

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
6.3.1.3. 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
6.4.2.5.	つなぎ材（第一支持点）	6-156
6.5.	原子炉格納容器の耐震安全性評価	6-157
6.5.1.	原子炉格納容器の構造概要	6-157
6.5.2.	RCCV の耐震安全性評価	6-159
6.5.2.1.	検討概要	6-159
6.5.2.2.	応力解析	6-161
6.5.2.3.	評価基準	6-168
6.5.2.4.	耐震安全性評価結果	6-172

6.5.3.	RCCV 底部の耐震安全性評価	6-179
6.5.3.1.	検討概要	6-179
6.5.3.2.	応力解析	6-181
6.5.3.3.	評価基準	6-186
6.5.3.4.	耐震安全性評価結果	6-188
6.6.	使用済燃料貯蔵プールの耐震安全性評価	6-191
6.6.1.	使用済燃料貯蔵プールの構造概要	6-191
6.6.2.	検討概要	6-194
6.6.3.	応力解析	6-195
6.6.4.	評価基準	6-195
6.6.5.	耐震安全性評価結果	6-197
6.7.	コントロール建屋の耐震安全性評価	6-200
6.8.	参考文献	6-201

【添付】

添付 6.1 6号機原子炉建屋の入力地震動に関する検討資料

【参考資料】

参考資料 6.1 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 原子炉建屋 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），使用済燃料貯蔵プール，コントロール建屋を対象とする。

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。

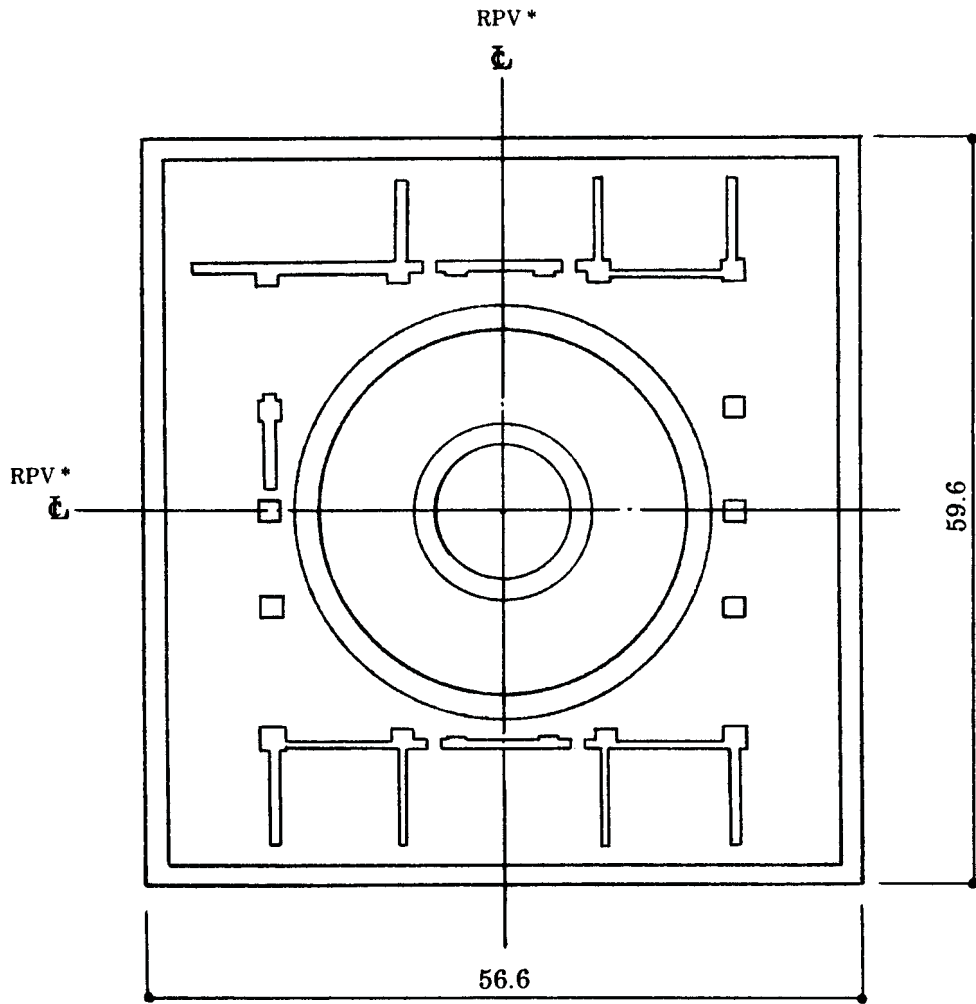
原子炉建屋の平面は、地下部分では56.6m^{※1}（NS方向）×59.6m^{※1}（EW方向）、最上階は39.0m^{※1}（NS方向）×59.6m^{※1}（EW方向）である。基礎版底面からの高さは63.4mであり、地上高さは37.7mである。なお、原子炉建屋の屋根部分には排気筒が設置されている。また、原子炉建屋は隣接する他の建屋と構造的に分離している。

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。

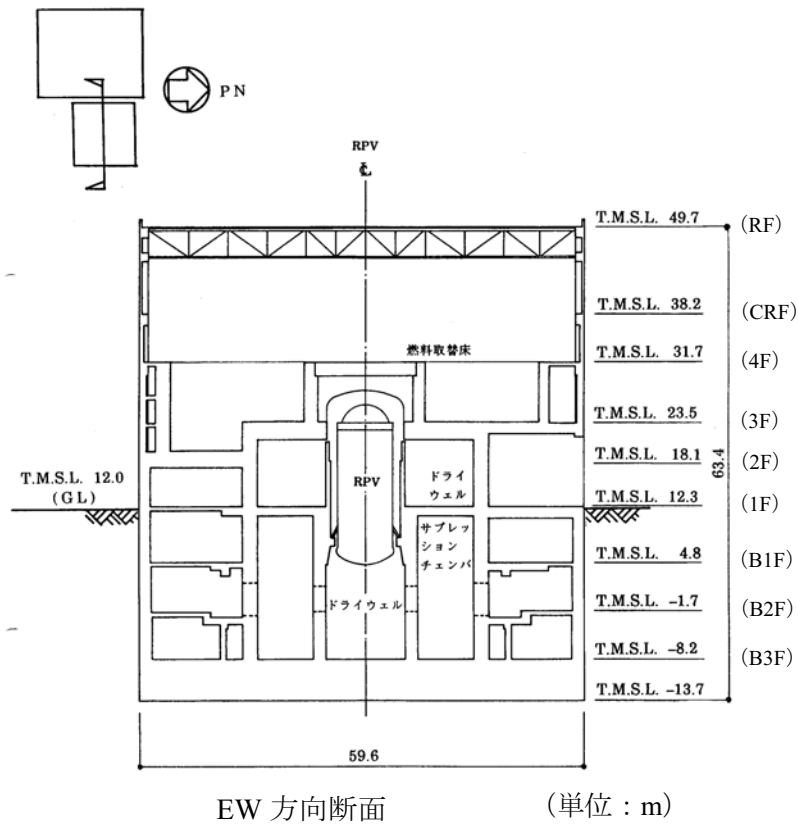
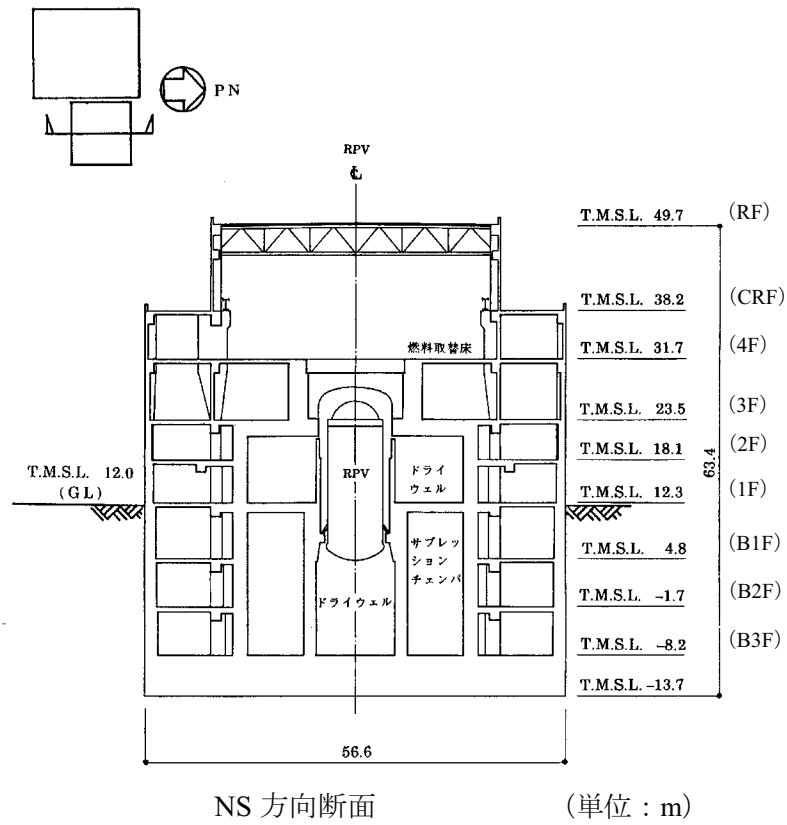
※1 建屋寸法は壁外面押えとする。



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

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

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

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

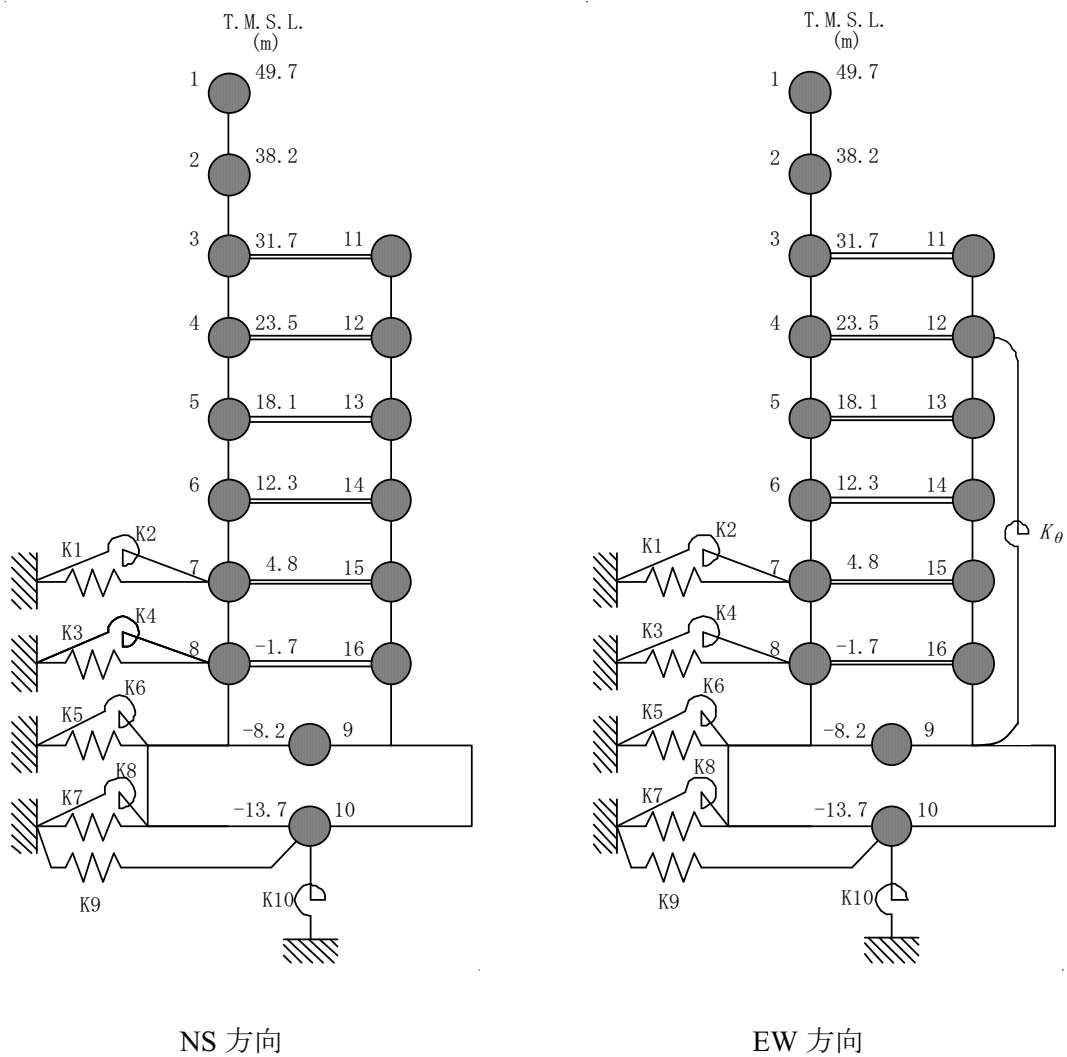
水平方向の地震応答解析は、上記復元力特性を用いた弾塑性応答解析とする。

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

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

なお、「柏崎刈羽原子力発電所 6 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 21 年 2 月 4 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 (×10 ⁵ kNm 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 (×10 ⁵ kNm ²)	せん断 断面積 A _s (m ²)	断面 2 次 モーメント I (m ⁴)
1	39,540	70.7							
			41.0	13,600					
2	79,450	403.0	82.4	50,500					
3	86,670	484.3	183.8	71,400	11	94,140	33.3	118.2	7,200
4	83,020	287.2	126.5	70,400	12	157,400	384.4	109.2	23,300
5	55,470	199.9	183.7	87,200	13	101,890	303.0	122.8	23,500
6	82,360	293.2	180.2	103,000	14	199,370	400.1	133.0	23,400
7	78,650	291.3	201.8	112,800	15	125,920	392.3	119.5	23,600
8	79,430	293.2	271.5	119,000	16	136,710	369.7	129.7	29,500
9	339,800	936.5	3,373.4	900,600					
10	216,920	580.6							
合計	1,956,740								

①建屋部

ヤング係数 E_c 3.13×10⁴ (N/mm²)

せん断弾性係数 G 1.31×10⁴ (N/mm²)

ポアソン比 ν 0.20

減衰定数 h 5%

②基礎スラブ

ヤング係数 E_c 2.90×10⁴ (N/mm²)

せん断弾性係数 G 1.21×10⁴ (N/mm²)

ポアソン比 ν 0.20

減衰定数 h 5%

基礎形状 56.6m (NS 方向) ×59.6m (EW 方向)

第 6.2.1-2 表(2) 解析モデルの諸元

(EW 方向)

質点 番号	質点重量 W (kN)	回転慣性重量 I_G ($\times 10^5 \text{kNm}^2$)	せん断 断面積 As (m ²)	断面 2 次 モーメント I (m ⁴)
1	39,540	147.4		
2	79,450	301.3	54.7	29,900
3	91,670	303.9	122.6	61,200
4	67,180	275.6	166.9	89,400
5	52,160	220.6	139.1	82,600
6	81,290	330.4	153.8	96,200
7	77,080	317.7	197.0	111,700
8	77,960	320.7	215.7	124,000
9	339,800	1030.7	280.2	131,000
10	216,920	647.2	3,373.4	998,600
合計	1,956,740			

質点 番号	質点重量 W (kN)	回転慣性重量 I_G ($\times 10^5 \text{kNm}^2$)	せん断 断面積 As (m ²)	断面 2 次 モーメント I (m ⁴)
11	89,140	275.6	243.6	6,700
12	173,240	480.4	216.7	23,300
13	105,200	332.4	162.9	23,100
14	200,440	439.3	118.6	23,400
15	127,490	433.5	179.1	21,200
16	138,180	408.9	138.6	23,800

①建屋部

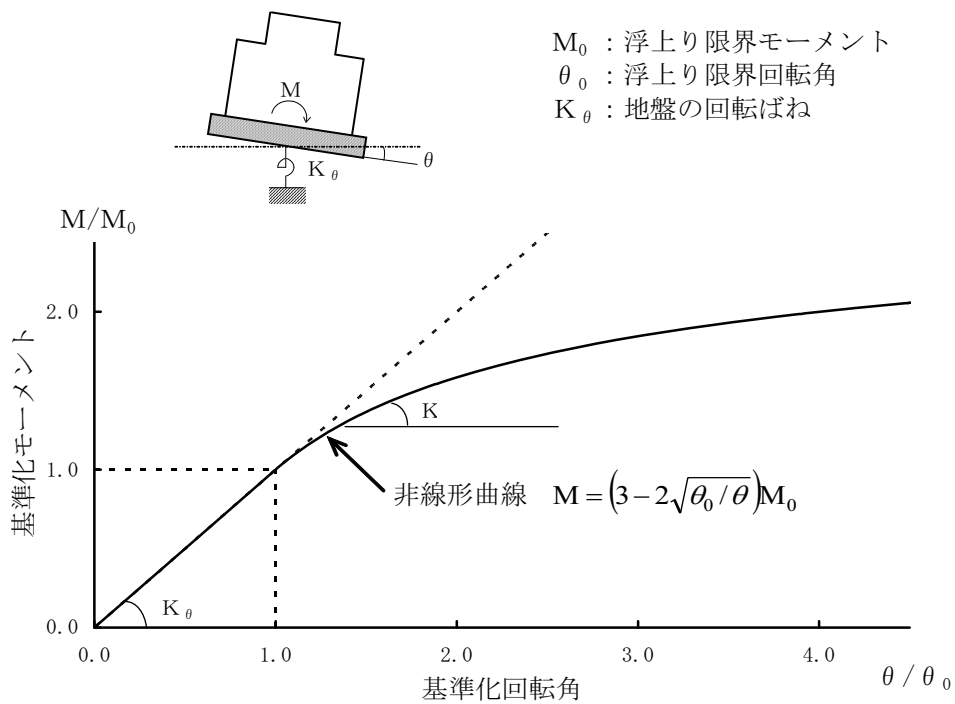
ヤング係数 E_c 3.13×10^4 (N/mm²)
 せん断弾性係数 G 1.31×10^4 (N/mm²)
 ポアソン比 ν 0.20
 減衰定数 h 5%

②基礎スラブ

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

基礎形状 56.6m (NS 方向) \times 59.6m (EW 方向)

回転ばね K_θ 2.32×10^{10} (kNm/rad)



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(3) 地盤定数

(Ss-3)

標高 T. M. S. L. (m)	地層	せん断波 速度 Vs (m/s)	単位体積 重量 γ (kN/m ³)	ポアソン比 ν	せん断 弾性係数 G (×10 ² N/mm ²)	初期せん断 弾性係数 G ₀ (×10 ² N/mm ²)	剛性 低下率 G/G ₀	ヤング 係数 E (×10 ² N/mm 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)	地層	せん断波 速度 Vs (m/s)	単位体積 重量 γ (kN/m ³)	ポアソン比 ν	せん断 弾性係数 G (×10 ² N/mm ²)	初期せん断 弾性係数 G ₀ (×10 ² N/mm ²)	剛性 低下率 G/G ₀	ヤング 係数 E (×10 ² N/mm 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)	地層	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 ($\times 10^2$ N/mm ²)	初期せん断 弾性係数 G_0 ($\times 10^2$ N/mm ²)	剛性 低下率 G/G_0	ヤング 係数 E ($\times 10^2$ N/mm 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-1)

ばね 番号	質点 番号	地盤ばね 成分	ばね		減衰	
			ばね定数 ^(*1) K _c	採用振動数 (Hz)	減衰係数 ^(*2) C _c	採用振動数 ^(*3) f ₁ (Hz)
K1	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	1.05×10 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 ⁸	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 ⁸	0.01	3.99×10 ⁸	2.30
K7	10	側面・並進	4.52×10 ⁶	1.26	8.61×10 ⁵	2.30
K8	10	側面・回転	3.54×10 ⁸	0.01	1.96×10 ⁸	2.30
K9	10	底面・並進	7.28×10 ⁷	0.00	2.84×10 ⁶	2.30
K10	10	底面・回転	7.06×10 ¹⁰	0.00	6.15×10 ⁸	2.30

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

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

(*3) f1 は連成系の 1 次固有振動数

(EW 方向, Ss-1)

ばね 番号	質点 番号	地盤ばね 成分	ばね		減衰	
			ばね定数 ^(*1) K _c	採用振動数 (Hz)	減衰係数 ^(*2) C _c	採用振動数 ^(*3) f ₁ (Hz)
K1	7	側面・並進	1.07×10 ⁶	0.60	4.26×10 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 ⁸	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 ⁸	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 ⁸	0.01	1.98×10 ⁸	2.35
K9	10	底面・並進	7.25×10 ⁷	0.00	2.82×10 ⁶	2.35
K10	10	底面・回転	7.60×10 ¹⁰	0.00	7.17×10 ⁸	2.35

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

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

(*3) f1 は連成系の 1 次固有振動数

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

(NS 方向, Ss-2)

ばね 番号	質点 番号	地盤ばね 成分	ばね		減衰	
			ばね定数 ^(*1) K _c	採用振動数 (Hz)	減衰係数 ^(*2) C _c	採用振動数 ^(*3) f ₁ (Hz)
K1	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 ⁸	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 ⁸	0.01	3.98×10 ⁸	2.30
K7	10	側面・並進	4.52×10 ⁶	1.26	8.61×10 ⁵	2.30
K8	10	側面・回転	3.54×10 ⁸	0.01	1.96×10 ⁸	2.30
K9	10	底面・並進	7.34×10 ⁷	0.00	2.85×10 ⁶	2.30
K10	10	底面・回転	7.15×10 ¹⁰	0.00	6.13×10 ⁸	2.30

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

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

(*3) f1 は連成系の 1 次固有振動数

(EW 方向, Ss-2)

ばね 番号	質点 番号	地盤ばね 成分	ばね		減衰	
			ばね定数 ^(*1) K _c	採用振動数 (Hz)	減衰係数 ^(*2) C _c	採用振動数 ^(*3) f ₁ (Hz)
K1	7	側面・並進	1.04×10 ⁶	0.59	4.20×10 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 ⁸	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 ⁸	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 ⁸	0.01	1.98×10 ⁸	2.35
K9	10	底面・並進	7.31×10 ⁷	0.00	2.83×10 ⁶	2.35
K10	10	底面・回転	7.70×10 ¹⁰	0.00	7.15×10 ⁸	2.35

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

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

(*3) f1 は連成系の 1 次固有振動数

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

(NS 方向, Ss-3)

ばね 番号	質点 番号	地盤ばね 成分	ばね		減衰	
			ばね定数 ^(*1) K _c	採用振動数 (Hz)	減衰係数 ^(*2) C _c	採用振動数 ^(*3) f ₁ (Hz)
K1	7	側面・並進	1.11×10 ⁶	0.61	4.30×10 ⁵	2.28
K2	7	側面・回転	8.61×10 ⁸	0.01	1.07×10 ⁸	2.28
K3	8	側面・並進	2.94×10 ⁶	0.61	1.14×10 ⁶	2.28
K4	8	側面・回転	2.28×10 ⁸	0.01	2.84×10 ⁸	2.28
K5	9	側面・並進	8.62×10 ⁶	1.18	1.74×10 ⁶	2.28
K6	9	側面・回転	6.79×10 ⁸	0.01	3.99×10 ⁸	2.28
K7	10	側面・並進	4.56×10 ⁶	1.27	8.65×10 ⁵	2.28
K8	10	側面・回転	3.57×10 ⁸	0.01	1.96×10 ⁸	2.28
K9	10	底面・並進	7.16×10 ⁷	0.00	2.82×10 ⁶	2.28
K10	10	底面・回転	6.89×10 ¹⁰	0.00	6.09×10 ⁸	2.28

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

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

(*3) f1 は連成系の 1 次固有振動数

(EW 方向, Ss-3)

ばね 番号	質点 番号	地盤ばね 成分	ばね		減衰	
			ばね定数 ^(*1) K _c	採用振動数 (Hz)	減衰係数 ^(*2) C _c	採用振動数 ^(*3) f ₁ (Hz)
K1	7	側面・並進	1.11×10 ⁶	0.61	4.32×10 ⁵	2.33
K2	7	側面・回転	8.61×10 ⁸	0.01	1.07×10 ⁸	2.33
K3	8	側面・並進	2.94×10 ⁶	0.61	1.15×10 ⁶	2.33
K4	8	側面・回転	2.28×10 ⁸	0.01	2.84×10 ⁸	2.33
K5	9	側面・並進	8.62×10 ⁶	1.18	1.74×10 ⁶	2.33
K6	9	側面・回転	6.79×10 ⁸	0.01	4.02×10 ⁸	2.33
K7	10	側面・並進	4.56×10 ⁶	1.27	8.65×10 ⁵	2.33
K8	10	側面・回転	3.57×10 ⁸	0.01	1.98×10 ⁸	2.33
K9	10	底面・並進	7.13×10 ⁷	0.00	2.79×10 ⁶	2.33
K10	10	底面・回転	7.42×10 ¹⁰	0.00	7.10×10 ⁸	2.33

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

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

(*3) f1 は連成系の 1 次固有振動数

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

(NS 方向, Ss-4)

ばね 番号	質点 番号	地盤ばね 成分	ばね		減衰	
			ばね定数 ^(*1) K _c	採用振動数 (Hz)	減衰係数 ^(*2) C _c	採用振動数 ^(*3) f ₁ (Hz)
K1	7	側面・並進	1.17×10 ⁶	0.63	4.42×10 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 ⁸	0.01	2.91×10 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 ⁸	0.01	4.06×10 ⁸	2.33
K7	10	側面・並進	4.68×10 ⁶	1.29	8.76×10 ⁵	2.33
K8	10	側面・回転	3.66×10 ⁸	0.01	1.99×10 ⁸	2.33
K9	10	底面・並進	7.52×10 ⁷	0.00	2.88×10 ⁶	2.33
K10	10	底面・回転	7.33×10 ¹⁰	0.00	6.22×10 ⁸	2.33

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

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

(*3) f1 は連成系の 1 次固有振動数

(EW 方向, Ss-4)

ばね 番号	質点 番号	地盤ばね 成分	ばね		減衰	
			ばね定数 ^(*1) K _c	採用振動数 (Hz)	減衰係数 ^(*2) C _c	採用振動数 ^(*3) f ₁ (Hz)
K1	7	側面・並進	1.17×10 ⁶	0.63	4.44×10 ⁵	2.38
K2	7	側面・回転	9.12×10 ⁸	0.01	1.10×10 ⁸	2.38
K3	8	側面・並進	3.11×10 ⁶	0.63	1.18×10 ⁶	2.38
K4	8	側面・回転	2.42×10 ⁸	0.01	2.92×10 ⁸	2.38
K5	9	側面・並進	8.85×10 ⁶	1.19	1.77×10 ⁶	2.38
K6	9	側面・回転	6.98×10 ⁸	0.01	4.09×10 ⁸	2.38
K7	10	側面・並進	4.68×10 ⁶	1.29	8.76×10 ⁵	2.38
K8	10	側面・回転	3.66×10 ⁸	0.01	2.01×10 ⁸	2.38
K9	10	底面・並進	7.48×10 ⁷	0.00	2.86×10 ⁶	2.38
K10	10	底面・回転	7.89×10 ¹⁰	0.00	7.24×10 ⁸	2.38

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

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

(*3) f1 は連成系の 1 次固有振動数

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

(NS 方向, Ss-5)

ばね 番号	質点 番号	地盤ばね 成分	ばね		減衰	
			ばね定数 ^(*1) K _c	採用振動数 (Hz)	減衰係数 ^(*2) C _c	採用振動数 ^(*3) f ₁ (Hz)
K1	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 ⁸	0.01	2.87×10 ⁸	2.32
K5	9	側面・並進	8.73×10 ⁶	1.18	1.75×10 ⁶	2.32
K6	9	側面・回転	6.89×10 ⁸	0.01	4.03×10 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 ⁸	0.01	1.98×10 ⁸	2.32
K9	10	底面・並進	7.43×10 ⁷	0.00	2.87×10 ⁶	2.32
K10	10	底面・回転	7.21×10 ¹⁰	0.00	6.20×10 ⁸	2.32

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

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

(*3) f1 は連成系の 1 次固有振動数

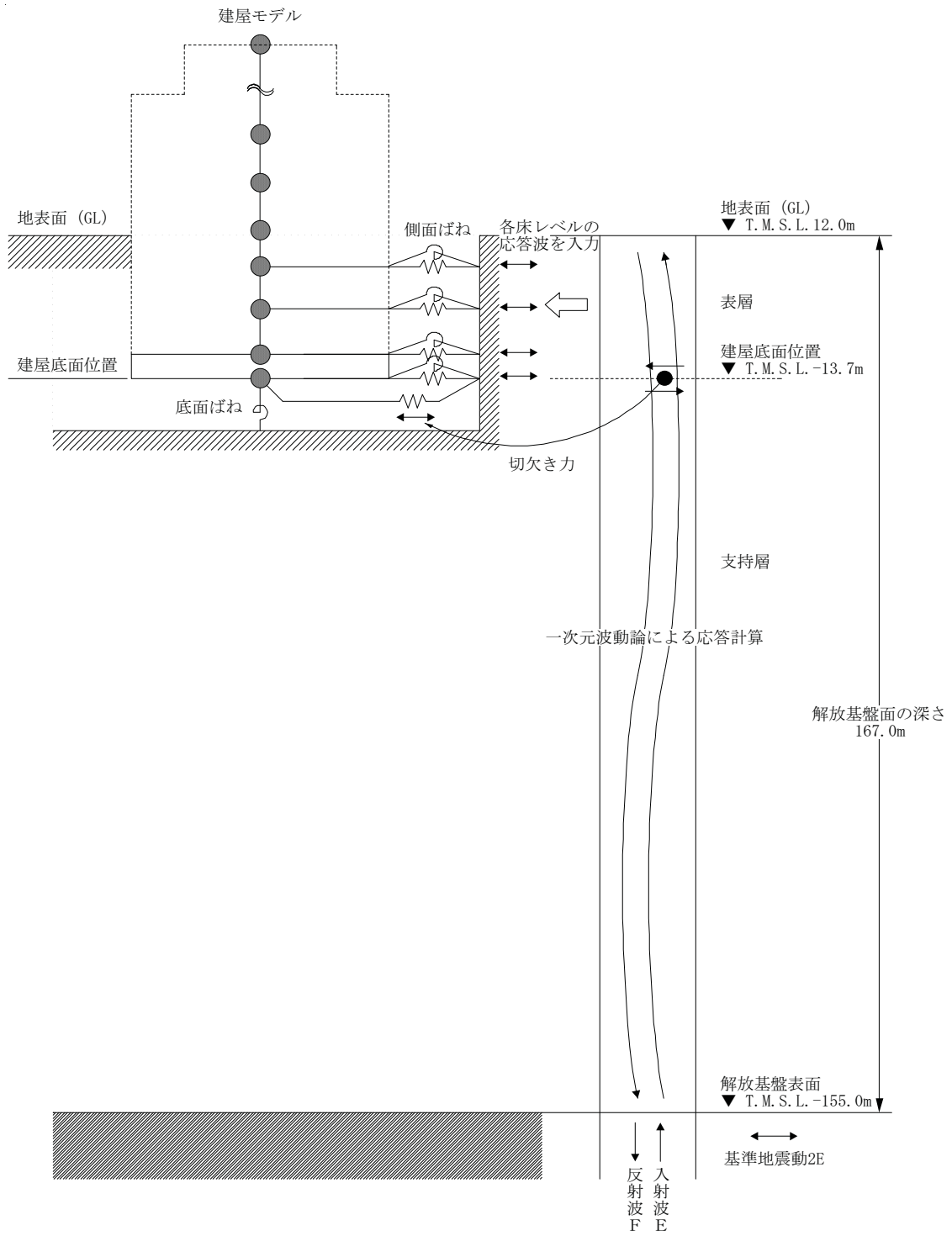
(EW 方向, Ss-5)

ばね 番号	質点 番号	地盤ばね 成分	ばね		減衰	
			ばね定数 ^(*1) K _c	採用振動数 (Hz)	減衰係数 ^(*2) C _c	採用振動数 ^(*3) f ₁ (Hz)
K1	7	側面・並進	1.14×10 ⁶	0.62	4.37×10 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 ⁸	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 ⁸	0.01	4.06×10 ⁸	2.37
K7	10	側面・並進	4.62×10 ⁶	1.28	8.70×10 ⁵	2.37
K8	10	側面・回転	3.62×10 ⁸	0.01	2.00×10 ⁸	2.37
K9	10	底面・並進	7.40×10 ⁷	0.00	2.84×10 ⁶	2.37
K10	10	底面・回転	7.76×10 ¹⁰	0.00	7.22×10 ⁸	2.37

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

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

(*3) f1 は連成系の 1 次固有振動数



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

(b) 鉛直方向の地震応答解析モデル

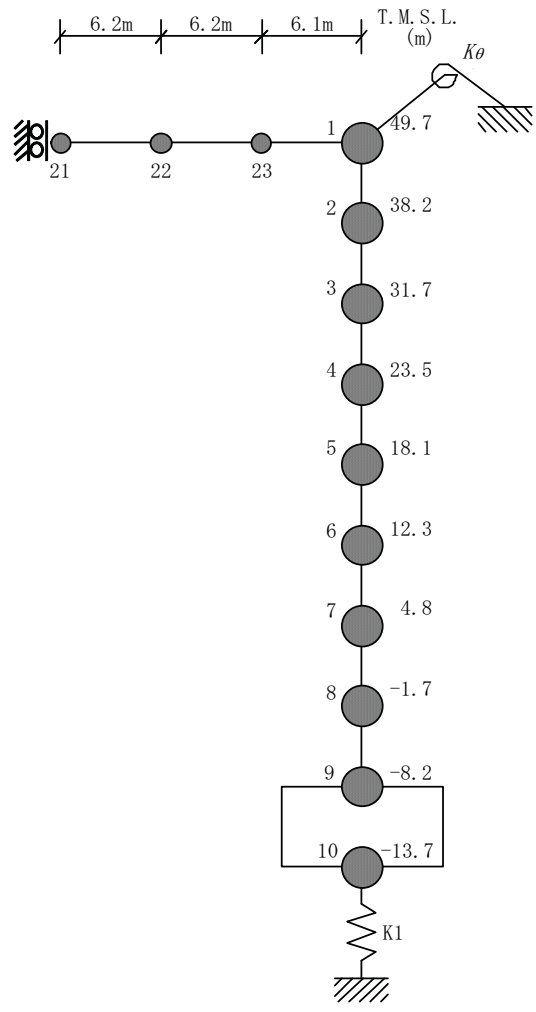
鉛直方向の地震応答解析モデルは、耐震壁の軸剛性および屋根トラスの曲げせん断剛性を評価した質点系モデルとする。鉛直方向の地震応答解析モデルを第 6.2.1-6 図に、解析モデルの諸元を第 6.2.1-5 表に示す。

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

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

鉛直方向の地震応答解析は、弾性応答解析とする。

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



第 6.2.1-6 図 地震応答解析モデル (鉛直方向)

第 6.2.1-5 表 解析モデルの諸元

(鉛直方向)

建屋		
質点番号	質点重量 W (kN)	軸断面積 A _N (m ²)
1	30,760	
		89.0
2	79,450	
		199.2
3	180,810	
		587.3
4	240,420	
		585.5
5	157,360	
		616.0
6	281,730	
		619.8
7	204,570	
		705.4
8	216,140	
		806.3
9	339,800	
		3,373.4
10	216,920	
合計	1,956,740	

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	2.00
23	3,520		
		16.82	2.00
22	3,510		
		7.94	2.00
21	1,750		

①コンクリート部 建屋

ヤング係数 E_c 3.13×10⁴ (N/mm²)

せん断弾性係数 G 1.31×10⁴ (N/mm²)

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 2.90×10⁴ (N/mm²)

せん断弾性係数 G 1.21×10⁴ (N/mm²)

ポアソン比 ν 0.20

減衰 h 5%

③鉄骨部

ヤング係数 E_s 2.05×10⁵ (N/mm²)

せん断弾性係数 G 7.90×10⁴ (N/mm²)

ポアソン比 ν 0.30

減衰 h 2%

基礎形状 56.6m(NS 方向)×59.6m(EW 方向)

トラス端部回転拘束ばね K_θ 4.24×10⁷(kNm/rad)

第 6.2.1-6 表 地震応答解析に用いる基礎地盤のばね定数と減衰係数

(Ss-1)

ばね 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 (kNs/m)	採用振動数 ^{(*)1} f_1 (Hz)
K1	10	底面・鉛直	1.20×10^8	0.00	6.51×10^6	3.89

(*)1 f_1 は連成系の 1 次固有振動数

(Ss-2)

ばね 番号	質点 番号	地盤ばね 成分	ばね		減衰	
			ばね定数 K_c (kN/m)	採用振動数 (Hz)	減衰係数 C_c (kNs/m)	採用振動数 ^{(*)1} f_1 (Hz)
K1	10	底面・鉛直	1.22×10^8	0.00	6.57×10^6	3.91

(*)1 f_1 は連成系の 1 次固有振動数

(Ss-3)

ばね 番号	質点 番号	地盤ばね 成分	ばね		減衰	
			ばね定数 K_c (kN/m)	採用振動数 (Hz)	減衰係数 C_c (kNs/m)	採用振動数 ^{(*)1} f_1 (Hz)
K1	10	底面・鉛直	1.16×10^8	0.00	6.41×10^6	3.85

(*)1 f_1 は連成系の 1 次固有振動数

(Ss-4)

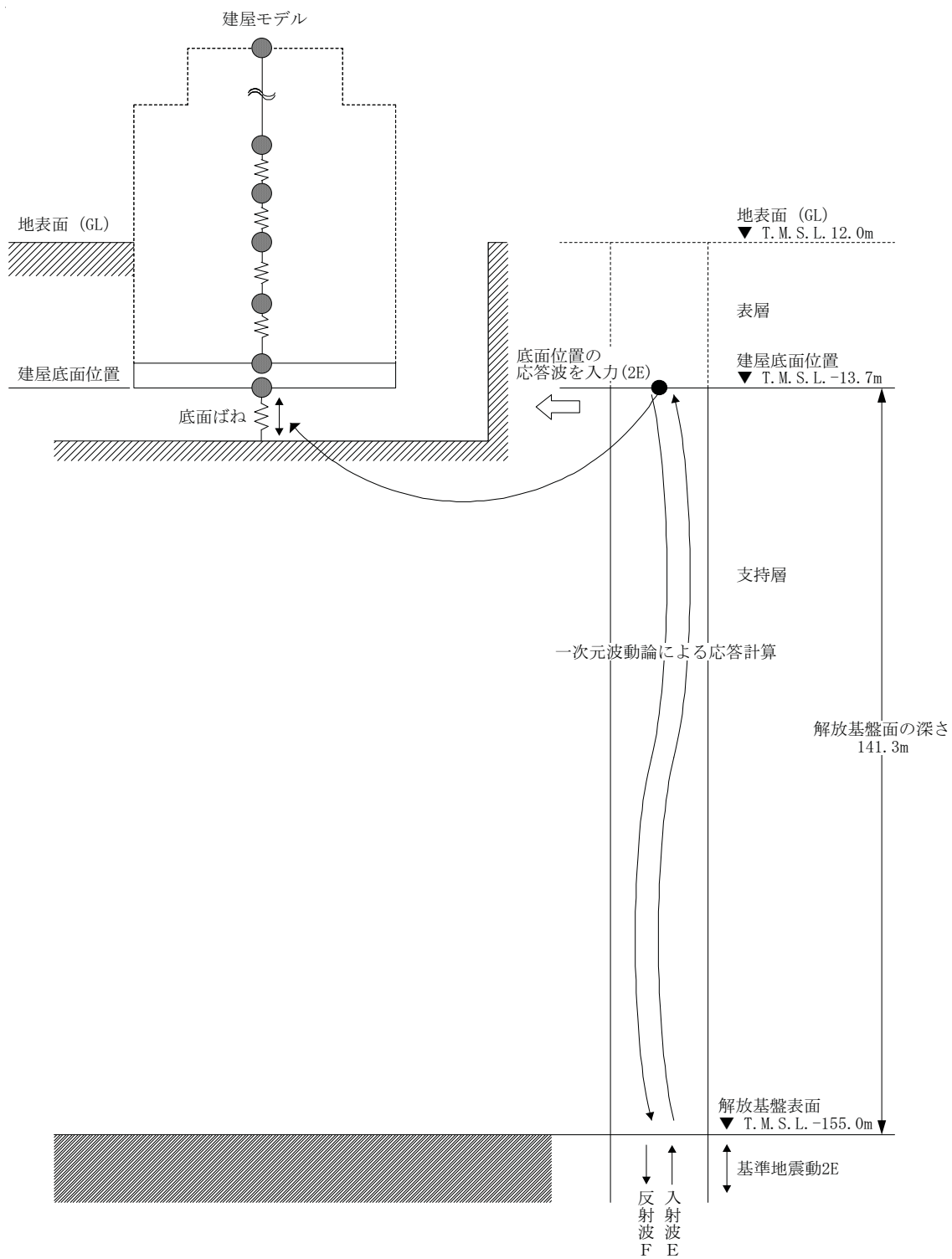
ばね 番号	質点 番号	地盤ばね 成分	ばね		減衰	
			ばね定数 K_c (kN/m)	採用振動数 (Hz)	減衰係数 C_c (kNs/m)	採用振動数 ^{(*)1} f_1 (Hz)
K1	10	底面・鉛直	1.24×10^8	0.00	6.62×10^6	3.94

(*)1 f_1 は連成系の 1 次固有振動数

(Ss-5)

ばね 番号	質点 番号	地盤ばね 成分	ばね		減衰	
			ばね定数 K_c (kN/m)	採用振動数 (Hz)	減衰係数 C_c (kNs/m)	採用振動数 ^{(*)1} f_1 (Hz)
K1	10	底面・鉛直	1.22×10^8	0.00	6.56×10^6	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-1)

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数*	備考
1	0.436	2.30	1.579	地盤建屋連成一次
2	0.191	5.24	-0.678	
3	0.087	11.51	0.040	
4	0.075	13.29	0.107	
5	0.074	13.52	-0.008	

(NS 方向, Ss-2)

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数*	備考
1	0.435	2.30	1.579	地盤建屋連成一次
2	0.190	5.26	-0.679	
3	0.087	11.51	0.040	
4	0.075	13.30	0.107	
5	0.074	13.53	-0.006	

(NS 方向, Ss-3)

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数*	備考
1	0.438	2.28	1.578	地盤建屋連成一次
2	0.192	5.21	-0.676	
3	0.087	11.51	0.040	
4	0.075	13.29	0.109	
5	0.074	13.50	-0.012	

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

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

(NS 方向, Ss-4)

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数*	備考
1	0.429	2.33	1.581	地盤建屋連成一次
2	0.188	5.32	-0.684	
3	0.087	11.51	0.041	
4	0.075	13.31	0.106	
5	0.074	13.57	-0.002	

(NS 方向, Ss-5)

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数*	備考
1	0.431	2.32	1.580	地盤建屋連成一次
2	0.189	5.29	-0.682	
3	0.087	11.51	0.041	
4	0.075	13.30	0.107	
5	0.074	13.55	-0.005	

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

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

(EW 方向, Ss-1)

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数*	備考
1	0.426	2.35	1.541	地盤建屋連成一次
2	0.190	5.28	-0.605	
3	0.079	12.66	-0.042	
4	0.074	13.47	0.137	
5	0.070	14.36	-0.035	

(EW 方向, Ss-2)

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数*	備考
1	0.425	2.35	1.542	地盤建屋連成一次
2	0.189	5.29	-0.605	
3	0.079	12.66	-0.042	
4	0.074	13.47	0.137	
5	0.070	14.37	-0.034	

(EW 方向, Ss-3)

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数*	備考
1	0.429	2.33	1.541	地盤建屋連成一次
2	0.191	5.25	-0.603	
3	0.079	12.66	-0.041	
4	0.074	13.47	0.135	
5	0.070	14.34	-0.035	

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

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

(EW 方向, Ss-4)

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数*	備考
1	0.420	2.38	1.543	地盤建屋連成一次
2	0.187	5.36	-0.609	
3	0.079	12.66	-0.043	
4	0.074	13.48	0.141	
5	0.069	14.40	-0.035	

(EW 方向, Ss-5)

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数*	備考
1	0.422	2.37	1.543	地盤建屋連成一次
2	0.188	5.36	-0.607	
3	0.079	12.66	-0.043	
4	0.074	13.48	0.139	
5	0.070	14.38	-0.035	

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

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

(Ss-1)

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数*	備考
1	0.276	3.62	10.202	屋根トラス一次
2	0.257	3.89	-9.262	地盤建屋連成一次
3	0.077	13.03	0.089	
4	0.051	19.54	-0.102	
5	0.046	21.61	0.097	

(Ss-2)

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数*	備考
1	0.275	3.63	9.818	屋根トラス一次
2	0.256	3.91	-8.879	地盤建屋連成一次
3	0.077	13.03	0.090	
4	0.051	19.54	-0.103	
5	0.046	21.61	0.098	

(Ss-3)

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数*	備考
1	0.278	3.60	10.732	屋根トラス一次
2	0.260	3.85	-9.789	地盤建屋連成一次
3	0.077	13.03	0.086	
4	0.051	19.54	-0.099	
5	0.046	21.59	0.094	

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

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

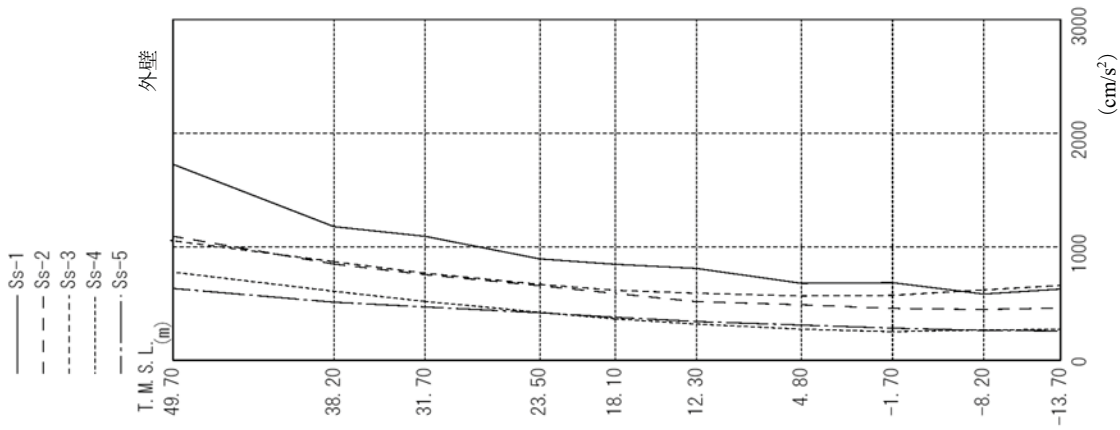
(Ss-4)

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数*	備考
1	0.275	3.64	9.398	屋根トラス一次
2	0.254	3.94	-8.460	地盤建屋連成一次
3	0.077	13.03	0.092	
4	0.051	19.54	-0.105	
5	0.046	21.62	0.099	

(Ss-5)

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数*	備考
1	0.275	3.63	9.818	屋根トラス一次
2	0.256	3.91	-8.879	地盤建屋連成一次
3	0.077	13.03	-0.090	
4	0.051	19.54	-0.103	
5	0.046	21.61	0.098	

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。

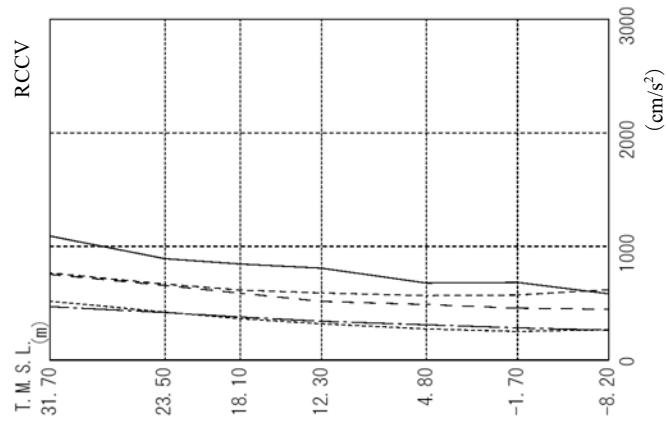


外壁
(cm/s²)

Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5
1725	1091	1052	776	632
1176	847	868	607	511
1091	754	767	518	470
892	657	668	423	419
845	588	616	364	378
808	516	590	319	341
677	489	566	274	310
683	456	572	252	283
583	447	619	268	262
626	460	658	272	258

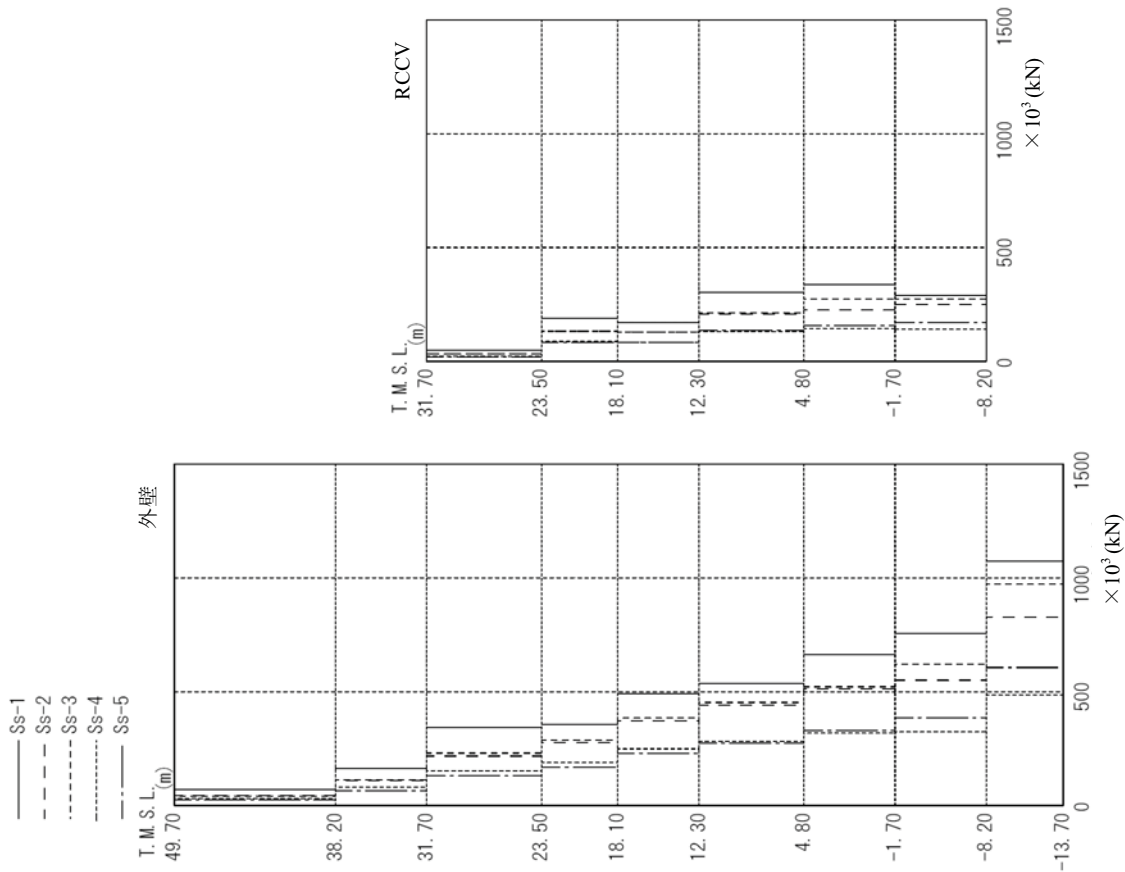
RCCV
(cm/s²)

Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5
1091	754	767	518	470
892	657	668	423	419
845	588	616	364	378
808	516	590	319	341
677	489	566	274	310
683	456	572	252	283
583	447	619	268	262

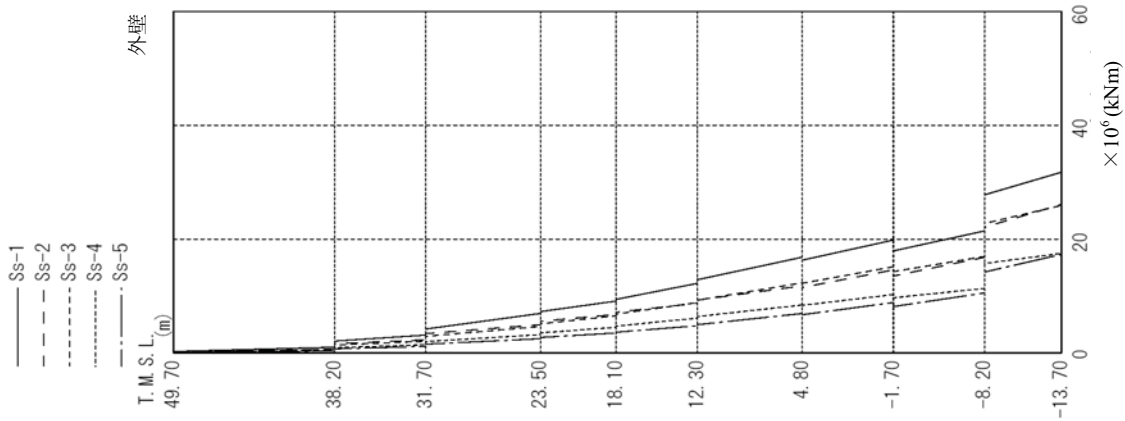


第 6.2.1-8 図 最大応答加速度 (NS 方向)

外壁						RCCV				
$\times 10^3$ (kN)						$\times 10^3$ (kN)				
Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5		Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5
69.79	44.53	42.24	31.05	25.84		48.22	32.42	32.01	22.10	20.97
161.79	110.40	112.29	79.78	64.67		189.54	132.43	132.32	87.37	84.44
342.08	216.96	230.37	152.27	129.93		170.95	128.28	129.37	82.34	84.27
354.93	275.53	286.85	188.15	168.34		302.35	206.83	213.34	130.91	136.13
489.88	372.21	383.95	248.76	229.17		337.57	225.20	273.62	145.40	157.37
537.02	440.04	452.65	281.96	273.97		290.48	249.58	274.61	140.54	171.73
663.05	511.02	521.17	317.85	329.64						
755.70	550.29	620.48	323.25	385.63						
1073.70	827.33	971.60	485.19	606.04						



第 6.2.1-9 図 最大応答せん断力 (NS 方向)



外壁

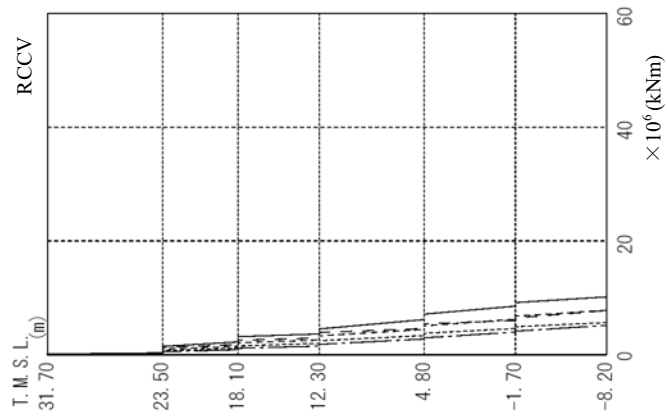
× 10⁶ (kNm)

Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5
0.25	0.17	0.14	0.09	0.08
1.01	0.68	0.62	0.44	0.37
2.08	1.61	1.38	0.92	0.72
3.14	2.30	2.05	1.44	1.14
4.20	3.39	2.92	1.99	1.54
6.94	4.96	4.64	3.21	2.50
7.26	5.57	5.12	3.52	2.72
9.11	6.75	6.51	4.51	3.50
9.41	7.15	6.82	4.71	3.64
12.22	8.73	8.85	6.12	4.78
12.86	9.28	9.26	6.39	4.96
16.82	11.80	12.32	8.43	6.93
16.30	11.51	12.24	8.36	6.71
19.83	14.59	15.13	10.25	8.85
17.92	13.82	14.28	9.69	8.15
21.43	16.79	16.94	11.33	10.53
27.76	22.08	22.73	15.71	14.20
31.74	26.09	25.91	17.49	17.32

RCCV

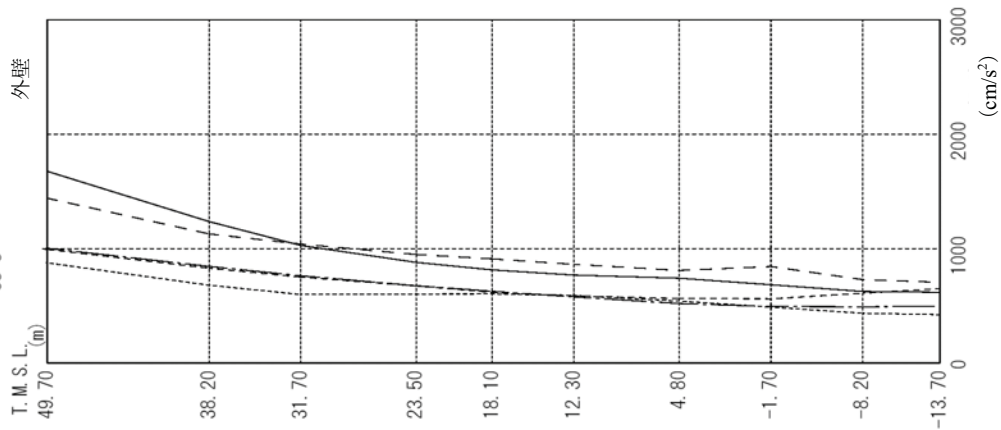
× 10⁶ (kNm)

Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5
0.13	0.09	0.08	0.04	0.04
0.34	0.30	0.30	0.22	0.19
1.47	1.31	1.00	0.73	0.53
2.26	1.77	1.50	1.18	0.90
3.19	2.55	2.11	1.56	1.15
3.66	2.95	2.59	2.01	1.54
4.54	3.91	3.35	2.48	1.83
6.19	4.61	4.44	3.38	2.78
7.15	5.42	5.09	3.78	2.98
8.54	6.03	6.25	4.62	3.99
9.17	6.47	6.77	4.93	4.15
10.17	7.79	7.81	5.65	5.18



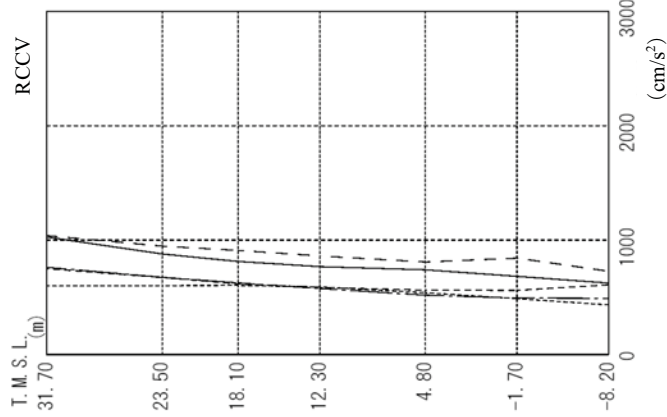
第 6.2.1-10 図 最大応答曲げモーメント (NS 方向)

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



外壁
(cm/s²)

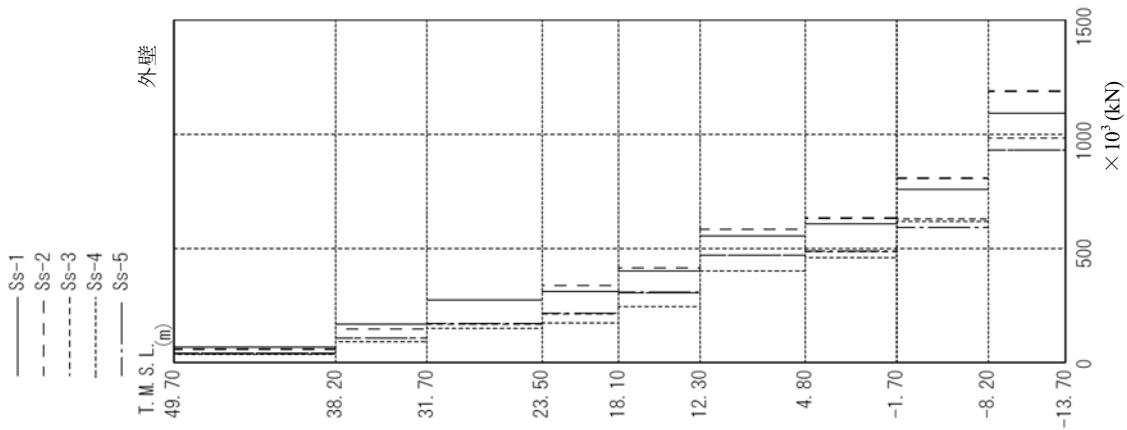
Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5
1675	1439	993	875	1002
1235	1128	828	679	844
1027	1039	751	599	762
879	948	674	603	675
813	910	618	604	626
768	862	586	591	577
740	809	563	540	519
684	843	561	489	494
625	728	610	434	491
618	705	650	423	495



RCCV
(cm/s²)

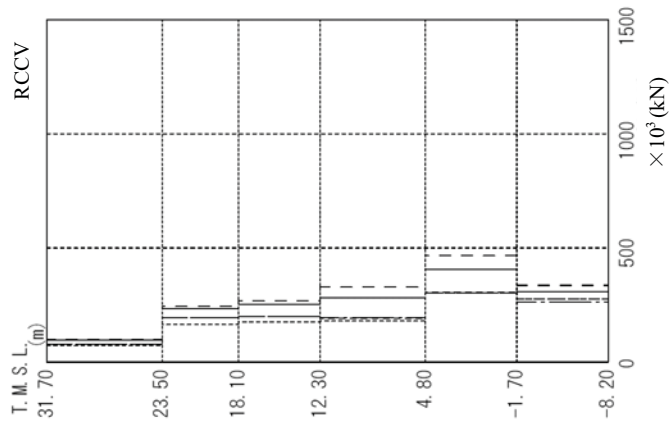
Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5
1027	1039	751	599	762
879	948	674	603	675
813	910	618	604	626
768	862	586	591	577
740	809	563	540	519
684	843	561	489	494
625	728	610	434	491

第 6.2.1-11 図 最大応答加速度 (EW 方向)



外壁
× 10³ (kN)

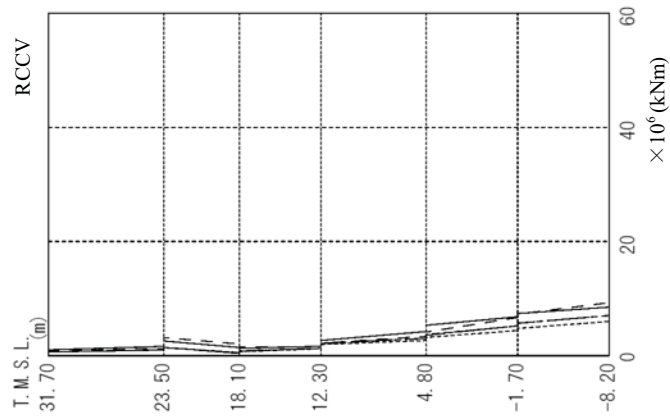
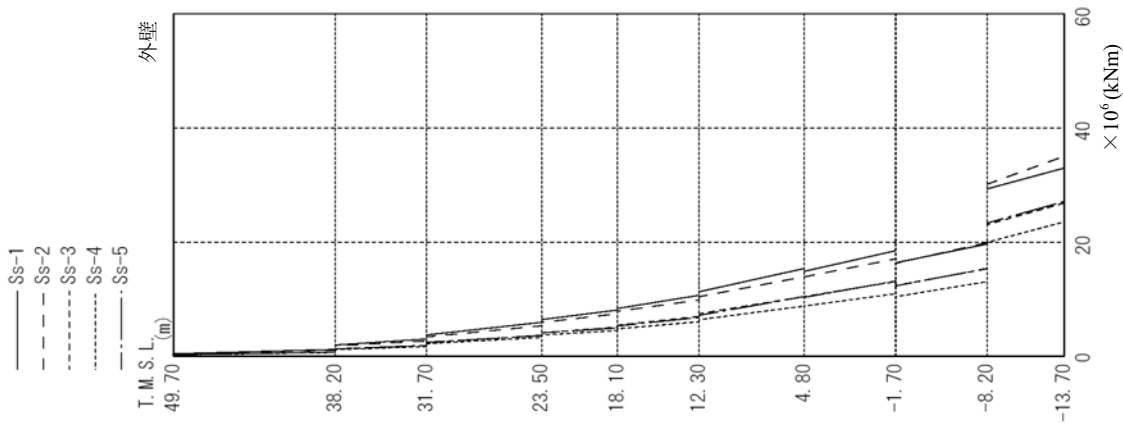
Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5
67.69	58.22	39.91	35.48	39.71
167.37	145.79	106.83	90.75	107.43
273.16	274.87	167.41	148.43	170.43
310.15	337.83	212.41	172.24	215.07
400.59	413.68	305.13	246.00	306.97
555.37	582.68	469.97	400.60	470.25
607.07	632.59	484.94	459.10	487.94
758.67	807.11	627.82	617.01	591.12
1090.40	1188.20	982.00	929.74	929.25



RCCV
× 10³ (kN)

Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5
96.34	99.33	78.84	71.95	79.08
234.08	243.98	194.12	164.36	194.98
253.17	268.41	199.66	176.05	200.15
281.12	328.93	192.22	180.49	193.73
406.32	466.39	306.75	304.04	302.78
309.14	336.13	276.68	276.62	263.60

第 6.2.1-12 図 最大応答せん断力 (EW 方向)



外壁

×10⁶ (kNm)

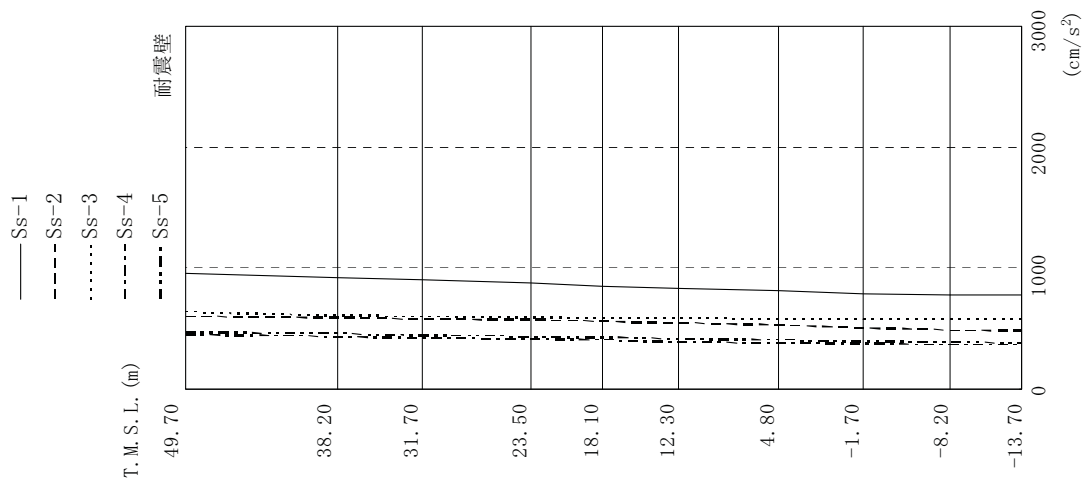
	Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5
	0.43	0.40	0.27	0.26	0.29
	1.19	1.06	0.71	0.66	0.72
	1.96	1.81	1.24	1.17	1.30
	3.03	2.68	1.88	1.71	1.89
	3.73	3.39	2.39	2.21	2.45
	5.94	5.34	3.66	3.30	3.62
	6.43	5.92	4.10	3.72	4.10
	8.08	7.45	5.10	4.49	4.95
	8.36	7.88	5.43	4.80	5.31
	10.67	9.85	6.98	6.05	6.80
	11.29	10.43	7.44	6.41	7.16
	15.37	13.93	10.47	8.79	10.46
	14.87	13.90	10.44	8.79	10.31
	18.48	17.05	13.09	10.96	13.17
	16.36	16.28	12.38	10.43	12.33
	19.65	19.88	15.32	13.06	15.37
	29.30	30.11	23.04	19.94	23.31
	32.95	35.02	26.82	23.53	27.09

RCCV

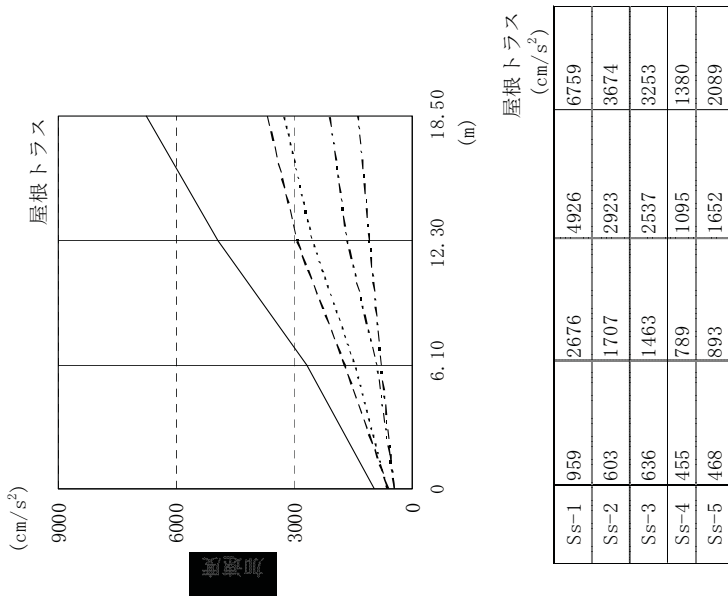
×10⁶ (kNm)

	Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5
	1.03	0.90	0.66	0.66	0.67
	1.64	1.26	1.00	1.01	1.01
	2.68	3.17	1.45	1.43	1.43
	1.44	2.05	0.50	0.55	0.43
	1.29	1.57	0.88	0.71	0.78
	1.65	1.49	1.27	1.23	1.32
	2.67	2.20	2.04	1.98	2.18
	4.24	3.40	3.06	2.67	3.06
	5.33	4.14	3.72	3.22	3.60
	6.82	6.70	5.21	4.41	5.24
	7.39	7.27	5.71	4.78	5.68
	8.50	9.28	7.02	6.00	7.04

第 6.2.1-13 図 最大応答曲げモーメント (EW 方向)

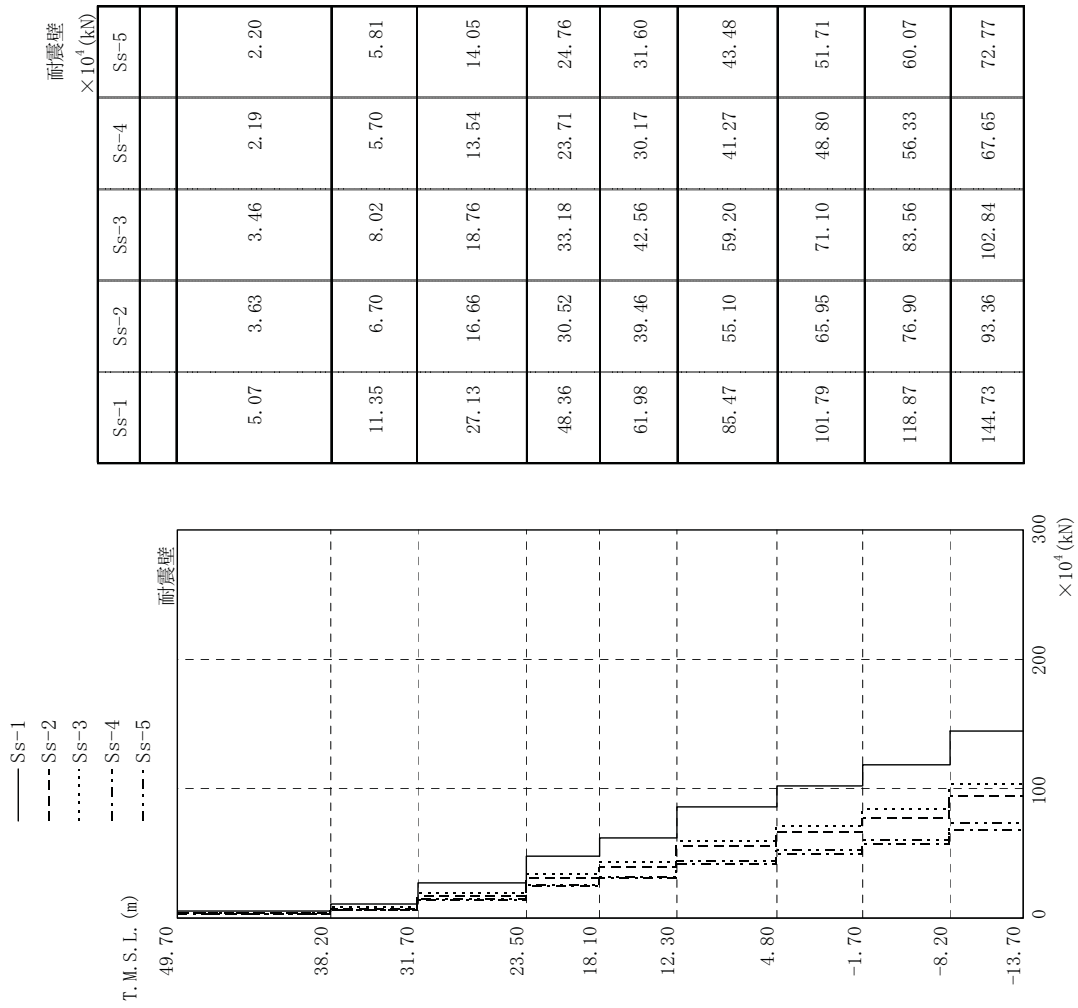


耐震壁 (cm/s ²)					
Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	
959	603	636	455	468	
926	588	611	437	457	
900	578	602	425	447	
879	570	591	415	438	
855	561	586	403	428	
833	549	582	388	416	
811	528	579	379	403	
790	509	580	374	396	
775	489	577	369	386	
774	483	578	368	383	



