

女川原子力発電所第2号機 工事計画審査資料	
資料番号	02-補-E-19-0610-11_改7
提出年月日	2021年12月6日

補足-610-11 緊急時対策建屋の耐震性についての計算書に関する
補足説明資料

1. 工事計画添付書類に係る補足説明資料

添付書類「VI-2-2-23 緊急時対策建屋の地震応答計算書」及び添付書類「VI-2-2-24 緊急時対策建屋の耐震性についての計算書」の記載内容を補足するための資料を以下に示す。

別紙 1-1 緊急時対策建屋の地震応答解析における解析モデル及び手法

別紙 1-1-1 SRモデルを適用することの妥当性について

別紙 1-1-2 側面回転地盤ばねを考慮した解析結果について

別紙 1-1-3 緊急時対策建屋の鉄骨部の構造詳細

別紙 1-2 緊急時対策建屋の地震応答解析における耐震壁のスケルトンカーブの設定

別紙 1-3 緊急時対策建屋の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 1-3-1 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 1-3-2 材料物性の不確かさを考慮した地震応答解析結果

別紙 1-4 建屋減衰を 3%とした場合の影響検討

別紙 1-5 建屋剛性を実強度に基づく剛性とした場合の影響検討

別紙 1-6 影響検討ケースによる機器・配管系の耐震性への影響

別紙 2-1 応力解析におけるモデル化、境界条件及び拘束条件の考え方

別紙 2-2 地震荷重の入力方法

別紙 2-3 応力解析における断面の評価部位の選定

別紙 2-4 屋上外壁の面外方向の評価

別紙 3-1 緊急時対策所遮蔽についての補足説明資料

別紙 3-1-1 緊急時対策所遮蔽のスラブの固有値解析結果

 本日の説明範囲

別紙 1-4 建屋減衰を 3%とした場合の影響検討

目 次

1. 概要	別紙 1-4- 1
2. 解析方法	別紙 1-4- 1
2.1 地震応答解析モデル	別紙 1-4- 1
2.2 入力地震動	別紙 1-4- 2
2.3 解析方法	別紙 1-4- 2
2.4 解析条件	別紙 1-4- 2
3. 解析結果	別紙 1-4- 2
4. 減衰定数 3%の影響評価	別紙 1-4-25

1. 概要

緊急時対策建屋の鉄筋コンクリート造部に用いる減衰定数は、添付書類「VI-2-2-1 原子炉建屋の地震応答計算書」の補足説明資料「補足-620-3 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4 地震応答解析モデルに用いる鉄筋コンクリート部の減衰定数に関する検討」及び補足説明資料「補足-610-1 建屋耐震評価に関する補足説明資料」の「別紙4 新設建屋の地震応答解析モデルに用いる鉄筋コンクリート部の減衰定数について」に示す通り、地震応答解析モデルでは基礎版上端レベルから上部では側面地盤ばねを考慮していないことを踏まえ、第3号機海水熱交換器建屋の中小地震観測記録に基づく減衰定数の検討結果から、埋め込まれていることによる効果（地盤への逸散減衰）が見込まれ、減衰定数を5%に設定することの十分な保守性を確認している。

本資料では、緊急時対策建屋が新設であること、添付書類「VI-2-2-23 緊急時対策建屋の地震応答計算書」に示す通り、基準地震動 S_s に対する応答がおおむね弾性範囲であることを踏まえ、補足説明資料「補足-600-43 地震応答に影響を及ぼす不確かさ要因の整理」に基づき、念のため建屋鉄筋コンクリート造部の減衰定数を3%とした場合の地震応答解析を行い、耐震評価上の影響を確認する。

2. 解析方法

2.1 地震応答解析モデル

地震応答解析モデルは、添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に基づき、水平方向及び鉛直方向それぞれについて設定し、原則として添付書類「VI-2-2-23 緊急時対策建屋の地震応答計算書」と同一とし、建屋部及び基礎版については、鉄筋コンクリートの減衰定数を3%とする。地震応答解析モデルの設定に用いた使用材料の物性値について、表2-1に示す。

表 2-1 使用材料の物性値

使用材料	ヤング係数 E (N/mm ²)	せん断弾性係数 G (N/mm ²)	減衰定数 h (%)
鉄筋コンクリート コンクリート： F _c = 30 (N/mm ²) 鉄筋：SD390	2.44 × 10 ⁴	1.02 × 10 ⁴	3

2.2 入力地震動

地震応答解析に用いる入力地震動は、添付書類「VI-2-2-23 緊急時対策建屋の地震応答計算書」の補足説明資料「補足-610-11 緊急時対策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1-3-1 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」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 のうち $S_s - D2$ 及び $S_s - F3$ とする。

2.3 解析方法

建物・構築物の動的解析は、添付書類「VI-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し、添付書類「VI-2-2-23 緊急時対策建屋の地震応答計算書」と同一とする。

2.4 解析条件

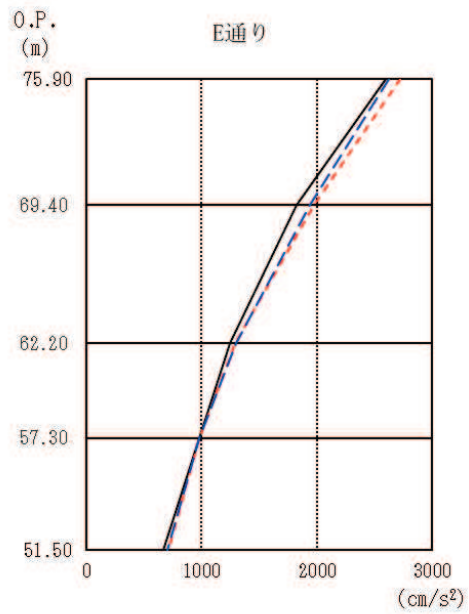
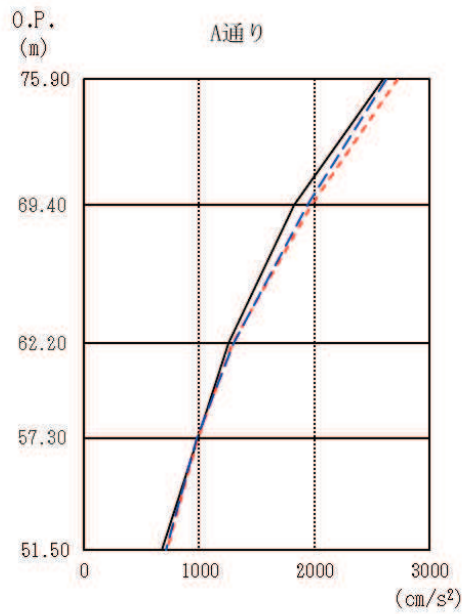
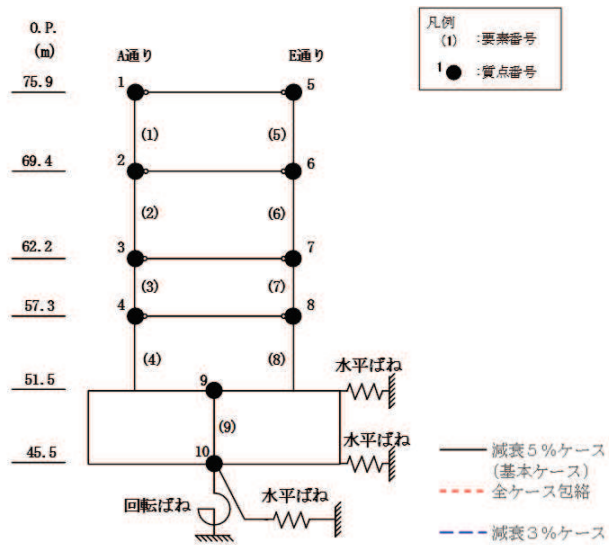
緊急時対策建屋の復元力特性は、添付書類「VI-2-2-23 緊急時対策建屋の地震応答計算書」と同一とする。また、解析結果の比較にあたっては、基本ケース（減衰定数5%）との比較と合わせて、材料物性の不確かさを考慮したケースとの比較も行う。

3. 解析結果

地震応答解析結果を図3-1～図3-11に示す。

NS方向及びEW方向における減衰定数3%の応答値は、減衰定数5%の場合と比較してわずかに大きくなる傾向があることを確認した。また、不確かさを考慮した解析ケースを含む全ケースの包絡値との比較では、減衰定数3%の応答値が一部上回る箇所があるものの、差異は極めて小さく、これ以外の箇所では下回っていることを確認した。

鉛直方向においても、減衰定数3%の応答値は、減衰定数5%の場合と比較してわずかに大きくなる傾向があることを確認した。また、全ケースの包絡値との比較では、減衰定数3%の応答値が一部上回る箇所があるものの、差異は極めて小さく、値はおおむね同等であることを確認した。

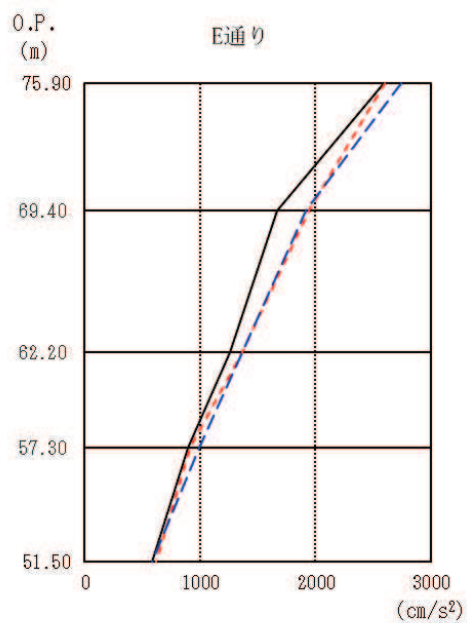
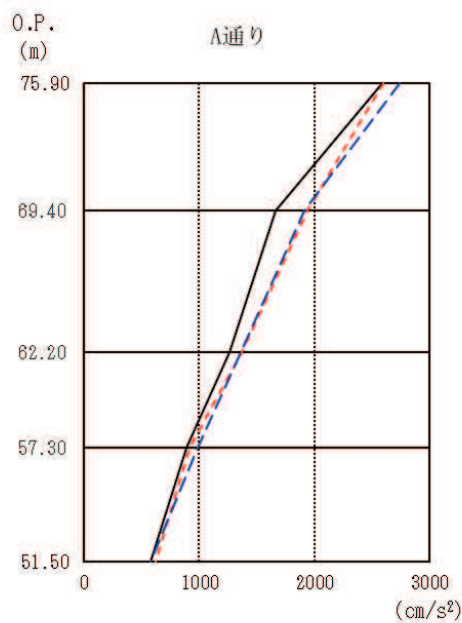
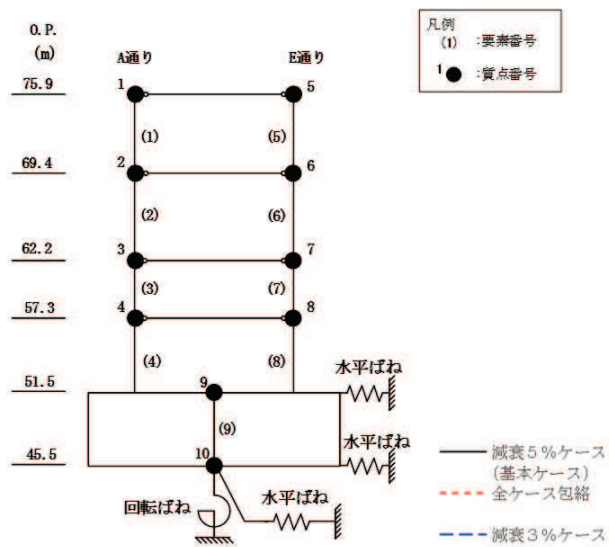


