

本資料のうち、枠囲みの内容は、機密事項に属しますので公開できません。

柏崎刈羽原子力発電所第7号機 工事計画審査資料	
資料番号	KK7添-2-015 改4
提出年月日	2020年8月5日

V-2-2-1 原子炉建屋の地震応答計算書

2020年8月

東京電力ホールディングス株式会社

V-2-2-1 原子炉建屋の地震応答計算書

## 目 次

1. 概要	1
2. 基本方針	1
2.1 位置	1
2.2 構造概要	2
2.3 解析方針	14
2.4 適用規格・基準等	16
3. 解析方法	17
3.1 設計用模擬地震波	17
3.2 地震応答解析モデル	40
3.2.1 水平方向モデル	41
3.2.2 鉛直方向モデル	42
3.3 解析方法	84
3.3.1 動的解析	84
3.3.2 静的解析	84
3.3.3 必要保有水平耐力	85
3.4 解析条件	86
3.4.1 建物・構築物の復元力特性	86
3.4.2 地盤の回転ばねの復元力特性	95
3.4.3 誘発上下動を考慮する場合の基礎浮上り評価法	96
3.4.4 材料物性の不確かさ等	98
4. 解析結果	100
4.1 動的解析	100
4.1.1 固有値解析結果	100
4.1.2 応答解析結果	100
4.2 静的解析	166
4.3 必要保有水平耐力	169

別紙 原子炉建屋における改造工事に伴う重量増加を反映した地震応答解析

: 今回提出範囲

別紙 原子炉建屋における改造工事に伴う重量増加を反映した  
地震応答解析

## 目 次

1. 概要	1
2. 基本方針	2
2.1 解析方針	2
2.2 適用規格・基準等	4
3. 解析方法	5
3.1 設計用模擬地震波	5
3.2 地震応答解析モデル	6
3.2.1 水平方向モデル	7
3.2.2 鉛直方向モデル	8
3.3 解析方法	17
3.3.1 動的解析	17
3.4 解析条件	18
3.4.1 建物・構築物の復元力特性	18
3.4.2 地盤の回転ばねの復元力特性	23
4. 解析結果	24
4.1 動的解析	24
4.1.1 固有値解析結果	24
4.1.2 応答解析結果	24
4.2 応答比率の算定	44
4.3 原子炉建屋の地震応答解析による評価に与える影響	59
4.3.1 最大せん断ひずみ	59
4.3.2 最大接地圧	62
5. まとめ	63

## 1. 概要

本資料は、原子炉建屋の設備の補強や追加等の改造工事に伴い重量が増加することの影響を考慮したモデル（以下「補強反映モデル」という。）の諸元及び地震応答解析結果を示すものである。

補強反映モデルとは、V-2-2-1「原子炉建屋の地震応答計算書」の「3.2 地震応答解析モデル」に示す原子炉建屋の地震応答解析モデルを元に設備の補強や追加改造工事に伴う重量の増加を考慮しモデル化したものである。

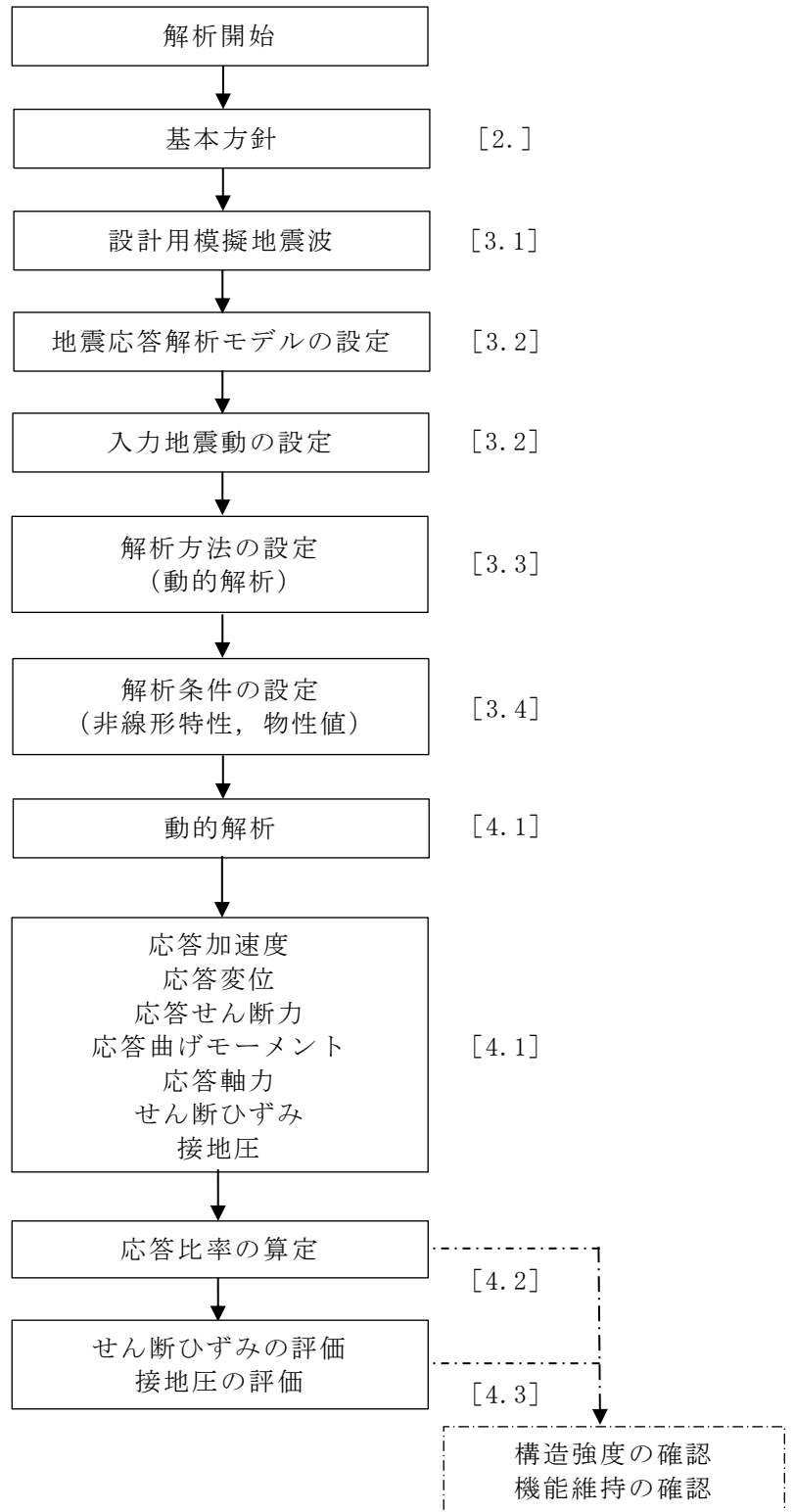
## 2. 基本方針

### 2.1 解析方針

補強反映モデルの地震応答解析フローを図 2-1 に示す。

地震応答解析は「3.2 地震応答解析モデル」において設定した地震応答解析モデル及び「3.1 設計用模擬地震波」に基づき「3.2 地震応答解析モデル」において設定した入力地震動を用いて実施することとし、「3.3 解析方法」及び「3.4 解析条件」に基づき、「4.1 動的解析」においては、せん断ひずみ及び接地圧を含む各種応答値を算出する。

なお、影響検討は、応答比率を用いた手法により行うことから、応答比率の算出のための補強反映モデルを用いた地震応答解析は、位相特性の偏りがなく、全周期帯において安定した応答を生じさせる基準地震動  $S_s-1$  に対して実施することとする。



注：[ ]内は，本資料における章番号を示す

図 2-1 補強反映モデルの地震応答解析フロー



## 2.2 適用規格・基準等

地震応答解析において適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・ 建築基準法・同施行令
- ・ 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 ー許容応力度設計法ー ((社) 日本建築学会, 1999改定)
- ・ 原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 ((社) 日本建築学会, 2005 制定)
- ・ 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)
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版 ((社) 日本電気協会)
- ・ 鋼構造設計規準 ー許容応力度設計法ー ((社) 日本建築学会, 2005 改定)

### 3. 解析方法

#### 3.1 設計用模擬地震波

原子炉建屋の地震応答解析モデルは、建屋と地盤の相互作用を評価した建屋－地盤連成モデルとする。この建屋－地盤連成モデルへの入力地震動は、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を用いることとする。

基準地震動 $S_s$ として作成した設計用模擬地震波の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトルは、V-2-2-1「原子炉建屋の地震応答計算書」と同一である。

### 3.2 地震応答解析モデル

地震応答解析モデルは、V-2-2-1「原子炉建屋の地震応答計算書」の地震応答解析モデルと同様の設定方針に基づき、水平方向及び鉛直方向についてそれぞれ設定する。地震応答解析モデルの設定に用いた使用材料の物性値を表3-1に示す。

ここで、コンクリート剛性については、実現象に近い応答を模擬するという観点から、建設時コンクリートの91日強度データを基に設定した実強度を用いて算定する。

表3-1 建物・構築物の物性値

部位	使用材料	ヤング係数 E (N/mm <sup>2</sup> )	せん断弾性係数 G (N/mm <sup>2</sup> )	減衰定数 h (%)
建屋部	コンクリート*： $\sigma_c = 43.1$ (N/mm <sup>2</sup> ) ( $\sigma_c = 440$ kgf/cm <sup>2</sup> ) 鉄筋：SD35 (SD345相当)	$2.88 \times 10^4$	$1.20 \times 10^4$	5
基礎スラブ	コンクリート*： $\sigma_c = 39.2$ (N/mm <sup>2</sup> ) ( $\sigma_c = 400$ kgf/cm <sup>2</sup> ) 鉄筋：SD35 (SD345相当)	$2.79 \times 10^4$	$1.16 \times 10^4$	5
屋根トラス部	鉄骨：SS41 (SS400相当)	$2.05 \times 10^5$	$0.79 \times 10^5$	2
	鉄骨：SM41A (SM400A相当)	$2.05 \times 10^5$	$0.79 \times 10^5$	2
	鉄骨：SM50A (SM490A相当)	$2.05 \times 10^5$	$0.79 \times 10^5$	2

注記\*：実強度に基づくコンクリート強度。

### 3.2.1 水平方向モデル

水平方向の地震応答解析モデルは、地盤との相互作用を考慮し、曲げ及びせん断剛性を考慮した質点系モデルとし、弾塑性時刻歴応答解析を行う。

建屋のモデル化は NS 方向、EW 方向それぞれについて行っているが、EW 方向においては、使用済燃料プール壁が RCCV の曲げ変形を拘束する影響を考慮して回転ばねを取り付けている。また、設計時には考慮していなかった補助壁を、実現象に近い応答を模擬するという観点から、耐震要素と位置づけ、地震応答解析モデルに取り込む。地震応答解析モデルを図 3-1 に、地震応答解析モデルの諸元を表 3-2 及び表 3-3 に示す。

地盤は、地盤調査に基づき水平成層地盤とし、基礎底面地盤ばねについては、「原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版 ((社) 日本電気協会)」(以下「J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版」という。)により、成層補正を行ったのち、振動アドミタンス理論に基づき求めたスウェイ及びロッキングの地盤ばねを、近似法により定数化して用いる。このうち、基礎底面のロッキング地盤ばねには、基礎浮上りによる幾何学的非線形性を考慮する。基礎底面地盤ばねの評価には解析コード「G R I M P 2」を用いる。

また、埋込み部分の建屋側面地盤ばねについては、建屋側面位置の地盤定数を用いて、「J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版」により、Novakの方法に基づき求めた水平ばねを、基礎底面地盤ばねと同様に、近似法により定数化して用いる。また、設計時に考慮していなかった回転ばねを、水平ばねと同様に、定数化して用いる。なお、地盤表層部(新期砂層)については、基準地震動  $S_s$  による地盤応答レベルを踏まえ、表層部では建屋-地盤相互作用が見込めないと判断し、この部分の地盤ばねは考慮しない。建屋側面の水平・回転ばねの評価には、解析コード「N V K 2 6 3」を用いる。

水平方向モデルへの入力地震動は、一次元波動論に基づき、解放基盤表面レベルに想定する基準地震動  $S_s$  に対する地盤の応答として評価する。また、基礎底面レベルにおけるせん断力を入力地震動に付加することにより、地盤の切欠き効果を考慮する。入力地震動の算定には、解析コード「K S H A K E」を用いる。

基準地震動  $S_s-1$  に対する地盤定数を表 3-4 に示す。なお、地盤定数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。設定した地盤定数に基づき算定した基礎底面位置 (T. M. S. L. -13.7m) における入力地震動の加速度応答スペクトルは V-2-2-1「原子炉建屋の地震応答計算書」と同一である。

地震応答解析に用いる地盤のばね定数と減衰係数を表 3-5 に示す。

復元力特性は、建屋の方向別に、層を単位とした水平断面形状より「J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版」に基づいて設定する。

なお、水平方向の解析に用いる解析コードの検証、妥当性確認等の概要については、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

### 3.2.2 鉛直方向モデル

鉛直方向の地震応答解析モデルは、耐震壁の軸剛性及び屋根トラスの曲げせん断剛性を考慮した質点系モデルとし、弾性時刻歴応答解析を行う。水平方向モデルと同様に、補助壁を地震応答解析モデルに取り込む。鉛直方向の地震応答解析モデルを図3-2に、地震応答解析モデルの諸元を表3-6に示す。

地盤は、地盤調査に基づき水平成層地盤とし、基礎底面地盤ばねについては、スウェイ及びロッキングばね定数の評価法と同様、成層補正を行ったのち、振動アドミッタンス理論に基づき求めた鉛直ばねを近似法により定数化して用いる。基礎底面地盤ばねの評価には解析コード「GRIMP2」を用いる。

鉛直方向モデルへの入力地震動は、一次元波動論に基づき、解放基盤表面レベルに想定する基準地震動 $S_s$ に対する地盤の応答として評価したものであり、基礎底面レベルに直接入力する。入力地震動の算定には、解析コード「KSHAKE」を用いる。

設定した地盤定数に基づき算定した基礎底面位置（T.M.S.L.-13.7m）における入力地震動の加速度応答スペクトルはV-2-2-1「原子炉建屋の地震応答計算書」と同一である。なお、地盤定数は表3-4に示すとおりである。地震応答解析に用いる地盤のばね定数と減衰係数を表3-7に示す。

なお、鉛直方向の解析に用いる解析コードの検証、妥当性確認等の概要については、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

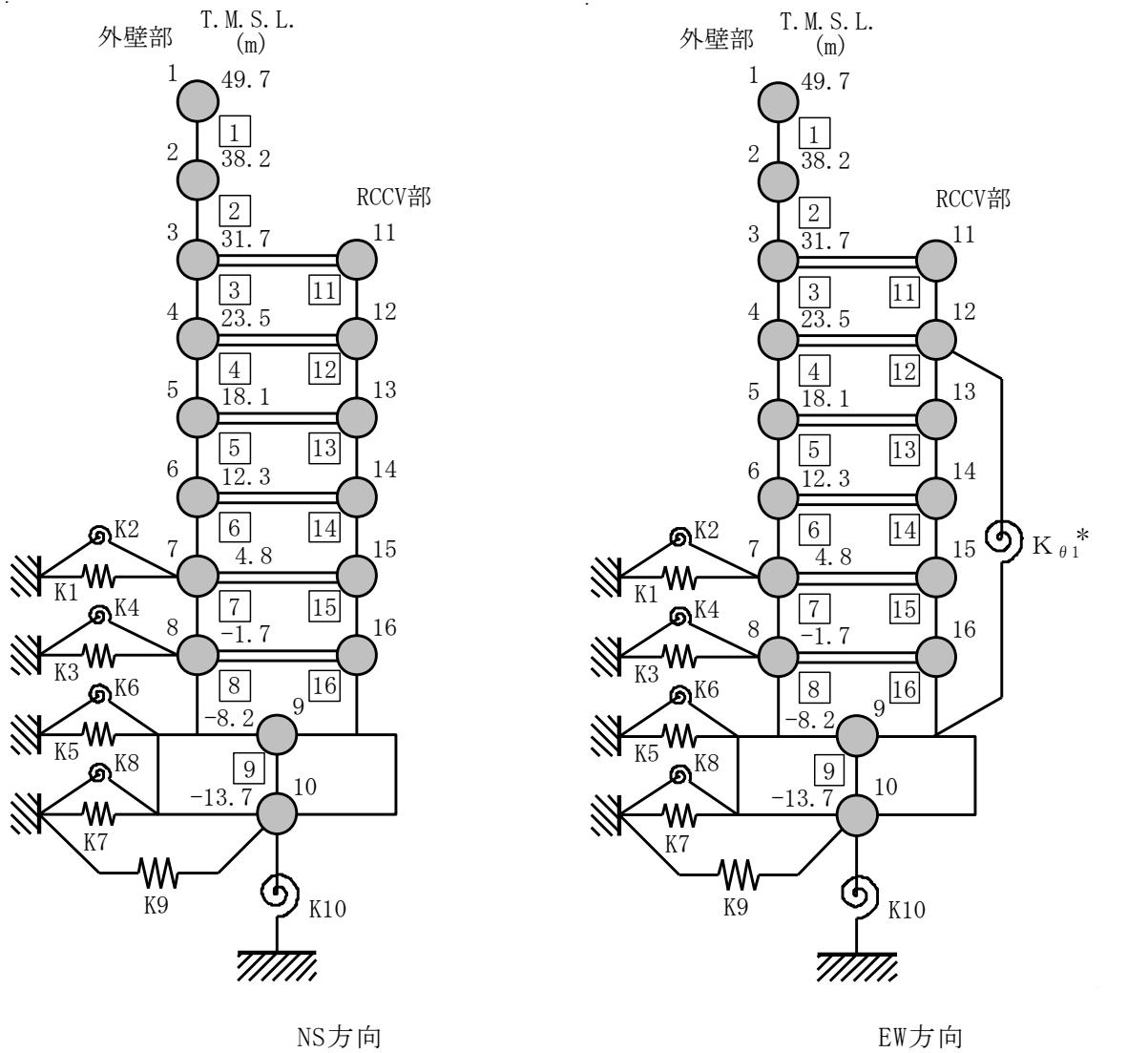


図 3-1 地震応答解析モデル (水平方向)

