

島根原子力発電所第2号機 審査資料	
資料番号	NS2-補-024-01 改 08
提出年月日	2023年3月27日

原子炉建物の地震応答計算書に関する補足説明資料

2023年3月

中国電力株式会社

1. 工事計画添付書類に係る補足説明資料

VI-2-2-2「原子炉建物の地震応答計算書」の記載内容を補足するための資料を以下に示す。  
なお、他建物・構築物の地震応答計算書の記載内容を共通的に補足する内容についても、本資料で代表し説明する。

今回提出範囲：

別紙 1 地震応答解析における既工認と今回工認の解析モデル及び手法の比較

別紙 1-1 原子炉建物の地震応答解析モデルの各種ばねの算定について

別紙 1-2 地震応答解析モデルにおける基本ケースの設定の考え方について

別紙 1-3 原子炉建物の地震応答解析モデルにおける床剛モデルの妥当性について

別紙 2 地震応答解析における耐震壁のせん断スケルトン曲線の設定

別紙 3 地震応答解析における材料物性の不確かさに関する検討

別紙 3-1 建物剛性の不確かさによる建物応答への影響に関する考察

別紙 3-2 材料物性の不確かさを考慮した検討に用いる地震動の選定について

別紙 3-3 材料物性の不確かさを考慮した地震応答解析結果

別紙 3-4 建物剛性と地盤物性の不確かさを考慮した場合の鉄骨造屋根トラスの影響について

別紙 3-5 積雪荷重の考慮による建物応答への影響について

別紙 3-6 建物剛性の不確かさを考慮した場合の燃料プール及び基礎スラブの影響について

別紙 3-7 建物剛性及び地盤物性の不確かさを考慮した場合の建物-機器連成地震応答解析結果に与える影響

別紙 3-8 機器・配管系の影響検討における刺激係数を考慮した条件比率の算出

別紙 4 地震応答解析に用いる鉄筋コンクリート造部の減衰定数に関する検討

別紙 4-1 原子炉建物の基準地震動  $S_s$  及び弾性設計用地震動  $S_d$  に対する最大応答せん断ひずみ

別紙 4-2 各建物の図面集

別紙 5 地震応答解析における原子炉建物の重大事故等時の高温による影響

別紙 5-1 重大事故時等の環境を考慮した原子炉本体地震応答解析モデルの設定

別紙 5-2 重大事故時等の環境を考慮した場合の建物-機器連成地震応答解析結果に与える影響

別紙 6 原子炉建物のコンクリート剛性に対する地震観測記録による傾向分析

別紙 6-1 コンクリートの経年劣化の影響について

別紙 7 原子炉建物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

別紙 7-1 原子炉建物に対する改造工事の概要

別紙 7-2 改造工事に伴う重量増加を反映した検討

別紙 7-2-1 改造工事に伴う重量増加を反映した検討における応力平均化の考え方

別紙 7-2-2 改造工事に伴う重量増加による建物-機器連成地震応答解析結果に与える影響

別紙 8 原子炉建物の入力地震動について

(参考資料 1) 計算機プログラム (解析コード) の概要

別紙 1-1 原子炉建物の地震応答解析モデルの各種ばね  
の算定について

## 目 次

1. プール壁による回転拘束効果を考慮した回転ばね .....	別紙 1-1-1
2. RD 通りの回転ばね .....	別紙 1-1-4
3. 屋根トラス部の回転ばね .....	別紙 1-1-6
4. 鉛直方向のせん断剛性を評価したせん断ばね .....	別紙 1-1-8

1. プール壁による回転拘束効果を考慮した回転ばね

プール壁は厚さ 1.8~2.0m, 高さ約 10~15m の 2 枚の壁で構成され, この壁はドライウエル外側壁上部と内部ボックス壁 (R3 通り及び R11 通り) を相互に連結する構造となっている。

このため, 地震時にドライウエル外側壁上部が回転変形を起そうとすると, プール壁がこれを拘束するように働くと考えられ, この拘束効果をドライウエル外側壁上部と内部ボックス壁 (R3 通り及び R11 通り) を結ぶ回転ばね  $K_{\theta 1}$  として評価する。

図 1-1 に拘束効果の概念図を, 図 1-2 に原子炉建物 EW 方向の地震応答解析モデルを, 図 1-3 にプール壁による回転拘束効果を考慮した回転ばねの算定概念を, 表 1-1 に回転ばねの諸元を示す。

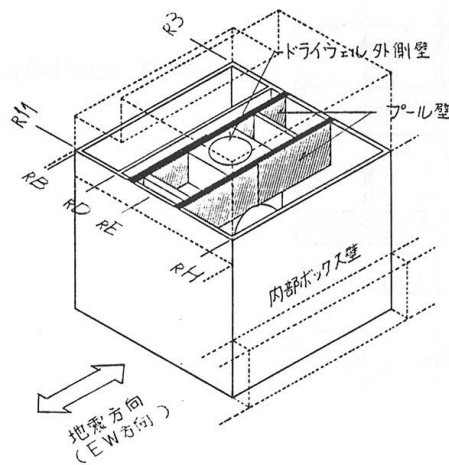


図 1-1 拘束効果の概念図

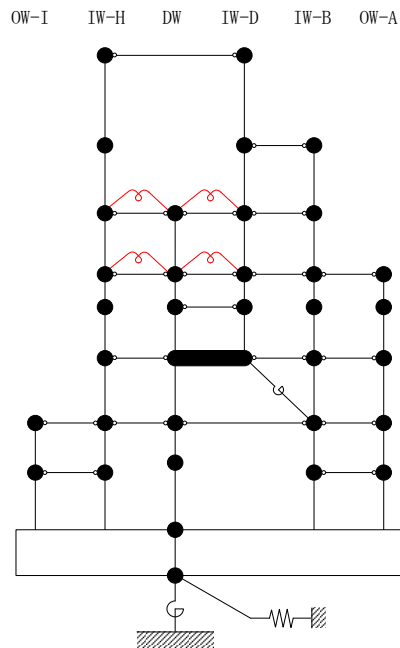
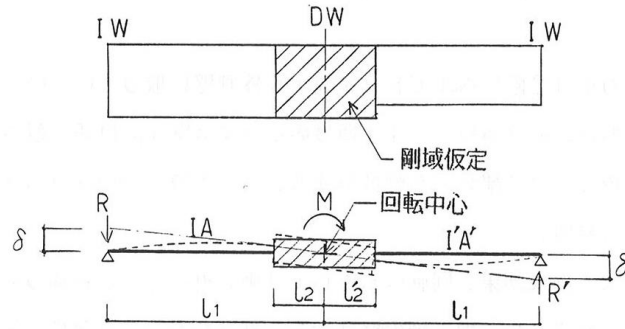
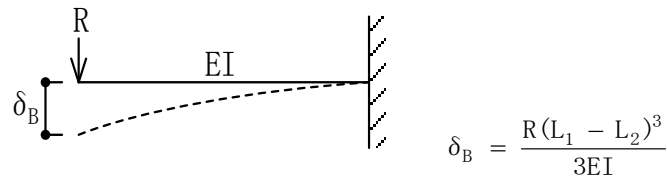


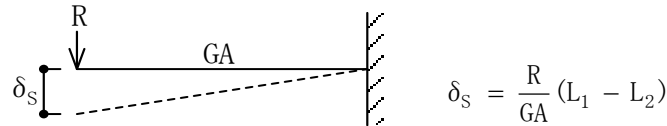
図 1-2 原子炉建物地震応答解析モデル (EW 方向)  
(赤色部がプール壁による回転拘束効果を考慮した回転ばね)



(1) 曲げ変形



(2) せん断変形



(1) + (2)

$$\delta = \delta_B + \delta_S = R \left\{ \frac{(L_1 - L_2)^3}{3EI} + \frac{(L_1 - L_2)}{GA} \right\} \quad (\text{左側})$$

$$\delta = \delta_B' + \delta_S' = R' \left\{ \frac{(L_1 - L_2')^3}{3EI'} + \frac{(L_1 - L_2')}{GA'} \right\} \quad (\text{右側})$$

$$\begin{cases} M = L_1(R + R') \\ \theta = \delta/L_1 \end{cases} \quad \text{より}$$

$$\sum K_{\theta 1} = \frac{M}{\theta} = \frac{L_1^2(R + R')}{\delta} = L_1^2 \left( \frac{R}{\delta} + \frac{R'}{\delta} \right)$$

したがって

$$\sum K_{\theta 1} = L_1^2 \left\{ \frac{1}{\frac{(L_1 - L_2)^3}{3EI} + \frac{(L_1 - L_2)}{GA}} + \frac{1}{\frac{(L_1 - L_2')^3}{3EI'} + \frac{(L_1 - L_2')}{GA'}} \right\}$$

モデル上 4 箇所に分けるとして

$$K_{\theta 1} = \frac{\sum K_{\theta 1}}{4}$$

図 1-3 プール壁による回転拘束効果を考慮した回転ばねの算定概念

表 1-1 プール壁による回転拘束効果を考慮した回転ばねの諸元

部位	ばね値 (kN・m/rad)
プール回転ばね	2.195×10 <sup>9</sup>



## 2. RD 通りの回転ばね

RD 通りの耐震壁は 2 階レベル (EL 23.8m) でドライウエル外側壁の肩に載る構造となっており、これに作用する地震力は、ドライウエル外側壁及び RB 通りの耐震壁へ分担させる設計としている。特に、曲げモーメントについては、R3 通り及び R11 通り内部ボックス壁と RD 通り耐震壁の交差部にアゴを設け、これの軸抵抗により拘束する。この拘束効果を回転ばね  $K_{\theta 2}$  として評価し、RB 通り内部ボックス壁の 1 階レベル (EL 15.3m) に結んでいる。

図 2-1 に RD 通りの回転ばねの概念図を、図 2-2 に原子炉建物 EW 方向の地震応答解析モデルを、図 2-3 に RD 通りの回転ばねの算定概念を、表 2-1 に回転ばねの諸元を示す。

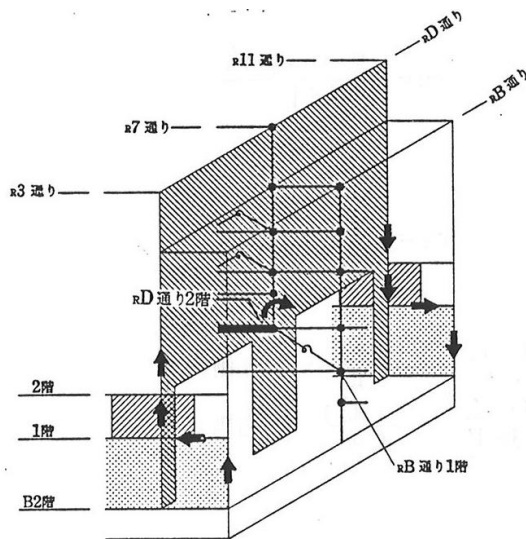


図 2-1 RD 通りの回転ばねの概念図

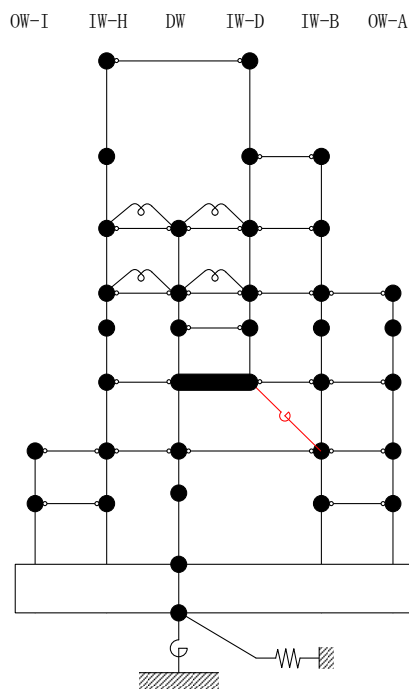
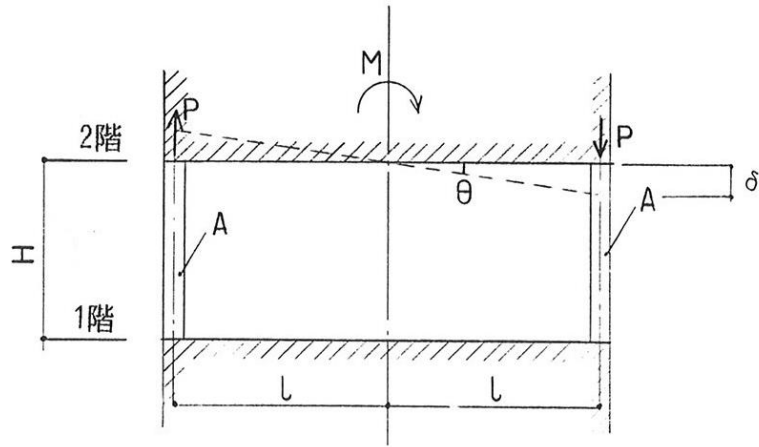
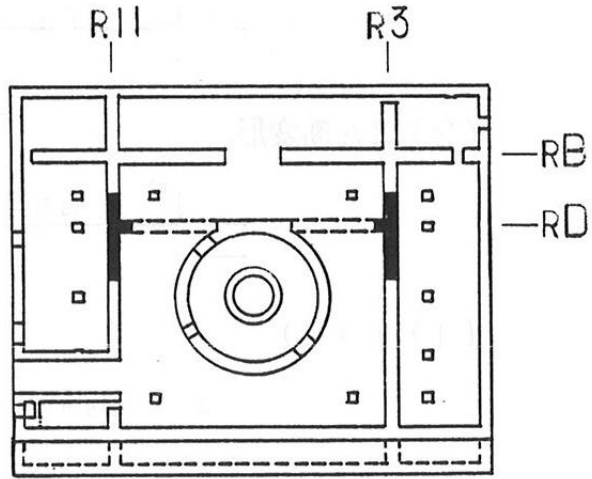


図 2-2 原子炉建物地震応答解析モデル (EW 方向)  
(赤色部が RD 通りの回転ばね)



$$P = \frac{M}{2L}$$

$$\delta = P \cdot \frac{H}{EA}$$

$$\theta = \frac{\delta}{L} \quad \text{より}$$

$$K_{\theta 2} = \frac{M}{\theta}$$

図 2-3 RD 通りの回転ばねの算定概念

表 2-1 RD 通り回転ばねの諸元

部位	ばね値 (kN・m/rad)
RD 通り回転ばね	135.2 × 10 <sup>9</sup>

### 3. 屋根トラス部の回転ばね

屋根トラス部の質点に鉛直振動が生じると屋根トラス端部には回転が生じるが、これに対しては、屋根トラスを支える柱の曲げ剛性による拘束効果がある。一方、建物部は軸ばね要素でモデル化されており、この拘束効果としての曲げ剛性を建物部モデルでは考慮できていない。そこで、燃料取替階 (EL 42.8m) の鉄骨鉄筋コンクリート造の柱の曲げ剛性を評価した回転ばねを屋根トラス端部の節点に導入してモデル化している。

回転ばねの剛性  $K_r$  は、燃料取替階以下の剛性が高いことから、燃料取替階柱の脚部を固定条件とした燃料取替階の鉄骨鉄筋コンクリート造の柱の曲げ剛性評価用モデルに単位モーメント  $M$  を加えた場合の回転角  $\theta$  を求め算定している。

図 3-1 に屋根トラス部の回転ばねの概念図を、表 3-1 に屋根トラス部回転ばねの諸元を示す。

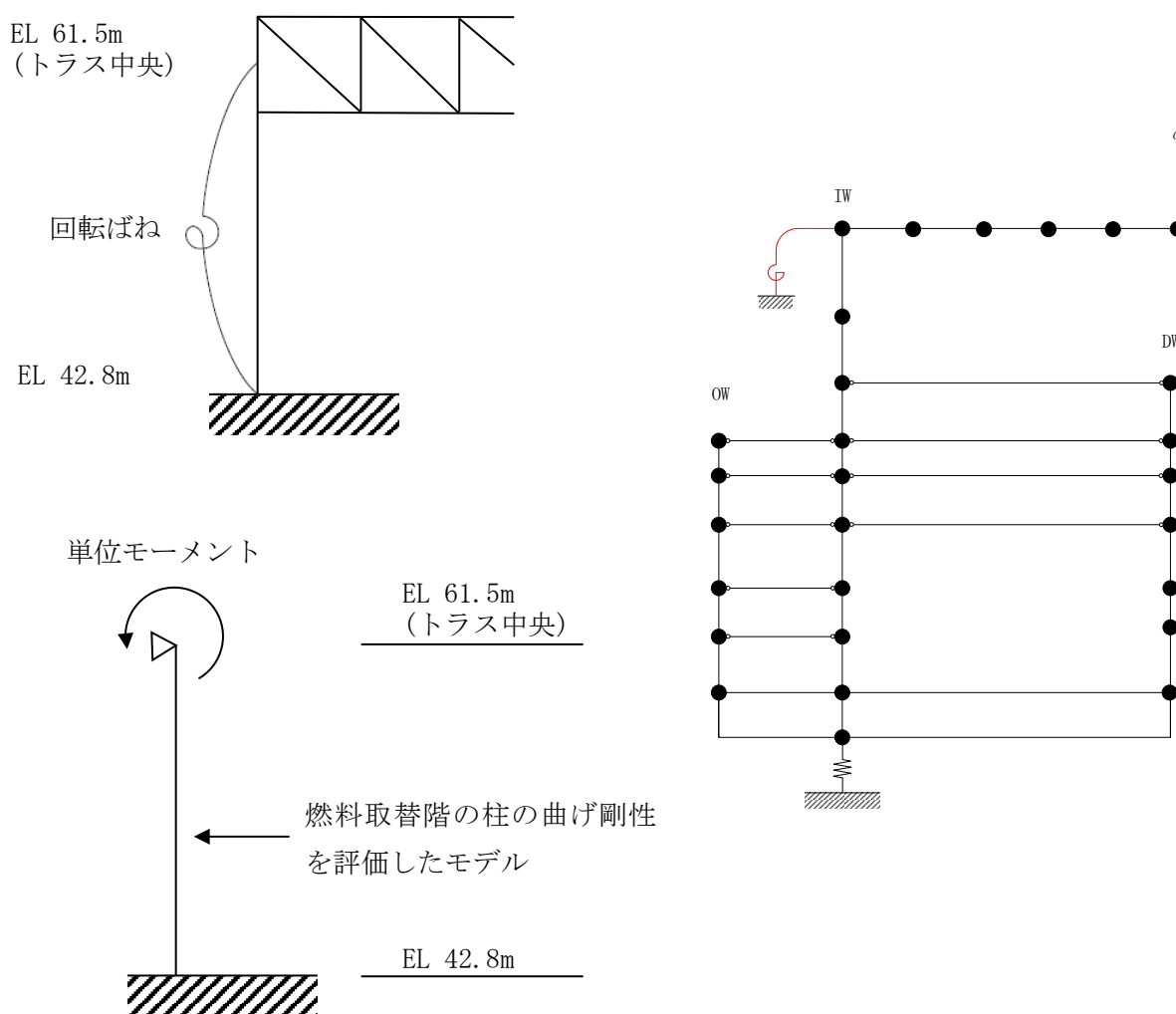


図 3-1 屋根トラス部の回転ばねの概念図  
(赤色部が屋根トラス部の回転ばね)

表 3-1 屋根トラス部回転ばねの諸元

部位	ばね値 (kN・m/rad)
屋根トラス部の回転ばね	12.36×10 <sup>7</sup>

#### 4. 鉛直方向のせん断剛性を評価したせん断ばね

鉛直方向の地震応答解析モデルは、多軸多質点系モデルを採用しており、同一階にあるドライウェル外側壁 (DW 軸)、内部ボックス壁 (IW 軸) 及び外部ボックス壁 (OW 軸) の質点間は、これらの耐震要素 (軸) を水平方向に繋いでいる下階の壁\*の鉛直方向のせん断剛性を評価したせん断ばねで連結している。

図 4-1 に原子炉建物鉛直方向の地震応答解析モデルを、図 4-2 に鉛直方向のせん断剛性評価範囲を、表 4-1 に鉛直方向のせん断剛性を評価したせん断ばねの諸元を示す。

注記\*：壁厚が比較的大きく、耐震要素 (軸) を途切れることなく繋いでいる壁 (開口を有する壁及び耐震壁以外の壁を含む) を選定している。

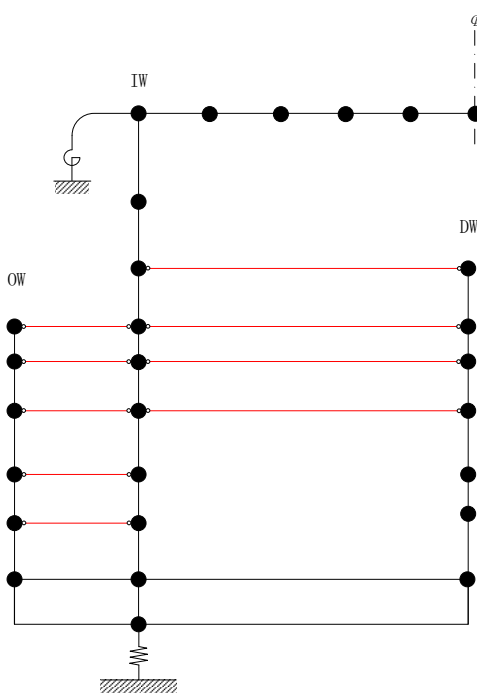


図 4-1 原子炉建物地震応答解析モデル (鉛直方向)  
(赤色部が鉛直方向のせん断剛性を評価したせん断ばね)

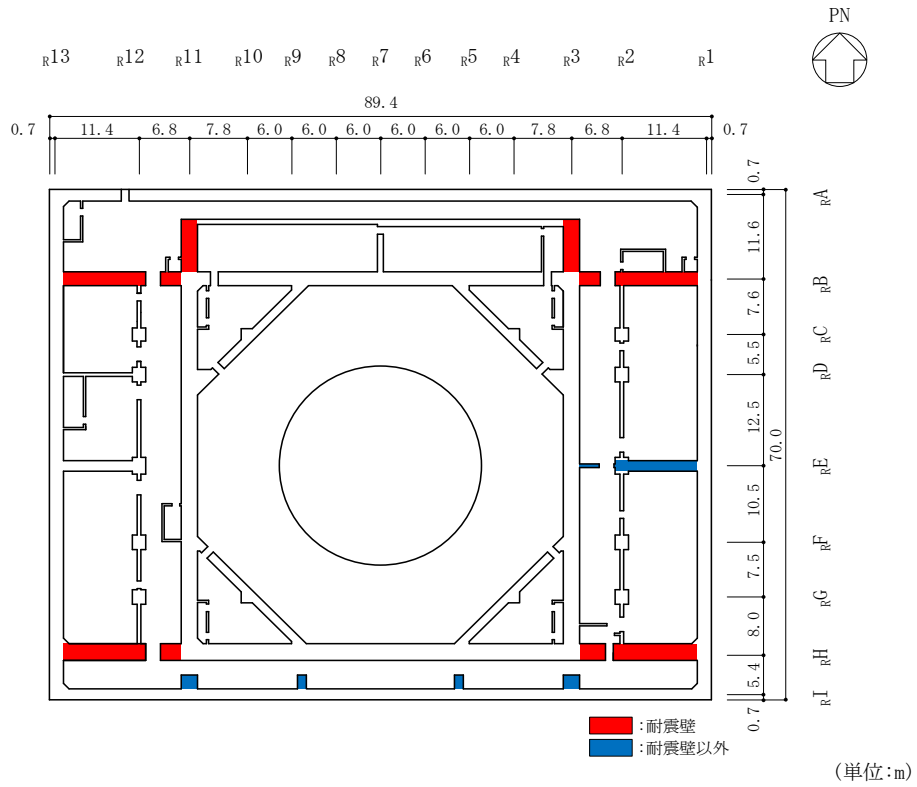


図 4-2(1) 鉛直方向のせん断剛性評価範囲 (EL 1.3m\*)

注記\* : 「EL」は東京湾平均海面 (T.P.) を基準としたレベルを示す。

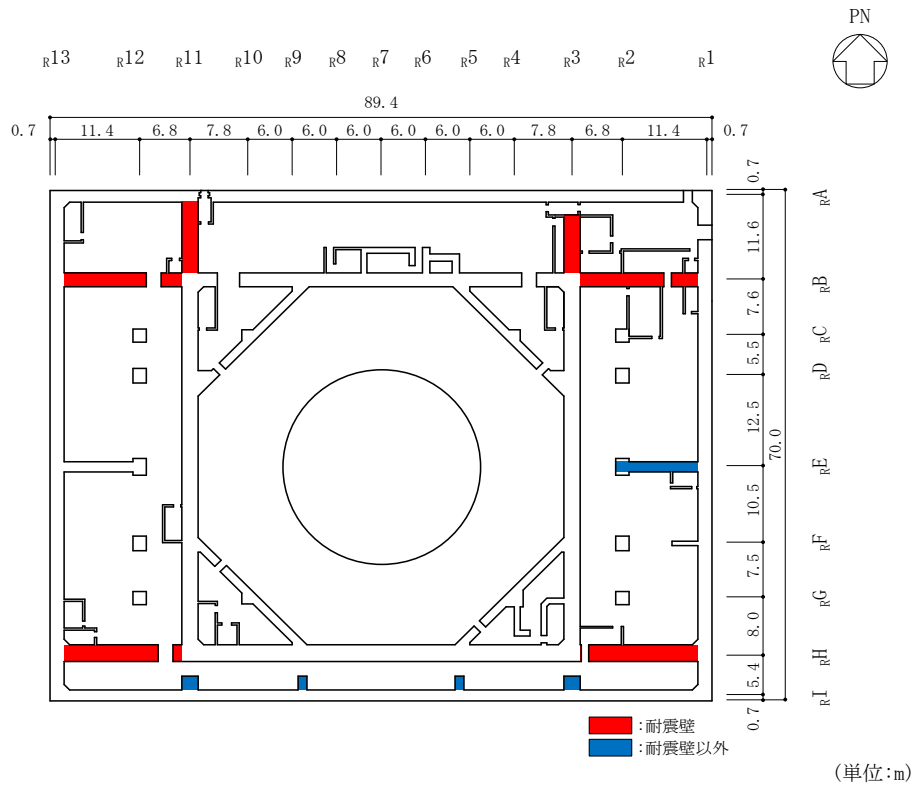


図 4-2(2) 鉛直方向のせん断剛性評価範囲 (EL 8.8m)

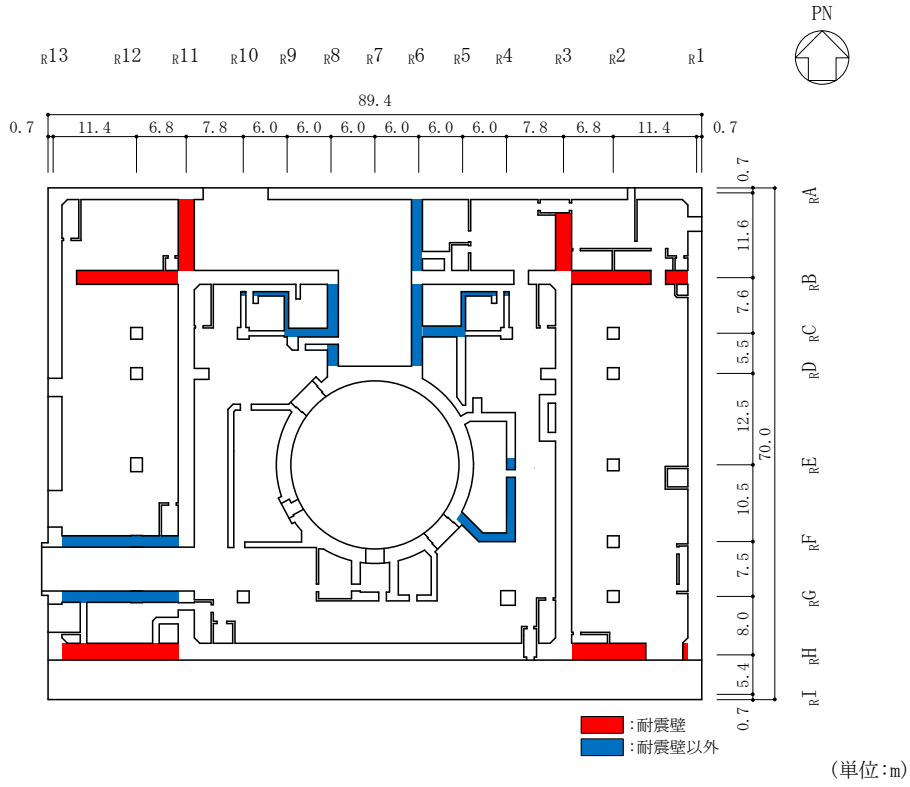


図 4-2(3) 鉛直方向のせん断剛性評価範囲 (EL 15.3m)

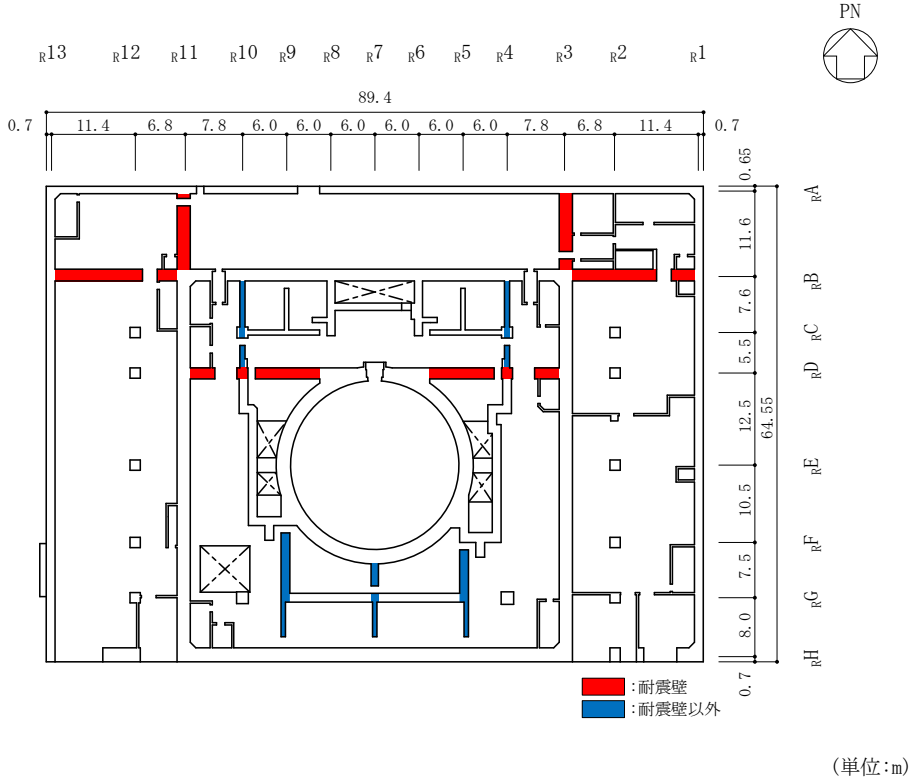


図 4-2(4) 鉛直方向のせん断剛性評価範囲 (EL 23.8m)

