

本資料のうち、枠囲みの内容は、機密事項に属しますので公開できません。

柏崎刈羽原子力発電所第7号機 工事計画審査資料	
資料番号	KK7添-2-078 改0
提出年月日	2020年8月17日

V-2-2-別添 2-1 隣接建屋による影響を考慮した地震応答計算  
及び建物・構築物の耐震性についての計算書

2020年8月

東京電力ホールディングス株式会社

V-2-2-別添 2-1 隣接建屋による影響を考慮した地震応答計算  
及び建物・構築物の耐震性についての計算書

## 目 次

1. 概要	1
1.1 位置	2
1.2 構造概要	3
1.3 解析方針	4
1.4 適用規格・基準等	5
2. 隣接建屋の影響検討	6
2.1 地震応答解析	6
2.1.1 検討概要	6
2.1.2 解析ケース	7
2.1.3 建屋のモデル化	11
2.1.4 地盤のモデル化	23
2.1.5 検討用地震動	27
2.1.6 解析結果	28
3. 建物・構築物の応答増幅の評価	51
3.1 検討方針	51
3.2 検討結果	52
3.2.1 耐震壁	52
3.2.2 基礎スラブ	54
3.2.3 原子炉建屋屋根トラス	57
3.2.4 原子炉格納容器コンクリート部	64
3.2.5 使用済燃料貯蔵プール	78
3.2.6 主排気筒	90
3.2.7 復水貯蔵槽	100
3.2.8 建物付帯設備	101

## 1. 概要

本資料は、V-1-1-7「安全設備及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書」のうちV-1-1-7-別添 4「ブローアウトパネル関連設備の設計方針」、V-1-1-9「発電用原子炉施設の溢水防護に関する説明書」のうちV-1-1-9-1「溢水等による損傷防止の基本方針」、V-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」、V-2-1-6「地震応答解析の基本方針」、V-2-1-9「機能維持の基本方針」及びV-1-1-3「発電用原子炉施設の自然現象等による損傷の防止に関する説明書」のうちV-1-1-3-1-1「発電用原子炉施設に対する自然現象等による損傷の防止に関する基本方針」に基づく隣接建屋の影響を考慮した地震応答解析及び施設の耐震性について、以下の添付書類（以下「原子炉建屋の地震応答計算書等」という。）とあわせて説明するものである。

- ・ V-2-2-1 「原子炉建屋の地震応答計算書」
- ・ V-2-2-2 「原子炉建屋の耐震性についての計算書」
- ・ V-2-2-5 「タービン建屋の地震応答計算書」
- ・ V-2-2-6 「タービン建屋の耐震性についての計算書」
- ・ V-2-2-9 「コントロール建屋の地震応答計算書」
- ・ V-2-2-10 「コントロール建屋の耐震性についての計算書」
- ・ V-2-2-11 「廃棄物処理建屋の地震応答計算書」
- ・ V-2-2-12 「廃棄物処理建屋の耐震性についての計算書」
- ・ V-2-4-2-1 「使用済燃料貯蔵プール及びキャスクピットの耐震性についての計算書」
- ・ V-2-5-5-1-2 「復水貯蔵槽の耐震性についての計算書」
- ・ V-2-7-2-1 「主排気筒の耐震性についての計算書」
- ・ V-2-8-4-3 「中央制御室遮蔽の耐震性についての計算書」
- ・ V-2-8-4-4 「中央制御室待避室遮蔽の耐震性についての計算書」
- ・ V-2-9-2-1 「原子炉格納容器コンクリート部の耐震性についての計算書」
- ・ V-2-9-3-1 「原子炉建屋原子炉区域（二次格納施設）の耐震性についての計算書」
- ・ V-2-9-3-1-1 「燃料取替床ブローアウトパネルの耐震性についての計算書」
- ・ V-2-9-3-1-2 「主蒸気系トンネル室ブローアウトパネルの耐震性についての計算書」
- ・ V-2-9-3-3 「原子炉建屋エアロックの耐震性についての計算書」
- ・ V-2-9-3-4 「原子炉建屋基礎スラブの耐震性についての計算書」
- ・ V-2-10-2-2-1 「取水槽閉止板の耐震性についての計算書」
- ・ V-2-10-2-3-1 「水密扉の耐震性についての計算書」
- ・ V-2-10-2-3-2 「水密扉付止水堰の耐震性についての計算書」
- ・ V-2-10-2-3-3 「止水堰の耐震性についての計算書」

### 1.1 位置

原子炉建屋，コントロール建屋，タービン建屋及び廃棄物処理建屋の設置位置を図1-1に示す。

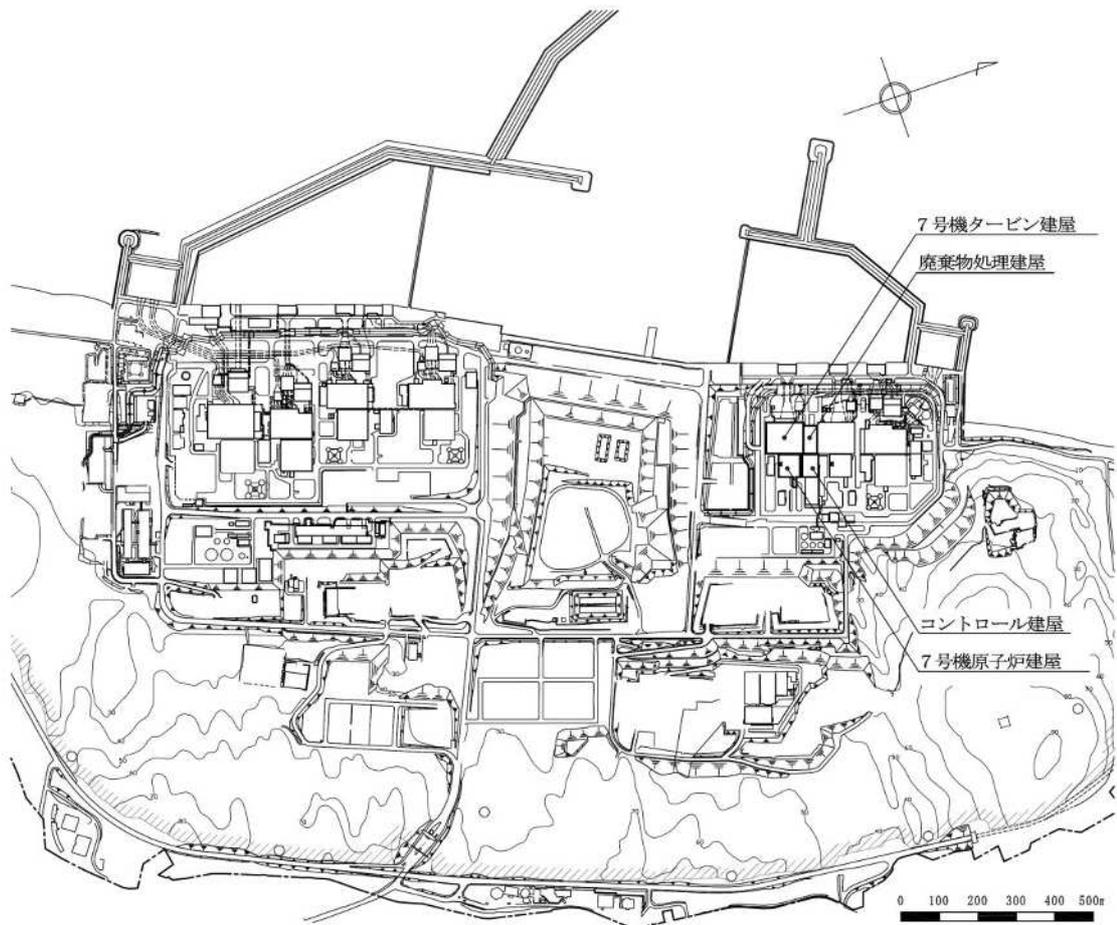


図1-1 原子炉建屋，コントロール建屋，タービン建屋及び廃棄物処理建屋の設置位置

## 1.2 構造概要

各建屋の構造概要は、V-2-2-1「原子炉建屋の地震応答計算書」、V-2-2-5「タービン建屋の地震応答計算書」、V-2-2-9「コントロール建屋の地震応答計算書」、V-2-2-11「廃棄物処理建屋の地震応答計算書」に示すとおりである。

### 1.3 解析方針

隣接建屋を考慮した地震応答解析は、V-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に基づいて行う。隣接建屋を考慮した評価のフローを図1-2に示す。

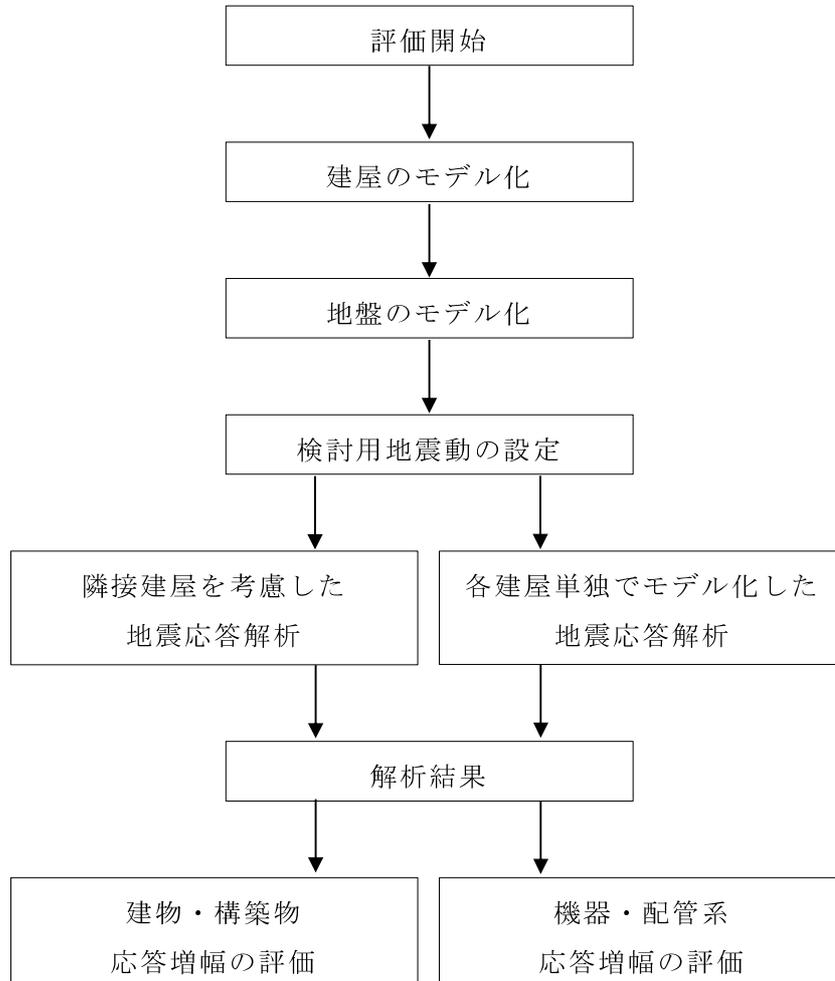


図1-2 隣接建屋を考慮した評価のフロー

#### 1.4 適用規格・基準等

地震応答解析及び施設の耐震性の確認において適用する規格・基準等は，原子炉建屋の地震応答計算書等と同一とする。

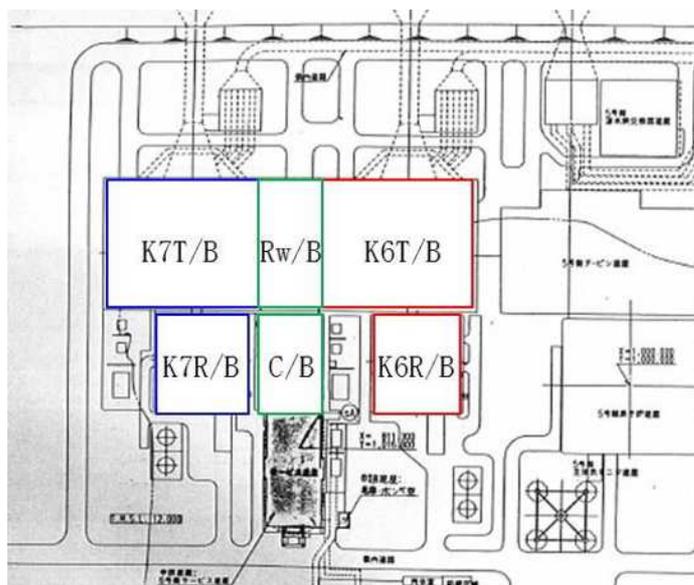
## 2. 隣接建屋の影響検討

### 2.1 地震応答解析

#### 2.1.1 検討概要

原子炉建屋，コントロール建屋，タービン建屋及び廃棄物処理建屋について，実際の建屋配置状況に則して各建屋を配置する場合と各建屋を単独でモデル化する場合の地震応答解析を実施し，両者の建屋応答を踏まえて，各施設の耐震性の評価を行う。

地震応答解析には，解析コード「NAPISOS」を用いる。地震応答解析に用いる解析コードの検証，妥当性確認等の概要については，別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。モデル化対象建屋の配置を図 2-1 に示す。柏崎刈羽原子力発電所第 7 号機は 6 号機と隣接しているため，6 号機原子炉建屋及び 6 号機タービン建屋をモデル化対象建屋に含む。



#### 【凡例】

- ・ K7R/B：原子炉建屋（以下「K7R/B」という。）
- ・ C/B：コントロール建屋（以下「C/B」という。）
- ・ K7T/B：タービン建屋（以下「K7T/B」という。）
- ・ Rw/B：廃棄物処理建屋（以下「Rw/B」という。）
- ・ K6R/B：6号機原子炉建屋（以下「K6R/B」という。）
- ・ K6T/B：6号機タービン建屋（以下「K6T/B」という。）

図 2-1 モデル化対象建屋の配置

2.1.2 解析ケース

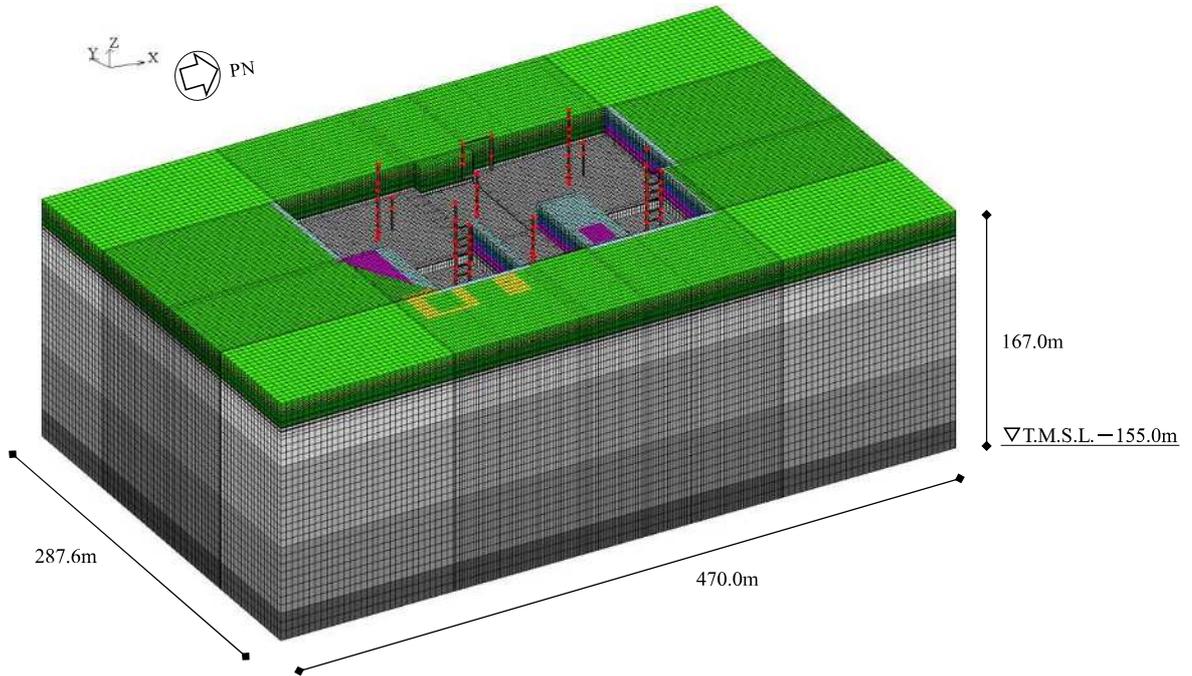
解析ケースの一覧を表 2-1 に示す。

図 2-2～図 2-6 に各解析モデルの概要を示す。各解析モデルは、ソリッド要素でモデル化した地盤上に、各建屋を質点系モデルとしてモデル化する。解析は線形とし、時刻歴応答解析を実施する。

検討は、各ケースそれぞれについて水平（NS 方向，EW 方向）2 成分について行う。

表 2-1 解析ケース一覧

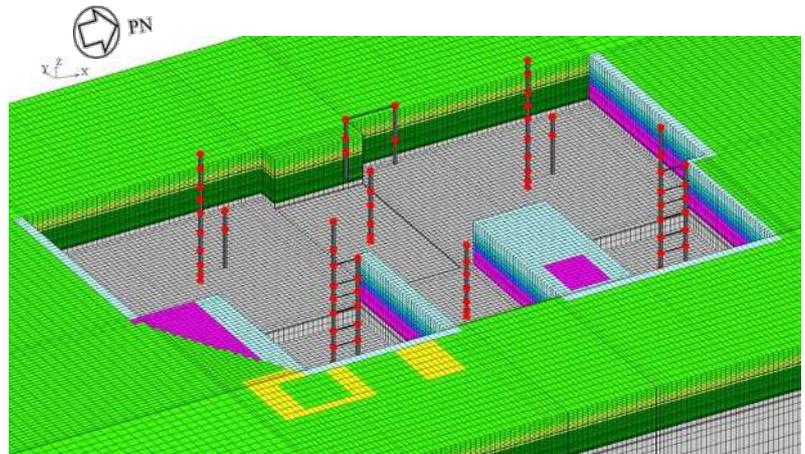
解析 ケース	モデル化する建屋
ALL	K7R/B C/B K7T/B Rw/B K6R/B K6T/B
S1	K7R/B
S2	C/B
S3	K7T/B
S4	Rw/B



注：東京湾平均海面（以下「T.M.S.L.」という。）

(a) 鳥観図：全体図

	新期砂層	表層1
		表層2
	古安田層	古安田層
	西山層	西山層1
		西山層2
		西山層3
		西山層4
	マンメイドロック	マンメイドロック
	地盤改良体	地盤改良体
	埋戻土層	埋戻土層1
		埋戻土層2
		埋戻土層3
		埋戻土層4



(b) 鳥観図：建屋部分拡大図

図 2-2 解析モデルの概要：解析ケース ALL

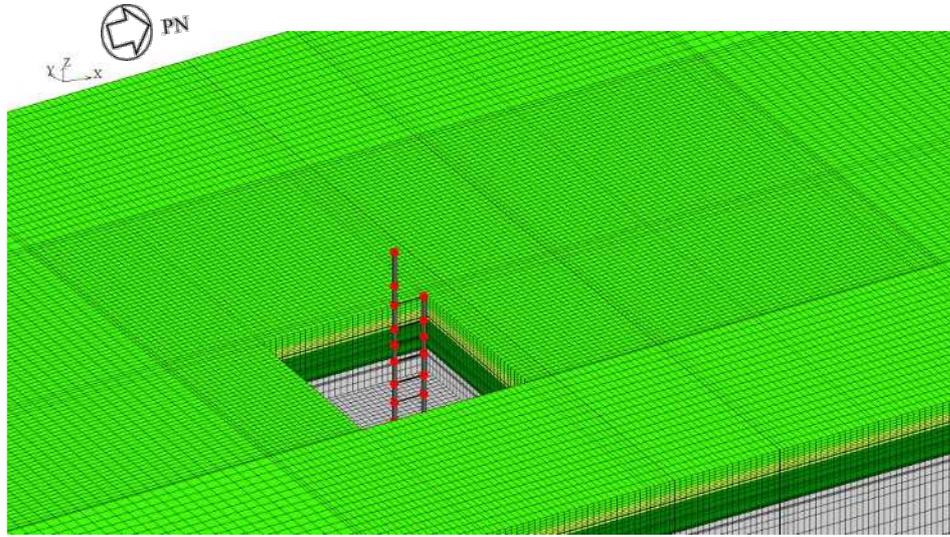


図 2-3 解析モデルの概要：解析ケース S1 (K7R/B 単独)

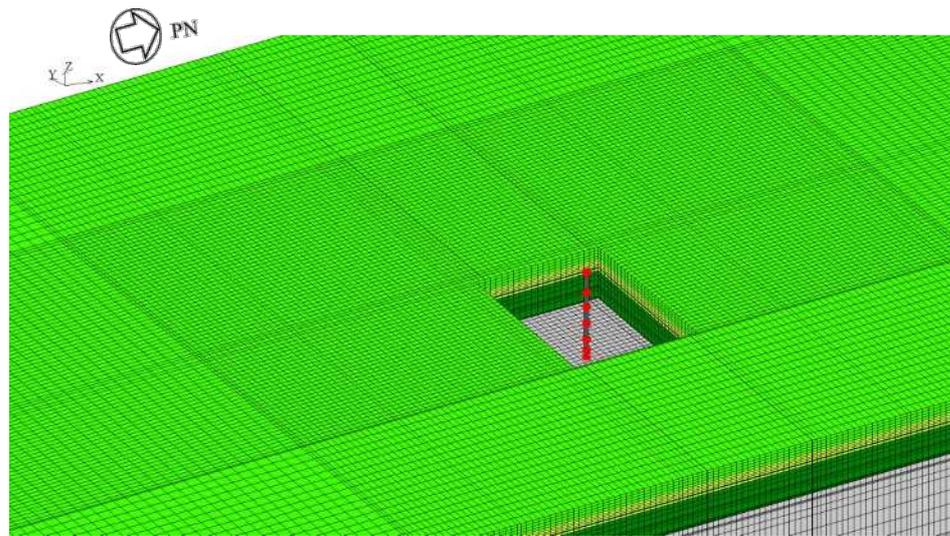


図 2-4 解析モデルの概要：解析ケース S2 (C/B 単独)

K7 ① V-2-2-別添 2-1 R0

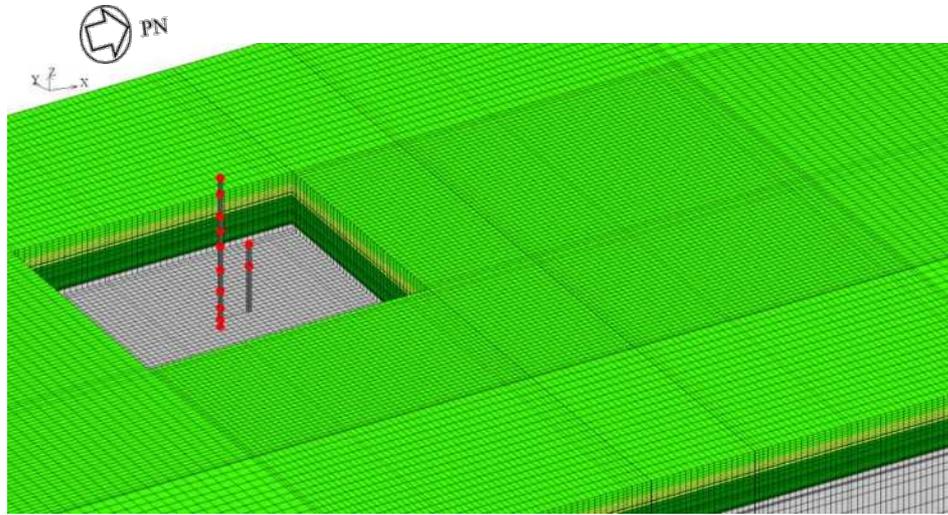


図 2-5 解析モデルの概要：解析ケース S3 (K7T/B 単独)

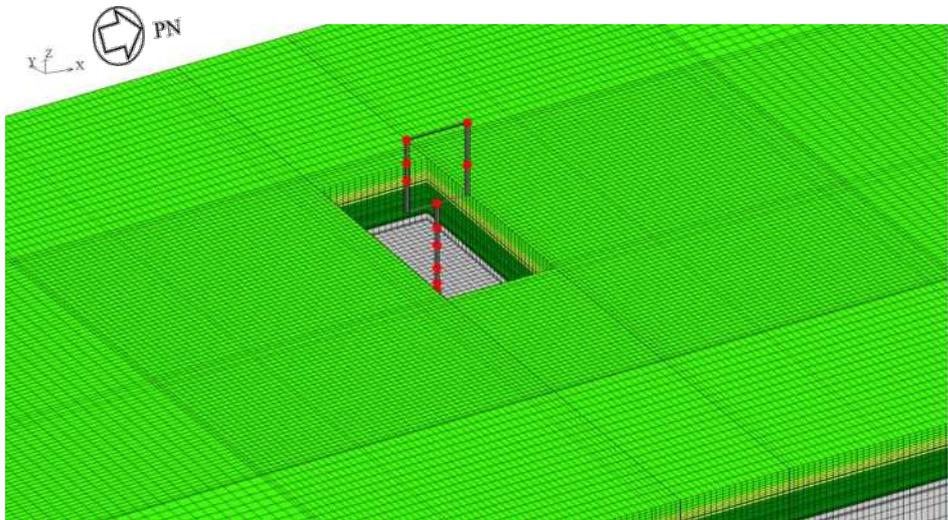


図 2-6 解析モデルの概要：解析ケース S4 (Rw/B 単独)

### 2.1.3 建屋のモデル化

建屋モデルは，原子炉建屋の地震応答計算書等に記載のモデルの諸元に基づく。なお，タービン建屋については図 2-10 に示すモデル（質点を単軸に集約したモデル）及び表 2-4 に示すモデル諸元とする。ただし，「2.1.5 検討用地震動」に示す入力レベルでは建屋はほぼ弾性状態と考えられることから，部材の非線形特性は考慮しない。

各モデルは基礎の中心に各建屋モデルを配置する。

各建屋の解析モデルの基礎寸法を，全体配置とともに図 2-7 に示す。

図 2-8～図 2-11 に各建屋の建屋モデル図を，表 2-2～表 2-5 にモデル諸元を示す。

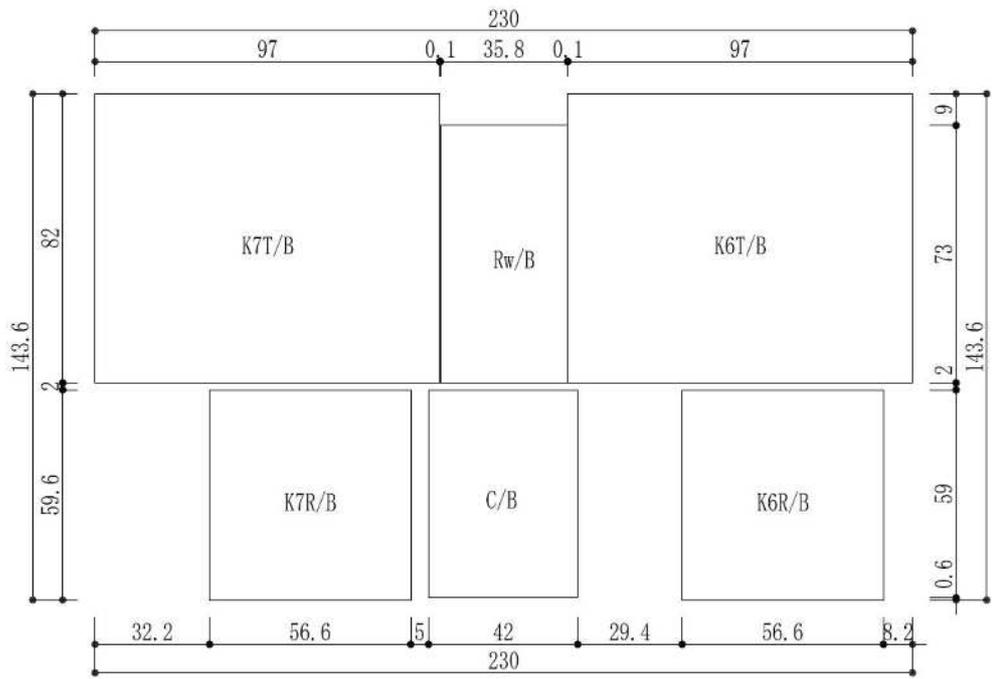
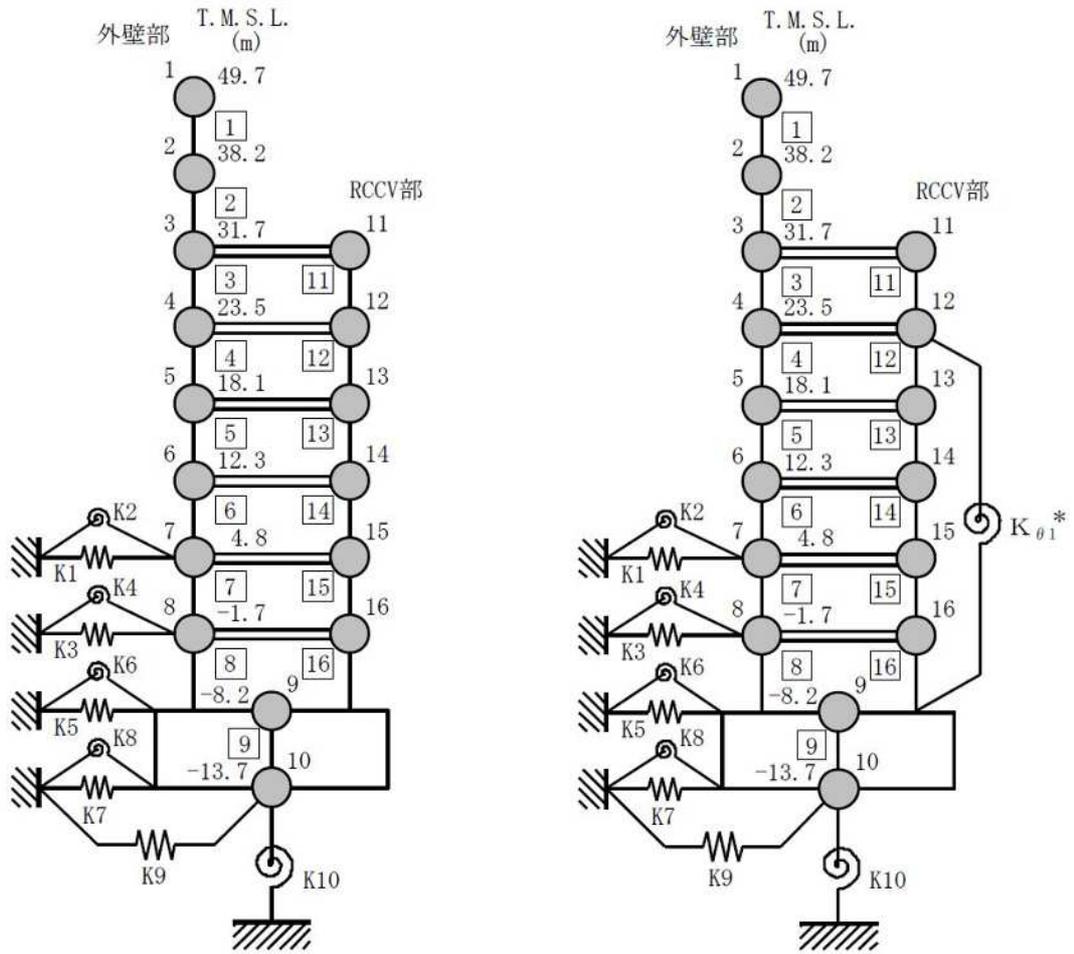


図 2-7 各建屋の解析モデルの基礎寸法及び全体配置図 (単位 : m)



注記\* : 原子炉格納容器コンクリート部 (以下「RCCV」という。) 回転ばね

(a) NS 方向

(b) EW 方向

図 2-8 K7R/B の建屋モデル

表 2-2 K7R/B の建屋モデル諸元

(a) NS 方向

質点番号	質点重量 W (kN)	回転慣性重量 $I_G$ ( $\times 10^5 \text{kN}\cdot\text{m}^2$ )	部材番号	せん断断面積 $A_s$ ( $\text{m}^2$ )	断面二次モーメント I ( $\text{m}^4$ )	質点番号	質点重量 W (kN)	回転慣性重量 $I_G$ ( $\times 10^5 \text{kN}\cdot\text{m}^2$ )	部材番号	せん断断面積 $A_s$ ( $\text{m}^2$ )	断面二次モーメント I ( $\text{m}^4$ )
1	39490	70.6									
2	80520	410.9	1	41.0	13700						
3	84470	473.7	2	83.0	51100						
4	84770	293.2	3	188.0	70600	11	91400	32.4	11	119.6	7200
5	55380	198.1	4	132.5	69000	12	155040	371.7	12	113.0	23300
6	81140	289.3	5	149.4	84700	13	102870	305.0	13	137.6	23500
7	80120	296.2	6	180.5	105000	14	199270	408.9	14	139.2	23400
8	81300	298.1	7	183.2	112800	15	124050	387.4	15	132.4	23600
9	342450	945.4	8	223.5	119000	16	136800	369.7	16	186.4	29600
10	216040	581.5	9	3373.4	900600						
合計	1955110										

①建屋部

ヤング係数 E  $2.88 \times 10^4$  (N/mm<sup>2</sup>)  
 せん断弾性係数 G  $1.20 \times 10^4$  (N/mm<sup>2</sup>)  
 ポアソン比  $\nu$  0.20  
 減衰定数 h 5%

②基礎スラブ

ヤング係数 E  $2.79 \times 10^4$  (N/mm<sup>2</sup>)  
 せん断弾性係数 G  $1.16 \times 10^4$  (N/mm<sup>2</sup>)  
 ポアソン比  $\nu$  0.20  
 減衰定数 h 5%  
 基礎形状 56.6m(NS方向)  $\times$  59.6m(EW方向)  $\times$  5.5m(厚さ)

(b) EW 方向

質点番号	質点重量 W (kN)	回転慣性重量 $I_G$ ( $\times 10^5 \text{kN}\cdot\text{m}^2$ )	部材番号	せん断断面積 $A_s$ ( $\text{m}^2$ )	断面二次モーメント I ( $\text{m}^4$ )	質点番号	質点重量 W (kN)	回転慣性重量 $I_G$ ( $\times 10^5 \text{kN}\cdot\text{m}^2$ )	部材番号	せん断断面積 $A_s$ ( $\text{m}^2$ )	断面二次モーメント I ( $\text{m}^4$ )
1	39490	147.1									
2	80520	300.1	1	54.7	30000						
3	89570	299.1	2	122.9	62600						
4	67270	275.6	3	172.7	87900	11	86300	267.7	11	219.0	6700
5	50210	210.8	4	131.8	81900	12	172540	474.6	12	222.8	23300
6	78630	320.7	5	166.7	92800	13	108040	340.3	13	207.4	23100
7	76690	316.8	6	179.3	114600	14	201780	453.1	14	152.1	23400
8	79240	324.6	7	211.5	124000	15	127480	432.5	15	180.1	21200
9	342450	1039.5	8	259.5	131000	16	138860	409.9	16	164.4	23800
10	216040	644.3	9	3373.4	998600						
合計	1955110										

