縮)	146.3	0.66	TL6	H-400×408×21×21
	(曲げ)	67.6			
斜材	(圧縮)	195.8	0.62	O8	H-244×252×11×11
束材	(圧縮)	84.8	0.42	V3	2[s-200×90×8×13.5

注：評価基準値は、建築基準法に基づく鋼材の材料強度（F 値の 1.1 倍）による許容値を示す。

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

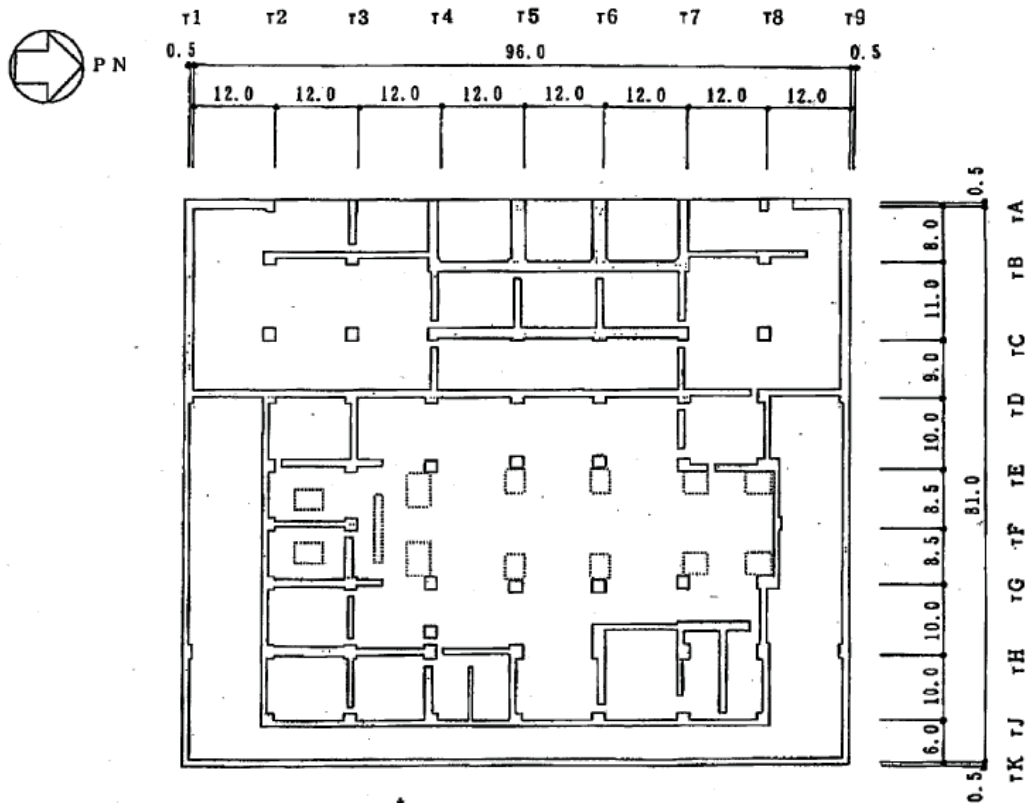
タービン建屋は、地上 2 階(一部 3 階)、地下 2 階の鉄筋コンクリート造（一部鉄骨鉄筋コンクリート造および鉄骨造）の建物で、屋根部分がトラス構造となっている。タービン建屋の概略平面図および概略断面図を第 6.3.1-1 図および第 6.3.1-2 図に、物性値を第 6.3.1-1 表に示す。

タービン建屋は、基礎底面からの高さが 52.2m(地上部 32.3m, 地下部 19.9m)で全高の約 1/3 が地中に埋め込まれている。平面形状は、約 97m(NS 方向)×82m(EW 方向)^{※1}の長方形で、厚さ 2.0m（蒸気タービン架台部分およびその周辺部は厚さ 2.8m）の鉄筋コンクリート造の基礎版を介して、支持地盤である新第三紀層の泥岩上に直接または泥岩相当のマンメイドロック上に支持されている。

タービン建屋は隣接する原子炉建屋および廃棄物処理建屋と構造的に分離している。

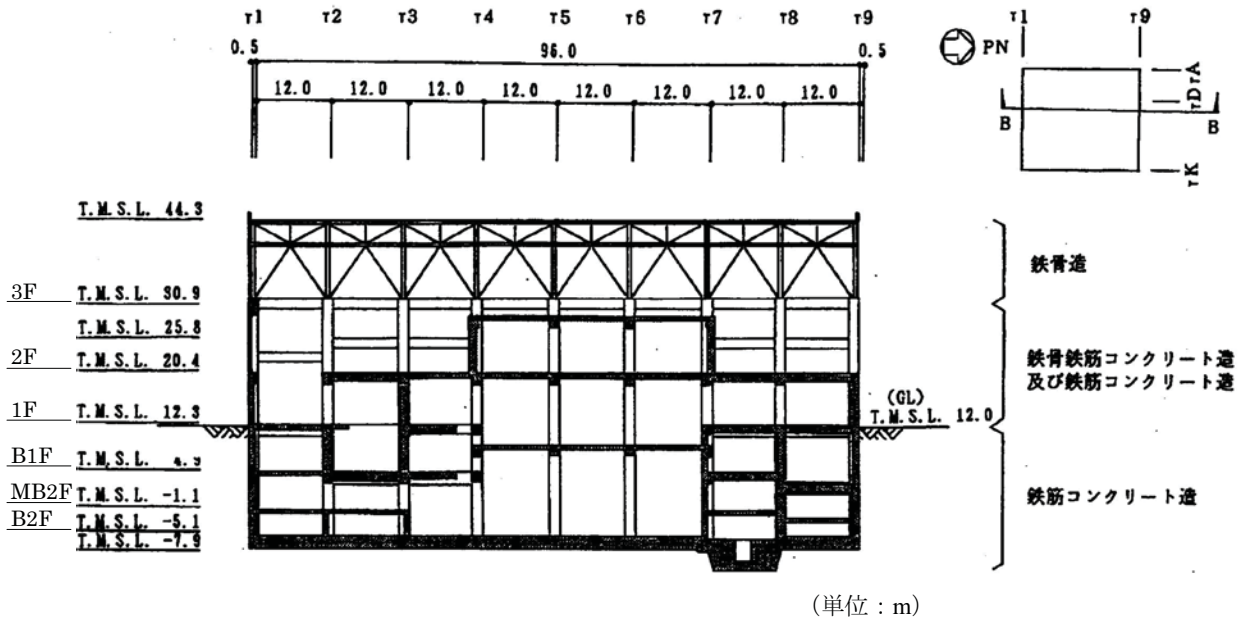
タービン建屋は耐震重要度分類による B クラスに属する施設であり、建屋そのものに動的解析を要求されていないが、建屋の一部に耐震上重要な機器・配管系が設置されていることから、基準地震動 S_s に対する地震応答解析を行い、当該部分の耐震安全性を評価する。機能維持部位を第 6.3.1-3 図に示す。

※1 建屋寸法は壁外面押えとする。

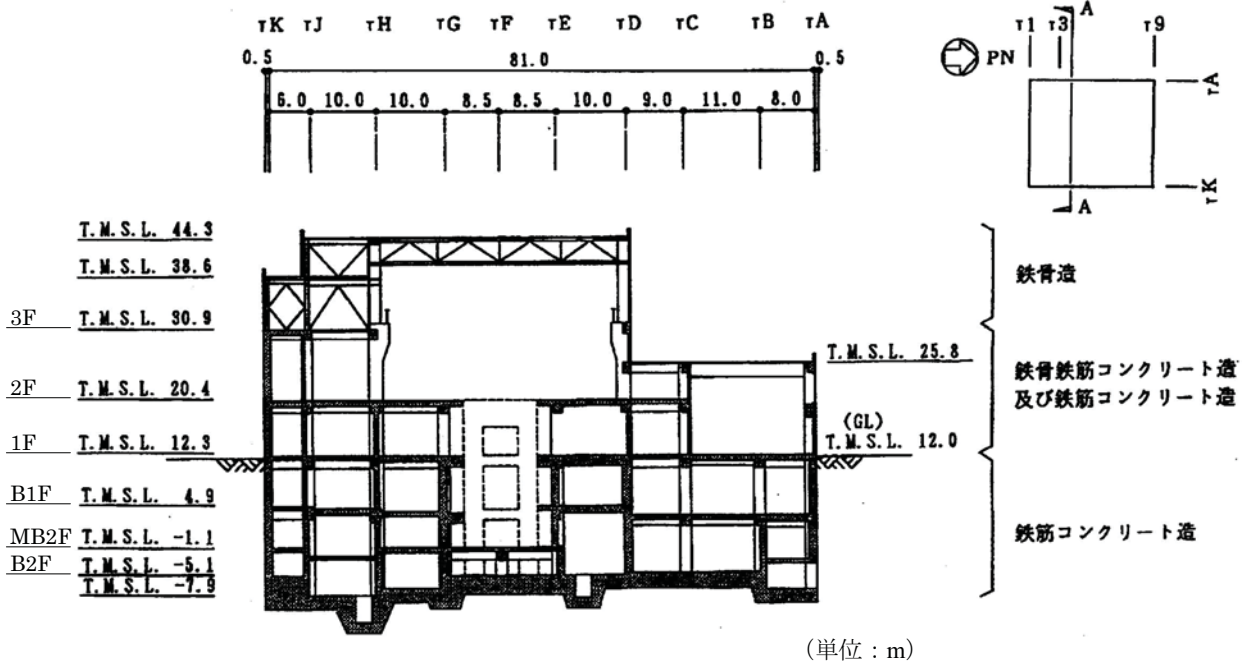


(単位 : m)

第 6.3.1-1 図 タービン建屋の概略平面図



NS 方向断面

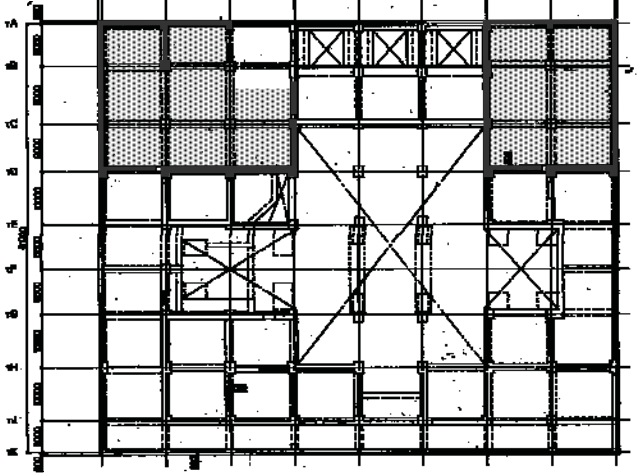
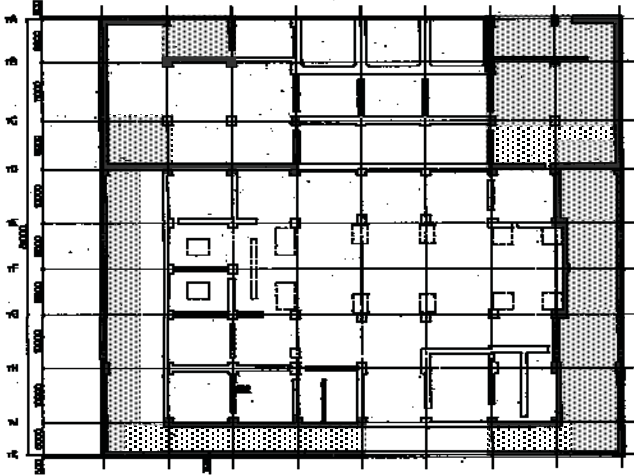
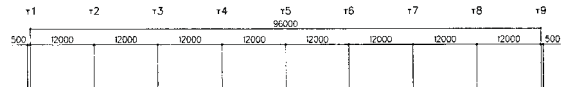
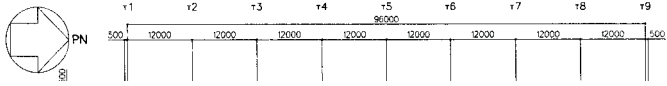


EW 方向断面

第 6.3.1-2 図 タービン建屋の概略断面図

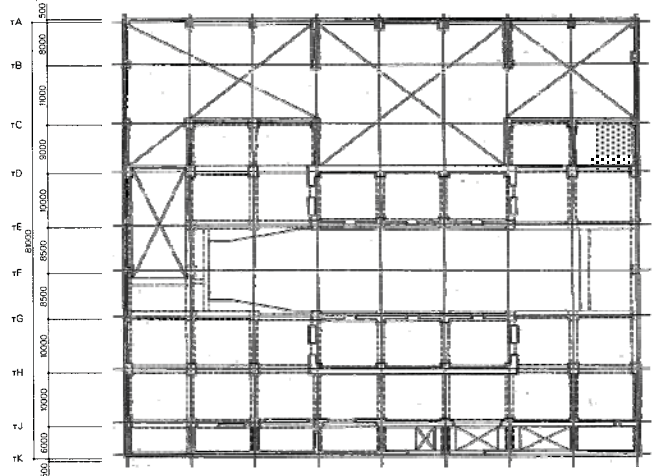
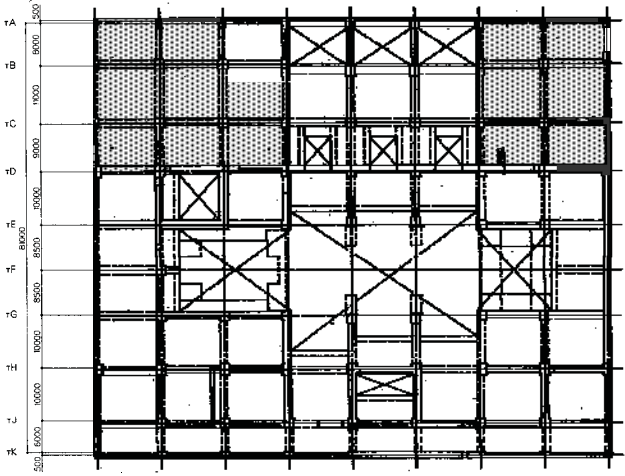
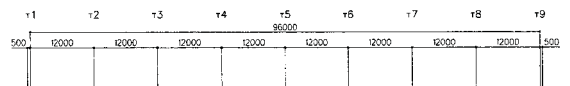
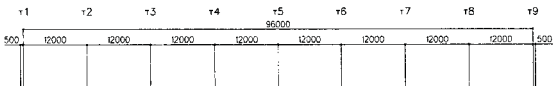
■ 機能維持要求部位の壁

▨ 機能維持要求部位の床



地下2階伏図 (T.M.S.L.-5.1m)

地下1階伏図 (T.M.S.L. 4.9m)



1階伏図 (T.M.S.L. 12.3m)

2階伏図 (T.M.S.L. 20.4m)

第 6.3.1-3 図 タービン建屋の機能維持部

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)
	49.0	3.13×10 ⁴	1.31×10 ⁴	0.2	25.0
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。
- ②設計時には耐震要素として考慮していなかった補助壁について、上下階に応力伝達が可能と考えられる壁を再評価して、新たに耐震要素に取り入れることとする。
- ③設計時には、建物と地盤の相互作用を反映するために側面ばねとして Novak の水平ばねを考慮していたが、Novak の回転ばねも新たに考慮することとする。(地盤表層部については④の通り)
- ④設計時には、地盤表層部も地盤ばねとして考慮していたが、基準地震動 S_s による地盤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 6.3.1-6 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。

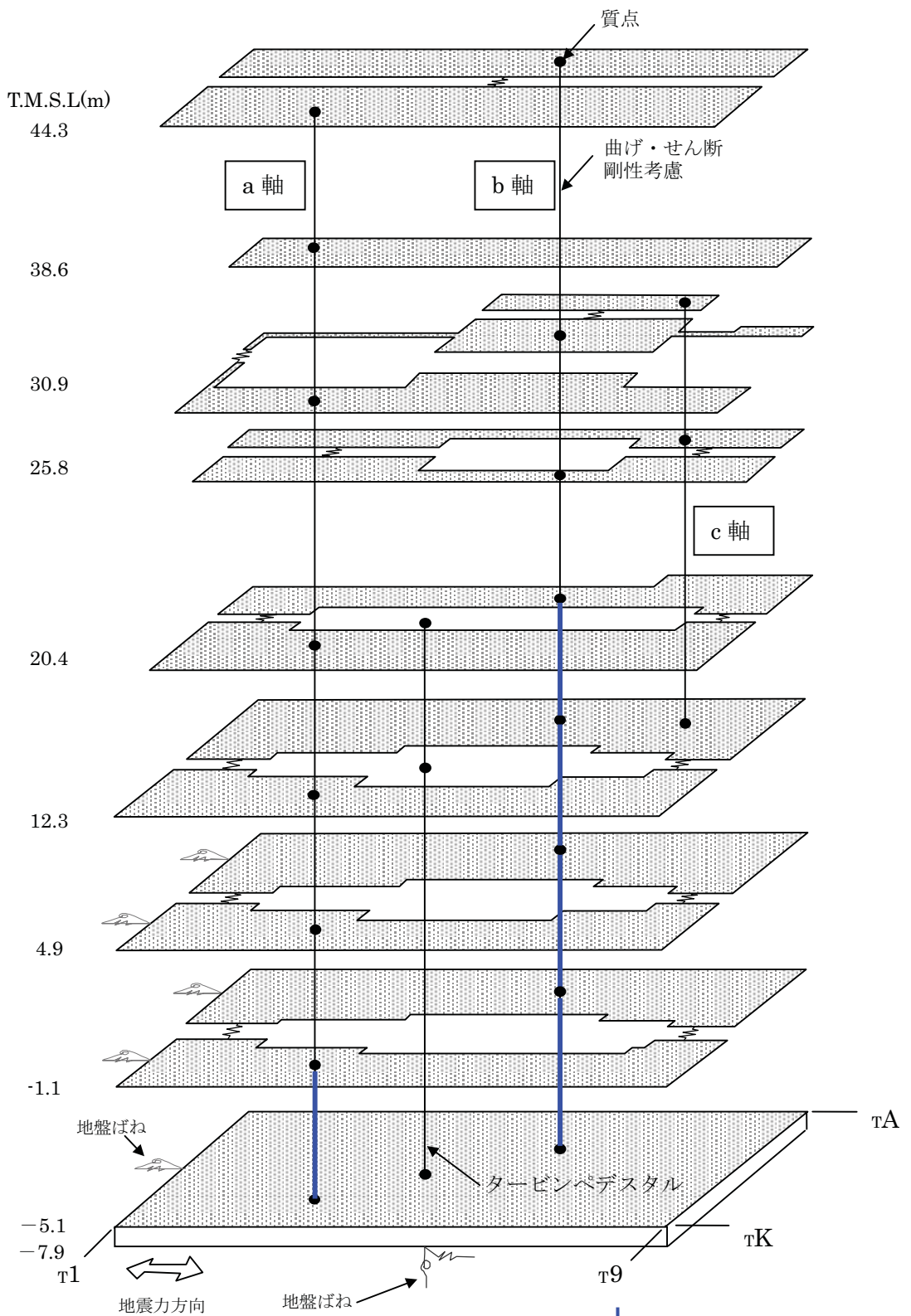
なお、第 6.3.1-3 表に地盤調査に基づく地盤定数を示す。また、地盤ばねの記号を第 6.3.1-7 図に、地震応答解析に用いる地盤のばね定数と減衰係数を第 6.3.1-4 表に示す。

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。

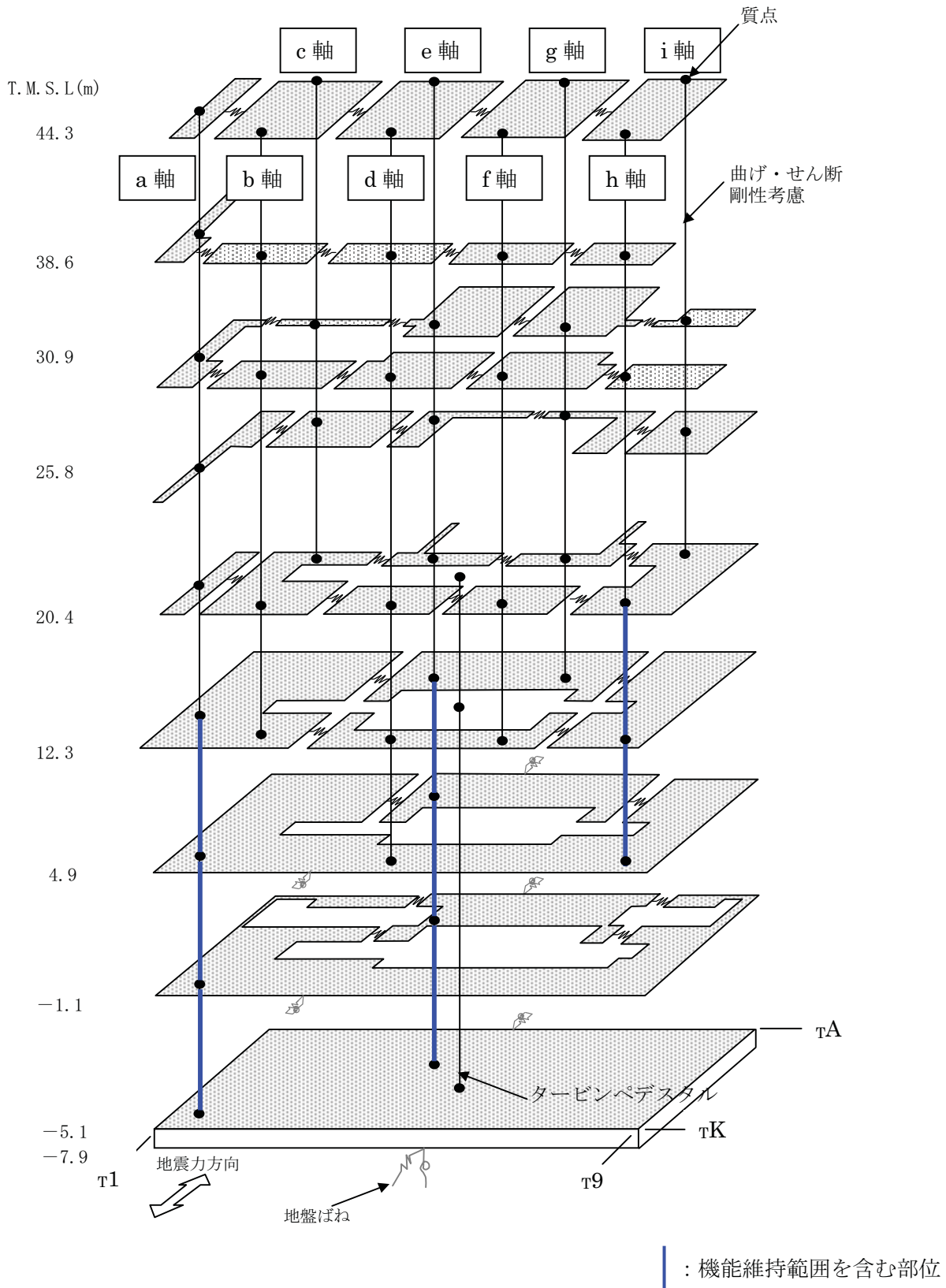
水平方向の地震応答解析は、上記復元力特性を用いた弾塑性応答解析とする。

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

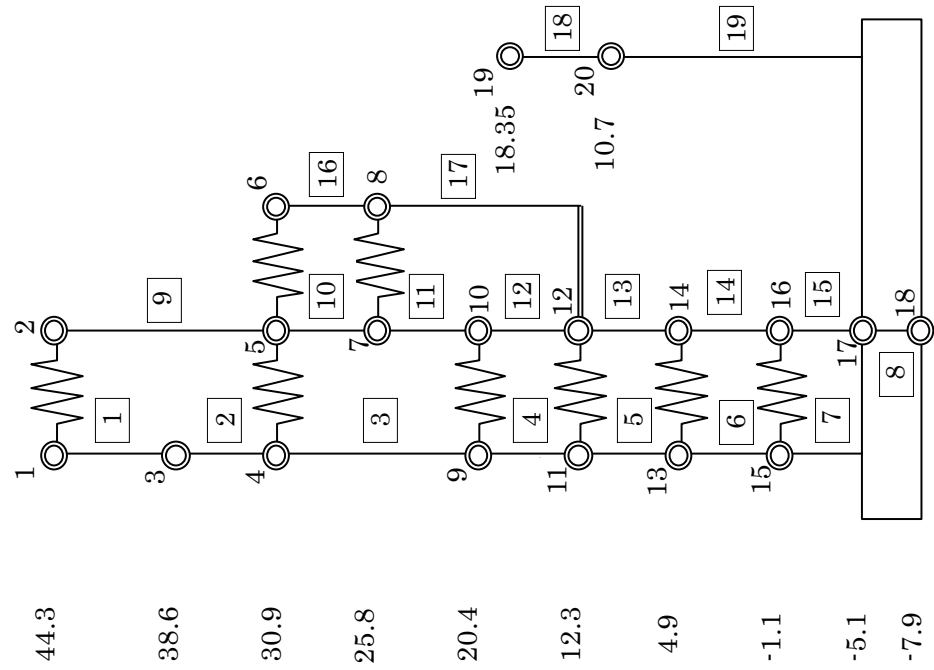
標高 T.M.S.L. (m)	T/G架台	建	屋
44.3		(1)	(2)
		34230	20910
		24615	6678
38.6		(3)	
		52320	
		11346	
31.7		(4)	(5)
		106960	41250
		30626	75099
29.3		(7)	(8)
		41390	23190
25.8		441907	247039
	(19)	(9)	(10)
20.4	103470	186550	97680
	-	347244	391079
	(20)	(11)	(12)
12.3	70210	171270	204800
	-	603207	505631
		(13)	(14)
4.9		163700	206300
		576543	741432
		(15)	(16)
-1.1		116250	148030
		385264	1020902
		(17)	
-5.1		494300	
		3783700	
		(18)	
-7.9		264930	
		1487022	

質点重量 (kN)
 回転慣性重量 ($\times 10^4$ kNm)

(T/G)

(建屋)

T.M.S.L.



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	
		(191)	(192)
44.3		4.00	2.70
38.6		5.80	—
30.9		204.1	—
25.8		84328	4.5
20.4		13.9	—
12.3		82226	—
4.9		148356	—
-1.1		251.5	—
-5.1		145704	—
-7.9		7954	—
		(101)	

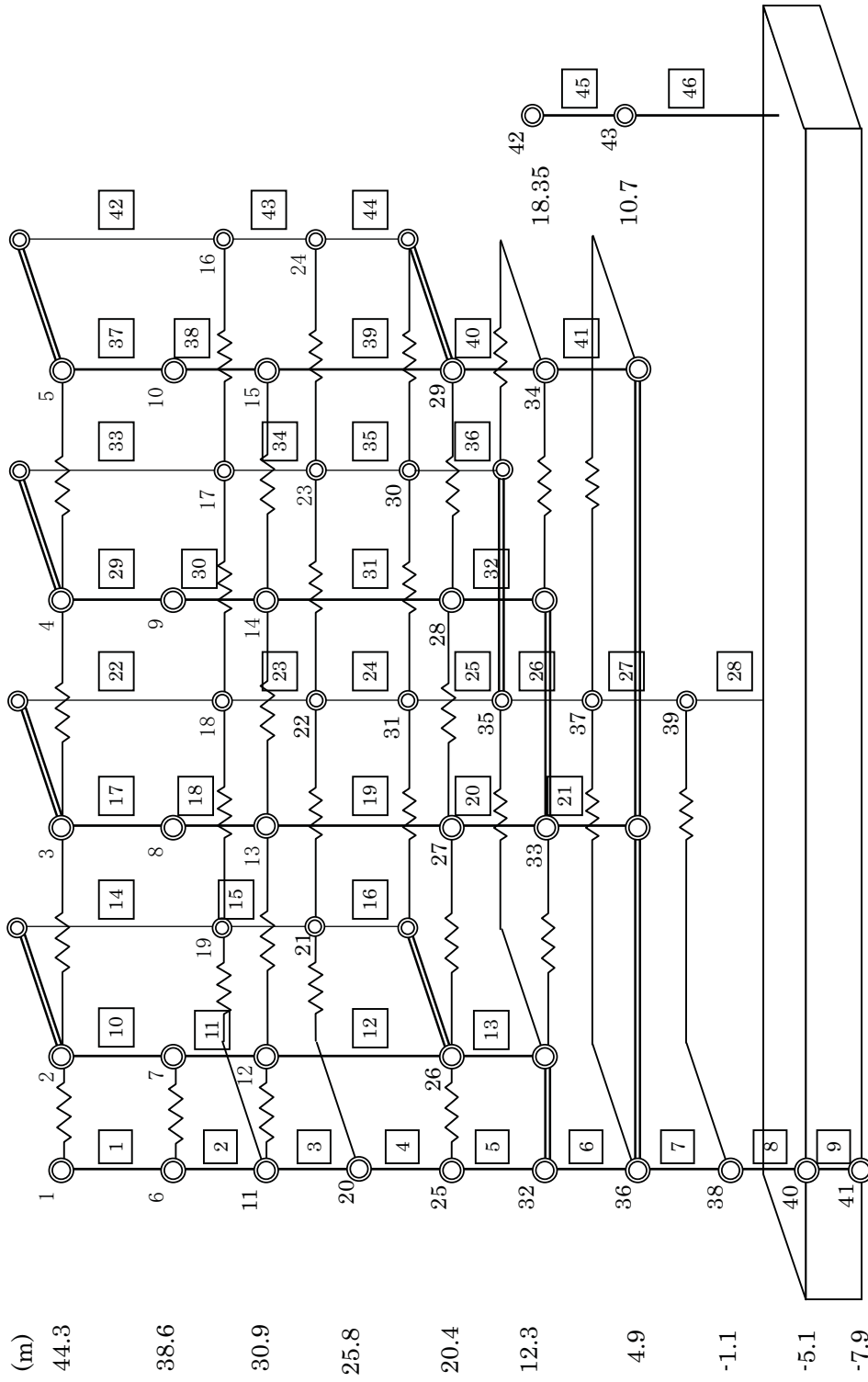
せん断面積 (m ²)
断面二次モーメント (m ⁴)

- ①コンクリート部 建屋
ヤング係数 E_c 3.13×10^7 (kN/m²)
せん断弾性係数 G 1.31×10^7 (kN/m²)
ポアソン比 ν 0.20
減衰 h 5%
- ②コンクリート部 基礎スラブ
ヤング係数 E_c 2.90×10^7 (kN/m²)
せん断弾性係数 G 1.21×10^7 (kN/m²)
ポアソン比 ν 0.20
減衰 h 5%
- ③鉄骨部
ヤング係数 E_s 2.05×10^8 (kN/m²)
せん断弾性係数 G 7.90×10^7 (kN/m²)
ポアソン比 ν 0.30
減衰 h 2%
- 基礎形状
97.0m(NS方向) × 82.0m(EW方向)

(T/G)

(建屋)

T.M.S.L.



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)
44.3		4430	13150	13130	13320	11110					
		167	6325	6315	6404	3187					
		(6)	(7)	(8)	(9)	(10)					
38.6		5660	12750	12490	11840	9580					
		353	6247	6119	5786	2824					
		(11)	(12)	(13)	(14)	(15)					
30.9		11230	15770	31100	19900	19840	18760	4550			
		1432	7786	9905	6051	6031	5943	677			
		(20)	(21)	(22)	(23)	(24)					
25.8		10920	16720	11480	12390	13070					
		716	8110	794	932	3805					
		(25)	(26)	(27)	(28)	(29)					
20.4	(42)	103470	52710	47390	24990	51130	67100				
		-	79287	24879	13818	27223	91614				
		(43)	(32)	(33)	(35)	(34)					
12.3	70210	125510		75880	83770	90910					
		-	322609	147835	166321	190033					
		(36)	(37)								
4.9		289670		80330							
		1049331		163506							
		(38)	(39)								
-1.1		185020		79260							
		668411		105304							
		(40)									
-5.1		494300									
		5278312									
		(41)									
-7.9		264930									
		2079794									

質点重量 (kN)

回転慣性重量 ($\times 10^2 \text{kNm}$)

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)	
44.3		1.30	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72
		—	—	—	—	—	—
		(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(10)
		0.06	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
38.6		1.90	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91
		—	—	—	—	—	—
		(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)
		—	—	—	—	—	—
30.9		25.3	0.3	29.2	31.1	31.1	14.9
		7074	—	3772	3772	37.8	233
		(20)	(21)	(22)	(23)	(24)	(24)
		15.0	26.8	26.8	26.8	37.8	233
25.8		42.9	222	452	294	1318	24.2
		25111	99	559	559	559	1436
		(25)	(26)	(27)	(28)	(29)	(29)
		—	—	—	—	—	—
20.4		61.4	62.8	45.9	11.9	107.4	107.4
		38110	12036	2247	157	27633	27633
		(43)	(32)	(33)	(33)	(34)	(34)
		—	—	—	—	—	—
12.3		175.5	—	67.3	111.4	117.1	117.1
		69335	—	3640	14180	55072	55072
		(36)	(36)	(36)	(37)	(36)	(36)
		—	—	—	—	—	—
4.9		427.5	—	128.3	—	—	—
		141670	—	13128	—	—	—
		(38)	(38)	(39)	(39)	(39)	(39)
		—	—	—	—	—	—
-1.1		495.7	—	154.9	—	—	—
		147630	—	11394	—	—	—
		(40)	(40)	(40)	(40)	(40)	(40)
		—	—	—	—	—	—
-5.1		7954	—	—	—	—	—
		(41)	(41)	(41)	(41)	(41)	(41)
-7.9		—	—	—	—	—	—
		(41)	(41)	(41)	(41)	(41)	(41)

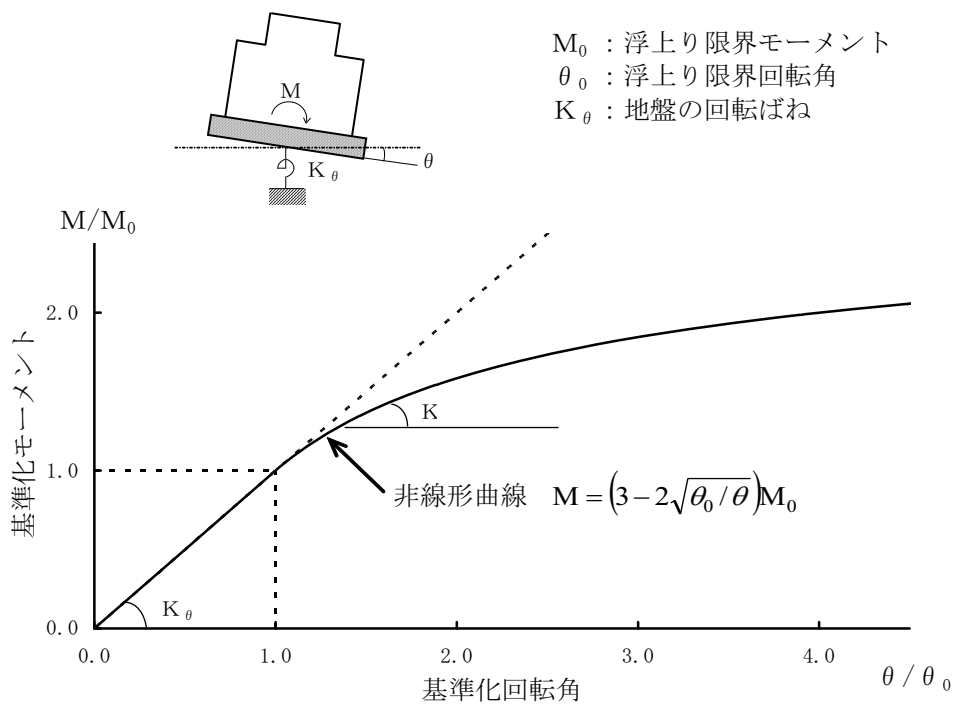
①コンクリート部 建屋
ヤング係数 Ec 3.13×10^7 (kN/m²)
せん断弾性係数 G 1.31×10^7 (kN/m²)
ポアソン比 ν 0.20
減衰 h 5%

②コンクリート部 基礎スラブ
ヤング係数 Ec 2.90×10^7 (kN/m²)
せん断弾性係数 G 1.21×10^7 (kN/m²)
ポアソン比 ν 0.20
減衰 h 5%

③鉄骨部
ヤング係数 Es 2.05×10^8 (kN/m²)
せん断弾性係数 G 7.90×10^7 (kN/m²)
ポアソン比 ν 0.30
減衰 h 2%

基礎形状
97.0m(NS方向)×82.0m(EW方向)

せん断断面積(m²)
断面二次モーメント(m⁴)



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)	地質	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 (×10 ⁵ kN/m ²)	初期せん断 弾性係数 G ₀ (×10 ⁵ kN/m ²)	剛性 低下率 G/G ₀	ヤング 係数 E (×10 ⁵ kN/m ²)	減衰 定数 h (%)	層厚 H (m)
+12.0	砂層	150	16.1	0.347	0.10	0.37	0.27	0.27	23	4.0
+8.0		200	16.1	0.308	0.08	0.66	0.12	0.21	28	4.0
+4.0	安田層	330	17.3	0.462	1.01	1.92	0.53	2.95	6	10.0
-6.0	西山層	490	17.0	0.451	3.82	4.16	0.92	11.09	3	27.0
-33.0		530	16.6	0.446	4.22	4.75	0.89	12.20	3	57.0
-90.0		590	17.3	0.432	5.28	6.14	0.86	15.12	3	46.0
-136.0		650	19.3	0.424	7.40	8.32	0.89	21.08	3	19.0
-155.0	解放 基盤	720	19.9	0.416	10.50	10.50	1.00	29.74	-	-

第 6.3.1-3 表(2) 地盤定数

(Ss-2)

標高 T. M. S. L. (m)	地質	せん断波 速度 Vs (m/s)	単位体積 重量 γ (kN/m ³)	ポアソン比 ν	せん断 弾性係数 G (×10 ⁵ kN/m ²)	初期せん断 弾性係数 G ₀ (×10 ⁵ kN/m ²)	剛性 低下率 G/G ₀	ヤング 係数 E (×10 ⁵ kN/m ²)	減衰 定数 h (%)	層厚 H (m)
+12.0	砂層	150	16.1	0.347	0.11	0.37	0.29	0.29	19	4.0
+8.0		200	16.1	0.308	0.07	0.66	0.11	0.19	26	4.0
+4.0	安田層	330	17.3	0.462	0.98	1.92	0.51	2.86	5	10.0
-6.0	西山層	490	17.0	0.451	3.82	4.16	0.92	11.09	3	27.0
-33.0		530	16.6	0.446	4.32	4.75	0.91	12.49	3	57.0
-90.0		590	17.3	0.432	5.64	6.14	0.92	16.15	3	46.0
-136.0		650	19.3	0.424	7.82	8.32	0.94	22.27	3	19.0
-155.0	解放 基盤	720	19.9	0.416	10.50	10.50	1.00	29.74	-	-

第 6.3.1-3 表(3) 地盤定数

(Ss-3)

標高 T. M. S. L (m)	地質	せん断波 速度 Vs (m/s)	単位体積 重量 γ (kN/m ³)	ポアソン比 ν	せん断 弾性係数 G ($\times 10^5$ kN/m ²)	初期せん断 弾性係数 G ₀ ($\times 10^5$ kN/m ²)	剛性 低下率 G/G ₀	ヤング 係数 E ($\times 10^5$ kN/m ²)	減衰 定数 h (%)	層厚 H (m)
+12.0	砂層	150	16.1	0.347	0.12	0.37	0.33	0.33	21	4.0
+8.0		200	16.1	0.308	0.11	0.66	0.16	0.27	27	4.0
+4.0	安田層	330	17.3	0.462	1.05	1.92	0.55	3.07	6	10.0
-6.0	西山層	490	17.0	0.451	3.86	4.16	0.93	11.20	3	27.0
-33.0		530	16.6	0.446	4.03	4.75	0.85	11.65	3	57.0
-90.0		590	17.3	0.432	5.15	6.14	0.84	14.75	3	46.0
-136.0		650	19.3	0.424	7.23	8.32	0.87	20.59	3	19.0
-155.0	解放 基盤	720	19.9	0.416	10.50	10.50	1.00	29.74	-	-

第 6.3.1-3 表(4) 地盤定数

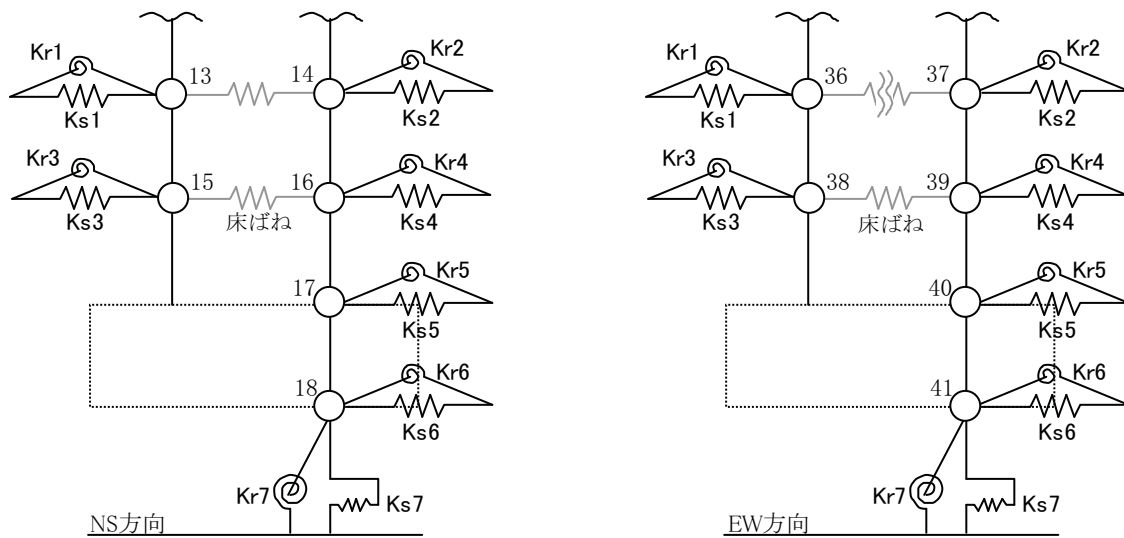
(Ss-4)

標高 T. M. S. L (m)	地質	せん断波 速度 Vs (m/s)	単位体積 重量 γ (kN/m ³)	ポアソン比 ν	せん断 弾性係数 G ($\times 10^5$ kN/m ²)	初期せん断 弾性係数 G ₀ ($\times 10^5$ kN/m ²)	剛性 低下率 G/G ₀	ヤング 係数 E ($\times 10^5$ kN/m ²)	減衰 定数 h (%)	層厚 H (m)
+12.0	砂層	150	16.1	0.347	0.12	0.37	0.33	0.33	18	4.0
+8.0		200	16.1	0.308	0.11	0.66	0.16	0.27	24	4.0
+4.0	安田層	330	17.3	0.462	1.11	1.92	0.58	3.25	4	10.0
-6.0	西山層	490	17.0	0.451	3.95	4.16	0.95	11.46	3	27.0
-33.0		530	16.6	0.446	4.37	4.75	0.92	12.64	3	57.0
-90.0		590	17.3	0.432	5.64	6.14	0.92	16.15	3	46.0
-136.0		650	19.3	0.424	7.82	8.32	0.94	22.27	3	19.0
-155.0	解放 基盤	720	19.9	0.416	10.50	10.50	1.00	29.74	-	-

第 6.3.1-3 表(5) 地盤定数

(Ss-5)

標高 T. M. S. L. (m)	地質	せん断波 速度 V_s (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 ($\times 10^5 \text{kN/m}^2$)	初期せん断 弾性係数 G_0 ($\times 10^5 \text{kN/m}^2$)	剛性 低下率 G/G_0	ヤング 係数 E ($\times 10^5 \text{kN/m}^2$)	減衰 定数 h (%)	層厚 H (m)
+12.0	砂層	150	16.1	0.347	0.11	0.37	0.31	0.31	16	4.0
+8.0		200	16.1	0.308	0.11	0.66	0.16	0.27	22	4.0
+4.0	安田層	330	17.3	0.462	1.07	1.92	0.56	3.13	4	10.0
-6.0	西山層	490	17.0	0.451	3.91	4.16	0.94	11.35	3	27.0
-33.0		530	16.6	0.446	4.32	4.75	0.91	12.49	3	57.0
-90.0		590	17.3	0.432	5.46	6.14	0.89	15.64	3	46.0
-136.0		650	19.3	0.424	7.48	8.32	0.90	21.30	3	19.0
-155.0	解放 基盤	720	19.9	0.416	10.50	10.50	1.00	29.74	-	-



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-1H)

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)
Ks1	13	側面・並進	3.92 × 10 ⁵	0.39	2.69 × 10 ⁵	2.80
Kr1	13	側面・回転	7.18 × 10 ⁸	0.01	1.48 × 10 ⁸	2.80
Ks2	14	側面・並進	5.26 × 10 ⁵	0.39	3.61 × 10 ⁵	2.80
Kr2	14	側面・回転	9.64 × 10 ⁸	0.01	1.98 × 10 ⁸	2.80
Ks3	15	側面・並進	9.34 × 10 ⁵	0.39	6.41 × 10 ⁵	2.80
Kr3	15	側面・回転	1.71 × 10 ⁹	0.01	3.51 × 10 ⁸	2.80
Ks4	16	側面・並進	1.25 × 10 ⁶	0.39	8.60 × 10 ⁵	2.80
Kr4	16	側面・回転	2.29 × 10 ⁹	0.01	4.71 × 10 ⁸	2.80
Ks5	17	側面・並進	2.05 × 10 ⁶	0.46	1.12 × 10 ⁶	2.80
Kr5	17	側面・回転	3.84 × 10 ⁹	0.01	6.26 × 10 ⁸	2.80
Ks6	18	側面・並進	2.30 × 10 ⁶	0.80	6.92 × 10 ⁵	2.80
Kr6	18	側面・回転	4.25 × 10 ⁹	0.01	4.18 × 10 ⁸	2.80
Ks7	18	底面・並進	1.15 × 10 ⁸	0.00	6.91 × 10 ⁶	2.80
Kr7	18	底面・回転	3.16 × 10 ¹¹	0.00	7.77 × 10 ⁹	2.80

(*1) Ks1, Ks2, Ks3, Ks4, Ks5, Ks6, Ks7はkN/m Kr1, Kr2, Kr3, Kr4, Kr5, Kr6, Kr7はkN・m/rad

(*2) Ks1, Ks2, Ks3, Ks4, Ks5, Ks6, Ks7はkN・s/m Kr1, Kr2, Kr3, Kr4, Kr5, Kr6, Kr7はkN・s・m/rad

(*3) f₁は連成系の1次固有振動数

(EW 方向, Ss-1H)

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)
Ks1	36	側面・並進	6.92 × 10 ⁵	0.39	4.68 × 10 ⁵	2.60
Kr1	36	側面・回転	1.27 × 10 ⁹	0.01	2.59 × 10 ⁸	2.60
Ks2	37	側面・並進	2.27 × 10 ⁵	0.39	1.54 × 10 ⁵	2.60
Kr2	37	側面・回転	4.15 × 10 ⁸	0.01	8.50 × 10 ⁷	2.60
Ks3	38	側面・並進	1.65 × 10 ⁶	0.39	1.11 × 10 ⁶	2.60
Kr3	38	側面・回転	3.02 × 10 ⁹	0.01	6.17 × 10 ⁸	2.60
Ks4	39	側面・並進	5.40 × 10 ⁵	0.39	3.66 × 10 ⁵	2.60
Kr4	39	側面・回転	9.89 × 10 ⁸	0.01	2.02 × 10 ⁸	2.60
Ks5	40	側面・並進	2.05 × 10 ⁶	0.46	1.10 × 10 ⁶	2.60
Kr5	40	側面・回転	3.84 × 10 ⁹	0.01	6.23 × 10 ⁸	2.60
Ks6	41	側面・並進	2.30 × 10 ⁶	0.80	6.86 × 10 ⁵	2.60
Kr6	41	側面・回転	4.25 × 10 ⁹	0.01	4.13 × 10 ⁸	2.60
Ks7	41	底面・並進	1.17 × 10 ⁸	0.00	7.19 × 10 ⁶	2.60
Kr7	41	底面・回転	2.45 × 10 ¹¹	0.00	4.98 × 10 ⁹	2.60

(*1) Ks1, Ks2, Ks3, Ks4, Ks5, Ks6, Ks7はkN/m Kr1, Kr2, Kr3, Kr4, Kr5, Kr6, Kr7はkN・m/rad

(*2) Ks1, Ks2, Ks3, Ks4, Ks5, Ks6, Ks7はkN・s/m Kr1, Kr2, Kr3, Kr4, Kr5, Kr6, Kr7はkN・s・m/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-2H)

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)
Ks1	13	側面・並進	3.79×10^5	0.39	2.65×10^5	2.80
Kr1	13	側面・回転	6.94×10^8	0.01	1.45×10^8	2.80
Ks2	14	側面・並進	5.09×10^5	0.39	3.56×10^5	2.80
Kr2	14	側面・回転	9.32×10^8	0.01	1.95×10^8	2.80
Ks3	15	側面・並進	9.03×10^5	0.39	6.32×10^5	2.80
Kr3	15	側面・回転	1.65×10^9	0.01	3.46×10^8	2.80
Ks4	16	側面・並進	1.21×10^6	0.39	8.47×10^5	2.80
Kr4	16	側面・回転	2.22×10^9	0.01	4.64×10^8	2.80
Ks5	17	側面・並進	2.00×10^6	0.46	1.10×10^6	2.80
Kr5	17	側面・回転	3.76×10^9	0.01	6.19×10^8	2.80
Ks6	18	側面・並進	2.30×10^6	0.82	6.92×10^5	2.80
Kr6	18	側面・回転	4.25×10^9	0.01	4.18×10^8	2.80
Ks7	18	底面・並進	1.16×10^8	0.00	6.95×10^6	2.80
Kr7	18	底面・回転	3.22×10^{11}	0.00	7.80×10^9	2.80