屋根トラス (cm/s ²)					
Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	
959	603	636	455	468	
2676	1707	1463	789	893	
4926	2923	2537	1095	1652	
6759	3674	3253	1380	2089	

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 kNm)	1.85	1.85	1.85	1.85	1.85
	最大転倒モーメント Mmax (×10 ⁷ kNm)	3.01	2.49	2.47	1.67	1.65
	接地率 η (%)	68.5	82.6	83.1	100.0	100.0
EW 方 向	浮上り限界モーメント (×10 ⁷ kNm)	1.94	1.94	1.94	1.94	1.94
	最大転倒モーメント Mmax (×10 ⁷ kNm)	3.13	3.31	2.56	2.25	2.59
	接地率 η (%)	69.4	64.8 [※]	84.1	92.1	83.3

※：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 6.3 参照)

6.2.1.5. 接地圧

基準地震動 S_s による地震応答解析結果^{※1}に基づく接地圧を第 6.2.1-10 表に示す。地盤の支持力試験の最大荷重は、 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 6.2.1-10 表 (1) 基準地震動 Ss による地震応答解析結果に基づく接地圧

(Ss-1)

		NS	EW	反力分布図 ()内は下向き地震時	
鉛直力 N (kN)	上向き	1,513,380		[NS 方向] 2010.2 kN/m ² (1702.9 kN/m ²)	
	下向き	2,400,100			
転倒モーメント M (×10 ⁵ kNm)		300.84	313.41		
最大接地圧※ (kN/m ²)	上向き	2010.2	1960.8	[EW 方向] 1960.8 kN/m ² (1688.6 kN/m ²)	
	下向き	1702.9	1688.6		

※：地盤の支持力試験の最大荷重 5982kN/m²

(Ss-2)

		NS	EW	反力分布図 ()内は下向き地震時	
鉛直力 N (kN)	上向き	1,726,956		[NS 方向] 1391.0 kN/m ² (1445.8 kN/m ²)	
	下向き	2,186,524			
転倒モーメント M (×10 ⁵ kNm)		248.91	331.40		
最大接地圧※ (kN/m ²)	上向き	1391.0	1917.1	[EW 方向] 1917.1 kN/m ² (1758.7 kN/m ²)	
	下向き	1445.8	1758.7		

※：地盤の支持力試験の最大荷重 5982kN/m²

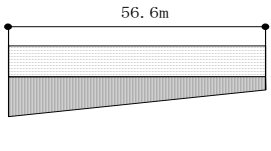
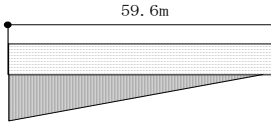
(Ss-3)

		NS	EW	反力分布図 ()内は下向き地震時	
鉛直力 N (kN)	上向き	1,572,368		[NS 方向] 1396.2 kN/m ² (1475.0 kN/m ²)	
	下向き	2,341,112			
転倒モーメント M (×10 ⁵ kNm)		246.91	256.35		
最大接地圧※ (kN/m ²)	上向き	1396.2	1372.2	[EW 方向] 1372.2 kN/m ² (1462.9 kN/m ²)	
	下向き	1475.0	1462.9		

※：地盤の支持力試験の最大荷重 5982kN/m²

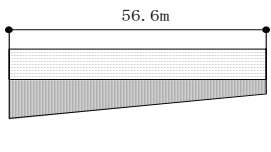
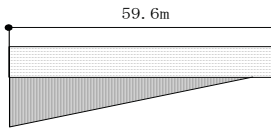
第 6.2.1-10 表 (2) 基準地震動 Ss による地震応答解析結果に基づく接地圧

(Ss-4)

		NS	EW	反力分布図 ()内は下向き地震時
鉛直力 N (kN)	上向き	1,746,876		[NS 方向] 1044.1 kN/m ² (1168.4 kN/m ²) 
	下向き	2,166,604		
転倒モーメント M (×10 ⁵ kNm)		167.44	225.24	[EW 方向] 1217.1 kN/m ² (1315.2 kN/m ²) 
最大接地圧※ (kN/m ²)	上向き	1044.1	1217.1	
	下向き	1168.4	1315.2	

※：地盤の支持力試験の最大荷重 5982kN/m²

(Ss-5)

		NS	EW	反力分布図 ()内は下向き地震時
鉛直力 N (kN)	上向き	1,732,168		[NS 方向] 1033.0 kN/m ² (1166.1 kN/m ²) 
	下向き	2,181,312		
転倒モーメント M (×10 ⁵ kNm)		165.31	259.44	[EW 方向] 1376.5 kN/m ² (1434.8 kN/m ²) 
最大接地圧※ (kN/m ²)	上向き	1033.0	1376.5	
	下向き	1166.1	1434.8	

※：地盤の支持力試験の最大荷重 5982kN/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 0.46×10^{-3} (Ss-1, 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)

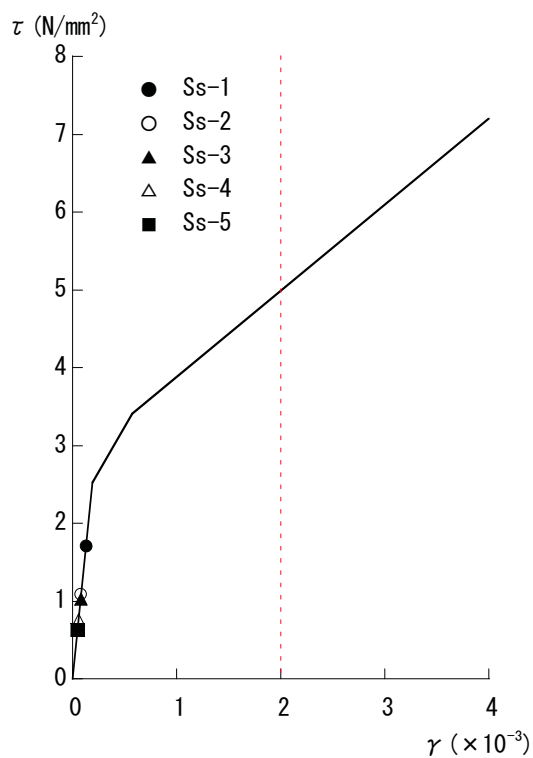
外壁						($\times 10^{-3}$)
階	Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	評価 基準値
CRF	0.13	0.08	0.08	0.06	0.05	2.0以下
4F	0.15	0.10	0.10	0.07	0.06	
3F	0.14	0.09	0.10	0.06	0.05	
2F	0.30	0.17	0.17	0.11	0.10	
1F	0.28	0.16	0.16	0.10	0.10	
B1F	0.34	0.19	0.19	0.12	0.12	
B2F	0.46	0.20	0.22	0.12	0.13	
B3F	0.21	0.16	0.17	0.09	0.11	

RCCV						($\times 10^{-3}$)
階	Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	評価 基準値
3F	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	2.0以下
2F	0.13	0.09	0.09	0.06	0.06	
1F	0.11	0.08	0.08	0.05	0.05	
B1F	0.17	0.12	0.12	0.08	0.08	
B2F	0.33	0.14	0.18	0.09	0.10	
B3F	0.18	0.15	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)

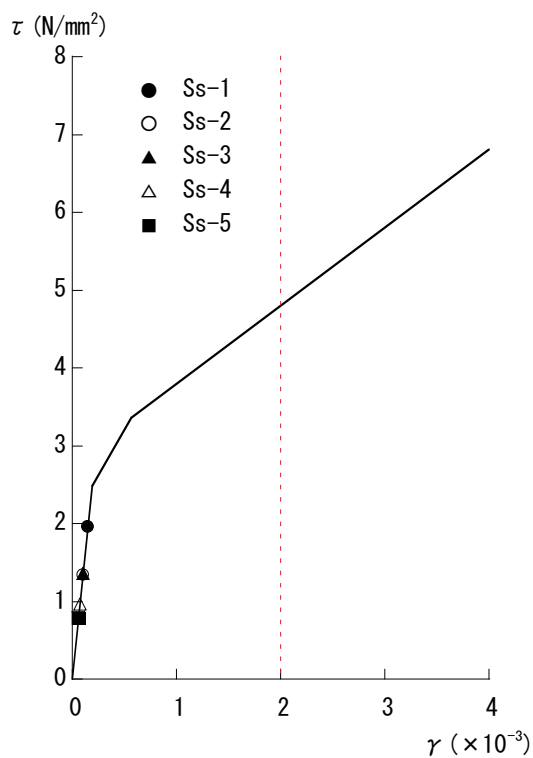
外壁						($\times 10^{-3}$)
階	Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	評価 基準値
CRF	0.09	0.08	0.06	0.05	0.06	2.0以下
4F	0.10	0.09	0.07	0.06	0.07	
3F	0.13	0.13	0.08	0.07	0.08	
2F	0.17	0.19	0.12	0.10	0.12	
1F	0.22	0.26	0.15	0.12	0.15	
B1F	0.29	0.36	0.18	0.16	0.18	
B2F	0.27	0.32	0.17	0.16	0.17	
B3F	0.30	0.40	0.17	0.17	0.16	

RCCV						($\times 10^{-3}$)
階	Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	評価 基準値
3F	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	2.0以下
2F	0.08	0.09	0.07	0.06	0.07	
1F	0.12	0.13	0.09	0.08	0.09	
B1F	0.18	0.21	0.12	0.12	0.13	
B2F	0.17	0.20	0.13	0.13	0.13	
B3F	0.26	0.35	0.16	0.16	0.15	



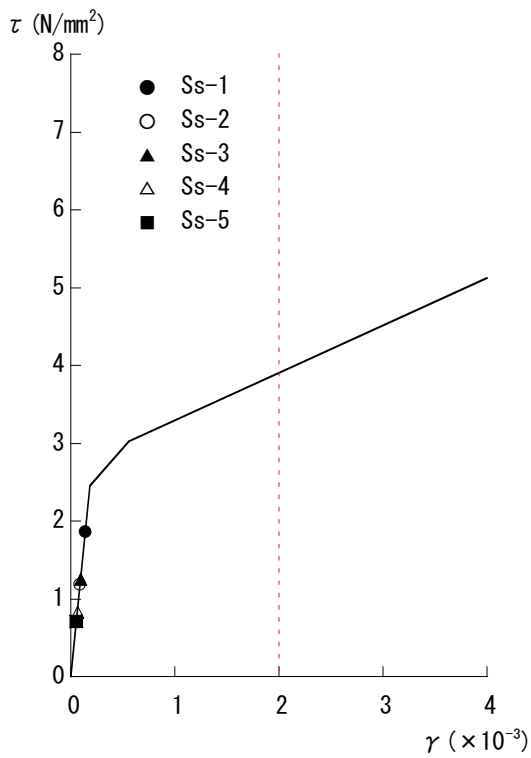
[外壁]

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)

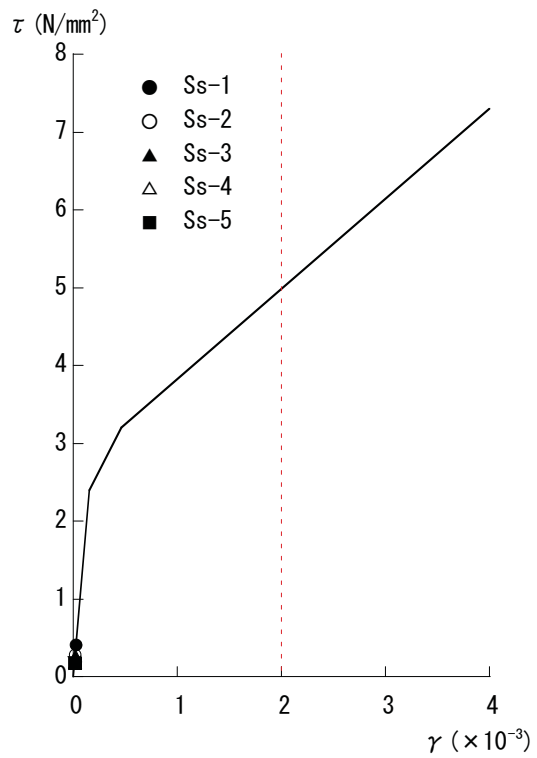


[外壁]

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)

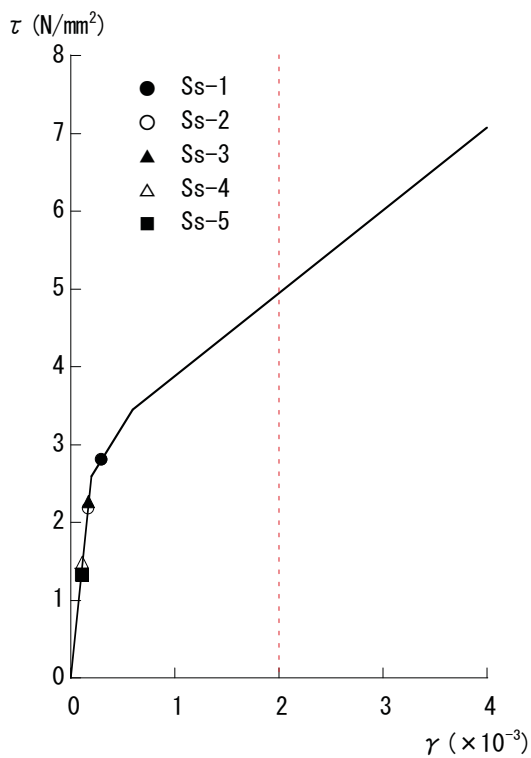


[外壁]

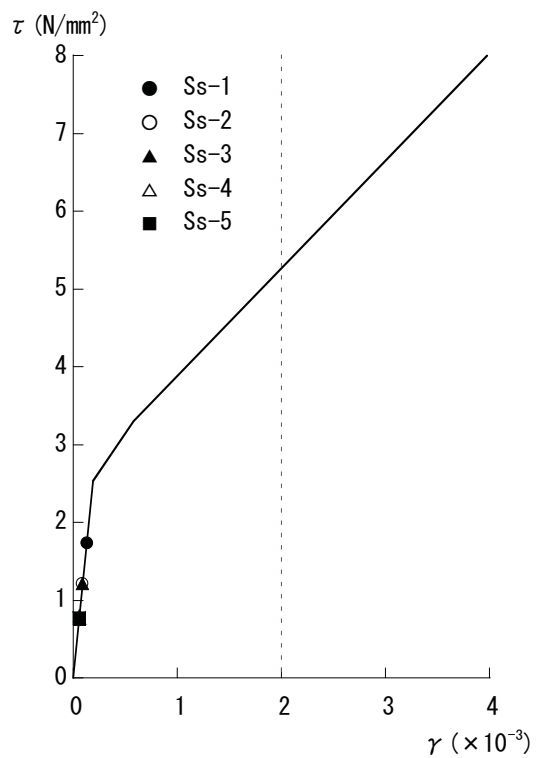


[RCCV]

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)

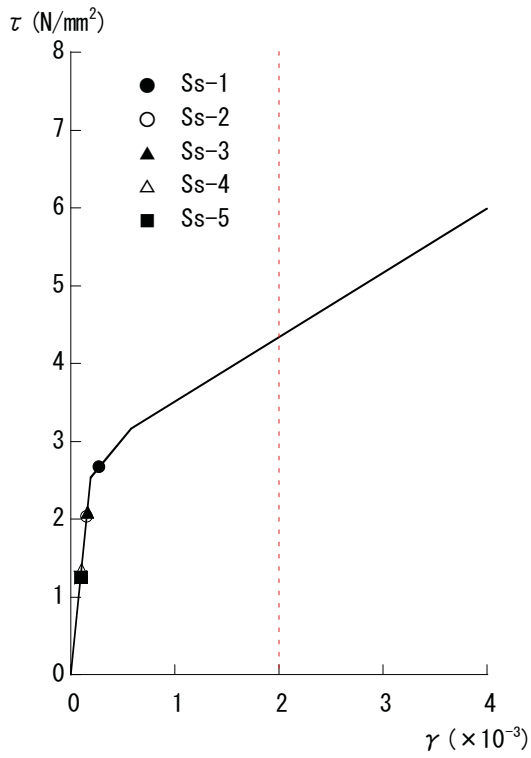


[外壁]

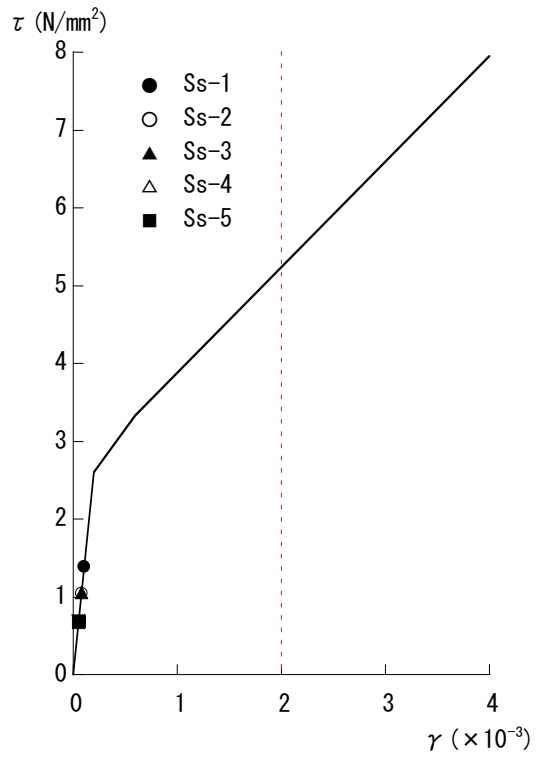


[RCCV]

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)

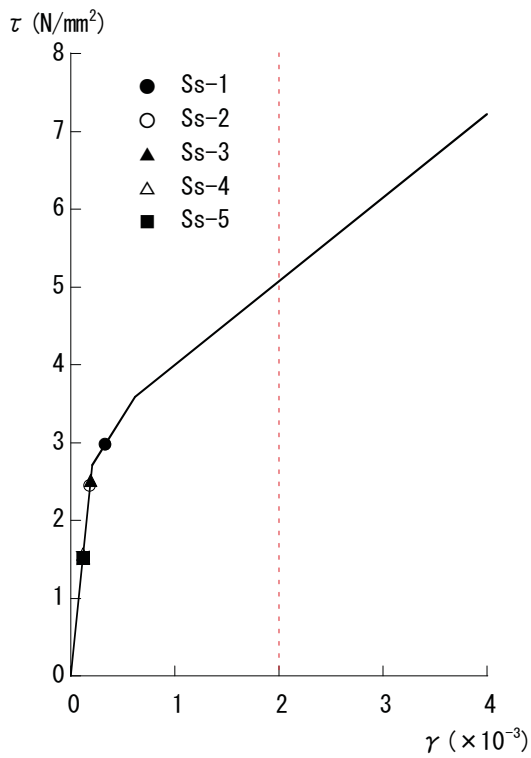


[外壁]

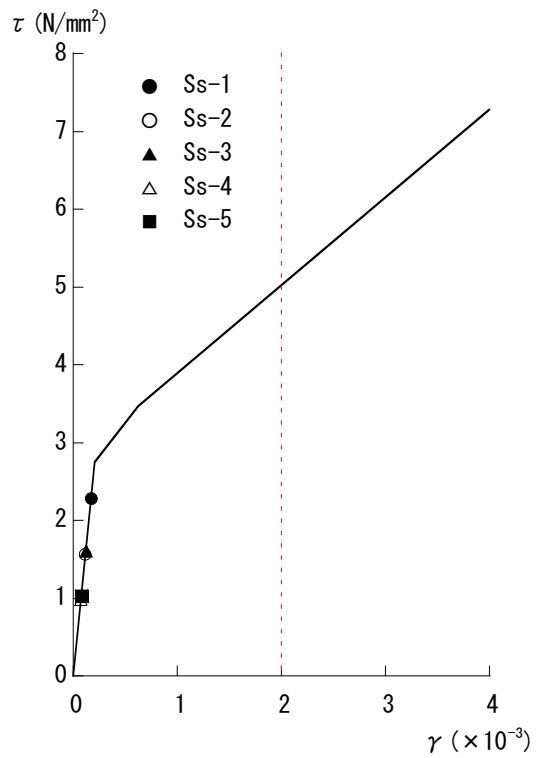


[RCCV]

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)

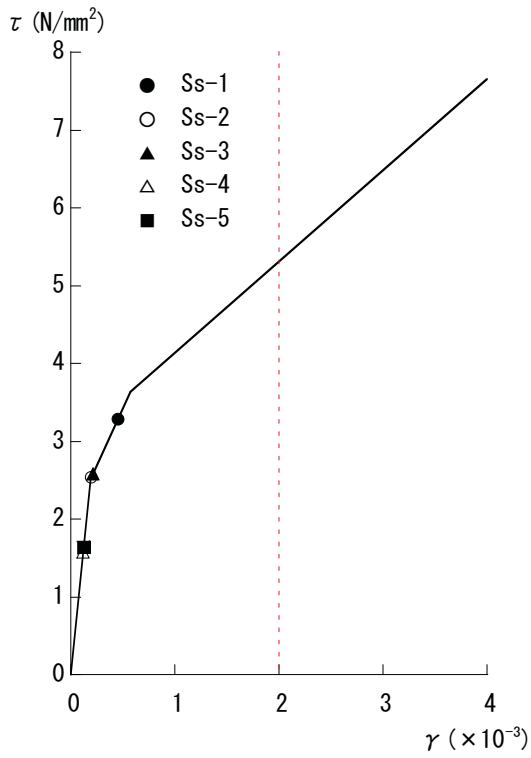


[外壁]

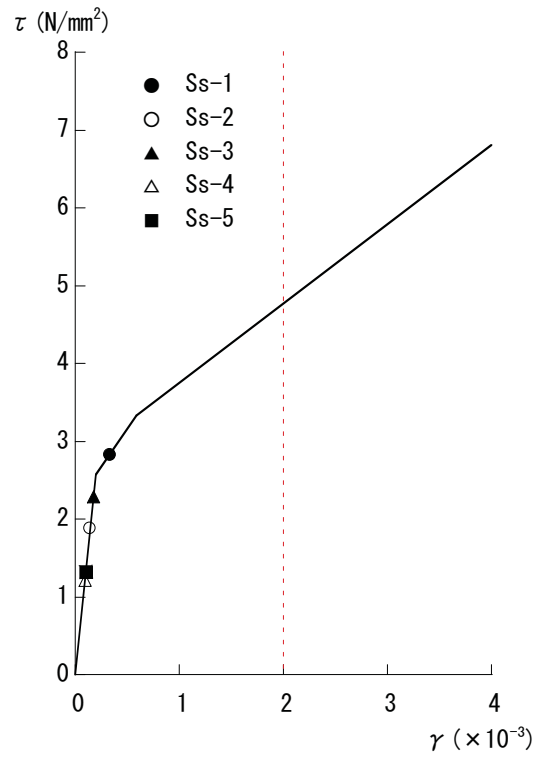


[RCCV]

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)

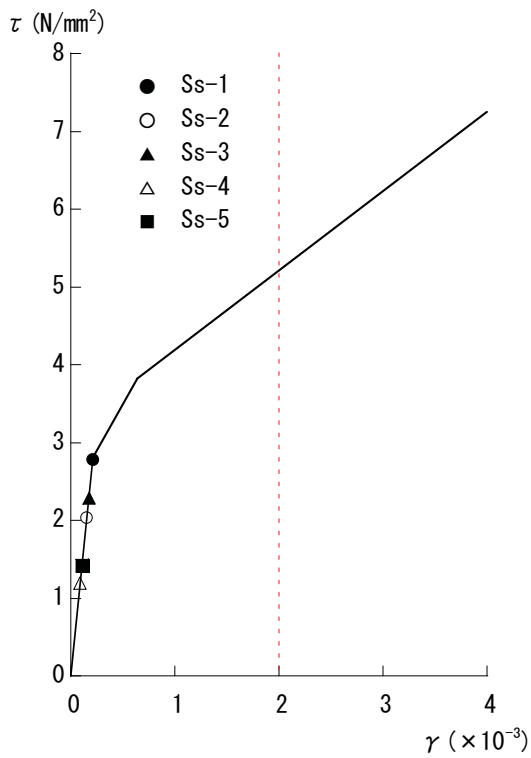


[外壁]

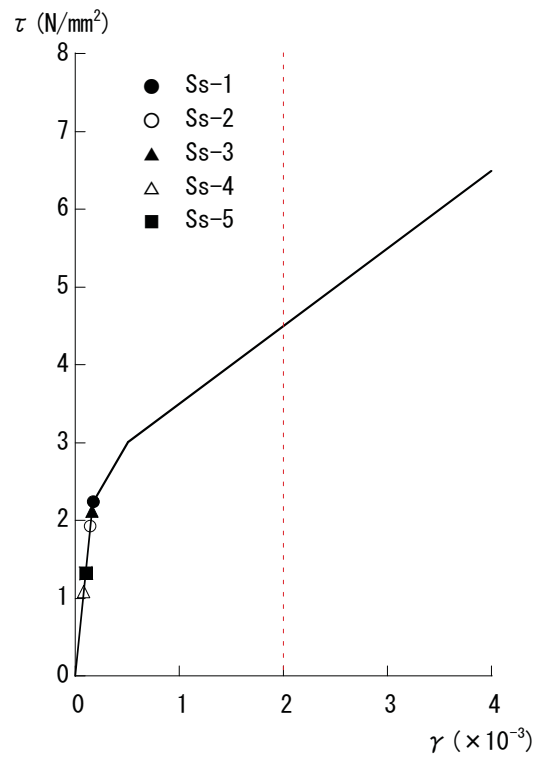


[RCCV]

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)

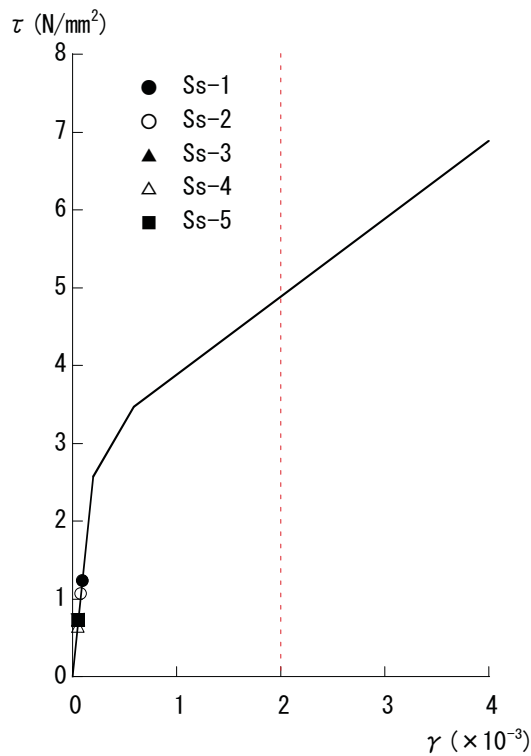


[外壁]



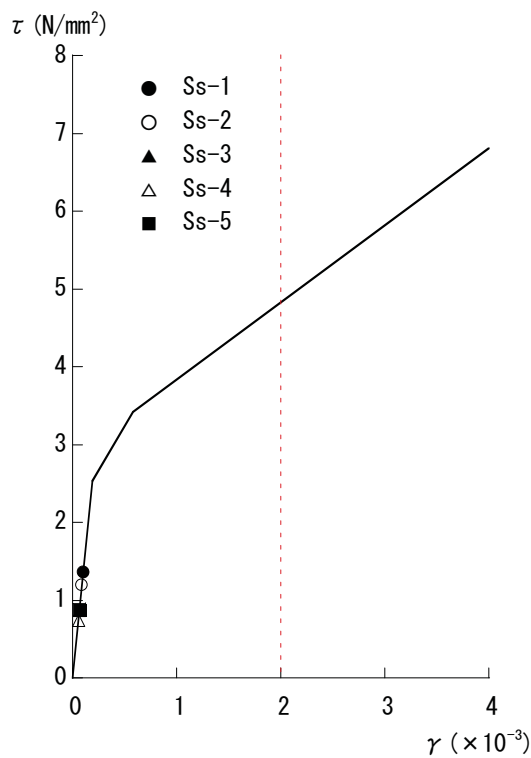
[RCCV]

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)



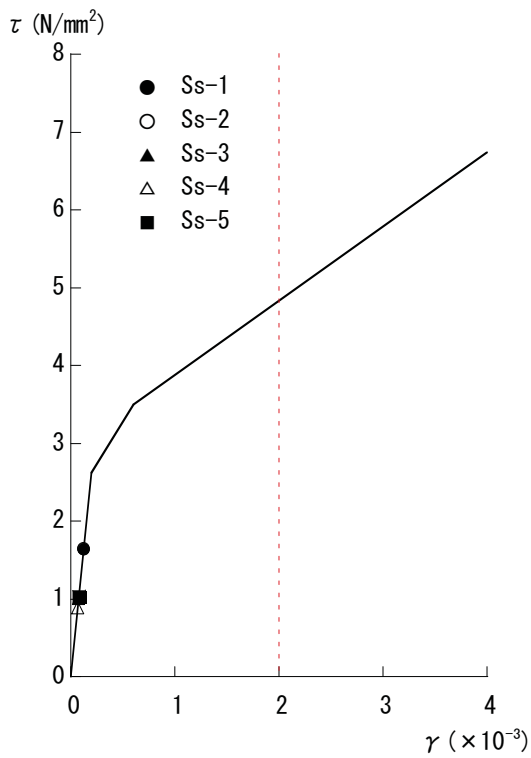
[外壁]

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)

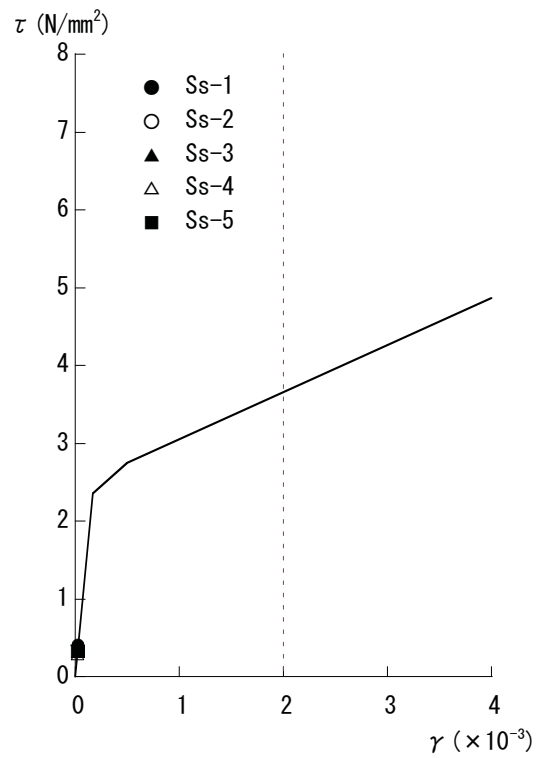


[外壁]

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)

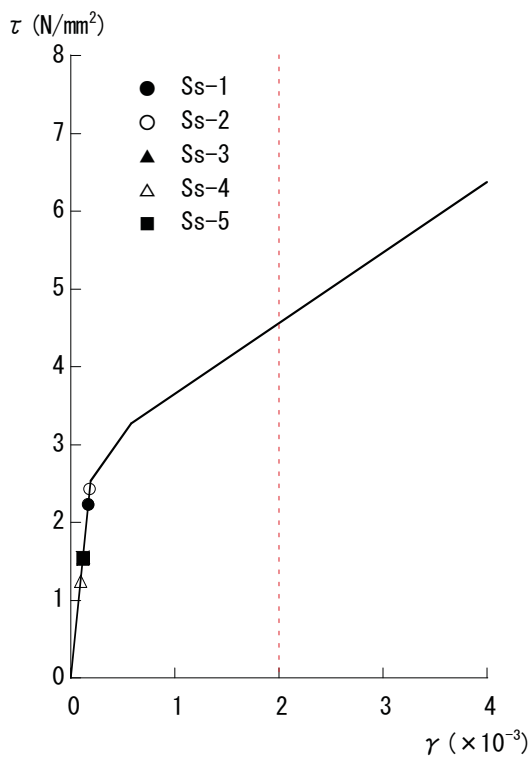


[外壁]

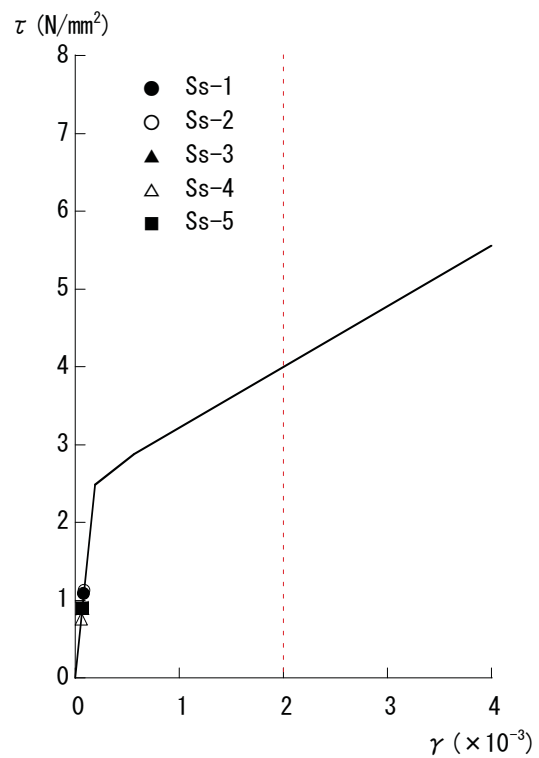


[RCCV]

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)

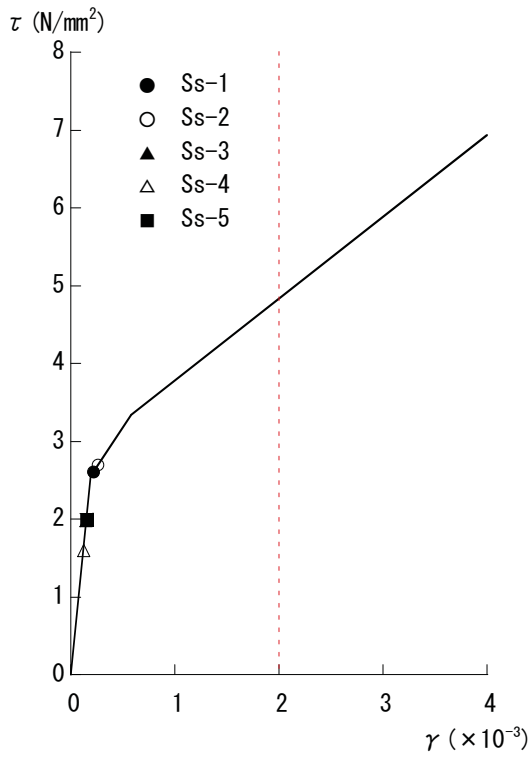


[外壁]

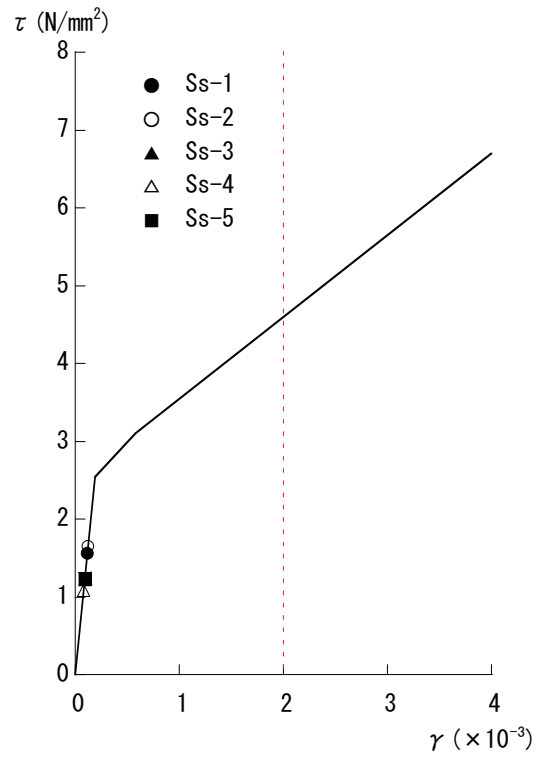


[RCCV]

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)

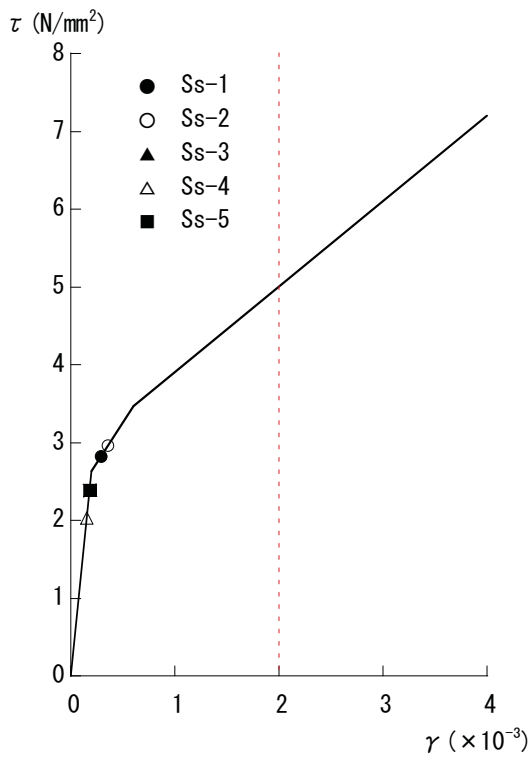


[外壁]

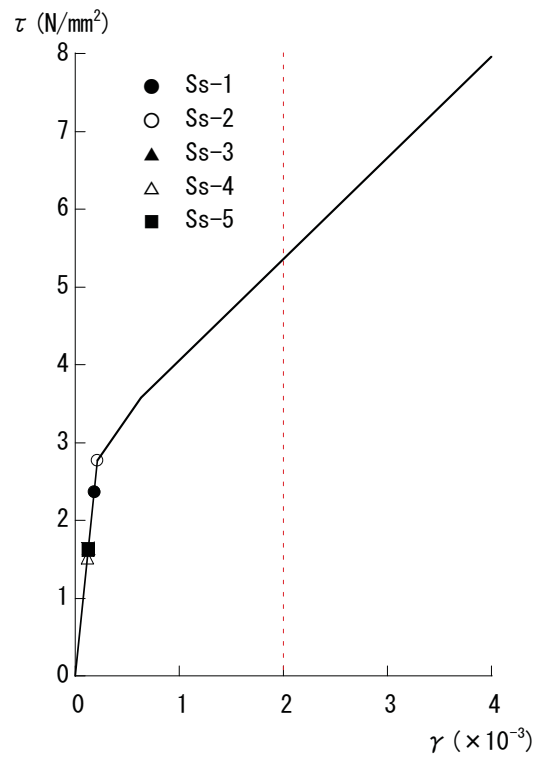


[RCCV]

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)

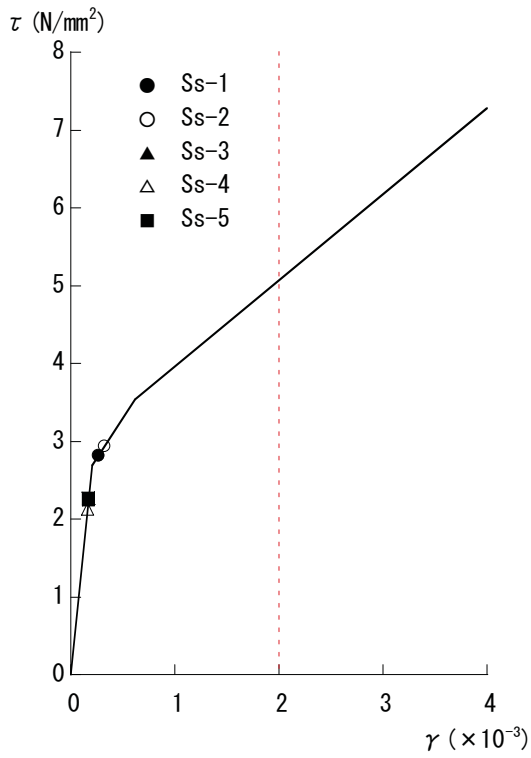


[外壁]

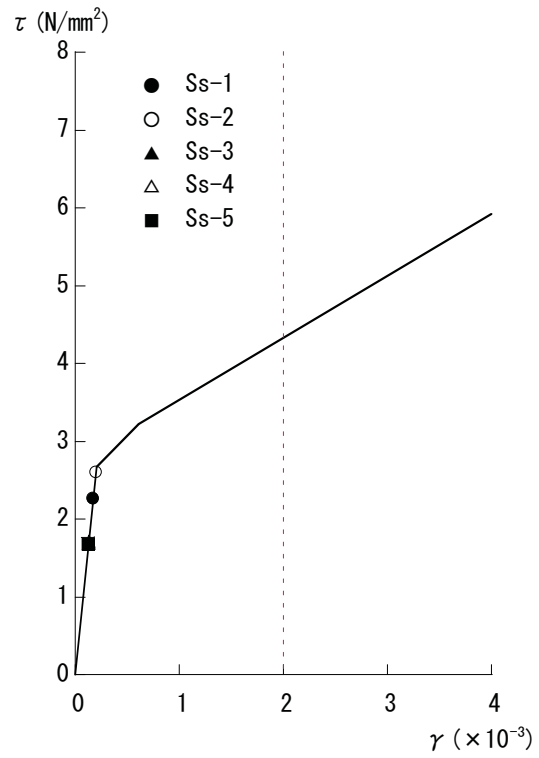


[RCCV]

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)

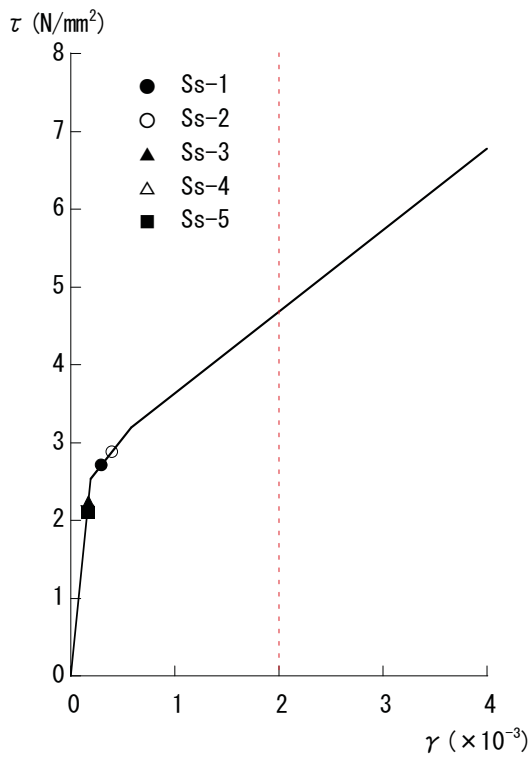


[外壁]

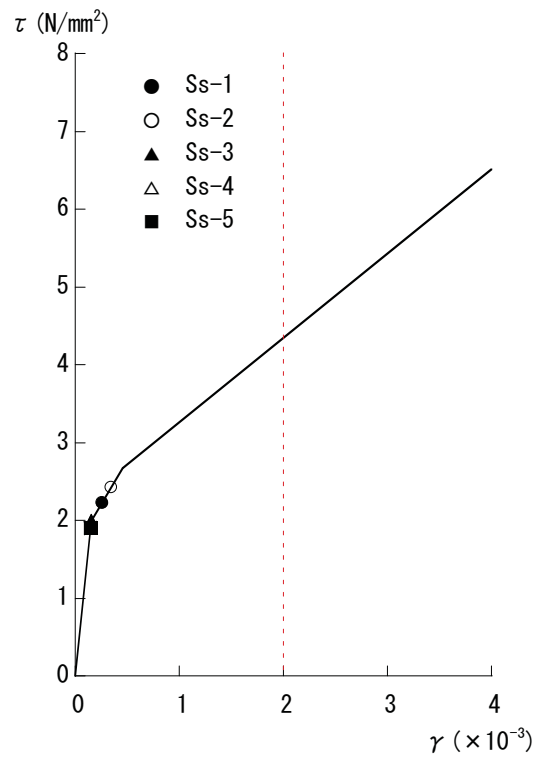


[RCCV]

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)



[外壁]



[RCCV]

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

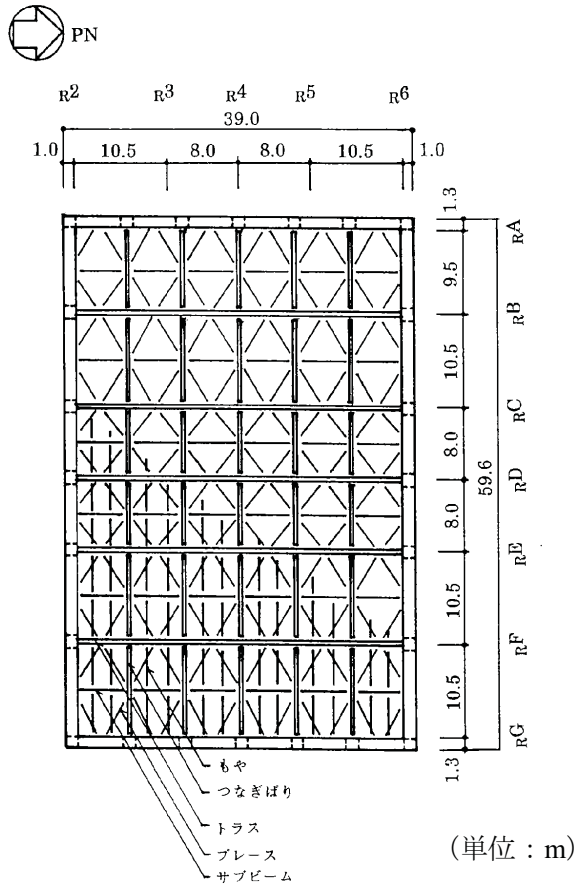
基準地震動 S_s による局所的に発生する応答の影響評価として、鉛直地震動による影響の大きい部位である屋根トラスの評価結果を示す。

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

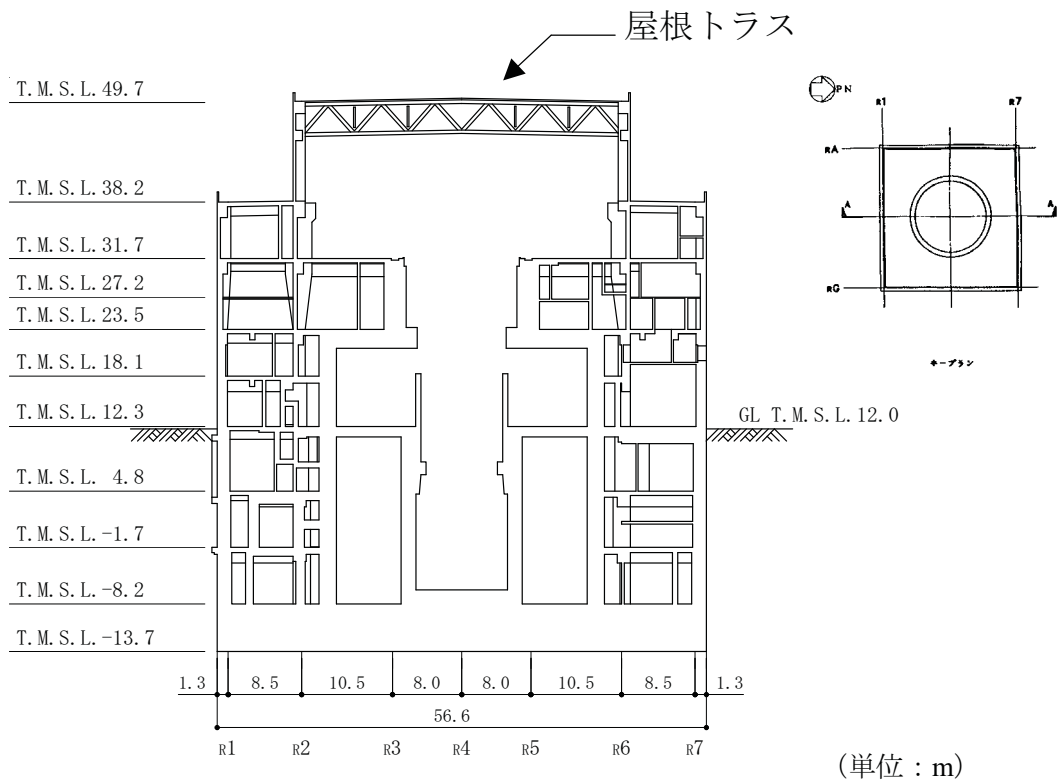
(a) 屋根トラスの概要

原子炉建屋の上部構造は、鉄骨造陸屋根をもつ屋根トラスで構成されている。屋根トラスの平面は、39.0m（NS 方向）×59.6m（EW 方向）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。

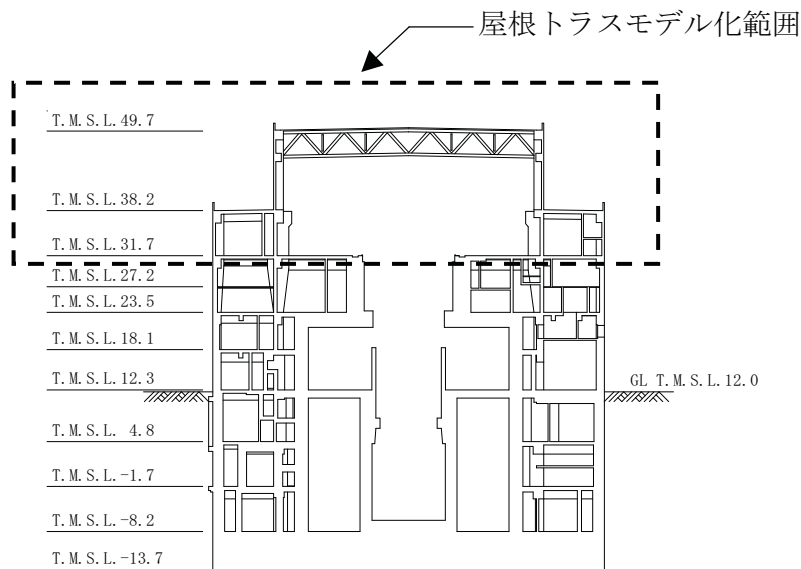
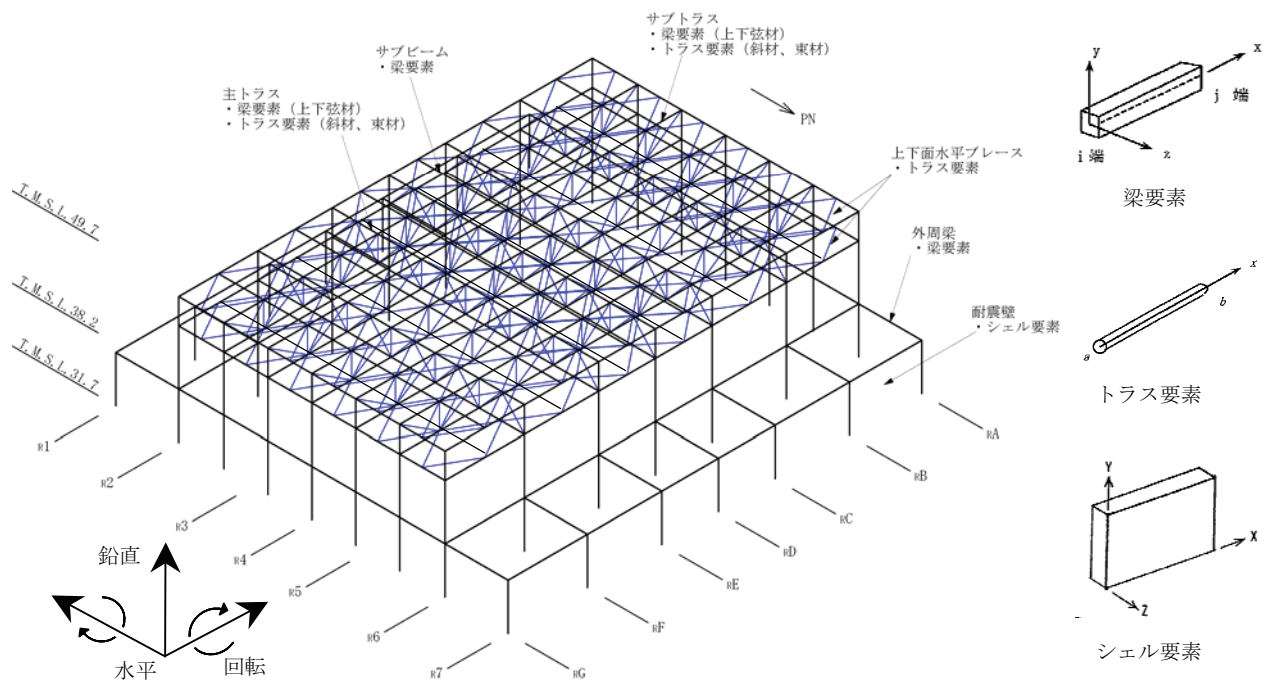
母屋、胴縁を除く構造部材を全てモデル化する。屋根トラス部は、主トラス、サブトラス、屋根上下面水平ブレース、サブビームをモデル化する。各鉄骨部材は軸、曲げ変形を考慮した梁要素（トラスの上下弦材）と軸変形のみを考慮したトラス要素（屋根面水平ブレース、トラスの斜材、束材等）としてモデル化する。また、耐震壁および外周梁は各々シェル要素および軸、曲げ変形を考慮した梁要素としてモデル化し、耐震壁の開口部についても考慮する。柱脚の条件は固定とする。

解析モデルの概要を第 6.2.3-18 図に示す。また、解析に用いる材料諸元を第 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)。

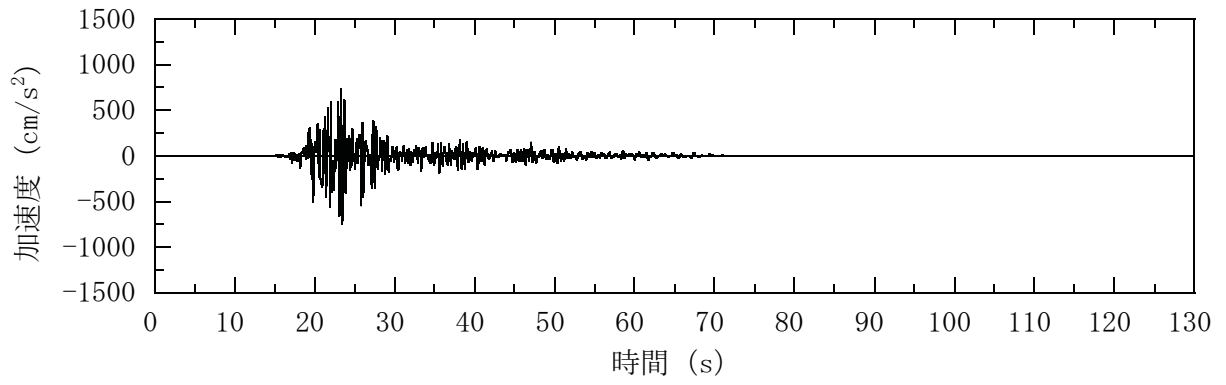
また、地震応答解析における減衰評価は、剛性比例型減衰を用いている (鉄骨造の減衰として 2%、コンクリート造の減衰として 5%を与えることとしている)。



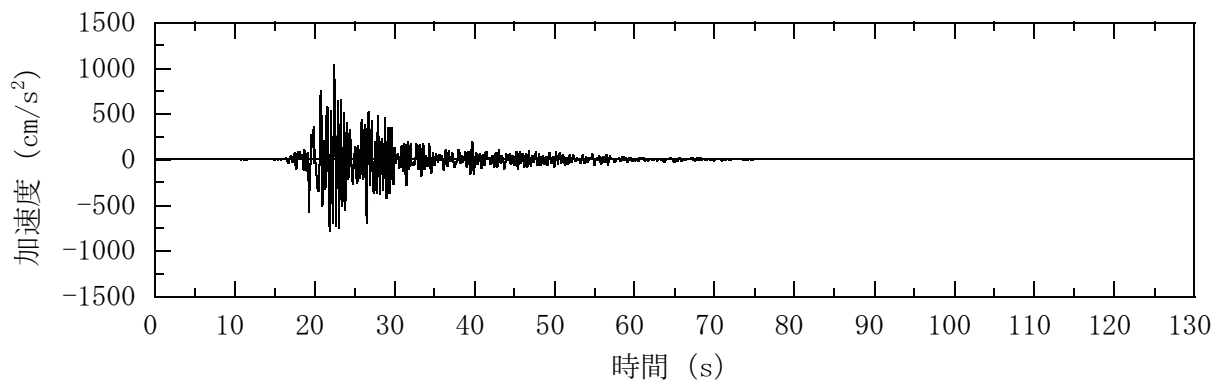
第 6.2.3-18 図 屋根トラス（オペフロ上部架構）の解析モデル図と
入力イメージ

第 6.2.3-3 表 解析に用いた材料諸元

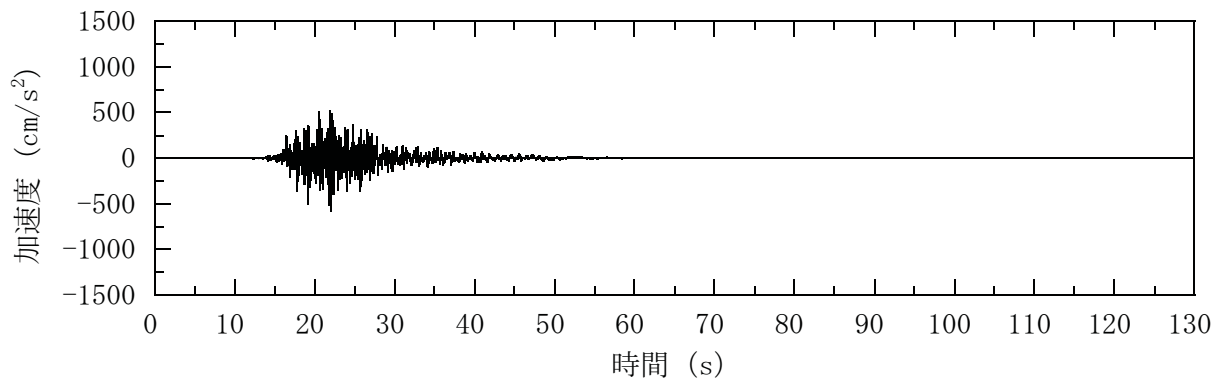
部位	材料	ヤング係数 E (N/mm ²)	ポアソン比 ν	単位体積重量 γ (kN/m ³)	減衰定数 h (%)
屋根トラス	鉄骨	2.05×10^5	0.3	77.0	2
躯体	コンクリート	3.13×10^4	0.2	25.0	5



(a) NS 方向 (水平)

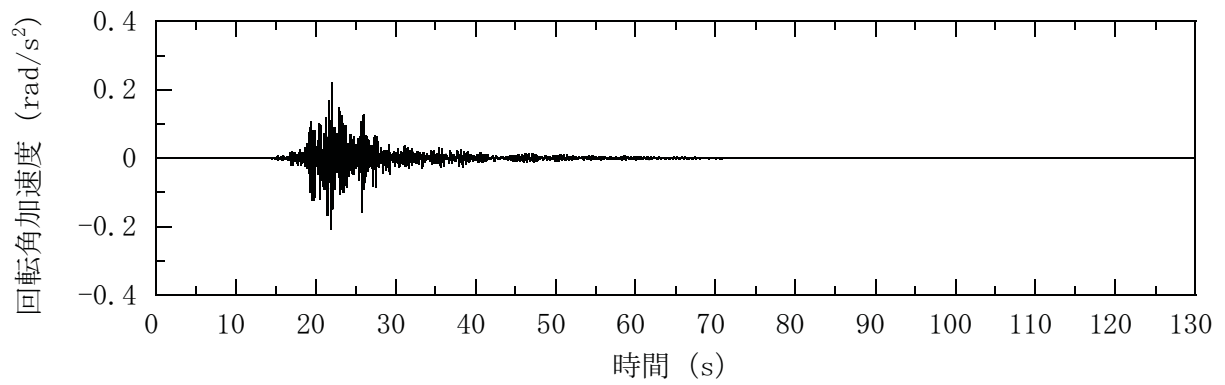


(b) EW 方向 (水平)

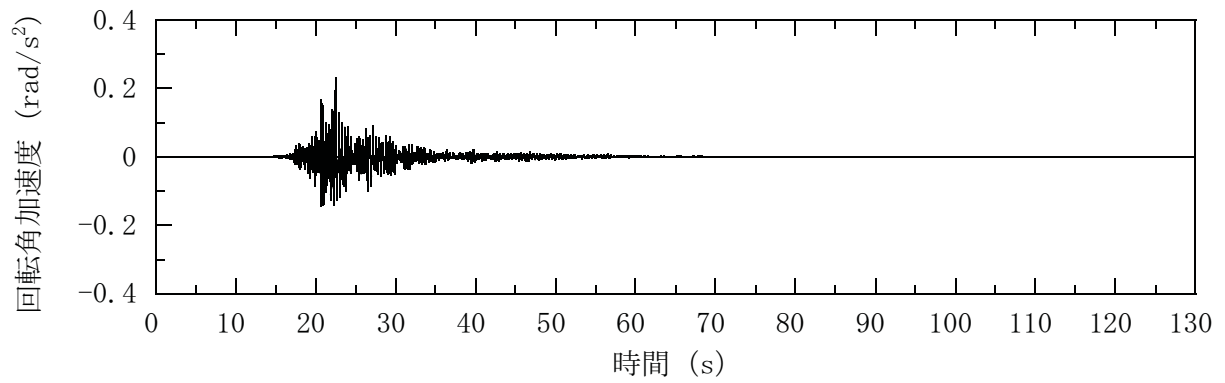


(c) 鉛直方向

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) NS 方向 (回転)



(e) EW 方向 (回転)

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, 回転成分)

(c) 評価基準

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

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

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}

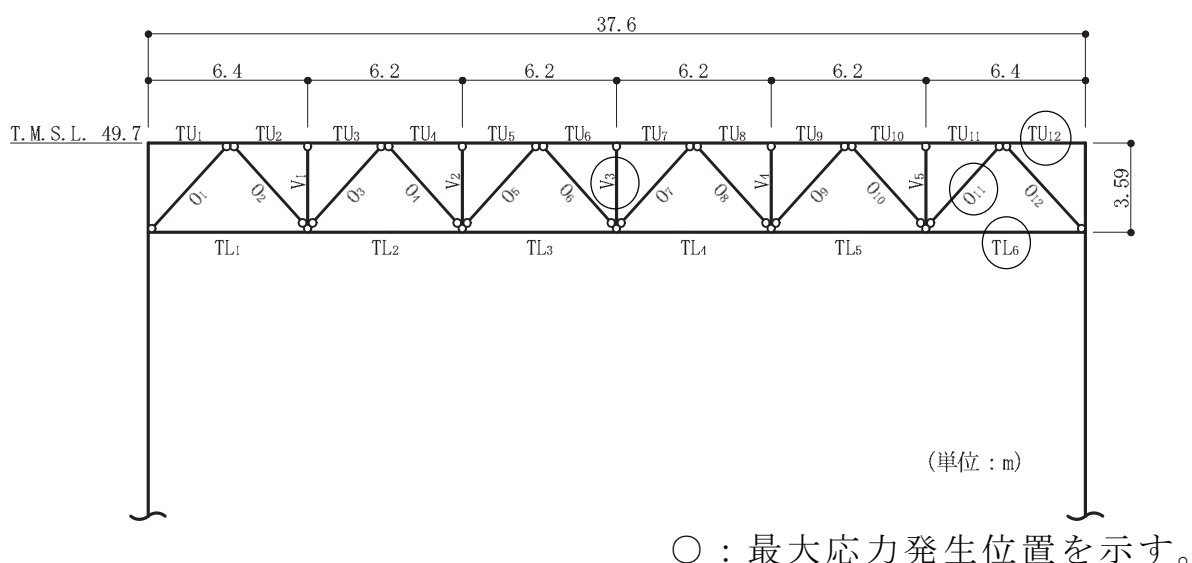
sf_b : 曲げ応力に対する許容値^{※1}

※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

(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_C 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_C 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 (N/mm^2)	評価基準値 (N/mm^2)	発生応力／ 評価基準値	位置	使用部材
上弦材	(引張)	137.8	0.68	TU ₁₂	H-428×407×20×35
	(曲げ)	101.4			
下弦材	(圧縮)	146.1	0.82	TL ₆	H-400×408×21×21
	(曲げ)	125.9			
斜材	(引張)	201.6	0.57	O ₁₁	H-400×400×13×21
束材	(圧縮)	92.4	0.45	V ₃	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

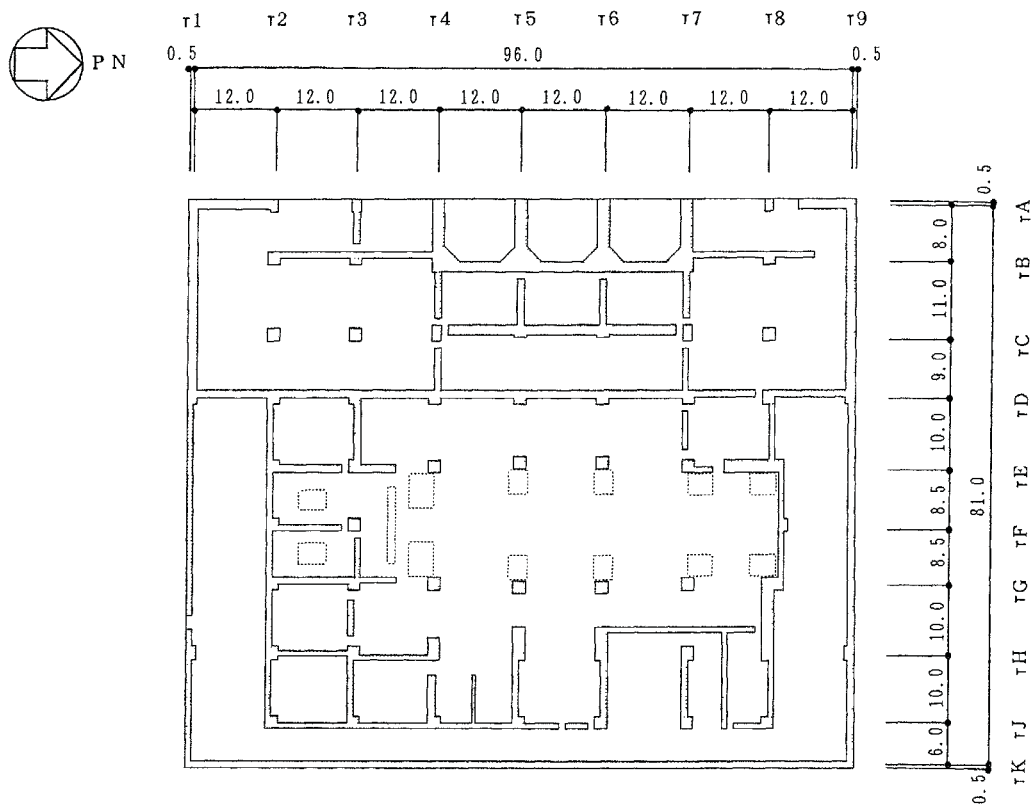
タービン建屋は、地上 2 階(一部 3 階)、地下 2 階の鉄筋コンクリート造（一部鉄骨鉄筋コンクリート造および鉄骨造）の建物で、屋根部分がトラス構造となっている。タービン建屋の概略平面図および概略断面図を第 6.3.1-1 図および第 6.3.1-2 図に、物性値を第 6.3.1-1 表に示す。

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。

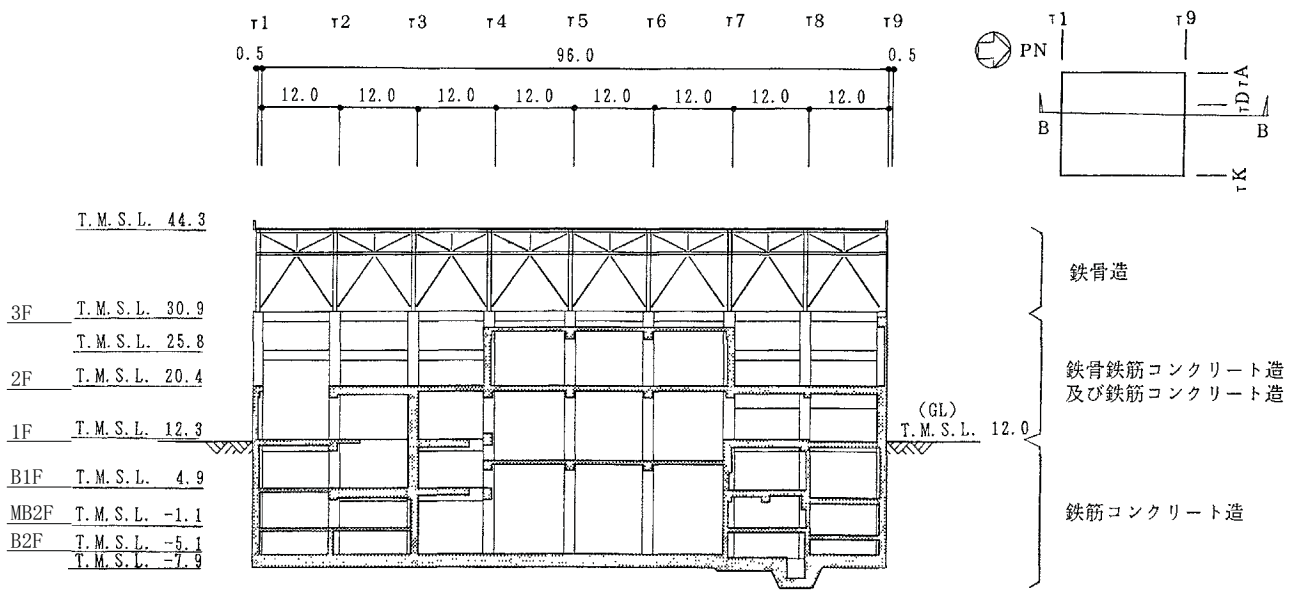
タービン建屋は耐震重要度分類による B クラスに属する施設であり、建屋そのものに動的解析を要求されていないが、建屋の一部に耐震上重要な機器・配管系が設置されていることから、基準地震動 S_s に対する地震応答解析を行い、当該部分の耐震安全性を評価する。機能維持部位を第 6.3.1-3 図に示す。