①建屋部

ヤング係数 E  $2.88 \times 10^4$  (N/mm<sup>2</sup>)  
 せん断弾性係数 G  $1.20 \times 10^4$  (N/mm<sup>2</sup>)  
 ポアソン比  $\nu$  0.20  
 減衰定数 h 5%  
 回転ばね  $K_{\theta 1}$   $1.97 \times 10^{10}$  (kN $\cdot$ m/rad)

②基礎スラブ

ヤング係数 E  $2.79 \times 10^4$  (N/mm<sup>2</sup>)  
 せん断弾性係数 G  $1.16 \times 10^4$  (N/mm<sup>2</sup>)  
 ポアソン比  $\nu$  0.20  
 減衰定数 h 5%  
 基礎形状 56.6m(NS方向)  $\times$  59.6m(EW方向)  $\times$  5.5m(厚さ)

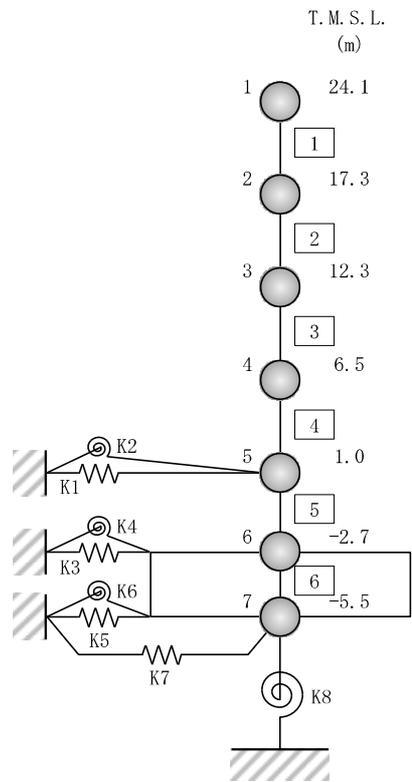


図 2-9 C/B の建屋モデル

表 2-3 C/B の建屋モデル諸元 (1/2)

(a) NS 方向

質点 番号	質点重量 W (kN)	回転慣性重量 I <sub>G</sub> (×10 <sup>6</sup> kN・m <sup>2</sup> )	部材 番号	せん断断面積 A <sub>s</sub> (m <sup>2</sup> )	断面二次モーメント I (m <sup>4</sup> )
1	68160	10.9			
2	92410	14.8	①	76.7	24000
3	103900	18.6	②	112.1	27400
4	120780	22.6	③	151.7	41700
5	65170	13.9	④	156.8	53200
6	124330	19.9	⑤	153.6	53200
7	81650	12.0	⑥	2478.0	364300
合計	656400				

①建屋部

ヤング係数 E	2.88×10 <sup>4</sup> (N/mm <sup>2</sup> )
せん断弾性係数 G	1.20×10 <sup>4</sup> (N/mm <sup>2</sup> )
ポアソン比 ν	0.20
減衰定数 h	5 %

②基礎スラブ

ヤング係数 E	2.79×10 <sup>4</sup> (N/mm <sup>2</sup> )
せん断弾性係数 G	1.16×10 <sup>4</sup> (N/mm <sup>2</sup> )
ポアソン比 ν	0.20
減衰定数 h	5 %

基礎形状 42.0m(NS 方向)×59.0m(EW 方向)×2.8m(厚さ)

表 2-3 C/B の建屋モデル諸元 (2/2)

(b) EW 方向

質点 番号	質点重量 W (kN)	回転慣性重量 $I_G$ ( $\times 10^6 \text{kN}\cdot\text{m}^2$ )	部材 番号	せん断断面積 $A_s$ (m <sup>2</sup> )	断面二次モーメント I (m <sup>4</sup> )
1	68160	22.6			
			①	68.9	38100
2	92410	30.1			
			②	129.8	61100
3	103900	33.2			
			③	151.7	84100
4	120780	37.4			
			④	204.1	109100
5	65170	24.9			
			⑤	202.3	107800
6	124330	38.7			
			⑥	2478.0	718800
7	81650	23.7			
合計	656400				

①建屋部

ヤング係数 E  $2.88 \times 10^4$  (N/mm<sup>2</sup>)

せん断弾性係数 G  $1.20 \times 10^4$  (N/mm<sup>2</sup>)

ポアソン比  $\nu$  0.20

減衰定数 h 5 %

②基礎スラブ

ヤング係数 E  $2.79 \times 10^4$  (N/mm<sup>2</sup>)

せん断弾性係数 G  $1.16 \times 10^4$  (N/mm<sup>2</sup>)

ポアソン比  $\nu$  0.20

減衰定数 h 5 %

基礎形状 42.0m(NS 方向) × 59.0m(EW 方向) × 2.8m(厚さ)

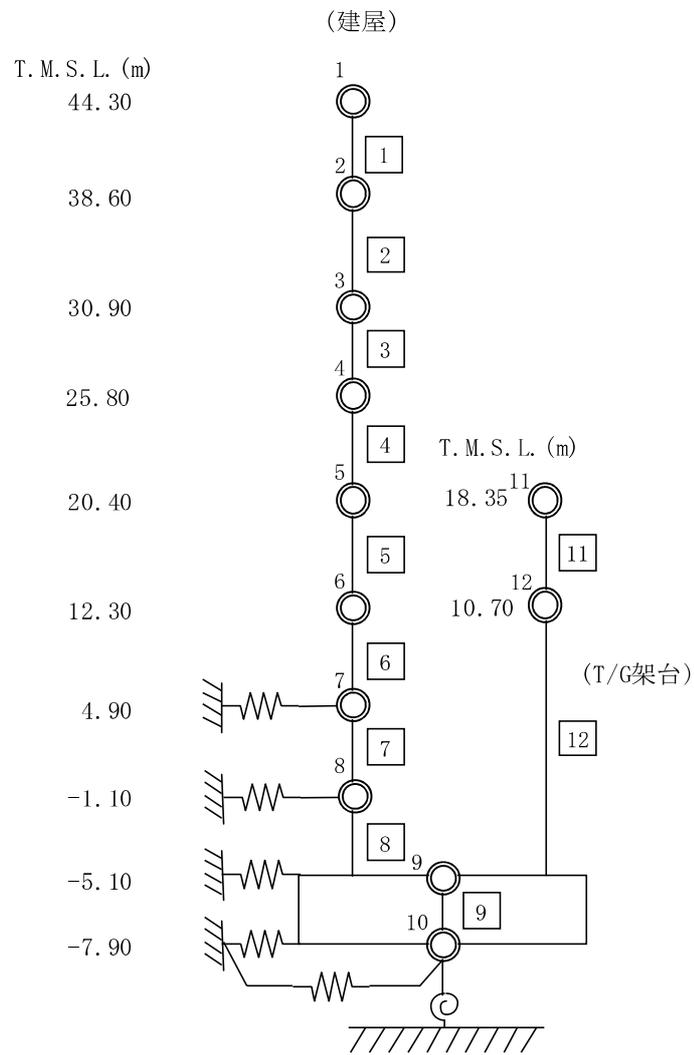


図 2-10 K7T/B の建屋モデル

表 2-4 K7T/B の建屋モデル諸元

(a) NS 方向

質点 番号	重量 (kN)	回転慣性 重量 ( $\times 10^3 \text{kN} \cdot \text{m}^2$ )	せん断 断面積 ( $\text{m}^2$ )	断面二次 モーメント ( $\text{m}^4$ )	質点 番号	重量 (kN)	回転慣性 重量 ( $\times 10^3 \text{kN} \cdot \text{m}^2$ )	せん断 断面積 ( $\text{m}^2$ )	断面二次 モーメント ( $\text{m}^4$ )
1	55140	31293.0							
2	52320	11346.0	6.70	-					
3	156500	107098.0	8.50	-					
4	64580	688946.0	300.6	149000					
5	284230	738323.0	329.1	134600	11	103470	-		
6	376070	1108838.0	319.6	154600	12	70210	-	13.9	-
7	370000	1317975.0	530.0	256600				10.2	-
8	264280	1406166.0	645.1	307900					
9	494300	3783700.0	665.8	317200					
10	264930	1487022.0	7954.0	-					

(b) EW 方向

質点 番号	重量 (kN)	回転慣性 重量 ( $\times 10^3 \text{kN} \cdot \text{m}^2$ )	せん断 断面積 ( $\text{m}^2$ )	断面二次 モーメント ( $\text{m}^4$ )	質点 番号	重量 (kN)	回転慣性 重量 ( $\times 10^3 \text{kN} \cdot \text{m}^2$ )	せん断 断面積 ( $\text{m}^2$ )	断面二次 モーメント ( $\text{m}^4$ )
1	55140	22398.0							
2	52320	21329.0	4.51	-					
3	156500	48495.0	5.87	-					
4	64580	14357.0	207.2	17100					
5	284230	253169.0	238.2	30100	11	103470	-		
6	376070	826798.0	346.3	81600	12	70210	-	25.3	-
7	370000	1212837.0	471.3	142200				11.4	-
8	264280	773715.0	555.8	154800					
9	494300	5278312.0	650.6	159000					
10	264930	2079794.0	7954.0	-					

①コンクリート部 建屋

ヤング係数  $E_c$   $2.88 \times 10^7 (\text{kN}/\text{m}^2)$   
 せん断弾性係数  $G$   $1.20 \times 10^7 (\text{kN}/\text{m}^2)$   
 ポアソン比  $\nu$  0.20  
 減衰  $h$  5%

②コンクリート部 基礎スラブ

ヤング係数  $E_c$   $2.79 \times 10^7 (\text{kN}/\text{m}^2)$   
 せん断弾性係数  $G$   $1.16 \times 10^7 (\text{kN}/\text{m}^2)$   
 ポアソン比  $\nu$  0.20  
 減衰  $h$  5%

③鉄骨部 建屋 (30.9mより上部 (設計時RC等価))

ヤング係数  $E_s$   $2.65 \times 10^7 (\text{kN}/\text{m}^2)$   
 せん断弾性係数  $G$   $1.13 \times 10^7 (\text{kN}/\text{m}^2)$   
 ポアソン比  $\nu$  0.167  
 減衰  $h$  2%

基礎形状

97.0m (NS方向)  $\times$  82.0m (EW方向)  $\times$  2.0m又は2.8m (厚さ)

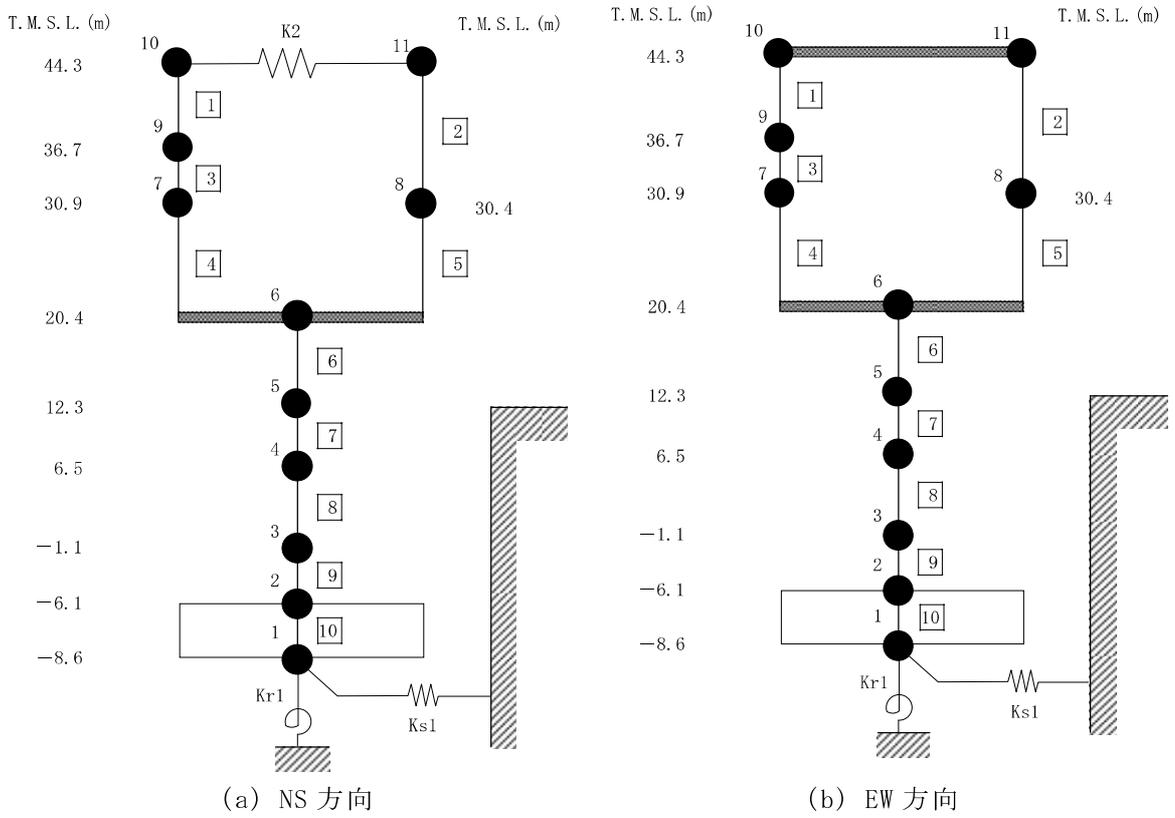


図 2-11 Rw/B の建屋モデル

表 2-5 Rw/B の建屋モデル諸元 (1/2)

(a) NS 方向

(i) 重量・回転慣性重量

T. M. S. L. (m)	建屋	
44.3	10	11
	24620	8400
	3.1	1.1
36.7	9	-
	21950	
	2.7	
30.9	7	-
	33800	
	4.0	
30.4	-	8
	-	19940
	-	2.3
20.4	6	-
	125570	
	15.4	
12.3	5	-
	167720	
	19.3	
6.5	4	-
	185670	
	21.7	
-1.1	3	-
	209330	
	23.0	
-6.1	2	-
	138300	
	15.7	
-8.6	1	-
	76880	
	8.2	

質点番号
重量(kN)
回転慣性重量 (×10 <sup>4</sup> kN・m)

(ii) せん断断面積・断面二次モーメント

T. M. S. L. (m)	建屋		
44.3	1	2	0.19
	0.31		
	-		
36.7	3	-	-
	0.55		
	-		
30.9	4	-	-
	36.5		
	-		
30.4	4990	5	-
	-	35.8	
	-	4230	
20.4	6	-	-
	192.0		
	25540		
12.3	7	-	-
	271.4		
	44580		
6.5	8	-	-
	305.1		
	49890		
-1.1	9	-	-
	301.3		
	50620		
-6.1	10	-	-
	2613.4		
	279100		

①コンクリート部 建屋  
ヤング係数 E 2.88 × 10<sup>4</sup> (N/mm<sup>2</sup>)  
せん断弾性係数 G 1.20 × 10<sup>4</sup> (N/mm<sup>2</sup>)  
ポアソン比 ν 0.20  
減衰定数 h 5%

②コンクリート部 基礎スラブ  
ヤング係数 E 2.79 × 10<sup>4</sup> (N/mm<sup>2</sup>)  
せん断弾性係数 G 1.16 × 10<sup>4</sup> (N/mm<sup>2</sup>)  
ポアソン比 ν 0.20  
減衰定数 h 5%

③鉄骨部  
ヤング係数 E 2.05 × 10<sup>5</sup> (N/mm<sup>2</sup>)  
せん断弾性係数 G 7.90 × 10<sup>4</sup> (N/mm<sup>2</sup>)  
ポアソン比 ν 0.30  
減衰定数 h 2%

基礎形状 35.8m(NS方向)×73.0m(EW方向)×2.5m(厚さ)  
K<sub>2</sub> : 屋根トラス部せん断ばね 2.96×10<sup>5</sup> (kN/m)

部材番号
せん断断面積(m <sup>2</sup> )
断面二次モーメント(m <sup>4</sup> )

表 2-5 Rw/B の建屋モデル諸元 (2/2)

(b) EW 方向

(i) 重量・回転慣性重量

T. M. S. L. (m)	建屋	
44.3	10	11
	33020	
36.7	9	—
	21950	
30.9	7	—
	33800	
30.4	—	8
	19940	
20.4	6	—
	125570	
12.3	5	—
	167720	
6.5	4	—
	185670	
-1.1	3	—
	209330	
-6.1	2	—
	138300	
-8.6	1	—
	76880	

質点番号
重量 (kN)
回転慣性重量 ( $\times 10^4$ kN・m)

(ii) せん断断面積・断面二次モーメント

T. M. S. L. (m)	建屋	
44.3	1	2
	0.40	
36.7	3	—
	0.49	
30.9	4	—
	47.9	
30.4	5	—
	1775	
20.4	6	—
	187.7	
12.3	7	—
	329.8	
6.5	8	—
	381.7	
-1.1	9	—
	416.2	
-6.1	10	—
	2613.4	

部材番号
せん断断面積 (m <sup>2</sup> )
断面二次モーメント (m <sup>4</sup> )

- ①コンクリート部 建屋  
 ヤング係数 E  $2.88 \times 10^4$  (N/mm<sup>2</sup>)  
 せん断弾性係数 G  $1.20 \times 10^4$  (N/mm<sup>2</sup>)  
 ポアソン比  $\nu$  0.20  
 減衰定数 h 5%
- ②コンクリート部 基礎スラブ  
 ヤング係数 E  $2.79 \times 10^4$  (N/mm<sup>2</sup>)  
 せん断弾性係数 G  $1.16 \times 10^4$  (N/mm<sup>2</sup>)  
 ポアソン比  $\nu$  0.20  
 減衰定数 h 5%
- ③鉄骨部  
 ヤング係数 E  $2.05 \times 10^5$  (N/mm<sup>2</sup>)  
 せん断弾性係数 G  $7.90 \times 10^4$  (N/mm<sup>2</sup>)  
 ポアソン比  $\nu$  0.30  
 減衰定数 h 2%

基礎形状 35.8m(NS方向) × 73.0m(EW方向) × 2.5m(厚さ)

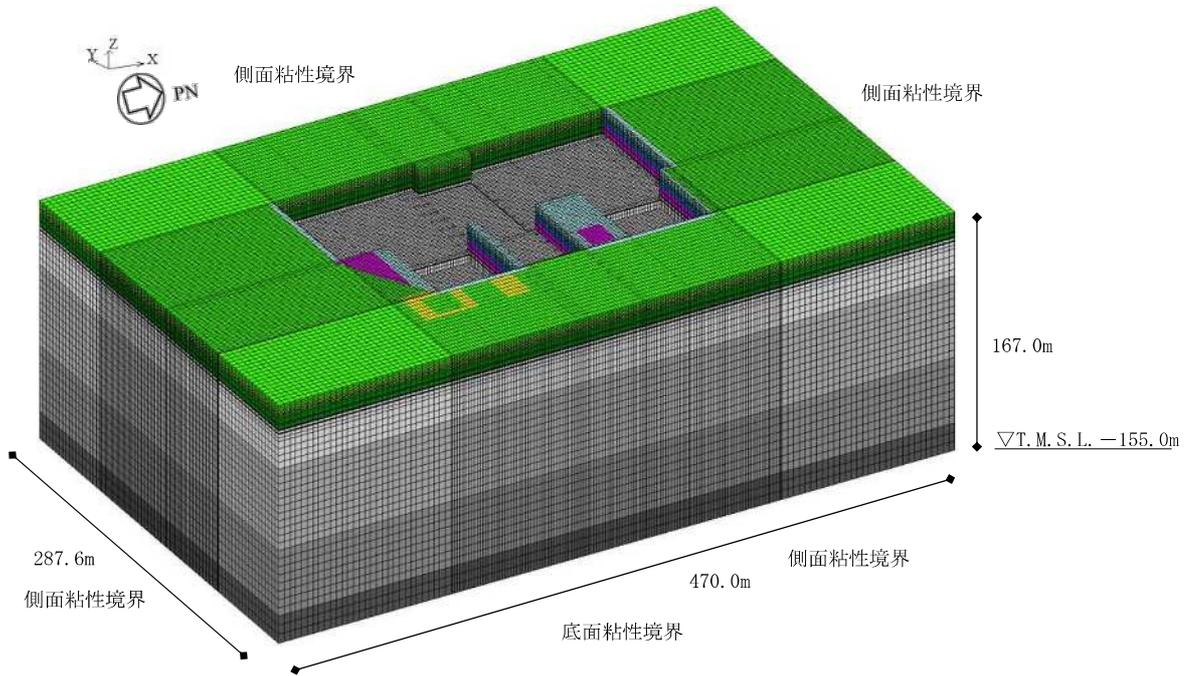
#### 2.1.4 地盤のモデル化

地盤モデルを図 2-12 に示す。地盤はソリッド要素でモデル化する。NS 方向 470m, EW 方向 287.6m の領域をモデル化し, 地盤モデル底面は解放基盤位置 (T. M. S. L. -155.0m) とする。

弾性設計用地震動 Sd-1 における地盤物性を表 2-6~表 2-8 に示す。自然地盤と埋戻土層の地盤物性は地盤のひずみ依存特性を考慮して求めた等価地盤物性値を用いる。ひずみ依存特性については, V-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に基づく。地盤の減衰はレーリー型とし, 各層の減衰定数において 1.0 Hz 及び 10.0 Hz を採用振動数とする。

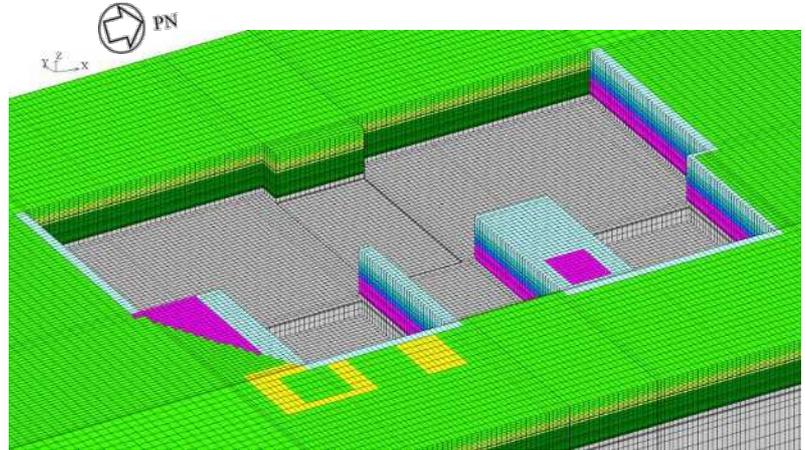
地盤モデルの境界は, 底面粘性境界, 側面粘性境界かつ繰り返し境界とする。

建屋の基礎は剛体として考慮し, 浮き上がりは考慮せず完全固着とし, 基礎底面と支持基盤が同一に挙動するように結合する。また, 建屋側面と側面地盤間について, 表層及び埋戻土層を除いた範囲で建屋質点と同じ高さの地盤節点は剛接とし, 地震応答解析モデルで側面水平地盤ばねが定義してある建屋については地盤の水平自由度を拘束し, 側面回転地盤ばねが定義してある建屋については地盤の上下自由度を拘束する。



(a) 全体図

	新期砂層	表層1
		表層2
	古安田層	古安田層
	西山層	西山層1
		西山層2
		西山層3
		西山層4
	マンメイドロック	マンメイドロック
	地盤改良体	地盤改良体
	埋戻土層	埋戻土層1
		埋戻土層2
		埋戻土層3
		埋戻土層4



(b) 基礎底面部拡大図

図 2-12 地盤モデル (ALL)

表 2-6 地盤物性 (自然地盤, Sd-1)

標高 T. M. S. L. (m)	地層	せん断波 速度 $V_s$ (m/s)	単位体積 重量 $\gamma_t$ (kN/m <sup>3</sup> )	ポアソン比 $\nu$	せん断 弾性係数 G ( $\times 10^5$ kN/m <sup>2</sup> )	初期せん断 弾性係数 G <sub>0</sub> ( $\times 10^5$ kN/m <sup>2</sup> )	剛性 低下率 G/G <sub>0</sub>	減衰 定数 h (%)
+12.0	新期砂層	150	16.1	0.347	0.140	0.369	0.38	19
+8.0		200	16.1	0.308	0.170	0.657	0.26	23
+4.0	古安田層	330	17.3	0.462	1.26	1.92	0.66	4
-6.0	西山層	490	17.0	0.451	4.03	4.16	0.97	3
-33.0		530	16.6	0.446	4.51	4.75	0.95	3
-90.0		590	17.3	0.432	5.83	6.14	0.95	3
-136.0		650	19.3	0.424	7.90	8.32	0.95	3
-155.0		720	19.9	0.416	10.5	10.5	1.00	-
∞	椎谷層							

表 2-7 地盤物性 (埋戻土層, Sd-1)

標高 T. M. S. L. (m)	地層	せん断波 速度 $V_s$ (m/s)	単位体積 重量 $\gamma_t$ (kN/m <sup>3</sup> )	ポアソン比 $\nu$	せん断 弾性係数 G ( $\times 10^5$ kN/m <sup>2</sup> )	初期せん断 弾性係数 G <sub>0</sub> ( $\times 10^5$ kN/m <sup>2</sup> )	剛性 低下率 G/G <sub>0</sub>	減衰 定数 h (%)
+12.0	埋戻土層	176	17.6	0.415	0.292	0.562	0.52	9
+8.0		224	17.6	0.415	0.297	0.902	0.33	13
+4.0		247	17.6	0.415	0.319	1.10	0.29	14
+1.0		263	17.6	0.415	0.362	1.25	0.29	14
-2.7								

表 2-8 地盤物性 (マンメイドロック, 地盤改良体)

地層	せん断波 速度 $V_s$ (m/s)	単位体積 重量 $\gamma_t$ (kN/m <sup>3</sup> )	ポアソン比 $\nu$	せん断 弾性係数 G ( $\times 10^5$ kN/m <sup>2</sup> )	減衰 定数 h (%)
マンメイドロック	1040	17.2	0.360	19.1	2.00
地盤改良体	840	18.1	0.302	13.1	0.401

### 2.1.5 検討用地震動

検討用地震動は、V-2-1-2「基準地震動 S<sub>s</sub> 及び弾性設計用地震動 S<sub>d</sub> の策定概要」に示す弾性設計用地震動 S<sub>d</sub>-1（水平最大応答加速度  $-5.25\text{m/s}^2$ ，図 2-13）を用いる。

図 2-14 に示すように、K7R/B の基礎底面レベルにおける地盤の応答が一次元波動論に基づき算定した地盤の応答と一致するように補正した地震動を地盤 FEM モデル底面に入力する。地盤応答解析には、解析コード「SHAKE」を用いる。地盤応答解析に用いる解析コードの検証、妥当性確認等の概要については、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

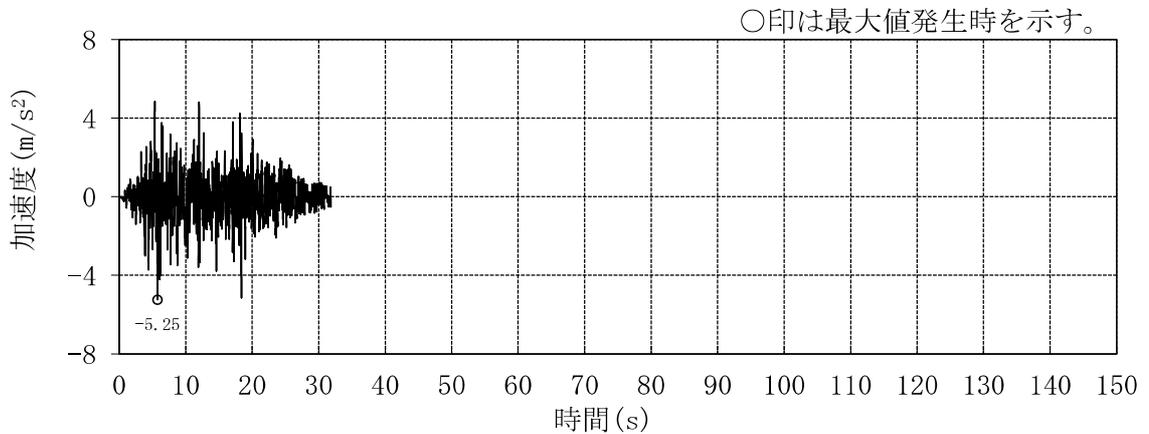


図 2-13 弾性設計用地震動 S<sub>d</sub>-1H

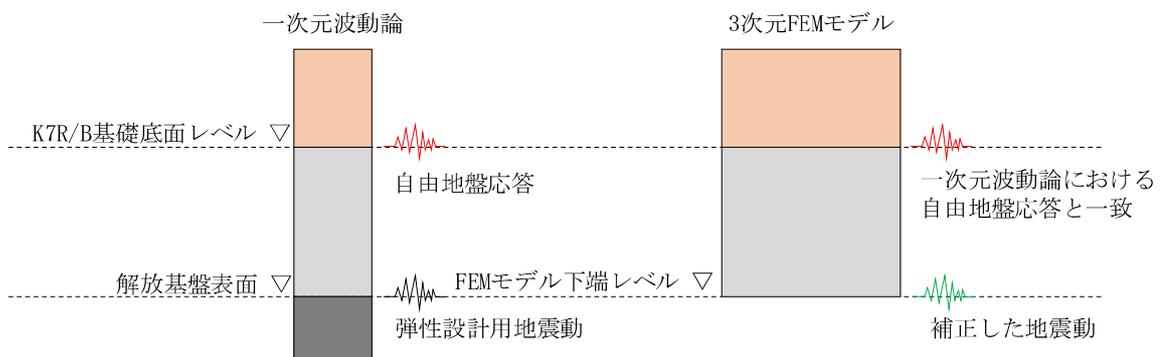


図 2-14 FEM モデルへ入力する補正した地震動

#### 2.1.6 解析結果

全建屋を考慮したケース（ALL）と各建屋単独でモデル化したケース（S1～S4）の地震応答解析結果を図 2-15～図 2-38 に示す。

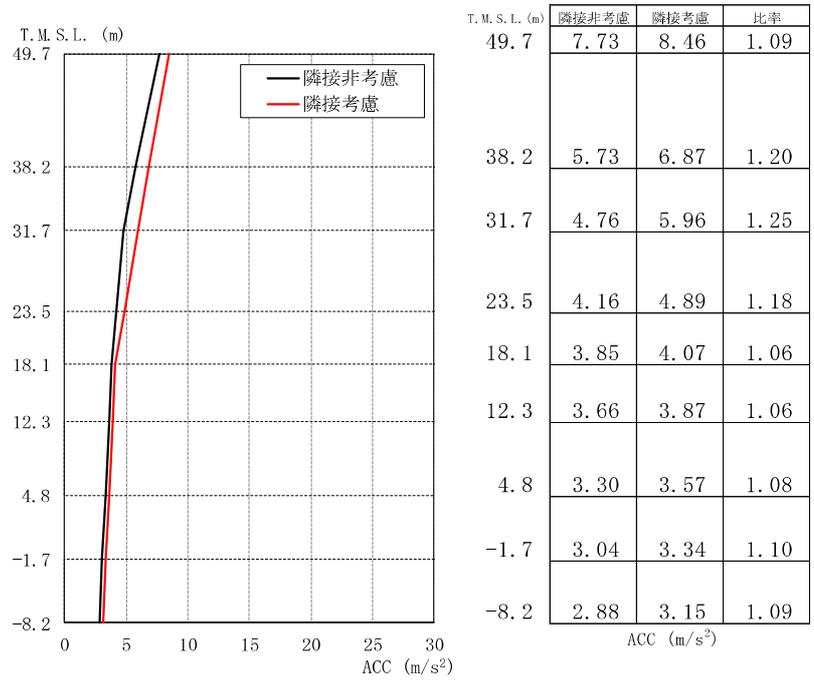
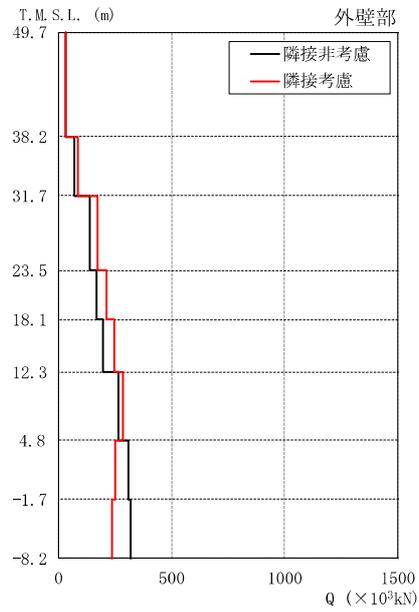
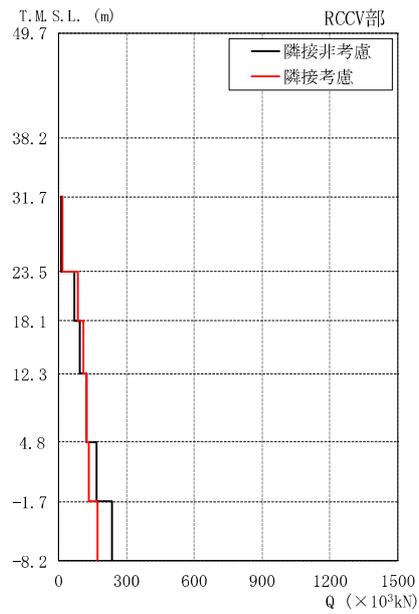


図 2-15 最大応答加速度の比較 (K7R/B, NS 方向)

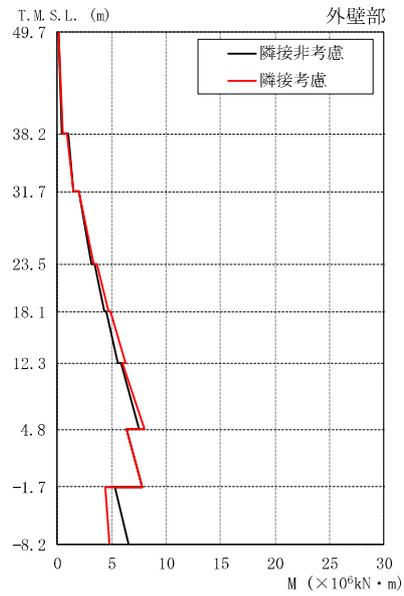


T.M.S.L. (m)	隣接非考慮	隣接考慮	比率
49.7	29.9	32.8	1.10
38.2	72.2	86.3	1.20
31.7	140	172	1.23
23.5	167	212	1.27
18.1	199	247	1.24
12.3	263	284	1.08
4.8	310	252	0.81
-1.7	318	237	0.75

