

本資料のうち、枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

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-19-0620-3_改 18
提出年月日	2021年12月1日

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

1. 工事計画添付書類に係る補足説明資料

添付書類「VI-2-2-1 原子炉建屋の地震応答計算書」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。

別紙 1 原子炉建屋の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 原子炉建屋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の諸元の比較（既工認，シミュレーション解析，今回工認）

別紙 2 原子炉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 3 原子炉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 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 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 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

別紙 4-1 原子炉建屋の基準地震動  $S_s$  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 各建屋の図面集

別紙 5 地震応答解析における原子炉建屋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大型機器系の地震応答解析モデルの設定

別紙 5-2 SA 時環境考慮モデルにおける床ばねの応答について

別紙 6 改造工事に伴う重量増加を反映した検討

別紙 6-1 改造工事に伴う重量増加による建屋－機器連成地震応答解析結果に与える影響

 本日の説明範囲

別紙 1 原子炉建屋の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

## 目 次

1. 概要.....	別紙 1- 1
2. 地震応答解析モデルの変更点について.....	別紙 1- 2
2.1 入力地震動の掘り込み効果の考慮.....	別紙 1- 8
2.2 初期剛性低下の考慮.....	別紙 1- 9
2.3 耐震補強による建屋剛性の考慮.....	別紙 1-11
2.4 建屋重量の変更.....	別紙 1-12
2.5 既工認モデルと今回工認モデルの諸元の比較.....	別紙 1-13
2.6 既設部材と新設部材のコンクリートの物性値の設定について.....	別紙 1-18

別紙 1-1 原子炉建屋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の諸元の比較（既工認，シミュレーション解析，今回工認）

本日の説明範囲



## 2.6 既設部材と新設部材のコンクリートの物性値の設定について

### 2.6.1 既設部材と新設部材のコンクリートの物性値の設定の考え方

原子炉建屋の地震応答解析モデルは、3.11 地震及び 4.7 地震に対するシミュレーション解析を行い、水平方向地震応答解析モデルについては観測記録に整合するように設計剛性に対する補正をし、剛性低下を考慮した解析モデルとしている。

3.11 地震及び 4.7 地震に対するシミュレーション解析モデルは、設計当時の「日本建築学会 1988 年 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説」によりコンクリート物性値を設定した既工認モデルをベースとしており、また、3.11 地震以降に実施した耐震補強工事で追設した耐震壁については、「日本建築学会 1999 年 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 -許容応力度設計法-」に従いコンクリートの物性値を設定している。

一方で、建屋各部の応力解析においては、地震応答解析結果を用いて地震時の震度を算定から静的な地震荷重を設定し、健全性を評価するが、応力解析に用いる各部位の解析モデルは「日本建築学会 1999 年 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 -許容応力度設計法-」に従いコンクリートの物性値を設定している。

コンクリートの物性値を設定について、原子炉建屋も含めた今回工認対象建屋における「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説」の適用を整理して表 2-6 に示す。

表 2-6(1) 今回工認対象建屋における「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説」の適用の整理 (1/2)

建屋名	地震応答解析	応力解析	対象図書
原子炉建屋	新設部材：1999年版 既設部材：1988年版	1999年版	原子炉建屋の地震応答計算書 原子炉建屋の地震応答計算書に関する補足説明資料
使用済燃料プール	—	1999年版	使用済燃料貯蔵プール（キヤスクピットを含む）の耐震性についての計算書 使用済燃料プールの耐震性についての計算書に関する補足説明資料
大物搬入口躯体	新設部材：1999年版 既設部材：1988年版	1999年版	原子炉建屋原子炉区域（二次格納施設）の耐震性についての計算書
基礎版	—	1999年版	原子炉建屋基礎版の耐震性についての計算書 原子炉建屋基礎版の耐震性評価についての計算書に関する補足説明資料
屋根トラス (二次格納施設)	新設部材：1999年版 既設部材：1988年版	— *	原子炉建屋原子炉棟（二次格納施設）の耐震性についての計算書の計算書 原子炉建屋原子炉棟（二次格納施設）の耐震性についての計算書に関する補足説明資料

注記\*：屋根トラス（二次格納施設）の図書においては、地震応答解析により設計応力を算出している。

表 2-6(2) 今回工認対象建屋における「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説」の適用の整理 (2/2)

建屋名	地震応答解析	応力解析	対象図書
制御建屋	1988 年版	1999 年版	VI-2-2-3 制御建屋の地震応答計算書
			VI-2-2-4 制御建屋の耐震性についての計算書
			VI-2-8-4-3 中央制御室しゃへい壁の耐震性についての計算書
			VI-2-8-4-4 中央制御室待避所遮蔽の耐震性についての計算書
			補足-620-4 制御建屋の地震応答計算書に関する補足説明資料
タービン建屋	1988 年版	-	VI-2-11-2-3 タービン建屋の耐震性に関する計算書
			補足-610-13 タービン建屋の耐震性評価に関する補足説明資料
補助ボイラー建屋	1988 年版	-	VI-2-11-2-4 補助ボイラー建屋の耐震性に関する計算書
			補足-610-14 補助ボイラー建屋の耐震性能評価に関する補足説明資料
第3号機海水熱交換器建屋	1991 年版	-	VI-2-2-29 第3号機海水熱交換器建屋の地震応答計算書
			VI-2-2-30 第3号機海水熱交換器建屋の耐震性についての計算書
			補足-610-12 第3号機海水熱交換器建屋の耐震性評価に関する補足説明資料
第1号機制御建屋	1979 年版	-	VI-2-11-2-5 第1号機制御建屋の耐震性に関する計算書
			補足-610-15 第1号機制御建屋の耐震性能評価に関する補足説明資料
緊急用電気品建屋	1999 年版	1999 年版	VI-2-2-21 緊急用電気品建屋の地震応答計算書
			VI-2-2-22 緊急用電気品建屋の耐震性についての計算書
			補足-610-10 緊急用電気品建屋の耐震性評価に関する補足説明資料
緊急時対策建屋	1999 年版	1999 年版	VI-2-2-23 緊急時対策建屋の地震応答計算書
			VI-2-2-24 緊急時対策建屋の耐震性についての計算書
			VI-2-8-4-5 緊急時対策所遮蔽の耐震性についての計算書
			補足-610-11 緊急時対策建屋の耐震性評価に関する補足説明資料

## 2.6.2 コンクリートの物性値の違いによる影響検討

地震応答解析モデルの既設部材については旧規準に基づくコンクリート物性値を設定していることから、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、「日本建築学会 1999 年 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 -許容応力度設計法-」に従いコンクリートの物性値を設定した地震応答解析モデル（以下「検討モデル」という。）を用いて基準地震動 S<sub>s</sub>-D 2 に対する地震応答解析を行い、今回工認モデルによる地震応答解析結果への影響について確認を行った。表 2-7 に検討モデル及び今回工認モデルの既存部材で使用したコンクリート物性値を示す。

固有値解析結果の比較を表 2-8 に、地震応答解析結果の比較を表 2-9～表 2-12 に、床応答スペクトルの比較を図 2-5 に示す。固有値解析結果、地震応答解析結果はほぼ同等となっており、コンクリート物性値の違いによる影響は小さいことを確認した。なお、地震応答解析結果は、一部要素で今回工認モデルの応答をわずかに上回るものの、添付書類「VI-2-2-2 原子炉建屋の耐震性についての計算書」に示す最大応答せん断ひずみは  $1.62 \times 10^{-3}$  であり評価基準値に対して十分な余裕があることから、耐震性への影響は無いと判断できる。

また、床応答スペクトルの比較結果から、スペクトル形状及び応答の大きさがほぼ変わらないことから、機器・配管系の評価への影響が無いことを確認した。

表 2-7 検討モデル及び今回工認モデルにおける既存部材のコンクリート物性値

(N/mm<sup>2</sup>)

方向	階	物性	検討モデル	今回工認モデル
NS	地上 3 階及びクレーン階 (O.P. 33.2m より上部)	ヤング係数 $E_c$	$8.20 \times 10^3$	$7.94 \times 10^3$
		せん断弾性係数 $G$	$3.41 \times 10^3$	$3.41 \times 10^3$
	地下 3 階～地上 2 階 (O.P. 33.2m より下部)	ヤング係数 $E_c$	$2.05 \times 10^4$	$1.99 \times 10^4$
		せん断弾性係数 $G$	$8.53 \times 10^3$	$8.53 \times 10^3$
EW	地上 3 階及びクレーン階 (O.P. 33.2m より上部)	ヤング係数 $E_c$	$1.37 \times 10^4$	$1.32 \times 10^4$
		せん断弾性係数 $G$	$5.69 \times 10^3$	$5.69 \times 10^3$
	地下 3 階～地上 2 階 (O.P. 33.2m より下部)	ヤング係数 $E_c$	$2.19 \times 10^4$	$2.12 \times 10^4$
		せん断弾性係数 $G$	$9.10 \times 10^3$	$9.10 \times 10^3$
UD	全階	ヤング係数 $E_c$	$2.51 \times 10^4$	$2.65 \times 10^4$

注：追設部材については，両モデルとも「日本建築学会 1999 年 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 -許容応力度設計法-」に基づき物性値を設定しているため記載を省略。

表 2-8(1) 固有値解析結果(1/2)

(a)NS 方向

次数	固有周期 (s)		備考
	検討モデル	今回工認モデル	
1	0.237	0.237	全体 1 次
2	0.124	0.123	全体 2 次
3	0.118	0.116	
4	0.097	0.097	全体 3 次
5	0.093	0.093	
6	0.089	0.089	
7	0.081	0.082	
8	0.076	0.074	
9	0.073	0.072	
10	0.068	0.068	
11	0.066	0.066	
12	0.064	0.064	
13	0.061	0.060	
14	0.059	0.059	
15	0.054	0.054	
16	0.052	0.052	
17	0.051	0.051	
18	0.051	0.050	

表 2-8(2) 固有値解析結果(2/2)

(b)EW 方向

次数	固有周期 (s)		備考
	検討モデル	今回工認モデル	
1	0.230	0.230	全体 1 次
2	0.125	0.125	全体 2 次
3	0.118	0.116	
4	0.099	0.098	
5	0.092	0.091	
6	0.088	0.087	全体 3 次
7	0.079	0.078	
8	0.075	0.074	
9	0.070	0.070	
10	0.069	0.068	
11	0.065	0.064	
12	0.062	0.062	
13	0.060	0.060	
14	0.058	0.059	
15	0.055	0.055	
16	0.055	0.054	
17	0.051	0.050	

(c)UD 方向

次数	固有周期 (s)		備考
	検討モデル	今回工認モデル	
1	0.339	0.339	屋根トラス 1 次
2	0.102	0.100	建屋 1 次
3	0.079	0.079	屋根トラス 2 次
4	0.051	0.051	
5	0.044	0.043	建屋 2 次
6	0.028	0.027	
7	0.021	0.021	建屋 3 次

表 2-9(1) 最大応答加速度の比較 (NS 方向) (単位: cm/s<sup>2</sup>)

質点番号	検討モデル ①	今回工認モデル 基本ケース②	①/②	今回工認モデル 全ケース包絡③	①/③
1	1509	1536	0.98	1546	0.98
2	1108	1121	0.99	1233	0.90
3	1097	1103	0.99	1164	0.94
4	1001	1025	0.98	1025	0.98
5	818	835	0.98	835	0.98
6	4154	4173	1.00	4528	0.92
7	2257	2310	0.98	2386	0.95
8	1573	1582	0.99	1615	0.97
9	1316	1325	0.99	1350	0.97
10	1087	1094	0.99	1186	0.92
11	1076	1089	0.99	1091	0.99
12	846	861	0.98	861	0.98
13	1998	1988	1.01	2028	0.99
14	1424	1525	0.93	1732	0.82
15	1052	1091	0.96	1192	0.88
16	967	987	0.98	1055	0.92
17	803	820	0.98	849	0.95
18	4604	4619	1.00	4678	0.98
19	2447	2508	0.98	2666	0.92
20	1748	1783	0.98	1863	0.94
21	1697	1704	1.00	1732	0.98
22	1261	1283	0.98	1468	0.86
23	1257	1265	0.99	1278	0.98
24	913	947	0.96	949	0.96
25	1754	1771	0.99	2162	0.81
26	1284	1236	1.04	1351	0.95
27	1175	1185	0.99	1228	0.96
28	1077	1092	0.99	1092	0.99
29	830	848	0.98	855	0.97
30	613	612	1.00	627	0.98
31	592	590	1.00	609	0.97



表 2-9(2) 最大応答加速度の比較 (EW 方向) (単位: cm/s<sup>2</sup>)

質点番号	検討モデル ①	今回工認モデル 基本ケース②	①/②	今回工認モデル 全ケース包絡③	①/③
1	1586	1577	1.01	1592	1.00
2	1357	1347	1.01	1442	0.94
3	1058	1064	0.99	1107	0.96
4	995	999	1.00	1017	0.98
5	798	836	0.95	836	0.95
6	1473	1440	1.02	1476	1.00
7	1213	1260	0.96	1278	0.95
8	1218	1176	1.04	1201	1.01
9	985	962	1.02	970	1.02
10	3751	3838	0.98	4180	0.90
11	2262	2368	0.96	2422	0.93
12	1727	1765	0.98	1799	0.96
13	1322	1306	1.01	1435	0.92
14	1118	1173	0.95	1194	0.94
15	1930	1937	1.00	1960	0.98
16	1303	1304	1.00	1508	0.86
17	1036	1049	0.99	1199	0.86
18	1150	1097	1.05	1132	1.02
19	1005	976	1.03	1010	1.00
20	3975	3902	1.02	3925	1.01
21	2487	2355	1.06	2530	0.98
22	1656	1702	0.97	1716	0.97
23	1719	1675	1.03	1717	1.00
24	1338	1360	0.98	1365	0.98
25	1133	1104	1.03	1116	1.02
26	941	922	1.02	922	1.02
27	1595	1646	0.97	1652	0.97
28	1320	1328	0.99	1381	0.96
29	1110	1143	0.97	1148	0.97
30	986	978	1.01	978	1.01
31	813	817	1.00	817	1.00
32	630	644	0.98	644	0.98
33	593	605	0.98	618	0.96

表 2-9(3) 最大応答加速度の比較 (UD 方向) (単位: cm/s<sup>2</sup>)

質点番号	検討モデル ①	今回工認モデル 基本ケース②	①/②	今回工認モデル 全ケース包絡③	①/③
1	3811	3767	1.01	3961	0.96
2	1330	1362	0.98	1369	0.97
3	3274	3165	1.03	3341	0.98
4	1623	1546	1.05	1627	1.00
5	1482	1429	1.04	1496	0.99
6	1415	1353	1.05	1384	1.02
7	1229	1188	1.03	1220	1.01
8	989	969	1.02	1003	0.99
9	730	734	0.99	766	0.95
10	594	601	0.99	630	0.94
11	533	538	0.99	556	0.96
12	479	485	0.99	498	0.96

表 2-10(1) 最大応答せん断力の比較 (NS 方向) ( $\times 10^3$  kN)

要素番号	検討モデル ①	今回工認モデル 基本ケース②	①/②	今回工認モデル 全ケース包絡③	①/③
(1)	72.2	74.5	0.97	77.8	0.93
(2)	142	145	0.98	154	0.92
(3)	207	212	0.98	230	0.90
(4)	260	265	0.98	278	0.94
(5)	301	305	0.99	313	0.96
(6)	30.6	30.9	0.99	31.2	0.99
(7)	58.3	58.3	1.00	64.2	0.91
(8)	159	164	0.97	172	0.92
(9)	265	270	0.98	284	0.93
(10)	348	356	0.98	378	0.92
(11)	400	406	0.99	430	0.93
(12)	451	456	0.99	472	0.96
(13)	67.9	64.5	1.05	66.7	1.01
(14)	177	180	0.98	187	0.95
(15)	189	193	0.98	194	0.97
(16)	199	198	1.01	203	0.98
(17)	269	262	1.03	263	1.02
(18)	31.3	31.8	0.98	32.2	0.98
(19)	55.4	56.2	0.99	56.7	0.97
(20)	172	174	0.99	182	0.95
(21)	275	278	0.99	298	0.92
(22)	374	382	0.98	405	0.92
(23)	432	440	0.98	463	0.93
(24)	500	509	0.98	532	0.94
(25)	83.0	85.0	0.98	90.8	0.91
(26)	167	172	0.97	188	0.89
(27)	219	225	0.97	240	0.91
(28)	272	277	0.98	289	0.94
(29)	306	312	0.98	320	0.96
(30)	2113	2108	1.00	2222	0.95
(31)	13.3	13.4	0.99	16.4	0.83
(32)	20.6	20.7	1.00	21.9	0.94
(33)	14.1	14.5	0.97	17.5	0.83
(34)	20.1	20.2	1.00	21.1	0.96

表 2-10(2) 最大応答せん断力の比較 (EW 方向) ( $\times 10^3$  kN)

要素番号	検討モデル ①	今回工認モデル 基本ケース②	①/②	今回工認モデル 全ケース包絡③	①/③
(1)	112	114	0.98	114	0.98
(2)	152	155	0.98	167	0.91
(3)	233	237	0.98	254	0.92
(4)	273	277	0.99	303	0.90
(5)	310	315	0.98	335	0.93
(6)	180	183	0.98	199	0.90
(7)	327	333	0.98	349	0.94
(8)	402	411	0.98	451	0.89
(9)	464	471	0.99	502	0.92
(10)	32.4	33.3	0.97	37.5	0.85
(11)	49.8	50.9	0.98	54.7	0.91
(12)	128	131	0.98	135	0.95
(13)	101	104	0.97	110	0.92
(14)	107	108	0.99	109	0.98
(15)	179	180	0.99	186	0.96
(16)	217	217	1.00	225	0.96
(17)	197	197	1.00	211	0.93
(18)	263	259	1.02	270	0.97
(19)	37.4	37.6	0.99	40.7	0.91
(20)	60.1	60.1	1.00	66.2	0.91
(21)	141	145	0.97	146	0.97
(22)	242	244	0.99	254	0.95
(23)	348	352	0.99	369	0.94
(24)	408	416	0.98	455	0.90
(25)	451	460	0.98	493	0.91
(26)	85.2	87.2	0.98	87.9	0.97
(27)	155	157	0.99	164	0.95
(28)	221	226	0.98	236	0.94
(29)	259	263	0.98	289	0.90
(30)	306	312	0.98	337	0.91
(31)	2065	2091	0.99	2226	0.93
(32)	22.1	22.2	1.00	23.0	0.96

表 2-11(1) 最大応答曲げモーメントの比較 (NS 方向) (1/2) ( $\times 10^6$  kN・m)

要素番号	検討モデル ①	今回工認モデル 基本ケース②	①/②	今回工認モデル 全ケース包絡③	①/③
(1) 上端	0.197	0.203	0.97	0.238	0.83
(1) 下端	0.883	0.910	0.97	0.985	0.90
(2) 上端	1.04	1.09	0.95	1.23	0.85
(2) 下端	2.09	2.17	0.96	2.32	0.90
(3) 上端	2.33	2.43	0.96	2.68	0.87
(3) 下端	4.20	4.34	0.97	4.72	0.89
(4) 上端	4.39	4.55	0.97	5.04	0.87
(4) 下端	6.04	6.23	0.97	6.82	0.89
(5) 上端	6.16	6.37	0.97	7.10	0.87
(5) 下端	8.13	8.35	0.97	9.25	0.88
(6) 上端	0.0440	0.0437	1.01	0.0469	0.94
(6) 下端	0.328	0.330	0.99	0.337	0.97
(7) 上端	0.639	0.650	0.98	0.676	0.95
(7) 下端	1.08	1.09	0.99	1.19	0.91
(8) 上端	1.87	1.99	0.94	2.06	0.91
(8) 下端	3.50	3.62	0.97	3.81	0.92
(9) 上端	4.54	4.68	0.97	4.78	0.95
(9) 下端	6.27	6.52	0.96	6.61	0.95
(10) 上端	7.05	7.32	0.96	7.44	0.95
(10) 下端	9.69	10.03	0.97	10.20	0.95
(11) 上端	10.23	10.56	0.97	10.81	0.95
(11) 下端	12.47	12.85	0.97	13.31	0.94
(12) 上端	12.86	13.26	0.97	13.94	0.92
(12) 下端	15.49	15.99	0.97	16.75	0.92
(13) 上端	0.616	0.621	0.99	0.656	0.94
(13) 下端	1.16	1.16	1.00	1.18	0.99
(14) 上端	1.84	1.86	0.99	1.87	0.98
(14) 下端	2.63	2.60	1.01	2.65	0.99
(15) 上端	3.26	3.24	1.01	3.27	1.00
(15) 下端	4.10	4.06	1.01	4.13	0.99
(16) 上端	4.41	4.34	1.02	4.41	1.00
(16) 下端	5.00	4.92	1.02	5.00	1.00
(17) 上端	5.16	5.09	1.01	5.24	0.99
(17) 下端	7.33	7.28	1.01	7.44	0.98