※1 建屋寸法は壁外面押えとする。



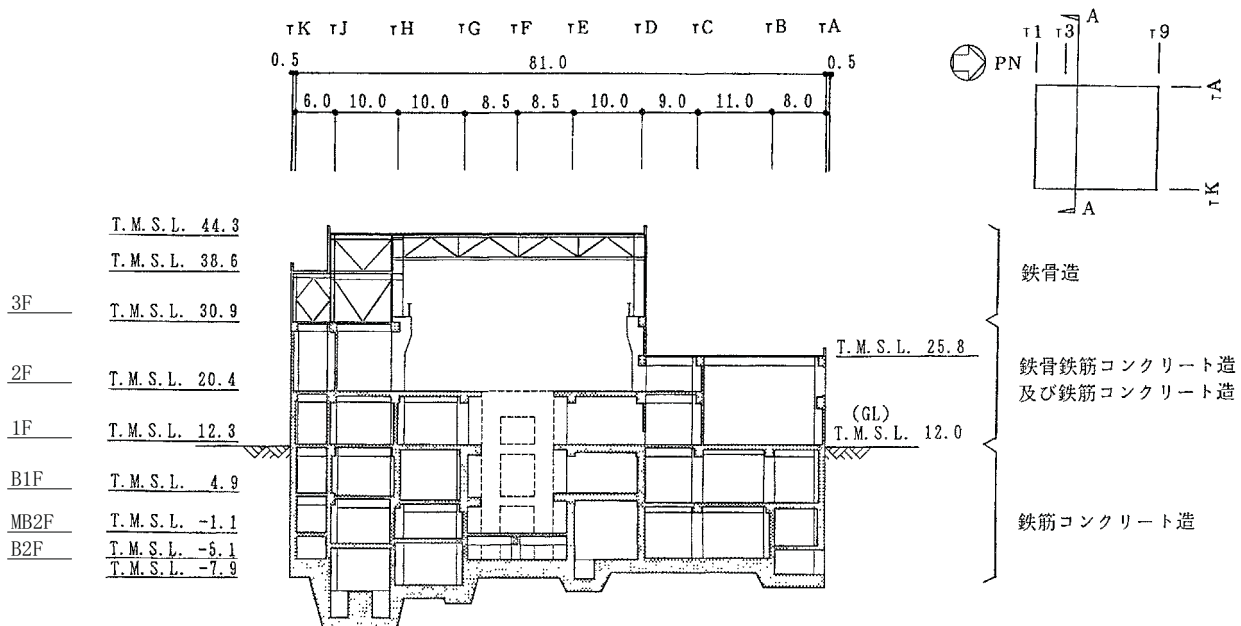
(単位 : m)

第 6.3.1-1 図 タービン建屋の概略平面図



(単位 : m)

NS 方向断面図



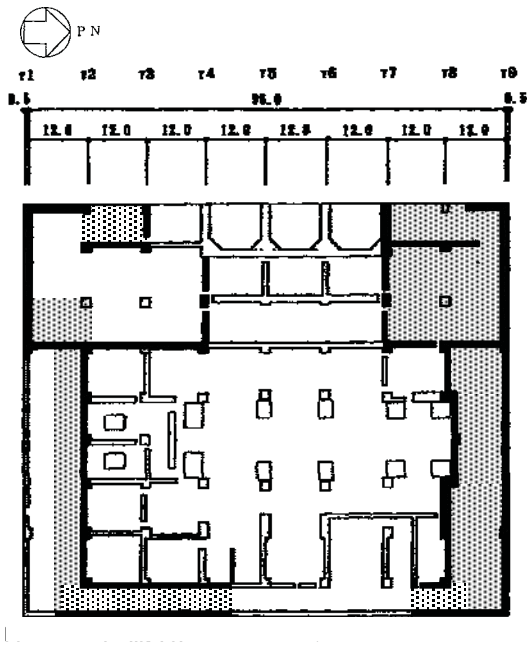
(単位 : m)

EW 方向断面図

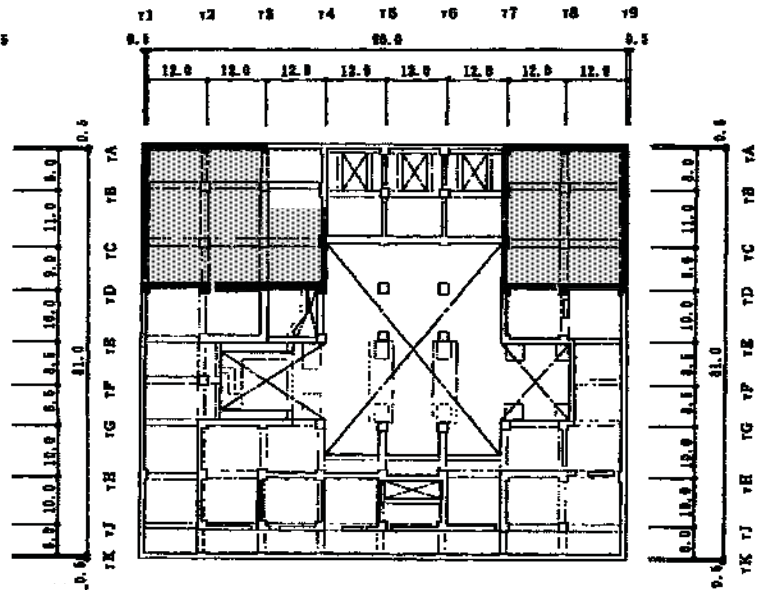
第 6.3.1-2 図 タービン建屋の概略断面図

■ 機能維持要求部位の壁

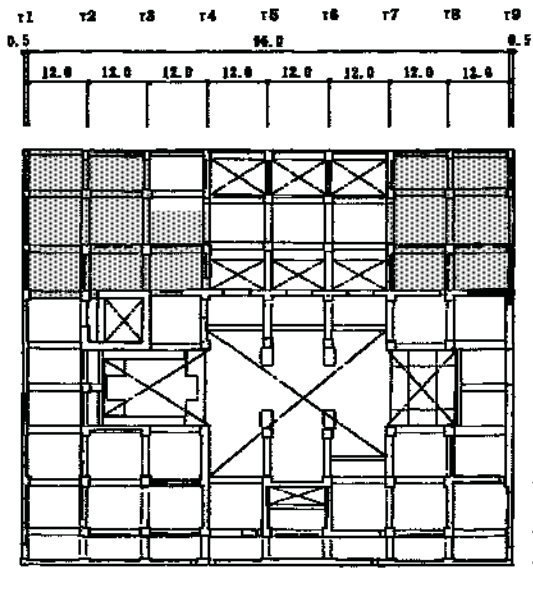
▨ 機能維持要求部位の床



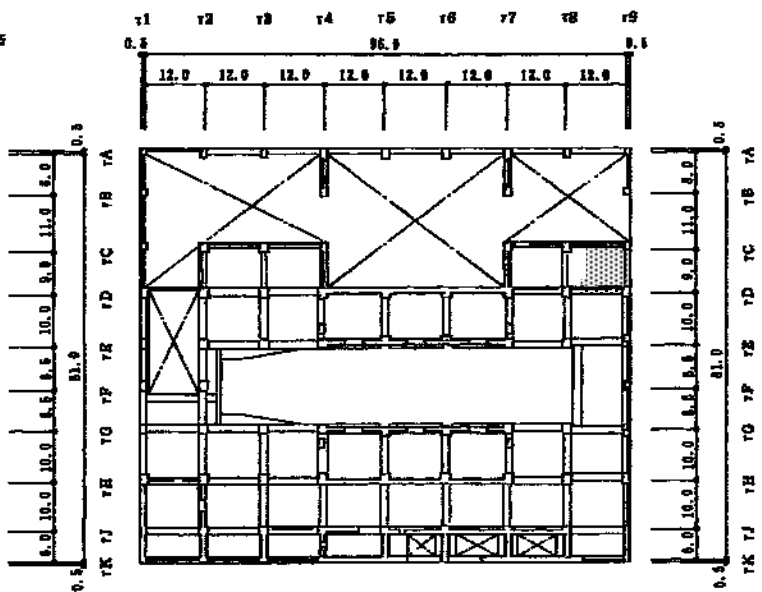
a) 地下2階伏図 (T.M.S.L.-5.1m)



b) 地下1階伏図 (T.M.S.L. 4.9m)



c) 1階伏図 (T.M.S.L. 12.3m)



d) 2階伏図 (T.M.S.L. 20.4m)

第 6.3.1-3 図 6号機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。

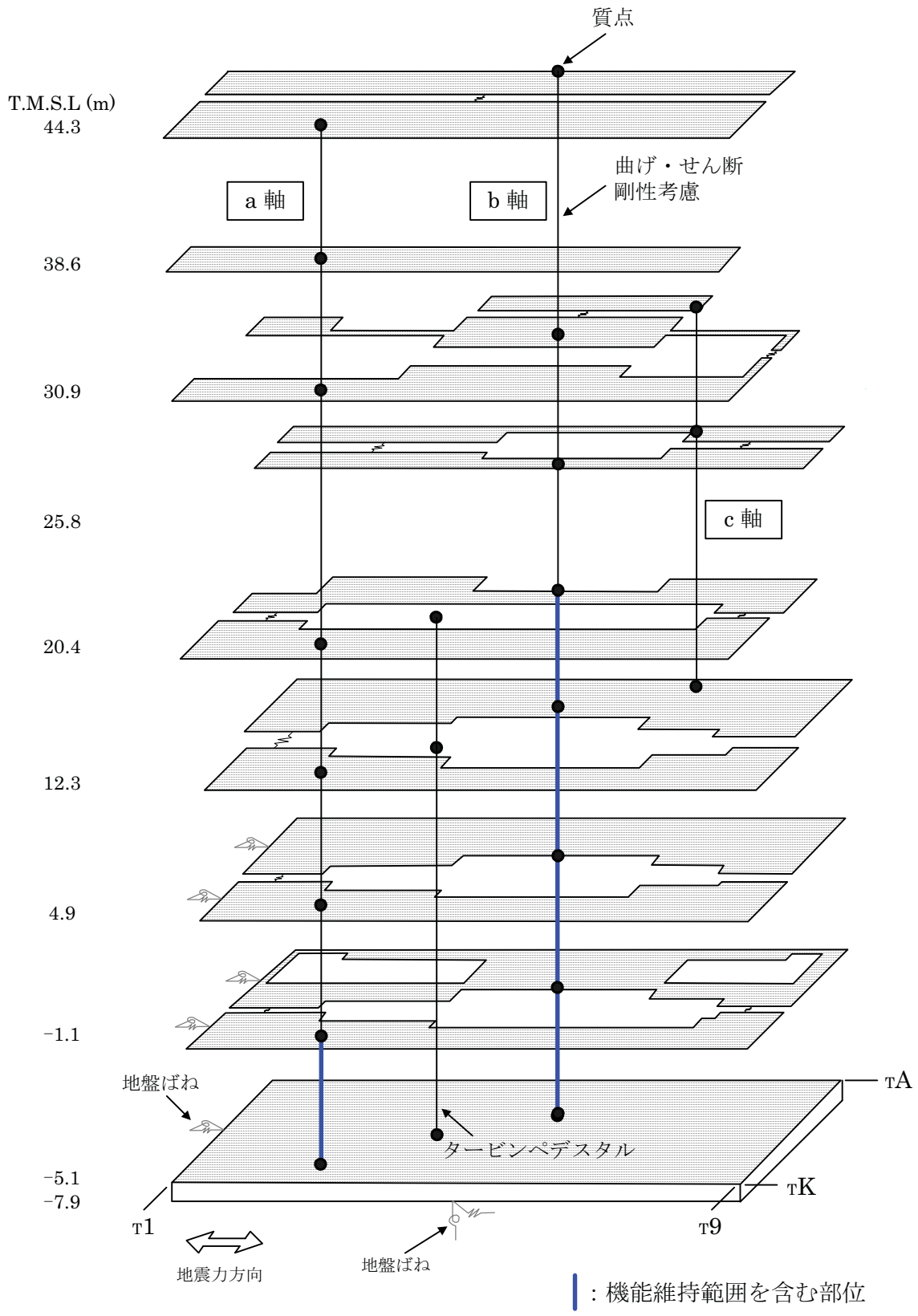
なお、第 6.3.1-3 表に地盤調査に基づく地盤定数を示す。また、地盤ばねの記号を第 6.3.1-7 図に、地震応答解析に用いる地盤のばね定数と減衰係数を第 6.3.1-4 表に示す。

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。

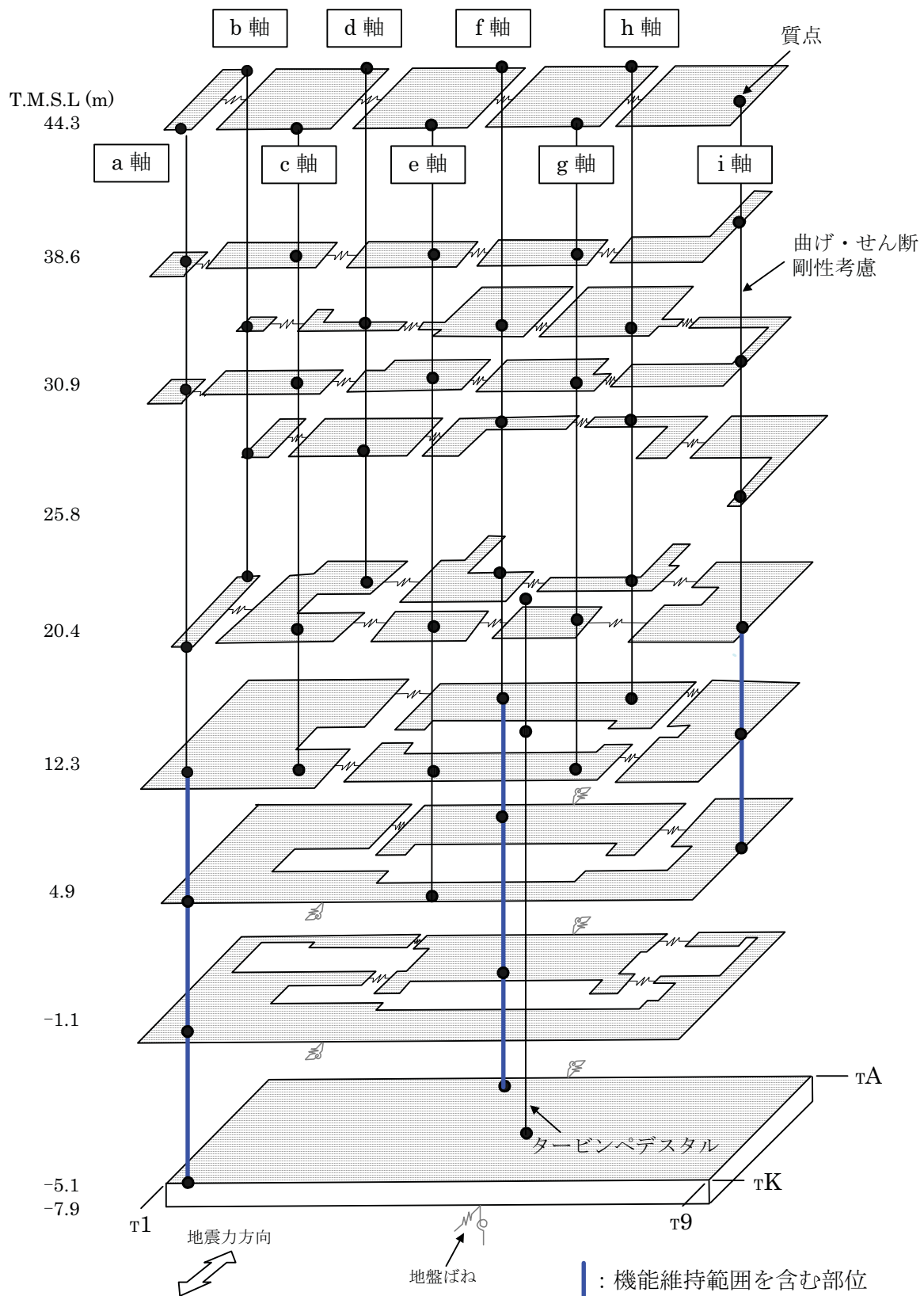
水平方向の地震応答解析は、上記復元力特性を用いた弾塑性応答解析とする。

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(2) 解析モデルの諸元 (NS 方向)

せん断断面積および断面二次モーメント

標高 T.M.S.L (m)	T/G 架台	建 屋	
		(1)	(8)
44.3		4.00	2.70
		—	
38.6		(2)	—
		5.80	
30.9		(3)	(9)
		192.8	92.0
25.8		(10)	(15)
		61480	63290
20.4		(4)	(16)
		187.5	109.5
12.3		(5)	4.5
		80640	52350
4.9	11.1	(6)	(11)
		268.8	135.4
-1.1	—	(7)	(12)
		274.6	75330
-5.1		(17)	(13)
		158050	200510
-7.9		(18)	(14)
		7954.0	394.9
		(19)	182470
		(20)	—

- ①コンクリート部 建屋
ヤング係数 E_c 3.13×10^4 (N/mm²)
せん断弾性係数 G 1.31×10^4 (N/mm²)
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 2.90×10^4 (N/mm²)
せん断弾性係数 G 1.21×10^4 (N/mm²)
ポアソン比 ν 0.20
減衰 h 5%
- ③鉄骨部
ヤング係数 E_s 2.05×10^5 (N/mm²)
せん断弾性係数 G 7.90×10^4 (N/mm²)
ポアソン比 ν 0.30
減衰 h 2%

基礎形状

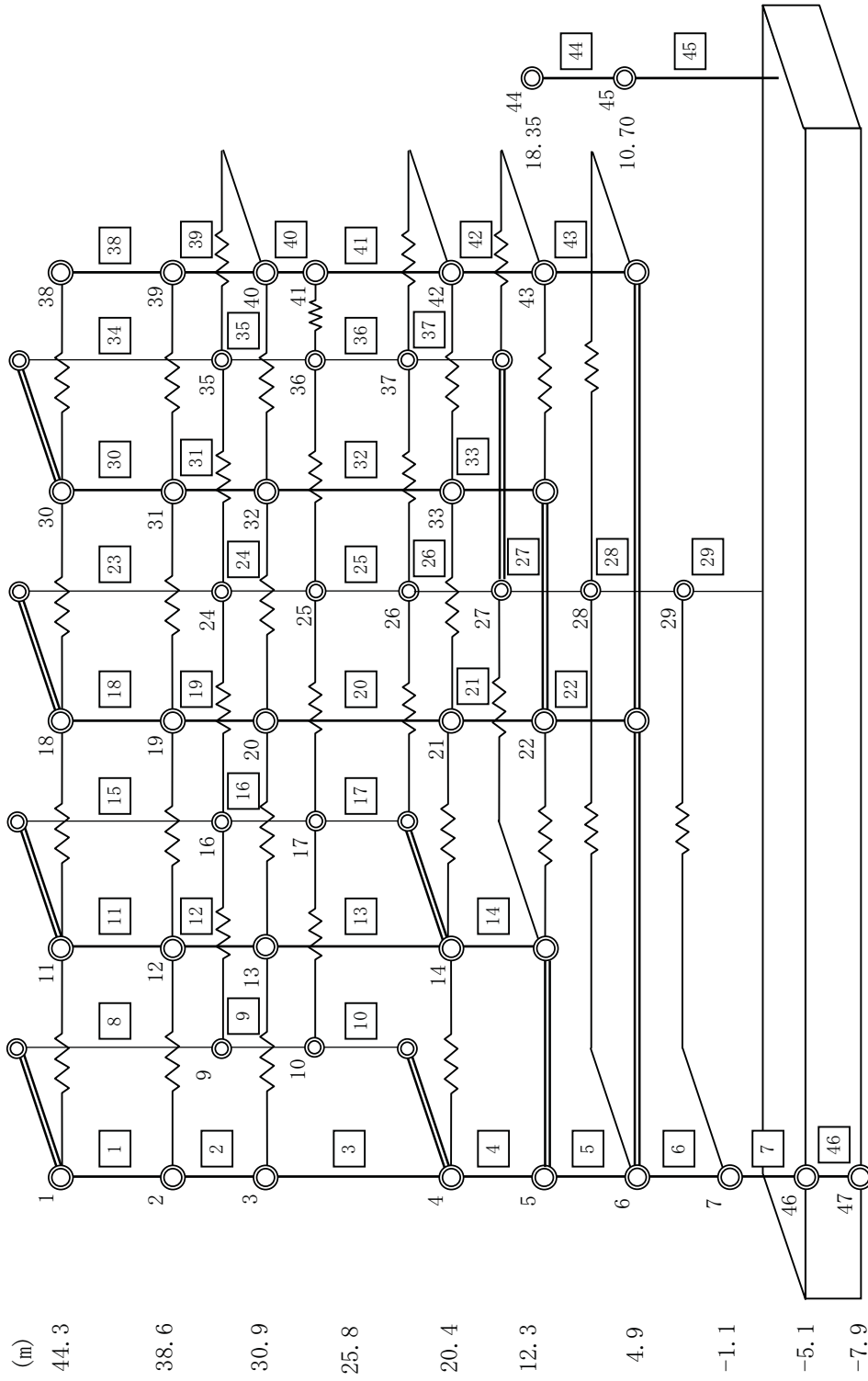
97.0m (NS 方向) × 82.0m (EW 方向)

せん断断面積 (m ²)
断面二次モーメント (m ⁴)

T. M. S. L.

(建屋)

(T/G)

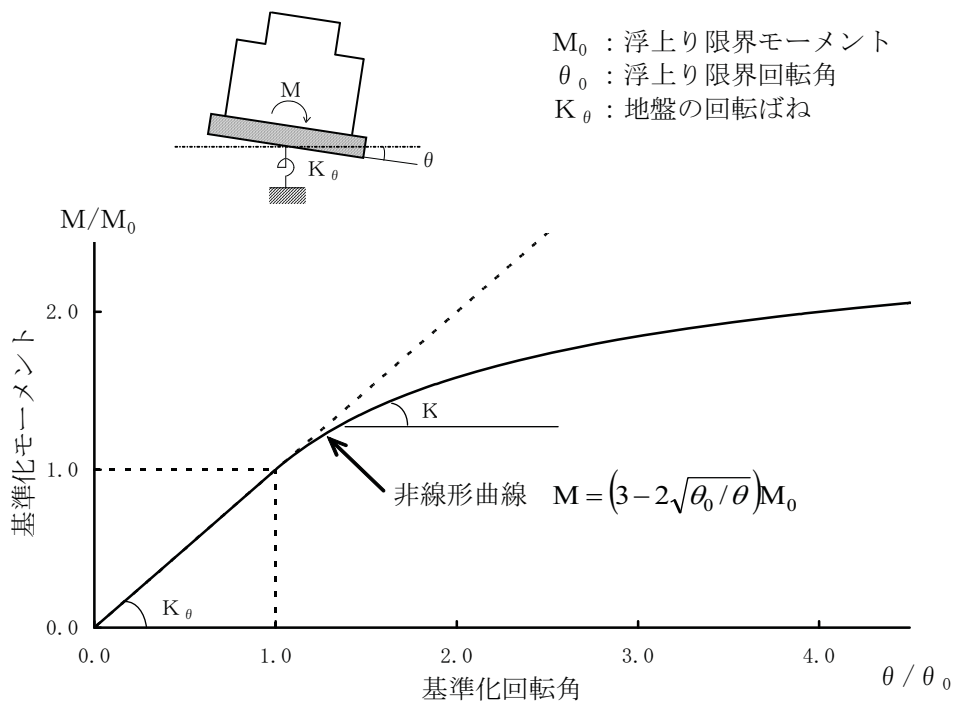


第 6.3.1-5 図 (2) 解析モデルの諸元 (EW 方向)
振動モデル図

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)	(11)	(18)	(30)	(38)													
44.3	3770	12260	12910	13370	11460													
	100	5900	6200	6400	3300													
38.6	(2)	(12)	(19)	(31)	(39)													
	3120	11140	11910	10280	10150													
	100	5400	5800	5000	3000													
30.9	(3)	(9)	(20)	(32)	(40)													
	6560	16120	31140	31460	21330													
	500	7900	10000	10100	7000													
25.8	(10)	(17)	(25)	(36)	(41)													
	6570	19020	13140	12370	16740													
	300	9200	1100	900	4900													
20.4	(4)	(14)	(21)	(33)	(42)													
	15600	56880	44450	48450	60550													
	800	153800	23100	25600	82800													
12.3	(5)	(22)	(27)	(43)														
	68920	127790	72170	81010	91660													
	-	328600	139100	161200	192800													
4.9	(6)	(28)																
	293550	76170																
	1067400	154400																
-1.1	(7)	(29)																
	195570	77150																
	727700	102400																
-5.1	(46)																	
	490770																	
	5261900																	
-7.9	(47)																	
	266390																	
	2091300																	

質点重量 (kN)
回転慣性重量 ($\times 10^2$ kNm)



第 6.3.1-6 図 回転ばねの曲げモーメントと回転角の関係

第 6.3.1-3 表(1) 地盤定数

(Ss-1)

標高 T. M. S. L. (m)	地層	せん断波 速度 Vs (m/s)	単位体積 重量 γ (kN/m ³)	ポアソン比 ν	せん断 弾性係数 G (×10 ² N/mm ²)	初期せん断 弾性係数 G ₀ (×10 ² N/mm ²)	剛性 低下率 G/G ₀	ヤング 係数 E (×10 ² N/mm 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)	地層	せん断波 速度 Vs (m/s)	単位体積 重量 γ (kN/m ³)	ポアソン比 ν	せん断 弾性係数 G (×10 ² N/mm ²)	初期せん断 弾性係数 G ₀ (×10 ² N/mm ²)	剛性 低下率 G/G ₀	ヤング 係数 E (×10 ² N/mm 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)	地層	せん断波 速度 Vs (m/s)	単位体積 重量 γ (kN/m ³)	ポアソン比 ν	せん断 弾性係数 G (×10 ² N/mm ²)	初期せん断 弾性係数 G ₀ (×10 ² N/mm ²)	剛性 低下率 G/G ₀	ヤング 係数 E (×10 ² N/mm 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

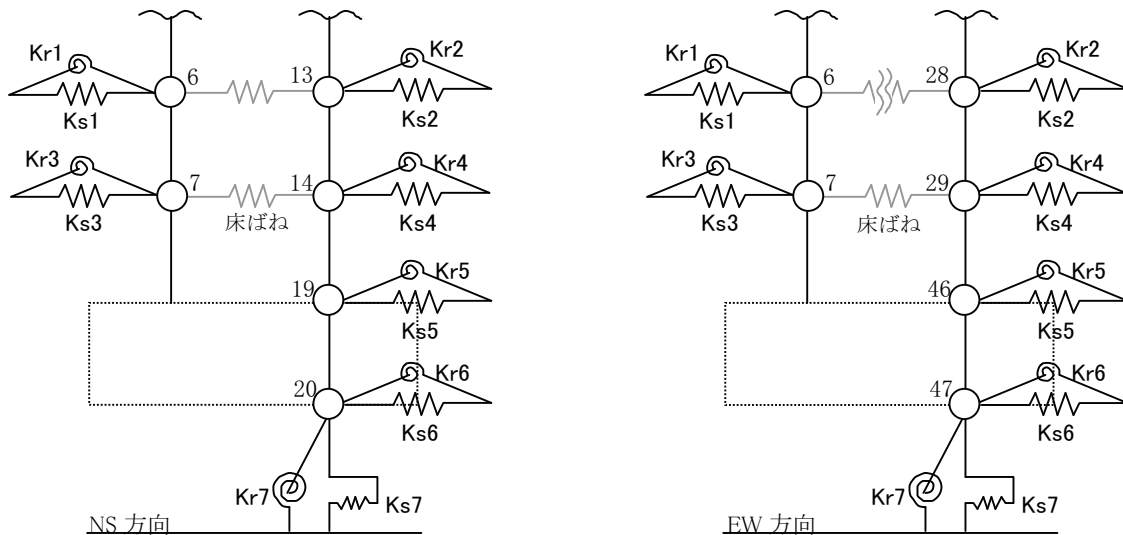
(Ss-4)

標高 T. M. S. L. (m)	地層	せん断波 速度 Vs (m/s)	単位体積 重量 γ (kN/m ³)	ポアソン比 ν	せん断 弾性係数 G (×10 ² N/mm ²)	初期せん断 弾性係数 G ₀ (×10 ² N/mm ²)	剛性 低下率 G/G ₀	ヤング 係数 E (×10 ² N/mm 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)	地層	せん断波 速度 Vs (m/s)	単位体積 重量 γ (kN/m ³)	ポアソン比 ν	せん断 弾性係数 G (×10 ² N/mm ²)	初期せん断 弾性係数 G ₀ (×10 ² N/mm ²)	剛性 低下率 G/G ₀	ヤング 係数 E (×10 ² N/mm 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-1)

ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね		減衰	
			ばね定数 ^(*1) K _c	採用振動数 (Hz)	減衰係数 ^(*2) C _c	採用振動数 ^(*3) f ₁ (Hz)
Ks1	6	側面・並進	3.92×10 ⁵	0.39	2.69×10 ⁵	2.83
Kr1	6	側面・回転	7.18×10 ⁸	0.01	1.48×10 ⁸	2.83
Ks2	13	側面・並進	5.26×10 ⁵	0.39	3.62×10 ⁵	2.83
Kr2	13	側面・回転	9.64×10 ⁸	0.01	1.98×10 ⁸	2.83
Ks3	7	側面・並進	9.34×10 ⁵	0.39	6.42×10 ⁵	2.83
Kr3	7	側面・回転	1.71×10 ⁹	0.01	3.51×10 ⁸	2.83
Ks4	14	側面・並進	1.25×10 ⁶	0.39	8.61×10 ⁵	2.83
Kr4	14	側面・回転	2.29×10 ⁹	0.01	4.71×10 ⁸	2.83
Ks5	19	側面・並進	2.09×10 ⁶	0.48	1.12×10 ⁶	2.83
Kr5	19	側面・回転	3.84×10 ⁹	0.01	6.27×10 ⁸	2.83
Ks6	20	側面・並進	2.30×10 ⁶	0.82	6.92×10 ⁵	2.83
Kr6	20	側面・回転	4.25×10 ⁹	0.01	4.19×10 ⁸	2.83
Ks7	20	底面・並進	1.15×10 ⁸	0.00	6.93×10 ⁶	2.83
Kr7	20	底面・回転	3.16×10 ¹¹	0.00	7.73×10 ⁹	2.83

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

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

(*3) f₁ は連成系の 1 次固有振動数

(EW 方向, Ss-1)

ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね		減衰	
			ばね定数 ^(*1) K _c	採用振動数 (Hz)	減衰係数 ^(*2) C _c	採用振動数 ^(*3) f ₁ (Hz)
Ks1	6	側面・並進	6.92×10 ⁵	0.39	4.68×10 ⁵	2.61
Kr1	6	側面・回転	1.27×10 ⁹	0.01	2.59×10 ⁸	2.61
Ks2	28	側面・並進	2.27×10 ⁵	0.39	1.54×10 ⁵	2.61
Kr2	28	側面・回転	4.15×10 ⁸	0.01	8.50×10 ⁷	2.61
Ks3	7	側面・並進	1.65×10 ⁶	0.39	1.12×10 ⁶	2.61
Kr3	7	側面・回転	3.02×10 ⁹	0.01	6.17×10 ⁸	2.61
Ks4	29	側面・並進	5.40×10 ⁵	0.39	3.66×10 ⁵	2.61
Kr4	29	側面・回転	9.89×10 ⁸	0.01	2.02×10 ⁸	2.61
Ks5	46	側面・並進	2.09×10 ⁶	0.48	1.10×10 ⁶	2.61
Kr5	46	側面・回転	3.84×10 ⁹	0.01	6.23×10 ⁸	2.61
Ks6	47	側面・並進	2.30×10 ⁶	0.82	6.86×10 ⁵	2.61
Kr6	47	側面・回転	4.25×10 ⁹	0.01	4.14×10 ⁸	2.61
Ks7	47	底面・並進	1.17×10 ⁸	0.00	7.12×10 ⁶	2.61
Kr7	47	底面・回転	2.45×10 ¹¹	0.00	4.97×10 ⁹	2.61

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

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

(*3) f₁ は連成系の 1 次固有振動数

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

(NS 方向, Ss-2)

ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね		減衰	
			ばね定数 ^(*1) 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	6	側面・並進	3.79×10 ⁵	0.39	2.66×10 ⁵	2.84
Kr1	6	側面・回転	6.94×10 ⁸	0.01	1.45×10 ⁸	2.84
Ks2	13	側面・並進	5.09×10 ⁵	0.39	3.57×10 ⁵	2.84
Kr2	13	側面・回転	9.32×10 ⁸	0.01	1.95×10 ⁸	2.84
Ks3	7	側面・並進	9.03×10 ⁵	0.39	6.33×10 ⁵	2.84
Kr3	7	側面・回転	1.65×10 ⁹	0.01	3.46×10 ⁸	2.84
Ks4	14	側面・並進	1.21×10 ⁶	0.39	8.49×10 ⁵	2.84
Kr4	14	側面・回転	2.22×10 ⁹	0.01	4.64×10 ⁸	2.84
Ks5	19	側面・並進	2.05×10 ⁶	0.48	1.11×10 ⁶	2.84
Kr5	19	側面・回転	3.76×10 ⁹	0.01	6.19×10 ⁸	2.84
Ks6	20	側面・並進	2.30×10 ⁶	0.82	6.93×10 ⁵	2.84
Kr6	20	側面・回転	4.25×10 ⁹	0.01	4.19×10 ⁸	2.84
Ks7	20	底面・並進	1.16×10 ⁸	0.00	6.98×10 ⁶	2.84
Kr7	20	底面・回転	3.22×10 ¹¹	0.00	7.79×10 ⁹	2.84

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

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

(*3) f₁ は連成系の 1 次固有振動数

(EW 方向, Ss-2)

ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね		減衰	
			ばね定数 ^(*1) K _c	採用振動数 (Hz)	減衰係数 ^(*2) C _c	採用振動数 ^(*3) f ₁ (Hz)
Ks1	6	側面・並進	6.69×10 ⁵	0.39	4.62×10 ⁵	2.62
Kr1	6	側面・回転	1.22×10 ⁹	0.01	2.55×10 ⁸	2.62
Ks2	28	側面・並進	2.19×10 ⁵	0.39	1.52×10 ⁵	2.62
Kr2	28	側面・回転	4.02×10 ⁸	0.01	8.37×10 ⁷	2.62
Ks3	7	側面・並進	1.59×10 ⁶	0.39	1.10×10 ⁶	2.62
Kr3	7	側面・回転	2.92×10 ⁹	0.01	6.07×10 ⁸	2.62
Ks4	29	側面・並進	5.22×10 ⁵	0.39	3.61×10 ⁵	2.62
Kr4	29	側面・回転	9.56×10 ⁸	0.01	1.99×10 ⁸	2.62
Ks5	46	側面・並進	2.05×10 ⁶	0.48	1.09×10 ⁶	2.62
Kr5	46	側面・回転	3.76×10 ⁹	0.01	6.16×10 ⁸	2.62
Ks6	47	側面・並進	2.30×10 ⁶	0.82	6.86×10 ⁵	2.62
Kr6	47	側面・回転	4.25×10 ⁹	0.01	4.14×10 ⁸	2.62
Ks7	47	底面・並進	1.19×10 ⁸	0.00	7.18×10 ⁶	2.62
Kr7	47	底面・回転	2.49×10 ¹¹	0.00	4.99×10 ⁹	2.62

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

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

(*3) f₁ は連成系の 1 次固有振動数

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

(NS 方向, Ss-3)

ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね		減衰	
			ばね定数 ^(*1) 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	6	側面・並進	4.05×10 ⁵	0.40	2.73×10 ⁵	2.82
Kr1	6	側面・回転	7.42×10 ⁸	0.01	1.50×10 ⁸	2.82
Ks2	13	側面・並進	5.44×10 ⁵	0.40	3.66×10 ⁵	2.82
Kr2	13	側面・回転	9.96×10 ⁸	0.01	2.01×10 ⁸	2.82
Ks3	7	側面・並進	9.65×10 ⁵	0.40	6.50×10 ⁵	2.82
Kr3	7	側面・回転	1.77×10 ⁹	0.01	3.57×10 ⁸	2.82
Ks4	14	側面・並進	1.30×10 ⁶	0.40	8.72×10 ⁵	2.82
Kr4	14	側面・回転	2.37×10 ⁹	0.01	4.79×10 ⁸	2.82
Ks5	19	側面・並進	2.14×10 ⁶	0.48	1.13×10 ⁶	2.82
Kr5	19	側面・回転	3.93×10 ⁹	0.01	6.35×10 ⁸	2.82
Ks6	20	側面・並進	2.32×10 ⁶	0.83	6.95×10 ⁵	2.82
Kr6	20	側面・回転	4.28×10 ⁹	0.01	4.20×10 ⁸	2.82
Ks7	20	底面・並進	1.13×10 ⁸	0.00	6.89×10 ⁶	2.82
Kr7	20	底面・回転	3.08×10 ¹¹	0.00	7.66×10 ⁹	2.82

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

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

(*3) f₁ は連成系の 1 次固有振動数

(EW 方向, Ss-3)

ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね		減衰	
			ばね定数 ^(*1) K _c	採用振動数 (Hz)	減衰係数 ^(*2) C _c	採用振動数 ^(*3) f ₁ (Hz)
Ks1	6	側面・並進	7.15×10 ⁵	0.40	4.74×10 ⁵	2.60
Kr1	6	側面・回転	1.31×10 ⁹	0.01	2.63×10 ⁸	2.60
Ks2	28	側面・並進	2.35×10 ⁵	0.40	1.56×10 ⁵	2.60
Kr2	28	側面・回転	4.29×10 ⁸	0.01	8.63×10 ⁷	2.60
Ks3	7	側面・並進	1.70×10 ⁶	0.40	1.13×10 ⁶	2.60
Kr3	7	側面・回転	3.12×10 ⁹	0.01	6.27×10 ⁸	2.60
Ks4	29	側面・並進	5.58×10 ⁵	0.40	3.70×10 ⁵	2.60
Kr4	29	側面・回転	1.02×10 ⁹	0.01	2.06×10 ⁸	2.60
Ks5	46	側面・並進	2.14×10 ⁶	0.48	1.12×10 ⁶	2.60
Kr5	46	側面・回転	3.93×10 ⁹	0.01	6.31×10 ⁸	2.60
Ks6	47	側面・並進	2.32×10 ⁶	0.83	6.88×10 ⁵	2.60
Kr6	47	側面・回転	4.28×10 ⁹	0.01	4.15×10 ⁸	2.60
Ks7	47	底面・並進	1.15×10 ⁸	0.00	7.09×10 ⁶	2.60
Kr7	47	底面・回転	2.39×10 ¹¹	0.00	4.93×10 ⁹	2.60

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

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

(*3) f₁ は連成系の 1 次固有振動数

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

(NS 方向, Ss-4)

ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね		減衰	
			ばね定数 ^(*1) 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	6	側面・並進	4.29×10 ⁵	0.41	2.80×10 ⁵	2.86
Kr1	6	側面・回転	7.86×10 ⁸	0.01	1.54×10 ⁸	2.86
Ks2	13	側面・並進	5.76×10 ⁵	0.41	3.76×10 ⁵	2.86
Kr2	13	側面・回転	1.05×10 ⁹	0.01	2.07×10 ⁸	2.86
Ks3	7	側面・並進	1.02×10 ⁶	0.41	6.67×10 ⁵	2.86
Kr3	7	側面・回転	1.87×10 ⁹	0.01	3.67×10 ⁸	2.86
Ks4	14	側面・並進	1.37×10 ⁶	0.41	8.95×10 ⁵	2.86
Kr4	14	側面・回転	2.51×10 ⁹	0.01	4.92×10 ⁸	2.86
Ks5	19	側面・並進	2.24×10 ⁶	0.49	1.16×10 ⁶	2.86
Kr5	19	側面・回転	4.11×10 ⁹	0.01	6.50×10 ⁸	2.86
Ks6	20	側面・並進	2.38×10 ⁶	0.84	7.04×10 ⁵	2.86
Kr6	20	側面・回転	4.39×10 ⁹	0.01	4.25×10 ⁸	2.86
Ks7	20	底面・並進	1.19×10 ⁸	0.00	7.06×10 ⁶	2.86
Kr7	20	底面・回転	3.29×10 ¹¹	0.00	7.82×10 ⁹	2.86

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

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

(*3) f₁ は連成系の 1 次固有振動数

(EW 方向, Ss-4)

ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね		減衰	
			ばね定数 ^(*1) K _c	採用振動数 (Hz)	減衰係数 ^(*2) C _c	採用振動数 ^(*3) f ₁ (Hz)
Ks1	6	側面・並進	7.57×10 ⁵	0.41	4.86×10 ⁵	2.63
Kr1	6	側面・回転	1.39×10 ⁹	0.01	2.71×10 ⁸	2.63
Ks2	28	側面・並進	2.48×10 ⁵	0.41	1.60×10 ⁵	2.63
Kr2	28	側面・回転	4.55×10 ⁸	0.01	8.87×10 ⁷	2.63
Ks3	7	側面・並進	1.80×10 ⁶	0.41	1.16×10 ⁶	2.63
Kr3	7	側面・回転	3.30×10 ⁹	0.01	6.44×10 ⁸	2.63
Ks4	29	側面・並進	5.91×10 ⁵	0.41	3.80×10 ⁵	2.63
Kr4	29	側面・回転	1.08×10 ⁹	0.01	2.11×10 ⁸	2.63
Ks5	46	側面・並進	2.24×10 ⁶	0.49	1.14×10 ⁶	2.63
Kr5	46	側面・回転	4.11×10 ⁹	0.01	6.46×10 ⁸	2.63
Ks6	47	側面・並進	2.38×10 ⁶	0.84	6.97×10 ⁵	2.63
Kr6	47	側面・回転	4.39×10 ⁹	0.01	4.20×10 ⁸	2.63
Ks7	47	底面・並進	1.21×10 ⁸	0.00	7.26×10 ⁶	2.63
Kr7	47	底面・回転	2.54×10 ¹¹	0.00	5.03×10 ⁹	2.63

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

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

(*3) f₁ は連成系の 1 次固有振動数

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

(NS 方向, Ss-5)

ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね		減衰	
			ばね定数 ^(*1) 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	6	側面・並進	4.16×10 ⁵	0.40	2.76×10 ⁵	2.85
Kr1	6	側面・回転	7.61×10 ⁸	0.01	1.52×10 ⁸	2.85
Ks2	13	側面・並進	5.58×10 ⁵	0.40	3.71×10 ⁵	2.85
Kr2	13	側面・回転	1.02×10 ⁹	0.01	2.04×10 ⁸	2.85
Ks3	7	側面・並進	9.89×10 ⁵	0.40	6.58×10 ⁵	2.85
Kr3	7	側面・回転	1.81×10 ⁹	0.01	3.61×10 ⁸	2.85
Ks4	14	側面・並進	1.33×10 ⁶	0.40	8.83×10 ⁵	2.85
Kr4	14	側面・回転	2.43×10 ⁹	0.01	4.85×10 ⁸	2.85
Ks5	19	側面・並進	2.18×10 ⁶	0.48	1.14×10 ⁶	2.85
Kr5	19	側面・回転	4.01×10 ⁹	0.01	6.42×10 ⁸	2.85
Ks6	20	側面・並進	2.35×10 ⁶	0.83	6.99×10 ⁵	2.85
Kr6	20	側面・回転	4.34×10 ⁹	0.01	4.23×10 ⁸	2.85
Ks7	20	底面・並進	1.17×10 ⁸	0.00	7.00×10 ⁶	2.85
Kr7	20	底面・回転	3.24×10 ¹¹	0.00	7.79×10 ⁹	2.85

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

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

(*3) f₁ は連成系の 1 次固有振動数

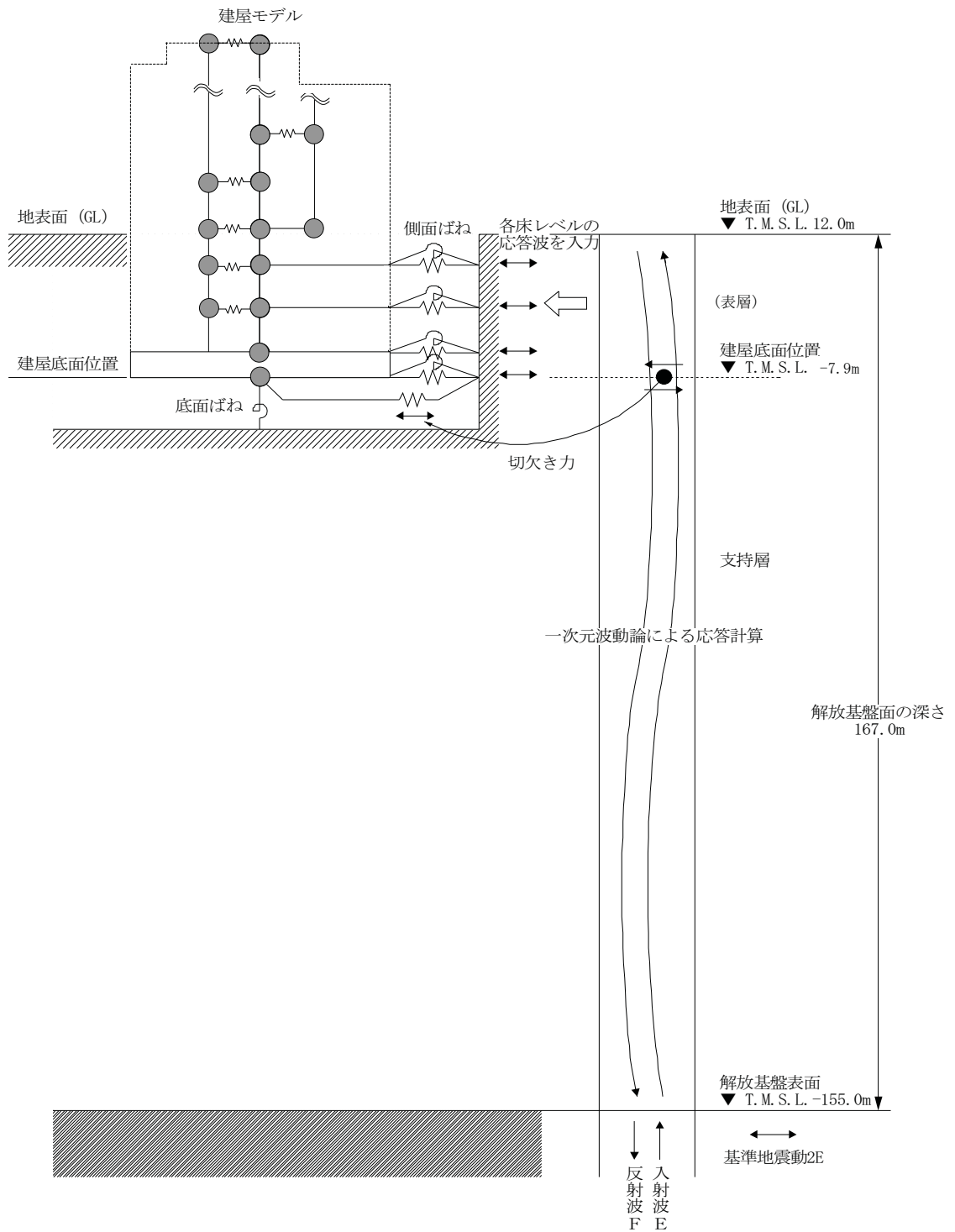
(EW 方向, Ss-5)

ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね		減衰	
			ばね定数 ^(*1) K _c	採用振動数 (Hz)	減衰係数 ^(*2) C _c	採用振動数 ^(*3) f ₁ (Hz)
Ks1	6	側面・並進	7.33×10 ⁵	0.40	4.80×10 ⁵	2.62
Kr1	6	側面・回転	1.34×10 ⁹	0.01	2.66×10 ⁸	2.62
Ks2	28	側面・並進	2.40×10 ⁵	0.40	1.57×10 ⁵	2.62
Kr2	28	側面・回転	4.40×10 ⁸	0.01	8.74×10 ⁷	2.62
Ks3	7	側面・並進	1.74×10 ⁶	0.40	1.14×10 ⁶	2.62
Kr3	7	側面・回転	3.19×10 ⁹	0.01	6.34×10 ⁸	2.62
Ks4	29	側面・並進	5.72×10 ⁵	0.40	3.75×10 ⁵	2.62
Kr4	29	側面・回転	1.05×10 ⁹	0.01	2.08×10 ⁸	2.62
Ks5	46	側面・並進	2.18×10 ⁶	0.48	1.13×10 ⁶	2.62
Kr5	46	側面・回転	4.01×10 ⁹	0.01	6.38×10 ⁸	2.62
Ks6	47	側面・並進	2.35×10 ⁶	0.83	6.93×10 ⁵	2.62
Kr6	47	側面・回転	4.34×10 ⁹	0.01	4.17×10 ⁸	2.62
Ks7	47	底面・並進	1.20×10 ⁸	0.00	7.20×10 ⁶	2.62
Kr7	47	底面・回転	2.50×10 ¹¹	0.00	4.98×10 ⁹	2.62

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

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

(*3) f₁ は連成系の 1 次固有振動数



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

(b) 鉛直方向の地震応答解析モデル

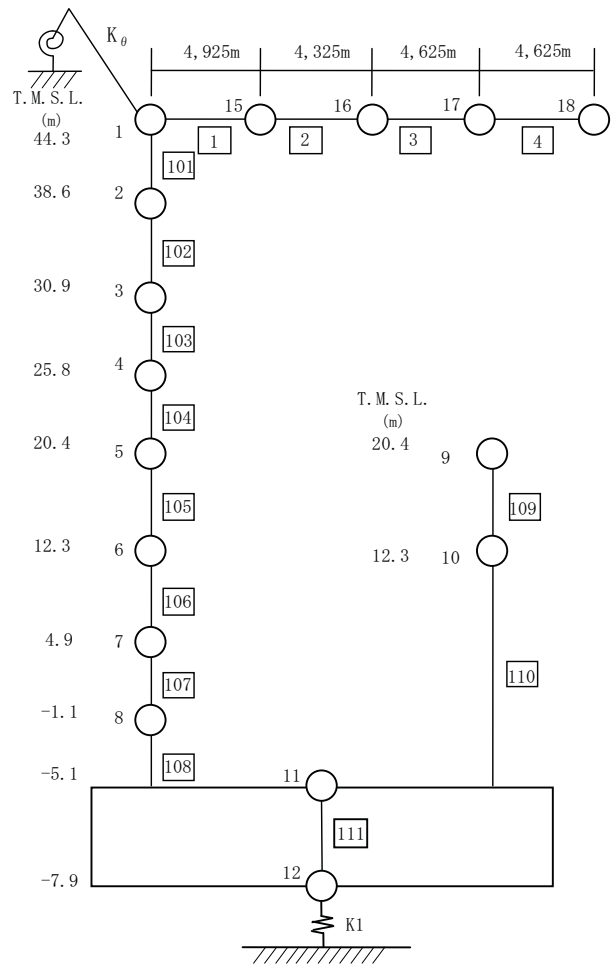
鉛直方向の地震応答解析モデルは、耐震壁の軸剛性および屋根トラスの曲げせん断剛性を評価した質点系モデルとする。鉛直方向の地震応答解析モデルを第 6.3.1-9 図に、解析モデルの諸元を第 6.3.1-5 表に示す。

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

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

鉛直方向の地震応答解析は、弾性応答解析とする。

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



第 6.3.1-9 図 地震応答解析モデル (鉛直方向)

第 6.3.1-5 表 解析モデルの諸元

(鉛直方向)

質点番号	①	⑮	⑯	⑰	⑱
質点重量 W (kN)	—	5,677	5,875	6,072	3,036
部材番号 せん断面積 As ($\times 10^{-2} \text{m}^2$) 断面 2 次モーメント I _B (m ⁴)	1	2	3	4	
	29.28	29.28	20.04	20.04	
	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	33,100		101	20.7	
②	46,600		102	24.9	
③	154,910		103	580.8	
④	67,840		104	548.9	
⑤	279,730		105	693.0	
⑥	372,630		106	966.7	
⑦	369,720		107	1222.1	
⑧	272,720		108	1234.2	
⑪	490,770		111	7954.0	
⑫	266,390				
⑨	106,240		109	138.8	
⑩	68,920		110	154.0	

①コンクリート部 建屋

ヤング係数 E_c 3.13×10^4 (N/mm²)
せん断弾性係数 G 1.31×10^4 (N/mm²)
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 2.90×10^4 (N/mm²)
せん断弾性係数 G 1.21×10^4 (N/mm²)
ポアソン比 ν 0.20
減衰 h 5%

③鉄骨部

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

基礎形状 97.0m(NS 方向)×82.0m(EW 方向)

トラス端部回転拘束ばね K_θ 2.69×10^7 (kNm/rad)

第 6.3.1-6 表 地震応答解析に用いる基礎地盤のばね定数と減衰係数

(Ss-1)

ばね 番号	質点 番号	地盤ばね 成分	ばね		減衰	
			ばね定数 Kc (kN/m)	採用振動数 (Hz)	減衰係数 Cc (kNs/m)	採用振動数 ^(*) f ₁ (Hz)
K1	12	底面・鉛直	2.00×10 ⁶	0.00	1.74×10 ⁷	4.36

(*1) f₁は連成系の1次固有振動数

(Ss-2)

ばね 番号	質点 番号	地盤ばね 成分	ばね		減衰	
			ばね定数 Kc (kN/m)	採用振動数 (Hz)	減衰係数 Cc (kNs/m)	採用振動数 ^(*) f ₁ (Hz)
K1	12	底面・鉛直	2.06×10 ⁸	0.00	1.76×10 ⁷	4.42

(*1) f₁は連成系の1次固有振動数

(Ss-3)

ばね 番号	質点 番号	地盤ばね 成分	ばね		減衰	
			ばね定数 Kc (kN/m)	採用振動数 (Hz)	減衰係数 Cc (kNs/m)	採用振動数 ^(*) f ₁ (Hz)
K1	12	底面・鉛直	1.95×10 ⁸	0.00	1.71×10 ⁷	4.30

(*1) f₁は連成系の1次固有振動数

(Ss-4)

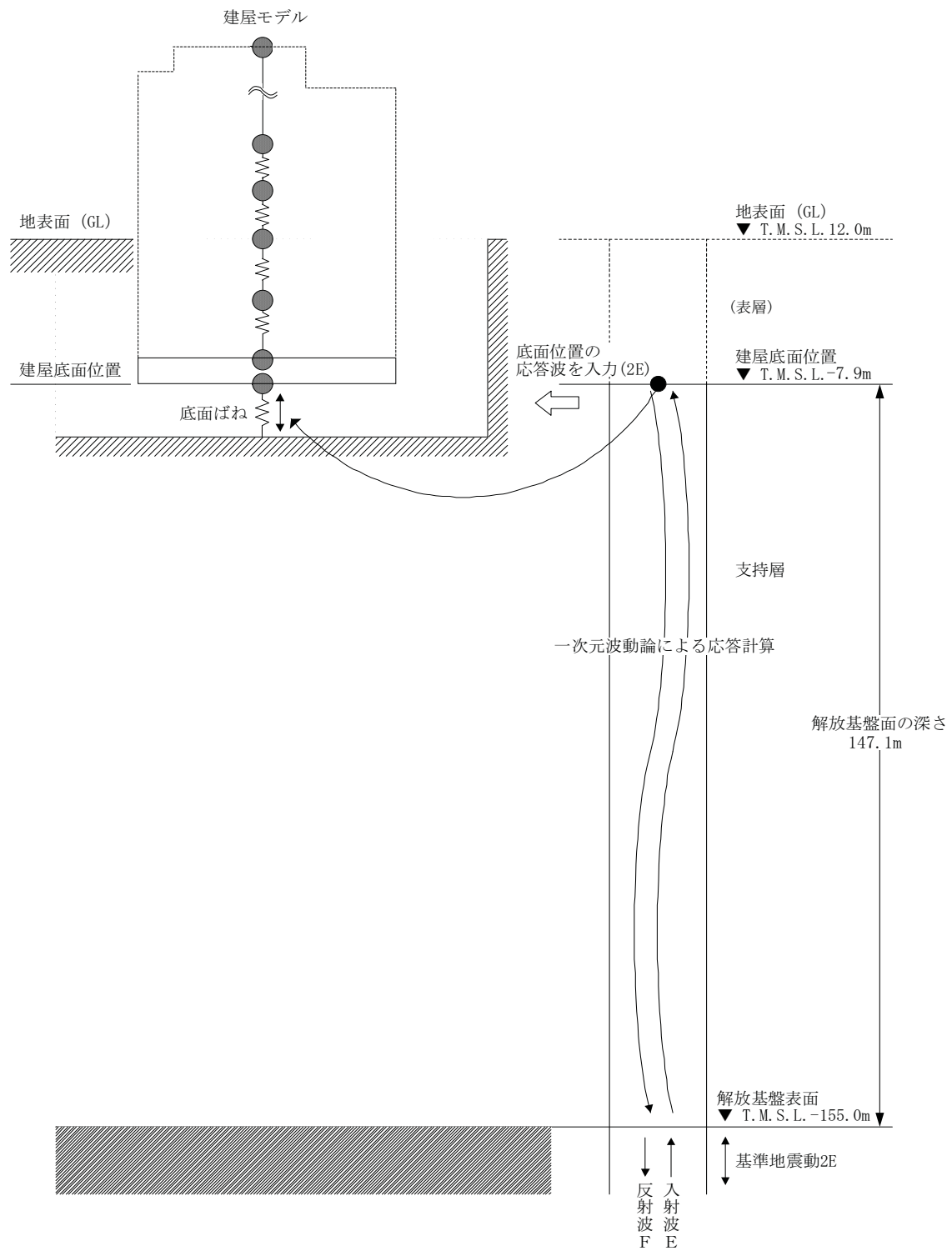
ばね 番号	質点 番号	地盤ばね 成分	ばね		減衰	
			ばね定数 Kc (kN/m)	採用振動数 (Hz)	減衰係数 Cc (kNs/m)	採用振動数 ^(*) f ₁ (Hz)
K1	12	底面・鉛直	2.08×10 ⁸	0.00	1.77×10 ⁷	4.44

(*1) f₁は連成系の1次固有振動数

(Ss-5)

ばね 番号	質点 番号	地盤ばね 成分	ばね		減衰	
			ばね定数 Kc (kN/m)	採用振動数 (Hz)	減衰係数 Cc (kNs/m)	採用振動数 ^(*) f ₁ (Hz)
K1	12	底面・鉛直	2.05×10 ⁸	0.00	1.76×10 ⁷	4.41

(*1) f₁は連成系の1次固有振動数



第 6.3.1-10 図 地震応答解析モデルに入力する地震動の概念図

(鉛直方向)

6.3.1.3. 地震応答解析結果

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

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

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

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

(NS 方向, Ss-1)

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数 *	備考
1	0.353	2.83	2.217	地盤建屋連成一次
2	0.278	3.60	-0.969	
3	0.215	4.66	-1.694	
4	0.185	5.42	-1.103	
5	0.182	5.50	-0.516	

(NS 方向, Ss-2)

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数 *	備考
1	0.352	2.84	2.227	地盤建屋連成一次
2	0.278	3.60	-0.977	
3	0.214	4.66	-1.699	
4	0.185	5.42	-1.113	
5	0.182	5.50	-0.530	

(NS 方向, Ss-3)

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数 *	備考
1	0.355	2.82	2.199	地盤建屋連成一次
2	0.278	3.59	-0.954	
3	0.215	4.65	-1.682	
4	0.185	5.41	-1.080	
5	0.182	5.50	-0.490	

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

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

(NS 方向, Ss-4)

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数 *	備考
1	0.349	2.86	2.258	地盤建屋連成一次
2	0.277	3.61	-1.001	
3	0.214	4.68	-1.728	
4	0.184	5.42	-1.166	
5	0.182	5.51	-0.589	

(NS 方向, Ss-5)

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数 *	備考
1	0.351	2.85	2.239	地盤建屋連成一次
2	0.278	3.60	-0.987	
3	0.214	4.67	-1.711	
4	0.185	5.42	-1.134	
5	0.182	5.50	-0.552	

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

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

(EW 方向, Ss-1)

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数 *	備考
1	0.384	2.61	3.379	地盤建屋連成一次
2	0.297	3.37	-1.640	
3	0.246	4.07	-1.396	
4	0.218	4.59	0.729	
5	0.173	5.80	-0.995	

(EW 方向, Ss-2)

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数 *	備考
1	0.382	2.62	3.391	地盤建屋連成一次
2	0.296	3.38	-1.630	
3	0.245	4.08	-1.428	
4	0.218	4.59	-0.743	
5	0.172	5.80	-0.991	

(EW 方向, Ss-3)

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数 *	備考
1	0.385	2.60	3.364	地盤建屋連成一次
2	0.297	3.37	-1.648	
3	0.246	4.06	-1.364	
4	0.218	4.59	0.716	
5	0.173	5.79	-1.004	

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

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

(EW 方向, Ss-4)

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数 *	備考
1	0.380	2.63	3.410	地盤建屋連成一次
2	0.296	3.38	-1.616	
3	0.245	4.09	-1.477	
4	0.218	4.59	-0.768	
5	0.172	5.81	-0.981	

(EW 方向, Ss-5)

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数 *	備考
1	0.381	2.62	3.400	地盤建屋連成一次
2	0.296	3.38	-1.622	
3	0.245	4.08	-1.454	
4	0.218	4.59	-0.757	
5	0.172	5.81	-0.989	

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

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

(Ss-1)

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数 *	備考
1	0.390	2.56	2.029	屋根トラス一次
2	0.230	4.36	-1.132	地盤建屋連成一次
3	0.085	11.76	0.187	
4	0.063	15.87	-0.125	
5	0.054	18.48	-0.040	

(Ss-2)

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数 *	備考
1	0.390	2.56	2.000	屋根トラス一次
2	0.226	4.42	1.117	地盤建屋連成一次
3	0.085	11.76	0.193	
4	0.063	15.87	-0.129	
5	0.054	18.48	-0.041	

(Ss-3)

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数 *	備考
1	0.390	2.56	2.055	屋根トラス一次
2	0.232	4.30	-1.155	地盤建屋連成一次
3	0.085	11.76	0.182	
4	0.063	15.87	-0.122	
5	0.054	18.48	-0.039	

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

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

(Ss-4)

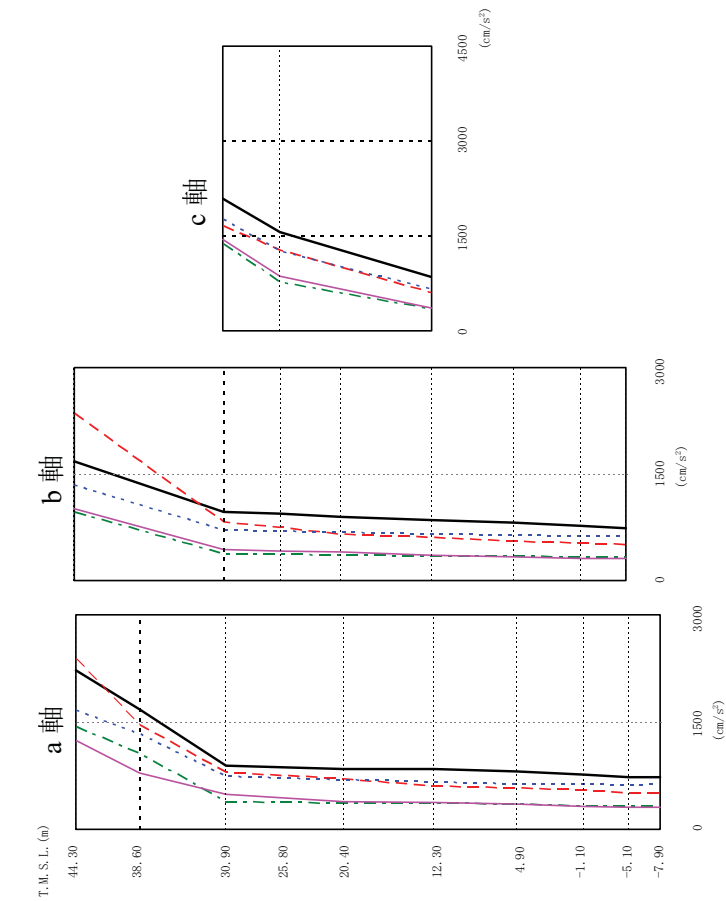
次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数 *	備考
1	0.390	2.56	1.991	屋根トラス一次
2	0.225	4.44	1.119	地盤建屋連成一次
3	0.085	11.76	0.196	
4	0.063	15.87	-0.130	
5	0.054	18.48	-0.041	

(Ss-5)

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数 *	備考
1	0.390	2.56	2.005	屋根トラス一次
2	0.227	4.41	1.116	地盤建屋連成一次
3	0.085	11.76	0.192	
4	0.063	15.87	-0.128	
5	0.054	18.48	-0.041	

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

Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5
2226	2388	1662	1438	1238
1674	1463	1338	1062	790
893	801	741	389	486
846	702	698	367	388
847	606	666	367	375
811	583	641	350	349
759	543	628	332	321
730	508	619	332	308
730	512	623	332	308

b 軸

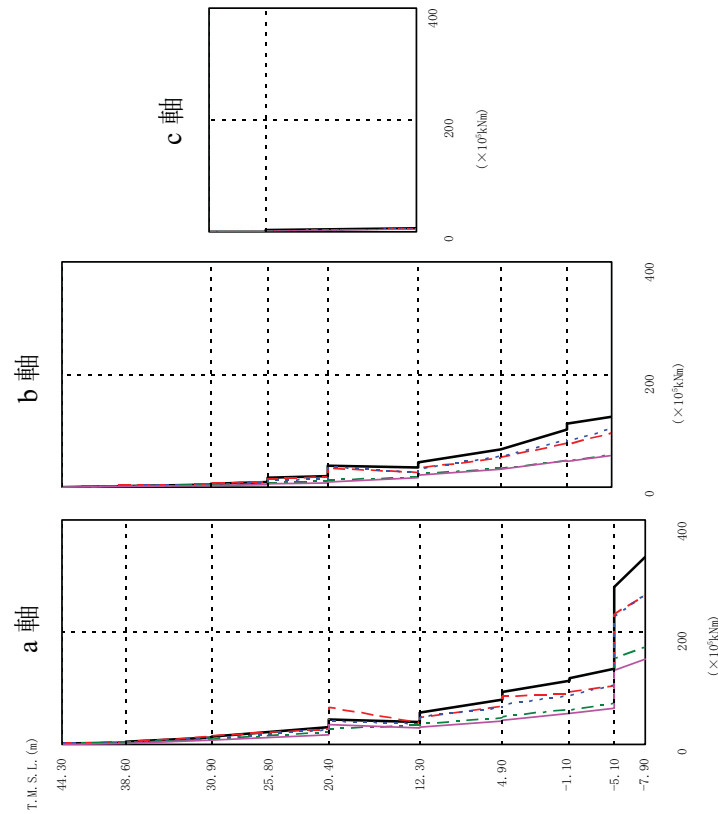
Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5
1679	2361	1347	968	1008
970	826	716	375	437
937	746	696	367	419
898	653	680	360	397
854	610	660	350	357
814	550	649	342	328
769	524	634	333	311
730	508	619	332	308

c 軸

Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5
2084	1669	1771	1384	1443
1558	1279	1261	780	867
854	610	660	350	357

第 6.3.1-11 図 最大応答加速度 (NS 方向)

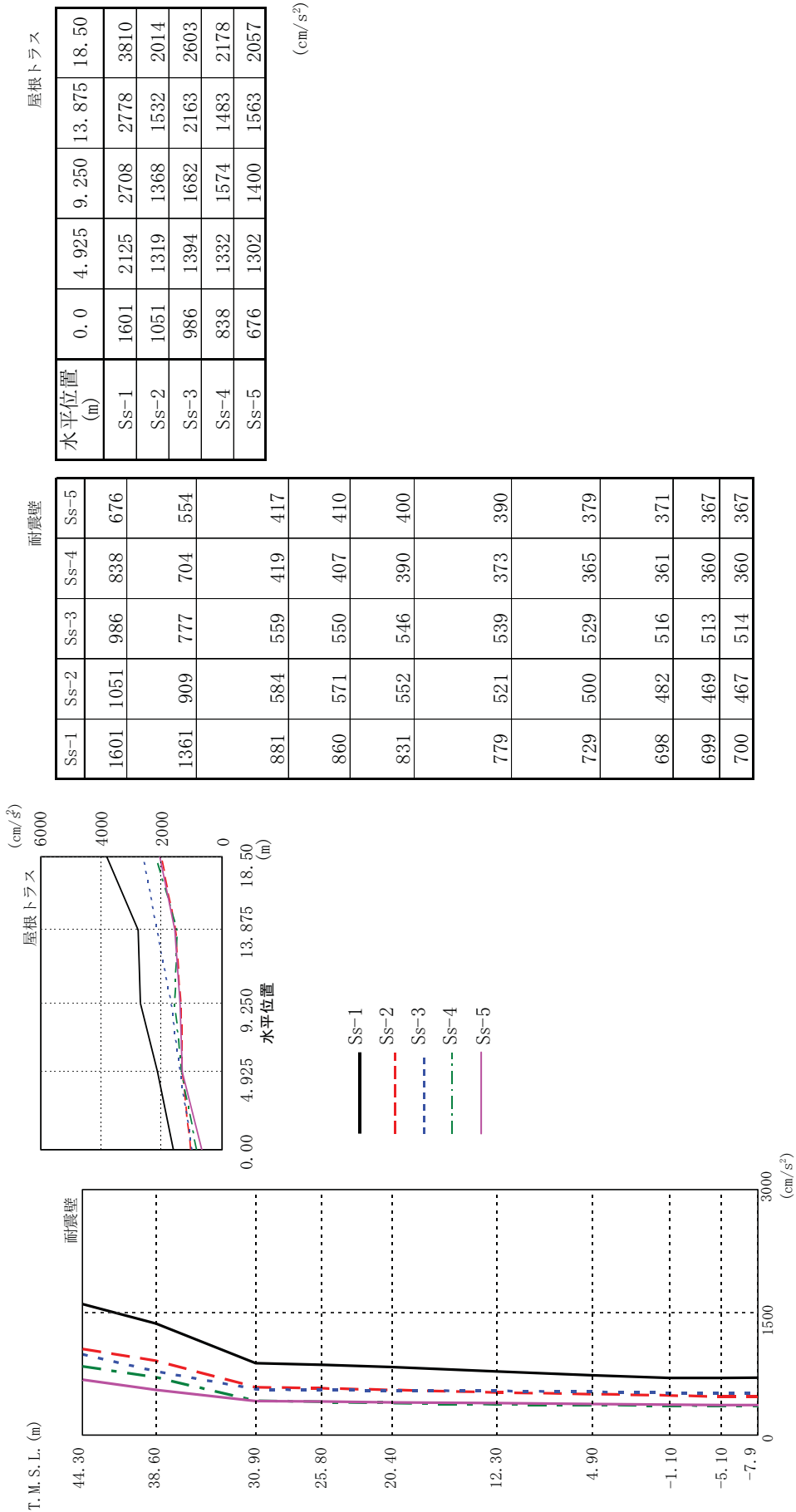
- Ss-1
- - - Ss-2
- - - Ss-3
- - - Ss-4
- - - Ss-5



a 軸						b 軸						c 軸					
Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5		Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5		Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	
1.72	1.09	0.96	0.62	0.39		0.16	0.11	0.08	0.04	0.04		0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	
3.54	3.99	2.94	2.53	2.18								0.57	0.55	0.56	0.49	0.51	
3.85	4.28	3.13	2.68	2.21								2.90	2.08	1.95	1.07	1.39	
12.77	13.82	10.67	9.53	7.82		5.32	5.75	4.47	3.56	2.96							
13.18	14.61	11.05	9.74	7.85		6.57	7.08	5.51	4.22	3.14							
30.60	27.64	26.40	22.05	17.56		9.01	9.49	7.83	6.05	4.68							
45.03	65.31	41.09	27.83	34.72		17.15	15.69	11.92	8.27	5.90							
39.25	38.83	37.42	33.25	28.72		19.65	17.56	14.40	10.65	8.14							
56.67	47.09	48.41	37.00	30.27		38.40	34.20	36.26	12.41	9.91							
80.19	66.69	65.27	47.66	42.09		35.40	26.67	26.56	18.47	16.20							
94.18	85.25	70.47	48.67	42.29		44.70	34.04	32.04	23.45	21.41							
113.58	88.90	87.93	63.51	55.39		66.99	52.22	55.45	33.51	31.90							
118.43	93.69	87.91	62.06	54.60		67.74	54.15	55.28	34.82	32.11							
134.22	104.40	105.96	73.26	65.00		101.55	77.37	83.32	47.44	46.71							
280.59	231.34	227.15	153.36	131.34		112.69	75.94	81.21	46.46	45.08							
333.38	265.43	266.22	173.79	151.00		124.69	96.83	103.91	57.28	56.54							

($\times 10^5 \text{kNm}$)

第 6.3.1-13 図 最大応答曲げモーメント (NS 方向)