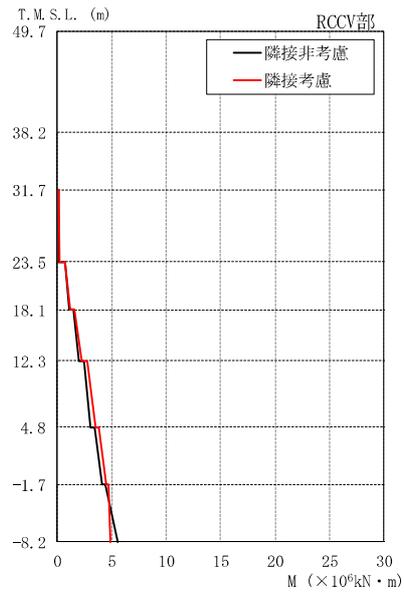


T.M.S.L. (m)	隣接非考慮	隣接考慮	比率
31.7	14.0	17.7	1.26
23.5	69.6	84.4	1.21
18.1	95.3	109	1.14
12.3	125	122	0.98
4.8	170	132	0.78
-1.7	236	175	0.74

図 2-16 最大応答せん断力の比較 (K7R/B, NS 方向)



T.M.S.L. (m)	隣接非考慮	隣接考慮	比率
49.7	0.0986	0.0853	0.87
38.2	0.442	0.463	1.05
	0.960	0.915	0.95
31.7	1.43	1.45	1.01
	1.99	1.95	0.98
23.5	3.11	3.31	1.06
	3.42	3.57	1.04
18.1	4.30	4.71	1.10
	4.49	4.87	1.08
12.3	5.57	6.28	1.13
	5.83	5.92	1.02
4.8	7.55	8.00	1.06
	6.30	6.33	1.00
-1.7	7.77	7.76	1.00
	5.31	4.38	0.82
-8.2	6.55	4.80	0.73



T.M.S.L. (m)	隣接非考慮	隣接考慮	比率
31.7	0.0561	0.0535	0.95
23.5	0.123	0.158	1.28
	0.722	0.728	1.01
18.1	1.04	1.17	1.13
	1.49	1.60	1.07
12.3	1.91	2.20	1.15
	2.43	2.69	1.11
4.8	3.06	3.51	1.15
	3.43	3.85	1.12
-1.7	4.10	4.45	1.09
	4.39	4.69	1.07
-8.2	5.51	4.87	0.88

図 2-17 最大応答曲げモーメントの比較 (K7R/B, NS 方向)

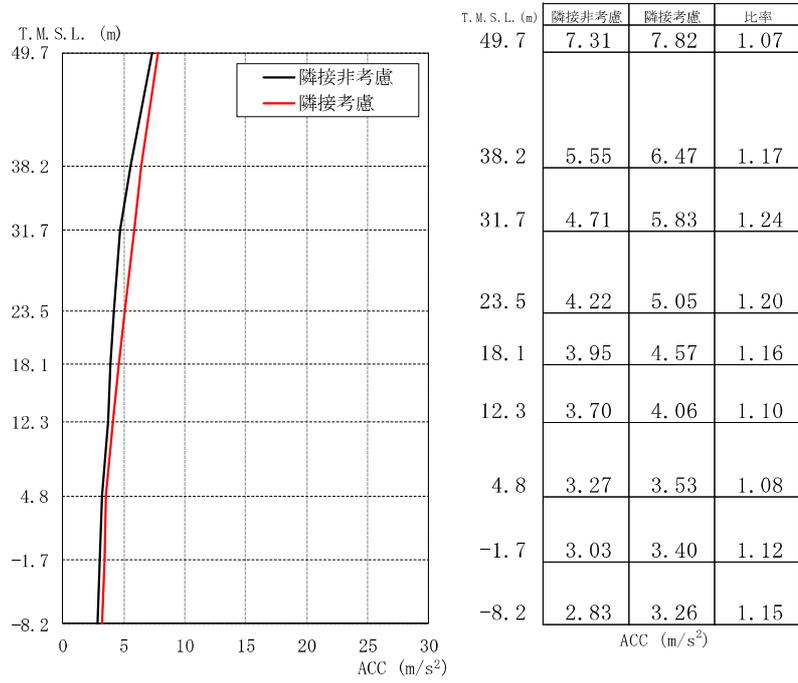
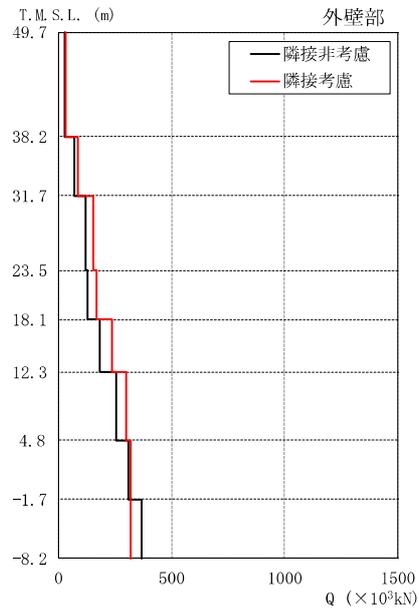
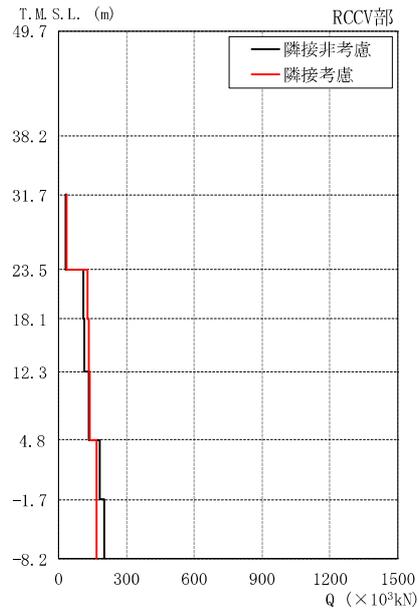


図 2-18 最大応答加速度の比較 (K7R/B, EW 方向)

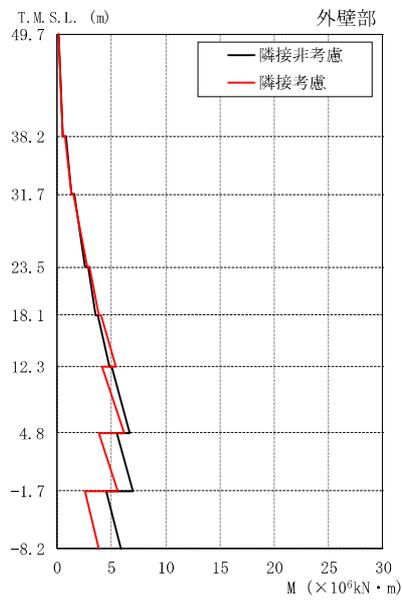


T.M.S.L. (m)	隣接非考慮	隣接考慮	比率
49.7	27.6	31.0	1.12
38.2	69.4	83.4	1.20
31.7	121	151	1.25
23.5	130	170	1.31
18.1	181	238	1.31
12.3	257	302	1.18
4.8	310	317	1.02
-1.7	369	318	0.86

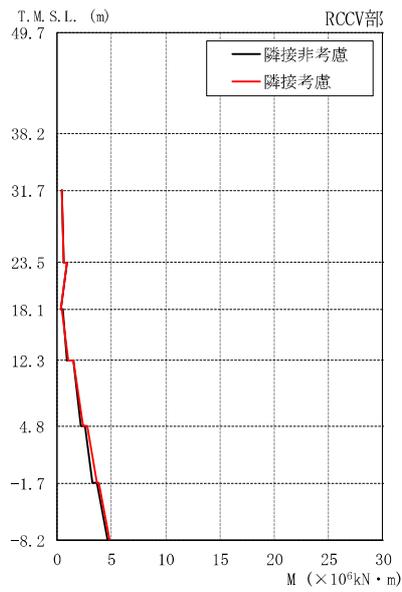


T.M.S.L. (m)	隣接非考慮	隣接考慮	比率
31.7	33.1	36.4	1.10
23.5	108	131	1.21
18.1	113	134	1.19
12.3	135	141	1.04
4.8	183	167	0.91
-1.7	204	167	0.82

図 2-19 最大応答せん断力の比較 (K7R/B, EW 方向)



T.M.S.L. (m)	隣接非考慮	隣接考慮	比率
49.7	0.174	0.136	0.78
	0.491	0.492	1.00
38.2	0.825	0.751	0.91
	1.28	1.28	1.00
31.7	1.59	1.52	0.96
	2.59	2.75	1.06
23.5	2.86	2.95	1.03
	3.55	3.87	1.09
18.1	3.74	4.01	1.07
	4.77	5.37	1.13
12.3	5.03	4.13	0.82
	6.71	6.22	0.93
4.8	5.48	3.81	0.70
	6.96	5.56	0.80
-1.7	4.48	2.53	0.56
-8.2	5.87	3.89	0.66



T.M.S.L. (m)	隣接非考慮	隣接考慮	比率
31.7	0.463	0.410	0.89
	0.628	0.607	0.97
23.5	0.899	0.960	1.07
	0.336	0.286	0.85
18.1	0.481	0.472	0.98
	0.898	1.01	1.12
12.3	1.46	1.52	1.04
	2.16	2.40	1.11
4.8	2.59	2.78	1.07
	3.30	3.60	1.09
-1.7	3.62	3.85	1.06
-8.2	4.64	4.80	1.03

図 2-20 最大応答曲げモーメントの比較 (K7R/B, EW 方向)

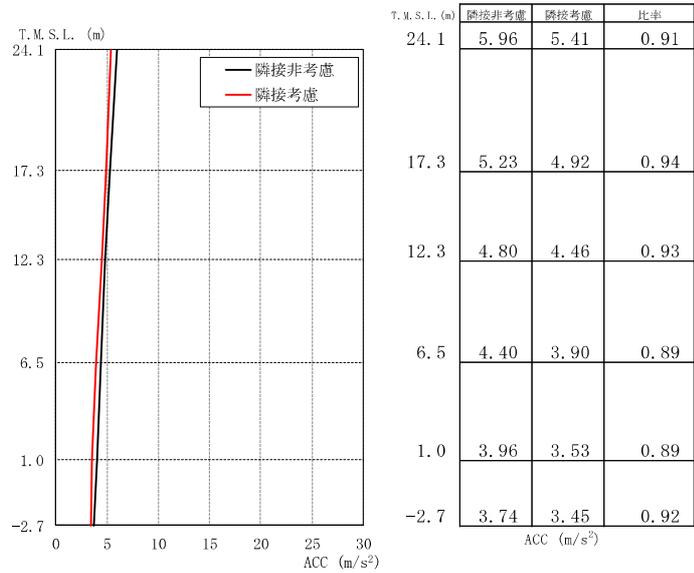


図 2-21 最大応答加速度の比較 (C/B, NS 方向)

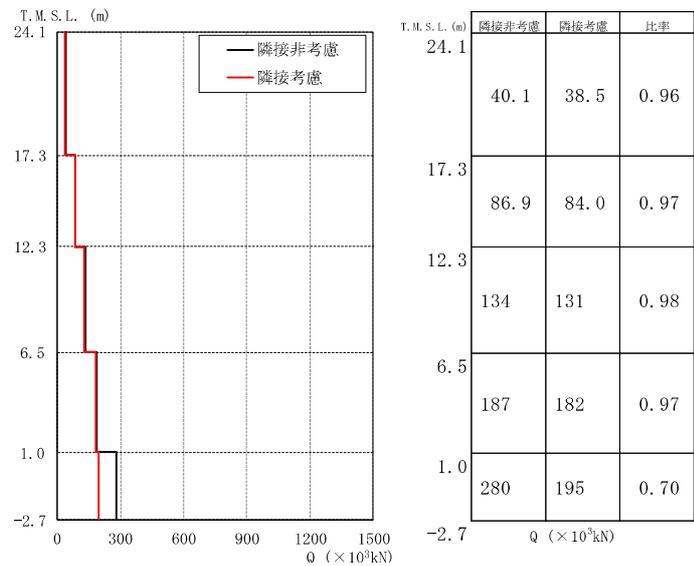


図 2-22 最大応答せん断力の比較 (C/B, NS 方向)

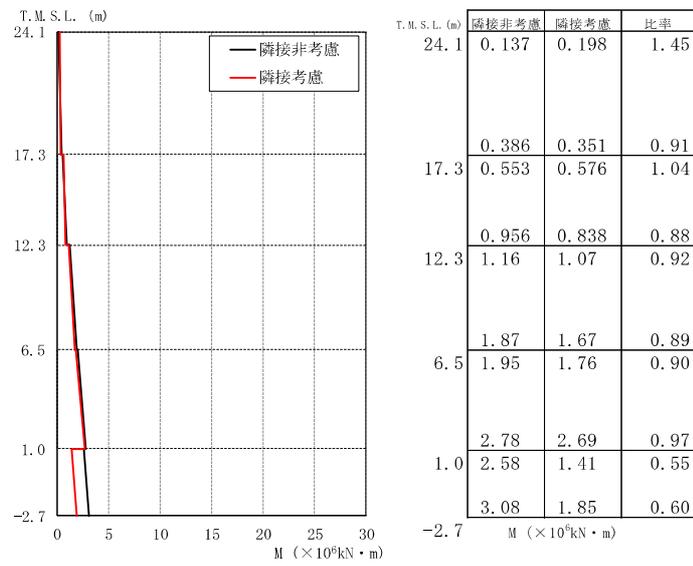


図 2-23 最大応答曲げモーメントの比較 (C/B, NS 方向)

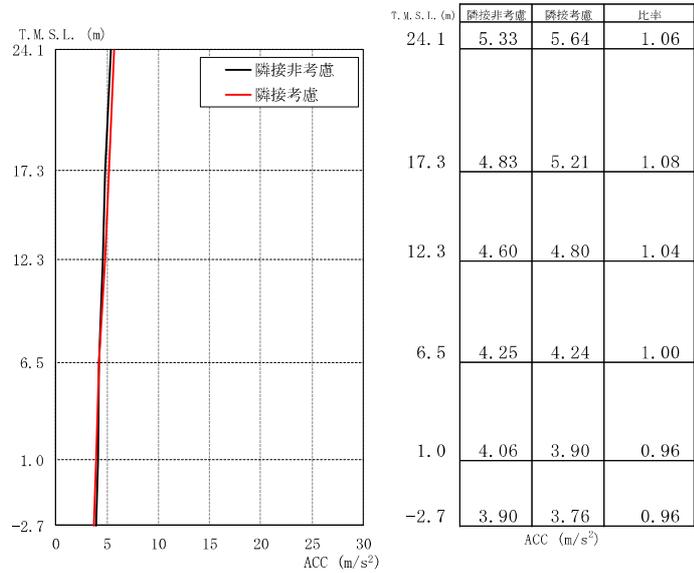


図 2-24 最大応答加速度の比較 (C/B, EW 方向)

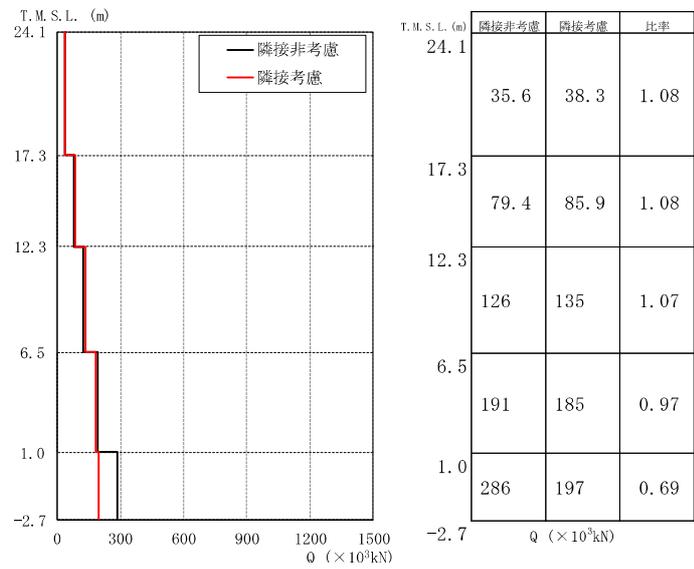


図 2-25 最大応答せん断力の比較 (C/B, EW 方向)

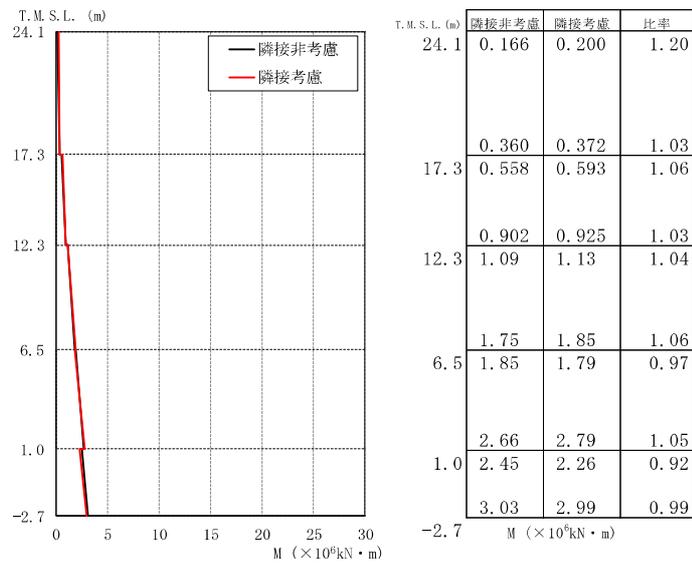


図 2-26 最大応答曲げモーメントの比較 (C/B, EW 方向)

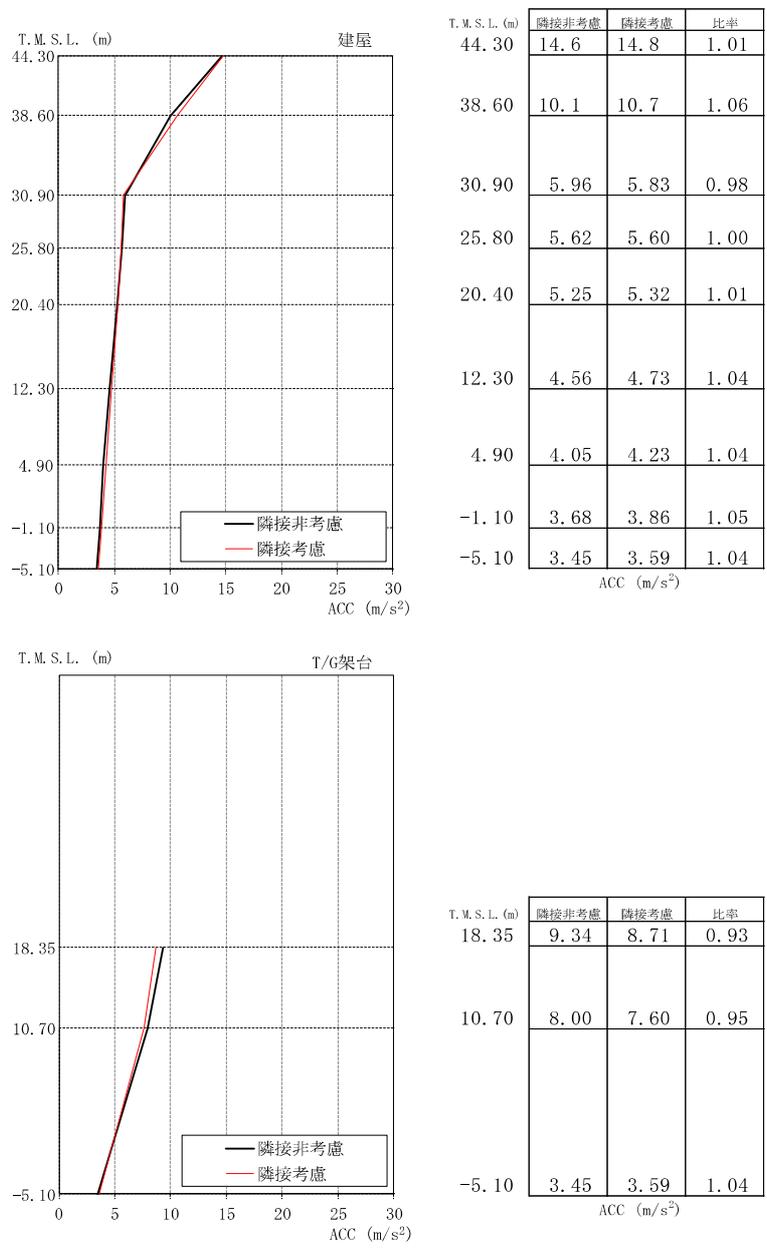


図 2-27 最大応答加速度の比較 (K7T/B, NS 方向)

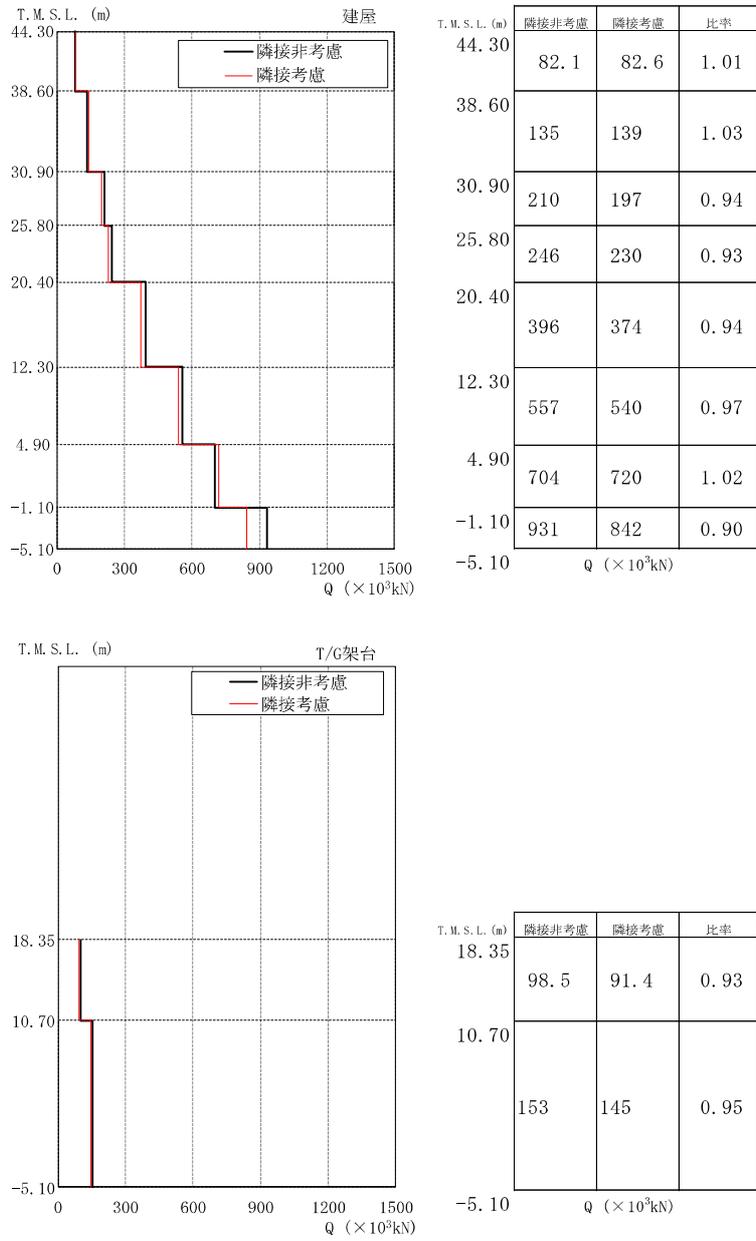
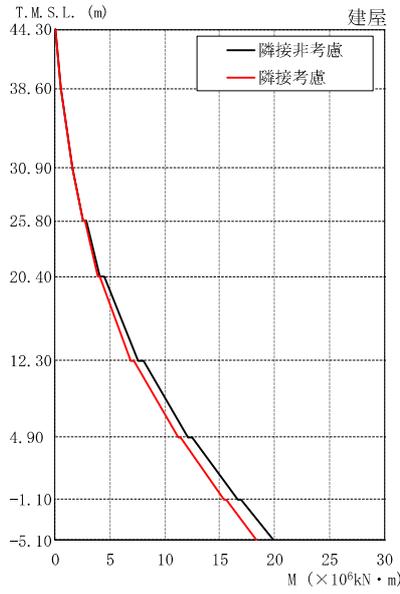
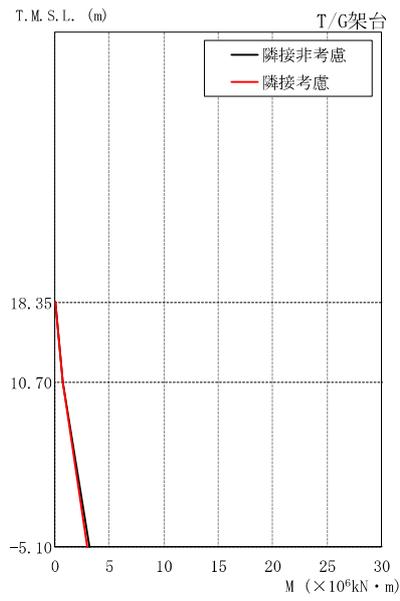


図 2-28 最大応答せん断力の比較 (K7T/B, NS 方向)

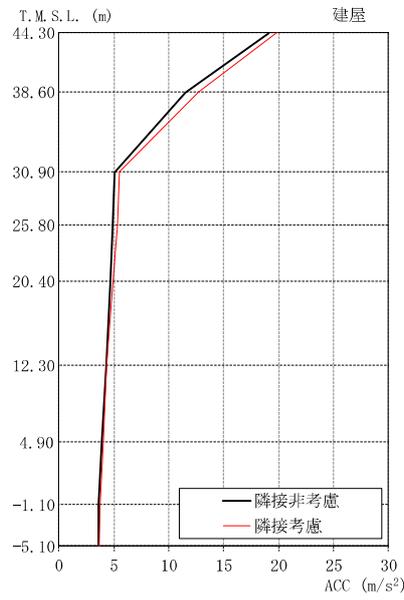


T.M.S.L. (m)	隣接非考慮	隣接考慮	比率
44.30	0.0250	0.0210	0.84
	0.475	0.477	1.00
38.60	0.478	0.479	1.00
	1.52	1.55	1.02
30.90	1.54	1.57	1.02
	2.50	2.55	1.02
25.80	2.78	2.72	0.98
	4.06	3.92	0.97
20.40	4.46	4.11	0.92
	7.54	6.91	0.92
12.30	8.05	7.18	0.89
	12.1	11.2	0.93
4.90	12.5	11.4	0.91
	16.6	15.4	0.93
-1.10	16.9	15.6	0.92
-5.10	19.9	18.4	0.92



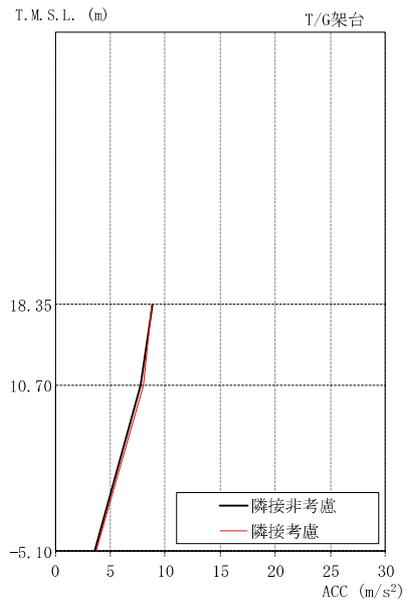
T.M.S.L. (m)	隣接非考慮	隣接考慮	比率
18.35	0.00	0.00	-
	0.753	0.699	0.93
10.70	0.753	0.699	0.93
	3.18	3.00	0.94

図 2-29 最大応答曲げモーメントの比較 (K7T/B, NS 方向)



T.M.S.L. (m)	隣接非考慮	隣接考慮	比率
44.30	19.1	19.9	1.04
38.60	11.5	12.7	1.10
30.90	5.06	5.49	1.08
25.80	4.92	5.27	1.07
20.40	4.71	4.97	1.06
12.30	4.25	4.36	1.03
4.90	3.88	4.02	1.04
-1.10	3.66	3.80	1.04
-5.10	3.57	3.70	1.04

ACC (m/s<sup>2</sup>)



T.M.S.L. (m)	隣接非考慮	隣接考慮	比率
18.35	8.84	8.78	0.99
10.70	7.81	7.99	1.02
-5.10	3.57	3.70	1.04

ACC (m/s<sup>2</sup>)

図 2-30 最大応答加速度の比較 (K7T/B, EW 方向)

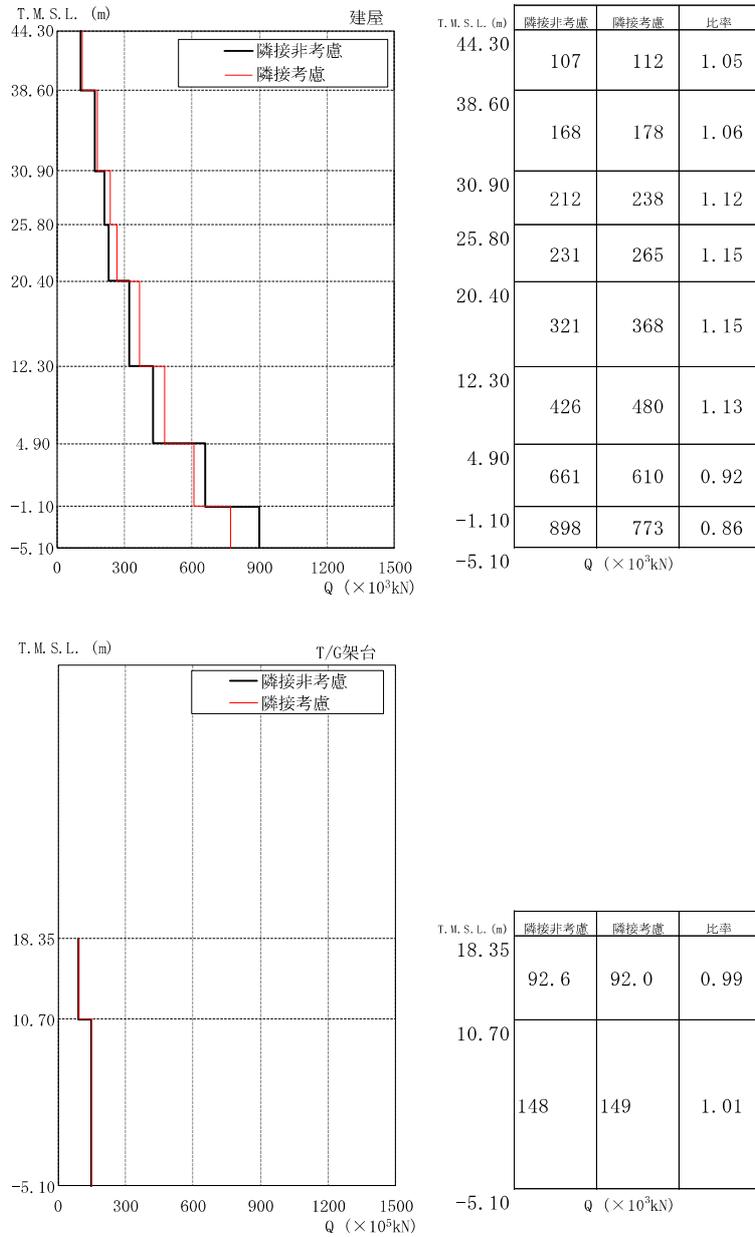
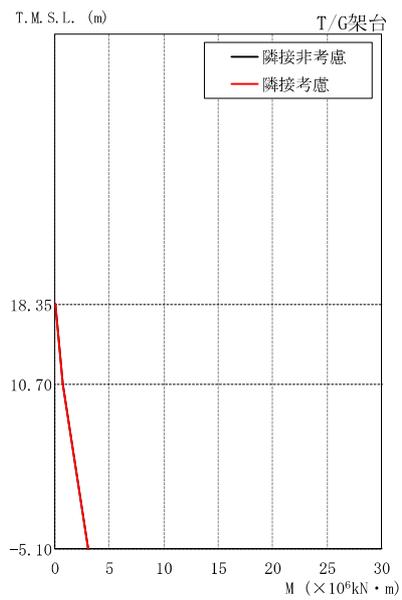


図 2-31 最大応答せん断力の比較 (K7T/B, EW 方向)



T.M.S.L. (m)	隣接非考慮	隣接考慮	比率
44.30	0.0297	0.0273	0.92
	0.614	0.635	1.03
38.60	0.621	0.650	1.05
	1.91	2.01	1.05
30.90	1.92	2.04	1.06
	2.94	3.17	1.08
25.80	2.95	3.19	1.08
	4.14	4.60	1.11
20.40	4.37	4.80	1.10
	6.70	7.59	1.13
12.30	7.29	8.14	1.12
	10.1	11.4	1.13
4.90	10.8	12.0	1.11
	13.6	14.9	1.10
-1.10	13.9	15.1	1.09
	15.9	17.3	1.09
-5.10			



T.M.S.L. (m)	隣接非考慮	隣接考慮	比率
18.35	0.00	0.00	-
	0.709	0.704	0.99
10.70	0.709	0.704	0.99
	3.05	3.05	1.00
-5.10			

図 2-32 最大応答曲げモーメントの比較 (K7T/B, EW 方向)

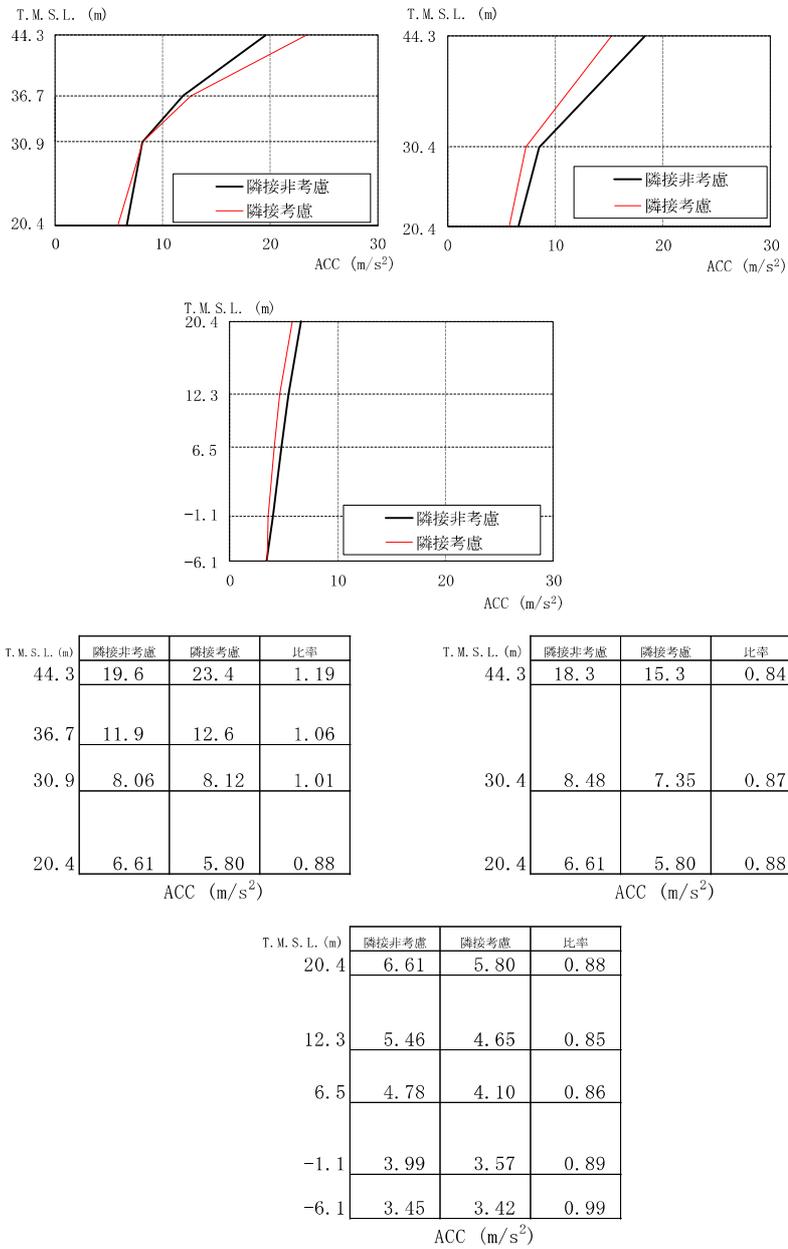


図 2-33 最大応答加速度の比較 (Rw/B, NS 方向)

