

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。

補足説明

柏崎刈羽原子力発電所 第7号機
設計及び工事計画認可申請に係る論点整理について

2020年7月

東京電力ホールディングス株式会社

目次

隣接建屋の影響に関する検討

3

隣接建屋の影響に関する検討

目 次

1. 概要	1
1.1 隣接建屋の概要	1
1.2 検討概要	2
2. 既往の知見に基づく検討	3
2.1 試験概要	3
2.2 地盤物性	7
2.3 地震観測記録	9
2.4 建屋応答の比較	10
2.5 検討結果	11
3. 柏崎刈羽原子力発電所 第7号機における隣接建屋の影響検討	12
3.1 建物・構築物への影響検討	12
3.1.1 検討概要	12
3.1.2 解析ケース	13
3.1.3 建屋のモデル化	17
3.1.4 地盤のモデル化	29
3.1.5 検討用地震動	33
3.1.6 解析結果	34
3.1.7 床応答スペクトル	57
3.2 機器への影響検討	62
4. まとめ	74
4.1 既往の知見に基づく検討結果	74
4.2 柏崎刈羽原子力発電所 第7号機における隣接建屋の影響検討結果	75
4.2.1 建物・構築物への影響	75
4.2.2 機器への影響	75

別紙1 建屋構造特性の整理

別紙2 応答増幅の影響について

別紙3 建屋付帯設備（建物・構築物）の応答増幅について

別紙4 機器への影響検討

1. 概要

1.1 隣接建屋の概要

柏崎刈羽原子力発電所 第7号機は、耐震安全上重要な建物・構築物（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）及び屋外重要土木構築物が隣接して配置される構成となっている。

柏崎刈羽原子力発電所 第7号機の配置図を図1-1に示す。各建屋は隣接しているため，隣接建屋が耐震性評価に及ぼす影響について検討する。各建屋の平面規模，質量等の構造特性については，「別紙1 建屋構造特性の整理」において整理している。

建物・構築物の主要構造部は，原則として耐震壁を主たる耐震要素とする鉄筋コンクリート造である。また，建物・構築物に隣接する屋外重要土木構築物については，すべて地中に埋設された鉄筋コンクリート構築物である。各建物・構築物及び屋外重要土木構築物は，硬質な岩盤に直接支持されている。

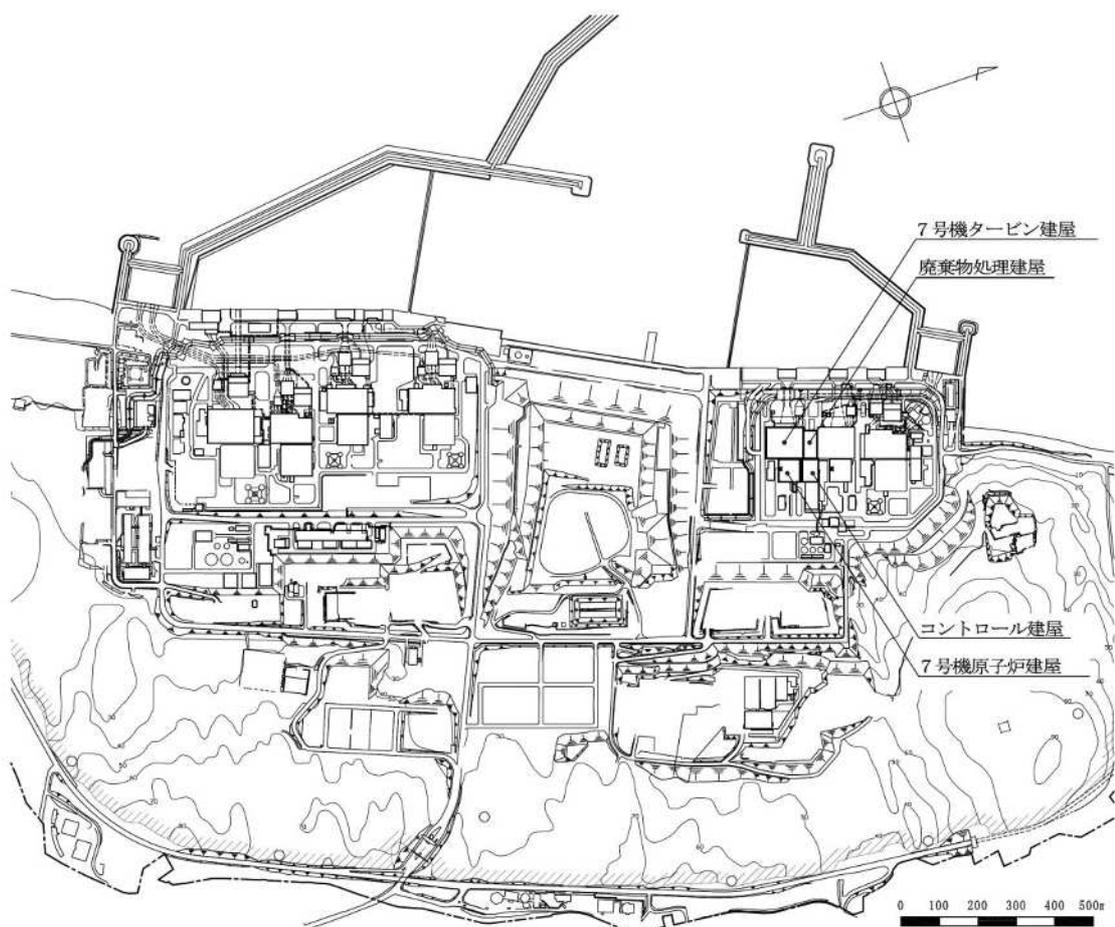


図1-1 柏崎刈羽原子力発電所 第7号機の配置図

1.2 検討概要

建物・構築物の地震応答解析は、構造的に一体となっている建屋ごとに独立して構築した質点系モデルを用いて実施しており、耐震評価においては、隣接建屋の影響は考慮していない。

建物・構築物に隣接する屋外重要土木構造物については、すべて地中に埋設された鉄筋コンクリート構造物であるため、建物・構築物の応答に与える影響は小さいと考えられる。

本資料では、既往の知見に基づく検討結果から一般論として隣接建屋の影響を考察したうえで、柏崎刈羽原子力発電所 第7号機の隣接建屋の影響検討を実施することにより、隣接建屋の影響が原子炉建屋、コントロール建屋、タービン建屋及び廃棄物処理建屋の構造健全性に与える影響を確認する。

また、本資料は、以下の添付資料の補足説明をするものであり、使用する計算機プログラムについても以下の資料に準ずる。

- ・ V-2-2-2 「原子炉建屋の耐震性についての計算書」
- ・ V-2-2-6 「タービン建屋の耐震性についての計算書」
- ・ V-2-2-10 「コントロール建屋の耐震性についての計算書」
- ・ 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-2-9-5-5 「燃料取替床ブローアウトパネル閉止装置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」

2. 既往の知見に基づく検討

(財)原子力発電技術機構において、建屋の隣接効果を明らかにすることを目的とした「原子炉建屋の隣接効果試験¹⁾」(以下「NUPEC 試験」という。)の一環として、原子炉施設の実際の建屋配置状況に則して実地盤上に建設された鉄筋コンクリート製試験体を用いた検討が実施されている²⁾。この試験では、地盤及び試験体に設置された加速度計により地震観測を実施し、建屋が隣接状態にある場合の振動性状について検討が実施されている。ここでは、地震観測に基づく検討結果から隣接効果が建屋応答に及ぼす影響について検討する。

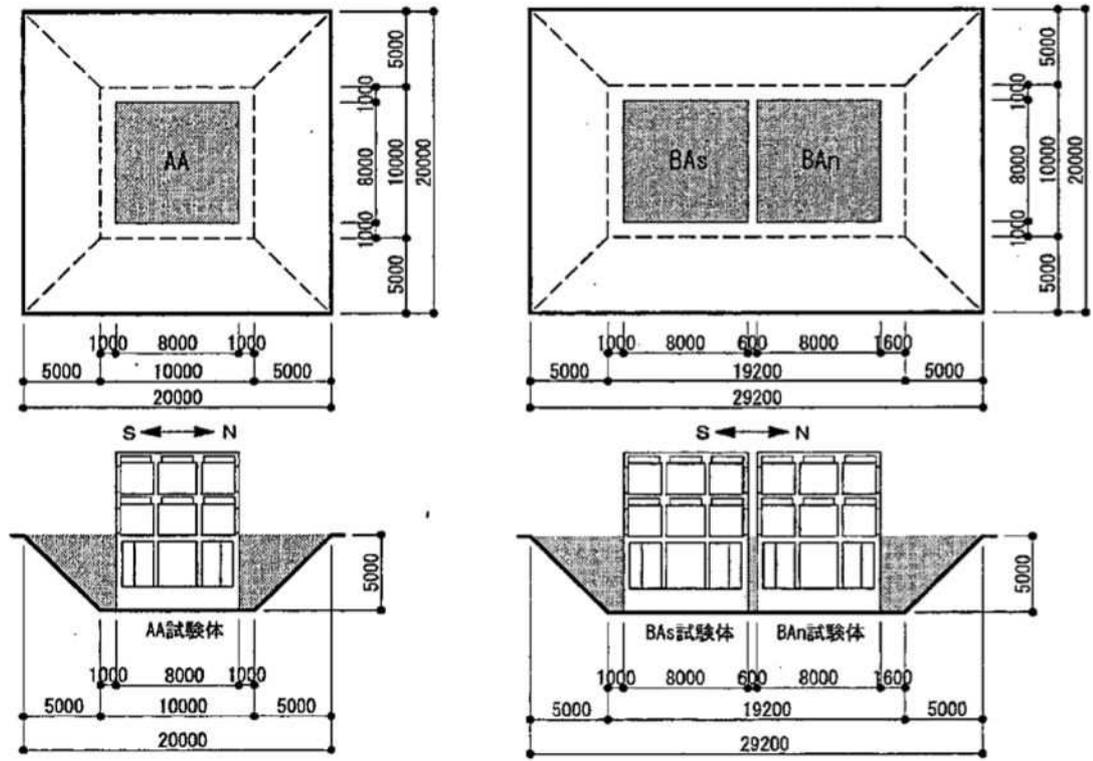
2.1 試験概要

「NUPEC 試験」の中では、原子炉建屋に対して、原子炉建屋あるいは制御建屋等の振動特性が同種の建屋が隣接する場合について、検討を実施している。ここでは、その検討結果を示す。

試験においては、単独で設置された建屋試験体及び同種 2 棟の建屋を隣接させた試験体(以下「試験体(単独)」及び「試験体(同種 2 棟隣接)」という)を用いて、地震観測が実施されている。

試験体(単独)(AA 建屋)及び試験体(同種 2 棟隣接)(BAS 建屋及び BAN 建屋)の各建屋は、8m×8m のほぼ正方形の平面を成し、基礎下端から建屋頂部までの高さは 10.5m である。埋込みの有無が隣接効果に及ぼす影響を把握するため、埋込みのない状態で試験が開始されており、後に試験体下部 5m を埋込んだ状態で地震観測が実施されている。地盤及び建屋各部には加速度計が配置されており、自由地盤及び建屋の応答加速度が計測されている。

試験体の概要を図 2-1 に、試験体配置図を図 2-2 に、試験体建屋諸元を図 2-3 に、試験体内の加速度計配置図を図 2-4 に、検討ケースを表 2-1 にそれぞれ示す。



(単独)

(同種 2 棟隣接)

図 2-1 試験体の概要¹⁾

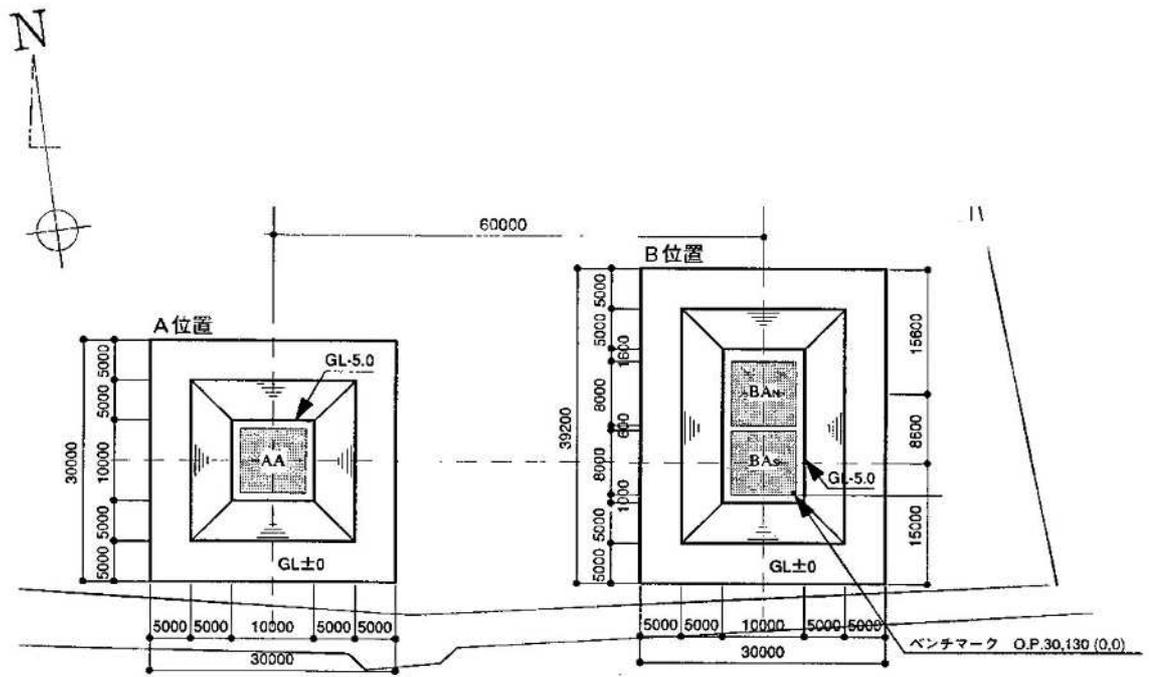


図 2-2 試験体の配置図¹⁾

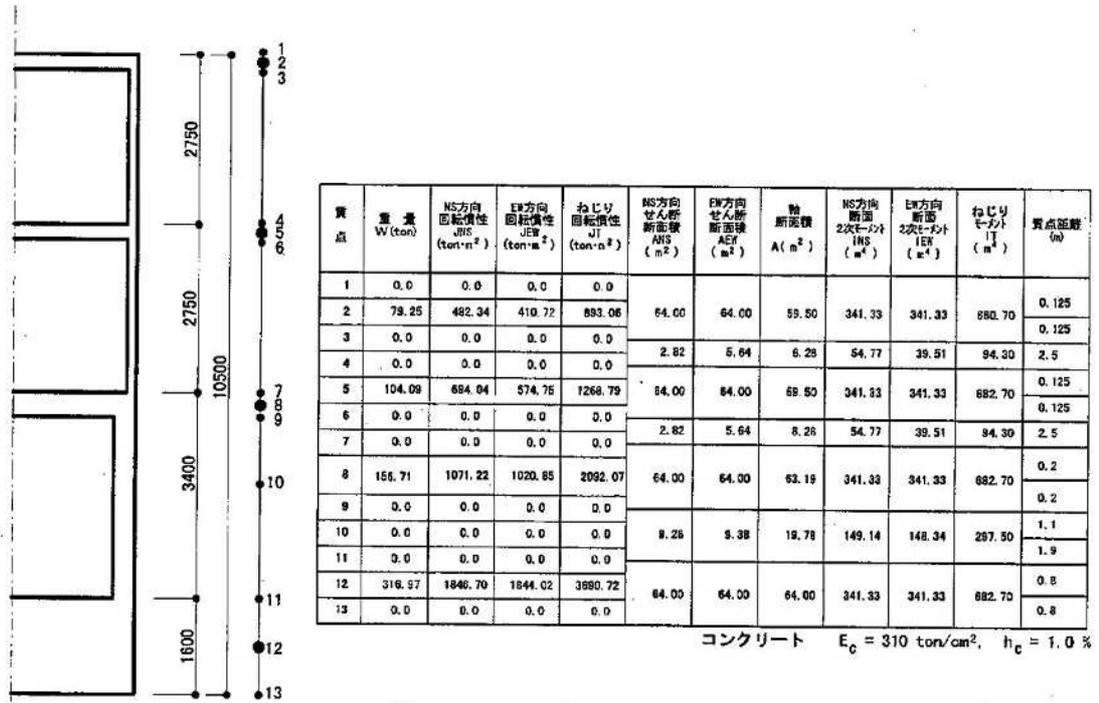
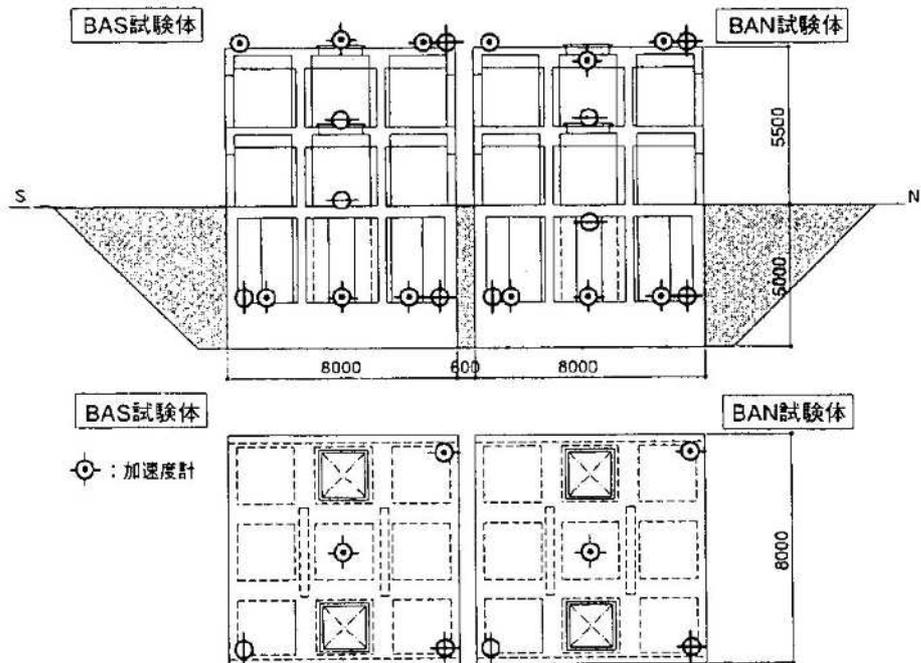


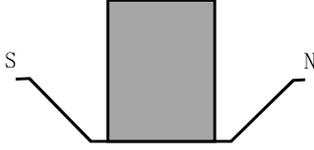
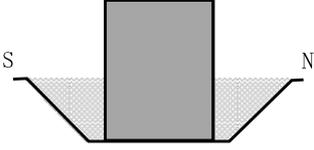
図 2-3 試験体建屋諸元¹⁾



注：AA 試験体内の加速度計も，上記試験体の配置に準ずる。

図 2-4 試験体内の加速度計配置図 (BAS, BAN 試験体)¹⁾

表 2-1 検討ケース

試験体	埋込み無し	埋込み有り
単独		
同種 2 棟隣接		

2.2 地盤物性

試験体設置地盤の概要を表 2-2 及び図 2-5 に示す。表 2-2 中の①～⑦層は埋込み無しと、埋込み有りの試験体に共通で、⑧～⑫層は埋め戻し土のため、埋込み有りの試験にのみ適用される。

表 2-2 地盤物性値¹⁾

層No.	深度(m)	層厚(m)	S波速度 Vs(m/sec)	P波速度 Vp(m/sec)	ポアソン比	単位体積重量 (t/m ³)	減衰定数 h(%)
①	-5.0~-5.5 (緩み層)	0.5	150	228	0.120	1.94	5
②	-5.5~-8.0	2.5	340	750	0.371	1.94	5
③	-8.0~-11.0	3.0	430	1130	0.415	1.94	2
④	-11.0~ 25.0	14.0	1290	2990	0.386	2.21	2
⑤	-25.0~-52.75	27.75	1590	3250	0.343	2.21	2
⑥	0.0~-3.8	3.8	(160)	(380)	(0.392)	(1.64)	-
⑦	-3.8~-5.0	1.2	(320)	(650)	(0.340)	(1.85)	-
⑧	0.0~-1.0	1.0	155	360	0.386	1.77	5
⑨	-1.0~-2.0	1.0	205	370	0.279	1.77	5
⑩	-2.0~-3.0	1.0	215	380	0.265	1.77	5
⑪	-3.0~-4.0	1.0	225	390	0.251	1.77	5
⑫	-4.0~-5.0	1.0	235	420	0.272	1.77	5

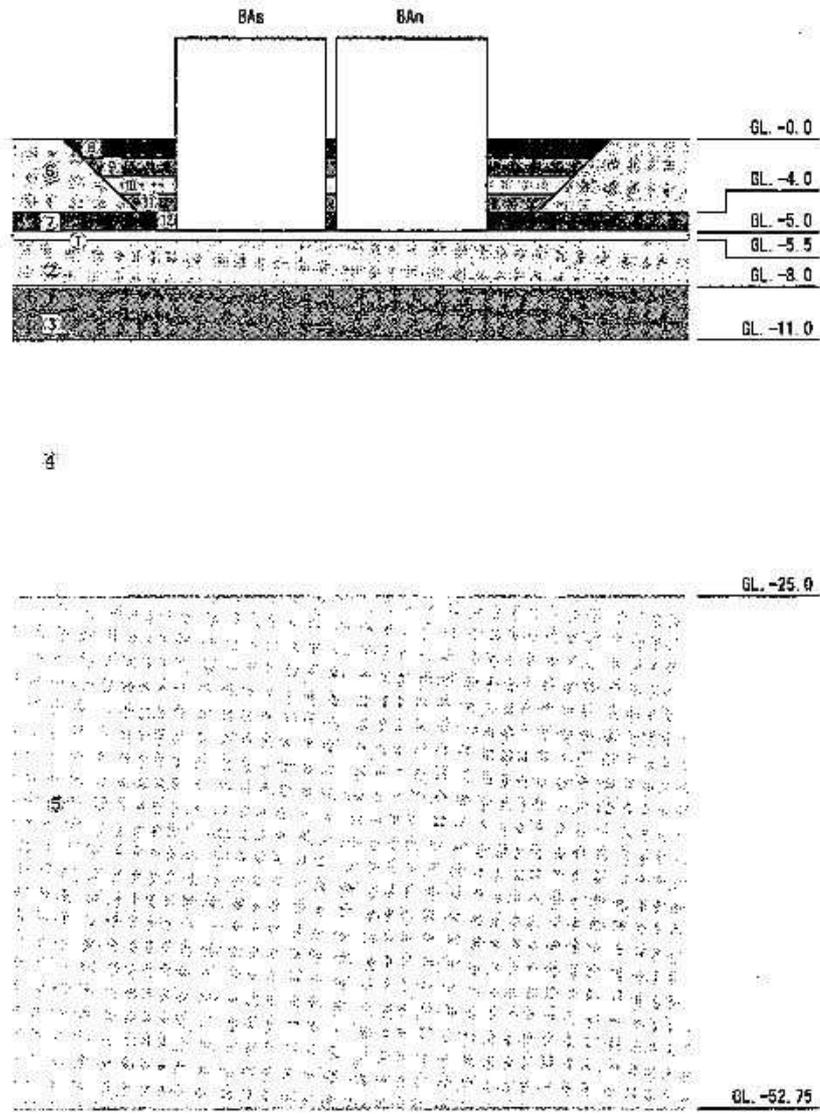


图 2-5 地盤層番号図¹⁾

2.3 地震観測記録

本検討に使用した地震観測記録（観測番号：No.157, No.164）の概要を表 2-3 に示す。観測記録 No.157 は、試験体の建屋下部を埋め込んでいない状態のときの観測記録であり、観測記録 No.164 は、埋め込んだ状態のときの観測記録である。

また、図 2-6 に自由地盤（GL. -3.0m）の加速度時刻歴波形及びフーリエスペクトルを示す。両地震ともに震央位置及び震源深さが近接し、観測波形の形状は類似している。鈴木ら²⁾は、表層ではスペクトルに見られる明瞭なピークから、水平の1次卓越振動数は6Hz 前後としており、これは表層地盤の卓越振動数に対応するものと考察している。

表 2-3 地震観測記録²⁾

観測番号	観測日	M	震央	震央距離 (km)	震源距離 (km)
No.157	H10.1.31	5.1	青森県東方沖	66	89
No.164	H10.11.7	4.6	浦賀沖	71	95

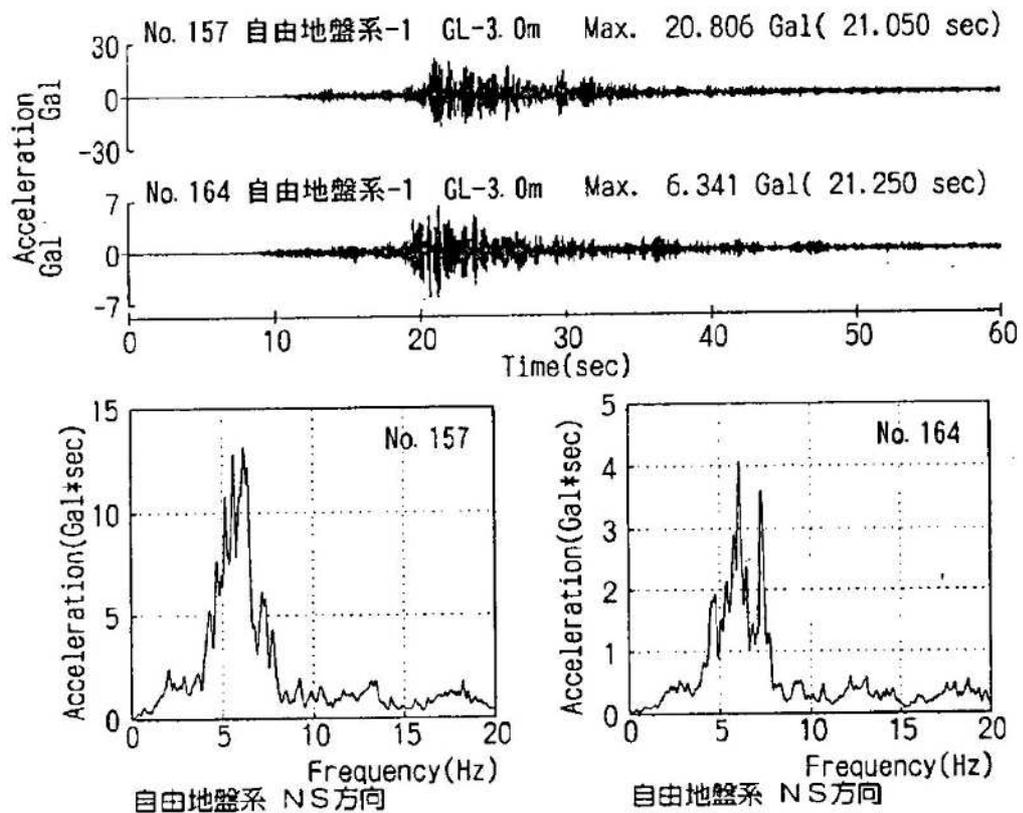


図 2-6 地震観測記録の自由地盤での加速度時刻歴波形及びフーリエスペクトル²⁾

2.4 建屋応答の比較

鈴木ら²⁾は、表 2-3 の観測記録による試験体（単独）及び試験体（同種 2 棟隣接）の水平方向の最大加速度は、試験体の建屋下部を埋め込まない状態で計測した観測記録 No. 157 の場合、両試験体の観測結果に明瞭な差が認められないと考察している。

一方、試験体の建屋下部を埋め込んだ状態で計測した観測記録 No. 164 の場合、NS 方向、EW 方向ともに隣接配置された試験体（同種 2 棟隣接）の最大加速度が単独に比べ小さくなり、建屋が隣接する方向（NS 方向）では単独に比べ、80~90%程度、建屋隣接方向に直交する方向（EW 方向）では、70%前後の低下率になると考察している。

また、両地震による建屋頂部での加速度記録のフーリエスペクトルを図 2-7 のとおり整理し、単独と同種 2 棟隣接の比較において、埋込み無しの状態では水平、上下ともに類似のスペクトル形状であるのに対し、埋込み有りの状態では同種 2 棟隣接の方が水平方向のピーク振幅が明らかに低下する傾向が見られると考察している。

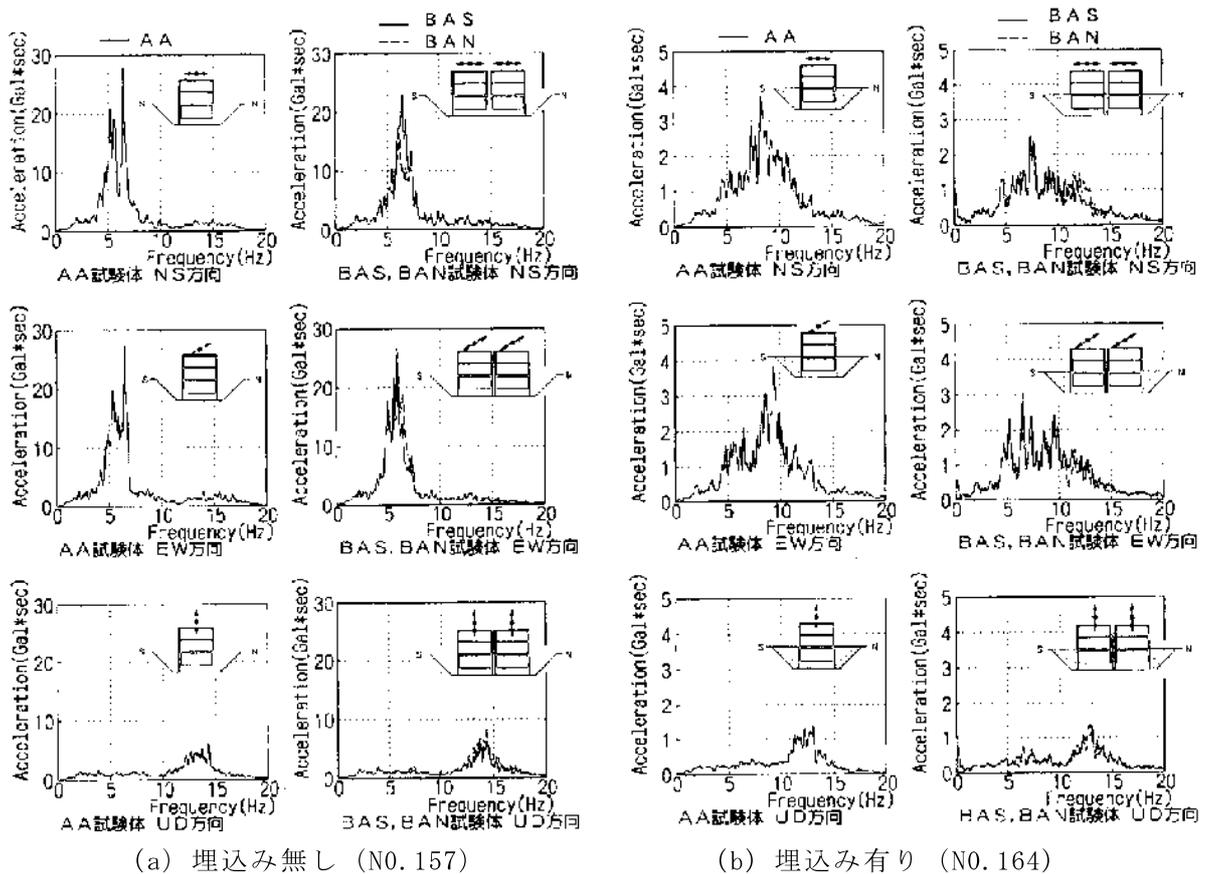


図 2-7 建屋観測結果の比較（単独と同種 2 棟隣接）²⁾

2.5 検討結果

「NUPEC 試験」の一環として実地盤上に建設された鉄筋コンクリート製試験体における地震観測による検討について、単独で設置された建屋試験体と同種 2 棟の建屋を隣接させた試験体の建屋応答の比較をまとめたものを表 2-4 に示す。

建屋が隣接する場合の地震応答は、単独の場合と比較してほぼ同等又は低減される傾向となることが確認されている。

また、本検討では、平成 6 年度から平成 13 年度までの 8 年間にわたる「NUPEC 試験」結果の一例を示したが、一連の試験の中では、ほかに試験体（単独）と試験体（異種 2 棟隣接）の地震観測、起振試験及び室内試験、並びにそれらの確認シミュレーションを通して、様々な条件下における隣接効果について検討が実施されている。これらの検討により、隣接効果は、隣接する建屋が、建屋と地盤との相互作用である「地盤ばね」及び「基礎入力動」に与える影響によるものであることが確認されている。

更に、隣接効果による建屋応答の性状変化は、建屋条件により固有のものとなることが明らかにされているが、定性的には、建屋が隣接した状態と単独の状態を比較した場合、隣接した状態の方が建屋応答が低減される傾向にあることが確認されている。

「NUPEC 試験」は今回の検討とは隣接する各建屋の配置状況、建屋重量、基礎形状などの条件が異なることから、隣接影響効果を単純に比較できないため、本章は参考として記載している。

表 2-4 建屋応答の比較

	試験体（単独）と試験体（同種 2 棟隣接）	
	建屋並び方向 （NS 方向）	建屋の並びに直角な方向 （EW 方向）
埋込み無し	ほぼ同等	ほぼ同等
埋込み有り	単独に比べ、同種 2 棟隣接は 80～90%程度の低下	単独に比べ、同種 2 棟隣接は 70%前後の低下

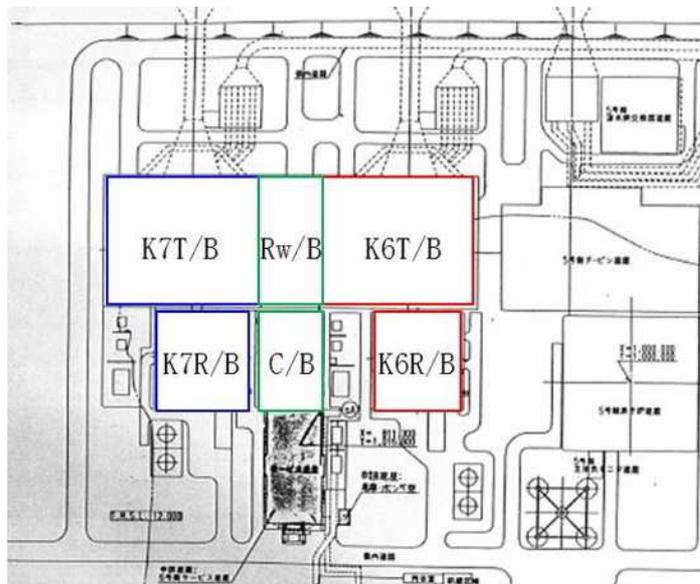
3. 柏崎刈羽原子力発電所 第7号機における隣接建屋の影響検討

3.1 建物・構築物への影響検討

3.1.1 検討概要

本検討では、柏崎刈羽原子力発電所 第7号機の工事計画認可申請対象である建物・構築物のうち、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、両者の建屋応答を比較することで隣接建屋が建物・構築物の耐震評価に与える影響を確認する。

検討に当たっては、解析コード「NAPIS0S Ver.2.0」を用いる。モデル化対象建屋の配置を図3-1に示す。柏崎刈羽原子力発電所 第7号機は第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。



【建物・構築物】

K7R/B：7号機原子炉建屋

C/B：コントロール建屋

K7T/B：7号機タービン建屋

Rw/B：廃棄物処理建屋

K6R/B：6号機原子炉建屋

K6T/B：6号機タービン建屋

図3-1 モデル化対象建屋の配置

3.1.2 解析ケース

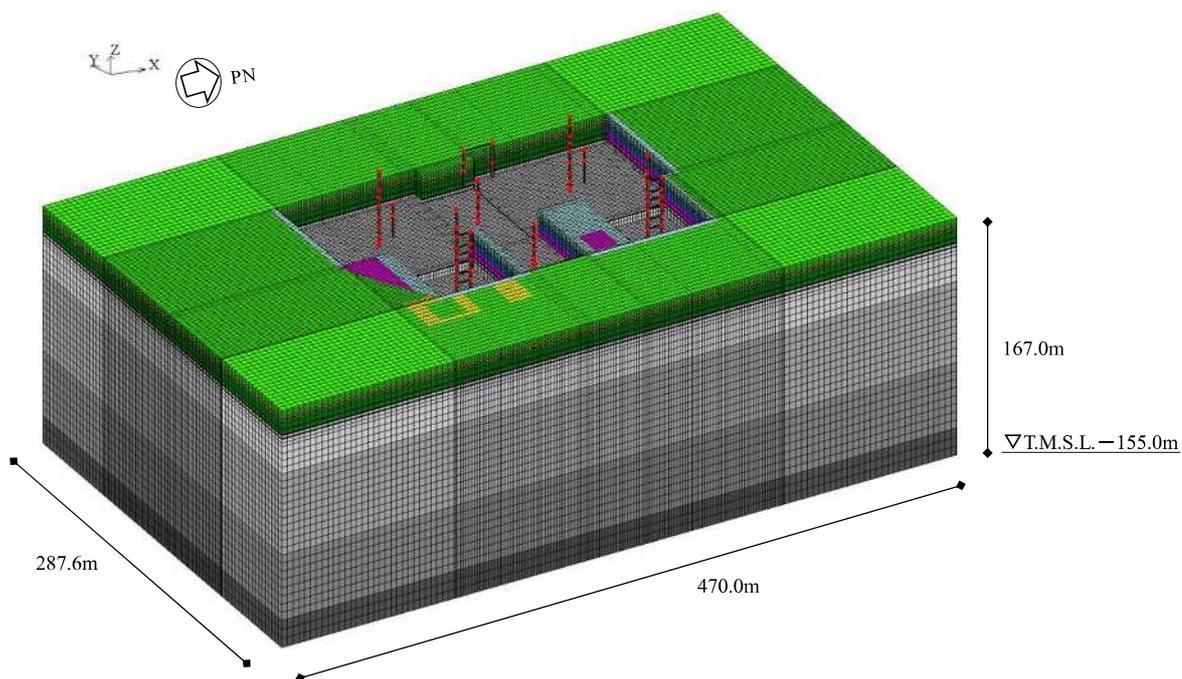
本検討における解析ケースの一覧を表 3-1 に示す。解析ケース「ALL」については、7号機原子炉建屋（以下「K7R/B」という。）、コントロール建屋（以下「C/B」という。）、7号機タービン建屋（以下「K7T/B」という。）、廃棄物処理建屋（以下「Rw/B」という。）、6号機原子炉建屋（以下「K6R/B」という。）、6号機タービン建屋（以下「K6T/B」という。）及び建屋周辺のマンメイドロック、地盤改良をモデル化して解析を実施する。解析ケース「S1」～「S4」については、K7R/B、C/B、K7T/B 及び Rw/B を単独でモデル化して解析を実施する。

図 3-2～図 3-6 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 3-1 解析ケース一覧

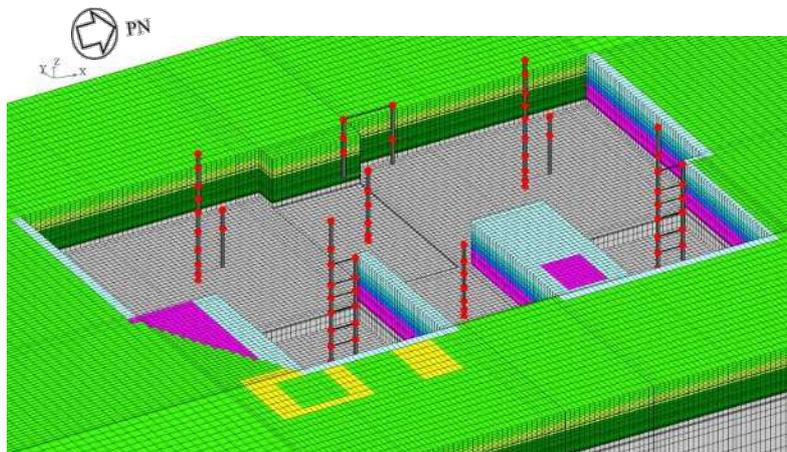
解析 ケース	モデル化する建屋
ALL	K7R/B C/B K7T/B Rw/B K6R/B K6T/B
S1	K7R/B
S2	C/B
S3	K7T/B
S4	Rw/B



注：東京湾平均海面（以下、「T.M.S.L.」という。）

(a) 鳥観図：全体図

	新規砂層	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 3-2 解析モデルの概要：解析ケース ALL

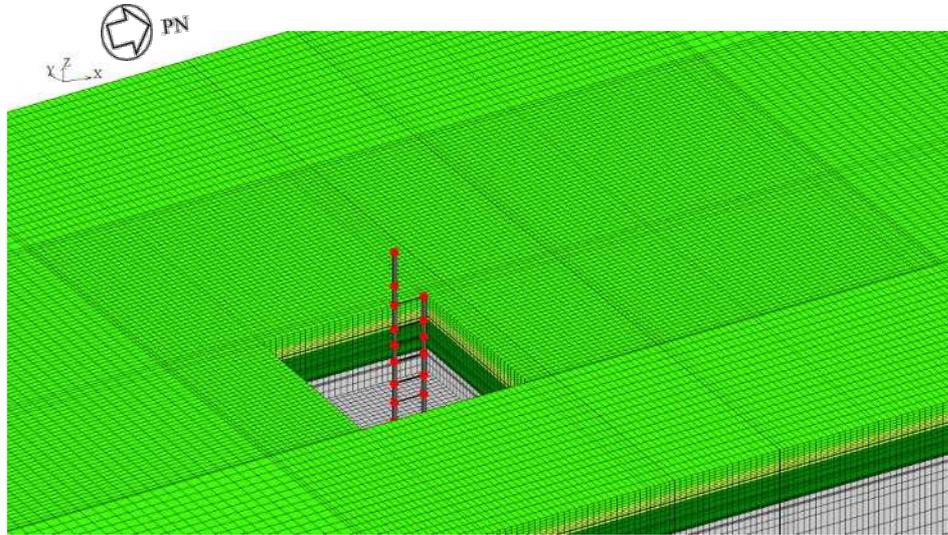


図 3-3 解析モデルの概要：解析ケース S1 (K7R/B 単独)

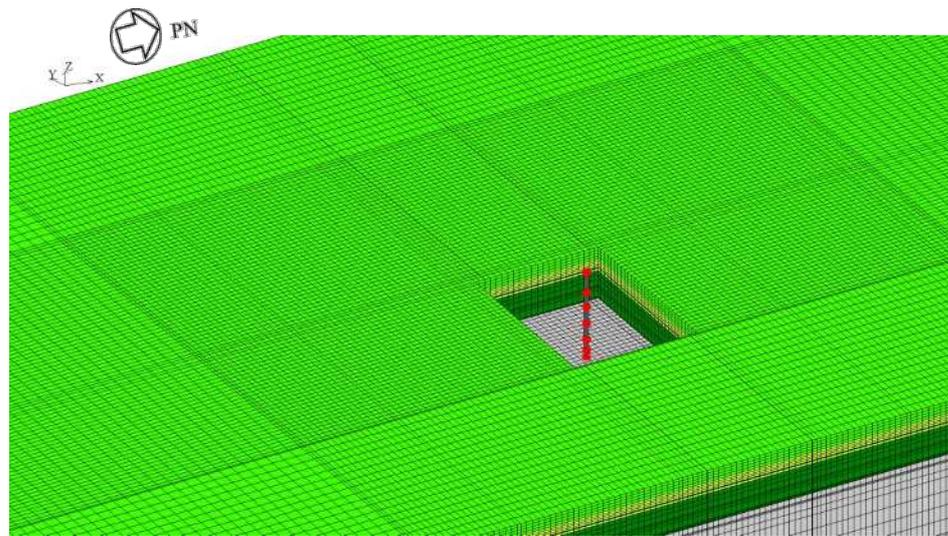


図 3-4 解析モデルの概要：解析ケース S2 (C/B 単独)

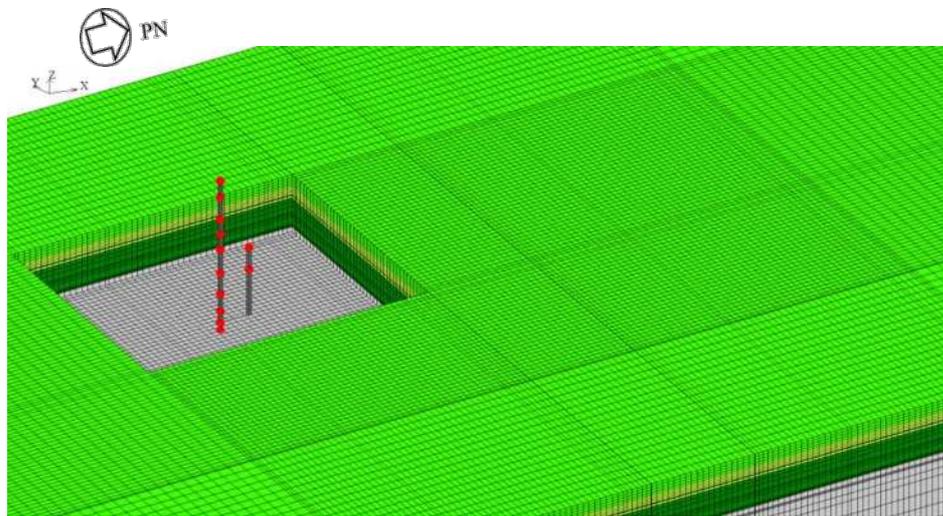


図 3-5 解析モデルの概要：解析ケース S3 (K7T/B 単独)

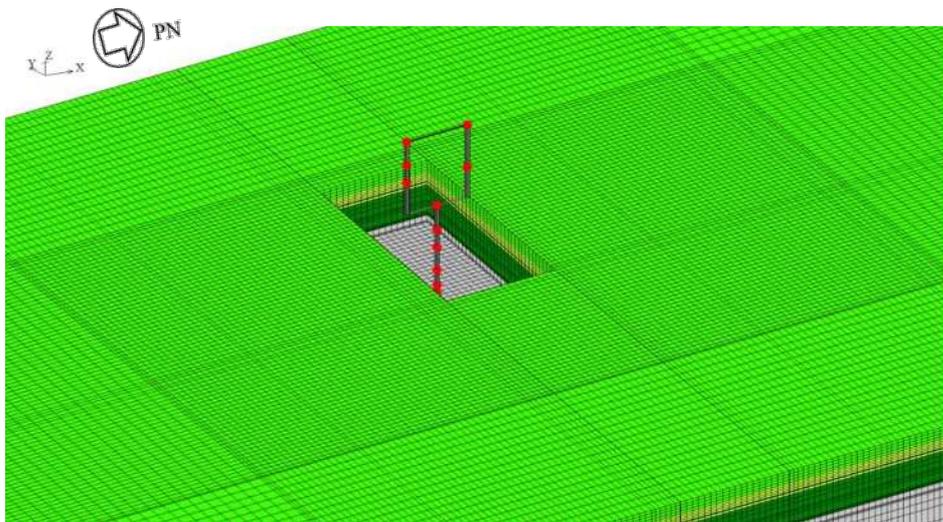


図 3-6 解析モデルの概要：解析ケース S4 (Rw/B 単独)

3.1.3 建屋のモデル化

建屋モデルは、柏崎刈羽原子力発電所 第7号機の各地震応答計算書（「V-2-2-1 原子炉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-2-2-5 タービン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3-10に示すモデル（隣接影響評価用に質点を単軸に集約したモデル）及び表3-4に示すモデル諸元とする。ただし，「3.1.5 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3-7に示す。