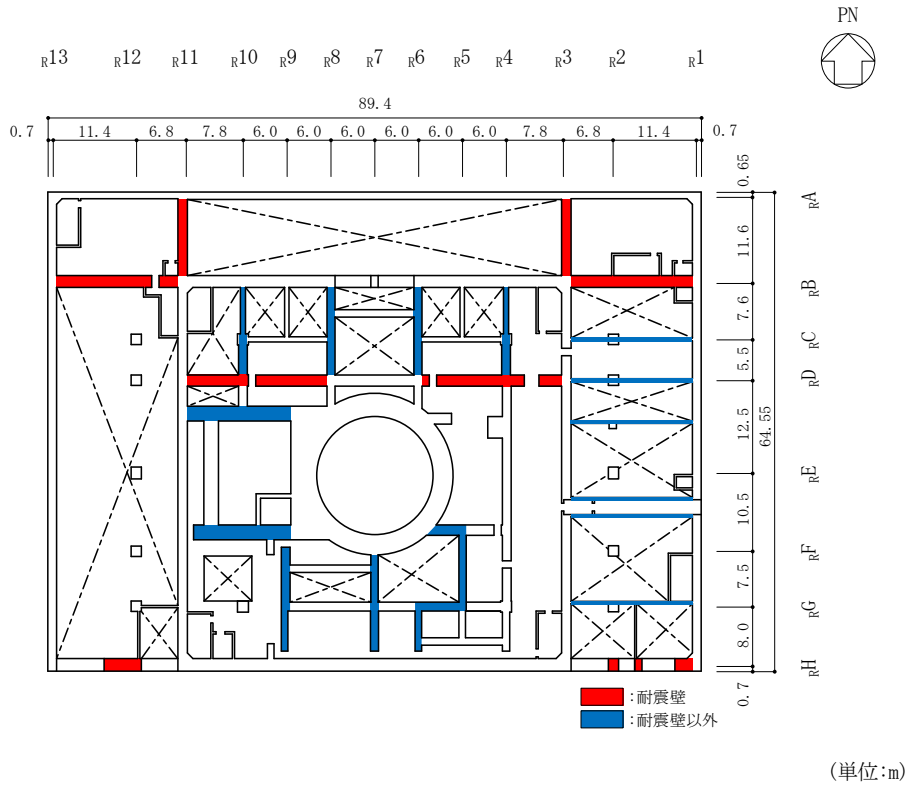


図 4-2(5) 鉛直方向のせん断剛性評価範囲 (EL 30.5m)

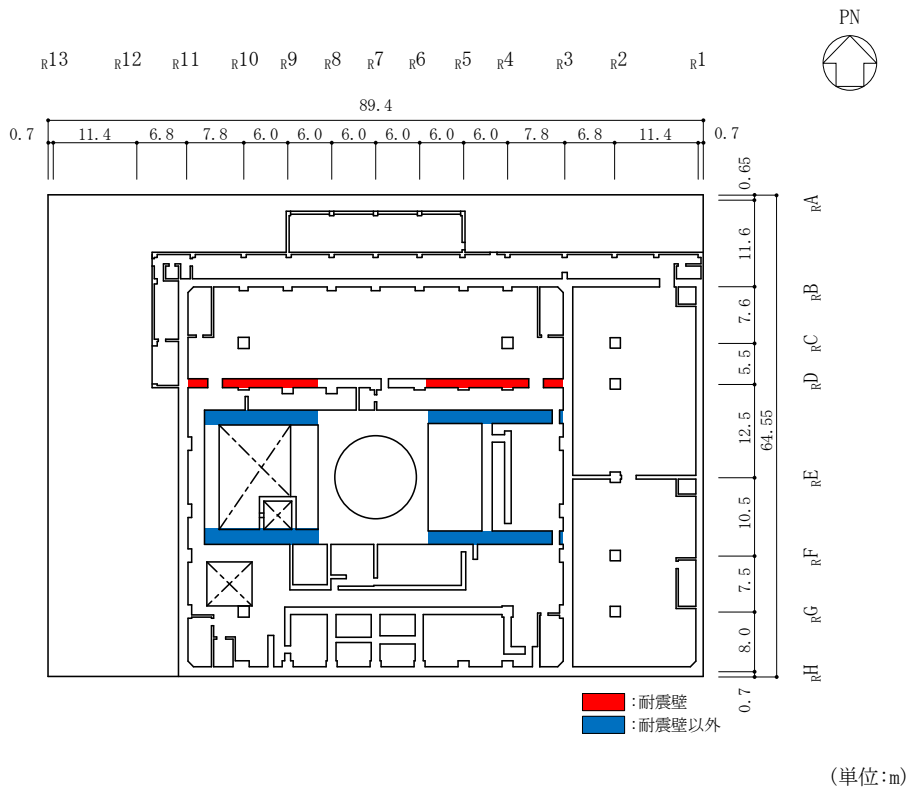


図 4-2(6) 鉛直方向のせん断剛性評価範囲 (EL 34.8m)



表 4-1 鉛直方向のせん断剛性を評価したせん断ばねの諸元

EL (m)	部位	ばね値 (kN/m)
42.8	IW~DW	$4.277 \times 10^7$
34.8	OW~IW	$2.885 \times 10^7$
	IW~DW	$3.654 \times 10^7$
30.5	OW~IW	$3.234 \times 10^7$
	IW~DW	$2.605 \times 10^7$
23.8	OW~IW	$10.087 \times 10^7$
	IW~DW	$3.086 \times 10^7$
15.3	OW~IW	$14.655 \times 10^7$
8.8	OW~IW	$16.343 \times 10^7$

別紙 7 原子炉建物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	別紙 7-1
2. 基本方針	別紙 7-2
3. 検討方針	別紙 7-3
4. 検討条件	別紙 7-4
4.1 補強等に伴う増加重量	別紙 7-4
4.2 解析モデル	別紙 7-12
5. 検討結果	別紙 7-18
5.1 固有値解析結果	別紙 7-18
5.2 最大応答値及び最大接地圧	別紙 7-20
5.3 床応答スペクトル	別紙 7-48
6. 原子炉建物の地震応答解析による評価に与える影響	別紙 7-71
6.1 検討方法	別紙 7-71
6.2 検討結果	別紙 7-71
6.2.1 せん断ひずみの検討結果	別紙 7-71
6.2.2 接地圧の検討結果	別紙 7-74
7. まとめ	別紙 7-75

別紙 7-1 原子炉建物に対する改造工事の概要

別紙 7-2 改造工事に伴う重量増加を反映した検討

別紙 7-2-1 改造工事に伴う重量増加を反映した検討における応力平均化の考え方

別紙 7-2-2 改造工事に伴う重量増加による建物－機器連成地震応答解析結果に与える影響

## 1. 概要

本資料は、原子炉建物において、設備の補強や追加等の改造工事に伴う重量増加を考慮した地震応答解析を実施し、「原子炉建物の地震応答解析による評価」に与える影響について、「NS2-補-023-13 地震応答に影響を及ぼす不確かさ要因の整理」に基づき確認するものである。

## 2. 基本方針

平成 18 年耐震設計審査指針改定及び平成 25 年新規制基準施行に伴う設備の補強や追加等の改造工事に伴う各建物の主要な増加重量及び増加重量比を表 2-1 に示す。

いずれの建物も増加重量比は 1%以下と小さく、重量増加が建物の応答性状に与える影響は極めて軽微と想定されるが、最も大きな値が確認された原子炉建物については、施設の重要性を踏まえ、重量増加を反映した影響検討を行う。

表 2-1 各建物の増加重量及び増加重量比

	①今回工認モデル重量 (kN)	②増加重量 (kN)	増加重量比 ②/ (①+②)
原子炉建物	3277660	20018	0.61%
制御室建物	132040	293	0.22%
タービン建物	2111720	9655	0.46%
廃棄物処理建物	1167170	2700	0.23%

### 3. 検討方針

今回工認用評価に用いている質点系モデル（以下「今回工認モデル」という。）と補強等の原子炉建物改造工事に伴う重量の増加分を考慮したモデル（以下「補強反映モデル」という。）を比較することにより、重量変更による建物応答への影響を確認する。

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  $S_s - D$  に対して実施することとする。

#### 4. 検討条件

##### 4.1 補強等に伴う増加重量

補強等に伴う増加重量と補強後の変更となる補強反映モデルの振動諸元を表 4-1～表 4-3 に、これまでの規制手続きにおけるモデル重量条件を表 4-4 に示す。補強等に伴う増加重量の総重量は 20018kN であり、そのうち建物・構築物の増加重量は 1301kN，機器・配管系の増加重量は 18717kN である。なお，補強等の変更箇所は耐震壁の変更を伴わないことより，地震応答解析モデルの諸元の変更箇所は質点重量，回転慣性重量及び地盤ばねの減衰係数のみである。

表 4-1(1) 増加重量と補強後の振動諸元 (N S 方向)

(a) OW-13

EL (m)	質点番号	今回工認モデル 質点重量 (kN)	増加重量 (kN)	補強反映モデル 質点重量 (kN)
34.8	1	19670	180	19850 (0.91%)
30.5	2	16740	300	17040 (1.76%)
23.8	3	41190	-1260	39930 (-3.16%)
15.3	4	50380	-320	50060 (-0.64%)
8.8	5	42670	650	43320 (1.50%)

(b) IW-11

EL (m)	質点番号	今回工認モデル 質点重量 (kN)	増加重量 (kN)	補強反映モデル 質点重量 (kN)
63.5	6	22760	420	23180 (1.81%)
51.7	7	33920	820	34740 (2.36%)
42.8	8	45840	190	46030 (0.41%)
34.8	9	63480	420	63900 (0.66%)
30.5	10	42010	2200	44210 (4.98%)
23.8	11	67690	620	68310 (0.91%)
15.3	12	80750	380	81130 (0.47%)
8.8	13	101600	440	102040 (0.43%)

(c) DW

EL (m)	質点番号	今回工認モデル 質点重量 (kN)	増加重量 (kN)	補強反映モデル 質点重量 (kN)
42.8	14	80980	820	81800 (1.00%)
34.8	15	130490	340	130830 (0.26%)
30.5	16	149510	2530	152040 (1.66%)
23.8	17	150490	770	151260 (0.51%)
15.3	18	146660	620	147280 (0.42%)
10.1	19	96380	1100	97480 (1.13%)
1.3	34	779000	3250	782250 (0.42%)
-4.7	35	441870	0	441870 (0.00%)

注：( ) 内の数値は補強反映モデルの質点重量に対する増加重量の割合を示す。



表 4-1(2) 増加重量と補強後の振動諸元 (N S 方向)

(d) IW-3

EL (m)	質点番号	今回工認モデル 質点重量 (kN)	増加重量 (kN)	補強反映モデル 質点重量 (kN)
63.5	20	22760	420	23180 (1.81%)
51.7	21	37640	650	38290 (1.70%)
42.8	22	55130	360	55490 (0.65%)
34.8	23	65550	280	65830 (0.43%)
30.5	24	37910	460	38370 (1.20%)
23.8	25	73560	730	74290 (0.98%)
15.3	26	76350	380	76730 (0.50%)
8.8	27	107560	370	107930 (0.34%)

(e) OW-1

EL (m)	質点番号	今回工認モデル 質点重量 (kN)	増加重量 (kN)	補強反映モデル 質点重量 (kN)
42.8	28	21280	150	21430 (0.70%)
34.8	29	26450	350	26800 (1.31%)
30.5	30	18000	320	18320 (1.75%)
23.8	31	40400	560	40960 (1.37%)
15.3	32	49050	200	49250 (0.41%)
8.8	33	41940	320	42260 (0.76%)

注：( ) 内の数値は補強反映モデルの質点重量に対する増加重量の割合を示す。

表 4-2(1) 増加重量と補強後の振動諸元 (E W方向)

(a) OW-I

EL (m)	質点番号	今回工認モデル 質点重量 (kN)	増加重量 (kN)	補強反映モデル 質点重量 (kN)
15.3	1	16130	80	16210 (0.49%)
8.8	2	28390	240	28630 (0.84%)

(b) IW-H

EL (m)	質点番号	今回工認モデル 質点重量 (kN)	増加重量 (kN)	補強反映モデル 質点重量 (kN)
63.5	3	22760	90	22850 (0.39%)
51.7	4	24430	120	24550 (0.49%)
42.8	5	38220	90	38310 (0.23%)
34.8	6	44670	120	44790 (0.27%)
30.5	7	41540	1010	42550 (2.37%)
23.8	8	60500	1010	61510 (1.64%)
15.3	9	68800	310	69110 (0.45%)
8.8	10	107930	400	108330 (0.37%)

(c) DW

EL (m)	質点番号	今回工認モデル 質点重量 (kN)	増加重量 (kN)	補強反映モデル 質点重量 (kN)
42.8	11	98400	300	98700 (0.30%)
34.8	12	148050	710	148760 (0.48%)
30.5	13	143570	4310	147880 (2.91%)
23.8	14	188950	-350	188600 (-0.19%)
15.3	15	184450	320	184770 (0.17%)
10.1	16	96380	1100	97480 (1.13%)
1.3	34	779000	3250	782250 (0.42%)
-4.7	35	441870	0	441870 (0.00%)

注：( ) 内の数値は補強反映モデルの質点重量に対する増加重量の割合を示す。

表 4-2(2) 増加重量と補強後の振動諸元 (E W方向)

(d) IW-D

EL (m)	質点番号	今回工認モデル 質点重量 (kN)	増加重量 (kN)	補強反映モデル 質点重量 (kN)
63.5	17	22760	750	23510 (3.19%)
51.7	18	31480	1340	32820 (4.08%)
42.8	19	32590	480	33070 (1.45%)
34.8	20	37480	290	37770 (0.77%)
30.5	21	20950	100	21050 (0.48%)

(e) IW-B

EL (m)	質点番号	今回工認モデル 質点重量 (kN)	増加重量 (kN)	補強反映モデル 質点重量 (kN)
51.7	22	15650	10	15660 (0.06%)
42.8	23	34020	650	34670 (1.87%)
34.8	24	53490	370	53860 (0.69%)
30.5	25	39520	220	39740 (0.55%)
23.8	26	83330	530	83860 (0.63%)
15.3	27	86860	380	87240 (0.44%)
8.8	28	114550	740	115290 (0.64%)

(f) OW-A

EL (m)	質点番号	今回工認モデル 質点重量 (kN)	増加重量 (kN)	補強反映モデル 質点重量 (kN)
34.8	29	21950	80	22030 (0.36%)
30.5	30	18590	170	18760 (0.91%)
23.8	31	40550	230	40780 (0.56%)
15.3	32	46950	170	47120 (0.36%)
8.8	33	42900	400	43300 (0.92%)

注：( ) 内の数値は補強反映モデルの質点重量に対する増加重量の割合を示す。

表 4-3(1) 増加重量と補強後の振動諸元 (鉛直方向)

(a) OW

EL (m)	質点番号	今回工認モデル 質点重量 (kN)	増加重量 (kN)	補強反映モデル 質点重量 (kN)
34.8	1	84970	650	85620 (0.76%)
30.5	2	47190	780	47970 (1.63%)
23.8	3	112460	-520	111940 (-0.46%)
15.3	4	148240	80	148320 (0.05%)
8.8	5	139670	1100	140770 (0.78%)

(b) IW

EL (m)	質点番号	今回工認モデル 質点重量 (kN)	増加重量 (kN)	補強反映モデル 質点重量 (kN)
63.5	7	31890	710	32600 (2.18%)
51.7	8	71560	1470	73030 (2.01%)
42.8	9	128420	980	129400 (0.76%)
34.8	10	157890	830	158720 (0.52%)
30.5	11	111710	2680	114390 (2.34%)
23.8	12	188640	1630	190270 (0.86%)
15.3	13	194570	960	195530 (0.49%)
8.8	14	154100	680	154780 (0.44%)
1.3	15	779000	3250	782250 (0.42%)
-4.7	16	441870	0	441870 (0.00%)

(c) DW

EL (m)	質点番号	今回工認モデル 質点重量 (kN)	増加重量 (kN)	補強反映モデル 質点重量 (kN)
42.8	17	53540	460	54000 (0.85%)
34.8	18	84050	170	84220 (0.20%)
30.5	19	105270	2350	107620 (2.18%)
23.8	20	72230	310	72540 (0.43%)
15.3	21	60380	220	60600 (0.36%)
8.8	22	96380	1100	97480 (1.13%)

注：( ) 内の数値は補強反映モデルの質点重量に対する増加重量の割合を示す。

表 4-3(2) 増加重量と補強後の振動諸元 (鉛直方向)

(d) 屋根トラス

IW からの距離 (m)	質点番号	今回工認モデル 質点重量 (kN)	増加重量 (kN)	補強反映モデル 質点重量 (kN)
0.00	7	31890	710	32600 (2.18%)
4.00	24	3100	30	3130 (0.96%)
8.00	25	3080	30	3110 (0.96%)
11.75	26	2980	30	3010 (1.00%)
15.50	27	2980	30	3010 (1.00%)
19.25	28	1490	10	1500 (0.67%)

注：( ) 内の数値は補強反映モデルの質点重量に対する増加重量の割合を示す。

表 4-4 規制手続きにおけるモデルの重量条件

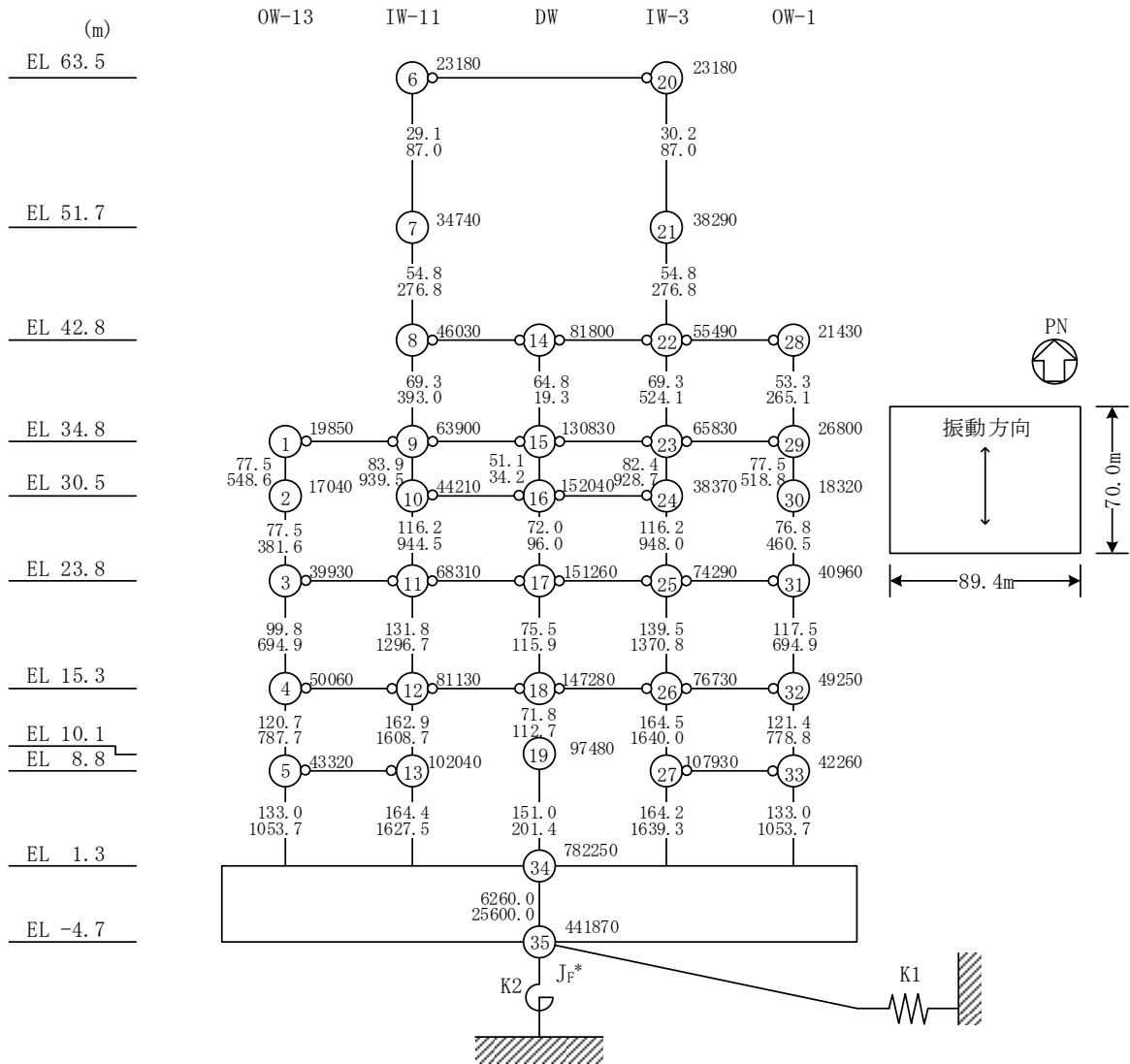
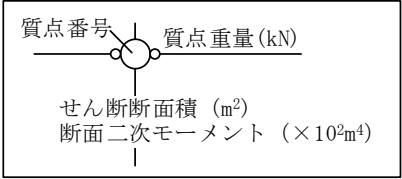
		項目	既工認 モデル	今回工認 モデル*	補強反映 モデル
建物・ 構築物	1	屋根トラスの耐震補強	—	—	○
	2	大物搬入口の耐震対策	—	—	○
	3	開口部竜巻防護設備の設置	—	—	○
機器・ 配管系	4	機器・配管系の補強等	—	—	○

注記\*：今回工認モデルの重量条件は、既工認モデルから変更していない。

#### 4.2 解析モデル

水平方向の地震応答解析モデル（補強反映モデル）を図 4-1 に、地盤ばね定数及び減衰係数を表 4-5 に示す。また、鉛直方向の地震応答解析モデル（補強反映モデル）を図 4-2 に、地盤ばね定数及び減衰係数を表 4-6 に示す。

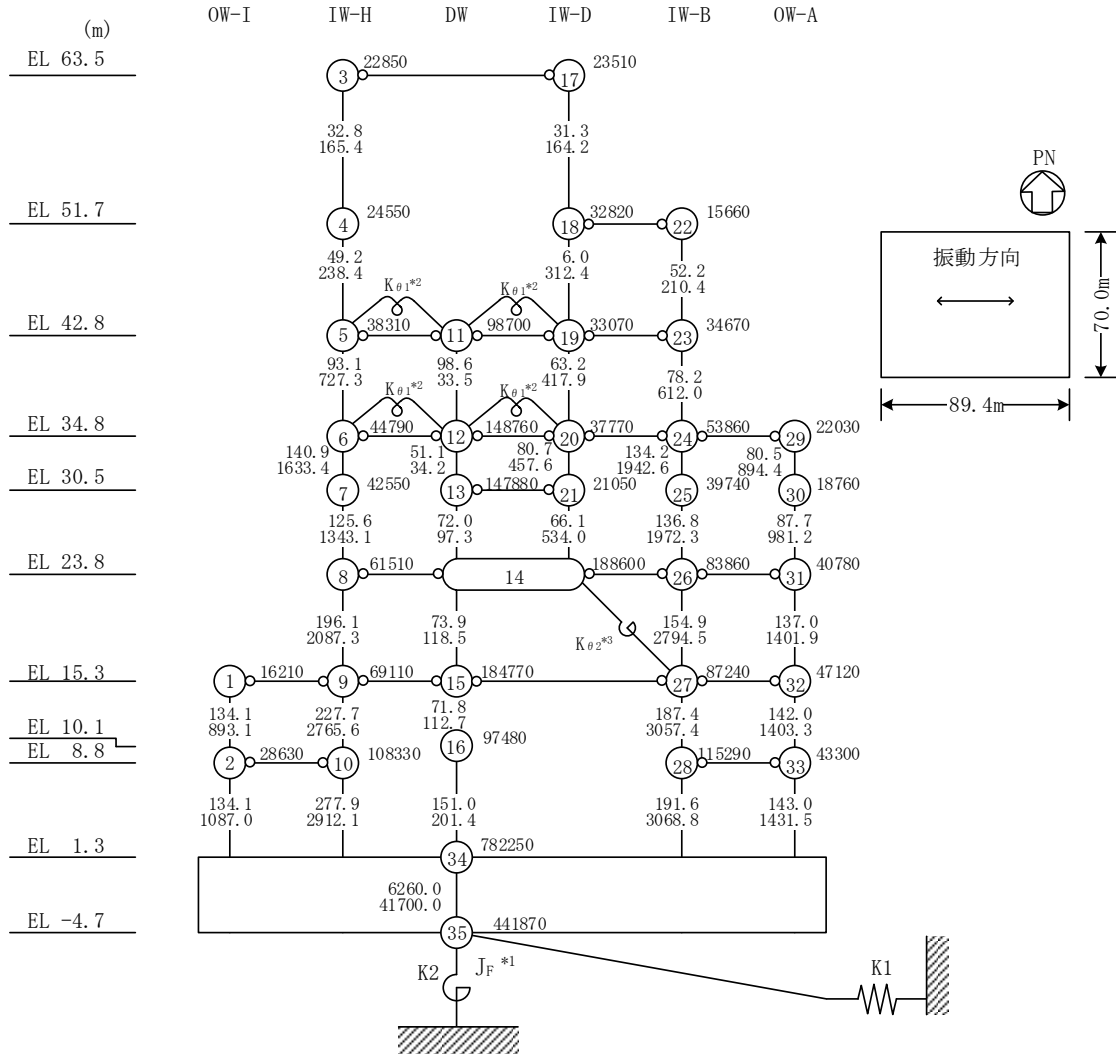
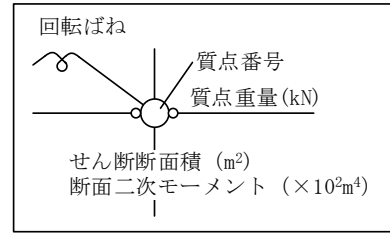
重量増加に伴うせん断及び曲げスケルトンへの影響は軽微であるため、スケルトン曲線は今回工認モデルの諸元を用いる。



注記\* : 回転慣性重量 ( $12.32 \times 10^8 \text{kN} \cdot \text{m}^2$ )

図 4-1(1) 地震応答解析モデル (NS 方向, 補強反映モデル)





注記\*1：回転慣性重量 ( $21.01 \times 10^8 \text{kN} \cdot \text{m}^2$ )

\*2：燃料プール壁の回転ばね ( $2.195 \times 10^9 \text{kN} \cdot \text{m/rad}$ )

\*3：内部ボックス壁の軸抵抗を考慮した回転ばね ( $135.2 \times 10^9 \text{kN} \cdot \text{m/rad}$ )

図 4-1(2) 地震応答解析モデル (EW方向, 補強反映モデル)

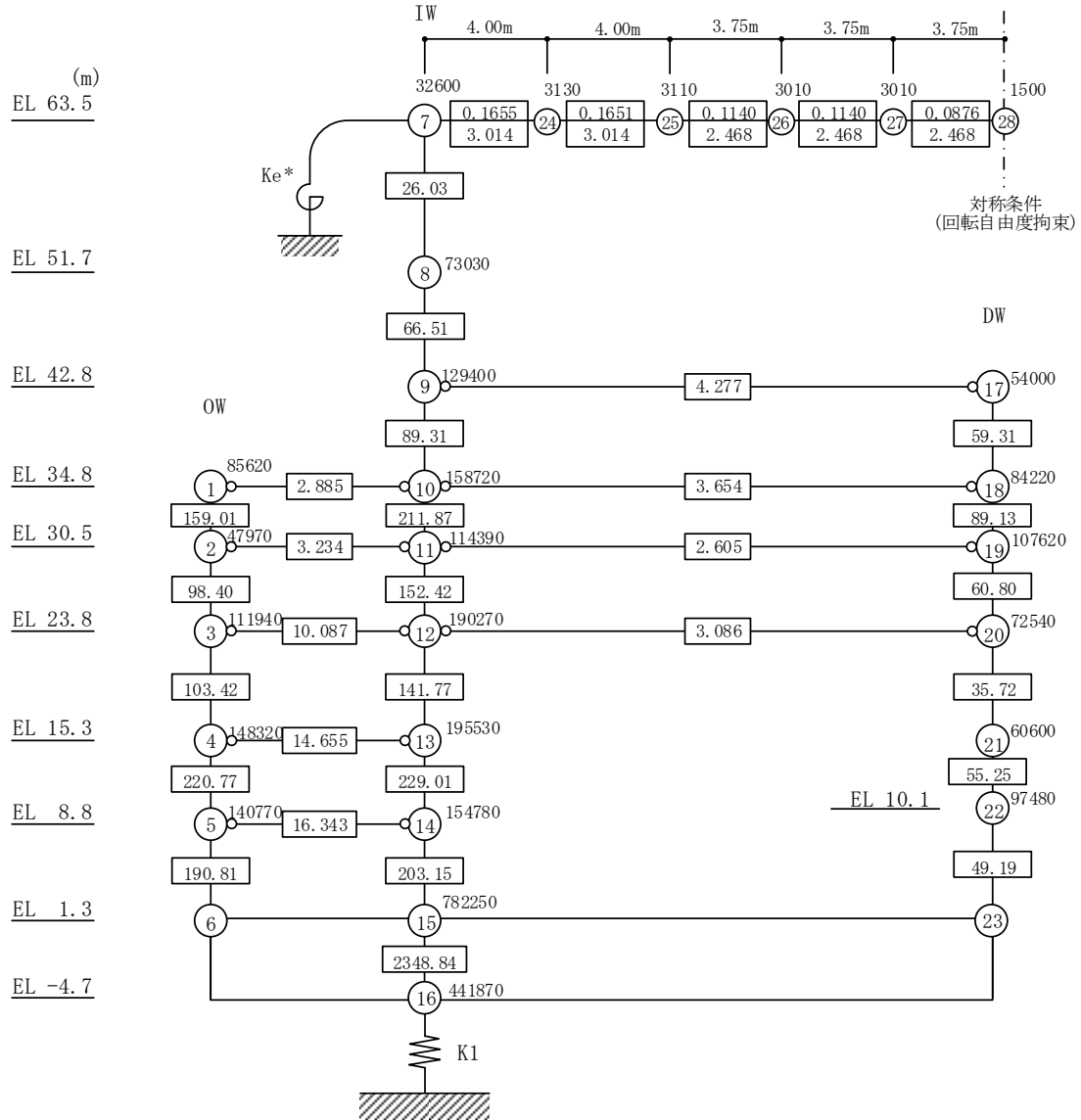
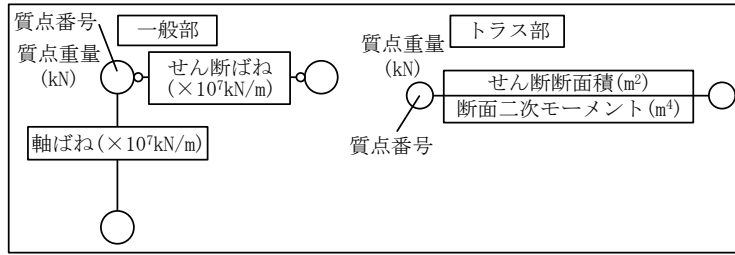
表 4-5 地盤ばね定数と減衰係数（水平方向，補強反映モデル）

