

地震時荷重と事故時荷重との組合せについて

目 次

1. はじめに	1
2. 基準類における要求	2
2.1 新規制基準における要求	2
2.2 J E A G 4 6 0 1 ・補-1984 における要求	3
3. 既工認及び今回の評価内容	10
3.1 荷重の組合せ及び対応する許容応力状態	10
3.1.1 記号の説明	10
3.1.2 クラス1（第一種）の評価	12
3.1.3 クラスMC（第二種）の評価	13
3.1.4 クラス2，3，4（第三種，第四種，第五種）（E C C S 機器）の評価	18
3.1.5 クラス2，3，4（第三種，第四種，第五種）（E C C S 機器以外）の評価	19
3.1.6 残留熱除去系ストレーナ，高圧炉心注水系ストレーナの評価	20
3.2 今回評価で用いた圧力荷重及び機械的荷重	21

1. はじめに

耐震設計においては、通常運転時、運転時の異常な過渡変化時及び事故時に生じるそれぞれの荷重と地震力を組み合わせた荷重条件に対して、機能を保持することとしている。本資料では、技術基準規則第5条（設置許可基準規則第4条を読み込み）に基づく地震荷重とDB条件におけるその他荷重との組合せについて説明する。

2. 基準類における要求

2.1 新規制基準における要求

新規制基準のうち「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則（以下「設置許可基準規則」という。）の解釈」の別記2のうち、該当部を下記に示す。

設置許可基準規則の解釈（別記2）

第4条（地震による損傷の防止）

3 第4条第1項に規定する「地震力に十分に耐えること」を満たすために、耐震重要度分類の各クラスに属する設計基準対象施設の耐震設計に当たっては、以下の方針によること。

一 Sクラス（津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備を除く。）

（省略）

- ・機器・配管系については、通常運転時、運転時の異常な過渡変化時及び事故時に生じるそれぞれの荷重と、弾性設計用地震動による地震力又は静的地震力を組み合わせた荷重条件に対して、応答が全体的におおむね弾性状態に留まること。

6 第4条第3項に規定する「安全機能が損なわれるおそれがないものでなければならない」ことを満たすために、基準地震動に対する設計基準対象施設の設計に当たっては、以下の方針によること。

一 耐震重要施設のうち、二以外のもの

（省略）

- ・機器・配管系については、通常運転時、運転時の異常な過渡変化時及び事故時に生じるそれぞれの荷重と基準地震動による地震力を組み合わせた荷重条件に対して、その施設に要求される機能を保持すること。なお、上記により求められる荷重により塑性ひずみが生じる場合であっても、その量が小さなレベルに留まって破断延性限界に十分な余裕を有し、その施設に要求される機能に影響を及ぼさないこと。

なお、上記の「運転時の異常な過渡変化時及び事故時に生じるそれぞれの荷重」については、地震によって引き起こされるおそれのある事象によって作用する荷重及び地震によって引き起こされるおそれのない事象であっても、いったん事故が発生した場合、長時間継続する事象による荷重は、その事故事象の発生確率、継続時間及び地震動の超過確率の関係を踏まえ、適切な地震力と組み合わせて考慮すること。

2.2 J E A G 4 6 0 1 ・ 補-1984 における要求

前項において、新規規制基準における要求として設置許可基準規則を示したが、具体的な考え方は原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 ・ 補-1984 (以下「J E A G 4 6 0 1 ・ 補-1984」という。)に記載されている。

J E A G 4 6 0 1 ・ 補-1984 では、運転状態 I ~ IV と S₁ 及び S₂ との組合せに対して、許容応力状態 III_AS 及び IV_AS の許容限界を適用した評価が求められている。

ここで、運転状態 IV (L) と S₁ の組合せにおいて、^①原子炉冷却材バウンダリ (E C C S 系以外) (図 2-1①に対応、以下同様) については許容応力状態 IV_AS の許容限界を適用し、^②原子炉冷却材バウンダリ (E C C S 系) 及び^③原子炉格納容器については許容応力状態 III_AS の許容限界を適用する。E C C S 機器に対して、許容応力状態 III_AS の許容限界を適用するのは、これらの設備については、本来運転状態 IV (L) を設計条件としており、この状態が運転状態 I に相当するとし、運転状態 I と S₁ との組合せに対して適用される許容応力状態 III_AS の許容限界を適用した評価が求められているためである。また、^④原子炉格納容器については、LOCA 後の最終障壁となることから、構造全体としての安全裕度を確認する意味で、LOCA 後最大内圧と S₁ との組合せにおいて、許容応力状態 IV_AS の許容限界を適用することが求められている。

上記の運転状態と地震の組合せについて、地震の従属事象は、地震時の状態と、事象によって引き起こされるおそれのあるプラントの状態とは組合せが必要であり、地震の独立事象は、事象の発生確率、継続時間及び地震動の発生確率の関係を踏まえ組合せを検討するとの考え方が示されている (図 2-2 参照)。この考え方を、検討整理した結果、運転状態 I ~ IV の各事象における圧力、温度、機械的荷重と基準地震動 S₁、S₂ との組合せについて、考慮すべき組合せの考え方が示されている (図 2-1 参照)。この中で、発生頻度が低い独立事象である LOCA (運転状態 IV) については、S₂ との組合せを要しないが、LOCA 後長時間継続する荷重 (運転状態 IV (L)) は、S₁ との組合せが必要となると規定されている。

付 録 2

地震荷重と他の荷重との組合せ及び対応する許容応力状態

本参考資料での検討と J E A G 4601・補-1984「原子力発電所耐震設計技術指針-許容応力編」での検討を踏まえた結果、地震荷重と他の荷重との組合せ及び対応する許容応力状態は次のとおりである。

耐震クラス	種 別 (1) 荷重の組合せ	第1種	第2種	第3種	第4種	第5種	炉心支持構造物	そ の 他		
		機支持構造物	容支持構造物	機支持構造物	容管	管		ポンプ・弁	炉内構造物	支持構造物
A _s	D + P + M + S ₁	Ⅲ _A S	Ⅲ _A S	-	-	-	Ⅲ _A S	-	-	-
	D + P _D + M _D + S ₁	① -	③ -	Ⅲ _A S	Ⅲ _A S	-	-	Ⅲ _A S	Ⅲ _A S	Ⅲ _A S
	D + P _L + M _L + S ₁	Ⅳ _A S ⁽²⁾	Ⅲ _A S ⁽³⁾	-	-	-	Ⅳ _A S	-	-	-
	D + P + M + S ₂	Ⅳ _A S	Ⅳ _A S	-	-	-	Ⅳ _A S	-	-	-
	D + P _D + M _D + S ₂	-	-	Ⅳ _A S	Ⅳ _A S	-	-	Ⅳ _A S	Ⅳ _A S	Ⅳ _A S
A	D + P _D + M _D + S ₁	-	-	Ⅲ _A S	Ⅲ _A S	Ⅲ _A S	-	Ⅲ _A S	Ⅲ _A S	Ⅲ _A S
B	D + P _d + M _d + S _B	-	-	B _A S	B _A S	B _A S	-	B _A S	-	B _A S
C	D + P _d + M _d + S _C	-	-	-	C _A S	C _A S	-	C _A S	-	C _A S

- 注：(1) 各設備の種別は、原則として告示に基づくものとする。
告示で規定されない容器・管にあっては以下による。
- 1) 耐震A又はA_sクラスに分類される非常用予備発電装置に付属する容器・管については第3種の規定を準用する。
 - 2) 第5種管に分類されないダクトについても、第5種管の規定を準用する。
 - 3) 上記1), 2)以外で告示で規定されない容器・管にあっては第4種の規定を準用する。
- (2) ②なお、ECCS及びそれに関連し、事故時に運転を必要とするものについてはⅢ_ASとする。
- (3) ③1) 第2種容器、許容応力状態Ⅲ_ASの荷重の組合せ(D + P_L + M_L + S₁)のP_Lは、LOCA後10⁻¹年後の原子炉格納容器内圧を用いる。
- ④ 2) 原子炉格納容器は、LOCA後の最終障壁となることから、構造体全体としての安全裕度を確認する意味でLOCA後の最大内圧とS₁地震動(又は静的地震力)との組合せを考慮する。
この場合の評価は、許容応力状態Ⅳ_ASの許容限界を用いて行う。

図 2-1 J E A G 4 6 0 1・補-1984 の許容応力状態と荷重の組合せの考え方

表 I-1 運転状態と地震動との組合せの確率的評価

発生確率		1	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}	10^{-9}	
運転状態の発生確率 (1/年)		I	II	III	IV							
基準地震動の発生確率 (1/年)					S_1	S_2						
基準地震動 S_1 との組合せ	従属事象					S_1 従属						
	独立事象											
	1分以内					S_1+II						
	1時間以内					S_1+II						
	1日以内					S_1+II						
基準地震動 S_2 との組合せ	従属事象					S_2 従属						
	独立事象											
	1分以内					(S_2+II) は 10^{-6} 以下となる						
	1時間以内					S_2+II						
	1日以内					S_2+II						

注：(1) 発生確率から見て
 ← 組合せが必要なもの。
 ←... 発生確率が 10^{-7} 以下となり組合せが不要となるもの。
 (2) 基準地震動 S_2 の発生確率は $10^{-4} \sim 10^{-5}$ / サイト・年と推定されるが、ここでは $5 \times 10^{-4} \sim 10^{-5}$ / サイト・年を用いた。
 (3) 表に示す発生確率は現在の知見によるものである。

基準地震動 S_1 の発生確率：

10^{-2} /年 \sim 5×10^{-4} /年

基準地震動 S_2 の発生確率：

5×10^{-4} /年 \sim 10^{-5} /年

J E A G 4 6 0 1 ・ 補-1984 の考え方

- 耐震上想定すべき運転状態と地震動の組合せは、事象の発生頻度及びその状態の継続時間との関連により決定
- 独立事象と組み合わせた発生確率 10^{-7} /年以上を目安に組合せを考慮
- J E A G 4 6 0 1 ・ 補-1984 においては、 S_1 の発生確率は 10^{-2} /年 \sim 5×10^{-4} /年、 S_2 の発生確率は 5×10^{-4} /年 \sim 10^{-5} /年とし、組合せを考慮

図 2-2 運転状態と荷重の組合せの考え方

今回の評価

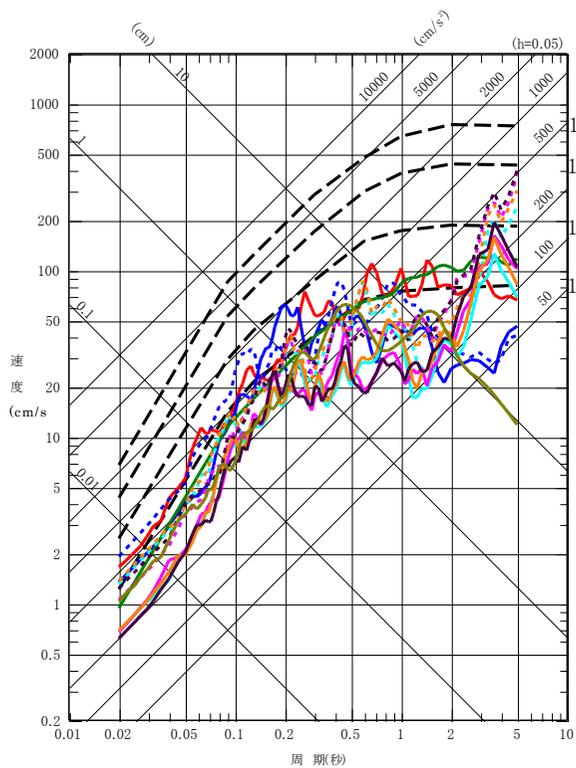
今回の評価については、J E A G 4 6 0 1 ・ 補-1984 にて想定している S_1 及び S_2 の発生確率よりも柏崎刈羽原子力発電所大湊側における S_d 及び S_s の年超過確率が小さいこと (J E A G 4 6 0 1 ・ 補-1984 については発生確率で示されているのに対し、柏崎刈羽原子力発電所については年超過確率で示しているが、発生確率より年超過確率が大きくなる)、また S_d については S_1 を下回らないように設定していることを踏まえたうえで、J E A G 4 6 0 1 ・ 補-1984 の S_1 及び S_2 を S_d 及び S_s に置き換えて評価を実施しているものである (参考 1, 参考 2 参照)。

(参考 1) 柏崎刈羽原子力発電所大湊側における S d の年超過確率

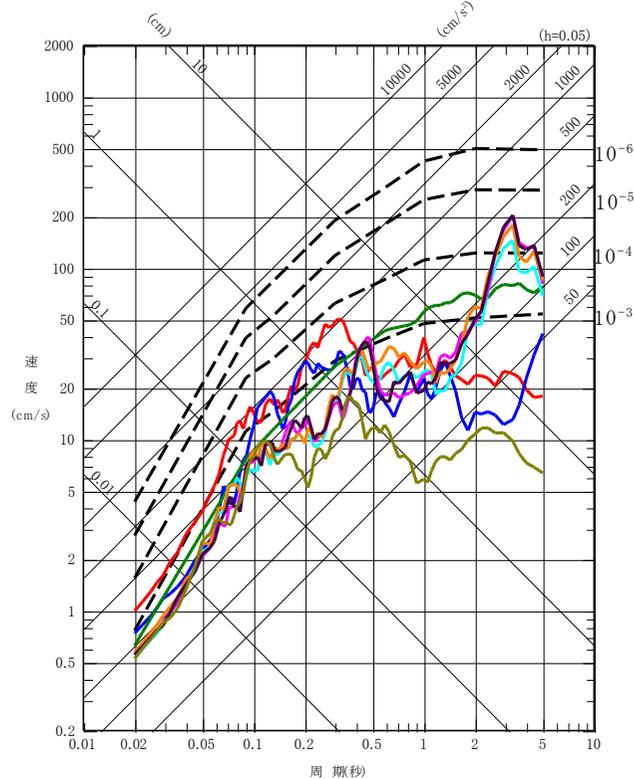
柏崎刈羽原子力発電所大湊側における S d の年超過確率は図 2-3 よりおおむね 10^{-3} /年
～ 10^{-4} /年であり, J E A G 4 6 0 1 ・ 補-1984 にて想定している S₁ の発生確率 (10^{-2} /年
～ 5×10^{-4} /年) より小さい。

- 弾性設計用地震動 Sd-1H
- 弾性設計用地震動 Sd-2NS
- - 弾性設計用地震動 Sd-2EW
- 弾性設計用地震動 Sd-3H
- 弾性設計用地震動 Sd-4NS
- · - 弾性設計用地震動 Sd-4EW
- 弾性設計用地震動 Sd-5NS
- · - 弾性設計用地震動 Sd-5EW
- 弾性設計用地震動 Sd-6NS
- · - 弾性設計用地震動 Sd-6EW
- 弾性設計用地震動 Sd-7NS
- · - 弾性設計用地震動 Sd-7EW
- 弾性設計用地震動 Sd-8H

- 弾性設計用地震動 Sd-1V
- 弾性設計用地震動 Sd-2UD
- 弾性設計用地震動 Sd-3V
- 弾性設計用地震動 Sd-4UD
- 弾性設計用地震動 Sd-5UD
- 弾性設計用地震動 Sd-6UD
- 弾性設計用地震動 Sd-7UD
- 弾性設計用地震動 Sd-8V
- 一様ハザードスペクトル



(a) 水平方向



(b) 鉛直方向

図 2-3 一様ハザードスペクトルと弾性設計用地震動 S d の応答スペクトルの比較 (大湊側)

(参考2) 柏崎刈羽原子力発電所大湊側における S_s の年超過確率

柏崎刈羽原子力発電所大湊側における S_s の年超過確率は図 2-4 よりおおむね 10^{-4} /年 $\sim 10^{-5}$ /年であり, J E A G 4 6 0 1 ・ 補-1984 にて想定している S_2 の発生確率 (5×10^{-4} /年 $\sim 10^{-5}$ /年) より小さい。

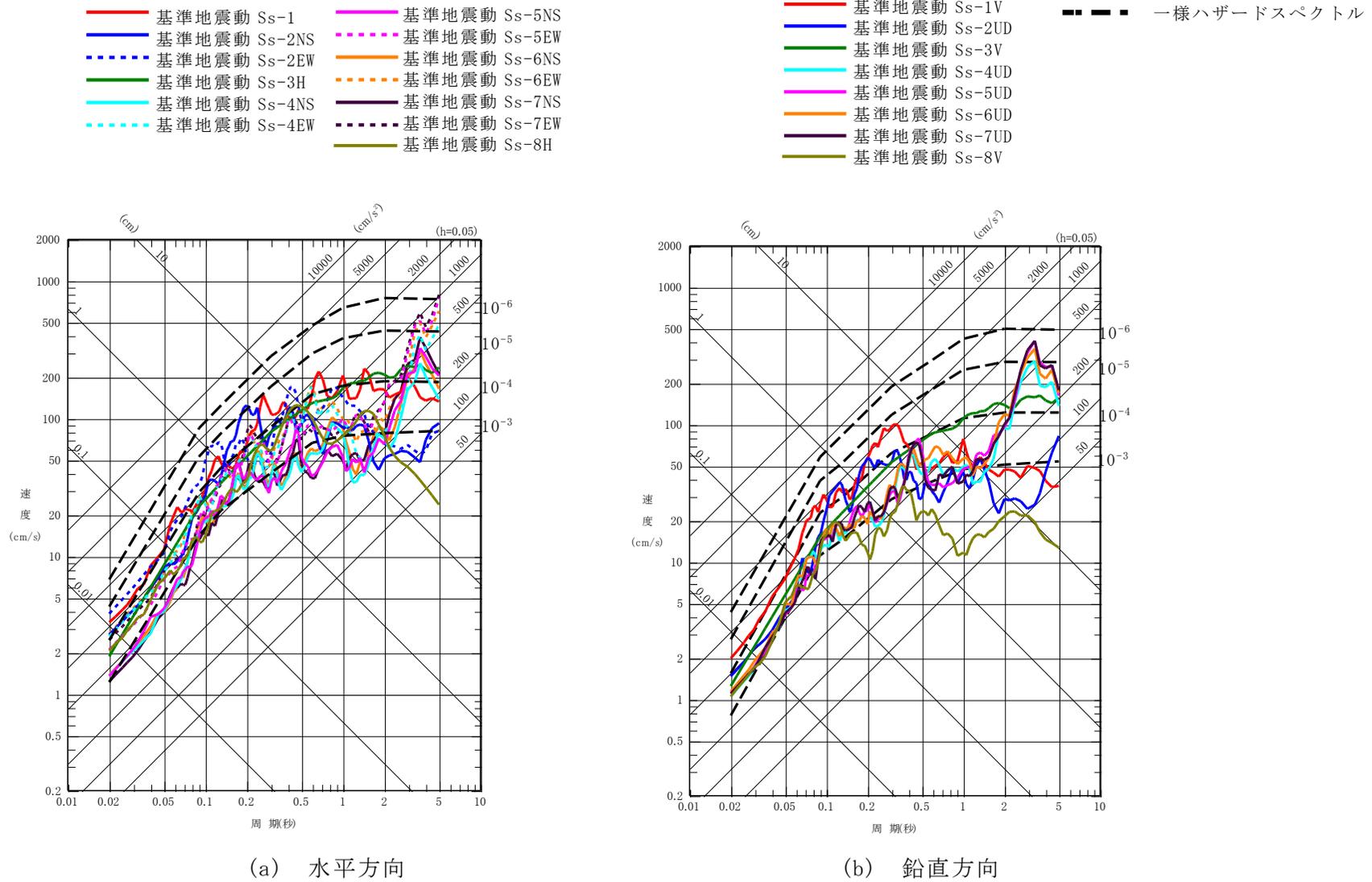


図 2-4 一様ハザードスペクトルと基準地震動 S_s の応答スペクトルの比較 (大湊側)

3. 既工認及び今回の評価内容

既工認では、上記の J E A G 4 6 0 1 ・ 補-1984 等の考え方に基づき、各運転状態の事象と S_1 及び S_2 地震動とを組み合わせた評価を実施している。

今回の評価では、既工認と同様に J E A G 4 6 0 1 ・ 補-1984 等の考え方に基づき、各運転状態 I ~ IV の各事象と弾性設計用地震動 S_d 及び基準地震動 S_s とを組み合わせた評価を実施している。

3.1 荷重の組合せ及び対応する許容応力状態

3.1.1 記号の説明

【 J E A G 4 6 0 1 ・ 補-1984 】

- D : 死荷重
- P : 地震と組み合わせべきプラントの運転状態（地震との組合せが独立な運転状態 IV, V は除く）における圧力荷重
- P_D : 地震と組み合わせべきプラントの運転状態 I 及び II（運転状態 III 及び地震従属事象として運転状態 IV に包絡する状態がある場合にはこれを含む）、又は当該設備に設計上定められた最高使用圧力による荷重
- P_L : 地震との組合せが独立な運転状態 IV の事故直後を除き、その後に生じている圧力荷重
- P_L^* : 冷却材喪失事故後最大内圧（クラス MC）
- P_L^{**} : 異物付着による差圧を考慮（残留熱除去系ストレーナ, 高圧炉心注水系ストレーナ）
- M : 地震及び死荷重以外で地震と組み合わせべきプラントの運転状態で（地震との組合せが独立な運転状態 IV, V は除く）設備に作用している機械的荷重
- M_D : 地震と組み合わせべきプラントの運転状態 I 及び II（運転状態 III 及び地震従属事象として運転状態 IV に包絡する状態がある場合にはこれを含む）、又は当該設備に設計上定められた荷重
- M_L : 地震との組合せが独立な運転状態 IV の事故直後を除き、その後に生じている死荷重及び地震荷重以外の機械的荷重
- M_L^* : 異物付着による異物荷重を考慮
- S_1^* : 基準地震動 S_1 により定まる地震力又は静的地震力
- S_2 : 基準地震動 S_2 により定まる地震力
- S_d^* : 弾性設計用地震動 S_d により定まる地震力又は S クラス設備に適用される静的地震力のいずれか大きい方の地震力
- S_s : 基準地震動 S_s により定まる地震力
- $III_A S$: 「発電用原子力設備規格（設計・建設規格（2005 年版（2007 年追補版含

む。)) J S M E S N C 1 - 2005/2007) (日本機械学会 2007 年 9 月)」
(以下「設計・建設規格」という。)の供用状態 C 相当の許容応力を基準
として、それに地震により生じる応力に対する特別な応力の制限を加え
た許容応力状態

IV_AS : 設計・建設規格の供用状態 D 相当の許容応力を基準として、それに地震
により生じる応力に対する特別な応力の制限を加えた許容応力状態

クラス MC 容器のうち、コンクリート製原子炉格納容器のコンクリート部、ライナ部に
ついては、「発電用原子力設備規格 コンクリート製原子炉格納容器規格 ((社) 日本機械学
会, 2003)」(以下「CCV 規格」という。)に基づいて評価を実施している。

【CCV 規格】

- D : 死荷重
- L : 活荷重
- P₁ : 運転時圧力荷重
- R₁ : 運転時配管荷重
- T₁ : 運転時温度荷重
- P₂ : 異常時圧力荷重
- R₂ : 異常時配管荷重
- T₂ : 異常時温度荷重
- S₁* : 基準地震動 S₁ により定まる地震力又は静的地震力
- S₂ : 基準地震動 S₂ により定まる地震力
- S_d* : 弾性設計用地震動 S_d により定まる地震力又は S クラス設備に適用され
る静的地震力のいずれか大きい方の地震力
- S_s : 基準地震動 S_s により定まる地震力

3.1.2 クラス1（第一種）の評価

クラス1（第一種）						
評価	(1) J E A G 4 6 0 1 ・ 補-1984		(2)既工認		(3)今回の評価	
ケース	荷重の組合せ	許容応力状態	荷重の組合せ	許容応力状態	荷重の組合せ	許容応力状態
①	$D + P + M + S_1$	Ⅲ _A S	$D + P + M + S_1^*$	Ⅲ _A S	$D + P + M + S_d^*$	Ⅲ _A S
②	$D + P_L + M_L + S_1$	Ⅳ _A S ^{*1}	$D + P_L + M_L + S_1^*$	Ⅳ _A S ^{*1}	$D + P_L + M_L + S_d^*$	Ⅳ _A S ^{*1}
③	$D + P + M + S_2$	Ⅳ _A S	$D + P + M + S_2$	Ⅳ _A S	$D + P + M + S_s$	Ⅳ _A S

注記*1：ECCS及びそれに関連し、事故時に運転を必要とするものにあつてはⅢ_ASとする。

(1) J E A G 4 6 0 1 ・ 補-1984 における要求

J E A G 4 6 0 1 ・ 補-1984 においては、ケース①～③の3ケースについての考慮が求められている。

(2) 既工認での評価

既工認においては、ケース①～③の3ケースについて評価を実施している。なお、ケース②の許容応力状態についてはECCS系においてはⅢ_AS、ECCS系以外についてはⅣ_ASを考慮する必要があるが、 $P \geq P_L$ 、 $M \geq M_L$ であることから、ECCS系（Ⅲ_AS）についてはケース①に包絡される。また、ケース②のうちECCS系以外（Ⅳ_AS）については、ケース③に包絡される。

(3) 今回の評価

今回の評価においては、ケース①～③の3ケースについて評価を実施している。なお、ケース②の許容応力状態についてはECCS系においてはⅢ_AS、ECCS系以外についてはⅣ_ASを考慮する必要があるが、 $P \geq P_L$ 、 $M \geq M_L$ であることから、ECCS系（Ⅲ_AS）についてはケース①に包絡される。また、ケース②のうちECCS系以外（Ⅳ_AS）については、ケース③に包絡される。

3.1.3 クラスMC（第二種）の評価

(1) 原子炉格納容器（コンクリート部）

クラスMC（第二種（原子炉格納容器（コンクリート部）））						
評価 ケース	(1)CCV規格			(2)既工認	(3)今回の評価	
	荷重 状態	応力* ¹ 状態	荷重時名称	荷重の組合せ	荷重の組合せ	荷重の組合せ
①	Ⅲ	1	S ₁ （S _d ）地震時	D+L+P ₁ +R ₁ +S ₁	D+L+P ₁ +R ₁ +S ₁ *	D+L+P ₁ +R ₁ +S _d *
②	Ⅲ	1	（異常+S ₁ （S _d ） 地震）時	D+L+P ₂ +R ₂ +S ₁	D+L+P ₂ +R ₂ +S ₁ *	D+L+P ₂ +R ₂ +S _d *
③	Ⅲ	2	S ₁ （S _d ）地震時	D+L+P ₁ +R ₁ +T ₁ + S ₁	D+L+P ₁ +R ₁ +T ₁ + S ₁ *	D+L+P ₁ +R ₁ +T ₁ + S _d *
④	Ⅲ	2	（異常+S ₁ （S _d ） 地震）時	D+L+P ₂ +R ₂ +T ₂ + S ₁	D+L+P ₂ +R ₂ +T ₂ + S ₁ *	D+L+P ₂ +R ₂ +T ₂ + S _d *
⑤	Ⅳ	1	S ₂ （S _s ）地震時	D+L+P ₁ +R ₁ +S ₂	D+L+P ₁ +R ₁ +S ₂	D+L+P ₁ +R ₁ +S _s
⑥	Ⅳ	1	（異常+S ₁ （S _d ） 地震）時	D+L+P ₂ +R ₂ +S ₁	D+L+P ₂ +R ₂ +S ₁ *	D+L+P ₂ +R ₂ +S _d *

注記*1：各応力状態は下記のとおりである。

応力状態1 温度以外の荷重による応力状態

応力状態2 温度を含む全荷重による応力状態

クラスMC容器のうち、コンクリート製原子炉格納容器のコンクリート部については、CCV規格に基づいて評価を実施している。

(1) CCV規格における要求

CCV規格においては、ケース①～⑥の6ケースについての考慮が求められている。

(2) 既工認での評価

既工認においては、ケース①～⑥の6ケースについて評価を実施している。

(3) 今回の評価

今回の評価においては、ケース①～⑥の6ケースについて評価を実施している。

(2) 原子炉格納容器（ライナ部）

クラスMC（第二種（原子炉格納容器（ライナプレート及びライナアンカ*1）））					
評価 ケース	(1)CCV規格			(2)既工認	(3)今回の評価
	荷重 状態	荷重時名称	荷重の組合せ	荷重の組合せ	荷重の組合せ
①	Ⅲ	S ₁ （S _d ）地震時	D+L+P ₁ +R ₁ +T ₁ + S ₁	D+L+P ₁ +R ₁ +T ₁ + S ₁ [*]	D+L+P ₁ +R ₁ +T ₁ + S _d [*]
②	Ⅲ	（異常+S ₁ （S _d ）地震）時	D+L+P ₂ +R ₂ +T ₂ + S ₁	D+L+P ₂ +R ₂ +T ₂ + S ₁ [*]	D+L+P ₂ +R ₂ +T ₂ + S _d [*]
③	Ⅳ	S ₂ （S _s ）地震時	D+L+P ₁ +R ₁ +S ₂	D+L+P ₁ +R ₁ +S ₂	D+L+P ₁ +R ₁ +S _s
④	Ⅳ	（異常+S ₁ （S _d ）地震）時	D+L+P ₂ +R ₂ +S ₁	D+L+P ₂ +R ₂ +S ₁ [*]	D+L+P ₂ +R ₂ +S _d [*]

注記*1：貫通部アンカを含む。

クラスMC容器のうち、コンクリート製原子炉格納容器のライナ部については、CCV規格に基づいて評価を実施している。

(1)CCV規格における要求

CCV規格においては、ケース①～④の4ケースについての考慮が求められている。

(2)既工認での評価

既工認においては、ケース①～④の4ケースについて評価を実施している。

(3)今回の評価

今回の評価においては、ケース①～④の4ケースについて評価を実施している。

(3) 原子炉格納容器（鋼製耐圧部）

クラスMC（第二種（原子炉格納容器（鋼製耐圧部）））						
評価	(1) J E A G 4 6 0 1 ・ 補-1984		(2) 既工認		(3) 今回の評価	
ケース	荷重の組合せ	許容応力状態	荷重の組合せ	許容応力状態	荷重の組合せ	許容応力状態
①	$D + P + M + S_1$	Ⅲ _A S	$D + P + M + S_1^*$	Ⅲ _A S	$D + P + M + S_d^*$	Ⅲ _A S
②	$D + P_L + M_L + S_1^{*1}$	Ⅲ _A S	$D + P_L + M_L + S_1^{**1}$	Ⅲ _A S	$D + P_L + M_L + S_d^{**1}$	Ⅲ _A S
③	$D + P_L^* + M_L + S_1$	Ⅳ _A S ^{*2}	$D + P_L^* + M_L + S_1^*$	Ⅳ _A S ^{*2}	$D + P_L^* + M_L + S_d^*$	Ⅳ _A S ^{*2}
④	$D + P + M + S_2$	Ⅳ _A S	$D + P + M + S_2$	Ⅳ _A S	$D + P + M + S_s$	Ⅳ _A S

注記*1： P_L は、LOCA後 10^{-1} 年後の原子炉格納容器内圧を用いる。

2：LOCA後最大内圧（ P_L^ ）との組合せについてはⅣ_ASで評価を行う。

(1) J E A G 4 6 0 1 ・ 補-1984 における要求

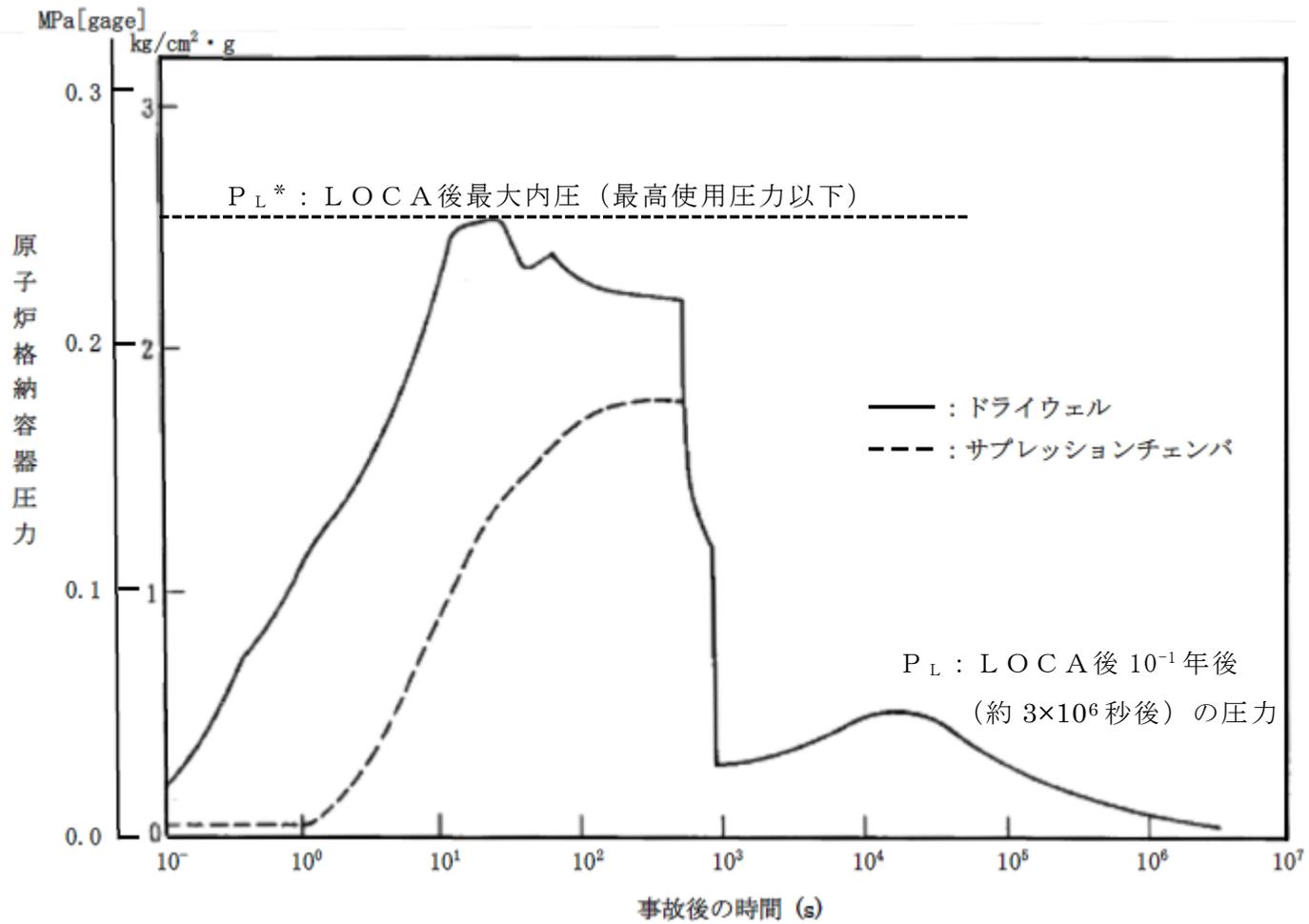
J E A G 4 6 0 1 ・ 補-1984 においては、ケース①～④の4ケースについての考慮が求められている。

(2) 既工認での評価

既工認においては、ケース①、③及び④の3ケースについて評価を実施している。②については、 $P_L \doteq 0$ （大気圧相当）、 $M_L = 0$ であることから、ケース②については、ケース①に包絡される。

(3) 今回の評価

今回の評価においては、ケース①、③及び④の3ケースについて評価を実施している。②については、 $P_L \doteq 0$ （大気圧相当）、 $M_L = 0$ であることから、ケース②については、ケース①に包絡される。



3.1.4 クラス2, 3, 4 (第三種, 第四種, 第五種) (ECCS機器) の評価

クラス2, 3, 4 (第三種, 第四種, 第五種) (ECCS機器)						
評価	(1) JEAG 4601・補-1984		(2) 既工認		(3) 今回の評価	
ケース	荷重の組合せ	許容応力状態	荷重の組合せ	許容応力状態	荷重の組合せ	許容応力状態
①	$D + P_D + M_D + S_1$	III _A S	$D + P_D + M_D + S_1^*$	III _A S	$D + P_D + M_D + S_d^*$	III _A S
②	$D + P_D + M_D + S_2$	IV _A S	$D + P_D + M_D + S_2$	IV _A S	$D + P_D + M_D + S_s$	IV _A S

(1) JEAG 4601・補-1984 における要求

JEAG 4601・補-1984 において、クラス2, 3及び4 (第三種, 第四種及び第五種) 設備のうちECCS機器は、Aクラスの「(i) 原子炉冷却材圧力バウンダリ破損事故後、炉心から崩壊熱を除去するために必要な設備」として分類されており、ケース①の1ケースについての考慮が求められている。なお、ケース②の組合せについてはA_sクラスとしての機能を兼ねる場合に考慮する。

○事故(運転状態IV (L))との荷重の組合せの考え方

ECCS機器は、運転状態IVにおいて機能を要求される設備であり、運転状態IVが設計条件となることから、運転状態IVにより定められる最高圧力 (P_D) 及び設計機械的荷重 (M_D) を用いた評価を実施している。

(2) 既工認での評価

既工認においては、ケース①及び②の2ケースについて評価を実施している。なお、ケース②については既工認において、A_sクラスとして分類されている機器について評価を実施している。

(3) 今回の評価

今回の評価においては、耐震指針の改定により、従来のA_s, AクラスはSクラスに一本化されたことから、ECCS機器についてはケース①及び②の2ケースについて評価を実施している。

3.1.5 クラス2, 3, 4 (第三種, 第四種, 第五種) (ECCS機器以外) の評価

クラス2, 3, 4 (第三種, 第四種, 第五種) (ECCS機器以外)						
評価	(1) JEAG 4601・補-1984		(2) 既工認		(3) 今回の評価	
ケース	荷重の組合せ	許容応力状態	荷重の組合せ	許容応力状態	荷重の組合せ	許容応力状態
①	$D + P_D + M_D + S_1$	III _A S	$D + P_D + M_D + S_1^*$	III _A S	$D + P_D + M_D + S_d^*$	III _A S
②	$D + P_D + M_D + S_2$	IV _A S	$D + P_D + M_D + S_2$	IV _A S	$D + P_D + M_D + S_s$	IV _A S

(1) JEAG 4601・補-1984 における要求

JEAG 4601・補-1984 において、クラス2及び3 (第三種及び第四種) 設備は、ケース①及び②の2ケースについての考慮が求められており、クラス4 (第五種) 設備についてはケース①の評価が求められている。なお、ケース②の組合せについてはA_sクラスの場合に考慮する。

(2) 既工認での評価

既工認においては、ケース①及び②の2ケースについて評価を実施している。なお、ケース②については既工認において、A_sクラスとして分類されている機器について評価を実施している。

(3) 今回の評価

今回の評価においては、耐震指針の改定により、従来のA_s, AクラスはSクラスに一本化されたことから、ケース①及び②の2ケースについて評価を実施している。

3.1.6 残留熱除去系ストレーナ，高圧炉心注水系ストレーナの評価

クラス2（第三種）						
評価 ケース	(1) J E A G 4 6 0 1 ・ 補-1984		(2) 既工認（改造工認）		(3) 今回の評価	
	荷重の組合せ	許容応力 状態	荷重の組合せ	許容応力 状態	荷重の組合せ	許容応力 状態
①	$D + P_D + M_D + S_1$	Ⅲ _A S	$D + P_D + M_D + S_1^*$	Ⅲ _A S	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ _A S
②	—	—	$D + P_L^{**} + M_L^* + S_1^*$	Ⅲ _A S	$D + P_L^{**} + M_L^* + S_d^*$	Ⅲ _A S
③	$D + P_D + M_D + S_2$	Ⅳ _A S	$D + P_D + M_D + S_2$	Ⅳ _A S	$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ _A S

(1) J E A G 4 6 0 1 ・ 補-1984 における要求

J E A G 4 6 0 1 ・ 補-1984 において，クラス2（第三種）設備は，ケース①及び③の2ケースについての考慮が求められている。なお，ケース③の組合せについてはA_sクラスの場合に考慮する。

(2) 既工認での評価

既工認においては，J E A G 4 6 0 1 ・ 補-1984 に加えて，「沸騰水型原子力発電設備における非常用炉心冷却設備及び格納容器熱除去設備に係るろ過装置の性能評価及び構造強度評価について（内規）」（平成17・10・13原院第4号）に基づき，ケース①～③の3ケースについて評価を実施している。

(3) 今回の評価

今回の評価においては，J E A G 4 6 0 1 ・ 補-1984 に加えて，「非常用炉心冷却設備又は格納容器熱除去設備に係るろ過装置の性能評価等について（内規）」（平成20・02・12原院第5号）に基づき，ケース①～③の3ケースについて評価を実施している。

3.2 今回評価で用いた圧力荷重及び機械的荷重

荷重の組合せ評価に用いる圧力荷重（P等）及び機械的荷重（M等）については、J E A G 4 6 0 1 ・ 補-1984において、設備種別ごとに整理されている。（下記 J E A G 4 6 0 1 ・ 補-1984 抜粋参照のこと。）

整理表にクラス1（第一種）及びクラスMC（第二種）については、圧力荷重（P， P_L ）及び機械的荷重（M， M_L ）を考慮し、クラス2，3，4（第三種，第四種，第五種）については最高使用圧力（ P_d ）及び設計機械荷重（ M_d ）を考慮した評価を実施することが記載されており、それに基づき適切に評価を実施している。次頁以降に、クラス1（第一種）及びクラスMC（第二種）の評価に用いた設備種別ごとの具体的な荷重一覧表を示す。なお、クラス2，3，4（第三種，第四種，第五種）については、運転状態によらず最高使用圧力及び設計機械荷重を用いていることから、ここでの記載は省略する。

種 別	型式		BWR	PWR
	荷重			
第 1 種	P		タービントリップ又は全給水流量喪失により生じている最高圧力による荷重	負荷喪失又は外部電源喪失により生じている最高圧力による荷重
	M		○安全弁吹出時の反力荷重 ○ボルト締付力 ○スクラム反力等	○安全弁吹出時の反力荷重 ○ボルト締付力等
	P _L		冷却材喪失事故直後を除き、その後生じている圧力荷重及び機械的荷重	同 左
	M _L			
第 2 種	P		地震と重ね合わせる必要のある事象における最大圧力荷重	地震と重ね合わせる必要のある事象における最大圧力荷重
	M		逃し安全弁開により生じる空気泡振動による荷重	特になし
	P _L		冷却材喪失事故直後を除き、その後生じている圧力荷重及び機械的荷重	同 左
	M _L			
第 3 ・ 5 ・ 4 種	P _d	最 高 使 用 圧 力		
	M _d	設 計 機 械 荷 重		
炉 心 支 持 構 造 物	P		地震と組み合わせる必要のある事象における最大差圧	
	M		地震と組み合わせる必要のある事象における機械的荷重	
	P _L		冷却材喪失事故直後を除き、その後生じている圧力荷重及び機械的荷重	
	M _L			
そ の 支 持 構 造 物 の 他 の ボ ン プ	P _d	最 高 使 用 圧 力		
	M _d	設 計 機 械 荷 重		

●クラス1

今回評価に用いた数値

・P = □ MPa (領域A, B), □ MPa (領域C) D+M = □ kN* (運転状態II: スクラム(タービントリップ, その他のスクラム), スクラム(給水ポンプ停止))

(※クラス1のうち原子炉压力容器の下部鏡板の評価に使用する荷重)

運転状態	事象	設計過渡条件		荷重				地震と事象の組合せを独立事象とした場合*1		地震の従属事象としての適用の有無*2	備考
		初期圧力 (MPa)	ピーク時変動圧力 (MPa)	P (I~III) (MPa)	P _L (IV) (MPa)	D+M (I~III) (kN)	D+M _L (IV) (kN)	適用の有無 (Sd, Ss)	説明		
I 及 II	ボルト締付け							-		-	
	耐圧試験(最高使用圧力以下)							-		-	
	起動(昇温)							Sd Δ Ss Δ	事象の継続時間は数時間程度。	×	運転状態Iの出力運転で代表される。
	起動(タービン起動)							Sd Δ Ss Δ	同上	×	同上
	夜間及び週末低出力運転(出力50%)							Sd ○ Ss ○		×	
	制御棒パターン変更							Sd ○ Ss ○		×	
	給水加熱器機能喪失(発電機トリップ)							Sd × Ss ×	事象の継続時間は数分程度。	△	運転状態IIの全給水量喪失又はタービントリップで代表される。
	給水加熱器機能喪失(給水加熱器部分バイパス)							Sd × Ss ×	同上	△	同上
	スクラム(タービントリップ, その他のスクラム)							Sd Δ Ss ×	最大圧力は1分以内。その後の状態は他の事象で考慮される。	○	
	定格出力運転							Sd ○ Ss ○		×	
	停止(タービン停止)							Sd Δ Ss Δ	事象の継続時間は数時間程度。	×	運転状態Iの出力運転で代表される。
	停止(高温待機)							Sd Δ Ss Δ	同上	×	同上
	停止(冷却)							Sd Δ Ss Δ	同上	×	同上
	停止(ヘッドスプレイを伴う停止)							Sd Δ Ss Δ	同上	×	同上
	ボルト取外し							-		-	
	燃料交換							Sd Δ Ss Δ		×	運転状態Iの出力運転で代表される。
	スクラム(給水ポンプ停止)							Sd: Δ Ss: ×	最大圧力は1分以内。その後の状態は他の事象で考慮される。	○	
	スクラム(逃がし安全弁誤作動)							Sd: × Ss: ×	圧力は低下する。	×	
III	スクラム(過大圧力)							Sd: × Ss: ×	事象の継続時間は1分以内。	×	
IV	冷却材喪失事故							Sd: Δ Ss: ×	長時間継続するもの。 (* 10 ⁻¹ 年以上)	×	

注記*1: 地震と事象の組合せを独立事象とした場合の適用有無は、次に分類される。

○印: 独立事象として地震と重なる可能性があり、地震と組合せた評価が必要なもの。

△印: 独立事象として地震と重なる可能性はあるが、発生する荷重が、他の独立事象又は従属事象で代表され、地震と組合せた評価が不要なもの。

×印: 独立事象として地震と重なる可能性がないもの。

*2: 地震と事象の組合せを従属事象とした場合の適用有無は、次に分類される。

○印: 地震の従属事象であり、地震と組合せた評価が必要なもの。

△印: 地震の従属事象であるが○印の事象で代表され地震と組合せた評価が不要なもの。

×印: 地震の従属事象でないもの。

*3: 大気圧相当を考慮する。

*4: 10⁻¹年以上継続する事象に対する値ではなく、冷却材喪失事故直前の値を記載する。

●クラスMC

今回評価で用いた数値

・P=-14kPa, M=0kN (運転状態Ⅰ)

・P=-14kPa, M=0kN (運転状態Ⅱ)

運転状態	事象	荷重				地震と事象の組合せを独立事象とした場合*1		地震の従属事象としての適用の有無*2	備考
		P(kPa) (Ⅰ及びⅡ)	P _L (kPa) (Ⅳ)	M(kN) (Ⅰ及びⅡ)	M _L (kN) (Ⅳ)	適用の有無	説明		
Ⅰ	起 動	-14	-	0	-	Sd:△ Ss:△	事象の継続時間は時間のオーダー。	×	運転状態Ⅰの出力運転で代表される
	停 止	-14	-	0	-	Sd:△ Ss:△	同上	×	同上
	出力運転	-14	-	0	-	Sd:○ Ss:○		×	
	高温待機	-14	-	0	-	Sd:△ Ss:△		×	運転状態Ⅰの出力運転で代表される。
	燃料交換	0	-	0	-	Sd:△ Ss:△		×	運転状態Ⅰの出力運転における設計条件で代表される。
Ⅱ	外部電源喪失	-14	-	0	-	Sd:△ Ss:×		△	運転状態Ⅱの主蒸気隔離弁の閉鎖で代表される。
	負荷の喪失	-14	-	0	-	Sd:△ Ss:×		△	同上
	主蒸気隔離弁の閉鎖	-14	-	0	-	Sd:○ Ss:×	事象後30分程度にわたる逃がし安全弁作動。	○	
	給水制御系の故障	-14	-	0	-	Sd:△ Ss:×		△	運転状態Ⅱの主蒸気隔離弁の閉鎖で代表される。
	圧力抑制装置の故障	-14	-	0	-	Sd:△ Ss:×		△	同上
	全給水流量喪失	-14	-	0	-	Sd:△ Ss:×		△	同上
	タービントリップ	-14	-	0	-	Sd:△ Ss:×		△	同上
	逃がし安全弁誤作動	-14	-	0	-	Sd:△ Ss:×		×	同上
Ⅲ	原子炉圧力容器の過大圧力	-	-	-	-	Sd:×	この事象の継続時間は1分以内。	×	
Ⅳ	冷却材喪失事故	-	*3	-	0	Sd:○ Ss:×	長時間継続するもの。 (*10 ⁻¹ 年以上)	×	長時間作用する圧力、温度は弾性設計用地震動S _d と組合せるものとする。また冷却材喪失事故時に短時間働く圧力、温度以外にブル水揺動による衝撃力があるがこれは設計・建設規格(PVE-3113)のジェット荷重と同等に扱う。 (*10 ⁻¹ 年以上)

注記*1：地震と事象の組合せを独立事象とした場合の適用有無は、次に分類される。

○印：独立事象として地震と重なる可能性があり、地震と組合せた評価が必要なもの。

△印：独立事象として地震と重なる可能性はあるが、発生する荷重が、他の独立事象又は従属事象で代表され、地震と組合せた評価が不要なもの。

×

*2：地震と事象の組合せを従属事象とした場合の適用有無は、次に分類される。

○印：地震の従属事象であり、地震と組合せた評価が必要なもの。

△印：地震の従属事象であるが○印の事象で代表され地震と組合せた評価が不要なもの。

×

*3：大気圧相当を考慮する。

重大事故等対処施設の耐震設計における重大事故と地震の組合せについて

目次

1. はじめに	1
2. 基準の規定内容	1
2.1 技術基準規則第 50 条（SA 施設）の規定内容	1
2.2 J E A G 4 6 0 1 の記載内容	1
3. SA 施設の荷重の組合せと許容応力状態の設定に関する基本方針	6
4. 荷重の組合せの検討手順	8
5. 荷重の組合せの検討結果	11
5.1 地震の従属事象・独立事象の判断	11
5.2 荷重の組合せの検討結果	12
5.2.1 全般施設	12
5.2.2 P C V バウンダリ	16
5.2.3 R P V バウンダリ	26
5.2.4 SA 施設の支持構造物	32
6. 許容応力状態の検討結果	33
6.1 全般施設	34
6.2 P C V バウンダリ	35
6.3 R P V バウンダリ	36
6.4 SA 施設の支持構造物	36
7. まとめ	37
添付資料	
添付資料－1 地震動の年超過確率	40
添付資料－2 「地震の従属事象」と「地震の独立事象」について	43
添付資料－3 建物・構築物の SA 施設としての設計の考え方	55
添付資料－4 工認対象施設（SA 施設）における荷重組合せの取扱い	64

1. はじめに

重大事故等*（以下「SA」という。）の状態が必要となる常設の重大事故等対処施設（以下「SA施設」という。）については、待機状態において地震により必要な機能が損なわれず、さらにSAが長期にわたり継続することを念頭に、SAにおける運転状態と地震との組合せに対して必要な機能が損なわれない設計とする必要がある。以下にSA施設の耐震設計に対する考え方を示す。

注記*：「重大事故に至るおそれがある事故（運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故を除く）又は重大事故」を総称して重大事故等という。

2. 基準の規定内容

SA施設、設計基準対象施設（以下「DB施設」という。）の耐震性の要求は、それぞれ実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則（以下「技術基準規則」という。）第50条、第5条に規定されている。そこで、SA施設及びDB施設について、耐震設計に関する基準の規定内容を以下のとおり整理した。

2.1 技術基準規則第50条（SA施設）の規定内容

技術基準規則第50条において、基準地震動による地震力に対してSAに対処するために必要な機能が損なわれるおそれがないことが求められている。

同条解釈によれば、その適用に当たってはDB施設の耐震性を規定する技術基準規則第5条の解釈に準ずることとされている。

技術基準規則第5条各項の解釈では、それぞれ実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則（以下「設置許可基準規則」という。）第4条各項の要求に従うこととされている。設置許可基準規則第4条の解釈によれば通常運転時、運転時の異常な過渡変化時及び事故時に生じるそれぞれの荷重と適切な地震力を組み合わせた荷重条件に対して、その施設に要求される機能を保持することが求められている。

なお、上記の荷重については、地震の従属事象の荷重及び地震と独立した事象であっても長時間継続する事象による荷重は適切な地震力と組み合わせて考慮することが求められている。

2.2 JEAG4601の記載内容

耐震設計に係る工認審査ガイドの「4.2 荷重及び荷重の組合せ」において、「規制基準の要求事項に留意して、JEAG4601の規定を参考に」組み合わせることとされていることから、JEAG4601における記載内容を以下のとおり整理した。

JEAG4601・補-1984では、運転状態Ⅰ～Ⅲと S_1 及び S_2 との組合せに対して評価基準値Ⅲ_AS及びⅣ_ASを適用した評価が求められている。ここで、運転状態Ⅳ(L)と S_1 との組合せにおいて、原子炉冷却材バウンダリ(ECCS系)及び原子炉格納容器についてはⅢ_ASを適用する。また、原子炉冷却材バウンダリ(ECCS系以外)についてはⅣ_ASを適用し、原子炉格納容器(LOCA後最大内圧との組合せ)の評価についてはⅣ_ASを適用することが求められている。さらに、ECCS機器については、運転状態Ⅰ(当該設備においては、本来運転状態Ⅳ(L)

を設計条件としており、この状態が運転状態 I に相当) と S_1 との組合せに対して評価基準値 III_{AS} を適用した評価が求められている。(図 2.2-1, 2 参照)

表 1 運転状態と基準地震動の組合せ及び対応する許容応力区分
(その 1 : 容器、管)

第 1 種 容 器				第 2 種 容 器			
地震動 運転状態	—	S_1	S_2	地震動 運転状態	—	S_1	S_2
I	I_A	III_{AS}	IV_{AS}	I	I_A	III_{AS}	IV_{AS}
II	II_A	III_{AS}	IV_{AS}	II	II_A	III_{AS}	IV_{AS}
III	III_A	III_{AS}	IV_{AS}	III	III_A	III_{AS}	IV_{AS}
IV(L)	IV_A	IV_{AS}	/	IV(L)	I_A^*	III_{AS}	/
IV(S)	IV_A	/	/	IV(S)	IV_A	/	/

第 3・4 種 容器 (ECCS 等以外)				第 3・4 種 容器 (ECCS 等)			
地震動 運転状態	—	S_1	S_2	地震動 運転状態	—	S_1	S_2
I	I_A	III_{AS}	IV_{AS}	I	I_A	III_{AS}	IV_{AS}
II	II_A	III_{AS}	IV_{AS}	II	II_A	III_{AS}	IV_{AS}
III	III_A	III_{AS}	IV_{AS}	III	III_A	III_{AS}	IV_{AS}
IV(L)	/	/	/	IV(L)	I_A^*	III_{AS}	/
IV(S)	/	/	/	IV(S)	IV_A	/	/

第 1 種 管 (ECCS 等以外)				第 1 種 管 (ECCS 等)			
地震動 運転状態	—	S_1	S_2	地震動 運転状態	—	S_1	S_2
I	I_A	III_{AS}	IV_{AS}	I	I_A	III_{AS}	IV_{AS}
II	II_A	III_{AS}	IV_{AS}	II	II_A	III_{AS}	IV_{AS}
III	III_A	III_{AS}	IV_{AS}	III	III_A	III_{AS}	IV_{AS}
IV(L)	IV_A	IV_{AS}	/	IV(L)	I_A^*	III_{AS}	/
IV(S)	IV_A	/	/	IV(S)	IV_A	/	/

第 3・4 種 管 (ECCS 等以外)				第 3・4 種 管 (ECCS 等)			
地震動 運転状態	—	S_1	S_2	地震動 運転状態	—	S_1	S_2
I	I_A	III_{AS}	IV_{AS}	I	I_A	III_{AS}	IV_{AS}
II	II_A	III_{AS}	IV_{AS}	II	II_A	III_{AS}	IV_{AS}
III	III_A	III_{AS}	IV_{AS}	III	III_A	III_{AS}	IV_{AS}
IV(L)	/	/	/	IV(L)	I_A^*	III_{AS}	/
IV(S)	/	/	/	IV(S)	IV_A	/	/

J E A G 4 6 0 1 ・ 補-1984 より抜粋

図 2.2-1 J E A G 4 6 0 1 ・ 補-1984 の許容応力状態の考え方

付 録 2

地震荷重と他の荷重との組合せ及び対応する許容応力状態

本参考資料での検討と J E A G 4 6 0 1 ・ 補 - 1 9 8 4 「原子力発電所耐震設計技術指針—許容応力編」での検討を踏まえた結果、地震荷重と他の荷重との組合せ及び対応する許容応力状態は次のとおりである。

耐震クラス	種 別 荷重の組合せ	第1種	第2種	第3種	第4種	第5種	炉心支持構造物	そ の 他		
		機支持構造物	容支持構造物	機支持構造物	容管器	管		ポンプ・弁	炉内構造物	支持構造物
A ₀	D + P + M + S ₁	Ⅲ _A S	Ⅲ _A S	-	-	-	Ⅲ _A S	-	-	-
	D + P _D + M _D + S ₁	-	-	Ⅲ _A S	Ⅲ _A S	-	-	Ⅲ _A S	Ⅲ _A S	Ⅲ _A S
	D + P _L + M _L + S ₁	Ⅳ _A S ⁽²⁾	Ⅲ _A S ⁽³⁾	-	-	-	Ⅳ _A S	-	-	-
	D + P + M + S ₂	Ⅳ _A S	Ⅳ _A S	-	-	-	Ⅳ _A S	-	-	-
	D + P _D + M _D + S ₂	-	-	Ⅳ _A S	Ⅳ _A S	-	-	Ⅳ _A S	Ⅳ _A S	Ⅳ _A S
A	D + P _D + M _D + S ₁	-	-	Ⅲ _A S	Ⅲ _A S	Ⅲ _A S	-	Ⅲ _A S	Ⅲ _A S	Ⅲ _A S
B	D + P _d + M _d + S _d	-	-	B _A S	B _A S	B _A S	-	B _A S	-	B _A S
C	D + P _d + M _d + S _c	-	-	-	C _A S	C _A S	-	C _A S	-	C _A S

注：(1) 各設備の種類は、原則として告示に基づくものとする。
告示で規定されない容器・管にあっては以下による。
1) 耐震A又はA₀クラスに分類される非常用予備発電装置に付属する容器・管については第3種の規定を準用する。
2) 第5種管に分類されないダクトについても、第5種管の規定を準用する。
3) 上記1), 2)以外で告示で規定されない容器・管にあっては第4種の規定を準用する。
(2) なお、ECCS及びそれに関連し、事故時に運転を必要とするものについてはⅢ_ASとする。
(3) 1) 第2種容器、許容応力状態Ⅲ_ASの荷重の組合せ (D + P_L + M_L + S₁)のP_Lは、LOCA後10⁷年次の原子炉格納容器内圧を用いる。
2) 原子炉格納容器は、LOCA後の最終降壁となることから、構造体全体としての安全裕度を確保する意味でLOCA後の最大内圧とS₁地震動(又は静的地震力)との組合せを考慮する。
この場合の評価は、許容応力状態Ⅳ_ASの許容限界を用いて行う。

J E A G 4 6 0 1 ・ 補 - 1 9 8 4 より抜粋

図 2.2-2 J E A G 4 6 0 1 ・ 補 - 1 9 8 4 の許容応力状態と荷重の組合せの考え方

(1) 荷重の組合せ

J E A G 4 6 0 1 ・ 補 - 1 9 8 4 重要度分類・許容応力編における、荷重の組合せに関する記載は、以下のとおり。

- ・「その発生確率が 10⁻⁷回/炉・年を下回ると判断される事象は、運転状態 I ~ IV に含まない。」とされている。
- ・地震の従属事象については、「地震時の状態と、それによって引き起こされるおそれのあるプラントの状態とは、組合せなければならない。」とされている。
- ・地震の独立事象については、「地震と、地震の独立事象の組合せは、これを確率的に考慮することが妥当であろう。地震の発生確率が低く、継続時間が短いことを考えれば、これと組合せるべき状態は、その原因となる事象の発生頻度及びその状態の継続時間との関連で決まることになる。」とされている。

以上の記載内容に基づき、J E A G 4 6 0 1において組み合わせるべき荷重を整理したものを図 2.2-3 に示す。図 2.2-3 では、事象の発生確率，継続時間，地震動の発生確率を踏まえ，その確率が 10^{-7} /炉年以下となるものは組合せが不要となっている。

表 1-1 運転状態と地震動との組合せの確率的評価

発生確率		I	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}	10^{-9}
運転状態の発生確率 (1/年)		I	II	III	IV						
基準地震動の発生確率 (1/年)				S_1	S_2						
基準地震動 S_1 との組合せ	従属事象	S_1 従属									
	1分以内										$S_1 + II$
	1時間以内							$S_1 + II$			$S_1 + II$
	1日以内						$S_1 + II$	$S_1 + II$			$S_1 + IV$
	1年以内			$S_1 + II$	$S_1 + II$			$S_1 + IV$			
基準地震動 S_2 との組合せ	従属事象	S_2 従属									
	1分以内	($S_2 + II$ は 10^{-8} 以下となる)									
	1時間以内										$S_2 + II$
	1日以内							$S_2 + II$			$S_2 + II$
	1年以内			$S_2 + II$	$S_2 + II$			$S_2 + IV$			

注：① 発生確率から見て
 ← 組合せが必要なもの。
 ← 発生確率が 10^{-7} 以下となり組合せが不要となるもの。
 ② 基準地震動 S_2 の発生確率は $10^{-4} \sim 10^{-6}$ / サイト・年と推定されるが，ここでは $6 \times 10^{-4} \sim 10^{-5}$ / サイト・年を用いた。
 ③ 表に示す発生確率は関係の知見によるものである。

J E A G 4 6 0 1 ・ 補-1984 より抜粋

図 2.2-3 運転状態と地震動との組合せの確率的評価

(2) 運転状態と許容応力状態

J E A G 4 6 0 1 ・ 補-1984 における，運転状態と許容応力状態に関する記載は以下のとおりであり，プラントの運転状態 I ~IV に対応する許容応力状態 $I_A \sim IV_A$ 及び，地震により生ずる応力に対する特別な応力の制限を加えた許容応力状態 III_{AS} ， IV_{AS} を定義している。

【運転状態】

運転状態 I	: 告示の運転状態 I の状態
運転状態 II	: 告示の運転状態 II の状態
運転状態 III	: 告示の運転状態 III の状態
運転状態 (長期) IV (L)	: 告示の運転状態 IV の状態のうち，長期間のものが作用している状態
運転状態 (短期) IV (S)	: 告示の運転状態 IV の状態のうち，短期間のもの(例: JET, JET 反力, 冷水注入による過渡現象等) が作用している状態

【許容応力状態】

許容応力状態 I_A	: 告示の運転状態 I 相当の応力評価を行う許容応力状態
許容応力状態 I_A^*	: E C C S 等のように運転状態 IV (L) が設計条件となっているものに対する許容応力状態で許容応力状態 I_A に準ずる。
許容応力状態 II_A	: 告示の運転状態 II 相当の応力評価を行う許容応力状態
許容応力状態 III_A	: 告示の運転状態 III 相当の応力評価を行う許容応力状態
許容応力状態 IV_A	: 告示の運転状態 IV 相当の応力評価を行う許容応力状態
許容応力状態 III_{AS}	: 許容応力状態 III_A を基本として，それに地震により生ずる応力に対する特別な応力の制限を加えた許容応力状態
許容応力状態 IV_{AS}	: 許容応力状態 IV_A を基本として，それに地震により生ずる応力に対する特別な応力の制限を加えた許容応力状態

3. SA施設の荷重の組合せと許容応力状態の設定に関する基本方針

(1) 対象施設

技術基準規則第50条において、基準地震動による地震力に対しての機能維持が求められている「常設耐震重要重大事故防止設備」及び「常設重大事故緩和設備」を対象とする。

(2) SA施設の運転状態

SA施設は、DBAを超え、SAが発生した場合に必要な措置を講じるための施設であることから、運転状態として従来のI～IVに加え、SAの発生している状態として運転状態Vを新たに定義する。

さらに運転状態Vについては、SAの状態がDBAを超える更に厳しい状態であることを踏まえ、事象発生直後の短期的に荷重が作用している状態を運転状態V(S)とし、一連の過渡状態を除き、ある程度落ち着いた状態の長期的に荷重が作用している状態として運転状態V(L)、V(L)より更に長期的に荷重が作用している状態を運転状態V(LL)とする。

【運転状態の説明】

- I～IV : JEAG 4601で設定している運転状態
- V(S) : SAの状態のうち事象発生直後の短期的に荷重が作用している状態
- V(L) : SAの状態のうち長期的（過渡状態を除く一連の期間）に荷重が作用している状態
- V(LL) : SAの状態のうちV(L)より更に長期的に荷重が作用している状態

(3) 組合せの基本方針

SA施設における荷重組合せの基本方針は以下のとおり。

- ・基準地震動 S_s （以下「 S_s 」という。）、弾性設計用地震動 S_d （以下「 S_d 」という。）による地震力と運転状態の組合せを考慮する。
- ・運転状態I～IVを想定するとともに、それを超えるSAの状態として、運転状態Vを想定する。
- ・地震の従属事象として扱う事象により発生する荷重については、地震力との組合せを実施する。
- ・地震の独立事象については、事象の発生確率、継続時間及び S_s 若しくは S_d の年超過確率の積等も考慮し、工学的、総合的に組み合わせるか否かを判断する。組み合わせるか否かの判断は、国内外の基準等でスクリーニング基準として参照されている値、炉心損傷頻度及び格納容器機能喪失頻度の性能目標値に保守性をもたせた値を目安とする。
- ・SAによる荷重が地震の従属事象として扱う事象により発生する荷重であるかについては、DB施設の耐震設計の考え方に基づくとともに、確率論的な考察も考慮した上で判断する。
- ・原子炉格納容器について、DB施設ではLOCA後の最終障壁として、SAに至らないよう強度的な余裕をさらに高めるべく、LOCA後の最大内圧と S_d による地震力との組合せを考慮することとしているが、SA施設においては、強度的に更なる余裕を確保

するのではなく、以下の設計配慮を行うことにより、余裕を付加し信頼性を高めることとする。

SA施設としての原子炉格納容器については、DB施設のS_sに対する機能維持の考え方に準じた耐震設計を行う。さらに、最終障壁としての構造体全体の安全裕度の確認として、SA時の原子炉格納容器の限界温度、限界圧力の条件で、原子炉格納容器の放射性物質閉じ込め機能が損なわれないことの確認を行う。

(4) 許容限界の基本方針

SA施設の耐震設計として、技術基準規則では、「基準地震動による地震力に対して重大事故に至るおそれがある事故に対処するために必要な機能が損なわれるおそれがないものであること」とされており、許容限界の設定に際しては、DB施設の機能維持設計の解釈である設置許可基準規則第4条第3項に係る別記2の規定に準ずる。具体的な許容限界の設定は、J E A G 4 6 0 1のDB施設に対する記載内容を踏まえ、SA施設における荷重の組合せと許容限界の設定方針を、以下のとおり定めた。

- ・ SA施設の耐震設計は、DB施設に準拠することとしていることから、運転状態Ⅰ～Ⅳと地震による地震力の組合せに対しては、DB施設と同様の許容応力状態を適用する。
- ・ DB施設の設計条件を超える運転状態Ⅴの許容応力状態としてV_Aを定義し、さらに地震との組合せにおいては、許容応力状態V_{AS}を定義する。

設置許可基準規則別記2によれば、機能維持設計の要求として、「荷重により塑性ひずみが生じる場合であっても、その量が小さなレベルに留まって破断延性限界に十分な余裕を有し、その施設に要求される機能に影響を及ぼさないこと。」とされており、DB施設では、許容応力状態Ⅳ_{AS}の許容限界を適用している。新たに定義する許容応力状態V_{AS}は、SAに対処するために必要な機能が損なわれない許容限界であり、機能維持設計の許容限界として適用実績のある許容応力状態Ⅳ_{AS}と同じ許容限界を適用する。

【許容応力状態の説明】

- | | |
|----------------------------------|--|
| I _A ～Ⅳ _A | : J E A G 4 6 0 1 で設定している許容応力状態 |
| Ⅲ _{AS} ～Ⅳ _{AS} | : J E A G 4 6 0 1 で設定している許容応力状態 |
| V _A | : 運転状態Ⅴ相当の応力評価を行う許容応力状態
(SA時に要求される機能が満足できる許容応力状態) |
| V _{AS} | : 許容応力状態V _A を基本として、それに地震により生ずる応力に対する特別な応力の制限を加えた許容応力状態
(SA時に要求される機能が満足できる許容応力状態) |

4. 荷重の組合せの検討手順

(1) 地震の従属事象・独立事象の判断

3. 項の組合せの基本方針に示すとおり、地震従属事象として扱う事象は S_s による地震力と組み合わせることとし、独立事象として扱う事象はその事象の発生確率、継続時間及び地震動の年超過確率の関係を踏まえ、 S_s 、 S_d いずれか適切な地震力と組み合わせることとしている。したがって、 S_A による荷重を地震の従属事象によるものとして扱うか独立事象によるものとして扱うかを判断し、従属事象によるものと判断された場合は S_s による地震力と組み合わせ、独立事象によるものと判断された場合は以下の(2)(3)項の手順に従う。

なお、地震の従属事象、独立事象の判断は「5.1 地震の従属事象・独立事象の判断」に記載する。

(2) 施設分類

対象施設を「全般施設」、「原子炉格納容器バウンダリを構成する設備（以下「PCVバウンダリ」という。）」、「原子炉圧力容器バウンダリを構成する設備」（以下「RPVバウンダリ」という。）に分類し、荷重の組合せ方針を整理する。また、PCVバウンダリの圧力・温度等の条件を用いて評価を行う施設については、PCVバウンダリの荷重の組合せに従い、支持構造物については、支持される施設の荷重の組合せに従うものとする。

なお、建物・構築物のDB施設としての設計の考え方は、機器・配管系と同じであり、 S_A 施設としての設計については、建物・構築物、機器・配管系ともにDB施設としての設計の考え方を踏まえることを基本方針としていることから、建物・構築物は機器・配管系と同様の考え方で組合せを考慮することとする。

(3) 独立事象による荷重に対する荷重の組合せの選定手順

独立事象による荷重に対して、 S_A 施設に適用する荷重の組合せの選定手順を示す。考え方としては、 S_A の発生確率、継続時間、地震動の年超過確率の積等を考慮し、工学的、総合的に判断することとする。選定手順を以下に、組合せのイメージを図4-1に、選定フローを図4-2に示す。

【選定手順】

- ① S_A の発生確率としては、炉心損傷頻度の性能目標値である 10^{-4} /炉年を適用する。
- ② 地震ハザード解析から得られる年超過確率を参照し、J E A G 4 6 0 1・補-1984で記載されている S_2 、 S_1 の発生確率を S_s 、 S_d の年超過確率に読み替えて適用する。
(添付資料-1 参照)
- ③ 荷重の組合せの判断は、①と②及び S_A の継続時間との積で行い、そのスクリーニングの判断基準を設定する。具体的には、国内外の基準等でスクリーニング基準として参照されている値、炉心損傷頻度及び格納容器機能喪失頻度の性能目標値に保守性をもたせた値として、DB施設の設計の際のスクリーニング基準である 10^{-7} /炉年に保守性を見込んだ 10^{-8} /炉年とする。
- ④ ①②の積と③を踏まえて弾性設計用地震動 S_d 又は基準地震動 S_s と組み合わせるべき S_A の継続時間を表4-1に設定する。事象発生時を基点として、 10^{-2} 年までの期

間を地震荷重との組合せが不要な短期（運転状態V(S)）、弾性設計用地震動S_dとの組合せが必要な10⁻²~2×10⁻¹年を長期(L)（運転状態V(L)）、基準地震動S_sとの組合せが必要な期間2×10⁻¹年以降を長期(LL)（運転状態V(LL)）とする。

⑤ ④を踏まえて、施設分類ごとに荷重の組合せを検討する。

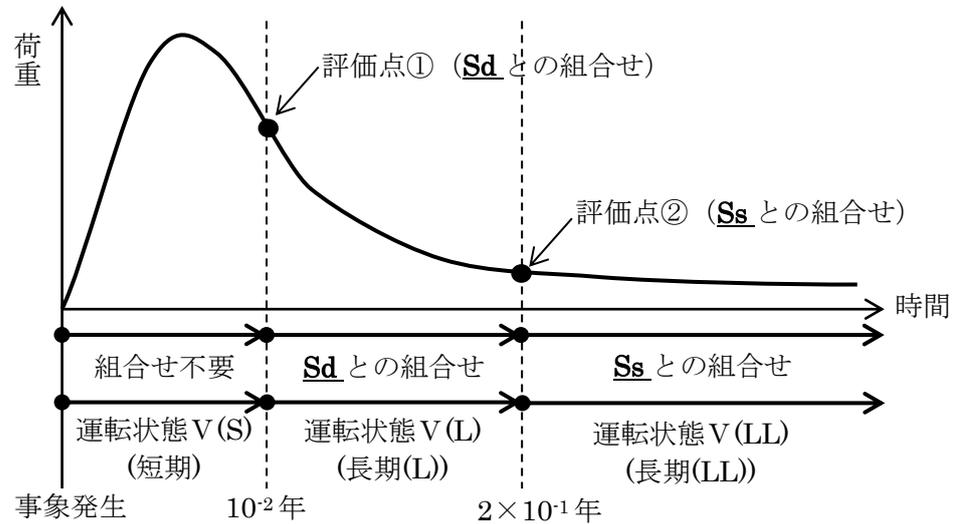


図 4-1 荷重の組合せと継続時間の関係（イメージ）

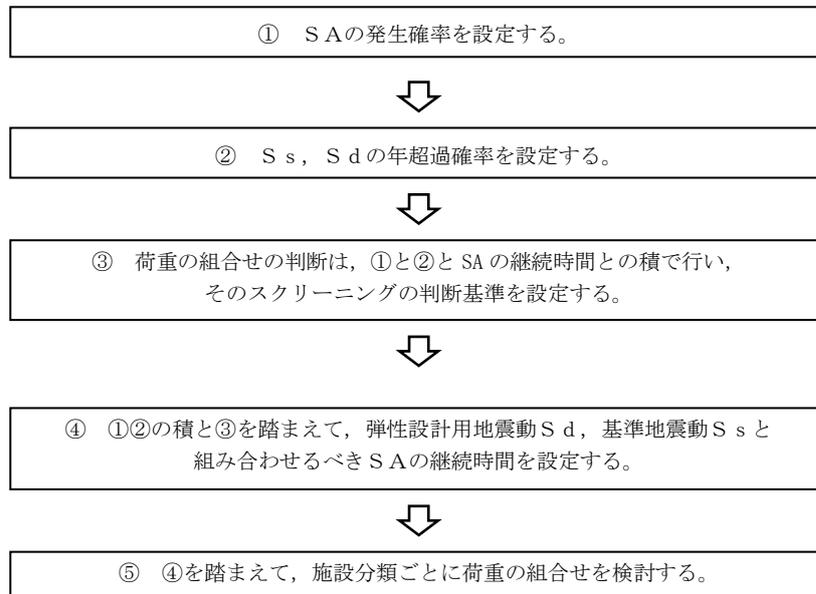


図 4-2 独立事象に対する荷重の組合せの選定手順

表 4-1 組合せの目安となる継続時間

荷重の組合せを 考慮する判断目安	S Aの 発生確率	地震動の発生確率		組合せの目安となる 継続時間
		弾性設計用 地震動 S d		
10 ⁻⁸ /炉年以上	10 ⁻⁴ /炉年*1		10 ⁻² /年以下*2	10 ⁻² 年以上
		基準地震動 S s	5×10 ⁻⁴ /年以下*2	2×10 ⁻¹ 年以上

注記*1：原子力安全委員会「発電用軽水型原子炉施設の性能目標について」に記載されている炉心損傷頻度の性能目標値を踏まえ、S Aの発生確率として10⁻⁴/炉年とした。

*2：J E A G 4 6 0 1・補-1984に記載されている地震動 S₂、S₁の発生確率を S s、S dの年超過確率に読み換えた。

5. 荷重の組合せの検討結果

4. 項の検討手順に基づき、まず、5.1 項ではSAが地震の従属事象か独立事象であるかを判断し、5.2 項では、全般施設、PCVバウンダリ、RPVバウンダリに分けて、SA荷重と地震力の組合せ条件を検討する。なお、SA施設の支持構造物については、支持する施設の荷重の組合せに従うものとする。

5.1 地震の従属事象・独立事象の判断

運転状態Vが地震によって引き起こされるおそれがある事象であるかについては、DB施設の耐震設計の考え方にに基づく。なお、確率論的な考察も考慮する。ここで、DB施設に対して従前より適用してきた考え方に基づき、地震の従属事象とは、ある地震力を想定して、その地震力未滿で設計された設備が、その地震力を上回る地震が発生した際に確定論的に設備が損傷すると仮定した場合に発生する事象、すなわち「地震によって引き起こされる事象」と定義し、地震の独立事象とは、確定論的に考慮して「地震によって引き起こされるおそれのない事象」と定義する。

Sクラス施設はS_sによる地震力に対して、その安全機能が損なわれるおそれのないよう設計されている。この安全機能に係る設計は、Sクラス施設自体が、S_sによる地震力に対して、損傷しないよう設計するだけでなく、下位クラスに属するものの波及的影響等に対しても、その安全機能が損なわれないよう設計することも含まれる。Sクラス施設が健全であれば、炉心損傷防止に係る重大事故等対策の有効性評価において想定した全ての事故シーケンスに対し、S_s相当の地震により、起因事象が発生したとしても緩和設備が機能し、DB設計の範囲で事象を収束させることができることを確認した。

したがって、SA施設に対する耐震設計における荷重の組合せの検討としては、S_s相当の地震に対して、運転状態Vは地震によって引き起こされるおそれのない「地震の独立事象」として扱い、運転状態Vの運転状態と地震力とを適切に組み合わせる。なお、地震PRAの結果を参照し、確率論的な考察を実施した。SA施設に期待した場合の地震PRAにおいて、S_s相当までの地震力により炉心損傷に至る事故シーケンスについて、緩和設備のランダム故障を除いた炉心損傷頻度（以下「CDF」という。）であって、SA施設による対策の有効性の評価がDB条件を超えるものの累積値は、 8.2×10^{-8} /炉年である。性能目標のCDF（ 10^{-4} /炉年）に対する相対割合として1%を下回る頻度の事象は、目標に対して影響がないといえるくらい小さい値と見なすことができ、 8.2×10^{-8} /炉年は、これを大きく下回ることから、S_s相当までの地震力によりDB条件を超える運転状態Vの発生確率は極めて低いと考えられる。したがって、SA施設に対する耐震設計における荷重の組合せの検討において、運転状態Vが地震によって引き起こされるおそれがないとして扱うことは妥当と考える。（「(添付資料-2.)「地震の従属事象」と「地震の独立事象」について」参照）

5.2 荷重の組合せの検討結果

5.1 項で運転状態Vは地震の独立事象と判断したことから、以下では施設分類ごとに4項(3)の手順に従って、荷重の組合せを検討する。

5.2.1 全般施設

(1) SAの発生確率

SAの発生確率としては、炉心損傷頻度の性能目標値である 10^{-4} /炉年を適用する。なお、全般施設については事故シーケンスグループを特定せず全てのSAを考慮する。(表5.2.1-1)

表 5.2.1-1 全般施設において考慮する事故シーケンスグループ(1/2)

事故シーケンスグループ等	考慮するSA シーケンス
「運転中の原子炉における重大事故に至るおそれがある事故」に係る事故シーケンスグループ	
高圧・低圧注水機能喪失	○
高圧注水・減圧機能喪失	○
全交流動力電源喪失	
全交流動力電源喪失(外部電源喪失+DG喪失)	○
全交流動力電源喪失(外部電源喪失+DG喪失)+RCIC失敗	○
全交流動力電源喪失(外部電源喪失+DG喪失)+直流電源喪失	○
全交流動力電源喪失(外部電源喪失+DG喪失)+SRV再閉失敗	○
崩壊熱除去機能喪失	
取水機能が喪失した場合	○
残留熱除去系が故障した場合	○
原子炉停止機能喪失	○
LOCA時注水機能喪失	○
格納容器バイパス(インターフェイスシステムLOCA)	○
「運転中の原子炉における重大事故」に係る格納容器破損モード	
雰囲気圧力・温度による静的負荷(格納容器過圧・過温破損)	
代替循環冷却系を使用する場合	○
代替循環冷却系を使用しない場合	○
高圧溶融物放出/格納容器雰囲気直接加熱	○
原子炉圧力容器外の溶融燃料-冷却材相互作用	○
水素燃焼	○
溶融炉心・コンクリート相互作用	○

表 5.2.1-1 全般施設において考慮する事故シーケンスグループ(2/2)

事故シーケンスグループ等	考慮するSA シーケンス
「運転停止中の原子炉における重大事故に至るおそれがある事故」に係る事故シーケンスグループ	
崩壊熱除去機能喪失	○
全交流動力電源喪失	○
原子炉冷却材の流出	○
反応度の誤投入	○

(2) 地震動の年超過確率

地震ハザード解析結果から得られる年超過確率を参照し、J E A G 4 6 0 1・補-1984 で記載されている S_2 、 S_1 の発生確率を S_s 、 S_d の年超過確率に読み替えて適用する。(添付資料-1 参照)

(3) 荷重の組合せの継続時間の決定

保守性を見込んだ 10^{-8} /炉年と、(1)、(2) で得られた値の積との比較により、工学的、総合的に組合せの目安となる継続時間を判断する。事象発生時を基点として、 10^{-2} 年までの期間を地震荷重との組合せが不要な短期 (運転状態 V (S))、弾性設計用地震動 S_d との組合せが必要な $10^{-2} \sim 2 \times 10^{-1}$ 年を長期 (L) (運転状態 V (L))、基準地震動 S_s との組合せが必要な期間 2×10^{-1} 年以降を長期 (LL) (運転状態 V (LL)) とする。(表 5.2.1-2, 図 5.2.1-1)

表 5.2.1-2 組合せの目安となる継続時間

事故 シーケンス	SAの 発生確率	地震動の発生確率		荷重の組合せを 考慮する判断目安	組合せの 目安となる 継続時間
		弾性設計用 地震動 S_d	10^{-2} /年以下*2		
全ての SA	10^{-4} /炉年*1	基準地震動 S_s	5×10^{-4} /年 以下*2	10^{-8} /炉年以上	10 ⁻² 年以上
					2×10 ⁻¹ 年 以上

注記*1：原子力安全委員会「発電用軽水型原子炉施設の性能目標について」に記載されている炉心損傷頻度の性能目標値を踏まえ、SAの発生確率として 10^{-4} /炉年とした。

*2：J E A G 4 6 0 1・補-1984 に記載されている地震動の発生確率 S_2 、 S_1 の発生確率を S_s 、 S_d の年超過確率に読み換えた。

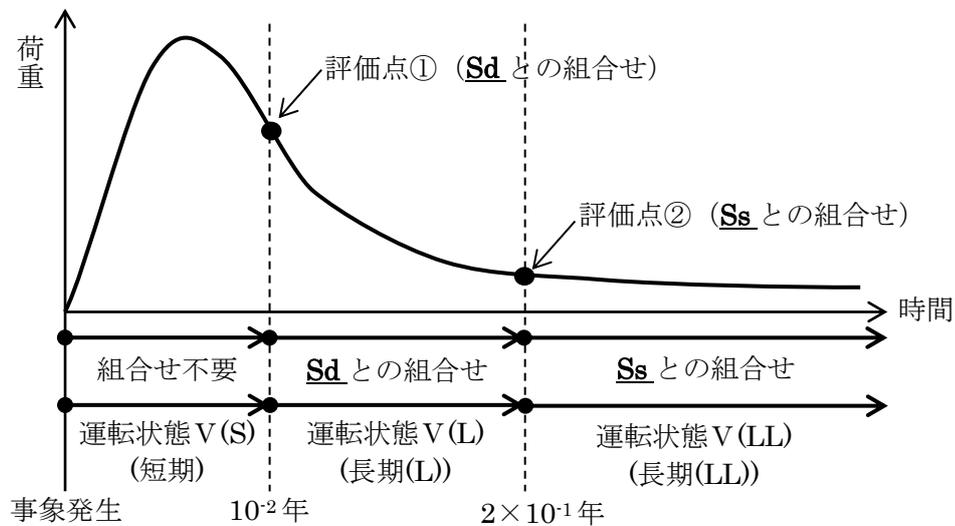


図 5.2.1-1 荷重の組合せと継続時間の関係 (イメージ)

(4) 荷重組合せの検討

(1)～(3)から、SAの発生確率、地震動の年超過確率と掛け合わせた発生確率は表 5.2.1-2、組合せのイメージは図 5.2.1-1 のとおりとなる。この検討に際し、SA施設としての重要性を鑑み安全裕度を確保するために、頻度が保守的に算出されるように各パラメータの設定にあたり、以下の事項を考慮している。

【全般施設のSAの発生確率、継続時間、地震動の年超過確率に関する考慮】

- ・ SAの発生確率は、個別プラントの炉心損傷頻度を用いず、炉心損傷頻度の性能目標値である 10^{-4} /炉年を適用している。
- ・ 地震ハザード解析結果から得られる年超過確率を参照し、地震動の年超過確率は J E A G 4 6 0 1 ・ 補-1984 に記載の発生確率を用いている。

表 5.2.1-3 の SAの発生確率、地震動の年超過確率、組合せの目安となる SAの継続時間との積を考慮し、事象発生後 10^{-2} 年以上に 2×10^{-1} 年未満の期間のうち最大となる荷重と S d を組み合わせる。また、事象発生後 2×10^{-1} 年以上の期間における最大値と S s による地震力を組み合わせることとする。

ここで、全般施設については必ずしも SAによる荷重の時間履歴を詳細に評価しないことから、上記の考え方を包絡するように事象発生後の最大荷重と S s による地震力を組み合わせる。

表 5.2.1-3 SAの発生確率・継続時間，地震の発生確率を踏まえた事象発生確率

	SAの 発生確率	地震の発生確率	組合せの目安 となるSAの 継続時間	運転状態	合計
全ての SA	10 ⁻⁴ /炉年	S _d : 10 ⁻² /年以下	10 ⁻² 年以上 2×10 ⁻¹ 年未満	V(L)	10 ⁻⁸ /炉年以下
		S _s : 5×10 ⁻⁴ /年以下	2×10 ⁻¹ 年以上	V(LL)	10 ⁻⁸ /炉年以下

(5) まとめ

以上より，全般施設としては，事象発生後の最大荷重とS_sによる地震力を組み合わせることとする。

5.2.2 PCVバウンダリ

(1) SAの発生確率

SAの発生確率としては、炉心損傷頻度の性能目標値である 10^{-4} /炉年を適用する。

(2) 地震動の年超過確率

地震ハザード解析結果から得られる年超過確率を参照し、J E A G 4 6 0 1・補-1984 で記載されている S_2 、 S_1 の発生確率を S_s 、 S_d の年超過確率に読み替えて適用する。(添付資料-1 参照)

(3) 荷重の組合せの継続時間の決定

保守性を見込んだ 10^{-8} /炉年と、(1)、(2) で得られた値の積との比較により、工学的、総合的に組合せの目安となる継続時間を判断する。事象発生時を基点として、 10^{-2} 年までの期間を地震荷重との組合せが不要な短期 (運転状態 V (S))、弾性設計用地震動 S_d との組合せが必要な $10^{-2} \sim 2 \times 10^{-1}$ 年を長期 (L) (運転状態 V (L))、基準地震動 S_s との組合せが必要な期間 2×10^{-1} 年以降を長期 (LL) (運転状態 V (LL)) とする。組合せの目安となる継続時間を表 5.2.2-1、組合せのイメージを図 5.2.2-1 に示す。

表 5.2.2-1 組合せの目安となる継続時間

事故シーケンス	SAの発生確率	地震動の発生確率		荷重の組合せを考慮する判断目安	組合せの目安となる継続時間
全てのSA	10^{-4} /炉年*1	弾性設計用地震動 S_d	10^{-2} /年以下*2	10^{-8} /炉年以上	10^{-2} 年以上
		基準地震動 S_s	5×10^{-4} /年以下*2		2×10^{-1} 年以上

注記*1：原子力安全委員会「発電用軽水型原子炉施設の性能目標について」に記載されている炉心損傷頻度の性能目標値を踏まえ、SAの発生確率として 10^{-4} /炉年とした。

*2：J E A G 4 6 0 1・補-1984 に記載されている地震動の発生確率 S_2 、 S_1 の発生確率を S_s 、 S_d の年超過確率に読み換えた。

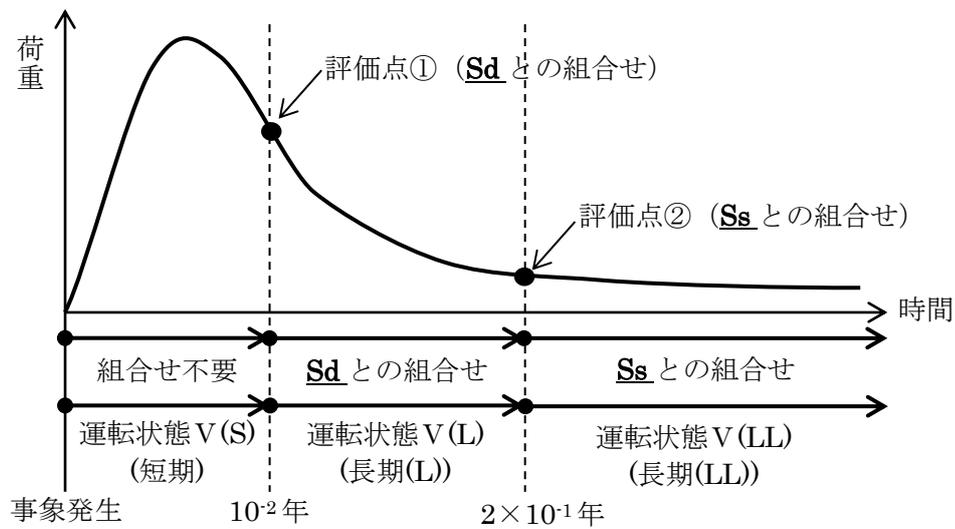


図 5.2.2-1 荷重の組合せと継続時間の関係 (イメージ)

(4) 荷重の組合せの検討

a. SAの選定

7号機を対象としたPRAの結果を踏まえた、重大事故等対策の有効性を評価する事故シーケンスグループのうち、圧力・温度条件が最も厳しい事故シーケンスグループを選定する。参考として原子炉格納容器のDB条件(最高使用圧力・温度)を超える事故シーケンスグループ等を選定した結果を表5.2.2-2に示す。

表 5.2.2-2 原子炉格納容器のDB条件を超える事故シーケンスグループ(1/2)

事故シーケンスグループ等	DB条件を超えるもの
「運転中の原子炉における重大事故に至るおそれがある事故」に係る事故シーケンスグループ	
高圧・低圧注水機能喪失	○
高圧注水・減圧機能喪失	×
全交流動力電源喪失	
全交流動力電源喪失(外部電源喪失+DG喪失)	○
全交流動力電源喪失(外部電源喪失+DG喪失)+RCIC失敗	○
全交流動力電源喪失(外部電源喪失+DG喪失)+直流電源喪失	○
全交流動力電源喪失(外部電源喪失+DG喪失)+SRV再閉失敗	○
崩壊熱除去機能喪失	
取水機能が喪失した場合	○
残留熱除去系が故障した場合	○
原子炉停止機能喪失	○
LOCA時注水機能喪失	○
格納容器バイパス(インターフェイスシステムLOCA)	×*1

表 5.2.2-2 原子炉格納容器のDB条件を超える事故シーケンスグループ(2/2)

事故シーケンスグループ等	DB条件を超えるもの
「運転中の原子炉における重大事故」に係る格納容器破損モード	
雰囲気圧力・温度による静的負荷（格納容器過圧・過温破損）	
代替循環冷却系を使用する場合	○
代替循環冷却系を使用しない場合	○
高圧溶融物放出／格納容器雰囲気直接加熱	○
原子炉圧力容器外の溶融燃料－冷却材相互作用	○
水素燃焼	×*2
溶融炉心・コンクリート相互作用	○
「運転停止中の原子炉における重大事故に至るおそれがある事故」に係る事故シーケンスグループ	
崩壊熱除去機能喪失	×*3
全交流動力電源喪失	×*3
原子炉冷却材の流出	×*3
反応度の誤投入	×*3

注記*1: 有効性評価では、インターフェイスシステムLOCAにより格納容器外へ原子炉冷却材が流出する事象を評価しており、原子炉格納容器圧力・温度の評価を実施していないが、破断を想定した系（HPCF）以外の非常用炉心冷却は使用できることから、原子炉格納容器圧力・温度が最高使用圧力・温度を超えることはない

*2: 雰囲気圧力・温度による静的負荷（格納容器過圧・過温破損）（代替循環冷却系を使用する場合）の事故シーケンスにて水素燃焼に対する有効性評価を行っているため対象外とする

*3: 運転停止中は、炉心の冠水維持までを評価の対象としており原子炉格納容器に対する静的な過圧・過温に対する評価は実施していない。しかしながら、静的な過圧・過温の熱源となる炉心崩壊熱は、運転中と比較して十分に小さく、事象の進展も運転中に比べて遅くなることから、運転中に包絡されるものとして参照すべき事故シーケンスの対象とはしない

これらの事故シーケンスグループ等のうち、原子炉格納容器の圧力・温度条件が最も厳しくなるという点で、最高使用圧力・温度を超え、さらに継続期間の長い事故シーケンスグループ等を抽出することを目的に、事象発生後 10^{-2} 年(約3日後)以内及び事象発生後 10^{-2} 年(約3日後)の圧力・温度が最も高い事故シーケンスグループ等を抽出した結果、以下の事故シーケンスが挙げられる。

- ・雰囲気圧力・温度による静的負荷（格納容器過圧・過温破損）（代替循環冷却系を使用する場合）
- ・雰囲気圧力・温度による静的負荷（格納容器過圧・過温破損）（代替循環冷却系を使用

しない場合)

有効性評価においては、いずれの事故シーケンスグループ等においても、事象発生後 10^{-2} 年(約3日後)前までに原子炉格納容器圧力逃がし装置又は代替原子炉補機冷却系による除熱機能が確保され、 10^{-2} 年以降の原子炉格納容器圧力及び温度は低下傾向が維持されることから、 10^{-2} 年以内の温度・圧力に基づき、事故シーケンスグループ等を選定することは妥当である。

なお、「高圧溶融物放出／格納容器雰囲気直接加熱」、「原子炉圧力容器外の溶融燃料－冷却材相互作用」及び「溶融炉心・コンクリート相互作用」は同じ事故シーケンスにより各格納容器破損モードの評価を行っている。これら格納容器破損モードを評価する際には、原子炉圧力容器破損に至るまで炉心損傷を進展させ、その後に生じる格納容器破損モードに対する有効性を確認する必要があるため、解析の前提として、SA施設として整備した原子炉への注水機能は使用しないとの前提で評価することで、各格納容器破損モードに対して厳しい条件となるよう保守的な条件設定を行っており、他の事故シーケンス等と比較して前提条件が異なる(本来は、高圧代替注水系により炉心損傷回避が可能な事故シーケンスである)。一方、原子炉格納容器に対する静的な過圧・過温に対する長期の頑健性を確認する上では、原子炉格納容器圧力及び温度は原子炉停止後の崩壊熱と除熱能力の関係が支配的な要素であることから、「運転中の原子炉における重大事故」に係る格納容器破損モード」として参照する事故シナリオとして、「雰囲気圧力・温度による静的負荷(格納容器過圧・過温破損)」を代表シナリオとすることは、原子炉圧力容器破損後のシナリオも考慮していることと等しくなる。

格納容器破損モード「雰囲気圧力・温度による静的負荷(格納容器過圧・過温破損)(代替循環冷却系を使用する場合)」及び「雰囲気圧力・温度による静的負荷(格納容器過圧・過温破損)(代替循環冷却系を使用しない場合)」は、大破断LOCAが発生し、流出した原子炉冷却材及び溶融炉心の崩壊熱等の熱によって発生した水蒸気、炉心損傷に伴うジルコニウム－水反応によって発生した非凝縮性ガスなどの蓄積により、原子炉格納容器の雰囲気圧力・温度が上昇することになる。

上記の2つの事故シーケンスグループ等について、事象発生後の原子炉格納容器の最高圧力及び最高温度、 10^{-2} 年の圧力及び温度を表5.2.2-3に示す。

なお、その他の「運転中の原子炉における重大事故に至るおそれがある事故」に係る事故シーケンスグループについては、格納容器冷却及び除熱に係る手順として、原子炉格納容器圧力を最高使用圧力以下に抑える手順としているため抽出されない。

表 5.2.2-3 原子炉格納容器の S A 時の圧力・温度（有効性評価結果）

	格納容器過圧・過温破損 (代替循環冷却系を使用 する場合)	格納容器過圧・過温破損 (代替循環冷却系を使用 しない場合)
最高圧力	約 0.60MPa[gage]	約 0.62MPa[gage]
最高温度	約 165°C* ¹	約 168°C* ²
圧力 (10 ⁻² 年後)	約 0.36MPa[gage]	約 0.25MPa[gage]
温度 (10 ⁻² 年後)	約 164°C* ³	約 139°C

注記*1：原子炉格納容器バウンダリにかかる温度（壁面温度）

*2：原子炉格納容器バウンダリにかかる温度（壁面温度）は 165°C であるが、保守的に最高温度は 0.62MPa[gage] の飽和温度とする

*3：サプレッション・チェンバの最高温度

表 5.2.2-3 に示す各事故シーケンスグループ等の有効性評価における解析条件設定は、解析条件及び解析コードの不確かさを考慮して、現実的な条件を基本としつつ、原則、評価項目となるパラメータに対して余裕が小さくなるような設定とすることとしている。また、不確かさの影響評価を行っており、その結果として、解析コード及び解析条件の不確かさについて操作への影響を含めて確認した結果、評価項目となるパラメータに与える影響は小さいことを確認している。したがって、耐震評価に用いる原子炉格納容器の圧力・温度条件として、有効性評価結果の圧力・温度を用いることは妥当と判断した。

b. S A で考慮する荷重と継続時間

【短期荷重の継続時間】

上記の 2 つの事故シーケンスグループ等について、格納容器圧力・温度の解析結果を図 5.2.2-2～図 5.2.2-5 に示す。

図 5.2.2-2～図 5.2.2-5 より、事象発生後 10⁻² 年前までに、原子炉格納容器の最高圧力及び最高温度となり、10⁻² 年以降は、原子炉格納容器圧力逃がし装置又は代替原子炉補機冷却系による除熱機能の効果により、格納容器圧力及び温度は低下傾向が維持される。

よって、事象発生後 10⁻² 年前を V (S) として設定することは適切である。

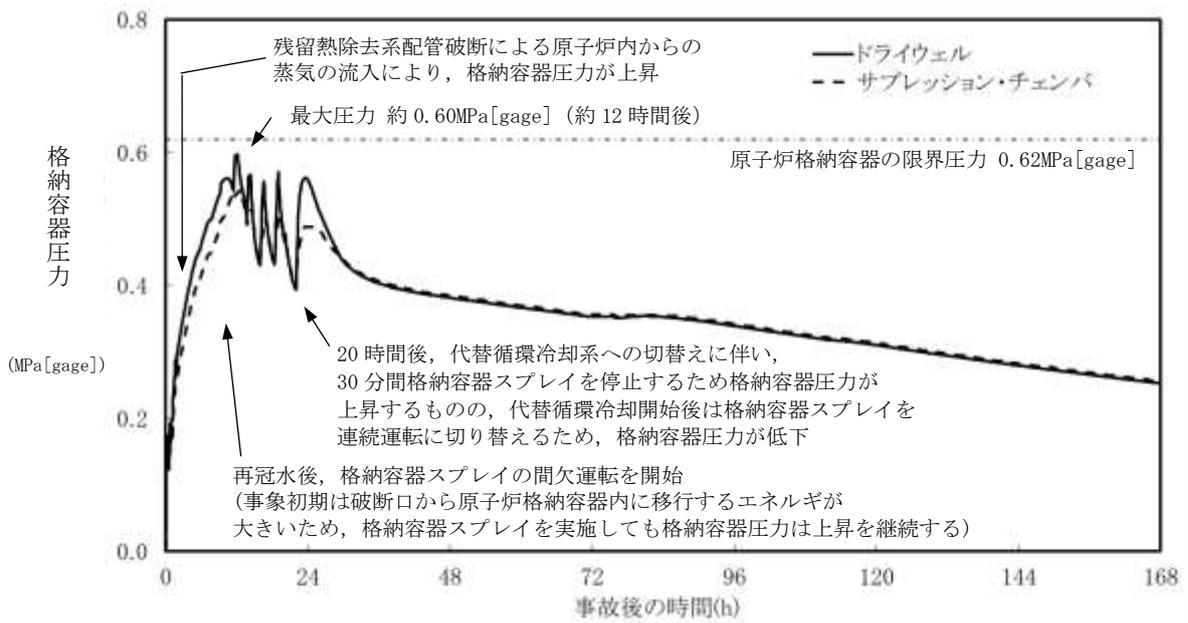


図 5.2.2-2 格納容器過圧・過温破損（代替循環冷却系を使用する場合）における格納容器圧力の推移

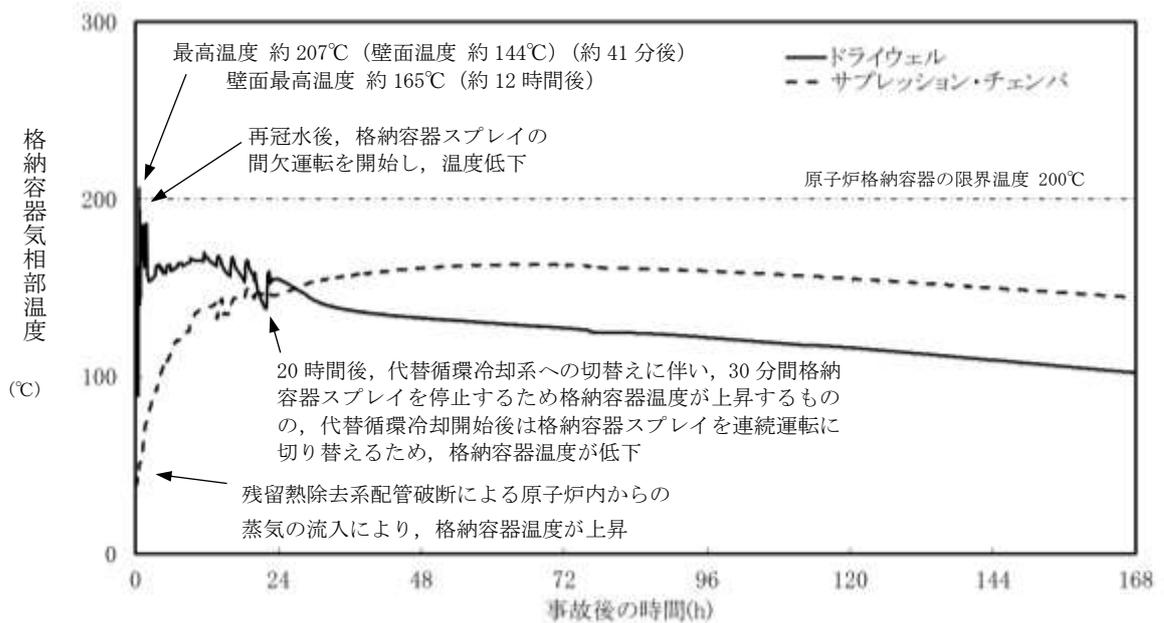


図 5.2.2-3 格納容器過圧・過温破損（代替循環冷却系を使用する場合）における格納容器温度（気相部）の推移

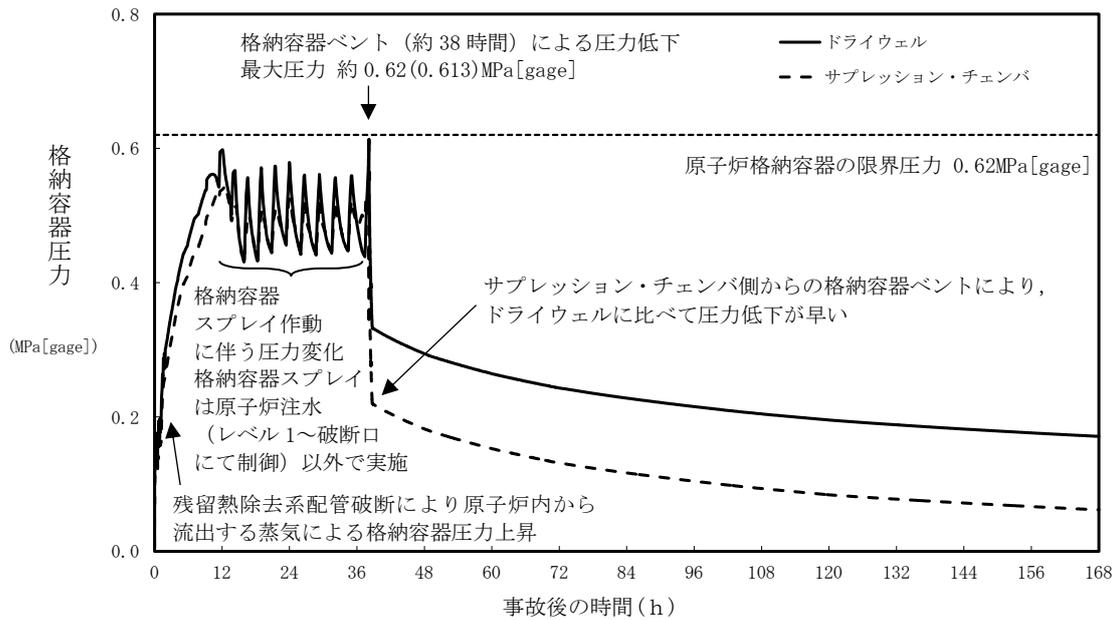


図 5.2.2-4 格納容器過圧・過温破損（代替循環冷却系を使用しない場合）における格納容器圧力の推移

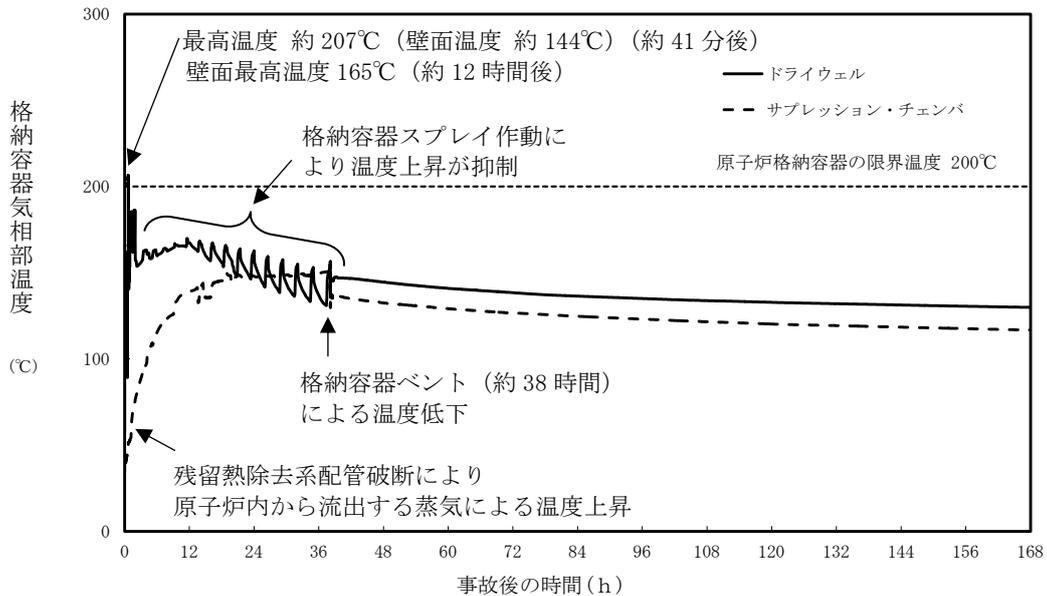


図 5.2.2-5 格納容器過圧・過温破損（代替循環冷却系を使用しない場合）における格納容器温度（気相部）の推移

【長期(L)および長期(LL)における荷重の継続時間】

事象発生後の原子炉格納容器の圧力・温度の推移は、除熱機能として代替循環冷却系を使用する場合と代替循環冷却系を使用しない場合では大幅に挙動が異なる。事象発生後 10^{-2} 年という断面においては、表 5.2.2-3 に示したとおり、格納容器過圧・過温破損（代替循環冷却系を使用する場合）の方が圧力及び温度ともに高い。かつ、除熱機能の確保は SA 設備である代替循環冷却系の確保を優先に行うことから、本設定では、格納

容器過圧・過温破損（代替循環冷却系を使用する場合）を前提とする。

長期間解析における格納容器圧力・温度の推移を図 5.2.2-6 及び図 5.2.2-7 に示す。事象発生後 20 時間後に代替原子炉補機冷却系の準備が完了し、以降、代替循環冷却系により格納容器圧力・温度は低下傾向が継続する。

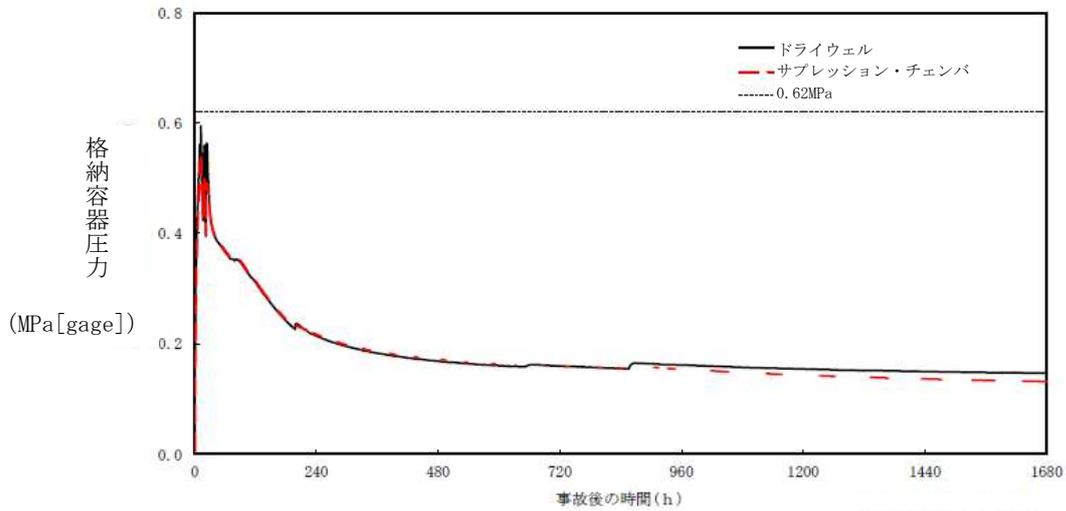


図 5.2.2-6 格納容器過圧・過温破損（代替循環冷却系を使用する場合）における格納容器圧力の推移（長期間解析）

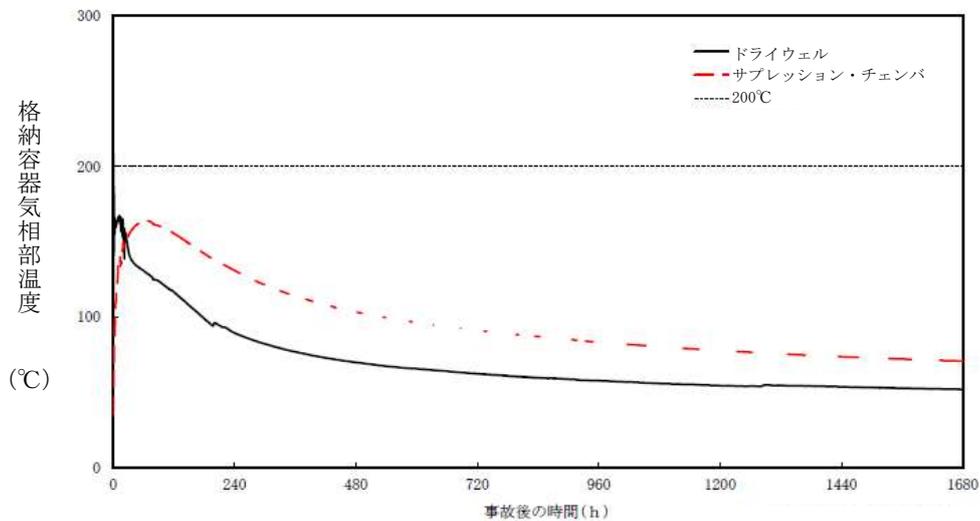


図 5.2.2-7 格納容器過圧・過温破損（代替循環冷却系を使用する場合）における格納容器温度（気相部）の推移（長期間解析）

ここで、 2×10^{-1} 年（約 60 日後*）の格納容器圧力及び温度を表 5.2.2-4 に示す。格納容器圧力・温度は低下傾向を維持し、最高使用圧力及び最高使用温度以下に低下するものの、通常運転条件の格納容器圧力・温度は上回ることとなる。

注記*： 2×10^{-1} 年は 73 日後になるが、有効性評価結果に対し保守的に組合せの荷重は SA 発生後約 60 日の有効性評価結果を採用する。

表 5.2.2-4 原子炉格納容器の SA 時の圧力・温度

	格納容器過圧・過温破損 (代替循環冷却系を使用 する場合)
格納容器圧力	約 0.15MPa[gage]
格納容器温度	約 74℃*

注記*：サプレッション・チェンバの温度

(1)～(3)から、SA の発生確率、継続時間、地震の発生確率（添付資料-1 参照）を踏まえた事象発生確率は表 5.2.2-5 のとおりとなる。この検討に際し、SA 施設としての重要性に鑑み安全裕度を確保するために、頻度が保守的に算出されるように各パラメータの設定にあたり、以下の事項を考慮している。

【PCV バウンダリにおける SA の発生確率、継続時間、地震動の年超過確率に関する考慮】

- ・ SA の発生確率は、個別プラントの炉心損傷頻度を用いず、炉心損傷頻度の性能目標値である 10^{-4} /炉年を適用している。
- ・ 地震ハザード解析結果から得られる年超過確率を参照し、地震動の年超過確率は J E A G 4 6 0 1 ・ 補-1984 に記載の発生確率を用いている。

以上より、表 5.2.2-3 及び表 5.2.2-4 を考慮し、格納容器過圧・過温破損（代替循環冷却系を使用しない場合）において、格納容器圧力の上昇の速度が遅く、格納容器スプレイ流量が抑制できるなど、格納容器圧力逃がし装置の使用タイミングが遅くなる可能性があることから、事象発生後 10^{-2} 年以上 2×10^{-1} 年未満の期間として組み合わせる荷重は、事象発生後以降の最大となる荷重（有効性評価結果の最高圧力・最高温度）を S d と組み合わせる。また、事象発生後 2×10^{-1} 年以上の期間における最大となる荷重と S s による地震力を組み合わせることとする。

表 5.2.2-5 SAの発生確率，継続時間，地震の発生確率を踏まえた事象発生確率

事故シーケ ンス	SAの 発生確率	地震の発生確率	組合せの目安 となるSAの 継続時間	運転状態	合計
雰囲気圧 力・温度に よる静的負 荷（格納容 器過圧・過 温破損）	10 ⁻⁴ /炉年	S _d : 10 ⁻² /年以下	10 ⁻² 年以上 2×10 ⁻¹ 年未満	V(L)	10 ⁻⁸ /炉年以下
		S _s : 5×10 ⁻⁴ /年以下	2×10 ⁻¹ 年以上	V(LL)	10 ⁻⁸ /炉年以下

(3) まとめ

以上より，PCVバウンダリとしては，SA後長期(LL)に生じる荷重とS_sによる地震力，事象発生後の最大となる荷重とS_dによる地震力を組み合わせることとする。

5.2.3 R P Vバウンダリ

(1) S Aの発生確率

S Aの発生確率としては、炉心損傷頻度の性能目標値である 10^{-4} /炉年を適用する。

(2) 地震動の年超過確率

地震ハザード解析結果から得られる年超過確率を参照し、J E A G 4 6 0 1・補-1984 で記載されている S_2 、 S_1 の発生確率を S_s 、 S_d の年超過確率に読み替えて適用する。(添付資料-1 参照)

(3) 荷重の組合せの継続時間の決定

保守性を見込んだ 10^{-8} /炉年と、(1)、(2)で得られた値の積との比較により、工学的、総合的に組合せの目安となる継続時間を判断する。事象発生時を基点として、 10^{-2} 年までの期間を地震荷重との組合せが不要な短期(運転状態V(S))、弾性設計用地震動 S_d との組合せが必要な 10^{-2} ~ 2×10^{-1} 年を長期(L)(運転状態V(L))、基準地震動 S_s との組合せが必要な期間 2×10^{-1} 年以降を長期(LL)(運転状態V(LL))とする。組合せの目安となる継続時間を表5.2.3-1、組合せのイメージを図5.2.3-1に示す。

表 5.2.3-1 組合せの目安となる継続時間

事故 シーケンス	S Aの 発生確率	地震動の発生確率		荷重の組合せを 考慮する判断目安	組合せの 目安となる 継続時間
		弾性設計用 地震動 S_d	10^{-2} /年以下*2		
全ての S A	10^{-4} /炉年*1	基準地震動 S_s	5×10^{-4} /年 以下*2	10^{-8} /炉年以上	10 ⁻² 年以上
					2×10^{-1} 年以 上

注記*1：原子力安全委員会「発電用軽水型原子炉施設の性能目標について」に記載されている炉心損傷頻度の性能目標値を踏まえ、S Aの発生確率として 10^{-4} /炉年とした。

*2：J E A G 4 6 0 1・補-1984に記載されている地震動の発生確率 S_2 、 S_1 の発生確率を S_s 、 S_d の年超過確率に読み換えた。

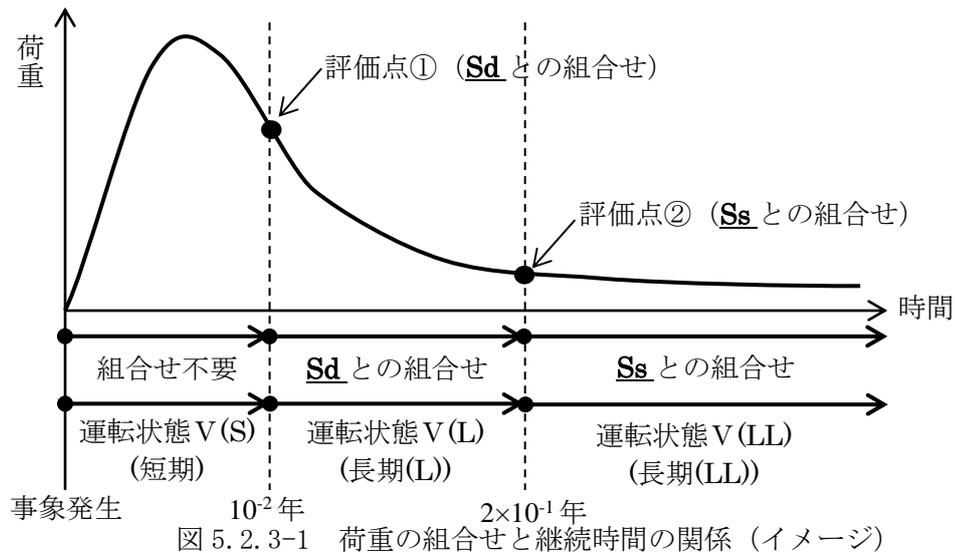


図 5.2.3-1 荷重の組合せと継続時間の関係 (イメージ)

(4) 荷重の組合せの検討

a. SAの選定

原子炉圧力容器の圧力及び温度上昇の観点で厳しい事故シーケンスグループ等は以下の理由から、「原子炉停止機能喪失」(以下「ATWS」という。)である(表 5.2.3-2)。ATWSは、過渡事象として主蒸気隔離弁の誤閉止の発生を仮定するとともに、原子炉自動停止機能が喪失する事象であり、緩和措置がとられない場合には、原子炉出力が維持されるため、原子炉圧力容器が高温・高圧状態となる。

表 5.2.3-2 原子炉圧力容器のDB条件を超える事故シーケンスグループ(1/2)

事故シーケンスグループ等	DB条件を超えるもの*1
「運転中の原子炉における重大事故に至るおそれがある事故」に係る事故シーケンスグループ	
高圧・低圧注水機能喪失	×
高圧注水・減圧機能喪失	×
全交流動力電源喪失	
全交流動力電源喪失 (外部電源喪失+DG喪失)	×
全交流動力電源喪失 (外部電源喪失+DG喪失) +RCIC失敗	×
全交流動力電源喪失 (外部電源喪失+DG喪失) +直流電源喪失	×
全交流動力電源喪失 (外部電源喪失+DG喪失) +SRV再閉失敗	×
崩壊熱除去機能喪失	
取水機能が喪失した場合	×
残留熱除去系が故障した場合	×
原子炉停止機能喪失	○
LOCA時注水機能喪失	×
格納容器バイパス (インターフェイスシステムLOCA)	×

表 5.2.3-2 原子炉圧力容器のDB条件を超える事故シーケンスグループ(2/2)

事故シーケンスグループ等	DB条件を超えるもの*1
「運転中の原子炉における重大事故」に係る格納容器破損モード	
雰囲気圧力・温度による静的負荷（格納容器過圧・過温破損）	
代替循環冷却系を使用する場合	—*2
代替循環冷却系を使用しない場合	—*2
高圧溶融物放出／格納容器雰囲気直接加熱	—*2
原子炉圧力容器外の溶融燃料－冷却材相互作用	—*2
水素燃焼	—*2
溶融炉心・コンクリート相互作用	—*2
「運転停止中の原子炉における重大事故に至るおそれがある事故」に係る事故シーケンスグループ	
崩壊熱除去機能喪失	—*3
全交流動力電源喪失	—*3
原子炉冷却材の流出	—*3
反応度の誤投入	—*3

注記*1：有効性評価における原子炉圧力と最高使用圧力との比較

*2：非常用炉心冷却系が喪失し、炉心が損傷に至るシナリオである。よって、原子炉冷却材圧力バウンダリの頑健性を評価することを目的とした事故シーケンスとしては参照しない。なお、雰囲気圧力・温度による静的負荷（格納容器過圧・過温破損）及び水素燃焼は大破断LOCAを起因とし、事象発生後、急速に減圧するシナリオであり、また、他のシナリオは、原子炉が高圧の状態を維持（その間逃がし安全弁による原子炉圧力制御）するが、原子炉水位がBAF+10%の位置で減圧するシナリオであるため、原子炉圧力という点では、「運転中の原子炉における重大事故に至るおそれがある事故」に係る事故シーケンスグループに包絡される。

*3：運転停止中は、炉心の冠水維持までを評価の対象としており原子炉圧力・温度に対する評価は実施していない。しかしながら、運転停止中であり、初期圧力は十分に低く、また、過圧・過温として影響の大きい条件である炉心崩壊熱は、運転中と比較して十分に小さく、事象の進展も遅くなることから、「運転中の原子炉における重大事故に至るおそれがある事故」に係る事故シーケンスグループに包絡されるものとして参照すべき事故シーケンスの対象とはしない

これ以外の事故シーケンスグループ等では、原子炉圧力容器は健全であり、また、スクラム後、急速減圧による低圧注水系による冠水維持開始までの間、逃がし安全弁の作動により、原子炉圧力は制御されることから、DBの荷重条件を超えることはない。また、「全交流動力電源喪失（外部電源喪失+DG喪失）+SRV再開失敗」、「LOCA時注水機能喪失」及び「格納容器バイパス（インターフェイスシステムLOCA）」、LOCA又は逃がし安全弁の再開失敗が発生していることを前提にしており、DB条件を超えることはない。

A T W S の炉心損傷防止対策は、主として当該事故の発生防止のために代替制御棒挿入機能（A R I）を備えており、プラント過渡事象が発生し、通常のスラム機能が、電気的な故障により喪失した場合に、後備の手段としてA R I を作動させることにより原子炉停止機能を確認することとなる。有効性評価では、このA R I の機能に期待せず、最も厳しい過渡事象として主蒸気隔離弁の閉止を条件とし、これによる原子炉圧力上昇による反応度投入、また、主蒸気隔離弁の閉止に伴う給水過熱喪失による反応度投入を評価している。これに対し、原子炉出力を抑制するための代替冷却材再循環ポンプ・トリップ機能、運転員による原子炉水位維持操作（自動減圧系の自動起動阻止含む）及びほう酸水注入系による原子炉未臨界操作により原子炉を未臨界へ移行させることとなる。

以上のとおり、スラムを前提とした他の事故シーケンスグループ等と比較し、最も早く原子炉冷却材圧力が上昇する事象である。

したがって、以下のS Aとして考慮すべき事故シーケンスは以下の事故シナリオを選定した。

- ・原子炉停止機能喪失

この事故シーケンスにおける事象発生後の原子炉圧力の最高値、原子炉冷却材温度の最高値を表 5. 2. 3-3 に示す。

表 5. 2. 3-3 原子炉冷却材圧力バウンダリのS A時の圧力・温度（有効性評価結果）

	原子炉停止機能喪失
最高圧力	約 8. 92MPa [gage]
最高温度	約 304℃

表 5. 2. 3-3 に示す原子炉停止機能喪失の有効性評価における解析条件設定は、解析条件及び解析コードの不確かさを考慮して、現実的な条件を基本としつつ、原則、評価項目となるパラメータに対して余裕が小さくなるような設定とすることとしている。また、不確かさの影響評価を行っており、表 5. 2. 3-3 に示す評価結果より高くなる。しかしながら、後述する短期荷重の継続時間として考慮する時間設定においては、事象発生後に低温停止状態に至る時間を包絡するものとしているため、結果として不確かさの重畳の影響はない。

b. SAで考慮する荷重と継続時間

a. 項で選定した事故シーケンスの過渡応答図を図 5.2.3-2 及び図 5.2.3-3 に示す。原子炉圧力は主蒸気隔離弁の閉止に伴う圧力上昇以降、速やかに耐震設計上の設計圧力である 8.38MPa[gage]を下回る。また、事象開始から 30 分以内にほう酸水注水系による未臨界が確立され、事象は収束する。