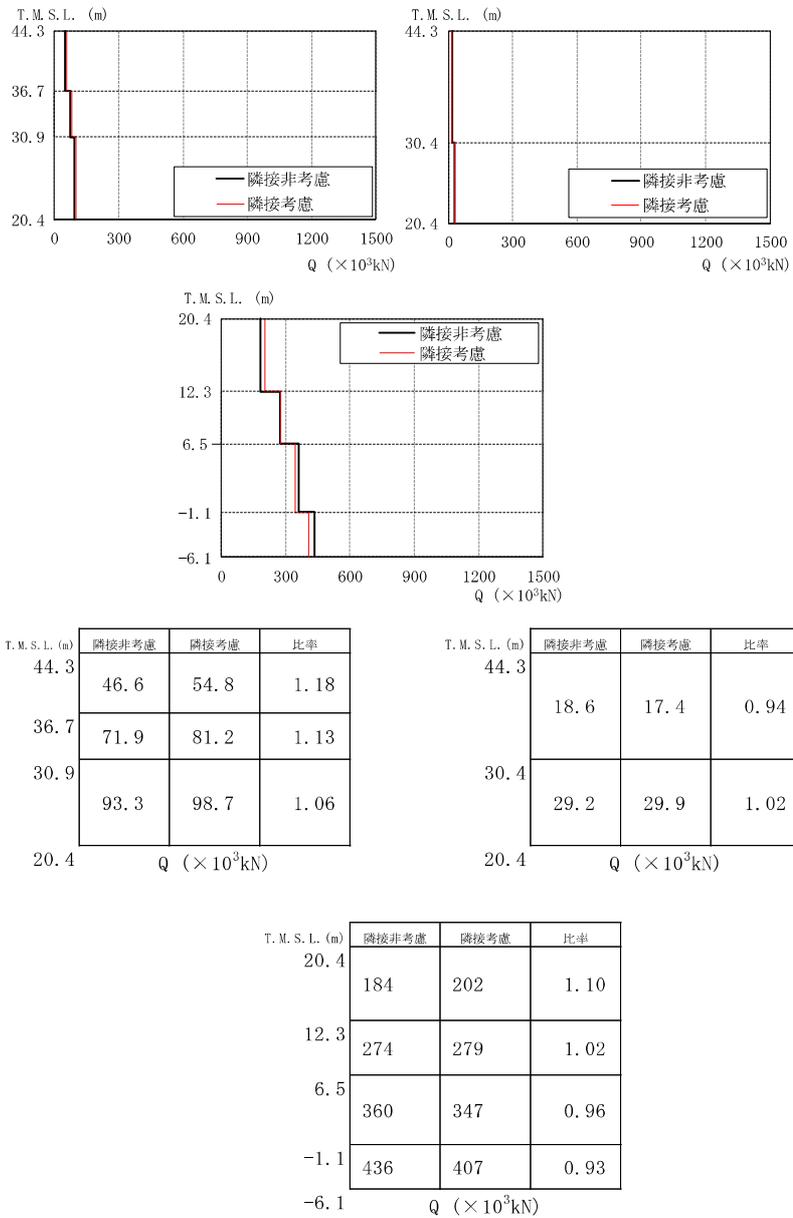
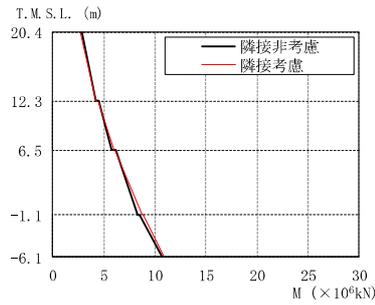
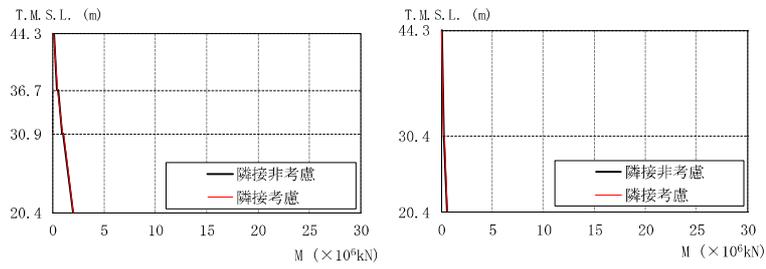


図 2-34 最大応答せん断力の比較 (Rw/B, NS 方向)



T.M.S.L. (m)	隣接非考慮	隣接考慮	比率
44.3	0.0902	0.0654	0.73
	0.402	0.460	1.14
36.7	0.477	0.501	1.05
	0.870	0.972	1.12
30.9	0.982	1.04	1.06
	1.96	2.05	1.05
20.4			

M (×10<sup>6</sup>kN)

T.M.S.L. (m)	隣接非考慮	隣接考慮	比率
44.3	0.0283	0.0187	0.66
30.4	0.266	0.253	0.95
	0.303	0.275	0.91
20.4	0.595	0.557	0.94

M (×10<sup>6</sup>kN)

T.M.S.L. (m)	隣接非考慮	隣接考慮	比率
20.4	2.80	2.70	0.96
	4.19	4.26	1.02
12.3	4.51	4.43	0.98
	5.77	5.98	1.04
6.5	6.12	6.15	1.00
	8.30	8.76	1.06
-1.1	8.54	8.88	1.04
	10.7	10.9	1.02
-6.1			

M (×10<sup>6</sup>kN)

図 2-35 最大応答曲げモーメントの比較 (Rw/B, NS 方向)

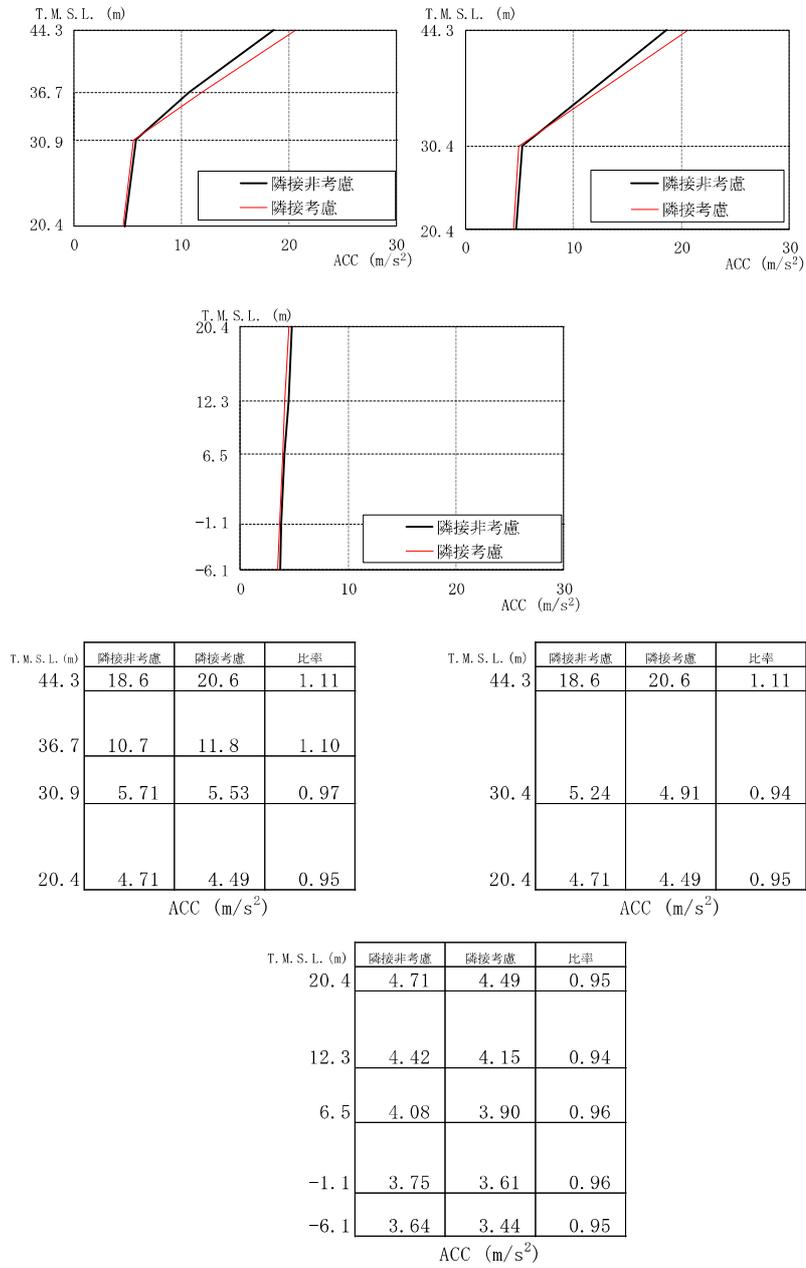


図 2-36 最大応答加速度の比較 (Rw/B, EW 方向)

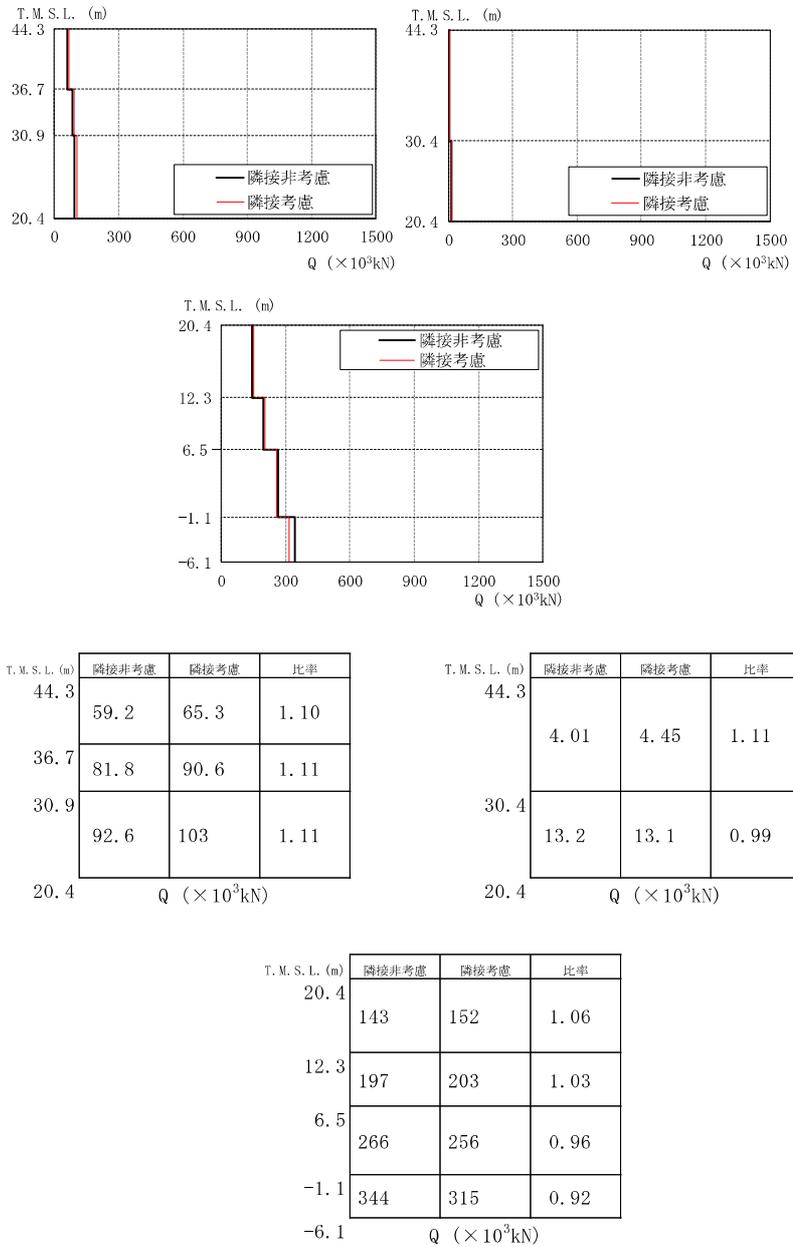


図 2-37 最大応答せん断力の比較 (Rw/B, EW 方向)

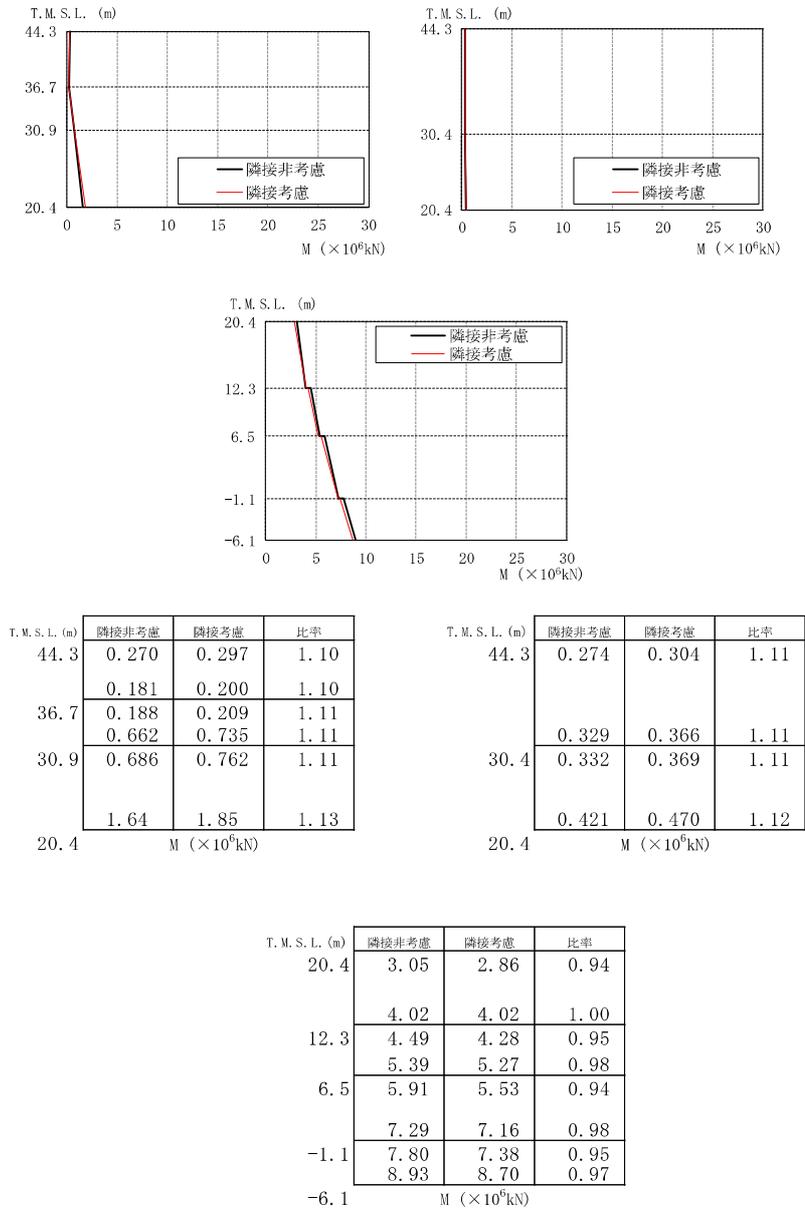


図 2-38 最大応答曲げモーメントの比較 (Rw/B, EW 方向)

### 3. 建物・構築物の応答増幅の評価

#### 3.1 検討方針

隣接建屋を考慮した隣接応答倍率（隣接考慮／隣接非考慮）と，原子炉建屋の地震応答計算書等の評価結果より評価を行う。

## 3.2 検討結果

### 3.2.1 耐震壁

K7R/B, C/B, K7T/B 及び Rw/B の耐震壁については、原子炉建屋の地震応答計算書等において、地震応答解析による評価結果として最大せん断ひずみが許容限界 ( $2.0 \times 10^{-3}$ ) を超えないことを確認している。

ここでは、各建屋の地震応答解析によって評価された材料物性の不確かさを考慮した最大せん断ひずみに対して、隣接建屋の影響を考慮した応答倍率を乗じて、許容限界 ( $2.0 \times 10^{-3}$ ) 以内であることを確認する。なお、最大せん断ひずみが弾性限界を超える場合は、エネルギー一定とし弾性応答に変換し、変換後の応答値に隣接応答倍率をかけて、再度エネルギー一定則によりせん断ひずみを評価する。

表 3-1 に各建屋に対する隣接建屋の影響を考慮した評価結果を示す。この際、NS 方向及び EW 方向のうち最大値を評価結果としている。

K7R/B の耐震壁における最大せん断ひずみは  $0.721 \times 10^{-3}$  (EW 方向)、C/B の耐震壁における最大せん断ひずみは  $0.676 \times 10^{-3}$  (NS 方向)、K7T/B の耐震壁における最大せん断ひずみは  $0.823 \times 10^{-3}$  (EW 方向)、Rw/B の耐震壁における最大せん断ひずみは  $0.178 \times 10^{-3}$  (NS 方向) で、いずれも許容限界 ( $2.0 \times 10^{-3}$ ) を超えないことを確認した。

表 3-1 隣接建屋の影響を考慮した最大せん断ひずみ

(a) K7R/B の耐震壁 (外壁部)

方向	T. M. S. L. (m)	影響考慮の 最大せん断ひずみ	備考
EW 方向	12.3~4.8	$0.721 \times 10^{-3}$	エネルギー一定則により、せん断ひずみを評価

(b) C/B の耐震壁

方向	T. M. S. L. (m)	影響考慮の 最大せん断ひずみ	備考
NS 方向	1.0~-2.7	$0.676 \times 10^{-3}$	—

(c) K7T/B の耐震壁

方向	T. M. S. L. (m)	影響考慮の 最大せん断ひずみ	備考
EW 方向	20.4~12.3	$0.823 \times 10^{-3}$	エネルギー一定則により、せん断ひずみを評価

(d) Rw/B の耐震壁

方向	T. M. S. L. (m)	影響考慮の 最大せん断ひずみ	備考
NS 方向	-1.1~-6.1	$0.178 \times 10^{-3}$	—

### 3.2.2 基礎スラブ

上部構造から伝わる基礎スラブへの地震時反力を地震荷重として考慮することから、各建屋基礎スラブ（K7R/B は RCCV 底部含む）直上の部材における隣接応答倍率を用いる。隣接建屋を考慮した基礎スラブ直上の部材における隣接応答倍率（せん断力及び曲げモーメント）を表 3-2 に示す。

評価結果を表 3-3 に示す。

C/B については、隣接応答倍率がいずれも 1.0 を下回ること、K7R/B、K7T/B 及び Rw/B については、隣接応答倍率を考慮した検定値が 1.0 を下回ることより、許容限界を超えないことを確認した。

表 3-2 隣接建屋を考慮した基礎スラブ直上の部材における隣接応答倍率  
(せん断力及び曲げモーメント)

(a) K7R/B

項目	NS 方向	EW 方向
せん断力 (建屋部)	0.75	0.86
せん断力 (RCCV 部)	0.74	0.82
曲げモーメント (建屋部)	0.82	0.66
曲げモーメント (RCCV 部)	1.07	1.06
最大値	1.07	1.06

(b) C/B

項目	NS 方向	EW 方向
せん断力	0.70	0.69
曲げモーメント	0.60	0.99
最大値	0.70	0.99

(c) K7T/B

項目	NS 方向	EW 方向
せん断力	0.90	0.86
曲げモーメント	0.92	1.09
最大値	0.92	1.09

(d) Rw/B

項目	NS 方向	EW 方向
せん断力	0.93	0.92
曲げモーメント	1.04	0.97
最大値	1.04	0.97

表 3-3 隣接建屋を考慮した基礎スラブの評価結果

(a) K7R/B

部位	評価項目		方向	要素番号	組合せ ケース	検定値 ①	倍率 ②	①×②
RCCV 底部	面外 せん断力	面外せん断 応力度	放射	10002371	3-2	0.832 (1.02)	1.07	0.891 (1.10)
周辺部 基礎	面外 せん断力	面外せん断 応力度	EW	10002411	2-2	0.785	1.07	0.840

注：( ) 内は，応力平均化前の値を示す。

(b) K7T/B

部位	評価項目		方向	要素番号	組合せ ケース	検定値 ①	倍率 ②	①×②
建屋部 基礎	面外 せん断力	面外せん断 応力度	NS	325	3	0.820	1.09	0.894

(c) Rw/B

部位	評価項目		方向	要素番号	組合せ ケース	検定値 ①	倍率 ②	①×②
基礎	面外 せん断力	面外せん断 応力度	NS	316	3	0.949 (1.53)	1.04	0.987 (1.60)

注：( ) 内は，応力平均化前の値を示す。

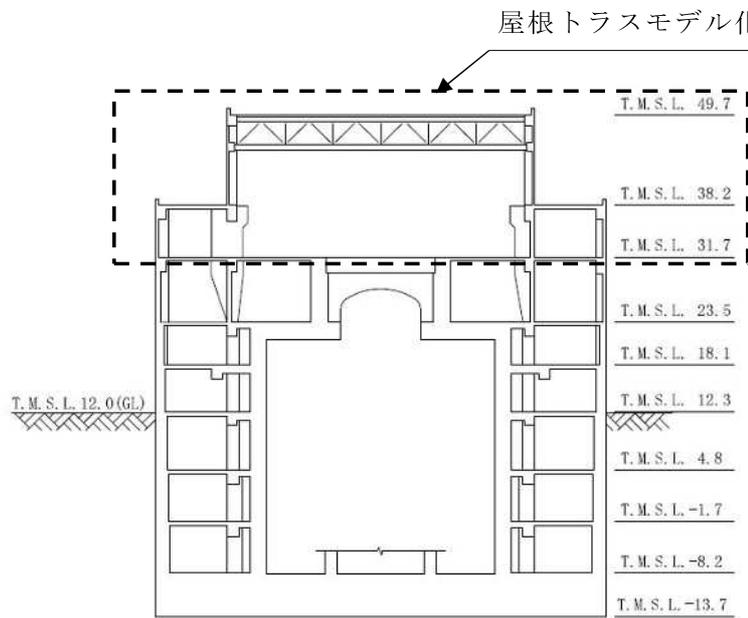
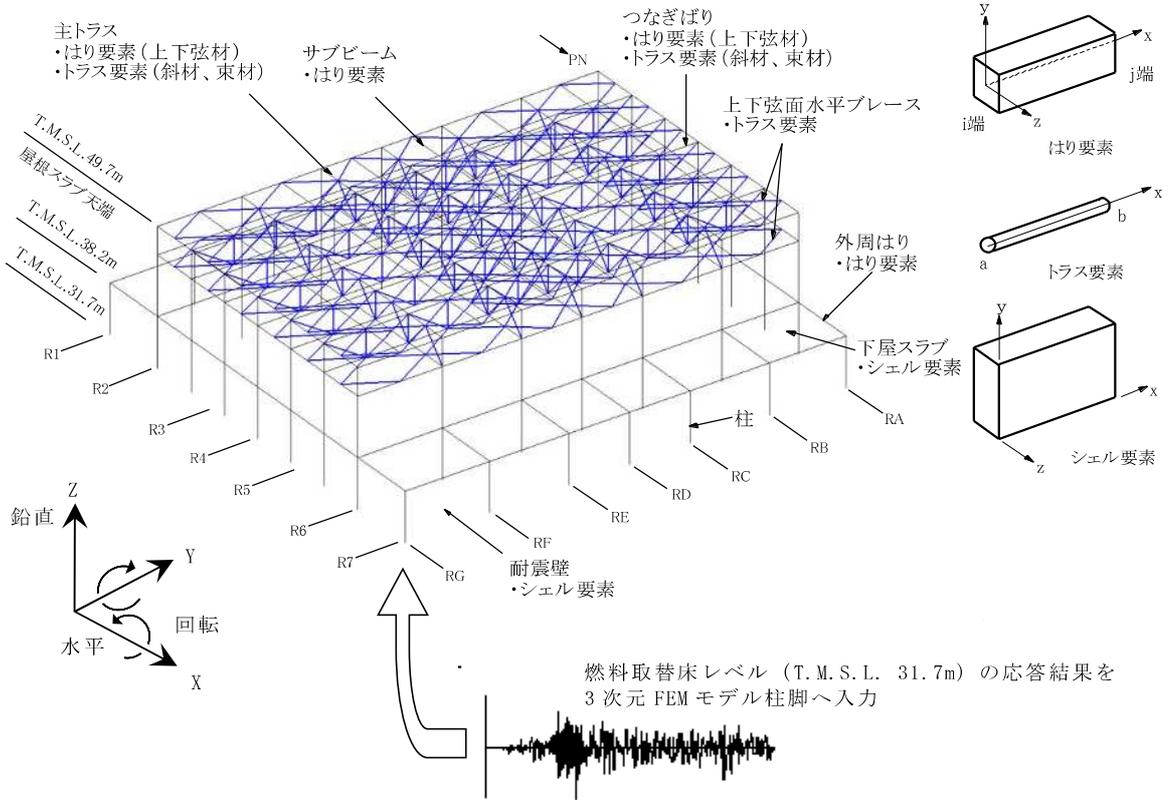
### 3.2.3 原子炉建屋屋根トラス

原子炉建屋の屋根トラスについては、V-2-9-3-1「原子炉建屋原子炉区域（二次格納施設）の耐震性についての計算書」の評価結果に対して、3次元FEMモデル下端レベルである燃料取替床レベル（T.M.S.L. 31.7m）における時刻歴応答波形を入力地震動として耐震評価を行う。図3-1に屋根トラス（燃料取替床上部フレーム）の解析概要図と入力概要を示す。隣接建屋を考慮しない燃料取替床レベルにおける時刻歴応答波形と、隣接建屋を考慮した燃料取替床レベルにおける時刻歴応答波形を用いて屋根トラス3次元FEMモデルによる地震応答解析を行う。

隣接建屋を考慮しない燃料取替床レベルにおける時刻歴波形を図3-2に、隣接建屋を考慮した燃料取替床レベルにおける時刻歴波形を図3-3に示す。

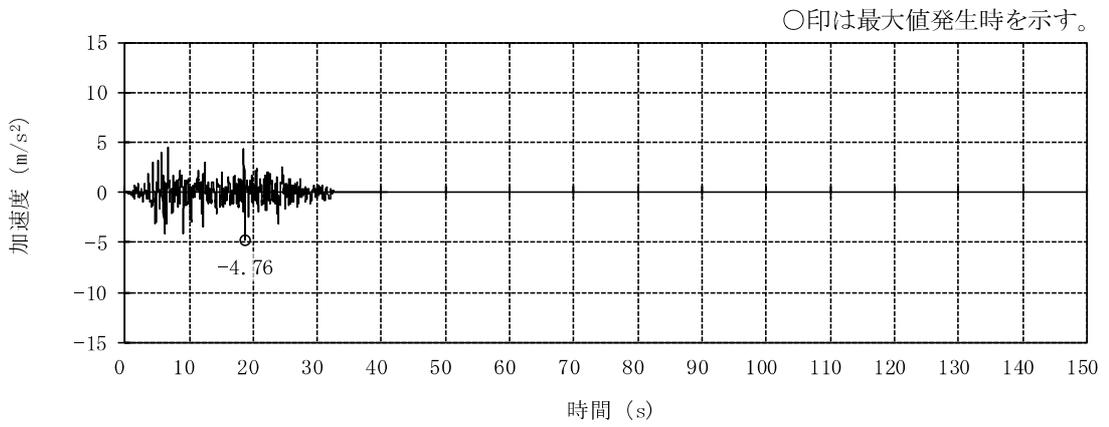
隣接建屋を考慮したケースと隣接建屋を考慮しないケースから得られた断面算定結果（検定値）の比率を隣接建屋の影響による隣接応答倍率として設定する。隣接応答倍率を表3-4に示す。次に、V-2-9-3-1「原子炉建屋原子炉区域（二次格納施設）の耐震性についての計算書」に示す断面算定結果（検定値）に対し、隣接応答倍率を乗じた値が1.0を超えないことを確認する。

屋根トラスの断面評価結果一覧を表3-5に示す。いずれの部位においても、検定値が1.0を下回るにより、許容限界を超えないことを確認した。

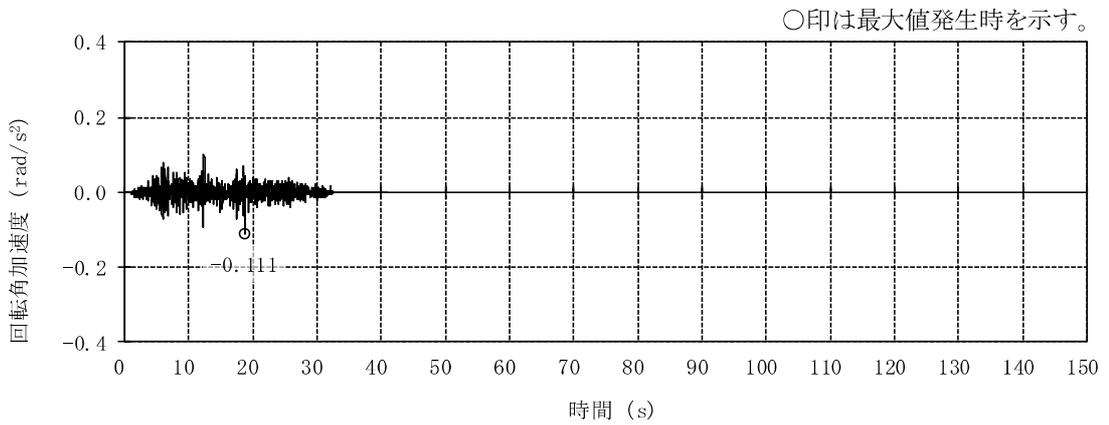


(単位 : m)

図3-1 屋根トラス (燃料取替床上部フレーム) の解析モデル図と入力概要

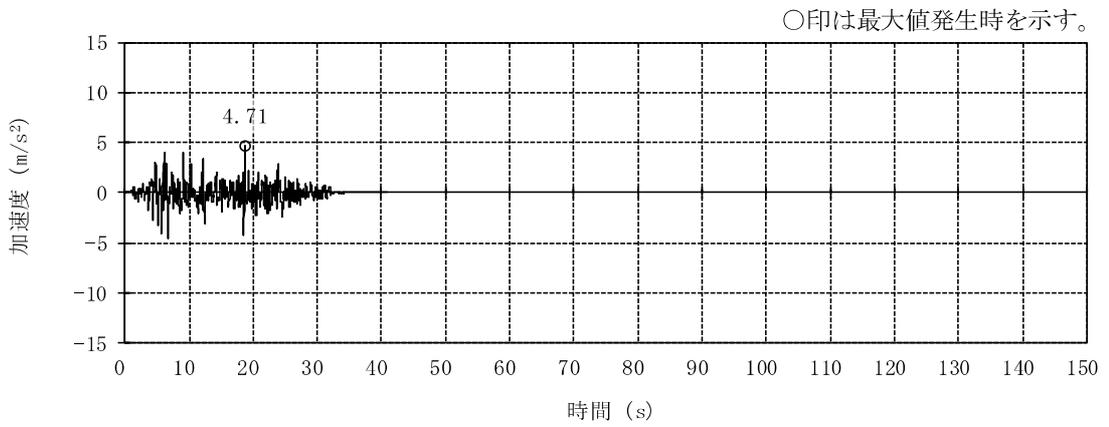


(a) 並進加速度

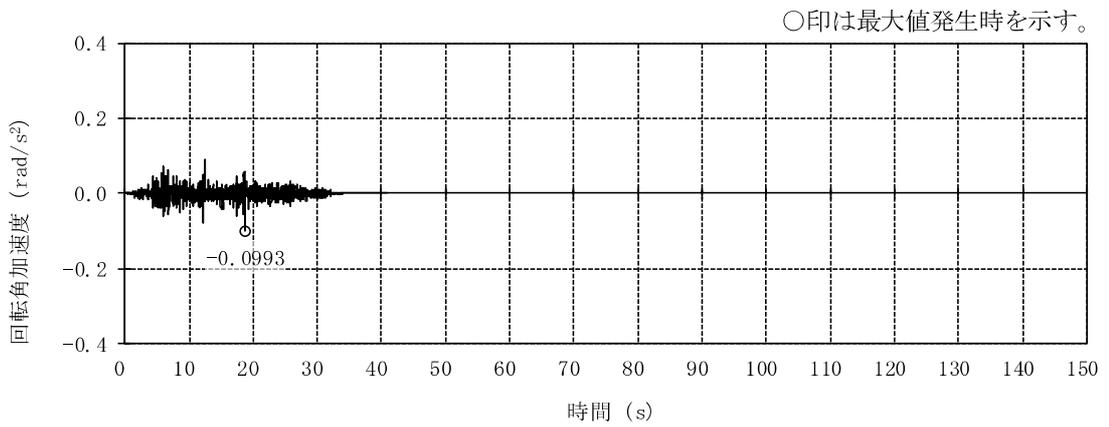


(b) 回転角加速度

図 3-2 燃料取替床レベルにおける時刻歴応答波形  
(NS 方向, 隣接非考慮, T.M.S.L. 31.7m) (1/2)

