

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-19-0610-10_改5
提出年月日	2021年10月25日

補足-610-10 緊急用電気品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-2-2-21 緊急用電気品建屋の地震応答計算書」及び添付書類「VI-2-2-22 緊急用電気品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 緊急用電気品建屋の地震応答解析における今回工認の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 地震応答解析における地上鉄骨部のモデル化の妥当性について

別紙 1-1-3 側面回転地盤ばねを考慮した解析結果について

別紙 1-1-4 緊急用電気品建屋の構造詳細

別紙 1-2 緊急用電気品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 緊急用電気品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

 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 1-4-36

1. 概要

建物・構築物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」（以下「減衰定数に関する検討」という。）より、水平方向及び鉛直方向とも5%と整理している。

本資料では、

- ①緊急用電気品建屋が新設であること。
- ②添付書類「VI-2-2-21 緊急用電気品建屋の地震応答計算書」に示す通り、基準地震動 S_s に対する応答がスケルトンカーブの第1折れ点に対しても非常に小さい応答であること。
- ③減衰定数に関する検討では、応答レベルが弾性域である場合の減衰定数は、耐震実験では弾性域で1~4%程度、構造の複雑さの影響が含まれる実機の地震観測記録等からは1~10%程度と整理していること。

を踏まえ、念のため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。なお、緊急用電気品建屋の地震応答解析においては、基礎版と接する部分のみ埋込効果を考慮しており、その保守性を踏まえ、減衰定数3%とした場合のケースについては影響検討ケースとして整理する。

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-2-2-21 緊急用電気品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

部位	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 (%)
建屋部 (B1F) 基礎版	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
建屋部 (1F)	鉄骨：BCP325, SN400B, SN490B	2.05 × 10 ⁵	7.90 × 10 ⁴	2

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-2-2-21 緊急用電気品建屋の地震応答計算書」の補足説明資料「補足-610-10 緊急用電気品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 、 S_s-D3 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-2-2-21 緊急用電気品建屋の地震応答計算書」と同一とする。

2.4 解析条件

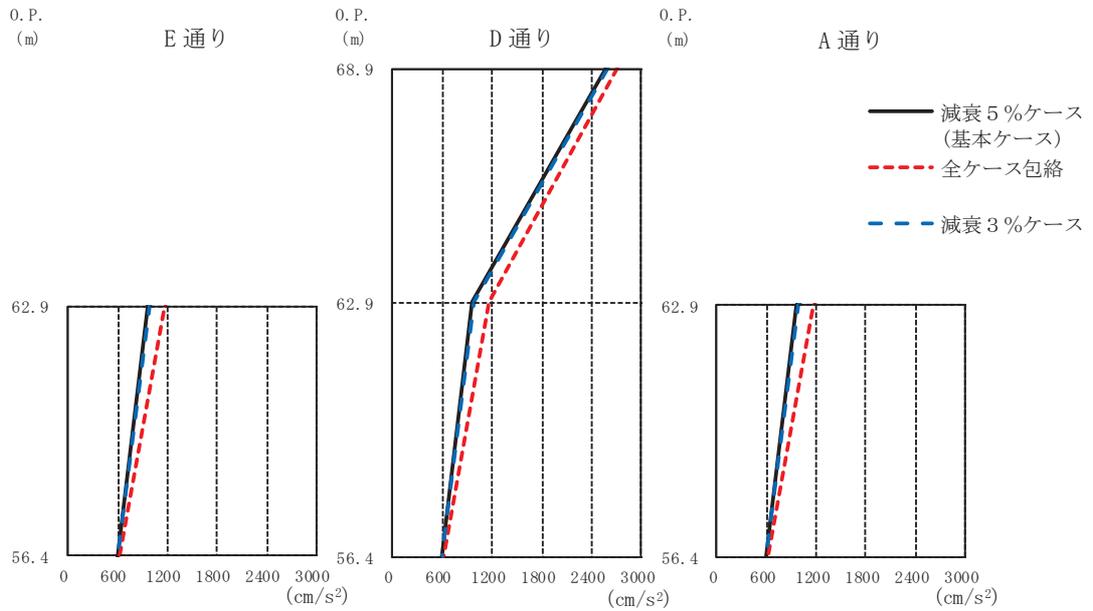
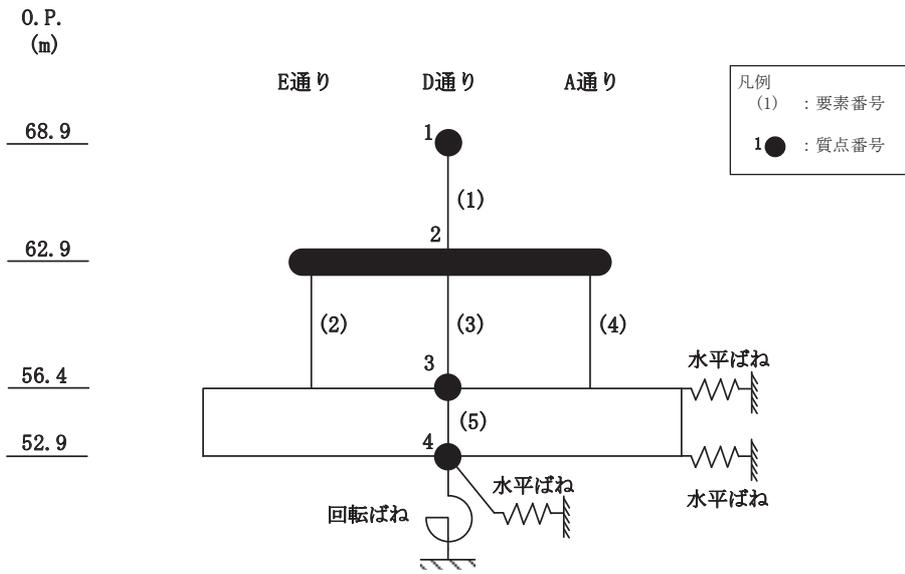
緊急用電気品建屋の復元力特性は、添付書類「VI-2-2-21 緊急用電気品建屋の地震応答計算書」と同一とする。また、解析結果の比較にあたっては、基本ケース（減衰定数5%）との比較と合わせて、材料物性の不確かさを考慮したケースとの比較も行う。

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、曲げモーメントの応答値のうち耐震壁の頂部で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。

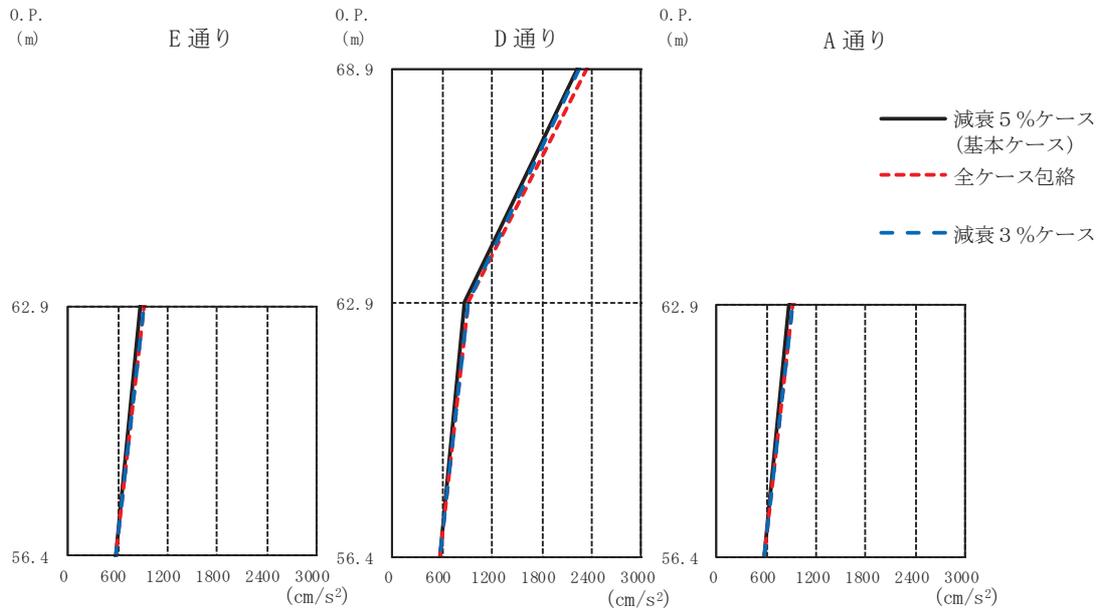
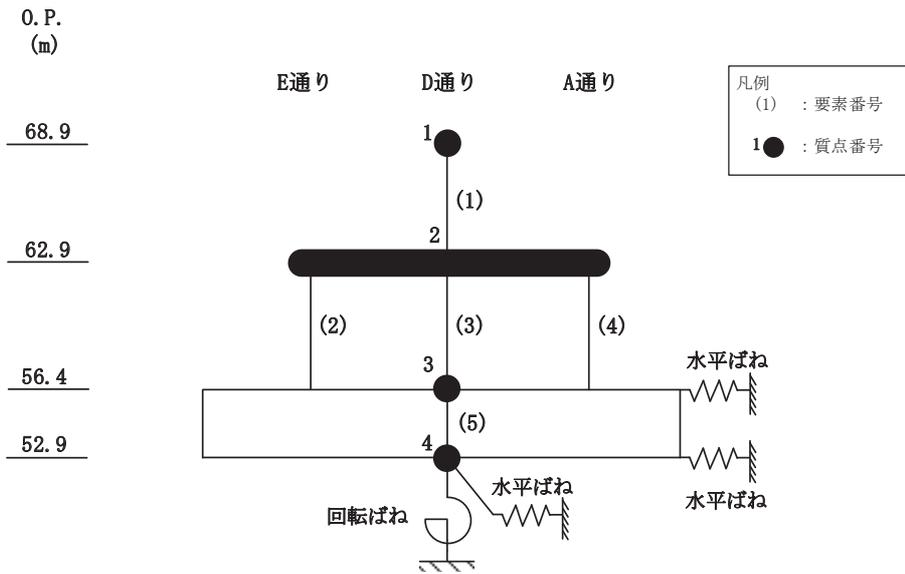
鉛直方向においても、減衰定数3%の応答値は、減衰定数5%の場合と比較してわずかに大きくなる傾向があることを確認した。また、全ケースの包絡値との比較では、応答加速度や応答軸力で一部上回る箇所があるものの、差異は極めて小さく、値はおおむね同等であることを確認した。



E 通り			D 通り			A 通り			
			(cm/s ²)						
O.P. (m)	減衰5%ケース (基本ケース)	全ケース包絡	減衰5%ケース (基本ケース)	全ケース包絡	減衰3%ケース	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
68.9			2580	2710	2586	68.9			
62.9	957	1162	957	1162	986	62.9	957	1162	986
56.4	594	614	594	614	595	56.4	594	614	595

(a) S_s-D2

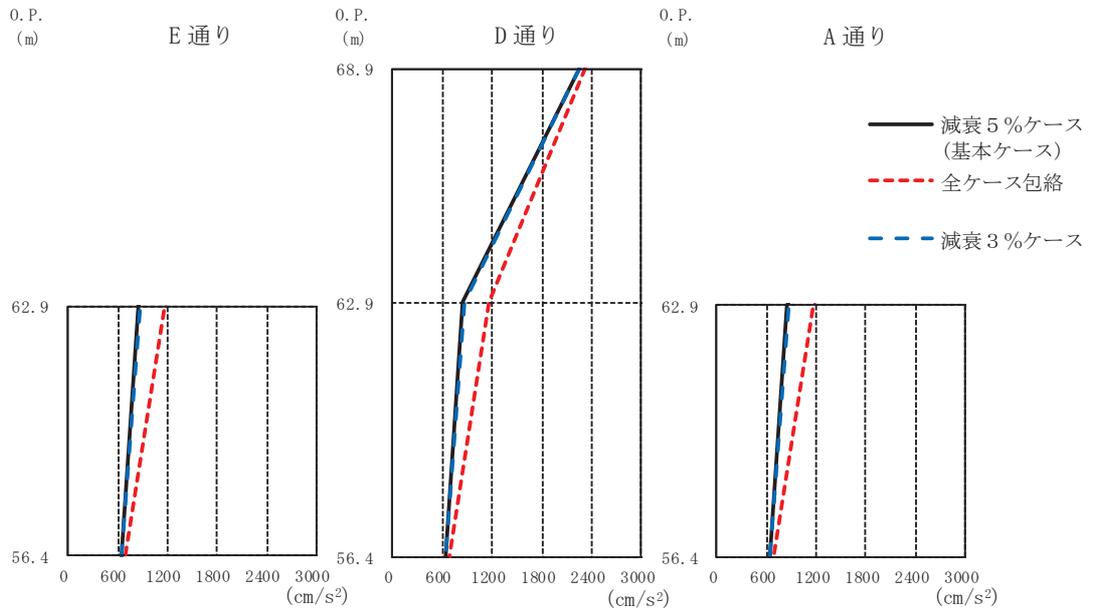
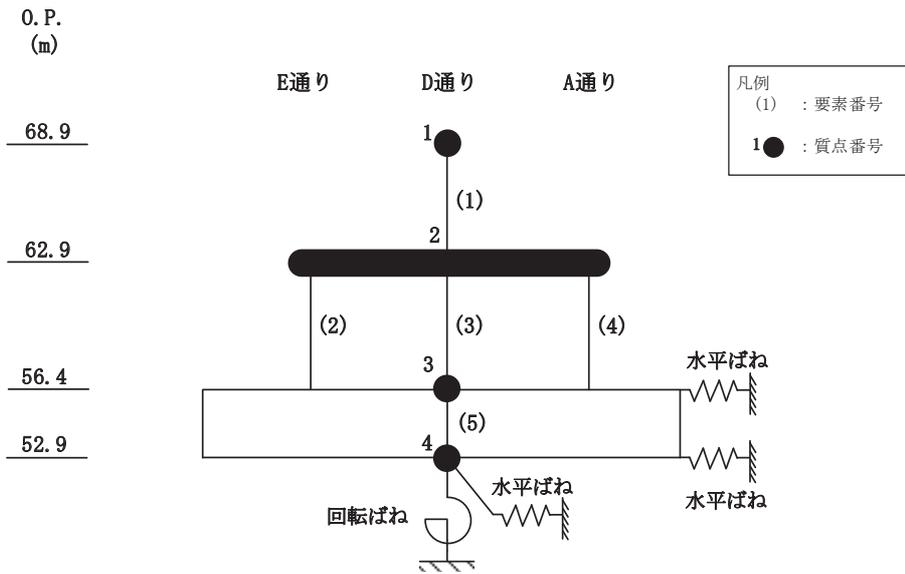
図3-1(1) 最大応答加速度 (基準地震動S_s, NS方向) (1/3)



E 通り			D 通り			A 通り			
			(cm/s ²)						
O.P. (m)	減衰5%ケース (基本ケース)	全ケース包絡	減衰5%ケース (基本ケース)	全ケース包絡	減衰3%ケース	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
68.9			2235	2336	2243	68.9			
62.9	877	922	877	922	913	62.9	877	922	913
56.4	563	575	563	575	564	56.4	563	575	564