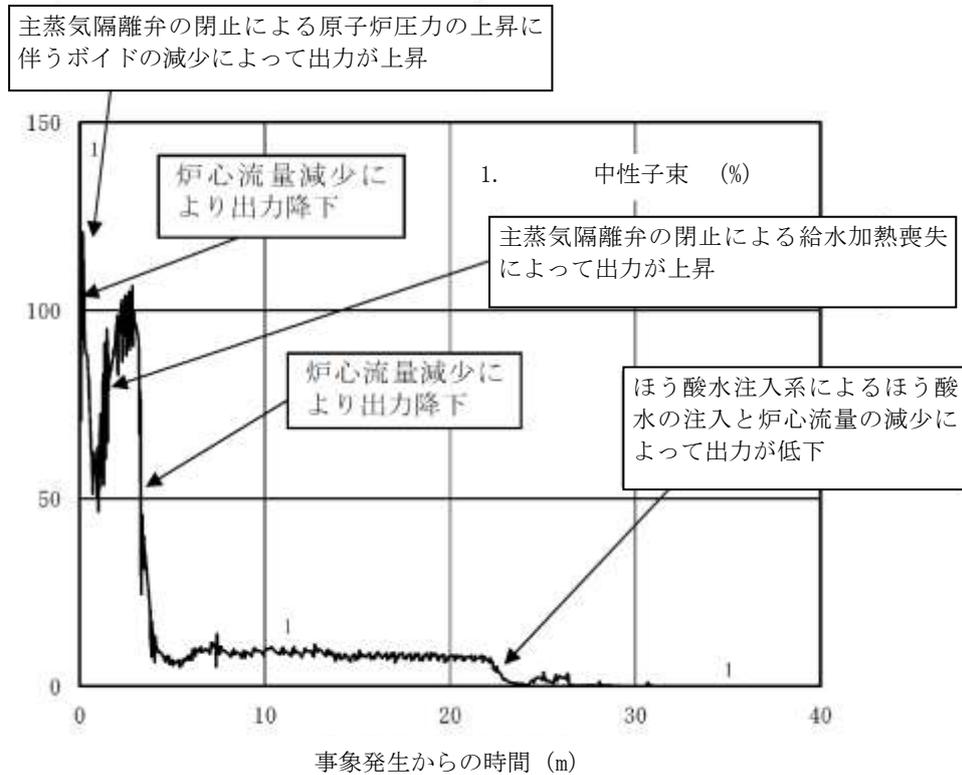
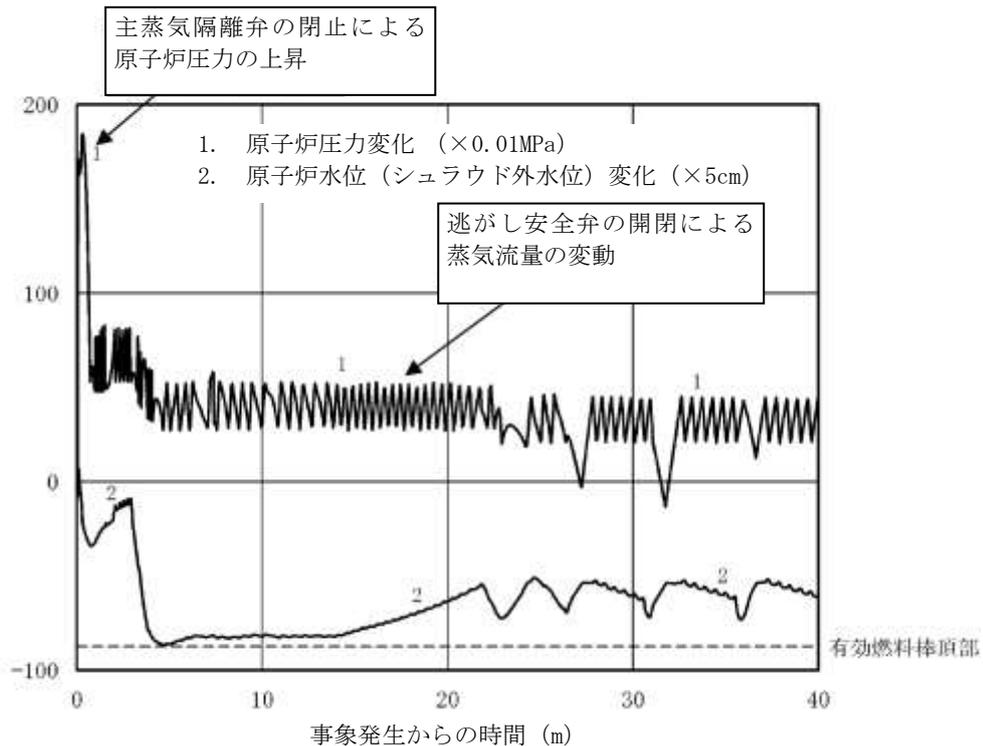


図 5.2.3-2 原子炉停止機能喪失における中性子束の時間変化
(事象発生から 40 分後まで)



*:初期圧力 7.07MPa [gage]

図 5.2.3-3 原子炉停止機能喪失における原子炉圧力, 原子炉水位 (シュラウド外水位) の時間変化 (事象発生から 40 分後まで)

(1) ~ (3) から, SA の発生確率, 継続時間, 地震の発生確率を踏まえた事象発生確率は表 5.2.3-4 のとおりとなる。この検討に際し, SA 施設としての重要性を鑑み安全裕度を確保するために, 頻度が保守的に算出されるように各パラメータの設定にあたり, 以下の事項を考慮している。

【RPVバウンダリのSAの発生確率, 継続時間, 地震動の年超過確率に関する考慮】

- SAの発生確率は, 個別プラントの炉心損傷頻度を用いず, 炉心損傷頻度の性能目標値である 10^{-4} /炉年を適用している。
- 地震ハザード解析結果から得られる年超過確率を参照し, 地震動の年超過確率は J E A G 4 6 0 1 ・ 補-1984 に記載の発生確率を用いている。

表 5.2.3-4 より, SA の発生確率, 継続時間, 地震動の年超過確率の積等も考慮し, 工学的, 総合的な判断として S d による地震力と SA 後長期 (L) 荷重, S s による地震力と SA 後長期 (LL) 荷重を組み合わせる。

表 5.2.3-4 SAの発生確率，継続時間，地震の発生確率を踏まえた事象発生確率

事故シーケ ンス	SAの 発生確率	地震の発生確率	組合せの目安 となるSAの 継続時間	運転状態	合計
原子炉停止 機能喪失	10 ⁻⁴ /炉年	S _d : 10 ⁻² /年以下	10 ⁻² 年以上 2×10 ⁻¹ 年未満	V (L)	10 ⁻⁸ /炉年以下
		S _s : 5×10 ⁻⁴ /年以下	2×10 ⁻¹ 年以上	V (LL)	10 ⁻⁸ /炉年以下

(5) まとめ

以上より，RPVバウンダリとしては，SA後長期(LL)に生じる荷重とS_sによる地震力，SA後長期(L)に生じる荷重とS_dによる地震力を組み合わせることとする。

5.2.4 SA施設の支持構造物

SA施設の支持構造物については，SA後長期の雰囲気温度と5.2.1～5.2.3項それぞれの地震を組み合わせる。ただし，SA施設本体からの熱伝導等を考慮するものとする。具体的な組合せ内容は，5.2.1～5.2.3項による。

6. 許容応力状態の検討結果

5. 項の組合せ方針に基づき、各施設のSAと地震の組合せに対する許容応力状態の考え方を以下に示す。許容応力状態の考え方は、PCVバウンダリ、RPVバウンダリ、全般施設及びSA施設の支持構造物に分けて検討することとした。

【運転状態の説明】

- I～IV : JEAG 4601で設定している運転状態と同じ
- V(S) : SAの状態のうち事象発生直後の短期的に荷重が作用している状態
- V(L) : SAの状態のうち長期的(過渡状態を除く一連の期間)に荷重が作用している状態
- V(LL) : SAの状態のうちV(L)より更に長期的に荷重が作用している状態

【許容応力状態】

- I_A～IV_A : JEAG 4601で設定している許容応力状態と同じ
- III_{AS}～IV_{AS} : JEAG 4601で設定している許容応力状態と同じ
- V_A : 運転状態V相当の応力評価を行う許容応力状態
(SA時に要求される機能が満足できる許容応力状態)
- V_{AS} : 許容応力状態V_Aを基本として、それに地震により生ずる応力に対する特別な応力の制限を加えた許容応力状態
(SA時に要求される機能が満足できる許容応力状態)

6.1 全般施設

5.2.1 項の荷重の組合せ方針から、各組合せ条件に対する許容応力状態を表 6.1-1 に示す。

表 6.1-1 PCVバウンダリ内外の全般施設の荷重の組合せと許容応力状態

運転状態	許容応力状態	DB施設		SA施設		備考
		S _d	S _s	S _d	S _s	
I	I _A	III _{AS}	IV _{AS}	—	IV _{AS}	DBと同じ許容応力状態とする。
II	II _A	III _{AS}	IV _{AS}	—	IV _{AS}	DBと同じ許容応力状態とする。
III	III _A	III _{AS}	IV _{AS}	—	IV _{AS}	DBと同じ許容応力状態とする。
IV(L)	IV _A ECCS等: I [*] _A	III _{AS} ^{*1}	—	III _{AS} ^{*1}	—	DBと同じ許容応力状態とする。
IV(S)	IV _A	—	—	—	—	—
V(LL)	V _A			—	V _{AS} ^{*2}	V _{AS} の許容限界は、IV _{AS} と同じものを適用する。
V(L)						
V(S)						

注記*1：ECCS等に係るもののみ

*2：SA後短期的なものと、長期的なものを区別せず、それらを包絡する条件をSA条件として設定する。(原子炉格納容器雰囲気温度の影響を受ける全般施設については、6.2 項の検討結果も考慮する)

6.2 PCVバウンダリ

5.2.2 項の荷重の組合せ方針から、各組合せ条件に対する許容応力状態を表 6.2-1 に示す。DB 条件における評価では、S_dとDBA後長期荷重の組合せではⅢ_{AS}を許容応力状態としているが、これは、ECCS等と同様、原子炉格納容器がDBAを緩和・収束させるために必要な施設に挙げられていることによるものである。

なお、7号機のPCVは鉄筋コンクリート製原子炉格納容器であり、J E A G 4 6 0 1において、建物・構築物の一部として位置付けられ、「運転状態」は荷重状態として体系化されており、その耐震性は発電用原子力設備規格 鉄筋コンクリート製原子炉格納容器規格（（社）日本機械学会、2003）（以下「CCV規格」という。）に準拠して評価している。CCV規格において、各荷重状態の分類の考え方と許容値の考え方が示されており、耐震評価に用いる荷重状態Ⅲ及びⅣに応じた許容値の考え方は、それぞれJ E A G 4 6 0 1の許容応力状態Ⅲ_{AS}及びⅣ_{AS}の許容値の基本的な考え方と同じである。

表 6.2-1 PCVバウンダリの荷重の組合せと許容応力状態

運転状態	許容応力状態	DB施設		SA施設		備考
		S _d	S _s	S _d	S _s	
I	I _A	Ⅲ _{AS}	Ⅳ _{AS}	—	Ⅳ _{AS}	DBと同じ許容応力状態とする。
II	II _A	Ⅲ _{AS}	Ⅳ _{AS}	—	Ⅳ _{AS}	DBと同じ許容応力状態とする。
III	III _A	Ⅲ _{AS}	Ⅳ _{AS}	—	Ⅳ _{AS}	DBと同じ許容応力状態とする。
IV(L)	I [*] _A	Ⅲ _{AS}	—	Ⅲ _{AS}	—	DBと同じ許容応力状態とする。
IV(S)	IV _A	Ⅳ _{AS} ^{*1}	—	—	—	—
V(LL)	V _A			—	V _{AS} ^{*2}	V _A の許容限界は、Ⅳ _{AS} と同じものを適用する。
V(L)	V _A			V _{AS} ^{*2}	—	
V(S)	V _A			—	—	—

注記*1：構造体全体としての安全裕度を確保する意味でLOCA後の最大内圧とS_dによる地震力との組合せを考慮する。

*2：原子炉格納容器雰囲気温度の影響を受ける全般施設については、6.1項の検討結果も考慮する。

6.3 RPVバウンダリ

5.2.3項の荷重の組合せ方針から、各組合せ条件に対する許容応力状態を表6.3-1に示す。DB条件における評価では、S_dとDBA後長期荷重の組合せでは、ECCS等はIII_{AS}を許容応力状態としているが、これは、ECCS等がDBA時に運転を必要とする施設に挙げられていることによるものである。

表 6.3-1 RPVバウンダリの荷重の組合せと許容応力状態

運転状態	許容応力状態	DB施設		SA施設		備考
		S _d	S _s	S _d	S _s	
I	I _A	III _{AS}	IV _{AS}	—	IV _{AS}	DBと同じ許容応力状態とする。
II	II _A	III _{AS}	IV _{AS}	—	IV _{AS}	DBと同じ許容応力状態とする。
III	III _A	III _{AS}	IV _{AS}	—	IV _{AS}	DBと同じ許容応力状態とする。
IV(L)	IV _A ECCS等: I [*] _A	IV _{AS} * ¹	—	IV _{AS} * ¹	—	DBと同じ許容応力状態とする。
IV(S)	IV _A	—	—	—	—	—
V(LL)	V _A			—	V _{AS}	V _{AS} の許容限界は、IV _{AS} と同じものを適用する。
V(L)	V _A			V _{AS}	—	
V(S)	V _A			—	—	—

注記*1：ECCS等に係るものはIII_{AS}

6.4 SA施設の支持構造物

SA施設の支持構造物についての、具体的な許容応力状態は、6.1～6.3項による。

7. まとめ

SA施設の耐震設計にあたっては、SAは地震の独立事象として位置づけたうえで、SAの発生確率、継続時間及び地震動の年超過確率の関係や様々な対策、シーケンスを踏まえ、SA荷重とS_s、S_dいずれか適切な地震力を組み合わせて評価することとし、その組合せ検討結果としては、表7-1～表7-3のとおりとなる。

【凡例】
○：組合せ要
－：組合せ不要

表 7-1 全般施設の組合せの検討結果

	①SAの発生確率	②地震の発生確率	③SAの継続時間	①×②×③	組合せ要否	考慮する組合せ
全てのSA*	10 ⁻⁴ /炉年	S _d : 10 ⁻² /年以下	事象発生後 全期間	10 ⁻⁸ /炉年 以下	○	SA荷重 + S _s
		S _s : 5×10 ⁻⁴ /年以下	事象発生後 全期間	10 ⁻⁸ /炉年 以下	○	

注記*：短期荷重，長期(L)荷重，長期(LL)荷重を区別せず，それらを包絡する条件とS_sを組み合わせる。

表 7-2 PCVバウンダリの組合せの検討結果

	①SAの発生確率	②地震の発生確率	③SAの継続時間	①×②×③	組合せ要否	考慮する組合せ
SA荷重 V(S)	10 ⁻⁴ /炉年	S _d : 10 ⁻² /年以下	10 ⁻² 年 未満	10 ⁻⁸ /炉年 未満	－	事象発生後の 最大荷重 + S _d SA荷重 V(LL) + S _s
		S _s : 5×10 ⁻⁴ /年以下		5×10 ⁻¹⁰ /炉年 以下	－	
SA荷重 V(L)		S _d : 10 ⁻² /年以下	10 ⁻² 年 以上，	2×10 ⁻⁷ /炉年 未満	○	
		S _s : 5×10 ⁻⁴ /年以下	2×10 ⁻¹ 年 未満	10 ⁻⁸ /炉年 未満	－	
SA荷重 V(LL)		S _d : 10 ⁻² /年以下	2×10 ⁻¹ 年 以上	2×10 ⁻⁷ /炉年 以下	－*	
		S _s : 5×10 ⁻⁴ /年以下		10 ⁻⁸ /炉年 以下	○	

注記*：S_sによる評価に包含されるため“－”としている。

表 7-3 R P Vバウンダリの組合せの検討結果

	① S A の 発生確率	② 地震の 発生確率	③ S A の 継続時間	① × ② × ③	組合せ要否	考慮する 組合せ
S A 荷重 V (S)	10 ⁻⁴ /炉年	S d : 10 ⁻² /年以下	10 ⁻² 年 未満	10 ⁻⁸ /炉年 未満	—	S A 荷重 V (L) + S d S A 荷重 V (LL) + S s
		S s : 5 × 10 ⁻⁴ /年以下		5 × 10 ⁻¹⁰ /炉 年以下	—	
S A 荷重 V (L)		S d : 10 ⁻² /年以下	10 ⁻² 年 以上,	2 × 10 ⁻⁷ /炉年 未満	○	
		S s : 5 × 10 ⁻⁴ /年以下	2 × 10 ⁻¹ 年 未満	10 ⁻⁸ /炉年 未満	—	
S A 荷重 V (LL)		S d : 10 ⁻² /年以下	2 × 10 ⁻¹ 年 以上	2 × 10 ⁻⁷ /炉年 以下	—*	
		S s : 5 × 10 ⁻⁴ /年以下		10 ⁻⁸ /炉年 以下	○	

注記* : S s による評価に包含されるため “—” としている。

添付資料

添付資料－1 地震動の年超過確率

添付資料－2 「地震の従属事象」と「地震の独立事象」について

添付資料－3 建物・構築物のSA施設としての設計の考え方

添付資料－4 工認対象施設（SA施設）における荷重組合せの取扱い

添付資料-1 地震動の年超過確率

発生確率		1	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}	10^{-9}	
運転状態の発生確率 (1/年)		I	II	III		IV						
基準地震動の発生確率 (1/年)				S_1	S_2							
基準地震動 S_1 との組合せ	従属事象	S_1 従属										
	独立事象	1分以内	$S_1 + II$									
		1時間以内	$S_1 + II$									
		1日以内	$S_1 + II$									
		1年以内	$S_1 + II$									
	従属事象	S_2 従属										
	独立事象	1分以内	$(S_2 + II)$ は 10^{-9} 以下となる									
		1時間以内	$S_2 + II$									
1日以内		$S_2 + II$										
1年以内		$S_2 + II$										

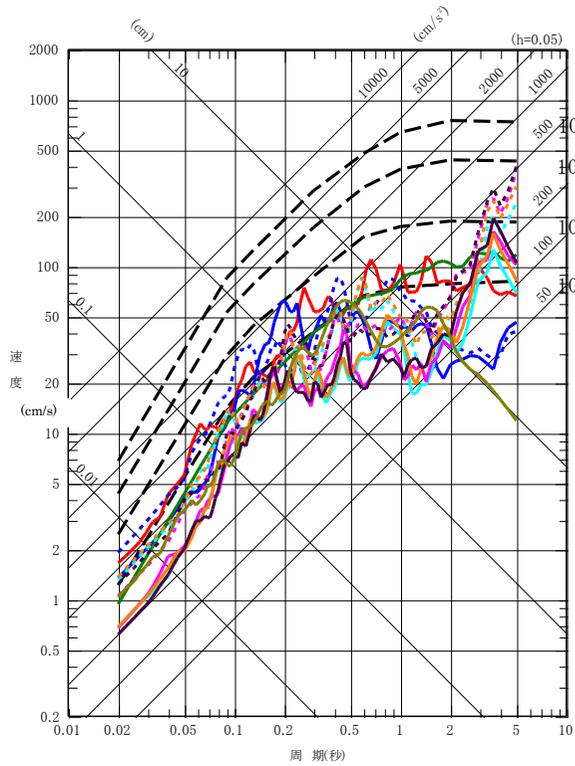
S_2 の発生確率
 $5 \times 10^{-4} \sim 10^{-5}$ / 年
 S_1 の発生確率
 $10^{-2} \sim 5 \times 10^{-4}$ / 年

- 注：(1) 発生確率から見て
 ← 組合せが必要なもの。
 ← 発生確率が 10^{-7} 以下となり組合せが不要となるもの。
- (2) 基準地震動 S_2 の発生確率は $10^{-4} \sim 10^{-5}$ / サイト・年と推定されるが、ここでは $5 \times 10^{-4} \sim 10^{-5}$ / サイト・年を用いた。
- (3) 表に示す発生確率は現在の知見によるものである。

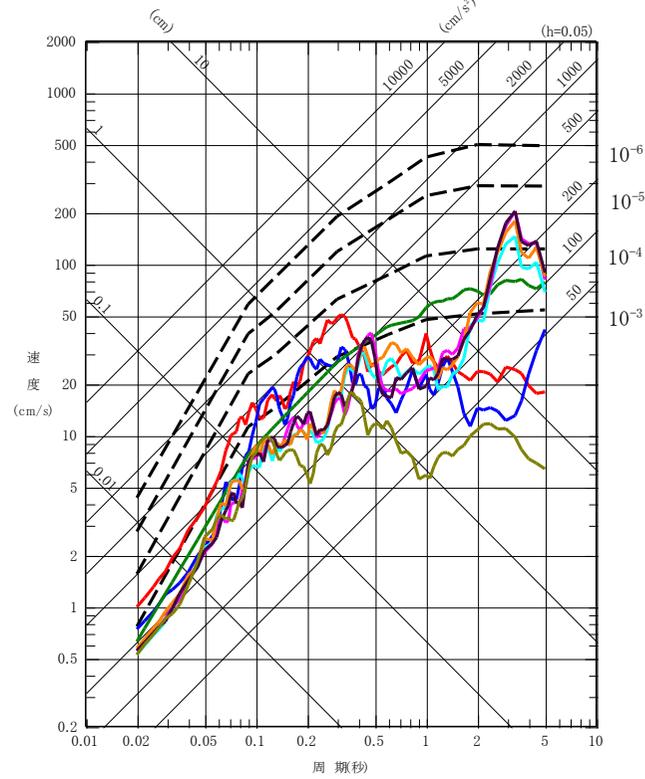
J E A G 4 6 0 1 ・ 補-1984 より抜粋

- 弾性設計用地震動 Sd-1H
- 弾性設計用地震動 Sd-2NS
- - 弾性設計用地震動 Sd-2EW
- 弾性設計用地震動 Sd-3H
- 弾性設計用地震動 Sd-4NS
- - 弾性設計用地震動 Sd-4EW
- 弾性設計用地震動 Sd-5NS
- - 弾性設計用地震動 Sd-5EW
- 弾性設計用地震動 Sd-6NS
- - 弾性設計用地震動 Sd-6EW
- 弾性設計用地震動 Sd-7NS
- - 弾性設計用地震動 Sd-7EW
- 弾性設計用地震動 Sd-8H

- 弾性設計用地震動 Sd-1V
- 弾性設計用地震動 Sd-2UD
- 弾性設計用地震動 Sd-3V
- 弾性設計用地震動 Sd-4UD
- 弾性設計用地震動 Sd-5UD
- 弾性設計用地震動 Sd-6UD
- 弾性設計用地震動 Sd-7UD
- 弾性設計用地震動 Sd-8V
- 一様ハザードスペクトル



水平方向

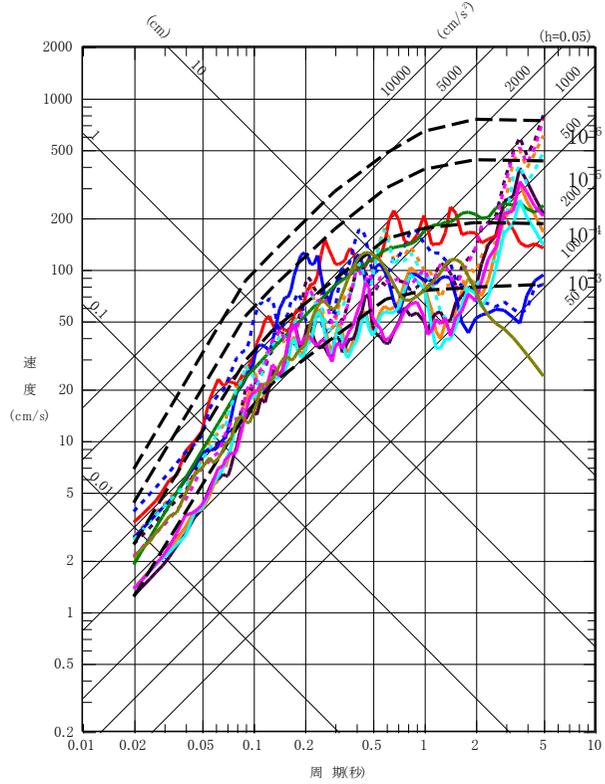


鉛直方向

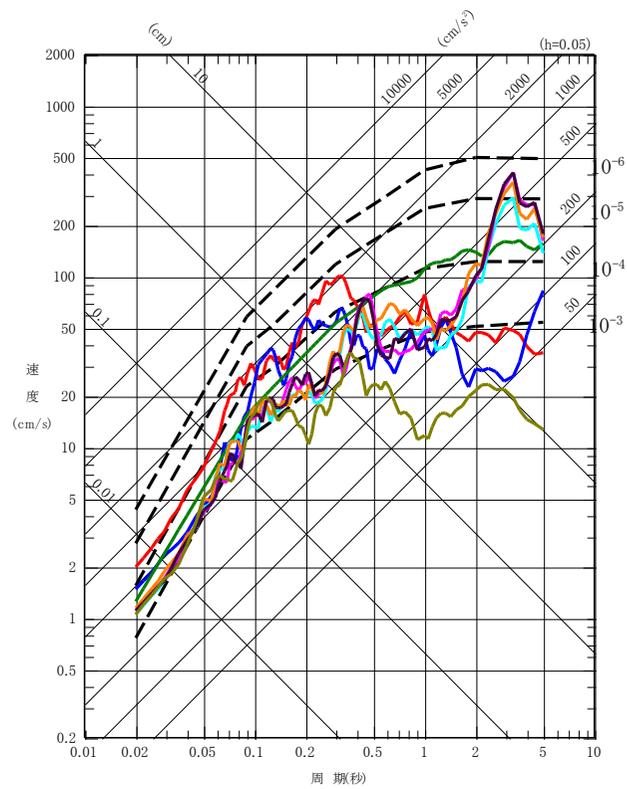
弾性設計用地震動 (S d) の応答スペクトル及び解放基盤表面における地震動の一様ハザードスペクトルの比較 (大湊側)

- 基準地震動 Ss-1
- 基準地震動 Ss-2NS
- - - 基準地震動 Ss-2EW
- 基準地震動 Ss-3H
- 基準地震動 Ss-4NS
- - - 基準地震動 Ss-4EW
- 基準地震動 Ss-5NS
- - - 基準地震動 Ss-5EW
- 基準地震動 Ss-6NS
- - - 基準地震動 Ss-6EW
- 基準地震動 Ss-7NS
- - - 基準地震動 Ss-7EW
- 基準地震動 Ss-8H

- 基準地震動 Ss-1V
- 基準地震動 Ss-2UD
- 基準地震動 Ss-3V
- 基準地震動 Ss-4UD
- 基準地震動 Ss-5UD
- 基準地震動 Ss-6UD
- 基準地震動 Ss-7UD
- 基準地震動 Ss-8V
- - - 一様ハザードスペクトル



水平方向



鉛直方向

基準地震動 (S s) の応答スペクトル及び解放基盤表面における地震動の一様ハザードスペクトルの比較 (大湊側)

添付資料－２ 「地震の従属事象」と「地震の独立事象」について

運転状態Vが地震によって引き起こされるおそれがある事象であるかについては、DB施設の耐震設計の考え方に基づく。なお、確率論的な考察も考慮する。

1. 「地震の従属事象」と「地震の独立事象」についての当社の定義

判断にあたり、SA施設の評価における「地震の従属事象」、「地震の独立事象」について当社の定義を示す。この定義はDB施設に対して従前より適用してきた考え方に基づくものであり、J E A G 4 6 0 1 の記載とも整合したものとなっている。

(1) 地震の従属事象

設置許可基準規則の解釈別記 2 における「地震によって引き起こされる事象（地震の従属事象）」の当社の定義は以下のとおり。

- ・ある地震力を想定して、その地震力未満で設計された設備が、その地震力を上回る地震が発生した際に確定論的に設備が損傷すると仮定した場合に発生する事象

(2) 地震の独立事象

設置許可基準規則の解釈別記 2 における「地震によって引き起こされるおそれのない事象（地震の独立事象）」の当社の定義は以下のとおり。

- ・上記(1)のような確定論的な評価では引き起こされるおそれのない事象

なお、J E A G 4 6 0 1 においては、地震の従属事象は地震との組合せを実施し、地震の独立事象については、事象の発生頻度、継続時間、地震の発生確率を踏まえ、 10^{-7} 回/炉年を超える事象は組合せを実施している。

2. DB施設の耐震設計の考え方等に基づく判断

Sクラス施設はS_sによる地震力に対して、その安全機能が損なわれるおそれのないよう設計されている。この安全機能に係る設計は、Sクラス施設自体が、S_sによる地震力に対して、損傷しないよう設計するだけでなく、下位クラスに属するものの波及的影響等に対しても、その安全機能を損なわないよう設計することも含まれる。(表 2-1)

Sクラス施設が健全であれば、炉心損傷防止に係る重大事故等対策の有効性評価において想定した全ての事故シーケンスに対し、S_s相当の地震により、起因事象が発生したとしても緩和設備が機能し、DB設計の範囲で事象を収束させることができることを確認した。(表 2-2)

したがって、SA施設に対する耐震設計における荷重の組合せの検討としては、S_s相当の地震に対して、運転状態Vは地震によって引き起こされるおそれのない「地震の独立事象」として扱い、運転状態Vの運転状態と地震力とを適切に組み合わせる。

表 2-1 Sクラスの設計

地震の影響が考えられる事象		耐震性の担保
耐震重要施設自体の損傷		基準地震動による地震力に対して安全機能が損なわれるおそれがないよう設計する。(設置許可基準規則第4条)
下位クラスの損傷の影響による耐震重要施設の損傷		耐震重要施設は、耐震重要度分類の下位のクラスに属する施設の波及的影響によって、その安全機能を損なわないように設計する。(設置許可基準規則第4条)
地震随伴事象	溢水による耐震重要施設の損傷	安全施設は、発電用原子炉施設内における溢水が発生した場合においても安全機能を損なわないよう設計する。(設置許可基準規則第9条)
	津波による耐震重要施設の損傷	DB施設は、基準津波に対して安全機能が損なわれるおそれがないように設計する。(設置許可基準規則第5条)
	火災による耐震重要施設の損傷	DB施設は、火災により発電用原子炉施設の安全性が損なわれないよう設計する。(設置許可基準規則第8条)

表 2-2 地震の従属事象としての適用性について(1/6)

類型化グループ	事故シーケンス	事象	対象SSCs	DB上のSs耐震性	地震の従属事象としての適用の有無	備考	
1	高圧・低圧注水機能喪失	過渡事象＋高圧注水失敗＋低圧注水失敗	過渡事象	—注1	—	△	運転状態Ⅱ
			高圧注水失敗	HPCF配管	○	×	
		HPCFポンプ		○			
		HPCFポンプ室空調機		○			
		スパージャ		○			
		HPCF弁		○			
		CSP		—注2			
		CSP周り配管		—注2			
		廃棄物処理建屋(RW/B)	—注3				
		低圧注水失敗	RHR配管	○	×		
	RHRポンプ		○				
	RHR熱交換器		○				
	RHRポンプ室空調機		○				
	RHR/LPFL共通弁		○				
	過渡事象＋SRV再閉失敗＋高圧注水失敗＋低圧注水失敗	過渡事象	過渡事象	—注1	—	△	運転状態Ⅱ
			SRV再閉失敗	逃がし安全弁(18弁)	○		
		高圧注水失敗	HPCF配管	○	×		
			HPCFポンプ	○			
			HPCFポンプ室空調機	○			
			スパージャ	○			
HPCF弁			○				
CSP			—注2				
CSP周り配管			—注2				
廃棄物処理建屋(RW/B)		—注3					
低圧注水失敗	RHR配管	○	×				
	RHRポンプ	○					
	RHR熱交換器	○					
	RHRポンプ室空調機	○					
	RHR/LPFL共通弁	○					

表 2-2 地震の従属事象としての適用性について(2/6)

類型化グループ	事故シーケンス	事象	対象SSCs	DB上のSs耐震性	地震の従属事象としての適用の有無	備考	
2	高圧注水・減圧機能喪失	過渡事象＋高圧注水失敗＋原子炉減圧失敗	過渡事象	—注1	—	△	運転状態Ⅱ
			高圧注水失敗	HPCF配管	○	×	
				HPCFポンプ	○		
				HPCFポンプ室空調機	○		
				スパージャ	○		
				HPCF弁	○		
				CSP	—注2		
				CSP周り配管	—注2		
			廃棄物処理建屋(RW/B)	—注3			
			原子炉減圧失敗	逃がし安全弁(18弁)	○	×	
	SRV用アキュムレータ	○					
	HPI配管	○					
	窒素ガス供給弁	○					
	過渡事象＋SRV再閉失敗＋高圧注水失敗＋原子炉減圧失敗	過渡事象＋SRV再閉失敗＋高圧注水失敗	過渡事象	—注1	—	△	運転状態Ⅱ
			SRV再閉失敗	逃がし安全弁(18弁)	○	×	
			高圧注水失敗	HPCF配管	○	×	
				HPCFポンプ	○		
				HPCFポンプ室空調機	○		
				スパージャ	○		
				HPCF弁	○		
CSP				—注2			
CSP周り配管				—注2			
廃棄物処理建屋(RW/B)			—注3				
原子炉減圧失敗	逃がし安全弁(18弁)	○	×				
	SRV用アキュムレータ	○					
	HPI配管	○					
	窒素ガス供給弁	○					

表 2-2 地震の従属事象としての適用性について(3/6)

類型化グループ	事故シーケンス	事象	対象SSCs	DB上のSS耐震性	地震の従属事象としての適用の有無	備考
3	全交流動力電源喪失	外部電源喪失	外部電源設備全般	×	△	運転状態Ⅱ
		DG喪失	6.9kVメタクラ	○	×	
			480Vパワーセンタ用動力変圧器	○		
			480Vパワーセンタ	○		
			480VMCC	○		
			非常用ディーゼル発電設備	○		
			燃料ディタンク	○		
			DG空気だめ	○		
			DG非常用送風機	○		
			燃料移送ポンプ	○		
			DGFO配管	○		
			軽油配管トレンチ(軽油タンク～R/B)	○		
			DGFO弁	○		
	軽油タンク	○				
	全交流動力電源喪失(外部電源喪失+DG喪失)+SRV再開失敗	外部電源喪失	外部電源設備全般	×	△	運転状態Ⅱ
		DG喪失	6.9kVメタクラ	○	×	
			480Vパワーセンタ用動力変圧器	○		
			480Vパワーセンタ	○		
			480VMCC	○		
			非常用ディーゼル発電設備	○		
燃料ディタンク			○			
DG空気だめ			○			
DG非常用送風機			○			
燃料移送ポンプ			○			
DGFO配管	○					
軽油配管トレンチ(軽油タンク～R/B)	○					
DGFO弁	○					
軽油タンク	○					
SRV再開失敗	逃がし安全弁(18弁)	○	×			

表 2-2 地震の従属事象としての適用性について(4/6)

類型化グループ	事故シーケンス	事象	対象SSCs	DB上のSS耐震性	地震の従属事象としての適用の有無	備考		
3	全交流動力電源喪失	全交流動力電源喪失(外部電源喪失+DG喪失)+RCIC失敗	外部電源喪失	外部電源設備全般	×	△	運転状態Ⅱ	
			DG喪失	6.9kVメタクラ	○	×		
				480Vパワーセンタ用動力変圧器	○			
				480Vパワーセンタ	○			
				480VMCC	○			
				非常用ディーゼル発電設備	○			
				燃料ディタンク	○			
				DG空気だめ	○			
				DG非常用送風機	○			
				燃料移送ポンプ	○			
				DGFO配管	○			
				軽油配管トレンチ(軽油タンク~R/B)	○			
				DGFO弁	○			
				軽油タンク	○			
				RCIC失敗	RCIC配管			○
		RCICポンプ	○					
		RCIC駆動タービン	○					
		給水隔離弁	○					
		RCIC弁	○					
		CSP	—注2					
		CSP周り配管	—注2					
		廃棄物処理建屋(RW/B)	—注3					
		外部電源喪失+直流電源喪失	外部電源喪失	外部電源喪失	外部電源設備全般	×	△	運転状態Ⅱ
				直流電源喪失	直流125V蓄電池	○	×	
			直流125V充電器盤		○			
			直流125V主母線盤		○			
			ケーブルトレイ	○				
電線管	○							

表 2-2 地震の従属事象としての適用性について(5/6)

類型化グループ	事故シーケンス	事象	対象SSCs	DB上のSs耐震性	地震の従属事象としての適用の有無	備考	
4	崩壊熱除去機能喪失	過渡事象＋崩壊熱除去失敗	過渡事象	—注1	—	△	運転状態Ⅱ
			崩壊熱除去失敗	RHR配管	○	×	
				RHRポンプ	○		
				RHR熱交換器	○		
				RHRポンプ室空調機	○		
				RHR/LPFL共通弁	○		
	RHR弁	○					
	過渡事象＋SRV再閉失敗＋崩壊熱除去失敗	過渡事象	過渡事象	—注1	—	△	運転状態Ⅱ
			SRV再閉失敗	逃がし安全弁(18弁)	○	×	
			崩壊熱除去失敗	RHR配管	○	×	
				RHRポンプ	○		
				RHR熱交換器	○		
RHRポンプ室空調機				○			
RHR/LPFL共通弁	○						
RHR弁	○						
5	原子炉停止機能喪失	過渡事象＋原子炉停止失敗	過渡事象	—注1	—	△	運転状態Ⅱ
			原子炉停止失敗	炉心シュラウド	○	×	
				シュラウドサポート	○		
				炉心支持板	○		
				上部格子板	○		
				制御棒案内管	○		
				燃料支持金具	○		
				燃料集合体	○		
				水圧制御ユニット	○		
				CRD配管	○		
スクラム弁	○						

表 2-2 地震の従属事象としての適用性について(6/6)

類型化グループ		事故シーケンス	事象	対象SSCs	DB上のS s耐震性	地震の従属事象としての適用の有無	備考
6	LOC A時注 水機能 喪失	—					
7	格納容 器バイ パス (IS LOC A)	—					

注1:「地震加速度大」信号によるスクラムを想定

注2: Bクラス設備であるがS s機能維持設計としている

注3: 注2の間接支持構造物として, Bクラス建屋であるがS s機能維持設計としている

【凡例】

DB上のS s耐震性

○:有 ×:無

地震の従属事象としての適用の有無

○:地震の従属事象であり,地震と組合せ評価が必要なもの。

△:地震の従属事象であるが,他の事象で代表され地震と組合せ評価が不要なもの。

×:地震の従属事象でないもの。

3. 確率論的な考察

2. のとおり，SA施設の耐震設計の荷重の組合せにおいて，確定論の観点から運転状態Vは地震の独立事象として取り扱うこととしている。

このことについて参考のため，確率論的な観点から考察すると，S_s相当（1209Gal*¹）までの地震力により炉心損傷に至る事故シーケンスについて，緩和設備のランダム故障を除いた*²炉心損傷頻度（CDF）であって，SA施設による対策の有効性の評価がDB条件を超えるものの累積値は，SA施設を考慮した場合のPRA評価を実施した結果，約 8.2×10^{-8} /炉年となった。

表 3-1 DB条件を超える事故シーケンスに対するCDF

事故シーケンスグループ	DB条件を超える事故シーケンス	CDF (/炉年)	合計
高圧・低圧注水機能喪失	過渡事象+高圧注水失敗+低圧注水失敗	1.3×10^{-9}	8.2×10^{-8}
	過渡事象+SRV再閉失敗+高圧注水失敗+低圧注水失敗	5.7×10^{-10}	
全交流動力電源喪失	全交流電源喪失（外部電源喪失+DG喪失）	2.4×10^{-8}	
	全交流電源喪失（外部電源喪失+DG喪失）+SRV再閉失敗	5.6×10^{-9}	
	全交流電源喪失（外部電源喪失+DG喪失）+RCIC失敗	3.0×10^{-8}	
	外部電源喪失+直流電源喪失	6.9×10^{-9}	
崩壊熱除去機能喪失	過渡事象+崩壊熱除去失敗	4.8×10^{-9}	
	過渡事象+SRV再閉失敗+崩壊熱除去失敗	1.9×10^{-11}	
	LOCA+崩壊熱除去失敗	1.4×10^{-9}	
	格納容器バイパス+崩壊熱除去失敗	4.0×10^{-14}	
	全交流電源喪失（外部電源喪失+DG喪失）+崩壊熱除去失敗	3.6×10^{-9}	
原子炉停止機能喪失	過渡事象+原子炉停止失敗	3.4×10^{-16}	
	大LOCA+原子炉停止失敗	1.7×10^{-17}	
	格納容器バイパス+原子炉停止失敗	4.3×10^{-20}	
	全交流電源喪失（外部電源喪失+DG喪失）+原子炉停止失敗	5.6×10^{-17}	
LOCA時注水機能喪失	大LOCA+高圧注水失敗+低圧注水失敗	4.2×10^{-9}	

性能目標のCDF（ 10^{-4} /炉年）に対して1%を下回る頻度の事象は，目標に対して影響がないといえるくらい小さい値と見なすことができ， 8.2×10^{-8} /炉年はこれを大きく下回り，S_s相当までの地震力によりDB条件を超える運転状態Vの発生確率は極めて低いと考えられる。従って，SA施設に対する耐震設計における荷重の組合せの検討において，運転状態Vが地震によって引き起こされるおそれがないとして扱うことは妥当と考える。

注記*1：大湊側でのS_sの最大加速度（解放基盤表面）

*2：地震損傷とランダム故障の組合せによる炉心損傷シナリオについては，保守的に除かないものとした。

(参考) 余震、前震を考慮した炉心損傷頻度の算出

1 余震、前震を考慮した炉心損傷頻度の算出方法

1.1 本震前に前震を考慮した場合の影響評価

地震PRAにおいては、前震、本震全体を考慮した評価方法はないことから、1回の地震による評価を2回使用することで前震、本震を考慮することとする。評価方法の概念図を図1.1-1に示す。

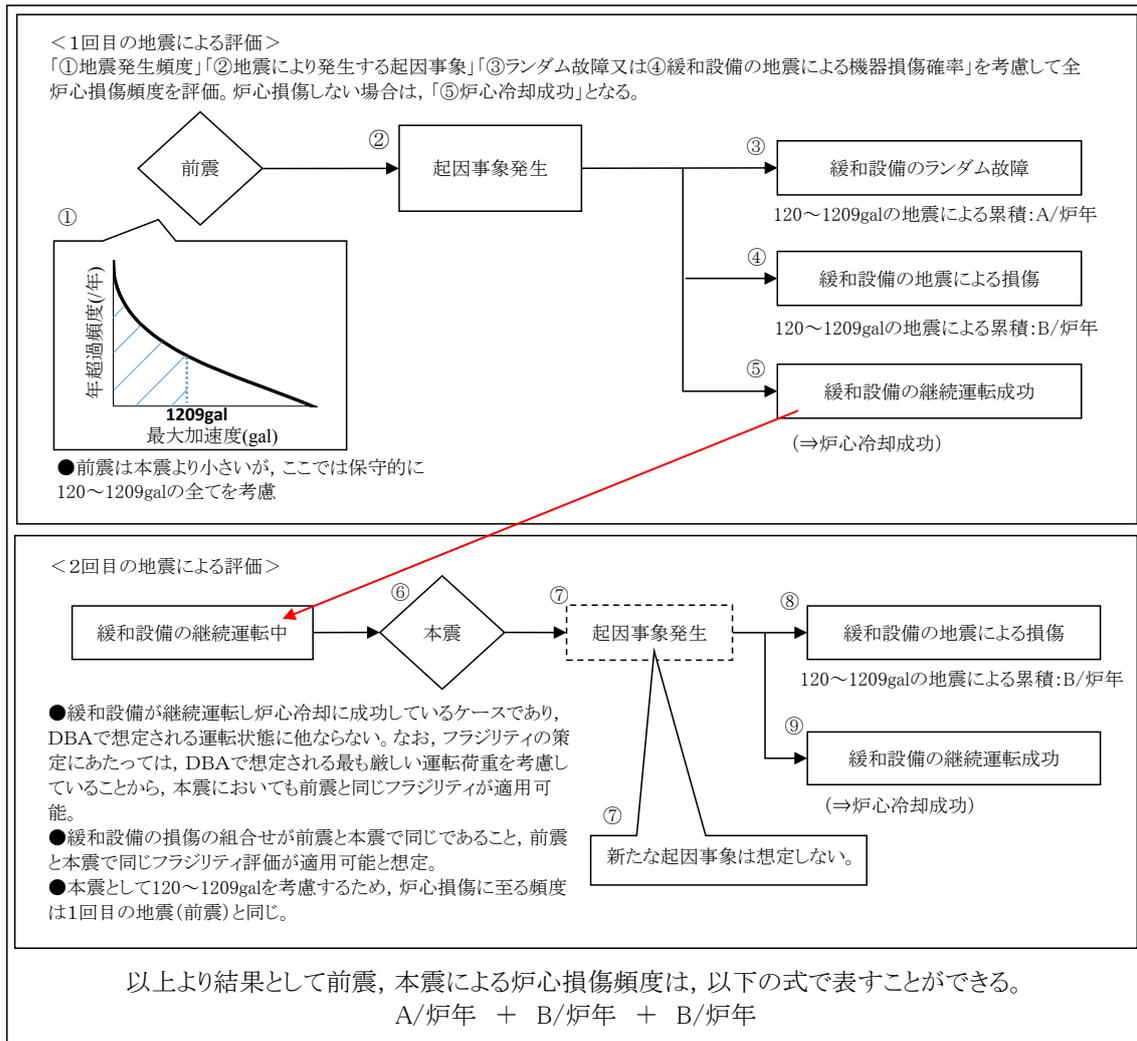
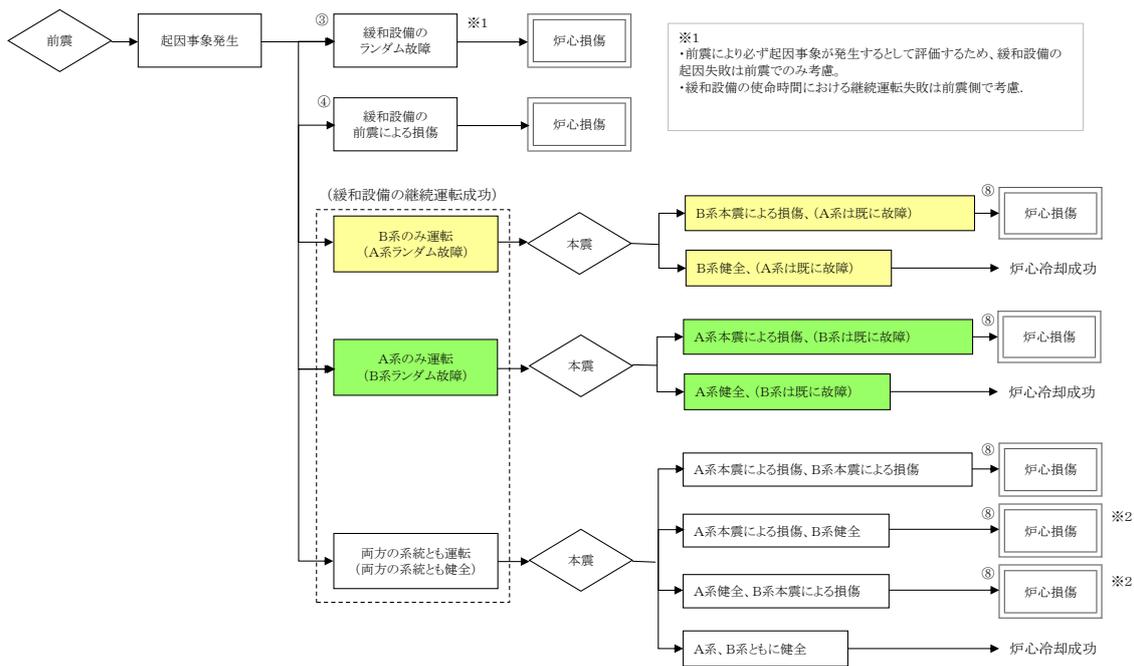


図 1.1-1 本震前に前震を考慮した場合の評価方法

次に考慮すべきケースの網羅性についての検討結果を示す。

緩和設備は冗長性を有するが、地震PRAでは冗長設備は同時に損傷するとして評価しているため、1つの系統が機器損傷し、残りの系統が健全となるケースは考慮せず、1つの設備が損傷する確率で全台の当該設備が損傷に至るものとして保守的に評価している。

そのため、緩和設備の状態について考えられる全ての組合せを抽出し、現行の地震PRAでどのように整理されるかを考慮した。なお、以下は2つの系統で冗長化されている系統の場合について代表して記載する(3つの系統で冗長化されている場合も同様の整理となる)。



前震及び前震後の本震による緩和設備の状態の組合せを次に示す。

a. 前震による緩和設備の状態の組合せ			b. 前震後の本震による緩和設備の状態の組合せ		
	A系	B系		A系	B系
前震による影響	ランダム故障(前震)	ランダム故障(前震)	本震による影響	ランダム故障(前震)	○(健全)
	ランダム故障(前震)	前震による機器損傷		ランダム故障(前震)	本震による機器損傷
	前震による機器損傷	ランダム故障(前震)		本震による機器損傷	ランダム故障(前震)
	前震による機器損傷	前震による機器損傷		○(健全)	ランダム故障(前震)
	○(健全)	○(健全)		本震による機器損傷	本震による機器損傷
	ランダム故障(前震)	○(健全)		本震による機器損傷	○(健全)
	○(健全)	ランダム故障(前震)		○(健全)	本震による機器損傷
	○(健全)	○(健全)		○(健全)	○(健全)
	○(健全)	○(健全)		○(健全)	○(健全)

※2
 緩和設備の状態は、理論上、上記の組合せが考えられるが、地震PRAでは冗長設備は同時に損傷するとして評価するため、片方の系統が機器損傷しもう一方の系統が健全となるケースは考慮せず、1つの機器が損傷することで炉心損傷に至るものとして保守的に評価している。

本震により炉心損傷に至る組合せは、前震による組合せのうち④と整理したものと同じとなった。

- 前震による緩和設備の状態の組合せは、緩和設備の状態（ランダム故障，地震による機器損傷，健全）の9通りの全ての組合せを考慮。
- 冗長設備は同時に損傷するとして評価するため、「ランダム故障と地震による機器損傷」「片方の系統のみ地震により機器損傷」のケースについては、「両方の系統とも地震により損傷」として整理。
- 緩和設備が「両方の系統ともランダム故障」のケースはランダム故障として整理
- 前震後の本震による緩和設備の状態の組合せは、前震後に健全な系統の緩和設備が本震により損傷するか否かの組合せであり，8通り全ての組合せを想定。
- ランダム故障は前震側で考慮しているため，前震と前震後の本震による緩和設備の状態の組合せについては，「両方の系統ともランダム故障」となる組合せを除き，前震とその後の本震で同じ組合せとなった。
- そのため，地震規模を同程度とすると，地震により機器が損傷する確率は前震と本震で同程度となる。

1.2 本震後の余震を考慮した場合の影響について

地震PRAにおいては，本震，余震全体を考慮した計算方法はないことから，「本震前に前震を考慮した場合」と同様に1回の地震による評価を2回用いることで本震，余震を考慮

することとし、影響の検討を行う。

また、想定する地震規模として、本震及び余震の地震加速度を 120Gal から 1209Gal の全ての地震による影響を考慮して組み合わせる場合、「1.1 本震前に前震を考慮した場合の影響評価」においても前震及び本震の地震加速度を 120Gal から 1209Gal の全ての地震による影響を考慮して組み合わせていることを踏まえると、前震を本震に、本震を余震に読み替えることで同じ影響を評価することとなる。

以上より本震、余震による炉心損傷頻度は、

$$A/\text{炉年} + B/\text{炉年} + B/\text{炉年}$$

で算出される

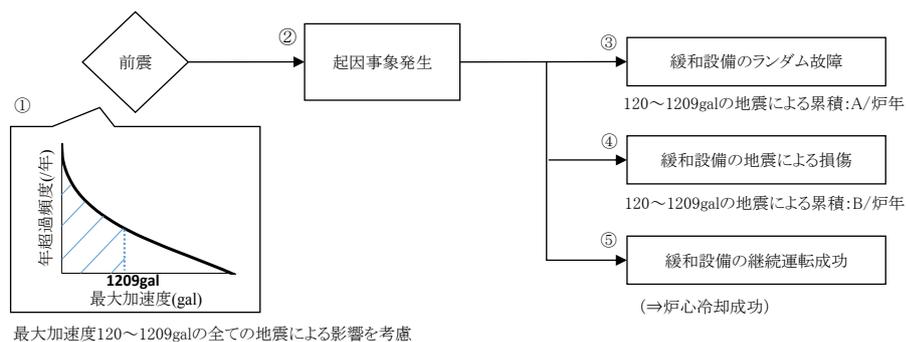
2 余震、前震を考慮した炉心損傷頻度の算出結果

2.1 S s 相当までの本震による全炉心損傷頻度の累積の算出結果

地震 P R A においては、本震による影響のみを評価しているが、算出した S s 相当 (1209Gal) までの本震による全炉心損傷頻度は 120Gal* から S s 相当である 1209Gal までの地震による影響を累積した評価であり、緩和設備のランダム故障が重畳することで炉心損傷に至るケースが含まれている。

S s 相当までの本震による全炉心損傷頻度の累積は約 1.2×10^{-7} /炉年であり、そのうち緩和設備のランダム故障によるものが約 2.5×10^{-8} /炉年、緩和設備の地震による損傷によるものが約 9.5×10^{-8} /炉年である。

注記*：地震 P R A の評価対象範囲の地震加速度（解放基盤表面）の下限値。



2.2 余震、前震を考慮した炉心損傷頻度の算出結果

2.1 項の算出結果を用い、1.2 項及び 1.3 項の算出式で、評価を行った。

$$\begin{aligned} & A/\text{炉年} + B/\text{炉年} + B/\text{炉年} \\ & = \text{約 } 2.5 \times 10^{-8} / \text{炉年} + \text{約 } 9.5 \times 10^{-8} / \text{炉年} + \text{約 } 9.5 \times 10^{-8} / \text{炉年} \\ & = \text{約 } 2.2 \times 10^{-7} / \text{炉年} \end{aligned}$$

以上の算出結果から、余震、前震を考慮した炉心損傷頻度は約 2.2×10^{-7} /炉年と非常に低い値となる。

添付資料－3 建物・構築物のSA施設としての設計の考え方

本文4項(2)では建物・構築物（原子炉格納容器バウンダリを構成する施設（PCVバウンダリ）を除く）を全般施設に分類しており，全般施設はSA条件を考慮した設計荷重とSsによる地震力を組み合わせることとしている。これは，建物・構築物のDB施設としての設計の考え方が，機器・配管系のそれと同じであり，SA施設としての設計については，建物・構築物，機器・配管系ともにDB施設としての設計の考え方を踏まえることを基本方針としているからである。

以下では，建物・構築物のSA施設としての設計の考え方について，DB施設としての設計の考え方も踏まえ，本文の各項ごとに説明する。

(1) 対象施設とその施設分類（本文3項(1)に対する考え方）

SA施設の建物・構築物を表-1に示す。補機冷却用海水取水路，補機冷却用海水取水槽(A)，(B)及び(C)を除く19施設は，基準地震動による地震力に対して機能維持が求められている「常設耐震重要重大事故防止設備」，「常設重大事故緩和設備」のいずれかに該当するため，荷重の組合せ検討の対象施設である。なお，「常設重大事故防止設備（設計基準拡張）（当該設備が属する耐震重要度分類がCクラスのもの）」兼「常設重大事故緩和設備（設計基準拡張）」である補機冷却用海水取水路，補機冷却用海水取水槽(A)，(B)及び(C)についても，Ss機能維持設計であることから，「常設耐震重要重大事故防止設備」及び「常設重大事故緩和設備」と同等のものとして取り扱う。

表-1 SA施設（建物・構築物）の施設分類(1/2)

SA施設 (建物・構築物)	常設耐震重要 重大事故防止設備	常設耐震重要重大事故 防止設備以外の常設重 大事故防止設備	常設重大事故 緩和設備
復水貯蔵槽	○	—	○
フィルタベント遮蔽壁	○	—	○
使用済燃料貯蔵プール	○	—	○
キャスクピット	○	—	○
中央制御室遮蔽	○	—	○
中央制御室待避室遮蔽（常設）	—	—	○
5号機原子炉建屋内緊急時対策 所（対策本部）遮蔽	○	—	○
5号機原子炉建屋内緊急時対策 所（待機場所）遮蔽	○	—	○
5号機原子炉建屋内緊急時対策 所（待機場所）室内遮蔽	○	—	○
海水貯留堰	—	○	○
海水貯留堰（6号機設備，重大 事故等時のみ6,7号機共用）	—	○	○
スクリーン室	—	○	○
スクリーン室（6号機設備，重 大事故等時のみ6,7号機共用）	—	○	○
取水路	—	○	○
取水路（6号機設備，重大事故 等時のみ6,7号機共用）	—	○	○
補機冷却用海水取水路*	—	—	—
補機冷却用海水取水槽(A)*	—	—	—
補機冷却用海水取水槽(B)*	—	—	—

表-1 SA施設（建物・構築物）の施設分類(2/2)

SA施設 (建物・構築物)	常設耐震重要 重大事故防止設備	常設耐震重要重大事故 防止設備以外の常設重 大事故防止設備	常設重大事故 緩和設備
補機冷却用海水取水槽(C)*	—	—	—
主排気筒（内筒）	○	—	○
原子炉建屋原子炉区域（二次格 納施設）	—	—	○
二次遮蔽壁	—	—	○
補助遮蔽	—	—	○

注記*：「常設重大事故防止設備（設計基準拡張）（当該設備が属する耐震重要度分類がCクラスのもの）」兼「常設重大事故緩和設備（設計基準拡張）」

(2) DB施設としての設計の考え方

(a) 新規基準における要求事項

「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置，構造及び設備の基準に関する規則」の第4条（地震による損傷の防止）には，建物・構築物，機器・配管系の区分なく，次の事項が規定されている。

- ・DB施設は，地震力に十分に耐えることができるものでなければならない。
- ・耐震重要施設は，その供用中に当該耐震重要施設に大きな影響を及ぼすおそれのある地震による加速度によって作用する地震力（以下「基準地震動による地震力」という。）に対して安全機能が損なわれるおそれがないものでなければならない。

(b) JEAG4601の記載内容（本文2.3項に対する考え方）

上記の規制要求を踏まえ，JEAG4601-1987において，建物・構築物に関する荷重の組合せと許容限界については，以下のように記載されている。

【荷重の組合せ】

- ・地震力と常時作用している荷重，運転時（通常運転時，運転時の異常な過渡変化時）に施設に作用する荷重を組み合わせる。
- ・常時作用している荷重，及び事故時の状態で施設に作用する荷重のうち長時間その作用が続く荷重と基準地震動 S_1 による地震力を組み合わせる。

【許容限界】

- ・基準地震動 S_1 による地震力との組合せに対する許容限界
安全上適切と認められる規格及び基準による許容応力度を許容限界とする。ただし，事故時の荷重と組み合わせる場合には，次項による許容限界を適用する。
- ・基準地震動 S_2 による地震力との組合せに対する許容限界
建物・構築物が構造物全体として十分変形能力（ねばり）の余裕を有し，終局耐力に対して安全余裕をもたせることとする。

ここで，JEAG4601-1987における建物・構築物の荷重の組合せは，本文2.3項に

示す機器・配管系の荷重の組合せと同じ考え方に基づいて設定された結果として記載されているものである。

なお、J E A G 4 6 0 1-1987 において、機器・配管系では運転状態が定義されているが、建物・構築物については、細かな運転状態を設定する必要がないため、運転状態は定義されていない。

(3) S A 施設の荷重の組合せと許容限界の設定方針（本文 3. (3) (4) 項に対する考え方）

S A 施設の建物・構築物における荷重の組合せと許容限界の設定方針は、機器・配管系と同様、J E A G 4 6 0 1-1987 の D B 施設に対する記載内容を踏まえ、以下のとおりとする（建物・構築物では、運転状態及びそれに対応した許容応力状態が定義されていないことから、機器・配管系とは下線部が異なる）。

【S A 施設（建物・構築物）における設定方針】

- ・ S s , S d と運転状態の組合せを考慮する。
- ・地震の従属事象については、地震との組合せを実施する。ここで、S クラス施設は S s による地震力に対して、その安全機能が保持できるよう設計されていることから、地震の従属事象としての S A は発生しないこととなる。したがって S A は地震の独立事象として取り扱う。
- ・地震の独立事象については、事象の発生確率、継続時間及び S s 若しくは S d の年超過確率の積等も考慮し、工学的、総合的に組み合わせるかを判断する。組み合わせるか否かの判断は、国内外の基準等でスクリーニング基準として参照されている値、炉心損傷頻度及び格納容器機能喪失頻度の性能目標値に保守性をもたせた値を目安とし、事象の発生確率、継続時間及び S s 若しくは S d の年超過確率の積との比較等により判断する。
- ・また、上記により組合せ不要と判断された場合においても、事故後長期間継続する荷重と S d による地震力と組み合わせる。
- ・許容限界として、D B 施設の S s に対する許容限界に加えて、S A 荷重と地震力との組合せに対する許容限界（機器・配管系の許容応力状態 V_{AS} に相当するもの）を設定する。ここでは、S A 荷重と地震力との組合せに対する許容限界は D B 施設の S s に対する許容限界（建物・構築物が構造物全体として十分変形能力（ねばり）の余裕を有し、終局耐力に対して安全余裕をもたせることとする）と同じとする。

(4) 荷重の組合せと許容限界の検討結果(本文 5.2.1 項に対する考え方)

本文 5.2.1 項の全般施設の検討は、建物・構築物に対しても同様に適用される。すなわち、各項目に対する考え方は以下のとおりとなる。

SAの発生確率..... 炉心損傷頻度の性能目標値 (10^{-4} /炉年) を設定

継続時間..... 事象発生時を基点として、 10^{-2} 年までの期間を地震荷重との組合せが不要な短期(運転状態V(S)), 弾性設計用地震動S_dとの組合せが必要な 10^{-2} ~ 2×10^{-1} 年を長期(L)(運転状態V(L)), 基準地震動S_sとの組合せが必要な期間 2×10^{-1} 年以降を長期(LL)(運転状態V(LL))とする。(建物・構築物について、SA時の荷重条件を踏まえ本文 5.2.1 項(2)b. の分類を設備ごとに検討した結果を添付資料-3 補足資料-1 に示す。)

地震動の年超過確率..... JEAG 4601・補-1984の地震動の発生確率(S_s: 5×10^{-4} /年以下, S_d: 10^{-2} /年以下) を設定

以上から、機器・配管系と同様、SAの発生確率、継続時間、地震動の年超過確率の積等を考慮した工学的、総合的な判断として、建物・構築物についても、SA荷重とS_sによる地震力を組み合わせることとする。

(5) SAと地震の組合せに対する許容限界の考え方(本文 6.1 項に対する考え方)

(3)の荷重の組合せ方針から、SA施設(建物・構築物)の各組合せ条件に対する許容応力状態をDB施設(建物・構築物)と比較して表-2に示す。なお、表-2に示す荷重の組合せケースのうち、他の組合せケースと同一となる場合、又は他の組合せケースに包絡される場合は評価を省略することになる。

表-2 荷重の組合せと許容限界

運転状態	DB施設		SA施設		備考
	S _d	S _s	S _d	S _s	
運転時	許容 応力度*1	終局*2	—	終局*2	DBと同じ許容限界とする。
DBA時 (長期)	終局*2	—	終局*2	—	DBと同じ許容限界とする。
SA時	—	—	—	注	注：SA荷重と地震力との組合せに対する許容限界として、終局*2とする。

注記*1：許容応力度：安全上適切と認められる規格及び基準による許容応力度

*2：終局：構造物全体として十分変形能力(ねばり)の余裕を有し、終局耐力に対して安全余裕を持たせること

添付資料-3 補足資料-2に、S_sによる地震力と組み合わせる荷重を、施設ごとに示す。使用

済燃料貯蔵プールを除く施設は、DBA時（長期）の荷重は、結果的に運転時と同じとなり、表-2における「DBA時（長期）+ S_d」は地震力が大きい「運転時+ S_s」に包絡されることになる。使用済燃料貯蔵プールについては、「SA時+ S_s」の条件をDB設計条件で包絡出来ないことから、「SA時+ S_s」の組合せを実施することとする。以上より、建物・構築物は、PCV, RPV以外の機器・配管系と同様に扱うことが可能であり、全般施設に分類することができる。

SA施設（建物・構築物）のSA時の条件を踏まえた分類

SA施設 (建物・構築物)	本文 5.2.1 項 継続時間 設定の分類*1	分類の根拠
復水貯蔵槽	b	DB設計では、常時作用している荷重（固定荷重、積載荷重、水圧）及び運転時の温度荷重を考慮している。SA時においても、荷重条件は変わらないため、DB条件を上回る荷重はない。
使用済燃料貯蔵プール キャスクピット	a(b)	DB設計では、常時作用している荷重（固定荷重、積載荷重、水圧）、通常時には運転時荷重（圧力、温度荷重、機器・配管系から作用する荷重）、異常時荷重（圧力、温度荷重、機器・配管系から作用する荷重）を考慮している。SA時には、DB条件とは異なる異常時荷重が作用する。
原子炉建屋原子炉区域（二次格納施設） 二次遮蔽壁 補助遮蔽 中央制御室遮蔽	b	DB設計では、常時作用している荷重（固定荷重、積載荷重）を考慮している。SA時においても、荷重条件は変わらないため、DB条件を上回る荷重はない。
中央制御室待避室遮蔽（常設） フィルタベント遮蔽壁 5号機原子炉建屋内緊急時対策所（対策本部）遮蔽 5号機原子炉建屋内緊急時対策所（待機場所）遮蔽 5号機原子炉建屋内緊急時対策所（待機場所）室内遮蔽	c	中央制御室待避室遮蔽（常設）、フィルタベント遮蔽壁、5号機原子炉建屋内緊急時対策所（対策本部）遮蔽、5号機原子炉建屋内緊急時対策所（待機場所）遮蔽、5号機原子炉建屋内緊急時対策所（待機場所）室内遮蔽についてはDB施設ではない。
海水貯留堰 海水貯留堰（6号機設備、重大事故等時のみ6,7号機共用） スクリーン室 スクリーン室（6号機設備、重大事故等時のみ6,7号機共用） 取水路 取水路（6号機設備、重大事故等時のみ6,7号機共用） 補機冷却用海水取水路*2	b	DB設計では、地盤内に埋設されている構造物として、常時作用している荷重（固定荷重、積載荷重、土圧、水圧）を考慮している。SA時においても、地盤内で、DB条件を上回るような事象は発生しないため、DB条件を上回る荷重はない。

S A施設 (建物・構築物)	本文 5.2.1 項 継続時間 設定の分類*1	分類の根拠
補機冷却用海水取水槽(A)*2 補機冷却用海水取水槽(B)*2 補機冷却用海水取水槽(C)*2	b	DB設計では、常時作用している荷重（固定荷重、積載荷重、水圧）を考慮している。SA時においても、荷重条件は変わらないため、DB条件を上回る荷重はない。
主排気筒（内筒）	a(b)	DB設計では、常時作用している荷重（固定荷重）を考慮している。SA時には、SA時温度荷重を考慮するため、DB条件を上回る荷重が作用する。

注記*1：本文 5.2.1 項 継続時間設定の分類

- a：SA条件がDB条件を超える既設施設
 - (a) 新設のSA施設の運転によって、DB条件を超える既設施設
 - (b) SAによる荷重・温度の影響によってDB条件を超える既設施設
- b：SA条件がDB条件に包絡される既設施設
- c：DB施設を兼ねないSA施設

注記*2：「常設重大事故防止設備（設計基準拡張）（当該設備が属する耐震重要度分類がCクラスのもの）」兼「常設重大事故緩和設備（設計基準拡張）」

建物・構築物においてS sによる地震力と組み合わせる荷重は表-1のとおりとなる。

表-1 S A施設（建物・構築物）において地震力と組み合わせる荷重（1/2）

		運転時	D B A時 (長期)	S A時
組み合わせる地震力		S s	S d	S s
許容限界		終局	終局	終局
S A 施設 (建物・構築物)	復水貯蔵槽	固定荷重 積載荷重 水圧 通常時温度荷重	固定荷重 積載荷重 水圧 D B長期温度荷重	固定荷重 積載荷重 水圧 S A時温度荷重
	使用済燃料貯蔵プール キャスクピット	固定荷重 積載荷重 水圧 運転時荷重	固定荷重 積載荷重 水圧 D B長期荷重	固定荷重 積載荷重 水圧 S A時荷重
	原子炉建屋原子炉区域（二次格納施設） 二次遮蔽壁 補助遮蔽 中央制御室遮蔽	固定荷重 積載荷重	固定荷重 積載荷重	固定荷重 積載荷重
	中央制御室待避室遮蔽（常設）	固定荷重 積載荷重	固定荷重 積載荷重	固定荷重 積載荷重
	フィルタベント遮蔽壁	固定荷重 積載荷重	固定荷重 積載荷重	固定荷重 積載荷重 S A時温度荷重
	5号機原子炉建屋内緊急時対策所（対策本部）遮蔽 5号機原子炉建屋内緊急時対策所（待機場所）遮蔽 5号機原子炉建屋内緊急時対策所（待機場所）室内遮蔽	固定荷重 積載荷重	固定荷重 積載荷重	固定荷重 積載荷重

表-1 SA施設（建物・構築物）において地震力と組み合わせる荷重（2/2）

		運転時	DBA時 (長期)	SA時
組み合わせる地震力		S s	S d	S s
許容限界		終局	終局	終局
SA施設 (建物・構築物)	補機冷却用海水取水槽(A) 補機冷却用海水取水槽(B) 補機冷却用海水取水槽(C)	固定荷重 積載荷重 水圧	固定荷重 積載荷重 水圧	固定荷重 積載荷重 水圧
	主排気筒（内筒）	固定荷重	固定荷重	固定荷重 SA時温度荷重
	海水貯留堰 海水貯留堰(6号機設備, 重大事故等時のみ6,7号機共用) スクリーン室 スクリーン室(6号機設備, 重大事故等時のみ6,7号機共用) 取水路 取水路(6号機設備, 重大事故等時のみ6,7号機共用) 補機冷却用海水取水路	固定荷重 積載荷重 土圧・水圧	固定荷重 積載荷重 土圧・水圧	固定荷重 積載荷重 土圧・水圧

JEAG 4601-1987 では、熱応力の扱いとして、終局状態では「熱応力は考慮しない」と記載されており、原子炉格納容器底部でない基礎マットや使用済燃料ピットの解析例においても、地震時荷重と温度荷重は組み合わせられていない。これを踏まえ、表-1 から温度荷重を消去すると使用済燃料貯蔵プールを除いた全ての荷重組合せケースにおいて、地震力と組み合わせる荷重は常時作用している荷重（固定荷重、積載荷重、土圧、水圧）のみとなるため、DBA時（S dとの組合せ）は運転時（S sとの組合せ）に包絡され、SA時は運転時と同一となる。

一方、使用済燃料貯蔵プールについては、DB設計条件とは異なる異常時荷重を考慮する必要があるため、DB条件では包絡できない荷重条件となるため、SA時（S sとの組合せ）による検討を実施する。

添付資料－４ 工認対象施設（S A施設）における荷重組合せの取扱い

今回の工認申請書においては、本文での検討により整理した荷重組合せ方針に基づき、個々の施設の耐震計算を行っている。荷重組合せの検討における施設分類と、今回工認の V-2-1-9「機能維持の基本方針」における工認対象設備の区分との対応を示す。

1)	全般施設に対応するもの
	重大事故等クラス2容器（クラス2，3容器）
	重大事故等クラス2管（クラス2，3管）
	重大事故等クラス2管（クラス4管）
	重大事故等クラス2ポンプ（クラス2ポンプ，クラス3ポンプ，その他のポンプ）
	重大事故等クラス2弁（クラス2弁（弁箱））
	炉内構造物
	重大事故等クラス2支持構造物（クラス2，3，その他支持構造物）
	その他の支持構造物
	重大事故等クラス2耐圧部テンションボルト（クラス2，3耐圧部テンションボルト）
2)	PCVバウンダリに対応するもの
	重大事故等クラス2容器（クラスMC容器）
	重大事故等クラス2支持構造物（クラスMC支持構造物）
3)	RPVバウンダリに対応するもの
	重大事故等クラス2容器（クラス1容器）
	重大事故等クラス2管（クラス1管）
	重大事故等クラス2ポンプ（クラス1ポンプ）
	重大事故等クラス2弁（クラス1弁（弁箱））
	炉心支持構造物
	重大事故等クラス2支持構造物（クラス1支持構造物）
	重大事故等クラス2耐圧部テンションボルト（容器以外）（クラス1耐圧部テンションボルト（容器以外））

重大事故等対処施設の耐震設計における重大事故と地震の組合せの施設分類のうち
炉心支持構造物と炉内構造物の施設分類について

1. 重大事故と地震の荷重組合せにおける施設分類の考え方について

SAと地震の荷重組合せではRPVバウンダリ，PCVバウンダリ及び全般施設の3つの施設分類に分けている。

- ・RPVバウンダリとPCVバウンダリは、「重大事故等対策の有効性評価」によりSA時の圧力・温度の推移が得られているため，SAと地震の荷重の組合せの検討を行っている。
- ・PCVバウンダリ及びRPVバウンダリ以外のSA施設は，全般施設として分類し，SAによる荷重の時間履歴を詳細に評価せず事象発生後の最大荷重とS_sを組み合わせている。

2. 炉心支持構造物と炉内構造物の施設分類について

J E A G 4 6 0 1 ・ 補-1984 での地震荷重と他の荷重との組合せ及び対応する許容応力状態を下図に示す。許容応力状態IV_ASにおいて，

- ・炉心支持構造物は，原子炉圧力容器と同じ組合せ（「D+P_L+M_L+S₁」及び「D+P+M+S₂」）となっている。
- ・炉内構造物は，他の耐震A_sクラス機器*¹と同じ組合せ（「D+P_D+M_D+S₂」）となっている。

注記*1：第3種機器・支持構造物，第4種容器・管，その他ポンプ・弁，その他支持構造物

付 録 2

地震荷重と他の荷重との組合せ及び対応する許容応力状態

本参考資料での検討とJ E A G 4 6 0 1 ・ 補-1984「原子力発電所耐震設計技術指針-許容応力編」での検討を踏まえた結果，地震荷重と他の荷重との組合せ及び対応する許容応力状態は次のとおりである。

耐震クラス	種 別 荷重の組合せ	第1種	第2種	第3種	第4種	第5種	炉心支持構造物	そ の 他		
		機支持構造物	容支持構造物	機支持構造物	容管	管		ポンプ・弁	炉内構造物	支持構造物
A _s	D+P +M +S ₁	III _A S	III _A S	-	-	-	III _A S	-	-	-
	D+P _D +M _D +S ₁	-	-	III _A S	III _A S	-	-	III _A S	III _A S	III _A S
	D+P _L +M _L +S ₁	IV _A S ⁽²⁾	III _A S ⁽³⁾	-	-	-	IV _A S	-	-	-
	D+P +M +S ₂	IV _A S	IV _A S	-	-	-	IV _A S	-	-	-
	D+P _D +M _D +S ₂	-	-	IV _A S	IV _A S	*2	-	IV _A S	IV _A S	IV _A S
A	D+P _D +M _D +S ₁	-	-	III _A S	III _A S	III _A S	-	III _A S	III _A S	III _A S
B	D+P _d +M _d +S _B	-	-	B _A S	B _A S	B _A S	-	B _A S	-	B _A S
C	D+P _d +M _d +S _C	-	-	-	C _A S	C _A S	-	C _A S	-	C _A S

 : RPVバウンダリに分類
 : PCVバウンダリに分類
 : 全般施設に分類

注記*2：今回工認の耐震Sクラスの第5種管はIV_ASの組合せを行う。

今回工認の重大事故と地震の組合せの施設分類は、このJ E A G 4 6 0 1の地震荷重と他の荷重との組合せを踏まえ、以下としている。

- ・炉心支持構造物は、R P Vバウンダリ（J E A G 4 6 0 1では第1種機器）と同様の組合せが考慮されていることから、R P Vバウンダリに分類している。
- ・炉内構造物は、他の耐震A_sクラス機器と同様の組合せが考慮されていることから、全般施設に分類している。

基礎地盤傾斜による影響について

目 次

1. 概要	1
2. 基礎地盤傾斜に対する影響検討	1
2.1 影響検討対象	1
2.2 影響検討方針	1
3. 基礎地盤傾斜の影響検討結果	4
3.1 建物・構築物への影響	4
3.2 土木構造物への影響	12
3.3 機器・配管系への影響	19
別紙 1 機器・配管系の基礎地盤傾斜による地震力及び地震と組み合わせるべき荷重への影響	
別紙 2 機器・配管系の耐震設計における基礎地盤傾斜による影響の考慮方針	
別紙 3 原子炉建屋クレーン及び燃料取替機に対する影響について	
別紙 4 制御棒挿入性に対する影響について	

1. 概要

「基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価に係る審査ガイド」に基礎底面の傾斜について「許容される傾斜が各建物及び構築物に対する要求性能に応じて設定されており、動的解析の結果に基づいて求められた基礎の最大不等沈下量及び残留不等沈下量による傾斜が許容値を超えてないことを確認する。一般建築物の構造的な障害が発生する限界（亀裂の発生率，発生区間等により判断）として建物の変形角を施設の傾斜に対する評価の目安に，1/2,000以下となる旨の評価していることを確認する。なお，これは，基本設計段階での目安値であり，機器，設備等の仕様が明らかになる詳細設計段階において詳細に評価を行うこととなる。」との記載があることから建物・構築物，土木構造物及び機器・配管系が傾斜する影響について説明する。

2. 基礎地盤傾斜に対する影響検討

2.1 影響検討対象

基礎地盤傾斜の影響は，以下を対象として検討する。

- ① 設計基準対象施設のうち，耐震重要度分類のSクラスに属する設備
- ② ①の間接支持構造物である建物・構築物
- ③ 屋外重要土木構造物
- ④ 重大事故等対処施設のうち，常設耐震重要重大事故防止設備，常設重大事故緩和設備，常設重大事故防止設備（設計基準拡張）（当該設備が属する耐震重要度分類がSクラスのもの）及び常設重大事故緩和設備（設計基準拡張）
- ⑤ ④の間接支持構造物である建物・構築物及び土木構造物
- ⑥ ①～⑤に対する波及的影響防止のために耐震性評価を実施する施設

2.2 影響検討方針

基礎地盤傾斜の影響検討フローを図2-1に示す。

検討対象に対して，基準地震動による地震時の最大傾斜と地殻変動による最大傾斜を算定し，合算値が目安値である1/2000を超えるかを判断する。ただし，応答スペクトルに基づく基準地震動（Ss-1, Ss-3）及び震源を特定せず策定する基準地震動（Ss-8）については，地殻変動による最大傾斜が想定できないことから，基準地震動の最大傾斜のみで判断する。傾斜が1/2000を超える対象については，傾斜の影響を考慮した耐震性評価を実施する。なお，表2-1に示すとおり，地殻変動による最大傾斜は建屋を問わず，各基準地震動で同程度の大きさであること，検討対象は全て大湊側の建物・構築物であることから，検討用の地殻変動による最大傾斜として各基準地震動における7号機，6号機及び5号機原子炉建屋傾斜の最大値を用いる。また，基準地震動による傾斜は図2-2に示すとおり，最大傾斜となる時間は非常に短く，最大傾斜は残留しないが，以降に示す傾斜を考慮した耐震性評価においては，影響検討として最大傾斜が残留すると仮定し，基本ケースに対して考慮する。

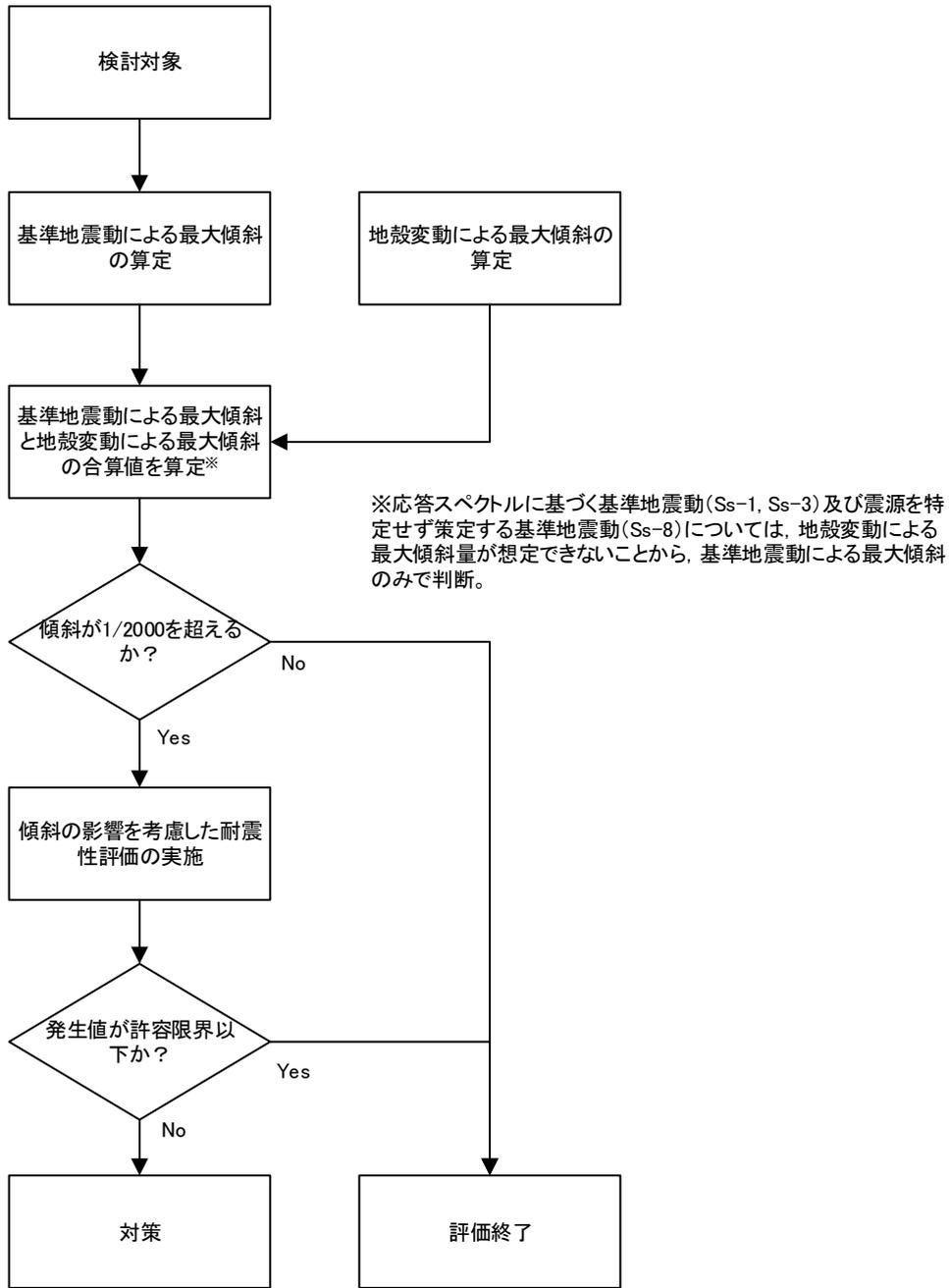


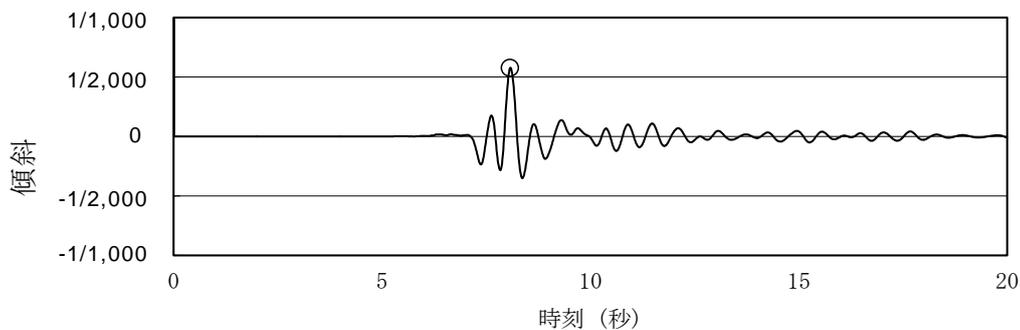
図 2-1 基礎地盤傾斜の影響検討フロー

表 2-1 地殻変動の最大傾斜

断層 建屋	F-B 断層 [Ss-2]	長岡平野西縁断層 帯 (傾斜角 50 度) [Ss-4]	長岡平野西縁断層 帯 (傾斜角 35 度) [Ss-5]	長岡平野西縁断層 ～山本山断層～十 日町断層帯西部の 連動 (傾斜角 50 度) [Ss-6]	長岡平野西縁断層 ～山本山断層～十 日町断層帯西部の 連動 (傾斜角 35 度) [Ss-7]
原子炉建屋	1/20000	1/13300	<u>1/6000</u>	1/9200	<u>1/4900</u>
6号機 原子炉建屋	1/19900	<u>1/13200</u>	1/6100	<u>1/9100</u>	1/5000
5号機 原子炉建屋	<u>1/19800</u>	<u>1/13200</u>	1/6100	1/9400	1/5100

注 1：値は設置（変更）許可申請書 添付書類六からの引用

注 2：下線部は 7 号機，6 号機及び 5 号機原子炉建屋傾斜の最大値を示す。



注：「柏崎刈羽原子力発電所発電用原子炉設置変更許可申請書 添付書類六 3.6.1 基礎地盤の安定性評価」で示している原子炉建屋の Ss-8 による最大傾斜を算定した際の時刻歴応答を示す。

図 2-2 原子炉建屋の基準地震動による傾斜 (Ss-8)

3. 基礎地盤傾斜の影響検討結果

3.1 建物・構築物への影響

建物・構築物の基準地震動による最大傾斜と地殻変動による最大傾斜の合算値である基礎地盤傾斜の算定結果を表 3-1 に示す。傾斜が 1/2000 を超える建物・構築物は、原子炉建屋 (Ss-1, Ss-7, Ss-8), 格納容器圧力逃がし装置基礎 (Ss-1~Ss-8) 及び大物搬入建屋 (Ss-1~Ss-8) である。

傾斜が 1/2000 を超える建物・構築物への傾斜の影響については、原子炉建屋、格納容器圧力逃がし装置基礎及び大物搬入建屋の耐震壁を対象とし、耐震壁の評価に影響する層せん断力により確認する。傾斜を考慮した評価は、最大傾斜は一時的なものであるが残留するものと仮定し、また、基礎地盤傾斜は影響検討として、材料物性の不確かさを考慮しない基本ケースのみに考慮した。

表 3-1 建物・構築物の基礎地盤傾斜の算定結果

No	評価対象	Ss-1	Ss-2*1		Ss-3	Ss-4*1		Ss-5*1		Ss-6*1		Ss-7*1		Ss-8	判定*2
1	原子炉建屋*4	1/1700	1/2700 1/20000	1/2400	1/2000	1/3200 1/13300	1/2600	1/3500 1/6000	1/2200	1/2900 1/9200	1/2200	1/3000 1/4900	1/1900	1/1700	×
2	タービン建屋*3	1/7600	1/13700 1/19800	1/8100	1/8100	1/9500 1/13200	1/5500	1/7800 1/6000	1/3400	1/7800 1/9100	1/4200	1/10000 1/4900	1/3300	1/11000	○
3	コントロール建屋*3	1/2300	1/2400 1/19800	1/2100	1/3500	1/9700 1/13200	1/5600	1/7800 1/6000	1/3400	1/5600 1/9100	1/3500	1/7100 1/4900	1/2900	1/2900	○
4	廃棄物処理建屋*3	1/5900	1/7000 1/19800	1/5200	1/6800	1/9500 1/13200	1/5500	1/8200 1/6000	1/3500	1/7000 1/9100	1/4000	1/8000 1/4900	1/3000	1/5500	○
5	格納容器圧力逃がし装置基礎*3	1/930	1/900 1/19800	1/860	1/1100	1/1500 1/13200	1/1300	1/1300 1/6000	1/1100	1/1400 1/9100	1/1200	1/1100 1/4900	1/900	1/1000	×
6	大物搬入建屋*3	1/650	1/1000 1/19800	1/950	1/770	1/1300 1/13200	1/1200	1/1800 1/6000	1/1400	1/1300 1/9100	1/1100	1/1900 1/4900	1/1400	1/1000	×
7	緊急時対策所*4 (5号機原子炉建屋)	1/3200	1/4000 1/19800	1/3300	1/3900	1/5200 1/13200	1/3700	1/4400 1/6100	1/2600	1/5600 1/9400	1/3500	1/5300 1/5100	1/2600	1/2700	○
8	サービス建屋*3	1/7800	1/9500 1/19800	1/6400	1/12400	1/22400 1/13200	1/8300	1/18000 1/6000	1/4500	1/21200 1/9100	1/6400	1/17700 1/4900	1/3800	1/16600	○

注記*1：左欄上段の値は基準地震動による最大傾斜，左欄下段の値は地殻変動による最大傾斜を示し，右欄は合算値を示す。

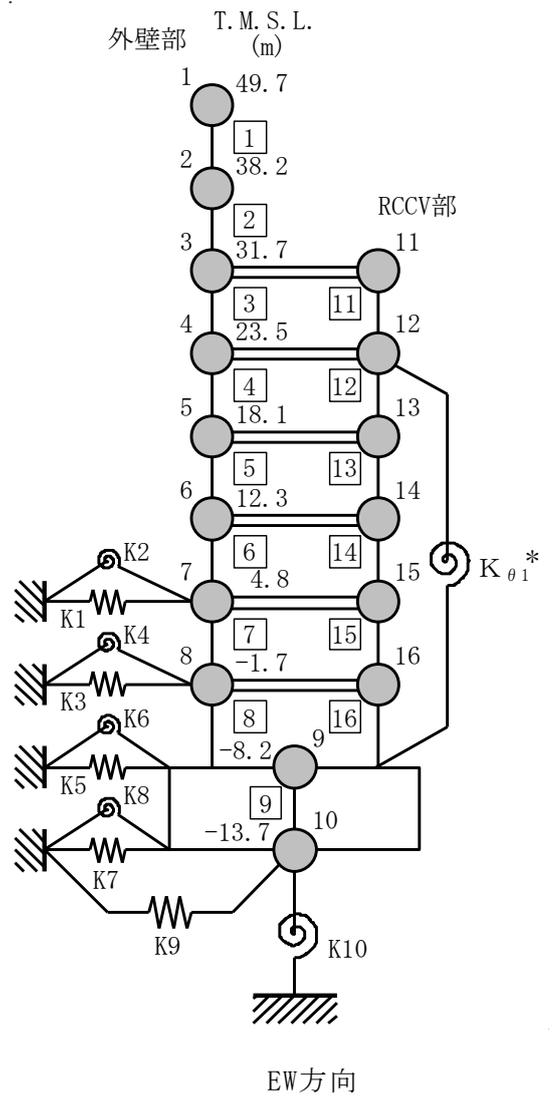
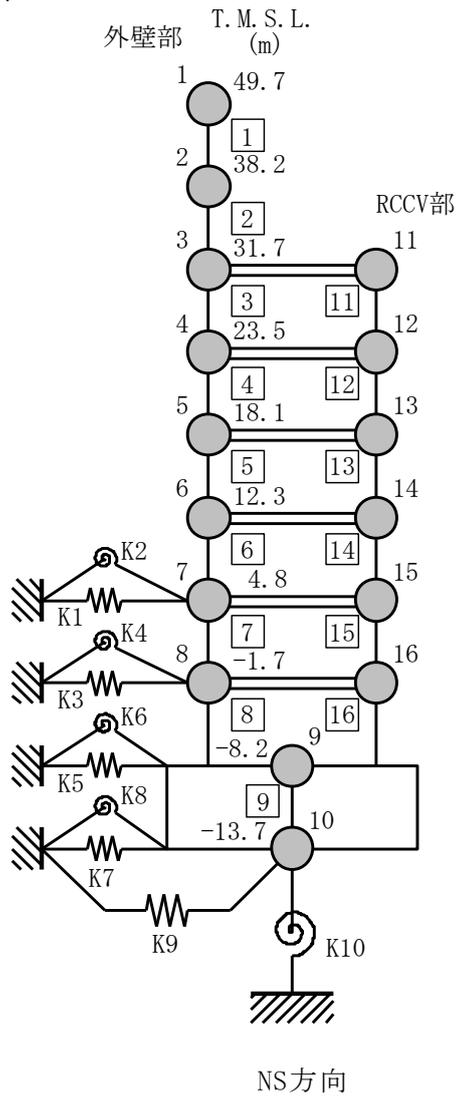
*2：傾斜が 1/2000 を超えるもの（×），超えないもの（○）

*3：地殻変動による最大傾斜は，各基準地震動における 7号機，6号機及び5号機原子炉建屋の最大値（表 2-1 の下線部）を用い，各基準地震動による最大傾斜と合算し，各評価対象の各基準地震動による基礎地盤傾斜としている。

*4：基準地震動による最大傾斜は，「柏崎刈羽原子力発電所発電用原子炉設置変更許可申請書 添付書類六 3.6.1 基礎地盤の安定性評価」における基礎地盤の安定性評価で用いた解析モデルより算出している。なお，設置変更許可時の解析モデルに対して，建屋重量及び建屋剛性の影響については，「工事計画に係る説明資料（基礎地盤の安定性評価について）」において，その影響はないことを確認している。

3.1.1 原子炉建屋

原子炉建屋への影響を考慮する傾斜は 1/1000 とし、基礎地盤傾斜により新たに発生する層せん断力を、 $g \sin \theta$ ($\approx 0.001g$, θ は傾斜が 1/1000 とした時の角度) を入力とした静的解析により算定し、地震応答解析で算定した最大層せん断力に加算した。図 3-1 に地震応答解析モデルを、傾斜加算後の最大層せん断力を表 3-2 に示す。表 3-2 により、基礎地盤傾斜を考慮した傾斜加算後の最大層せん断力は、設計用地震力に包絡されていることを確認した。



注記* : RCCV 回転ばね

図3-1 地震応答解析モデル (水平方向)

表 3-2 基礎地盤傾斜を考慮した原子炉建屋の最大層せん断力 (1/2)

最大層せん断力 (NS方向, 外壁部)

(kN)

T. M. S. L. (m)	Ss-1, 7, 8 最大値	傾斜によ る荷重	傾斜 加算後	設計用 地震力
49.7	71700	40	71740	74400
38.2	168000	121	168121	178000
31.7	384000	206	384206	419000
23.5	374000	291	374291	391000
18.1	424000	347	424347	445000
12.3	537000	429	537429	563000
4.8	610000	510	610510	649000
-1.7	609000	592	609592	624000
-8.2				

最大層せん断力 (NS方向, RCCV部)

(kN)

T. M. S. L. (m)	Ss-1, 7, 8 最大値	傾斜によ る荷重	傾斜 加算後	設計用 地震力
31.7	71300	92	71392	86100
23.5	175000	248	175248	185000
18.1	244000	351	244351	261000
12.3	314000	551	314551	340000
4.8	371000	676	371676	382000
-1.7	420000	813	420813	447000
-8.2				

表 3-2 基礎地盤傾斜を考慮した原子炉建屋の最大層せん断力 (2/2)

最大層せん断力 (EW方向, 外壁部)

(kN)

T. M. S. L. (m)	Ss-1, 7, 8 最大値	傾斜によ る荷重	傾斜 加算後	設計用 地震力
49.7	66900	40	66940	73500
38.2	170000	121	170121	180000
31.7	305000	211	305211	334000
23.5	324000	279	324279	340000
18.1	423000	330	423330	463000
12.3	501000	409	501409	557000
4.8	586000	486	586486	651000
-1.7	680000	566	680566	758000
-8.2				

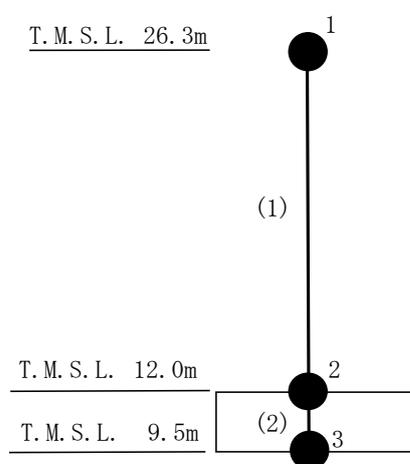
最大層せん断力 (EW方向, RCCV部)

(kN)

T. M. S. L. (m)	Ss-1, 7, 8 最大値	傾斜によ る荷重	傾斜 加算後	設計用 地震力
31.7	78700	87	78787	82500
23.5	232000	260	232260	259000
18.1	244000	369	244369	302000
12.3	346000	571	346571	379000
4.8	430000	699	430699	462000
-1.7	392000	838	392838	434000
-8.2				

3.1.2 格納容器圧力逃がし装置基礎

格納容器圧力逃がし装置基礎への影響を考慮する傾斜は 1/500 とし，基礎地盤傾斜により新たに発生する層せん断力を， $g \sin \theta$ （ $\approx 0.002g$ ， θ は傾斜が 1/500 とした時の角度）を入力とした静的解析により算定し，地震応答解析で算定した最大層せん断力に加算した。図 3-2 に地震応答解析モデルを，傾斜加算後の最大層せん断力を表 3-3 に示す。表 3-3 により，基礎地盤傾斜を考慮した傾斜加算後の最大層せん断力は，設計用地震力に包絡されていることを確認した。



注：数字は質点番号を，（ ）内は部材番号を示す。

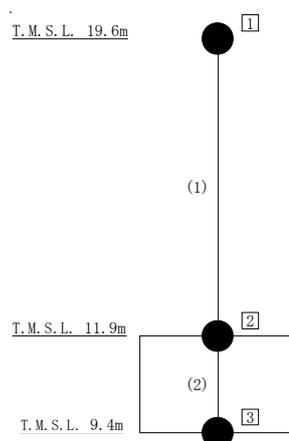
図3-2 遮蔽壁及び基礎スラブの地震応答解析モデル（水平方向）

表 3-3 基礎地盤傾斜を考慮した格納容器圧力逃がし装置基礎の最大層せん断力 (kN)

方向	Ss-1~8 最大値	傾斜による 荷重	傾斜 加算後	設計用 地震力
NS	25500	22	25522	26200
EW	25600	22	25622	26700

3.1.3 大物搬入建屋

大物搬入建屋への影響を考慮する傾斜は 1/500 とし、基礎地盤傾斜により新たに発生する層せん断力を、 $g \sin \theta$ ($\approx 0.002g$, θ は傾斜が 1/500 とした時の角度) を入力とした静的解析により算定し、地震応答解析で算定した最大層せん断力に加算した。図 3-4 に地震応答解析モデルを、傾斜加算後の最大層せん断力を表 3-4 に示す。表 3-4 により、基礎地盤傾斜を考慮した傾斜加算後の最大層せん断力は、設計用地震力に包絡されていることを確認した。



注：□内は質点番号を，（ ）内は部材番号を示す。

図3-4 建屋の地震応答解析モデル（水平方向）

表 3-4 基礎地盤傾斜を考慮した大物搬入建屋の最大層せん断力

(kN)

方向	Ss-1~8 最大値	傾斜による 荷重	傾斜 加算後	設計用 地震力
NS	32200	19	32219	33800
EW	16600	19	16619	17900

3.2 土木構造物への影響

3.2.1 検討方法

土木構造物の傾斜の影響検討フロー（詳細）を図3-5に示す。

土木構造物への影響検討は、基準地震動による最大傾斜と地殻変動による最大傾斜の合算値である基礎地盤傾斜が1/2000を超える構造物の中から、傾斜の影響が大きい代表構造物を選定し、代表構造物のうち最も照査値が大きい照査項目、解析断面及び地震動に対して傾斜影響を考慮した地震応答解析を実施する。また、傾斜の影響検討は、地盤物性のばらつきを考慮した解析ケースのうち、基本ケース（地盤剛性平均値、液状化強度特性-1 σ ）について実施する。

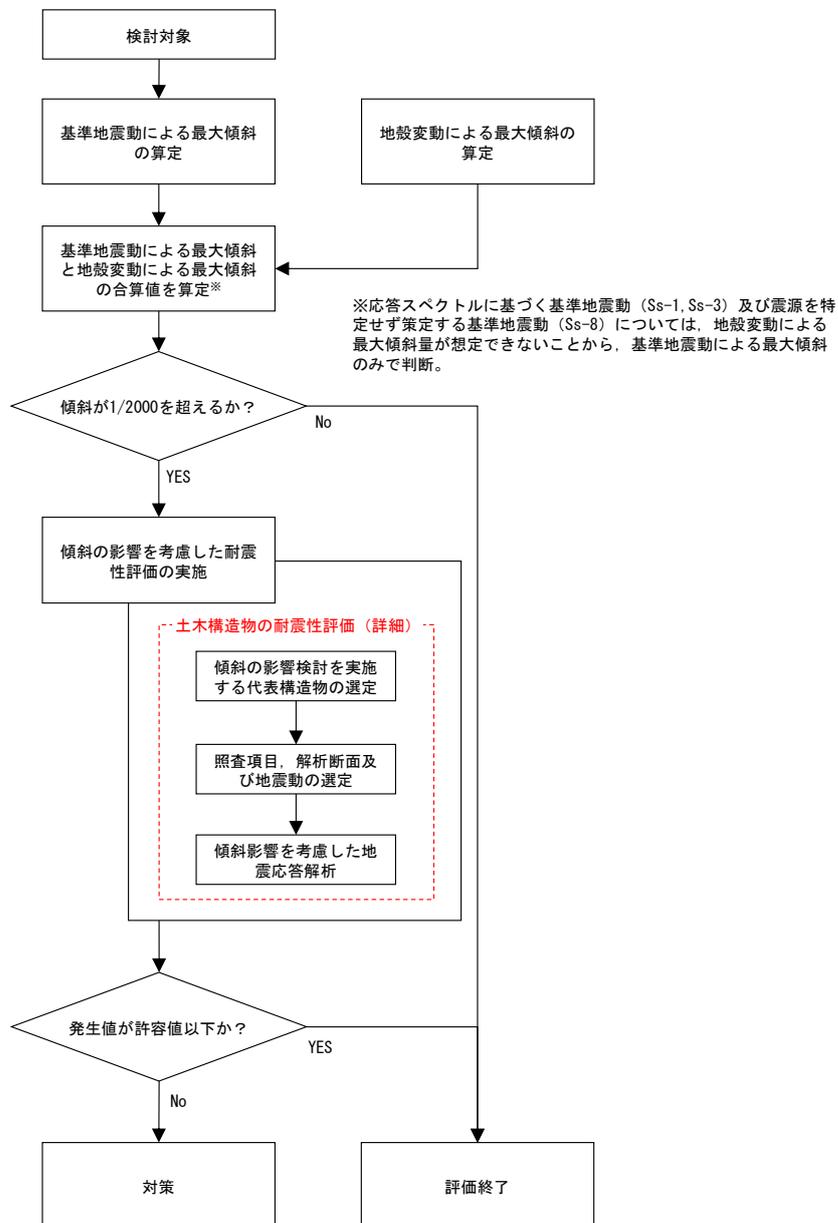


図3-5 土木構造物の傾斜の影響検討フロー（詳細）

3.2.2 傾斜の算定

土木構造物の基準地震動による最大傾斜と地殻変動による最大傾斜の合算値である基礎地盤傾斜の算定結果を表 3-5 に示す。

表 3-5 に示すとおり、傾斜が 1/2000 を超える土木構造物は、軽油タンク基礎、燃料移送系配管ダクト、スクリーン室、取水路、第一ガスタービン発電機用燃料タンク基礎、第一ガスタービン発電機基礎及び取水路（6号機設備）である。

表 3-5 土木構造物の基礎地盤傾斜の算定結果*1

No	評価対象	Ss-1	Ss-2*2		Ss-3	Ss-4*2		Ss-5*2		Ss-6*2		Ss-7*2		Ss-8	判定*3
1	軽油タンク基礎*4	1/1970	1/2200 1/19800	1/1980	1/1540	1/2660 1/13200	1/2210	1/2440 1/6000	1/1730	1/2700 1/9100	1/2080	1/2250 1/4900	1/1540	1/2350	×
2	燃料移送系配管ダクト*4	1/580	1/1080 1/19800	1/1020	1/540	1/1600 1/13200	1/1420	1/1730 1/6000	1/1340	1/1530 1/9100	1/1300	1/1810 1/4900	1/1320	1/630	×
3	スクリーン室*4	1/880	1/6530 1/19800	1/4910	1/710	1/8830 1/13200	1/5290	1/8780 1/6000	1/3560	1/4420 1/9100	1/2970	1/9120 1/4900	1/3180	1/3150	×
4	取水路*4	1/580	1/2940 1/19800	1/2560	1/350	1/2820 1/13200	1/2320	1/1880 1/6000	1/1430	1/1690 1/9100	1/1420	1/1180 1/4900	1/950	1/1440	×
5	補機冷却用海水取水路*4	1/4440	1/6960 1/19800	1/5140	1/4360	1/9450 1/13200	1/5500	1/9910 1/6000	1/3730	1/9730 1/9100	1/4700	1/9180 1/4900	1/3190	1/5780	○
6	第一ガスタービン発電機用燃料タンク基礎*4	1/150	1/530 1/19800	1/510	1/140	1/490 1/13200	1/470	1/320 1/6000	1/300	1/310 1/9100	1/290	1/240 1/4900	1/220	1/290	×
7	第一ガスタービン発電機基礎*4	1/280	1/1050 1/19800	1/990	1/250	1/1020 1/13200	1/940	1/940 1/6000	1/810	1/800 1/9100	1/730	1/680 1/4900	1/590	1/540	×
8	軽油タンク基礎(6号機設備)*4	1/2370	1/3200 1/19800	1/2750	1/2140	1/4470 1/13200	1/3330	1/4050 1/6000	1/2410	1/3490 1/9100	1/2520	1/4200 1/4900	1/2260	1/3320	○
9	スクリーン室(6号機設備)*4	1/2910	1/7240 1/19800	1/5300	1/2500	1/15260 1/13200	1/7070	1/10970 1/6000	1/3870	1/10160 1/9100	1/4800	1/12150 1/4900	1/3490	1/5440	○
10	取水路(6号機設備)*4	1/760	1/3700 1/19800	1/3110	1/740	1/3560 1/13200	1/2800	1/3120 1/6000	1/2050	1/3330 1/9100	1/2430	1/2430 1/4900	1/1620	1/1720	×

注記*1: KK7 補足-027-1「屋外重要土木構造物の耐震安全性評価について」における地盤物性のばらつきを考慮した解析ケースのうち、解析ケース①(屋外重要土木構造物の耐震評価における基本ケース)の傾斜量を示す。

*2: 左欄上段の値は基準地震動による最大傾斜, 左欄下段の値は地殻変動による最大傾斜を示し, 右欄は合算値を示す。

*3: 傾斜が 1/2000 を超えるもの(×), 超えないもの(○)

*4: 地殻変動による最大傾斜は, 各基準地震動における 7 号機, 6 号機及び 5 号機原子炉建屋傾斜の最大値(表 2-1 の下線部)を用い, 各基準地震動による最大傾斜と合算し, 各評価対象の各基準地震動による基礎地盤傾斜としている。

3.2.3 代表構造物の選定

表 3-5 に示すとおり，傾斜が 1/2000 を超える構造物のうち，傾斜が最も大きい第一ガスタービン発電機用燃料タンク基礎を代表構造物として選定し，傾斜の影響検討を実施する。

3.2.4 照査項目，解析断面及び地震動の選定

第一ガスタービン発電機用燃料タンク基礎の基本ケースにおける最大照査値一覧を表 3-6 に示す。表 3-6 に示すとおり，第一ガスタービン発電機用燃料タンク基礎の耐震性評価では，EW 断面における基準地震動 Ss-3 に対する鋼管杭のせん断照査で照査値が最大となる。そのため，第一ガスタービン発電機用燃料タンク基礎の EW 断面について，基準地震動 Ss-3 に対して傾斜影響を考慮した地震応答解析を実施し，鋼管杭のせん断照査に与える影響を確認する。

表 3-6 第一ガスタービン発電機用燃料タンク基礎の最大照査値一覧

照査項目		解析断面	地震動	最大照査値
鉄筋コンクリート	曲げ	全体	Ss-1, 3	0.016
	せん断	全体	Ss-1, 3	0.38
鋼管杭	曲げ	NS	Ss-3	0.32
		EW	Ss-3	0.66
	せん断	NS	Ss-3	0.47
		EW	Ss-3	0.85
基礎地盤	支持力	NS	Ss-3	0.34
		EW	Ss-1	0.16

3.2.5 検討方法

図3-6に土木構造物の地震応答解析の一例として、軽油タンク基礎のNS断面の地震応答解析モデルを示す。土木構造物は、地中に埋設された構造物であることから、地震応答解析は、地盤と構造物の相互作用を考慮できる2次元有限要素法を用いて、水平地震動と鉛直地震動の同時加振による逐次時間積分の時刻歴応答解析にて行う。また、地震応答解析の地盤のモデル化においては、構造物周辺地盤の不陸を適切に考慮する。そのため、基準地震動による傾斜の影響は、地震応答解析に基づく構造物評価において考慮されている。

一方、地殻変動による傾斜の影響については、土木構造物の地震応答解析において考慮されないため、地殻変動による傾斜を加算した地震応答解析を行い、土木構造物への影響検討を実施する。

土木構造物の地殻変動による傾斜を加算した地震応答解析は、原子炉建屋位置における地殻変動の最大値である1/4900を考慮すればよいが、ここでは、保守的に原子炉建屋位置における基準地震動による最大傾斜と地殻変動による最大傾斜の合算値の最大値である1/1700を考慮する。さらに、傾斜を加算した地震応答解析にあたっては、原子炉建屋の評価と同様に上記の値を丸めて1/1000と設定し、図3-7に示すとおり、地震動の入力として用いる時刻歴応答加速度を係数倍することで考慮する。

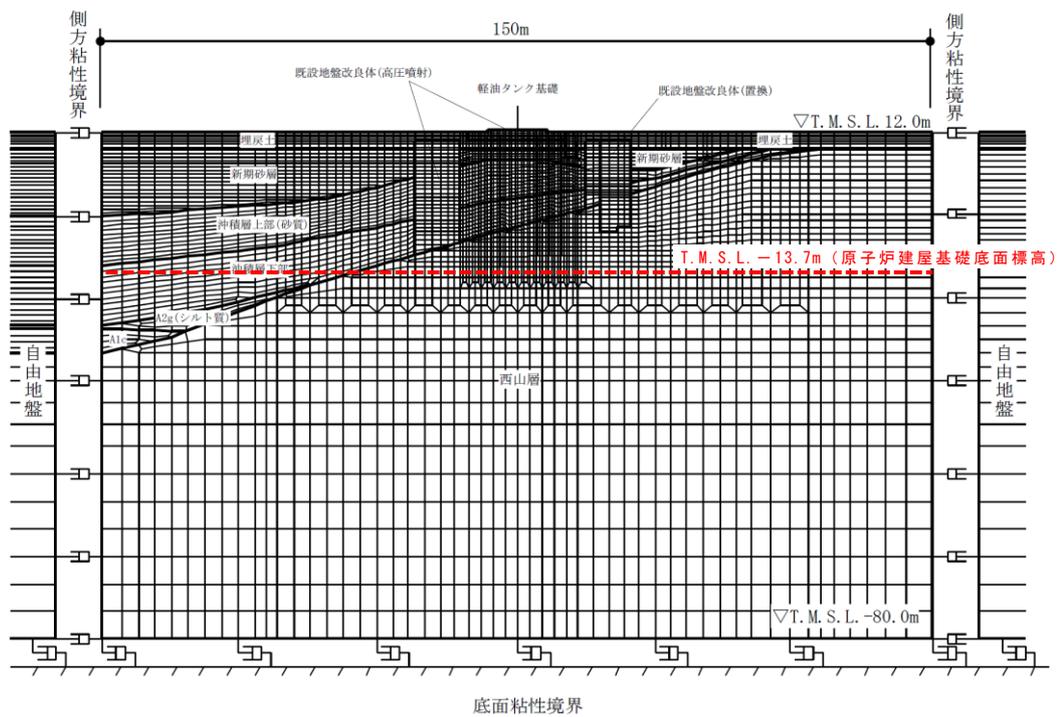


図 3-6 土木構造物の地震応答解析モデル (例：軽油タンク基礎 NS 断面)

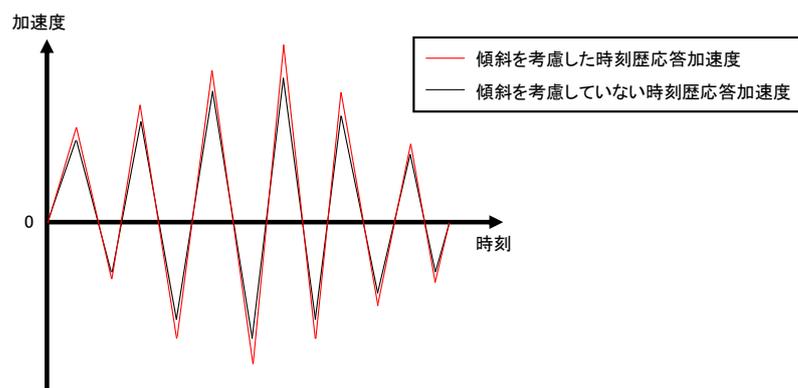


図 3-7 傾斜を加算した時刻歴応答加速度のイメージ

3.2.6 検討結果

土木構造物の基礎地盤傾斜の影響検討の結果を表3-7に示す。傾斜影響を考慮した解析ケースでは、基本ケースと比較し照査用せん断力がわずかに大きくなるものの、その影響は軽微であり、照査値を満足することを確認した。

以上の影響検討より、土木構造物の基礎地盤傾斜の影響は軽微であると判断できる。

表3-7 土木構造物の基礎地盤傾斜の影響検討結果
(第一ガスタービン発電機用燃料タンク基礎)

照査項目	解析断面	地震動	解析ケース	照査用せん断力* Q _d (kN)	終局せん断強度 Q _u (kN)	照査値 Q _d /Q _u
鋼管杭 (せん断)	EW	Ss-3	基本ケース	7261	8563	0.85
			傾斜影響考慮	7268	8563	0.85

注記* : 照査用せん断力 Q_d = 発生せん断力 × 構造解析係数 γ_a

3.3 機器・配管系への影響

表 3-1 で傾斜が 1/2000 を超える原子炉建屋等に設置される機器・配管系については、耐震設計において傾斜の影響を設計用地震力に考慮した。また、土木構造物についても、機器・配管系の間接支持構造物が傾斜することに違いはないという観点から、建物・構築物と同様の考慮方法とし、基礎地盤傾斜を算定し、傾斜が 1/2000 を超える土木構造物（間接支持構造物）に設置される機器・配管系については、耐震設計において傾斜の影響を設計用地震力に考慮した。土木構造物（間接支持構造物）の基準地震動による最大傾斜と地殻変動による最大傾斜の合算値である基礎地盤傾斜の算定結果を表 3-8 に示す。ここで、設計で考慮する傾斜は、表 3-9 の通りとするが、個別の地震動毎に傾斜を設定するのではなく、最大値の傾斜にて考慮することも可とする。

表 3-8 土木構造物（間接支持構造物）の基礎地盤傾斜の算定結果*1

No	評価対象	Ss-1	Ss-2*2		Ss-3	Ss-4*2		Ss-5*2		Ss-6*2		Ss-7*2		Ss-8	判定*3
1	軽油タンク基礎*4	1/2040	1/2470 1/19800	1/2190	1/2140	1/2810 1/13200	1/2310	1/4250 1/6000	1/2480	1/3060 1/9100	1/2280	1/4650 1/4900	1/2380	1/2580	○
2	燃料移送系配管ダクト*4	1/660	1/1370 1/19800	1/1280	1/650	1/1900 1/13200	1/1660	1/2100 1/6000	1/1550	1/1900 1/9100	1/1570	1/2220 1/4900	1/1520	1/700	×
3	第一ガスタービン発電機用燃料タンク基礎*4	1/270	1/1200 1/19800	1/1130	1/190	1/1250 1/13200	1/1140	1/1180 1/6000	1/980	1/1090 1/9100	1/970	1/730 1/4900	1/630	1/400	×
4	第一ガスタービン発電機基礎*4	1/570	1/1570 1/19800	1/1450	1/460	1/2320 1/13200	1/1970	1/2640 1/6000	1/1830	1/2080 1/9100	1/1690	1/2530 1/4900	1/1660	1/710	×
5	軽油タンク基礎（6号機設備）*4	1/2370	1/3200 1/19800	1/2750	1/2120	1/4300 1/13200	1/3240	1/4100 1/6000	1/2430	1/3590 1/9100	1/2570	1/4100 1/4900	1/2230	1/2700	○

注記*1：KK7 補足-027-1「屋外重要土木構造物の耐震安全性評価について」における地盤物性のばらつきを考慮した解析ケースのうち、解析ケース④（機器・配管系の耐震評価における基本ケース）の傾斜量を示す。

20

*2 左欄上段の値は基準地震動による最大傾斜，左欄下段の値は地殻変動による最大傾斜を示し，右欄は合算値を示す。

*3：傾斜が 1/2000 を超えるもの（×），超えないもの（○）

*4：地殻変動による最大傾斜は，各基準地震動における 7号機，6号機及び5号機原子炉建屋の最大値（表 2-1 の下線部）を用い，各基準地震動による最大傾斜と合算し，各評価対象の各基準地震動による基礎地盤傾斜としている。

表 3-9 設計で考慮する傾斜

算定した傾斜の範囲	設計で考慮する傾斜
$1/2000 < \text{算定値} < 1/1000$	1/1000
$1/1000 \leq \text{算定値} < 1/500$	1/500
$1/500 \leq \text{算定値}$	1/100

別紙 1 の検討により考慮すべき影響は死荷重により新たに発生する水平方向のせん断力及びモーメントとした。基礎地盤傾斜による影響評価を合理的に実施するため、これらの新たに発生するせん断力及びモーメントを、耐震条件として考慮した。各耐震条件に反映する方針を別紙 2 に示す。なお、最大傾斜は一時的なものではあるが、残留するものと仮定した。

基礎地盤傾斜の影響を耐震設計の地震力として考慮する方法を図 3-8 及び図 3-9 に示す。基礎地盤傾斜は影響検討として材料物性の不確かさ等を考慮しない基本ケースのみに考慮した。床応答スペクトルや最大応答加速度等を用いる設備については、基本ケースのうち、基礎地盤傾斜が 1/2000 を超える基準地震動による地震力において、基礎地盤傾斜の影響を考慮し、それ以外の基本ケース及び材料物性の不確かさ等を考慮したケースによる地震力と包絡し、設計用地震力としている。一方、時刻歴応答加速度を用いる設備については、基本ケースのうち、基礎地盤傾斜が 1/2000 を超える基準地震動による地震力に基礎地盤傾斜の影響を考慮し、それ以外の基本ケース及び材料物性の不確かさ等を考慮したケースによる地震力とあわせて設計用地震力としている。なお、時刻歴応答加速度を用いるのは原子炉建屋クレーンのみである。

以上の考え方に従い、V-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」、V-2-2-4「原子炉本体の基礎の地震応答計算書」及びV-2-3-1「炉心、原子炉压力容器及び压力容器内部構造物の地震応答計算書」において設定される設計用地震力を用いることから、基礎地盤傾斜の影響は耐震計算書にて考慮される。

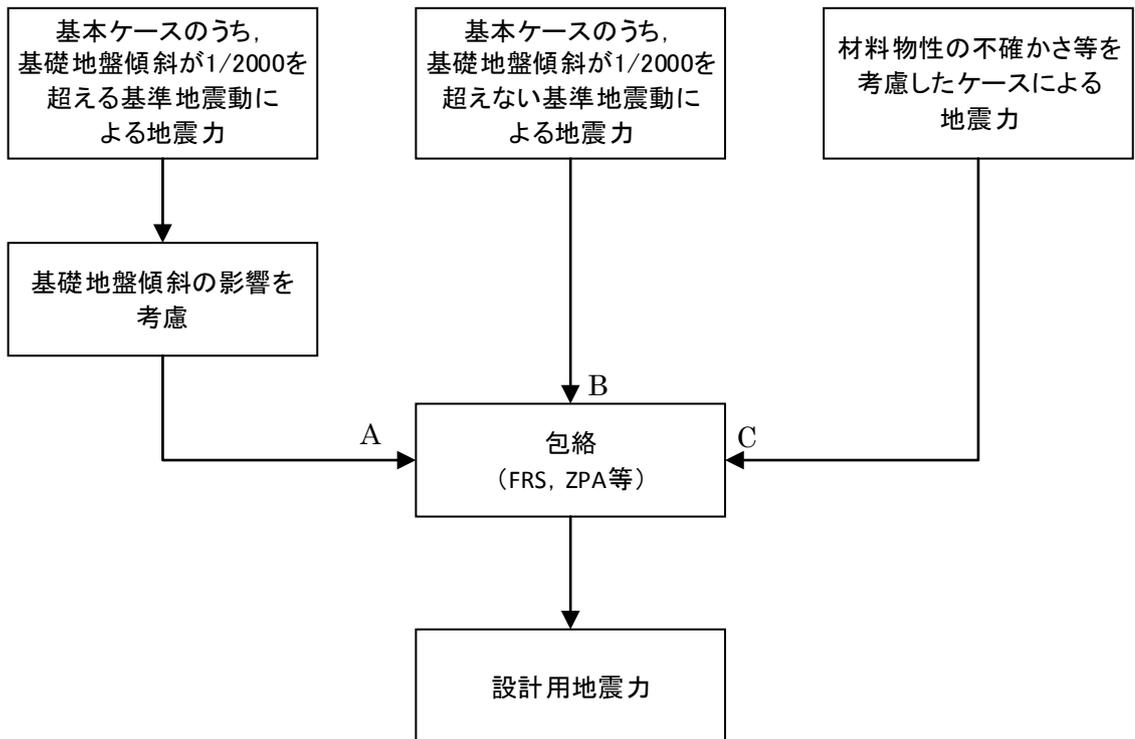


図 3-8 基礎地盤傾斜の影響を耐震設計の地震力として考慮する方法
(床応答スペクトルや最大応答加速度等を用いる設備)

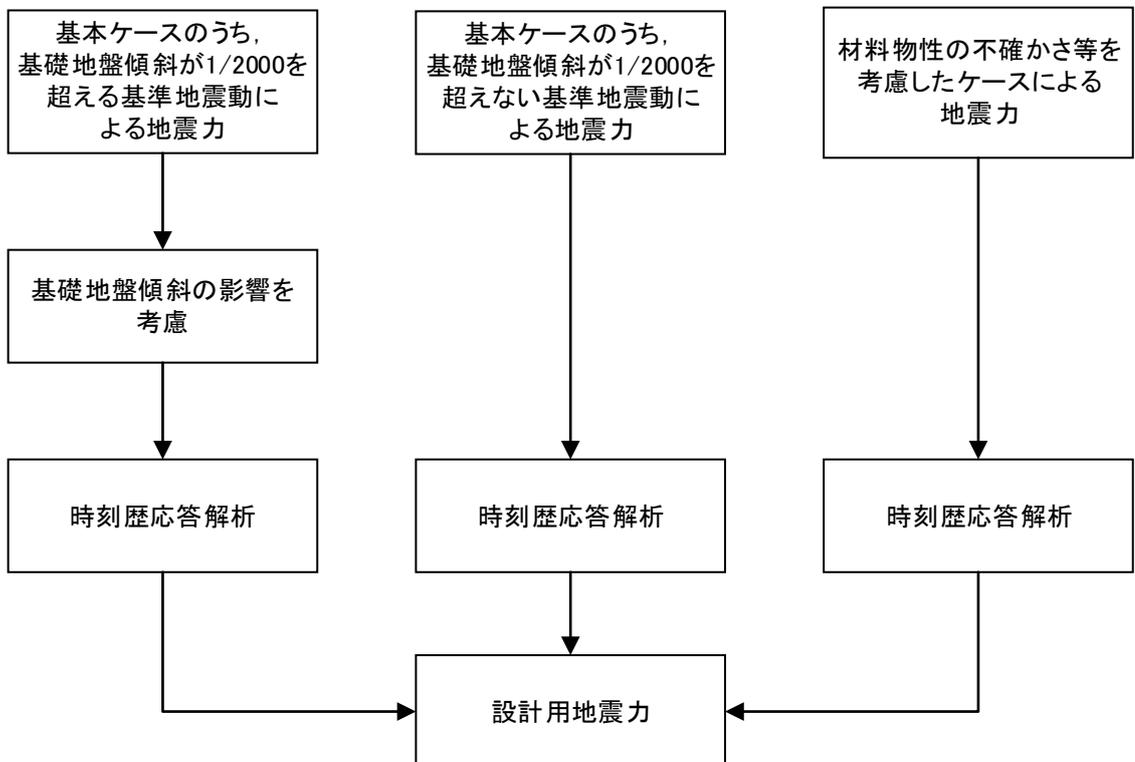


図 3-9 基礎地盤傾斜の影響を耐震設計の地震力として考慮する方法
(時刻歴応答加速度を用いる設備)

基礎地盤傾斜の影響を考慮した機器・配管系のうち、時刻歴応答加速度、燃料集合体のたわみ量等を用いて評価する機器・配管系が設置される原子炉建屋を代表として示す。また、原子炉建屋クレーン及び燃料取替機に対する影響について別紙3に示す。

原子炉建屋に設置される機器・配管系への影響を考慮する傾斜は1/1000とした。なお、基礎地盤傾斜が1/2000を超える地震動はSs-1、Ss-7及びSs-8であることから当該地震動による地震力に基礎地盤傾斜の影響を考慮した。

別紙2にて示した方針に基づき、各耐震条件について傾斜の影響を考慮した結果を以下に示す。

3.3.1 建屋連成解析結果等のせん断力及びモーメント

基礎地盤傾斜により新たに発生するせん断力及びモーメントを、 $g \sin \theta$ （ $\approx 0.001g$ 、 θ は傾斜が1/1000とした時の角度）を入力とした静的解析により算定し、地震応答解析で算定したせん断力及びモーメントに加算し、設計用地震力を設定した。設定したせん断力及びモーメントの例を表3-10及び表3-11に示す。

「制御棒駆動機構ハウジング（外側）」では基礎地盤傾斜の影響を考慮した地震力が設計用地震力Iとなっており（図3-8のA）、「原子炉圧力容器」及び「炉心シュラウド」では基礎地盤傾斜の影響を考慮する必要のない地震力が設計用地震力Iとなっている（図3-8のB又はC）。

表3-10 基礎地盤傾斜を考慮したせん断力

設備	傾斜加算前*1	傾斜による荷重	傾斜加算後*1	設計用地震力I
原子炉圧力容器*2	9743.0kN	10.3kN	9760kN	12900kN
炉心シュラウド*2	5399.6kN	13.3kN	5420kN	7370kN
制御棒駆動機構 ハウジング (外側)*3	35.075kN	0.0220kN	35.1kN	35.1kN

注記*1：Ss-1、Ss-7及びSs-8による地震力の内、最大値を記載

*2：設計用地震力Iが最大となる標高の値を記載

*3：基礎地盤傾斜の影響を考慮した地震力が設計用地震力Iとなる標高の値を記載

表 3-11 基礎地盤傾斜を考慮したモーメント

設備	傾斜加算前* ¹	傾斜による荷重	傾斜加算後* ¹	設計用地震力 I
原子炉圧力容器* ²	76753kN・m	72.2kN・m	76900kN・m	98300kN・m
炉心シュラウド* ²	35359kN・m	69.4kN・m	35500kN・m	46300kN・m
制御棒駆動機構 ハウジング (外側)* ³	26.306kN・m	0.0165kN・m	26.4kN・m	26.4kN・m

注記*1：Ss-1, Ss-7 及び Ss-8 による地震力の内，最大値を記載

*2：設計用地震力 I が最大となる標高の値を記載

*3：基礎地盤傾斜の影響を考慮した地震力が設計用地震力 I となる標高の値を記載

3.3.2 床応答スペクトル

基礎地盤傾斜により新たに発生するせん断力及びモーメントを，加速度 $g \sin \theta$ ($0.001g$) として考慮するため，水平方向の床応答スペクトルの全周期に震度 $\sin \theta$ (0.001) を加算し，設計用床応答曲線を設定した。

3.3.3 床の最大応答加速度による評価

基礎地盤傾斜により新たに発生するせん断力及びモーメントを，加速度 $g \sin \theta$ ($0.001g$) として考慮するため，水平方向の床の最大応答加速度に震度 $\sin \theta$ (0.001) を加算し，設計用最大応答加速度を設定した。