耐震壁

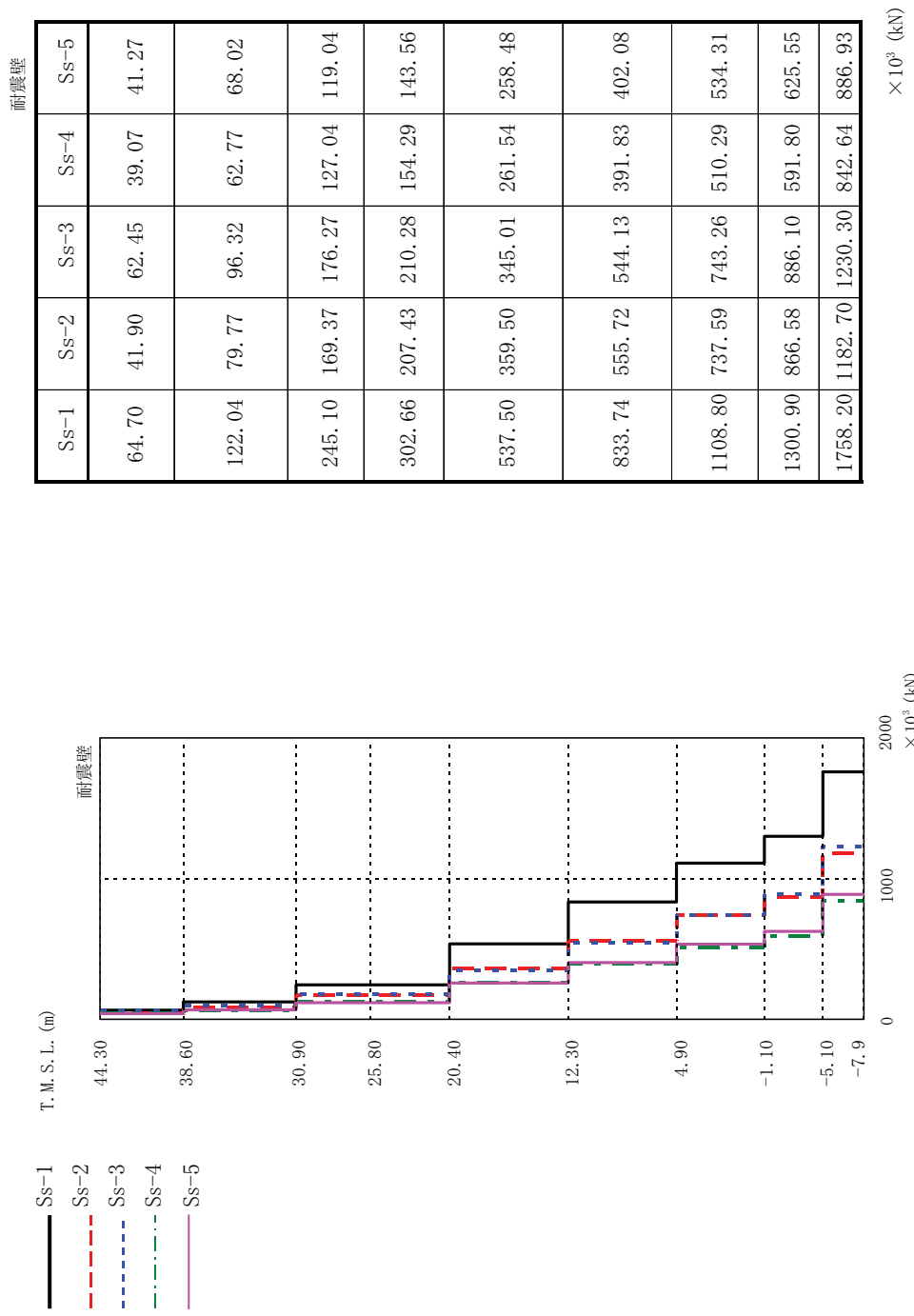
屋根トラス

水平位置 (m)	0.0	4.925	9.250	13.875	18.50
Ss-1	1601	2125	2708	2778	3810
Ss-2	1051	1319	1368	1532	2014
Ss-3	986	1394	1682	2163	2603
Ss-4	838	1332	1574	1483	2178
Ss-5	676	1302	1400	1563	2057

(cm/s²)

	Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5
	1601	1051	986	838	676
	1361	909	777	704	554
	881	584	559	419	417
	860	571	550	407	410
	831	552	546	390	400
	779	521	539	373	390
	729	500	529	365	379
	698	482	516	361	371
	699	469	513	360	367
	700	467	514	360	367

第 6.3.1-17 図 最大応答加速度 (鉛直方向)



第 6.3.1-18 図 最大応答軸力 (鉛直方向)

6.3.1.4. 接地率

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

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

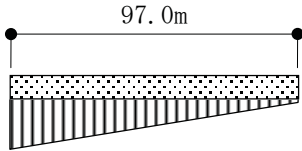
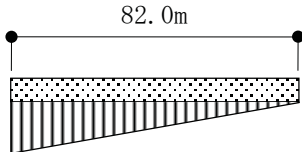
	基準地震動 Ss	Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5
NS 方 向	浮上り限界モーメント (×10 ⁷ kNm)	4.12	4.12	4.12	4.12	4.12
	最大転倒モーメント Mmax (×10 ⁷ kNm)	3.11	2.36	2.44	1.56	1.44
	接地率 η (%)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
EW 方 向	浮上り限界モーメント (×10 ⁷ kNm)	3.49	3.49	3.49	3.49	3.49
	最大転倒モーメント Mmax (×10 ⁷ kNm)	2.86	2.75	2.25	2.13	2.51
	接地率 η (%)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

6.3.1.5. 接地圧

基準地震動Ss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、 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。

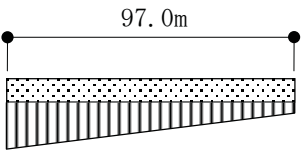
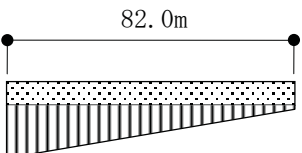
※1 水平地震動による応力と組み合わせる場合の鉛直地震動による応力は、組み合わせ係数法により、係数 0.4 を考慮する。

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

		NS	EW	反力分布図 () 内は下向き地震時	
鉛直力 N(kN)	上向き	2, 127, 150		[NS 方向] 509.1 kN/m ² (615.5 kN/m ²)	
	下向き	2, 973, 310			
転倒モーメント M(×10 ⁵ kNm)		310.80	285.69	[EW 方向]	
最大接地圧 (kN/m ²)	上向き	509.1	530.2	530.2 kN/m ² (636.6 kN/m ²)	
	下向き	615.5	636.6		

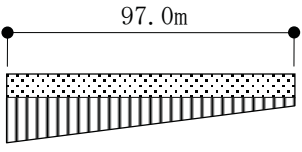
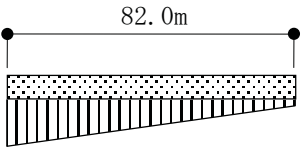
※：地盤の支持力試験の最大荷重 5982kN/m²

(Ss-2)

		NS	EW	反力分布図 () 内は下向き地震時	
鉛直力 N(kN)	上向き	2, 317, 810		[NS 方向] 475.2 kN/m ² (533.7 kN/m ²)	
	下向き	2, 782, 650			
転倒モーメント M(×10 ⁵ kNm)		236.38	274.80	[EW 方向]	
最大接地圧 (kN/m ²)	上向き	475.2	544.2	544.2 kN/m ² (602.6 kN/m ²)	
	下向き	533.7	602.6		

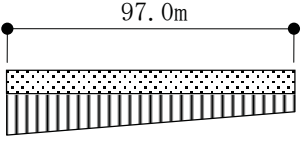
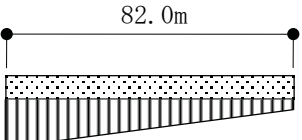
※：地盤の支持力試験の最大荷重 5982kN/m²

(Ss-3)

		NS	EW	反力分布図 () 内は下向き地震時	
鉛直力 N(kN)	上向き	2, 153, 774		[NS 方向] 460.4 kN/m ² (560.1 kN/m ²)	
	下向き	2, 946, 686			
転倒モーメント M(×10 ⁵ kNm)		243.89	224.76	[EW 方向]	
最大接地圧 (kN/m ²)	上向き	460.4	477.5	477.5 kN/m ² (577.2 kN/m ²)	
	下向き	560.1	577.2		

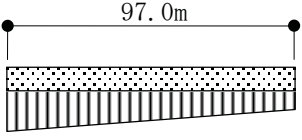
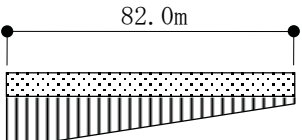
※：地盤の支持力試験の最大荷重 5982kN/m²

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

		NS	EW	反力分布図 () 内は下向き地震時	
鉛直力 N(kN)	上向き	2,354,042		[NS 方向] 417.6 kN/m ² (466.9 kN/m ²)	
	下向き	2,746,418			
転倒モーメント M(×10 ⁵ kNm)		156.42	212.52	[EW 方向]	
最大接地圧 (kN/m ²)	上向き	417.6	491.5	491.5 kN/m ² (540.8 kN/m ²)	
	下向き	466.9	540.8		

※：地盤の支持力試験の最大荷重 5982kN/m²

(Ss-5)

		NS	EW	反力分布図 () 内は下向き地震時	
鉛直力 N(kN)	上向き	2,316,414		[NS 方向] 403.2 kN/m ² (462.0 kN/m ²)	
	下向き	2,784,046			
転倒モーメント M(×10 ⁵ kNm)		144.03	250.98	[EW 方向]	
最大接地圧 (kN/m ²)	上向き	403.2	522.1	522.1 kN/m ² (580.9 kN/m ²)	
	下向き	462.0	580.9		

※：地盤の支持力試験の最大荷重 5982kN/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。

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

6.3.3. 耐震安全性評価結果

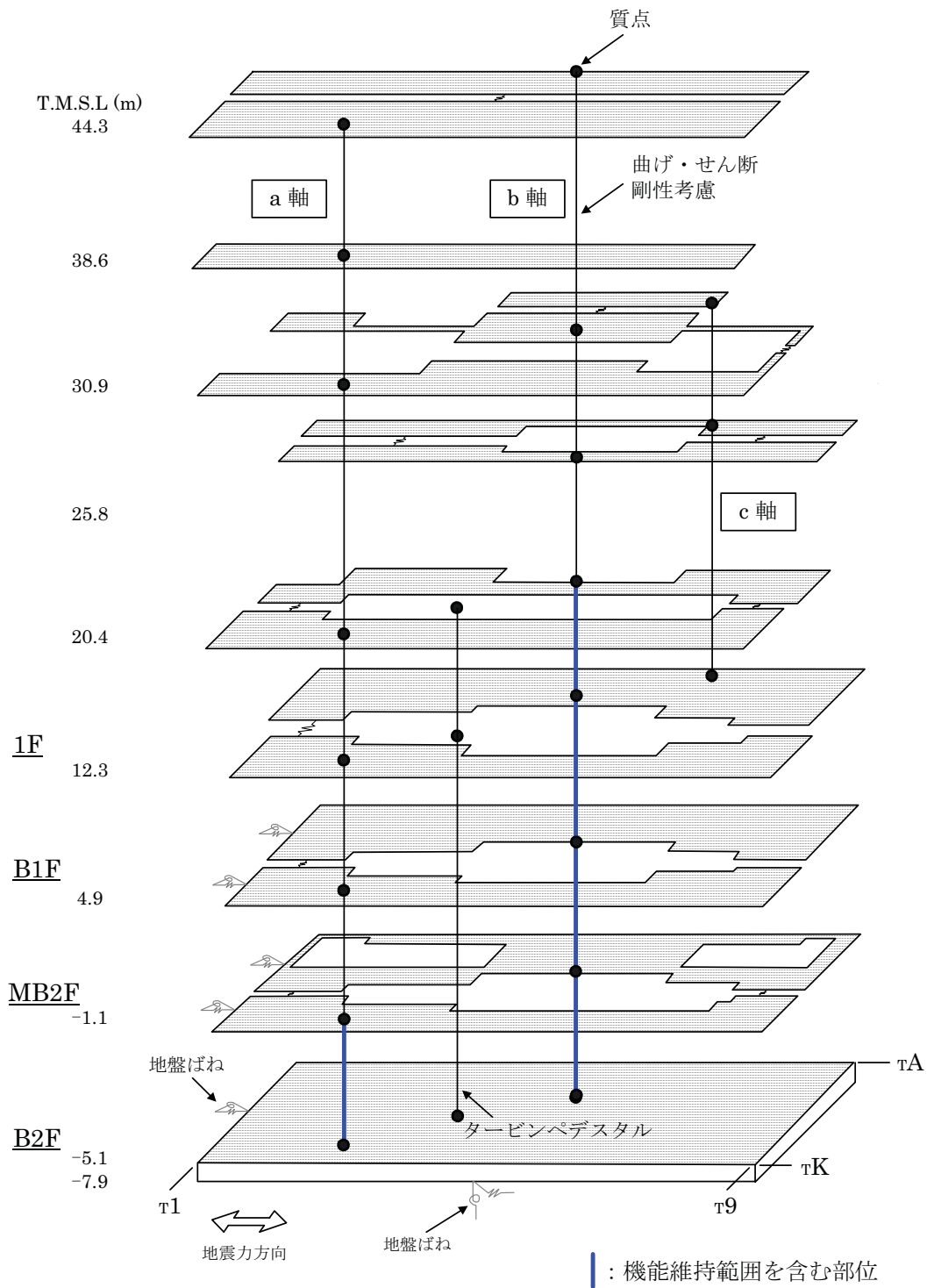
第6.3.3-1表および第6.3.3-2表に機能維持部位における耐震壁のせん断ひずみ一覧を、第6.3.3-1図および第6.3.3-2図に振動モデルの概念図を示す。また、第6.3.3-3図～第6.3.3-10図に基準地震動 S_s に対する最大応答値を耐震壁のせん断スケルトン曲線上に示す。せん断ひずみは、最大で 0.22×10^{-3} (S_s-1 , EW方向, B2F) であり、評価基準値 (2.0×10^{-3}) を満足している。

第6.3.3-1表 機能維持部位における耐震壁のせん断ひずみ一覧

(NS方向)

a軸						($\times 10^{-3}$)
階	Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	評価基準値
B2F	0.20	0.16	0.16	0.09	0.09	2.0以下

b軸						($\times 10^{-3}$)
階	Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	評価基準値
1F	0.12	0.09	0.10	0.05	0.05	2.0以下
B1F	0.12	0.09	0.09	0.05	0.05	
MB2F	0.13	0.09	0.10	0.05	0.05	
B2F	0.16	0.11	0.12	0.07	0.07	



第 6.3.3-1 図 振動モデルの概念図 (NS 方向)

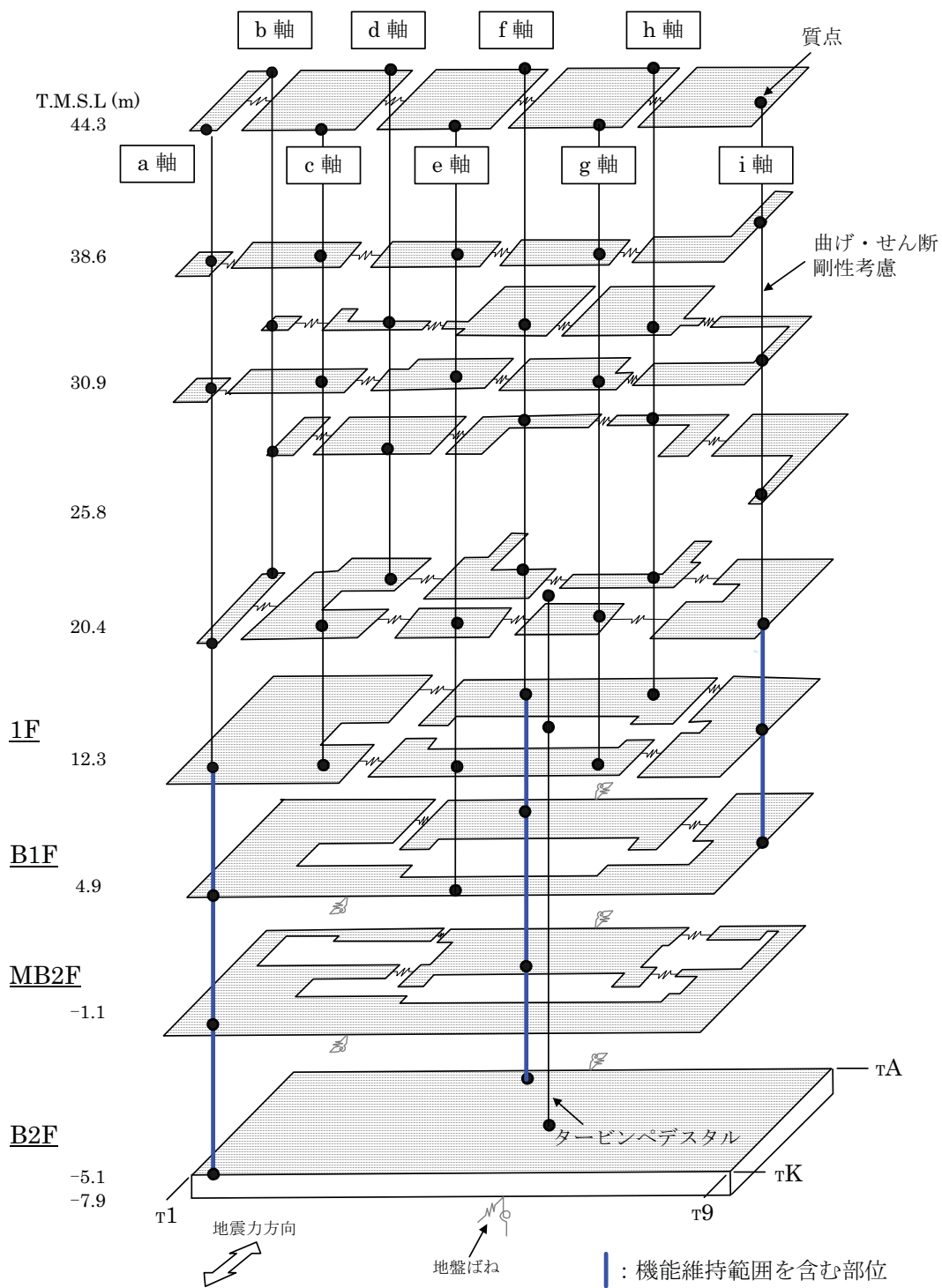
第 6.3.3-2 表 機能維持部位における耐震壁のせん断ひずみ一覧

(EW方向)

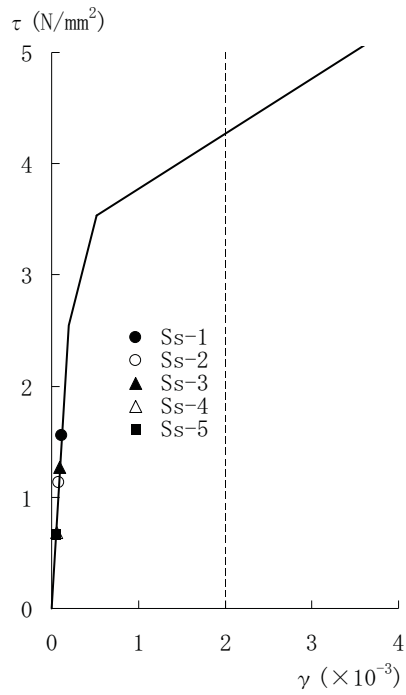
a軸						($\times 10^{-3}$)
階	Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	評価基準値
B1F	0.14	0.15	0.12	0.11	0.13	2.0以下
MB2F	0.17	0.18	0.14	0.15	0.15	
B2F	0.19	0.19	0.14	0.15	0.16	

f軸						($\times 10^{-3}$)
階	Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	評価基準値
B1F	0.10	0.08	0.07	0.05	0.06	2.0以下
MB2F	0.16	0.14	0.11	0.10	0.11	
B2F	0.22	0.21	0.16	0.16	0.16	

i軸						($\times 10^{-3}$)
階	Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	評価基準値
1F	0.16	0.16	0.17	0.14	0.15	2.0以下
B1F	0.18	0.20	0.16	0.16	0.17	

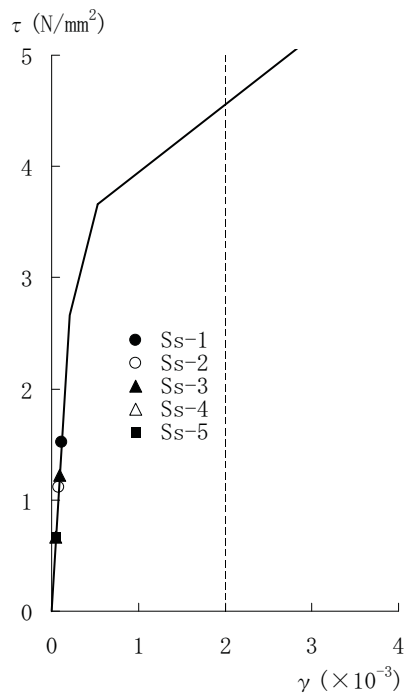


第 6.3.3-2 図 振動モデルの概念図 (EW 方向)



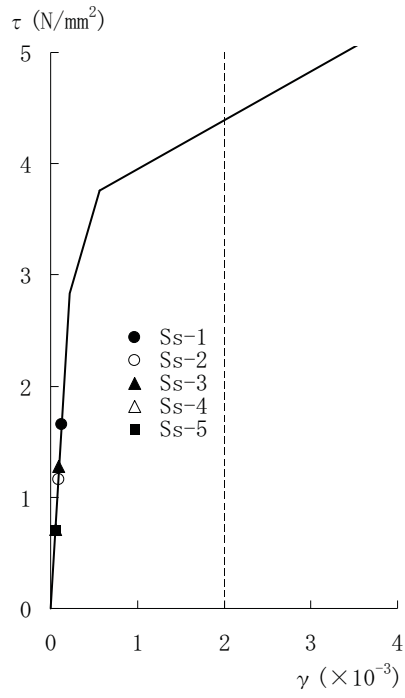
[b 軸]

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



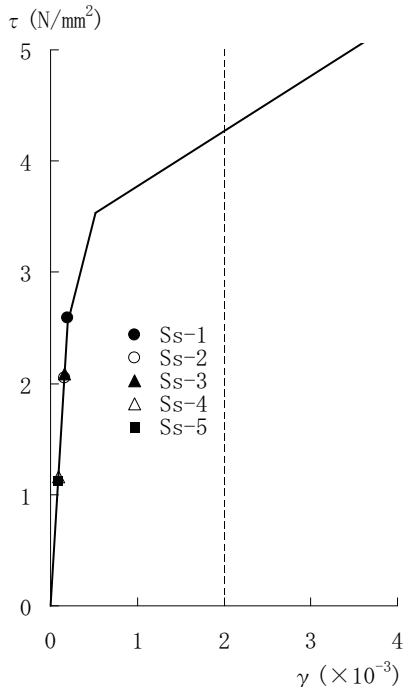
[b 軸]

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)

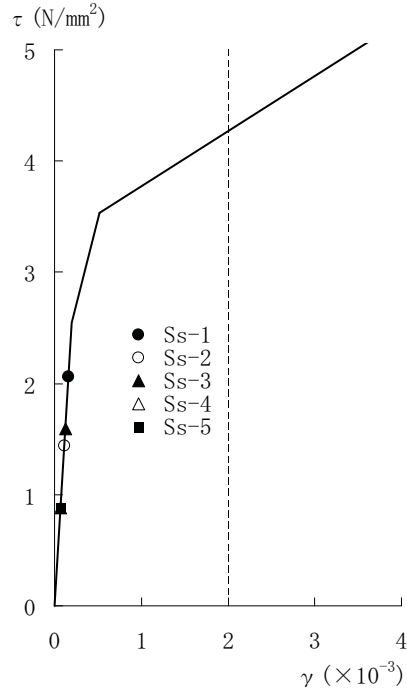


[b 軸]

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)

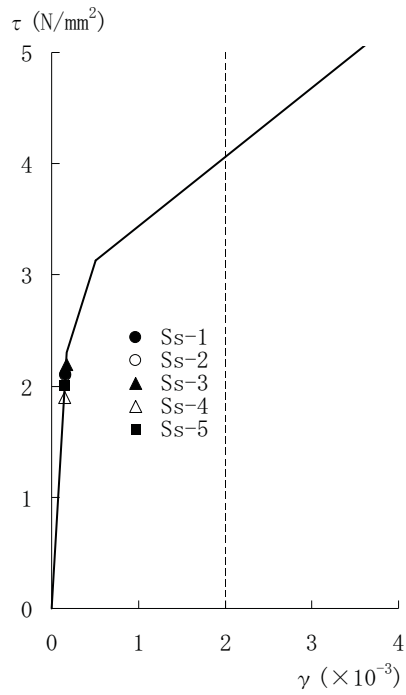


[a 軸]



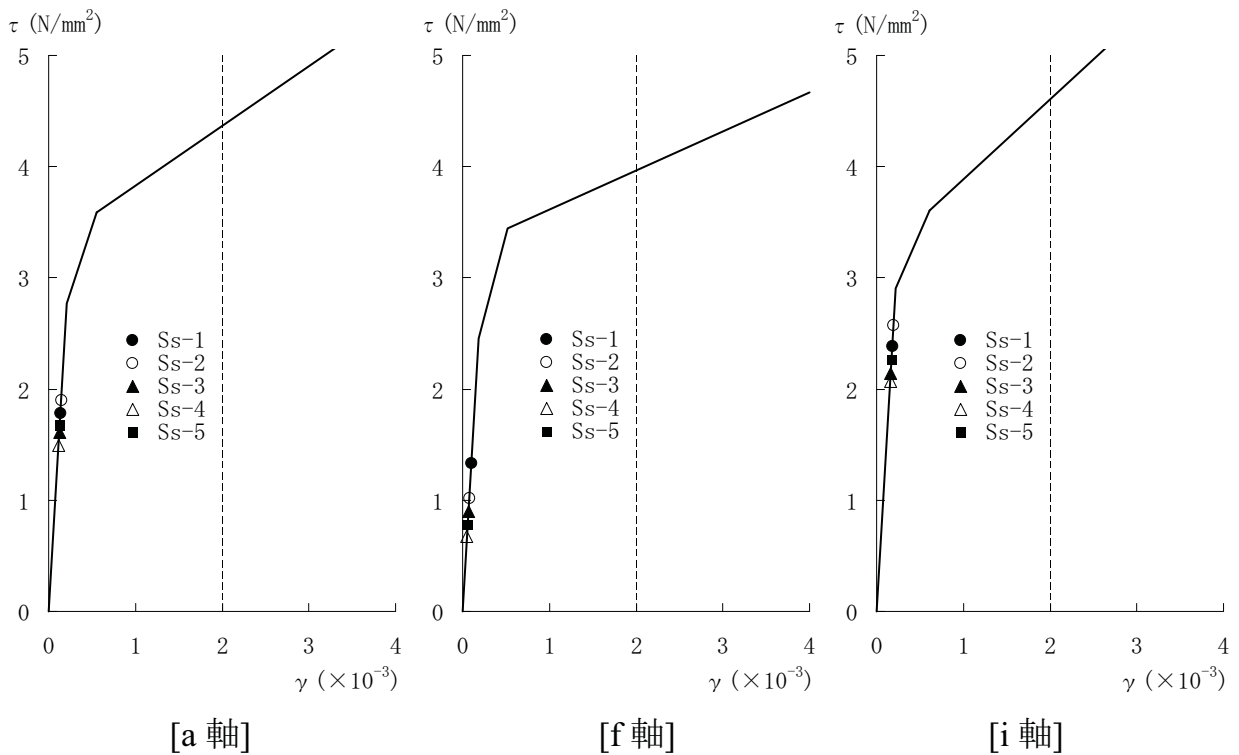
[b 軸]

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)

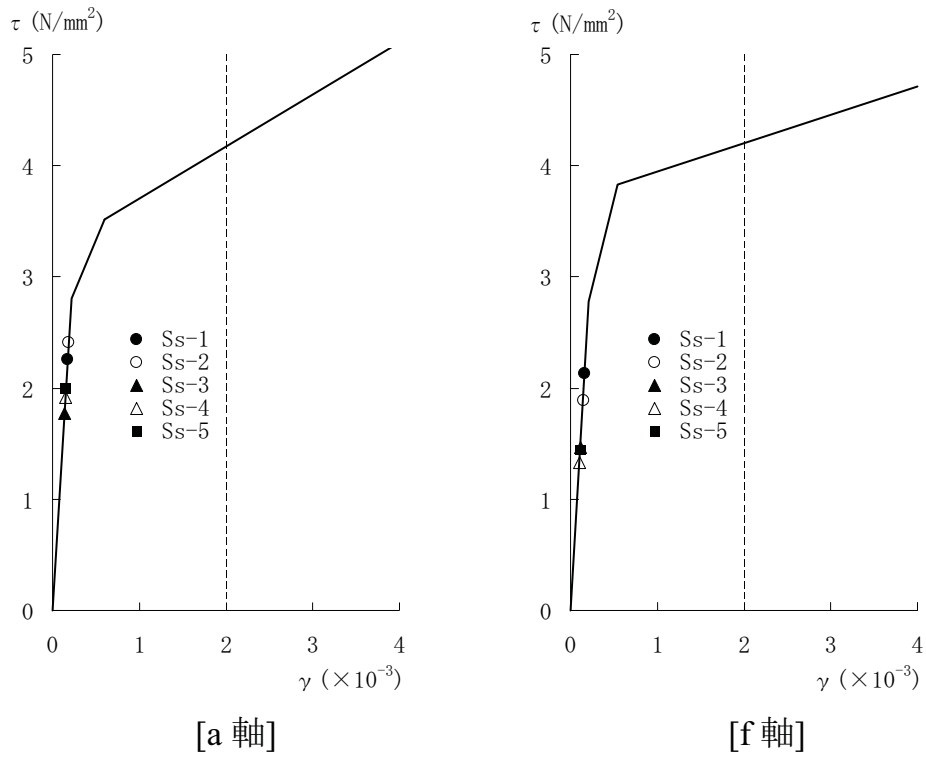


[i 軸]

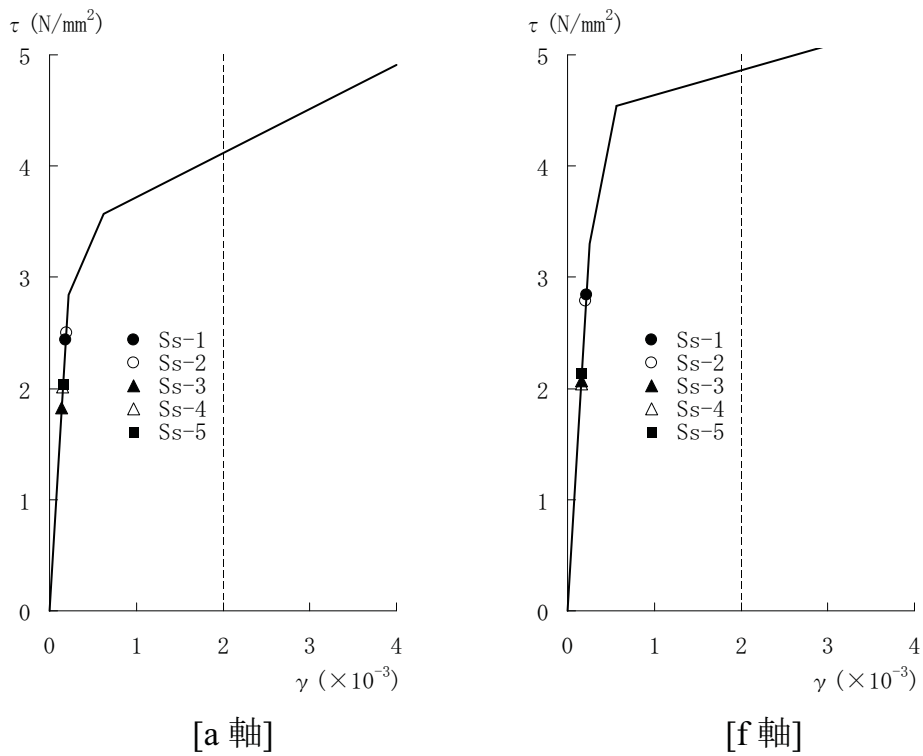
第 6.3.3-7 図 せん断スケルトン曲線上の最大応答値
(EW 方向, 1F)



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)

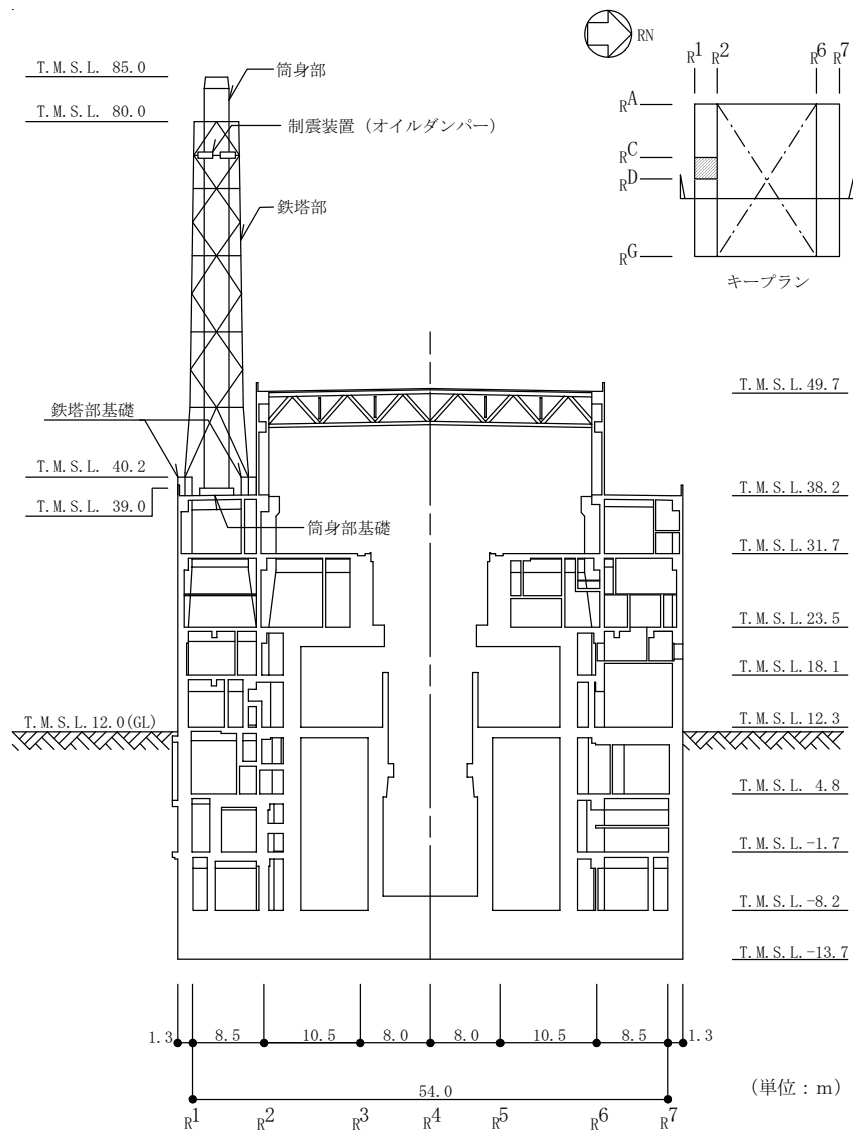
6.4. 排気筒の耐震安全性評価

6.4.1. 地震応答解析

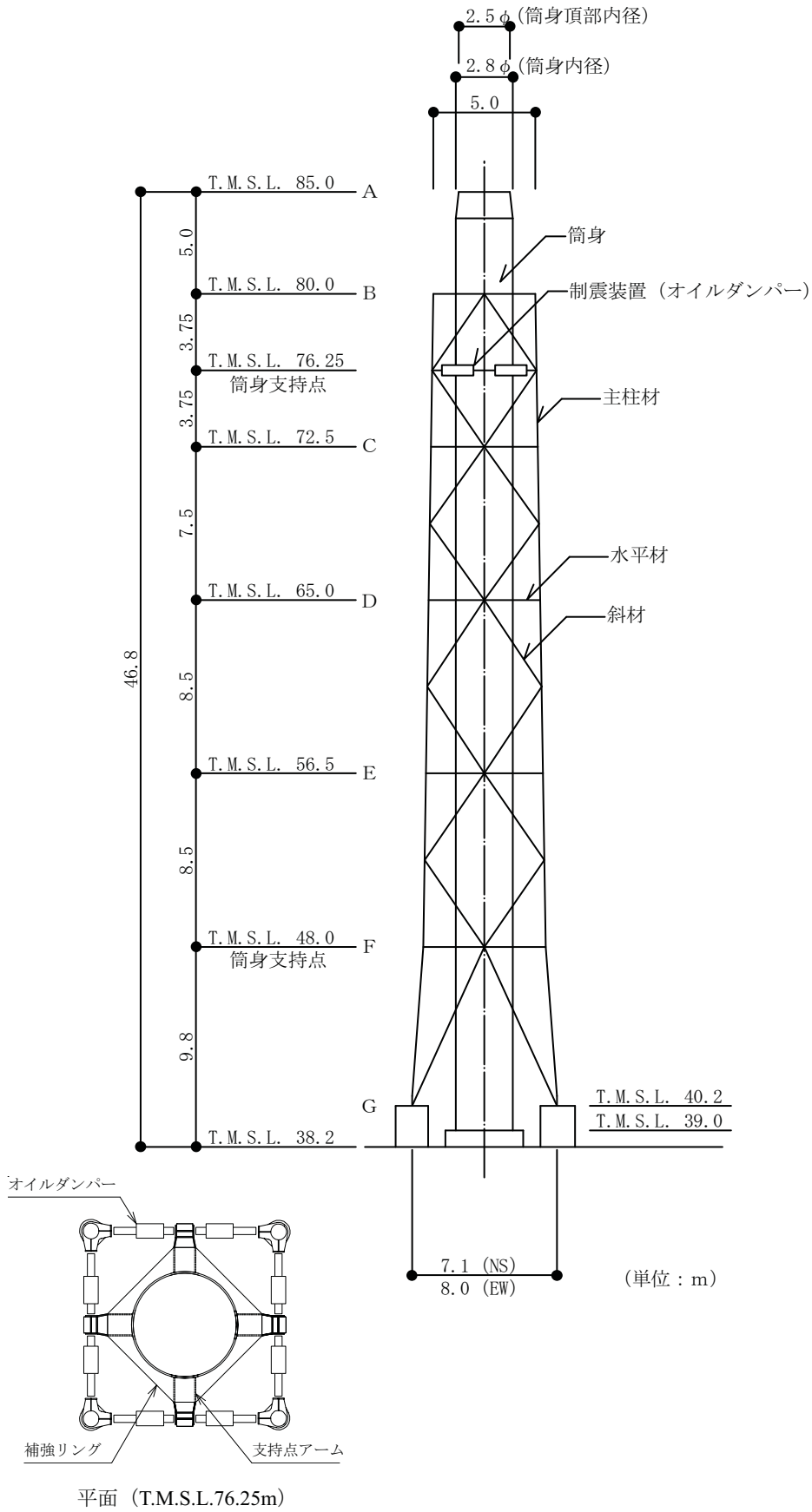
6.4.1.1. 排気筒の概要

排気筒は、原子炉建屋 R1～R2, RC～RD 間の屋上 (T.M.S.L. 38.2m) に位置し、内径 2.8m 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)



STK50	711.2φ×19	609.6φ×16	508.0φ×7.9	406.4φ×6.4	318.5φ×6
STK41	406.4φ×6.4	318.5φ×6	267.4φ×6	216.3φ×4.5	216.3φ×4.5
STK50	558.8φ×16	406.4φ×12.7	355.6φ×7.9	267.4φ×6	216.3φ×4.5
SMA41A	t=12	t=8	t=8	t=6	t=6
支柱材	筒身	水平材	斜材	筒身	筒身
部材リスト (単位 : mm)					

第 6.4.1-2 図 排気筒の概要 (その 2)

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	2
基礎	コンクリート	3.13×10 ⁴	0.2	25.0	5

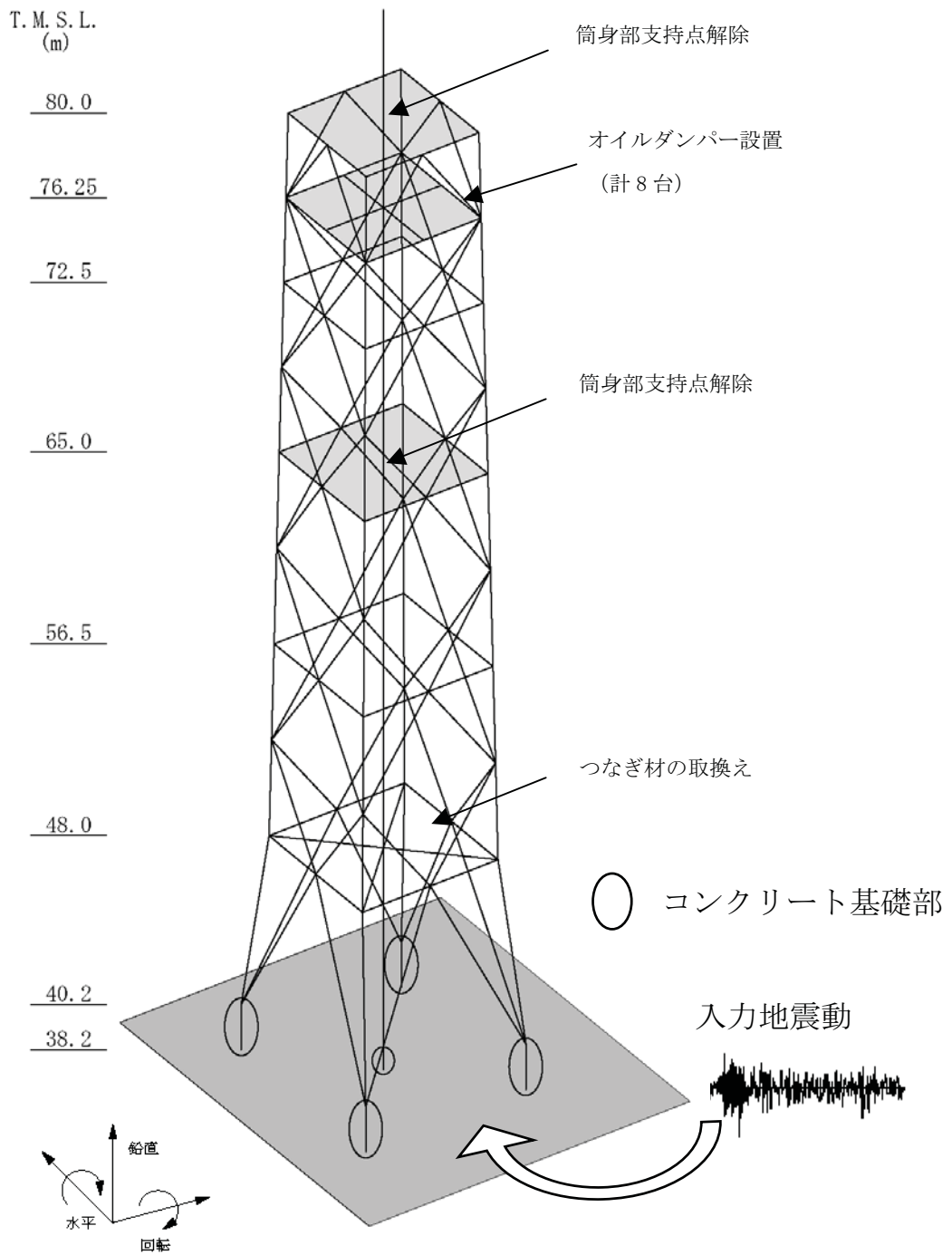
6.4.1.2. 地震応答解析モデル

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。

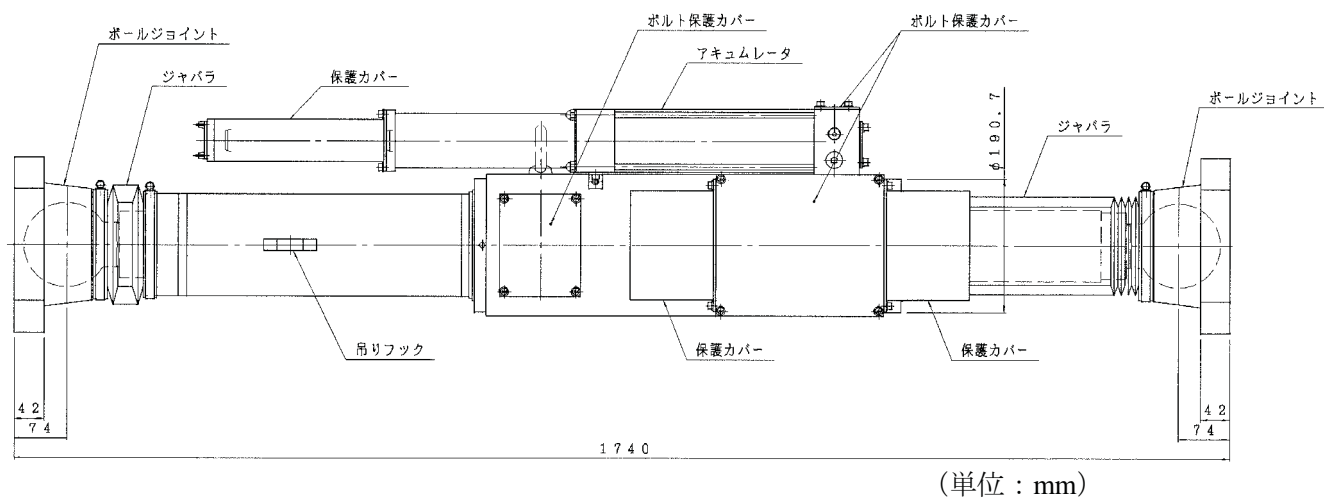
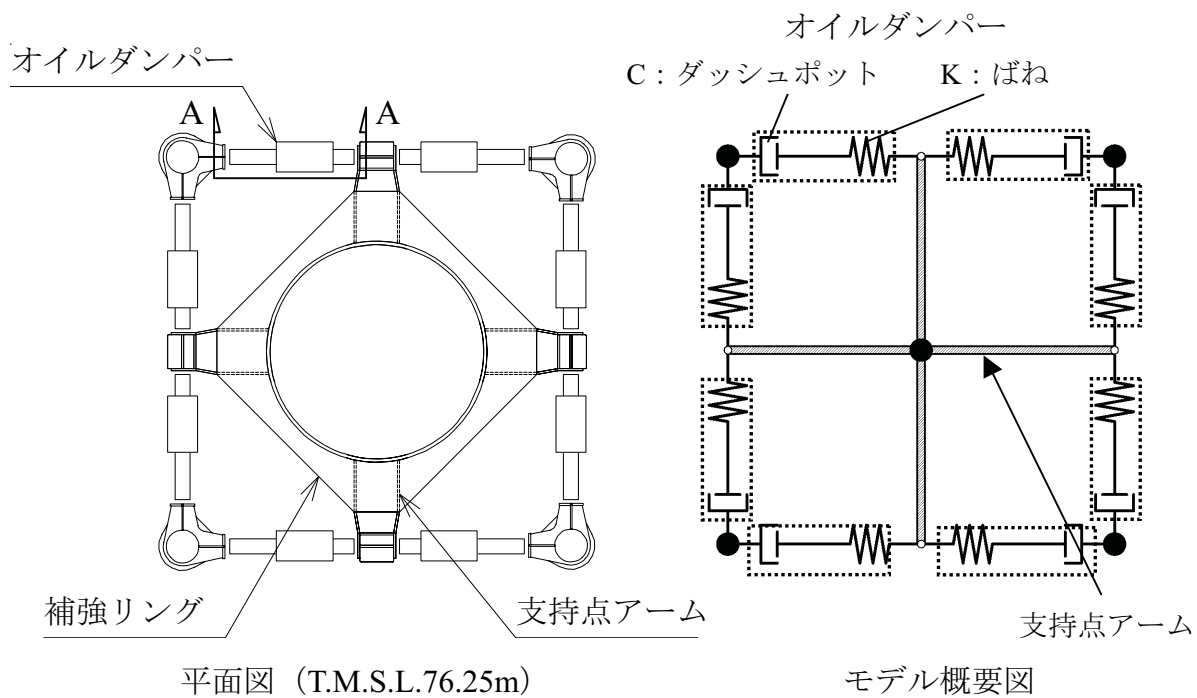
解析モデルの概要を第 6.4.1-3 図に示す。また、制震装置（オイルダンパー）の概要を第 6.4.1-4 図に、諸元を第 6.4.1-2 表に示す。

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 2%、コンクリート造の減衰として 5%を与えることとしている）。



第 6.4.1-3 図 排気筒の地震応答解析モデル

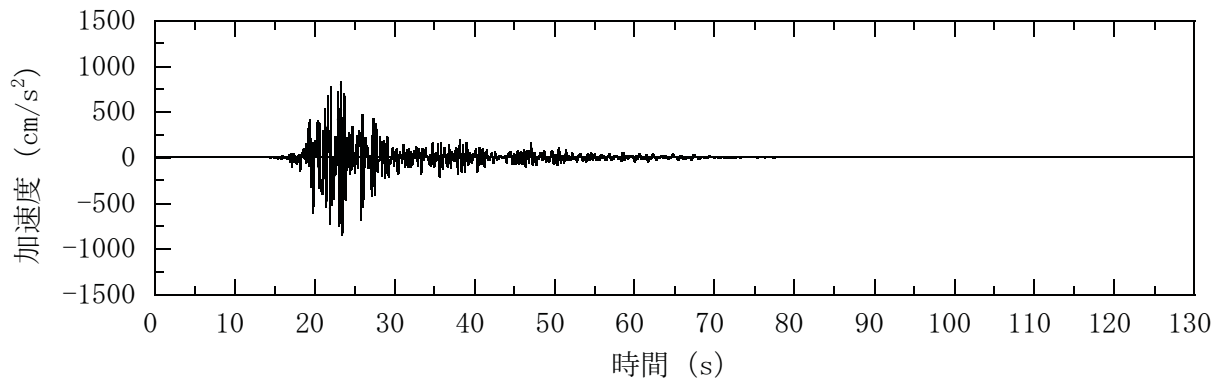


オイルダンパー詳細図

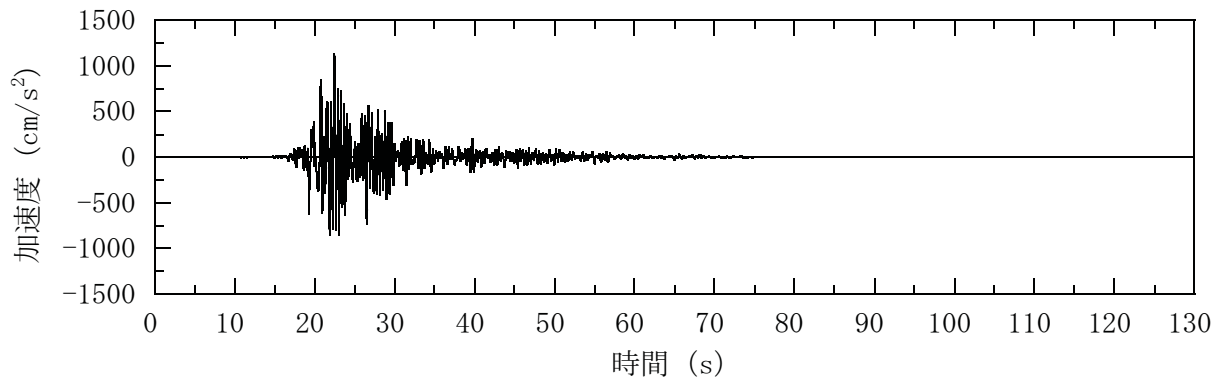
第 6.4.1-4 図 オイルダンパーの概要

第 6.4.1-2 表 オイルダンパー諸元

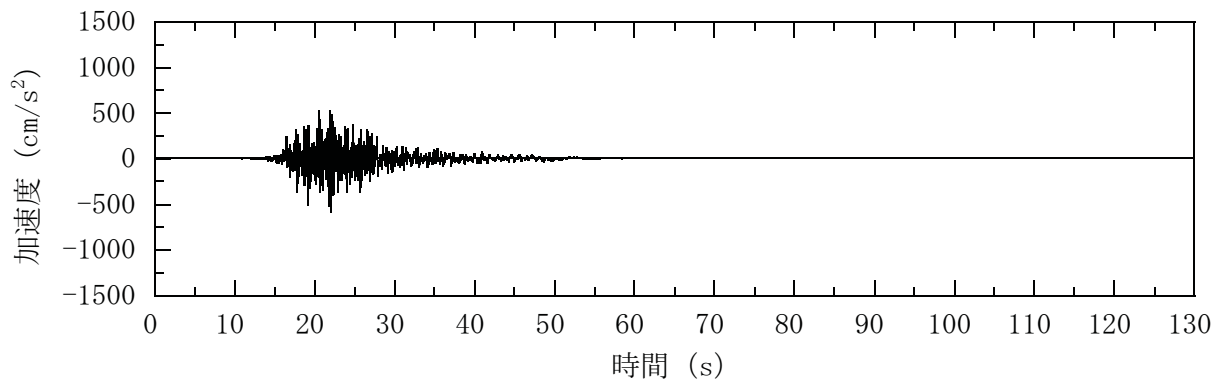
重量	6.0	(kN/台)
ばね定数	$K=0.3 \times 10^5$	(kN/m)
減衰係数	$C=1.05 \times 10^2$	(kNs/m)



(a) NS 方向 (水平)

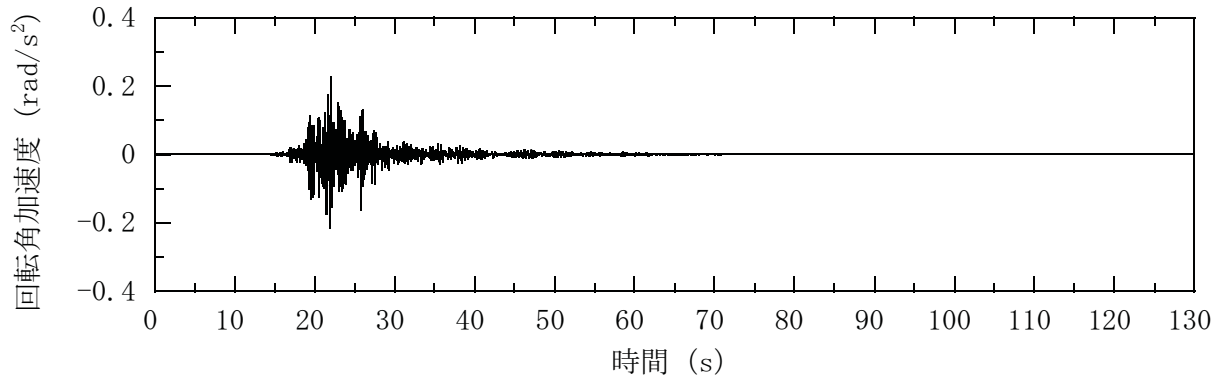


(b) EW 方向 (水平)

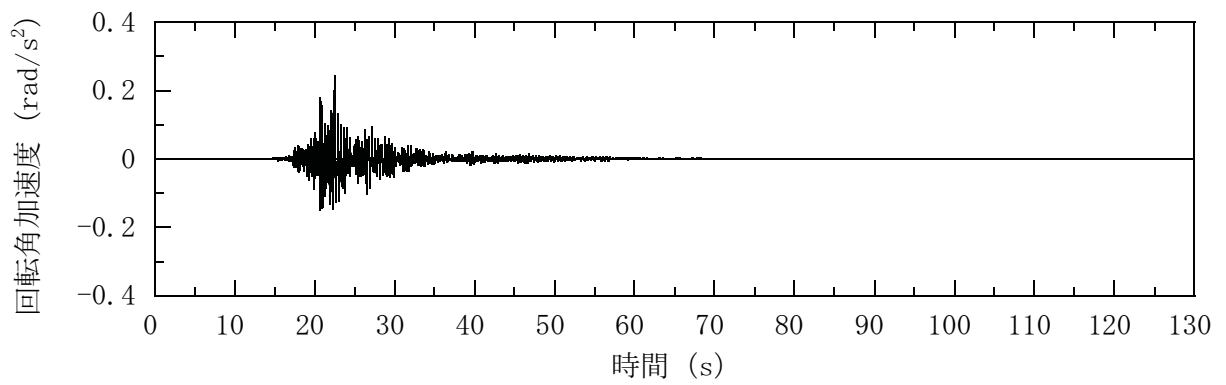


(c) 鉛直方向

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) NS 方向 (回轉)



(e) EW 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。

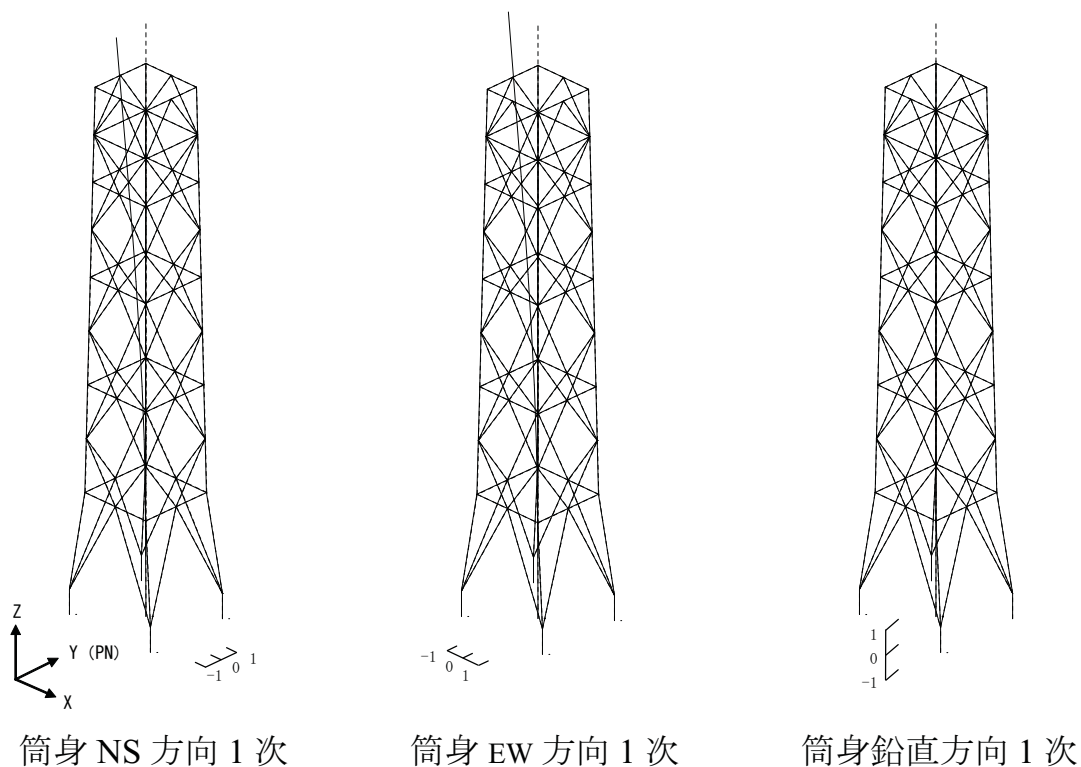
基準地震動 S_s による鉄塔部および筒身部の最大応答加速度，最大応答変位，最大応答軸力および最大応答曲げモーメントを第 6.4.1-7 図～第 6.4.1-11 図に示す。

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

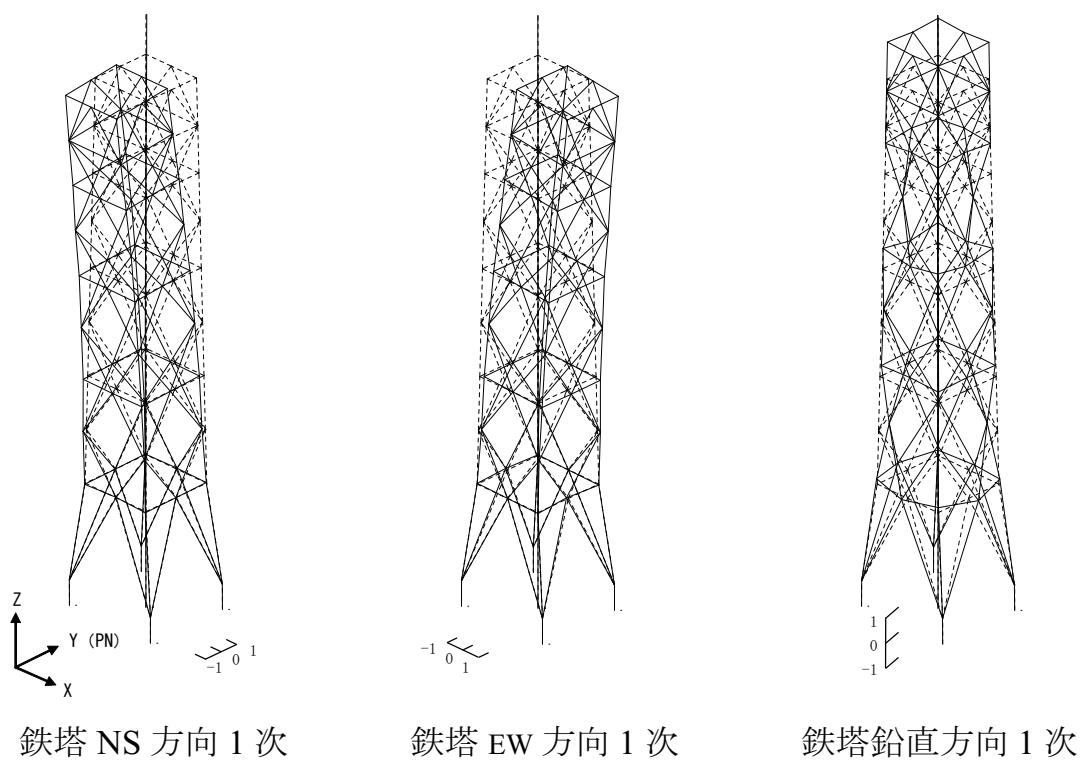
次数	振動数 (Hz)	周期 (s)	刺激係数 *			備考
			X	Y	Z	
1	1.20	0.832	0.000	-1.566	0.000	筒身NS方向1次
2	1.21	0.828	-1.543	0.000	0.000	筒身EW方向1次
4	3.66	0.273	0.000	-1.565	0.000	鉄塔NS方向1次
5	3.67	0.272	1.524	0.000	0.000	鉄塔EW方向1次
7	7.73	0.129	0.000	1.433	0.000	筒身NS方向2次
8	7.85	0.127	-1.376	0.000	0.000	筒身EW方向2次
10	11.00	0.091	0.000	-0.843	0.000	鉄塔NS方向2次
11	11.33	0.088	0.869	0.000	-0.001	鉄塔EW方向2次
18	20.24	0.049	0.006	0.000	1.612	鉄塔鉛直方向1次
19	20.39	0.049	0.000	0.000	-1.266	筒身鉛直方向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。

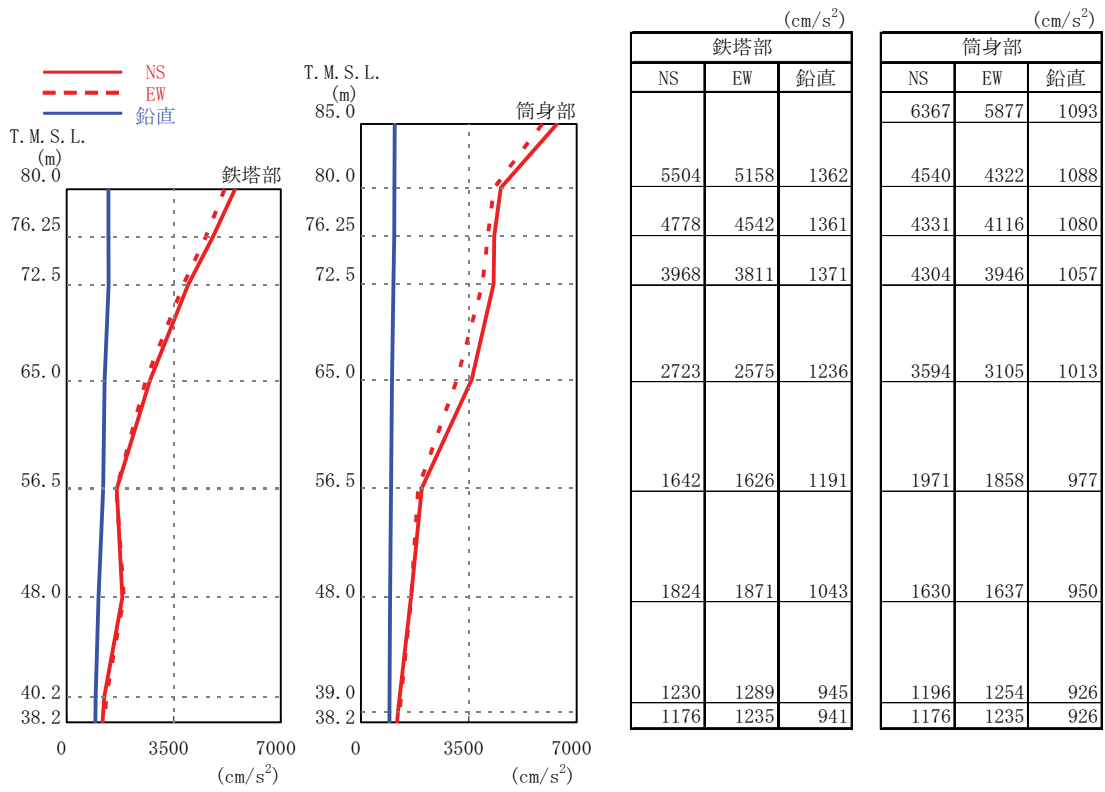
(筒身部)



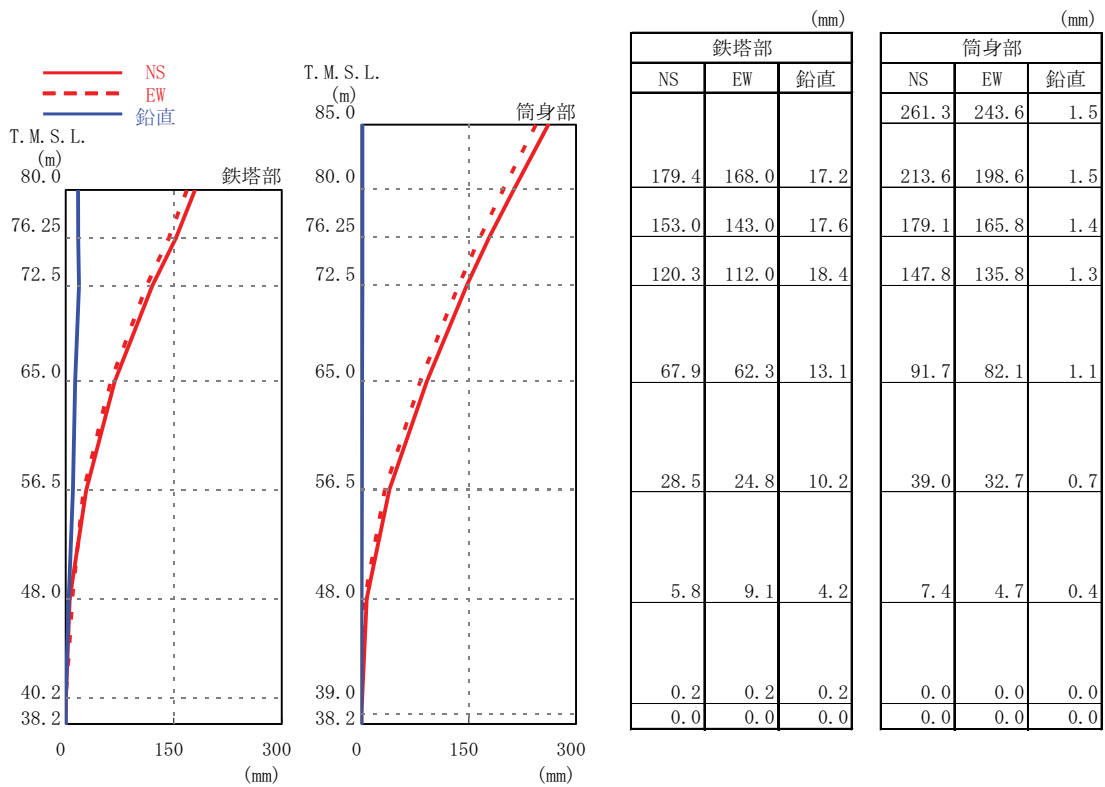
(鉄塔部)



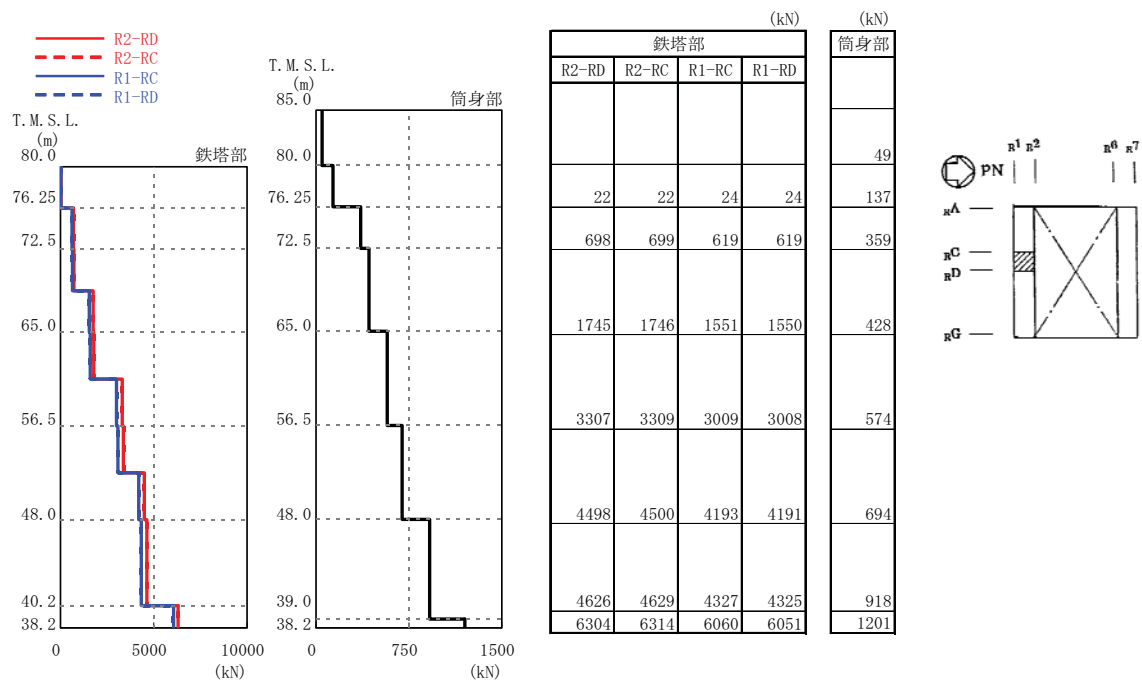
第 6.4.1-6 図 固有値解析結果 (刺激係数)



第 6.4.1-7 図(1) 最大応答加速度 (Ss-1)

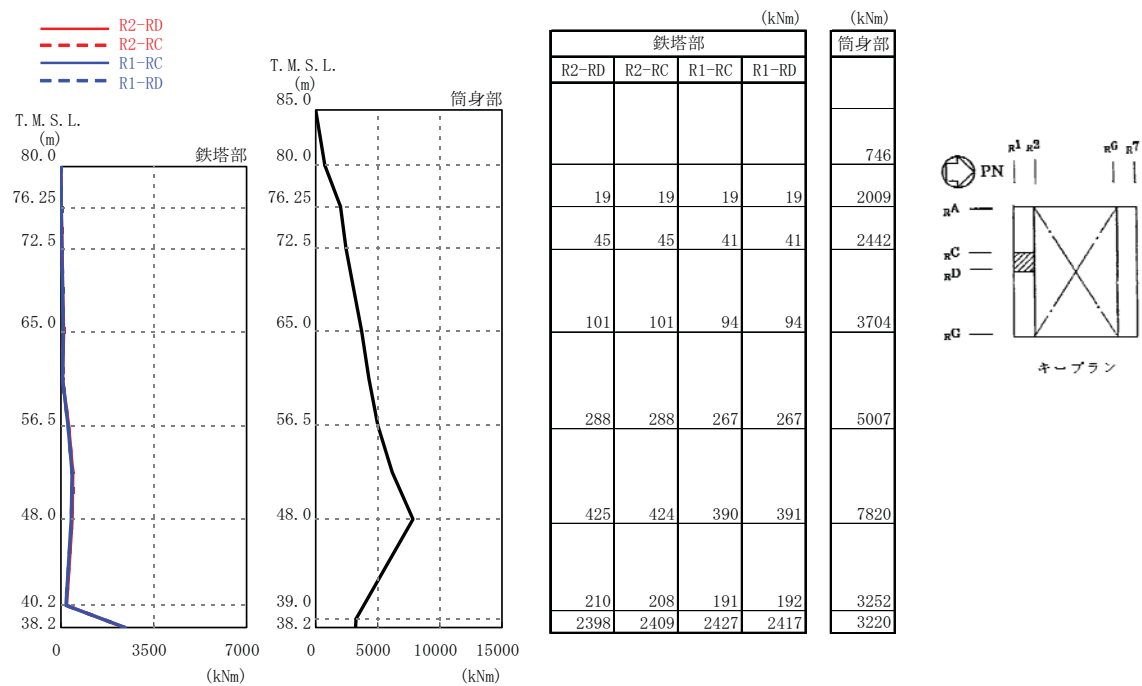


第 6.4.1-7 図(2) 最大応答変位 (Ss-1)