図3-8～図3-11に各建屋の建屋モデル図を，表3-2～表3-5にモデル諸元を示す。

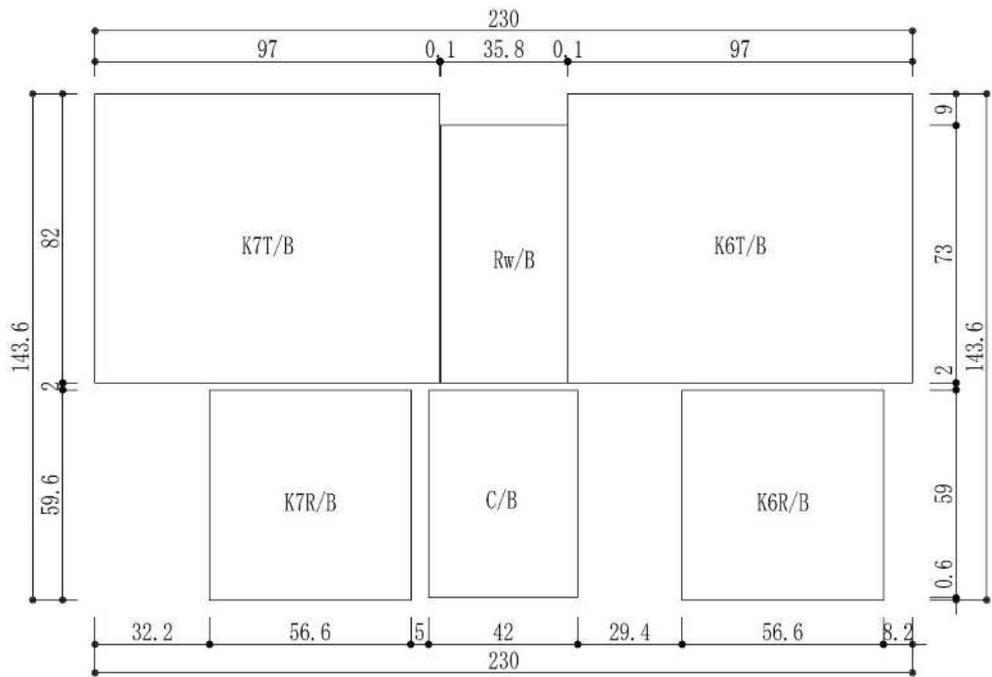
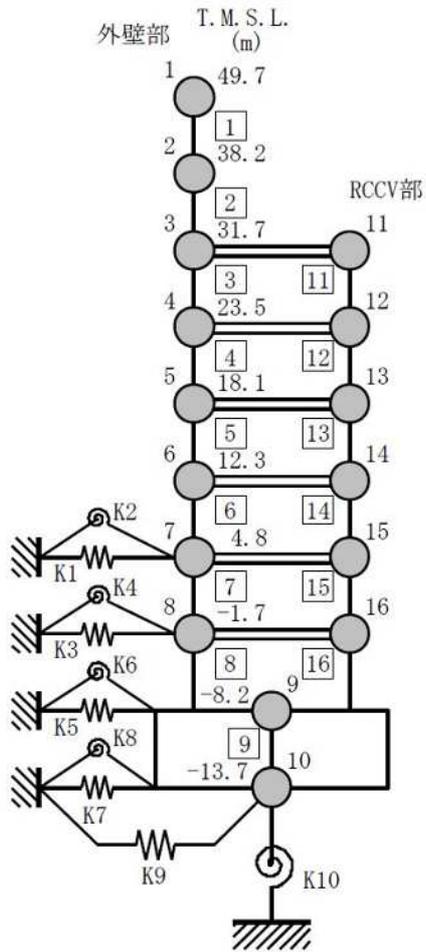
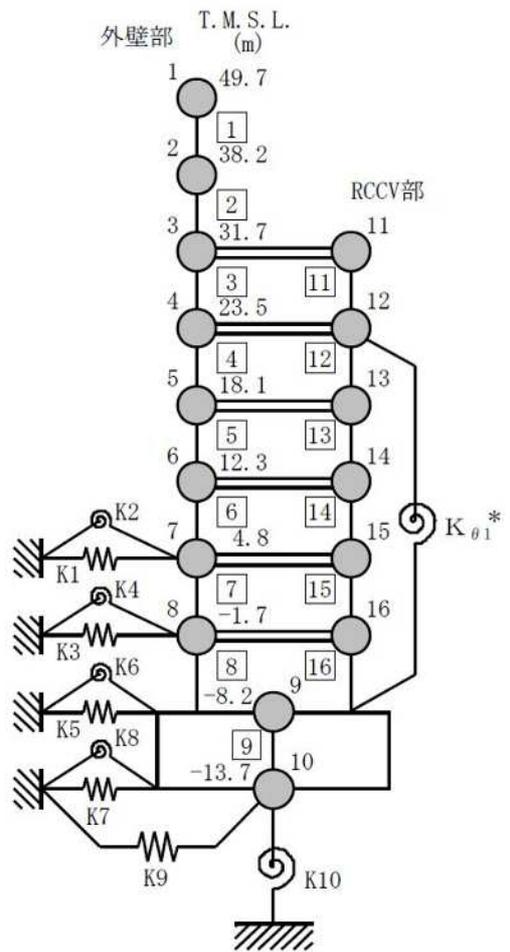


図 3-7 各建屋の解析モデルの基礎寸法及び全体配置図 (単位：m)



(a) NS 方向



(b) EW 方向

注記* : RCCV 回転ばね

図 3-8 K7R/B の建屋モデル

表 3-2 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 (m^2)	断面二次モーメント I (m^4)	質点番号	質点重量 W (kN)	回転慣性重量 I_G ($\times 10^5 \text{kN}\cdot\text{m}^2$)	部材番号	せん断断面積 A_s (m^2)	断面二次モーメント I (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 2.88×10^4 (N/mm²)
 せん断弾性係数 G 1.20×10^4 (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)

②基礎スラブ

ヤング係数 E 2.79×10^4 (N/mm²)
 せん断弾性係数 G 1.16×10^4 (N/mm²)
 ポアソン比 ν 0.20
 減衰定数 h 5%

(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 (m^2)	断面二次モーメント I (m^4)	質点番号	質点重量 W (kN)	回転慣性重量 I_G ($\times 10^5 \text{kN}\cdot\text{m}^2$)	部材番号	せん断断面積 A_s (m^2)	断面二次モーメント I (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 2.88×10^4 (N/mm²)
 せん断弾性係数 G 1.20×10^4 (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 $K_{\theta 1}$ 1.97×10^{10} (kN \cdot m/rad)

②基礎スラブ

ヤング係数 E 2.79×10^4 (N/mm²)
 せん断弾性係数 G 1.16×10^4 (N/mm²)
 ポアソン比 ν 0.20
 減衰定数 h 5%

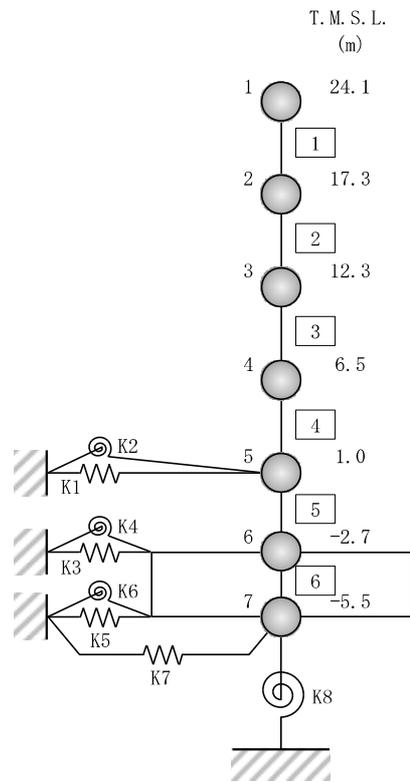


図 3-9 C/B の建屋モデル

表 3-3 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_G ($\times 10^6 \text{kN}\cdot\text{m}^2$)	部材 番号	せん断断面積 A_s (m ²)	断面二次モーメント I (m ⁴)
1	68160	10.9			
			①	76.7	24000
2	92410	14.8			
			②	112.1	27400
3	103900	18.6			
			③	151.7	41700
4	120780	22.6			
			④	156.8	53200
5	65170	13.9			
			⑤	153.6	53200
6	124330	19.9			
			⑥	2478.0	364300
7	81650	12.0			
合計	656400				

①建屋部

ヤング係数 E	2.88×10^4 (N/mm ²)
せん断弾性係数 G	1.20×10^4 (N/mm ²)
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	2.79×10^4 (N/mm ²)
せん断弾性係数 G	1.16×10^4 (N/mm ²)
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)

表 3-3 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 $A_s (\text{m}^2)$	断面二次モーメント I (m^4)
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	2.88×10^4 (N/mm ²)
せん断弾性係数 G	1.20×10^4 (N/mm ²)
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	2.79×10^4 (N/mm ²)
せん断弾性係数 G	1.16×10^4 (N/mm ²)
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)

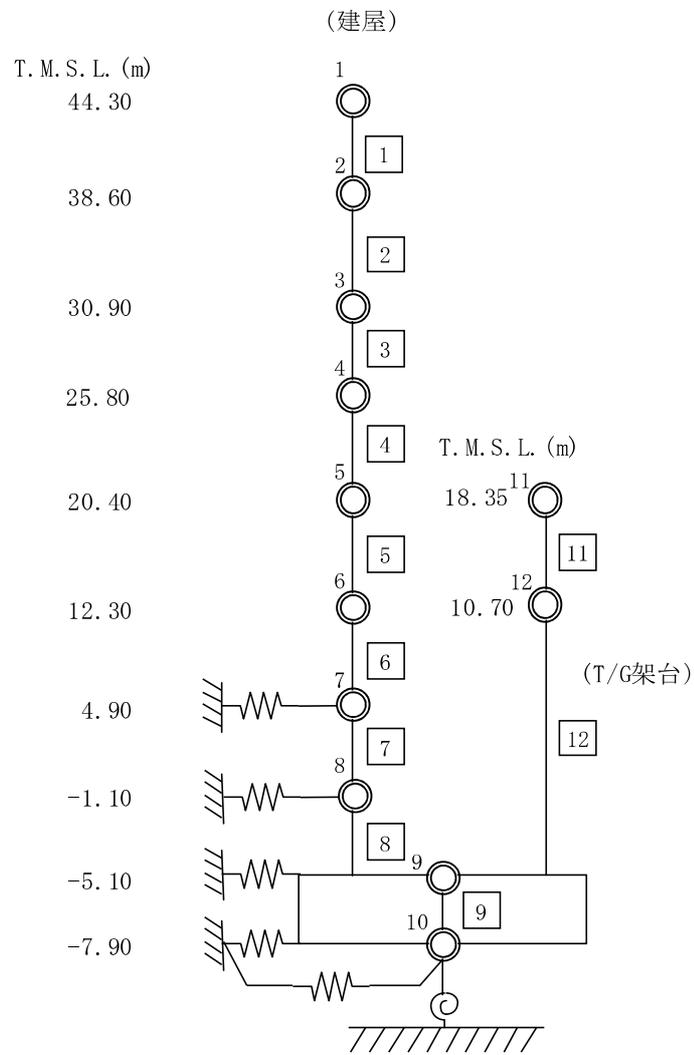


図 3-10 K7T/B の建屋モデル

表 3-4 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 (m^2)	断面二次 モーメント (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 (m^2)	断面二次 モーメント (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					
8	264280	1406166.0	645.1	307900				10.2	-
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 (m^2)	断面二次 モーメント (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 (m^2)	断面二次 モーメント (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					
8	264280	773715.0	555.8	154800				11.4	-
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 2.88×10^7 (kN/m²)
 せん断弾性係数 G 1.20×10^7 (kN/m²)
 ポアソン比 ν 0.20
 減衰 h 5%

②コンクリート部 基礎スラブ

ヤング係数 E_c 2.79×10^7 (kN/m²)
 せん断弾性係数 G 1.16×10^7 (kN/m²)
 ポアソン比 ν 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 2.65×10^7 (kN/m²)
 せん断弾性係数 G 1.13×10^7 (kN/m²)
 ポアソン比 ν 0.167
 減衰 h 2%

基礎形状

97.0m (NS 方向) \times 82.0m (EW 方向)

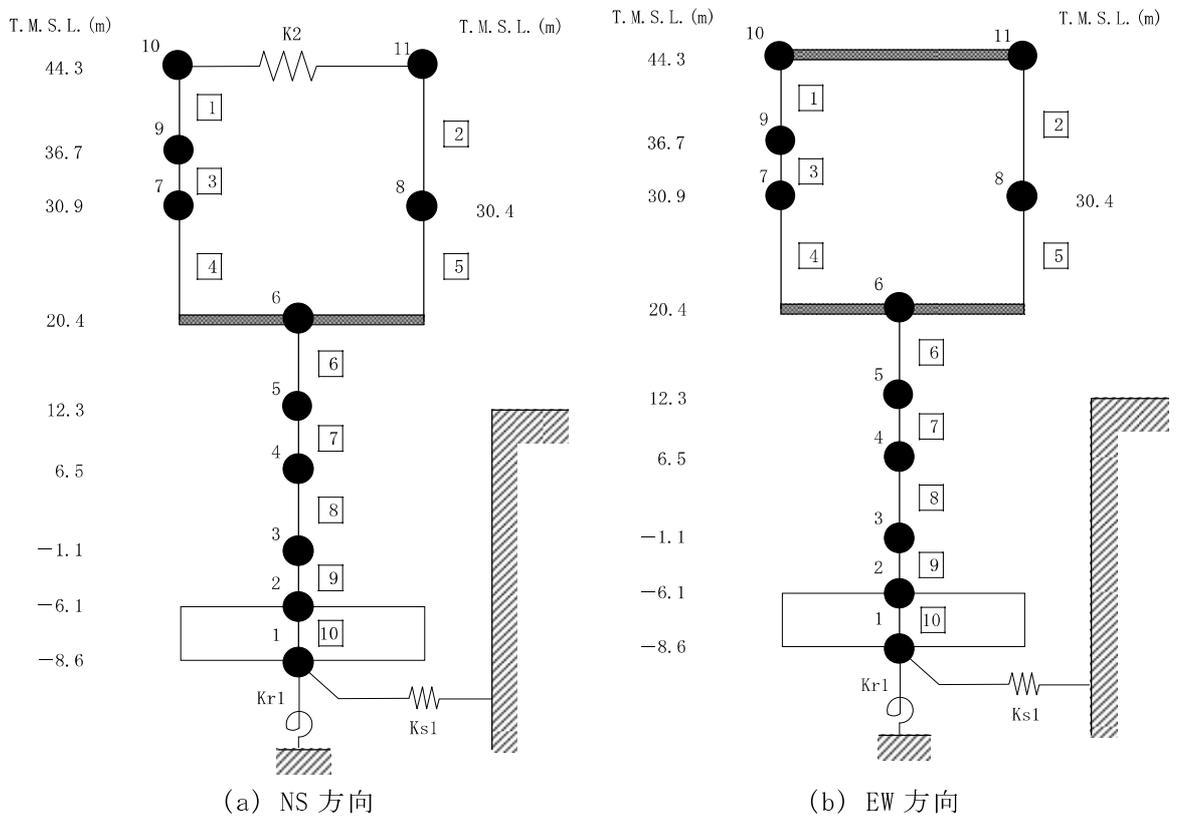


図 3-11 R_w/B の建屋モデル

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

質点番号
重量(kN)
回転慣性重量 (×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		
	1	2	
44.3	0.31	0.19	①コンクリート部 建屋 ヤング係数 E 2.88 × 10 ⁴ (N/mm ²) せん断弾性係数 G 1.20 × 10 ⁴ (N/mm ²) ポアソン比 ν 0.20 減衰定数 h 5%
	3		
	0.55		
36.7		-	②コンクリート部 基礎スラブ ヤング係数 E 2.79 × 10 ⁴ (N/mm ²) せん断弾性係数 G 1.16 × 10 ⁴ (N/mm ²) ポアソン比 ν 0.20 減衰定数 h 5%
	4		
	36.5		
30.9		-	③鉄骨部 ヤング係数 E 2.05 × 10 ⁵ (N/mm ²) せん断弾性係数 G 7.90 × 10 ⁴ (N/mm ²) ポアソン比 ν 0.30 減衰定数 h 2%
	4990		
30.4		5	基礎形状 35.8m(NS方向)×73.0m(EW方向) K ₂ : 屋根トラス部せん断ばね 2.96 × 10 ⁵ (kN/m) K _{r,2} : 屋根トラス端部回転拘束ばね (G通り) 1.71 × 10 ⁷ (kN・m/rad) K _{r,3} : 屋根トラス端部回転拘束ばね (C通り) 1.15 × 10 ⁷ (kN・m/rad)
		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	

部材番号
せん断断面積(m ²)
断面二次モーメント(m ⁴)

表 3-5 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	0.4	
	9	-
	21950	
30.9	0.6	
	7	-
	33800	
30.4	1.3	
	8	
	19940	
20.4	0.2	
	6	-
	125570	
12.3	115.5	
	5	-
	167720	
6.5	67.4	
	4	-
	185670	
-1.1	78.2	
	3	-
	209330	
-6.1	86.1	
	2	-
	138300	
-8.6	66.5	
	1	-
	76880	
	34.2	

質量番号
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	0.03
	0.49	
30.9	-	
	4	-
	47.9	
30.4	5	
	1775	
	24.6	
20.4	541	
	6	
	187.7	
12.3	82380	
	7	
	329.8	
6.5	163990	
	8	
	381.7	
-1.1	214550	
	9	
	416.2	
-6.1	228710	
	10	
	2613.4	
	1160600	

①コンクリート部 建屋
ヤング係数 E 2.88×10^4 (N/mm²)
せん断弾性係数 G 1.20×10^4 (N/mm²)
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 2.79×10^4 (N/mm²)
せん断弾性係数 G 1.16×10^4 (N/mm²)
ポアソン比 ν 0.20
減衰定数 h 5%

③鉄骨部
ヤング係数 E 2.05×10^5 (N/mm²)
せん断弾性係数 G 7.90×10^4 (N/mm²)
ポアソン比 ν 0.30
減衰定数 h 2%

基礎形状 35.8m (NS方向) \times 73.0m (EW方向)

部材番号
せん断断面積 (m ²)
断面二次モーメント (m ⁴)

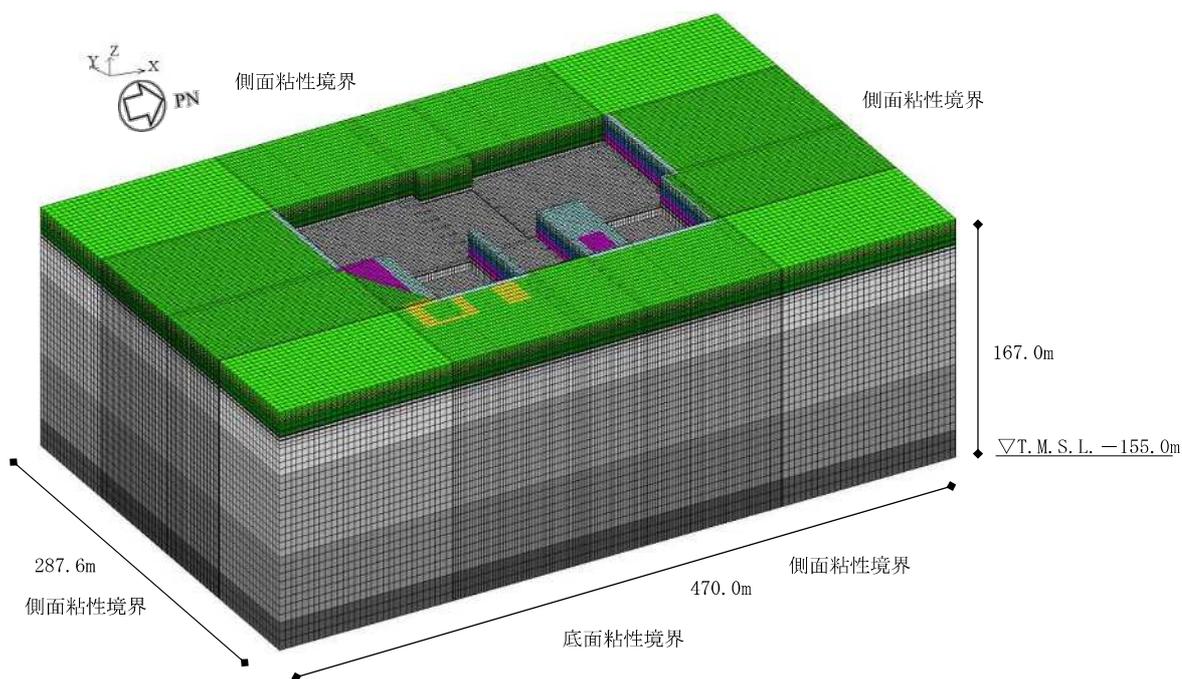
3.1.4 地盤のモデル化

地盤モデルを図 3-12 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 3-6~表 3-8 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。マンメイドロックと地盤改良体の地盤物性は, 本検討で想定する地震動に対して弾性状態と考えられることから, 線形材料とする。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。

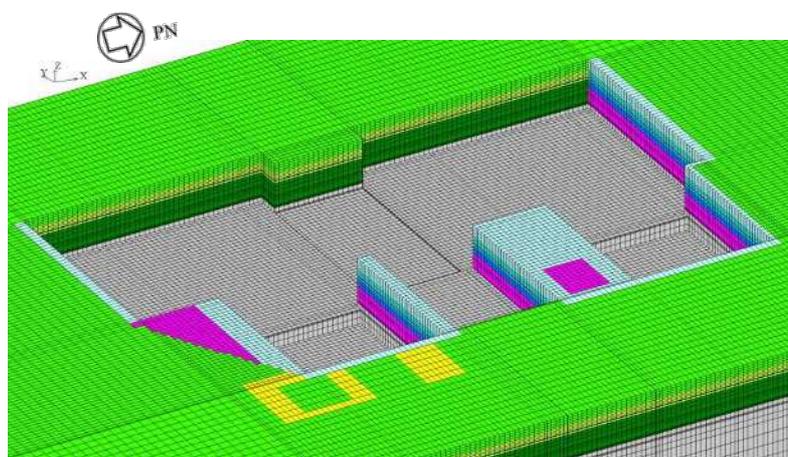
地盤モデルの境界は, 底面粘性境界, 側面粘性境界かつ繰り返し境界とする。このとき, 粘性境界付近での解析精度の低下が評価対象である各建屋の基礎底面の応答に与える影響を低減させるために, 「原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987 ((社) 日本電気協会)」を参考に評価対象である各建屋群の包絡面積に比べて地盤 FEM モデルの平面サイズを十分に大きく設定している (約 2 倍以上)。

建屋の基礎は剛体として考慮し, 浮き上がりは考慮せず, 底面ばねについては完全固着とし, 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。図 3-13 に建屋と地盤間の結合イメージを示す。



(a) 全体図

	新規砂層	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 3-12 地盤モデル (ALL)

表 3-6 地盤物性（自然地盤，Sd-1）

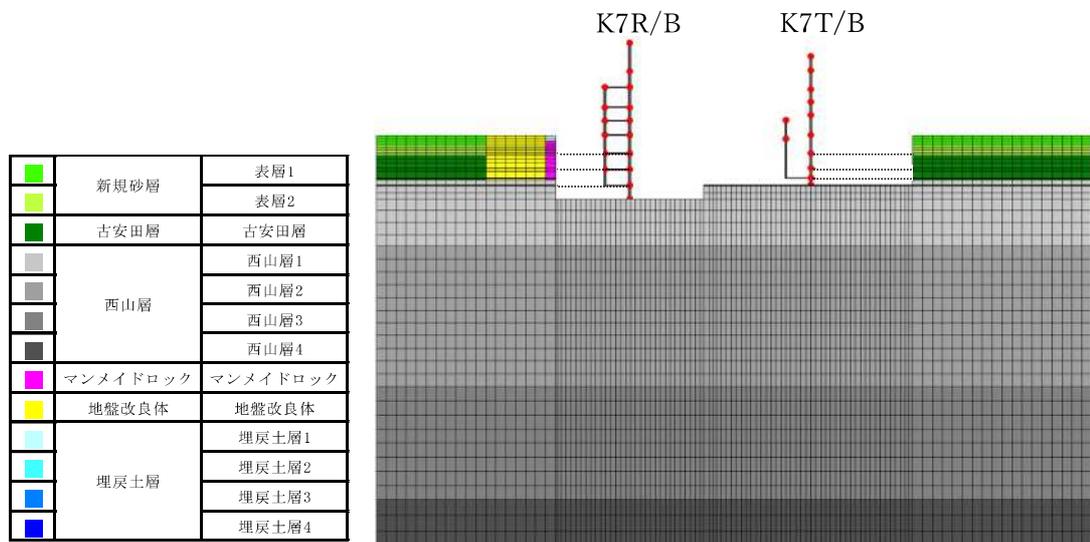
標高 T.M.S.L. (m)	地層	せん断波 速度 V_s (m/s)	単位体積 重量 γ_t (kN/m ³)	ポアソン比 ν	せん断 弾性係数 G ($\times 10^5$ kN/m ²)	初期せん断 弾性係数 G_0 ($\times 10^5$ kN/m ²)	剛性 低下率 G/G_0	減衰 定数 (%)
+12.0	新期砂層	150	16.1	0.347	0.140	0.369	0.38	19
+8.0		200	16.1	0.308	0.170	0.657	0.26	23
+4.0	古安田層	330	17.3	0.462	1.26	1.92	0.66	4
-6.0	西山層	490	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		椎谷層	720	19.9	0.416	10.5	10.5	1.00
∞								

表 3-7 地盤物性（埋戻土層，Sd-1）

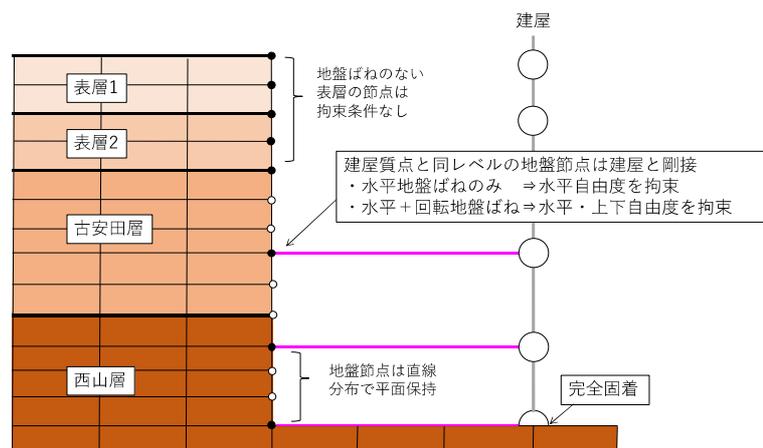
標高 T.M.S.L. (m)	地層	せん断波 速度 V_s (m/s)	単位体積 重量 γ_t (kN/m ³)	ポアソン比 ν	せん断 弾性係数 G ($\times 10^5$ kN/m ²)	初期せん断 弾性係数 G_0 ($\times 10^5$ kN/m ²)	剛性 低下率 G/G_0	減衰 定数 (%)
+12.0	埋戻土層	176	17.6	0.415	0.292	0.562	0.52	9
+8.0		224	17.6	0.415	0.297	0.902	0.33	13
+4.0		247	17.6	0.415	0.319	1.10	0.29	14
+1.0		263	17.6	0.415	0.362	1.25	0.29	14
-2.7								

表 3-8 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 γ_t (kN/m ³)	ポアソン比 ν	せん断弾性係数 G ($\times 10^5$ kN/m ²)	減衰定数 (%)
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



(a) K7R/B 及び K7T/B の建屋側面と側面地盤間の結合イメージ



(b) 建屋と地盤間の結合イメージ

図 3-13 建屋と地盤間の結合イメージ

3.1.5 検討用地震動

検討用地震動として、「V-2-1-2 基準地震動 S_s 及び弾性設計用地震動 S_d の策定概要」に示す解放基盤表面レベルに想定する設計用模擬地震波のうち、全周期帯の応答が大きく、耐震評価への影響も大きい弾性設計用地震動 S_d-1（水平最大応答加速度 -5.25m/s^2 ，図 3-14）を代表波として影響検討を行う。K7R/B の基礎下位置における自由地盤の応答が，検討用地震動 S_d-1 が入射した時の一次元波動論による応答計算と等価となるような補正波を作成し，地盤 FEM モデル底面に入力する。

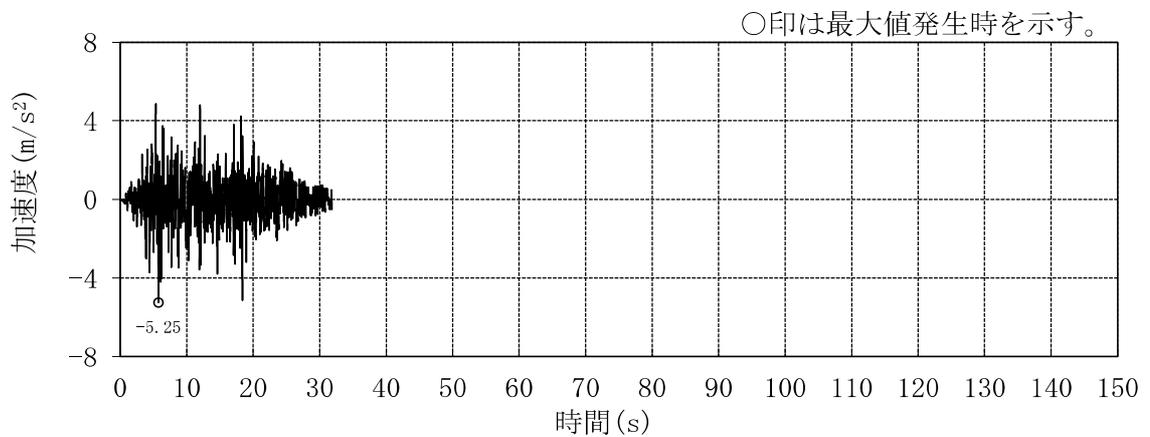


図 3-14 検討用地震動 S_d-1H

3.1.6 解析結果

地震応答解析より得られた各建屋の最大応答値について、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）の比較結果を図 3-15～図 3-38 に示す。

各建屋の最大応答値について確認した結果、応答倍率（隣接考慮／隣接非考慮）は、K7R/B では 0.56（部材番号 8, EW 方向の曲げモーメント）～1.31（部材番号 5, EW 方向のせん断力）、C/B では 0.55（部材番号 5, NS 方向の曲げモーメント）～1.45（部材番号 1, NS 方向の曲げモーメント）、K7T/B では 0.84（部材番号 1, NS 方向の曲げモーメント）～1.15（部材番号 4, EW 方向のせん断力）、Rw/B では 0.66（部材番号 2, NS 方向の曲げモーメント）～1.19（質点番号 10, NS 方向の加速度）であり、隣接建屋の影響によって応答が増幅又は減少する効果があることを確認した。

影響が見られる応答成分や方向に違いが見られることから、K7R/B、C/B、K7T/B 及び Rw/B ではこれらの効果を個別に確認する。

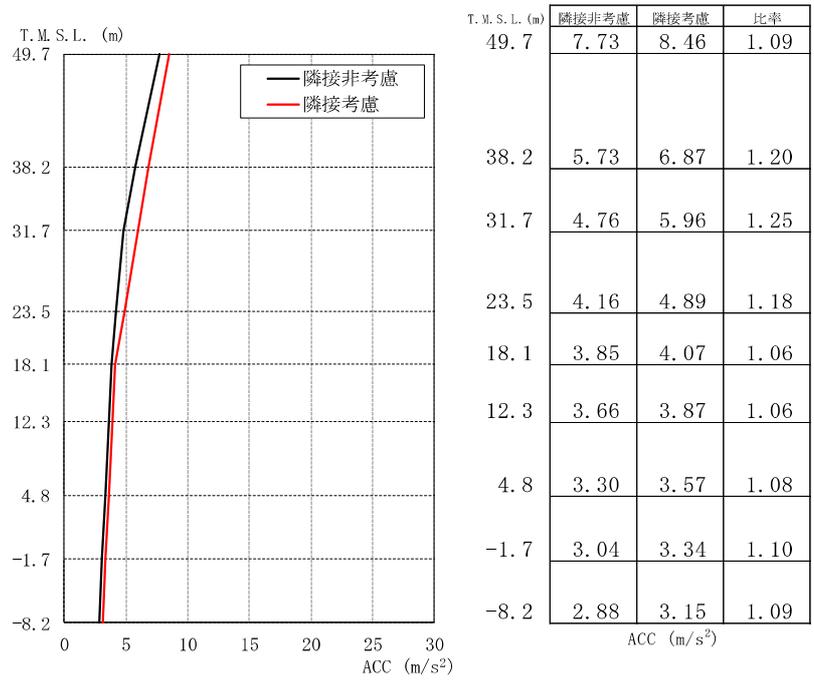
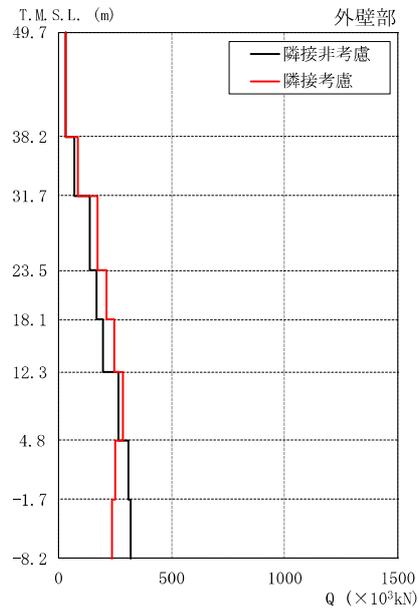
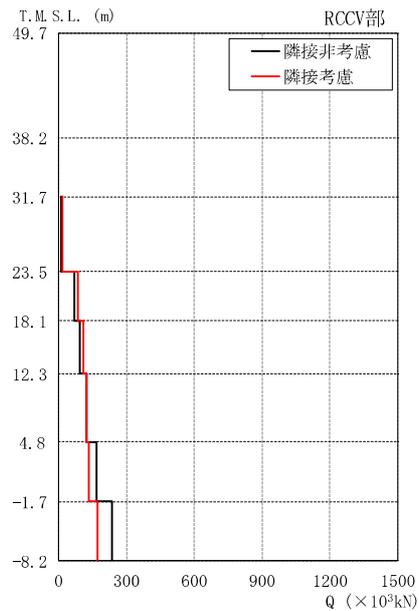


図 3-15 最大応答加速度の比較 (K7R/B, NS 方向)

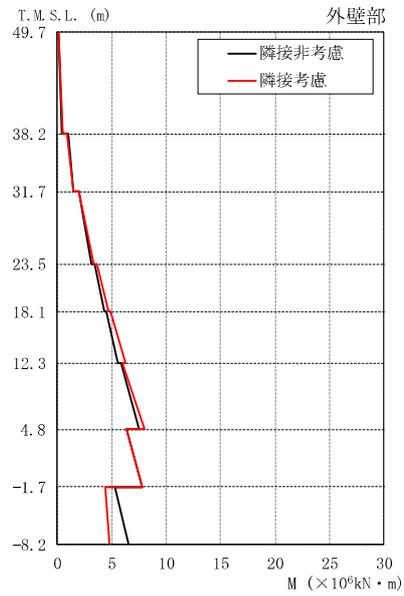


T.M.S.L. (m)	隣接非考慮	隣接考慮	比率
49.7	29.9	32.8	1.10
38.2	72.2	86.3	1.20
31.7	140	172	1.23
23.5	167	212	1.27
18.1	199	247	1.24
12.3	263	284	1.08
4.8	310	252	0.81
-1.7	318	237	0.75

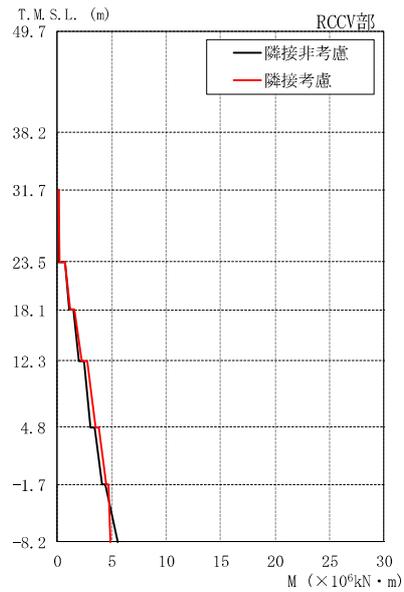


T.M.S.L. (m)	隣接非考慮	隣接考慮	比率
31.7	14.0	17.7	1.26
23.5	69.6	84.4	1.21
18.1	95.3	109	1.14
12.3	125	122	0.98
4.8	170	132	0.78
-1.7	236	175	0.74

図 3-16 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 3-17 最大応答曲げモーメントの比較 (K7R/B, NS 方向)

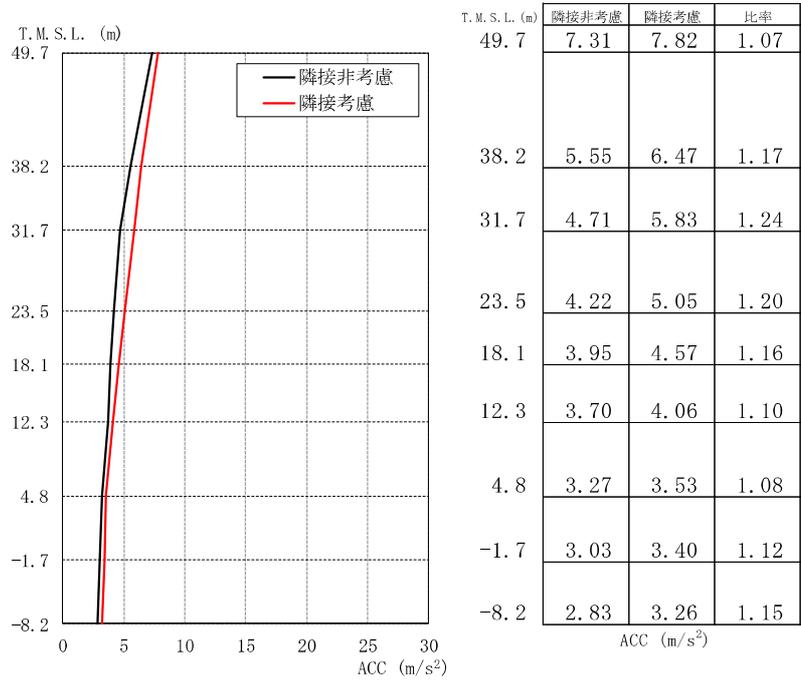
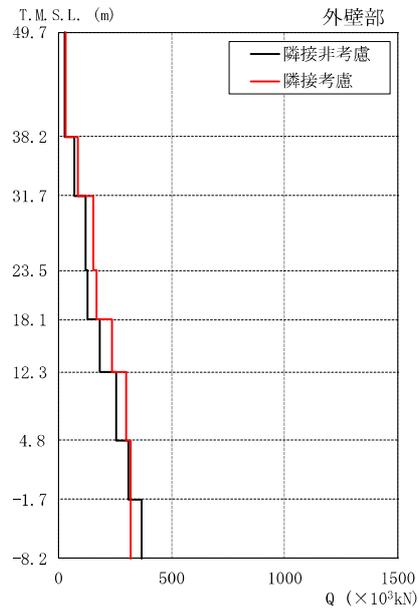
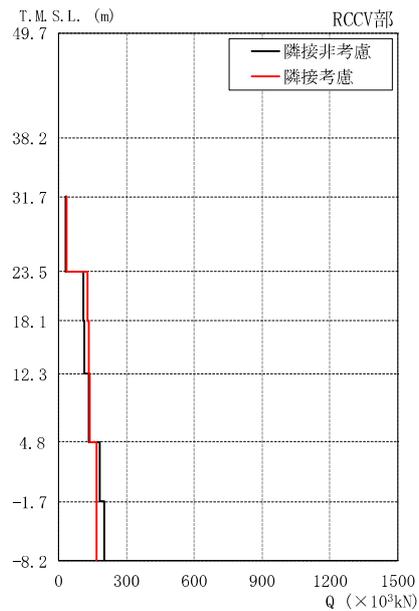


図 3-18 最大応答加速度の比較 (K7R/B, EW 方向)

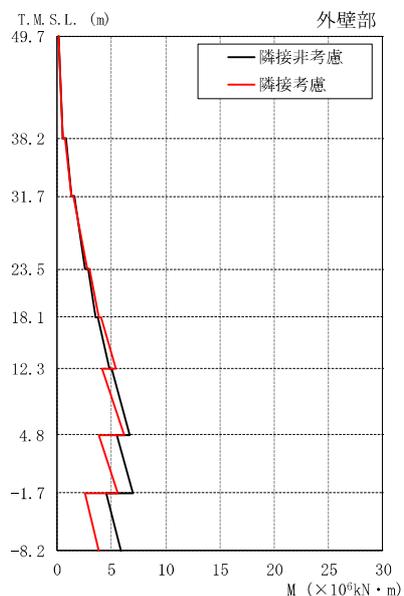


T.M.S.L. (m)	隣接非考慮	隣接考慮	比率
49.7	27.6	31.0	1.12
38.2	69.4	83.4	1.20
31.7	121	151	1.25
23.5	130	170	1.31
18.1	181	238	1.31
12.3	257	302	1.18
4.8	310	317	1.02
-1.7	369	318	0.86

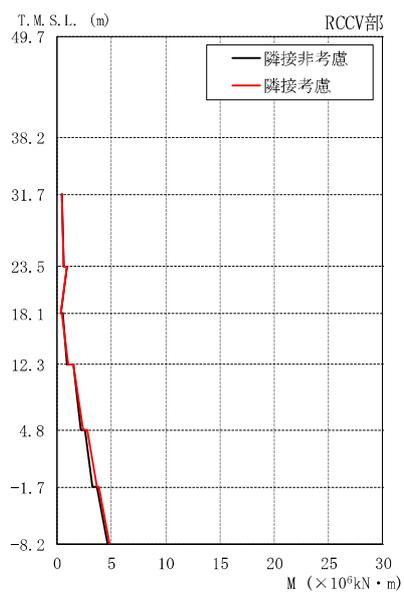


T.M.S.L. (m)	隣接非考慮	隣接考慮	比率
31.7	33.1	36.4	1.10
23.5	108	131	1.21
18.1	113	134	1.19
12.3	135	141	1.04
4.8	183	167	0.91
-1.7	204	167	0.82

図 3-19 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 3-20 最大応答曲げモーメントの比較 (K7R/B, EW 方向)

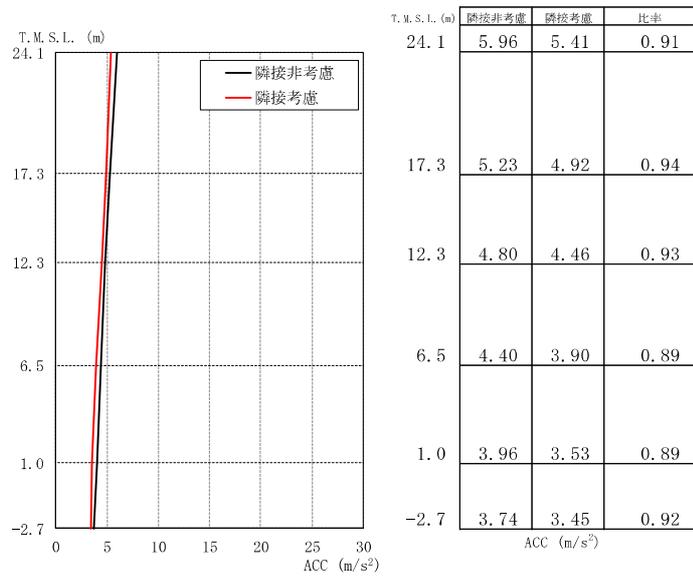


図 3-21 最大応答加速度の比較 (C/B, NS 方向)

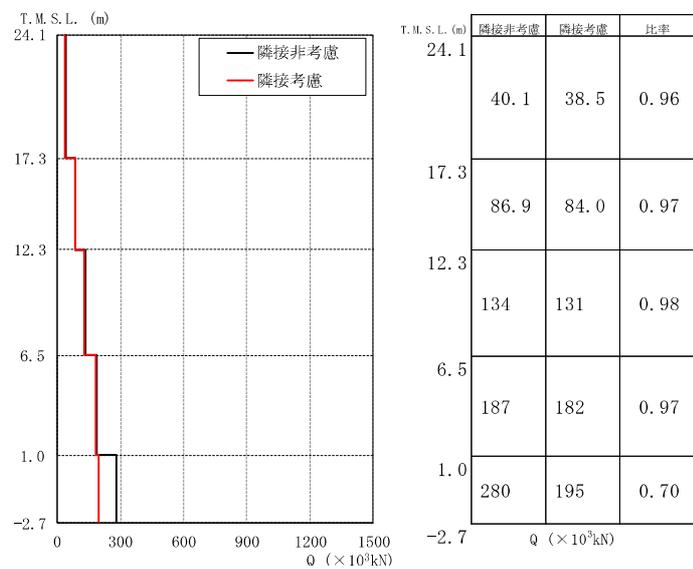


図 3-22 最大応答せん断力の比較 (C/B, NS 方向)

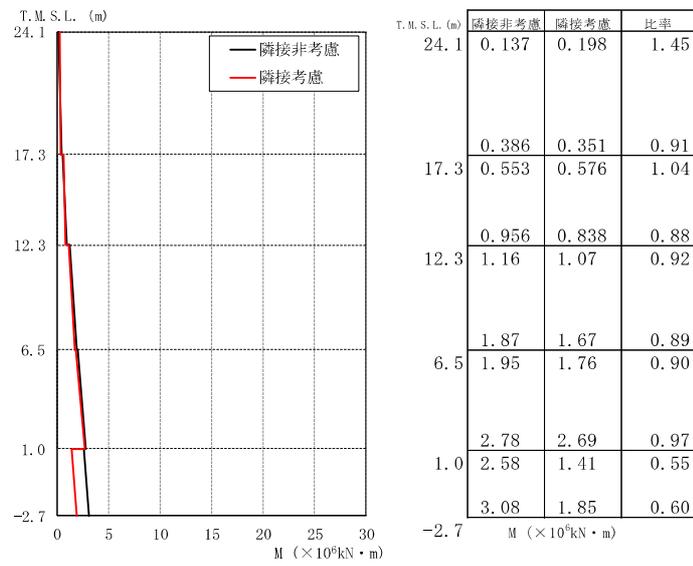


図 3-23 最大応答曲げモーメントの比較 (C/B, NS 方向)

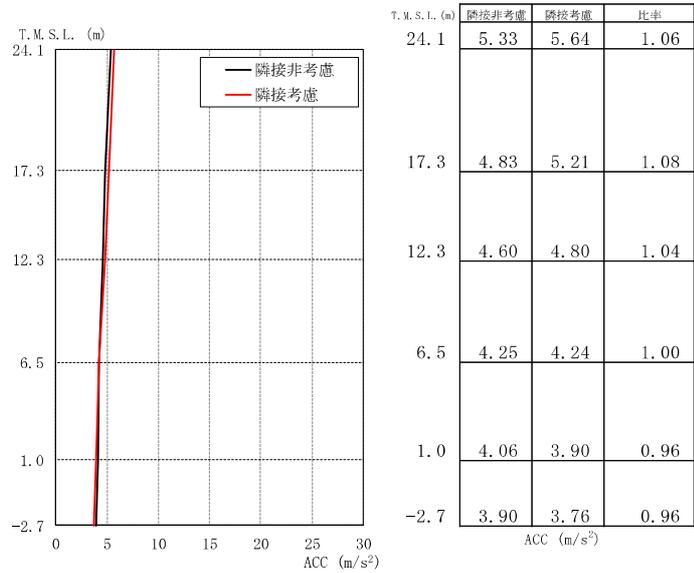


図 3-24 最大応答加速度の比較 (C/B, EW 方向)

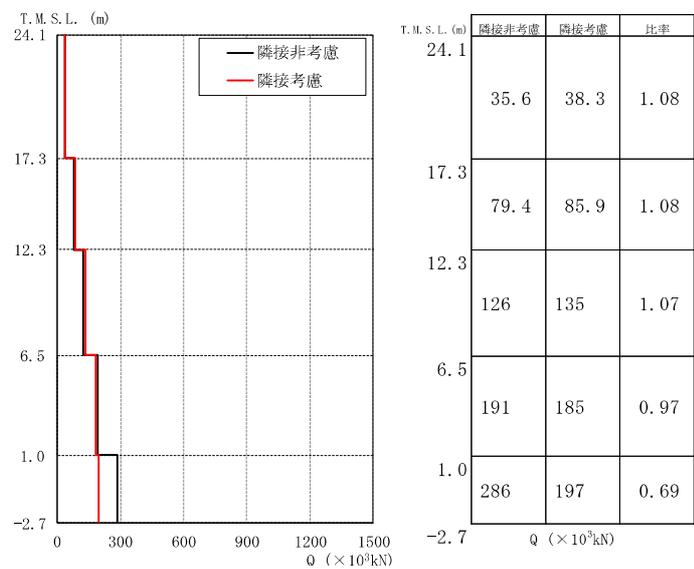


図 3-25 最大応答せん断力の比較 (C/B, EW 方向)

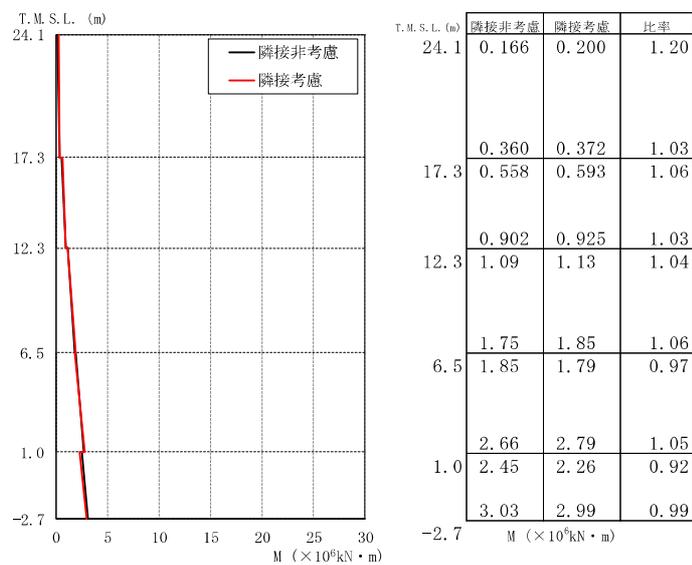
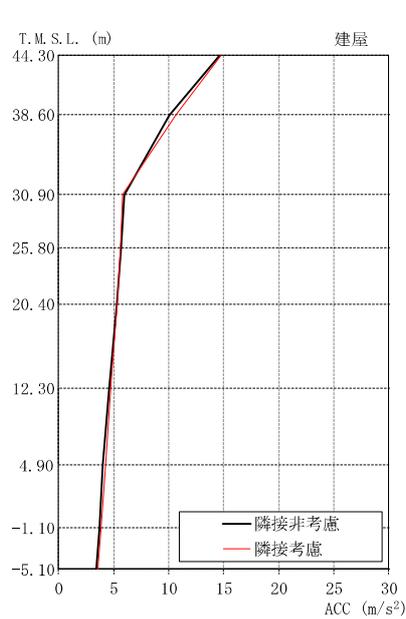
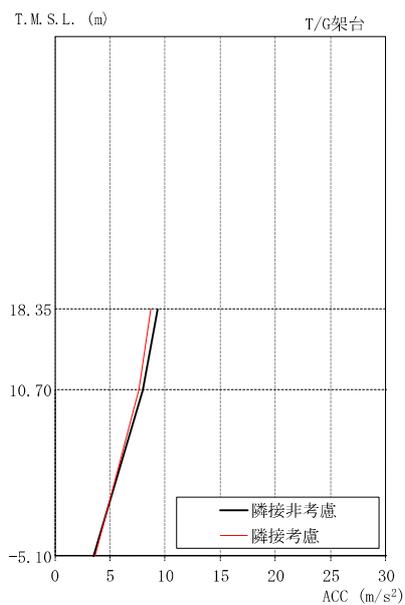