3.3.4 床の時刻歴応答加速度による評価

基礎地盤傾斜により新たに発生するせん断力及びモーメントを加速度として加算するために，入力として用いる時刻歴応答加速度を 1.001 倍した。基礎地盤傾斜の影響を考慮していない時刻歴応答加速度による床応答スペクトルより， 1.001 倍した時刻歴応答加速度の床応答スペクトルが設備に影響を与える周期帯において $g \sin \theta$ ($0.001g$) 以上大きくなることを確認した。

3.3.5 その他の特殊な評価（制御棒挿入性評価）

基礎地盤傾斜により新たに発生する燃料集合体のたわみ量を，加速度 $g \sin \theta$ ($0.001g$) を入力とした静的解析により算定し，地震応答解析で算定した燃料集合体のたわみ量に加算し，設計用のたわみを設定した。算定した燃料集合体のた

わみ量の例を表 3-12 に示す。なお、制御棒挿入性に対する影響の検討内容については別紙 4 に示す。

表 3-12 基礎地盤傾斜を考慮した燃料集合体のたわみ量*¹

傾斜加算前* ²	傾斜によるたわみ量	傾斜加算後* ²	設計用地震力 I
14.49mm	0.01mm	14.5mm	31.6mm

注記*1：設計用地震力 I が最大となる標高の値を記載

*2：Ss-1, Ss-7 及び Ss-8 による地震力の内、最大値を記載

機器・配管系の基礎地盤傾斜による地震力及び地震と組み合わせるべき荷重への影響

1. 概要

基準地震動 S_s による地震力と組み合わせるべき荷重は死荷重、圧力荷重及び機械的荷重が挙げられる。以降で地震力及び各荷重に対する基礎地盤傾斜の影響を検討する。

2. 基準地震動 S_s による地震力への影響

耐震性評価用のせん断力、モーメント及び床応答スペクトル等の地震力は地震による加速度を入力として算定される。そこで、基礎地盤傾斜の有無による地震加速度への影響を検討する。

基礎地盤傾斜が発生している状況の地震加速度を図 2-1 に示す。検討用の傾斜(1/100)により水平方向、鉛直方向の地震加速度はそれぞれ以下のように表される。

○傾斜時に発生する水平地震加速度：

$$C_H \cos\theta + C_V \sin\theta = \frac{100}{\sqrt{1^2 + 100^2}} C_H + \frac{1}{\sqrt{1^2 + 100^2}} C_V \cong 1.00 C_H + 0.01 C_V \cong C_H$$

○傾斜時に発生する鉛直地震加速度：

$$C_V \cos\theta - C_H \sin\theta = \frac{100}{\sqrt{1^2 + 100^2}} C_V - \frac{1}{\sqrt{1^2 + 100^2}} C_H \cong 1.00 C_V - 0.01 C_H \cong C_V$$

傾斜が発生している場合の水平地震加速度及び鉛直地震加速度は傾斜が発生していない場合の地震加速度と同等であり、傾斜が発生している場合の地震力についても、傾斜が発生していない場合と同等になると考えられる。

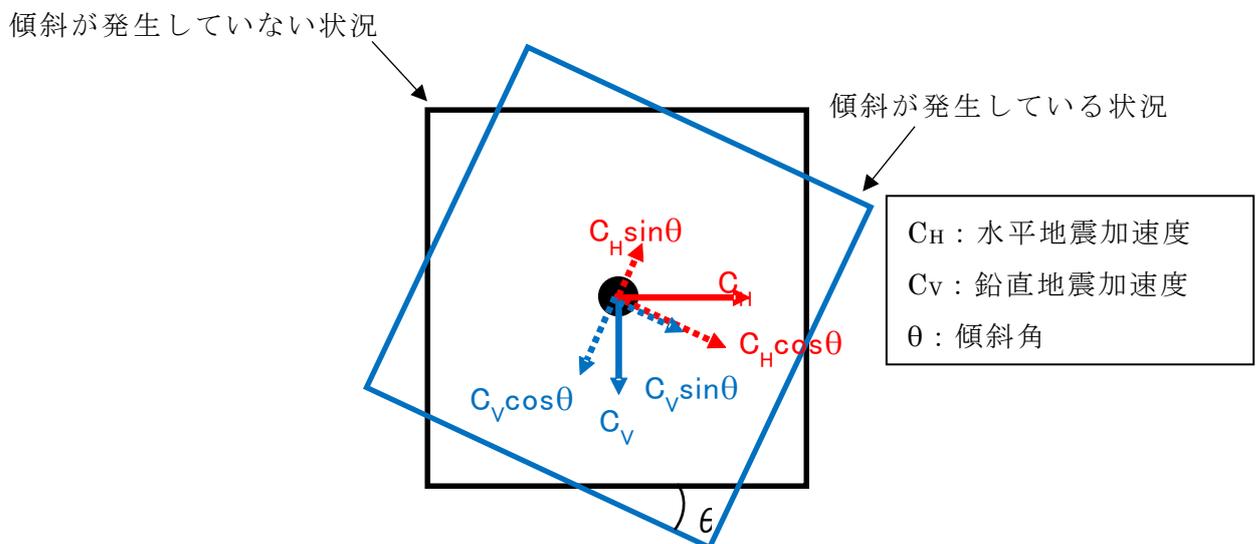


図 2-1 傾斜が発生している状況での地震加速度概念図

3. 死荷重への影響

基礎地盤傾斜が発生している状況での死荷重を図 3-1 に示す。傾斜が発生していない場合、死荷重は鉛直方向のみに作用する。傾斜が発生している場合、水平方向に自重の分力が発生し、鉛直方向は水平方向に分力されるため、従来作用していた荷重より小さくなる。すなわち、傾斜を考慮すると水平方向のせん断力及びモーメントが新たに発生し、鉛直方向の荷重は $mg\cos\theta$ となり、従来作用していた荷重 mg よりも減少する。

○傾斜時に新たに発生するせん断力 : $mg\sin\theta$

○傾斜時に新たに発生するモーメント : $mg\sin\theta \times h$

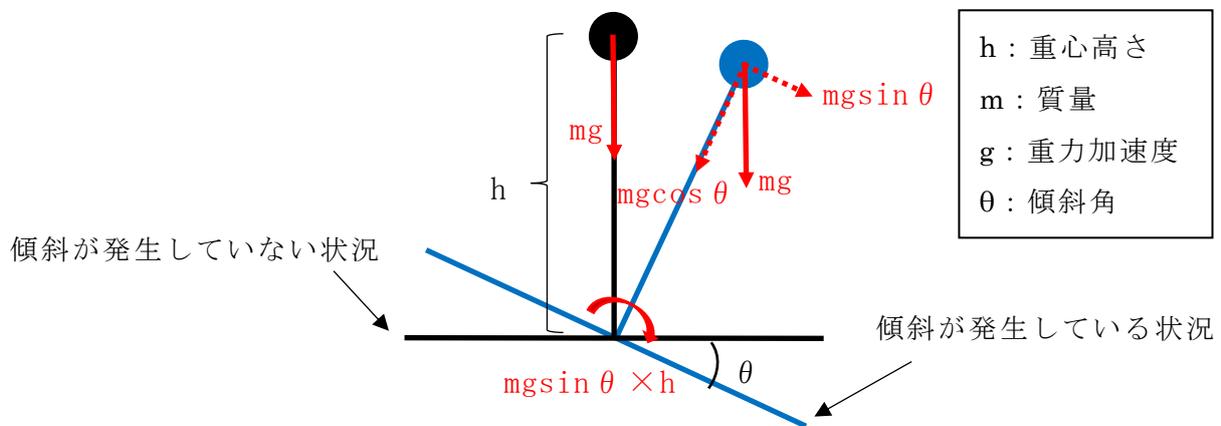


図 3-1 傾斜が発生している状況での荷重概念図

4. 圧力荷重及び機械的荷重への影響

圧力荷重は傾斜による影響が無いいため変化しない。また、機械的荷重は、安全弁吹出し時の反力荷重、スクラム反力及びポンプの振動等があるが傾斜による影響が無いため変化しない。

5. まとめ

基礎地盤傾斜による荷重への影響検討結果を表 5-1 に示す。表 5-1 より基礎地盤傾斜が発生している状況では、死荷重によるせん断力及びモーメントが水平方向に新たに発生するため、設計においてその影響を考慮する必要がある、耐震条件におけるその考慮方針を別紙 2 に示す。

表 5-1 基礎地盤傾斜による荷重への影響検討結果

荷重等	水平方向	考慮要否*	鉛直方向	考慮要否*
S _s による地震力	地震加速度は傾斜が発生している場合と傾斜が発生していない場合を比較すると同等であるため、S _s による地震力も同等である。	×	同左	×
死荷重	基礎地盤が傾くことにより、せん断力 ($mg\sin\theta$) 及びモーメント ($mg\sin\theta \times h$) が新たに発生する。	○	軸力が mg から $mg\cos\theta$ に減少する。	×
圧力荷重 機械的荷重	変化なし	×	同左	×

注記*：考慮を要するもの (○)，考慮を要しないもの (×)。具体的な考慮方針は別紙 2 参照。

機器・配管系の耐震設計における基礎地盤傾斜による影響の考慮方針

1. 概要

別紙 1 の検討により基礎地盤が傾斜した場合、死荷重により水平方向のせん断力及びモーメントが新たに発生するため、この影響を耐震設計において考慮する。基礎地盤傾斜を考慮すべき対象について耐震性評価手法を分類し、評価手法ごとに基礎地盤傾斜により新たに発生する荷重の反映方針を検討する。なお、傾斜時の死荷重による鉛直方向の荷重については傾斜がない場合よりも小さくなるため、設計で考慮しない。

2. 入力条件毎の反映方法の検討

図 2-1 に示すように評価手法を整理した結果、耐震性評価の入力としてせん断力及びモーメントを用いる評価と加速度を用いる評価に大きく分類される。それぞれに対する反映方法を検討する。

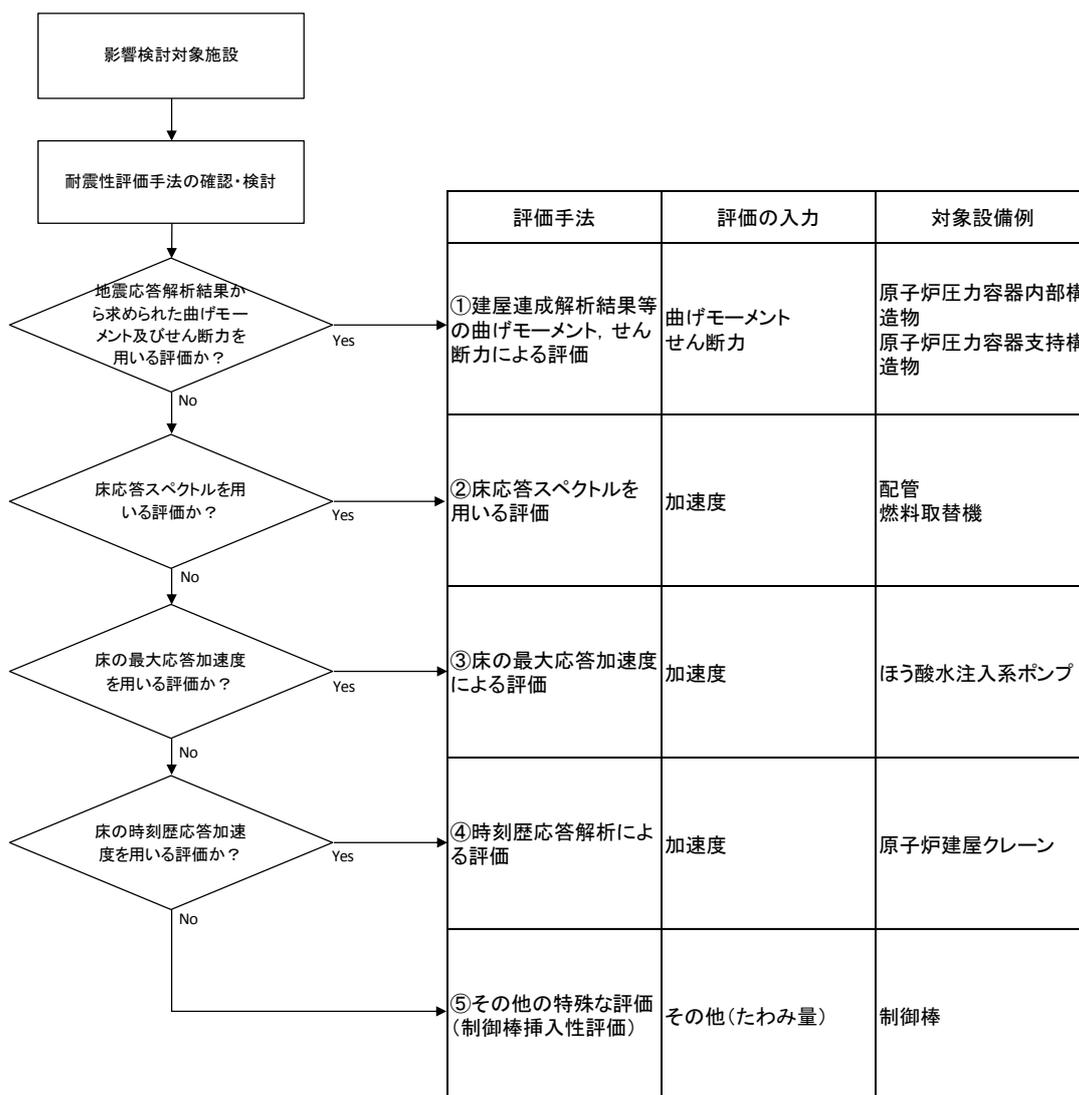


図 2-1 耐震性評価手法の分類

2.1 せん断力及びモーメントを入力とする評価

基礎地盤の傾きにより新たに発生するせん断力及びモーメントを算定し、傾斜を考慮せずに算定したせん断力及びモーメントに加算する。

2.2 加速度を入力とする評価

基礎地盤の傾きにより新たに発生するせん断力及びモーメントは図 2-2 に示すとおり、水平方向に加速度 $g\sin\theta$ が発生した状態と等価であることから、傾斜を考慮せずに算定した水平加速度に $g\sin\theta$ を加算する。

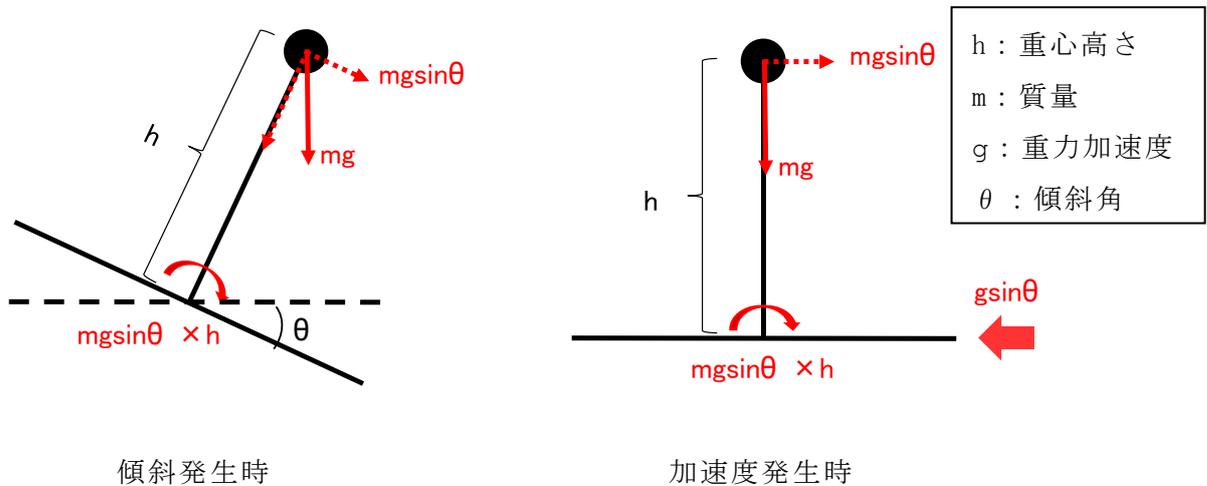


図 2-2 傾斜発生時と加速度発生時の荷重状態

3. 耐震性評価手法毎の反映方法の検討

図 2-1 にて分類した評価手法毎の反映方法を検討する。

3.1 地震応答解析結果から求められたせん断力及びモーメントを用いる評価 (図 2-1①)

原子炉建屋内の原子炉圧力容器、原子炉遮蔽壁、原子炉本体基礎等の大型機器・構造物は、原子炉建屋基礎版やダイヤフラムフロアを介して原子炉建屋からの地震の入力があることを考慮して、図 3-1 に示すように連成させたモデルを使用し、基準地震動 S_s による地震応答解析を実施することによって大型機器・構造物の評価用せん断力及びモーメントを算定している。

原子炉本体基礎を例として算定したせん断力及びモーメントが伝達されるイメージと基礎地盤の傾斜により発生するせん断力及びモーメントを図 3-2 に示す。

基礎地盤傾斜による影響の反映方法として、傾斜により新たに発生するせん断力及びモーメントを地震応答解析で算定した値に加算する。なお、基礎地盤の傾斜により新たに発生するせん断力及びモーメントは水平方向に加速度 $g\sin\theta$ が負荷されている状態と等価であるため、 $g\sin\theta$ を入力とした静的解析を実施することにより算定する。

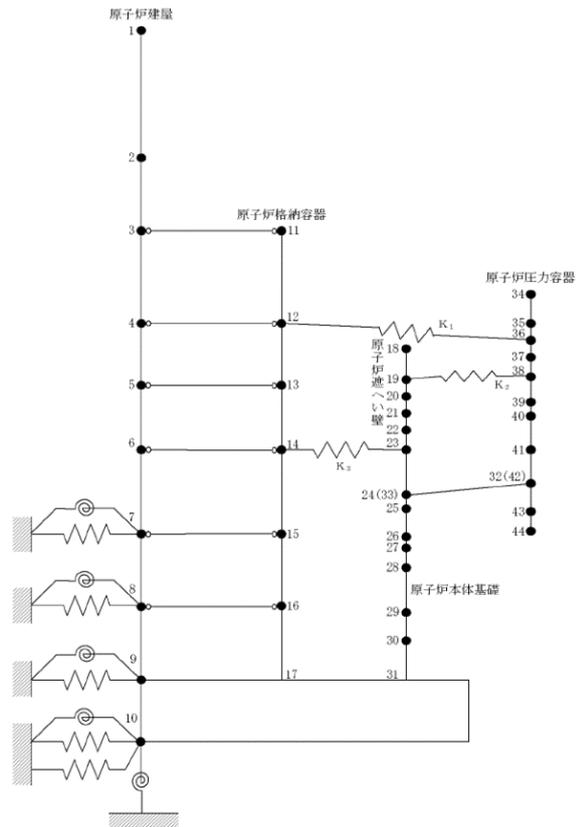


図 3-1 原子炉建屋と大型機器を連成させた地震応答解析モデル例

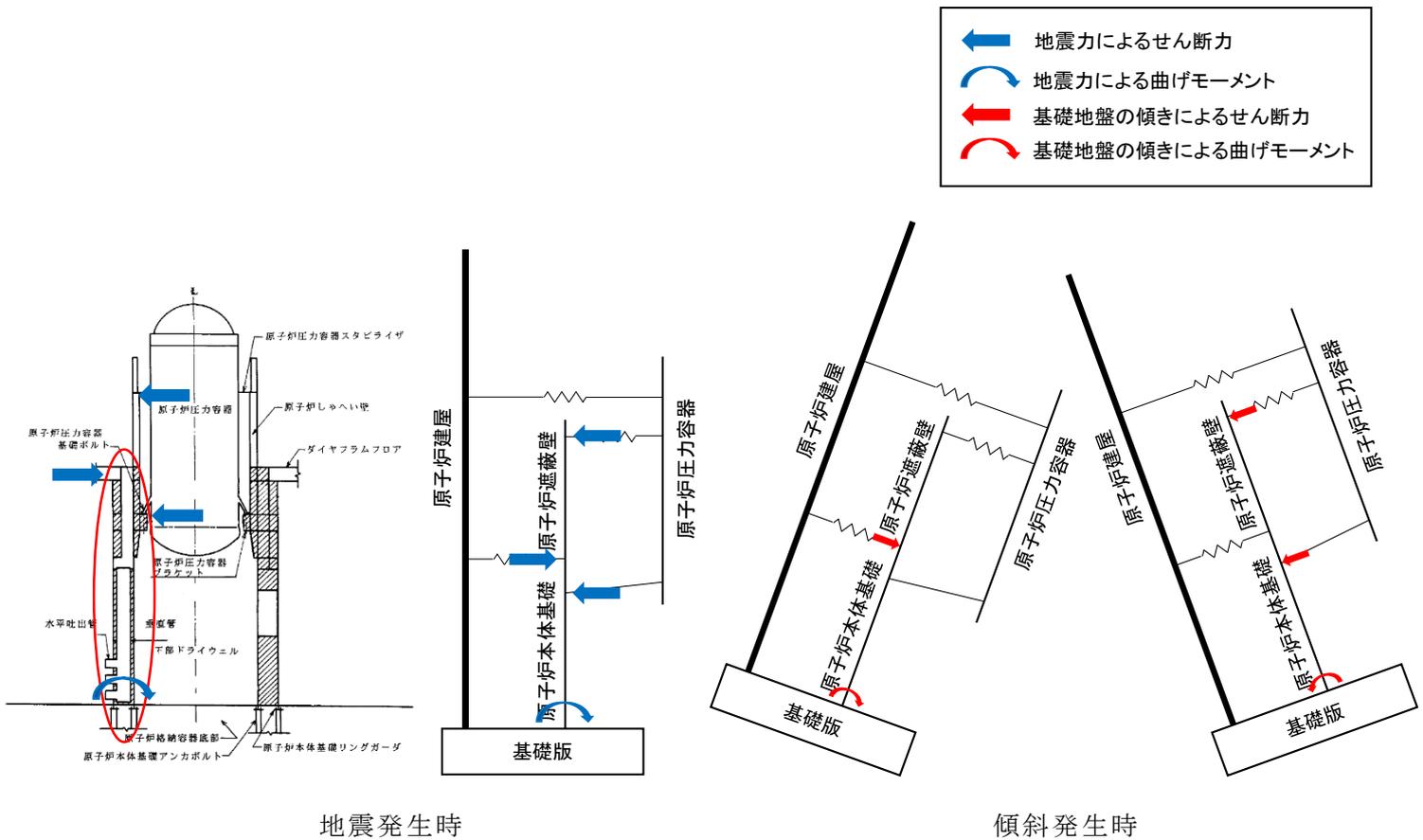


図 3-2 原子炉本体基礎に作用するせん断力及びモーメントのイメージ

3.2 床応答スペクトルを用いる評価（図 2-1②）

配管や燃料取替機は床応答スペクトルを入力として評価している。基礎地盤傾斜による影響の反映方法として、基礎地盤の傾斜により新たに発生するせん断力及びモーメントを考慮するため、加速度として水平方向の床応答スペクトルの全周期に $g \sin \theta$ を加算する。加算するイメージを図 3-3 に示す。

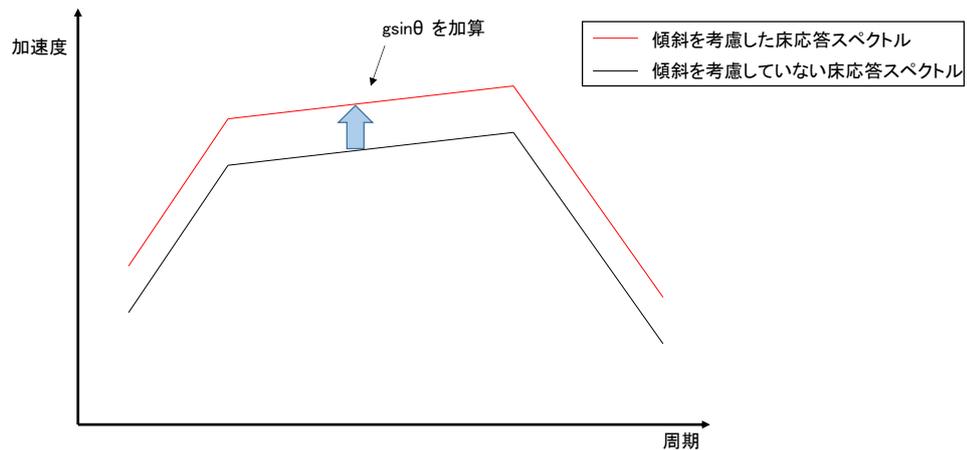


図 3-3 傾斜を考慮した床応答スペクトルのイメージ

3.3 床の最大応答加速度を用いる評価（図 2-1③）

剛な設備の構造健全性評価や動的機器の機能維持評価に床の最大応答加速度を用いている。基礎地盤傾斜による影響の反映方法として、基礎地盤の傾斜により新たに発生するせん断力及びモーメントを考慮するため、水平方向加速度として床の最大応答加速度に $g \sin \theta$ を加算する。

3.4 床の時刻歴応答加速度による評価（図 2-1④）

原子炉建屋クレーンは浮き上がりを考慮するため、クレーンガーダの各車輪にギャップ要素を持つ非線形 FEM 解析モデルを用いて時刻歴応答解析を行う。基礎地盤傾斜による影響の反映方法として、基礎地盤の傾きにより新たに発生するせん断力及びモーメントを加速度として加算するために、入力として用いる時刻歴応答加速度を係数倍する。係数倍するイメージを図 3-4 に示す。

係数については、図 3-5 に示すように、基礎地盤傾斜の影響を考慮した時刻歴応答加速度による床応答スペクトルが、基礎地盤傾斜の影響を考慮していない時刻歴応答加速度による床応答スペクトルより、設備に影響を与える周期帯において $g \sin \theta$ 以上大きくなるように設定する。

なお、原子炉建屋クレーンについては、自重解析及び時刻歴応答解析を実施するが、自重解析に傾斜を考慮すると鉛直方向の荷重が小さくなるため、基礎地盤傾斜の影響は時刻歴応答解析の入力条件として考慮する。

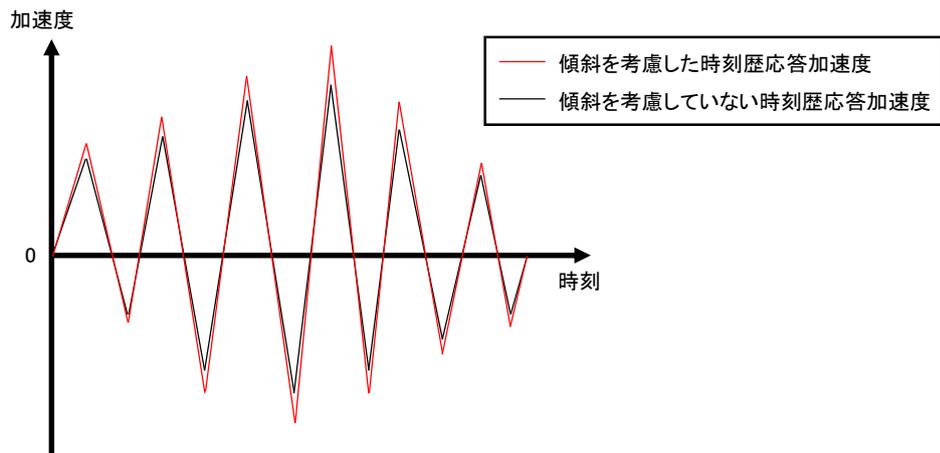


図 3-4 傾斜を考慮した時刻歴応答加速度のイメージ

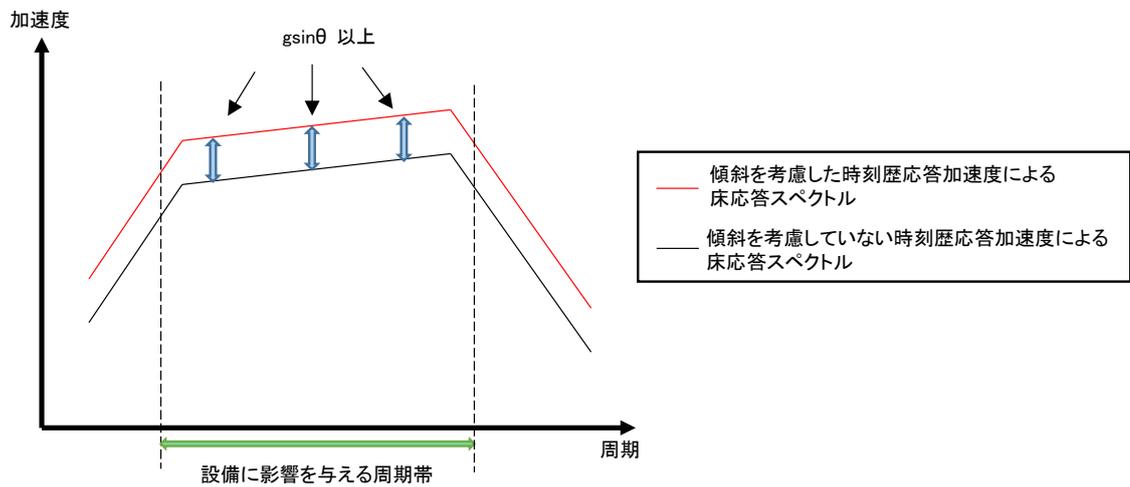


図 3-5 傾斜を考慮した時刻歴応答加速度による床応答スペクトルのイメージ

3.5 その他の特殊な評価（制御棒挿入性評価）（図 1-1 の⑤）

制御棒挿入性評価においては、図 3-6 に示すような燃料集合体、原子炉建屋、原子炉格納容器、原子炉遮蔽壁、原子炉本体基礎、原子炉圧力容器、原子炉圧力容器内部構造物及び原子炉圧力容器支持構造物等を連成させたモデルを用いて基準地震動 S_s に対する地震応答解析により燃料集合体の最大たわみ量を計算する。別途、実規模試験体での加振試験で規定時間内に制御棒が全挿入されることが確認されたたわみ量を許容たわみ量とする（図 3-7 参照）。解析により求めた最大たわみ量と試験にて設定した許容たわみ量を比較することで、制御棒挿入性評価を行う。

基礎地盤傾斜の影響により新たに発生する燃料集合体のたわみ量を地震応答解析で算定した最大たわみ量に加算し評価することで基礎地盤傾斜の影響を考慮した評価となる。基礎地盤傾斜により新たに発生するたわみのイメージを図 3-8 に示す。なお、基礎地盤傾斜により新たに発生するたわみ量は水平方向に加速度 $g \sin \theta$ が負荷され

ている状態と等価であるため、 $g\sin\theta$ を入力とした静的解析を実施することにより算定する。

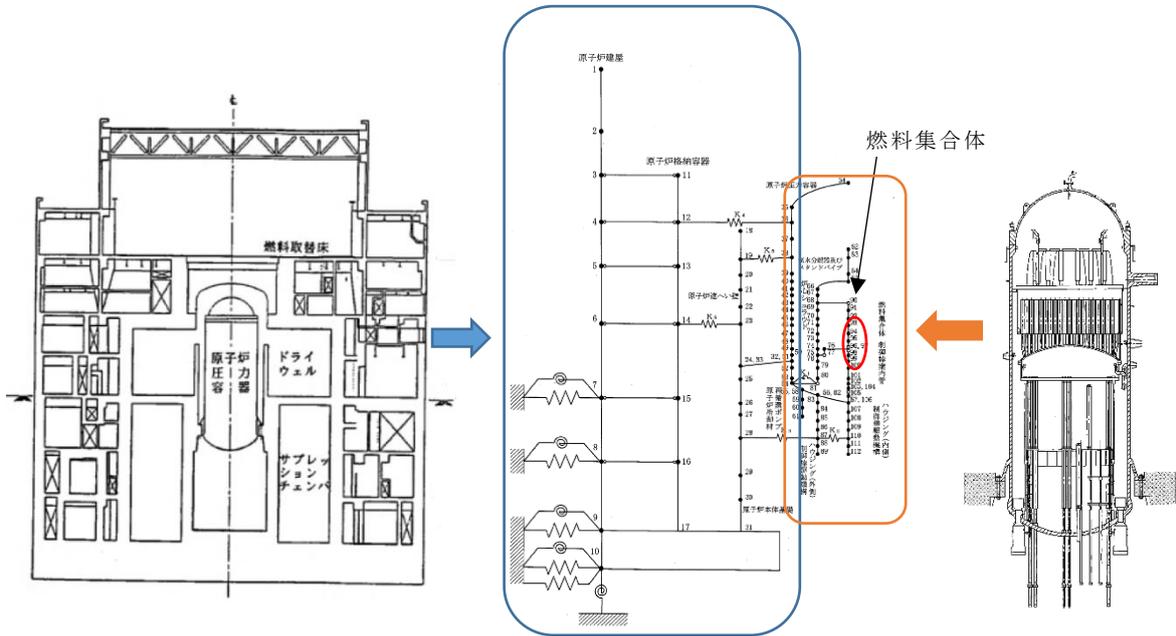
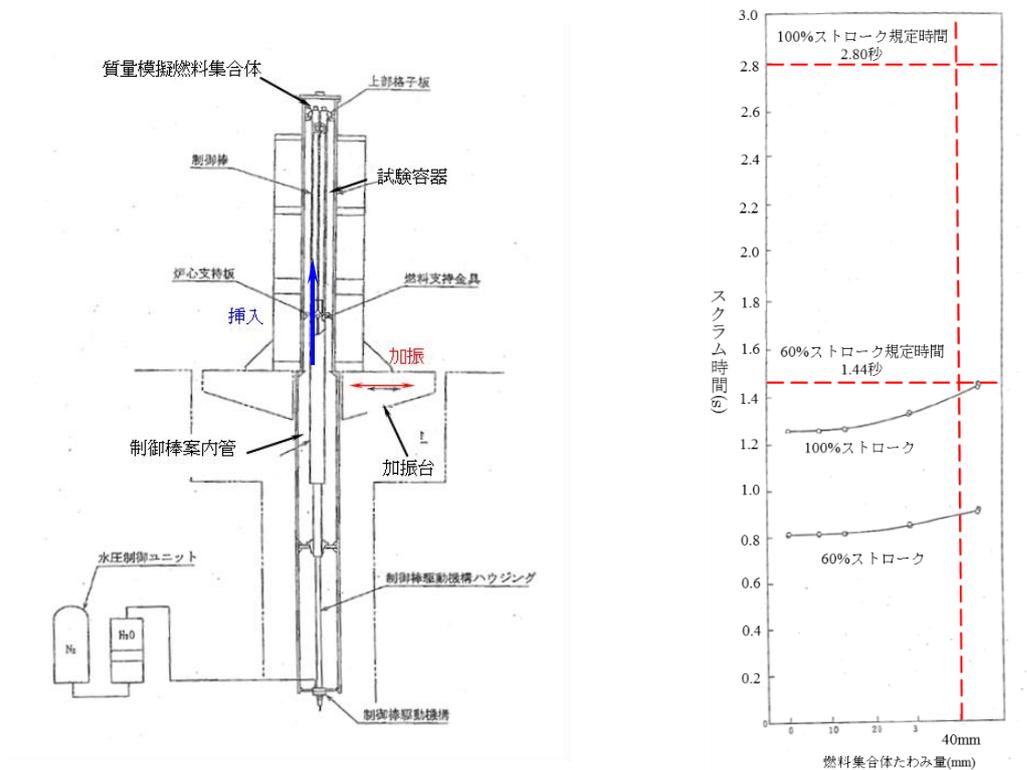


図 3-6 原子炉圧力容器及び原子炉圧力容器内部構造物の地震応答解析モデル例



< 試験装置例 >

< 試験結果イメージ >

図 3-7 制御棒挿入試験の概要

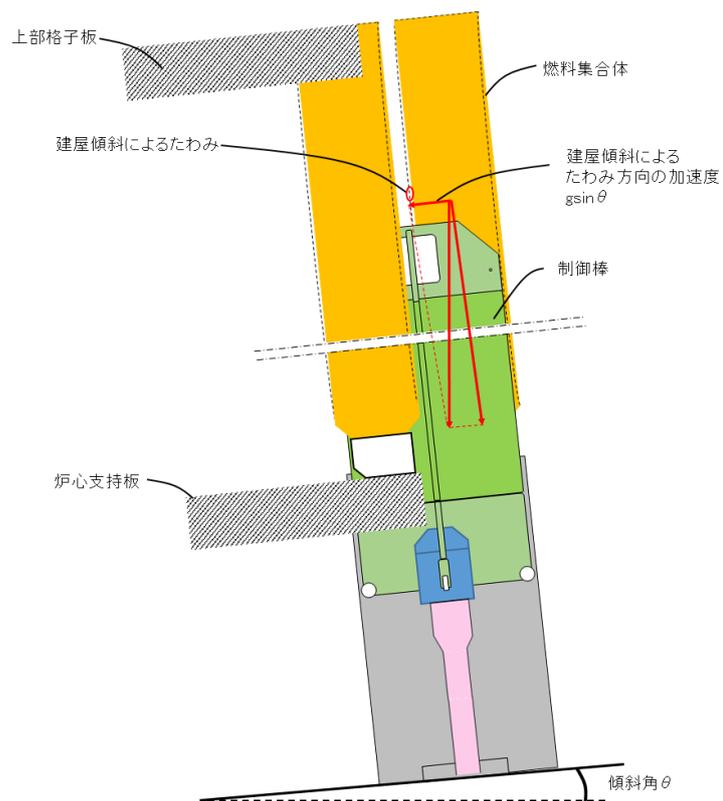


図 3-8 傾斜が発生している状況での燃料集合体のたわみのイメージ

原子炉建屋クレーン及び燃料取替機に対する影響について

1. 概要

床や壁に固定されずに設置される原子炉建屋クレーン及び燃料取替機（以下「原子炉建屋クレーン等」という。）に対する基礎地盤傾斜の影響について説明する。

2. 滑りについて

原子炉建屋クレーン等は耐震性評価においてレールと車輪間の滑りを想定した評価を実施している。具体的には、滑りが生じる方向の水平力は最大静止摩擦力以上とはならないことから、最大静止摩擦係数により水平震度を算定している。

傾斜が発生していても、最大静止摩擦係数は不変であることから、滑りが生じる方向の水平震度は、傾斜が発生していない場合と同一である。

3. 稼働性について

原子炉建屋クレーン等は耐震重要度分類がBクラスの設備であるが、使用済燃料貯蔵プール等のSクラスの設備に対して波及的影響を与えるおそれがあることから、基準地震動 S_s に対して耐震性を確認するものであり、基準地震動 S_s 相当の地震後の稼働性については期待していない。

4. 地震時の挙動について

基礎地盤傾斜は基準地震動による傾斜が支配的であり、実際に傾斜が残留するものではない。左右交互に傾斜が発生するのは地震時のゆれと同様な挙動となることから、基礎地盤傾斜による新たな損傷モードは発生しない。

5. まとめ

以上より、基礎地盤傾斜による原子炉建屋クレーン等への影響に、追加で検討すべき項目はない。

制御棒挿入性に対する影響について

1. 概要

加速度や荷重等ではなく地震時の燃料集合体のたわみ量にて評価する制御棒挿入性に対する基礎地盤傾斜の影響について説明する。

2. 制御棒挿入性関連機器の構造

制御棒挿入ラインを形成する各機器の設置状況を図 2-1 に示す。燃料集合体は下部では燃料支持金具に、上部では上部格子板に支持され、燃料支持金具は制御棒案内管上に設置され、制御棒案内管は制御棒駆動機構ハウジングを介して原子炉圧力容器に接続され、制御棒駆動機構ハウジングは原子炉圧力容器に溶接接続されている。また、制御棒は制御棒駆動機構ハウジングに内蔵された制御棒駆動機構によって駆動する。なお、柏崎刈羽原子力発電所第 7 号機では改良型制御棒駆動機構 (図 2-2 参照) が使用されている。改良型制御棒駆動機構は、通常時はモータによってボールネジを回転させることでボールナット・中空ピストンを上昇させ制御棒を挿入し、スクラム時は水圧によって中空ピストンを上昇させ制御棒を挿入する精密な駆動機構となっており、制御棒と制御棒駆動機構はボールネジ、ボールナット及び中空ピストンを介して接続されていることから、1/1000 程度の基礎地盤傾斜による影響はないと考えられる。

したがって、燃料集合体、燃料支持金具、制御棒案内管、制御棒駆動機構ハウジング、制御棒駆動機構、制御棒、原子炉圧力容器は、一体的な構造となっている。

なお、制御棒挿入性を確保するため周辺機器には下記のクリアランスが設定されている。

①制御棒挿入ラインとしての燃料集合体間のクリアランス (図 2-1 中①)

(制御棒の厚さ:)

②制御棒挿入ラインとしての燃料支持金具内の空隙の幅 (図 2-1 中②)

(制御棒の幅:)

③制御棒挿入ラインとしての制御棒案内管の内径 (図 2-1 中③)

(制御棒の幅:)

制御棒は通常運転時の全引抜状態においても、その頂部が燃料集合体に一部挿入されている状態であり、スクラム時には原子炉緊急停止系からのスクラム信号によりアキュムレータに充填された高圧水によって、制御棒は約 4m のストロークを 2.8 秒以内に強制的に挿入される。

スクラムにおける制御棒挿入時の主な抵抗要因としては以下が挙げられる。

①地震時の燃料集合体のたわみによる燃料集合体と制御棒間の摩擦力

制御棒は燃料集合体間に挿入されるため、地震力により燃料集合体がたわみ制御棒挿入ラインが変形することで、制御棒と燃料集合体の摩擦力が増加し、制御棒挿入時の抵抗となる。

②制御棒挿入ラインにおける機器のガタつきによる抵抗

制御棒挿入ラインとそれを形成する各機器の中心軸のズレ（ガタつき）が、制御棒挿入時の抵抗となる。

以上より、制御棒挿入性に対する基礎地盤傾斜の影響検討は、前述したスクラム時における制御棒挿入時の2つの抵抗要因に対して行うこととする。

3. 影響検討

3.1 燃料集合体のたわみによる燃料集合体と制御棒間の摩擦力

基礎地盤傾斜の影響により燃料集合体のたわみが新たに発生することにより、燃料集合体と制御棒の摩擦力が増えると考えられるが、両機器が制御棒のローラを介して接触している場合は摩擦力自体が小さく、ローラ以外で接触する場合でもスクラム力と比較してその摩擦力は十分に小さい値となると考えられる。

試験にて規定時間内の制御棒挿入性が確認されている燃料集合体のたわみ量は40mmである。一方、基礎地盤傾斜によるたわみ量を静的解析により算定（別紙2参照）し、基礎地盤傾斜が1/2000を超えるSs-1、Ss-7及びSs-8における最大たわみ量に加算すると14.5007mmであり、設計用地震力Iのたわみ量31.6mmに包絡され、また、40mmを下回っていることから制御棒挿入性は確保されると考えられる。

3.2 制御棒挿入ラインにおける機器のガタつきによる抵抗

制御棒挿入ラインにおける機器のうち制御棒案内管と制御棒駆動機構ハウジングの接合部は芯出しを目的としてテーパ形状及び球面座にて接触しているため、基礎地盤傾斜の影響によりその相対位置がずれることは無い（図3-1参照）。

一方、制御棒案内管と炉心支持板孔との接合部は、の嵌め合い公差が存在するため（図3-2参照）、基礎地盤傾斜によって機器が片寄せとなる可能性がある（図3-3参照）ものの、制御棒挿入試験での動的な加振力は1/1000程度の傾斜にて発生するわずかな力よりはるかに大きいものであり、従来の試験にて包絡されているとみなせる。また、嵌め合い公差は機器自体の形状によって定まる値であり、基礎地盤傾斜の影響を受けない。

そもそも、制御棒挿入ラインには、制御棒のサイズに対して数mm程度のクリアランスが存在しており（図2-1参照）、の嵌め合い公差によるガタつきが制御棒挿入性に影響を及ぼすことはない。

4. まとめ

以上より、基礎地盤傾斜により新たに発生する燃料集合体のたわみは適切に考慮されており、また機器のガタつきによる抵抗は軽微であると考えられるため、基礎地盤傾斜による制御棒挿入性への影響は適切に考慮されている。

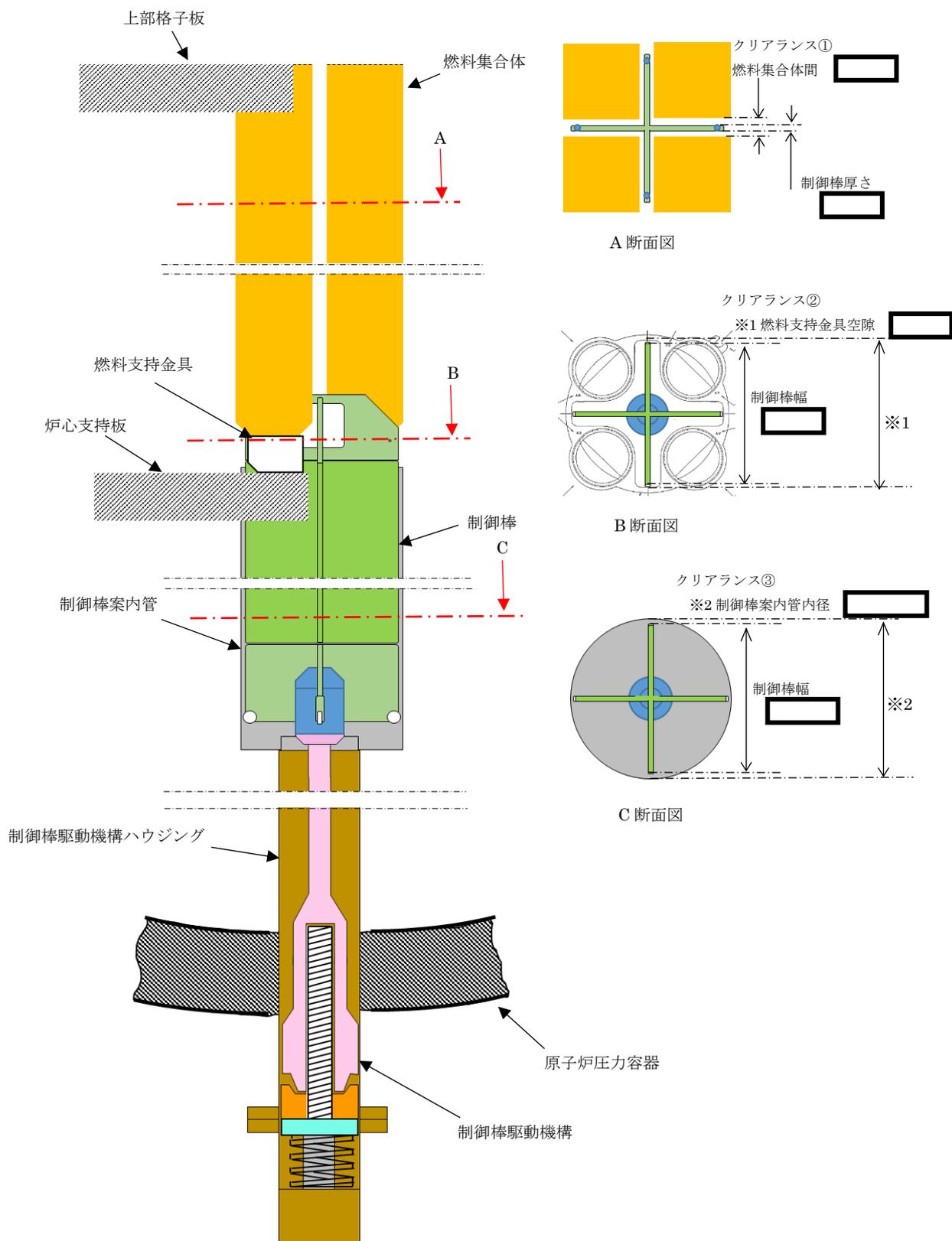


図 2-1 制御棒挿入ライン関連機器配置概念図

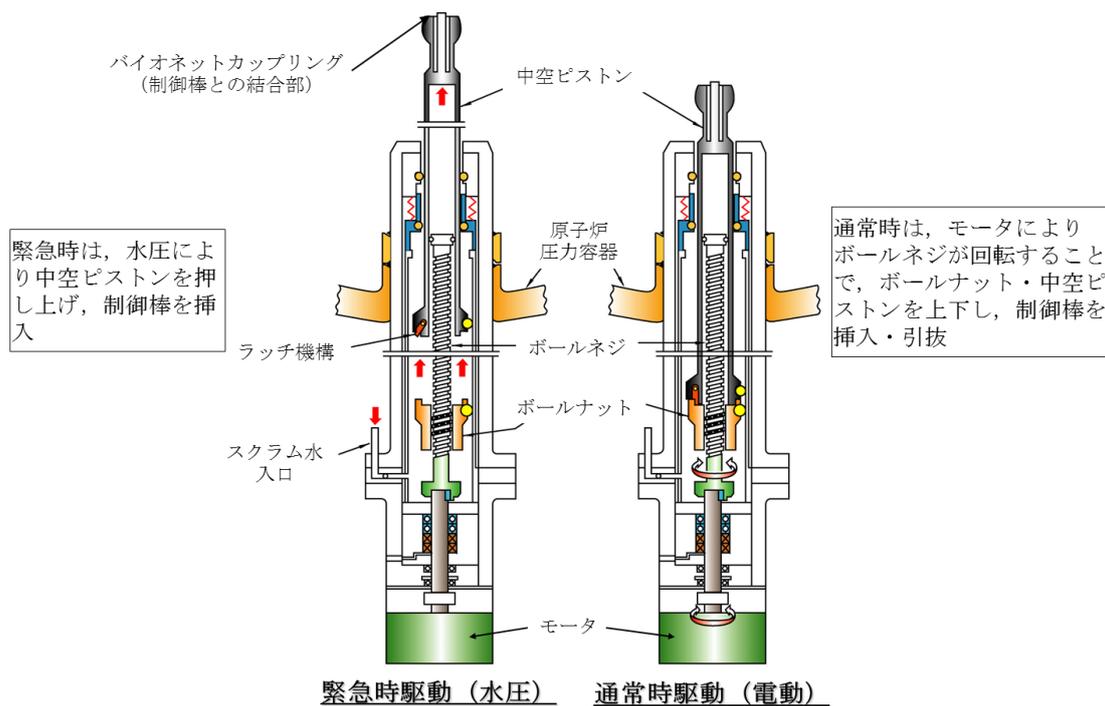


図 2-2 改良型制御棒駆動機構 動作概念図

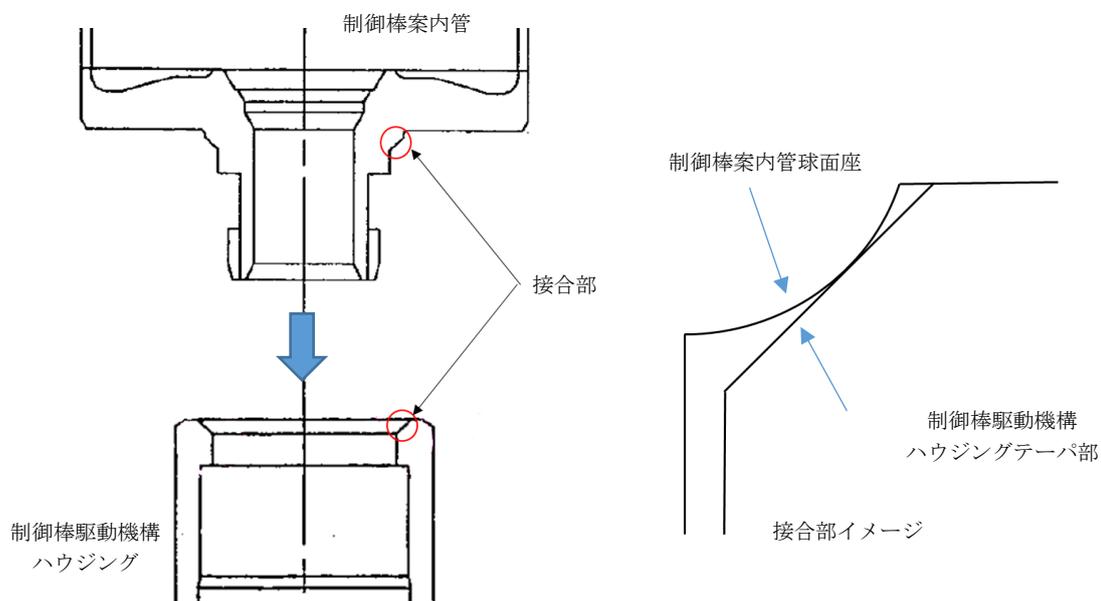


図 3-1 制御棒案内管・制御棒駆動機構ハウジング接合部概念図

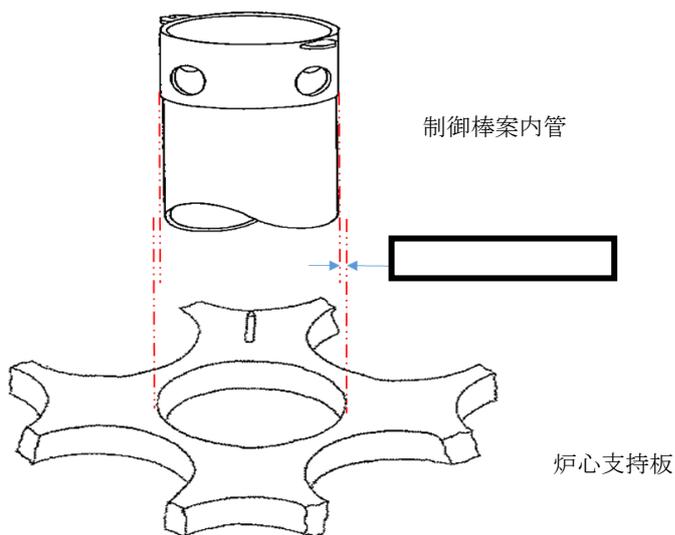


図 3-2 制御棒案内管・炉心支持板接合部概念図

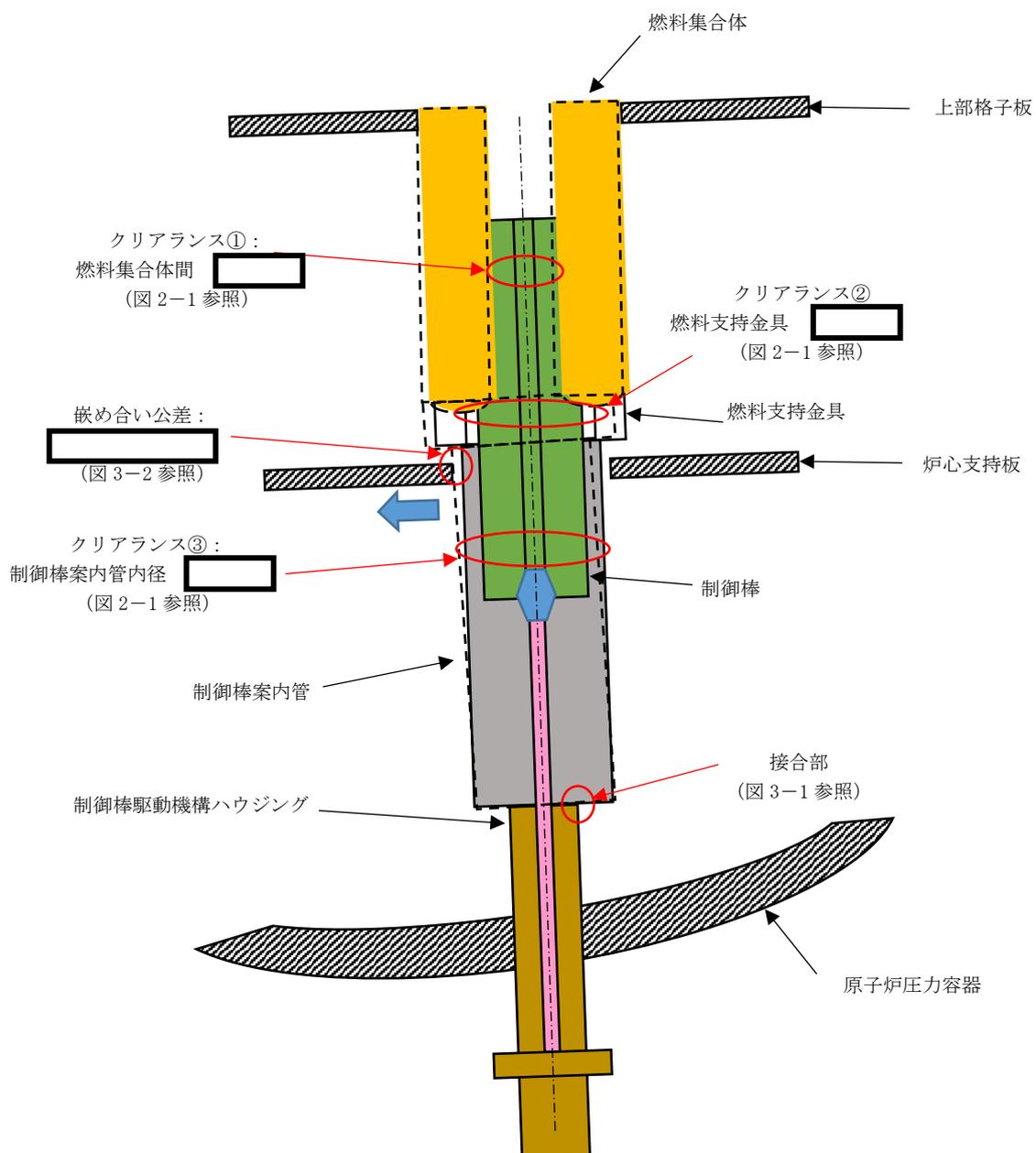


図 3-3 基礎地盤傾斜時における機器のガタつきの発生状況 (イメージ)

隣接建屋による影響を考慮した耐震性についての計算書
に関する補足説明資料

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 既往の文献に基づく検討	3
2.1.1 試験概要	3
2.1.2 地盤物性	7
2.1.3 地震観測記録	9
2.1.4 建屋応答の比較	10
2.1.5 検討結果	11
2.2 3次元 FEM モデルを用いた検討	12
2.2.1 検討概要	12
2.2.2 地盤のモデル化	14
2.2.3 隣接建屋のモデル化	15
2.2.4 検討用地震動及び解析条件	16
2.2.5 検討結果	17
2.3 既往の知見に基づく検討のまとめ	21
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	22
3.1 建物・構築物への影響検討	22
3.1.1 検討概要	22
3.1.2 解析ケース	23
3.1.3 建屋のモデル化	27
3.1.4 地盤のモデル化	39
3.1.5 検討用地震動	43
3.1.6 解析結果	44
3.1.7 床応答スペクトル	68
3.2 機器への影響検討	83
4. まとめ	84
4.1 既往の知見に基づく検討結果	84
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	85
4.2.1 建物・構築物への影響	85
4.2.2 機器への影響	85

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

V-2-2-別添 2「隣接建屋による影響を考慮した耐震性についての計算書」の記載内容を補足するものである。

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。

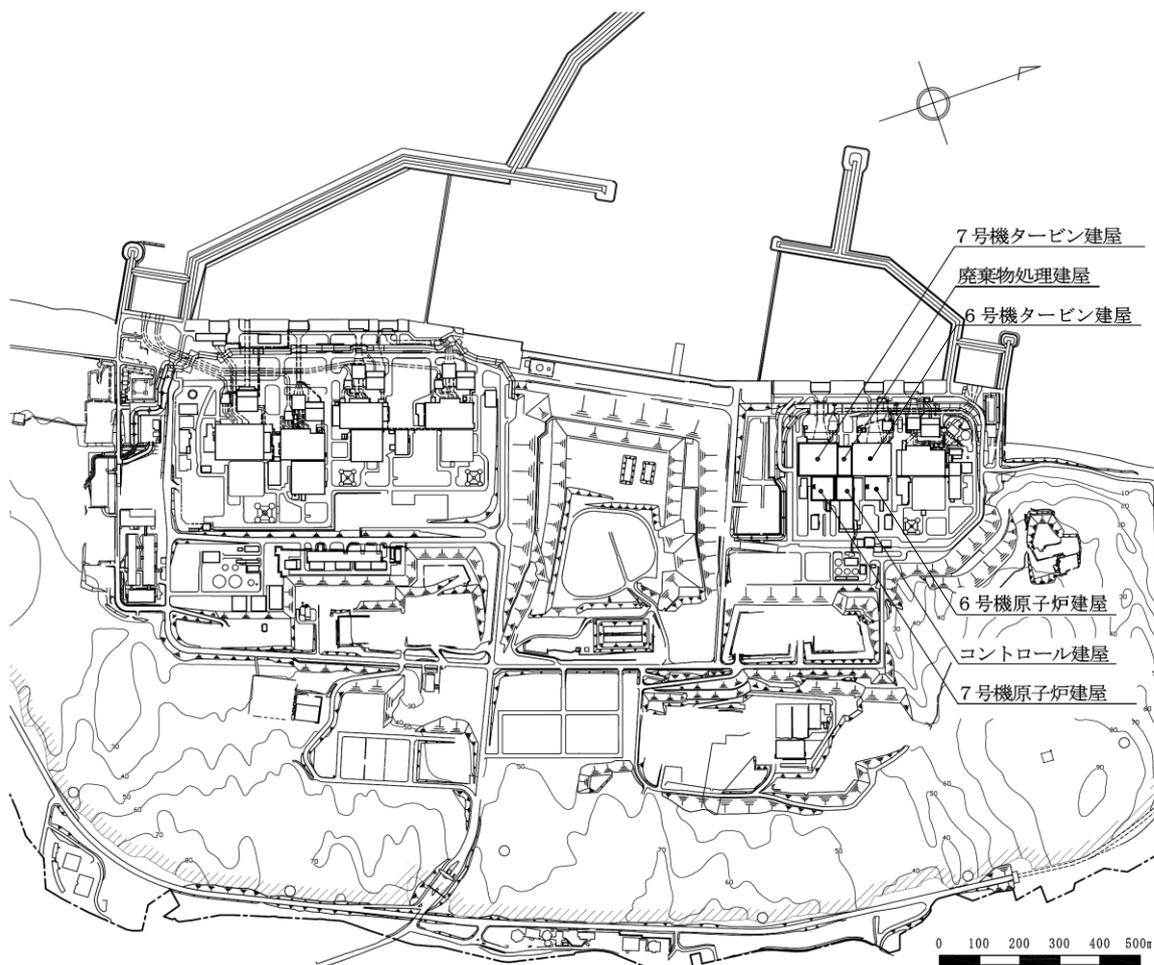


図1-1 柏崎刈羽原子力発電所 第7号機の配置図

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-2-10-2-2-1 「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

本章では、既往の知見に基づく検討として、「2.1 既往の文献に基づく検討」及び「2.2 3次元 FEM モデルを用いた検討」を実施し、隣接建屋の影響について考察する。

2.1 既往の文献に基づく検討

(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。

2.1.1 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。

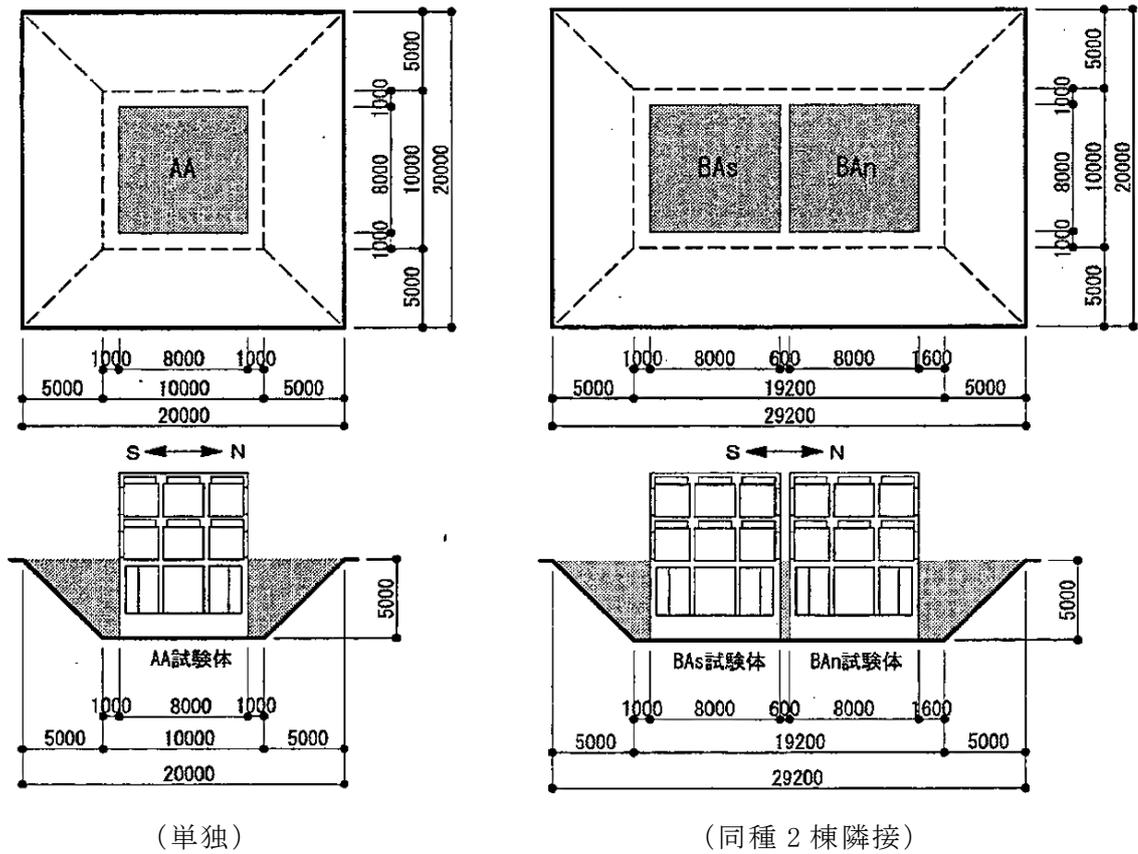


図 2-1 試験体の概要¹⁾

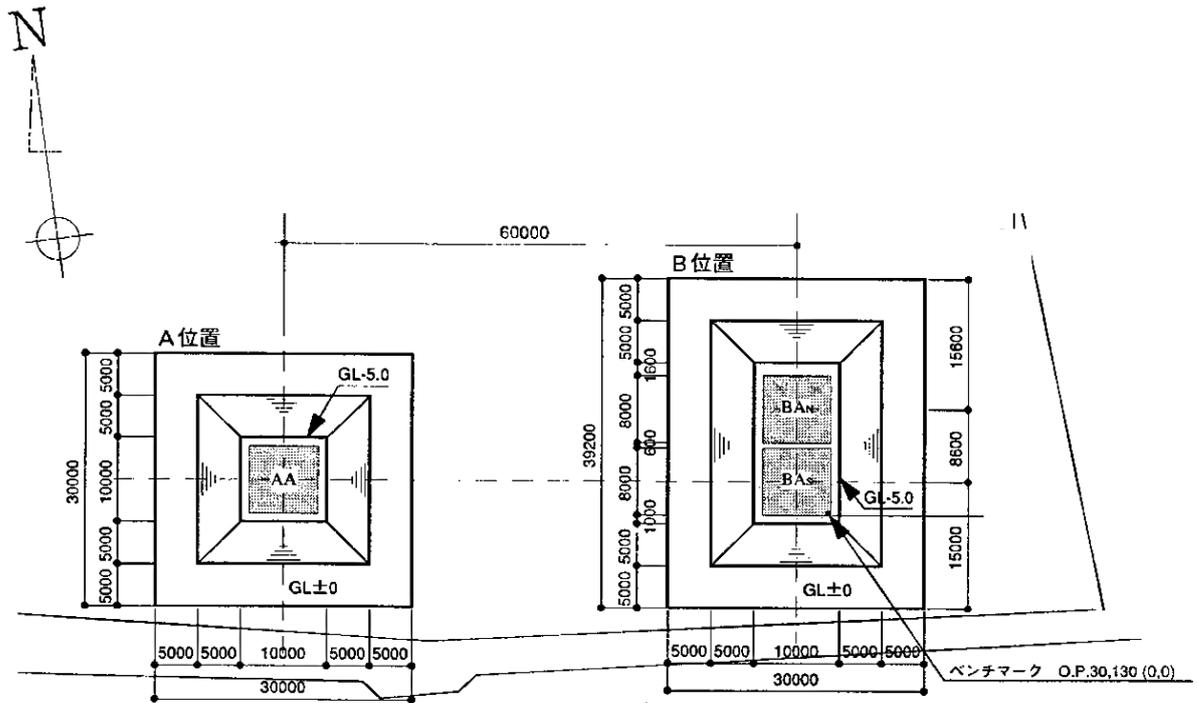


図 2-2 試験体の配置図¹⁾

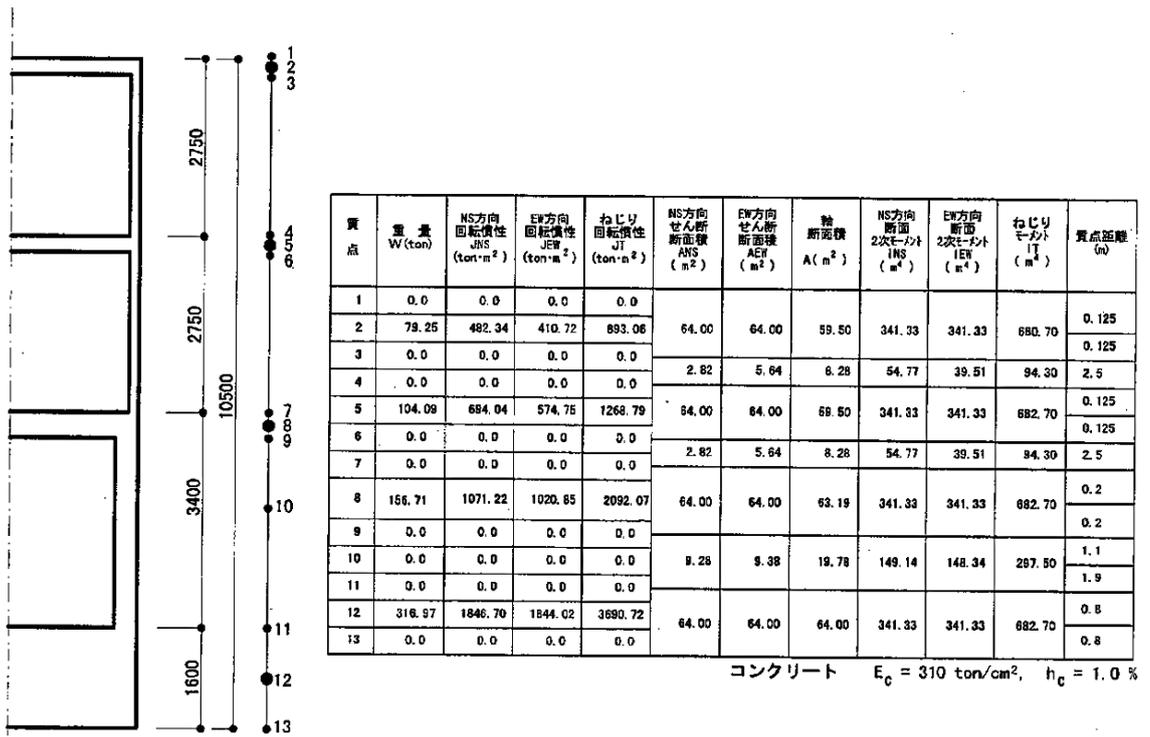


図 2-3 試験体建屋諸元¹⁾

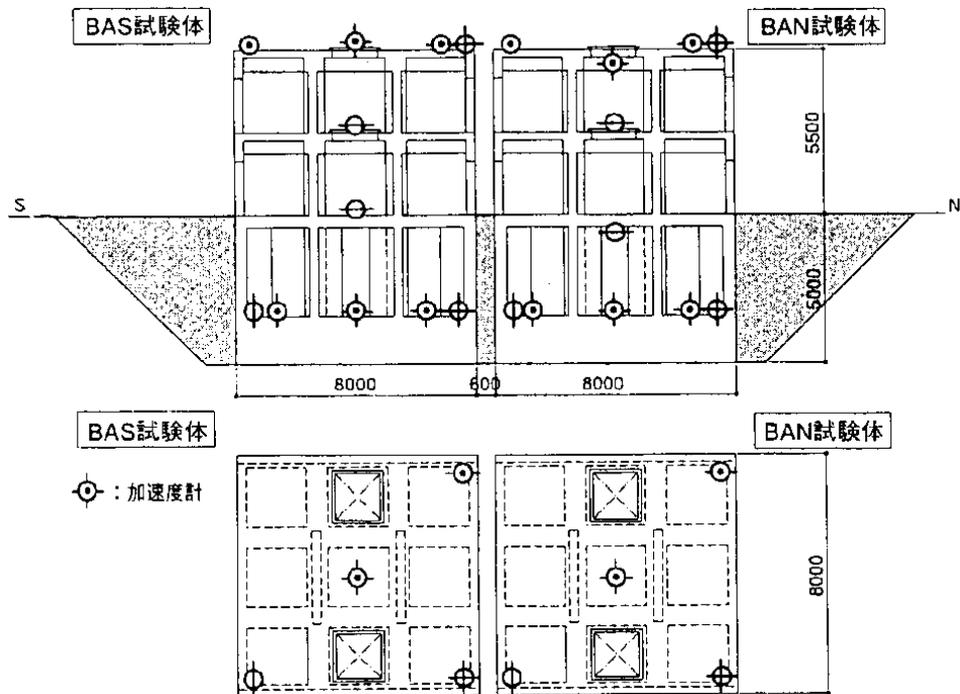
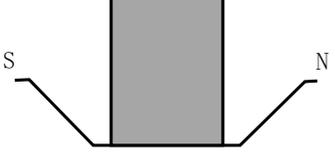
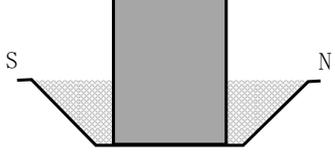
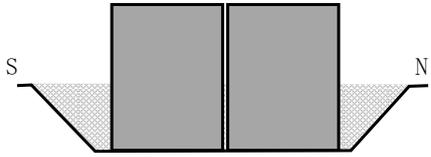


図 2-4 試験体内の加速度計配置図 (BAS, BAN 試験体)¹⁾

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		

2.1.2 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

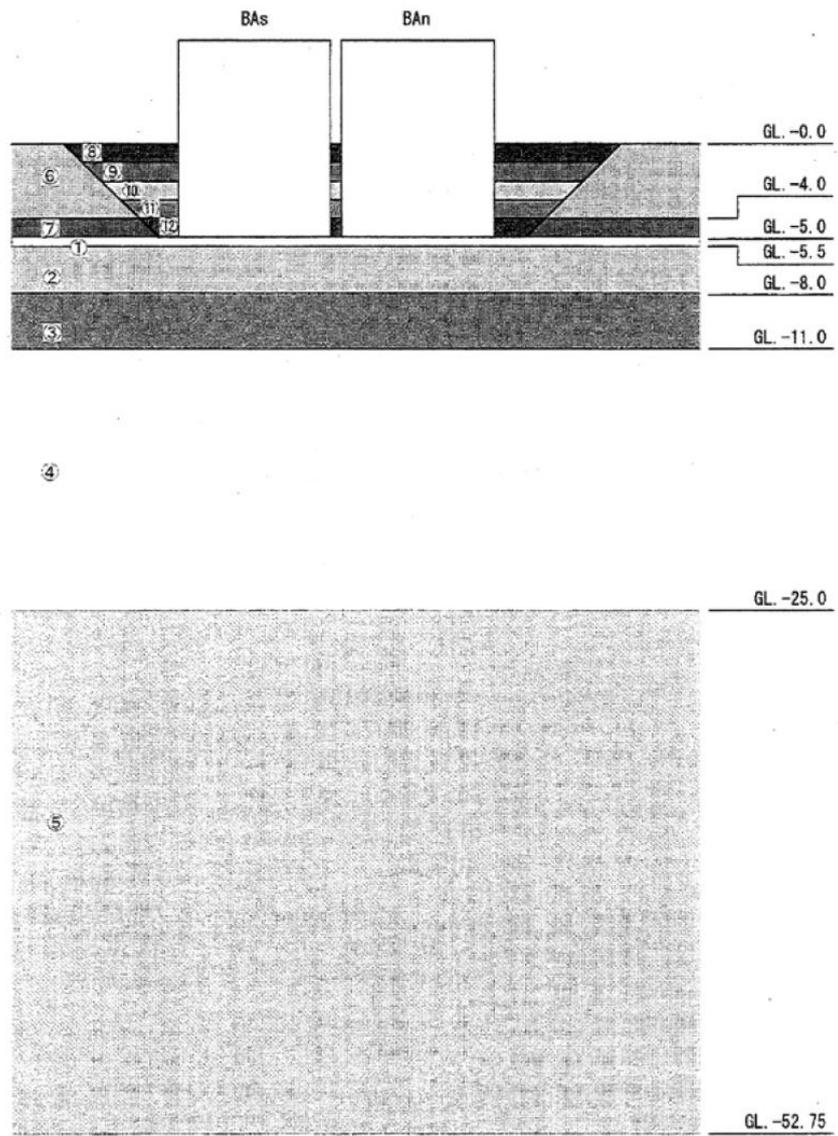


図 2-5 地盤層番号図¹⁾

2.1.3 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

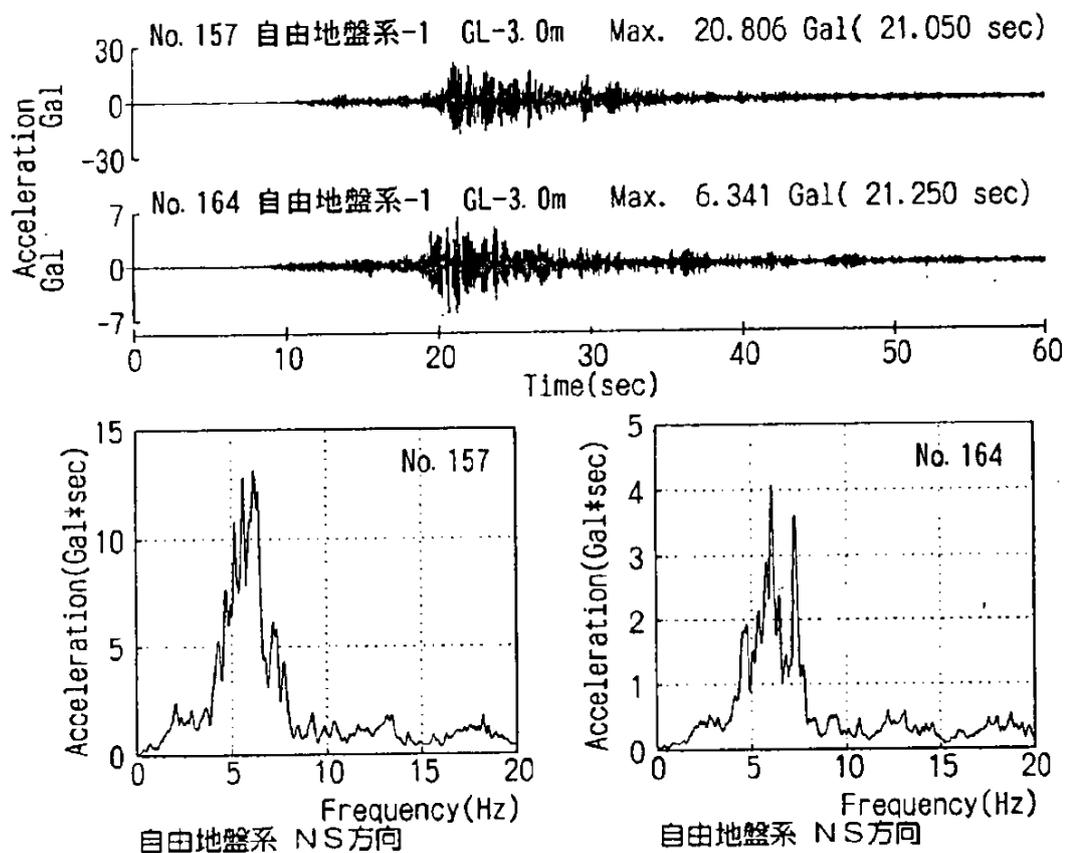


図 2-6 地震観測記録の自由地盤での加速度時刻歴波形及びフーリエスペクトル²⁾

2.1.4 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。

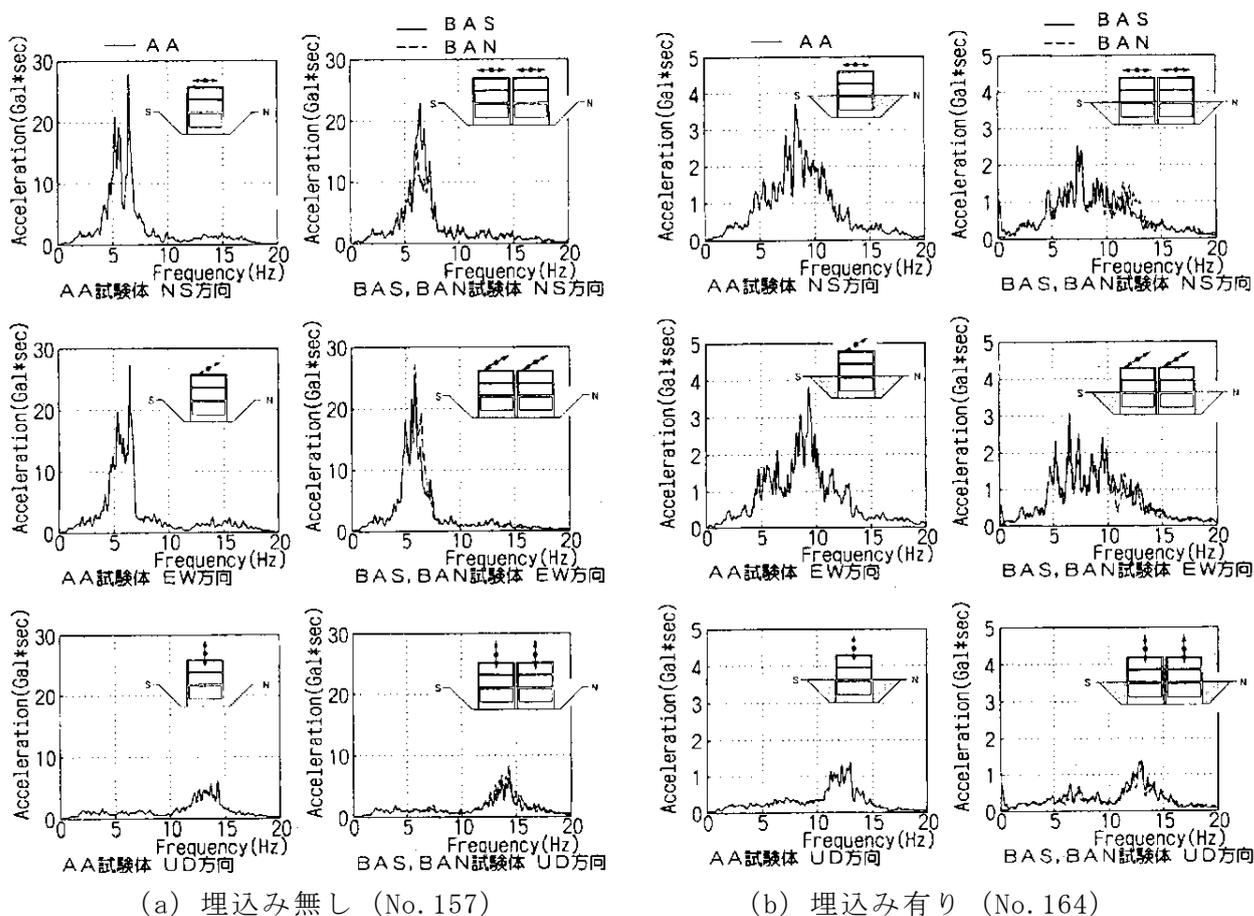


図2-7 建屋観測結果の比較（単独と同種2棟隣接）²⁾

2.1.5 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。

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

2.2 3次元 FEM モデルを用いた検討

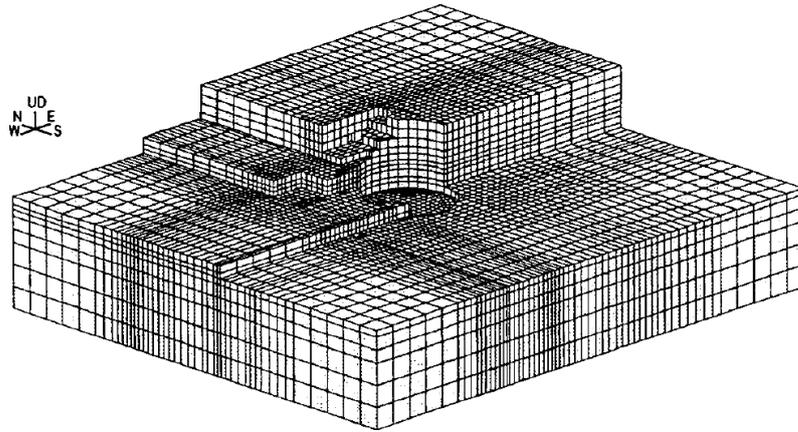
中村ら³⁾は隣接建屋が建屋応答に与える影響を把握するため、3次元 FEM モデルを用いた検討を実施している。

2.2.1 検討概要

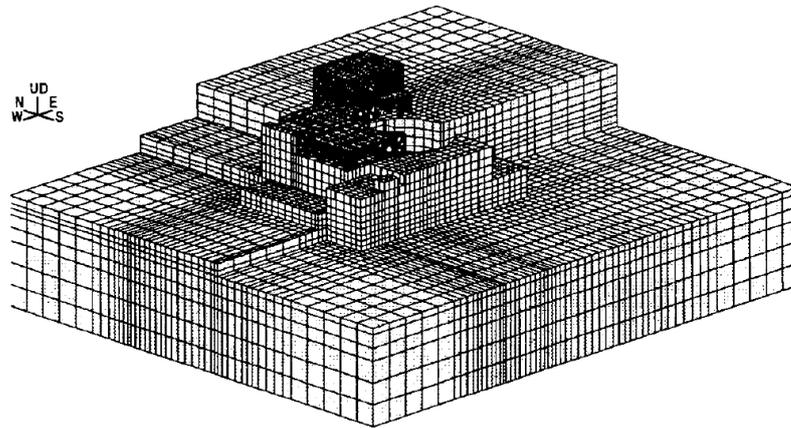
本検討では、図 2-8 に示すような隣接建屋（原子炉補助建屋（A/B））を考慮しないモデルと隣接建屋を考慮したモデルの2種類の3次元 FEM モデルを構築し評価対象である原子炉建屋（R/B）の基礎底面における地盤インピーダンス*及び基礎入力動の加速度応答スペクトルを比較することで、隣接建屋が地震応答解析に用いる建屋-地盤連成モデル及び入力地震動に与える影響を確認している。

なお、本検討は $V_s=1650$ m/s の硬質な岩盤に直接支持される原子力施設を対象に実施されている。

注記*：地盤-建物間の相互作用を考慮した、基礎底面における動的地盤ばね（剛性と減衰）であり、振動数依存性を有する複素数となる。（図 2-9）

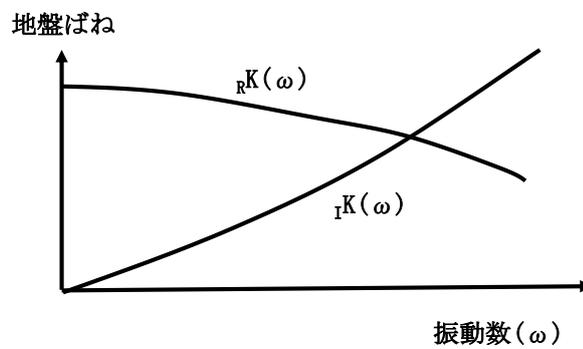


(a) 隣接建屋非考慮



(b) 隣接建屋考慮

図 2-8 3次元 FEM モデル³⁾



$rK(\omega)$: 実数部, $iK(\omega)$: 虚数部

図 2-9 地盤ばねの近似

2.2.2 地盤のモデル化

本検討で使用する地盤 FEM モデルの形状を図 2-10 に示す。地盤はソリッド要素でモデル化されている。地盤は硬質で一様な物性の岩盤とし、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、線形材料とされている。地盤物性を表 2-5 に示す。

地盤の境界条件については、底面及び側面ともに粘性境界とされている。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 R/B の基礎底面の応答に与える影響を低減させるために、評価対象である R/B の基礎底面に比べて地盤 FEM モデルの平面サイズを十分に大きく設定されている（約 5~6 倍）。

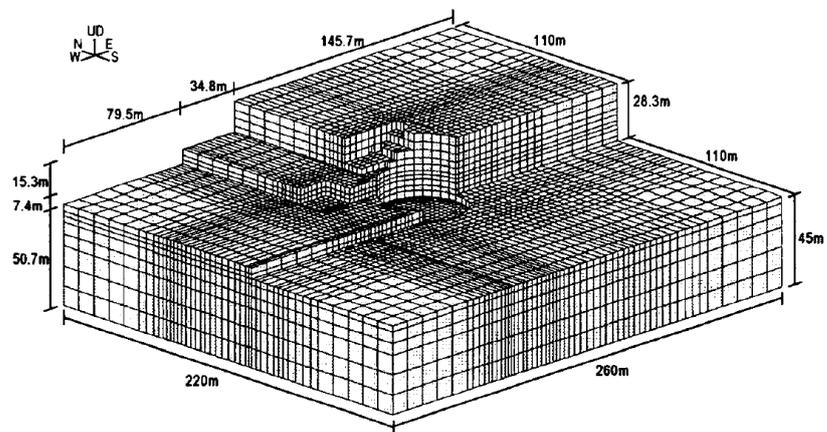


図 2-10 地盤 FEM モデル³⁾

表 2-5 地盤物性一覧³⁾

せん断波速度 V_s (m/s)	ポアソン比 ν	減衰定数 h (%)	単位体積重量 γ (t/m^3)
1650	0.40	3.0	2.6

2.2.3 隣接建屋のモデル化

本検討で使用されている隣接建屋（原子炉補助建屋（A/B））のモデル形状を図2-11に、隣接建屋の各部材のモデル化について表2-6に示す。なお、A/Bの基礎浮上りは考慮されていない。

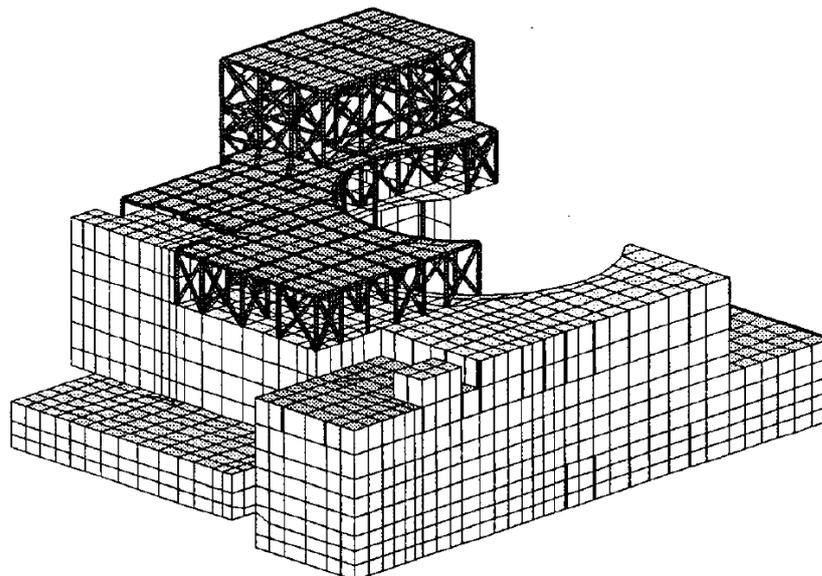


図2-11 隣接建屋（原子炉補助建屋（A/B））のモデル形状図³⁾

表2-6 原子炉補助建屋（A/B）の各部材のモデル化について

名称	部材	構成要素
原子炉補助建屋 (A/B)	壁	積層シェル要素
	スラブ	線形シェル要素
	鉄骨部	梁要素 トラス要素

2.2.4 検討用地震動及び解析条件

検討用地震動として、水平最大加速度 750 Gal の模擬地震動（図 2-12）が用いられており、入力にあたっては、地盤 FEM モデル（隣接建屋無し）の R/B 基礎底面位置の応答が検討用地震動と等価となるような補正波を作成し、地盤 FEM モデル底面に入力されている。

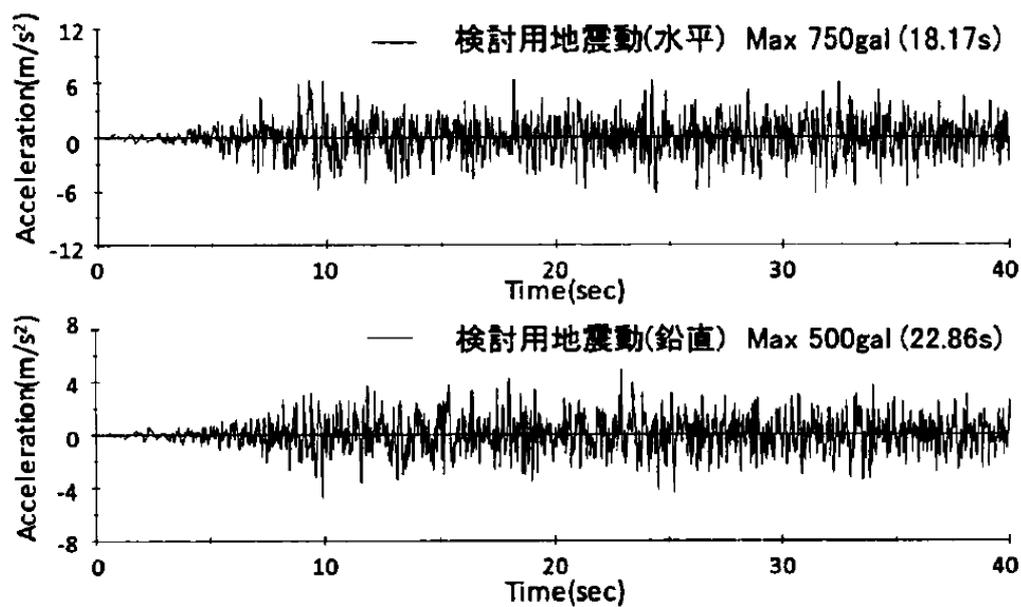


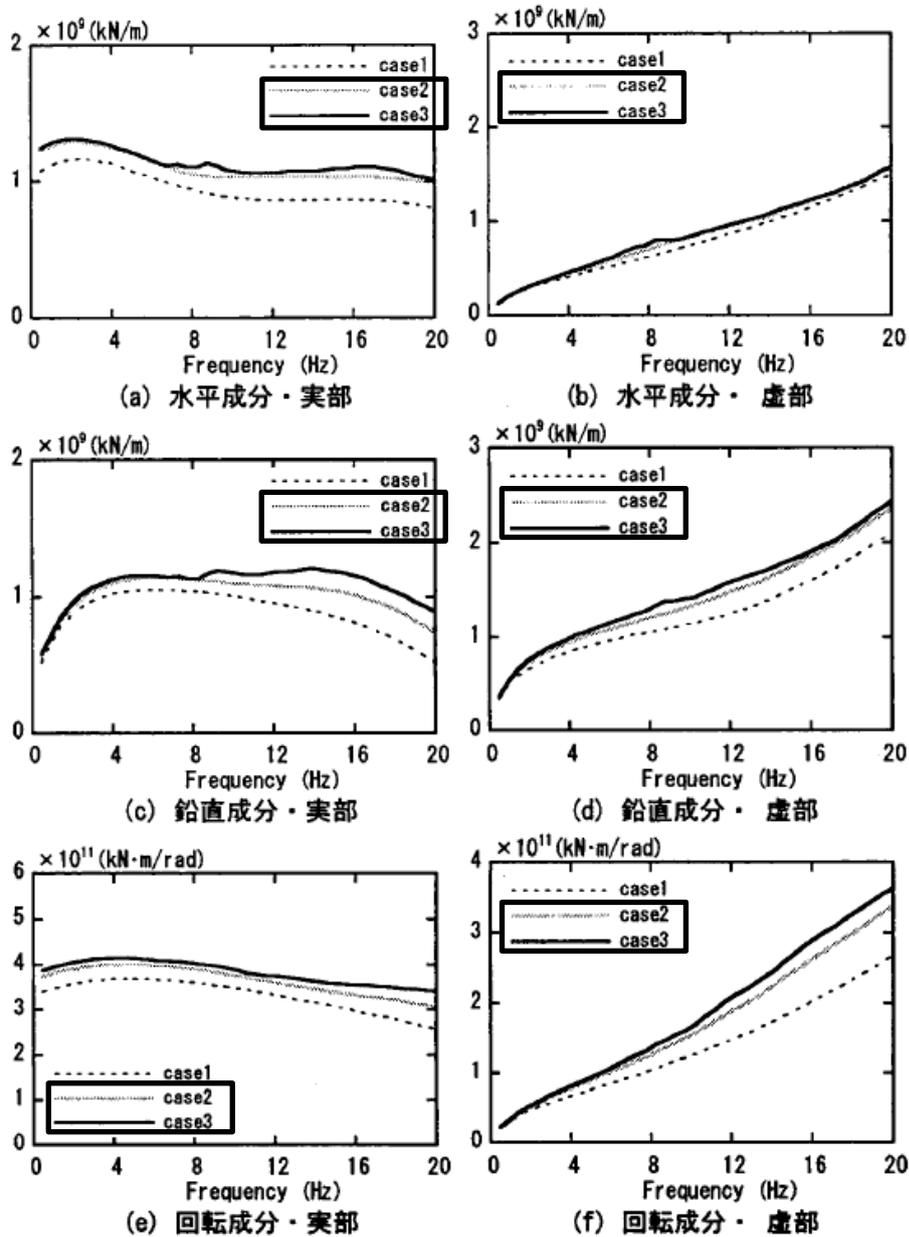
図 2-12 検討用地震動³⁾

2.2.5 検討結果

(1) 地盤インピーダンス（動的地盤ばね）の比較

検討では解析モデル間の地盤インピーダンス（動的地盤ばね）の比較が行われている。解析モデルは図 2-8 に示したモデルであり，隣接建屋を考慮しないモデルを Case2，隣接建屋を考慮するモデルを Case3 と呼称されている。検討は，水平（EW），鉛直（UD）及び回転（NS 方向周り）の 3 成分について行われている。インピーダンス算定においては，R/B の基礎底面位置の地盤表面を剛とし，インパルス加振が行われている。インパルス加振の時刻歴波と剛板の応答変位時刻歴波をフーリエ変換し，振動数領域で除算を行うことにより，地盤インピーダンスが算定されている。

図 2-13 に入力成分ごとの各ケースの地盤インピーダンスの比較を示す。Case2 及び Case3 の地盤インピーダンスは，8 Hz 近傍で隣接建屋（原子炉補助建屋（A/B））の固有振動数の影響と考えられる励起が見られ，8 Hz 以上で若干差異が見られるが，全体としては良く対応しており，地盤インピーダンス（動的地盤ばね）における隣接建屋の影響は比較的小さいと言える考察している。



☐ : 比較するケースを示す。

(Case2 : 隣接建屋を考慮しない, Case3 : 隣接建屋を考慮する)

図 2-13 地盤インピーダンスの比較³⁾

(2) 基礎入力動の加速度応答スペクトルの比較

検討では、検討用地震動による基礎入力動の評価が行われている。基礎入力動は、図 2-8 に示したモデルにおいて R/B の基礎底面に入力される地震動として定義されている。

図 2-10 の地盤 FEM モデルの底面から、「2.2.4 検討用地震動及び解析条件」の補正波を入力し、R/B の基礎底面位置の応答が比較されている。検討において設定されている解析ケースを表 2-7 に示す。水平単独入力と水平鉛直同時入力でケース分けされている。

基礎底面位置における最大加速度の比較を表 2-8 に、加速度応答スペクトルの比較を図 2-14 に示す。

検討では、比較の結果、水平・鉛直ともに Case2 と Case3 の差異は小さく、隣接建屋による基礎入力動への影響は小さいといえりと考察している。

表 2-7 解析ケース

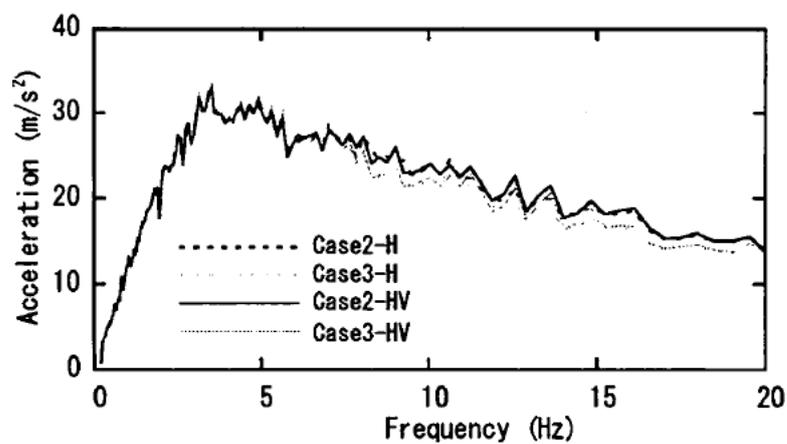
ケース名* ¹	隣接建屋考慮の有無	入力地震* ²
Case2-H	無し	H
Case3-H	有り	H
Case2-HV	無し	H+V
Case3-HV	有り	H+V

注記*1 : 隣接建屋の検討に用いているケースを示す。

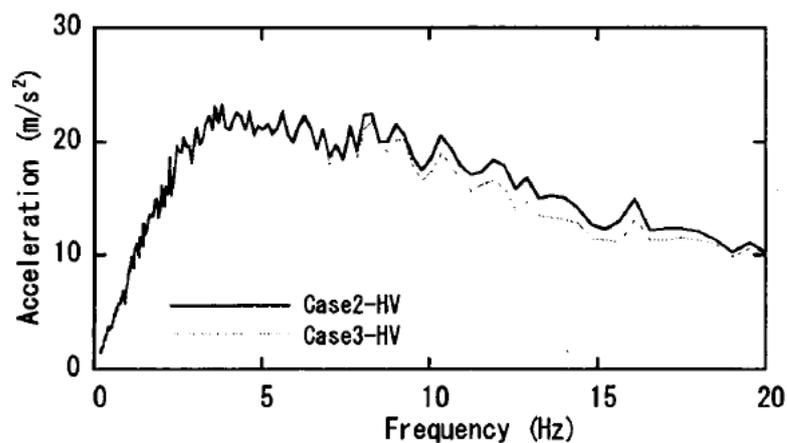
*2 : H は水平単独入力、H+V は水平鉛直同時入力を意味する。

表 2-8 基礎底面位置における最大加速度 (cm/s^2)

ケース名	水平加速度	鉛直加速度
Case2-H	609	—
Case3-H	601	—
Case2-HV	621	454
Case3-HV	618	448



(a) 水平加速度応答スペクトル



(b) 鉛直加速度応答スペクトル

図 2-14 基礎底面位置の加速度応答スペクトルの比較 ($h=1\%$)³⁾

2.3 既往の知見に基づく検討のまとめ

既往の知見に基づく検討（「2.1 既往の文献に基づく検討」及び「2.2 3次元 FEM モデルを用いた検討」）結果より，一般論として隣接建屋が建屋応答に与える影響が小さいことを確認した。

「2.1 既往の文献に基づく検討」は今回の検討とは隣接する各建屋の配置状況，建屋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，本章は参考として記載している。

「2.2 3次元 FEM モデルを用いた検討」では，隣接建屋が建屋応答に与える影響は少ないが，隣接建屋の固有振動数の影響で地盤インピーダンスに励起が見られた。この文献³⁾の結びにも記載されているが， $V_s=1650$ m/s の硬質な岩盤に直接支持される原子力施設といった，極めて限定された解析条件での結果であり，柏崎刈羽原子力発電所 第7号機における軟岩サイトでは検討条件が異なるため，文献³⁾の結果同様，隣接影響が小さくなるとは限らない。

次章では，柏崎刈羽原子力発電所 第7号機の詳細検討を実施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詳細に確認する。

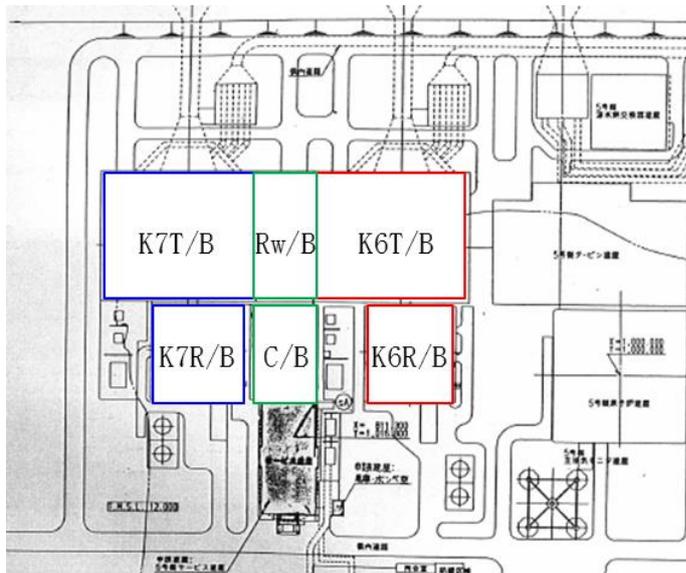
3. 柏崎刈羽原子力発電所 第7号機における隣接建屋の影響検討

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，V-2-2-別添 2-1「隣接建屋による影響を考慮した地震応答計算及び建物・構築物の耐震性についての計算書」同様に，解析コード「N A P I S O S」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。なお，6号機原子炉建屋及び6号機タービン建屋の解析モデル諸元については，形状等を考慮して7号機と同様の方針で設定している。



【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

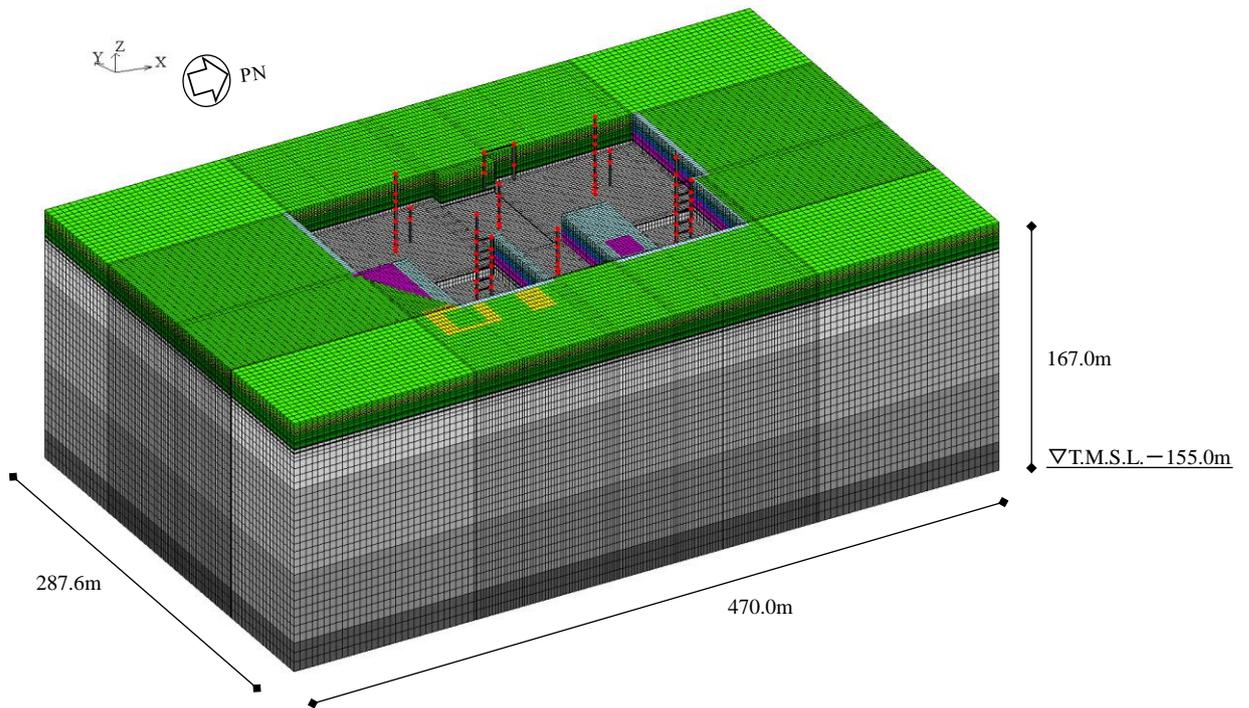
本検討における解析ケースの一覧を表 3-1 に示す。解析ケース「ALL」については、7 号機原子炉建屋（以下「K7R/B」という。）、コントロール建屋（以下「C/B」という。）、7 号機タービン建屋（以下「K7T/B」という。）、廃棄物処理建屋（以下「Rw/B」という。）、6 号機原子炉建屋（以下「K6R/B」という。）、6 号機タービン建屋（以下「K6T/B」という。）及び建屋周辺のマンメイドロック、地盤改良をモデル化して解析を実施する。解析ケース「S1」～「S4」については、K7R/B、C/B、K7T/B 及び Rw/B を単独でモデル化して解析を実施する。

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

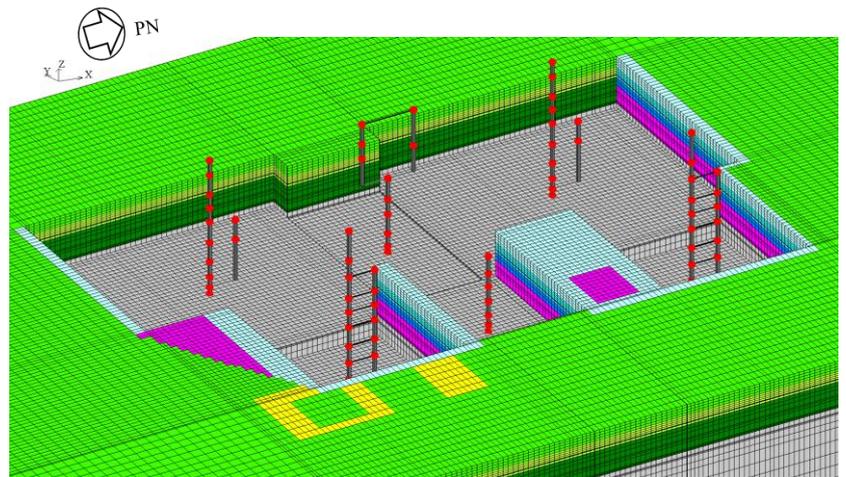
解析 ケース	モデル化する建屋
ALL	K7R/B C/B K7T/B Rw/B K6R/B K6T/B
S1	K7R/B
S2	C/B
S3	K7T/B
S4	Rw/B



注：東京湾平均海面（以下「T.M.S.L.」という。）

(a) 鳥観図：全体図

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



(b) 鳥観図：建屋部分拡大図

図 3-2 解析モデルの概要：解析ケース ALL

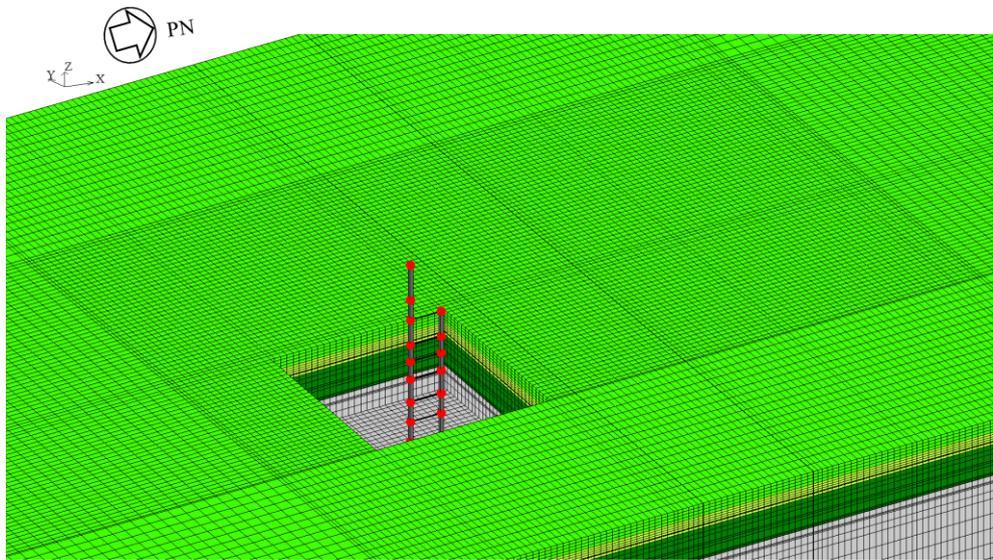


図 3-3 解析モデルの概要：解析ケース S1 (K7R/B 単独)

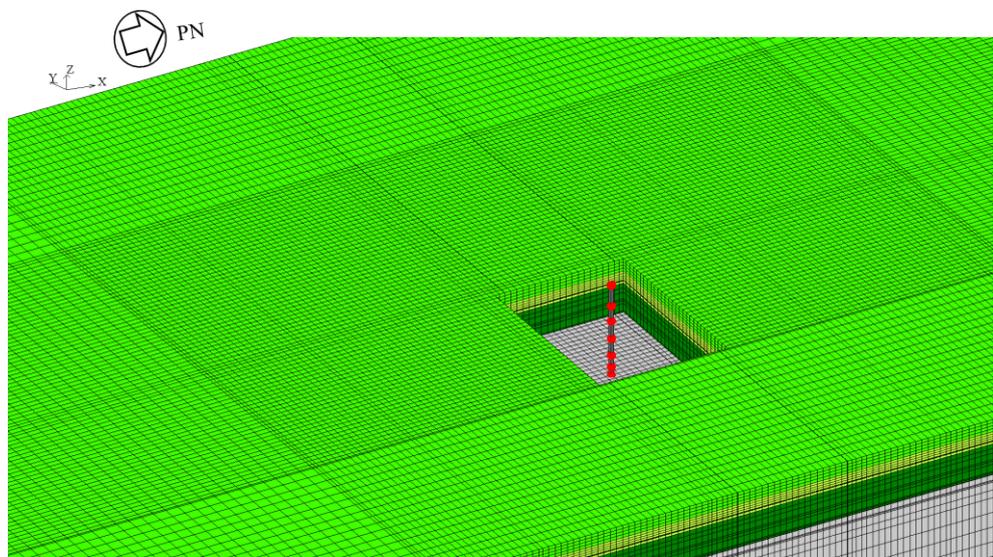


図 3-4 解析モデルの概要：解析ケース S2 (C/B 単独)

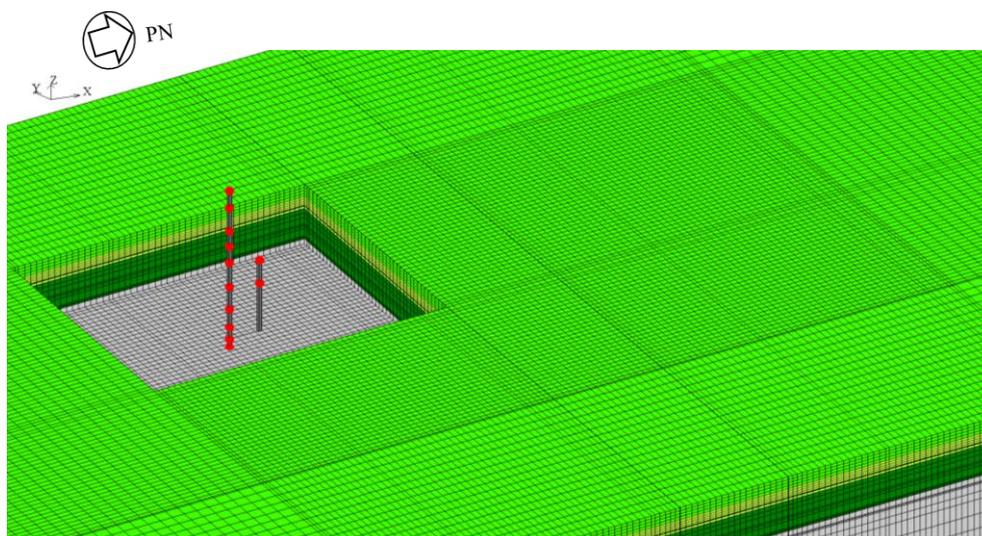


図 3-5 解析モデルの概要：解析ケース S3 (K7T/B 単独)

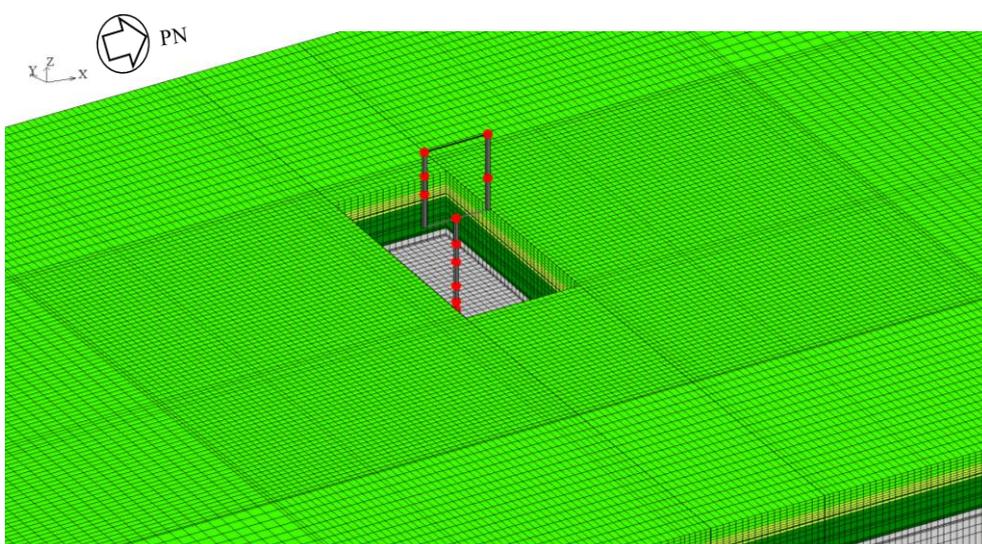


図 3-6 解析モデルの概要：解析ケース S4 (Rw/B 単独)

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」及び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。

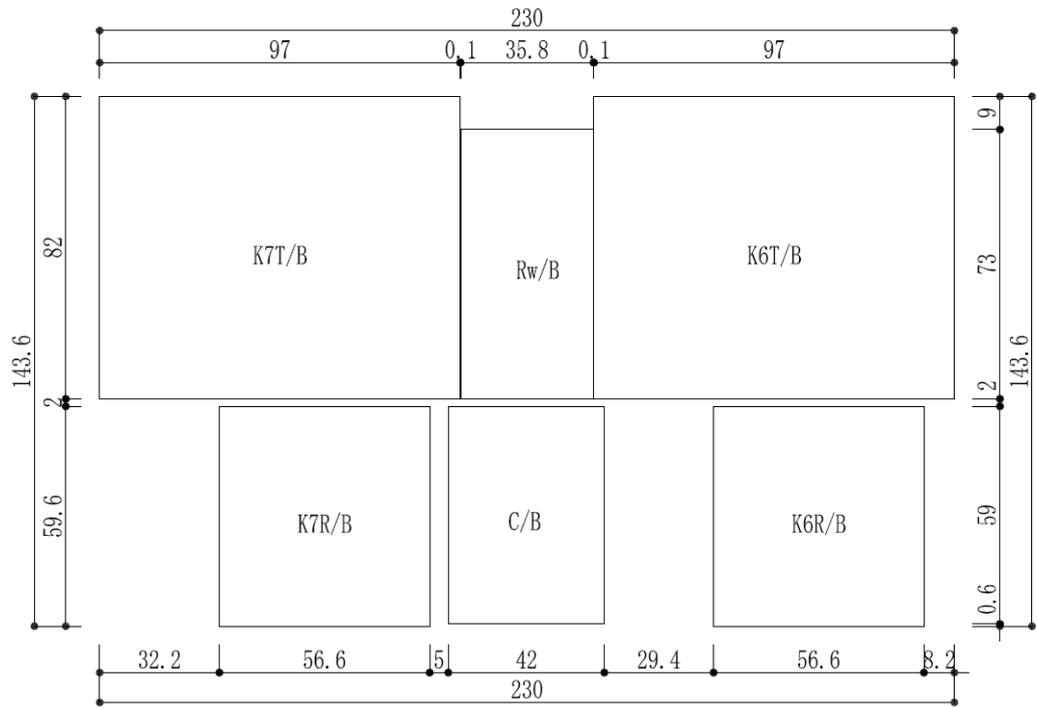
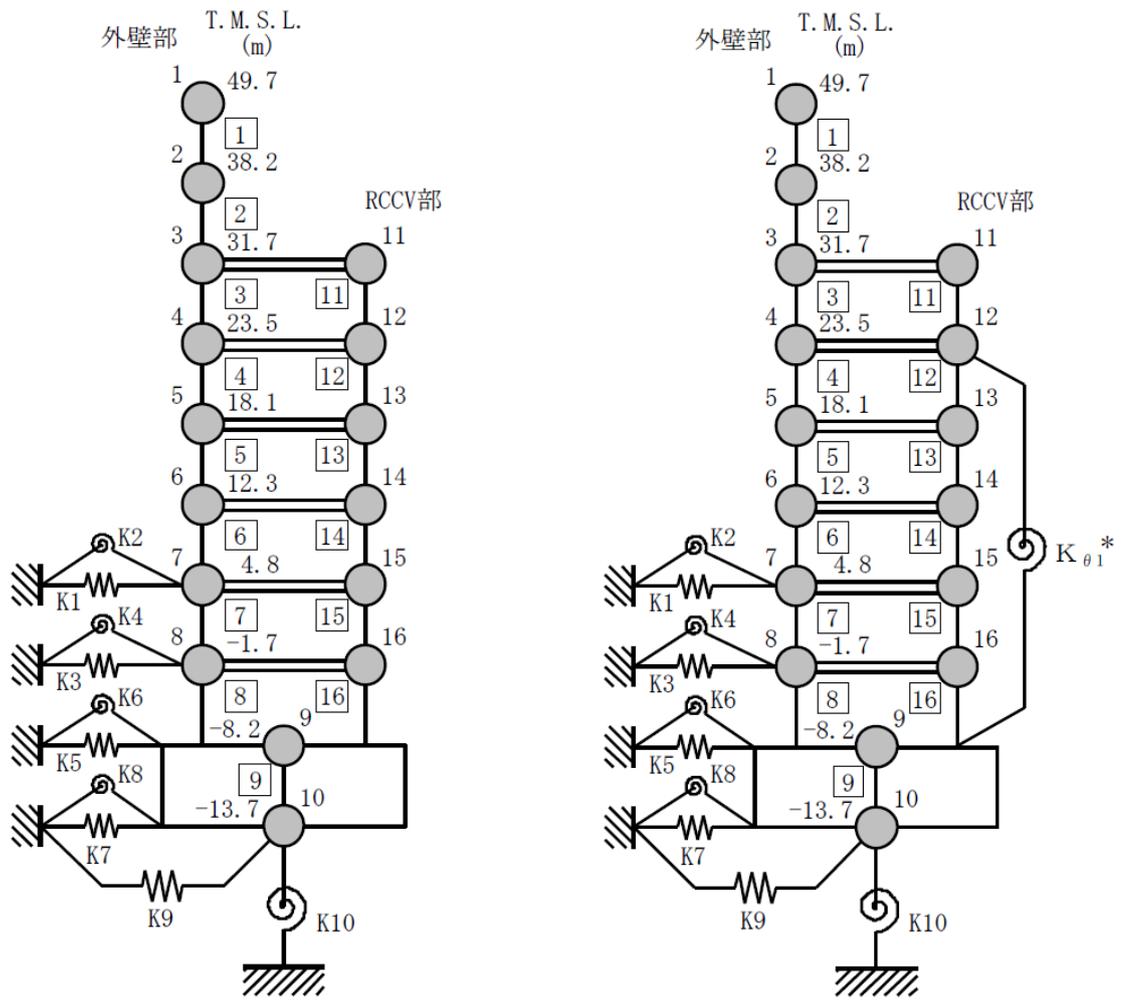


図 3-7 各建屋の解析モデルの基礎寸法及び全体配置図 (単位 : m)



注記*：原子炉格納容器コンクリート部（以下「RCCV」という。）回転ばね

(a) NS 方向

(b) EW 方向

図 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%

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%
 基礎形状 56.6m(NS方向) × 59.6m(EW方向)
 × 5.5m (厚さ)

(b) EW 方向

質点番号	質点重量 W (kN)	回転慣性重量 I_G ($\times 10^5 \text{kN}\cdot\text{m}^2$)	部材 番号	せん断 断面積 A_s (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%
 回転ばね $K_{\theta 1}$ 1.97×10^{10} (kN·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%
 基礎形状 56.6m(NS方向) × 59.6m(EW方向)
 × 5.5m (厚さ)

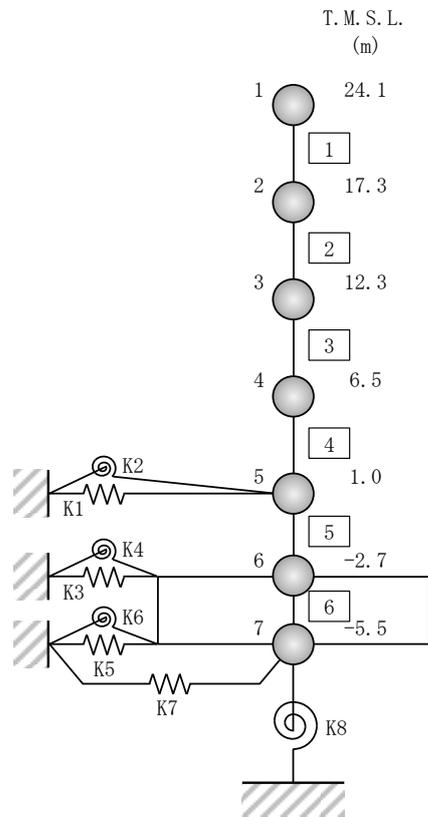


図 3-9 C/B の建屋モデル

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) × 2.8m(厚さ)

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 (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) × 2.8m(厚さ)