(*)1 Ks1, Ks2, Ks3, Ks4, Ks5, Ks6, Ks7はkN/m Kr1, Kr2, Kr3, Kr4, Kr5, Kr6, Kr7はkN・m/rad

(*)2 Ks1, Ks2, Ks3, Ks4, Ks5, Ks6, Ks7はkN・s/m Kr1, Kr2, Kr3, Kr4, Kr5, Kr6, Kr7はkN・s・m/rad

(*)3 f₁は連成系の1次固有振動数

(EW 方向, Ss-2H)

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)
Ks1	36	側面・並進	6.69×10^5	0.39	4.62×10^5	2.61
Kr1	36	側面・回転	1.22×10^9	0.01	2.55×10^8	2.61
Ks2	37	側面・並進	2.19×10^5	0.39	1.52×10^5	2.61
Kr2	37	側面・回転	4.02×10^8	0.01	8.37×10^7	2.61
Ks3	38	側面・並進	1.59×10^6	0.39	1.10×10^6	2.61
Kr3	38	側面・回転	2.92×10^9	0.01	6.07×10^8	2.61
Ks4	39	側面・並進	5.22×10^5	0.39	3.61×10^5	2.61
Kr4	39	側面・回転	9.56×10^8	0.01	1.99×10^8	2.61
Ks5	40	側面・並進	2.00×10^6	0.46	1.09×10^6	2.61
Kr5	40	側面・回転	3.76×10^9	0.01	6.16×10^8	2.61
Ks6	41	側面・並進	2.30×10^6	0.82	6.86×10^5	2.61
Kr6	41	側面・回転	4.25×10^9	0.01	4.14×10^8	2.61
Ks7	41	底面・並進	1.19×10^8	0.00	7.23×10^6	2.61
Kr7	41	底面・回転	2.49×10^{11}	0.00	5.01×10^9	2.61

(*)1 Ks1, Ks2, Ks3, Ks4, Ks5, Ks6, Ks7はkN/m Kr1, Kr2, Kr3, Kr4, Kr5, Kr6, Kr7はkN・m/rad

(*)2 Ks1, Ks2, Ks3, Ks4, Ks5, Ks6, Ks7はkN・s/m Kr1, Kr2, Kr3, Kr4, Kr5, Kr6, Kr7はkN・s・m/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-3H)

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)
Ks1	13	側面・並進	4.05 × 10 ⁵	0.40	2.73 × 10 ⁵	2.79
Kr1	13	側面・回転	7.42 × 10 ⁸	0.01	1.50 × 10 ⁸	2.79
Ks2	14	側面・並進	5.44 × 10 ⁵	0.40	3.66 × 10 ⁵	2.79
Kr2	14	側面・回転	9.96 × 10 ⁸	0.01	2.01 × 10 ⁸	2.79
Ks3	15	側面・並進	9.65 × 10 ⁵	0.40	6.49 × 10 ⁵	2.79
Kr3	15	側面・回転	1.77 × 10 ⁹	0.01	3.57 × 10 ⁸	2.79
Ks4	16	側面・並進	1.30 × 10 ⁶	0.40	8.71 × 10 ⁵	2.79
Kr4	16	側面・回転	2.37 × 10 ⁹	0.01	4.79 × 10 ⁸	2.79
Ks5	17	側面・並進	2.09 × 10 ⁶	0.47	1.13 × 10 ⁶	2.79
Kr5	17	側面・回転	3.93 × 10 ⁹	0.01	6.36 × 10 ⁸	2.79
Ks6	18	側面・並進	2.32 × 10 ⁶	0.83	6.94 × 10 ⁵	2.79
Kr6	18	側面・回転	4.28 × 10 ⁹	0.01	4.19 × 10 ⁸	2.79
Ks7	18	底面・並進	1.13 × 10 ⁸	0.00	6.86 × 10 ⁶	2.79
Kr7	18	底面・回転	3.08 × 10 ¹¹	0.00	7.72 × 10 ⁹	2.79

(*1) Ks1, Ks2, Ks3, Ks4, Ks5, Ks6, Ks7はkN/m Kr1, Kr2, Kr3, Kr4, Kr5, Kr6, Kr7はkN・m/rad

(*2) Ks1, Ks2, Ks3, Ks4, Ks5, Ks6, Ks7はkN・s/m Kr1, Kr2, Kr3, Kr4, Kr5, Kr6, Kr7はkN・s・m/rad

(*3) f₁は連成系の1次固有振動数

(EW 方向, Ss-3H)

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)
Ks1	36	側面・並進	7.15 × 10 ⁵	0.40	4.74 × 10 ⁵	2.59
Kr1	36	側面・回転	1.31 × 10 ⁹	0.01	2.63 × 10 ⁸	2.59
Ks2	37	側面・並進	2.35 × 10 ⁵	0.40	1.55 × 10 ⁵	2.59
Kr2	37	側面・回転	4.29 × 10 ⁸	0.01	8.63 × 10 ⁷	2.59
Ks3	38	側面・並進	1.70 × 10 ⁶	0.40	1.13 × 10 ⁶	2.59
Kr3	38	側面・回転	3.12 × 10 ⁹	0.01	6.27 × 10 ⁸	2.59
Ks4	39	側面・並進	5.58 × 10 ⁵	0.40	3.70 × 10 ⁵	2.59
Kr4	39	側面・回転	1.02 × 10 ⁹	0.01	2.06 × 10 ⁸	2.59
Ks5	40	側面・並進	2.09 × 10 ⁶	0.47	1.12 × 10 ⁶	2.59
Kr5	40	側面・回転	3.93 × 10 ⁹	0.01	6.33 × 10 ⁸	2.59
Ks6	41	側面・並進	2.32 × 10 ⁶	0.83	6.88 × 10 ⁵	2.59
Kr6	41	側面・回転	4.28 × 10 ⁹	0.01	4.15 × 10 ⁸	2.59
Ks7	41	底面・並進	1.15 × 10 ⁸	0.00	7.13 × 10 ⁶	2.59
Kr7	41	底面・回転	2.39 × 10 ¹¹	0.00	4.95 × 10 ⁹	2.59

(*1) Ks1, Ks2, Ks3, Ks4, Ks5, Ks6, Ks7はkN/m Kr1, Kr2, Kr3, Kr4, Kr5, Kr6, Kr7はkN・m/rad

(*2) Ks1, Ks2, Ks3, Ks4, Ks5, Ks6, Ks7はkN・s/m Kr1, Kr2, Kr3, Kr4, Kr5, Kr6, Kr7はkN・s・m/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-4H)

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)
Ks1	13	側面・並進	4.29 × 10 ⁵	0.41	2.80 × 10 ⁵	2.83
Kr1	13	側面・回転	7.86 × 10 ⁸	0.01	1.54 × 10 ⁸	2.83
Ks2	14	側面・並進	5.76 × 10 ⁵	0.41	3.75 × 10 ⁵	2.83
Kr2	14	側面・回転	1.05 × 10 ⁹	0.01	2.07 × 10 ⁸	2.83
Ks3	15	側面・並進	1.02 × 10 ⁶	0.41	6.66 × 10 ⁵	2.83
Kr3	15	側面・回転	1.87 × 10 ⁹	0.01	3.67 × 10 ⁸	2.83
Ks4	16	側面・並進	1.37 × 10 ⁶	0.41	8.94 × 10 ⁵	2.83
Kr4	16	側面・回転	2.51 × 10 ⁹	0.01	4.92 × 10 ⁸	2.83
Ks5	17	側面・並進	2.19 × 10 ⁶	0.49	1.16 × 10 ⁶	2.83
Kr5	17	側面・回転	4.11 × 10 ⁹	0.01	6.50 × 10 ⁸	2.83
Ks6	18	側面・並進	2.38 × 10 ⁶	0.84	7.03 × 10 ⁵	2.83
Kr6	18	側面・回転	4.39 × 10 ⁹	0.01	4.25 × 10 ⁸	2.83
Ks7	18	底面・並進	1.19 × 10 ⁸	0.00	7.02 × 10 ⁶	2.83
Kr7	18	底面・回転	3.29 × 10 ¹¹	0.00	7.88 × 10 ⁹	2.83

(*1) Ks1, Ks2, Ks3, Ks4, Ks5, Ks6, Ks7はkN/m Kr1, Kr2, Kr3, Kr4, Kr5, Kr6, Kr7はkN・m/rad

(*2) Ks1, Ks2, Ks3, Ks4, Ks5, Ks6, Ks7はkN・s/m Kr1, Kr2, Kr3, Kr4, Kr5, Kr6, Kr7はkN・s・m/rad

(*3) f₁は連成系の1次固有振動数

(EW 方向, Ss-4H)

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)
Ks1	36	側面・並進	7.57 × 10 ⁵	0.41	4.86 × 10 ⁵	2.62
Kr1	36	側面・回転	1.39 × 10 ⁹	0.01	2.70 × 10 ⁸	2.62
Ks2	37	側面・並進	2.48 × 10 ⁵	0.41	1.59 × 10 ⁵	2.62
Kr2	37	側面・回転	4.55 × 10 ⁸	0.01	8.87 × 10 ⁷	2.62
Ks3	38	側面・並進	1.80 × 10 ⁶	0.41	1.16 × 10 ⁶	2.62
Kr3	38	側面・回転	3.30 × 10 ⁹	0.01	6.44 × 10 ⁸	2.62
Ks4	39	側面・並進	5.91 × 10 ⁵	0.41	3.80 × 10 ⁵	2.62
Kr4	39	側面・回転	1.08 × 10 ⁹	0.01	2.11 × 10 ⁸	2.62
Ks5	40	側面・並進	2.19 × 10 ⁶	0.49	1.14 × 10 ⁶	2.62
Kr5	40	側面・回転	4.11 × 10 ⁹	0.01	6.46 × 10 ⁸	2.62
Ks6	41	側面・並進	2.38 × 10 ⁶	0.84	6.97 × 10 ⁵	2.62
Kr6	41	側面・回転	4.39 × 10 ⁹	0.01	4.20 × 10 ⁸	2.62
Ks7	41	底面・並進	1.21 × 10 ⁸	0.00	7.29 × 10 ⁶	2.62
Kr7	41	底面・回転	2.54 × 10 ¹¹	0.00	5.02 × 10 ⁹	2.62

(*1) Ks1, Ks2, Ks3, Ks4, Ks5, Ks6, Ks7はkN/m Kr1, Kr2, Kr3, Kr4, Kr5, Kr6, Kr7はkN・m/rad

(*2) Ks1, Ks2, Ks3, Ks4, Ks5, Ks6, Ks7はkN・s/m Kr1, Kr2, Kr3, Kr4, Kr5, Kr6, Kr7はkN・s・m/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-5H)

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)
Ks1	13	側面・並進	4.16 × 10 ⁵	0.40	2.76 × 10 ⁵	2.81
Kr1	13	側面・回転	7.61 × 10 ⁸	0.01	1.52 × 10 ⁸	2.81
Ks2	14	側面・並進	5.58 × 10 ⁵	0.40	3.70 × 10 ⁵	2.81
Kr2	14	側面・回転	1.02 × 10 ⁹	0.01	2.04 × 10 ⁸	2.81
Ks3	15	側面・並進	9.89 × 10 ⁵	0.40	6.56 × 10 ⁵	2.81
Kr3	15	側面・回転	1.81 × 10 ⁹	0.01	3.61 × 10 ⁸	2.81
Ks4	16	側面・並進	1.33 × 10 ⁶	0.40	8.81 × 10 ⁵	2.81
Kr4	16	側面・回転	2.43 × 10 ⁹	0.01	4.85 × 10 ⁸	2.81
Ks5	17	側面・並進	2.14 × 10 ⁶	0.49	1.14 × 10 ⁶	2.81
Kr5	17	側面・回転	4.01 × 10 ⁹	0.01	6.41 × 10 ⁸	2.81
Ks6	18	側面・並進	2.35 × 10 ⁶	0.83	6.98 × 10 ⁵	2.81
Kr6	18	側面・回転	4.34 × 10 ⁹	0.01	4.22 × 10 ⁸	2.81
Ks7	18	底面・並進	1.17 × 10 ⁸	0.00	6.98 × 10 ⁶	2.81
Kr7	18	底面・回転	3.24 × 10 ¹¹	0.00	7.82 × 10 ⁹	2.81

(*1) Ks1, Ks2, Ks3, Ks4, Ks5, Ks6, Ks7はkN/m Kr1, Kr2, Kr3, Kr4, Kr5, Kr6, Kr7はkN・m/rad

(*2) Ks1, Ks2, Ks3, Ks4, Ks5, Ks6, Ks7はkN・s/m Kr1, Kr2, Kr3, Kr4, Kr5, Kr6, Kr7はkN・s・m/rad

(*3) f₁は連成系の1次固有振動数

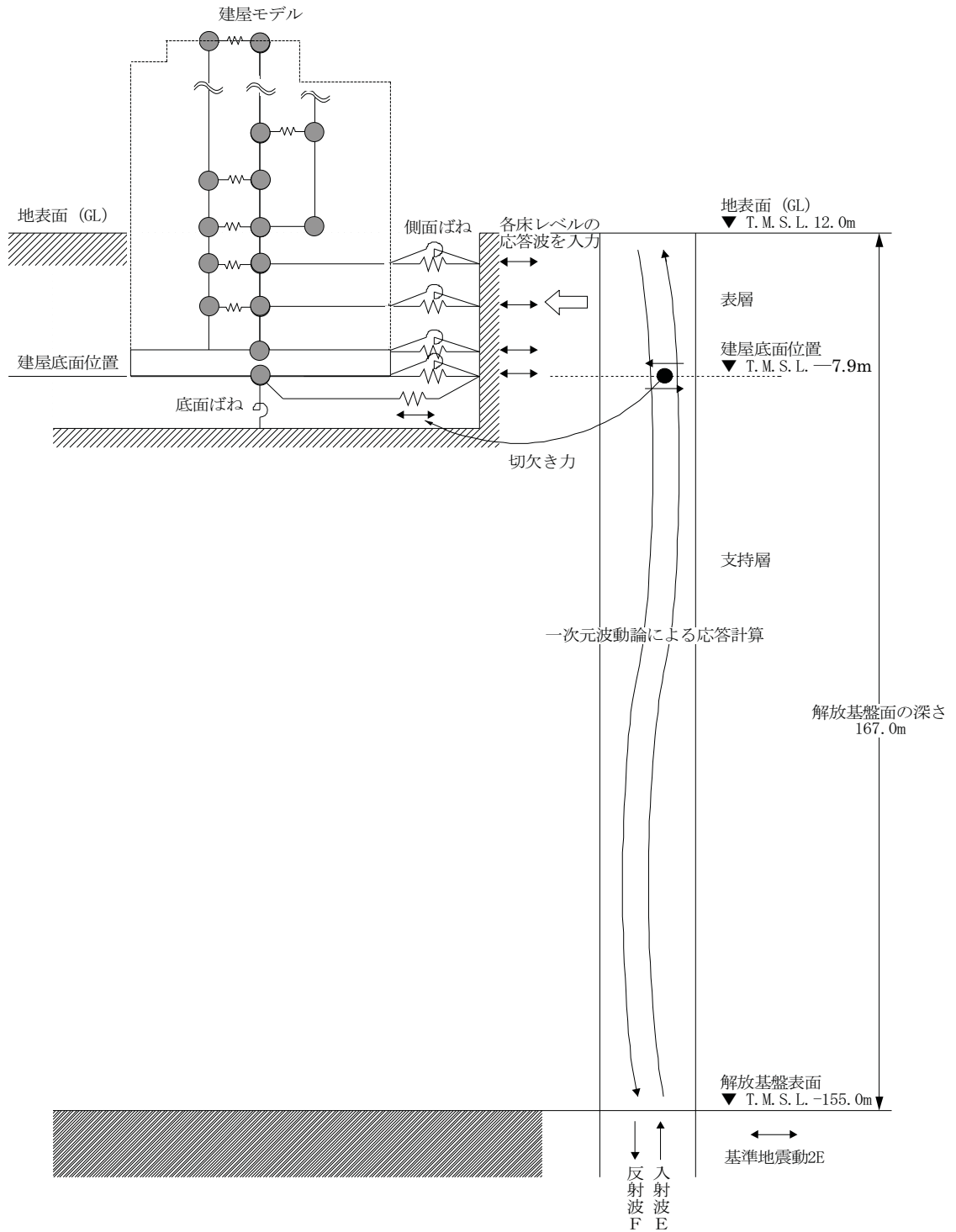
(EW 方向, Ss-5H)

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)
Ks1	36	側面・並進	7.33 × 10 ⁵	0.40	4.79 × 10 ⁵	2.61
Kr1	36	側面・回転	1.34 × 10 ⁹	0.01	2.66 × 10 ⁸	2.61
Ks2	37	側面・並進	2.40 × 10 ⁵	0.40	1.57 × 10 ⁵	2.61
Kr2	37	側面・回転	4.40 × 10 ⁸	0.01	8.74 × 10 ⁷	2.61
Ks3	38	側面・並進	1.74 × 10 ⁶	0.40	1.14 × 10 ⁶	2.61
Kr3	38	側面・回転	3.19 × 10 ⁹	0.01	6.34 × 10 ⁸	2.61
Ks4	39	側面・並進	5.72 × 10 ⁵	0.40	3.74 × 10 ⁵	2.61
Kr4	39	側面・回転	1.05 × 10 ⁹	0.01	2.08 × 10 ⁸	2.61
Ks5	40	側面・並進	2.14 × 10 ⁶	0.49	1.13 × 10 ⁶	2.61
Kr5	40	側面・回転	4.01 × 10 ⁹	0.01	6.38 × 10 ⁸	2.61
Ks6	41	側面・並進	2.35 × 10 ⁶	0.83	6.93 × 10 ⁵	2.61
Kr6	41	側面・回転	4.34 × 10 ⁹	0.01	4.17 × 10 ⁸	2.61
Ks7	41	底面・並進	1.20 × 10 ⁸	0.00	7.26 × 10 ⁶	2.61
Kr7	41	底面・回転	2.50 × 10 ¹¹	0.00	5.01 × 10 ⁹	2.61

(*1) Ks1, Ks2, Ks3, Ks4, Ks5, Ks6, Ks7はkN/m Kr1, Kr2, Kr3, Kr4, Kr5, Kr6, Kr7はkN・m/rad

(*2) Ks1, Ks2, Ks3, Ks4, Ks5, Ks6, Ks7はkN・s/m Kr1, Kr2, Kr3, Kr4, Kr5, Kr6, Kr7はkN・s・m/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

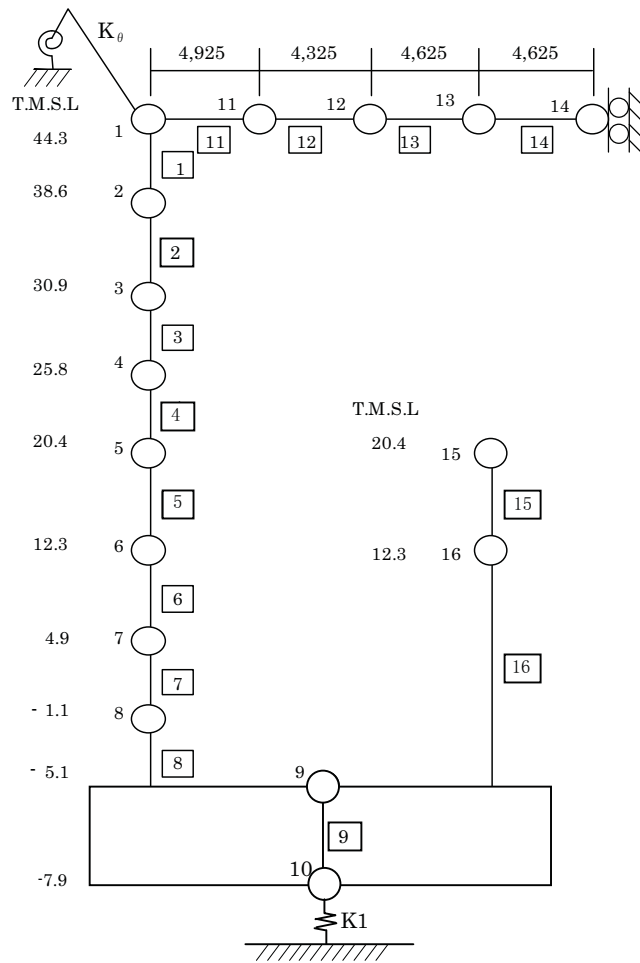
鉛直方向の地震応答解析モデルは、耐震壁の軸剛性および屋根トラスの曲げせん断剛性を評価した質点系モデルとする。鉛直方向の地震応答解析モデルを第 6.3.1-9 図に、解析モデルの諸元を第 6.3.1-5 表に示す。

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	⑪	⑫	⑬	⑭
質点重量W (kN)	-	5,680	5,880	6,070	3,040
部材番号	11	12	13	14	
せん断断面積 $A_s(\times 10^{-2}m^2)$	29.28	29.28	20.04	20.04	
断面2次モーメント $I_B(m^4)$	3.19	3.19	2.54	2.54	
質点番号	質点重量 W(kN)		部材番号	軸断面積 A(m ²)	
①	34,470		1	20.7	
②	52,320		2	24.9	
③	156,500		3	640.8	
④	64,580		4	633.7	
⑤	284,230		5	732.1	
⑥	376,070		6	1036.5	
⑦	370,000		7	1211.6	
⑧	264,280		8	1290.4	
⑨	494,300		9	7954.0	
⑩	264,930				
⑮	103,470		15	139.2	
⑯	70,210		16	154.0	

トラス端部回転拘束ばね K_θ 2.69×10^7 (kNm/rad)

①コンクリート部 建屋

ヤング係数 E_c 3.13×10^7 (kN/m²)
 せん断弾性係数 G 1.31×10^7 (kN/m²)
 ポアソン比 ν 0.20
 減衰 h 5%

②コンクリート部 基礎スラブ

ヤング係数 E_c 2.90×10^7 (kN/m²)
 せん断弾性係数 G 1.21×10^7 (kN/m²)
 ポアソン比 ν 0.20
 減衰 h 5%

③鉄骨部

ヤング係数 E_s 2.05×10^8 (kN/m²)
 せん断弾性係数 G 7.90×10^7 (kN/m²)
 ポアソン比 ν 0.30
 減衰 h 2%

基礎形状

97.0m(NS 方向)×82.0m(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-1V)

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 ^{(*)1} f_1 (Hz)
K1	10	底面・鉛直	2.00×10^8	0.00	1.75×10^7	4.35

(*)1 f_1 は連成系の1次固有振動数

(Ss-2V)

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 ^{(*)1} f_1 (Hz)
K1	10	底面・鉛直	2.06×10^8	0.00	1.77×10^7	4.41

(*)1 f_1 は連成系の1次固有振動数

(Ss-3V)

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 ^{(*)1} f_1 (Hz)
K1	10	底面・鉛直	1.95×10^8	0.00	1.73×10^7	4.30

(*)1 f_1 は連成系の1次固有振動数

(Ss-4V)

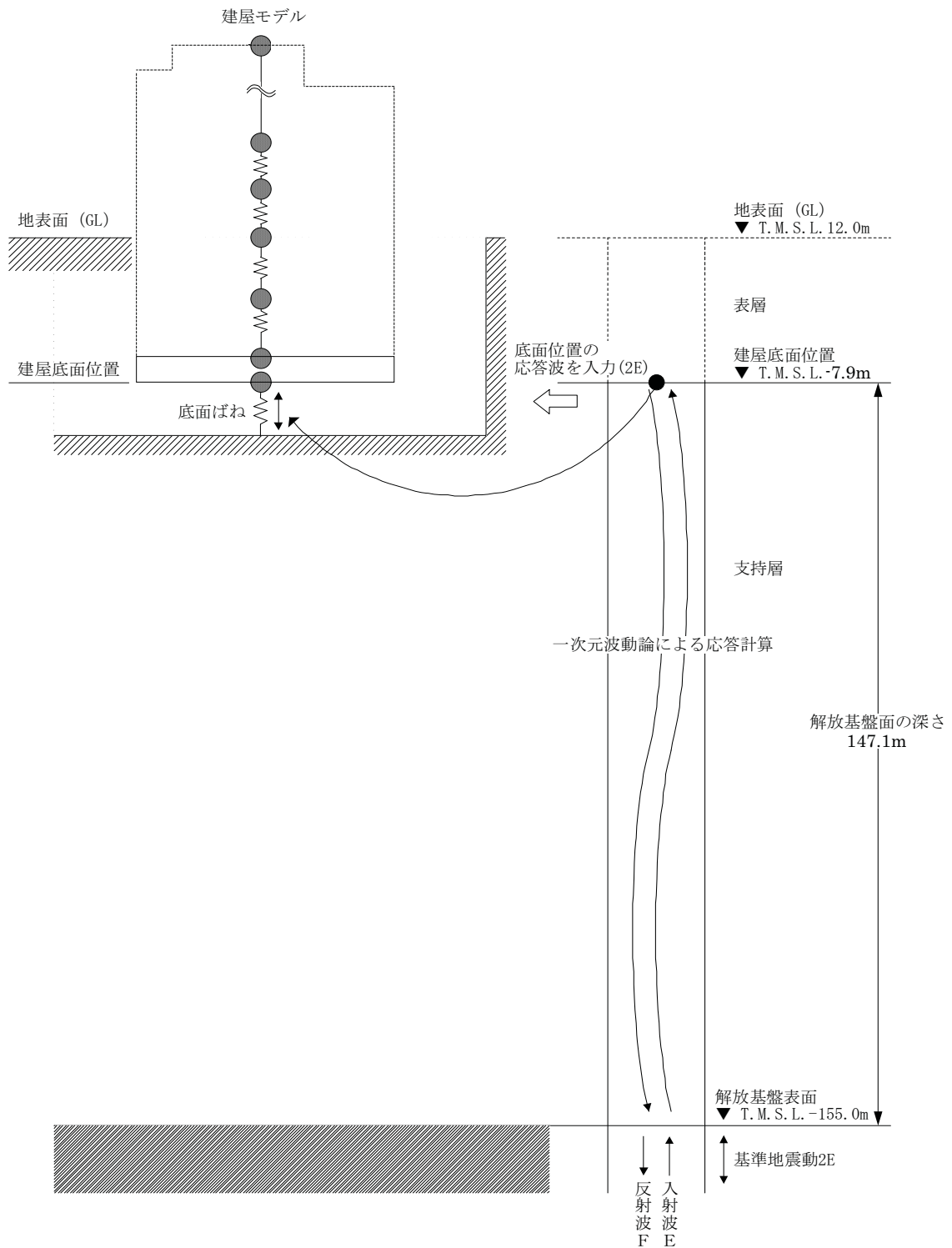
ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね		減衰	
			ばね定数 K_C (kN/m)	採用振動数 (Hz)	減衰係数 C_C (kN·s/m)	採用振動数 ^{(*)1} f_1 (Hz)
K1	10	底面・鉛直	2.08×10^8	0.00	1.78×10^7	4.43

(*)1 f_1 は連成系の1次固有振動数

(Ss-5V)

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 ^{(*)1} f_1 (Hz)
K1	10	底面・鉛直	2.05×10^8	0.00	1.77×10^7	4.40

(*)1 f_1 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-1H)

次数	固有周期 (秒)	固有振動数 (Hz)	刺激係数 *	備考
1	0.357	2.80	2.318	地盤建屋連成一次
2	0.285	3.51	-1.095	
3	0.213	4.68	-1.715	
4	0.179	5.58	-0.972	
5	0.172	5.82	-1.049	

(NS 方向, Ss-2H)

次数	固有周期 (秒)	固有振動数 (Hz)	刺激係数 *	備考
1	0.357	2.80	2.325	地盤建屋連成一次
2	0.285	3.51	-1.102	
3	0.213	4.69	-1.721	
4	0.179	5.58	-0.971	
5	0.172	5.82	-1.057	

(NS 方向, Ss-3H)

次数	固有周期 (秒)	固有振動数 (Hz)	刺激係数 *	備考
1	0.359	2.79	2.301	地盤建屋連成一次
2	0.285	3.50	-1.081	
3	0.214	4.68	-1.701	
4	0.179	5.58	-0.967	
5	0.172	5.82	-1.030	

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-4H)

次数	固有周期 (秒)	固有振動数 (Hz)	刺激係数 *	備考
1	0.354	2.83	2.354	地盤建屋連成一次
2	0.284	3.52	-1.124	
3	0.213	4.70	-1.754	
4	0.179	5.59	-0.992	
5	0.172	5.82	-1.101	

(NS 方向, Ss-5H)

次数	固有周期 (秒)	固有振動数 (Hz)	刺激係数 *	備考
1	0.355	2.81	2.337	地盤建屋連成一次
2	0.284	3.52	-1.110	
3	0.213	4.69	-1.735	
4	0.179	5.58	-0.980	
5	0.172	5.82	-1.075	

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-1H)

次数	固有周期 (秒)	固有振動数 (Hz)	刺激係数 *	備考
1	0.385	2.60	3.351	地盤建屋連成一次
2	0.302	3.31	-1.471	
3	0.248	4.04	-1.534	
4	0.222	4.50	-0.645	
5	0.169	5.92	0.128	

(EW 方向, Ss-2H)

次数	固有周期 (秒)	固有振動数 (Hz)	刺激係数 *	備考
1	0.383	2.61	3.361	地盤建屋連成一次
2	0.302	3.31	-1.461	
3	0.247	4.05	-1.563	
4	0.222	4.50	-0.662	
5	0.169	5.92	0.126	

(EW 方向, Ss-3H)

次数	固有周期 (秒)	固有振動数 (Hz)	刺激係数 *	備考
1	0.386	2.59	3.336	地盤建屋連成一次
2	0.303	3.30	-1.480	
3	0.248	4.03	-1.504	
4	0.222	4.50	-0.628	
5	0.169	5.92	0.131	

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-4H)

次数	固有周期 (秒)	固有振動数 (Hz)	刺激係数 *	備考
1	0.381	2.62	3.375	地盤建屋連成一次
2	0.302	3.31	-1.445	
3	0.246	4.06	-1.607	
4	0.222	4.50	-0.690	
5	0.169	5.92	0.122	

(EW 方向, Ss-5H)

次数	固有周期 (秒)	固有振動数 (Hz)	刺激係数 *	備考
1	0.382	2.61	3.367	地盤建屋連成一次
2	0.302	3.31	-1.452	
3	0.247	4.05	-1.586	
4	0.222	4.50	-0.678	
5	0.169	5.92	0.124	

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-1V)

次数	固有周期 (秒)	固有振動数 (Hz)	刺激係数 *	備考
1	0.391	2.56	2.044	屋根トラス一次
2	0.230	4.35	-1.159	地盤建屋連成一次
3	0.086	11.57	0.257	
4	0.070	14.28	-0.157	
5	0.054	18.47	-0.030	

(Ss-2V)

次数	固有周期 (秒)	固有振動数 (Hz)	刺激係数 *	備考
1	0.391	2.56	2.014	屋根トラス一次
2	0.227	4.41	1.145	地盤建屋連成一次
3	0.086	11.57	0.266	
4	0.070	14.28	-0.162	
5	0.054	18.47	-0.030	

(Ss-3V)

次数	固有周期 (秒)	固有振動数 (Hz)	刺激係数 *	備考
1	0.391	2.56	2.070	屋根トラス一次
2	0.233	4.30	-1.183	地盤建屋連成一次
3	0.086	11.57	0.250	
4	0.070	14.28	-0.153	
5	0.054	18.47	-0.029	

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-4V)

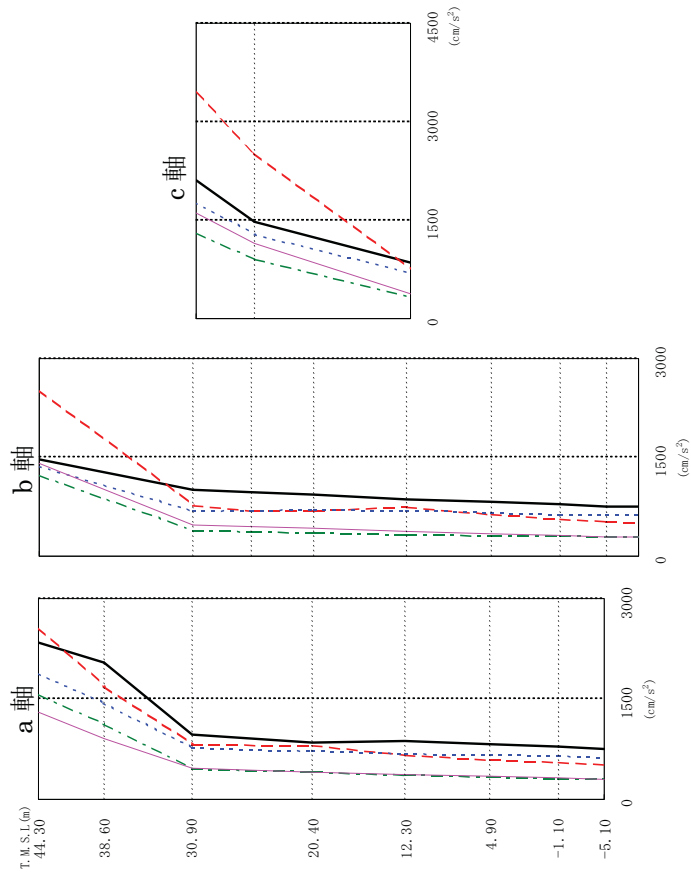
次数	固有周期 (秒)	固有振動数 (Hz)	刺激係数 *	備考
1	0.391	2.56	2.005	屋根トラス一次
2	0.226	4.43	1.147	地盤建屋連成一次
3	0.086	11.57	0.269	
4	0.070	14.28	-0.164	
5	0.054	18.47	-0.031	

(Ss-5V)

次数	固有周期 (秒)	固有振動数 (Hz)	刺激係数 *	備考
1	0.391	2.56	2.019	屋根トラス一次
2	0.227	4.40	1.144	地盤建屋連成一次
3	0.086	11.57	0.265	
4	0.070	14.28	-0.162	
5	0.054	18.47	-0.030	

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。

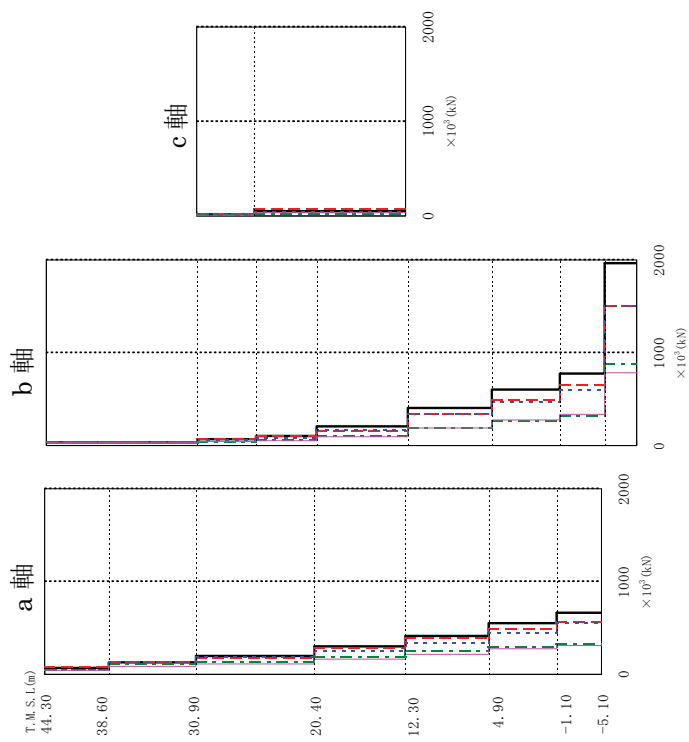
- Ss-1
- - - Ss-2
- · - · Ss-3
- · - · Ss-4
- Ss-5



a 軸					b 軸					c 軸				
Ss1	Ss2	Ss3	Ss4	Ss5	Ss1	Ss2	Ss3	Ss4	Ss5	Ss1	Ss2	Ss3	Ss4	Ss5
2346	2562	1874	1564	1301	1469	2512	1354	1224	1407	2108	3433	1767	1307	1605
2049	1681	1429	1125	906						1476	2512	1285	899	1151
974	812	764	449	461	1013	764	681	390	471					
846	803	715	404	410	976	675	697	370	451					
873	658	686	356	369	932	696	709	350	426					
827	584	662	333	344	856	740	690	324	377					
790	547	640	310	317			(cm/s ²)							
754	516	622	295	297	786	563	636	302	314					
					754	516	622	295	297					
					753	513	620	295	297					

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



a 軸

Ss1	Ss2	Ss3	Ss4	Ss5
6883	73.98	55.24	49.18	40.92
129.15	129.14	129.14	108.46	88.29
201.10	173.20	186.00	142.10	115.20
302.50	285.80	249.30	193.90	166.00
417.00	386.80	339.10	246.70	217.30
556.00	494.40	448.30	295.90	271.00
666.40	571.90	550.70	331.30	314.10

b 軸

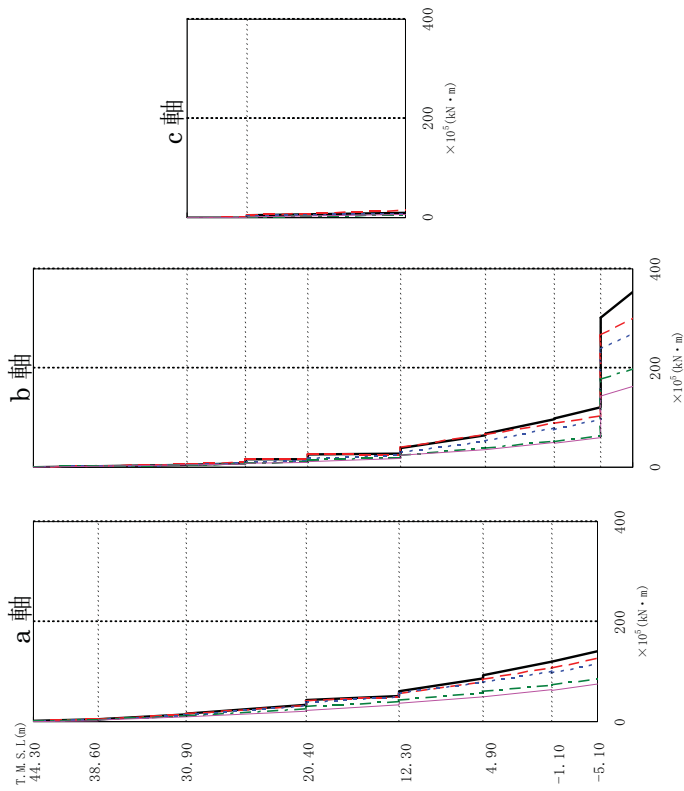
Ss1	Ss2	Ss3	Ss4	Ss5
38.51	46.28	34.46	30.74	30.98
65.40	67.79	58.89	44.59	39.48
104.00	99.40	88.00	59.52	50.84
206.10	156.30	163.50	101.90	95.98
408.30	339.40	336.10	191.20	187.50
606.90	492.50	473.40	263.50	274.50
779.80	658.60	592.10	321.40	333.40
1964.00	1502.00	1498.00	883.60	788.70

c 軸

Ss1	Ss2	Ss3	Ss4	Ss5
15.82	24.97	12.85	9.60	11.64
48.29	77.61	39.76	28.71	36.59

第 6.3.1-12 図 最大応答せん断力 (NS 方向)

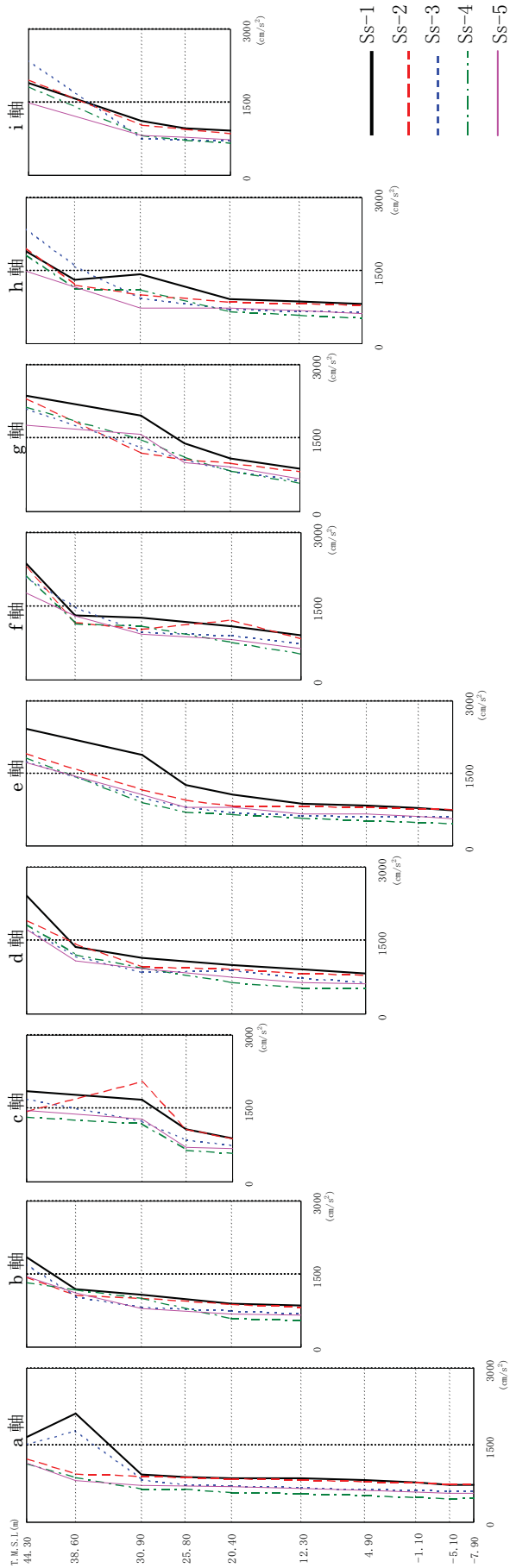
- Ss-1
- Ss-2
- Ss-3
- Ss-4
- Ss-5



a 軸					b 軸					c 軸				
Ss1	Ss2	Ss3	Ss4	Ss5	Ss1	Ss2	Ss3	Ss4	Ss5	Ss1	Ss2	Ss3	Ss4	Ss5
1.80	1.23	1.09	0.85	0.61	0.65	0.79	0.60	0.52	0.52	0.03	0.02	0.01	0.01	0.01
4.27	4.74	3.56	2.86	2.33	5.61	6.77	5.13	4.20	4.28	0.81	1.28	0.66	0.49	0.60
5.16	5.12	3.96	3.03	2.42	8.43	9.23	7.61	6.45	6.27	5.30	4.91	2.60	1.79	1.41
14.61	15.07	13.06	11.11	8.93	15.91	16.92	11.87	8.50	7.53	9.22	14.55	7.49	4.31	6.12
15.69	16.12	13.38	11.14	8.83	16.49	15.95	13.70	10.18	10.21					
34.12	31.33	32.30	25.89	20.55	25.52	26.42	18.30	14.37	11.40					
42.94	41.95	38.94	31.14	22.51	27.92	24.82	23.59	18.55	17.38					
50.67	49.23	48.80	40.70	34.08	39.44	40.61	30.00	24.41	24.18					
60.11	56.12	56.98	43.90	36.47	64.61	65.36	52.38	38.20	35.11					
87.04	80.11	78.23	58.38	49.04	67.34	66.13	52.91	38.74	35.34					
92.96	84.32	79.06	60.12	50.14	97.37	88.97	78.63	53.41	50.06					
120.00	107.90	100.10	74.33	64.50	96.82	88.84	75.91	51.99	48.05					
141.50	126.20	115.80	84.23	74.46	120.90	103.20	97.21	62.94	59.64					
					301.90	265.40	235.30	177.20	143.90					
					352.90	302.30	269.20	199.10	163.40					

×10⁵(kNm)

第 6.3.1-13 図 最大応答曲げモーメント (NS 方向)

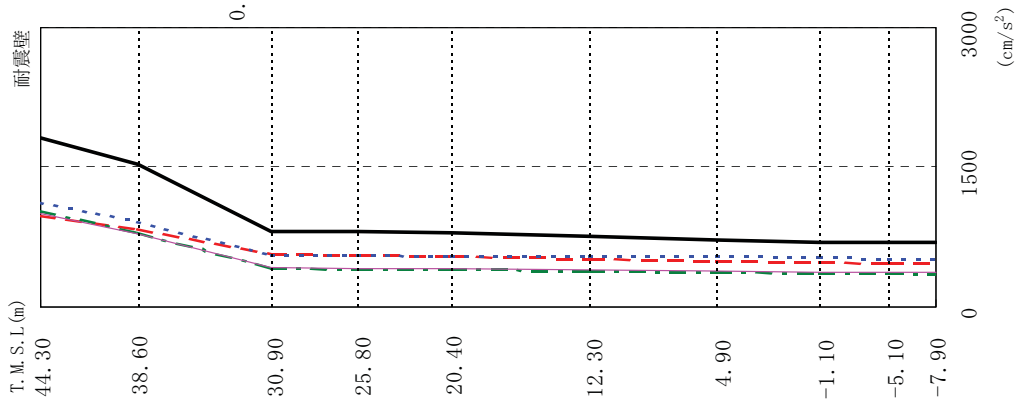
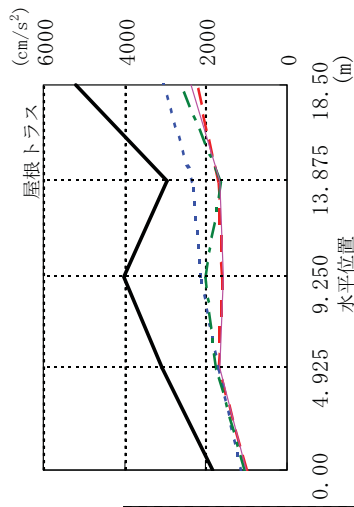


					(cm/s ²)				
Ss1	Ss2	Ss3	Ss4	Ss5	Ss1	Ss2	Ss3	Ss4	Ss5
1656	1236	1514	1140	1156	1848	1436	1697	1323	1453
2118	941	1779	865	807	1188	1065	1029	1182	1122
935	894	823	642	714	1074	1008	819	1005	799
879	871	726	650	703					
882	848	705	577	688	889	880	746	584	683
853	819	676	552	661	853	819	676	552	661
821	792	639	522	622	821	792	639	522	622
771	765	620	484	588					
733	744	612	464	567					
732	741	612	468	563					
					(cm/s ²)				
Ss1	Ss2	Ss3	Ss4	Ss5	Ss1	Ss2	Ss3	Ss4	Ss5
1318	1108	1481	1142	1299	2373	2306	2093	2140	1767
1261	1032	975	1098	930	1319	1197	1592	1129	1165
1099	1221	902	763	825	1421	1002	927	1104	729
907	881	733	533	643	914	856	704	661	730
877	809	631	580	668	872	824	657	589	680
821	792	639	522	622	821	792	639	522	622
					(cm/s ²)				
Ss1	Ss2	Ss3	Ss4	Ss5	Ss1	Ss2	Ss3	Ss4	Ss5
2373	2306	2093	2140	1767	1891	1964	2360	1825	1484
1961	1194	1313	1474	1581	1319	1197	1592	1129	1165
1394	1065	1064	1111	994	1421	1002	927	1104	729
1082	983	830	823	914	914	856	704	661	730
877	809	631	580	668	872	824	657	589	680
821	792	639	522	622	821	792	639	522	622
					(cm/s ²)				
Ss1	Ss2	Ss3	Ss4	Ss5	Ss1	Ss2	Ss3	Ss4	Ss5
2373	2306	2093	2140	1767	1891	1964	2360	1825	1484
1318	1108	1481	1142	1299	1319	1197	1592	1129	1165
1261	1032	975	1098	930	1421	1002	927	1104	729
1099	1221	902	763	825	914	856	704	661	730
907	881	733	533	643	872	824	657	589	680
877	809	631	580	668	821	792	639	522	622
821	792	639	522	622	821	792	639	522	622
					(cm/s ²)				
Ss1	Ss2	Ss3	Ss4	Ss5	Ss1	Ss2	Ss3	Ss4	Ss5
2423	1911	1745	1829	1729	1891	1964	2360	1825	1484
1372	1432	1173	1215	1090	1319	1197	1592	1129	1165
1151	965	852	935	926	1421	1002	927	1104	729
998	908	894	639	755	914	856	704	661	730
907	831	733	533	643	872	824	657	589	680
821	792	639	522	622	821	792	639	522	622
					(cm/s ²)				
Ss1	Ss2	Ss3	Ss4	Ss5	Ss1	Ss2	Ss3	Ss4	Ss5
1848	1436	1697	1323	1453	1891	1964	2360	1825	1484
1683	2048	1232	1182	1285	1319	1197	1592	1129	1165
1077	1076	853	647	703	1421	1002	927	1104	729
889	880	746	584	683	914	856	704	661	730
853	819	676	552	661	872	824	657	589	680
821	792	639	522	622	821	792	639	522	622
					(cm/s ²)				
Ss1	Ss2	Ss3	Ss4	Ss5	Ss1	Ss2	Ss3	Ss4	Ss5
1656	1236	1514	1140	1156	1891	1964	2360	1825	1484
2118	941	1779	865	807	1188	1065	1029	1182	1122
935	894	823	642	714	1074	1008	819	1005	799
879	871	726	650	703					
882	848	705	577	688	889	880	746	584	683
853	819	676	552	661	853	819	676	552	661
821	792	639	522	622	821	792	639	522	622
771	765	620	484	588					
733	744	612	464	567					
732	741	612	468	563					
					(cm/s ²)				