表 3-2 地震応答解析モデル諸元 (NS 方向)

質点番号	質点重量 W (kN)	回転慣性重量 I <sub>G</sub> (×10 <sup>5</sup> kN・m <sup>2</sup> )	部材 番号	せん断 断面積 A <sub>s</sub> (m <sup>2</sup> )	断面二次 モーメント I (m <sup>4</sup> )	質点番号	質点重量 W (kN)	回転慣性重量 I <sub>G</sub> (×10 <sup>5</sup> kN・m <sup>2</sup> )	部材 番号	せん断 断面積 A <sub>s</sub> (m <sup>2</sup> )	断面二次 モーメント I (m <sup>4</sup> )
1	40120	71.7									
			1	41.0	13700						
2	82560	421.3	2	83.0	51100						
3	86330	484.1	3	188.0	70600						
4	86050	297.6	4	132.5	69000						
5	56480	202.0	5	149.4	84700						
6	83060	296.1	6	180.5	105000						
7	81480	301.2	7	183.2	112800						
8	82180	301.3	8	223.5	119000						
9	343870	949.3	9	3373.4	900600						
10	216040	581.5									
合計	1982400										
						11	93720	33.2	11	119.6	7200
						12	157970	378.7	12	113.0	23300
						13	105060	311.5	13	137.6	23500
						14	202660	415.9	14	139.2	23400
						15	126470	395.0	15	132.4	23600
						16	138350	373.9	16	186.4	29600

①建屋部

ヤング係数 E  $2.88 \times 10^4$  (N/mm<sup>2</sup>)  
 せん断弾性係数 G  $1.20 \times 10^4$  (N/mm<sup>2</sup>)  
 ポアソン比  $\nu$  0.20  
 減衰定数 h 5%  
 基礎形状 56.6m(NS方向)×59.6m(EW方向)

②基礎スラブ

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

表 3-3 地震応答解析モデル諸元 (EW 方向)

質点番号	質点重量 W (kN)	回転慣性重量 $I_G$ ( $\times 10^5 \text{kN}\cdot\text{m}^2$ )	部材 番号	せん断 断面積 $A_s$ ( $\text{m}^2$ )	断面二次 モーメント I ( $\text{m}^4$ )	質点番号	質点重量 W (kN)	回転慣性重量 $I_G$ ( $\times 10^5 \text{kN}\cdot\text{m}^2$ )	部材 番号	せん断 断面積 $A_s$ ( $\text{m}^2$ )	断面二次 モーメント I ( $\text{m}^4$ )
1	40120	149.4	1	54.7	30000	11	87460	271.3	11	219.0	6700
2	82560	307.7		122.9	62600					222.8	23300
3	92590	309.2		172.7	87900					207.4	23100
4	68990	282.6		131.8	81900					152.1	23400
5	51300	215.4		166.7	92800					180.1	21200
6	80490	328.3		179.3	114600					164.4	23800
7	78000	322.2		211.5	124000						
8	80090	328.1		259.5	131000						
9	343870	1043.8		3373.4	998600						
10	216040	644.3									
合計	1982400										

① 建屋部

ヤング係数 E  $2.88 \times 10^4$  (N/mm<sup>2</sup>)  
 せん断弾性係数 G  $1.20 \times 10^4$  (N/mm<sup>2</sup>)  
 ポアソン比  $\nu$  0.20  
 減衰定数 h 5%  
 基礎形状 56.6m(NS方向)  $\times$  59.6m(EW方向)  
 回転ばね  $K_{\theta i}$   $1.97 \times 10^{10}$  (kN $\cdot$ m/rad)

② 基礎スラブ

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



表3-4 地盤定数 (Ss-1)

標高 T. M. S. L. (m)	地層	せん断波 速度 $V_s$ (m/s)	単位体積 重量 $\gamma_t$ (kN/m <sup>3</sup> )	ポアソン比 $\nu$	せん断 弾性係数 $G$ ( $\times 10^5$ kN/m <sup>2</sup> )	初期せん断 弾性係数 $G_0$ ( $\times 10^5$ kN/m <sup>2</sup> )	剛性 低下率 $G/G_0$	減衰 定数 $h$ (%)
+12.0	新期砂層	150	16.1	0.347	0.0996	0.369	0.27	23
+8.0		200	16.1	0.308	0.0788	0.657	0.12	28
+4.0	古安田層	330	17.3	0.462	1.01	1.92	0.53	6
-6.0	西山層	490	17.0	0.451	3.82	4.16	0.92	3
-33.0		530	16.6	0.446	4.22	4.75	0.89	3
-90.0		590	17.3	0.432	5.28	6.14	0.86	3
-136.0		650	19.3	0.424	7.40	8.32	0.89	3
-155.0		椎谷層	720	19.9	0.416	10.5	10.5	1.00
$\infty$								

表 3-5 地盤ばね定数と減衰係数 (Ss-1)

(a) NS方向

ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね定数*1	減衰係数*2
K1	7	側面・並進	$1.07 \times 10^6$	$4.24 \times 10^5$
K2	7	側面・回転	$8.33 \times 10^8$	$1.05 \times 10^8$
K3	8	側面・並進	$2.85 \times 10^6$	$1.13 \times 10^6$
K4	8	側面・回転	$2.21 \times 10^9$	$2.79 \times 10^8$
K5	9	側面・並進	$8.53 \times 10^6$	$1.73 \times 10^6$
K6	9	側面・回転	$6.73 \times 10^9$	$3.97 \times 10^8$
K7	10	側面・並進	$4.52 \times 10^6$	$8.63 \times 10^5$
K8	10	側面・回転	$3.54 \times 10^9$	$1.95 \times 10^8$
K9	10	底面・並進	$7.28 \times 10^7$	$2.82 \times 10^6$
K10	10	底面・回転	$7.06 \times 10^{10}$	$5.95 \times 10^8$

注記\*1 : K1, K3, K5, K7, K9はkN/m K2, K4, K6, K8, K10はkN・m/rad

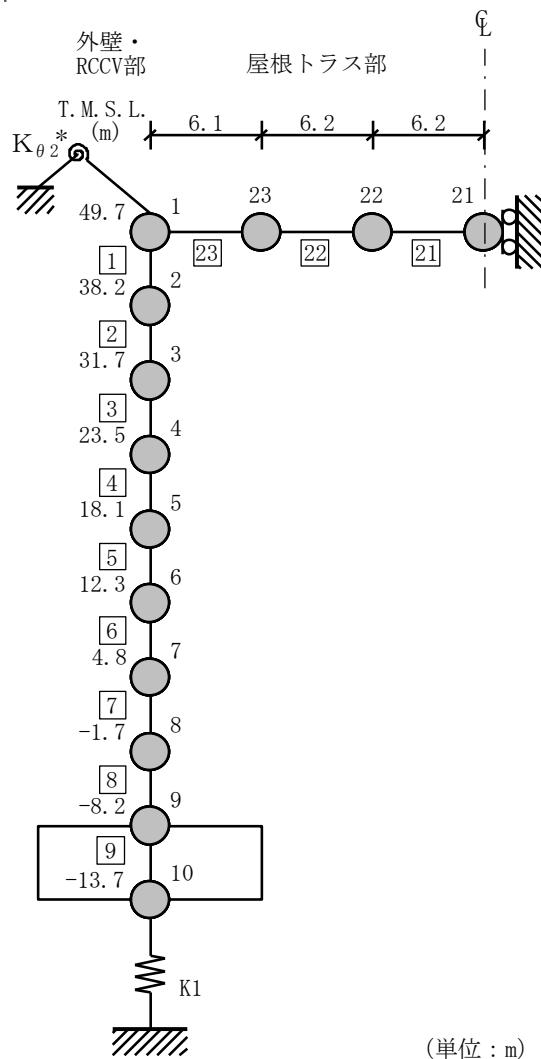
\*2 : K1, K3, K5, K7, K9はkN・s/m K2, K4, K6, K8, K10はkN・m・s/rad

(b) EW方向

ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね定数*1	減衰係数*2
K1	7	側面・並進	$1.07 \times 10^6$	$4.25 \times 10^5$
K2	7	側面・回転	$8.33 \times 10^8$	$1.06 \times 10^8$
K3	8	側面・並進	$2.85 \times 10^6$	$1.13 \times 10^6$
K4	8	側面・回転	$2.21 \times 10^9$	$2.80 \times 10^8$
K5	9	側面・並進	$8.53 \times 10^6$	$1.73 \times 10^6$
K6	9	側面・回転	$6.73 \times 10^9$	$3.99 \times 10^8$
K7	10	側面・並進	$4.52 \times 10^6$	$8.62 \times 10^5$
K8	10	側面・回転	$3.54 \times 10^9$	$1.97 \times 10^8$
K9	10	底面・並進	$7.25 \times 10^7$	$2.80 \times 10^6$
K10	10	底面・回転	$7.60 \times 10^{10}$	$6.94 \times 10^8$

注記\*1 : K1, K3, K5, K7, K9はkN/m K2, K4, K6, K8, K10はkN・m/rad

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



(単位：m)

注記\*：屋根トラス端部回転拘束ばね

図 3-2 地震応答解析モデル（鉛直方向）

表 3-6 地震応答解析モデルの諸元 (鉛直方向)

外壁・RCCV部			
質点番号	質点重量 W (kN)	部材番号	軸断面積 A <sub>N</sub> (m <sup>2</sup> )
1	31270		
		1	89.0
2	82560		
		2	200.1
3	180050		
		3	581.5
4	244020		
		4	611.6
5	161540		
		5	674.3
6	285720		
		6	681.3
7	207950		
		7	719.6
8	220530		
		8	833.7
9	343870		
		9	3373.4
10	216040		
合計	1982400		

屋根トラス部				
質点番号	質点重量 W (kN)	部材番号	せん断断面積 A <sub>s</sub> (×10 <sup>-2</sup> m <sup>2</sup> )	断面二次モーメント I (m <sup>4</sup> )
1	—			
		23	21.25	2.00
23	3540			
		22	16.82	2.00
22	3540			
		21	7.94	2.00
21	1770			

①コンクリート部 建屋

ヤング係数 E 2.88×10<sup>4</sup> (N/mm<sup>2</sup>)

せん断弾性係数 G 1.20×10<sup>4</sup> (N/mm<sup>2</sup>)

ポアソン比 ν 0.20

減衰定数 h 5%

②コンクリート部 基礎スラブ

ヤング係数 E 2.79×10<sup>4</sup> (N/mm<sup>2</sup>)

せん断弾性係数 G 1.16×10<sup>4</sup> (N/mm<sup>2</sup>)

ポアソン比 ν 0.20

減衰定数 h 5%

③鉄骨部

ヤング係数 E 2.05×10<sup>5</sup> (N/mm<sup>2</sup>)

せん断弾性係数 G 7.90×10<sup>4</sup> (N/mm<sup>2</sup>)

ポアソン比 ν 0.30

減衰定数 h 2%

基礎形状 56.6m(NS方向)×59.6m(EW方向)

屋根トラス端部回転拘束ばね K<sub>θ2</sub> 3.90×10<sup>7</sup> (kN・m/rad)

表 3-7 地盤のばね定数と減衰係数（鉛直方向，Ss-1）

ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね定数 (kN/m)	減衰係数 (kN・s/m)
K1	10	底面・鉛直	$1.20 \times 10^8$	$6.45 \times 10^6$

### 3.3 解析方法

原子炉建屋の地震応答解析には，解析コード「DAC3N」を用いる。なお，解析に用いる解析コードの検証，妥当性の確認等の概要については，別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

#### 3.3.1 動的解析

建物・構築物の動的解析は，V-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に基づき，時刻歴応答解析により実施する。

### 3.4 解析条件

#### 3.4.1 建物・構築物の復元力特性

重量増加に伴うせん断力及び曲げモーメントのスケルトン曲線への影響は軽微であるためV-2-2-1「原子炉建屋の地震応答計算書」の「3.4.1 建物・構築物の復元力特性」で示したスケルトン曲線及び履歴特性と同一の値を用いる。

(1) 耐震壁のせん断応力度－せん断ひずみ関係（ $\tau - \gamma$  関係）

耐震壁のせん断応力度－せん断ひずみ関係（ $\tau - \gamma$  関係）は、「J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版」に基づき、トリリニア型スケルトン曲線とする。

(2) 耐震壁のせん断応力度－せん断ひずみ関係の履歴特性

耐震壁のせん断応力度－せん断ひずみ関係の履歴特性は、「J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版」に基づき、最大点指向型モデルとする。

(3) 耐震壁の曲げモーメント－曲率関係（ $M - \phi$  関係）

耐震壁の曲げモーメント－曲率関係（ $M - \phi$  関係）は、「J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版」に基づき、トリリニア型スケルトン曲線とする。

(4) 耐震壁の曲げモーメント－曲率関係の履歴特性

耐震壁の曲げモーメント－曲率関係の履歴特性は、「J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版」に基づき、ディグレイディングトリリニア型モデルとする。

(5) スケルトン曲線の諸数値

原子炉建屋の耐震壁のせん断力及び曲げモーメントのスケルトン曲線の諸数値を表3-8～表3-11に示す。

表 3-8 セン断力のスケルトン曲線 ( $\tau - \gamma$  関係) (NS 方向)

外壁部

階	第1折点		第2折点		終局点	
	$\tau_1$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\gamma_1$ ( $\times 10^{-3}$ )	$\tau_2$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\gamma_2$ ( $\times 10^{-3}$ )	$\tau_3$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\gamma_3$ ( $\times 10^{-3}$ )
CRF	2.28	0.191	3.08	0.569	6.81	4.00
4F	2.38	0.199	3.21	0.588	6.54	4.00
3F	2.40	0.201	2.96	0.630	4.84	4.00
2F	2.54	0.213	3.35	0.644	6.62	4.00
1F	2.55	0.213	3.29	0.660	6.44	4.00
B1F	2.62	0.219	3.47	0.665	6.98	4.00
B2F	2.70	0.226	3.64	0.674	7.56	4.00
B3F	2.69	0.224	3.52	0.691	7.03	4.00

RCCV部

階	第1折点		第2折点		終局点	
	$\tau_1$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\gamma_1$ ( $\times 10^{-3}$ )	$\tau_2$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\gamma_2$ ( $\times 10^{-3}$ )	$\tau_3$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\gamma_3$ ( $\times 10^{-3}$ )
3F	2.26	0.189	3.01	0.567	6.88	4.00
2F	2.32	0.194	3.00	0.584	7.23	4.00
1F	2.34	0.196	2.93	0.605	6.75	4.00
B1F	2.42	0.202	3.03	0.626	6.40	4.00
B2F	2.47	0.206	3.15	0.573	6.26	4.00
B3F	2.45	0.205	3.14	0.589	5.73	4.00



表 3-9 セン断力のスケルトン曲線 ( $\tau - \gamma$  関係) (EW 方向)

外壁部

階	第1折点		第2折点		終局点	
	$\tau_1$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\gamma_1$ ( $\times 10^{-3}$ )	$\tau_2$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\gamma_2$ ( $\times 10^{-3}$ )	$\tau_3$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\gamma_3$ ( $\times 10^{-3}$ )
CRF	2.33	0.195	3.15	0.582	6.58	4.00
4F	2.33	0.195	3.14	0.581	6.73	4.00
3F	2.50	0.209	3.28	0.634	6.13	4.00
2F	2.47	0.206	3.21	0.626	6.23	4.00
1F	2.48	0.207	3.18	0.642	6.24	4.00
B1F	2.54	0.212	3.43	0.636	7.39	4.00
B2F	2.58	0.216	3.41	0.656	7.10	4.00
B3F	2.58	0.215	3.31	0.673	6.60	4.00

RCCV部

階	第1折点		第2折点		終局点	
	$\tau_1$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\gamma_1$ ( $\times 10^{-3}$ )	$\tau_2$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\gamma_2$ ( $\times 10^{-3}$ )	$\tau_3$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\gamma_3$ ( $\times 10^{-3}$ )
3F	2.23	0.187	2.65	0.567	4.76	4.00
2F	2.28	0.191	2.63	0.584	4.82	4.00
1F	2.28	0.191	2.68	0.605	5.32	4.00
B1F	2.41	0.201	2.96	0.626	6.17	4.00
B2F	2.41	0.201	2.90	0.650	5.38	4.00
B3F	2.46	0.206	3.21	0.563	6.42	4.00

表 3-10 曲げモーメントのスケルトン曲線 (M- $\phi$  関係) (NS 方向)