表 2-11(2) 最大応答曲げモーメントの比較 (NS 方向) (2/2) ( $\times 10^6$  kN・m)

要素番号	検討モデル ①	今回工認モデル 基本ケース②	①/②	今回工認モデル 全ケース包絡③	①/③
(18) 上端	0.0520	0.0539	0.96	0.0548	0.95
(18) 下端	0.339	0.346	0.98	0.348	0.97
(19) 上端	0.625	0.646	0.97	0.658	0.95
(19) 下端	1.06	1.08	0.98	1.10	0.96
(20) 上端	2.30	2.36	0.98	2.45	0.94
(20) 下端	3.71	3.91	0.95	3.96	0.94
(21) 上端	5.28	5.34	0.99	5.35	0.99
(21) 下端	6.98	7.26	0.96	7.26	0.96
(22) 上端	7.80	8.10	0.96	8.32	0.94
(22) 下端	10.60	11.07	0.96	11.75	0.90
(23) 上端	11.07	11.60	0.95	12.88	0.86
(23) 下端	13.36	13.95	0.96	15.57	0.86
(24) 上端	13.75	14.42	0.95	16.54	0.83
(24) 下端	16.45	17.22	0.95	19.38	0.85
(25) 上端	0.326	0.356	0.92	0.366	0.89
(25) 下端	1.13	1.18	0.96	1.18	0.96
(26) 上端	1.61	1.69	0.95	1.69	0.95
(26) 下端	2.71	2.83	0.96	2.90	0.93
(27) 上端	3.08	3.23	0.95	3.25	0.95
(27) 下端	4.67	4.86	0.96	5.38	0.87
(28) 上端	4.97	5.18	0.96	5.70	0.87
(28) 下端	6.61	6.61	1.00	7.56	0.87
(29) 上端	6.78	6.80	1.00	7.81	0.87
(29) 下端	8.97	9.01	1.00	10.08	0.89
(30) 上端	56.58	56.97	0.99	63.65	0.89
(30) 下端	67.66	68.52	0.99	73.22	0.92
(31) 上端	0.0338	0.0369	0.92	0.0426	0.79
(31) 下端	0.156	0.161	0.97	0.194	0.81
(32) 上端	0.0537	0.0524	1.03	0.0629	0.85
(32) 下端	0.121	0.122	0.99	0.127	0.95
(33) 上端	0.0381	0.0422	0.90	0.0542	0.70
(33) 下端	0.165	0.172	0.96	0.208	0.79
(34) 上端	0.0421	0.0454	0.93	0.0567	0.74
(34) 下端	0.162	0.162	1.00	0.164	0.99

表 2-11(3) 最大応答曲げモーメントの比較 (EW 方向) (1/2) ( $\times 10^6$  kN・m)

要素番号	検討モデル ①	今回工認モデル 基本ケース②	①/②	今回工認モデル 全ケース包絡③	①/③
(1) 上端	0.871	0.796	1.09	0.811	1.07
(1) 下端	1.88	1.92	0.98	1.92	0.98
(2) 上端	2.56	2.59	0.99	2.59	0.99
(2) 下端	3.60	3.67	0.98	3.67	0.98
(3) 上端	4.07	4.12	0.99	4.12	0.99
(3) 下端	5.82	5.91	0.99	5.91	0.98
(4) 上端	6.16	6.24	0.99	6.24	0.99
(4) 下端	7.80	7.76	1.01	7.76	1.00
(5) 上端	7.96	7.97	1.00	7.97	1.00
(5) 下端	10.21	10.07	1.01	10.22	1.00
(6) 上端	0.875	0.916	0.96	1.07	0.82
(6) 下端	1.96	2.04	0.96	2.04	0.96
(7) 上端	3.51	3.69	0.95	3.69	0.95
(7) 下端	5.98	6.22	0.96	6.40	0.94
(8) 上端	12.12	12.61	0.96	12.74	0.95
(8) 下端	14.36	14.96	0.96	15.14	0.95
(9) 上端	14.97	15.66	0.96	15.84	0.94
(9) 下端	17.48	18.32	0.95	18.82	0.93
(10) 上端	0.198	0.209	0.95	0.230	0.86
(10) 下端	0.501	0.519	0.97	0.559	0.90
(11) 上端	0.760	0.784	0.97	0.805	0.94
(11) 下端	1.12	1.13	0.99	1.24	0.90
(12) 上端	4.07	4.15	0.98	4.19	0.97
(12) 下端	4.41	4.43	1.00	4.63	0.95
(13) 上端	6.54	6.59	0.99	6.67	0.98
(13) 下端	6.65	6.69	0.99	6.85	0.97
(14) 上端	0.700	0.716	0.98	0.722	0.97
(14) 下端	0.759	0.766	0.99	0.778	0.98
(15) 上端	1.20	1.20	1.00	1.25	0.96
(15) 下端	1.28	1.23	1.04	1.26	1.01
(16) 上端	1.58	1.56	1.01	1.56	1.01
(16) 下端	3.35	3.35	1.00	3.38	0.99

表 2-11(4) 最大応答曲げモーメントの比較 (EW 方向) (2/2) ( $\times 10^6$  kN・m)

要素番号	検討モデル ①	今回工認モデル 基本ケース②	①/②	今回工認モデル 全ケース包絡③	①/③
(17) 上端	3.50	3.52	0.99	3.53	0.99
(17) 下端	4.30	4.31	1.00	4.34	0.99
(18) 上端	4.41	4.43	1.00	4.45	0.99
(18) 下端	6.37	6.36	1.00	6.43	0.99
(19) 上端	0.131	0.150	0.87	0.187	0.70
(19) 下端	0.452	0.470	0.96	0.539	0.84
(20) 上端	0.563	0.594	0.95	0.705	0.80
(20) 下端	0.989	1.03	0.96	1.18	0.84
(21) 上端	2.99	3.13	0.95	3.56	0.84
(21) 下端	4.41	4.53	0.97	4.62	0.95
(22) 上端	5.93	6.25	0.95	6.40	0.93
(22) 下端	7.64	7.99	0.96	8.11	0.94
(23) 上端	8.34	8.88	0.94	8.94	0.93
(23) 下端	11.01	11.57	0.95	11.71	0.94
(24) 上端	11.57	12.28	0.94	12.32	0.94
(24) 下端	13.85	14.59	0.95	14.64	0.95
(25) 上端	14.25	15.06	0.95	15.06	0.95
(25) 下端	17.25	17.89	0.96	18.30	0.94
(26) 上端	0.239	0.252	0.95	0.255	0.94
(26) 下端	1.00	1.02	0.98	1.09	0.92
(27) 上端	1.25	1.30	0.96	1.33	0.94
(27) 下端	2.32	2.37	0.98	2.40	0.97
(28) 上端	2.65	2.73	0.97	2.75	0.96
(28) 下端	4.48	4.57	0.98	4.66	0.96
(29) 上端	4.83	4.93	0.98	4.96	0.97
(29) 下端	6.48	6.61	0.98	6.66	0.97
(30) 上端	6.72	6.87	0.98	6.90	0.97
(30) 下端	8.89	9.05	0.98	9.29	0.96
(31) 上端	59.43	60.80	0.98	62.68	0.95
(31) 下端	70.06	71.51	0.98	73.90	0.95
(32) 上端	0.0898	0.0932	0.96	0.105	0.85
(32) 下端	0.232	0.234	1.00	0.253	0.92



表 2-12(1) 最大応答せん断ひずみの比較 (NS 方向) ( $\times 10^{-3}$ )

要素番号	検討モデル ①	今回工認モデル 基本ケース②	①/②	今回工認モデル 全ケース包絡③	①/③
(1)	0.497	0.496	1.00	0.579	0.86
(2)	0.565	0.548	1.03	0.720	0.79
(3)	0.494	0.485	1.02	0.616	0.80
(4)	0.311	0.305	1.02	0.385	0.81
(5)	0.438	0.419	1.05	0.457	0.96
(6)	0.904	0.914	0.99	1.119	0.81
(7)	1.011	1.037	0.97	1.348	0.75
(8)	0.508	0.505	1.01	0.593	0.86
(9)	0.618	0.601	1.03	0.754	0.82
(10)	0.573	0.559	1.03	0.702	0.82
(11)	0.377	0.366	1.03	0.441	0.85
(12)	0.464	0.439	1.06	0.489	0.95
(13)	0.157	0.149	1.05	0.164	0.96
(14)	0.301	0.301	1.00	0.384	0.78
(15)	0.315	0.319	0.99	0.385	0.82
(16)	0.400	0.354	1.13	0.454	0.88
(17)	0.292	0.284	1.03	0.353	0.83
(18)	0.962	0.989	0.97	1.191	0.81
(19)	0.892	0.922	0.97	1.156	0.77
(20)	0.623	0.612	1.02	0.743	0.84
(21)	0.754	0.732	1.03	0.960	0.79
(22)	0.595	0.577	1.03	0.716	0.83
(23)	0.383	0.373	1.03	0.444	0.86
(24)	0.544	0.527	1.03	0.596	0.91
(25)	0.558	0.549	1.02	0.723	0.77
(26)	0.575	0.565	1.02	0.832	0.69
(27)	0.576	0.567	1.02	0.716	0.80
(28)	0.354	0.347	1.02	0.404	0.88
(29)	0.482	0.468	1.03	0.504	0.96
(30)	0.038	0.038	1.00	0.051	0.74
(31)	0.906	0.916	0.99	1.121	0.81
(32)	0.969	0.992	0.98	1.282	0.76
(33)	0.963	0.990	0.97	1.193	0.81
(34)	0.854	0.879	0.97	1.096	0.78

表 2-12(2) 最大応答せん断ひずみの比較 (EW 方向) ( $\times 10^{-3}$ )

要素番号	検討モデル ①	今回工認モデル 基本ケース②	①/②	今回工認モデル 全ケース包絡③	①/③
(1)	0.574	0.556	1.03	0.567	1.01
(2)	0.458	0.440	1.04	0.549	0.83
(3)	0.506	0.491	1.03	0.589	0.86
(4)	0.275	0.269	1.02	0.381	0.72
(5)	0.362	0.354	1.02	0.437	0.83
(6)	0.350	0.338	1.04	0.439	0.80
(7)	0.607	0.585	1.04	0.686	0.88
(8)	0.293	0.294	1.00	0.416	0.70
(9)	0.398	0.382	1.04	0.475	0.84
(10)	0.452	0.444	1.02	0.681	0.66
(11)	0.755	0.767	0.98	0.978	0.77
(12)	0.383	0.378	1.01	0.417	0.92
(13)	0.416	0.421	0.99	0.503	0.83
(14)	0.185	0.187	0.99	0.213	0.87
(15)	0.315	0.297	1.06	0.363	0.87
(16)	0.529	0.486	1.09	0.543	0.97
(17)	0.383	0.346	1.11	0.458	0.84
(18)	0.268	0.264	1.02	0.354	0.76
(19)	0.708	0.683	1.04	0.913	0.78
(20)	0.741	0.703	1.05	0.973	0.76
(21)	0.507	0.495	1.02	0.511	0.99
(22)	0.650	0.620	1.05	0.733	0.89
(23)	0.528	0.502	1.05	0.570	0.93
(24)	0.285	0.282	1.01	0.400	0.71
(25)	0.392	0.386	1.02	0.484	0.81
(26)	0.550	0.543	1.01	0.564	0.98
(27)	0.612	0.604	1.01	0.722	0.85
(28)	0.459	0.453	1.01	0.513	0.89
(29)	0.274	0.269	1.02	0.388	0.71
(30)	0.338	0.335	1.01	0.443	0.76
(31)	0.035	0.036	0.97	0.049	0.72
(32)	0.747	0.760	0.98	0.967	0.77

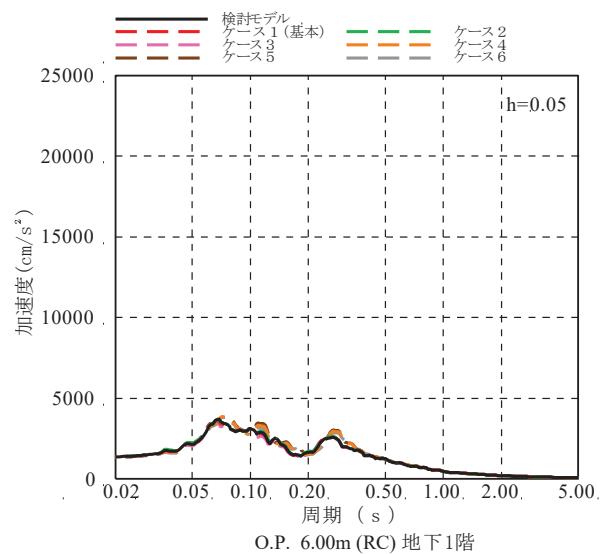
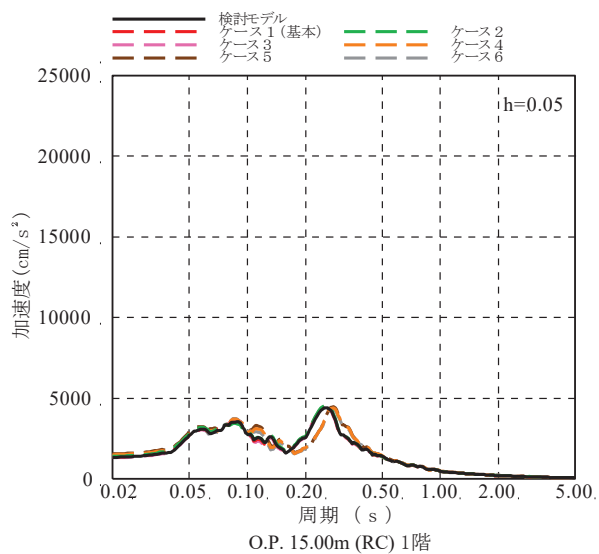
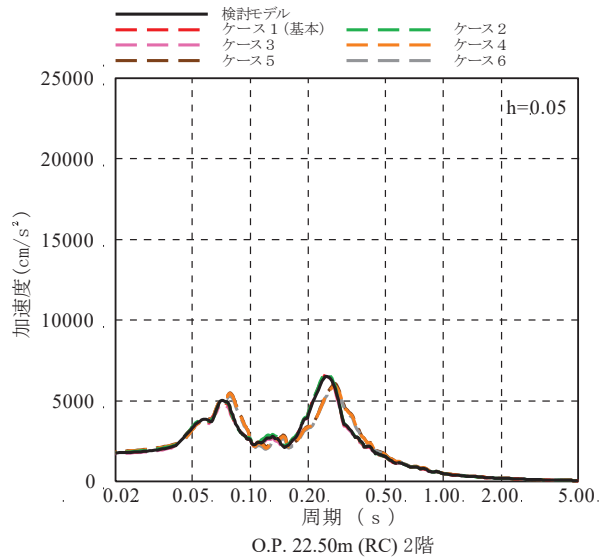
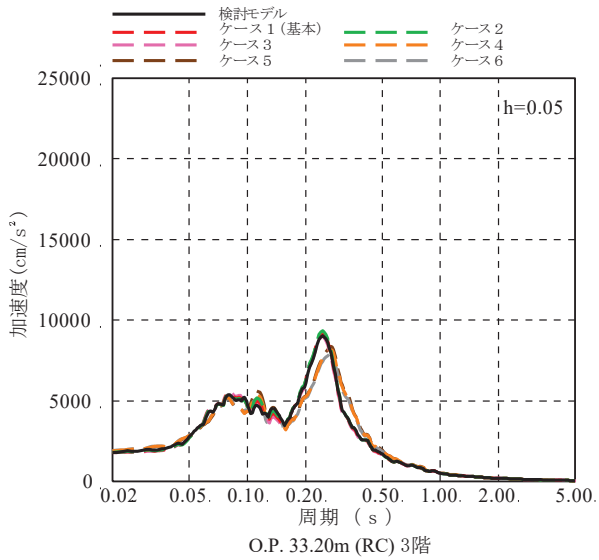
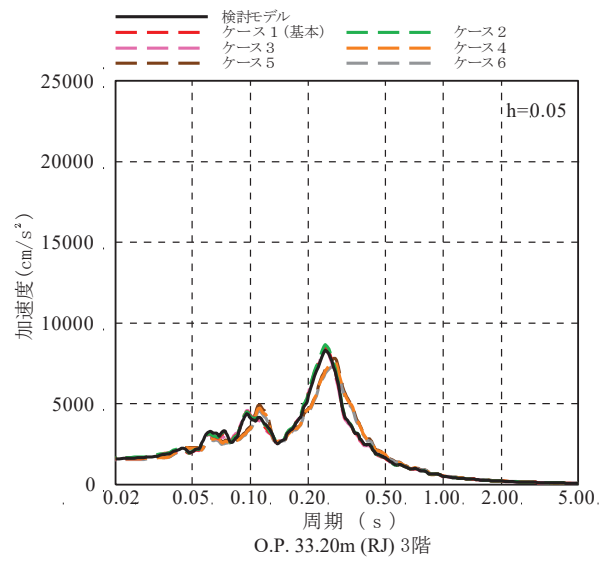
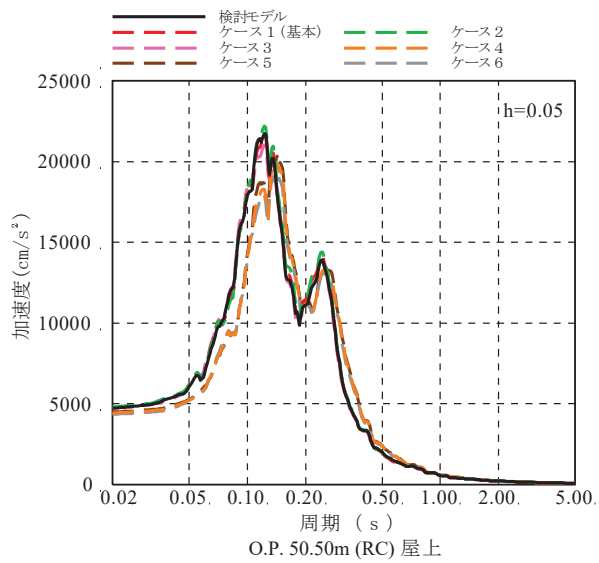


図 2-5(1) 床応答スペクトルの比較 (NS 方向 S s - D 2)