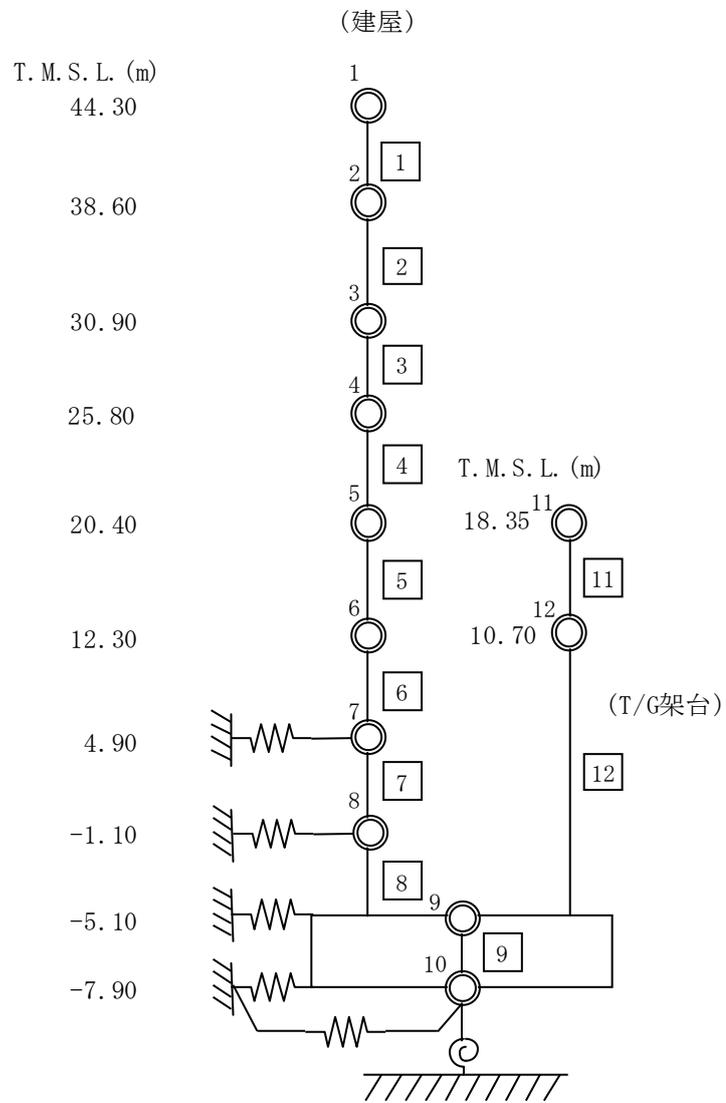


図 3-10 K7T/B の建屋モデル

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 ($\times 10^2 \text{kN} \cdot \text{m}^2$)	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 ($\times 10^2 \text{kN} \cdot \text{m}^2$)	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 ($\times 10^2 \text{kN} \cdot \text{m}^2$)	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 ($\times 10^2 \text{kN} \cdot \text{m}^2$)	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 $2.88 \times 10^7 (\text{kN}/\text{m}^2)$
 せん断弾性係数 G $1.20 \times 10^7 (\text{kN}/\text{m}^2)$
 ポアソン比 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 $2.79 \times 10^7 (\text{kN}/\text{m}^2)$
 せん断弾性係数 G $1.16 \times 10^7 (\text{kN}/\text{m}^2)$
 ポアソン比 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 $2.65 \times 10^7 (\text{kN}/\text{m}^2)$
 せん断弾性係数 G $1.13 \times 10^7 (\text{kN}/\text{m}^2)$
 ポアソン比 ν 0.167
 減衰 h 2%

基礎形状

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

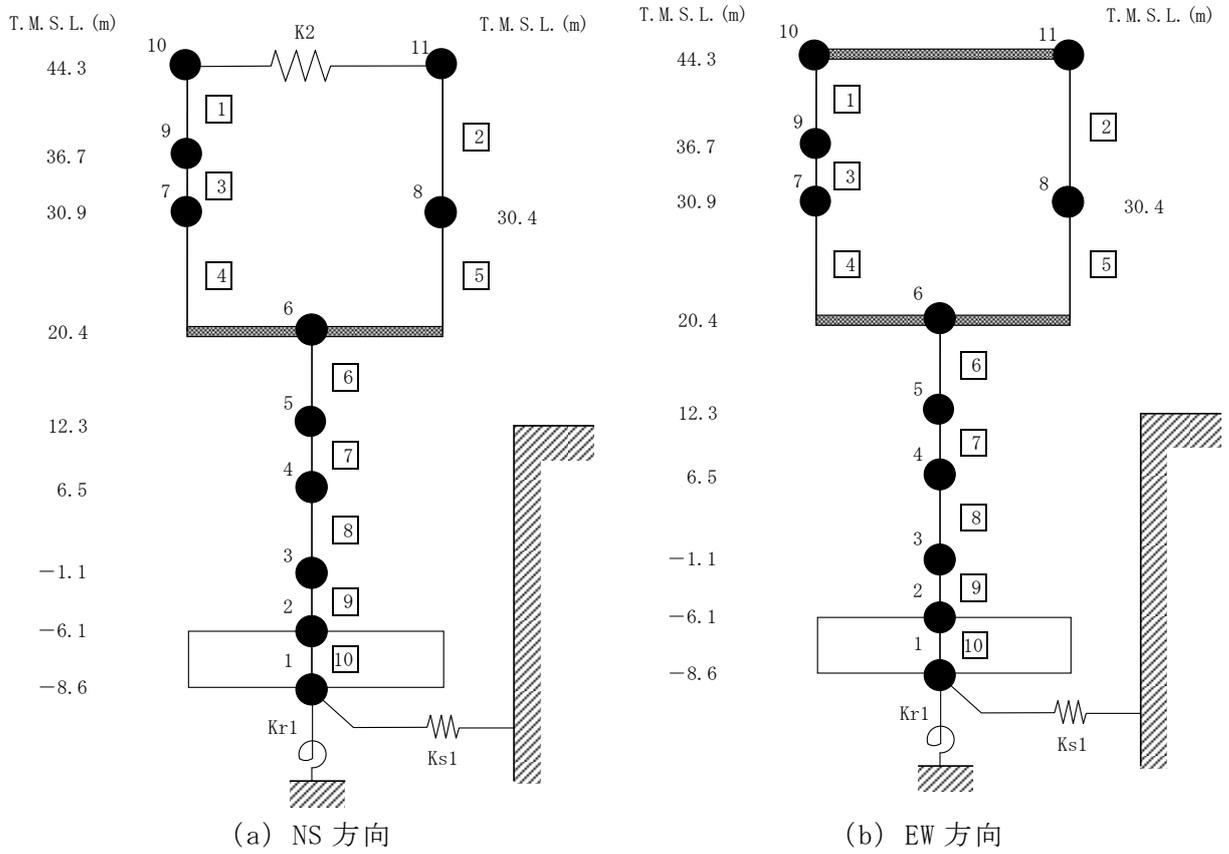


図 3-11 Rw/B の建屋モデル

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

質点番号
重量 (kN)
回転慣性重量 ($\times 10^6$ kN・m)

(ii) セン断断面積・断面二次モーメント

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

①コンクリート部 建屋
 ヤング係数 E 2.88 $\times 10^4$ (N/mm²)
 セン断弾性係数 G 1.20 $\times 10^4$ (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 $\times 10^4$ (N/mm²)
 セン断弾性係数 G 1.16 $\times 10^4$ (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 $\times 10^5$ (N/mm²)
 セン断弾性係数 G 7.90 $\times 10^4$ (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) \times 2.5m(厚さ)

K_2 : 屋根トラス部せん断ばね 2.96×10^5 (kN/m)

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	
	10	11
44.3	33020	-
	0.4	
36.7	9	-
	21950	
	0.6	
30.9	7	-
	33800	
	1.3	
30.4	-	8
	-	
	19940	
20.4	6	-
	125570	
	115.5	
12.3	5	-
	167720	
	67.4	
6.5	4	-
	185670	
	78.2	
-1.1	3	-
	209330	
	86.1	
-6.1	2	-
	138300	
	66.5	
-8.6	1	-
	76880	
	34.2	

質点番号
重量 (kN)
回転慣性重量 ($\times 10^6 \text{ kN} \cdot \text{m}^2$)

(ii) セン断断面積・断面二次モーメント

T. M. S. L. (m)	建屋	
	1	2
44.3	1	0.03
	0.40	
36.7	3	-
	0.49	
	-	
30.9	4	-
	47.9	
30.4	5	-
	1775	
	24.6	
20.4	6	-
	187.7	
	82380	
12.3	7	-
	329.8	
	163990	
6.5	8	-
	381.7	
	214550	
-1.1	9	-
	416.2	
	228710	
-6.1	10	-
	2613.4	
	1160600	

①コンクリート部 建屋
ヤング係数 E 2.88 $\times 10^4$ (N/mm²)
せん断弾性係数 G 1.20 $\times 10^4$ (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 $\times 10^4$ (N/mm²)
せん断弾性係数 G 1.16 $\times 10^4$ (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 $\times 10^5$ (N/mm²)
せん断弾性係数 G 7.90 $\times 10^4$ (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) \times 2.5m(厚さ)

部材番号
せん断断面積 (m ²)
断面二次モーメント (m ⁴)

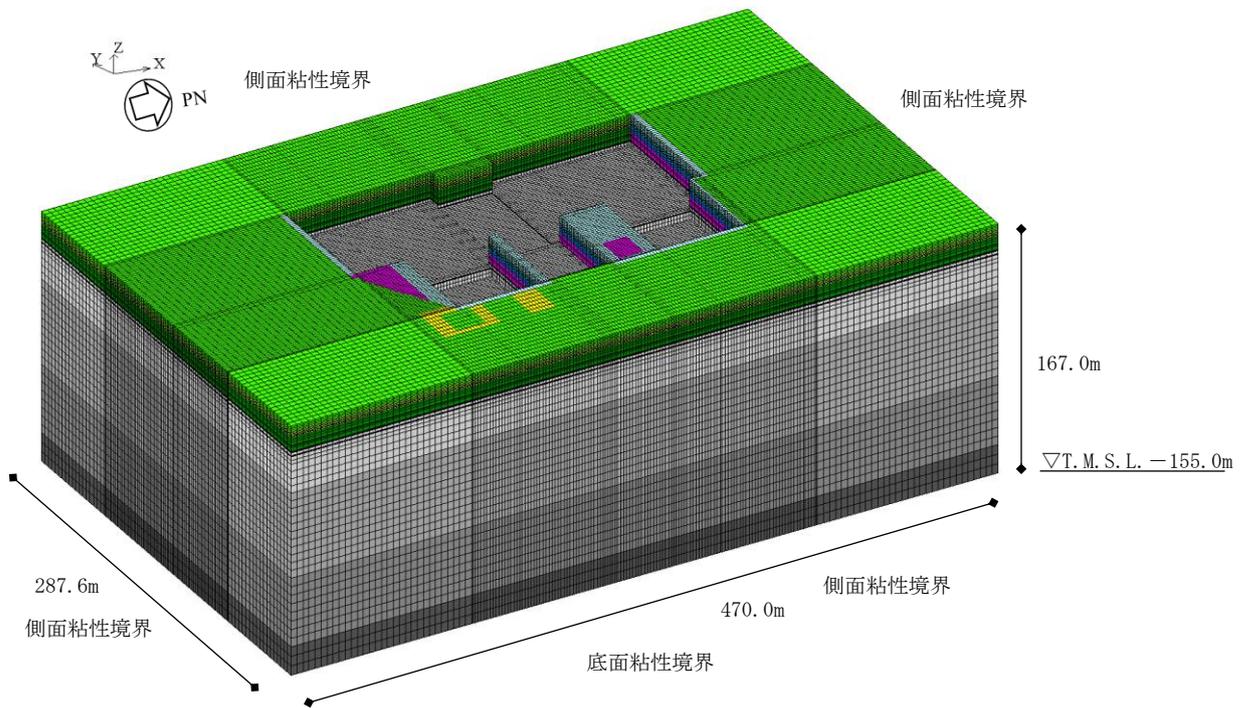
3.1.4 地盤のモデル化

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。

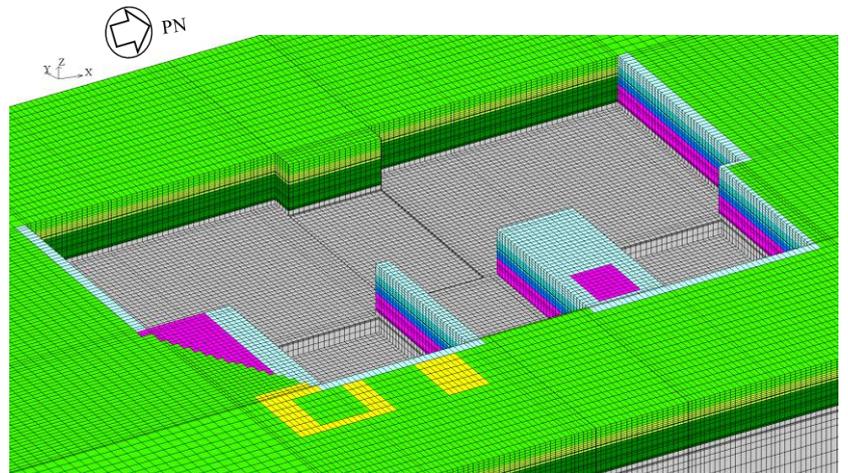
地盤モデルの境界は, 底面粘性境界, 側面粘性境界かつ繰り返し境界とする。このとき, 粘性境界付近での解析精度の低下が評価対象である各建屋の基礎底面の応答に与える影響を低減させるために, 「原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1-1987 ((社) 日本電気協会)」を参考に評価対象である各建屋群の包絡面積に比べて地盤 FEM モデルの平面サイズを十分に大きく設定している (約 2 倍以上)。

建屋の基礎は剛体として考慮し, 浮き上がりは考慮せず完全固着とし, 鉛直自由度を拘束し, 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鉛直自由度を拘束する。図 3-13 に建屋と地盤間の結合イメージを示す。



(a) 全体図

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



(b) 基礎底面部拡大図

図 3-12 地盤モデル (ALL)

表 3-6 地盤物性（自然地盤，Sd-1）

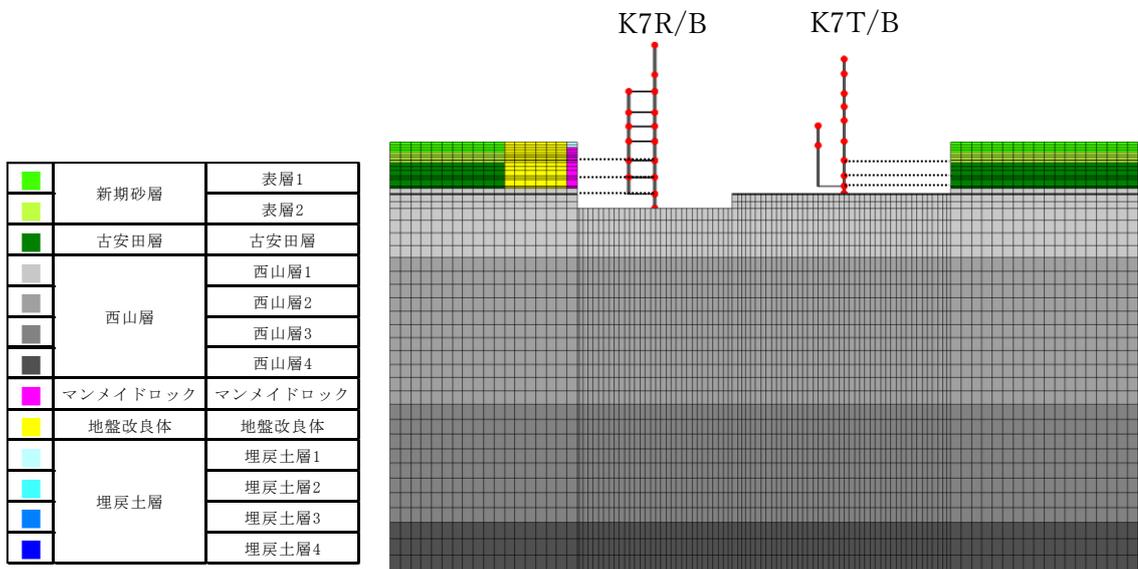
標高 T.M.S.L. (m)	地層	せん断波 速度 V_s (m/s)	単位体積 重量 γ_t (kN/m ³)	ポアソン比 ν	せん断 弾性係数 G ($\times 10^5$ kN/m ²)	初期せん断 弾性係数 G_0 ($\times 10^5$ kN/m ²)	剛性 低下率 G/G_0	減衰 定数 (%)
+12.0	新期砂層	150	16.1	0.347	0.140	0.369	0.38	19
+8.0		200	16.1	0.308	0.170	0.657	0.26	23
+4.0	古安田層	330	17.3	0.462	1.26	1.92	0.66	4
-6.0	西山層	490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

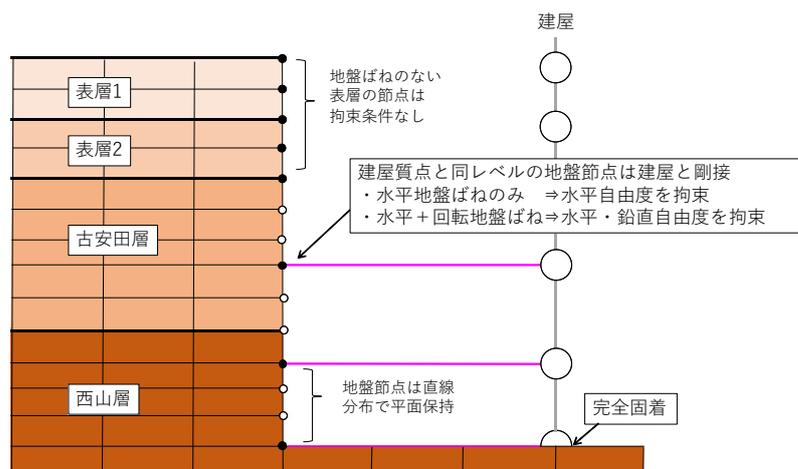
標高 T.M.S.L. (m)	地層	せん断波 速度 V_s (m/s)	単位体積 重量 γ_t (kN/m ³)	ポアソン比 ν	せん断 弾性係数 G ($\times 10^5$ kN/m ²)	初期せん断 弾性係数 G_0 ($\times 10^5$ kN/m ²)	剛性 低下率 G/G_0	減衰 定数 (%)
+12.0	埋戻土層	176	17.6	0.415	0.292	0.562	0.52	9
+8.0		224	17.6	0.415	0.297	0.902	0.33	13
+4.0		247	17.6	0.415	0.319	1.10	0.29	14
+1.0		263	17.6	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 ($\times 10^5 \text{kN/m}^2$)	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、弾性設計用地震動 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。地盤応答解析には、V-2-2-別添 2-1「隣接建屋による影響を考慮した地震応答計算及び建物・構築物の耐震性についての計算書」同様に、解析コード「SHAKE」を用いる。

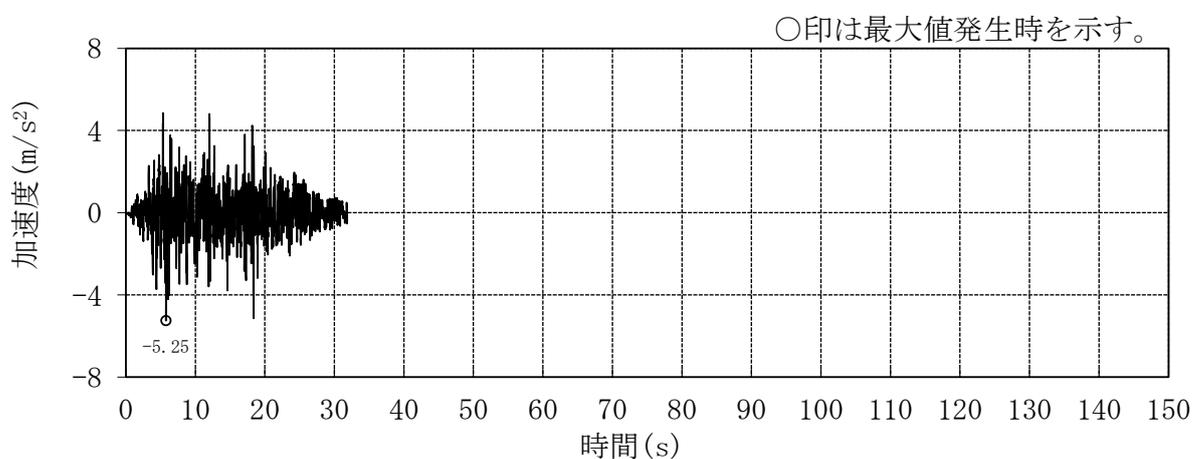


図 3-14 弾性設計用地震動 S_d-1H

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、応答が増幅又は減少する効果があることを確認した。以下に、建屋ごとの傾向を示す。

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。

(1) 7号機原子炉建屋の傾向

7号機原子炉建屋の加速度については、地上部（T.M.S.L. 12.3m）より上層において、隣接建屋を考慮した場合、応答が大きくなる傾向が見られる。せん断力については、建屋下層（T.M.S.L. -1.7m以下）において、応答が小さくなる傾向が見られるものの、建屋中間層（T.M.S.L. 4.8m～T.M.S.L. 31.7m）では応答が大きくなる傾向が見られる。曲げモーメントについては、建屋下層（T.M.S.L. -1.7m以下）において、応答が小さくなる傾向が見られる。

(2) コントロール建屋の傾向

コントロール建屋の加速度について、NS方向では、全体的に応答が小さくなる傾向が見られるものの、EW方向では建屋上層（T.M.S.L. 12.3m以上）の応答が若干大きくなる傾向が見られる。せん断力及び曲げモーメントについては、建屋下層（T.M.S.L. 1.0m以下）において、応答が小さくなる傾向が見られる。

(3) 7号機タービン建屋の傾向

7号機タービン建屋の加速度については、建屋上層の鉄骨部（T.M.S.L. 30.90m以上）において、隣接建屋を考慮した場合、応答が大きくなる傾向が見られる。せん断力については、建屋下層（T.M.S.L. -1.10m以下）において、応答が小さくなる傾向が見られるものの、建屋中間層（T.M.S.L. 4.90m～T.M.S.L. 30.90m）において、NS方向は小さく、EW方向は大きくなる傾向が見られる。曲げモーメントについては、NS方向では全体的に小さく、EW方向では全体的に大きくなる傾向が見られる。

(4) 廃棄物処理建屋の傾向

廃棄物処理建屋の加速度については、建屋下層（T.M.S.L. 20.4m以下）においては、小さくなる傾向が見られるものの、建屋上層の鉄骨部（T.M.S.L. 30.9m以上）において、一部応答が大きくなる傾向が見られる。せん断力については、全体的に変動は小さいものの、一部応答が大きくなる傾向が見られる。

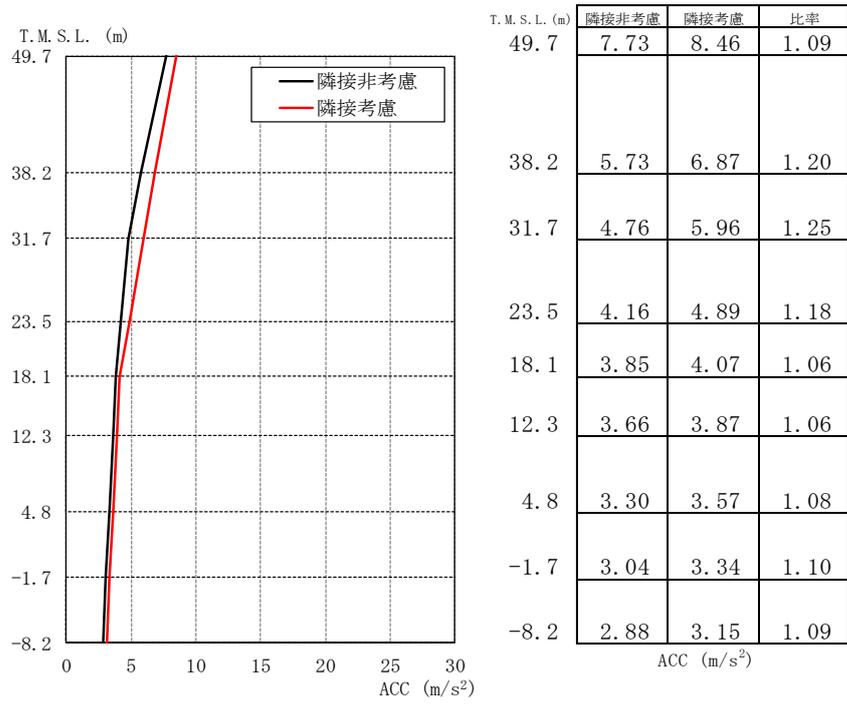
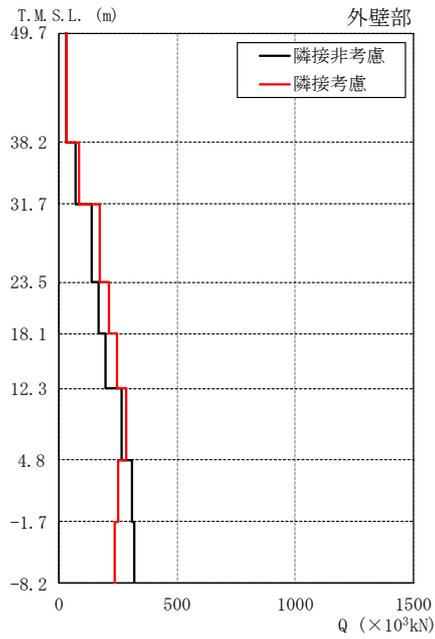
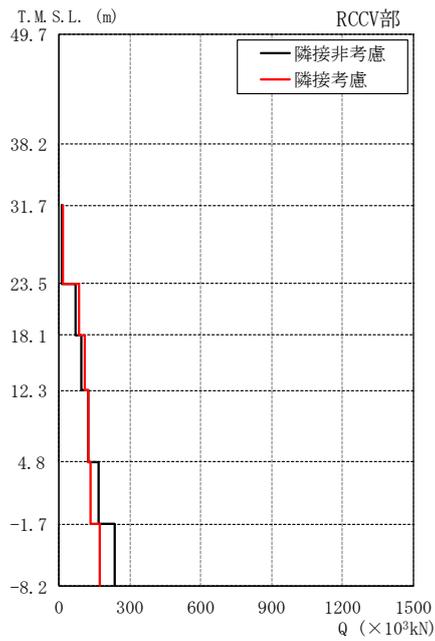


図 3-15 最大応答加速度の比較 (K7R/B, NS 方向)



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

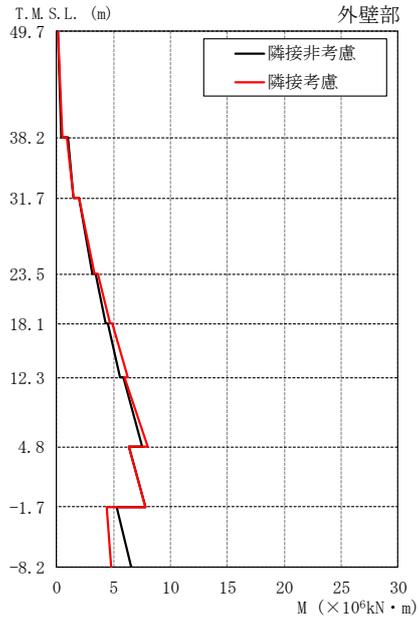
Q ($\times 10^3\text{kN}$)



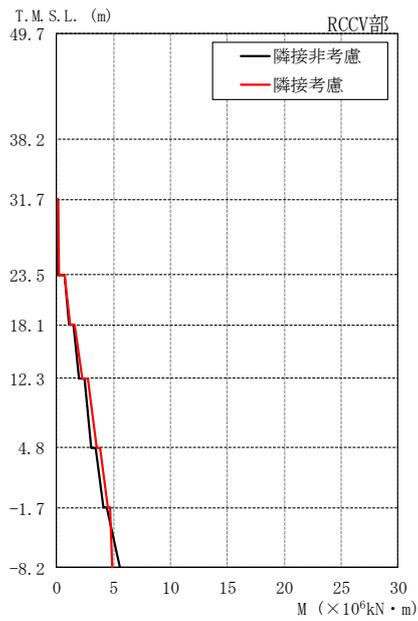
T.M.S.L. (m)	隣接非考慮	隣接考慮	比率
31.7	14.0	17.7	1.26
23.5	69.6	84.4	1.21
18.1	95.3	109	1.14
12.3	125	122	0.98
4.8	170	132	0.78
-1.7	236	175	0.74

Q ($\times 10^3\text{kN}$)

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
	0.442	0.463	1.05
38.2	0.960	0.915	0.95
	1.43	1.45	1.01
31.7	1.99	1.95	0.98
	3.11	3.31	1.06
23.5	3.42	3.57	1.04
	4.30	4.71	1.10
18.1	4.49	4.87	1.08
	5.57	6.28	1.13
12.3	5.83	5.92	1.02
	7.55	8.00	1.06
4.8	6.30	6.33	1.00
	7.77	7.76	1.00
-1.7	5.31	4.38	0.82
	6.55	4.80	0.73
-8.2			



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

図 3-17 最大応答曲げモーメントの比較 (K7R/B, NS 方向)

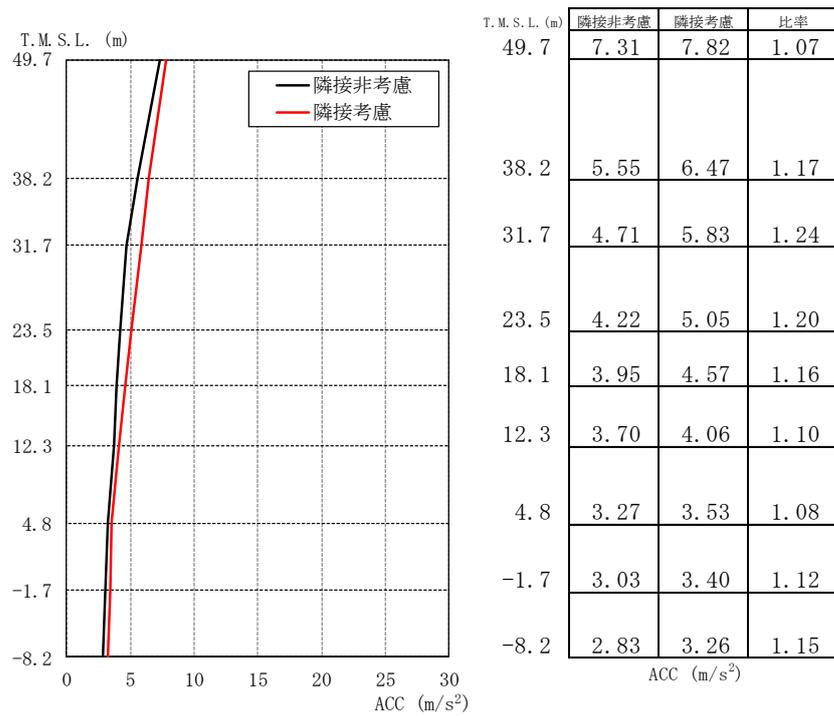
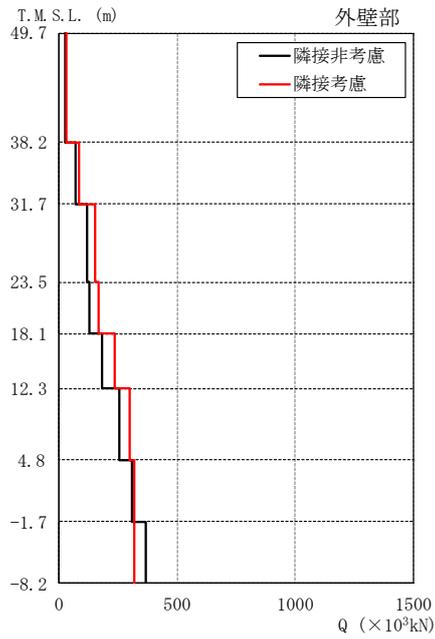
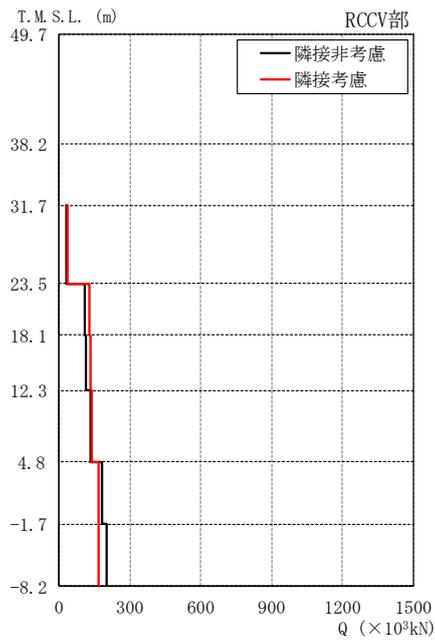


図 3-18 最大応答加速度の比較 (K7R/B, EW 方向)



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

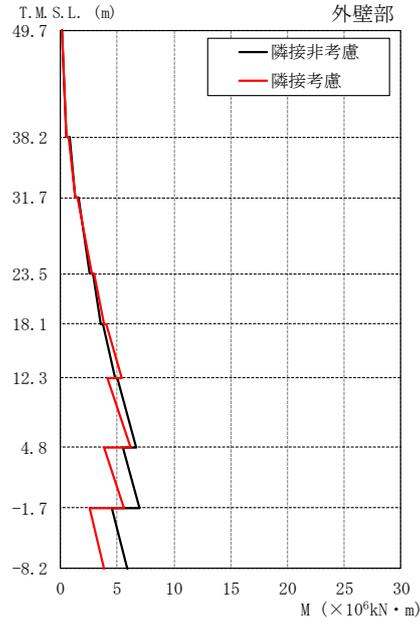
Q (×10³kN)



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

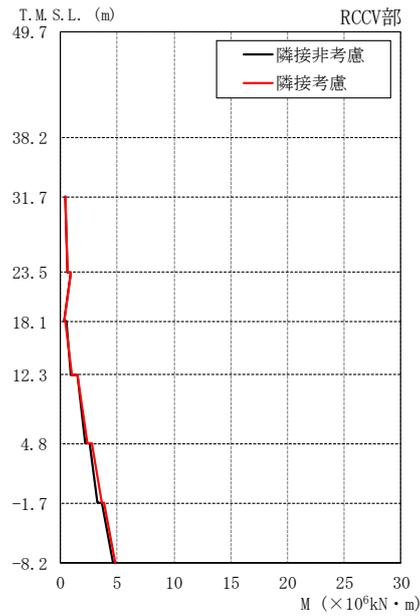
Q (×10³kN)

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
	5.87	3.89	0.66
-8.2			

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	0.463	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
	4.64	4.80	1.03
-8.2			

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

図 3-20 最大応答曲げモーメントの比較 (K7R/B, EW 方向)

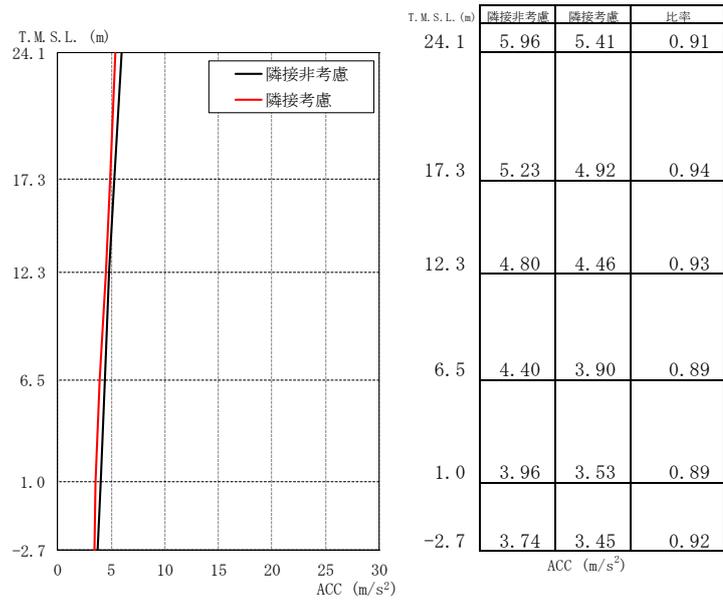


図 3-21 最大応答加速度の比較 (C/B, NS 方向)

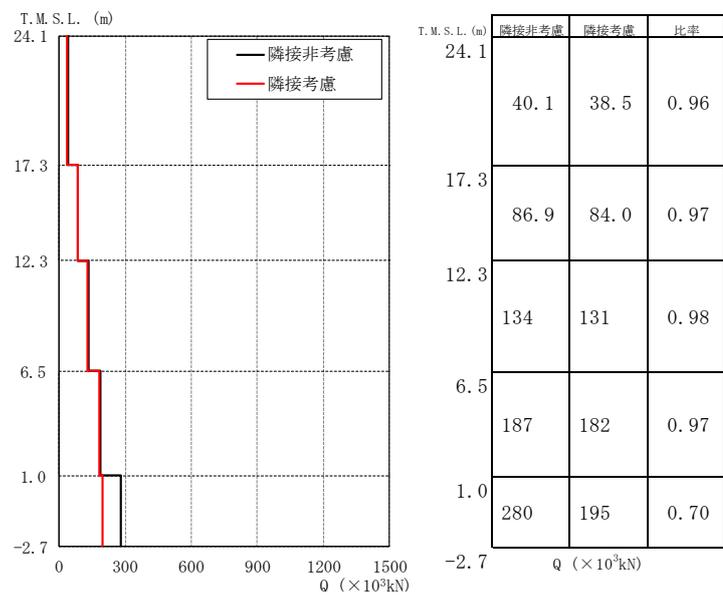


図 3-22 最大応答せん断力の比較 (C/B, NS 方向)

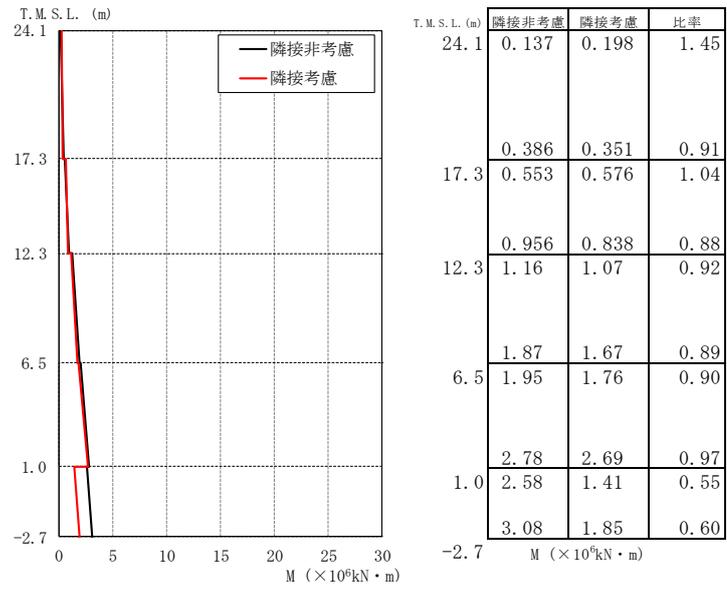


図 3-23 最大応答曲げモーメントの比較 (C/B, NS 方向)

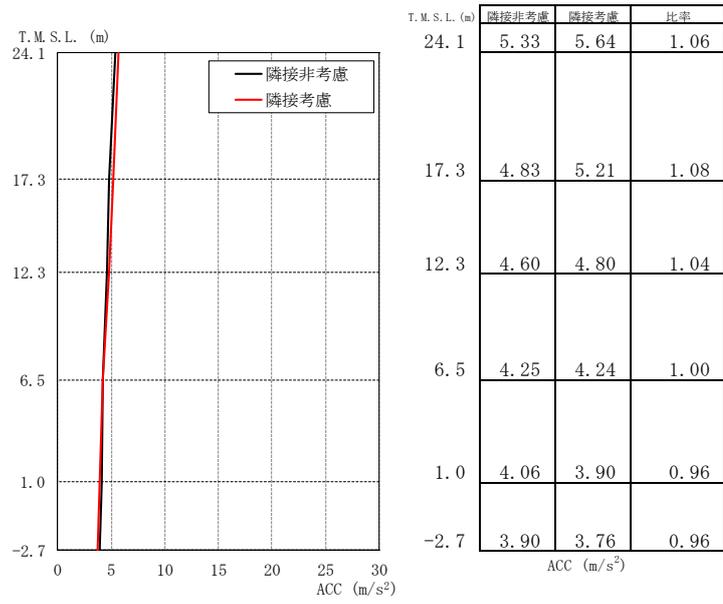


図 3-24 最大応答加速度の比較 (C/B, EW 方向)

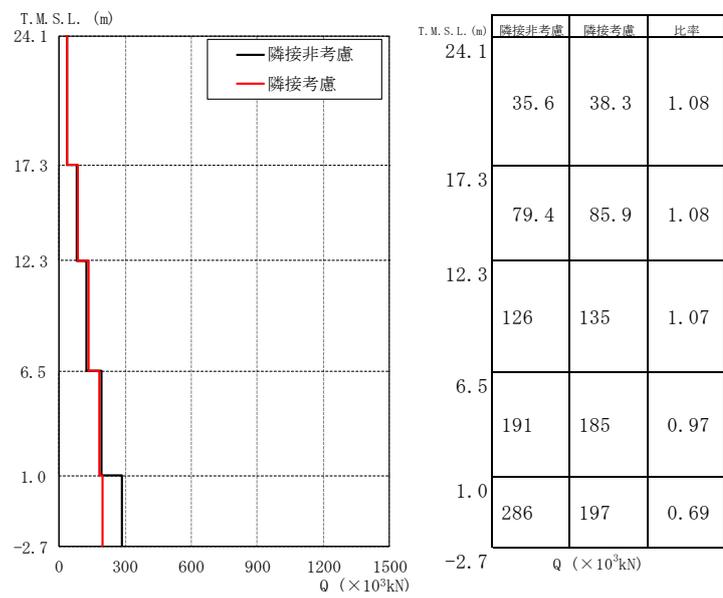


図 3-25 最大応答せん断力の比較 (C/B, EW 方向)

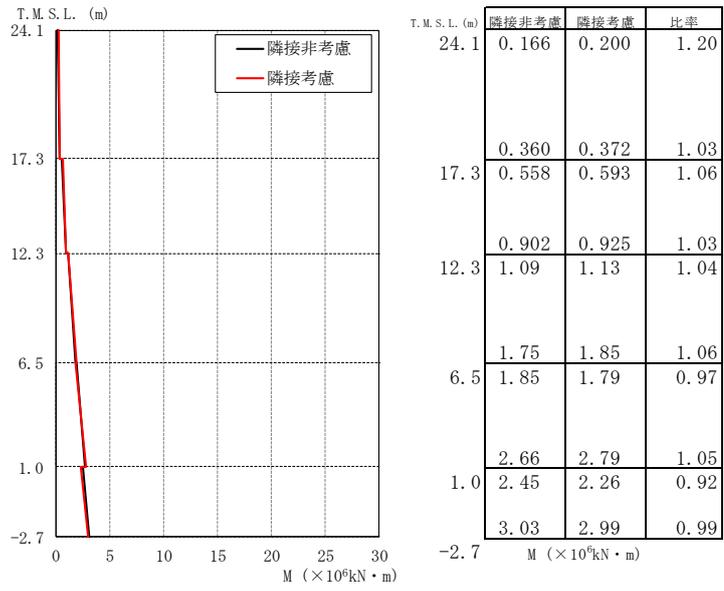
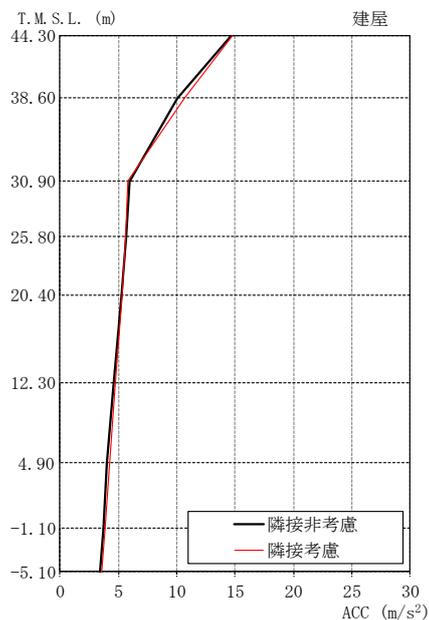
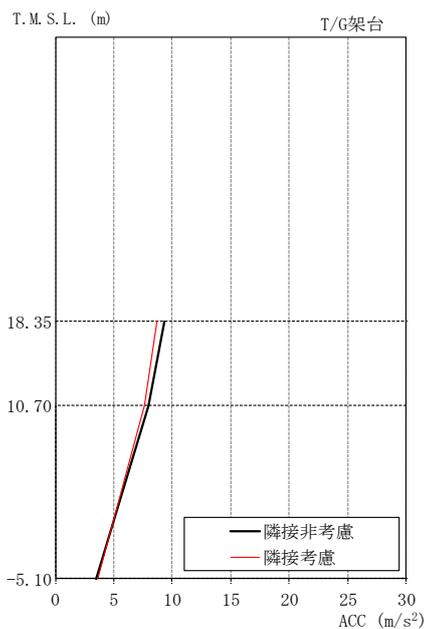


図 3-26 最大応答曲げモーメントの比較 (C/B, EW 方向)

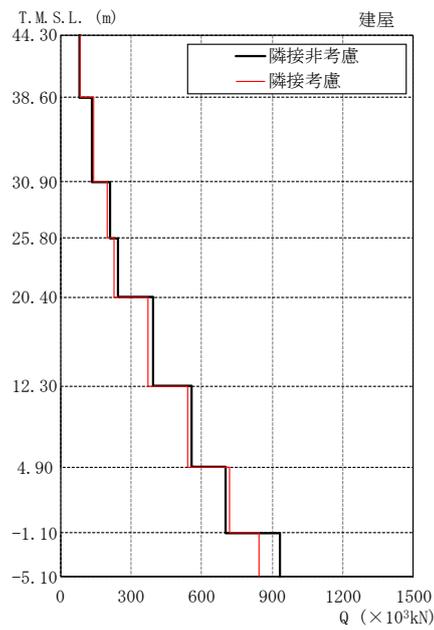


T.M.S.L. (m)	隣接非考慮	隣接考慮	比率
44.30	14.6	14.8	1.01
38.60	10.1	10.7	1.06
30.90	5.96	5.83	0.98
25.80	5.62	5.60	1.00
20.40	5.25	5.32	1.01
12.30	4.56	4.73	1.04
4.90	4.05	4.23	1.04
-1.10	3.68	3.86	1.05
-5.10	3.45	3.59	1.04



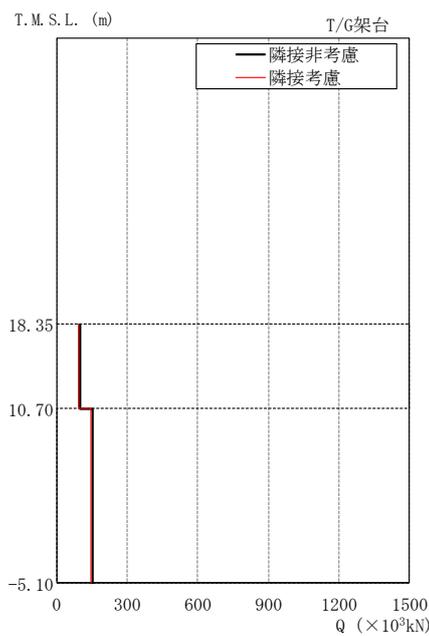
T.M.S.L. (m)	隣接非考慮	隣接考慮	比率
18.35	9.34	8.71	0.93
10.70	8.00	7.60	0.95
-5.10	3.45	3.59	1.04

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

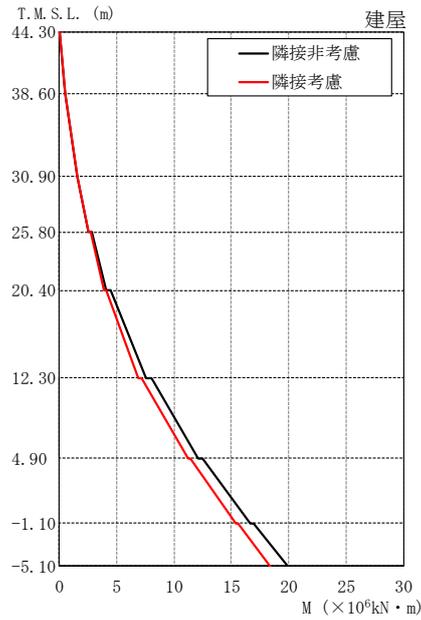
Q ($\times 10^3$ kN)



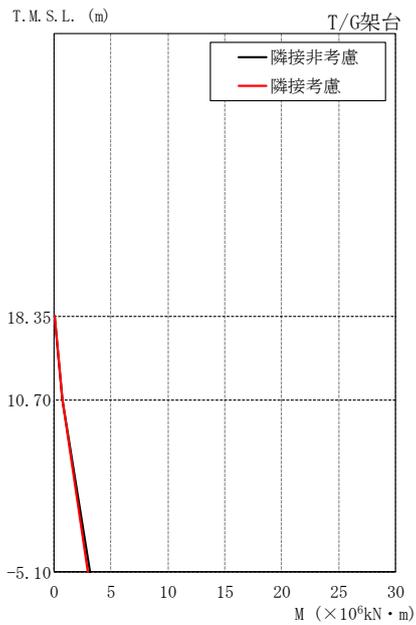
T.M.S.L. (m)	隣接非考慮	隣接考慮	比率
18.35	98.5	91.4	0.93
10.70	153	145	0.95

Q ($\times 10^3$ kN)

図 3-28 最大応答せん断力の比較 (K7T/B, NS 方向)

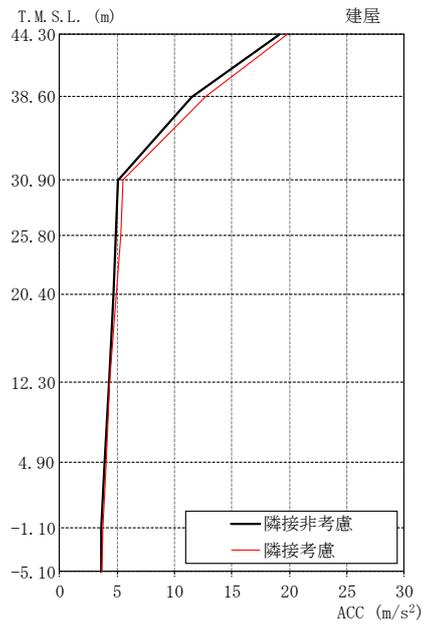


T.M.S.L. (m)	隣接非考慮	隣接考慮	比率
44.30	0.0250	0.0210	0.84
	0.475	0.477	1.00
38.60	0.478	0.479	1.00
	1.52	1.55	1.02
30.90	1.54	1.57	1.02
	2.50	2.55	1.02
25.80	2.78	2.72	0.98
	4.06	3.92	0.97
20.40	4.46	4.11	0.92
	7.54	6.91	0.92
12.30	8.05	7.18	0.89
	12.1	11.2	0.93
4.90	12.5	11.4	0.91
	16.6	15.4	0.93
-1.10	16.9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

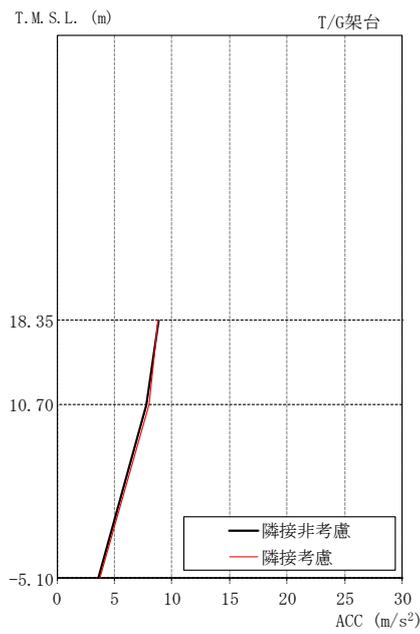


T.M.S.L. (m)	隣接非考慮	隣接考慮	比率
18.35	0.00	0.00	-
	0.753	0.699	0.93
10.70	0.753	0.699	0.93
	3.18	3.00	0.94
-5.10			

図 3-29 最大応答曲げモーメントの比較 (K7T/B, NS 方向)

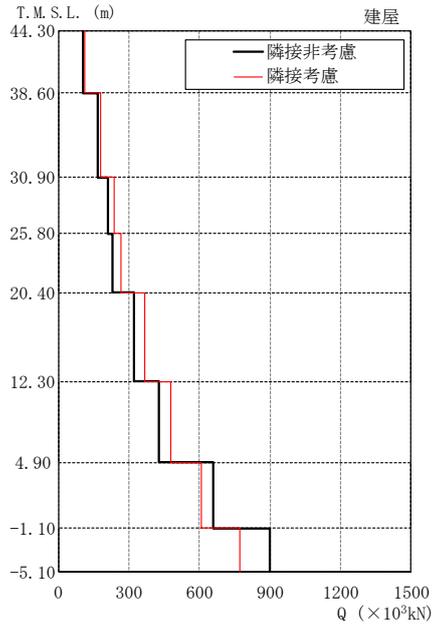


T.M.S.L. (m)	隣接非考慮	隣接考慮	比率
44.30	19.1	19.9	1.04
38.60	11.5	12.7	1.10
30.90	5.06	5.49	1.08
25.80	4.92	5.27	1.07
20.40	4.71	4.97	1.06
12.30	4.25	4.36	1.03
4.90	3.88	4.02	1.04
-1.10	3.66	3.80	1.04
-5.10	3.57	3.70	1.04



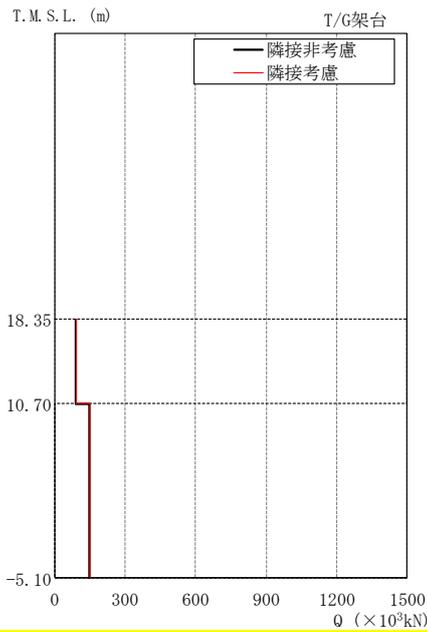
T.M.S.L. (m)	隣接非考慮	隣接考慮	比率
18.35	8.84	8.78	0.99
10.70	7.81	7.99	1.02
-5.10	3.57	3.70	1.04

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

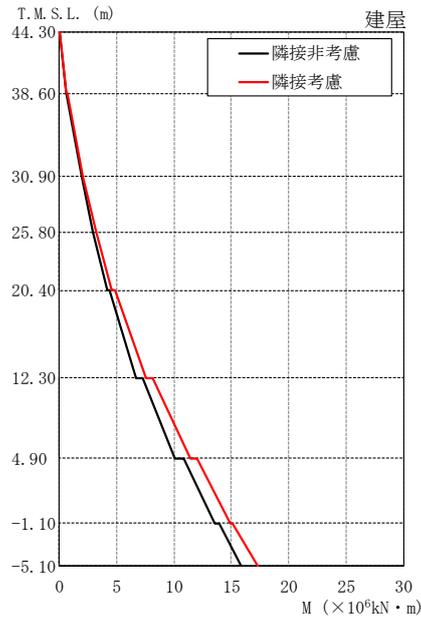
Q ($\times 10^3\text{kN}$)



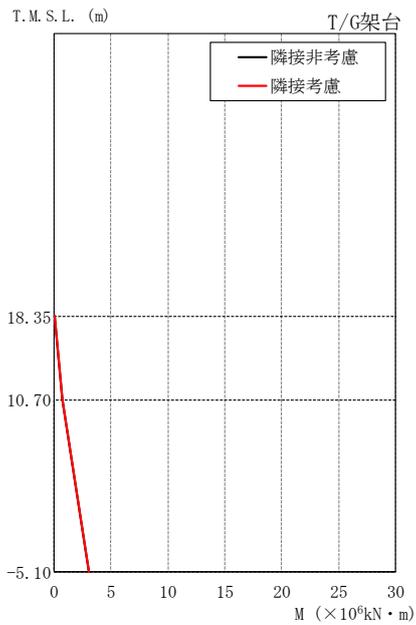
T.M.S.L. (m)	隣接非考慮	隣接考慮	比率
18.35	92.6	92.0	0.99
10.70	148	149	1.01

Q ($\times 10^3\text{kN}$)

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)

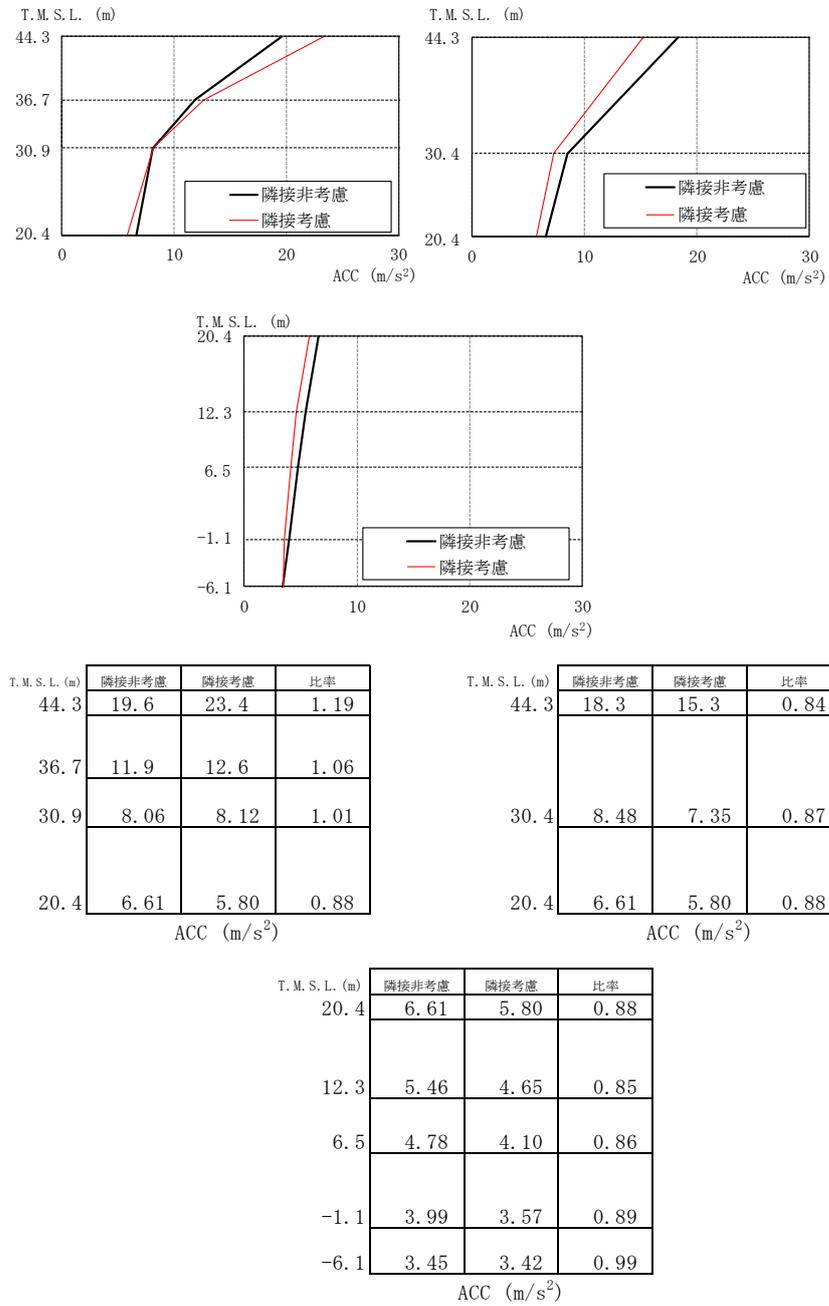
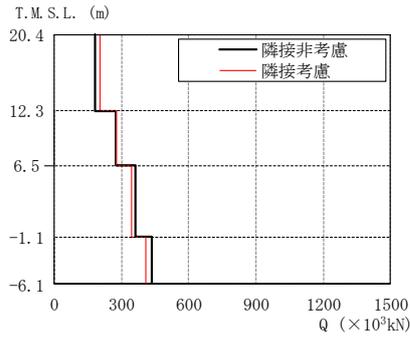
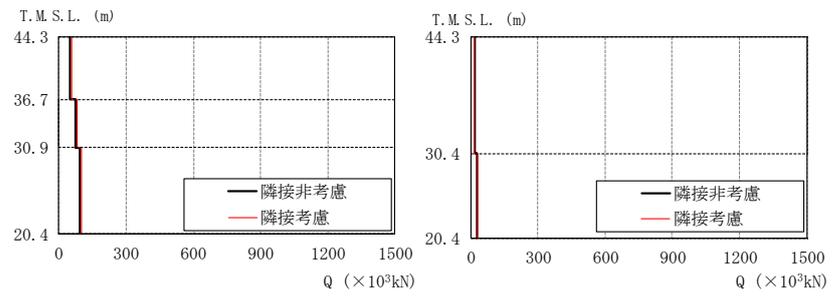


図 3-33 最大応答加速度の比較 (Rw/B, NS 方向)



T. M. S. L. (m)	隣接非考慮	隣接考慮	比率
44.3	46.6	54.8	1.18
36.7	71.9	81.2	1.13
30.9	93.3	98.7	1.06
20.4			

Q (×10³kN)

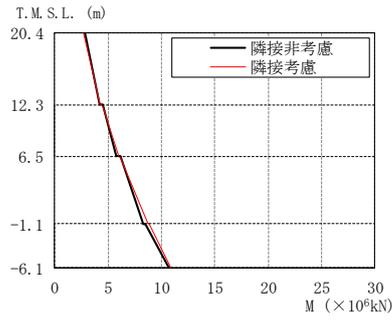
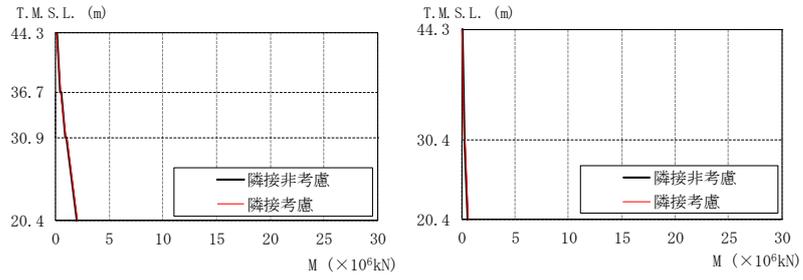
T. M. S. L. (m)	隣接非考慮	隣接考慮	比率
44.3	18.6	17.4	0.94
30.4	29.2	29.9	1.02
20.4			

Q (×10³kN)

T. M. S. L. (m)	隣接非考慮	隣接考慮	比率
20.4	184	202	1.10
12.3	274	279	1.02
6.5	360	347	0.96
-1.1	436	407	0.93
-6.1			

Q (×10³kN)

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			

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

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			

図 3-35 最大応答曲げモーメントの比較 (Rw/B, NS 方向)

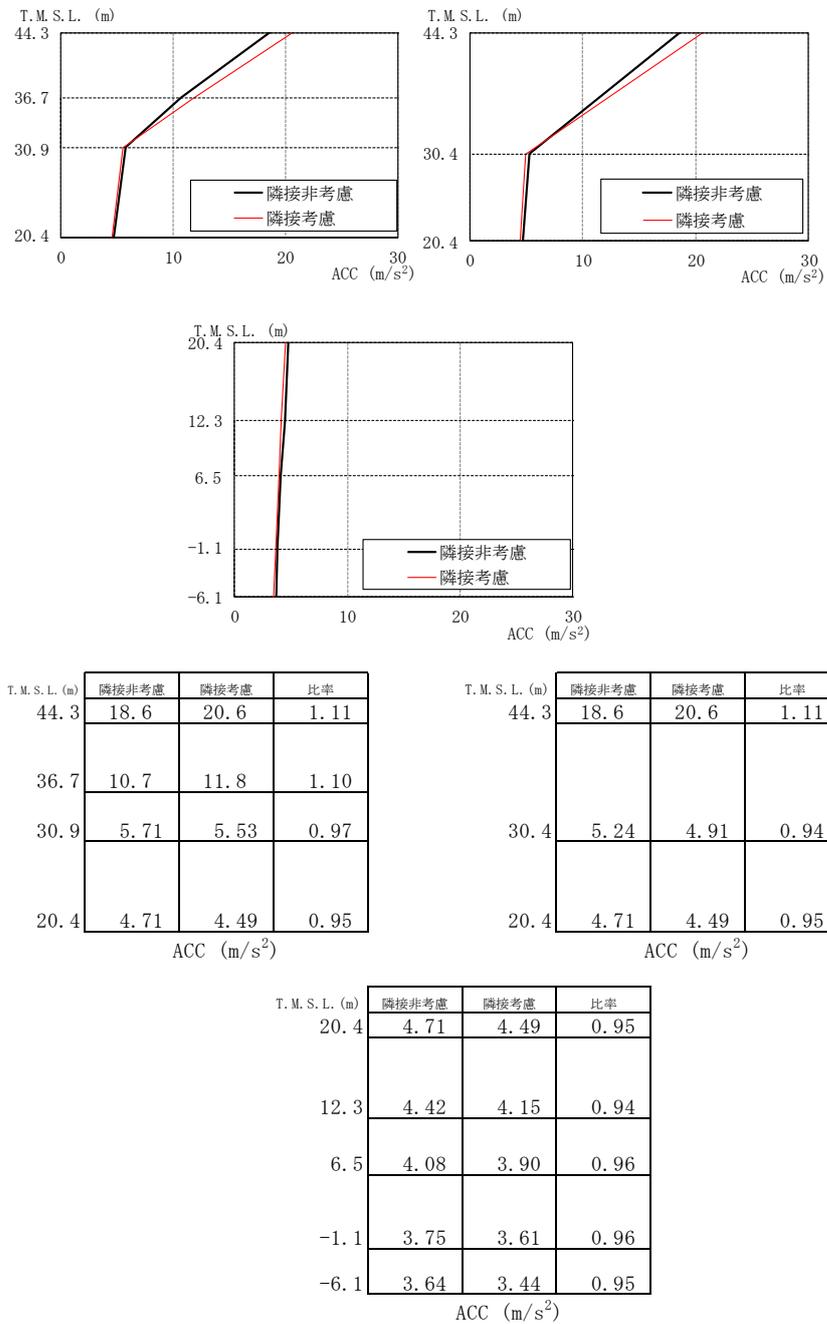
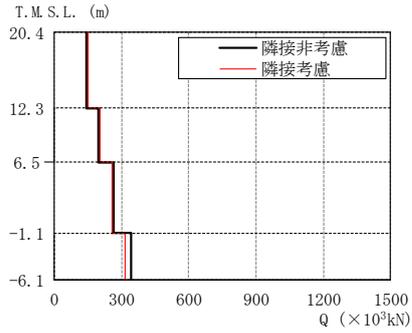
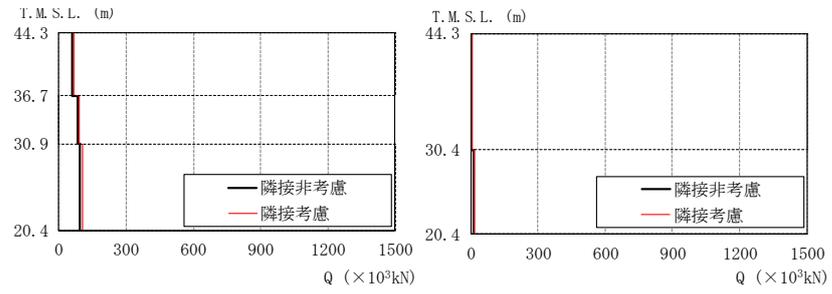


図 3-36 最大応答加速度の比較 (Rw/B, EW 方向)



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)

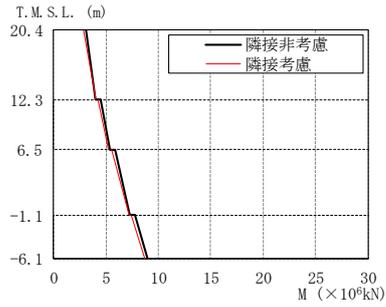
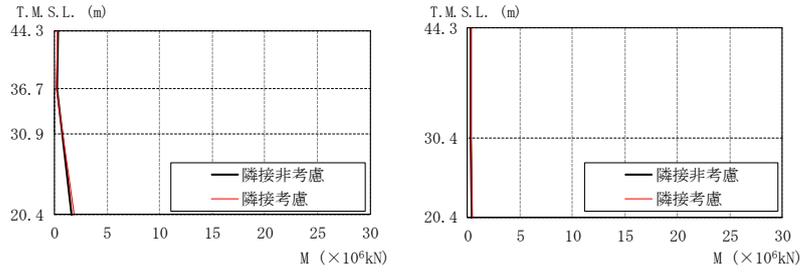
T.M.S.L. (m)	隣接非考慮	隣接考慮	比率
44.3	4.01	4.45	1.11
30.4	13.2	13.1	0.99
20.4			

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 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 ($\times 10^6$ kN)

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 ($\times 10^6$ kN)

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 ($\times 10^6$ kN)

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

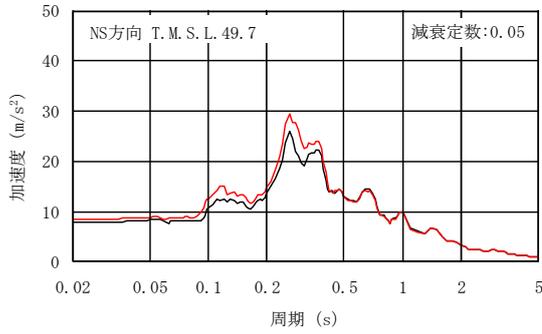
柏崎刈羽原子力発電所 第7号機の原子炉建屋，コントロール建屋，タービン建屋及び廃棄物処理建屋について，隣接考慮モデル（ALL）と隣接非考慮モデル（S1～S4）による床応答スペクトルの比較を行い，隣接影響について確認した。図3-39～図3-46に各建屋の隣接考慮モデルと隣接非考慮モデルによる床応答スペクトルの比較結果（減衰定数5.0%）を示す。

図3-43及び図3-44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応答性状となっている。

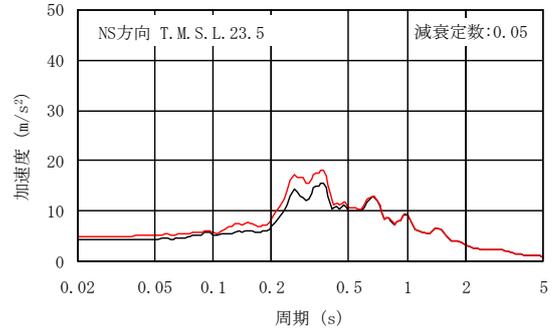
図3-40に示すK7R/BのEW方向については，加振方向に隣接するK7T/Bの固有周期付近で隣接影響と推測される応答増幅が伺える。また，図3-45に示すRw/BのNS方向についても，加振方向に隣接するK7T/Bの固有周期の隣接影響と思われる応答が伺える。

— : 隣接非考慮

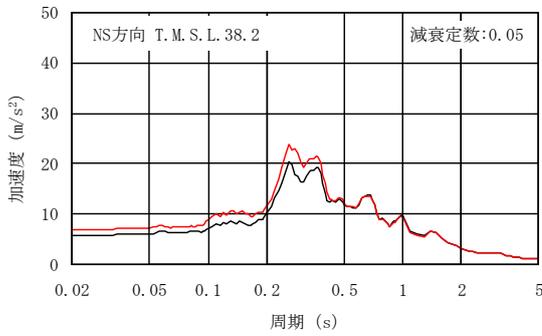
— : 隣接考慮



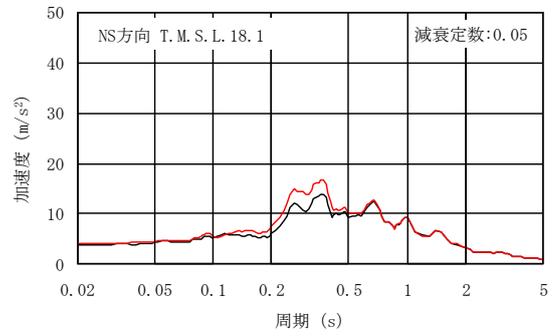
T. M. S. L. 49.7m



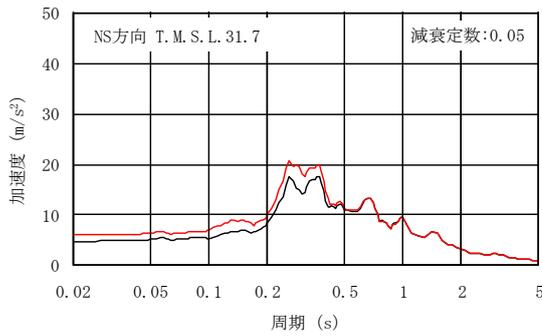
T. M. S. L. 23.5m



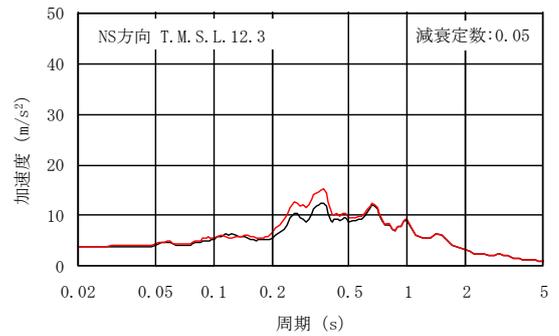
T. M. S. L. 38.2m



T. M. S. L. 18.1m



T. M. S. L. 31.7m

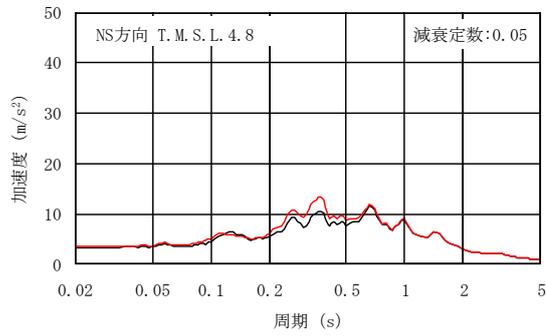


T. M. S. L. 12.3m

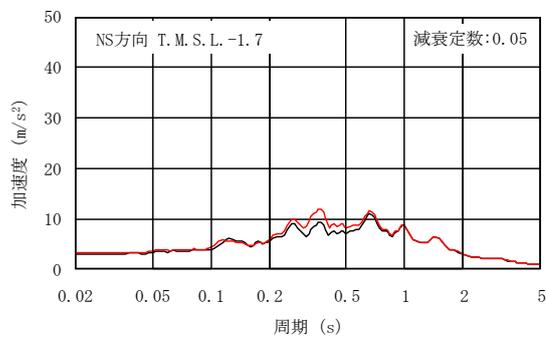
図 3-39 床応答スペクトルの比較 (K7R/B, NS 方向, 減衰定数 5.0%) (1/2)

— : 隣接非考慮

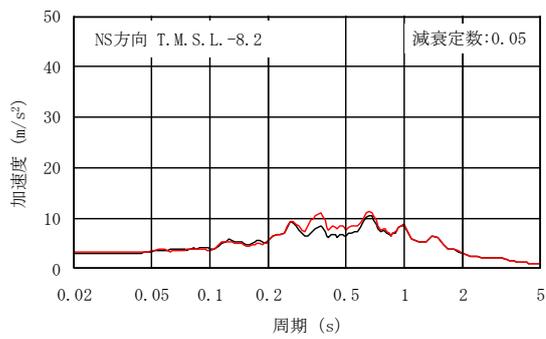
— : 隣接考慮



T.M.S.L. 4.8m



T.M.S.L. -1.7m

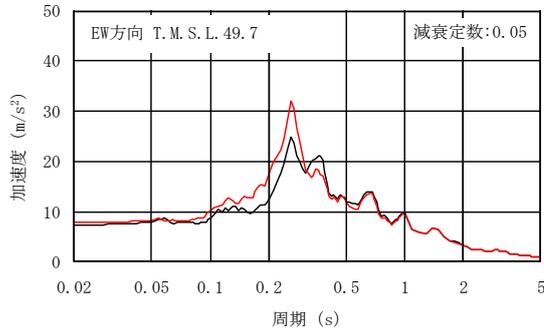


T.M.S.L. -8.2m

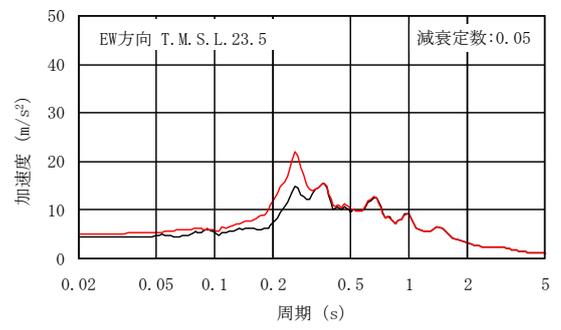
図 3-39 床応答スペクトルの比較 (K7R/B, NS 方向, 減衰定数 5.0%) (2/2)

— : 隣接非考慮

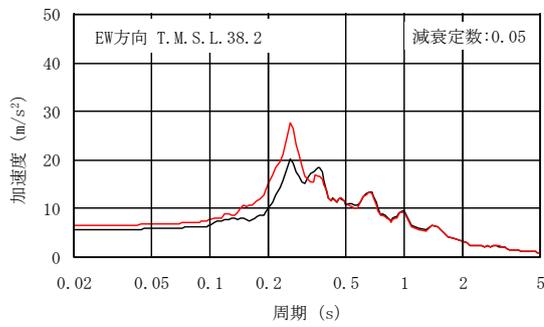
— : 隣接考慮



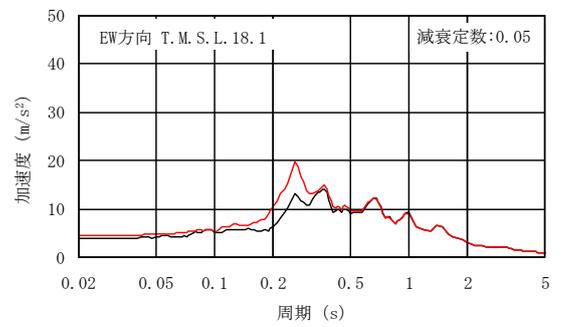
T. M. S. L. 49.7m



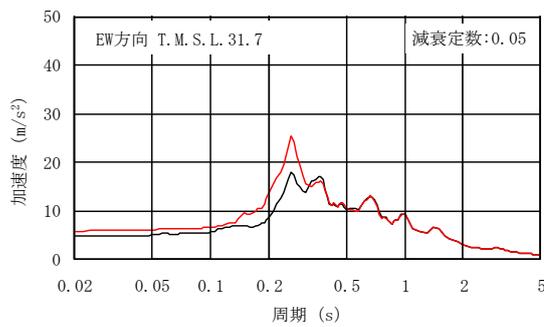
T. M. S. L. 23.5m



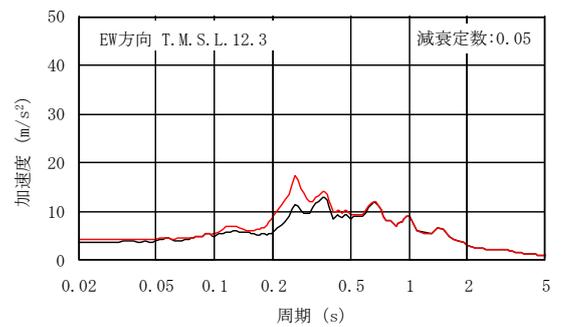
T. M. S. L. 38.2m



T. M. S. L. 18.1m



T. M. S. L. 31.7m

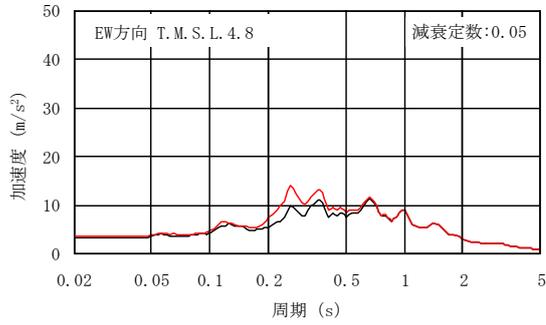


T. M. S. L. 12.3m

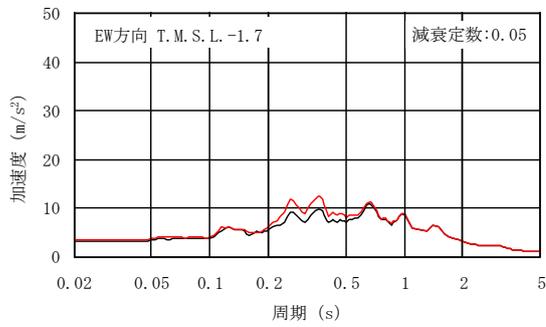
図 3-40 床応答スペクトルの比較 (K7R/B, EW 方向, 減衰定数 5.0%) (1/2)

— : 隣接非考慮

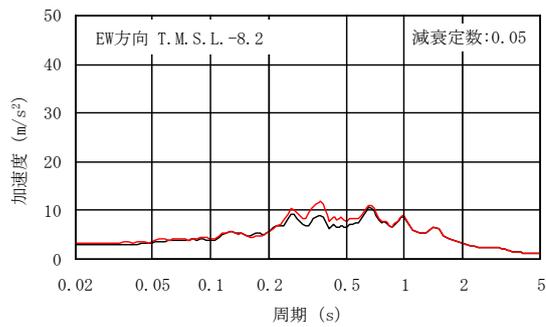
— : 隣接考慮



T. M. S. L. 4.8m



T. M. S. L. -1.7m

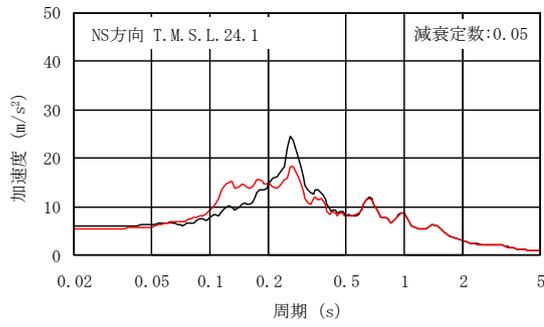


T. M. S. L. -8.2m

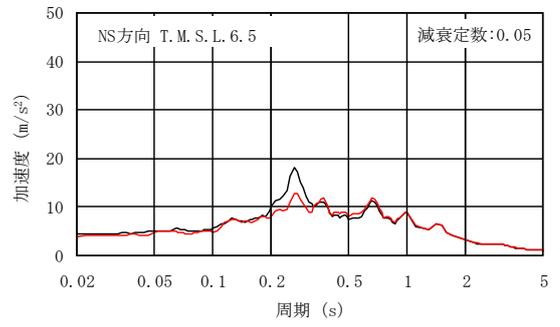
図 3-40 床応答スペクトルの比較 (K7R/B, EW 方向, 減衰定数 5.0%) (2/2)

— : 隣接非考慮

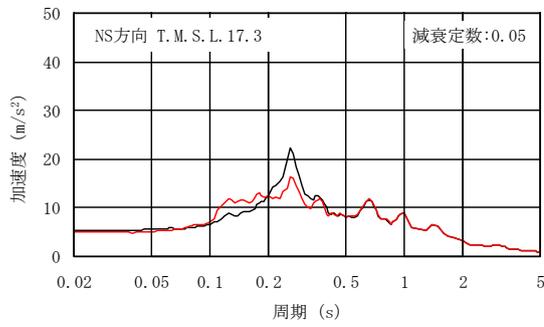
— : 隣接考慮



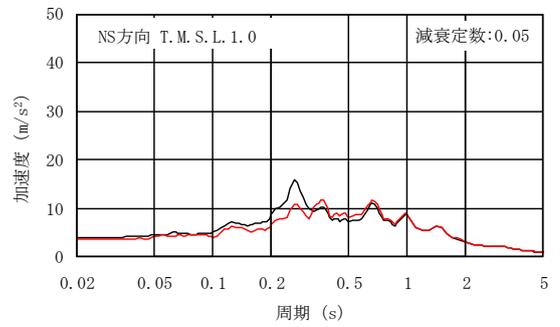
T. M. S. L. 24.1m



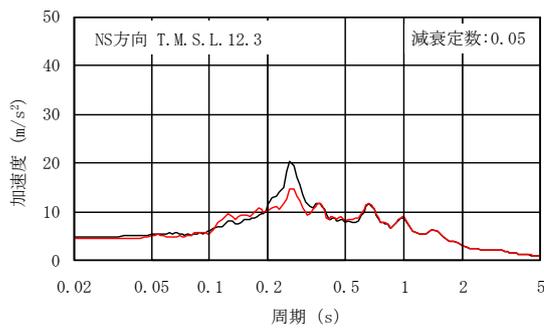
T. M. S. L. 6.5m



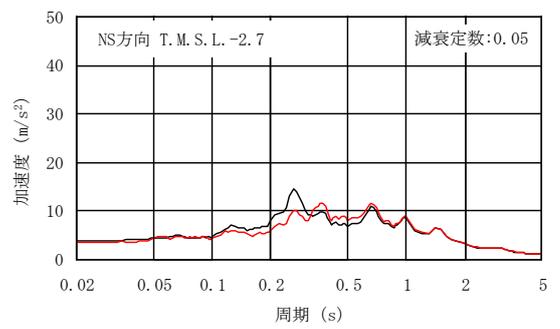
T. M. S. L. 17.3m



T. M. S. L. 1.0m



T. M. S. L. 12.3m

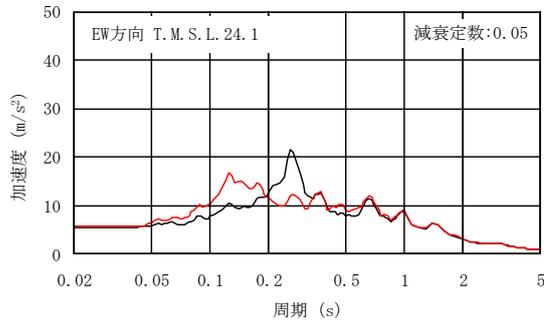


T. M. S. L. -2.7m

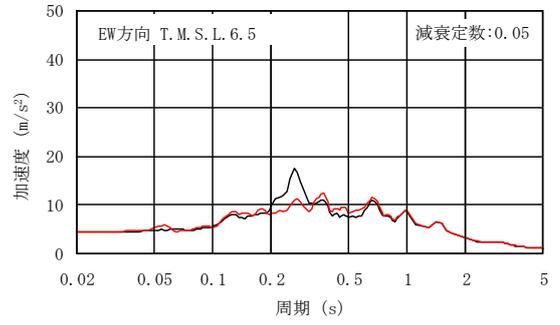
図 3-41 床応答スペクトルの比較 (C/B, NS 方向, 減衰定数 5.0%)

— : 隣接非考慮

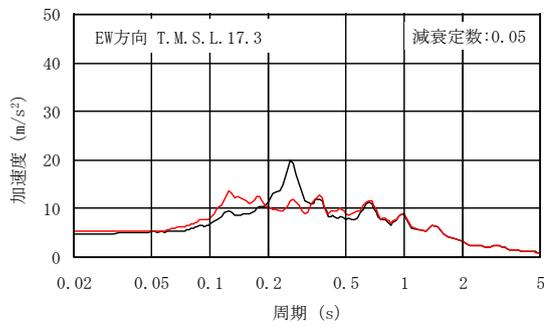
— : 隣接考慮



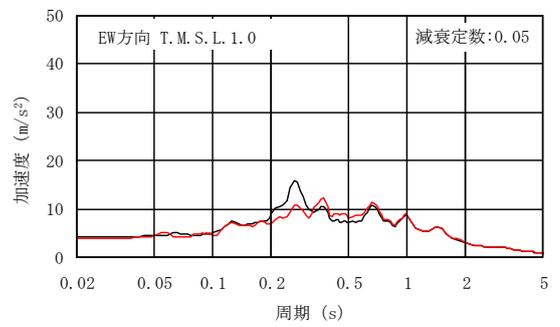
T. M. S. L. 24.1m



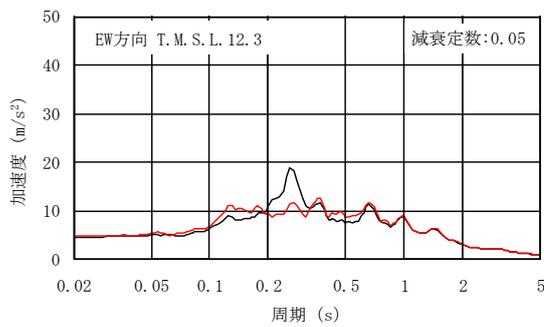
T. M. S. L. 6.5m



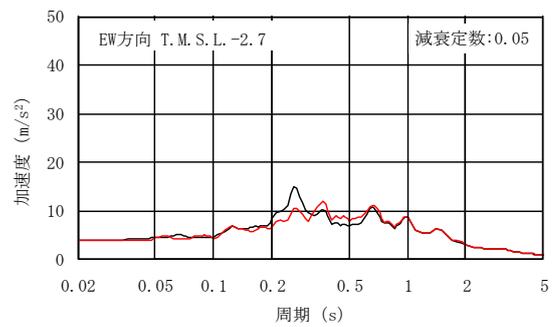
T. M. S. L. 17.3m



T. M. S. L. 1.0m



T. M. S. L. 12.3m

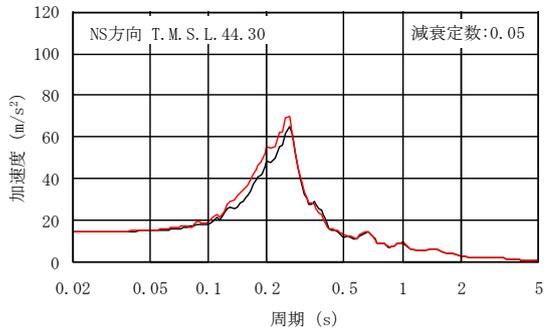


T. M. S. L. -2.7m

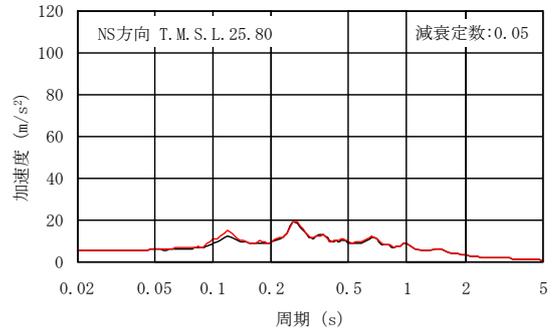
図 3-42 床応答スペクトルの比較 (C/B, EW 方向, 減衰定数 5.0%)

— : 隣接非考慮

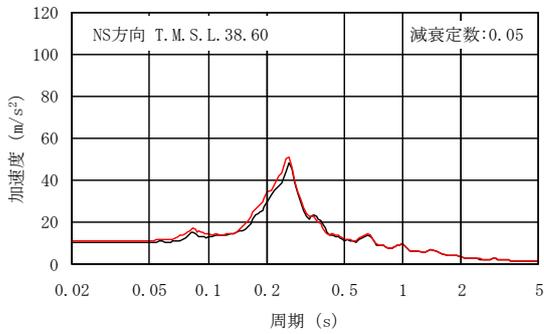
— : 隣接考慮



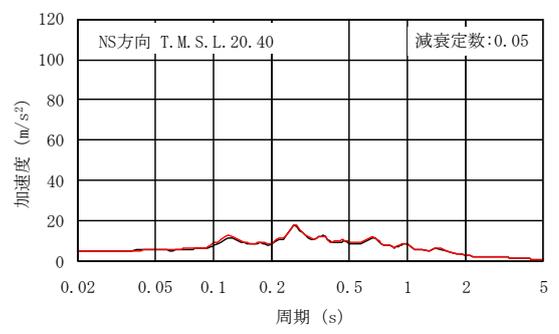
T. M. S. L. 44.30m



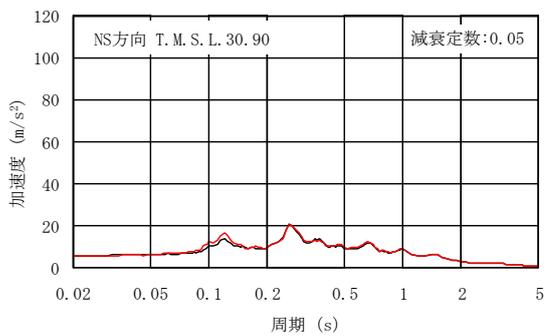
T. M. S. L. 25.80m



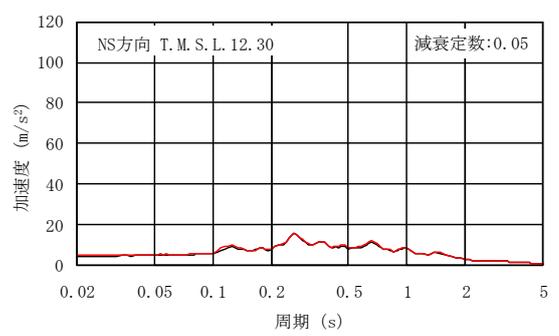
T. M. S. L. 38.60m



T. M. S. L. 20.40m



T. M. S. L. 30.90m

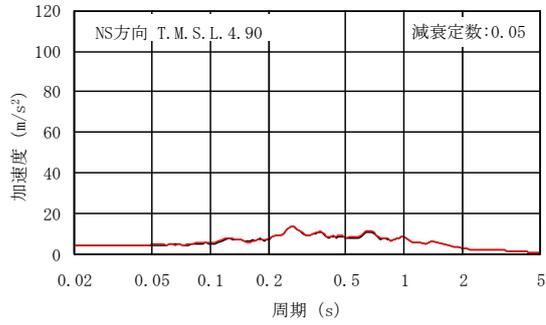


T. M. S. L. 12.30m

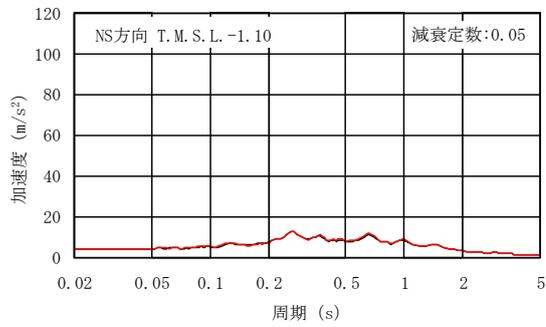
図 3-43 床応答スペクトルの比較 (K7T/B, NS 方向, 減衰定数 5.0%) (1/2)

— : 隣接非考慮

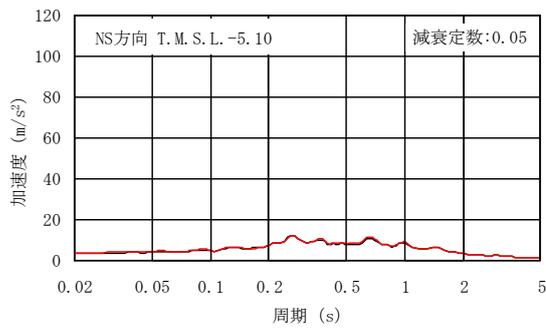
— : 隣接考慮



T.M.S.L. 4.90m



T.M.S.L. -1.10m

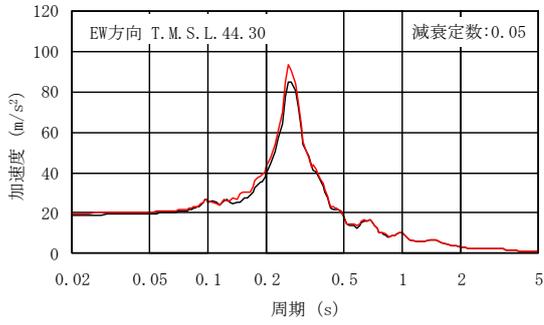


T.M.S.L. -5.10m

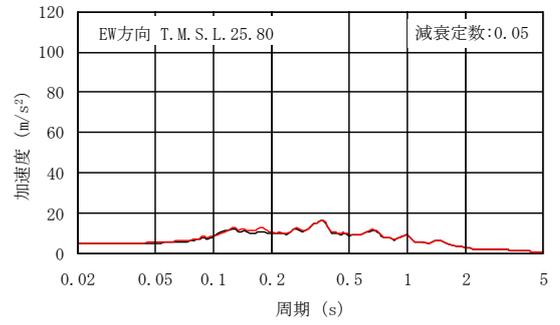
図 3-43 床応答スペクトルの比較 (K7T/B, NS 方向, 減衰定数 5.0%) (2/2)

— : 隣接非考慮

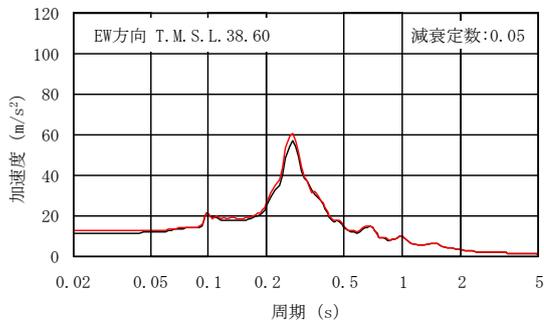
— : 隣接考慮



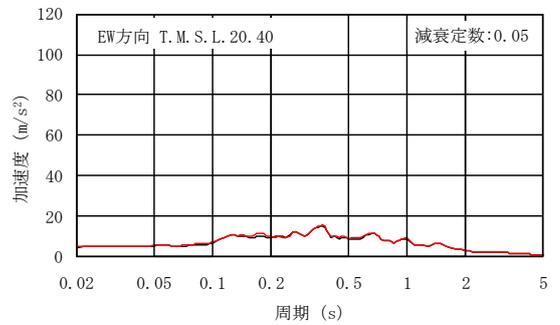
T. M. S. L. 44.30m



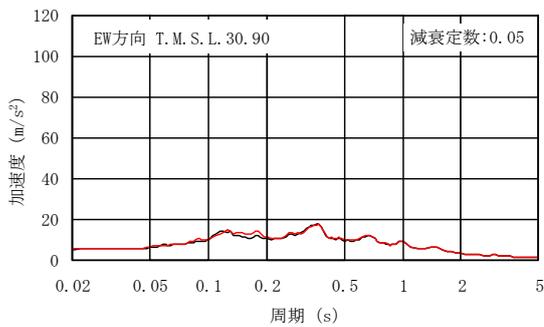
T. M. S. L. 25.80m



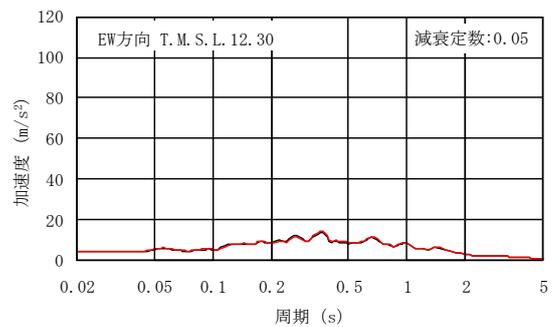
T. M. S. L. 38.60m



T. M. S. L. 20.40m



T. M. S. L. 30.90m

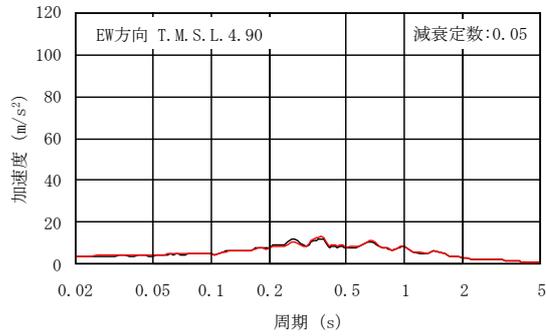


T. M. S. L. 12.30m

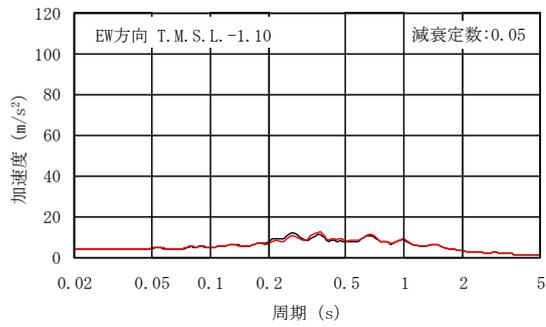
図 3-44 床応答スペクトルの比較 (K7T/B, EW 方向, 減衰定数 5.0%) (1/2)

— : 隣接非考慮

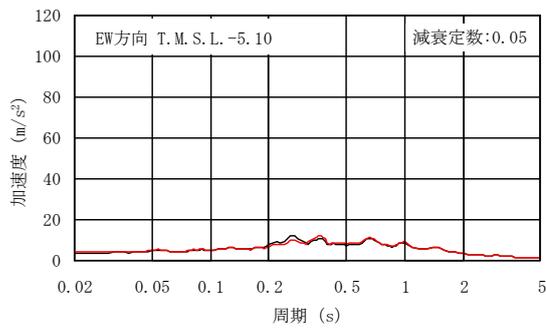
— : 隣接考慮



T. M. S. L. 4.90m



T. M. S. L. -1.10m

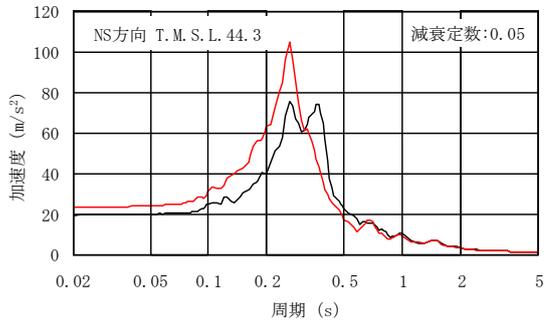


T. M. S. L. -5.10m

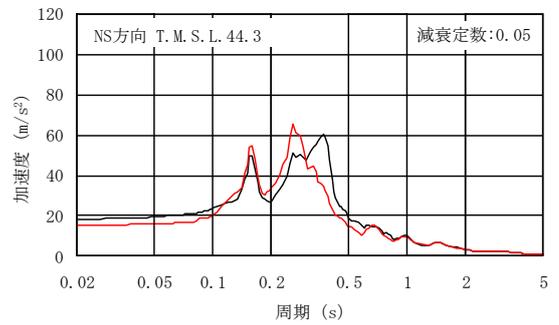
図 3-44 床応答スペクトルの比較 (K7T/B, EW 方向, 減衰定数 5.0%) (2/2)

— : 隣接非考慮

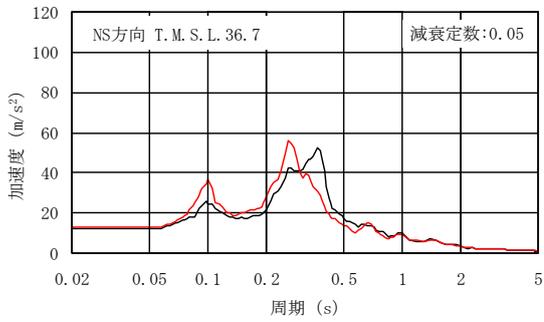
— : 隣接考慮



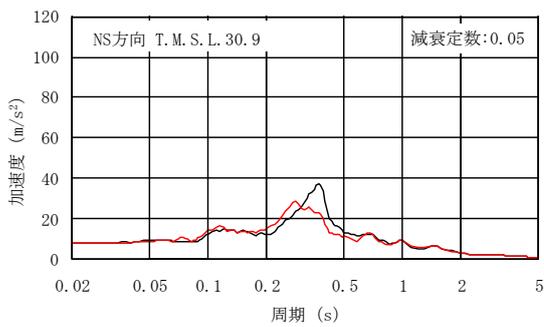
T.M.S.L. 44.3m(質点 10)



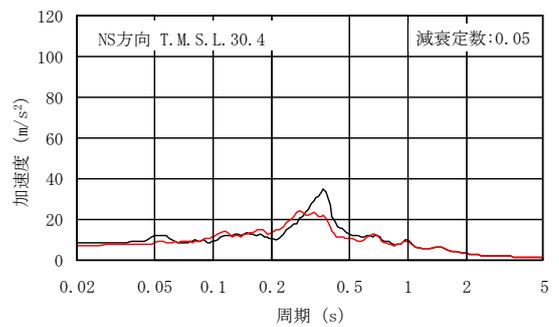
T.M.S.L. 44.3m(質点 11)



T.M.S.L. 36.7m



T.M.S.L. 30.9m

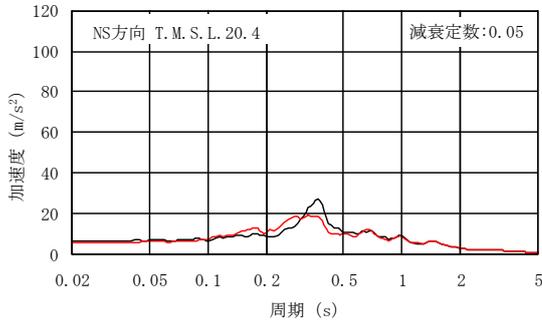


T.M.S.L. 30.4m

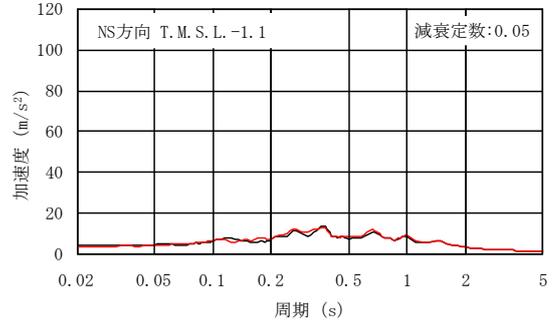
図 3-45 床応答スペクトルの比較 (Rw/B, NS 方向, 減衰定数 5.0%) (1/2)

— : 隣接非考慮

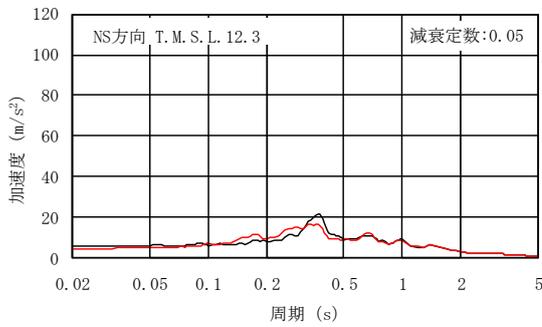
— : 隣接考慮



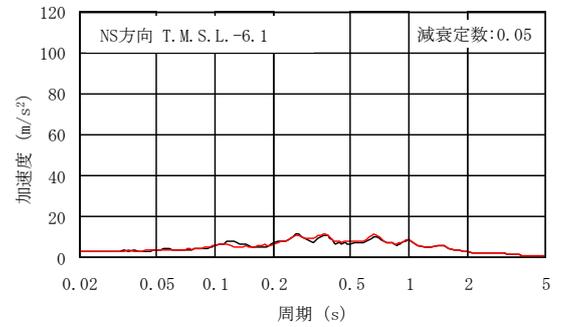
T. M. S. L. 20.4m



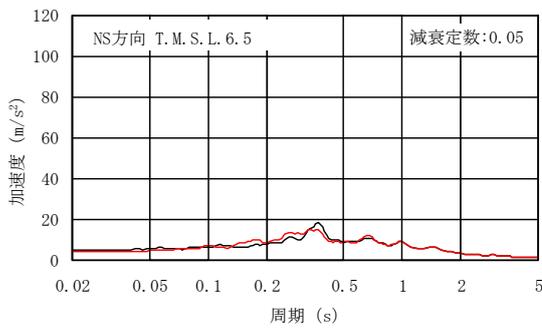
T. M. S. L. -1.1m



T. M. S. L. 12.3m



T. M. S. L. -6.1m

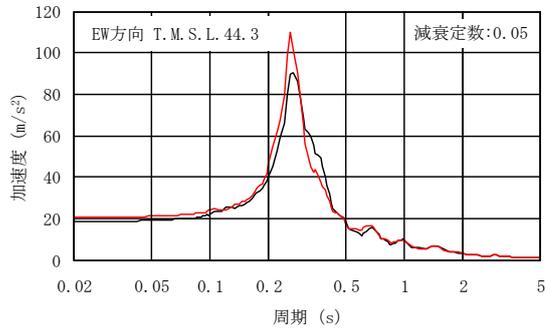


T. M. S. L. 6.5m

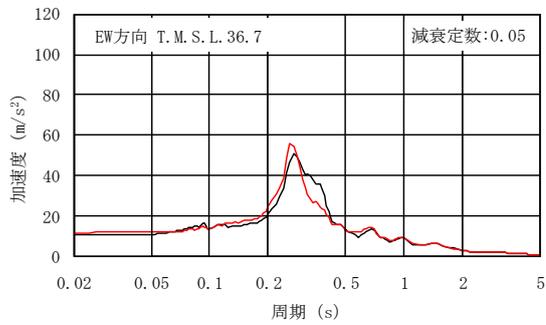
図 3-45 床応答スペクトルの比較 (Rw/B, NS 方向, 減衰定数 5.0%) (2/2)

— : 隣接非考慮

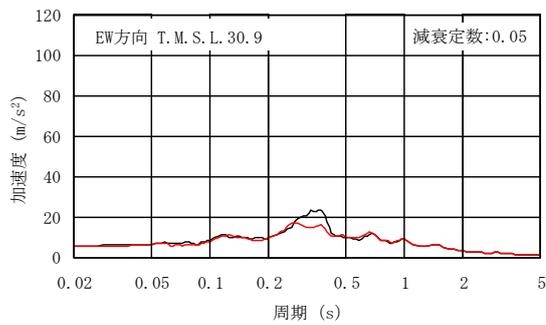
— : 隣接考慮



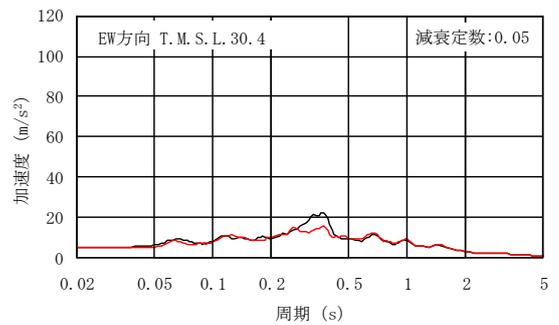
T. M. S. L. 44.3m(質点 10, 11)



T. M. S. L. 36.7m



T. M. S. L. 30.9m

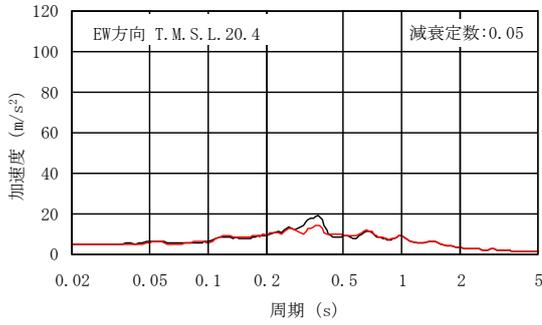


T. M. S. L. 30.4m

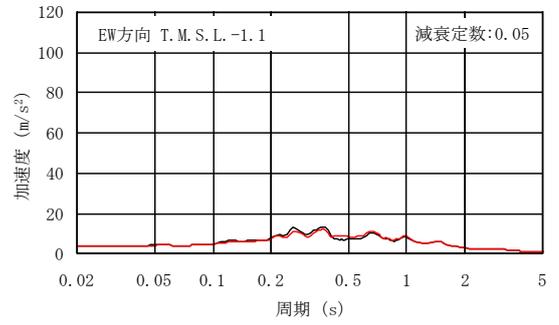
図 3-46 床応答スペクトルの比較 (Rw/B, EW 方向, 減衰定数 5.0%) (1/2)

— : 隣接非考慮

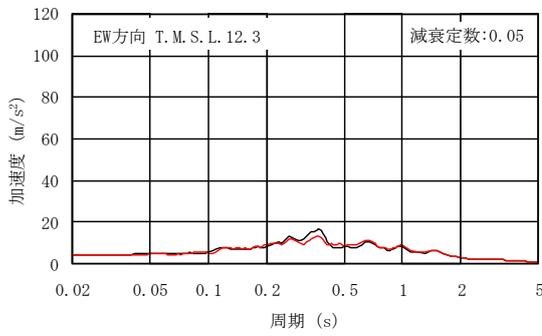
— : 隣接考慮



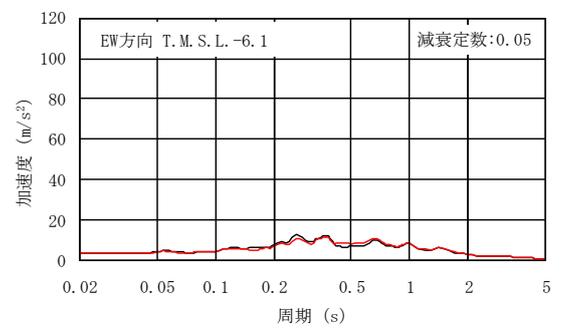
T.M.S.L. 20.4m



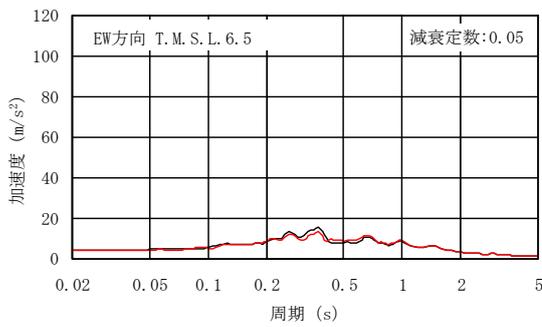
T.M.S.L. -1.1m



T.M.S.L. 12.3m



T.M.S.L. -6.1m



T.M.S.L. 6.5m

図 3-46 床応答スペクトルの比較 (Rw/B, EW 方向, 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，「3.1.7 床応答スペクトル」に示すとおり，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があるため，機器への影響検討を行い，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 機器への影響検討」に示す。

4. まとめ

4.1 既往の知見に基づく検討結果

「2.1 既往の文献に基づく検討」及び「2.2 3次元 FEM モデルを用いた検討」により、以下の知見を得た。

(1) 既往の文献に基づく検討

「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、「NUPEC 試験」は参考として記載している。

(2) 3次元 FEM モデルを用いた検討

3次元 FEM モデルを用いた検討により、硬質岩盤においては、隣接建屋が地震応答解析に用いる建屋-地盤連成モデル及び入力地震動に与える影響が小さいことを確認することで、隣接建屋が検討対象建屋の建屋応答に与える影響が小さいことを確認した。

一方で、隣接建屋が建屋応答に与える影響は少ないが、隣接建屋の固有振動数の影響で地盤インピーダンスに励起が見られた。この文献³⁾の結びにも記載されているが、 $V_s=1650$ m/sの硬質な岩盤に直接支持される原子力施設といった、極めて限定された解析条件での結果であり、柏崎刈羽原子力発電所 第7号機における軟岩サイトでは検討条件が異なるため、文献³⁾の結果同様、隣接影響が小さくなるとは限らない。

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、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。

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があるため、機器への影響検討を行い、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。

【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, 「地震観測に基づく構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
- 3) 中村 尚弘他, 「原子力発電所建屋の地震応答性状に与える不整形地盤および隣接建屋の影響に関する研究」, 2012年3月, 構造工学論文集, 日本建築学会

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、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。

*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* (Hz)	NS	2.27	2.78
	EW	2.33	2.56
質点高さ T.M.S.L. (m)	上端	49.7	44.3
	下端	-13.7	-7.9

注記* : 基準地震動 S_S-1 入力の SR モデル解析時の値。

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 2-24

1. 概要

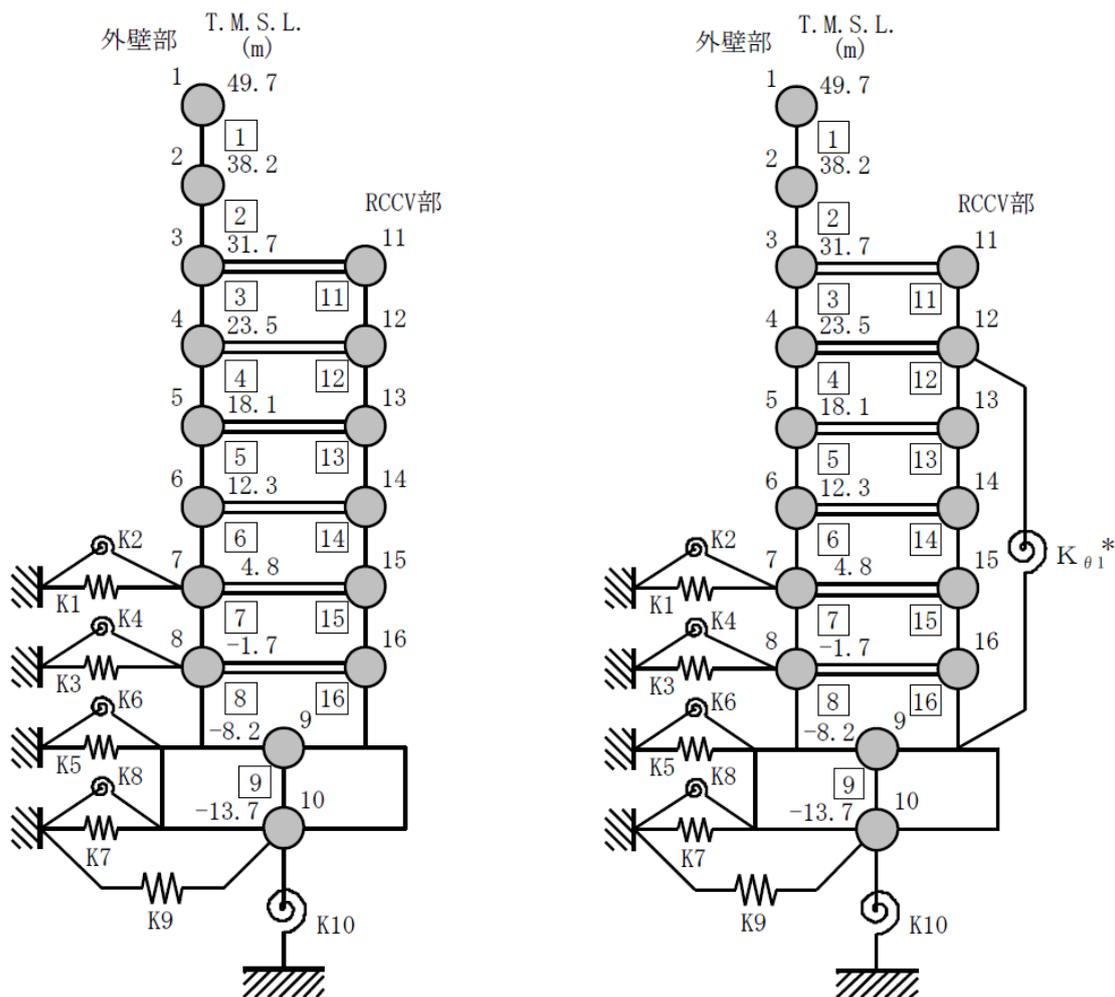
本資料は、隣接建屋の影響として、耐震評価を実施している躯体関係の応答増幅の影響検討を行うものである。

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。また、評価に用いる弾性設計用地震動 S_d に基づく応答倍率の考え方を図 2-22 に、線形解析に基づく隣接応答倍率を用いることの妥当性を表 2-2 に示す。図 2-22 及び表 2-2 に示すとおり、線形（隣接考慮）／線形（隣接非考慮）に基づく応答倍率は、非線形（隣接考慮）／非線形（隣接非考慮）に基づく応答倍率より保守的に設定することができることから、弾性設計用地震動 S_{d-1} に基づく隣接応答倍率を用いた評価を行う。隣接応答倍率を、建屋の非線形性及び基礎の浮上り非線形性等を考慮した地震応答解析及び応力解析に基づく耐震評価結果に掛けることによって、応答増幅の影響検討を行う。

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, C/B K7T/B, Rw/B	別紙 2-24
基礎スラブ	K7R/B, C/B K7T/B, Rw/B	別紙 2-27
屋根トラス	K7R/B	別紙 2-30
原子炉格納容器 コンクリート部 (RCCV)	K7R/B	別紙 2-38
使用済燃料貯蔵 プール (SFP)	K7R/B	別紙 2-52
主排気筒	K7R/B	別紙 2-64
復水貯蔵槽 (CSP)	Rw/B	別紙 2-75

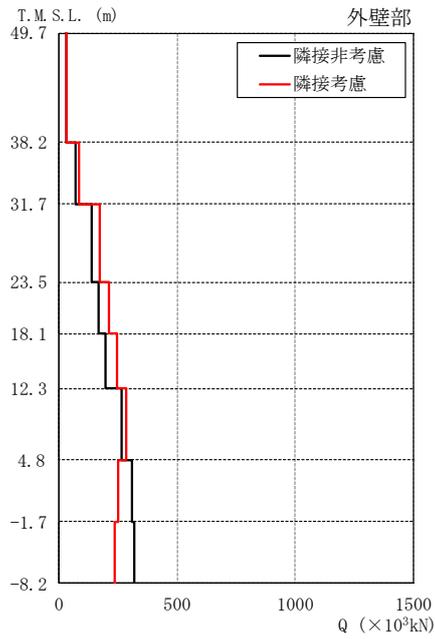


注記*：原子炉格納容器コンクリート部（以下「RCCV」という。）回転ばね

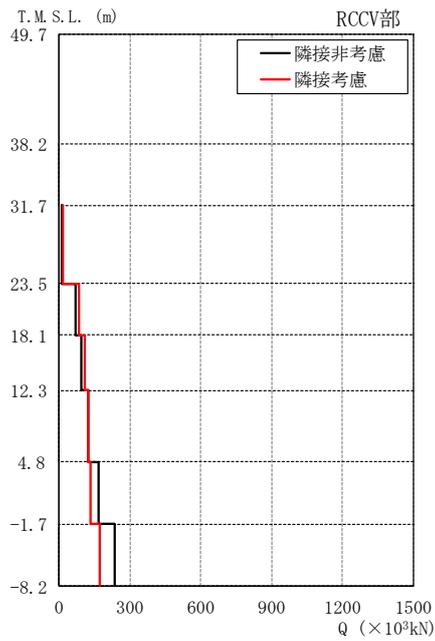
(a) NS 方向

(b) EW 方向

図 2-1 K7R/B の建屋モデル



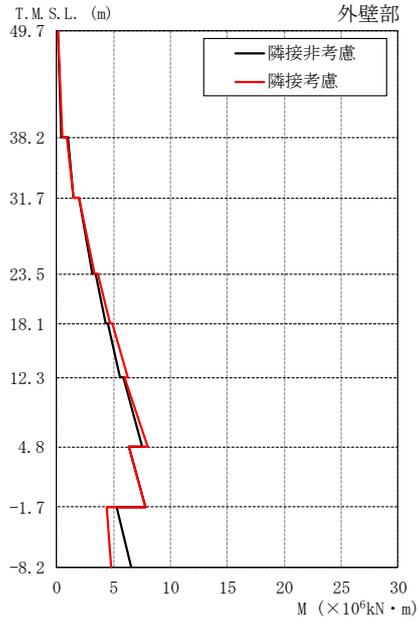
T.M.S.L. (m)	隣接非考慮	隣接考慮	比率
49.7	29.9	32.8	1.10
38.2	72.2	86.3	1.20
31.7	140	172	1.23
23.5	167	212	1.27
18.1	199	247	1.24
12.3	263	284	1.08
4.8	310	252	0.81
-1.7	318	237	0.75



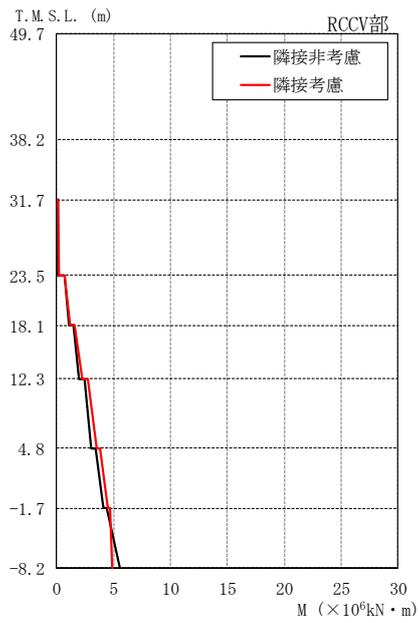
T.M.S.L. (m)	隣接非考慮	隣接考慮	比率
31.7	14.0	17.7	1.26
23.5	69.6	84.4	1.21
18.1	95.3	109	1.14
12.3	125	122	0.98
4.8	170	132	0.78
-1.7	236	175	0.74

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

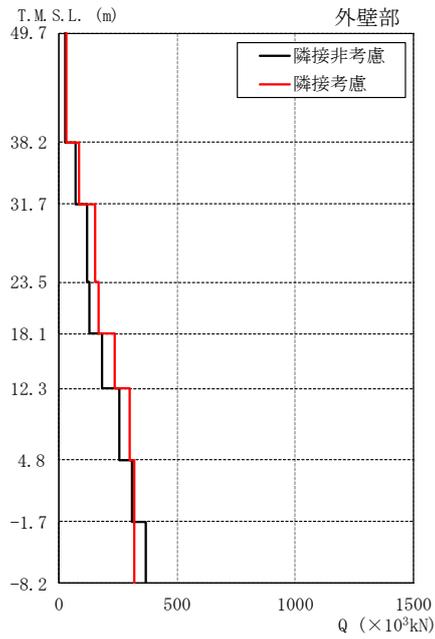


T.M.S.L. (m)	隣接非考慮	隣接考慮	比率
49.7	0.0986	0.0853	0.87
	0.442	0.463	1.05
38.2	0.960	0.915	0.95
	1.43	1.45	1.01
31.7	1.99	1.95	0.98
	3.11	3.31	1.06
23.5	3.42	3.57	1.04
	4.30	4.71	1.10
18.1	4.49	4.87	1.08
	5.57	6.28	1.13
12.3	5.83	5.92	1.02
	7.55	8.00	1.06
4.8	6.30	6.33	1.00
	7.77	7.76	1.00
-1.7	5.31	4.38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



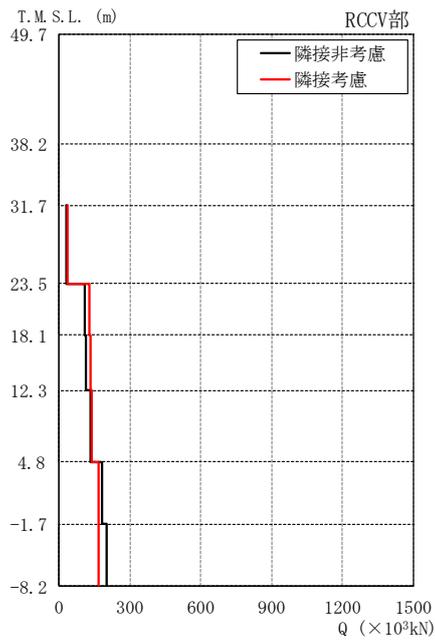
T.M.S.L. (m)	隣接非考慮	隣接考慮	比率
31.7	0.0561	0.0535	0.95
	0.123	0.158	1.28
23.5	0.722	0.728	1.01
	1.04	1.17	1.13
18.1	1.49	1.60	1.07
	1.91	2.20	1.15
12.3	2.43	2.69	1.11
	3.06	3.51	1.15
4.8	3.43	3.85	1.12
	4.10	4.45	1.09
-1.7	4.39	4.69	1.07
	5.51	4.87	0.88
-8.2			

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

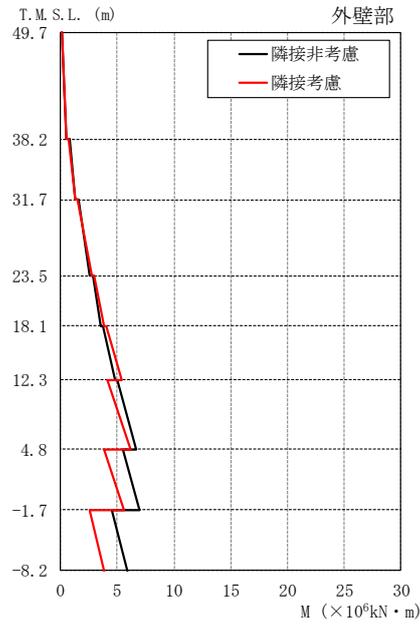
Q (×10³kN)