第 6.3.1-14 図 最大応答加速度 (EW 方向)

水平位置 (m)	0.0	4.925	9.250	13.875	18.50
Ss1	1820	3081	4024	2957	5188
Ss2	978	1674	1611	1692	2230
Ss3	1126	1687	2141	2343	3036
Ss4	1027	1755	1996	1625	2602
Ss5	1002	1657	1579	1643	(2607/9)

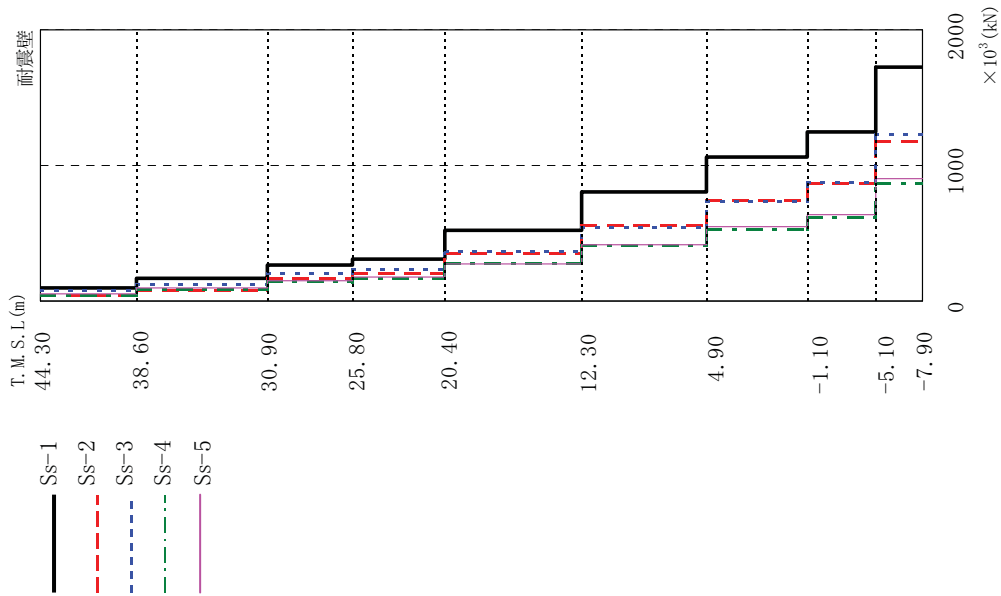
耐震壁	Ss1	Ss2	Ss3	Ss4	Ss5
	1820	978	1126	1027	1002
	1528	839	914	799	781
	817	568	560	412	420
	809	558	554	401	418
	796	546	547	394	416
	760	515	541	385	403
	725	492	536	373	390
	696	477	526	362	379
	690	466	520	355	379
	692	464	521	354	379



第 6.3.1-17 図 最大応答加速度 (鉛直方向)

耐震壁

Ss1	Ss2	Ss3	Ss4	Ss5
93.40	44.21	76.32	48.27	57.22
166.00	80.41	124.70	91.43	99.30
261.70	166.30	199.40	144.70	154.40
309.30	200.90	229.90	166.40	176.40
525.10	357.80	363.20	270.90	275.00
803.40	555.70	541.70	408.80	419.60
1064.0	739.40	733.90	534.50	551.50
0	0	0	0	0
1248.0	863.50	874.90	618.40	639.20
0	0	0	0	0
1722.0	1180.0	1232.0	0	0
0	0	0	867.00	906.10



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 kN・m)	4.13	4.13	4.13	4.13	4.13
	最大転倒モーメント Mmax (×10 ⁷ kN・m)	3.51	3.00	2.67	1.98	1.62
	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 kN・m)	3.49	3.49	3.49	3.49	3.49
	最大転倒モーメント Mmax (×10 ⁷ kN・m)	2.82	2.83	2.44	2.29	2.55
	接地率 η (%)	100.0	100.0	100.0	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、 6178kN/m^2 (630tf/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-1H)

		NS	EW	反力分布図 () 内は下向き地震時	
鉛直力 N (kN)	上向き	1, 795, 230		[NS方向] 97m 504.6 kN/m ² (690.3 kN/m ²)	
	下向き	3, 316, 830			
転倒モーメント M (×10 ⁵ kN・m)		351.40	282.40	[EW方向] 82m 488.3 kN/m ² (676.8 kN/m ²)	
最大接地圧※ (kN/m ²)	上向き	504.6	488.3		
	下向き	690.3	676.8		

※：地盤の支持力試験の最大荷重 6178kN/m²

(Ss-2H)

		NS	EW	反力分布図 () 内は下向き地震時	
鉛直力 N (kN)	上向き	2, 036, 830		[NS方向] 97m 489.7 kN/m ² (620.2 kN/m ²)	
	下向き	3, 075, 230			
転倒モーメント M (×10 ⁵ kN・m)		300.40	283.10	[EW方向] 82m 516.5 kN/m ² (647.1 kN/m ²)	
最大接地圧※ (kN/m ²)	上向き	489.7	516.5		
	下向き	620.2	647.1		

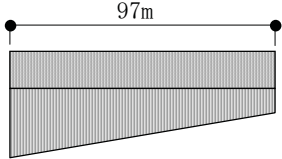
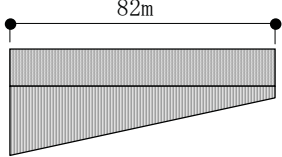
※：地盤の支持力試験の最大荷重 6178kN/m²

(Ss-3H)

		NS	EW	反力分布図 () 内は下向き地震時	
鉛直力 N (kN)	上向き	2, 008, 830		[NS方向] 97m 460.1 kN/m ² (597.7 kN/m ²)	
	下向き	3, 103, 230			
転倒モーメント M (×10 ⁵ kN・m)		266.90	244.10	[EW方向] 82m 477.1 kN/m ² (614.7 kN/m ²)	
最大接地圧※ (kN/m ²)	上向き	460.1	477.1		
	下向き	597.7	614.7		

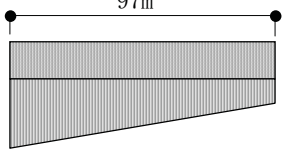
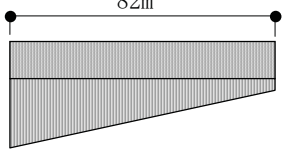
※：地盤の支持力試験の最大荷重 6178kN/m²

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-4H)

		NS	EW	反力分布図 () 内は下向き地震時	
鉛直力 N (kN)	上向き	2, 171, 430		[NS方向] 426.7 kN/m ² (523.4 kN/m ²)	
	下向き	2, 940, 630			
転倒モーメント M (×10 ⁵ kN・m)		197.70	229.30	[EW方向]	
最大接地圧※ (kN/m ²)	上向き	426.7	483.9	483.9 kN/m ² (580.6 kN/m ²)	
	下向き	523.4	580.6		

※：地盤の支持力試験の最大荷重 6178kN/m²

(Ss-5H)

		NS	EW	反力分布図 () 内は下向き地震時	
鉛直力 N (kN)	上向き	2, 154, 030		[NS方向] 397.1 kN/m ² (498.2 kN/m ²)	
	下向き	2, 958, 030			
転倒モーメント M (×10 ⁵ kN・m)		162.40	254.70	[EW方向]	
最大接地圧※ (kN/m ²)	上向き	397.1	505.1	505.1 kN/m ² (606.2 kN/m ²)	
	下向き	498.2	606.2		

※：地盤の支持力試験の最大荷重 6178kN/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～第6.3.3-10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 0.22×10^{-3} (S_s -1H, および S_s -2H,EW方向,B1F) 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

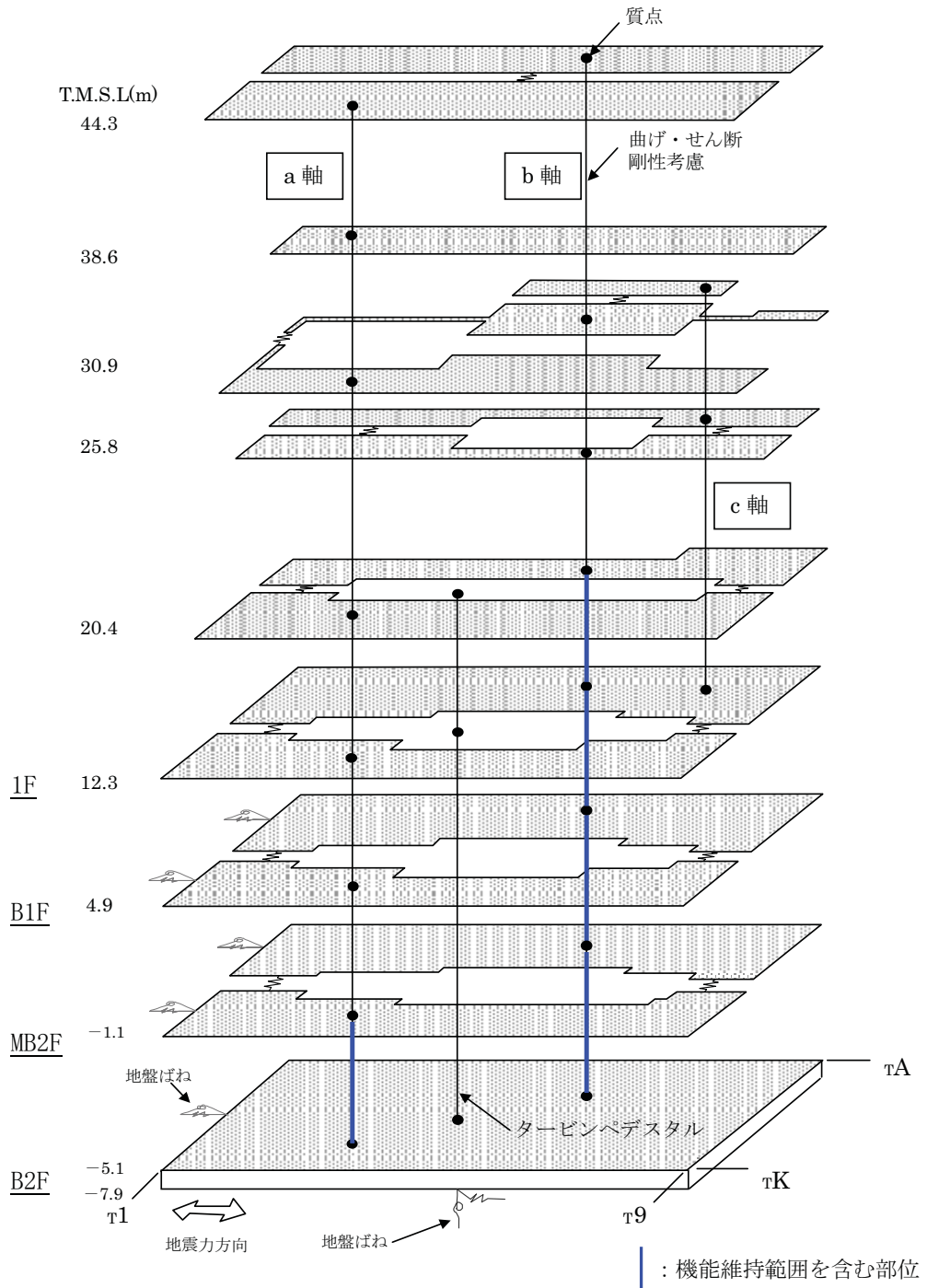
(NS方向)

a軸 (×10⁻³)

階	Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	評価基準値
B2F	0.19	0.16	0.15	0.09	0.09	2.0以下

b軸 (×10⁻³)

階	Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	評価基準値
1F	0.11	0.08	0.09	0.05	0.05	2.0以下
B1F	0.11	0.09	0.09	0.05	0.05	
MB2F	0.12	0.10	0.09	0.05	0.05	
B2F	0.15	0.13	0.12	0.06	0.07	



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)

a軸 (×10⁻³)

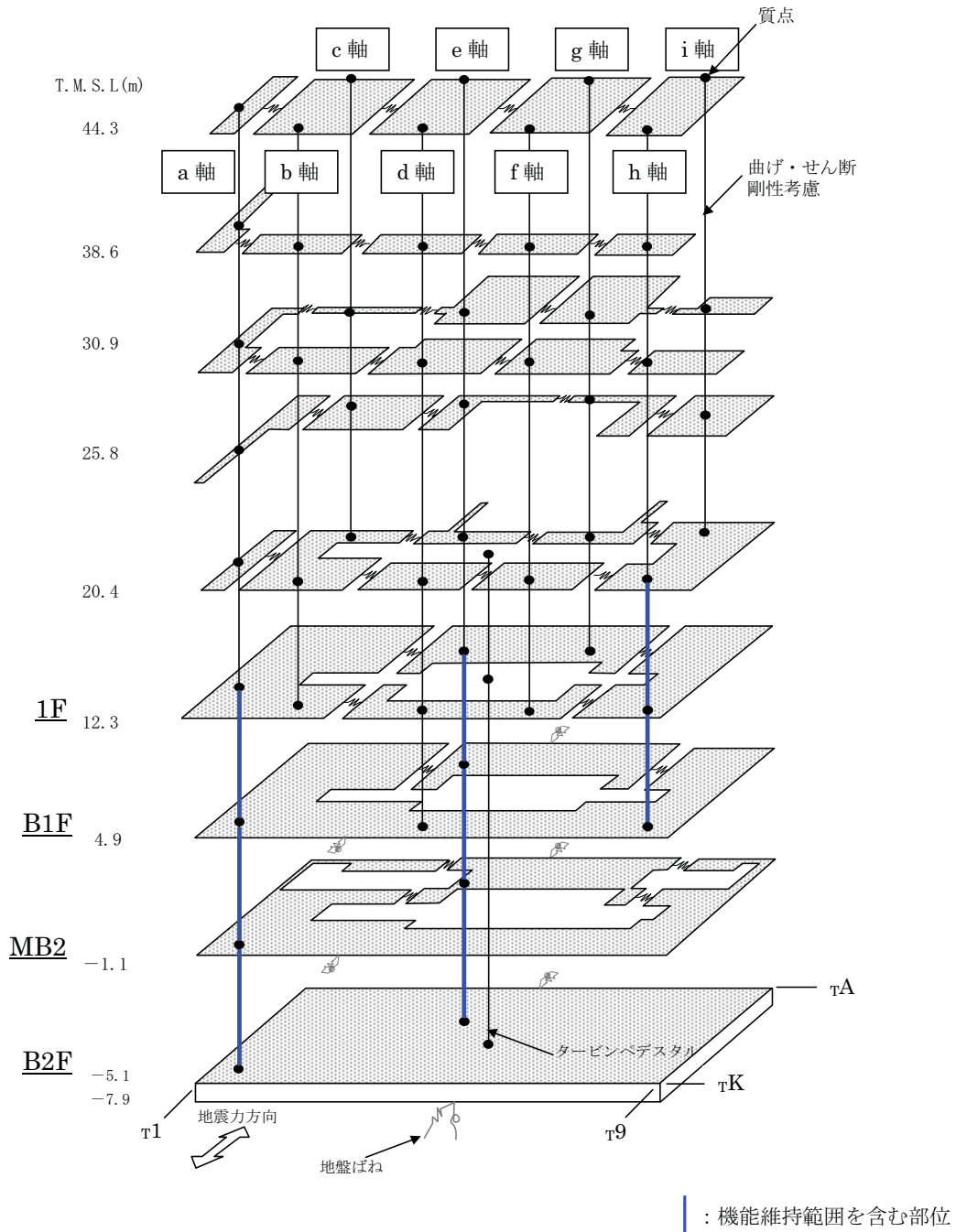
階	Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	評価基準値
B1F	0.13	0.12	0.11	0.10	0.11	2.0以下
MB2F	0.16	0.16	0.12	0.13	0.14	
B2F	0.17	0.17	0.12	0.14	0.14	

e軸 (×10⁻³)

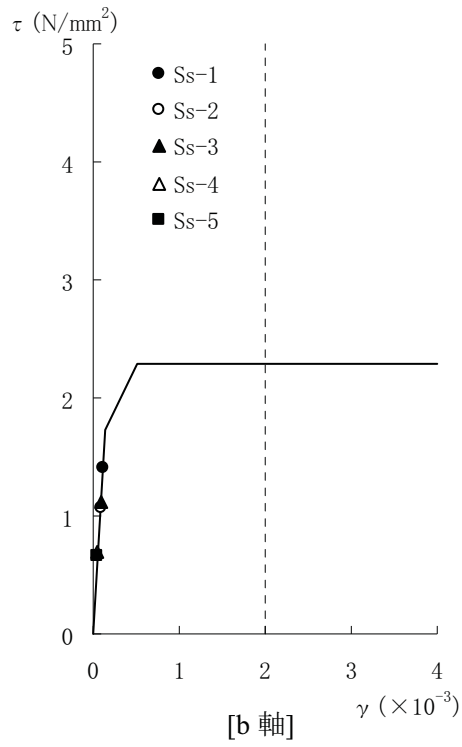
階	Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	評価基準値
B1F	0.09	0.08	0.07	0.06	0.07	2.0以下
MB2F	0.13	0.12	0.09	0.09	0.10	
B2F	0.15	0.14	0.11	0.11	0.12	

h軸 (×10⁻³)

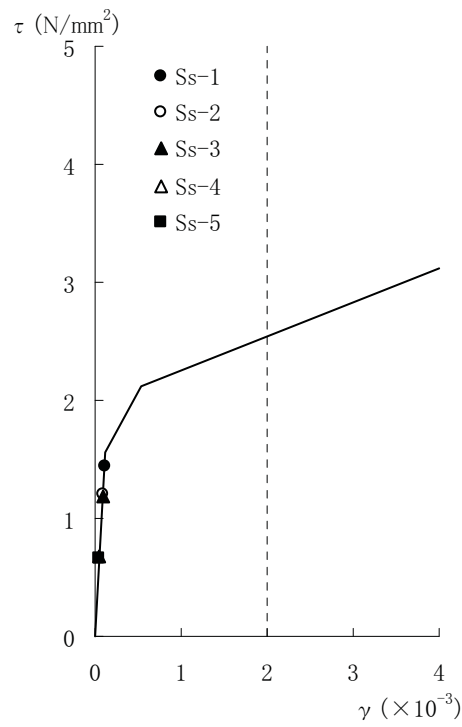
階	Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	評価基準値
1F	0.13	0.13	0.11	0.12	0.12	2.0以下
B1F	0.22	0.22	0.13	0.14	0.15	



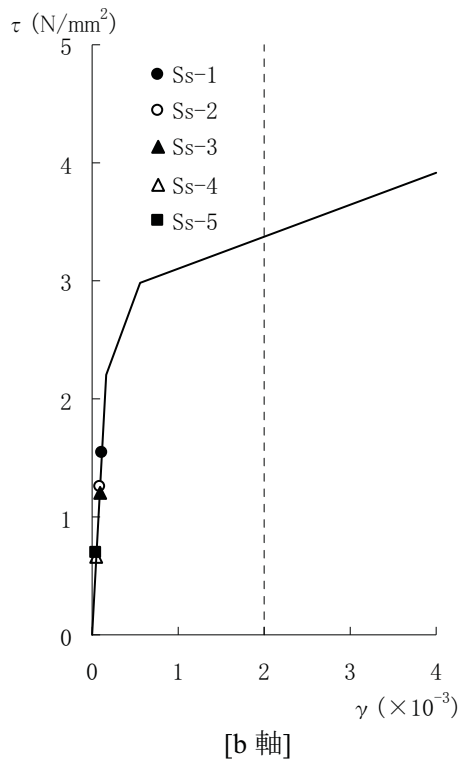
第 6.3.3-2 図 振動モデルの概念図 (EW 方向)



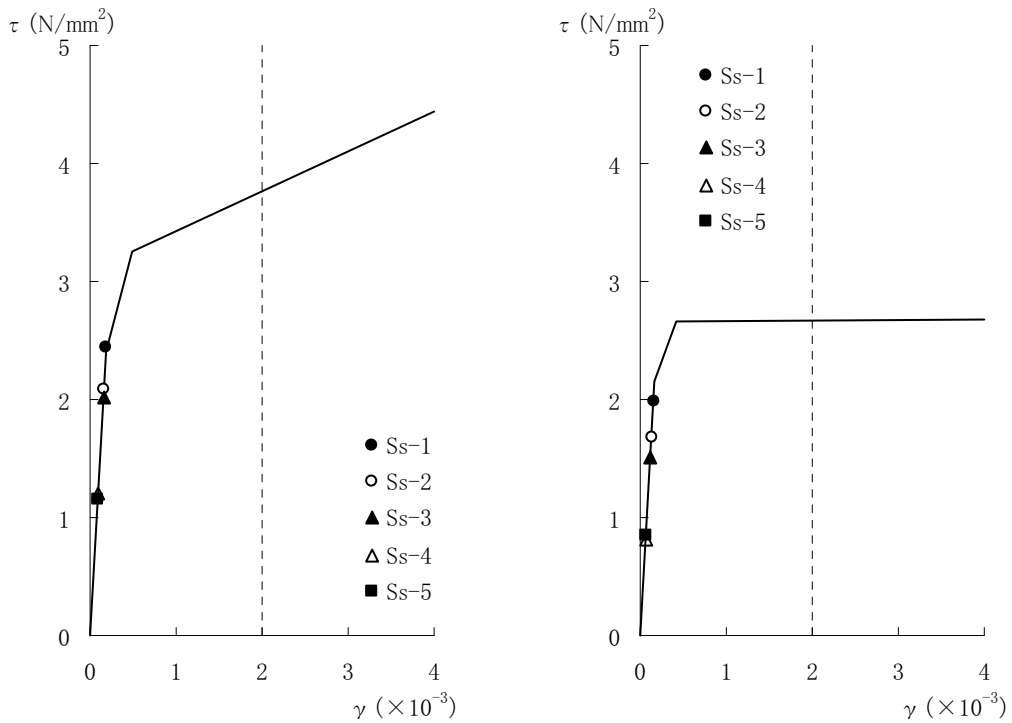
第 6.3.3-3 図 せん断スケルトン曲線上の最大応答値
(NS 方向, 1F)



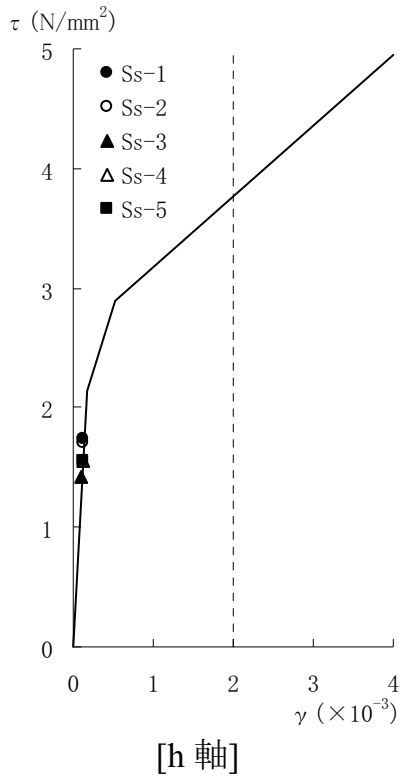
第 6.3.3-4 図 せん断スケルトン曲線上の最大応答値
(NS 方向, B1F)



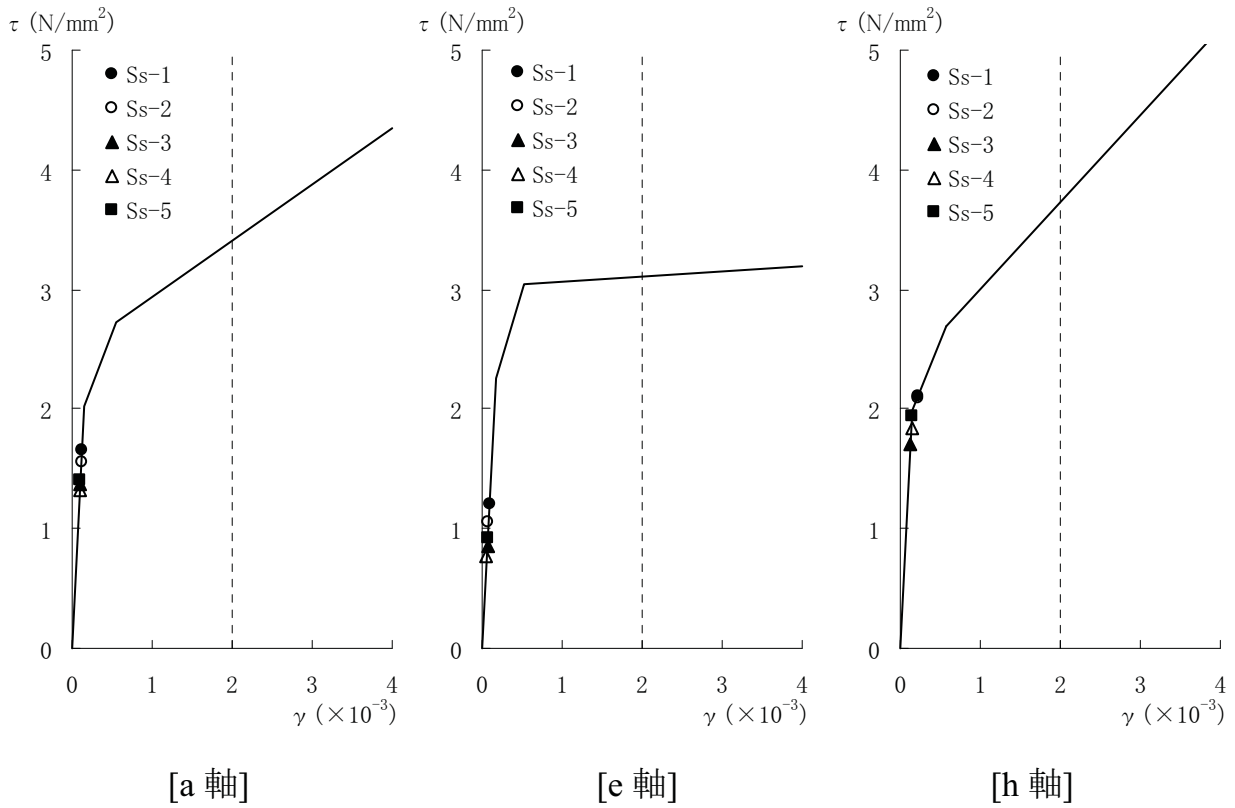
第 6.3.3-5 図 せん断スケルトン曲線上の最大応答値
(NS 方向, MB2F)



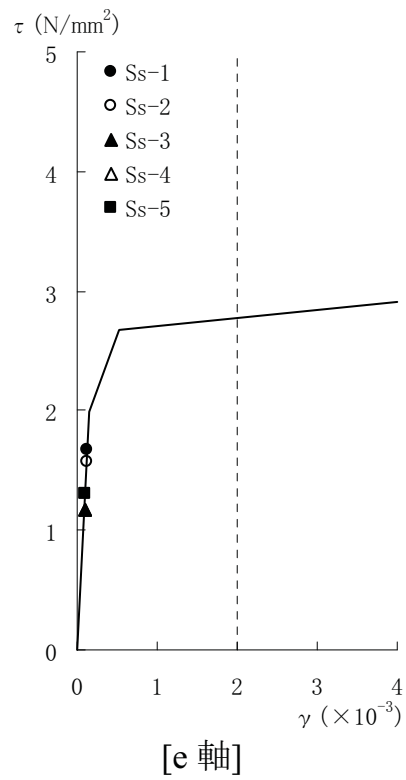
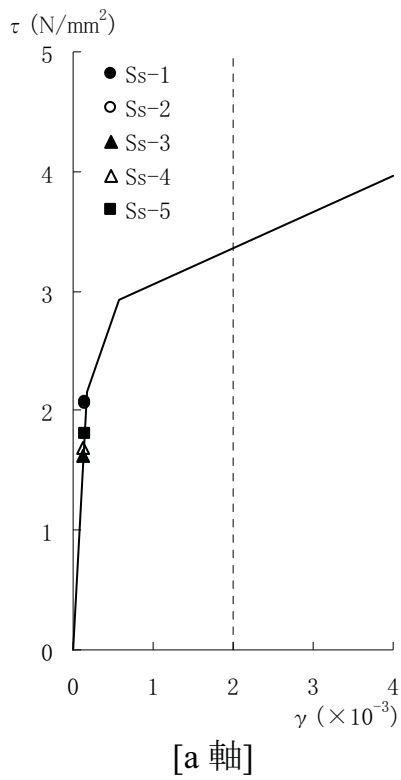
第 6.3.3-6 図 せん断スケルトン曲線上の最大応答値
(NS 方向, B2F)



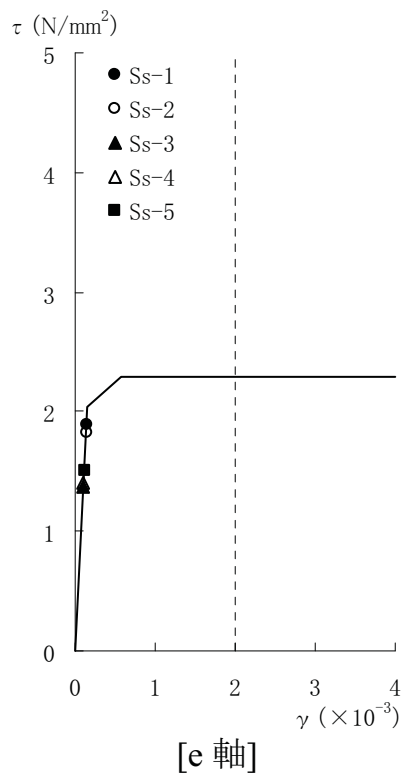
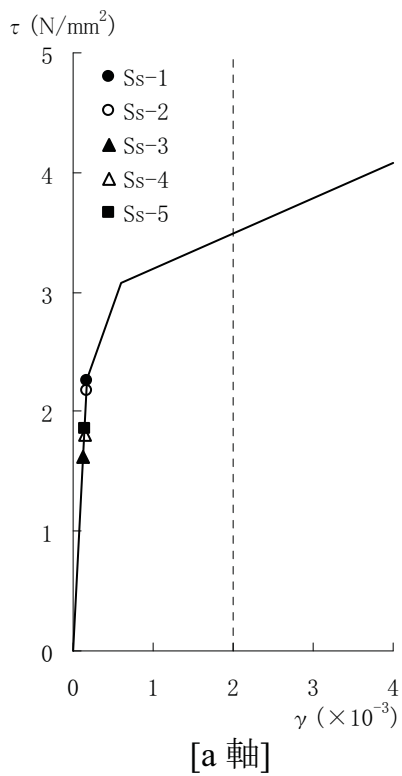
第 6.3.3-7 図 せん断スケルトン曲線上の最大応答値
(EW 方向, 1F)



第 6.3.3-8 図 せん断スケルトン曲線上の最大応答値
(EW 方向, B1F)



第 6.3.3-9 図 せん断スケルトン曲線上の最大応答値
(EW 方向, MB2F)



第 6.3.3-10 図 せん断スケルトン曲線上の最大応答値
(EW 方向, B2F)

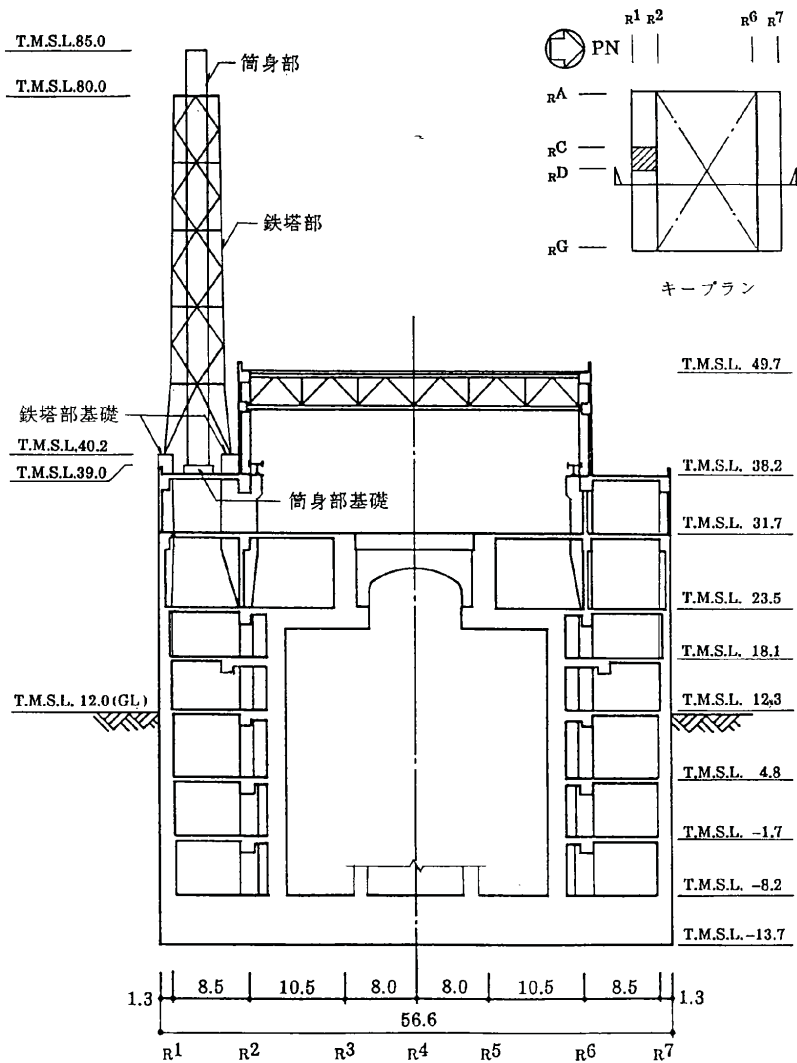
6.4. 排気筒の耐震安全性評価

6.4.1. 地震応答解析

6.4.1.1. 排気筒の概要

排気筒は、原子炉建屋 $R1 \sim R2$, $RC \sim RD$ 間の屋上 (T.M.S.L. 38.2m) に位置し、内径 2.4m の鋼板製筒身 (換気空調系用排気筒) を鋼管四角形鉄塔 (制震装置付) で支えた鉄塔支持形排気筒である。また、筒身内部には、非常用ガス処理系 (以下、「SGTS」という。) 用排気筒が筒身に支持されている。

排気筒の概要を第 6.4.1-1 図および第 6.4.1-2 図に、材料諸元を第 6.4.1-1 表に示す。



第 6.4.1-1 図 排気筒の概要 (その 1)

(単位 : m)

第 6.4.1-1 表 排気筒の材料諸元

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	0.02
基礎	コンクリート	3.13×10 ⁴	0.2	25.0	0.05

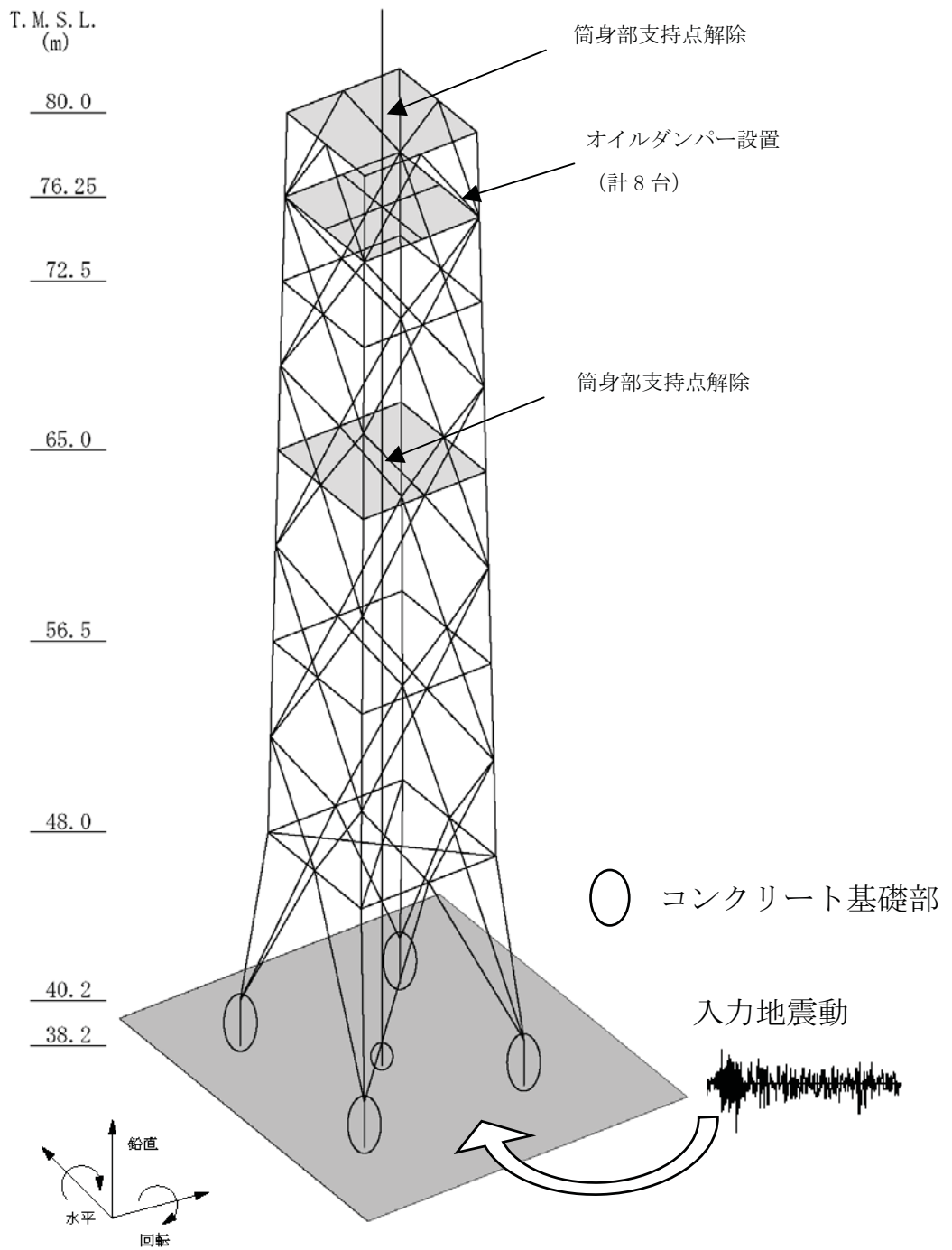
6.4.1.2. 地震応答解析モデル

排気筒の地震応答解析モデルは、屋上（T.M.S.L.38.2m）より上部を立体的にモデル化した立体架構モデルとする。

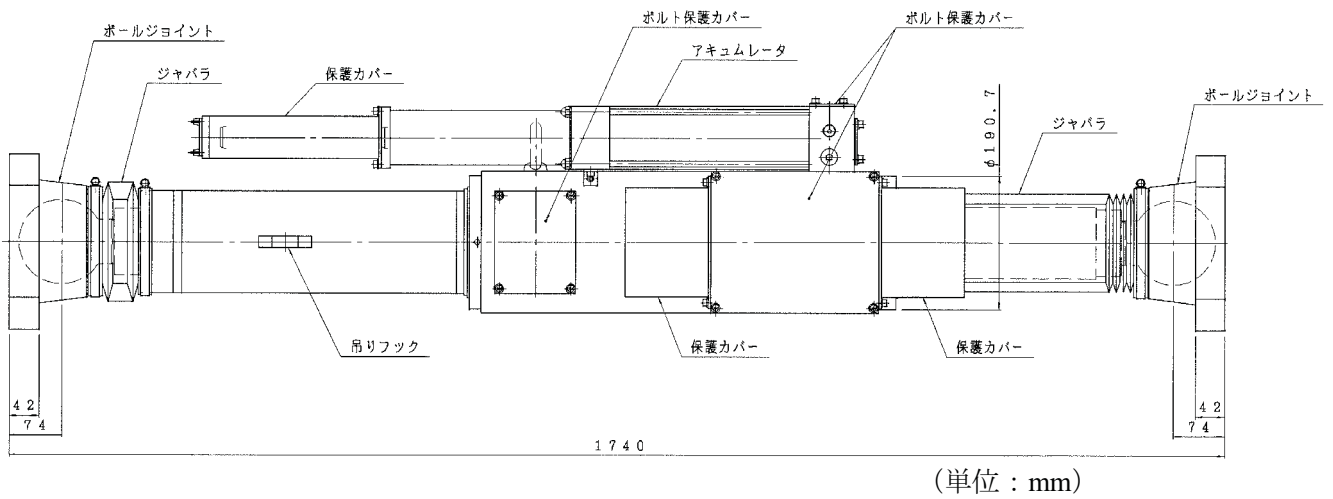
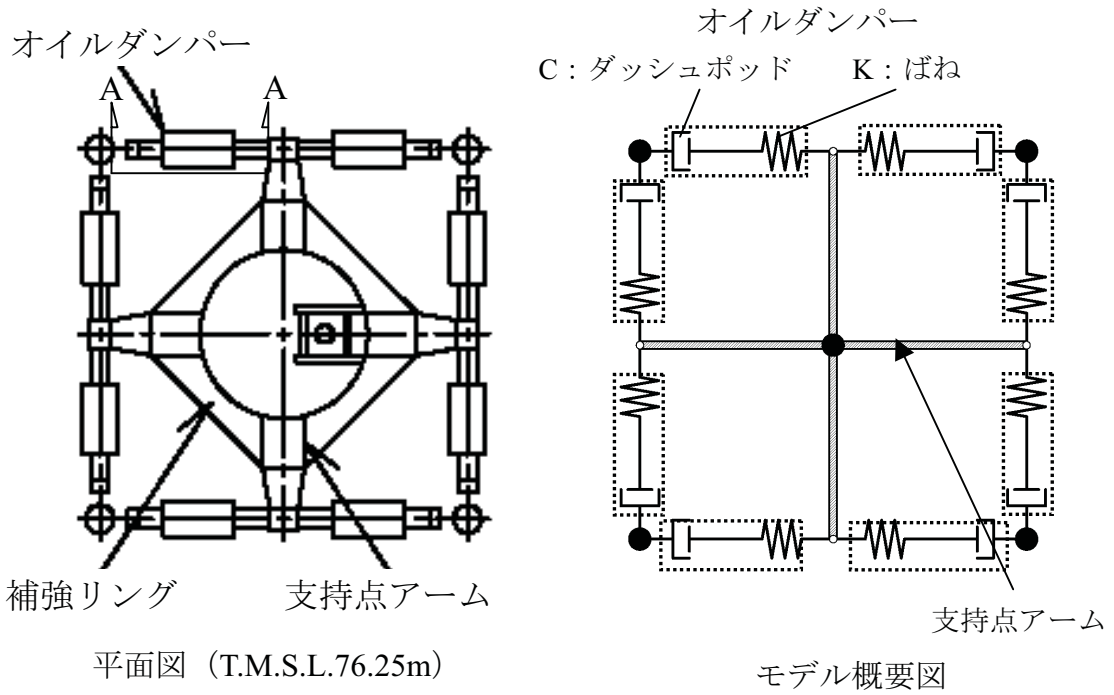
解析モデルの概要を第 6.4.1-3 図に示す。また、制震装置（オイルダンパー）の概要を第 6.4.1-4 図に、諸元を第 6.4.1-2 表に示す。

解析モデルへの入力は、原子炉建屋全体の地震応答解析結果から得られる屋上レベル（T.M.S.L.38.2m）における応答結果を用いることとし、排気筒の基礎位置を固定として入力する（水平、鉛直、回転成分）。代表として Ss-2 による応答波を第 6.4.1-5 図に示す（参考資料 6.2 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 0.02、コンクリート造の減衰として 0.05 を与えることとしている）。



第 6.4.1-3 図 排気筒の地震応答解析モデル

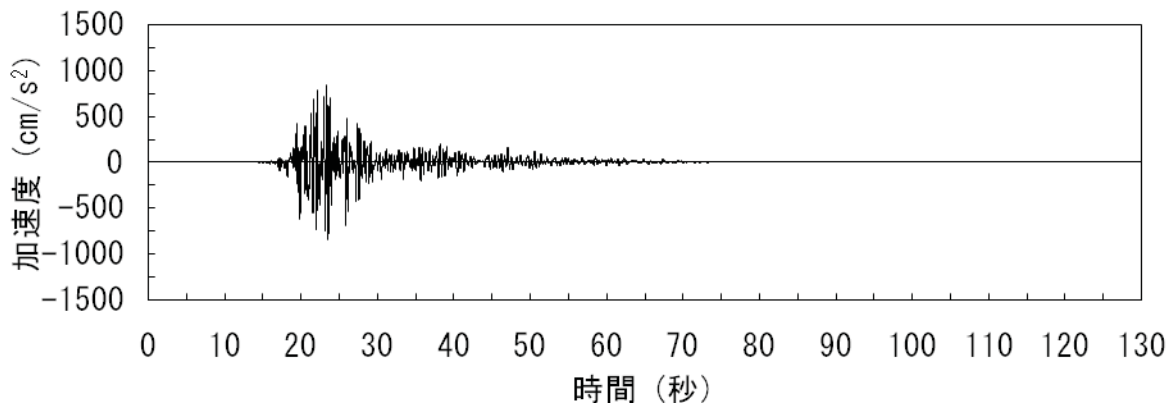


A-A オイルダンパー詳細図

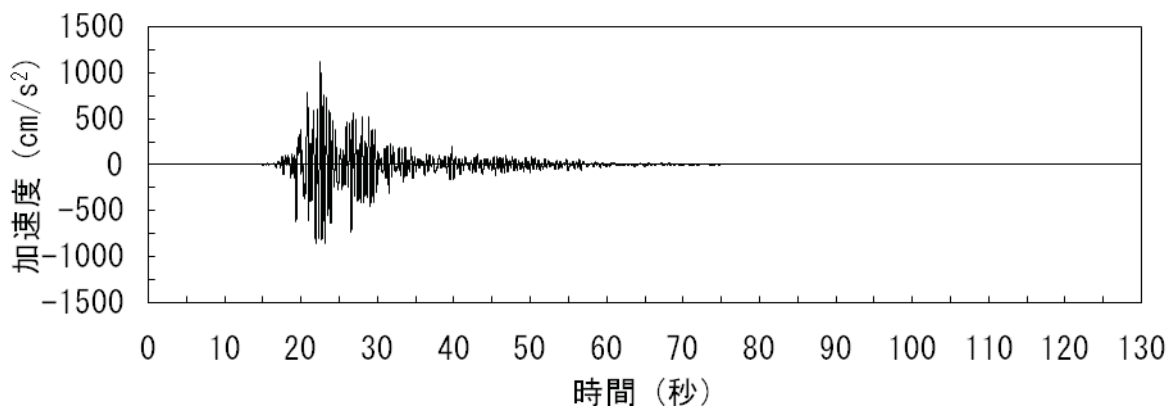
第 6.4.1-4 図 オイルダンパーの概要

第 6.4.1-2 表 オイルダンパー諸元

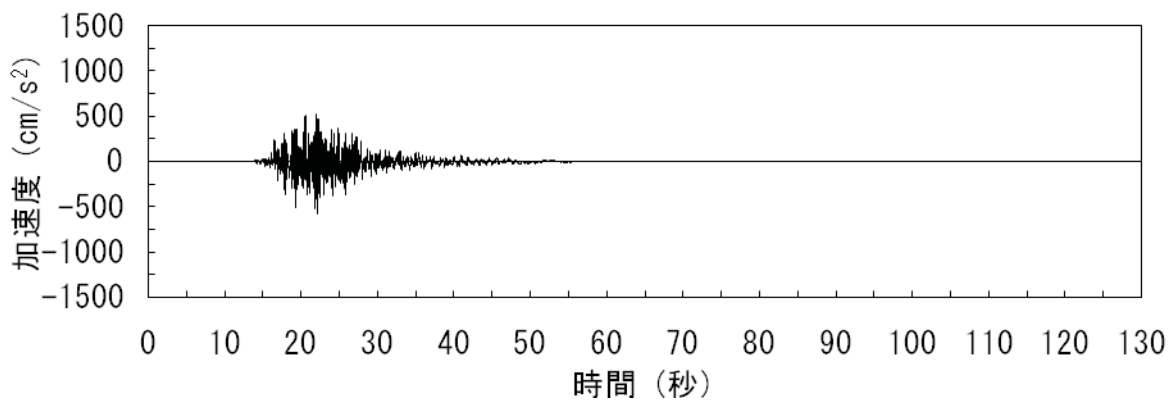
重量	6.0	(kN/台)
ばね定数	$K=0.3 \times 10^8$	(N/m)
減衰係数	$C=1.2 \times 10^5$	(N·s/m)



(a) 南北方向 (水平)

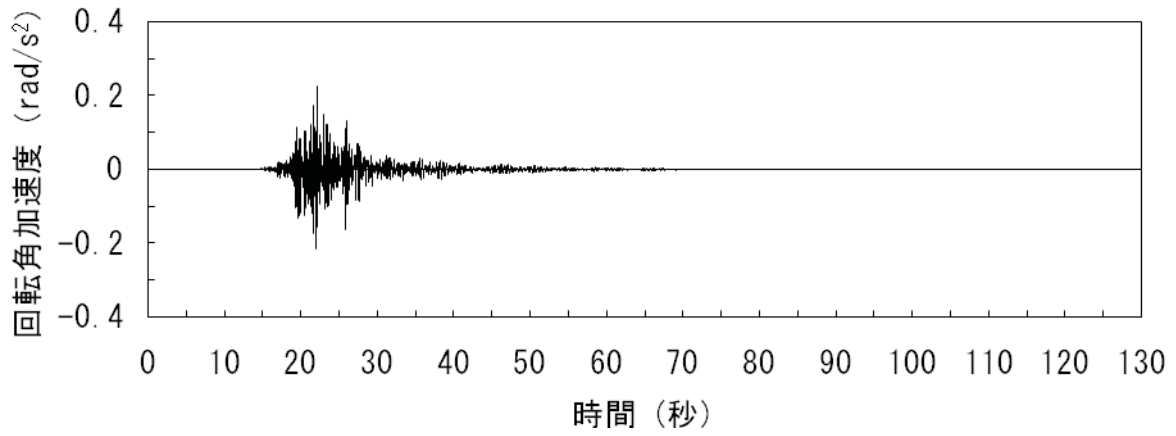


(b) 東西方向 (水平)