(a) N S方向

ばね 番号	地盤ばね 成分	ばね定数 K c	減衰係数 C c
K1	底面・水平	$1.55 \times 10^9$ (kN/m)	$2.23 \times 10^7$ (kN・s/m)
K2	底面・回転	$2.13 \times 10^{12}$ (kN・m/rad)	$4.29 \times 10^9$ (kN・m・s/rad)

(b) E W方向

ばね 番号	地盤ばね 成分	ばね定数 K c	減衰係数 C c
K1	底面・水平	$1.51 \times 10^9$ (kN/m)	$2.13 \times 10^7$ (kN・s/m)
K2	底面・回転	$3.02 \times 10^{12}$ (kN・m/rad)	$8.94 \times 10^9$ (kN・m・s/rad)



注記\* : 屋根トラス端部回転拘束ばね ( $12.36 \times 10^7 \text{kN} \cdot \text{m}/\text{rad}$ )

図 4-2 地震応答解析モデル (鉛直方向, 補強反映モデル)

表 4-6 地盤ばね定数と減衰係数（鉛直方向，補強反映モデル）

ばね 番号	地盤ばね 成分	ばね定数 K c	減衰係数 C c
K1	底面・鉛直	$2.41 \times 10^9$ (kN/m)	$4.45 \times 10^7$ (kN・s/m)

## 5. 検討結果

### 5.1 固有値解析結果

今回工認モデルと補強反映モデルの固有値解析結果の比較を表 5-1 に示す。

補強反映モデルの固有振動数は、補強による重量増加の影響により今回工認モデルの結果に比べて僅かに小さくなるものの、概ね同程度となることを確認した。

表 5-1 固有値解析結果の比較

(a) N S 方向

(単位 : Hz)

次数	今回工認モデル	補強反映モデル
1	4.55	4.53 (0.99)
2	10.10	10.03 (0.99)
3	14.39	14.33 (1.00)
4	19.23	19.14 (1.00)
5	21.71	21.65 (1.00)
6	23.28	23.07 (0.99)

(b) E W 方向

(単位 : Hz)

次数	今回工認モデル	補強反映モデル
1	4.94	4.91 (0.99)
2	10.72	10.65 (0.99)
3	14.84	14.78 (1.00)
4	19.63	19.57 (1.00)
5	20.14	19.98 (0.99)
6	22.60	22.43 (0.99)

(c) 鉛直方向

(単位 : Hz)

次数	今回工認モデル	補強反映モデル
1	3.37	3.35 (1.00)
2	9.48	9.44 (1.00)
3	11.92	11.87 (1.00)
4	15.65	15.57 (1.00)
5	18.97	18.89 (1.00)
6	19.57	19.48 (1.00)

注 : ( ) 内は今回工認モデルに対する比率

## 5.2 最大応答値及び最大接地圧

基準地震動 S s - D に対する今回工認モデルと補強反映モデルの最大応答値の比較を図 5-1～図 5-11 及び表 5-2～表 5-14 に、最大接地圧の比較を表 5-15 に示す。

補強反映モデルの最大応答値及び最大接地圧は、今回工認モデルの最大応答値及び最大接地圧と概ね同程度であることを確認した。

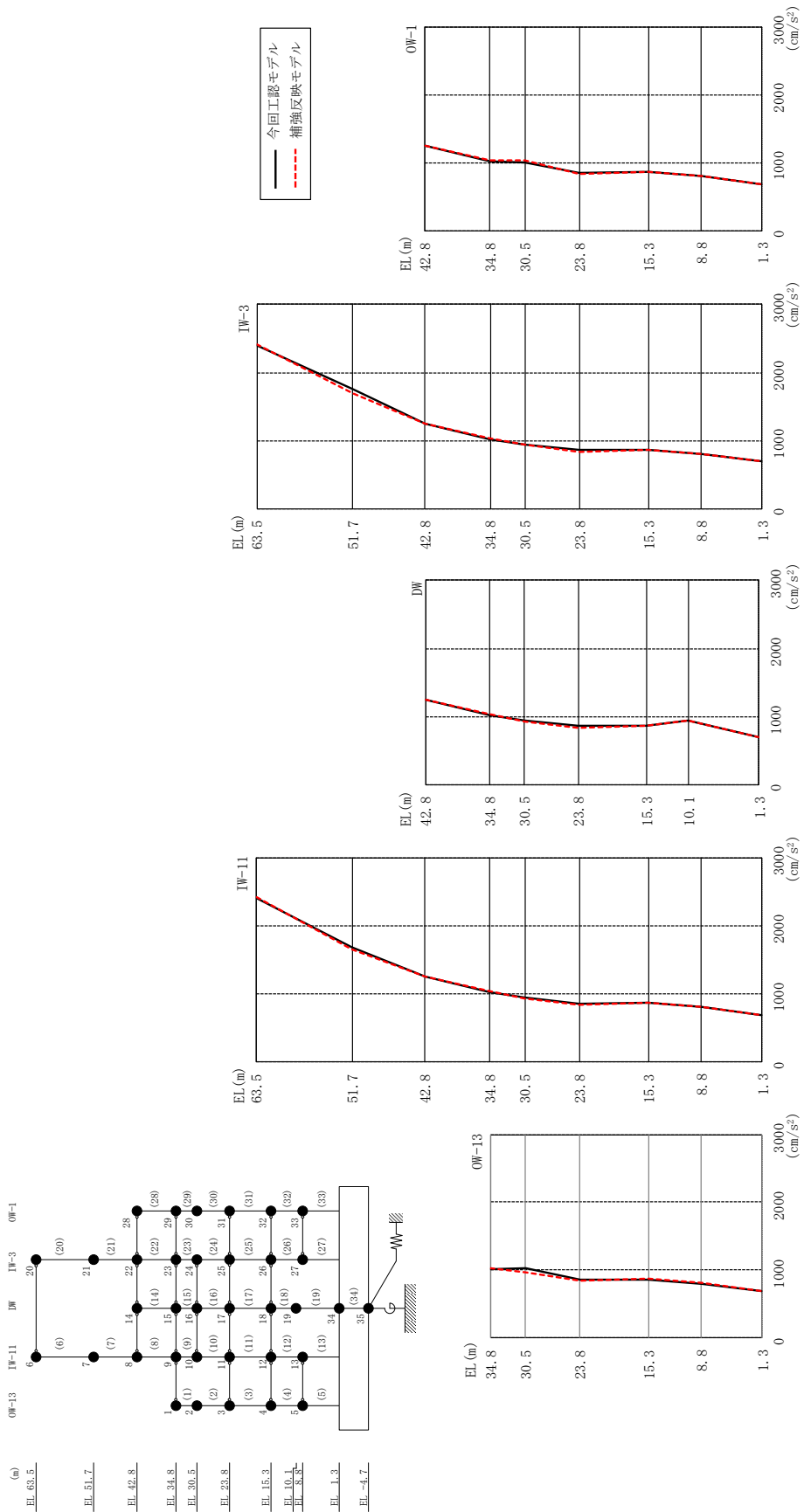
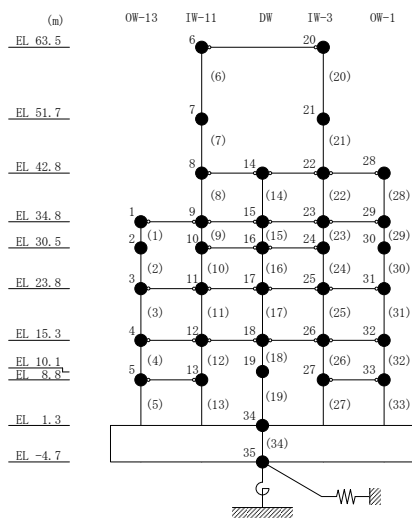


図 5-1 最大応答加速度 (基準地震動 S-D, N-S 方向)



表 5-2 最大応答加速度一覧 (基準地震動 S s - D, N S 方向)

部位	EL (m)	質点番号	最大応答加速度 (cm/s <sup>2</sup> )		
			① 今回工認モデル (Ss-D)	② 補強反映モデル (Ss-D)	②/① 応答比率
OW-13	34.8	1	1018	1031	1.02
	30.5	2	1020	969	0.96
	23.8	3	858	838	0.98
	15.3	4	861	871	1.02
	8.8	5	802	806	1.01
IW-11	63.5	6	2406	2423	1.01
	51.7	7	1682	1649	0.99
	42.8	8	1252	1251	1.00
	34.8	9	1018	1031	1.02
	30.5	10	939	934	1.00
	23.8	11	858	838	0.98
	15.3	12	861	871	1.02
DW	42.8	14	1252	1251	1.00
	34.8	15	1018	1031	1.02
	30.5	16	939	934	1.00
	23.8	17	858	838	0.98
	15.3	18	861	871	1.02
	10.1	19	937	935	1.00
IW-3	42.8	20	2406	2423	1.01
	51.7	21	1760	1686	0.96
	42.8	22	1252	1251	1.00
	34.8	23	1018	1031	1.02
	30.5	24	939	934	1.00
	23.8	25	858	838	0.98
OW-1	42.8	28	1252	1251	1.00
	34.8	29	1018	1031	1.02
	30.5	30	1014	1036	1.03
	23.8	31	858	838	0.98
	15.3	32	861	871	1.02
	8.8	33	806	810	1.01



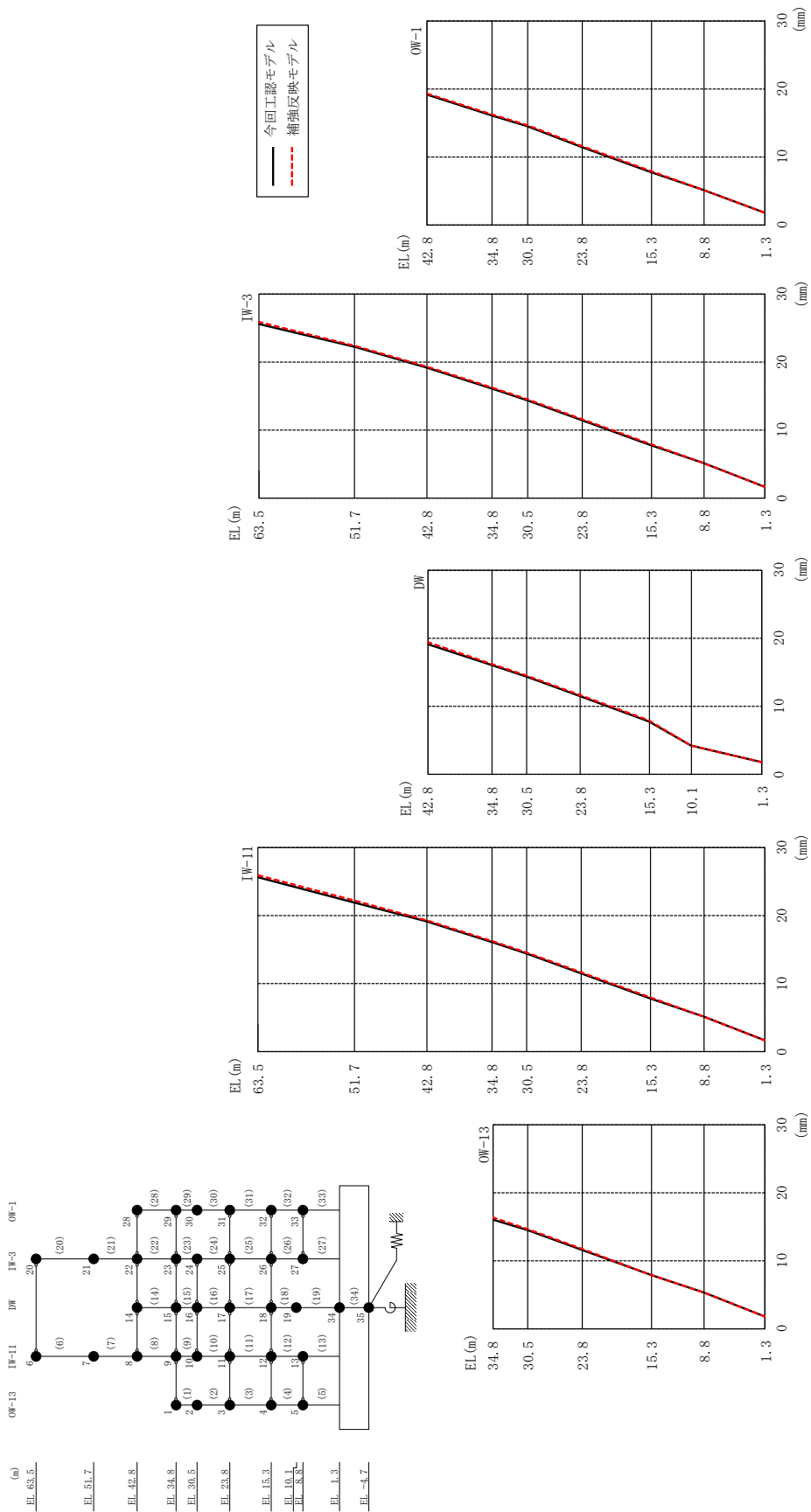


図 5-2 最大芯答変位 (基準地震動 S s - D, N S 方向)

表 5-3 最大応答変位一覧 (基準地震動 S s - D, NS 方向)

部位	EL (m)	質点番号	最大応答変位 (mm)		
			① 今回工認モデル (Ss-D)	② 補強反映モデル (Ss-D)	②/① 応答比率
OW-13	34.8	1	16.120	16.325	1.02
	30.5	2	14.509	14.731	1.02
	23.8	3	11.551	11.699	1.02
	15.3	4	7.856	7.936	1.02
	8.8	5	5.190	5.274	1.02
IW-11	63.5	6	25.660	26.030	1.02
	51.7	7	21.921	22.234	1.02
	42.8	8	19.161	19.409	1.02
	34.8	9	16.120	16.325	1.02
	30.5	10	14.381	14.569	1.02
	23.8	11	11.551	11.699	1.02
	15.3	12	7.856	7.936	1.02
	8.8	13	5.190	5.274	1.02
DW	42.8	14	19.161	19.409	1.02
	34.8	15	16.120	16.325	1.02
	30.5	16	14.381	14.569	1.02
	23.8	17	11.551	11.699	1.02
	15.3	18	7.856	7.936	1.02
	10.1	19	4.214	4.224	1.01
	1.3	34	1.762	1.758	1.00
IW-3	63.5	20	25.660	26.030	1.02
	51.7	21	22.238	22.490	1.02
	42.8	22	19.161	19.409	1.02
	34.8	23	16.120	16.325	1.02
	30.5	24	14.381	14.569	1.02
	23.8	25	11.551	11.699	1.02
	15.3	26	7.856	7.936	1.02
	8.8	27	5.255	5.281	1.01
OW-1	42.8	28	19.161	19.409	1.02
	34.8	29	16.120	16.325	1.02
	30.5	30	14.532	14.725	1.02
	23.8	31	11.551	11.699	1.02
	15.3	32	7.856	7.936	1.02
	8.8	33	5.255	5.281	1.01

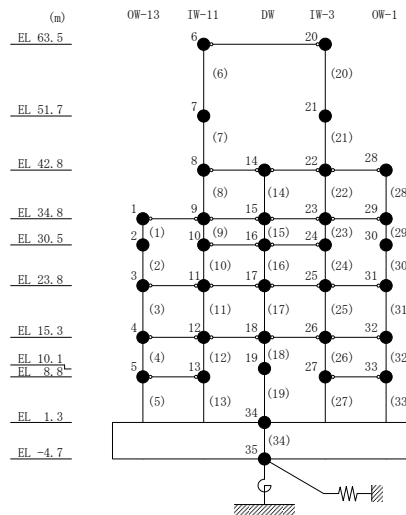
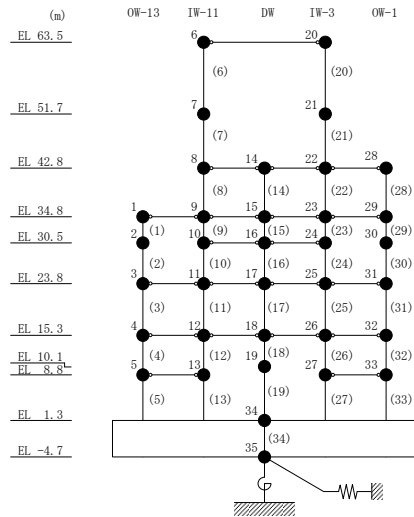




表 5-4 最大応答せん断力一覧 (基準地震動 S<sub>s</sub>-D, NS方向)

部位	EL (m)	要素 番号	最大応答せん断力 (×10 <sup>4</sup> kN)		
			① 今回工認モデル (S <sub>s</sub> -D)	② 補強反映モデル (S <sub>s</sub> -D)	②/① 応答比率
OW-13	34.8~30.5	1	13.97	14.02	1.01
	30.5~23.8	2	15.38	15.47	1.01
	23.8~15.3	3	20.44	20.37	1.00
	15.3~8.8	4	25.73	25.56	1.00
	8.8~1.3	5	29.78	29.89	1.01
IW-11	63.5~51.7	6	5.555	5.698	1.03
	51.7~42.8	7	10.88	11.09	1.02
	42.8~34.8	8	13.98	14.25	1.02
	34.8~30.5	9	16.99	17.18	1.02
	30.5~23.8	10	24.82	25.14	1.02
	23.8~15.3	11	29.35	29.22	1.00
	15.3~8.8	12	37.40	37.83	1.02
	8.8~1.3	13	40.31	40.56	1.01
DW	42.8~34.8	14	6.971	7.108	1.02
	34.8~30.5	15	6.644	6.685	1.01
	30.5~23.8	16	10.54	10.72	1.02
	23.8~15.3	17	15.41	15.84	1.03
	15.3~10.1	18	21.81	21.99	1.01
	10.1~1.3	19	27.85	28.04	1.01
IW-3	63.5~51.7	20	5.475	5.614	1.03
	51.7~42.8	21	11.48	11.77	1.03
	42.8~34.8	22	14.07	14.34	1.02
	34.8~30.5	23	17.63	17.64	1.01
	30.5~23.8	24	24.83	25.14	1.02
	23.8~15.3	25	31.06	31.33	1.01
	15.3~8.8	26	37.48	37.65	1.01
	8.8~1.3	27	40.49	40.53	1.01
OW-1	42.8~34.8	28	10.41	10.47	1.01
	34.8~30.5	29	14.28	14.35	1.01
	30.5~23.8	30	15.71	15.84	1.01
	23.8~15.3	31	24.61	24.83	1.01
	15.3~8.8	32	25.88	25.86	1.00
	8.8~1.3	33	30.37	30.35	1.00



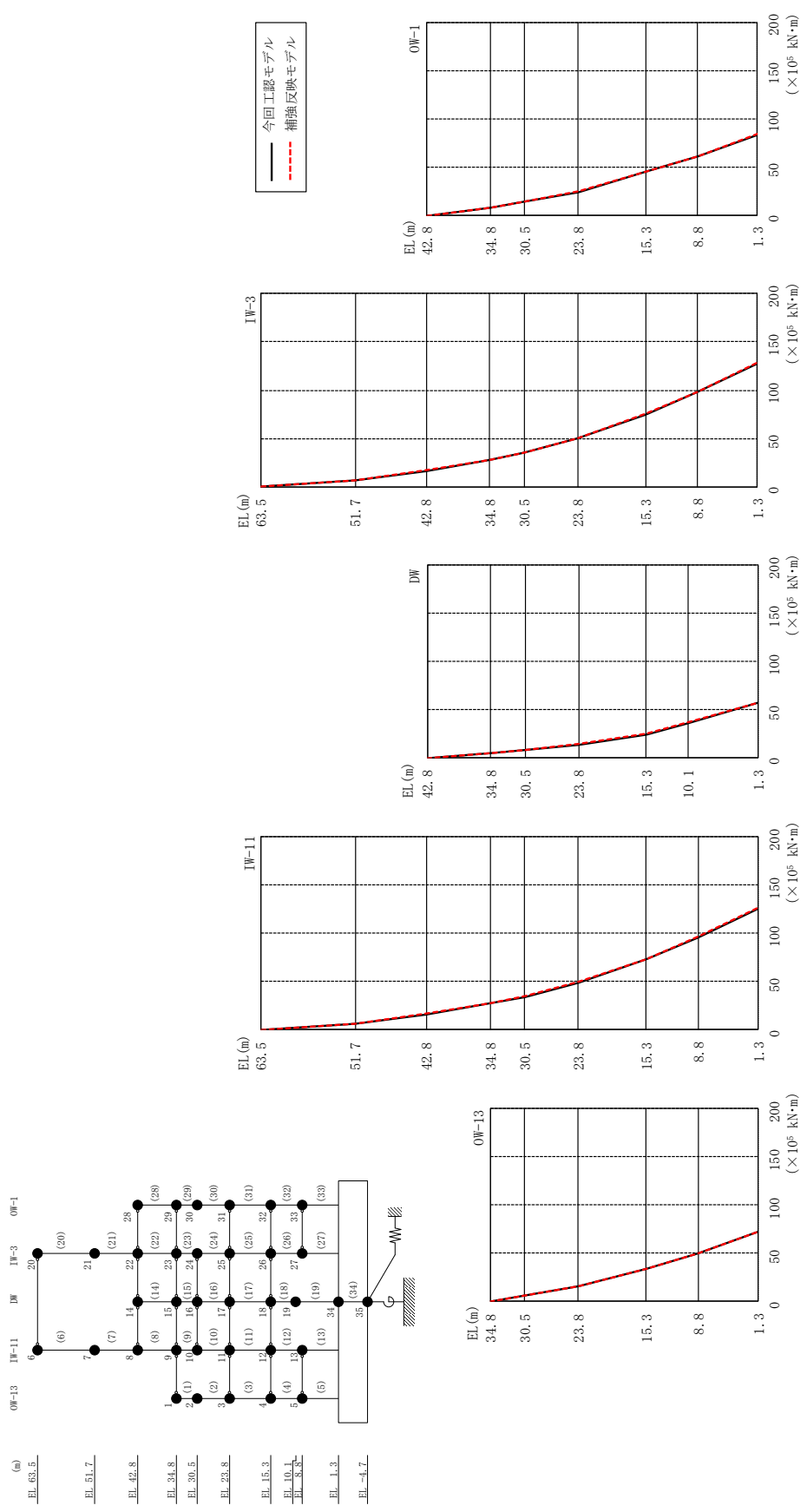


図 5-4 最大応答曲げモーメント (基準地震動 S s-D, NS 方向)

表 5-5(1) 最大応答曲げモーメント一覧 (基準地震動 S s -D, NS 方向)

部位	EL (m)	要素番号	最大応答曲げモーメント (×10 <sup>5</sup> kN・m)		
			① 今回工認モデル (Ss-D)	② 補強反映モデル (Ss-D)	②/① 応答比率
OW-13	34.8~30.5	1	0.000 6.009	0.000 6.030	— 1.01
	30.5~23.8	2	6.009 16.28	6.030 16.36	1.01 1.01
	23.8~15.3	3	16.28 33.51	16.36 33.58	1.01 1.01
	15.3~8.8	4	33.51 50.08	33.58 50.10	1.01 1.01
	8.8~1.3	5	50.08 72.22	50.10 72.23	1.01 1.01
IW-11	63.5~51.7	6	0.000 6.555	0.000 6.724	— 1.03
	51.7~42.8	7	6.555 16.13	6.724 16.51	1.03 1.03
	42.8~34.8	8	16.13 27.30	16.51 27.86	1.03 1.03
	34.8~30.5	9	27.30 34.38	27.86 35.02	1.03 1.02
	30.5~23.8	10	34.38 49.09	35.02 49.84	1.02 1.02
	23.8~15.3	11	49.09 72.85	49.84 73.00	1.02 1.01
	15.3~8.8	12	72.85 95.54	73.00 96.00	1.01 1.01
	8.8~1.3	13	95.54 125.3	96.00 126.0	1.01 1.01
DW	42.8~34.8	14	0.000 5.577	0.000 5.686	— 1.02
	34.8~30.5	15	5.577 7.970	5.686 8.362	1.02 1.05
	30.5~23.8	16	7.970 14.16	8.362 14.55	1.05 1.03
	23.8~15.3	17	14.16 24.71	14.55 25.18	1.03 1.02
	15.3~10.1	18	24.71 36.02	25.18 36.61	1.02 1.02
	10.1~1.3	19	36.02 57.27	36.61 57.61	1.02 1.01

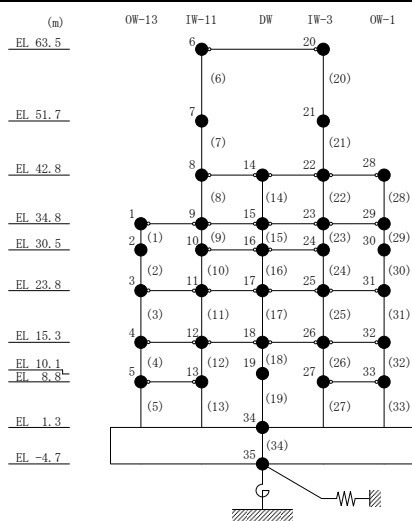
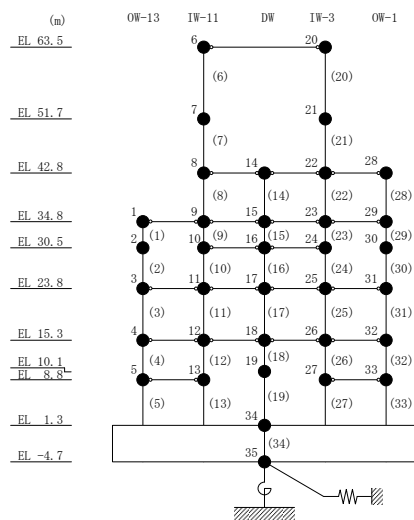


表 5-5(2) 最大応答曲げモーメント一覧 (基準地震動 S s -D, NS 方向)

部位	EL (m)	要素 番号	最大応答曲げモーメント (×10 <sup>5</sup> kN・m)		
			① 今回工認モデル (Ss-D)	② 補強反映モデル (Ss-D)	②/① 応答比率
IW-3	63.5~51.7	20	0.000	0.000	—
			6.461	6.625	1.03
	51.7~42.8	21	6.461	6.625	1.03
			16.49	17.05	1.04
	42.8~34.8	22	16.49	17.05	1.04
			27.74	28.47	1.03
	34.8~30.5	23	27.74	28.47	1.03
			35.08	35.83	1.03
30.5~23.8	24	35.08	35.83	1.03	
		49.79	50.65	1.02	
23.8~15.3	25	49.79	50.65	1.02	
		74.84	75.47	1.01	
15.3~8.8	26	74.84	75.47	1.01	
		97.61	98.37	1.01	
8.8~1.3	27	97.61	98.37	1.01	
		127.5	128.4	1.01	
OW-1	42.8~34.8	28	0.000	0.000	—
			8.331	8.372	1.01
	34.8~30.5	29	8.331	8.372	1.01
			14.30	14.44	1.01
	30.5~23.8	30	14.30	14.44	1.01
			24.46	24.72	1.02
	23.8~15.3	31	24.46	24.72	1.02
44.93			45.13	1.01	
15.3~8.8	32	44.93	45.13	1.01	
		61.10	61.40	1.01	
8.8~1.3	33	61.10	61.40	1.01	
		83.88	84.16	1.01	