図 3-26 最大応答曲げモーメントの比較 (C/B, EW 方向)



T.M.S.L. (m)	隣接非考慮	隣接考慮	比率
44.30	14.6	14.8	1.01
38.60	10.1	10.7	1.06
30.90	5.96	5.83	0.98
25.80	5.62	5.60	1.00
20.40	5.25	5.32	1.01
12.30	4.56	4.73	1.04
4.90	4.05	4.23	1.04
-1.10	3.68	3.86	1.05
-5.10	3.45	3.59	1.04

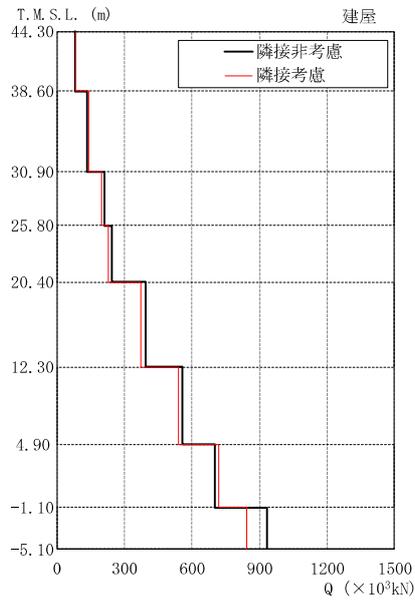
ACC (m/s²)



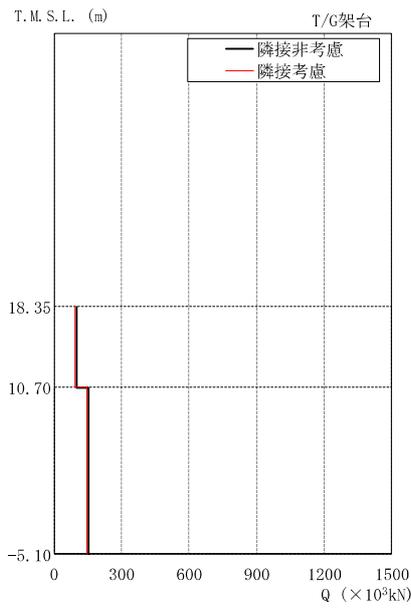
T.M.S.L. (m)	隣接非考慮	隣接考慮	比率
18.35	9.34	8.71	0.93
10.70	8.00	7.60	0.95
-5.10	3.45	3.59	1.04

ACC (m/s²)

図 3-27 最大応答加速度の比較 (K7T/B, NS 方向)

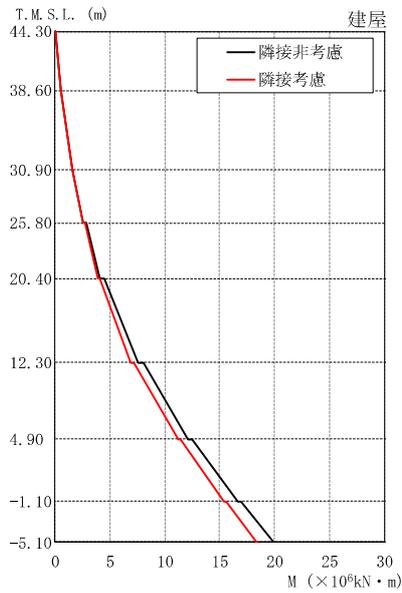


T.M.S.L. (m)	隣接非考慮	隣接考慮	比率
44.30	82.1	82.6	1.01
38.60	135	139	1.03
30.90	210	197	0.94
25.80	246	230	0.93
20.40	396	374	0.94
12.30	557	540	0.97
4.90	704	720	1.02
-1.10	931	842	0.90

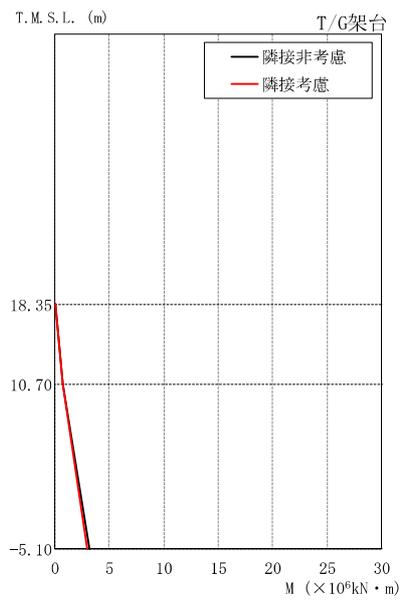


T.M.S.L. (m)	隣接非考慮	隣接考慮	比率
18.35	98.5	91.4	0.93
10.70	153	145	0.95

図 3-28 最大応答せん断力の比較 (K7T/B, NS 方向)

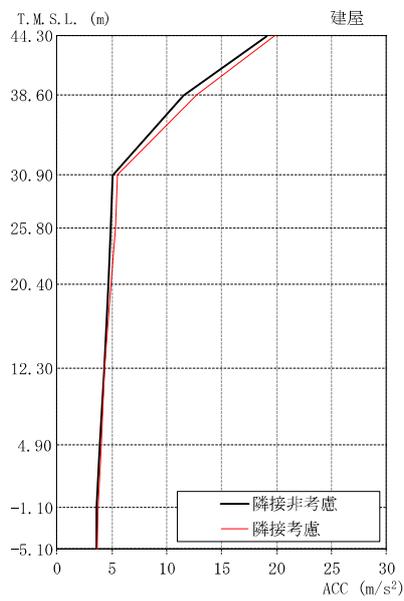


T.M.S.L. (m)	隣接非考慮	隣接考慮	比率
44.30	0.0250	0.0210	0.84
	0.475	0.477	1.00
38.60	0.478	0.479	1.00
	1.52	1.55	1.02
30.90	1.54	1.57	1.02
	2.50	2.55	1.02
25.80	2.78	2.72	0.98
	4.06	3.92	0.97
20.40	4.46	4.11	0.92
	7.54	6.91	0.92
12.30	8.05	7.18	0.89
	12.1	11.2	0.93
4.90	12.5	11.4	0.91
	16.6	15.4	0.93
-1.10	16.9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



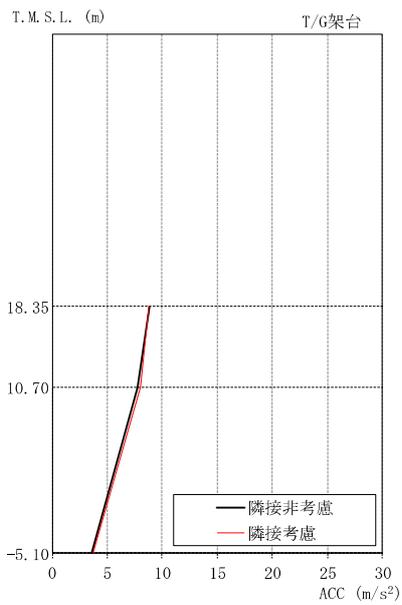
T.M.S.L. (m)	隣接非考慮	隣接考慮	比率
18.35	0.00	0.00	-
	0.753	0.699	0.93
10.70	0.753	0.699	0.93
	3.18	3.00	0.94

図 3-29 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

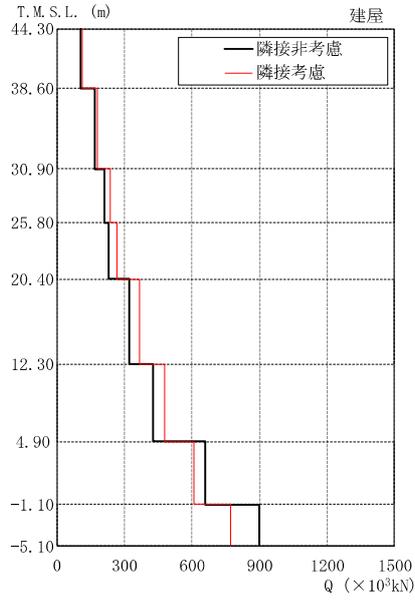
ACC (m/s²)



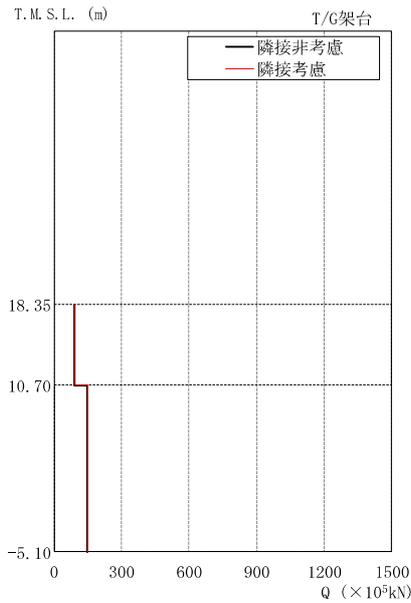
T.M.S.L. (m)	隣接非考慮	隣接考慮	比率
18.35	8.84	8.78	0.99
10.70	7.81	7.99	1.02
-5.10	3.57	3.70	1.04

ACC (m/s²)

図 3-30 最大応答加速度の比較 (K7T/B, EW 方向)

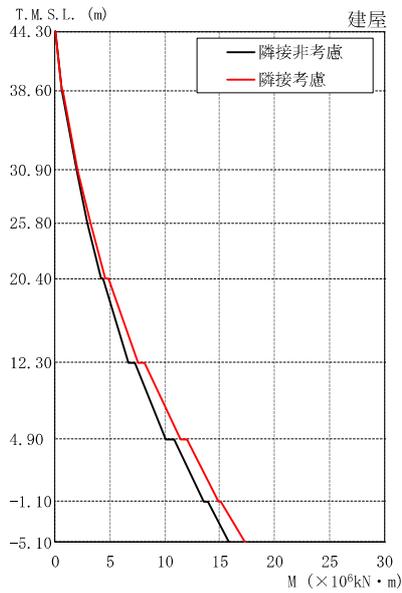


T.M.S.L. (m)	隣接非考慮	隣接考慮	比率
44.30	107	112	1.05
38.60	168	178	1.06
30.90	212	238	1.12
25.80	231	265	1.15
20.40	321	368	1.15
12.30	426	480	1.13
4.90	661	610	0.92
-1.10	898	773	0.86
-5.10			

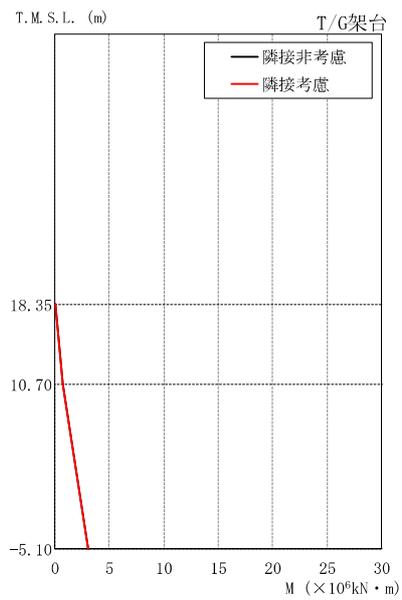


T.M.S.L. (m)	隣接非考慮	隣接考慮	比率
18.35	92.6	92.0	0.99
10.70	148	149	1.01
-5.10			

図 3-31 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 3-32 最大応答曲げモーメントの比較 (K7T/B, EW 方向)

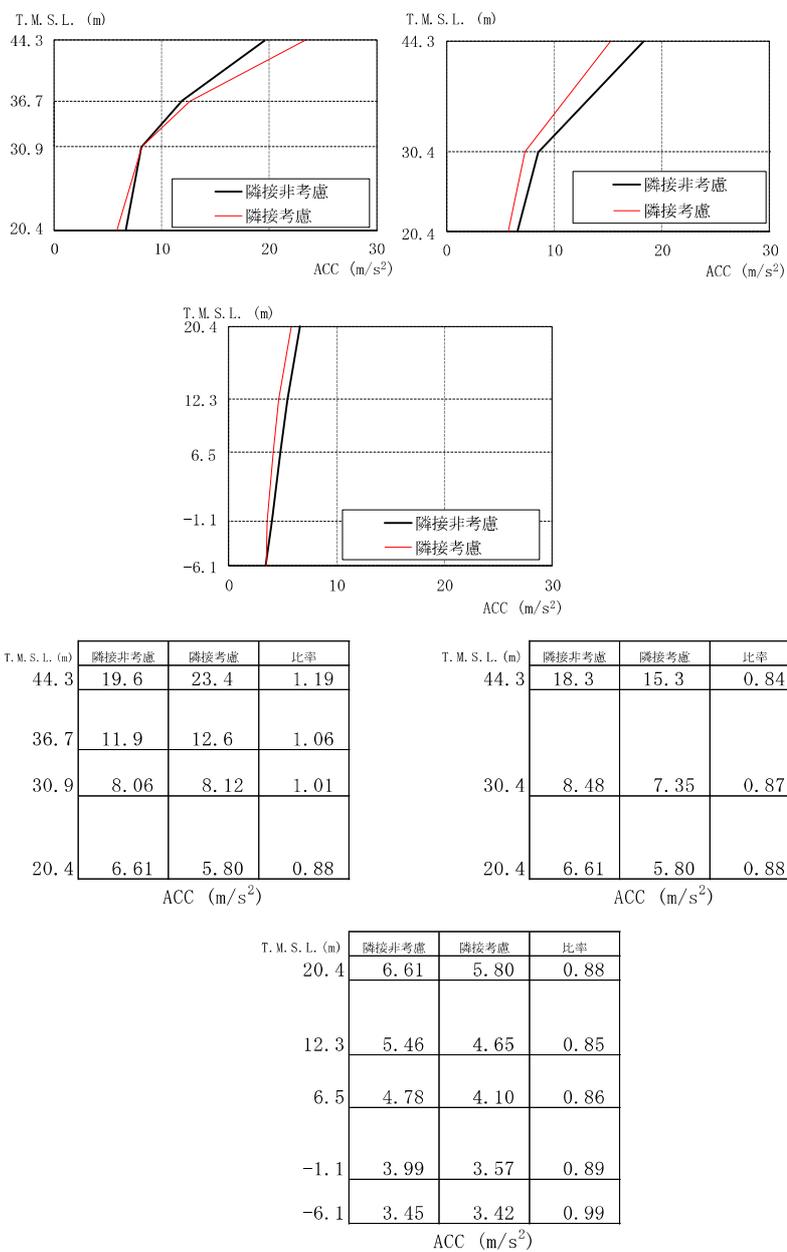


図 3-33 最大応答加速度の比較 (Rw/B, NS 方向)

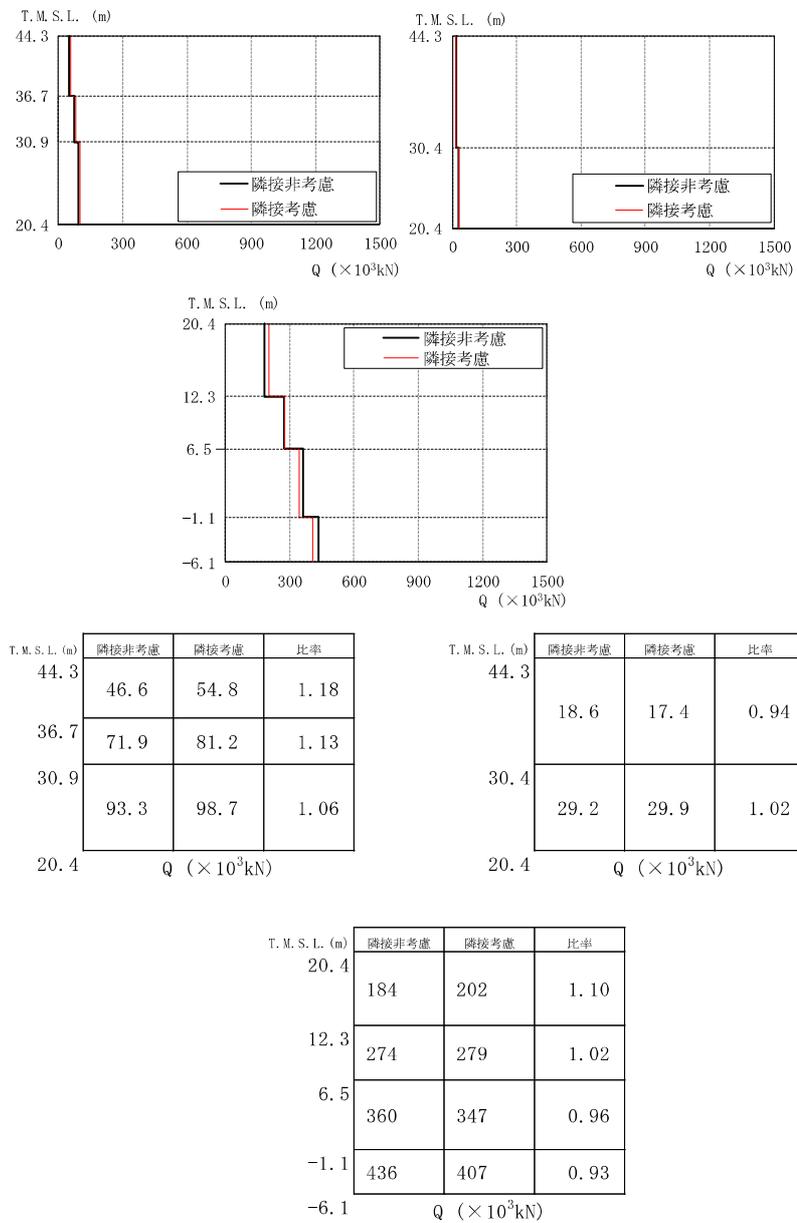
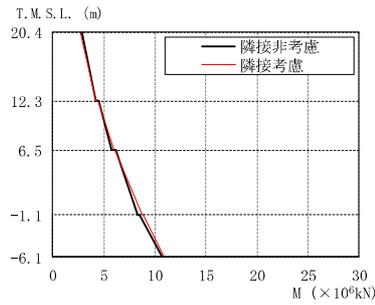
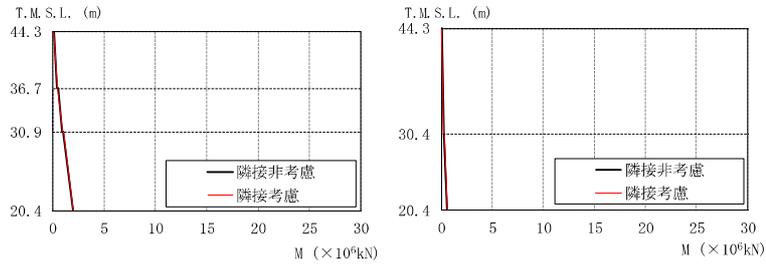


図 3-34 最大応答せん断力の比較 (Rw/B, NS 方向)



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 (×10⁶kN)

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 (×10⁶kN)

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 (×10⁶kN)

図 3-35 最大応答曲げモーメントの比較 (Rw/B, NS 方向)

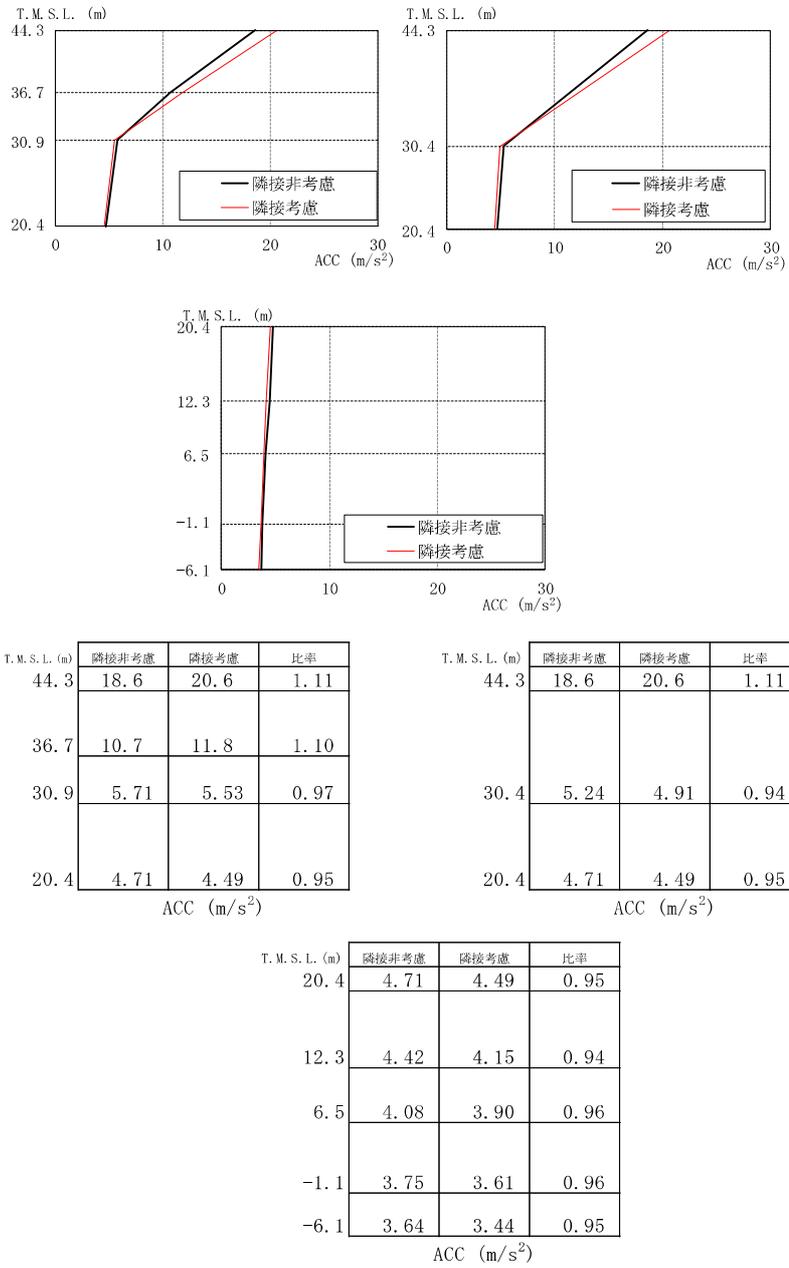


図 3-36 最大応答加速度の比較 (Rw/B, EW 方向)

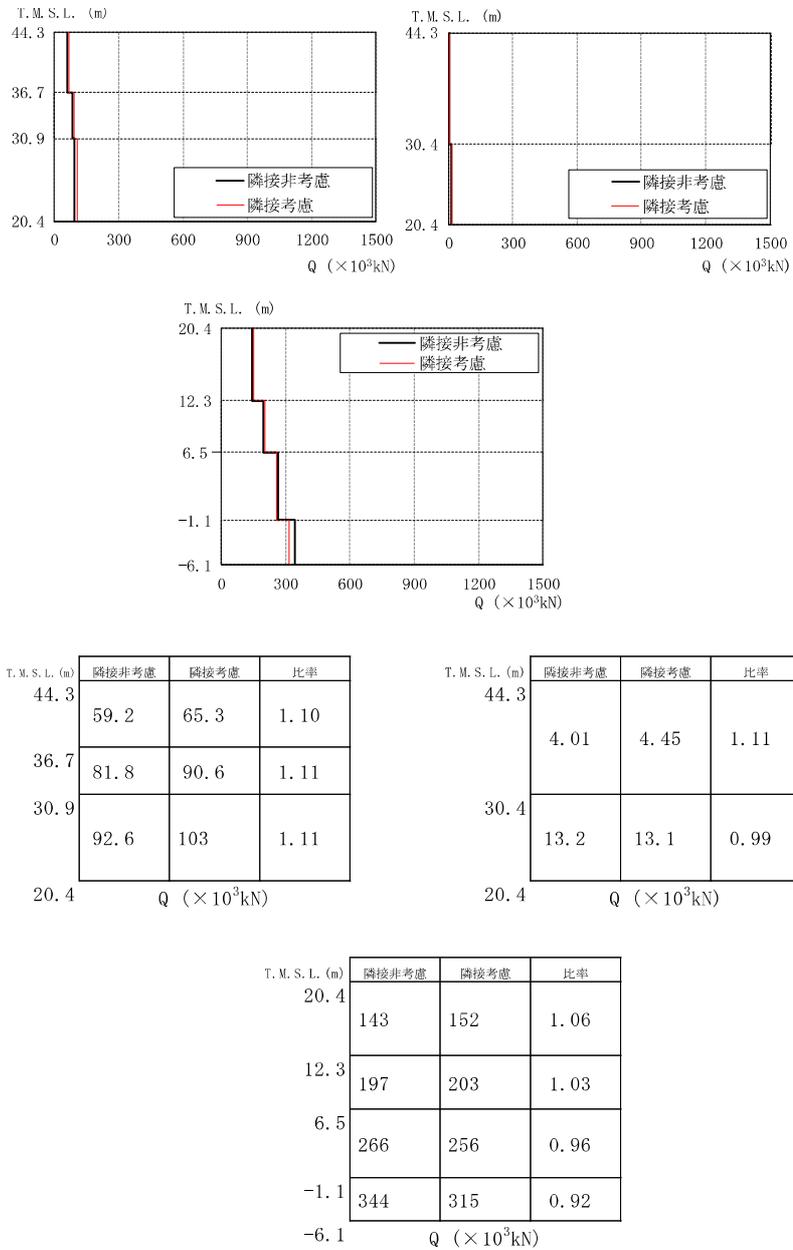
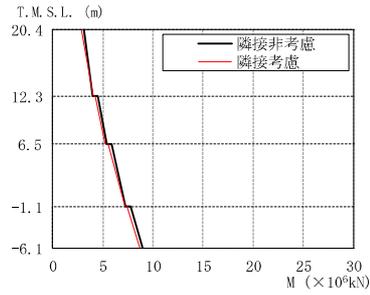
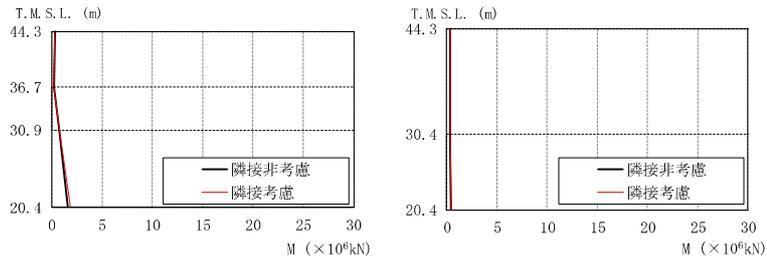


図 3-37 最大応答せん断力の比較 (Rw/B, EW 方向)



T. M. S. L. (m)	隣接非考慮	隣接考慮	比率
44.3	0.270	0.297	1.10
	0.181	0.200	1.10
36.7	0.188	0.209	1.11
	0.662	0.735	1.11
30.9	0.686	0.762	1.11
	1.64	1.85	1.13
20.4			

M (×10⁶kN)

T. M. S. L. (m)	隣接非考慮	隣接考慮	比率
44.3	0.274	0.304	1.11
	0.329	0.366	1.11
30.4	0.332	0.369	1.11
	0.421	0.470	1.12
20.4			

M (×10⁶kN)

T. M. S. L. (m)	隣接非考慮	隣接考慮	比率
20.4	3.05	2.86	0.94
	4.02	4.02	1.00
12.3	4.49	4.28	0.95
	5.39	5.27	0.98
6.5	5.91	5.53	0.94
	7.29	7.16	0.98
-1.1	7.80	7.38	0.95
	8.93	8.70	0.97
-6.1			

M (×10⁶kN)

図 3-38 最大応答曲げモーメントの比較 (Rw/B, EW 方向)

3.1.7 床応答スペクトル

柏崎刈羽原子力発電所 第7号機の原子炉建屋，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，隣接考慮モデル（ALL）と隣接非考慮モデル（S1～S4）による床応答スペクトルの比較を行い，隣接影響について確認した。図3-39～図3-42に各建屋の基礎上及びオペフロ高さなどの代表位置について，隣接考慮モデルと隣接非考慮モデルによる床応答スペクトルの比較結果（減衰定数5.0%）を示す。

図3-41に示すように建屋規模の大きいK7T/Bでは比較的隣接影響は小さいが，各建屋で隣接非考慮モデルとは異なった応答が生じており，各建屋において，隣接考慮モデルでは6棟連成の影響による複雑な応答性状となっている。

図3-39に示すK7R/BのEW方向のT.M.S.L.31.7mについては，図中に示すように加振方向に隣接するK7T/Bの固有周期付近で隣接影響と推測される応答増幅が伺える。また，図3-42に示すRw/BのNS方向のT.M.S.L.20.4mについても，加振方向に隣接するK7T/Bの固有周期の隣接影響と思われる応答が伺える。

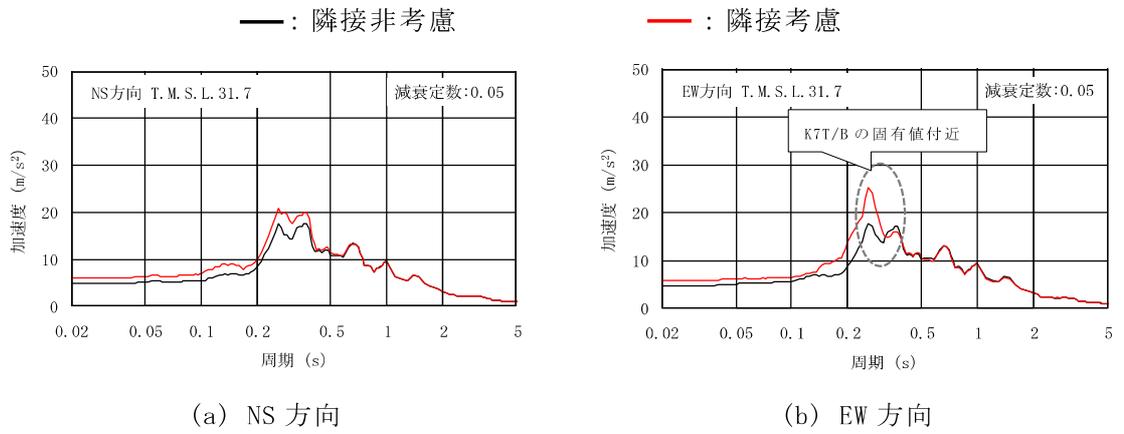


図 3-39 床応答スペクトルの比較 (K7R/B, T.M.S.L. 31.7 m, 減衰定数 5.0%) (1/2)

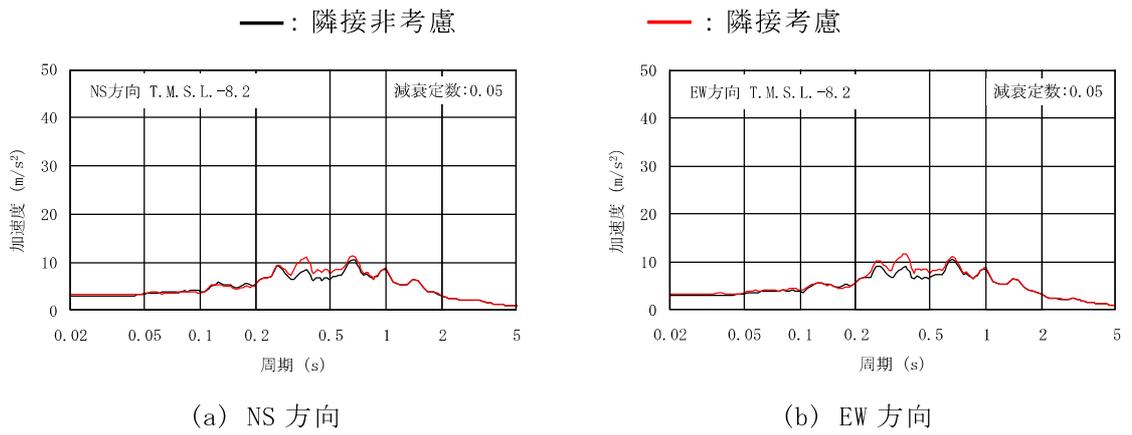


図 3-39 床応答スペクトルの比較 (K7R/B, T.M.S.L. -8.2 m, 減衰定数 5.0%) (2/2)

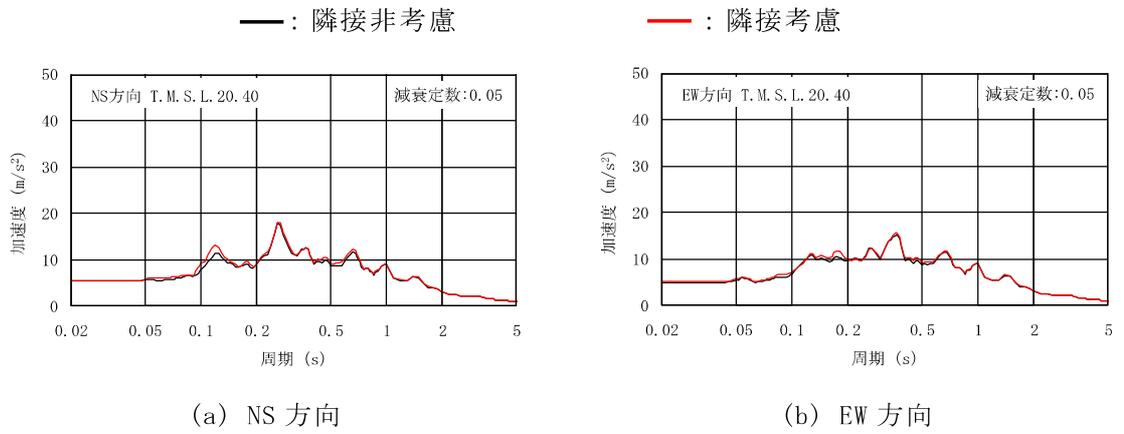


図 3-41 床応答スペクトルの比較 (K7T/B, T.M.S.L. 20.40 m, 減衰定数 5.0%) (1/2)

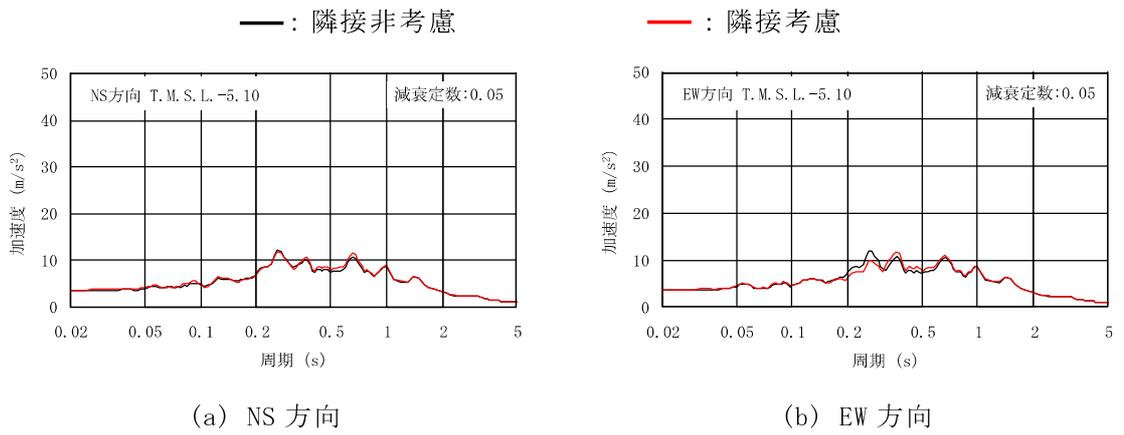


図 3-41 床応答スペクトルの比較 (K7T/B, T.M.S.L. -5.10 m, 減衰定数 5.0%) (2/2)

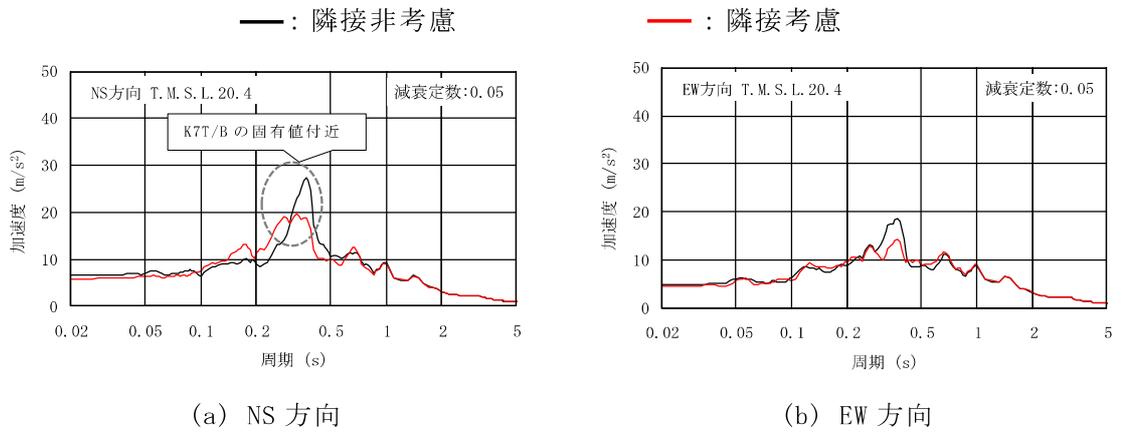


図 3-42 床応答スペクトルの比較 (Rw/B, T.M.S.L. 20.4 m, 減衰定数 5.0%) (1/2)

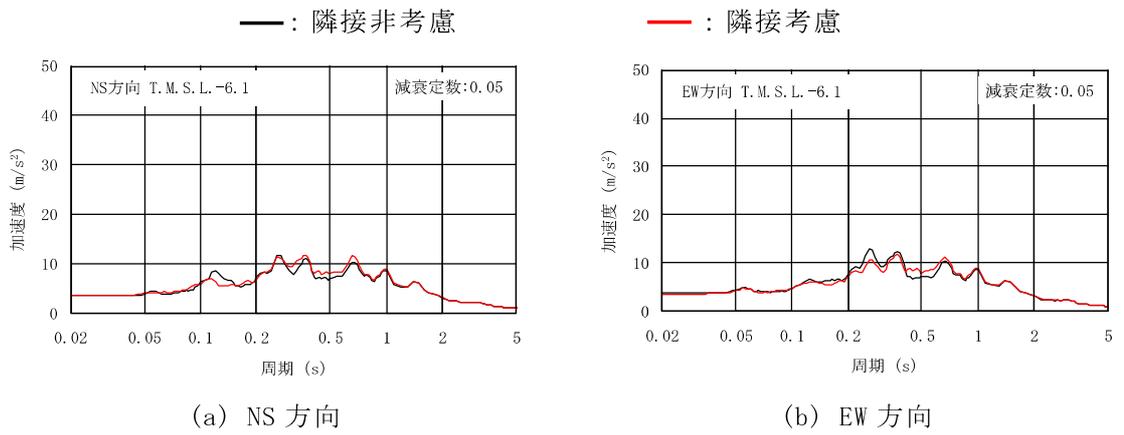


図 3-42 床応答スペクトルの比較 (Rw/B, T.M.S.L. -6.1 m, 減衰定数 5.0%) (2/2)

3.2 機器への影響検討

柏崎刈羽原子力発電所 第7号機の原子炉建屋，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，隣接考慮モデル（ALL）による床応答スペクトルと隣接非考慮モデル（S1～S4）による床応答スペクトルの比較を行い，機器への影響が支配的になる領域（機器の固有周期が存在する領域；概ね 0.2s 以下）では，隣接考慮モデルによる床応答スペクトルが隣接非考慮モデルによる床応答スペクトルより大きくなる部分もあるが，機器の裕度を考慮すると耐震性への影響が無いことを確認した。影響検討の詳細については，別紙4に示す。各建屋の隣接考慮モデルによる床応答スペクトルと隣接非考慮モデルによる床応答スペクトルの比較結果（全標高，水平方向（NS，EW 包絡），減衰定数 2.0%）を図 3-43～図 3-46 に示す。また，設計に用いている床応答スペクトル（V-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に示す設計用床応答曲線Ⅰ，設計用床応答曲線Ⅱ）についても，併せて同図に示す。

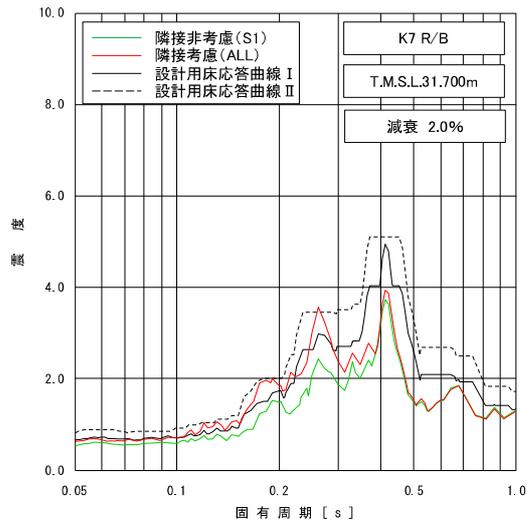
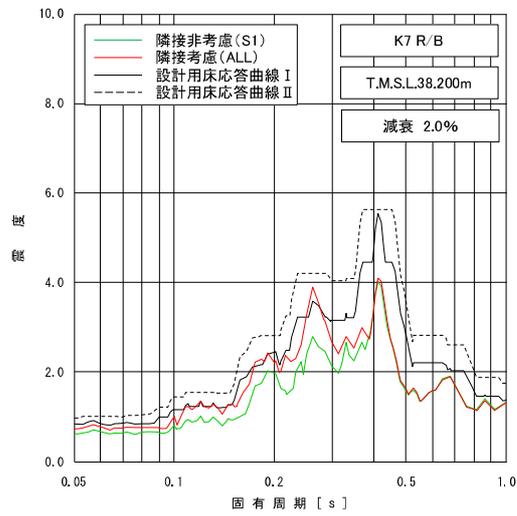
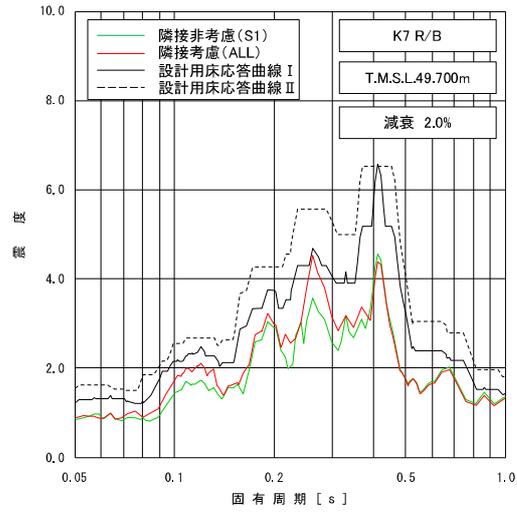


図 3-31 床応答スペクトルの比較 (7号機原子炉建屋, 水平方向, 減衰 2.0%) (1/3)

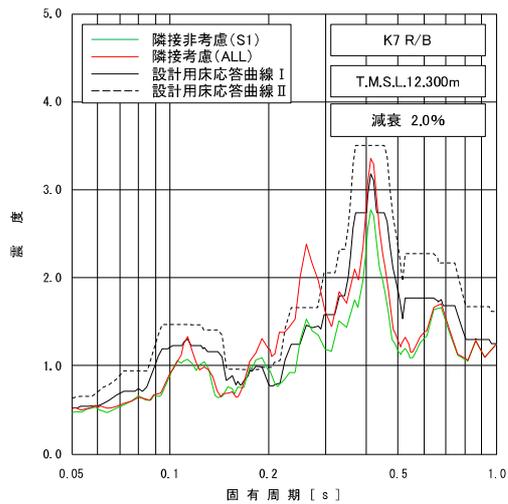
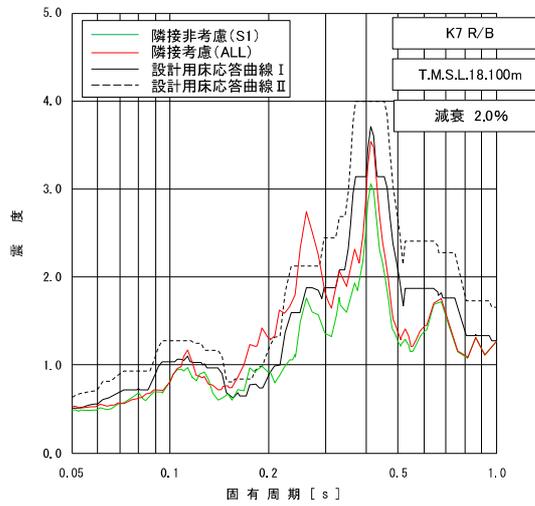
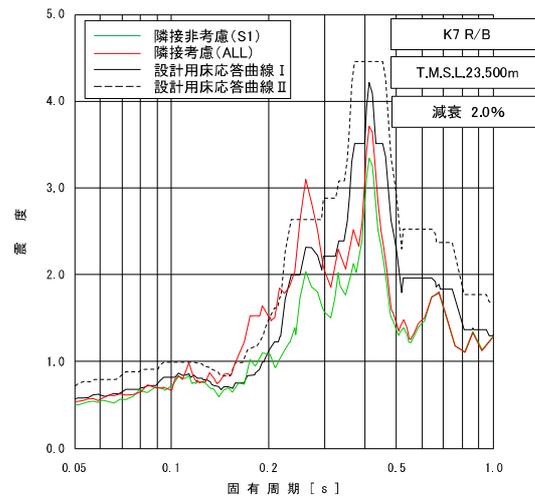


図 3-31 床応答スペクトルの比較 (7号機原子炉建屋, 水平方向, 減衰 2.0%) (2/3)

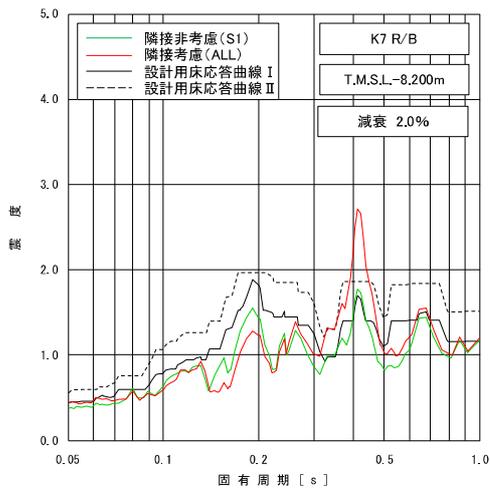
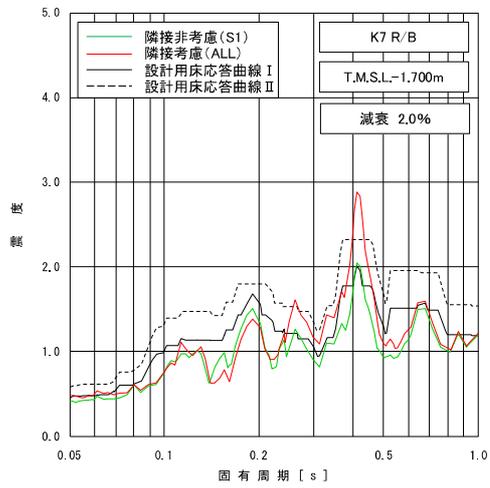
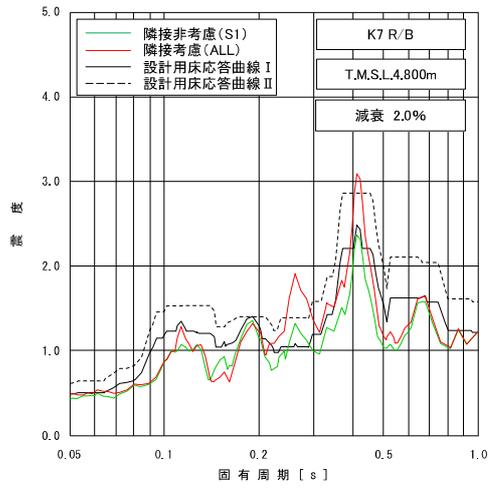


図 3-31 床応答スペクトルの比較 (7号機原子炉建屋, 水平方向, 減衰 2.0%) (3/3)