O. P. (m)	A通り (cm/s ²)		
	減衰5%ケース (基本ケース)	全ケース包絡	減衰3%ケース
75.90	2603	2727	2627
69.40	1827	1981	1939
62.20	1253	1292	1300
57.30	984	984	980
51.50	673	717	710

O. P. (m)	E通り (cm/s ²)		
	減衰5%ケース (基本ケース)	全ケース包絡	減衰3%ケース
75.90	2603	2727	2627
69.40	1827	1981	1939
62.20	1253	1292	1300
57.30	984	984	980
51.50	673	717	710

(a) S_s-D2

図3-1(1) 最大応答加速度 (基準地震動S_s, NS方向) (1/2)

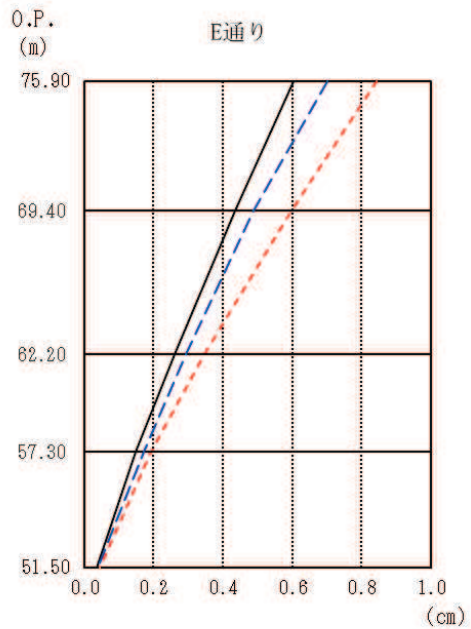
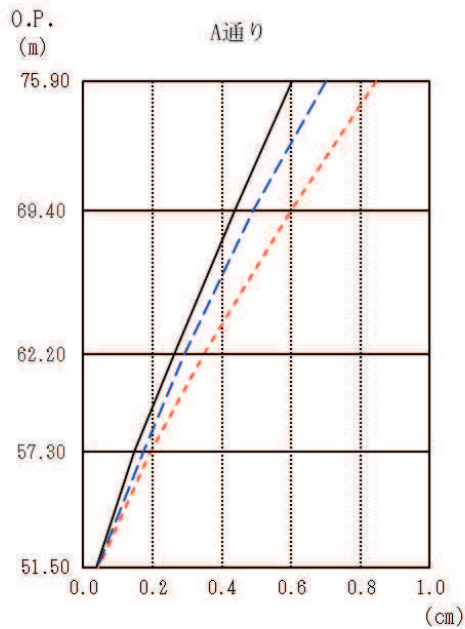
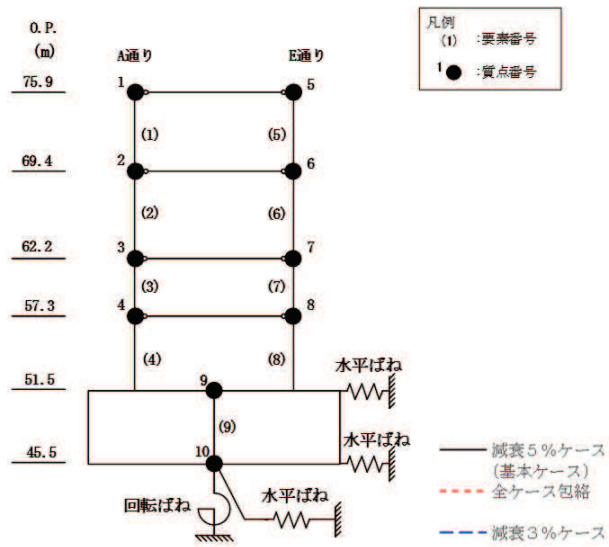


O.P. (m)	A通り (cm/s ²)		
	減衰5%ケース (基本ケース)	全ケース包絡	減衰3%ケース
75.90	2590	2603	2747
69.40	1667	1941	1915
62.20	1262	1368	1363
57.30	891	914	989
51.50	579	621	583

O.P. (m)	E通り (cm/s ²)		
	減衰5%ケース (基本ケース)	全ケース包絡	減衰3%ケース
75.90	2590	2603	2747
69.40	1667	1941	1915
62.20	1262	1368	1363
57.30	891	914	989
51.50	579	621	583

(b) S_s - F 3

図 3-1(2) 最大応答加速度 (基準地震動 S_s, NS 方向) (2/2)

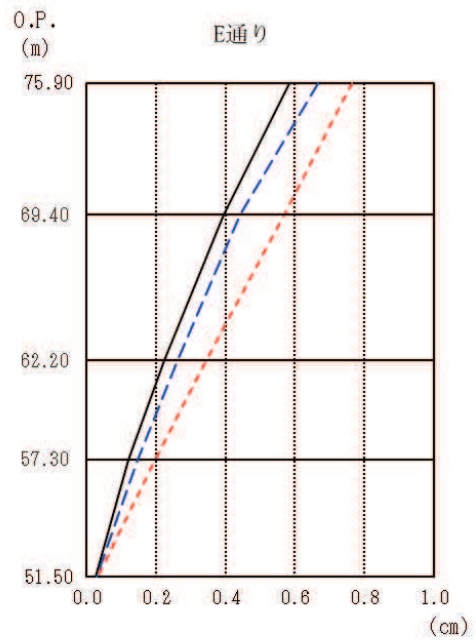
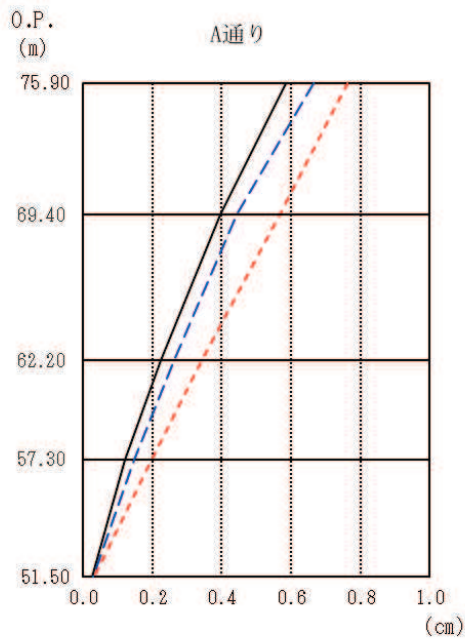
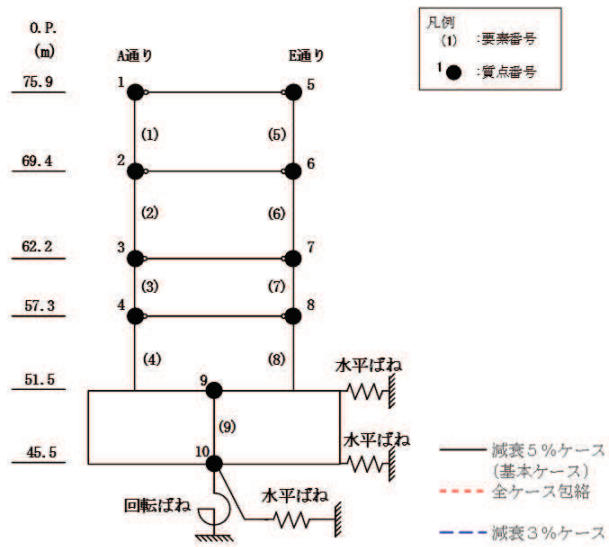


O.P. (m)	A通り (cm)		
	減衰5%ケース (基本ケース)	全ケース包絡	減衰3%ケース
75.90	0.60	0.84	0.70
69.40	0.44	0.60	0.49
62.20	0.26	0.35	0.29
57.30	0.15	0.19	0.17
51.50	0.04	0.04	0.04

O.P. (m)	E通り (cm)		
	減衰5%ケース (基本ケース)	全ケース包絡	減衰3%ケース
75.90	0.60	0.84	0.70
69.40	0.44	0.60	0.49
62.20	0.26	0.35	0.29
57.30	0.15	0.19	0.17
51.50	0.04	0.04	0.04

(a) $S_s - D2$

図 3-2(1) 最大応答変位 (基準地震動 S_s , NS 方向) (1/2)