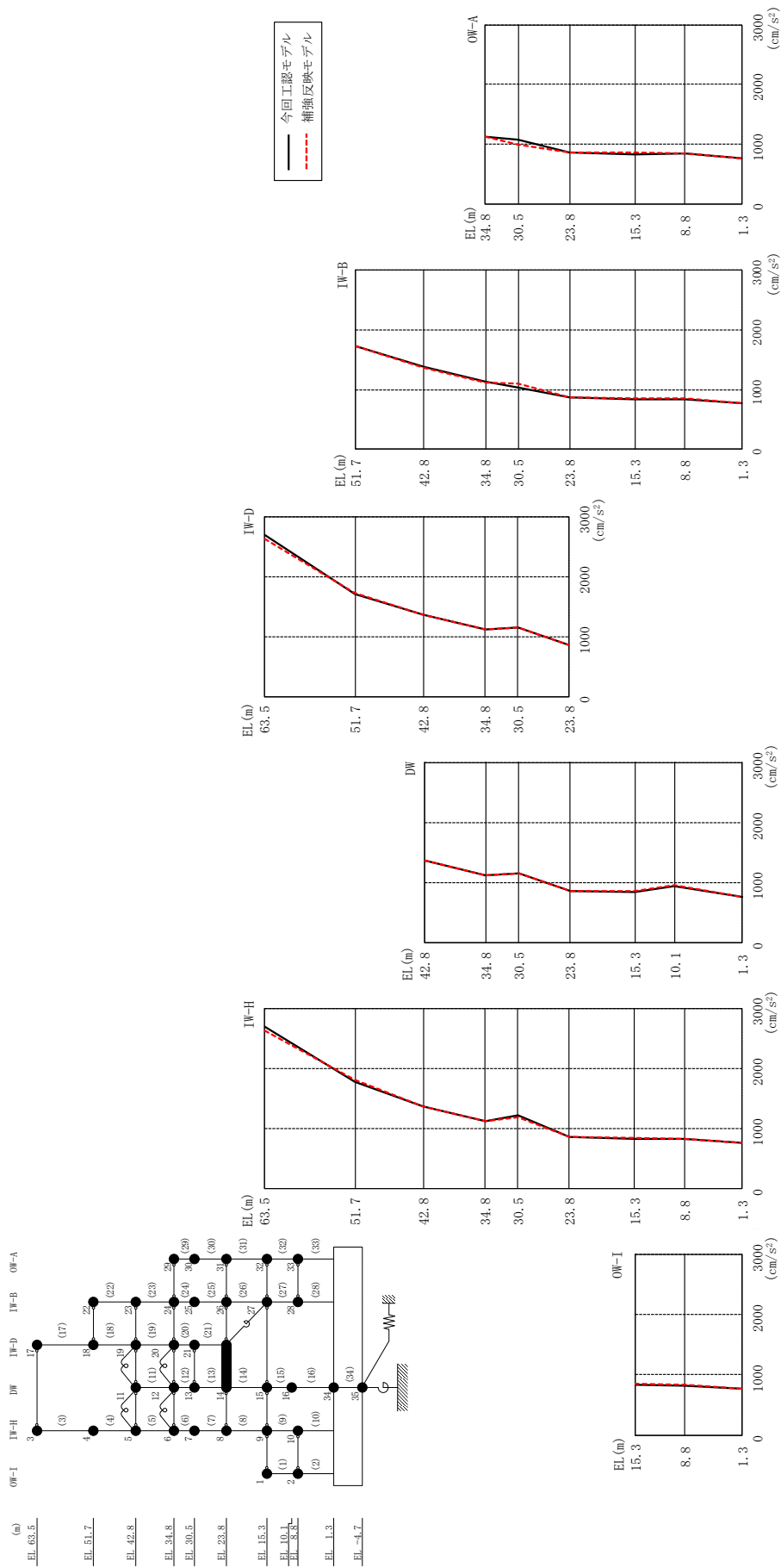
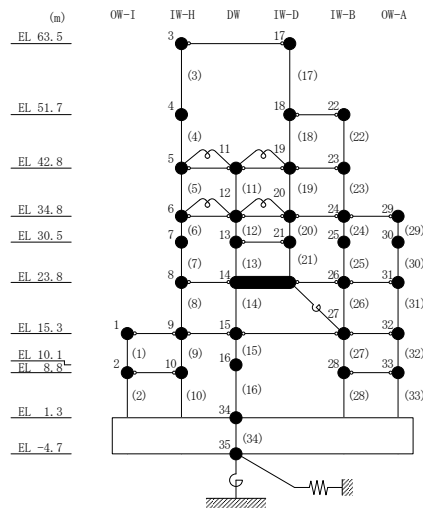


図 5-5 最大応答加速度 (基準地震動 S s - D, E W 方向)

表 5-6 最大応答加速度一覧 (基準地震動 S s - D, E W方向)

部位	EL (m)	質点番号	最大応答加速度 (cm/s <sup>2</sup> )		
			① 今回工認モデル (Ss-D)	② 補強反映モデル (Ss-D)	②/① 応答比率
OW-I	15.3	1	839	857	1.03
	8.8	2	826	836	1.02
IW-H	63.5	3	2700	2630	0.98
	51.7	4	1789	1818	1.02
	42.8	5	1373	1368	1.00
	34.8	6	1128	1121	1.00
	30.5	7	1218	1191	0.98
	23.8	8	867	865	1.00
	15.3	9	839	857	1.03
	8.8	10	826	836	1.02
DW	42.8	11	1373	1368	1.00
	34.8	12	1128	1121	1.00
	30.5	13	1155	1151	1.00
	23.8	14	867	865	1.00
	15.3	15	839	857	1.03
	10.1	16	942	955	1.02
	1.3	34	765	767	1.01
IW-D	63.5	17	2700	2630	0.98
	51.7	18	1717	1724	1.01
	42.8	19	1373	1368	1.00
	34.8	20	1128	1121	1.00
	30.5	21	1155	1151	1.00
IW-B	51.7	22	1717	1724	1.01
	42.8	23	1373	1368	1.00
	34.8	24	1128	1121	1.00
	30.5	25	1036	1107	1.07
	23.8	26	867	865	1.00
	15.3	27	839	857	1.03
	8.8	28	844	855	1.02
OW-A	34.8	29	1128	1121	1.00
	30.5	30	1084	994	0.92
	23.8	31	867	865	1.00
	15.3	32	839	857	1.03
	8.8	33	844	855	1.02



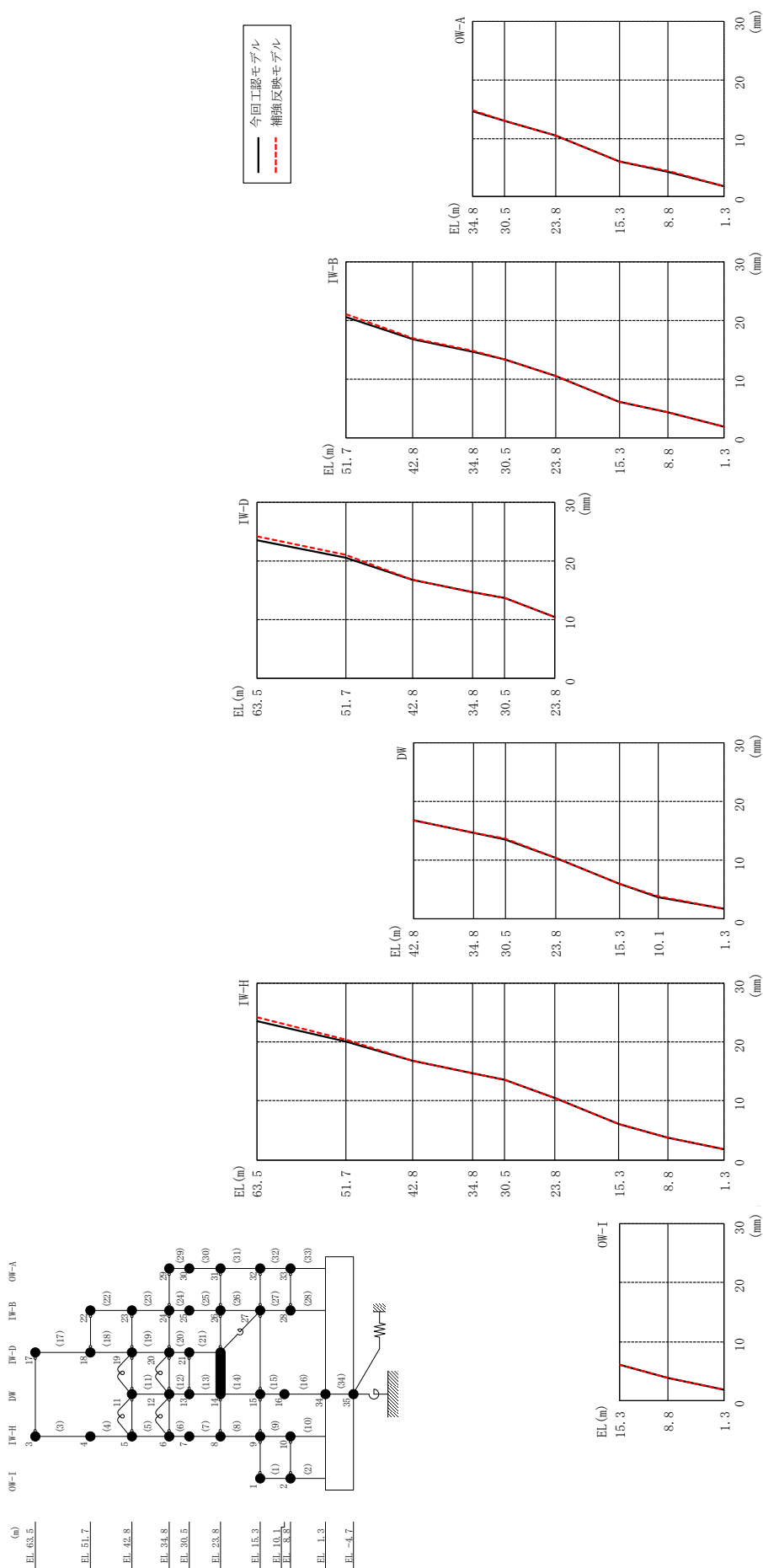
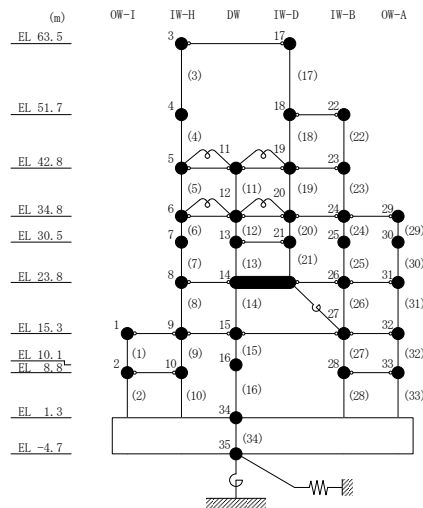


図 5-6 最大芯変位 (基準地震動 S-D, EW 方向)

表 5-7 最大応答変位一覧 (基準地震動 S s -D, E W方向)

部位	EL (m)	質点番号	最大応答変位 (mm)		
			① 今回工認モデル (Ss-D)	② 補強反映モデル (Ss-D)	②/① 応答比率
OW-I	15.3	1	6.021	6.084	1.02
	8.8	2	3.722	3.747	1.01
IW-H	63.5	3	23.615	24.210	1.03
	51.7	4	20.211	20.450	1.02
	42.8	5	16.789	16.880	1.01
	34.8	6	14.686	14.732	1.01
	30.5	7	13.582	13.610	1.01
	23.8	8	10.499	10.476	1.00
	15.3	9	6.021	6.084	1.02
	8.8	10	3.722	3.747	1.01
DW	42.8	11	16.789	16.880	1.01
	34.8	12	14.686	14.732	1.01
	30.5	13	13.661	13.704	1.01
	23.8	14	10.499	10.476	1.00
	15.3	15	6.021	6.084	1.02
	10.1	16	3.844	3.858	1.01
	1.3	34	1.803	1.813	1.01
IW-D	63.5	17	23.615	24.210	1.03
	51.7	18	20.607	21.045	1.03
	42.8	19	16.789	16.880	1.01
	34.8	20	14.686	14.732	1.01
	30.5	21	13.661	13.704	1.01
IW-B	51.7	22	20.607	21.045	1.03
	42.8	23	16.789	16.880	1.01
	34.8	24	14.686	14.732	1.01
	30.5	25	13.258	13.311	1.01
	23.8	26	10.499	10.476	1.00
	15.3	27	6.021	6.084	1.02
	8.8	28	4.318	4.359	1.01
OW-A	34.8	29	14.686	14.732	1.01
	30.5	30	13.013	13.059	1.01
	23.8	31	10.499	10.476	1.00
	15.3	32	6.021	6.084	1.02
	8.8	33	4.318	4.359	1.01



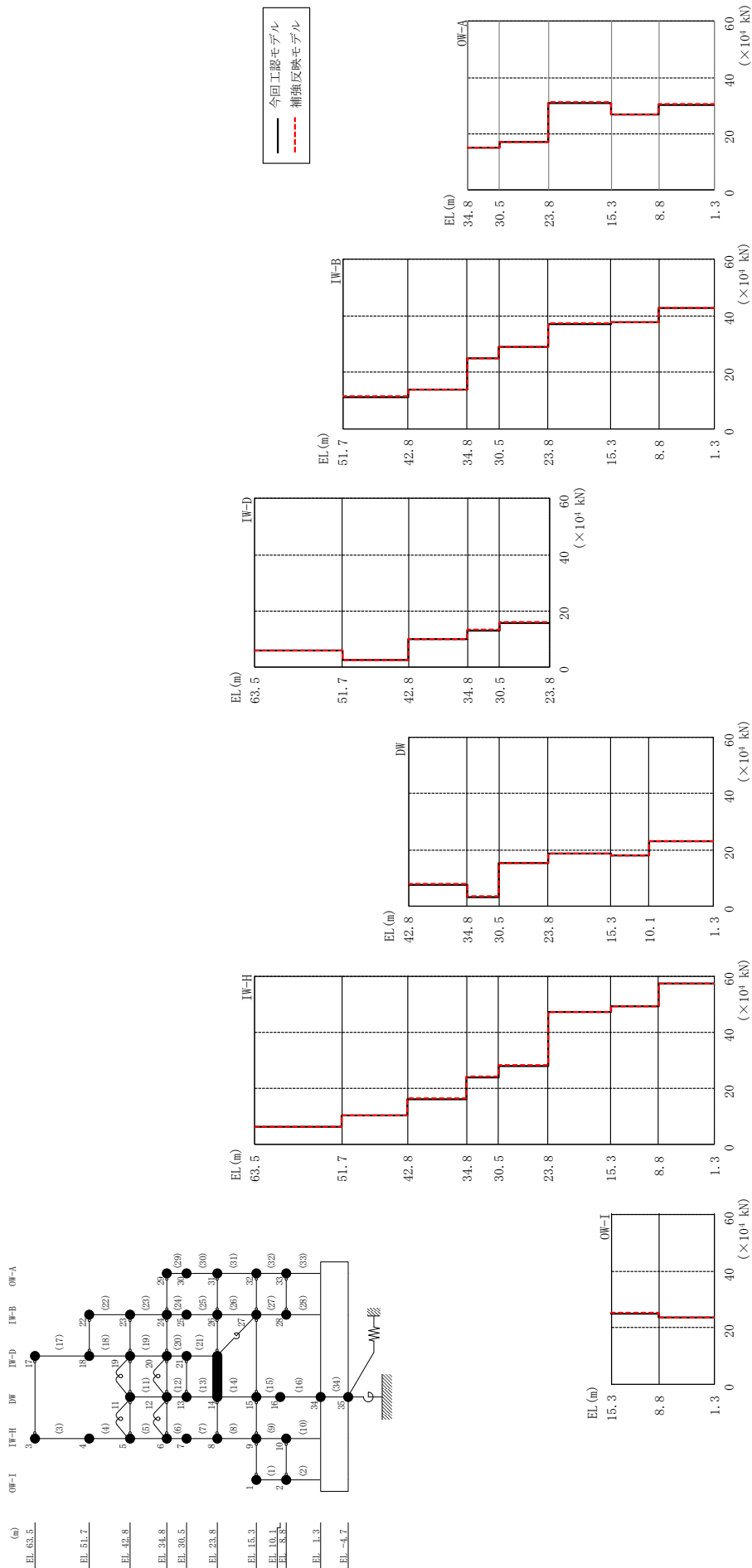
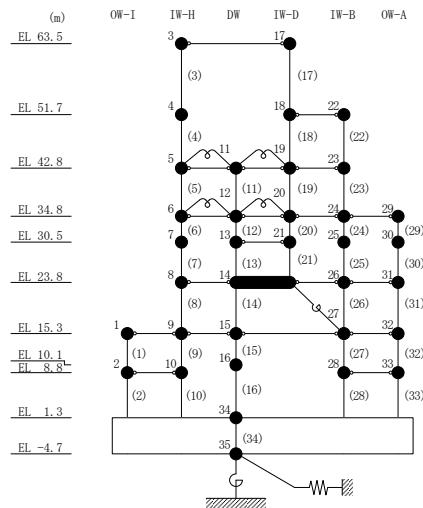


図 5-7 最大応答せん断力 (基準地震動 S s-D, EW 方向)

表 5-8 最大応答せん断力一覧 (基準地震動 Ss-D, EW方向)

部位	EL (m)	要素番号	最大応答せん断力 (×10 <sup>4</sup> kN)		
			① 今回工認モデル (Ss-D)	② 補強反映モデル (Ss-D)	②/① 応答比率
OW-I	15.3~8.8	1	24.90	25.22	1.02
	8.8~1.3	2	23.64	23.64	1.00
IW-H	63.5~51.7	3	6.511	6.486	1.00
	51.7~42.8	4	10.49	10.44	1.00
	42.8~34.8	5	16.22	16.37	1.01
	34.8~30.5	6	23.88	24.16	1.02
	30.5~23.8	7	27.96	28.30	1.02
	23.8~15.3	8	47.13	47.13	1.00
	15.3~8.8	9	49.21	49.23	1.01
	8.8~1.3	10	57.25	57.34	1.01
DW	42.8~34.8	11	7.566	7.978	1.06
	34.8~30.5	12	3.105	3.306	1.07
	30.5~23.8	13	15.36	15.35	1.00
	23.8~15.3	14	18.60	18.50	1.00
	15.3~10.1	15	17.94	18.08	1.01
	10.1~1.3	16	23.06	23.03	1.00
IW-D	63.5~51.7	17	5.807	5.745	0.99
	51.7~42.8	18	2.437	2.520	1.04
	42.8~34.8	19	9.965	9.967	1.01
	34.8~30.5	20	13.00	13.32	1.03
	30.5~23.8	21	15.76	15.98	1.02
IW-B	51.7~42.8	22	11.36	11.43	1.01
	42.8~34.8	23	13.82	13.95	1.01
	34.8~30.5	24	25.07	25.13	1.01
	30.5~23.8	25	29.02	28.96	1.00
	23.8~15.3	26	37.18	37.33	1.01
	15.3~8.8	27	37.69	37.77	1.01
OW-A	8.8~1.3	28	42.62	42.87	1.01
	34.8~30.5	29	15.13	15.20	1.01
	30.5~23.8	30	17.09	17.07	1.00
	23.8~15.3	31	30.99	31.15	1.01
	15.3~8.8	32	26.85	27.05	1.01
8.8~1.3	33	30.21	30.57	1.02	



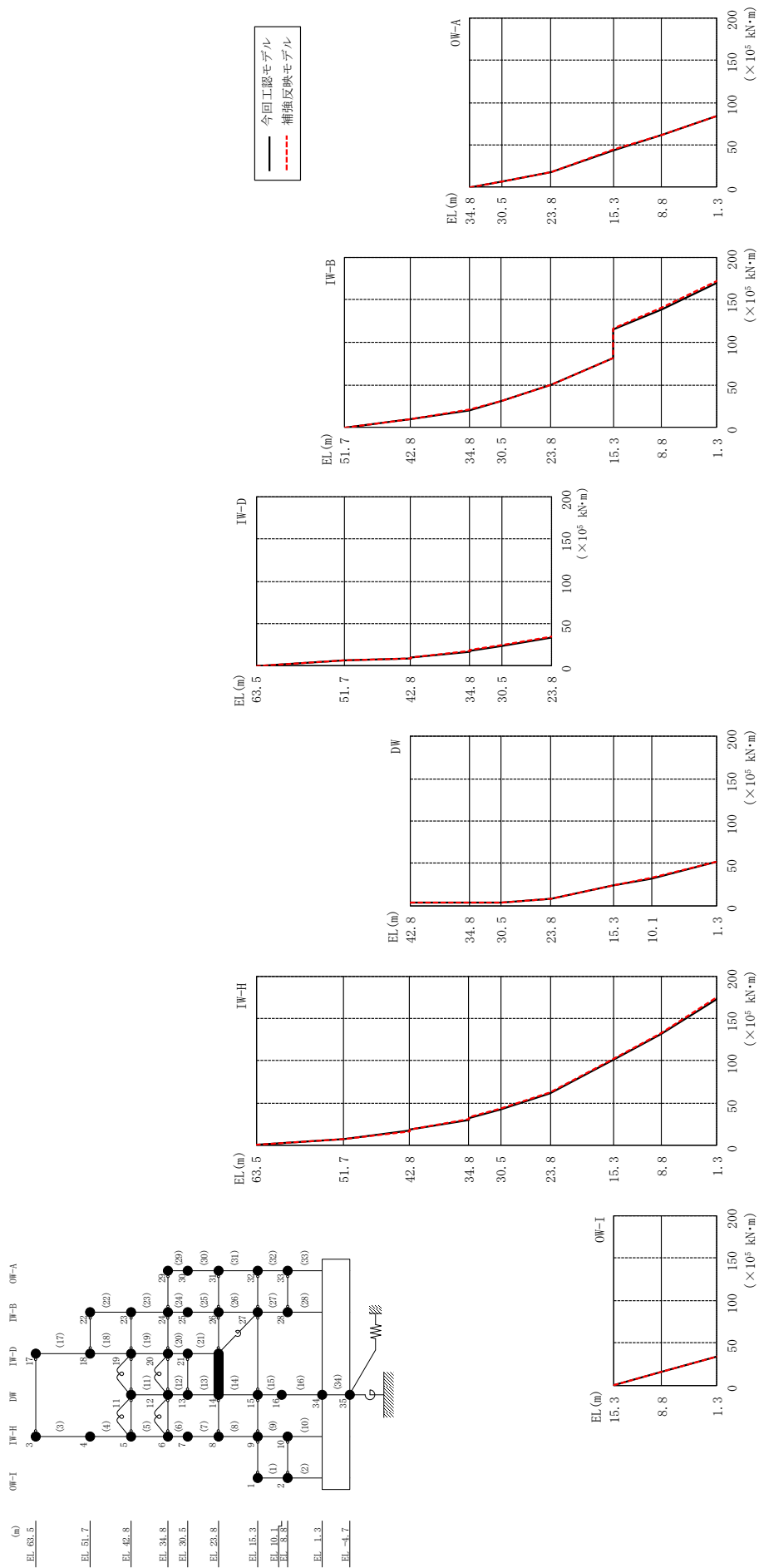


図 5-8 最大応答曲げモーメント (基準地震動 S s - D, EW 方向)

表 5-9(1) 最大応答曲げモーメント一覧 (基準地震動 S s -D, EW方向)

部位	EL (m)	要素 番号	最大応答曲げモーメント (×10 <sup>5</sup> kN・m)		
			① 今回工認モデル (Ss-D)	② 補強反映モデル (Ss-D)	②/① 応答比率
OW-I	15.3~8.8	1	0.000 16.18	0.000 16.39	— 1.02
	8.8~1.3	2	16.18 33.73	16.39 33.98	1.02 1.01
IW-H	63.5~51.7	3	0.000 7.682	0.000 7.653	— 1.00
	51.7~42.8	4	7.682 17.02	7.653 16.83	1.00 0.99
	42.8~34.8	5	18.14 30.02	18.41 31.40	1.02 1.05
	34.8~30.5	6	32.58 42.70	33.67 43.52	1.04 1.02
	30.5~23.8	7	42.70 61.01	43.52 62.12	1.02 1.02
	23.8~15.3	8	61.01 100.8	62.12 102.0	1.02 1.02
	15.3~8.8	9	100.8 131.6	102.0 132.7	1.02 1.01
	8.8~1.3	10	131.6 173.4	132.7 175.0	1.01 1.01
DW	42.8~34.8	11	3.770 3.415	3.793 3.346	1.01 0.98
	34.8~30.5	12	3.805 3.767	3.830 3.724	1.01 0.99
	30.5~23.8	13	3.767 8.014	3.724 8.300	0.99 1.04
	23.8~15.3	14	8.014 23.52	8.300 23.56	1.04 1.01
	15.3~10.1	15	23.52 32.31	23.56 32.46	1.01 1.01
	10.1~1.3	16	32.31 51.89	32.46 52.13	1.01 1.01

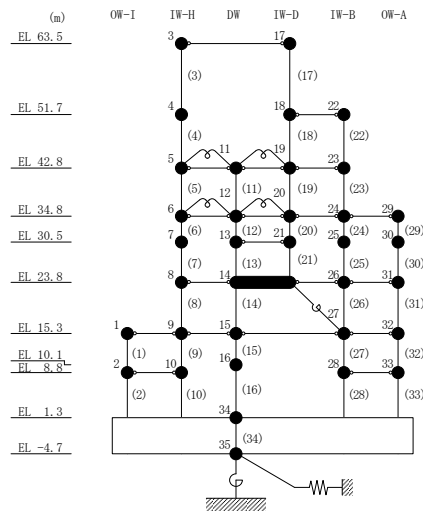
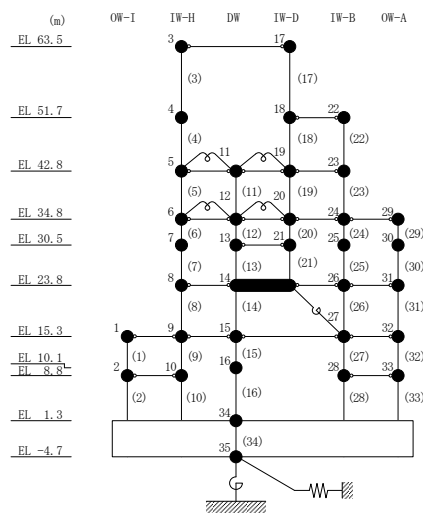




表 5-9(2) 最大応答曲げモーメント一覧 (基準地震動 S<sub>s</sub>-D, EW方向)

部位	EL (m)	要素番号	最大応答曲げモーメント (×10 <sup>5</sup> kN・m)		
			① 今回工認モデル (S <sub>s</sub> -D)	② 補強反映モデル (S <sub>s</sub> -D)	②/① 応答比率
IW-D	63.5~51.7	17	0.000	0.000	—
			6.853	6.779	0.99
	51.7~42.8	18	6.853	6.779	0.99
			9.022	9.017	1.00
	42.8~34.8	19	9.819	10.06	1.03
34.8~30.5	20	16.54	17.52	1.06	
		18.19	19.31	1.07	
30.5~23.8	21	23.73	24.43	1.03	
		33.94	34.79	1.03	
IW-B	51.7~42.8	22	0.000	0.000	—
			10.11	10.18	1.01
	42.8~34.8	23	10.11	10.18	1.01
			20.16	21.01	1.05
	34.8~30.5	24	20.16	21.01	1.05
			30.60	30.94	1.02
	30.5~23.8	25	30.60	30.94	1.02
49.89			50.32	1.01	
23.8~15.3	26	49.89	50.32	1.01	
		81.44	82.02	1.01	
15.3~8.8	27	115.2	116.6	1.02	
		139.0	140.8	1.02	
8.8~1.3	28	139.0	140.8	1.02	
		170.0	171.9	1.02	
OW-A	34.8~30.5	29	0.000	0.000	—
			6.505	6.534	1.01
	30.5~23.8	30	6.505	6.534	1.01
			17.92	17.97	1.01
	23.8~15.3	31	17.92	17.97	1.01
44.26			44.44	1.01	
15.3~8.8	32	44.26	44.44	1.01	
		61.67	61.99	1.01	
8.8~1.3	33	61.67	61.99	1.01	
			83.82	84.43	1.01



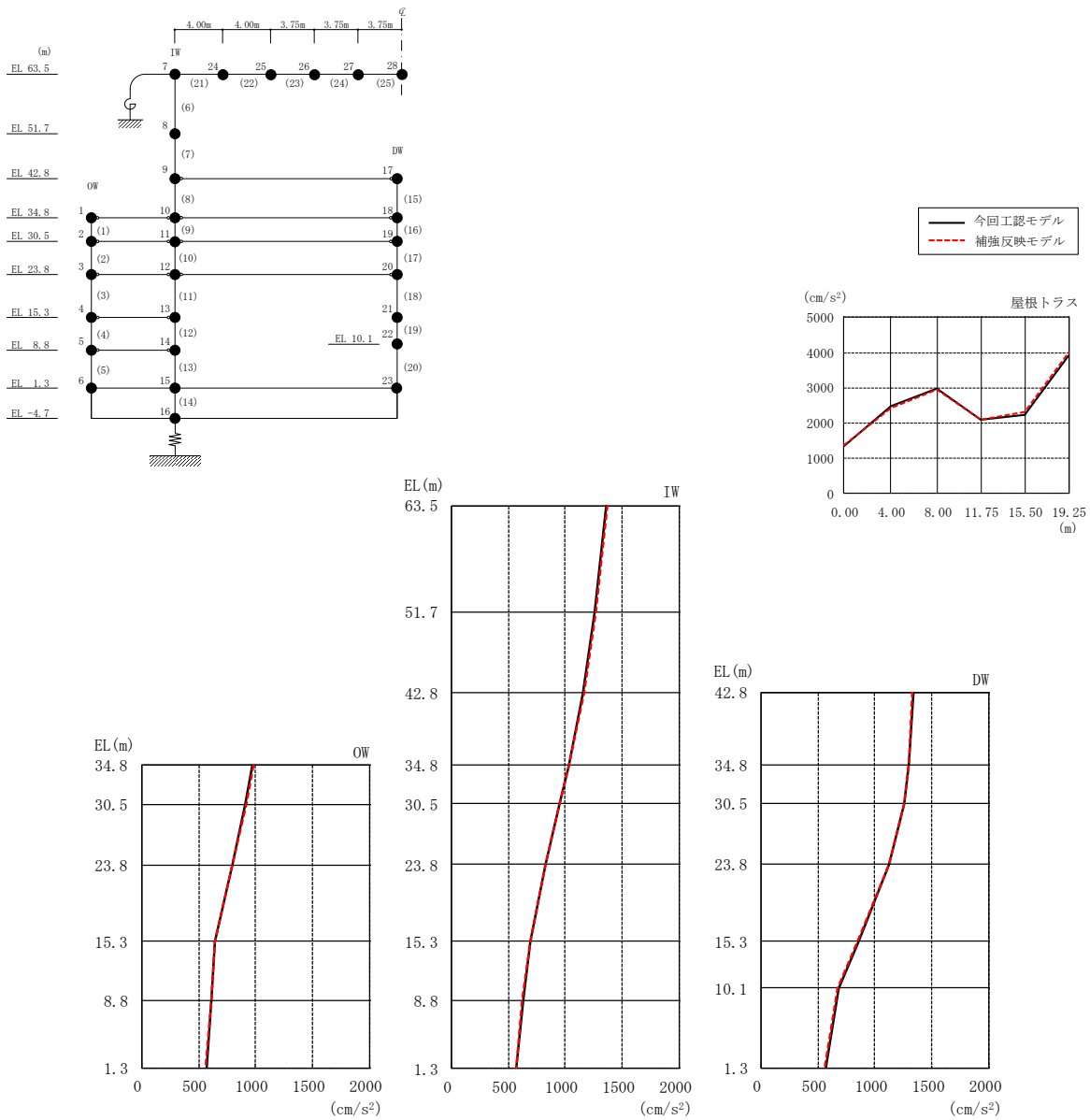
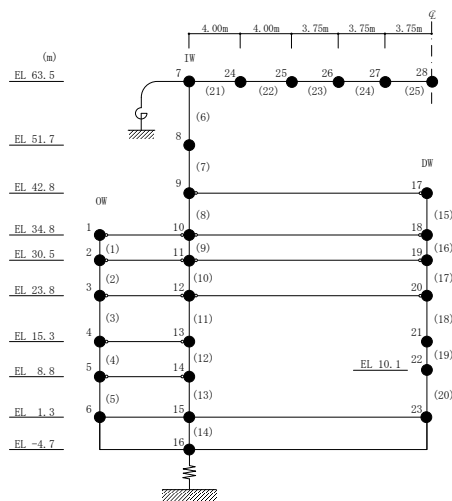