(b) S_s-D3

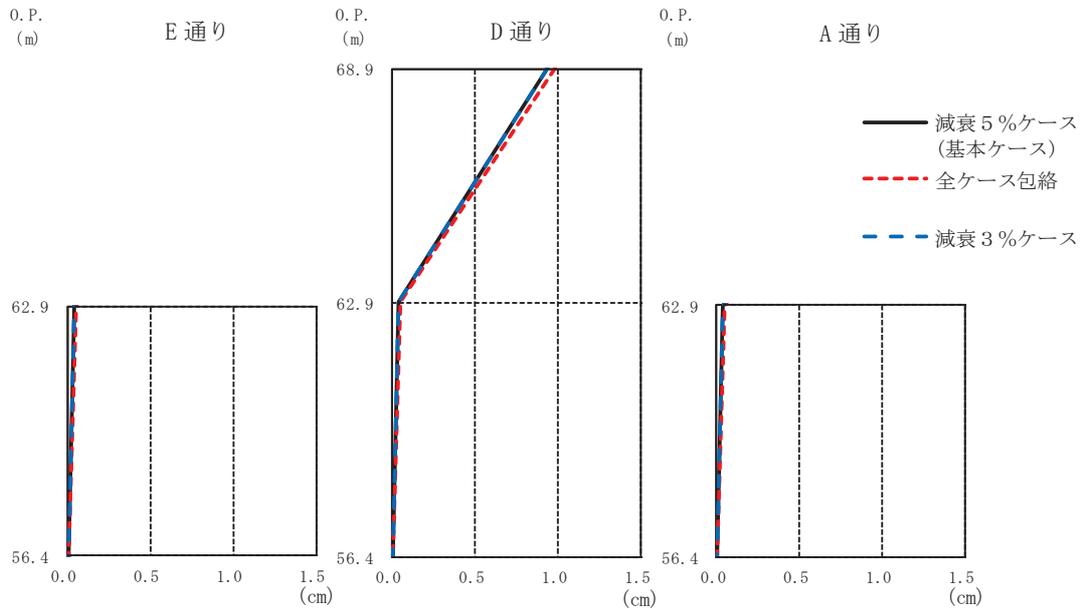
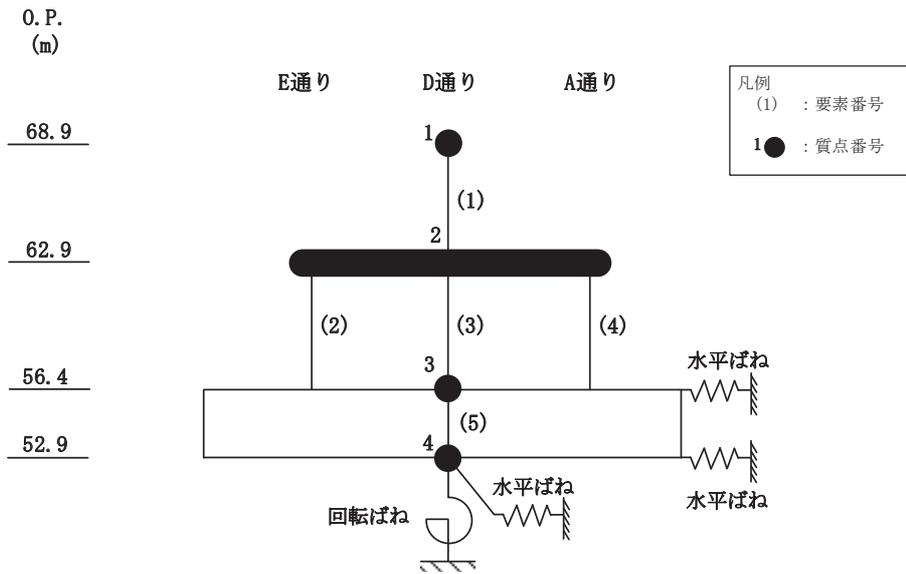
図3-1(2) 最大応答加速度 (基準地震動S_s, NS方向) (2/3)



E 通り			D 通り			A 通り			
			(cm/s ²)						
O.P. (m)	減衰5%ケース (基本ケース)	全ケース包絡	減衰5%ケース (基本ケース)	全ケース包絡	減衰3%ケース	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
68.9			2253	2331	2265	68.9			
62.9	838	1159	838	1159	873	62.9	838	1159	873
56.4	644	686	644	686	647	56.4	644	686	647

(c) S_s - F 3

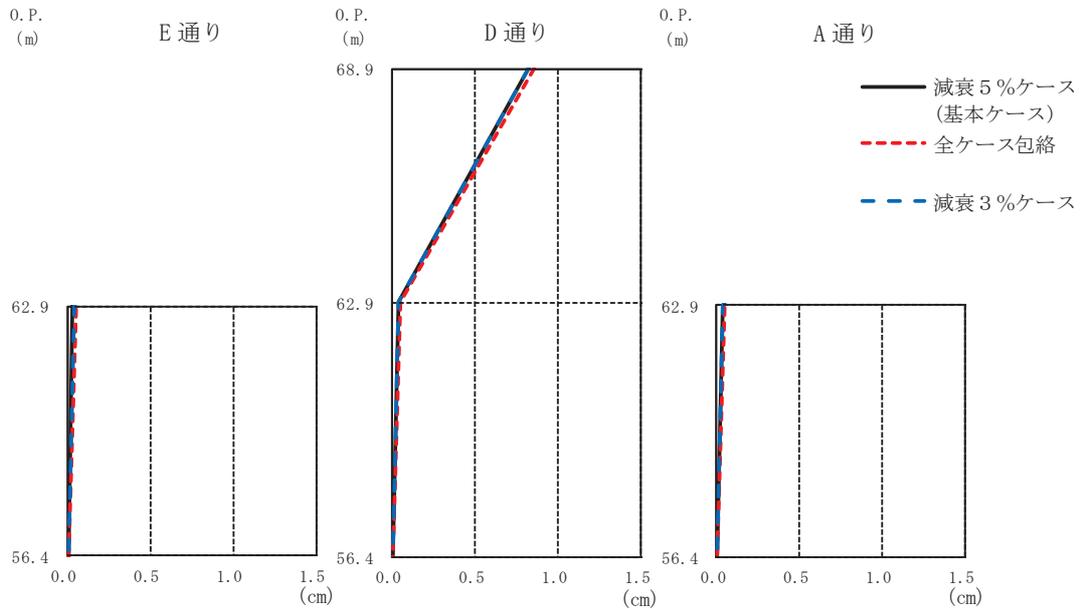
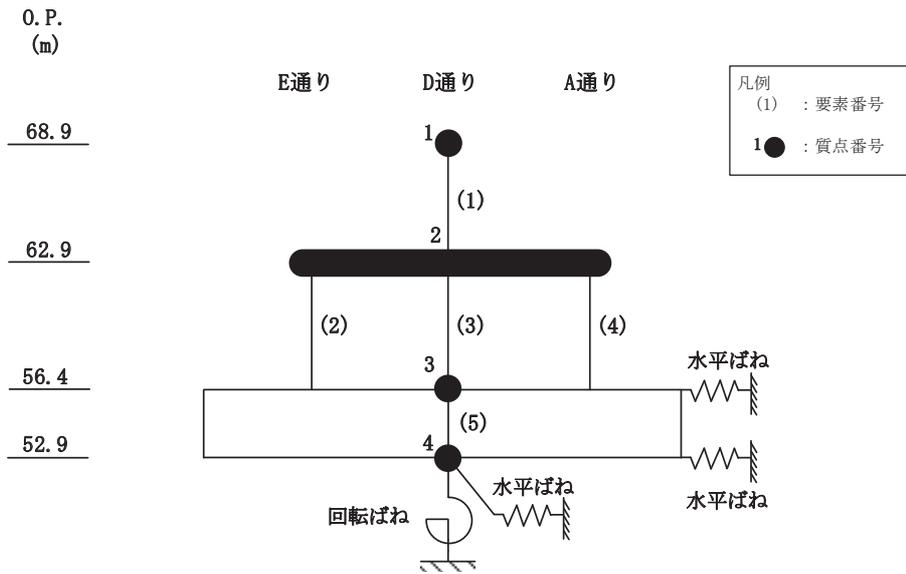
図 3-1(3) 最大応答加速度 (基準地震動 S_s, NS 方向) (3/3)



E 通り				D 通り			A 通り				
				(cm)							
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	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	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
68.9				68.9	0.93	0.98	0.93	68.9			
62.9	0.03	0.05	0.04	62.9	0.03	0.05	0.04	62.9	0.03	0.05	0.04
56.4	0.00	0.01	0.00	56.4	0.00	0.01	0.00	56.4	0.00	0.01	0.00

(a) $S_s - D2$

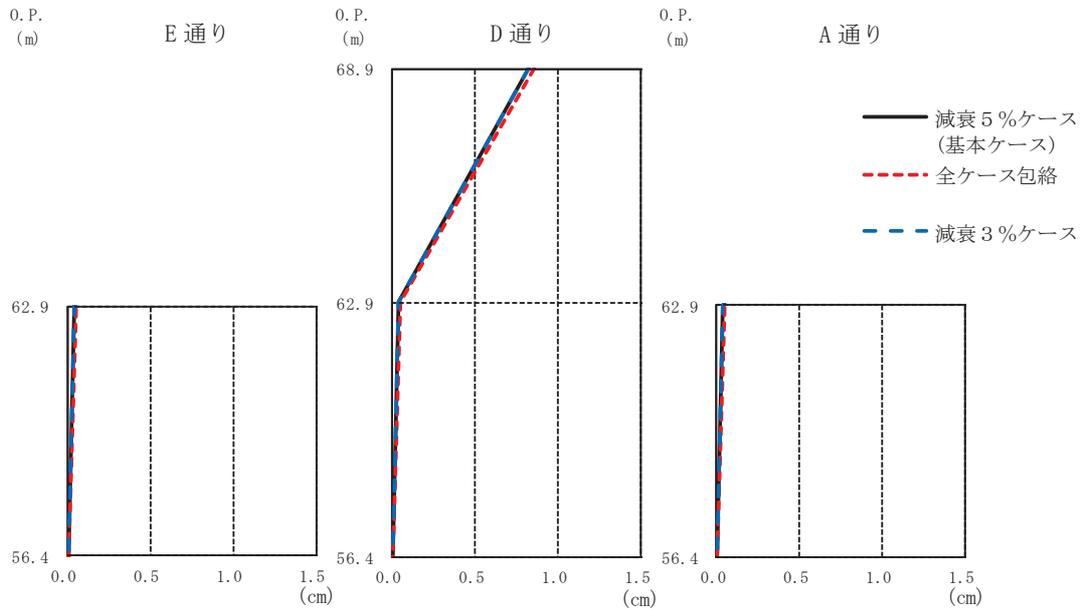
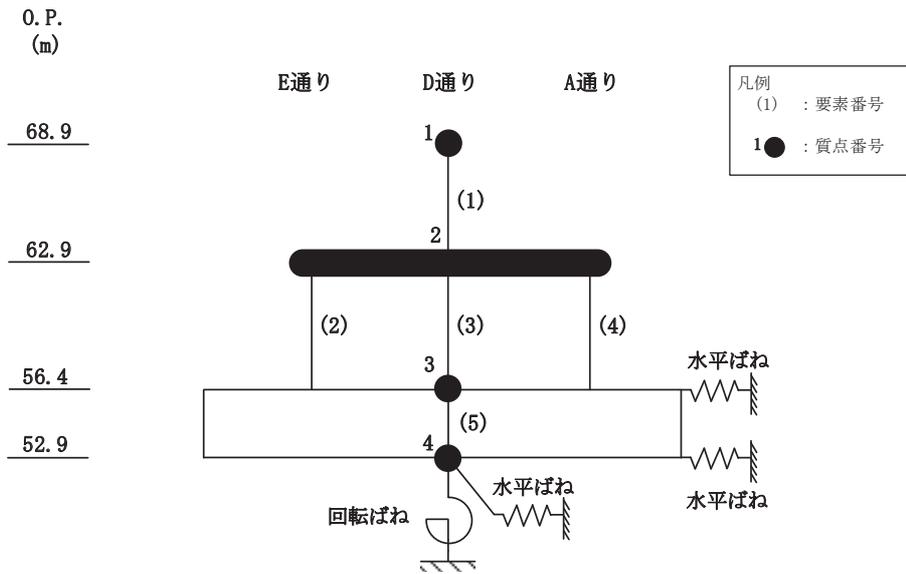
図 3-2(1) 最大応答変位 (基準地震動 S_s , NS 方向) (1/3)



E 通り				D 通り			A 通り				
				(cm)							
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	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	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
68.9				68.9	0.81	0.85	0.82	68.9			
62.9	0.03	0.04	0.03	62.9	0.03	0.04	0.03	62.9	0.03	0.04	0.03
56.4	0.00	0.00	0.00	56.4	0.00	0.00	0.00	56.4	0.00	0.00	0.00

(b) $S_s - D3$

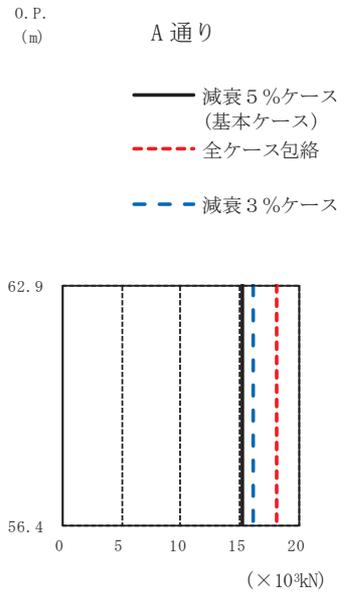
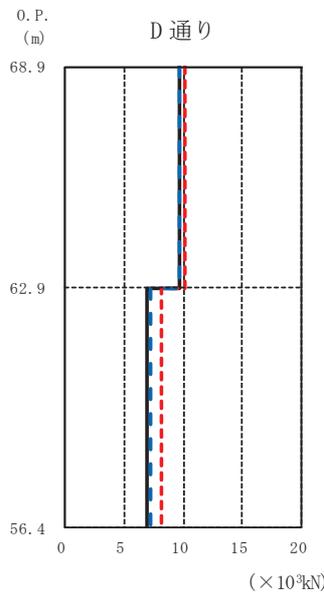
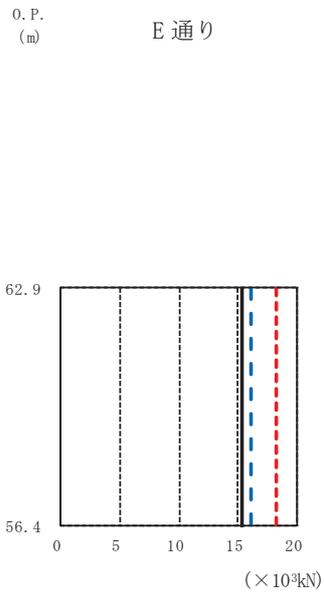
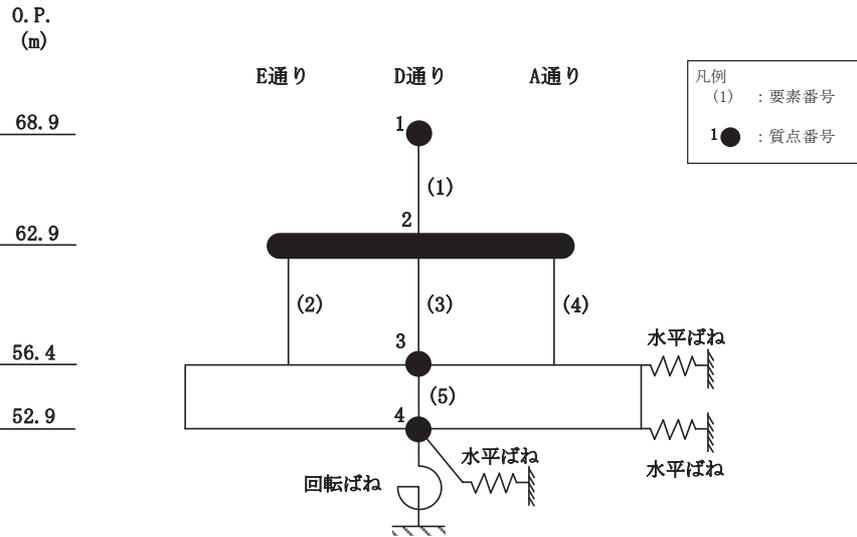
図 3-2(2) 最大応答変位 (基準地震動 S_s , NS 方向) (2/3)