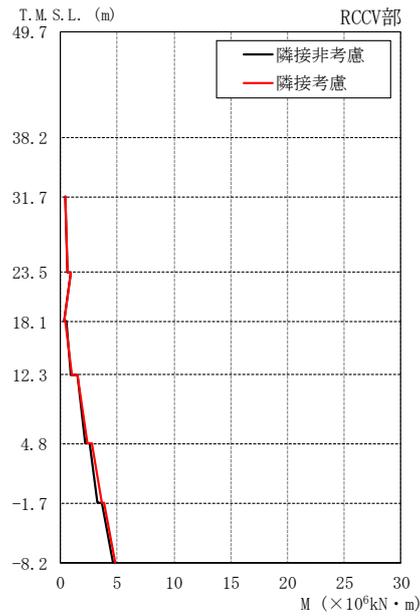
T.M.S.L. (m)	隣接非考慮	隣接考慮	比率
31.7	33.1	36.4	1.10
23.5	108	131	1.21
18.1	113	134	1.19
12.3	135	141	1.04
4.8	183	167	0.91
-1.7	204	167	0.82

Q (×10³kN)

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
	5.87	3.89	0.66
-8.2			



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
	4.64	4.80	1.03
-8.2			

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

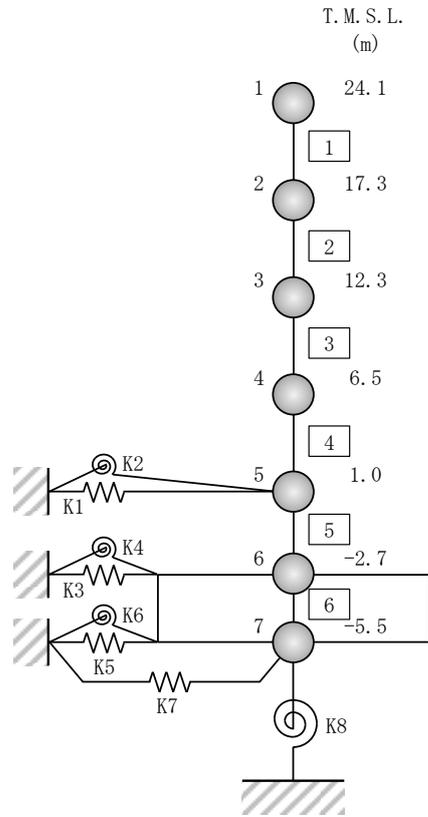


図 2-6 C/B の建屋モデル

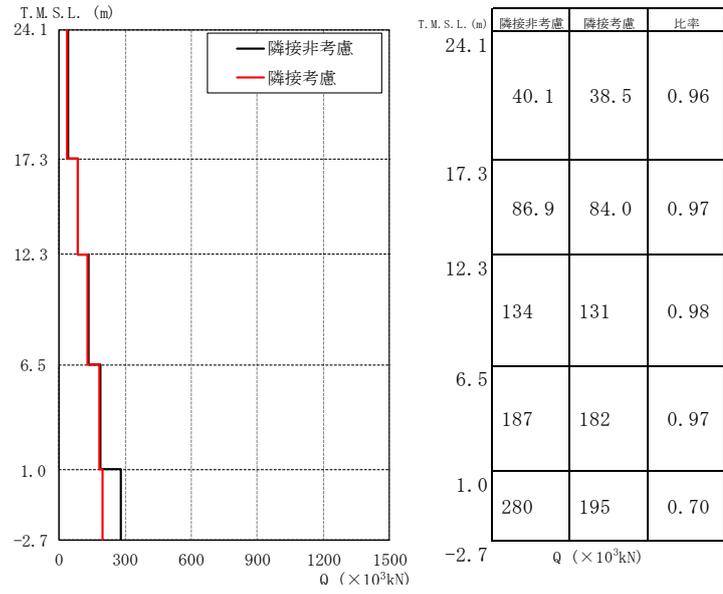


図 2-7 C/B の隣接応答倍率 (Sd-1, NS 方向) : せん断力

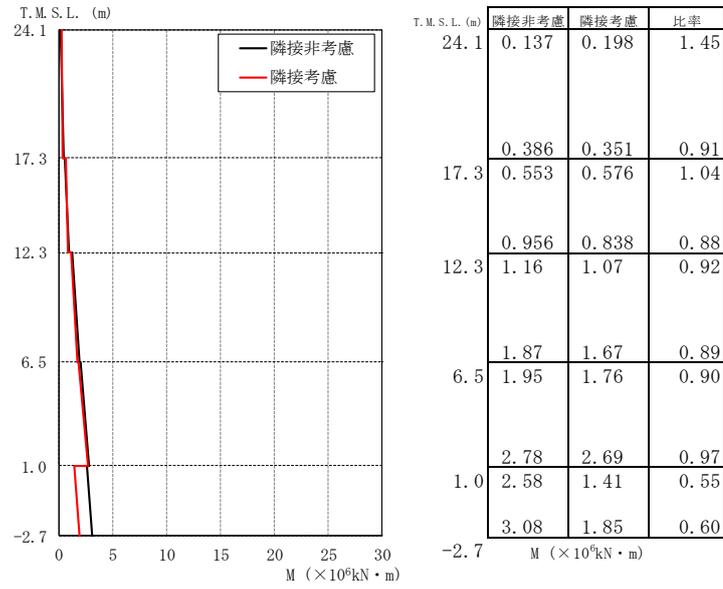


図 2-8 C/B の隣接応答倍率 (Sd-1, NS 方向) : 曲げモーメント

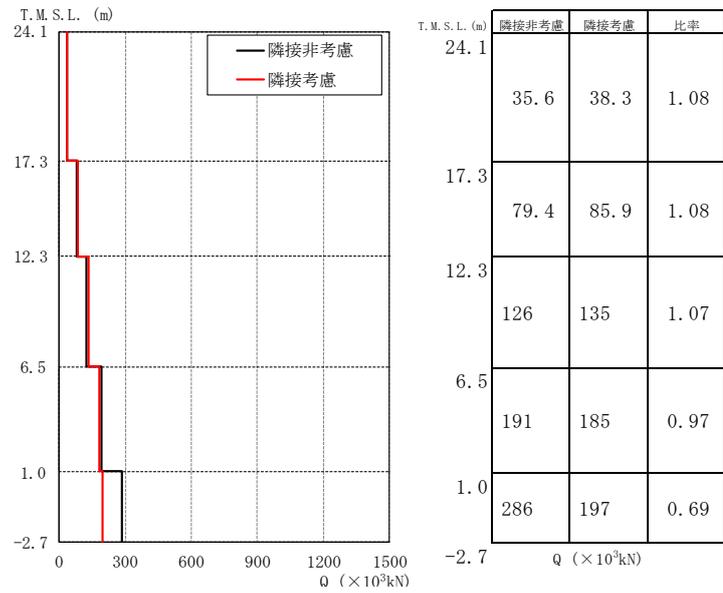


図 2-9 C/B の隣接応答倍率 (Sd-1, EW 方向) : せん断力

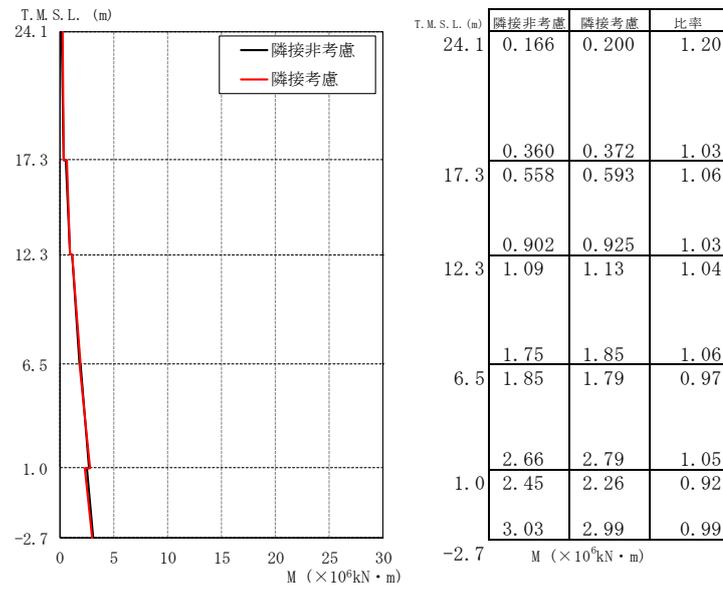


図 2-10 C/B の隣接応答倍率 (Sd-1, EW 方向) : 曲げモーメント

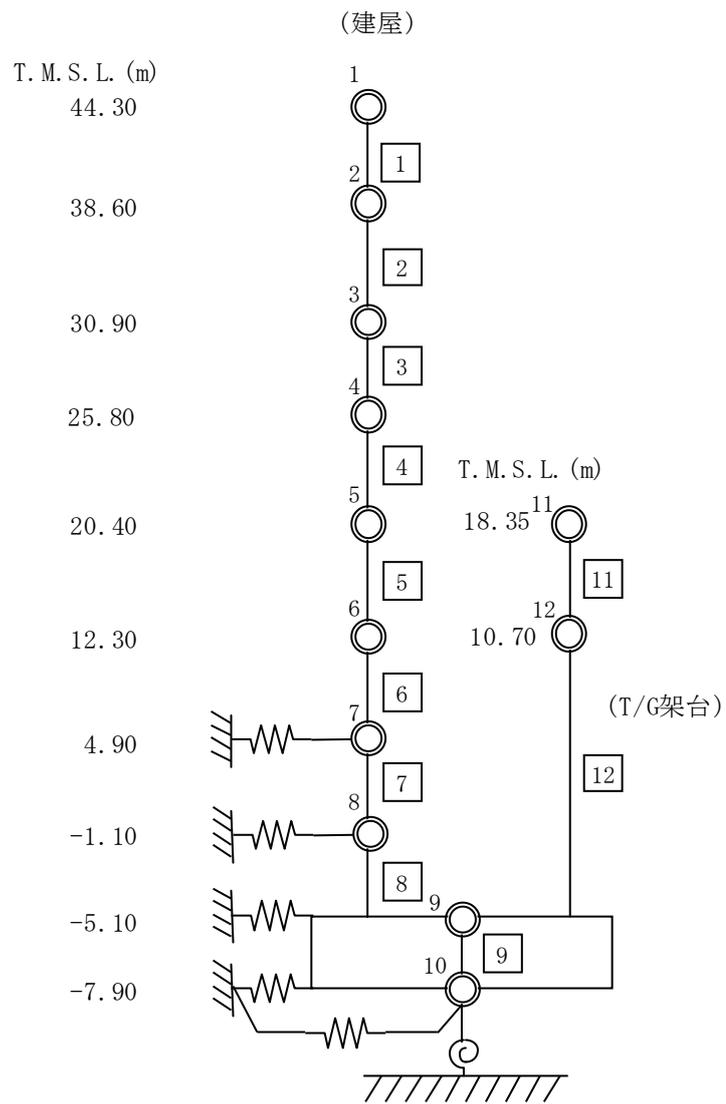
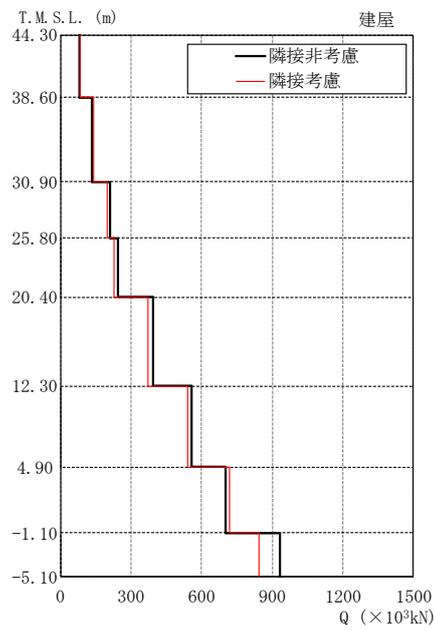
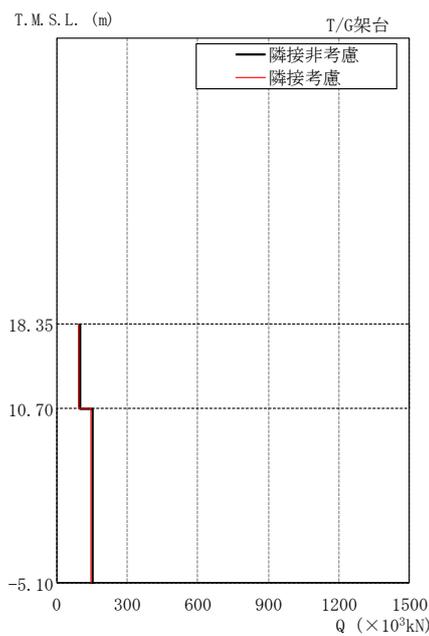


図 2-11 K7T/B の建屋モデル



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

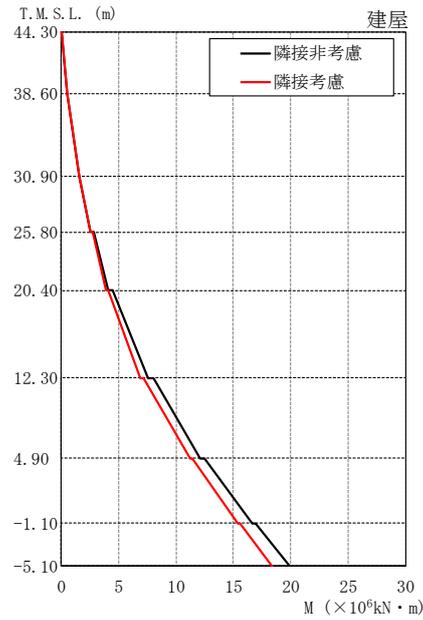
Q ($\times 10^3$ kN)



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

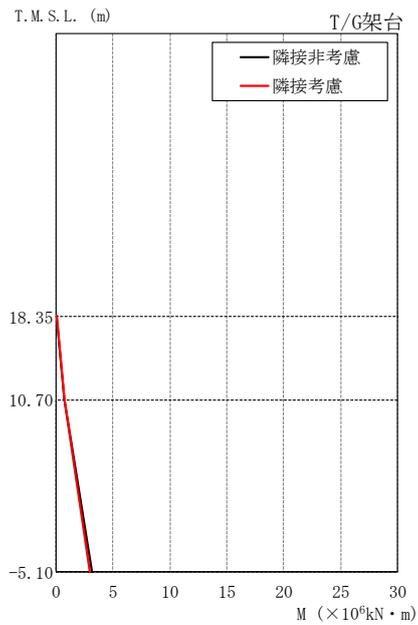
Q ($\times 10^3$ kN)

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

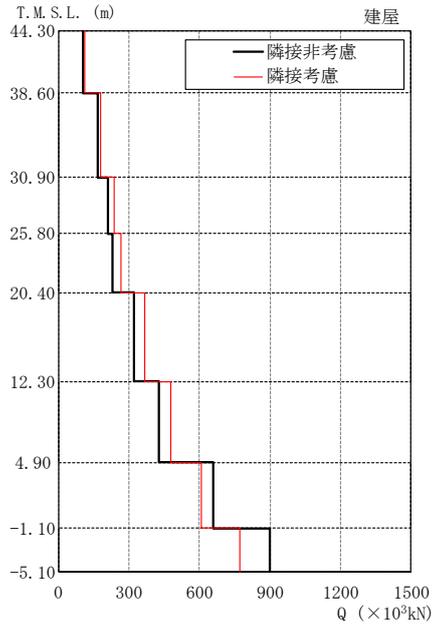
M ($\times 10^6 \text{kN} \cdot \text{m}$)



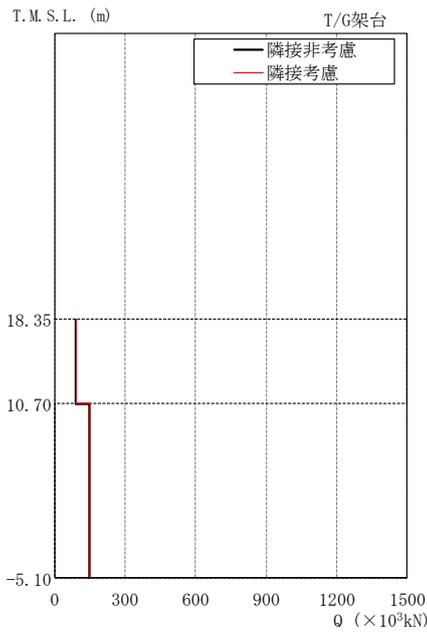
T.M.S.L. (m)	隣接非考慮	隣接考慮	比率
18.35	0.00	0.00	-
	0.753	0.699	0.93
10.70	0.753	0.699	0.93
	3.18	3.00	0.94
-5.10			

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

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

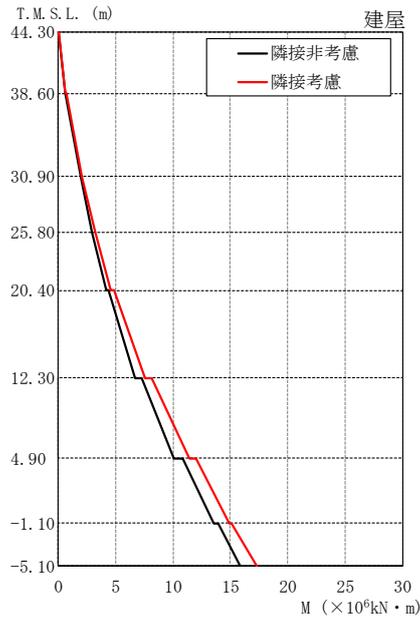


T.M.S.L. (m)	隣接非考慮	隣接考慮	比率
44.30	107	112	1.05
38.60	168	178	1.06
30.90	212	238	1.12
25.80	231	265	1.15
20.40	321	368	1.15
12.30	426	480	1.13
4.90	661	610	0.92
-1.10	898	773	0.86

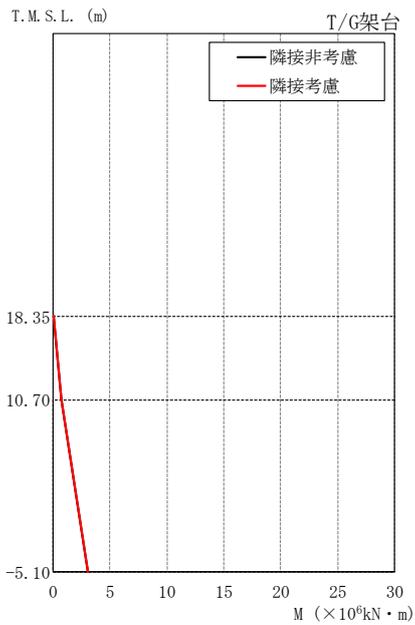


T.M.S.L. (m)	隣接非考慮	隣接考慮	比率
18.35	92.6	92.0	0.99
10.70	148	149	1.01

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

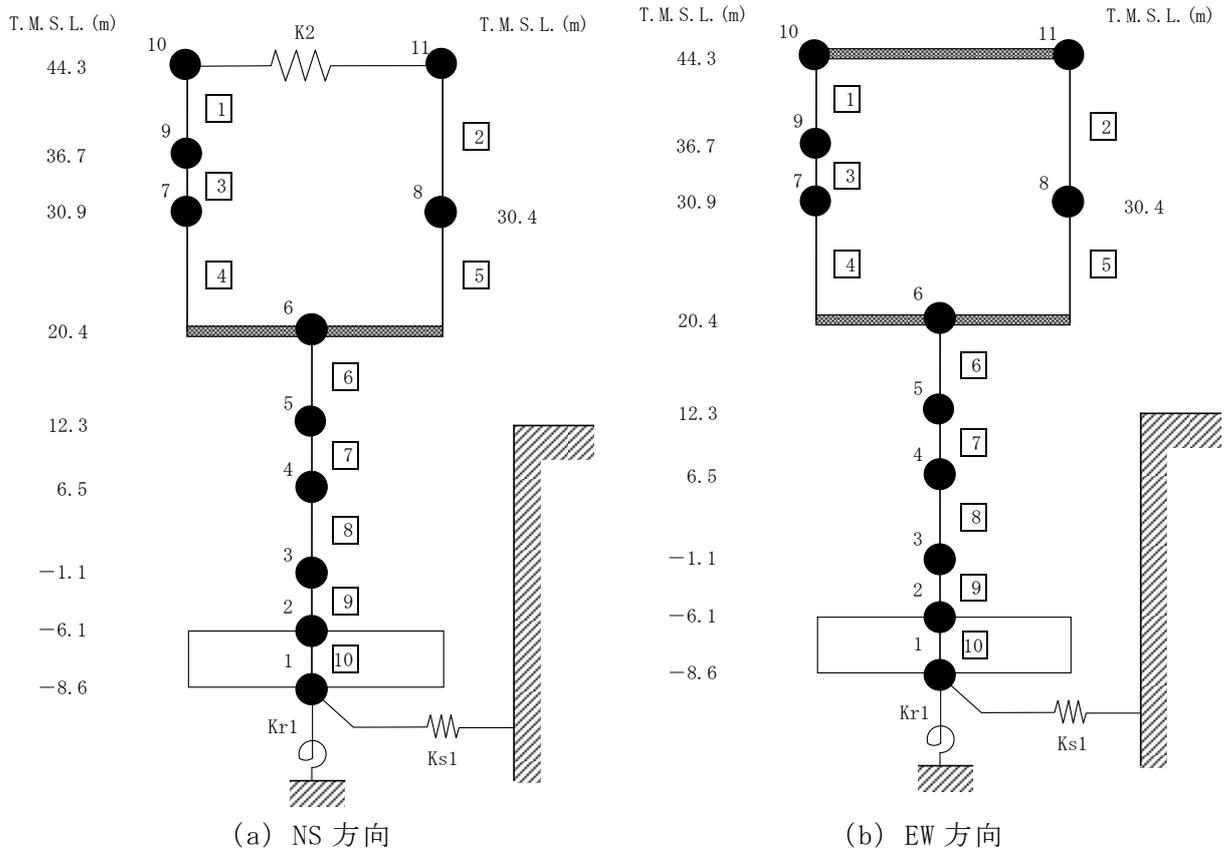
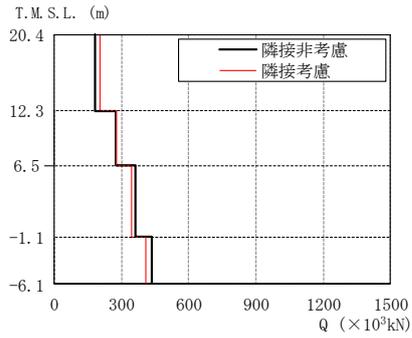
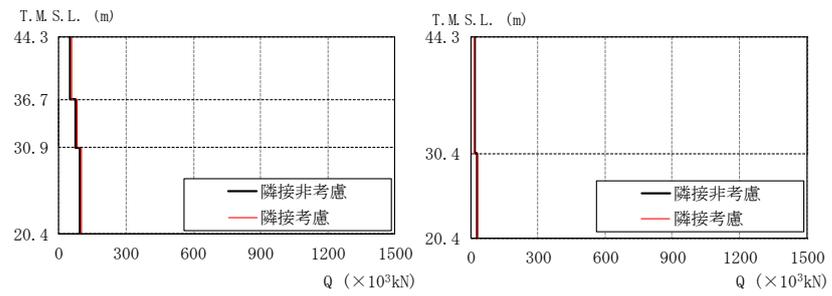


図 2-16 Rw/B の建屋モデル



T. M. S. L. (m)	隣接非考慮	隣接考慮	比率
44.3	46.6	54.8	1.18
36.7	71.9	81.2	1.13
30.9	93.3	98.7	1.06

Q (×10³kN)

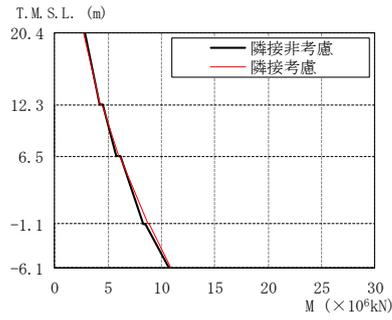
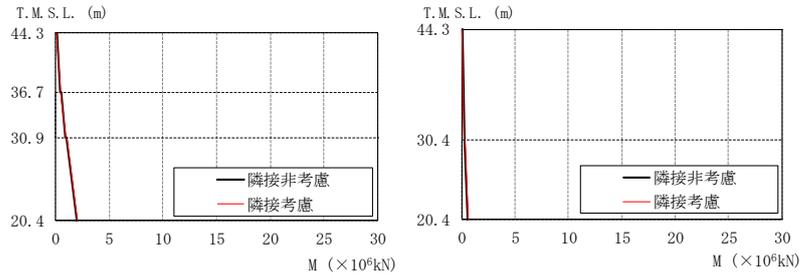
T. M. S. L. (m)	隣接非考慮	隣接考慮	比率
44.3	18.6	17.4	0.94
30.4	29.2	29.9	1.02

Q (×10³kN)

T. M. S. L. (m)	隣接非考慮	隣接考慮	比率
20.4	184	202	1.10
12.3	274	279	1.02
6.5	360	347	0.96
-1.1	436	407	0.93

Q (×10³kN)

図 2-17 R_w/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)

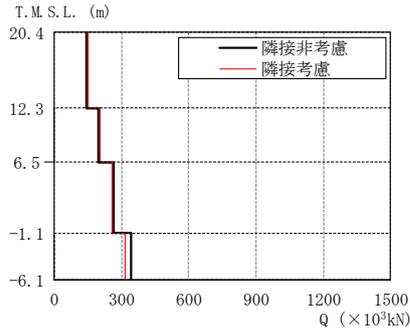
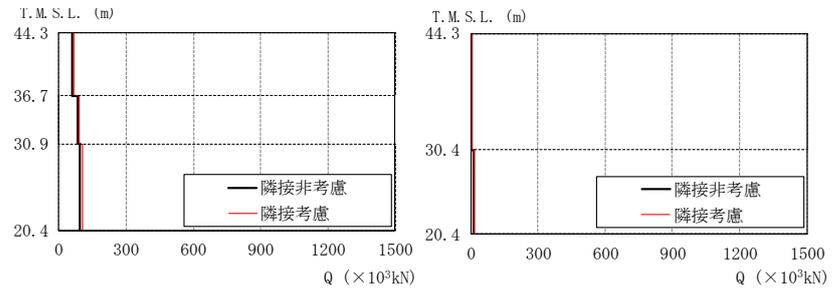
T. M. S. L. (m)	隣接非考慮	隣接考慮	比率
44.3	0.0283	0.0187	0.66
30.4	0.266	0.253	0.95
	0.303	0.275	0.91
20.4	0.595	0.557	0.94

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 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)

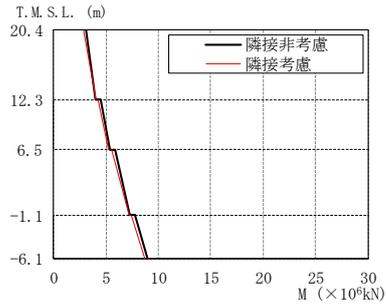
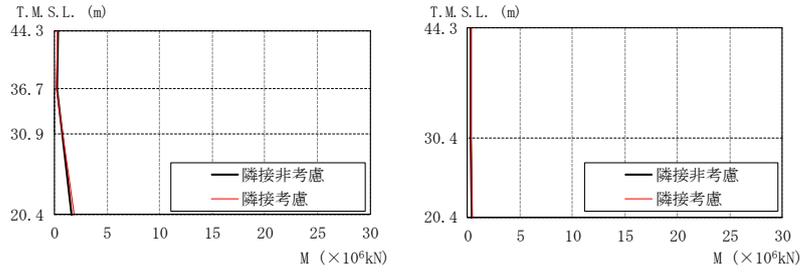
T.M.S.L. (m)	隣接非考慮	隣接考慮	比率
44.3	4.01	4.45	1.11
30.4	13.2	13.1	0.99
20.4			

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 R_w/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
20.4	1.64	1.85	1.13

M (×10⁶kN)

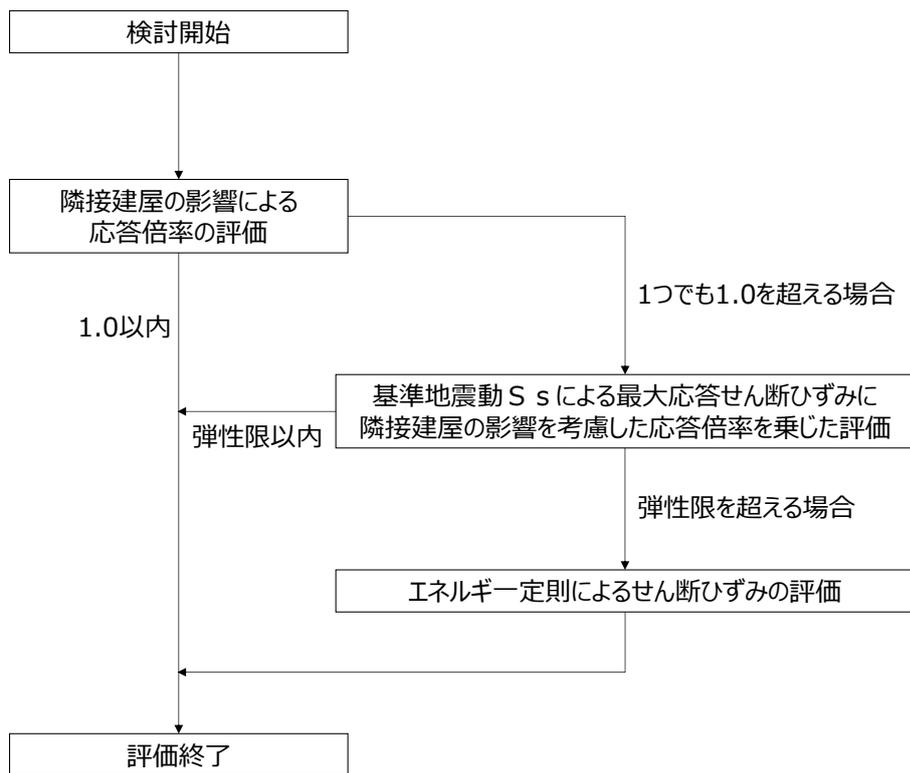
T.M.S.L. (m)	隣接非考慮	隣接考慮	比率
44.3	0.274	0.304	1.11
	0.329	0.366	1.11
30.4	0.332	0.369	1.11
20.4	0.421	0.470	1.12

M (×10⁶kN)

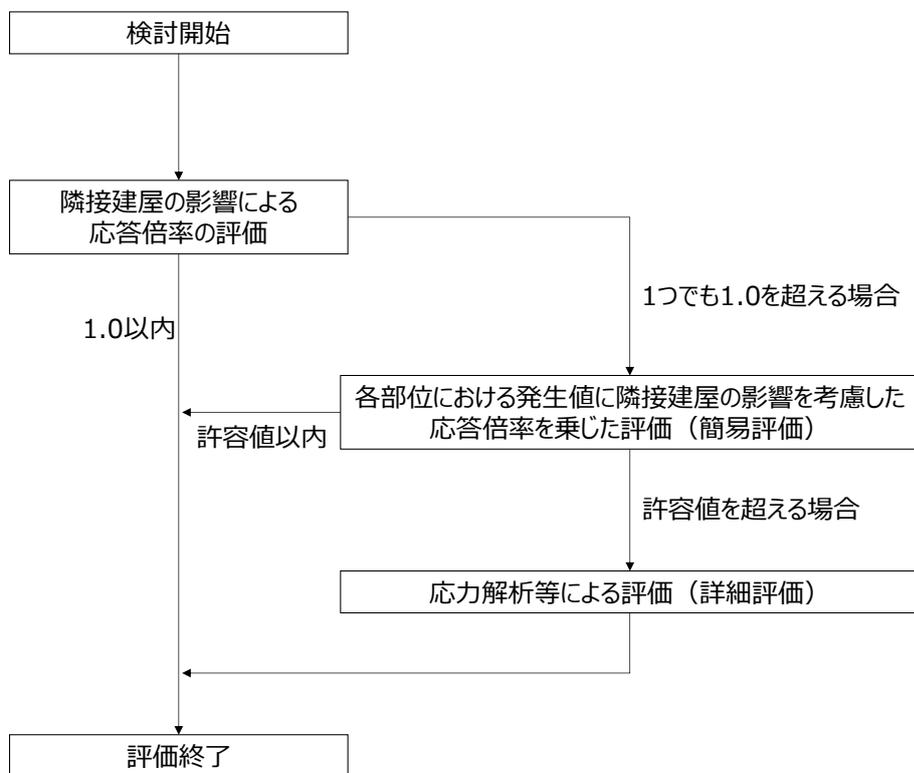
T.M.S.L. (m)	隣接非考慮	隣接考慮	比率
20.4	3.05	2.86	0.94
	4.02	4.02	1.00
12.3	4.49	4.28	0.95
	5.39	5.27	0.98
6.5	5.91	5.53	0.94
	7.29	7.16	0.98
-1.1	7.80	7.38	0.95
	8.93	8.70	0.97
-6.1			

M (×10⁶kN)

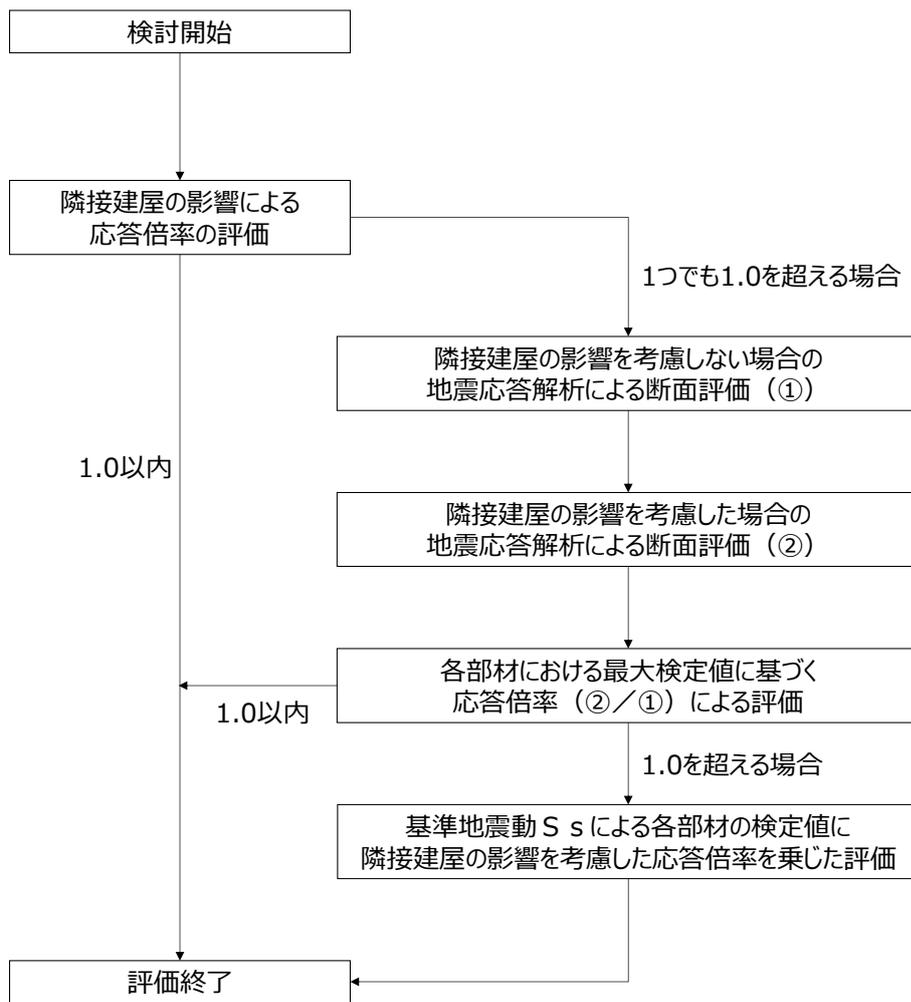
図 2-20 R_w/B の隣接応答倍率 (Sd-1, EW 方向) : 曲げモーメント



(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



(c) 屋根トラス及び主排気筒

図 2-21 評価フロー (2/2)

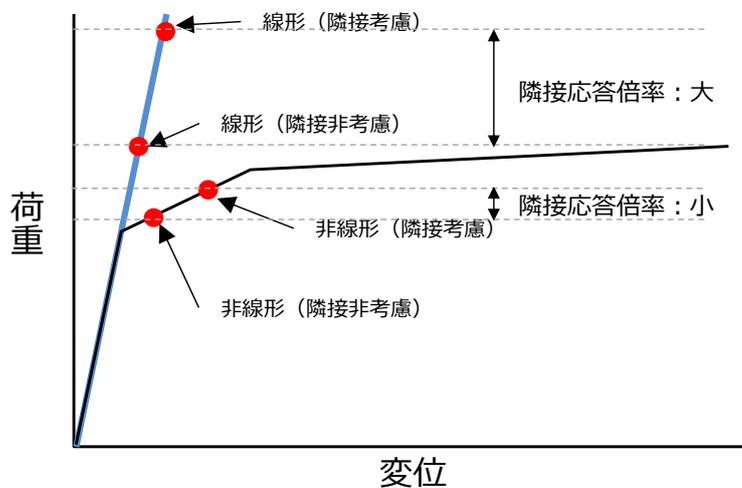


図 2-22 弾性設計用地震動 S d に基づく応答倍率の考え方

表 2-2 線形解析に基づく隣接応答倍率を用いることの妥当性 (1/2)

No.	評価対象	解析手法	妥当性
1	<ul style="list-style-type: none"> ・ 耐震壁 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 地震応答解析 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 耐震評価にあたっては、基準地震動 S_s による地震応答解析により算定されたせん断ひずみが許容値以内であることを確認している。 ・ 隣接応答倍率を踏まえた評価としては、せん断ひずみに隣接応答倍率を乗じた評価を基本とするが、図 3-1 に示すとおり、耐震壁の非線形性を考慮する必要がある場合はエネルギー一定則による評価を実施しており、非線形性を踏まえた適切な評価を実施している。
2	<ul style="list-style-type: none"> ・ 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 ・ 復水貯蔵槽 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 応力解析 (地震応答解析による加速度、せん断力及び曲げモーメントに基づく地震荷重を入力) 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 耐震評価にあたっては、地震応答解析により算定された加速度、せん断力及び曲げモーメントに基づく地震荷重を用いて応力解析を実施し、発生値が許容値以内であることを確認している。 ・ 隣接応答倍率を踏まえた評価としては、簡易評価（隣接応答倍率を発生値に乗じた評価）、もしくは詳細評価（隣接応答倍率を考慮した地震荷重による評価）により、許容値以内であることを確認しているが、線形解析に基づく隣接応答倍率が保守的であるため、評価結果は保守的である。

表 2-2 線形解析に基づく隣接応答倍率を用いることの妥当性 (2/2)

No.	評価対象	解析手法	妥当性
3	<ul style="list-style-type: none"> ・ 屋根トラス ・ 主排気筒 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 時刻歴応答解析 (解析モデル下端レベルの時刻歴応答波形を入力) 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 耐震評価にあたっては、解析モデル下端レベルにおける原子炉建屋の時刻歴応答波形に基づく時刻歴応答解析を実施し、主要耐震部材の耐震性を確認している。 ・ 隣接応答を踏まえた評価としては、隣接応答倍率（隣接モデルによる応答波形を入力した場合と単独モデルによる応答波形を入力した場合の検定値の比率）を、耐震評価の検定値に乗じることにより許容値以内であることを確認しているが、線形解析に基づく隣接応答倍率が保守的であるため、評価結果は保守的である。

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。

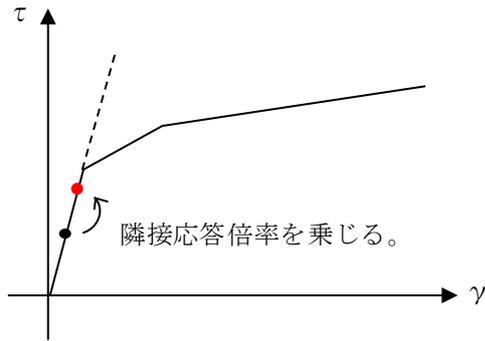
(1) 耐震壁

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。

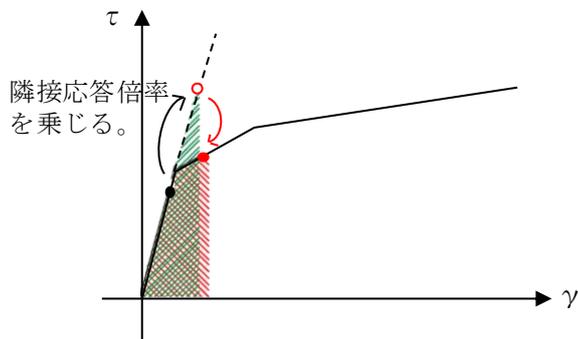
エネルギー一定則によるせん断ひずみの評価方法について図 3-1 に示す。ここでは、各建屋の地震応答解析によって評価された材料の不確かさを考慮した最大せん断ひずみに対して、隣接建屋の影響を考慮した応答倍率を乗じて、許容限界 (2.0×10^{-3}) 以内であることを確認する。なお、最大せん断ひずみが弾性限界を超える場合は、エネルギー一定とし弾性応答に変換し、変換後の応答値に隣接応答倍率をかけて、再度エネルギー一定則によりせん断ひずみを評価する。

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。

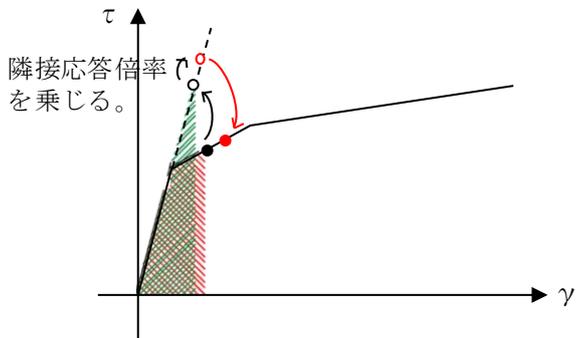
K7R/B の耐震壁における最大せん断ひずみ（エネルギー一定則に基づく）は 0.721×10^{-3} （EW 方向）、C/B の耐震壁における最大せん断ひずみは 0.676×10^{-3} （NS 方向）、K7T/B の耐震壁における最大せん断ひずみ（エネルギー一定則に基づく）は 0.823×10^{-3} （EW 方向）、Rw/B の耐震壁における最大せん断ひずみは 0.178×10^{-3} （NS 方向）で、いずれも許容限界 (2.0×10^{-3}) 以内となり、隣接建屋の影響を考慮しても構造健全性に問題ないことを確認した。



弾性直線上において，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 R_w/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、保守的に上端の曲げモーメントの隣接応答倍率も考慮している。K7T/B 及び R_w/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

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

(b) C/B

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

(c) K7T/B

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

(d) Rw/B

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

表 3-3 隣接建屋を考慮した基礎スラブの評価結果

(a) K7R/B

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

注：() 内は、応力平均化前の値を示す。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。

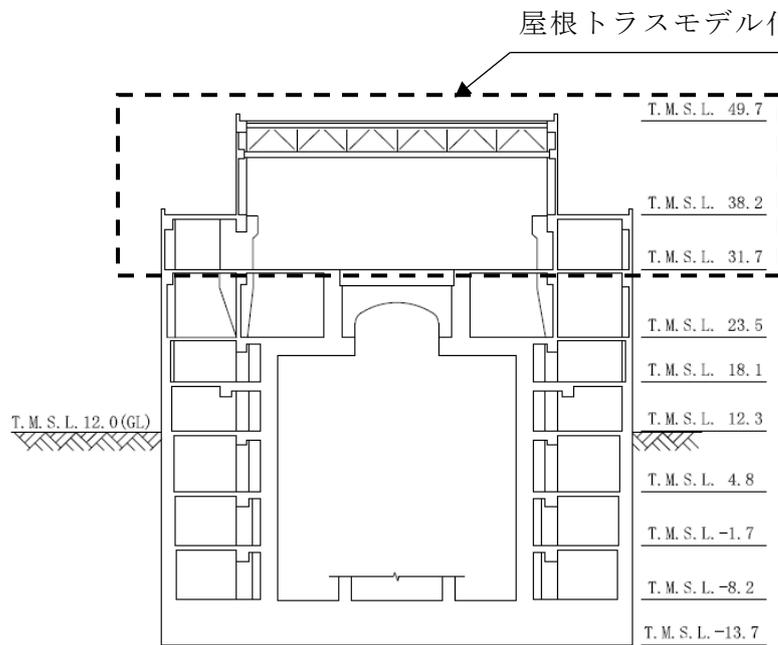
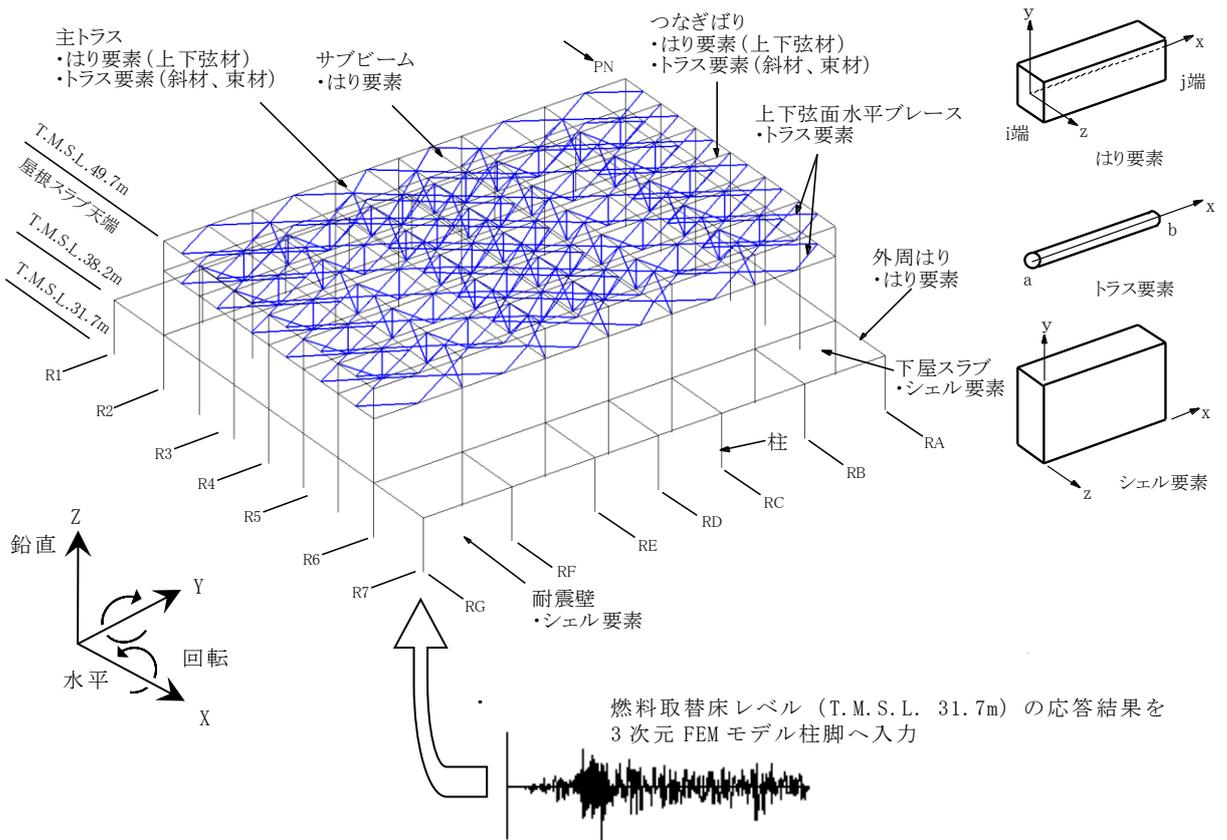
(3) 原子炉建屋屋根トラス

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、並進加速度の応答スペクトルを図 3-5 に示す。

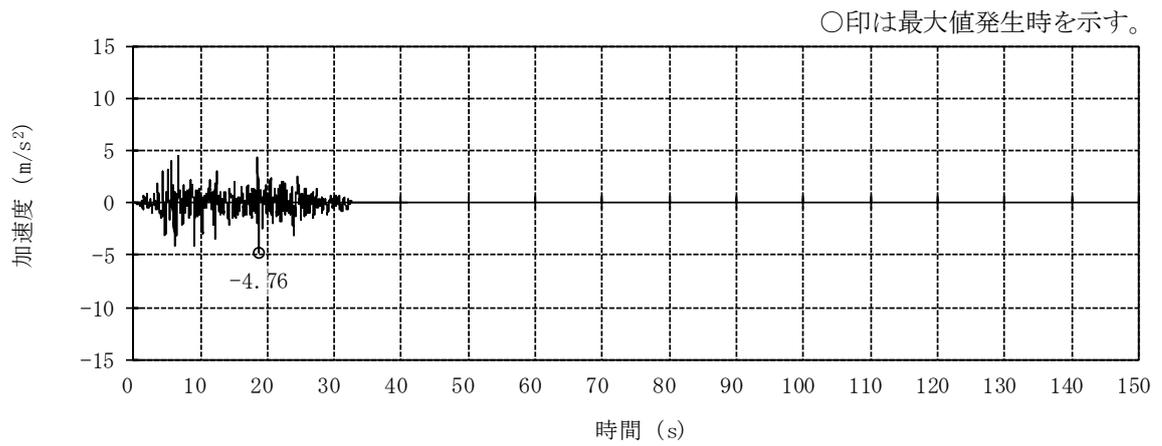
屋根トラスの断面評価結果一覧を表 3-5 に示す。最も検定値が大きいのは、つなぎばりの下弦材であり、隣接応答倍率 1.00 を乗じると 0.93 となり、1.00 を下回る。

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。

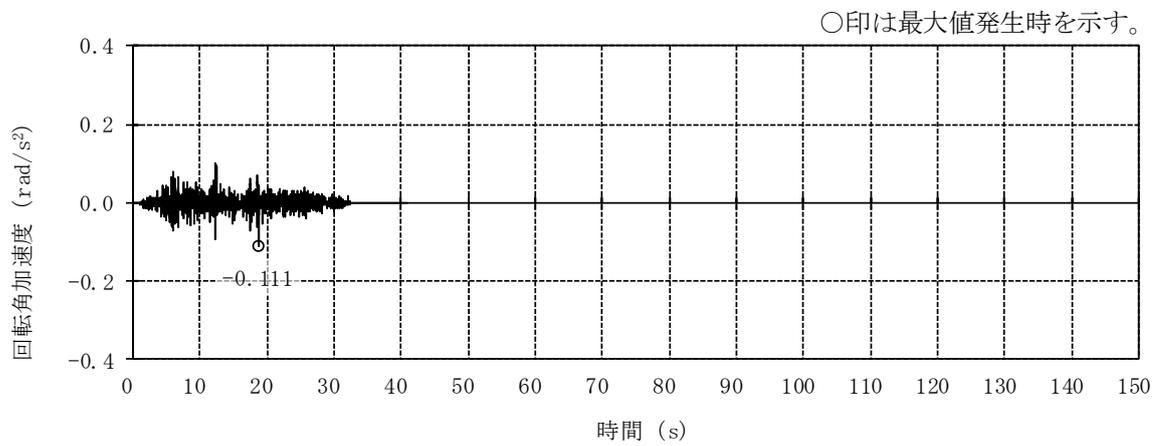


(単位：m)

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

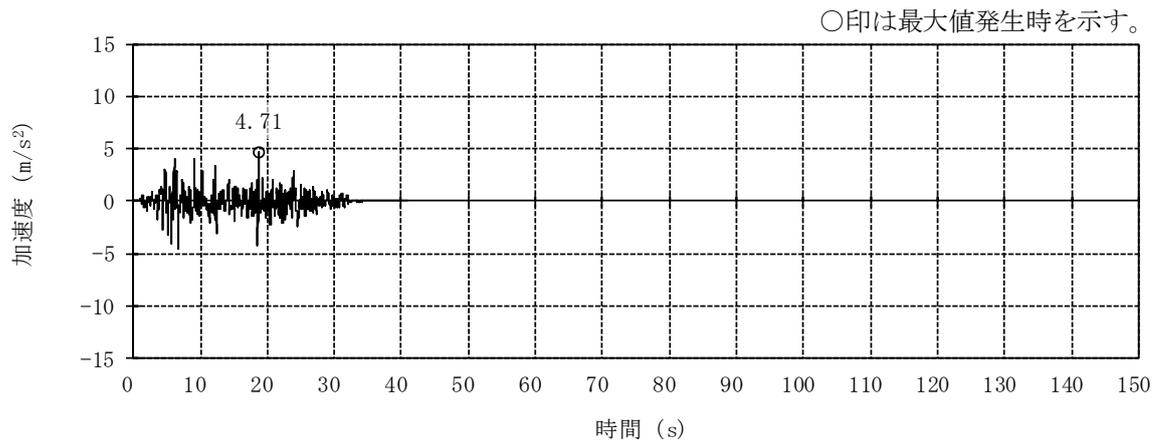


(a) 並進加速度

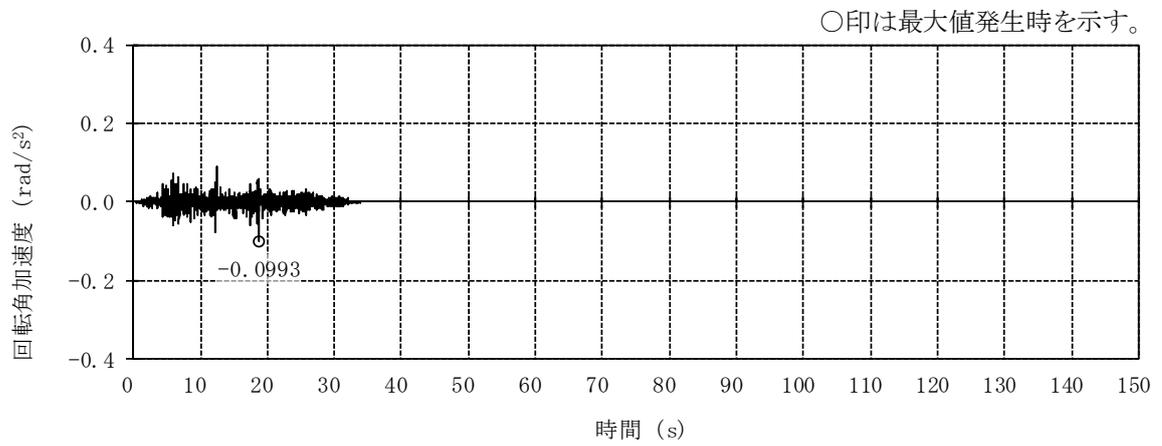


(b) 回転角加速度

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)

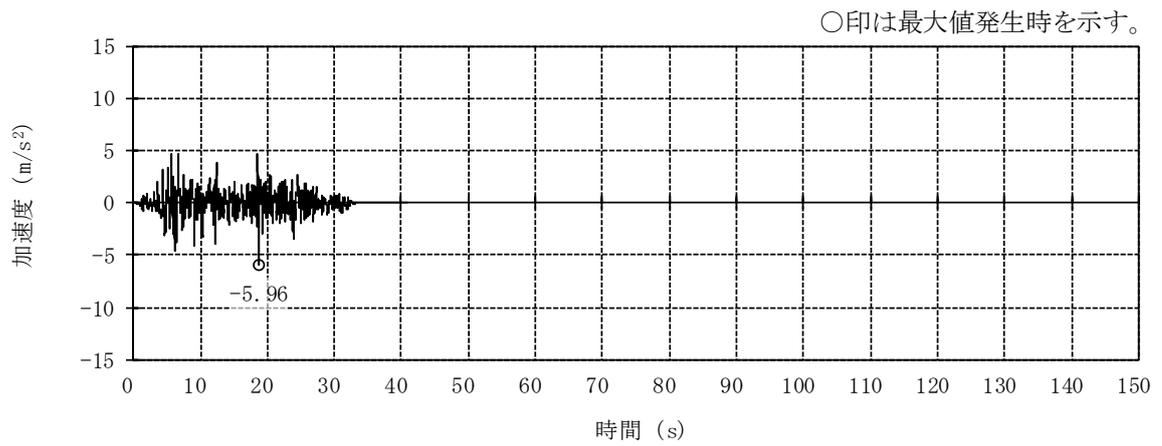


(a) 並進加速度

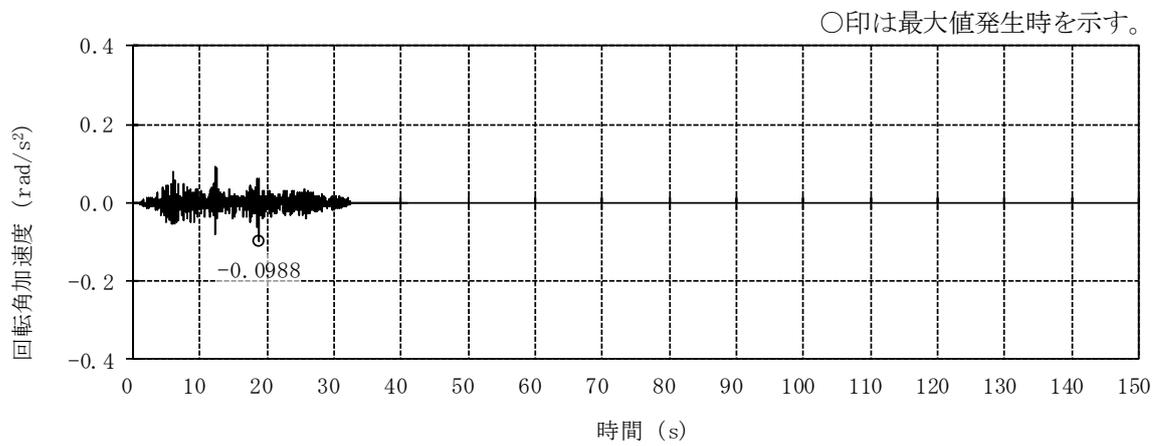


(b) 回転角加速度

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)

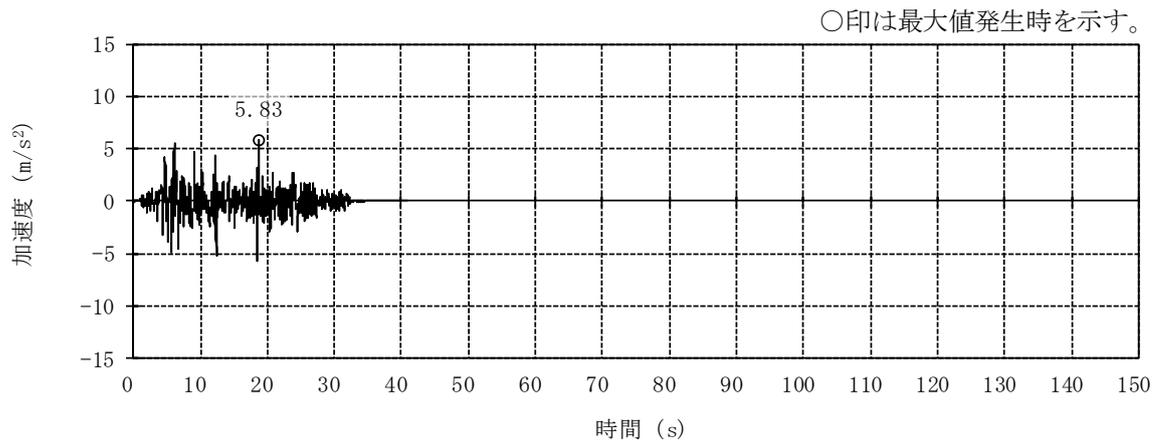


(a) 並進加速度

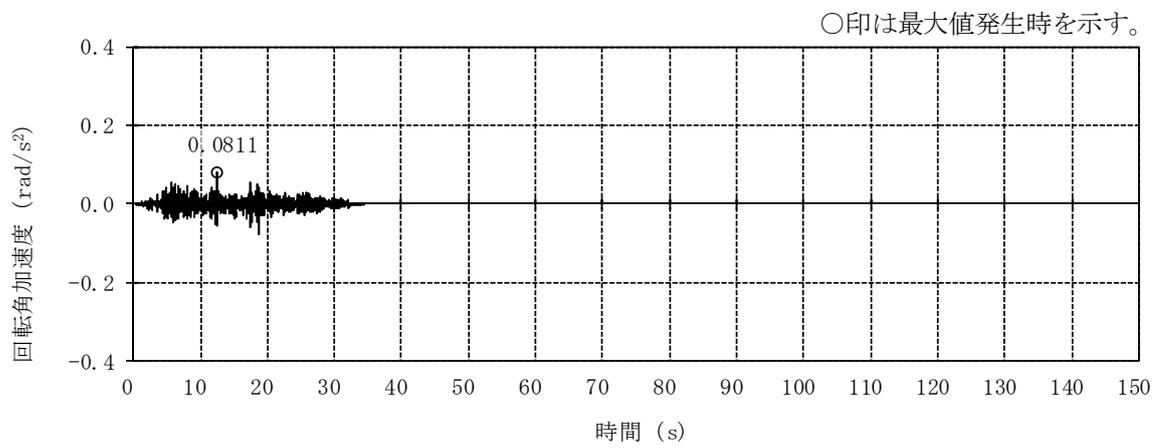


(b) 回転角加速度

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)

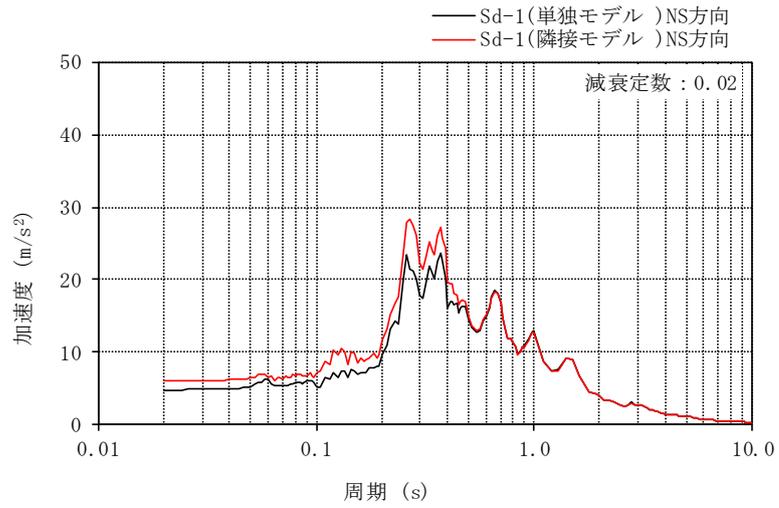


(a) 並進加速度

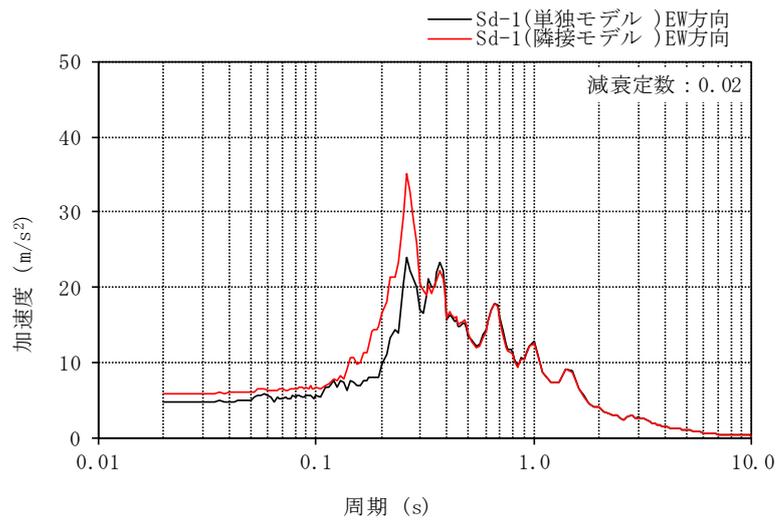


(b) 回転角加速度

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)



(NS 方向)



(EW 方向)

図 3-5 応答スペクトル (並進加速度)

表 3-4 単独ケースに対する隣接ケースの検定値の比率及び隣接応答倍率

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

表 3-5 隣接建屋の影響を考慮した屋根トラスの検定値

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

注：ハッチングは検定値のうち最も大きい値を表示。

(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～表 3-9 に示す。表 3-8 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。

組合せケース 5-3 について、RCCV の耐震計算書の地震荷重に部位に応じたせん断力及び曲げモーメントの隣接応答倍率を乗じた地震荷重を用いて応力解析(以下「詳細評価」という。)を実施する。詳細評価用の地震荷重を表 3-10 に示す。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 3-11 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。なお、鉄筋引張ひずみについては、降伏ひずみに達していない。

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 (シェル部及びトップスラブ部) (1/3)

(a) 荷重状態Ⅲ・地震時 (1)

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

注記* : 応力の再配分等を考慮して、応力の平均化を行った結果。

(b) 荷重状態Ⅲ・(異常+地震)時 (1)

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

注記* : 応力の再配分等を考慮して、応力の平均化を行った結果。

表 3-7 簡易評価結果（シェル部及びトップスラブ部）（2/3）

(c) 荷重状態Ⅳ・地震時（2）

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

注記*：応力の再配分等を考慮して、応力の平均化を行った結果。

(d) 荷重状態Ⅳ・（異常+地震）時（2）

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

表 3-7 簡易評価結果（シェル部及びトップスラブ部）（3/3）

(e) 荷重状態 V・(異常+地震) 時 (3)

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

注記*：応力の再配分等を考慮して、応力の平均化を行った結果。

(f) 荷重状態 V・(異常+地震) 時 (4)

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

注記*：応力の再配分等を考慮して、応力の平均化を行った結果。

表 3-8 簡易評価結果（貫通部）（1/2）

(a) 荷重状態Ⅲ・地震時（1）

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

(b) 荷重状態Ⅲ・（異常+地震）時（1）

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

(c) 荷重状態Ⅳ・地震時（2）

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

表 3-8 簡易評価結果（貫通部）（2/2）

(d) 荷重状態Ⅳ・（異常＋地震）時（2）

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

(e) 荷重状態Ⅴ・（異常＋地震）時（3）

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

(f) 荷重状態Ⅴ・（異常＋地震）時（4）

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

表 3-9 簡易評価結果（局部）（1/2）

(a) 荷重状態Ⅲ・地震時（1）

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

(b) 荷重状態Ⅲ・（異常+地震）時（1）

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

(c) 荷重状態Ⅳ・地震時（2）

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

注記*：応力の再配分等を考慮して、応力の平均化を行った結果。

表 3-9 簡易評価結果（局部）（2/2）

(d) 荷重状態Ⅳ・（異常＋地震）時（2）

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

(e) 荷重状態Ⅴ・（異常＋地震）時（3）

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

(f) 荷重状態Ⅴ・（異常＋地震）時（4）

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

表 3-10 詳細評価用の地震荷重 (1/2)

(a) せん断力

T. M. S. L. (m)	地震応答解析結果* 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。)と同じ方法により補助壁及び中間壁の負担分を減じて算定。

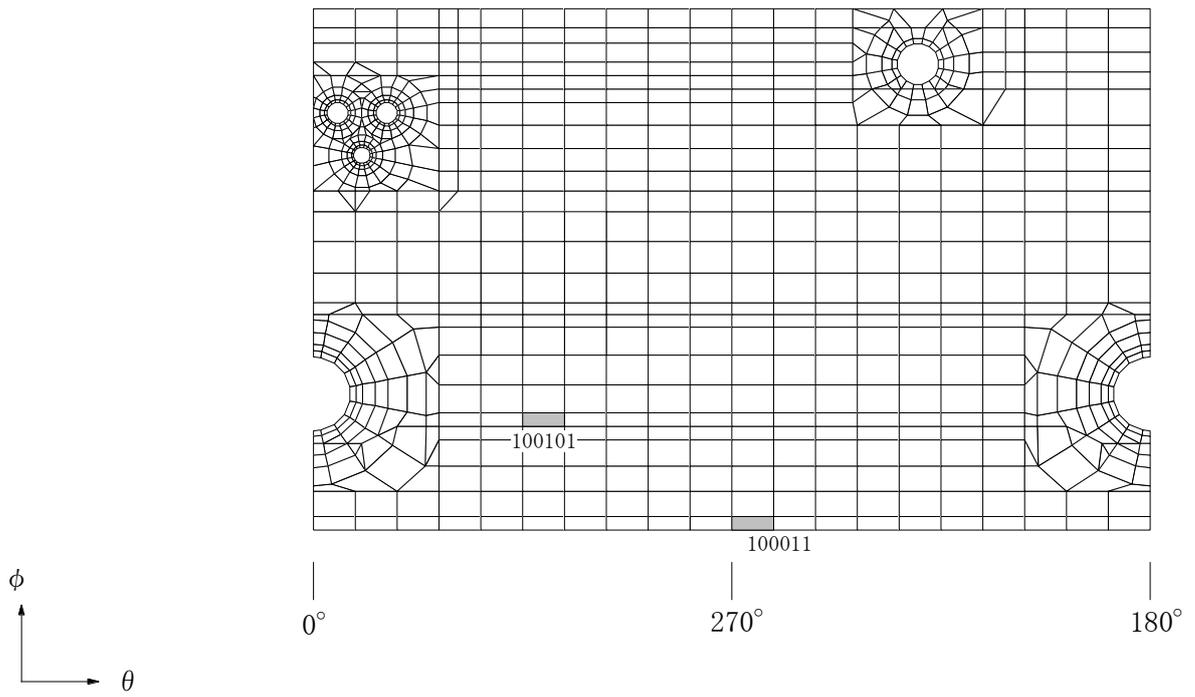
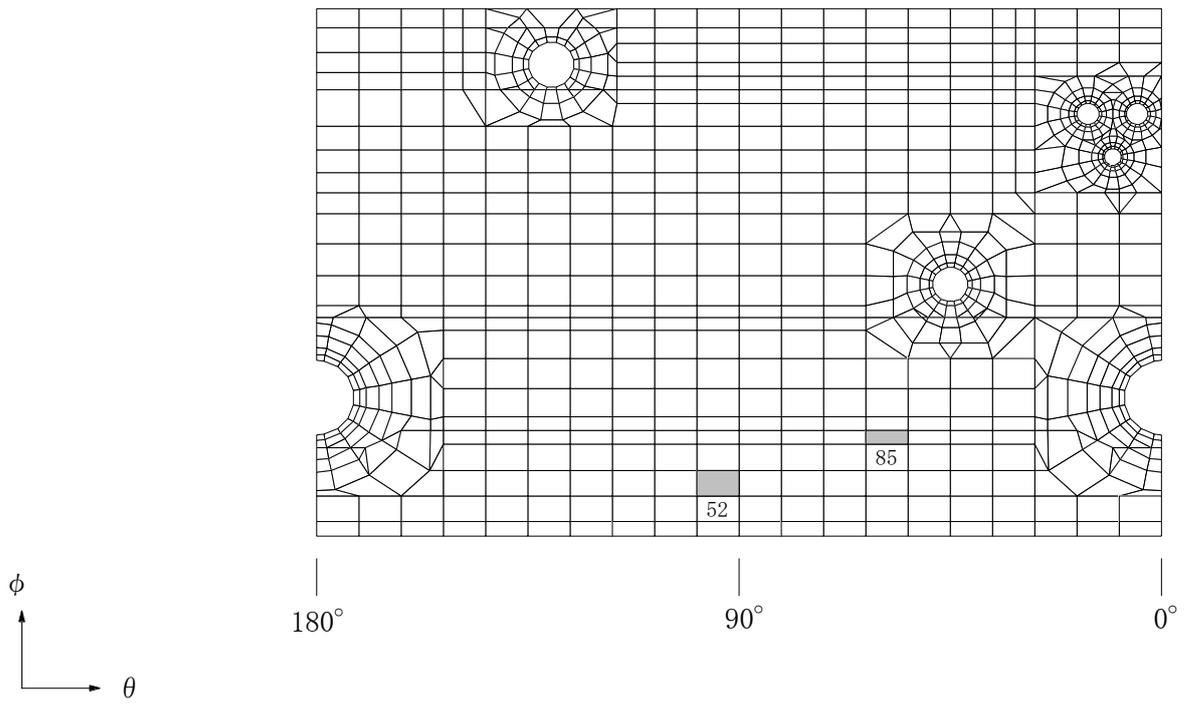
表 3-10 詳細評価用の地震荷重 (2/2)

(b) 曲げモーメント

T. M. S. L. (m)	地震応答解析結果*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

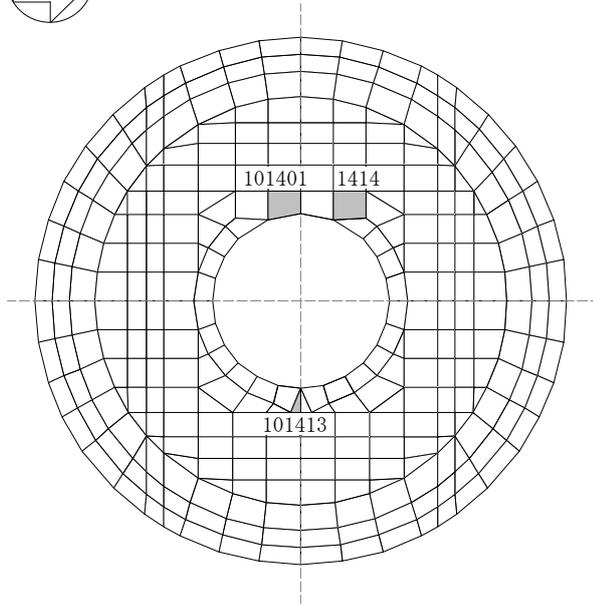
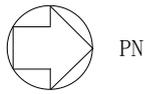
注記*1：R/B の補足説明資料の別紙 3-2 に示す材料物性の不確かさを考慮した結果。

*2：① \times ②を基に，RCCV の補足説明資料の別紙 6 と同じ方法により中間壁の負担分を減じて算定。

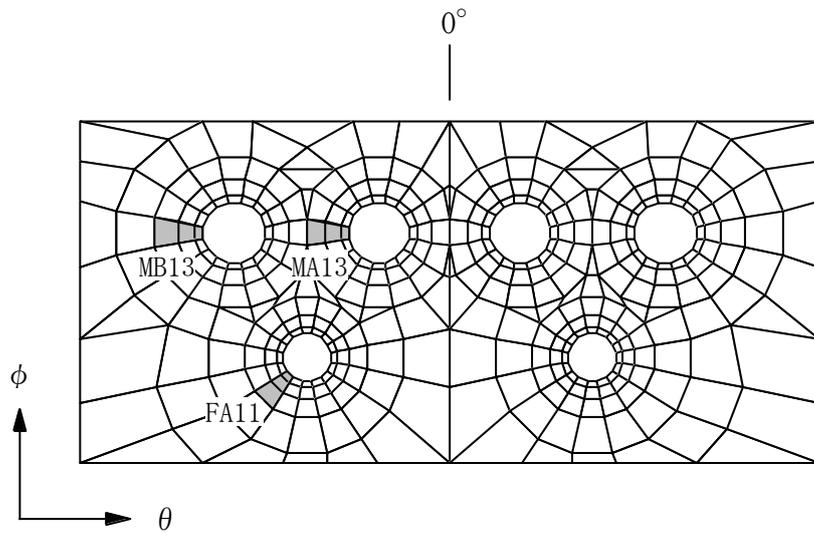


(a) シェル部

図 3-6 選定した要素の位置 (1/3)

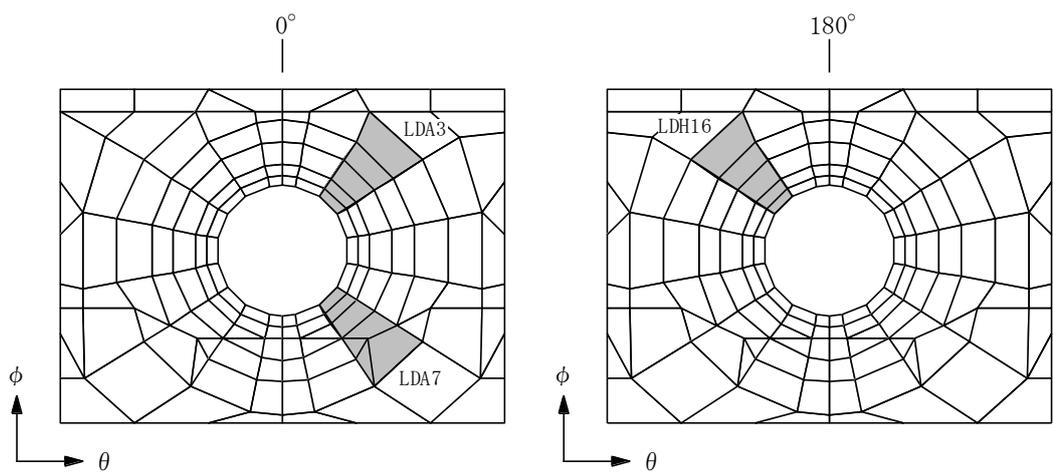


(b) トップスラブ部

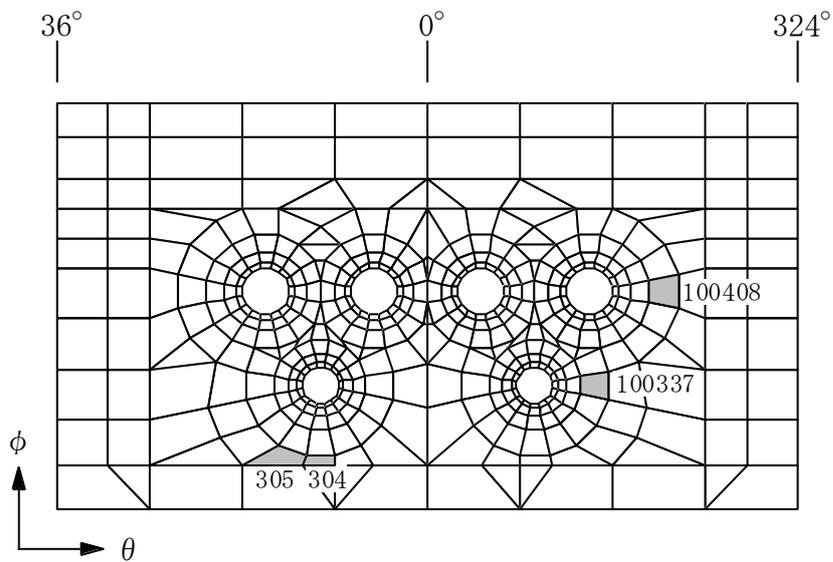


(c) 貫通部 MS/FDW 開口

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 3-11 詳細評価結果

(a) シェル部及びトッスラブ部

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 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 3-12 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 3-13 に示す。表 3-13 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 3-13 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 3-14 に示す。解析モデルの詳細及び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 3-15 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。なお、鉄筋引張ひずみについては、降伏ひずみに達していない。

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 3-12 簡易評価用の隣接応答倍率

部位	隣接応答倍率
壁及び底面スラブ	1.26

表 3-13 簡易評価結果 (1/4)

(a) S d 地震時

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

注記* : 応力の再配分等を考慮して、応力の平均化を行った結果。

表 3-13 簡易評価結果 (2/4)

(b) S s 地震時

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

注記* : 応力の再配分等を考慮して、応力の平均化を行った結果。

表 3-13 簡易評価結果 (3/4)

(c) (異常 + S d 地震) 時

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

表 3-13 簡易評価結果 (4/4)

(d) (異常 + S s 地震) 時

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

注記* : 応力の再配分等を考慮して、応力の平均化を行った結果。

表 3-14 詳細評価用の地震荷重 (1/3)

(a) せん断力

T. M. S. L. (m)	地震応答解析結果*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 と同じ方法により補助壁及び中間壁の負担分を減じて算定。

表 3-14 詳細評価用の地震荷重 (2/3)

(b) 曲げモーメント

T. M. S. L. (m)	地震応答解析結果*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。

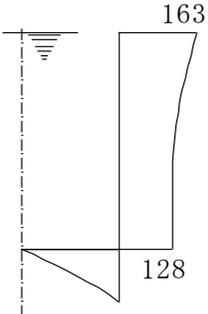
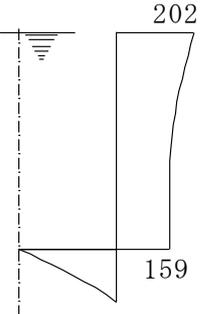
*2：R/B の補足説明資料の別紙 3-2 に示す材料物性の不確かさを考慮した結果。

*3：① \times ②を基に，RCCV の補足説明資料の別紙 6 と同じ方法により中間壁の負担分を減じて算定。

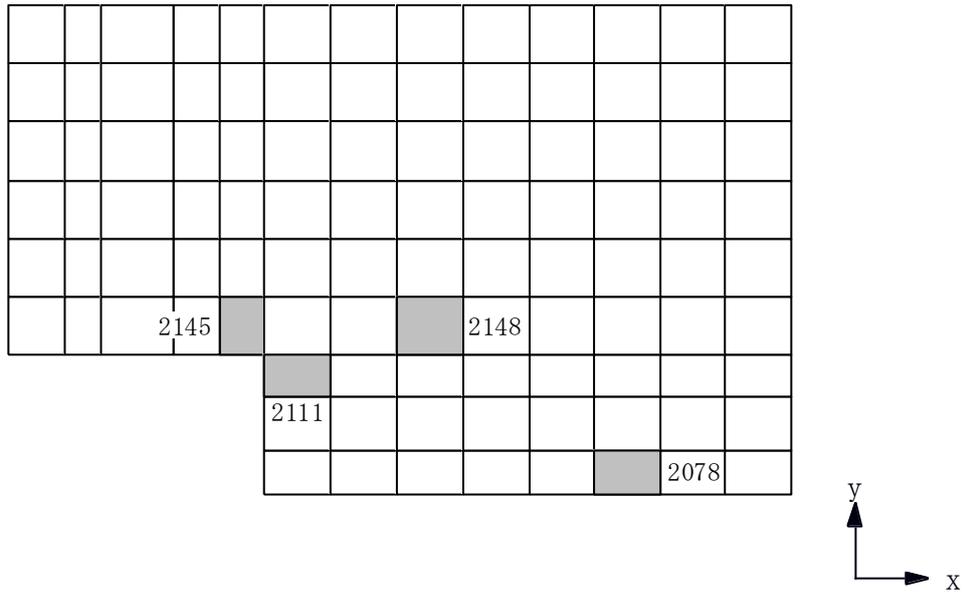
表 3-14 詳細評価用の地震荷重 (3/3)

(c) 地震時動水圧荷重 (KH)

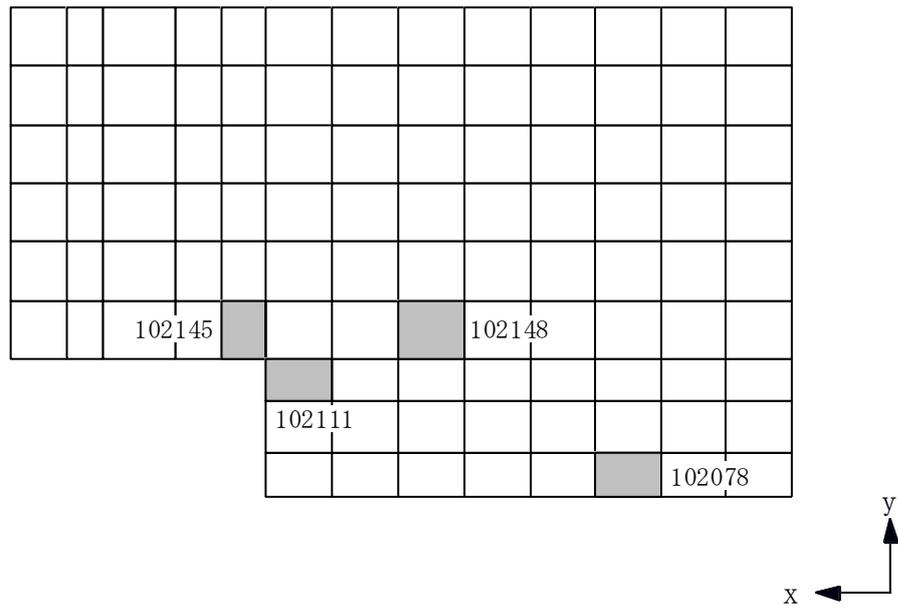
(単位: kN/m²)

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。

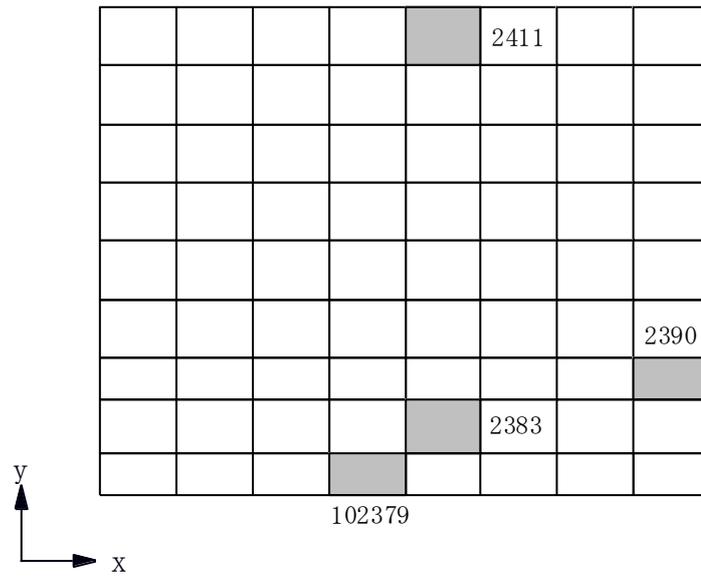


(a) 北側壁

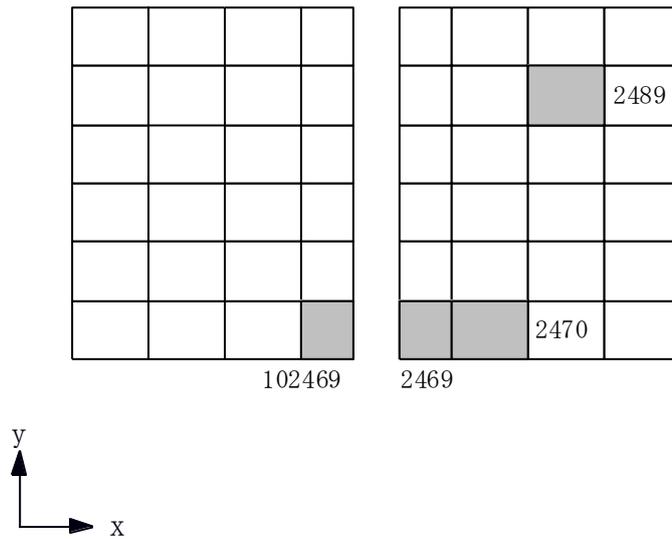


(b) 南側壁

図 3-7 選定した要素の位置 (1/3)

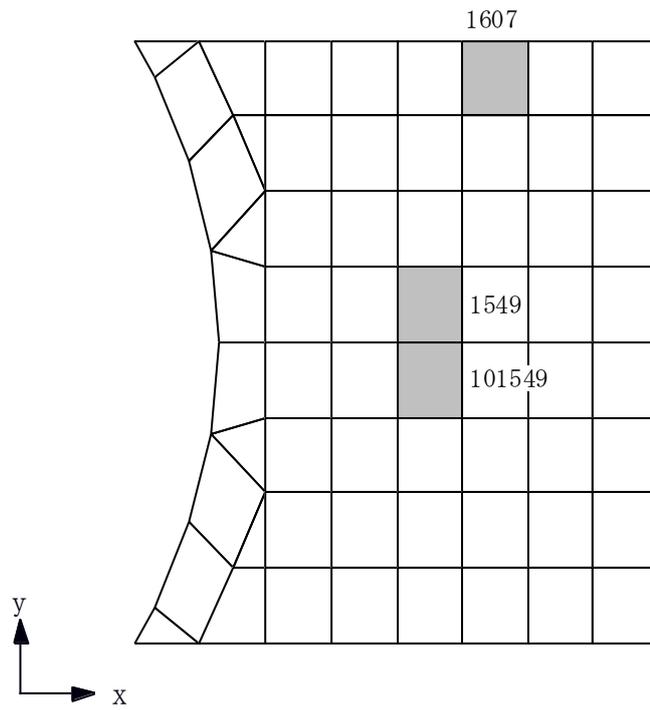


(c) 東側壁



(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 3-15 詳細評価結果

部位	評価項目		方向	要素番号	組合せケース	発生値	許容値
北側壁	軸力 + 曲げモーメント + 面内せん断力	コンクリート圧縮ひずみ ($\times 10^{-3}$)	鉛直	2145	2-14	0.145	3.00
		鉄筋引張ひずみ ($\times 10^{-3}$)	鉛直	2078	2-14	0.356	5.00
	軸力	圧縮応力度 (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、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、並進加速度の応答スペクトルを図3-10に示す。

隣接建屋を考慮したケースと隣接建屋を考慮しないケースから得られた断面算定結果（検定値）の比率を隣接建屋の影響による隣接応答倍率として設定する。隣接応答倍率を表3-16に示す。次に、V-2-7-2-1「主排気筒の耐震性についての計算書」に示す断面算定結果（検定値）に対し、隣接応答倍率を乗じた値が1.0を超えないことを確認し、超過した場合に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3-17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。その他の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、隣接応答倍率を乗じた値が1.0を超えないことを確認する。

評価方法の見直しに基づく隣接建屋の影響評価結果を表3-18に示す。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。

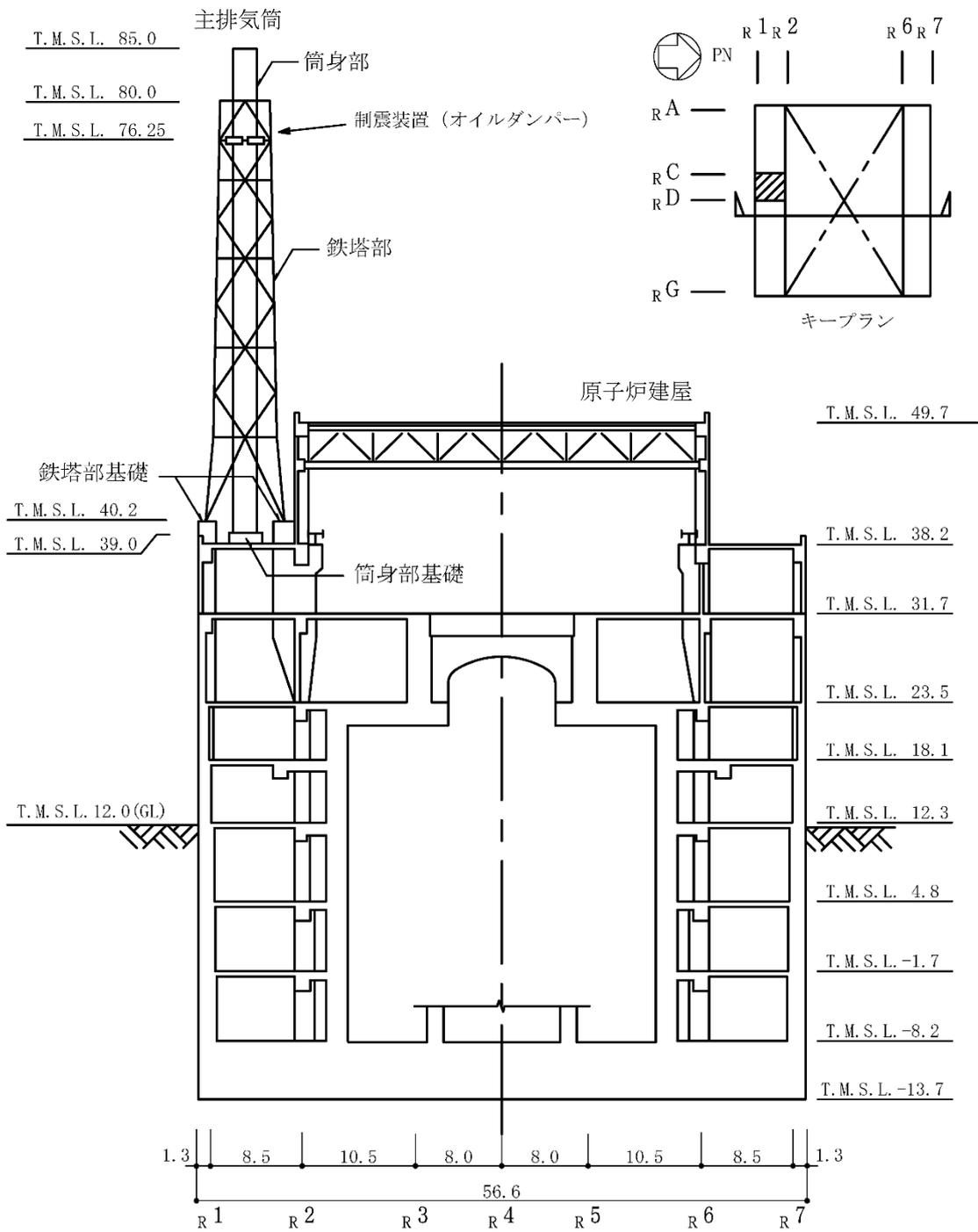
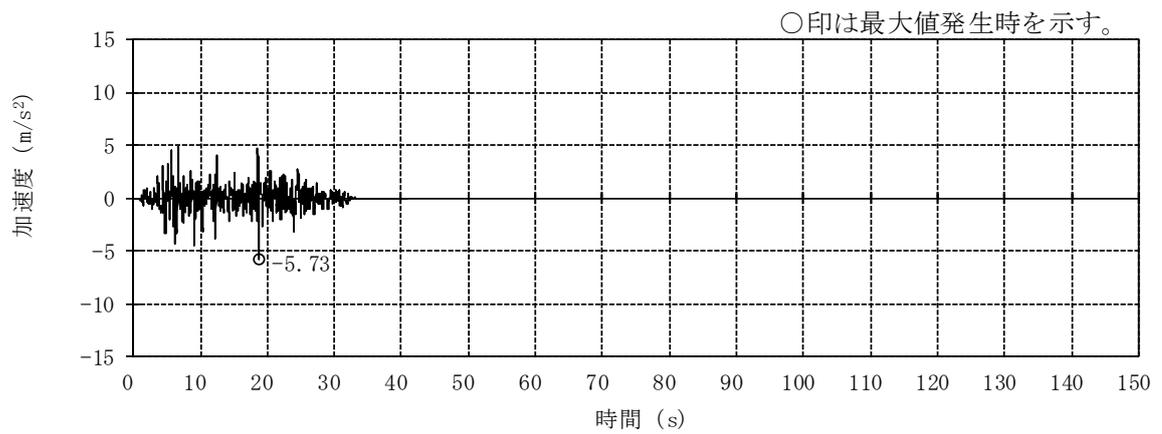
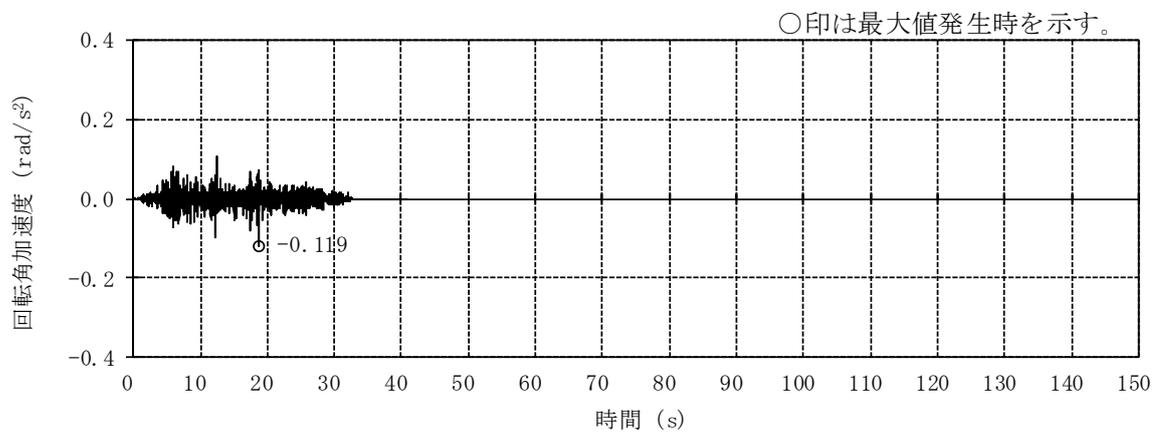


図 3-8 主排気筒配置図 (単位 : m)

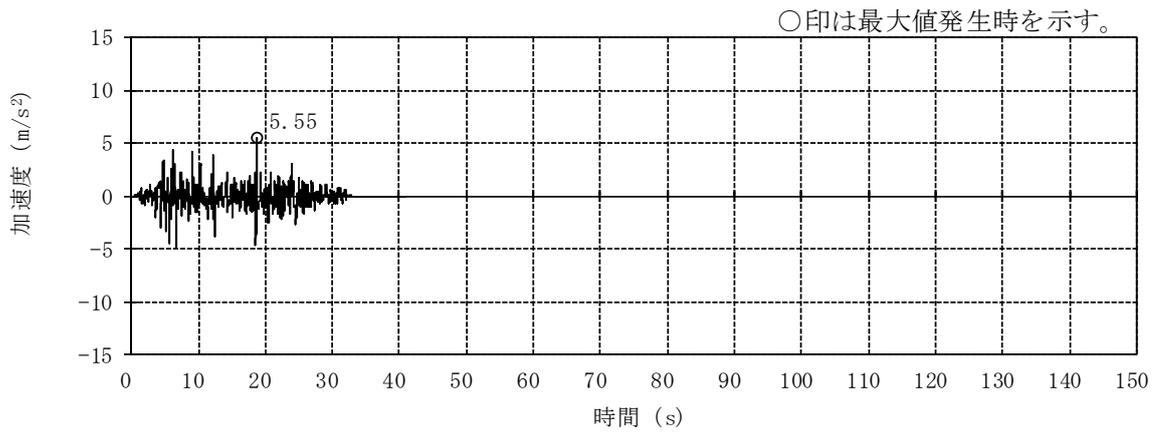


(a) 並進加速度

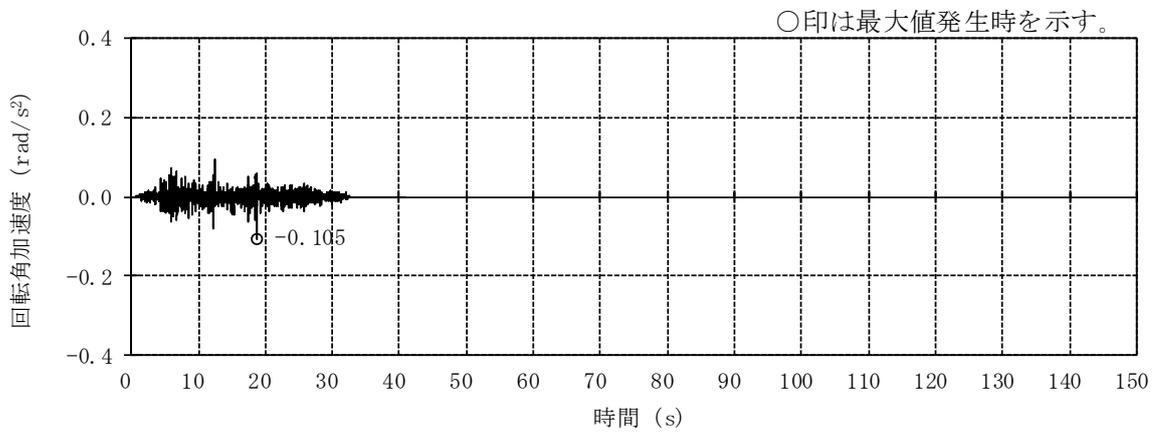


(b) 回転角加速度

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

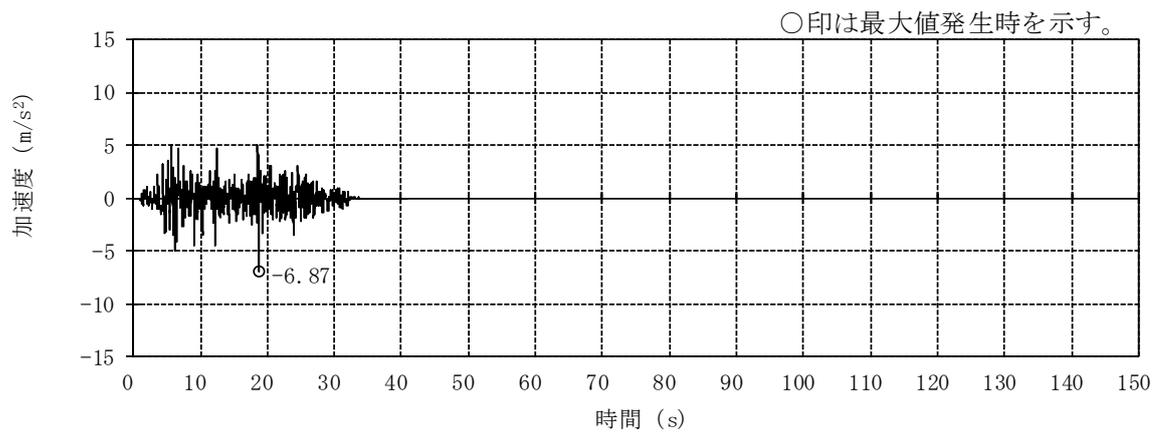


(a) 並進加速度

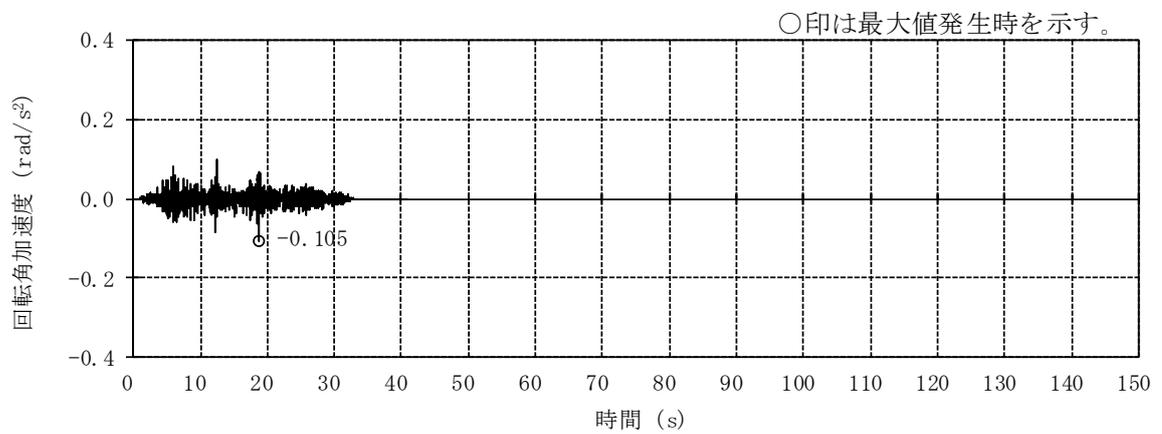


(b) 回転角加速度

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

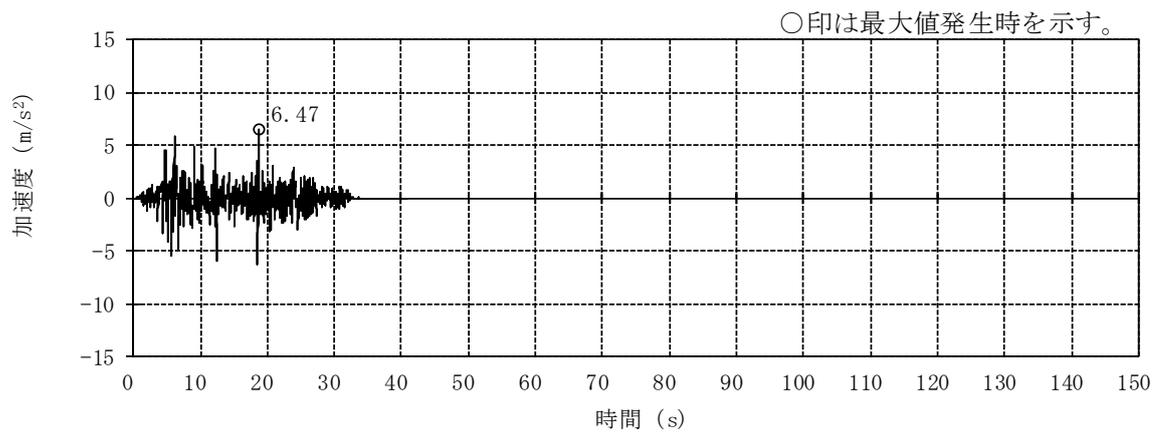


(a) 並進加速度

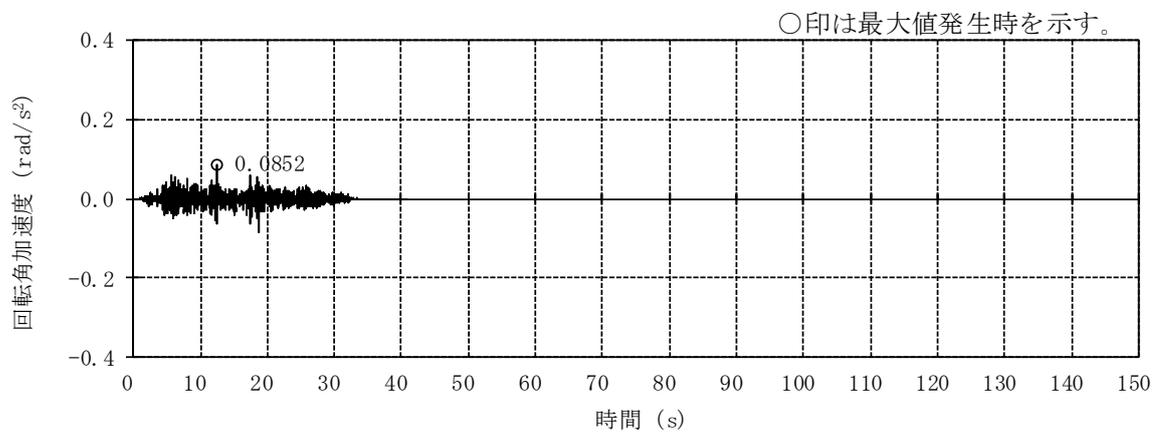


(b) 回転角加速度

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

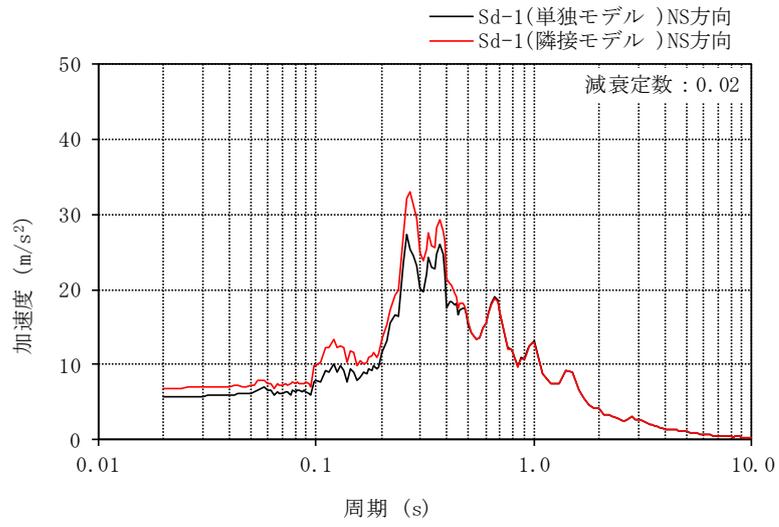


(a) 並進加速度

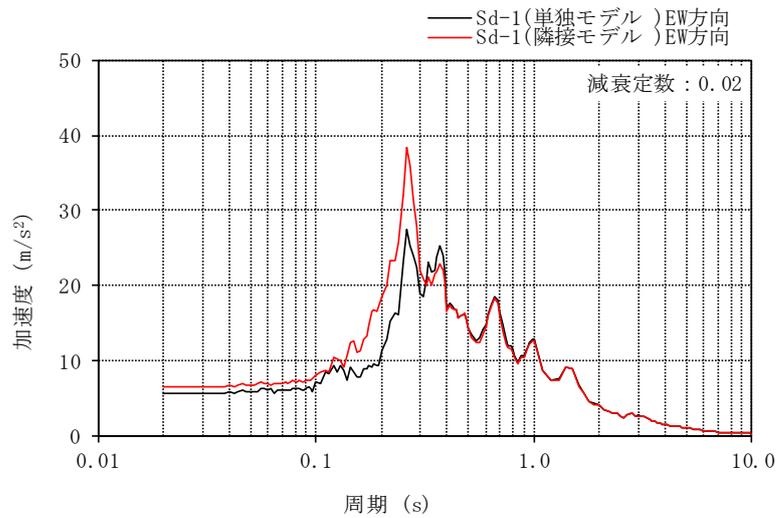


(b) 回転角加速度

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



(NS 方向)



(EW 方向)

図 3-10 応答スペクトル (並進加速度)

表 3-16 部材評価結果及び隣接応答倍率 (1/2)

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

注：下線部は隣接応答倍率とするケースを表示。

表 3-16 部材評価結果及び隣接応答倍率 (2/2)

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

注：下線部は隣接応答倍率とするケースを表示。

表 3-17 基準地震動 S_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	検定値× 隣接応答 倍率	
鉄塔部	主柱材	D-E間 <u>S_s-2</u> (ケース 6)	<u>0.99</u>	<u>1.058</u>	<u>1.048</u>	
	斜材	B-C間 S _s -1(NS+鉛直) (ケース 6)	0.78	1.053	0.822	
	水平材	E S _s -2 (ケース 6)	0.24	1.050	0.252	
筒身部		C-D間 S _s -1(NS+鉛直) (ケース 6)	0.79	1.215	0.960	
基礎	鉄塔部 基礎ボルト	引張検討	S _s -2 (ケース 6)	0.90	1.058	0.953
		せん断検討		0.27	1.015	0.275
	鉄塔部 基礎 立上り部	曲げ検討 (主筋)	S _s -2 (ケース 6)	0.90	1.013	0.912
		せん断検討 (コンクリート)		0.75	1.022	0.767
		圧縮軸力検討 (鉄骨柱)		0.58	1.054	0.612
	筒身部 基礎ボルト	引張検討	S _s -2 (ケース 6)	0.36	1.073	0.387
せん断検討		0.16		1.086	0.174	

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

表 3-18 評価方法の見直しに基づく隣接建屋の影響評価結果

部材評価結果及び隣接応答倍率						評価方法の見直しに基づく隣接建屋の影響評価結果																									
ケース番号	①	③	検定値 比率 ③/①	②	④	検定値 比率 ④/②	最大 検定値	地震動 (ケース)	隣接応答 倍率	検定値× 隣接応答 倍率																					
地震動	Sd-1	Sd-1		Sd-1	Sd-1																										
質点系モデル	単独	隣接		単独	隣接																										
水平動の入力方向	NS	NS		EW	EW																										
主柱材 D-E間 (φ 508.0×7.9)	0.227	0.239	<u>1.053</u>	0.212	0.219	1.034	0.94	Ss-2 (ケース 6)	1.053	0.990																					
評価方法の見直しの概要：実状の鉄塔部主柱材及び筒身部の断面の切り替え位置に合わせたモデル																															
主柱材						筒身部																									
<p>主柱材凡例</p> <table border="1"> <tr><td>B-C</td><td>■</td><td>φ 318.5× 6</td></tr> <tr><td>C-D</td><td>■</td><td>φ 406.4× 6.4</td></tr> <tr><td>D-E</td><td>■</td><td>φ 508.0× 7.9</td></tr> <tr><td>E-F</td><td>■</td><td>φ 609.6× 16</td></tr> <tr><td>F-G</td><td>■</td><td>φ 711.2× 19</td></tr> </table>						B-C	■	φ 318.5× 6	C-D	■	φ 406.4× 6.4	D-E	■	φ 508.0× 7.9	E-F	■	φ 609.6× 16	F-G	■	φ 711.2× 19	<p>筒身部凡例</p> <table border="1"> <tr><td>■</td><td>φ 2412× 6</td></tr> <tr><td>■</td><td>φ 2416× 8</td></tr> <tr><td>■</td><td>φ 2424× 12</td></tr> </table>					■	φ 2412× 6	■	φ 2416× 8	■	φ 2424× 12
B-C	■	φ 318.5× 6																													
C-D	■	φ 406.4× 6.4																													
D-E	■	φ 508.0× 7.9																													
E-F	■	φ 609.6× 16																													
F-G	■	φ 711.2× 19																													
■	φ 2412× 6																														
■	φ 2416× 8																														
■	φ 2424× 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																									

別紙 2-74

注：下線部は隣接応答倍率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3-19に、評価結果を表3-20に示す。表3-20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3-19 評価用の隣接応答倍率

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

注記* : 1.00として簡易評価を実施する。

表3-20 評価結果

項目		評価項目	方向	要素番号	組合せケース	検定値 ①	倍率 ②	①×②
軸力 + 曲げモーメント + 面内せん断力	壁	必要 鉄筋量 (mm 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 3-13
3.1 締付装置受けピンの評価方法	別紙 3-16
3.2 アンカーボルトの評価方法	別紙 3-18

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。

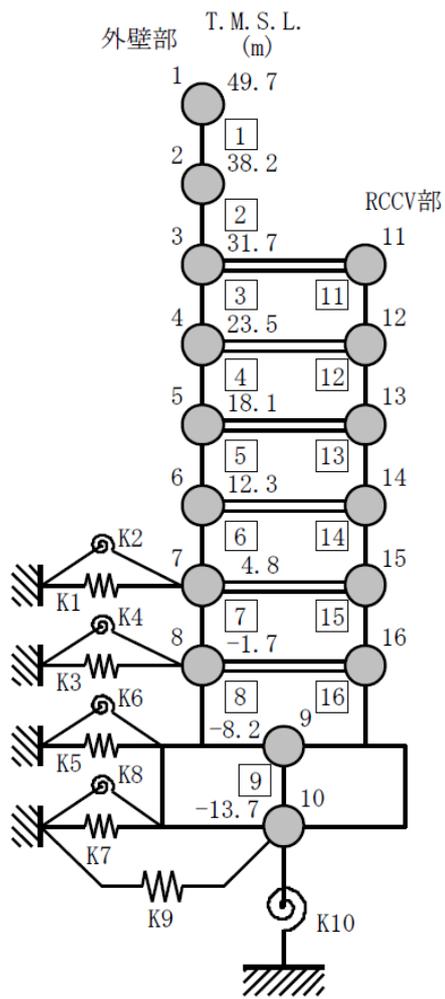
2. 検討方針

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1.0を超過しないことを確認する。

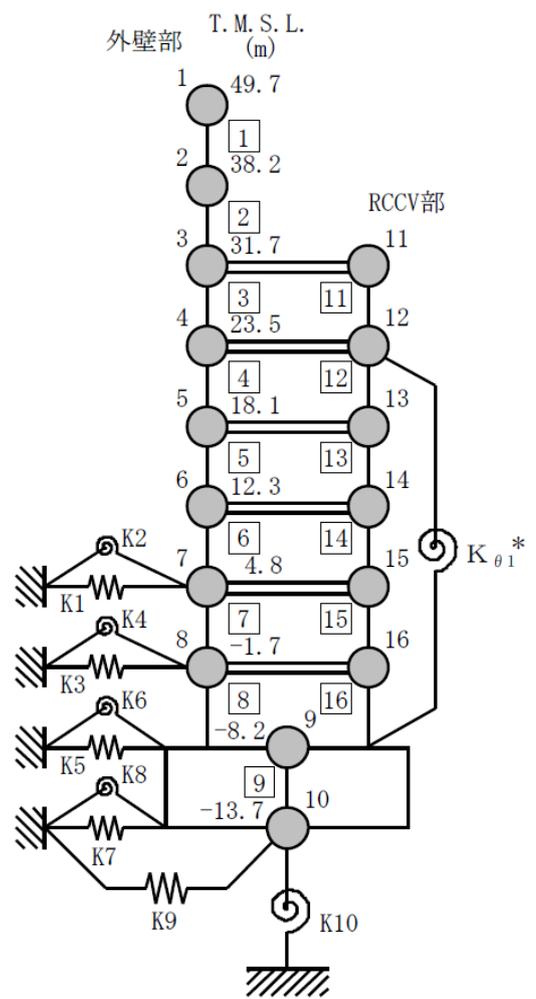
7号機原子炉建屋（以下「K7R/B」という。）の建屋モデル及び隣接応答倍率を図2-1～図2-5に、コントロール建屋（以下「C/B」という。）の建屋モデル及び隣接応答倍率を図2-6～図2-10に、7号機タービン建屋（以下「K7T/B」という。）の建屋モデル及び隣接応答倍率を図2-11～図2-15に示す。評価フローを図2-16に示す。また、線形解析に基づく隣接応答倍率を用いることの妥当性を表2-2に示す。なお、評価に用いる隣接応答倍率は、別紙2の躯体関係の評価と同様に、弾性設計用地震動Sd-1に基づく応答倍率を用いる。

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

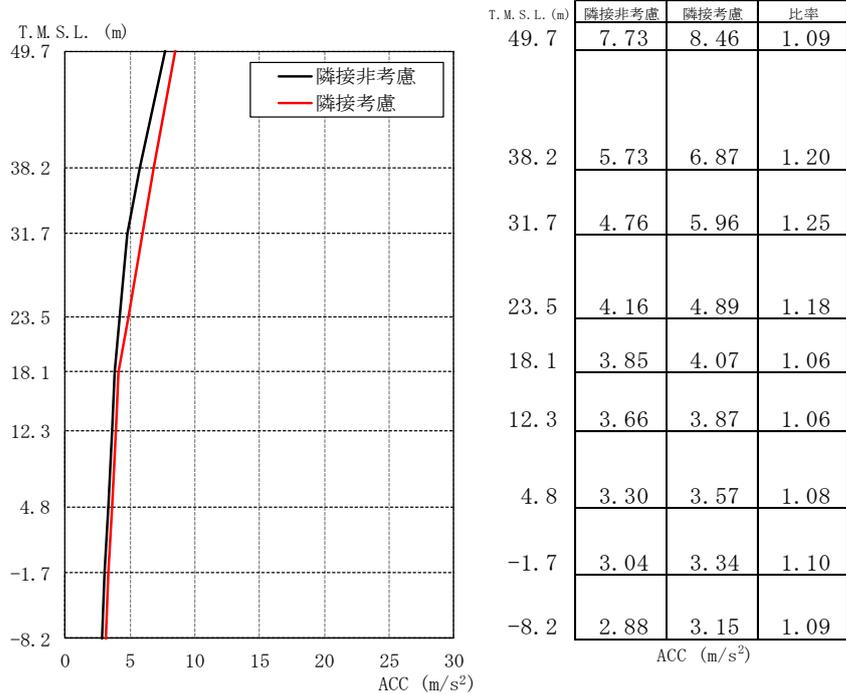


図 2-2 最大応答加速度の比較 (K7R/B, NS 方向)

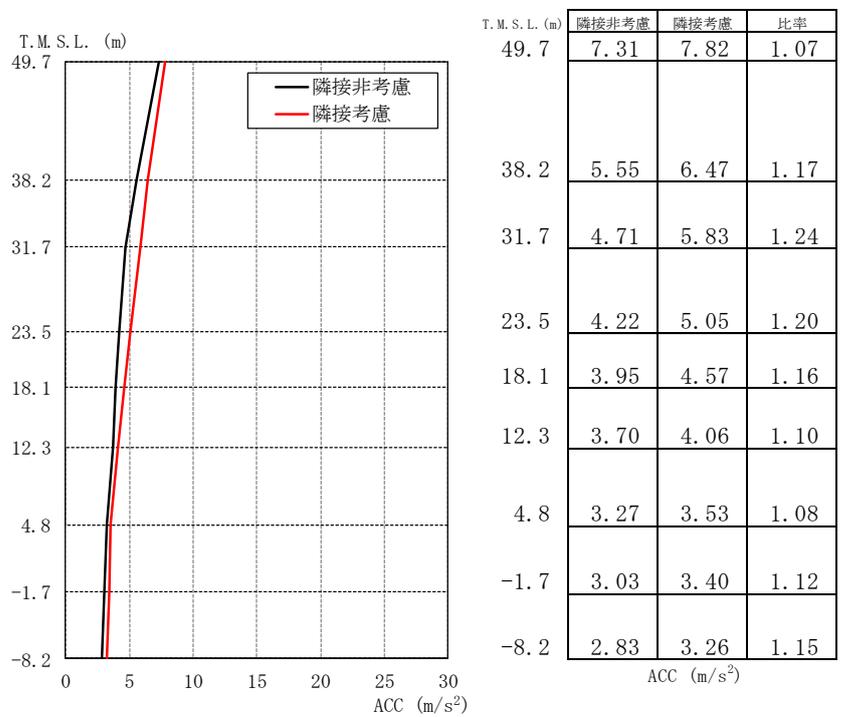
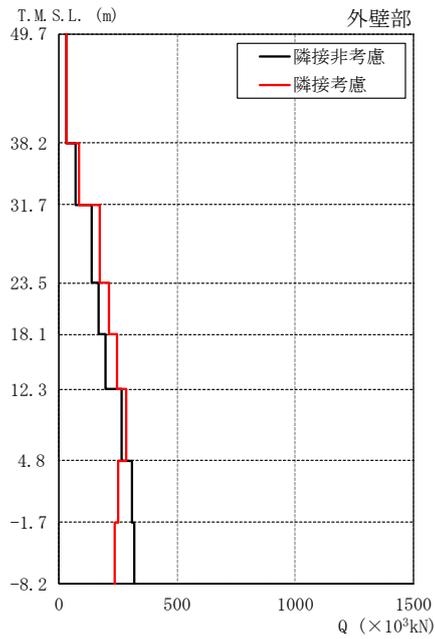
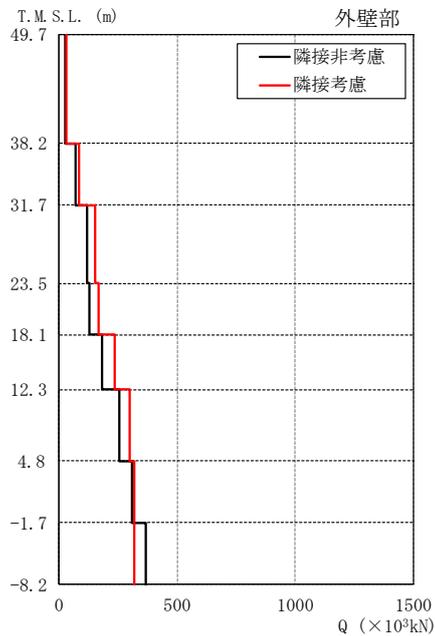


図 2-3 最大応答加速度の比較 (K7R/B, EW 方向)



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

図 2-4 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	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

図 2-5 最大応答せん断力の比較 (K7R/B, EW 方向)

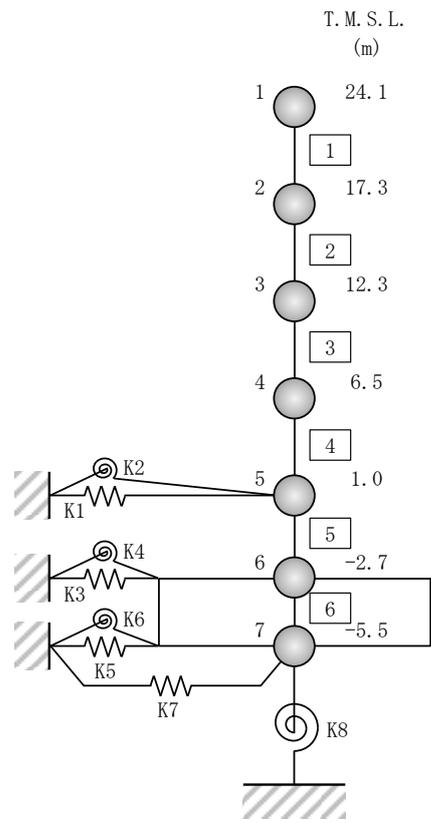


図 2-6 C/B の建屋モデル

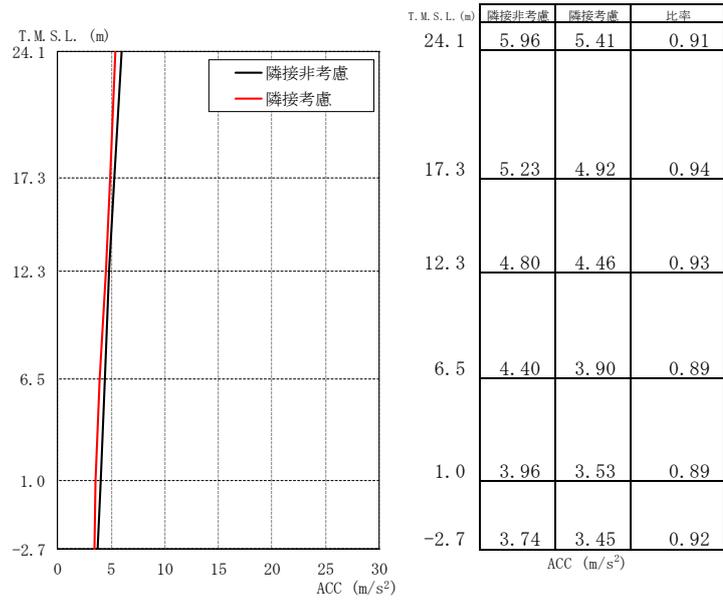


図 2-7 最大応答加速度の比較 (C/B, NS 方向)

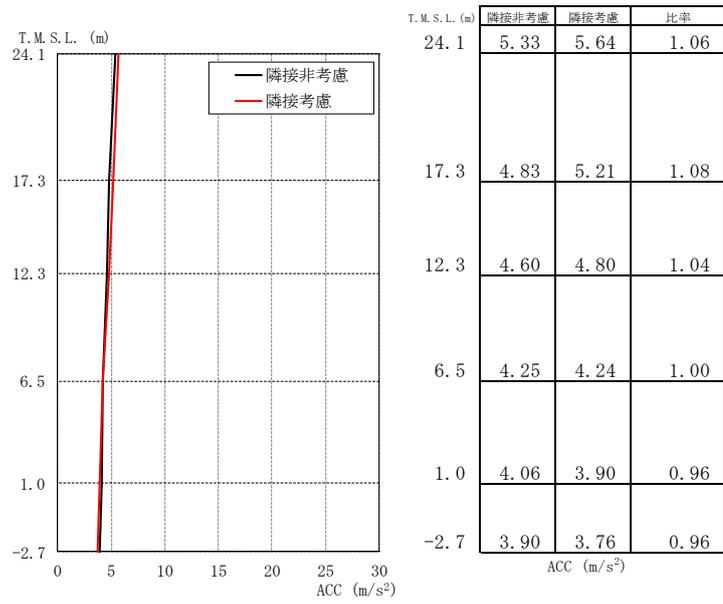


図 2-8 最大応答加速度の比較 (C/B, EW 方向)

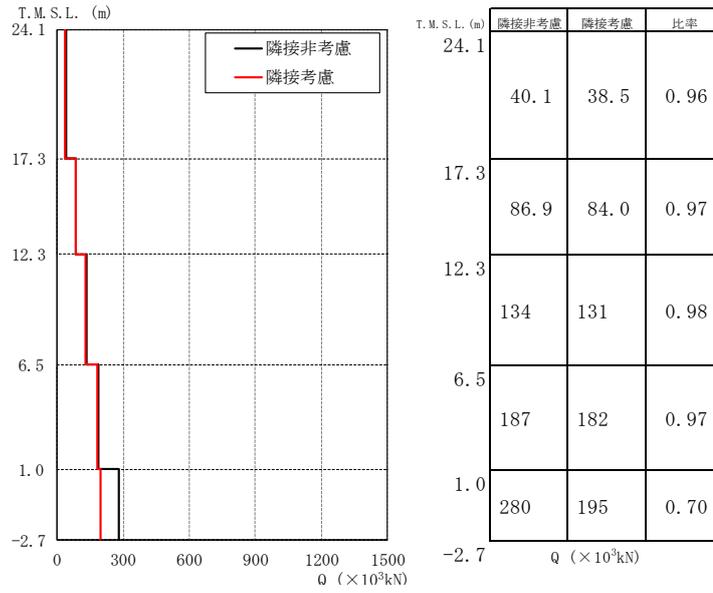


図 2-9 最大応答せん断力の比較 (C/B, NS 方向)