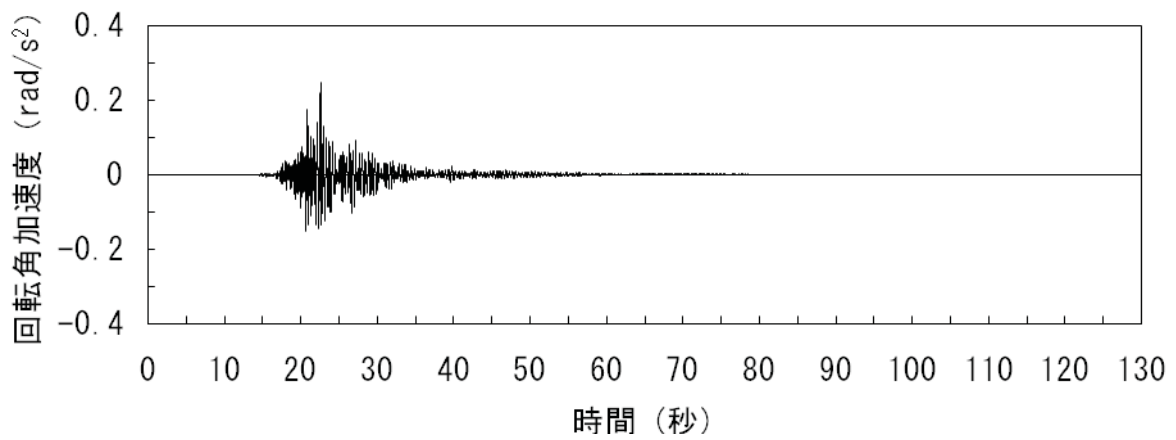


(c) 鉛直方向

第 6.4.1-5 図(1) 屋上レベル (T.M.S.L.38.2m) の加速度波形 (Ss-2, 水平, 鉛直成分)



(d) 南北方向 (回轉)



(e) 東西方向 (回轉)

第 6.4.1-5 図(2) 屋上レベル (T.M.S.L.38.2m) の加速度波形 (Ss-2, 回轉成分)

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 6.4.1-3 表および第 6.4.1-6 図に示す。

基準地震動 S_s 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 6.4.1-7 図～第 6.4.1-11 図に示す。

第 6.4.1-3 表 固有値（固有周期，固有振動数）および刺激係数

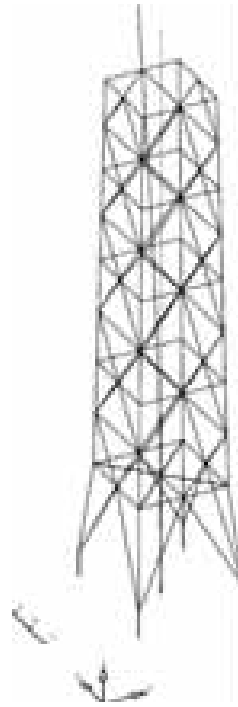
次数	振動数 (Hz)	周期 (sec)	刺激係数			備考
			X	Y	Z	
1	0.98	1.021	1.528	0.000	0.000	筒身南北方向 1 次
2	0.98	1.017	0.000	1.511	0.000	筒身東西方向 1 次
4	3.69	0.271	-1.615	0.000	0.000	鉄塔南北方向 1 次
5	3.71	0.269	0.000	-1.537	0.000	鉄塔東西方向 1 次
6	6.63	0.151	-1.200	0.000	0.000	筒身南北方向 2 次
7	6.67	0.150	0.000	-1.185	0.000	筒身東西方向 2 次
10	10.75	0.093	1.066	0.000	0.001	鉄塔南北方向 2 次
11	11.16	0.090	0.000	1.033	0.000	鉄塔東西方向 2 次
22	19.06	0.052	0.000	0.000	1.251	筒身鉛直方向 1 次
23	20.43	0.049	-0.001	0.000	1.614	鉄塔鉛直方向 1 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。

(筒身部)



筒身南北方向 1 次

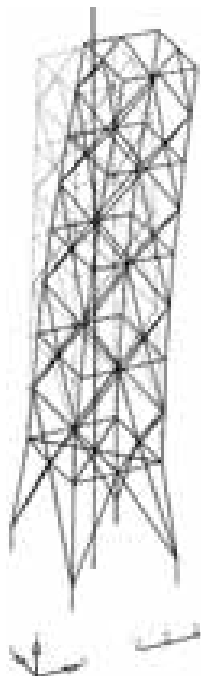


筒身東西方向 1 次

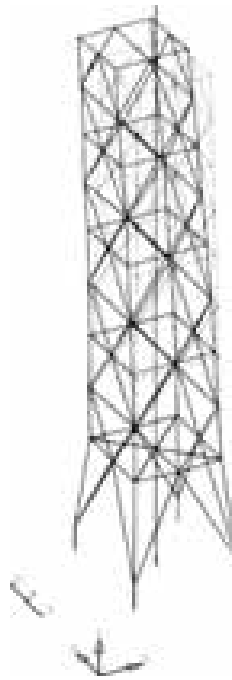


筒身鉛直方向 1 次

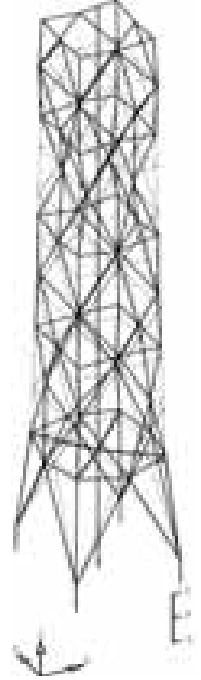
(鉄塔部)



鉄塔南北方向 1 次

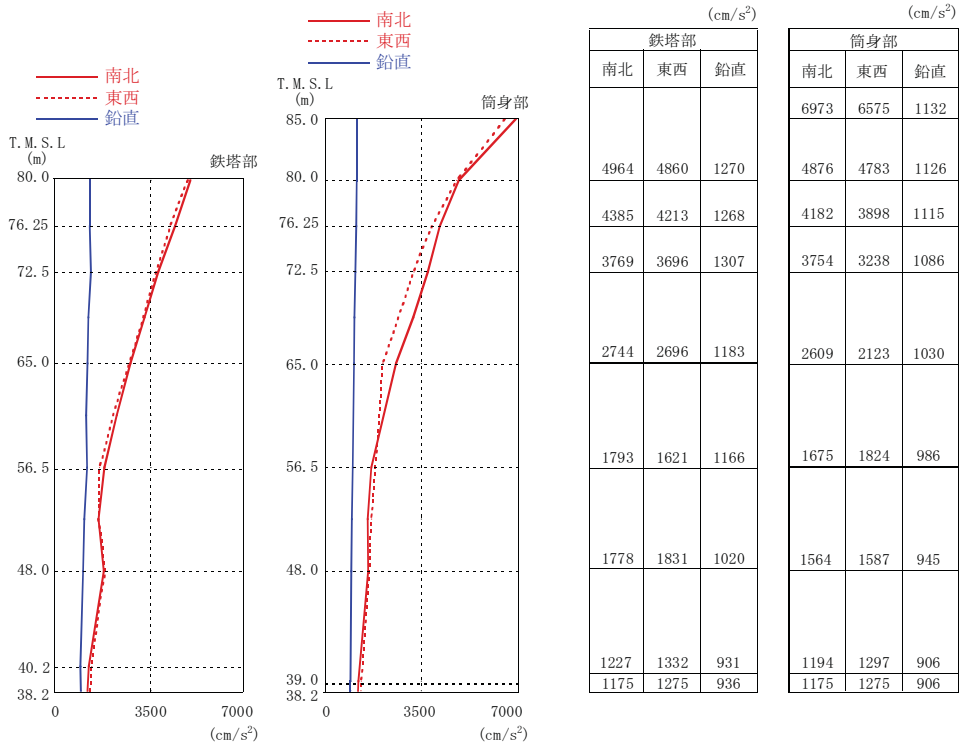


鉄塔東西方向 1 次

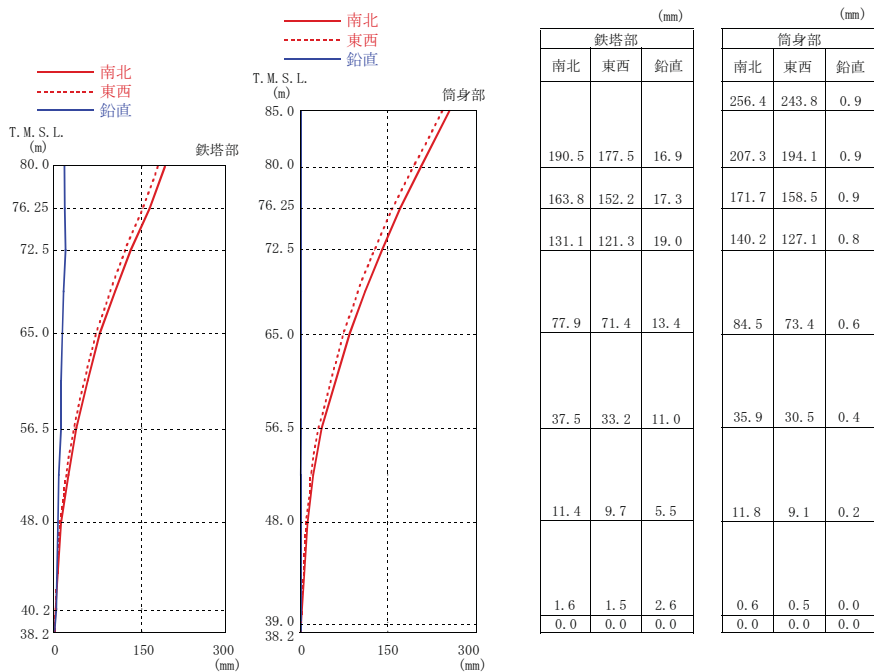


鉄塔鉛直方向 1 次

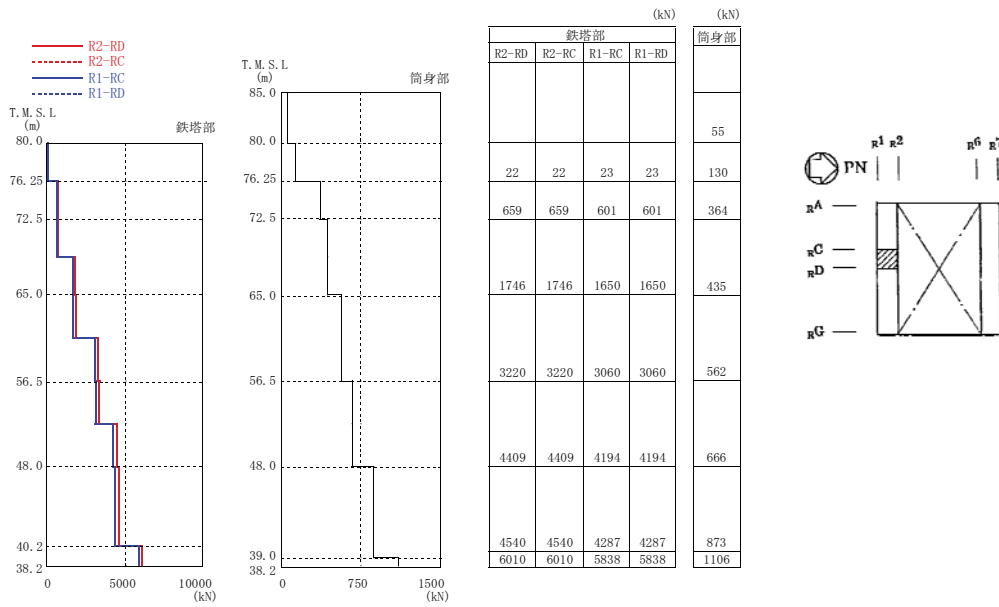
第 6.4.1-6 図 固有値解析結果 (刺激係数)



第 6.4.1-7 図(1) 最大応答加速度 (Ss-1)

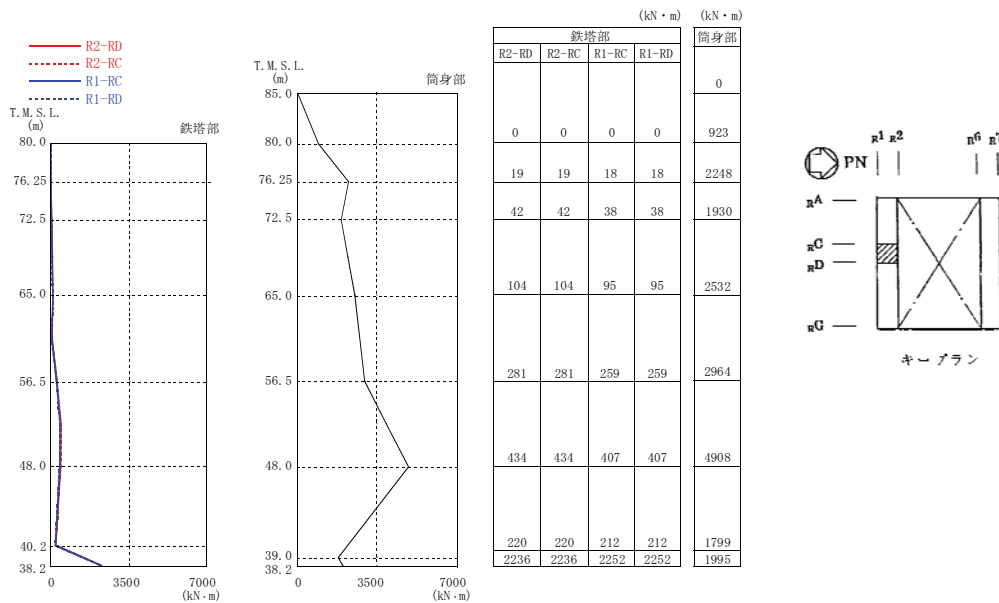


第 6.4.1-7 図(2) 最大応答変位 (Ss-1)



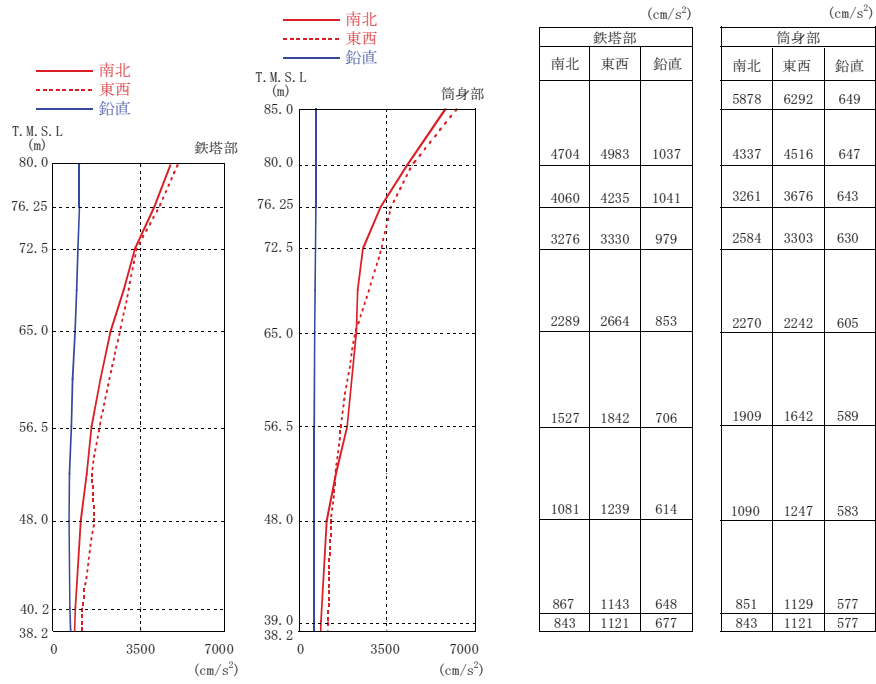
注：凡例の R1-RC とは、原子炉建屋の R1 通りと RC 通りの交点に位置する主柱材を示す。(他も同様)

第 6.4.1-7 図(3) 最大応答軸力 (Ss-1)

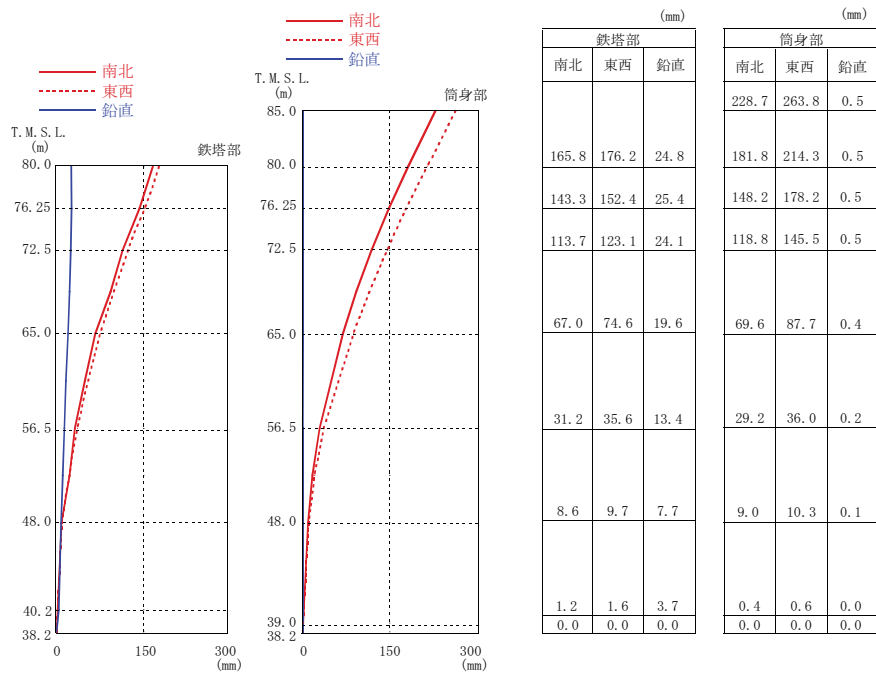


注：凡例の R1-RC とは、原子炉建屋の R1 通りと RC 通りの交点に位置する主柱材を示す。(他も同様)

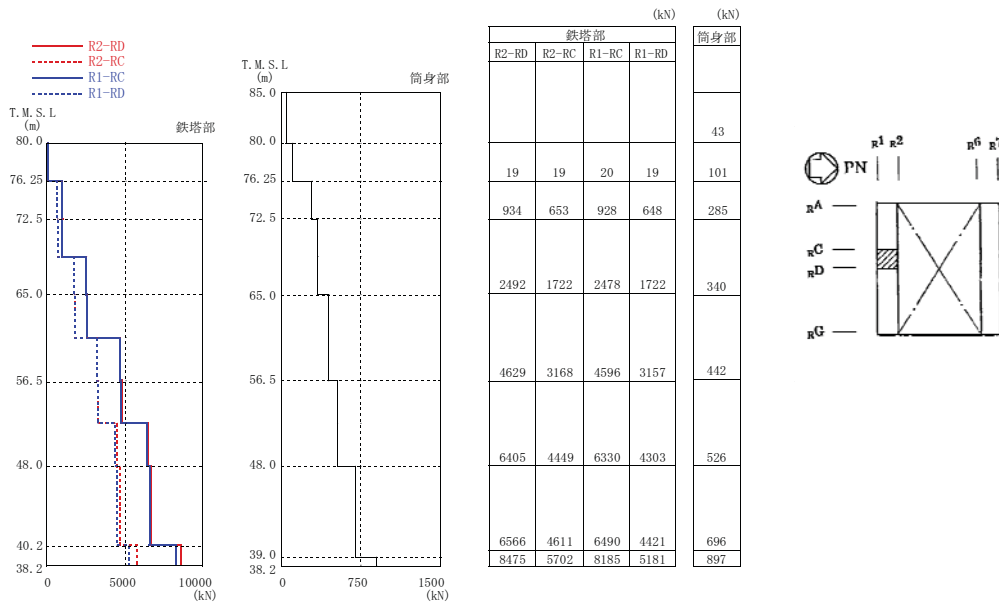
第 6.4.1-7 図(4) 最大応答曲げモーメント (Ss-1)



第 6.4.1-8 図(1) 最大応答加速度 (Ss-2)

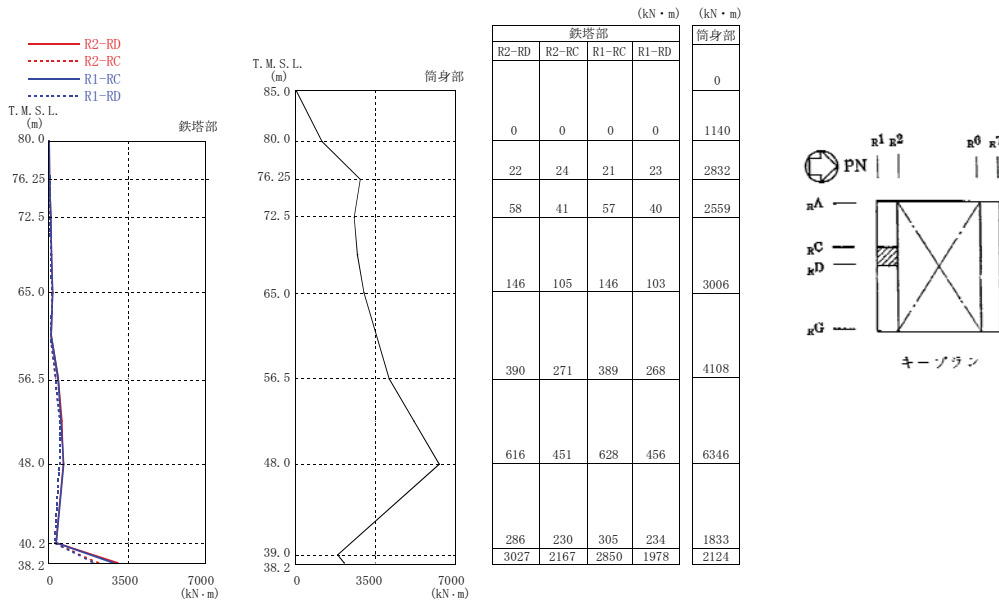


第 6.4.1-8 図(2) 最大応答変位 (Ss-2)



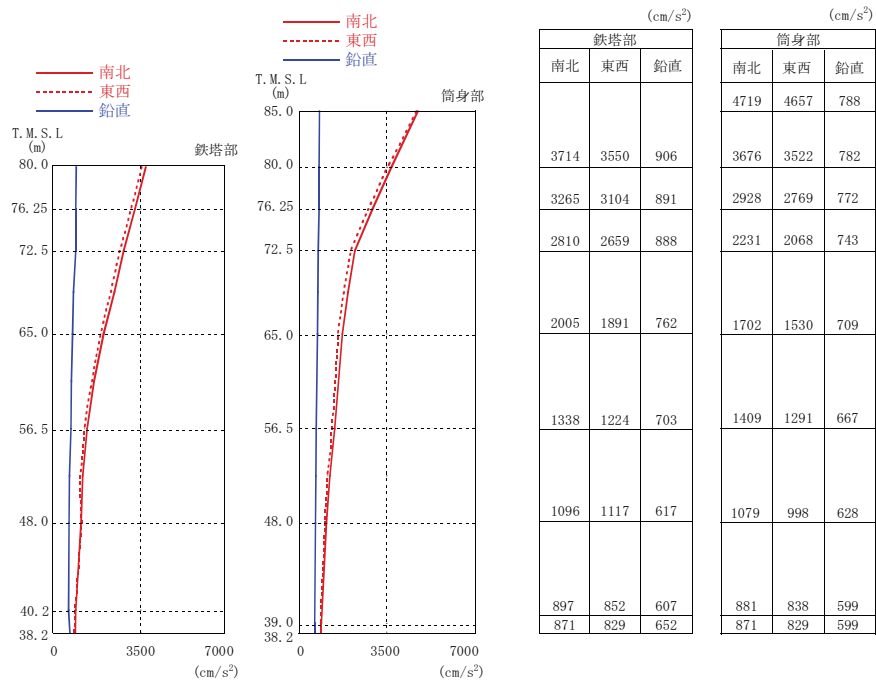
注：凡例の R1-RC とは、原子炉建屋の R1 通りと RC 通りの交点に位置する支柱材を示す。(他も同様)

第 6.4.1-8 図(3) 最大応答軸力 (Ss-2)

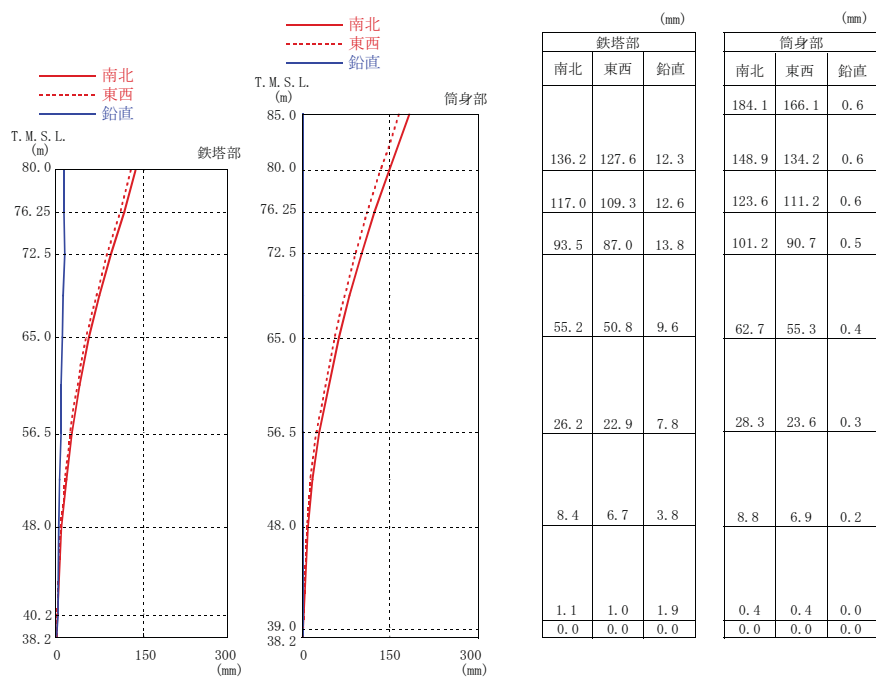


注：凡例の R1-RC とは、原子炉建屋の R1 通りと RC 通りの交点に位置する支柱材を示す。(他も同様)

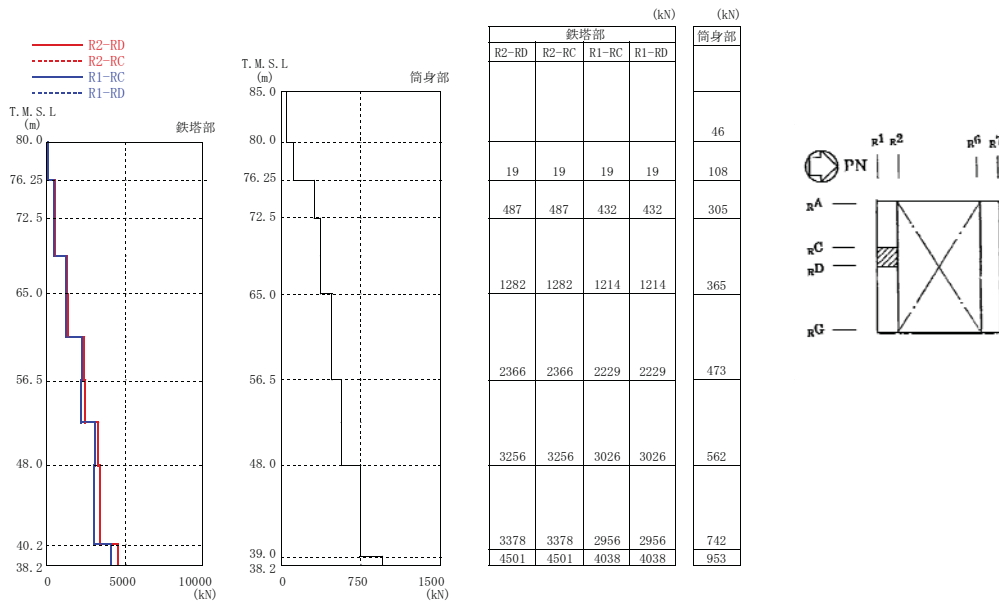
第 6.4.1-8 図(4) 最大応答曲げモーメント (Ss-2)



第 6.4.1-9 図(1) 最大応答加速度 (Ss-3)

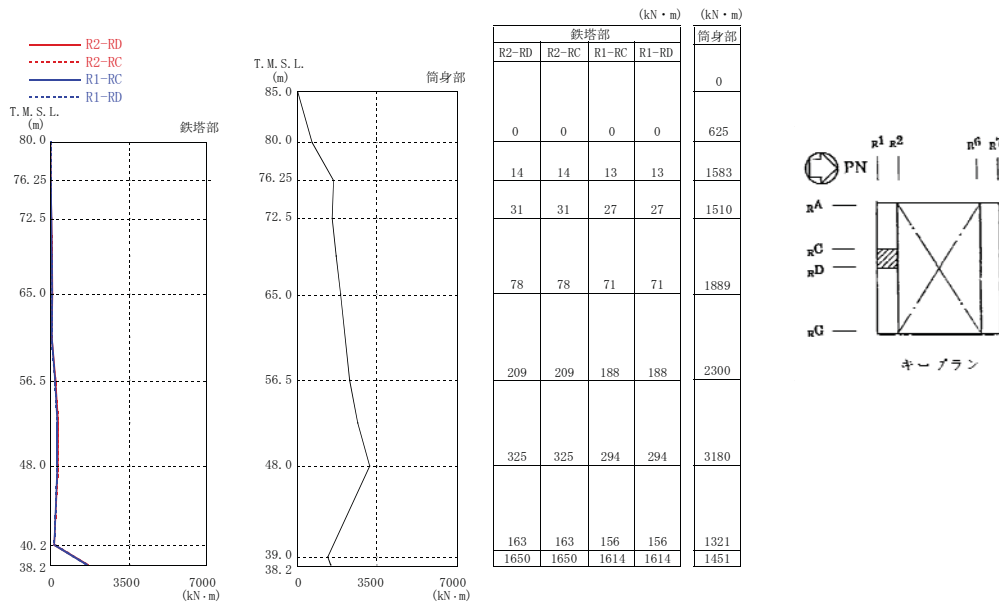


第 6.4.1-9 図(2) 最大応答変位 (Ss-3)



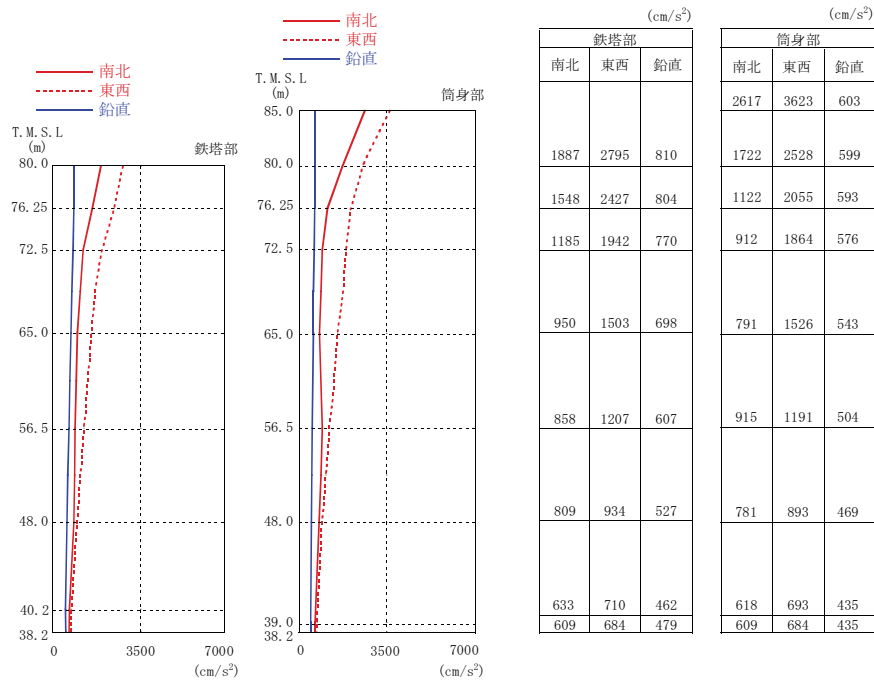
注：凡例の R1-RC とは、原子炉建屋の R1 通りと RC 通りの交点に位置する主柱材を示す。(他も同様)

第 6.4.1-9 図(3) 最大応答軸力 (Ss-3)

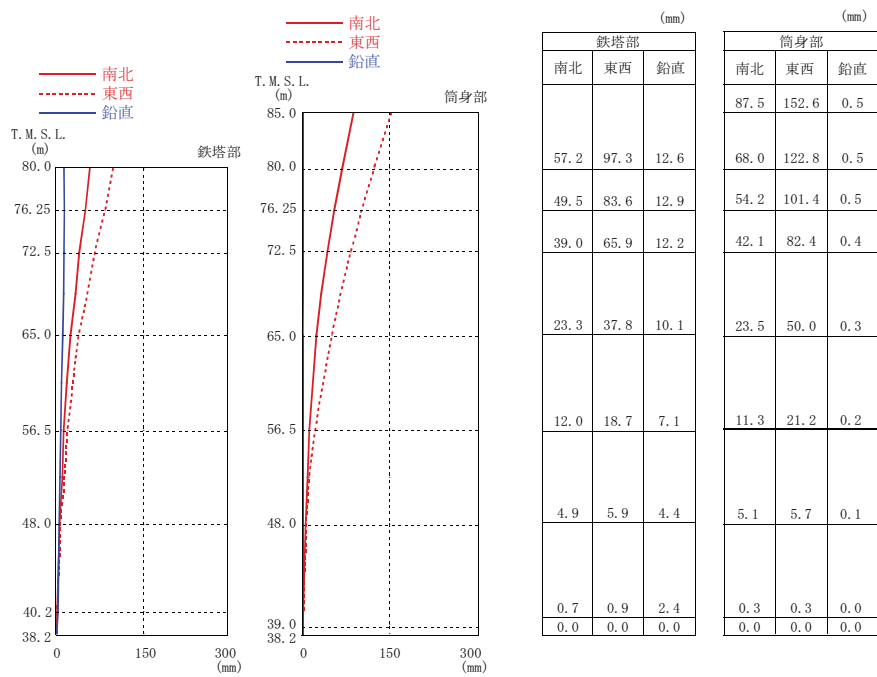


注：凡例の R1-RC とは、原子炉建屋の R1 通りと RC 通りの交点に位置する主柱材を示す。(他も同様)

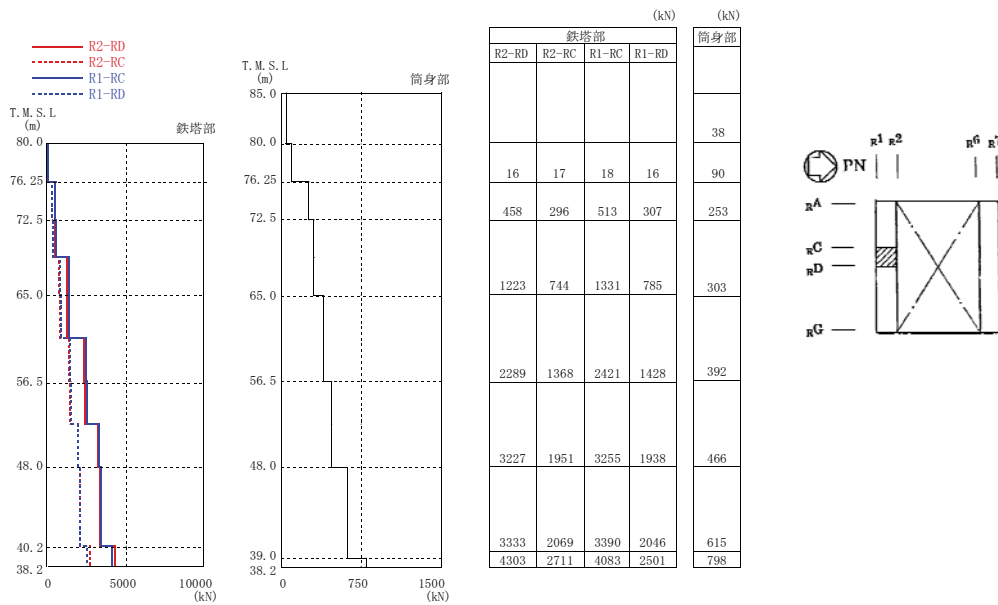
第 6.4.1-9 図(4) 最大応答曲げモーメント (Ss-3)



第 6.4.1-10 図(1) 最大応答加速度 (Ss-4)

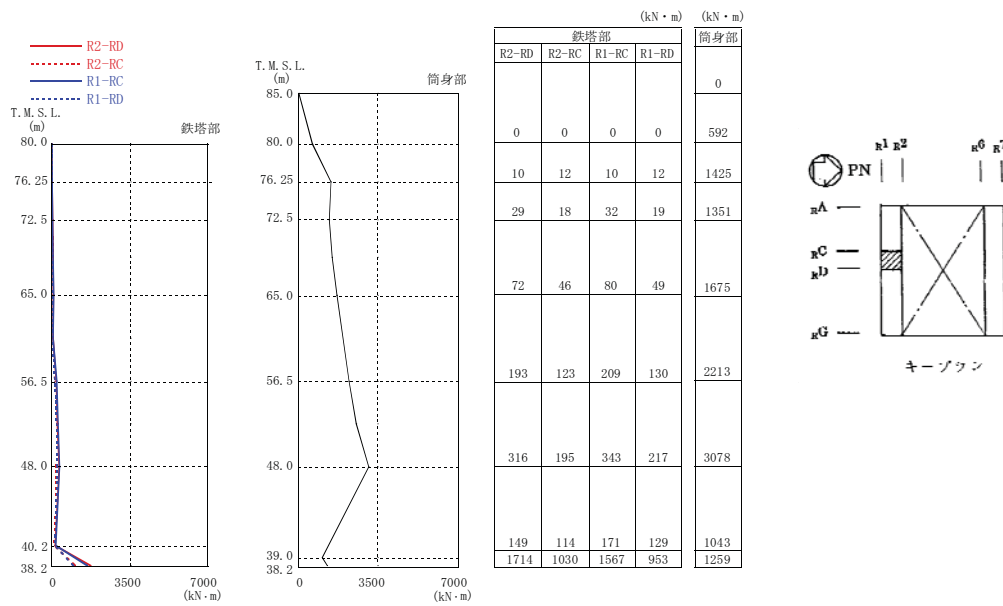


第 6.4.1-10 図(2) 最大応答変位 (Ss-4)



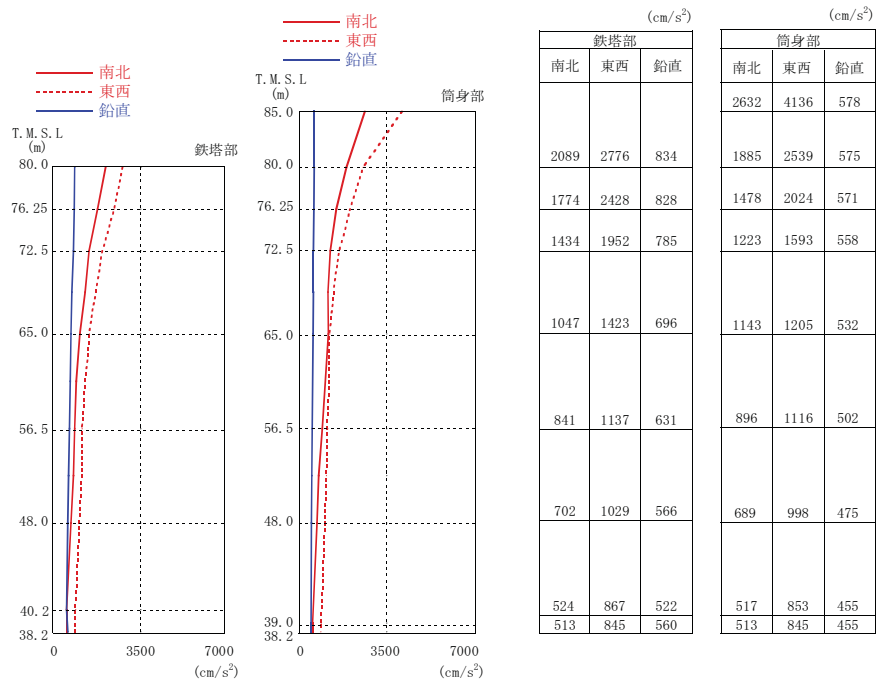
注：凡例の R1-RC とは、原子炉建屋の R1 通りと RC 通りの交点に位置する主柱材を示す。(他も同様)

第 6.4.1-10 図(3) 最大応答軸力 (Ss-4)

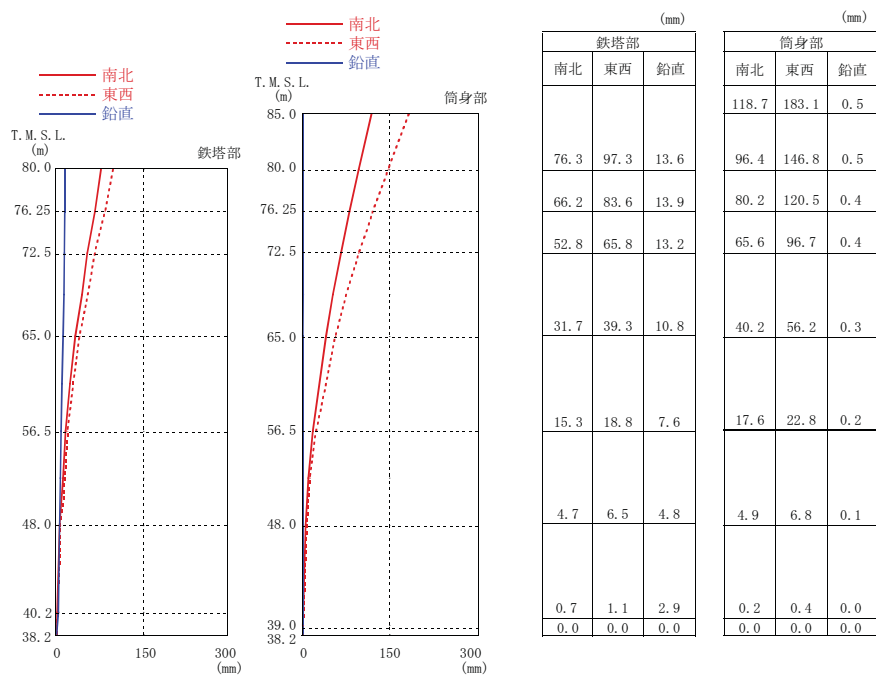


注：凡例の R1-RC とは、原子炉建屋の R1 通りと RC 通りの交点に位置する主柱材を示す。(他も同様)

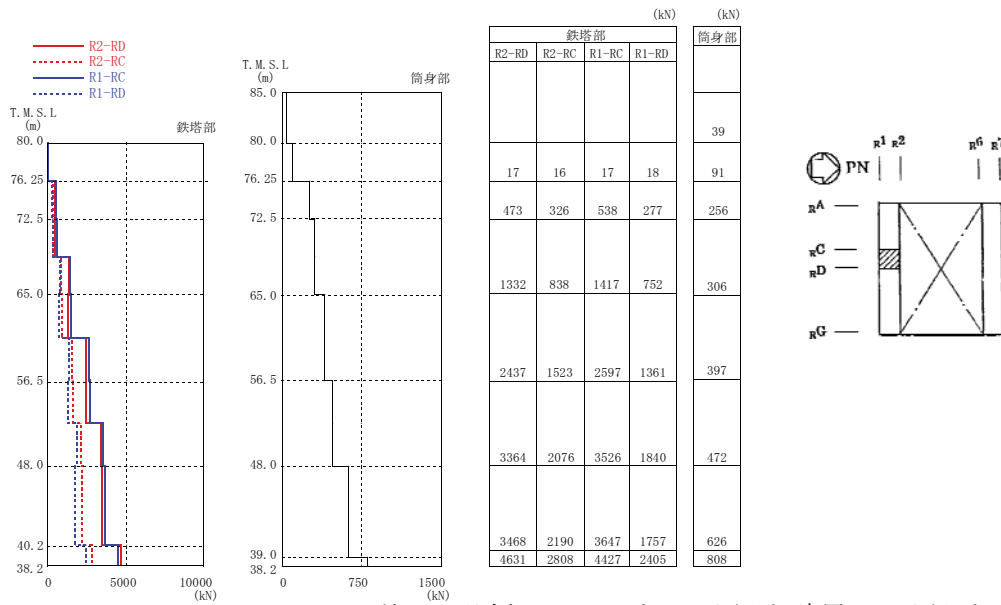
第 6.4.1-10 図(4) 最大応答曲げモーメント (Ss-4)



第 6.4.1-11 図(1) 最大応答加速度 (Ss-5)

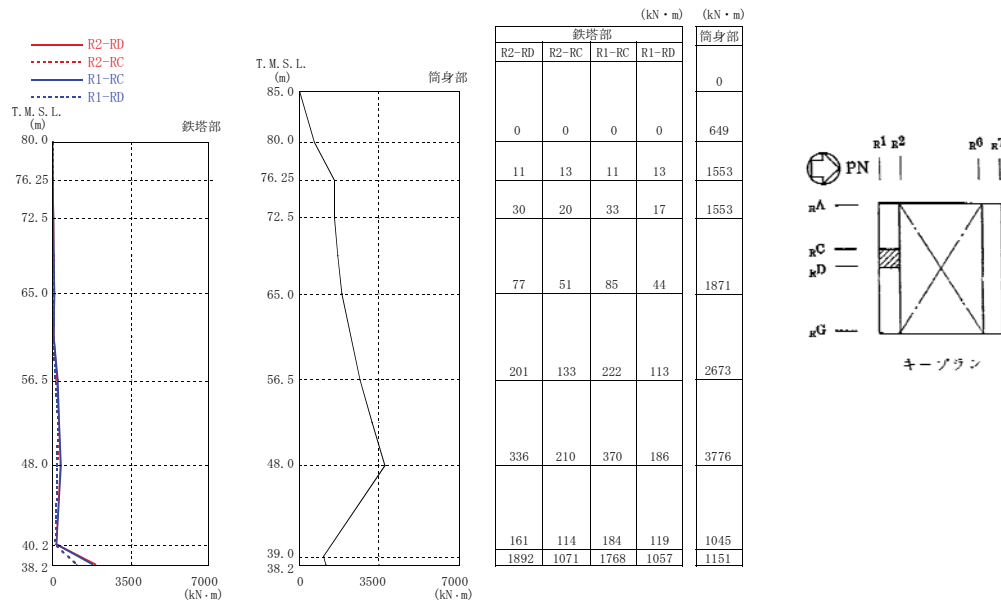


第 6.4.1-11 図(2) 最大応答変位 (Ss-5)



注：凡例の R1-RC とは、原子炉建屋の R1 通りと RC 通りの交点に位置する主柱材を示す。(他も同様)

第 6.4.1-11 図(3) 最大応答軸力 (Ss-5)



注：凡例の R1-RC とは、原子炉建屋の R1 通りと RC 通りの交点に位置する主柱材を示す。(他も同様)

第 6.4.1-11 図(4) 最大応答曲げモーメント (Ss-5)

6.4.2. 耐震安全性評価結果

6.4.2.1. 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。

鉄塔部の支柱材，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)

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

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)