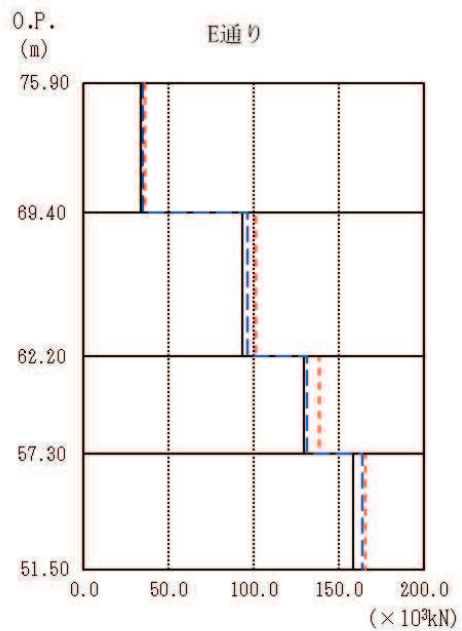
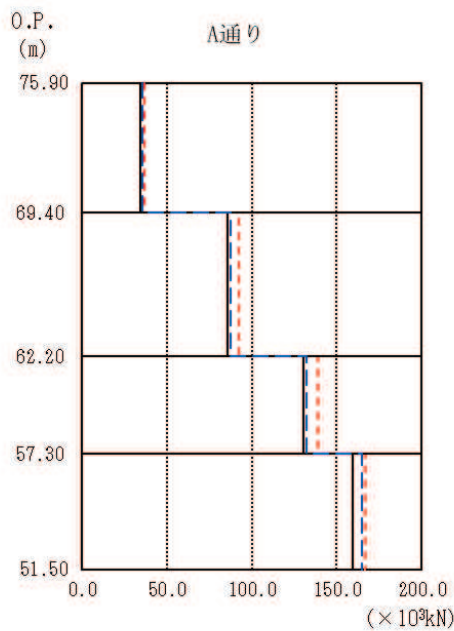
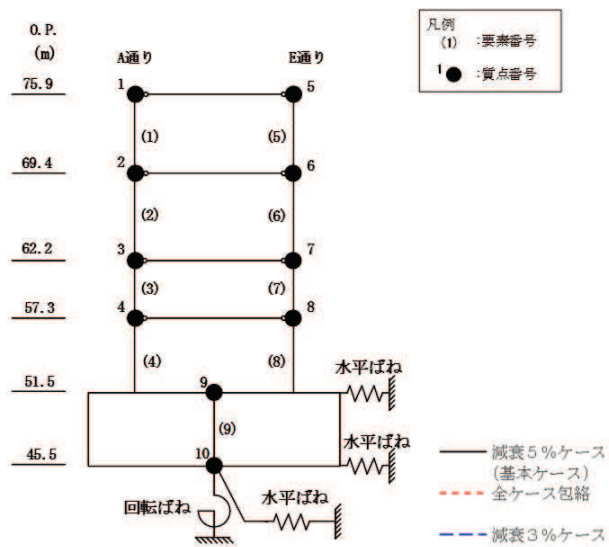


O.P. (m)	A通り (cm)		
	減衰5%ケース (基本ケース)	全ケース包絡	減衰3%ケース
75.90	0.58	0.76	0.67
69.40	0.39	0.57	0.44
62.20	0.22	0.34	0.26
57.30	0.12	0.20	0.15
51.50	0.03	0.03	0.03

O.P. (m)	E通り (cm)		
	減衰5%ケース (基本ケース)	全ケース包絡	減衰3%ケース
75.90	0.58	0.76	0.67
69.40	0.39	0.57	0.44
62.20	0.22	0.34	0.26
57.30	0.12	0.20	0.15
51.50	0.03	0.03	0.03

(b) $S_s - F_3$

図 3-2(2) 最大応答変位 (基準地震動 S_s , NS 方向) (2/2)

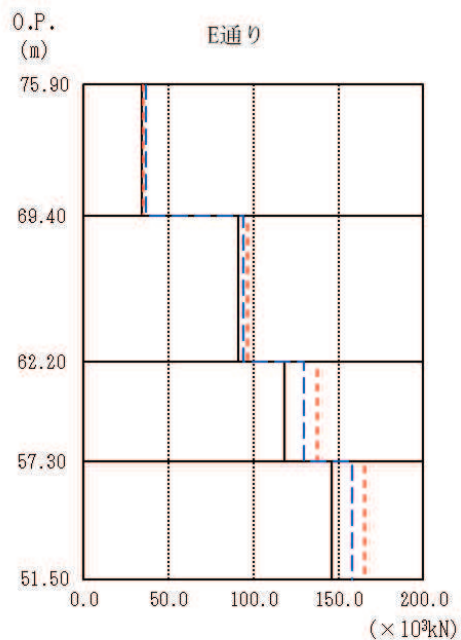
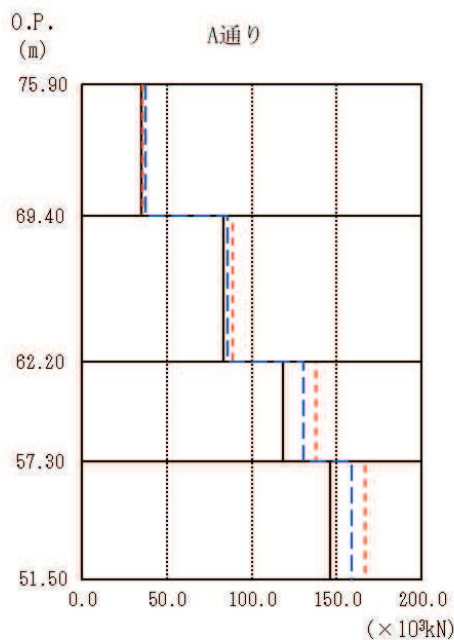
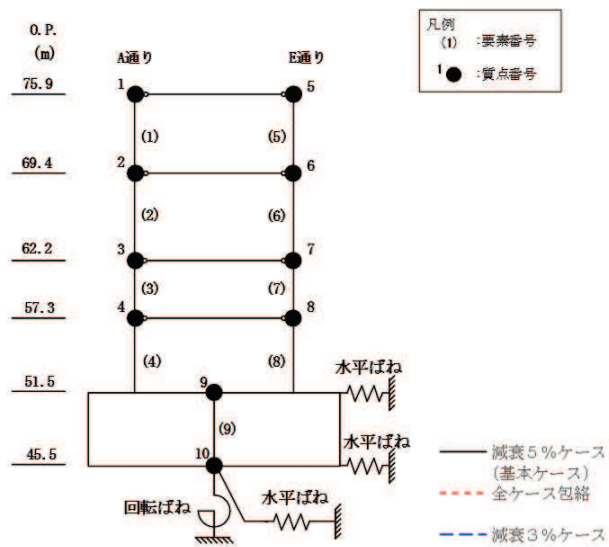


O. P. (m)	A通り (×10 ³ kN)		
	減衰5%ケース (基本ケース)	全ケース包絡	減衰3%ケース
75.90			
69.40	34.51	36.57	35.48
62.20	85.51	92.37	87.76
57.30	130.32	139.11	131.97
51.50	159.51	166.94	164.98

O. P. (m)	E通り (×10 ³ kN)		
	減衰5%ケース (基本ケース)	全ケース包絡	減衰3%ケース
75.90			
69.40	33.96	35.99	34.98
62.20	93.32	101.16	96.23
57.30	129.92	138.71	131.56
51.50	158.65	166.05	164.13

(a) S s - D 2

図 3-3(1) 最大応答せん断力 (基準地震動 S s, NS 方向) (1/2)

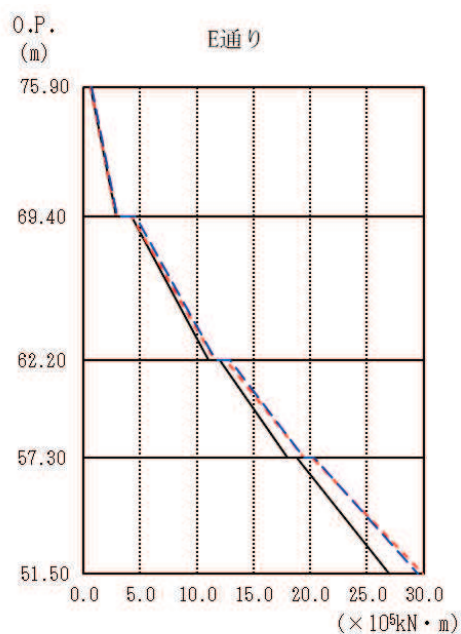
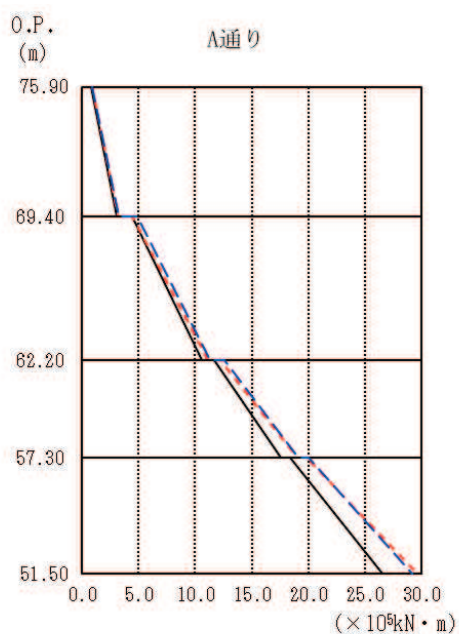
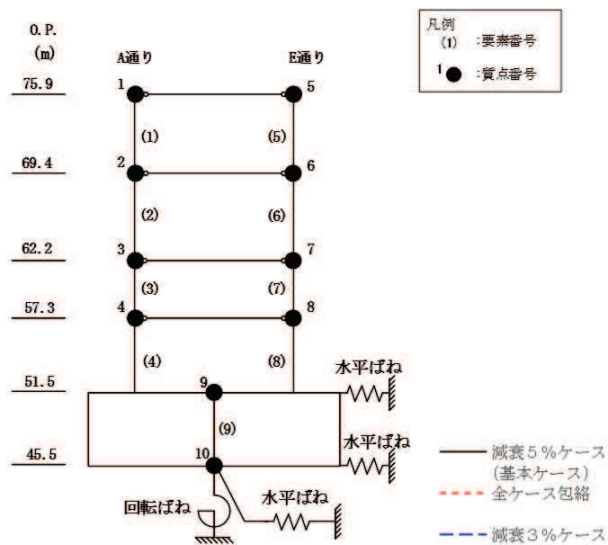


O.P. (m)	A通り (×10 ³ kN)		
	減衰5%ケース (基本ケース)	全ケース包絡	減衰3%ケース
75.90			
69.40	35.14	35.35	37.68
62.20	83.33	88.70	85.75
57.30	118.62	138.00	130.34
51.50	146.21	166.49	158.70

O.P. (m)	E通り (×10 ³ kN)		
	減衰5%ケース (基本ケース)	全ケース包絡	減衰3%ケース
75.90			
69.40	34.60	34.82	37.10
62.20	91.02	96.64	94.02
57.30	118.31	137.58	129.96
51.50	146.06	165.58	157.88

(b) S s - F 3

図 3-3(2) 最大応答せん断力 (基準地震動 S s, NS 方向) (2/2)