E 通り				D 通り				A 通り							
			(cm)						(cm)						
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	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	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	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
68.9				68.9	0.82	0.85	0.82	68.9				68.9			
62.9	0.03	0.05	0.03	62.9	0.03	0.05	0.03	62.9	0.03	0.05	0.03	62.9	0.03	0.05	0.03
56.4	0.00	0.00	0.00	56.4	0.00	0.00	0.00	56.4	0.00	0.00	0.00	56.4	0.00	0.00	0.00

(c) $S_s - F3$

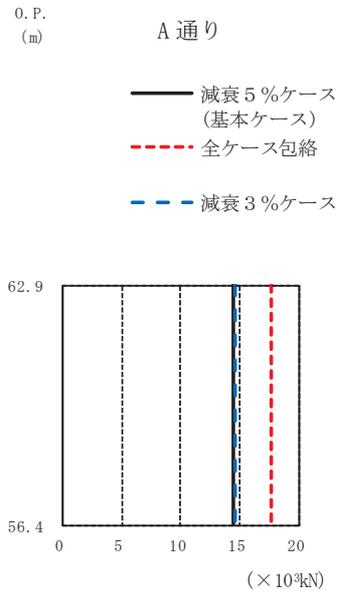
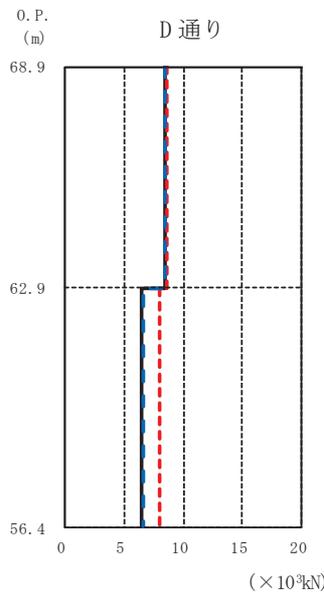
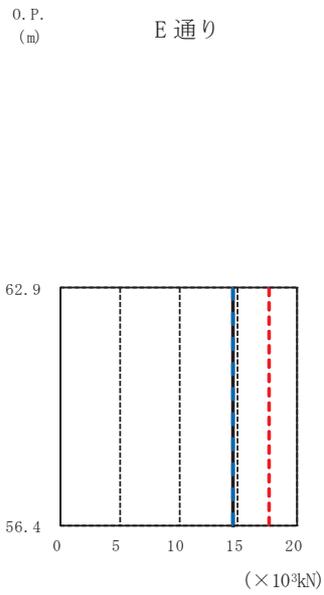
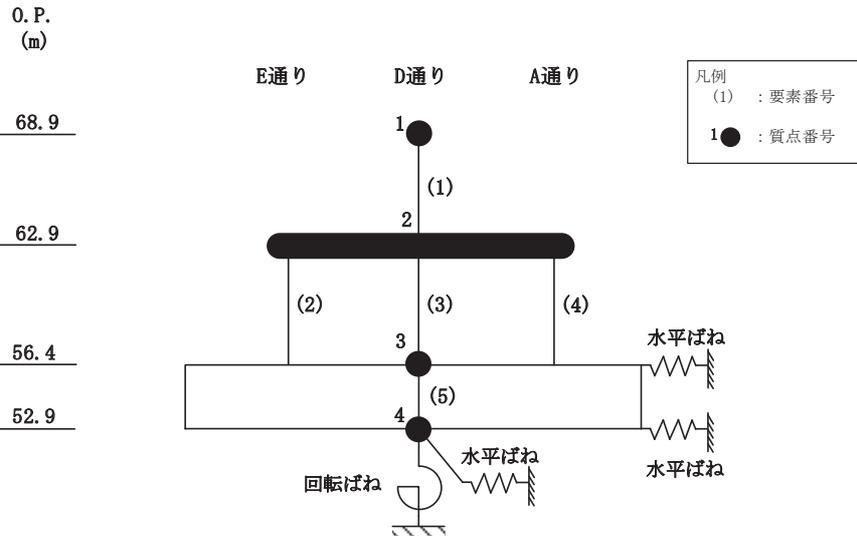
図 3-2(3) 最大応答変位 (基準地震動 S_s , NS 方向) (3/3)



O.P. (m)	E 通り			D 通り			A 通り		
	($\times 10^3$ kN)			($\times 10^3$ kN)			($\times 10^3$ kN)		
	減衰5%ケース (基本ケース)	全ケース包絡	減衰3%ケース	減衰5%ケース (基本ケース)	全ケース包絡	減衰3%ケース	減衰5%ケース (基本ケース)	全ケース包絡	減衰3%ケース
62.9				9.62	10.10	9.65			
56.4	15.29	18.21	16.12	6.91	8.22	7.28	15.29	18.21	16.12

(a) S s - D 2

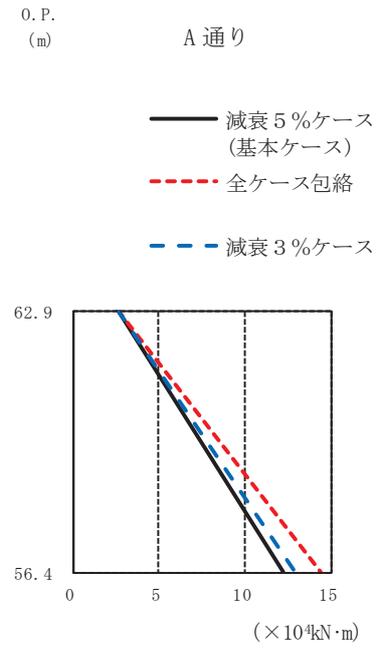
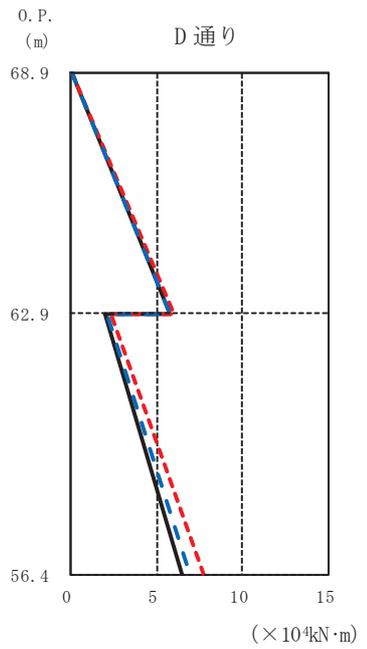
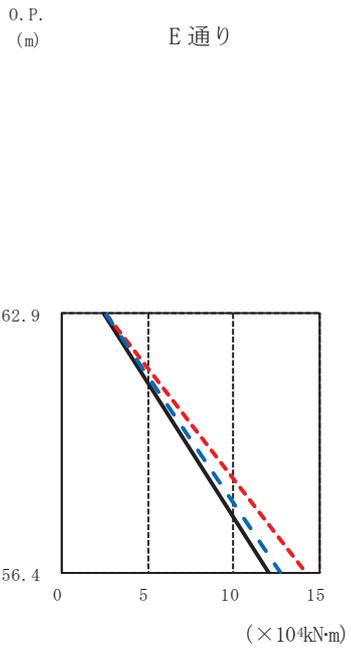
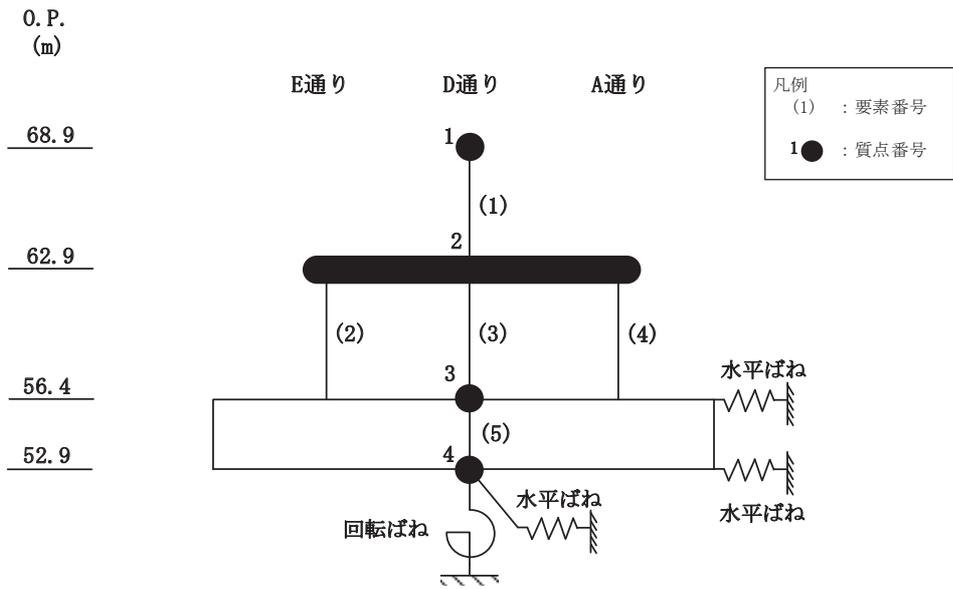
図 3-3(1) 最大応答せん断力 (基準地震動 S s, NS 方向) (1/3)



O.P. (m)	E 通り			D 通り			A 通り		
	(×10 ³ kN)			(×10 ³ kN)			(×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	減衰5%ケース (基本ケース)	全ケース包絡	減衰3%ケース	減衰5%ケース (基本ケース)	全ケース包絡	減衰3%ケース
68.9									
62.9				8.40	8.69	8.44			
56.4	14.52	17.68	14.59	6.56	7.98	6.59	14.52	17.68	14.59

(c) S s - F 3

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



O.P. (m) E 通り ($\times 10^4 \text{kN}\cdot\text{m}$)

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
62.9	2.49	2.54	2.55
56.4	12.08	14.26	12.72

O.P. (m) D 通り ($\times 10^4 \text{kN}\cdot\text{m}$)

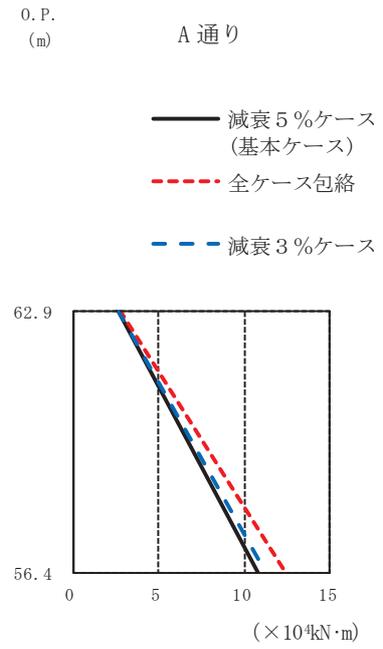
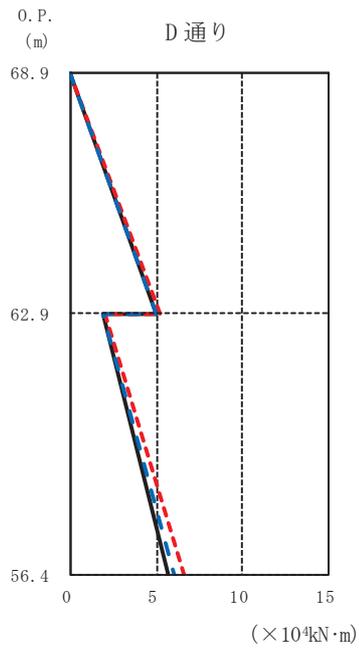
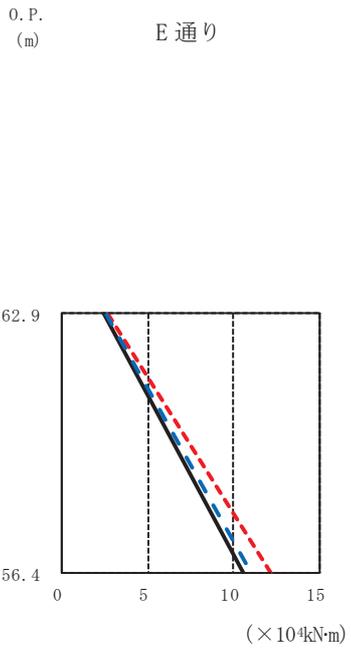
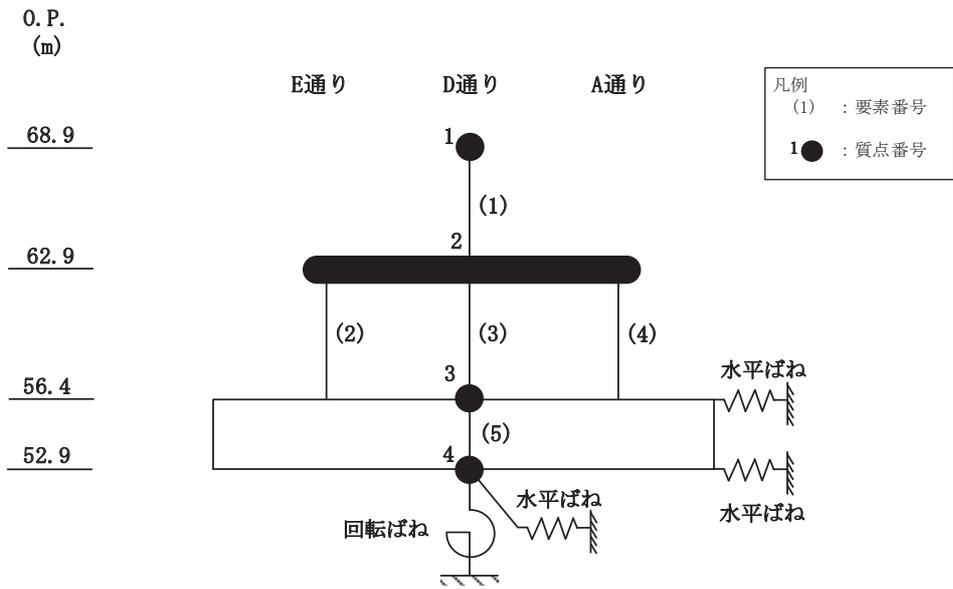
O.P. (m)	減衰5%ケース (基本ケース)	全ケース包絡	減衰3%ケース
68.9	0.00	0.00	0.00
62.9	5.77	6.06	5.79
56.4	2.03	2.36	2.14
56.4	6.52	7.70	6.87

O.P. (m) A 通り ($\times 10^4 \text{kN}\cdot\text{m}$)

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
62.9	2.57	2.62	2.63
56.4	12.21	14.42	12.86

(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) (1/3)



O.P. (m) E 通り (x10⁴kN·m)

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
68.9	0.00	0.00	0.00
62.9	2.46	2.65	2.53
56.4	10.60	12.21	11.09

O.P. (m) D 通り (x10⁴kN·m)