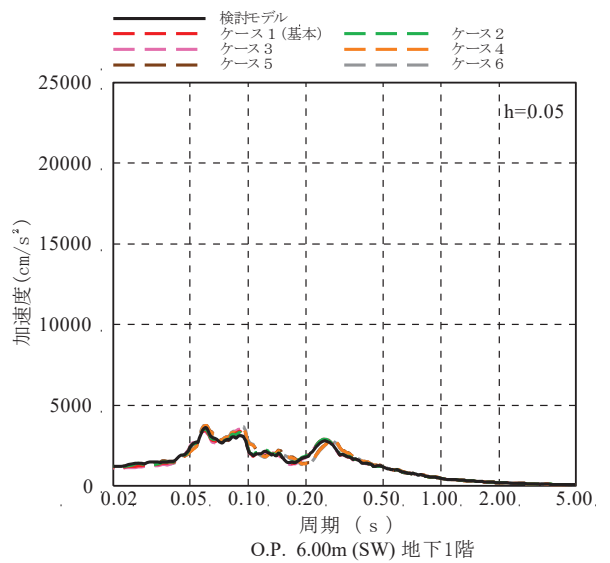
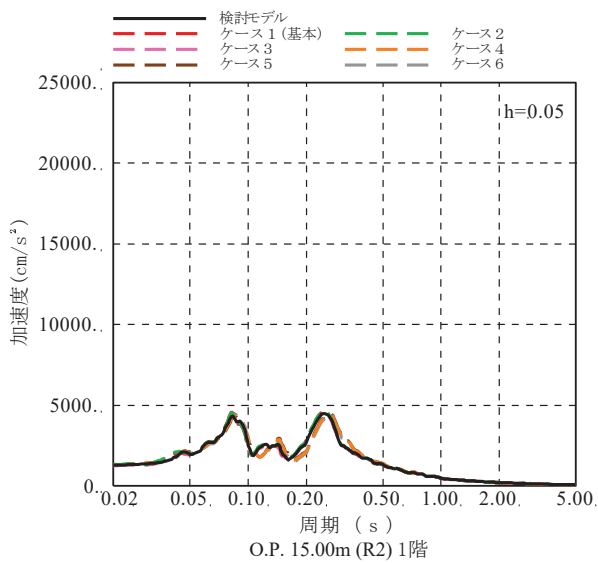
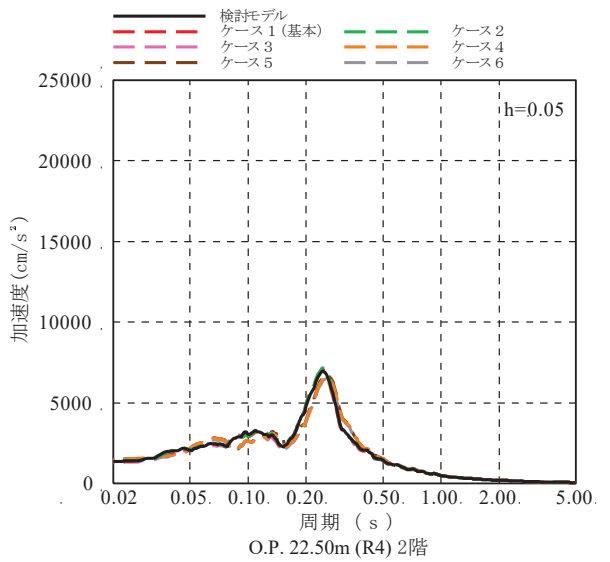
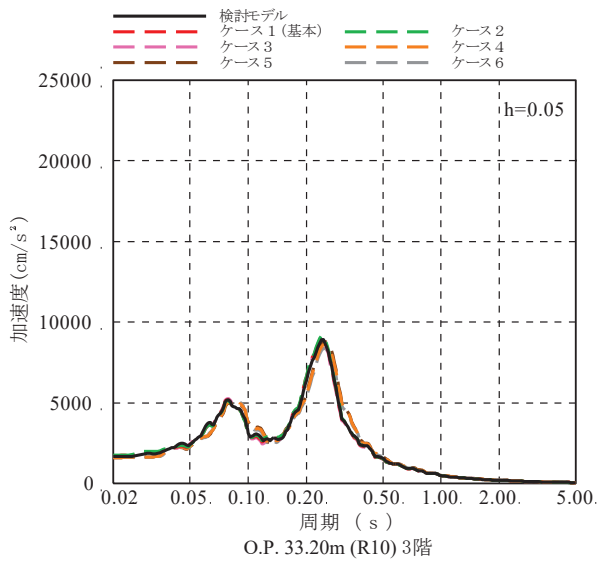
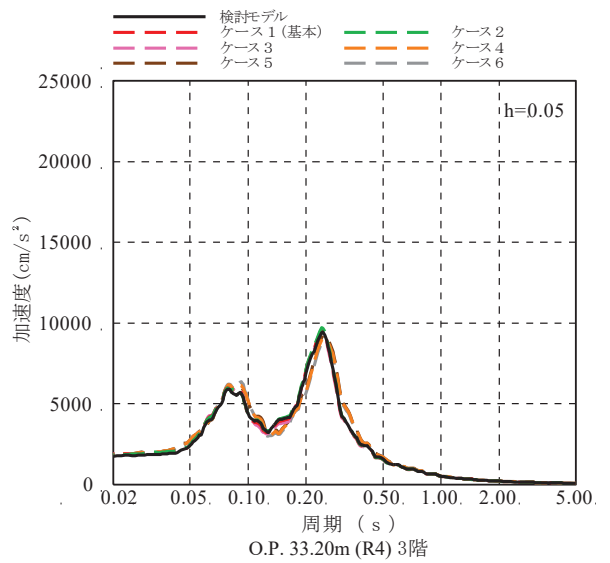
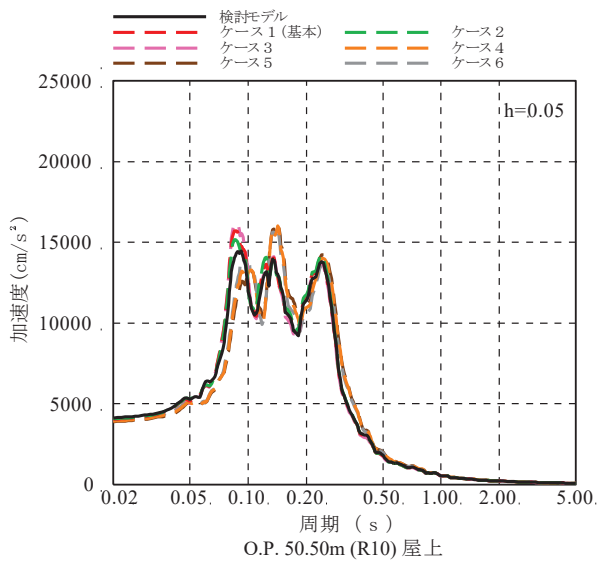


図 2-5(2) 床応答スペクトルの比較 (EW 方向 S s - D 2)

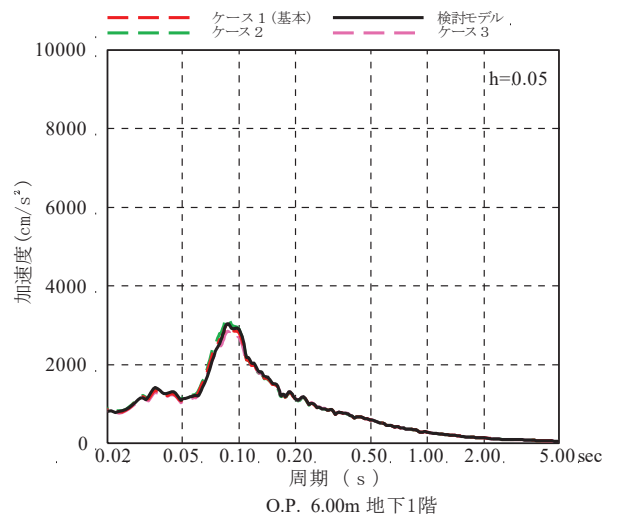
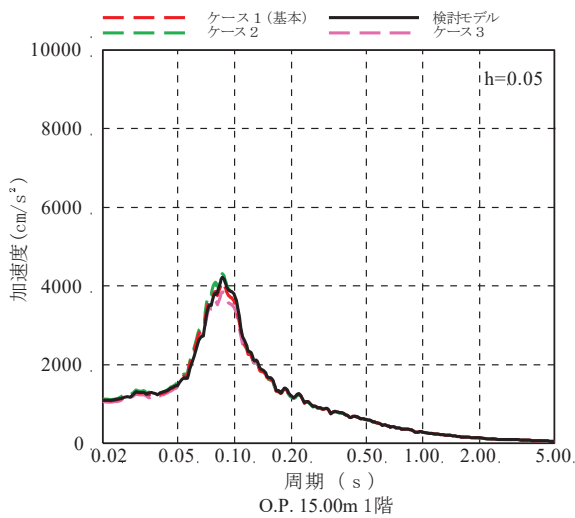
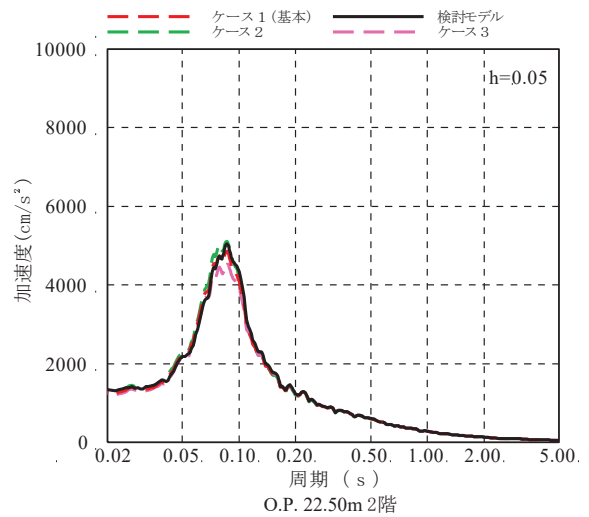
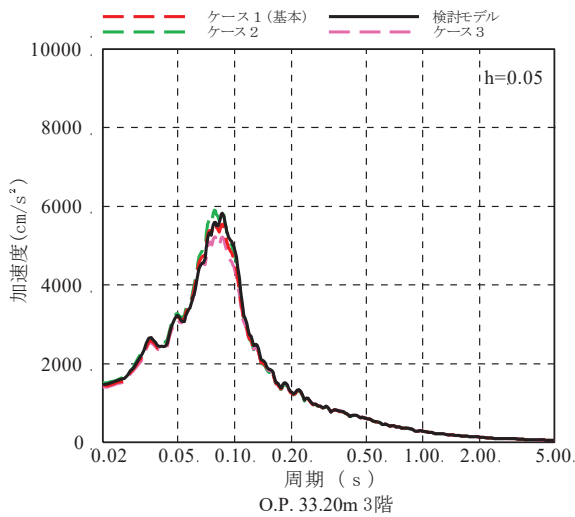
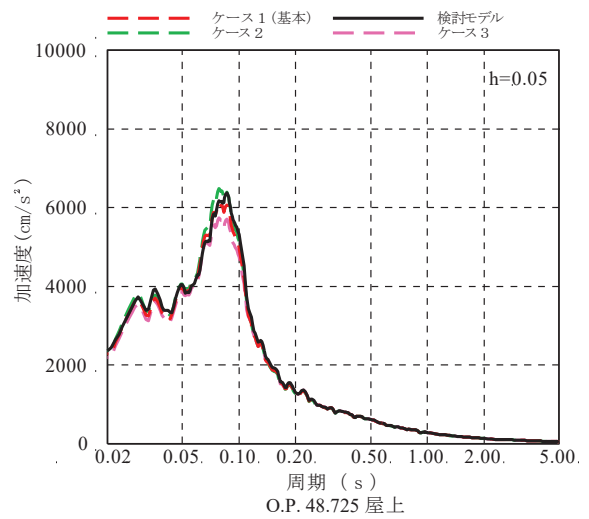
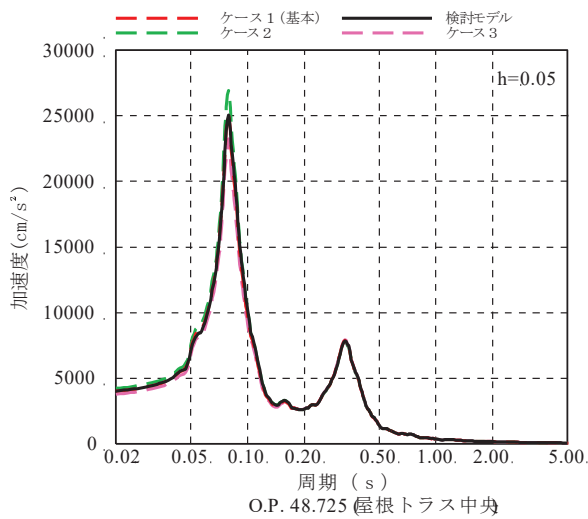


図 2-5(3) 床応答スペクトルの比較 (UD 方向 S s - D 2)

別紙 1-1 原子炉建屋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. R4 通りの回転ばね ..... 別紙 1-1- 5
3. 屋根トラス部の回転ばね..... 別紙 1-1- 8
4. 床ばね..... 別紙 1-1-10
  - 4.1 床ばねの算定方法及び算定結果..... 別紙 1-1-10
  - 4.2 床ばね（線形ばね）を採用していることの妥当性について..... 別紙 1-1-13

## 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 2.1m, 高さ約 6.9m～約 11.8m の 2 対の壁で構成され, この壁は 1 次しゃへい壁上部と内部ボックス壁 (RC 通及び RJ 通) を相互に連結する構造となっている。

このため, 地震時に 1 次しゃへい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 1 次しゃへい壁上部と内部ボックス壁 (RC 通及び RJ 通) を結ぶ回転ばねとして評価する。

図 1-1 に拘束効果の概念図を, 図 1-2 に原子炉建屋 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。



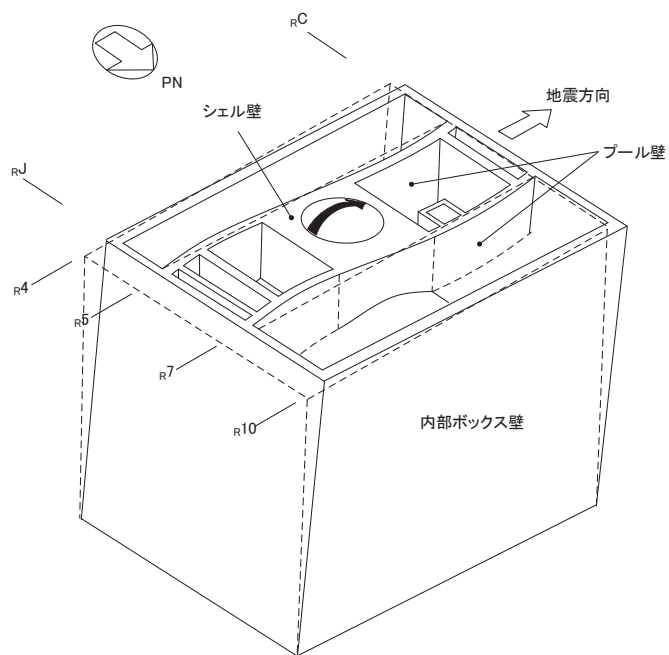


図 1-1 拘束効果の概念図

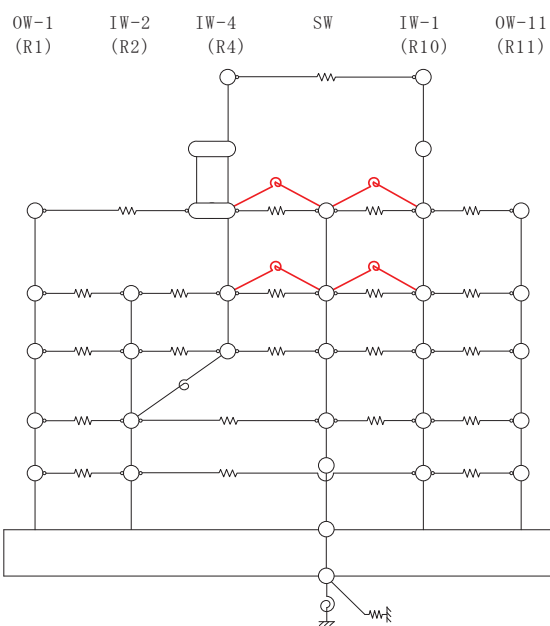
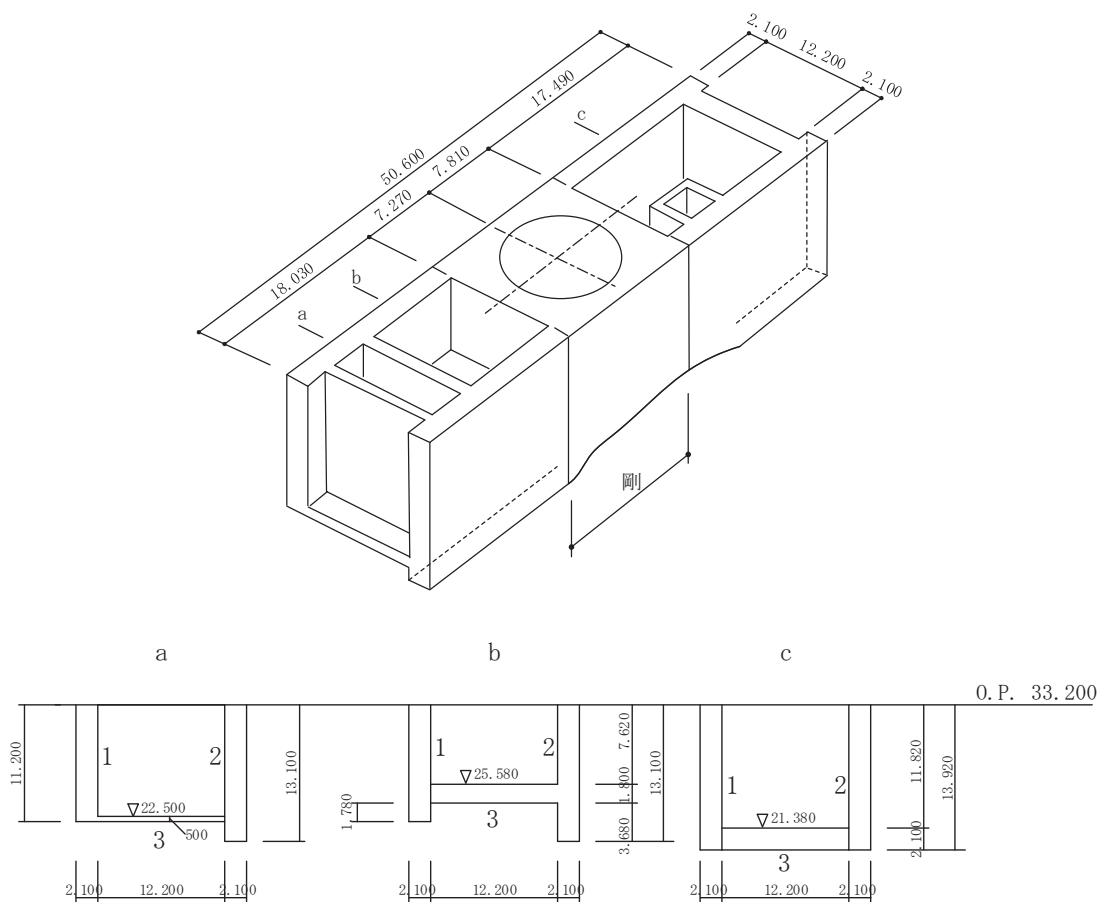
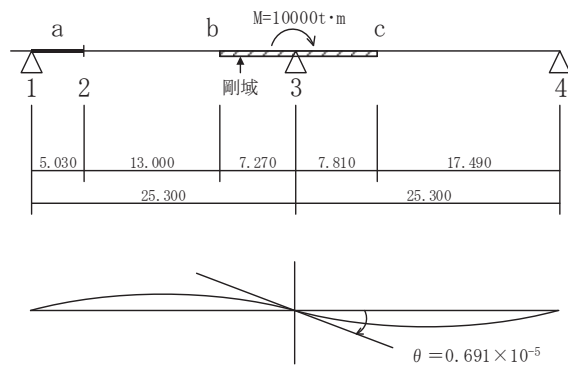


図 1-2 原子炉建屋地震応答解析モデル (EW 方向)  
(赤色部がプール壁による回転拘束効果を考慮した回転ばね)



$I = 778.4 \text{ m}^4$        $I = 745.7 \text{ m}^4$        $I = 1,575.6 \text{ m}^4$   
 $A_s = 51.0 \text{ m}^2$        $A_s = 51.0 \text{ m}^2$        $A_s = 58.5 \text{ m}^2$



$E = 270 \text{ t/cm}^2$   
 $G = 116$

(単位 : m)

$$\sum K_{\theta 1} = \frac{M}{\theta} = \frac{10000}{0.691 \times 10^{-5}} = 14.472 \times 10^8 \text{ t} \cdot \text{m/rad}$$

モデル上 4 か所に分けるとして

$$\begin{aligned}
 K_{\theta 1} &= 14.472 \times 10^8 / 4 \\
 &= 3.62 \times 10^8 \text{ t} \cdot \text{m/rad} \\
 &= 3.55 \times 10^9 \text{ kN} \cdot \text{m/rad}
 \end{aligned}$$

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

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	$3.55 \times 10^9$

## 2. R4通りの回転ばね

R4通りの耐震壁は1階レベル（O.P. 15.0m）で1次しゃへい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、1次しゃへい壁及びR2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、RC通り及びRJ通り内部ボックス壁とR4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（ $K_{\theta}$ ）として評価し、R2通り内部ボックス壁の地下1階レベル（O.P. 6.0m）に結んでいる。

図2-1にR4通りの回転ばねの概念図を、図2-2に原子炉建屋EW方向の地震応答解析モデルを、図2-3にR4通りの回転ばねの算定を、表2-1に回転ばねの算定結果を示す。