図5-9 最大応答加速度（基準地震動S<sub>s</sub>-D，鉛直方向）

表 5-10 最大応答加速度一覧（基準地震動 S s - D，鉛直方向）

部位	EL* (m)	質点 番号	最大応答加速度 (cm/s <sup>2</sup> )		
			① 今回工認モデル (Ss-D)	② 補強反映モデル (Ss-D)	②/① 応答比率
OW	34.8	1	968	977	1.01
	30.5	2	912	918	1.01
	23.8	3	798	801	1.01
	15.3	4	640	640	1.01
	8.8	5	615	615	1.00
	1.3	6	567	566	1.00
IW	63.5	7	1363	1372	1.01
	51.7	8	1259	1264	1.01
	42.8	9	1158	1160	1.01
	34.8	10	1028	1028	1.01
	30.5	11	947	946	1.00
	23.8	12	825	822	1.00
	15.3	13	695	692	1.00
	8.8	14	627	626	1.00
DW	42.8	17	1335	1330	1.00
	34.8	18	1295	1296	1.01
	30.5	19	1257	1256	1.00
	23.8	20	1125	1124	1.00
	15.3	21	853	852	1.00
	10.1	22	679	678	1.00
	1.3	23	567	566	1.00
屋根 トラス	0.00	7	1363	1372	1.01
	4.00	24	2484	2437	0.99
	8.00	25	2969	2958	1.00
	11.75	26	2088	2092	1.01
	15.50	27	2239	2305	1.03
	19.25	28	3931	4002	1.02

注記\*：屋根トラスはIW軸からの距離を示す。



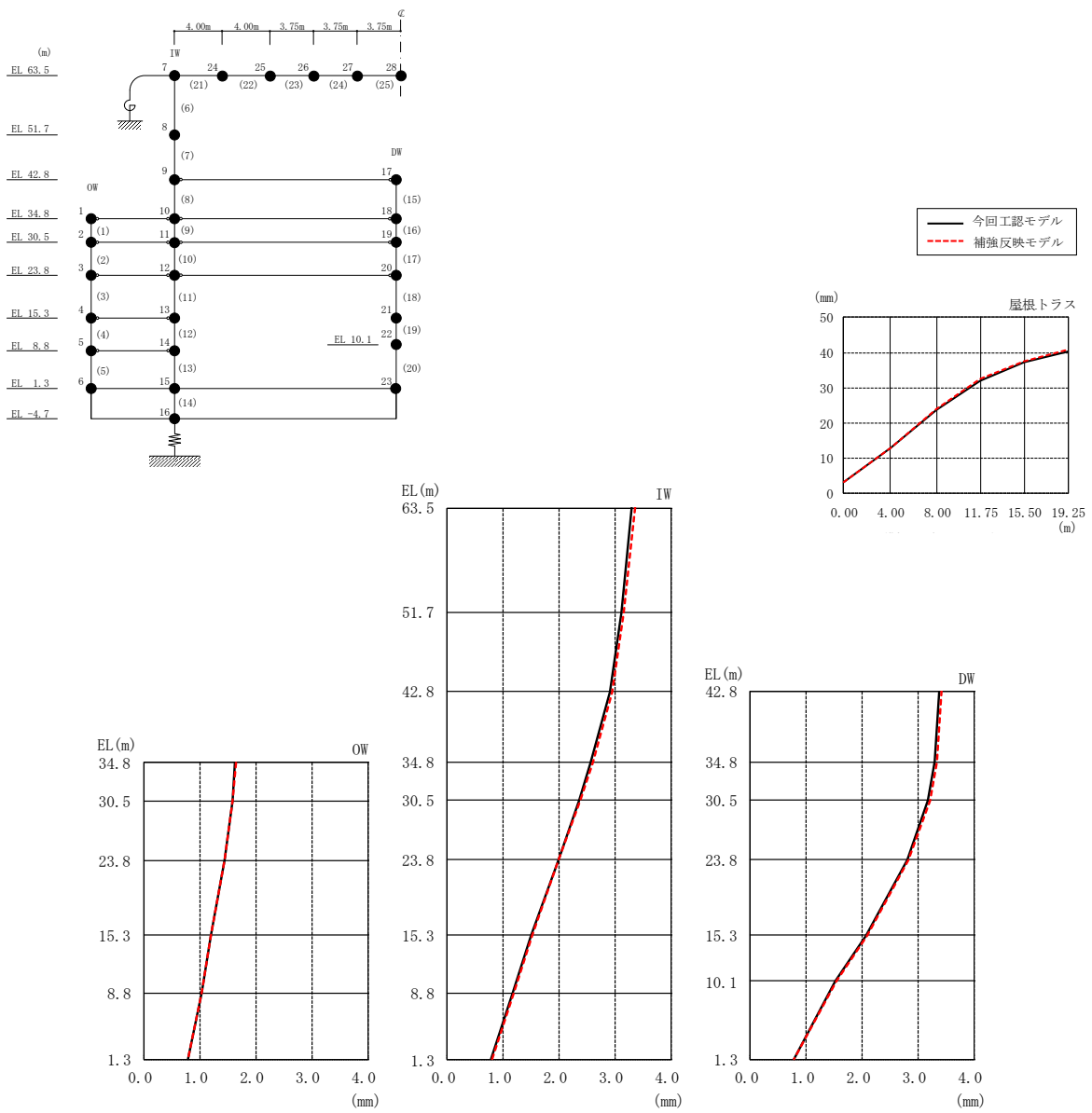
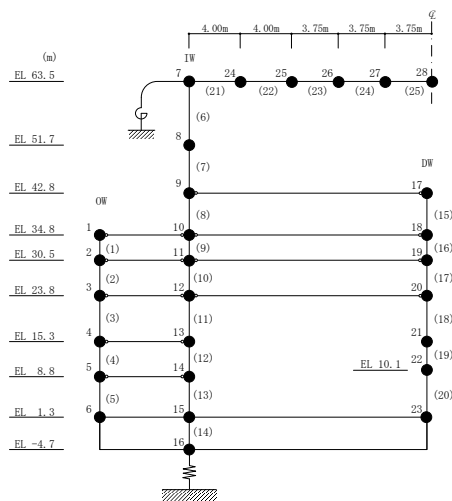


図 5-10 最大応答変位（基準地震動  $S_s - D$ ，鉛直方向）

表 5-11 最大応答変位一覧（基準地震動 S s - D，鉛直方向）

部位	EL * (m)	質点 番号	最大応答変位 (mm)		
			① 今回工認モデル (Ss-D)	② 補強反映モデル (Ss-D)	②/① 応答比率
OW	34.8	1	1.633	1.642	1.01
	30.5	2	1.581	1.589	1.01
	23.8	3	1.441	1.449	1.01
	15.3	4	1.193	1.200	1.01
	8.8	5	1.023	1.029	1.01
	1.3	6	0.787	0.792	1.01
IW	63.5	7	3.299	3.354	1.02
	51.7	8	3.121	3.166	1.02
	42.8	9	2.914	2.951	1.02
	34.8	10	2.569	2.599	1.02
	30.5	11	2.350	2.376	1.02
	23.8	12	1.980	2.000	1.02
	15.3	13	1.501	1.514	1.01
	8.8	14	1.172	1.182	1.01
DW	42.8	17	3.381	3.418	1.02
	34.8	18	3.303	3.344	1.02
	30.5	19	3.171	3.212	1.02
	23.8	20	2.808	2.837	1.02
	15.3	21	2.072	2.092	1.01
	10.1	22	1.518	1.532	1.01
	1.3	23	0.787	0.792	1.01
屋根 トラス	0.00	7	3.299	3.354	1.02
	4.00	24	12.954	13.058	1.01
	8.00	25	23.829	24.139	1.02
	11.75	26	32.087	32.634	1.02
	15.50	27	37.228	37.613	1.02
19.25	28	40.408	40.977	1.02	

注記\*：屋根トラスはIW軸からの距離を示す。



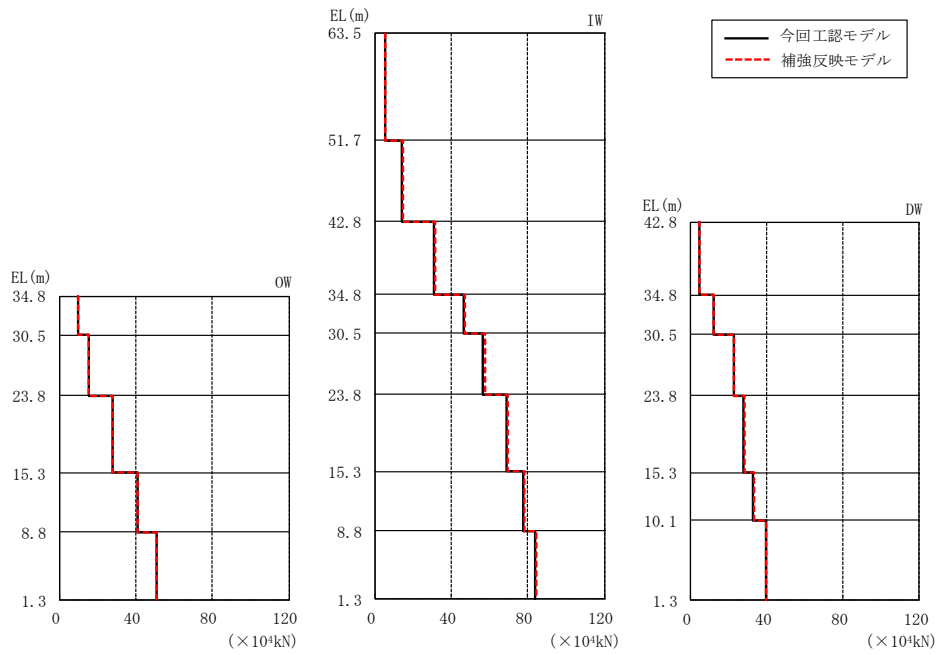
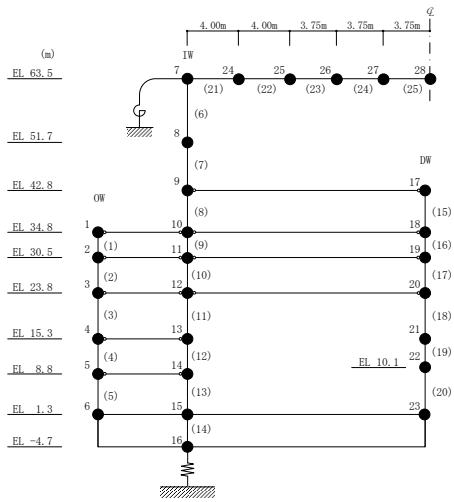


図 5-11 最大応答軸力（基準地震動 S<sub>s</sub>-D，鉛直方向）

表 5-12 最大応答軸力一覧 (基準地震動 S<sub>s</sub>-D, 鉛直方向)

部位	EL (m)	要素番号	最大応答軸力 (×10 <sup>4</sup> kN)		
			① 今回工認モデル (S <sub>s</sub> -D)	② 補強反映モデル (S <sub>s</sub> -D)	②/① 応答比率
OW	34.8~30.5	1	9.237	9.408	1.02
	30.5~23.8	2	14.99	15.10	1.01
	23.8~15.3	3	27.57	27.68	1.01
	15.3~8.8	4	40.52	40.65	1.01
	8.8~1.3	5	50.46	50.65	1.01
IW	63.5~51.7	6	5.173	5.278	1.03
	51.7~42.8	7	13.80	14.30	1.04
	42.8~34.8	8	30.77	31.42	1.03
	34.8~30.5	9	46.67	47.33	1.02
	30.5~23.8	10	56.68	57.56	1.02
	23.8~15.3	11	68.86	69.76	1.02
	15.3~8.8	12	77.47	78.30	1.02
DW	8.8~1.3	13	83.82	84.63	1.01
	42.8~34.8	15	4.718	4.785	1.02
	34.8~30.5	16	12.15	12.23	1.01
	30.5~23.8	17	22.57	22.95	1.02
	23.8~15.3	18	27.77	28.16	1.02
	15.3~10.1	19	33.00	33.40	1.02
	10.1~1.3	20	39.49	39.96	1.02

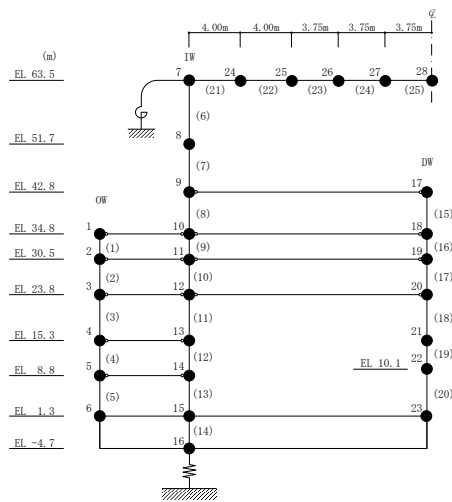


表 5-13 最大応答せん断ひずみ一覧 (基準地震動 S s - D, NS 方向)

部位	EL (m)	要素 番号	最大応答せん断ひずみ (×10 <sup>-3</sup> )		
			① 今回工認モデル (Ss-D)	② 補強反映モデル (Ss-D)	②/① 応答比率
OW-13	34.8~30.5	1	0.2804	0.2758	0.99
	30.5~23.8	2	0.3490	0.3588	1.03
	23.8~15.3	3	0.3561	0.3652	1.03
	15.3~8.8	4	0.3644	0.3653	1.01
	8.8~1.3	5	0.4061	0.4177	1.03
IW-11	63.5~51.7	6	0.2680	0.2921	1.09
	51.7~42.8	7	0.2930	0.3412	1.17
	42.8~34.8	8	0.3243	0.3407	1.06
	34.8~30.5	9	0.3159	0.3233	1.03
	30.5~23.8	10	0.3239	0.3301	1.02
	23.8~15.3	11	0.3552	0.3642	1.03
	15.3~8.8	12	0.3634	0.3640	1.01
	8.8~1.3	13	0.4047	0.4162	1.03
DW	42.8~34.8	14	0.1147	0.1169	1.02
	34.8~30.5	15	0.1386	0.1395	1.01
	30.5~23.8	16	0.1561	0.1587	1.02
	23.8~15.3	17	0.2176	0.2236	1.03
	15.3~10.1	18	0.6092	0.6203	1.02
	10.1~1.3	19	0.1966	0.1979	1.01
IW-3	63.5~51.7	20	0.2349	0.2706	1.16
	51.7~42.8	21	0.3614	0.3744	1.04
	42.8~34.8	22	0.3267	0.3429	1.05
	34.8~30.5	23	0.3160	0.3231	1.03
	30.5~23.8	24	0.3241	0.3300	1.02
	23.8~15.3	25	0.3552	0.3640	1.03
	15.3~8.8	26	0.3551	0.3623	1.03
	8.8~1.3	27	0.4134	0.4172	1.01
OW-1	42.8~34.8	28	0.3303	0.3470	1.06
	34.8~30.5	29	0.2589	0.2599	1.01
	30.5~23.8	30	0.3368	0.3434	1.02
	23.8~15.3	31	0.3459	0.3547	1.03
	15.3~8.8	32	0.3505	0.3578	1.03
	8.8~1.3	33	0.4126	0.4164	1.01

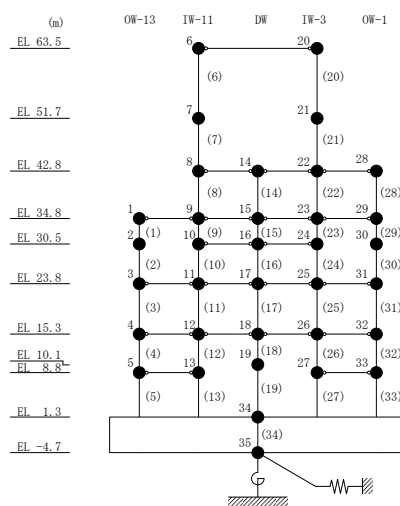




表 5-14 最大応答せん断ひずみ一覧 (基準地震動 S s - D, EW方向)

部位	EL (m)	要素番号	最大応答せん断ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )		
			① 今回工認モデル (Ss-D)	② 補強反映モデル (Ss-D)	②/① 応答比率
OW-I	15.3~8.8	1	0.3244	0.3291	1.02
	8.8~1.3	2	0.2259	0.2273	1.01
IW-H	63.5~51.7	3	0.2930	0.3016	1.03
	51.7~42.8	4	0.3683	0.3600	0.98
	42.8~34.8	5	0.1858	0.1875	1.01
	34.8~30.5	6	0.1807	0.1828	1.02
	30.5~23.8	7	0.3895	0.3969	1.02
	23.8~15.3	8	0.4768	0.4647	0.98
	15.3~8.8	9	0.3117	0.3161	1.02
	8.8~1.3	10	0.2212	0.2225	1.01
DW	42.8~34.8	11	0.0818	0.0863	1.06
	34.8~30.5	12	0.0648	0.0690	1.07
	30.5~23.8	13	0.2548	0.2636	1.04
	23.8~15.3	14	0.3473	0.3348	0.97
	15.3~10.1	15	0.2870	0.2967	1.04
	10.1~1.3	16	0.1628	0.1626	1.00
IW-D	63.5~51.7	17	0.2345	0.2251	0.96
	42.8~34.8	19	0.1681	0.1681	1.01
	34.8~30.5	20	0.1718	0.1760	1.03
	30.5~23.8	21	0.3868	0.3955	1.03
IW-B	51.7~42.8	22	0.4576	0.4738	1.04
	42.8~34.8	23	0.2009	0.2019	1.01
	34.8~30.5	24	0.2615	0.2590	1.00
	30.5~23.8	25	0.3507	0.3651	1.05
	23.8~15.3	26	0.4806	0.4686	0.98
	15.3~8.8	27	0.2181	0.2200	1.01
	8.8~1.3	28	0.3033	0.3071	1.02
OW-A	34.8~30.5	29	0.3246	0.3222	1.00
	30.5~23.8	30	0.3151	0.3259	1.04
	23.8~15.3	31	0.4814	0.4696	0.98
	15.3~8.8	32	0.2180	0.2199	1.01
	8.8~1.3	33	0.3028	0.3066	1.02

注：要素番号 18 は線形部材。

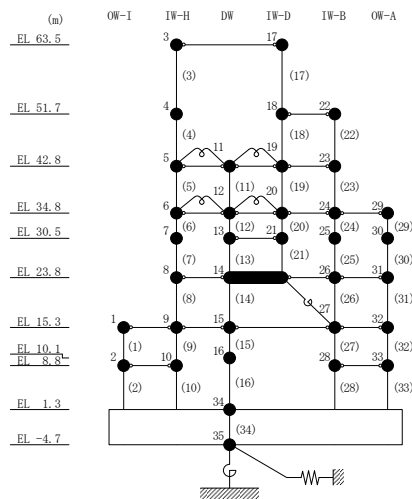


表 5-15 最大接地圧 (基準地震動 S s - D)

方向	最大接地圧 ( $\times 10^3 \text{kN/m}^2$ )		
	① 今回工認モデル (Ss-D)	② 補強反映モデル (Ss-D)	②/① 応答比率
N S 方向	2.013	2.004	1.00
E W 方向	1.382	1.389	1.01

### 5.3 床応答スペクトル

基準地震動  $S_s - D$  に対する今回工認モデルと補強反映モデルの床応答スペクトル ( $h = 5\%, 1\%$ ) の比較を図 5-12～図 5-17 に示す。

補強反映モデルの床応答スペクトルは、今回工認モデルの床応答スペクトルと概ね同程度であることを確認した。

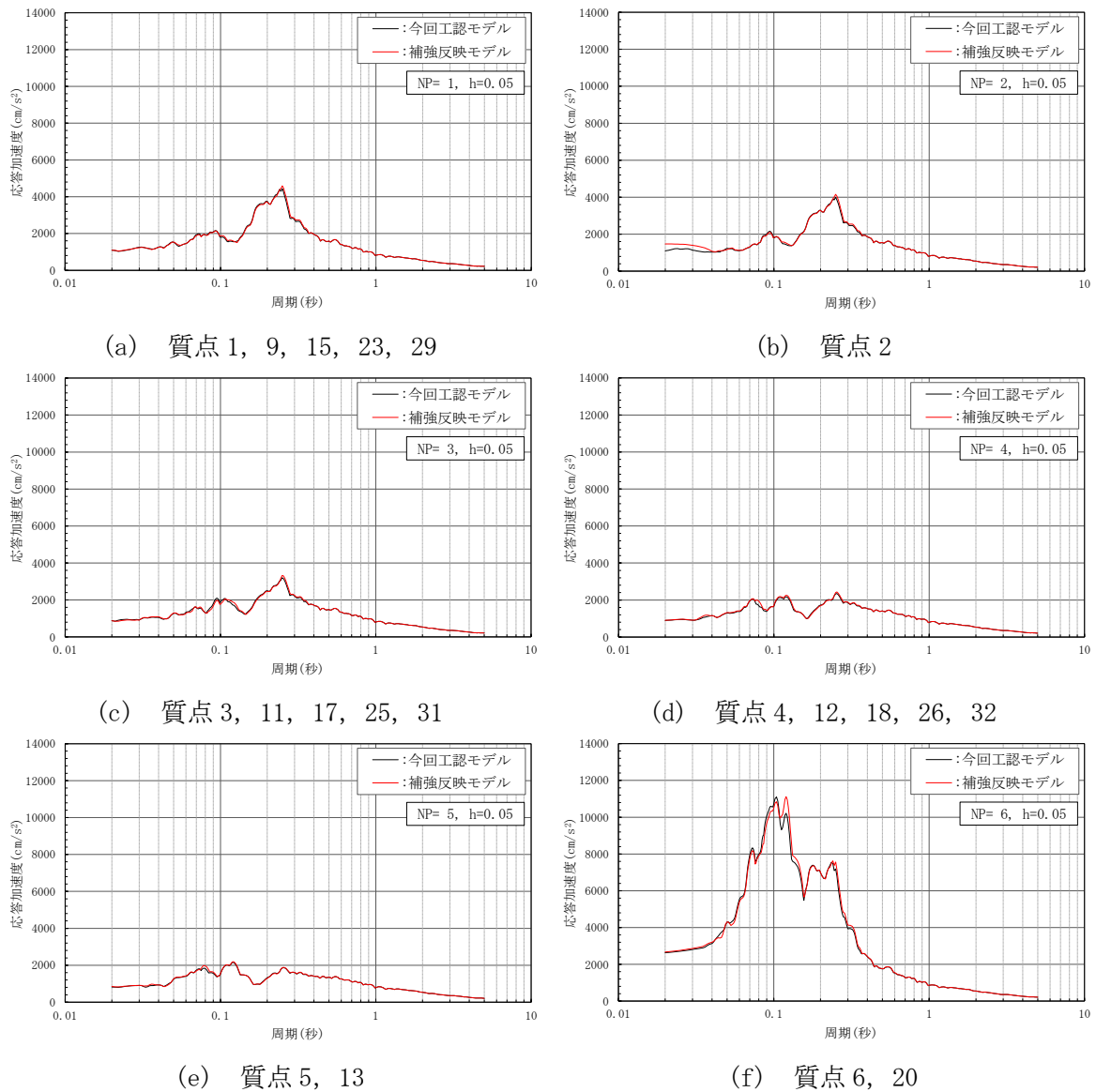
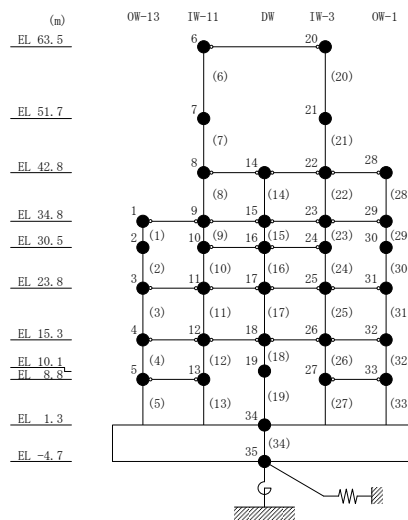


図 5-12(1) 床応答スペクトル (基準地震動 S s-D, NS 方向, h=5%)



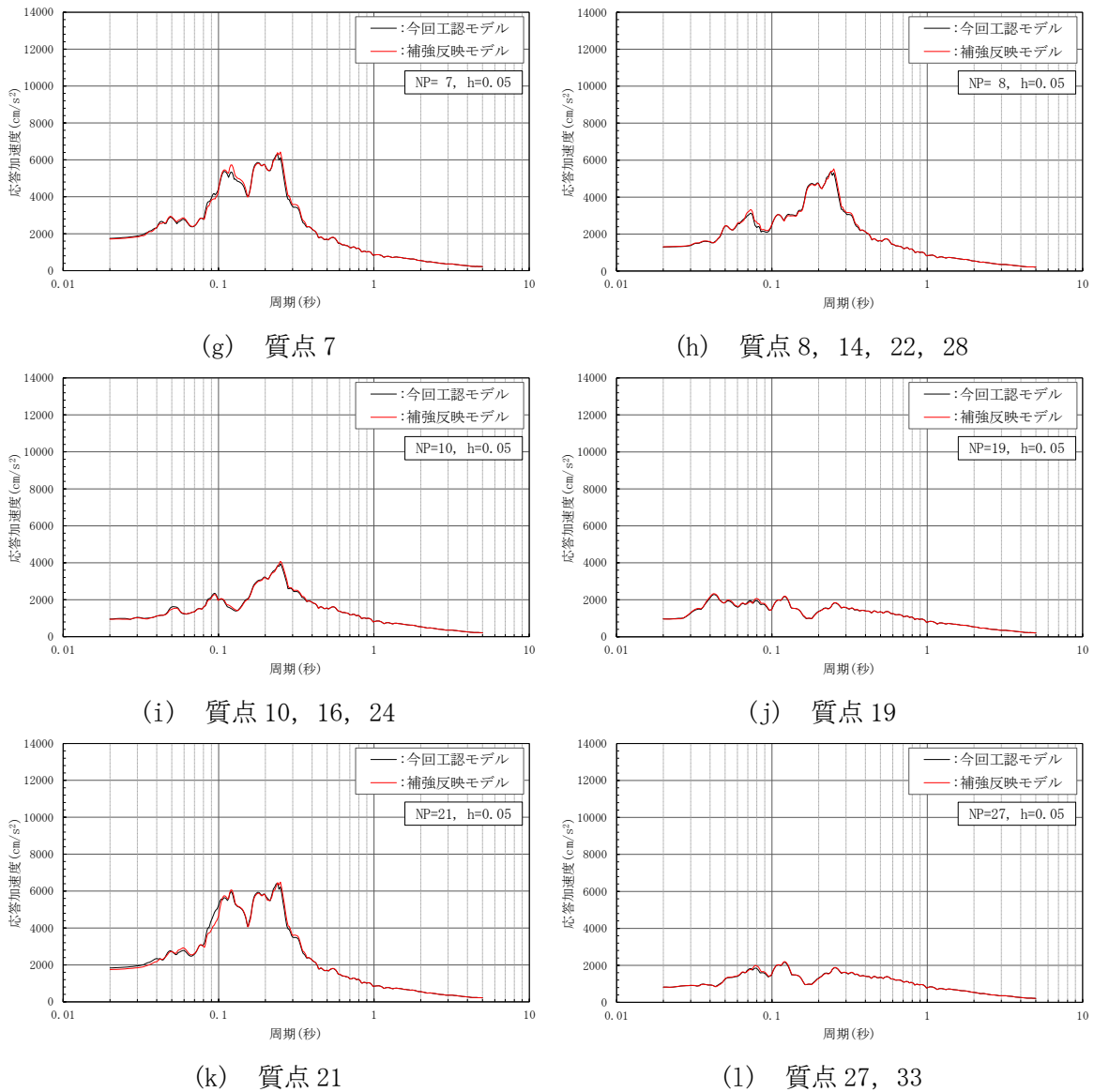
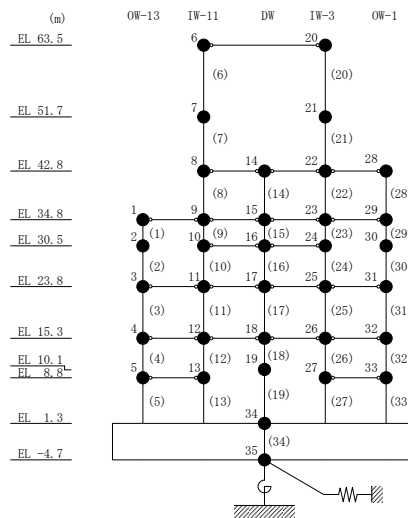
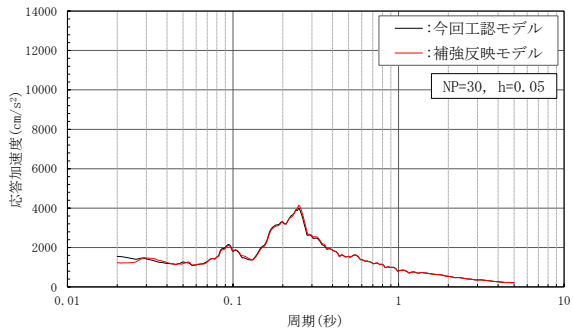
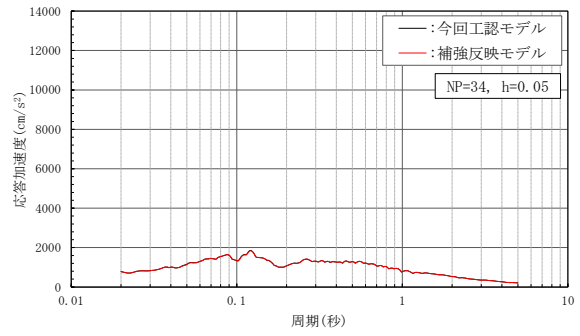