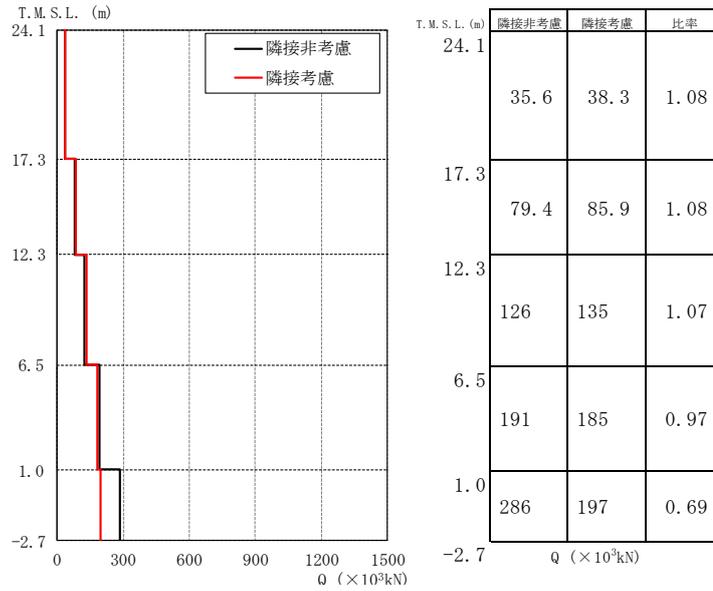


図 2-10 最大応答せん断力の比較 (C/B, EW 方向)

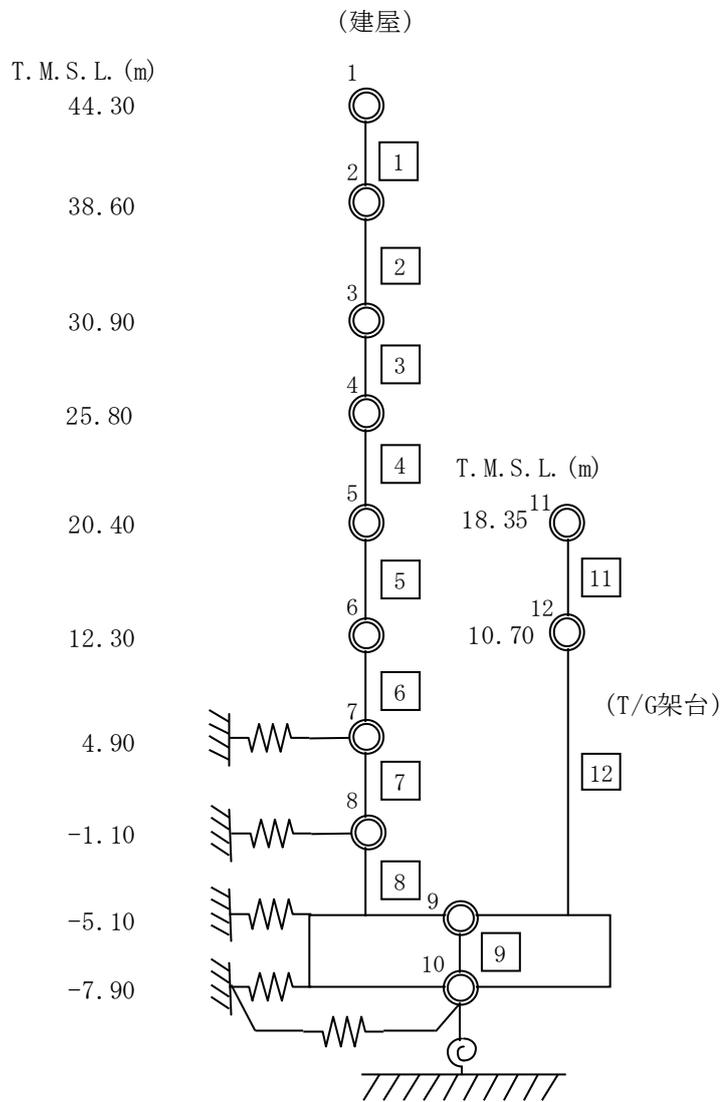
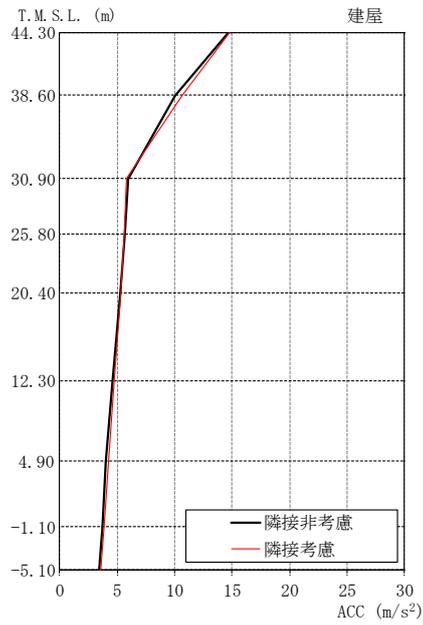
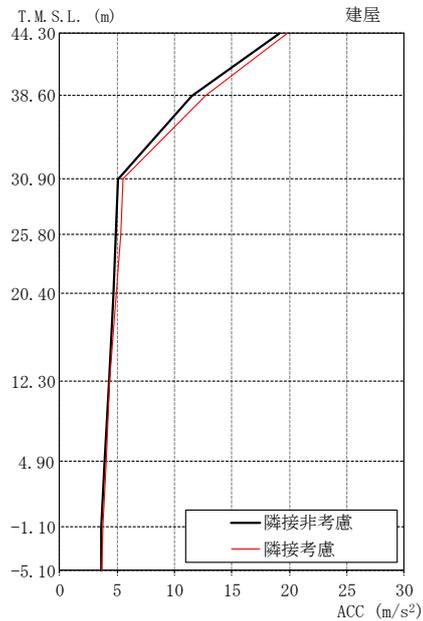


図 2-11 K7T/B の建屋モデル



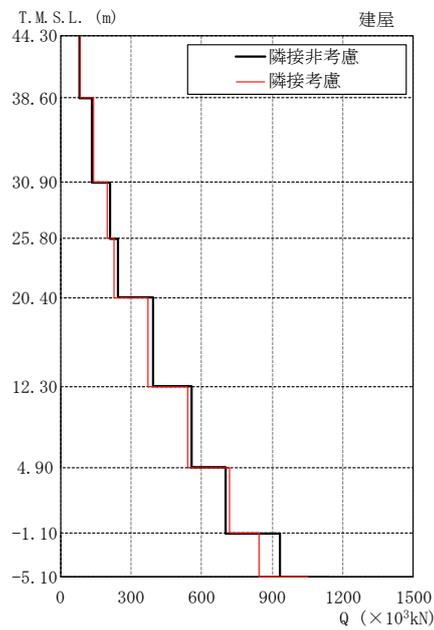
T.M.S.L. (m)	隣接非考慮	隣接考慮	比率
44.30	14.6	14.8	1.01
38.60	10.1	10.7	1.06
30.90	5.96	5.83	0.98
25.80	5.62	5.60	1.00
20.40	5.25	5.32	1.01
12.30	4.56	4.73	1.04
4.90	4.05	4.23	1.04
-1.10	3.68	3.86	1.05
-5.10	3.45	3.59	1.04

図 2-12 最大応答加速度の比較 (K7T/B, NS 方向)



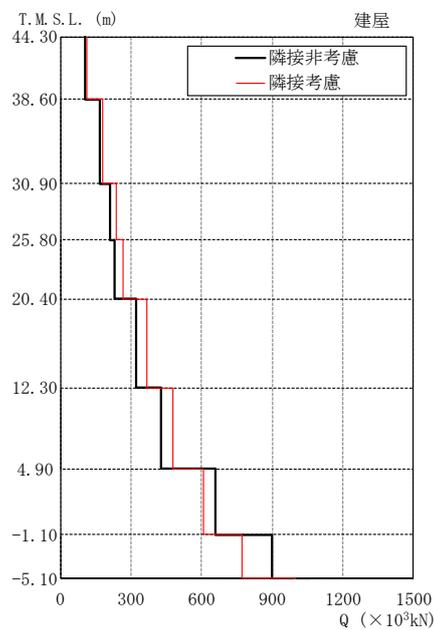
T.M.S.L. (m)	隣接非考慮	隣接考慮	比率
44.30	19.1	19.9	1.04
38.60	11.5	12.7	1.10
30.90	5.06	5.49	1.08
25.80	4.92	5.27	1.07
20.40	4.71	4.97	1.06
12.30	4.25	4.36	1.03
4.90	3.88	4.02	1.04
-1.10	3.66	3.80	1.04
-5.10	3.57	3.70	1.04

図 2-13 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	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

図 2-14 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	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

図 2-15 最大応答せん断力の比較 (K7T/B, EW 方向)

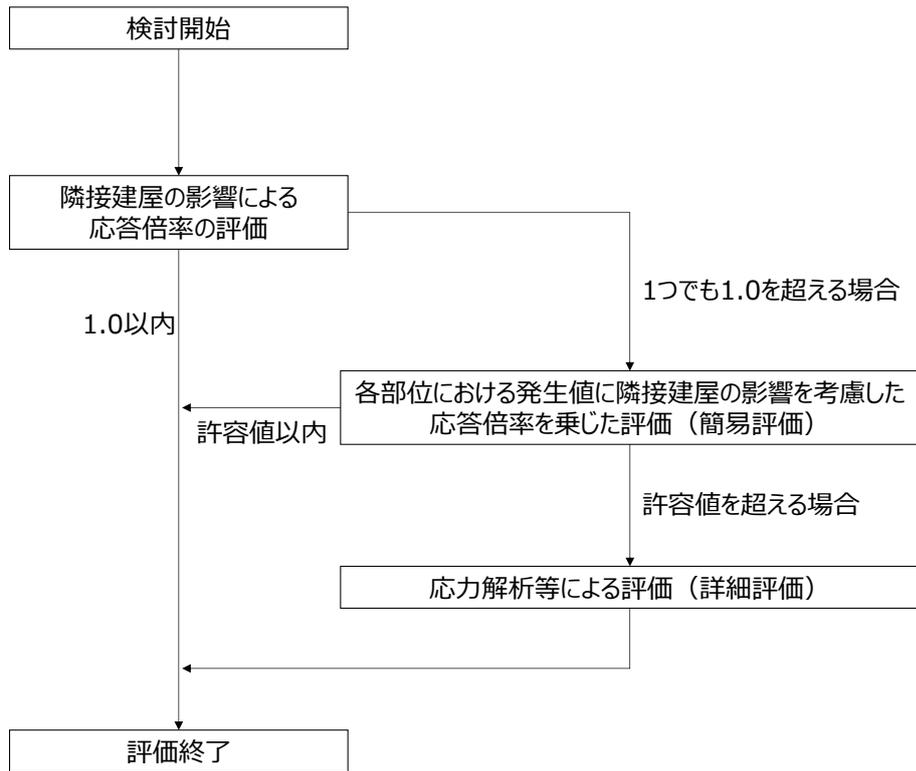


図 2-16 評価フロー

表 2-2 線形解析に基づく隣接応答倍率を用いることの妥当性

評価対象	耐震評価内容	妥当性
<ul style="list-style-type: none"> ・ 中央制御室待避室遮蔽 ・ 燃料取替床 ブローアウトパネル ・ 主蒸気系トンネル室 ブローアウトパネル ・ 原子炉建屋エアロック ・ 取水槽閉止板 ・ 水密扉 ・ 水密扉付止水堰 ・ 止水堰 	<p>計算式による応力・変形量評価（地震応答解析による加速度・せん断力に基づく地震荷重を入力）</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 耐震評価にあたっては、地震応答解析により算定された加速度・せん断力に基づく水平地震力を用いて計算式による応力・変形量評価を実施し、発生値が許容値以内であることを確認している。 ・ 隣接応答倍率を踏まえた評価としては、簡易評価（隣接応答倍率を発生値に乗じた評価）により、許容値以内であることを確認しているが、線形解析に基づく隣接応答倍率が保守的であるため、評価結果は保守的である。

3. 検討結果

検討は、各検討対象の耐震性の計算方法に応じて最大応答加速度の比較又は最大応答せん断力の比較から求まる隣接応答倍率を、各建物付帯設備の耐震性についての計算書の最大検定値に乗じて評価を行い、隣接応答倍率を乗じた値が 1.0 を超えないことを確認し、超過した場合には評価方法の見直しを行う。

各検討対象の隣接建屋の影響検討結果を表 3-1 に示す。表 3-1 において、検討対象が複数存在する場合には、検定値が最大となる結果を代表値として示す。

の締付装置受けピン（以下「締付装置受けピン」という。）及び建屋間連絡水密扉（原子炉建屋地下1階～タービン建屋地下1階）のアンカーボルト（以下「アンカーボルト」という。）について、それぞれ隣接応答倍率 1.16, 1.04 を乗じると検定値は 1.13, 1.03 となり、1.0 を超過する。その他の建物付帯設備についてはいずれも 1.0 を下回る。よって、締付装置受けピン、アンカーボルトについては「3.1 締付装置受けピンの評価方法」及び「3.2 アンカーボルトの評価方法」に示すとおり、評価方法の見直しを行う。

評価方法の見直しの結果、締付装置受けピン及びアンカーボルトの検定値はそれぞれ 0.25, 0.72 となる。したがって、影響検討の結果、隣接建屋の影響を考慮した場合でも、いずれの建物付帯設備も検定値が 1.0 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 ×隣接応答 倍率
			倍率	応力種別 ・方向	
中央制御室待避室遮蔽 C/B 2階 T. M. S. L. 17. 3m	新設壁	0. 85	0. 96*	せん断 NS	0. 85
燃料取替床 ブローアウトパネル R/B 4階 T. M. S. L. 41. 1m~45. 18m	Sd 閉機能維持	0. 49	1. 09	加速度 NS	0. 54
	Ss 開機能維持	0. 12	1. 12	せん断 EW	0. 14
主蒸気系トンネル室 ブローアウトパネル R/B 1階 T. M. S. L. 12. 3m~23. 5m	Sd 閉機能維持	0. 001	1. 20	加速度 EW	0. 002
	Ss 開機能維持	0. 14	1. 27	せん断 NS	0. 18
原子炉建屋エアロック FCS室エアロック R/B 1階 T. M. S. L. 12. 3m	ヒンジピン	0. 38	1. 16	組合せ (曲げ, せん断) EW	0. 45
原子炉建屋エアロック ギャラリー室エアロック R/B 4階 T. M. S. L. 34. 5m	締付 ローラー	0. 13	1. 24	定格荷重 EW	0. 17
取水槽閉止板 タービン補機冷却用 海水取水槽閉止板 T/B 地下 1階 T. M. S. L. 4. 9m	戸当り	0. 05	1. 04	曲げ NS	0. 06

注記* : 1.00 として簡易評価を実施する。

表 3-1 隣接建屋の影響検討結果 (2/2)

検討対象		最大 検定値	隣接応答倍率		検定値 ×隣接応答 倍率
			倍率	応力種別 ・方向	
水密扉 残留熱除去系 <input type="checkbox"/> ポンプハッチ室水密扉 R/B 地下2階 T. M. S. L. -1.7m	アンカー ボルト	0.73	1.08	せん断 EW	0.79
水密扉 <input type="checkbox"/> R/B 1階 T. M. S. L. 12.3m	締付装置 受けピン	0.21 (0.97) *1	1.16	組合せ (曲げ, せん断) EW	0.25 (1.13) *2
水密扉 建屋間連絡水密扉 (原子炉建屋地下1階～ タービン建屋地下1階) T/B 地下1階 T. M. S. L. 4.9m	アンカー ボルト	0.69 (0.99) *1	1.04	せん断 NS	0.72 (1.03) *2
水密扉付止水堰 R/B 4階 T. M. S. L. 31.7m	止水堰部 アンカー ボルト	0.51	1.25	せん断 NS	0.64
水密扉付止水堰 T/B 1階 T. M. S. L. 12.3m	止水堰部 アンカー ボルト	0.28	1.04	せん断 NS	0.30
鋼製落とし込み型堰 T/B 1階 T. M. S. L. 12.3m	アンカー ボルト	0.42	1.04	引張 NS	0.44
鋼板組合せ堰 R/B 4階 T. M. S. L. 31.7m	アンカー ボルト	0.24	1.25	引張 NS	0.30

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

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

3.1 締付装置受けピンの評価方法

締付装置受けピンについては、V-2-10-2-3-1「水密扉の耐震性についての計算書」において、締付装置と締付装置受けピンが点接触する場合、締付装置受けピンに集中荷重が作用する両端固定ばりと仮定し、保守的に評価している。締付装置受けピンに生じる荷重の例を図3-1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、 $R_1 = K_H \cdot G / n$

R_1 : 締付装置受けピンに生じる地震力に伴う荷重の反力 (kN)

L_p : 締付装置受けピンの軸支持間距離 (mm)

K_H : 水平震度

G : 扉重量

n : 締付装置の本数

$$Q = R_1 / 2$$

Q : 締付装置受けピンの最大せん断力 (kN)

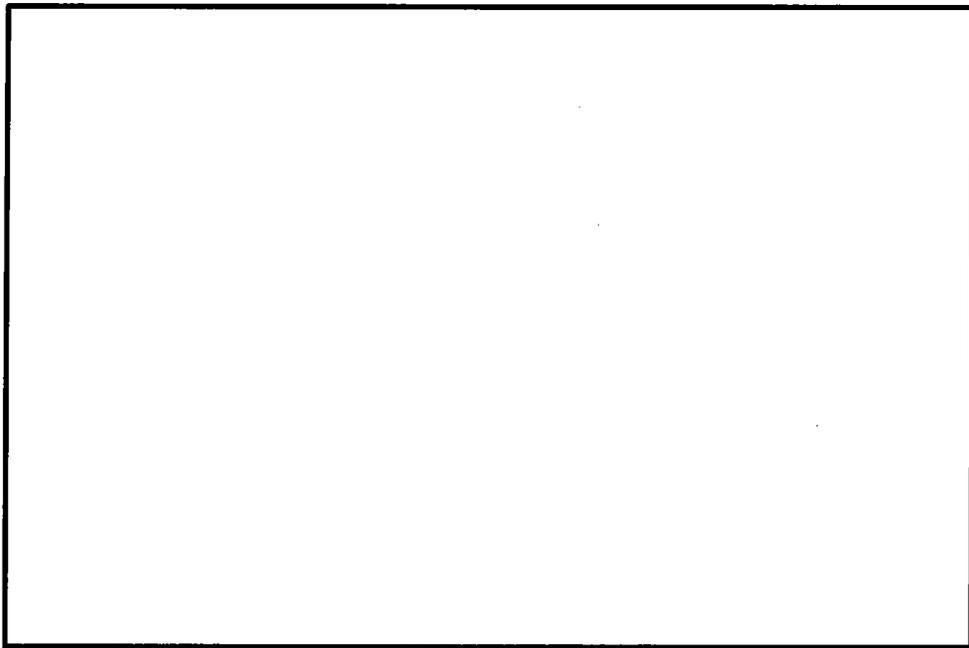


図3-1 締付装置受けピンに生じる荷重の例

本資料においては、以下のとおり、締付装置受けピンとカラーが線接触することから、締付装置受けピンとカラーが接触している部分に等分布荷重が作用する両端固定ばりと仮定し、評価を行う。締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 : 締付装置受けピンの最大曲げモーメント (kN・m)

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

ここで、 $R_1 = K_H \cdot G / n$

R_1 : 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)

a : 締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 : 締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 : 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)

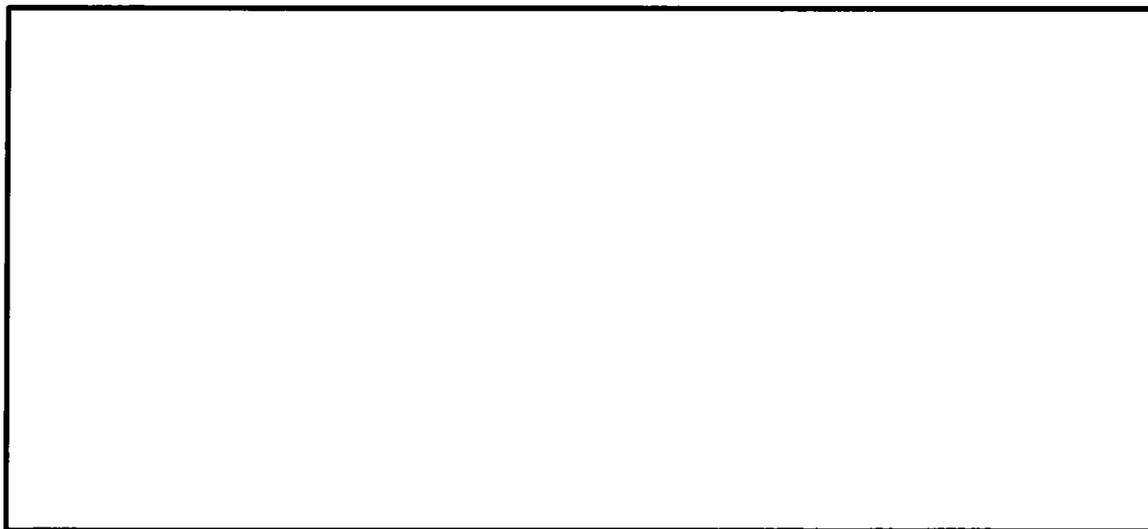


図3-2 締付装置受けピンに生じる荷重の例

3.2 アンカーボルトの評価方法

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、以下のとおり評価している。アンカーボルトに生じる荷重の例を図3-3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)

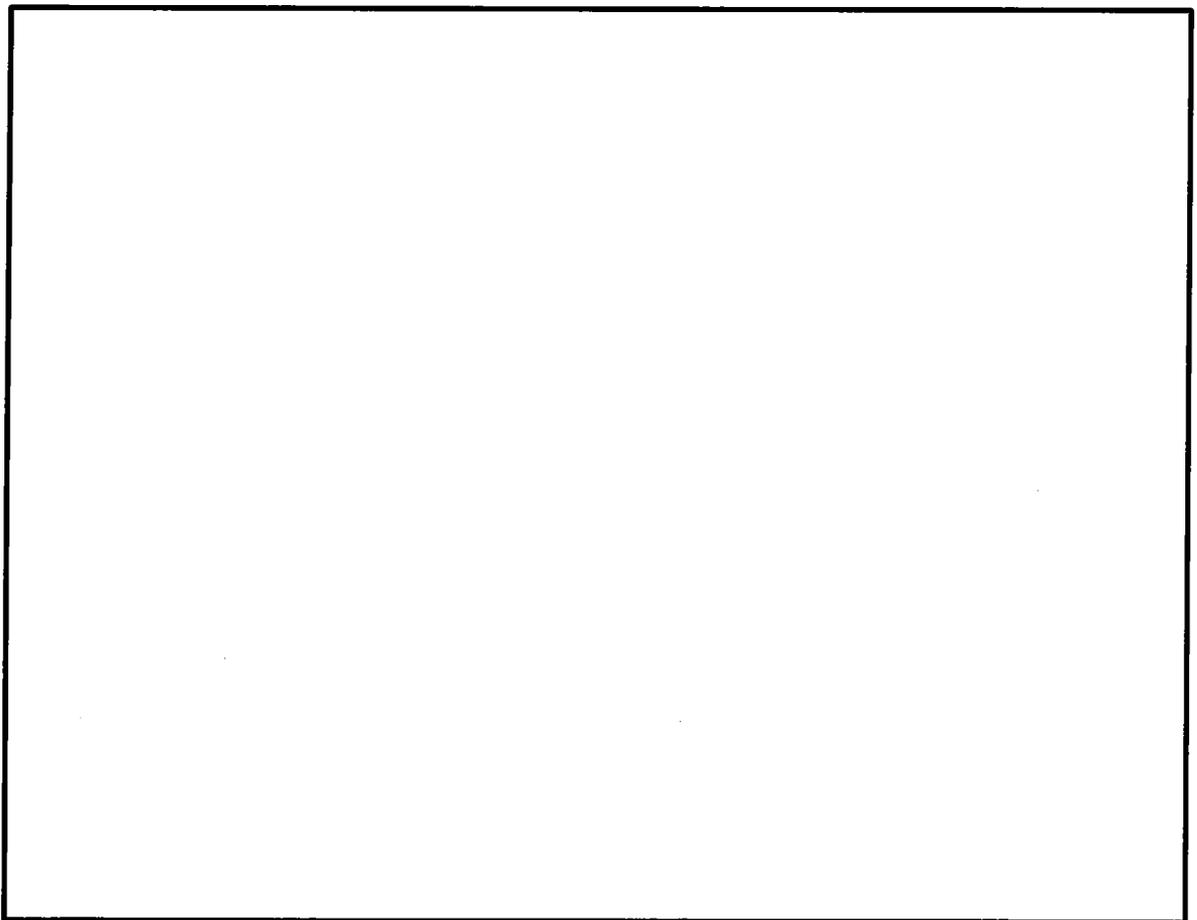


図3-3 アンカーボルトに生じる荷重の例

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)

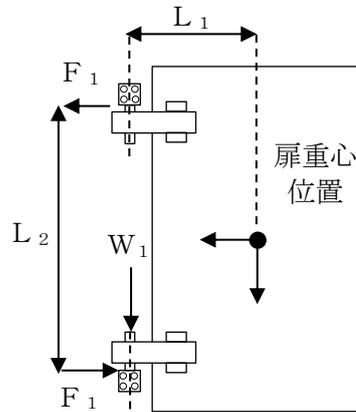


図3-4 ヒンジに生じる転倒力の作用状況

V-2-10-2-3-1「水密扉の耐震性についての計算書」においては、保守的にヒンジ側のアンカーボルトのみを考慮しているが、本資料においては、水密扉の構造から評価上期待できる要素は考慮することとし、以下のとおり、扉の面内方向の変形に抵抗する要素として、上部のアンカーボルトにも転倒力を負担させた評価を行う。アンカーボルトに生じる荷重の例を図3-5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)

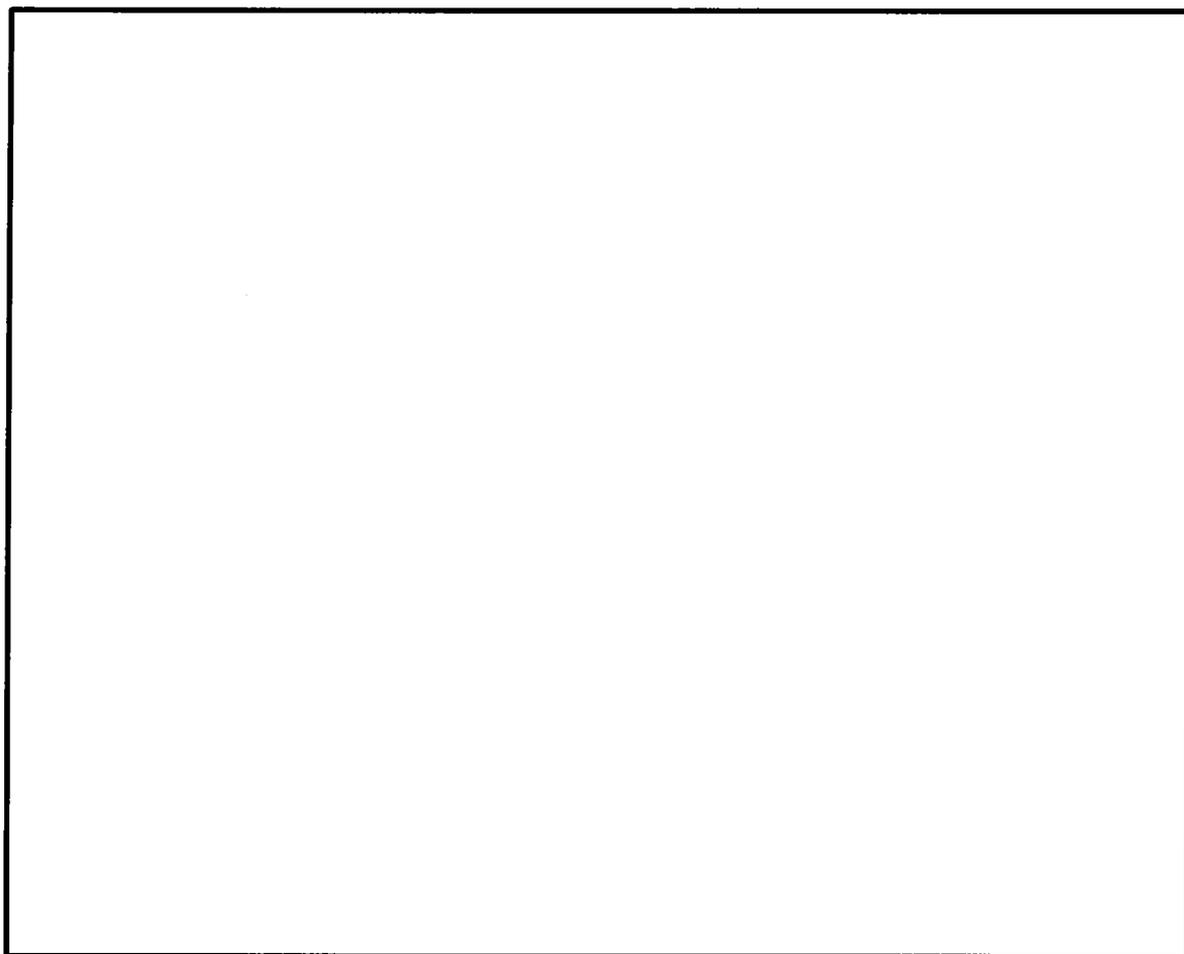


図 3-5 アンカーボルトに生じる荷重の例

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 4-10
4. まとめ	別紙 4-15

添付資料1 隣接考慮と隣接非考慮の応答の比較（非連成）

添付資料2 隣接応答倍率（床応答スペクトル）の算定

添付資料3 影響検討における誘発上下動の扱いについて

添付資料4 簡易評価の結果について

添付資料5 隣接考慮と隣接非考慮の応答の比較（連成系）

添付資料6 回転入力の影響について

添付資料7 詳細評価（連成系）における隣接応答倍率の考慮方法

添付資料8 地震応答解析（連成系）における非線形挙動の影響について

添付資料9 地震応答解析（連成系）の妥当性検証

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

「2.1」に示す検討対象について、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）を用いた簡易評価及び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 検討対象

検討対象は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) に設置される以下の機器・配管系とする。

- ・設計基準対象施設のうち、耐震重要度分類のSクラスに属する機器・配管系
- ・重大事故等対処施設のうち、常設耐震重要重大事故防止設備、常設重大事故緩和設備、常設重大事故防止設備（設計基準拡張）（当該設備が属する耐震重要度分類がSクラスのもの）及び常設重大事故緩和設備（設計基準拡張）に属する機器・配管系
- ・波及的影響防止のために耐震評価を実施する機器・配管系

2.2 影響検討における耐震条件の考え方

機器の耐震計算に用いる耐震条件としては、設計用最大応答加速度Ⅰ、設計用床応答曲線Ⅰ及び設計用地震力Ⅰ（以下「設計用Ⅰ」という。）並びに設計用最大応答加速度Ⅱ、設計用床応答曲線Ⅱ及び設計用地震力Ⅱ（以下「設計用Ⅱ」という。）を設定している。なお、設計用最大応答加速度Ⅰ、設計用最大応答加速度Ⅱ、設計用床応答曲線Ⅰ及び設計用床応答曲線ⅡはV-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に、設計用地震力Ⅰ及び設計用地震力ⅡはV-2-2-4「原子炉本体の基礎の地震応答計算書」及びV-2-3-1「炉心、原子炉圧力容器及び圧力容器内部構造物の地震応答計算書」に示される。ここで、設計用Ⅰ及び設計用Ⅱは以下の通り作成したものである。

- ・設計用Ⅰ：建物・構築物の地震応答解析により得られた応答に材料物性の不確かさ等の影響を考慮して作成したもの
- ・設計用Ⅱ：計用Ⅰ以上となるように作成したもの

耐震評価においては、設計用Ⅰを用いた耐震計算の結果が許容値を満たすことを、耐震性が確保されることの判断基準としている。

これを踏まえて本影響検討においては、耐震計算において設計用Ⅱを用いたものであっても、設計用Ⅰを用いた耐震計算の結果に対する影響検討により、判定基準を満足することが確認できれば、耐震性への影響が無いと判断する。

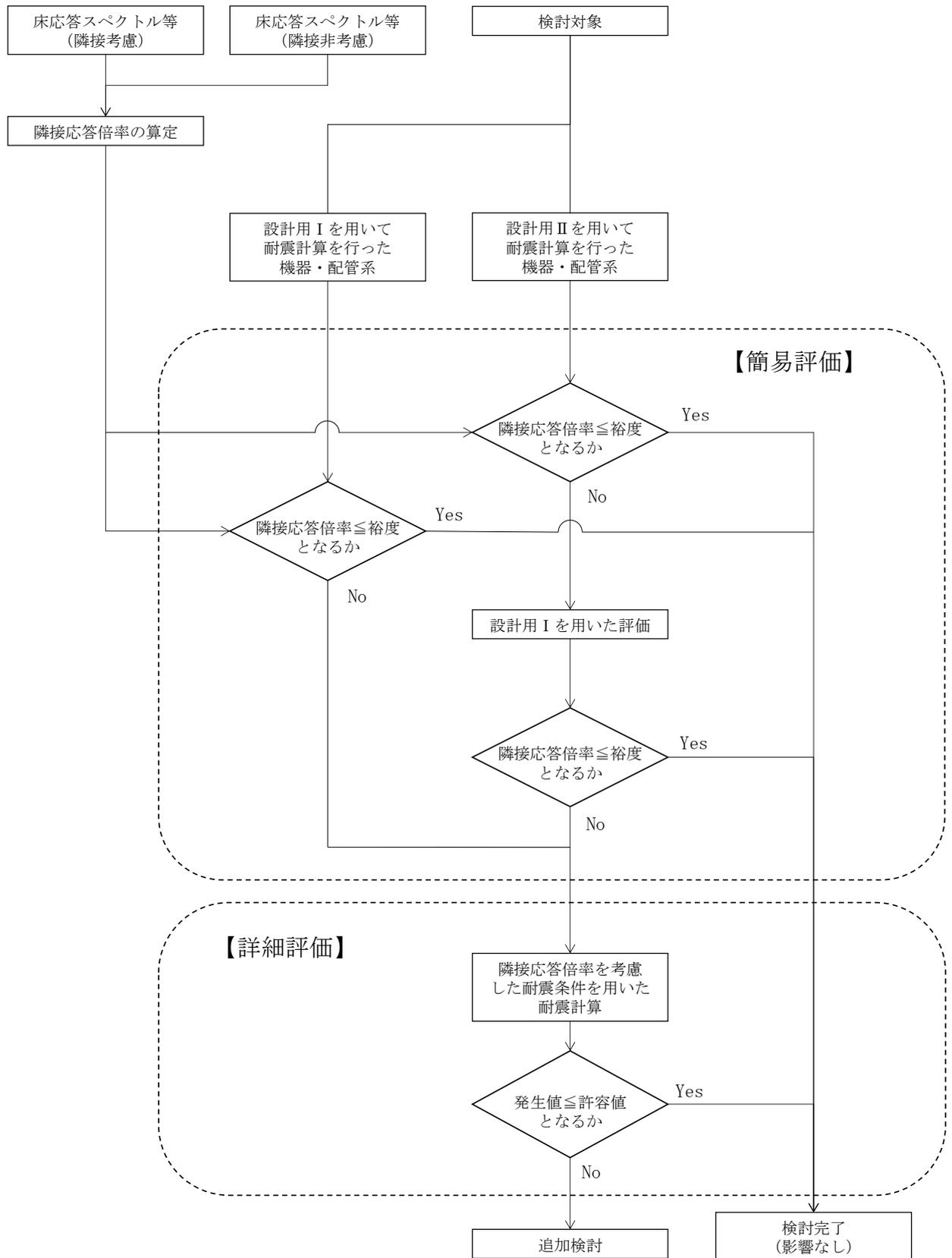


図2-1 隣接建屋による機器・配管系への影響検討フロー
別紙 4-2

2.3 検討内容

2.3.1 建屋と非連成で評価する機器・配管系に対する検討

(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。

a. 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。各建屋の隣接考慮モデルによる最大応答加速度、隣接建屋非考慮モデルによる最大応答加速度(全標高、水平方向(NS, EW包絡))の比較を添付資料1に示す。

b. 床応答スペクトル

各標高・各減衰定数について、隣接建屋非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。各建屋の隣接考慮モデルによる床応答スペクトル、隣接建屋非考慮モデルによる床応答スペクトル、設計用床応答曲線Ⅰ、設計用床応答曲線Ⅱ(全標高、水平方向(NS, EW包絡)、減衰定数2.0%)の比較を添付資料1に示す。

(2) 簡易評価

隣接応答倍率と各検討対象の裕度を比較し、裕度が隣接応答倍率以上となることを確認する。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方法(方法A)により算出することを基本とし、裕度が隣接応答倍率以上とならなかった場合には、機器の各固有周期において最大となる値を用いる方法(方法B)により算定する(図2-2)。評価に用いる裕度は機器の耐震計算書における裕度とするが、「2.2」の考え方に従い、設計用Ⅱを用いて耐震計算を行った機器で耐震計算書における裕度が隣接応答倍率以上とならなかった場合には、設計用Ⅰを用いて耐震計算を行い、その裕度が隣接応答倍率以上となることを確認する。

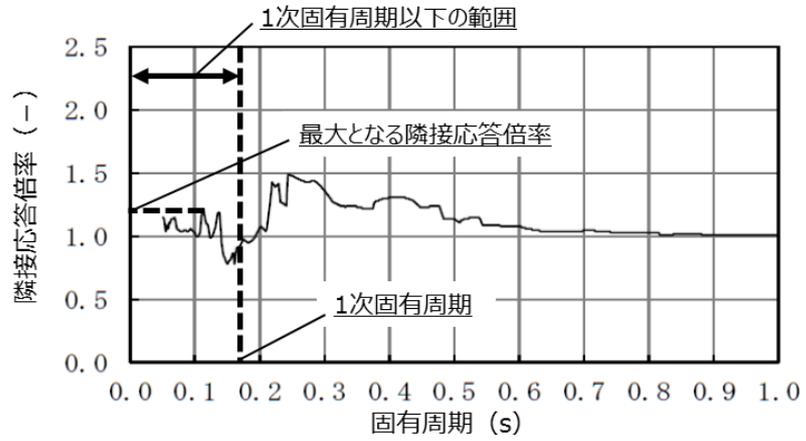
(3) 詳細評価

水平方向の設計用Ⅰに隣接応答倍率を乗じて算出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が許容値を満たすことを確認する。

評価に用いる床応答スペクトルは、設計用床応答曲線Ⅰに対して、簡易評価に用いた隣接応答倍率を一律に乘じる方法(方法a)により算出することを基本とし、評価結果が許容値を満足しない場合には、固有周期に応じた個々の隣接応答倍率を乘じる方法(方法b)により算出する(図2-3)。なお、本検討は隣接建屋の影響による建屋応答の変動が機器・配管系の耐震評価結果へ与える影響を検討するものであるため、方法bでは、1.0を下回る応答比率についてもそのまま考慮して耐震条件を作成する。

○方法A

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



○方法B

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

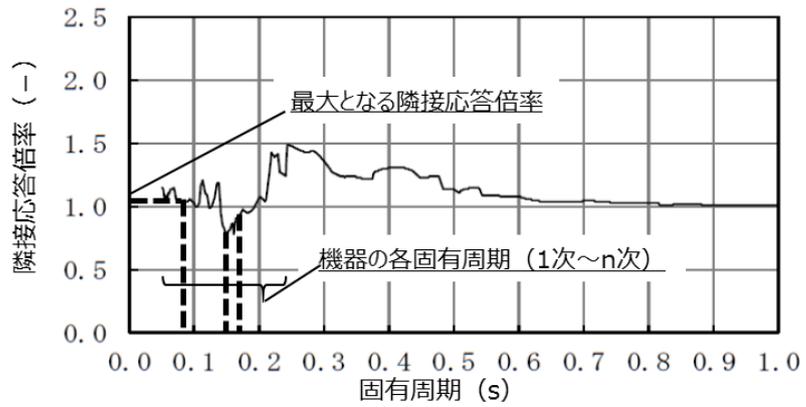
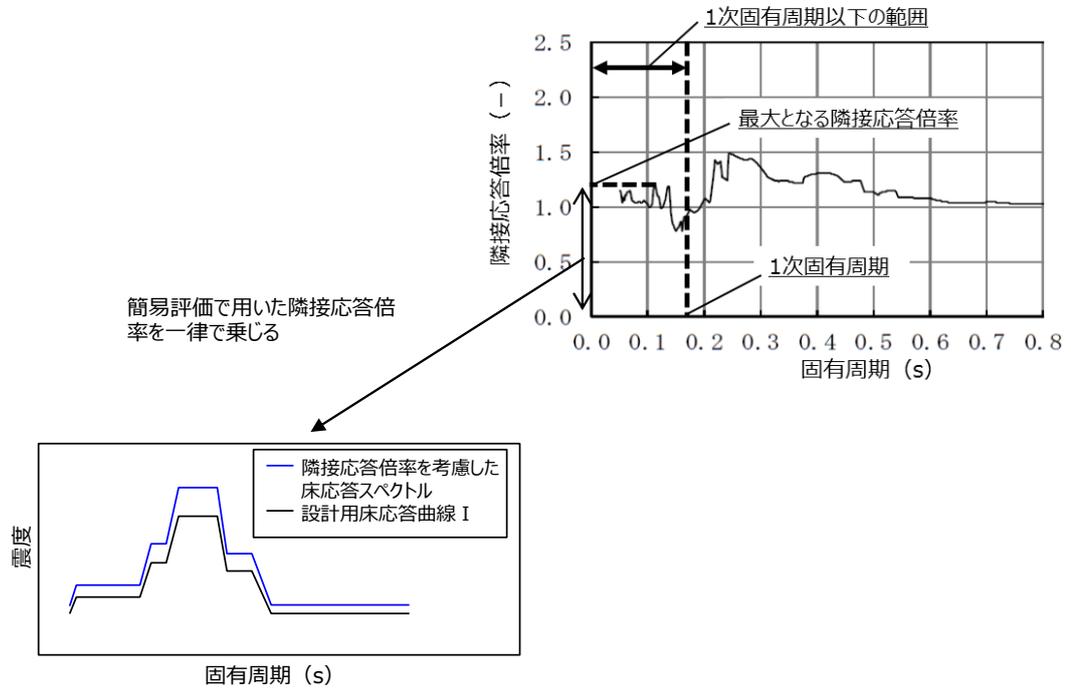


図2-2 簡易評価に用いる隣接応答倍率の算定方法 (床応答スペクトル)

○方法a

簡易評価に用いた隣接応答倍率を一律に乗じる方法



○方法b

固有周期に応じた個々の隣接応答倍率を乗じる方法

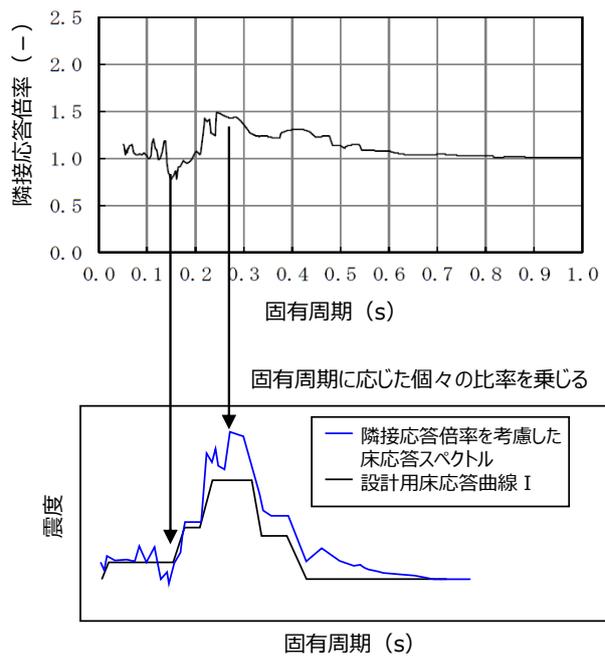


図2-3 詳細評価に用いる床応答スペクトル (水平方向) の算出方法
別紙 4-5

2.3.2 時刻歴応答解析を行っている機器・配管系に対する検討

建屋と非連成で評価する機器・配管系のうち、時刻歴応答解析を行っているものとして、原子炉建屋クレーンがある。原子炉建屋クレーンの構造図を図2-4に示す。

原子炉建屋クレーンは、地震力に対してクレーン本体が水平方向に車輪部でのすべり挙動を示すため、時刻歴応答解析で求める計算値（クレーン本体応力、浮上り量、吊具荷重）は、鉛直入力による応答が支配的である。一方、本影響検討においては、隣接建屋による水平方向の応答増幅の影響を確認する観点から、水平方向の応答増幅の影響が考えられる部位として「脱線防止ラグ」を代表部位としているが、脱線防止ラグは最大応答加速度を用いた耐震計算を行っているため、簡易評価として最大応答加速度による隣接応答倍率を用いた簡易評価を行い、裕度が隣接応答倍率以上となることを確認している。

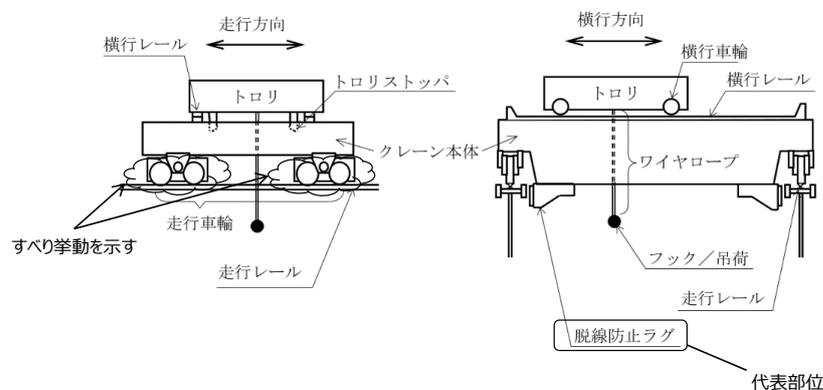


図2-4 原子炉建屋クレーンの構造図

2.3.3 建屋-機器連成地震応答解析モデルの応答を用いて評価する機器・配管系に対する検討

原子炉建屋との建屋-機器連成地震応答解析モデルの応答を用いて評価する機器・配管系（以下「連成系」という。）については、設計時には原子炉建屋と原子炉压力容器や炉内構造物等を連成させたモデルによる連成解析を行っている。

隣接建屋の影響検討ではソリッド要素でモデル化した地盤上に複数の建屋の質点系モデルを配置するといった複雑な解析を行っており、設計時と同様の原子炉建屋と原子炉压力容器や炉内構造物等を連成させたモデルによる連成解析は困難である。

そのため、連成系に対する影響検討では連成解析に代わる手段として、建屋応答解析（隣接考慮）及び建屋応答解析（隣接非考慮）から得られる時刻歴応答（加速度及び変位）を、大型機器・炉内応答解析モデル（図2-5）に入力（多点入力）する大型機器・炉内応答解析を行い、その結果として得られる機器の評価点での隣接考慮の最大応答加速度、床応答スペクトル及び地震荷重（隣接応答）と隣接考慮の最大応答加速度、床応答スペクトル及び地震荷重（単独応答）を用いて隣接応答倍率を算出する。

隣接応答倍率を算出した以降は図2-1と同じく隣接応答倍率と機器の耐震計算書における裕度を用いた簡易評価及び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。

連成系に対する影響検討フロー及び大型機器・炉内応答解析の概要を図2-6及び図2-7に示す。

ここで、大型機器・炉内応答解析において入力する応答は、建屋応答解析（隣接考慮、隣接非考慮）から得られる応答のうち並進成分の加速度及び変位とする。なお、原子炉本体基礎下端が接続する原子炉建屋基礎スラブの応答は回転成分を有するが、その影響は軽微であることを確認している（添付資料6）。また、大型機器・炉内応答解析において原子炉本体基礎は剛性一定（線形）とする。

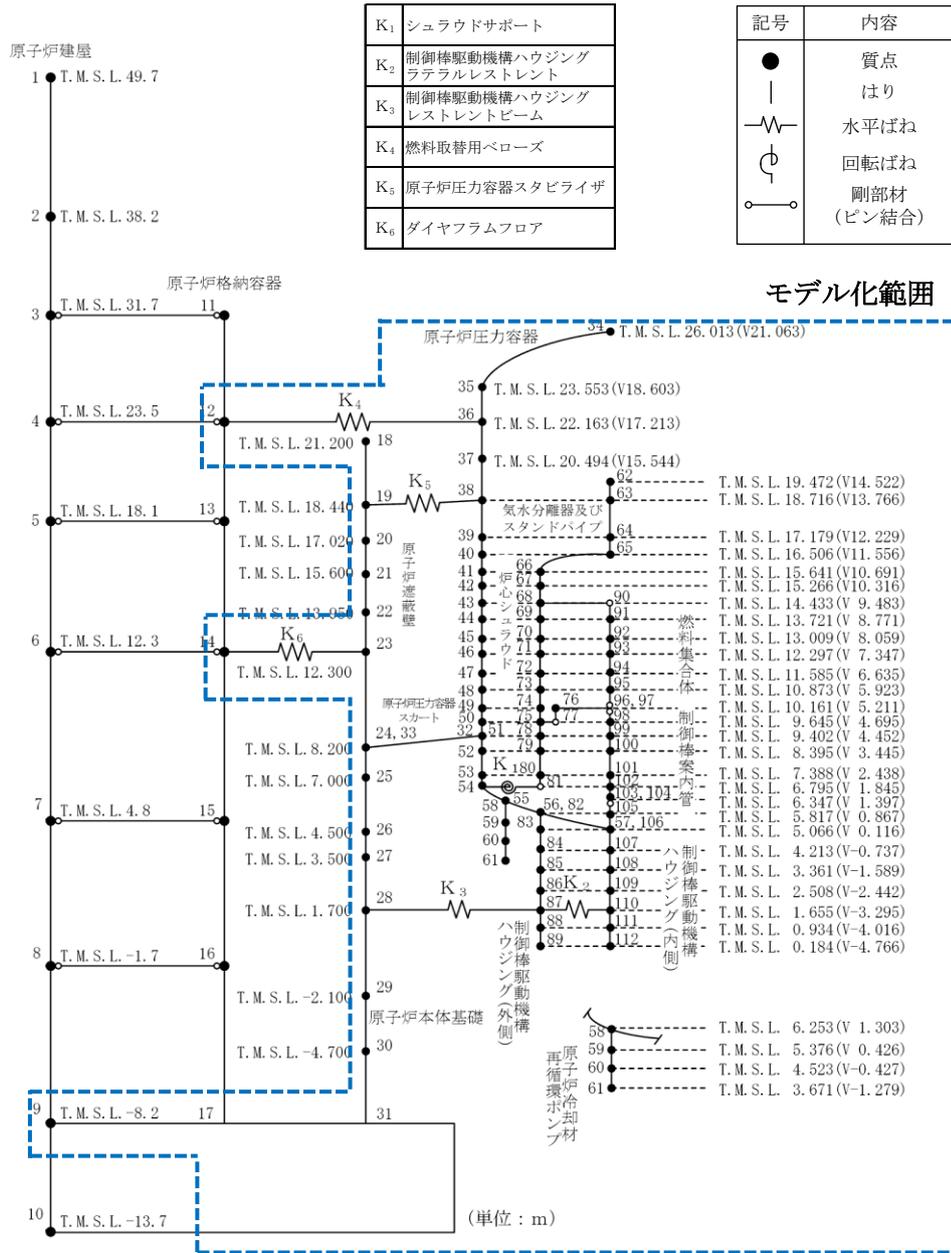


図2-5 大型機器・炉内応答解析モデル

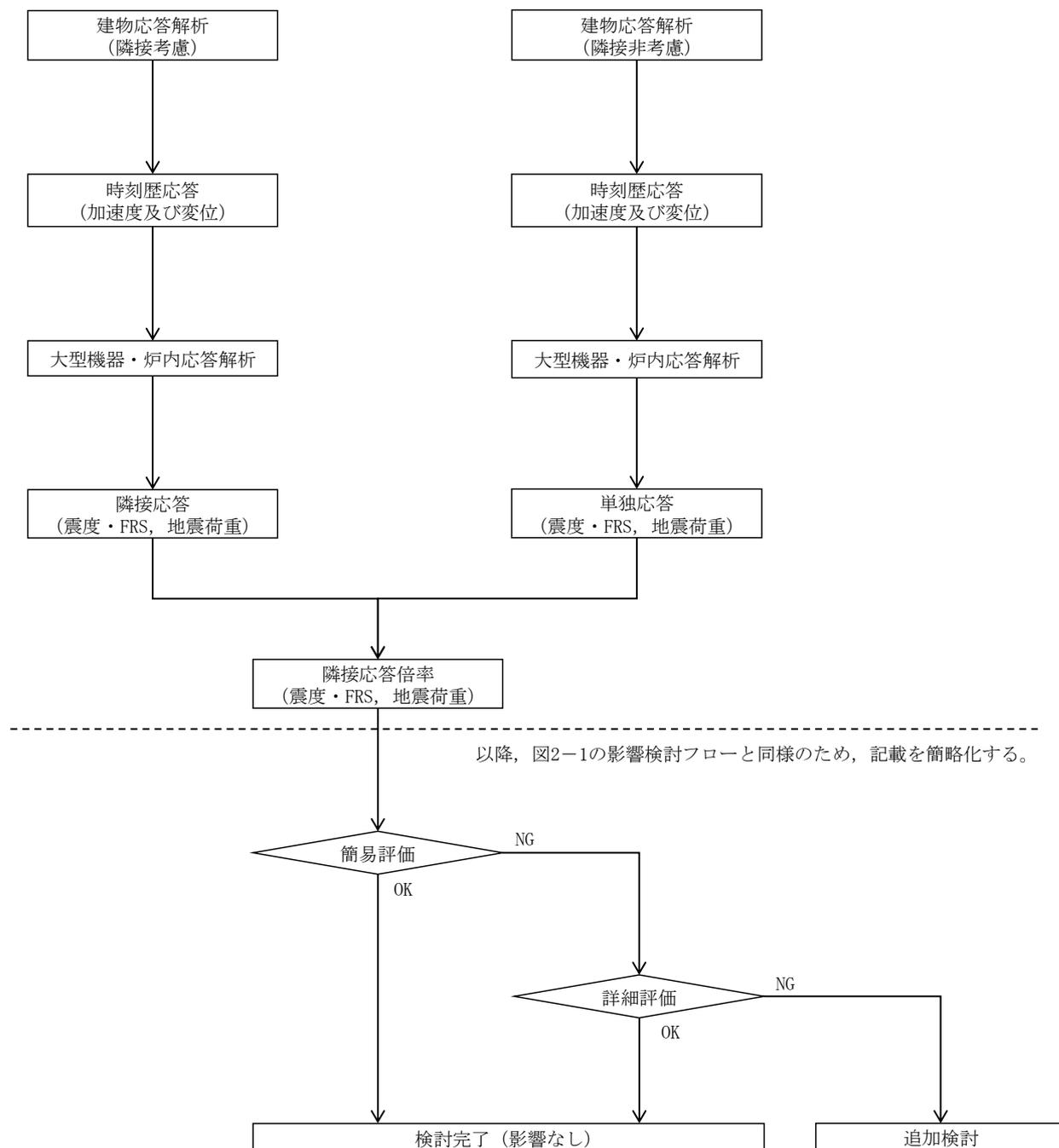
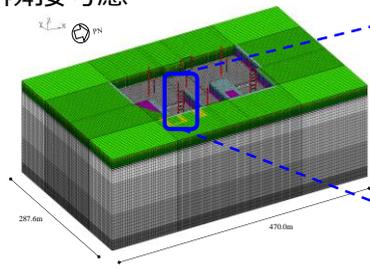


図2-6 隣接建屋による機器・配管系への影響検討フロー（連成系）

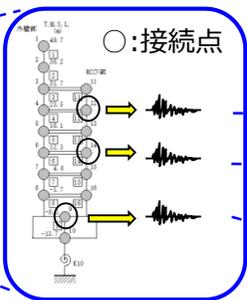
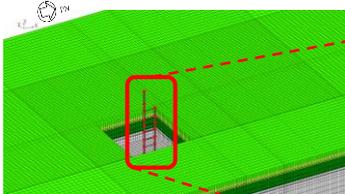
建屋応答解析

大型機器・炉内応答解析

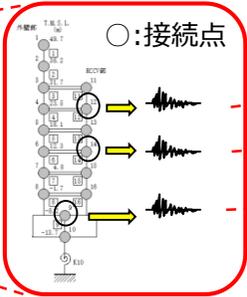
隣接考慮



隣接非考慮

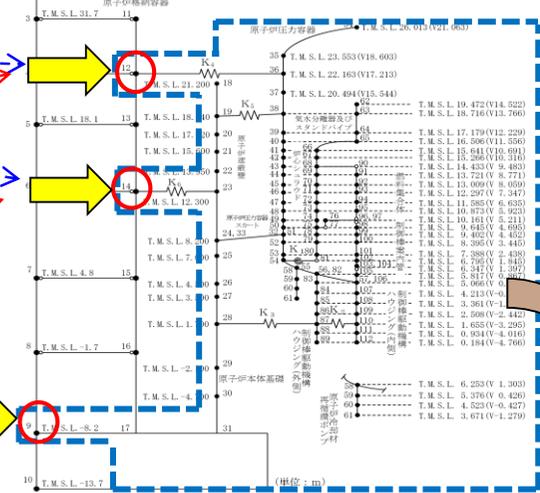


建屋の応答を入力
(加速度、変位)



○:原子炉建屋との接続点(入力点)

大型機器・炉内応答解析モデル



隣接応答倍率 = 各評価点での隣接応答 / 各評価点での単独応答

図2-7 隣接応答倍率の算出のための大型機器・炉内応答解析の概要

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及び表3-2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出方法について、添付資料2に示す。

結果において、隣接応答倍率に対して簡易評価から詳細評価への裕度の減少が比較的小さい傾向が確認されるため、この傾向の要因について以下に示す。

- ・簡易評価では耐震計算書における裕度を用いていることにより、設計用Ⅱを用いているものがあるが、詳細評価では全て設計用Ⅰに対して隣接応答倍率を考慮したもので耐震計算を行っていること。（表3-1 No. 1, 3, 4 及び 表3-2 No. 4～8）
- ・隣接応答倍率の考慮方法として、簡易評価では最大（一次固有周期以下最大または各固有周期最大）の隣接応答倍率を用いるが、詳細評価では「固有周期に応じた個々の隣接応答倍率を乗じる方法（方法b）」により床応答スペクトルを算出していること。
（表3-1 No. 10, 11, 12 及び 表3-2 No. 5, 7, 9）
- ・簡易評価では「鉛直方向」を含めた全体の応力に対する裕度と隣接応答倍率を比較しているが、詳細評価においては、隣接建屋による水平方向の応答変動の影響を確認する観点から、水平方向のみに隣接応答倍率を考慮していること。
（表3-1 No. 1～16 及び 表3-2 No. 1～9）
- ・簡易評価では「地震荷重」「自重」「配管内圧」を含めた全体の応力に対する裕度と隣接応答倍率を比較しているが、詳細評価においては、「地震荷重」のみに隣接応答倍率を考慮していること。（表3-1 No. 1～16 及び 表3-2 No. 1～9）

表 3-1 評価結果 (建屋と非連成で評価する機器・配管系) (1/2)

No.	機器名称	建屋	標高 T. M. S. L. (m)	減衰 定数	一次 固有 周期 (s)	使用 耐震 条件	簡易評価				詳細評価				
							評価 部位	応力 分類	裕度*1	隣接応答 倍率 [算定方法]	評価条件 算出方法	発生値 (MPa)	許容値 (MPa)	許容値/ 発生値	結果
1	配管 (CUW-PD-1)	K7R/B	23.5	2.0%	0.130	Ⅱ (FRS)	配管	一次 +二次	0.87*2 (0.0359)	1.19 [方法 A]	方法 a	360	366	1.01	○
2	配管 (HPCF-R-3)	K7R/B	-1.7	2.0%	0.173	Ⅰ (FRS)	配管	一次 +二次	0.99*2 (0.0003)	1.19 [方法 A]	方法 a	385	376	0.97*2 (0.0004)	○
3	配管 (HPCF-W-1)	Rw/B	-1.1	2.0%	0.147	Ⅱ (FRS)	配管	一次 +二次	1.06	1.42 [方法 A]	方法 a	338	356	1.05	○
4	配管 (MUWC-W-1)	Rw/B	-1.1	2.0%	0.172	Ⅱ (FRS)	配管	一次 +二次	1.06	1.56 [方法 A]	方法 a	342	354	1.03	○
5	配管 (RCW-T-4)	K7T/B	-1.1	2.0%	0.145	Ⅰ (FRS)	配管	一次 +二次	0.56*2 (0.2071)	1.09 [方法 A]	方法 a	827	450	0.54*2 (0.2546)	○
6	配管 (HPCF-R-024)	K7R/B	4.8	3.0%	0.076	Ⅰ (FRS)	配管	一次 +二次	1.13	1.16 [方法 A]	方法 a	389	434	1.11	○
7	配管 (RCW-T-1)	K7T/B	-1.1	2.0%	0.139	Ⅰ (FRS)	配管	一次 +二次	0.98*2 (0.0189)	1.09 [方法 A]	方法 a	486	466	0.95*2 (0.0202)	○
8	配管 (RCW-T-3)	K7T/B	-1.1	2.0%	0.098	Ⅰ (FRS)	配管	一次 +二次	0.61*2 (0.1617)	1.09 [方法 A]	方法 a	762	466	0.61*2 (0.1628)	○
9	配管 (RCW-T-5)	K7T/B	-1.1	2.0%	0.161	Ⅰ (FRS)	配管	一次 +二次	1.03	1.09 [方法 A]	方法 a	454	466	1.02	○
10	配管 (SGTS-R-3)	K7R/B	23.5 ~49.7	2.0%	0.160	Ⅰ (FRS)	配管	一次 +二次	1.19	1.28 [方法 A]	方法 b	378	422	1.11	○
11	配管 (HCVS-R-1)	K7R/B	12.3 ~31.7	2.0%	0.165	Ⅰ (FRS)	配管	一次 +二次	1.22	1.62 [方法 A]	方法 b	248	300	1.20	○
12	配管 (FCVS-R-5)	K7R/B	18.1 ~31.7	2.0%	0.164	Ⅰ (FRS)	配管	一次 +二次	1.40	1.59 [方法 A]	方法 b	328	342	1.04	○

注記*1: 耐震計算書における評価結果の裕度 (許容値/発生値) を示す。

*2: 一次+二次応力の計算結果が許容応力を上回るが、疲労評価を実施し疲労累積係数が許容値 1 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。

表 3-1 評価結果（建屋と非連成で評価する機器・配管系）（2 / 2）

No.	機器名称	建屋	標高 T. M. S. L. (m)	減衰 定数	一次 固有 周期 (s)	使用 耐震 条件	簡易評価				詳細評価				
							評価 部位	応力 分類	裕度*1	隣接応答 倍率 [算定方法]	評価条件 算出方法	発生値 (MPa)	許容値 (MPa)	許容値/ 発生値	結果
13	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%	0.151	I (FRS)	支持 架台 (部材)	組合せ	1.02	1.56 [方法 A]	方法 a	203	205	1.00	○
14	下部ドライウェ ルアクセストン ネルスリーブ及 び鏡板（所員用 エアロック付）	K7R/B	-1.7	1.0%	0.090	I (FRS)	P3	一次 +二次	0.86*2 (0.266)	1.16 [方法 A]	方法 a	528	393	0.74*2 (0.509)	○
							P2	一次 +二次	0.88*2 (0.237)	1.16 [方法 A]	方法 a	518	393	0.75*2 (0.462)	○
15	下部ドライウェ ル所員用 エアロック	K7R/B	-1.7	1.0%	0.090	I (FRS)	P12	一次 +二次	0.80*2 (0.369)	1.16 [方法 A]	方法 a	570	393	0.68*2 (0.712)	○
16	原子炉補機 冷却水系 熱交換器	K7T/B	4.9	—	—	I (ZPA)	胴板	一次 +二次	0.78*2 (0.827)	1.09 [-]	—	683	497	0.72*2 (0.667*3)	○

注記*1： 耐震計算書における評価結果の裕度（許容値／発生値）を示す。

*2： 一次+二次応力の計算結果が許容応力を上回るが、疲労評価を実施し疲労累積係数が許容値 1 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。

*3： 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。

表 3-2 評価結果（建屋－機器連成地震応答解析モデルの応答を用いて評価を行う機器・配管系）（1 / 2）

No.	機器名称	建屋	標高 T. M. S. L. (m)	減衰 定数	一次 固有 周期 (s)	使用 耐震 条件	簡易評価				詳細評価				
							評価 部位	応力 分類	裕度*1	隣接応答 倍率 [算定方法]	評価条件 算出方法	発生値 (MPa)	許容値 (MPa)	許容値/ 発生値	結果
1	原子炉本体基礎	K7R/B (大型)	-8.2 ～ 12.3	—	—	I (せん断 力, モー メント)	ブラ ケット 部	曲げ 応力 度	1.09	1.23 [-]	—	408.8	427	1.04	○
2	燃料集合体	K7R/B (炉内)	12.297	—	—	I (ZPA, 変位)	燃料 被覆 管	一次 +二次	1.31	1.53 [-]	—	設計比 : 0.87*3			○
3	原子炉冷却材再 循環ポンプモー タケーシング	K7R/B (炉内)	5.376 ～ 6.253	—	—	I (せん断 力, モー メント)	ケー シン グ	軸圧 縮応 力	1.11	1.14 [-]	—	207	207	1.00	○
4	配管 (CUW-PD-2)	K7R/B (大型)	17.02	1.5%	0.232	II (FRS)	配管	一次 +二次	0.58*2 (0.3097)	1.57 [方法 B]	方法 a	542	366	0.67*2 (0.1526)	○
5	配管 (MS-PD-28)	K7R/B (大型)	18.44	2.0%	0.228	II (FRS)	配管	一次 +二次	1.11	1.83 [方法 A]	方法 b	251	300	1.19	○
6	配管 (MS-PD-29)	K7R/B (大型)	18.44	2.0%	0.247	II (FRS)	配管	一次 +二次	1.31	1.70 [方法 B]	方法 a	325	300	0.92*2 (0.6945)	○
7	配管 (MS-PD-30)	K7R/B (大型)	18.44	2.0%	0.248	II (FRS)	配管	一次 +二次	1.03	1.60 [方法 B]	方法 b	252	300	1.19	○

注記*1： 耐震計算書における評価結果の裕度（許容値／発生値）を示す。

*2： 一次+二次応力の計算結果が許容応力を上回るが、疲労評価を実施し疲労累積係数が許容値 1 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。

*3： 設計比（発生値／許容値）が 1 以下となることで、耐震性を有することを確認している。

表 3-2 評価結果（建屋－機器連成地震応答解析モデルの応答を用いて評価を行う機器・配管系）（2 / 2）

No.	機器名称	建屋	標高 T. M. S. L. (m)	減衰 定数	一次 固有 周期 (s)	使用 耐震 条件	簡易評価				詳細評価				
							評価 部位	応力 分類	裕度*1	隣接応答 倍率 [算定方法]	評価条件 算出方法	発生値 (MPa)	許容値 (MPa)	許容値/ 発生値	結果
8	配管 (MS-PW-11)	K7R/B (大型)	1.7	0.5%	0.273	Ⅱ (FRS)	配管	一次 +二次	1.06	1.41 [方法 A]	方法 a	256	278	1.08	○
9	出力領域モニタ	K7R/B (炉内)	10.161 ～ 14.433	1.0%	0.308	I (FRS)	校正 用導 管 カバ ー チュ ーブ	一次一 般膜+ 一次曲 げ応力	1.27	1.39 [方法 B]	方法 b	201	225	1.11	○

注記*1： 耐震計算書における評価結果の裕度（許容値／発生値）を示す。

*2： 一次+二次応力の計算結果が許容応力を上回るが、疲労評価を実施し疲労累積係数が許容値 1 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。

4. まとめ

簡易評価で裕度が隣接応答倍率以上となること及び詳細評価で隣接応答倍率を考慮した発生値が許容値以下となることを確認したことから、全ての検討対象について隣接建屋による耐震性への影響がないことを確認した。

表添 1-1 最大応答加速度の比較 (7号機原子炉建屋, 水平方向) (1/2)

構造物名	質点 番号	標 高 T. M. S. L. (m)	最大応答加速度 ($\times 9.80665\text{m/s}^2$) $\times 1.0$		
			①隣接考慮	②隣接非考慮	隣接応答倍率 (①/②)
原子炉建屋	1	49.70	0.87	0.79	1.11
	2	38.20	0.70	0.59	1.19
	3	31.70	0.61	0.53	1.15
	4	23.50	0.52	0.50	1.04
	5	18.10	0.50	0.47	1.07
	6	12.30	0.49	0.45	1.09
	7	4.80	0.46	0.41	1.13
	8	-1.70	0.44	0.38	1.16
	9	-8.20	0.41	0.35	1.18
	10	-13.70	0.41	0.34	1.21

表添 1-1 最大応答加速度の比較 (7号機原子炉建屋, 水平方向) (2/2)

構造物名	質点 番号	標 高 T. M. S. L. (m)	最大応答加速度 ($\times 9.80665\text{m/s}^2$) $\times 1.2$		
			①隣接考慮	②隣接非考慮	隣接応答倍率 (①/②)
原子炉建屋	1	49.70	1.04	0.95	1.10
	2	38.20	0.84	0.71	1.19
	3	31.70	0.73	0.64	1.14
	4	23.50	0.62	0.60	1.04
	5	18.10	0.60	0.56	1.08
	6	12.30	0.59	0.54	1.10
	7	4.80	0.56	0.49	1.15
	8	-1.70	0.53	0.45	1.18
	9	-8.20	0.49	0.42	1.17
	10	-13.70	0.49	0.41	1.20

表添 1-2 最大応答加速度の比較 (コントロール建屋, 水平方向)

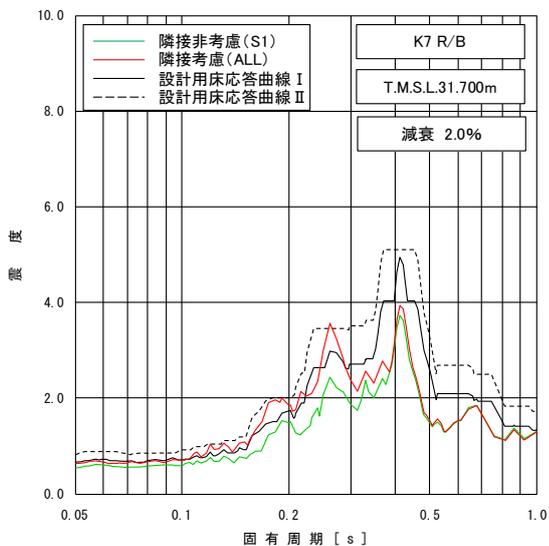
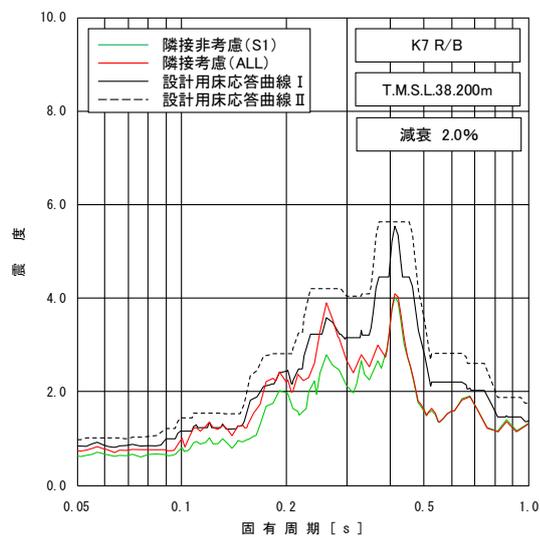
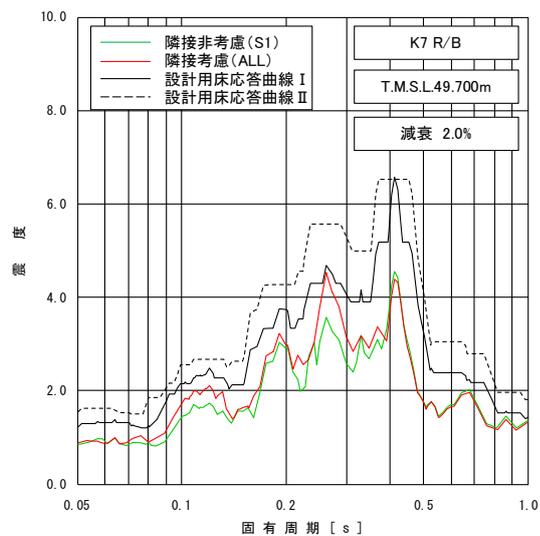
構造物名	標高 T. M. S. L. (m)	最大応答加速度 ($\times 9.80665\text{m/s}^2$) $\times 1.0$		
		①隣接考慮	②隣接非考慮	隣接応答倍率 (①/②)
コントロール建屋	24.10	0.65	0.62	1.05
	17.30	0.55	0.54	1.02
	12.30	0.49	0.49	1.00
	6.50	0.47	0.45	1.04
	1.00	0.47	0.42	1.12
	-2.70	0.46	0.40	1.15

表添 1-3 最大応答加速度の比較 (7号機タービン建屋, 水平方向)

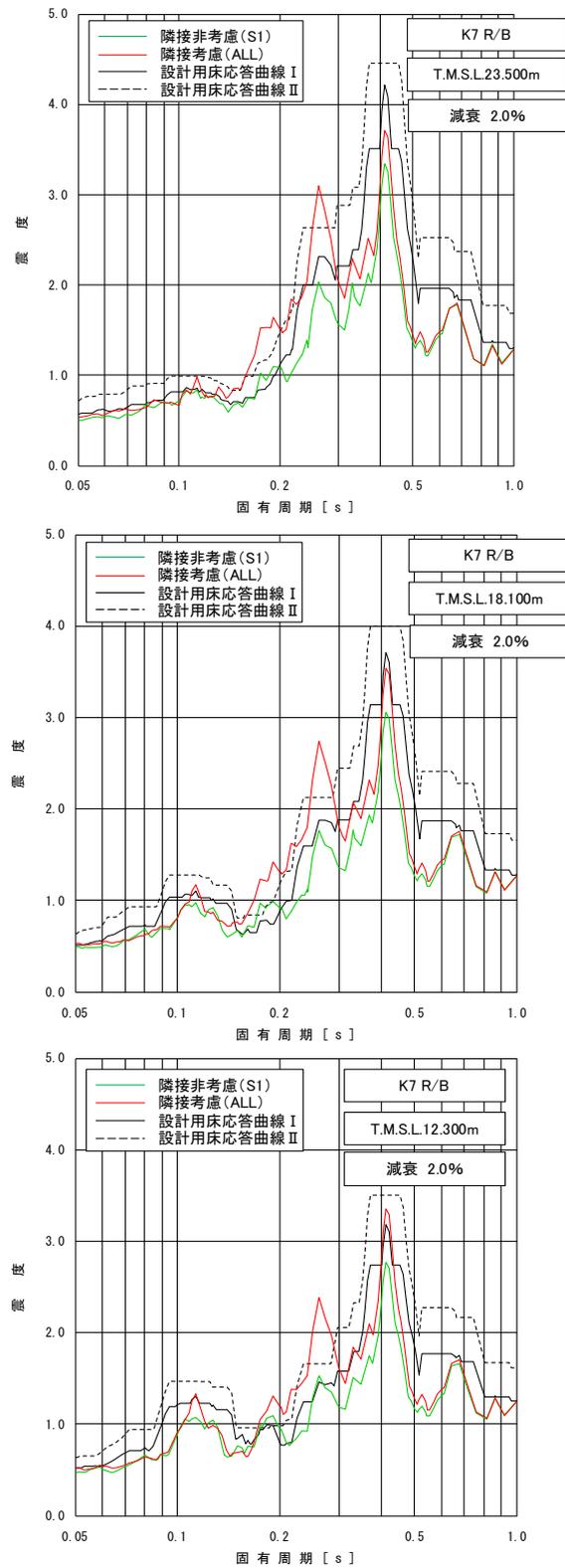
構造物名	標高 T. M. S. L. (m)	最大応答加速度 ($\times 9.80665\text{m/s}^2$) $\times 1.0$		
		①隣接考慮	②隣接非考慮	隣接応答倍率 (①/②)
タービン建屋	44.30	2.13	2.00	1.07
	38.60	1.30	1.18	1.10
	30.90	0.65	0.64	1.02
	25.80	0.58	0.58	1.00
	20.40	0.55	0.54	1.02
	12.30	0.51	0.49	1.04
	4.90	0.50	0.46	1.09
	-1.10	0.47	0.43	1.09
	-5.10	0.45	0.41	1.10

表添 1-4 最大応答加速度の比較 (廃棄物処理建屋, 水平方向)

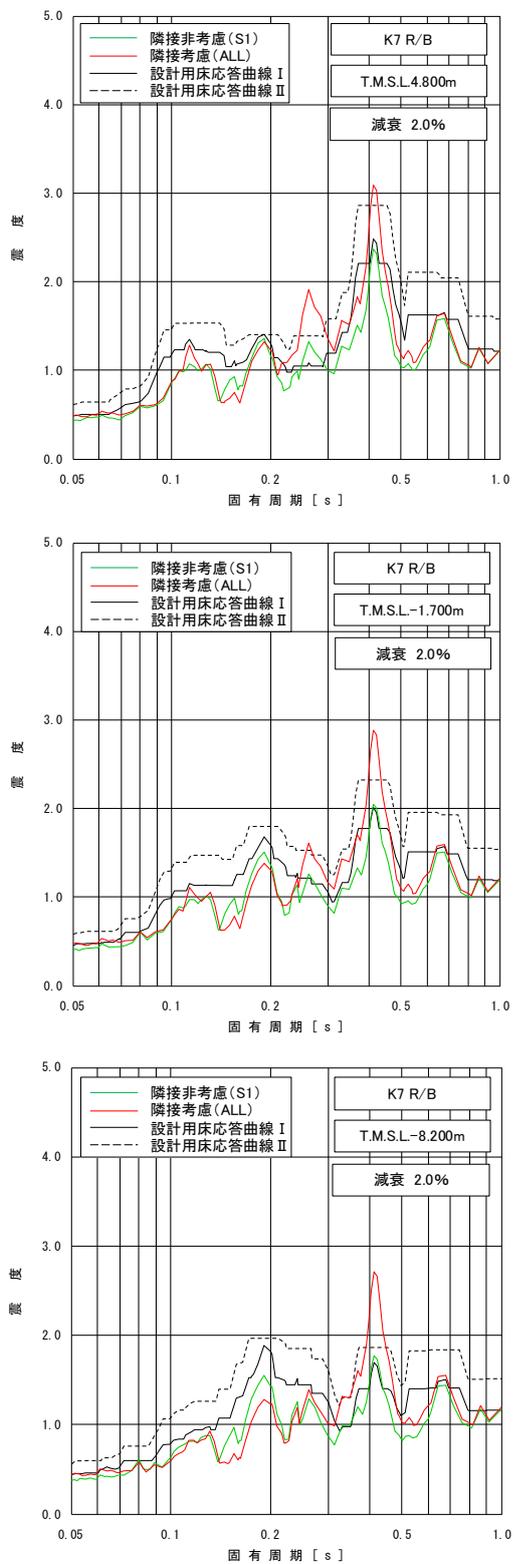
構造物名	標高 T. M. S. L. (m)	最大応答加速度 ($\times 9.80665\text{m/s}^2$) $\times 1.0$		
		①隣接考慮	②隣接非考慮	隣接応答倍率 (①/②)
廃棄物処理建屋	44.30	2.69	2.00	1.35
	36.70	1.29	1.22	1.06
	30.90	0.83	0.83	1.00
	30.40	0.75	0.87	0.86
	20.40	0.60	0.68	0.88
	12.30	0.48	0.56	0.86
	6.50	0.46	0.49	0.94
	-1.10	0.44	0.41	1.07
	-6.10	0.43	0.38	1.13



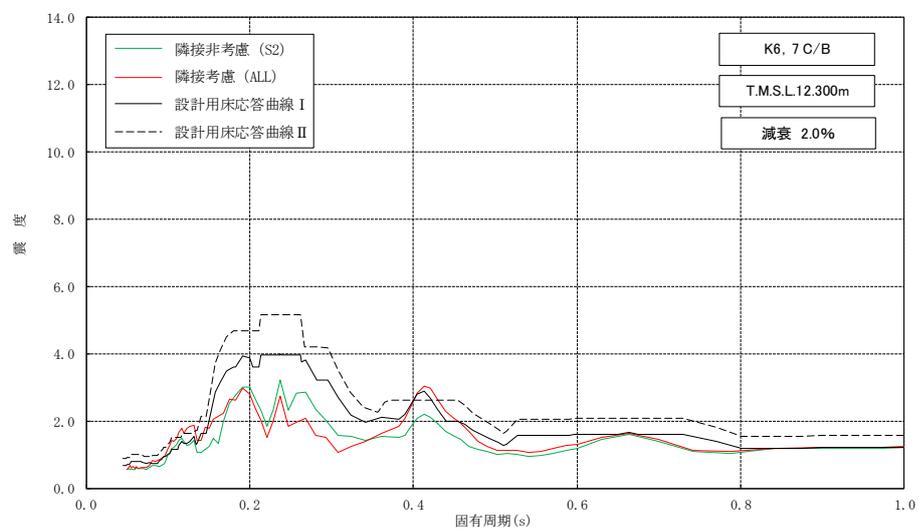
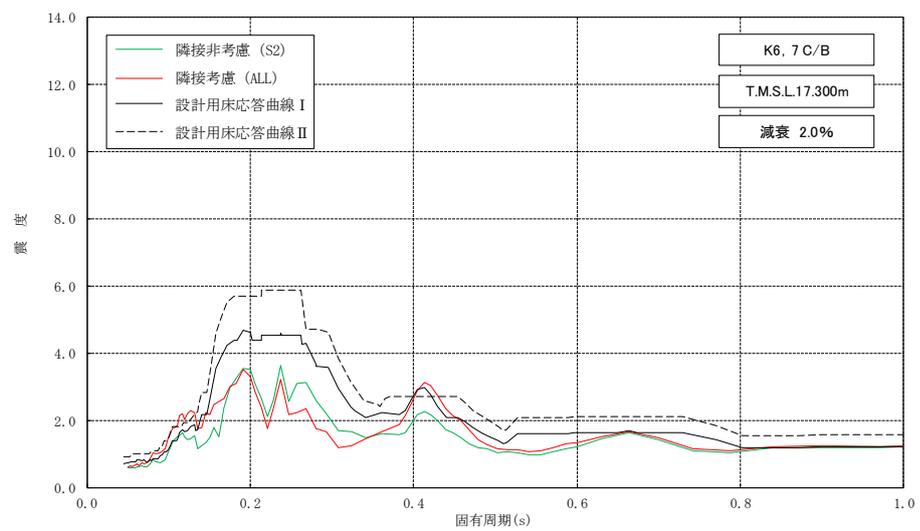
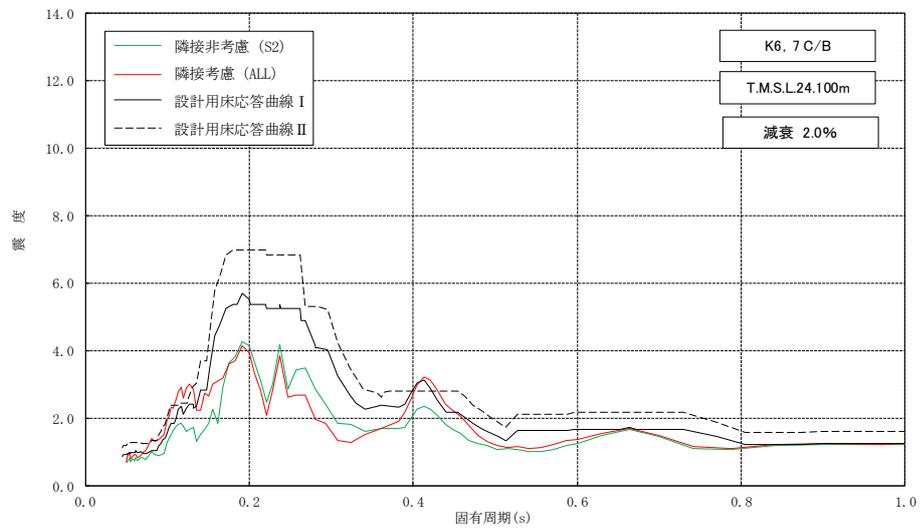
図添 1-1 床応答スペクトルの比較 (7号機原子炉建屋, 水平方向, 減衰定数 2.0%) (1/3)



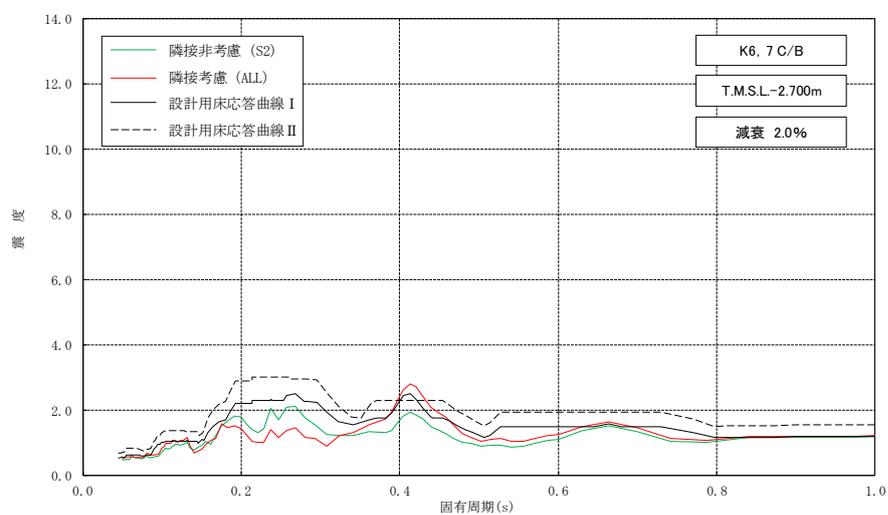
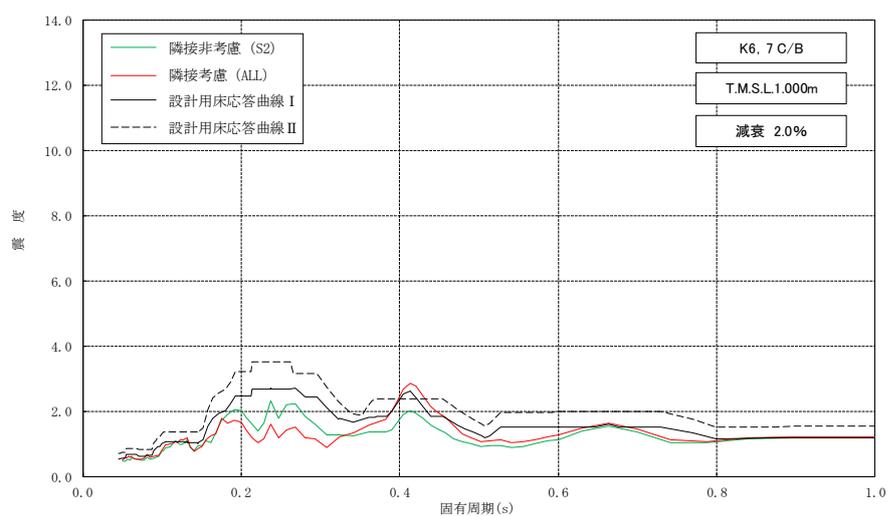
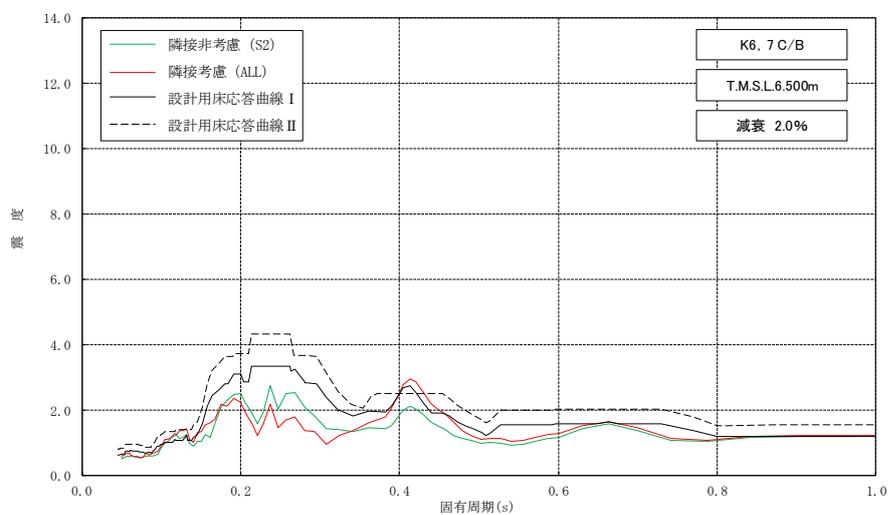
図添 1-1 床応答スペクトルの比較 (7号機原子炉建屋, 水平方向, 減衰定数 2.0%) (2/3)



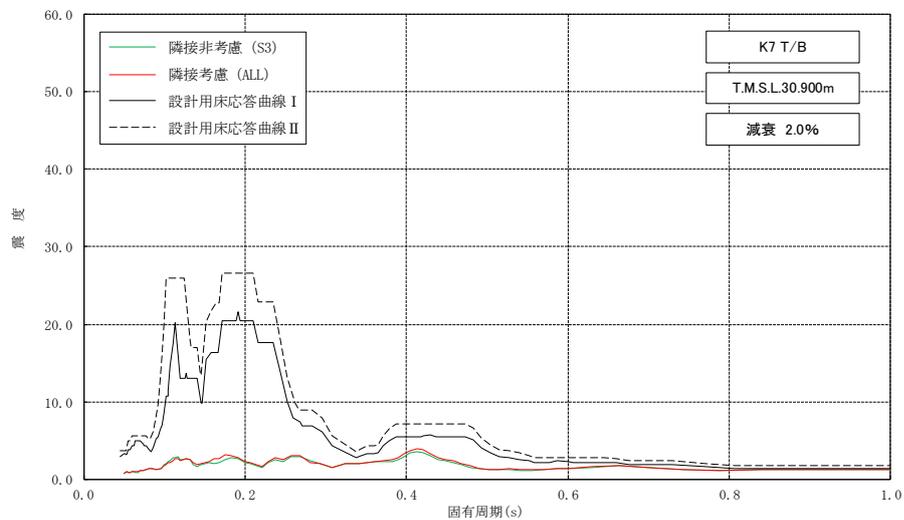
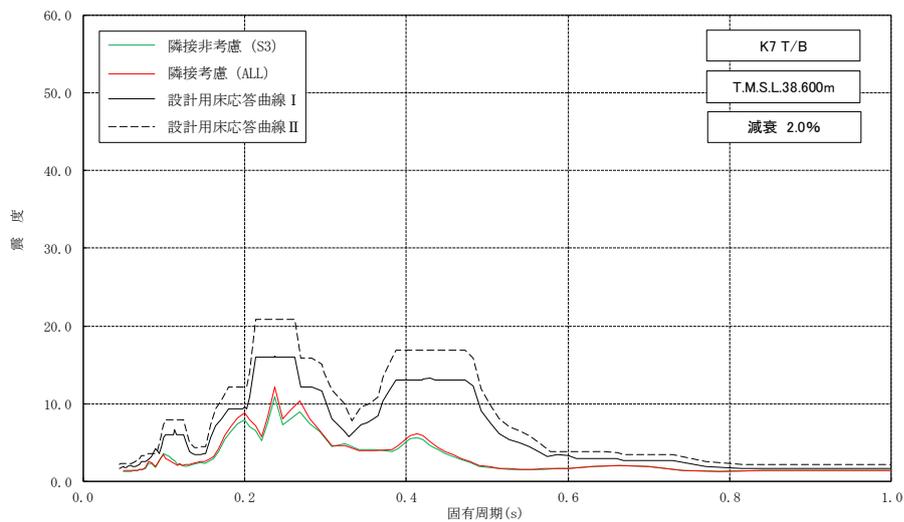
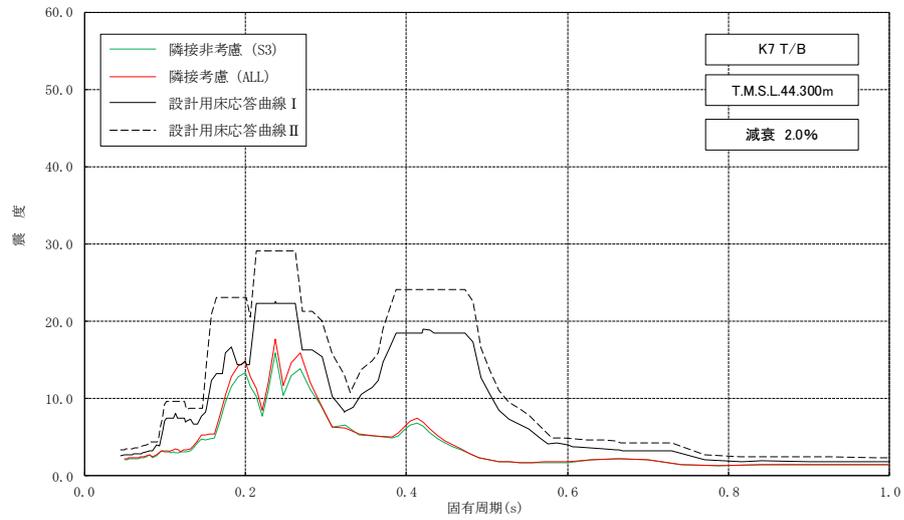
図添 1-1 床応答スペクトルの比較 (7号機原子炉建屋, 水平方向, 減衰定数 2.0%) (3/3)



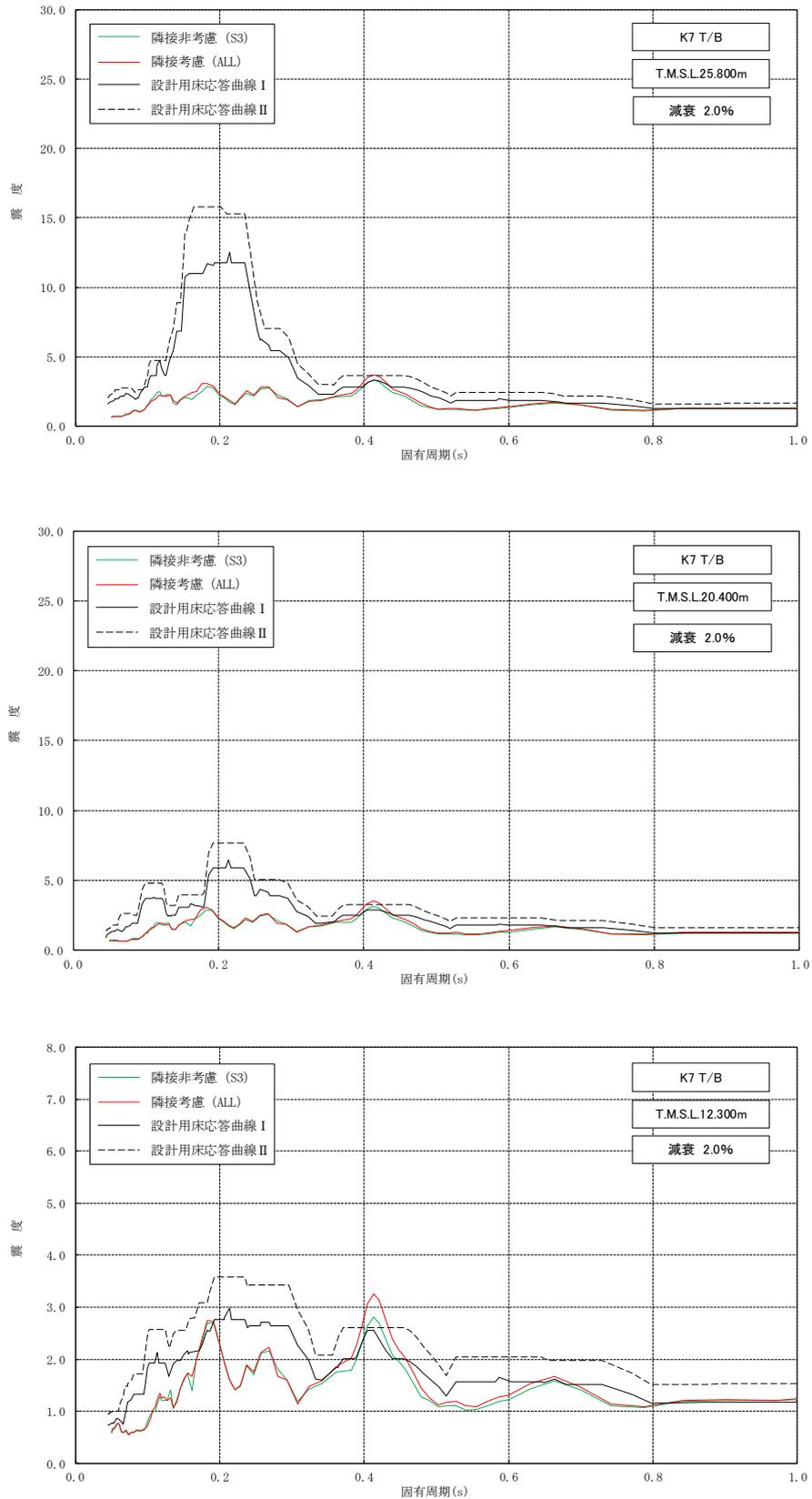
図添 1-2 床応答スペクトルの比較 (コントロール建屋, 水平方向, 減衰定数 2.0%) (1/2)



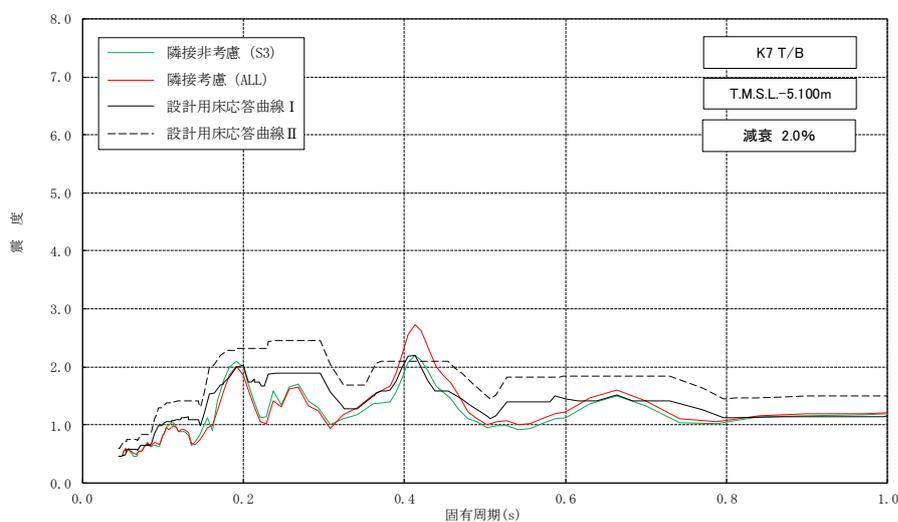
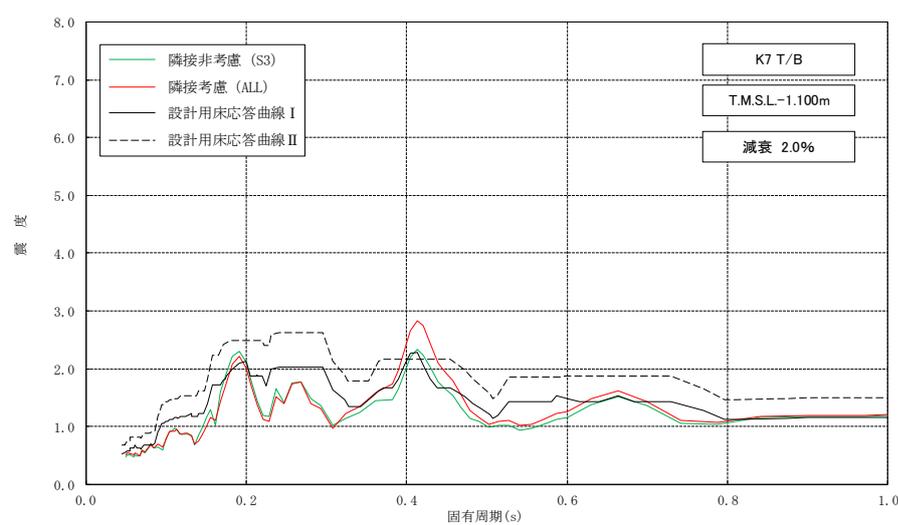
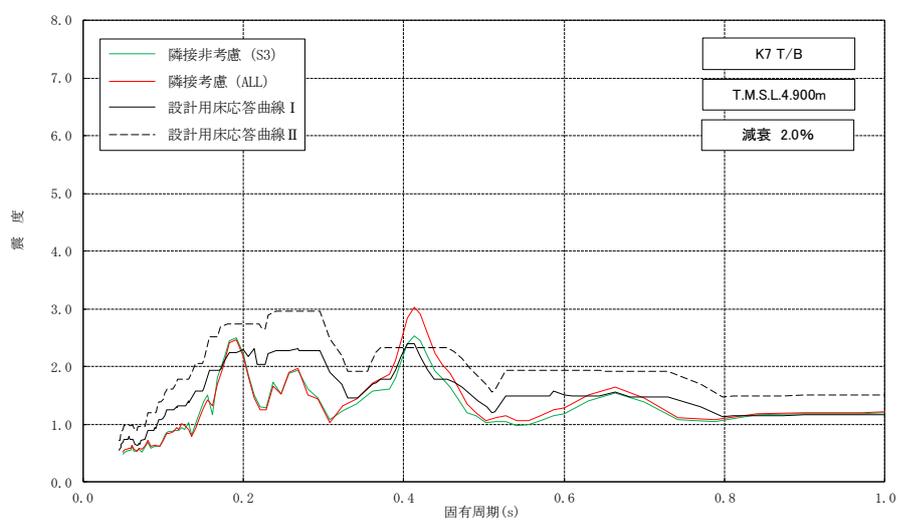
図添 1-2 床応答スペクトルの比較 (コントロール建屋, 水平方向, 減衰定数 2.0%) (2/2)



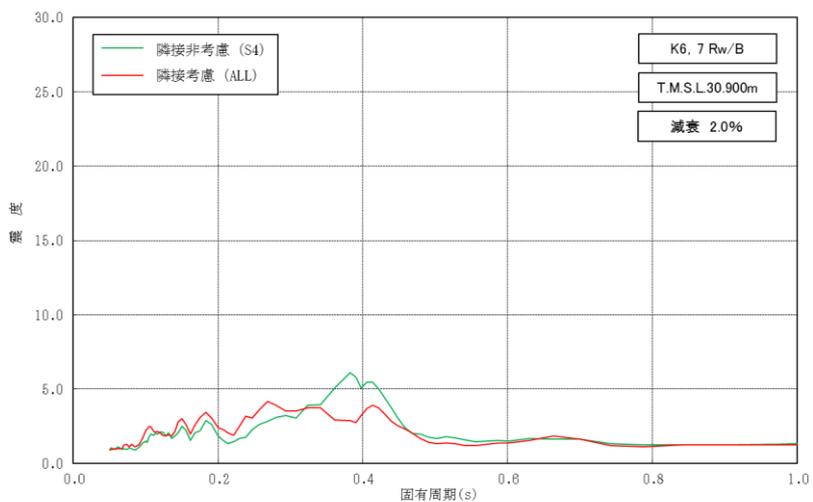
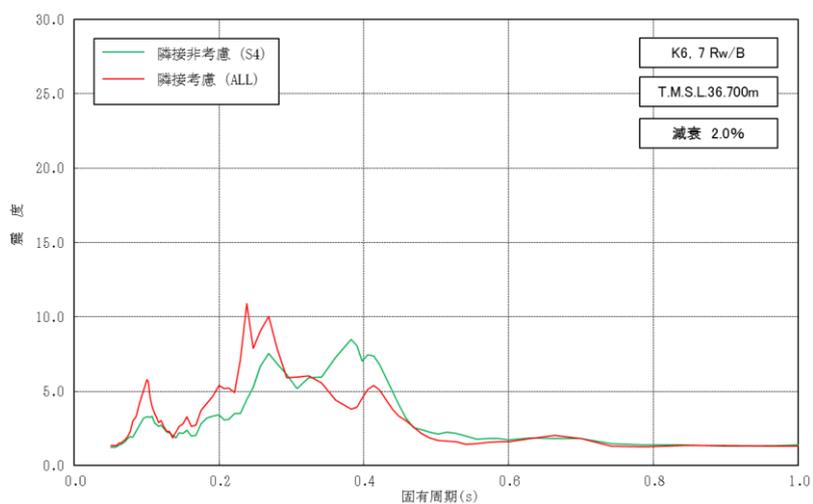
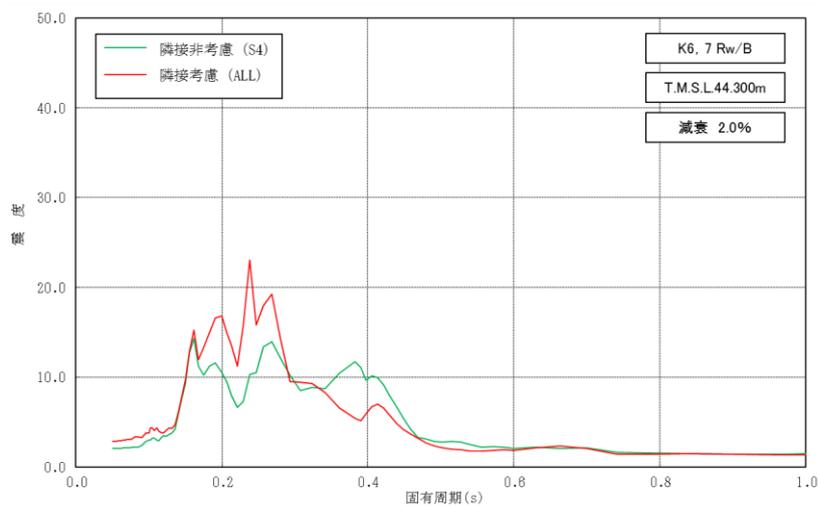
図添 1-3 床応答スペクトルの比較 (7号機タービン建屋, 水平方向, 減衰定数 2.0%) (1/3)



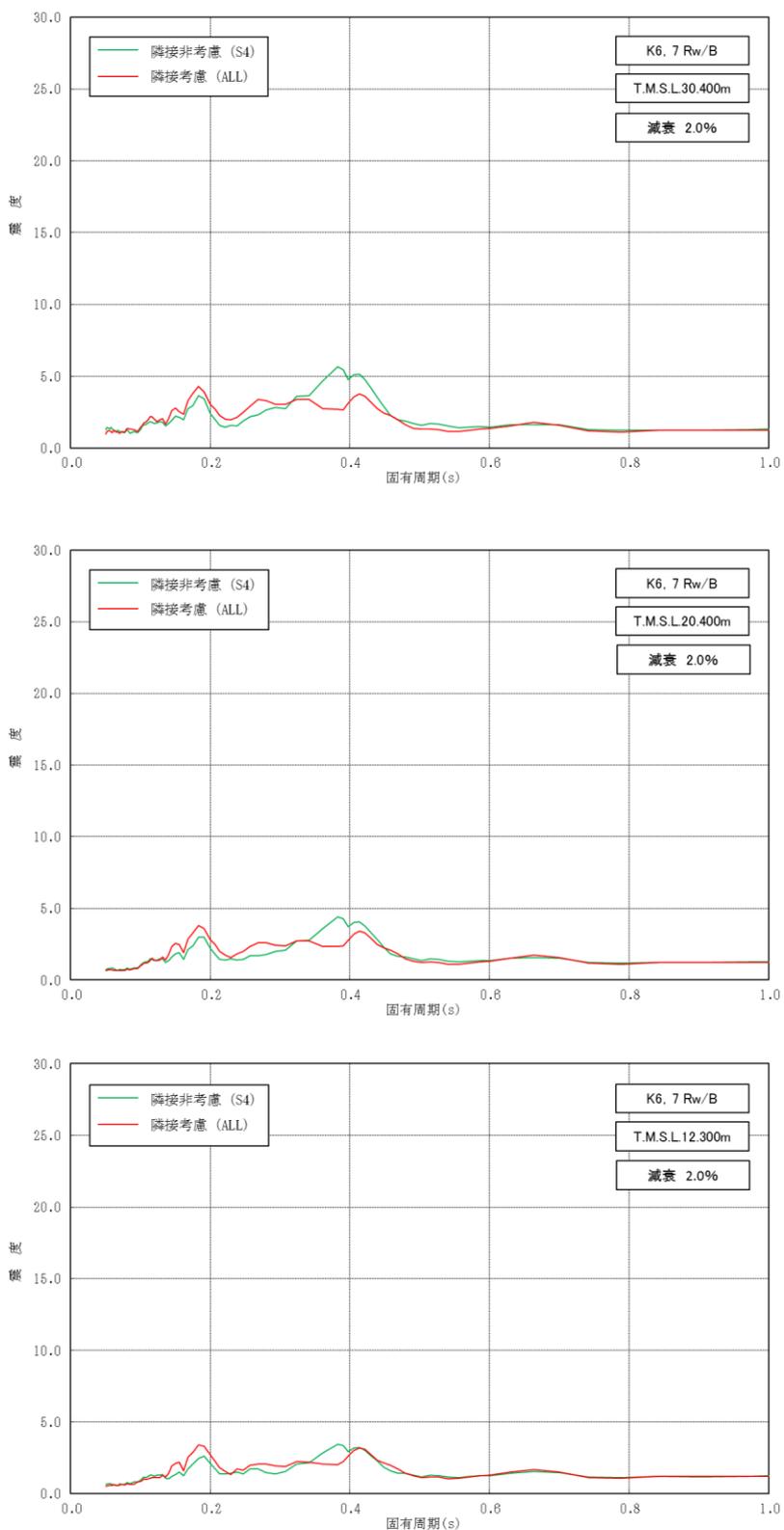
図添 1-3 床応答スペクトルの比較 (7号機タービン建屋, 水平方向, 減衰定数 2.0%) (2/3)



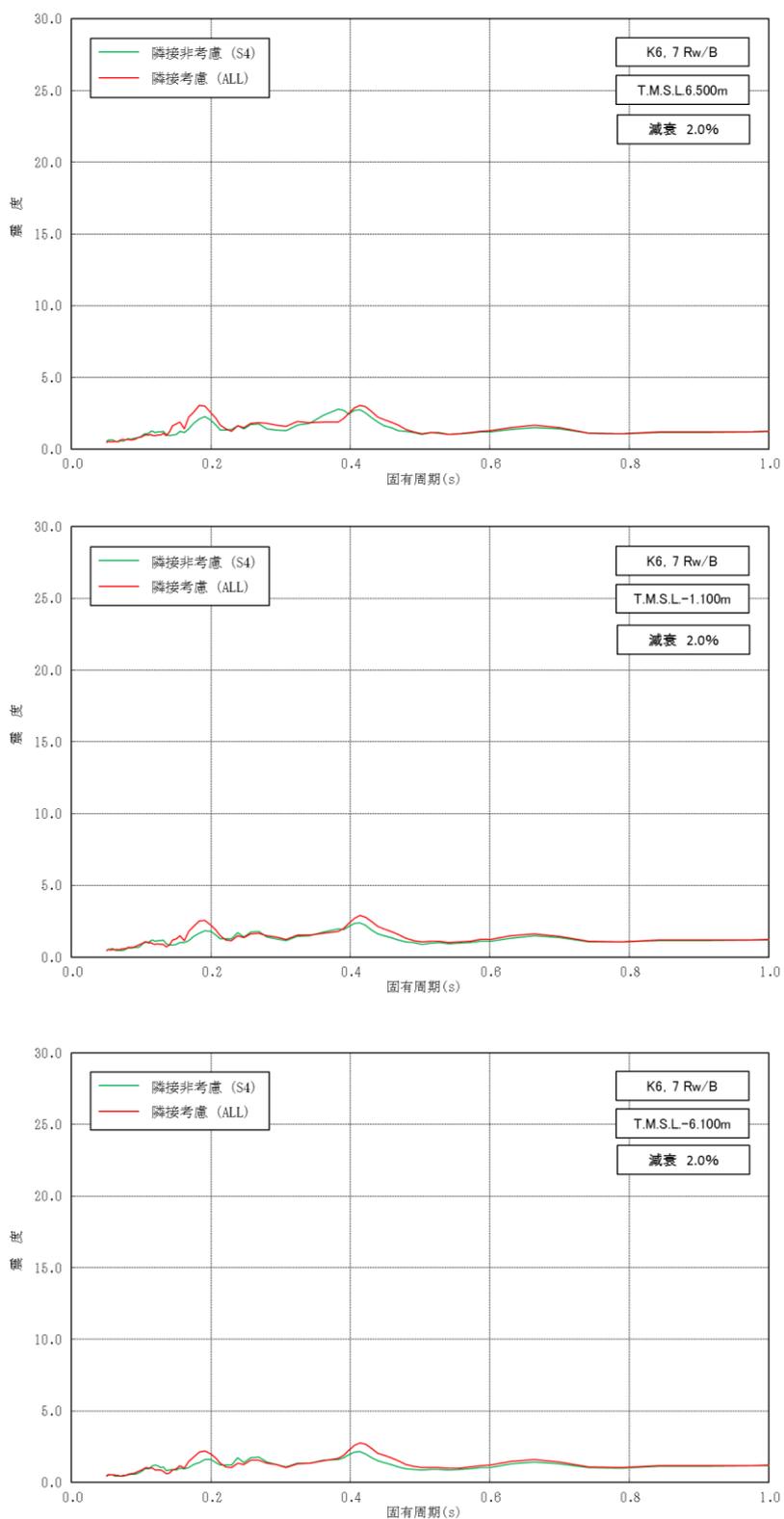
図添 1-3 床応答スペクトルの比較 (7号機タービン建屋, 水平方向, 減衰定数 2.0%) (3/3)



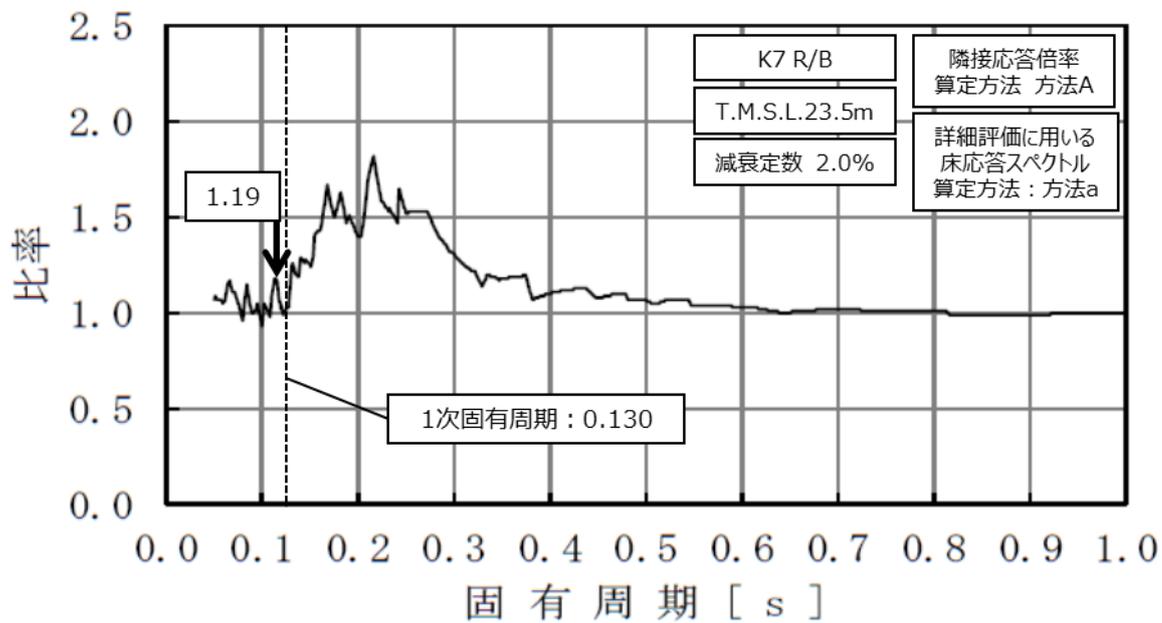
図添 1-4 床応答スペクトルの比較（廃棄物処理建屋，水平方向，減衰定数 2.0%）（1/3）



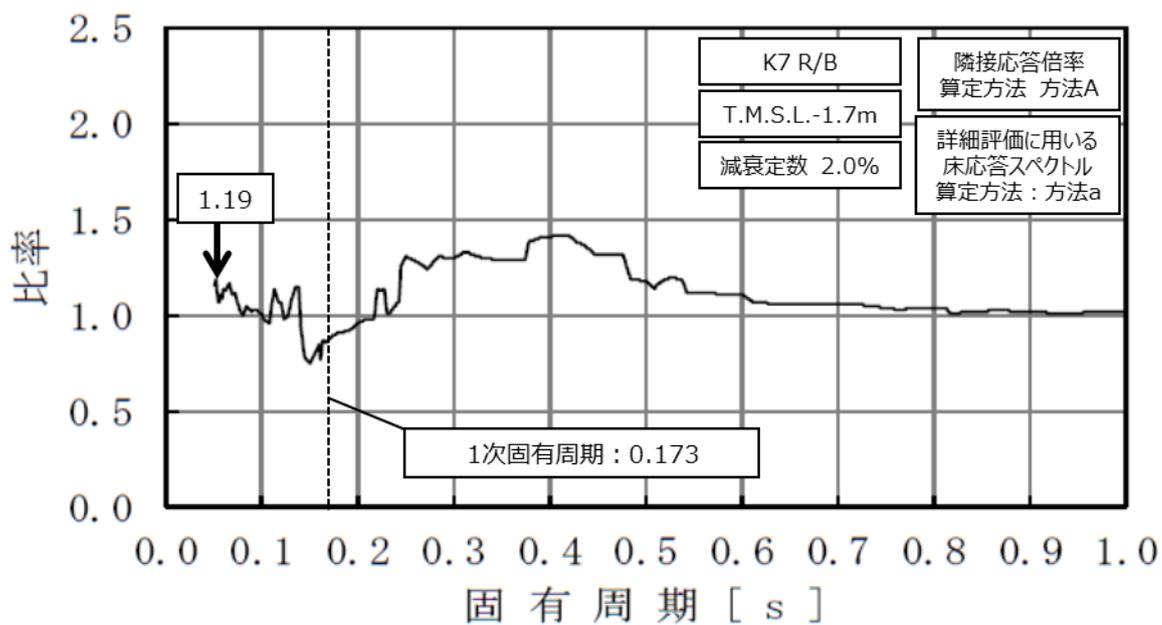
図添 1-4 床応答スペクトルの比較（廃棄物処理建屋，水平方向，減衰定数 2.0%）（2/3）



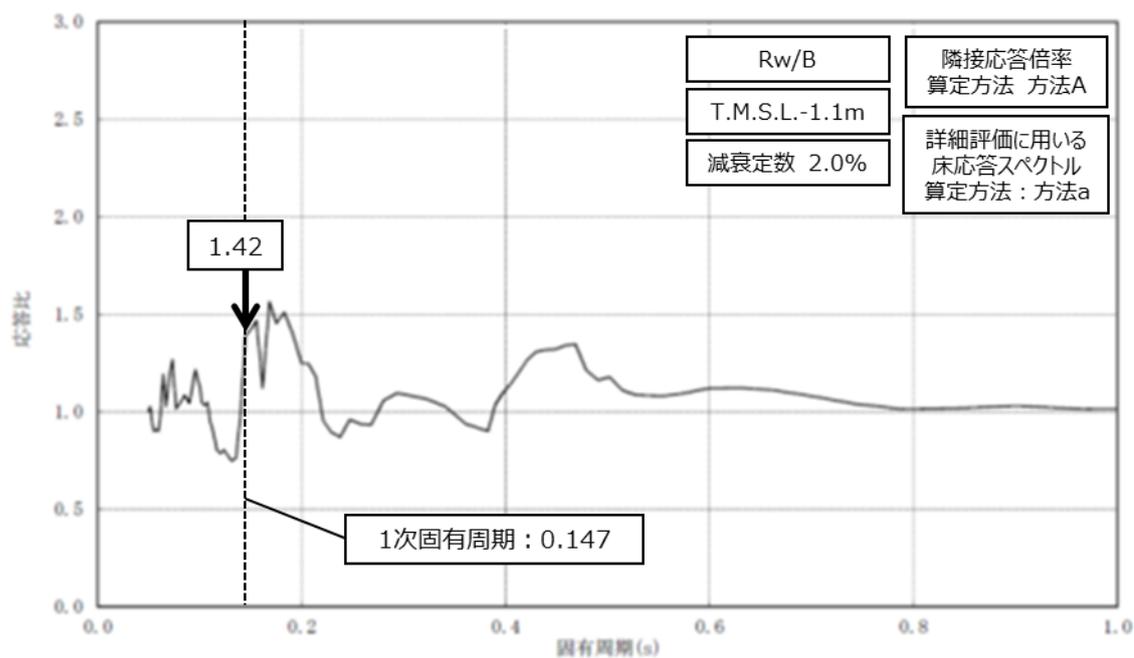
図添1-4 床応答スペクトルの比較（廃棄物処理建屋，水平方向，減衰定数2.0%）（3/3）



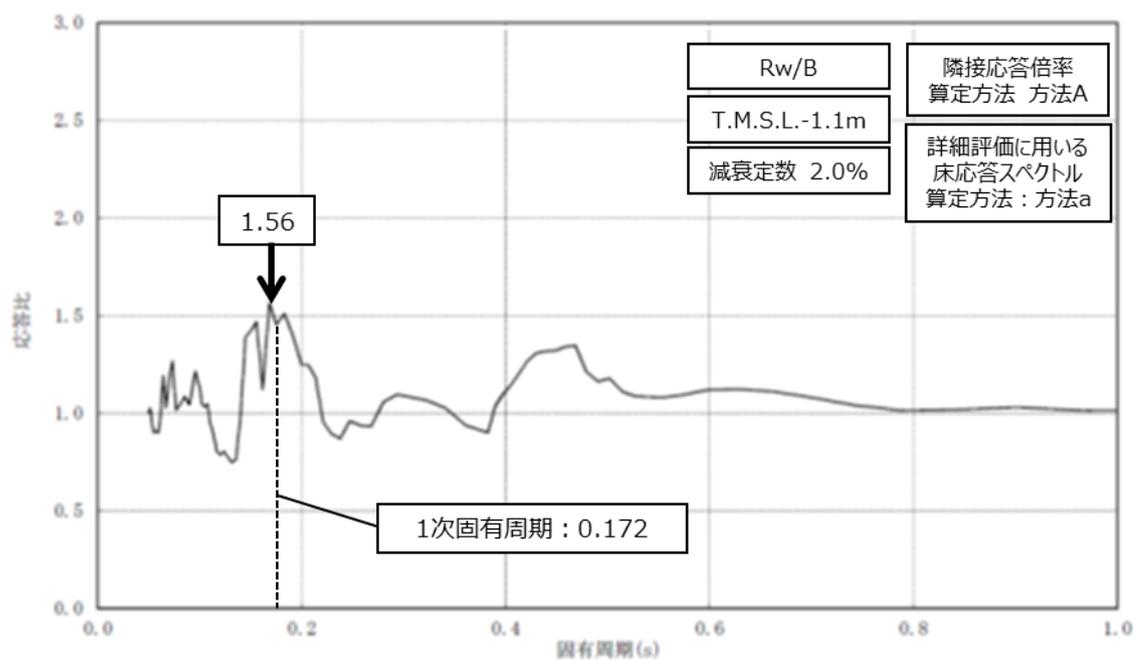
図添2-1 隣接応答倍率の算定 (CUW-PD-1)



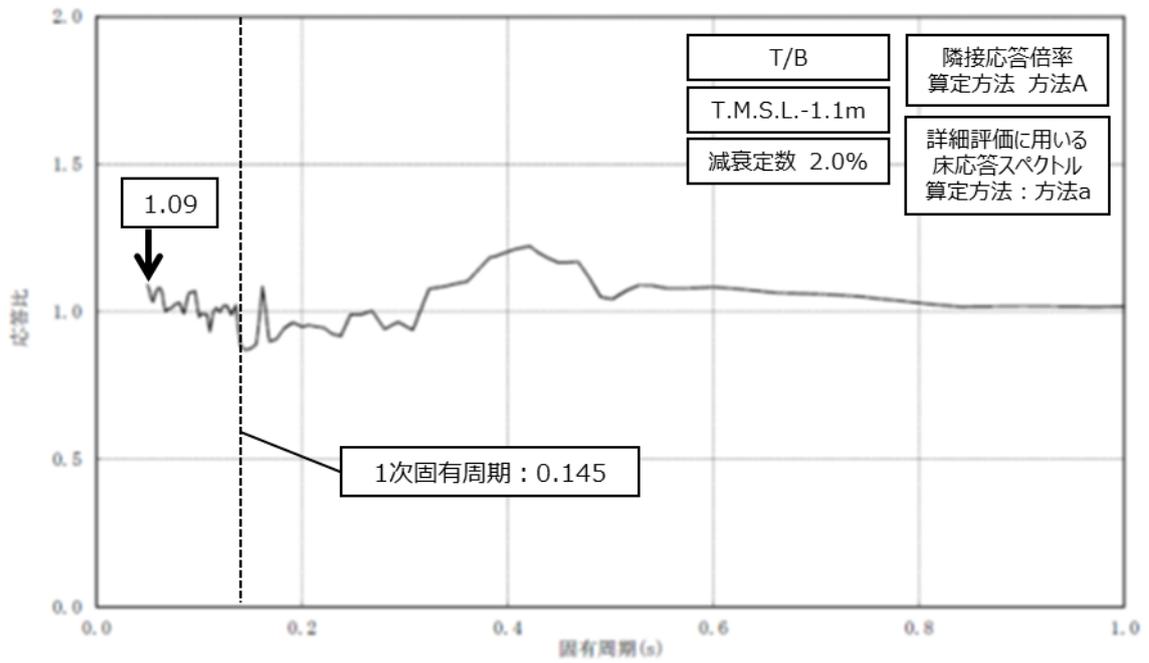
図添2-2 隣接応答倍率の算定 (HPCF-R-3)