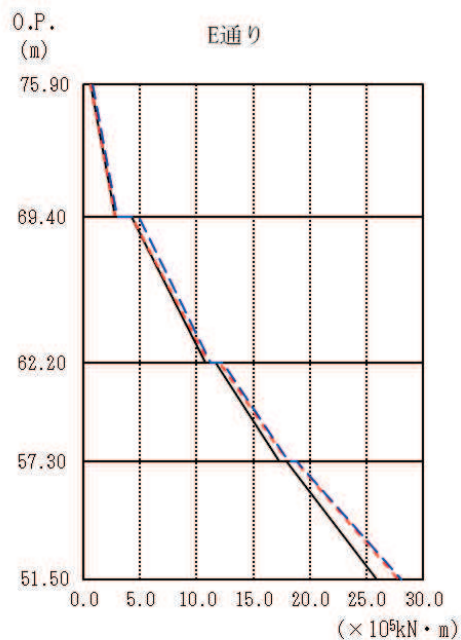
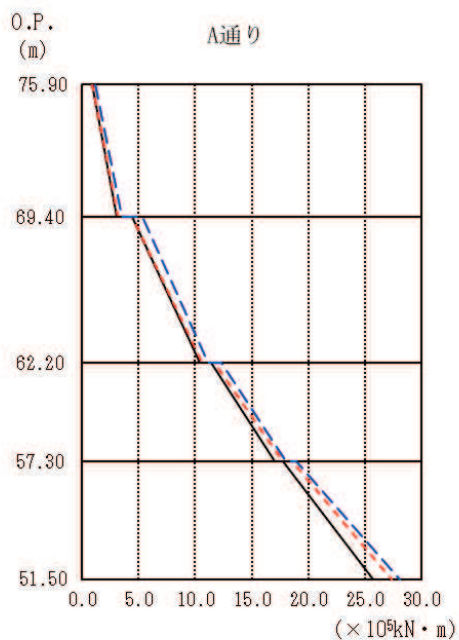
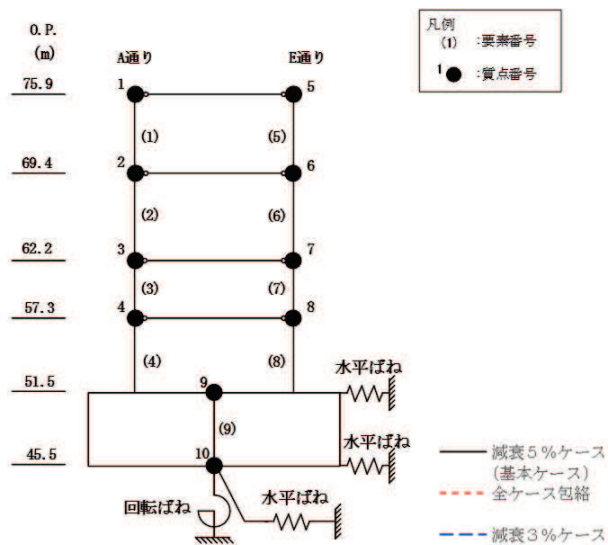


O.P. (m)	A通り (×10 ⁵ kN・m)		
	減衰5%ケース (基本ケース)	全ケース包絡	減衰3%ケース
75.90	0.80	0.86	0.92
69.40	3.07	3.16	3.30
62.20	10.59	11.16	11.36
57.30	17.62	19.06	19.08
51.50	26.56	29.59	29.16

O.P. (m)	E通り (×10 ⁵ kN・m)		
	減衰5%ケース (基本ケース)	全ケース包絡	減衰3%ケース
75.90	0.63	0.63	0.71
69.40	2.85	2.91	3.00
62.20	11.01	11.58	11.68
57.30	18.01	19.44	19.45
51.50	26.92	29.91	29.53

(a) S s - D 2

図 3-4(1) 最大応答曲げモーメント (基準地震動 S s, NS 方向) (1/2)

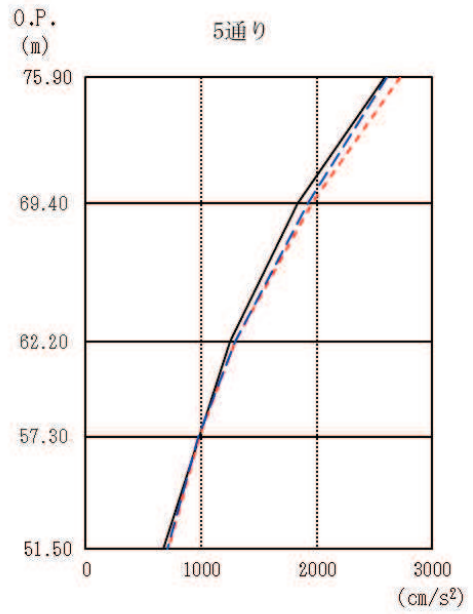
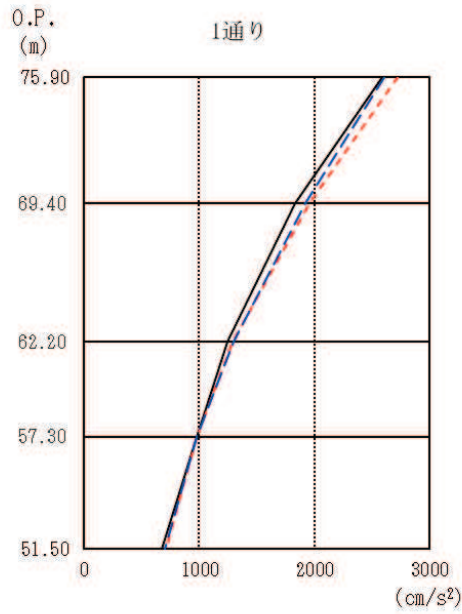
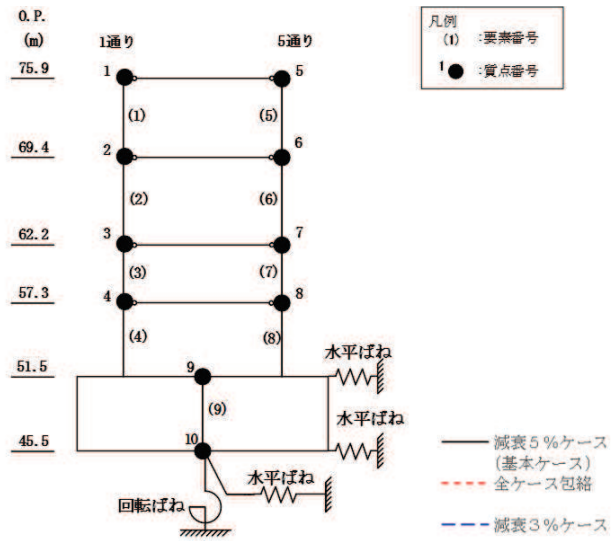


O.P. (m)	A通り (×10 ⁵ kN・m)		
	減衰5%ケース (基本ケース)	全ケース包絡	減衰3%ケース
75.90	0.86	0.89	1.14
69.40	3.12	3.14	3.53
	4.48	4.48	5.33
62.20	10.45	10.63	11.14
	11.42	11.72	12.32
57.30	17.06	17.74	18.02
	17.79	18.53	18.90
51.50	25.72	27.34	28.13

O.P. (m)	E通り (×10 ⁵ kN・m)		
	減衰5%ケース (基本ケース)	全ケース包絡	減衰3%ケース
75.90	0.63	0.66	0.79
69.40	2.82	2.85	3.04
	4.23	4.23	4.86
62.20	10.76	11.03	11.24
	11.67	12.03	12.35
57.30	17.30	18.04	18.12
	17.96	18.74	18.84
51.50	25.89	27.76	28.06

(b) S s - F 3

図 3-4(2) 最大応答曲げモーメント (基準地震動 S s, NS 方向) (2/2)

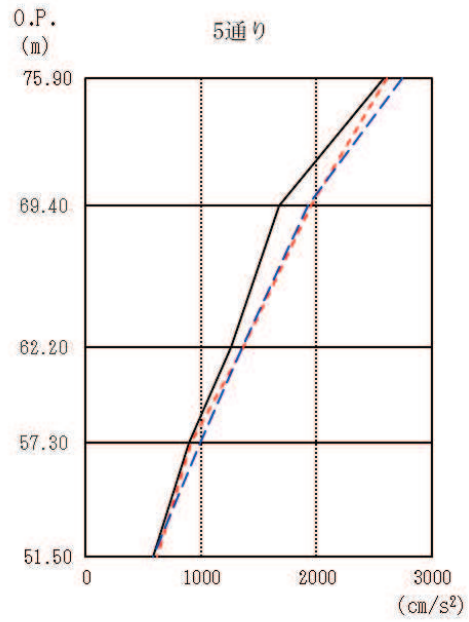
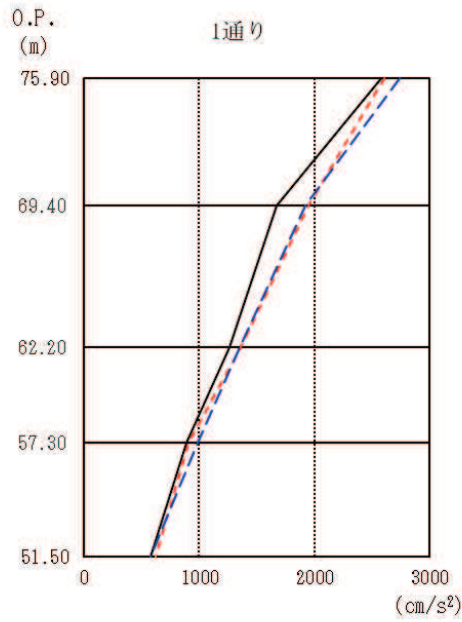
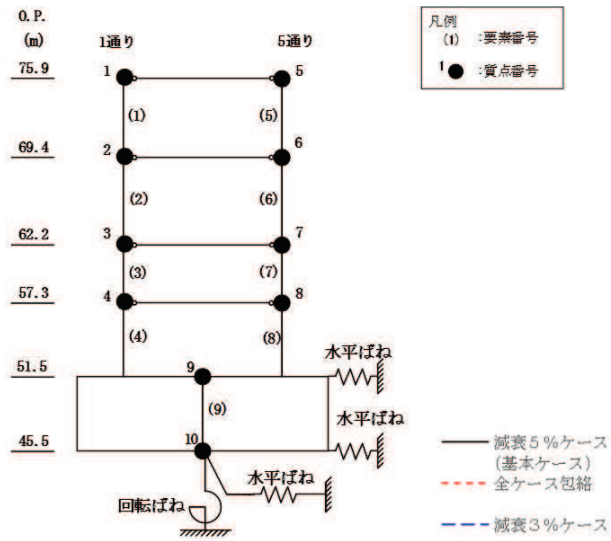