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

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

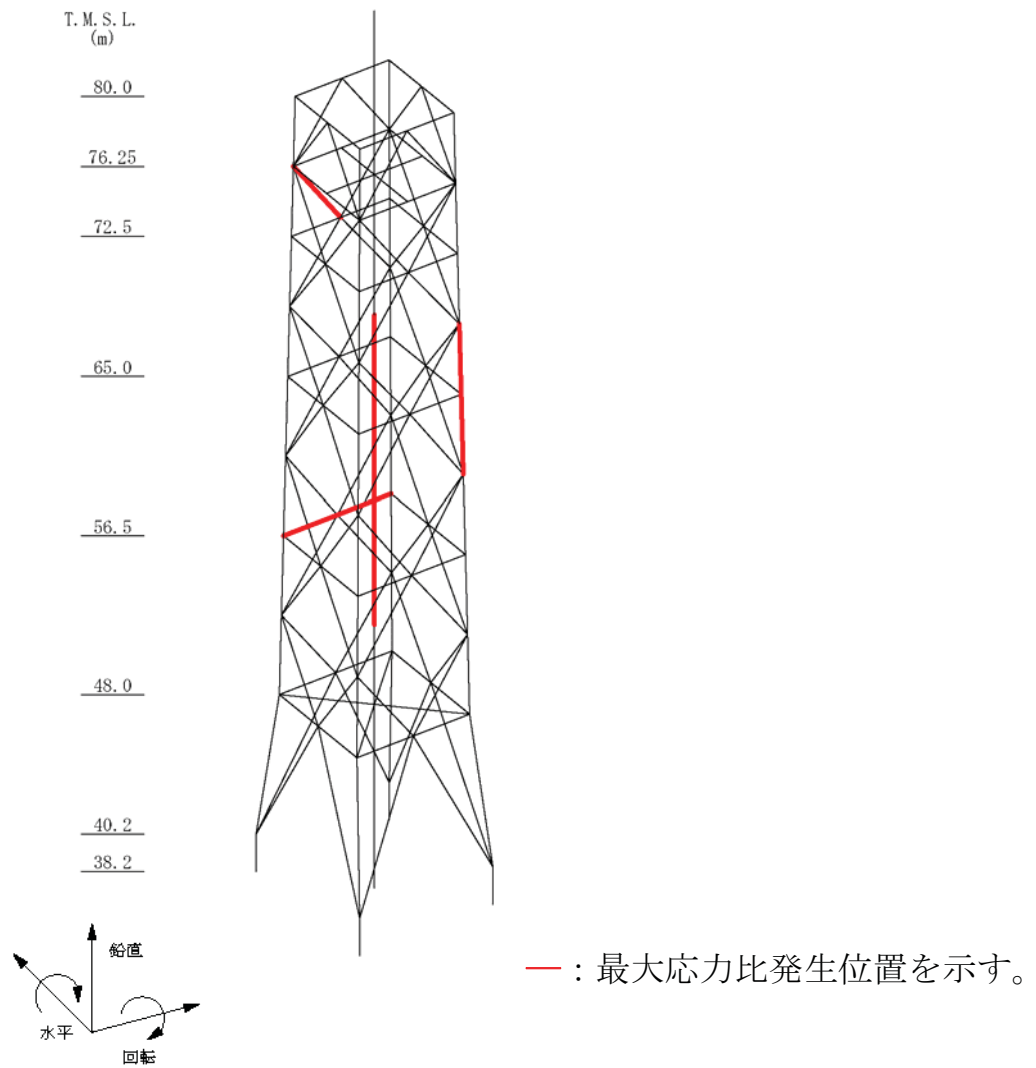
sf_t : 引張応力に対する許容値^{※1}

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、発生応力と評価基準値の比（発生応力／評価基準値）が最も大きい部材について、評価部位を第 6.4.2-1 図に、評価結果を第 6.4.2-1 表に示す。

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



第 6.4.2-1 図 評価部位

第 6.4.2-1 表 鉄塔部および筒身部における評価結果

箇所	部材	N	M	A	Z	σ_c	σ_b	fc	fb	$\frac{\sigma_c}{fc} + \frac{\sigma_b}{fb}$
		(kN)	(kN・m)	(cm ²)	(cm ³)	(N/mm ²)	(N/mm ²)	(N/mm ²)	(N/mm ²)	
鉄塔	主柱材	2546	146	124.1	1530	205.2	95.5	339	357	0.88
	斜材	644	-	29.94	-	215.1	-	255	-	0.85
	水平材	296	-	58.91	-	50.3	-	216	-	0.24
筒身	-	305	4196	454	27200	6.8	154.3	198	211	0.77

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)

fc : 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 -」および「煙突構造設計指針」に準拠)

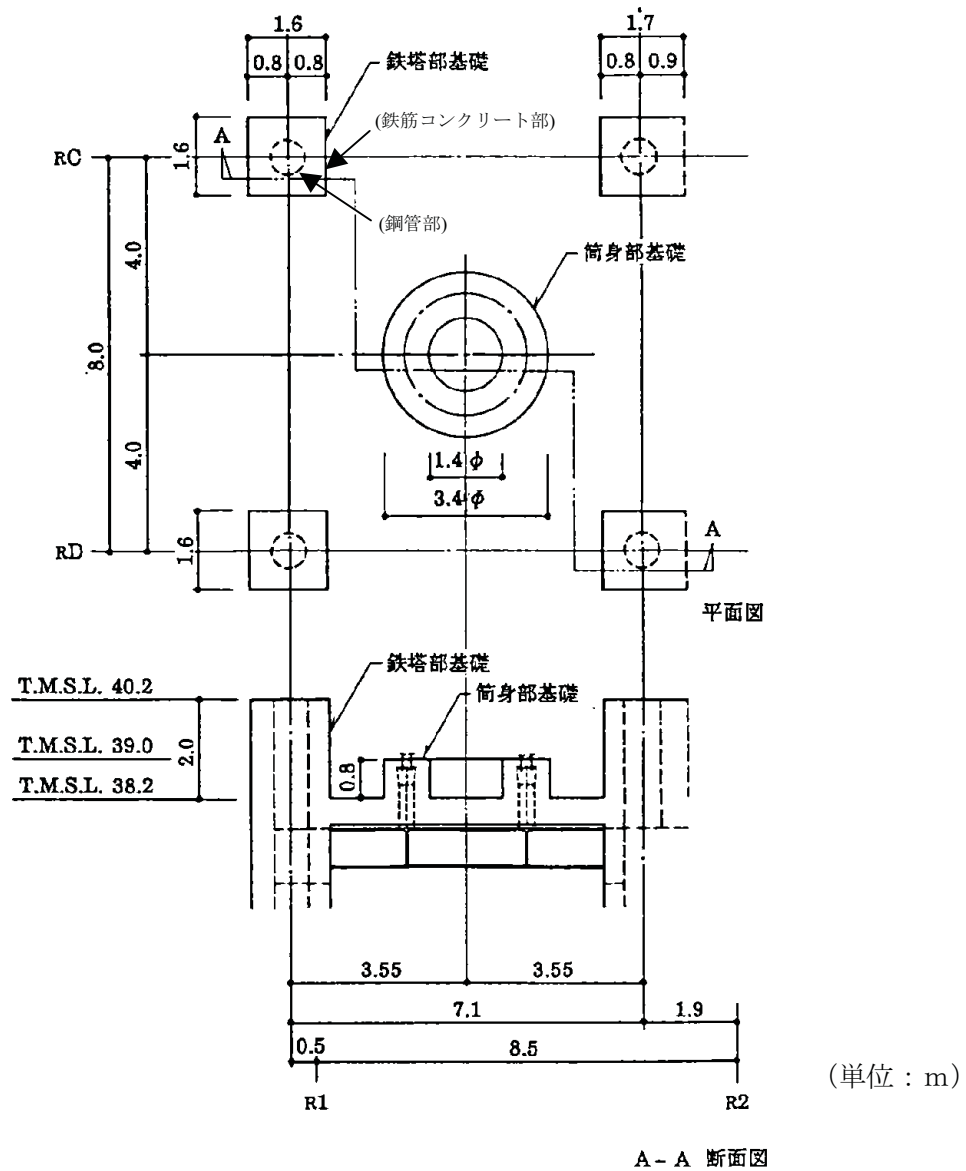
fb : 曲げ応力に対する許容値 (日本建築学会「鋼構造設計規準 - 許容応力度設計法 -」および「煙突構造設計指針」に準拠)

6.4.2.2. 基礎

排気筒の基礎の概要を第 6.4.2-2 図に示す。

鉄塔部および筒身部の基礎のボルト、鉄筋コンクリート部および鋼管について、各部位の評価結果を第 6.4.2-2 表に示す。

排気筒基礎について各部位の発生応力は、評価基準値以下であり、耐震安全性は確保されている。



第 6.4.2-2 図 排気筒の基礎の概要

第 6.4.2-2 表 基礎における評価結果

箇所	部材	発生応力 (N/mm ²)		評価基準値 (N/mm ²)		発生応力/ 評価基準値
鉄塔部 基礎	基礎 アンカーボルト	(引張)	161.3	236	*1	0.69
		(せん断)	31.6	136	*2	0.24
	基礎 コンクリート	(曲げ)	295.8	379	*3	0.79
		(せん断)	0.79	1.47	*4	0.54
	鋼管	(圧縮)	178.0	357	*5	0.50
筒身部 基礎	基礎 アンカーボルト	(引張)	43.6	258	*1	0.17

- 注記
- *1 : ボルトの引張応力に対する許容値を示す（日本建築学会「鋼構造設計規準 - 許容応力度設計法 - 」に準拠）。
 - *2 : ボルトのせん断応力に対する許容値を示す（日本建築学会「鋼構造設計規準 - 許容応力度設計法 - 」に準拠）。
 - *3 : 鉄筋の引張応力に対する許容値を示す（日本建築学会「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 - 許容応力度設計法 - 」に準拠）。
 - *4 : コンクリートのせん断応力に対する許容値（実強度）を示す（日本建築学会「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 - 許容応力度設計法 - 」に準拠）。
 - *5 : 鋼管の圧縮応力に対する許容値を示す（日本建築学会「鋼構造設計規準 - 許容応力度設計法 - 」に準拠）。

6.4.2.3. 非常用ガス処理系用排気筒

(a) 筒身部

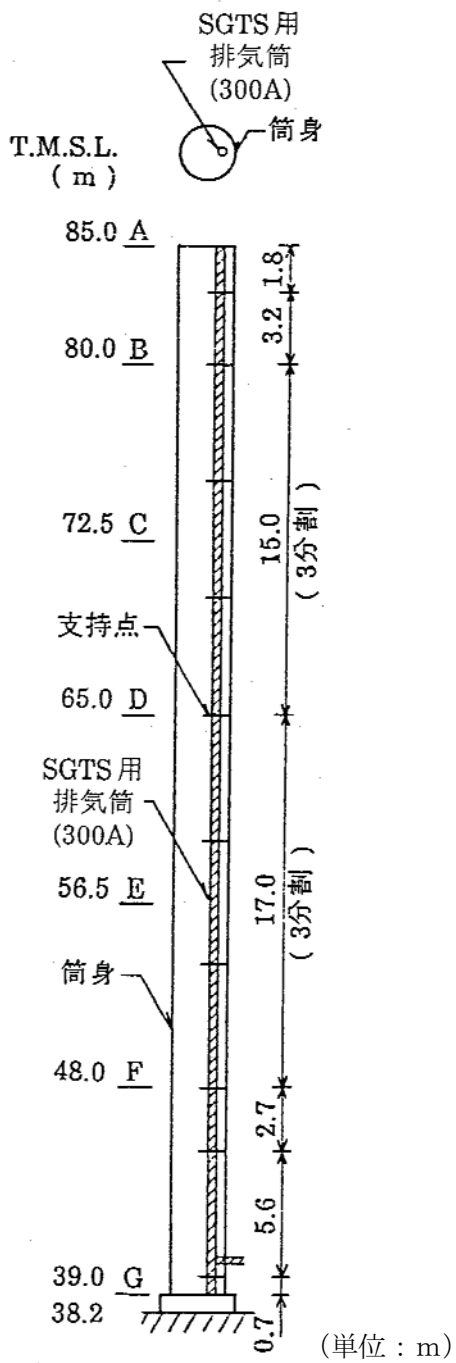
SGTS 用排気筒は筒身内部の第 6.4.2-3 図に示す位置で筒身に支持されている。SGTS 用排気筒の剛性は筒身の剛性に比べて小さいので、変形は筒身の変形に追従する。したがって、筒身の変位を SGTS 用排気筒に強制的に与えることにより応力を算出し、最大応力で耐震安全性の確認を行う。

第 6.4.2-3 表に筒身の変位を、第 6.4.2-3 図に排気筒筒身部および SGTS 用排気筒概要を、第 6.4.2-4 表および第 6.4.2-5 表に SGTS 用排気筒応力および評価結果を示す。

SGTS 用排気筒の発生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 6.4.2-3 表 筒身の変位

支持点	標高 T. M. S. L. (m)	最大応答変位 (mm)				
		Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5
A	85.0	256.4	263.8	184.1	152.6	183.1
B	80.0	207.3	214.3	148.9	122.8	146.8
制震装置支持部	76.25	171.7	178.2	123.6	101.4	120.5
C	72.5	140.2	145.5	101.2	82.4	96.7
D	65.0	84.5	87.7	62.7	50.0	56.2
E	56.5	35.9	36.0	28.3	21.2	22.8
F	48.0	11.8	10.3	8.8	5.7	6.8



第 6.4.2-4 表 SGTS 用排気筒応力表

部材間	鉛直荷重 N (kN)	曲げモーメント M (kN・m)
A-B	7.3	1.7
B-C	15.0	6.4
C-D	22.8	5.3
D-E	31.6	9.6
E-F	40.0	9.6
F-G	51.3	6.5

第 6.4.2-3 図
排気筒筒身部および
SGTS 用排気筒概要

第 6.4.2-5 表 SGTS 用排気筒筒身部における評価結果

部材間	部材長 (m)	A (cm ²)	Z (cm ³)	σ_c (N/mm ²)	σ_b (N/mm ²)	f_c (N/mm ²)	f_b (N/mm ²)	$\frac{\sigma_c}{f_c} + \frac{\sigma_b}{f_b}$
A-B	3.20	80.9	611	1.0	2.8	232	245	0.02
B-C	5.00			1.9	10.5	216		0.06
C-D	5.00			2.9	8.7	216		0.05
D-E	5.67			4.0	15.8	207		0.09
E-F	5.67			5.0	15.8	207		0.09
F-G	5.60			6.4	10.7	208		0.08

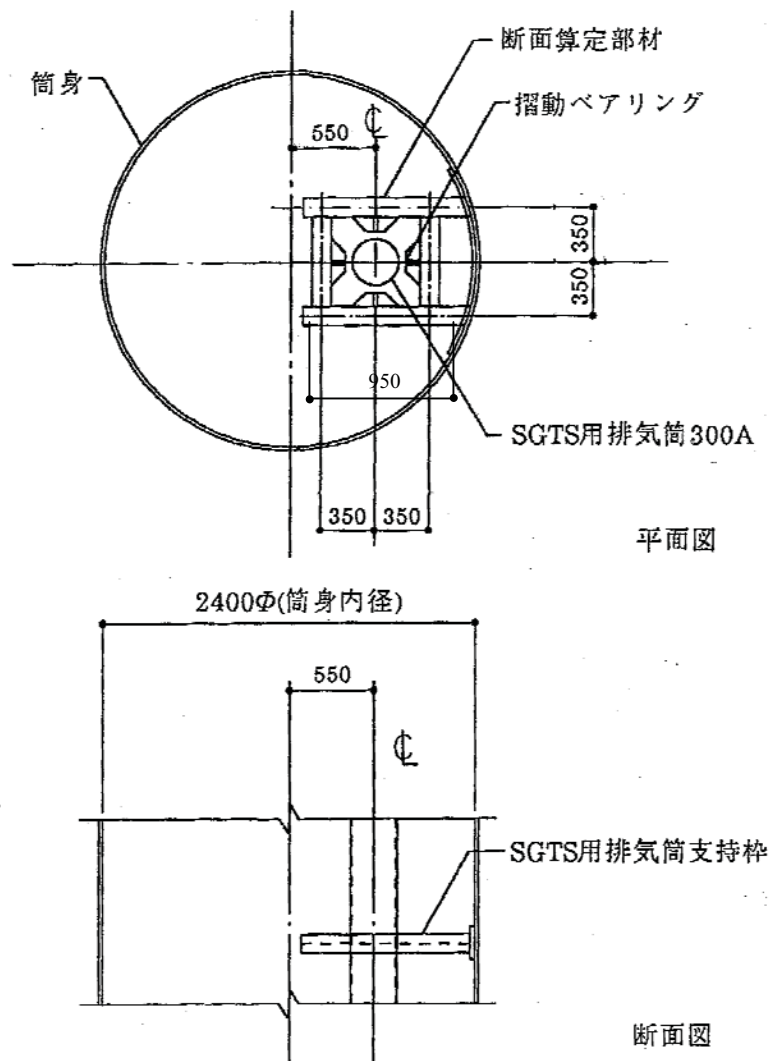
- 記号の説明
- A : 断面積
 - Z : 断面係数
 - σ_c : 圧縮応力 (N/A)
 - σ_b : 曲げ応力 (M/Z)
 - f_c : 圧縮応力に対する許容値 (日本建築学会「鋼構造設計規準 - 許容応力度設計法 -」に準拠)
 - f_b : 曲げ応力に対する許容値 (日本建築学会「鋼構造設計規準 - 許容応力度設計法 -」に準拠)

(b) 支持部

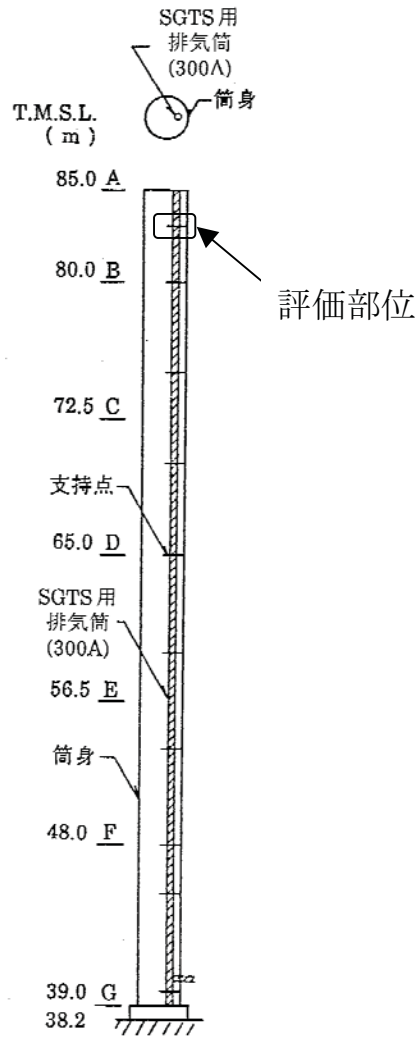
SGTS 用排気筒の支持部は第 6.4.2-4 図に示すとおり、筒身に SGTS 用排気筒を水平方向に支持する構造である。

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 6.4.2-5 図に示し、評価結果を第 6.4.2-6 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 6.4.2-4 図 支持部の概要 (単位 : mm)



第 6.4.2-5 図 応力が最大となる部材

第 6.4.2-6 表 SGTS 用排気筒支持部における評価結果

部材長 (m)	σ_c (N/mm ²)	σ_b (N/mm ²)	f_c (N/mm ²)	f_b (N/mm ²)	$\frac{\sigma_c}{f_c} + \frac{\sigma_b}{f_b}$
0.95	0.0	83.2	167	258	0.33

記号の説明

- σ_c : 圧縮応力 (N/A)
- σ_b : 曲げ応力 (M/Z)
- 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 -」に準拠)
- 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 -」に準拠)

6.4.2.4. 制震装置（オイルダンパー）

オイルダンパーの最大応答速度および最大応答変位をそれぞれ許容値と比較した結果を第 6.4.2-7 表に示す。応答速度および応答変位は、ともに許容値以下である。

第 6.4.2-7 表 オイルダンパーの評価結果

	最大応答値					許容値
	Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	
速度 (m/s)	1.88	1.71	1.37	0.99	1.02	2.60
変位 (mm)	122	131	88	79	94	175

6.5. 原子炉格納容器の耐震安全性評価

6.5.1. 原子炉格納容器の構造概要

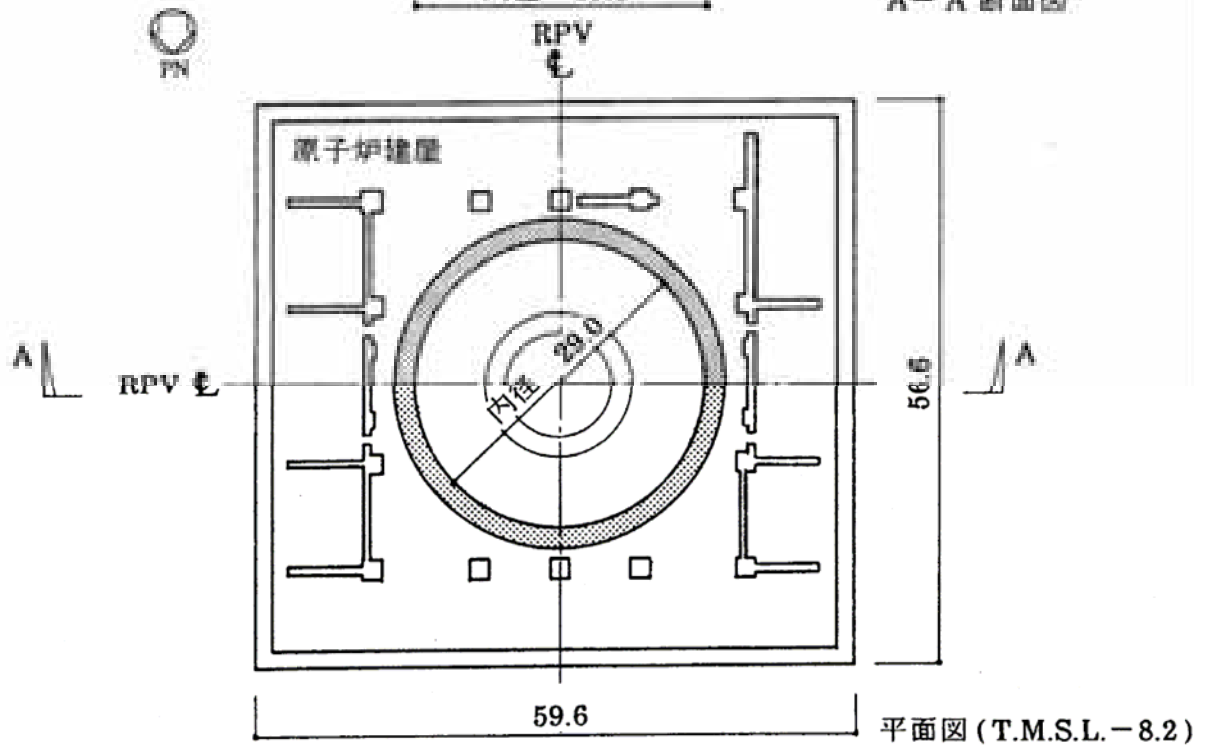
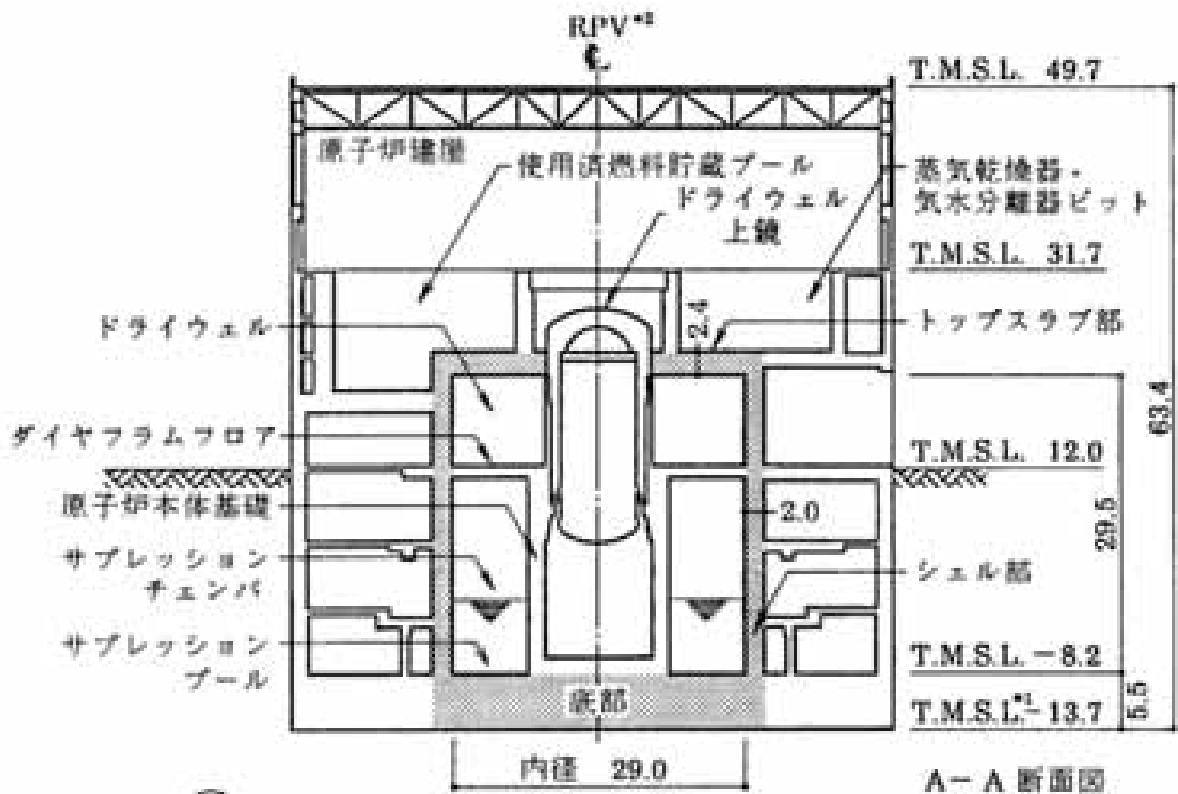
原子炉格納容器は、コンクリート部が耐圧、耐震およびしゃへいの機能を有し、コンクリート部に内張りした鋼板であるライナプレートが漏えい防止の機能を有する鉄筋コンクリート製原子炉格納容器（以下、「RCCV」という。）である。

コンクリート部は、シェル部、トップスラブ部および底部から構成され、シェル部は、原子炉建屋の床と接合されている。また、トップスラブ部の一部は、使用済燃料貯蔵プール、蒸気乾燥器・気水分離器ピット等を兼ねる構造となっている。底部は、RCCV およびこれを取り囲む原子炉建屋の共通の基礎となっている鉄筋コンクリート造の基礎スラブであり、平面の形状は、NS 方向 56.6m、EW 方向 59.6m の矩形である。

RCCV の内径は 29.0m、底部上端からトップスラブ部下端までの高さは 29.5m、ドライウエル上鏡を含めた全体高さは約 36m である。また、シェル部の厚さは 2.0m、トップスラブ部の厚さは 2.2m（一部 2.4m）、底部の厚さは 5.5m である。RCCV の概要を第 6.5.1-1 図に示す。


RCCV の内部は、ダイヤフラムフロアおよび原子炉本体基礎によりドライウエルとサブプレッションチェンバに区分されている。

基礎スラブは、RCCV の底部となっている部分（以下、「RCCV 底部」という。）とそれ以外の部分より構成され、特に RCCV 底部は、圧力バウンダリを構成するように設計されている。また、その上面には、漏えい防止の機能を有するライナプレートが設けられている。



注記 *1: 東京湾平均海面 (以下, 「T.M.S.L.」と略す。)

*2: 原子炉圧力容器 (以下, 「RPV」と略す。)

注:  部分は, 原子炉格納容器を示す。

(単位: m)

第 6.5.1-1 図 RCCV の概要

6.5.2. RCCVの耐震安全性評価

6.5.2.1. 検討概要

RCCV の構造の検討は、社団法人日本機械学会「発電用原子力設備規格 コンクリート製原子炉格納容器規格 JSME S NE1-2003」（以下、「CCV 規格」という。）の規定に従って行う。

原設計時からの変更がない死荷重および活荷重、運転時荷重、異常時荷重に、今回新たに算定する地震荷重を組み合わせた荷重時に対して、基準地震動 S_s による地震荷重については鉄筋コンクリート部材の塑性化を考慮した弾塑性解析を行い、また、弾性設計用地震動 S_d による地震荷重については部材の弾性剛性に立脚した弾性解析を行い、各荷重時の発生応力を算定する。

基準地震動 S_s および弾性設計用地震動 S_d による地震荷重については、第 6.5.2-1 表に示す組合せを考慮する。水平地震動と鉛直地震動の荷重の組合せは、組合せ係数法（組合せ係数 0.4）により評価する。

第 6.5.2-1 表 地震時荷重の組合せ

荷重状態	荷重時名称	荷重の組合せ
Ⅲ	地震時(1)	$DL_1+P_1+T_{11}+H_1+K_1+R_{41}$
	地震時(2)	$DL_2+T_{12}+K_1+R_{41}$
	(異常+地震)時	$DL_1+P_{25}+T_{25}+K_1+R_{41}$
Ⅳ	地震時(3)	$DL_1+P_1+H_1+K_2+R_{42}$
	地震時(4)	$DL_2+K_2+R_{42}$

ここに、
 DL_1 : 死荷重および活荷重 (運転時)
 DL_2 : 死荷重および活荷重 (燃料交換時)
 P_1 : 運転時圧力
 P_{25} : 異常時圧力 (720 時間後)
 T_{11} : 運転時温度荷重
 T_{12} : 燃料交換時温度荷重
 T_{25} : 異常時温度荷重 (720 時間後)
 H_1 : 逃がし安全弁作動時荷重
 K_1 : Sd 地震荷重
 K_2 : Ss 地震荷重
 R_{41} : Sd 地震時配管荷重
 R_{42} : Ss 地震時配管荷重

構造の検討は、シェル部およびトップスラブ部について行うこととし、各々の部分において設定した設計配筋に対し、各荷重状態において生ずる部材の応力およびひずみが、CCV 規格に示される各荷重状態の評価基準値以内であることを確認する。

6.5.2.2. 応力解析

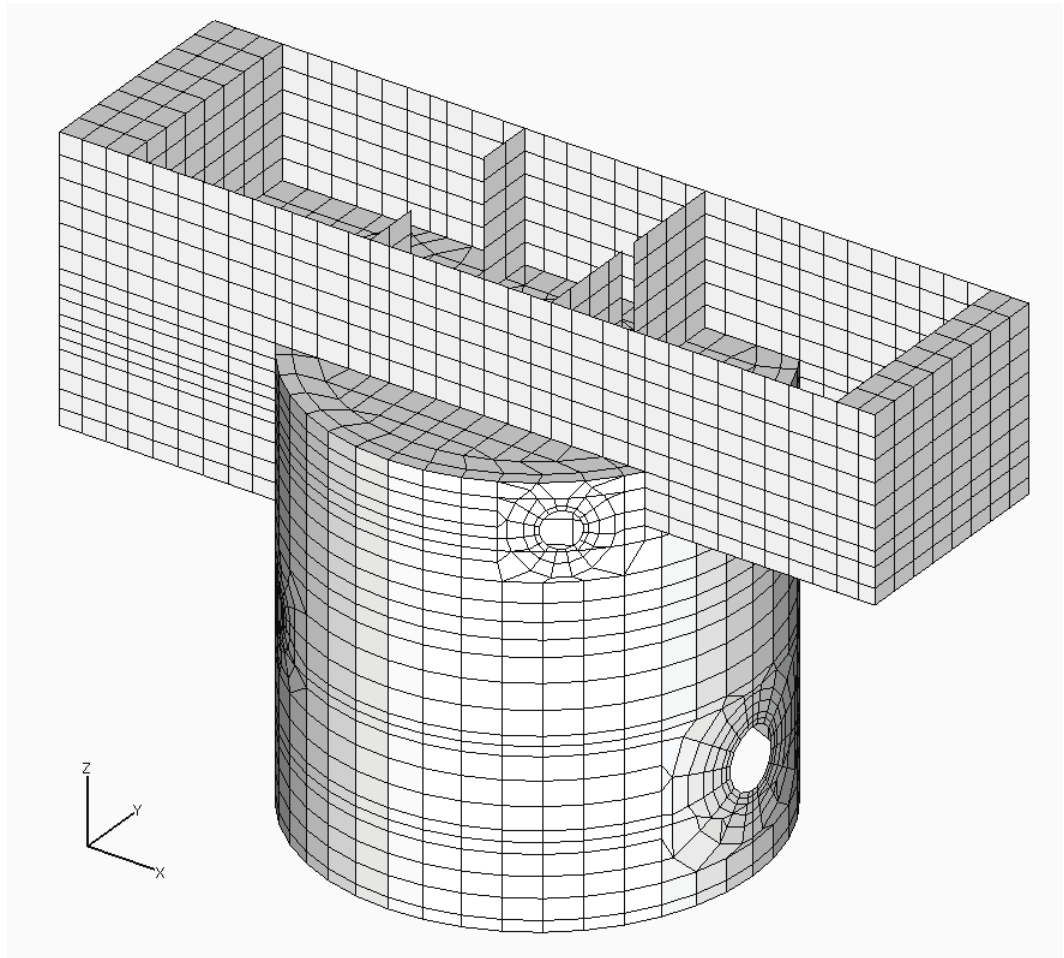
(a) 弾塑性解析

基準地震動 S_s により求まる地震荷重に対しては、弾塑性解析により RCCV の応力を評価する。弾塑性解析は、シェル部およびトップスラブ部を積層シェル要素の集合体としてモデル化し、有限要素法により行う。使用する要素は四辺形および三角形で、この要素は鉄筋層をモデル化した異方性材料による積層シェル要素である。各要素には、板の曲げと膜応力を同時に考えるが、板の曲げには面外せん断変形の影響も考慮する。使用計算機コードは「ABAQUS」である。

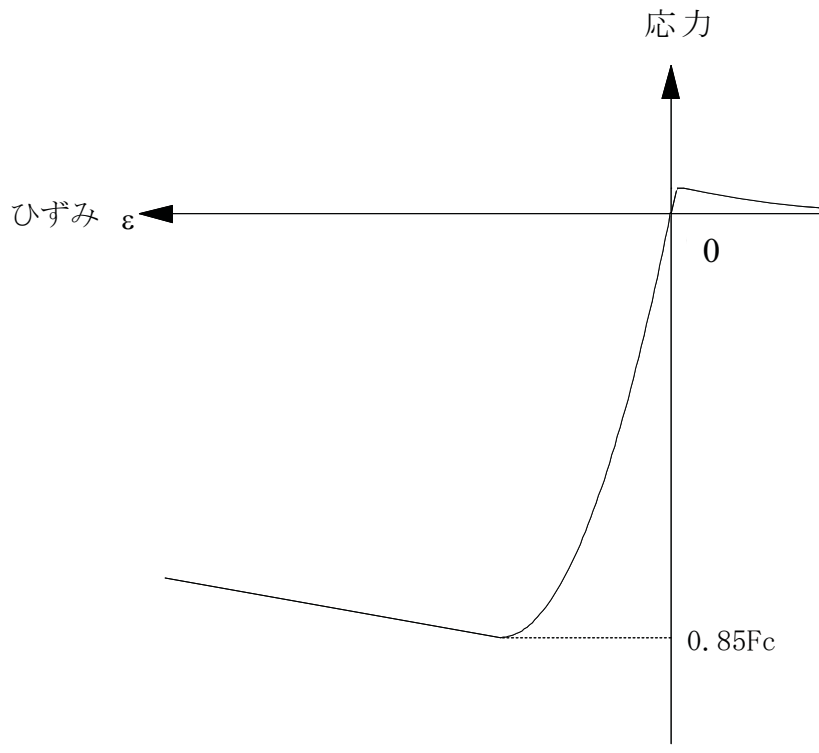
解析モデル概要図を第 6.5.2-1 図に、コンクリートと鉄筋の構成則を第 6.5.2-2 図に、解析モデルの境界条件を第 6.5.2-3 図に、トップスラブ部およびシェル部の応力成分を第 6.5.2-4 図に示す。

解析モデルは、RCCV に対する拘束効果および RCCV との荷重のやりとりを考慮するため、使用済燃料貯蔵プール、蒸気乾燥器・気水分離器ピットおよびダイヤフラムフロアも含めて有限要素でモデル化し、床スラブは等価な線材に置換してモデル化する。また、シェル部では大開口および中開口をモデル化する。

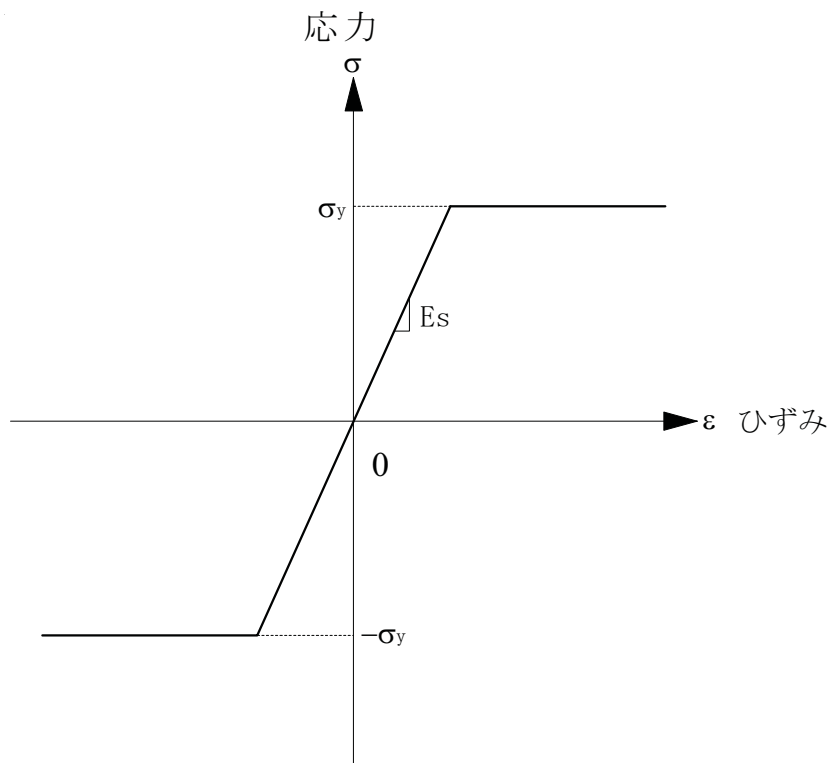
解析モデルは、コンクリートのひび割れ発生による円筒壁全体の中立軸位置の移動を考慮するために、全体モデルとした。シェル部は基礎スラブの上端で固定とする。



第 6.5.2-1 図 解析モデル概要図（弾塑性解析）

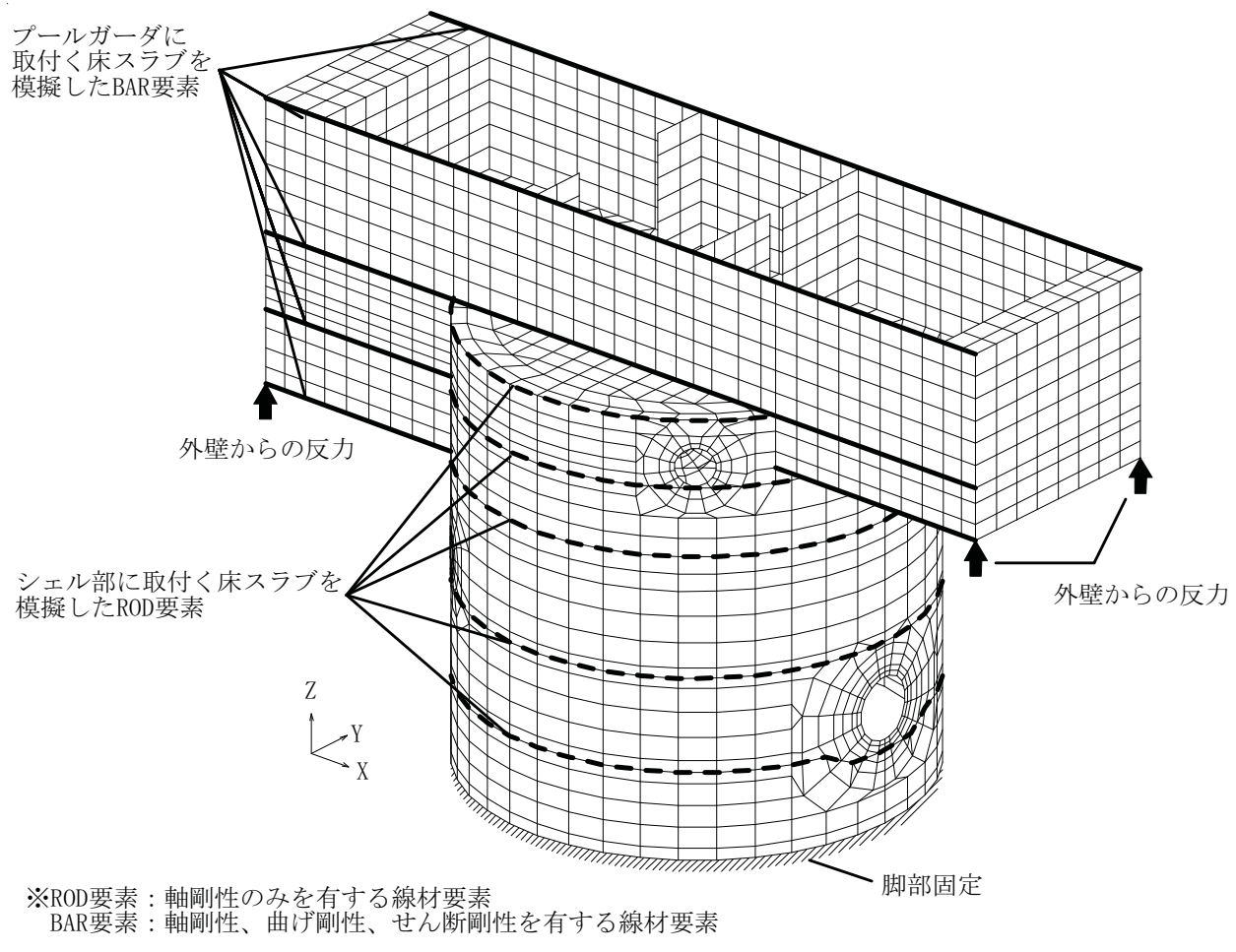


(a) コンクリートの応力-ひずみ関係

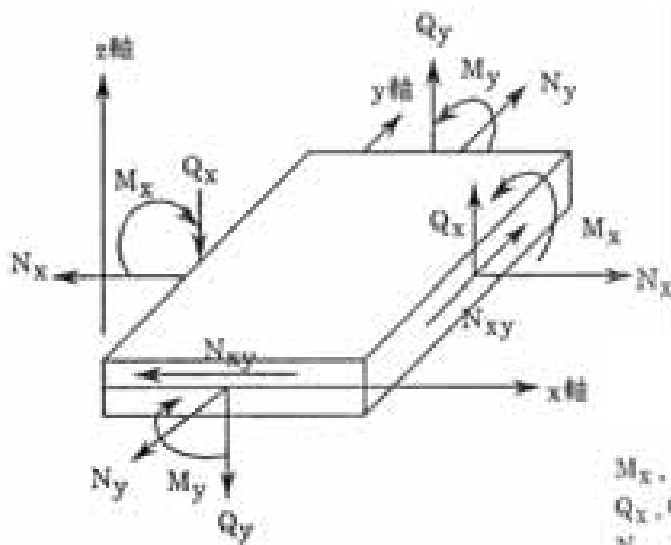


(b) 鉄筋の応力-ひずみ関係

第 6.5.2-2 図 コンクリートと鉄筋の構成則



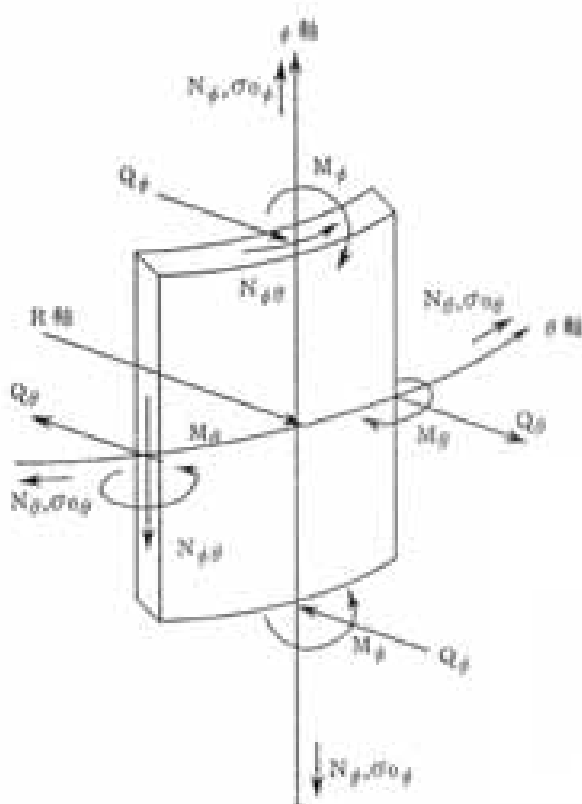
第 6.5.2-3 図 解析モデルの境界条件



- M_x, M_y : 曲げモーメント $\text{kN}\cdot\text{m}/\text{m}$
- Q_x, Q_y : 面外せん断応力 kN/m
- N_x, N_y : 軸力 kN/m
- N_{xy} : 面内せん断応力 kN/m

応力の符号(矢印の方向を正とする。)

(a) トップスラブ部



- M_θ, M_r : 曲げモーメント $\text{kN}\cdot\text{m}/\text{m}$
- Q_θ, Q_r : 面外せん断応力 kN/m
- N_θ, N_r : 膜力 kN/m
- $N_{\theta\theta}$: 面内せん断応力 kN/m

応力の符号(矢印の方向を正とする。)

(b) シェル部

第 6.5.2-4 図 トップスラブ部およびシェル部の応力成分

(b) 弾性解析

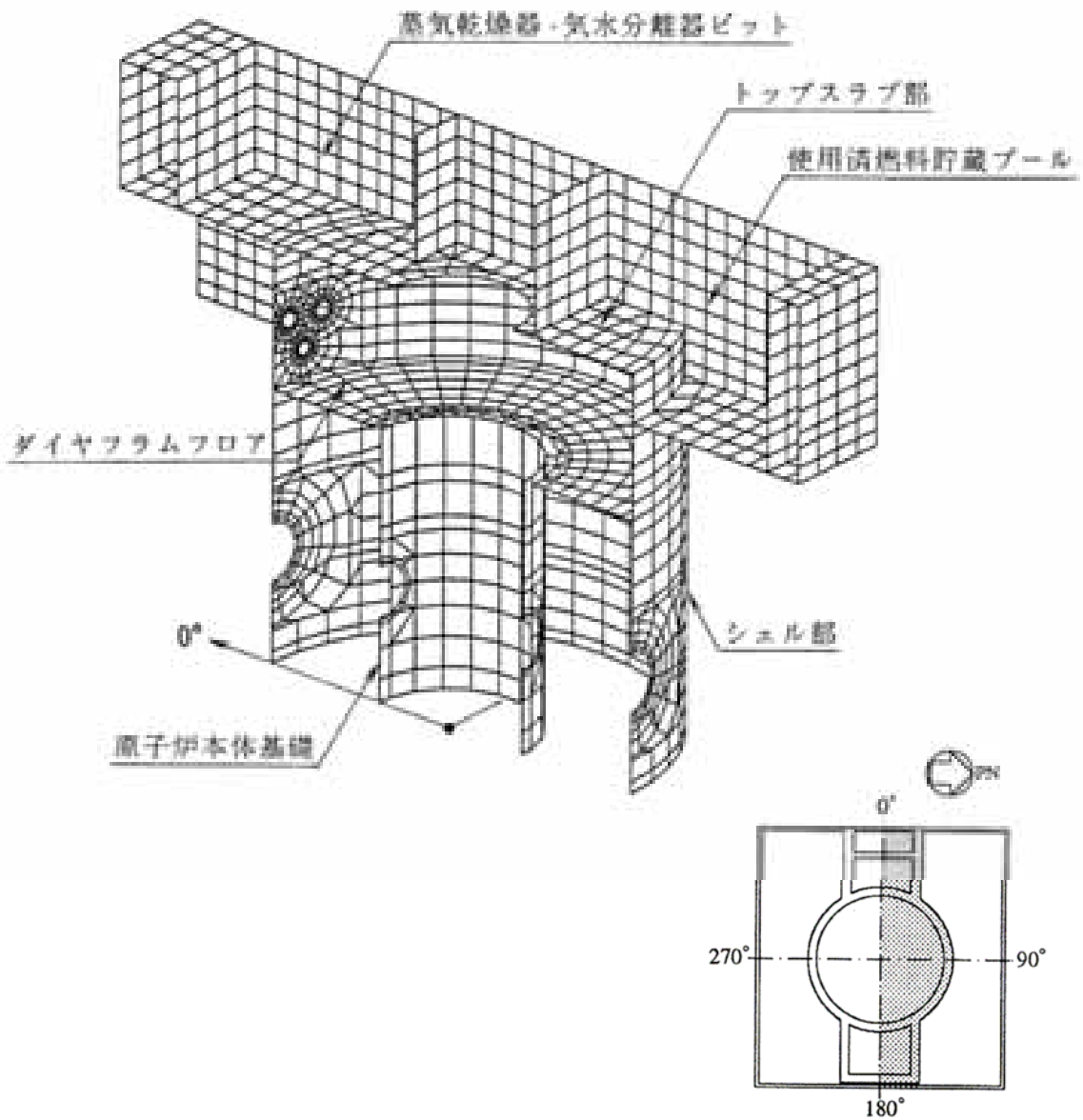
弾性設計用地震動 S_d により求まる地震荷重に対しては、原設計時と同様に、弾性解析により RCCV の応力を評価する。弾性解析は、シェル部およびトップスラブ部を板要素の集合体としてモデル化し、有限要素法により行う。使用する要素は四辺形および三角形で、この要素は均質等方性材料による板要素である。各要素には、板の曲げと膜応力を同時に考えるが、板の曲げには面外せん断変形の影響も考慮する。使用計算機コードは「NASTRAN」である。

RCCV は構造的にはほぼ対称であるので、東西軸に対して北半分をモデル化し、南半分を対象条件として解析する以外は、弾塑性解析で用いている全体モデルと同じ要素分割およびモデル化の考え方を採用している。

解析モデル概要図を第 6.5.2-5 図に示す。

解析に用いる材料の物性値は、次のとおりとする。

- ・コンクリートのヤング係数 …………… $E = 31.3 \text{ kN/mm}^2$
- ・コンクリートのポアソン比 …………… $\nu = 0.2$
- ・コンクリートの線膨張係数 …………… $\alpha = 1.0 \times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$