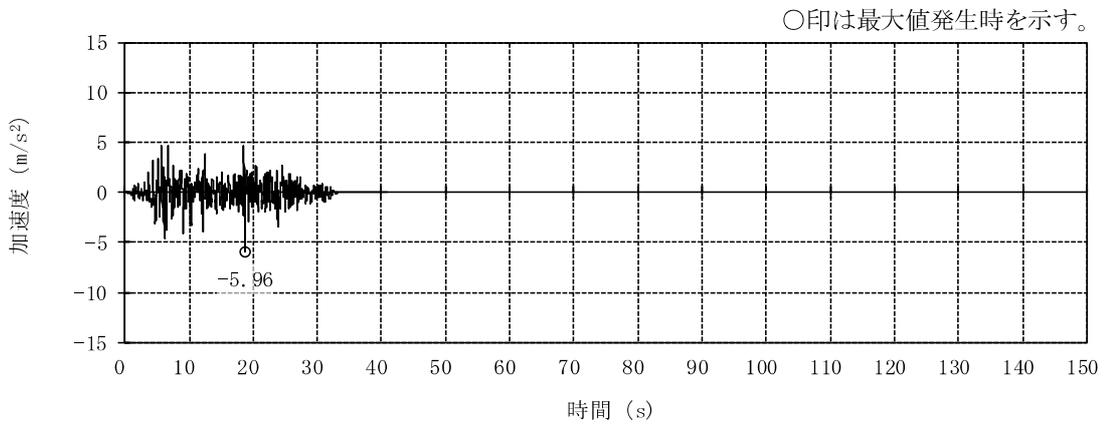


(a) 並進加速度

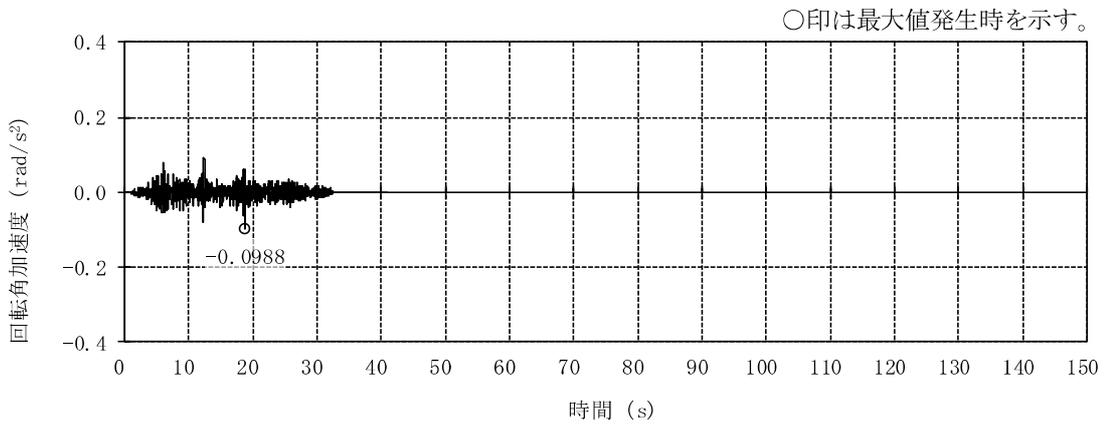


(b) 回転角加速度

図 3-2 燃料取替床レベルにおける時刻歴応答波形  
(EW 方向, 隣接非考慮, T.M.S.L. 31.7m) (2/2)

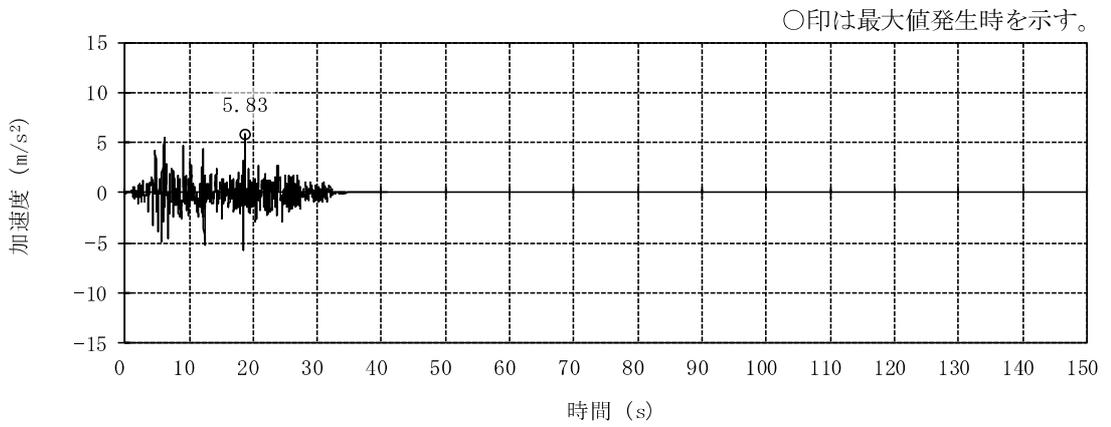


(a) 並進加速度

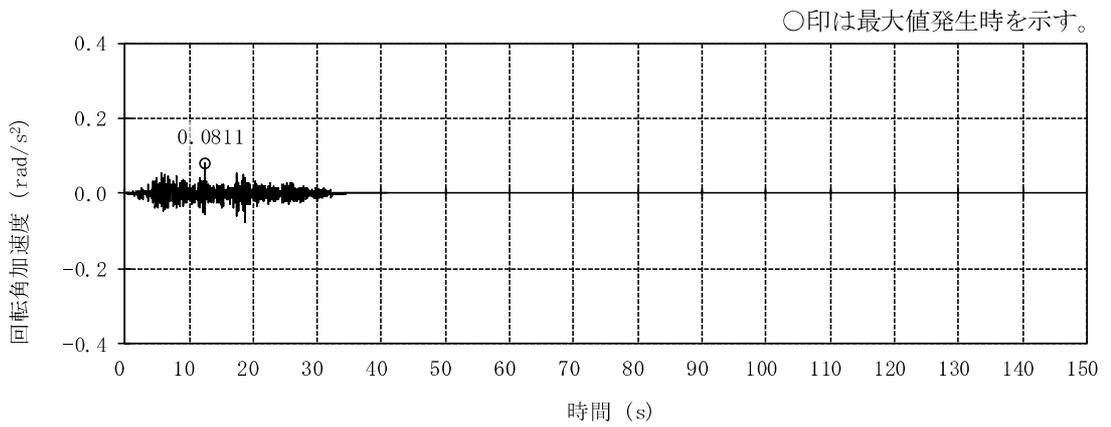


(b) 回転角加速度

図 3-3 燃料取替床レベルにおける時刻歴応答波形  
(NS 方向, 隣接考慮, T.M.S.L. 31.7m) (1/2)



(a) 並進加速度



(b) 回転角加速度

図 3-3 燃料取替床レベルにおける時刻歴応答波形  
(EW 方向, 隣接考慮, T.M.S.L. 31.7m) (2/2)

表 3-4 単独ケースに対する隣接ケースの検定値の比率及び隣接応答倍率

部 材		Sd-1 NS 入力	Sd-1 EW 入力	隣接応答倍率
主トラス	上弦材	1.05	1.07	1.07
	下弦材	1.04	1.00	1.04
	斜材	1.00	1.00	1.00
	束材	1.00	1.00	1.00
つなぎばり	上弦材	1.00	1.20	1.20
	下弦材	1.00	1.00	1.00
上弦面水平ブレース		1.14	1.07	1.14

表 3-5 隣接建屋の影響を考慮した屋根トラスの検定値

部 材		最大検定値 (S s)	隣接応答倍率	最大検定値× 隣接応答倍率
主トラス	上弦材	0.63	1.07	0.68
	下弦材	0.69	1.04	0.72
	斜材	0.70	1.00	0.70
	束材	0.47	1.00	0.47
つなぎばり	上弦材	0.13	1.20	0.16
	下弦材	0.93	1.00	0.93
上弦面水平ブレース		0.41	1.14	0.47

注：ハッチングは検定値のうち最も大きい値を表示

### 3.2.4 原子炉格納容器コンクリート部

RCCV については、V-2-9-2-1「原子炉格納容器コンクリート部の耐震性についての計算書」（以下「RCCV の耐震計算書」という。）の評価結果に対して、部位に応じたせん断力の隣接応答倍率を乗じた評価（以下「簡易評価」という。）を実施する。簡易評価用の隣接応答倍率を表 3-6 に示す。

RCCV の耐震計算書における荷重状態Ⅲ～Ⅴのすべての組合せケースに対する簡易評価結果を表 3-7～表 3-9 に示す。表 3-8 に示すとおり、MS/FDW 開口の組合せケース 5-3（荷重状態Ⅴ・（異常＋地震）時（3））において面外せん断応力度の評価値が許容値を超えるため、より詳細な評価を実施する。

組合せケース 5-3 について、RCCV の耐震計算書の地震荷重に部位に応じたせん断力及び曲げモーメントの隣接応答倍率を乗じた地震荷重を用いて応力解析（以下「詳細評価」という。）を実施する。詳細評価用の地震荷重を表 3-10 に示す。

詳細評価結果のうち、発生値に対する許容値の割合が最小となる要素を選定し、選定した要素の位置を図 3-4 に、詳細評価結果を表 3-11 に示す。いずれの部位においても、許容限界を超えないことを確認した。

表 3-6 簡易評価用の隣接応答倍率

部位		隣接応答倍率
トップスラブ部		1.26
シェル部 貫通部 局部	T. M. S. L. 18.1~23.5 (m)	1.21
	T. M. S. L. 12.3~18.1 (m)	1.19
	T. M. S. L. 4.8~12.3 (m)	1.04
	T. M. S. L. -1.7~4.8 (m)	0.91*
	T. M. S. L. -8.2~-1.7 (m)	0.82*

注記\* : 1.00 として簡易評価を実施する。

表 3-7 簡易評価結果 (シェル部及びトップスラブ部) (1/3)

(a) 荷重状態Ⅲ・地震時 (1)

部位	評価項目		方向	要素番号	組合せ ケース	応答倍率	評価値	許容値
シェル部	等価膜力 + 曲げモーメント	コンクリート圧縮応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	子午線	515	1-21	1.21	9.74	24.2
		鉄筋引張応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	子午線	9	1-3	1.00	265	390
	面内せん断力	面内せん断応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	-	21	1-23	1.00	2.58	4.68
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	子午線	100432	1-8	1.19	0.646	1.53
トップ スラブ部	軸力 + 曲げモーメント	コンクリート圧縮応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	EW	101425	1-14	1.26	10.4	24.2
		鉄筋引張応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	NS	1411	1-23	1.26	267	390
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	NS	101413	1-23	1.26	2.82*	4.14

注記\* : 応力の再配分等を考慮して、応力の平均化を行った結果。

(b) 荷重状態Ⅲ・(異常+地震) 時 (1)

部位	評価項目		方向	要素番号	組合せ ケース	応答倍率	評価値	許容値
シェル部	等価膜力 + 曲げモーメント	コンクリート圧縮応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	子午線	515	2-21	1.21	9.97	24.2
		鉄筋引張応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	子午線	9	2-3	1.00	300	390
	面内せん断力	面内せん断応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	-	388	2-24	1.19	2.76	4.68
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	子午線	100432	2-8	1.19	0.770	1.52
トップ スラブ部	軸力 + 曲げモーメント	コンクリート圧縮応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	EW	101425	2-14	1.26	10.9	24.2
		鉄筋引張応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	NS	1411	2-23	1.26	275	390
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	NS	101413	2-23	1.26	2.94*	4.14

注記\* : 応力の再配分等を考慮して、応力の平均化を行った結果。

表 3-7 簡易評価結果（シェル部及びトップスラブ部）（2/3）

(c) 荷重状態Ⅳ・地震時（2）

部位	評価項目		方向	要素番号	組合せケース	応答倍率	評価値	許容値
シェル部	等価膜力 + 曲げモーメント	コンクリート圧縮ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	子午線	11	3-1	1.00	0.684	3.00
		鉄筋引張ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	子午線	109	3-3	1.00	0.852	5.00
	膜力	圧縮応力度 ( $N/mm^2$ )	子午線	11	3-1	1.00	14.8	21.4
	面内せん断力	面内せん断応力度 ( $N/mm^2$ )	-	111	3-5	1.00	4.36	6.25
	面外せん断力	面外せん断応力度 ( $N/mm^2$ )	子午線	431	3-8	1.19	1.24	2.08
トップスラブ部	軸力 + 曲げモーメント	コンクリート圧縮ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	NS	101412	3-5	1.26	0.260	3.00
		鉄筋引張ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	NS	101412	3-5	1.26	0.257	5.00
	面外せん断力	面外せん断応力度 ( $N/mm^2$ )	NS	1413	3-3	1.26	2.82*	3.83

注記\*：応力の再配分等を考慮して、応力の平均化を行った結果。

(d) 荷重状態Ⅳ・（異常+地震）時（2）

部位	評価項目		方向	要素番号	組合せケース	応答倍率	評価値	許容値
シェル部	等価膜力 + 曲げモーメント	コンクリート圧縮ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	子午線	11	4-17	1.00	0.274	3.00
		鉄筋引張ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	子午線	177	4-3	1.00	0.429	5.00
	膜力	圧縮応力度 ( $N/mm^2$ )	子午線	11	4-5	1.00	6.44	21.4
	面内せん断力	面内せん断応力度 ( $N/mm^2$ )	-	100	4-17	1.00	2.64	6.25
	面外せん断力	面外せん断応力度 ( $N/mm^2$ )	子午線	431	4-8	1.19	0.696	2.20
トップスラブ部	軸力 + 曲げモーメント	コンクリート圧縮ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	NS	101411	4-19	1.26	0.202	3.00
		鉄筋引張ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	NS	1411	4-17	1.26	0.243	5.00
	面外せん断力	面外せん断応力度 ( $N/mm^2$ )	NS	101413	4-17	1.26	3.87	4.14

表 3-7 簡易評価結果（シェル部及びトップスラブ部）（3/3）

(e) 荷重状態 V・（異常+地震）時（3）

部位	評価項目		方向	要素番号	組合せケース	応答倍率	評価値	許容値
シェル部	等価膜力 + 曲げモーメント	コンクリート圧縮ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	子午線	11	5-1	1.00	0.437	3.00
		鉄筋引張ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	子午線	40	5-4	1.00	1.08	5.00
	膜力	圧縮応力度 ( $N/mm^2$ )	子午線	100011	5-7	1.00	8.39	21.4
	面内せん断力	面内せん断応力度 ( $N/mm^2$ )	-	111	5-5	1.00	2.52	5.88
	面外せん断力	面外せん断応力度 ( $N/mm^2$ )	子午線	326	5-8	1.19	1.17	2.03
トップ スラブ部	軸力 + 曲げモーメント	コンクリート圧縮ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	NS	1401	5-9	1.26	0.396	3.00
		鉄筋引張ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	NS	1413	5-12	1.26	1.02	5.00
	面外せん断力	面外せん断応力度 ( $N/mm^2$ )	EW	1471	5-4	1.26	1.02*	1.51

注記\*：応力の再配分等を考慮して、応力の平均化を行った結果。

(f) 荷重状態 V・（異常+地震）時（4）

部位	評価項目		方向	要素番号	組合せケース	応答倍率	評価値	許容値
シェル部	等価膜力 + 曲げモーメント	コンクリート圧縮ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	子午線	11	6-1	1.00	0.764	3.00
		鉄筋引張ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	子午線	39	6-4	1.00	1.09	5.00
	膜力	圧縮応力度 ( $N/mm^2$ )	子午線	11	6-1	1.00	15.8	21.4
	面内せん断力	面内せん断応力度 ( $N/mm^2$ )	-	216	6-1	1.04	4.31	6.25
	面外せん断力	面外せん断応力度 ( $N/mm^2$ )	子午線	431	6-8	1.19	1.10	1.96
トップ スラブ部	軸力 + 曲げモーメント	コンクリート圧縮ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	NS	101411	6-3	1.26	0.207	3.00
		鉄筋引張ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	EW	1472	6-2	1.26	0.208	5.00
	面外せん断力	面外せん断応力度 ( $N/mm^2$ )	NS	1413	6-3	1.26	3.04*	3.99

注記\*：応力の再配分等を考慮して、応力の平均化を行った結果。

表 3-8 簡易評価結果（貫通部）（1/2）

(a) 荷重状態Ⅲ・地震時（1）

部位	評価項目		方向	領域番号	組合せ ケース	応答倍率	評価値	許容値
MS/FDW 開口	等価膜力 + 曲げモーメント	コンクリート圧縮応力度 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	子午線	MA3	1-16	1.19	10.8	24.2
		鉄筋引張応力度 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	円周	MD4	1-17	1.19	313	390
	面外せん断力	面外せん断応力度 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	円周	MA5	1-9	1.19	1.24	1.40
L/Dアクセス トンネル開口	等価膜力 + 曲げモーメント	コンクリート圧縮応力度 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	子午線	LDH13	1-6	1.00	7.14	21.4
		鉄筋引張応力度 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	円周	LDA16	1-19	1.00	206	390
	面外せん断力	面外せん断応力度 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	子午線	LDA3	1-8	1.00	0.307	1.97

(b) 荷重状態Ⅲ・（異常+地震）時（1）

部位	評価項目		方向	領域番号	組合せ ケース	応答倍率	評価値	許容値
MS/FDW 開口	等価膜力 + 曲げモーメント	コンクリート圧縮応力度 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	子午線	MA3	2-16	1.19	9.08	24.2
		鉄筋引張応力度 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	円周	MB6	2-19	1.19	364	390
	面外せん断力	面外せん断応力度 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	円周	MA5	2-9	1.19	1.21	1.40
L/Dアクセス トンネル開口	等価膜力 + 曲げモーメント	コンクリート圧縮応力度 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	子午線	LDH14	2-6	1.00	8.82	24.2
		鉄筋引張応力度 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	円周	LDA16	2-19	1.00	199	390
	面外せん断力	面外せん断応力度 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	子午線	LDA16	2-17	1.00	0.246	1.32

(c) 荷重状態Ⅳ・地震時（2）

部位	評価項目		方向	領域番号	組合せ ケース	応答倍率	評価値	許容値
MS/FDW 開口	等価膜力 + 曲げモーメント	コンクリート圧縮ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	子午線	MA5	3-8	1.19	0.434	3.00
		鉄筋引張ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	円周	MB15	3-7	1.19	0.590	5.00
	面外せん断力	面外せん断応力度 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	円周	MD13	3-13	1.19	1.64	1.93
L/Dアクセス トンネル開口	等価膜力 + 曲げモーメント	コンクリート圧縮ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	子午線	LDH14	3-6	1.00	0.839	3.00
		鉄筋引張ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	子午線	LDH14	3-4	1.00	1.42	5.00
	面外せん断力	面外せん断応力度 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	子午線	LDA5	3-3	1.00	0.341	1.96

K7 ① V-2-2-別添 2-1 R0

表 3-8 簡易評価結果（貫通部）（2/2）

(d) 荷重状態Ⅳ・（異常＋地震）時（2）

部位	評価項目		方向	領域番号	組合せ ケース	応答倍率	評価値	許容値
MS/FDW 開口	等価膜力 ＋ 曲げモーメント	コンクリート圧縮ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	子午線	MA12	4-23	1.19	0.289	3.00
		鉄筋引張ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	子午線	MB14	4-19	1.19	0.594	5.00
	面外せん断力	面外せん断応力度 ( $N/mm^2$ )	円周	MA5	4-13	1.19	1.20	1.89
L/Dアクセス トンネル開口	等価膜力 ＋ 曲げモーメント	コンクリート圧縮ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	子午線	LDH14	4-6	1.00	0.482	3.00
		鉄筋引張ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	円周	LDA16	4-19	1.00	0.660	5.00
	面外せん断力	面外せん断応力度 ( $N/mm^2$ )	子午線	LDA6	4-3	1.00	0.387	2.51

(e) 荷重状態Ⅴ・（異常＋地震）時（3）

部位	評価項目		方向	領域番号	組合せ ケース	応答倍率	評価値	許容値
MS/FDW 開口	等価膜力 ＋ 曲げモーメント	コンクリート圧縮ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	子午線	MD15	5-4	1.19	0.600	3.00
		鉄筋引張ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	子午線	MB13	5-3	1.19	1.37	5.00
	面外せん断力	面外せん断応力度 ( $N/mm^2$ )	子午線	FA11	5-3	1.19	2.19	2.06
L/Dアクセス トンネル開口	等価膜力 ＋ 曲げモーメント	コンクリート圧縮ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	子午線	LDH14	5-6	1.00	0.885	3.00
		鉄筋引張ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	子午線	LDA12	5-2	1.00	1.88	5.00
	面外せん断力	面外せん断応力度 ( $N/mm^2$ )	子午線	LDA3	5-16	1.00	0.783	2.38

(f) 荷重状態Ⅴ・（異常＋地震）時（4）

部位	評価項目		方向	領域番号	組合せ ケース	応答倍率	評価値	許容値
MS/FDW 開口	等価膜力 ＋ 曲げモーメント	コンクリート圧縮ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	子午線	MA3	6-4	1.19	0.474	3.00
		鉄筋引張ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	子午線	MB13	6-3	1.19	0.777	5.00
	面外せん断力	面外せん断応力度 ( $N/mm^2$ )	円周	MA5	6-13	1.19	1.62	1.92
L/Dアクセス トンネル開口	等価膜力 ＋ 曲げモーメント	コンクリート圧縮ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	子午線	LDH14	6-6	1.00	0.974	3.00
		鉄筋引張ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	子午線	LDH14	6-4	1.00	1.62	5.00
	面外せん断力	面外せん断応力度 ( $N/mm^2$ )	子午線	LDA3	6-7	1.00	0.398	1.51

K7 ① V-2-2-別添 2-1 R0

表 3-9 簡易評価結果（局部）（1/2）

(a) 荷重状態Ⅲ・地震時（1）

評価項目		方向	要素番号	組合せ ケース	応答倍率	評価値	許容値
等価膜力 + 曲げモーメント	コンクリート圧縮応力度 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	子午線	401	1-24	1.19	10.6	24.2
	鉄筋引張応力度 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	円周	361	1-17	1.19	274	390
面内せん断力	面内せん断応力度 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	-	404	1-23	1.19	3.26	4.68
面外せん断力	面外せん断応力度 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	円周	100318	1-6	1.19	1.15	1.68

(b) 荷重状態Ⅲ・（異常+地震）時（1）

評価項目		方向	要素番号	組合せ ケース	応答倍率	評価値	許容値
等価膜力 + 曲げモーメント	コンクリート圧縮応力度 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	子午線	401	2-24	1.19	9.09	24.2
	鉄筋引張応力度 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	円周	361	2-17	1.19	270	390
面内せん断力	面内せん断応力度 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	-	435	2-21	1.19	3.11	4.68
面外せん断力	面外せん断応力度 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	円周	100318	2-6	1.19	1.37	1.67

(c) 荷重状態Ⅳ・地震時（2）

評価項目		方向	要素番号	組合せ ケース	応答倍率	評価値	許容値
等価膜力 + 曲げモーメント	コンクリート圧縮ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	子午線	401	3-8	1.19	0.332	3.00
	鉄筋引張ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	円周	406	3-7	1.19	0.253	5.00
膜力	圧縮応力度 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	子午線	100284	3-15	1.04	5.55	21.4
面内せん断力	面内せん断応力度 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	-	100336	3-5	1.19	3.52	6.25
面外せん断力	面外せん断応力度 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	円周	100318	3-6	1.19	1.20*	2.34

注記\*：応力の再配分等を考慮して、応力の平均化を行った結果。

表 3-9 簡易評価結果（局部）（2/2）

(d) 荷重状態Ⅳ・（異常＋地震）時（2）

評価項目		方向	要素番号	組合せ ケース	応答倍率	評価値	許容値
等価膜力 ＋ 曲げモーメント	コンクリート圧縮ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	子午線	303	4-21	1.19	0.223	3.00
	鉄筋引張ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	子午線	100309	4-17	1.19	0.277	5.00
膜力	圧縮応力度 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	子午線	100284	4-7	1.04	3.40	21.4
面内せん断力	面内せん断応力度 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	-	100336	4-21	1.19	2.58	6.25
面外せん断力	面外せん断応力度 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	円周	100318	4-6	1.19	1.29	2.22

(e) 荷重状態Ⅴ・（異常＋地震）時（3）

評価項目		方向	要素番号	組合せ ケース	応答倍率	評価値	許容値
等価膜力 ＋ 曲げモーメント	コンクリート圧縮ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	子午線	401	5-4	1.19	0.564	3.00
	鉄筋引張ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	子午線	305	5-3	1.19	1.05	5.00
膜力	圧縮応力度 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	子午線	278	5-8	1.04	1.15	21.4
面内せん断力	面内せん断応力度 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	-	100375	5-3	1.19	1.76	6.25
面外せん断力	面外せん断応力度 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	子午線	395	5-12	1.19	1.59	1.98

(f) 荷重状態Ⅴ・（異常＋地震）時（4）

評価項目		方向	要素番号	組合せ ケース	応答倍率	評価値	許容値
等価膜力 ＋ 曲げモーメント	コンクリート圧縮ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	子午線	401	6-4	1.19	0.438	3.00
	鉄筋引張ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	子午線	100284	6-1	1.04	0.389	5.00
膜力	圧縮応力度 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	子午線	284	6-8	1.04	4.89	21.4
面内せん断力	面内せん断応力度 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	-	100284	6-3	1.04	3.40	6.25
面外せん断力	面外せん断応力度 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	円周	100283	6-6	1.04	2.93	2.99

K7 ① V-2-2-別添2-1 R0

表 3-10 詳細評価用の地震荷重 (1/2)

(a) せん断力

T. M. S. L. (m)	地震応答解析結果 における最大応答 せん断力(×10 <sup>3</sup> kN) ①	隣接 応答倍率 ②	①×② (×10 <sup>3</sup> kN)	詳細評価用の せん断力 (×10 <sup>3</sup> kN)
	S d			S d
	NS 方向			NS 方向
31.7	23.1	1.26	29.1	26.3
23.5	95.3	1.21	115	99.1
18.1	125	1.14	142	98.7
12.3	159	0.98	156	109
4.8	206	0.78	161	107
-1.7	261	0.74	193	101
-8.2				

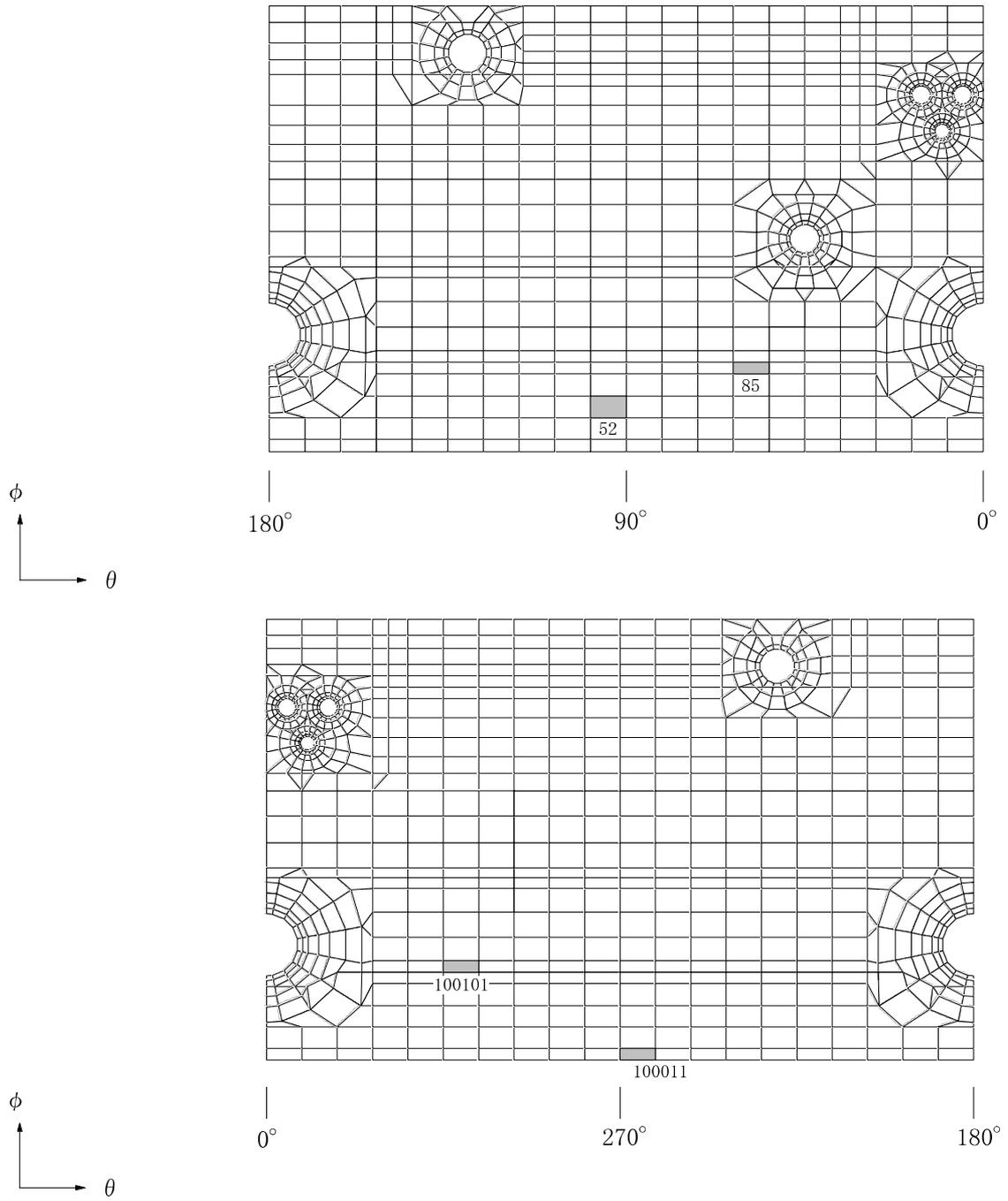
K7 ① V-2-2-別添 2-1 R0

表 3-10 詳細評価用の地震荷重 (2/2)

(b) 曲げモーメント

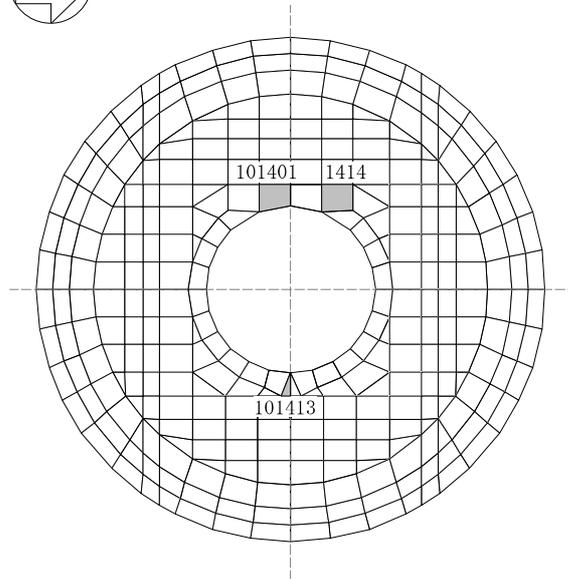
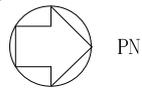
T. M. S. L. (m)	地震応答解析結果 における最大応答 曲げモーメント ( $\times 10^4 \text{kN}\cdot\text{m}$ ) ①	隣接 応答倍率 ②	① $\times$ ② ( $\times 10^4 \text{kN}\cdot\text{m}$ )	詳細評価用の 曲げモーメント ( $\times 10^4 \text{kN}\cdot\text{m}$ )
	S d			S d
	NS 方向			NS 方向
31.7	7.11	0.95	6.75	6.80
	21.3	1.28	27.3	27.3
23.5	100	1.01	101	101
	145	1.13	164	164
18.1	203	1.07	218	218
	263	1.15	302	302
12.3	328	1.11	364	364
	416	1.15	478	478
4.8	459	1.12	514	514
	543	1.09	591	575
-1.7	573	1.07	614	575
	691	0.88	608	535
-8.2				

K7 ① V-2-2-別添 2-1 R0

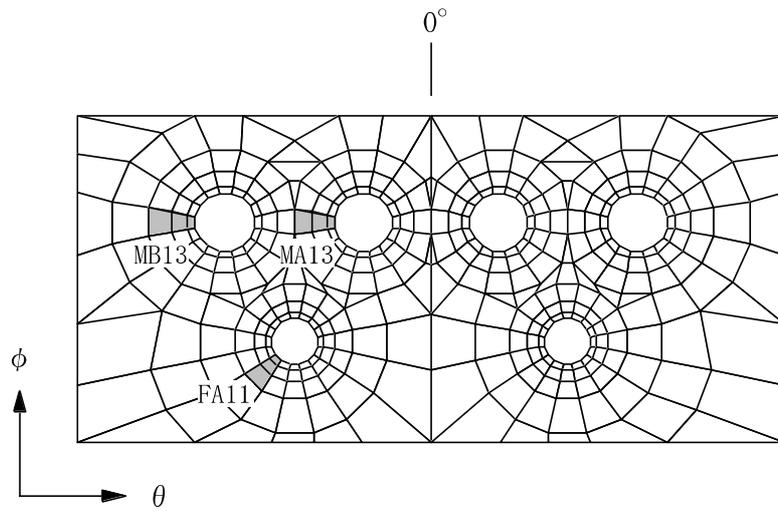


(a) シェル部

図 3-4 選定した要素の位置 (1/3)

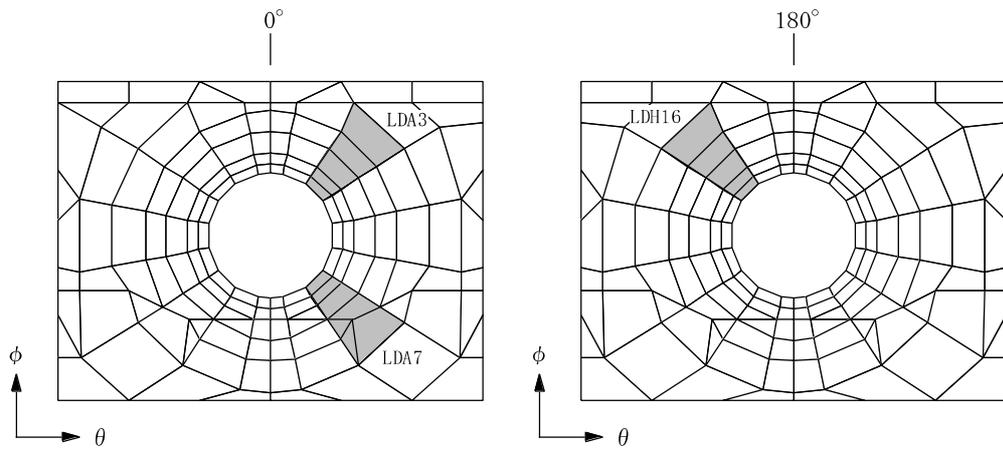


(b) トップスラブ部

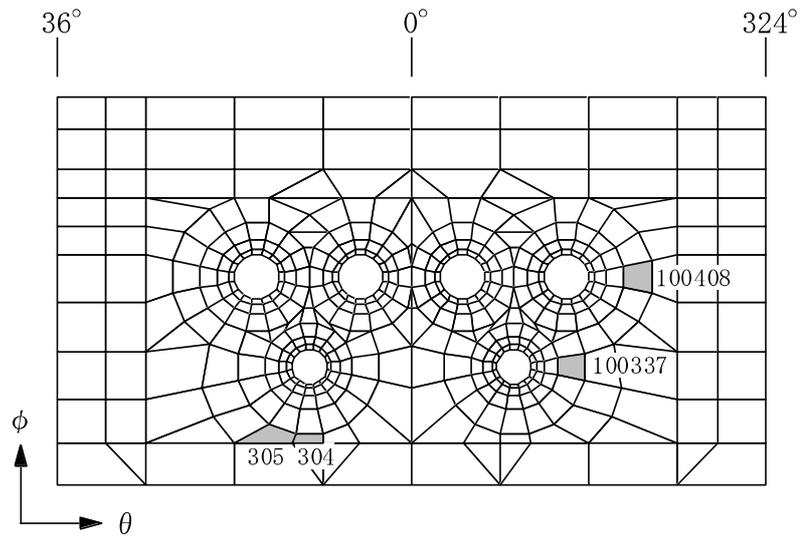


(c) 貫通部 MS/FDW 開口

図 3-4 選定した要素の位置 (2/3)