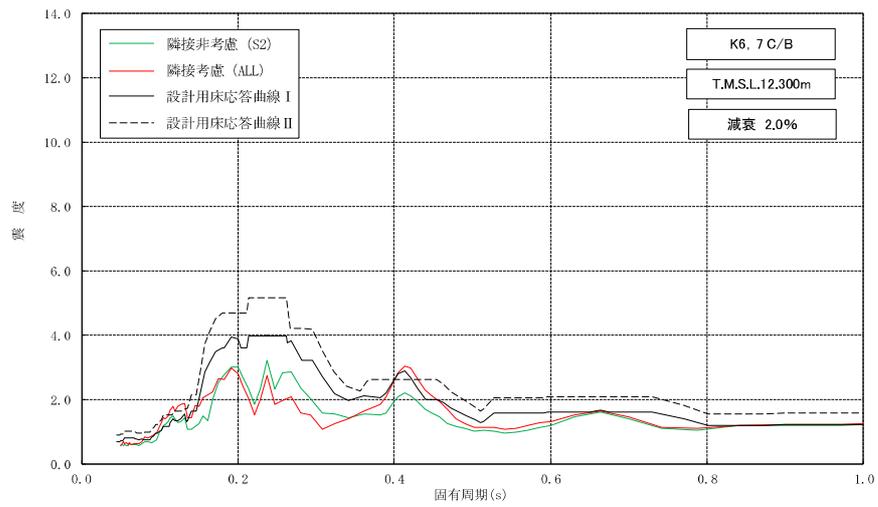
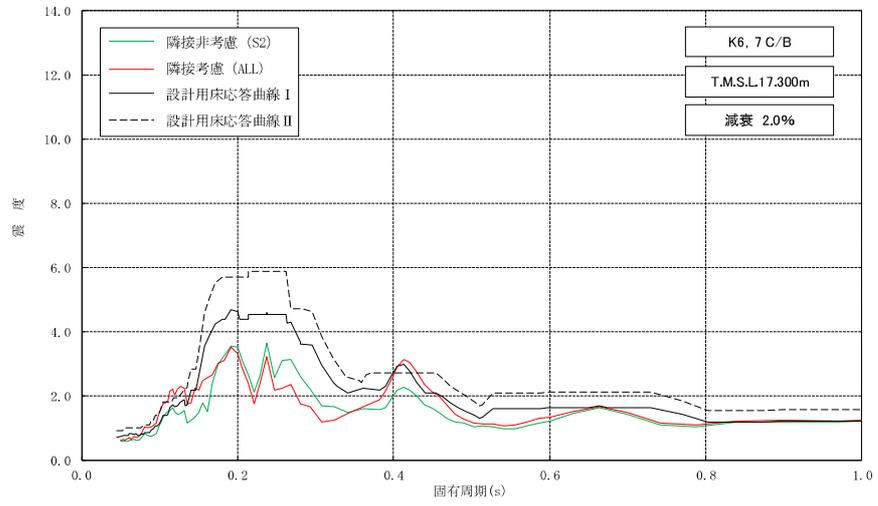
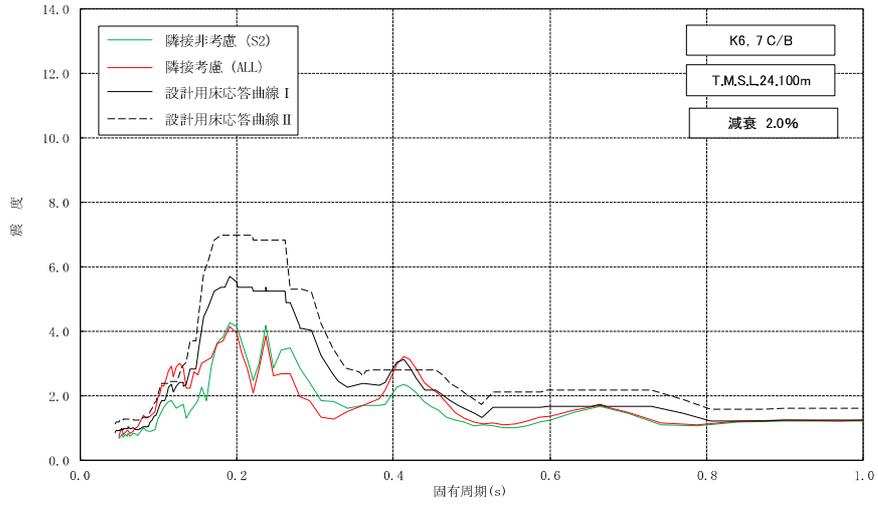


図 3-32 床応答スペクトルの比較 (コントロール建屋, 水平方向, 減衰 2.0%) (1/2)

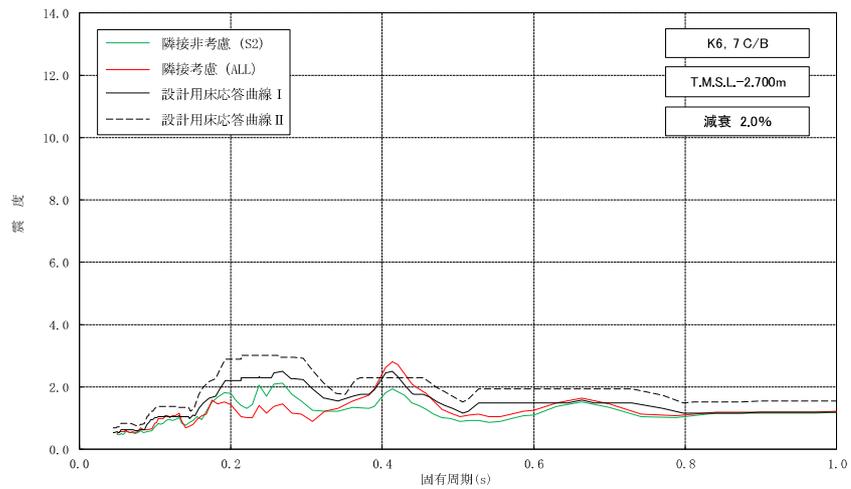
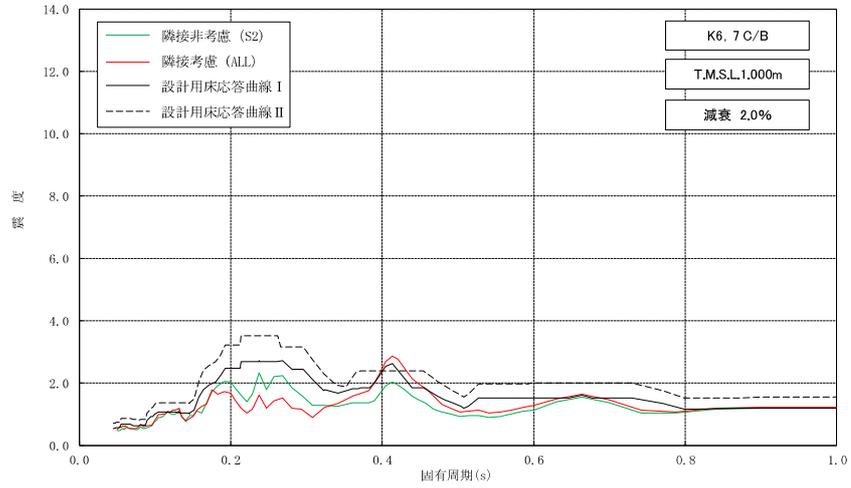
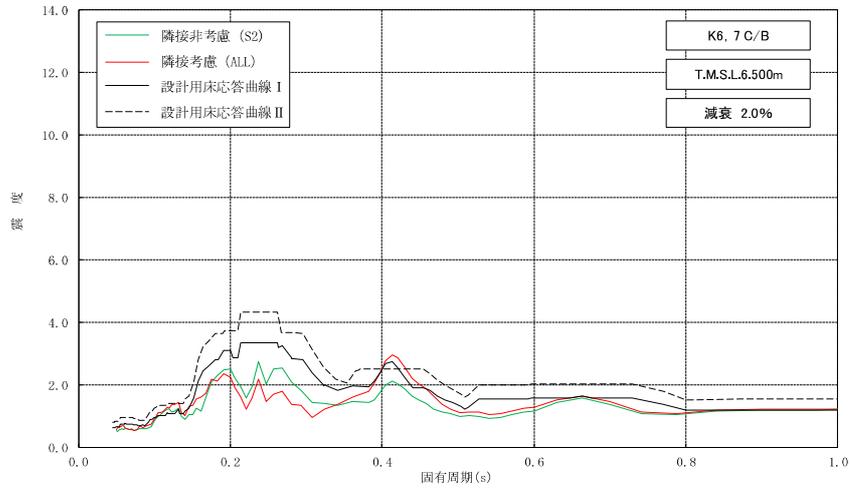


図 3-32 床応答スペクトルの比較 (コントロール建屋, 水平方向, 減衰 2.0%) (2/2)

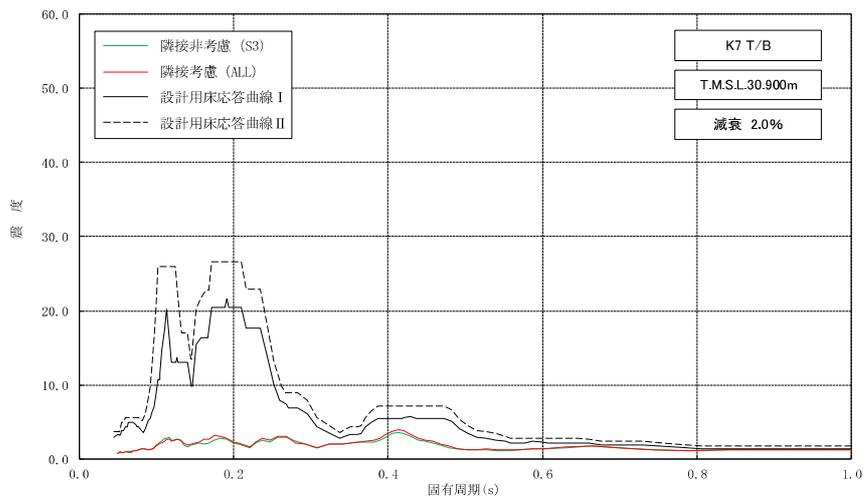
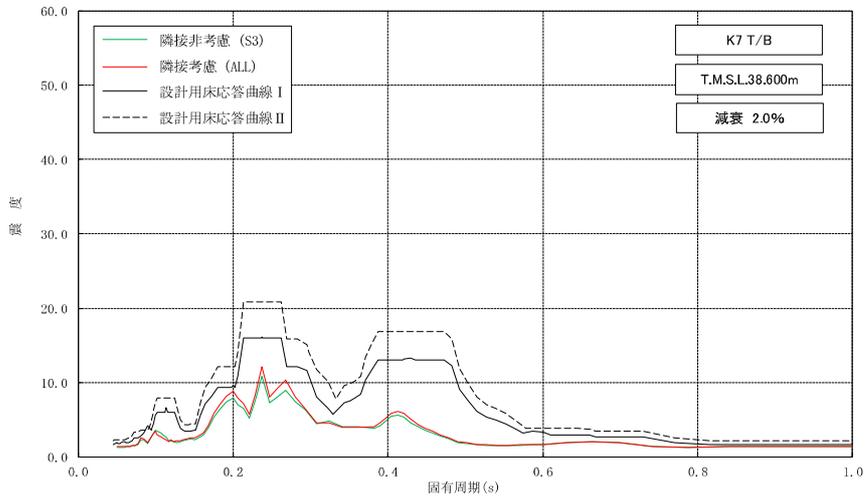
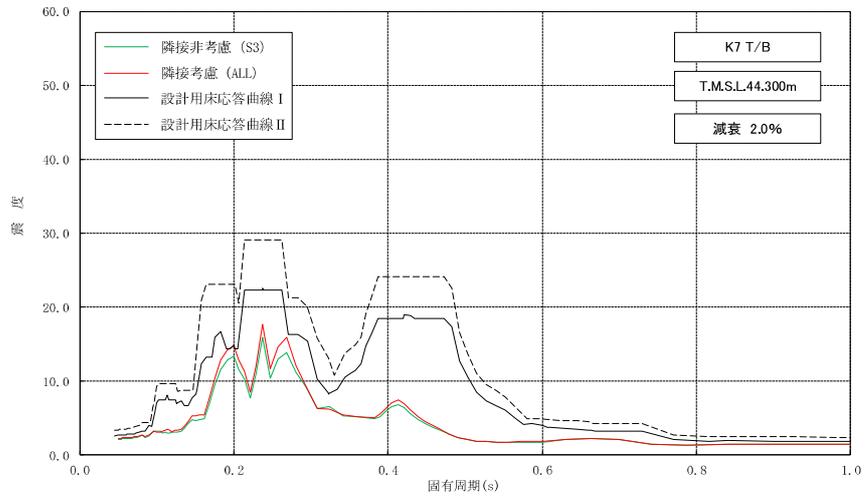


図 3-33 床応答スペクトルの比較 (7号機タービン建屋, 水平方向, 減衰 2.0%) (1/3)

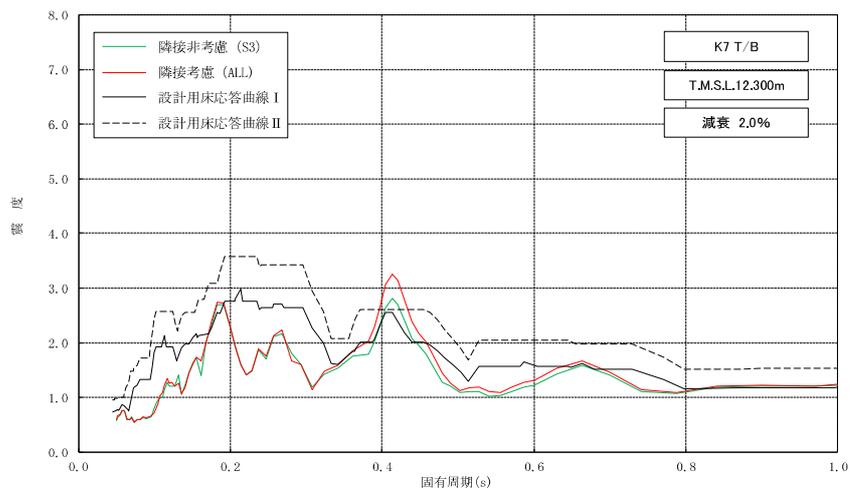
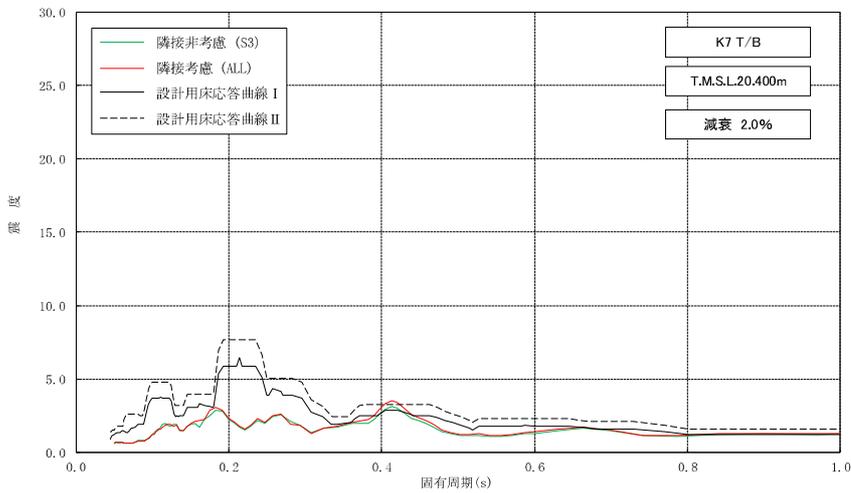
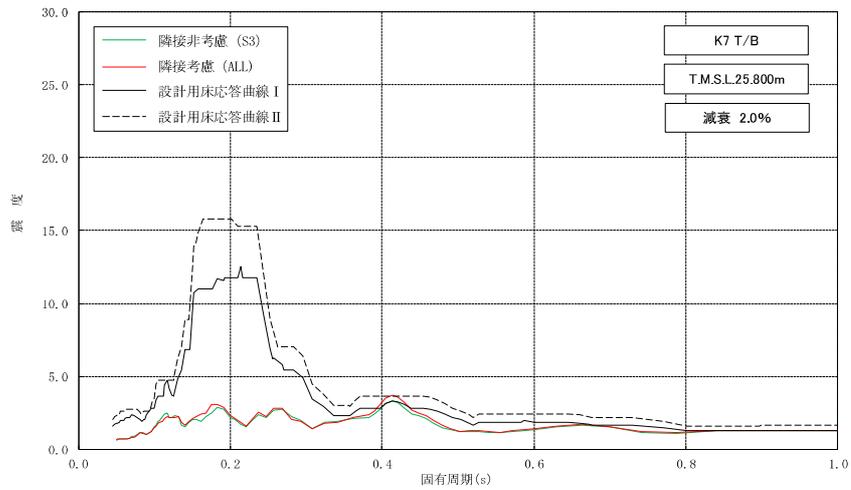


図 3-33 床応答スペクトルの比較 (7号機タービン建屋, 水平方向, 減衰 2.0%) (2/3)

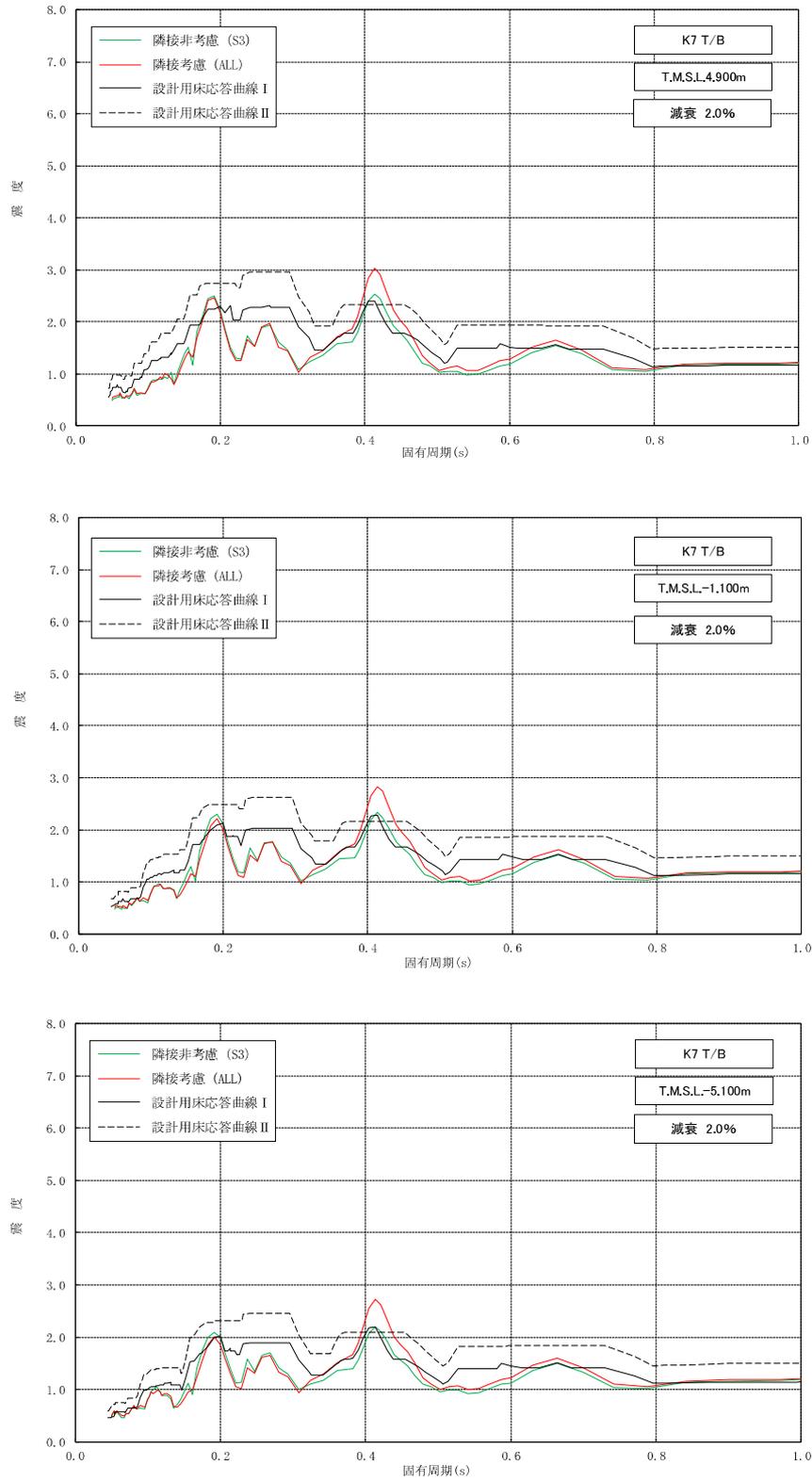


図 3-33 床応答スペクトルの比較 (7号機タービン建屋, 水平方向, 減衰 2.0%) (3/3)

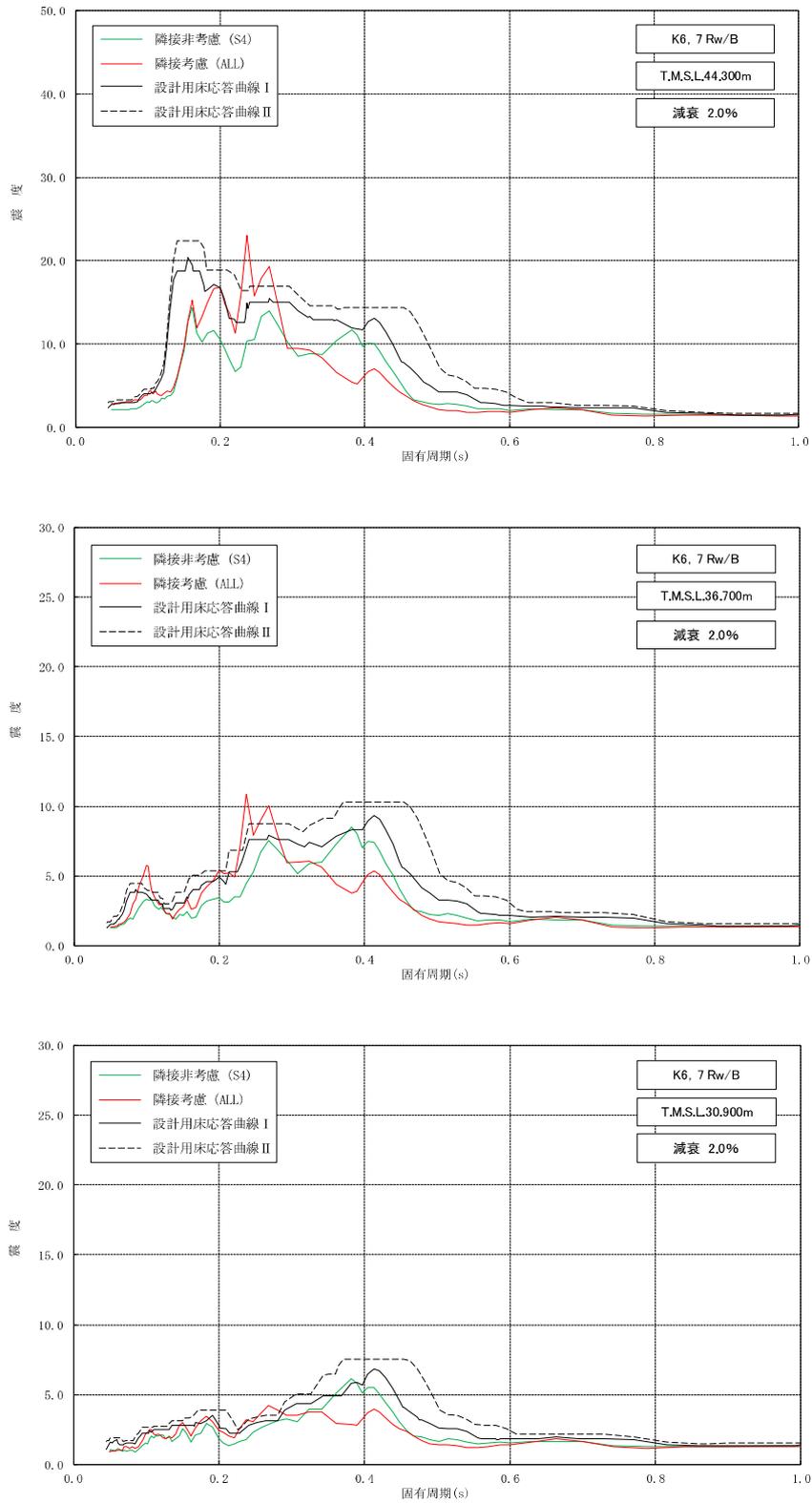


図 3-34 床応答スペクトルの比較（廃棄物処理建屋，水平方向，減衰 2.0%）（1/3）

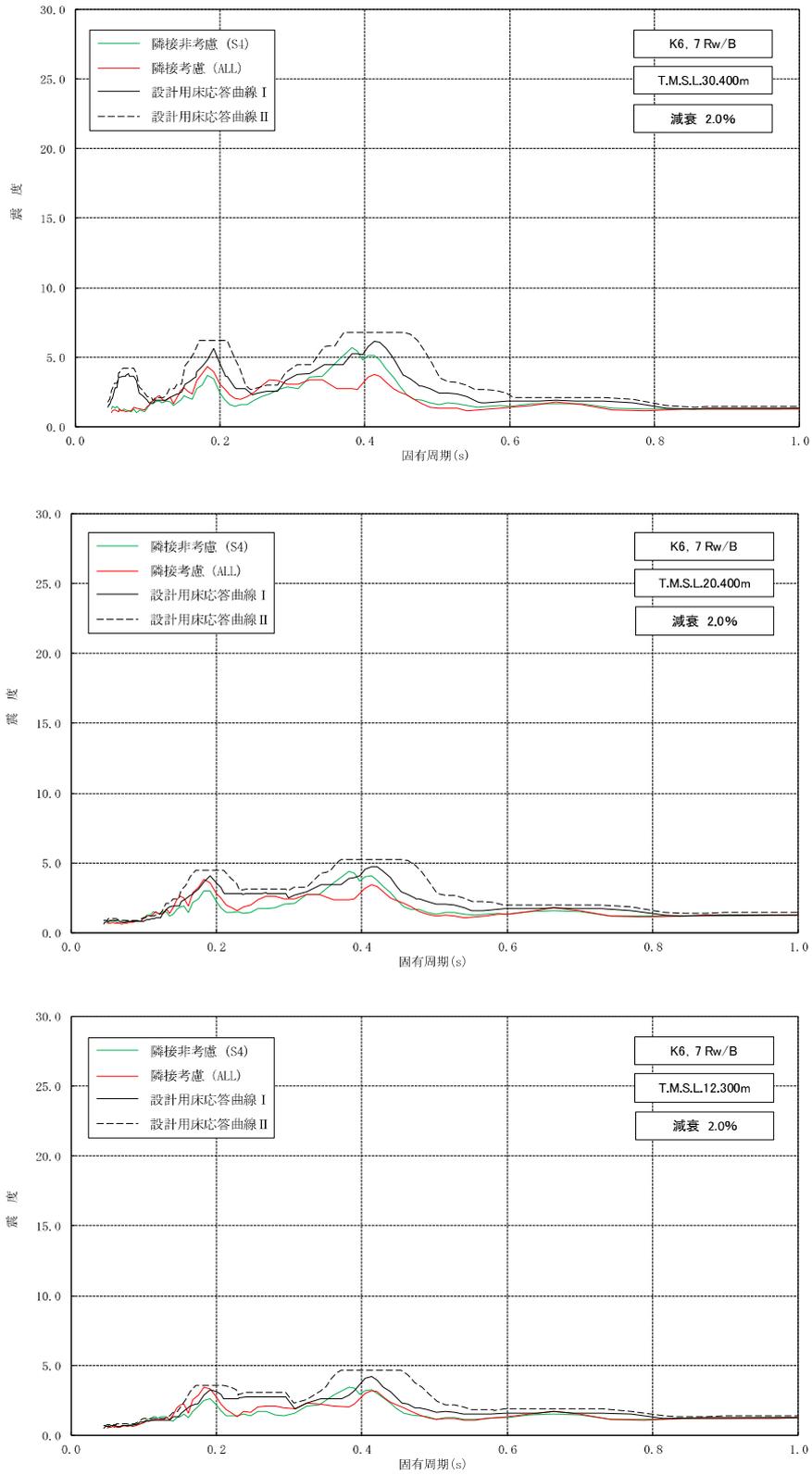


図 3-34 床応答スペクトルの比較（廃棄物処理建屋，水平方向，減衰 2.0%）（2/3）

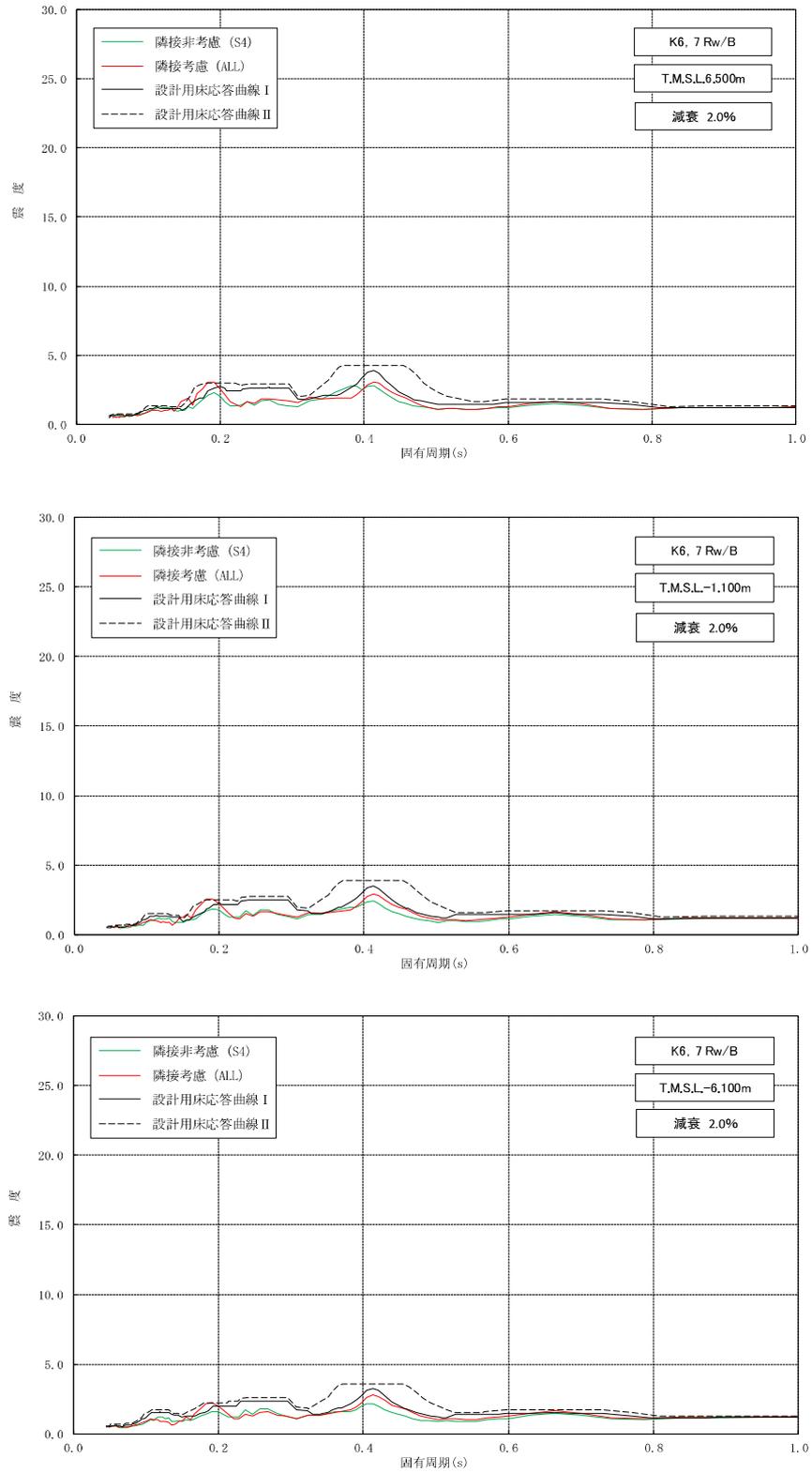


図 3-34 床応答スペクトルの比較（廃棄物処理建屋，水平方向，減衰 2.0%）（3/3）

4. まとめ

4.1 既往の知見に基づく検討結果

「2. 既往の知見に基づく検討」により，以下の知見を得た。

「NUPEC 試験」では，実地盤上に建設された鉄筋コンクリート製試験体における地震観測による検討において，同種 2 棟の建屋が隣接する場合の地震応答は，単独の場合と比較してほぼ同等又は低減される傾向となることが確認されている。

更に，同試験におけるその他各種試験結果から，隣接効果による建屋応答の性状変化は，建屋条件により固有のものとなることが明らかにされているが，定性的には，建屋が隣接した状態と単独の状態を比較した場合，隣接した状態の方が建屋応答が低減される傾向にあることが確認されている。

「NUPEC 試験」は今回の検討とは隣接する各建屋の配置状況，重量及び基礎形状などの条件が異なることから，隣接影響効果を単純に比較できないため，「2. 既往の知見に基づく検討」は参考として記載している。

4.2 柏崎刈羽原子力発電所 第7号機における隣接建屋の影響検討結果

4.2.1 建物・構築物への影響

柏崎刈羽原子力発電所 第7号機の工事計画認可申請対象である建物・構築物のうち、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、両者の建屋応答を比較した。

各建屋の最大応答値について確認した結果、応答倍率（隣接考慮／隣接非考慮）は、K7R/Bでは0.56（部材番号8, EW方向の曲げモーメント）～1.31（部材番号5, EW方向のせん断力）、C/Bでは0.55（部材番号5, NS方向の曲げモーメント）～1.45（部材番号1, NS方向の曲げモーメント）、K7T/Bでは0.84（部材番号1, NS方向の曲げモーメント）～1.15（部材番号4, EW方向のせん断力）、Rw/Bでは0.66（部材番号2, NS方向の曲げモーメント）～1.19（質点番号10, NS方向の加速度）であり、隣接建屋の影響によって応答が増幅又は減少する効果があることを確認した。影響が見られる応答成分や方向に違いが見られることから、K7R/B, C/B, K7T/B及びRw/Bではこれらの効果を個別に確認する。別紙2では建物・構築物の応答増幅の評価結果を、別紙3では建物・構築物のうち、水密扉等付帯設備の応答増幅の評価結果を示す。

4.2.2 機器への影響

柏崎刈羽原子力発電所 第7号機の工事計画認可申請対象である建物・構築物のうち、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、両者の建屋応答を比較した。

建屋を配置した場合の床応答スペクトルは、各建屋単独でモデル化した場合の床応答スペクトルに対して、機器への影響が支配的になる領域（機器の固有周期が存在する領域；概ね0.2s以下）では、大きくなる部分もあるが、機器の余裕を考慮すると耐震性への影響が無いことを確認した。

【参考文献】

- 1) 耐震安全解析コード改良試験原子炉建屋の隣接効果試験に関する報告書、(財)原子力発電技術機構、平成6年度～平成13年度
- 2) 鈴木 篤他、「地震観測に基づく建造物の隣接効果の検討」、日本建築学会学術講演梗概集、21169, P.337-338, 2000年9月

別紙 1 建屋構造特性の整理

1. 建屋構造特性の整理

柏崎刈羽原子力発電所 第7号機の工事計画認可申請対象である7号機原子炉建屋，コントロール建屋，7号機タービン建屋及び廃棄物処理建屋の構造特性を整理した結果を表1-1(1/2)に示す。また，第6号機の工事計画認可申請対象である6号機原子炉建屋及び6号機タービン建屋についても，6棟連成の解析モデル（解析ケース ALL）に考慮していることから，構造特性を整理した結果を表1-1(2/2)に示す。

表1-1 建屋構造特性整理表(1/2)

		7号機原子炉 建屋	コントロール 建屋	7号機タービン 建屋	廃棄物処理 建屋
基礎スラブ 幅 (m) (NS) × (EW)		56.6×59.6	42.0×59.0	97.0×82.0	35.8×73.0
重量 (kN)	基礎 スラブ	558490	205980	759230	215180
	建屋	1396620	450420	1796800	797000
	基礎 スラブ + 建屋	1955110	656400	2556030	1012180
1次固有 振動数*1 (Hz)	NS	2.28	3.85	2.74	2.54
	EW	2.33	4.08	2.56	2.94
質点高さ T. M. S. L. (m) *2	上端	49.7	24.1	44.3	44.3
	下端	-13.7	-5.5	-7.9	-8.6

注記*1 : 基準地震動 Ss-1 入力の SR モデル解析時の値。

注記*2 : 東京湾平均海面（以下，「T. M. S. L.」という。）

表 1-1 建屋構造特性整理表 (2/2)

		6号機原子炉 建屋	6号機タービン 建屋
基礎スラブ 幅 (m) (NS) × (EW)		56.6 × 59.6	97.0 × 82.0
重量 (kN)	基礎 スラブ	556720	757160
	建屋	1400020	1793070
	基礎 スラブ + 建屋	1956740	2550230
1次固有 振動数*1 (Hz)	NS	2.27	2.78
	EW	2.33	2.56
質点高さ T. M. S. L. (m) *2	上端	49.7	44.3
	下端	-13.7	-7.9

注記*1 : 基準地震動 Ss-1 入力の SR モデル解析時の値。

注記*2 : 東京湾平均海面 (以下, 「T. M. S. L.」 という。)

別紙 2 応答増幅の影響について

目 次

1. 概要	別紙 2-1
2. 検討方針	別紙 2-1
3. 検討結果	別紙 2-22

1. 概要

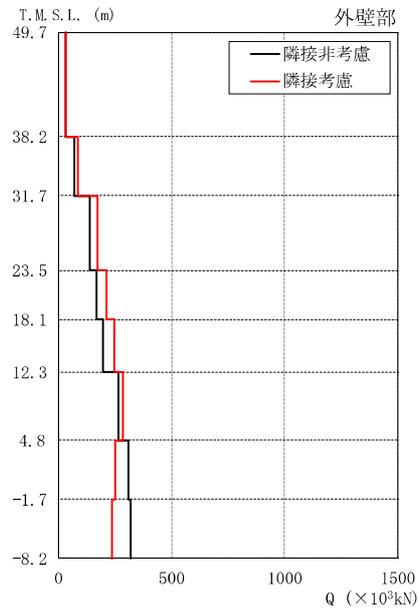
本資料は、隣接建屋の影響として、耐震評価を実施している躯体関係の応答増幅の影響検討を行うものである。

2. 検討方針

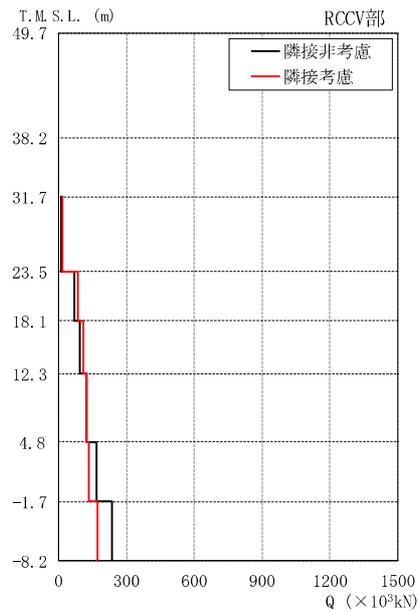
検討対象を表 2-1 に示す。隣接建屋を考慮した応答倍率（隣接考慮／隣接非考慮）と、各検討対象の評価結果より影響検討を行う。7号機原子炉建屋（以下「K7R/B」という。）の建屋モデル及び隣接応答倍率を図 2-1 及び図 2-2～図 2-5 に、コントロール建屋（以下「C/B」という。）の建屋モデル及び隣接応答倍率を図 2-6 及び図 2-7～図 2-10 に、7号機タービン建屋（以下「K7T/B」という。）の建屋モデル及び隣接応答倍率を図 2-11 及び図 2-12～図 2-15 に、廃棄物処理建屋（以下「Rw/B」という。）の建屋モデル及び隣接応答倍率を図 2-16 及び図 2-17～図 2-20 に示す。評価フローを図 2-21 に示す。

表 2-1 検討対象

検討対象	建屋名称	説明ページ
耐震壁	K7R/B	別紙 2-22
	C/B	
	K7T/B	
	Rw/B	
基礎スラブ	K7R/B	別紙 2-25
	C/B	
	K7T/B	
	Rw/B	
屋根トラス	K7R/B	別紙 2-28
原子炉格納容器 コンクリート部 (RCCV)	K7R/B	別紙 2-37
使用済燃料貯蔵 プール (SFP)	K7R/B	別紙 2-45
主排気筒	K7R/B	別紙 2-54
復水貯蔵槽 (CSP)	Rw/B	別紙 2-66



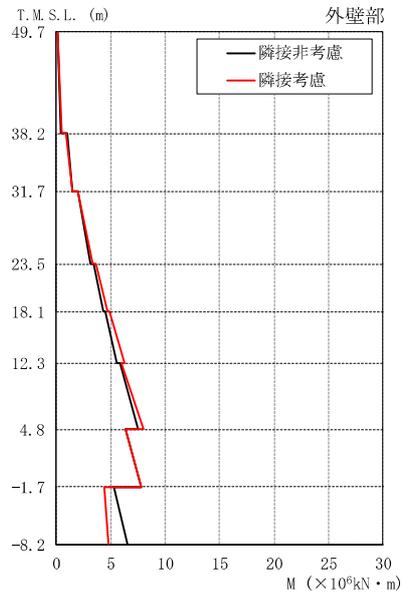
T.M.S.L. (m)	隣接非考慮	隣接考慮	比率
49.7	29.9	32.8	1.10
38.2	72.2	86.3	1.20
31.7	140	172	1.23
23.5	167	212	1.27
18.1	199	247	1.24
12.3	263	284	1.08
4.8	310	252	0.81
-1.7	318	237	0.75



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

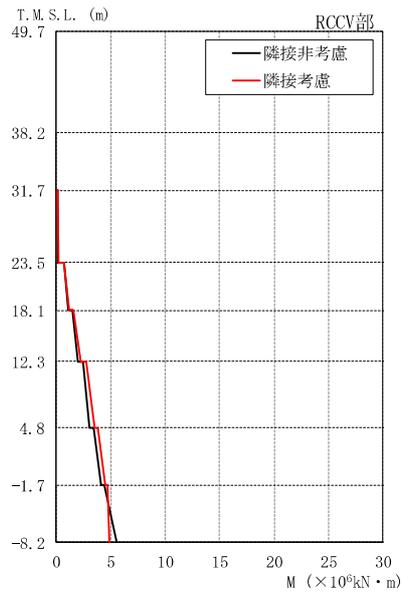
注：東京湾平均海面（以下、「T.M.S.L.」という。）

図 2-2 K7R/B の隣接応答倍率 (Sd-1, NS 方向) : せん断力



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

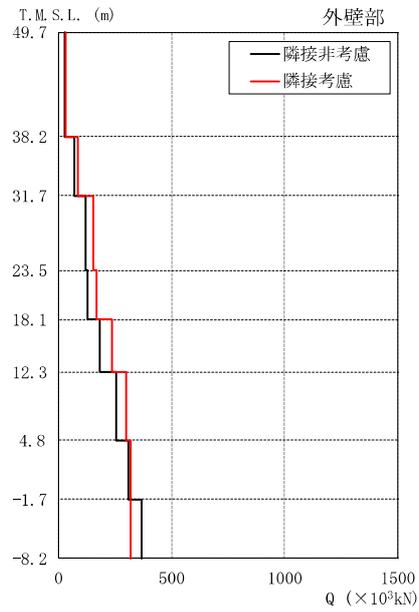
M ($\times 10^6 \text{kN} \cdot \text{m}$)



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

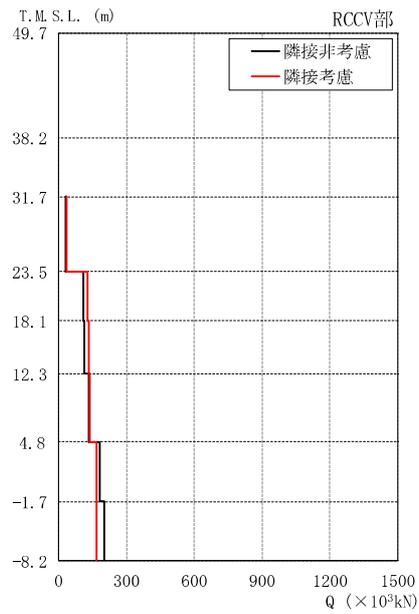
M ($\times 10^6 \text{kN} \cdot \text{m}$)

図 2-3 K7R/B の隣接応答倍率 (Sd-1, NS 方向) : 曲げモーメント



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

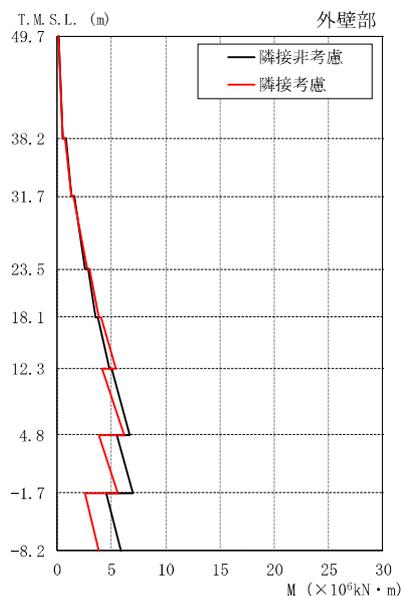
Q ($\times 10^3$ kN)



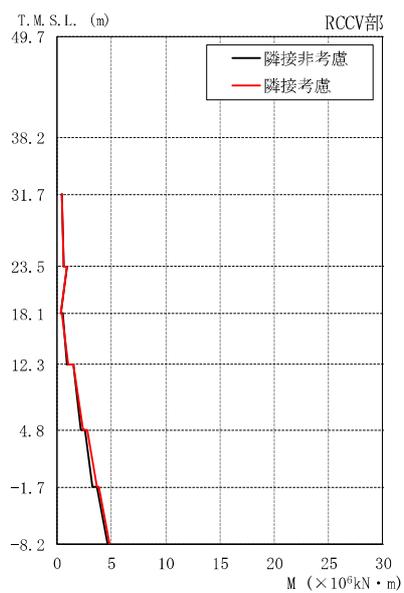
T.M.S.L. (m)	隣接非考慮	隣接考慮	比率
31.7	33.1	36.4	1.10
23.5	108	131	1.21
18.1	113	134	1.19
12.3	135	141	1.04
4.8	183	167	0.91
-1.7	204	167	0.82

Q ($\times 10^3$ kN)

図 2-4 K7R/B の隣接応答倍率 (Sd-1, EW 方向) : せん断力



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 2-5 K7R/B の隣接応答倍率 (Sd-1, EW 方向) : 曲げモーメント