図 5-12(2) 床応答スペクトル (基準地震動 S s-D, NS 方向, h=5%)

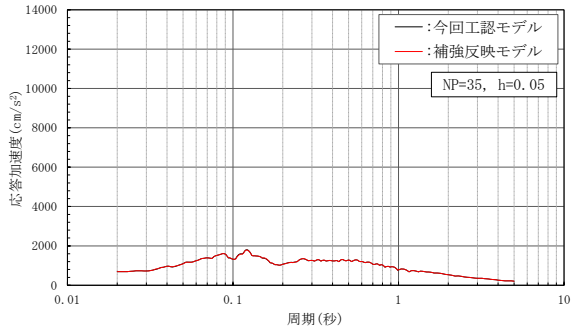




(m) 質点 30

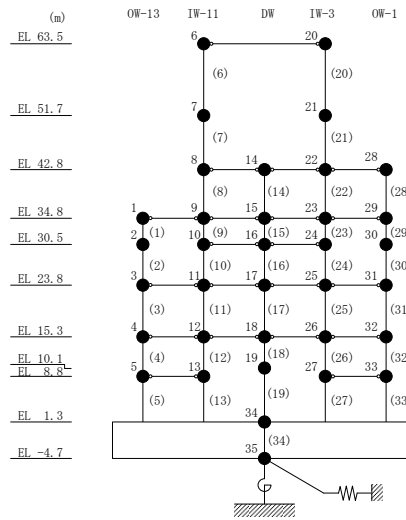


(n) 質点 34



(o) 質点 35

図 5-12(3) 床応答スペクトル (基準地震動 S s-D, NS 方向, h=5%)



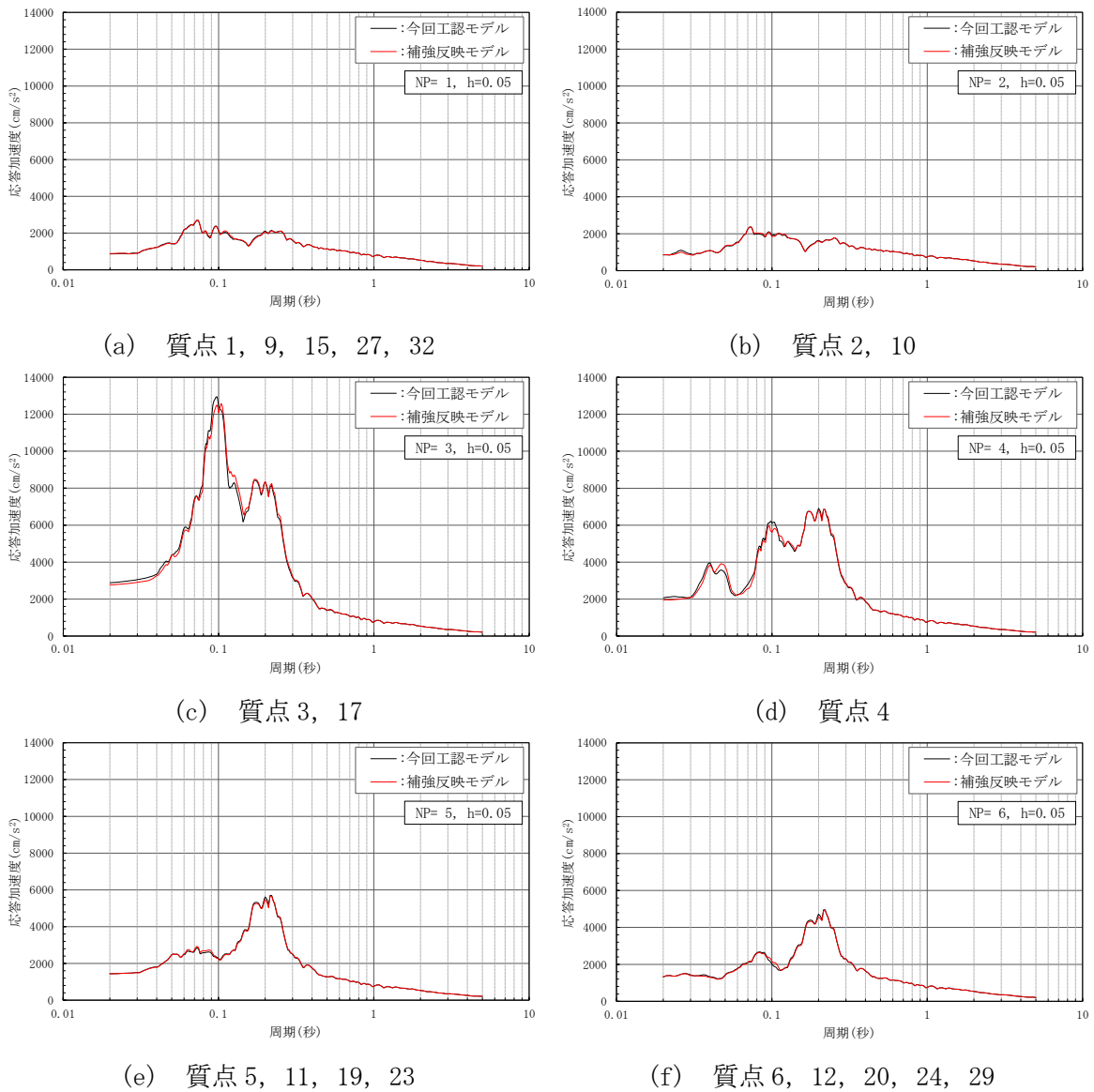
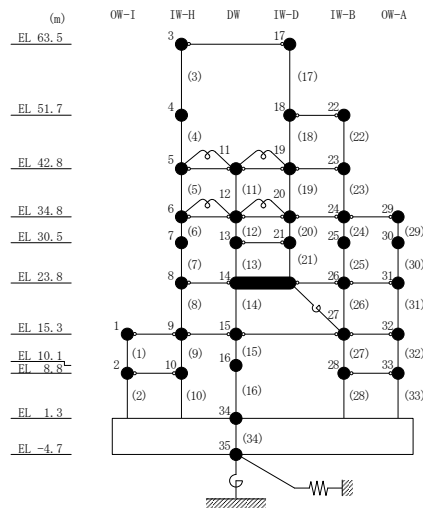


図 5-13(1) 床応答スペクトル (基準地震動 S s-D, EW 方向, h=5%)



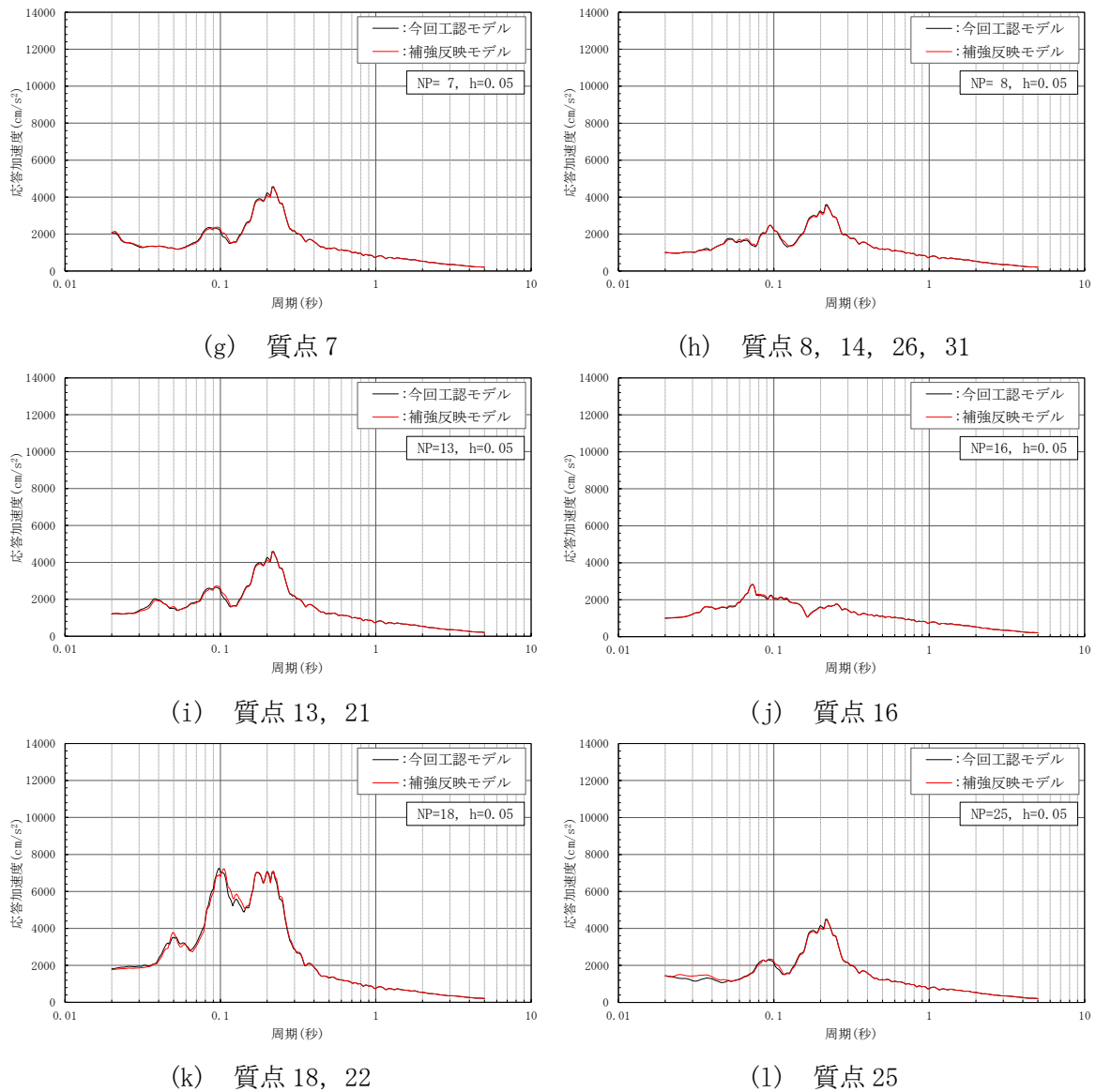
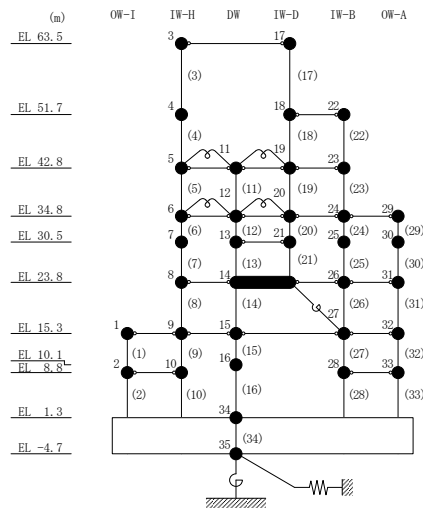


図 5-13(2) 床応答スペクトル (基準地震動 S s-D, EW方向, h=5%)





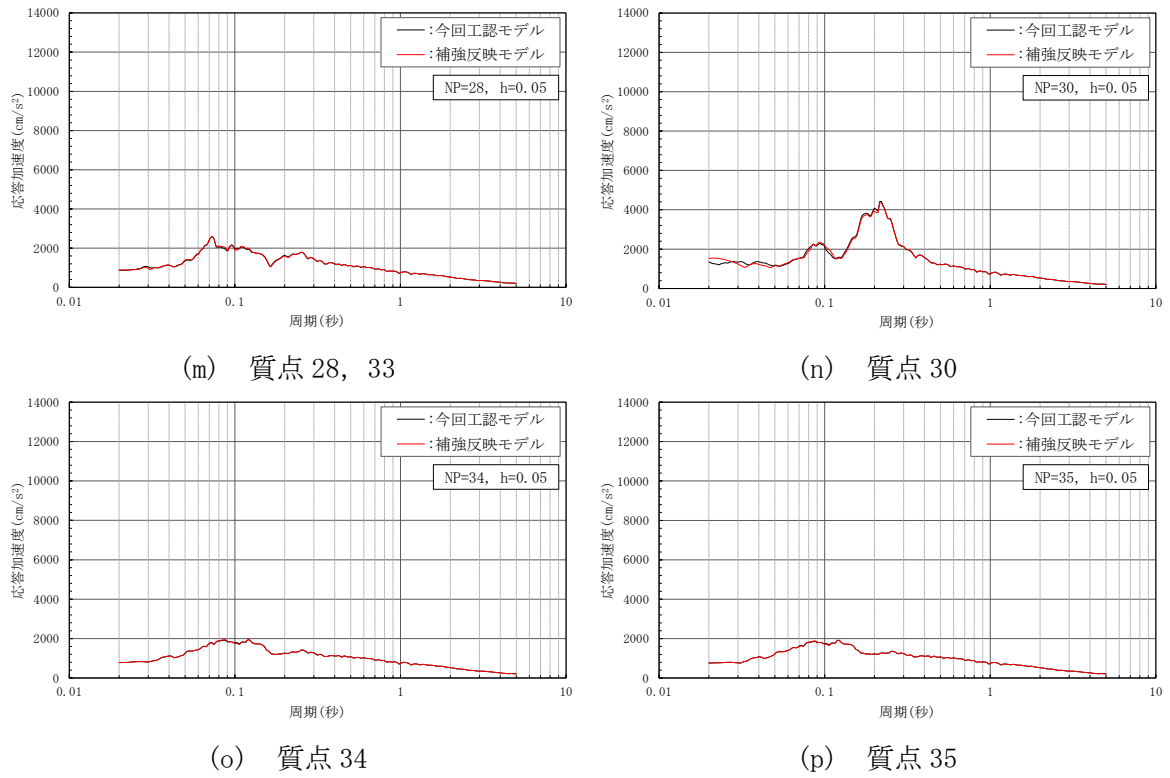
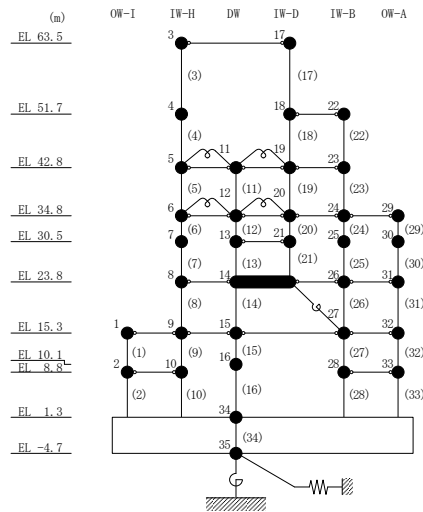


図 5-13(3) 床応答スペクトル (基準地震動S s-D, EW方向, h=5%)



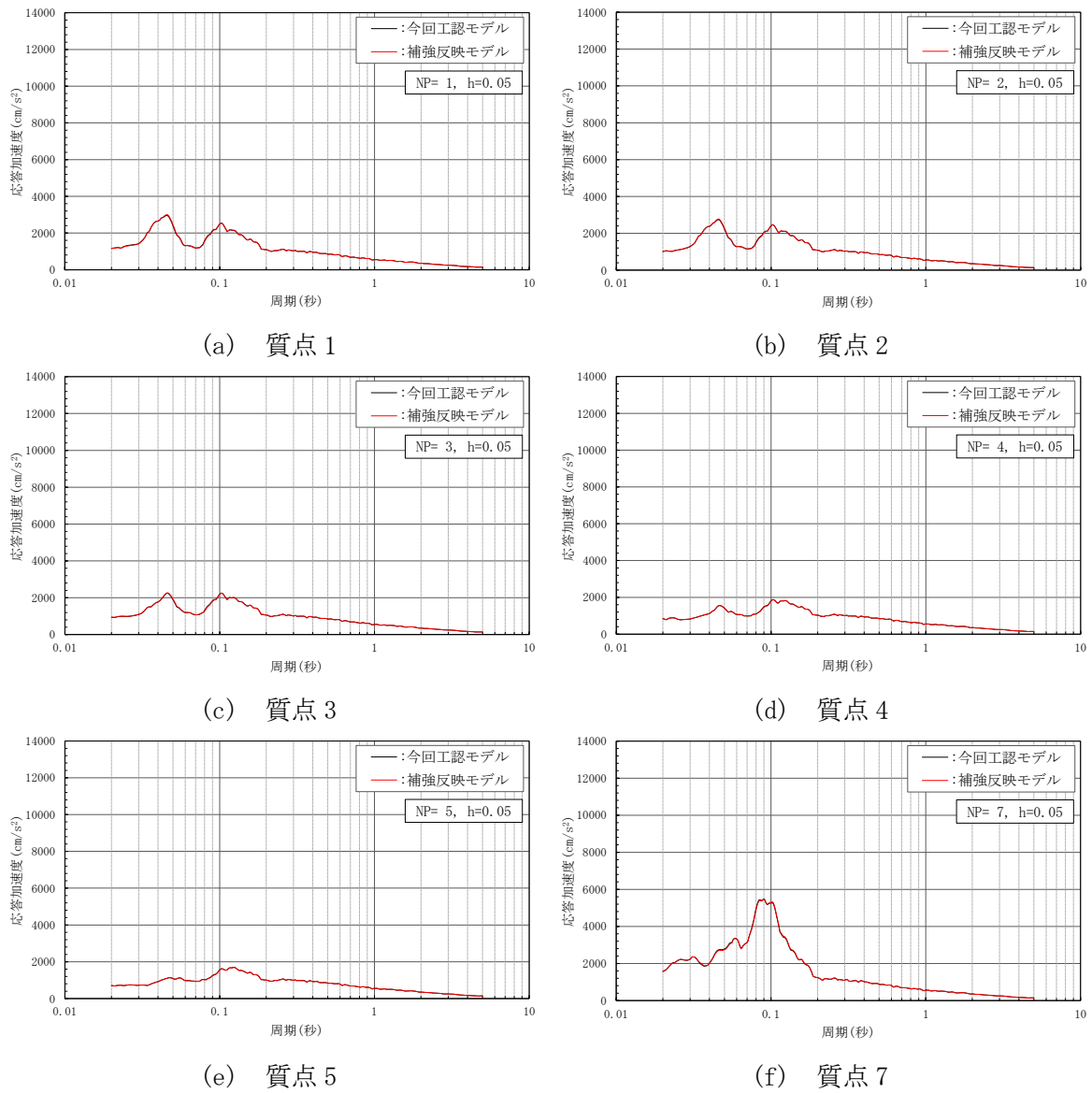
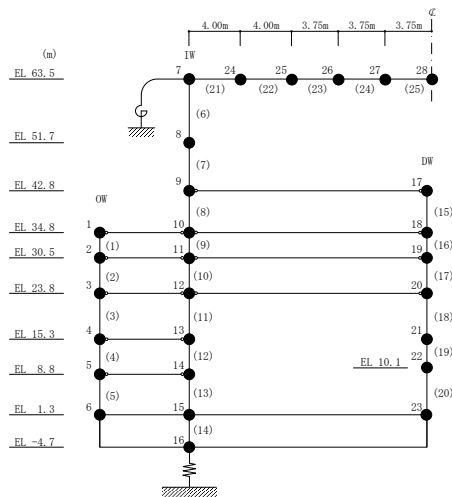


図 5-14(1) 床応答スペクトル (基準地震動 S s-D, 鉛直方向, h=5%)



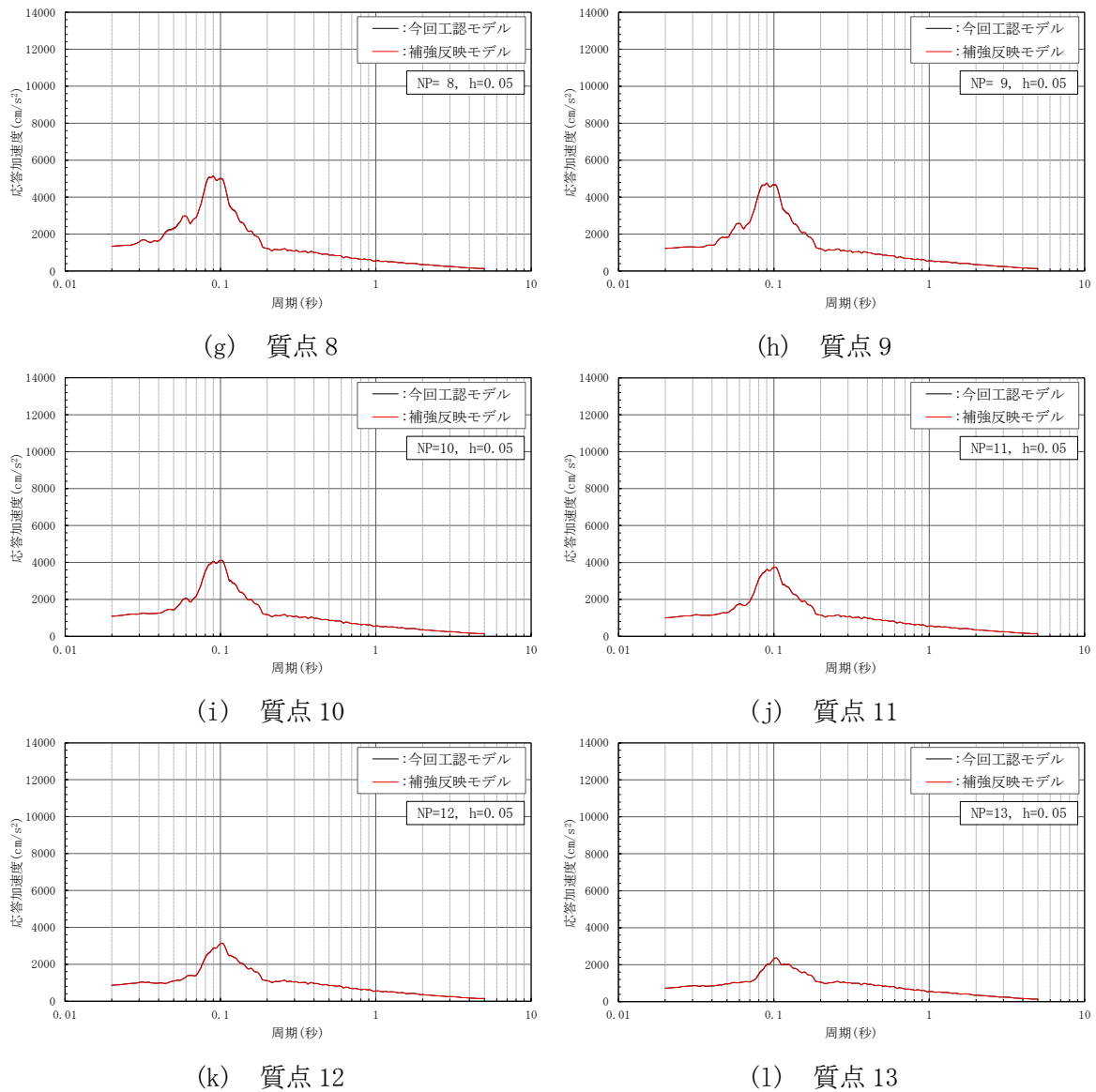
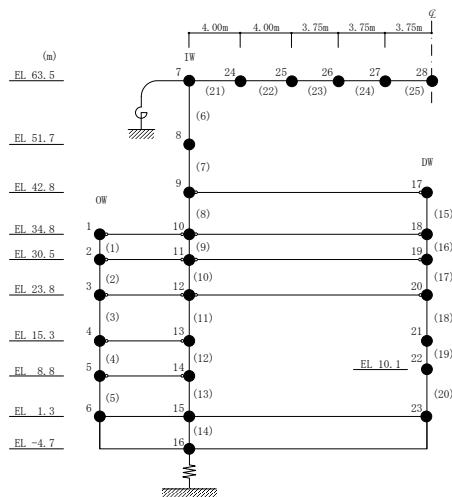


図 5-14(2) 床応答スペクトル (基準地震動 S s-D, 鉛直方向, h=5%)



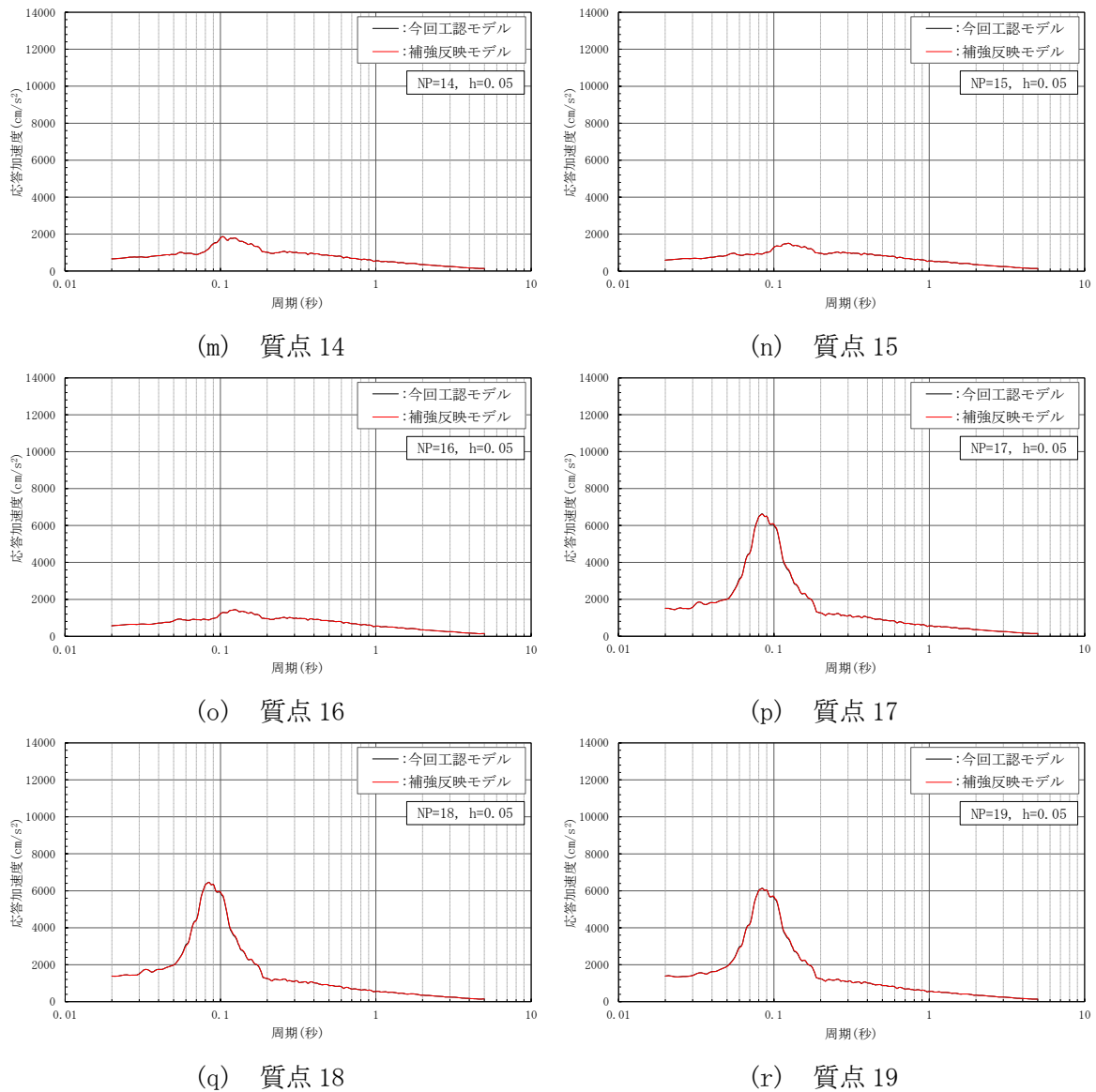
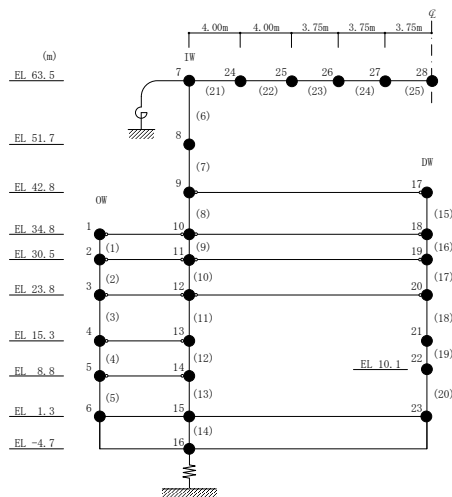