(d) 貫通部 L/D アクセストンネル開口



(e) 局部

図 3-4 選定した要素の位置 (3/3)

表 3-11 詳細評価結果

(a) シェル部及びトップスラブ部

部位	評価項目		方向	要素番号	組合せケース	発生値	許容値
シェル部	等価膜力 + 曲げモーメント	コンクリート圧縮ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	子午線	100011	5-3	0.425	3.00
		鉄筋引張ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	子午線	52	5-3	1.08	5.00
	膜力	圧縮応力度 ( $N/mm^2$ )	子午線	100011	5-3	8.50	21.4
	面内せん断力	面内せん断応力度 ( $N/mm^2$ )	-	100101	5-3	2.15	5.73
	面外せん断力	面外せん断応力度 ( $N/mm^2$ )	子午線	85	5-3	0.788	1.73
トップスラブ部	軸力 + 曲げモーメント	コンクリート圧縮ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	NS	101401	5-3	0.314	3.00
		鉄筋引張ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	NS	101413	5-3	0.692	5.00
	面外せん断力	面外せん断応力度 ( $N/mm^2$ )	NS	1414	5-3	2.11	2.60

(b) 貫通部

部位	評価項目		方向	領域番号	組合せケース	発生値	許容値
MS/FDW 開口	等価膜力 + 曲げモーメント	コンクリート圧縮ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	子午線	MA13	5-3	0.365	3.00
		鉄筋引張ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	子午線	MB13	5-3	1.22	5.00
	面外せん断力	面外せん断応力度 ( $N/mm^2$ )	子午線	FA11	5-3	1.86	2.05
L/Dアクセス トンネル開口	等価膜力 + 曲げモーメント	コンクリート圧縮ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	子午線	LDH16	5-3	0.455	3.00
		鉄筋引張ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	子午線	LDA7	5-3	1.26	5.00
	面外せん断力	面外せん断応力度 ( $N/mm^2$ )	子午線	LDA3	5-3	0.666	2.09

(c) 局部

評価項目		方向	要素番号	組合せケース	発生値	許容値
等価膜力 + 曲げモーメント	コンクリート圧縮ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	子午線	304	5-3	0.439	3.00
	鉄筋引張ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	子午線	305	5-3	0.902	5.00
膜力	圧縮応力度 ( $N/mm^2$ )	円周	100408	5-3	0.126	21.4
面内せん断力	面内せん断応力度 ( $N/mm^2$ )	-	100337	5-3	1.59	6.25
面外せん断力	面外せん断応力度 ( $N/mm^2$ )	子午線	304	5-3	1.18	1.83

### 3.2.5 使用済燃料貯蔵プール

使用済燃料貯蔵プールについては、V-2-4-2-1「使用済燃料貯蔵プール及びキヤスクピットの耐震性についての計算書」（以下「SFPの耐震計算書」という。）の評価結果に対して、部位に応じたせん断力の隣接応答倍率を乗じた評価（以下「簡易評価」という。）を実施する。簡易評価用の隣接応答倍率を表3-12に示す。

SFPの耐震計算書における全ての組合せケースに対する簡易評価結果を表3-13に示す。表3-13に示すとおり、底面スラブの組合せケース2-14（（S s地震）時）及び組合せケース4-14（（異常+S s地震）時）において面外せん断応力度の評価値が許容値を超えるため、許容値に対する評価値の割合が最大となる組合せケース2-14について、より詳細な評価を実施する。

組合せケース2-14について、SFPの耐震計算書の地震荷重に部位に応じた加速度、せん断力及び曲げモーメントの隣接応答倍率を乗じた地震荷重を用いて応力解析（以下「詳細評価」という。）を実施する。詳細評価用の地震荷重を表3-14に示す。

詳細評価結果のうち、発生値に対する許容値の割合が最小となる要素を選定し、選定した要素の位置を図3-5に、詳細評価結果を表3-15に示す。いずれの部位においても、許容限界を超えないことを確認した。

表 3-12 簡易評価用の隣接応答倍率

部位	隣接応答倍率
壁及び底面スラブ	1.26

表 3-13 簡易評価結果 (1/4)

(a) S d 地震時

部位	評価項目		方向	要素番号	組合せケース	応答倍率	評価値	許容値
北側壁	軸力 + 曲げモーメント + 面内せん断力	コンクリート圧縮応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	鉛直	2146	1-8	1.26	11.6	24.2
		鉄筋引張応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	水平	2286	1-8	1.26	281	345
	面内せん断力	面内せん断応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	-	2146	1-8	1.26	2.82	3.68
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	鉛直	2145	1-19	1.26	0.738	0.960
南側壁	軸力 + 曲げモーメント + 面内せん断力	コンクリート圧縮応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	鉛直	102146	1-8	1.26	11.6	24.2
		鉄筋引張応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	水平	102286	1-8	1.26	287	345
	面内せん断力	面内せん断応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	-	102146	1-8	1.26	2.87	3.68
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	鉛直	102145	1-17	1.26	0.730	0.960
東側壁	軸力 + 曲げモーメント + 面内せん断力	コンクリート圧縮応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	鉛直	2379	1-6	1.26	10.8	21.4
		鉄筋引張応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	鉛直	2379	1-6	1.26	286	345
	面内せん断力	面内せん断応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	-	2382	1-21	1.26	1.27	2.94
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	鉛直	2383	1-6	1.26	0.640	1.18
西側壁	軸力 + 曲げモーメント + 面内せん断力	コンクリート圧縮応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	鉛直	2469	1-23	1.26	7.09	21.4
		鉄筋引張応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	水平	102493	1-23	1.26	325	345
	面内せん断力	面内せん断応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	-	102489	1-23	1.26	1.02	1.42
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	水平	102493	1-8	1.26	0.203	1.15
底面 スラブ	軸力 + 曲げモーメント	コンクリート圧縮応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	EW	101549	1-14	1.26	10.8	24.2
		鉄筋引張応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	NS	1546	1-2	1.26	297	345
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	NS	1606	1-14	1.26	0.939*	1.21

注記\*：応力の再配分等を考慮して、応力の平均化を行った結果。

表 3-13 簡易評価結果 (2/4)

(b) S s 地震時

部位	評価項目		方向	要素番号	組合せケース	応答倍率	評価値	許容値
北側壁	軸力 + 曲げモーメント + 面内せん断力	コンクリート圧縮ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	鉛直	2145	2-5	1.26	0.355	3.00
		鉄筋引張ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	水平	2320	2-8	1.26	0.638	5.00
	軸力	圧縮応力度 ( $N/mm^2$ )	水平	2320	2-2	1.26	9.29	21.4
	面内せん断力	面内せん断応力度 ( $N/mm^2$ )	-	2092	2-16	1.26	3.48	4.91
	面外せん断力	面外せん断応力度 ( $N/mm^2$ )	鉛直	2145	2-5	1.26	1.15	2.08
南側壁	軸力 + 曲げモーメント + 面内せん断力	コンクリート圧縮ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	鉛直	102145	2-7	1.26	0.355	3.00
		鉄筋引張ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	水平	102320	2-8	1.26	0.635	5.00
	軸力	圧縮応力度 ( $N/mm^2$ )	水平	102320	2-2	1.26	9.29	21.4
	面内せん断力	面内せん断応力度 ( $N/mm^2$ )	-	102092	2-16	1.26	3.45	4.91
	面外せん断力	面外せん断応力度 ( $N/mm^2$ )	鉛直	102145	2-7	1.26	1.15	2.08
東側壁	軸力 + 曲げモーメント + 面内せん断力	コンクリート圧縮ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	鉛直	102379	2-6	1.26	0.493	3.00
		鉄筋引張ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	鉛直	102379	2-6	1.26	0.935	5.00
	軸力	圧縮応力度 ( $N/mm^2$ )	水平	102414	2-5	1.26	1.42	21.4
	面内せん断力	面内せん断応力度 ( $N/mm^2$ )	-	2390	2-5	1.26	1.26	3.87
	面外せん断力	面外せん断応力度 ( $N/mm^2$ )	鉛直	102386	2-6	1.26	1.17	1.75
西側壁	軸力 + 曲げモーメント + 面内せん断力	コンクリート圧縮ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	鉛直	102469	2-5	1.26	0.261	3.00
		鉄筋引張ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	鉛直	102469	2-3	1.26	0.630	5.00
	軸力	圧縮応力度 ( $N/mm^2$ )	鉛直	2469	2-7	1.26	7.43	21.4
	面内せん断力	面内せん断応力度 ( $N/mm^2$ )	-	2485	2-5	1.26	1.23	2.33
	面外せん断力	面外せん断応力度 ( $N/mm^2$ )	水平	102493	2-8	1.26	0.367	1.54
底面 スラブ	軸力 + 曲げモーメント	コンクリート圧縮ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	EW	1601	2-8	1.26	0.599	3.00
		鉄筋引張ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	EW	101548	2-6	1.26	0.549	5.00
	面外せん断力	面外せん断応力度 ( $N/mm^2$ )	NS	1607	2-14	1.26	1.30*	1.21

注記\* : 応力の再配分等を考慮して、応力の平均化を行った結果。

表 3-13 簡易評価結果 (3/4)

(c) (異常 + S d 地震) 時

部位	評価項目		方向	要素番号	組合せ ケース	応答倍率	評価値	許容値
北側壁	軸力 + 曲げモーメント + 面内せん断力	コンクリート圧縮ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	鉛直	2145	3-21	1.26	0.223	3.00
		鉄筋引張ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	水平	2318	3-4	1.26	0.233	5.00
	軸力	圧縮応力度 ( $N/mm^2$ )	鉛直	2145	3-8	1.26	2.82	21.4
	面内せん断力	面内せん断応力度 ( $N/mm^2$ )	-	2092	3-8	1.26	2.10	4.91
	面外せん断力	面外せん断応力度 ( $N/mm^2$ )	鉛直	2145	3-21	1.26	0.942	1.87
南側壁	軸力 + 曲げモーメント + 面内せん断力	コンクリート圧縮ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	鉛直	102145	3-23	1.26	0.222	3.00
		鉄筋引張ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	水平	102318	3-4	1.26	0.232	5.00
	軸力	圧縮応力度 ( $N/mm^2$ )	鉛直	102145	3-8	1.26	2.82	21.4
	面内せん断力	面内せん断応力度 ( $N/mm^2$ )	-	102092	3-8	1.26	2.09	4.91
	面外せん断力	面外せん断応力度 ( $N/mm^2$ )	鉛直	102145	3-23	1.26	0.939	1.87
東側壁	軸力 + 曲げモーメント + 面内せん断力	コンクリート圧縮ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	鉛直	102379	3-6	1.26	0.200	3.00
		鉄筋引張ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	鉛直	102379	3-6	1.26	0.218	5.00
	軸力	圧縮応力度 ( $N/mm^2$ )	鉛直	2398	3-6	1.26	0.324	21.4
	面内せん断力	面内せん断応力度 ( $N/mm^2$ )	-	2414	3-17	1.26	0.770	3.27
	面外せん断力	面外せん断応力度 ( $N/mm^2$ )	鉛直	2383	3-6	1.26	0.537	1.71
西側壁	軸力 + 曲げモーメント + 面内せん断力	コンクリート圧縮ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	鉛直	2469	3-19	1.26	0.249	3.00
		鉄筋引張ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	鉛直	2469	3-17	1.26	0.498	5.00
	軸力	圧縮応力度 ( $N/mm^2$ )	鉛直	102469	3-21	1.26	6.35	21.4
	面内せん断力	面内せん断応力度 ( $N/mm^2$ )	-	102489	3-17	1.26	0.953	2.26
	面外せん断力	面外せん断応力度 ( $N/mm^2$ )	鉛直	2469	3-20	1.26	0.493	2.04
底面 スラブ	軸力 + 曲げモーメント	コンクリート圧縮ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	EW	1601	3-8	1.26	0.278	3.00
		鉄筋圧縮ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	EW	1601	3-8	1.26	0.192	5.00
	面外せん断力	面外せん断応力度 ( $N/mm^2$ )	NS	1606	3-14	1.26	1.18	1.21

K7 ① V-2-2-別添 2-1 R0

表 3-13 簡易評価結果 (4/4)

(d) (異常 + S s 地震) 時

部位	評価項目		方向	要素番号	組合せケース	応答倍率	評価値	許容値
北側壁	軸力 + 曲げモーメント + 面内せん断力	コンクリート圧縮ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	鉛直	2145	4-5	1.26	0.312	3.00
		鉄筋引張ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	鉛直	2145	4-2	1.26	0.907	5.00
	軸力	圧縮応力度 ( $N/mm^2$ )	水平	2320	4-2	1.26	9.35	21.4
	面内せん断力	面内せん断応力度 ( $N/mm^2$ )	-	2092	4-8	1.26	3.29	4.91
	面外せん断力	面外せん断応力度 ( $N/mm^2$ )	鉛直	2145	4-1	1.26	1.12	1.82
南側壁	軸力 + 曲げモーメント + 面内せん断力	コンクリート圧縮ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	鉛直	102145	4-7	1.26	0.312	3.00
		鉄筋引張ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	鉛直	102145	4-2	1.26	0.908	5.00
	軸力	圧縮応力度 ( $N/mm^2$ )	水平	102320	4-2	1.26	9.35	21.4
	面内せん断力	面内せん断応力度 ( $N/mm^2$ )	-	102092	4-8	1.26	3.28	4.91
	面外せん断力	面外せん断応力度 ( $N/mm^2$ )	鉛直	102145	4-3	1.26	1.12	1.82
東側壁	軸力 + 曲げモーメント + 面内せん断力	コンクリート圧縮ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	鉛直	102379	4-6	1.26	0.484	3.00
		鉄筋引張ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	鉛直	102379	4-6	1.26	0.927	5.00
	軸力	圧縮応力度 ( $N/mm^2$ )	鉛直	2382	4-6	1.26	0.961	21.4
	面内せん断力	面内せん断応力度 ( $N/mm^2$ )	-	2390	4-5	1.26	1.22	3.87
	面外せん断力	面外せん断応力度 ( $N/mm^2$ )	鉛直	102386	4-6	1.26	1.14	1.76
西側壁	軸力 + 曲げモーメント + 面内せん断力	コンクリート圧縮ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	鉛直	2469	4-3	1.26	0.261	3.00
		鉄筋引張ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	鉛直	102469	4-3	1.26	0.615	5.00
	軸力	圧縮応力度 ( $N/mm^2$ )	鉛直	102469	4-5	1.26	7.60	21.4
	面内せん断力	面内せん断応力度 ( $N/mm^2$ )	-	2489	4-5	1.26	0.927	1.91
	面外せん断力	面外せん断応力度 ( $N/mm^2$ )	鉛直	102469	4-4	1.26	0.513	2.17
底面スラブ	軸力 + 曲げモーメント	コンクリート圧縮ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	EW	1601	4-8	1.26	0.556	3.00
		鉄筋引張ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	EW	1548	4-6	1.26	0.529	5.00
	面外せん断力	面外せん断応力度 ( $N/mm^2$ )	NS	1607	4-14	1.26	1.29*	1.21

注記\* : 応力の再配分等を考慮して、応力の平均化を行った結果。

表 3-14 詳細評価用の地震荷重 (1/3)

(a) せん断力

T. M. S. L. (m)	地震応答解析結果に おける最大応答 せん断力(×10 <sup>3</sup> kN) ①	隣接 応答倍率 ②	①×② (×10 <sup>3</sup> kN)	詳細評価用の せん断力 (×10 <sup>3</sup> kN)
	S s			S s
	EW 方向			EW 方向
31.7	82.5	1.10	90.8	80.7
23.5	259	1.21	314	269
18.1	302	1.19	360	231
12.3	379	1.04	395	283
4.8	462	0.91	420	257
-1.7	434	0.82	356	214
-8.2				

K7 ① V-2-2-別添 2-1 R0

表 3-14 詳細評価用の地震荷重 (2/3)

(b) 曲げモーメント

T. M. S. L. (m)	地震応答解析結果に おける最大応答 曲げモーメント ( $\times 10^4 \text{kN}\cdot\text{m}$ ) ①	隣接 応答倍率 ②	① $\times$ ② ( $\times 10^4 \text{kN}\cdot\text{m}$ )	詳細評価用の 曲げモーメント ( $\times 10^4 \text{kN}\cdot\text{m}$ )
	S s			S s
	EW 方向			EW 方向
31.7	126	0.89	112	112
	163	0.97	158	158
23.5	349	1.07	374	-374
	219	0.85	186	-186
18.1	158	0.98	155	-155
	181	1.12	203	203
12.3	301	1.04	313	313
	466	1.11	518	518
4.8	573	1.07	613	613
	745	1.09	813	813
-1.7	806	1.06	855	855
	1030	1.03	1060	989
-8.2				
回転ばね*1	518	1.05	544	544

注記\*1 : プール壁が RCCV の曲げ変形を拘束する影響を考慮した回転ばね。

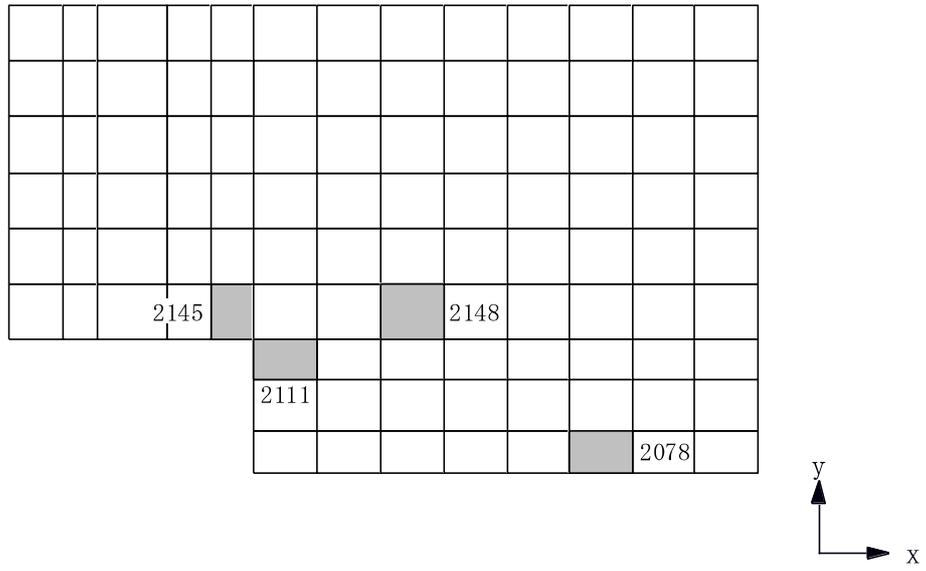
表 3-14 詳細評価用の地震荷重 (3/3)

(c) 地震時動水圧荷重 (KH)

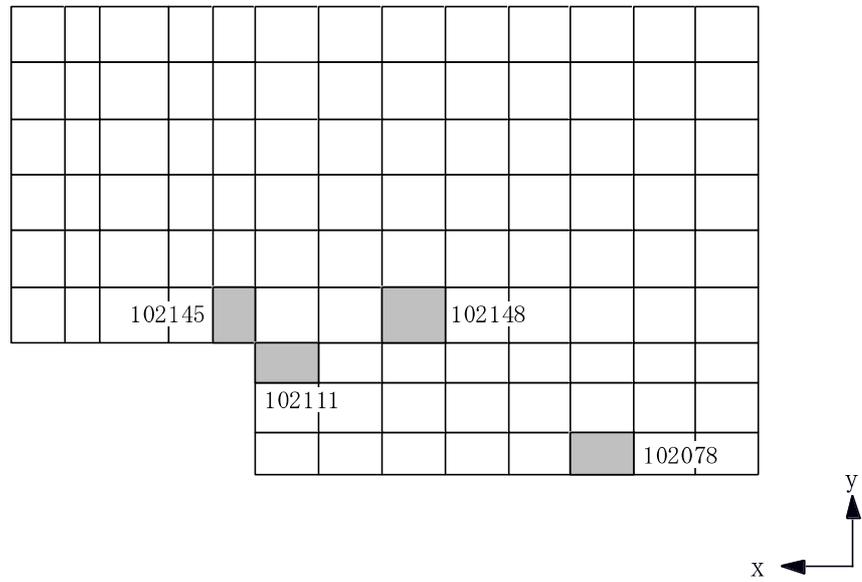
(単位 : kN/m<sup>2</sup>)

耐震計算書の KH <sub>s</sub> *	隣接 応答倍率	詳細評価用の KH <sub>s</sub> *
EW 方向		EW 方向
	1.24	

注記\* : KH<sub>s</sub> は, S<sub>s</sub> 地震荷重と同時に作用するものとする。

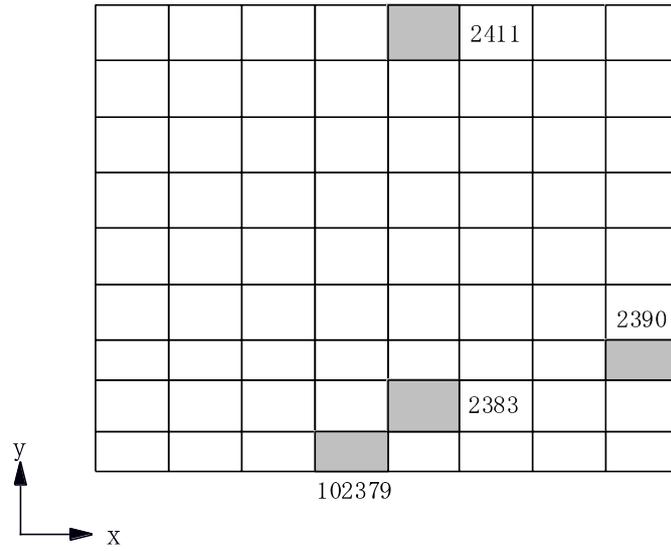


(a) 北側壁

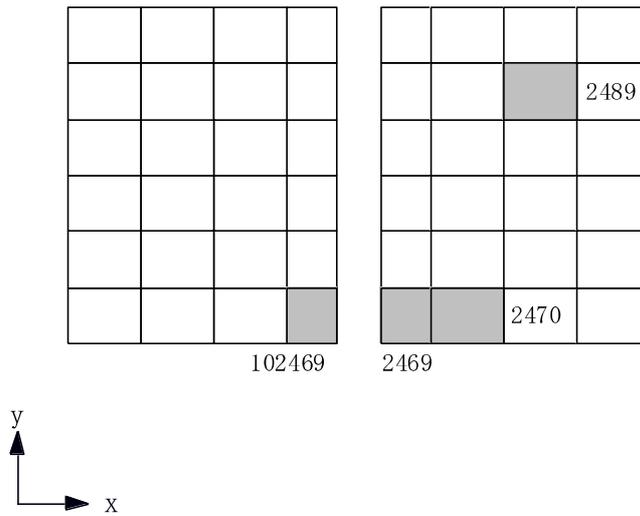


(b) 南側壁

図 3-5 選定した要素の位置 (1/3)

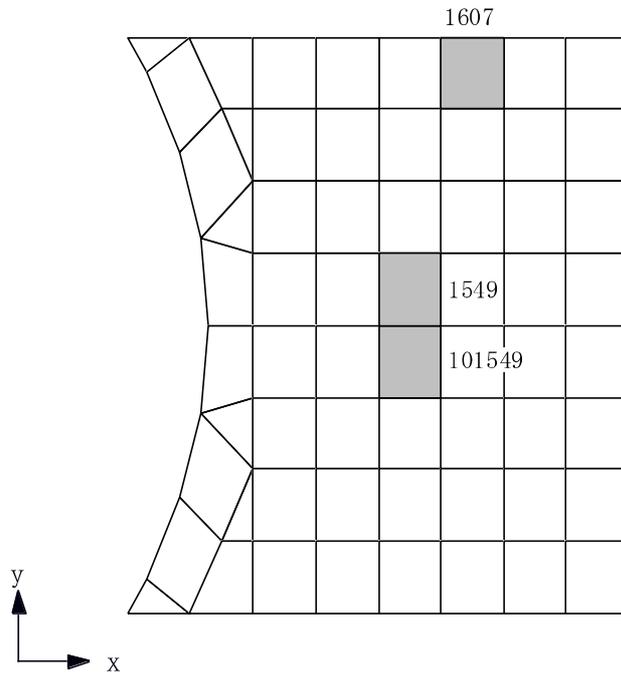


(c) 東側壁



(d) 西側壁

図 3-5 選定した要素の位置 (2/3)



(e) 底面スラブ

図 3-5 選定した要素の位置 (3/3)

表 3-15 詳細評価結果

部位	評価項目		方向	要素番号	組合せ ケース	発生値	許容値
北側壁	軸力 + 曲げモーメント + 面内せん断力	コンクリート圧縮ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	鉛直	2145	2-14	0.145	3.00
		鉄筋引張ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	鉛直	2078	2-14	0.356	5.00
	軸力	圧縮応力度 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	鉛直	2145	2-14	3.30	21.4
	面内せん断力	面内せん断応力度 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	-	2111	2-14	1.67	4.55
	面外せん断力	面外せん断応力度 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	鉛直	2148	2-14	0.487	1.91
南側壁	軸力 + 曲げモーメント + 面内せん断力	コンクリート圧縮ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	鉛直	102145	2-14	0.144	3.00
		鉄筋引張ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	鉛直	102078	2-14	0.356	5.00
	軸力	圧縮応力度 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	鉛直	102145	2-14	3.28	21.4
	面内せん断力	面内せん断応力度 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	-	102111	2-14	1.65	4.55
	面外せん断力	面外せん断応力度 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	鉛直	102148	2-14	0.487	1.91
東側壁	軸力 + 曲げモーメント + 面内せん断力	コンクリート圧縮ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	鉛直	102379	2-14	0.258	3.00
		鉄筋引張ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	鉛直	102379	2-14	0.435	5.00
	軸力	圧縮応力度 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	水平	2411	2-14	0.744	21.4
	面内せん断力	面内せん断応力度 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	-	2390	2-14	0.499	3.83
	面外せん断力	面外せん断応力度 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	鉛直	2383	2-14	0.548	1.71
西側壁	軸力 + 曲げモーメント + 面内せん断力	コンクリート圧縮ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	鉛直	102469	2-14	0.0532	3.00
		鉄筋引張ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	鉛直	2470	2-14	0.0334	5.00
	軸力	圧縮応力度 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	鉛直	102469	2-14	0.393	21.4
	面内せん断力	面内せん断応力度 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	-	2489	2-14	0.278	2.19
	面外せん断力	面外せん断応力度 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	鉛直	2469	2-14	0.117	1.33
底面 スラブ	軸力 + 曲げモーメント	コンクリート圧縮ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	EW	1549	2-14	0.181	3.00
		鉄筋引張ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	EW	101549	2-14	0.310	5.00
	面外せん断力	面外せん断応力度 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	NS	1607	2-14	1.04*	1.21

注記\*：応力の再配分等を考慮して、応力の平均化を行った結果。

### 3.2.6 主排気筒

主排気筒については、V-2-7-2-1「主排気筒の耐震性についての計算書」の評価結果に対して、主排気筒設置レベル（T.M.S.L. 38.2m）における時刻歴応答波形を入力地震動として耐震評価を行う。図 3-6 に主排気筒の配置図を示す。隣接建屋を考慮しない主排気筒設置レベルにおける時刻歴応答波形と、隣接建屋を考慮した主排気筒設置レベルにおける時刻歴応答波形を用いて立体フレームモデルによる地震応答解析を行う。

隣接建屋を考慮しない主排気筒設置レベルにおける時刻歴波形を図 3-7 に、隣接建屋を考慮した主排気筒設置レベルにおける時刻歴波形を図 3-8 に示す。

隣接建屋を考慮したケースと隣接建屋を考慮しないケースから得られた断面算定結果（検定値）の比率を隣接建屋の影響による隣接応答倍率として設定する。隣接応答倍率を表 3-16 に示す。次に、V-2-7-2-1「主排気筒の耐震性についての計算書」に示す断面算定結果（検定値）に対し、隣接応答倍率を乗じた値が 1.0 を超えないことを確認し、超過した場合には評価方法の見直しを行う。

主排気筒の断面評価結果一覧を表 3-17 に示す。最も検定値が大きいのは、支柱材 D-E 間であり、隣接応答倍率 1.058 を乗じると検定値は 1.048 となり、1.0 を超過する。その他の部材についてはいずれも 1.0 を下回る。よって、支柱材については評価方法の見直しを行う。

評価方法の見直しは、実状の鉄塔部支柱材及び筒身部の断面の切り替え位置に合わせたモデルを用い、隣接建屋を考慮したケースと隣接建屋を考慮しないケースについて再解析を行い、隣接応答倍率を再算定する。次に、実状の鉄塔部支柱材及び筒身部の断面の切り替え位置に合わせたモデルを用い、支柱材 D-E 間の検定値が最も厳しくなる Ss-2（ケース 6）について再解析を行い断面算定結果（検定値）に対し、隣接応答倍率を乗じた値が 1.0 を超えないことを確認する。

評価方法の見直しに基づく隣接建屋の影響評価結果を表 3-18 に示す。いずれの部位においても、検定値が 1.0 を下回ることより、許容限界を超えないことを確認した。

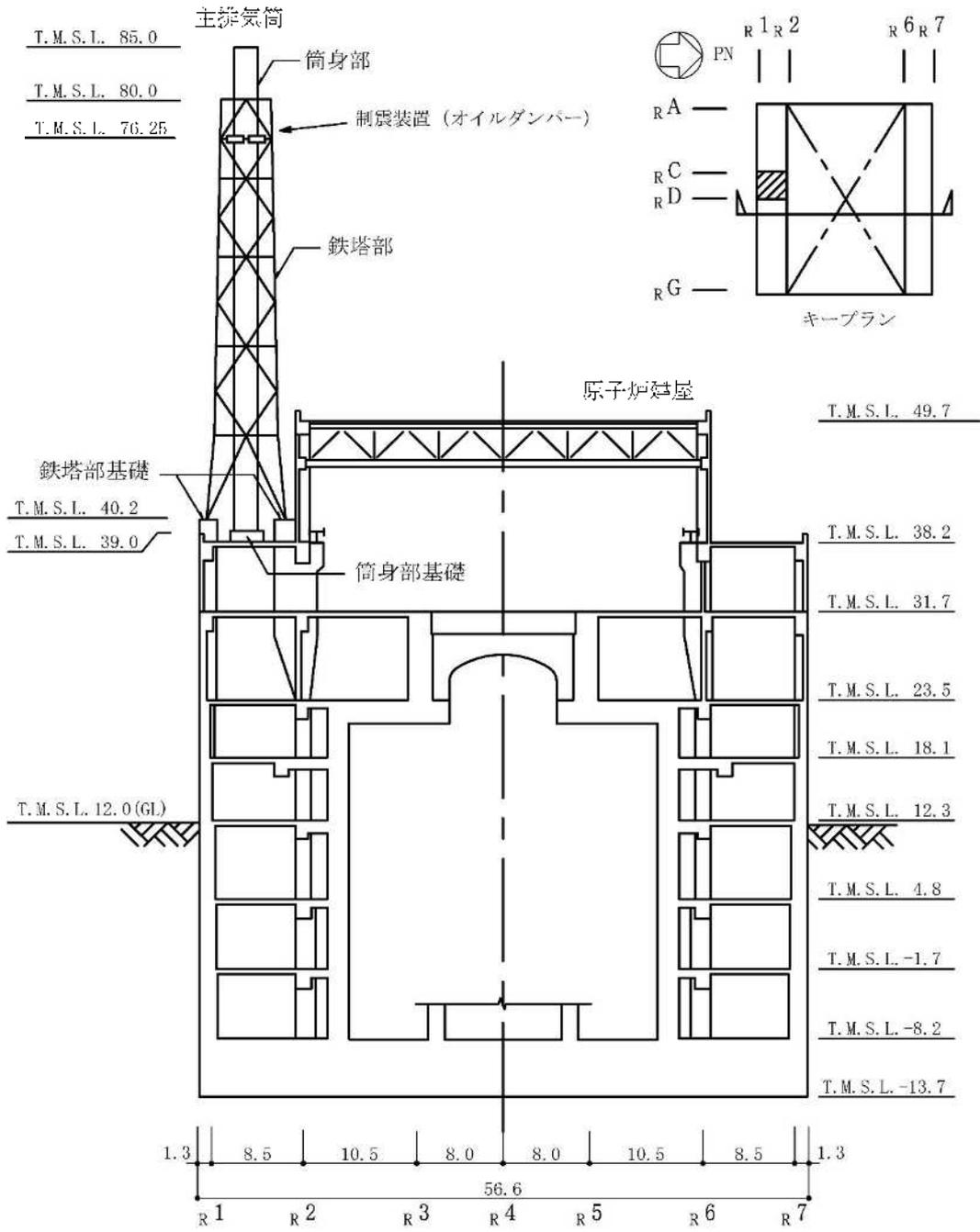
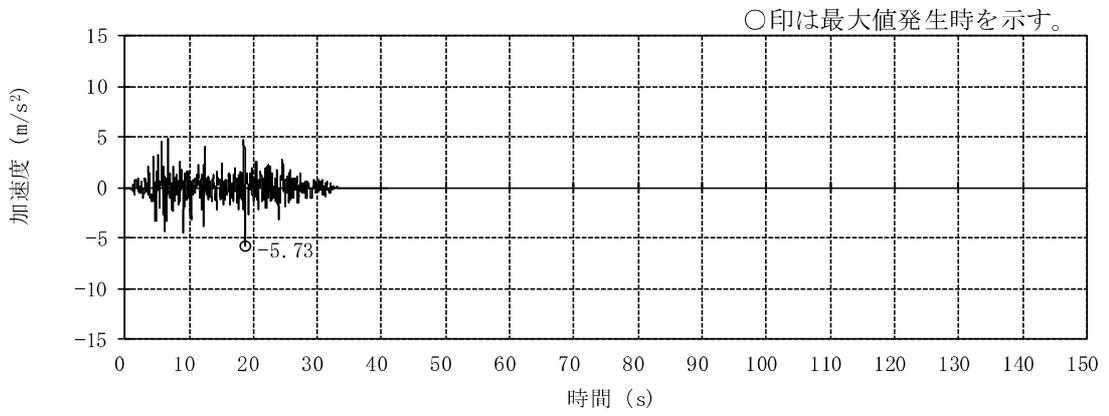
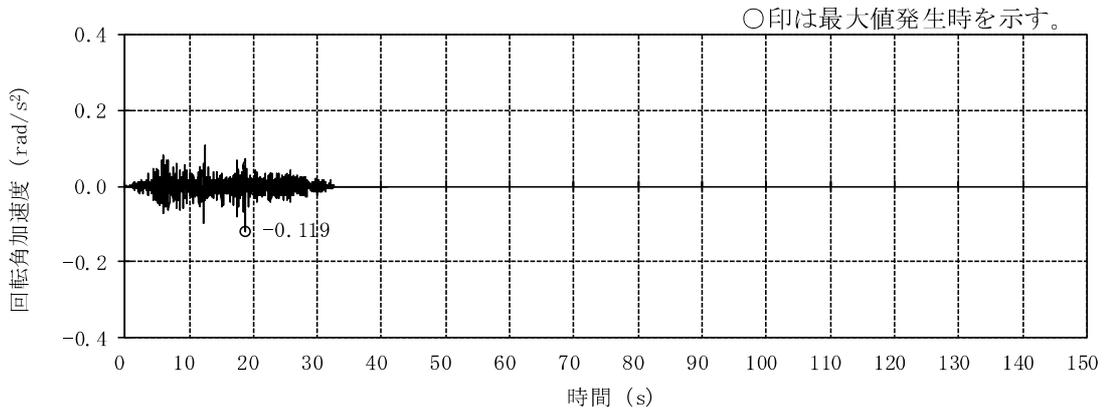