外壁部

階	第1折点		第2折点		終局点	
	M <sub>1</sub> ( $\times 10^6$ kN $\cdot$ m)	$\phi_1$ ( $\times 10^{-6}$ /m)	M <sub>2</sub> ( $\times 10^6$ kN $\cdot$ m)	$\phi_2$ ( $\times 10^{-6}$ /m)	M <sub>3</sub> ( $\times 10^6$ kN $\cdot$ m)	$\phi_3$ ( $\times 10^{-6}$ /m)
CRF	2.02	5.11	2.17	61.0	5.28	1220
4F	5.95	4.04	6.73	40.4	9.49	809
3F	9.10	4.47	11.8	40.7	15.4	815
2F	9.44	4.75	18.7	42.0	18.9	840
1F	12.2	5.02	28.6	42.6	29.8	853
B1F	15.4	5.08	30.3	43.1	40.9	863
B2F	17.2	5.30	35.9	43.8	49.3	876
B3F	19.1	5.56	41.6	44.3	59.2	887

RCCV部

階	第1折点		第2折点		終局点	
	M <sub>1</sub> ( $\times 10^6$ kN $\cdot$ m)	$\phi_1$ ( $\times 10^{-6}$ /m)	M <sub>2</sub> ( $\times 10^6$ kN $\cdot$ m)	$\phi_2$ ( $\times 10^{-6}$ /m)	M <sub>3</sub> ( $\times 10^6$ kN $\cdot$ m)	$\phi_3$ ( $\times 10^{-6}$ /m)
3F	1.72	8.25	3.86	117	4.42	2340
2F	5.14	7.65	18.4	87.2	26.5	1250
1F	5.52	8.15	18.9	87.8	27.0	1220
B1F	5.75	8.53	17.6	87.4	24.9	1300
B2F	6.26	9.19	18.3	88.1	25.9	1250
B3F	7.27	8.52	21.0	88.3	30.1	1240

表 3-11 曲げモーメントのスケルトン曲線 (M- $\phi$  関係) (EW 方向)

外壁部

階	第1折点		第2折点		終局点	
	M <sub>1</sub> ( $\times 10^6$ kN $\cdot$ m)	$\phi_1$ ( $\times 10^{-6}$ /m)	M <sub>2</sub> ( $\times 10^6$ kN $\cdot$ m)	$\phi_2$ ( $\times 10^{-6}$ /m)	M <sub>3</sub> ( $\times 10^6$ kN $\cdot$ m)	$\phi_3$ ( $\times 10^{-6}$ /m)
CRF	3.20	3.70	3.81	38.8	4.54	776
4F	6.69	3.71	6.94	39.7	12.1	793
3F	10.6	4.16	10.9	41.0	19.3	819
2F	10.1	4.27	17.0	39.7	23.0	795
1F	12.0	4.49	24.3	40.5	31.4	809
B1F	14.7	4.46	32.3	40.7	41.8	814
B2F	17.0	4.75	38.3	41.3	52.6	826
B3F	18.9	5.01	44.6	41.8	61.7	837

RCCV部

階	第1折点		第2折点		終局点	
	M <sub>1</sub> ( $\times 10^6$ kN $\cdot$ m)	$\phi_1$ ( $\times 10^{-6}$ /m)	M <sub>2</sub> ( $\times 10^6$ kN $\cdot$ m)	$\phi_2$ ( $\times 10^{-6}$ /m)	M <sub>3</sub> ( $\times 10^6$ kN $\cdot$ m)	$\phi_3$ ( $\times 10^{-6}$ /m)
3F	1.72	8.25	3.61	90.3	5.99	1430
2F	5.14	7.65	18.4	87.2	26.5	1250
1F	5.43	8.15	18.9	87.8	27.0	1220
B1F	5.75	8.53	17.6	87.4	24.9	1300
B2F	5.58	9.13	18.1	88.1	25.5	1250
B3F	6.48	9.43	18.8	88.3	26.5	1240

### 3.4.2 地盤の回転ばねの復元力特性

地盤の回転ばねに関する曲げモーメント－回転角の関係は、V-2-2-1「原子炉建屋の地震応答計算書」と同様に「J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版」に基づき、浮上りによる幾何学的非線形性を考慮する。

#### 4. 解析結果

##### 4.1 動的解析

###### 4.1.1 固有値解析結果

補強反映モデルの基準地震動Ss-1の固有値解析結果（固有周期及び固有振動数）を表4-1，刺激関数図を図4-1に示す。

なお，刺激係数は，モードごとに固有ベクトルの最大値を1に規準化して得られる値を示す。

###### 4.1.2 応答解析結果

補強反映モデルの基準地震動Ss-1の地震応答解析結果を図4-2～図4-14，表4-2に示す。

表 4-1 固有値解析結果 (Ss-1)

(a) NS 方向

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数*	備考
1	0.443	2.26	1.582	建屋—地盤連成1次
2	0.194	5.17	-0.695	
3	0.092	10.93	0.067	
4	0.078	12.79	0.061	
5	0.078	12.88	0.079	
6	0.057	17.64	-0.042	

(b) EW 方向

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数*	備考
1	0.433	2.31	1.544	建屋—地盤連成1次
2	0.192	5.20	-0.615	
3	0.083	12.05	-0.025	
4	0.078	12.88	0.136	
5	0.072	13.92	-0.045	
6	0.059	17.01	0.039	

(c) 鉛直方向

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数*	備考
1	0.280	3.57	9.799	屋根トラス1次
2	0.260	3.85	-8.859	建屋—地盤連成1次
3	0.077	12.95	0.091	
4	0.051	19.44	-0.125	
5	0.047	21.18	0.121	
6	0.029	34.90	0.043	

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

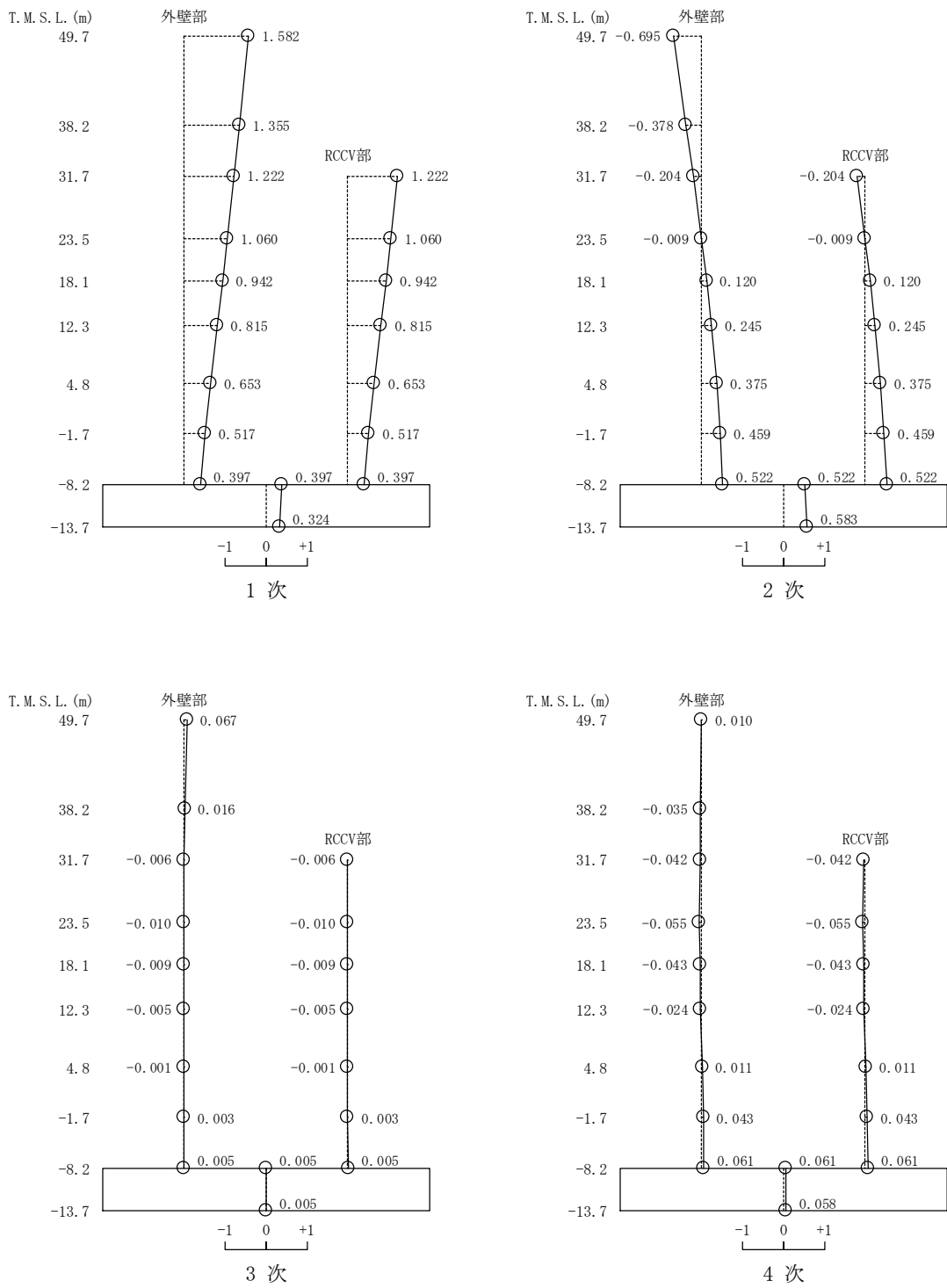


図 4-1 刺激関数図 (Ss-1, NS 方向) (1/3)

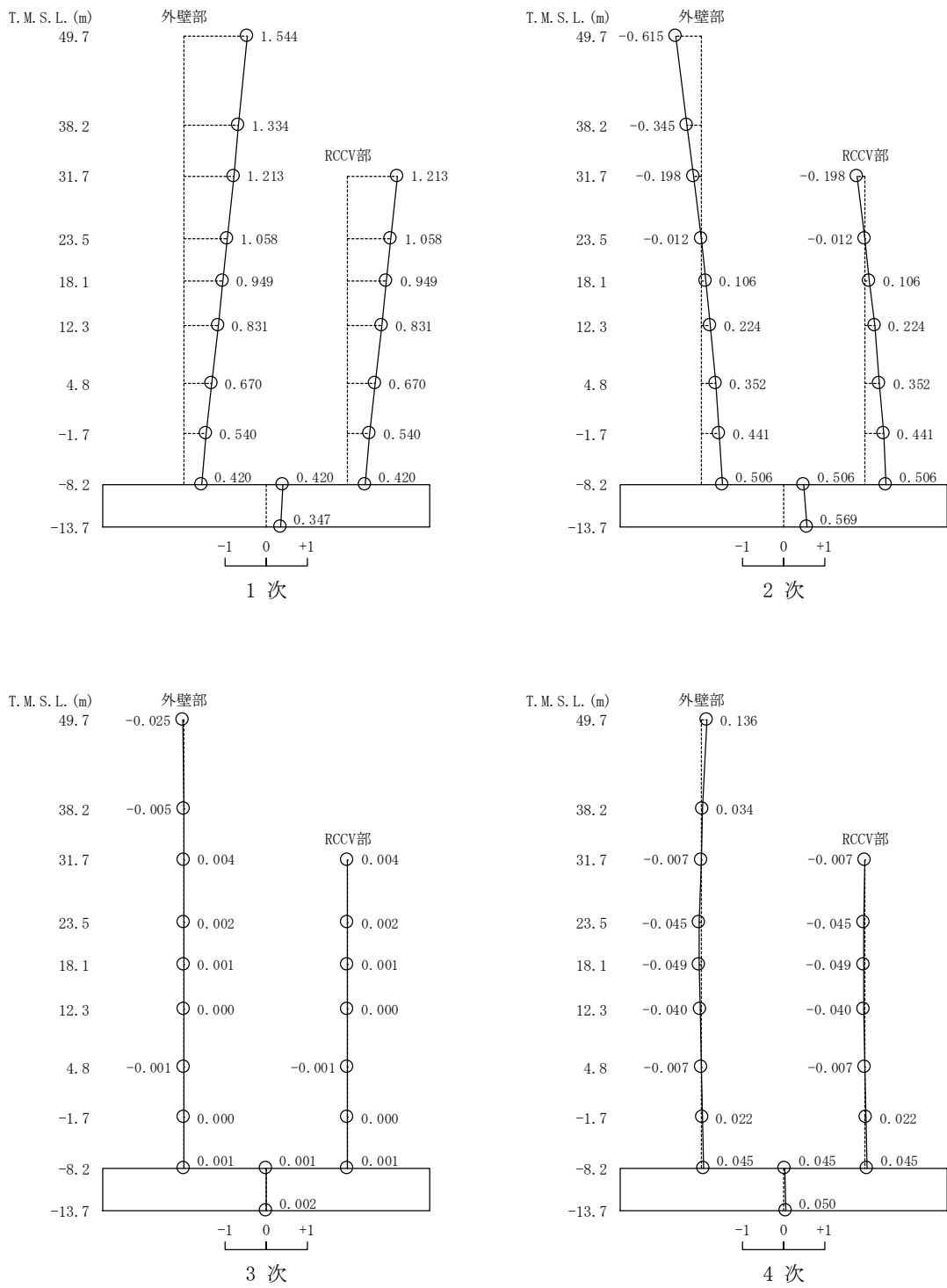


図 4-1 刺激関数図 (Ss-1, EW 方向) (2/3)



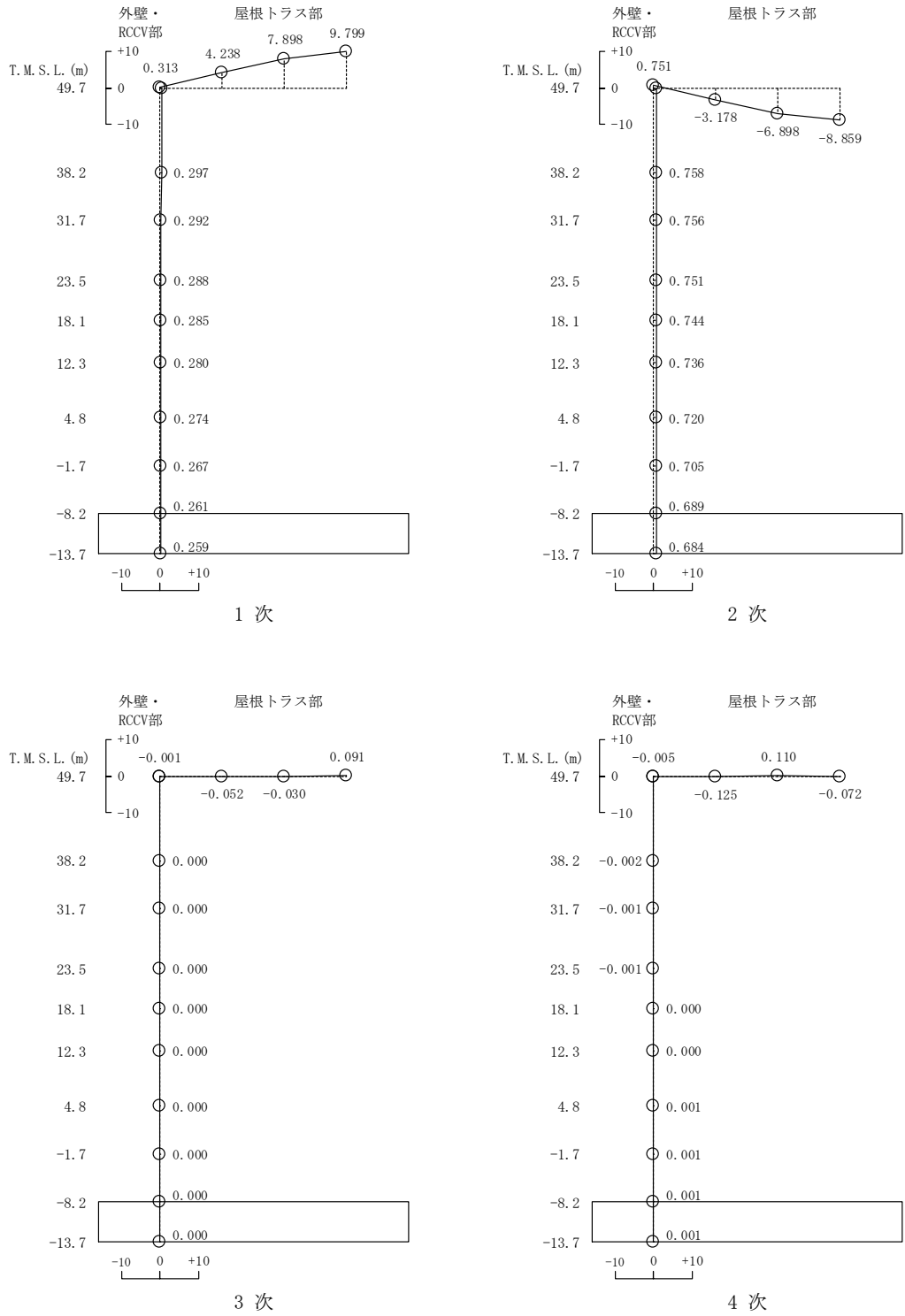


図 4-1 刺激関数図 (Ss-1, 鉛直方向) (3/3)