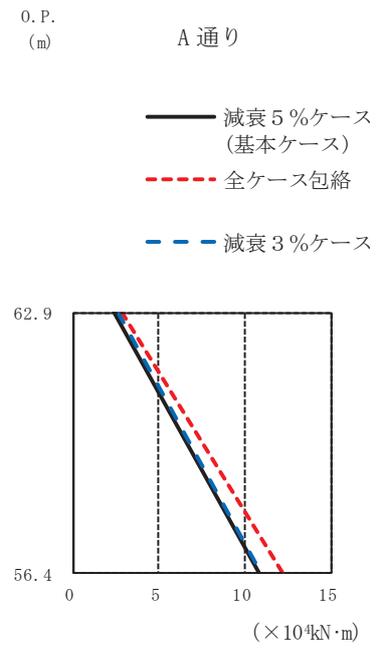
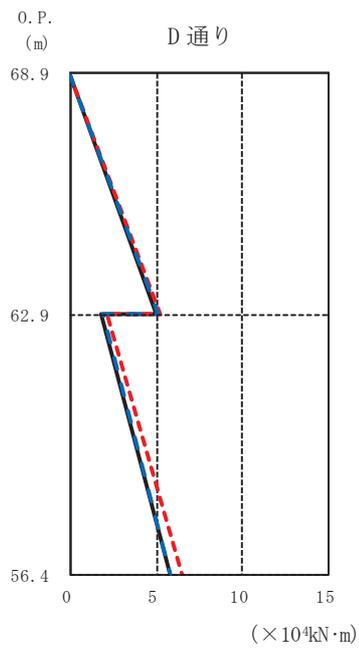
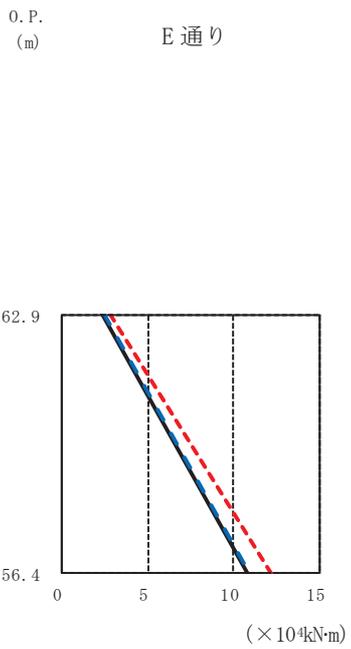
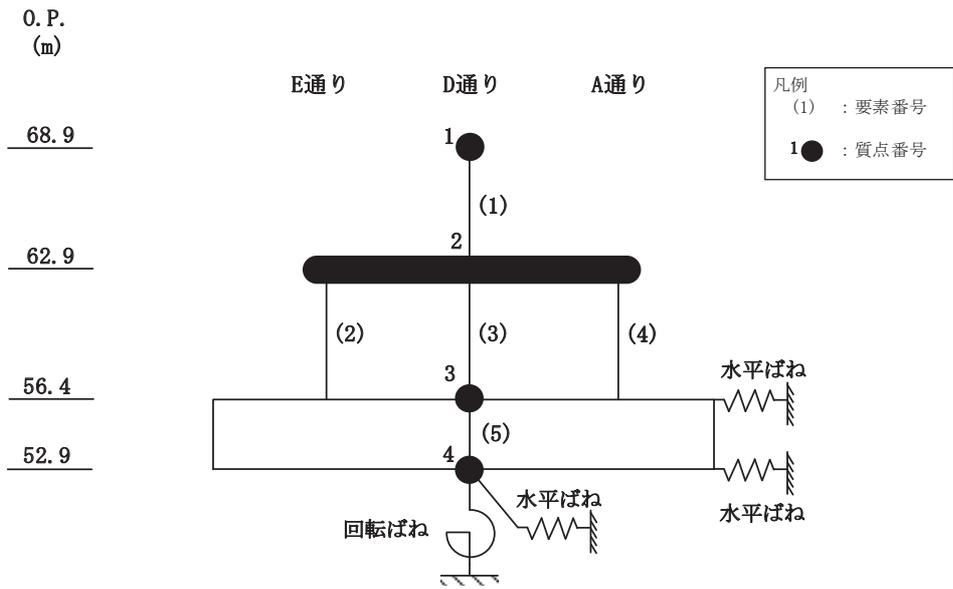
O.P. (m)	減衰5%ケース (基本ケース)	全ケース包絡	減衰3%ケース
68.9	0.00	0.00	0.00
62.9	5.00	5.22	5.01
56.4	1.90	2.06	1.95
52.9	5.71	6.57	5.97

O.P. (m) A 通り (x10⁴kN·m)

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
68.9	0.00	0.00	0.00
62.9	2.56	2.75	2.63
56.4	10.71	12.35	11.21

(b) S_s-D3

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) (2/3)



O.P. (m) E 通り ($\times 10^4 \text{kN}\cdot\text{m}$)

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
62.9	2.36	2.76	2.48
56.4	10.79	12.17	10.88

O.P. (m) D 通り ($\times 10^4 \text{kN}\cdot\text{m}$)

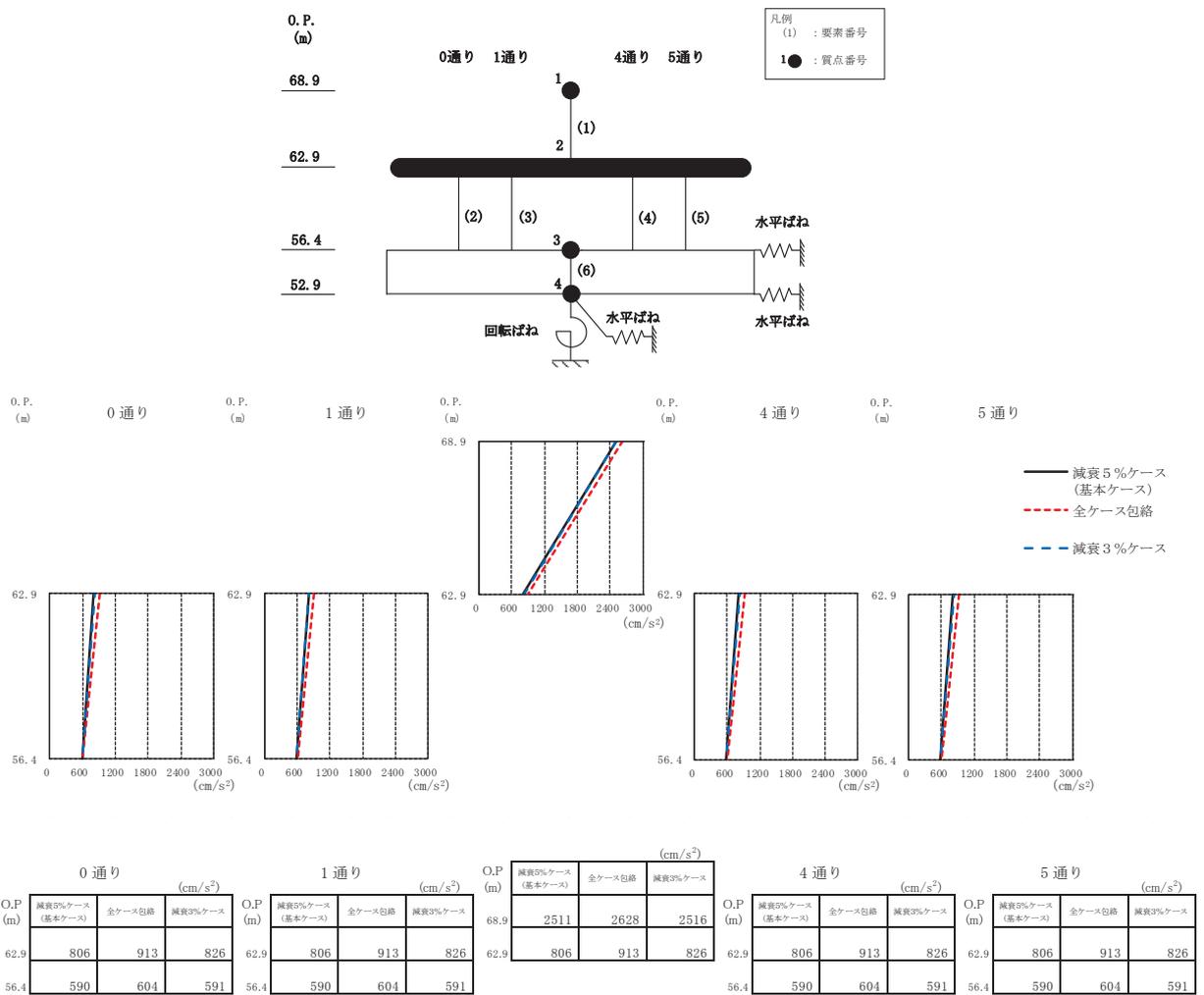
O.P. (m)	減衰5%ケース (基本ケース)	全ケース包絡	減衰3%ケース
68.9	0.00	0.00	0.00
62.9	5.04	5.21	5.07
56.4	1.78	2.15	1.89
56.4	5.79	6.52	5.83

O.P. (m) A 通り ($\times 10^4 \text{kN}\cdot\text{m}$)

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
62.9	2.44	2.87	2.57
56.4	10.91	12.30	10.99