図 5-14(3) 床応答スペクトル (基準地震動 S s-D, 鉛直方向, h=5%)



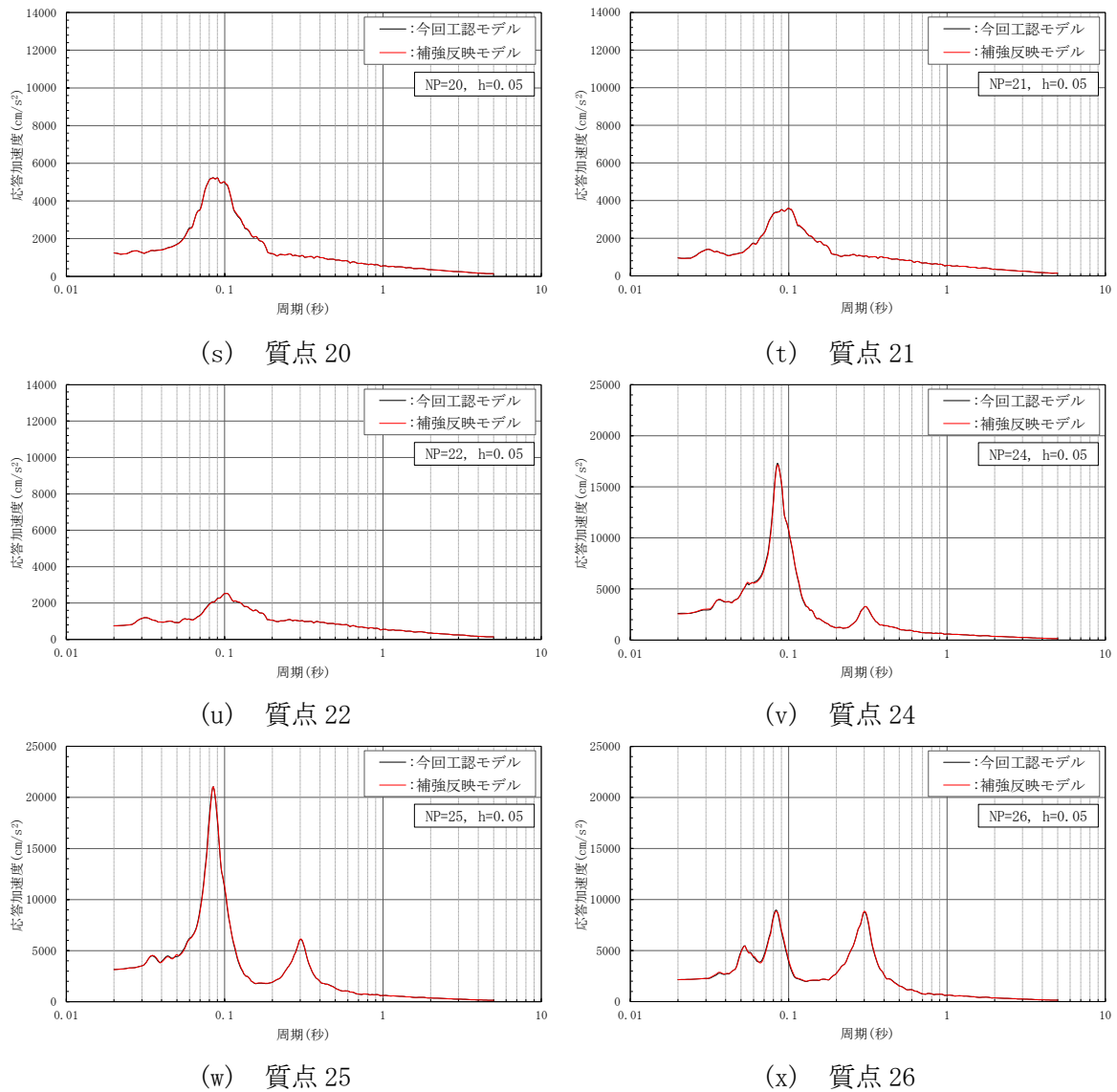
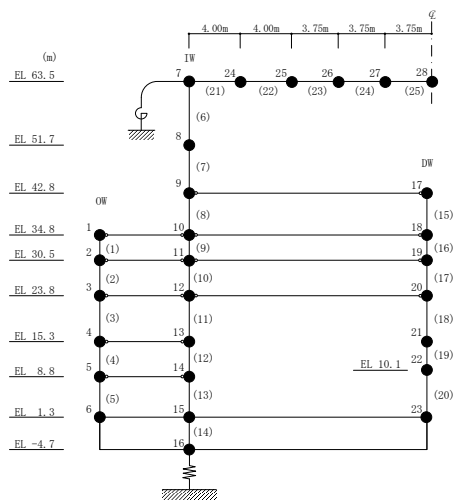
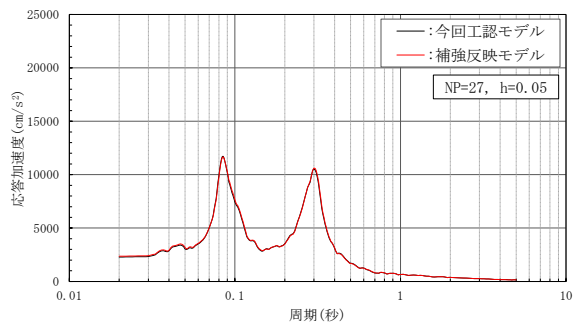
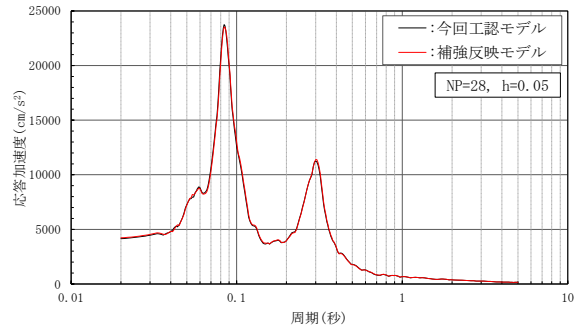


図 5-14(4) 床応答スペクトル (基準地震動 S s-D, 鉛直方向, h=5%)



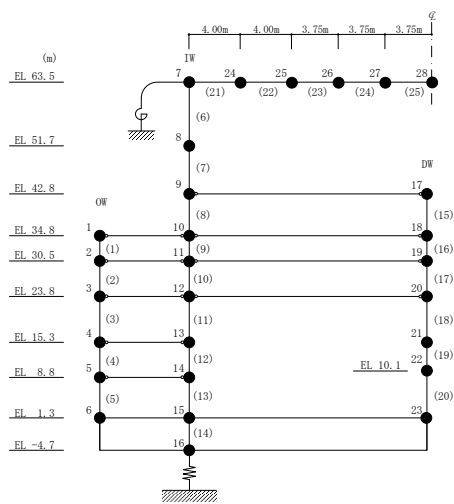


(y) 質点 27



(z) 質点 28

図 5-14(5) 床応答スペクトル (基準地震動 S s-D, 鉛直方向, h=5%)



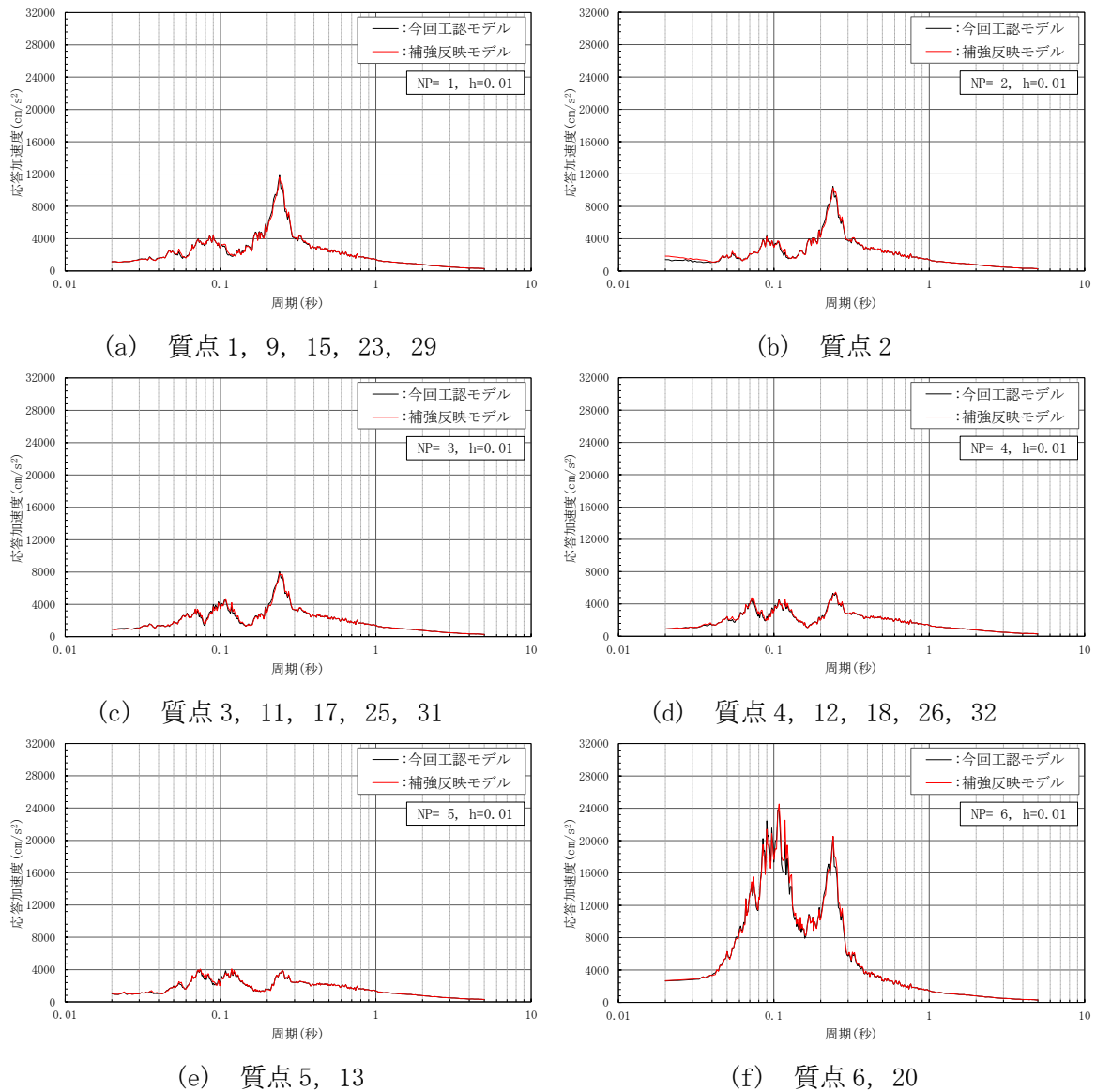
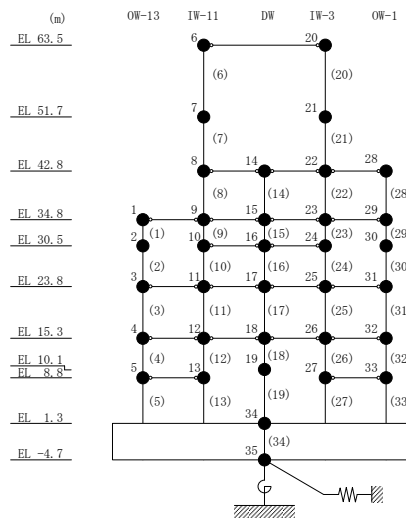


図 5-15(1) 床応答スペクトル (基準地震動 S s-D, NS 方向, h=1%)



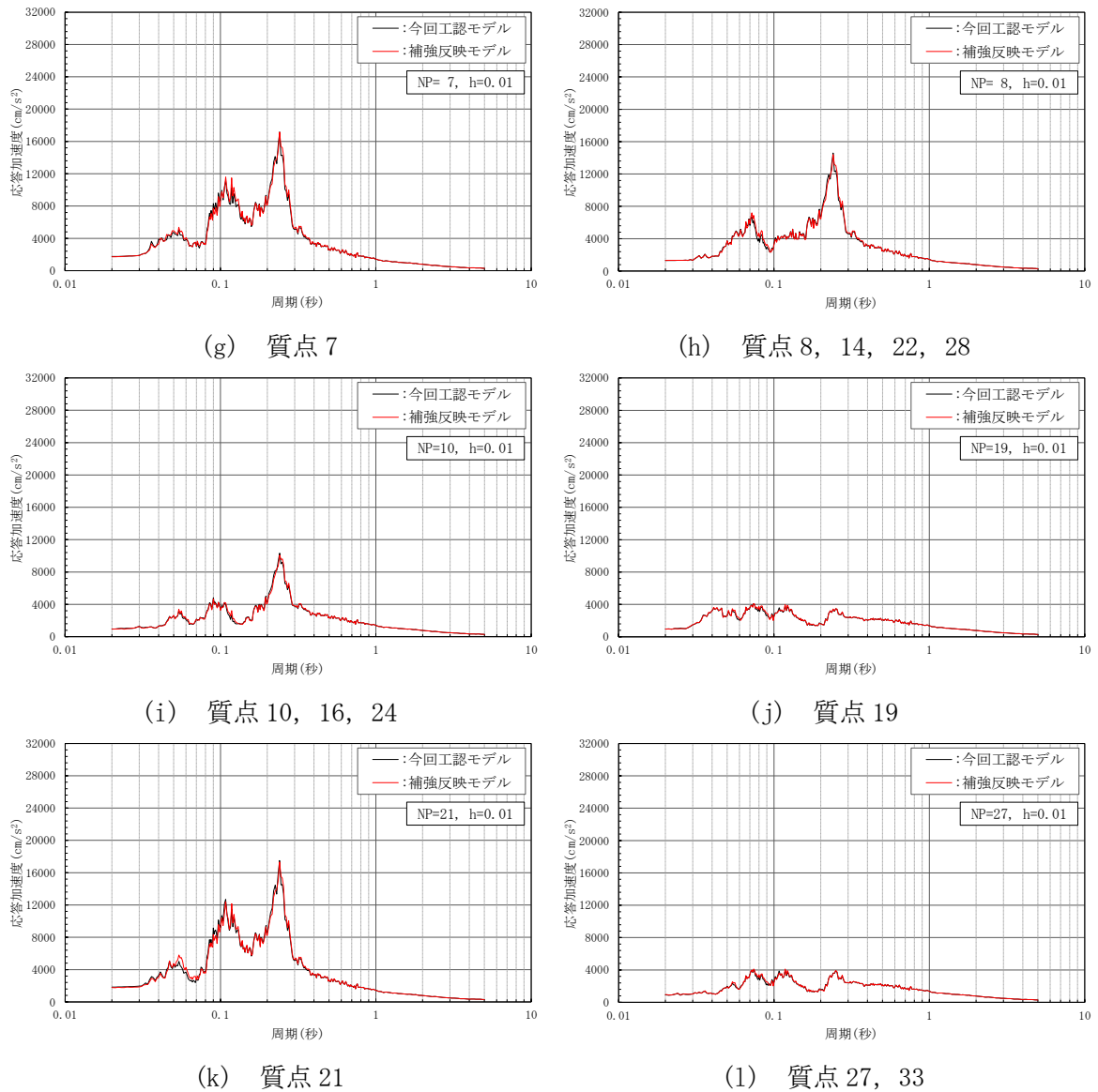
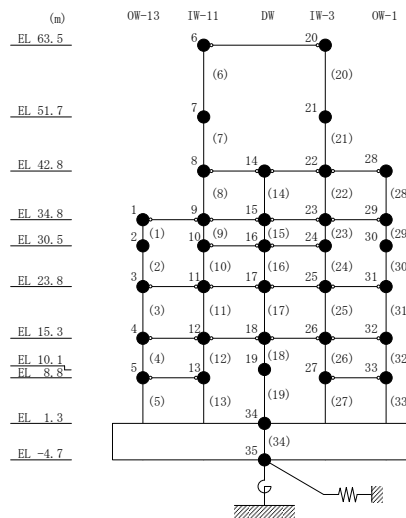
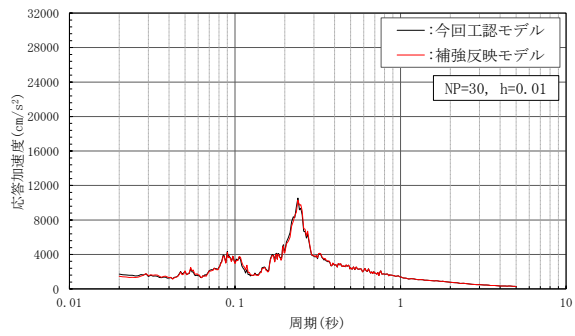


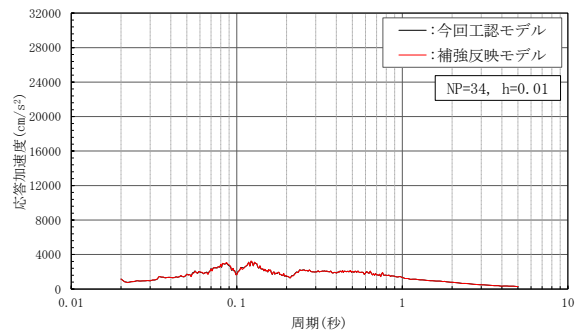
図 5-15(2) 床応答スペクトル (基準地震動 S s-D, NS 方向, h=1%)



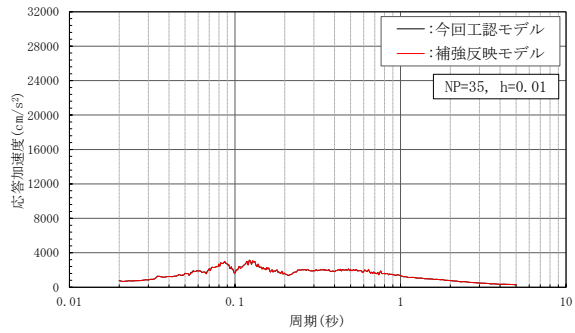




(m) 質点 30

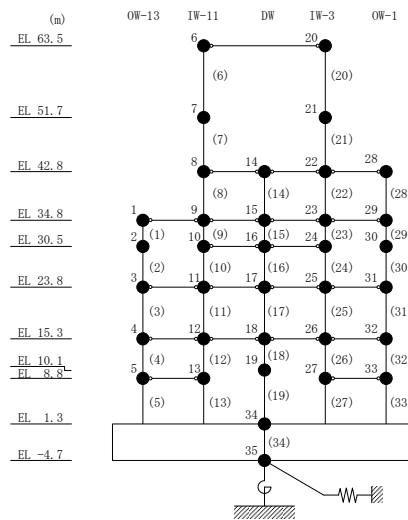


(n) 質点 34



(o) 質点 35

図 5-15(3) 床応答スペクトル (基準地震動 S s-D, NS 方向, h=1%)



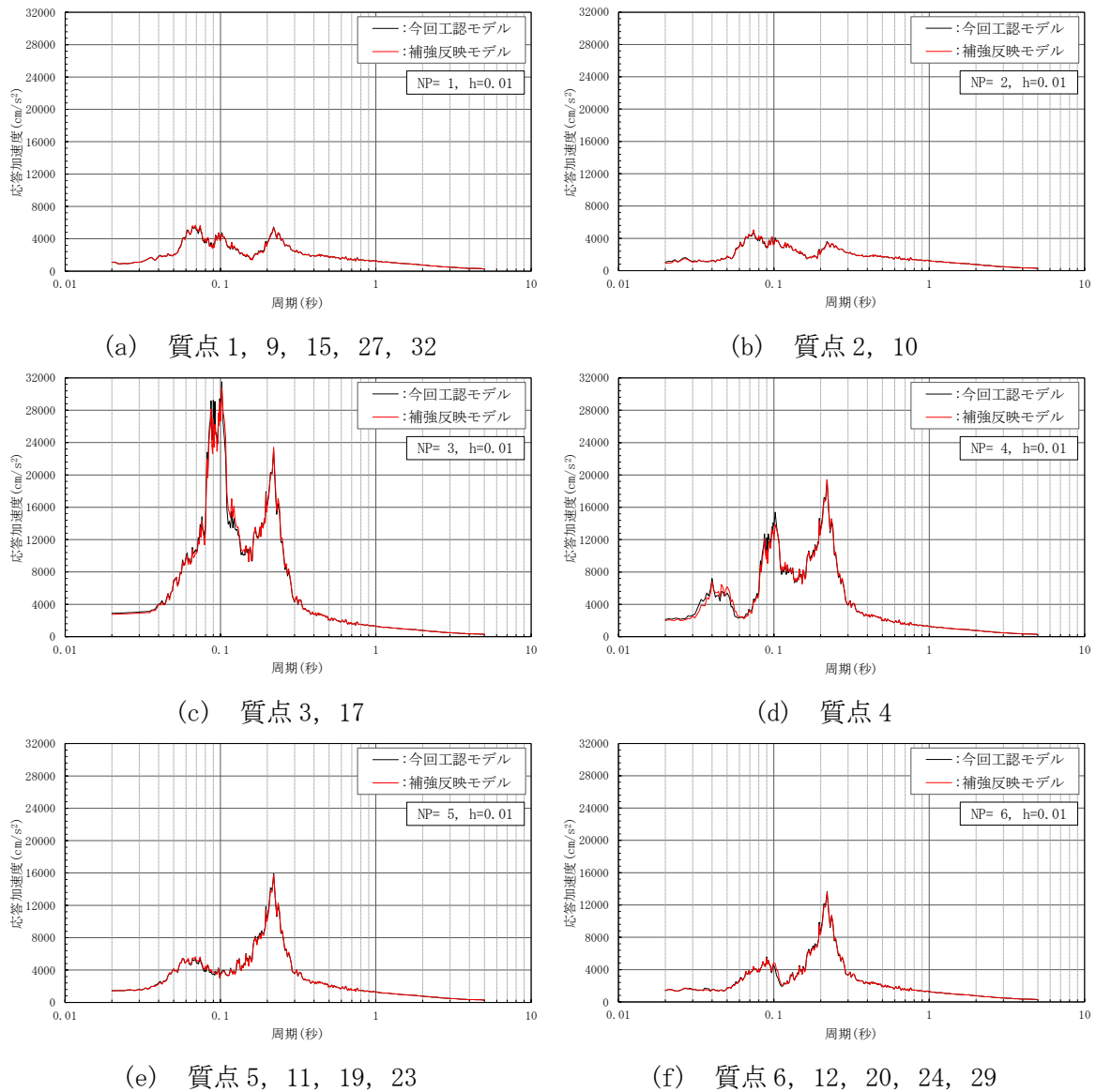
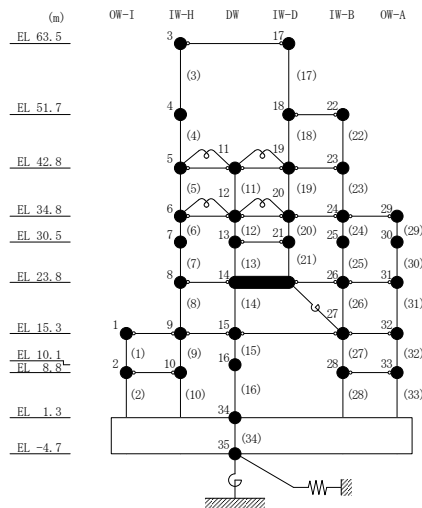


図 5-16(1) 床応答スペクトル (基準地震動 S s-D, EW 方向, h=1%)



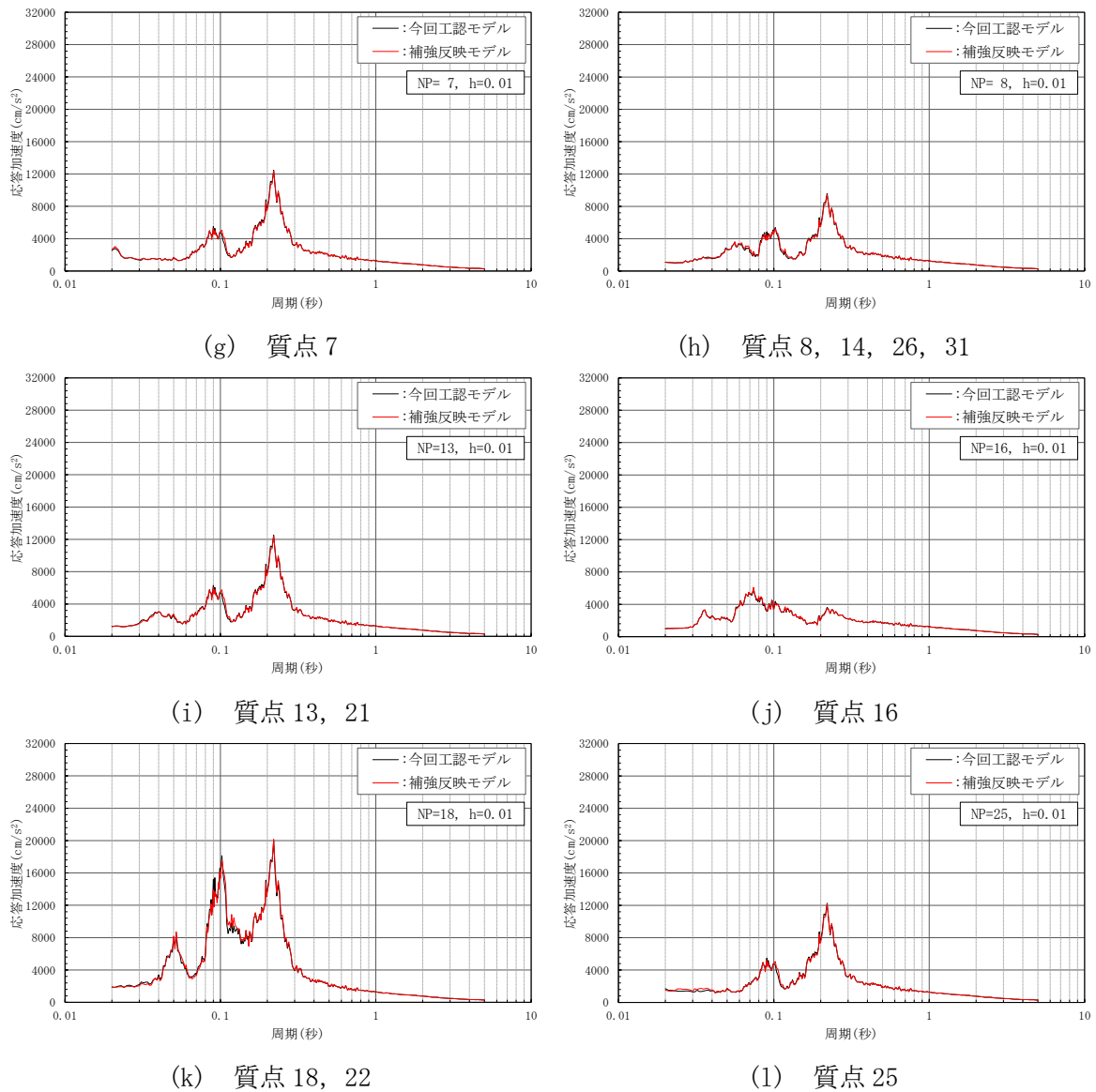
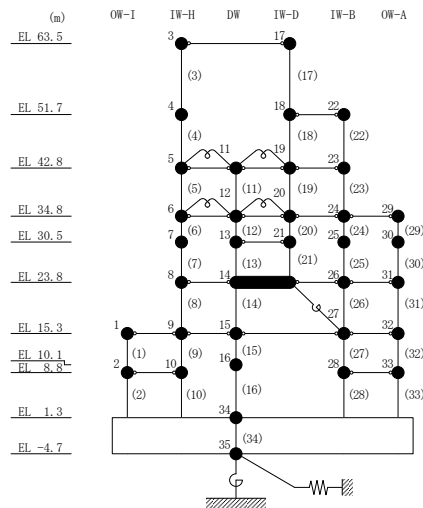


図 5-16(2) 床応答スペクトル (基準地震動 S s-D, EW方向, h=1%)



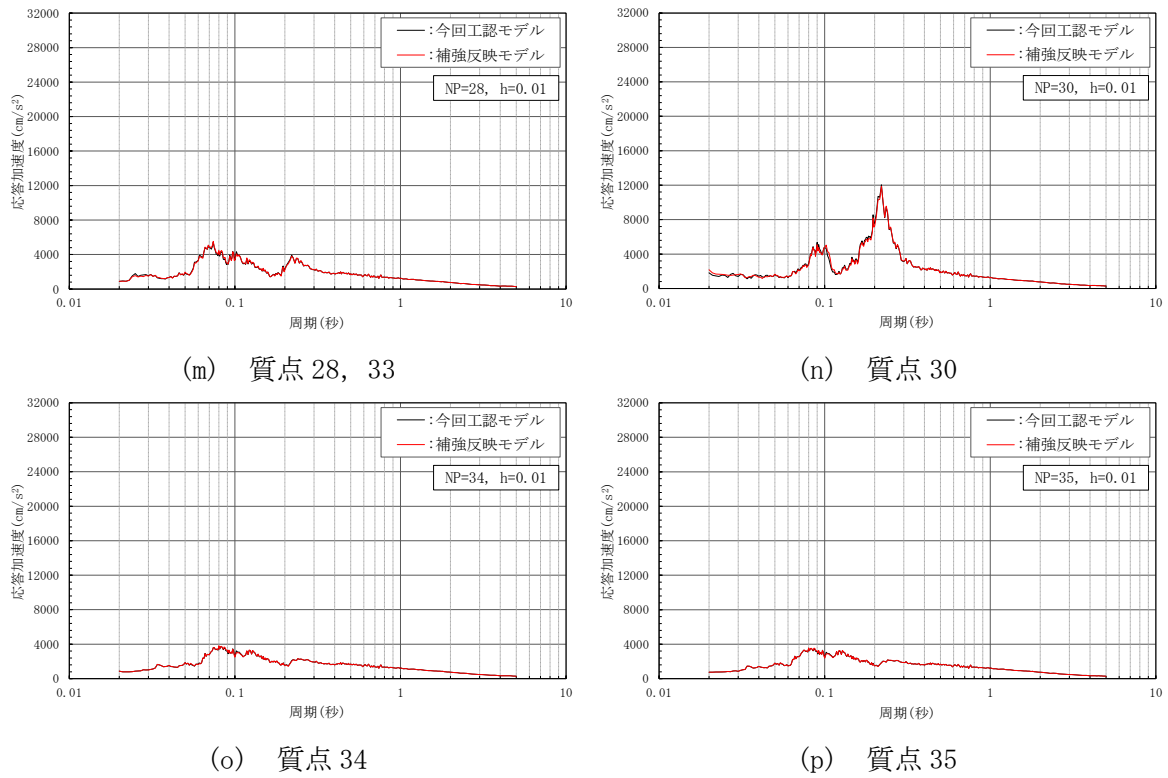
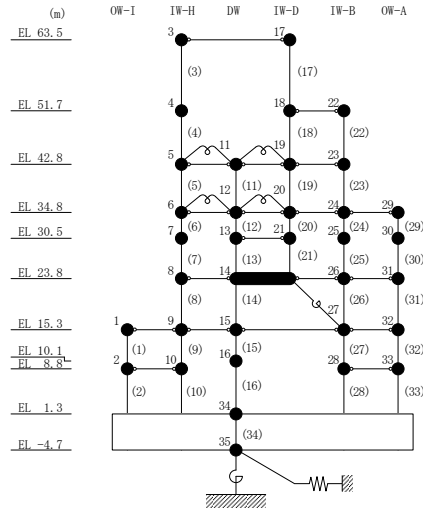