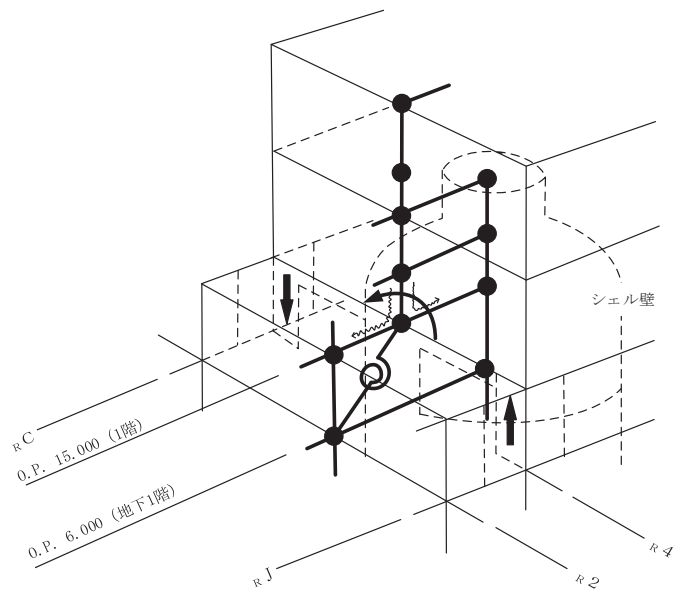


図 2-1 R4 通りの回転ばねの概念図

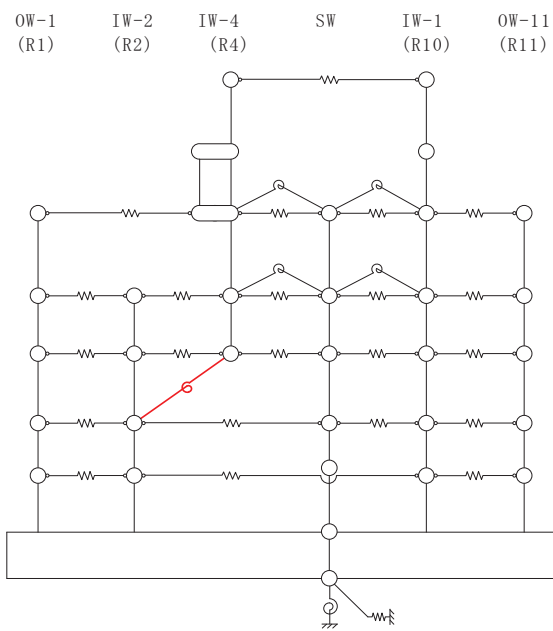
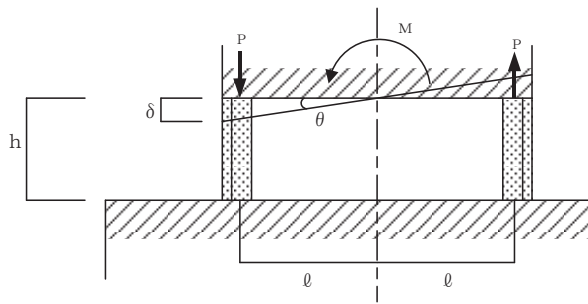
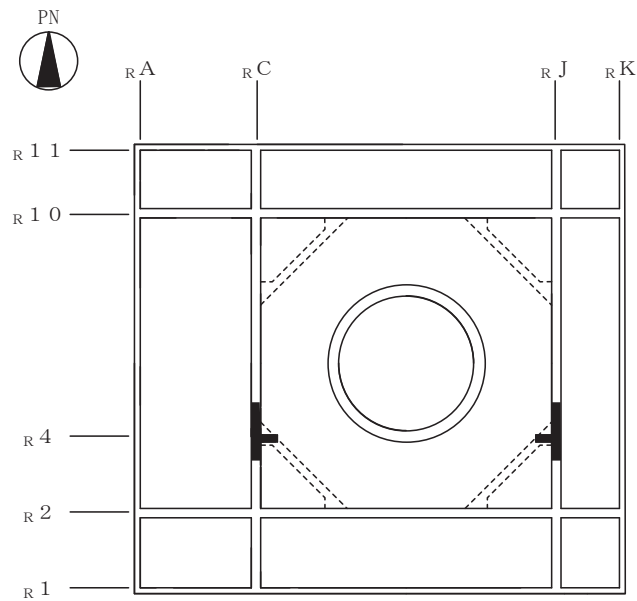


図 2-2 原子炉建屋地震応答解析モデル (EW 方向)  
(赤色部が R4 通りの回転ばね)



$$P = \frac{M}{2 \cdot l}, \quad \delta = P \cdot \frac{h}{E \cdot A}, \quad \theta = \frac{\delta}{l}$$

より

$$K_{\theta} = \frac{M}{\theta} = \frac{2 \cdot E \cdot A \cdot \ell^2}{h} = \frac{2 \times 2.70 \times 10^6 \times 28.0 \times 24.3^2}{9.0} = 0.99 \times 10^{10} \text{ t} \cdot \text{m/rad}$$

$$= 97.1 \times 10^9 \text{ kN} \cdot \text{m/rad}$$

ここに,

M : 曲げモーメント

P : 軸力

A : 軸抵抗部分の断面積 (片側) = 28.0m<sup>2</sup>

E : コンクリート部材のヤング係数 = 2.70 × 10<sup>6</sup> t/m<sup>2</sup> = 2.65 × 10<sup>7</sup> kN/m<sup>2</sup>

図 2-3 R4 通りの回転ばねの算定

表 2-1 R4 通り回転ばね諸元

部位	ばね値 (kN・m/rad)
R4 通り回転ばね	97.1 × 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、建屋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屋部モデルでは考慮できていない。そこで、オペフロ階(0.P. 32.5m)のクレーン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 $K_\theta$ は、オペフロ階以下の剛性が高いことから、オペフロ階柱の脚部を固定条件としたオペフロ階のクレーン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。

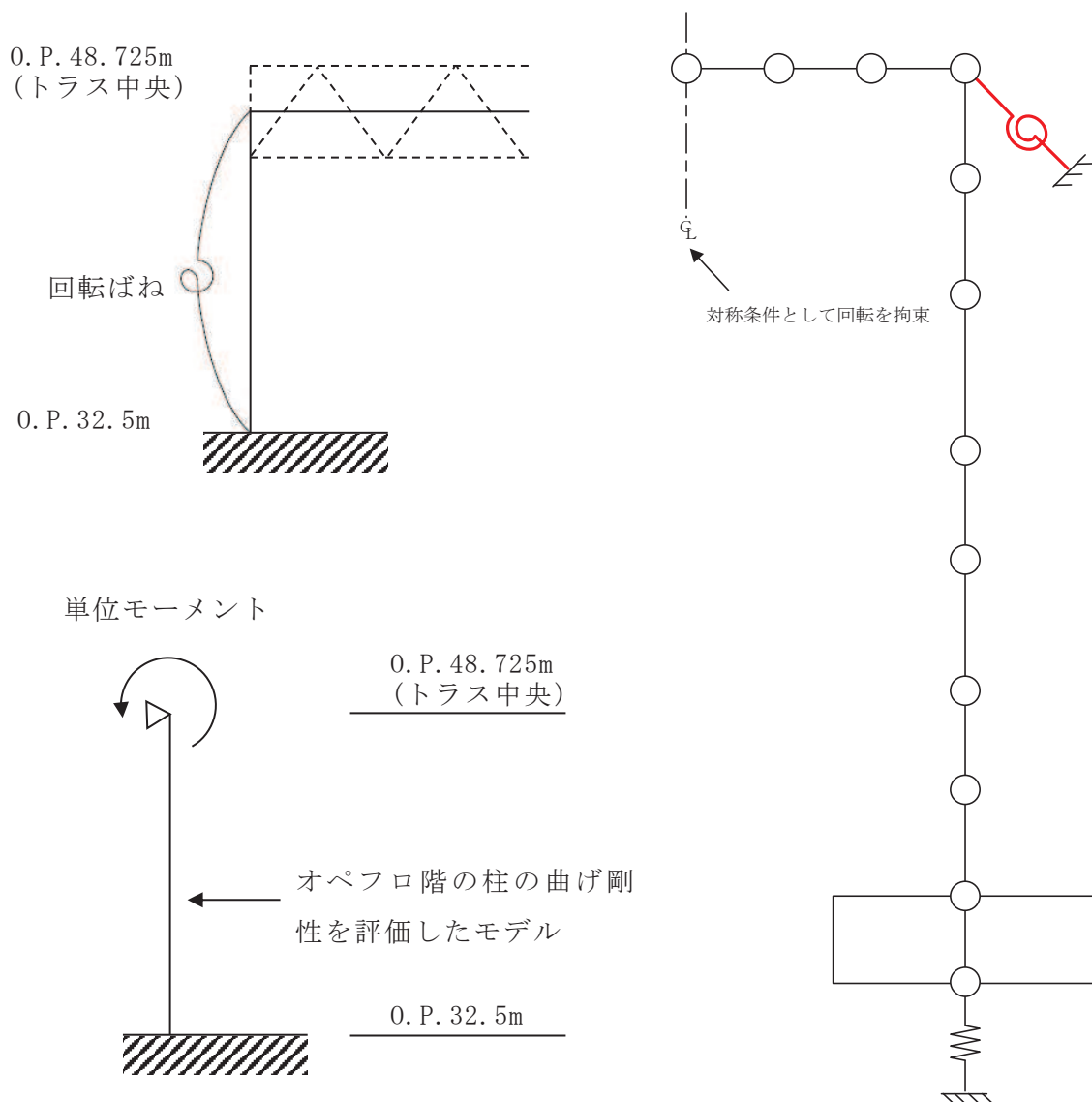


図3-1 屋根トラス部の回転ばねの概念図

表 3-1 屋根トラス部の回転ばね諸元

部位	ばね値 (kN・m/rad)
屋根トラス部の回転ばね	32.15×10 <sup>6</sup>



#### 4. 床ばね

##### 4.1 床ばねの算定方法及び算定結果

床ばねは、床のせん断剛性として、各質点ブロックの図心間の床スラブを、等価なせん断ばねに置換して評価する。

床ばね算定の基本式は次式による。また、床ばねの算定結果を表 4-1 に示す。

$$K = \frac{G \cdot A_s}{\kappa \cdot \ell}$$

K : 床ばね (kN/m)

$A_s$  : 床スラブのせん断断面積 (m<sup>2</sup>)

G : せん断弾性係数 (1.16×10<sup>6</sup> kN/m<sup>2</sup>)

$\ell$  : スパン (m)

$\kappa$  : せん断変形状係数 (1.0 とする)

開口部や床スラブ厚の変化については、床スラブをせん断断面積が変化する部位ごとに分割し、次式により等価なせん断断面積に置換して評価する。

$$A_e = \frac{\ell}{\frac{\ell_1}{A_1} + \frac{\ell_2}{A_2} + \frac{\ell_3}{A_3}}$$

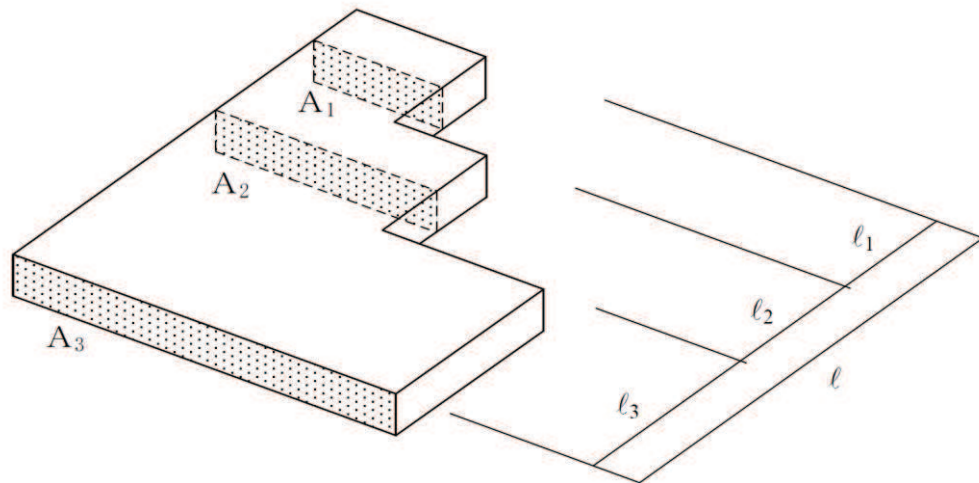


表 4-1(1) 原子炉建屋 床ばね算定結果 (NS 方向)

方向	階	部材番号	ばね値 ( $\times 10^5$ kN/m)
NS	屋上	(1)	13.4
	3 階	(2)	350.1
		(3)	240.9
		(4)	313.7
		(5)	219.0
	2 階	(6)	354.4
		(7)	281.5
		(8)	327.1
		(9)	265.2
	1 階	(10)	374.6
		(11)	571.2
		(12)	561.2
		(13)	208.4
	地下 1 階	(14)	452.4
		(15)	376.6
		(16)	396.5
		(17)	250.8
	地下 2 階	(18)	862.2
		(19)	80.5
		(20)	167.8

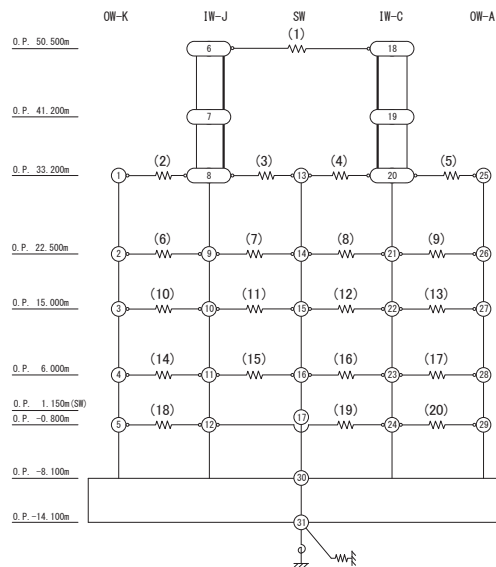
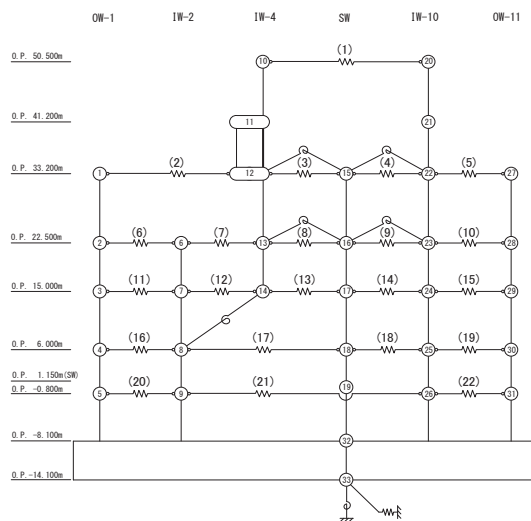


表 4-1(2) 原子炉建屋 床ばね算定結果 (EW 方向)

方向	階	部材番号	ばね値 ( $\times 10^5$ kN/m)
EW	屋上	(1)	23.8
	3 階	(2)	175.5
		(3)	530.0
		(4)	198.0
		(5)	407.0
	2 階	(6)	680.7
		(7)	450.0
		(8)	771.8
		(9)	232.1
		(10)	444.2
	1 階	(11)	511.5
		(12)	480.3
		(13)	655.1
		(14)	247.3
		(15)	412.5
	地下 1 階	(16)	583.7
		(17)	406.7
		(18)	388.5
		(19)	483.1
	地下 2 階	(20)	679.8
		(21)	68.3
		(22)	783.1



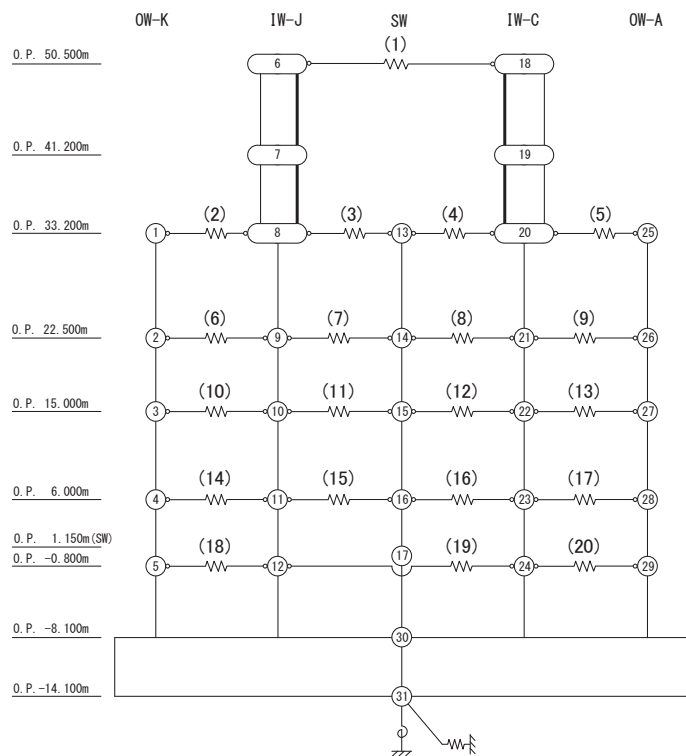
#### 4.2 床ばね（線形ばね）を採用していることの妥当性について

原子炉建屋の地震応答解析モデルでは、床ばねを線形モデルでモデル化していることから、その適用性について、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」に基づき確認する。

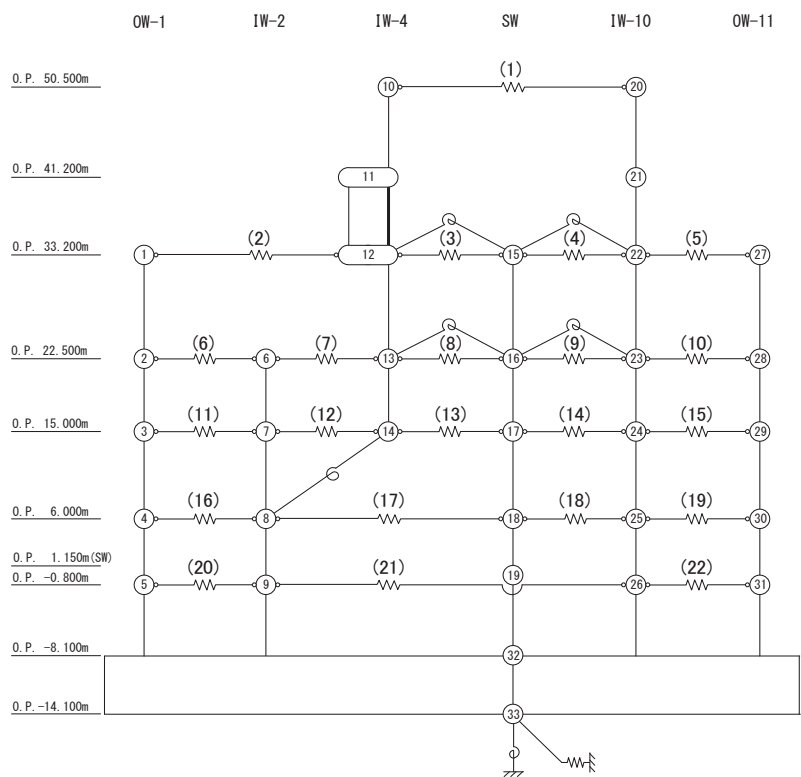
##### (1) 質点系モデルによる床ばねの最大応答せん断応力度

床ばねは線形モデルとしていることから、概ね弾性範囲の応答であることを確認する。ここでは、コンクリート強度より求められる床のせん断スケルトンカーブの第1折点 $\tau_1$ と応答最大せん断応力度を比較する。 $\tau_1$ を超える応力度となった場合には別途検討を行う。図4-1に原子炉建屋の地震応答解析モデルの床ばね部材番号を、表4-2に原子炉建屋の基準地震動 $S_s$ に対する地震応答解析における床ばねの最大応答せん断応力度の確認結果を示す。なお、基準地震動 $S_s$ に対する地震応答解析は、添付書類「VI-2-2-1 原子炉建屋の地震応答計算書」に示す、材料物性の不確かさを考慮する地震応答解析ケース全ての解析ケースを実施した。

NS方向は全ての床ばねの最大応答せん断応力度が $\tau_1$ 以下であり、概ね弾性範囲であることを確認した。一方でEW方向については、一部の床ばねの最大応答せん断応力度が $\tau_1$ を上回ることを確認した。



(a) NS 方向



(b) EW 方向

図 4-1 原子炉建屋の地震応答解析モデル (床ばね部材番号)

表 4-2 原子炉建屋の床ばねの最大応答せん断応力度

(単位 : N/mm<sup>2</sup>)

	NS 方向	EW 方向
ケース 1	1.58 (部材番号(2), S <sub>s</sub> -D 2)	2.82 (部材番号(7), S <sub>s</sub> -D 2)
ケース 2	1.61 (部材番号(2), S <sub>s</sub> -D 2)	2.86 (部材番号(7), S <sub>s</sub> -D 2)
ケース 3	1.56 (部材番号(2), S <sub>s</sub> -D 1)	2.86 (部材番号(7), S <sub>s</sub> -D 2)
ケース 4	1.72 (部材番号(2), S <sub>s</sub> -D 2)	2.78 (部材番号(7), S <sub>s</sub> -D 1)
ケース 5	1.75 (部材番号(2), S <sub>s</sub> -D 2)	2.82 (部材番号(7), S <sub>s</sub> -D 1)
ケース 6	1.69 (部材番号(2), S <sub>s</sub> -D 2)	2.76 (部材番号(7), S <sub>s</sub> -D 2)