O. P. (m)	1通り (cm/s ²)		
	減衰5%ケース (基本ケース)	全ケース包絡	減衰3%ケース
75.90	2593	2721	2608
69.40	1832	1955	1922
62.20	1250	1293	1297
57.30	982	982	977
51.50	673	712	707

O. P. (m)	5通り (cm/s ²)		
	減衰5%ケース (基本ケース)	全ケース包絡	減衰3%ケース
75.90	2593	2721	2608
69.40	1832	1955	1922
62.20	1250	1293	1297
57.30	982	982	977
51.50	673	712	707

(a) S s - D 2

図3-5(1) 最大応答加速度 (基準地震動 S s, EW 方向) (1/2)

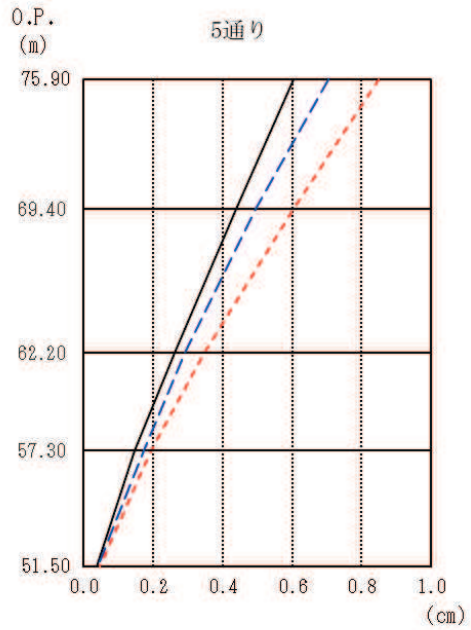
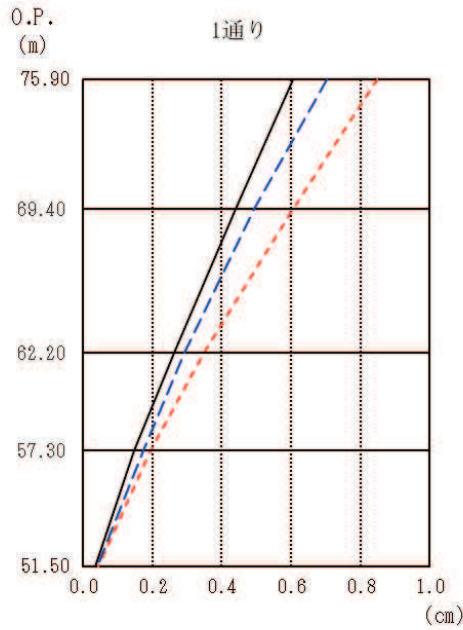
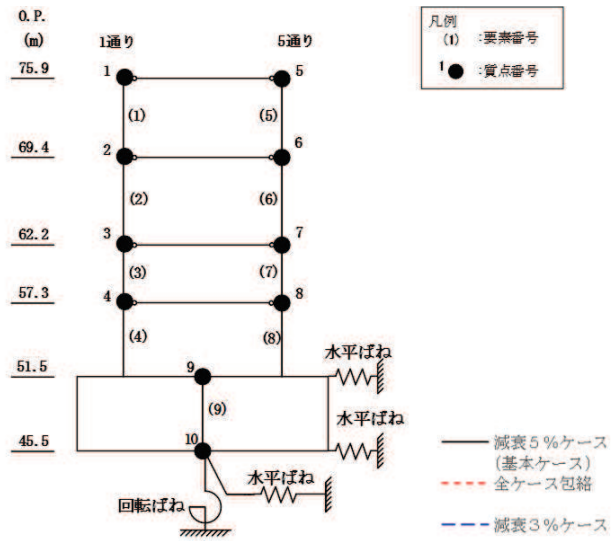


O. P. (m)	1通り (cm/s ²)		
	減衰5%ケース (基本ケース)	全ケース包絡	減衰3%ケース
75.90	2584	2609	2743
69.40	1673	1950	1922
62.20	1261	1366	1357
57.30	890	911	988
51.50	579	621	582

O. P. (m)	5通り (cm/s ²)		
	減衰5%ケース (基本ケース)	全ケース包絡	減衰3%ケース
75.90	2584	2609	2743
69.40	1673	1950	1922
62.20	1261	1366	1357
57.30	890	911	988
51.50	579	621	582

(b) S_s - F 3

図 3-5(2) 最大応答加速度 (基準地震動 S_s, EW 方向) (2/2)

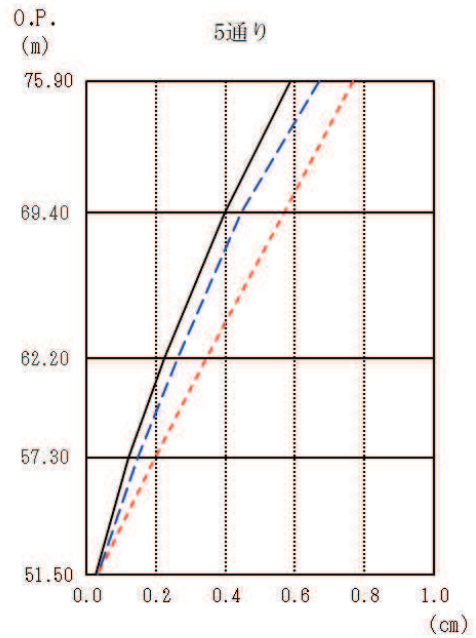
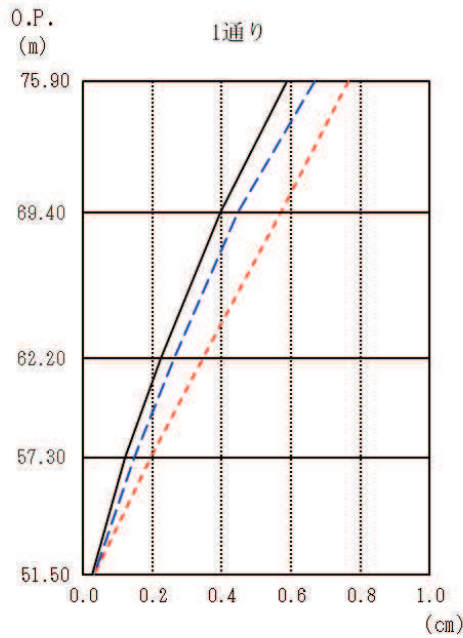
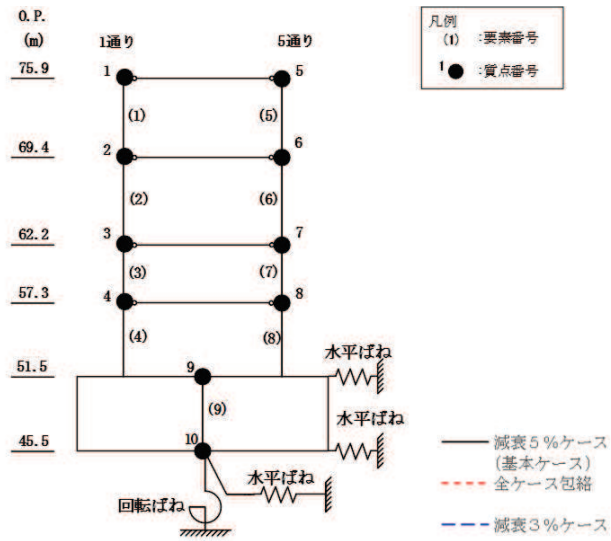


O.P. (m)	1通り (cm)		
	減衰5%ケース (基本ケース)	全ケース包絡	減衰3%ケース
75.90	0.61	0.85	0.70
69.40	0.44	0.60	0.49
62.20	0.26	0.35	0.29
57.30	0.15	0.19	0.17
51.50	0.04	0.04	0.04

O.P. (m)	5通り (cm)		
	減衰5%ケース (基本ケース)	全ケース包絡	減衰3%ケース
75.90	0.61	0.85	0.70
69.40	0.44	0.60	0.49
62.20	0.26	0.35	0.29
57.30	0.15	0.19	0.17
51.50	0.04	0.04	0.04

(a) $S_s - D_2$

図 3-6(1) 最大応答変位 (基準地震動 S_s , EW 方向) (1/2)

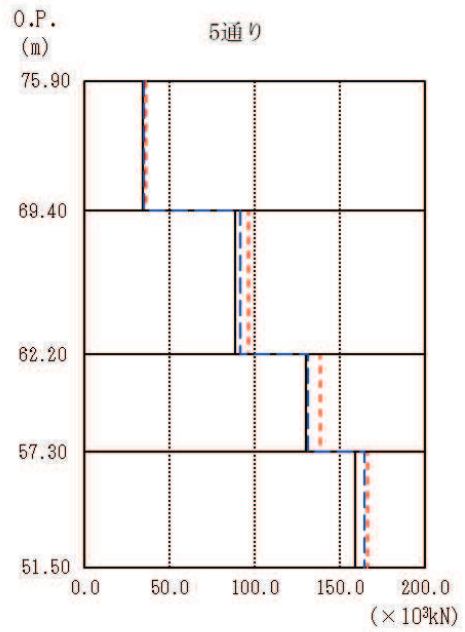
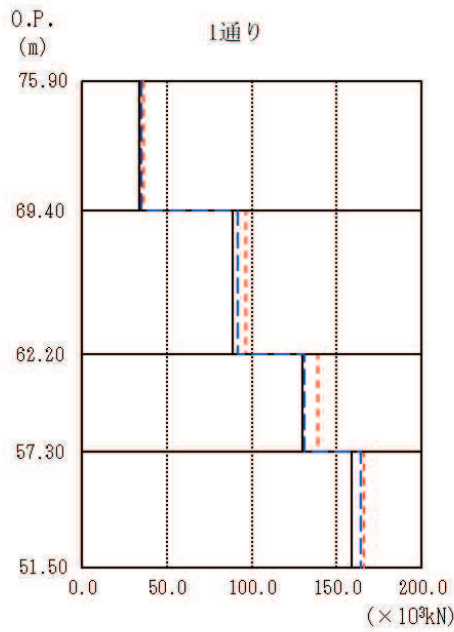
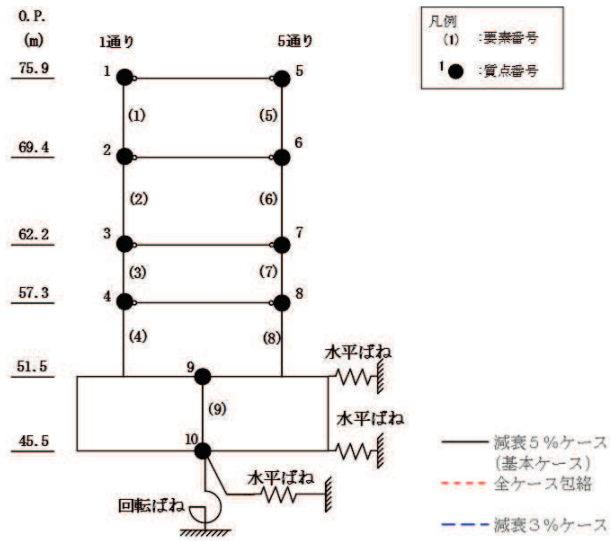