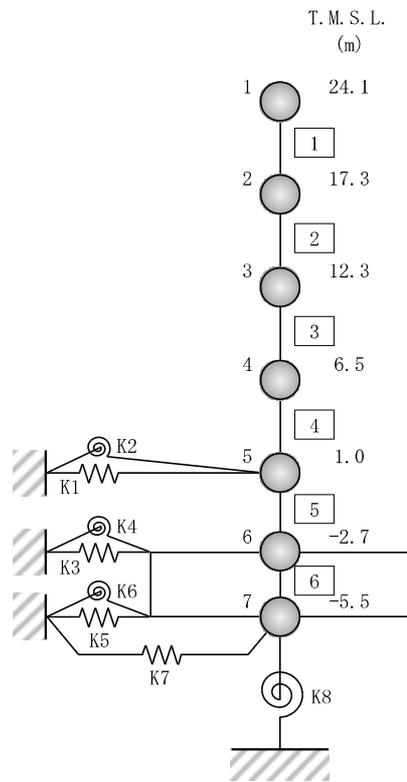


図 2-6 C/B の建屋モデル

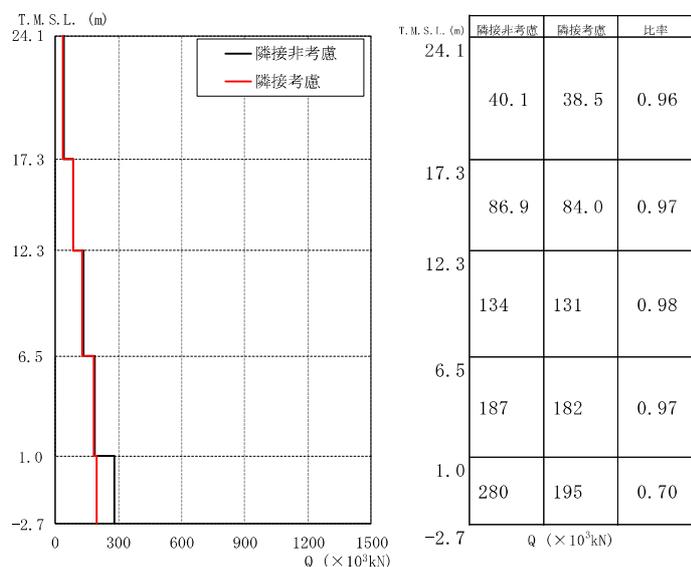


図 2-7 C/B の隣接応答倍率 (Sd-1, NS 方向) : せん断力

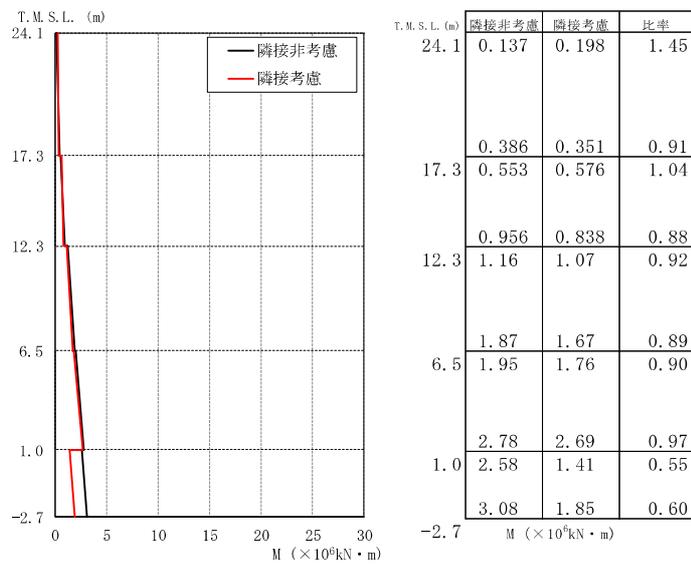


図 2-8 C/B の隣接応答倍率 (Sd-1, NS 方向) : 曲げモーメント

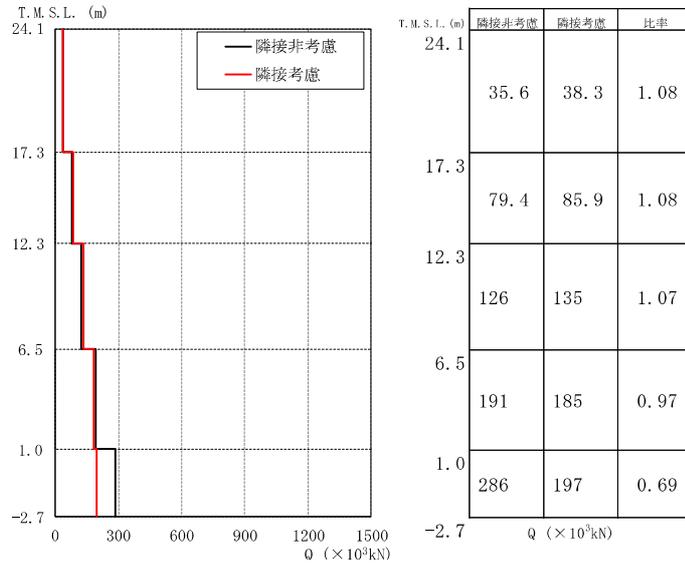


図 2-9 C/B の隣接応答倍率 (Sd-1, EW 方向) : せん断力

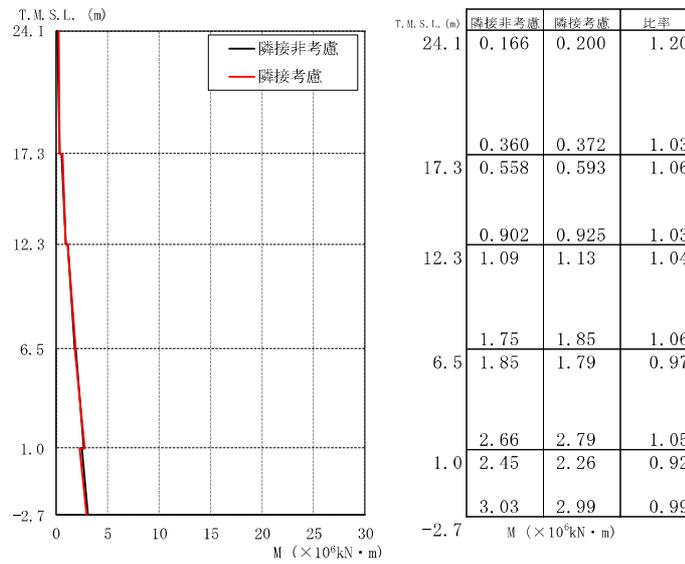


図 2-10 C/B の隣接応答倍率 (Sd-1, EW 方向) : 曲げモーメント

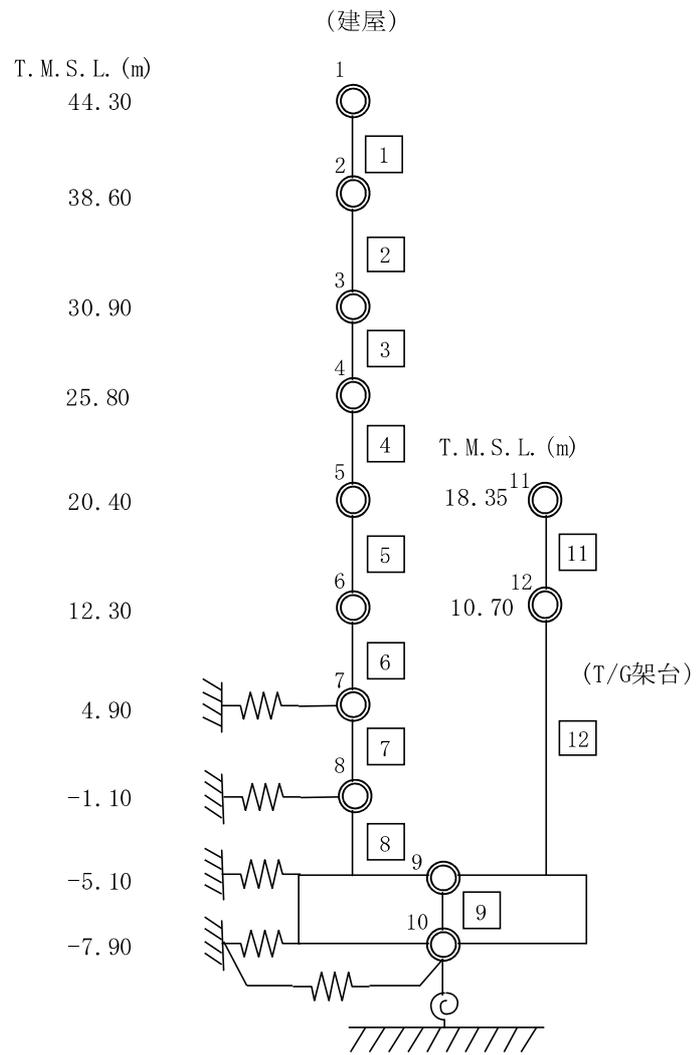
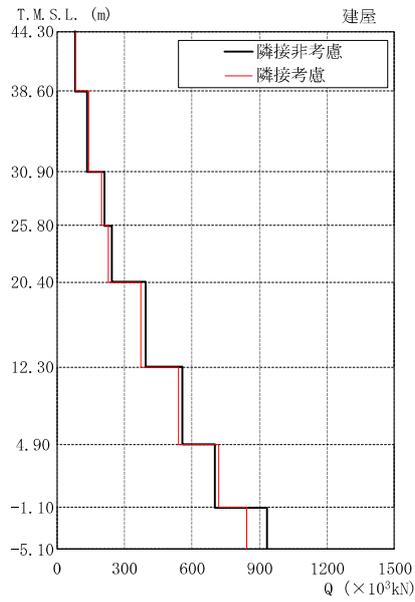
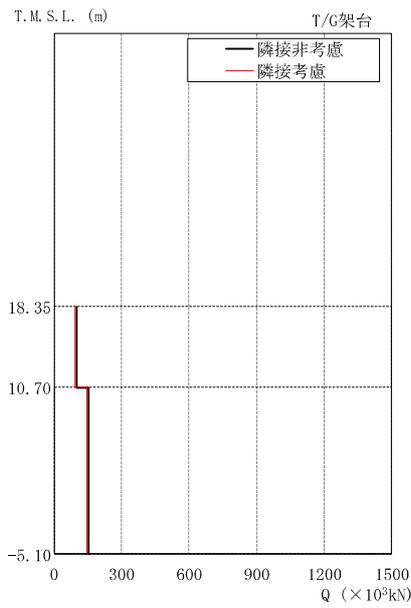


図 2-11 K7T/B の建屋モデル

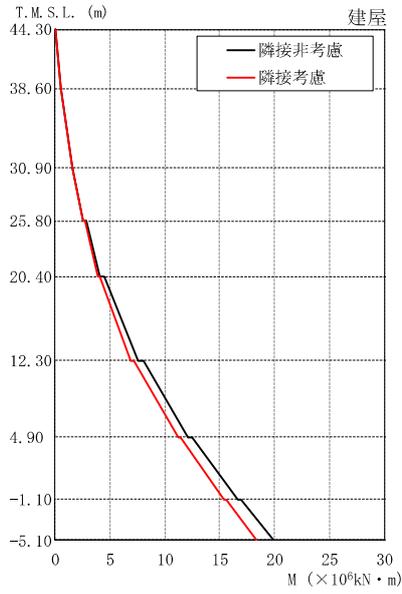


T.M.S.L. (m)	隣接非考慮	隣接考慮	比率
44.30	82.1	82.6	1.01
38.60	135	139	1.03
30.90	210	197	0.94
25.80	246	230	0.93
20.40	396	374	0.94
12.30	557	540	0.97
4.90	704	720	1.02
-1.10	931	842	0.90

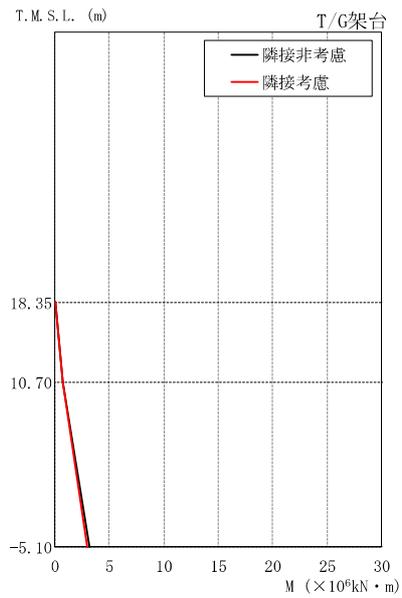


T.M.S.L. (m)	隣接非考慮	隣接考慮	比率
18.35	98.5	91.4	0.93
10.70	153	145	0.95

図 2-12 K7T/B の隣接応答倍率(Sd-1, NS 方向) : せん断力

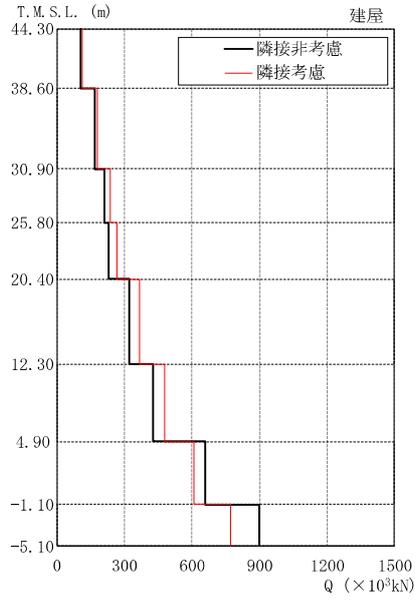


T.M.S.L. (m)	隣接非考慮	隣接考慮	比率
44.30	0.0250	0.0210	0.84
	0.475	0.477	1.00
38.60	0.478	0.479	1.00
	1.52	1.55	1.02
30.90	1.54	1.57	1.02
	2.50	2.55	1.02
25.80	2.78	2.72	0.98
	4.06	3.92	0.97
20.40	4.46	4.11	0.92
	7.54	6.91	0.92
12.30	8.05	7.18	0.89
	12.1	11.2	0.93
4.90	12.5	11.4	0.91
	16.6	15.4	0.93
-1.10	16.9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

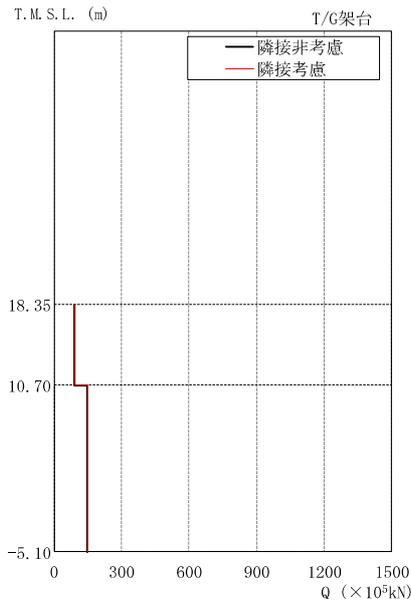


T.M.S.L. (m)	隣接非考慮	隣接考慮	比率
18.35	0.00	0.00	-
	0.753	0.699	0.93
10.70	0.753	0.699	0.93
	3.18	3.00	0.94

図 2-13 K7T/B の隣接応答倍率(Sd-1, NS 方向) : 曲げモーメント



T.M.S.L. (m)	隣接非考慮	隣接考慮	比率
44.30	107	112	1.05
38.60	168	178	1.06
30.90	212	238	1.12
25.80	231	265	1.15
20.40	321	368	1.15
12.30	426	480	1.13
4.90	661	610	0.92
-1.10	898	773	0.86

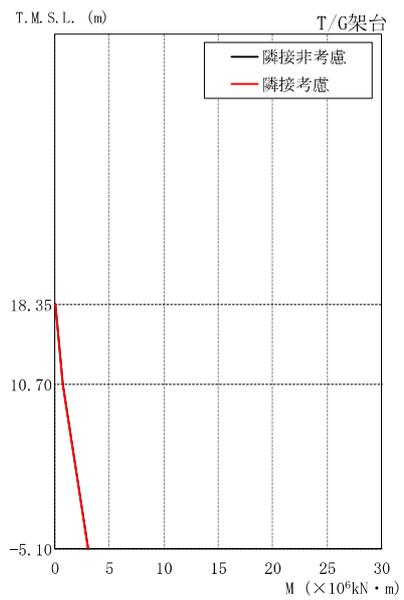


T.M.S.L. (m)	隣接非考慮	隣接考慮	比率
18.35	92.6	92.0	0.99
10.70	148	149	1.01

図 2-14 K7T/B の隣接応答倍率 (Sd-1, EW 方向) : せん断力



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 2-15 K7T/B の隣接応答倍率 (Sd-1, EW 方向) : 曲げモーメント

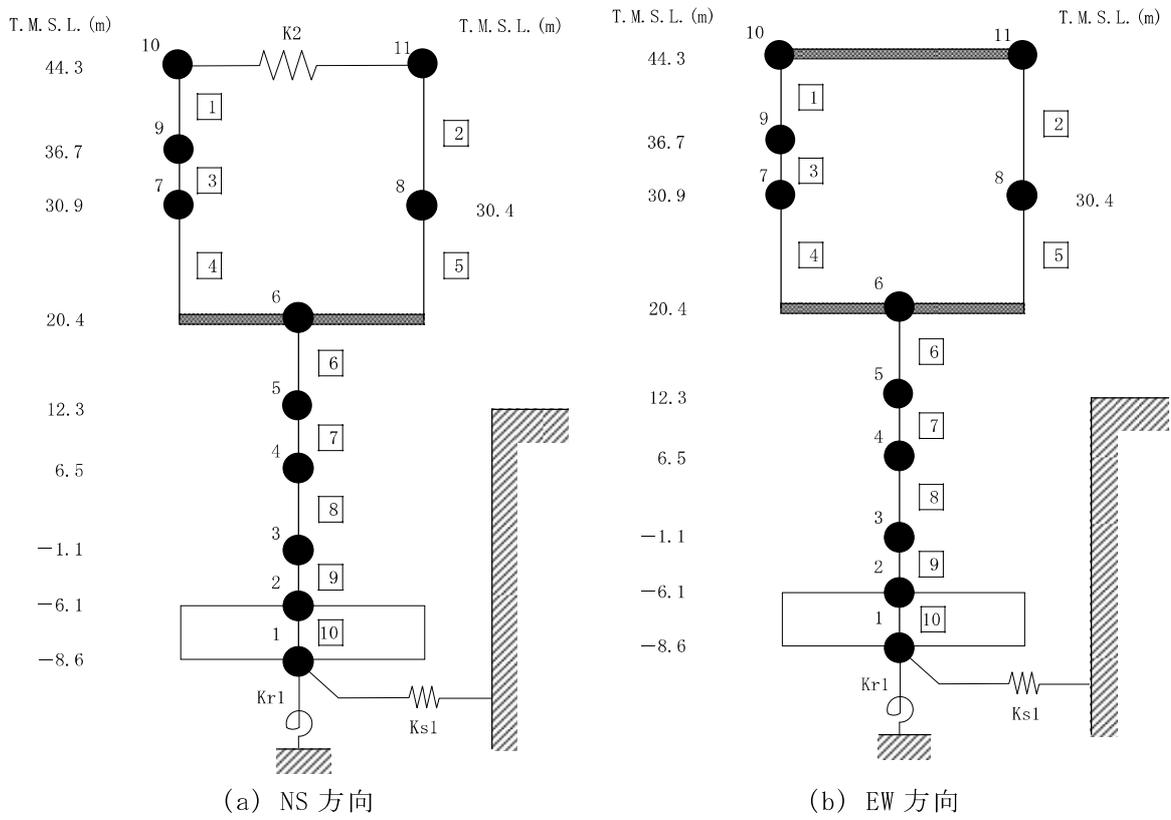


図 2-16 Rw/B の建屋モデル

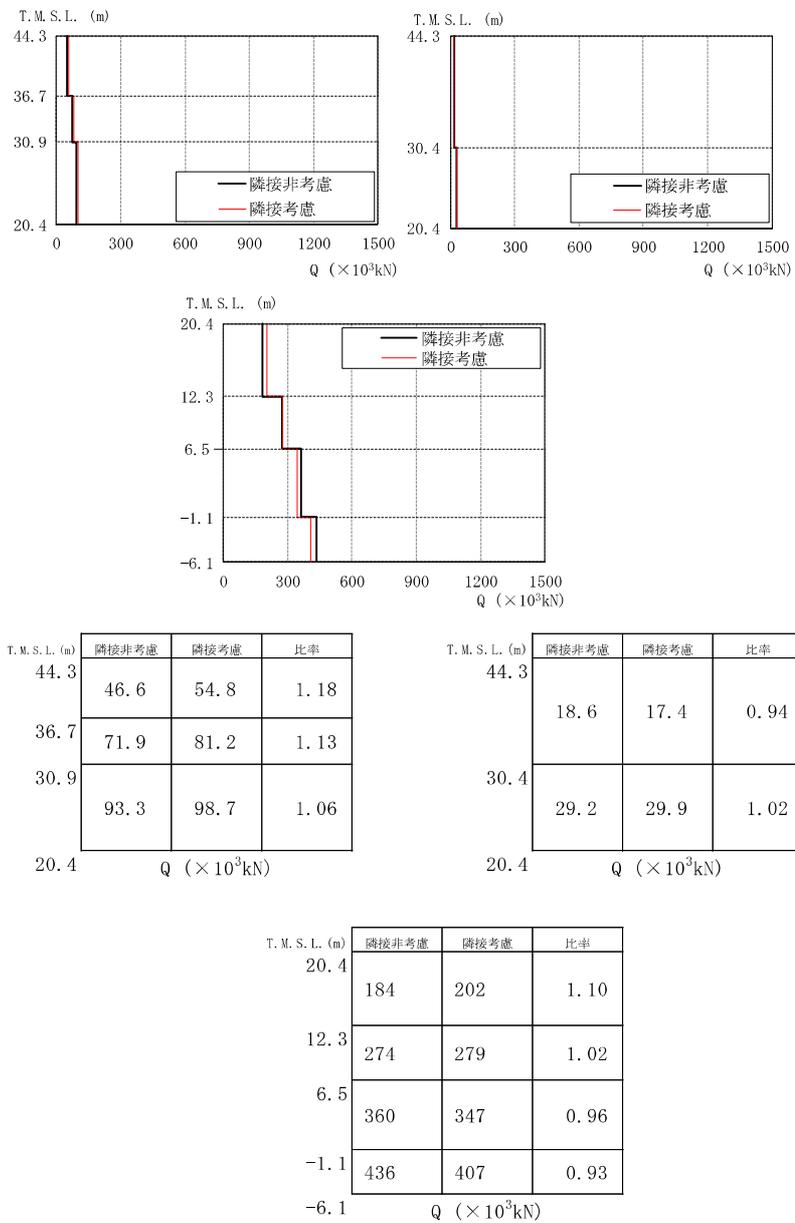
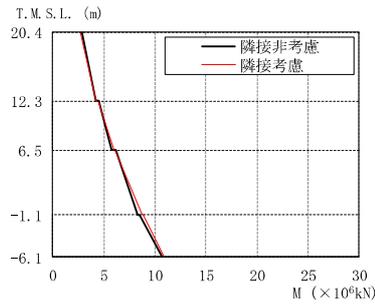
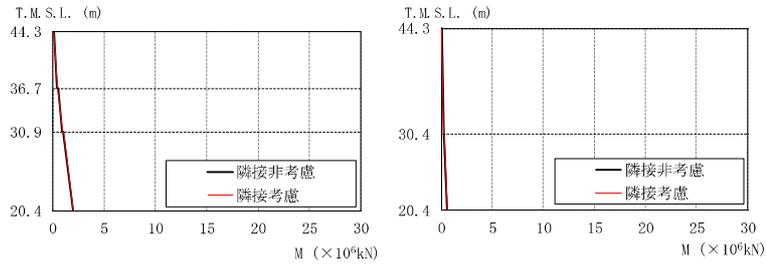


図 2-17 Rw/B の隣接応答倍率 (Sd-1, NS 方向) : せん断力



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 (×10⁶kN)

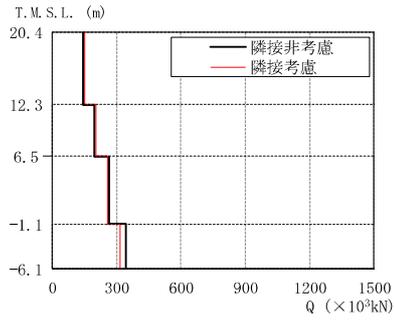
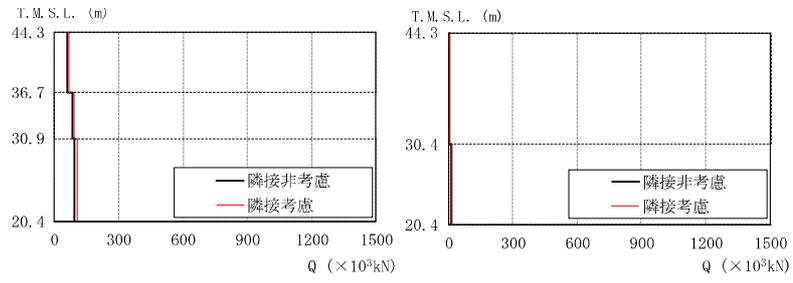
T. M. S. L. (m)	隣接非考慮	隣接考慮	比率
44.3	0.0283	0.0187	0.66
	0.266	0.253	0.95
30.4	0.303	0.275	0.91
20.4	0.595	0.557	0.94

M (×10⁶kN)

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 (×10⁶kN)

図 2-18 Rw/B の隣接応答倍率 (Sd-1, NS 方向) : 曲げモーメント



T.M.S.L. (m)	隣接非考慮	隣接考慮	比率
44.3	59.2	65.3	1.10
36.7	81.8	90.6	1.11
30.9	92.6	103	1.11
20.4			

Q (×10³kN)

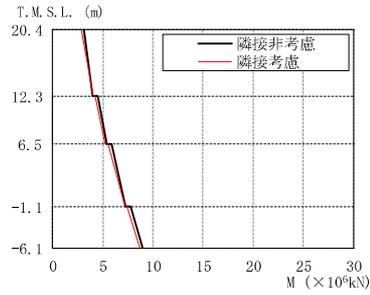
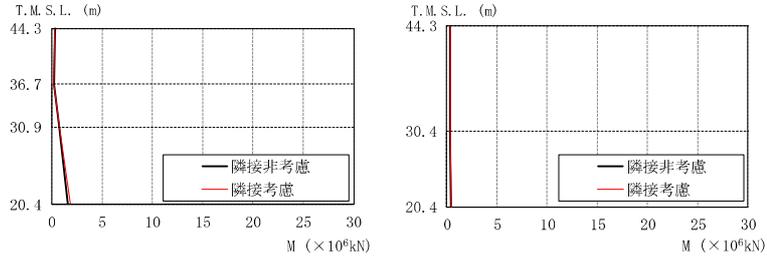
T.M.S.L. (m)	隣接非考慮	隣接考慮	比率
44.3	4.01	4.45	1.11
30.4	13.2	13.1	0.99
20.4			

Q (×10³kN)

T.M.S.L. (m)	隣接非考慮	隣接考慮	比率
20.4	143	152	1.06
12.3	197	203	1.03
6.5	266	256	0.96
-1.1	344	315	0.92
-6.1			

Q (×10³kN)

図 2-19 Rw/B の隣接応答倍率 (Sd-1, EW 方向) : せん断力



T. M. S. L. (m)	隣接非考慮	隣接考慮	比率
44.3	0.270	0.297	1.10
	0.181	0.200	1.10
36.7	0.188	0.209	1.11
	0.662	0.735	1.11
30.9	0.686	0.762	1.11
	1.64	1.85	1.13
20.4			

M (×10⁶kN)

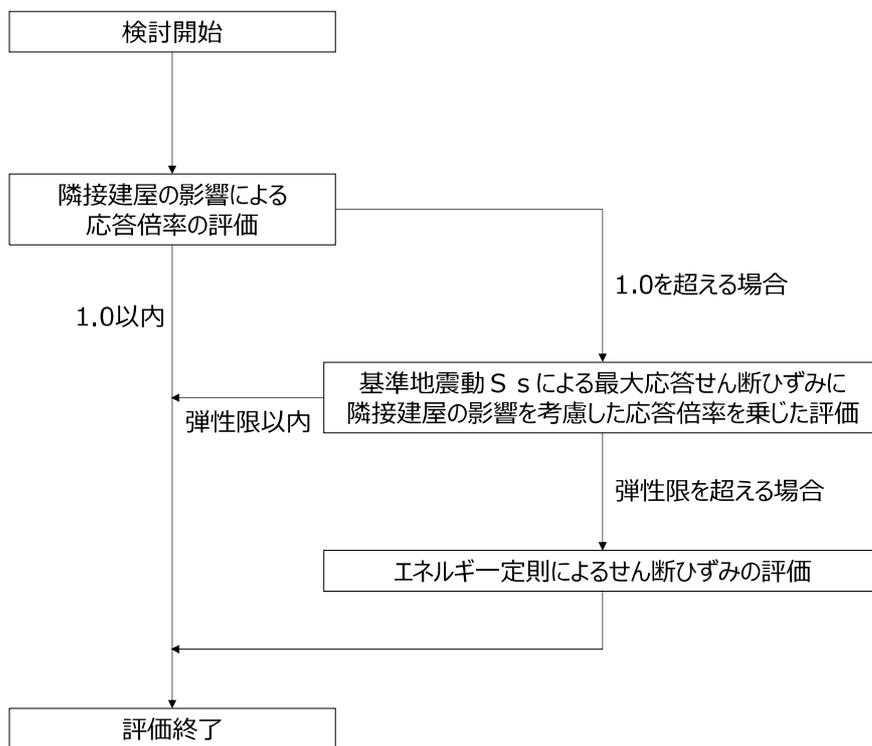
T. M. S. L. (m)	隣接非考慮	隣接考慮	比率
44.3	0.274	0.304	1.11
30.4	0.329	0.366	1.11
	0.332	0.369	1.11
20.4	0.421	0.470	1.12

M (×10⁶kN)

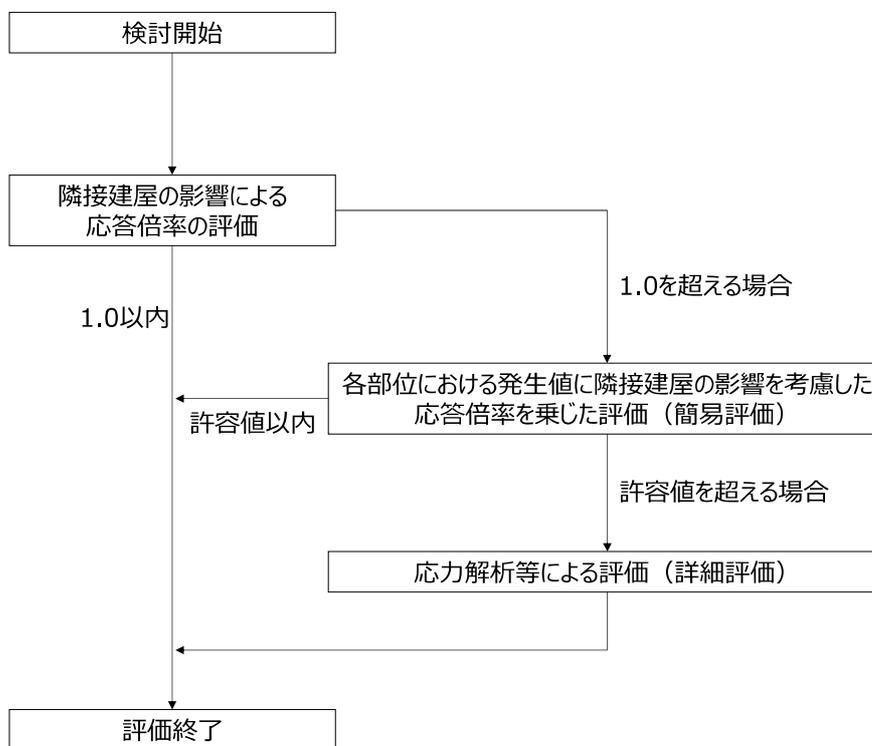
T. M. S. L. (m)	隣接非考慮	隣接考慮	比率
20.4	3.05	2.86	0.94
	4.02	4.02	1.00
12.3	4.49	4.28	0.95
	5.39	5.27	0.98
6.5	5.91	5.53	0.94
	7.29	7.16	0.98
-1.1	7.80	7.38	0.95
	8.93	8.70	0.97
-6.1			

M (×10⁶kN)

図 2-20 Rw/B の隣接応答倍率 (Sd-1, EW 方向) : 曲げモーメント



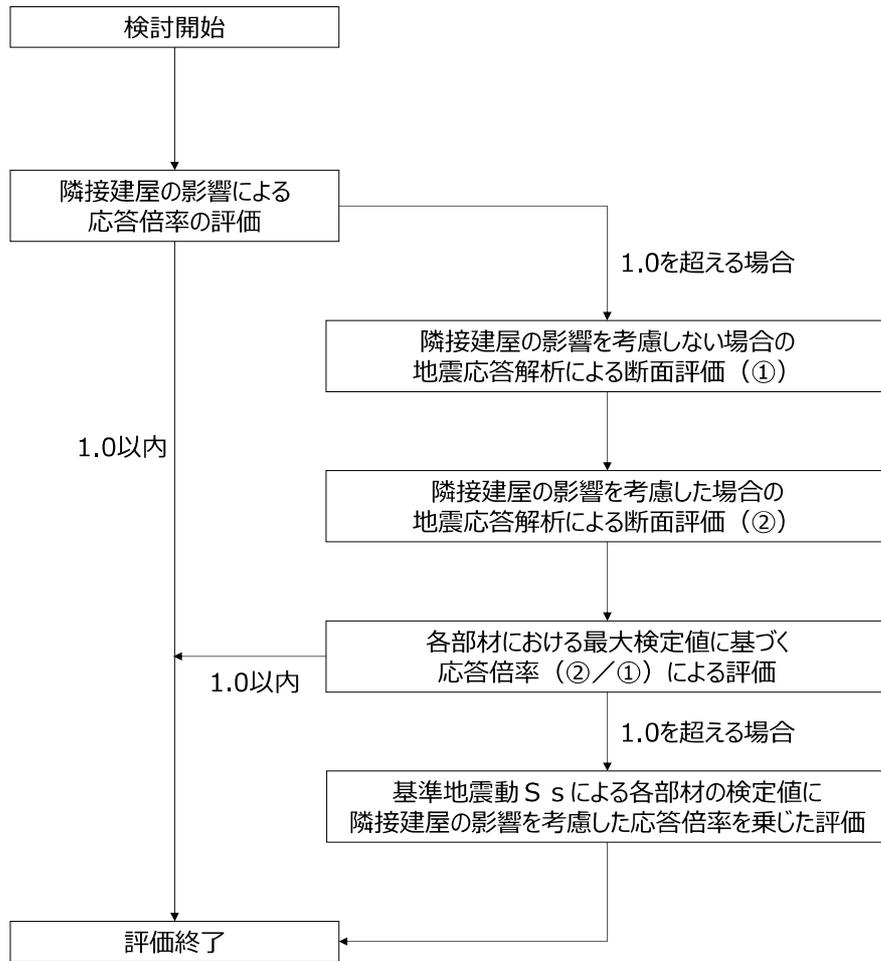
(a) 耐震壁



(b) 基礎スラブ、原子炉格納容器コンクリート部、使用済燃料貯蔵プール及び復水貯蔵槽

図 2-21 評価フロー (1/2)

別紙 2-20



(c) 屋根トラス及び主排気筒

図 2-21 評価フロー (2/2)

3. 検討結果

各検討対象の隣接建屋の影響検討結果を以下に示す。

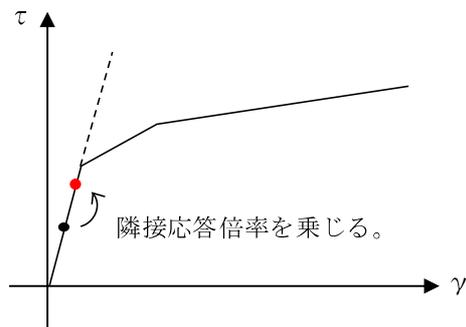
(1) 耐震壁

K7R/B, C/B, K7T/B 及び Rw/B の耐震壁については構造強度の観点から、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 (2.0×10^{-3}) を超えないことを確認している。

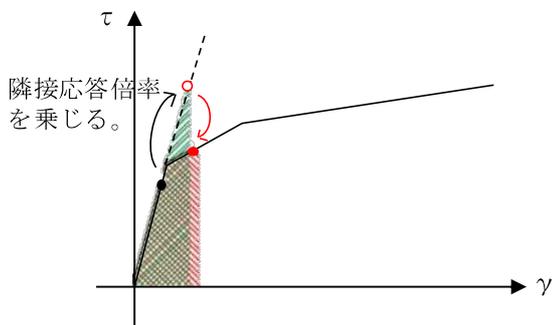
エネルギー一定則によるせん断ひずみの評価方法について図 3-1 に示す。ここでは、各建屋の地震応答解析によって評価された材料の不確かさを考慮した最大せん断ひずみに対して、隣接建屋の影響を考慮した応答倍率を乗じて、許容限界 (2.0×10^{-3}) 以内であることを確認する。なお、最大せん断ひずみが弾性限界を超える場合は、エネルギー一定とし弾性応答に変換し、変換後の応答値に隣接応答倍率をかけて、再度エネルギー一定則によりせん断ひずみを評価する。

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。

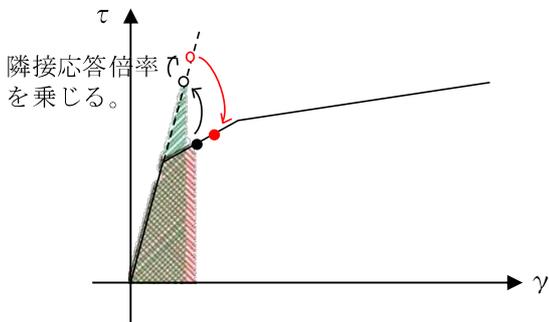
K7R/B の耐震壁における最大せん断ひずみ（エネルギー一定則に基づく）は 0.721×10^{-3} （EW 方向）、C/B の耐震壁における最大せん断ひずみは 0.676×10^{-3} （NS 方向）、K7T/B の耐震壁における最大せん断ひずみ（エネルギー一定則に基づく）は 0.823×10^{-3} （EW 方向）、Rw/B の耐震壁における最大せん断ひずみは 0.178×10^{-3} （NS 方向）で、いずれも許容限界 (2.0×10^{-3}) 以内となり、隣接建屋の影響を考慮しても構造健全性に問題ないことを確認した。



弾性直線状において，地震応答解析による応答結果に隣接応答倍率を乗じる。



隣接応答倍率を乗じた際，第1折点を超える場合，弾性直線の延長線上に隣接影響考慮後の評価結果をプロットする。その後，エネルギー一定則で，評価線分上にプロットする。



地震応答解析による応答結果において，第1折点を超える場合は，エネルギー一定則で弾性直線の延長に戻した後，隣接応答倍率を乗じる。（以下，上記に準じる）

図 3-1 エネルギー一定則によるせん断ひずみの評価方法

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	0.721×10^{-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	0.676×10^{-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	0.823×10^{-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	0.178×10^{-3}	—

(2) 基礎スラブ (RCCV 底部含む)

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。隣接応答倍率の最大値が 1.0 を超える K7R/B, K7TB 及び Rw/B は、影響を検討する。

K7R/B の基礎スラブについては、RCCV 底部及び周辺部基礎の検定値が最大となる評価項目の検定値*に、表 3-2 の隣接応答倍率の最大値 1.07 を乗じる。なお、曲げモーメントについては、基礎スラブに直接作用する基礎スラブ直上の部材の下端における隣接応答倍率を用いることを基本とするが、保守的に上端の隣接応答倍率も考慮している。K7T/B 及び Rw/B についても K7R/B と同様に検定し、評価結果を表 3-3 に示す。隣接応答倍率を考慮した検定値が 1.0 を下回ることを確認した。

以上より、隣接建屋の影響を考慮しても構造健全性に影響はないことを確認した。

注記*：「工事計画に係る説明資料（建屋・構築物の耐震性についての計算書）」のうち「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に関する補足説明資料」及び「原子炉建屋基礎スラブの耐震性についての計算書に関する補足説明資料」の別紙 4「応力解析における断面の評価部位の選定」参照。

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

	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

	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

	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

	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。応力平均化の方法、範囲等については、「工事計画に係る説明資料（建屋・構築物の耐震性についての計算書）」のうち「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に関する補足説明資料」の別紙 5「応力解析における応力平均化の考え方」参照。

(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。応力平均化の方法、範囲等については、「工事計画に係る説明資料（建屋・構築物の耐震性についての計算書）」のうち「廃棄物処理建屋の耐震性についての計算書に関する補足説明資料」の別紙 5「応力解析における応力平均化の考え方」参照。

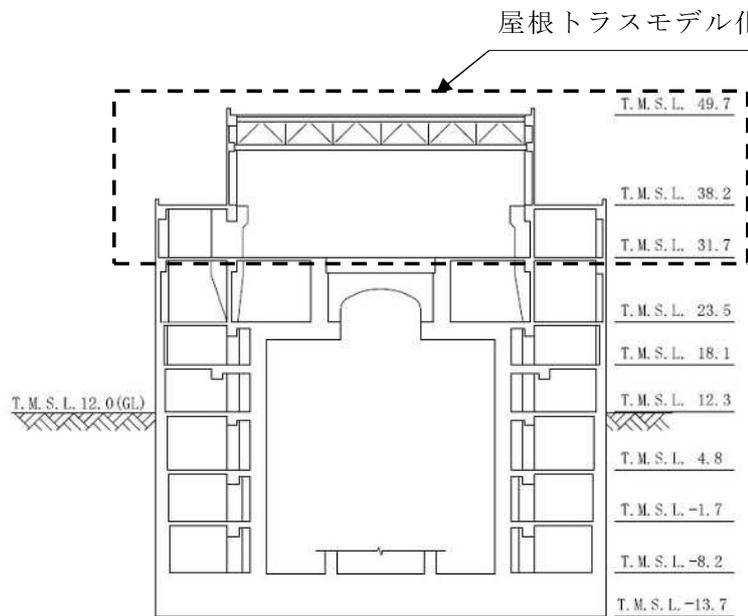
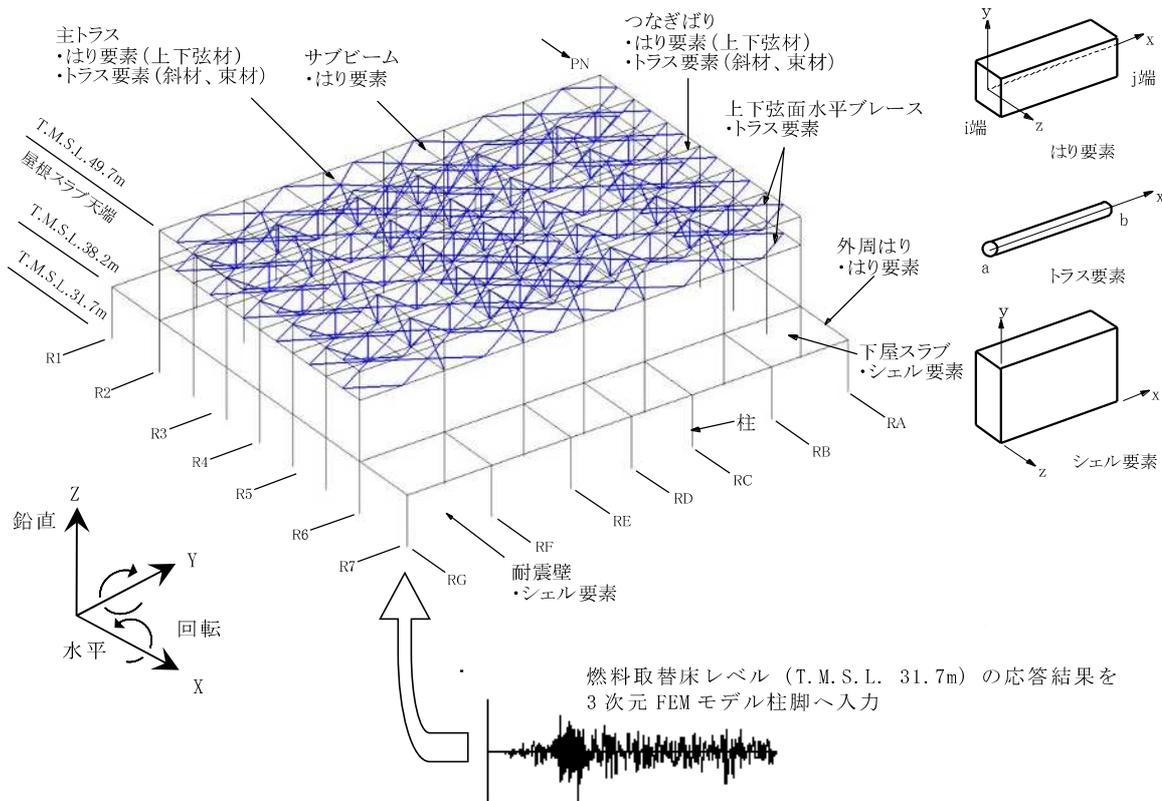
(3) 原子炉建屋屋根トラス

原子炉建屋の屋根トラスについては、屋根トラスの 3 次元 FEM モデル下端レベル (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ことから、3 次元 FEM モデル下端レベルにおける隣接建屋を考慮しない時刻歴応答波形と、隣接建屋を考慮する時刻歴応答波形の両者を用いた地震応答解析を行い、屋根トラスの各部材における最大検定値の比 (隣接考慮/隣接非考慮) を隣接建屋の影響を考慮した応答倍率とする。図 3-2 に屋根トラス (燃料取替床上部フレーム) の解析モデル図と入力概要を示す。表 3-4 に隣接応答倍率の NS 方向及び EW 方向を包絡した値を示す。この際、隣接応答倍率が 1.00 を下回る場合は 1.00 とした。

隣接建屋を考慮しない 3 次元 FEM モデル下端レベルにおける時刻歴応答波形を図 3-3 に、隣接建屋を考慮し 3 次元 FEM モデル下端レベルにおける時刻歴応答波形を図 3-4 に、両者の応答スペクトルを図 3-5 に示す。

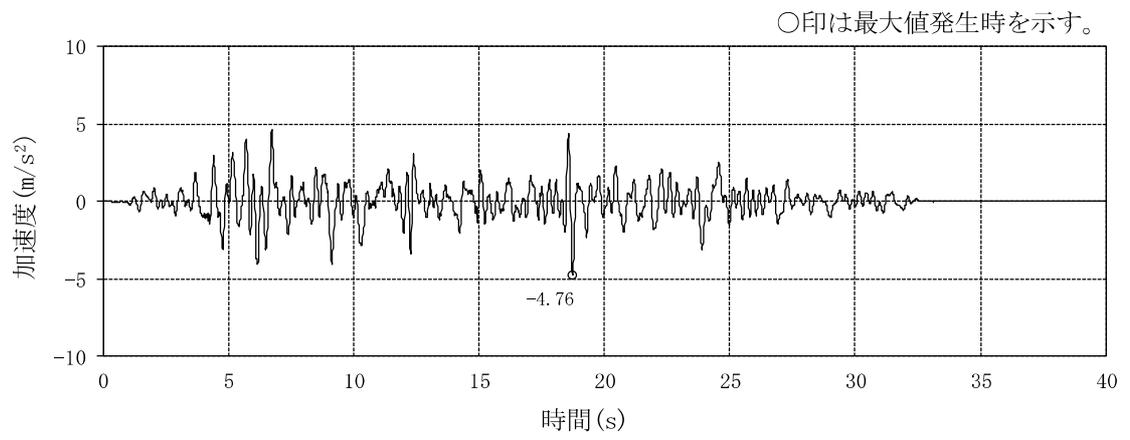
屋根トラスの断面評価結果一覧を表 3-5 に示す。最も検定値が大きいのは、つなぎばりの下弦材であり、隣接応答倍率 1.00 を乗じると 0.93 となり、1.00 を下回る。

以上より、隣接建屋の影響を考慮しても構造健全性に問題ないことを確認した。

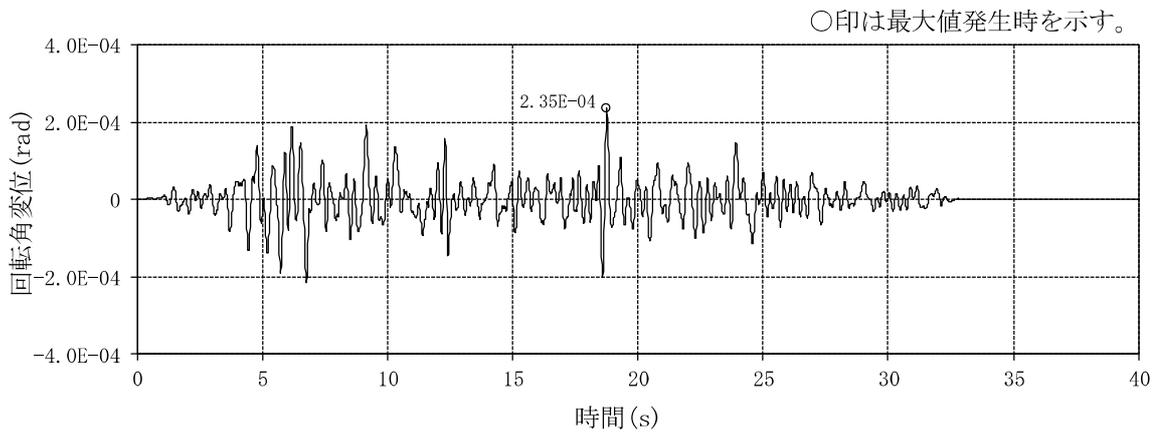


(単位 : m)

図3-2 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

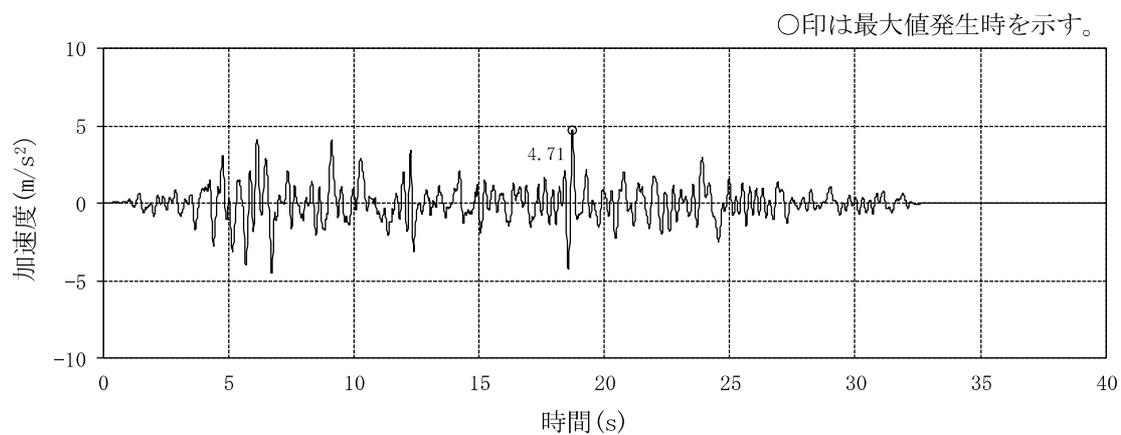


(a) 並進加速度

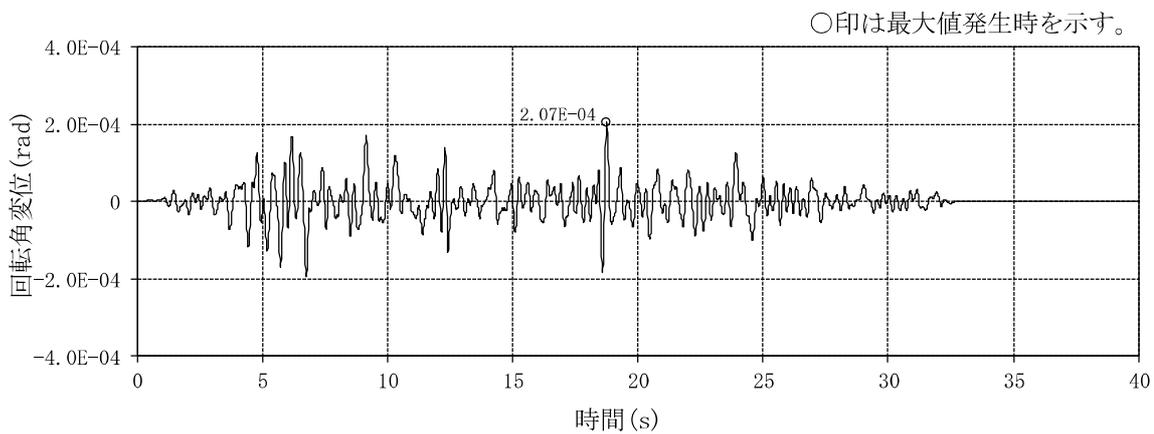


(b) 回転角変位

図 3-3 3次元 FEM モデル下端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)