図 3-6 主排気筒配置図 (単位 : m)

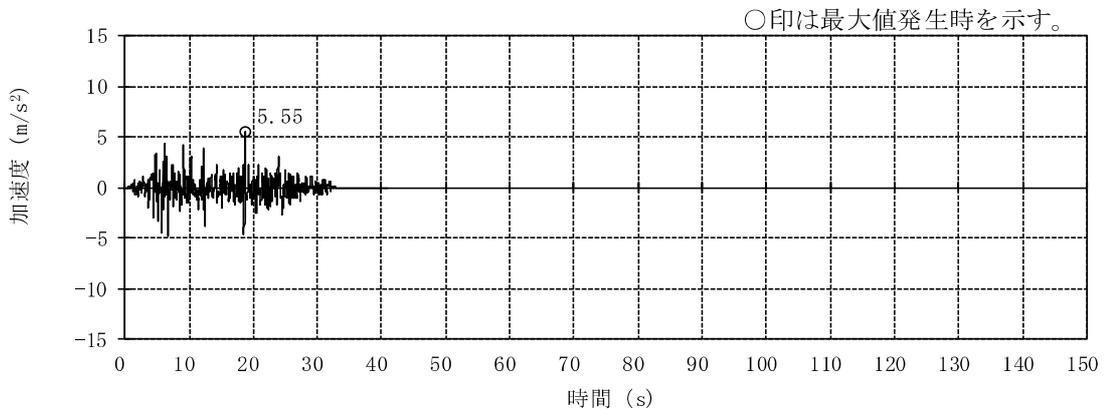


(a) 並進加速度

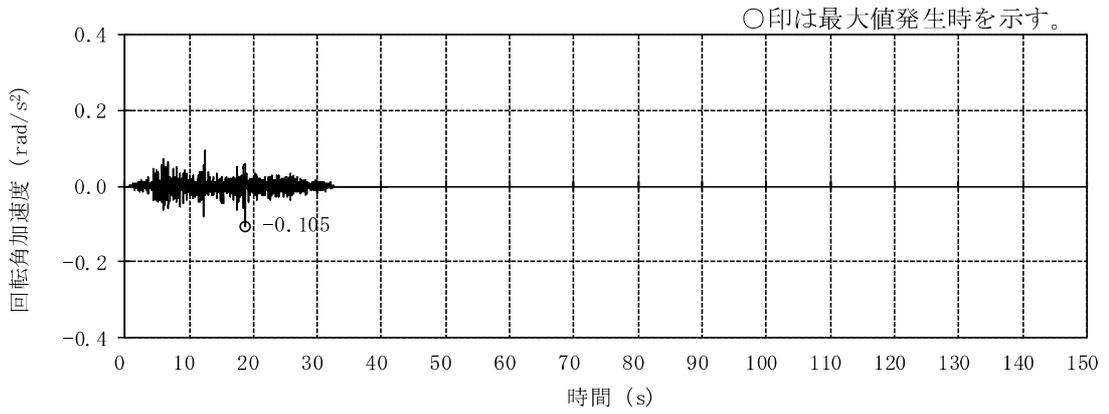


(b) 回転角加速度

図 3-7 時刻歴波形 (NS 方向, 隣接非考慮, T.M.S.L. 38.2m) (1/2)

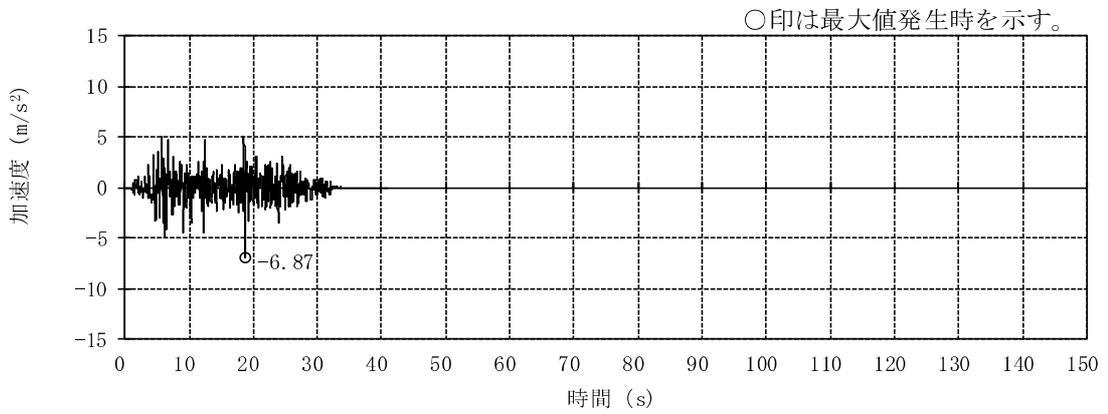


(a) 並進加速度

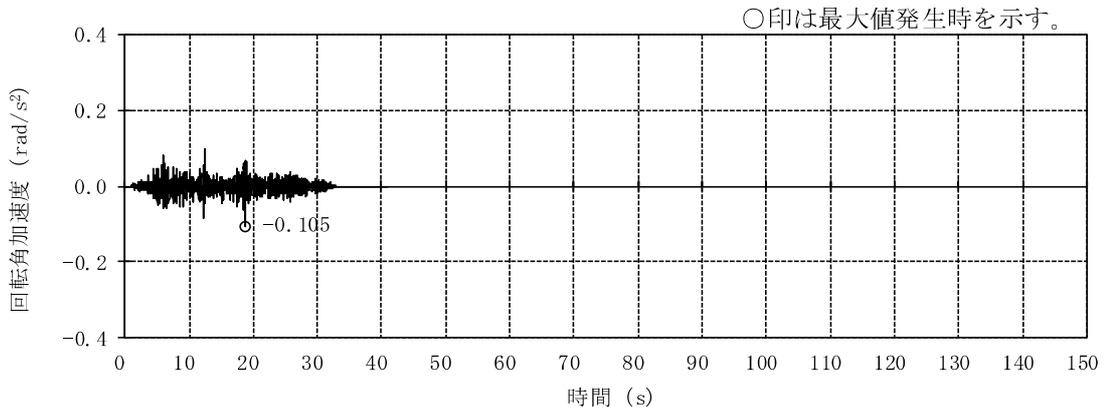


(b) 回転角加速度

図 3-7 時刻歴波形 (EW 方向, 隣接非考慮, T.M.S.L. 38.2m) (2/2)

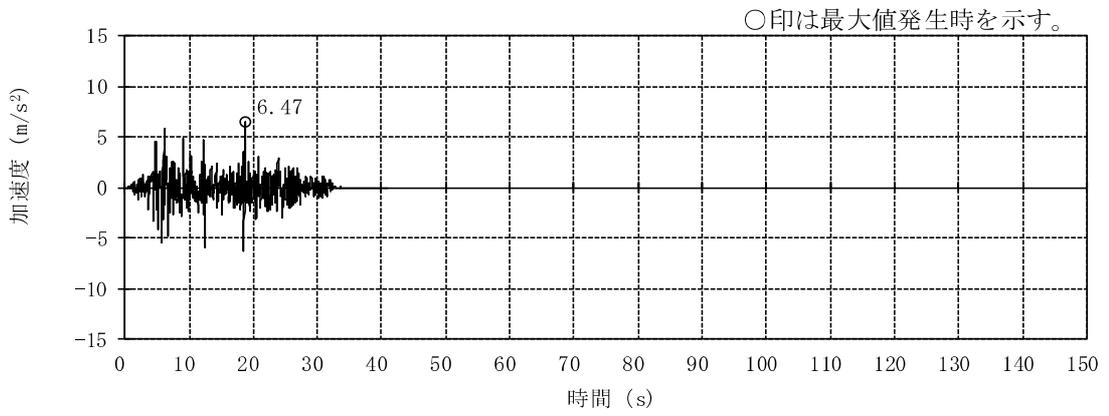


(a) 並進加速度

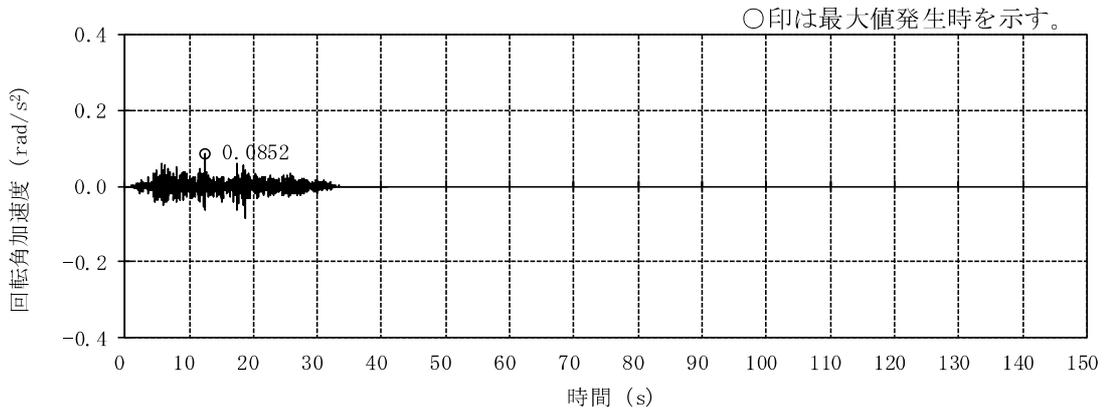


(b) 回転角加速度

図 3-8 時刻歴波形 (NS 方向, 隣接考慮, T.M.S.L. 38.2m) (1/2)



(a) 並進加速度



(b) 回転角加速度

図 3-8 時刻歴波形 (EW 方向, 隣接考慮, T.M.S.L. 38.2m) (2/2)

表 3-16 部材評価結果及び隣接応答倍率 (1/2)

ケース番号		①	③	検定値 比率 ③/①	②	④	検定値 比率 ④/②		
地震動		Sd-1	Sd-1		Sd-1	Sd-1			
質点系モデル		単独	隣接		単独	隣接			
水平動の入力方向		NS	NS		EW	EW			
鉄塔部	主柱材	B-C	φ 318.5×6	0.046	0.049	<u>1.066</u>	0.042	0.042	1.000
		C-D	φ 406.4×6.4	0.194	0.205	<u>1.057</u>	0.175	0.178	1.018
		D-E	φ 508.0×7.9	0.228	0.241	<u>1.058</u>	0.214	0.219	1.024
		E-F	φ 609.6×16	0.232	0.244	<u>1.052</u>	0.202	0.196	0.971
		F-G	φ 711.2×19	0.191	0.202	<u>1.058</u>	0.183	0.175	0.957
	斜材	B-C	φ 216.3×4.5	0.284	0.299	<u>1.053</u>	0.263	0.264	1.004
		C-D	φ 267.4×6	0.188	0.199	<u>1.059</u>	0.175	0.176	1.006
		D-E	φ 355.6×7.9	0.129	0.137	<u>1.063</u>	0.120	0.114	0.950
		E-F	φ 406.4×12.7	0.078	0.083	<u>1.065</u>	0.073	0.064	0.877
		F-G	φ 558.8×16	0.055	0.054	0.982	0.030	0.033	<u>1.100</u>
	水平材	B	φ 216.3×4.5	0.034	0.037	1.089	0.033	0.036	<u>1.091</u>
		C	φ 216.3×4.5	0.046	0.048	<u>1.044</u>	0.043	0.042	0.977
		D	φ 318.5×6	0.035	0.036	<u>1.029</u>	0.033	0.028	0.849
		E	φ 318.5×6	0.061	0.064	<u>1.050</u>	0.053	0.051	0.963
		F	φ 406.4×6.4	0.040	0.042	1.050	0.043	0.051	<u>1.187</u>

注：下線部は隣接応答倍率とするケースを表示

表 3-16 部材評価結果及び隣接応答倍率 (2/2)

ケース番号		①	③	検定値 比率 ③/①	②	④	検定値 比率 ④/②		
地震動		Sd-1	Sd-1		Sd-1	Sd-1			
質点系モデル		単独	隣接		単独	隣接			
水平動の入力方向		NS	NS		EW	EW			
筒身部	A-B	φ 2412×6	0.122	0.128	1.050	0.115	0.128	<u>1.114</u>	
	B-C	φ 2412×6	0.300	0.314	1.047	0.280	0.309	<u>1.104</u>	
	C-D	φ 2412×6	0.262	0.286	1.092	0.261	0.317	<u>1.215</u>	
	D-E	φ 2416×8	0.207	0.230	<u>1.112</u>	0.204	0.192	0.942	
	E-F	φ 2416×8	0.310	0.328	<u>1.059</u>	0.286	0.233	0.815	
	F-G	φ 2424×12	0.168	0.177	<u>1.054</u>	0.154	0.126	0.819	
基礎	鉄塔部	基礎	引張り	0.243	0.257	<u>1.058</u>	0.210	0.197	0.939
		ボルト	せん断	0.067	0.068	<u>1.015</u>	0.053	0.046	0.868
	立上り部	基礎	曲げ	0.231	0.234	<u>1.013</u>	0.180	0.160	0.889
		基礎	せん断	0.187	0.191	<u>1.022</u>	0.149	0.130	0.873
			圧縮軸力	0.130	0.137	<u>1.054</u>	0.109	0.099	0.909
	筒身部	基礎	引張り	0.138	0.134	0.972	0.096	0.103	<u>1.073</u>
		ボルト	せん断	0.047	0.051	<u>1.086</u>	0.046	0.048	1.044

注：下線部は隣接応答倍率とするケースを表示

表 3-17 基準地震動 S<sub>s</sub> における隣接建屋の影響評価結果

対象部位		地震動 (ケース名)	最大 検定値	隣接応答 倍率	検定値 ×隣接応 答倍率	
鉄塔部	主柱材	<u>D-E間</u>	<u>S<sub>s</sub>-2</u> <u>(ケース 6)</u>	<u>0.99</u>	<u>1.058</u>	<u>1.048</u>
	斜材	B-C間	S <sub>s</sub> -1(NS+鉛直) (ケース 6)	0.78	1.053	0.822
	水平材	E	S <sub>s</sub> -2 (ケース 6)	0.24	1.050	0.252
筒身部		C-D間	S <sub>s</sub> -1(NS+鉛直) (ケース 6)	0.79	1.215	0.960
基礎	鉄塔部 基礎ボルト	引張検討	S <sub>s</sub> -2 (ケース 6)	0.90	1.058	0.953
		せん断検討		0.27	1.015	0.275
	鉄塔部 基礎 立上り部	曲げ検討 (主筋)	S <sub>s</sub> -2 (ケース 6)	0.90	1.013	0.912
		せん断検討 (コンクリート)		0.75	1.022	0.767
		圧縮軸力検討 (鉄骨柱)		0.58	1.054	0.612
	筒身部 基礎ボルト	引張検討	S <sub>s</sub> -2 (ケース 6)	0.36	1.073	0.387
		せん断検討		0.16	1.086	0.174

注：下線部は、検定値×隣接応答倍率が 1.0 を超過したため、評価方法の見直しを行う箇所を示す。

表 3-18 評価方法の見直しに基づく隣接建屋の影響評価結果

部材評価結果及び隣接応答倍率							評価方法の見直しに基づく隣接建屋の影響評価結果																								
ケース番号	①	③	検定値 比率 ③/①	②	④	検定値 比率 ④/②	最大 検定値	地震動 (ケース)	隣接応答 倍率	検定値 ×隣接応答 倍率																					
地震動	Sd-1	Sd-1		Sd-1	Sd-1																										
質点系モデル	単独	隣接		単独	隣接																										
水平動の入力方向	NS	NS		EW	EW																										
主柱材 D-E間 (φ508.0×7.9)	0.227	0.239	<u>1.053</u>	0.212	0.219	1.034	0.94	Ss-2 (ケース 6)	1.053	0.990																					
評価方法の見直しの概要：実状の鉄塔部主柱材及び筒身部の断面の切り替え位置に合わせたモデル																															
主柱材						筒身部																									
<p>主柱材凡例</p> <table border="1"> <tr><td>B-C</td><td>■</td><td>φ318.5×6</td></tr> <tr><td>C-D</td><td>■</td><td>φ406.4×6.4</td></tr> <tr><td>D-E</td><td>■</td><td>φ508.0×7.9</td></tr> <tr><td>E-F</td><td>■</td><td>φ609.6×16</td></tr> <tr><td>F-G</td><td>■</td><td>φ711.2×19</td></tr> </table>						B-C	■	φ318.5×6	C-D	■	φ406.4×6.4	D-E	■	φ508.0×7.9	E-F	■	φ609.6×16	F-G	■	φ711.2×19	<p>筒身部凡例</p> <table border="1"> <tr><td>■</td><td>φ2412×6</td></tr> <tr><td>■</td><td>φ2416×8</td></tr> <tr><td>■</td><td>φ2424×12</td></tr> </table>					■	φ2412×6	■	φ2416×8	■	φ2424×12
B-C	■	φ318.5×6																													
C-D	■	φ406.4×6.4																													
D-E	■	φ508.0×7.9																													
E-F	■	φ609.6×16																													
F-G	■	φ711.2×19																													
■	φ2412×6																														
■	φ2416×8																														
■	φ2424×12																														
評価方法の見直し						(参考) 工認モデル																									

注：下線部は隣接応答倍率とするケースを表示

### 3.2.7 復水貯蔵槽

復水貯蔵槽については、V-2-5-5-1-2「復水貯蔵槽の耐震性についての計算書」の評価結果に対して、隣接応答倍率を乗じた評価を実施する。壁の評価にはせん断力の隣接応答倍率を、底面スラブの評価にはせん断力及び曲げモーメントの隣接応答倍率を用いる。評価用の隣接応答倍率を表 3-19 に、評価結果を表 3-20 に示す。いずれの部位においても、検定値が 1.0 を下回ることより、許容限界を超えないことを確認した。

表 3-19 評価用の隣接応答倍率

部位		隣接応答倍率
壁	T. M. S. L. 16.1～12.3 (m)	1.10
	T. M. S. L. 12.3～6.5 (m)	1.03
	T. M. S. L. 6.5～-1.1 (m)	0.96*
底面スラブ		1.06

注記\* : 1.00 として簡易評価を実施する。

表 3-20 評価結果

項目		評価項目	方向	要素番号	組合せケース	検定値 ①	倍率 ②	①×②
軸力 + 曲げモーメント + 面内せん断力	壁	必要鉄筋量 (mm <sup>2</sup> /m)	横	22858	2	0.940	1.03	0.969
	底面スラブ		EW	10803	5	0.573	1.06	0.608
面外せん断力 (kN/m)	壁	面外せん断力 (kN/m)	横	22468	7	0.511	1.03	0.527
	底面スラブ		NS	10710	1	0.476	1.06	0.505

### 3.2.8 建物付帯設備

検討対象を表 3-21 に示す。建物の壁、床に設置された設備のうち、建物・構築物に分類される設備（以下「建物付帯設備」という。）については、隣接建屋を考慮した隣接応答倍率（隣接考慮／隣接非考慮）と、V-2-8-4-4「中央制御室待避室遮蔽の耐震性についての計算書」、V-2-9-3-1-1「燃料取替床ブローアウトパネルの耐震性についての計算書」、V-2-9-3-1-2「主蒸気系トンネル室ブローアウトパネルの耐震性についての計算書」、V-2-9-3-3「原子炉建屋エアロックの耐震性についての計算書」、V-2-10-2-2-1「取水槽閉止板の耐震性についての計算書」、V-2-10-2-3-1「水密扉の耐震性についての計算書」、V-2-10-2-3-2「水密扉付止水堰の耐震性についての計算書」及びV-2-10-2-3-3「止水堰の耐震性についての計算書」（以下「中央制御室待避室遮蔽の耐震性についての計算書等」という。）の評価結果により評価を行う。検討は、各検討対象の耐震性の計算方法に応じて最大応答加速度の比較又は最大応答せん断力の比較から求まる隣接応答倍率を、中央制御室待避室遮蔽の耐震性についての計算書等の最大検定値に乗じて評価を行い、隣接応答倍率を乗じた値が 1.0 を超えないことを確認し、超過した場合には評価方法の見直しを行う。

建物付帯設備の評価結果一覧を表 3-22 に示す。表 3-22 において、検討対象が複数存在する場合には、検定値が最大となる結果を代表値として示す。

の締付装置受けピン（以下「締付装置受けピン」という。）及び建屋間連絡水密扉（原子炉建屋地下 1 階～タービン建屋地下 1 階）のアンカーボルト（以下「アンカーボルト」という。）について、それぞれ隣接応答倍率 1.16, 1.04 を乗じると検定値は 1.13, 1.03 となり、1.0 を超過する。その他の建物付帯設備についてはいずれも 1.0 を下回る。よって、締付装置受けピン、アンカーボルトについては「(1) 締付装置受けピンの評価方法」及び「(2) アンカーボルトの評価方法」に示すとおり、評価方法の見直しを行う。

評価方法の見直しの結果、締付装置受けピン及びアンカーボルトの検定値はそれぞれ 0.25, 0.72 となる。したがって、いずれの建物付帯設備も隣接応答倍率を考慮した検定値が 1.0 を下回ることから、許容限界を超えないことを確認した。

表 3-21 検討対象

検討対象	設置建屋
中央制御室待避室遮蔽	C/B
燃料取替床ブローアウトパネル	K7R/B
主蒸気系トンネル室ブローアウトパネル	K7R/B
原子炉建屋エアロック	K7R/B
取水槽閉止板	K7T/B
水密扉	K7R/B
	K7T/B
水密扉付止水堰	K7R/B
	K7T/B
止水堰	K7R/B
	K7T/B

表 3-22 建物付帯設備の評価結果 (1/2)

検討対象		最大 検定値	隣接応答倍率		検定値 ×隣接応答 倍率
			倍率	応力種別 ・方向	
中央制御室待避室遮蔽 C/B 2階 T. M. S. L. 17. 3m	新設壁	0. 85	0. 96*	せん断 NS	0. 85
燃料取替床 ブローアウトパネル R/B 4階 T. M. S. L. 41. 1m~45. 18m	Sd 閉機能維持	0. 49	1. 09	加速度 NS	0. 54
	Ss 開機能維持	0. 12	1. 12	せん断 EW	0. 14
主蒸気系トンネル室 ブローアウトパネル R/B 1階 T. M. S. L. 12. 3m~23. 5m	Sd 閉機能維持	0. 001	1. 20	加速度 EW	0. 002
	Ss 開機能維持	0. 14	1. 27	せん断 NS	0. 18
原子炉建屋エアロック FCS室エアロック R/B 1階 T. M. S. L. 12. 3m	ヒンジピン	0. 38	1. 16	組合せ (曲げ, せん断) EW	0. 45
原子炉建屋エアロック ギャラリー室エアロック R/B 4階 T. M. S. L. 34. 5m	締付 ローラー	0. 13	1. 24	定格荷重 EW	0. 17
取水槽閉止板 タービン補機冷却用 海水取水槽閉止板 T/B 地下1階 T. M. S. L. 4. 9m	戸当り	0. 05	1. 04	曲げ NS	0. 06

注記\* : 1.00 として簡易評価を実施する。

表 3-22 建物付帯設備の評価結果 (2/2)

検討対象		最大 検定値	隣接応答倍率		検定値 ×隣接応答 倍率
			倍率	応力種別 ・方向	
水密扉 残留熱除去系 <input type="checkbox"/> ポンプハッチ室水密扉 R/B 地下 2 階 T. M. S. L. -1. 7m	アンカー ボルト	0. 73	1. 08	せん断 EW	0. 79
水密扉 <input type="checkbox"/> R/B 1 階 T. M. S. L. 12. 3m	締付装置 受けピン	0. 21 (0. 97) *1	1. 16	組合せ (曲げ, せん断) EW	0. 25 (1. 13) *2
水密扉 建屋間連絡水密扉 (原子炉建屋地下 1 階～ タービン建屋地下 1 階) T/B 地下 1 階 T. M. S. L. 4. 9m	アンカー ボルト	0. 69 (0. 99) *1	1. 04	せん断 NS	0. 72 (1. 03) *2
水密扉付止水堰 R/B 4 階 T. M. S. L. 31. 7m	止水堰部 アンカー ボルト	0. 51	1. 25	せん断 NS	0. 64
水密扉付止水堰 T/B 1 階 T. M. S. L. 12. 3m	止水堰部 アンカー ボルト	0. 28	1. 04	せん断 NS	0. 30
鋼製落とし込み型堰 T/B 1 階 T. M. S. L. 12. 3m	アンカー ボルト	0. 42	1. 04	引張 NS	0. 44
鋼板組合せ堰 R/B 4 階 T. M. S. L. 31. 7m	アンカー ボルト	0. 24	1. 25	引張 NS	0. 30

注記\*1 : V-2-10-2-3-1「水密扉の耐震性についての計算書」に記載の最大検定値。

注記\*2 : V-2-10-2-3-1「水密扉の耐震性についての計算書」に記載の最大検定値に隣接応答倍率を乗じた数値。

(1) 締付装置受けピンの評価方法

締付装置受けピンについては、V-2-10-2-3-1「水密扉の耐震性についての計算書」において、締付装置と締付装置受けピンが点接触する場合、締付装置受けピンに集中荷重が作用する両端固定ばりと仮定し、保守的に評価している。締付装置受けピンに生じる荷重の例を図3-9に示す。

$$M = R_1 \cdot L_p \cdot 10^{-3} / 4$$

M : 締付装置受けピンの最大曲げモーメント (kN・m)

ここで,  $R_1 = K_H \cdot G / n$

$R_1$  : 締付装置受けピンに生じる地震力に伴う荷重の反力 (kN)

$L_p$  : 締付装置受けピンの軸支持間距離 (mm)

$K_H$  : 水平震度

G : 扉重量

n : 締付装置の本数

$$Q = R_1 / 2$$

Q : 締付装置受けピンの最大せん断力 (kN)

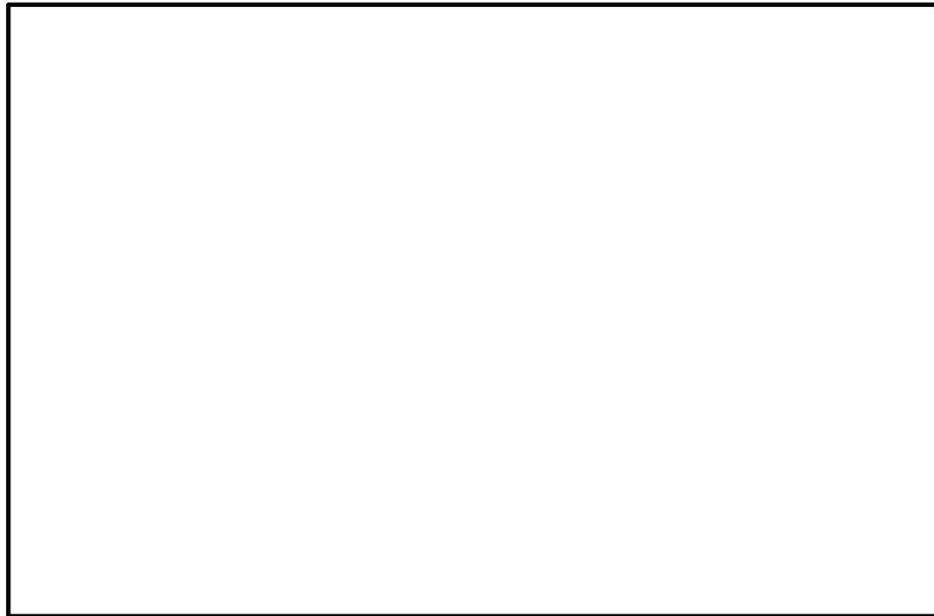


図3-9 締付装置受けピンに生じる荷重の例

本資料においては、以下のとおり、縮付装置受けピンとカラーが線接触することから、縮付装置受けピンとカラーが接触している部分に等分布荷重が作用する両端固定ばりと仮定し、評価を行う。縮付装置受けピンに生じる荷重の例を図 3-10 に示す。

$$M = R_1 \cdot (L_p^3 - 8 \cdot a^3) / (24 \cdot b \cdot L_p)$$

$M$  : 縮付装置受けピンの最大曲げモーメント (kN・m)

$$a = (L_p - b) / 2$$

ここで、 $R_1 = K_H \cdot G / n$

$R_1$  : 縮付装置受けピンに生じる地震力に伴う荷重の反力 (kN)

$L_p$  : 縮付装置受けピンの軸支持間距離 (mm)

$a$  : 縮付装置受けピンの支持点からカラー端部までの距離 (mm)

$b$  : 縮付装置受けピンとカラーが接する長さ (mm)

$K_H$  : 水平震度

$G$  : 扉重量

$n$  : 縮付装置の本数

$$Q = R_1 / 2$$

$Q$  : 縮付装置受けピンの最大せん断力 (kN)



図 3-10 縮付装置受けピンに生じる荷重の例

(2) アンカーボルトの評価方法

アンカーボルトについては、V-2-10-2-3-1「水密扉の耐震性についての計算書」において、以下のとおり評価している。アンカーボルトに生じる荷重の例を図3-11に示す。

$$F_{1a} = F_1 + K_H \cdot w_a / 4$$

$F_{1a}$  : アンカーボルトに生じる転倒力(kN)

$F_1$  : ヒンジに生じる転倒力(kN)

$K_H$  : 水平震度

$w_a$  : 扉枠の重量(kN)

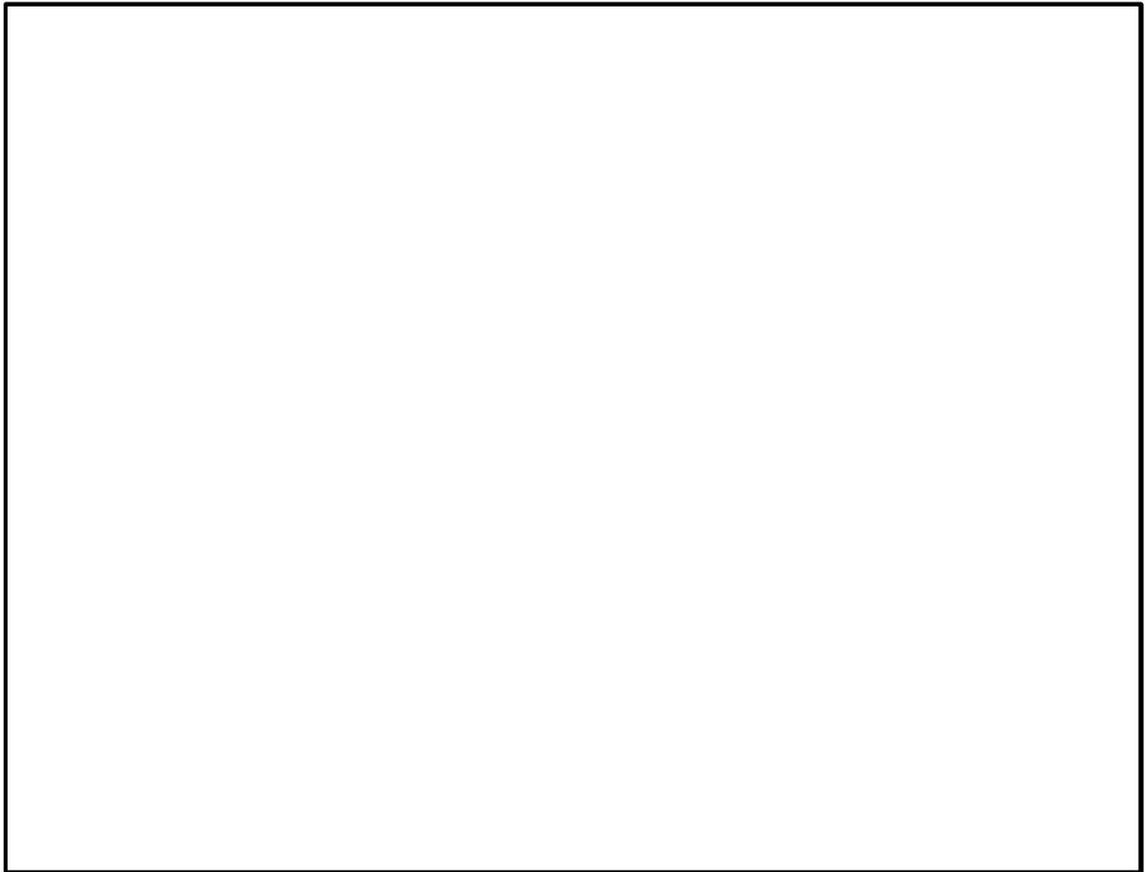


図3-11 アンカーボルトに生じる荷重の例

ここで、ヒンジに生じる転倒力  $F_1$  については以下のとおりとし、転倒力の作用状況を図 3-12 に示す。

$$F_1 = W_1 \cdot L_1 / L_2 + K_H \cdot G / 2$$

$$W_1 = G + K_{UD} \cdot G$$

$W_1$  : スラスト荷重 (kN)

$G$  : 扉重量 (kN)

$K_H$  : 水平震度

$K_{UD}$  : 鉛直震度

$F_1$  : ヒンジに生じる転倒力 (kN)

$L_1$  : 扉重心とヒンジ芯間距離 (mm)

$L_2$  : ヒンジ芯間距離 (mm)

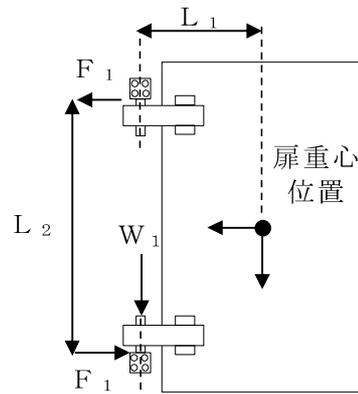


図 3-12 ヒンジに生じる転倒力の作用状況

V-2-10-2-3-1「水密扉の耐震性についての計算書」においては、保守的にヒンジ側のアンカーボルトのみを考慮しているが、本資料においては、水密扉の構造から評価上期待できる要素は考慮することとし、以下のとおり、扉の面内方向の変形に抵抗する要素として、上部のアンカーボルトにも転倒力を負担させた評価を行う。アンカーボルトに生じる荷重の例を図3-13に示す。

$$F_{1a} = F_1 + K_H \cdot w_a / 4$$

$$T_d = Q_d = F_{1a} / (n_1 + n_2)$$

$F_{1a}$  : 扉と扉枠の重量を含んだ転倒力 (kN)

$n_1$  : ヒンジ側アンカーボルトの本数 (本)