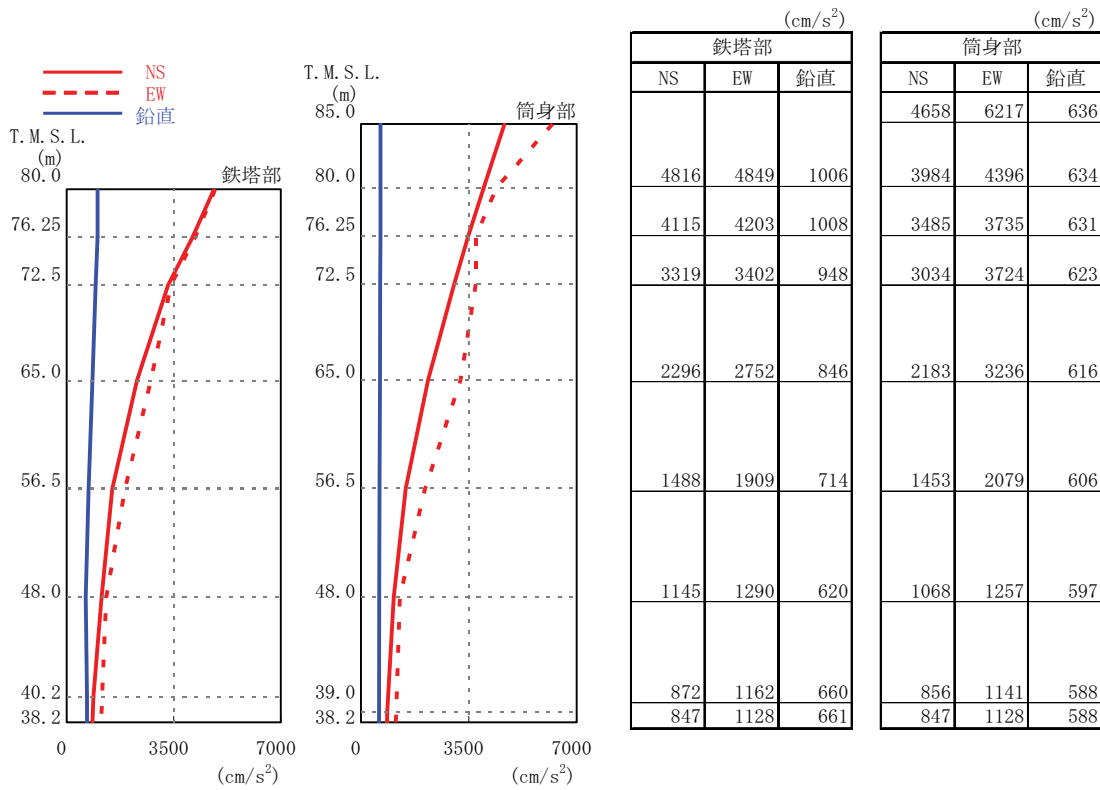
注：凡例の R1-RC とは、原子炉建屋の R1 通りと RC 通りの交点に位置する支柱材を示す。(他も同様)

第 6.4.1-7 図(3) 最大応答軸力 (Ss-1)

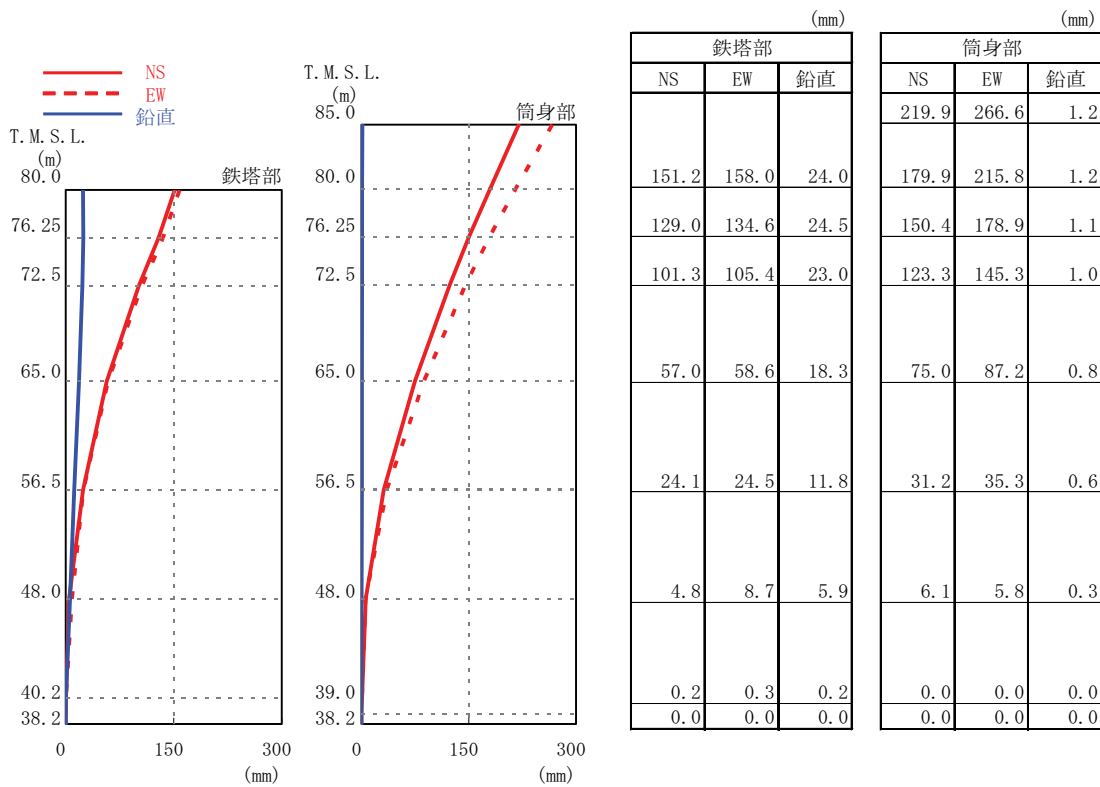


注：凡例の R1-RC とは、原子炉建屋の R1 通りと RC 通りの交点に位置する支柱材を示す。(他も同様)

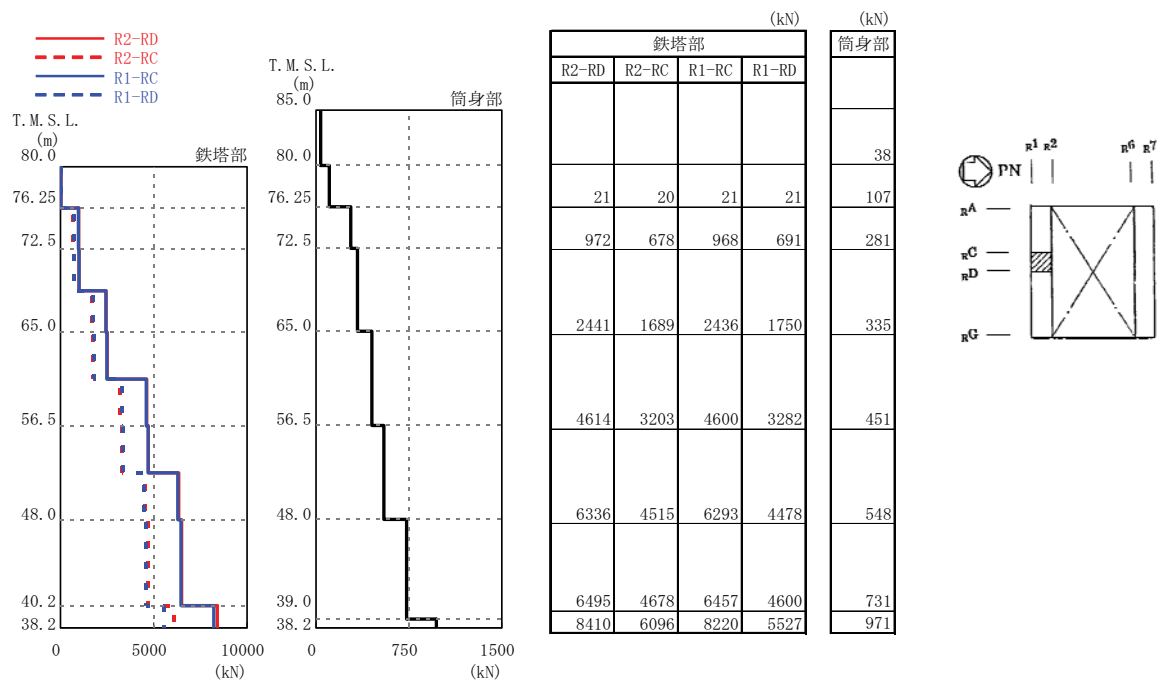
第 6.4.1-7 図(4) 最大応答曲げモーメント (Ss-1)



第 6.4.1-8 図(1) 最大応答加速度 (Ss-2)

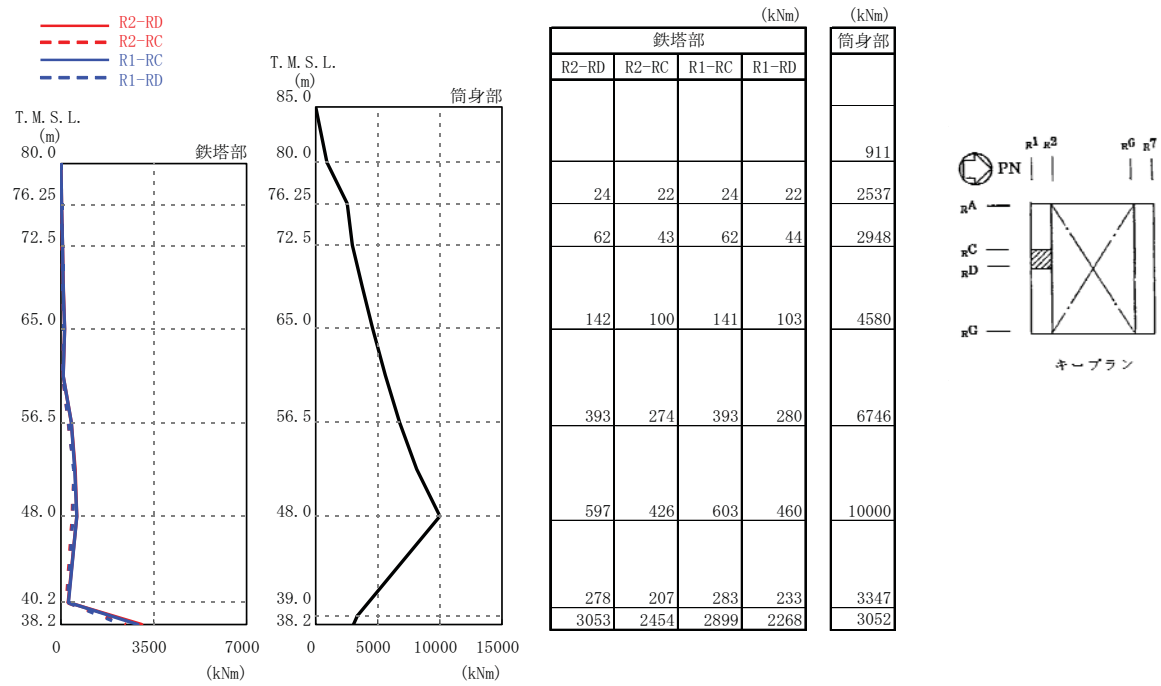


第 6.4.1-8 図(2) 最大応答変位 (Ss-2)



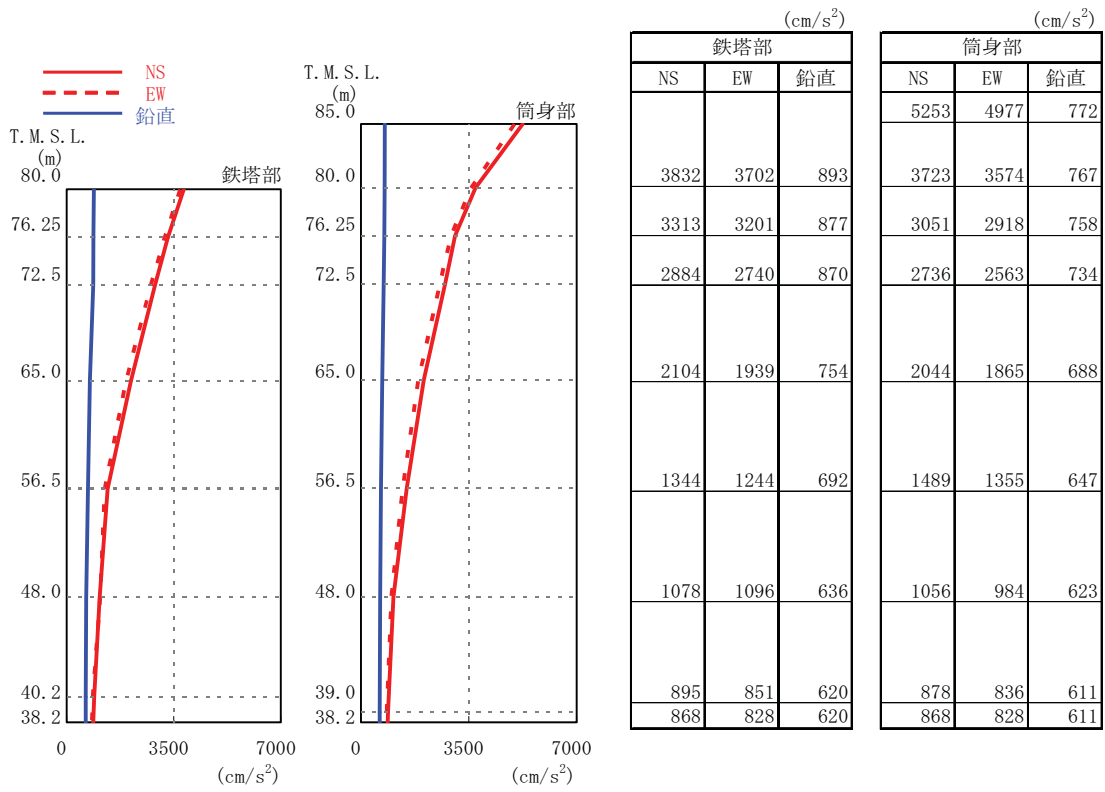
注：凡例の R1-RC とは、原子炉建屋の R1 通りと RC 通りの交点に位置する主柱材を示す。(他も同様)

第 6.4.1-8 図(3) 最大応答軸力 (Ss-2)

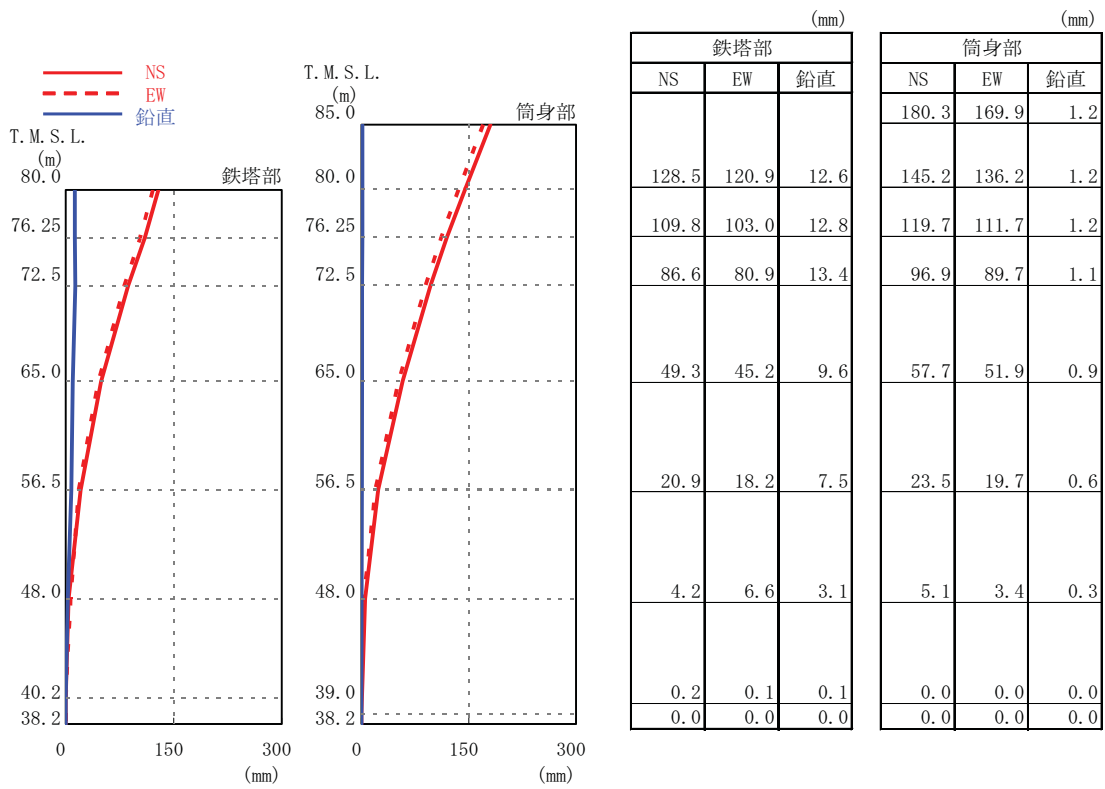


注：凡例の R1-RC とは、原子炉建屋の R1 通りと RC 通りの交点に位置する主柱材を示す。(他も同様)

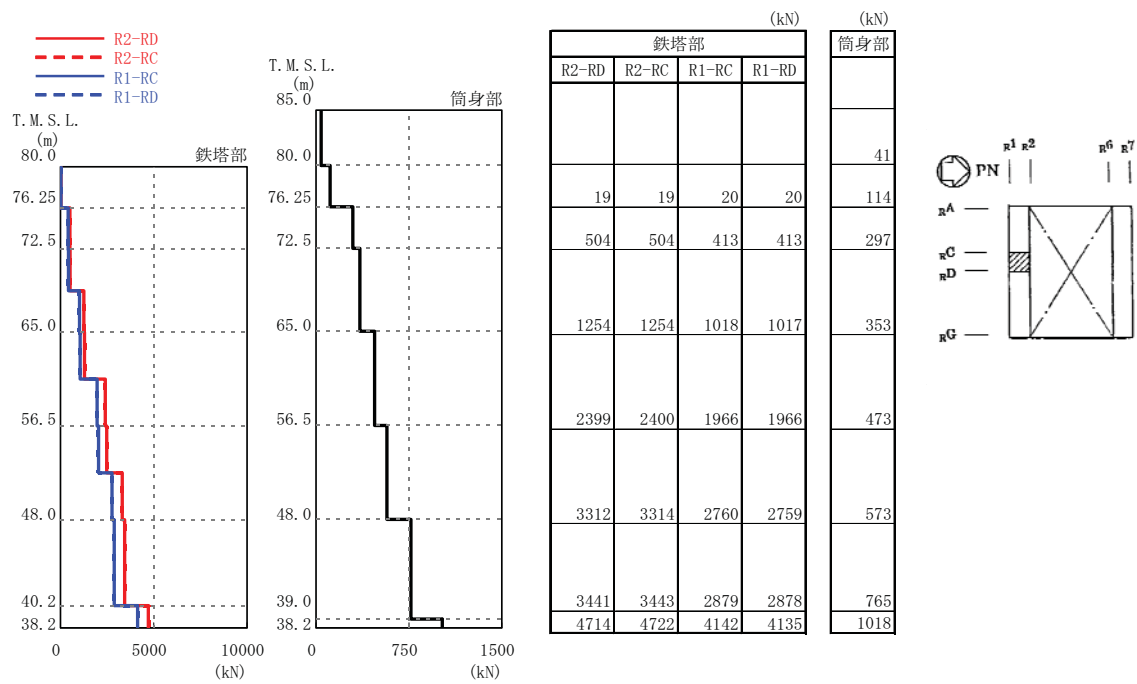
第 6.4.1-8 図(4) 最大応答曲げモーメント (Ss-2)



第 6.4.1-9 図(1) 最大応答加速度 (Ss-3)

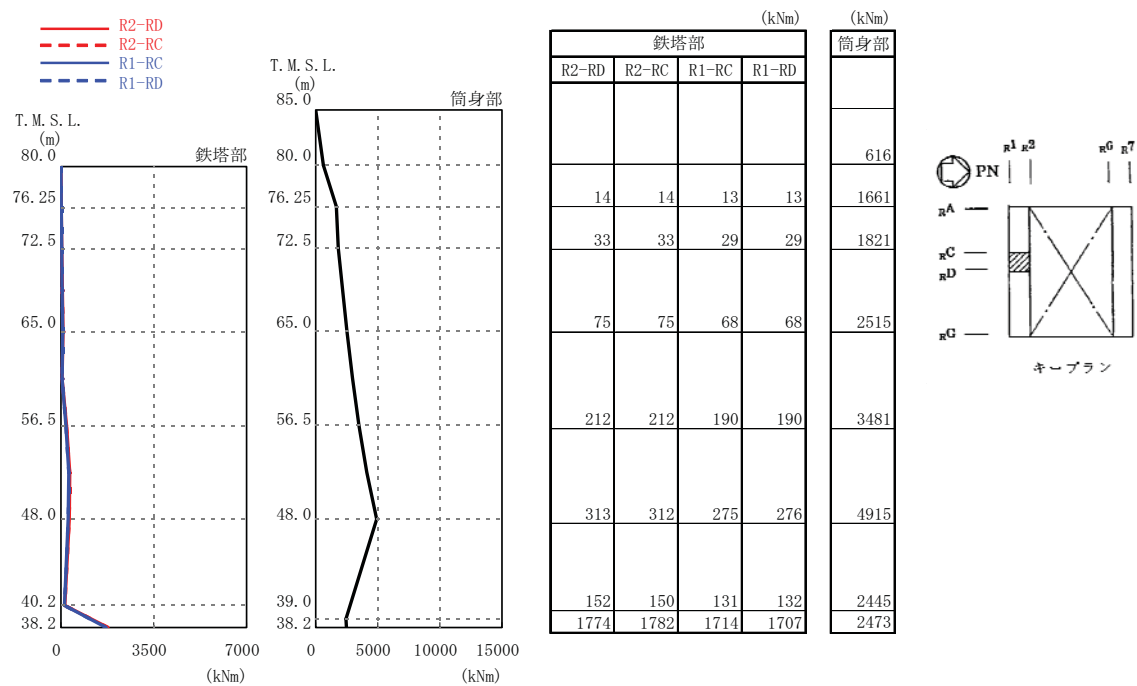


第 6.4.1-9 図(2) 最大応答変位 (Ss-3)



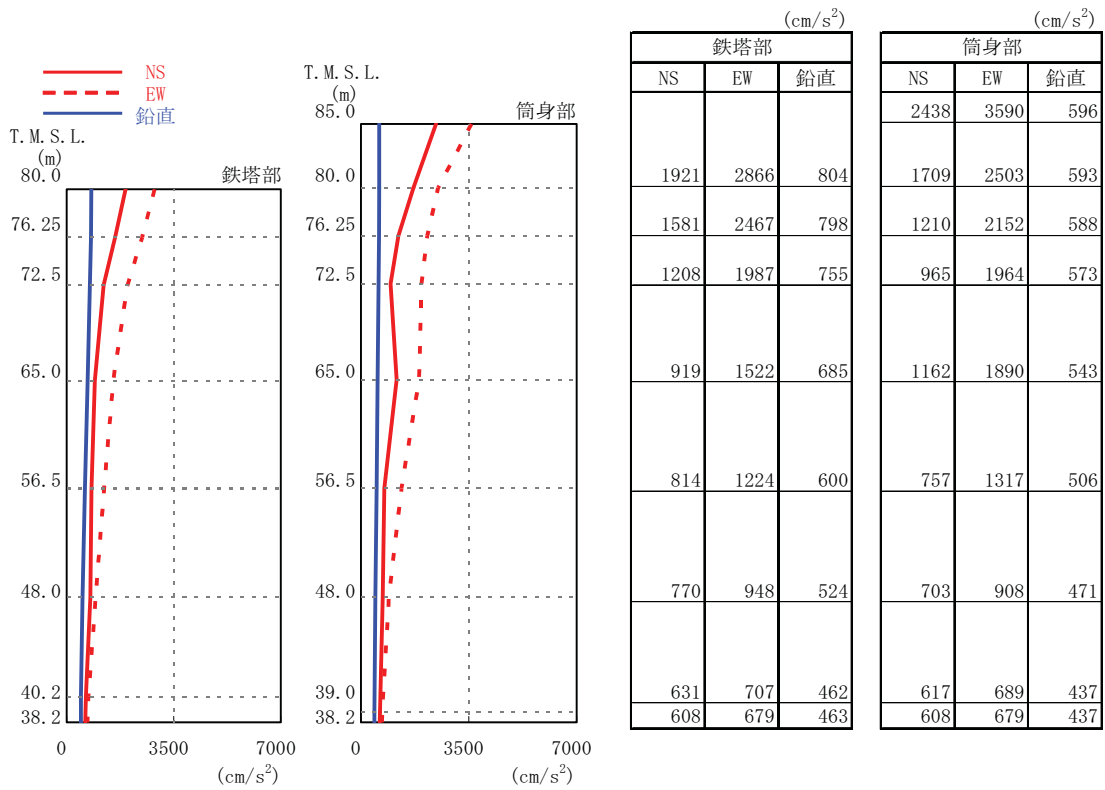
注：凡例の R1-RC とは、原子炉建屋の R1 通りと RC 通りの交点に位置する主柱材を示す。(他も同様)

第 6.4.1-9 図(3) 最大応答軸力 (Ss-3)

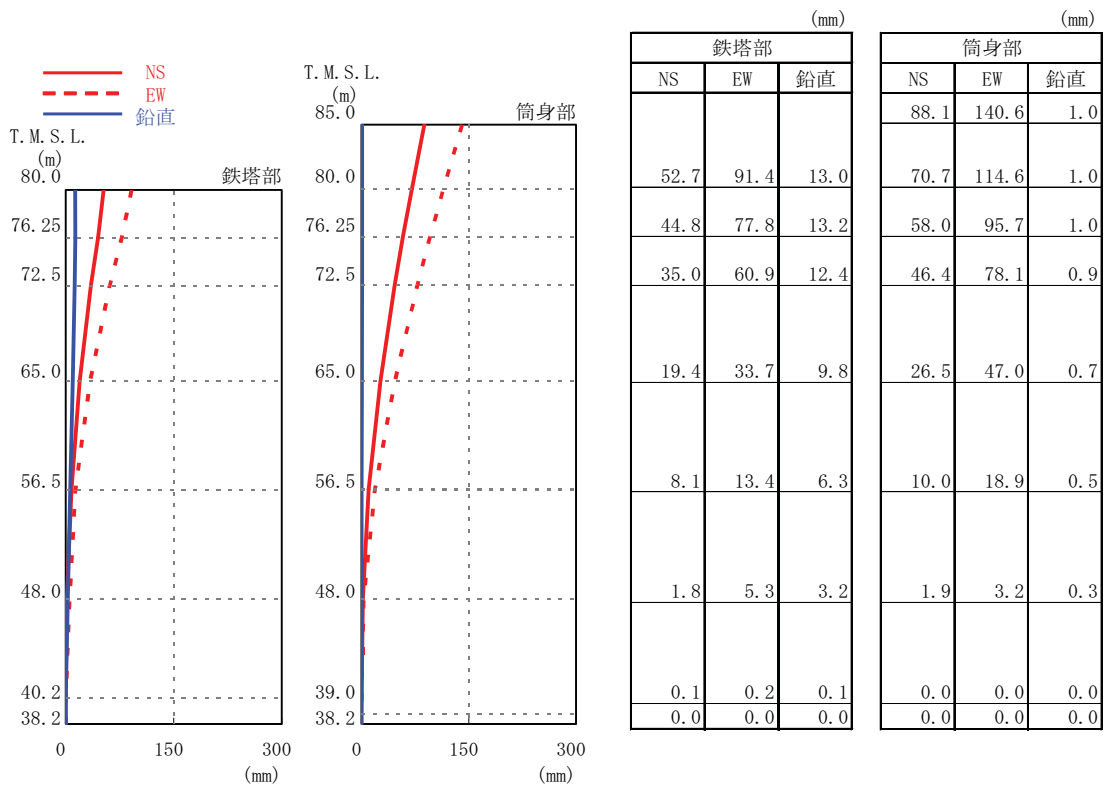


注：凡例の R1-RC とは、原子炉建屋の R1 通りと RC 通りの交点に位置する主柱材を示す。(他も同様)

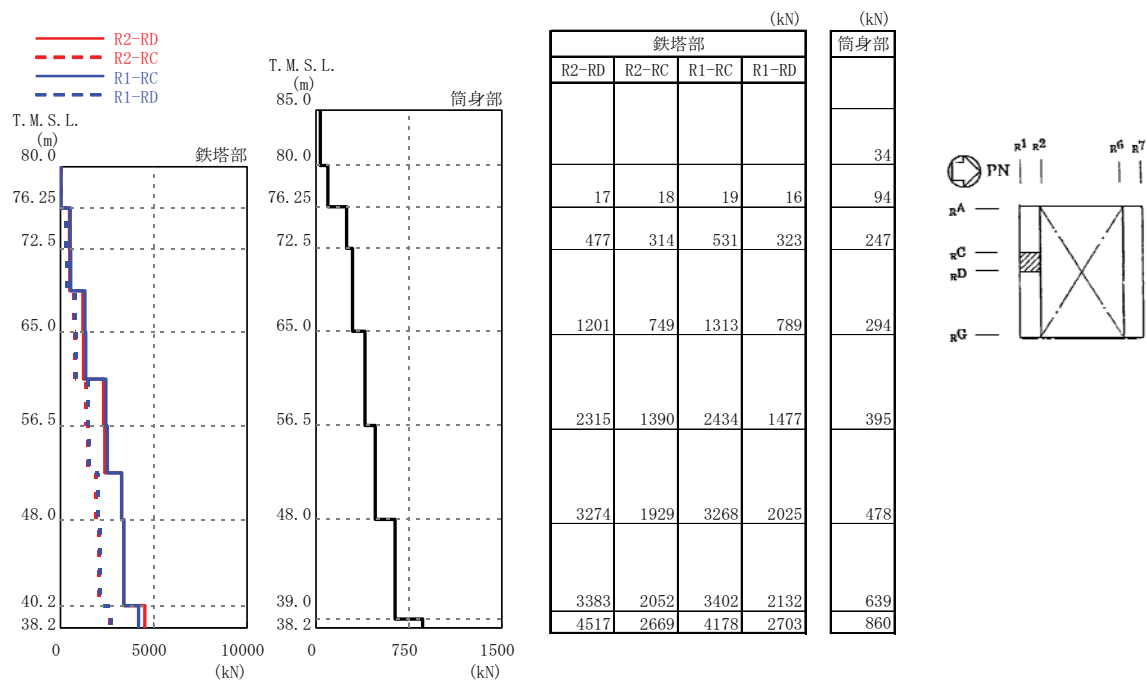
第 6.4.1-9 図(4) 最大応答曲げモーメント (Ss-3)



第 6.4.1-10 図(1) 最大応答加速度 (Ss-4)

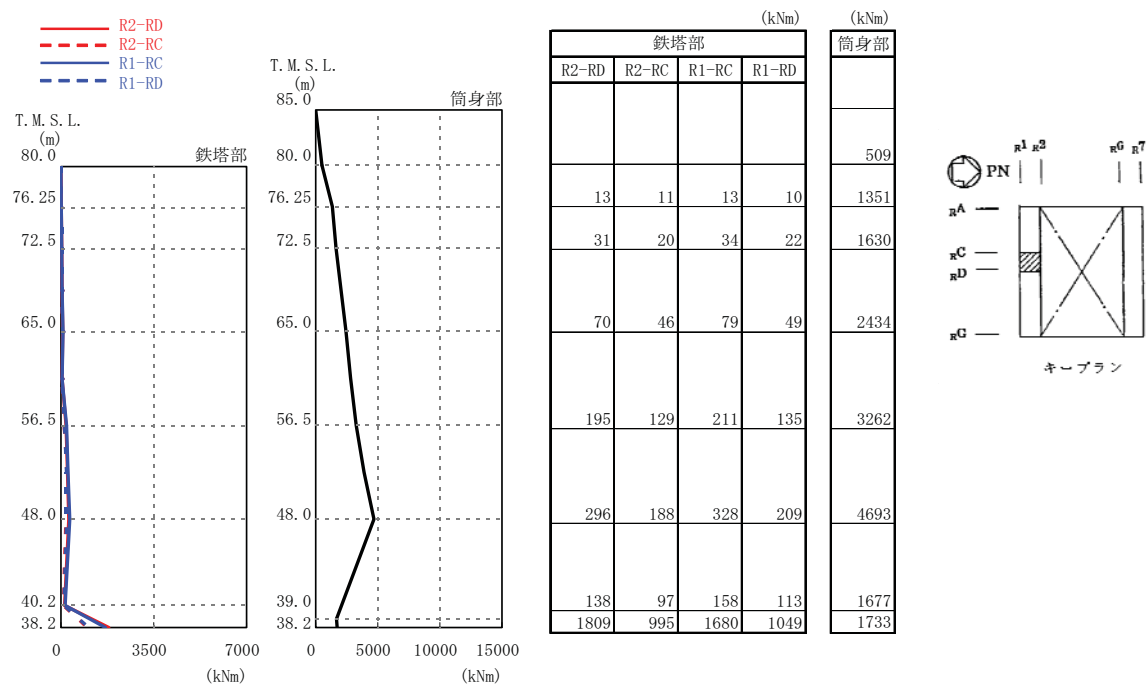


第 6.4.1-10 図(2) 最大応答変位 (Ss-4)



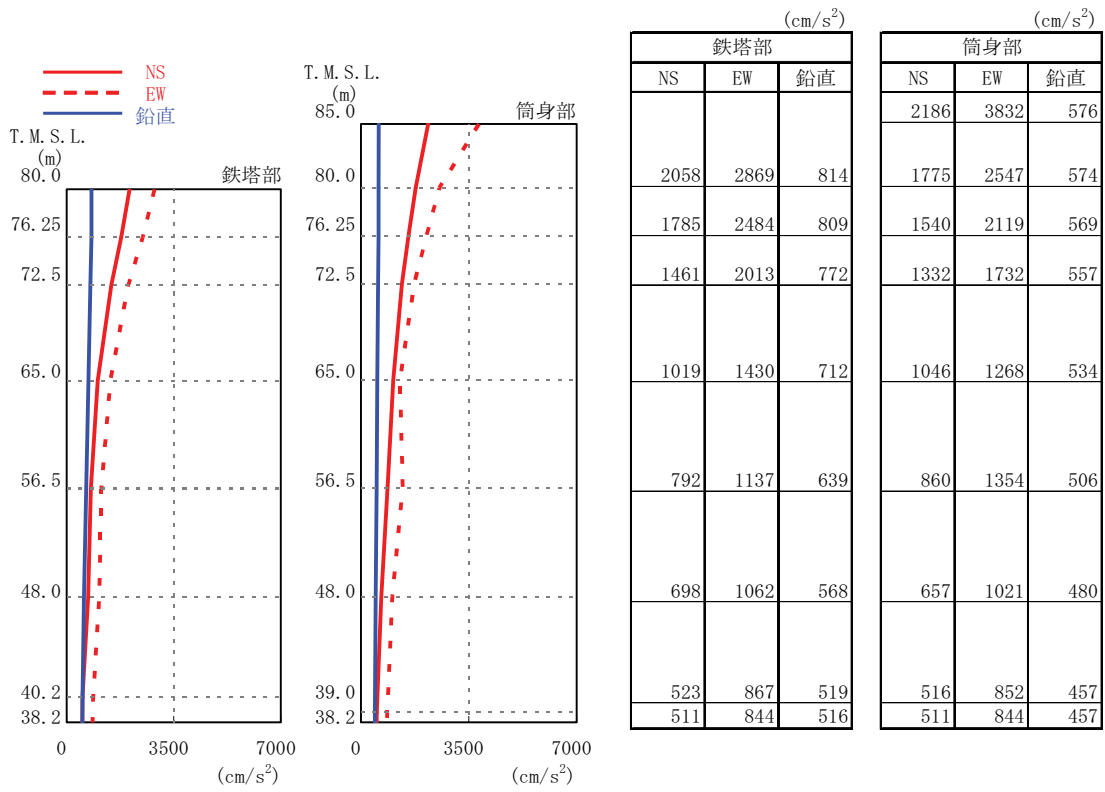
注：凡例の R1-RC とは、原子炉建屋の R1 通りと RC 通りの交点に位置する主柱材を示す。(他も同様)

第 6.4.1-10 図(3) 最大応答軸力 (Ss-4)

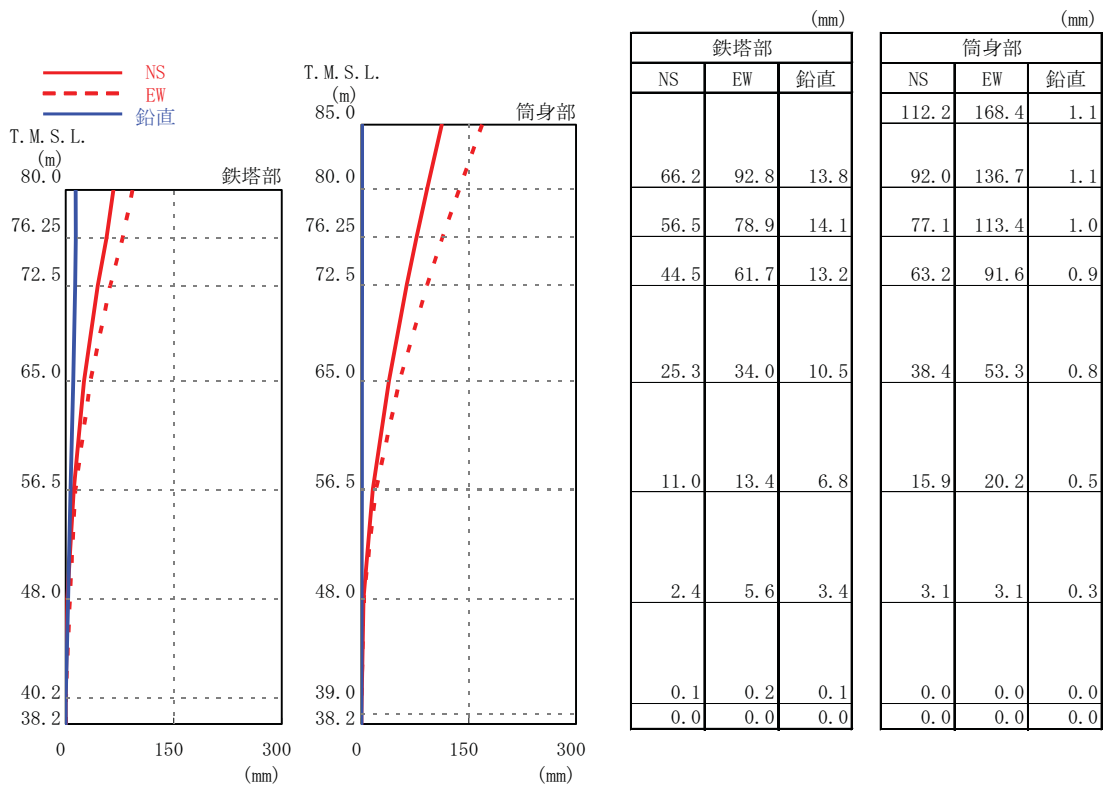


注：凡例の R1-RC とは、原子炉建屋の R1 通りと RC 通りの交点に位置する主柱材を示す。(他も同様)

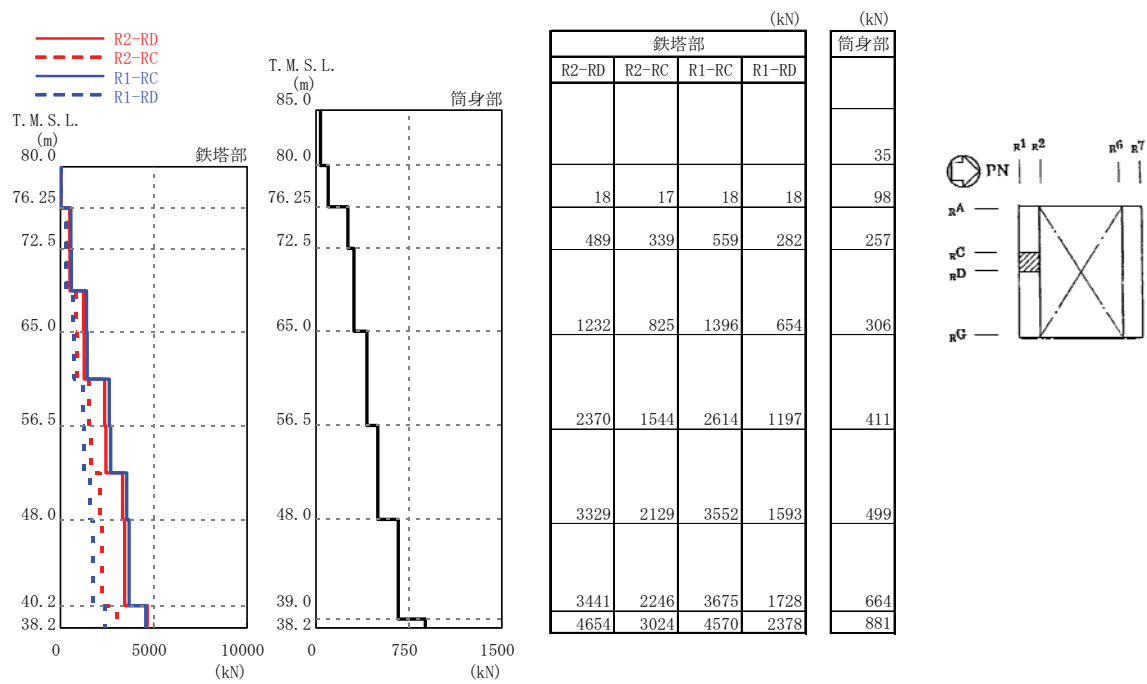
第 6.4.1-10 図(4) 最大応答曲げモーメント (Ss-4)



第 6.4.1-11 図(1) 最大応答加速度 (Ss-5)

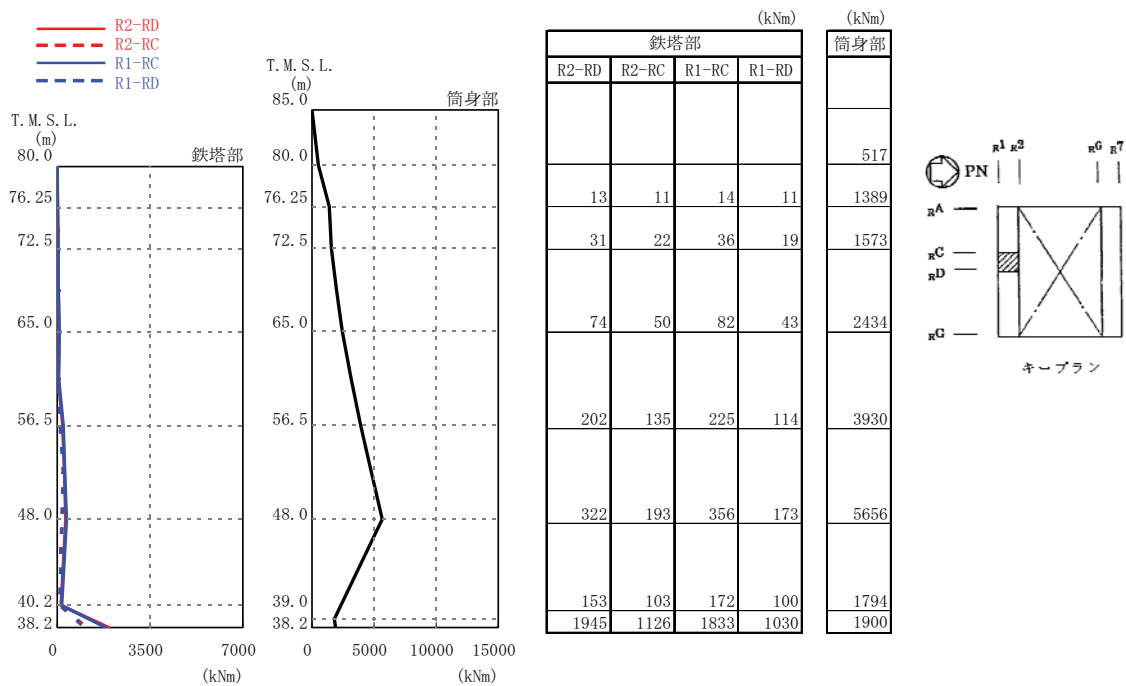


第 6.4.1-11 図(2) 最大応答変位 (Ss-5)



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（日本建築学会「鋼構造設計規準 - 許容応力度設計法 - 」に準拠）。

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)

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

ここに，

$s\sigma_N$: 地震時における部材の軸応力

$s\sigma_b$: 地震時における部材の曲げ応力

sf_c : 圧縮応力に対する許容値^{※1}

(座屈の影響を考慮して細長比等により求めた数値)

sf_b : 曲げ応力に対する許容値^{※1}

(引張)

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

ここに，

$s\sigma_N$: 地震時における部材の軸応力

$s\sigma_b$: 地震時における部材の曲げ応力

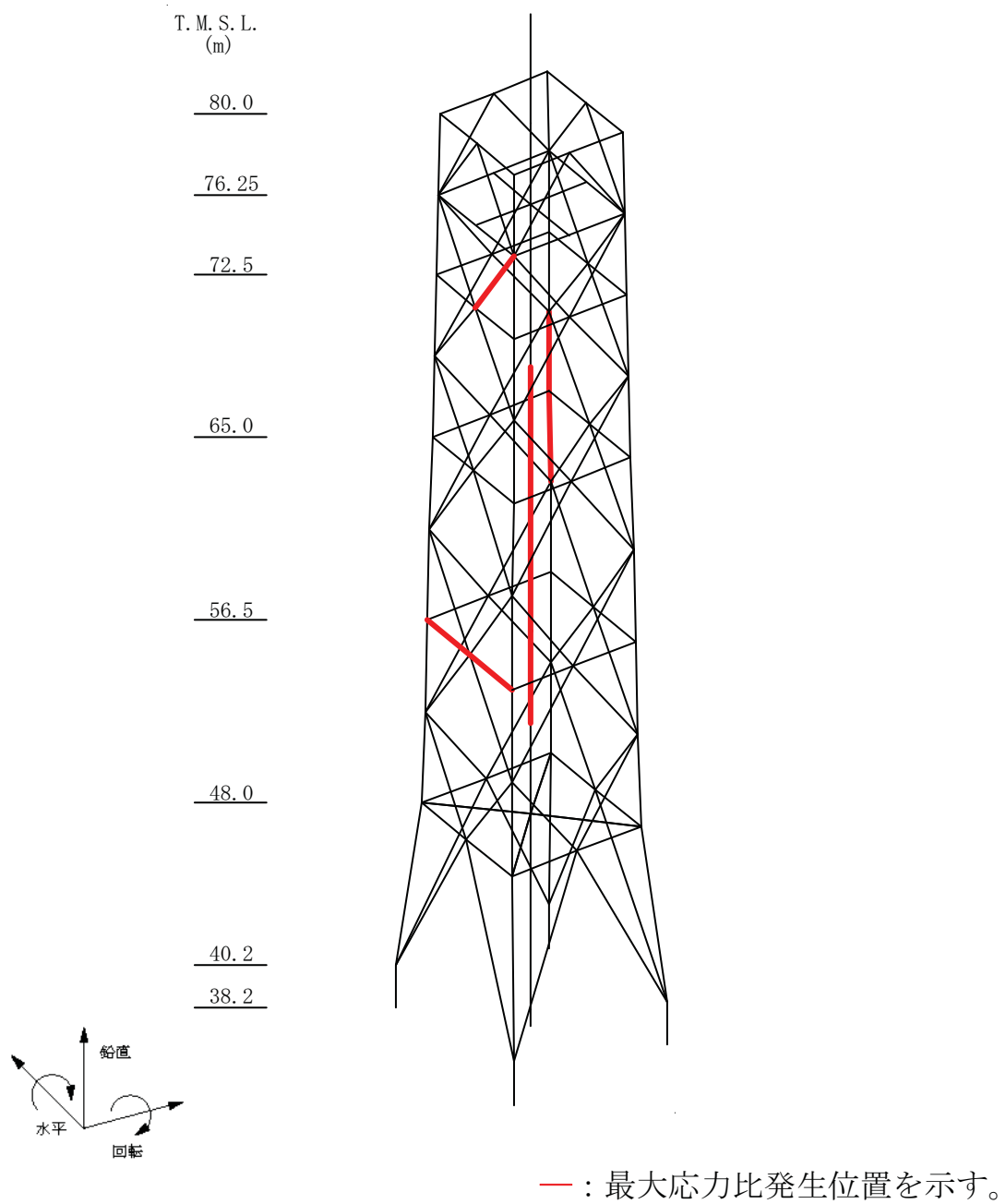
sf_t : 引張応力に対する許容値^{※1}

sf_b : 曲げ応力に対する許容値^{※1}

※1 建築基準法に基づく鋼材の材料強度
(F値の1.1倍) による許容値

基準地震動 S_s による各部材の評価結果のうち、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 (kN)	M (kNm)	A ($\times 10^2 \text{mm}^2$)	Z ($\times 10^3 \text{mm}^3$)	σ_c (N/mm ²)	σ_b (N/mm ²)	f _c (N/mm ²)	f _b (N/mm ²)	$\frac{\sigma_c}{f_c} + \frac{\sigma_b}{f_b}$
鉄塔	主柱材	2495	142	124.1	1530	201.1	92.9	339	357	0.86
	斜材	650	—	29.94	—	217.2	—	255	—	0.86
	水平材	293	—	58.91	—	49.8	—	216	—	0.24
筒身	—	344	6457	529	37000	6.6	174.6	183	199	0.92

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)

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 -」および「煙突構造設計指針」に準拠)

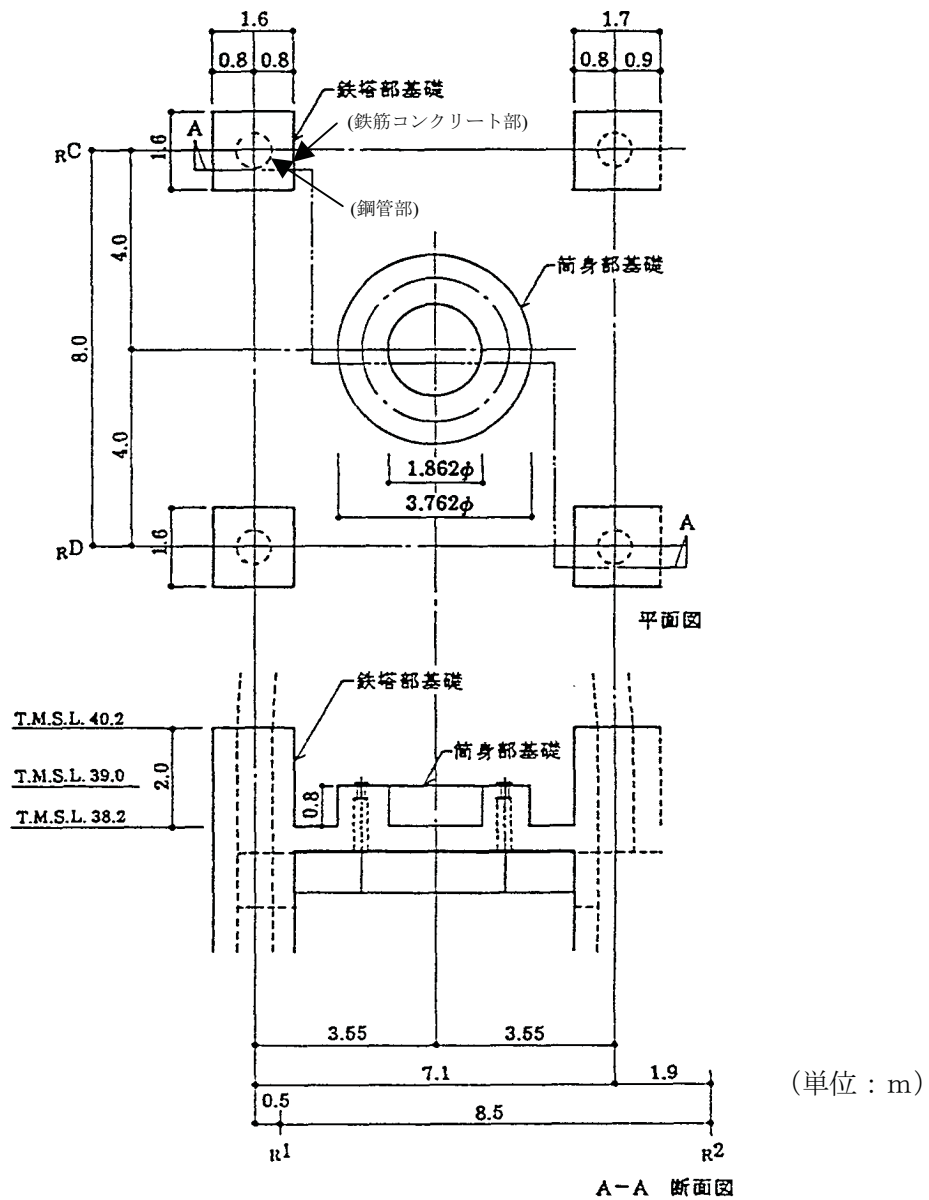
f_b : 曲げ応力に対する許容値 (日本建築学会「鋼構造設計規準 - 許容応力度設計法 -」および「煙突構造設計指針」に準拠)

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)	160.9	236 *1	0.69
		(せん断)	31.7	136 *2	0.24
	基礎 コンクリート	(曲げ)	298.4	379 *3	0.79
		(せん断)	0.80	1.47 *4	0.55
	鋼管	(圧縮)	176.6	357 *5	0.50
筒身部 基礎	基礎 アンカーボルト	(引張)	129.7	258 *1	0.51

- 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 用排気筒は熱による変形を考慮し、上下方向は拘束せず、水平方向のみ拘束し、筒身の変形に追従する支持構造となっている。筒身内部の支持点位置を第 6.4.2-3 図に示す。SGTS 用排気筒の剛性は筒身の剛性に比べて小さい。これらのことから、SGTS 用排気筒の変形は筒身の変形に追従する。したがって、筒身の変位を SGTS 用排気筒に強制的に与えることにより応力を算出し、最大応力で耐震安全性を評価する。

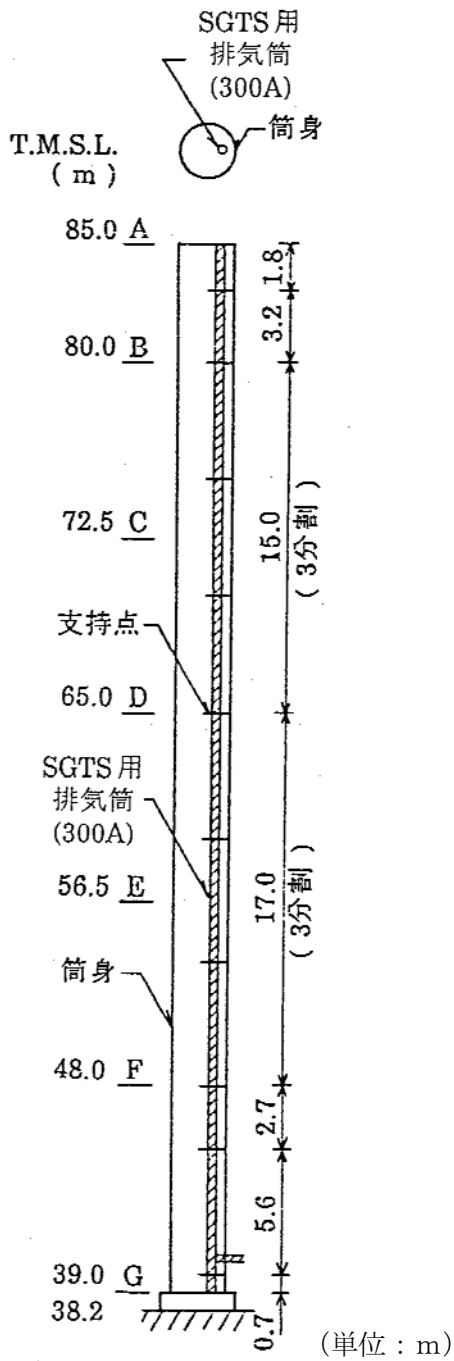
第 6.4.2-3 表に筒身の変位を、第 6.4.2-3 図に排気筒筒身部および SGTS 用排気筒概要を、第 6.4.2-4 表および第 6.4.2-5 表に SGTS 用排気筒応力および評価結果を示す。

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	261.3	266.6	180.3	140.6	168.4
B	80.0	213.6	215.8	145.2	114.6	136.7
制震装置支持部	76.25	179.1	178.9	119.7	95.7	113.4
C	72.5	147.8	145.3	96.9	78.1	91.6
D	65.0	91.7	87.2	57.7	47.0	53.3
E	56.5	39.0	35.3	23.5	18.9	20.2
F	48.0	7.4	5.8	5.1	3.2	3.1

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 (kNm)
A-B	8.7	2.4
B-C	17.6	5.8
C-D	26.4	4.7
D-E	36.2	7.3
E-F	46.0	10.0
F-G	58.5	10.0

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 ($\times 10^2 \text{mm}^2$)	Z ($\times 10^3 \text{mm}^3$)	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	1.1	4.0	232	245	0.03
B-C	5.00			2.2	9.5	216		0.05
C-D	5.00			3.3	7.7	216		0.05
D-E	5.67			4.5	12.0	207		0.08
E-F	5.67			5.7	16.4	207		0.10
F-G	5.60			7.3	16.4	208		0.11

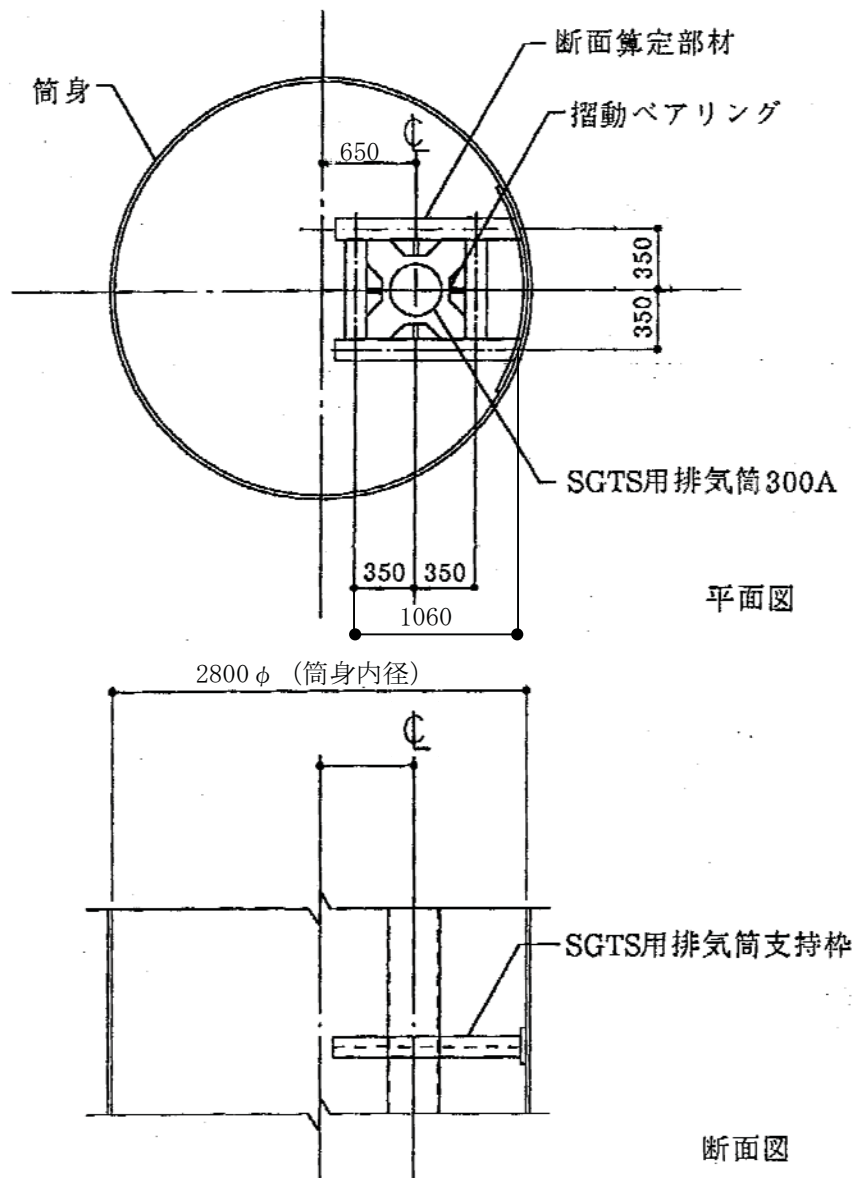
- 記号の説明
- A : 断面積
 - Z : 断面係数
 - σ_c : 圧縮応力 (N/A)
 - σ_b : 曲げ応力 (M/Z)
 - f_c : 圧縮応力に対する許容値 (日本建築学会「鋼構造設計規準 - 許容応力度設計法 -」に準拠)
 - f_b : 曲げ応力に対する許容値 (日本建築学会「鋼構造設計規準 - 許容応力度設計法 -」に準拠)

(b) 支持部

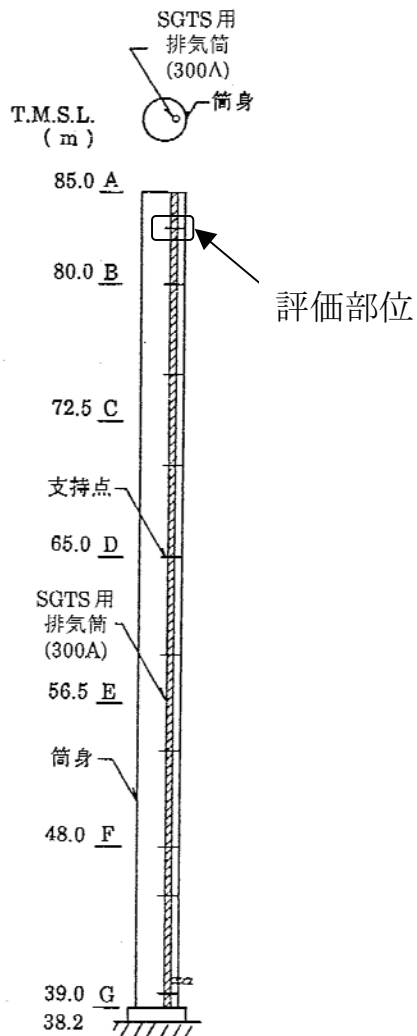
SGTS 用排気筒の支持部は第 6.4.2-4 図に示すとおり、筒身に SGTS 用排気筒を水平方向に支持する構造である。

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 (単位 : m)

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)	$\frac{\sigma_c}{f_c} + \frac{\sigma_b}{f_b}$
1.06	0.0	92.0	142	258	0.36

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

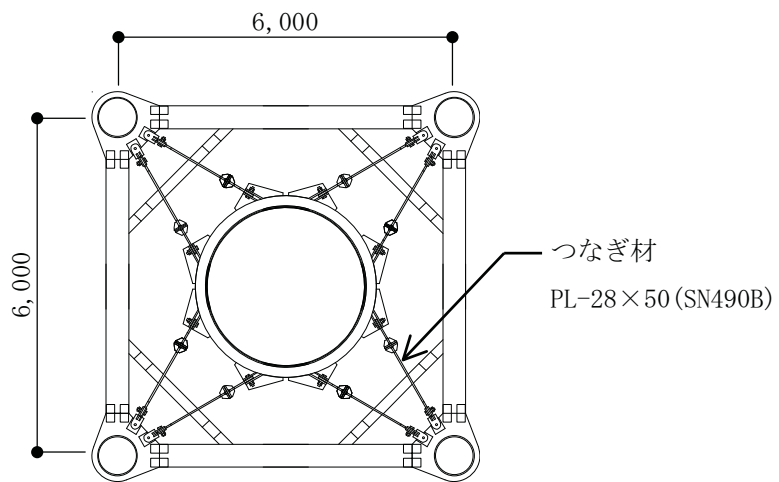
	最大応答値					許容値
	Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	
速度 (m/s)	2.03	1.85	1.44	1.07	1.11	2.60
変位 (mm)	136	141	92	77	91	175

6.4.2.5. つなぎ材（第一支持点）

筒身部は、制震装置（オイルダンパー）と、第 6.4.2-6 図に示すとおり、T.M.S.L. 48.0m で 8 本のつなぎ材で鉄塔部に支持されている。

つなぎ材の評価は、つなぎ材に発生する最大引張力に対して行う。評価結果を第 6.4.2-8 表に示す。

つなぎ材に発生する応力は、評価基準値以下であり、耐震安全性は確保されている。



第 6.4.2-6 図 第一支持点の概要（単位：mm）

第 6.4.2-8 表 つなぎ材の評価結果

N (kN)	A ($\times 10^2 \text{mm}^2$)	σt (N/mm^2)	ft (N/mm^2)	$\frac{\sigma t}{ft}$
305	14.0	217.9	357	0.62

記号の説明

- N： 引張軸力
- A： 断面積
- σt ： 引張応力 (N/A)
- ft： 引張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）

6.5. 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

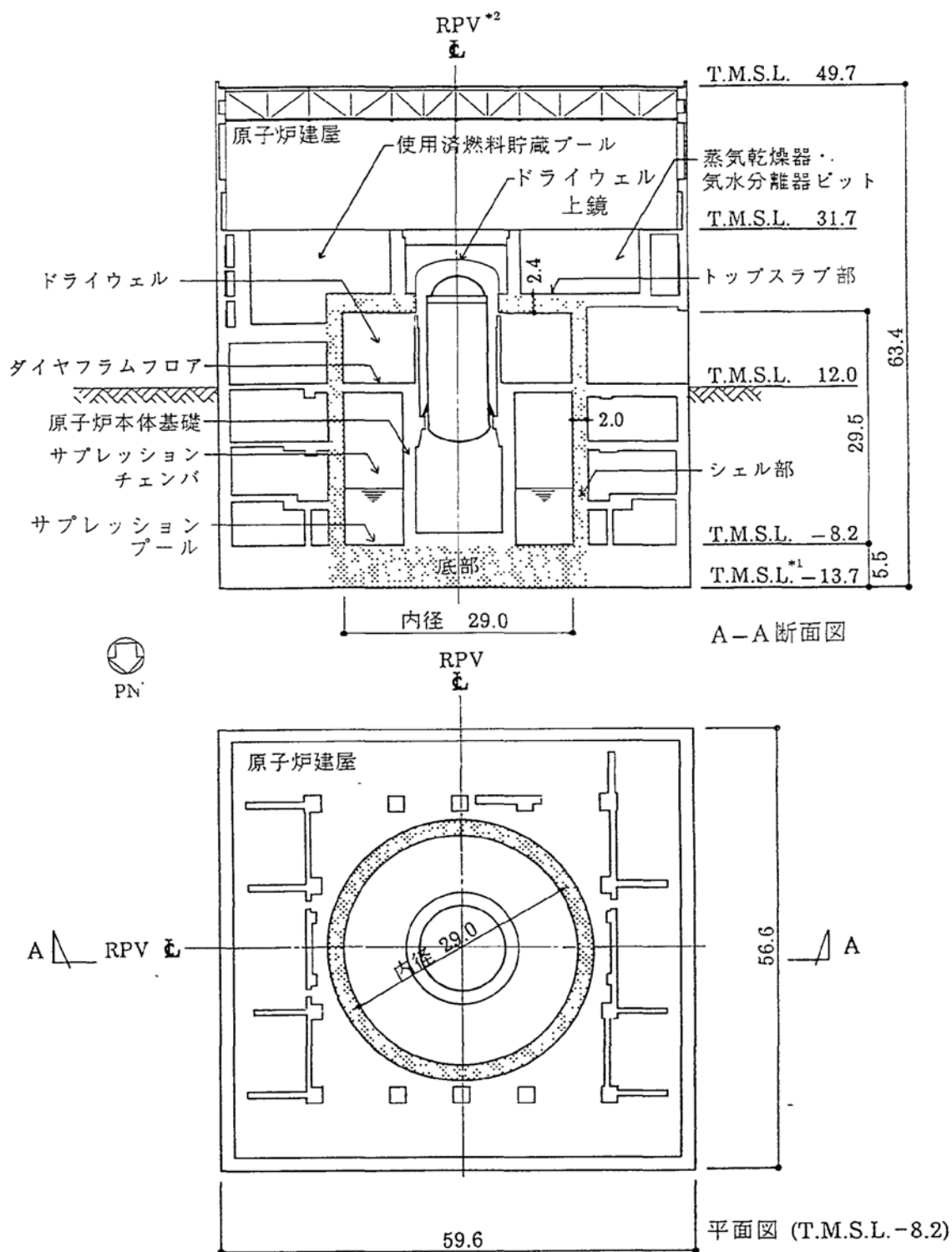
原子炉格納容器は、コンクリート部が耐圧、耐震およびしゃへいの機能を有し、コンクリート部に内張りした鋼板であるライナプレートが漏えい防止の機能を有する鉄筋コンクリート製原子炉格納容器（以下、「RCCV」という）である。

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、56.6m（NS方向）×59.6m（EW方向）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: [点線部分] 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