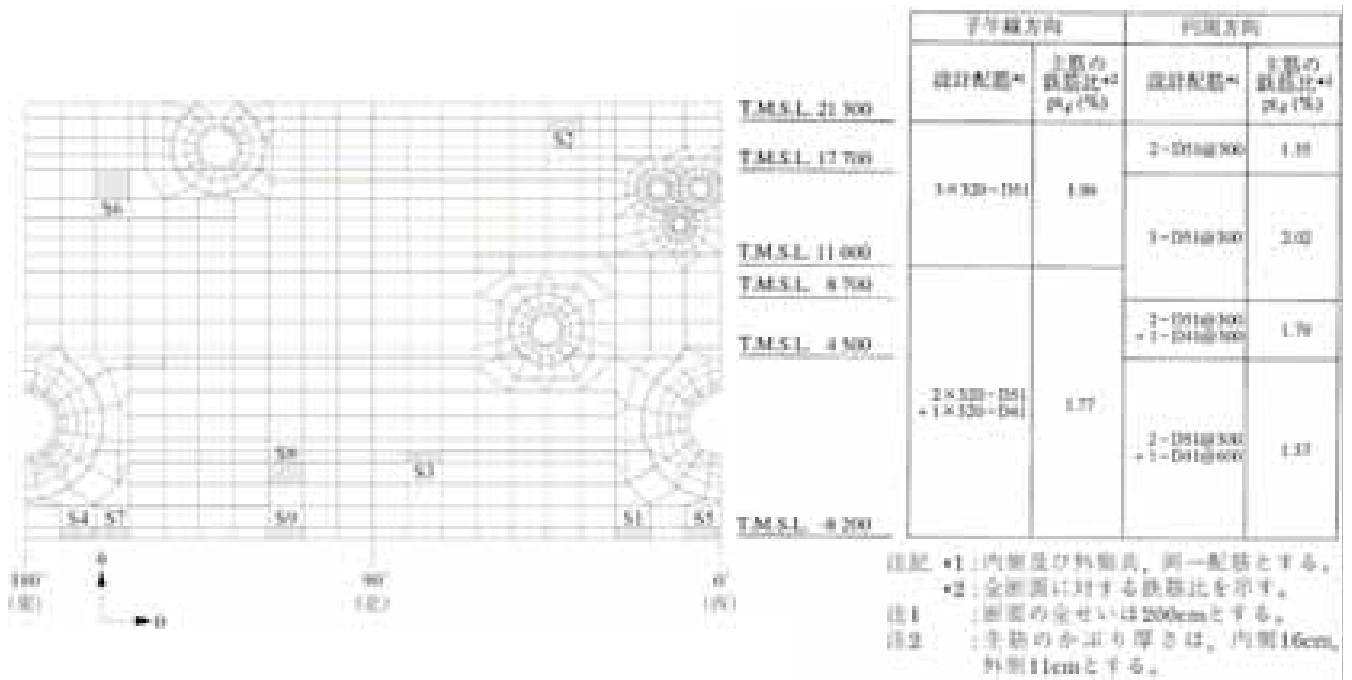
第 6.5.2-5 図 解析モデル概要図（弾性解析）

6.5.2.3. 評価基準

(a) シェル部

設計配筋等より定まる断面諸元に基づいてシェル部の構造検討を行い，耐震安全性について評価する。評価は，応力解析の結果より求まる発生応力およびひずみに対して，評価基準値を超えないことを確認する（日本機械学会「CCV 規格」に準拠）。

検討箇所および検討用断面諸元を第 6.5.2-6 図に示す。

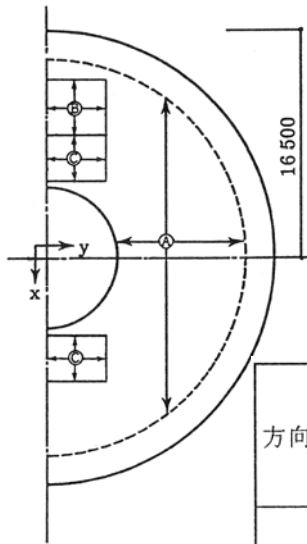


第 6.5.2-6 図 シェル部の検討箇所および検討用断面諸元

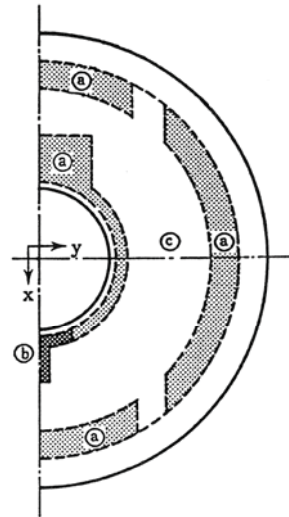
(b) トップスラブ部

設計配筋等より定まる断面諸元に基づいてトップスラブ部の構造検討を行い，耐震安全性について評価する。評価は，応力解析の結果より求まる発生応力およびひずみに対して，評価基準値を超えないことを確認する（日本機械学会「CCV規格」に準拠）。

検討箇所および検討用断面諸元を第 6.5.2-7 図に示す。

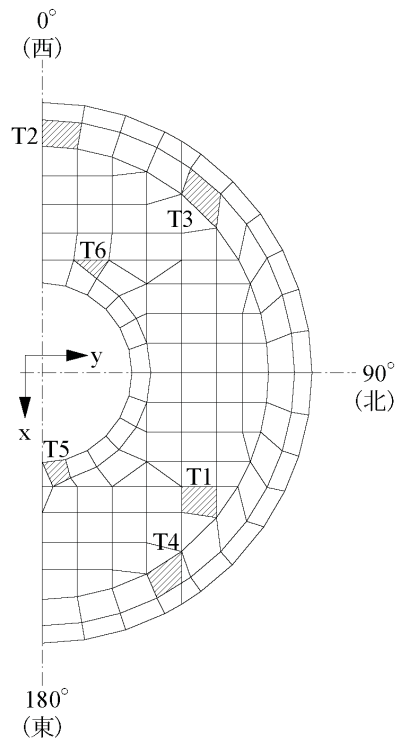


方向	区分	設計配筋*	片側の主筋の断面積 at (cm ² /m)
x	Ⓐ	3-D41@300	134.0
	Ⓑ		
	Ⓒ		
y	Ⓐ	3-D41@300	134.0
	Ⓑ	1-D41@150 +2-D41@300	178.6
	Ⓒ	2-D41@150 +1-D41@300	223.3



区分	面外せん断補強筋設計配筋	補強筋の鉄筋比 pw (%)
Ⓐ	D19@300×@300	0.31
Ⓑ	D19@150×@150	1.27
Ⓒ	—	—

- 注記 * : 上ば筋及び下ば筋共, 同一配筋とする。
- 注1 : 断面の全せいは220cmとする。
- 注2 : 区分Ⓑ及びⒸにおけるy方向については, 鉄筋の定着長さを差し引いた領域を示す。
- 注3 : 主筋のかぶり厚さは, 上ば筋9cm, 下ば筋17cmとする。



第 6.5.2-7 図 トップスラブ部の検討箇所および検討用断面諸元

6.5.2.4. 耐震安全性評価結果

(a) シェル部

基準地震動 S_s による地震荷重時に対する評価結果として、膜力と曲げ応力によって生ずる鉄筋のひずみの検討結果を第 6.5.2-2 表に、膜力によるコンクリートの圧縮応力の検討結果を第 6.5.2-3 表に、面内せん断応力の検討結果を第 6.5.2-4 表に、面外せん断応力の検討結果を第 6.5.2-5 表に示す。

弾性設計用地震動 S_d による地震荷重時に対する評価結果として、膜力と曲げ応力によって生ずるコンクリートおよび鉄筋の応力の検討結果を第 6.5.2-6 表に、面内せん断応力の検討結果を第 6.5.2-7 表に、面外せん断応力の検討結果を第 6.5.2-8 表に示す。

シェル部についての発生応力およびひずみは、評価基準値以内であり、耐震安全性は確保されている。

第 6.5.2-2 表～第 6.5.2-8 表に用いる記号の説明

N : 膜力

$N_{\phi\theta}$: 面内せん断力

Q : 面外せん断力

b, D : 断面の幅および全せい

${}_c\sigma_c$: コンクリートの圧縮応力

${}_s\sigma_c, {}_s\sigma_t$: 鉄筋の圧縮応力および引張応力

${}_c\varepsilon_c$: コンクリートの圧縮ひずみ

${}_s\varepsilon_c, {}_s\varepsilon_t$: 鉄筋の圧縮ひずみおよび引張ひずみ

(引張側を正として表記)

第 6.5.2-2 表(1) 膜力と曲げ応力によるコンクリートおよび鉄筋のひずみの検討結果 (Ss 地震荷重：子午線方向)

箇所名	検討ひずみ	荷重時名称	発生ひずみ ($\times 10^{-6}$)	評価基準値 ($\times 10^{-6}$)	判定
S5	c ϵ_c	地震時(3)	-98	-3000	可
	s ϵ_c	地震時(4)	-48	-5000	可
	s ϵ_t	地震時(3)	654	5000	可

第 6.5.2-2 表(2) 膜力と曲げ応力によるコンクリートおよび鉄筋のひずみの検討結果 (Ss 地震荷重：円周方向)

箇所名	検討ひずみ	荷重時名称	発生ひずみ ($\times 10^{-6}$)	評価基準値 ($\times 10^{-6}$)	判定
S6	c ϵ_c	地震時(3)	-8	-3000	可
	s ϵ_c	地震時(3)	-5	-5000	可
	s ϵ_t	地震時(3)	80	5000	可

第 6.5.2-3 表 膜力によるコンクリートの圧縮応力の検討結果
(Ss 地震荷重)

箇所名	荷重時名称	発生応力 N/bD (N/mm ²)	評価基準値 (N/mm ²)	判定
S7	地震時(3)	-8.88	-32.67	可

第 6.5.2-4 表 面内せん断応力の検討結果 (Ss 地震荷重)

箇所名	荷重時名称	発生応力 $N\phi/bD$ (N/mm ²)	評価基準値 (N/mm ²)	判定
S8	地震時(3)	3.34	6.51	可

第 6.5.2-5 表 面外せん断応力の検討結果 (Ss 地震荷重)

箇所名	荷重時名称	発生応力 Q/bD (N/mm ²)	評価基準値 (N/mm ²)	判定
S9	地震時(3)	0.99	2.20	可

第 6.5.2-6 表(1) 膜力と曲げ応力によるコンクリートおよび鉄筋の
 応力の検討結果 (Sd 地震荷重：子午線方向)

箇所名	検討 応力	荷重時名称	発生応力 (N/mm ²)	評価基準値 (N/mm ²)	判 定
S1	c σ_c	(異常+地震)時	-8.0	-36.8	可
	s σ_c	(異常+地震)時	-38.3	-390.0	可
	s σ_t	(異常+地震)時	242.9	390.0	可

第 6.5.2-6 表(2) 膜力と曲げ応力によるコンクリートおよび鉄筋の
 応力の検討結果 (Sd 地震荷重：円周方向)

箇所名	検討 応力	荷重時名称	発生応力 (N/mm ²)	評価基準値 (N/mm ²)	判 定
S2	c σ_c	(異常+地震)時	-6.6	-36.8	可
	s σ_c	(異常+地震)時	-23.6	-390.0	可
	s σ_t	地震時(2)	174.9	390.0	可

第 6.5.2-7 表 面内せん断応力の検討結果 (Sd 地震荷重)

箇所名	荷重時名称	発生応力 N ϕ /bD (N/mm ²)	評価基準値 (N/mm ²)	判 定
S3	地震時(1)	1.84	4.88	可

第 6.5.2-8 表 面外せん断応力の検討結果 (Sd 地震荷重)

箇所名	荷重時名称	発生応力 Q/bD (N/mm ²)	評価基準値 (N/mm ²)	判 定
S4	地震時(1)	0.99	1.96	可

(b) トップスラブ部

基準地震動 S_s による地震荷重時に対する評価結果として、軸力と曲げ応力によって生ずる鉄筋のひずみの検討結果を第 6.5.2-9 表に、面外せん断力の検討結果を第 6.5.2-10 表に示す。

弾性設計用地震動 S_d による地震荷重時に対する評価結果として、軸力と曲げ応力によって生ずるコンクリートおよび鉄筋の応力の検討結果を第 6.5.2-11 表に、面外せん断力の検討結果を第 6.5.2-12 表に示す。

トップスラブ部についての発生応力およびひずみは、評価基準値以内であり、耐震安全性は確保されている。

第 6.5.2-9 表～第 6.5.2-12 表に用いる記号の説明

Q : 面外せん断力

${}_c\sigma_c$: コンクリートの圧縮応力

${}_s\sigma_c, {}_s\sigma_t$: 鉄筋の圧縮応力および引張応力

${}_c\varepsilon_c$: コンクリートの圧縮ひずみ

${}_s\varepsilon_c, {}_s\varepsilon_t$: 鉄筋の圧縮ひずみおよび引張ひずみ

(引張側を正として表記)

第 6.5.2-9 表(1) 軸力と曲げ応力によるコンクリートおよび鉄筋のひずみの検討結果 (Ss 地震荷重 : x 方向)

箇所名	検討ひずみ	荷重時名称	発生ひずみ ($\times 10^{-6}$)	評価基準値 ($\times 10^{-6}$)	判定
T4	c ϵ_c	地震時(4)	-14	-3000	可
	s ϵ_c	地震時(4)	-6	-5000	可
	s ϵ_t	地震時(3)	64	5000	可

第 6.5.2-9 表(2) 軸力と曲げ応力によるコンクリートおよび鉄筋のひずみの検討結果 (Ss 地震荷重 : y 方向)

箇所名	検討ひずみ	荷重時名称	発生ひずみ ($\times 10^{-6}$)	評価基準値 ($\times 10^{-6}$)	判定
T5	c ϵ_c	地震時(4)	-216	-3000	可
	s ϵ_c	地震時(4)	-103	-5000	可
	s ϵ_t	地震時(4)	184	5000	可

第 6.5.2-10 表 面外せん断力の検討結果 (Ss 地震荷重)

箇所名	荷重時名称	発生応力 Q (N/mm)	評価基準値 (N/mm)	判定
T6	地震時(4)	2813	4701	可

第 6.5.2-11 表(1) 軸力と曲げ応力によるコンクリートおよび鉄筋の
 応力の検討結果 (Sd 地震荷重：x 方向)

箇所名	検討 応力	荷重時名称	発生応力 (N/mm ²)	評価基準値 (N/mm ²)	判 定
T1	c σ_c	(異常+地震)時	-3.6	-36.8	可
	s σ_c	(異常+地震)時	-2.5	-390.0	可
	s σ_t	地震時(2)	223.7	390.0	可

第 6.5.2-11 表(2) 軸力と曲げ応力によるコンクリートおよび鉄筋の
 応力の検討結果 (Sd 地震荷重：y 方向)

箇所名	検討 応力	荷重時名称	発生応力 (N/mm ²)	評価基準値 (N/mm ²)	判 定
T2	c σ_c	(異常+地震)時	-8.3	-36.8	可
	s σ_c	地震時(2)	-17.8	-390.0	可
	s σ_t	地震時(1)	202.2	390.0	可

第 6.5.2-12 表 面外せん断力の検討結果 (Sd 地震荷重)

箇所名	荷重時名称	発生応力 Q (N/mm)	評価基準値 (N/mm)	判 定
T3	地震時(2)	2204	4701	可

6.5.3. RCCV底部の耐震安全性評価

6.5.3.1. 検討概要

RCCV 底部の構造の検討は、CCV 規格の規定に従って行う。

原設計時からの変更がない死荷重および活荷重，運転時荷重，異常時荷重に，今回新たに算定する地震荷重を組み合わせた荷重時に対して，基準地震動 S_s による地震荷重については鉄筋コンクリート部材の塑性化を考慮した弾塑性解析を行い，また，弾性設計用地震動 S_d による地震荷重については部材の弾性剛性に立脚した弾性解析を行い，各荷重時の発生応力を算定する。

基準地震動 S_s および弾性設計用地震動 S_d による地震荷重については，第 6.5.3-1 表に示す組合せを考慮する。水平地震動と鉛直地震動の荷重の組合せは，組合せ係数法（組合せ係数 0.4）により評価する。

第 6.5.3-1 表 地震時荷重の組合せ

荷重状態	荷重時名称	荷重の組合せ
Ⅲ	地震時(1)	$DL+P_1+T_1+H_1+K_1$
	(異常+地震)時	$DL+P_{25}+T_{25}+K_1$
Ⅳ	地震時(2)	$DL+P_1+H_1+K_2$
	地震時(3)	$DL+K_2$

ここに、 DL : 死荷重および活荷重
 P_1 : 運転時圧力
 P_{25} : 異常時圧力 (720 時間後)
 T_1 : 運転時温度荷重
 T_{25} : 異常時温度荷重 (720 時間後)
 H_1 : 逃がし安全弁作動時荷重
 K_1 : Sd 地震荷重
 K_2 : Ss 地震荷重

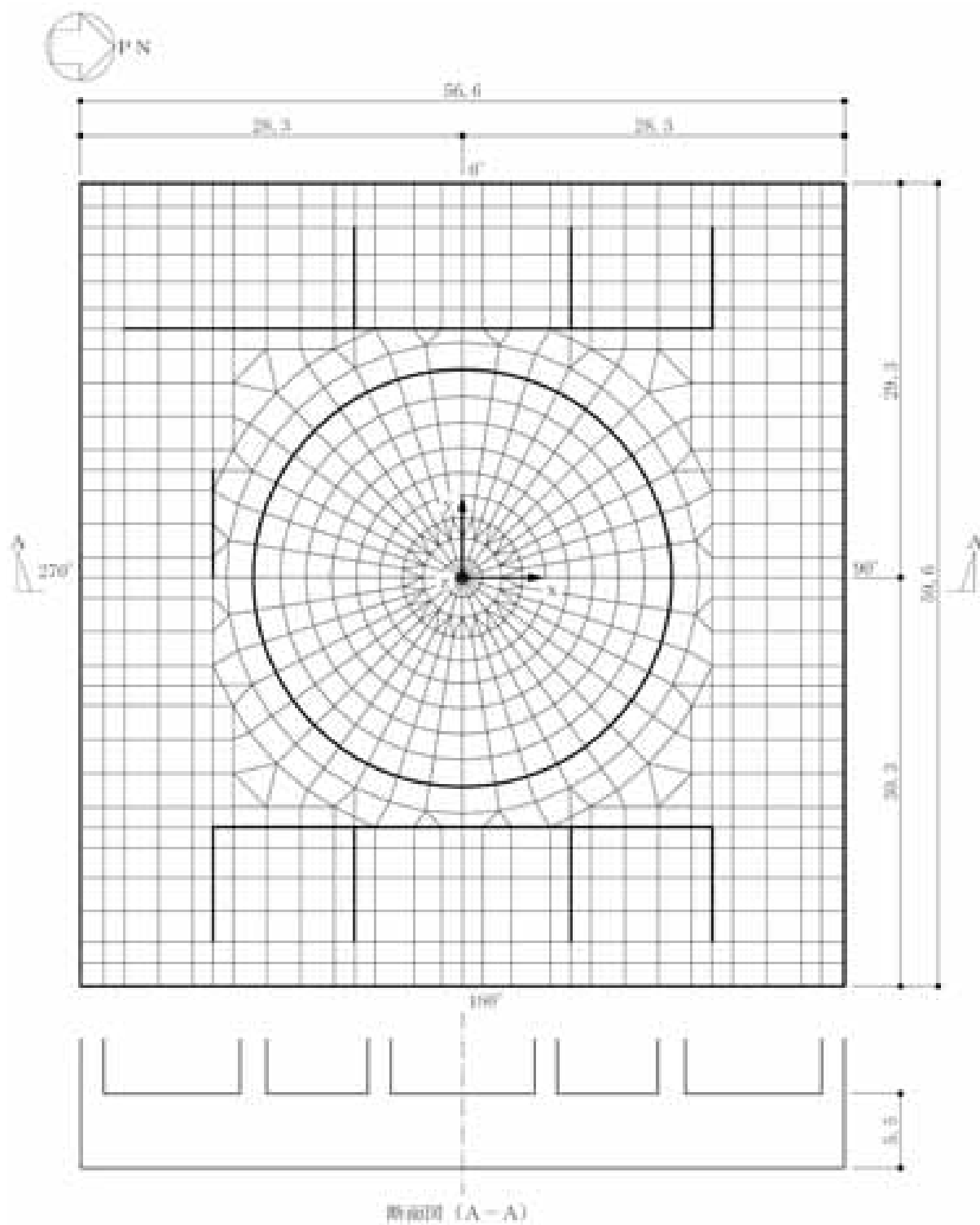
構造の検討は、設定した設計配筋に対し、各荷重組合せにおいて生ずる部材の応力およびひずみが、CCV 規格に示される各荷重状態の評価基準値以内であることを確認する。

6.5.3.2. 応力解析

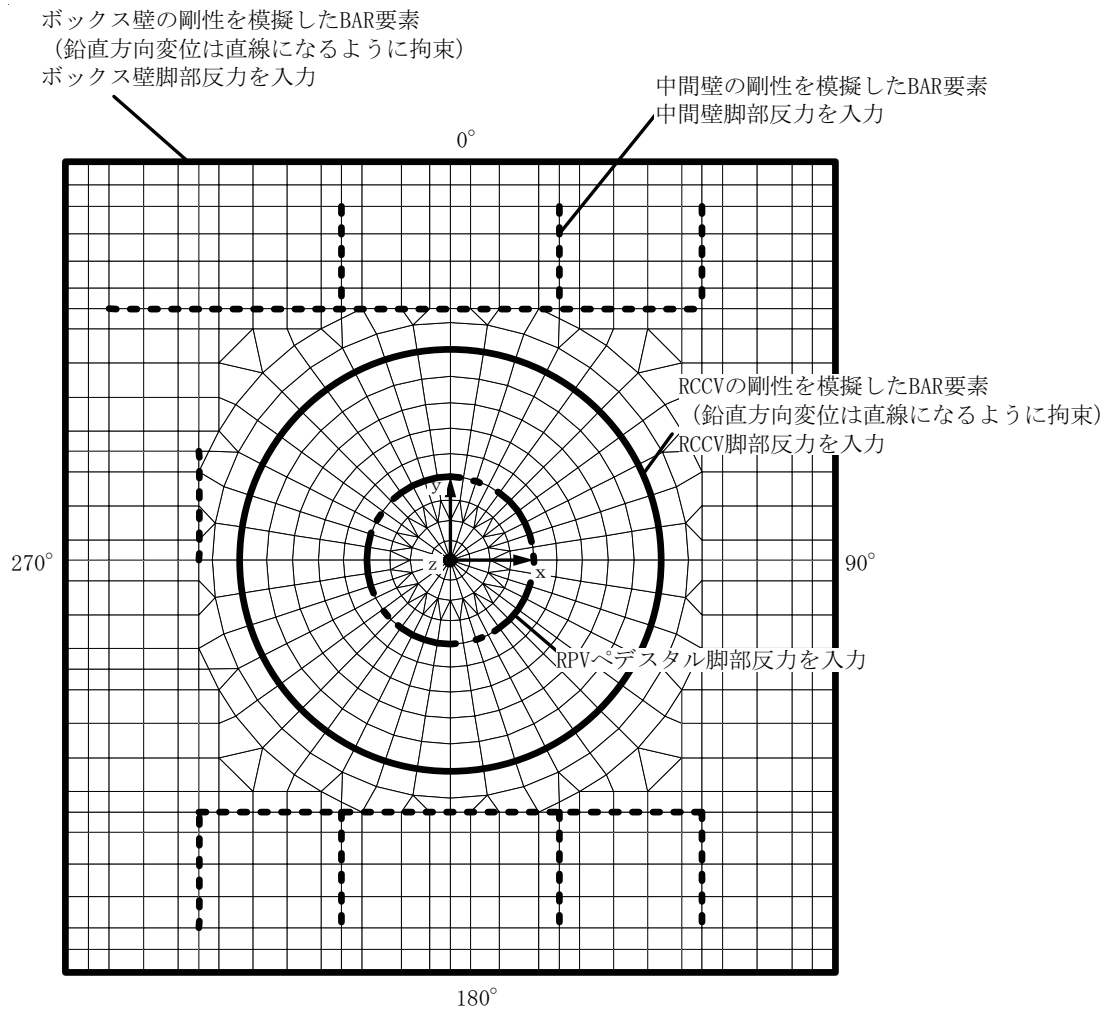
(a) 弾塑性解析

基準地震動 S_s により求まる地震荷重に対しては、弾塑性解析により RCCV 底部の応力を評価する。弾塑性解析は、基礎スラブを積層シェル要素の集合体としてモデル化し、有限要素法により行う。要素分割、基礎スラブより立ち上がっている耐震壁のモデル化および支持地盤のモデル化等については、弾性解析で用いているモデルと同じ考え方を採用している。使用する要素は四辺形および三角形で、この要素は鉄筋層をモデル化した異方性材料による積層シェル要素である。各要素には、板の曲げと膜応力を同時に考えるが、板の曲げには面外せん断変形の影響も考慮する。使用計算機コードは「ABAQUS」である。また、基礎スラブより立ち上がっている耐震壁の剛性を考慮して、ボックス壁および RCCV の部分の鉛直方向変位は直線になるものとしてモデル化する。支持地盤は、これと等価な弾性ばねとしてモデル化するが、支持地盤と基礎スラブの構造的性質を考慮して、このばねには引張力は作用させないものとする。また、ライナプレートについては、剛性が基礎スラブに比べて小さいので、解析モデルには考慮しない。

解析モデル概要図を第 6.5.3-1 図に、RCCV 底部の境界条件を第 6.5.3-2 図に、RCCV 底部の応力成分を第 6.5.3-3 図に示す。

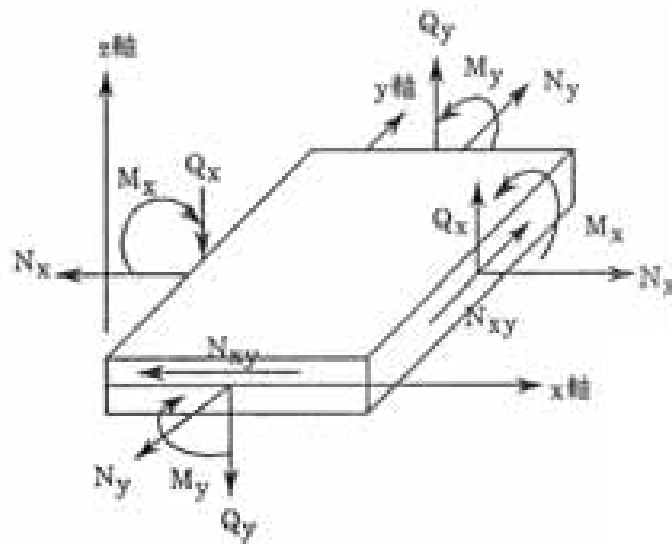


第 6.5.3-1 図 解析モデル概要図 (単位 : m)



※支持地盤および側方地盤は、等価な弾性ばねとしてモデル。
 支持地盤については、浮き上がりを考慮した接触ばね要素とする。

第 6.5.3-2 図 RCCV 底部の境界条件



- M_x, M_y : 曲げモーメント $\text{kN}\cdot\text{m/m}$
- Q_x, Q_y : 面外せん断応力 kN/m
- N_x, N_y : 軸力 kN/m
- N_{xy} : 面内せん断応力 kN/m

応力の符号 (矢印の方向を正とする。)

第 6.5.3-3 図 RCCV 底部の応力成分

(b) 弾性解析

弾性設計用地震動 S_d により求まる地震荷重に対しては、原設計時と同様に、弾性解析により RCCV 底部の応力を評価する。弾性解析は、基礎スラブを板要素の集合体としてモデル化し、弾性地盤上に支持された版として有限要素法により行う。使用する要素は四辺形および三角形で、この要素は均質等方性材料による板要素である。各要素には、板の曲げと膜応力を同時に考えるが、板の曲げには面外せん断変形の影響も考慮する。使用計算機コードは「NASTRAN」である。また、ライナプレートについては、剛性が基礎スラブに比べて小さいので、弾塑性解析モデルと同様に考慮しない。

解析に用いる材料の物性値は、次のとおりとする。

- ・ コンクリートのヤング係数 $E = 29.0 \text{ kN/mm}^2$
- ・ コンクリートのポアソン比 $\nu = 0.2$
- ・ コンクリートの線膨張係数 $\alpha = 1.0 \times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$

6.5.3.3. 評価基準

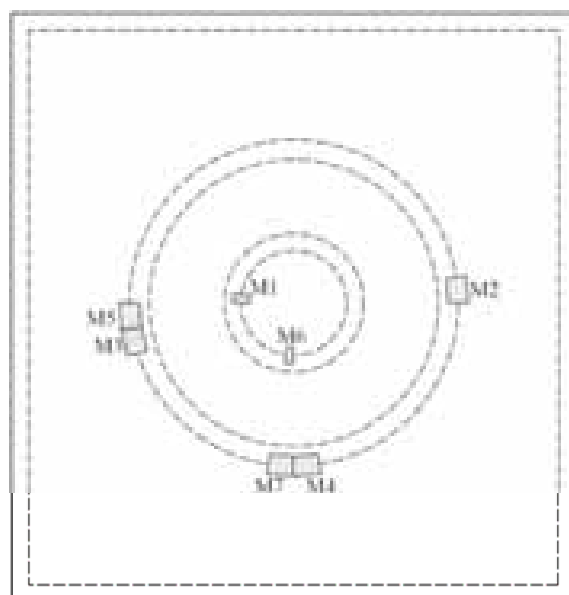
設計配筋等より定まる断面諸元に基づいて RCCV 底部の構造検討を行い，耐震安全性について評価する。評価は，応力解析の結果より求まる発生応力およびひずみに対して，評価基準値を超えないことを確認する（日本機械学会「CCV 規格」に準拠）。

検討箇所および検討用断面諸元を第 6.5.3-4 図に示す。

方向	位置	上ば筋		下ば筋	主筋断面積(cm ² /m)	
		放射方向筋	円周方向筋	x, y方向筋	上ば筋	下ば筋
x	M1	5×160-D38	2-D38@200+3-D38@400	x, y方向共 5-D38@200	235.7	285.0
y	M2	5×320-D38	5-D38@200		284.2	285.0
x	M5				165.8	285.0
y	M6	5×160-D38	2-D38@200+3-D38@400		235.7	285.0

注：断面の全せいは495cmとする。

位置	せん断補強筋	せん断補強筋比 (%)
M3	D35@400×@400	0.59
M4		
M7		



第 6.5.3-4 図 RCCV 底部の検討箇所および検討用断面諸元

6.5.3.4. 耐震安全性評価結果

基準地震動 S_s による地震荷重時に対する評価結果として、軸力と曲げ応力によって生ずる鉄筋のひずみの検討結果を第 6.5.3-2 表に、面外せん断力の検討結果を第 6.5.3-3 表に示す。

弾性設計用地震動 S_d による地震荷重時に対する評価結果として、軸力と曲げ応力によって生ずるコンクリートおよび鉄筋の応力の検討結果を第 6.5.3-4 表に、面外せん断力の検討結果を第 6.5.3-5 表に示す。

RCCV 底部についての発生応力およびひずみは、評価基準値以内であり、耐震安全性は確保されている。

第 6.5.3-2 表～第 6.5.3-5 表に用いる記号の説明

Q_x, Q_y : x 方向および y 方向の面外せん断力

${}_c\sigma_c$: コンクリートの圧縮応力

${}_s\sigma_c, {}_s\sigma_t$: 鉄筋の圧縮応力および引張応力

${}_c\varepsilon_c$: コンクリートの圧縮ひずみ

${}_s\varepsilon_c, {}_s\varepsilon_t$: 鉄筋の圧縮ひずみおよび引張ひずみ

(引張側を正として表記)

第 6.5.3-2 表(1) 軸力と曲げ応力によるコンクリートおよび鉄筋のひずみの検討結果 (Ss 地震荷重 : x 方向)

箇所名	検討ひずみ	荷重時名称	発生ひずみ ($\times 10^{-6}$)	評価基準値 ($\times 10^{-6}$)	判定
M5	c ϵ c	地震時(2)	-227	-3000	可
	s ϵ c	地震時(2)	55	-5000	可
	s ϵ t	地震時(2)	122	5000	可

第 6.5.3-2 表(2) 軸力と曲げ応力によるコンクリートおよび鉄筋のひずみの検討結果 (Ss 地震荷重 : y 方向)

箇所名	検討ひずみ	荷重時名称	発生ひずみ ($\times 10^{-6}$)	評価基準値 ($\times 10^{-6}$)	判定
M6	c ϵ c	地震時(2)	-194	-3000	可
	s ϵ c	地震時(3)	27	-5000	可
	s ϵ t	地震時(2)	103	5000	可

第 6.5.3-3 表(1) 面外せん断力の検討結果 (Ss 地震荷重 : x 方向)

箇所名	荷重時名称	発生応力 Qx (N/mm)	評価基準値 (N/mm)	判定
M3	地震時(2)	9825	12787	可

第 6.5.3-3 表(2) 面外せん断力の検討結果 (Ss 地震荷重 : y 方向)

箇所名	荷重時名称	発生応力 Qy (N/mm)	評価基準値 (N/mm)	判定
M7	地震時(2)	11051	12787	可

第 6.5.3-4 表(1) 軸力と曲げ応力によるコンクリートおよび鉄筋の
 応力の検討結果 (Sd 地震荷重 : x 方向)

箇所名	検討 応力	荷重時名称	発生応力 (N/mm ²)	評価基準値 (N/mm ²)	判 定
M1	c σ_c	地震時(1)	-8.9	-33.1	可
	s σ_c	地震時(1)	-54.7	-345.0	可
	s σ_t	地震時(1)	162.9	345.0	可

第 6.5.3-4 表(2) 軸力と曲げ応力によるコンクリートおよび鉄筋の
 応力の検討結果 (Sd 地震荷重 : y 方向)

箇所名	検討 応力	荷重時名称	発生応力 (N/mm ²)	評価基準値 (N/mm ²)	判 定
M2	c σ_c	地震時(1)	-3.4	-33.1	可
	s σ_c	地震時(1)	-23.6	-345.0	可
	s σ_t	(異常+地震)時	172.9	345.0	可

第 6.5.3-5 表(1) 面外せん断力の検討結果 (Sd 地震荷重 : x 方向)

箇所名	荷重時名称	発生応力 Qx (N/mm)	評価基準値 (N/mm)	判 定
M3	地震時(1)	5969	12787	可

第 6.5.3-5 表(2) 面外せん断力の検討結果 (Sd 地震荷重 : y 方向)

箇所名	荷重時名称	発生応力 Qy (N/mm)	評価基準値 (N/mm)	判 定
M4	地震時(1)	7287	12787	可

6.6. 使用済燃料貯蔵プールの耐震安全性評価

6.6.1. 使用済燃料貯蔵プールの構造概要

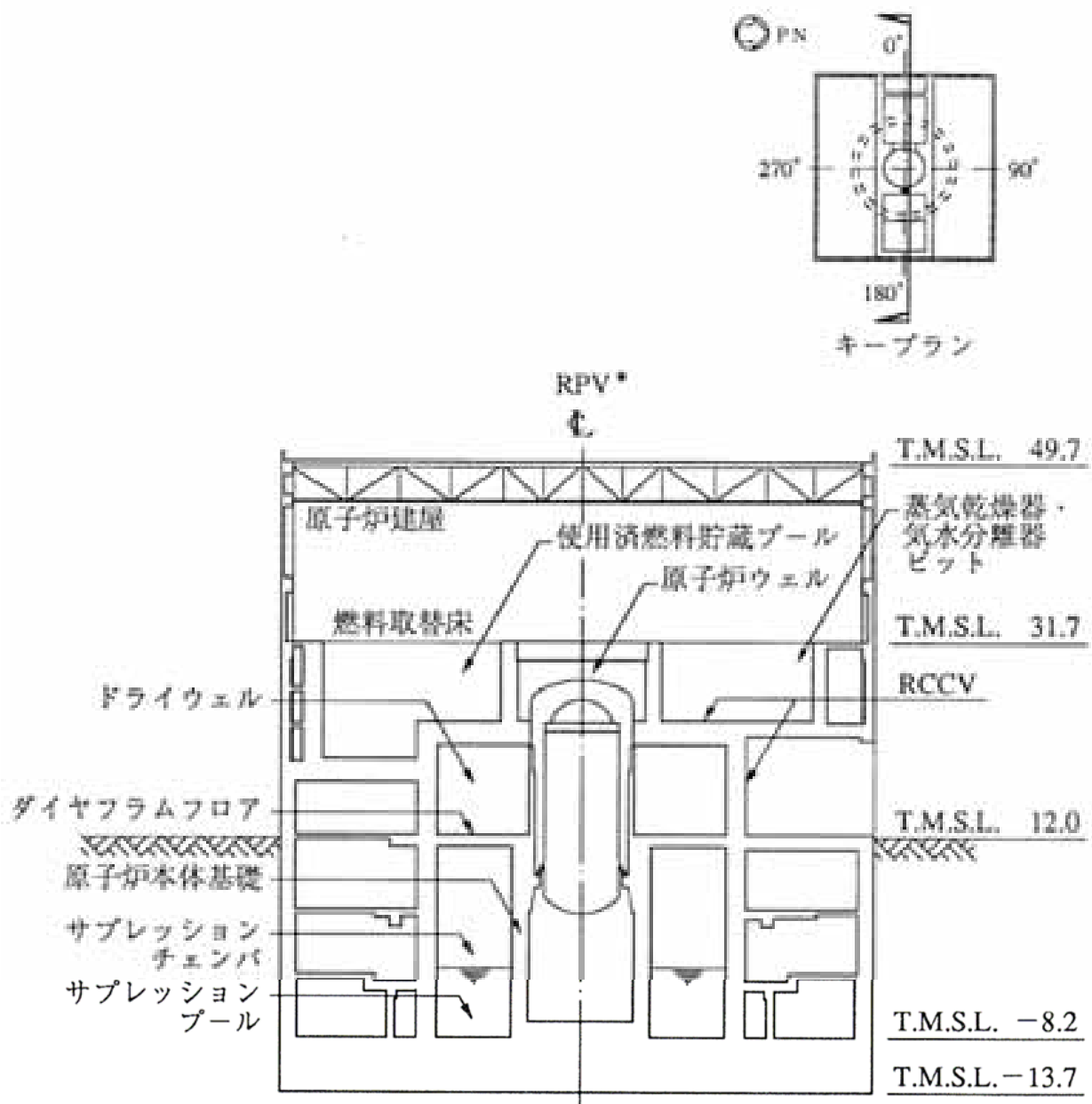
使用済燃料貯蔵プールは原子炉建屋の燃料取替床（T.M.S.L. 31.7m）付近に位置する鉄筋コンクリート構造物で、使用済燃料、制御棒および使用済燃料輸送容器が収容される。

使用済燃料貯蔵プール内には、収容される機器のしゃへいおよび冷却のため常時水が張られている。使用済燃料貯蔵プール内面はステンレス鋼でライニングされており、漏水を防ぐと共に、保守、点検についても考慮されている。

また、原子炉ウェルをはさんで使用済燃料貯蔵プールの反対側には、燃料交換時に蒸気乾燥器と気水分離器を仮置きする蒸気乾燥器・気水分離器ピットがある。（以下、使用済燃料貯蔵プールおよび蒸気乾燥器・気水分離器ピットの両方を示す場合は、これを「プール」という。）

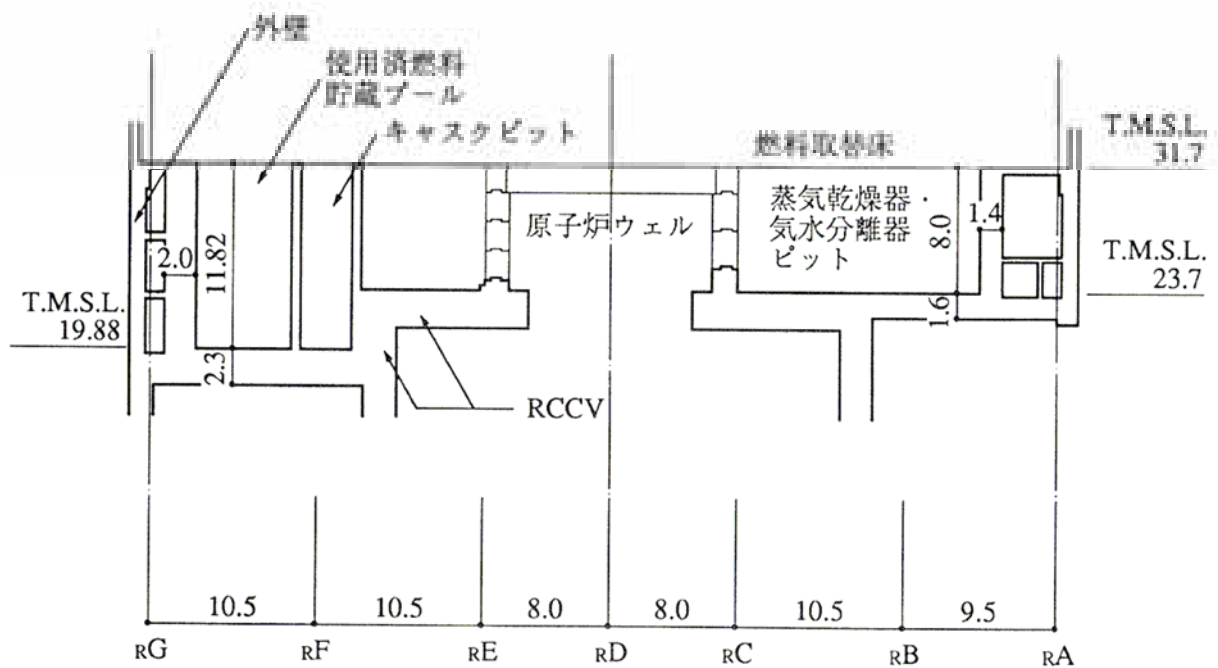
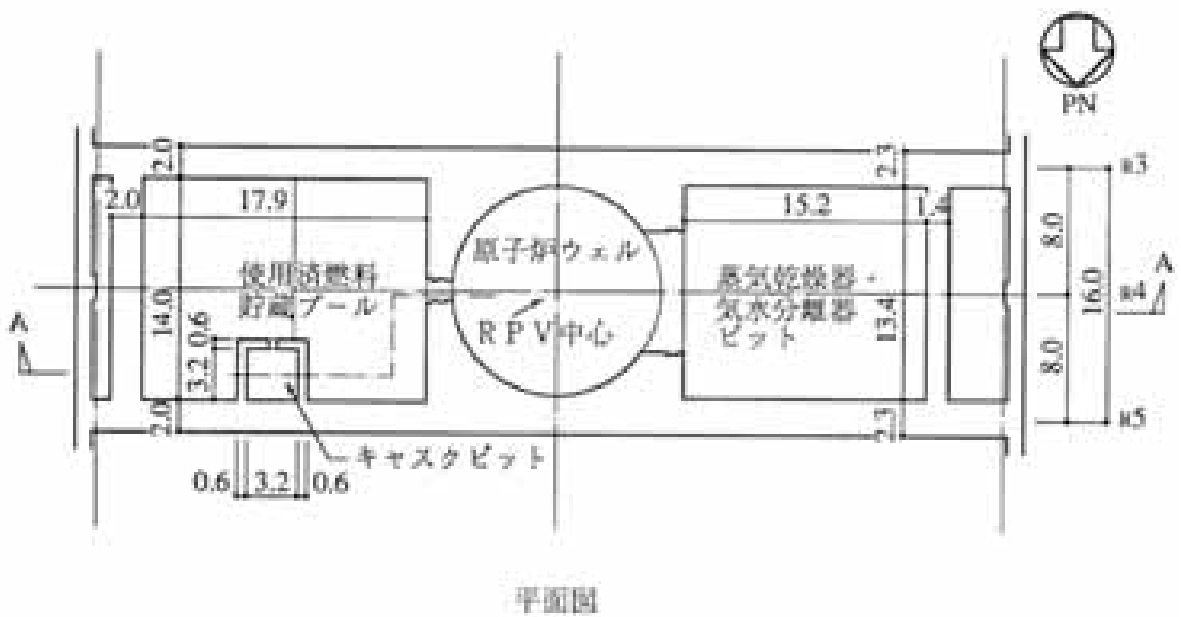
プールの配置図を第 6.6.1-1 図に、平面図および断面図を第 6.6.1-2 図に示す。

使用済燃料貯蔵プールの大きさは、内面寸法で平面 17.9 m×14.0m、深さ 11.82m、壁厚 2.0m、底面スラブ厚 2.3m である。



注記 * : 原子炉圧力容器 (以下, 「RPV」と略す。)

第 6.6.1-1 図 プールの配置図 (単位 : m)



第 6.6.1-2 図 プールの平面図および断面図 (単位 : m)

6.6.2. 検討概要

原設計時からの変更がない死荷重および活荷重，運転時荷重に，今回新たに算定する基準地震動 S_s による地震荷重を組み合わせた荷重に対して，鉄筋コンクリート部材の塑性化を考慮した弾塑性解析を行い，各荷重時の発生応力を算定する。

基準地震動 S_s による地震荷重については，第 6.6.2-1 表に示す組合せを考慮する。水平地震動と鉛直地震動の荷重の組合せは，組合せ係数法（組合せ係数 0.4）により評価する。

第 6.6.2-1 表 地震時荷重の組合せ

荷重状態	荷重時名称	荷重の組合せ
IV	地震時	$DL_1+P_1+H_1+K_2+KH_2+R_{42}$

ここに，
 DL_1 : 死荷重および活荷重（運転時）
 P_1 : 運転時圧力
 H_1 : 逃がし安全弁作動時荷重
 K_2 : S_s 地震荷重
 KH_2 : S_s 地震時動水圧
 R_{42} : S_s 地震時配管荷重

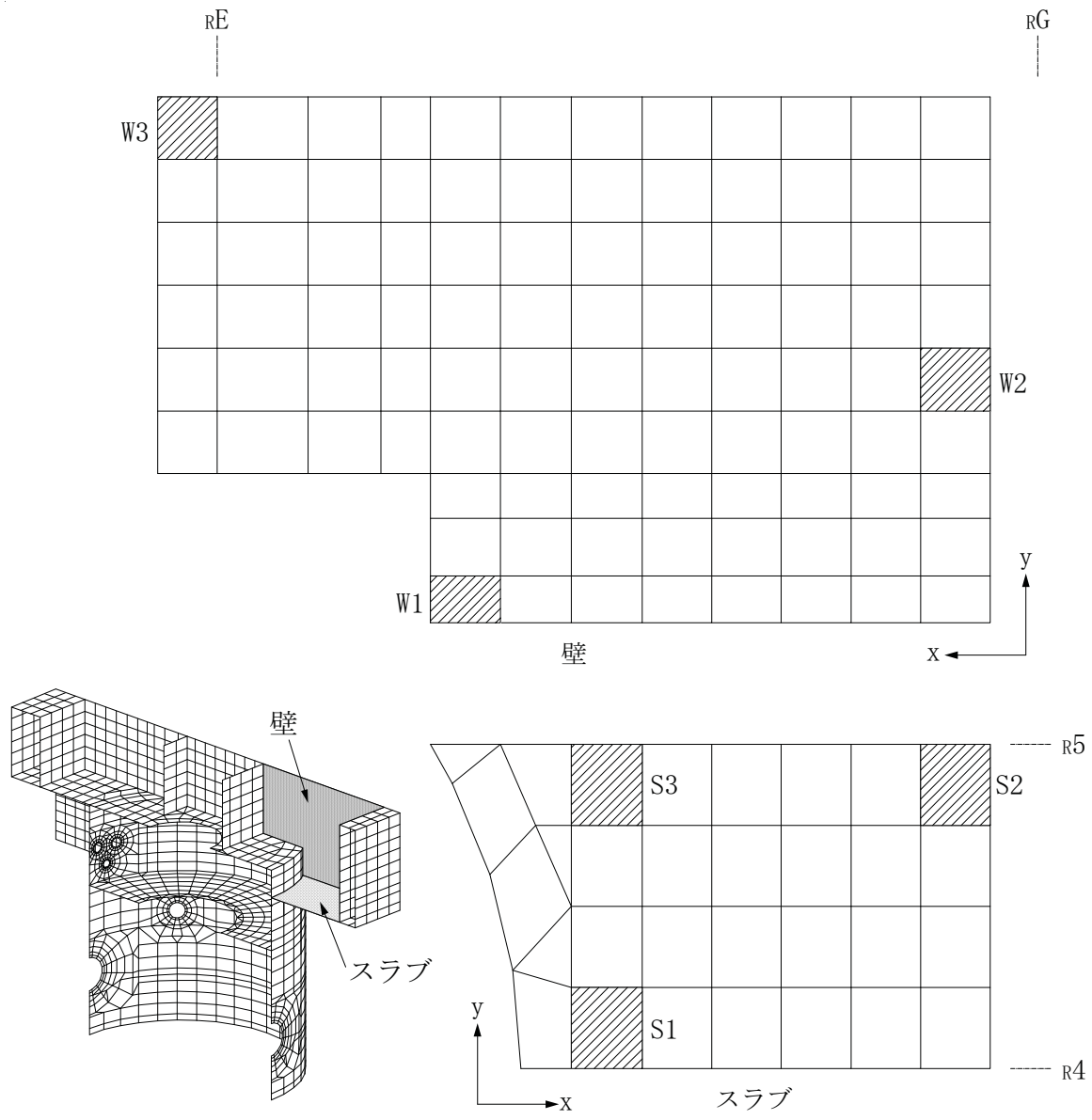
6.6.3. 応力解析

基準地震動 S_s により求まる地震荷重に対しては、弾塑性解析により使用済燃料貯蔵プールの応力を評価する。解析モデルは、「6.5.2.2. 応力解析」に記載している原子炉格納容器を含めた一体モデルとする。

6.6.4. 評価基準

設計配筋等より定まる断面諸元に基づいて使用済燃料貯蔵プールの構造検討を行い、耐震安全性について評価する。評価は、応力解析の結果より求まる発生応力およびひずみに対して、評価基準値を超えないことを確認する（日本機械学会「CCV 規格」に準拠）。