注：床のせん断スケルトンカーブの第 1 折点  $\tau_1$  ( $0.31\sqrt{Fc}$ ) : 1.78 N/mm<sup>2</sup>

(2) EW方向の床ばねの応答に対する検討

一部の床ばねの最大応答せん断応力度が $\tau_1$ を超えたことから、最大応答せん断ひずみを確認する。図4-2に原子炉建屋EW方向の床ばねの最大応答せん断応力度、最大応答せん断ひずみを示す。

部材番号(7)及び(12)の最大応答せん断応力度は、他の床ばねに対して有意に大きい値となっている。これは、建屋下部のR2通りの耐震壁が1F(O.P.15.0m)と2F(O.P.22.5m)でR4通りに切り替わっているため、R4通りの層せん断力が床ばねを介してR2通りに伝達されるためであると考えられる。

なお、R4通りのO.P.22.5mとO.P.15.0mの質点はSW軸とも床ばねで接続されているが、R4通りとSW軸を結ぶ床ばねのせん断応力が大きくなる理由は、刺激関数図から確認できる。図4-3にEW方向の刺激関数図を示す。これらの刺激関数図を見ると、R4通りのO.P.22.5mとO.P.15.0mの質点はSW軸の質点とほぼ同じ変形をするのに対し、R2通りの質点とは変形に差が生じていることが確認できる。このような振動性状によりR4通りとR2通りを結ぶ床ばね要素の面内せん断応力度が特に大きくなったと考えられる。

一方、最大応答せん断ひずみの値は、最大で $0.25 \times 10^{-3}$ である。これは、コンクリートのせん断ひび割れが生じる始める程度の変形であるが、線形ばねとしてモデル化していることから床ばねを非線形ばねとした場合の検討を実施する。

	OW-1 (R1)	IW-2 (R2)	IW-4 (R4)	SW	IW-1 (R10)	OW-11 (R11)								
<u>OP+50.5</u>	<table border="1" style="margin: auto;"> <tr><td style="text-align: center;">1.35</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">0.12</td></tr> </table>						1.35	0.12						
1.35														
0.12														
<u>OP+33.2</u>	<table border="1" style="margin: auto;"> <tr><td style="text-align: center;">1.59</td><td style="text-align: center;">0.66</td><td style="text-align: center;">1.23</td><td style="text-align: center;">1.59</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">0.14</td><td style="text-align: center;">0.06</td><td style="text-align: center;">0.11</td><td style="text-align: center;">0.14</td></tr> </table>						1.59	0.66	1.23	1.59	0.14	0.06	0.11	0.14
1.59	0.66	1.23	1.59											
0.14	0.06	0.11	0.14											
<u>OP+22.5</u>	0.31	2.82	0.44	0.98	1.20									
	0.03	0.25	0.04	0.09	0.11									
<u>OP+15.0</u>	0.90	1.89	0.42	1.13	0.98									
	0.08	0.17	0.04	0.10	0.09									
<u>OP+ 6.0</u>	0.50	0.34		0.39	0.45									
	0.04	0.03		0.03	0.04									
<u>OP- 0.8</u>	0.33	0.11			0.40									
	0.03	0.01			0.04									

上段：最大応答せん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)  
 下段：最大応答せん断ひずみ (×10<sup>-3</sup>)

図 4-2(1) 原子炉建屋の床ばねの応答結果  
(EW 方向, ケース 1, S s - D 2)

	OW-1 (R1)	IW-2 (R2)	IW-4 (R4)	SW	IW-1 (R10)	OW-11 (R11)								
<u>OP+50.5</u>	<table border="1" style="margin: auto;"> <tr><td style="text-align: center;">1.35</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">0.12</td></tr> </table>						1.35	0.12						
1.35														
0.12														
<u>OP+33.2</u>	<table border="1" style="margin: auto;"> <tr><td style="text-align: center;">1.58</td><td style="text-align: center;">0.65</td><td style="text-align: center;">1.23</td><td style="text-align: center;">1.59</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">0.14</td><td style="text-align: center;">0.06</td><td style="text-align: center;">0.11</td><td style="text-align: center;">0.14</td></tr> </table>						1.58	0.65	1.23	1.59	0.14	0.06	0.11	0.14
1.58	0.65	1.23	1.59											
0.14	0.06	0.11	0.14											
<u>OP+22.5</u>	0.31	2.86	0.45	0.97	1.23									
	0.03	0.25	0.04	0.09	0.11									
<u>OP+15.0</u>	0.93	1.88	0.45	1.14	1.00									
	0.08	0.17	0.04	0.10	0.09									
<u>OP+ 6.0</u>	0.51	0.33		0.40	0.46									
	0.04	0.03		0.04	0.04									
<u>OP- 0.8</u>	0.33	0.11			0.41									
	0.03	0.01			0.04									

上段：最大応答せん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)  
 下段：最大応答せん断ひずみ (×10<sup>-3</sup>)

図 4-2(2) 原子炉建屋の床ばねの応答結果  
(EW 方向, ケース 2, S s - D 2)



	OW-1 (R1)	IW-2 (R2)	IW-4 (R4)	SW	IW-1 (R10)	OW-11 (R11)
<u>OP+50.5</u>			1.37 0.12			
<u>OP+33.2</u>						
<u>OP+22.5</u>	1.60 0.14		0.65 0.06	1.23 0.11	1.59 0.14	
<u>OP+15.0</u>	0.30 0.03	2.86 0.25	0.45 0.04	1.00 0.09	1.18 0.10	
<u>OP+15.0</u>	0.88 0.08	1.89 0.17	0.40 0.04	1.11 0.10	0.95 0.08	
<u>OP+ 6.0</u>	0.47 0.04	0.36 0.03		0.38 0.03	0.44 0.04	
<u>OP- 0.8</u>	0.32 0.03	0.10 0.01			0.39 0.03	

上段：最大応答せん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)  
下段：最大応答せん断ひずみ (×10<sup>-3</sup>)

図 4-2(3) 原子炉建屋の床ばねの応答結果  
(EW 方向, ケース 3, S s - D 2)

	OW-1 (R1)	IW-2 (R2)	IW-4 (R4)	SW	IW-1 (R10)	OW-11 (R11)
<u>OP+50.5</u>			0.98 0.09			
<u>OP+33.2</u>						
<u>OP+22.5</u>	1.41 0.12		0.40 0.04	0.86 0.08	1.47 0.13	
<u>OP+15.0</u>	0.18 0.02	2.78 0.24	0.37 0.03	0.85 0.07	1.15 0.10	
<u>OP+15.0</u>	0.94 0.08	1.80 0.16	0.32 0.03	0.99 0.09	0.93 0.08	
<u>OP+ 6.0</u>	0.31 0.03	0.40 0.04		0.29 0.03	0.39 0.03	
<u>OP- 0.8</u>	0.23 0.02	0.09 0.01			0.35 0.03	

上段：最大応答せん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)  
下段：最大応答せん断ひずみ (×10<sup>-3</sup>)

図 4-2(4) 原子炉建屋の床ばねの応答結果  
(EW 方向, ケース 4, S s - D 1)

	OW-1 (R1)	IW-2 (R2)	IW-4 (R4)	SW	IW-1 (R10)	OW-11 (R11)
<u>OP+50.5</u>	0.97 0.08					
<u>OP+33.2</u>	1.41 0.12		0.41 0.04	0.85 0.08	1.49 0.13	
<u>OP+22.5</u>	0.18 0.02	2.82 0.25	0.38 0.03	0.85 0.08	1.17 0.10	
<u>OP+15.0</u>	0.94 0.08	1.83 0.16	0.32 0.03	1.02 0.09	0.95 0.08	
<u>OP+ 6.0</u>	0.31 0.03	0.39 0.03		0.29 0.03	0.39 0.03	
<u>OP- 0.8</u>	0.24 0.02	0.09 0.01			0.36 0.03	

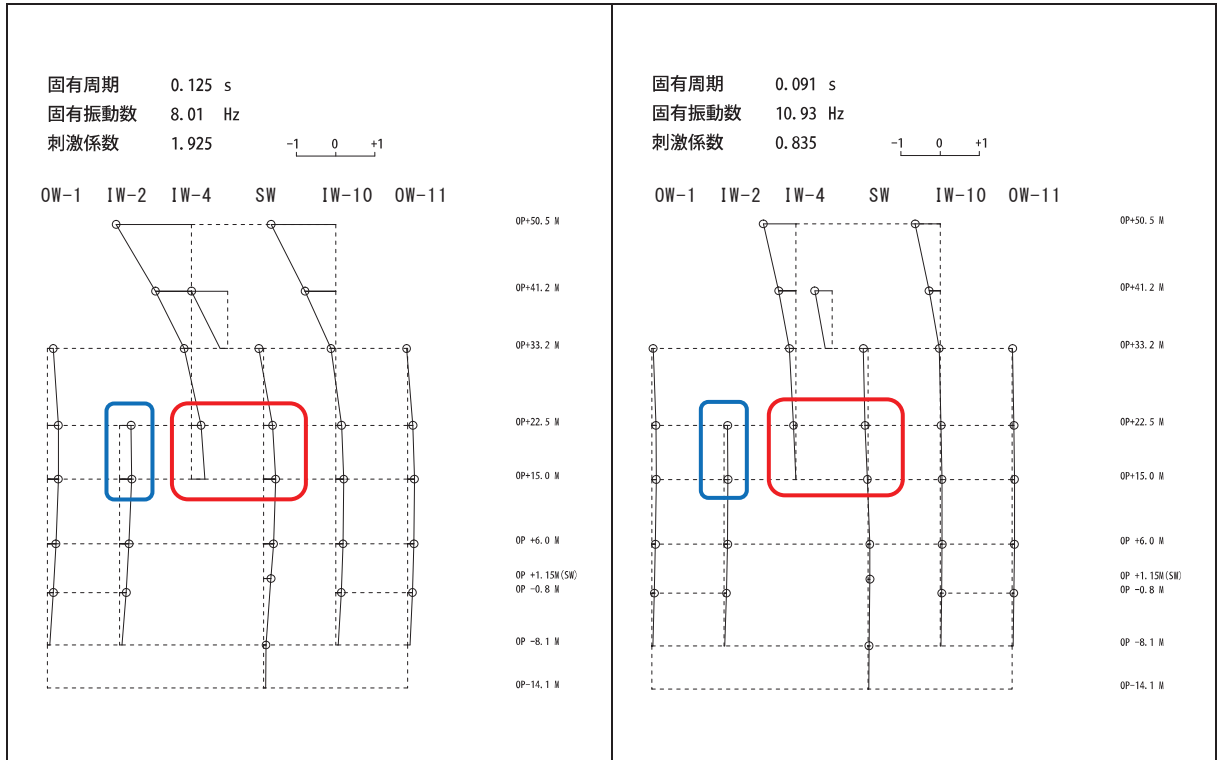
上段：最大応答せん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)  
下段：最大応答せん断ひずみ (×10<sup>-3</sup>)

図 4-2(5) 原子炉建屋の床ばねの応答結果  
(EW 方向, ケース 5, S s - D 1)

	OW-1 (R1)	IW-2 (R2)	IW-4 (R4)	SW	IW-1 (R10)	OW-11 (R11)
<u>OP+50.5</u>	1.17 0.10					
<u>OP+33.2</u>	1.63 0.14		0.44 0.04	0.87 0.08	1.59 0.14	
<u>OP+22.5</u>	0.26 0.02	2.76 0.24	0.42 0.04	0.98 0.09	1.31 0.11	
<u>OP+15.0</u>	0.88 0.08	1.71 0.15	0.48 0.04	1.01 0.09	1.00 0.09	
<u>OP+ 6.0</u>	0.42 0.04	0.36 0.03		0.38 0.03	0.44 0.04	
<u>OP- 0.8</u>	0.28 0.02	0.11 0.01			0.37 0.03	

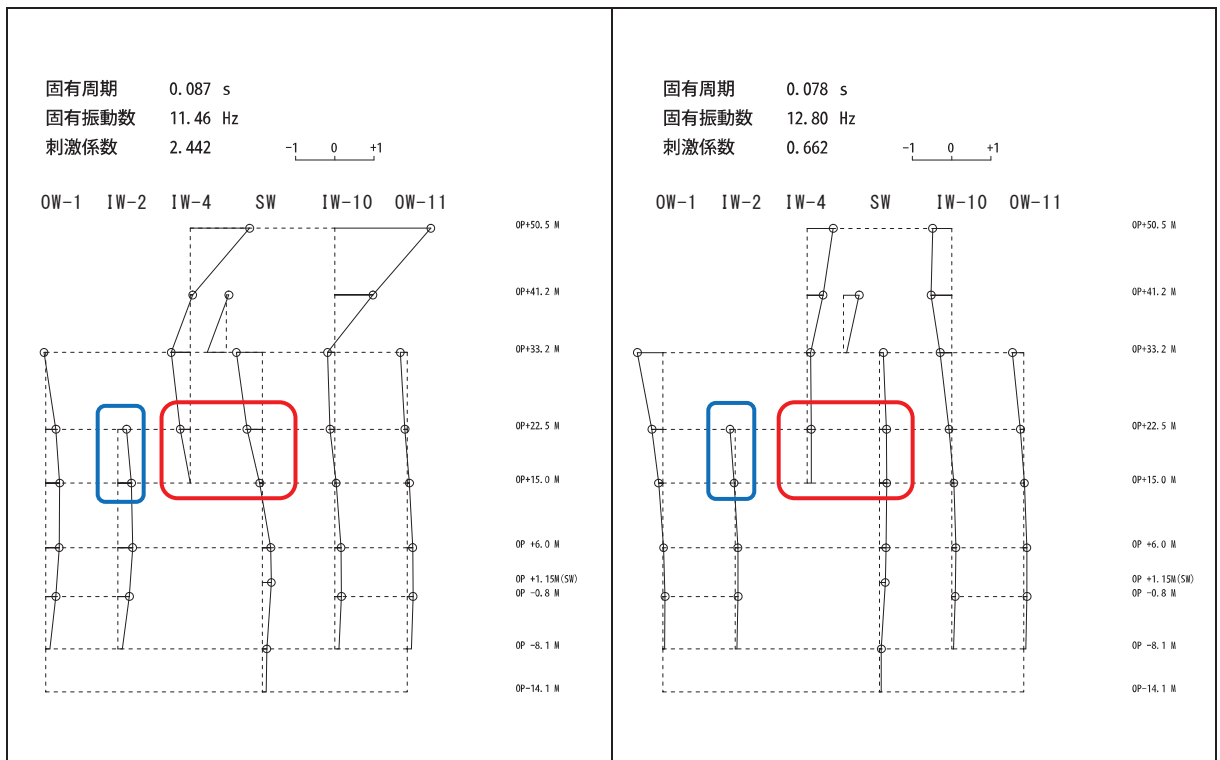
上段：最大応答せん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)  
下段：最大応答せん断ひずみ (×10<sup>-3</sup>)

図 4-2(6) 原子炉建屋の床ばねの応答結果  
(EW 方向, ケース 6, S s - D 2)



2次モード

5次モード



6次モード

7次モード

注：赤枠内の変形の差は小さいが青枠の部材は変形の差が大きい。

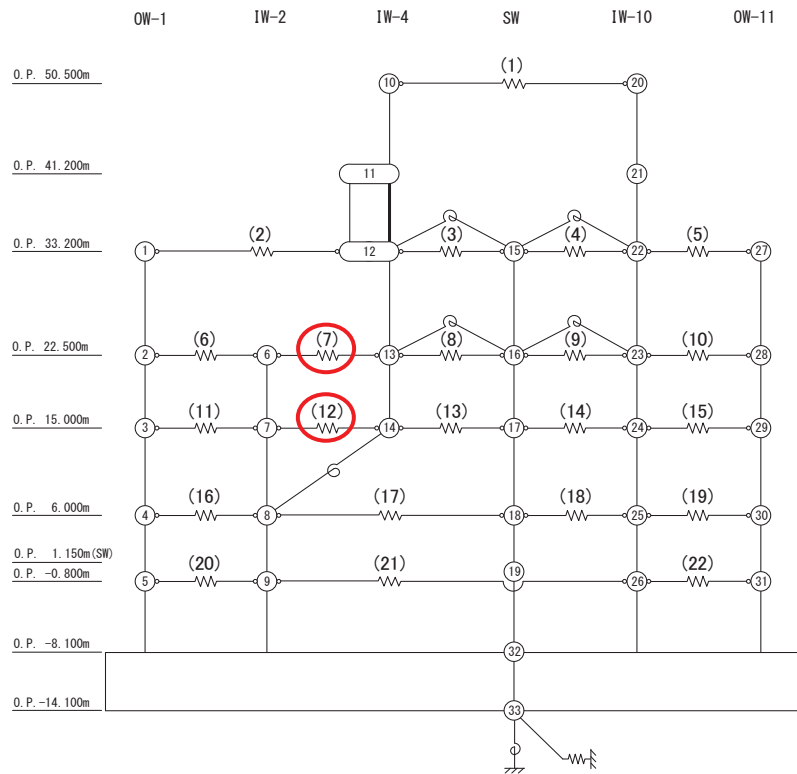
図 4-3 原子炉建屋の地震応答解析モデルの刺激関数図 (EW 方向, 基本ケース)

(3) EW方向の床ばね（部材番号(7)及び(12)）を非線形ばねとした場合の検討

原子炉建屋 EW 方向では，床ばね（部材番号(7)及び(12)）において最大応答せん断応力度が床のせん断スケルトンカーブの第 1 折点  $\tau_1$  を超えたことから，これらを非線形ばねとした場合（以下「床ばね非線形モデル」という。）の解析を実施し，線形ばねとした場合（以下「床ばね線形モデル」という。）の結果と床応答スペクトルを比較するとともに，床ばねの最大応答せん断ひずみを確認する。

a. 解析方法

最大応答せん断応力度が  $\tau_1$  を上回った床ばね要素に非線形特性を設定した地震応答解析モデルによる地震応答解析を行い，建屋全体の床応答への影響を確認する。図 4-4 に非線形特性を設定した床ばねを示す。



注：赤囲み部を非線形ばねとする

図 4-4 原子炉建屋の地震応答解析モデル（床ばね部材番号（EW 方向））

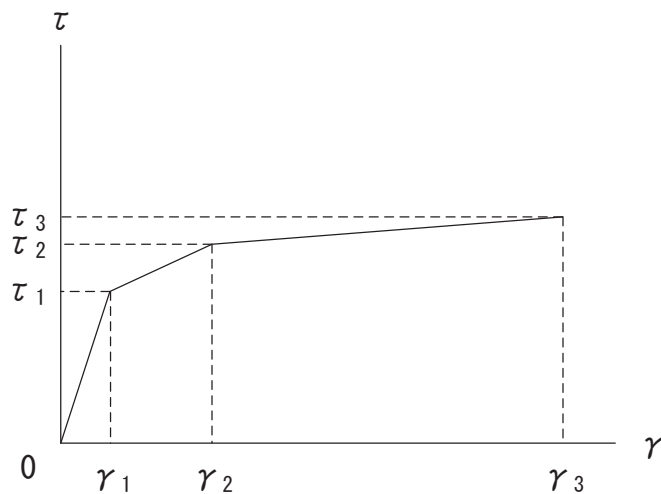
b. 非線形特性のモデル化方法

床ばねの非線形特性は，「J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版」に基づきトリリニア型のせん断スケルトンカーブとする。終局点は 1 つの床ばねに配筋と厚さが異なる領域が混在していることから，最も鉄筋比が小さい断面の鉄筋比を適用する。

表 4-3 に設定したスケルトンカーブの諸数値を，図 4-5 に床ばねのせん断応力度－せん断ひずみ関係を，図 4-6 に床ばねのせん断応力度－せん断ひずみ関係の履歴特性を示す。