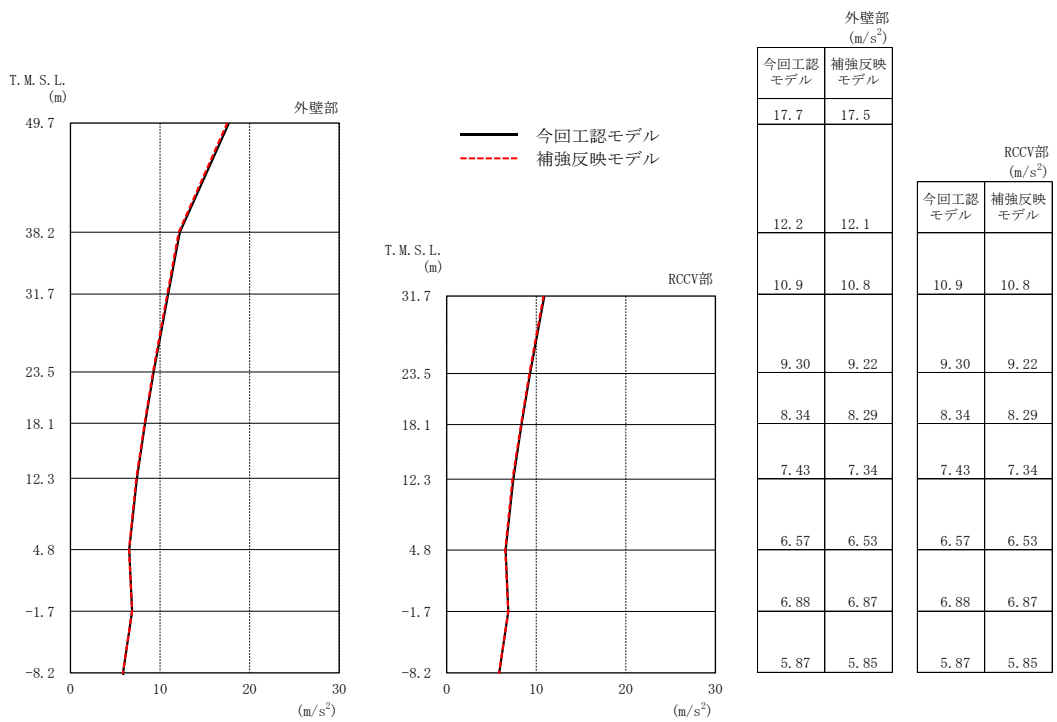


図 4-2 最大応答加速度 (Ss-1, NS 方向)

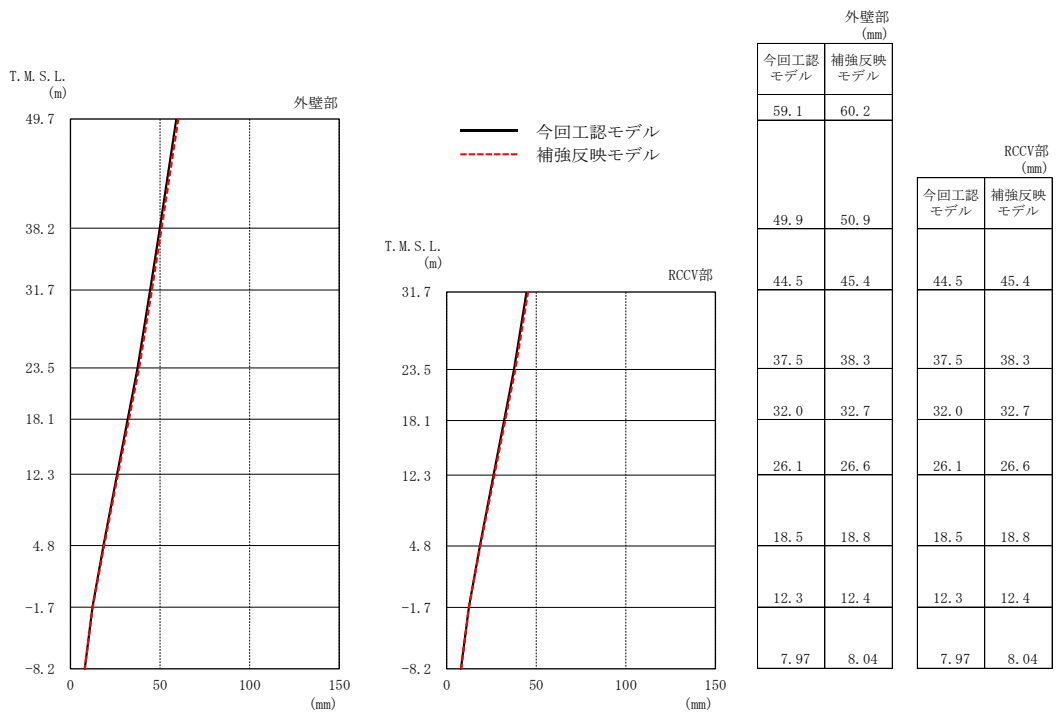


図 4-3 最大応答変位 (Ss-1, NS 方向)

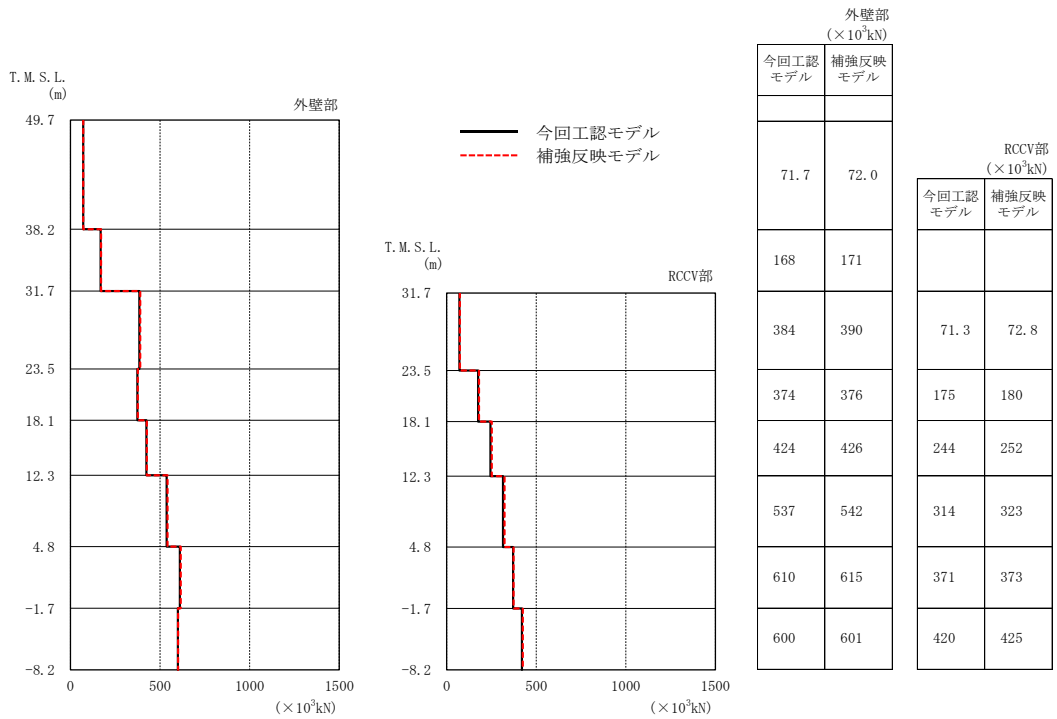


図 4-4 最大応答せん断力 (Ss-1, NS 方向)

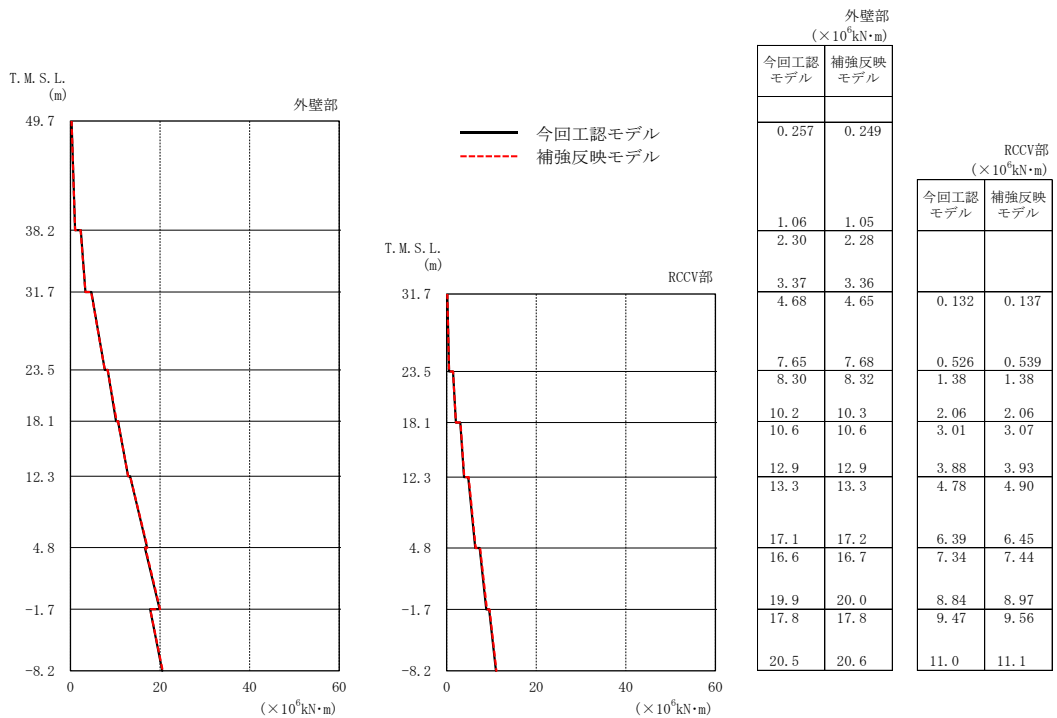


図 4-5 最大応答曲げモーメント (Ss-1, NS 方向)

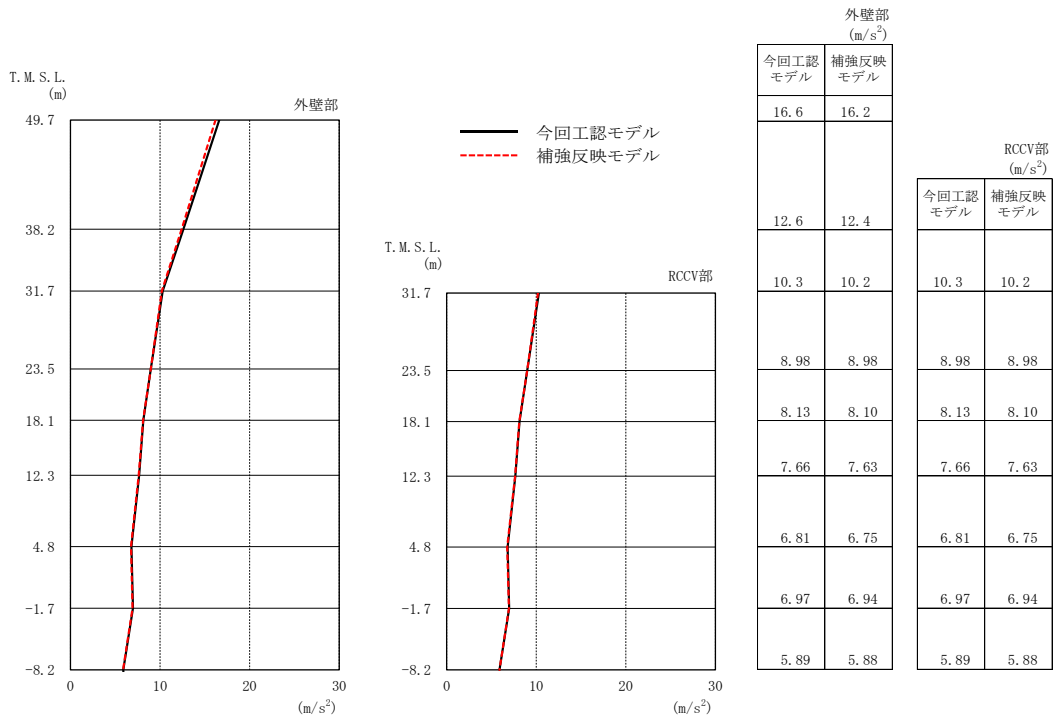


図 4-6 最大応答加速度 (Ss-1, EW 方向)

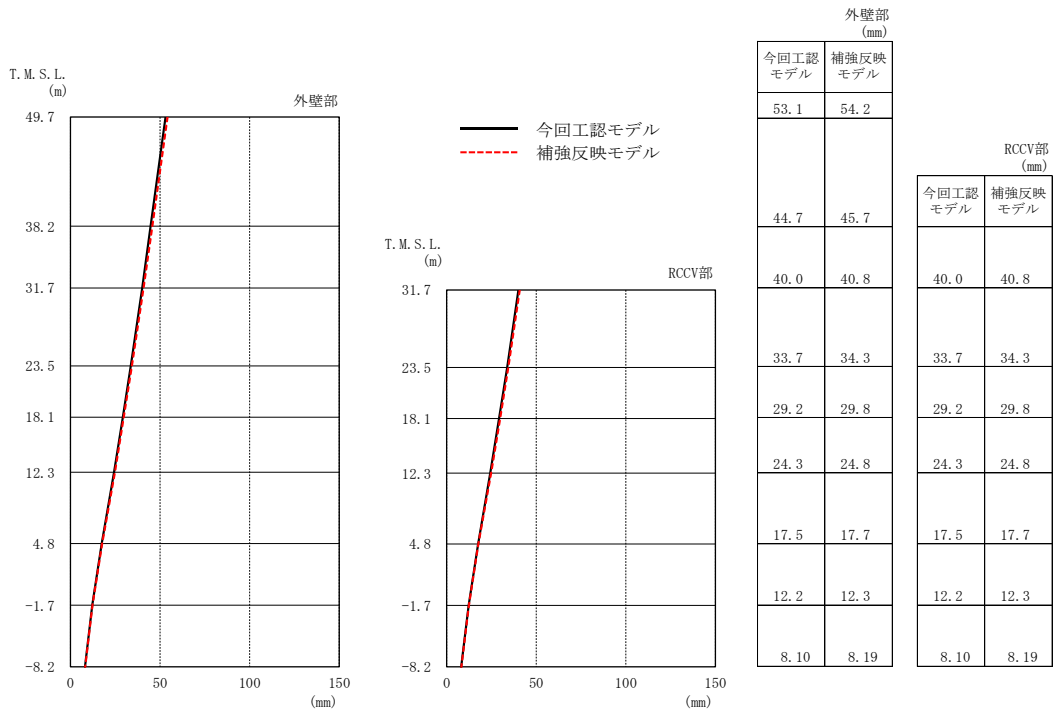


図 4-7 最大応答変位 (Ss-1, EW 方向)

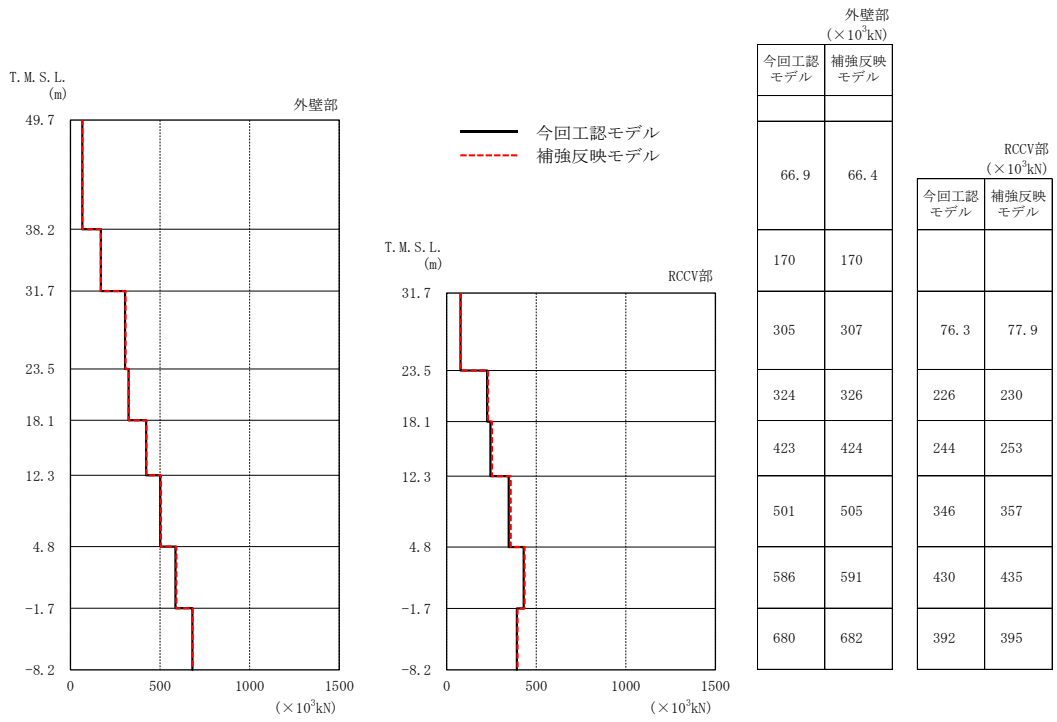


図 4-8 最大応答せん断力 (Ss-1, EW 方向)