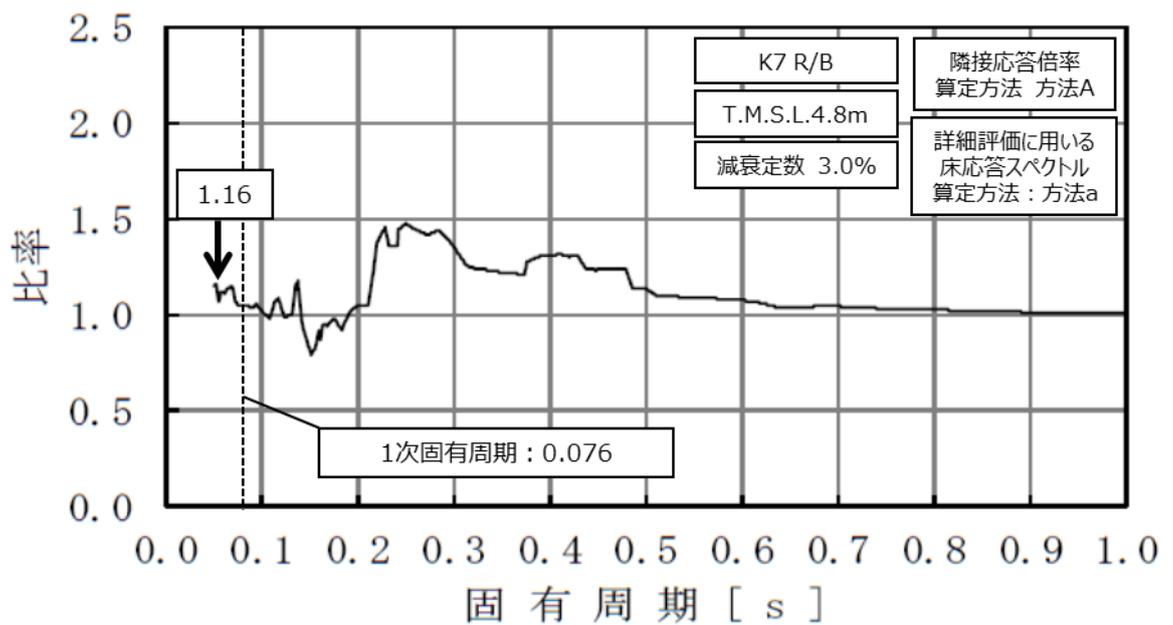
図添2-3 隣接応答倍率の算定 (HPCF-W-1)



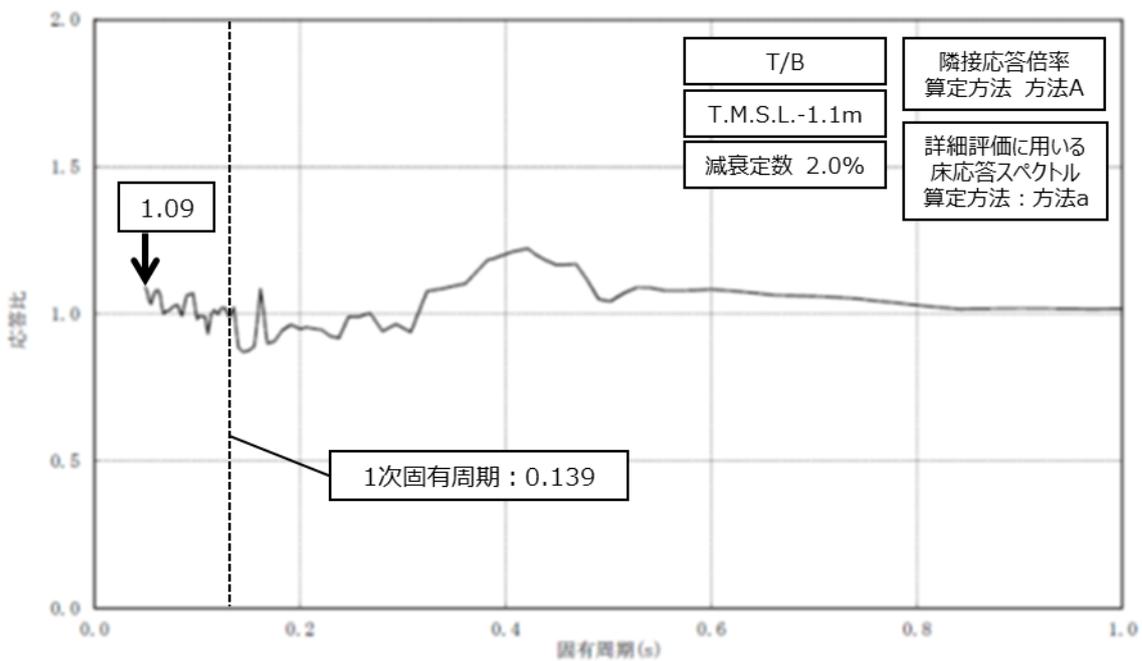
図添2-4 隣接応答倍率の算定 (MUWC-W-1)



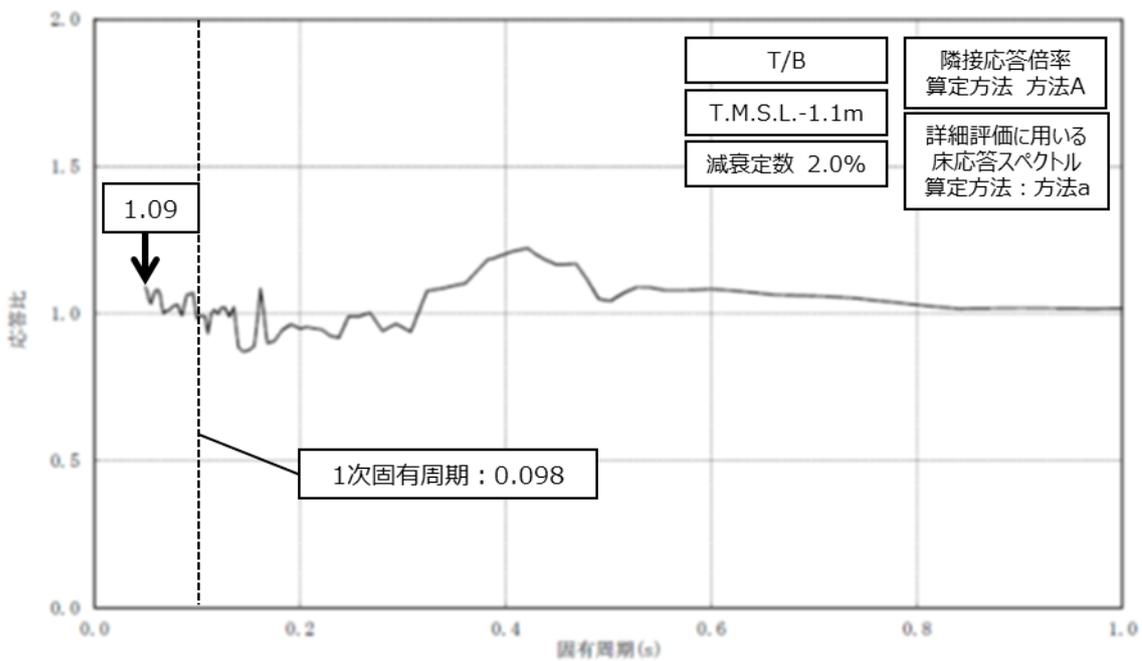
図添2-5 隣接応答倍率の算定 (RCW-T-4)



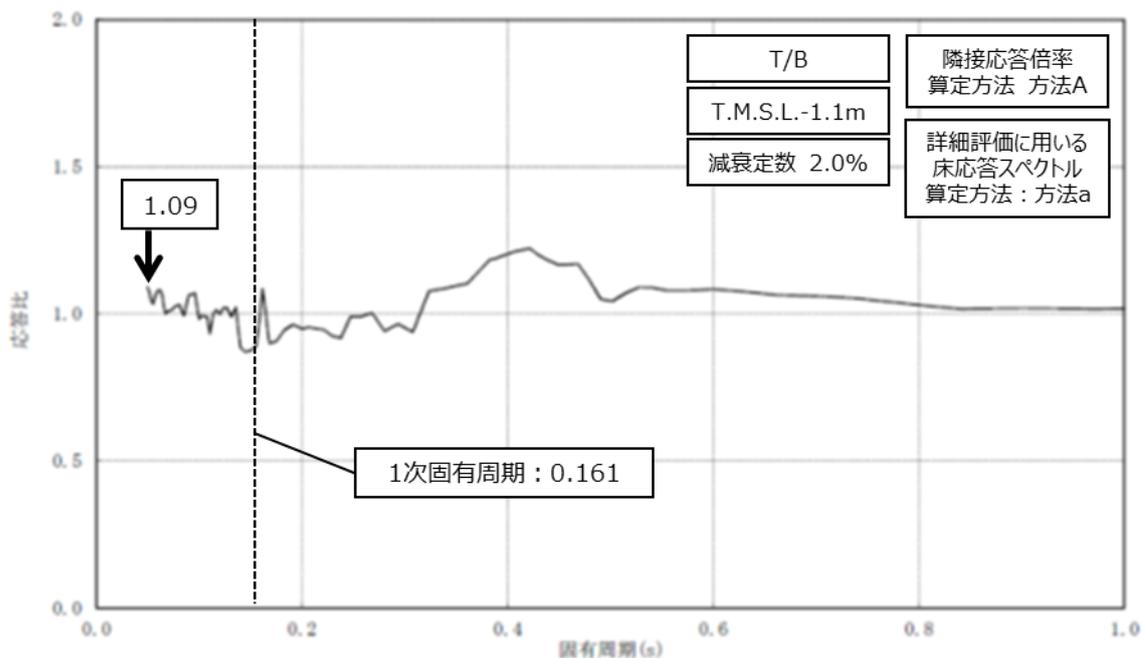
図添2-6 隣接応答倍率の算定 (HPCF-R-024)



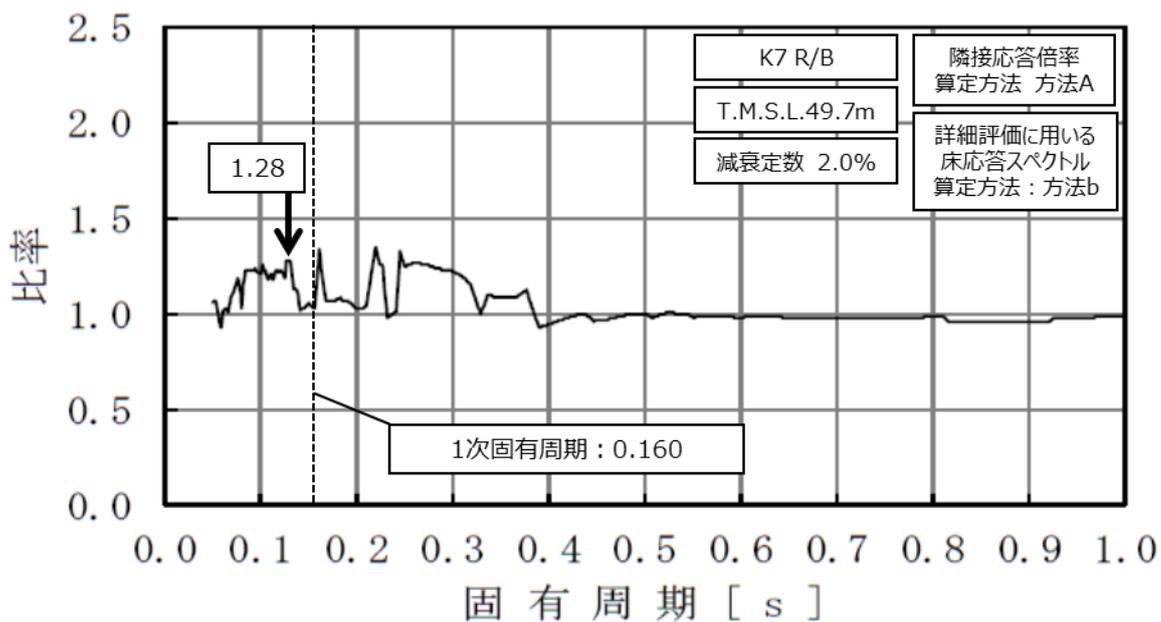
図添2-7 隣接応答倍率の算定 (RCW-T-1)



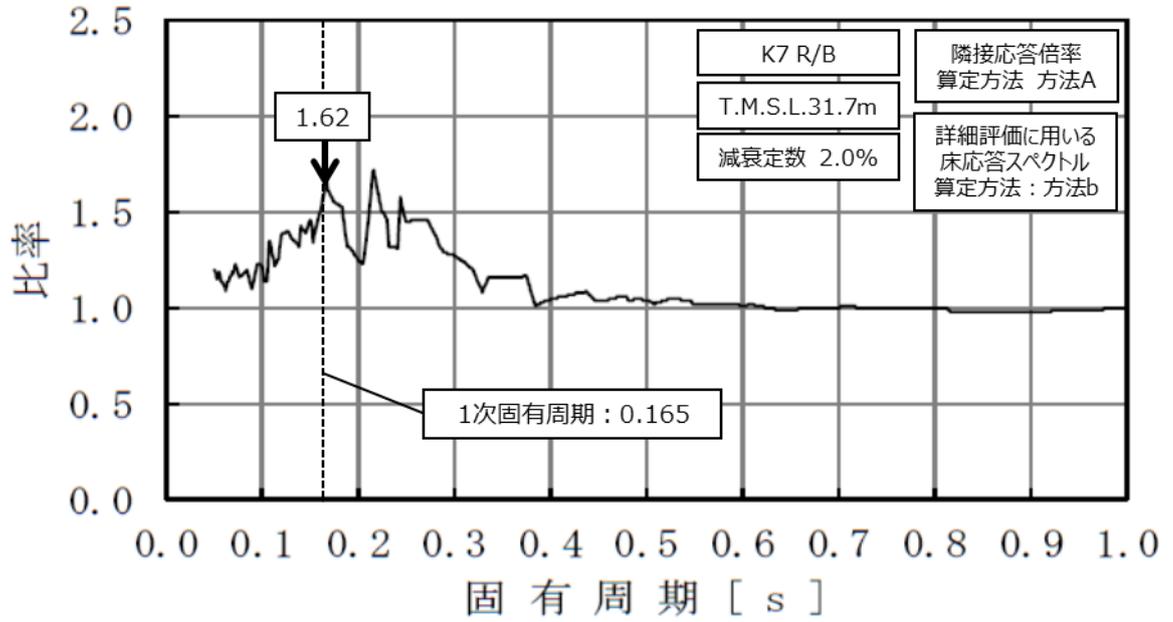
図添2-8 隣接応答倍率の算定 (RCW-T-3)



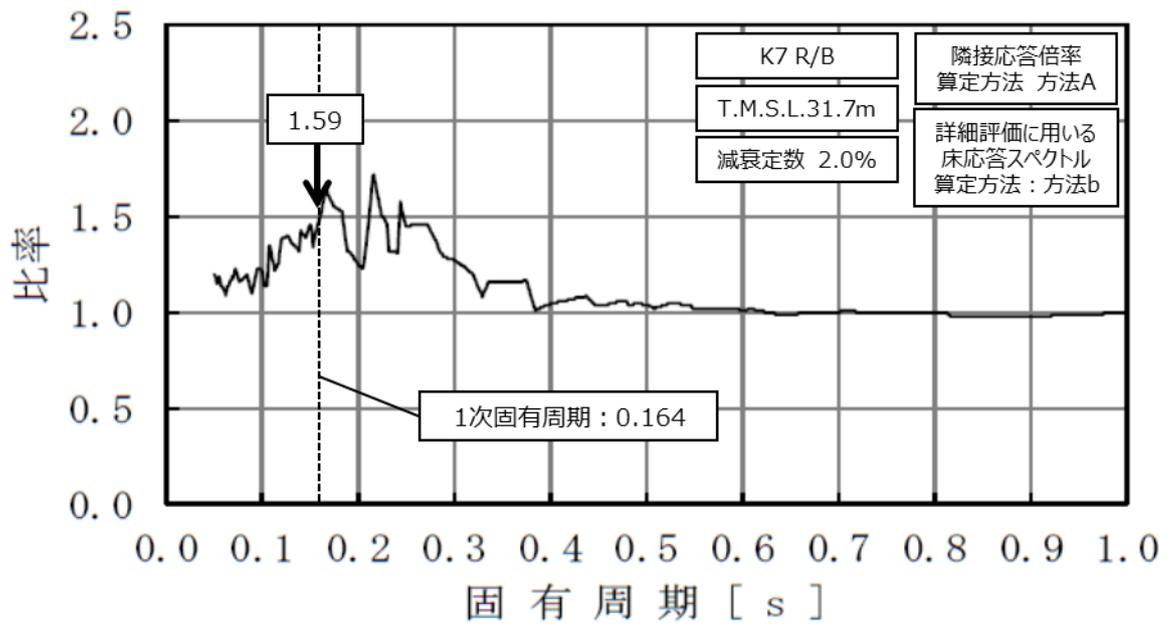
図添2-9 隣接応答倍率の算定 (RCW-T-5)



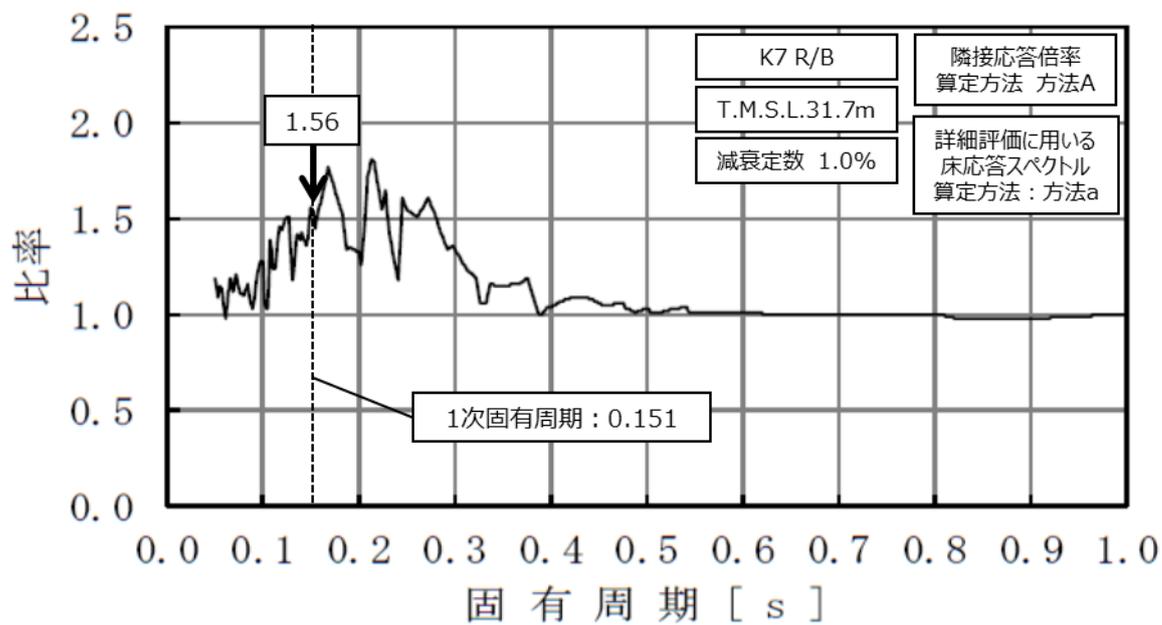
図添2-10 隣接応答倍率の算定 (SGTS-R-3)



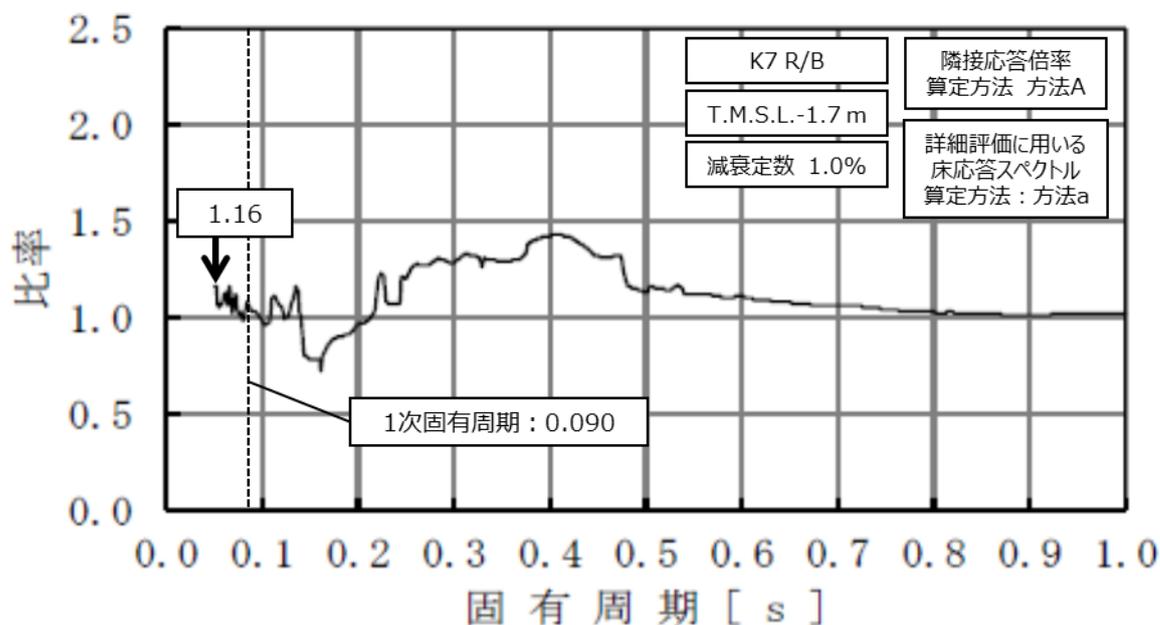
図添2-11 隣接応答倍率の算定 (HCVS-R-1)



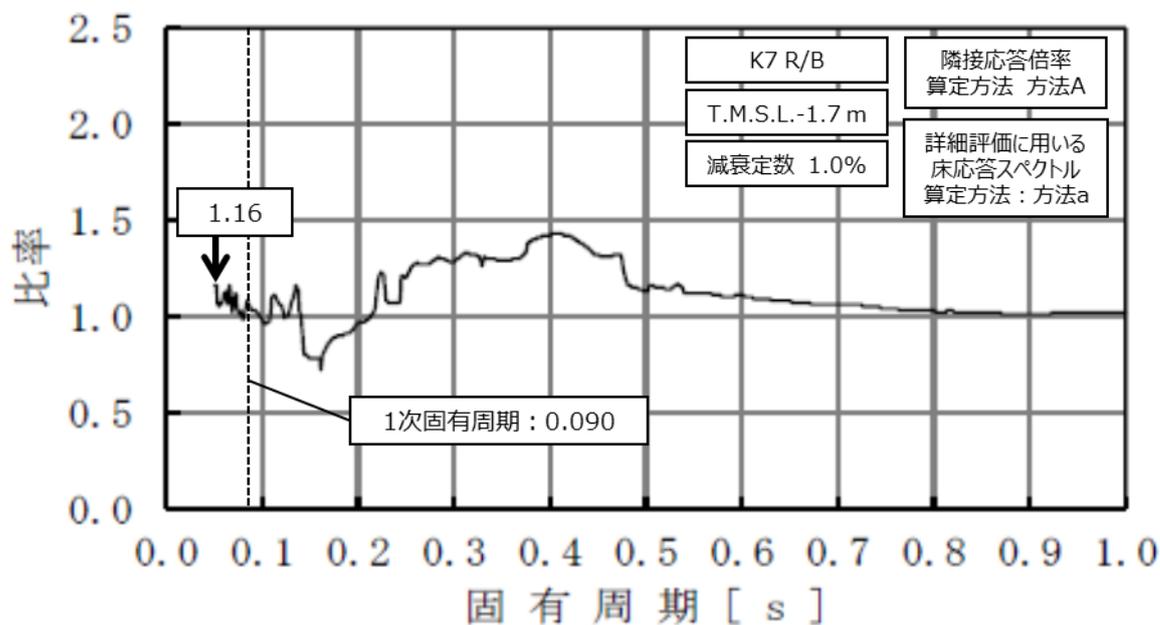
図添2-12 隣接応答倍率の算定 (FCVS-R-5)



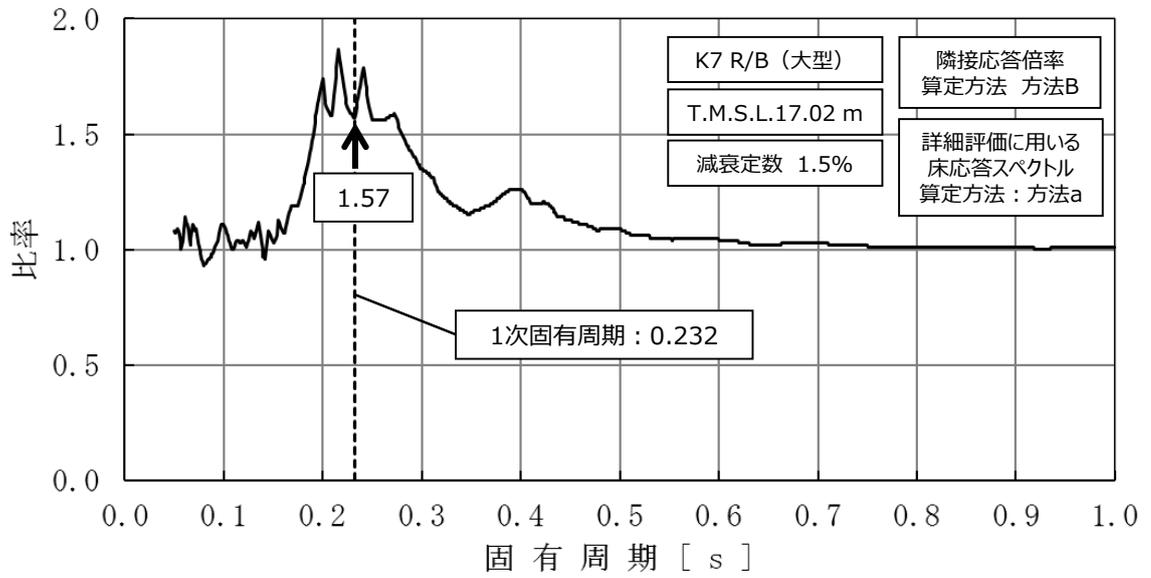
図添2-13 隣接応答倍率の算定（使用済燃料プール水位・温度（SA広域））



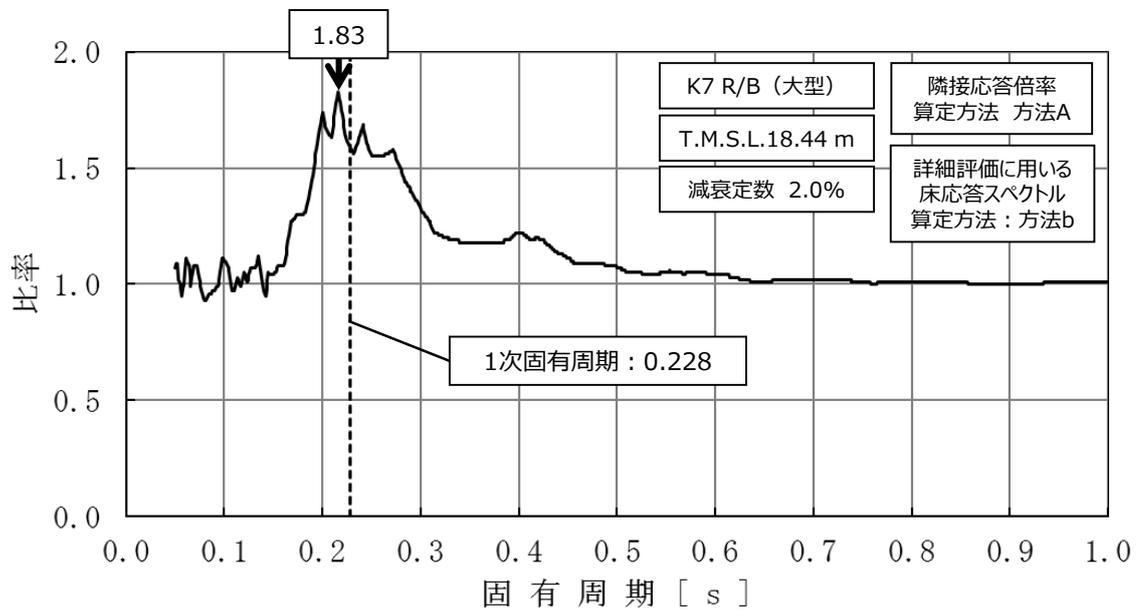
図添2-14 隣接応答倍率の算定 (下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板(所員用エアロック付き))



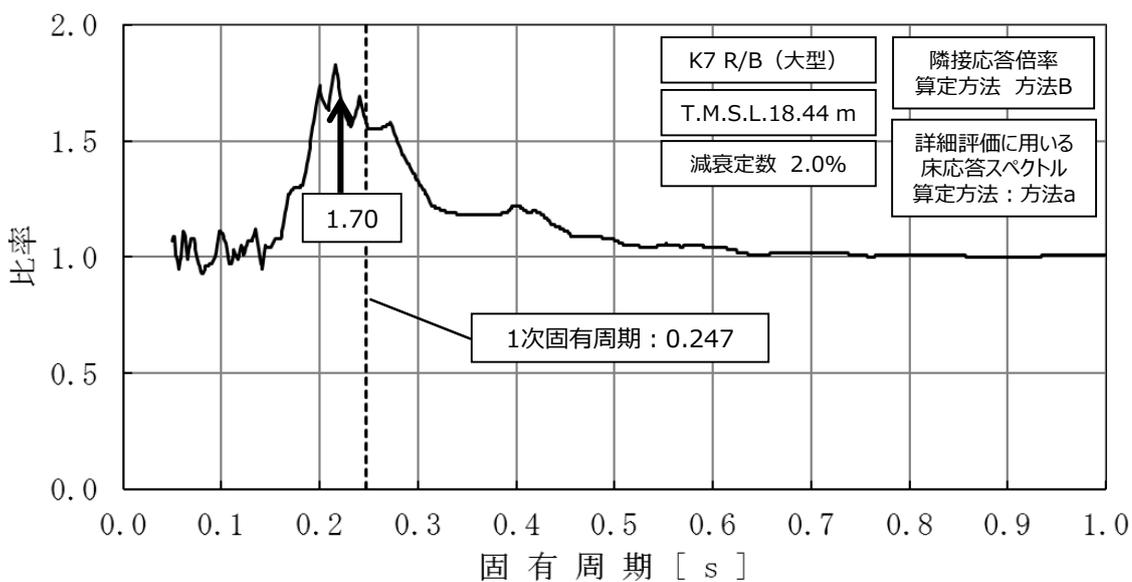
図添2-15 隣接応答倍率の算定 (下部ドライウェル所員用エアロック)



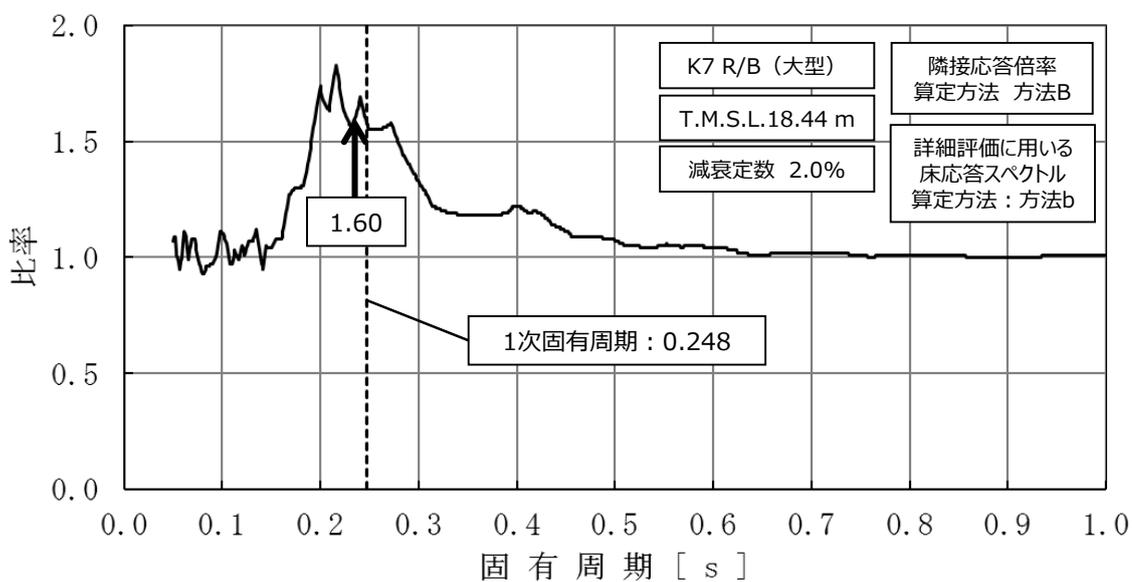
図添2-16 隣接応答倍率の算定 (CUW-PD-2)



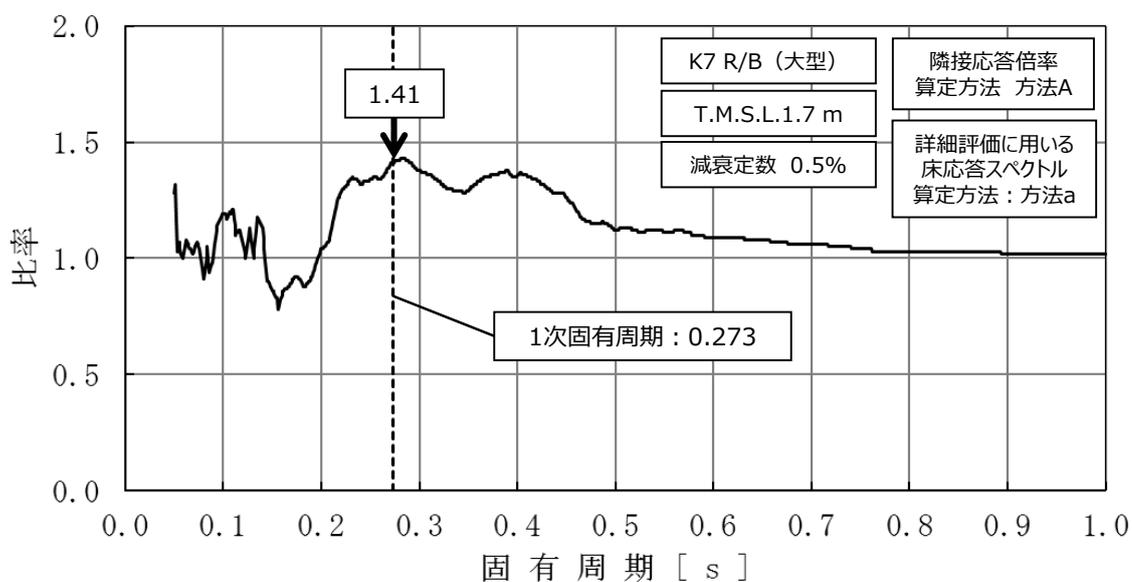
図添2-17 隣接応答倍率の算定 (MS-PD-28)



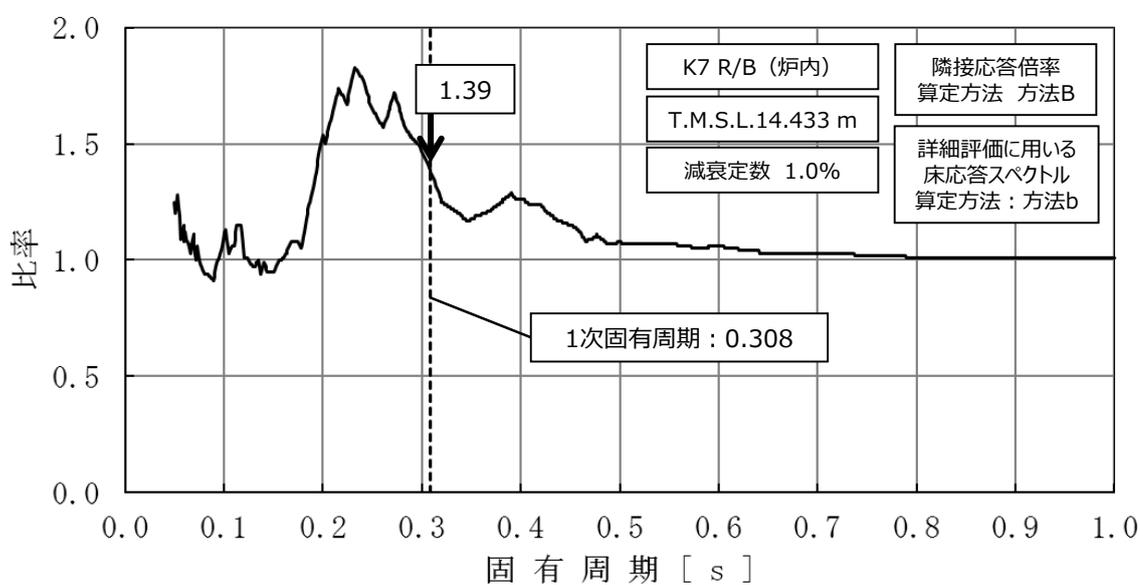
図添2-18 隣接応答倍率の算定 (MS-PD-29)



図添2-19 隣接応答倍率の算定 (MS-PD-30)



図添2-20 隣接応答倍率の算定 (MS-PW-11)



図添2-21 隣接応答倍率の算定 (出力領域モニタ)

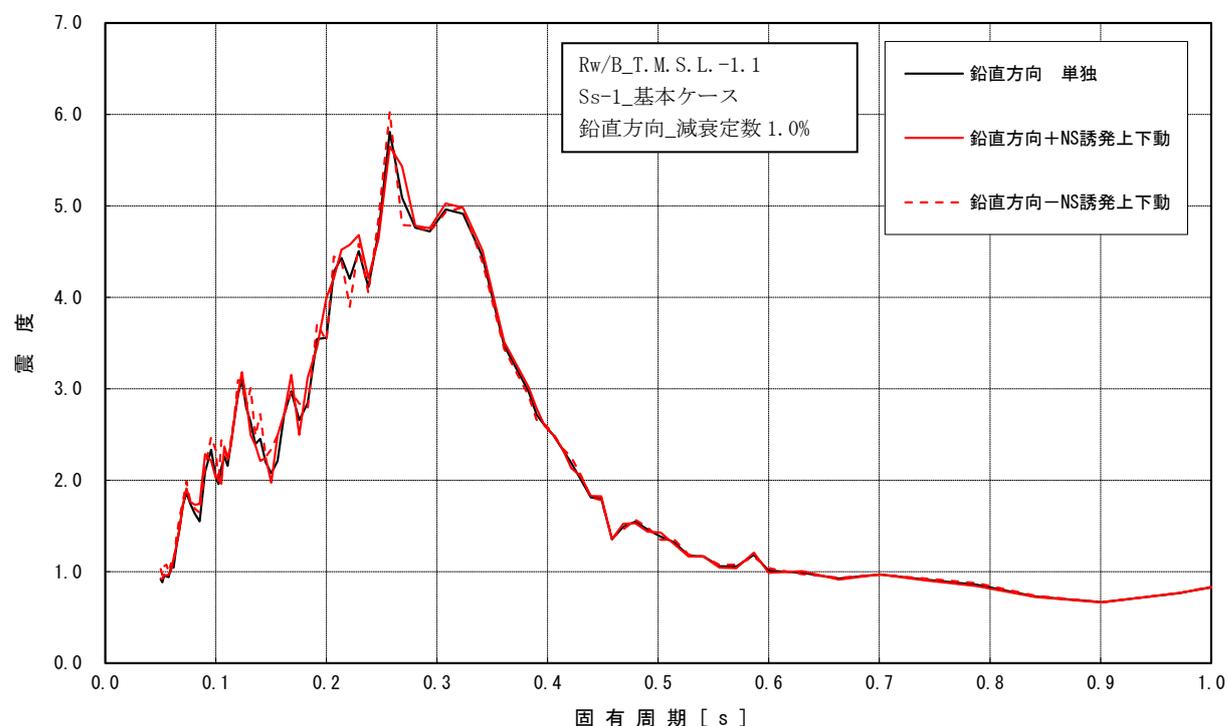
影響検討における誘発上下動の扱いについて

設計用床応答曲線の作成にあたっては、V-2-1-6「地震応答解析の基本方針」のうち「2. 地震応答解析の基本方針」に基づき、誘発上下動について、誘発上下動の応答時刻歴を時々刻々加算したもの（ $V + X_v$, $V + Y_v$ ）を入力として作成した床応答スペクトル及び時々刻々減算したもの（ $V - X_v$, $V - Y_v$ ）を入力として作成した床応答スペクトルを、鉛直方向地震力に対する鉛直方向の応答時刻歴（ V ）を入力として作成した床応答スペクトルと包絡することにより考慮している。

ここで、 X_v はX方向地震力に対する誘発上下動の応答時刻歴であり、 Y_v はY方向地震力に対する誘発上下動の応答時刻歴である。

図2-1に設計用床応答曲線の作成における誘発上下動の考慮の例として、廃棄物処理建屋のうち、鉛直方向で支配的なSs-1の例を示す。

図2-1に示す通り設計用床応答曲線において誘発上下動の寄与は極めて小さいことから、隣接建屋の影響による誘発上下動の応答時刻歴の変動が機器の耐震計算に及ぼす影響も小さいと考えられるため、本検討においては考慮しない。



図添3-1 設計用床応答曲線の作成における誘発上下動の考慮の例

簡易評価の結果について

簡易評価は、「2.3.2」に示す通り、隣接応答倍率と機器の耐震計算書における裕度の比較を行い、裕度が隣接応答倍率以上となることを確認することで、隣接建屋により機器の耐震性への影響が無いことについて、簡易的に確認を行っている。

簡易評価の結果、裕度が隣接応答倍率以上となった機器のうち、設計用 I を用いて評価を行っており、かつ裕度が1.5を下回るものの評価結果について、表添4-1に示す。

表添 4-1 簡易評価結果 (1 / 3)

No.	機器名称	建屋	標高 T. M. S. L. (m)	減衰 定数	一次 固有 周期 (s)	使用 耐震 条件	簡易評価				
							評価 部位	応力 分類	裕度	隣接応答 倍率 [算定方法]	結果
1	配管 (FDW-T-1)	K7T/B	20.4	3.0%	0.151	I	配管	一次+二次	1.30	1.02 [方法 A]	○
2	配管 (RCIC-R-660)	K7R/B	-1.7	0.5%	0.085	I	配管	一次+二次	1.49	1.16 [方法 A]	○
3	配管 (RCW-T-2)	K7T/B	-1.1	2.0%	0.137	I	配管	一次+二次	1.24	1.09 [方法 A]	○
4	配管 (RCW-T-6)	K7T/B	-1.1	2.0%	0.194	I	配管	一次+二次	1.09	1.09 [方法 A]	○
5	配管 (FCVS-R-2)	K7R/B	18.1	2.0%	0.119	I	配管	一次+二次	1.41	1.21 [方法 A]	○
6	配管 (MCR-C-16)	C/B	24.1	2.0%	0.060	I	配管	一次+二次	1.49	1.23 [方法 A]	○
7	配管 (IA-T-1)	K7T/B	12.3	2.0%	0.157	I	配管	一次	1.22	1.10 [方法 A]	○
8	配管 (HPCF-PD-2)	K7R/B (大型)	15.6	0.5%	0.119	I	配管	一次+二次	1.46	1.13 [方法 A]	○
9	配管 (CRD-PD-3)	K7R/B (大型)	1.7	2.0%	0.160	I	配管	一次+二次	1.32	1.26 [方法 A]	○

表添 4-1 簡易評価結果 (2 / 3)

No.	機器名称	建屋	標高 T. M. S. L. (m)	減衰 定数	一次 固有 周期 (s)	使用 耐震 条件	簡易評価				
							評価 部位	応力 分類	裕度	隣接応答 倍率 [算定方法]	結果
10	制御棒・破損燃料貯蔵ラック	K7R/B	23.5	—	—	I	基礎 ボルト	引張り	1.47	1.08 [方法 A]	○
11	使用済燃料貯蔵ラック	K7R/B	23.5	7.0%	0.082	I	基礎 ボルト	引張り	1.50	1.08 [方法 A]	○
12	使用済燃料貯蔵プール 監視カメラ	K7R/B	49.7	—	—	I	カメラ 本体	機能維持 評価	1.31	1.11 [—]	○
13	使用済燃料貯蔵プール 監視カメラ用空冷装置	K7R/B	49.7	—	—	I	装置本体	機能維持 評価	1.31	1.11 [—]	○
14	燃料プール冷却浄化系ポンプ	K7R/B	18.1	—	—	I	ポンプ 軸位置	機能維持 評価	1.11	1.07 [方法 A]	○
15	残留熱除去系熱交換器	K7R/B	-8.2	—	—	I	胴板	一次+二次	1.25	1.17 [—]	○
16	残留熱除去系ポンプ	K7R/B	-8.2	—	—	I	電動機 軸受部	機能維持 評価	1.19	1.18 [—]	○
17	高圧炉心注水系ポンプ	K7R/B	-8.2	—	—	I	電動機 軸受部	機能維持 評価	1.19	1.18 [—]	○

表添 4-1 簡易評価結果 (3 / 3)

No.	機器名称	建屋	標高 T. M. S. L. (m)	減衰 定数	一次 固有 周期 (s)	使用 耐震 条件	簡易評価				
							評価 部位	応力 分類	裕度	隣接応答 倍率 [算定方法]	結果
18	原子炉隔離時冷却系ポンプ	K7R/B	-8.2	—	—	I	ポンプ 軸位置	機能維持 評価	1.21	1.18 [—]	○
19	原子炉隔離時冷却系ポンプ 駆動用蒸気タービン	K7R/B	-8.2	—	—	I	タービン	機能維持 評価	1.19	1.17 [—]	○
20	復水移送ポンプ	Rw/B	-6.1	—	—	I	ポンプ 軸位置	機能維持 評価	1.14	1.13 [—]	○
21	原子炉補機冷却水ポンプ	K7T/B	-1.1	—	—	I	ポンプ 軸位置	機能維持 評価	1.33	1.10 [—]	○
22	原子炉補機冷却海水ポンプ	K7T/B	4.9	—	—	I	ポンプ 軸位置	機能維持 評価	1.33	1.09 [—]	○
23	中央制御室送風機, 中央制御 室排風機及び中央制御室再 循環送風機	C/B	17.3	—	—	I	ファン ・電動機	機能維持 評価	1.07	1.02 [—]	○
24	下部ドライウェルアクセス トンネルスリーブ及び鏡板 (機器搬入用ハッチ付)	K7R/B	-1.7	1.0%	0.077	I	フランジ プレート (内側)	曲げ 応力度	1.03	1.01 [方法 B]	○
25	燃料取替床ブローアウト パネル閉止装置	K7R/B	49.7	—	—	I	閉止装置 全体	機能維持 評価	1.41	1.11 [—]	○
26	非常用ディーゼル発電機	K7R/B	12.3	—	—	I	軸受	機能維持 評価	1.14	1.07 [—]	○
27	燃料取替機	K7R/B	31.7	—	—	I	燃料取替機 構造 フレーム	組合せ	1.17	1.14 [—]	○

表添 5-1 (1/4) 最大応答加速度 (水平方向)

構造物名	質点 番号	標 高 T. M. S. L. (m)	最大応答加速度 ($\times 9.80665\text{m/s}^2$) $\times 1.0$						隣接応答倍率 (①/②)
			隣接考慮			隣接非考慮			
			NS方向	EW方向	① 包絡値	NS方向	EW方向	② 包絡値	
原子炉遮蔽壁	18	21.200	0.51	0.56	0.56	0.49	0.49	0.49	1.15
	19	18.440	0.48	0.53	0.53	0.44	0.46	0.46	1.16
	20	17.020	0.46	0.50	0.50	0.42	0.44	0.44	1.14
	21	15.600	0.43	0.47	0.47	0.40	0.42	0.42	1.12
	22	13.950	0.41	0.44	0.44	0.39	0.40	0.40	1.10
原子炉本体基礎	23	12.300	0.40	0.42	0.42	0.38	0.38	0.38	1.11
	24	8.200	0.38	0.39	0.39	0.35	0.35	0.35	1.12
	25	7.000	0.37	0.38	0.38	0.34	0.34	0.34	1.12
	26	4.500	0.36	0.36	0.36	0.33	0.33	0.33	1.09
	27	3.500	0.36	0.36	0.36	0.33	0.32	0.33	1.09
	28	1.700	0.35	0.35	0.35	0.32	0.32	0.32	1.10
	29	-2.100	0.34	0.34	0.34	0.31	0.31	0.31	1.10
	30	-4.700	0.33	0.34	0.34	0.30	0.30	0.30	1.14
原子炉压力容器	34	26.013	0.67	0.70	0.70	0.70	0.63	0.70	1.00
	35	23.553	0.61	0.66	0.66	0.64	0.59	0.64	1.04
	36	22.163	0.59	0.63	0.63	0.60	0.56	0.60	1.05
	37	20.494	0.56	0.60	0.60	0.55	0.53	0.55	1.09
	38	18.716	0.53	0.56	0.56	0.50	0.50	0.50	1.12
	40	16.506	0.49	0.52	0.52	0.44	0.45	0.45	1.16
	42	15.266	0.47	0.50	0.50	0.41	0.43	0.43	1.17
	46	12.297	0.42	0.44	0.44	0.37	0.39	0.39	1.13
	51	9.402	0.38	0.40	0.40	0.36	0.36	0.36	1.12
54	6.795	0.38	0.38	0.38	0.35	0.35	0.35	1.09	
57	5.066	0.37	0.37	0.37	0.34	0.34	0.34	1.09	

表添 5-1 (2/4) 最大応答加速度 (水平方向)

構造物名	質点 番号	標 高 T. M. S. L. (m)	最大応答加速度 ($\times 9.80665\text{m/s}^2$) $\times 1.0$						
			隣接考慮			隣接非考慮			隣接応答倍率 (①/②)
			NS方向	EW方向	① 包絡値	NS方向	EW方向	② 包絡値	
気水分離器, スタンドパイプ 及び 炉心シュラウド	62	19.472	0.88	0.95	0.95	0.96	0.92	0.96	0.99
	63	18.716	0.75	0.82	0.82	0.74	0.74	0.74	1.11
	64	17.179	0.52	0.59	0.59	0.47	0.50	0.50	1.18
	65	16.506	0.50	0.57	0.57	0.44	0.48	0.48	1.19
	66	15.641	0.49	0.55	0.55	0.43	0.47	0.47	1.17
	67	15.266	0.48	0.54	0.54	0.43	0.46	0.46	1.18
	68	14.433	0.47	0.52	0.52	0.42	0.45	0.45	1.16
	69	13.721	0.46	0.51	0.51	0.41	0.44	0.44	1.16
	70	13.009	0.45	0.49	0.49	0.41	0.43	0.43	1.14
	71	12.297	0.44	0.48	0.48	0.40	0.42	0.42	1.15
	72	11.585	0.43	0.47	0.47	0.40	0.41	0.41	1.15
	73	10.873	0.42	0.45	0.45	0.39	0.40	0.40	1.13
	74	10.161	0.41	0.44	0.44	0.39	0.39	0.39	1.13
	75	9.645	0.41	0.43	0.43	0.38	0.39	0.39	1.11
	76	10.161	0.41	0.44	0.44	0.38	0.39	0.39	1.13
	78	9.402	0.41	0.43	0.43	0.38	0.38	0.38	1.14
79	8.395	0.40	0.41	0.41	0.37	0.37	0.37	1.11	
80	7.388	0.38	0.39	0.39	0.36	0.36	0.36	1.09	
81	6.795	0.38	0.38	0.38	0.35	0.35	0.35	1.09	
原子炉冷却材 再循環ポンプ	58	6.253	0.38	0.38	0.38	0.35	0.35	0.35	1.09
原子炉圧力容器	56	5.817	0.37	0.38	0.38	0.35	0.34	0.35	1.09
	57	5.066	0.37	0.37	0.37	0.34	0.34	0.34	1.09
制御棒駆動機構 ハウジング (内側)	110	1.655	0.44	0.40	0.44	0.41	0.41	0.41	1.08
	111	0.934	0.53	0.45	0.53	0.48	0.51	0.51	1.04
	112	0.184	0.67	0.50	0.67	0.57	0.62	0.62	1.08
制御棒駆動機構 ハウジング (外側)	82	5.817	0.37	0.38	0.38	0.35	0.34	0.35	1.09
	83	5.066	0.38	0.38	0.38	0.35	0.35	0.35	1.09
	87	1.655	0.44	0.40	0.44	0.41	0.41	0.41	1.08
	88	0.934	0.46	0.41	0.46	0.42	0.42	0.42	1.10
	89	0.184	0.53	0.50	0.53	0.52	0.54	0.54	0.99
燃料集合体	90	14.433	0.47	0.52	0.52	0.42	0.45	0.45	1.16
	91	13.721	0.57	0.75	0.75	0.46	0.50	0.50	1.50
	92	13.009	0.71	0.92	0.92	0.57	0.61	0.61	1.51
	93	12.297	0.76	0.98	0.98	0.62	0.66	0.66	1.49
	94	11.585	0.71	0.90	0.90	0.57	0.61	0.61	1.48
	95	10.873	0.55	0.70	0.70	0.45	0.48	0.48	1.46
	96	10.161	0.41	0.44	0.44	0.38	0.39	0.39	1.13

表添 5-1 (3/4) 最大応答加速度 (水平方向)

構造物名	質点 番号	標 高 T. M. S. L. (m)	最大応答加速度 ($\times 9.80665\text{m/s}^2$) $\times 1.2$						隣接応答倍率 (①/②)
			隣接考慮			隣接非考慮			
			NS方向	EW方向	① 包絡値	NS方向	EW方向	② 包絡値	
原子炉遮蔽壁	18	21.200	0.61	0.67	0.67	0.58	0.58	0.58	1.16
	19	18.440	0.58	0.63	0.63	0.53	0.55	0.55	1.15
	20	17.020	0.55	0.60	0.60	0.50	0.53	0.53	1.14
	21	15.600	0.51	0.56	0.56	0.48	0.50	0.50	1.12
	22	13.950	0.49	0.53	0.53	0.47	0.48	0.48	1.11
原子炉本体基礎	23	12.300	0.48	0.50	0.50	0.45	0.46	0.46	1.09
	24	8.200	0.45	0.46	0.46	0.42	0.42	0.42	1.10
	25	7.000	0.45	0.45	0.45	0.41	0.41	0.41	1.10
	26	4.500	0.43	0.43	0.43	0.40	0.40	0.40	1.08
	27	3.500	0.43	0.43	0.43	0.39	0.39	0.39	1.11
	28	1.700	0.42	0.42	0.42	0.38	0.38	0.38	1.11
	29	-2.100	0.40	0.41	0.41	0.37	0.37	0.37	1.11
	30	-4.700	0.39	0.41	0.41	0.36	0.36	0.36	1.14
原子炉压力容器	34	26.013	0.80	0.84	0.84	0.84	0.75	0.84	1.00
	35	23.553	0.73	0.79	0.79	0.76	0.70	0.76	1.04
	36	22.163	0.70	0.76	0.76	0.72	0.67	0.72	1.06
	37	20.494	0.67	0.72	0.72	0.66	0.64	0.66	1.09
	38	18.716	0.63	0.67	0.67	0.60	0.59	0.60	1.12
	40	16.506	0.59	0.62	0.62	0.53	0.54	0.54	1.15
	42	15.266	0.56	0.60	0.60	0.49	0.52	0.52	1.16
	46	12.297	0.50	0.53	0.53	0.45	0.47	0.47	1.13
	51	9.402	0.46	0.48	0.48	0.43	0.43	0.43	1.12
54	6.795	0.45	0.46	0.46	0.42	0.42	0.42	1.10	
57	5.066	0.44	0.45	0.45	0.41	0.41	0.41	1.10	

表添 5-1 (4/4) 最大応答加速度 (水平方向)

構造物名	質点 番号	標 高 T. M. S. L. (m)	最大応答加速度 ($\times 9.80665\text{m/s}^2$) $\times 1.2$						
			隣接考慮			隣接非考慮			隣接応答倍率 (①/②)
			NS方向	EW方向	① 包絡値	NS方向	EW方向	② 包絡値	
気水分離器, スタンドパイプ 及び 炉心シュラウド	62	19.472	1.06	1.14	1.14	1.16	1.11	1.16	0.99
	63	18.716	0.90	0.99	0.99	0.89	0.89	0.89	1.12
	64	17.179	0.63	0.71	0.71	0.56	0.60	0.60	1.19
	65	16.506	0.60	0.68	0.68	0.52	0.57	0.57	1.20
	66	15.641	0.58	0.66	0.66	0.51	0.56	0.56	1.18
	67	15.266	0.58	0.65	0.65	0.51	0.55	0.55	1.19
	68	14.433	0.56	0.63	0.63	0.50	0.54	0.54	1.17
	69	13.721	0.55	0.61	0.61	0.50	0.53	0.53	1.15
	70	13.009	0.54	0.59	0.59	0.49	0.52	0.52	1.14
	71	12.297	0.52	0.57	0.57	0.48	0.51	0.51	1.12
	72	11.585	0.51	0.56	0.56	0.48	0.50	0.50	1.12
	73	10.873	0.50	0.54	0.54	0.47	0.48	0.48	1.13
	74	10.161	0.50	0.53	0.53	0.46	0.47	0.47	1.13
	75	9.645	0.49	0.52	0.52	0.46	0.46	0.46	1.13
	76	10.161	0.49	0.52	0.52	0.46	0.47	0.47	1.11
	78	9.402	0.49	0.51	0.51	0.45	0.46	0.46	1.11
79	8.395	0.47	0.49	0.49	0.44	0.44	0.44	1.12	
80	7.388	0.46	0.47	0.47	0.43	0.43	0.43	1.10	
81	6.795	0.45	0.46	0.46	0.42	0.42	0.42	1.10	
原子炉冷却材 再循環ポンプ	58	6.253	0.45	0.46	0.46	0.42	0.42	0.42	1.10
原子炉圧力容器	56	5.817	0.45	0.45	0.45	0.41	0.41	0.41	1.10
	57	5.066	0.44	0.45	0.45	0.41	0.41	0.41	1.10
制御棒駆動機構 ハウジング (内側)	110	1.655	0.53	0.48	0.53	0.49	0.49	0.49	1.09
	111	0.934	0.64	0.54	0.64	0.58	0.61	0.61	1.05
	112	0.184	0.81	0.60	0.81	0.68	0.74	0.74	1.10
制御棒駆動機構 ハウジング (外側)	82	5.817	0.45	0.45	0.45	0.41	0.41	0.41	1.10
	83	5.066	0.45	0.46	0.46	0.42	0.42	0.42	1.10
	87	1.655	0.53	0.48	0.53	0.49	0.49	0.49	1.09
	88	0.934	0.55	0.49	0.55	0.51	0.50	0.51	1.08
	89	0.184	0.64	0.59	0.64	0.62	0.64	0.64	1.00
燃料集合体	90	14.433	0.56	0.63	0.63	0.50	0.54	0.54	1.17
	91	13.721	0.68	0.90	0.90	0.55	0.59	0.59	1.53
	92	13.009	0.85	1.11	1.11	0.69	0.74	0.74	1.50
	93	12.297	0.92	1.18	1.18	0.74	0.79	0.79	1.50
	94	11.585	0.85	1.08	1.08	0.69	0.73	0.73	1.48
	95	10.873	0.66	0.83	0.83	0.54	0.57	0.57	1.46
	96	10.161	0.49	0.52	0.52	0.46	0.47	0.47	1.11

表添 5-2 (1/3) せん断力

構造物名	質点 番号	標 高 T. M. S. L. (m)	せん断力 (kN)							隣接応答倍率 (①/②)
			隣接考慮			隣接非考慮				
			NS方向	EW方向	① 包絡値	NS方向	EW方向	② 包絡値		
原子炉压力容器	34	26.013	146	154	154	154	138	154	1.00	
	35	23.553	638	683	683	664	610	664	1.03	
	36	22.163	1290	1160	1290	1310	1070	1310	0.99	
	37	20.494	2180	2140	2180	2220	1910	2220	0.99	
	38	18.716	2210	2030	2210	2500	2160	2500	0.89	
	40	16.506	2520	2340	2520	2800	2440	2800	0.90	
			2830	2700	2830	3110	2720	3110	0.91	
	42	15.266	3010	2880	3010	3280	2880	3280	0.92	
			3240	3070	3240	3500	3090	3500	0.93	
	46	12.297	3800	3640	3800	4030	3600	4030	0.95	
			3950	3820	3950	4170	3740	4170	0.95	
51	9.402	4400	4390	4400	4570	4150	4570	0.97		
		3730	4870	4870	3540	3600	3600	1.36		
54	6.795	3420	4470	4470	3170	3240	3240	1.38		
		1210	1270	1270	1160	1180	1180	1.08		
57	5.066	428	427	428	400	422	422	1.02		
原子炉压力容器 スカート	32	9.402	8010	9090	9090	7460	7620	7620	1.20	
	33	8.200								
原子炉遮蔽壁	18	21.200	360	393	393	338	341	341	1.16	
	19	18.440	2390	2600	2600	1860	2040	2040	1.28	
	20	17.020								
	21	15.600	2790	3030	3030	2220	2420	2420	1.26	
	22	13.950	4350	4760	4760	3700	3930	3930	1.22	
			4760	5220	5220	4100	4330	4330	1.21	
23	12.300	26600	17500	26600	35200	31500	35200	0.76		
原子炉本体基礎	24	8.200	33400	27400	33400	41300	37600	41300	0.81	
	25	7.000	34400	28800	34400	42200	38500	42200	0.82	
	26	4.500	35200	29800	35200	42800	39200	42800	0.83	
	27	3.500	35700	30400	35700	43200	39700	43200	0.83	
	28	1.700	37100	32100	37100	44300	41100	44300	0.84	
	29	-2.100	38200	33600	38200	45000	42200	45000	0.85	
	30	-4.700	39200	35000	39200	45800	43100	45800	0.86	
	31	-8.200								

表添 5-2 (2/3) せん断力

構造物名	質点 番号	標 高 T. M. S. L. (m)	せん断力 (kN)						隣接応答倍率 (①/②)
			隣接考慮			隣接非考慮			
			NS方向	EW方向	① 包絡値	NS方向	EW方向	② 包絡値	
燃料集合体	90	14.433	813	1050	1050	657	701	701	1.50
	91	13.721	542	695	695	439	469	469	1.49
	92	13.009	191	239	239	155	166	166	1.44
	93	12.297	192	254	254	156	166	166	1.53
	94	11.585	544	699	699	440	471	471	1.49
	95	10.873	810	1040	1040	654	699	699	1.49
	96	10.161	130	120	130	111	117	117	1.12
制御棒案内管	97	10.161	130	120	130	111	117	117	1.12
	98	9.645	104	92.2	104	87.1	91.3	91.3	1.14
	99	9.402	58.4	50.4	58.4	47.0	49.2	49.2	1.19
	100	8.395	27.7	27.4	27.7	24.5	25.3	25.3	1.10
	101	7.388	98.9	85.0	98.9	81.6	85.4	85.4	1.16
	102	6.795	146	126	146	119	124	124	1.18
	103	6.347	204	179	204	167	176	176	1.16
制御棒駆動機構 ハウジング	104	6.347	204	179	204	167	176	176	1.16
	105	5.817	256	228	256	217	228	228	1.13
制御棒駆動機構 ハウジング (内側)	106	5.066	65.7	58.1	65.7	49.4	55.1	55.1	1.20
	107	4.213	29.5	25.6	29.5	20.3	23.1	23.1	1.28
	108	3.361	22.7	18.7	22.7	23.5	23.4	23.5	0.97
	109	2.508	56.2	51.1	56.2	55.9	55.0	55.9	1.01
	110	1.655	83.4	68.8	83.4	75.0	78.9	78.9	1.06
	111	0.934	14.7	11.2	14.7	12.7	13.6	13.6	1.08
	112	0.184	81.1	81.0	81.1	71.9	72.8	72.8	1.12
制御棒駆動機構 ハウジング (外側)	82	5.817	81.1	81.0	81.1	71.9	72.8	72.8	1.12
	83	5.066	49.9	49.7	49.9	43.7	43.9	43.9	1.14
	84	4.213	14.0	13.8	14.0	13.7	12.1	13.7	1.03
	85	3.361	29.1	26.6	29.1	28.5	27.7	28.5	1.03
	86	2.508	70.2	63.3	70.2	65.3	64.5	65.3	1.08
	87	1.655	70.9	62.3	70.9	64.0	63.8	64.0	1.11
	88	0.934	11.7	10.9	11.7	11.2	11.7	11.7	1.00
	89	0.184	11.7	10.9	11.7	11.2	11.7	11.7	1.00

表添 5-2 (3/3) せん断力

構造物名	質点 番号	標 高 T. M. S. L. (m)	せん断力 (kN)						隣接応答倍率 (①/②)
			隣接考慮			隣接非考慮			
			NS方向	EW方向	① 包絡値	NS方向	EW方向	② 包絡値	
気水分離器及び スタンドパイプ	62	19.472	89.7	96.2	96.2	98.6	94.1	98.6	0.98
	63	18.716							
	64	17.179	266	289	289	283	273	283	1.03
	65	16.506	398	441	441	385	384	385	1.15
炉心シュラウド	66	15.641	437	486	486	415	415	415	1.18
	67	15.266	478	534	534	449	449	449	1.19
	68	14.433	550	619	619	528	513	528	1.18
	69	13.721	1420	1900	1900	1180	1210	1210	1.57
	70	13.009	1430	1900	1900	1200	1220	1220	1.56
	71	12.297	1430	1860	1860	1200	1220	1220	1.53
	72	11.585	1420	1810	1810	1190	1210	1210	1.50
	73	10.873	1410	1770	1770	1190	1210	1210	1.47
	74	10.161	1410	1750	1750	1200	1210	1210	1.45
	75	9.645	1420	1760	1760	1210	1220	1220	1.45
	76	10.161	1030	1300	1300	825	880	880	1.48
	75(77)	9.645							
	78	9.402	2350	3150	3150	1910	2020	2020	1.56
	79	8.395	2380	3180	3180	1920	2040	2040	1.56
	80	7.388	2410	3210	3210	1940	2070	2070	1.55
	81	6.795	2420	3230	3230	1960	2080	2080	1.56
原子炉冷却材 再循環ポンプ	58	6.253	410	385	410	363	352	363	1.13
	59	5.376							
	60	4.523	308	283	308	268	257	268	1.15
	61	3.671	247	225	247	213	203	213	1.16

表添 5-3 (1/3) モーメント

構造物名	質点 番号	標 高 T. M. S. L. (m)	モーメント (kN・m)						隣接応答倍率 (①/②)
			隣接考慮			隣接非考慮			
			NS方向	EW方向	① 包絡値	NS方向	EW方向	② 包絡値	
原子炉圧力容器	34	26.013	0	0	0	0	0	0	—
	35	23.553	359	379	379	377	340	377	1.01
	36	22.163	1250	1330	1330	1300	1190	1300	1.03
	37	20.494	3400	3260	3400	3490	2940	3490	0.98
	38	18.716	7270	7060	7270	7430	6300	7430	0.98
	40	16.506	12400	11800	12400	13200	11300	13200	0.94
	42	15.266	16000	15200	16000	17100	14700	17100	0.94
	46	12.297	26400	25100	26400	28300	24600	28300	0.94
	51	9.402	38400	36700	38400	40900	36000	40900	0.94
			6970	6940	6970	6730	6940	6940	1.01
54	6.795	15000	19200	19200	12300	12600	12600	1.53	
		1900	1930	1930	1740	1740	1740	1.11	
57	5.066	248	218	248	209	218	218	1.14	
原子炉圧力容器 スカート	32	9.402	39600	41300	41300	38500	36400	38500	1.08
	33	8.200	48500	52100	52100	46600	45500	46600	1.12
原子炉遮蔽壁	18	21.200	0	0	0	0	0	0	—
	19	18.440	992	1090	1090	933	939	939	1.16
	20	17.020	4390	4770	4770	3550	3840	3840	1.25
	21	15.600	8340	9070	9070	6670	7270	7270	1.25
	22	13.950	15500	17000	17000	12800	13800	13800	1.24
	23	12.300	23400	25600	25600	19600	20900	20900	1.23
原子炉本体基礎	24	8.200	120000	90900	120000	154000	137000	154000	0.78
			153000	140000	153000	198000	173000	198000	0.78
	25	7.000	191000	173000	191000	246000	217000	246000	0.78
	26	4.500	275000	245000	275000	350000	313000	350000	0.79
	27	3.500	310000	275000	310000	393000	352000	393000	0.79
	28	1.700	374000	329000	374000	470000	424000	470000	0.80
	29	-2.100	515000	451000	515000	638000	580000	638000	0.81
	30	-4.700	614000	538000	614000	755000	689000	755000	0.82
31	-8.200	751000	660000	751000	914000	840000	914000	0.83	

表添 5-3 (2/3) モーメント

構造物名	質点 番号	標 高 T. M. S. L. (m)	モーメント (kN・m)						隣接応答倍率 (①/②)
			隣接考慮			隣接非考慮			
			NS方向	EW方向	① 包絡値	NS方向	EW方向	② 包絡値	
燃料集合体	90	14.433	0	0	0	0	0	0	—
	91	13.721	579	747	747	468	500	500	1.50
	92	13.009	965	1250	1250	780	833	833	1.50
	93	12.297	1100	1420	1420	890	951	951	1.50
	94	11.585	964	1240	1240	779	833	833	1.49
	95	10.873	577	735	735	466	498	498	1.48
	96	10.161	0	0	0	0	0	0	—
制御棒案内管	97	10.161	0	0	0	0	0	0	—
	98	9.645	67.1	61.7	67.1	57.3	60.1	60.1	1.12
	99	9.402	92.3	84.1	92.3	78.4	82.2	82.2	1.13
	100	8.395	151	132	151	126	132	132	1.15
	101	7.388	124	107	124	102	107	107	1.16
	102	6.795	65.1	56.4	65.1	52.9	55.6	55.6	1.17
	103	6.347	0	0	0	0	0	0	—
制御棒駆動機構 ハウジング	104	6.347	0	0	0	0	0	0	—
	105	5.817	108	94.5	108	88.3	93.0	93.0	1.17
	106	5.066	301	265	301	251	264	264	1.14
制御棒駆動機構 ハウジング (内側)	107	4.213	65.0	60.0	65.0	56.4	57.2	57.2	1.14
	108	3.361	24.5	18.1	24.5	29.8	28.2	29.8	0.83
	109	2.508	28.1	24.7	28.1	36.1	34.4	36.1	0.78
	110	2.508	35.4	23.0	35.4	30.6	28.6	30.6	1.16
	111	1.655	71.2	57.9	71.2	63.5	67.0	67.0	1.07
	112	0.934	11.1	8.39	11.1	9.49	10.2	10.2	1.09
	112	0.184	0	0	0	0	0	0	—
制御棒駆動機構 ハウジング (外側)	82	5.817	83.3	84.7	84.7	69.2	72.3	72.3	1.18
	83	5.066	22.4	23.9	23.9	25.0	23.5	25.0	0.96
	84	4.213	26.3	25.4	26.3	29.1	28.8	29.1	0.91
	85	3.361	34.1	35.8	35.8	35.2	36.8	36.8	0.98
	86	2.508	24.0	19.5	24.0	27.2	26.0	27.2	0.89
	87	1.655	59.8	52.5	59.8	53.7	54.8	54.8	1.10
	88	0.934	8.75	8.13	8.75	8.37	8.74	8.74	1.01
	89	0.184	0	0	0	0	0	0	—

表添 5-3 (3/3) モーメント

構造物名	質点 番号	標 高 T. M. S. L. (m)	モーメント (kN・m)						隣接応答倍率 (①/②)
			隣接考慮			隣接非考慮			
			NS方向	EW方向	① 包絡値	NS方向	EW方向	② 包絡値	
気水分離器及び スタンドパイプ	62	19.472	0	0	0	0	0	0	—
	63	18.716	67.8	72.7	72.7	74.5	71.1	74.5	0.98
	64	17.179	476	516	516	509	490	509	1.02
	65	16.506	743	813	813	767	749	767	1.06
炉心シュラウド	66	15.641	1120	1240	1240	1120	1110	1120	1.11
	67	15.266	1300	1440	1440	1290	1280	1290	1.12
	68	14.433	1760	1950	1950	1730	1710	1730	1.13
	69	13.721	2760	3280	3280	2520	2510	2520	1.31
	70	13.009	3770	4620	4620	3350	3340	3350	1.38
	71	12.297	4790	5940	5940	4180	4170	4180	1.43
	72	11.585	5790	7230	7230	5020	5000	5020	1.44
	73	10.873	6790	8480	8480	5870	5840	5870	1.45
	74	10.161	7790	9730	9730	6720	6690	6720	1.45
	75	9.645	8520	10700	10700	7340	7310	7340	1.46
	76	10.161	0	0	0	0	0	0	—
	75(77)	9.645	531	671	671	426	454	454	1.48
			8960	11300	11300	7660	7680	7680	1.48
	78	9.402	9530	12100	12100	8120	8170	8170	1.49
79	8.395	12000	15300	15300	10100	10300	10300	1.49	
80	7.388	14400	18500	18500	12000	12300	12300	1.51	
81	6.795	15800	20400	20400	13200	13600	13600	1.50	
原子炉冷却材 再循環ポンプ	58	6.253	831	769	831	729	701	729	1.14
	59	5.376	473	432	473	410	392	410	1.16
	60	4.523	211	191	211	182	174	182	1.16
	61	3.671	0	0	0	0	0	0	—

表添 5-4 ばね反力

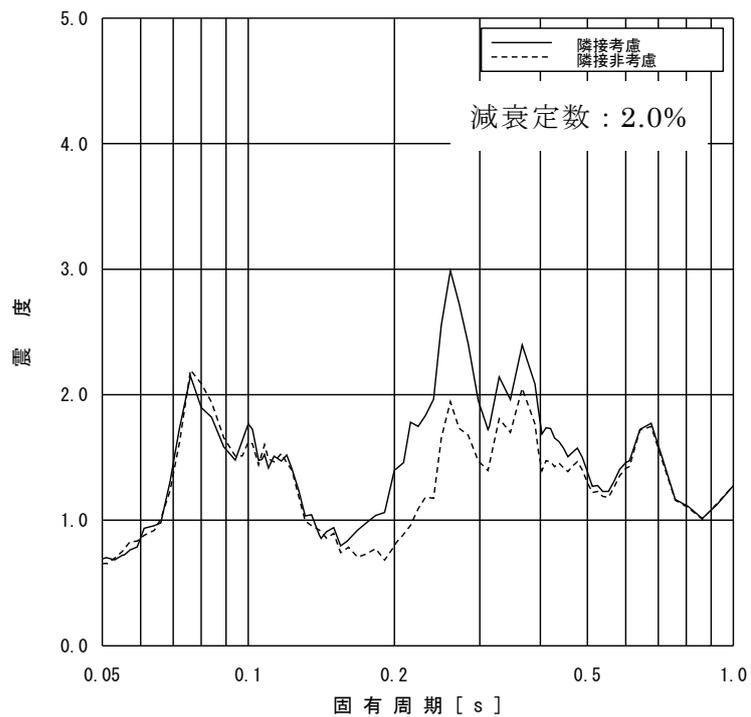
構造物名	ばね反力 (kN)							隣接応答倍率 (①/②)
	隣接考慮			隣接非考慮				
	NS方向	EW方向	① 包絡値	NS方向	EW方向	② 包絡値		
原子炉圧力容器 スタビライザ	492	505	505	604	561	604	0.84	
ダイヤフラムフロア	20100	11500	20100	30800	26800	30800	0.66	
制御棒駆動機構ハウジング レストレントビーム	399	366	399	388	389	389	1.03	

表添 5-5 相対変位

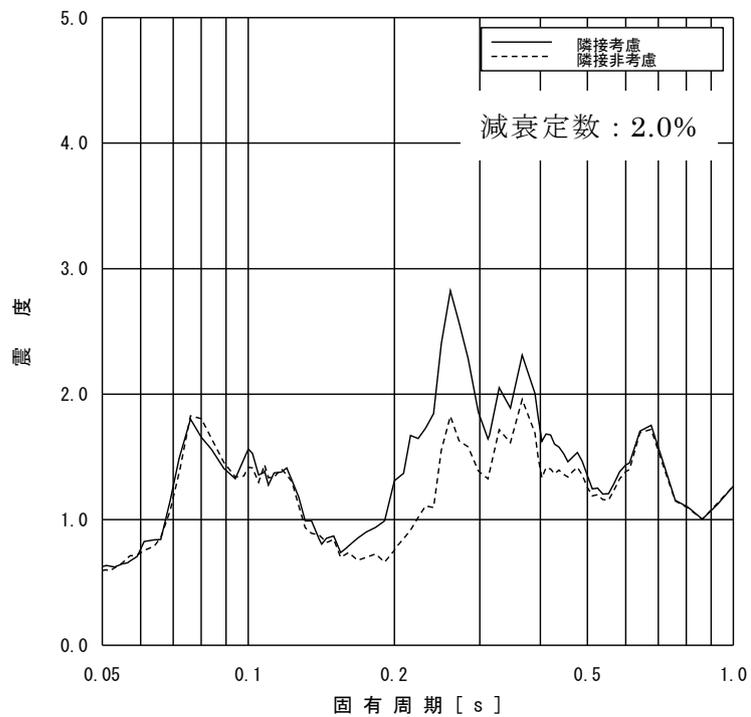
構造物名	質点 番号	標高 T. M. S. L. (m)	相対変位 (mm)						隣接応答倍率 (①/②)
			隣接考慮			隣接非考慮			
			NS方向	EW方向	① 包絡値	NS方向	EW方向	② 包絡値	
燃料集合体	90	14.433	—	—	—	—	—	—	—
	91	13.721	3.8	4.9	4.9	3.1	3.3	3.3	1.49
	92	13.009	6.6	8.4	8.4	5.3	5.7	5.7	1.48
	93	12.297	7.6	9.7	9.7	6.1	6.5	6.5	1.50
	94	11.585	6.6	8.4	8.4	5.3	5.7	5.7	1.48
	95	10.873	3.8	4.9	4.9	3.1	3.3	3.3	1.49
	96	10.161	—	—	—	—	—	—	—

表添 5-6 床応答スペクトル

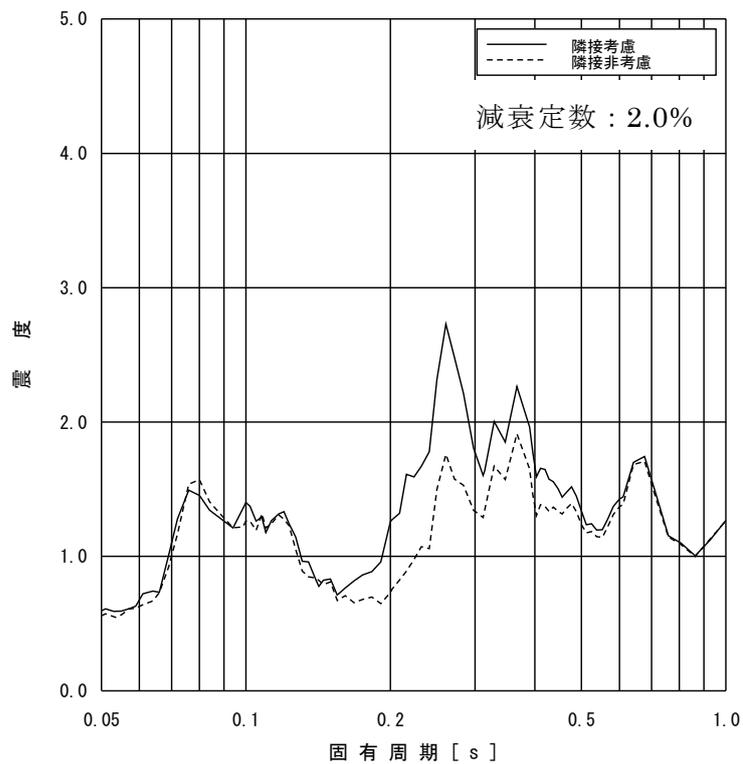
方向	建屋機器	標高 T. M. S. L. (m)	減衰 定数 (%)	床応答スペクトル
水平	原子炉遮蔽壁	21.200	2.0	図添5-1 (1/21)
		18.440		図添5-1 (2/21)
		17.020		図添5-1 (3/21)
		15.600		図添5-1 (4/21)
		13.950		図添5-1 (5/21)
	原子炉本体基礎	12.300		図添5-1 (6/21)
		8.200		図添5-1 (7/21)
		7.000		図添5-1 (8/21)
		4.500		図添5-1 (9/21)
		3.500		図添5-1 (10/21)
		1.700		図添5-1 (11/21)
		-2.100		図添5-1 (12/21)
		-4.700		図添5-1 (13/21)
	原子炉圧力容器	26.013		図添5-1 (14/21)
		20.494		図添5-1 (15/21)
		16.506		図添5-1 (16/21)
		15.266		図添5-1 (17/21)
		5.066		図添5-1 (18/21)
	炉心シュラウド	14.433		図添5-1 (19/21)
		10.161		図添5-1 (20/21)
	原子炉冷却材 再循環ポンプ	6.253		図添5-1 (21/21)



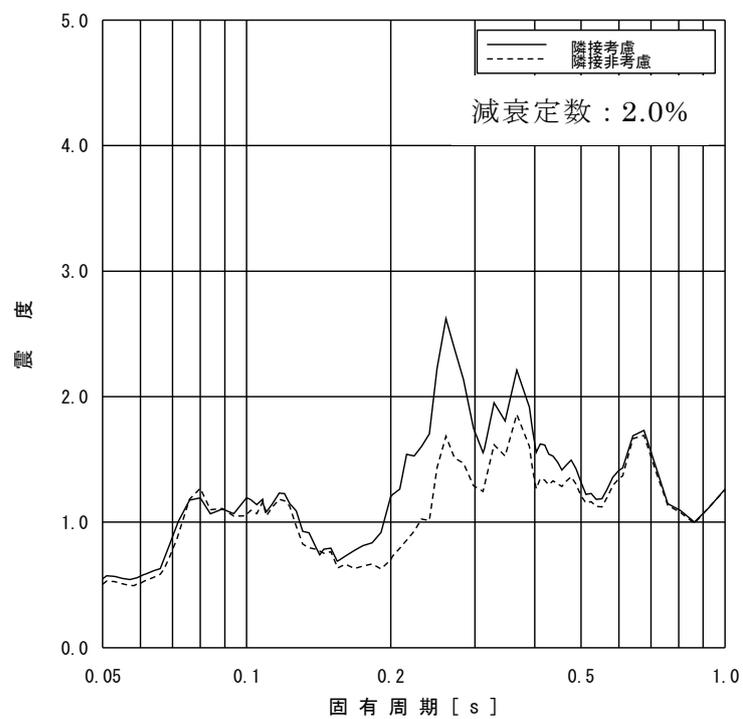
図添 5-1 (1/21) 床応答スペクトル (水平方向, T.M.S.L. 21.200m)



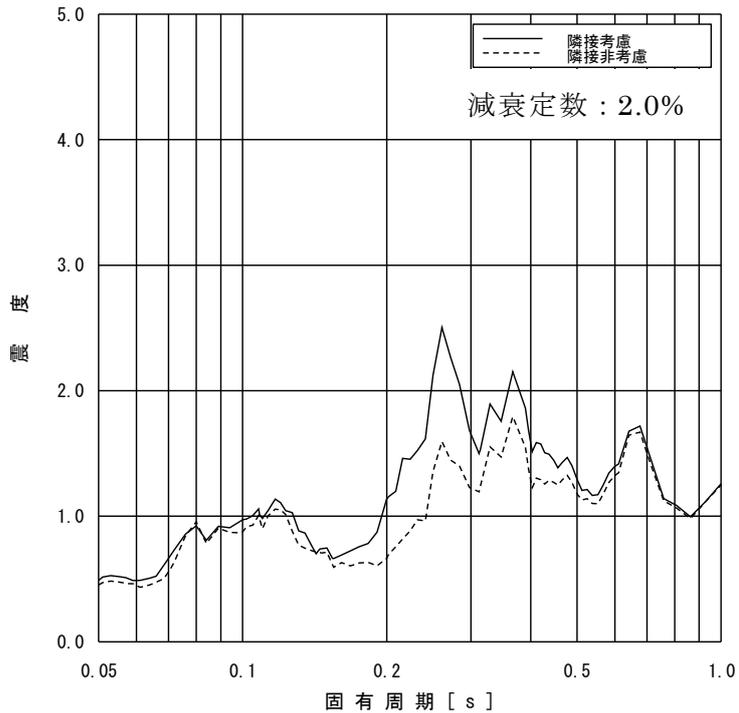
図添 5-1 (2/21) 床応答スペクトル (水平方向, T.M.S.L. 18.440m)



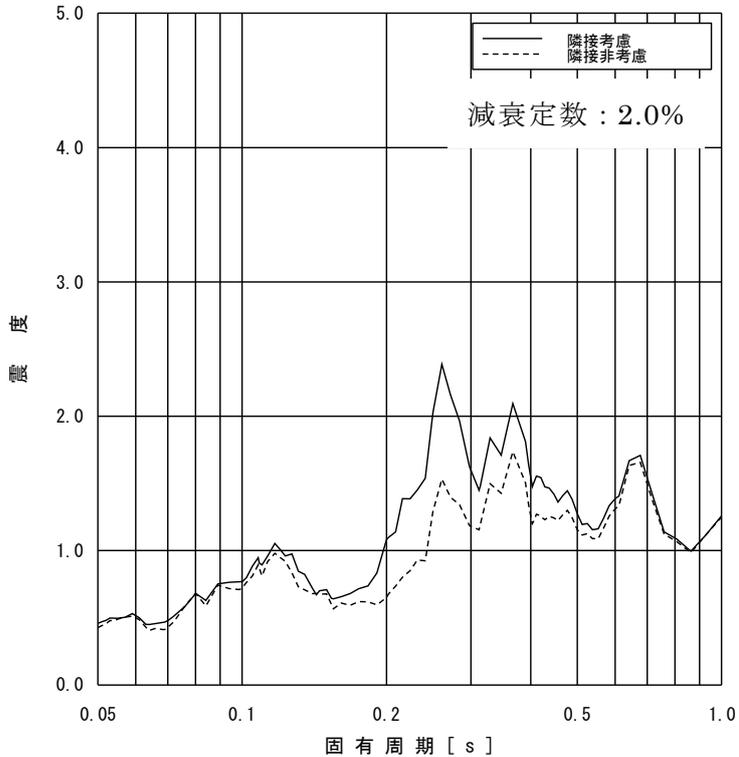
図添 5-1 (3/21) 床応答スペクトル (水平方向, T.M.S.L. 17.020m)



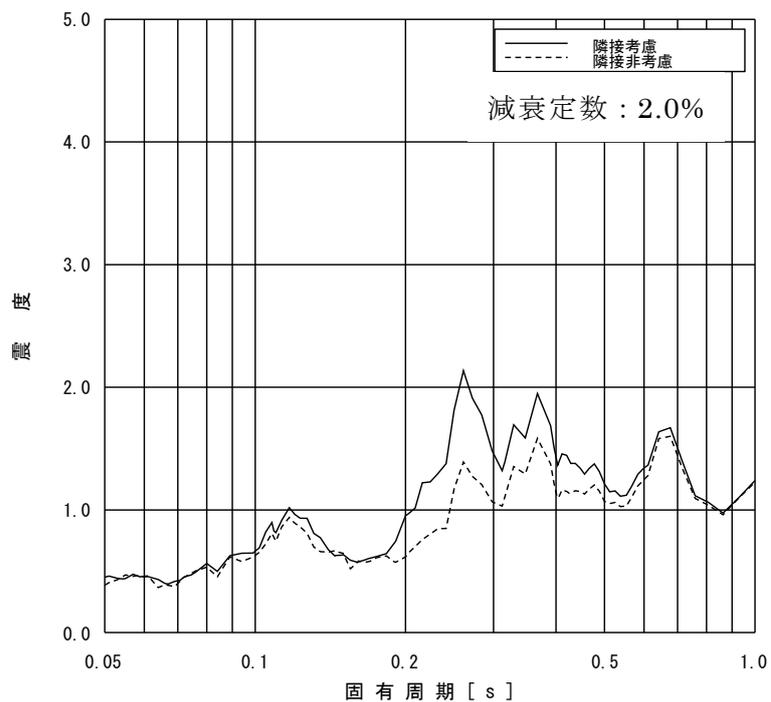
図添 5-1 (4/21) 床応答スペクトル (水平方向, T.M.S.L. 15.600m)



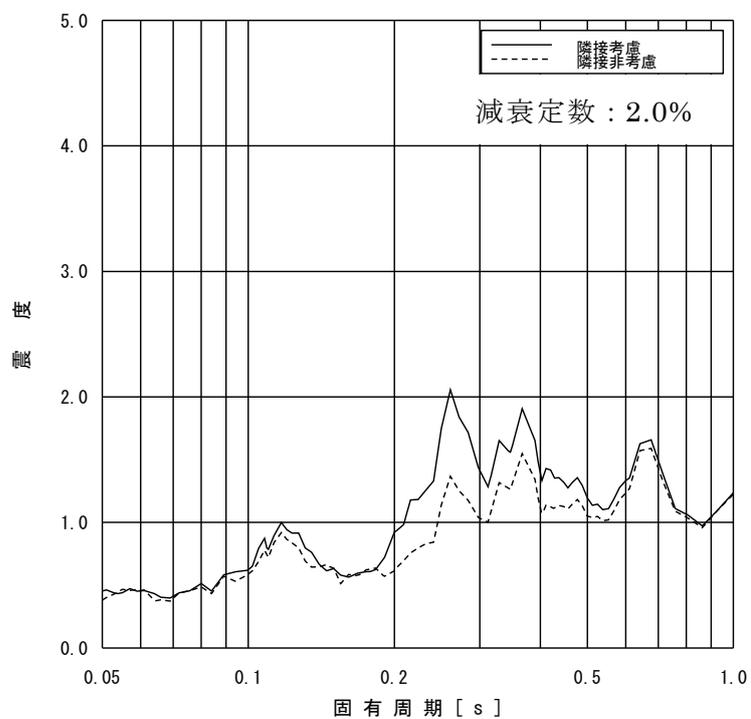
図添 5-1 (5/21) 床応答スペクトル (水平方向, T.M.S.L. 13.950m)



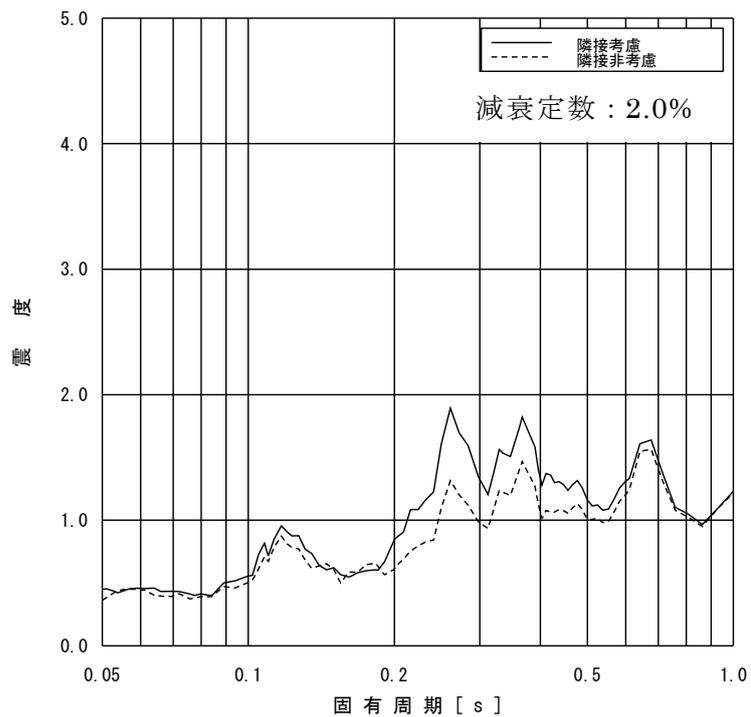
図添 5-1 (6/21) 床応答スペクトル (水平方向, T.M.S.L. 12.300m)



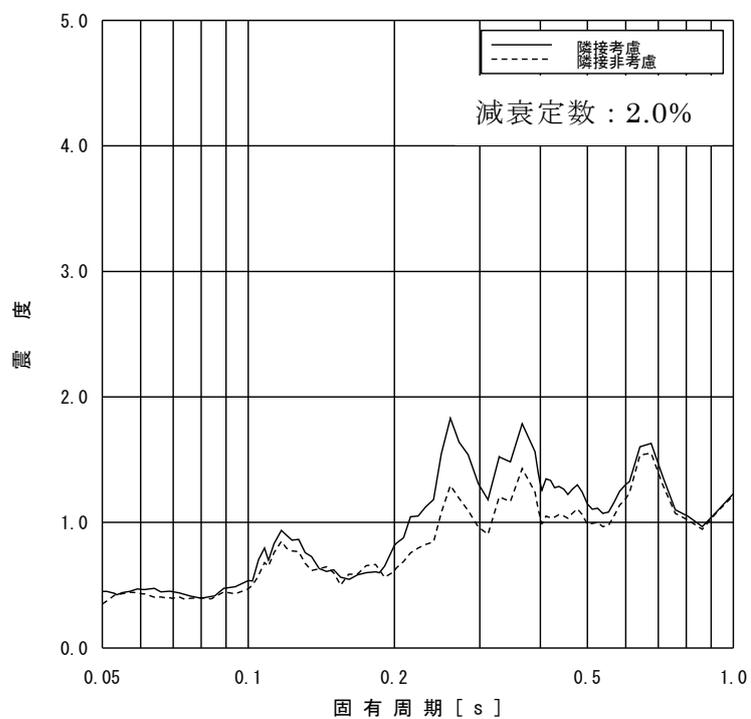
図添 5-1 (7/21) 床応答スペクトル (水平方向, T. M. S. L. 8.200m)



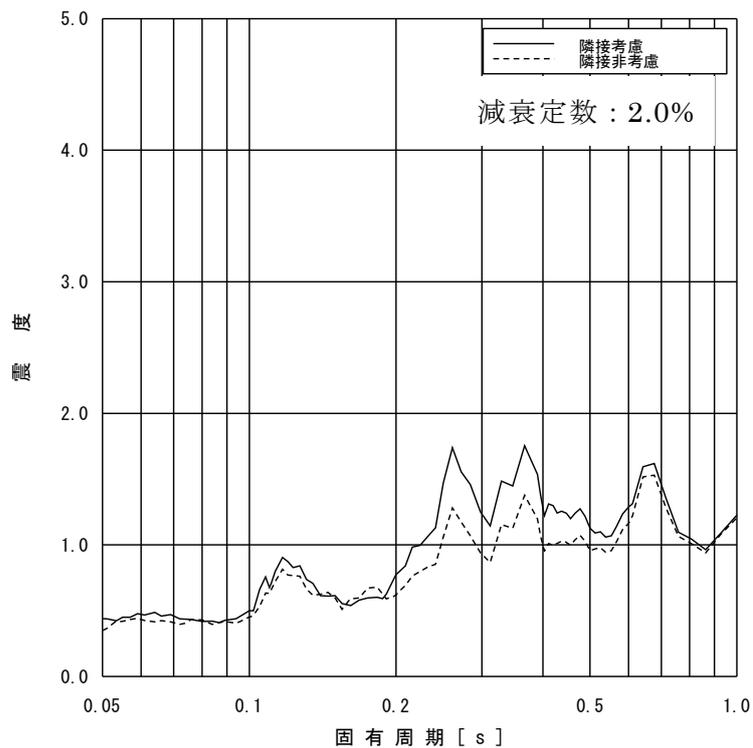
図添 5-1 (8/21) 床応答スペクトル (水平方向, T. M. S. L. 7.000m)



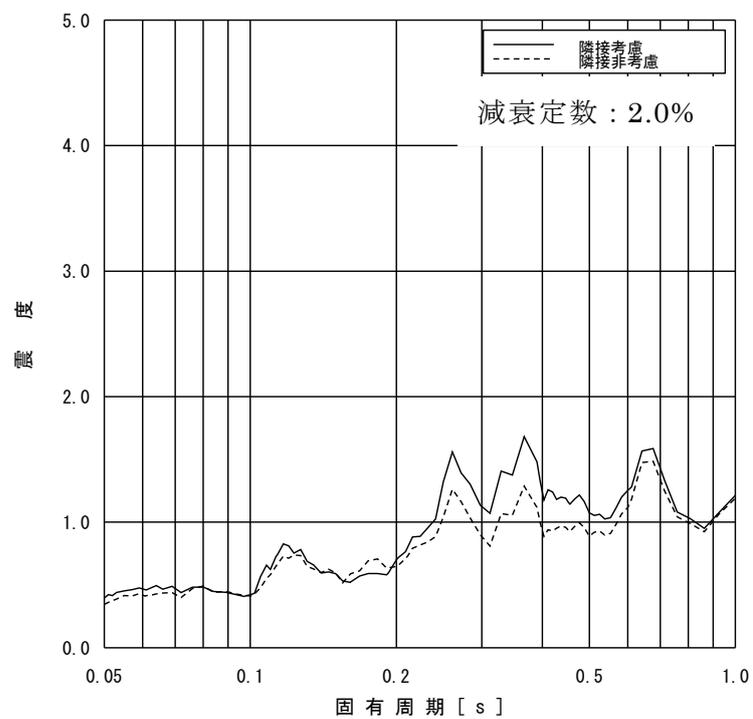
図添 5-1 (9/21) 床応答スペクトル (水平方向, T.M.S.L. 4.500m)



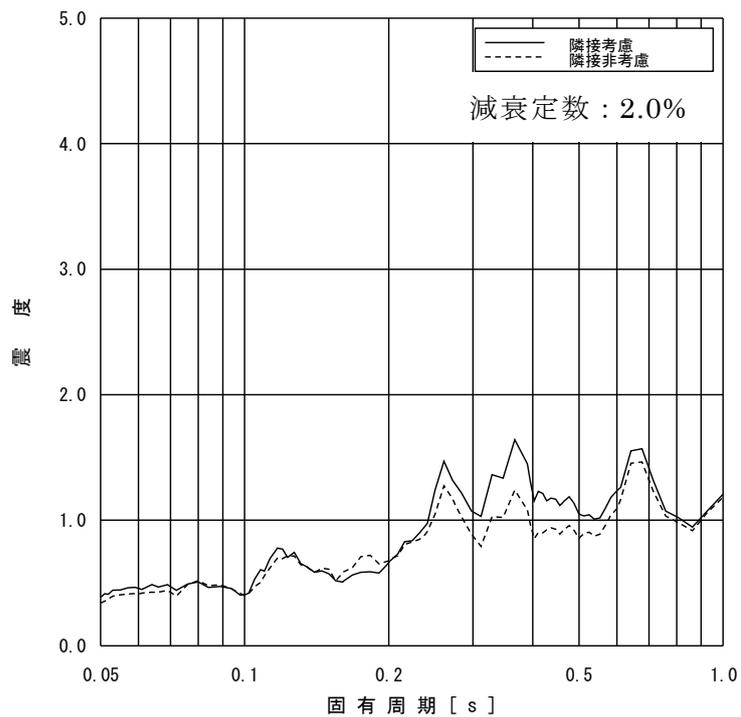
図添 5-1 (10/21) 床応答スペクトル (水平方向, T.M.S.L. 3.500m)



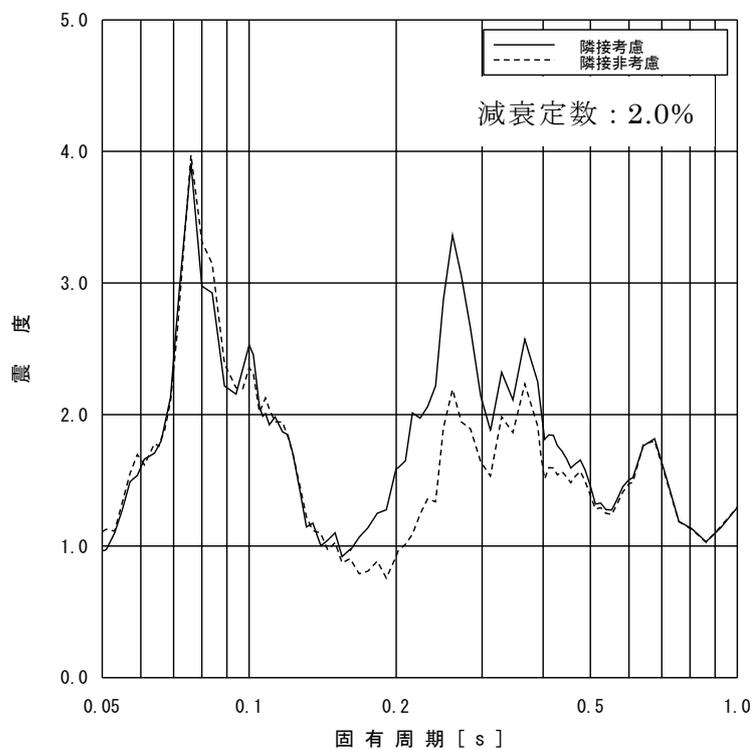
図添 5-1 (11/21) 床応答スペクトル (水平方向, T.M.S.L. 1.700m)



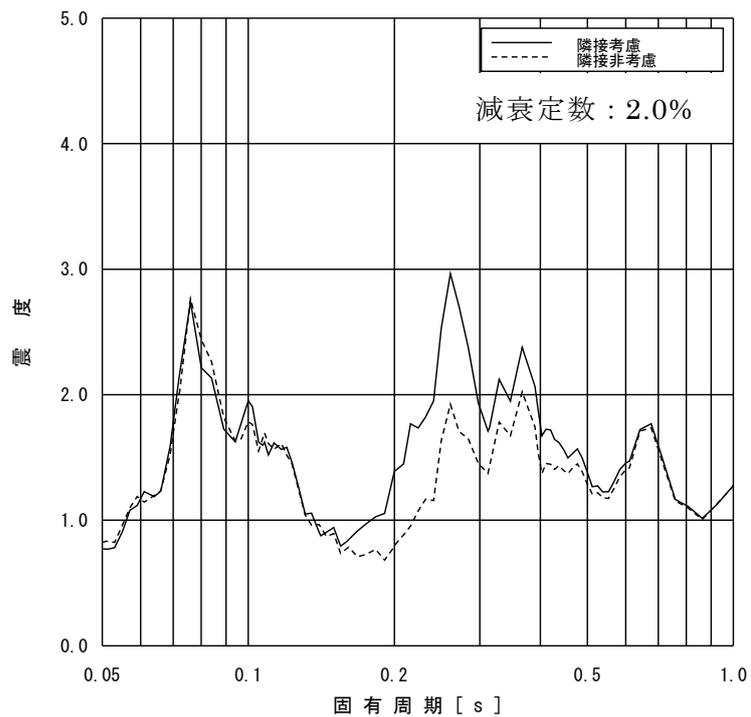
図添 5-1 (12/21) 床応答スペクトル (水平方向, T.M.S.L. -2.100m)



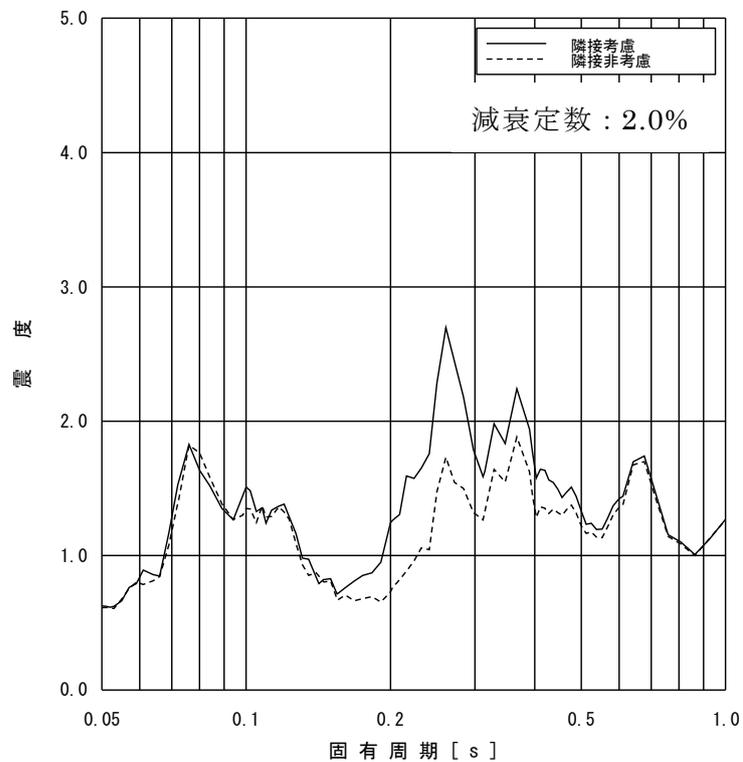
図添 5-1 (13/21) 床応答スペクトル (水平方向, T. M. S. L. -4.700m)



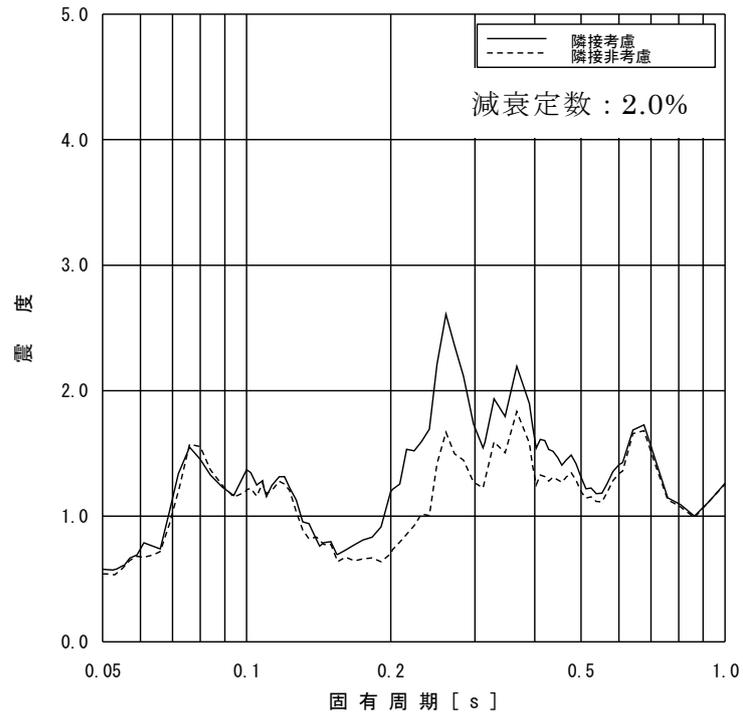
図添 5-1 (14/21) 床応答スペクトル (水平方向, T. M. S. L. 26.013m)



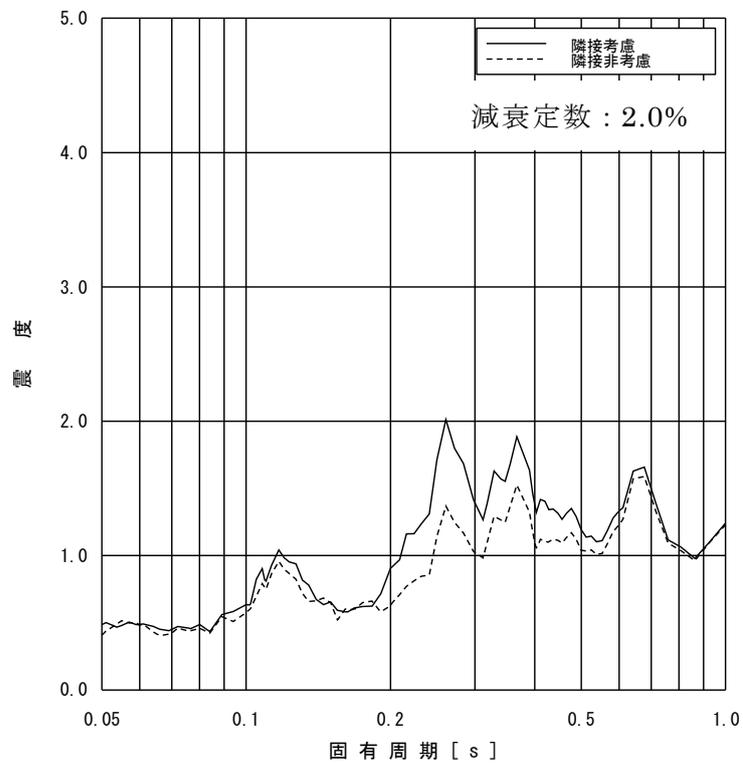
図添 5-1 (15/21) 床応答スペクトル (水平方向, T. M. S. L. 20.494m)



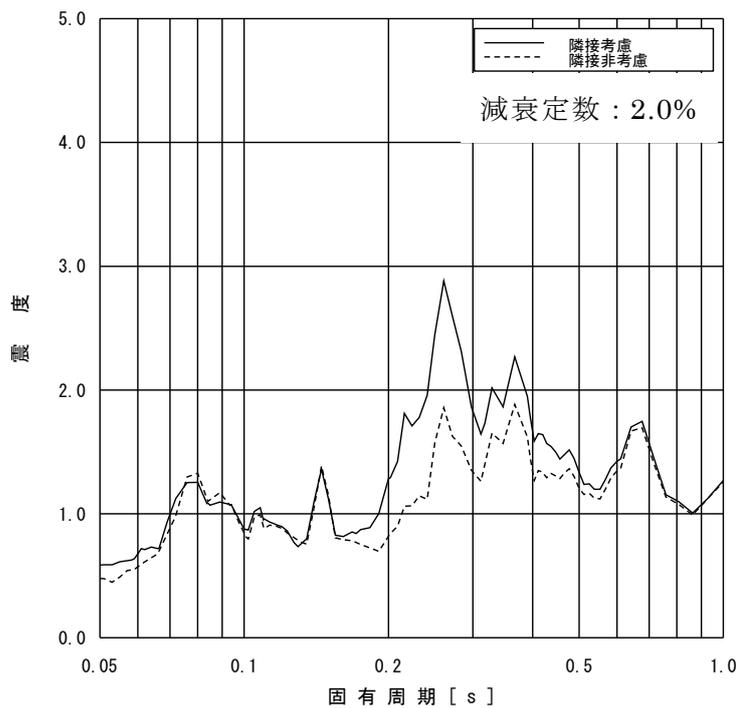
図添 5-1 (16/21) 床応答スペクトル (水平方向, T. M. S. L. 16.506m)



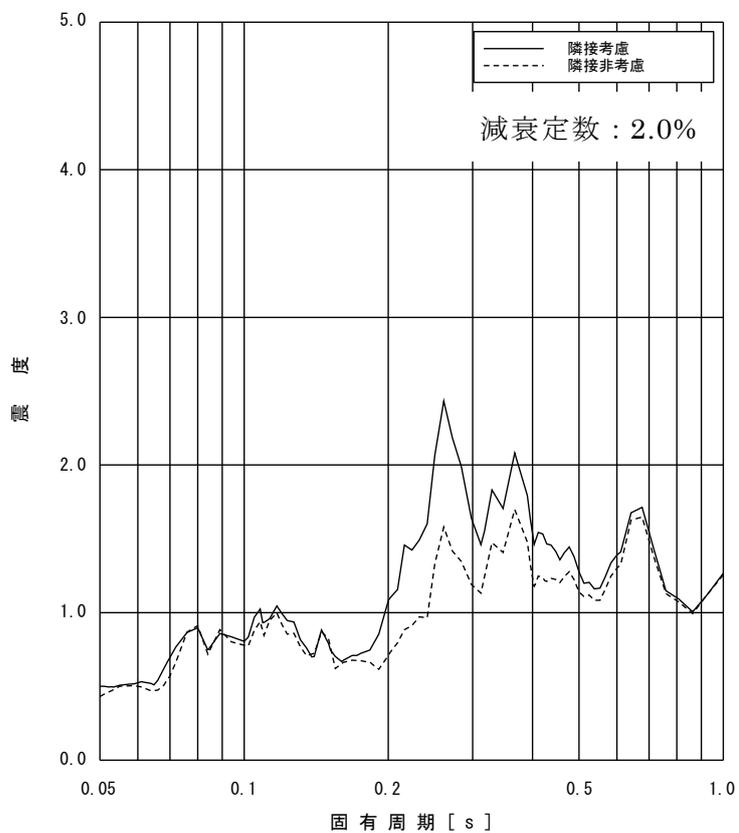
図添 5-1 (17/21) 床応答スペクトル (水平方向, T.M.S.L. 15.266m)



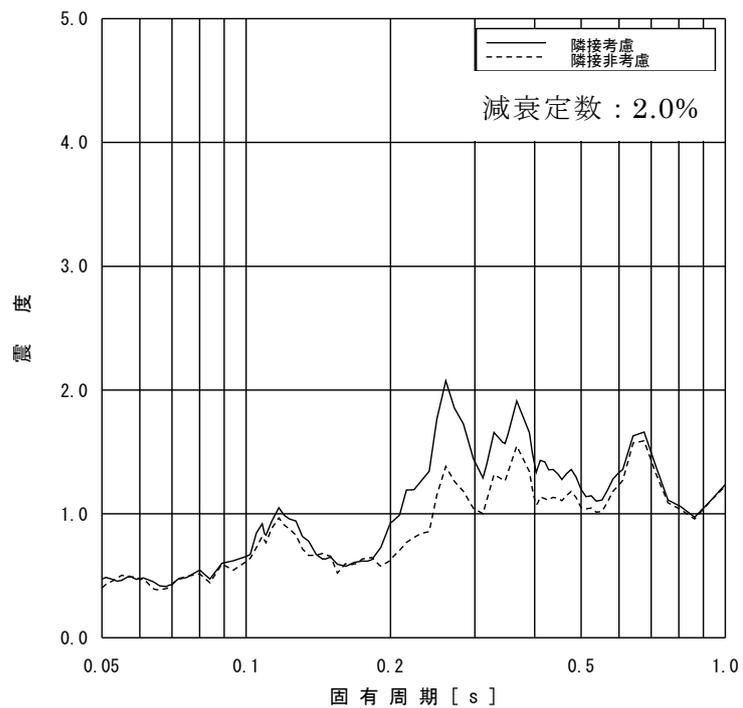
図添 5-1 (18/21) 床応答スペクトル (水平方向, T.M.S.L. 5.066m)



図添 5-1 (19/21) 床応答スペクトル (水平方向, T. M. S. L. 14. 433m)



図添 5-1 (20/21) 床応答スペクトル (水平方向, T. M. S. L. 10. 161m)



図添 5-1 (21/21) 床応答スペクトル (水平方向, T.M.S.L. 6.253m)

回転入力の影響について

原子炉建屋との建屋－機器連成地震応答解析モデルの応答を用いて評価を行う機器・配管系に対して実施した大型機器・炉内応答解析においては、建屋応答解析の結果として得られる応答のうち並進成分の加速度及び変位を入力としている。

設計用の解析においては、建屋と大型機器系を連成にて解析することにより並進成分も回転成分も建屋から大型機器系に伝達されるため、今回の大型機器・炉内応答解析においても回転成分も考慮すべきだが、回転成分が応答に与える影響が軽微であることを確認した上で並進成分のみを考慮した。

回転成分（加速度及び変位）の応答に与える影響は表添 6-1 及び図添 6-1 に示す通り軽微であることを確認している。また、隣接応答倍率に与える影響についても表添 6-2 及び図添 6-2 に示す通り軽微であることを確認している。

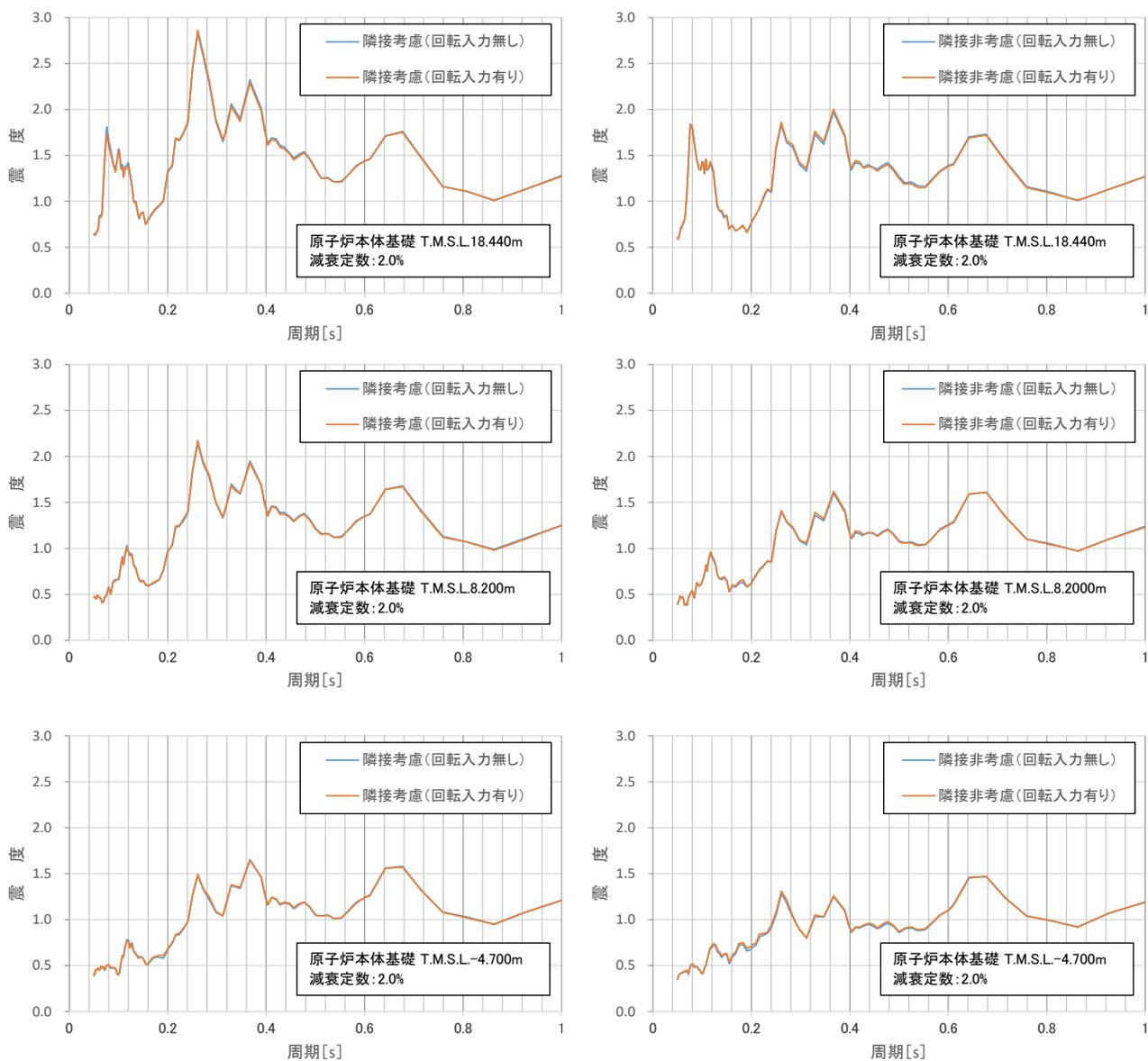
なお、表添 6-1 に示す水平方向の最大応答加速度は NS 方向と EW 方向の包絡値であり、表添 6-2 に示す隣接応答倍率は、隣接考慮の最大応答加速度 (NS 方向と EW 方向の包絡値) 及び隣接非考慮の最大応答加速度 (NS 方向と EW 方向の包絡値) の比をとったものである。

表添 6-1 回転入力の影響（最大応答加速度）（1/2）

構造物名	質点 番号	標 高 T. M. S. L. (m)	最大応答加速度 ($\times 9.80665\text{m/s}^2$) $\times 1.2$			
			弾性設計用地震動Sd			
			水平方向 (NS方向及びEW方向包絡)			
			隣接考慮		隣接非考慮	
			回転なし (a)	回転あり (a)'	回転なし (b)	回転あり (b)'
原子炉遮蔽壁	18	21.200	0.67	0.68	0.58	0.58
	19	18.440	0.63	0.64	0.55	0.55
	20	17.020	0.60	0.60	0.53	0.53
	21	15.600	0.56	0.56	0.50	0.50
	22	13.950	0.53	0.53	0.48	0.48
原子炉本体基礎	23	12.300	0.50	0.50	0.46	0.46
	24	8.200	0.46	0.47	0.42	0.42
	25	7.000	0.45	0.46	0.41	0.41
	26	4.500	0.43	0.44	0.40	0.40
	27	3.500	0.43	0.43	0.39	0.39
	28	1.700	0.42	0.42	0.38	0.38
	29	-2.100	0.41	0.41	0.37	0.37
	30	-4.700	0.41	0.41	0.36	0.37
原子炉压力容器	34	26.013	0.84	0.85	0.84	0.82
	35	23.553	0.79	0.79	0.76	0.75
	36	22.163	0.76	0.76	0.72	0.70
	37	20.494	0.72	0.72	0.66	0.65
	38	18.716	0.67	0.68	0.60	0.60
	39	17.179	0.64	0.64	0.56	0.56
	40	16.506	0.62	0.63	0.54	0.55
	42	15.266	0.60	0.60	0.52	0.52
	43	14.433	0.58	0.58	0.50	0.50
	45	13.009	0.54	0.55	0.47	0.48
	46	12.297	0.53	0.53	0.47	0.47
	51	9.402	0.48	0.48	0.43	0.44
	53	7.388	0.47	0.47	0.42	0.42
	54	6.795	0.46	0.46	0.42	0.42
57	5.066	0.45	0.45	0.41	0.41	

表添 6-1 回転入力の影響（最大応答加速度）（2/2）

構造物名	質点 番号	標 高 T. M. S. L. (m)	最大応答加速度 ($\times 9.80665\text{m/s}^2$) $\times 1.2$			
			弾性設計用地震動Sd			
			水平方向 (NS方向及びEW方向包絡)			
			隣接考慮		隣接非考慮	
			回転なし (a)	回転あり (a)'	回転なし (b)	回転あり (b)'
気水分離器, スタンドパイプ 及び 炉心シュラウド	62	19.472	1.14	1.13	1.16	1.20
	63	18.716	0.99	0.98	0.89	0.91
	64	17.179	0.71	0.72	0.60	0.59
	65	16.506	0.68	0.69	0.57	0.57
	66	15.641	0.66	0.67	0.56	0.56
	67	15.266	0.65	0.66	0.55	0.55
	68	14.433	0.63	0.64	0.54	0.54
	69	13.721	0.61	0.62	0.53	0.53
	70	13.009	0.59	0.60	0.52	0.52
	71	12.297	0.57	0.58	0.51	0.51
	72	11.585	0.56	0.56	0.50	0.50
	73	10.873	0.54	0.55	0.48	0.49
	74	10.161	0.53	0.53	0.47	0.47
	75	9.645	0.52	0.52	0.46	0.46
76	10.161	0.52	0.53	0.47	0.47	
78	9.402	0.51	0.51	0.46	0.46	
79	8.395	0.49	0.49	0.44	0.44	
80	7.388	0.47	0.47	0.43	0.43	
81	6.795	0.46	0.46	0.42	0.42	
原子炉冷却材 再循環ポンプ	58	6.253	0.46	0.46	0.42	0.42
原子炉圧力容器	56	5.817	0.45	0.45	0.41	0.41
	57	5.066	0.45	0.45	0.41	0.41
制御棒駆動機構 ハウジング (内側)	110	1.655	0.53	0.52	0.49	0.50
	111	0.934	0.64	0.63	0.61	0.62
	112	0.184	0.81	0.79	0.74	0.76
制御棒駆動機構 ハウジング (外側)	82	5.817	0.45	0.45	0.41	0.41
	83	5.066	0.46	0.46	0.42	0.42
	87	1.655	0.53	0.52	0.49	0.50
	88	0.934	0.55	0.54	0.51	0.51
	89	0.184	0.64	0.62	0.64	0.65
燃料集合体	90	14.433	0.63	0.64	0.54	0.54
	91	13.721	0.90	0.91	0.59	0.60
	92	13.009	1.11	1.12	0.74	0.73
	93	12.297	1.18	1.19	0.79	0.79
	94	11.585	1.08	1.09	0.73	0.73
	95	10.873	0.83	0.85	0.57	0.57
96	10.161	0.52	0.53	0.47	0.47	



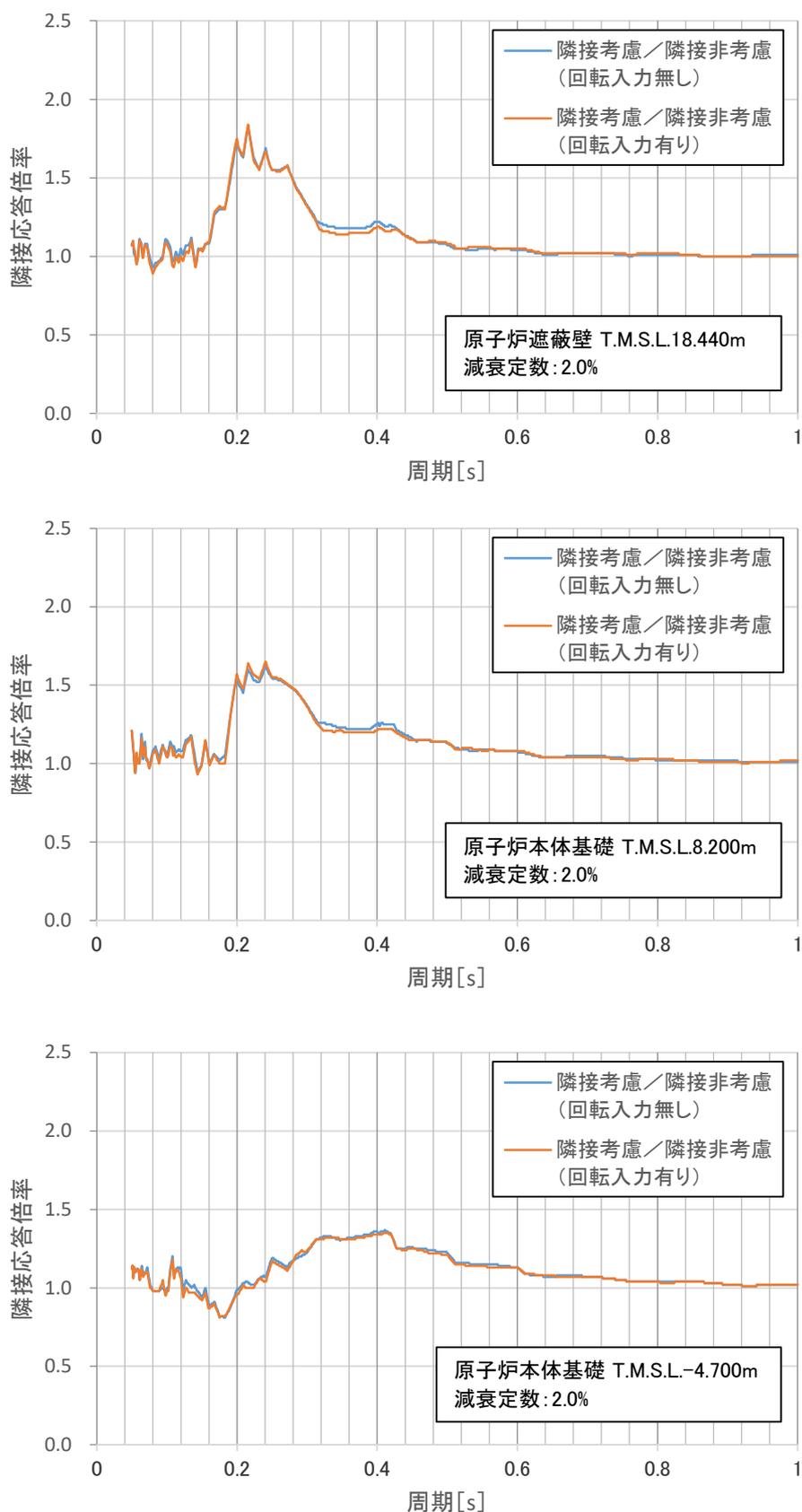
図添 6-1 回転入力の影響 (床応答スペクトル)