図 5-16(3) 床応答スペクトル (基準地震動 S s-D, EW方向, h=1%)



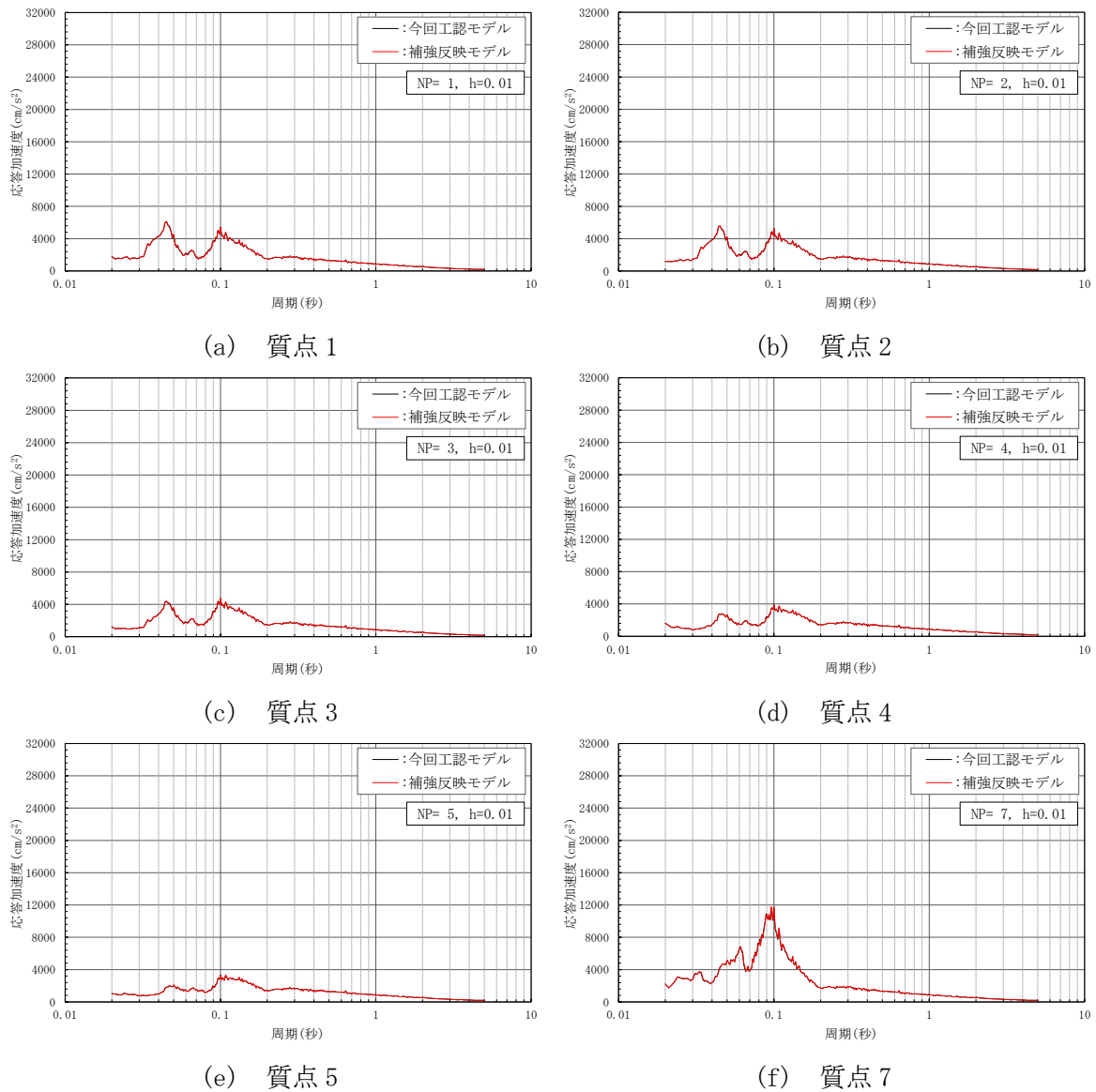
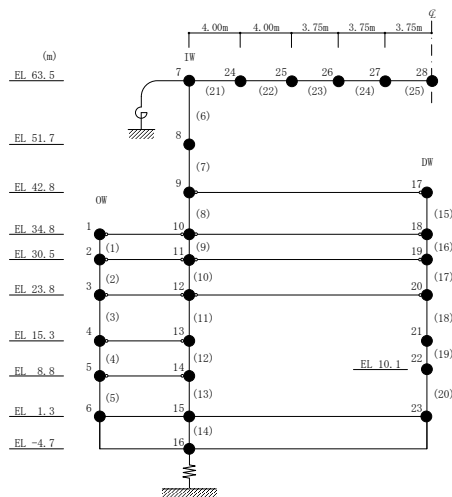


図 5-17(1) 床応答スペクトル (基準地震動 S s-D, 鉛直方向, h=1%)



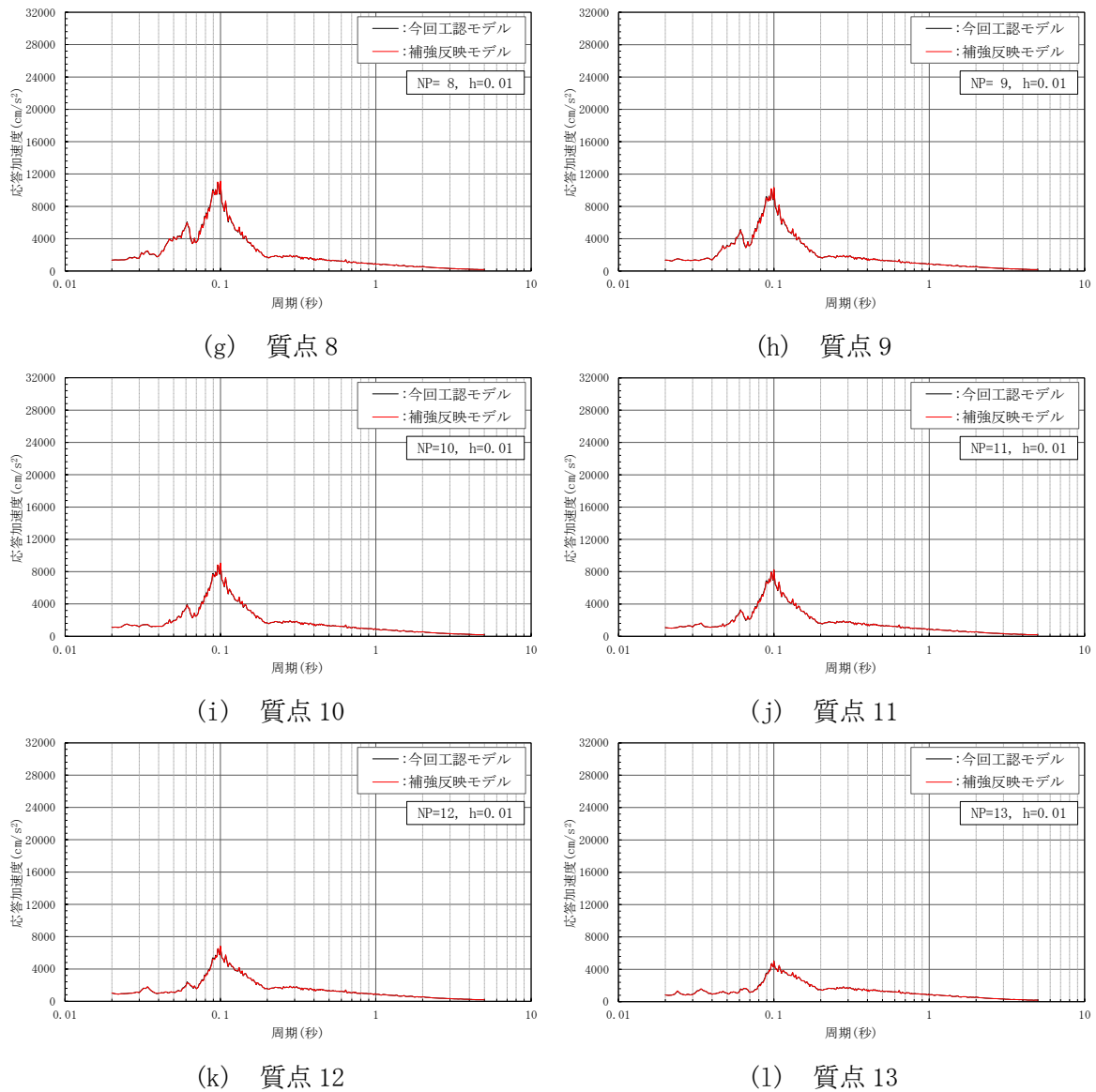
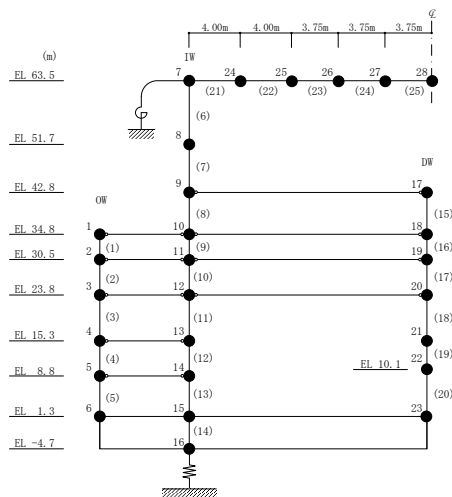


図 5-17(2) 床応答スペクトル (基準地震動 S s-D, 鉛直方向, h=1%)



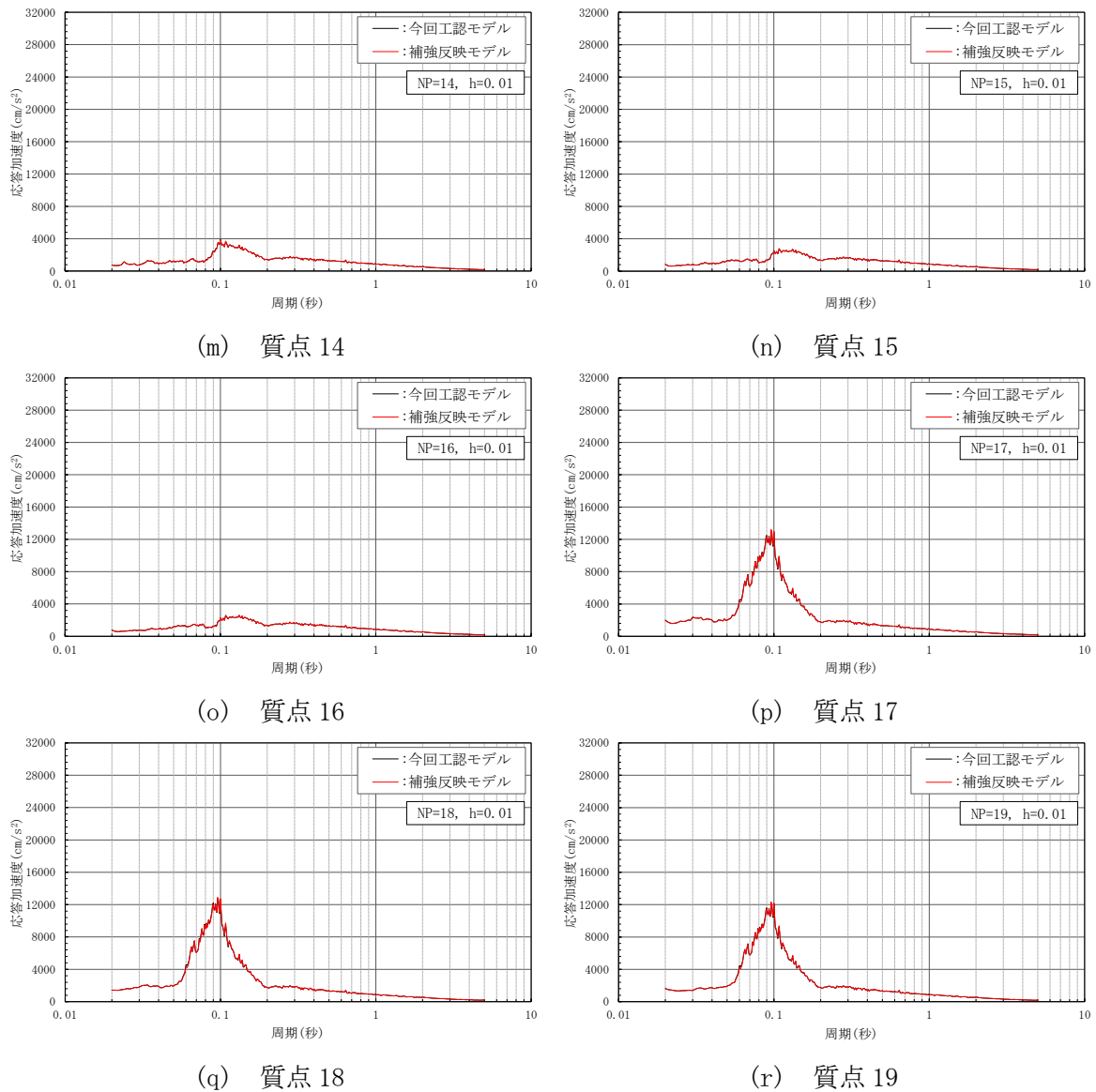
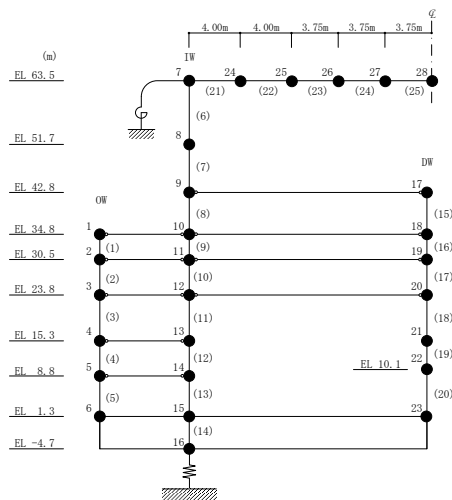


図 5-17(3) 床応答スペクトル (基準地震動 S s-D, 鉛直方向, h=1%)



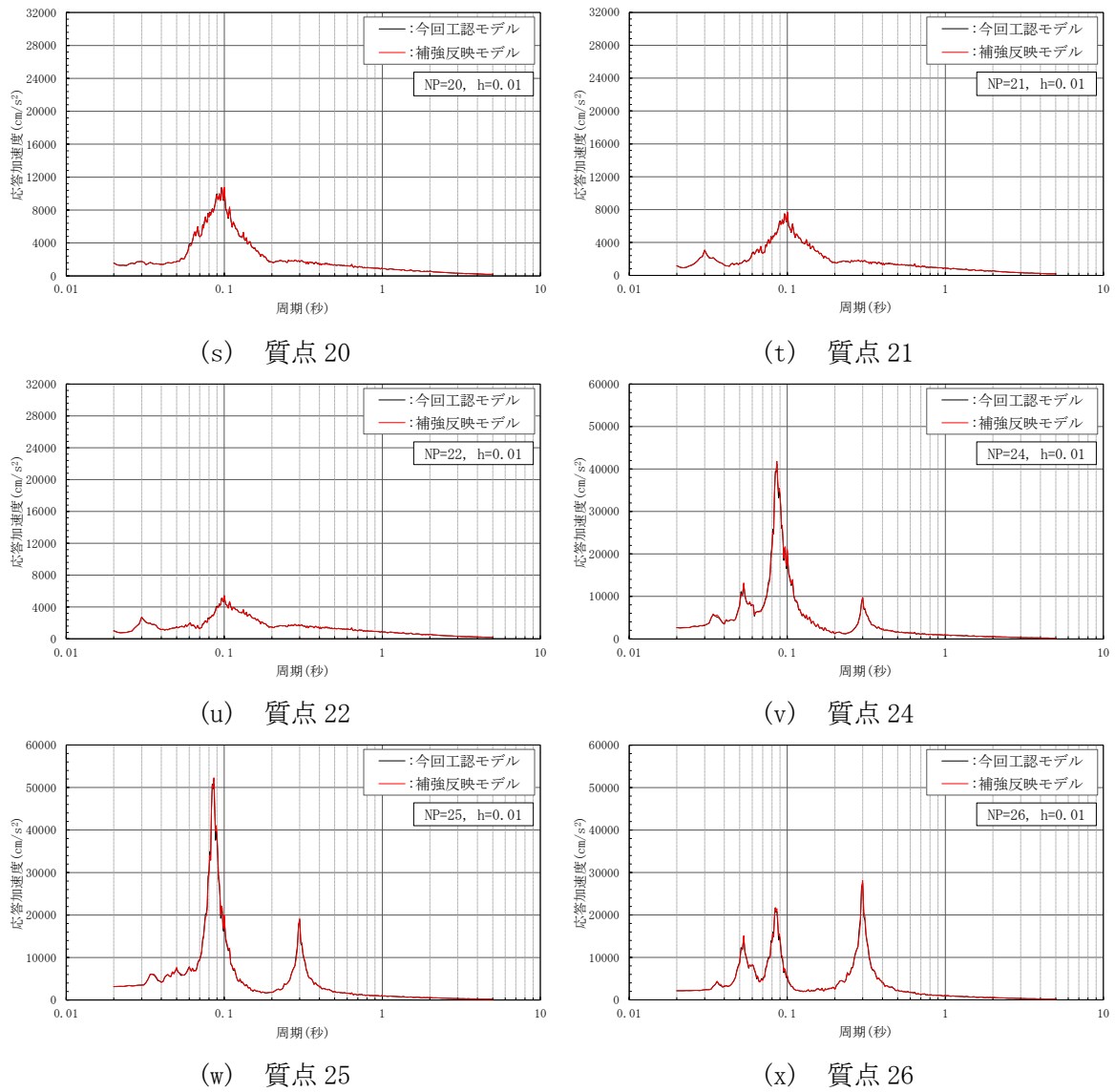
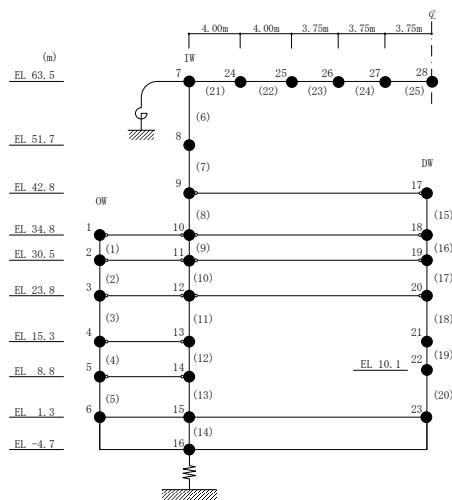
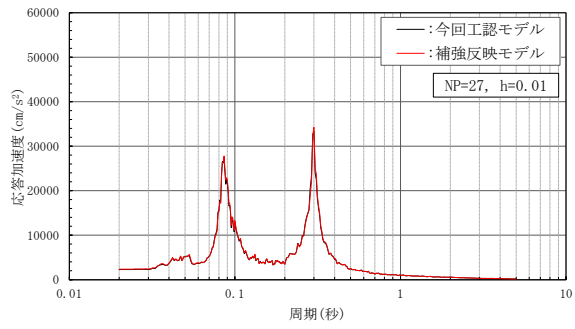


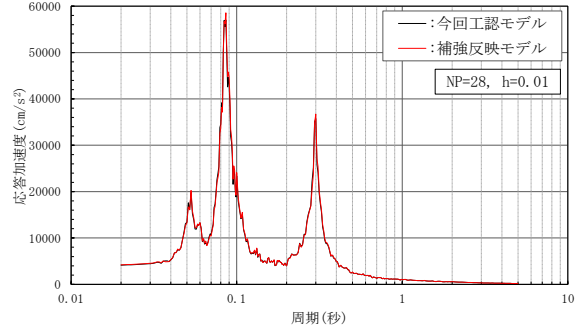
図 5-17(4) 床応答スペクトル (基準地震動 S s-D, 鉛直方向, h=1%)





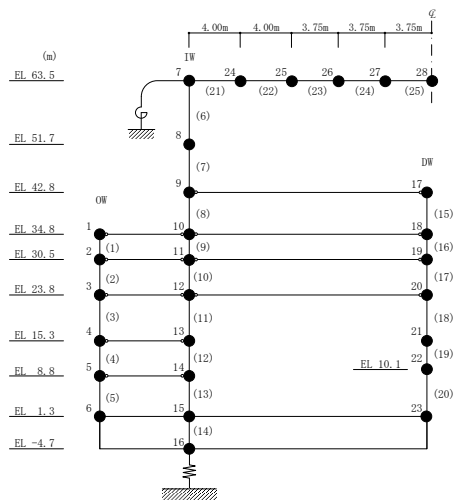


(y) 質点 27



(z) 質点 28

図 5-17(5) 床応答スペクトル (基準地震動 S s-D, 鉛直方向, h=1%)



## 6. 原子炉建物の地震応答解析による評価に与える影響

補強等に伴う重量の増加分を考慮した地震応答解析結果を踏まえ、重量増加が原子炉建物の地震応答解析による評価に与える影響について確認する。

### 6.1 検討方法

検討は、以下のとおり、保守的な評価とする。

せん断ひずみの検討では、材料物性の不確かさを考慮した基準地震動  $S_s - D \sim S_s - N2$  に対する最大応答せん断ひずみの包絡値に、基準地震動  $S_s - D$  に対する今回工認モデルと補強反映モデルの応答比率（補強反映モデル／今回工認モデル）を乗じた値が許容限界を超えないことを確認する。

接地圧の検討では、材料物性の不確かさを考慮した基準地震動  $S_s - D \sim S_s - N2$  に対する最大接地圧の包絡値に、基準地震動  $S_s - D$  に対する今回工認モデルと補強反映モデルの応答比率（補強反映モデル／今回工認モデル）を乗じた値が許容限界を超えないことを確認する。

### 6.2 検討結果

#### 6.2.1 せん断ひずみの検討結果

材料物性の不確かさを考慮した原子炉建物の最大応答せん断ひずみに応答比率を乗じた値を表 6-1 及び表 6-2 に示す。

表 6-1 及び表 6-2 より、最大応答せん断ひずみに応答比率を乗じた値が許容限界 ( $2.0 \times 10^{-3}$ ) を超えないことを確認した。

表 6-1 原子炉建物の最大応答せん断ひずみに応答比率を乗じた値 (NS方向)

部位	EL (m)	要素 番号	① 応答比率*	最大応答せん断ひずみ (×10 <sup>-3</sup> )	
				② 材料物性の 不確かさ考慮 (S <sub>s</sub> -D~S <sub>s</sub> -N2)	①×② 応答比率を 乗じた値 (S <sub>s</sub> -D~S <sub>s</sub> -N2)
OW-13	34.8~30.5	1	1.00	0.30	0.30
	30.5~23.8	2	1.03	0.37	0.38
	23.8~15.3	3	1.03	0.38	0.39
	15.3~8.8	4	1.01	0.43	0.43
	8.8~1.3	5	1.03	0.52	0.54
IW-11	63.5~51.7	6	1.09	0.39	0.42
	51.7~42.8	7	1.17	0.41	0.48
	42.8~34.8	8	1.06	0.35	0.37
	34.8~30.5	9	1.03	0.33	0.34
	30.5~23.8	10	1.02	0.33	0.34
	23.8~15.3	11	1.03	0.38	0.39
	15.3~8.8	12	1.01	0.43	0.43
DW	8.8~1.3	13	1.03	0.52	0.54
	42.8~34.8	14	1.02	0.12	0.13
	34.8~30.5	15	1.01	0.16	0.17
	30.5~23.8	16	1.02	0.16	0.16
	23.8~15.3	17	1.03	0.24	0.24
	15.3~10.1	18	1.02	0.77	0.78
IW-3	10.1~1.3	19	1.01	0.22	0.22
	63.5~51.7	20	1.16	0.33	0.39
	51.7~42.8	21	1.04	0.48	0.50
	42.8~34.8	22	1.05	0.35	0.36
	34.8~30.5	23	1.03	0.33	0.34
	30.5~23.8	24	1.02	0.33	0.34
	23.8~15.3	25	1.03	0.38	0.39
	15.3~8.8	26	1.03	0.42	0.44
OW-1	8.8~1.3	27	1.01	0.53	0.53
	42.8~34.8	28	1.06	0.35	0.38
	34.8~30.5	29	1.01	0.28	0.28
	30.5~23.8	30	1.02	0.35	0.36
	23.8~15.3	31	1.03	0.37	0.38
	15.3~8.8	32	1.03	0.42	0.43
	8.8~1.3	33	1.01	0.52	0.53

注記\* : 応答比率が 1.00 を下回る場合は 1.00 とする。

表 6-2 原子炉建物の最大応答せん断ひずみに応答比率を乗じた値 (EW方向)

部位	EL (m)	要素 番号	① 応答比率*	最大応答せん断ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	
				② 材料物性の 不確かさ考慮 (Ss-D~Ss-N2)	①×② 応答比率を 乗じた値 (Ss-D~Ss-N2)
OW-I	15.3~8.8	1	1.02	0.32	0.33
	8.8~1.3	2	1.01	0.23	0.23
IW-H	63.5~51.7	3	1.03	0.31	0.32
	51.7~42.8	4	1.00	0.37	0.37
	42.8~34.8	5	1.01	0.19	0.19
	34.8~30.5	6	1.02	0.18	0.19
	30.5~23.8	7	1.02	0.40	0.41
	23.8~15.3	8	1.00	0.50	0.50
	15.3~8.8	9	1.02	0.31	0.32
	8.8~1.3	10	1.01	0.22	0.22
DW	42.8~34.8	11	1.06	0.09	0.10
	34.8~30.5	12	1.07	0.07	0.07
	30.5~23.8	13	1.04	0.27	0.28
	23.8~15.3	14	1.00	0.37	0.37
	15.3~10.1	15	1.04	0.29	0.30
	10.1~1.3	16	1.00	0.16	0.16
IW-D	63.5~51.7	17	1.00	0.24	0.24
	42.8~34.8	19	1.01	0.17	0.18
	34.8~30.5	20	1.03	0.18	0.18
	30.5~23.8	21	1.03	0.40	0.41
IW-B	51.7~42.8	22	1.04	0.48	0.50
	42.8~34.8	23	1.01	0.21	0.21
	34.8~30.5	24	1.00	0.26	0.26
	30.5~23.8	25	1.05	0.37	0.38
	23.8~15.3	26	1.00	0.50	0.50
	15.3~8.8	27	1.01	0.22	0.23
	8.8~1.3	28	1.02	0.30	0.31
OW-A	34.8~30.5	29	1.00	0.32	0.32
	30.5~23.8	30	1.04	0.33	0.34
	23.8~15.3	31	1.00	0.50	0.50
	15.3~8.8	32	1.01	0.22	0.23
	8.8~1.3	33	1.02	0.30	0.31

注記\* : 応答比率が 1.00 を下回る場合は 1.00 とする。

注 : 要素番号 18 は線形部材。

### 6.2.2 接地圧の検討結果

材料物性の不確かさを考慮した原子炉建物の最大接地圧に応答比率を乗じた値を表 6-3 に示す。

表 6-3 より、最大接地圧に応答比率を乗じた値が許容限界 ( $9.8 \times 10^3 \text{kN/m}^2$ ) を超えないことを確認した。

表 6-3 原子炉建物の最大接地圧に応答比率を乗じた値

方向	① 応答比率	最大接地圧 ( $\times 10^3 \text{kN/m}^2$ )	
		② 材料物性の 不確かさ考慮 ( $S_s-D \sim S_s-N2$ )	① $\times$ ② 応答比率を 乗じた値 ( $S_s-D \sim S_s-N2$ )
NS方向	1.00	2.01	2.01
EW方向	1.01	1.38	1.40

## 7. まとめ

設備の補強や追加等の改造工事に伴う重量の増加分を考慮した補強反映モデルを用いて基準地震動  $S_s - D$  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解析結果と比較した。

その結果、補強反映モデルの固有周期は、重量を増加させた影響により今回工認モデルの結果に比べて僅かに大きくなるものの、概ね同程度となることを確認した。また、補強反映モデルの最大応答値、最大接地圧及び床応答スペクトルは、今回工認モデルの結果と概ね同程度であるものの、補強反映モデルの応答が今回工認モデルの応答を一部上回る部分があることから、その影響を検討した。

原子炉建物の地震応答解析による評価に与える影響検討として、原子炉建物に生じる最大応答せん断ひずみ及び最大接地圧（材料物性の不確かさを考慮した基準地震動  $S_s - D \sim S_s - N2$  に対する包絡値）に、基準地震動  $S_s - D$  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）を乗じた値が各許容限界を超えないことを確認した。