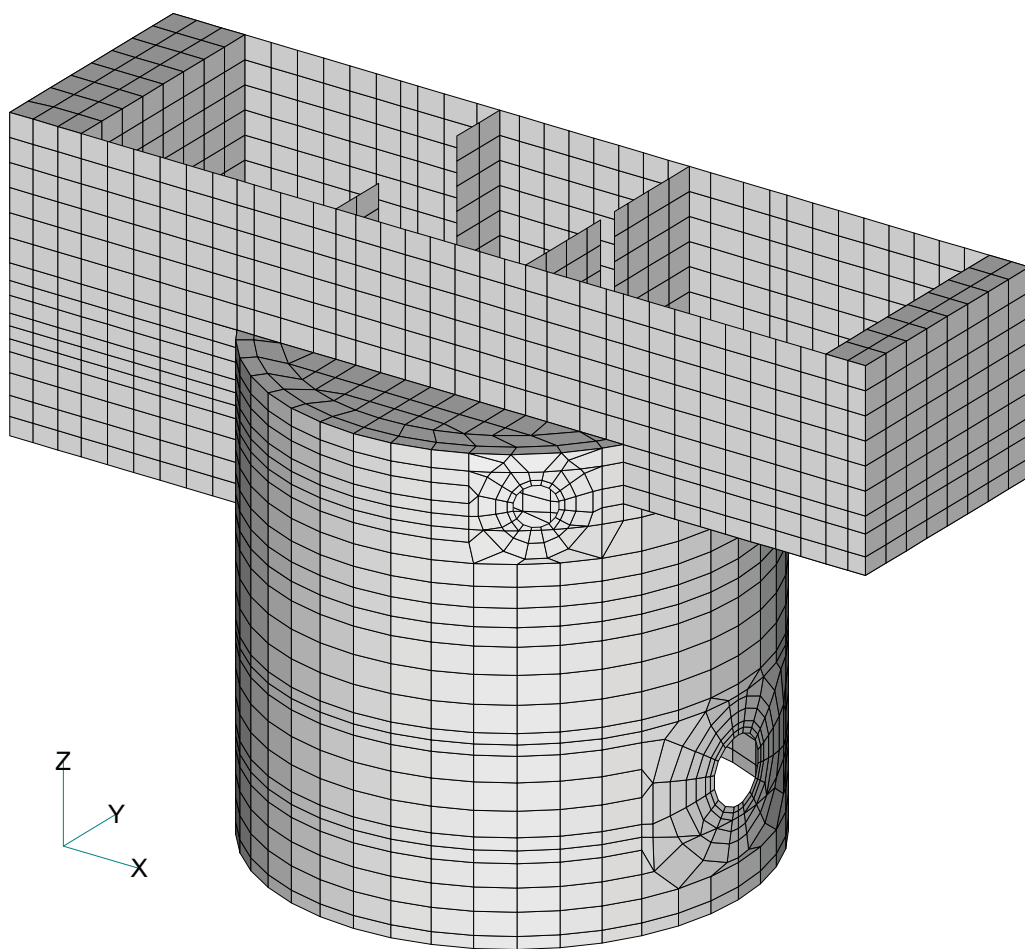
(a) 弾塑性解析

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。

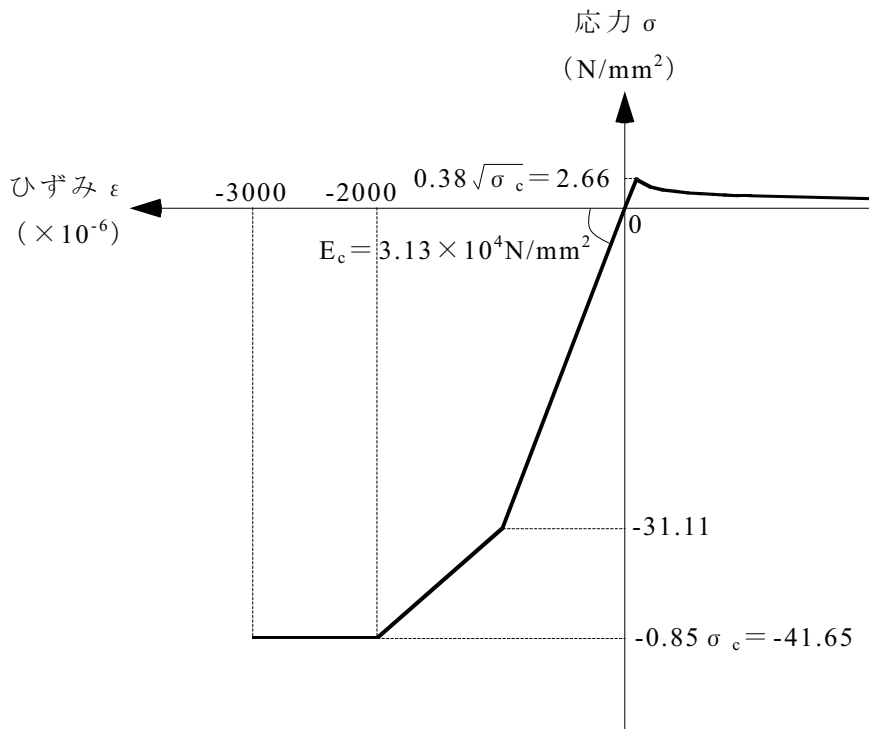
解析モデル概要図を第 6.5.2-1 図に、コンクリートと鉄筋の構成則を第 6.5.2-2 図に、解析モデルの境界条件を第 6.5.2-3 図に、トップスラブ部およびシェル部の応力成分を第 6.5.2-4 図に示す。

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。

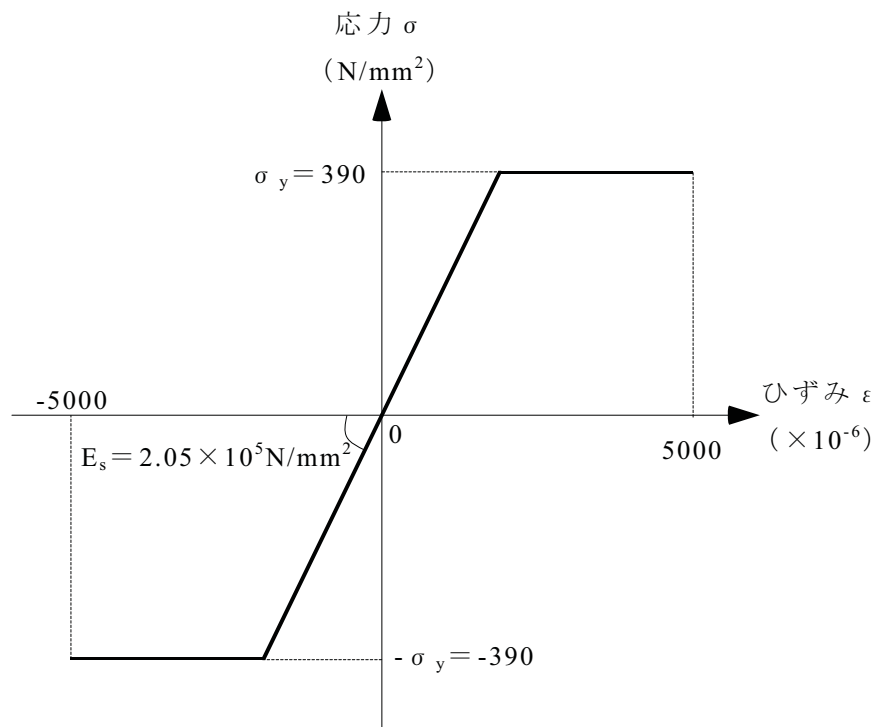
解析モデルは、コンクリートのひび割れ発生による円筒壁全体の中立軸位置の移動を考慮するために、全体モデルとした。シェル部は基礎スラブの上端で固定とする。



第 6.5.2-1 図 解析モデル概要図（弾塑性解析）



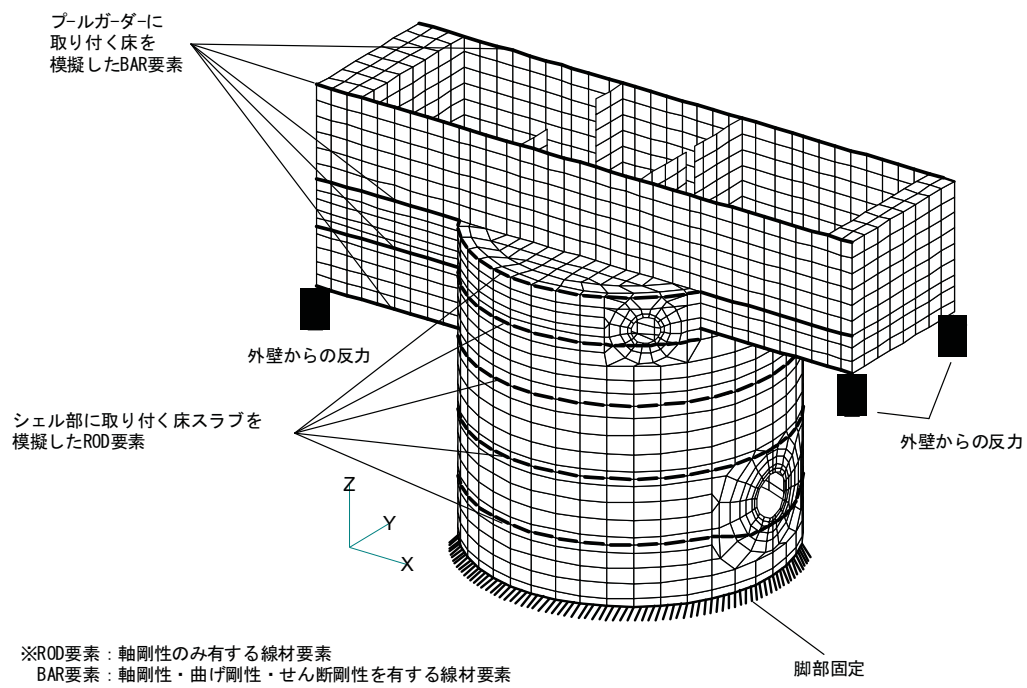
(a) コンクリートの応力-ひずみ関係
(コンクリート強度 $\sigma_c = 49$ N/mm² の場合)



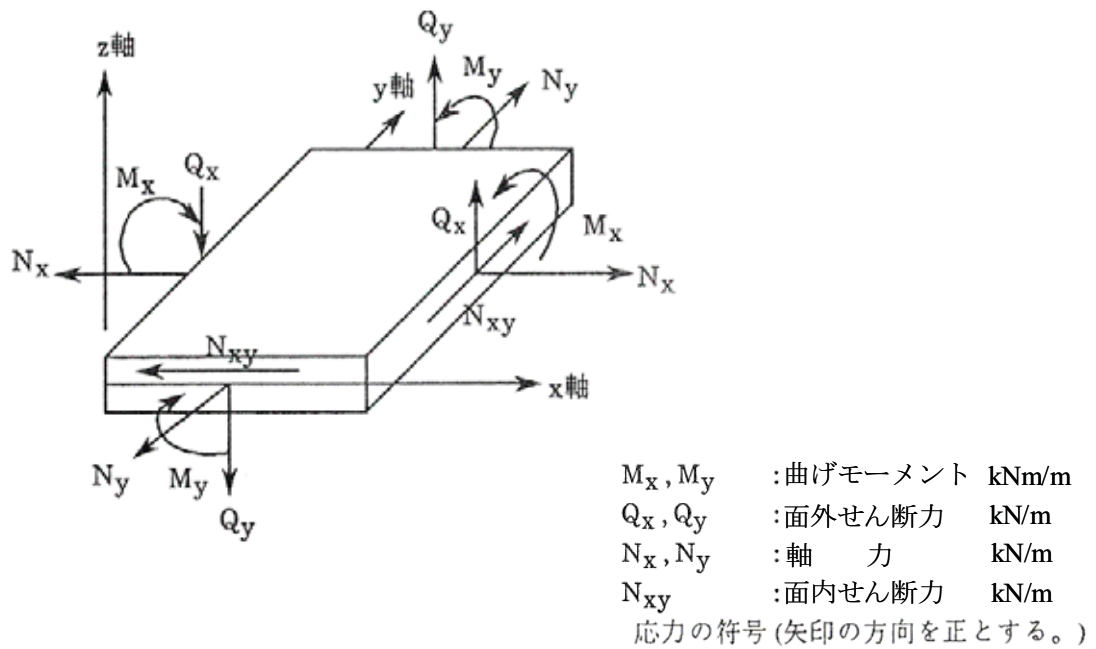
(b) 鉄筋の応力-ひずみ関係

(鉄筋降伏点 $\sigma_y = 390$ N/mm² の場合)

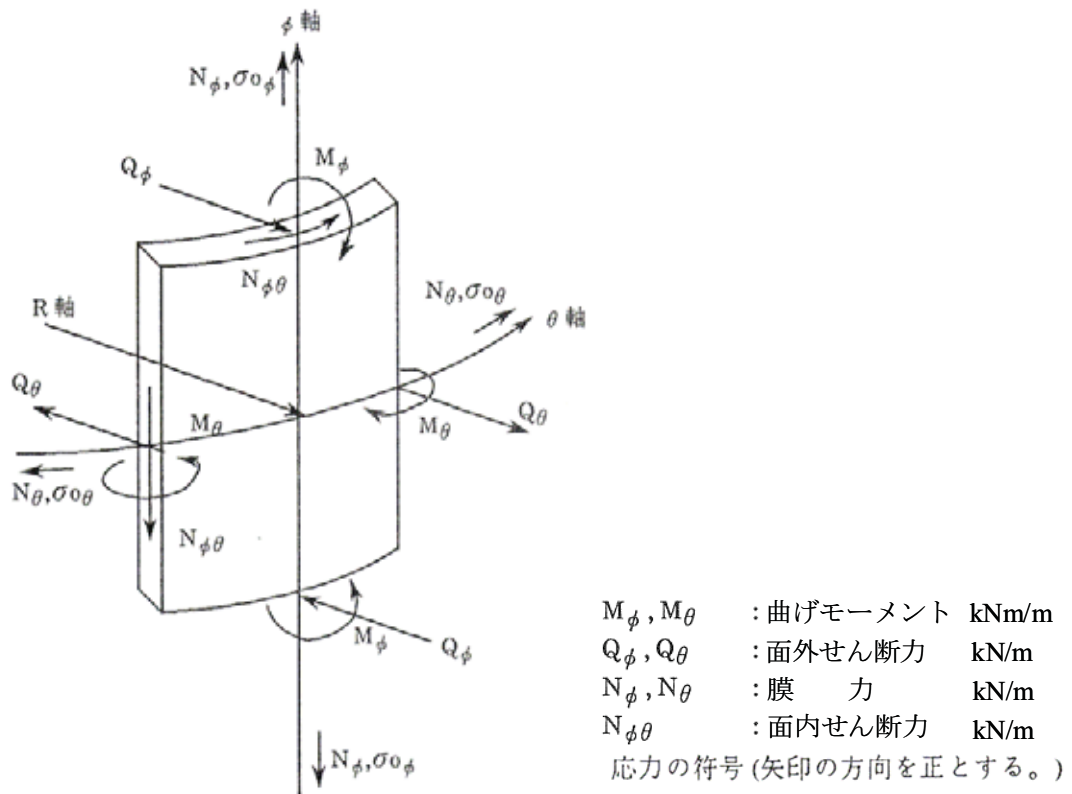
第 6.5.2-2 図 コンクリートと鉄筋の構成則



第 6.5.2-3 図 解析モデルの境界条件



(a) トップスラブ部



(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

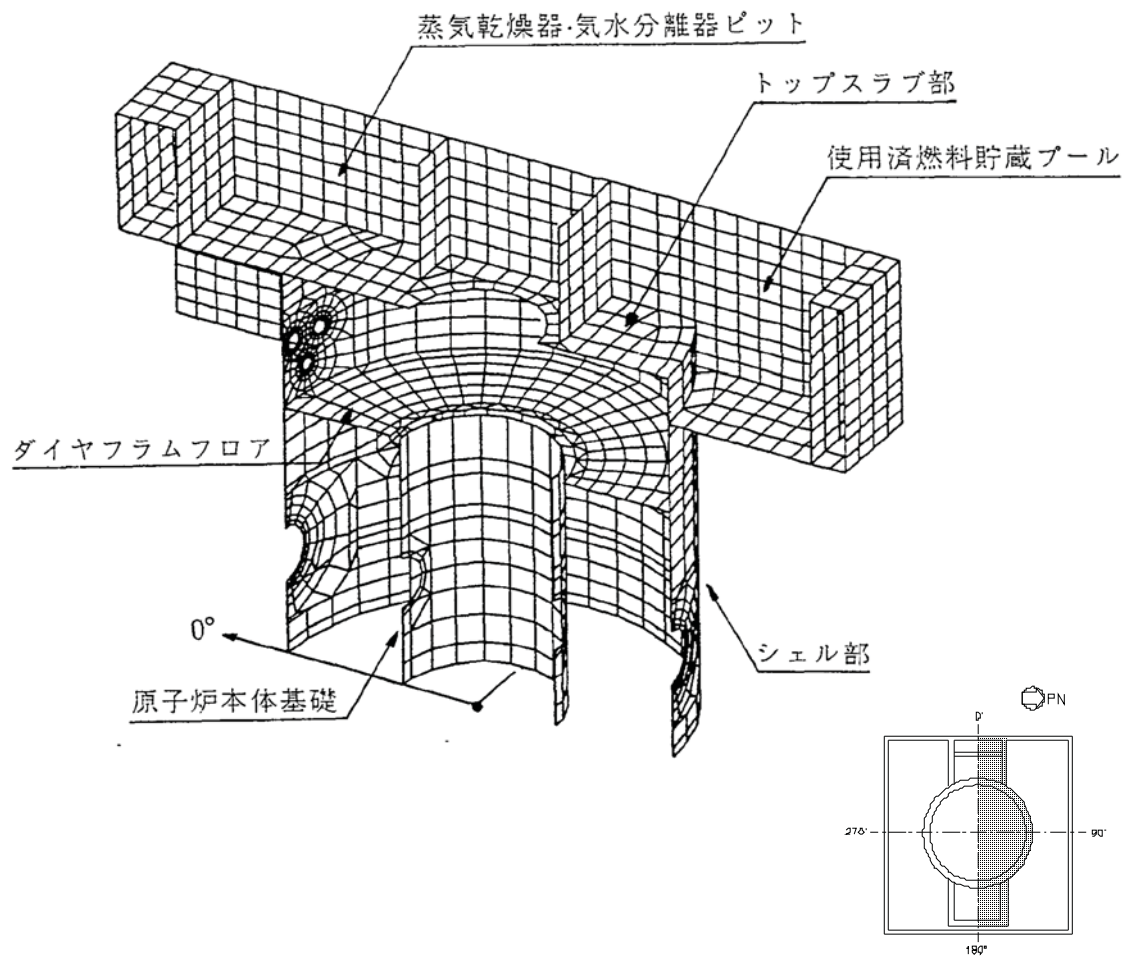
弾性設計用地震動 S_d により求まる地震荷重に対しては、原設計時と同様に、弾性解析により RCCV の応力を評価する。弾性解析は、シェル部およびトップスラブ部を板要素の集合体としてモデル化し、有限要素法により行う。使用する要素は四辺形および三角形で、この要素は均質等方性材料による板要素である。各要素には、板の曲げと膜応力を同時に考えるが、板の曲げには面外せん断変形の影響も考慮する。使用計算機コードは「NASTRAN」である。

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、南半分を対称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 …… $E = 3.13 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$
- ・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 …… $\alpha = 1.0 \times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$



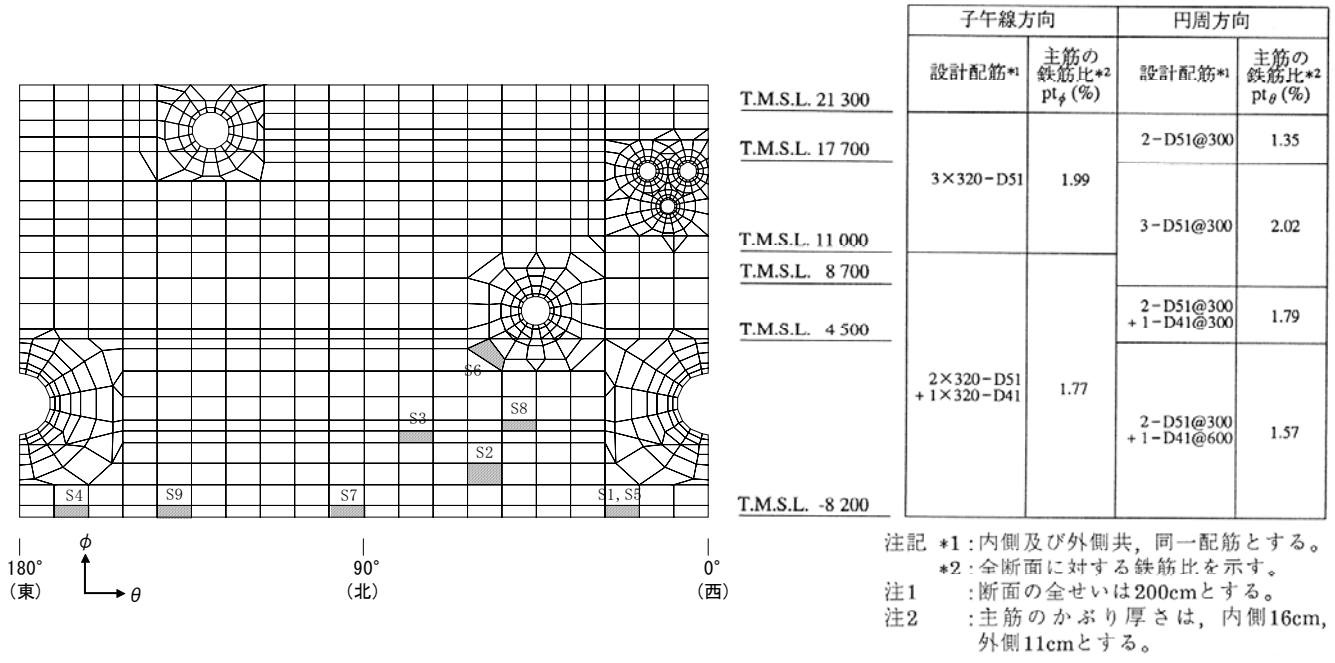
第 6.5.2-5 図 解析モデル概要図（弾性解析）

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（「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。

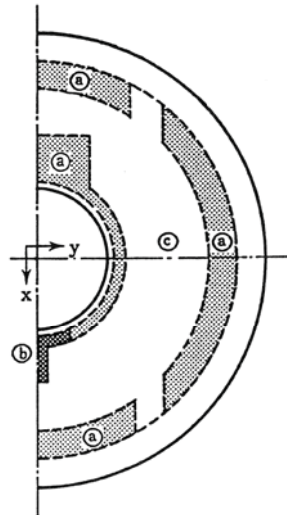
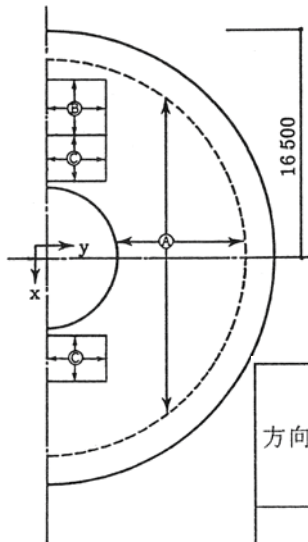


第 6.5.2-6 図 シェル部の検討箇所および検討用断面諸元

(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（「CCV規格」に準拠）。

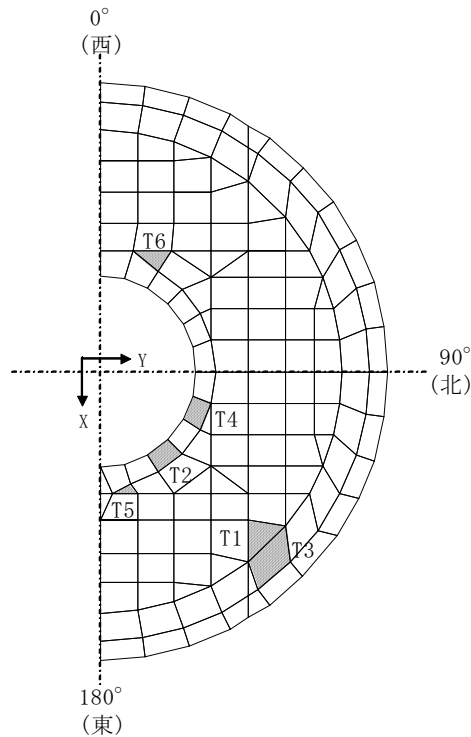
検討箇所および検討用断面諸元を第 6.5.2-7 図に示す。



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	ϵ_c	地震時(3)	-217	-3000	可
	ϵ_s	地震時(3)	-161	-5000	可
	ϵ_t	地震時(3)	884	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	ϵ_c	地震時(3)	-20	-3000	可
	ϵ_s	地震時(3)	-13	-5000	可
	ϵ_t	地震時(4)	106	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)	-11.93	-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 $N_{\phi\theta}/bD$ (N/mm ²)	評価基準値 (N/mm ²)	判定
S8	地震時(3)	4.69	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)	1.37	2.21	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	$c\sigma_c$	(異常+地震)時	-8.5	-36.8	可
	$s\sigma_c$	(異常+地震)時	-30.6	-390.0	可
	$s\sigma_t$	(異常+地震)時	313.5	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	$c\sigma_c$	(異常+地震)時	-5.0	-36.8	可
	$s\sigma_c$	(異常+地震)時	-26.8	-390.0	可
	$s\sigma_t$	地震時(1)	192.7	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 $N_{\phi\theta}/bD$ (N/mm ²)	評価基準値 (N/mm ²)	判定
S3	地震時(1)	2.12	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)	1.03	1.91	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	ϵ_c	地震時(4)	-1	-3000	可
	ϵ_s	地震時(4)	10	-5000	可
	ϵ_t	地震時(4)	203	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	ϵ_c	地震時(4)	-277	-3000	可
	ϵ_s	地震時(4)	-130	-5000	可
	ϵ_t	地震時(4)	244	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)	2821	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	$c\sigma_c$	(異常+地震)時	-3.8	-36.8	可
	$s\sigma_c$	(異常+地震)時	-3.3	-390.0	可
	$s\sigma_t$	地震時(2)	208.9	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	$c\sigma_c$	地震時(2)	-3.4	-36.8	可
	$s\sigma_c$	地震時(1)	-11.3	-390.0	可
	$s\sigma_t$	地震時(2)	208.6	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)	1946	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

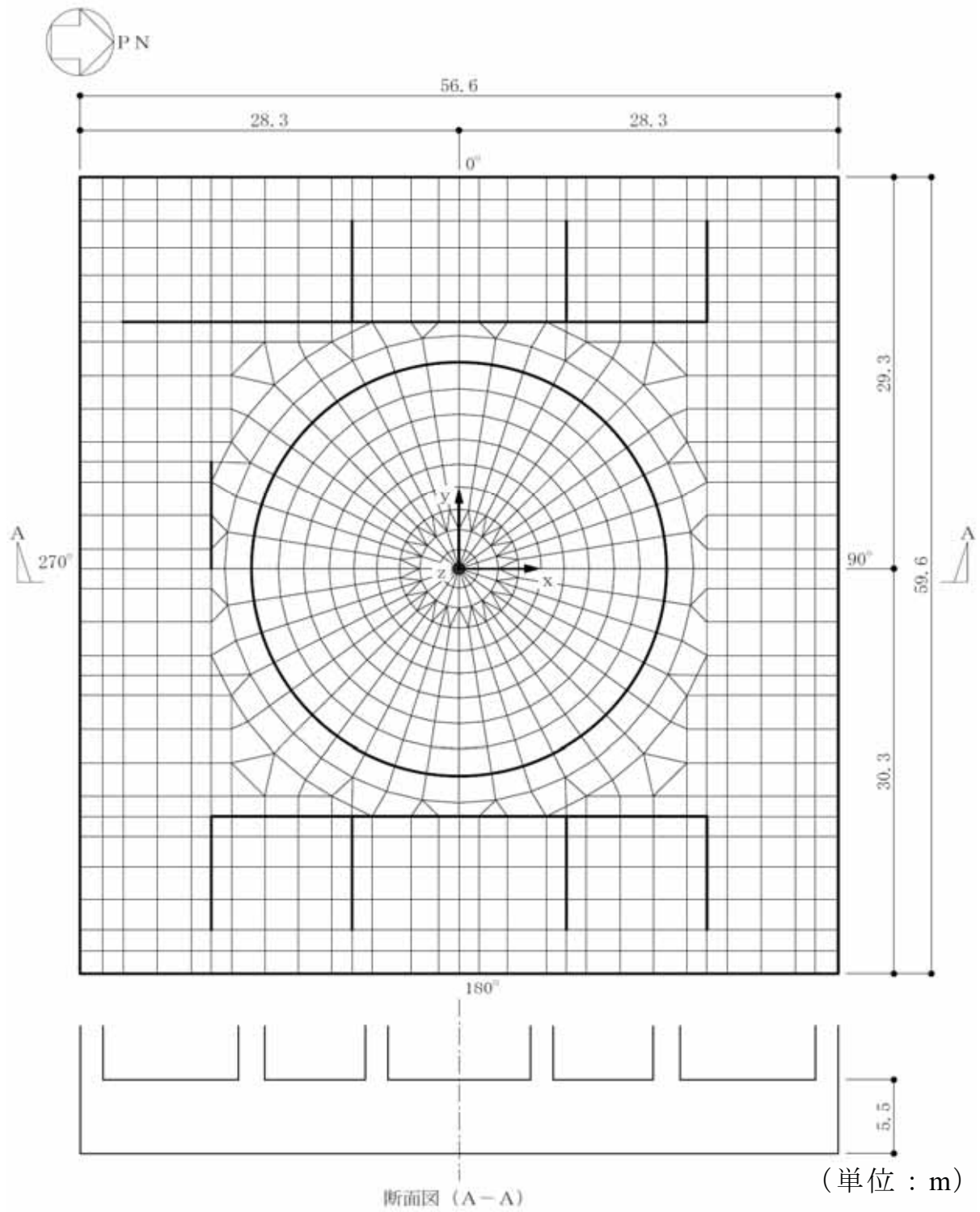
構造の検討は、設定した設計配筋に対し、各荷重組合せにおいて生ずる部材の応力およびひずみが、「CCV 規格」に示される各荷重状態の評価基準値以内であることを確認する。

6.5.3.2. 応力解析

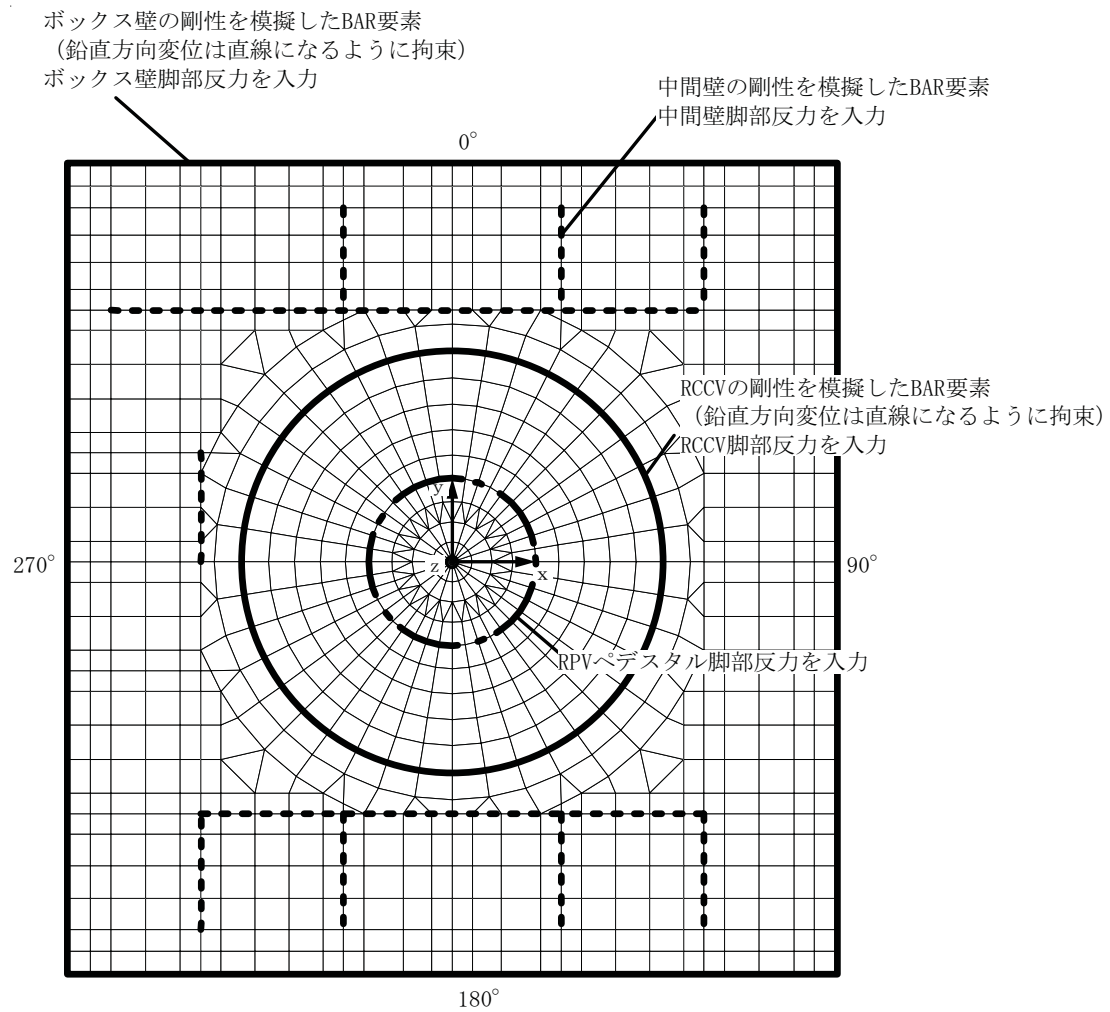
(a) 弾塑性解析

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。

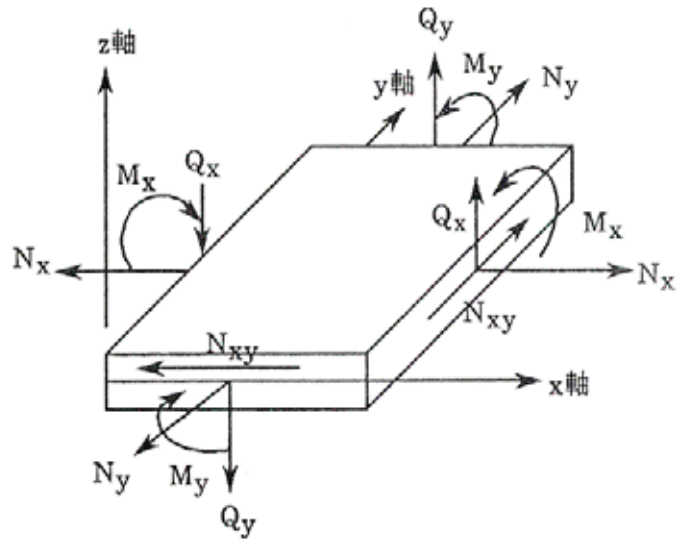


第 6.5.3-1 図 解析モデル概要図



※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化する。
 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 kNm/m
 Q_x, Q_y : 面外せん断力 kN/m
 N_x, N_y : 軸力 kN/m
 N_{xy} : 面内せん断力 kN/m

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 …… $E = 2.90 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$
- ・ 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 …… $\alpha = 1.0 \times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$

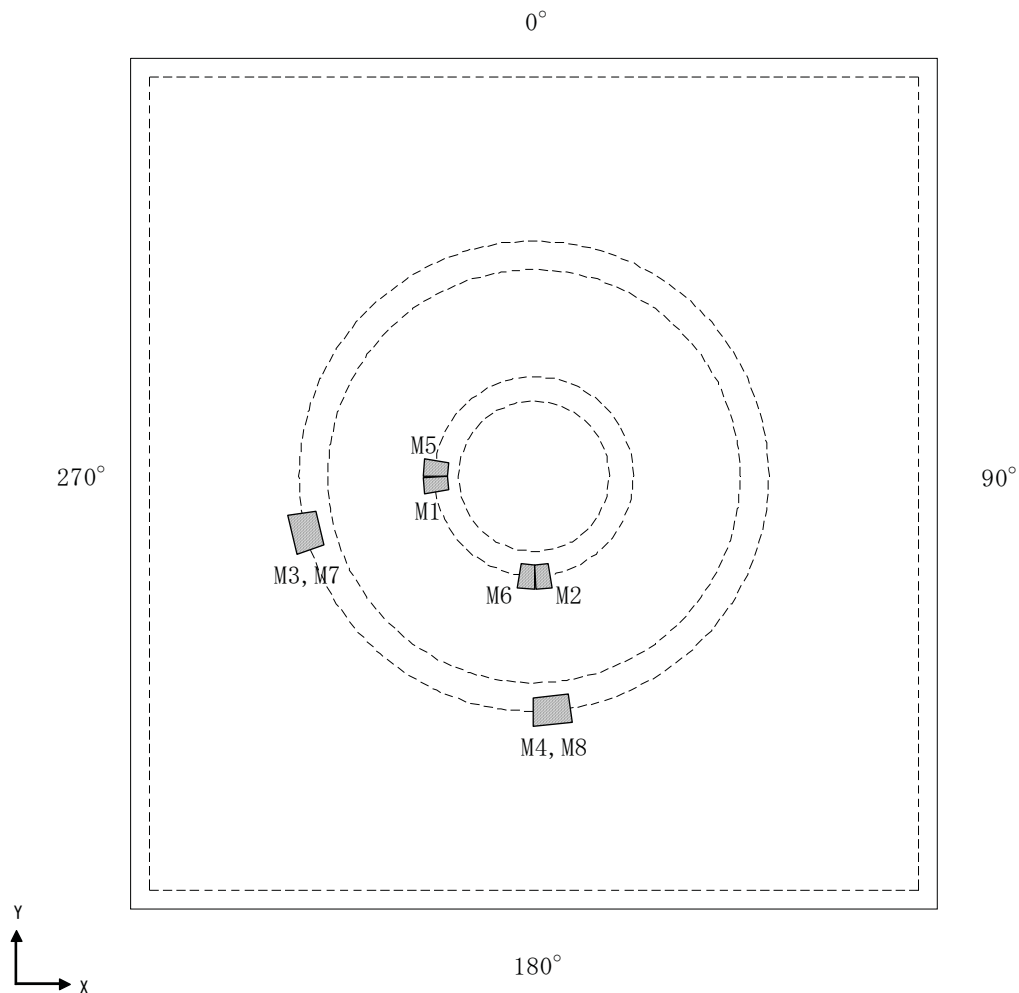
6.5.3.3. 評価基準

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（「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	184.9	285.0
y	M2				184.9	285.0
x	M5				184.9	285.0
y	M6				184.9	285.0

位置	せん断補強筋	せん断補強筋比(%)
M3	D35@400×@400	0.59
M4		
M7		
M8		



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	ϵ_c	地震時(2)	-332	-3000	可
	ϵ_s	地震時(2)	-163	-5000	可
	ϵ_t	地震時(2)	286	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	ϵ_c	地震時(2)	-319	-3000	可
	ϵ_s	地震時(2)	-159	-5000	可
	ϵ_t	地震時(2)	266	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 Q_x (N/mm)	評価基準値 (N/mm)	判定
M7	地震時(2)	9719	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 Q_y (N/mm)	評価基準値 (N/mm)	判定
M8	地震時(2)	10691	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	$c\sigma_c$	地震時(1)	-11.6	-33.1	可
	$s\sigma_c$	(異常+地震)時	-68.0	-345.0	可
	$s\sigma_t$	地震時(1)	253.8	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	$c\sigma_c$	(異常+地震)時	-11.6	-33.1	可
	$s\sigma_c$	(異常+地震)時	-68.4	-345.0	可
	$s\sigma_t$	(異常+地震)時	253.4	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)	5652	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)	7140	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

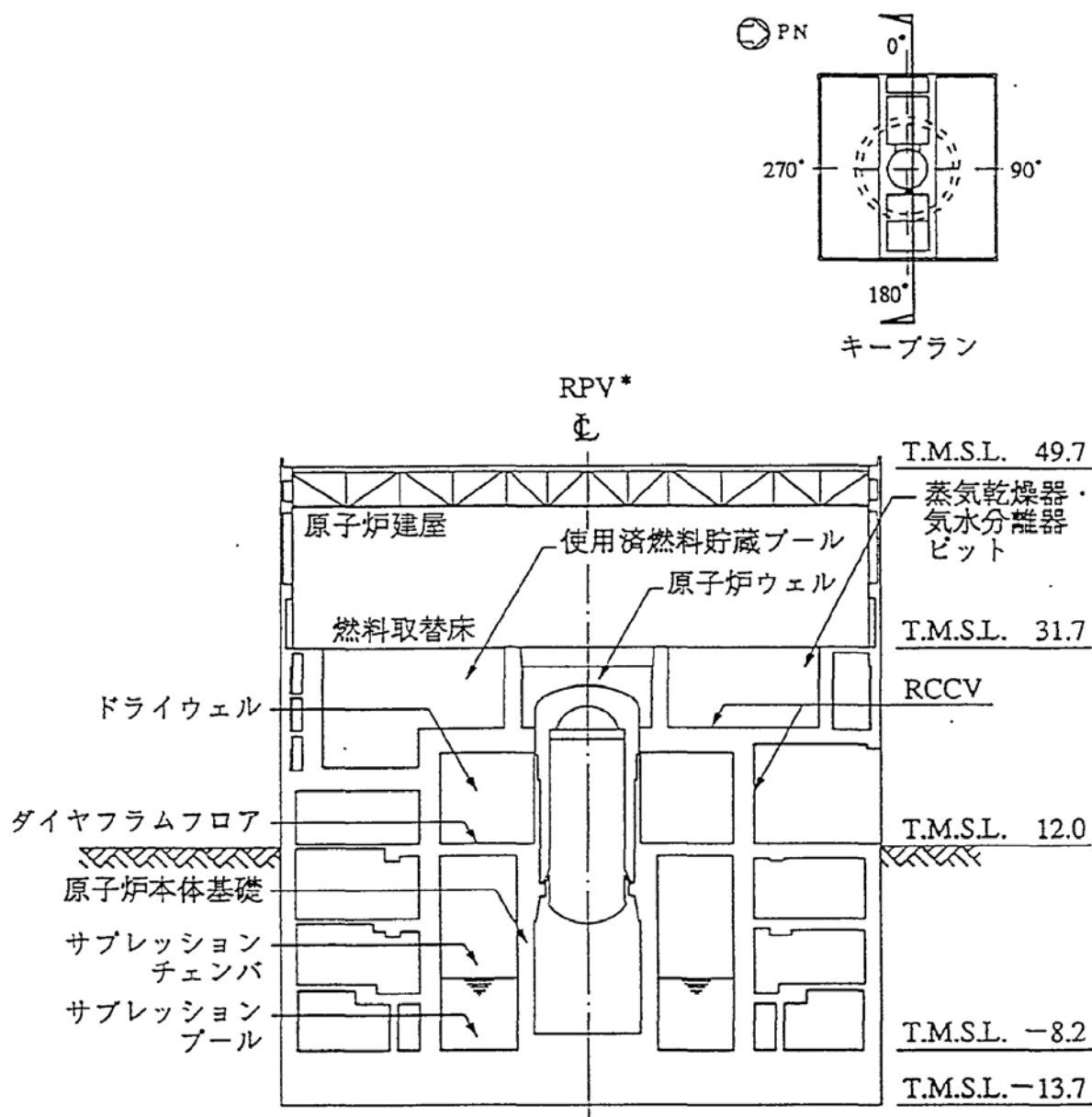
使用済燃料貯蔵プールは原子炉建屋の燃料取替床（T.M.S.L. 31.7m）付近に位置する鉄筋コンクリート構造物で、使用済燃料、制御棒および使用済燃料輸送容器が収容される。

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）。

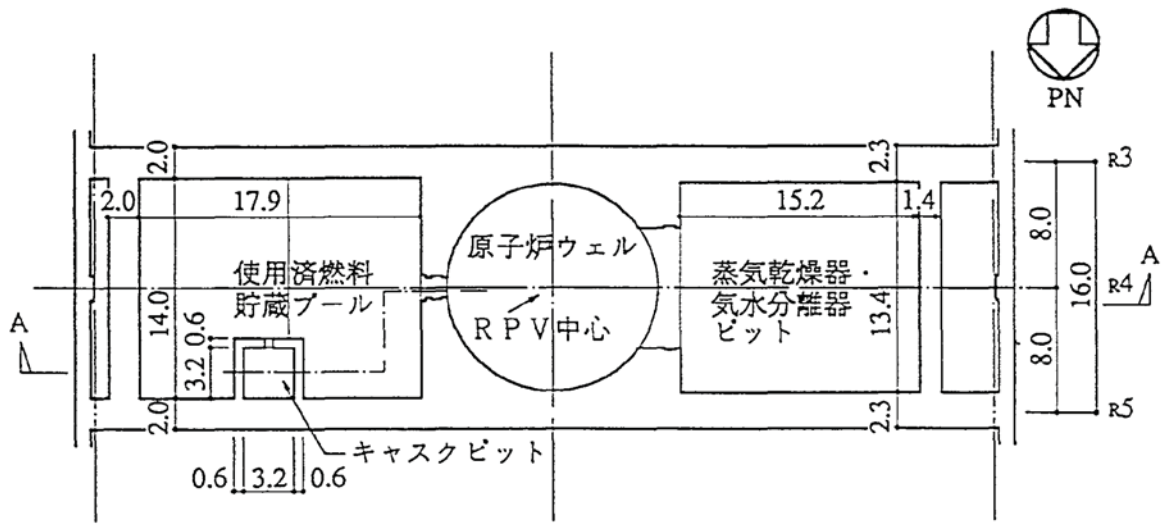
プールの配置図を第 6.6.1-1 図に、平面図および断面図を第 6.6.1-2 図に示す。

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。

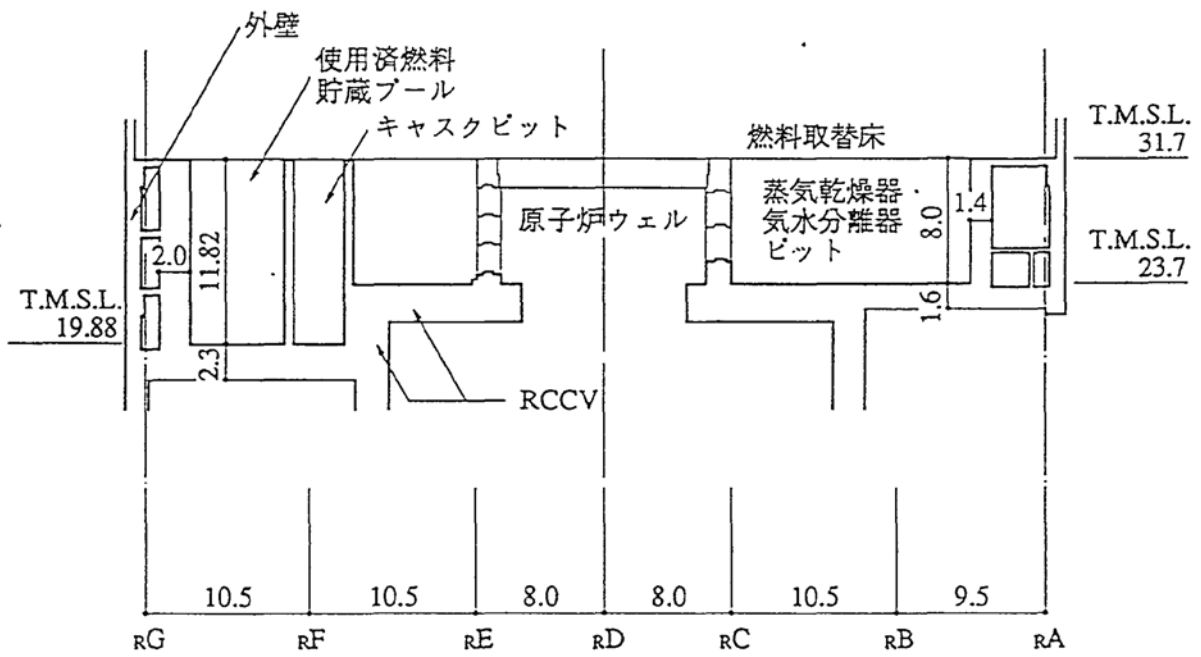


注記 * : 原子炉圧力容器 (以下, 「RPV」と略す。) (単位 : m)

第 6.6.1-1 図 プールの配置図



平面図



A-A 断面図

(単位：m)

第 6.6.1-2 図 プールの平面図および断面図

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

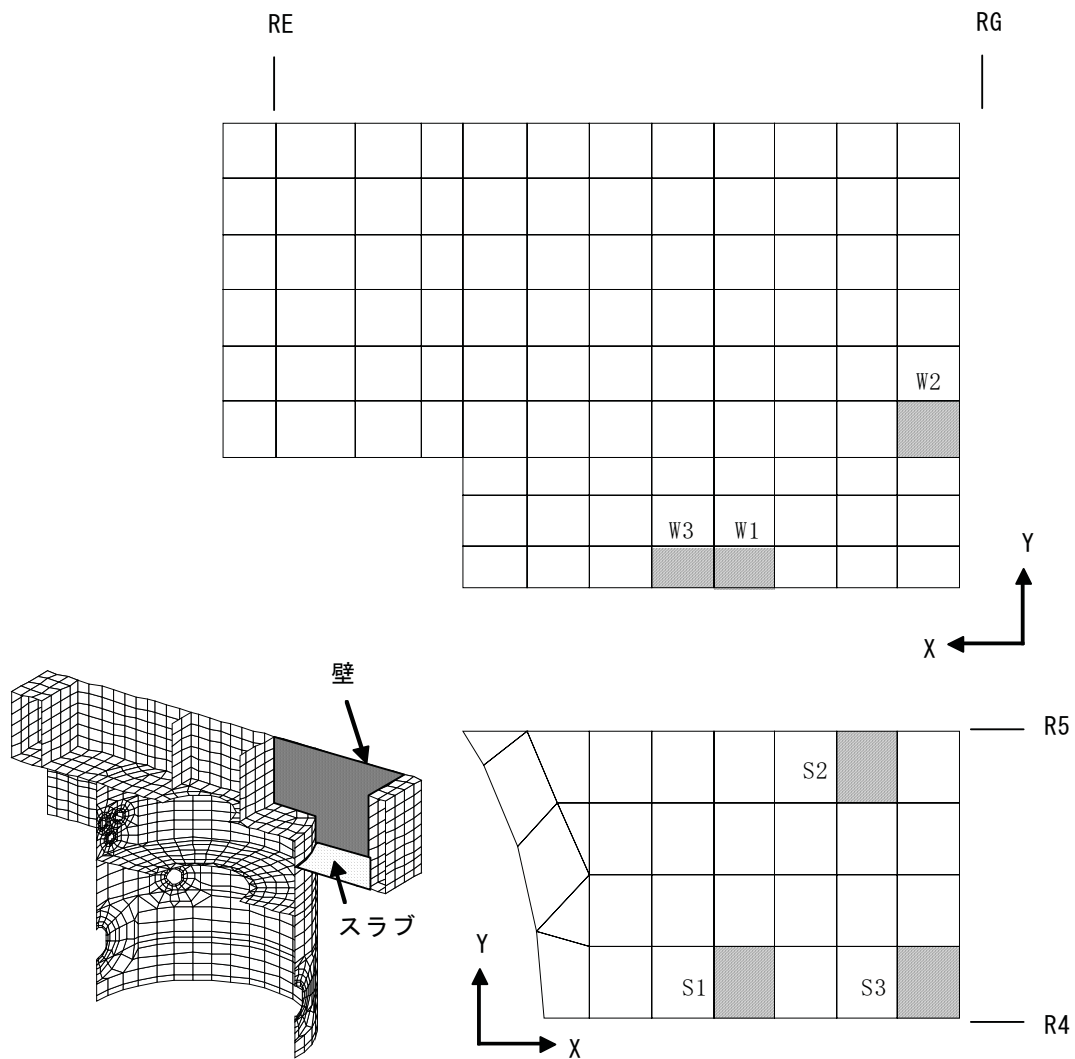
6.6.3. 応力解析

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（「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					—
W2	3-D38@200	3-D38@200	3-D38@200	3-D38@200	
W3					

位置	上ば筋		下ば筋		せん断補強筋
	x 方向	y 方向	x 方向	y 方向	
S1					—
S2	4-D38@200	3-D38@200	4-D38@200	3-D38@200	
S3					

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、面内せん断力の検討結果を第 6.6.5-2 表に、面外せん断力の検討結果を第 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	-102	-3000	可
	$s \varepsilon_c$	地震時	-31	-5000	可
	$s \varepsilon_t$	地震時	249	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	-132	-3000	可
	$s \varepsilon_c$	地震時	-52	-5000	可
	$s \varepsilon_t$	地震時	270	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 N_{xy} (N/mm)	評価基準値 (N/mm)	判定
W2	地震時	4451	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 N_{xy} (N/mm)	評価基準値 (N/mm)	判定
S2	地震時	1709	11758	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	1481	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	1835	2109	可

6.7. コントロール建屋の耐震安全性評価

柏崎刈羽原子力発電所7号機 「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」の改訂に伴う耐震安全性評価結果 報告書（改訂1）（原管発官20第441号 平成21年1月9日付け, 原管発官21第40号 平成21年4月24日付けで「柏崎刈羽原子力発電所7号機 タービン建屋の地震応答解析における耐震壁及び補助壁の取扱いの不適合」に伴う再評価結果等を反映）に示すとおり。

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

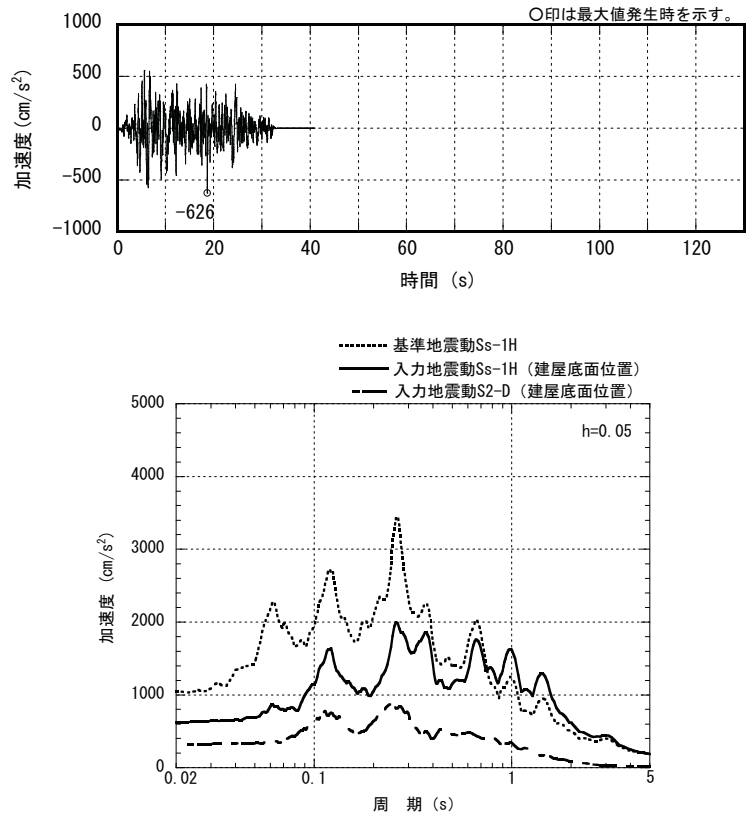
6号機原子炉建屋の入力地震動に関する検討資料

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

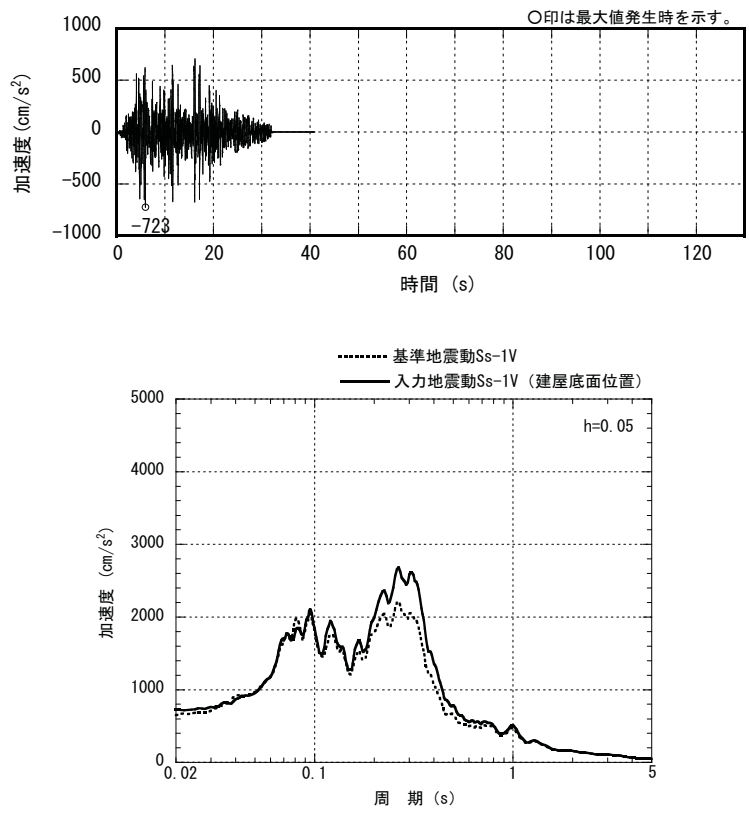
水平方向の入力地震動は，解放基盤表面で定義される基準地震動 S_s (2E) を用いて，一次元波動論により算定した建屋側面及び底面位置での応答波 (E+F) とする。

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

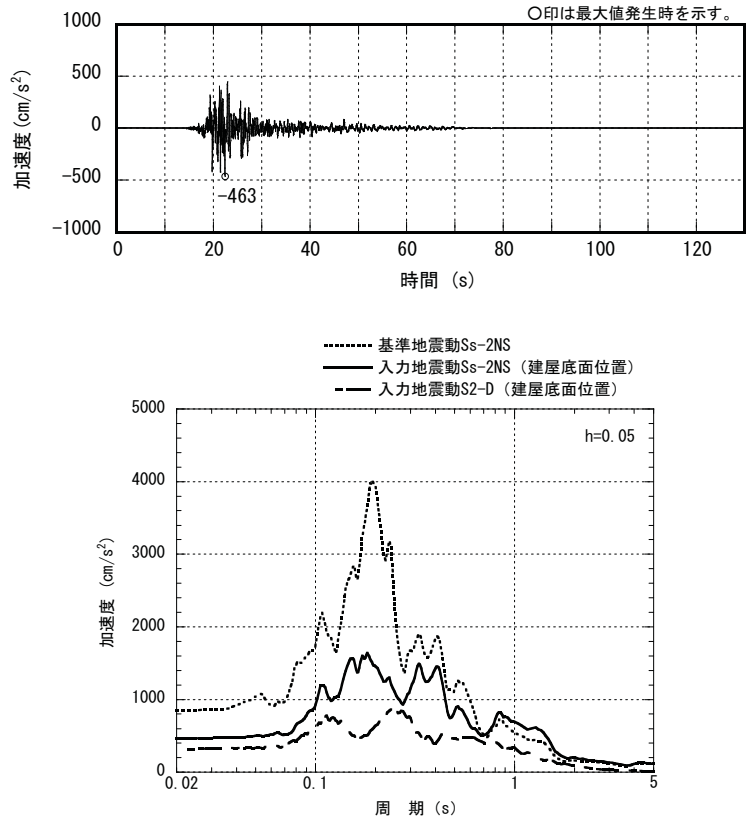
水平及び鉛直方向の建屋底面位置における入力地震動の時刻歴波形及び加速度応答スペクトルを添図-1～添図-5に示す。加速度応答スペクトルについては基準地震動 S_s と比較して示す。



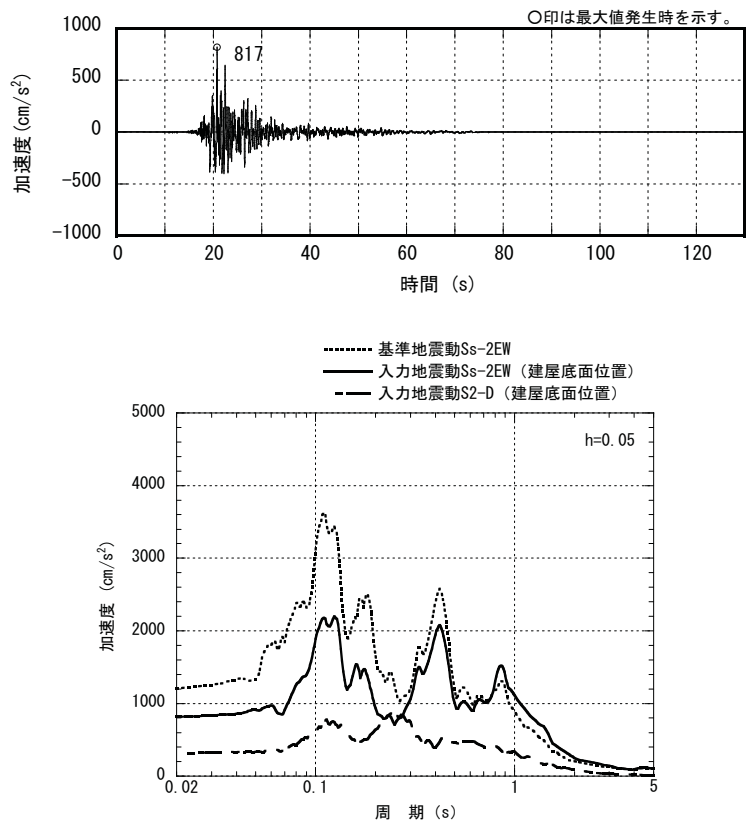
添図-1(a) 水平方向入力地震動の時刻歴波形と加速度応答スペクトル (Ss-1H)



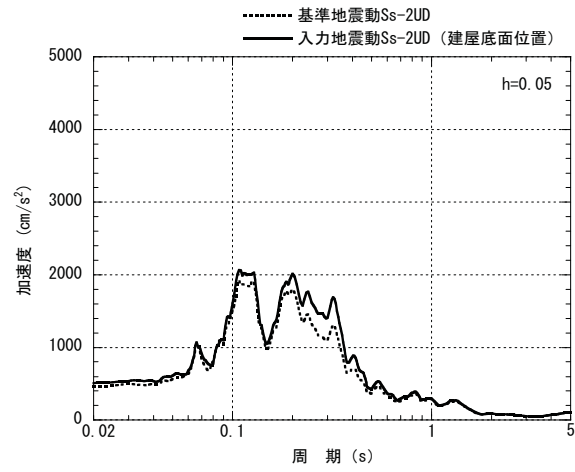
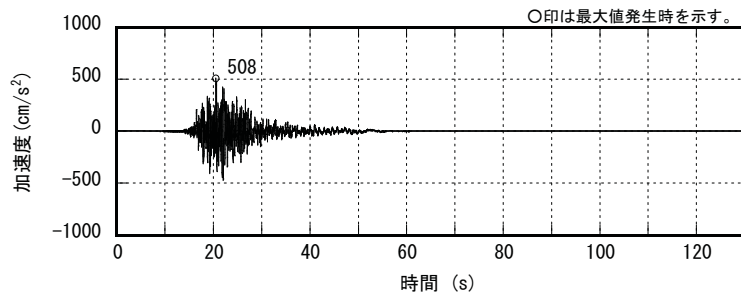
添図-1(b) 鉛直方向入力地震動の時刻歴波形と加速度応答スペクトル (Ss-1V)



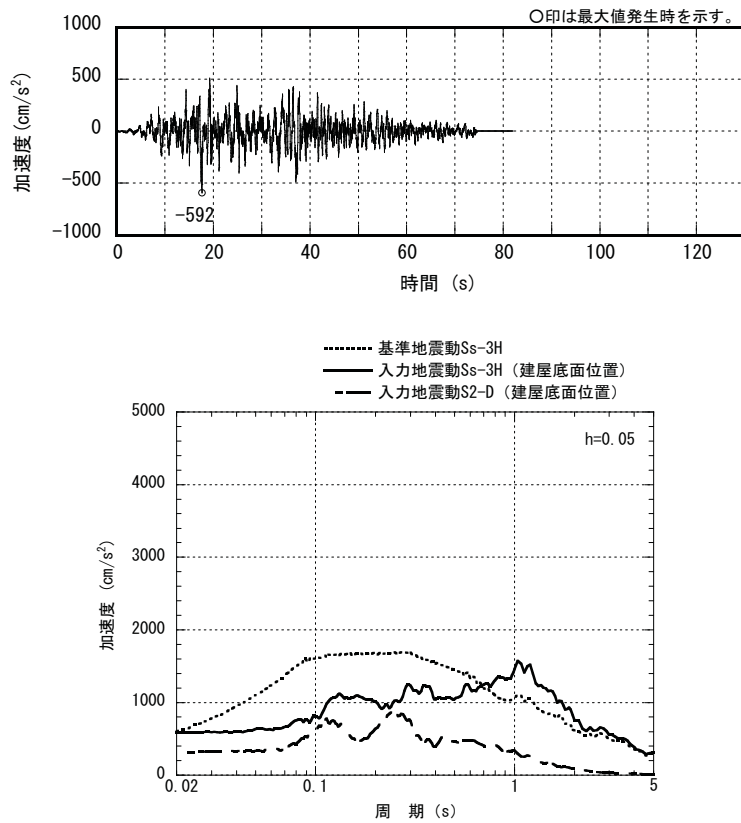
添図-2(a) 水平方向入力地震動の時刻歴波形と加速度応答スペクトル (Ss-2NS)



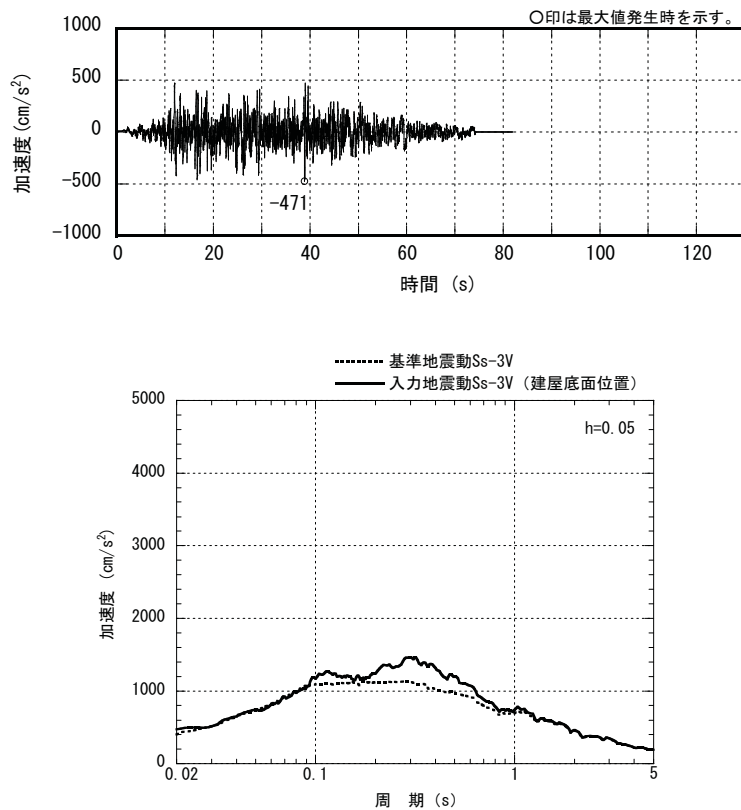
添図-2(b) 水平方向入力地震動の時刻歴波形と加速度応答スペクトル (Ss-2EW)



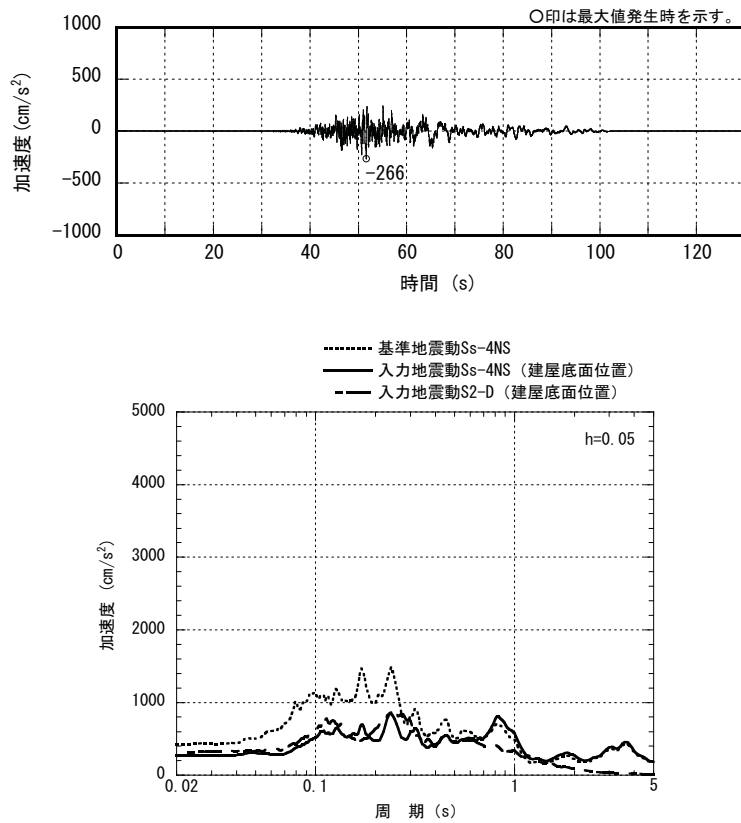
添図-2(c) 鉛直方向入力地震動の時刻歴波形と加速度応答スペクトル (Ss-2UD)



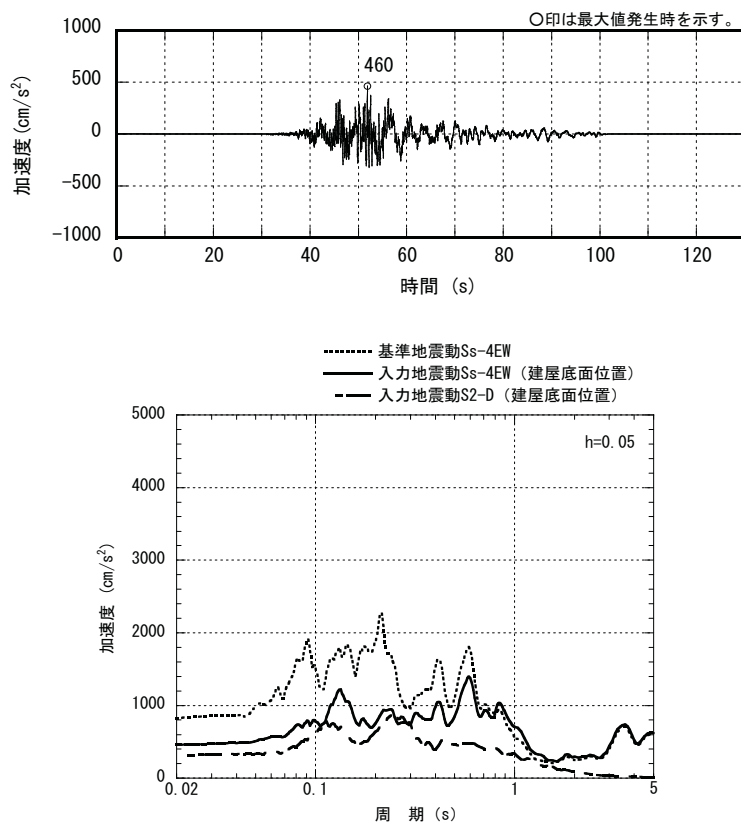
添図-3(a) 水平方向入力地震動の時刻歴波形と加速度応答スペクトル (Ss-3H)



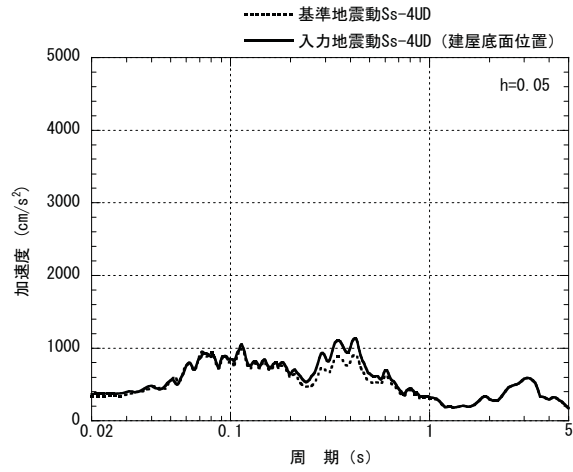
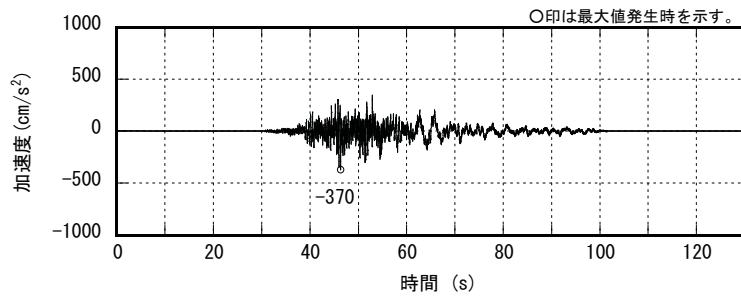
添図-3(b) 鉛直方向入力地震動の時刻歴波形と加速度応答スペクトル (Ss-3V)