O.P. (m)	1通り (cm)		
	減衰5%ケース (基本ケース)	全ケース包絡	減衰3%ケース
75.90	0.59	0.77	0.67
69.40	0.40	0.57	0.45
62.20	0.22	0.34	0.26
57.30	0.12	0.20	0.15
51.50	0.03	0.03	0.03

O.P. (m)	5通り (cm)		
	減衰5%ケース (基本ケース)	全ケース包絡	減衰3%ケース
75.90	0.59	0.77	0.67
69.40	0.40	0.57	0.45
62.20	0.22	0.34	0.26
57.30	0.12	0.20	0.15
51.50	0.03	0.03	0.03

(b) $S_s - F3$

図3-6(2) 最大応答変位 (基準地震動 S_s , EW 方向) (2/2)

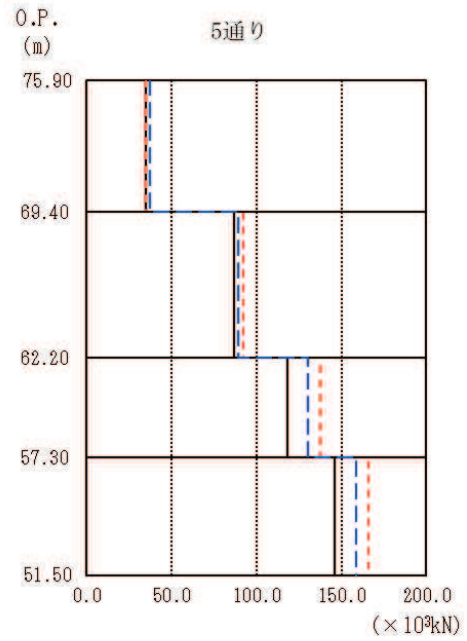
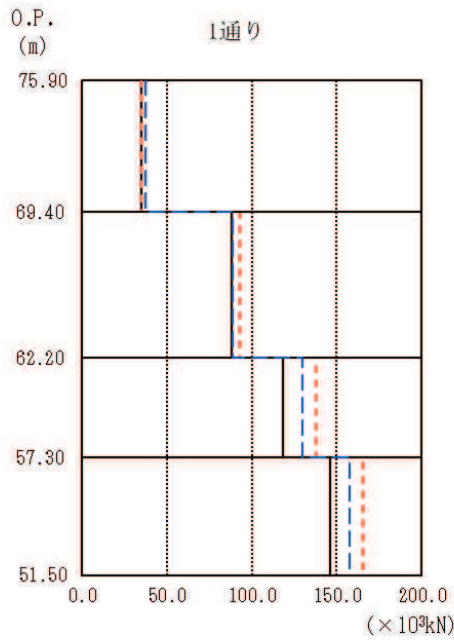
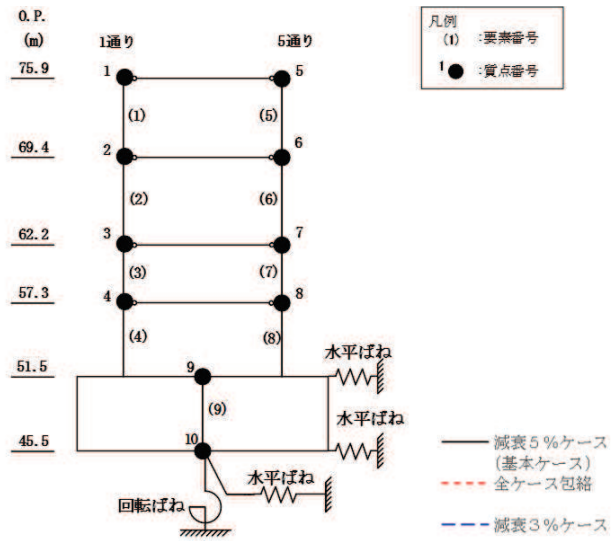


O. P. (m)	1通り (×10 ³ kN)		
	減衰5%ケース (基本ケース)	全ケース包絡	減衰3%ケース
75.90			
69.40	34.08	36.05	35.06
62.20	88.74	96.36	91.65
57.30	129.89	138.69	131.39
51.50	158.62	166.00	164.11

O. P. (m)	5通り (×10 ³ kN)		
	減衰5%ケース (基本ケース)	全ケース包絡	減衰3%ケース
75.90			
69.40	34.39	36.32	35.28
62.20	88.86	96.35	91.60
57.30	130.20	138.91	131.65
51.50	159.35	166.74	164.84

(a) S s - D 2

図 3-7(1) 最大応答せん断力 (基準地震動 S s, EW 方向) (1/2)

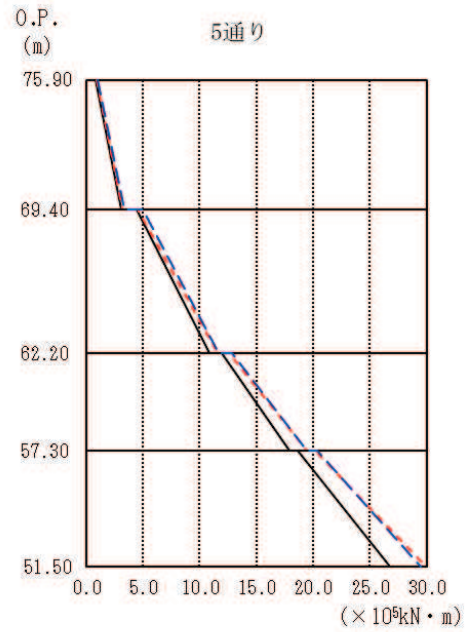
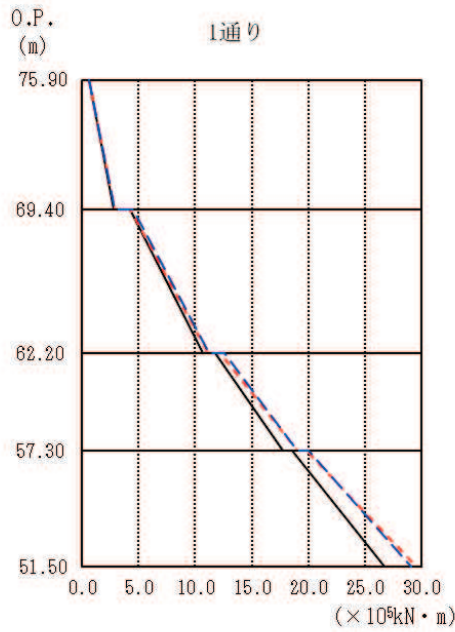
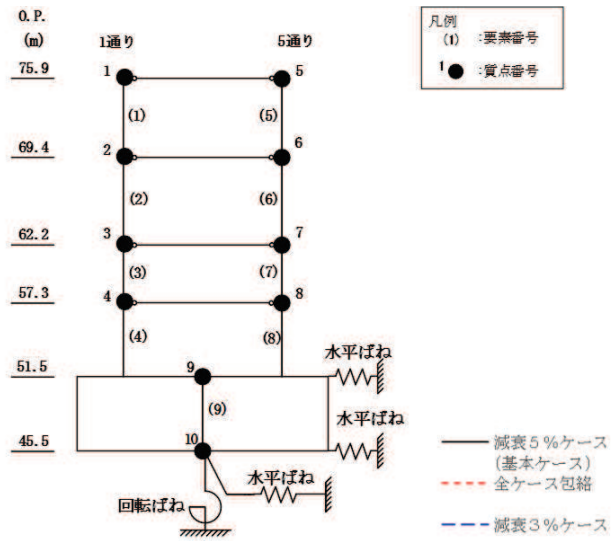


O.P. (m)	1通り ($\times 10^3 \text{kN}$)		
	減衰5%ケース (基本ケース)	全ケース包絡	減衰3%ケース
75.90			
69.40	34.73	34.90	37.16
62.20	88.07	93.31	89.09
57.30	118.67	137.60	129.95
51.50	146.12	165.48	157.87

O.P. (m)	5通り ($\times 10^3 \text{kN}$)		
	減衰5%ケース (基本ケース)	全ケース包絡	減衰3%ケース
75.90			
69.40	35.03	35.15	37.48
62.20	86.69	92.55	89.08
57.30	118.42	137.90	130.21
51.50	146.12	166.26	158.55

(b) S s - F 3

図 3-7(2) 最大応答せん断力 (基準地震動 S s, EW 方向) (2/2)