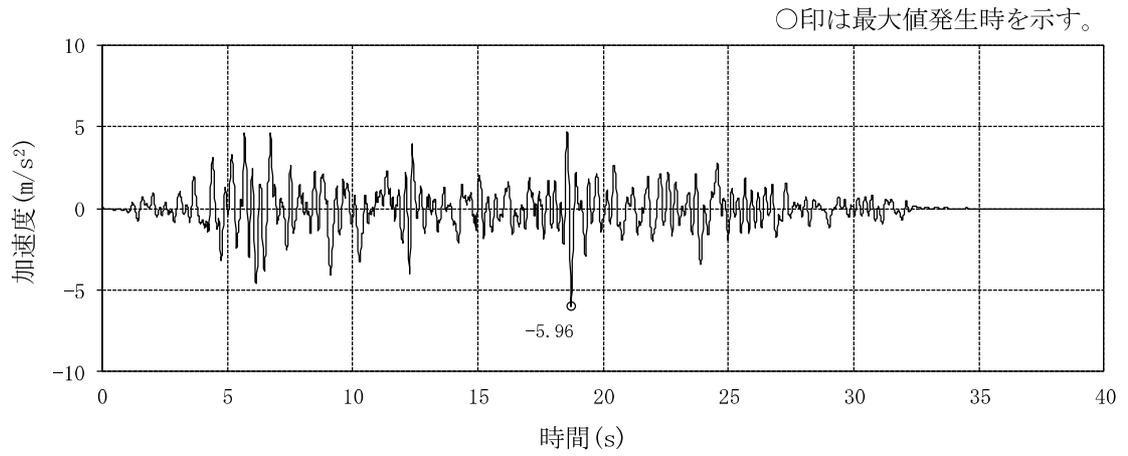


(a) 並進加速度

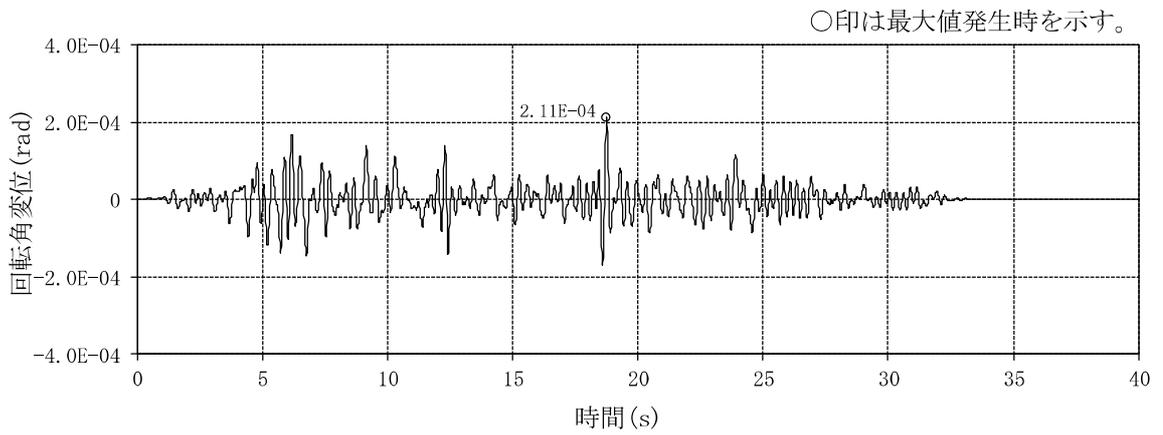


(b) 回転角変位

図 3-3 3次元 FEM モデル下端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)

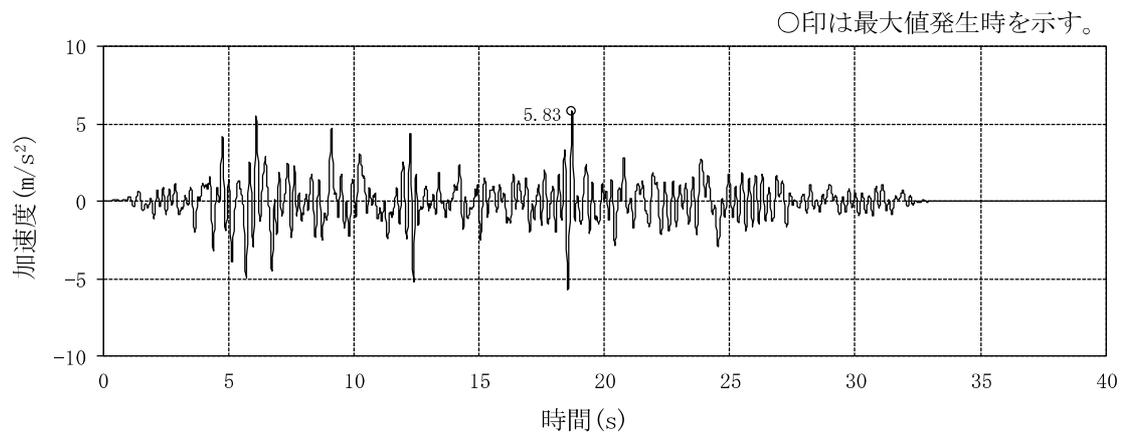


(a) 並進加速度

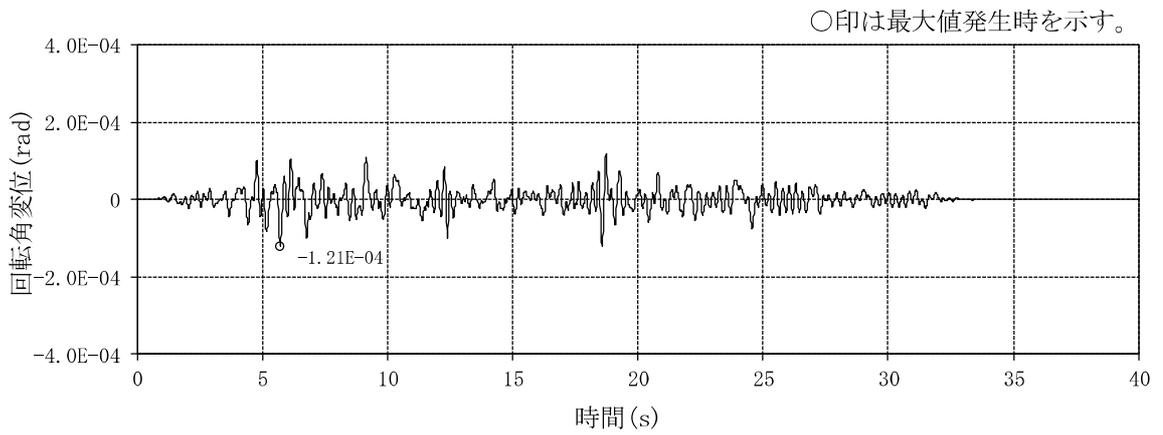


(b) 回転角変位

図 3-4 3次元 FEM モデル下端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)

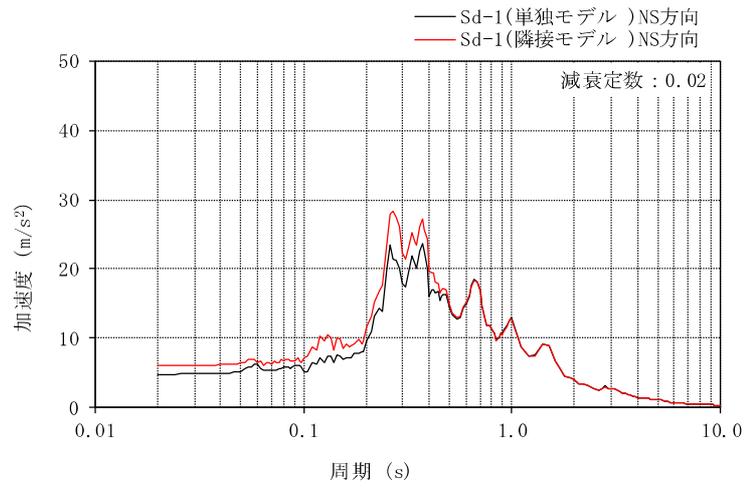


(a) 並進加速度

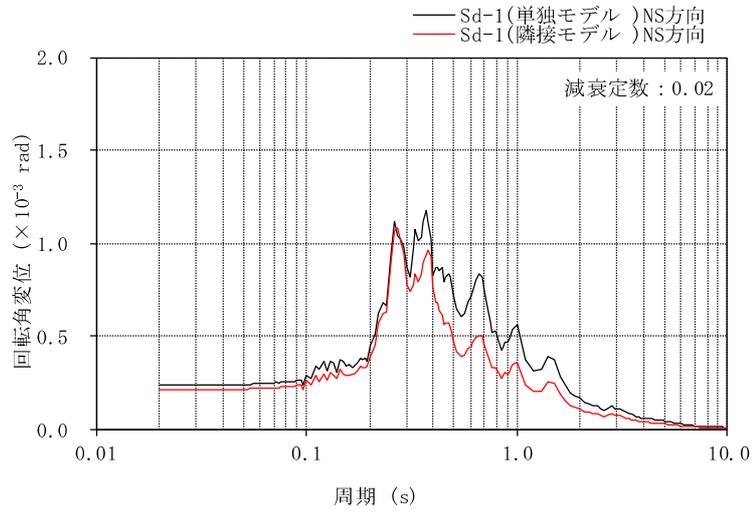


(b) 回転角変位

図 3-4 3次元 FEM モデル下端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)

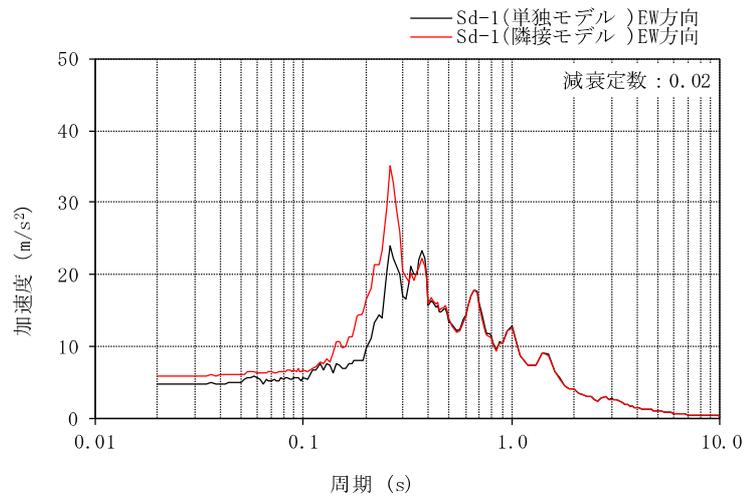


(a) 並進加速度

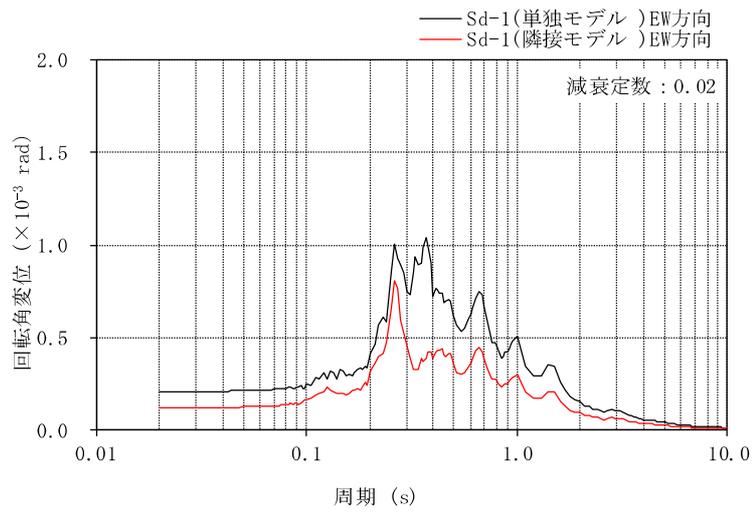


(b) 回転角変位

図 3-5 3次元 FEM モデル下端レベルにおける応答スペクトル
(Sd-1, NS 方向, T. M. S. L. 31.7m) (1/2)



(a) 並進加速度



(b) 回転角変位

図 3-5 3次元 FEM モデル下端レベルにおける応答スペクトル
(Sd-1, EW 方向, 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 α

部 材		Sd-1 NS 入力	Sd-1 EW 入力	隣接応答倍率 α
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		最大検定比 (S_s)	隣接応答倍率 α	最大検定値 $\times \alpha$
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

(4) 原子炉格納容器コンクリート部 (RCCV)

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。

簡易評価では、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ついて、応力解析による発生値に隣接応答倍率を乗じた評価値を許容値と比較する。簡易評価結果を表 3-7 に示す。表 3-7 に示すとおり、MS/FDW 開口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。これは、せん断力の隣接応答倍率は上層ほど大きいため、上層に位置する MS/FDW 開口において、RCCV の耐震計算書で発生値に対する許容値の割合が最小であった組合せケース 5-3 (荷重状態Ⅴ・(異常+地震)時(3))の面外せん断力の評価値が大きくなった結果である。なお、この評価値は、圧力等の地震と関係のない荷重による発生値にも隣接応答倍率を乗じたものとなっている。

表 3-7 に示す組合せケースについて、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 3-8 に示す。解析モデルの詳細、断面の評価方法等は、RCCV の耐震計算書に示すものと同一である。

詳細評価結果は、RCCV の耐震計算書と同様に、各部位の各評価項目について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た結果として示す。選定した要素の位置を図 3-6 に、詳細評価結果を表 3-9 に示す。各部位の各評価項目について、発生値が許容値を超えないことを確認した。

以上より、隣接建屋の影響を考慮しても構造健全性に影響は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

部位	評価項目		方向	領域 番号	組合せ ケース	隣接 応答倍率	評価値	許容値
MS/FDW 開口	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

表 3-8 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* ¹ における最大応答 せん断力(×10 ³ kN) ①	隣接 応答倍率 ②	①×② (×10 ³ kN)	詳細評価用の せん断力* ² (×10 ³ 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				

注記*1:「工事計画に係る説明資料(建屋・構築物の地震応答計算書)」のうち「原子炉建屋の地震応答計算書に関する補足説明資料」の別紙 3-2「材料物性の不確かさを考慮した地震応答解析結果」(以下「R/Bの補足説明資料の別紙 3-2」という。)に示す材料物性の不確かさを考慮した結果。

*2:①×②を基に、「工事計画に係る説明資料(建屋・構築物の耐震性についての計算書)」のうち「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に関する補足説明資料」の別紙 6「地震荷重の算定方法」(以下「RCCVの補足説明資料の別紙 6」という。)と同じ方法により算定。

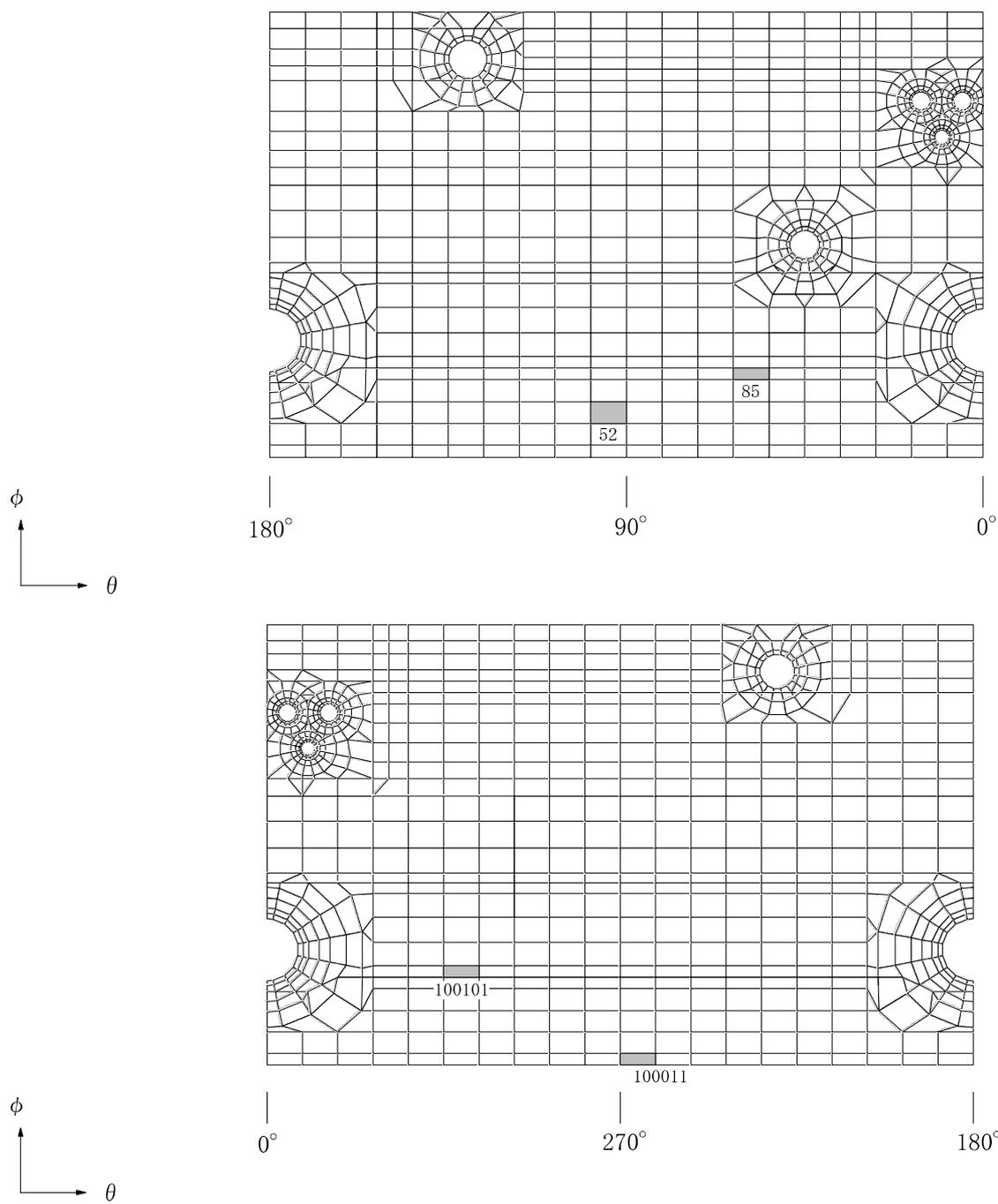
表 3-8 詳細評価用の地震荷重 (2/2)

(b) 曲げモーメント

T. M. S. L. (m)	地震応答解析結果* ¹ 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 * ² ($\times 10^4 \text{kN}\cdot\text{m}$)
	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				

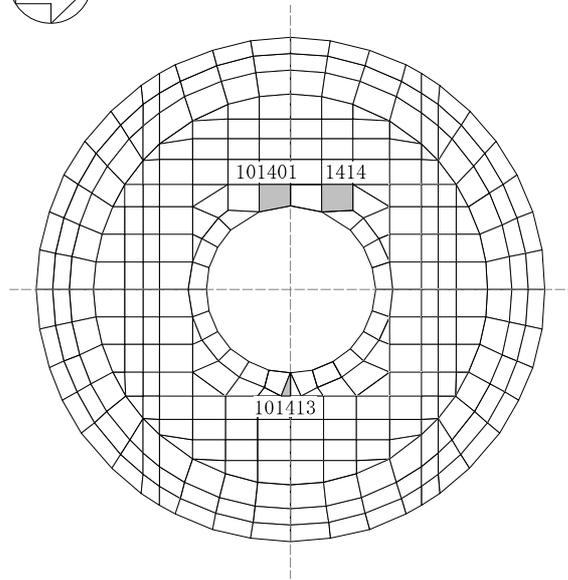
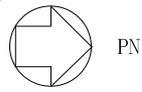
注記*1: R/B の補足説明資料の別紙 3-2 に示す材料物性の不確かさを考慮した結果。

*2: ① \times ②を基に, RCCV の補足説明資料の別紙 6 と同じ方法により算定。

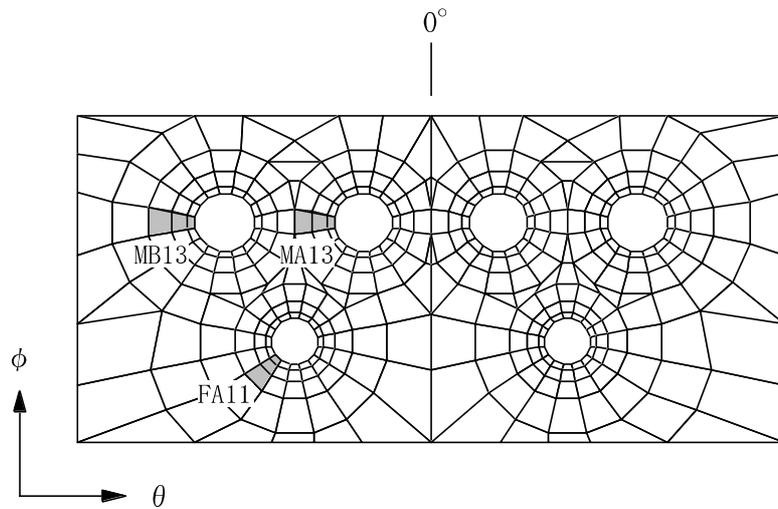


(a) シェル部

図 3-6 選定した要素の位置 (1/3)

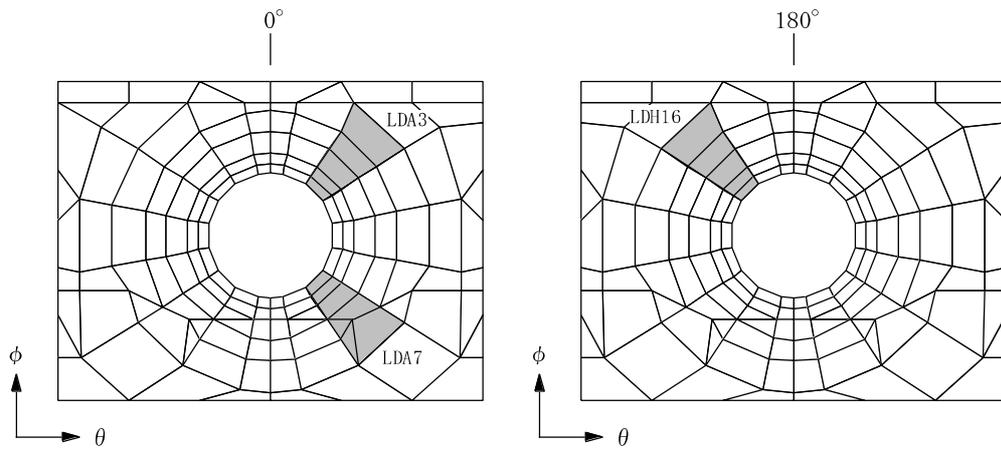


(b) トップスラブ部

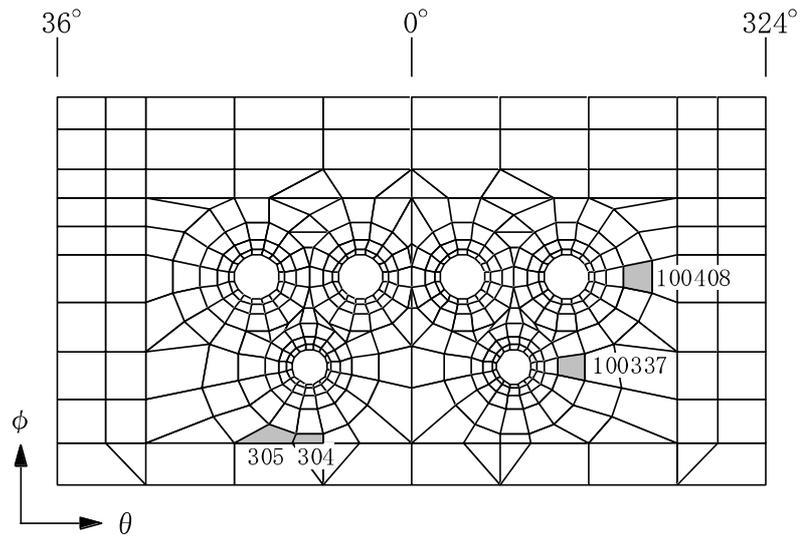


(c) 貫通部 MS/FDW 開口

図 3-6 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 3-6 選定した要素の位置 (3/3)

表 3-9 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

(5) 使用済燃料貯蔵プール (SFP)

SFP については、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」(以下「SFP の耐震計算書」という。)の評価結果に対して、「(4) 原子炉格納容器コンクリート部 (RCCV)」と同様に簡易評価を実施する。簡易評価用の隣接応答倍率を表 3-10 に示す。

簡易評価では、SFP の耐震計算書の評価結果における発生値に隣接応答倍率を乗じた評価値を許容値と比較する。簡易評価結果を表 3-11 に示す。表 3-11 に示すように、底面スラブ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。

表 3-11 に示す組合せケースのうち、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について、「(4) 原子炉格納容器コンクリート部 (RCCV)」と同様に詳細評価を実施する。詳細評価用の地震荷重は、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ものとする。詳細評価用の地震荷重を表 3-12 に示す。解析モデルの詳細、断面の評価方法等は、SFP の耐震計算書に示すものと同一である。

詳細評価結果は、SFP の耐震計算書と同様に、各部位の各評価項目について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た結果として示す。選定した要素の位置を図 3-7 に、詳細評価結果を表 3-13 に示す。各部位の各評価項目について、発生値が許容値を超えないことを確認した。

以上より、隣接建屋の影響を考慮しても構造健全性に影響はないことを確認した。

表 3-10 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 3-11 簡易評価結果

部位	評価項目		方向	要素 番号	組合せ ケース	隣接 応答倍率	評価値	許容値
底面 スラブ	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
底面 スラブ	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 3-12 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* ¹ における最大応答 せん断力(×10 ³ kN) ①	隣接 応答倍率 ②	①×② (×10 ³ kN)	詳細評価用の せん断力* ² (×10 ³ 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				

注記*1: R/B の補足説明資料の別紙 3-2 に示す材料物性の不確かさを考慮した結果。

*2: ①×②を基に, RCCV の補足説明資料の別紙 6 と同じ方法により算定。

表 3-12 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* ² 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 * ³ ($\times 10^4 \text{kN}\cdot\text{m}$)
	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。

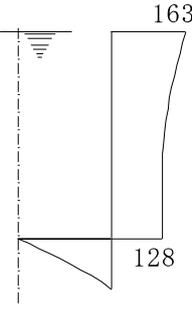
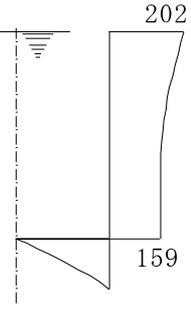
*2：R/B の補足説明資料の別紙 3-2 に示す材料物性の不確かさを考慮した結果。

*3：① \times ②を基に，RCCV の補足説明資料の別紙 6 と同じ方法により算定。

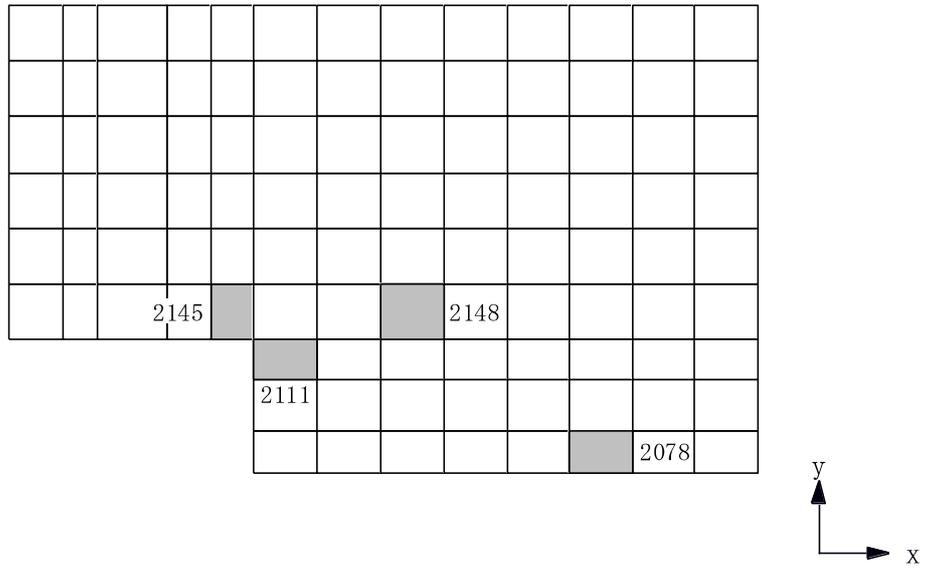
表 3-12 詳細評価用の地震荷重 (3/3)

(c) 地震時動水圧荷重 (KH)

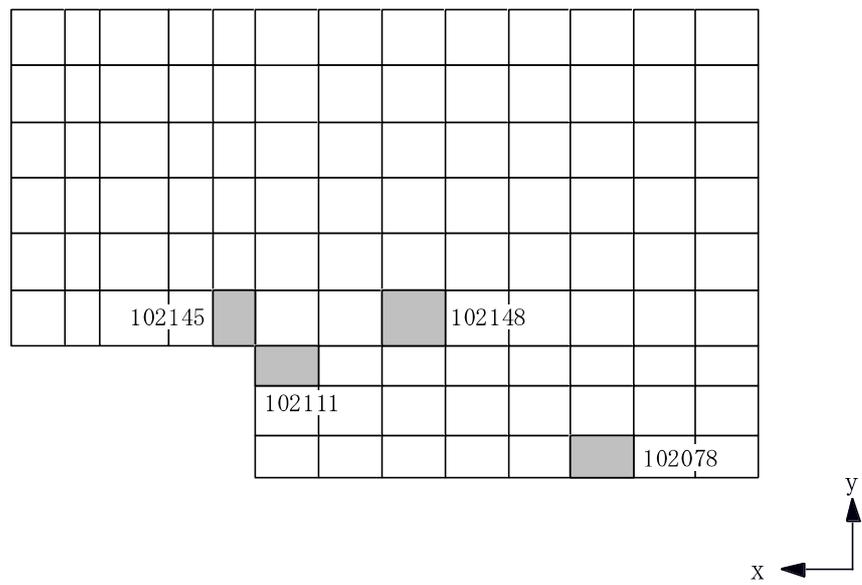
(単位 : kN/m²)

耐震計算書の KH _s *	隣接 応答倍率	詳細評価用の KH _s *
EW 方向		EW 方向
	1.24	

注記* : KH_sは, S_s地震荷重と同時に作用するものとする。

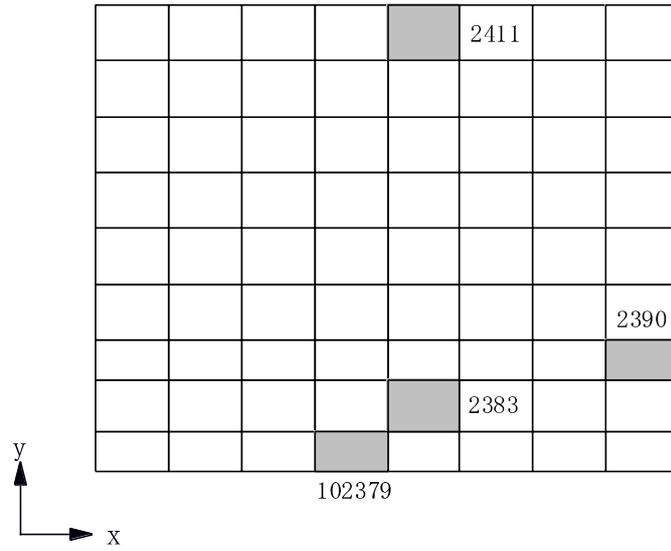


(a) 北側壁

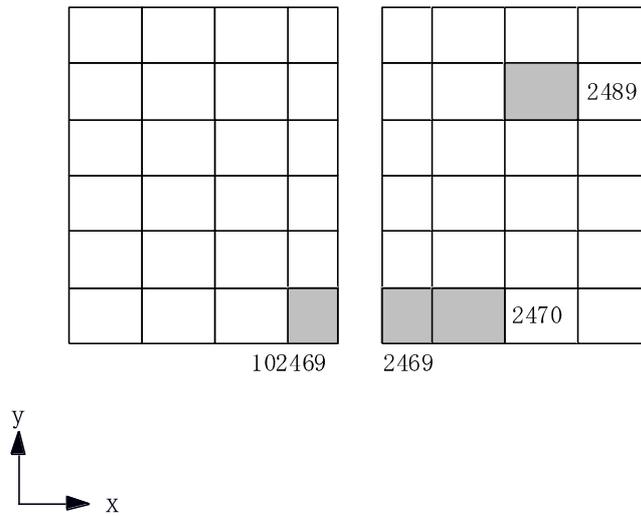


(b) 南側壁

図 3-7 選定した要素の位置 (1/3)

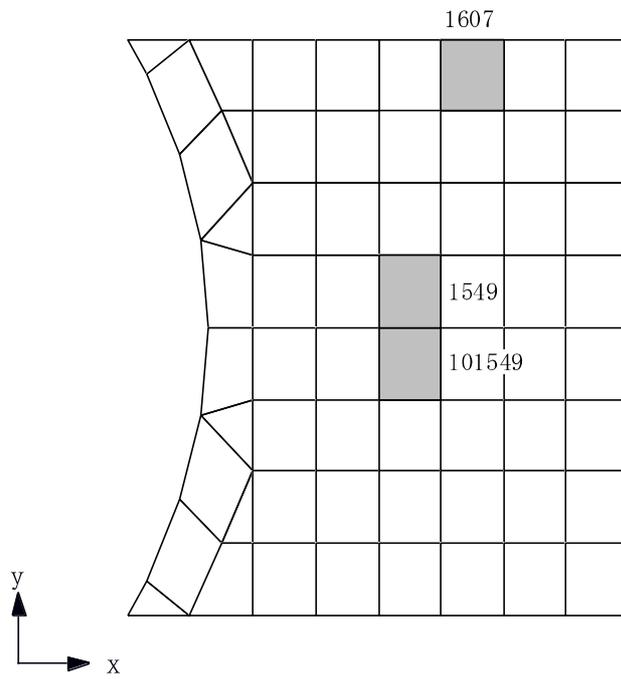


(c) 東側壁



(d) 西側壁

図 3-7 選定した要素の位置 (2/3)



(e) 底面スラブ

図 3-7 選定した要素の位置 (3/3)

表 3-13 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 (N/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 (N/mm^2)	-	2111	2-14	1.67	4.55
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/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 (N/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 (N/mm^2)	-	102111	2-14	1.65	4.55
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/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 (N/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 (N/mm^2)	-	2390	2-14	0.499	3.83
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/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 (N/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 (N/mm^2)	-	2489	2-14	0.278	2.19
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/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 (N/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。応力平均化の方法、範囲については、「工事計画に係る説明資料（建屋・構築物の耐震性についての計算書）」のうち「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に関する補足説明資料」の別紙 5「応力解析における応力平均化の考え方」と同じである。

(6) 主排気筒

主排気筒については、資料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3-8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3-9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3-10に、両者の応答スペクトルを図3-11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 α として設定する。隣接応答倍率 α を表3-14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 α を乗じた値が1.0を超えないことを確認し、超過した場合については評価方法の見直しを行う。検討においては、建屋応答の不確かさを考慮するものとする。

主排気筒の断面評価結果一覧を表3-15に示す。最も検定値が大きいのは、主柱材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。他部材についてはいずれも1.0を下回る。よって、主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（主排気筒の耐震性についての計算書に関する補足説明資料のうち、別紙4「地震荷重と風荷重を重畳させた場合の影響検討」参照）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 α を再算定する。次に、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を用い、主柱材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 α 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3-16に示す。評価方法の見直しにより、主柱材D-E間の検定値0.94に対し隣接応答倍率1.053を乗じると検定値は0.990となり、1.0を下回る。なお、主柱材D-E間以外の各部材についても評価結果は1.0を下回ることを確認している。

以上より、隣接建屋の影響を考慮しても構造健全性に問題ないことを確認した。

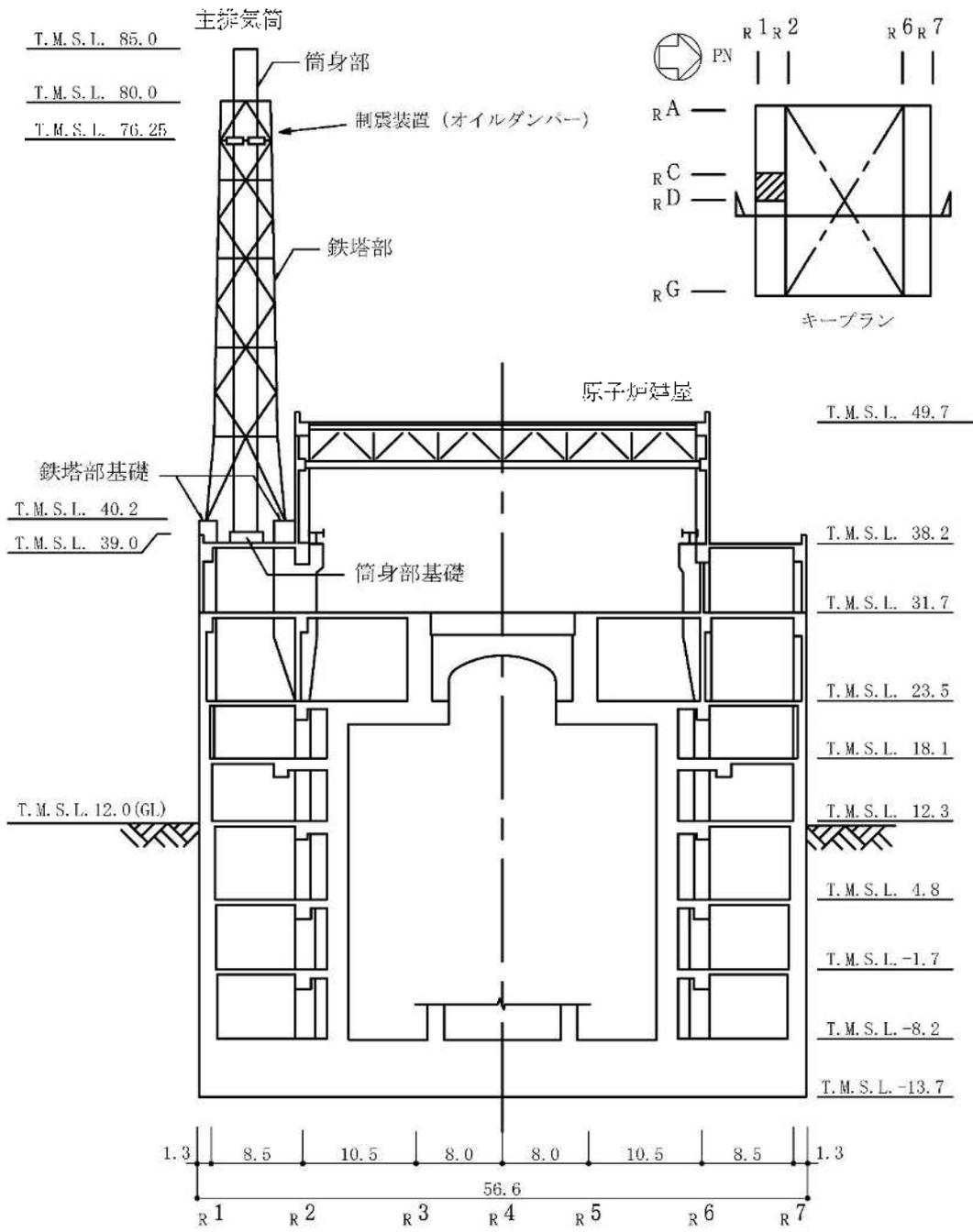
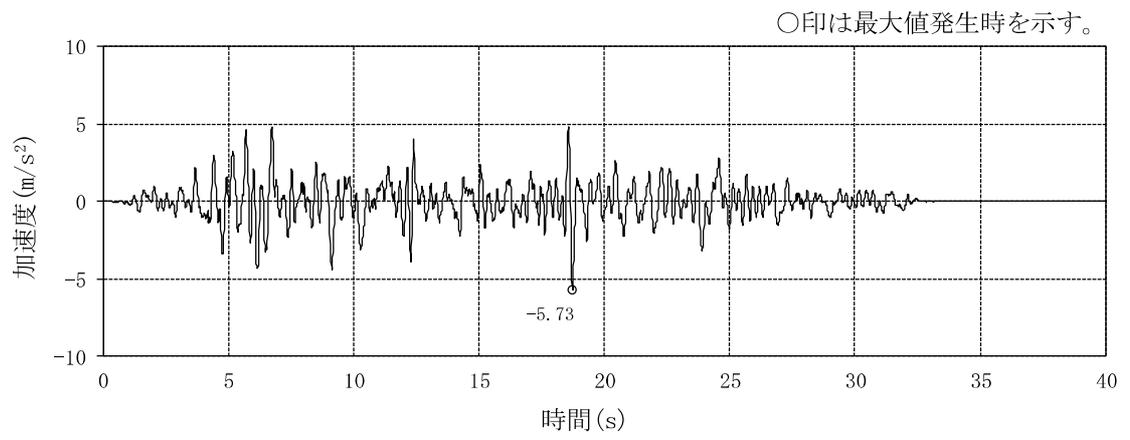
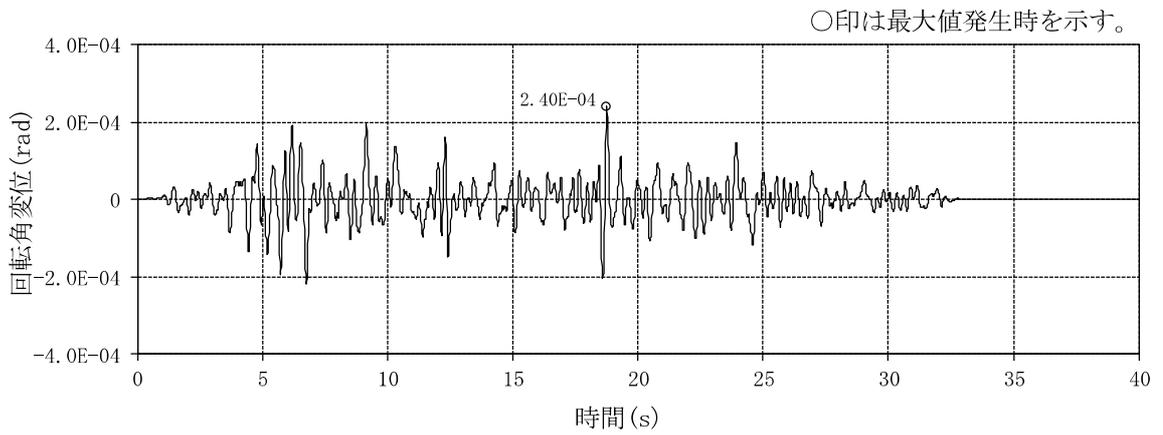


図 3-8 主排気筒配置図 (単位 : m)

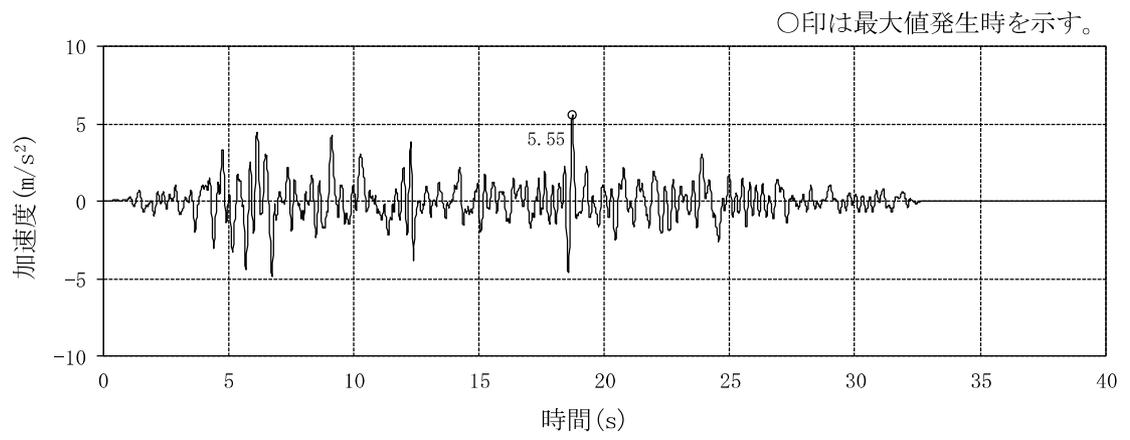


(a) 並進加速度

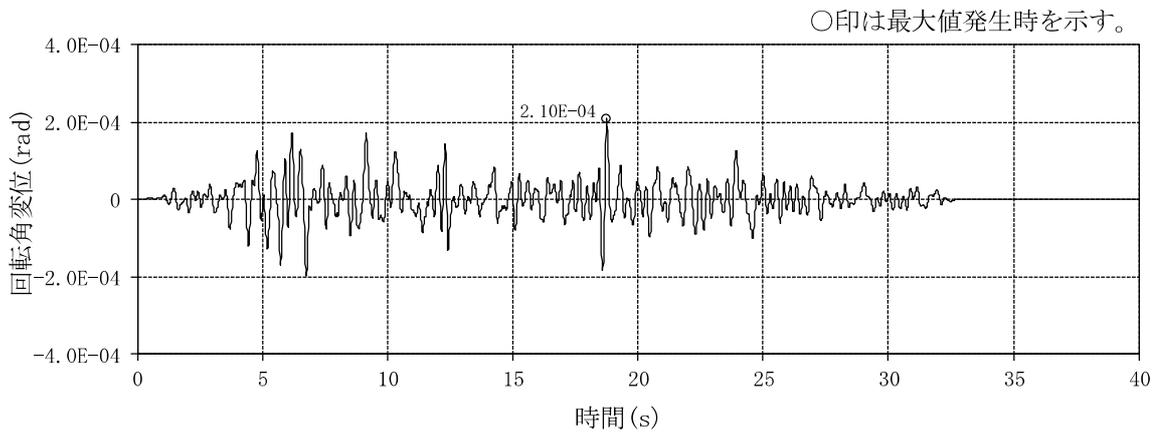


(b) 回転角変位

図 3-9 時刻歴波形 (NS 方向, 隣接非考慮, T.M.S.L. 38.2m) (1/2)

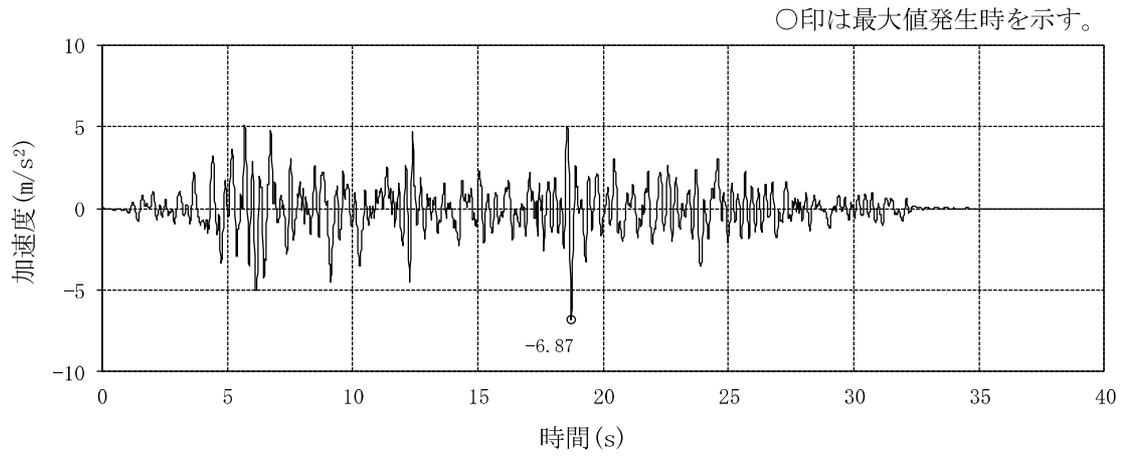


(a) 並進加速度

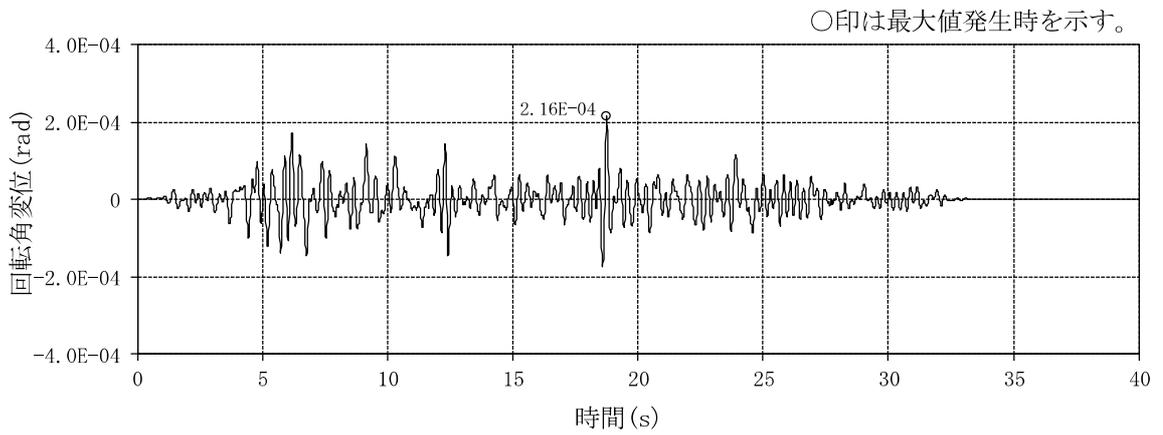


(b) 回転角変位

図 3-9 時刻歴波形 (EW 方向, 隣接非考慮, T.M.S.L. 38.2m) (2/2)