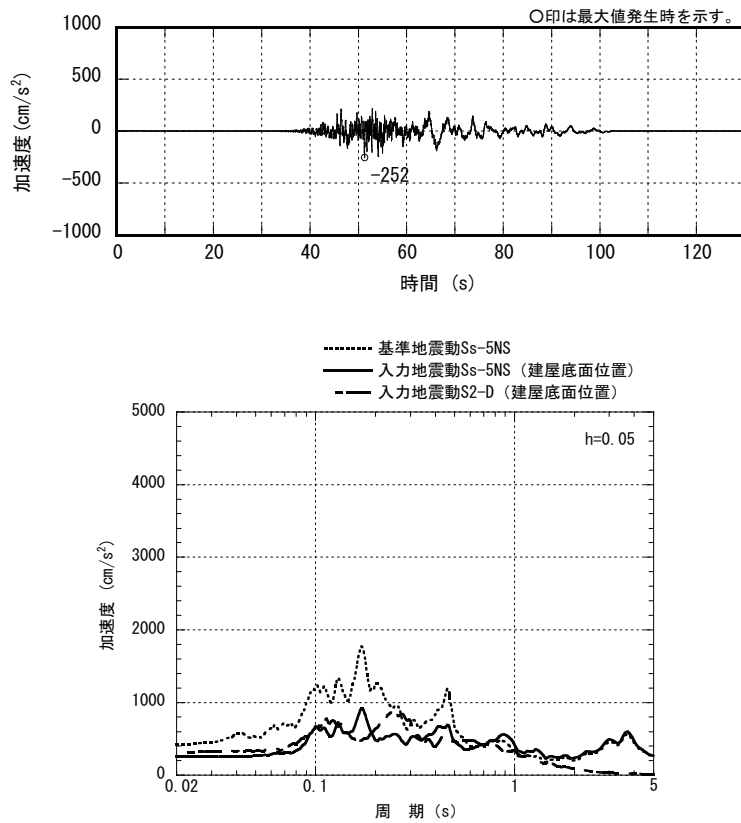
添図-4(a) 水平方向入力地震動の時刻歴波形と加速度応答スペクトル (Ss-4NS)



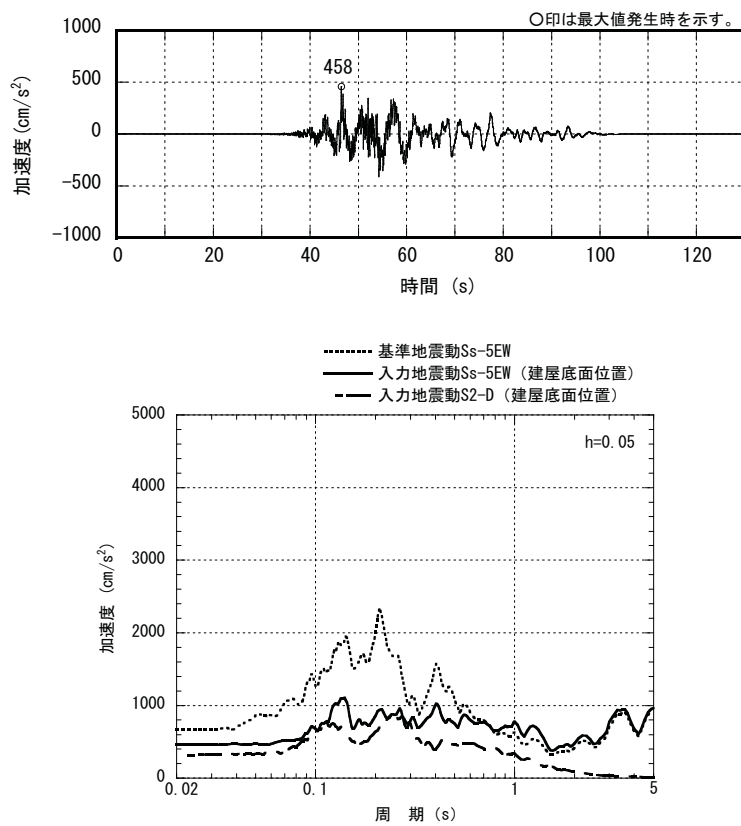
添図-4(b) 水平方向入力地震動の時刻歴波形と加速度応答スペクトル (Ss-4EW)



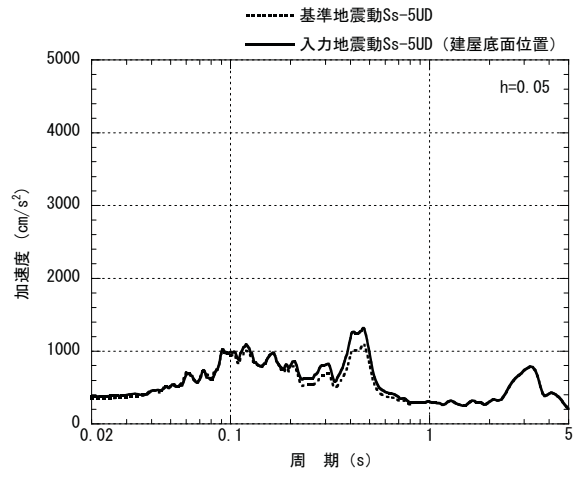
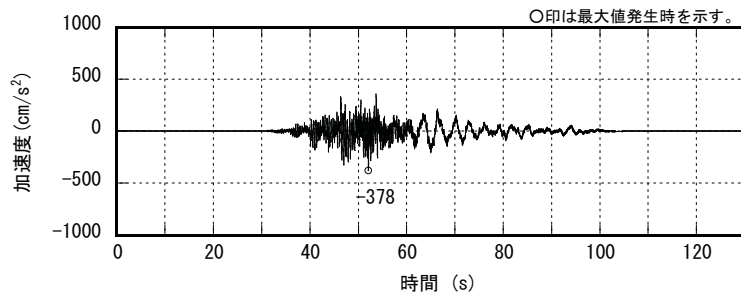
添図-4(c) 鉛直方向入力地震動の時刻歴波形と加速度応答スペクトル (Ss-4UD)



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



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



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

参考資料 6.1 原子炉建屋 補助壁の評価について

(1) 耐震壁の規定と補助壁として考慮した壁の選定条件

原子力施設における耐震壁の一般的な規定としては、以下に示すとおりである。

日本建築学会 RC-N 規準*における耐震壁の規定（算定外の規定）

- ・ 壁厚 200mm 以上、かつ、壁板の内法寸法の 1/30 以上
- ・ せん断補強筋は、0.25%以上（直交する 2 方向それぞれ）
（付帯ラーメンのない場合のせん断補強筋比は、壁筋の許容引張応力度に対するコンクリートの許容せん断応力度との比以上を確保）
- ・ 壁筋は複筋配置とする
- ・ 壁筋は D13 以上の異形鉄筋を用いる
（壁の見付け面に対する間隔は 300mm 以下）
- ・ 開口補強筋は D13 以上、かつ、壁筋と同径以上の異形鉄筋を用いる
- ・ 付帯ラーメンがある場合には、その柱・梁に適切な靱性を確保させる

*原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（2005）

一方、柏崎刈羽原子力発電所において設計モデルに採用している耐震壁は、参図-6.1.1～参図-6.1.4 に示すとおりである。また、今回の解析に採用した補助壁の判断基準についても参表-6.1.1 に合わせて示す。

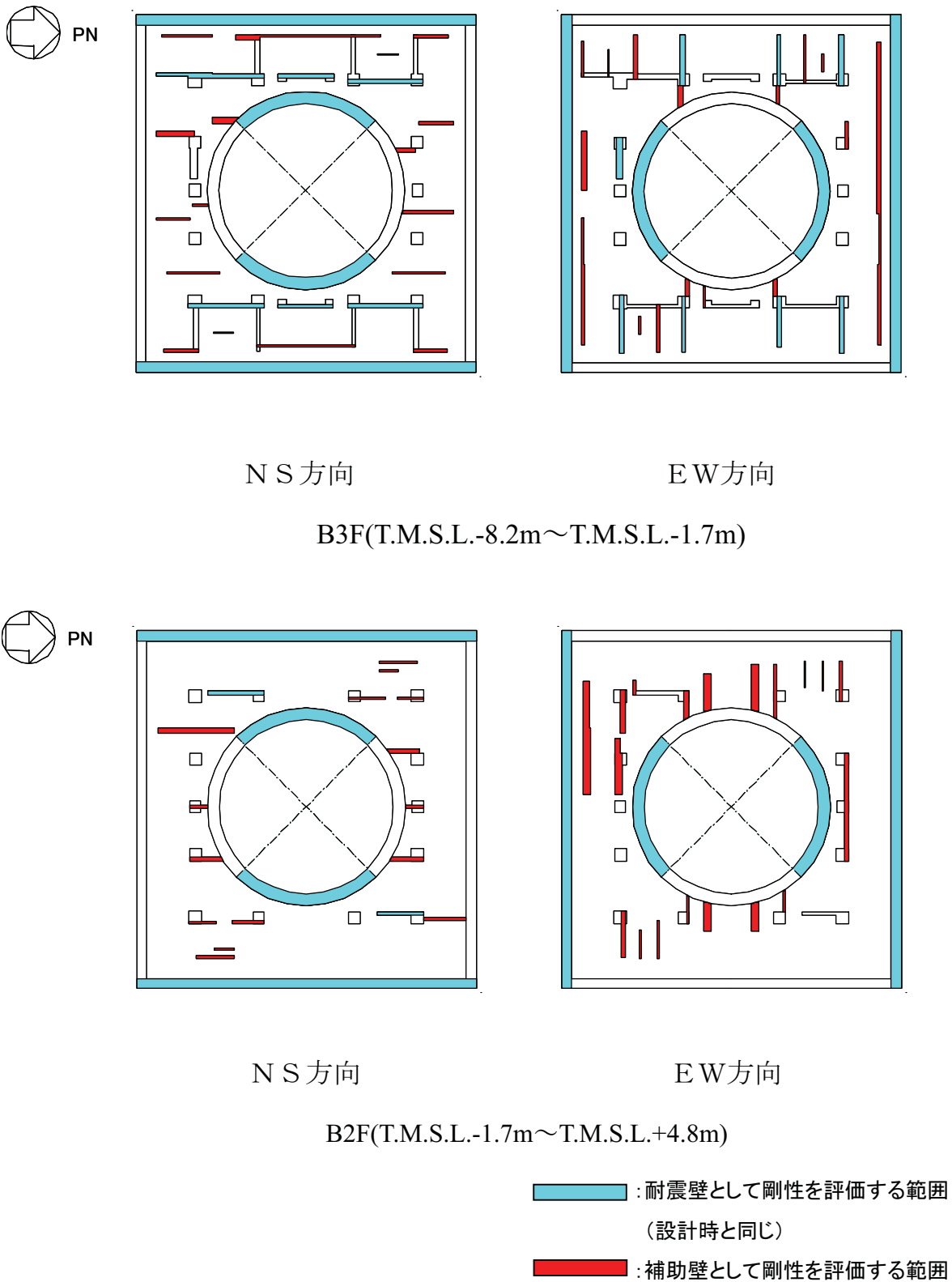
参表-6.1.1 解析に採用した耐震壁と補助壁の選定条件

耐震壁	補助壁
<ul style="list-style-type: none"> 壁の厚さは 300mm 以上，かつ壁の内法高さの 1/30 以上 	同左
<ul style="list-style-type: none"> 壁のせん断補強筋比は，直交する各方向に関し，それぞれ 0.6%以上 	<ul style="list-style-type: none"> 壁のせん断補強筋比は，直交する各方向に関し，それぞれ 0.25%以上
<ul style="list-style-type: none"> 基礎スラブから連続して立ち上がっている壁 	<ul style="list-style-type: none"> 下階まで壁が連続している，もしくは床スラブを介して壁に生じるせん断力を下階の耐震壁に伝達できる壁
<ul style="list-style-type: none"> フレーム構面内（柱，梁間）の壁 	<ul style="list-style-type: none"> フレーム構面外でも上記を満たす壁

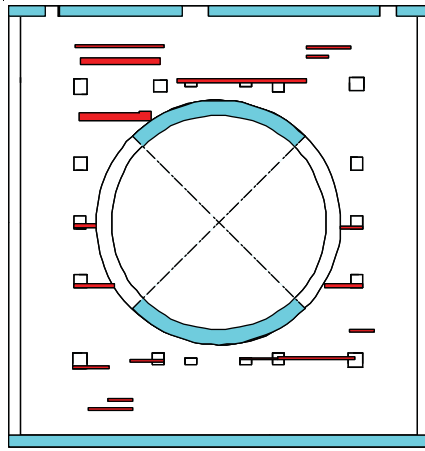
なお，補助壁は，耐震壁と同等の品質管理を行った上で同時期に施工しており，今後も継続的に耐震壁と同等の保守管理を行っていく予定である。

(2) 補助壁として考慮した壁の範囲

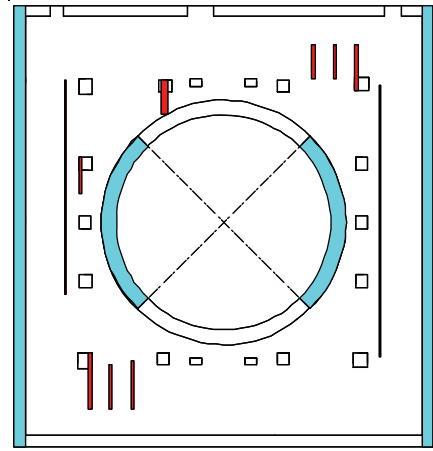
原子炉建屋の地震応答解析時に剛性を評価する範囲を以下に示す。



参図-6.1.1 剛性を評価する壁の範囲

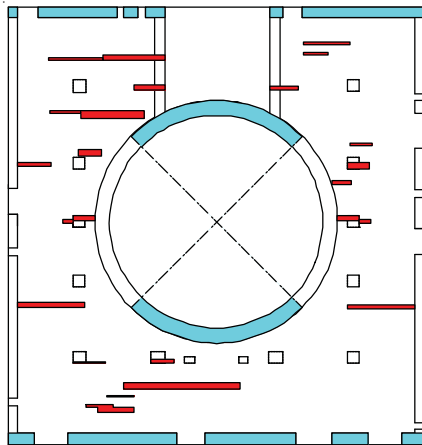


NS方向

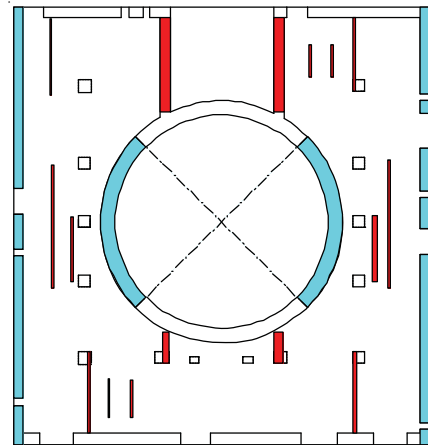


EW方向

B1F(T.M.S.L.+4.8m~T.M.S.L.+12.3m)




NS方向



EW方向

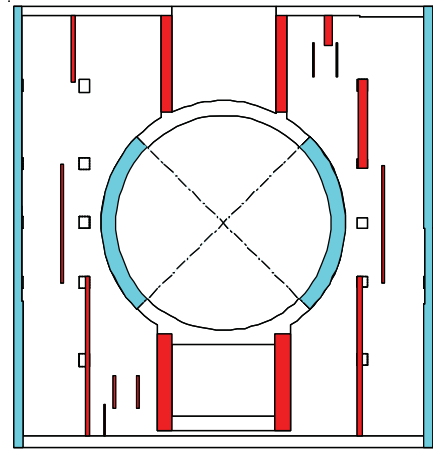
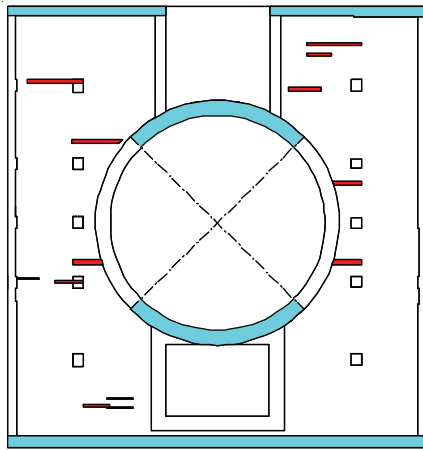
1F(T.M.S.L. +12.3m~T.M.S.L.+ 18.1m)

 :耐震壁として剛性を評価する範囲

(設計時と同じ)

 :補助壁として剛性を評価する範囲

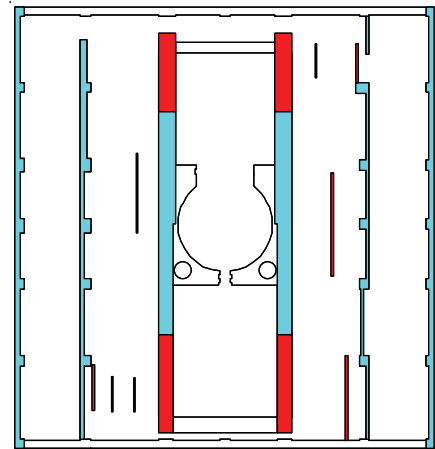
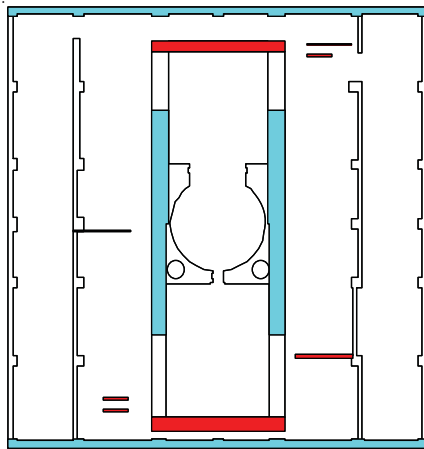
参図-6.1.2 剛性を評価する壁の範囲



NS方向

EW方向



2F(T.M.S.L.+18.1m~T.M.S.L.+23.5m)



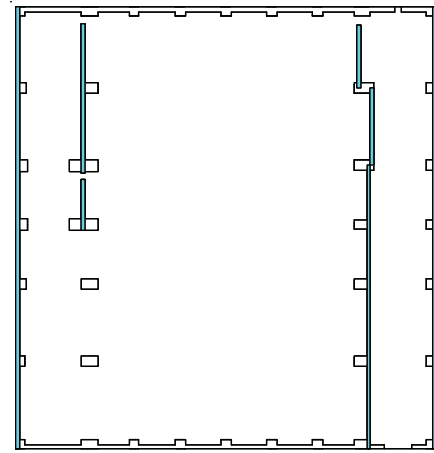
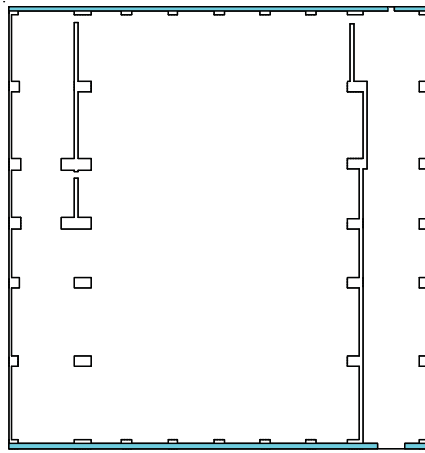
NS方向

EW方向

3F(T.M.S.L. +23.5m~T.M.S.L.+31.7m)

-  : 耐震壁として剛性を評価する範囲
(設計時と同じ)
-  : 補助壁として剛性を評価する範囲

参図-6.1.3 剛性を評価する壁の範囲

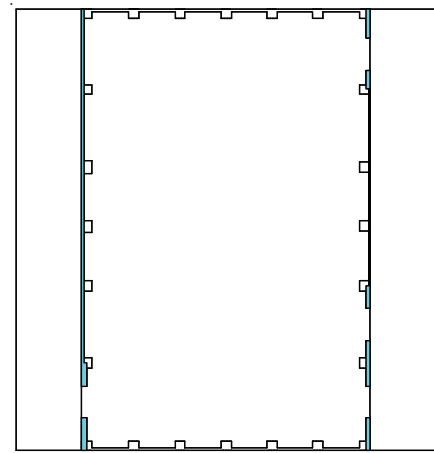
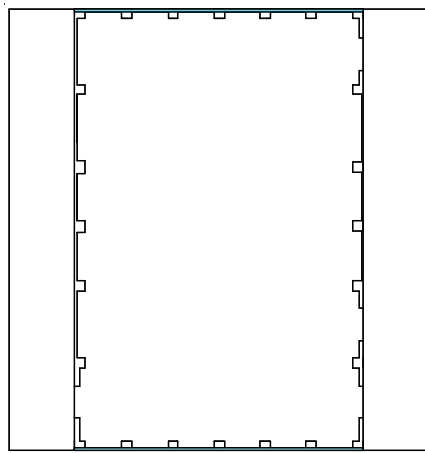


補助壁該当なし

NS方向

EW方向

4F(T.M.S.L.+31.7m~T.M.S.L. +38.2m)




補助壁該当なし

NS方向

EW方向

CRF(T.M.S.L. +38.2m~T.M.S.L.+49.7m)

 :耐震壁として剛性を評価する範囲

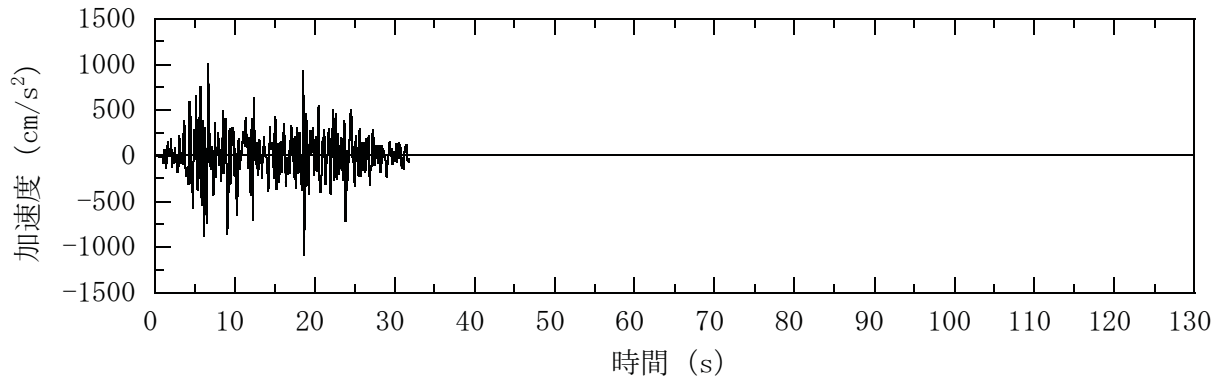
(設計時と同じ)

参図-6.1.4 剛性を評価する壁の範囲

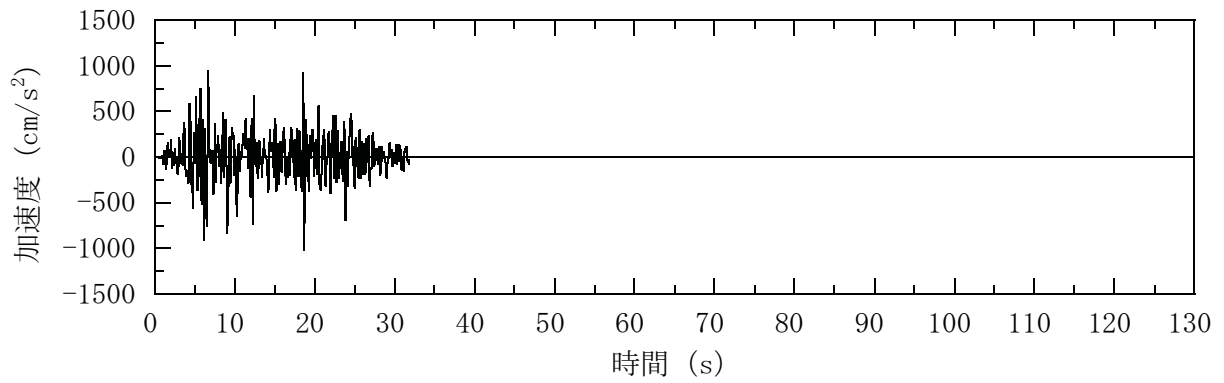
参考資料6.2 屋根トラス・排気筒の解析に用いる原子炉建屋の

応答波形

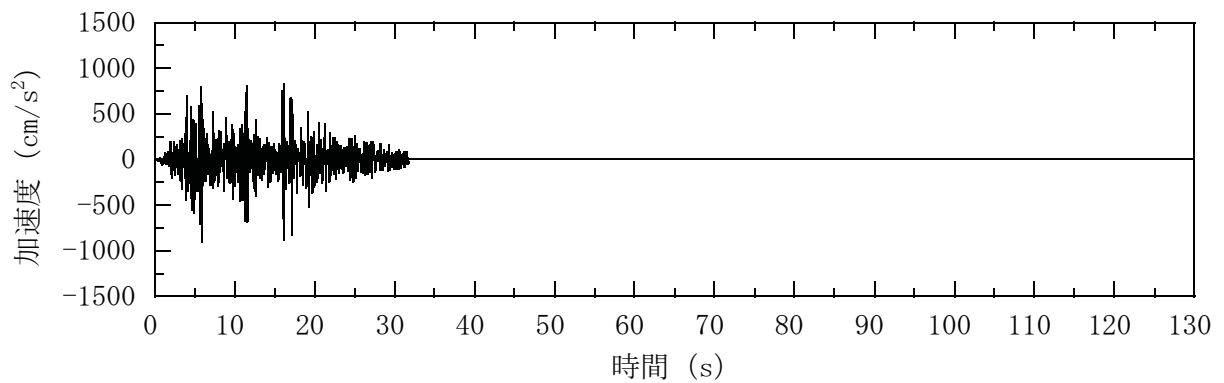
屋根トラスおよび排気筒の地震応答解析に用いる基準地震動 S_s に基づくオペフロレベル (T.M.S.L.31.7m) および屋上レベル (T.M.S.L.38.2m) の原子炉建屋の応答波について、参図-6.2.1～参図-6.2.10 に示す。



(a) NS 方向 (水平)

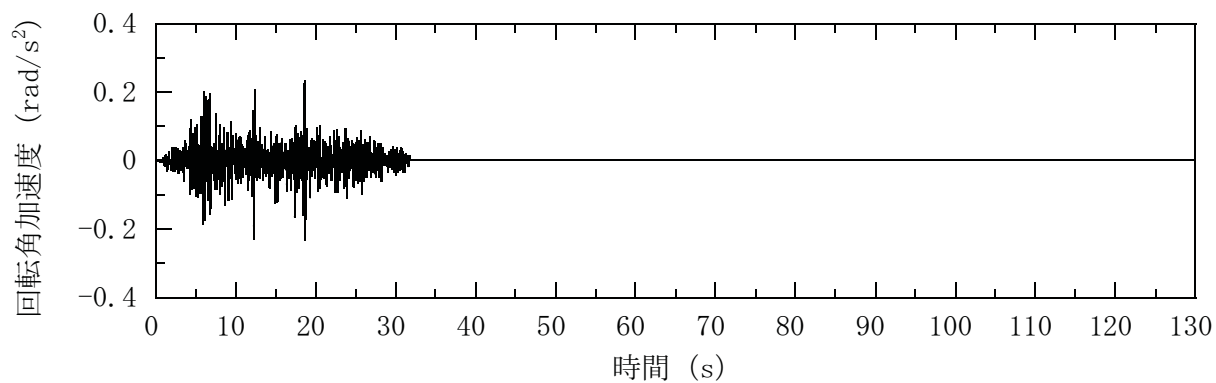


(b) EW 方向 (水平)

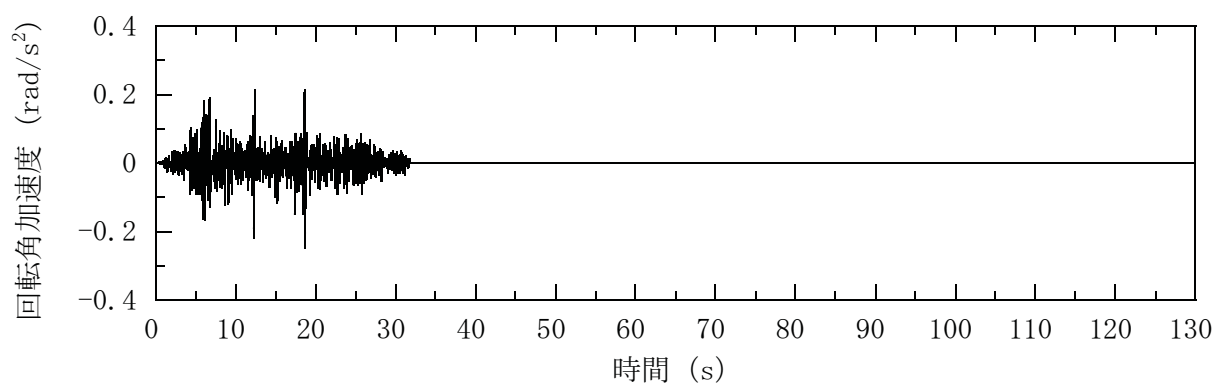


(c) 鉛直方向

参図-6.2.1(a) オペフロレベル (T.M.S.L.31.7m) の加速度波形
(Ss-1, 水平, 鉛直成分)

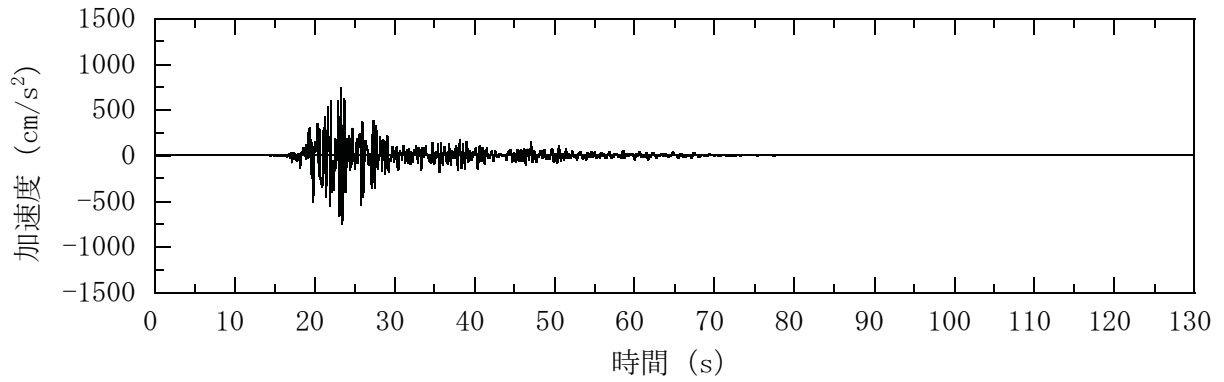


(d) NS 方向 (回転)

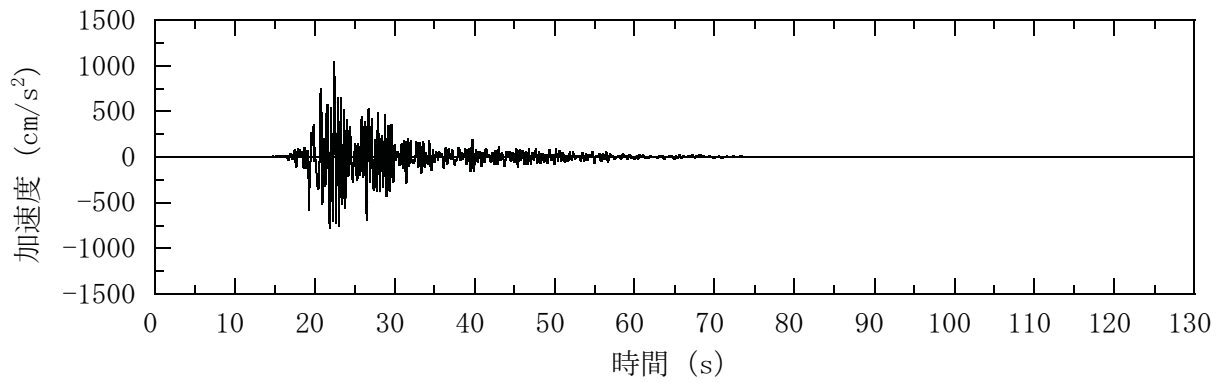


(e) EW 方向 (回転)

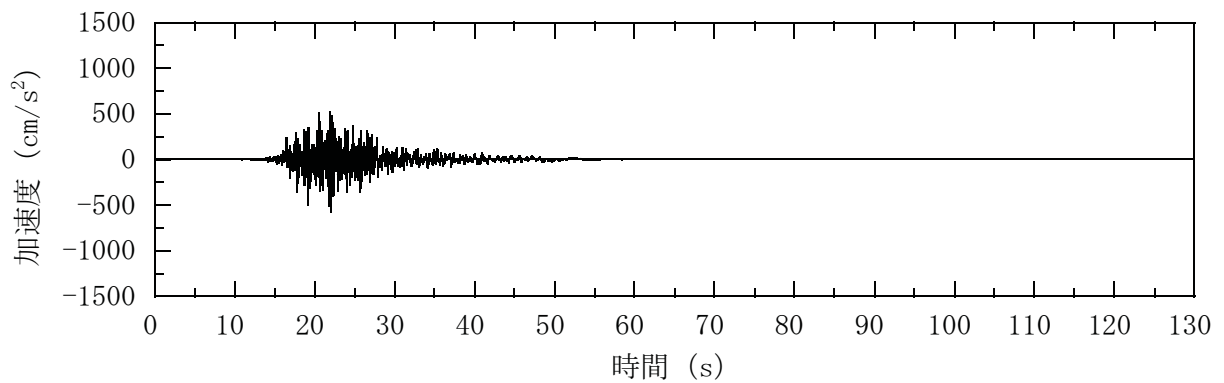
参図-6.2.1(b) オペフロレベル (T.M.S.L.31.7m) の加速度波形 (Ss-1, 回転成分)



(a) NS 方向 (水平)

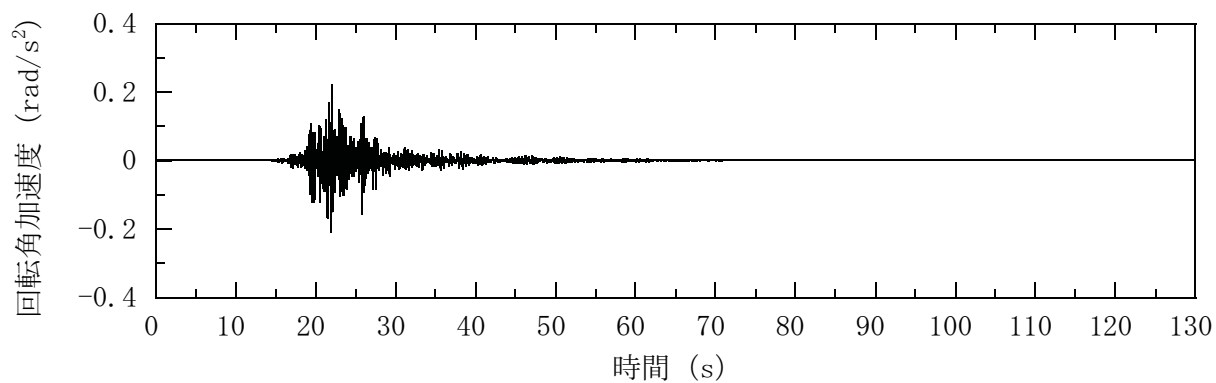


(b) EW 方向 (水平)

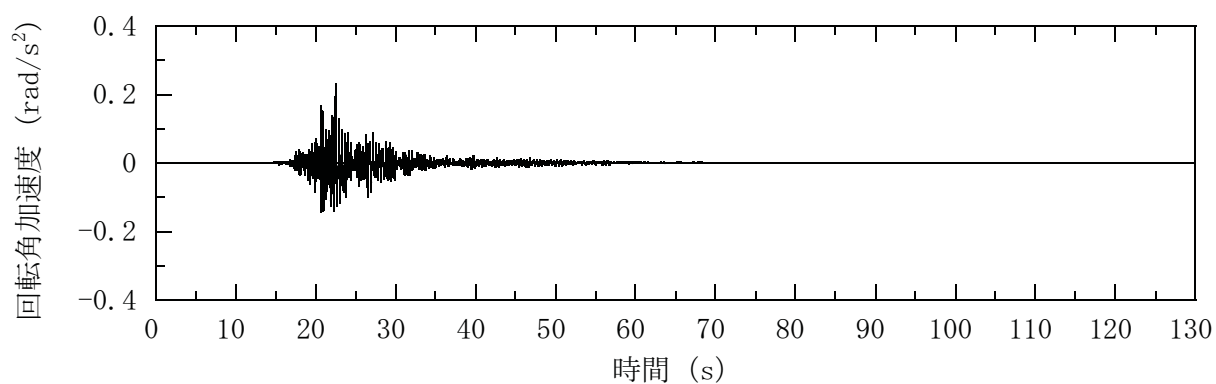


(c) 鉛直方向

参図-6.2.2(a) 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)

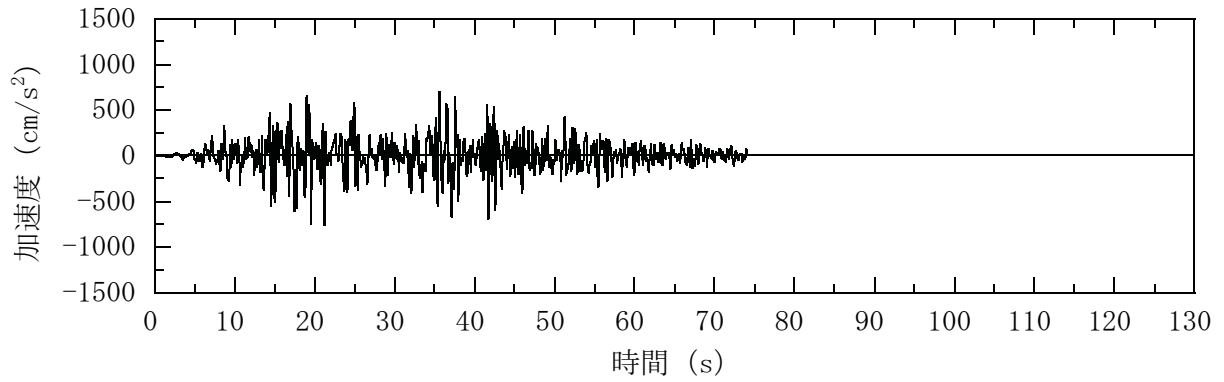


(d) NS 方向 (回転)

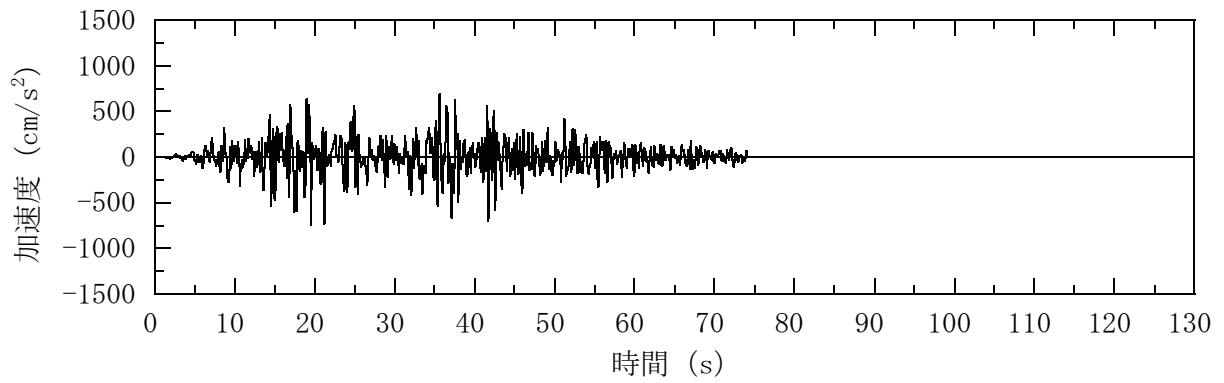


(e) EW 方向 (回転)

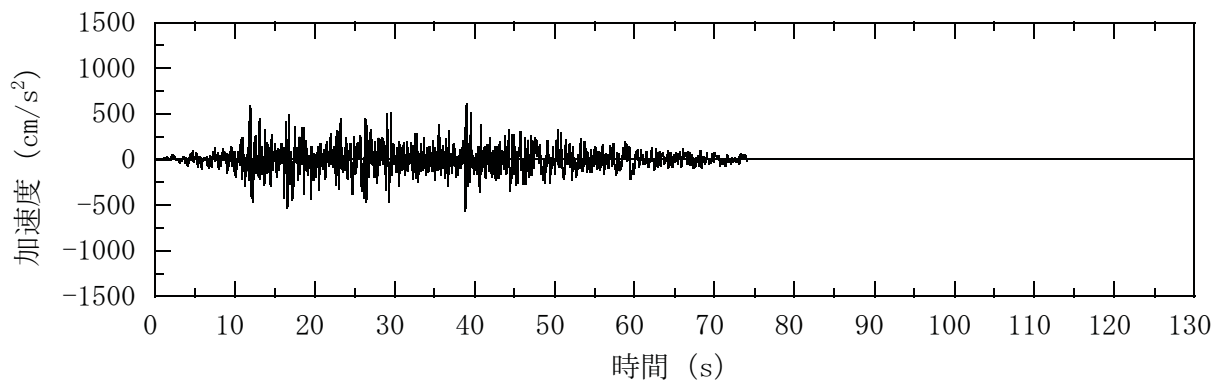
参図-6.2.2(b) オペフロレベル (T.M.S.L.31.7m) の加速度波形 (Ss-2, 回転成分)



(a) NS 方向 (水平)

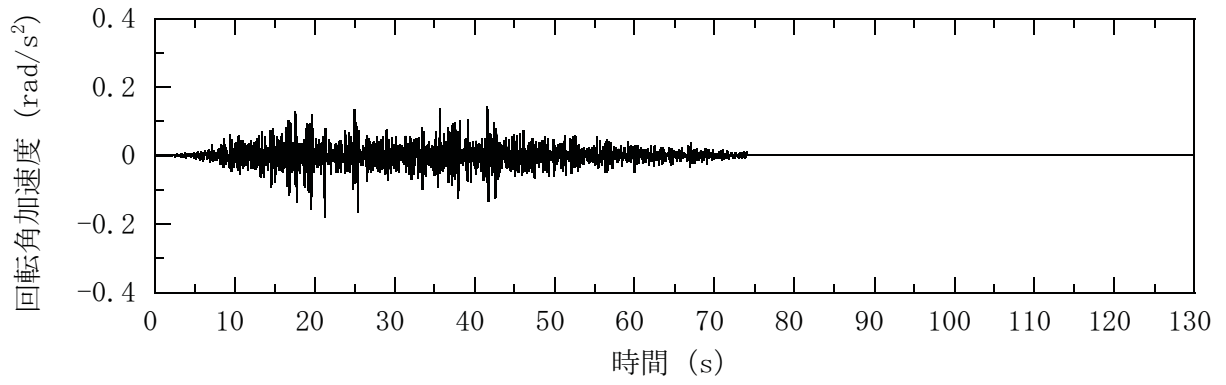


(b) EW 方向 (水平)

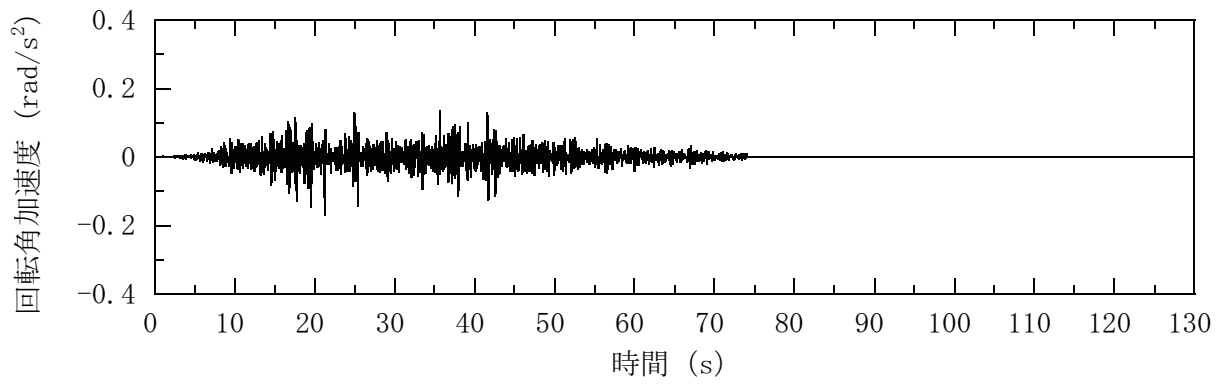


(c) 鉛直方向

参図-6.2.3(a) オペフロレベル (T.M.S.L.31.7m) の加速度波形
(Ss-3, 水平, 鉛直成分)

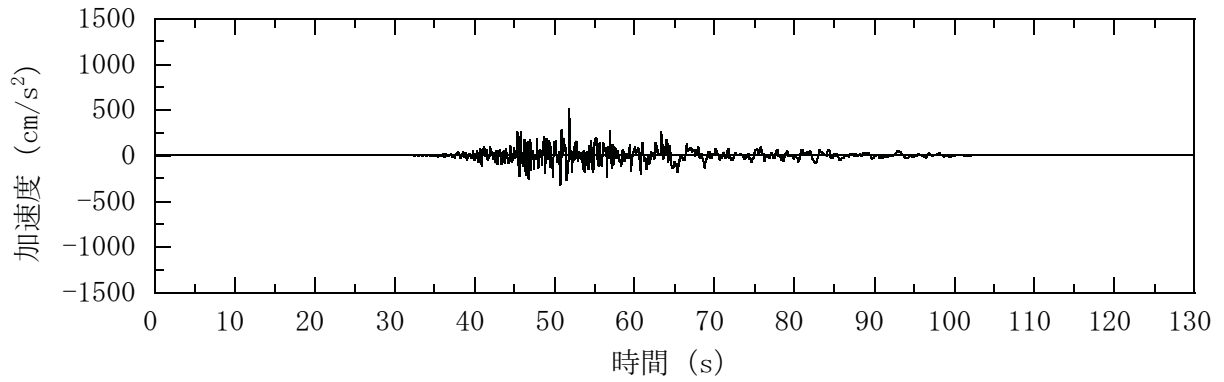


(d) NS 方向 (回転)

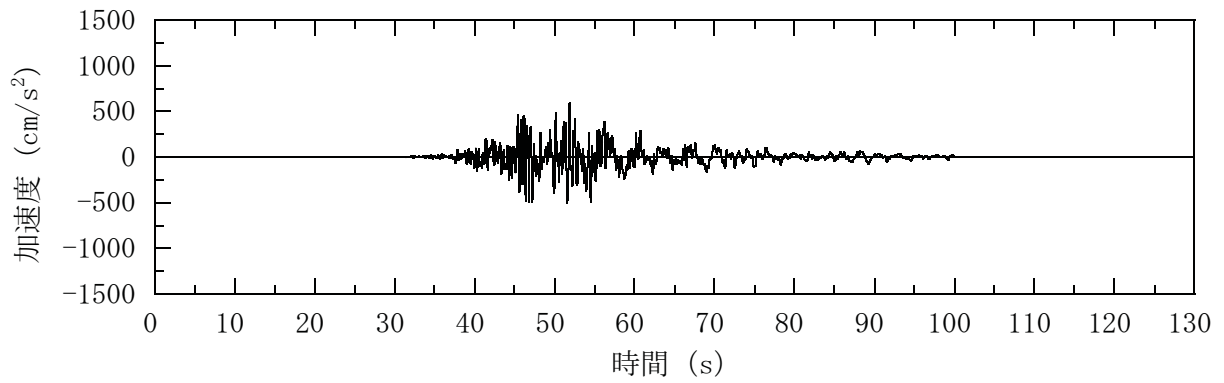


(e) EW 方向 (回転)

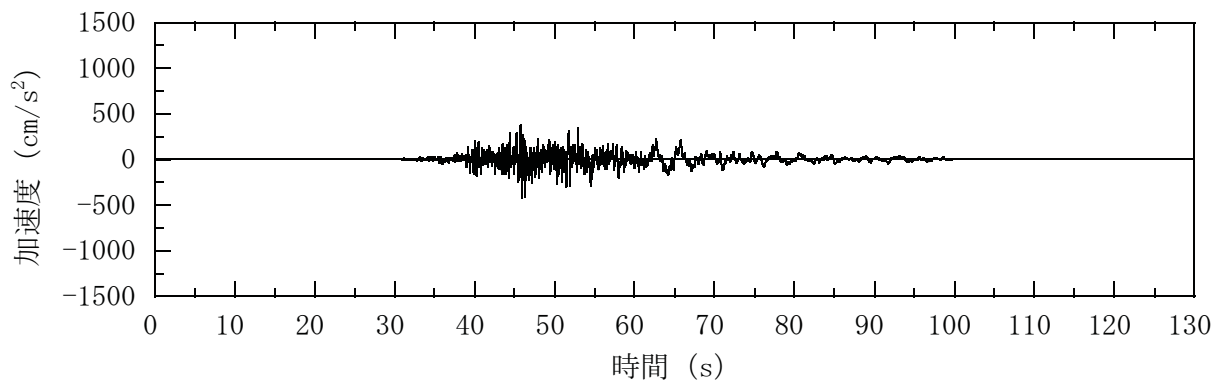
参図-6.2.3(b) オペフロレベル (T.M.S.L.31.7m) の加速度波形
(Ss-3, 回転成分)



(a) NS 方向 (水平)

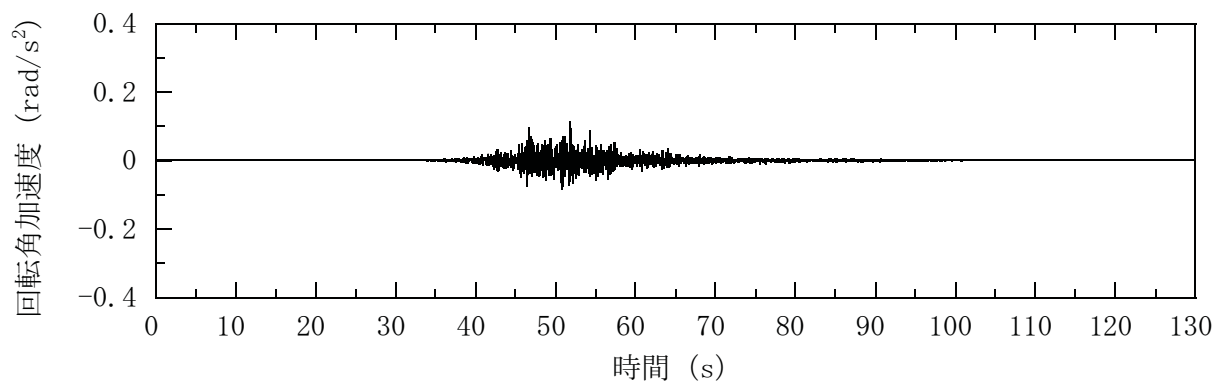


(b) EW 方向 (水平)

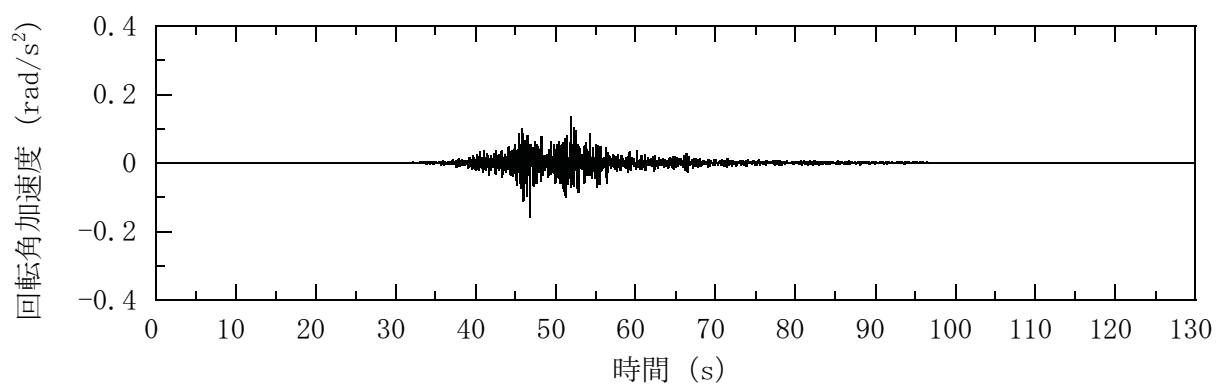


(c) 鉛直方向

参図-6.2.4(a) オペフロレベル (T.M.S.L.31.7m) の加速度波形
(Ss-4, 水平, 鉛直成分)

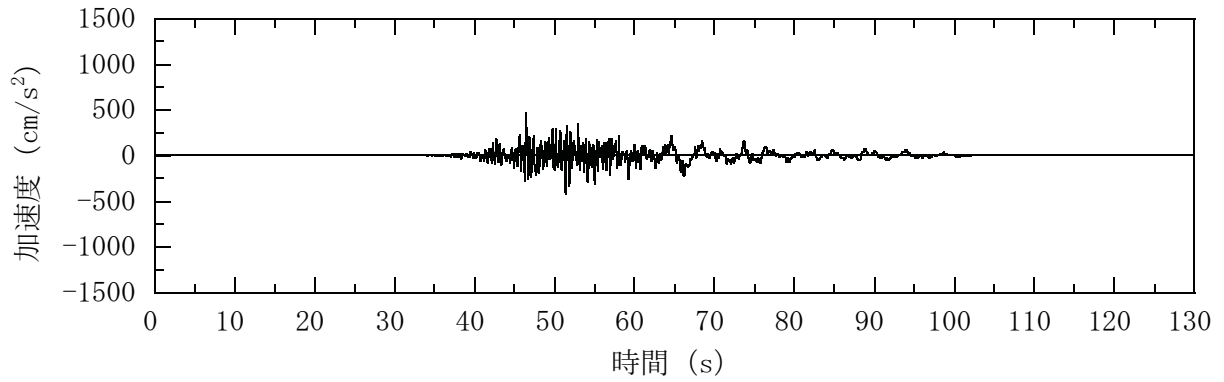


(d) NS 方向 (回転)

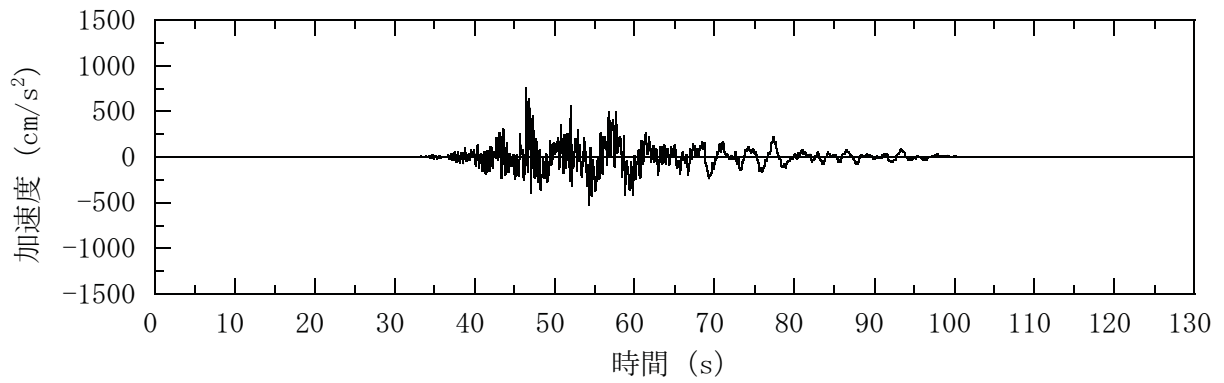


(e) EW 方向 (回転)

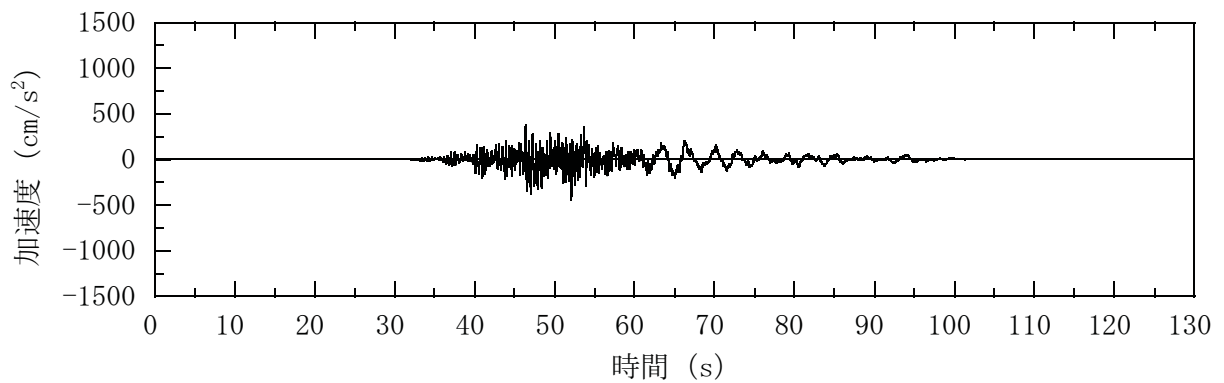
参図-6.2.4(b) オペフロレベル (T.M.S.L.31.7m) の加速度波形
(Ss-4, 回転成分)



(a) NS 方向 (水平)

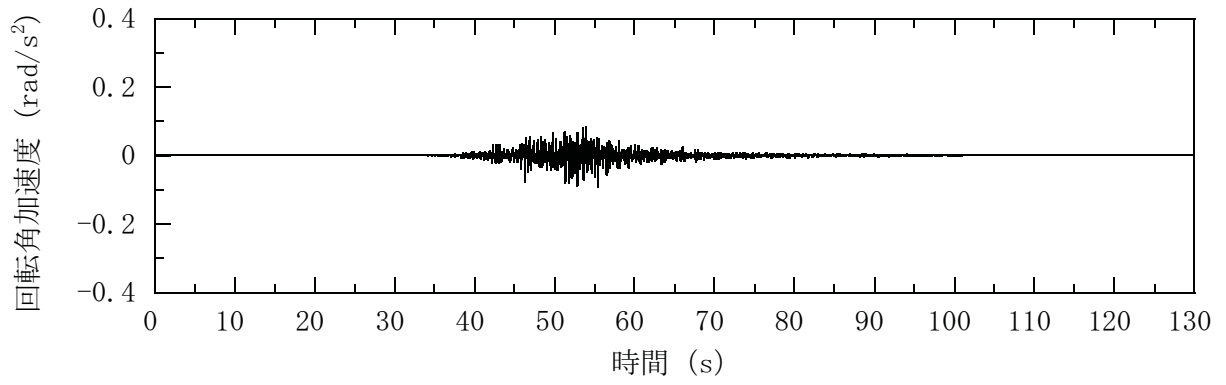


(b) EW 方向 (水平)

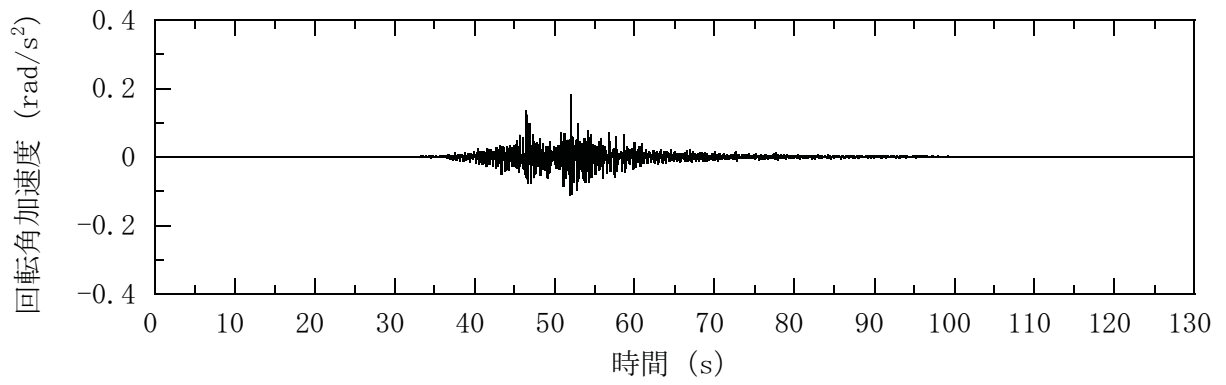


(c) 鉛直方向

参図-6.2.5(a) オペフロレベル (T.M.S.L.31.7m) の加速度波形
(Ss-5, 水平, 鉛直成分)

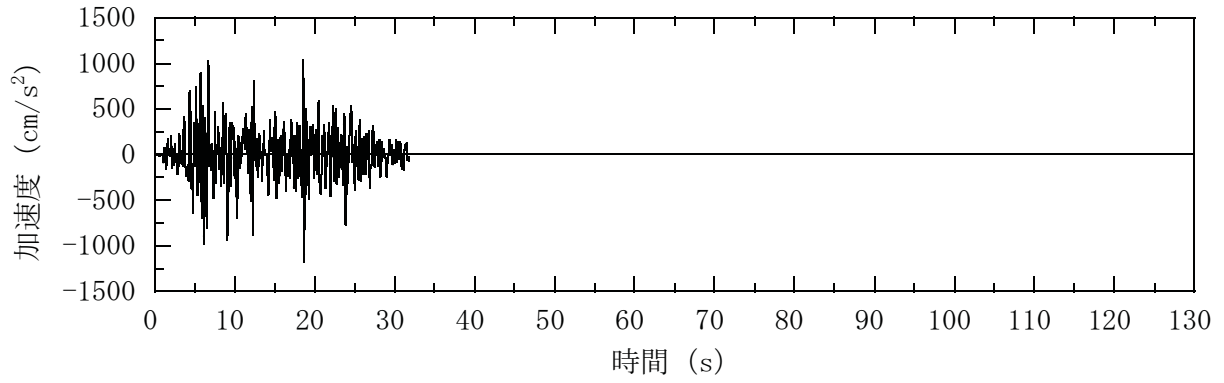


(d) NS 方向 (回転)

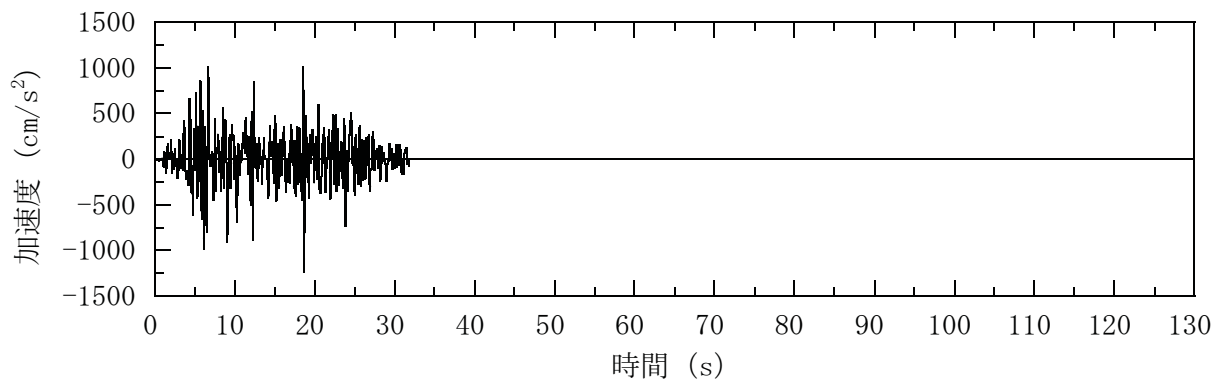


(e) EW 方向 (回転)

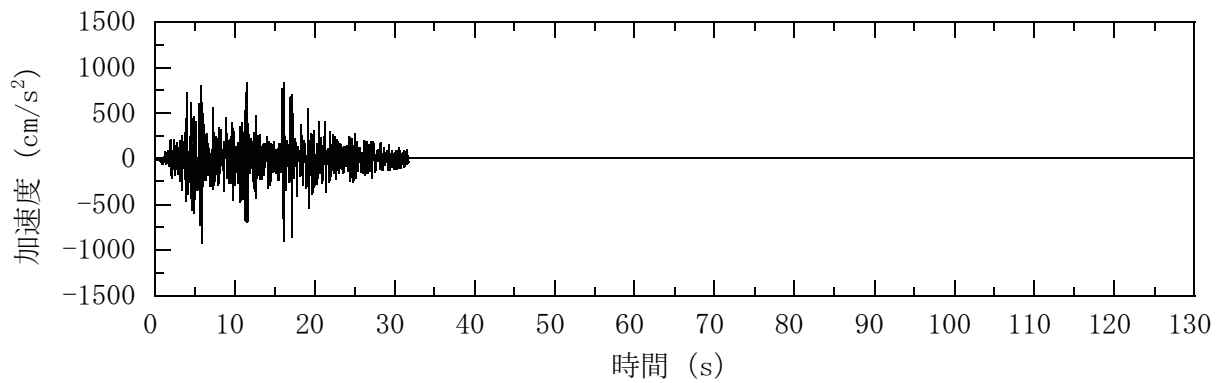
参図-6.2.5(b) オペフロレベル (T.M.S.L.31.7m) の加速度波形
(Ss-5, 回転成分)



(a) NS 方向 (水平)

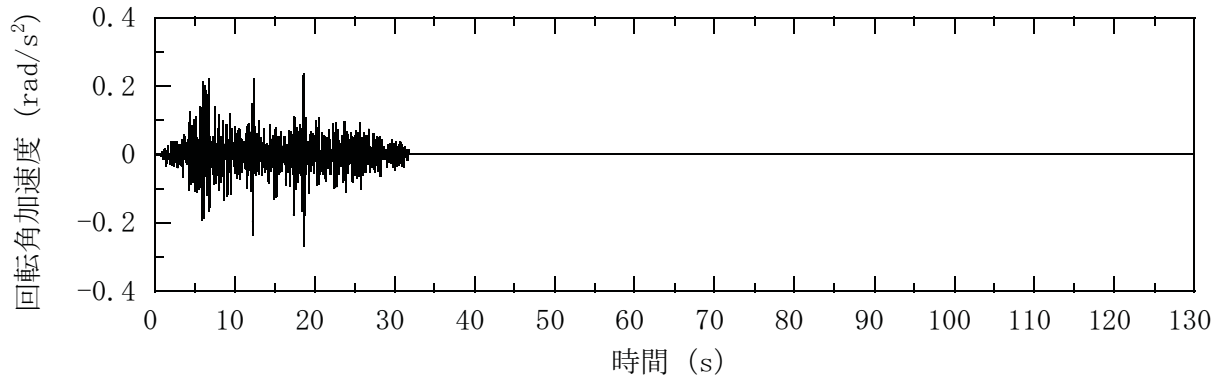


(b) EW 方向 (水平)

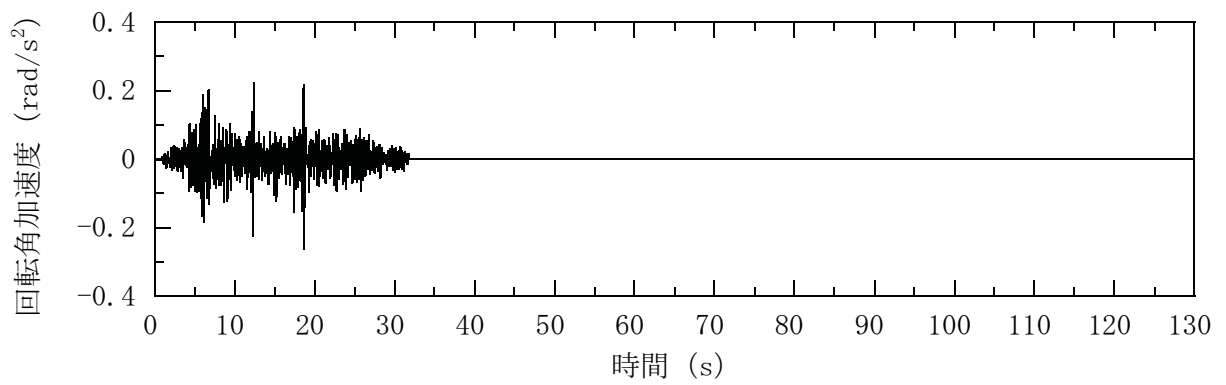


(c) 鉛直方向

参図-6.2.6(a) 屋上レベル (T.M.S.L.38.2m) の加速度波形 (Ss-1, 水平, 鉛直成分)

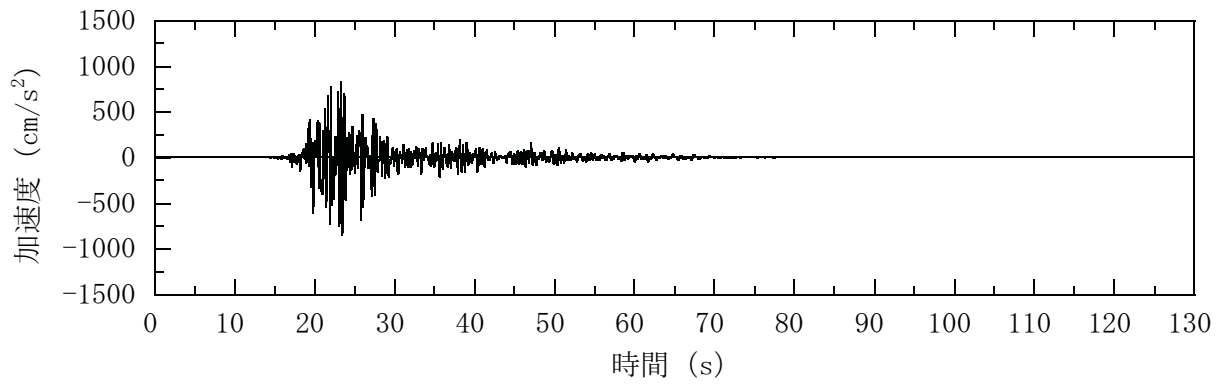


(d) NS 方向 (回轉)

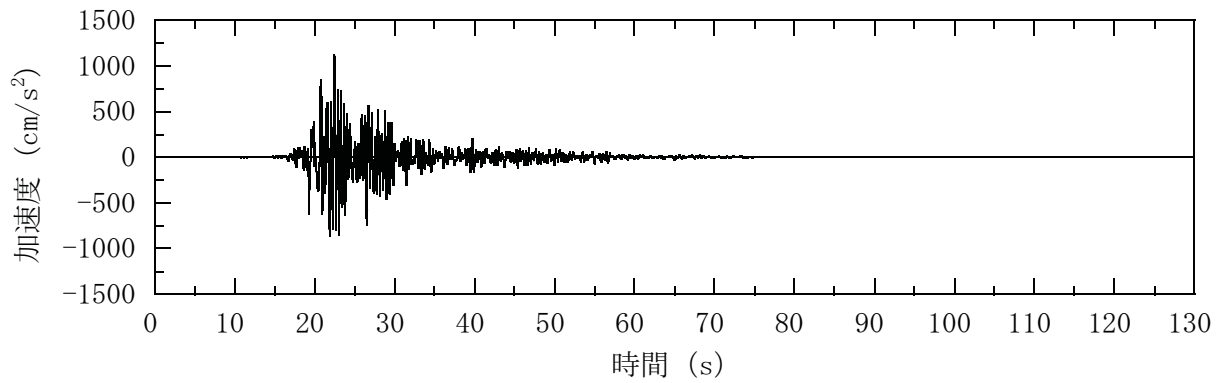


(e) EW 方向 (回轉)

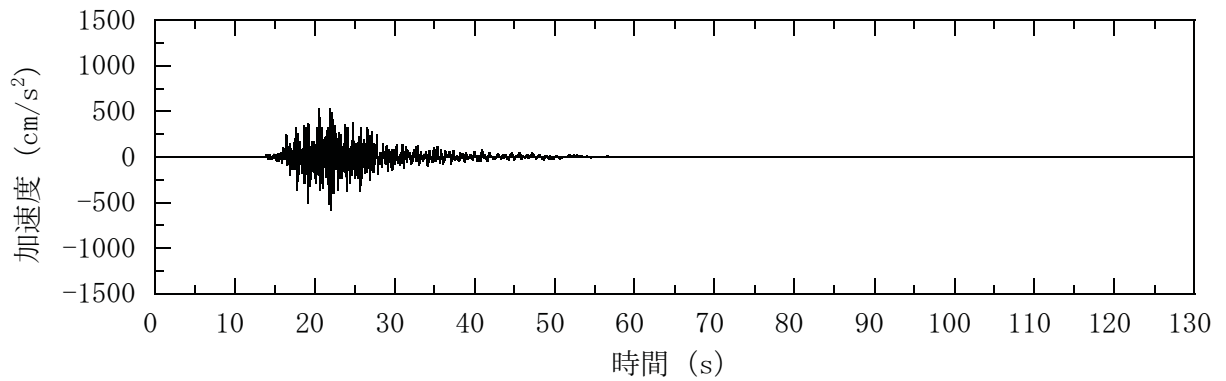
参図-6.2.6(b) 屋上レベル (T.M.S.L.38.2m) の加速度波形
(Ss-1, 回轉成分)



(a) NS 方向 (水平)