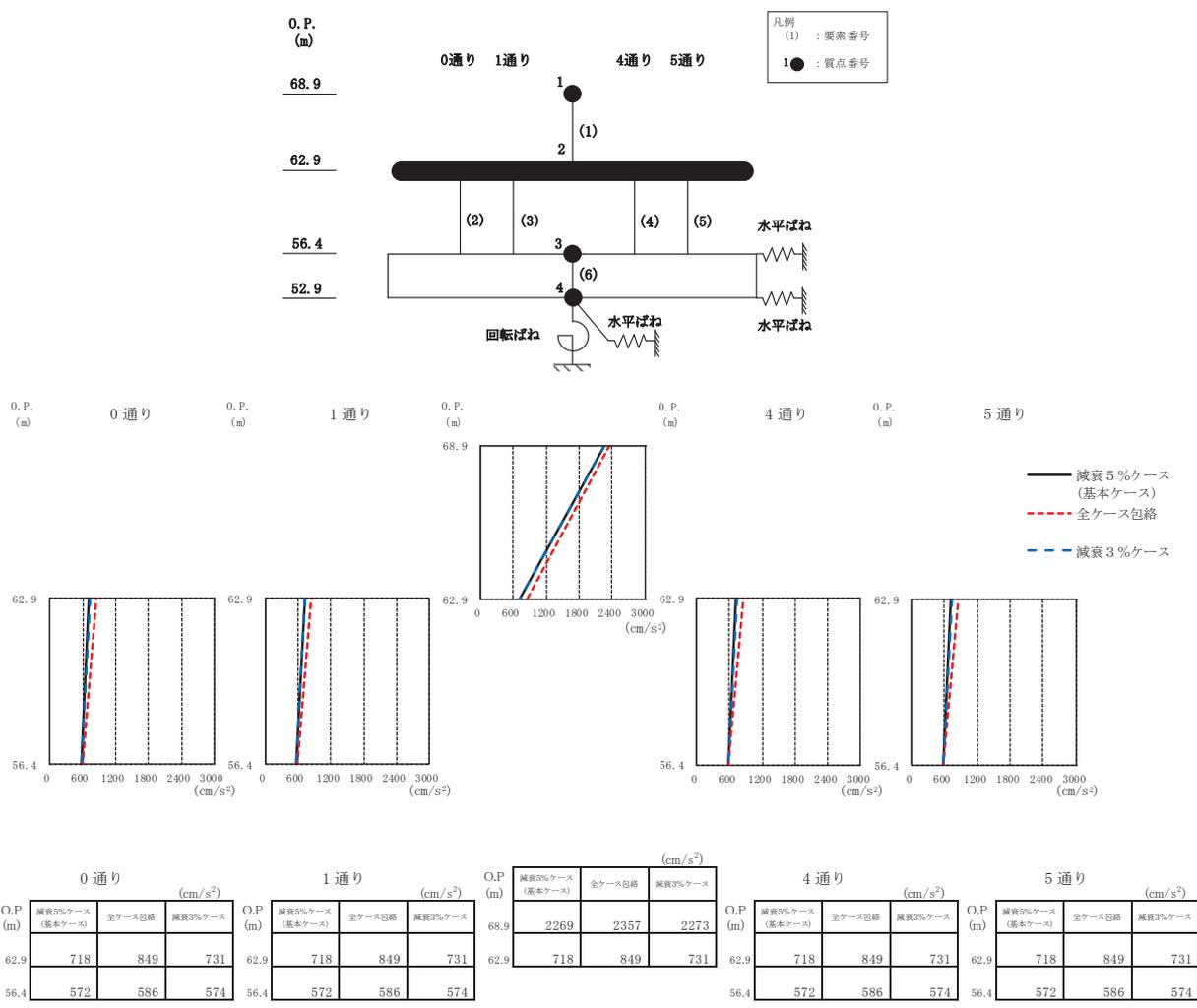
(c) S s - F 3

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



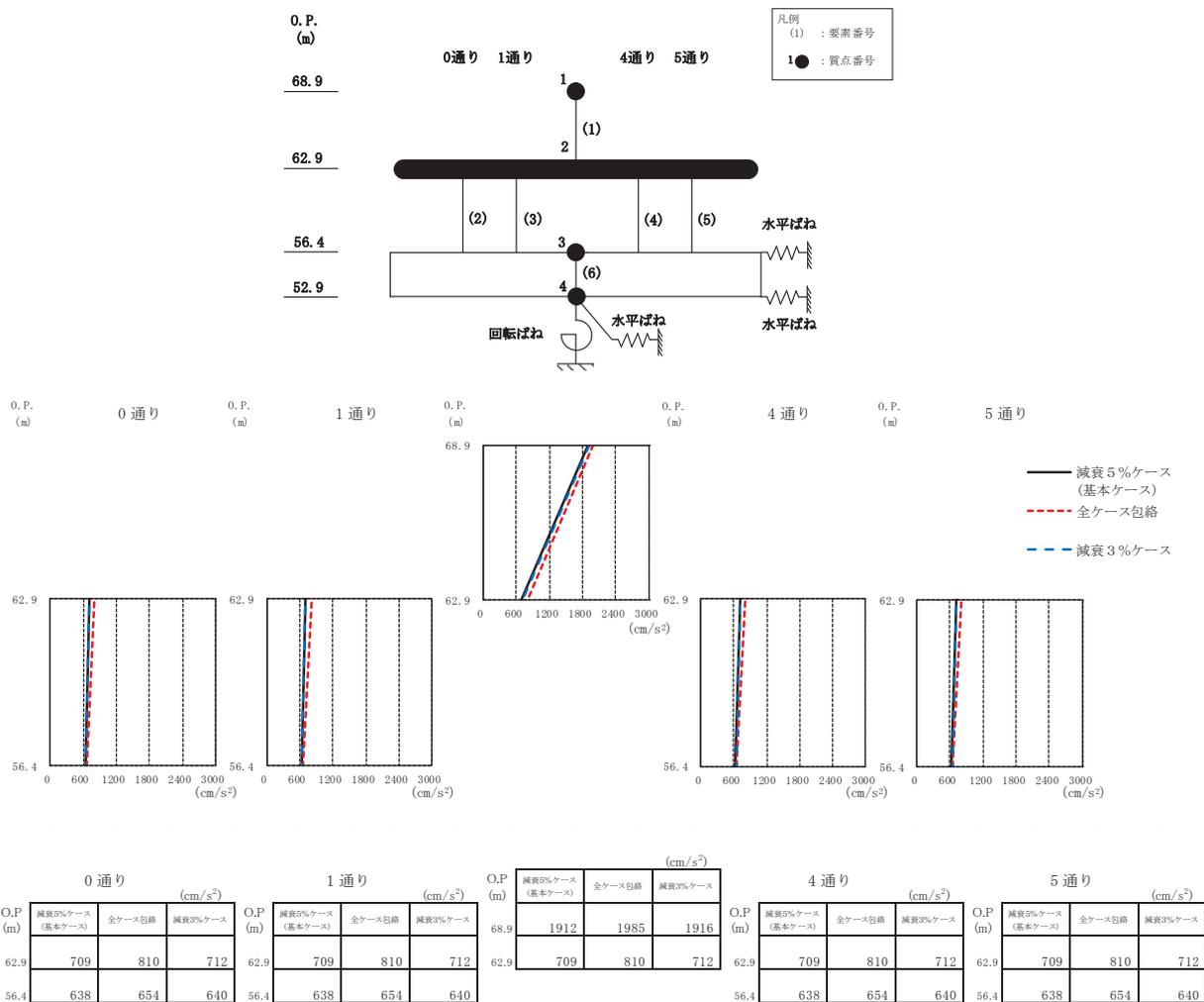
(a) S s - D 2

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



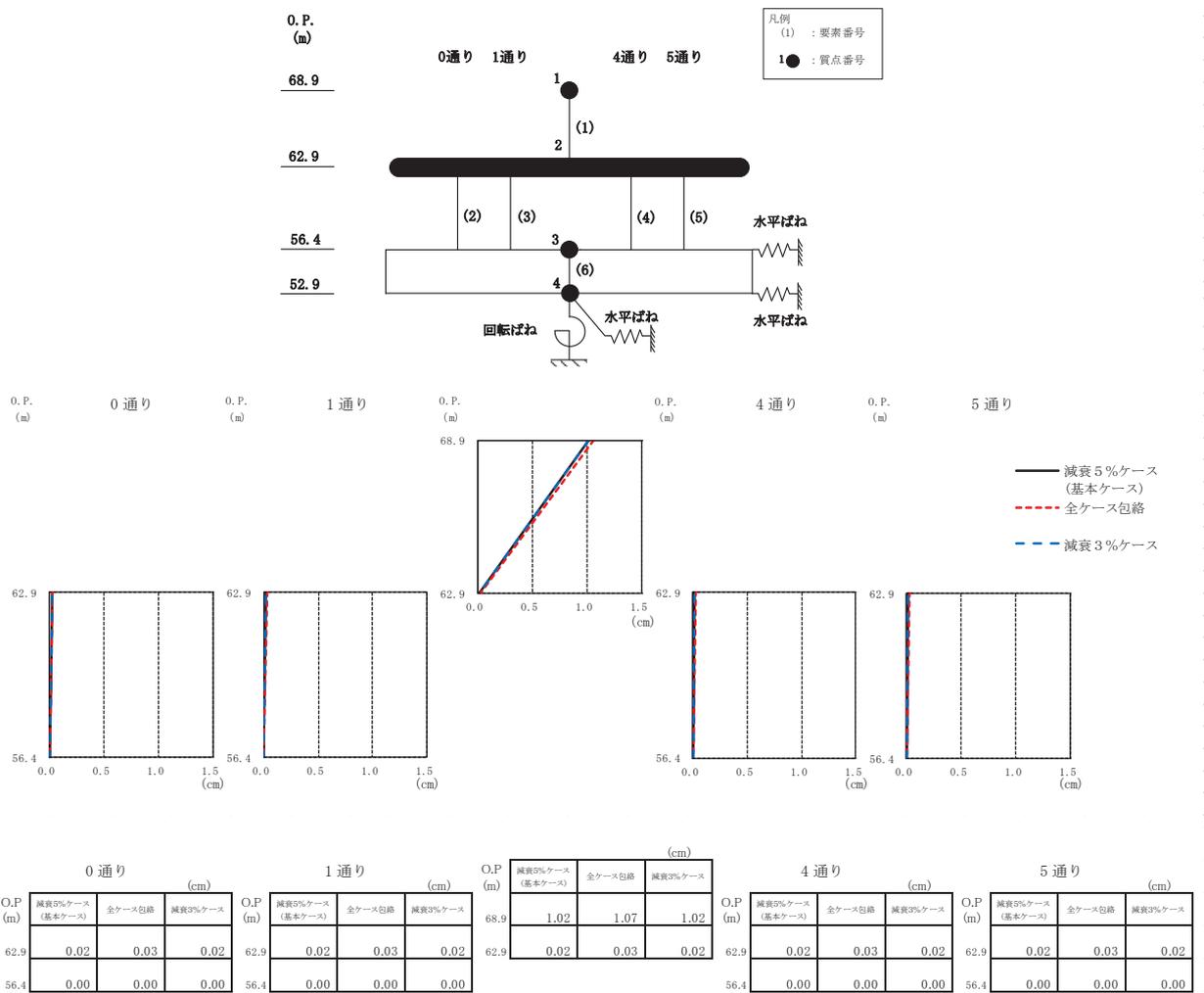
(b) S s - D 3

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



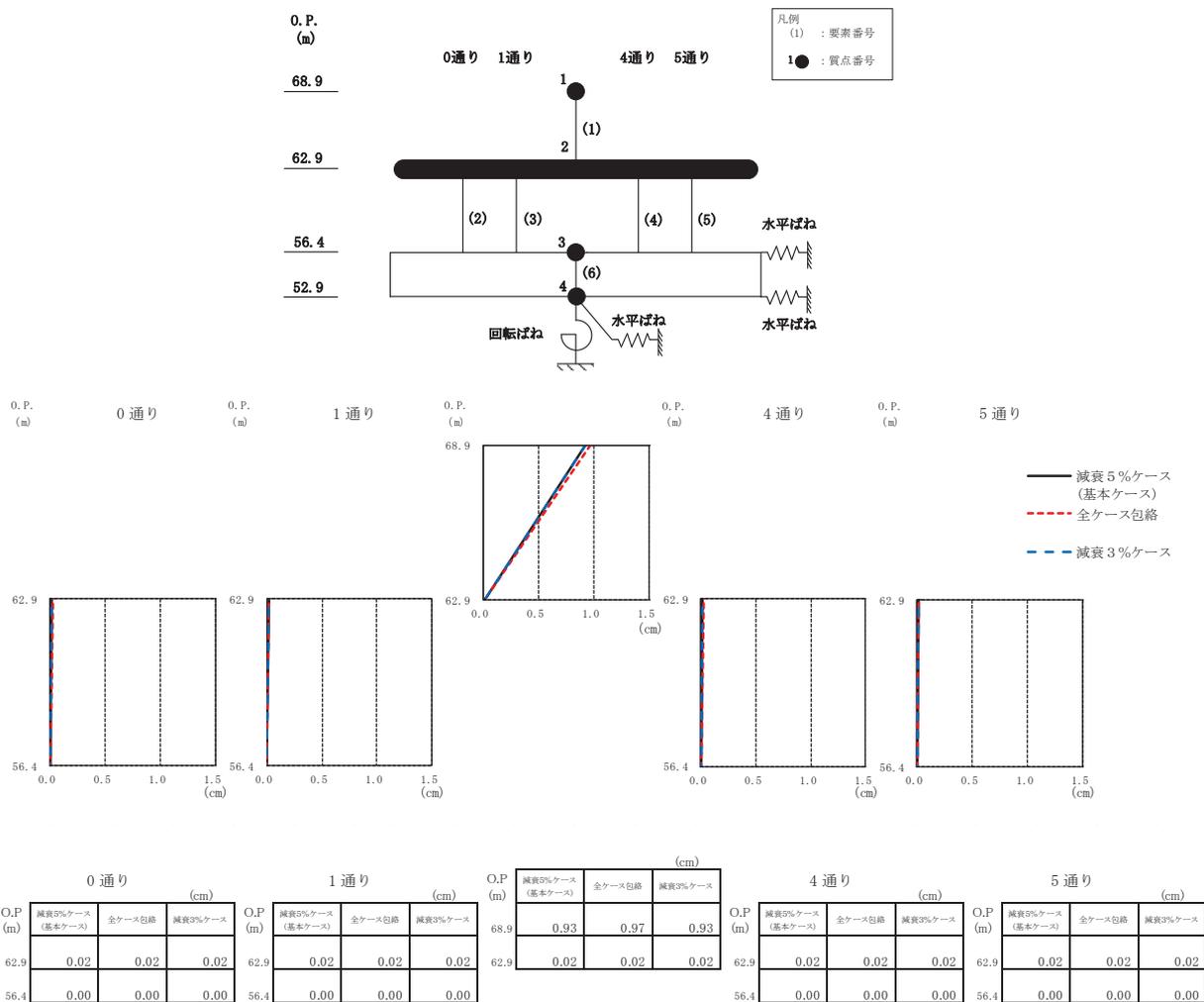
(c) S s - F 3

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



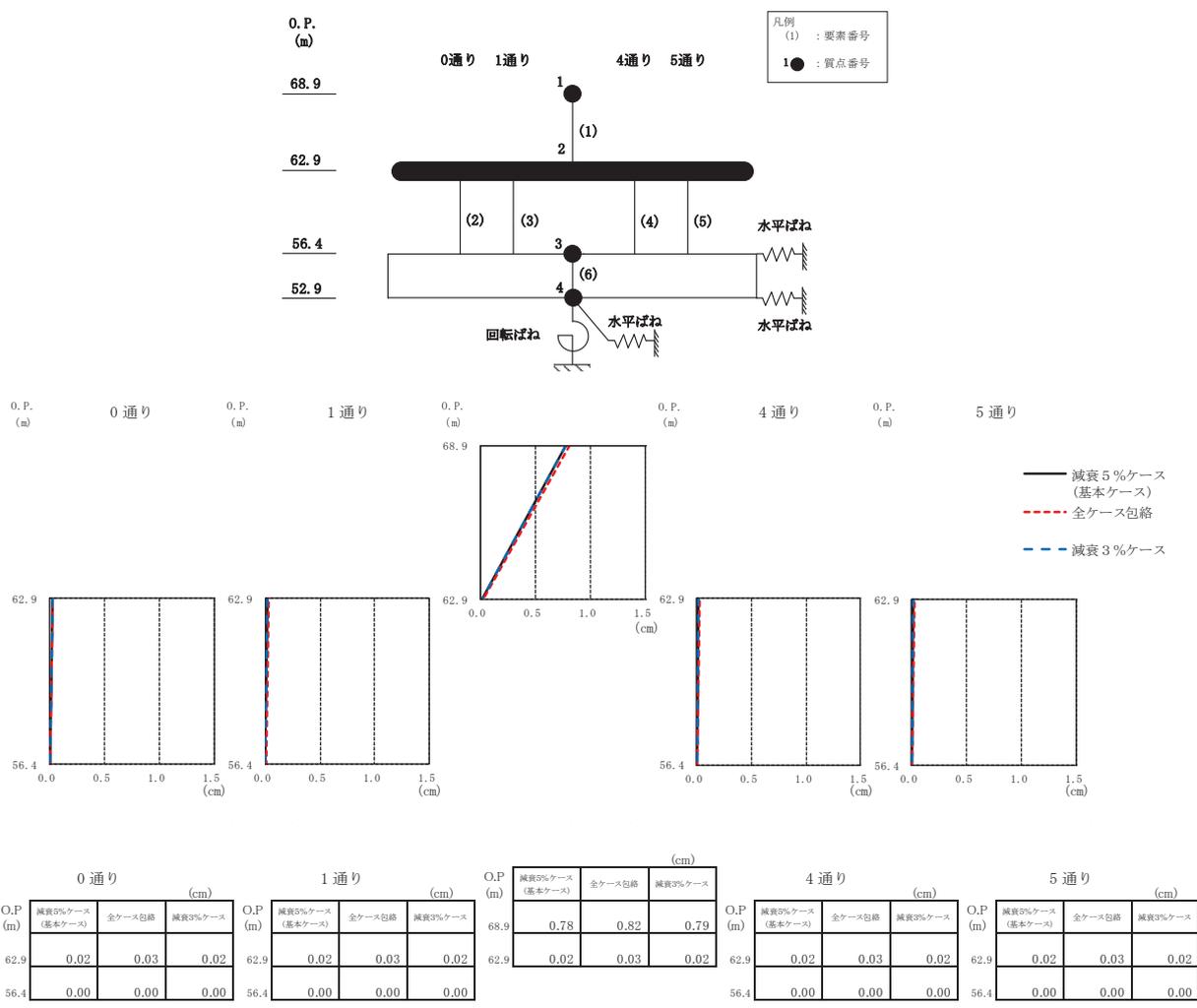
(a) $S_s - D2$

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



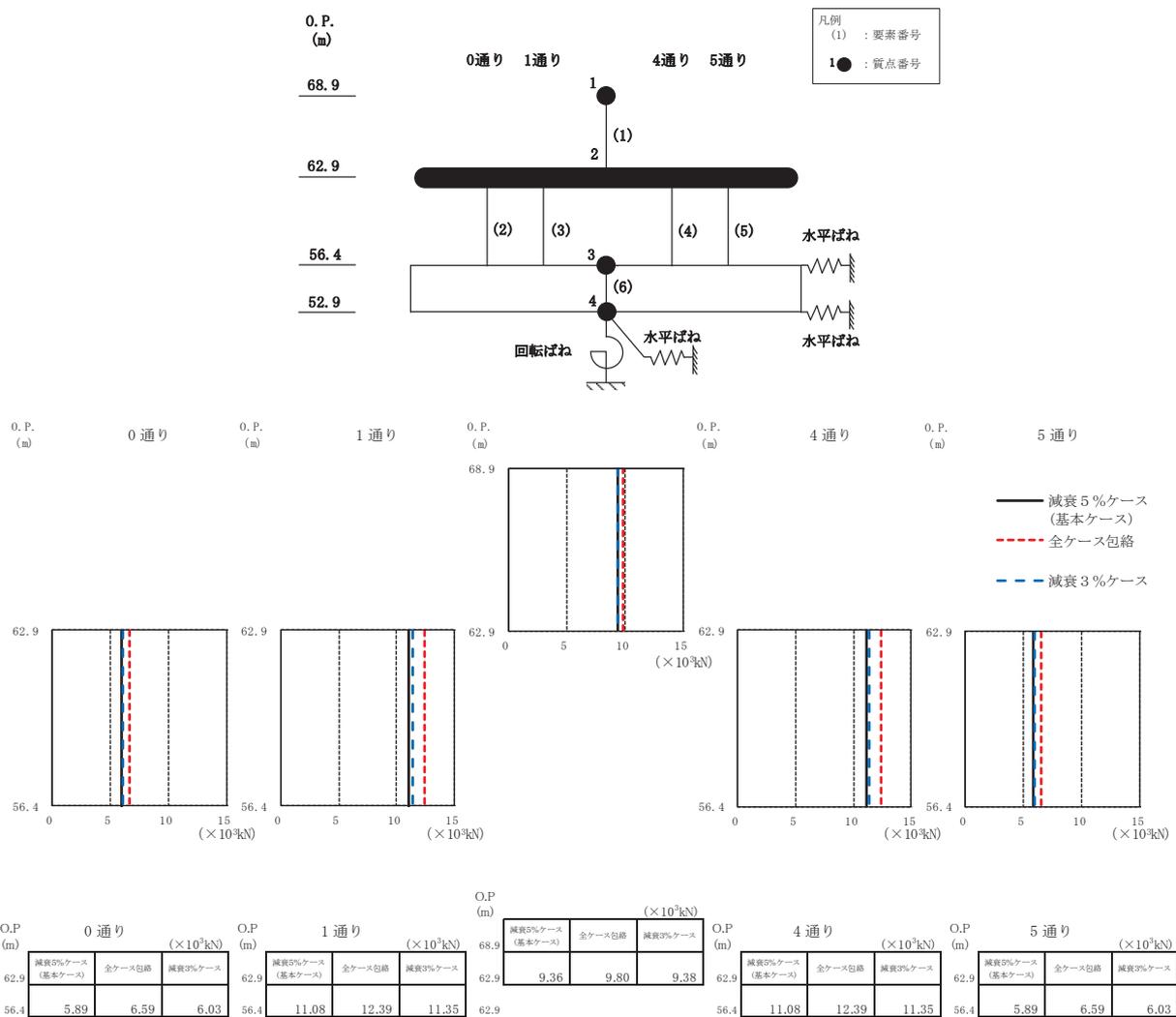
(b) $S_s - D3$