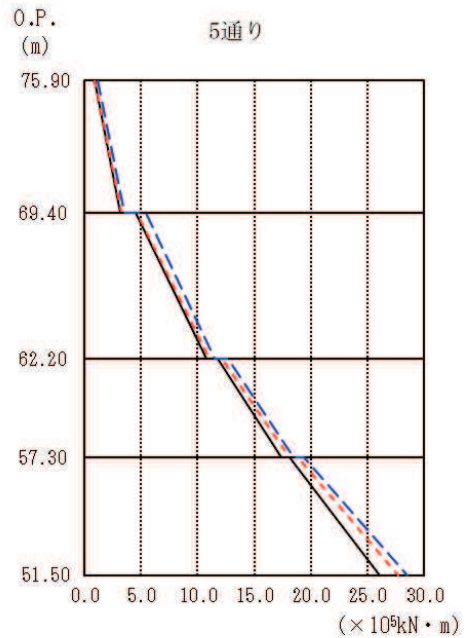
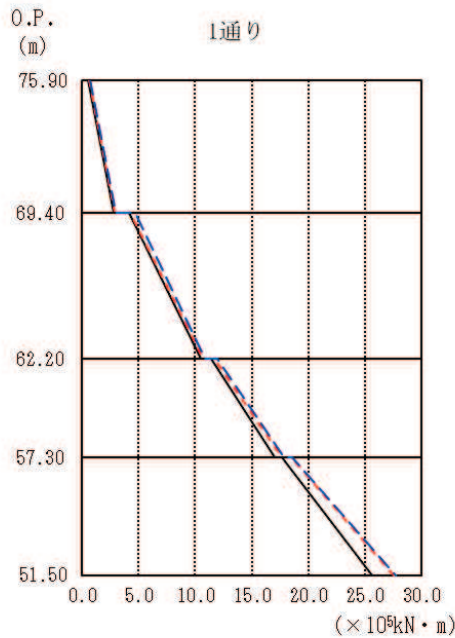
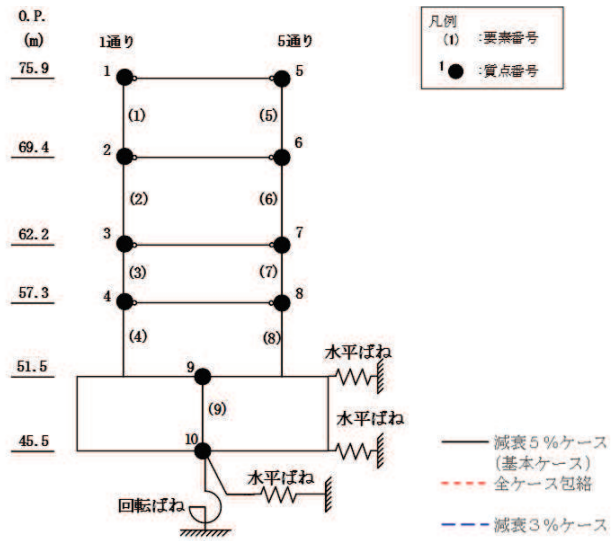


O.P. (m)	1通り (×10 ⁵ kN·m)		
	減衰5%ケース (基本ケース)	全ケース包絡	減衰3%ケース
75.90	0.59	0.59	0.67
69.40	2.83	2.91	2.91
62.20	10.71	11.18	11.26
57.30	17.78	19.07	19.05
51.50	26.71	29.56	29.09

O.P. (m)	5通り (×10 ⁵ kN·m)		
	減衰5%ケース (基本ケース)	全ケース包絡	減衰3%ケース
75.90	0.85	0.94	0.99
69.40	3.08	3.18	3.34
62.20	10.88	11.54	11.68
57.30	17.90	19.42	19.43
51.50	26.80	29.93	29.46

(a) S s - D 2

図 3-8(1) 最大応答曲げモーメント (基準地震動 S s, EW 方向) (1/2)

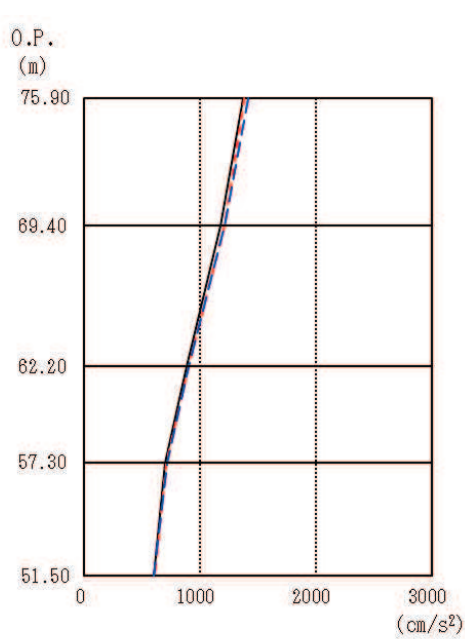
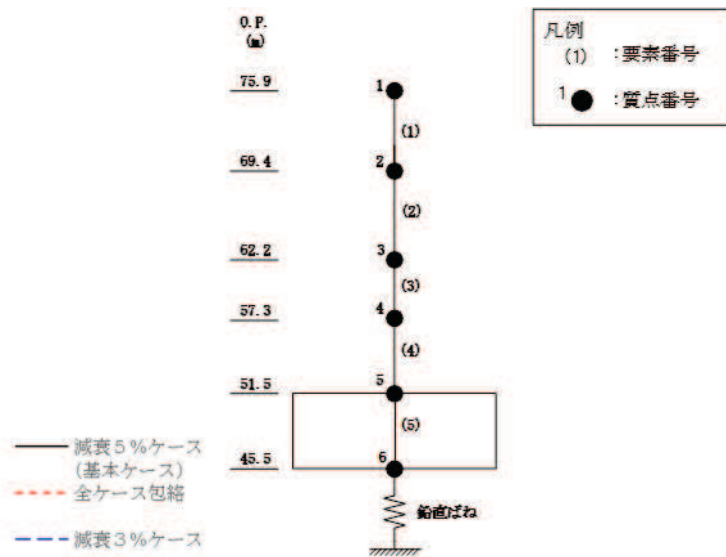


O.P. (m)	1通り (×10 ⁵ kN·m)		
	減衰5%ケース (基本ケース)	全ケース包絡	減衰3%ケース
75.90	0.57	0.63	0.73
69.40	2.83	2.88	3.00
62.20	10.50	10.65	10.88
57.30	17.06	17.70	17.85
51.50	25.65	27.55	27.77

O.P. (m)	5通り (×10 ⁵ kN·m)		
	減衰5%ケース (基本ケース)	全ケース包絡	減衰3%ケース
75.90	0.93	0.94	1.23
69.40	3.15	3.26	3.56
62.20	10.78	11.06	11.46
57.30	17.40	18.09	18.44
51.50	26.05	27.69	28.54

(b) S_s - F 3

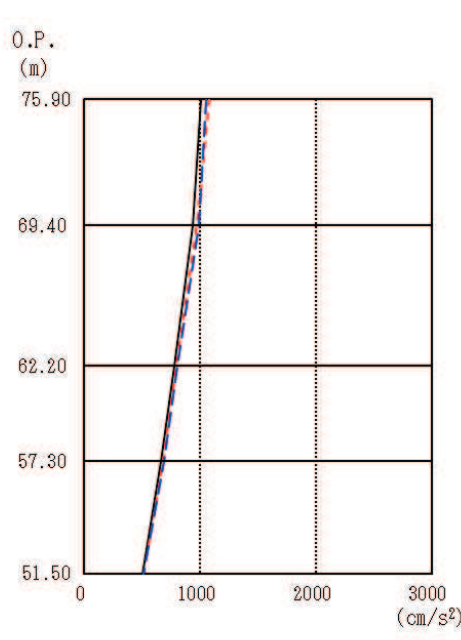
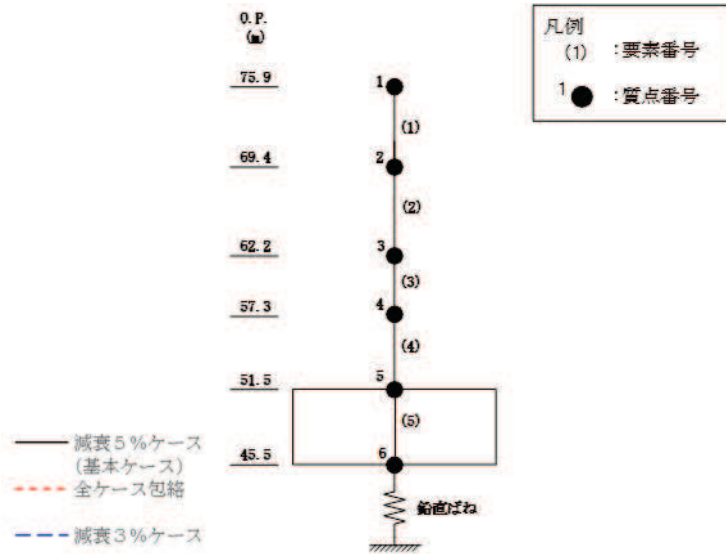
図 3-8(2) 最大応答曲げモーメント (基準地震動 S_s, EW 方向) (2/2)



O.P. (m)	(cm/s ²)		
	減衰5%ケース (基本ケース)	全ケース包絡	減衰3%ケース
75.90	1376	1384	1421
69.40	1183	1214	1216
62.20	885	908	903
57.30	703	708	715
51.50	602	608	604

(a) S_s-D 2

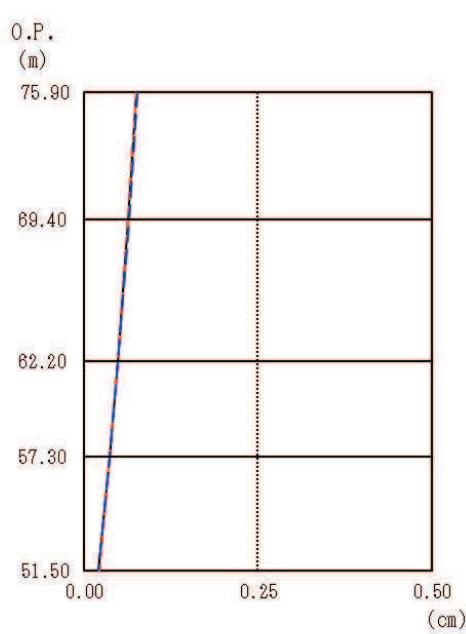
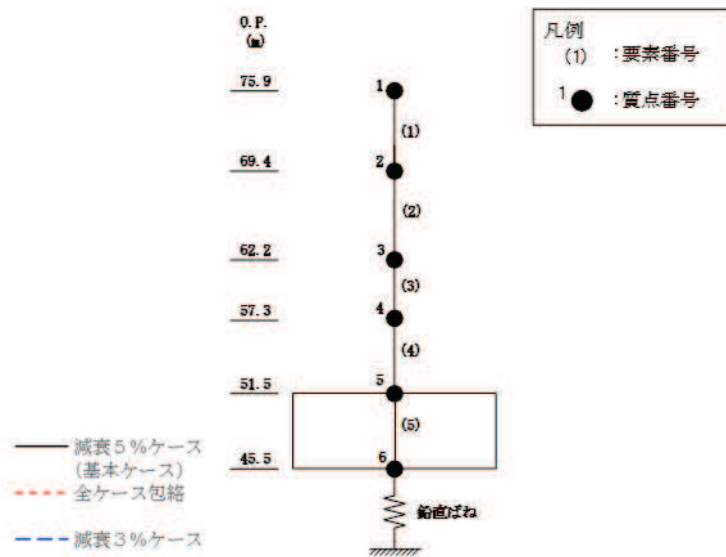
図3-9(1) 最大応答加速度 (基準地震動 S_s, UD 方向) (1/2)



O.P. (m)	減衰5%ケース (基本ケース)	全ケース包絡	減衰3%ケース
75.90	1009	1076	1053
69.40	933	972	985
62.20	773	796	806
57.30	665	678	687
51.50	502	513	510