表 4-3 床ばねのせん断力のスケルトンカーブ（ $\tau - \gamma$  関係）EW 方向モデル

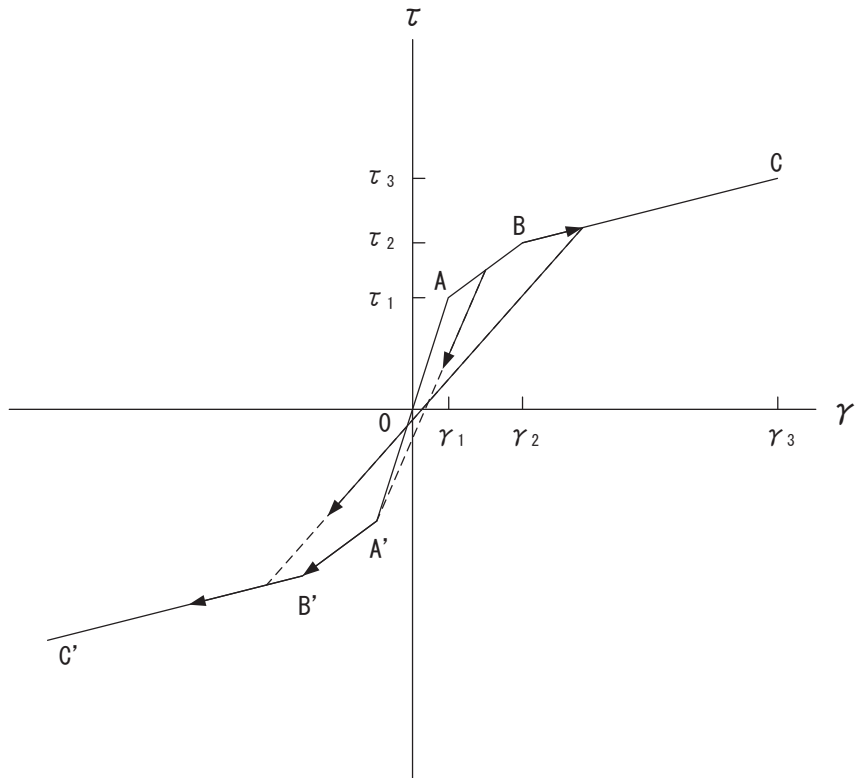
部材番号	$\tau_1$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_2$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_3$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\gamma_1$ ( $\times 10^{-3}$ )	$\gamma_2$ ( $\times 10^{-3}$ )	$\gamma_3$ ( $\times 10^{-3}$ )
(7)	1.78	2.39	3.17	0.156	0.468	4.00
(12)	1.78	2.39	3.17	0.156	0.468	4.00



床ばねのせん断応力度－せん断ひずみ関係（ $\tau - \gamma$  関係）は，「J E A G 4 6 0 1-1991 追補版」に基づき，トリリニア型スケルトンカーブとする。

- $\tau_1$  : 第 1 折点のせん断応力度
- $\tau_2$  : 第 2 折点のせん断応力度
- $\tau_3$  : 終局点のせん断応力度
- $\gamma_1$  : 第 1 折点のせん断ひずみ
- $\gamma_2$  : 第 2 折点のせん断ひずみ
- $\gamma_3$  : 終局点のせん断ひずみ ( $=4.0 \times 10^{-3}$ )

図 4-5 床ばねのせん断応力度－せん断ひずみ関係



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

- a. 0-A 間：弾性範囲
- b. A-B 間：負側スケルトンが経験した最大点に向かう。ただし、負側最大点が第 1 折点を越えていない時は負側第 1 折点に向かう。
- c. B-C 間：負側最大点指向
- d. 各最大点は、スケルトン上を移動することにより更新される。
- e. 安定ループは面積を持たない。

図 4-6 床ばねのせん断応力度－せん断ひずみ関係の履歴特性

c. 床応答スペクトルの比較

図4-7に床ばね線形モデルと床ばね非線形モデルの床応答スペクトル(減衰5%)を比較して示す。両者にわずかな違いは見られるが、**スペクトル形状及び応答の大きさに**顕著な差はないことを確認した。

また、図4-8に、床ばね非線形モデルの減衰1%の床応答スペクトルと機器・配管系の設計用床応答曲線との比較を示す。比較にあたっては、床ばね非線形モデルの基準地震動 $S_s$ に対する不確かさケース全てのEW方向の応答を記載した。床ばね非線形モデルの床応答スペクトルは、おおむね設計用床応答曲線に包絡されることから、機器・配管系の設計への影響はないことを確認した。

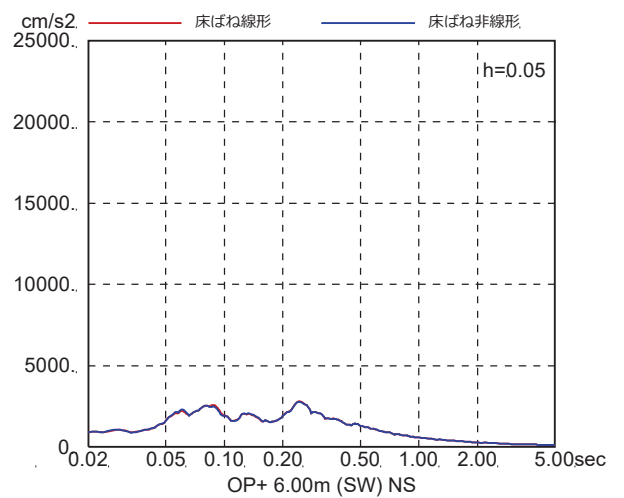
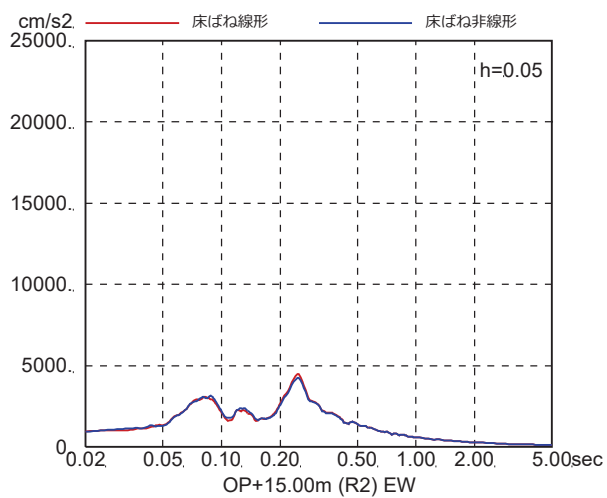
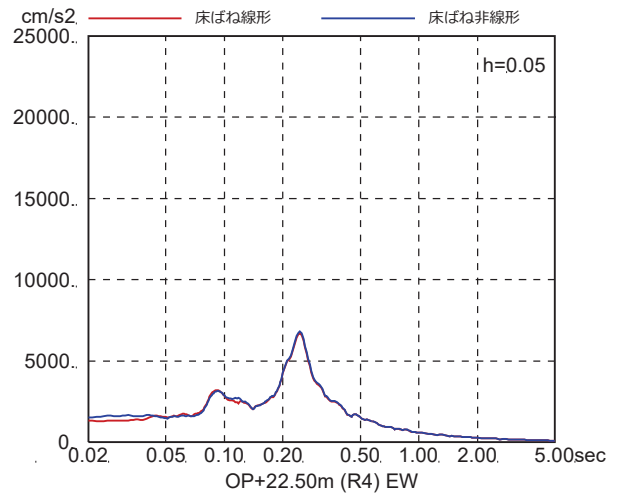
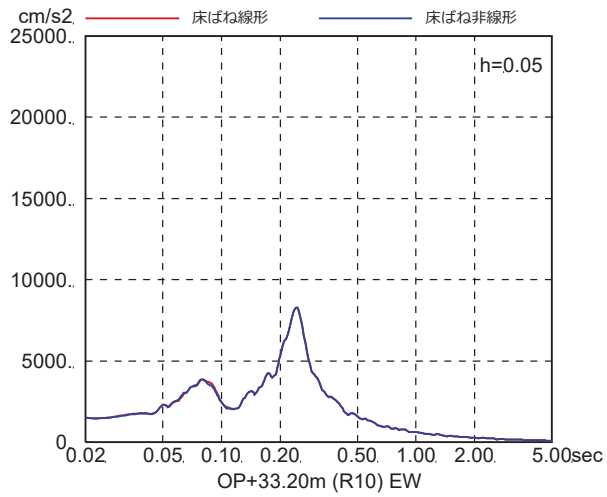
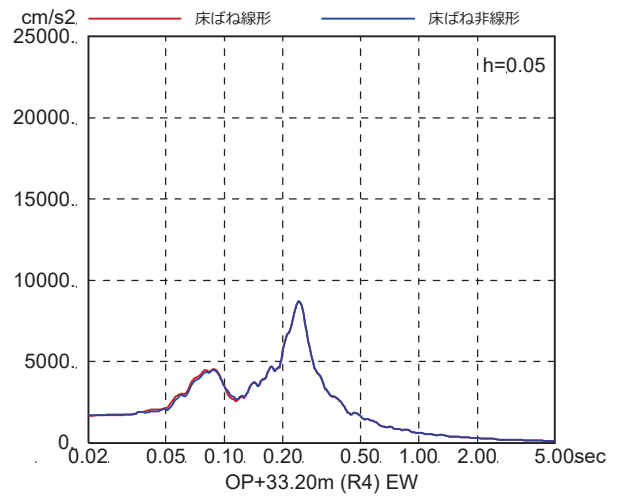
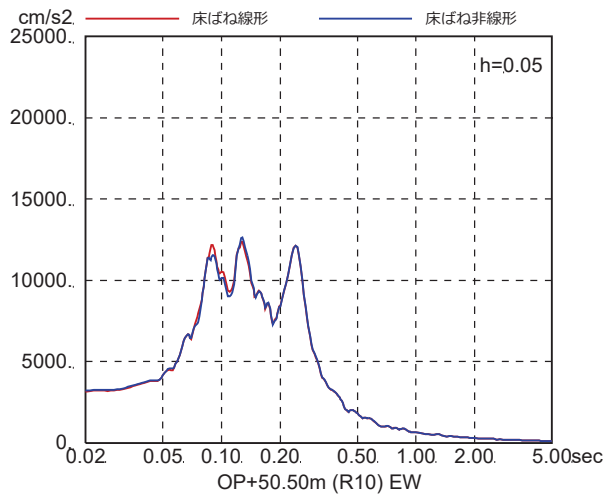


図 4-7(1) 床ばね線形モデルと床ばね非線形モデルの床応答の比較  
(EW 方向, ケース 1, S s - D 1)



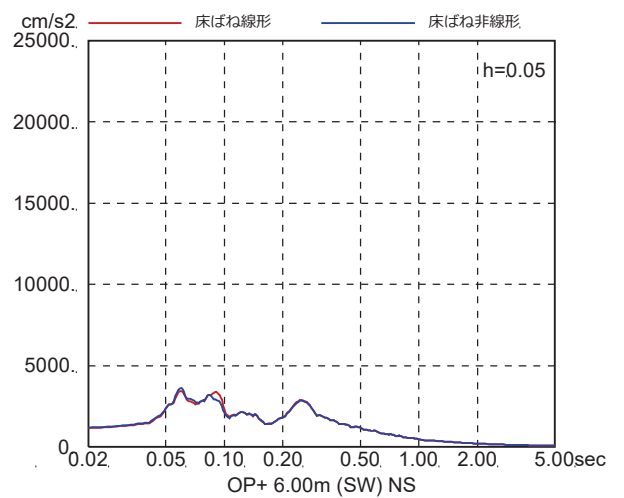
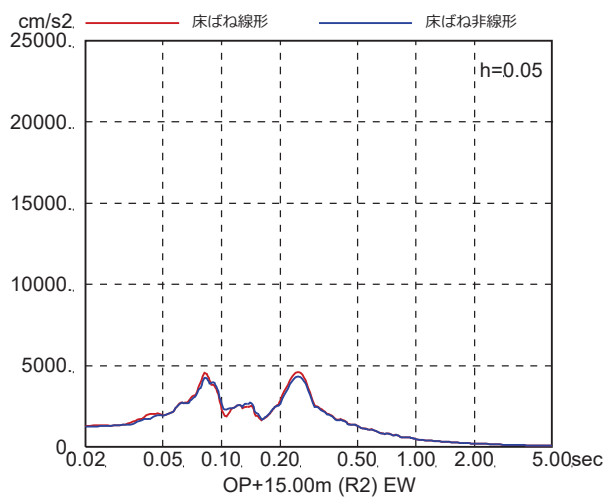
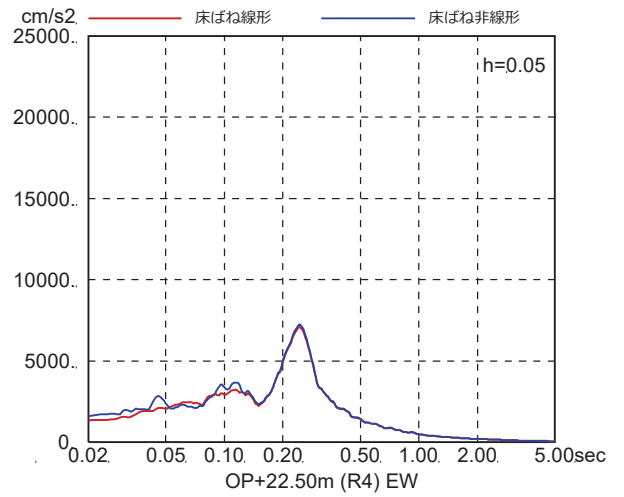
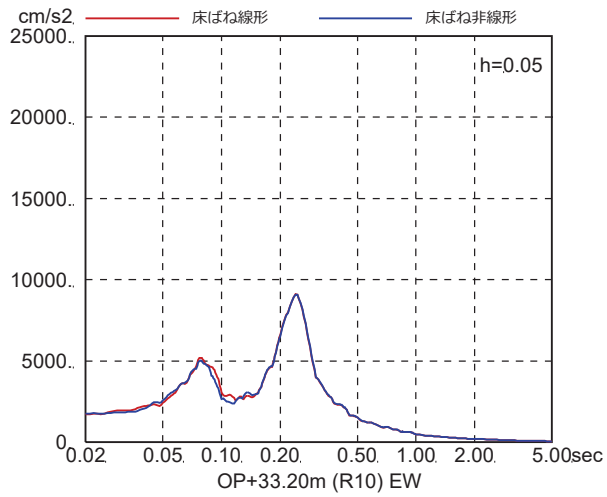
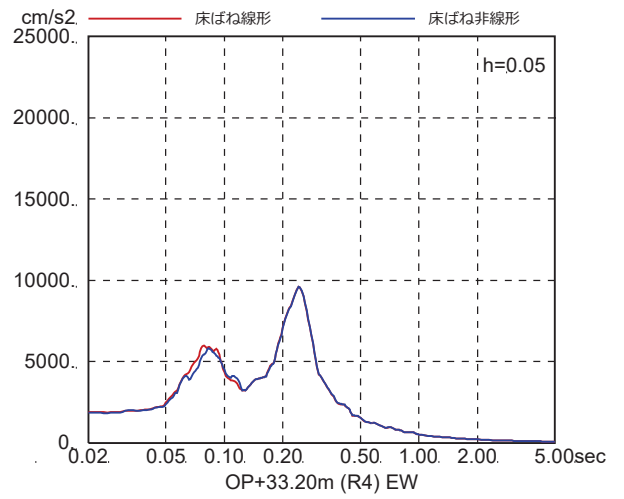
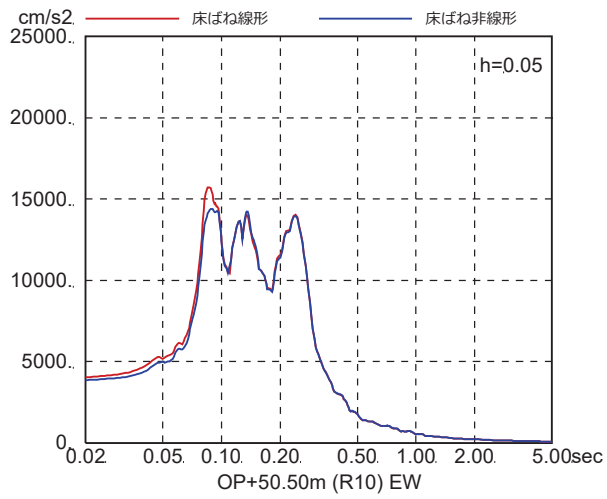


図 4-7(2) 床ばね線形モデルと床ばね非線形モデルの床応答の比較  
(EW 方向, ケース 1, S s - D 2)

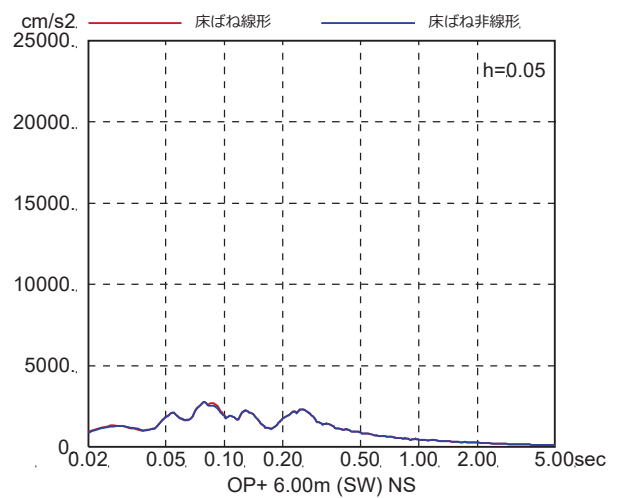
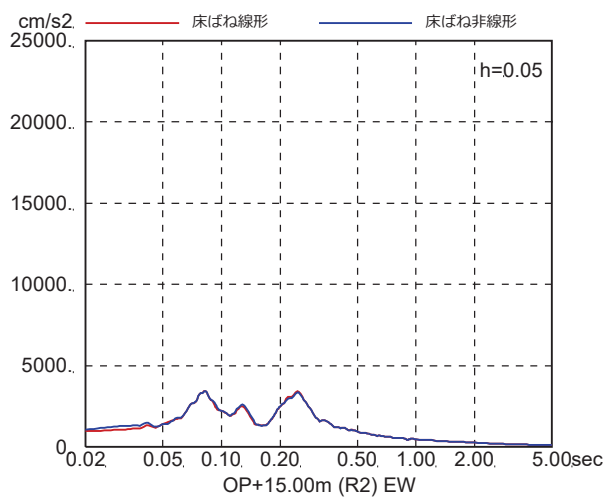
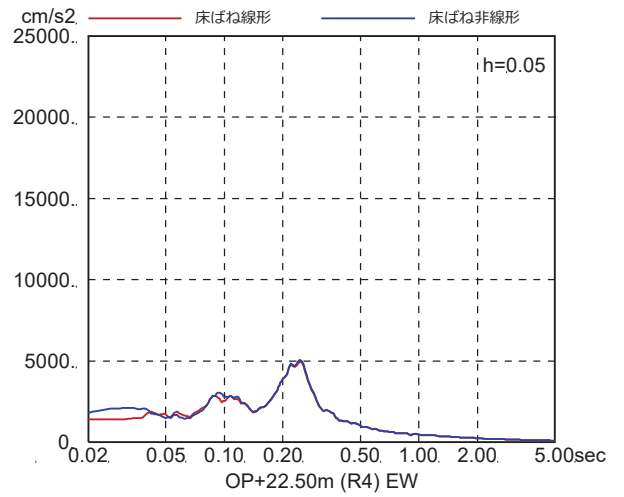
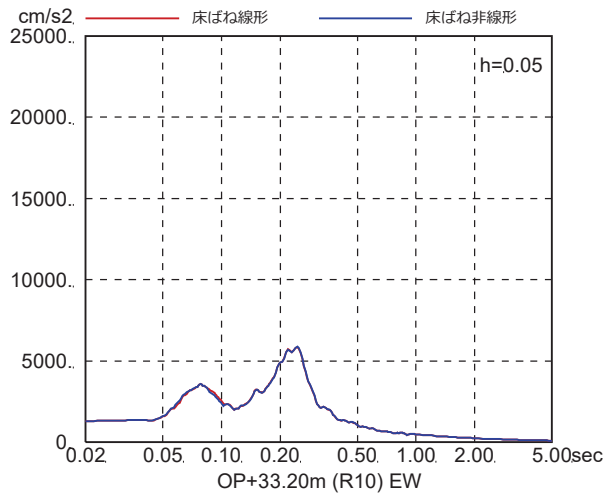
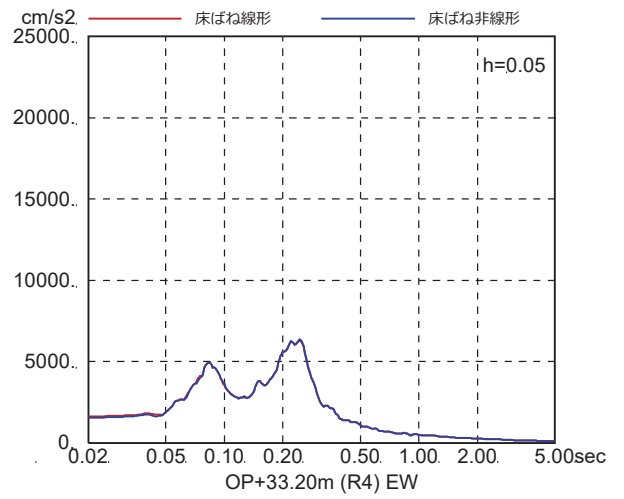
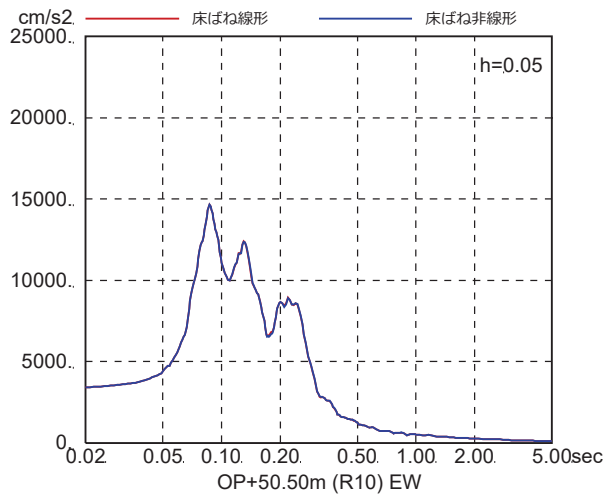