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



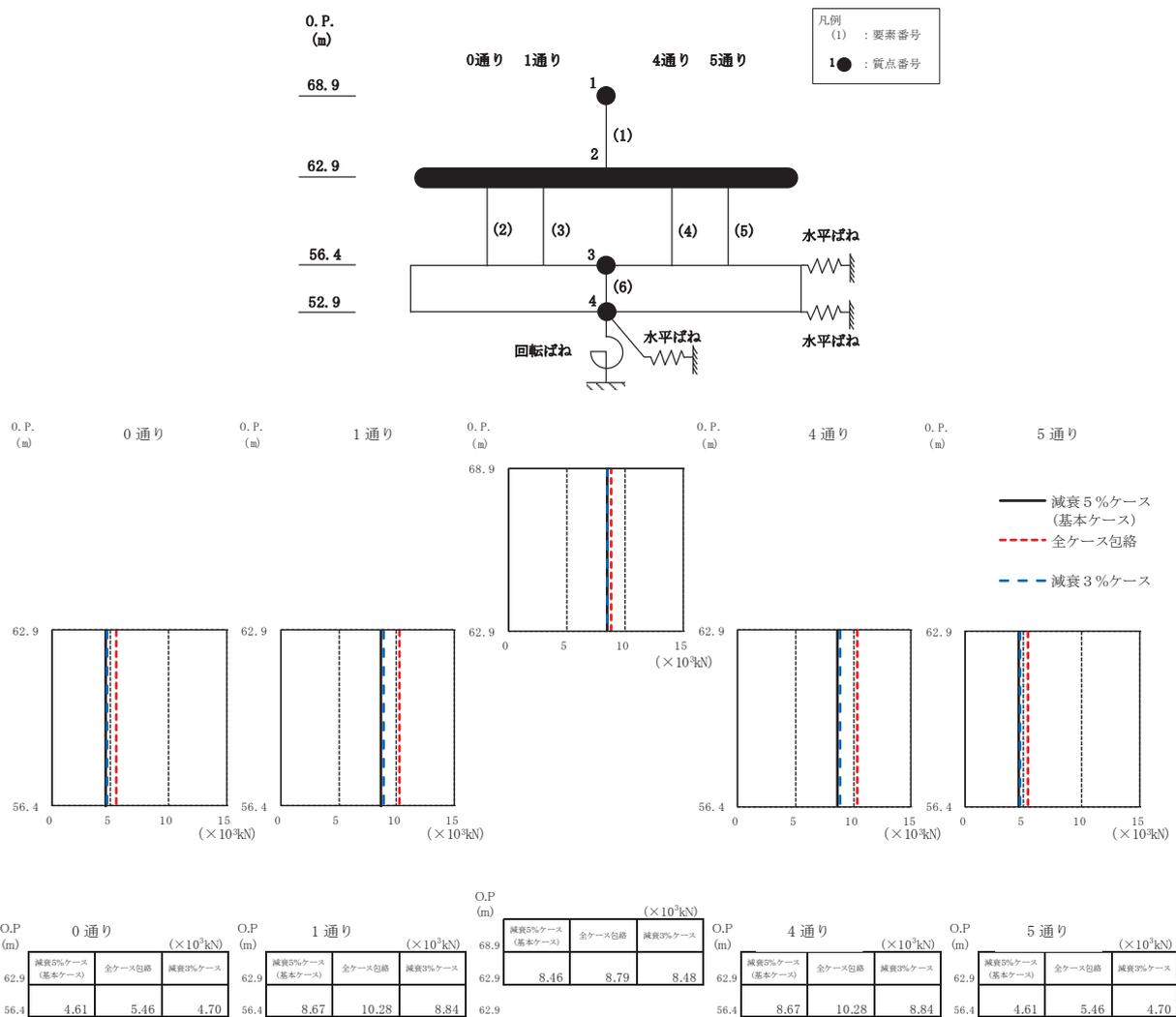
(c) S s - F 3

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



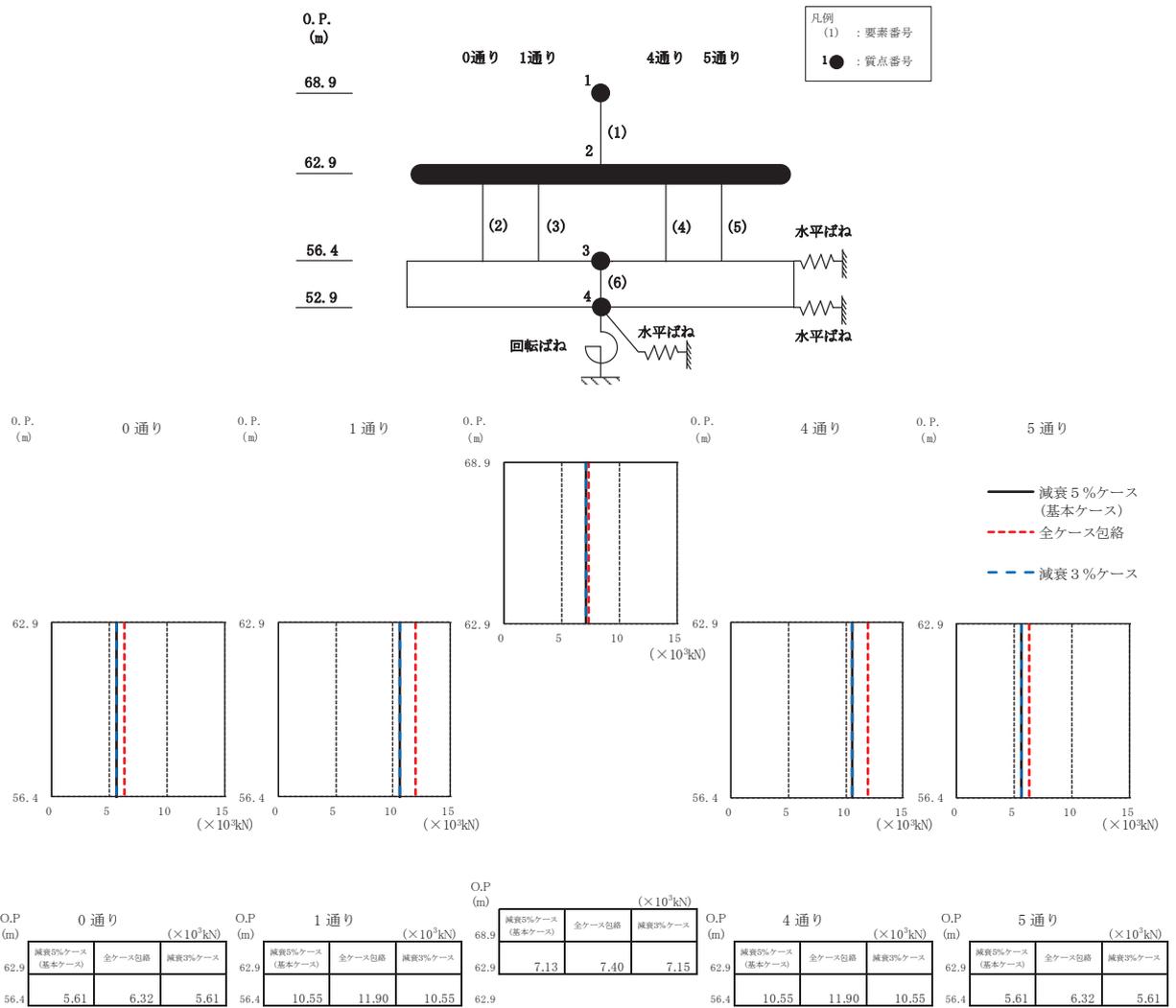
(a) S_s-D2

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



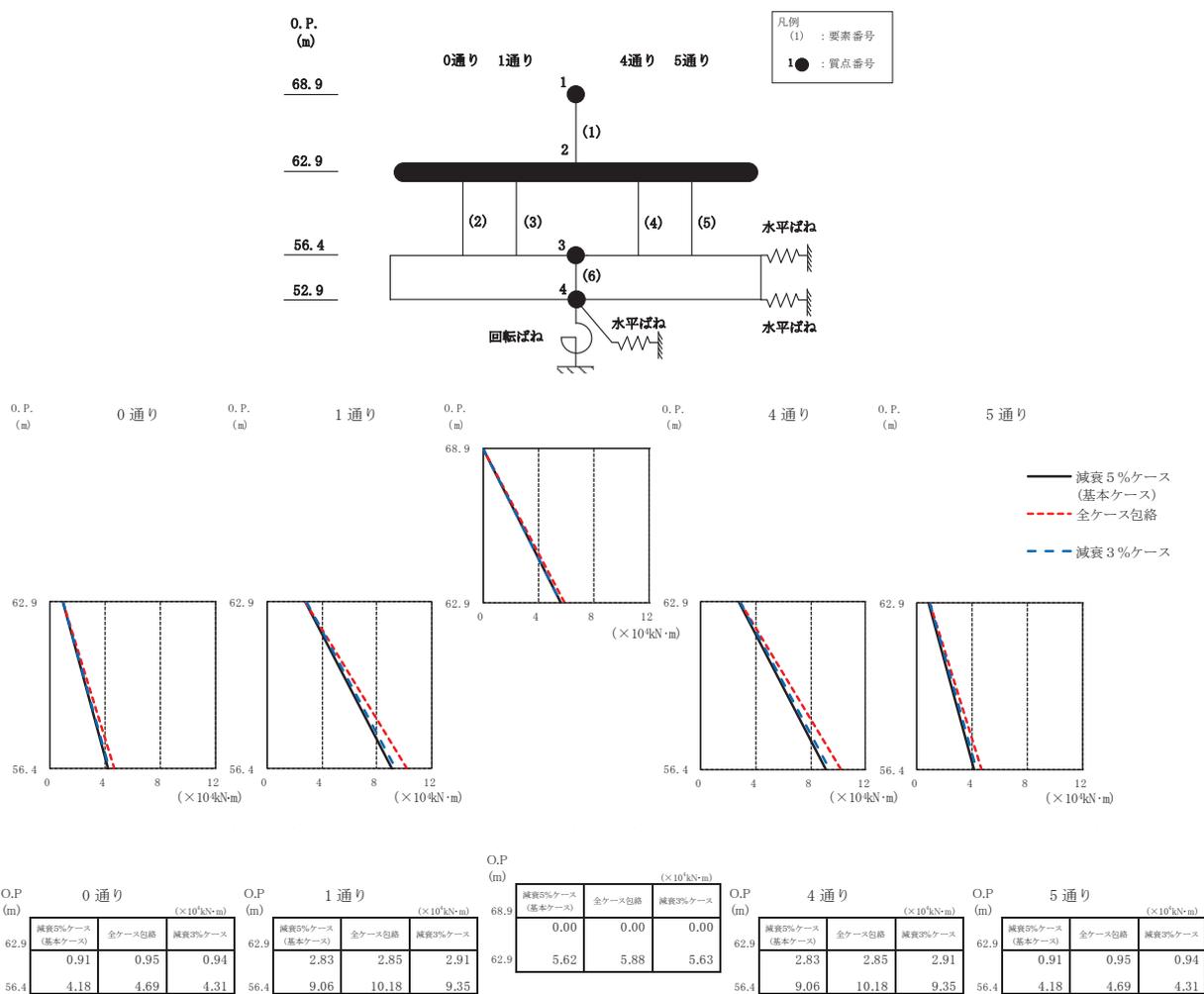
(b) S_s - D 3

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



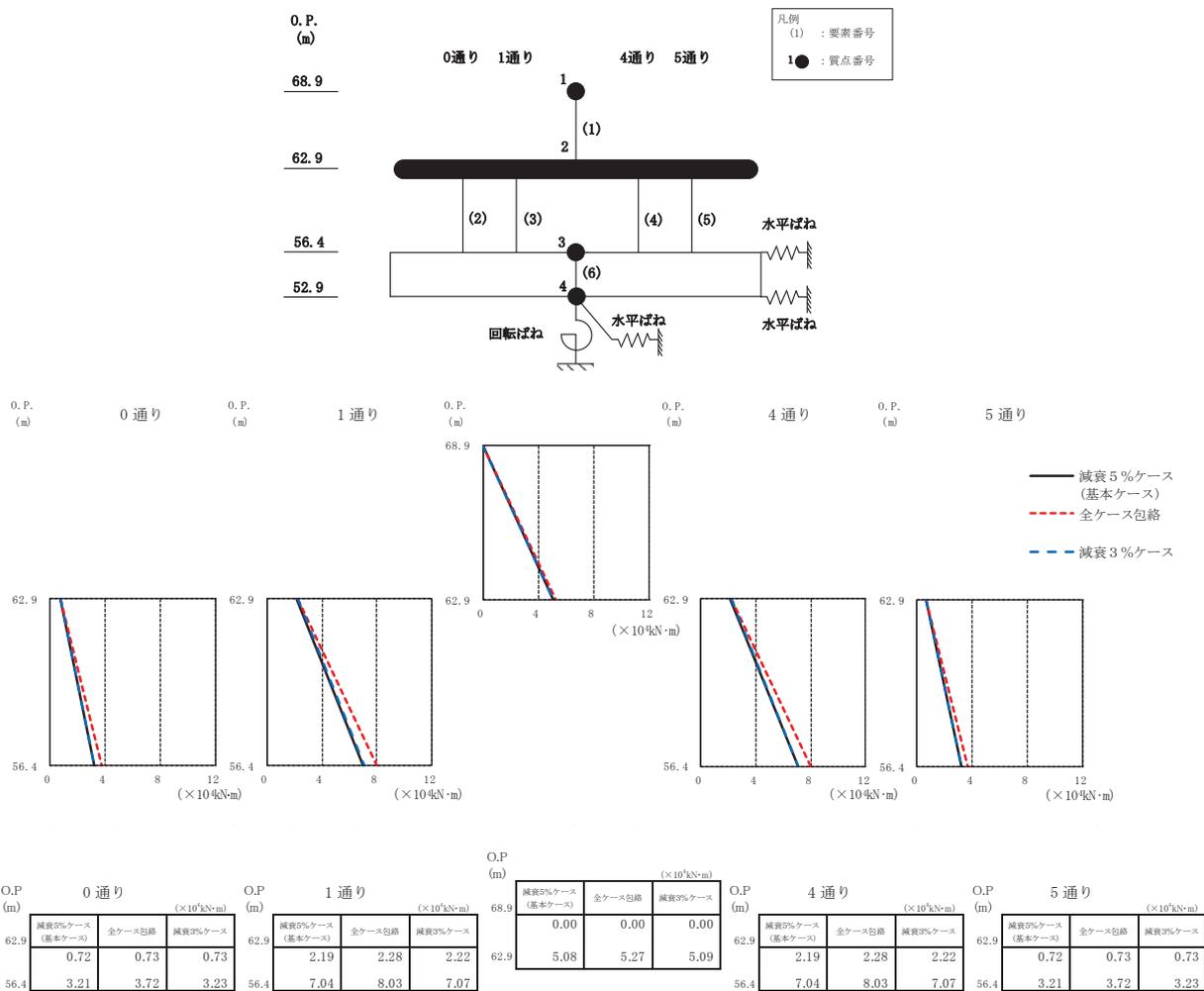
(c) $S_s - F_3$

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



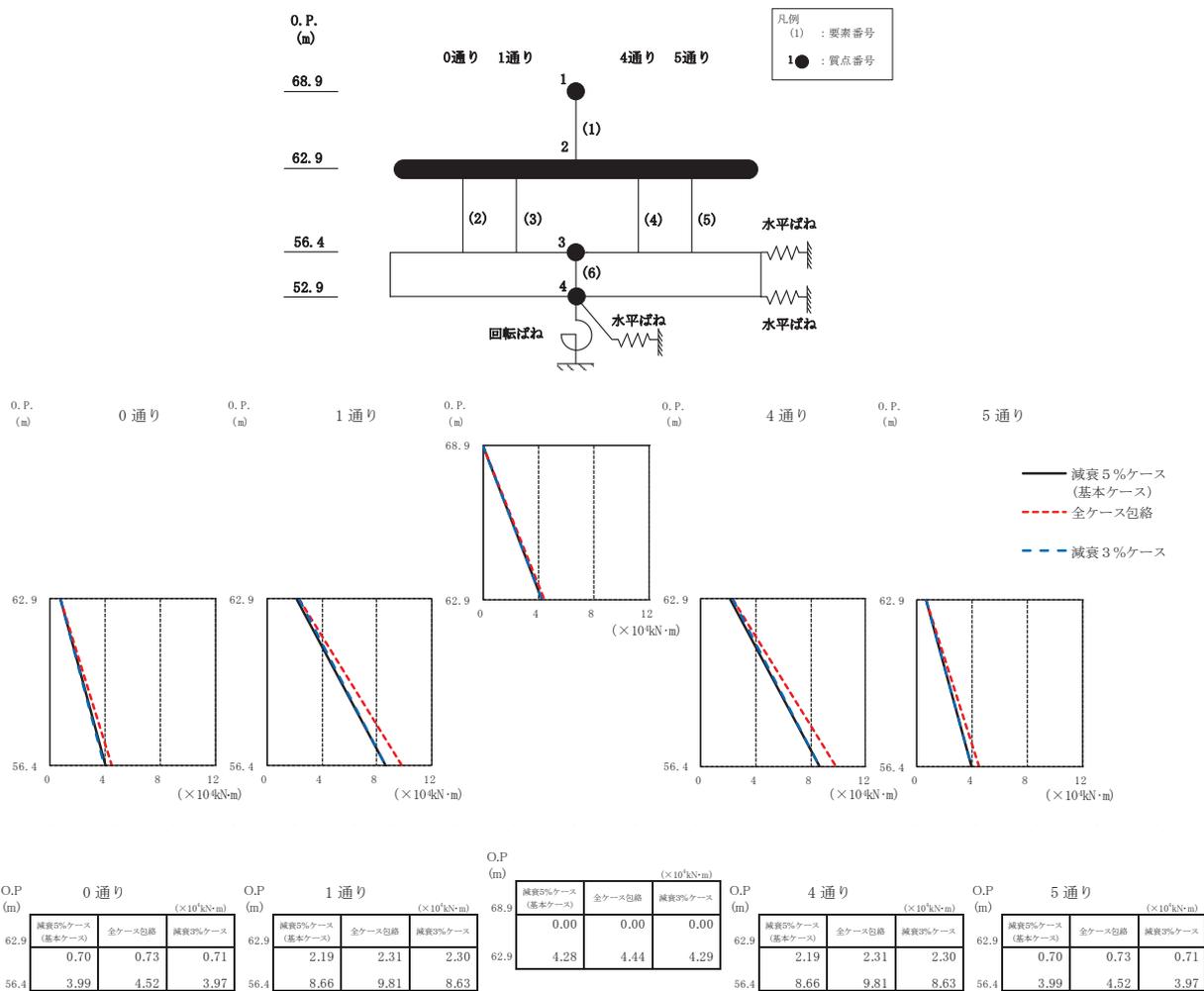
(a) S s - D 2

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) (1/3)