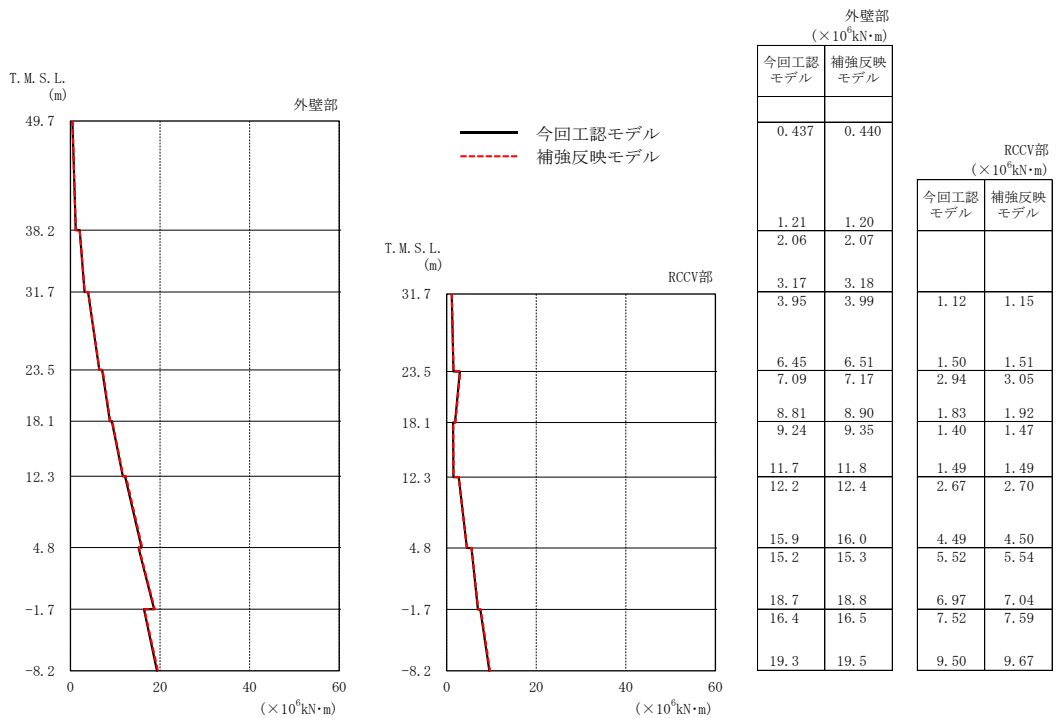


図 4-9 最大応答曲げモーメント (Ss-1, EW 方向)

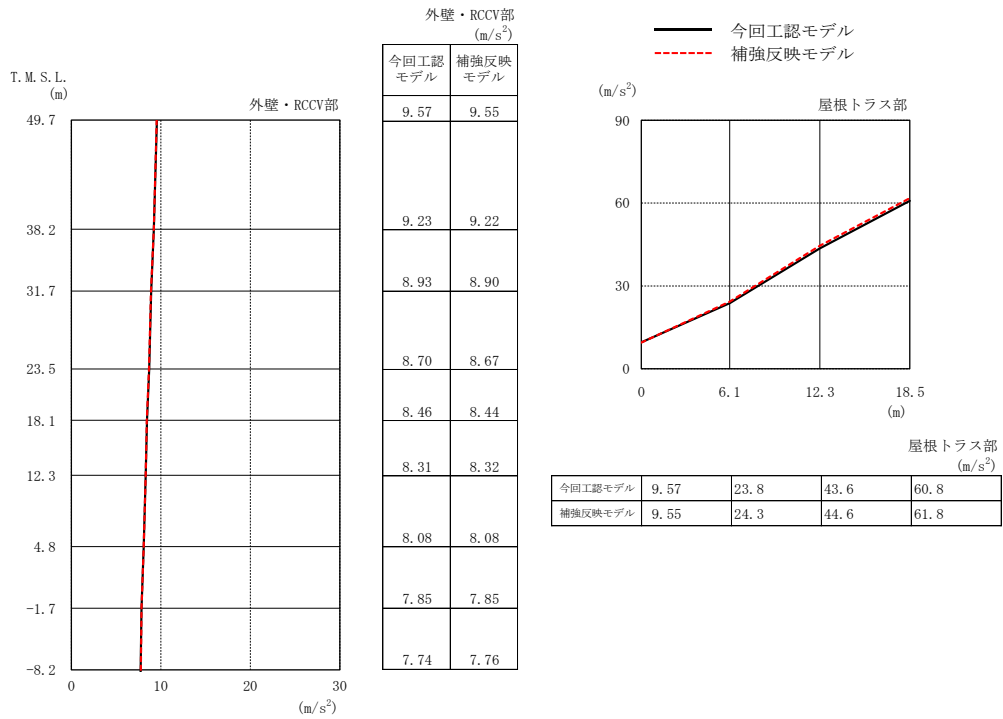


図 4-10 最大応答加速度 (Ss-1, 鉛直方向)

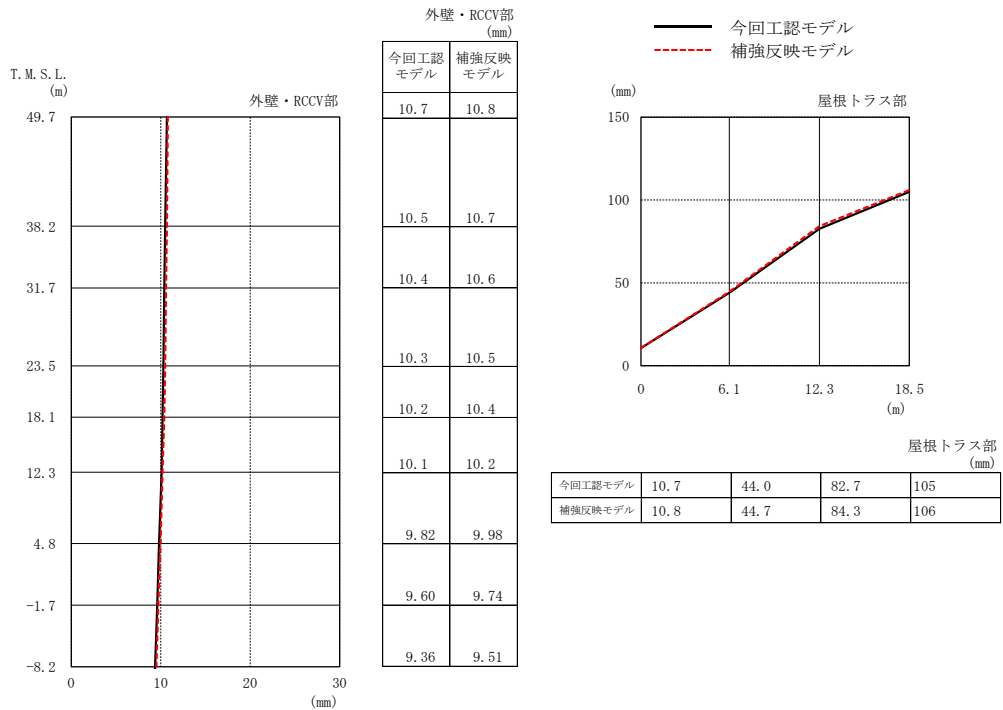


図 4-11 最大応答変位 (Ss-1, 鉛直方向)

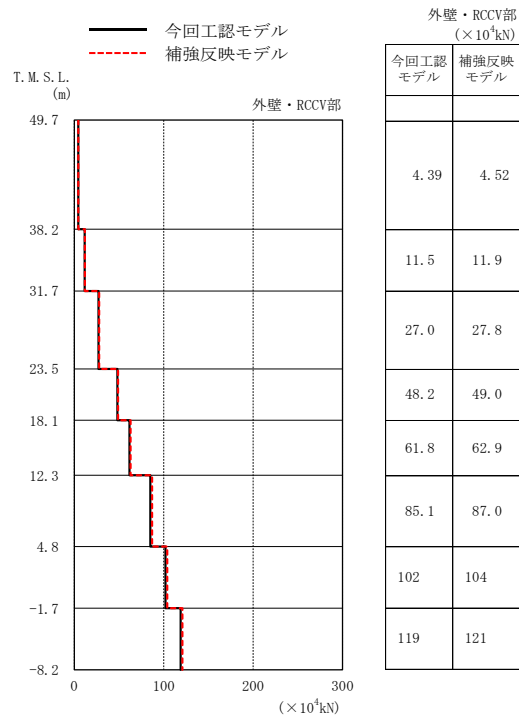
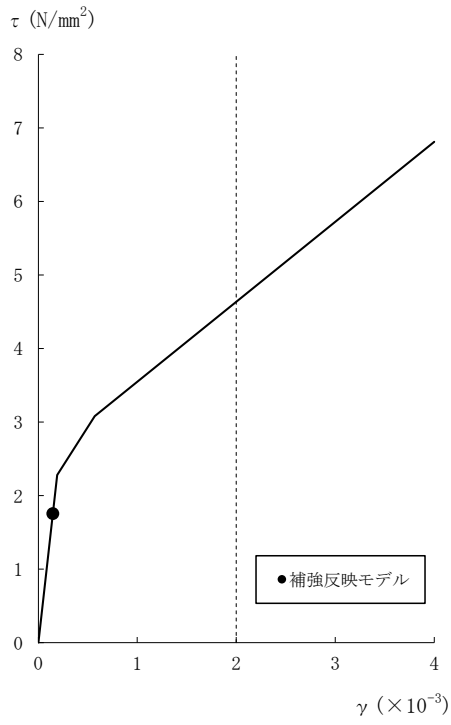
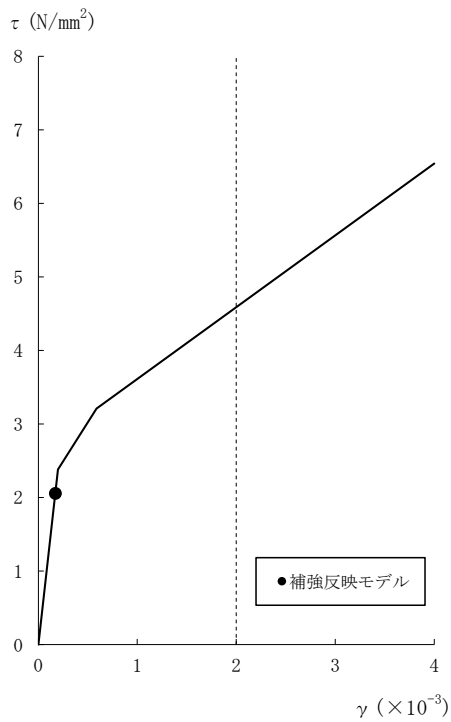


図 4-12 最大応答軸力 (Ss-1, 鉛直方向)



[外壁部]

図 4-13 せん断スケルトン曲線上の最大応答値 (Ss-1, NS 方向, CRF) (1/8)



[外壁部]

図 4-13 せん断スケルトン曲線上の最大応答値 (Ss-1, NS 方向, 4F) (2/8)



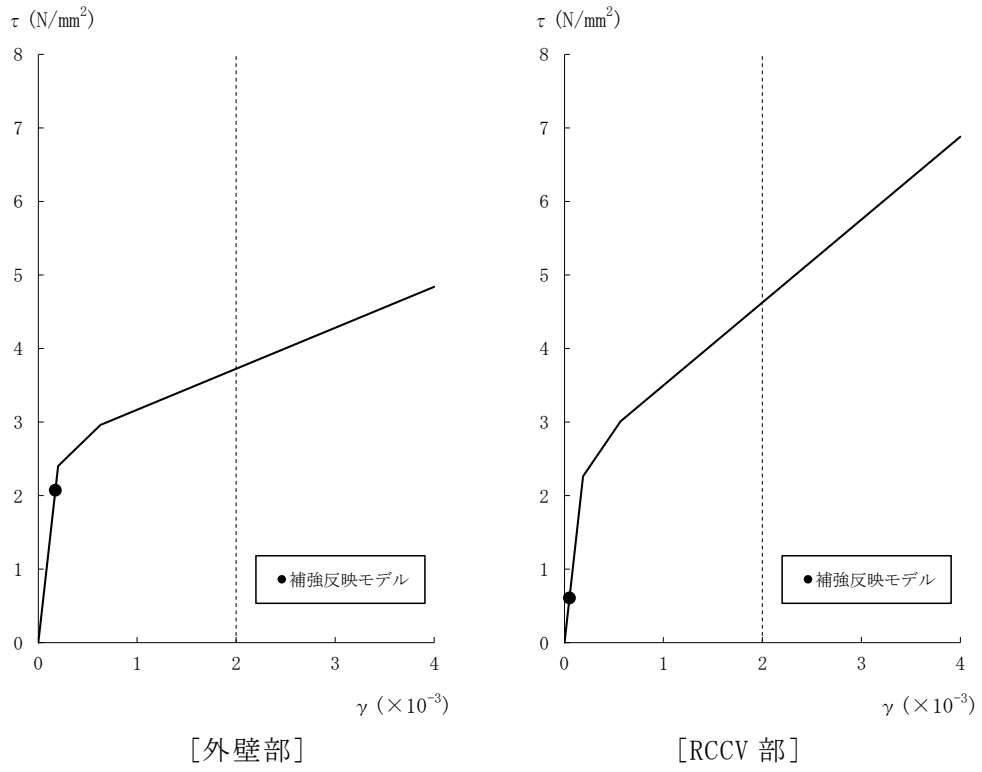


図 4-13 せん断スケルトン曲線上の最大応答値 (Ss-1, NS 方向, 3F) (3/8)

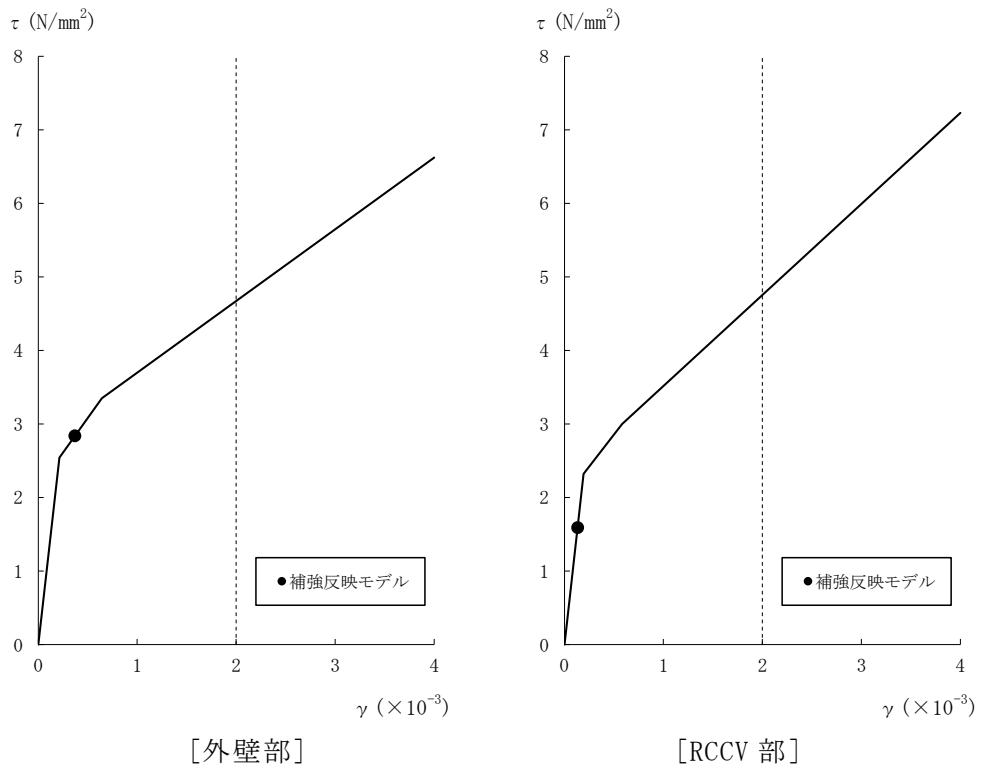


図 4-13 せん断スケルトン曲線上の最大応答値 (Ss-1, NS 方向, 2F) (4/8)

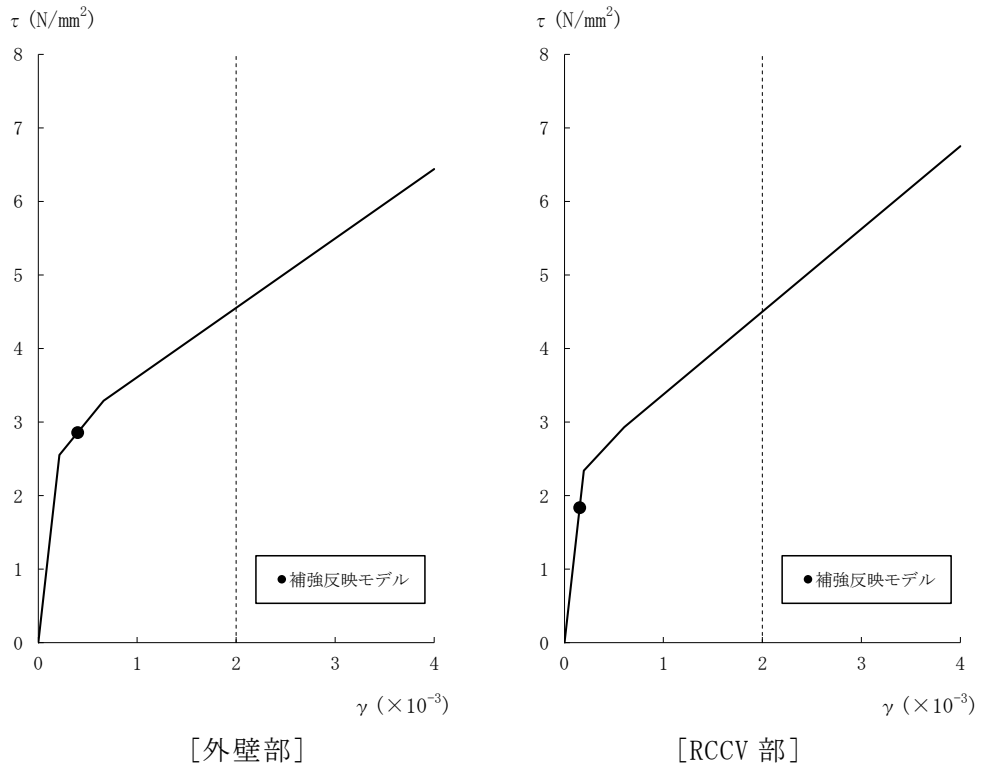


図 4-13 セン断スケルトン曲線上の最大応答値 (Ss-1, NS 方向, 1F) (5/8)