表添 6-2 回転入力の影響（隣接応答倍率（最大応答加速度比））（1/2）

構造物名	質点 番号	標 高 T. M. S. L. (m)	隣接応答倍率（-）	
			弾性設計用地震動Sd	
			水平方向 (NS方向及びEW方向包絡)	
			回転なし (a) / (b)	回転あり (a)' / (b)'
原子炉遮蔽壁	18	21.200	1.16	1.18
	19	18.440	1.15	1.17
	20	17.020	1.14	1.14
	21	15.600	1.12	1.12
	22	13.950	1.11	1.11
原子炉本体基礎	23	12.300	1.09	1.09
	24	8.200	1.10	1.12
	25	7.000	1.10	1.13
	26	4.500	1.08	1.10
	27	3.500	1.11	1.11
	28	1.700	1.11	1.11
	29	-2.100	1.11	1.11
	30	-4.700	1.14	1.11
原子炉压力容器	34	26.013	1.00	1.04
	35	23.553	1.04	1.06
	36	22.163	1.06	1.09
	37	20.494	1.09	1.11
	38	18.716	1.12	1.14
	39	17.179	1.15	1.15
	40	16.506	1.15	1.15
	42	15.266	1.16	1.16
	43	14.433	1.16	1.16
	45	13.009	1.15	1.15
	46	12.297	1.13	1.13
	51	9.402	1.12	1.09
	53	7.388	1.12	1.12
	54	6.795	1.10	1.10
57	5.066	1.10	1.10	

表添 6-2 回転入力の影響（隣接応答倍率（最大応答加速度比））（2/2）

構造物名	質点 番号	標 高 T. M. S. L. (m)	隣接応答倍率（-）	
			弾性設計用地震動Sd	
			水平方向 (NS方向及びEW方向包絡)	
			回転なし (a) / (b)	回転あり (a)' / (b)'
気水分離器, スタンドパイプ 及び 炉心シュラウド	62	19.472	0.99	0.95
	63	18.716	1.12	1.08
	64	17.179	1.19	1.22
	65	16.506	1.20	1.21
	66	15.641	1.18	1.20
	67	15.266	1.19	1.20
	68	14.433	1.17	1.19
	69	13.721	1.15	1.17
	70	13.009	1.14	1.16
	71	12.297	1.12	1.14
	72	11.585	1.12	1.12
	73	10.873	1.13	1.13
	74	10.161	1.13	1.13
	75	9.645	1.13	1.13
	76	10.161	1.11	1.13
	78	9.402	1.11	1.11
	79	8.395	1.12	1.12
80	7.388	1.10	1.10	
81	6.795	1.10	1.10	
原子炉冷却材 再循環ポンプ	58	6.253	1.10	1.10
原子炉圧力容器	56	5.817	1.10	1.10
	57	5.066	1.10	1.10
制御棒駆動機構 ハウジング (内側)	110	1.655	1.09	1.04
	111	0.934	1.05	1.02
	112	0.184	1.10	1.04
制御棒駆動機構 ハウジング (外側)	82	5.817	1.10	1.10
	83	5.066	1.10	1.10
	87	1.655	1.09	1.04
	88	0.934	1.08	1.06
	89	0.184	1.00	0.96
燃料集合体	90	14.433	1.17	1.19
	91	13.721	1.53	1.52
	92	13.009	1.50	1.54
	93	12.297	1.50	1.51
	94	11.585	1.48	1.50
	95	10.873	1.46	1.50
	96	10.161	1.11	1.13



図添 6-2 回転入力の影響（隣接応答倍率（床応答スペクトル比））

詳細評価（連成系）における隣接応答倍率の考慮方法

原子炉建屋との建屋－機器連成地震応答解析モデルの応答を用いて評価を行う機器・配管系については、簡易評価で裕度が隣接応答倍率を下回った場合、詳細評価として水平方向の設計用 I に隣接応答倍率を乗じて算出される最大応答加速度，床応答スペクトル又は地震荷重を用いた耐震計算の結果が許容値を満たすことを確認している。

この際、隣接応答倍率は耐震計算書における耐震計算で用いる設計用地震力に対応したものをを用いることとする。

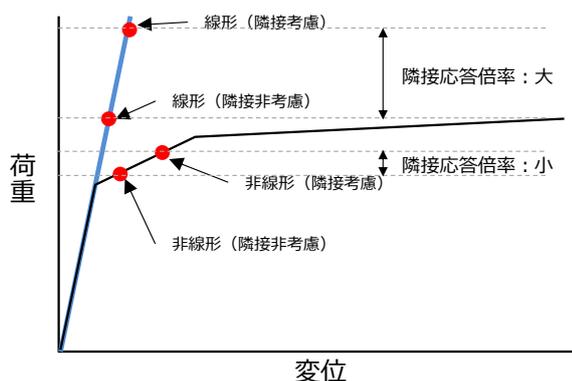
表添 7-1 詳細評価（連成系）における隣接応答倍率の考慮方法

No.	機器名称	評価部位	応力分類	設計用地震力									
				震度		FRS		せん断力	モーメント	(軸力)*	ばね反力	燃料集集体 相対変位	
				水平	(鉛直)*	水平	(鉛直)*						
1	原子炉本体基礎	ブラケット部	曲げ応力度	-	-	-	-	-	-	隣接応答 倍率 (モーメ ント比) ×設計用 I	(設計用 I)	-	-
2	燃料集集体	燃料被覆管	一次＋ 二次応力	隣接応答 倍率 (震度比) ×設計用 I	(設計用 I)	-	-	-	-	-	-	-	隣接応答 倍率 (変位比) ×設計用 I
3	原子炉冷却材 再循環ポンプ モータケーシング	ケーシング	軸圧縮応力	-	(設計用 I)	-	-	-	-	隣接応答 倍率 (モーメ ント比) ×設計用 I	-	-	-
4	配管 (OUW-PD-2)	配管	一次＋ 二次応力	隣接応答 倍率 (震度比) ×設計用 I	(設計用 I)	隣接応答 倍率 (FRS比) ×設計用 I	(設計用 I)	-	-	-	-	-	-
5	配管 (MS-PD-28)	配管	一次＋ 二次応力	隣接応答 倍率 (震度比) ×設計用 I	(設計用 I)	隣接応答 倍率 (FRS比) ×設計用 I	(設計用 I)	-	-	-	-	-	-
6	配管 (MS-PD-29)	配管	一次＋ 二次応力	隣接応答 倍率 (震度比) ×設計用 I	(設計用 I)	隣接応答 倍率 (FRS比) ×設計用 I	(設計用 I)	-	-	-	-	-	-
7	配管 (MS-PD-30)	配管	一次＋ 二次応力	隣接応答 倍率 (震度比) ×設計用 I	(設計用 I)	隣接応答 倍率 (FRS比) ×設計用 I	(設計用 I)	-	-	-	-	-	-
8	配管 (MS-PW-11)	配管	一次＋ 二次応力	隣接応答 倍率 (震度比) ×設計用 I	(設計用 I)	隣接応答 倍率 (FRS比) ×設計用 I	(設計用 I)	-	-	-	-	-	-
9	出力領域モニタ	校正用導管 カバーチューブ	一次一般膜＋ 一次曲げ応力	隣接応答 倍率 (震度比) ×設計用 I	(設計用 I)	隣接応答 倍率 (FRS比) ×設計用 I	(設計用 I)	-	-	-	-	-	隣接応答 倍率 (変位比) ×設計用 I

注記*： 鉛直方向には隣接応答倍率を考慮しない。

地震応答解析（連成系）における非線形挙動の影響について

影響検討に用いる隣接応答倍率は、弾性設計用地震動 Sd-1 に基づく応答倍率を用いている。図添 8-1 に示すとおり、線形（隣接考慮）／線形（隣接非考慮）に基づく応答倍率は、非線形（隣接考慮）／非線形（隣接非考慮）に基づく応答倍率より保守的に設定することができる。



図添 8-1 荷重と変位の関係

原子炉本体基礎は、基準地震動 S_s 及び弾性設計用地震動 S_d の一部で非線形領域に入るが、隣接応答倍率は、その算定のための大型機器・炉内応答解析において原子炉本体基礎を線形としているため、保守的なものとなる。また、原子炉本体基礎の構造強度評価では鋼材のみを強度部材として線形解析を行っているため、隣接建屋の影響検討において線形解析に基づく隣接応答倍率を用いることは、表添 8-1 に示す通り妥当であると考えられる。

表添 8-1 線形解析に基づく隣接応答倍率を用いることの妥当性（原子炉本体基礎）

検討対象	解析手法	妥当性
原子炉本体基礎	構造強度評価 (地震応答解析による地震荷重を入力)	<ul style="list-style-type: none"> 耐震評価にあたっては、地震応答解析により算定された地震荷重（せん断力及び曲げモーメント）を用いて構造強度評価を実施し、発生値が許容値以内であることを確認している。 隣接建屋の影響検討では、詳細評価（隣接応答倍率を考慮した地震荷重による評価）により、許容値以内であることを確認しているが、線形解析に基づく隣接応答倍率が保守的であるため、評価結果は保守的である。

原子炉本体基礎が非線形領域に入り剛性が低下することで、原子炉本体基礎に支持される機器・配管系の応答性状が変動することが考えられるが、以下の理由から線形解析に基づく隣接応答倍率を用いた影響検討を行うことは妥当であると考えられる。

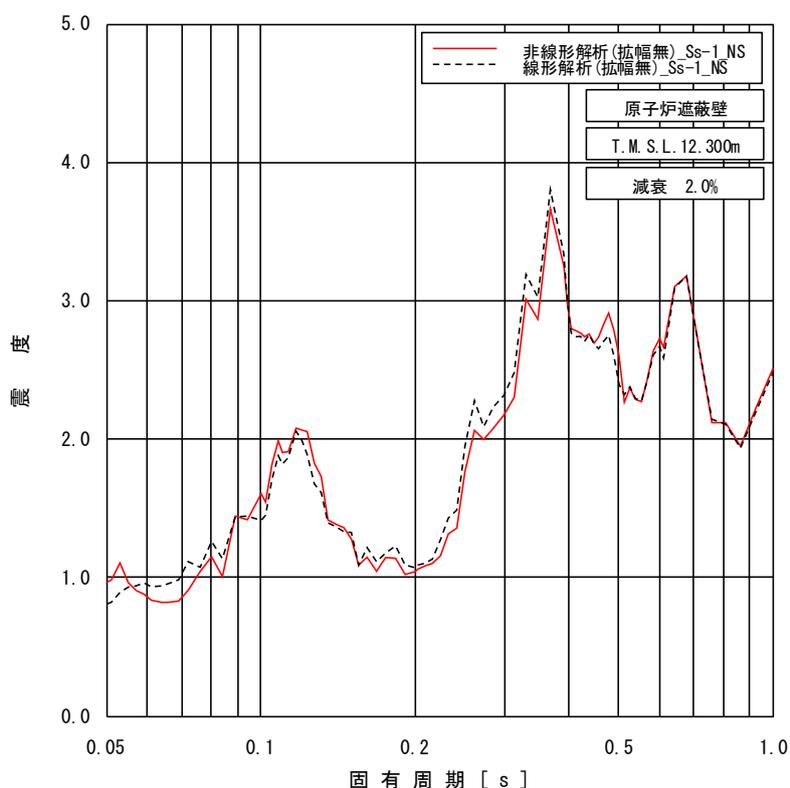
- ・床応答スペクトルにて評価する機器については、周期幅の拡幅等を踏まえた設計としていること

- ・荷重及び加速度を用いて評価する機器については、設計において材料物性のばらつき等を考慮した荷重及び加速度を使用していること

線形・非線形の影響を確認するため、設計に用いる建屋－機器連成地震応答解析モデルにおける原子炉建屋（外壁部、RCCV 部）、原子炉本体基礎及び地盤の回転ばねを線形とした場合と非線形とした場合の基準地震動 Ss-1 に対する応答を比較した。

床応答スペクトルの比較結果を図 8-2 に示す。なお、ここでは原子炉圧力容器を支持し、かつ原子炉格納容器内の配管の評価に用いる原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎の中から、原子炉遮蔽壁（T. M. S. L. 12. 300m）の応答の比較を代表として示している。

比較結果より、原子炉本体基礎を線形とする場合と非線形とする場合での原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎の応答の変動は小さいことを確認した。これより、原子炉本体基礎に支持される原子炉圧力容器や炉内構造物系においても同様に応答の変動は小さいと考えられる。以上より、連成系の評価に用いる設計用地震力に対する線形・非線形の影響は小さいと考えられることから、原子炉本体基礎に支持される機器・配管系の影響検討に線形解析に基づく隣接応答倍率を用いることは妥当であると考えられる。



図添 8-2 床応答スペクトルの比較
 (原子炉遮蔽壁, T. M. S. L. 12. 300m, 水平方向)

地震応答解析（連成系）の妥当性検証

原子炉格納容器内などの応答は、設計時には建屋-機器連成地震応答解析モデル（連成モデル）を用いた地震応答解析で求めるのに対し、今回の影響検討では建屋応答を入力とした大型機器・炉内応答解析モデル（多点入力モデル）を用いた地震応答解析により求めている。この解析の妥当性検証のため、設計用の連成モデルを用いて、この連成モデルによる応答と、建屋応答を入力とした多点入力モデルによる応答の比較を行った。なお、比較の解析は入力地震動として弾性設計用地震動 Sd-1 を用いている。また、比較の解析のうち多点入力モデルを用いた解析では並進成分（加速度及び変位）、及び原子炉本体基礎下端が接続する原子炉建屋基礎スラブでは回転成分（回転角加速度及び回転角変位）を考慮している。構造物毎の代表点での比較結果を表添付 9-1 に示す。

全体を通して概ね同等であることが確認できたことから、今回の影響検討に用いた大型機器・炉内応答解析モデルでの地震応答解析の手法は妥当であると考ええる。なお、一部の評価点（燃料集合体）では応答（せん断力、モーメント）に差異が生じているが、今回の影響検討では隣接考慮／非考慮での応答倍率を算出していることを踏まえると、影響は無いものと考ええる。

また、多点入力モデル及び連成モデルの固有値及び振動モード図を表添 9-2、図添 9-1 に示す。これより、多点入力モデルが大型機器系及び炉内構造物系の固有周期に応じた振動特性を持つことが確認できる。

表添 9-1 応答の比較

構造物名	質点 番号	「多点入力モデル」による応答／「連成モデル」による応答					
		加速度比		せん断力比		モーメント比	
		NS	EW	NS	EW	NS	EW
原子炉遮蔽壁	18	1.01	1.02	1.01	1.01	1.01	1.01
原子炉本体基礎	23	1.00	1.00	1.00	1.00	1.02	1.03
原子炉圧力容器スカート	32	1.00	0.99	1.02	1.03	1.03	1.04
原子炉圧力容器	34	1.02	1.02	1.02	1.01	1.02	1.01
原子炉冷却材 再循環ポンプ	58	1.00	1.00	0.99	0.99	1.00	1.00
炉心シュラウド	62	0.99	1.00	0.97	0.95	0.97	0.95
制御棒駆動機構 ハウジング(外側)	82	1.00	1.00	1.05	1.02	1.06	1.03
燃料集合体	90	0.99	1.02	0.70	0.74	0.70	0.74
制御棒案内管	97	1.01	1.01	0.97	1.05	0.97	1.05
制御棒駆動機構 ハウジング(内側)	107	1.00	1.00	1.09	1.07	1.01	1.03

表添 9-2 固有値比較表* (Sd-1, NS 方向)

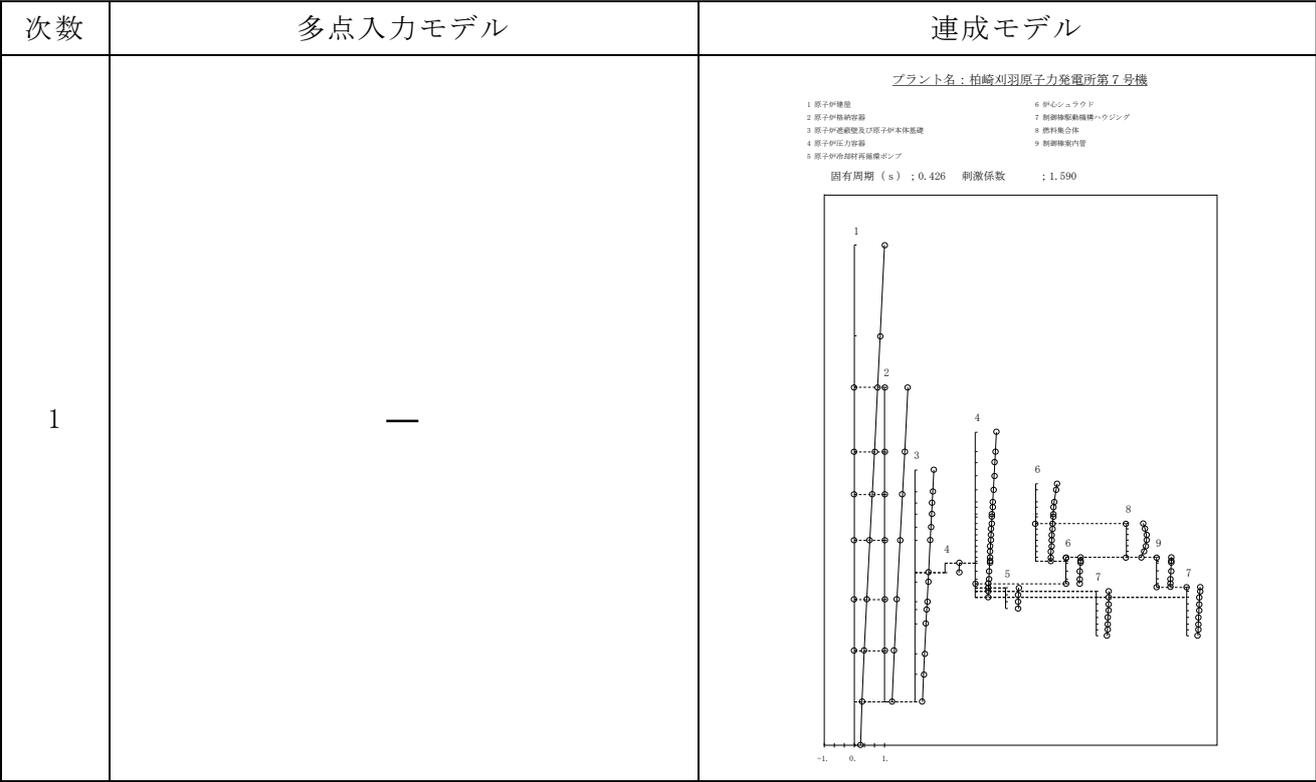
次数		固有周期(s)		刺激係数		卓越部位
多点 入力モデル	連成 モデル	多点 入力モデル	連成 モデル	多点 入力モデル	連成 モデル	
-	1	-	0.426	-	1.590	原子炉建屋
1	2	0.209	0.209	1.101	1.028	燃料集合体
-	3	-	0.187	-	-1.138	原子炉建屋
2	4	0.141	0.141	1.384	-0.636	炉心シュラウド
3	5	0.103	0.103	1.544	-0.295	原子炉冷却材再循環ポンプ
-	6	-	0.091	-	-0.197	原子炉建屋
4	7	0.090	0.090	-0.173	0.179	炉心シュラウド
5	8	0.089	0.089	2.238	-0.125	制御棒駆動機構ハウジング
-	9	-	0.078	-	-0.503	原子炉建屋
-	10	-	0.077	-	-0.178	原子炉建屋
6	11	0.070	0.068	2.192	0.209	原子炉圧力容器
7	12	0.065	0.065	0.045	-0.130	制御棒案内管
-	13	-	0.056	-	0.167	原子炉建屋
8	14	0.055	0.055	-2.237	-0.041	制御棒駆動機構ハウジング
9	15	0.052	0.052	0.331	-0.010	燃料集合体

注記* : 固有周期 0.050s 以上の次数について記載した。

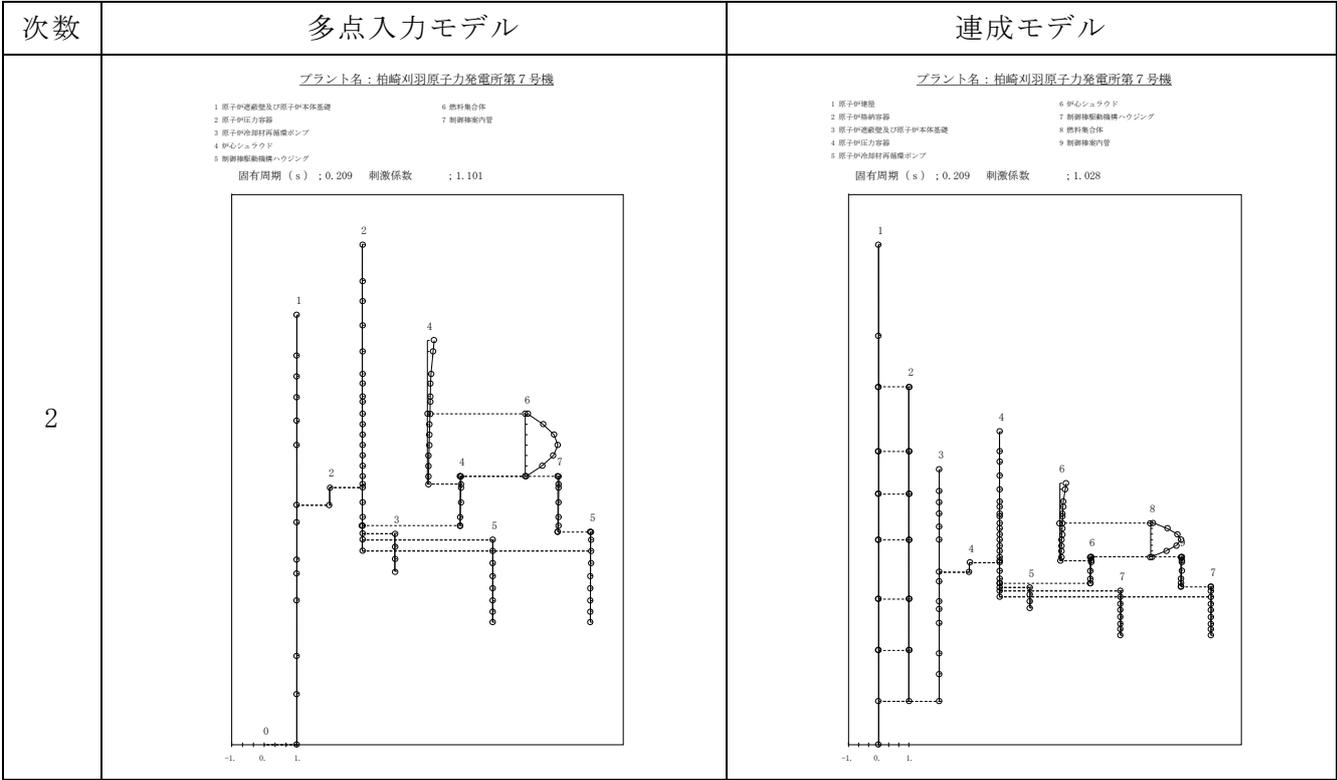
表添 9-2 固有値比較表* (Sd-1, EW 方向)

次数		固有周期(s)		刺激係数		卓越部位
多点 入力モデル	連成 モデル	多点 入力モデル	連成 モデル	多点 入力モデル	連成 モデル	
-	1	-	0.416	-	1.550	原子炉建屋
1	2	0.209	0.209	1.101	0.817	燃料集合体
-	3	-	0.186	-	-0.966	原子炉建屋
2	4	0.141	0.141	1.387	-0.596	炉心シュラウド
3	5	0.103	0.103	1.538	-0.284	原子炉冷却材再循環ポンプ
4	6	0.090	0.090	-0.167	-0.030	炉心シュラウド
5	7	0.089	0.088	2.225	-0.113	制御棒駆動機構ハウジング
-	8	-	0.082	-	-0.033	原子炉建屋
-	9	-	0.078	-	-0.485	原子炉建屋
-	10	-	0.071	-	0.102	原子炉建屋
6	11	0.070	0.069	2.192	0.063	原子炉圧力容器
7	12	0.065	0.065	0.080	-0.102	制御棒案内管
-	13	-	0.058	-	0.074	原子炉建屋
8	14	0.055	0.055	-2.207	0.100	制御棒駆動機構ハウジング
9	15	0.052	0.052	0.326	-0.010	燃料集合体

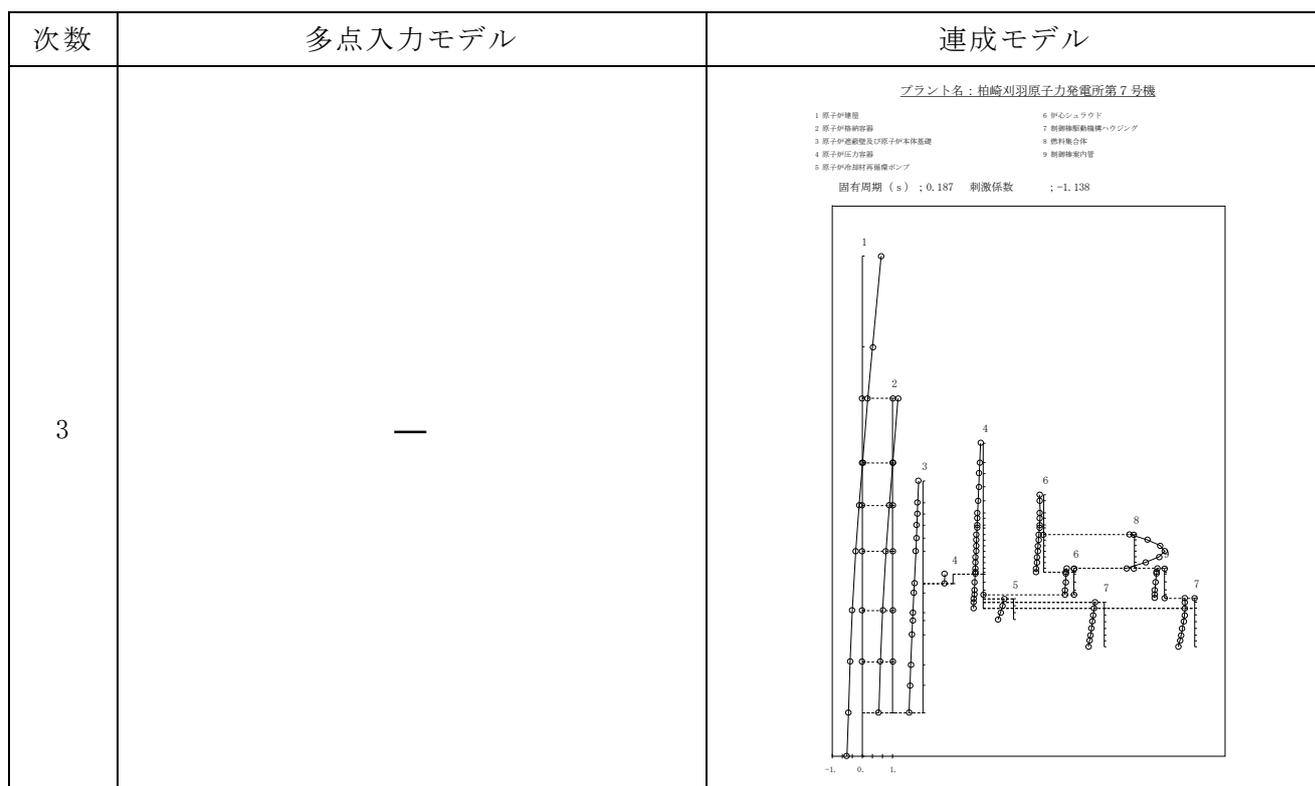
注記* : 固有周期 0.050s 以上の次数について記載した。



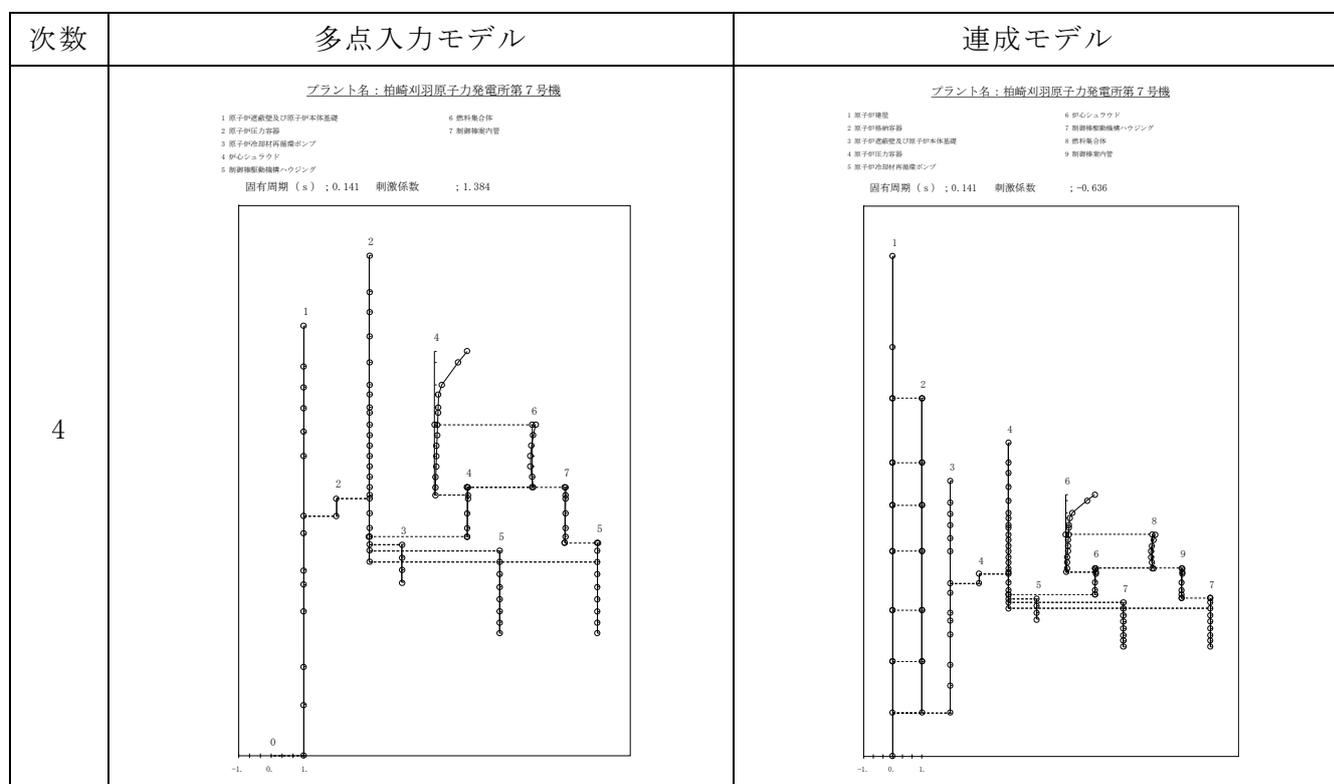
図添 9-1 振動モードの比較 (Sd-1, NS 方向) (1/11)



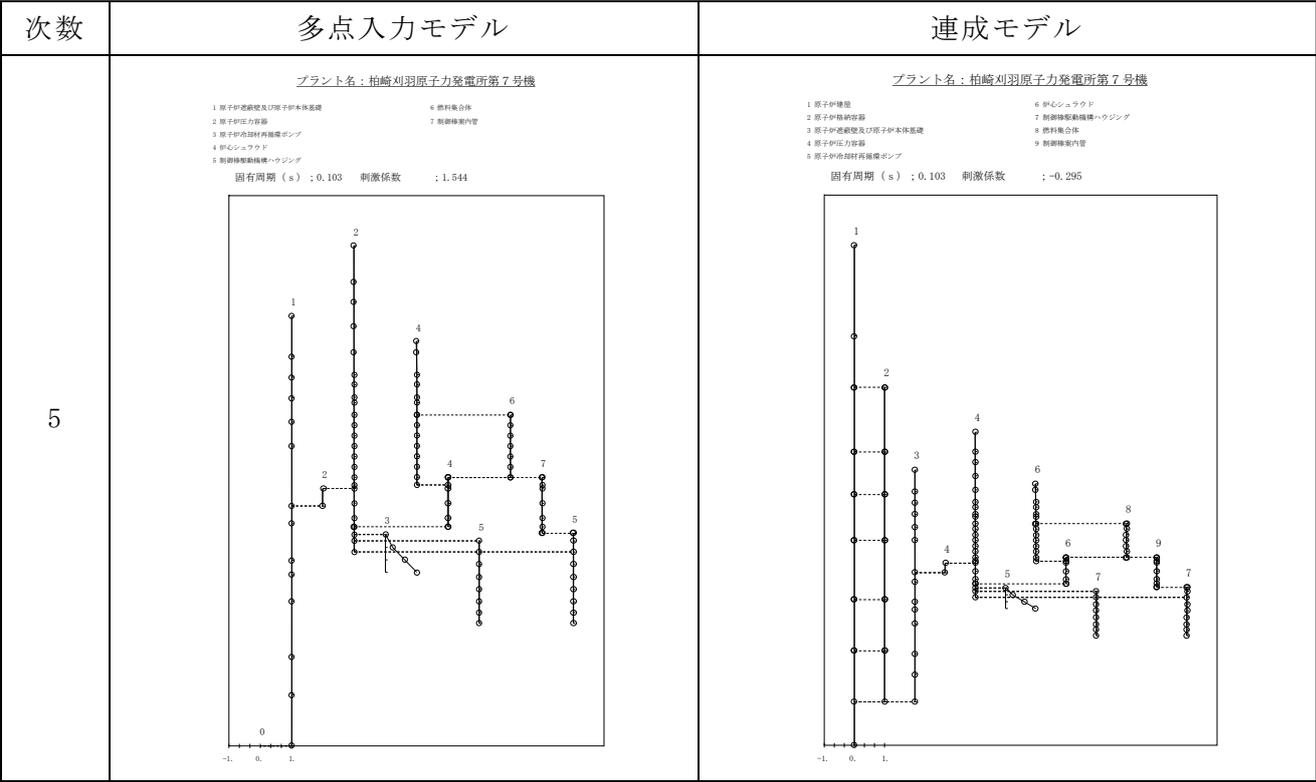
図添 9-1 振動モードの比較 (Sd-1, NS 方向) (2/11)



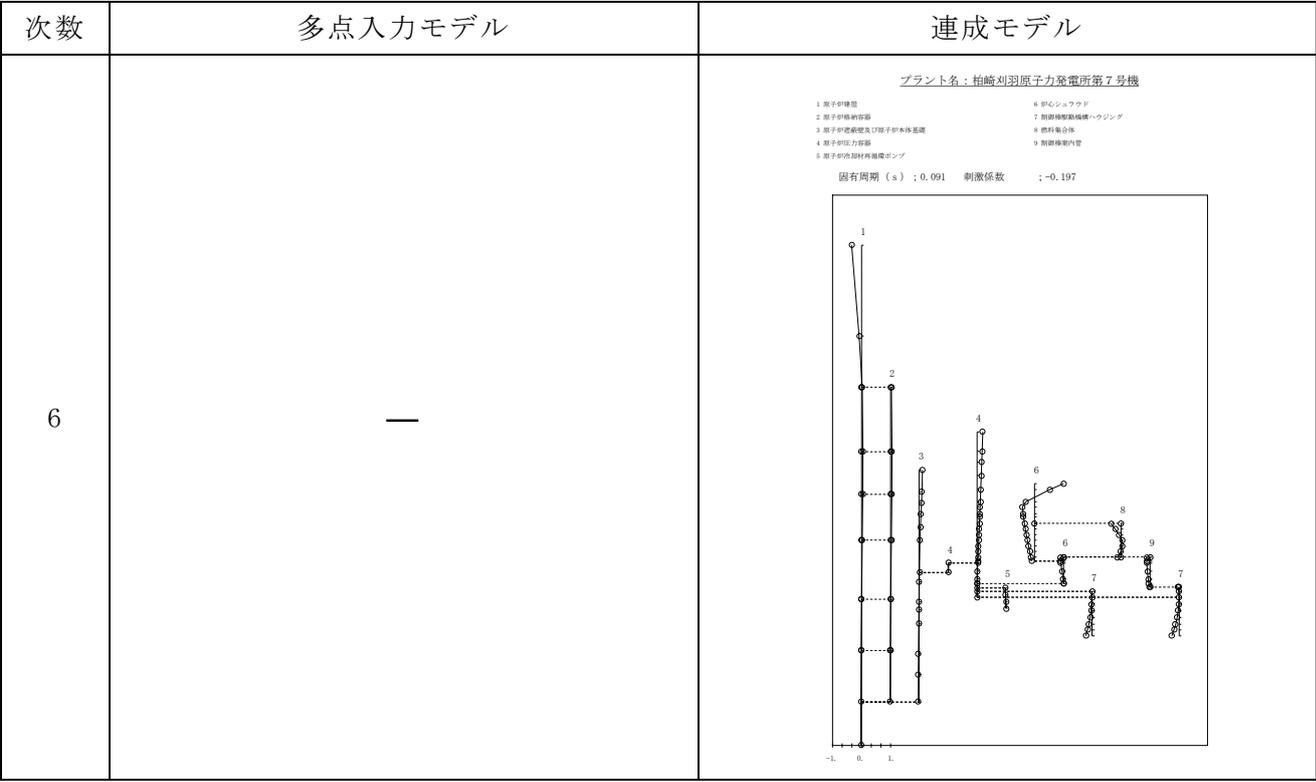
図添 9-1 振動モードの比較 (Sd-1, NS 方向) (3/11)



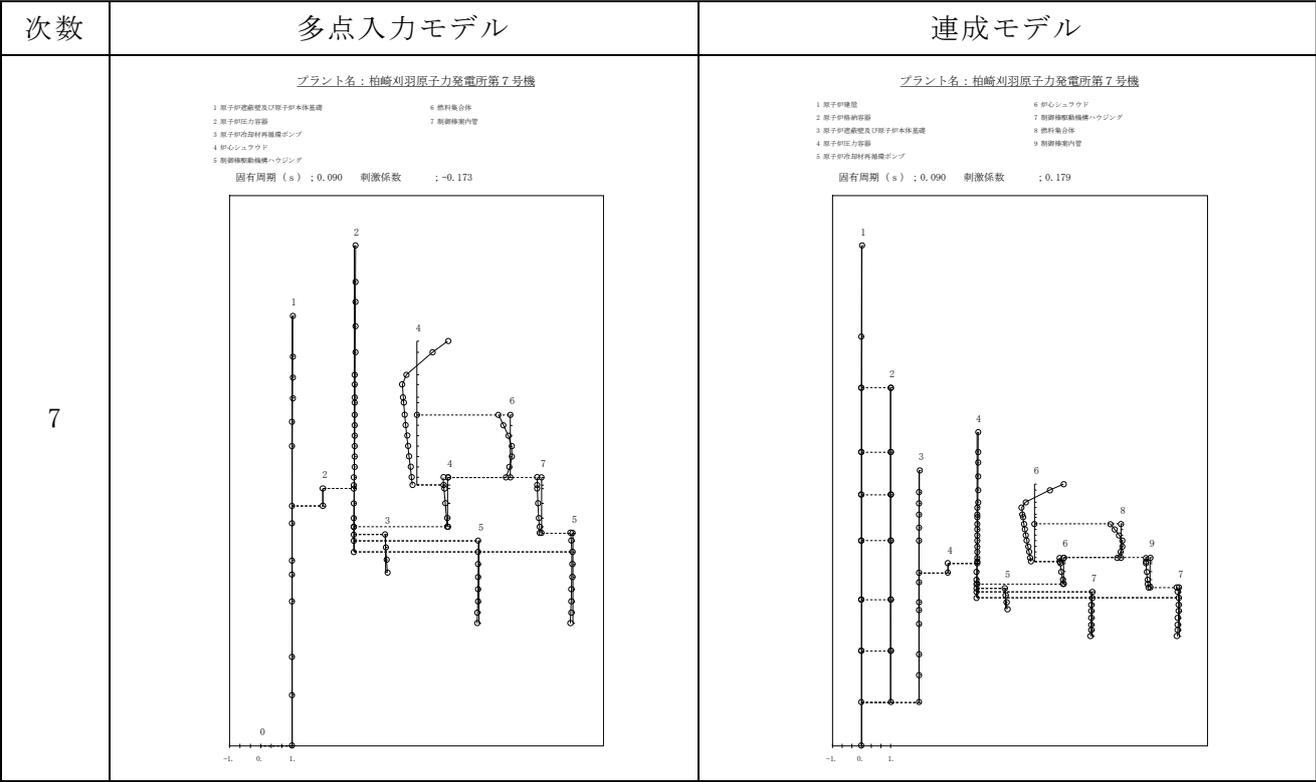
図添 9-1 振動モードの比較 (Sd-1, NS 方向) (4/11)



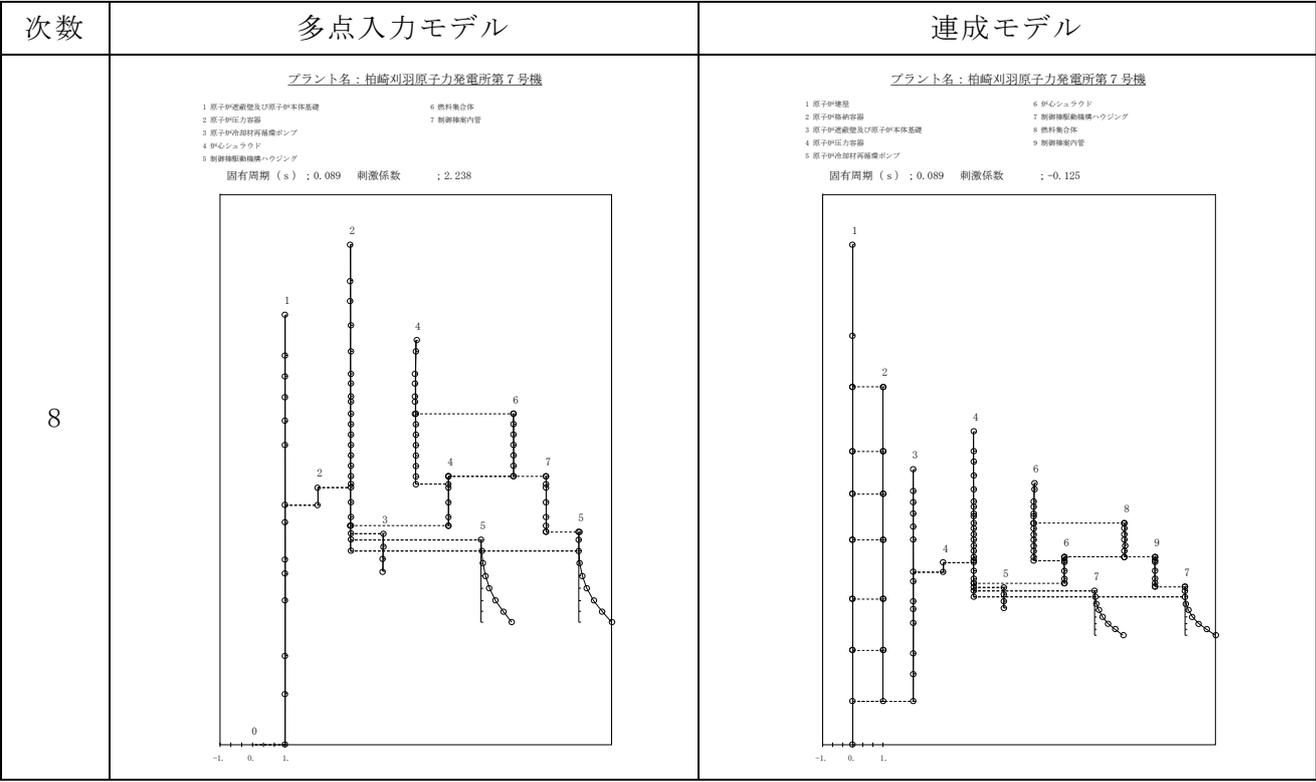
図添 9-1 振動モードの比較 (Sd-1, NS 方向) (5/11)



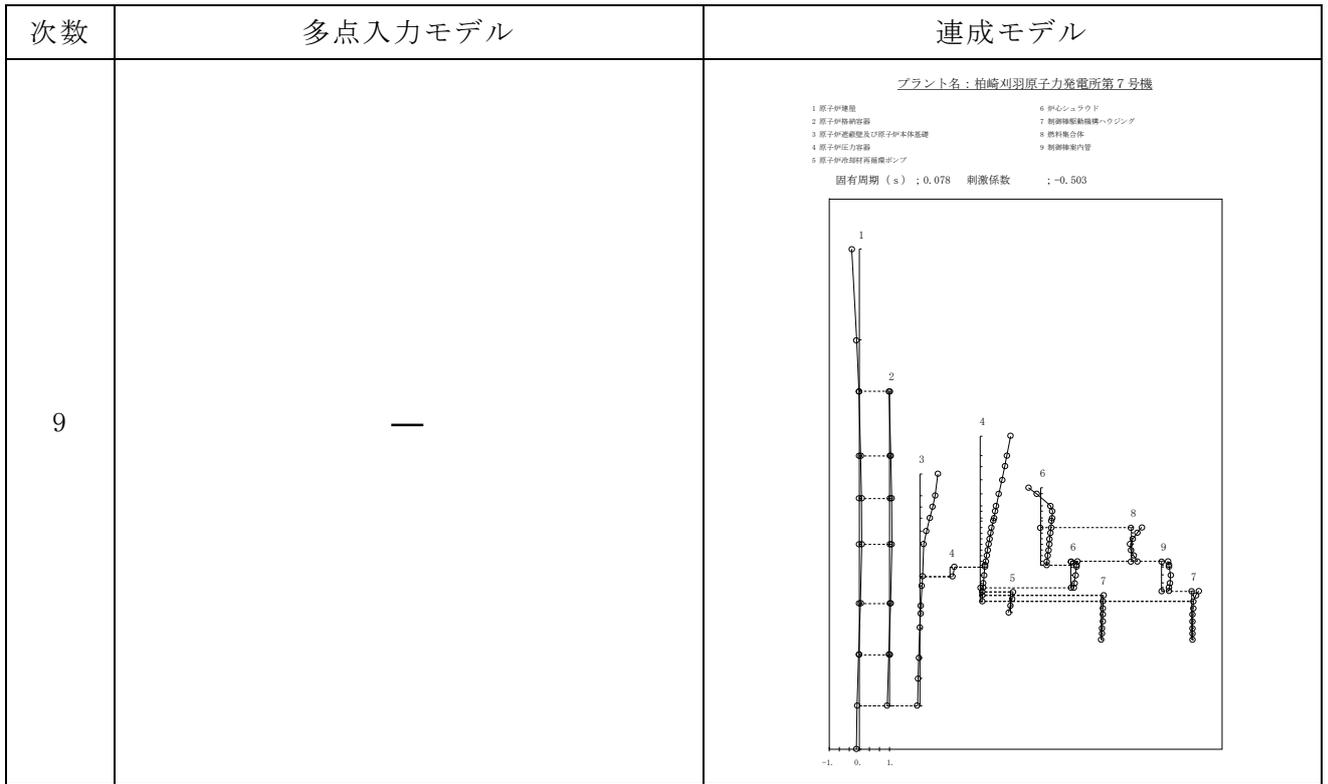
図添 9-1 振動モードの比較 (Sd-1, NS 方向) (6/11)



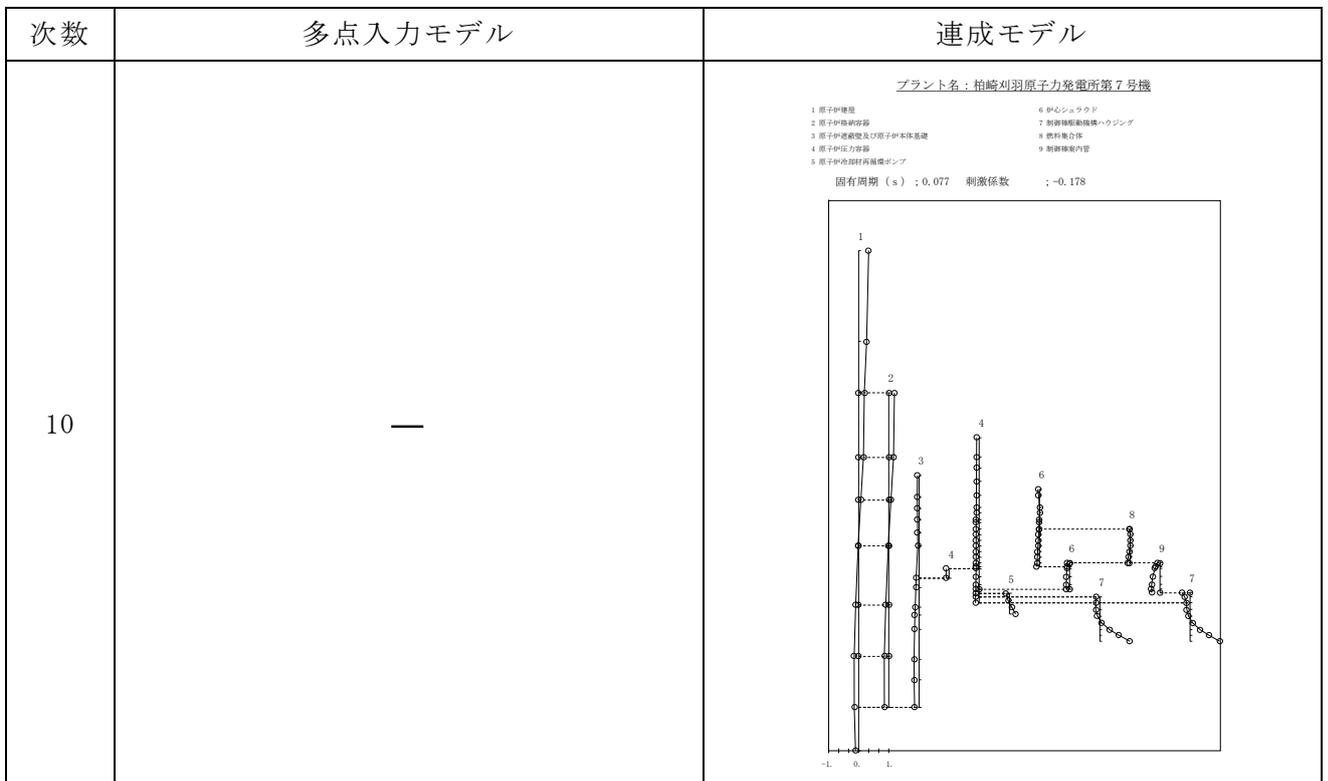
図添 9-1 振動モードの比較 (Sd-1, NS 方向) (7/11)



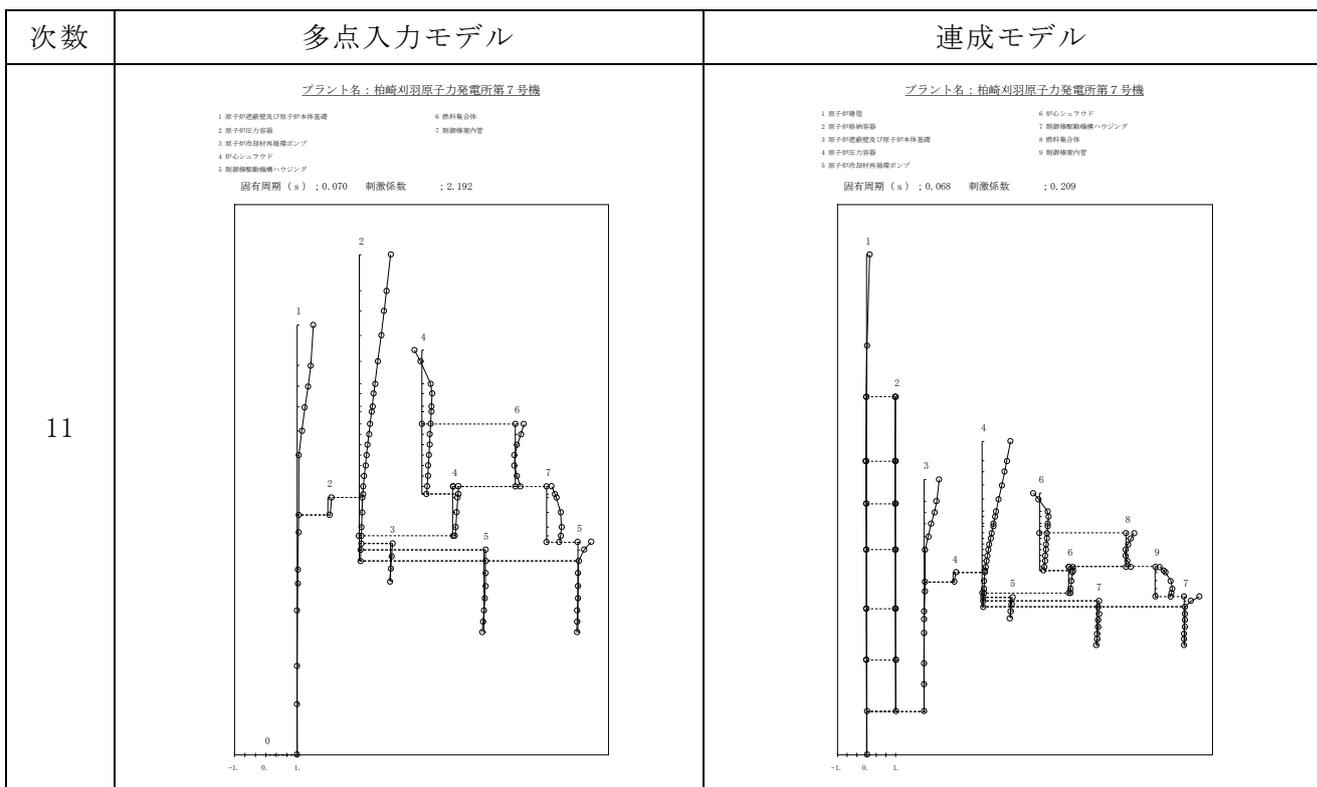
図添 9-1 振動モードの比較 (Sd-1, NS 方向) (8/11)



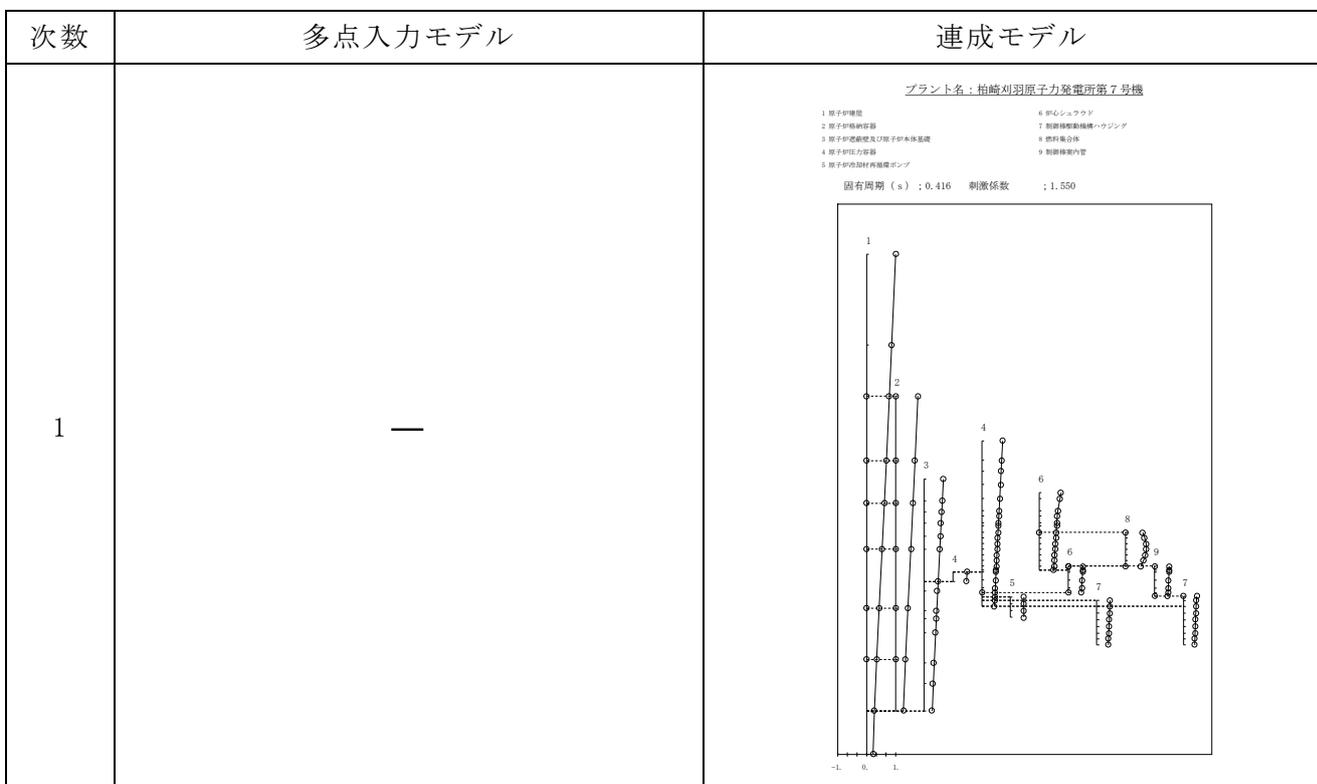
図添 9-1 振動モードの比較 (Sd-1, NS 方向) (9/11)



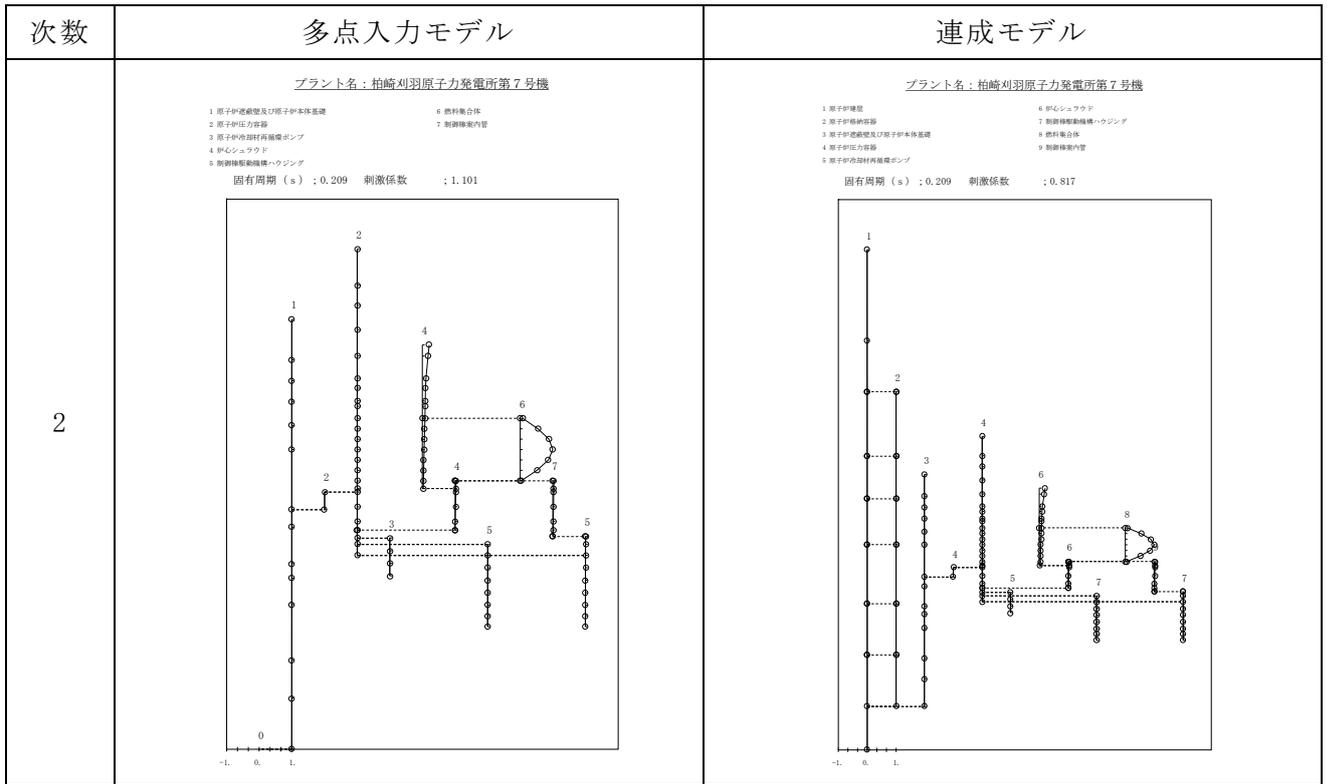
図添 9-1 振動モードの比較 (Sd-1, NS 方向) (10/11)



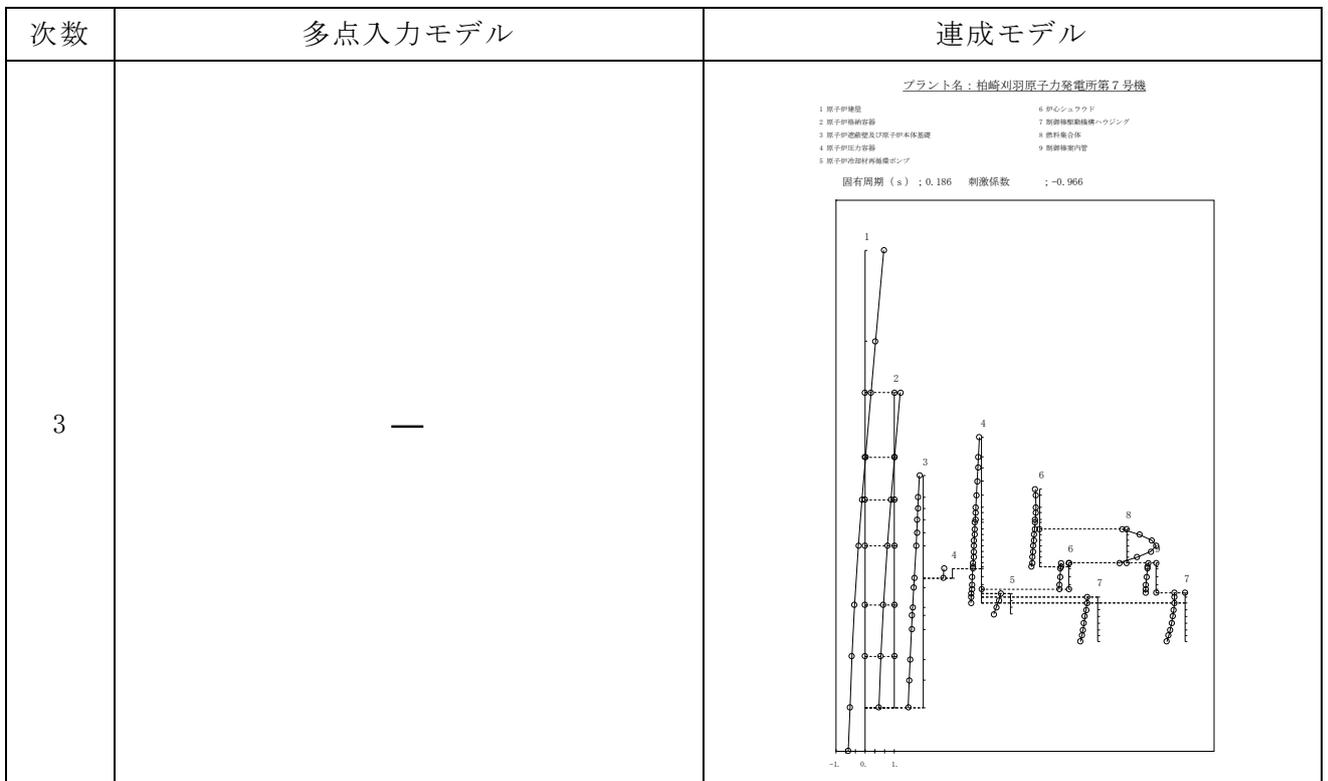
図添 9-1 振動モードの比較 (Sd-1, NS 方向) (11/11)



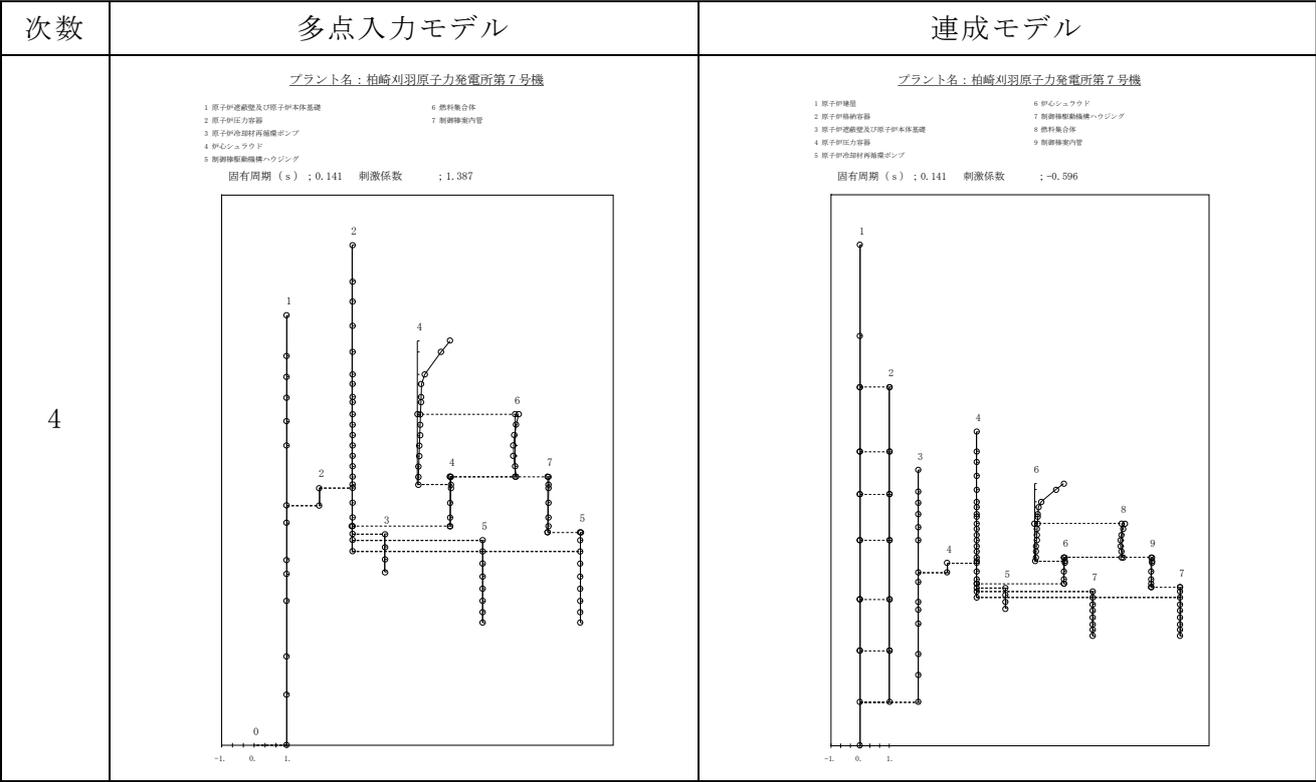
図添 9-2 振動モードの比較 (Sd-1, EW 方向) (1/11)



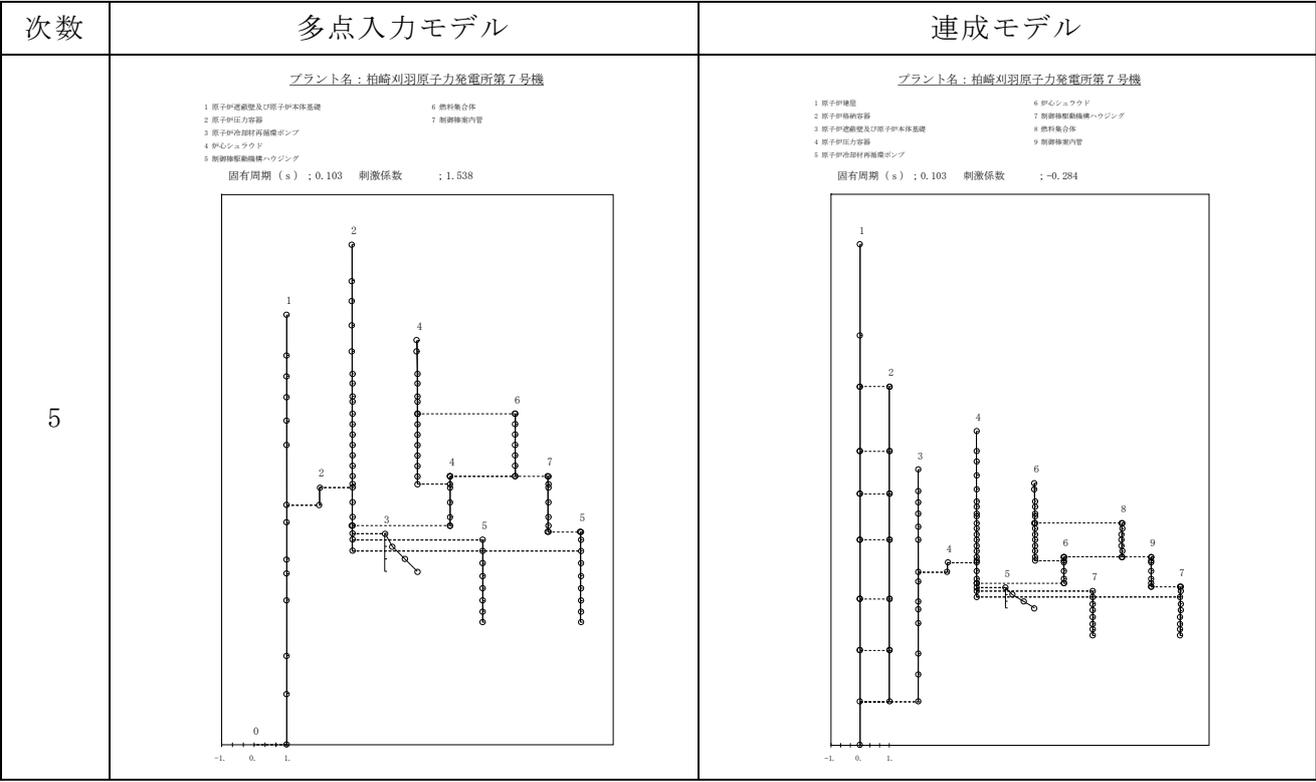
図添 9-2 振動モードの比較 (Sd-1, EW 方向) (2/11)



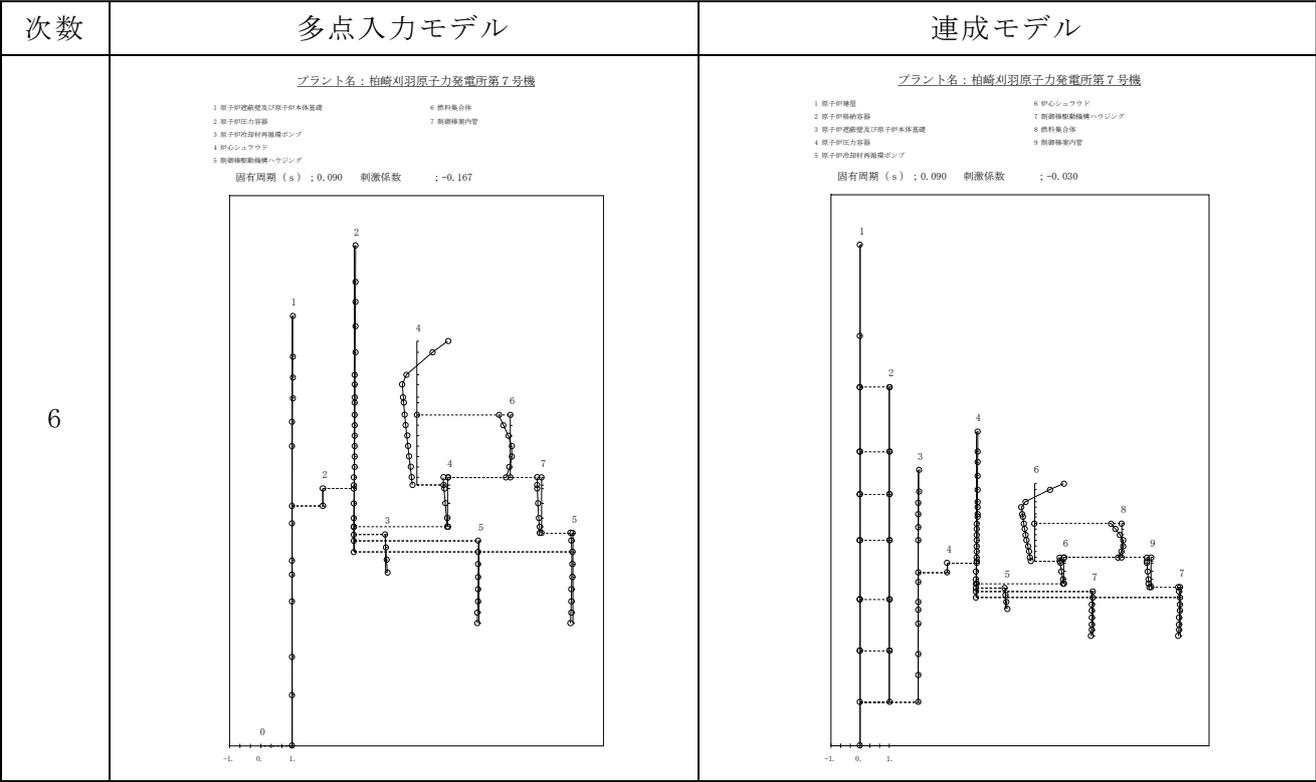
図添 9-2 振動モードの比較 (Sd-1, EW 方向) (3/11)



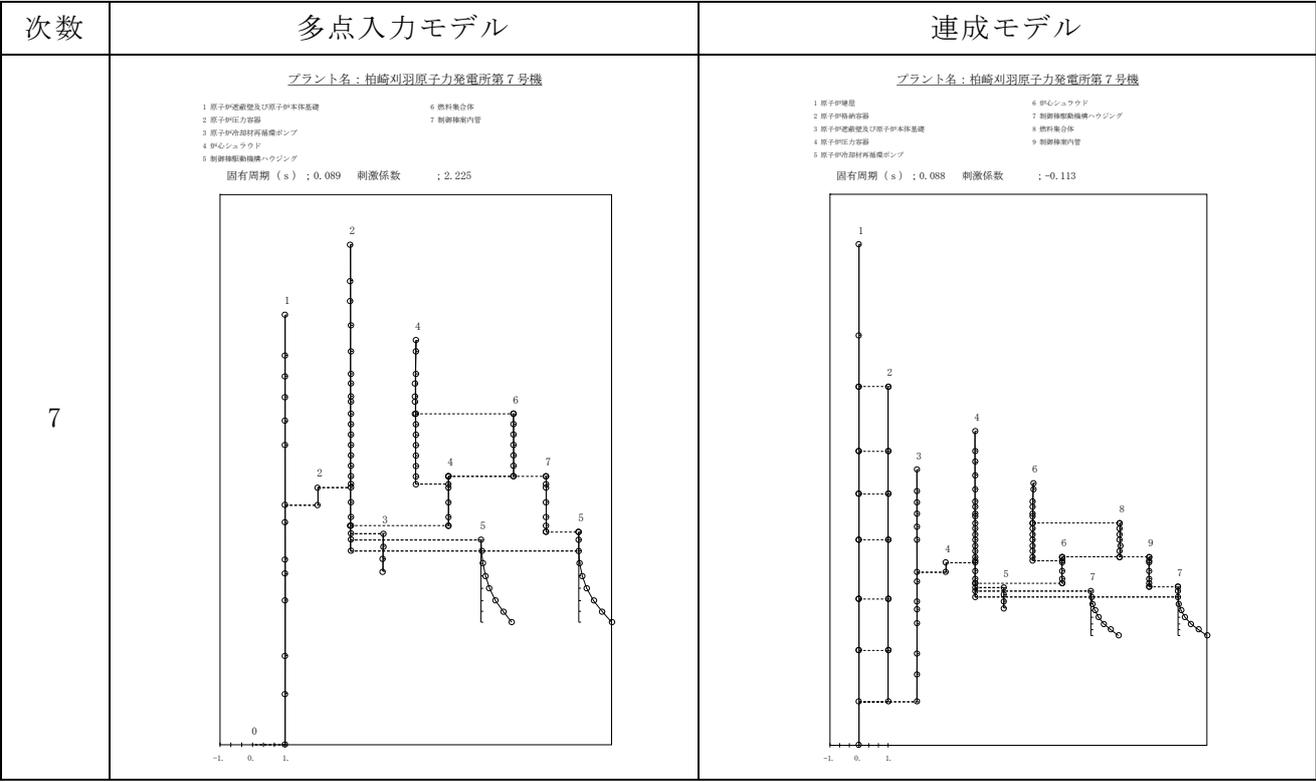
図添 9-2 振動モードの比較 (Sd-1, EW 方向) (4/11)



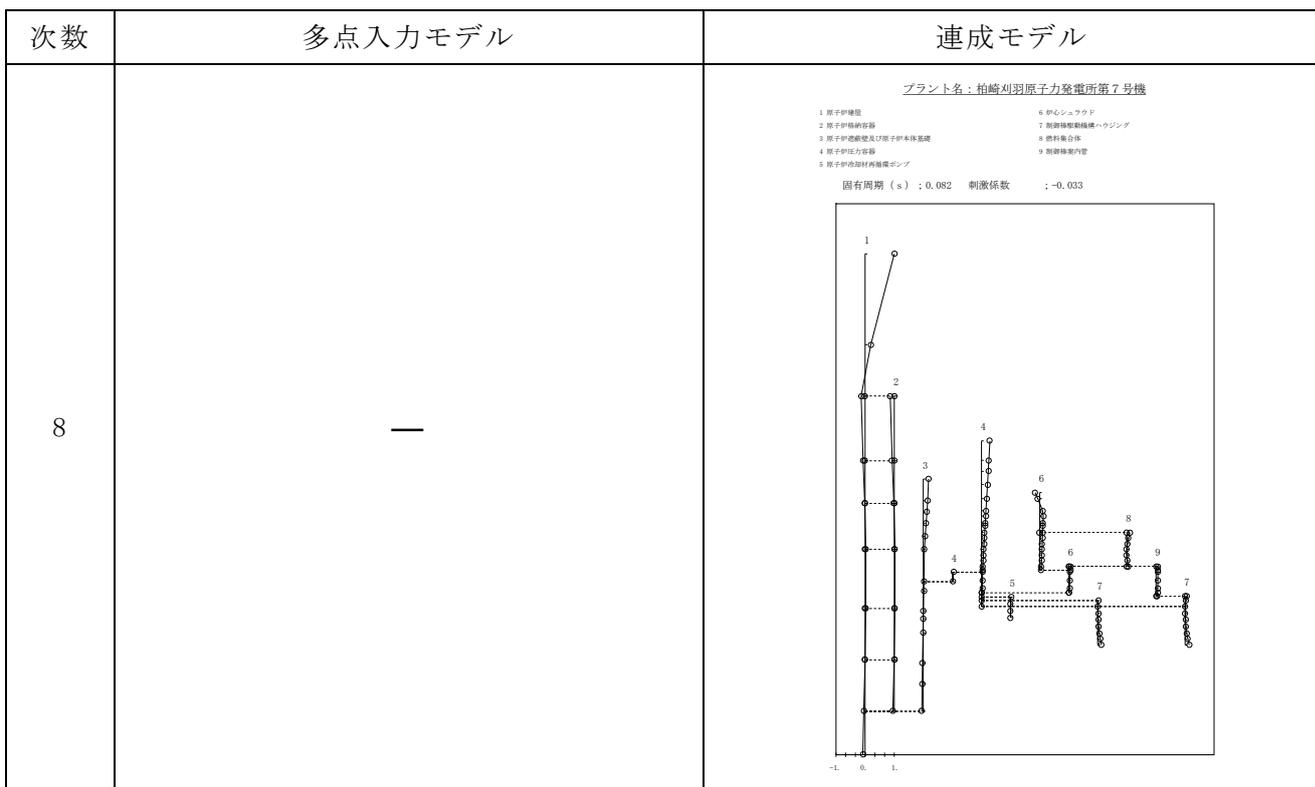
図添 9-2 振動モードの比較 (Sd-1, EW 方向) (5/11)



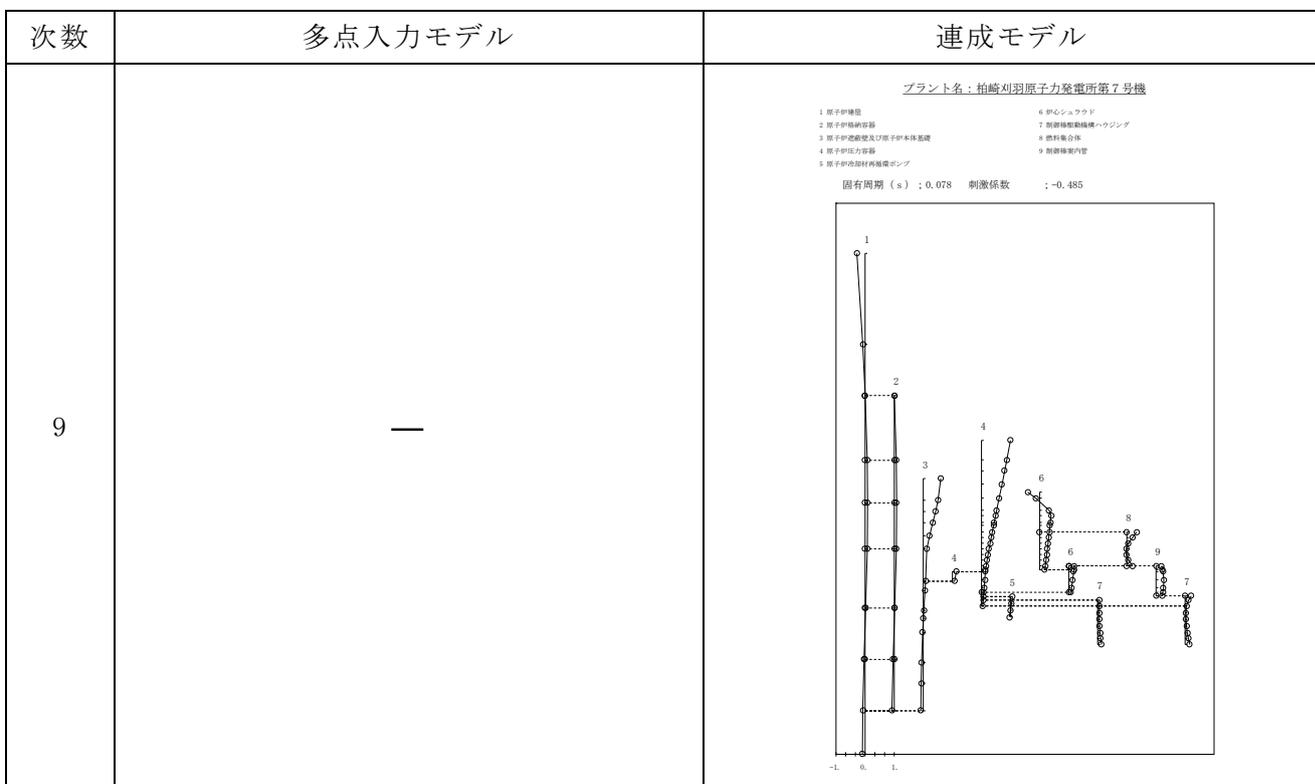
図添 9-2 振動モードの比較 (Sd-1, EW 方向) (6/11)



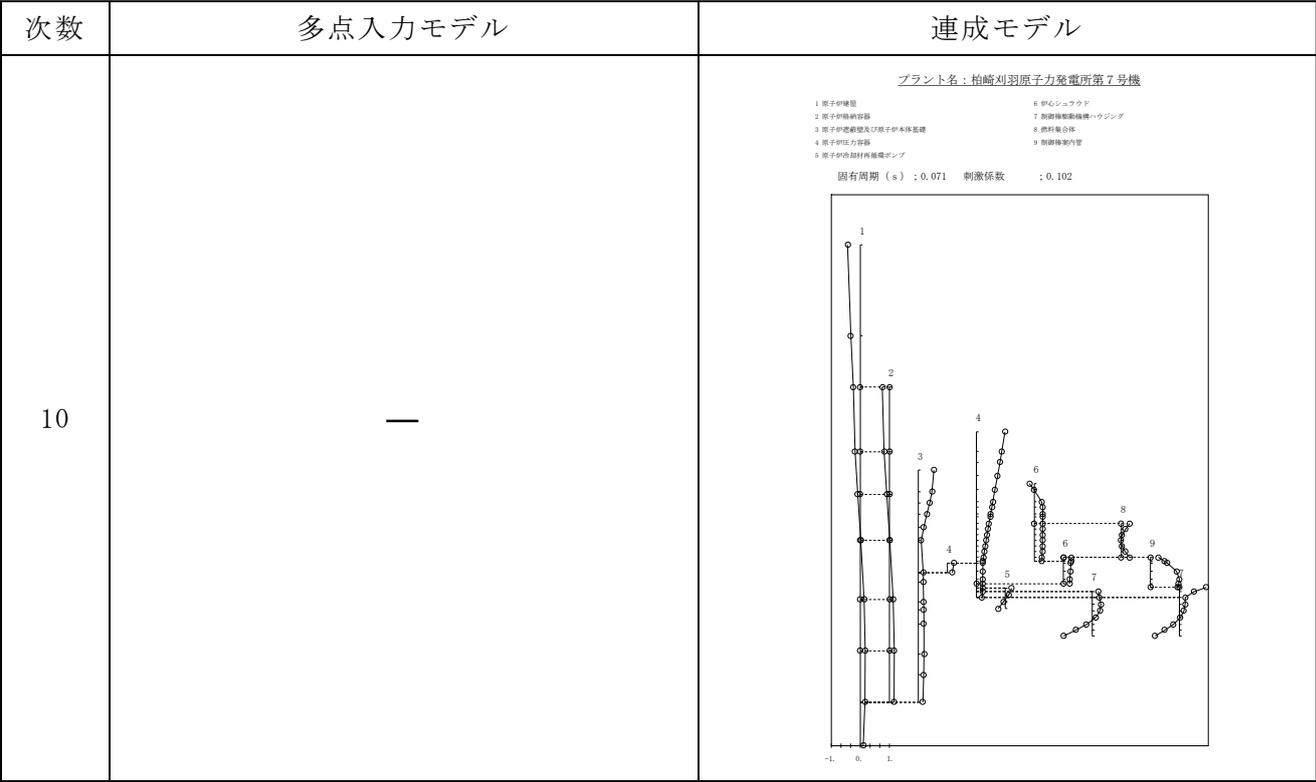
図添 9-2 振動モードの比較 (Sd-1, EW 方向) (7/11)



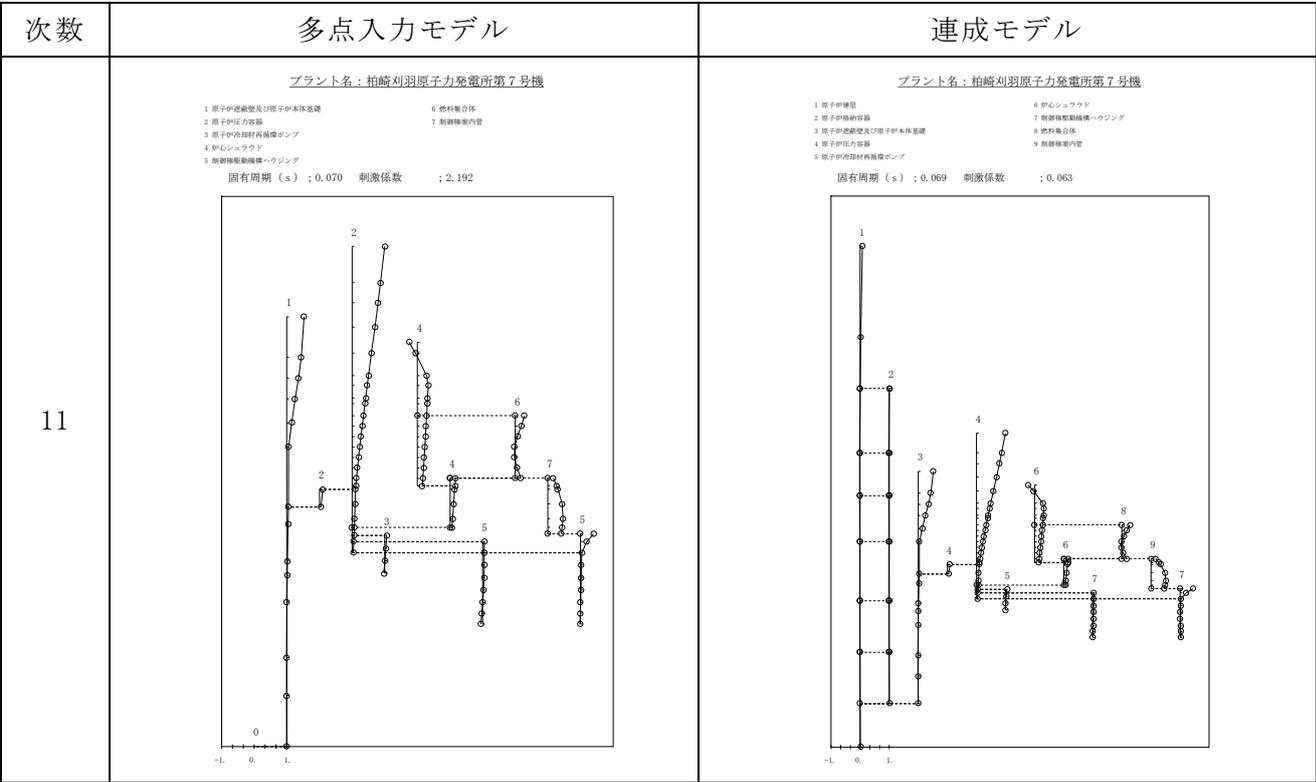
図添 9-2 振動モードの比較 (Sd-1, EW 方向) (8/11)



図添 9-2 振動モードの比較 (Sd-1, EW 方向) (9/11)



図添 9-2 振動モードの比較 (Sd-1, EW 方向) (10/11)



図添 9-2 振動モードの比較 (Sd-1, EW 方向) (11/11)

設計基準対象施設のクラス別施設に関する設置変更許可及び建設時工
事計画認可からの変更点

目 次

1. 概要	1
2. 設置変更許可からの変更点	1
3. 建設時工事計画認可からの重要度分類の変更点	4

添 付 資 料

添付資料1 設置変更許可からの変更点

1. 概要

本資料は、V-2-1-4「耐震重要度分類及び重大事故等対処施設の施設区分の基本方針」のうち、「表2-1 設計基準対象施設の耐震重要度分類に対するクラス別施設」について、設置変更許可段階からの変更点を整理するとともに、建設時工事計画認可からの重要度分類の変更点について整理したものである。

2. 設置変更許可からの変更点

発電用原子炉設置変更許可申請（原規規発第1906194号）からの変更点及び変更理由について、表1のとおり整理した。（変更箇所の詳細は添付資料1参照）

表1 設置変更許可からの変更点 (1/2)

	変更前 (設置変更許可時)	変更後	変更理由	対応 ページ
①	使用済燃料プール	使用済燃料貯蔵プール	工事計画認可申請名称への変更	5
②	サプレッション・チェンバ	サプレッションチェンバ	同上	5, 6, 9
③	逃がし安全弁排気管	主蒸気逃がし安全弁排気管	同上	7, 9
④	シャワ・ドレン系	シャワードレン系	同上	8
⑤	チャンネル・ボックス	チャンネルボックス	同上	5
⑥	—	機器・配管, 電気計装設備等の支持構造物	記載の拡充	8
⑦	原子炉压力容器基礎	原子炉本体基礎	工事計画認可申請名称への変更	5, 6
⑧	非常用電源の燃料油系を支持する構造物	燃料移送系配管ダクト	同上	5, 6
⑨	当該設備に係る屋外コンクリートダクト	—	記載の適正化 (今回工事計画認可申請対象の設備を支持していないため削除)	5, 6
⑩	非常用ガス処理系の排気口を支持する部分	外筒	記載の適正化	6
⑪	7号炉主排気筒	主排気筒 (外筒)	工事計画認可申請名称への変更	6
⑫	—	軽油タンクの基礎	記載の拡充	6

表 1 設置変更許可からの変更点 (2/2)

	変更前 (設置変更許可時)	変更後	変更理由	対応 ページ
⑬	—	燃料移送系配管ダクト	記載の拡充	6
⑭	—	原子炉建屋	同上	7
⑮	—	5号機原子炉建屋	同上	7
⑯	その他	中央制御室天井照明	設計進捗に伴う変更 (波及的影響を考慮すべき施設を具体的に記載)	5, 6
⑰	その他	耐火隔壁	同上	6
⑱	その他	—	設計進捗に伴う変更 (今回工事計画認可段階で波及的影響を考慮すべき施設が明確になったことに伴う削除)	5, 6
⑲	基準地震動	基準地震動 S_s	記載方針の差異	9
⑳	弾性設計用地震動	弾性設計用地震動 S_d	同上	9
㉑	—	*12: 原子炉本体基礎は、間接支持構造物の機能に加えてドライウェルとサプレッションチェンバとの圧力境界となる機能を有する。	記載の拡充 (先行プラントの記載内容を踏まえて追加)	6, 9
㉒	(注 10) 記載内容	*10: 記載内容	記載の拡充 (先行プラントの記載内容を踏まえて具体的に記載)	9

3. 建設時工事計画認可からの重要度分類の変更点
建設時工事計画認可から重要度分類が変更となった対象は、大別して次の2つがある。

①耐津波に関する設備の新規追加（Sクラス）

②非常用ディーゼル発電機等の燃料を貯蔵する設備の格上げ（C→Sクラス）

それぞれの対象設備について表2-1に示す。

また、重要度分類の変更ではないが、検討用地震動が変更になった対象があるため表2-2に示す。

表2-1 建設時工事計画認可から重要度分類が変更となった対象

	設備名称	備考
① 耐津波に関する設備の新規追加 (Sクラス)	<ul style="list-style-type: none"> ・海水貯留堰 ・取水槽閉止板 ・水密扉 ・床ドレンライン浸水防止治具 ・貫通部止水処置 ・津波監視カメラ ・取水槽水位計 	—
② 非常用ディーゼル発電機等の燃料を貯蔵する設備の格上げ (C→Sクラス)	<ul style="list-style-type: none"> ・軽油タンク ・燃料移送配管 ・燃料移送ポンプ 	間接支持構造物 <ul style="list-style-type: none"> ・軽油タンクの基礎 ・燃料移送系配管ダクト

表2-2 検討用地震動が変更となった対象

	設備名称	備考
波及的影響を考慮すべき施設に適用する地震動の変更 (S ₁ (S _d)→S _s)	<ul style="list-style-type: none"> ・原子炉建屋クレーン 	重要度分類の変更ではないが、検討用地震動が変更となった対象のため抽出した

設置変更許可時からの変更点

耐震重要度 分類	機能別分類	主要設備		補助設備		直接支持構造物		間接支持構造物		波及的影響を 考慮すべき施設			
		注1)		注2)		注3)		注4)		注6)			
		適用範囲	耐震 クラス	適用範囲	耐震 クラス	適用範囲	耐震 クラス	適用範囲	耐震 クラス	適用範囲	耐震 クラス		
Sクラス	(I) 原子炉冷却材圧力バウ ンダリを構成する機器・ 配管系	原子炉圧力容器 ・原子炉冷却材圧力バウ ンダリに属する容器・ 配管・ポンプ・弁	S	・隔離弁を閉とするに 必要な電気及び計装 設備	S	・原子炉圧力容器支 持スカート ・機器・配管、電気 計装設備等の支持 構造物	S	・原子炉圧力容器基 礎 ・原子炉建屋 ・コントロール建屋	S	・原子炉建屋 ・タービン建屋 ・燃料取扱機 ・サービス建屋 ・その他 ^⑬	S	・原子炉建屋 ・サービス建屋 ・その他 ^⑬	
		使用済燃料プール ^① ・使用済燃料貯蔵ラック	S	・燃料プール水補給設 備(残留熱除去系 (燃料プール水の補 給に必要な設備)) ・非常用電源及び計装 設備(アイゼン発電 電機及びその冷却 系・補助施設を含 む)	S	・機器・配管、電気 計装設備等の支持 構造物	S	・原子炉建屋 ・コントロール建屋 ・燃料取扱機 ・サービス建屋 ・その他 ^⑬	S	・原子炉建屋 ・タービン建屋 ・燃料取扱機 ・サービス建屋 ・その他 ^⑬	S	・原子炉建屋 ・サービス建屋 ・その他 ^⑬	
	(III) 原子炉の緊急停止のた めに急激に負の反応度を 付加するための施設、及 び原子炉の停止状態を維 持するための施設	制御棒、制御棒駆動機 構及び制御棒駆動水圧 系(スクラム機能に関 する部分)	S	・炉心支持構造物 ・電気計装設備 ・チェーンネル・ボックス ^⑤	S	・機器・配管、電気 計装設備等の支持 構造物	S	・原子炉建屋 ・下部ドライウエ ル ・アクセストンネル	S	・原子炉建屋 ・サービス建屋 ・その他 ^⑬	S	・原子炉建屋 ・サービス建屋 ・その他 ^⑬	
		原子炉隔離時冷却系 ・高圧炉心注水系 ・残留熱除去系 (停止時冷却モード運 転に必要な設備) ・冷却水源としてのサブ レクション・チェンバ ②	S	・当該施設の冷却系 (原子炉補機冷却 系) ・炉心支持構造物 ・非常用電源及び計装 設備(アイゼン発電 電機及びその冷却 系・補助施設を含 む) ・当該施設の機能維持 に必要な空調設備	S	・機器・配管、電気 計装設備等の支持 構造物	S	・原子炉建屋 ・外コンクリートダ クト ^⑨ ・タービン建屋 ・コントロール建屋 (Sクラスの機 器・配管を支持す る部分) ・軽油タンクの基礎 ・非常用電源の燃料 油系を支持する構 造物	S	・原子炉建屋 ・外コンクリートダ クト ^⑨ ・タービン建屋 ・コントロール建屋 (Sクラスの機 器・配管を支持す る部分) ・軽油タンクの基礎 ・非常用電源の燃料 油系を支持する構 造物	S	・原子炉建屋 ・サービス建屋 ・その他 ^⑬	S
	(IV) 原子炉停止後、炉心か ら瞬熱を除去するため の施設	非常用炉心冷却系 1) 高圧炉心注水系 2) 原子炉隔離時冷却 系 3) 残留熱除去系(低圧 注水モード運転に 必要設備) 4) 自動減圧系 ・冷却水源としてのサブ レクション・チェンバ ②	S	・当該施設の冷却系 (原子炉補機冷却 系) ・非常用電源及び計装 設備(アイゼン発電 電機及びその冷却 系・補助施設を含 む) ・中央制御室の遮蔽及 び空調設備 ・当該施設の機能維持 に必要な空調設備	S	・機器・配管、電気 計装設備等の支持 構造物	S	・原子炉建屋 ・タービン建屋 (Sクラスの機 器・配管を支持す る部分) ・外コンクリートダ クト ^⑨ ・コントロール建屋 ・軽油タンクの基礎 ・非常用電源の燃料 油系を支持する構 造物	S	・原子炉建屋 ・タービン建屋 (Sクラスの機 器・配管を支持す る部分) ・外コンクリートダ クト ^⑨ ・コントロール建屋 ・軽油タンクの基礎 ・非常用電源の燃料 油系を支持する構 造物	S	・原子炉建屋 ・サービス建屋 ・その他 ^⑬	S
(V) 原子炉冷却材圧力バウ ンダリ破損事故後、炉心 から瞬熱を除去するた めの施設	原子炉圧力容器 ・原子炉冷却材圧力バウ ンダリに属する機器・ 配管・ポンプ・弁 ・使用済燃料貯蔵プール ^① ・使用済燃料貯蔵ラック	S	・隔離弁を閉とするに 必要な電気及び計装 設備 ・電気計装設備 ・チェーンネル・ボックス ^⑤	S	・原子炉圧力容器支 持スカート ・機器・配管、電気 計装設備等の支持 構造物	S	・原子炉建屋 ・タービン建屋 (Sクラスの機 器・配管を支持す る部分) ・外コンクリートダ クト ^⑨ ・コントロール建屋 ・軽油タンクの基礎 ・非常用電源の燃料 油系を支持する構 造物	S	・原子炉建屋 ・タービン建屋 (Sクラスの機 器・配管を支持す る部分) ・外コンクリートダ クト ^⑨ ・コントロール建屋 ・軽油タンクの基礎 ・非常用電源の燃料 油系を支持する構 造物	S	・原子炉建屋 ・サービス建屋 ・その他 ^⑬	S	・原子炉建屋 ・サービス建屋 ・その他 ^⑬

今回工事計画認可

耐震重要度 分類	機能別分類	主要設備		補助設備		直接支持構造物		間接支持構造物		波及的影響を 考慮すべき施設			
		注1)		注2)		注3)		注4)		注6)			
		適用範囲	耐震 クラス	適用範囲	耐震 クラス	適用範囲	耐震 クラス	適用範囲	耐震 クラス	適用範囲	耐震 クラス		
Sクラス	(I) 原子炉冷却材圧力バウ ンダリを構成する機器・ 配管系	原子炉圧力容器 ・原子炉冷却材圧力バウ ンダリに属する機器・ 配管・ポンプ・弁	S	・隔離弁を閉とするに 必要な電気及び計装 設備	S	・原子炉圧力容器支 持スカート ・機器・配管、電気 計装設備等の支持 構造物	S	・原子炉建屋 ・タービン建屋 ・燃料取扱機 ・サービス建屋 ・その他 ^⑬	S	・原子炉建屋 ・サービス建屋 ・その他 ^⑬	S	・原子炉建屋 ・サービス建屋 ・その他 ^⑬	
		使用済燃料貯蔵プール ^① ・使用済燃料貯蔵ラック	S	・燃料プール水補給設 備(残留熱除去系 (燃料プール水の補 給に必要な設備)) ・非常用電源及び計装 設備(アイゼン発電 電機及びその冷却 系・補助施設を含 む)	S	・機器・配管、電気 計装設備等の支持 構造物	S	・原子炉建屋 ・コントロール建屋 ・燃料取扱機 ・サービス建屋 ・その他 ^⑬	S	・原子炉建屋 ・タービン建屋 ・燃料取扱機 ・サービス建屋 ・その他 ^⑬	S	・原子炉建屋 ・サービス建屋 ・その他 ^⑬	
	(III) 原子炉の緊急停止のた めに急激に負の反応度を 付加するための施設、及 び原子炉の停止状態を維 持するための施設	制御棒、制御棒駆動機 構及び制御棒駆動水圧 系(スクラム機能に関 する部分)	S	・炉心支持構造物 ・電気計装設備 ・チェーンネル・ボックス ^⑤	S	・機器・配管、電気 計装設備等の支持 構造物	S	・原子炉建屋 ・下部ドライウエ ル ・アクセストンネル	S	・原子炉建屋 ・サービス建屋 ・その他 ^⑬	S	・原子炉建屋 ・サービス建屋 ・その他 ^⑬	
		原子炉隔離時冷却系 ・高圧炉心注水系 ・残留熱除去系 (停止時冷却モード運 転に必要な設備) ・冷却水源としてのサブ レクション・チェンバ ②	S	・当該施設の冷却系 (原子炉補機冷却 系) ・炉心支持構造物 ・非常用電源及び計装 設備(アイゼン発電 電機及びその冷却 系・補助施設を含 む) ・当該施設の機能維持 に必要な空調設備	S	・機器・配管、電気 計装設備等の支持 構造物	S	・原子炉建屋 ・外コンクリートダ クト ^⑨ ・タービン建屋 ・コントロール建屋 (Sクラスの機 器・配管を支持す る部分) ・軽油タンクの基礎 ・非常用電源の燃料 油系を支持する構 造物	S	・原子炉建屋 ・外コンクリートダ クト ^⑨ ・タービン建屋 ・コントロール建屋 (Sクラスの機 器・配管を支持す る部分) ・軽油タンクの基礎 ・非常用電源の燃料 油系を支持する構 造物	S	・原子炉建屋 ・サービス建屋 ・その他 ^⑬	S
	(IV) 原子炉停止後、炉心か ら瞬熱を除去するた めの施設	非常用炉心冷却系 1) 高圧炉心注水系 2) 原子炉隔離時冷却 系 3) 残留熱除去系(低圧 注水モード運転に 必要設備) 4) 自動減圧系 ・冷却水源としてのサブ レクション・チェンバ ②	S	・当該施設の冷却系 (原子炉補機冷却 系) ・非常用電源及び計装 設備(アイゼン発電 電機及びその冷却 系・補助施設を含 む) ・中央制御室の遮蔽及 び空調設備 ・当該施設の機能維持 に必要な空調設備	S	・機器・配管、電気 計装設備等の支持 構造物	S	・原子炉建屋 ・タービン建屋 (Sクラスの機 器・配管を支持す る部分) ・外コンクリートダ クト ^⑨ ・コントロール建屋 ・軽油タンクの基礎 ・非常用電源の燃料 油系を支持する構 造物	S	・原子炉建屋 ・タービン建屋 (Sクラスの機 器・配管を支持す る部分) ・外コンクリートダ クト ^⑨ ・コントロール建屋 ・軽油タンクの基礎 ・非常用電源の燃料 油系を支持する構 造物	S	・原子炉建屋 ・サービス建屋 ・その他 ^⑬	S
(V) 原子炉冷却材圧力バウ ンダリ破損事故後、炉心 から瞬熱を除去するた めの施設	原子炉圧力容器 ・原子炉冷却材圧力バウ ンダリに属する機器・ 配管・ポンプ・弁 ・使用済燃料貯蔵プール ^① ・使用済燃料貯蔵ラック	S	・隔離弁を閉とするに 必要な電気及び計装 設備 ・電気計装設備 ・チェーンネル・ボックス ^⑤	S	・原子炉圧力容器支 持スカート ・機器・配管、電気 計装設備等の支持 構造物	S	・原子炉建屋 ・タービン建屋 (Sクラスの機 器・配管を支持す る部分) ・外コンクリートダ クト ^⑨ ・コントロール建屋 ・軽油タンクの基礎 ・非常用電源の燃料 油系を支持する構 造物	S	・原子炉建屋 ・タービン建屋 (Sクラスの機 器・配管を支持す る部分) ・外コンクリートダ クト ^⑨ ・コントロール建屋 ・軽油タンクの基礎 ・非常用電源の燃料 油系を支持する構 造物	S	・原子炉建屋 ・サービス建屋 ・その他 ^⑬	S	・原子炉建屋 ・サービス建屋 ・その他 ^⑬

■ : 今回工事計画認可と設置変更許可の変更点
○数字は表1の左端の番号に対応している

設置変更許可

耐震重要度 分類	機能別分類	主要設備		補助設備		直接支持構造物		間接支持構造物		波及的影響を 考慮すべき施設	
		適用範囲	耐震 クラス	適用範囲	耐震 クラス	適用範囲	耐震 クラス	適用範囲	耐震 クラス	適用範囲	耐震 クラス
Sクラス	(VI) 原子炉冷却材圧力バウ ンダリ破損事故の際に、 圧力降壓となり放射性物 質の放散を直接防ぐため の施設 (VII) 放射性物質の放出を伴 うような事故の際に、そ の外部放散を抑制するた めの施設であり、Sクラ ス(VI)以外の施設	原子炉格納容器 ・格納容器バウンダリに 属する配管・弁	S	隔離弁を閉とするに 必要な電気及び計装 設備	S	機器・配管、電気 計装設備等の支持 構造物	原子炉建屋 ・コントロール建屋	Ss	原子炉ウエル遮蔽 プラダ ・サービズ建屋 ・その他 ¹⁵	Ss	
		残留熱除去系 (格納容器スプレィ冷 却モードの運転に必要 な設備) ・可燃性ガス濃度制御系 ・原子炉建屋原子炉区域 ・非常用ガス処理系及び 排気口 ・原子炉格納容器圧力抑 制装置 (ダイヤフラムフロ ア・ベント管) ・冷却水としてサブ レシジョン・チェンバ ②	S	当該施設の冷却系 (原子炉補機冷却 系) ・非常用電源及び計装 設備(ディーゼル発 電機及びその冷却 系・補助施設を含む) ・当該施設の機能維持 に必要な空調設備	S	機器・配管、電気 計装設備等の支持 構造物	原子炉建屋 ・主排気筒(非常用 ガス処理系の排気 口を支持する部 分) ¹⁰ ・タービン建屋 (Sクラスの機 器・配管を支持す る部分) ・当該設備に係る屋 外コンクリートダ クト ・コントロール建屋 ・軽油タンクの基礎 ・非常用電源の燃料 油系を支持する構 造物 ⁷	Ss Ss Ss Ss Ss Ss	サービズ建屋 ・その他 ¹⁷	Ss Ss	
		海水貯留堰 ・取水槽閉止板 ・水密扉 ・床ドレンライン浸水防 止治具 ・貫通部止水処置	S	—	—	S	タービン建屋 (浸水防止設備を 支持する部分)	Ss	その他 ¹⁸	Ss	
		津波監視カメラ ・取水槽水位計	S	非常用電源及び計装 設備(ディーゼル発 電機及びその冷却 系・補助施設を含 む)	S	電気計装設備等の支 持構造物	7号炉主排気筒 ¹¹ ・タービン建屋 (津波監視設備を 支持する部分) ・軽油タンクの基礎 ・非常用電源の燃料 油系を支持する構 造物 ⁸	Ss Ss	その他 ¹⁸	Ss	
(X) その他		ほう酸水注入系 ^{注7)} ・圧力容器内部構造物 ^{注8)}	S	非常用電源及び計装 設備(ディーゼル発 電機及びその冷却 系・補助施設を含 む)	S	機器・配管、電気 計装設備等の支持 構造物	原子炉建屋 ・コントロール建屋 ・原子炉圧力容器基 礎 ⁷	Ss Ss Ss	サービズ建屋 ・その他 ¹⁸	Ss Ss	
			S		S						

今回工事計画認可

耐震重要度 分類	機能別分類	主要設備		補助設備		直接支持構造物		間接支持構造物		波及的影響を 考慮すべき施設	
		適用範囲	耐震 クラス	適用範囲	耐震 クラス	適用範囲	耐震 クラス	適用範囲	耐震 クラス	適用範囲	耐震 クラス
Sクラス	(VI) 原子炉冷却材圧力バウ ンダリ破損事故の際に、 圧力降壓となり放射性物 質の放散を直接防ぐため の施設 (VII) 放射性物質の放出を伴 うような事故の際に、そ の外部放散を抑制するた めの施設であり、Sクラ ス(VI)以外の施設	原子炉格納容器 ・格納容器バウンダリに 属する配管・弁	S	隔離弁を閉とするに 必要な電気及び計装 設備	S	機器・配管、電気 計装設備等の支持 構造物	原子炉建屋 ・コントロール建屋	Ss	原子炉ウエル遮蔽 プラダ ・サービズ建屋 ・中央制御室天井照 明 ¹⁶	Ss	
		残留熱除去系 (格納容器スプレィ冷 却モードの運転に必要 な設備) ・可燃性ガス濃度制御系 ・原子炉建屋原子炉区域 ・非常用ガス処理系及び 排気口 ・原子炉格納容器圧力抑 制装置 (ダイヤフラムフロ ア・ベント管) ・冷却水としてサブ レシジョン・チェンバ ②	S	当該施設の冷却系 (原子炉補機冷却 系) ・非常用電源及び計装 設備(ディーゼル発 電機及びその冷却 系・補助施設を含む) ・当該施設の機能維持 に必要な空調設備	S	機器・配管、電気 計装設備等の支持 構造物	原子炉建屋 ¹⁰ ・主排気筒(外筒) ・タービン建屋 (Sクラスの機 器・配管を支持す る部分) ・コントロール建屋 ・軽油タンクの基礎 ・非常用電源の燃料 油系を支持する構 造物 ⁸ ・原子炉圧力容器基 礎 ²¹	Ss Ss Ss Ss Ss Ss	サービズ建屋 ・耐火隔壁 ¹⁷	Ss Ss	
		海水貯留堰 ・取水槽閉止板 ・水密扉 ・床ドレンライン浸水防 止治具 ・貫通部止水処置	S	—	—	S	タービン建屋 (浸水防止設備を 支持する部分)	Ss	—	—	
		津波監視カメラ ・取水槽水位計	S	非常用電源及び計装 設備(ディーゼル発 電機及びその冷却 系・補助施設を含 む)	S	電気計装設備等の支 持構造物	主排気筒(外筒) ¹¹ ・タービン建屋 (津波監視設備を 支持する部分) ・軽油タンクの基礎 ・燃料移送系配管ダ クト ⁹ ・原子炉建屋 ・コントロール建屋 ・軽油タンクの基礎 ・燃料移送系配管ダ クト ¹² ・原子炉圧力容器基 礎 ¹³	Ss Ss Ss Ss Ss Ss	—	—	
(X) その他		ほう酸水注入系 ^{注7)} ・圧力容器内部構造物 ^{注8)}	S	非常用電源及び計装 設備(ディーゼル発 電機及びその冷却 系・補助施設を含 む)	S	機器・配管、電気 計装設備等の支持 構造物	原子炉建屋 ・コントロール建屋 ・原子炉本体基礎 ⁷ ・軽油タンクの基礎 ・燃料移送系配管ダ クト ¹³	Ss Ss Ss Ss	サービズ建屋	Ss	
			S		S						

■ : 今回工事計画認可と設置変更許可の変更点
○数字は表1の左端の番号に対応している

設置変更許可

耐震重要度 分類	機能別分類	主要設備		補助設備		直接支持構造物		間接支持構造物		注4) 検討用 地震動 注6)
		適用範囲	耐震 クラス	適用範囲	耐震 クラス	適用範囲	耐震 クラス	適用範囲	耐震 クラス	
Bクラス	(I) 原子炉冷却材圧力バウ ンダリに直接接続されて いて、一次冷却材を内蔵 しているか又は内蔵し得 る施設	主蒸気系（原子炉格納容器 外側主蒸気隔離弁からター ビン主蒸気止め弁まで） ③ ・逃がし安全弁装置	B 注9) B 注10)	—	—	機器・配管等の支持構造物	B 注9)	原子炉建屋 （原子炉格納容器外側主蒸 気止め弁までの配管・弁を 支持する部分） ・タービン建屋 ・原子炉建屋 ・タービン建屋 ・廃棄物処理建屋 ・廃却炉建屋	S _d S _d	
	(II) 放射性廃棄物を内蔵し ている施設（ただし、内 蔵量が少ない又は貯蔵方 式により、その破損によ り公衆に与える放射線 影響が「周辺監視区域」 外における年間線量限 度（比ベ十分小さいもの は除く）	主蒸気系及び給水系 ・原子炉冷却材浄化系 ・放射性廃棄物処理施設 ただし、Cクラスに属する ものは除く	B B B B B B B B B	—	—	機器・配管等の支持構造物	B	原子炉建屋 ・タービン建屋 ・タービン建屋 ・ペダスタル ・廃棄物処理建屋	S _B S _B S _B S _B S _B S _B	
	(III) 放射性廃棄物以外の放 射性物質に関連した施設 で、その破損により、公 衆及び従事者に過大な放 射線被ばくを与える可能 性のある施設	蒸気タービン、水分蒸加 熱器、復水器、給水加熱器 及びその主要配管 ・復水浄化系 ・燃料プールの冷却浄化系 ・サブプレッションプール浄化 系 ・放射線低減効果の大きい遮 蔽 ・制御棒駆動水圧系（放射性 流体を内蔵する部分、ただ し、スクラム機能に関する ものを除く） ・原子炉建屋クレーン ・燃料取扱機 ・制御棒貯蔵ラック ・燃料プール冷却浄化系	B B B B B B B B B B B B	—	—	機器・配管等の支持構造物	B	原子炉建屋 ・タービン建屋 ・タービン建屋 ・コントロール建屋	S _B S _B S _B —	
	(IV) 使用済燃料を冷却する ための施設	—	—	—	—	—	—	—	—	
	(V) 放射性物質の放出を伴 うような場合に、その外部 放散を抑制するための施 設で、Sクラスに属さない 施設	—	—	—	—	—	—	—	—	

今回工事計画認可

耐震重要度 分類	機能別分類	主要設備		補助設備		直接支持構造物		間接支持構造物		注4) 検討用 地震動 注6)
		適用範囲	耐震 クラス	適用範囲	耐震 クラス	適用範囲	耐震 クラス	適用範囲	耐震 クラス	
Bクラス	(I) 原子炉冷却材圧力バウ ンダリに直接接続されて いて、一次冷却材を内蔵 しているか又は内蔵し得 る施設	主蒸気系（原子炉格納容器 外側主蒸気隔離弁からター ビン主蒸気止め弁まで） ③ ・主蒸気逃がし安全弁装置 ③ ・主蒸気系及び給水系 ・原子炉冷却材浄化系 ・放射性廃棄物処理施設 ただし、Cクラスに属する ものは除く	B 注9) B 注10)	—	—	機器・配管等の支持構造物	B 注9)	原子炉建屋 （原子炉格納容器外側主蒸 気止め弁までの配管・弁を 支持する部分） ・タービン建屋 ・原子炉建屋 ・タービン建屋 ・5号機原子炉建屋 ⑮	S _d S _d	
	(II) 放射性廃棄物を内蔵し ている施設（ただし、内 蔵量が少ない又は貯蔵方 式により、その破損によ り公衆に与える放射線 影響が「周辺監視区域」 外における年間線量限 度（比ベ十分小さいもの は除く）	蒸気タービン、水分蒸加 熱器、復水器、給水加熱器 及びその主要配管 ・復水浄化系 ・復水貯蔵槽 ・燃料プールの冷却浄化系 ・サブプレッションプール浄化 系 ・放射線低減効果の大きい遮 蔽 ・制御棒駆動水圧系（放射性 流体を内蔵する部分、ただ し、スクラム機能に関する ものを除く） ・原子炉建屋クレーン ・燃料取扱機 ・制御棒貯蔵ラック ・燃料プール冷却浄化系	B B B B B B B B B B B B	—	—	機器・配管等の支持構造物	B	原子炉建屋 ・タービン建屋 ・タービン建屋 ・ペダスタル ・廃棄物処理建屋	S _B S _B S _B S _B S _B S _B S _B	
	(III) 放射性廃棄物以外の放 射性物質に関連した施設 で、その破損により、公 衆及び従事者に過大な放 射線被ばくを与える可能 性のある施設	蒸気タービン、水分蒸加 熱器、復水器、給水加熱器 及びその主要配管 ・復水浄化系 ・復水貯蔵槽 ・燃料プールの冷却浄化系 ・サブプレッションプール浄化 系 ・放射線低減効果の大きい遮 蔽 ・制御棒駆動水圧系（放射性 流体を内蔵する部分、ただ し、スクラム機能に関する ものを除く） ・原子炉建屋クレーン ・燃料取扱機 ・制御棒貯蔵ラック ・燃料プール冷却浄化系	B B B B B B B B B B B B	—	—	機器・配管等の支持構造物	B	原子炉建屋 ・タービン建屋 ・タービン建屋 ・ペダスタル ・廃棄物処理建屋	S _B S _B S _B S _B S _B S _B S _B	
	(IV) 使用済燃料を冷却する ための施設	—	—	—	—	—	—	—	—	
	(V) 放射性物質の放出を伴 うような場合に、その外部 放散を抑制するための施 設で、Sクラスに属さない 施設	—	—	—	—	—	—	—	—	

■ : 今回工事計画認可と設置変更許可の変更点
○数字は表1の左端の番号に対応している

設置変更許可

耐震重要度 分類	機能別分類	注1) 主要設備		注2) 補助設備		注3) 直接支持構造物		注4) 間接支持構造物		検討用 地震動 注6)
		適用範囲	耐震 クラス	適用範囲	耐震 クラス	適用範囲	耐震 クラス	適用範囲	耐震 クラス	
Cクラス	(I) 原子炉の反応度を制御するための施設でSクラス及びBクラスに属さない施設 (II) 放射性物質を内蔵しているか、又はこれに関連した施設でSクラス及びBクラスに属さない施設 (III) 放射線安全に関係しない施設等	冷却材再循環流量制御装置 制御駆動系 (Sクラス及びBクラスに属さない部分)	C C	—	—	—	—	原子炉建屋 コントロール建屋 廃棄物処理建屋	S C C	
		放射線取系 シフト・ドレン系④ 洗濯廃液系 固体廃棄物貯蔵施設 雑固体系 (雑固体廃棄物処理設備を除く) 新燃料貯蔵庫 使用済燃料輸送容器保管施設 その他	C C C C C C C C	—	—	機器・配管、電気計装設備等の支持構造物	C	原子炉建屋 タービン建屋 廃却炉建屋 ランドリ建屋 廃棄物処理建屋 コントロール建屋 サービシ建屋 使用済燃料輸送容器保管建屋	S C C C C C C C	
		循環水系 タービン補機冷却系 所内ボイラ 消火系 開閉所、発電機、変圧器 換気空調系 (Sクラスの換気空調系以外のもの) タービン建屋クレーン 圧縮空気系 5号機原子炉建屋内緊急時対策所 その他	C C C C C C C C C C	C	5号機原子炉建屋内緊急時対策所計装設備・通信連絡設備	機器・配管、電気計装設備等の支持構造物	C	原子炉建屋 タービン建屋 補助ボイラ建屋 当該施設の支持構造物 コントロール建屋 サービシ建屋 廃棄物処理建屋 5号機原子炉建屋	S C C C C C C C	

今回工事計画認可

耐震重要度 分類	機能別分類	注1) 主要設備		注2) 補助設備		注3) 直接支持構造物		注4) 間接支持構造物		検討用 地震動 注6)
		適用範囲	耐震 クラス	適用範囲	耐震 クラス	適用範囲	耐震 クラス	適用範囲	耐震 クラス	
Cクラス	(I) 原子炉の反応度を制御するための施設でSクラス及びBクラスに属さない施設 (II) 放射性物質を内蔵しているか、又はこれに関連した施設でSクラス及びBクラスに属さない施設 (III) 放射線安全に関係しない施設等	冷却材再循環流量制御装置 制御駆動系 (Sクラス及びBクラスに属さない部分)	C C	—	—	機器・配管、電気計装設備等の支持構造物⑥	C	原子炉建屋 コントロール建屋 廃棄物処理建屋	S C C	
		放射線取系 シフト・ドレン系④ 洗濯廃液系 固体廃棄物貯蔵施設 雑固体系 (雑固体廃棄物処理設備を除く) 新燃料貯蔵庫 使用済燃料輸送容器保管施設 その他	C C C C C C C C	—	—	機器・配管、電気計装設備等の支持構造物	C	原子炉建屋 タービン建屋 廃却炉建屋 ランドリ建屋 廃棄物処理建屋 コントロール建屋 サービシ建屋 使用済燃料輸送容器保管建屋	S C C C C C C C	
		循環水系 タービン補機冷却系 所内ボイラ 消火系 開閉所、発電機、変圧器 換気空調系 (Sクラスの換気空調系以外のもの) タービン建屋クレーン 圧縮空気系 5号機原子炉建屋内緊急時対策所 その他	C C C C C C C C C	C	5号機原子炉建屋内緊急時対策所計装設備・通信連絡設備	機器・配管、電気計装設備等の支持構造物	C	原子炉建屋 タービン建屋 補助ボイラ建屋 当該施設の支持構造物 コントロール建屋 サービシ建屋 廃棄物処理建屋 5号機原子炉建屋	S C C C C C C C	

■ : 今回工事計画認可と設置変更許可の変更点
○数字は表1の左端の番号に対応している

設置変更許可
<p>(注1) 主要設備とは、当該機能に直接的に関連する設備をいう。 (注2) 補助設備とは、当該機能に間接的に関連し、主要設備の補助的役割を持つ設備をいう。 (注3) 直接支持構造物とは、主要設備、補助設備に直接取り付けられる支持構造物、若しくはこれらの設備の荷重を直接的に受ける構造物をいう。 (注4) 間接支持構造物とは、直接支持構造物から伝達される荷重を受ける構造物（建物・構築物）をいう。 (注5) 波及的影響を考慮すべき施設とは、下位の耐震クラスに属するものの破損等によって上位の分類に属するものに波及的影響を及ぼすおそれのある施設をいう。 (注6) S_s : 基準地震動により定まる地震力。 S_d : 弾性設計用地震動により定まる地震力。 S_B : 耐震Bクラス施設に適用される地震力。 S_C : 耐震Cクラス施設に適用される静的地震力。 (注7) ほう酸水注入系は、安全機能の重要度を考慮して、Sクラスに準ずる。 (注8) 圧力容器内部構造物は、炉内にあることの重要性からSクラスに準ずる。 (注9) Bクラスではあるが、弾性設計用地震動に対し破損しないことの検討を行うものとする。 (注10) 地震により逃がし安全弁排気管が破損したとしても、ドライウエール内に放出された蒸気はベント管を通してサブプレッション・チェンバのプール水中に導かれて凝縮するため、格納容器内圧が有意に上昇することはないと考えられるが、基準地震動に対し破損しないことを確認する。 (注11) 使用済燃料輸送容器保管建屋の破損によって使用済燃料輸送容器に波及的破損を与えないよう設計するものとする。 ⑳</p>

今回工事計画認可
<p>注記*1 : 主要設備とは、当該機能に直接的に関連する設備をいう。 *2 : 補助設備とは、当該機能に間接的に関連し、主要設備の補助的役割を持つ設備をいう。 *3 : 直接支持構造物とは、主要設備、補助設備に直接取り付けられる支持構造物、若しくはこれらの設備の荷重を直接的に受ける構造物をいう。 *4 : 間接支持構造物とは、直接支持構造物から伝達される荷重を受ける構造物（建物・構築物）をいう。 *5 : 波及的影響を考慮すべき施設とは、下位の耐震クラスに属するものの破損等によって上位の分類に属するものに波及的影響を及ぼすおそれのある施設をいう。 *6 : S_s : 基準地震動S_sにより定まる地震力。 S_d : 弾性設計用地震動S_dにより定まる地震力。 S_B : 耐震Bクラス施設に適用される地震力。 S_C : 耐震Cクラス施設に適用される静的地震力。 *7 : ほう酸水注入系は、安全機能の重要度を考慮して、Sクラスに準ずる。 *8 : 圧力容器内部構造物は、炉内にあることの重要性からSクラスに準ずる。 *9 : Bクラスではあるが、弾性設計用地震動S_dに対し破損しないことの検討を行うものとする。 *10 : 地震により主蒸気逃がし安全弁排気管が破損したとしても、ドライウエール内に放出された蒸気はベント管を通してサブプレッション・チェンバのプール水中に導かれて凝縮するため、格納容器内圧が有意に上昇することはないと考えられるが、基準地震動S_sに対してドライウエール内の主蒸気逃がし安全弁排気管が破損しないことを確認する。 また、主蒸気逃がし安全弁排気管がサブプレッション・チェンバ内の気相部で破損した場合、放出された蒸気は凝縮することが出来ないため、サブプレッション・チェンバ内の主蒸気逃がし安全弁排気管をSクラスとして設計する。㉑ *11 : 使用済燃料輸送容器保管建屋の破損によって使用済燃料輸送容器に波及的破損を与えないよう設計するものとする。 *12 : 原子炉本体基礎は、間接支持構造物の機能に加えてドライウエールとサブプレッション・チェンバとの圧力境界となる機能を有する。㉒</p>