検討箇所および検討用断面諸元を第 6.6.4-1 図に示す。



位置	内側筋		外側筋		せん断補強筋
	x方向	y方向	x方向	y方向	
W1	3-D38@200	3-D38@200	3-D38@200	3-D38@200	-
W2					
W3	5-D38@200		5-D38@200		

位置	上端筋		下端筋		せん断補強筋
	x方向	y方向	x方向	y方向	
S1	4-D38@200	3-D38@200	4-D38@200	3-D38@200	D19@200×200
S2					-
S3					D19@200×200

第 6.6.4-1 図 使用済燃料貯蔵プールの検討箇所および検討用断面諸元

6.6.5. 耐震安全性評価結果

基準地震動 S_s による地震荷重時に対する評価結果として、軸力と曲げ応力によって生ずるコンクリートおよび鉄筋のひずみの検討結果を第 6.6.5-1 表に、面内せん断応力の検討結果を第 6.6.5-2 表に、面外せん断応力の検討結果を第 6.6.5-3 表に示す。なお、使用済燃料貯蔵プールの耐震安全性は、構造的にはコンクリート部のみで担保できるように設計されている。また、漏えい防止機能については、内貼りされた鋼製ライナにより担保できるように設計されている。

評価結果より、使用済燃料貯蔵プールについての発生応力およびひずみは、評価基準値以内であり、耐震安全性は確保されている。なお、コンクリート表面のひずみは大きくないことから、ライナの耐震安全性も確保されている。

第 6.6.5-1 表～第 6.6.5-3 表に用いる記号の説明

N_{xy}	:	面内せん断力
Q	:	面外せん断力
${}_c\varepsilon_c$:	コンクリートの圧縮ひずみ
${}_s\varepsilon_c, {}_s\varepsilon_t$:	鉄筋の圧縮ひずみおよび引張ひずみ

(引張側を正として表記)

第 6.6.5-1 表(1) 軸力と曲げ応力によるコンクリートおよび鉄筋のひずみの検討結果 (Ss 地震荷重：壁部)

箇所名	検討ひずみ	荷重時名称	発生ひずみ ($\times 10^{-6}$)	評価基準値 ($\times 10^{-6}$)	判定
W1	$c\varepsilon_c$	地震時	-47	-3000	可
	$s\varepsilon_c$	地震時	2	-5000	可
	$s\varepsilon_t$	地震時	71	5000	可

第 6.6.5-1 表(2) 軸力と曲げ応力によるコンクリートおよび鉄筋のひずみの検討結果 (Ss 地震荷重：スラブ部)

箇所名	検討ひずみ	荷重時名称	発生ひずみ ($\times 10^{-6}$)	評価基準値 ($\times 10^{-6}$)	判定
S1	$c\varepsilon_c$	地震時	-48	-3000	可
	$s\varepsilon_c$	地震時	-14	-5000	可
	$s\varepsilon_t$	地震時	88	5000	可

第 6.6.5-2 表(1) 面内せん断力の検討結果 (Ss 地震荷重：壁部)

箇所名	荷重時名称	発生応力 Nxy (N/mm)	評価基準値 (N/mm)	判定
W2	地震時	3785	11799	可

第 6.6.5-2 表(2) 面内せん断力の検討結果 (Ss 地震荷重：スラブ部)

箇所名	荷重時名称	発生応力 Nxy (N/mm)	評価基準値 (N/mm)	判定
S2	地震時	1564	11792	可

第 6.6.5-3 表(1) 面外せん断力の検討結果 (Ss 地震荷重 : 壁部)

箇所名	荷重時名称	発生応力 Q (N/mm)	評価基準値 (N/mm)	判定
W3	地震時	1381	2058	可

第 6.6.5-3 表(2) 面外せん断力の検討結果 (Ss 地震荷重 : スラブ部)

箇所名	荷重時名称	発生応力 Q (N/mm)	評価基準値 (N/mm)	判定
S3	地震時	1410	5536	可

6.7. コントロール建屋の耐震安全性評価

6.7.1. 地震応答解析

6.7.1.1. コントロール建屋の概要

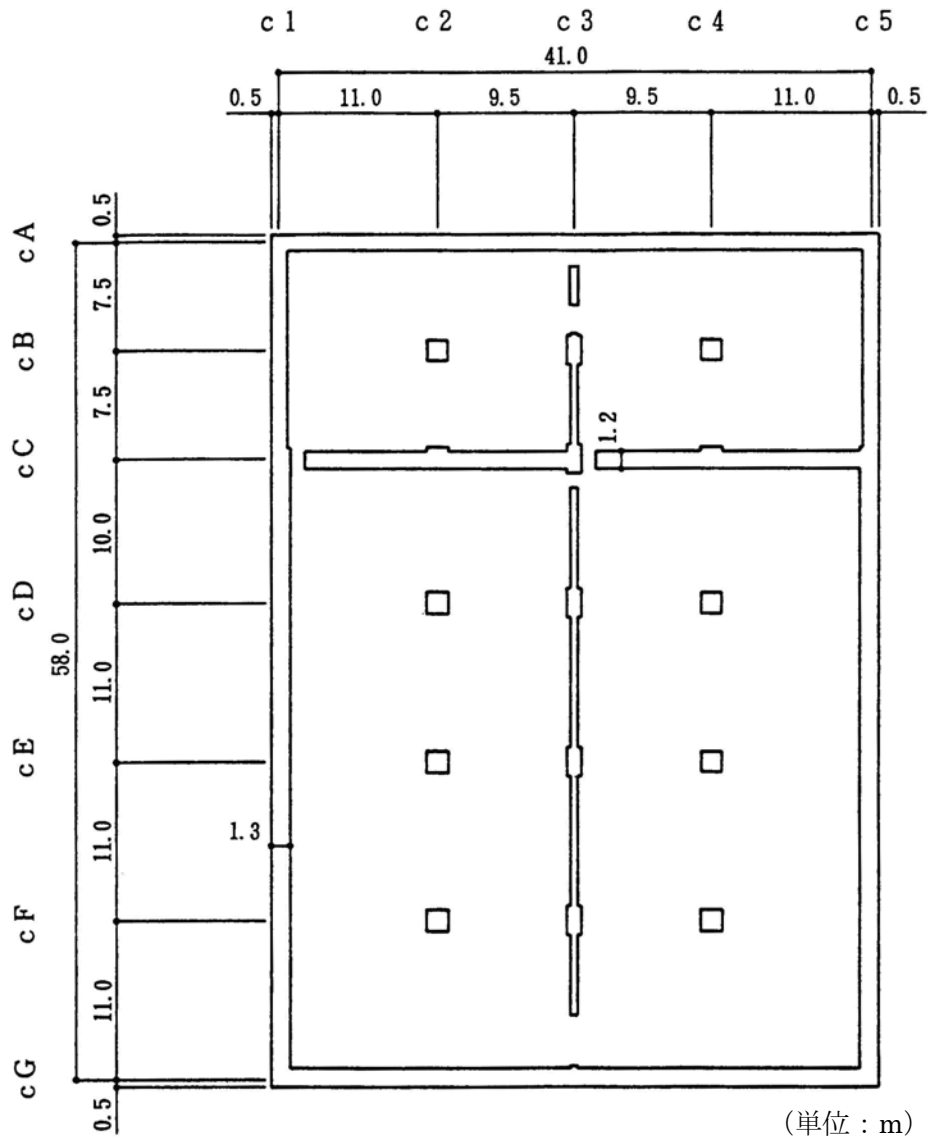
コントロール建屋は、地上2階、地下2階建ての鉄筋コンクリート造を主体とした建物で、一部が鉄骨鉄筋コンクリート造となっている。コントロール建屋の概略平面図および概略断面図を第6.7.1-1図および第6.7.1-2図に、物性値を第6.7.1-1表に示す。

コントロール建屋の平面は、42.0m^{※1}（NS方向）×59.0m^{※1}（EW方向）である。基礎版底面からの高さは29.6mであり、地上高さは12.1mである。また、コントロール建屋は隣接する他の建屋と構造的に分離している。

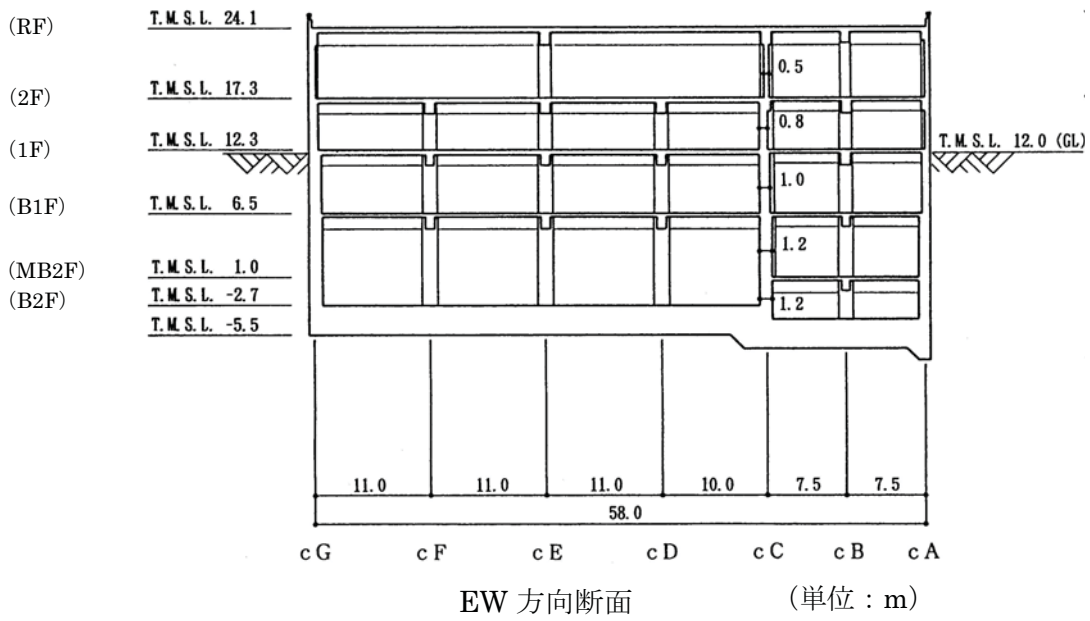
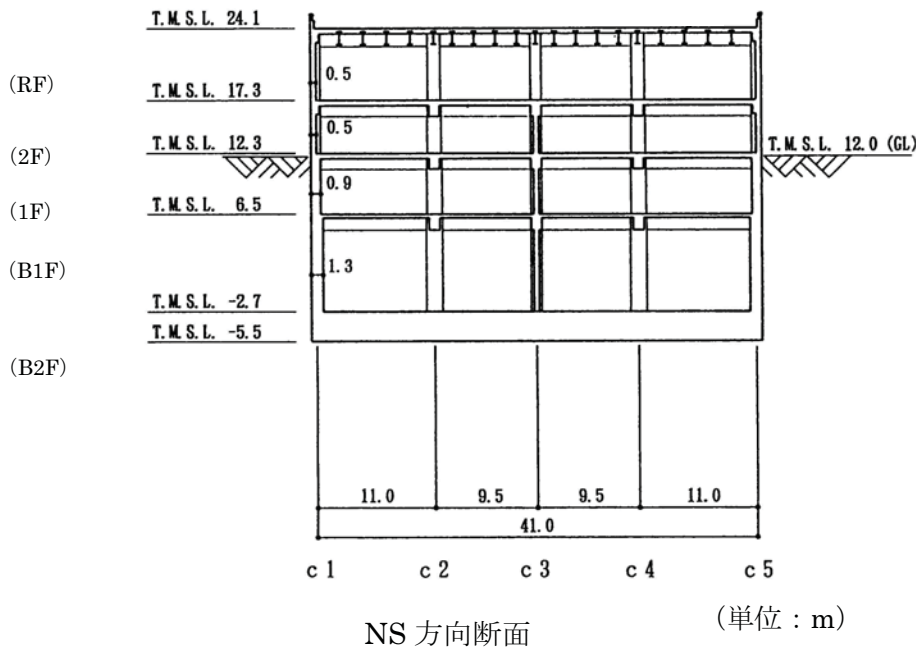
コントロール建屋の基礎は厚さ2.8mのべた基礎で、支持地盤である新第三紀層の泥岩上にマンメイドロックを介して設置している。

コントロール建屋の主要な耐震壁は建屋の中心に対してほぼ対称に配置しており、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。



第 6.7.1-1 図 コントロール建屋の概略平面図



第 6.7.1-2 図 コントロール建屋の概略断面図

第 6.7.1-1 表 コントロール建屋の物性値

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)
	49.0	3.13×10 ⁴	1.31×10 ⁴	0.2	25.0
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。

6.7.1.2. 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。
- ②設計時には耐震要素として考慮していなかった補助壁について、上下階に応力伝達が可能と考えられる壁を再評価して、新たに耐震要素に取り入れることとする。
- ③設計時には、建物と地盤の相互作用を反映するために側面ばねとして Novak の水平ばねを考慮していたが、Novak の回転ばねも新たに考慮することとする。(地盤表層部については④の通り)
- ④設計時には、地盤表層部も地盤ばねとして考慮していたが、基準地震動 S_s による地盤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。地震応答解析モデルを第 6.7.1-3 図に、解析モデルの諸元を第 6.7.1-2 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 6.7.1-4 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。

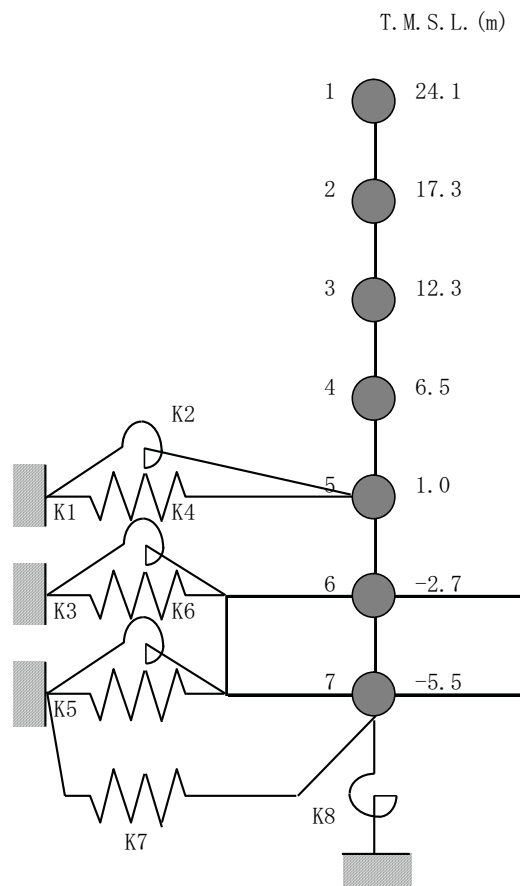
なお、第 6.7.1-3 表に地盤調査に基づく地盤定数を、第 6.7.1-4 表に地震応答解析に用いる地盤のばね定数と減衰係数を示す。

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、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 6.7.1-5 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。



第 6.7.1-3 図 地震応答解析モデル (水平方向)

第 6.7.1-2 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 ($\times 10^6 \text{kN}\cdot\text{m}^2$)	せん断 断面積 A_S (m^2)	断面2次 モーメント I (m^4)
1	68,160	10.89		
			76.7	24,000
2	92,410	14.80		
			112.1	27,400
3	103,900	18.55		
			151.7	41,700
4	120,780	22.62		
			156.8	53,200
5	65,170	13.89		
			153.6	53,200
6	124,330	19.88		
			2,478.0	364,300
7	81,650	12.01		
合計	656,400			

①建屋部

ヤング係数 E_C 3.13×10^7 (kN/m²)

せん断弾性係数 G 1.31×10^7 (kN/m²)

ポアソン比 ν 0.2

減衰 h 5%

基礎形状 42.0m(NS) \times 59.0m(EW)

②基礎スラブ

ヤング係数 E_C 2.90×10^7 (kN/m²)

せん断弾性係数 G 1.21×10^7 (kN/m²)

ポアソン比 ν 0.2

減衰 h 5%

第 6.7.1-2 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 ($\times 10^6 \text{kN}\cdot\text{m}^2$)	せん断 断面積 A_S (m^2)	断面2次 モーメント I (m^4)
1	68,160	22.64		
2	92,410	30.06	68.9	38,100
3	103,900	33.17	129.8	61,100
4	120,780	37.43	151.7	84,100
5	65,170	24.86	204.1	109,100
6	124,330	38.72	202.3	107,800
7	81,650	23.70	2,478.0	718,800
合計	656,400			

①建屋部

ヤング係数 E_C 3.13×10^7 (kN/m²)

せん断弾性係数 G 1.31×10^7 (kN/m²)

ポアソン比 ν 0.2

減衰 h 5%

基礎形状 42.0m(NS) \times 59.0m(EW)

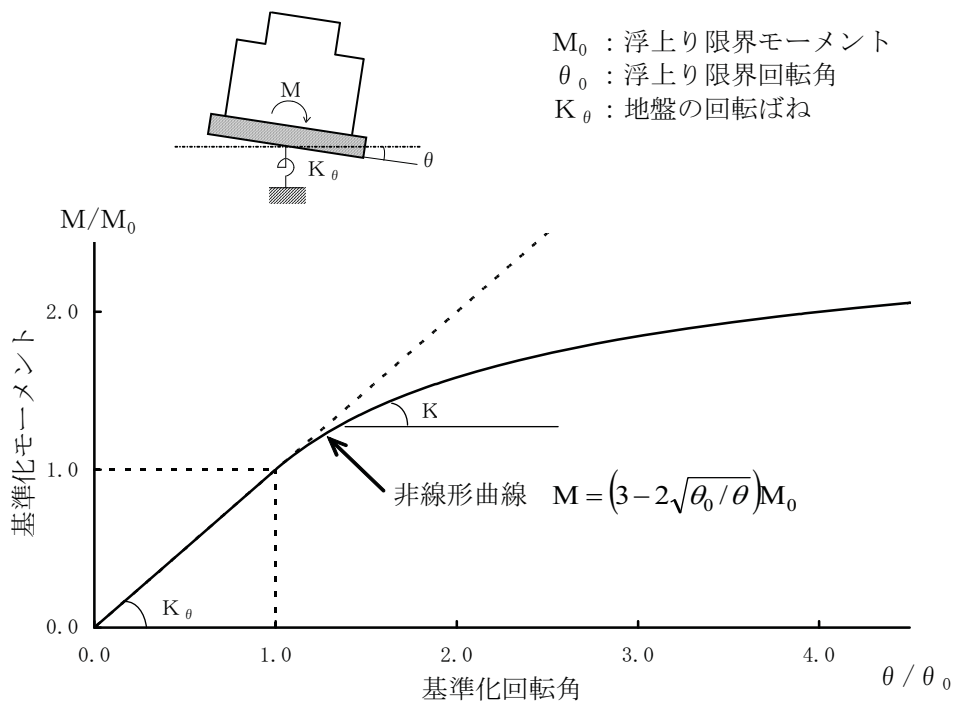
②基礎スラブ

ヤング係数 E_C 2.90×10^7 (kN/m²)

せん断弾性係数 G 1.21×10^7 (kN/m²)

ポアソン比 ν 0.2

減衰 h 5%



第 6.7.1-4 図 回転ばねの曲げモーメントと回転角の関係

第 6.7.1-3 表(1) 地盤定数

(Ss-1)

標高 T. M. S. L (m)	地質	せん断波 速度 Vs (m/s)	単位体積 重量 γ (kN/m ³)	ポアソン比 ν	せん断 弾性係数 G (×10 ⁵ kN/m ²)	初期せん断 弾性係数 G ₀ (×10 ⁵ kN/m ²)	剛性 低下率 G/G ₀	ヤング 係数 E (×10 ⁵ kN/m ²)	減衰 定数 h (%)	層厚 H (m)
+12.0	砂層	150	16.1	0.347	0.10	0.37	0.27	0.27	23	4.0
+8.0		200	16.1	0.308	0.08	0.66	0.12	0.21	28	4.0
+4.0	安田層	330	17.3	0.462	1.01	1.92	0.53	2.95	6	10.0
-6.0	西山層	490	17.0	0.451	3.82	4.16	0.92	11.09	3	27.0
-33.0		530	16.6	0.446	4.22	4.75	0.89	12.20	3	57.0
-90.0		590	17.3	0.432	5.28	6.14	0.86	15.12	3	46.0
-136.0		650	19.3	0.424	7.40	8.32	0.89	21.08	3	19.0
-155.0		解放 基盤	720	19.9	0.416	10.50	10.50	1.00	29.74	-

第 6.7.1-3 表(2) 地盤定数

(Ss-2)

標高 T. M. S. L (m)	地質	せん断波 速度 Vs (m/s)	単位体積 重量 γ (kN/m ³)	ポアソン比 ν	せん断 弾性係数 G (×10 ⁵ kN/m ²)	初期せん断 弾性係数 G ₀ (×10 ⁵ kN/m ²)	剛性 低下率 G/G ₀	ヤング 係数 E (×10 ⁵ kN/m ²)	減衰 定数 h (%)	層厚 H (m)
+12.0	砂層	150	16.1	0.347	0.11	0.37	0.29	0.29	19	4.0
+8.0		200	16.1	0.308	0.07	0.66	0.11	0.19	26	4.0
+4.0	安田層	330	17.3	0.462	0.98	1.92	0.51	2.86	5	10.0
-6.0	西山層	490	17.0	0.451	3.82	4.16	0.92	11.09	3	27.0
-33.0		530	16.6	0.446	4.32	4.75	0.91	12.49	3	57.0
-90.0		590	17.3	0.432	5.64	6.14	0.92	16.15	3	46.0
-136.0		650	19.3	0.424	7.82	8.32	0.94	22.27	3	19.0
-155.0		解放 基盤	720	19.9	0.416	10.50	10.50	1.00	29.74	-

第 6.7.1-3 表(3) 地盤定数

(Ss-3)

標高 T. M. S. L. (m)	地質	せん断波 速度 Vs (m/s)	単位体積 重量 γ (kN/m ³)	ポアソン比 ν	せん断 弾性係数 G ($\times 10^5$ kN/m ²)	初期せん断 弾性係数 G ₀ ($\times 10^5$ kN/m ²)	剛性 低下率 G/G ₀	ヤング 係数 E ($\times 10^3$ kN/m ²)	減衰 定数 h (%)	層厚 H (m)
+12.0	砂層	150	16.1	0.347	0.12	0.37	0.33	0.33	21	4.0
+8.0		200	16.1	0.308	0.11	0.66	0.16	0.27	27	4.0
+4.0	安田層	330	17.3	0.462	1.05	1.92	0.55	3.07	6	10.0
-6.0	西山層	490	17.0	0.451	3.86	4.16	0.93	11.20	3	27.0
-33.0		530	16.6	0.446	4.03	4.75	0.85	11.65	3	57.0
-90.0		590	17.3	0.432	5.15	6.14	0.84	14.75	3	46.0
-136.0		650	19.3	0.424	7.23	8.32	0.87	20.59	3	19.0
-155.0	解放 基盤	720	19.9	0.416	10.50	10.50	1.00	29.74	-	-

第 6.7.1-3 表(4) 地盤定数

(Ss-4)

標高 T. M. S. L. (m)	地質	せん断波 速度 Vs (m/s)	単位体積 重量 γ (kN/m ³)	ポアソン比 ν	せん断 弾性係数 G ($\times 10^5$ kN/m ²)	初期せん断 弾性係数 G ₀ ($\times 10^5$ kN/m ²)	剛性 低下率 G/G ₀	ヤング 係数 E ($\times 10^3$ kN/m ²)	減衰 定数 h (%)	層厚 H (m)
+12.0	砂層	150	16.1	0.347	0.12	0.37	0.33	0.33	18	4.0
+8.0		200	16.1	0.308	0.11	0.66	0.16	0.27	24	4.0
+4.0	安田層	330	17.3	0.462	1.11	1.92	0.58	3.25	4	10.0
-6.0	西山層	490	17.0	0.451	3.95	4.16	0.95	11.46	3	27.0
-33.0		530	16.6	0.446	4.37	4.75	0.92	12.64	3	57.0
-90.0		590	17.3	0.432	5.64	6.14	0.92	16.15	3	46.0
-136.0		650	19.3	0.424	7.82	8.32	0.94	22.27	3	19.0
-155.0	解放 基盤	720	19.9	0.416	10.50	10.50	1.00	29.74	-	-

第 6.7.1-3 表(5) 地盤定数

(Ss-5)

標高 T. M. S. L (m)	地質	せん断波 速度 Vs (m/s)	単位体積 重量 γ (kN/m ³)	ポアソン比 ν	せん断 弾性係数 G (×10 ⁵ kN/m ²)	初期せん断 弾性係数 G ₀ (×10 ⁵ kN/m ²)	剛性 低下率 G/G ₀	ヤング 係数 E (×10 ⁵ kN/m ²)	減衰 定数 h (%)	層厚 H (m)
+12.0	砂層	150	16.1	0.347	0.11	0.37	0.31	0.31	16	4.0
+8.0		200	16.1	0.308	0.11	0.66	0.16	0.27	22	4.0
+4.0	安田層	330	17.3	0.462	1.07	1.92	0.56	3.13	4	10.0
-6.0	西山層	490	17.0	0.451	3.91	4.16	0.94	11.35	3	27.0
-33.0		530	16.6	0.446	4.32	4.75	0.91	12.49	3	57.0
-90.0		590	17.3	0.432	5.46	6.14	0.89	15.64	3	46.0
-136.0		650	19.3	0.424	7.48	8.32	0.90	21.30	3	19.0
-155.0		解放 基盤	720	19.9	0.416	10.50	10.50	1.00	29.74	-

第 6.7.1-4 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-1H)

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	5	側面・並進	2.12 × 10 ⁶	0.71	7.72 × 10 ⁵	3.88
K2	5	側面・回転	1.21 × 10 ⁹	0.01	1.37 × 10 ⁸	3.88
K3	6	側面・並進	1.42 × 10 ⁶	0.71	5.18 × 10 ⁵	3.88
K4	6	側面・回転	8.11 × 10 ⁸	0.01	9.15 × 10 ⁷	3.88
K5	7	側面・並進	6.12 × 10 ⁵	0.71	2.23 × 10 ⁵	3.88
K6	7	側面・回転	3.49 × 10 ⁸	0.01	3.94 × 10 ⁷	3.88
K7	7	底面・並進	6.18 × 10 ⁷	0.00	2.17 × 10 ⁶	3.88
K8	7	底面・回転	3.50 × 10 ¹⁰	0.00	3.36 × 10 ⁸	3.88

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

(*2) K1, K3, K5, K7はkN・s/m K2, K4, K6, K8はkN・s・m/rad

(*3) f₁は連成系の1次固有振動数

(EW 方向, Ss-1H)

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	5	側面・並進	2.12 × 10 ⁶	0.71	7.82 × 10 ⁵	4.11
K2	5	側面・回転	1.21 × 10 ⁹	0.01	1.37 × 10 ⁸	4.11
K3	6	側面・並進	1.42 × 10 ⁶	0.71	5.24 × 10 ⁵	4.11
K4	6	側面・回転	8.11 × 10 ⁸	0.01	9.19 × 10 ⁷	4.11
K5	7	側面・並進	6.12 × 10 ⁵	0.71	2.26 × 10 ⁵	4.11
K6	7	側面・回転	3.49 × 10 ⁸	0.01	3.96 × 10 ⁷	4.11
K7	7	底面・並進	6.00 × 10 ⁷	0.00	2.04 × 10 ⁶	4.11
K8	7	底面・回転	5.77 × 10 ¹⁰	0.00	7.83 × 10 ⁸	4.11

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

(*2) K1, K3, K5, K7はkN・s/m K2, K4, K6, K8はkN・s・m/rad

(*3) f₁は連成系の1次固有振動数

第 6.7.1-4 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-2H)

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	5	側面・並進	2.05 × 10 ⁶	0.69	7.62 × 10 ⁵	3.88
K2	5	側面・回転	1.17 × 10 ⁹	0.01	1.34 × 10 ⁸	3.88
K3	6	側面・並進	1.37 × 10 ⁶	0.69	5.11 × 10 ⁵	3.88
K4	6	側面・回転	7.84 × 10 ⁸	0.01	9.01 × 10 ⁷	3.88
K5	7	側面・並進	5.92 × 10 ⁵	0.69	2.20 × 10 ⁵	3.88
K6	7	側面・回転	3.38 × 10 ⁸	0.01	3.88 × 10 ⁷	3.88
K7	7	底面・並進	6.22 × 10 ⁷	0.00	2.18 × 10 ⁶	3.88
K8	7	底面・回転	3.52 × 10 ¹⁰	0.00	3.37 × 10 ⁸	3.88

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

(*2) K1, K3, K5, K7はkN・s/m K2, K4, K6, K8はkN・s・m/rad

(*3) f₁は連成系の1次固有振動数

(EW 方向, Ss-2H)

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	5	側面・並進	2.05 × 10 ⁶	0.69	7.71 × 10 ⁵	4.12
K2	5	側面・回転	1.17 × 10 ⁹	0.01	1.35 × 10 ⁸	4.12
K3	6	側面・並進	1.37 × 10 ⁶	0.69	5.17 × 10 ⁵	4.12
K4	6	側面・回転	7.84 × 10 ⁸	0.01	9.05 × 10 ⁷	4.12
K5	7	側面・並進	5.92 × 10 ⁵	0.69	2.23 × 10 ⁵	4.12
K6	7	側面・回転	3.38 × 10 ⁸	0.01	3.90 × 10 ⁷	4.12
K7	7	底面・並進	6.04 × 10 ⁷	0.00	2.05 × 10 ⁶	4.12
K8	7	底面・回転	5.82 × 10 ¹⁰	0.00	7.85 × 10 ⁸	4.12

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

(*2) K1, K3, K5, K7はkN・s/m K2, K4, K6, K8はkN・s・m/rad

(*3) f₁は連成系の1次固有振動数

第 6.7.1-4 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-3H)

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	5	側面・並進	2.19 × 10 ⁶	0.72	7.82 × 10 ⁵	3.87
K2	5	側面・回転	1.25 × 10 ⁹	0.01	1.39 × 10 ⁸	3.87
K3	6	側面・並進	1.47 × 10 ⁶	0.72	5.24 × 10 ⁵	3.87
K4	6	側面・回転	8.39 × 10 ⁸	0.01	9.29 × 10 ⁷	3.87
K5	7	側面・並進	6.33 × 10 ⁵	0.72	2.26 × 10 ⁵	3.87
K6	7	側面・回転	3.61 × 10 ⁸	0.01	4.00 × 10 ⁷	3.87
K7	7	底面・並進	6.16 × 10 ⁷	0.00	2.17 × 10 ⁶	3.87
K8	7	底面・回転	3.48 × 10 ¹⁰	0.00	3.36 × 10 ⁸	3.87

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

(*2) K1, K3, K5, K7はkN・s/m K2, K4, K6, K8はkN・s・m/rad

(*3) f₁は連成系の1次固有振動数

(EW 方向, Ss-3H)

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	5	側面・並進	2.19 × 10 ⁶	0.72	7.92 × 10 ⁵	4.10
K2	5	側面・回転	1.25 × 10 ⁹	0.01	1.39 × 10 ⁸	4.10
K3	6	側面・並進	1.47 × 10 ⁶	0.72	5.31 × 10 ⁵	4.10
K4	6	側面・回転	8.39 × 10 ⁸	0.01	9.33 × 10 ⁷	4.10
K5	7	側面・並進	6.33 × 10 ⁵	0.72	2.29 × 10 ⁵	4.10
K6	7	側面・回転	3.61 × 10 ⁸	0.01	4.02 × 10 ⁷	4.10
K7	7	底面・並進	5.98 × 10 ⁷	0.00	2.04 × 10 ⁶	4.10
K8	7	底面・回転	5.71 × 10 ¹⁰	0.00	7.81 × 10 ⁸	4.10

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

(*2) K1, K3, K5, K7はkN・s/m K2, K4, K6, K8はkN・s・m/rad

(*3) f₁は連成系の1次固有振動数

第 6.7.1-4 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-4H)

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	5	側面・並進	2.32 × 10 ⁶	0.74	8.03 × 10 ⁵	3.94
K2	5	側面・回転	1.32 × 10 ⁹	0.01	1.43 × 10 ⁸	3.94
K3	6	側面・並進	1.56 × 10 ⁶	0.74	5.38 × 10 ⁵	3.94
K4	6	側面・回転	8.88 × 10 ⁸	0.01	9.55 × 10 ⁷	3.94
K5	7	側面・並進	6.70 × 10 ⁵	0.74	2.32 × 10 ⁵	3.94
K6	7	側面・回転	3.82 × 10 ⁸	0.01	4.11 × 10 ⁷	3.94
K7	7	底面・並進	6.39 × 10 ⁷	0.00	2.21 × 10 ⁶	3.94
K8	7	底面・回転	3.62 × 10 ¹⁰	0.00	3.42 × 10 ⁸	3.94

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

(*2) K1, K3, K5, K7はkN・s/m K2, K4, K6, K8はkN・s・m/rad

(*3) f₁は連成系の1次固有振動数

(EW 方向, Ss-4H)

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	5	側面・並進	2.32 × 10 ⁶	0.74	8.13 × 10 ⁵	4.17
K2	5	側面・回転	1.32 × 10 ⁹	0.01	1.43 × 10 ⁸	4.17
K3	6	側面・並進	1.56 × 10 ⁶	0.74	5.45 × 10 ⁵	4.17
K4	6	側面・回転	8.88 × 10 ⁸	0.01	9.59 × 10 ⁷	4.17
K5	7	側面・並進	6.70 × 10 ⁵	0.74	2.35 × 10 ⁵	4.17
K6	7	側面・回転	3.82 × 10 ⁸	0.01	4.13 × 10 ⁷	4.17
K7	7	底面・並進	6.20 × 10 ⁷	0.00	2.07 × 10 ⁶	4.17
K8	7	底面・回転	5.97 × 10 ¹⁰	0.00	7.96 × 10 ⁸	4.17

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

(*2) K1, K3, K5, K7はkN・s/m K2, K4, K6, K8はkN・s・m/rad

(*3) f₁は連成系の1次固有振動数

第 6.7.1-4 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-5H)

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	5	側面・並進	2.25 × 10 ⁶	0.73	7.92 × 10 ⁵	3.92
K2	5	側面・回転	1.28 × 10 ⁹	0.01	1.40 × 10 ⁸	3.92
K3	6	側面・並進	1.51 × 10 ⁶	0.73	5.31 × 10 ⁵	3.92
K4	6	側面・回転	8.60 × 10 ⁸	0.01	9.41 × 10 ⁷	3.92
K5	7	側面・並進	6.49 × 10 ⁵	0.73	2.29 × 10 ⁵	3.92
K6	7	側面・回転	3.70 × 10 ⁸	0.01	4.05 × 10 ⁷	3.92
K7	7	底面・並進	6.32 × 10 ⁷	0.00	2.20 × 10 ⁶	3.92
K8	7	底面・回転	3.58 × 10 ¹⁰	0.00	3.40 × 10 ⁸	3.92

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

(*2) K1, K3, K5, K7はkN・s/m K2, K4, K6, K8はkN・s・m/rad

(*3) f₁は連成系の1次固有振動数

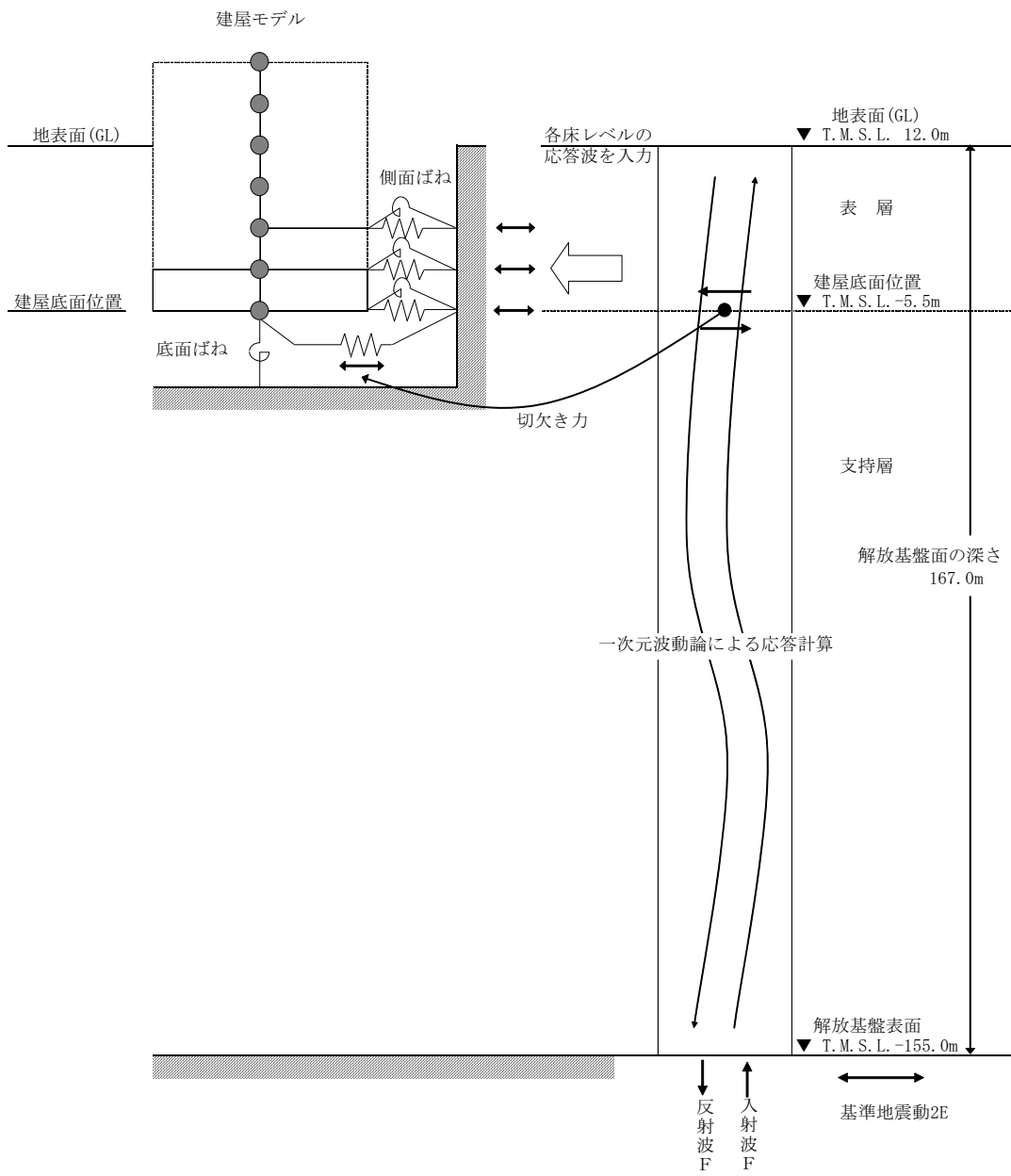
(EW 方向, Ss-5H)

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	5	側面・並進	2.25 × 10 ⁶	0.73	8.02 × 10 ⁵	4.15
K2	5	側面・回転	1.28 × 10 ⁹	0.01	1.41 × 10 ⁸	4.15
K3	6	側面・並進	1.51 × 10 ⁶	0.73	5.37 × 10 ⁵	4.15
K4	6	側面・回転	8.60 × 10 ⁸	0.01	9.45 × 10 ⁷	4.15
K5	7	側面・並進	6.49 × 10 ⁵	0.73	2.31 × 10 ⁵	4.15
K6	7	側面・回転	3.70 × 10 ⁸	0.01	4.07 × 10 ⁷	4.15
K7	7	底面・並進	6.14 × 10 ⁷	0.00	2.06 × 10 ⁶	4.15
K8	7	底面・回転	5.91 × 10 ¹⁰	0.00	7.92 × 10 ⁸	4.15

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

(*2) K1, K3, K5, K7はkN・s/m K2, K4, K6, K8はkN・s・m/rad

(*3) f₁は連成系の1次固有振動数



第 6.7.1-5 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

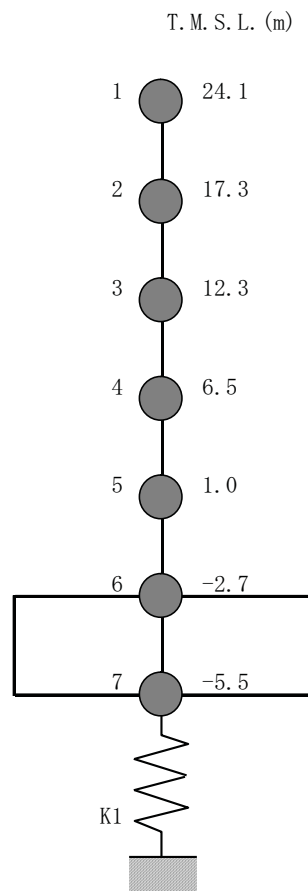
鉛直方向の地震応答解析モデルは、耐震壁の軸剛性を評価した質点系モデルとする。鉛直方向の地震応答解析モデルを第 6.7.1-6 図に、解析モデルの諸元を第 6.7.1-5 表に示す。

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 6.7.1-6 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 6.7.1-3 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 6.7.1-7 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 6.7.1-6 図 地震応答解析モデル (鉛直方向)

第 6.7.1-5 表 解析モデルの諸元

(鉛直方向)

質点 番号	質点重量 W (kN)	軸断面積 A_N (m ²)
1	68,160	
2	92,410	151.8
3	103,900	240.0
4	120,780	306.0
5	65,170	350.0
6	124,330	348.7
7	81,650	2,478.0
合計	656,400	

①建屋部

ヤング係数 E_c 3.13×10^7 (kN/m²)

せん断弾性係数 G 1.31×10^7 (kN/m²)

ポアソン比 ν 0.2

減衰 h 5%

基礎形状 42.0m(NS) × 59.0m(EW)

②基礎スラブ

ヤング係数 E_c 2.90×10^7 (kN/m²)

せん断弾性係数 G 1.21×10^7 (kN/m²)

ポアソン比 ν 0.2

減衰 h 5%

第 6.7.1-6 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-1V)

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 ^{(*)1} f_1 (Hz)
K1	5	底面・鉛直	9.77×10^7	0.00	4.87×10^6	5.93

(*1) f_1 は連成系の1次固有振動数

(Ss-2V)

ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね		減衰	
			ばね定数 K_C	採用振動数 (Hz)	減衰係数 C_C (kN·s/m)	採用振動数 ^{(*)1} f_1 (Hz)
K1	5	底面・鉛直	9.93×10^7	0.00	4.91×10^6	5.97

(*1) f_1 は連成系の1次固有振動数

(Ss-3V)

ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね		減衰	
			ばね定数 K_C	採用振動数 (Hz)	減衰係数 C_C (kN·s/m)	採用振動数 ^{(*)1} f_1 (Hz)
K1	5	底面・鉛直	9.58×10^7	0.00	4.83×10^6	5.87

(*1) f_1 は連成系の1次固有振動数

(Ss-4V)

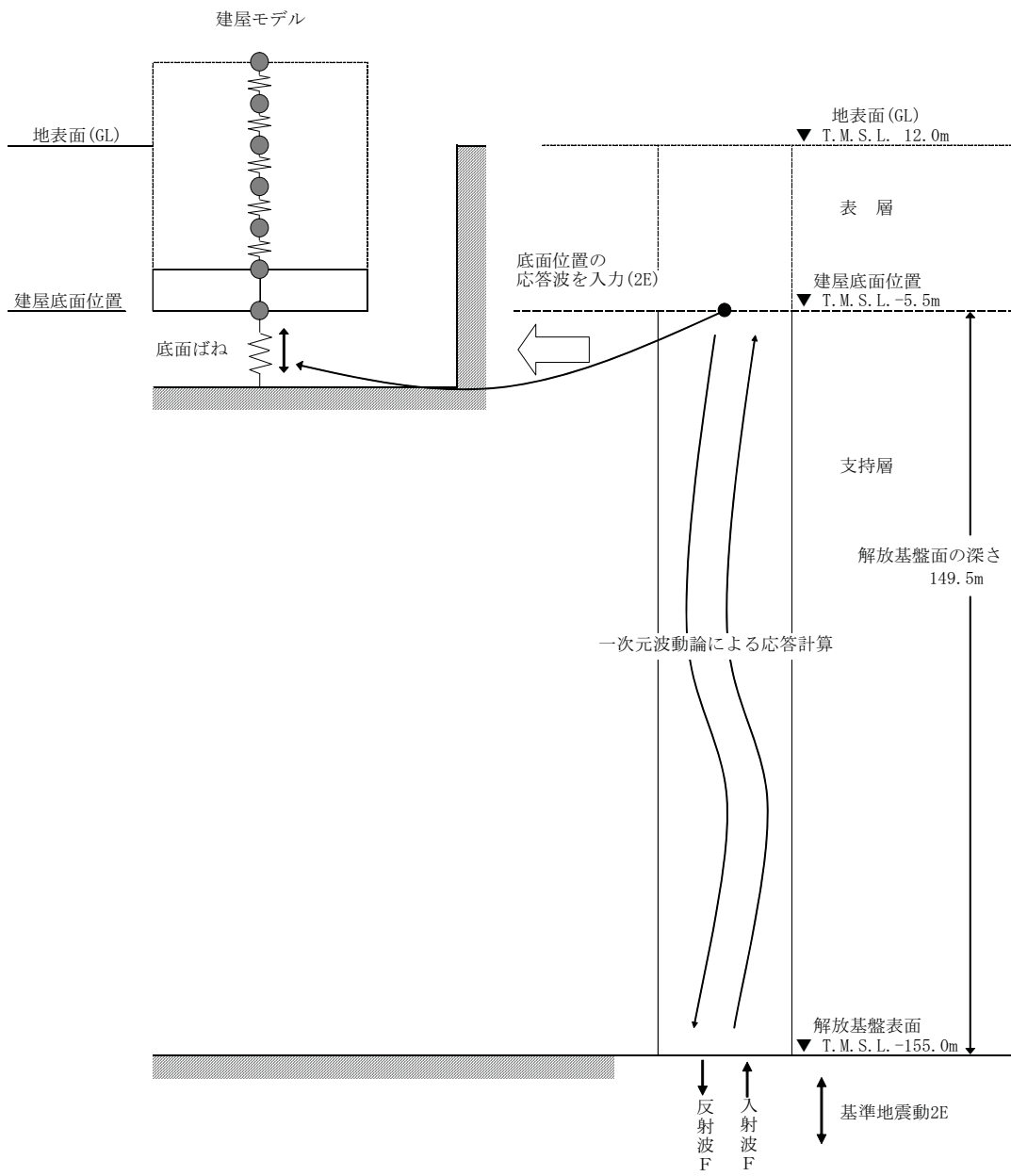
ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね		減衰	
			ばね定数 K_C	採用振動数 (Hz)	減衰係数 C_C (kN·s/m)	採用振動数 ^{(*)1} f_1 (Hz)
K1	5	底面・鉛直	1.01×10^8	0.00	4.96×10^6	6.02

(*1) f_1 は連成系の1次固有振動数

(Ss-5V)

ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね		減衰	
			ばね定数 K_C	採用振動数 (Hz)	減衰係数 C_C (kN·s/m)	採用振動数 ^{(*)1} f_1 (Hz)
K1	5	底面・鉛直	9.99×10^7	0.00	4.93×10^6	5.99

(*1) f_1 は連成系の1次固有振動数



第 6.7.1-7 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)

6.7.1.3. 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 6.7.1-7 表および第 6.7.1-8 表に示す。

基準地震動 Ss(水平)による最大応答値を，それぞれ第 6.7.1-8 図～第 6.7.1-13 図に示す。

基準地震動 Ss(鉛直)による最大応答値を，それぞれ第 6.7.1-14 図，第 6.7.1-15 図に示す。

第 6.7.1-7 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-1H)

次数	固有周期 (秒)	固有振動数 (Hz)	刺激係数*	備考
1	0.258	3.88	1.316	地盤建屋連成一次
2	0.123	8.16	0.427	
3	0.054	18.62	-0.073	
4	0.043	23.38	0.061	
5	0.030	33.39	0.002	

(NS 方向, Ss-2H)

次数	固有周期 (秒)	固有振動数 (Hz)	刺激係数*	備考
1	0.258	3.88	1.316	地盤建屋連成一次
2	0.122	8.17	0.428	
3	0.054	18.62	-0.073	
4	0.043	23.39	0.061	
5	0.030	33.40	0.002	

(NS 方向, Ss-3H)

次数	固有周期 (秒)	固有振動数 (Hz)	刺激係数*	備考
1	0.258	3.87	1.316	地盤建屋連成一次
2	0.123	8.15	0.428	
3	0.054	18.62	-0.073	
4	0.043	23.38	0.061	
5	0.030	33.39	0.002	

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 6.7.1-7 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-4H)

次数	固有周期 (秒)	固有振動数 (Hz)	刺激係数*	備考
1	0.254	3.94	1.319	地盤建屋連成一次
2	0.121	8.29	0.429	
3	0.054	18.66	-0.075	
4	0.043	23.41	0.063	
5	0.030	33.44	0.002	

(NS 方向, Ss-5H)

次数	固有周期 (秒)	固有振動数 (Hz)	刺激係数*	備考
1	0.255	3.92	1.318	地盤建屋連成一次
2	0.121	8.25	0.428	
3	0.054	18.65	-0.074	
4	0.043	23.40	0.063	
5	0.030	33.42	0.002	

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 6.7.1-7 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-1H)

次数	固有周期 (秒)	固有振動数 (Hz)	刺激係数*	備考
1	0.243	4.11	1.261	地盤建屋連成一次
2	0.127	7.90	0.317	
3	0.057	17.65	-0.108	
4	0.040	24.82	0.051	
5	0.031	32.07	0.002	