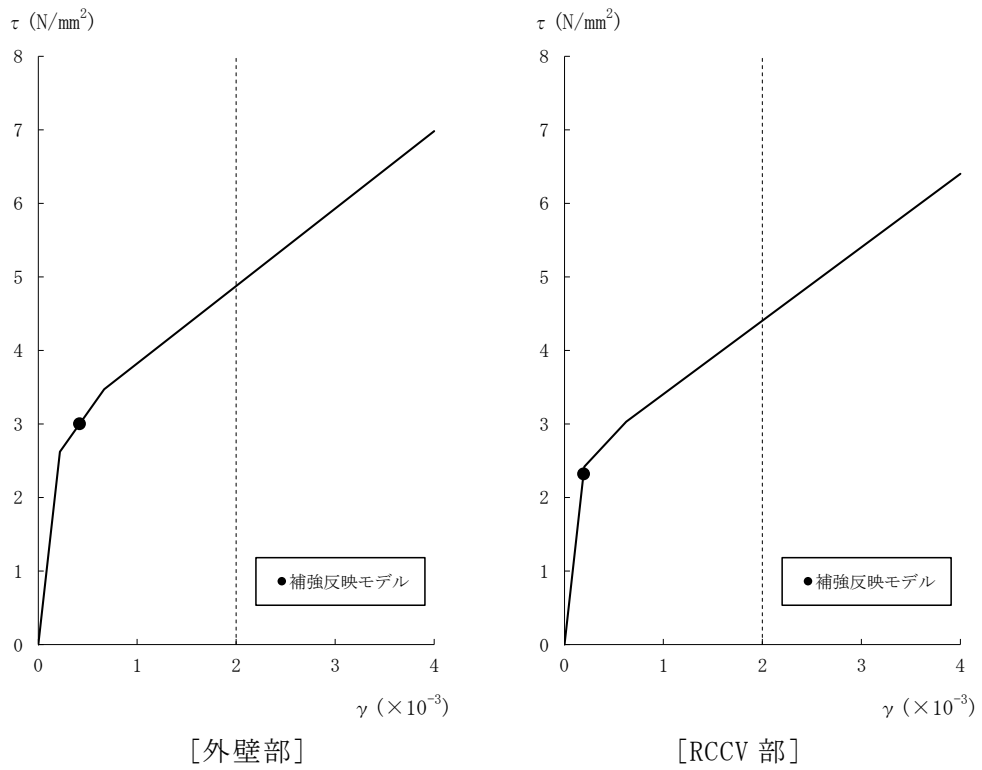


図 4-13 セン断スケルトン曲線上の最大応答値 (Ss-1, NS 方向, B1F) (6/8)

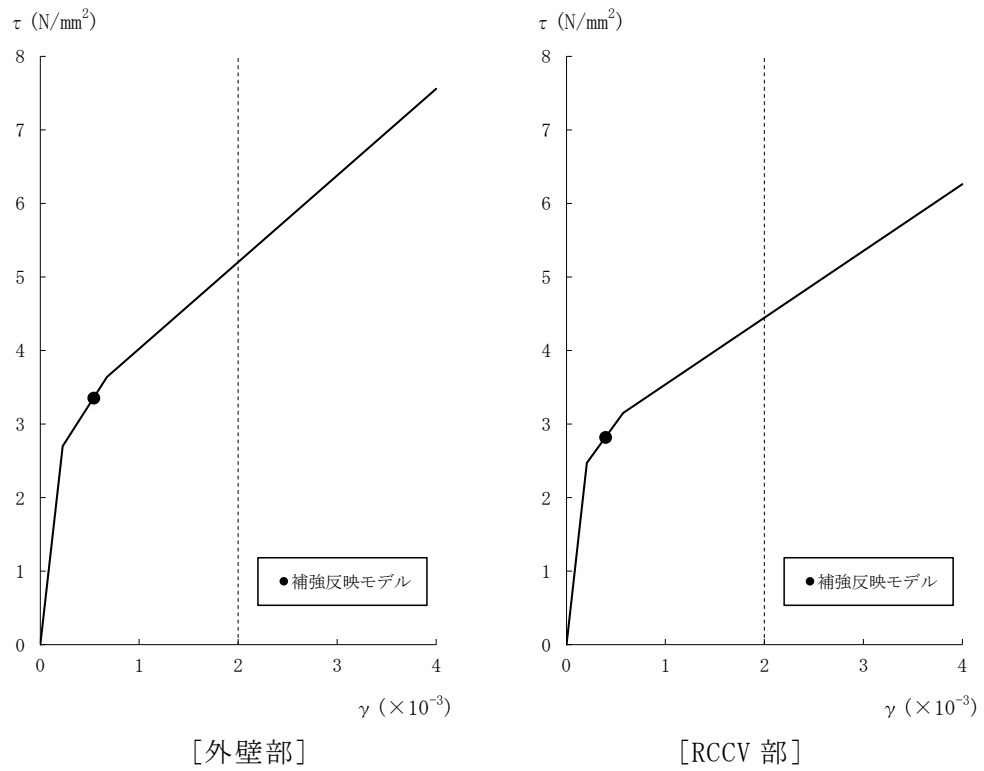


図 4-13 せん断スケルトン曲線上の最大応答値 (基準地震動 S<sub>s</sub>, NS 方向, B2F) (7/8)

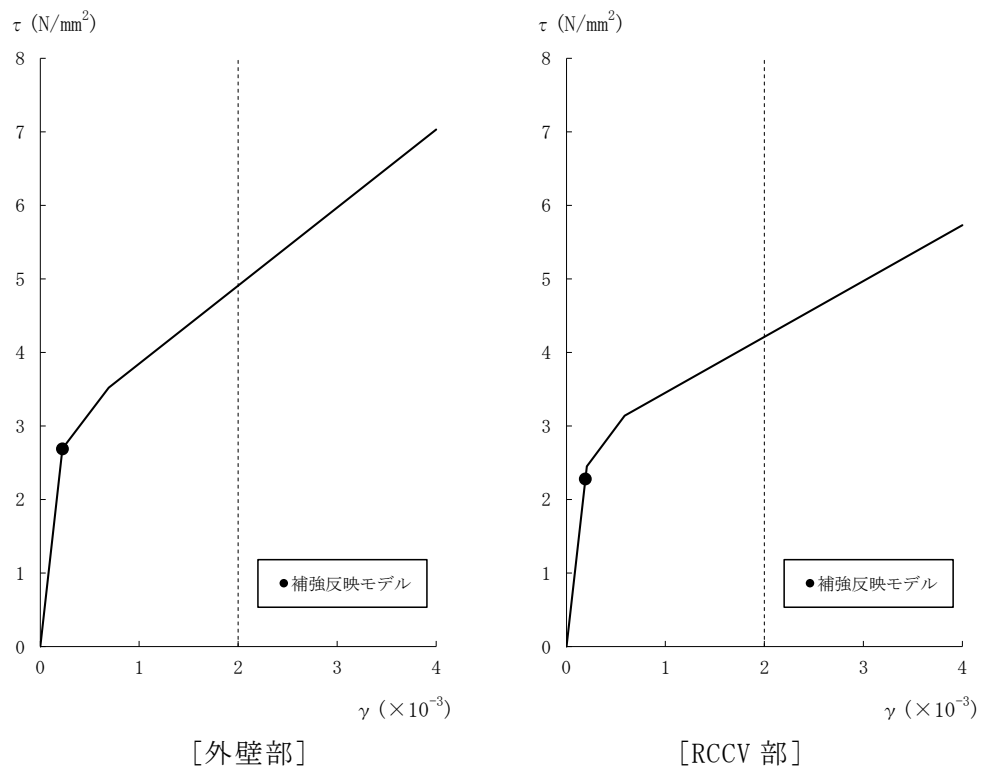
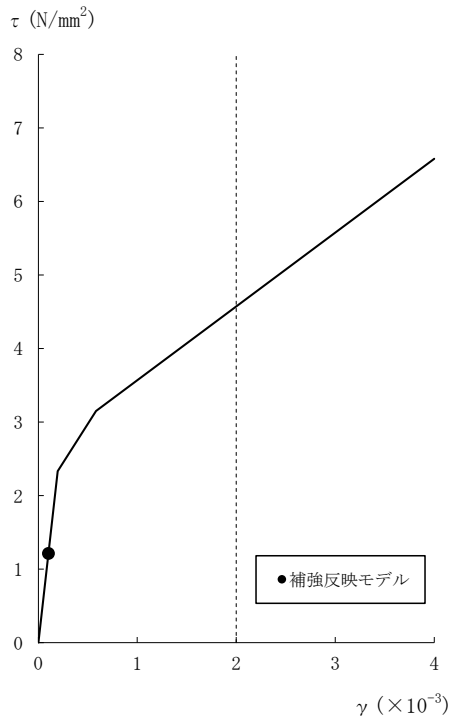
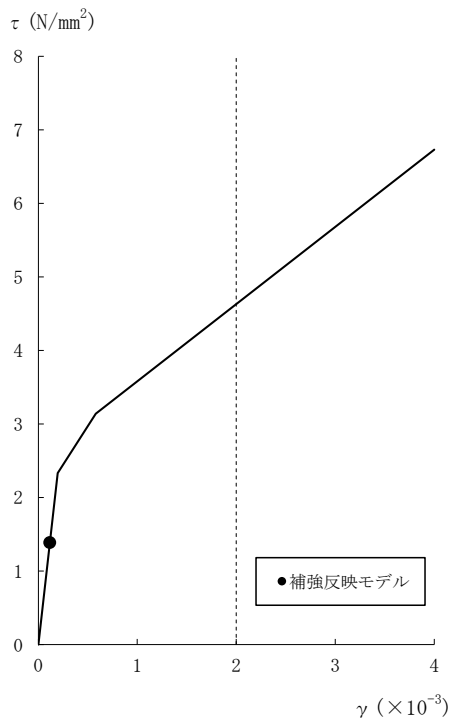


図 4-13 せん断スケルトン曲線上の最大応答値 (S<sub>s</sub>-1, NS 方向, B3F) (8/8)



[外壁部]

図 4-14 せん断スケルトン曲線上の最大応答値 (Ss-1, EW 方向, CRF) (1/8)



[外壁部]

図 4-14 せん断スケルトン曲線上の最大応答値 (Ss-1, EW 方向, 4F) (2/8)

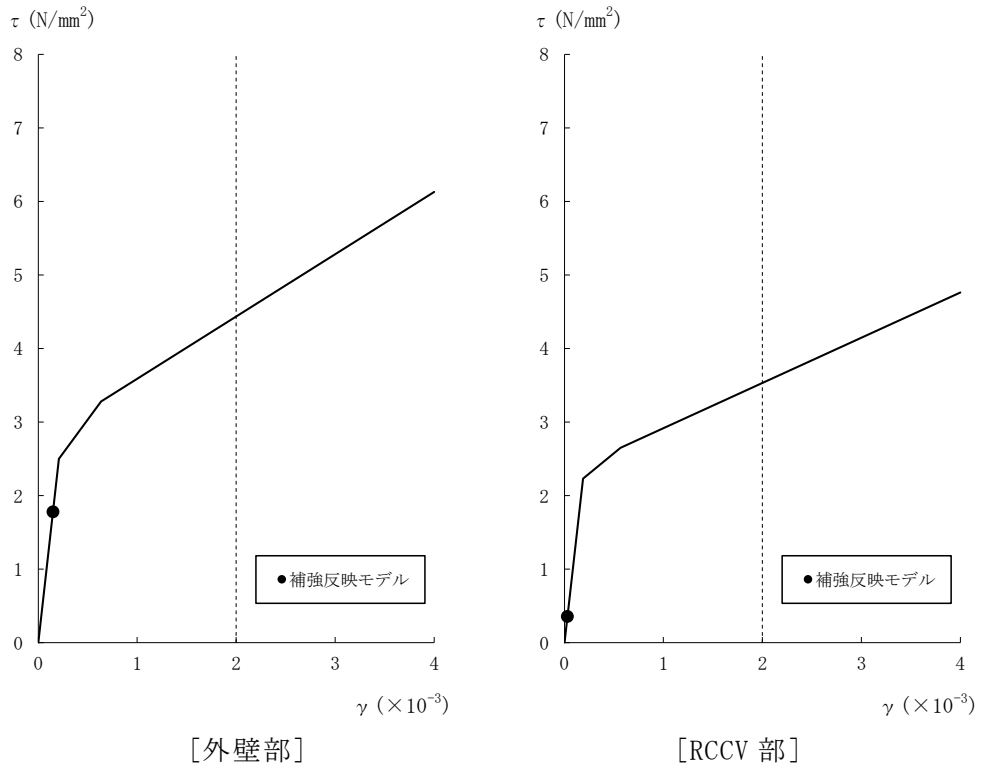


図 4-14 せん断スケルトン曲線上の最大応答値 (Ss-1, EW 方向, 3F) (3/8)

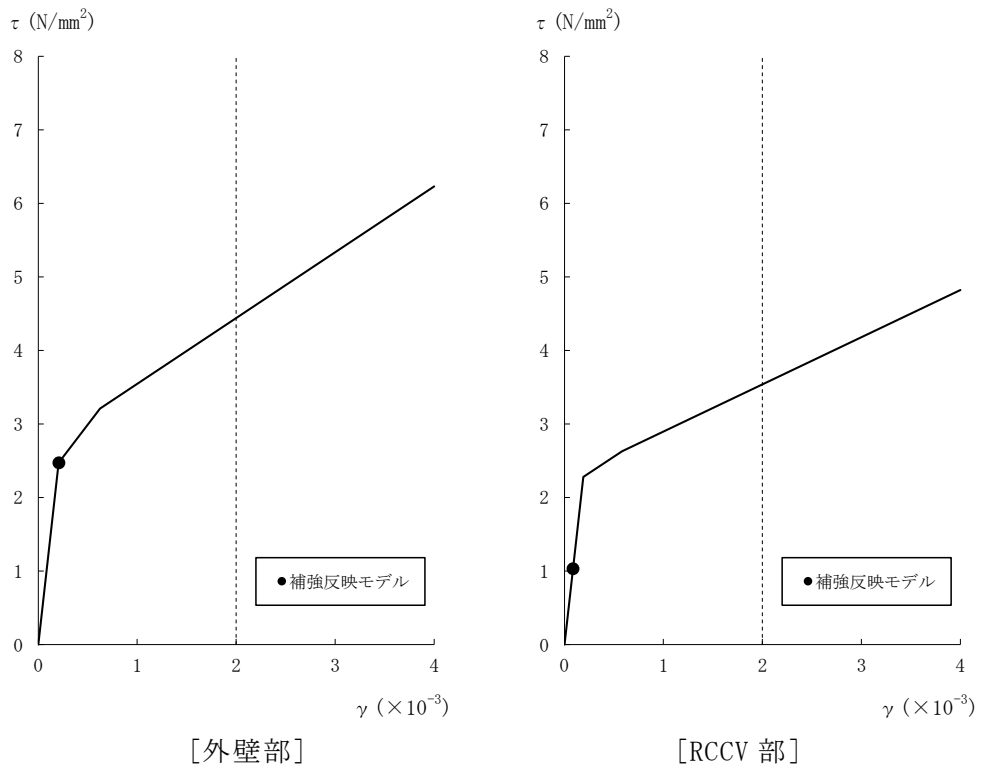


図 4-14 せん断スケルトン曲線上の最大応答値 (Ss-1, EW 方向, 2F) (4/8)