$n_2$  : 上部アンカーボルトの本数 (本)

$T_d$  : アンカーボルトに生じる引張力 (kN)

$Q_d$  : アンカーボルトに生じるせん断力 (kN)



図3-13 アンカーボルトに生じる荷重の例

別紙 10 S H A K E

1. 使用状況一覧

使用添付書類		バージョン
V-2-2-5	タービン建屋の地震応答計算書	Ver. 1.0
V-2-2-11	廃棄物処理建屋の地震応答計算書	Ver. 1.0
V-2-2-15	緊急時対策所の地震応答計算書	Ver. 1.0
V-2-11-2-1	サービス建屋の耐震性についての計算書	Ver. 1.0
V-2-2-別添 2-1	隣接建屋による影響を考慮した地震応答計算及び建物・構築物の耐震性についての計算書	Ver. 1.0

2. 解析コードの概要

項目 \ コード名	SHAKE
使用目的	入力地震動算定
開発機関	株式会社竹中工務店
開発時期	1999 年
使用したバージョン	Ver. 1.0
コードの概要	<p>本解析コードは、重複反射理論に基づく地盤の地震応答解析を行うことが可能であり、地盤の非線形性はひずみ依存特性を用いて等価線形法により考慮することができる。</p> <p>本解析コードの主な特徴として、以下の①～③を挙げるることができる。</p> <p>①1次元重複反射理論に基づくプログラムである。</p> <p>②地盤の非線形性はひずみ依存特性を用いて等価線形法により考慮できる。</p> <p>③鉛直動は、S波速度を<math>V_s</math>、P波速度を<math>V_p</math>として定義することで対応が可能である。</p>
検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)	<p>本解析コードは、タービン建屋等の地震応答解析における入力地震動の策定において、基準地震動<math>S_s</math>及び弾性設計用地震動<math>S_d</math>に対する地盤の応答を評価するために使用している。</p> <p><b>【検証 (Verification)】</b></p> <p>本解析コードの検証内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・理論解との比較</li> <li>・他コードとの比較</li> <li>・動作環境を満足する計算機にインストールして使用している。</li> </ul> <p><b>【妥当性確認 (Validation)】</b></p> <p>本解析コードの妥当性確認内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・原子力産業界において、日本原燃株式会社の「ウラン・プルトニウム混合酸化物燃料加工施設に係る設計及び工事」で、ウラン・プルトニウム混合酸化物燃料加工施設 (MOX燃料加工施設) のうち燃料加工建屋に対する地震応答解析に本解析コードが使用された実績が</li> </ul>

	<p>ある。</p> <ul style="list-style-type: none"><li>・ 検証の内容のとおり，入力地震動算定について検証していることから，解析の目的に照らして今回の解析に適用することは妥当である。</li></ul>
--	--

### 3. 解析手法

#### 3.1 一般事項

本解析コードは、重複反射理論に基づく地震応答解析を行うプログラムである。  
本解析コードは1次元地震応答解析(入力地震動算定)に使用している。

#### 3.2 解析コードの特徴

本解析コードの主な特徴を以下に示す。

- ・1次元重複反射理論に基づく解析を行う。
- ・地盤の非線形性はひずみ依存特性を用いて等価線形法により考慮する。
- ・鉛直動は、S波速度を  $V_s$ 、P波速度を  $V_p$  として定義することで対応できる。

#### 3.3 解析手法

図3-1に示す線形粘弾性系を通過するせん断波による応答を考える。線形粘弾性系は、均質、等方性であり、厚さが  $h$ 、密度が  $\rho$ 、せん断弾性係数が  $G$ 、臨界減衰比が  $\beta$  で定義されているとする。せん断波の伝播は水平変位  $u = u(x, t)$  のみによる。これは、次の波動方程式を満足しなければならない。

$$\rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = G \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \eta \frac{\partial^3 u}{\partial x^2 \partial t} \quad (3.1)$$

波動方程式(3.1)式の解は、振動数  $\omega$  に対し、次式で与えられる。

$$u(x, t) = E e^{i(kx + \omega t)} + F e^{-i(kx - \omega t)} \quad (3.2)$$

ここに、

$$k^2 = \frac{\rho \cdot \omega^2}{G + i\omega \cdot \eta} = \frac{\rho \cdot \omega^2}{G^*} \quad (3.3)$$

である。(3.2)の第1項は、 $X$  のマイナス方向(上向き)に伝わる入射波を示し、第2項は  $X$  のプラス方向(下向き)に伝わる反射波を示している。また、水平面におけるせん断応力度の定義は次式で与えられる。

$$\tau(x, t) = G \frac{\partial u}{\partial x} + \eta \frac{\partial^2 u}{\partial x \partial t} = G^* \frac{\partial u}{\partial x} \quad (3.4)$$

(3.4)式に(3.2)式を代入すると、

$$\tau(x, t) = ikG^* (E \cdot e^{ikx} - F \cdot e^{-ikx}) \cdot e^{i\omega t} \quad (3.5)$$

となる。

(3.1)式は図3-1の各層にて成り立つ。各層の局所座標系  $X$  で表される第  $m$  層の最上部  $x = 0$  及び最下部  $x = h_m$  における変位は、第  $m$  層における厚さを  $h_m$ 、密度を  $\rho_m$ 、せん断弾性係数を  $G_m$ 、臨界減衰比を  $\beta_m$  で定義すると、それぞれ次のように表せる。

$$u_m(0, t) = (E_m + F_m) e^{i\omega t} \quad (3.6)$$

$$u_m(h_m, t) = (E_m \cdot e^{ik_m h_m} + F_m \cdot e^{-ik_m h_m}) e^{i\omega t} \quad (3.7)$$

ここで、任意の  $m$  層と  $m+1$  層の変位及びせん断応力との連続性を考慮すると次の循環公式が求まる。

$$E_{m+1} = \frac{1}{2} E_m (1 + \alpha_m) \cdot e^{ik_m h_m} + \frac{1}{2} F_m (1 - \alpha_m) \cdot e^{-ik_m h_m} \quad (3.8)$$

$$F_{m+1} = \frac{1}{2} E_m (1 - \alpha_m) \cdot e^{ik_m h_m} + \frac{1}{2} F_m (1 + \alpha_m) \cdot e^{-ik_m h_m} \quad (3.9)$$

ここに、 $\alpha_m$  は複素インピーダンス比と呼ばれる定数で、次式で定義されている。

$$\alpha_m = \frac{k_m G_m^*}{k_{m+1} G_{m+1}^*} = \left( \frac{\rho_m G_m^*}{\rho_{m+1} G_{m+1}^*} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (3.10)$$

この複素インピーダンス比  $\alpha_m$  は、周期に対して独立である。自由面におけるせん断応力度  $\tau=0$  と (3.7) 式より  $E_1 = F_1$  が得られる。循環公式 (3.8) 式、(3.9) 式を繰り返し用いて、次のような  $m$  層と表層の振幅の関係を導き出すことができる。

$$E_m = e_m(\omega) E_1 \quad (3.11)$$

$$F_m = f_m(\omega) F_1 \quad (3.12)$$

伝達関数  $e_m$  及び  $f_m$  は、単なる  $E_1 = F_1 = 1$  に対する倍率であり、 $E_1 = F_1 = 1$  を上式に代入して解けば求まる。

他の伝達関数は  $e_m$ 、 $f_m$  から簡単に得られる。 $n$  層及び  $m$  層表面での変位を関係づける伝達関数  $A_{n,m}$  を次のように定義する。

$$A_{n,m}(\omega) = \frac{u_m}{u_n} \quad (3.13)$$

(3.13) 式に (3.4) 式、(3.11) 式及び (3.12) 式を代入して整理すると次式を得る。

$$A_{n,m}(\omega) = \frac{e_m(\omega) + f_m(\omega)}{e_n(\omega) + f_n(\omega)} \quad (3.14)$$

これらの式より、伝達関数  $A(\omega)$  は、系のいかなる2つの層の間においても定められる。

ゆえに、任意の層の動の変位が判れば、他の層の動の変位も計算できる。(3.2) 式より、加速度  $\ddot{u}(x, t)$ 、ひずみ  $\gamma(x, t)$  は次のように得られる。

$$\ddot{u}(x, t) = \frac{\partial^2 u(x, t)}{\partial t^2} = -\omega^2 (E e^{i(kx + \omega t)} + F e^{-i(kx - \omega t)}) \quad (3.15)$$

$$\gamma(x, t) = \frac{\partial u(x, t)}{\partial x} = ik (E e^{i(kx + \omega t)} - F e^{-i(kx - \omega t)}) \quad (3.16)$$

振幅  $E$  及び  $F$  は、系全体の層において求めることができるので、加速度及びひずみ

も求めることができる。

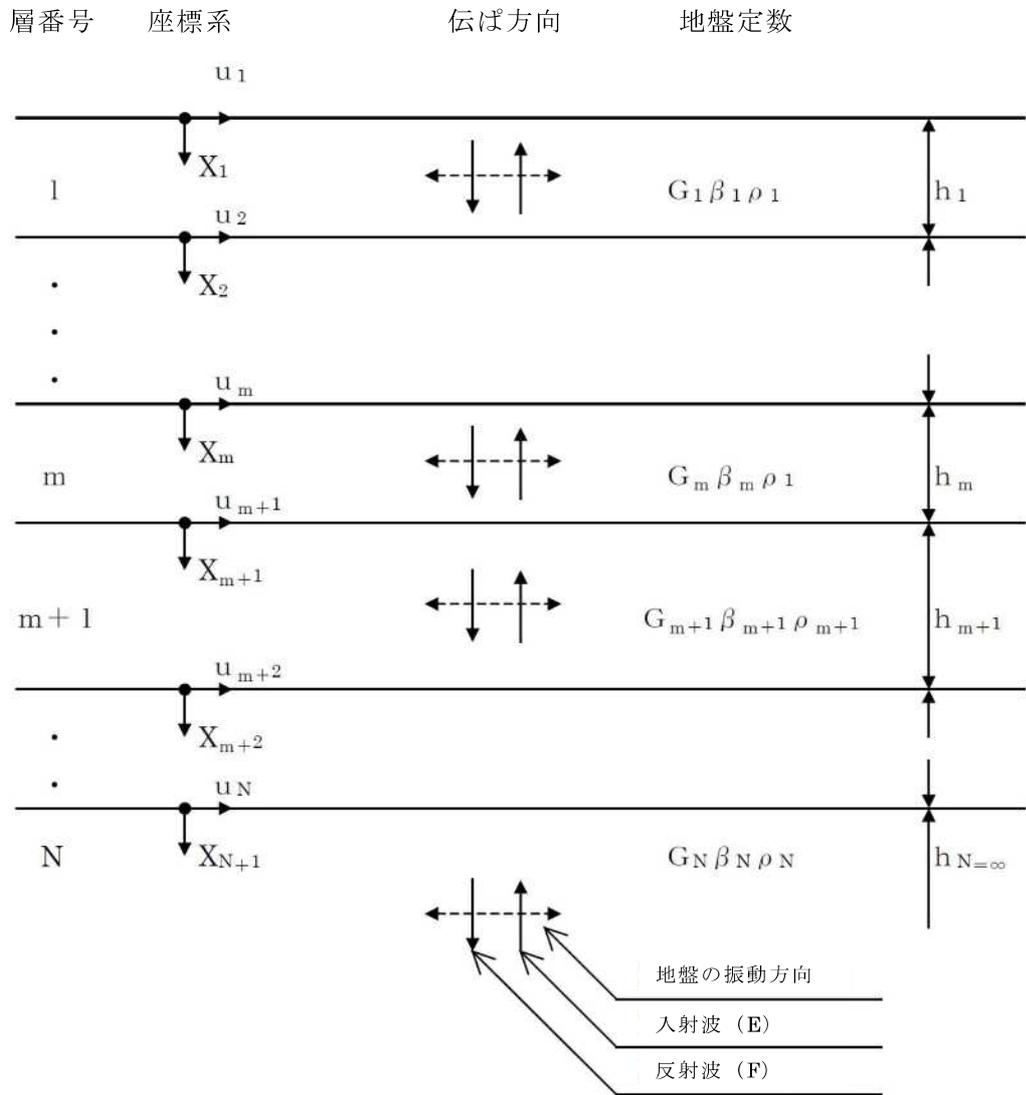
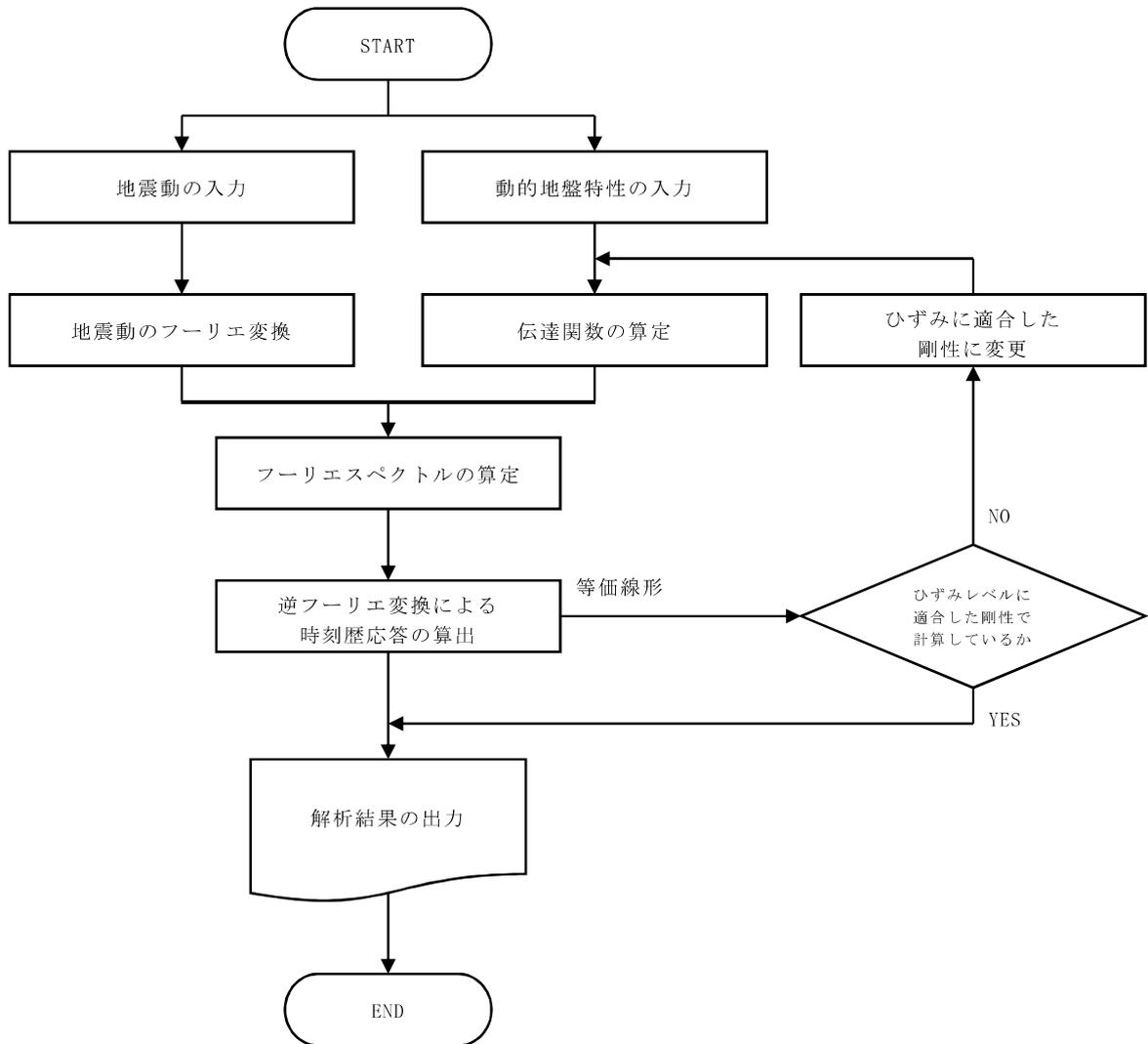


図 3-1 1次元地盤モデル

### 3.4 解析フローチャート

解析フローチャートを図 3-2 に示す。



K7 ① V-2 別紙 R0

図 3-2 解析フローチャート

### 3.5 検証 (Verification) と妥当性確認 (Validation)

#### 3.5.1 理論解との比較による検証

2層のモデル地盤において、1次元重複反射理論に基づく伝達関数の理論解との比較を行った。

##### (1) 検証モデル及び検討条件

図 3-3 に地盤モデル諸元を示す。

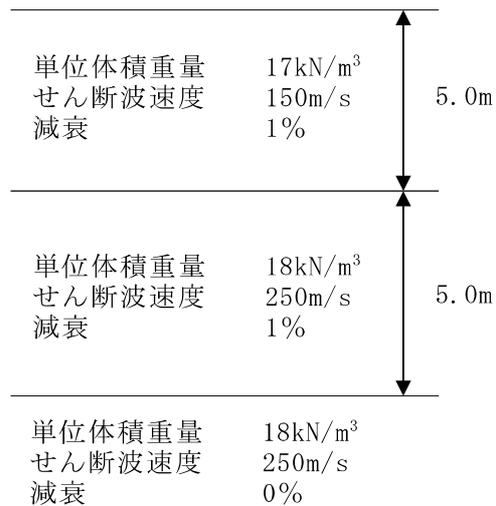


図 3-3 地盤モデル諸元

##### < 検討条件 >

- ・ 重力加速度は  $9.80665\text{m/s}^2$  とする。
- ・ 検討する振動数は  $0\sim 50\text{Hz}$  までとする。

(2) 比較結果

理論解との伝達関数の比較結果を図 3-4 に示すが，本解析コードと理論解の結果は一致していることが確認できる。

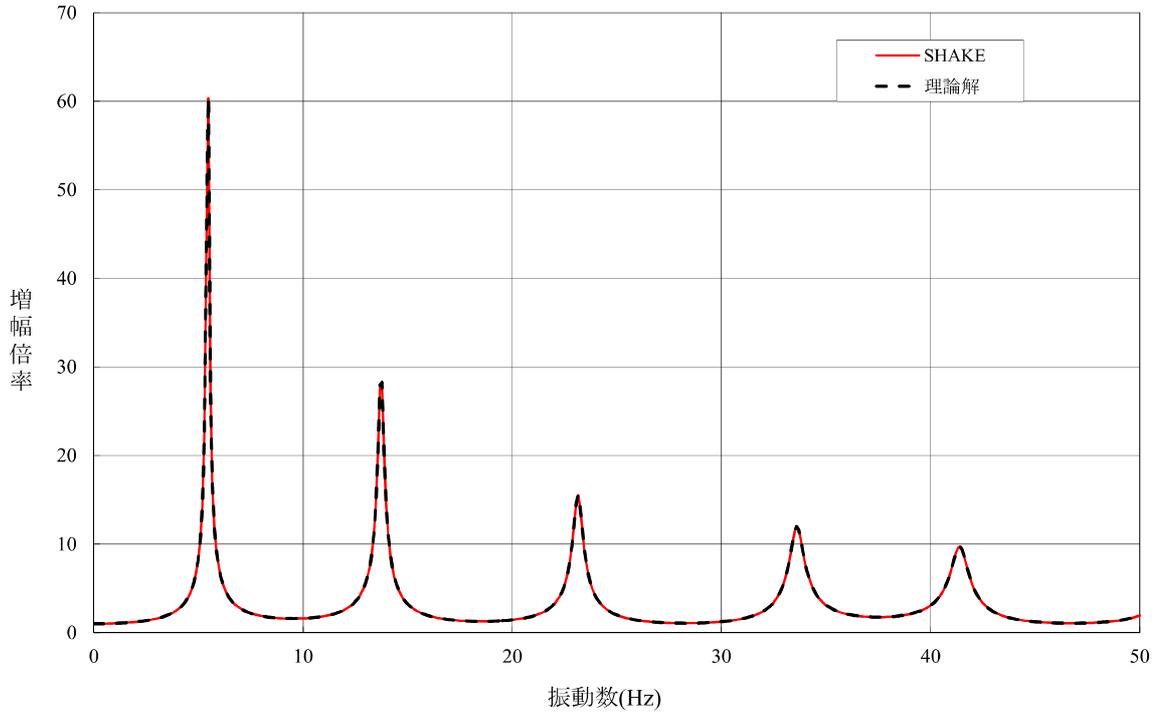


図 3-4 理論解との伝達関数の比較結果

3.5.2 他コードとの比較による検証

市販されている 1 次元地盤の等価線形解析プログラム L i Q S M A R T との比較を実施した。

(1) 検証モデル

表 3-1 に地盤モデル諸元を示し、図 3-5 及び図 3-6 にひずみ依存特性を示す。

表 3-1 地盤モデル諸元

区分	層厚 (m)	分割 (m)	深度 (m)	単位体積重量 (kN/m <sup>3</sup> )	せん断波速度 (m/s)	せん断弾性係数 (kN/m <sup>2</sup> )	減衰定数
第1層	4.00	1.00	1.00	17	110	20976	0.03
		1.00	2.00	17	110	20976	0.03
		1.00	3.00	17	110	20976	0.03
		1.00	4.00	17	110	20976	0.03
	10.80	1.20	5.20	16	124	25087	0.02
		1.20	6.40	16	124	25087	0.02
		1.20	7.60	16	124	25087	0.02
		1.20	8.80	16	124	25087	0.02
		1.20	10.00	16	124	25087	0.02
		1.20	11.20	16	124	25087	0.02
		1.20	12.40	16	124	25087	0.02
		1.20	13.60	16	124	25087	0.02
		1.20	14.80	16	124	25087	0.02
第2層	9.60	1.60	16.40	16	162	42818	0.02
		1.60	18.00	16	162	42818	0.02
		1.60	19.60	16	162	42818	0.02
		1.60	21.20	16	162	42818	0.02
		1.60	22.80	16	162	42818	0.02
		1.60	24.40	16	162	42818	0.02
	1.20	1.20	25.60	20	286	166817	0.02
	8.00	2.00	27.60	20	252	129512	0.02
		2.00	29.60	20	252	129512	0.02
		2.00	31.60	20	252	129512	0.02
		2.00	33.60	20	252	129512	0.02
2.00	2.00	35.60	20	375	286795	0.01	
基盤				20	442	398432	0.01

せん断有効ひずみ (%)	G/G0	減衰 (%)
0.0001	1.000	2.00
0.0002	0.985	2.30
0.0005	0.930	2.80
0.001	0.880	3.20
0.002	0.819	3.60
0.005	0.729	4.40
0.01	0.648	5.10
0.02	0.578	5.70
0.05	0.459	7.30
0.1	0.381	9.20
0.2	0.300	11.00
0.5	0.198	14.00
1	0.129	16.10
2	0.078	17.60
5	0.028	19.20
10	0.014	20.00

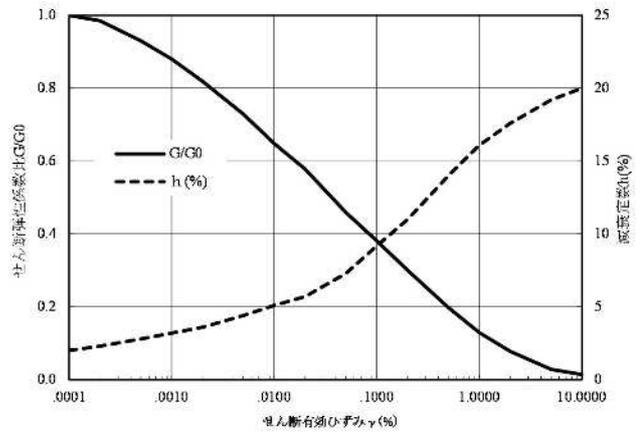


図 3-5 ひずみ依存特性(第1層)

せん断有効ひずみ (%)	G/G0	減衰 (%)
0.0001	1.000	0.00
0.0002	0.991	0.28
0.0005	0.980	0.59
0.001	0.962	1.13
0.002	0.933	2.02
0.003	0.910	2.70
0.005	0.873	3.81
0.01	0.797	6.09
0.02	0.699	9.04
0.03	0.616	11.51
0.05	0.512	14.65
0.1	0.367	18.99
0.2	0.237	22.90
0.3	0.177	24.69
0.5	0.113	26.62
1	0.061	28.18

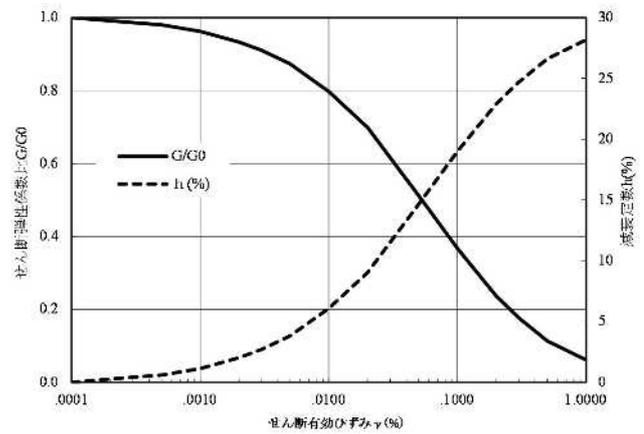


図 3-6 ひずみ依存特性(第2層)

(2) 検討条件

以下に，検討条件を示す。

- ・重力加速度は  $9.80\text{m/s}^2$  とする。
- ・等価線形解析とする。
- ・検討する振動数は  $0\sim 25\text{Hz}$  までとする。

(3) 入力地震動

入力波水平一方向に入力する。図 3-7 に入力地震動(2E 波)の加速度時刻歴を示す。

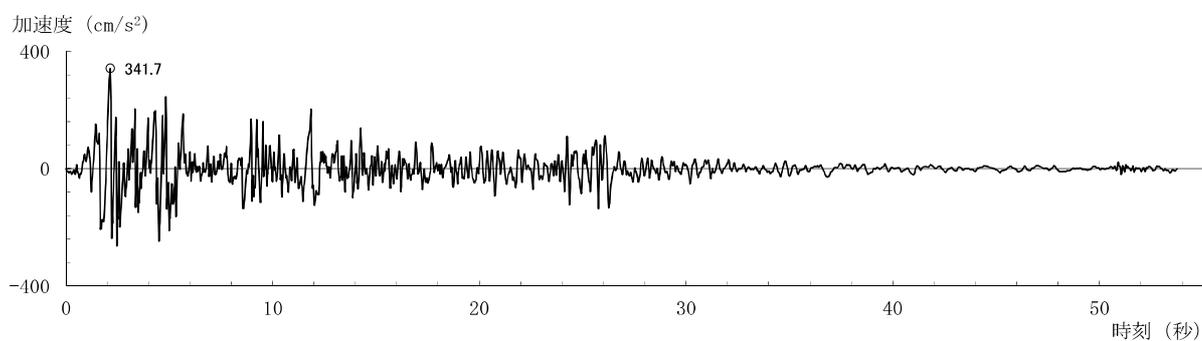


図 3-7 入力地震動加速度時刻歴

(4) 比較結果

伝達関数及び加速度の解析解の比較を図 3-8～図 3-11 に示す。各図より，伝達関数及び加速度の解析解は，一致していることが確認できる。

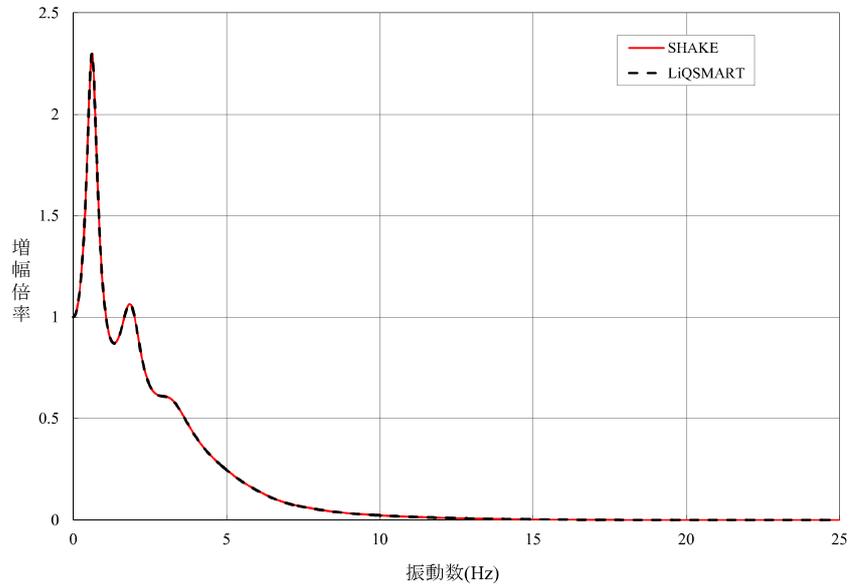


図 3-8 地表面伝達関数比較

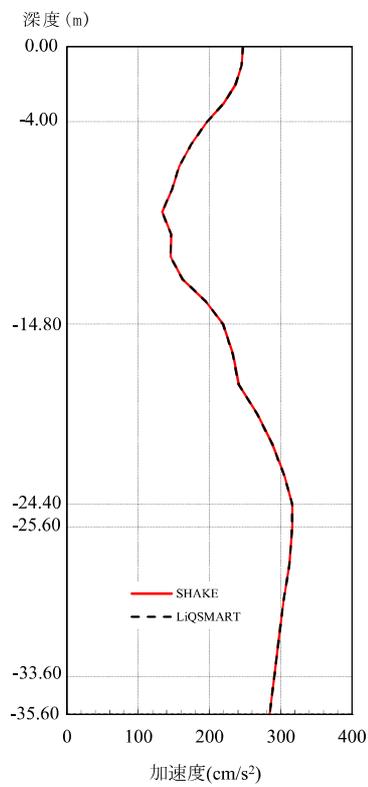


図 3-9 加速度最大分布比較

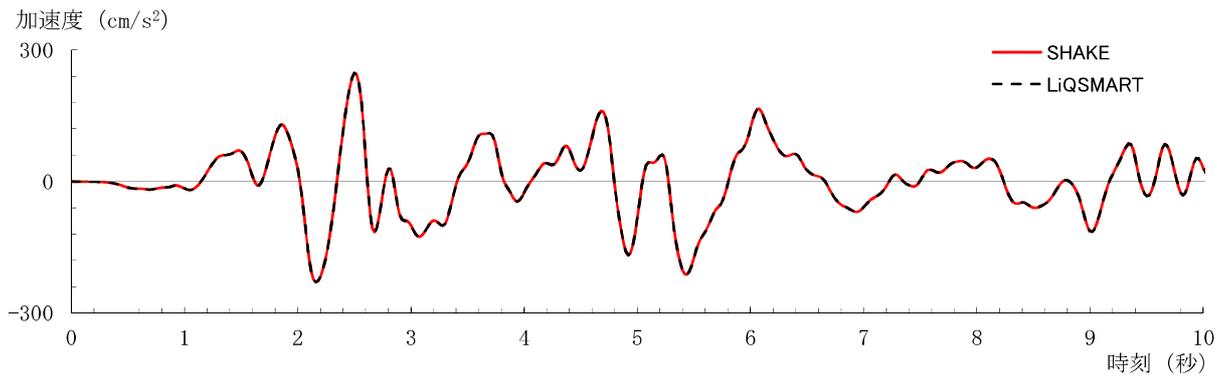


図 3-10 地表面加速度時刻歴比較

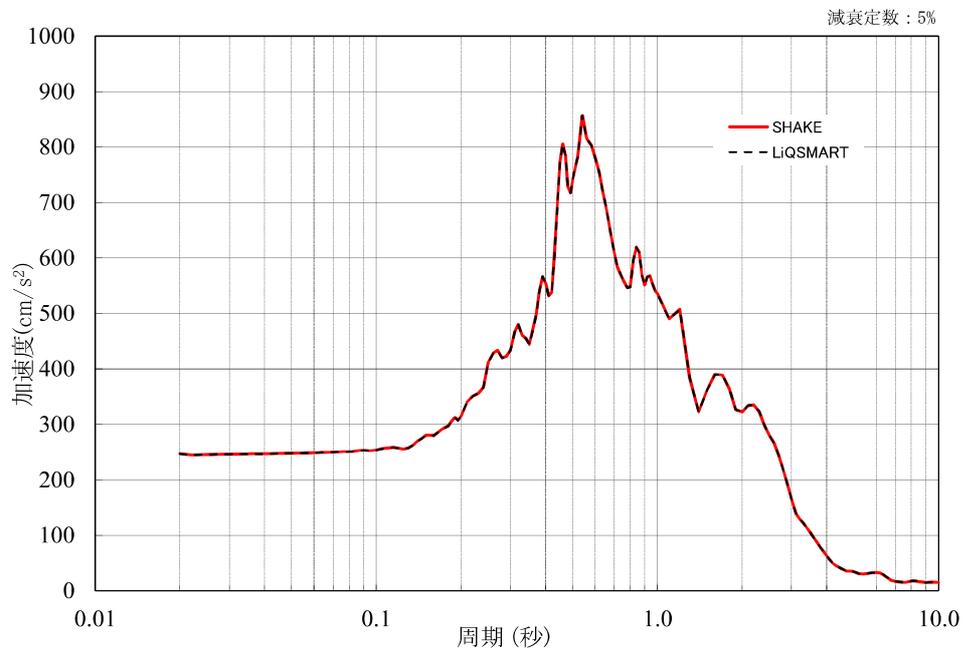


図 3-11 地表面加速度応答スペクトル比較

### 3.5.3 使用内容に対する妥当性

本解析コードの解析結果と理論解を比較し、理論解と解析解が一致していることを確認した。また、類似解析コードであるL i Q S M A R Tと比較し解析解が一致していることを確認した。したがって、本解析にS H A K Eを使用することは妥当である。

別紙 19 N A P I S O S

1. 使用状況一覧

使用添付書類		バージョン
V-2-2-11	廃棄物処理建屋の地震応答計算書	Ver. 2.0
V-2-2-別添 2-1	隣接建屋による影響を考慮した地震応答計算及び建物・構築物の耐震性についての計算書	Ver. 2.0

2. 解析コードの概要

項目 \ コード名	N A P I S O S
使用目的	固有値解析及び地震応答解析
開発機関	電力中央研究所，株式会社竹中工務店
開発時期	1996 年（使用開始時期）
使用したバージョン	Ver. 2. 0
コードの概要	<p>本解析コードは，地盤をソリッド要素で，建屋を非線形積層シェル要素や非線形ビーム要素でモデル化することにより，原子力発電所建屋の地盤建屋連成系 3 次元非線形地震応答解析が可能である。</p> <p>また，建屋基礎と地盤モデル間に，ジョイント要素を設置することにより，基礎浮上り性状を評価することができる。</p>
検証（Verification） 及び 妥当性確認（Validation）	<p><b>【検証（Verification）】</b></p> <p>本解析コードの検証内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・理論解との比較</li> <li>・他コードとの比較</li> <li>・動作環境を満足する計算機にインストールして使用している。</li> </ul> <p><b>【妥当性確認（Validation）】</b></p> <p>本解析コードの妥当性確認内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・検証の内容のとおり，地盤（F E M）－建屋（多質点）を連成した地震応答について検証していることから，解析の目的に照らして今回の解析に適用することは妥当である。</li> </ul>