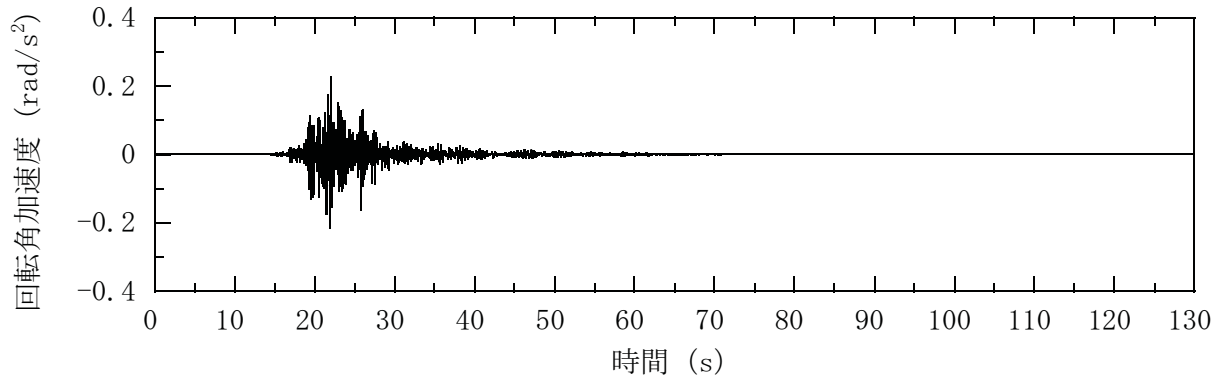


(b) EW 方向 (水平)

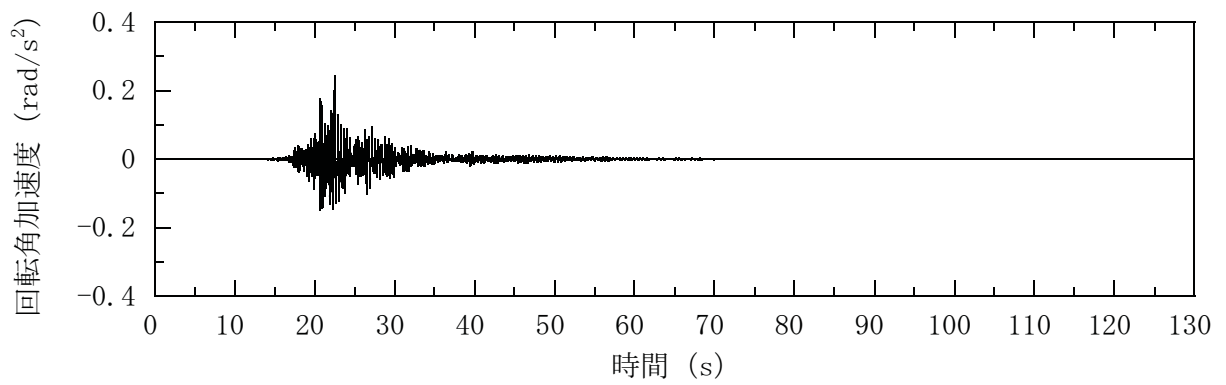


(c) 鉛直方向

参図-6.2.7(a) 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)

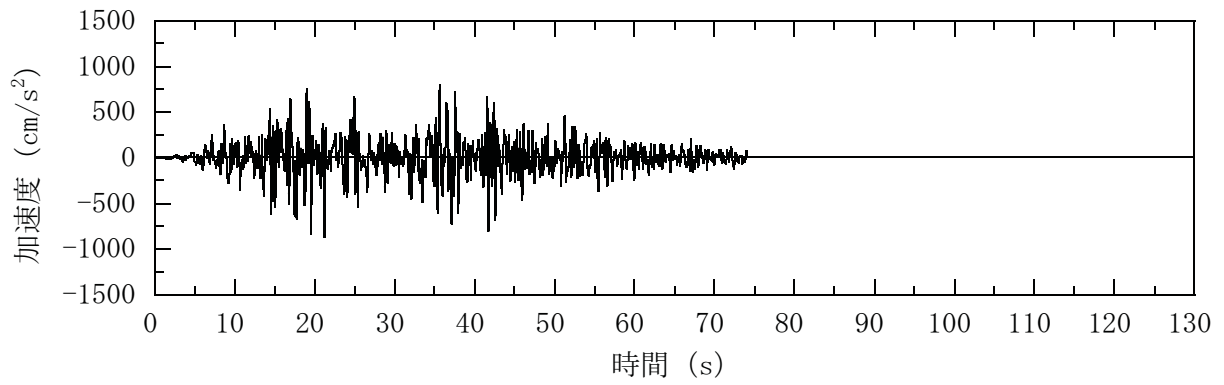


(d) NS 方向 (回轉)

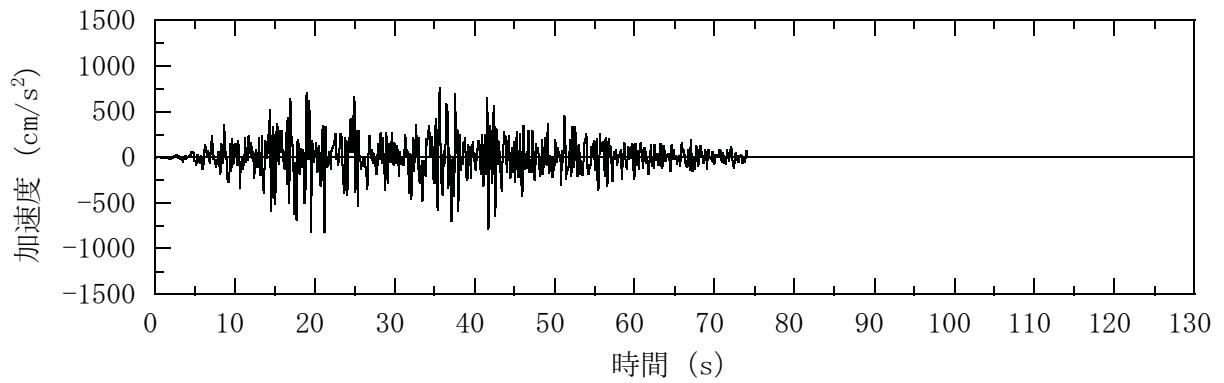


(e) EW 方向 (回轉)

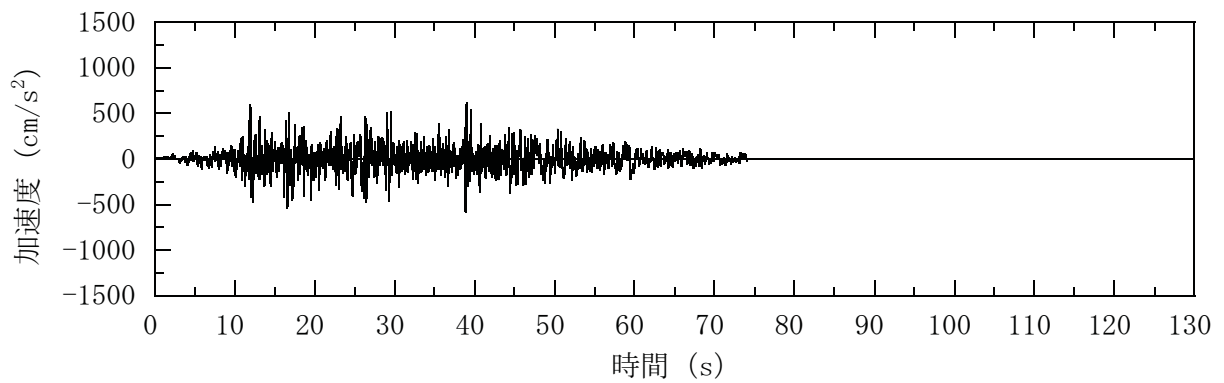
参図-6.2.7(b) 屋上レベル (T.M.S.L.38.2m) の加速度波形
(Ss-2, 回轉成分)



(a) NS 方向 (水平)

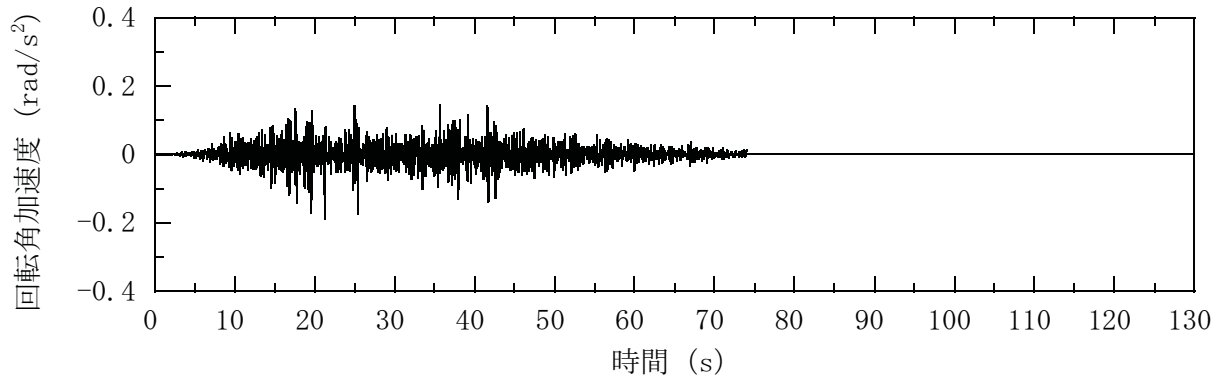


(b) EW 方向 (水平)

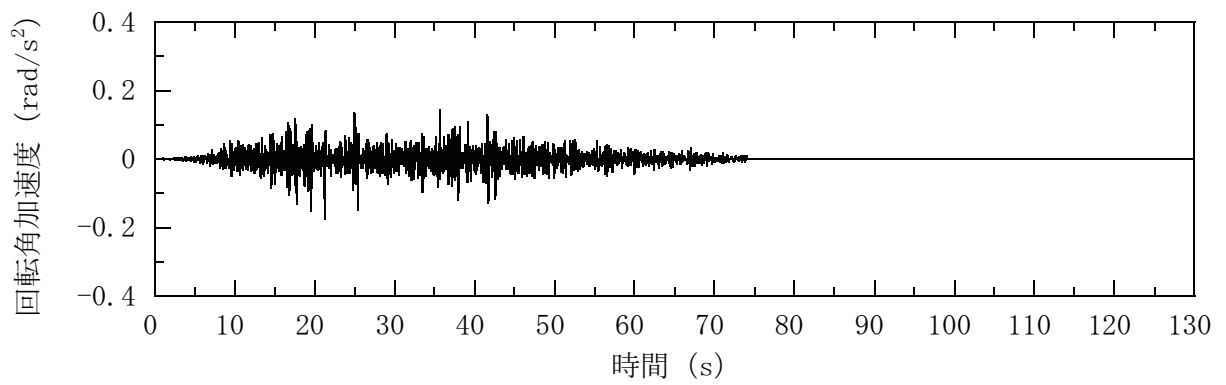


(c) 鉛直方向

参図-6.2.8(a) 屋上レベル (T.M.S.L.38.2m) の加速度波形
(Ss-3, 水平, 鉛直成分)

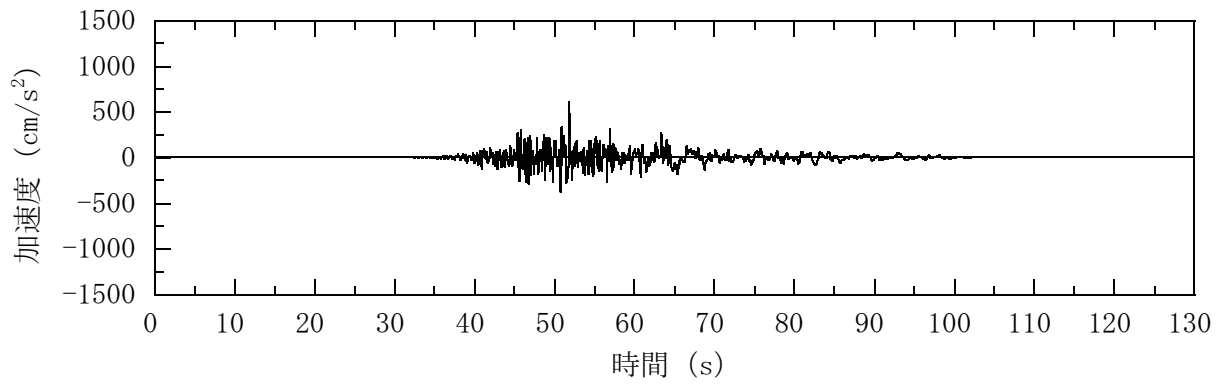


(d) NS 方向 (回轉)

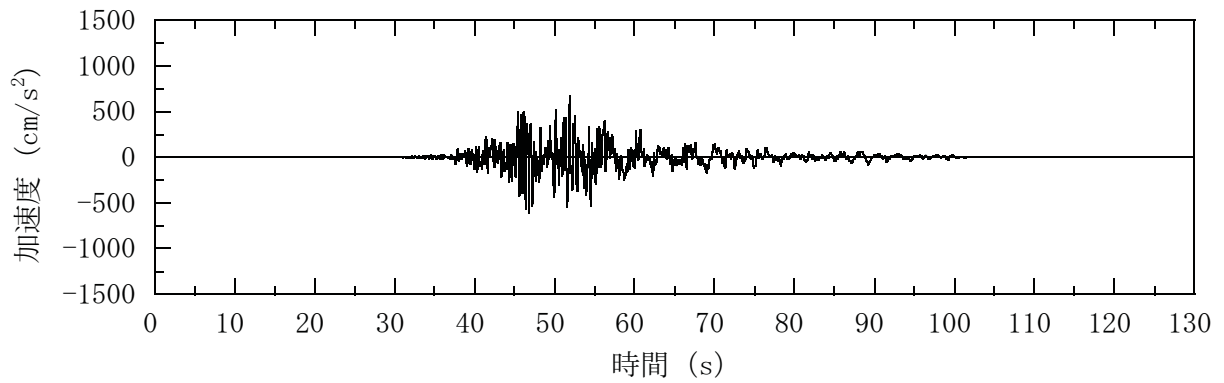


(e) EW 方向 (回轉)

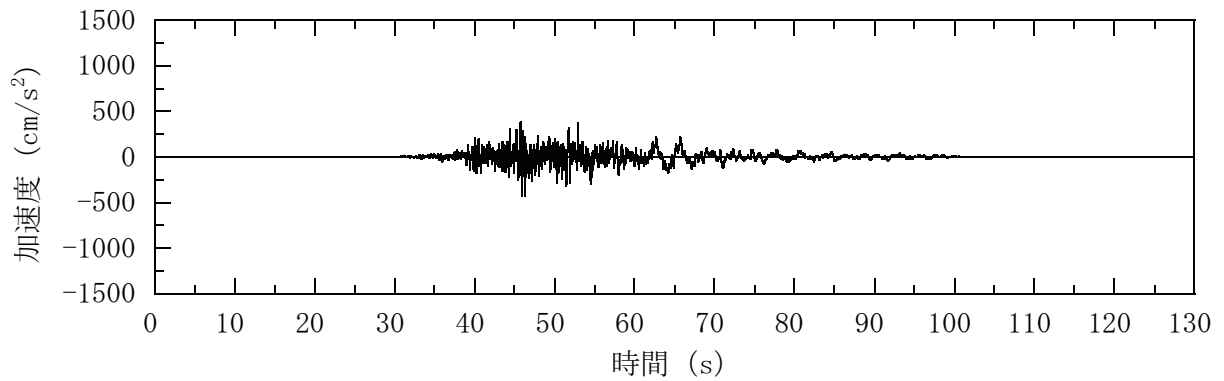
参図-6.2.8(b) 屋上レベル (T.M.S.L.38.2m) の加速度波形
(Ss-3, 回轉成分)



(a) NS 方向 (水平)

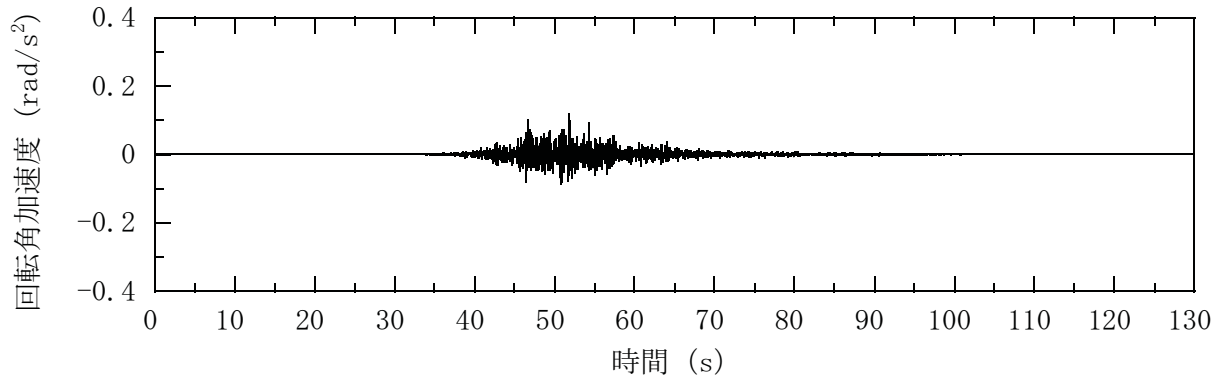


(b) EW 方向 (水平)

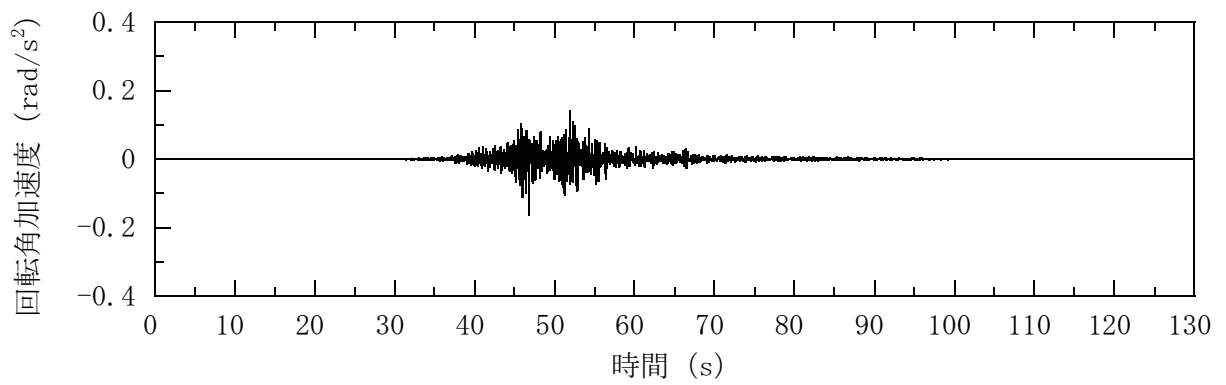


(c) 鉛直方向

参図-6.2.9(a) 屋上レベル (T.M.S.L.38.2m) の加速度波形
(Ss-4, 水平, 鉛直成分)

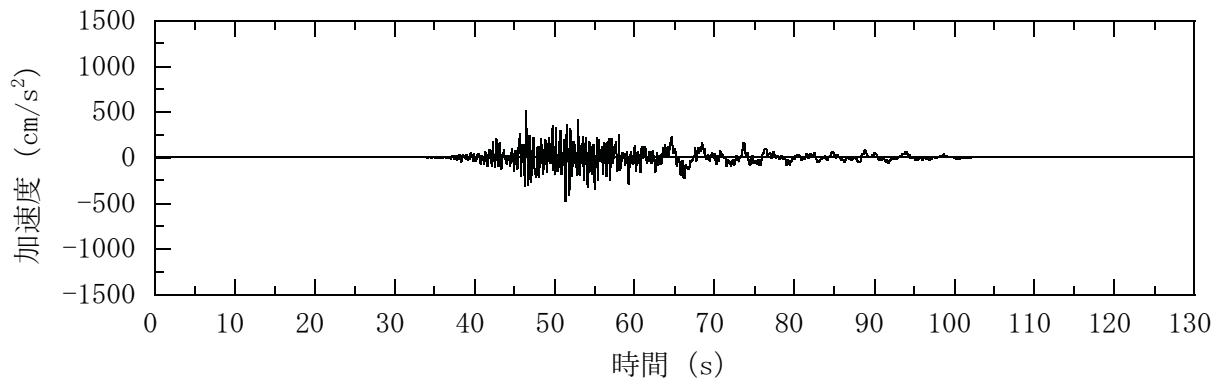


(d) NS 方向 (回轉)

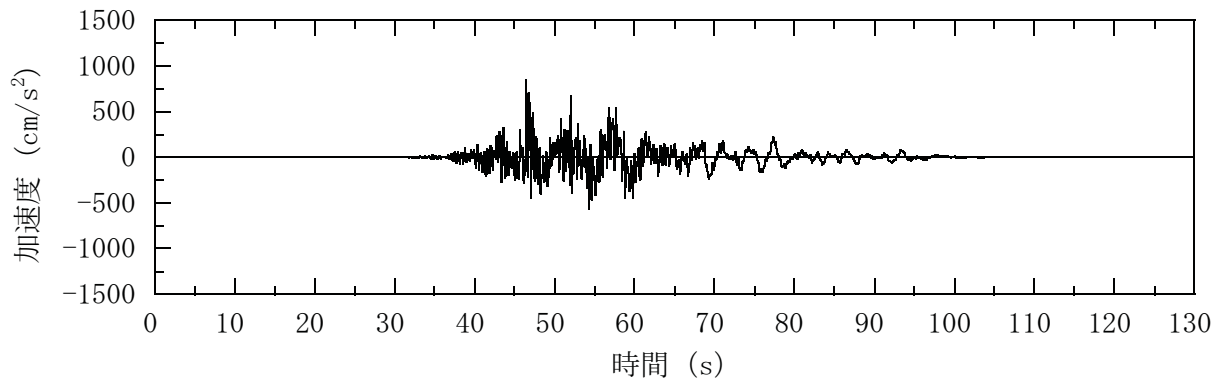


(e) EW 方向 (回轉)

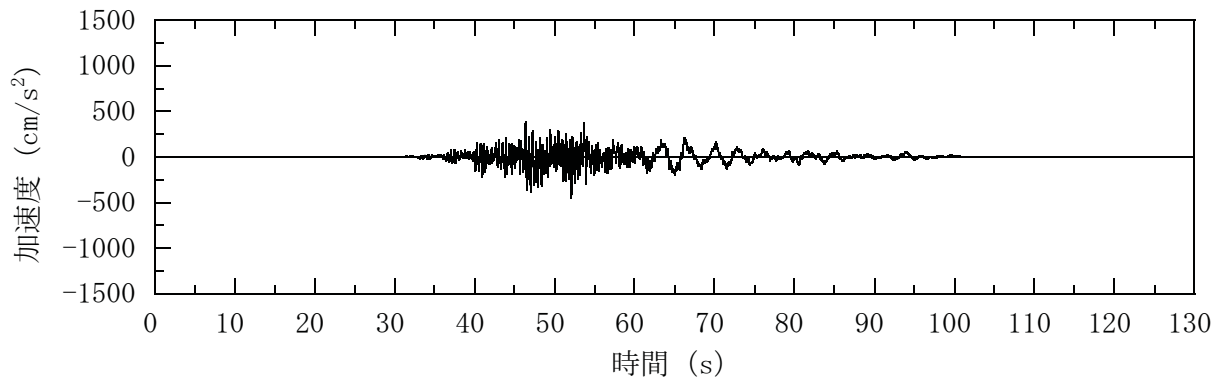
参図-6.2.9(b) 屋上レベル (T.M.S.L.38.2m) の加速度波形
(Ss-4, 回轉成分)



(a) NS 方向 (水平)

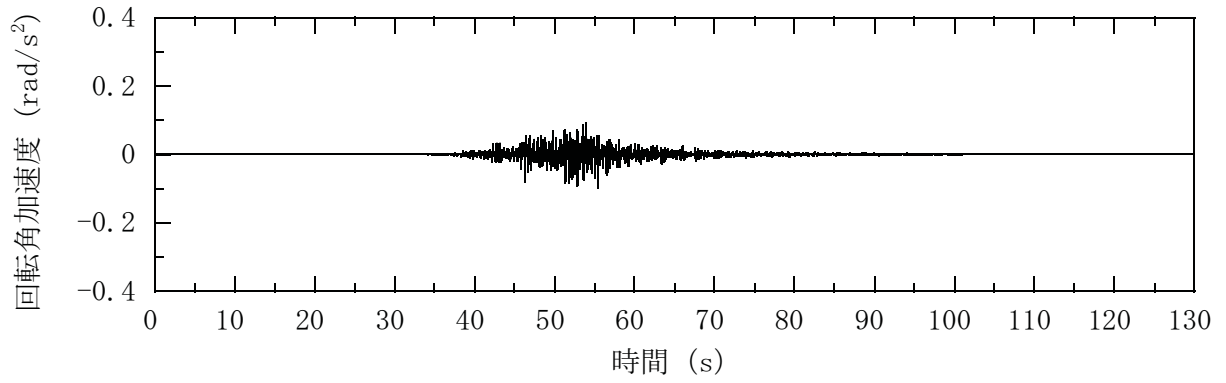


(b) EW 方向 (水平)

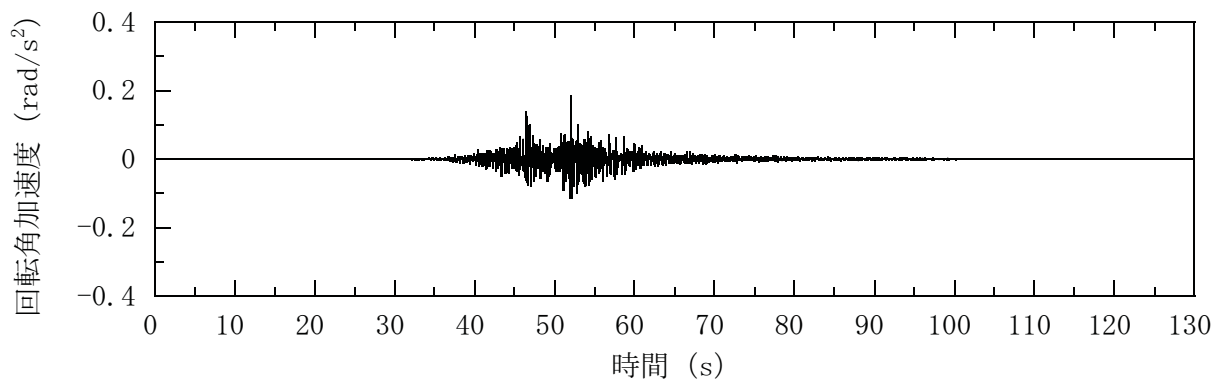


(c) 鉛直方向

参図-6.2.10(a) 屋上レベル (T.M.S.L.38.2m) の加速度波形
(Ss-5, 水平, 鉛直成分)



(d) NS 方向 (回転)

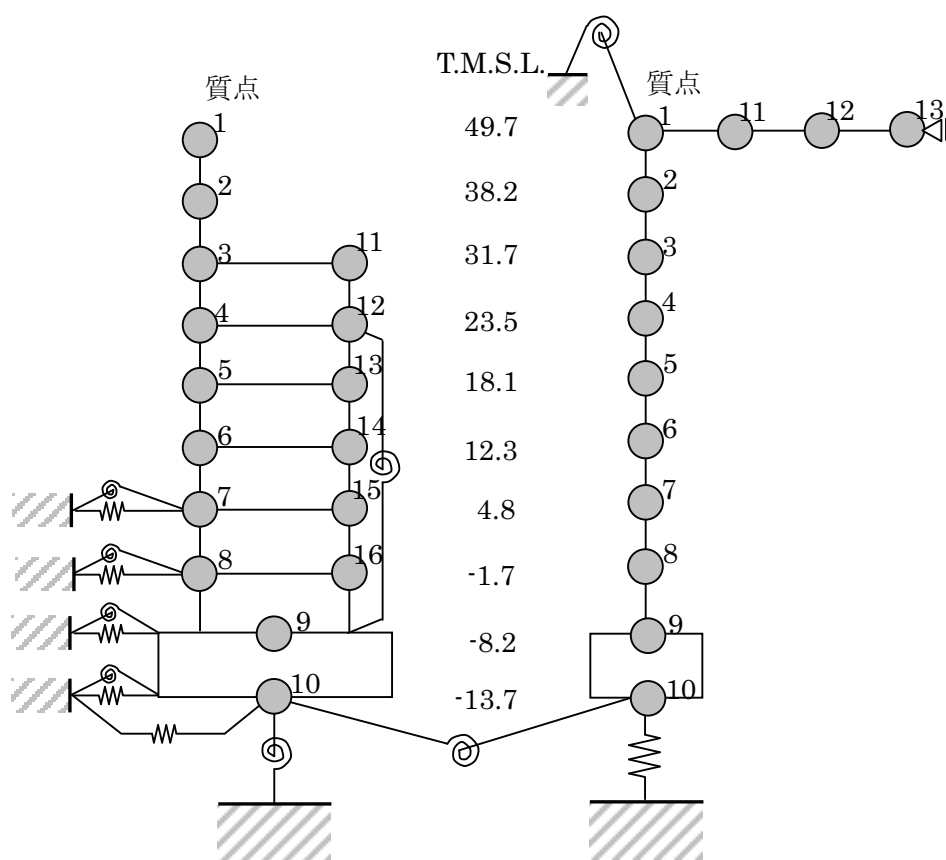


(e) EW 方向 (回転)

参図-6.2.10(b) 屋上レベル (T.M.S.L.38.2m) の加速度波形
(Ss-5, 回転成分)

参考資料 6.3 原子炉建屋 誘発上下動を考慮した影響検討

基準地震動 Ss-2 の EW 方向に対する原子炉建屋の接地率は 64.8% であり、「JEAG-4601-1991」に記載される基礎浮き上がり非線形の評価式の適用範囲 65%を下回っている。参図-6.3.1 に示す誘発上下動を考慮した解析モデルを用いて地震応答解析を実施し、誘発上下動を無視した場合の応答値との比較を行う。



(単位 : m)

参図-6.3.1 誘発上下動を考慮した解析モデル

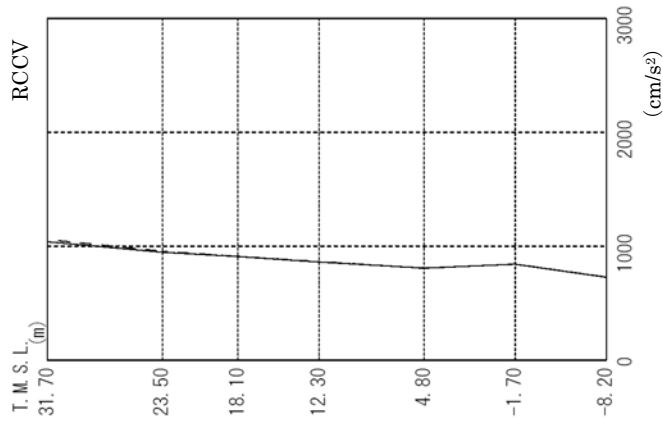
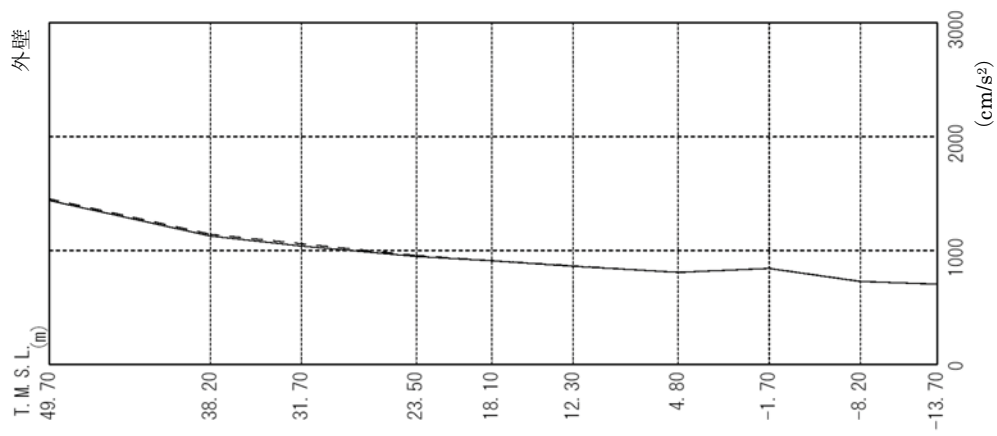
(1) 最大応答値

地震応答解析結果のうち、誘発上下動の有無による最大応答加速度、最大応答せん断力および最大応答曲げモーメントの比較を参図-6.3.2～参図-6.3.4に示す。接地率および耐震壁に生じる最大応答せん断ひずみの最大値の比較を参表-6.3.1に示す。誘発上下動の有無が最大応答値に与える影響は小さい。

参表-6.3.1 接地率および最大応答せん断ひずみ

地震波	方向	誘発上下動の有無	接地率	最大応答せん断ひずみ ($\times 10^{-3}$)
Ss-2	EW	無視	64.8%	0.40
		考慮	66.4%	0.40

—— 誘発上下動無視
 --- 誘発上下動考慮



外壁
 (cm/s²)

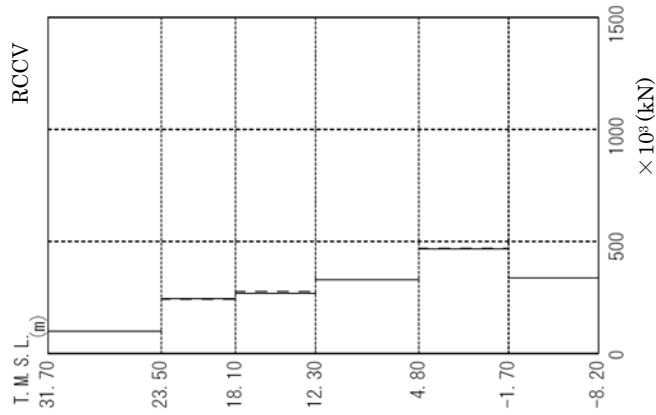
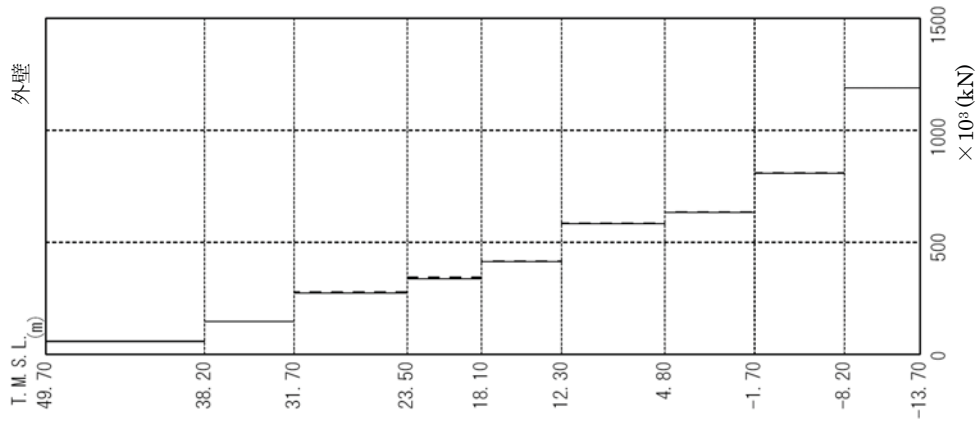
誘発上下動無視	誘発上下動考慮
1439	1453
1128	1143
1039	1060
948	956
910	911
862	866
809	807
843	844
728	730
705	703

RCCV
 (cm/s²)

誘発上下動無視	誘発上下動考慮
1039	1060
948	956
910	911
862	866
809	807
843	844
728	730

参图-6.3.2 最大応答加速度 (Ss-2, EW 方向)

— 誘発上下動無視
 - - - 誘発上下動考慮



外壁
 $\times 10^8$ (kN)

誘発上下動無視	誘発上下動考慮
58.22	58.75
145.79	146.01
274.87	278.57
337.83	343.94
413.68	415.97
582.68	585.97
632.59	634.89
807.11	809.60
1188.20	1189.50

RCCV
 $\times 10^8$ (kN)

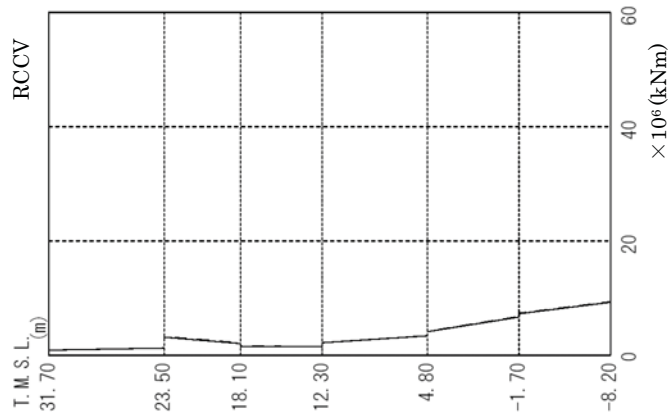
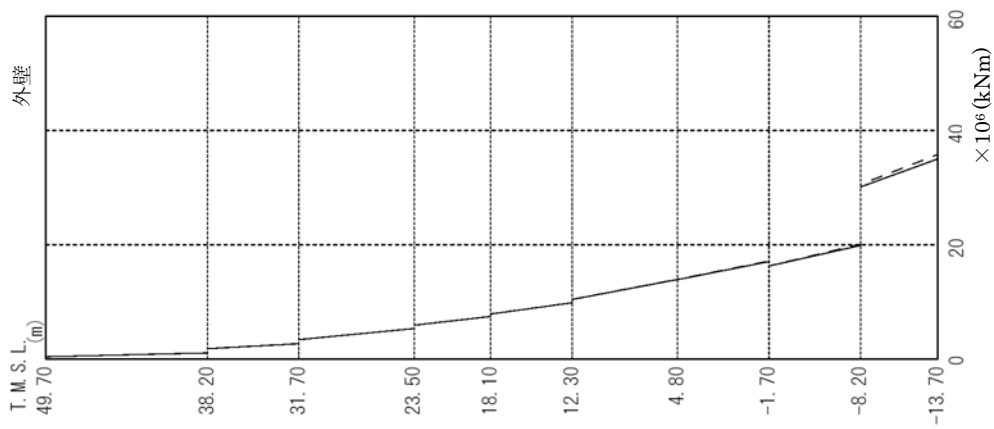
誘発上下動無視	誘発上下動考慮
99.33	99.21
243.98	242.94
268.41	276.10
328.93	329.09
466.39	468.14
336.13	337.02

参图-6.3.3 最大応答せん断力 (Ss-2, EW 方向)

— 誘発上下動無視
 - - - 誘発上下動考慮

外壁
 $\times 10^6$ (kNm)

誘発上下動無視	誘発上下動考慮
0.40	0.42
1.06	1.07
1.81	1.84
2.68	2.70
3.39	3.41
5.34	5.33
5.92	5.92
7.45	7.47
7.88	7.90
9.85	9.87
10.43	10.45
13.93	13.97
13.90	13.96
17.05	17.16
16.28	16.29
19.88	20.10
30.11	30.54
35.02	35.80



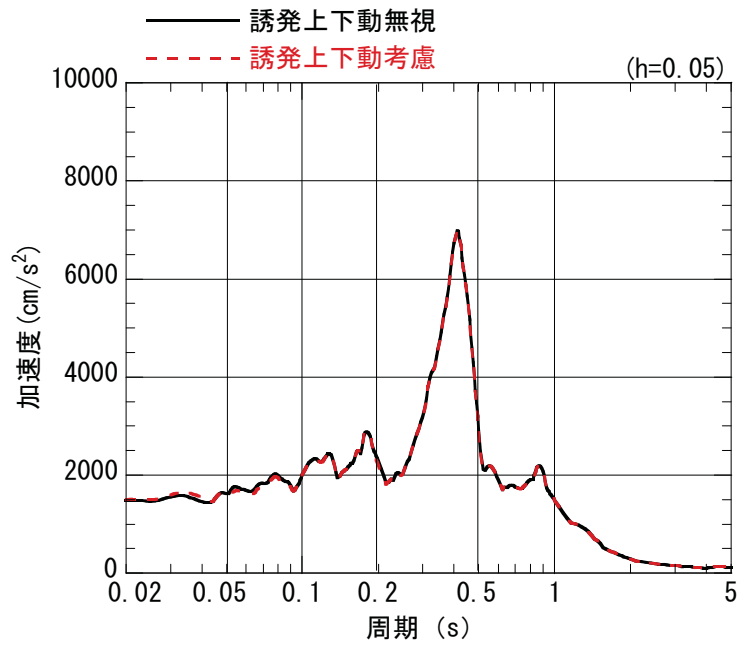
RCCV
 $\times 10^6$ (kNm)

誘発上下動無視	誘発上下動考慮
0.90	0.90
1.26	1.26
3.17	3.29
2.05	2.16
1.57	1.66
1.49	1.49
2.20	2.20
3.40	3.43
4.14	4.19
6.70	6.79
7.27	7.37
9.28	9.37

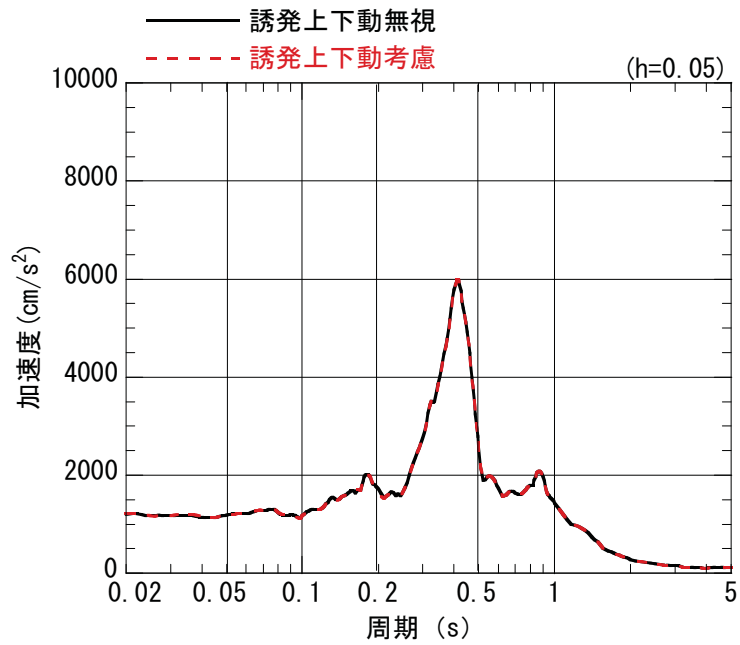
参図-6.3.4 最大応答曲げモーメント (Ss-2, EW 方向)

(2) 床応答スペクトル

機器側への影響を把握するために、誘発上下動の有無による加速度応答スペクトルの比較を、EW 方向に対して参図-6.3.5～参図-6.3.9 に、鉛直方向に対して参図-6.3.10～参図-6.3.14 に示す。誘発上下動考慮の有無が水平方向および鉛直方向の加速度応答スペクトルに与える影響は小さい。

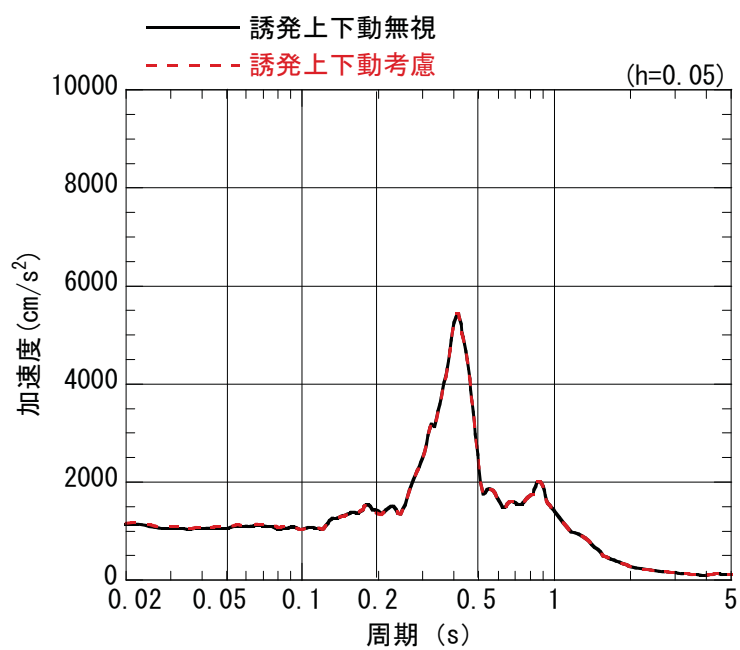


(a) T.M.S.L.49.7m

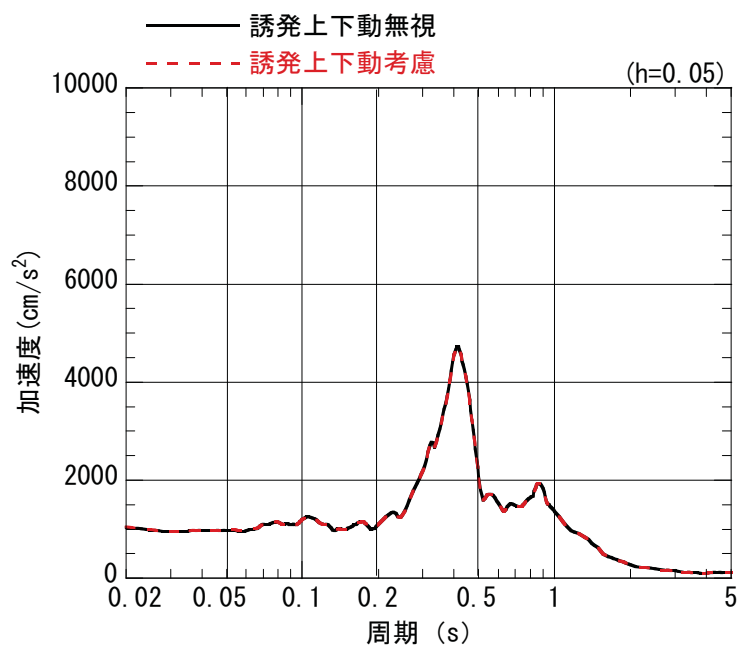


(b) T.M.S.L.38.2m

参図-6.3.5 加速度応答スペクトルの比較 (Ss-2, EW 方向)

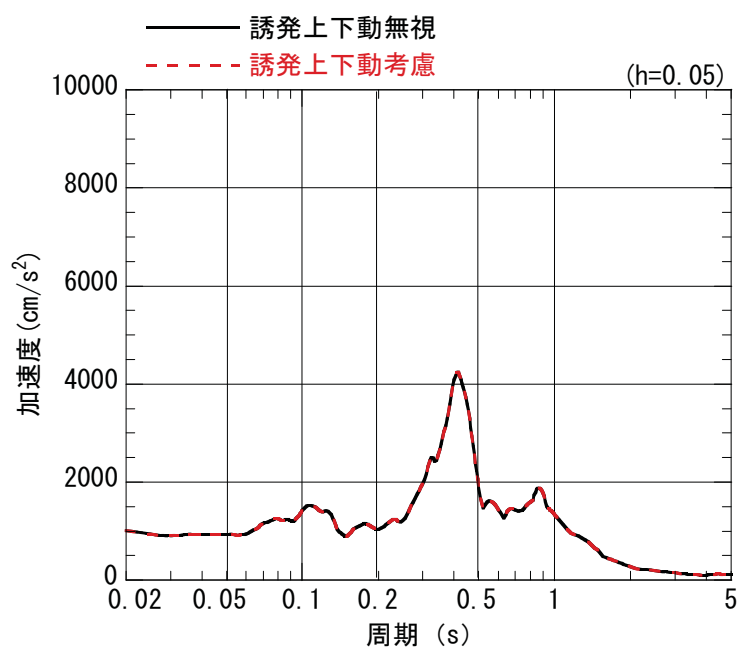


(a) T.M.S.L.31.7m

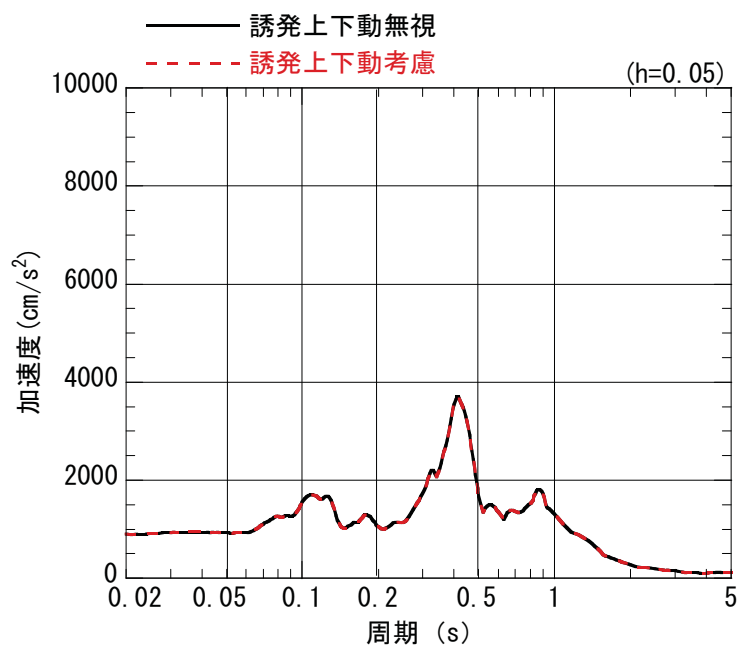


(b) T.M.S.L.23.5m

参図-6.3.6 加速度応答スペクトルの比較 (Ss-2, EW 方向)

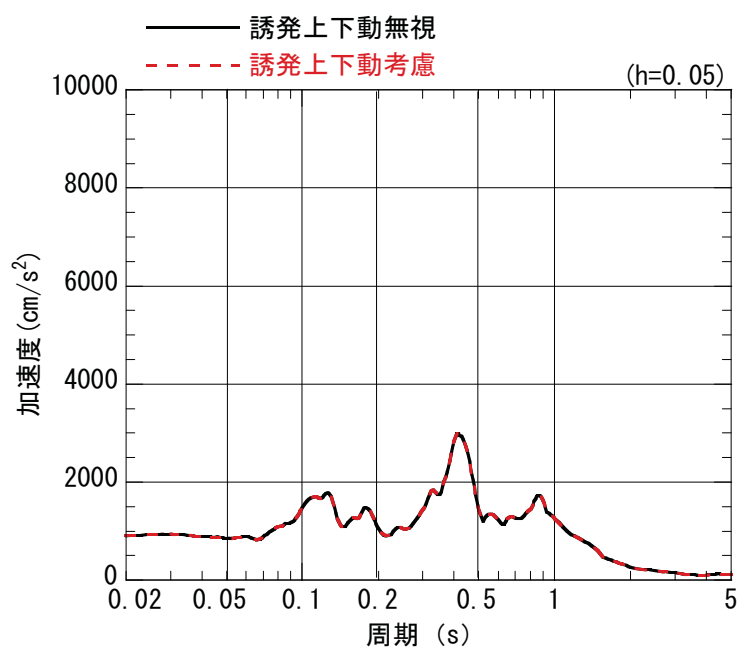


(a) T.M.S.L.18.1m

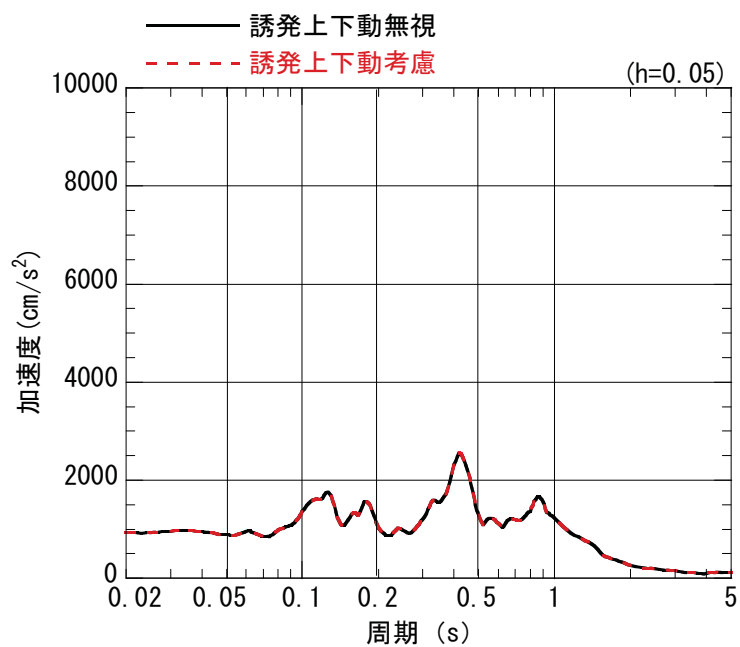


(b) T.M.S.L.12.3m

参図-6.3.7 加速度応答スペクトルの比較 (Ss-2, EW 方向)

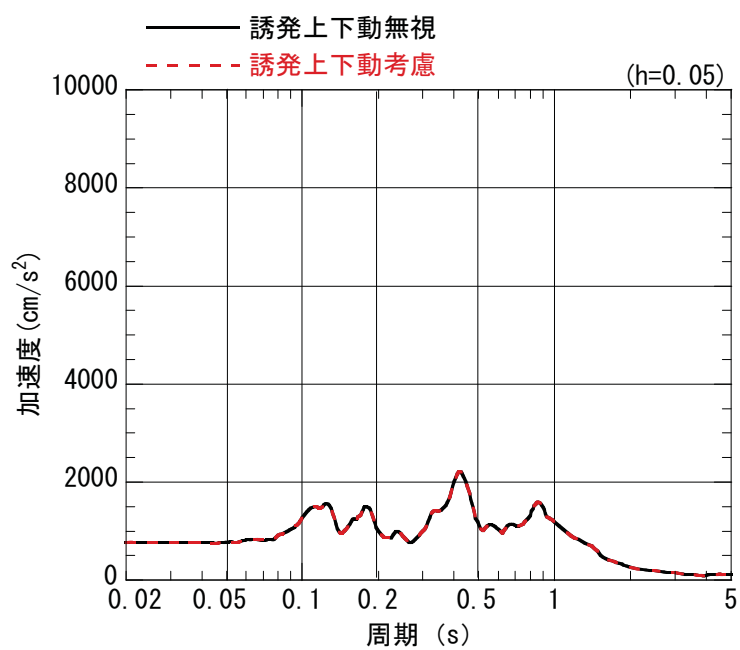


(a) T.M.S.L. 4.8m

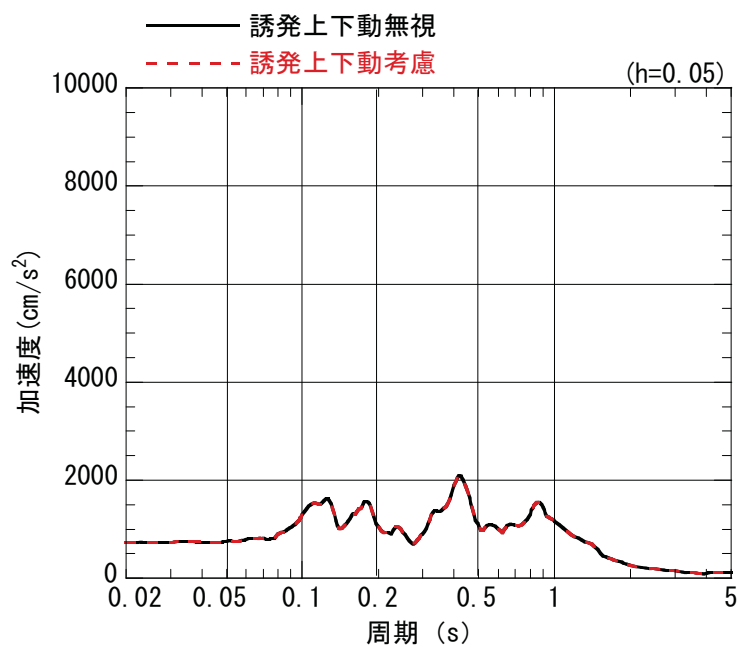


(b) T.M.S.L. - 1.7m

参図-6.3.8 加速度応答スペクトルの比較 (Ss-2, EW 方向)

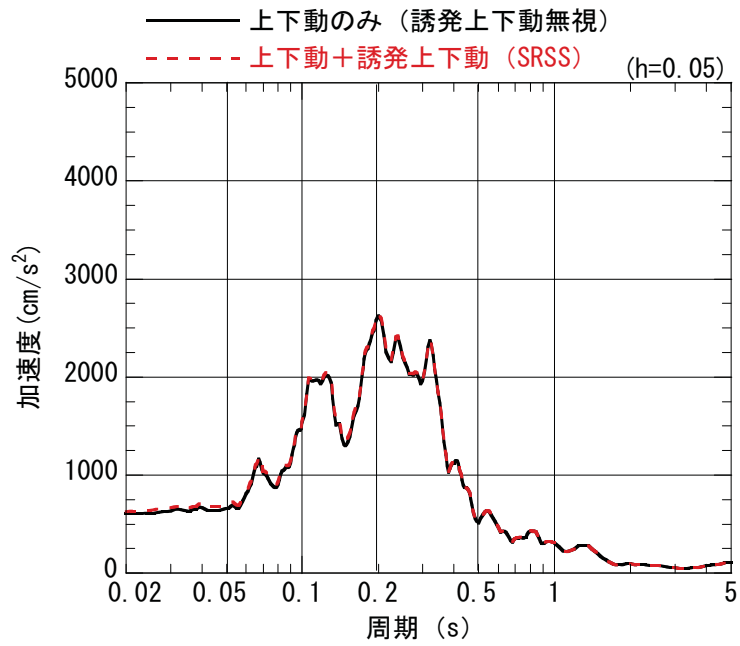


(a) T.M.S.L.- 8.2m

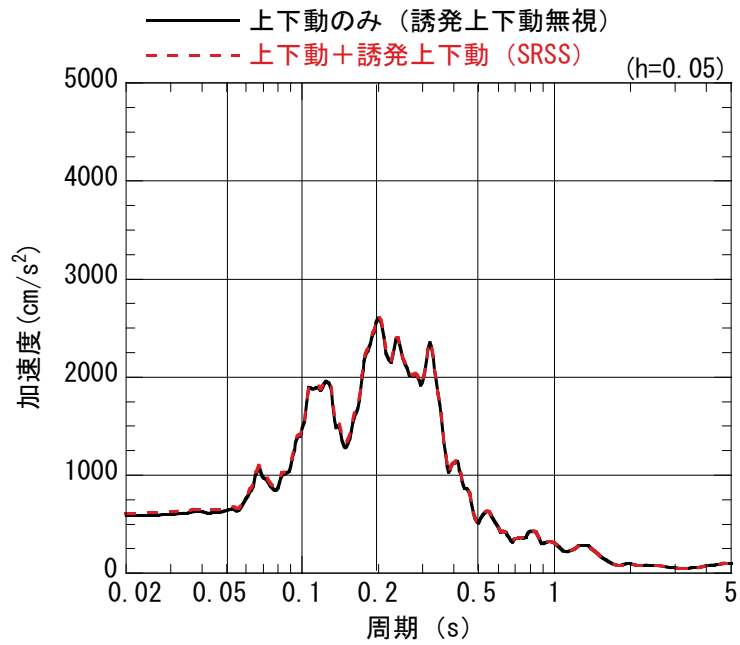


(b) T.M.S.L.-13.7m

参図-6.3.9 加速度応答スペクトルの比較 (Ss-2, EW 方向)

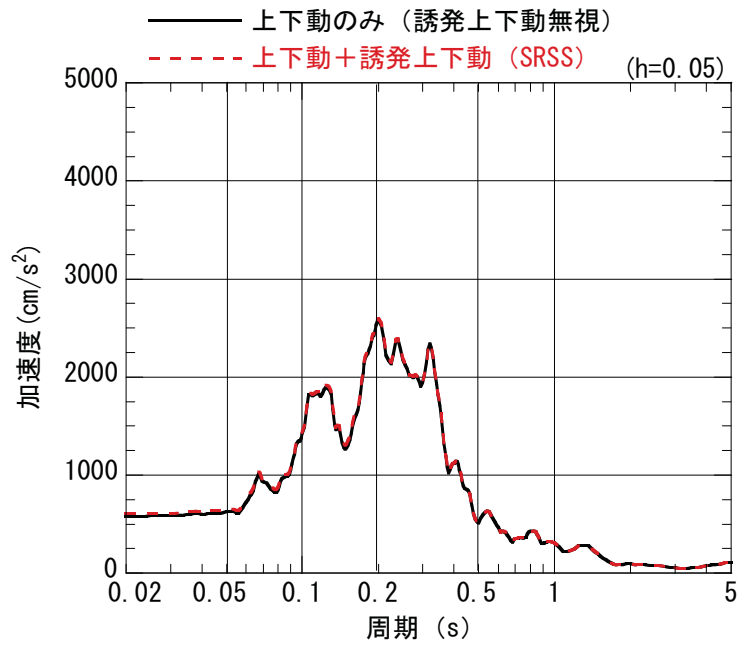


(a) T.M.S.L.49.7m (質点 1)

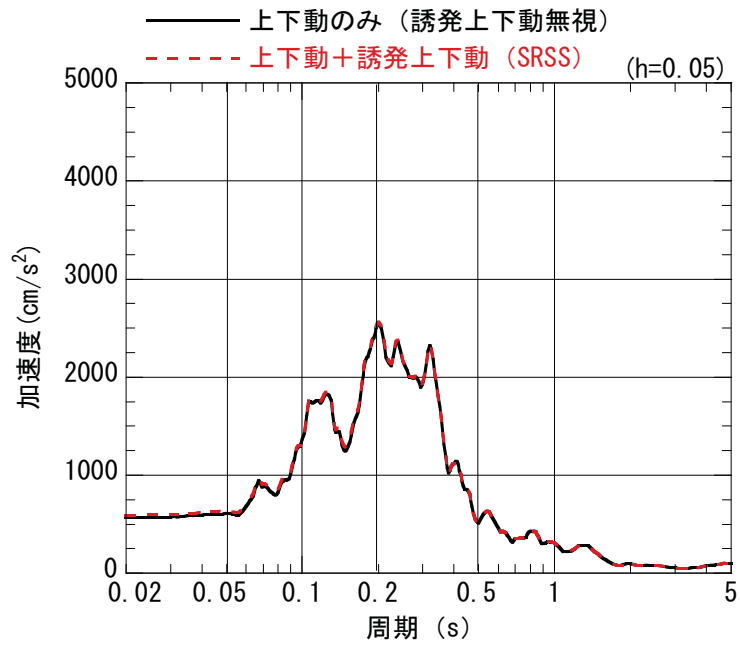


(b) T.M.S.L.38.2m

参図-6.3.10 加速度応答スペクトルの比較 (Ss-2, 鉛直方向)

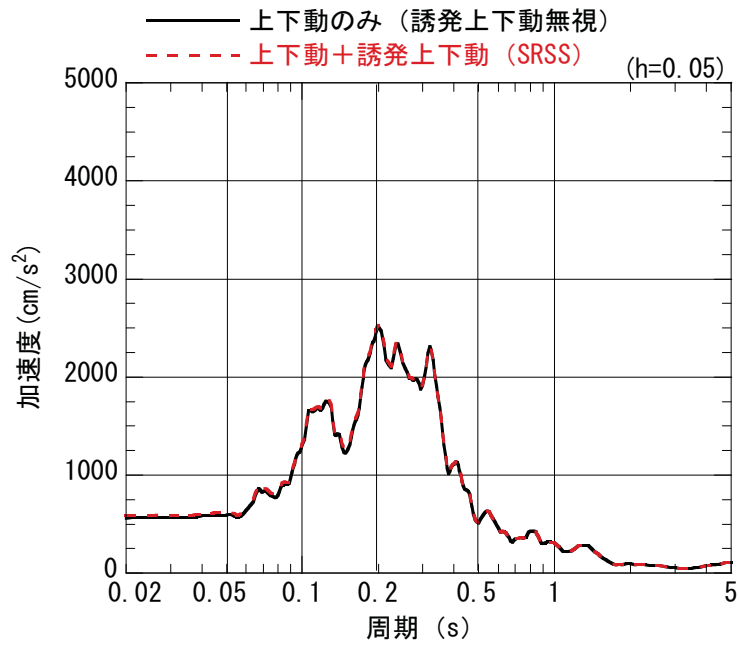


(a) T.M.S.L.31.7m

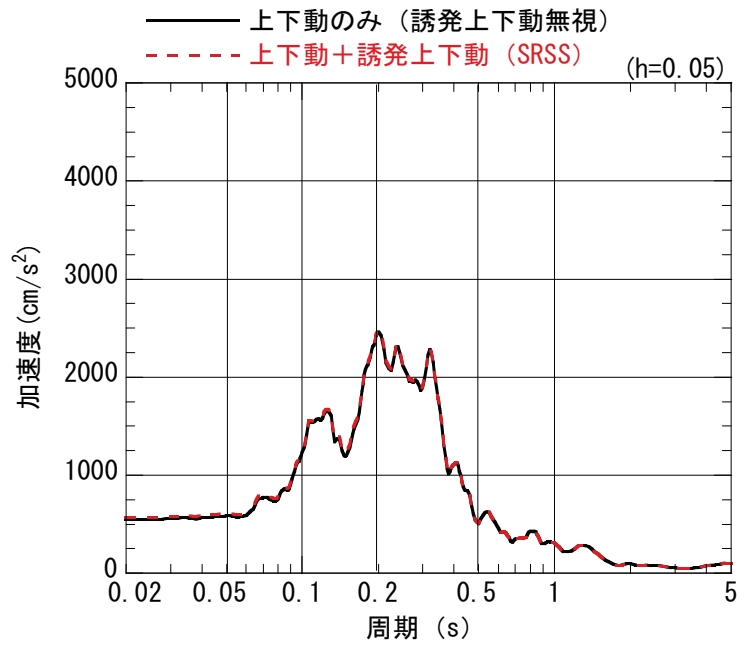


(b) T.M.S.L.23.5m

参図-6.3.11 加速度応答スペクトルの比較 (Ss-2, 鉛直方向)

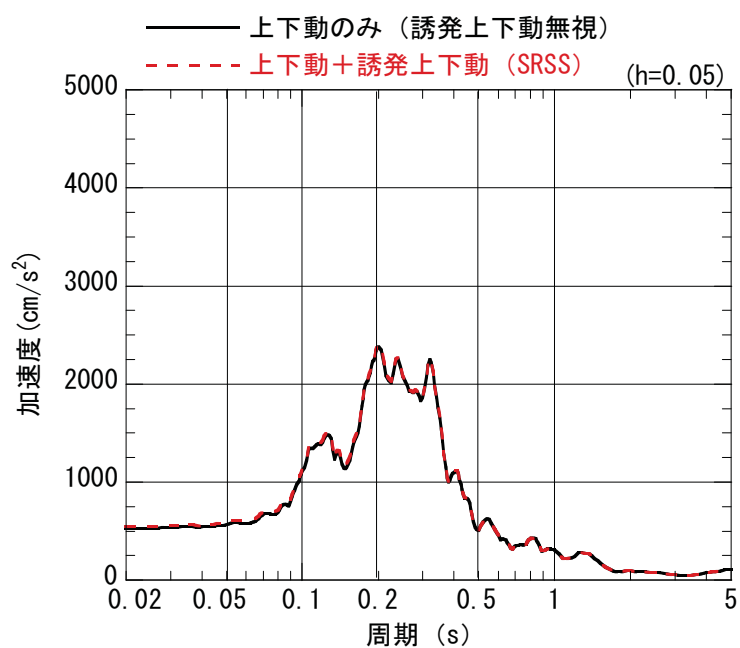


(a) T.M.S.L.18.1m

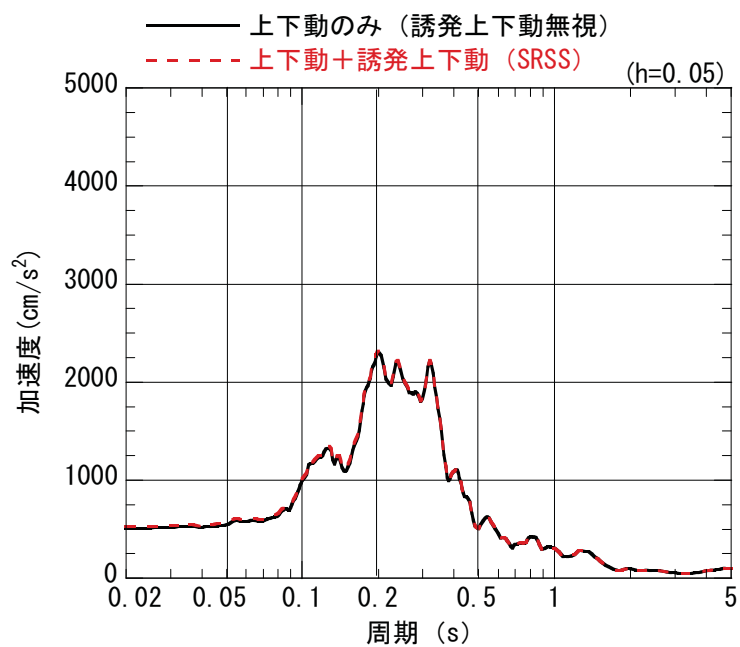


(b) T.M.S.L.12.3m

参図-6.3.12 加速度応答スペクトルの比較 (Ss-2, 鉛直方向)

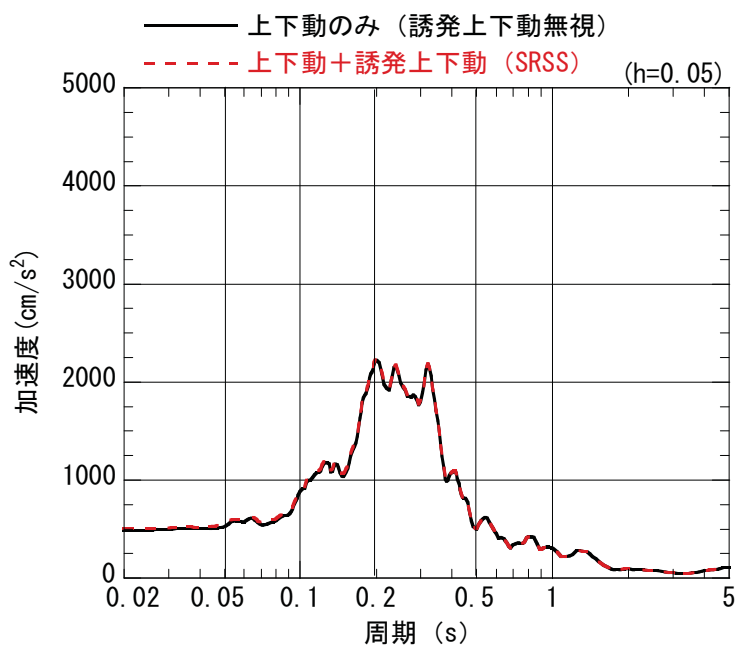


(a) T.M.S.L. 4.8m

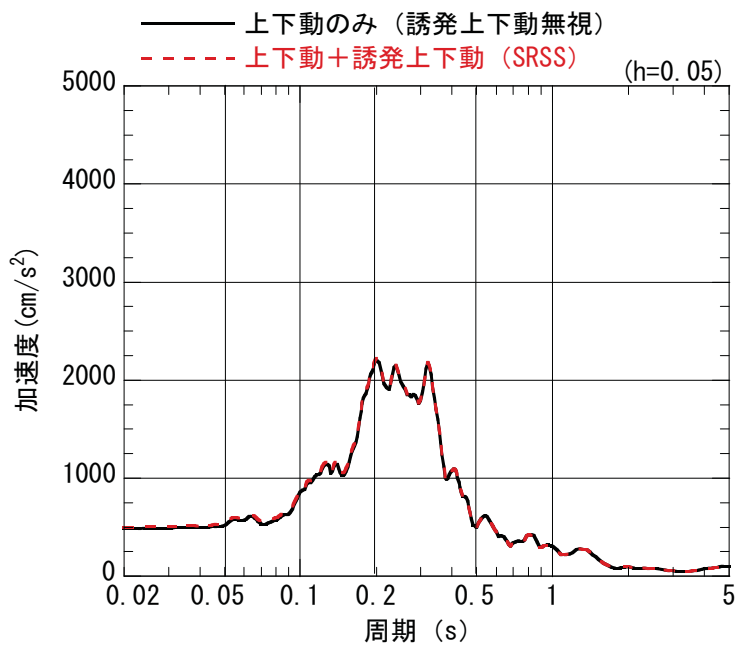


(b) T.M.S.L.- 1.7m

参図-6.3.13 加速度応答スペクトルの比較 (Ss-2, 鉛直方向)



(a) T.M.S.L.- 8.2m



(b) T.M.S.L.-13.7m

参図-6.3.14 加速度応答スペクトルの比較 (Ss-2, 鉛直方向)