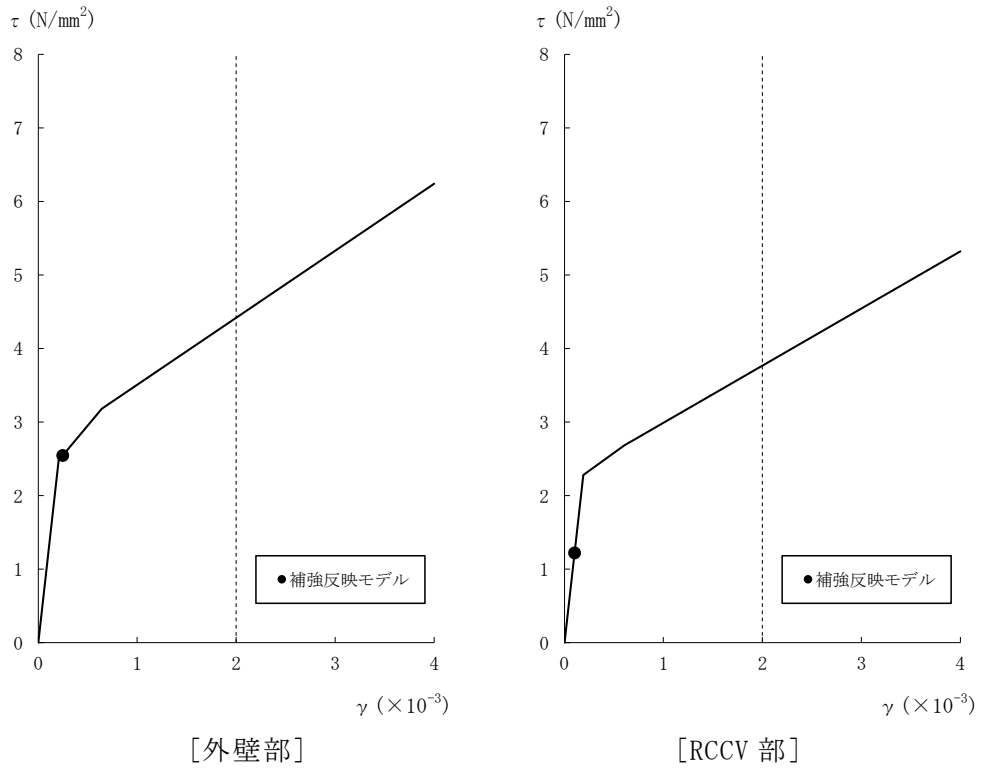


図 4-14 せん断スケルトン曲線上の最大応答値 (Ss-1, EW 方向, 1F) (5/8)

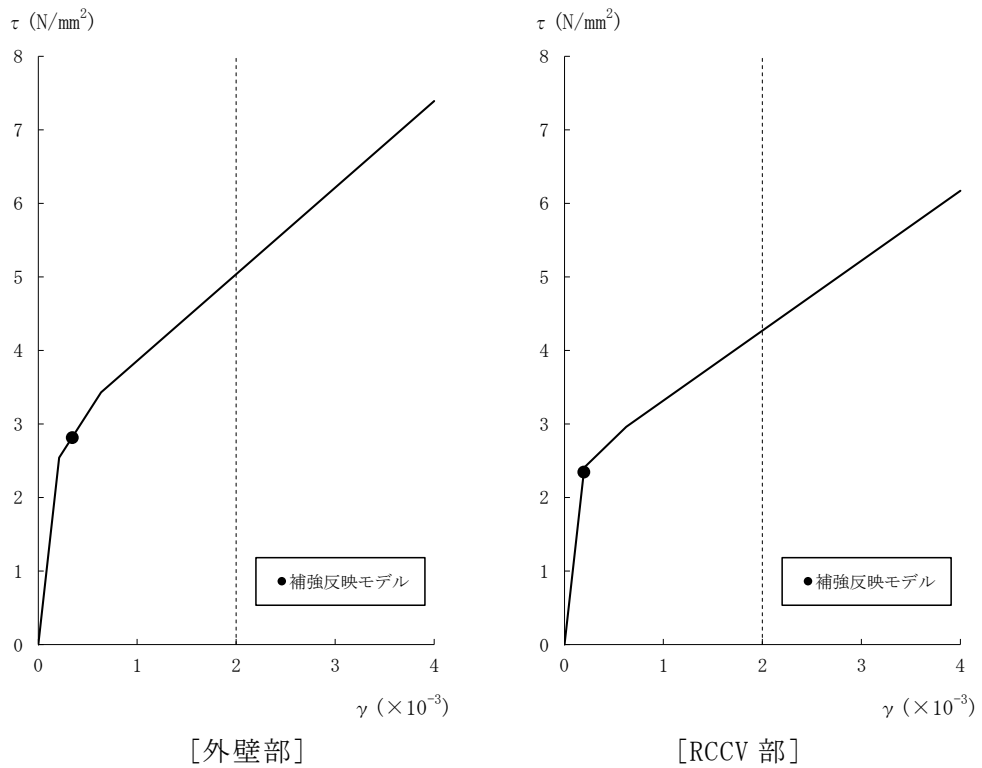


図 4-14 せん断スケルトン曲線上の最大応答値 (Ss-1, EW 方向, B1F) (6/8)

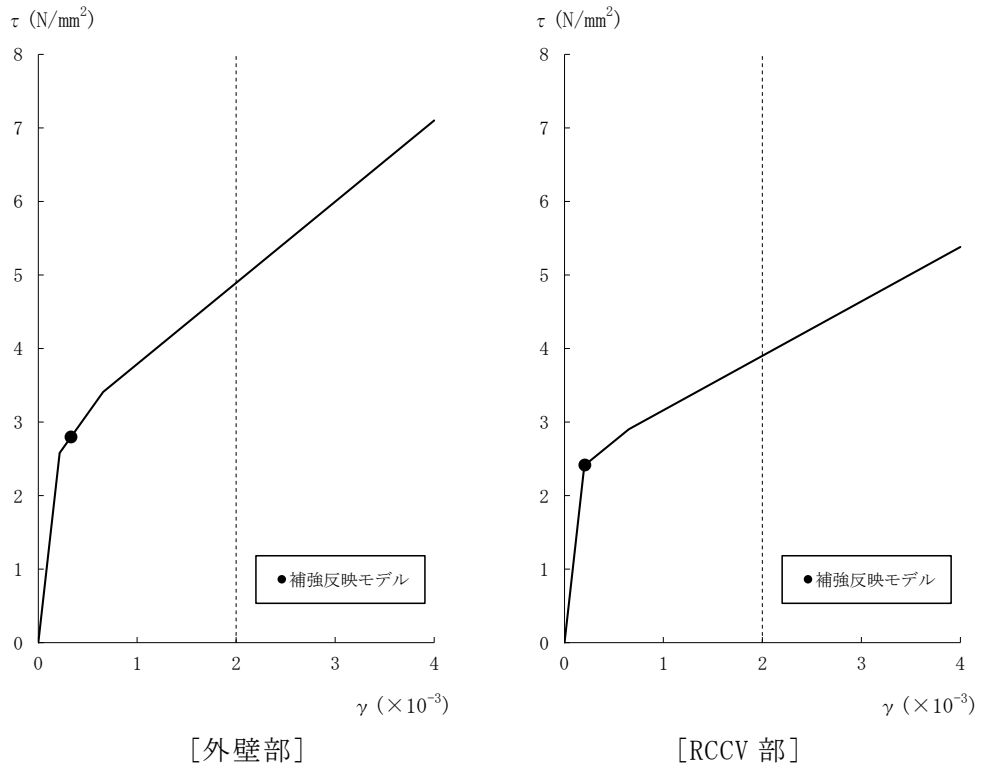


図 4-14 せん断スケルトン曲線上の最大応答値 (Ss-1, EW 方向, B2F) (7/8)

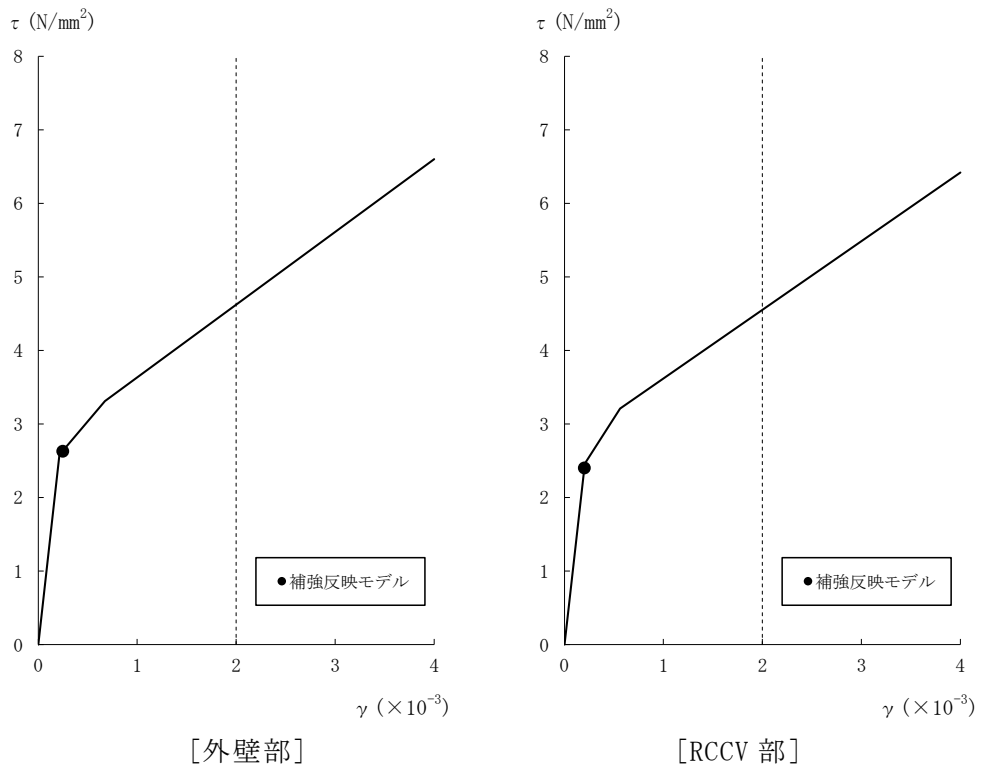


図 4-14 せん断スケルトン曲線上の最大応答値 (Ss-1, EW 方向, B3F) (8/8)

表 4-2 基準地震動 S<sub>s</sub> による地震応答解析結果に基づく接地率

(a) NS 方向

基準地震動 S <sub>s</sub>	最大接地圧 (kN/m <sup>2</sup> )	最大転倒モーメント (×10 <sup>6</sup> kN・m)	最小接地率 (%)
Ss-1	1920	30.4	68.6

(b) EW 方向

基準地震動 S <sub>s</sub>	最大接地圧 (kN/m <sup>2</sup> )	最大転倒モーメント (×10 <sup>6</sup> kN・m)	最小接地率 (%)
Ss-1	1920	32.0	68.7



#### 4.2 応答比率の算定

基準地震動 Ss-1 による補強反映モデルと V-2-2-1「原子炉建屋の地震応答計算書」の「4.1.2 応答解析結果」に示した今回工認モデルの応答の比率（補強反映モデル／今回工認モデル）を算出する。なお，ここでの応答比率を算出する応答結果は，補強反映モデル及び今回工認モデルともに，基準地震動 Ss-1 の基本ケースである。表 4-3～表 4-9 に最大応答加速度，最大応答変位，最大応答せん断力，最大応答曲げモーメント，最大応答軸力，最大せん断ひずみ及び最大接地圧の応答比率を示す。

表 4-3 最大応答加速度の応答比率 (Ss-1, 基本ケース) (1/3)

(a) NS 方向

[外壁部]

標高 T. M. S. L. (m)	質点 番号	最大応答加速度 (m/s <sup>2</sup> )		②/①* 応答比率
		① 今回工認モデル (Ss-1)	② 補強反映モデル (Ss-1)	
49.7	1	17.7	17.5	1.00
38.2	2	12.2	12.1	1.00
31.7	3	10.9	10.8	1.00
23.5	4	9.30	9.22	1.00
18.1	5	8.34	8.29	1.00
12.3	6	7.43	7.34	1.00
4.8	7	6.57	6.53	1.00
-1.7	8	6.88	6.87	1.00
-8.2	9	5.87	5.85	1.00

注記\* : 応答比率が1.00を下回る場合は1.00とする。

[RCCV 部]

標高 T. M. S. L. (m)	質点 番号	最大応答加速度 (m/s <sup>2</sup> )		②/①* 応答比率
		① 今回工認モデル (Ss-1)	② 補強反映モデル (Ss-1)	
31.7	11	10.9	10.8	1.00
23.5	12	9.30	9.22	1.00
18.1	13	8.34	8.29	1.00
12.3	14	7.43	7.34	1.00
4.8	15	6.57	6.53	1.00
-1.7	16	6.88	6.87	1.00

注記\* : 応答比率が1.00を下回る場合は1.00とする。

表 4-3 最大応答加速の応答比率 (Ss-1, 基本ケース) (2/3)

(b) EW 方向

[外壁部]

標高 T. M. S. L. (m)	質点 番号	最大応答加速度 (m/s <sup>2</sup> )		②/①* 応答比率
		① 今回工認モデル (Ss-1)	② 補強反映モデル (Ss-1)	
49.7	1	16.6	16.2	1.00
38.2	2	12.6	12.4	1.00
31.7	3	10.3	10.2	1.00
23.5	4	8.98	8.98	1.00
18.1	5	8.13	8.10	1.00
12.3	6	7.66	7.63	1.00
4.8	7	6.81	6.75	1.00
-1.7	8	6.97	6.94	1.00
-8.2	9	5.89	5.88	1.00

注記\* : 応答比率が1.00を下回る場合は1.00とする。

[RCCV 部]

標高 T. M. S. L. (m)	質点 番号	最大応答加速度 (m/s <sup>2</sup> )		②/①* 応答比率
		① 今回工認モデル (Ss-1)	② 補強反映モデル (Ss-1)	
31.7	11	10.3	10.2	1.00
23.5	12	8.98	8.98	1.00
18.1	13	8.13	8.10	1.00
12.3	14	7.66	7.63	1.00
4.8	15	6.81	6.75	1.00
-1.7	16	6.97	6.94	1.00

注記\* : 応答比率が1.00を下回る場合は1.00とする。

表 4-3 最大応答加速度の応答比率 (Ss-1, 基本ケース) (3/3)

(c) 鉛直方向

[外壁・RCCV 部]

標高 T. M. S. L. (m)	質点 番号	最大応答加速度 (m/s <sup>2</sup> )		②/①* 応答比率
		① 今回工認モデル (Ss-1)	② 補強反映モデル (Ss-1)	
49.7	1	9.57	9.55	1.00
38.2	2	9.23	9.22	1.00
31.7	3	8.93	8.90	1.00
23.5	4	8.70	8.67	1.00
18.1	5	8.46	8.44	1.00
12.3	6	8.31	8.32	1.01
4.8	7	8.08	8.08	1.00
-1.7	8	7.85	7.85	1.00
-8.2	9	7.74	7.76	1.01

注記\* : 応答比率が1.00を下回る場合は1.00とする。

[屋根トラス部]

質点番号		1	23	22	21
最大応答加速度 (m/s <sup>2</sup> )	① 今回工認モデル (Ss-1)	9.57	23.8	43.6	60.8
	② 補強反映モデル (Ss-1)	9.55	24.3	44.6	61.8
②/①* 応答比率		1.00	1.03	1.03	1.02

注記\* : 応答比率が1.00を下回る場合は1.00とする。

表 4-4 最大応答変位の応答比率 (Ss-1, 基本ケース) (1/3)

(a) NS 方向

[外壁部]

標高 T. M. S. L. (m)	質点 番号	最大応答変位 (mm)		②/①* 応答比率
		① 今回工認モデル (Ss-1)	② 補強反映モデル (Ss-1)	
49.7	1	59.1	60.2	1.02
38.2	2	49.9	50.9	1.03
31.7	3	44.5	45.4	1.03
23.5	4	37.5	38.3	1.03
18.1	5	32.0	32.7	1.03
12.3	6	26.1	26.6	1.02
4.8	7	18.5	18.8	1.02
-1.7	8	12.3	12.4	1.01
-8.2	9	7.97	8.04	1.01

注記\* : 応答比率が1.00を下回る場合は1.00とする。

[RCCV 部]

標高 T. M. S. L. (m)	質点 番号	最大応答変位 (mm)		②/①* 応答比率
		① 今回工認モデル (Ss-1)	② 補強反映モデル (Ss-1)	
31.7	11	44.5	45.4	1.03
23.5	12	37.5	38.3	1.03
18.1	13	32.0	32.7	1.03
12.3	14	26.1	26.6	1.02
4.8	15	18.5	18.8	1.02
-1.7	16	12.3	12.4	1.01

注記\* : 応答比率が1.00を下回る場合は1.00とする。

表 4-4 最大応答変位の応答比率 (Ss-1, 基本ケース) (2/3)

(b) EW 方向

[外壁部]

標高 T. M. S. L. (m)	質点 番号	最大応答変位 (mm)		②/①* 応答比率
		① 今回工認モデル (Ss-1)	② 補強反映モデル (Ss-1)	
49.7	1	53.1	54.2	1.03
38.2	2	44.7	45.7	1.03
31.7	3	40.0	40.8	1.02
23.5	4	33.7	34.3	1.02
18.1	5	29.2	29.8	1.03
12.3	6	24.3	24.8	1.03
4.8	7	17.5	17.7	1.02
-1.7	8	12.2	12.3	1.01
-8.2	9	8.10	8.19	1.02

注記\* : 応答比率が1.00を下回る場合は1.00とする。

[RCCV 部]

標高 T. M. S. L. (m)	質点 番号	最大応答変位 (mm)		②/①* 応答比率
		① 今回工認モデル (Ss-1)	② 補強反映モデル (Ss-1)	
31.7	11	40.0	40.8	1.02
23.5	12	33.7	34.3	1.02
18.1	13	29.2	29.8	1.03
12.3	14	24.3	24.8	1.03
4.8	15	17.5	17.7	1.02
-1.7	16	12.2	12.3	1.01