図 4-7(3) 床ばね線形モデルと床ばね非線形モデルの床応答の比較  
(EW 方向, ケース 1,  $S_s - D_3$ )

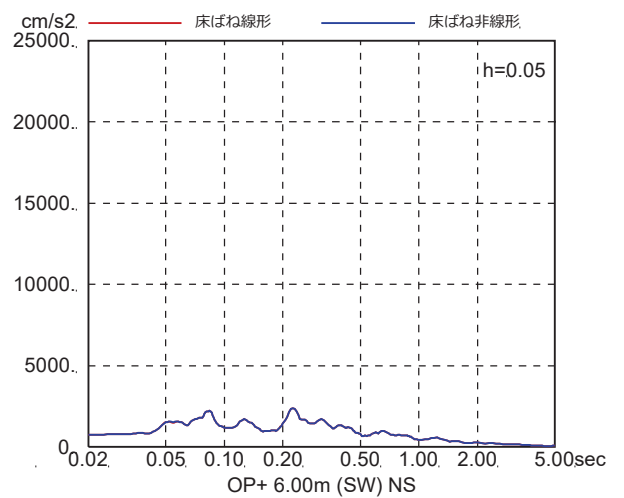
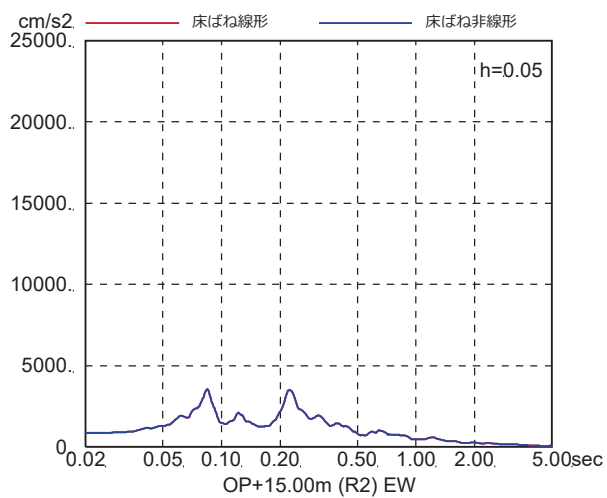
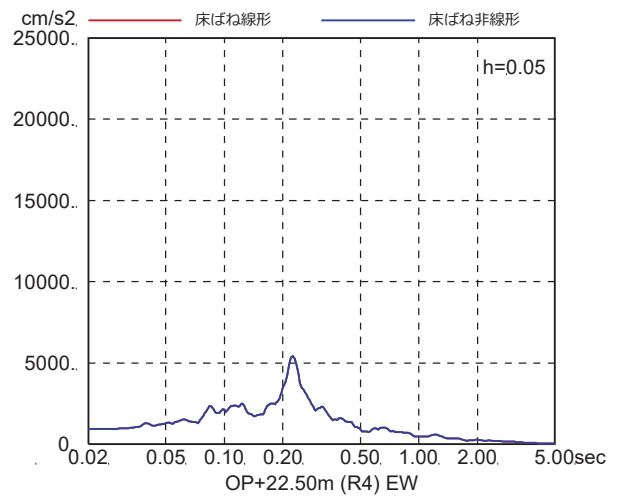
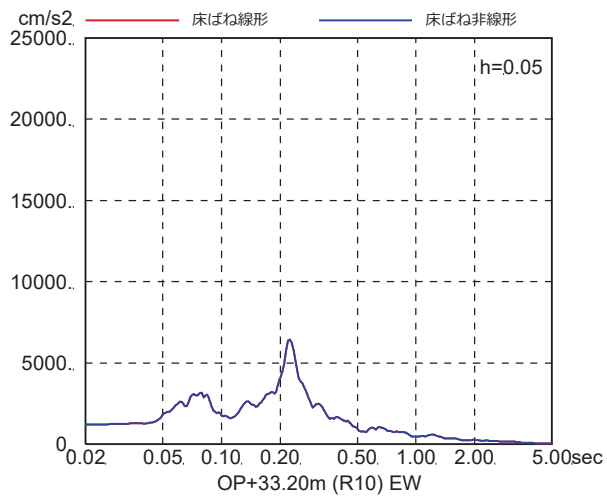
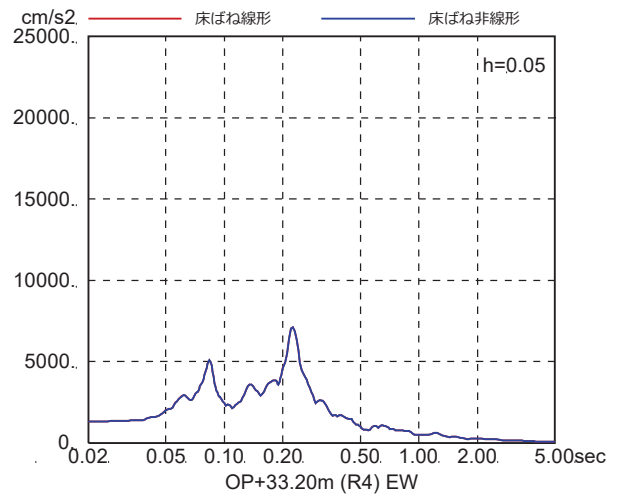
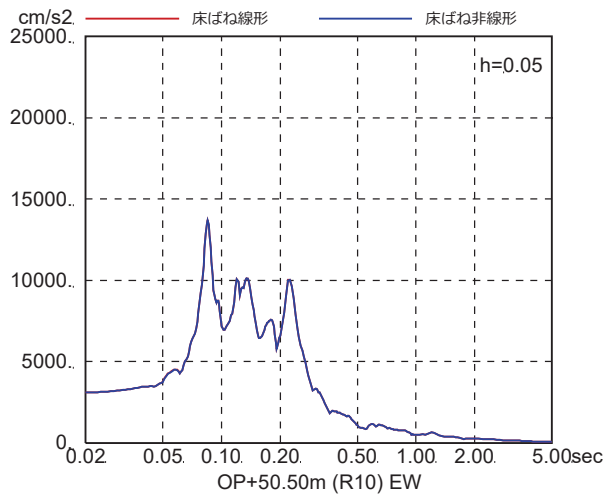


図 4-7(4) 床ばね線形モデルと床ばね非線形モデルの床応答の比較  
(EW 方向, ケース 1,  $S_s - F_1$ )

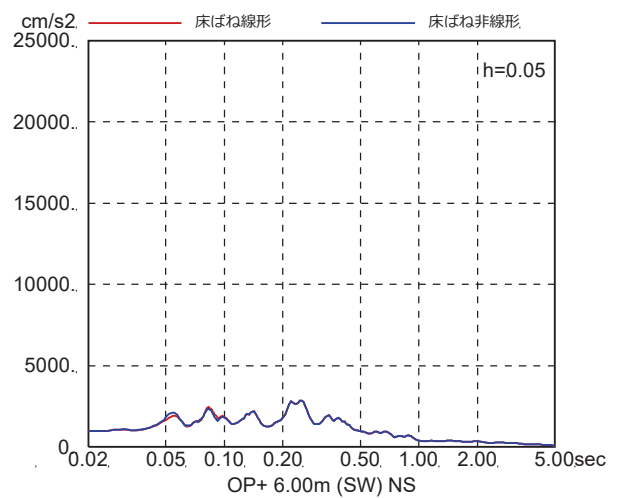
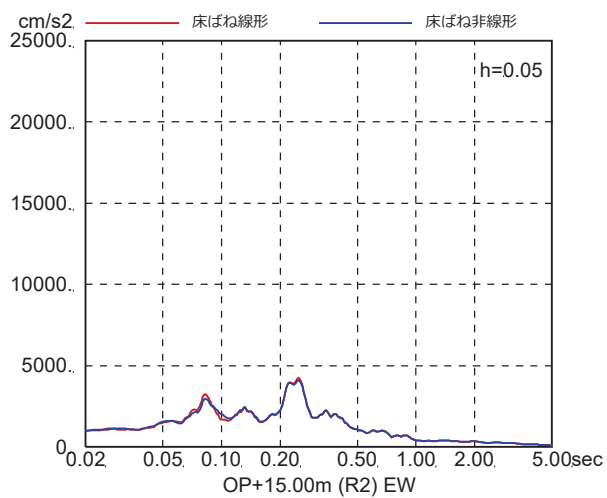
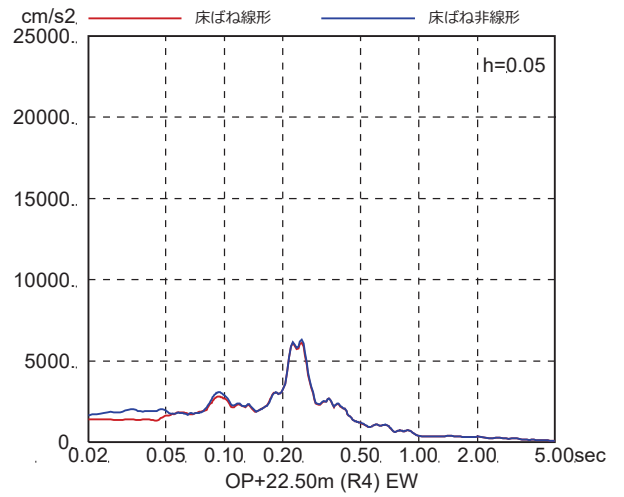
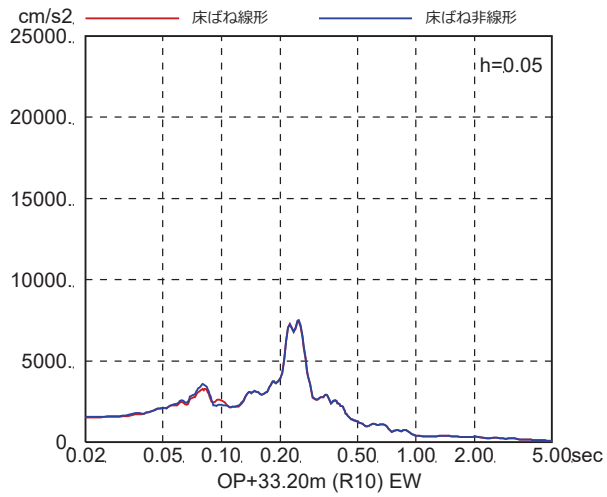
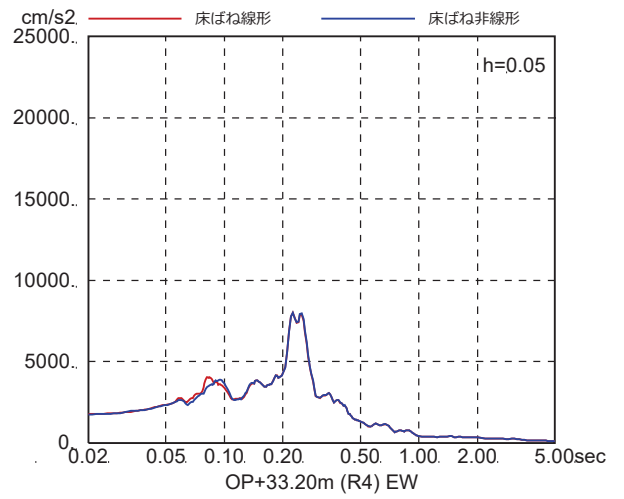
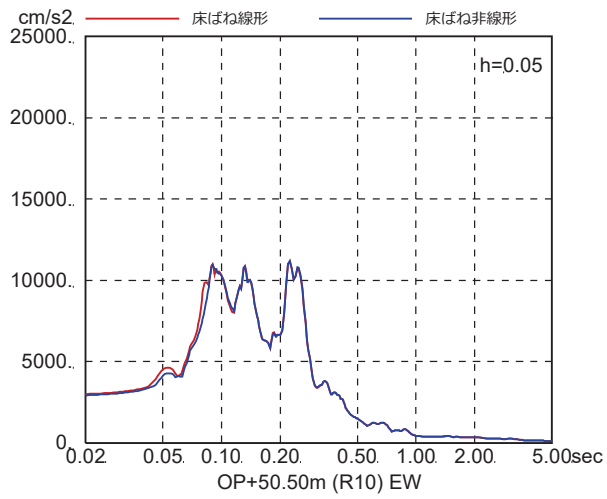


図 4-7(5) 床ばね線形モデルと床ばね非線形モデルの床応答の比較  
(EW 方向, ケース 1, S<sub>s</sub>-F<sub>2</sub>)

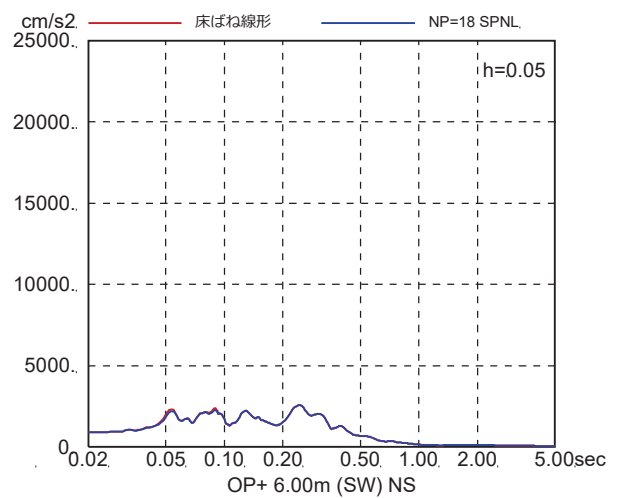
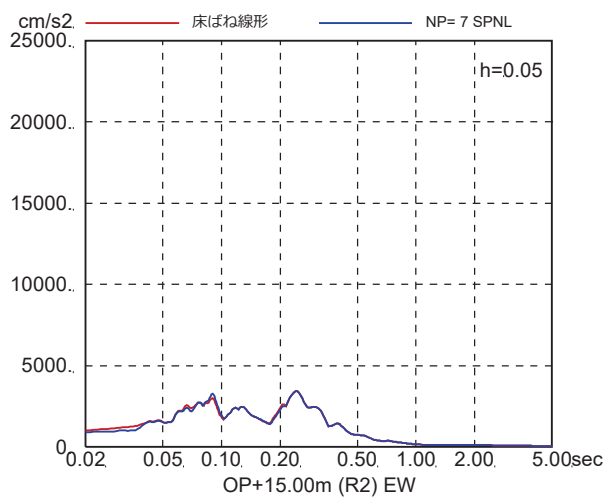
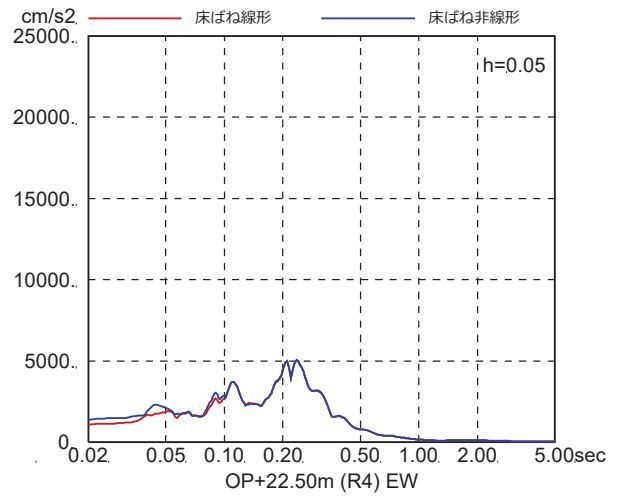
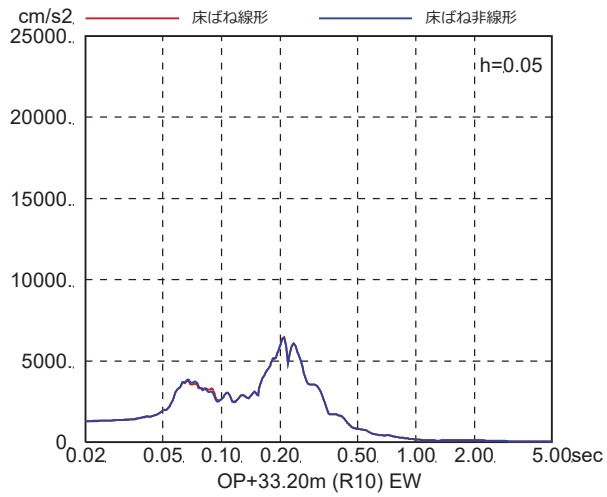
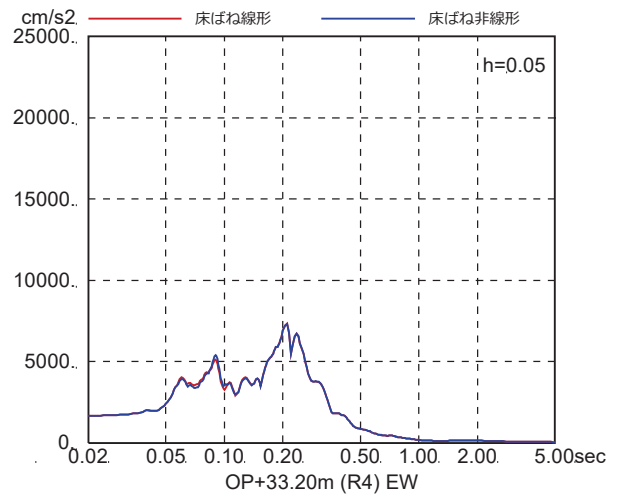
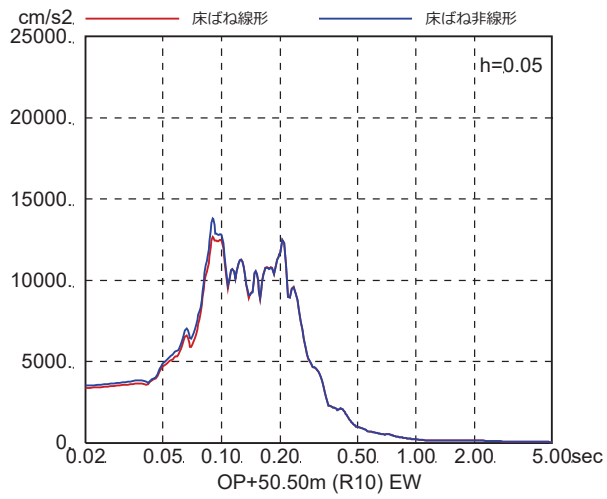


図 4-7(6) 床ばね線形モデルと床ばね非線形モデルの床応答の比較  
(EW 方向, ケース 1, S<sub>s</sub>-F3)