(b) $S_s - F_3$

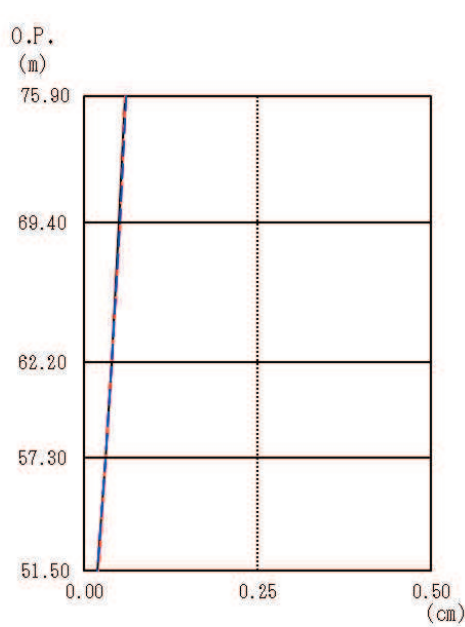
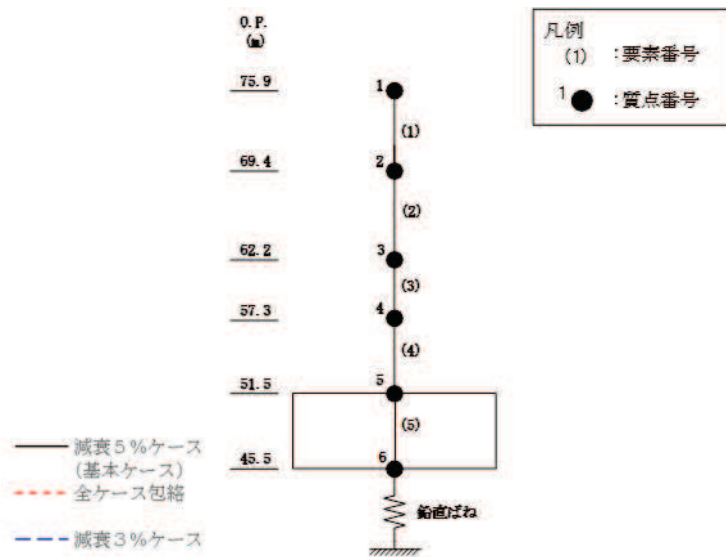
図3-9(2) 最大応答加速度 (基準地震動 S_s , UD 方向) (2/2)



O.P. (m)	減衰5%ケース (基本ケース)	全ケース包絡	減衰3%ケース
75.90	0.08	0.08	0.08
69.40	0.06	0.06	0.07
62.20	0.05	0.05	0.05
57.30	0.04	0.04	0.04
51.50	0.02	0.02	0.02

(a) $S_s - D_2$

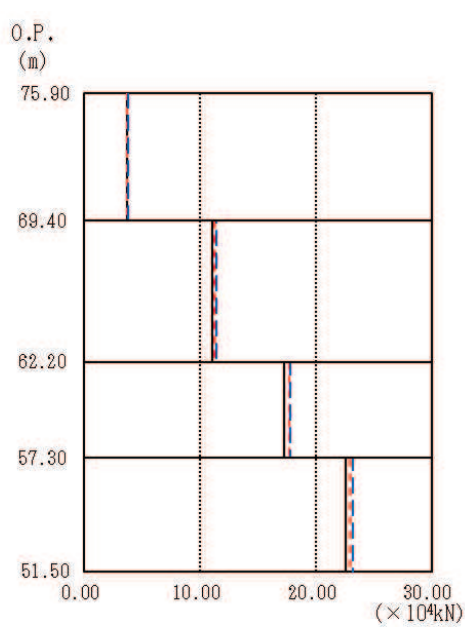
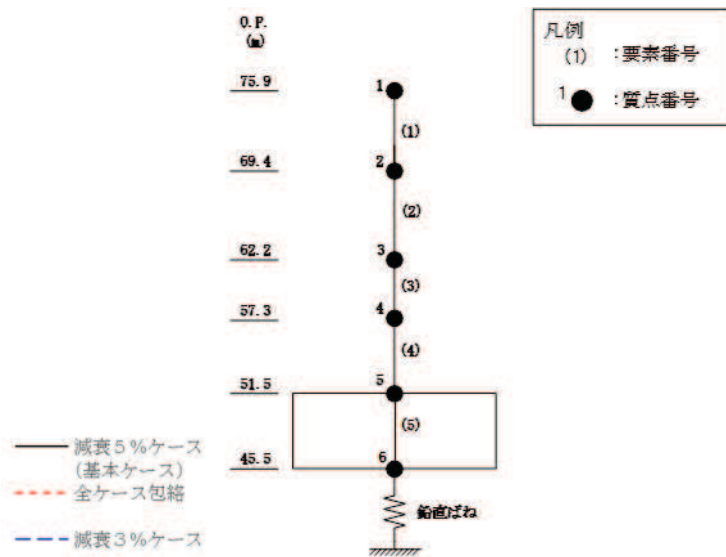
図 3-10(1) 最大応答変位 (基準地震動 S_s , UD 方向) (1/2)



O.P. (m)	減衰5%ケース (基本ケース)	全ケース包絡	減衰3%ケース
75.90	0.06	0.06	0.06
69.40	0.05	0.05	0.05
62.20	0.04	0.04	0.04
57.30	0.03	0.03	0.03
51.50	0.02	0.02	0.02

(b) $S_s - F_3$

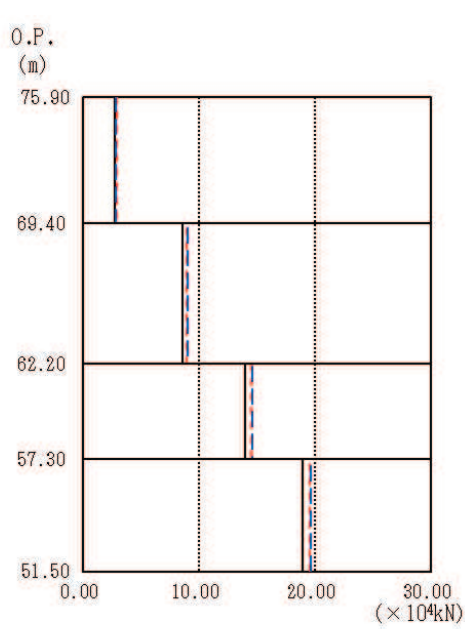
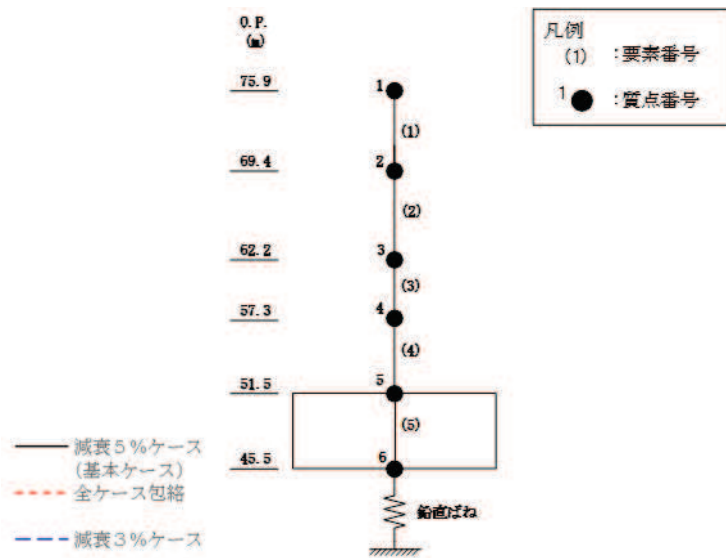
図 3-10(2) 最大応答変位 (基準地震動 S_s , UD 方向) (2/2)



O.P. (m)	($\times 10^4 \text{kN}$)		
	減衰5%ケース (基本ケース)	全ケース包絡	減衰3%ケース
75.90			
69.40	3.70	3.74	3.83
62.20	11.07	11.29	11.39
57.30	17.31	17.69	17.77
51.50	22.64	22.99	23.20

(a) $S_s - D 2$

図 3-11(1) 最大応答軸力 (基準地震動 S_s , UD 方向) (1/2)



O.P. (m)	最大応答軸力 (×10 ⁴ kN)		
	減衰5%ケース (基本ケース)	全ケース包絡	減衰3%ケース
75.90			
69.40	2.70	2.88	2.83
62.20	8.54	8.92	8.99
57.30	13.97	14.51	14.62
51.50	18.90	19.53	19.67

(b) S_s - F 3

図 3-11(2) 最大応答軸力 (基準地震動 S_s, UD 方向) (2/2)

4. 減衰定数 3%の影響評価

減衰定数5%による最大応答せん断力，減衰定数3%による最大応答せん断力及び設計用地震力の比較を表4-1に示す。

表4-1より，減衰定数3%による最大応答せん断力が，材料物性の不確かさを考慮した設計用地震力を最大で3%程度上回ることを確認した。一方，緊急時対策建屋は，基準地震動 S_s に対して短期許容応力度設計としていること，減衰定数を5%と設定することの十分な保守性を確認していることを踏まえると，建屋設計における耐震安全性への影響は小さいと判断できる。

以上より，減衰定数3%による解析結果が建屋の耐震安全性に影響を与えないことを確認した。

表 4-1 地震力の比較

方向	要素番号	減衰定数5%における 最大応答せん断力 (S_s -D1～ S_s -N1の最大値) ($\times 10^3$ kN)	①	②	比率 ①/②
			減衰定数3%における 最大応答せん断力 (S_s -D2, S_s -F3の最大値) ($\times 10^3$ kN)	設計用 地震力 ($\times 10^3$ kN)	
NS	1	34.51	37.68	36.57	1.03
	2	85.51	87.76	92.37	0.95
	3	130.32	131.97	139.11	0.95
	4	159.51	164.98	166.94	0.99
	5	33.96	37.10	35.99	1.03
	6	93.32	96.23	101.16	0.95
	7	129.92	131.56	138.71	0.95
	8	158.65	164.13	166.05	0.99
EW	1	34.08	37.16	36.05	1.03
	2	88.74	91.65	96.36	0.95
	3	129.89	131.39	138.69	0.95
	4	158.62	164.11	166.00	0.99
	5	34.39	37.48	36.32	1.03
	6	88.86	91.60	96.35	0.95
	7	130.20	131.65	138.91	0.95
	8	159.35	164.84	166.74	0.99