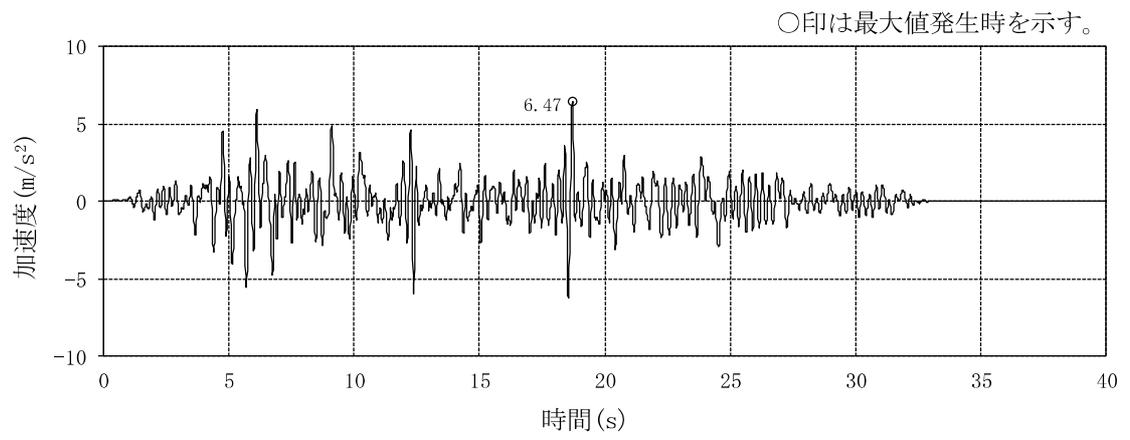


(a) 並進加速度

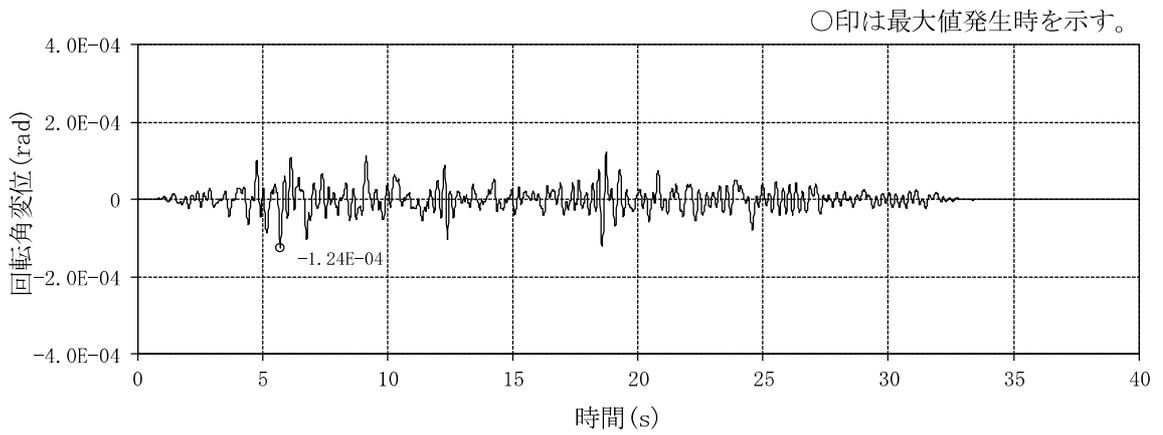


(b) 回転角変位

図 3-10 時刻歴波形 (NS 方向, 隣接考慮, T. M. S. L. 38.2m) (1/2)

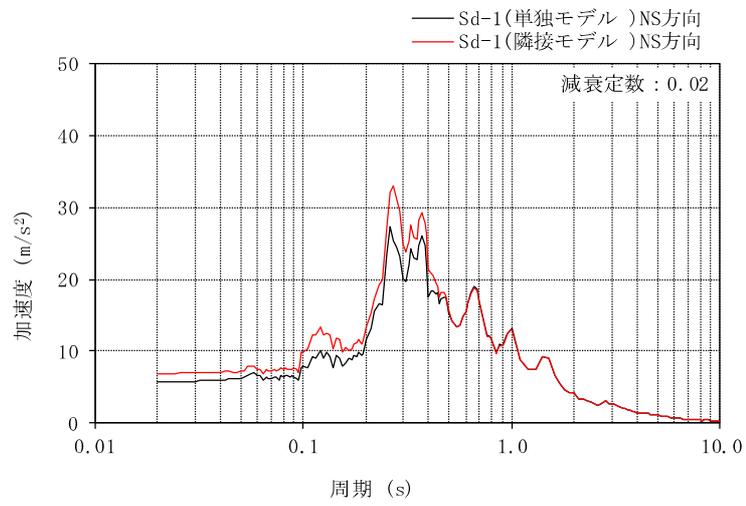


(a) 並進加速度

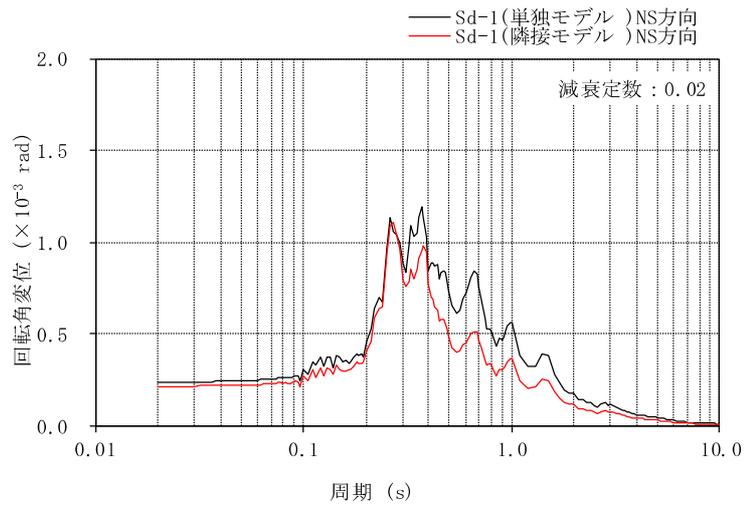


(b) 回転角変位

図 3-10 時刻歴波形 (EW 方向, 隣接考慮, T. M. S. L. 38.2m) (2/2)

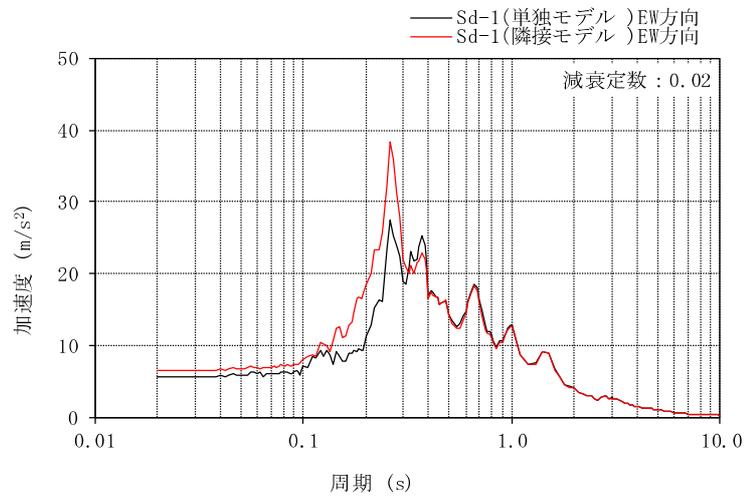


(a) 並進加速度

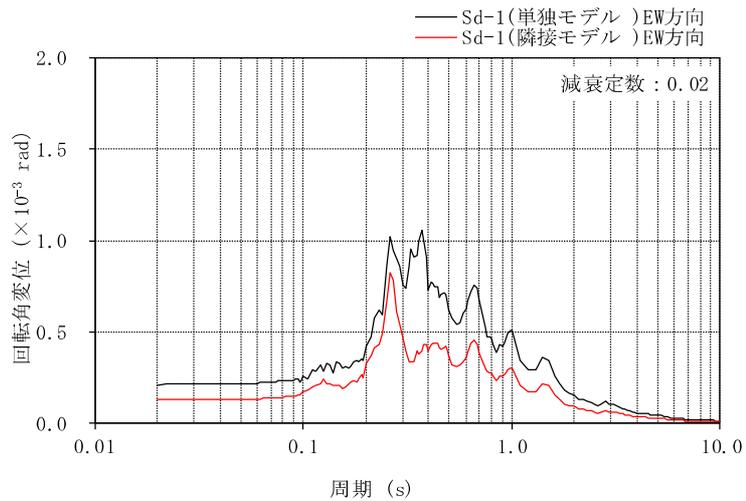


(b) 回転角変位

図 3-11 応答スペクトル (Sd-1, NS 方向, T. M. S. L. 38.2m) (1/2)



(a) 並進加速度



(b) 回転角変位

図 3-11 応答スペクトル (Sd-1, EW 方向, T. M. S. L. 38.2m) (2/2)

表 3-14 部材評価結果及び隣接応答倍率 α (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	$\phi 318.5 \times 6$	0.046	0.049	<u>1.066</u>	0.042	0.042	1.000
		C-D	$\phi 406.4 \times 6.4$	0.194	0.205	<u>1.057</u>	0.175	0.178	1.018
		D-E	$\phi 508.0 \times 7.9$	0.228	0.241	<u>1.058</u>	0.214	0.219	1.024
		E-F	$\phi 609.6 \times 16$	0.232	0.244	<u>1.052</u>	0.202	0.196	0.971
		F-G	$\phi 711.2 \times 19$	0.191	0.202	<u>1.058</u>	0.183	0.175	0.957
	斜材	B-C	$\phi 216.3 \times 4.5$	0.284	0.299	<u>1.053</u>	0.263	0.264	1.004
		C-D	$\phi 267.4 \times 6$	0.188	0.199	<u>1.059</u>	0.175	0.176	1.006
		D-E	$\phi 355.6 \times 7.9$	0.129	0.137	<u>1.063</u>	0.120	0.114	0.950
		E-F	$\phi 406.4 \times 12.7$	0.078	0.083	<u>1.065</u>	0.073	0.064	0.877
		F-G	$\phi 558.8 \times 16$	0.055	0.054	0.982	0.030	0.033	<u>1.100</u>
	水平材	B	$\phi 216.3 \times 4.5$	0.034	0.037	1.089	0.033	0.036	<u>1.091</u>
		C	$\phi 216.3 \times 4.5$	0.046	0.048	<u>1.044</u>	0.043	0.042	0.977
		D	$\phi 318.5 \times 6$	0.035	0.036	<u>1.029</u>	0.033	0.028	0.849
		E	$\phi 318.5 \times 6$	0.061	0.064	<u>1.050</u>	0.053	0.051	0.963
		F	$\phi 406.4 \times 6.4$	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 α とするケースを表示

表 3-14 部材評価結果及び隣接応答倍率 α (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	$\phi 2412 \times 6$	0.122	0.128	1.050	0.115	0.128	<u>1.114</u>	
	B-C	$\phi 2412 \times 6$	0.300	0.314	1.047	0.280	0.309	<u>1.104</u>	
	C-D	$\phi 2412 \times 6$	0.262	0.286	1.092	0.261	0.317	<u>1.215</u>	
	D-E	$\phi 2416 \times 8$	0.207	0.230	<u>1.112</u>	0.204	0.192	0.942	
	E-F	$\phi 2416 \times 8$	0.310	0.328	<u>1.059</u>	0.286	0.233	0.815	
	F-G	$\phi 2424 \times 12$	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 α とするケースを表示

表 3-15 基準地震動 S_s 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 α	検定値 $\times \alpha$	
鉄塔部	主柱材	D-E間	<u>Ss-2</u> (ケース 6)	<u>0.99</u>	<u>1.058</u>	<u>1.048</u>
	斜材	B-C間	Ss-1(NS+鉛直) (ケース 6)	0.78	1.053	0.822
	水平材	E	Ss-2 (ケース 6)	0.24	1.050	0.252
筒身部		C-D間	Ss-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	Ss-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)	Ss-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	Ss-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 $\times \alpha$ 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 3-16 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 α							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 α	検定値 $\times \alpha$																					
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 ($\phi 508.0 \times 7.9$)	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>$\phi 318.5 \times 6$</td></tr> <tr><td>C-D</td><td>■</td><td>$\phi 406.4 \times 6.4$</td></tr> <tr><td>D-E</td><td>■</td><td>$\phi 508.0 \times 7.9$</td></tr> <tr><td>E-F</td><td>■</td><td>$\phi 609.6 \times 16$</td></tr> <tr><td>F-G</td><td>■</td><td>$\phi 711.2 \times 19$</td></tr> </table>						B-C	■	$\phi 318.5 \times 6$	C-D	■	$\phi 406.4 \times 6.4$	D-E	■	$\phi 508.0 \times 7.9$	E-F	■	$\phi 609.6 \times 16$	F-G	■	$\phi 711.2 \times 19$	<p>筒身部凡例</p> <table border="1"> <tr><td>■</td><td>$\phi 2412 \times 6$</td></tr> <tr><td>■</td><td>$\phi 2416 \times 8$</td></tr> <tr><td>■</td><td>$\phi 2424 \times 12$</td></tr> </table>					■	$\phi 2412 \times 6$	■	$\phi 2416 \times 8$	■	$\phi 2424 \times 12$
B-C	■	$\phi 318.5 \times 6$																													
C-D	■	$\phi 406.4 \times 6.4$																													
D-E	■	$\phi 508.0 \times 7.9$																													
E-F	■	$\phi 609.6 \times 16$																													
F-G	■	$\phi 711.2 \times 19$																													
■	$\phi 2412 \times 6$																														
■	$\phi 2416 \times 8$																														
■	$\phi 2424 \times 12$																														
評価方法の見直し						評価方法の見直し																									
(参考) 工認モデル						(参考) 工認モデル																									

注：下線部は隣接応答倍率 α とするケースを表示

(7) 復水貯蔵槽 (CSP)

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(検定値)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3-17に、評価結果を表3-18に示す。表3-18に示すように、復水貯蔵槽の壁及び底面スラブにおいて隣接応答倍率を考慮した検定値が1.0を下回ることを確認した。

以上より、隣接建屋の影響を考慮しても構造健全性に影響はないことを確認した。

表3-17 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3-18 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 ² /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

別紙 3 建物付帯設備（建物・構築物）の応答増幅について

目 次

1. 概要…………… 別紙 3-1
2. 検討方針…………… 別紙 3-1
3. 検討結果…………… 別紙 3-12

1. 概要

本資料は、隣接建屋の影響として、耐震評価を実施している建物付帯設備（建物・構築物）の応答増幅の影響検討を行うものである。

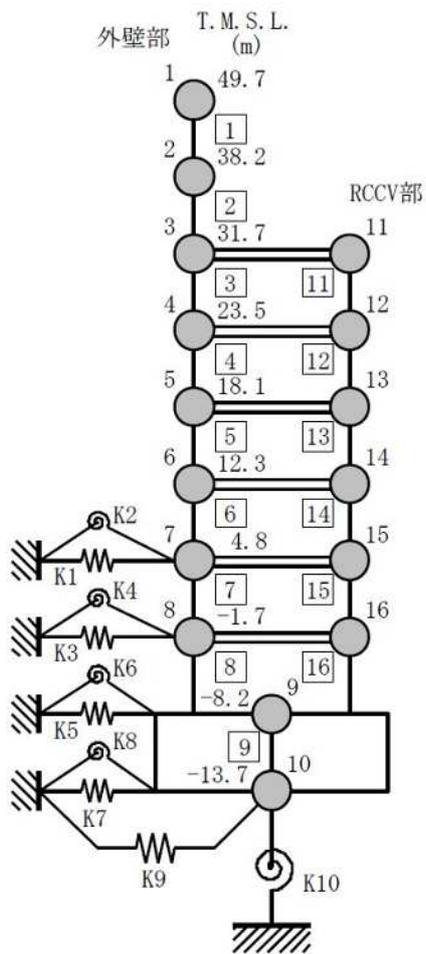
2. 検討方針

検討対象を表 2-1 に示す。隣接建屋を考慮した応答倍率（隣接考慮／隣接非考慮）と、各検討対象の耐震性についての計算結果により影響検討を行う。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または最大応答せん断力の比較から求まる隣接応答倍率 α を、隣接非考慮時の最大検定値に乗じて求めた各検査対象の検定値が 1 を超過しないことを確認する。

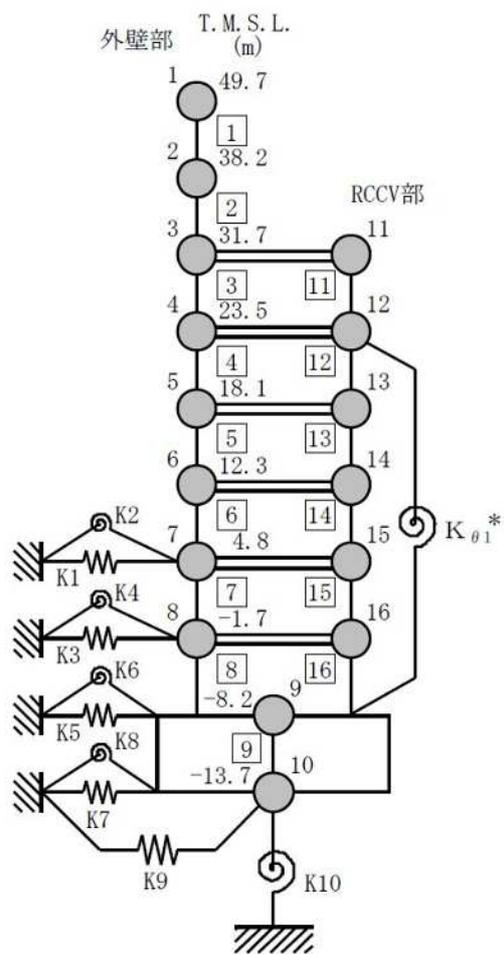
7 号機原子炉建屋（以下「K7R/B」という。）の建屋モデル及び隣接応答倍率を図 2-1～図 2-5 に、コントロール建屋（以下「C/B」という。）の建屋モデル及び隣接応答倍率を図 2-6～図 2-10 に、7 号機タービン建屋（以下「K7T/B」という。）の建屋モデル及び隣接応答倍率を図 2-11～図 2-15 に示す。評価フローを図 2-16 に示す。

表 2-1 検討対象

検討対象	建屋名称
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



(a) NS 方向



(b) EW 方向

注記* : RCCV 回転ばね

図 2-1 K7R/B の建屋モデル

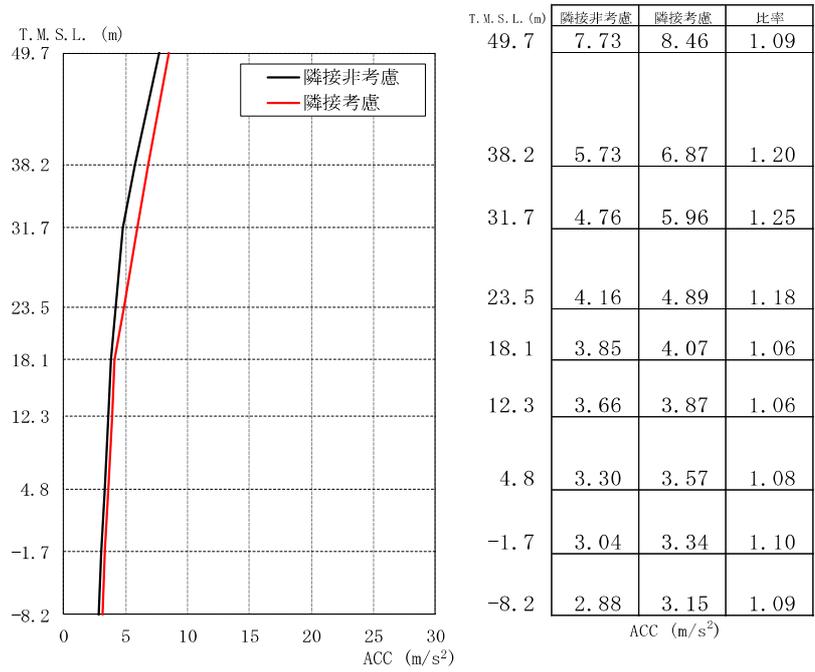


図 2-2 最大応答加速度の比較 (K7R/B, NS 方向)

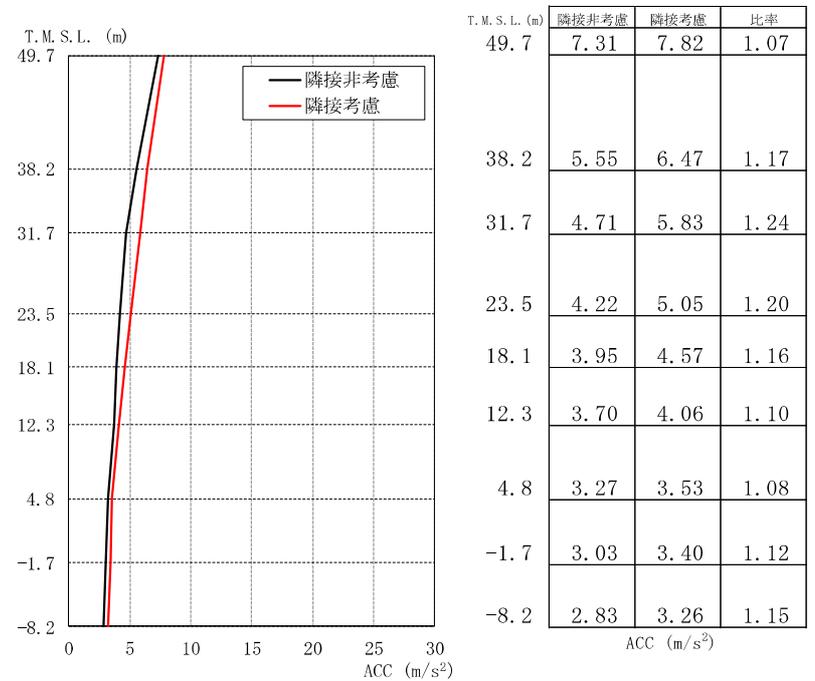


図 2-3 最大応答加速度の比較 (K7R/B, EW 方向)

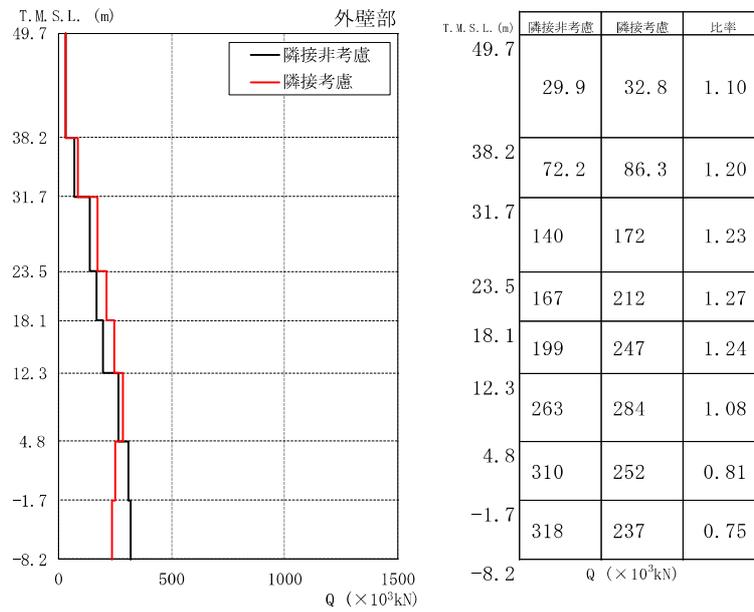


図 2-4 最大応答せん断力の比較 (K7R/B, NS 方向)

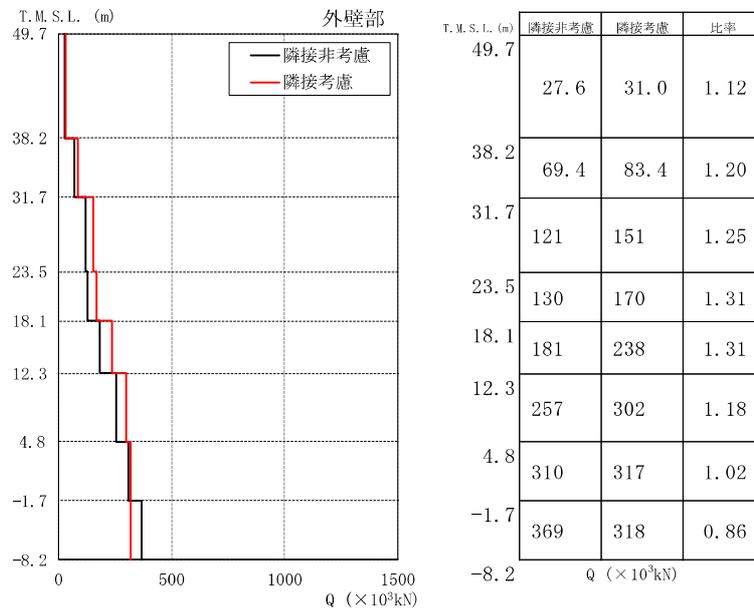


図 2-5 最大応答せん断力の比較 (K7R/B, EW 方向)

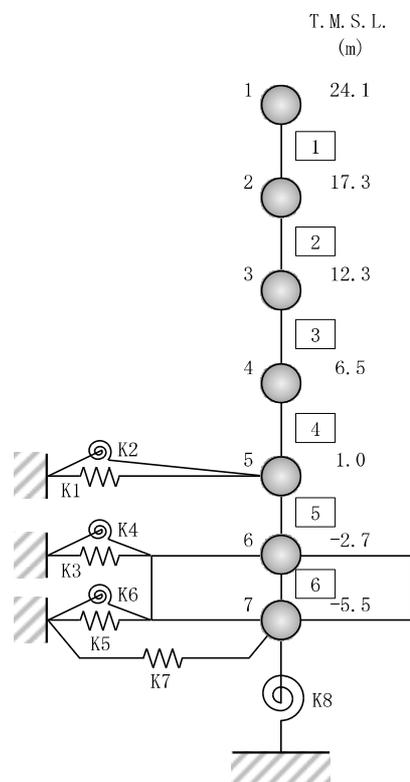


図 2-6 C/B の建屋モデル

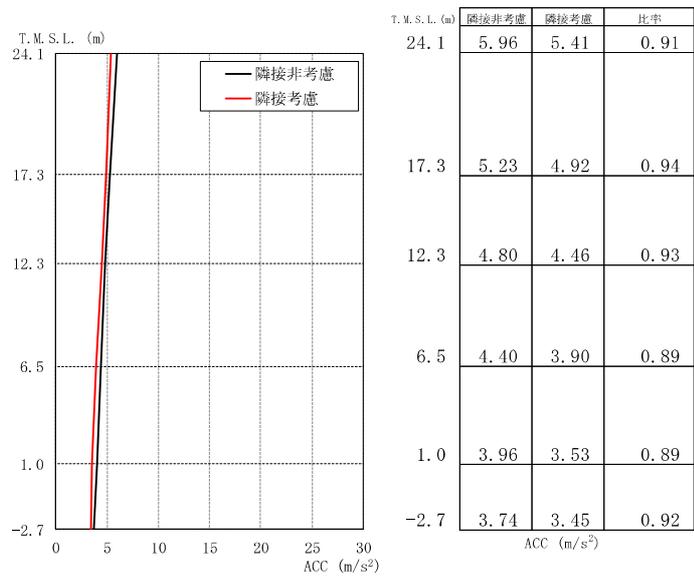


図 2-7 最大応答加速度の比較 (C/B, NS 方向)

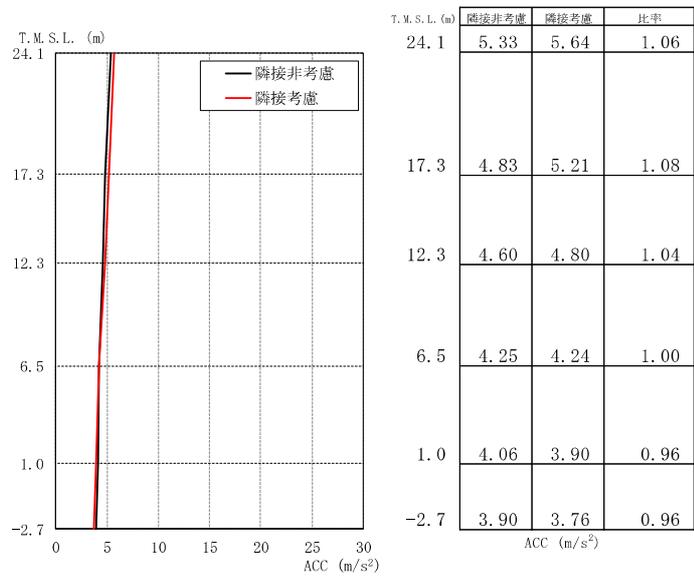


図 2-8 最大応答加速度の比較 (C/B, EW 方向)

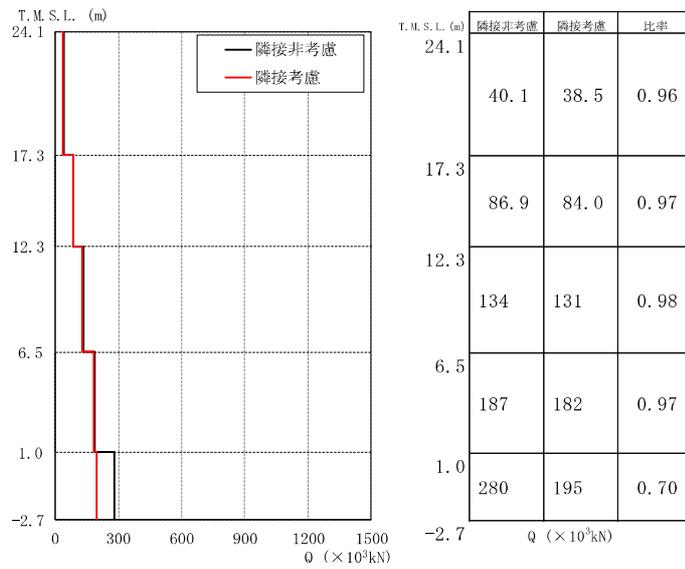


図 2-9 最大応答せん断力の比較 (C/B, NS 方向)

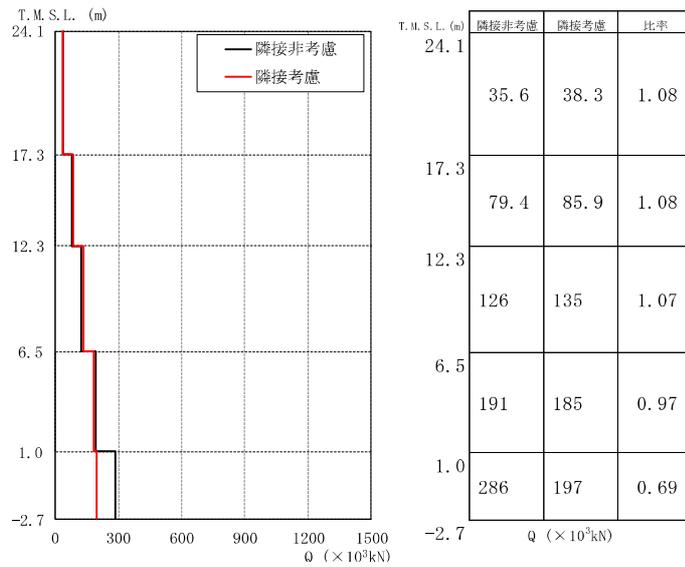


図 2-10 最大応答せん断力の比較 (C/B, EW 方向)

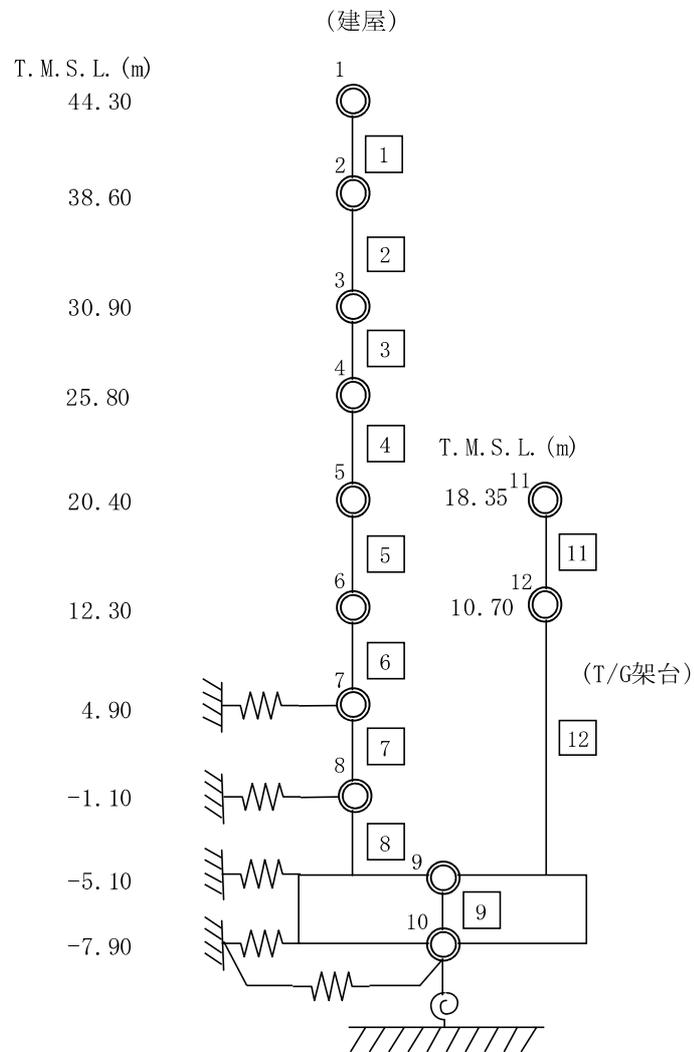


図 2-11 K7T/B の建屋モデル

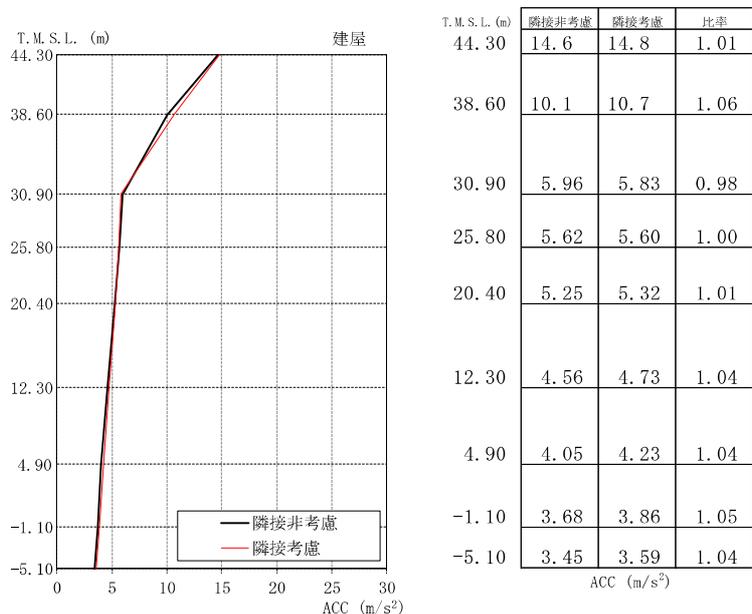


図 2-12 最大応答加速度の比較 (K7T/B, NS 方向)

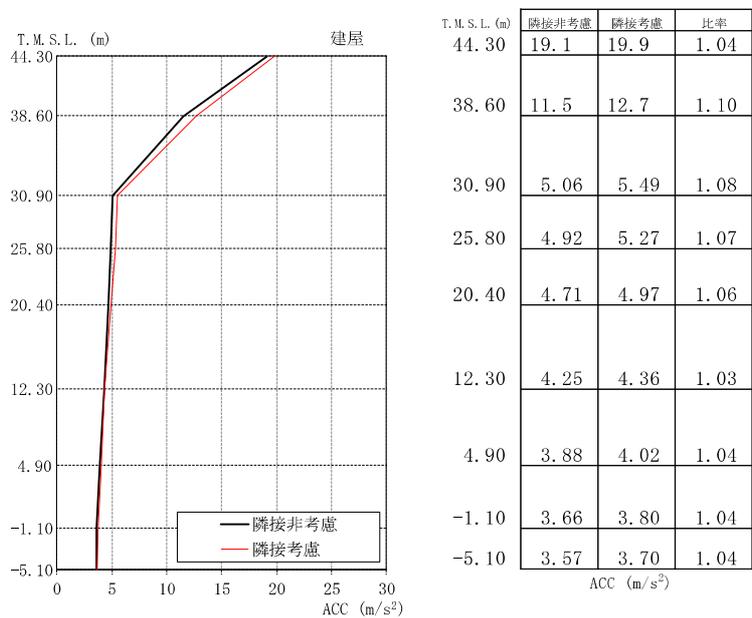


図 2-13 最大応答加速度の比較 (K7T/B, EW 方向)

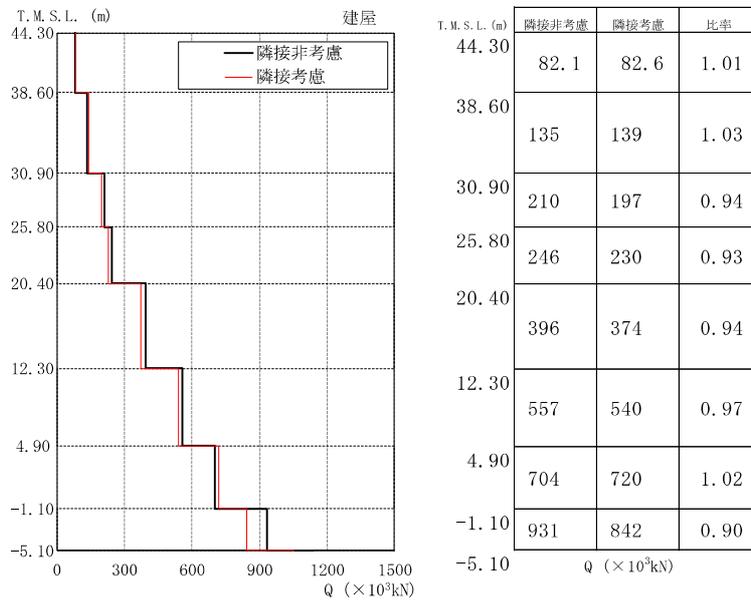


図 2-14 最大応答せん断力の比較 (K7T/B, NS 方向)

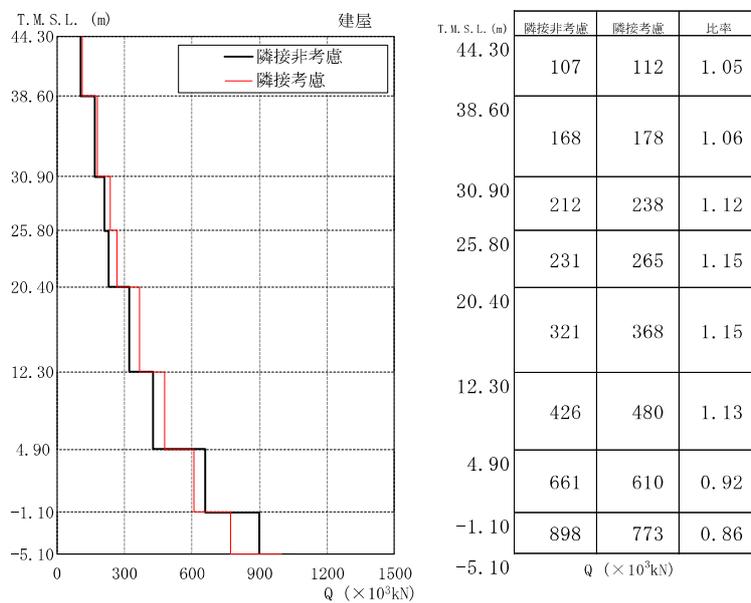


図 2-15 最大応答せん断力の比較 (K7T/B, EW 方向)

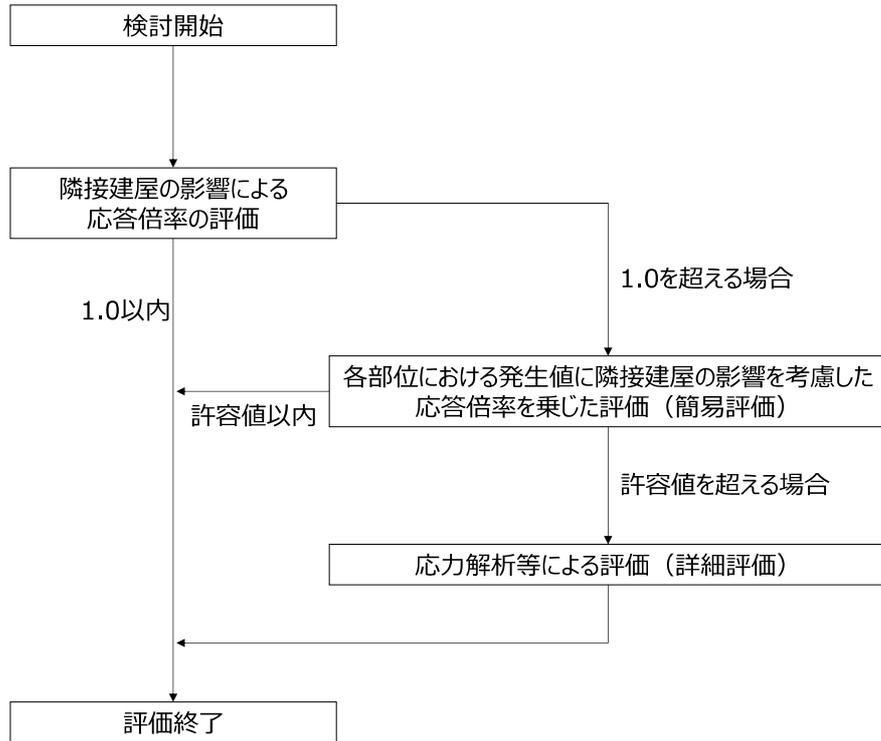


図 2-16 評価フロー

3. 検討結果

各検討対象の隣接建屋の影響検討結果を表 3-1 に示す。

隣接建屋の影響検討は、設置場所に応じた隣接応答倍率を用いるものとし、各付帯設備の中で検定値が最大となる対象を代表値として示す。

影響検討の結果、隣接建屋の影響を考慮した場合でも、検定値が 1 を下回ることから、構造健全性に問題ないことを確認した。

表 3-1 隣接建屋の影響検討結果 (1/2)

検討対象		最大 検定値	隣接応答倍率		検定値 × α
			倍率 α	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. 850	1. 00*	せん断 NS	0. 850
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. 489	1. 09	加速度 NS	0. 534
	Ss 開機能維持	0. 119	1. 12	せん断 EW	0. 134
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. 136	1. 27	せん断 NS	0. 173
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. 374	1. 16	組合せ (曲げ, せん断) EW	0. 434
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. 123	1. 24	定格荷重 EW	0. 153
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* : 隣接応答倍率は 0.96 であり 1 を下回るため倍率 α を 1.00 とした。

表 3-1 隣接建屋の影響検討結果 (2/2)

検討対象		最大 検定値*1	隣接応答倍率		検定値 × α
			倍率 α	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*2 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. 16	組合せ (曲げ, せん断) EW	0. 25
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. 04	せん断*2 NS	0. 72
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」の「5. 評価結果」に記載の数値を
() 内に記載した。

注記*2：扉開放時の評価結果を記載した。

3.1 水密扉の評価方法に関する補足

3.1.1 締付装置受けピン

締付装置受けピンは、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、下記の通り評価している。即ち、締付装置と締付装置受けピンが点接触する場合において、締付装置受けピンを集中荷重が作用する両端固定梁とみなし評価している。締付装置受けピンに生じる荷重の例を図3-1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、 $R_1 = k_H \cdot G / n_2$

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_2 : 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)

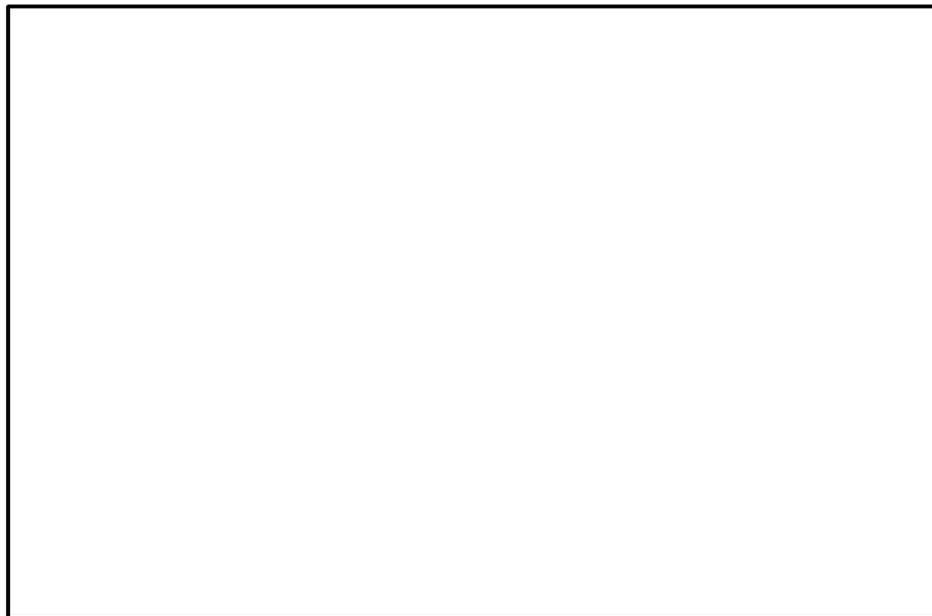


図3-1 締付装置受けピンに生じる荷重の例

本図書においては、縮付装置受けピンと一体的に取り付くカラーを考慮し、下記の通り評価を行うこととする。縮付装置受けピンに生じる荷重の例を図3-2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、 $R_1 = k_H \cdot G / n_2$

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_2 : 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3-2 縮付装置受けピンに生じる荷重の例

即ち、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、カラーを考慮せずに評価を行っていたが、本図書では、縮付装置受けピンに取り付くカラーを考慮し、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梁とみなし、評価を行うこととした。

3.1.2 アンカーボルト

アンカーボルトは、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、下記の通り評価している。アンカーボルトに生じる荷重の例を図3-3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)

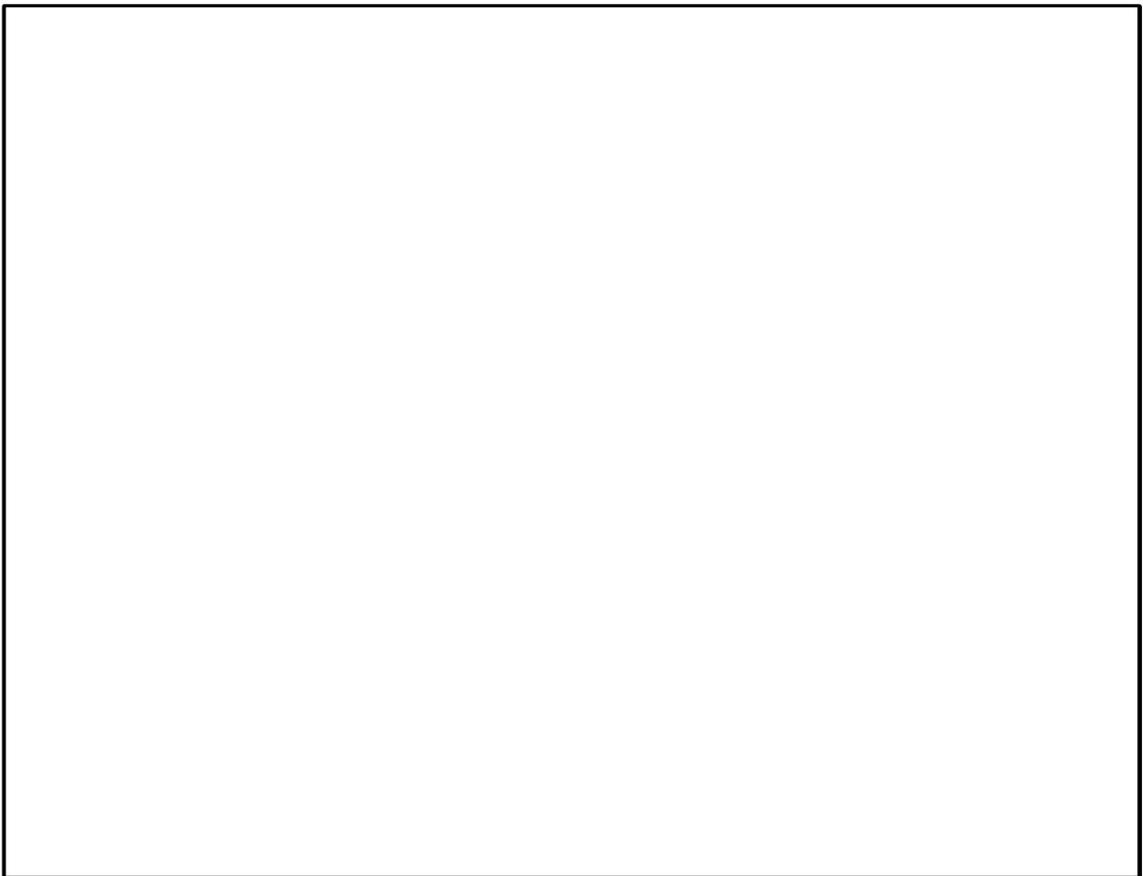


図3-3 アンカーボルトに生じる荷重の例

ここで、ヒンジに生じる転倒力 F_1 については下記の通りとし、転倒力の作用状況を図 3-4 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)