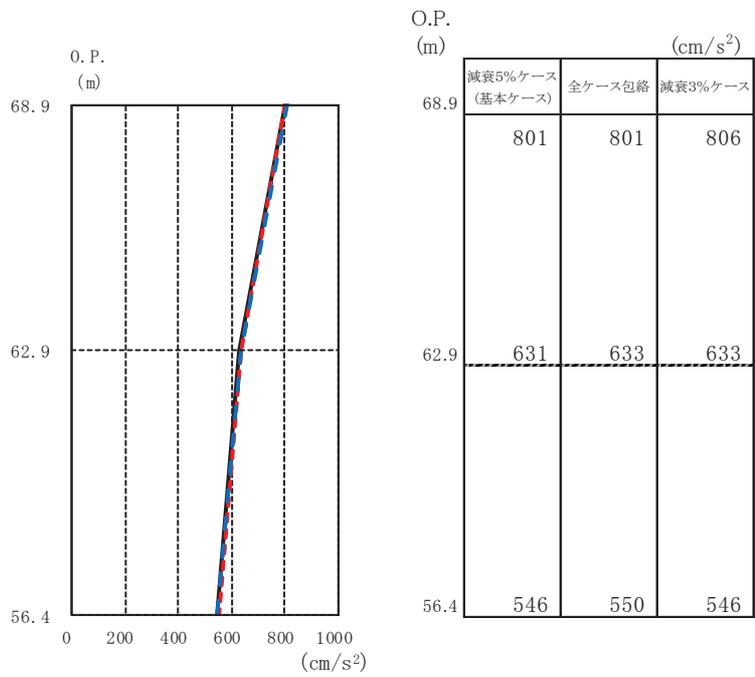
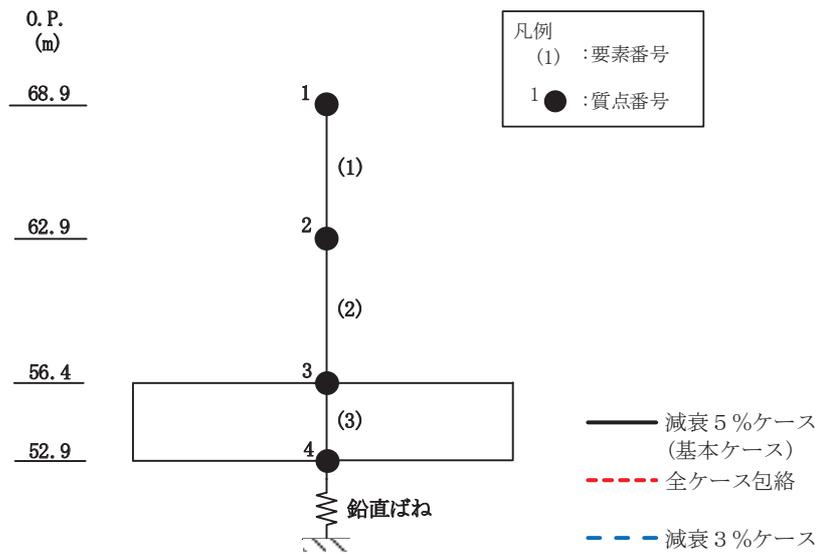
(b) S s - D 3

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) (2/3)



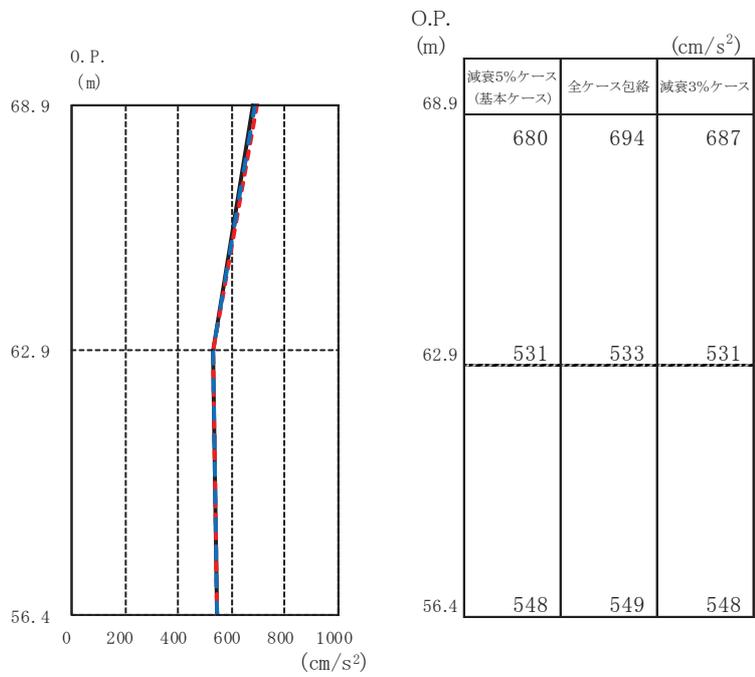
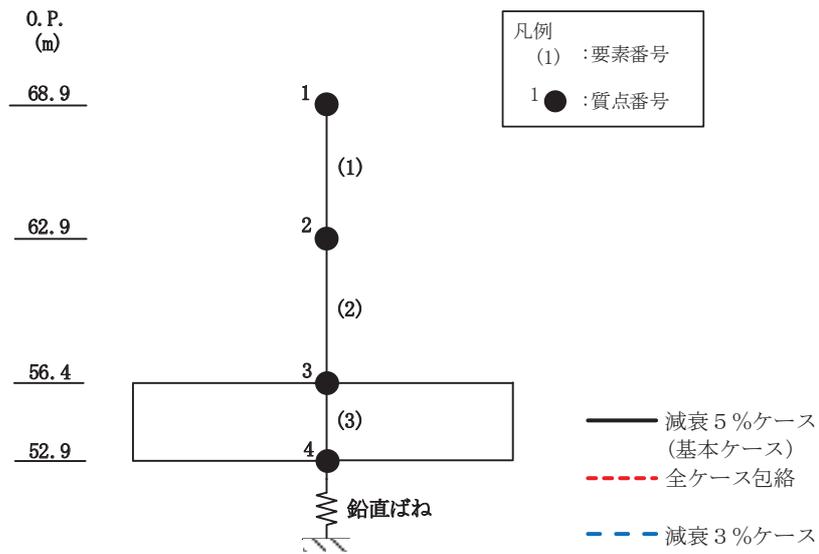
(c) S s - F 3

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



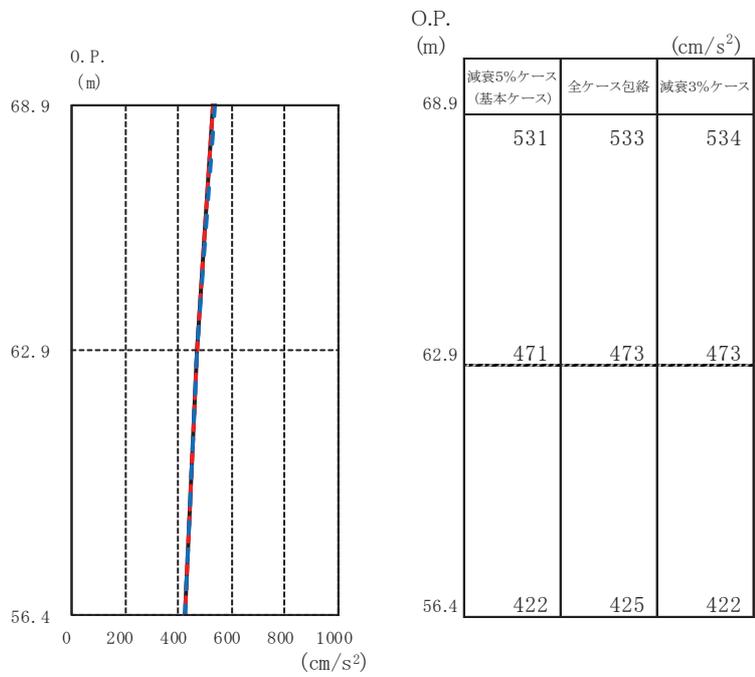
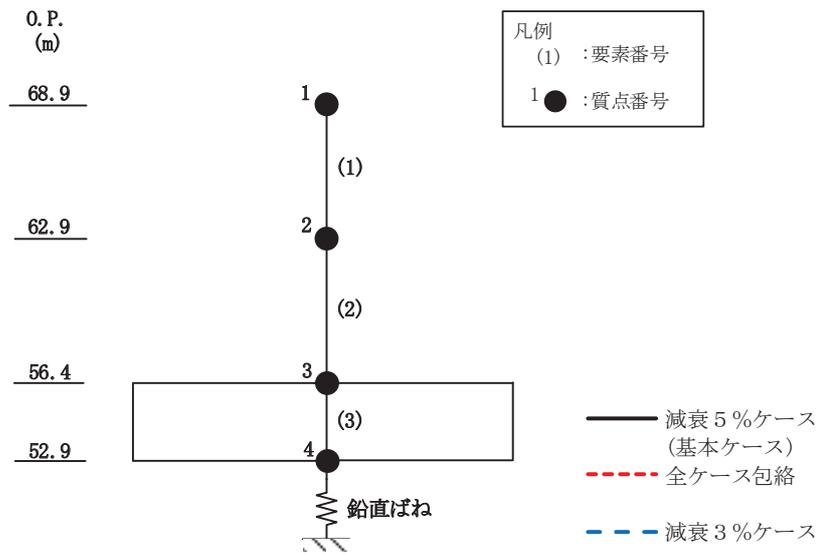
(a) $S_s - D_2$

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



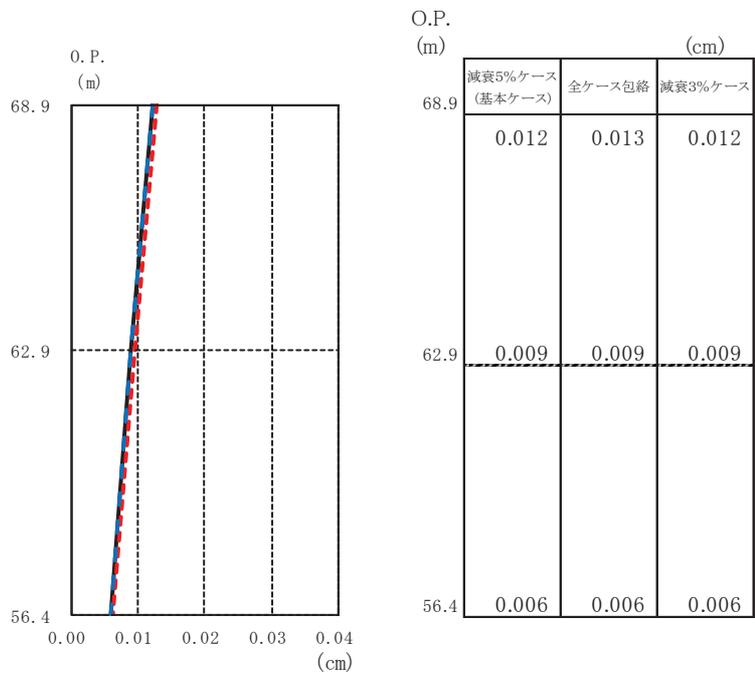
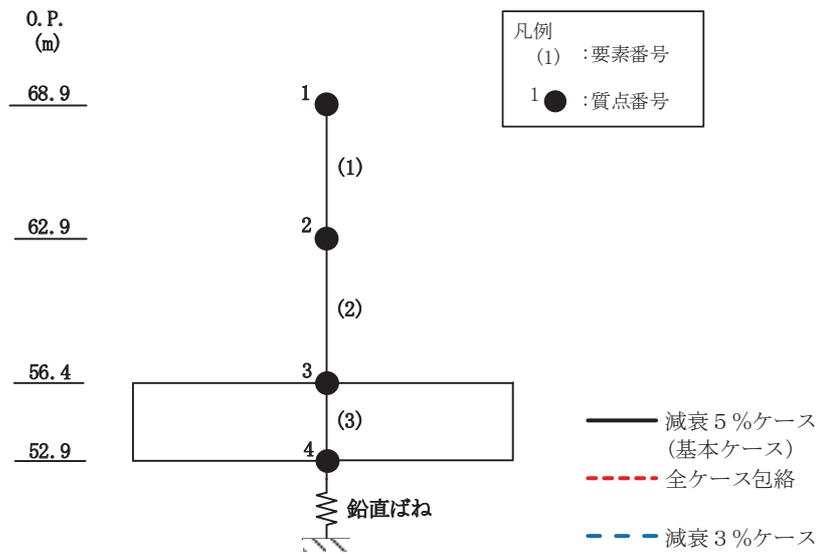
(b) $S_s - D_3$