(EW 方向, Ss-2H)

次数	固有周期 (秒)	固有振動数 (Hz)	刺激係数*	備考
1	0.243	4.12	1.261	地盤建屋連成一次
2	0.126	7.92	0.317	
3	0.057	17.65	-0.108	
4	0.040	24.82	0.051	
5	0.031	32.07	0.002	

(EW 方向, Ss-3H)

次数	固有周期 (秒)	固有振動数 (Hz)	刺激係数*	備考
1	0.244	4.10	1.260	地盤建屋連成一次
2	0.127	7.88	0.319	
3	0.057	17.64	-0.108	
4	0.040	24.82	0.051	
5	0.031	32.06	0.002	

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 6.7.1-7 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-4H)

次数	固有周期 (秒)	固有振動数 (Hz)	刺激係数*	備考
1	0.240	4.17	1.264	地盤建屋連成一次
2	0.125	8.03	0.319	
3	0.057	17.68	-0.111	
4	0.040	24.84	0.053	
5	0.031	32.10	0.002	

(EW 方向, Ss-5H)

次数	固有周期 (秒)	固有振動数 (Hz)	刺激係数*	備考
1	0.241	4.15	1.263	地盤建屋連成一次
2	0.125	7.99	0.318	
3	0.057	17.67	-0.110	
4	0.040	24.83	0.052	
5	0.031	32.09	0.002	

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 6.7.1-8 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-1V)

次数	固有周期 (秒)	固有振動数 (Hz)	刺激係数*	備考
1	0.169	5.93	1.057	地盤建屋連成一次
2	0.031	32.46	-0.071	
3	0.018	56.65	0.017	
4	0.012	81.53	0.005	
5	0.009	109.50	0.002	

(Ss-2V)

次数	固有周期 (秒)	固有振動数 (Hz)	刺激係数*	備考
1	0.167	5.97	1.057	地盤建屋連成一次
2	0.031	32.47	-0.072	
3	0.018	56.66	0.017	
4	0.012	81.53	0.005	
5	0.009	109.50	0.002	

(Ss-3V)

次数	固有周期 (秒)	固有振動数 (Hz)	刺激係数*	備考
1	0.170	5.87	1.056	地盤建屋連成一次
2	0.031	32.44	-0.069	
3	0.018	56.65	0.017	
4	0.012	81.53	0.005	
5	0.009	109.50	0.001	

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 6.7.1-8 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)

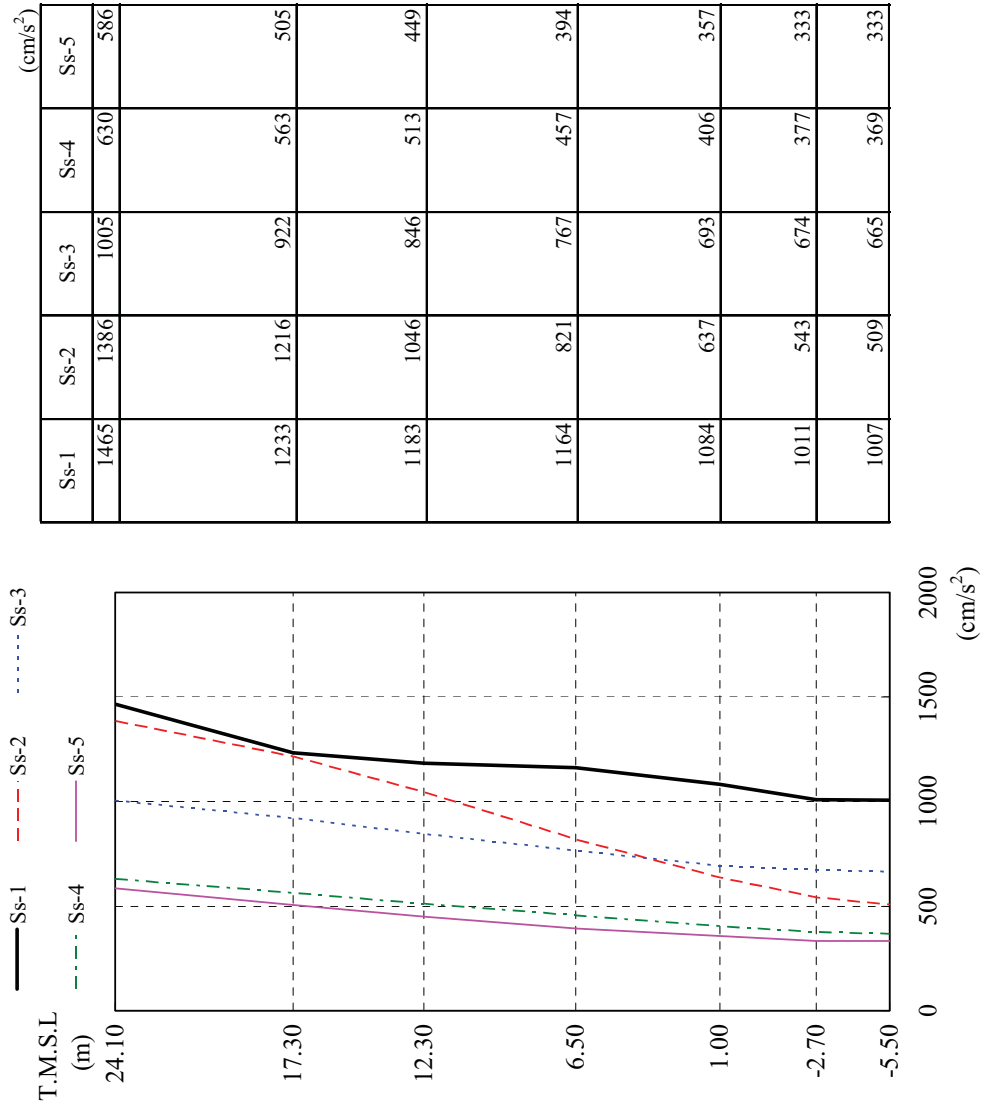
(Ss-4V)

次数	固有周期 (秒)	固有振動数 (Hz)	刺激係数*	備考
1	0.166	6.02	1.058	地盤建屋連成一次
2	0.031	32.48	-0.073	
3	0.018	56.66	0.018	
4	0.012	81.53	0.005	
5	0.009	109.50	0.002	

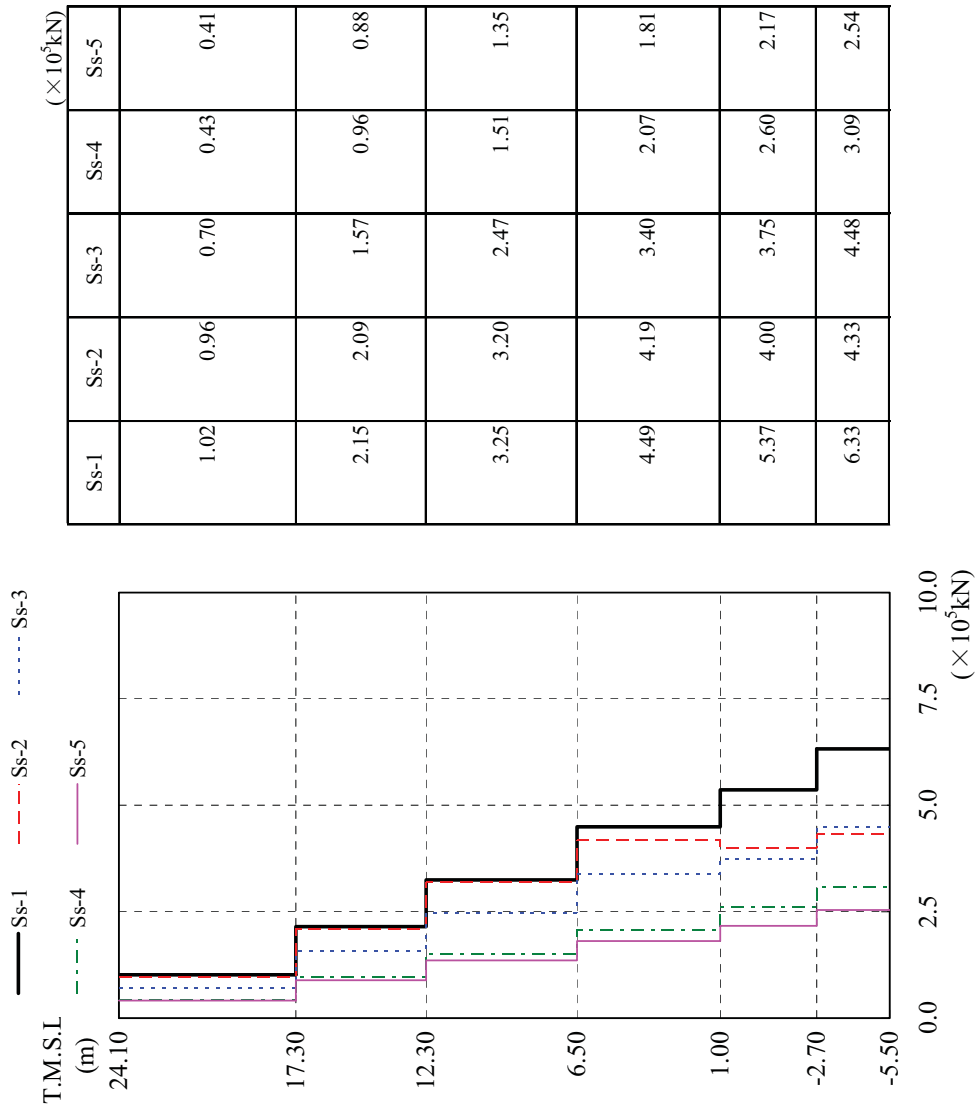
(Ss-5V)

次数	固有周期 (秒)	固有振動数 (Hz)	刺激係数*	備考
1	0.167	5.99	1.058	地盤建屋連成一次
2	0.031	32.47	-0.072	
3	0.018	56.66	0.017	
4	0.012	81.53	0.005	
5	0.009	109.50	0.002	

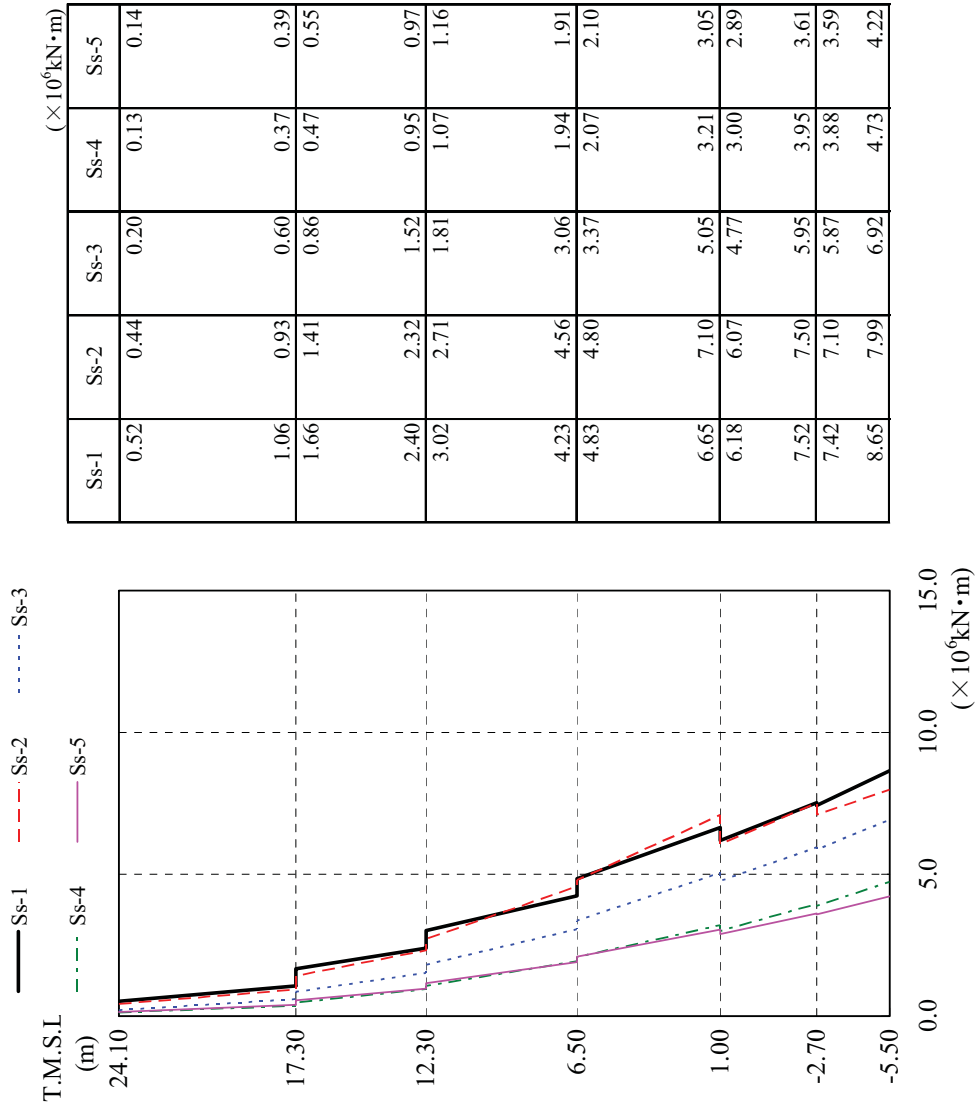
注* : モードごとに固有ベクトルの最大値を 1 に基準化して
得られる刺激係数を示す。



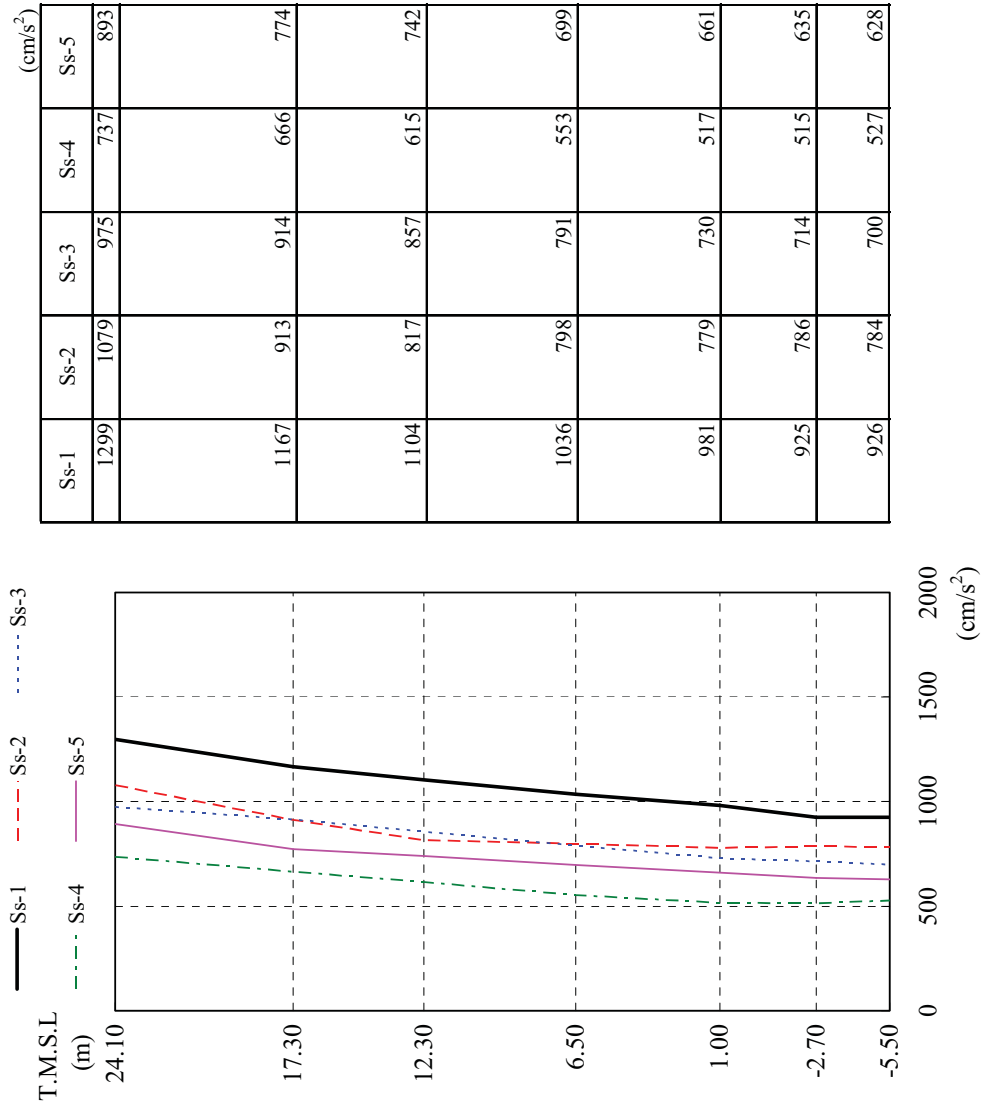
第 6.7.1-8 图 最大応答加速度 (NS 方向)



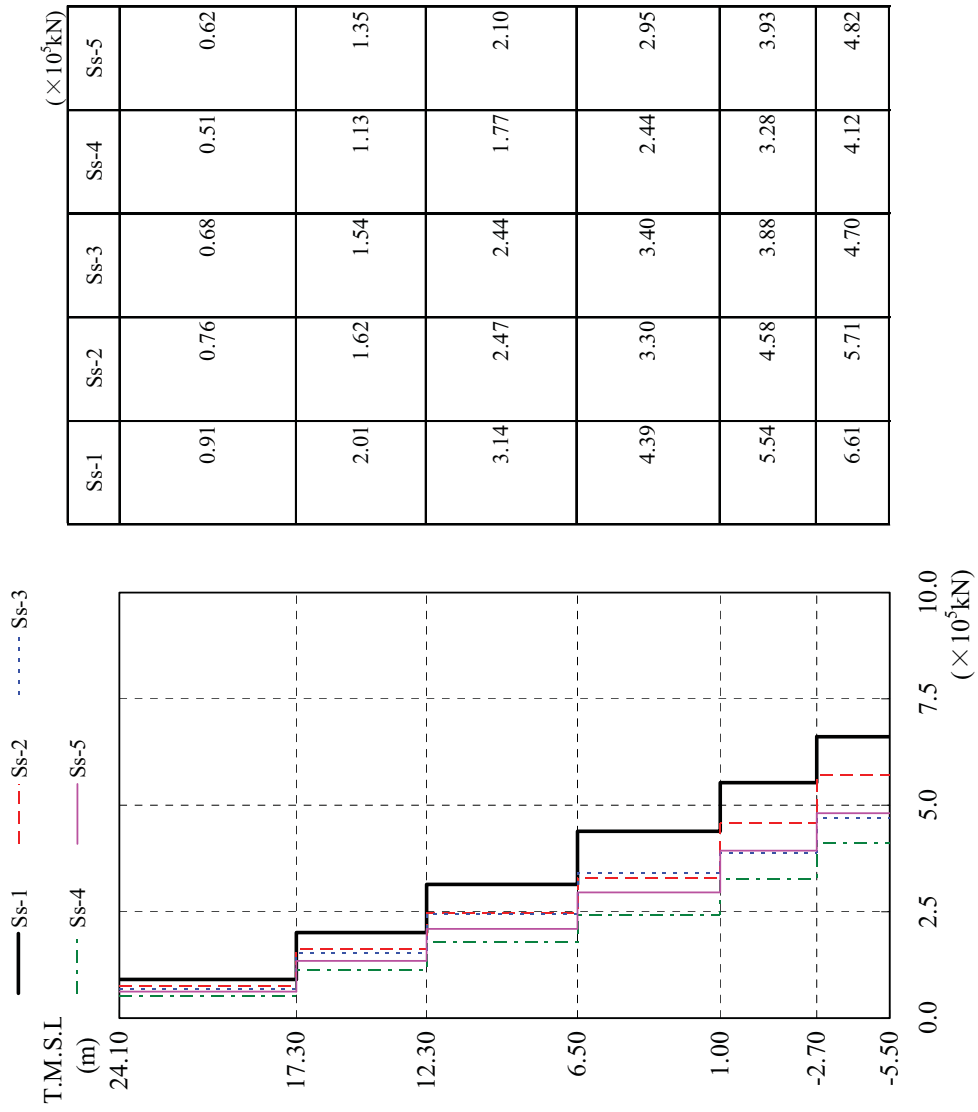
第 6.7.1-9 図 最大応答せん断力 (NS 方向)



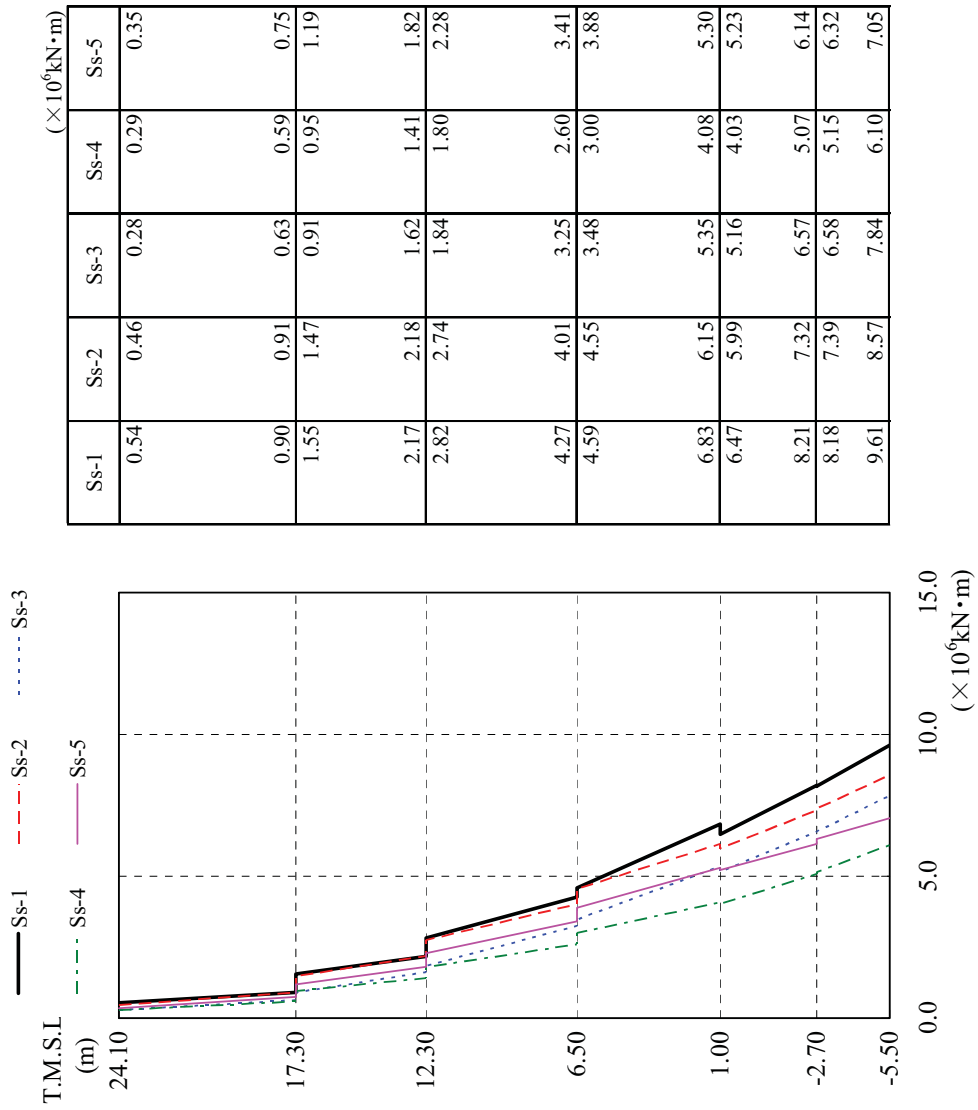
第 6.7.1-10 図 最大応答曲げモーメント (NS 方向)



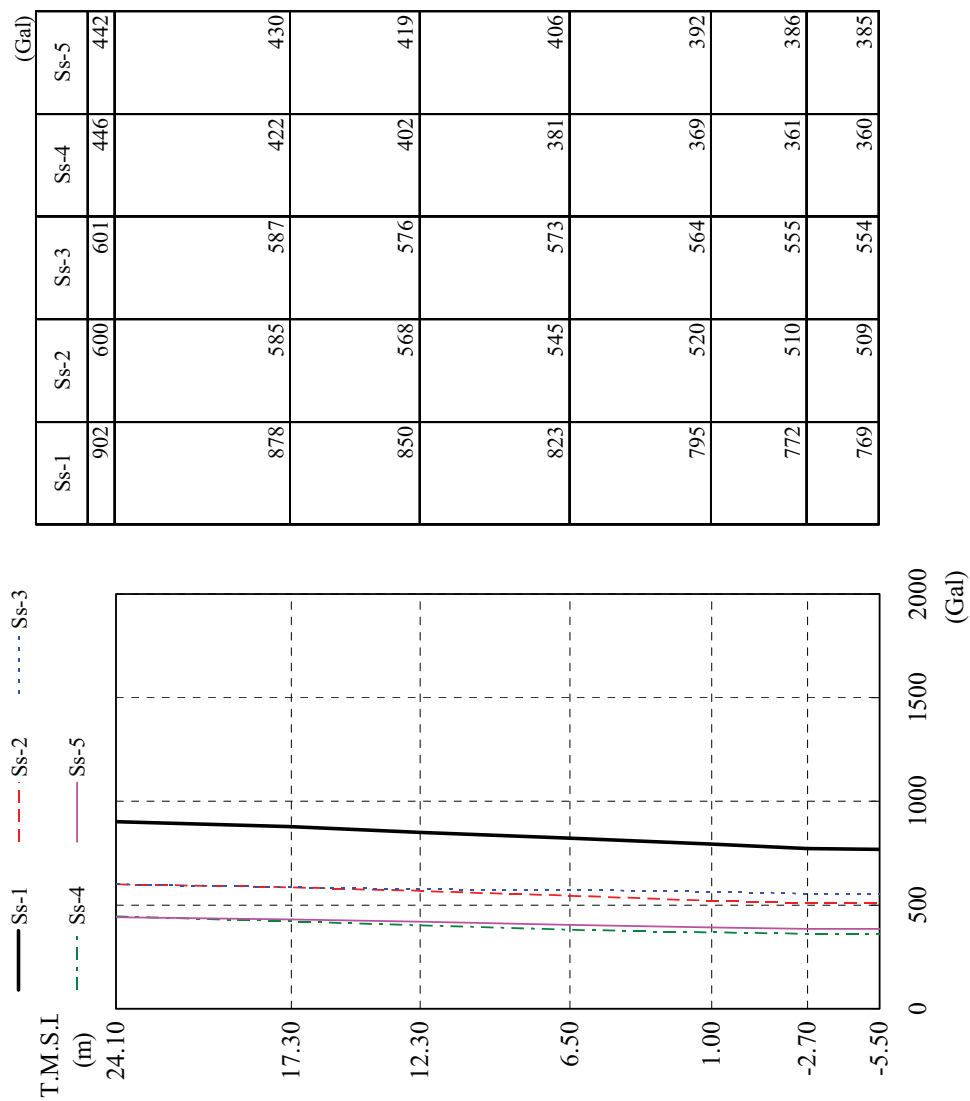
第 6.7.1-11 図 最大応答加速度 (EW 方向)



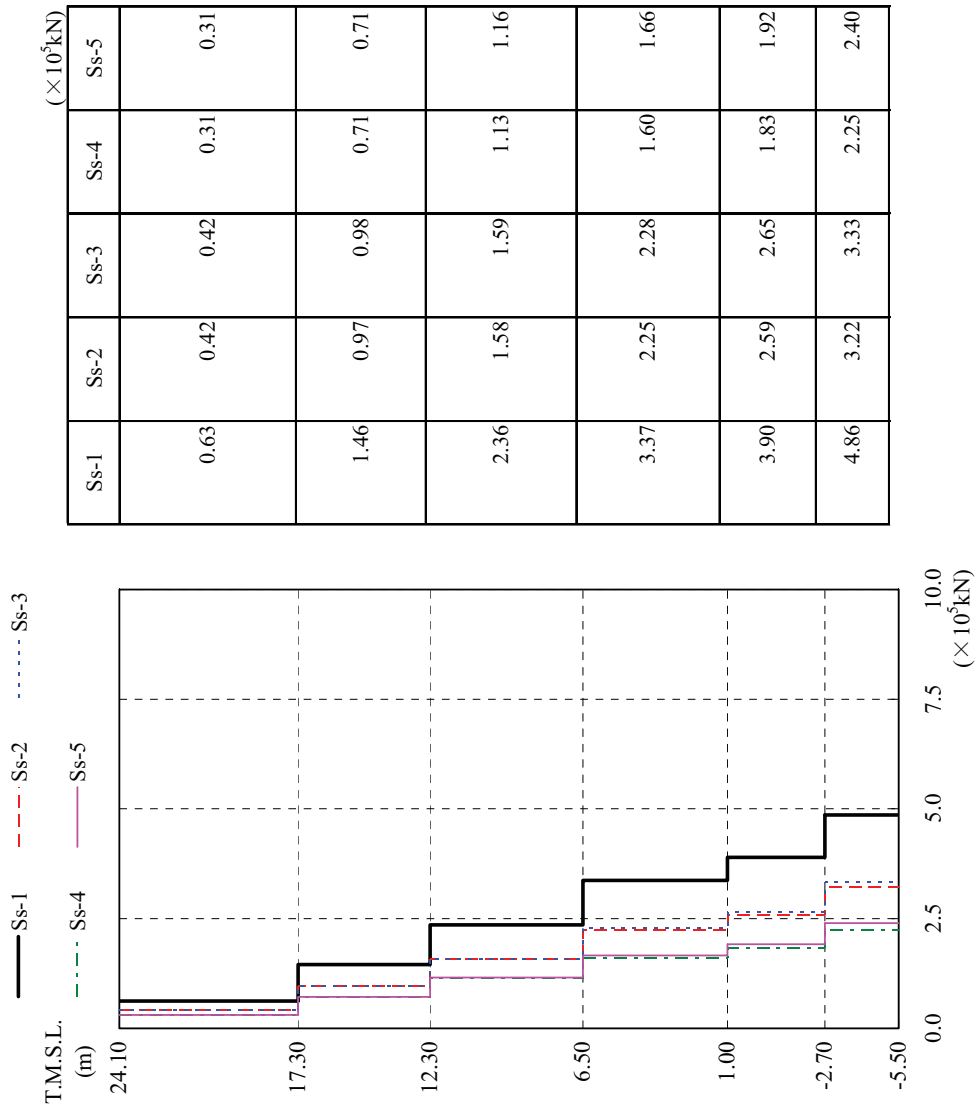
第 6.7.1-12 図 最大応答せん断力 (EW 方向)



第 6.7.1-13 図 最大応答曲げモーメント (EW 方向)



第 6.7.1-14 图 最大芯筒加速度 (鉛直方向)



第 6.7.1-15 図 最大応答軸力 (鉛直方向)

6.7.1.4. 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 6.7.1-9 表に示す。

第 6.7.1-9 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 ⁶ kN・m)	4.59	4.59	4.59	4.59	4.59
	最大転倒モーメント Mmax (×10 ⁶ kN・m)	8.50	7.81	6.82	4.62	4.11
	接地率 η (%)	57.5*	65.1	75.8	99.7	100.0
EW 方 向	浮上り限界モーメント (×10 ⁶ kN・m)	6.45	6.45	6.45	6.45	6.45
	最大転倒モーメント Mmax (×10 ⁶ kN・m)	9.26	7.89	7.58	5.82	6.66
	接地率 η (%)	78.3	88.9	91.3	100.0	98.4

※：接地率が 65%を下回っていることから、「JEAG 4601-1991」に記載されている誘発上下動を考慮した地震応答解析を実施し、その影響が小さいことを別途確認している。(参考資料 6.4 参照)

6.7.1.5. 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 6.7.1-10 表に示す。地盤の支持力試験の最大荷重は、 5982kN/m^2 (610tf/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 6.7.1-10 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-1H)

		NS	EW	反力分布図 ()内は下向き地震時
鉛直力 N (kN)	上向き	512,070		[NS方向] 42.0m 1312.8 kN/m ² (870.9 kN/m ²)
	下向き	800,730		
転倒モーメント M (×10 ⁵ kN・m)		84.97	92.60	[EW方向] 59.0m
最大接地圧※ (kN/m ²)	上向き	1312.8	711.9	711.9 kN/m ² (708.6 kN/m ²)
	下向き	870.9	708.6	

※：地盤の支持力試験の最大荷重 5982 kN/m²

(Ss-2H)

		NS	EW	反力分布図 ()内は下向き地震時
鉛直力 N (kN)	上向き	583,053		[NS方向] 42.0m 865.6 kN/m ² (800.3 kN/m ²)
	下向き	729,747		
転倒モーメント M (×10 ⁵ kN・m)		78.06	78.91	[EW方向] 59.0m
最大接地圧※ (kN/m ²)	上向き	865.6	579.7	579.7 kN/m ² (619.9 kN/m ²)
	下向き	800.3	619.9	

※：地盤の支持力試験の最大荷重 5982 kN/m²

(Ss-3H)

		NS	EW	反力分布図 ()内は下向き地震時
鉛直力 N (kN)	上向き	535,915		[NS方向] 42.0m 731.7 kN/m ² (718.2 kN/m ²)
	下向き	776,885		
転倒モーメント M (×10 ⁵ kN・m)		68.19	75.79	[EW方向] 59.0m
最大接地圧※ (kN/m ²)	上向き	731.7	553.9	553.9 kN/m ² (624.5 kN/m ²)
	下向き	718.2	624.5	

※：地盤の支持力試験の最大荷重 5982 kN/m²

第 6.7.1-10 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-4H)

		NS	EW	反力分布図 ()内は下向き地震時
鉛直力 N (kN)	上向き	588,404		[NS方向] 42.0m 505.7 kN/m ² (558.7 kN/m ²) [EW方向] 59.0m
	下向き	724,396		
転倒モーメント M (×10 ⁵ kN・m)		46.21	58.25	
最大接地圧※ (kN/m ²)	上向き	505.7	476.5	476.5 kN/m ² (531.4 kN/m ²)
	下向き	558.7	531.4	

※：地盤の支持力試験の最大荷重 5982 kN/m²

(Ss-5H)

		NS	EW	反力分布図 ()内は下向き地震時
鉛直力 N (kN)	上向き	580,985		[NS方向] 42.0m 471.3 kN/m ² (532.2 kN/m ²) [EW方向] 59.0m
	下向き	731,815		
転倒モーメント M (×10 ⁵ kN・m)		41.09	66.63	
最大接地圧※ (kN/m ²)	上向き	471.3	511.5	511.5 kN/m ² (568.8 kN/m ²)
	下向き	532.2	568.8	

※：地盤の支持力試験の最大荷重 5982 kN/m²

6.7.2. 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、コントロール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）。

6.7.3. 耐震安全性評価結果

6.7.3.1. 耐震壁

第 6.7.3-1 表および第 6.7.3-2 表に耐震壁のせん断ひずみ一覧を示す。また、第 6.7.3-1 図～第 6.7.3-10 図に基準地震動 Ss 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 0.46×10^{-3} (Ss-1H, NS 方向, B2F) であり、評価基準値 (2.0×10^{-3}) を満足している。

第6.7.3-1表 耐震壁のせん断ひずみ一覧 (NS方向)

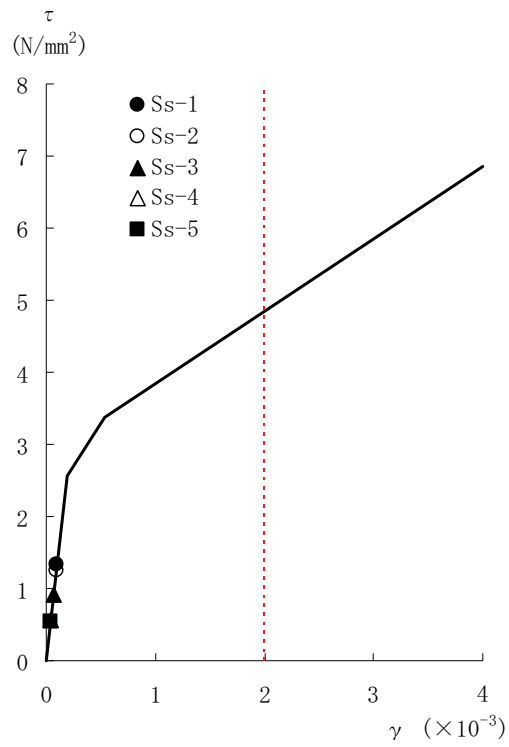
($\times 10^{-3}$)

階	Ss-1H	Ss-2H	Ss-3H	Ss-4H	Ss-5H	評価基準値
2F	0.10	0.10	0.07	0.04	0.04	2.0以下
1F	0.15	0.14	0.11	0.07	0.06	
B1F	0.16	0.16	0.12	0.08	0.07	
MB2F	0.24	0.20	0.17	0.10	0.09	
B2F	0.46	0.20	0.19	0.13	0.11	

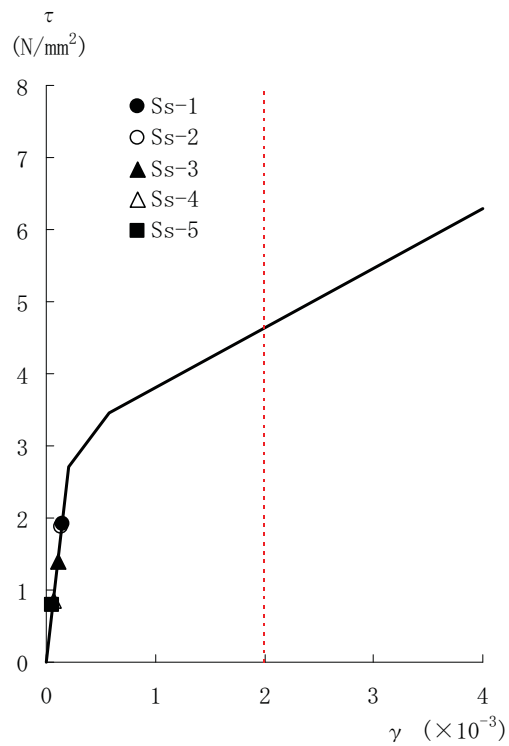
第6.7.3-2表 耐震壁のせん断ひずみ一覧 (EW方向)

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

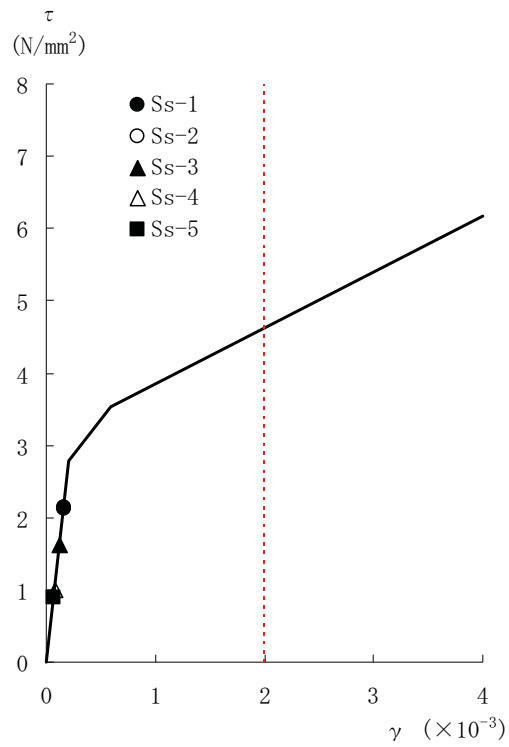
階	Ss-1H	Ss-2H	Ss-3H	Ss-4H	Ss-5H	評価基準値
2F	0.10	0.08	0.08	0.06	0.07	2.0以下
1F	0.12	0.10	0.09	0.07	0.08	
B1F	0.16	0.12	0.12	0.09	0.11	
MB2F	0.16	0.12	0.13	0.09	0.11	
B2F	0.21	0.17	0.15	0.12	0.15	



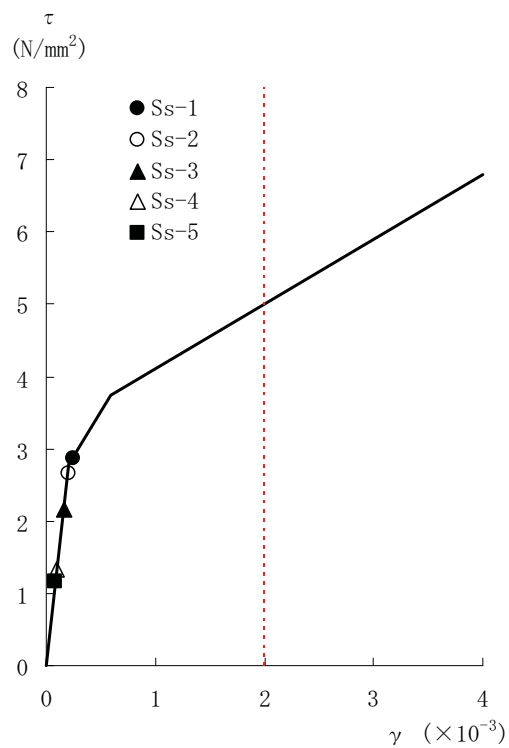
第 6.7.3-1 図 せん断スケルトン曲線上の最大応答値 (NS 方向, 2F)



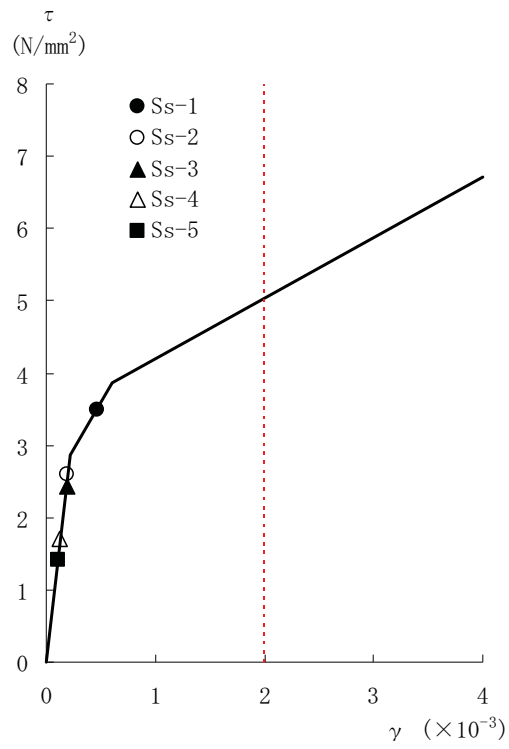
第 6.7.3-2 図 せん断スケルトン曲線上の最大応答値 (NS 方向, 1F)



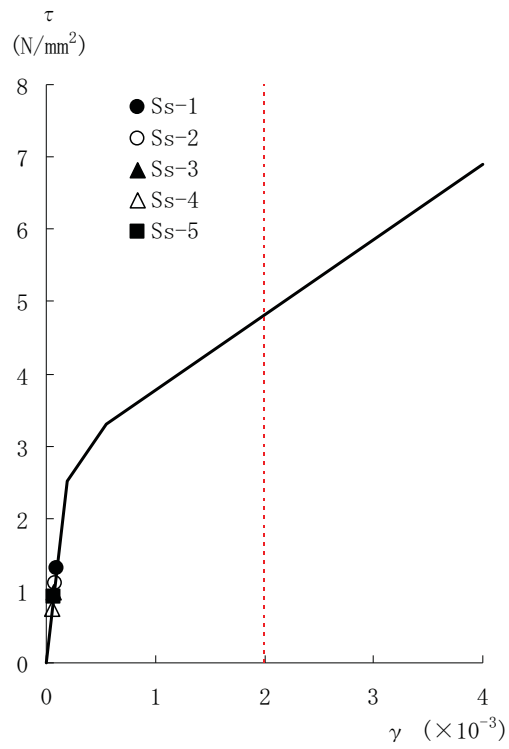
第 6.7.3-3 図 せん断スケルトン曲線上の最大応答値 (NS 方向, B1F)



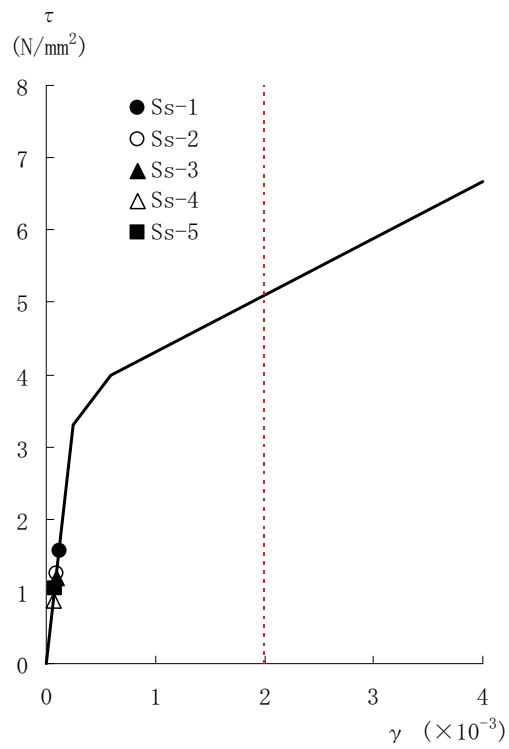
第 6.7.3-4 図 せん断スケルトン曲線上の最大応答値 (NS 方向, MB2F)



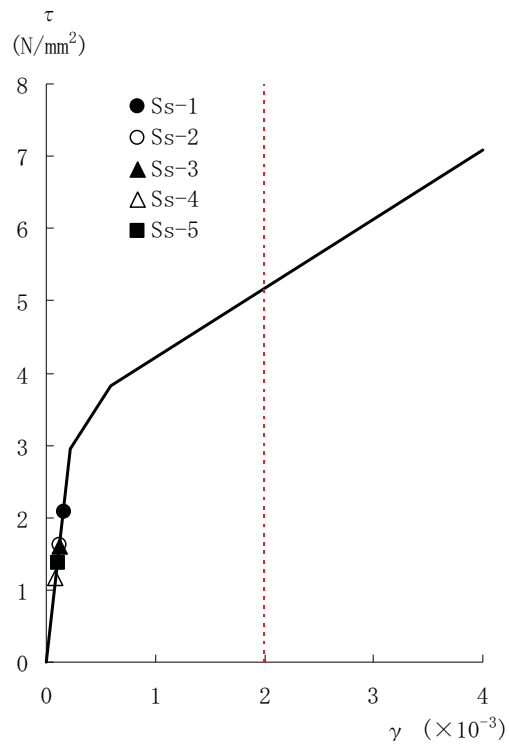
第 6.7.3-5 図 せん断スケルトン曲線上の最大応答値 (NS 方向, B2F)



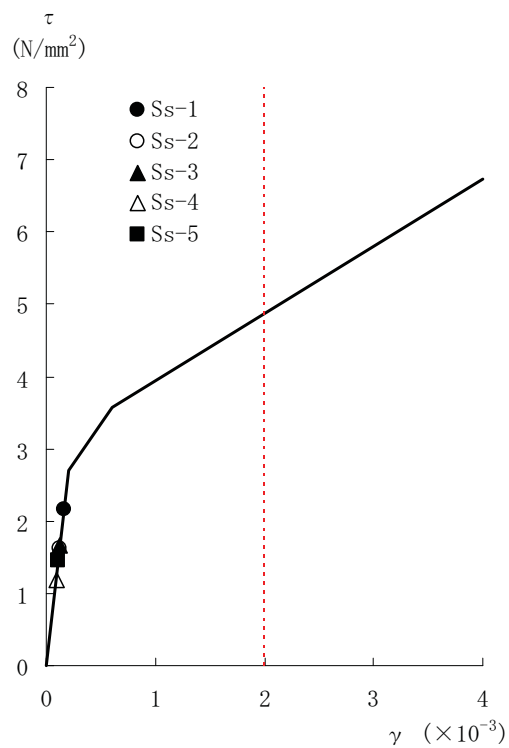
第 6.7.3-6 図 せん断スケルトン曲線上の最大応答値 (EW 方向, 2F)



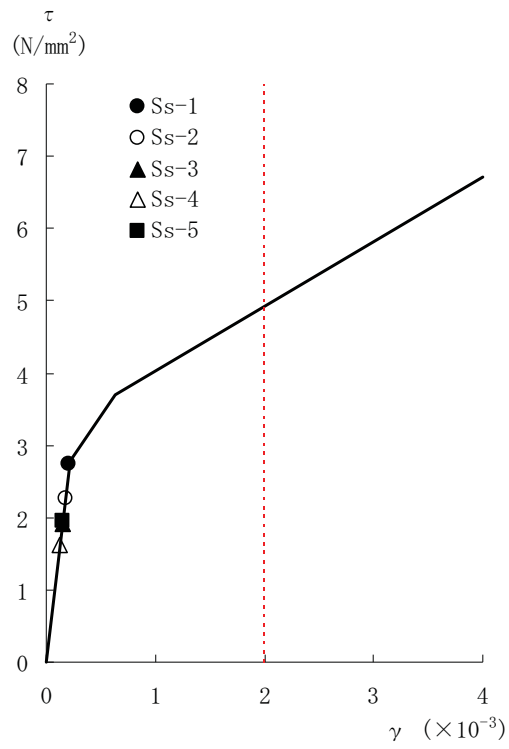
第 6.7.3-7 図 せん断スケルトン曲線上の最大応答値 (EW 方向, 1F)



第 6.7.3-8 図 せん断スケルトン曲線上の最大応答値 (EW 方向, B1F)



第 6.7.3-9 図 せん断スケルトン曲線上の最大応答値 (EW 方向, MB2F)



第 6.7.3-10 図 せん断スケルトン曲線上の最大応答値 (EW 方向, B2F)

6.8. 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