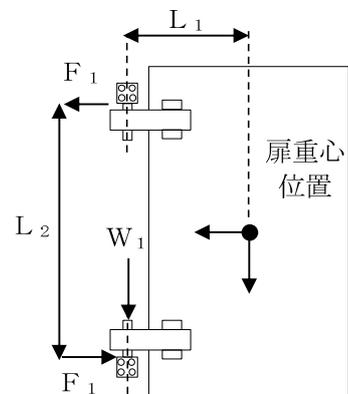


図 3-4 ヒンジに生じる
転倒力の作用状況

本図書においては、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、下記の通り評価を行うこととする。アンカーボルトに生じる荷重の例を図3-5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)

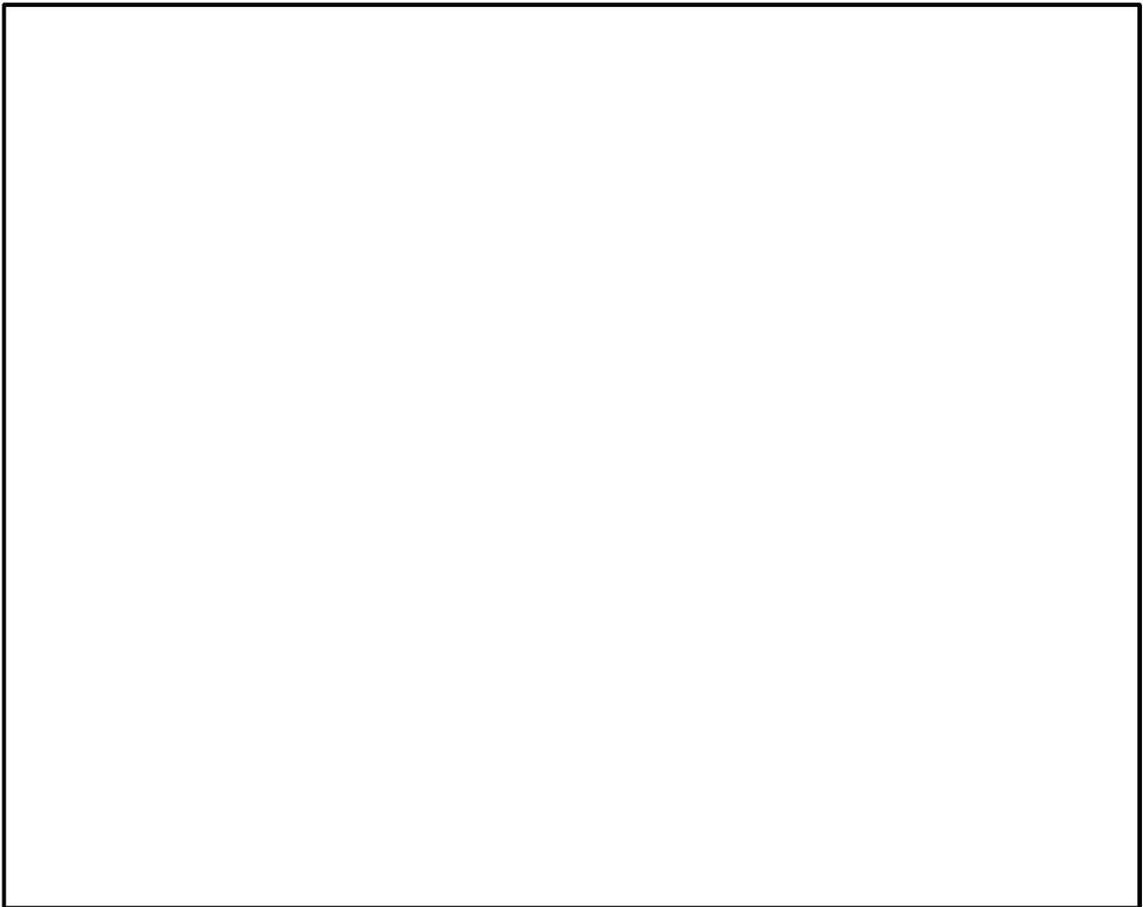


図 3-5 アンカーボルトに生じる荷重の例

即ち、扉の面内方向の変形に抵抗する要素として、V-2-10-2-3-1「水密扉の耐震性についての計算書」においてはヒンジ側のアンカーボルトのみに保守的に期待することとしたが、本図書では水密扉の構造を踏まえ上部のアンカーボルトにも転倒力の負担を期待することとした。

別紙 4 機器への影響検討

目 次

1. 概要	別紙 4-1
2. 検討方針	別紙 4-1
3. 検討結果	別紙 4-4

添付資料1 隣接応答倍率（床応答スペクトル）の算定

1. 概要

本資料は、隣接建屋の影響として、建屋の応答増幅に伴う機器への影響検討を行うものである。

2. 検討方針

7号機原子炉建屋（K7R/B）、コントロール建屋（C/B）、7号機タービン建屋（K7T/B）、廃棄物処理建屋（Rw/B）に設置される機器を検討対象として、隣接建屋を考慮した応答倍率（隣接考慮／隣接非考慮）（以下「隣接応答倍率」という。）と、各検討対象の裕度（許容値／発生値）を用いた簡易評価を行うことを基本とし、必要に応じて隣接応答倍率を考慮した耐震条件を用いた詳細評価を行う。影響検討フローを図2-1に示す。

2.1 隣接応答倍率の算定

影響検討に用いる隣接応答倍率の算定方法を以下に示す。

(1) 最大応答加速度

各標高について、隣接建屋非考慮モデルによる最大応答加速度に対する隣接建屋考慮モデルによる最大応答加速度の比をとったものを隣接応答倍率とする。なお、隣接応答倍率の算定にあたっては、NS方向とEW方向の最大応答加速度の包絡値を用いる。

(2) 床応答スペクトル

各標高・各減衰定数について、隣接非建屋考慮モデルによる床応答スペクトルに対する隣接建屋考慮モデルにおける床応答スペクトルの比をとったものを隣接応答倍率とする。なお、隣接応答倍率の算定にあたってはNS方向とEW方向の床応答スペクトルの包絡値を用いる。

2.2 簡易評価

隣接応答倍率と各検討対象の裕度（許容値／発生値）の比較を行う。評価に用いる隣接応答倍率は、機器の耐震計算に使用する標高・減衰定数の隣接応答倍率のうち、機器の一次固有周期以下で最大となる値を用いること（方法1）を基本とし、必要に応じて機器の各固有周期において最大となる値を用いること（方法2）とする。（図2-2）

2.3 詳細評価

V-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に示す設計用最大応答加速度 I 又は設計用床応答曲線 I に隣接応答倍率を乗じて算定される最大応答加速度又は床応答スペクトルを用いた耐震計算の結果、裕度（許容値／発生値）が1以上となることを確認する。評価に用いる床応答スペクトルは、設計用床応答曲線に対して、簡易評価に用いた隣接応答倍率を一律に乗じるか、又は周期に応じた個々の隣接応答倍率を乗じることで算出する。

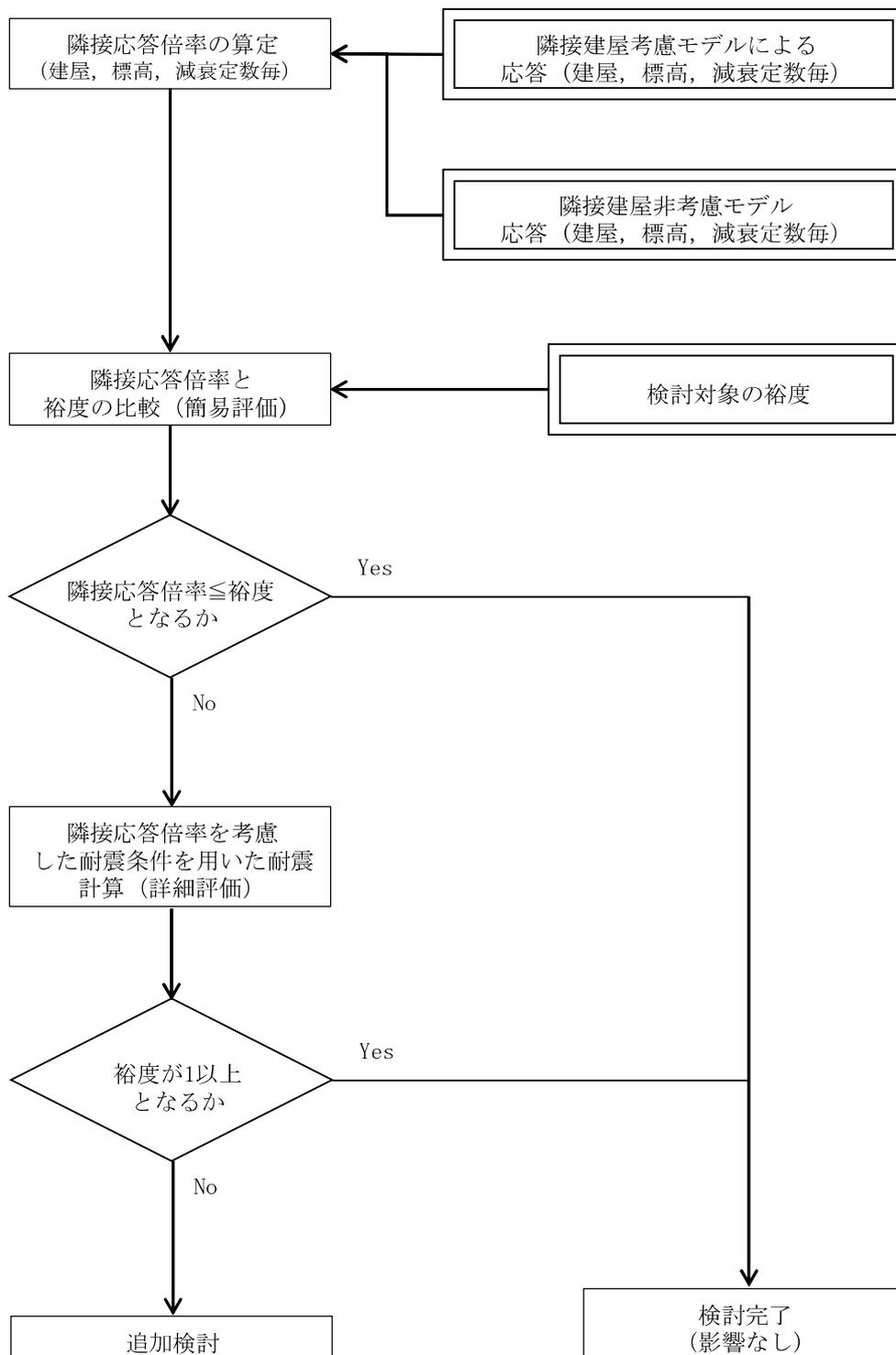
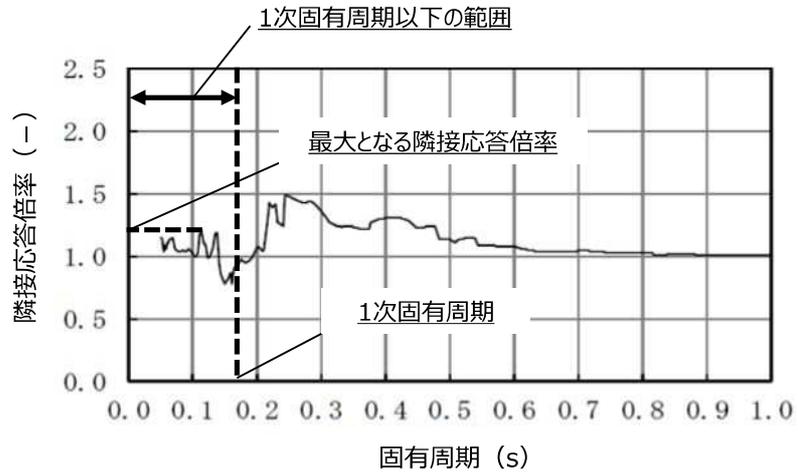


図2-1 影響検討フロー

(a) 方法 1

隣接応答倍率のうち，機器の一次固有周期以下で最大となる値を用いる方法



(b) 方法 2

隣接応答倍率のうち，機器の各固有周期において最大となる値を用いる方法

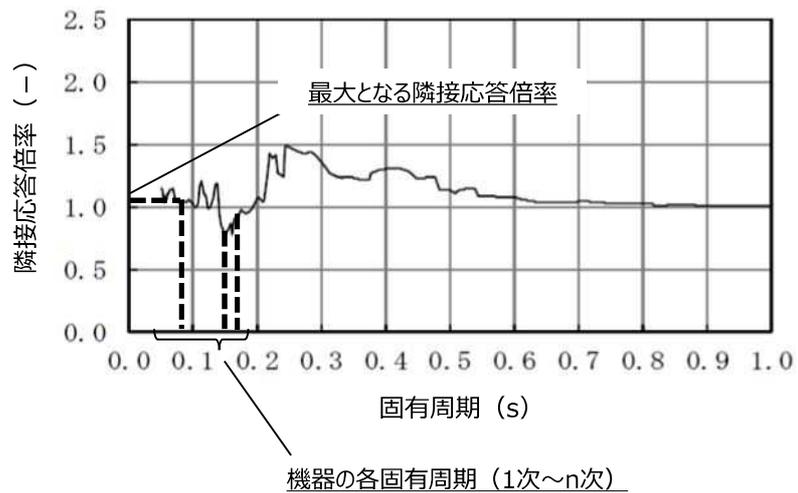


図2-2 隣接応答倍率の算定方法 (床応答スペクトル)

3. 検討結果

簡易評価の結果，隣接応答倍率が裕度を上回り詳細評価が必要となった機器について，評価結果を表3-1に示す。

また，簡易評価に用いた隣接応答倍率の算定方法及び詳細評価に用いた床応答スペクトルの算定方法について，添付資料1に示す。

表 3-1 評価結果 (1 / 2)

No.	機器名称	建屋	標高 T. M. S. L. (m)	減衰 定数	簡易評価				詳細評価		
					評価部位	応力分類	裕度	隣接応答倍率 及び算定方法	裕度	結果	
1	CUW-PD-1	K7R/B	23.5	2.0%	配管	一次+二次	0.87 ^{*1} (0.0359)	1.19	方法 1	1.01 ^{*2}	○
2	HPCF-R-3	K7R/B	-1.7	2.0%	配管	一次+二次	0.99 ^{*1} (0.0003)	1.19	方法 1	0.97 ^{*1} (0.0004)	○
3	HPCF-W-1	Rw/B	-1.1	2.0%	配管	一次+二次	1.06	1.42	方法 1	1.05	○
4	MUWC-W-1	Rw/B	-1.1	2.0%	配管	一次+二次	1.06	1.56	方法 1	1.03	○
5	RCW-T-4	K7T/B	-1.1	2.0%	配管	一次+二次	0.56 ^{*1} (0.2071)	1.09	方法 1	0.54 ^{*1} (0.2546)	○
6	HPCF-R-024	K7R/B	4.8	3.0%	配管	一次+二次	1.13	1.16	方法 1	1.11	○
7	RCW-T-1	K7T/B	-1.1	2.0%	配管	一次+二次	0.98 ^{*1} (0.0189)	1.09	方法 1	0.95 ^{*1} (0.0202)	○
8	RCW-T-3	K7T/B	-1.1	2.0%	配管	一次+二次	0.61 ^{*1} (0.1617)	1.09	方法 1	0.61 ^{*1} (0.1628)	○
9	RCW-T-5	K7T/B	-1.1	2.0%	配管	一次+二次	1.03	1.09	方法 1	1.02	○
10	SGTS-R-3	K7R/B	23.5 ~49.7	2.0%	配管	一次+二次	1.19	1.28	方法 1	1.12	○
11	HCVS-R-1	K7R/B	12.3 ~31.7	2.0%	配管	一次+二次	1.22	1.62	方法 1	1.21	○
12	FCVS-R-5	K7R/B	18.1 ~31.7	2.0%	配管	一次+二次	1.40	1.59	方法 1	1.07	○

注記*1: 一次+二次応力の裕度が1を下回るが、疲労評価を実施し疲労累積係数が許容値を満足することで、耐震性を有していることを確認している。() 内に疲労累積係数を示す。

*2: 設計用床応答曲線 I に隣接応答倍率を乗じた床応答スペクトルを用いて算出した値。なお、耐震計算書では設計用床応答曲線 II を用いている。

表 3-1 評価結果 (2 / 2)

No.	機器名称	建屋	標高 T. M. S. L. (m)	減衰 定数	簡易評価					詳細評価	
					評価部位	応力分類	裕度	隣接応答倍率 及び算定方法		裕度	結果
13	使用済燃料 貯蔵プール 水位・温度 (SA)	K7R/B	31.7	1.0%	架構	組合せ	1.25	1.58* ³	方法 1	1.00* ^{3,4}	○
14	使用済燃料 貯蔵プール 水位・温度 (SA 広域)	K7R/B	18.1~ 31.7	1.0%	支持架台 (部材)	組合せ	1.02	1.56	方法 1	1.00* ⁵	○
15	原子炉補機 冷却系 熱交換器	K7T/B	4.9	—	胴板	一次+二次	0.78* ¹ (0.827)	1.04	—	0.72* ¹ (0.667* ²)	○

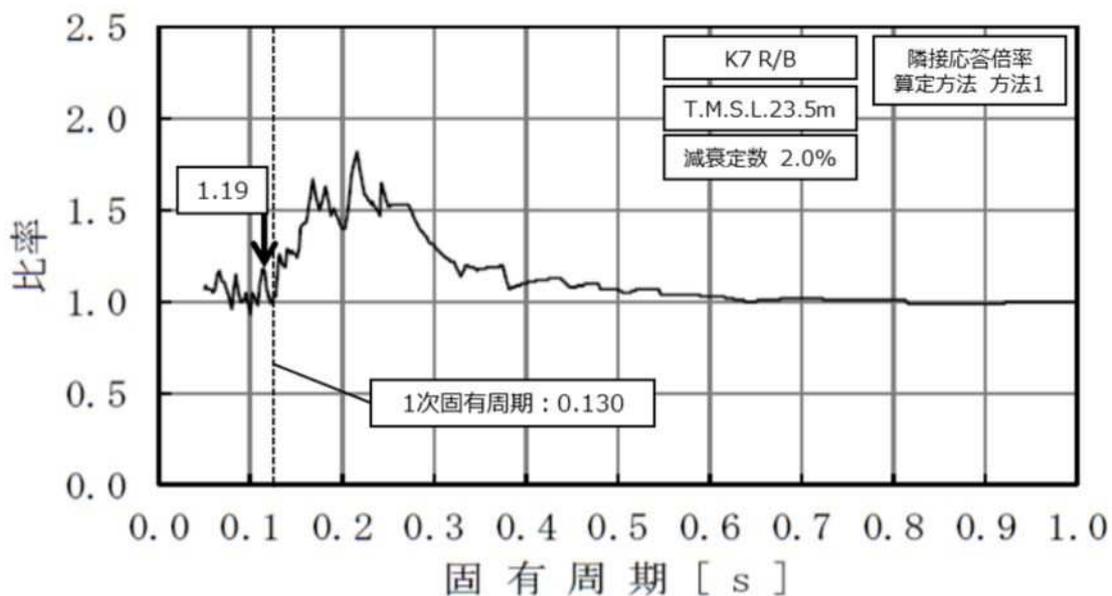
注記*1: 一次+二次応力裕度が 1 を下回るが、疲労評価を実施し疲労累積係数が許容値を満足することで、耐震性を有することを確認している。() 内に疲労累積係数を示す。

*2: 個別に設定する等価繰返し回数 (120 回) を用いて算出した値。なお、耐震計算書では一律に設定する等価繰返し回数 (200 回) を用いている。

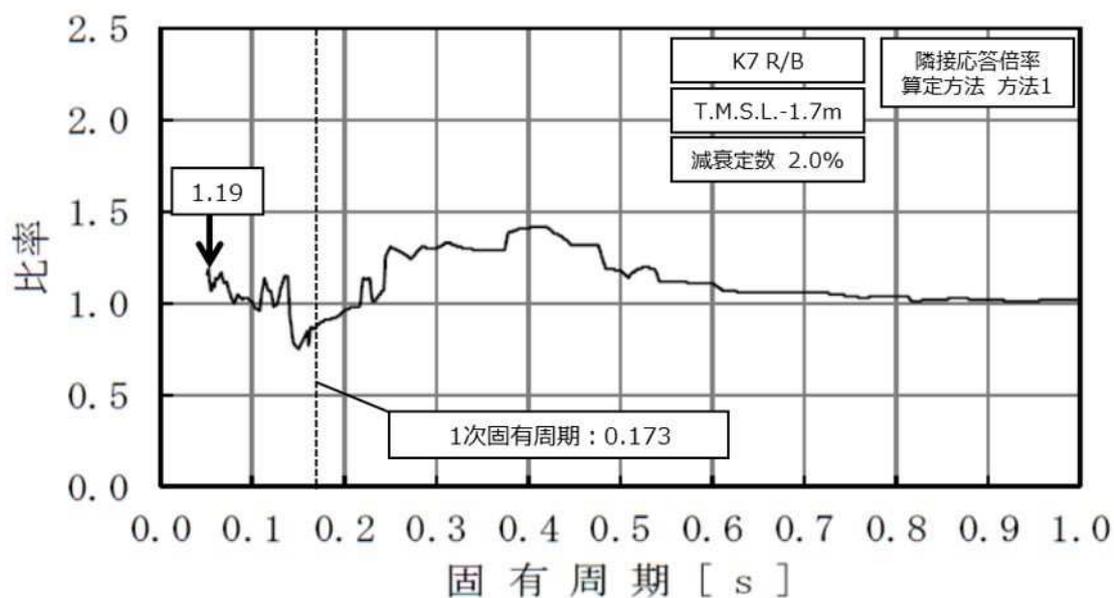
*3: 暫定値。

*4: 発生応力が 204 (MPa) となり、許容応力 205 (MPa) を下回っていることを確認した。

*5: 発生応力が 203 (MPa) となり、許容応力 205 (MPa) を下回っていることを確認した。

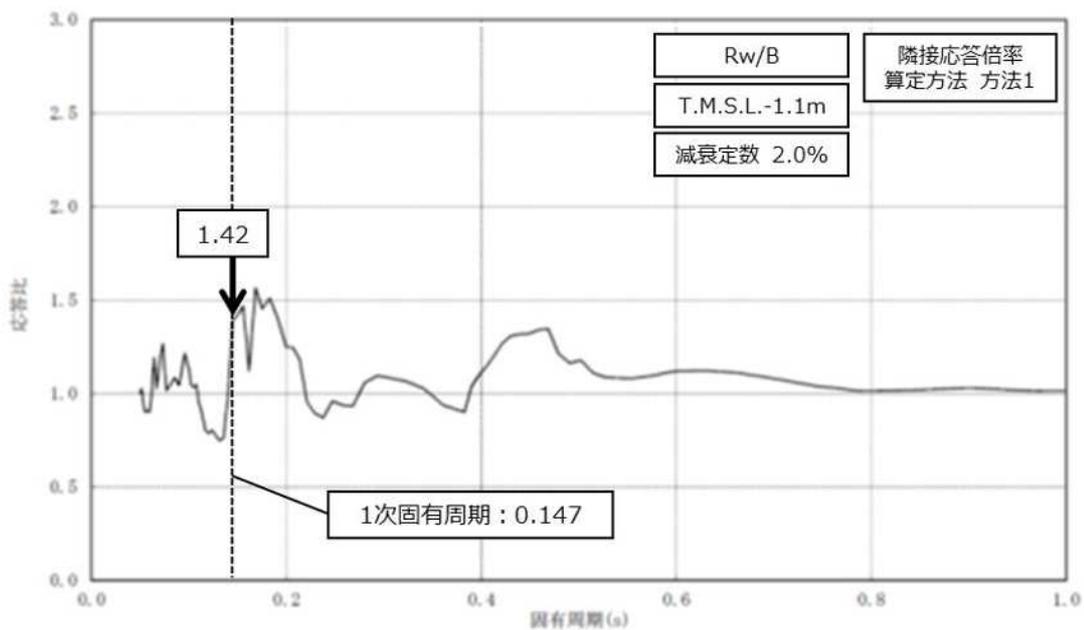


図添1-1 隣接応答倍率の算定 (CUW-PD-1)

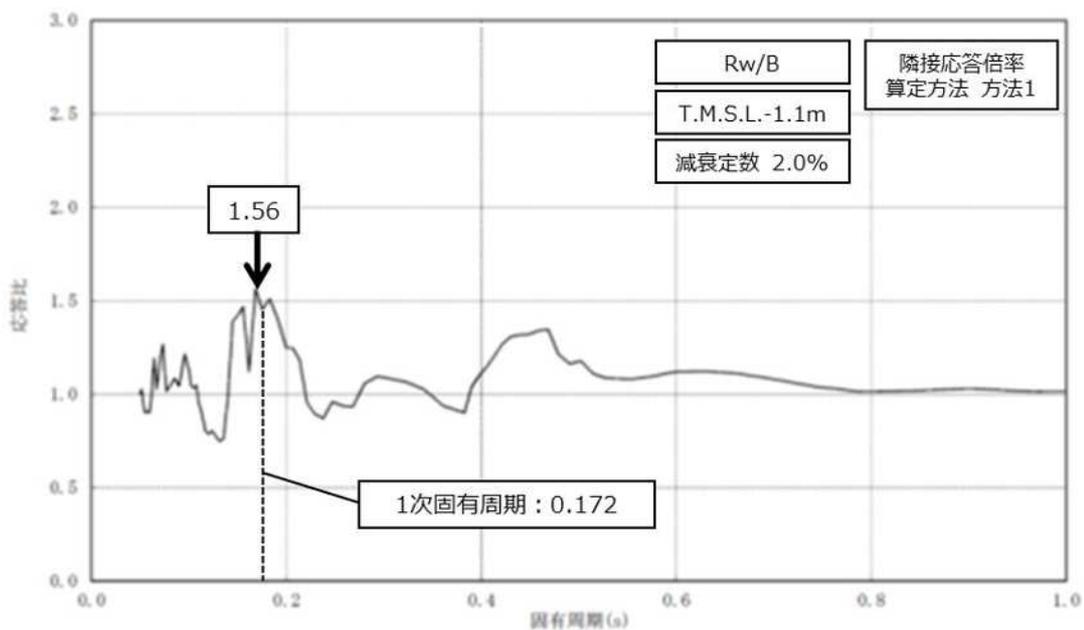


図添1-2 隣接応答倍率の算定 (HPCF-R-3)

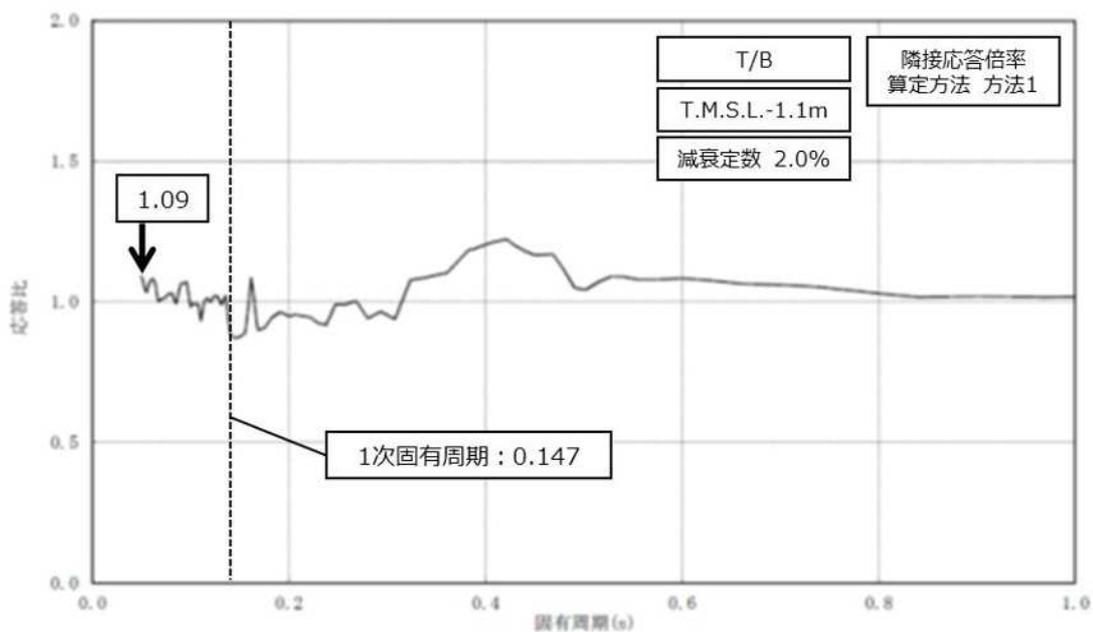
別紙 4-7



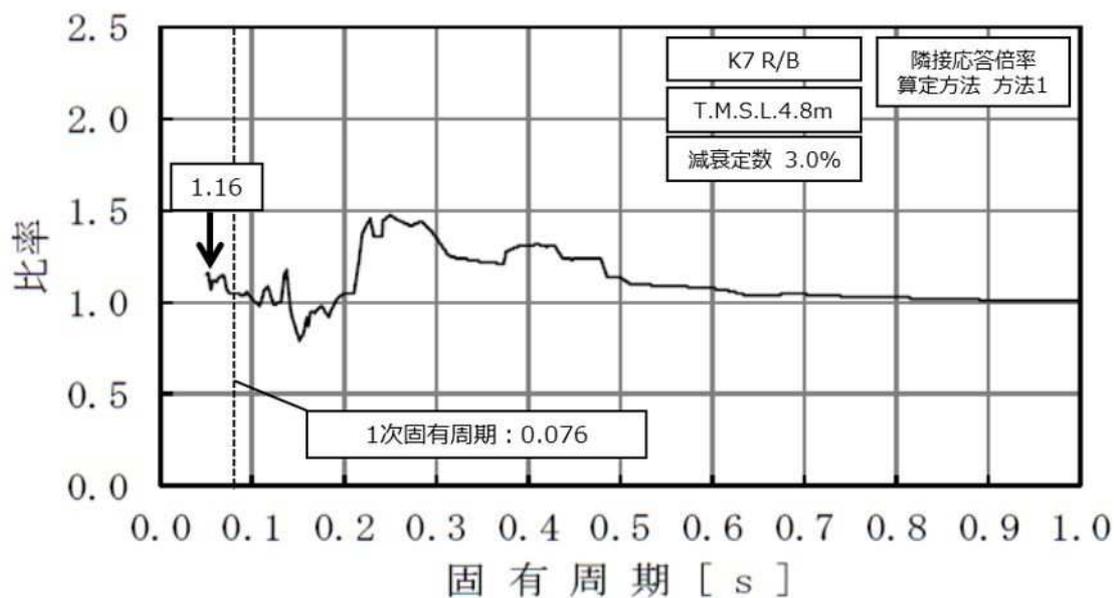
図添1-3 隣接応答倍率の算定 (HPCF-W-1)



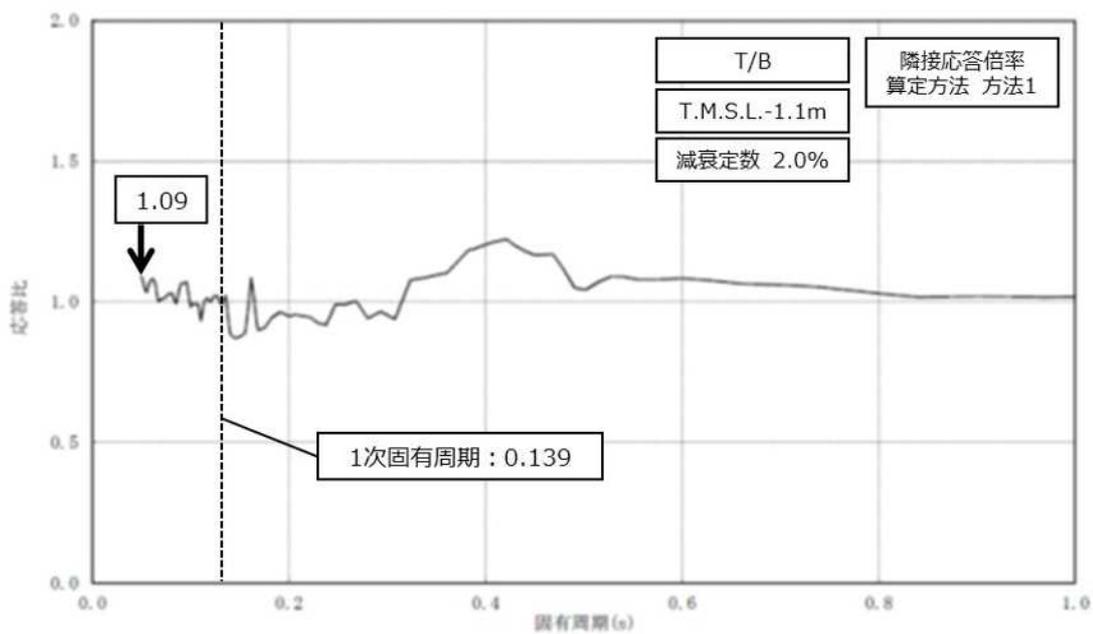
図添1-4 隣接応答倍率の算定 (MUWC-W-1)



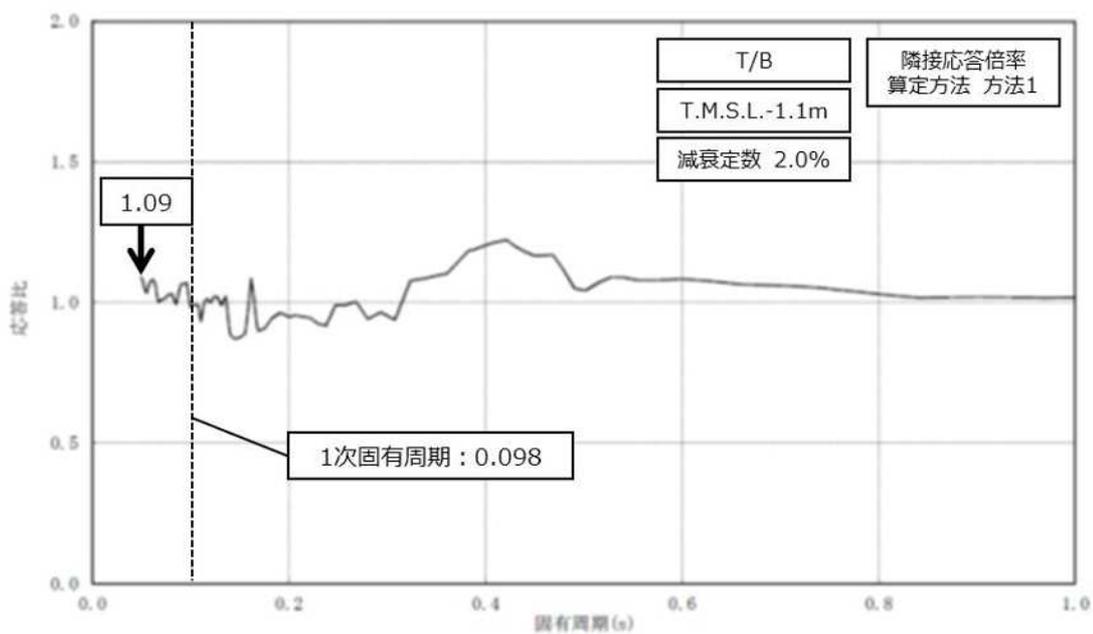
図添1-5 隣接応答倍率の算定 (RCW-T-4)



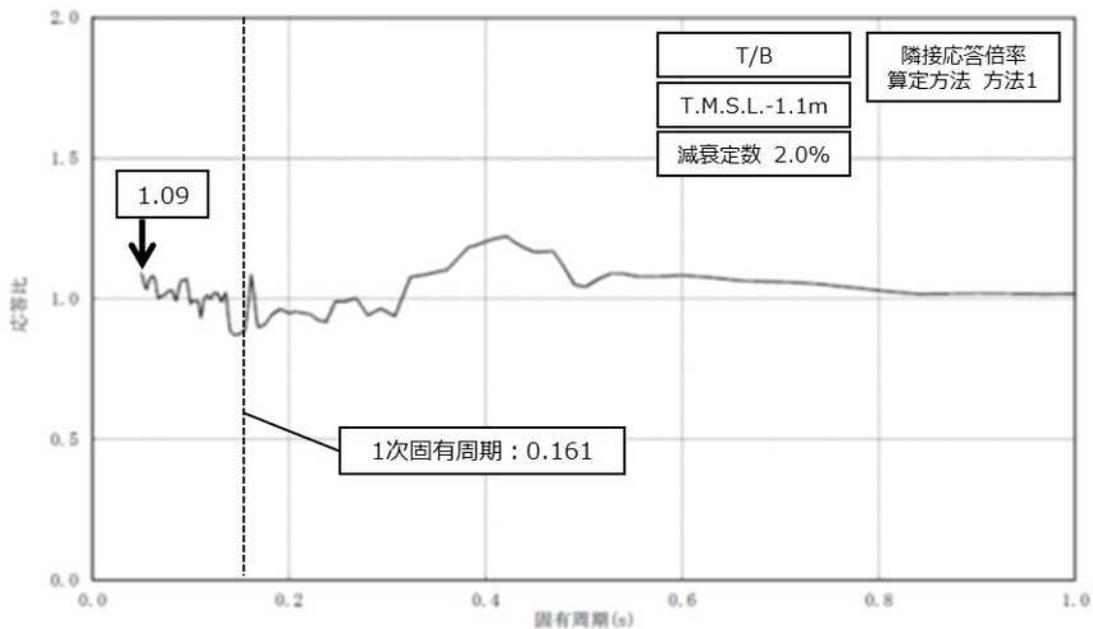
図添1-6 隣接応答倍率の算定 (HPCF-R-024)



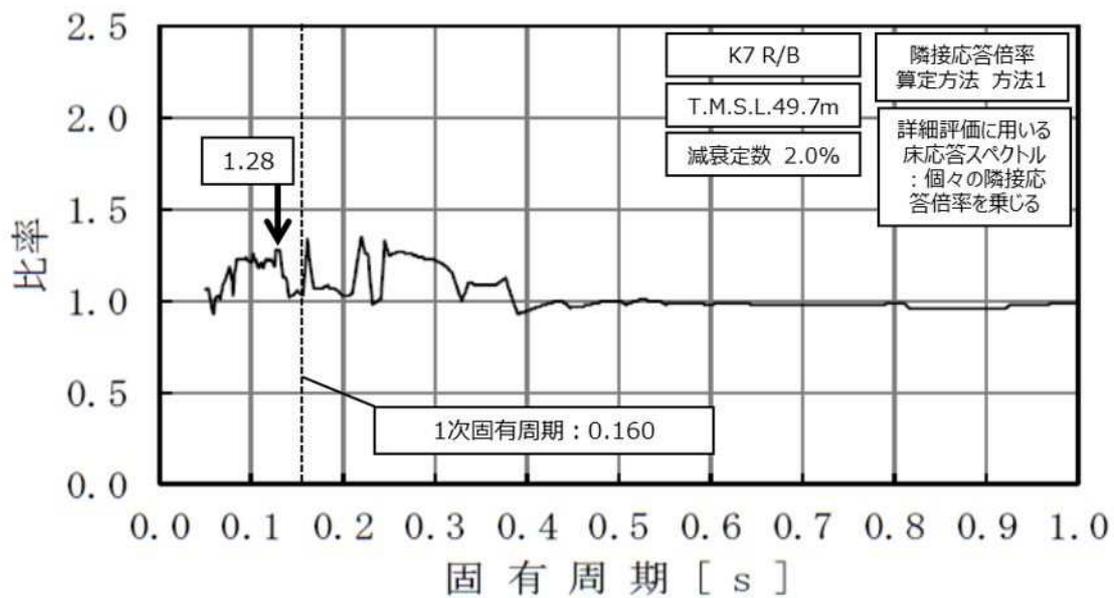
図添1-7 隣接応答倍率の算定 (RCW-T-1)



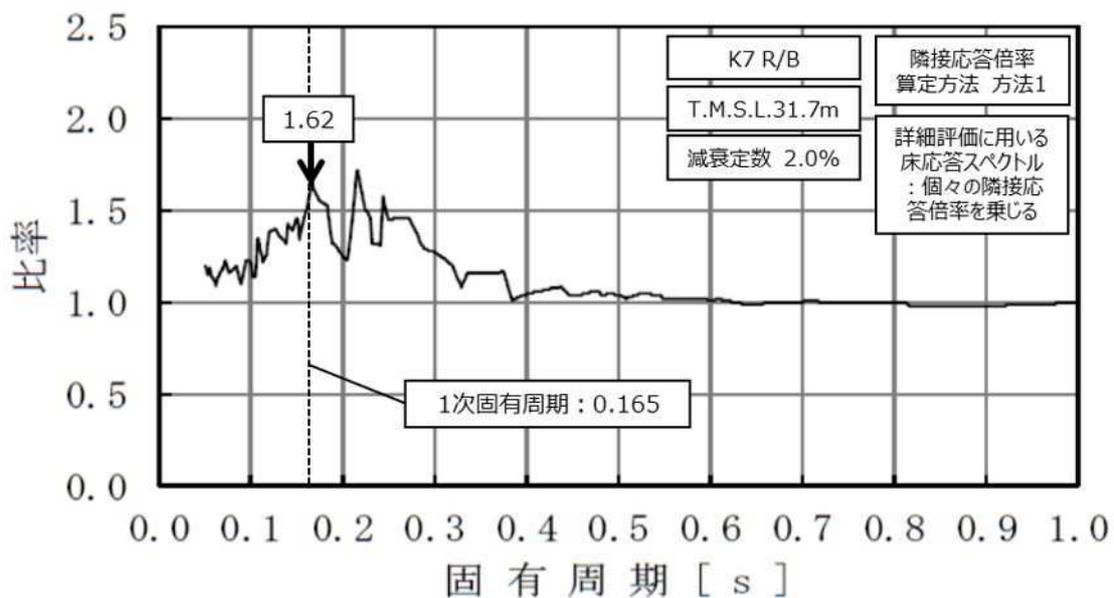
図添1-8 隣接応答倍率の算定 (RCW-T-3)



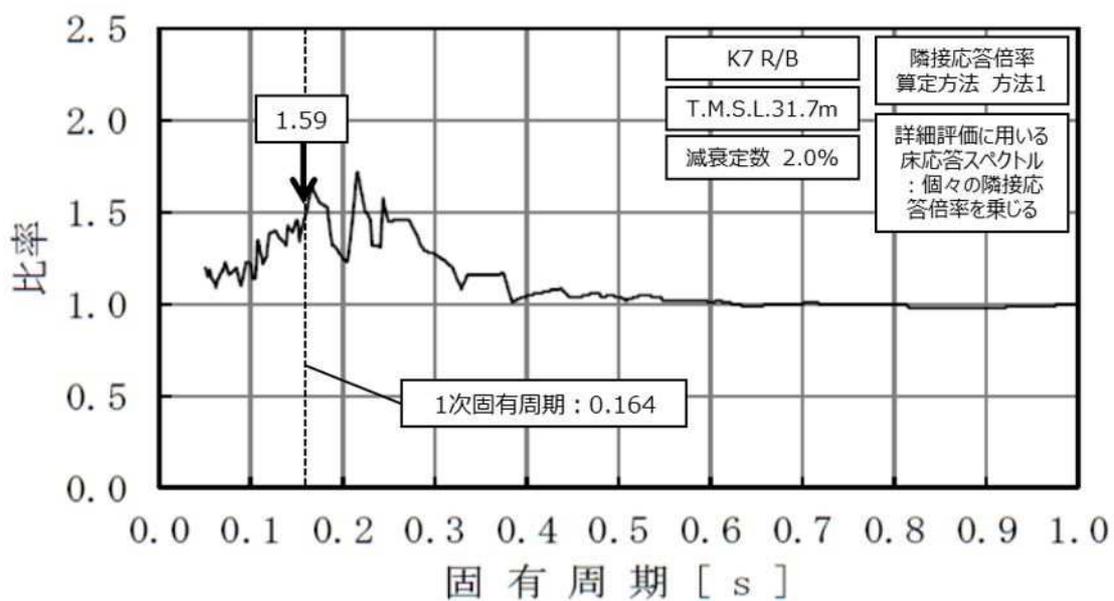
図添1-9 隣接応答倍率の算定 (RCW-T-5)



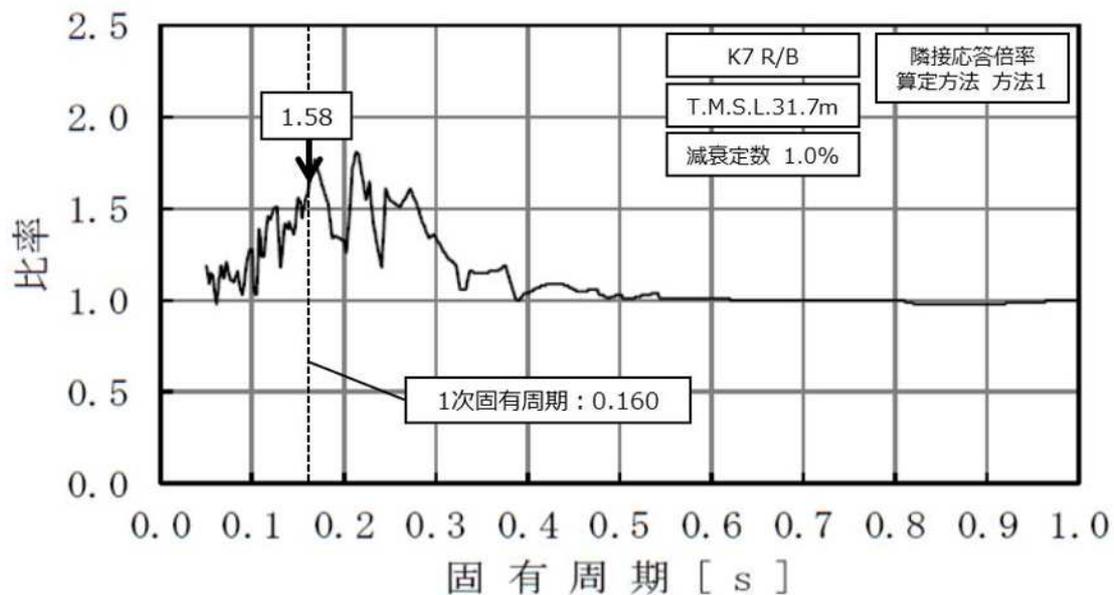
図添1-10 隣接応答倍率の算定 (SGTS-R-3)



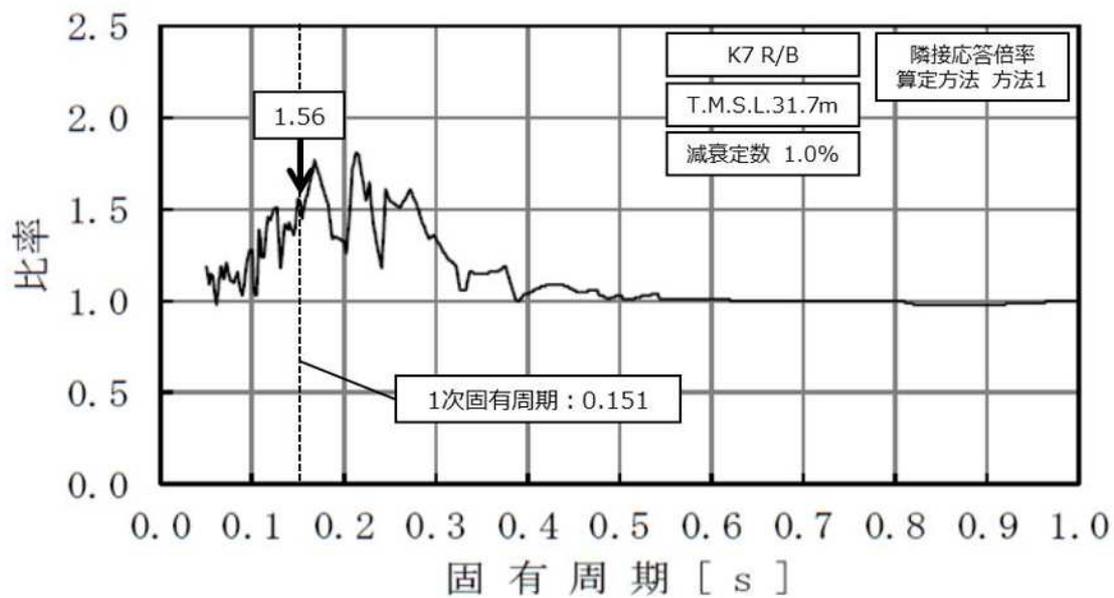
図添1-11 隣接応答倍率の算定 (HCVS-R-1)



図添1-12 隣接応答倍率の算定 (FCVS-R-5)



図添1-13 隣接応答倍率の算定（使用済燃料プール水位・温度（SA））



図添1-14 隣接応答倍率の算定（使用済燃料プール水位・温度（SA広域））