注記\* : 応答比率が1.00を下回る場合は1.00とする。

表 4-4 最大応答変位の応答比率 (Ss-1, 基本ケース) (2/3)

(c) 鉛直方向

[外壁・RCCV 部]

標高 T. M. S. L. (m)	質点 番号	最大応答変位 (mm)		②/①* 応答比率
		① 今回工認モデル (Ss-1)	② 補強反映モデル (Ss-1)	
49.7	1	10.7	10.8	1.01
38.2	2	10.5	10.7	1.02
31.7	3	10.4	10.6	1.02
23.5	4	10.3	10.5	1.02
18.1	5	10.2	10.4	1.02
12.3	6	10.1	10.2	1.01
4.8	7	9.82	9.98	1.02
-1.7	8	9.60	9.74	1.02
-8.2	9	9.36	9.51	1.02

注記\* : 応答比率が1.00を下回る場合は1.00とする。

[屋根トラス部]

質点番号		1	23	22	21
最大応答変位 (mm)	① 今回工認モデル (Ss-1)	10.7	44.0	82.7	105
	② 補強反映モデル (Ss-1)	10.8	44.7	84.3	106
②/①* 応答比率		1.01	1.02	1.02	1.01

注記\* : 応答比率が1.00を下回る場合は1.00とする。

表 4-5 最大応答せん断力の応答比率 (Ss-1, 基本ケース) (1/2)

(a) NS 方向

[外壁部]

標高 T. M. S. L. (m)	部材 番号	最大応答せん断力 ( $\times 10^3$ kN)		②/①* 応答比率
		① 今回工認モデル (Ss-1)	② 補強反映モデル (Ss-1)	
49.7	1	71.7	72.0	1.01
38.2		168	171	1.02
31.7		384	390	1.02
23.5		374	376	1.01
18.1		424	426	1.01
12.3		537	542	1.01
4.8		610	615	1.01
-1.7		600	601	1.01
-8.2				

注記\* : 応答比率が1.00を下回る場合は1.00とする。

[RCCV 部]

標高 T. M. S. L. (m)	部材 番号	最大応答せん断力 ( $\times 10^3$ kN)		②/①* 応答比率	
		① 今回工認モデル (Ss-1)	② 補強反映モデル (Ss-1)		
31.7	11	71.3	72.8	1.03	
23.5		175	180	1.03	
18.1		244	252	1.04	
12.3		314	323	1.03	
4.8		371	373	1.01	
-1.7		420	425	1.02	
-8.2					

注記\* : 応答比率が1.00を下回る場合は1.00とする。



表 4-4 最大応答せん断力の応答比率 (Ss-1, 基本ケース) (2/2)

(b) EW 方向

[外壁部]

標高 T. M. S. L. (m)	部材 番号	最大応答せん断力 ( $\times 10^3$ kN)		②/①* 応答比率
		① 今回工認モデル (Ss-1)	② 補強反映モデル (Ss-1)	
49.7	1	66.9	66.4	1.00
38.2		170	170	1.00
31.7		305	307	1.01
23.5		324	326	1.01
18.1		423	424	1.01
12.3		501	505	1.01
4.8		586	591	1.01
-1.7		680	682	1.01
-8.2				

注記\* : 応答比率が1.00を下回る場合は1.00とする。

[RCCV 部]

標高 T. M. S. L. (m)	部材 番号	最大応答せん断力 ( $\times 10^3$ kN)		②/①* 応答比率	
		① 今回工認モデル (Ss-1)	② 補強反映モデル (Ss-1)		
31.7	11	76.3	77.9	1.03	
23.5		226	230	1.02	
18.1		244	253	1.04	
12.3		346	357	1.04	
4.8		430	435	1.02	
-1.7		392	395	1.01	
-8.2					

注記\* : 応答比率が1.00を下回る場合は1.00とする。

表 4-6 最大応答曲げモーメントの応答比率 (Ss-1, 基本ケース) (1/2)

(a) NS 方向

[外壁部]

標高 T. M. S. L. (m)	部材 番号	最大応答曲げモーメント ( $\times 10^6 \text{kN}\cdot\text{m}$ )		②/①* 応答比率
		① 今回工認モデル (Ss-1)	② 補強反映モデル (Ss-1)	
49.7	1	0.257	0.249	1.00
38.2		1.06	1.05	1.00
31.7	2	2.30	2.28	1.00
		3.37	3.36	1.00
23.5	3	4.68	4.65	1.00
		7.65	7.68	1.01
18.1	4	8.30	8.32	1.01
		10.2	10.3	1.01
12.3	5	10.6	10.6	1.00
		12.9	12.9	1.00
4.8	6	13.3	13.3	1.00
		17.1	17.2	1.01
-1.7	7	16.6	16.7	1.01
		19.9	20.0	1.01
-8.2	8	17.8	17.8	1.00
		20.5	20.6	1.01

注記\* : 応答比率が1.00を下回る場合は1.00とする。

[RCCV 部]

標高 T. M. S. L. (m)	部材 番号	最大応答曲げモーメント ( $\times 10^6 \text{kN}\cdot\text{m}$ )		②/①* 応答比率
		① 今回工認モデル (Ss-1)	② 補強反映モデル (Ss-1)	
31.7	11	0.132	0.137	1.04
23.5		0.526	0.539	1.03
18.1	12	1.38	1.38	1.00
		2.06	2.06	1.00
12.3	13	3.01	3.07	1.02
		3.88	3.93	1.02
4.8	14	4.78	4.90	1.03
		6.39	6.45	1.01
-1.7	15	7.34	7.44	1.02
		8.84	8.97	1.02
-8.2	16	9.47	9.56	1.01
		11.0	11.1	1.01

注記\* : 応答比率が1.00を下回る場合は1.00とする。

表 4-6 最大応答曲げモーメントの比率 (Ss-1, 基本ケース) (2/2)

(b) EW 方向

[外壁部]

標高 T. M. S. L. (m)	部材 番号	最大応答曲げモーメント (×10 <sup>6</sup> kN・m)		②/①* 応答比率
		① 今回工認モデル (Ss-1)	② 補強反映モデル (Ss-1)	
49.7	1	0.437	0.440	1.01
38.2		1.21	1.20	1.00
31.7	2	2.06	2.07	1.01
		3.17	3.18	1.01
23.5	3	3.95	3.99	1.02
		6.45	6.51	1.01
18.1	4	7.09	7.17	1.02
		8.81	8.90	1.02
12.3	5	9.24	9.35	1.02
		11.7	11.8	1.01
4.8	6	12.2	12.4	1.02
		15.9	16.0	1.01
-1.7	7	15.2	15.3	1.01
		18.7	18.8	1.01
-8.2	8	16.4	16.5	1.01
		19.3	19.5	1.02

注記\* : 応答比率が1.00を下回る場合は1.00とする。

[RCCV 部]

標高 T. M. S. L. (m)	部材 番号	最大応答曲げモーメント (×10 <sup>6</sup> kN・m)		②/①* 応答比率
		① 今回工認モデル (Ss-1)	② 補強反映モデル (Ss-1)	
31.7	11	1.12	1.15	1.03
23.5		1.50	1.51	1.01
18.1	12	2.94	3.05	1.04
		1.83	1.92	1.05
12.3	13	1.40	1.47	1.05
		1.49	1.49	1.00
4.8	14	2.67	2.70	1.02
		4.49	4.50	1.01
-1.7	15	5.52	5.54	1.01
		6.97	7.04	1.02
-8.2	16	7.52	7.59	1.01
		9.50	9.67	1.02

注記\* : 応答比率が1.00を下回る場合は1.00とする。

表 4-7 最大応答軸力の応答比率 (Ss-1, 基本ケース)  
[外壁・RCCV 部]

標高 T. M. S. L. (m)	部材 番号	最大応答軸力 (×10 <sup>4</sup> kN)		②/①* 応答比率
		① 今回工認モデル (Ss-1)	② 補強反映モデル (Ss-1)	
49.7				
	1	4.39	4.52	1.03
38.2				
	2	11.5	11.9	1.04
31.7				
	3	27.0	27.8	1.03
23.5				
	4	48.2	49.0	1.02
18.1				
	5	61.8	62.9	1.02
12.3				
	6	85.1	87.0	1.03
4.8				
	7	102	104	1.02
-1.7				
	8	119	121	1.02
-8.2				

注記\* : 応答比率が1.00を下回る場合は1.00とする。

表 4-8 最大せん断ひずみの応答比率 (Ss-1, 基本ケース) (1/2)

(a) NS 方向

[外壁部]

標高 T. M. S. L. (m)	部材 番号	最大せん断ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )		②/①* 応答比率
		① 今回工認モデル (Ss-1)	② 補強反映モデル (Ss-1)	
49.7				
38.2	1	0.147	0.147	1.00
31.7	2	0.170	0.172	1.02
23.5	3	0.171	0.174	1.02
18.1	4	0.361	0.369	1.03
12.3	5	0.388	0.398	1.03
4.8	6	0.406	0.418	1.03
-1.7	7	0.528	0.543	1.03
-8.2	8	0.225	0.226	1.01

注記\* : 応答比率が1.00を下回る場合は1.00とする。

[RCCV 部]

標高 T. M. S. L. (m)	部材 番号	最大せん断ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )		②/①* 応答比率
		① 今回工認モデル (Ss-1)	② 補強反映モデル (Ss-1)	
31.7				
23.5	11	0.0499	0.0510	1.03
18.1	12	0.130	0.133	1.03
12.3	13	0.149	0.154	1.04
4.8	14	0.189	0.194	1.03
-1.7	15	0.388	0.395	1.02
-8.2	16	0.189	0.191	1.02

注記\* : 応答比率が1.00を下回る場合は1.00とする。

表 4-8 最大せん断ひずみの応答比率 (Ss-1, 基本ケース) (2/2)

(b) EW 方向

[外壁部]

標高 T. M. S. L. (m)	部材 番号	最大せん断ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )		②/①* 応答比率
		① 今回工認モデル (Ss-1)	② 補強反映モデル (Ss-1)	
49.7				
38.2	1	0.103	0.102	1.00
31.7	2	0.116	0.116	1.00
23.5	3	0.148	0.149	1.01
18.1	4	0.206	0.210	1.02
12.3	5	0.243	0.250	1.03
4.8	6	0.334	0.344	1.03
-1.7	7	0.318	0.332	1.05
-8.2	8	0.244	0.247	1.02

注記\* : 応答比率が1.00を下回る場合は1.00とする。

[RCCV 部]

標高 T. M. S. L. (m)	部材 番号	最大せん断ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )		②/①* 応答比率
		① 今回工認モデル (Ss-1)	② 補強反映モデル (Ss-1)	
31.7				
23.5	11	0.0292	0.0298	1.03
18.1	12	0.0848	0.0863	1.02
12.3	13	0.0982	0.103	1.05
4.8	14	0.191	0.197	1.04
-1.7	15	0.200	0.206	1.03
-8.2	16	0.200	0.201	1.01

注記\* : 応答比率が1.00を下回る場合は1.00とする。

表 4-9 最大接地圧の応答比率 (Ss-1, 基本ケース)

方向	最大接地圧 (kN/m <sup>2</sup> )		②/①* 応答比率
	① 今回工認モデル (Ss-1)	② 補強反映モデル (Ss-1)	
NS方向	1890	1920	1.02
EW方向	1890	1920	1.02

注記\* : 応答比率が1.00を下回る場合は1.00とする。

#### 4.3 原子炉建屋の地震応答解析による評価に与える影響

原子炉建屋の設備の補強や追加改造工事に伴い重量が増加する影響を考慮した地震応答解析結果を踏まえ、原子炉建屋の地震応答解析による評価に与える影響として、最大せん断ひずみ及び最大接地圧を算出する。

##### 4.3.1 最大せん断ひずみ

###### (1) 算出方法

最大せん断ひずみの検討として、材料物性の不確かさを考慮した最大せん断ひずみ（基準地震動  $S_s-1 \sim S_s-8$  に対する包絡値）に、基準地震動  $S_s-1$  に対する補強反映モデルと今回工認モデルの応答比率（補強反映モデル／今回工認モデル）を乗じて算出する。

###### (2) 算出結果

原子炉建屋に生じる最大せん断ひずみに応答比率を乗じた値を表 4-10 に示す。表 4-10 より、最大せん断ひずみに応答比率を乗じた値の最大値は  $0.700 \times 10^{-3}$ （NS 方向，外壁部）であり、許容限界（ $2.0 \times 10^{-3}$ ）を超えないことを確認した。



表 4-10 原子炉建屋に生じる最大せん断ひずみに応答比率を乗じた値 (1/2)

(a) NS 方向

[外壁部]

標高 T. M. S. L. (m)	部材 番号	① 応答比率	最大せん断ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	
			② 材料物性の 不確かさ考慮 (Ss-1~Ss-8)	①×② 応答比率を 乗じた値 (Ss-1~Ss-8)
49.7	1	1.00	0.155	0.155
38.2	2	1.02	0.182	0.186
31.7	3	1.02	0.185	0.189
23.5	4	1.03	0.404	0.417
18.1	5	1.03	0.437	0.451
12.3	6	1.03	0.525	0.541
4.8	7	1.03	0.679	0.700
-1.7	8	1.01	0.278	0.281
-8.2				

[RCCV 部]

標高 T. M. S. L. (m)	部材 番号	① 応答比率	最大せん断ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	
			② 材料物性の 不確かさ考慮 (Ss-1~Ss-8)	①×② 応答比率を 乗じた値 (Ss-1~Ss-8)
31.7				
23.5	11	1.03	0.0633	0.0652
18.1	12	1.03	0.145	0.150
12.3	13	1.04	0.167	0.174
4.8	14	1.03	0.267	0.276
-1.7	15	1.02	0.475	0.485
-8.2	16	1.02	0.213	0.218

表 4-10 原子炉建屋に生じる最大せん断ひずみに応答比率を乗じた値 (2/2)

(b) EW 方向

[外壁部]

標高 T. M. S. L. (m)	部材 番号	① 応答比率	最大せん断ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	
			② 材料物性の 不確かさ考慮 (Ss-1~Ss-8)	①×② 応答比率を 乗じた値 (Ss-1~Ss-8)
49.7	1	1.00	0.110	0.110
38.2	2	1.00	0.120	0.120
31.7	3	1.01	0.159	0.161
23.5	4	1.02	0.249	0.254
18.1	5	1.03	0.305	0.315
12.3	6	1.03	0.570	0.588
4.8	7	1.05	0.554	0.582
-1.7	8	1.02	0.390	0.398
-8.2				

[RCCV 部]

標高 T. M. S. L. (m)	部材 番号	① 応答比率	最大せん断ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	
			② 材料物性の 不確かさ考慮 (Ss-1~Ss-8)	①×② 応答比率を 乗じた値 (Ss-1~Ss-8)
31.7				
23.5	11	1.03	0.0326	0.0336
18.1	12	1.02	0.103	0.106
12.3	13	1.05	0.129	0.136
4.8	14	1.04	0.381	0.397
-1.7	15	1.03	0.390	0.402
-8.2	16	1.01	0.327	0.331

#### 4.3.2 最大接地圧

##### (1) 算出方法

最大接地圧の検討として、材料物性の不確かさを考慮した最大接地圧（弾性設計用地震動 Sd-1～Sd-8 に対する包絡値及び基準地震動 Ss-1～Ss-8 に対する包絡値）に、基準地震動 Ss-1 に対する補強反映モデルと今回工認モデルの応答比率（補強反映モデル／今回工認モデル）を乗じて算出する。

##### (2) 算出結果

原子炉建屋に生じる最大接地圧に応答比率を乗じた値を表 4-11 及び表 4-12 に示す。

表 4-11 より、S d 地震時の最大接地圧に応答比率を乗じた値の最大値は 1370kN/m<sup>2</sup>（EW 方向）であり、許容限界（4110kN/m<sup>2</sup>）を超えないことを確認した。また、表 4-12 より、S s 地震時の最大接地圧に応答比率を乗じた値の最大値は 2680kN/m<sup>2</sup>（EW 方向）であり、許容限界（6170kN/m<sup>2</sup>）を超えないことを確認した。

表 4-11 原子炉建屋に生じる最大接地圧に応答比率を乗じた値（S d 地震時）

方向	① 応答比率	最大接地圧 (kN/m <sup>2</sup> )	
		② 材料物性の 不確かさ考慮 (Sd-1～Sd-8)	①×② 応答比率を 乗じた値 (Sd-1～Sd-8)
NS方向	1.02	1320	1350
EW方向	1.02	1340	1370

表 4-12 原子炉建屋に生じる最大接地圧に応答比率を乗じた値（S s 地震時）

方向	① 応答比率	最大接地圧 (kN/m <sup>2</sup> )	
		② 材料物性の 不確かさ考慮 (Ss-1～Ss-8)	①×② 応答比率を 乗じた値 (Ss-1～Ss-8)
NS方向	1.02	2360	2410
EW方向	1.02	2620	2680

## 5. まとめ

補強等に伴う重量の増加分を考慮し、「補強反映モデル」を用いて、基準地震動 Ss-1 に対する地震応答解析を実施し、「今回工認モデル」を用いた結果と比較した。

その結果、「補強反映モデル」の最大応答値は、「今回工認モデル」の結果と概ね整合しており、材料物性の不確かさを考慮した設計用地震力に応答比率（「補強反映モデル」／「今回工認モデル」）を乗じた場合であっても、原子炉建屋及び建屋内に設置される各施設の耐震性が確保される。