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



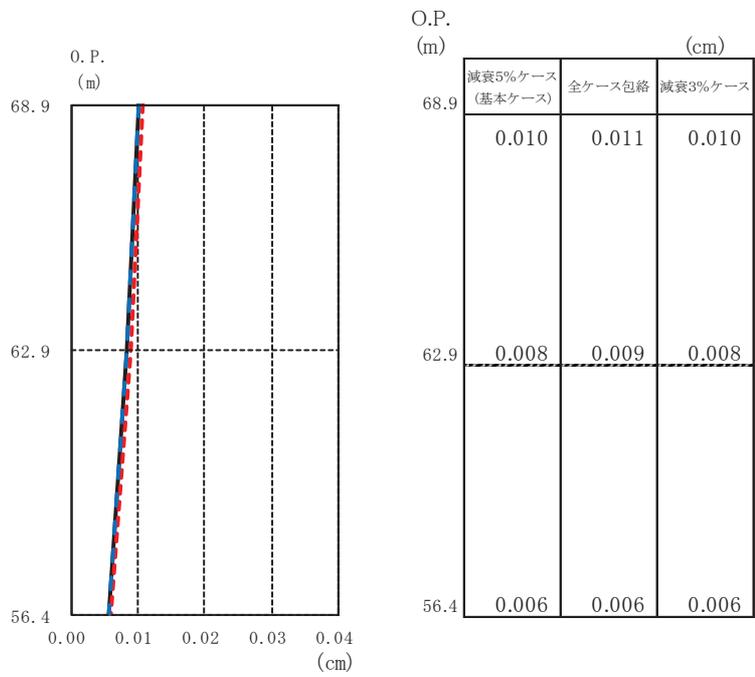
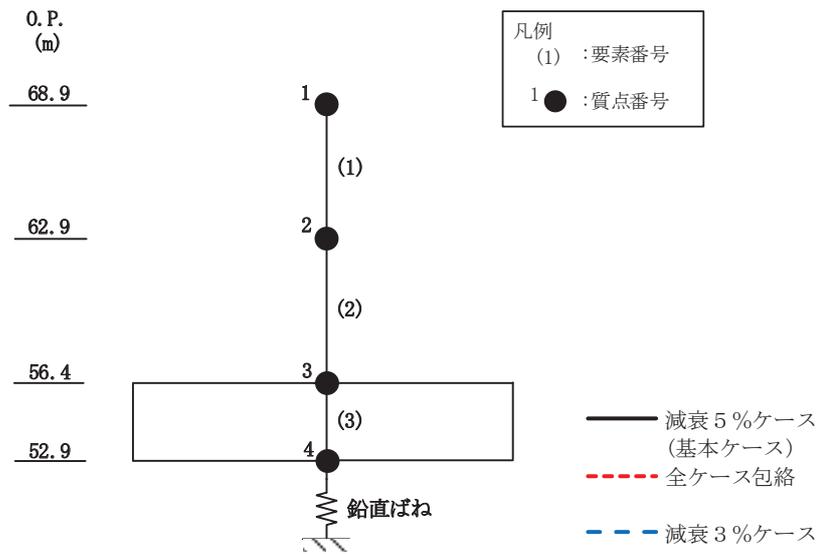
(c) $S_s - F_3$

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



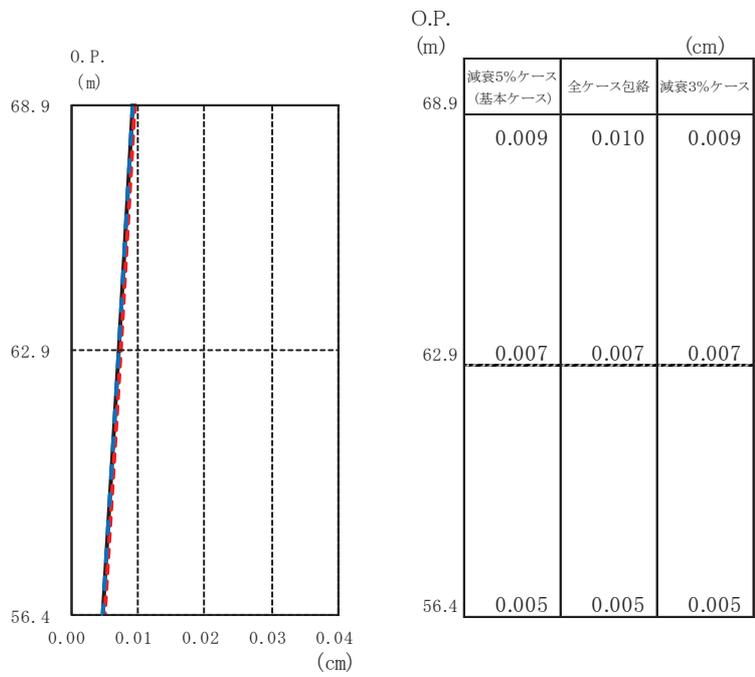
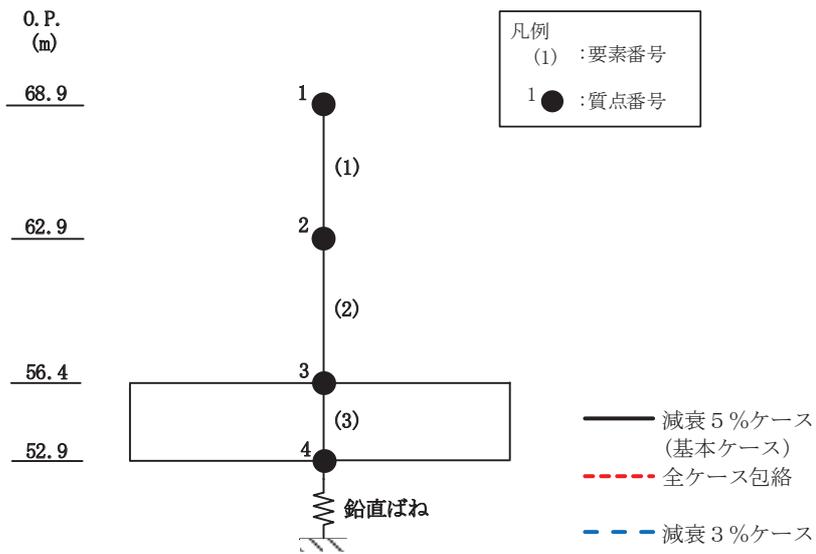
(a) $S_s - D 2$

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



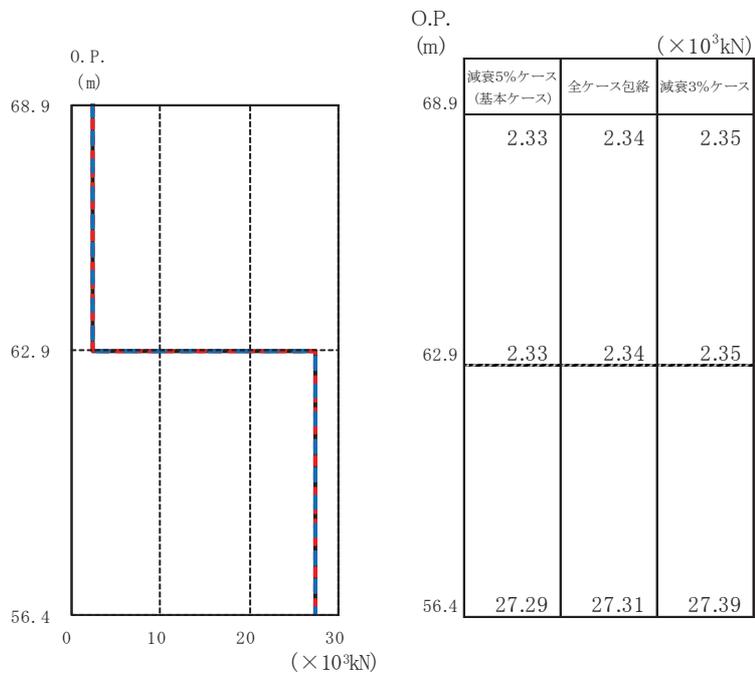
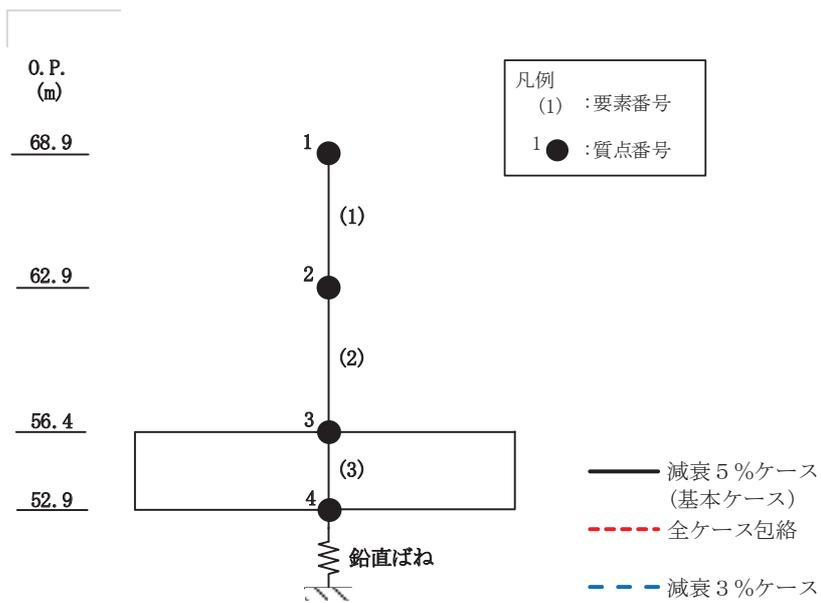
(b) $S_s - D3$

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



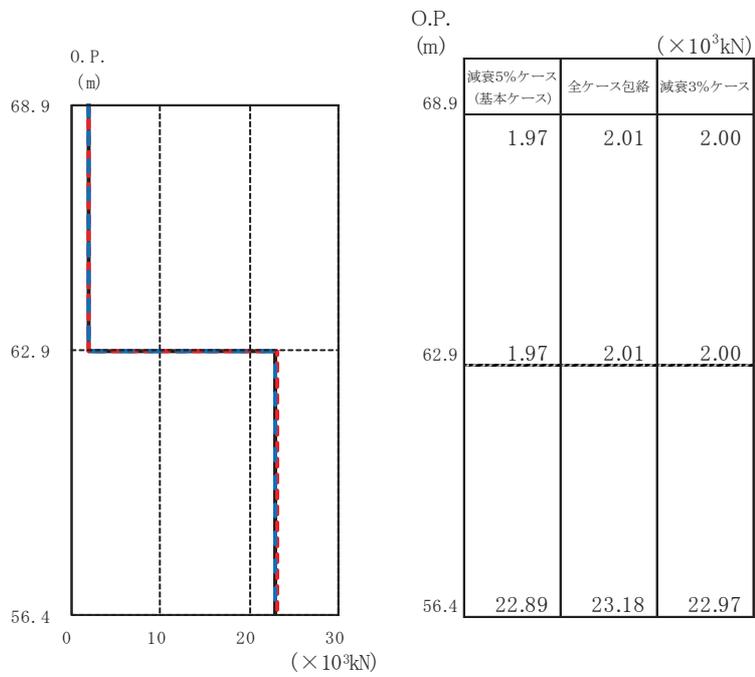
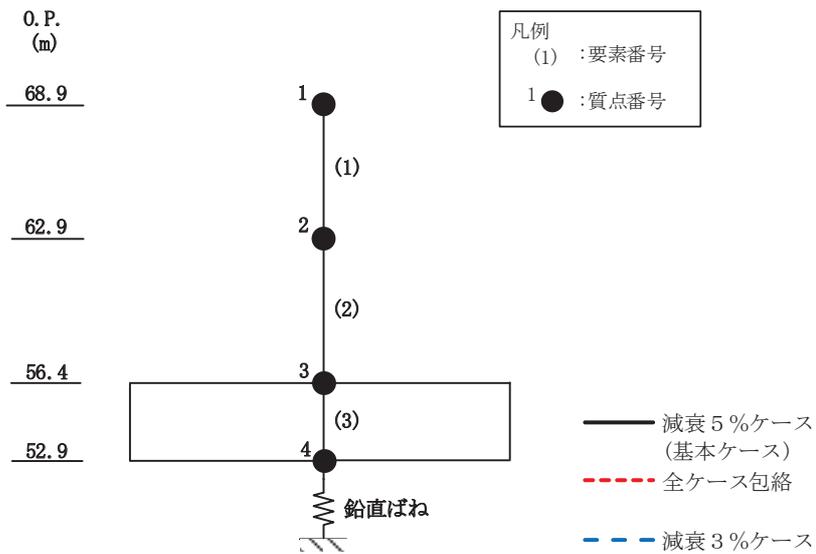
(c) $S_s - F_3$

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



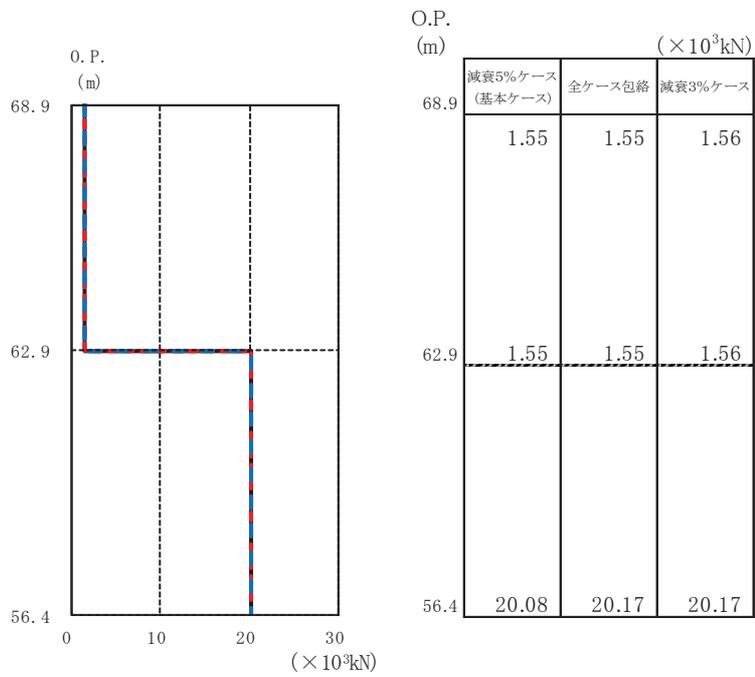
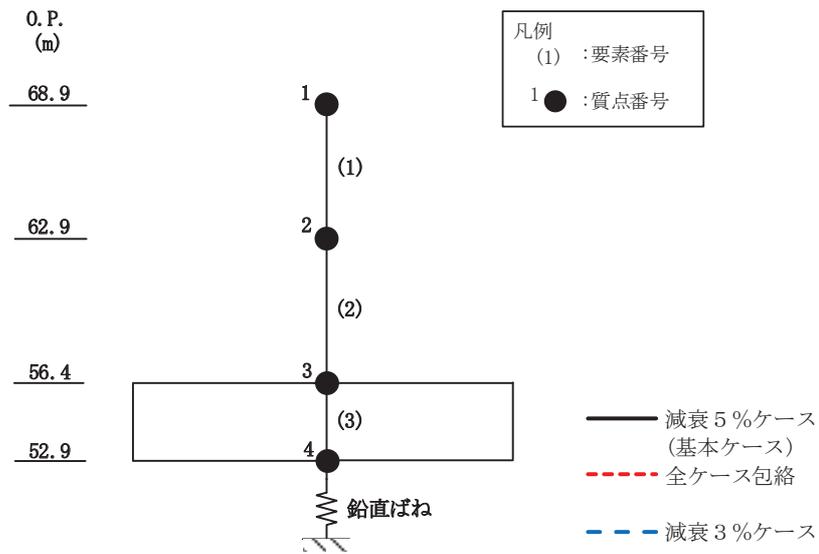
(a) S_s-D 2

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



(b) $S_s - D_3$

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



(c) $S_s - F_3$

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

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5%の場合と比べて，減衰定数3%の場合の方が応答値はわずかに大きくなるものの，材料物性の不確かさを考慮した設計用地震力には包絡されていることが確認できる。

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

(単位： $\times 10^3$ kN)

方向	要素 番号	減衰定数5%における 最大応答せん断力 ($S_s - D 1 \sim S_s - N 1$ の最大値)	減衰定数3%における 最大応答せん断力 ($S_s - D 2, S_s - D 3,$ $S_s - F 3$ の最大値)	設計用 地震力
NS	1	9.62	9.65	10.10
	2	15.29	16.12	18.21
	3	6.91	7.28	8.22
	4	15.29	16.12	18.21
EW	1	9.36	9.38	9.80
	2	5.89	6.03	6.59
	3	11.08	11.35	12.39
	4	11.08	11.35	12.39
	5	5.89	6.03	6.59