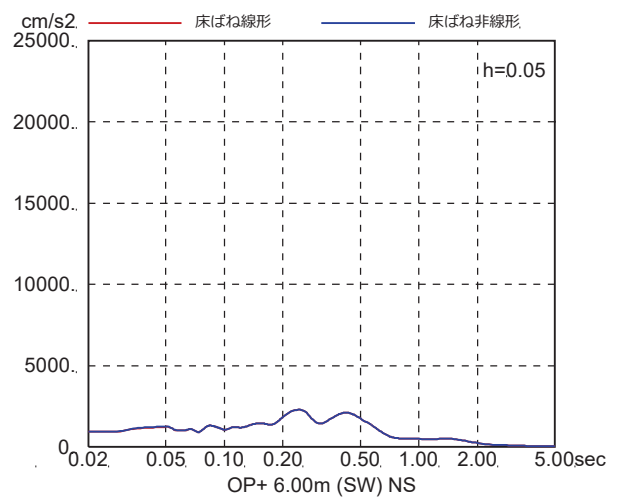
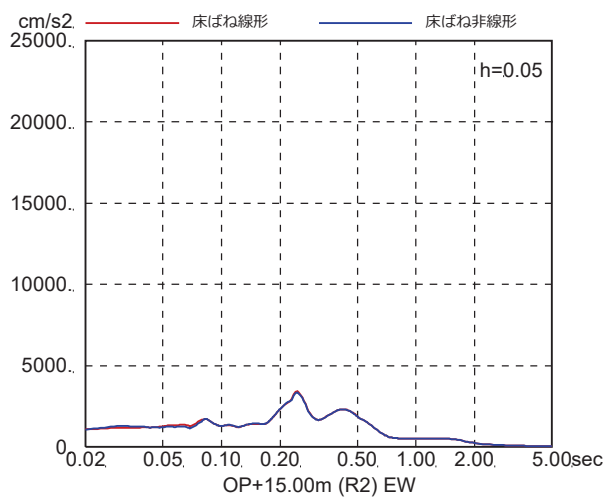
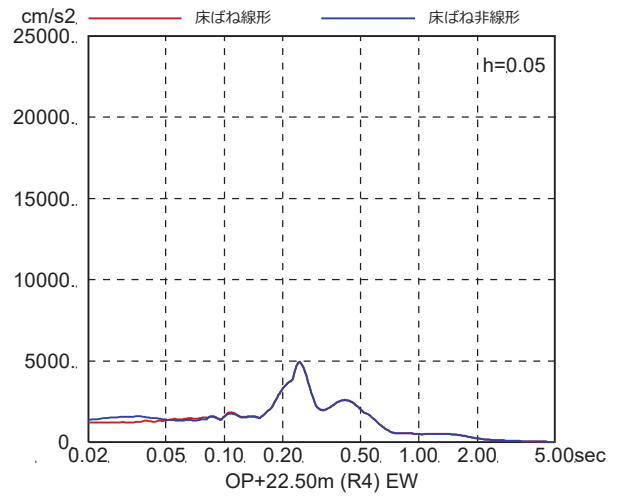
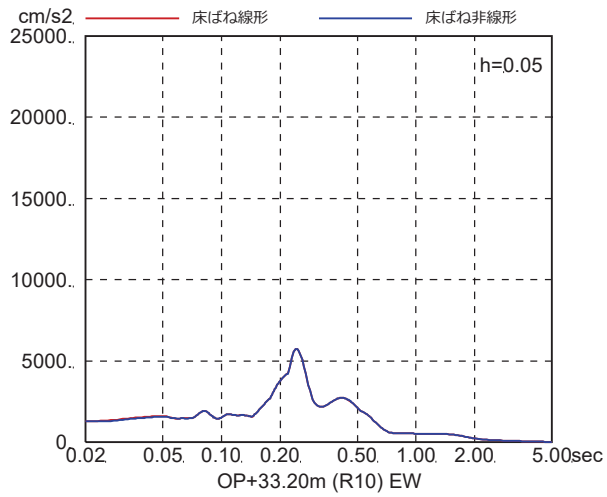
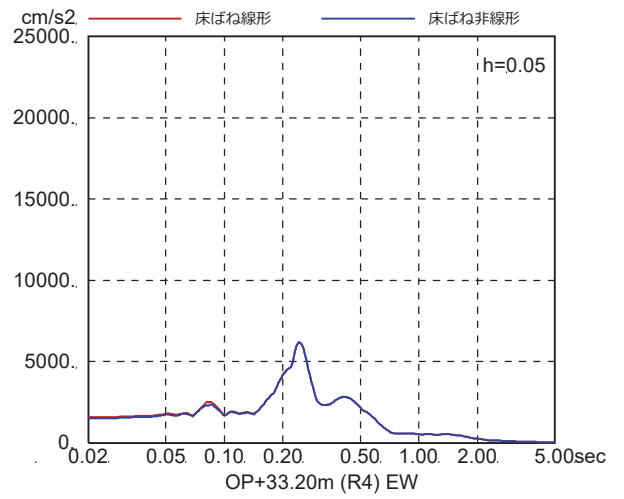
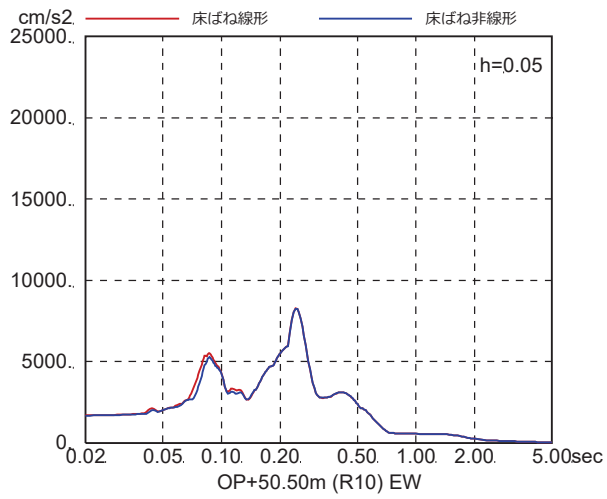


図 4-7(7) 床ばね線形モデルと床ばね非線形モデルの床応答の比較  
(EW 方向, ケース 1, S<sub>s</sub>-N<sub>1</sub>)

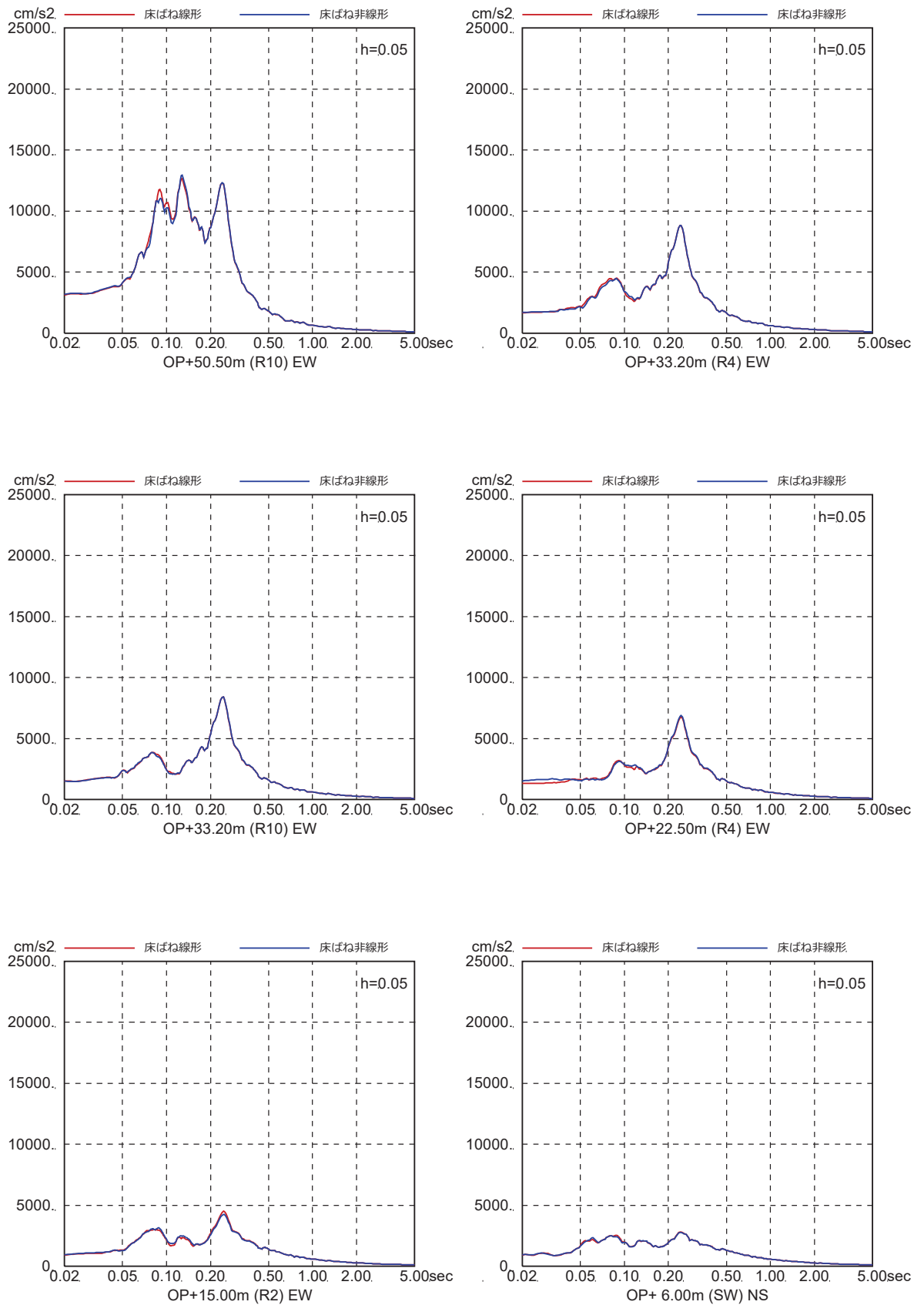


図 4-7(8) 床ばね線形モデルと床ばね非線形モデルの床応答の比較  
(EW 方向, ケース 2,  $S_s - D1$ )

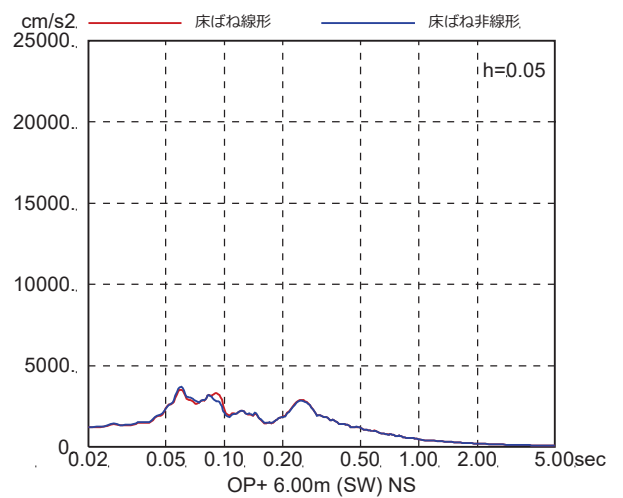
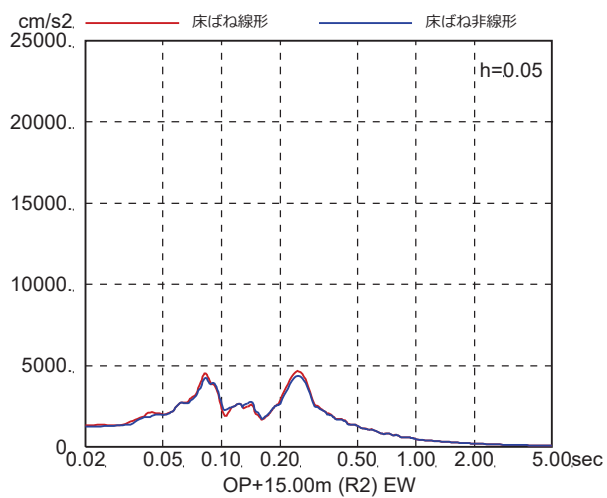
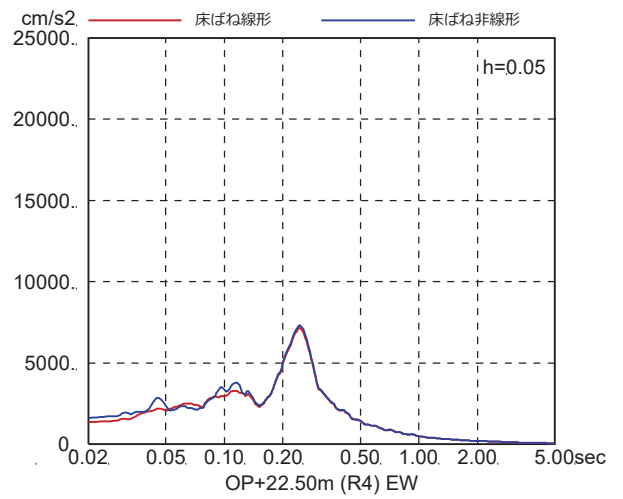
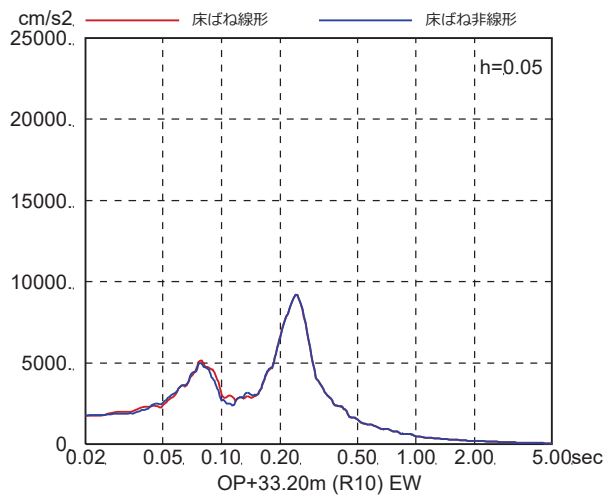
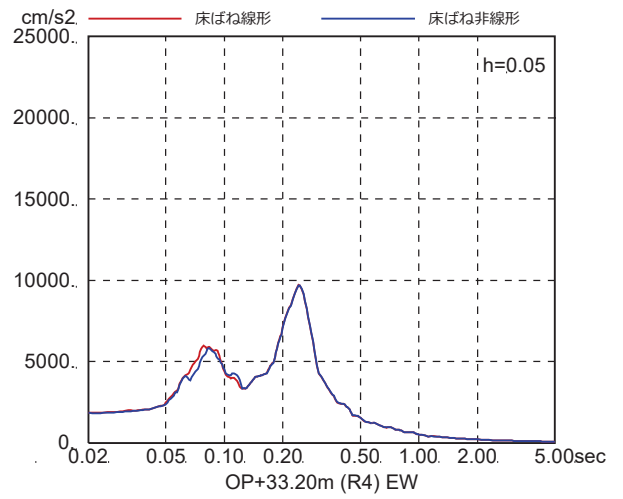
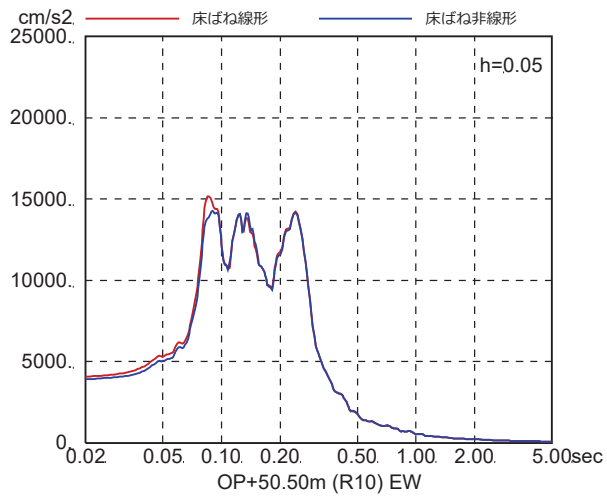


図 4-7(9) 床ばね線形モデルと床ばね非線形モデルの床応答の比較  
(EW 方向, ケース 2,  $S_s - D_2$ )



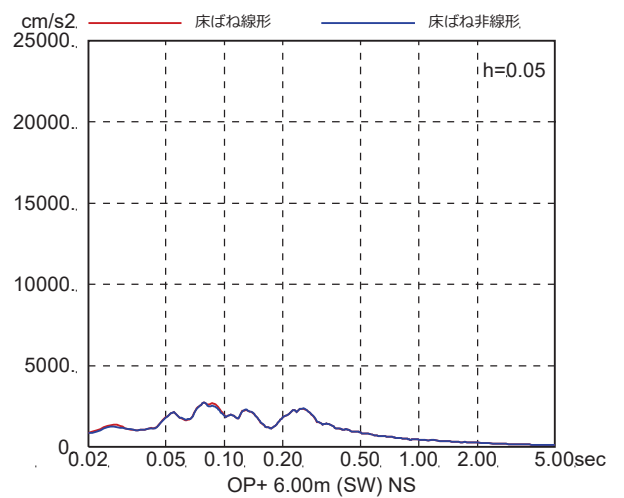
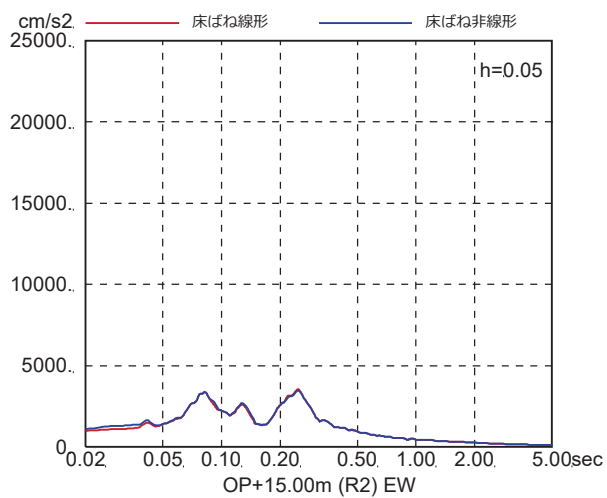
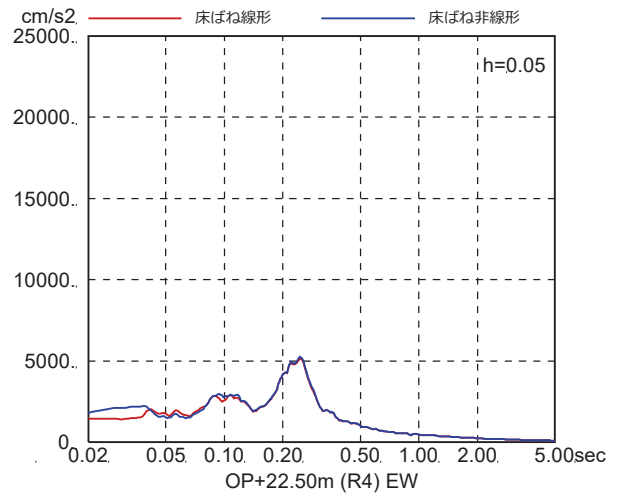
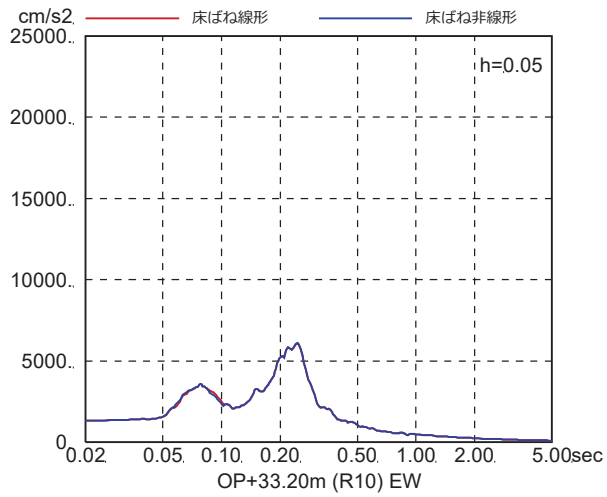
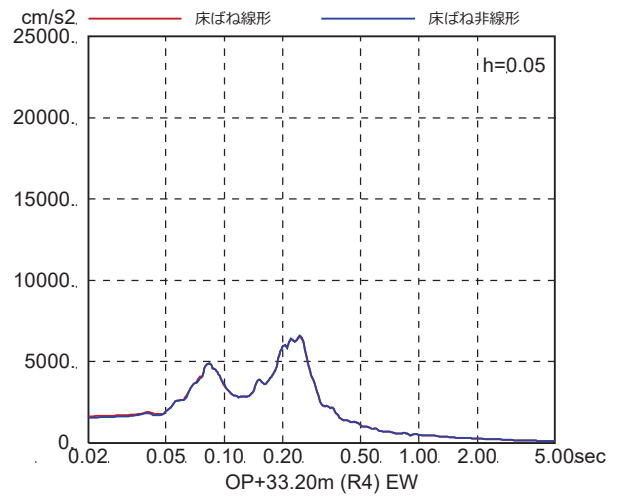
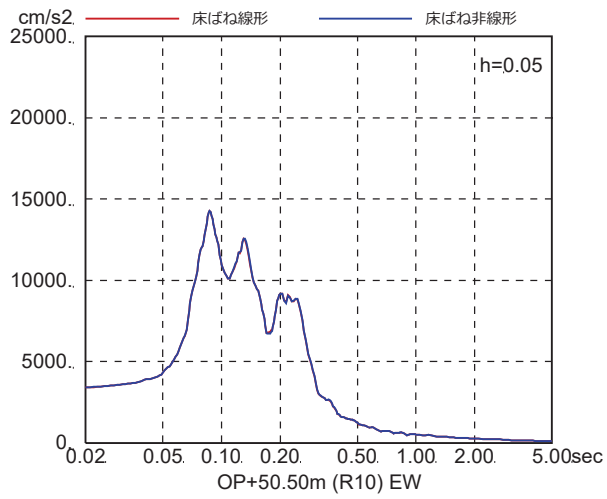


図 4-7(10) 床ばね線形モデルと床ばね非線形モデルの床応答の比較  
(EW 方向, ケース 2,  $S_s - D_3$ )

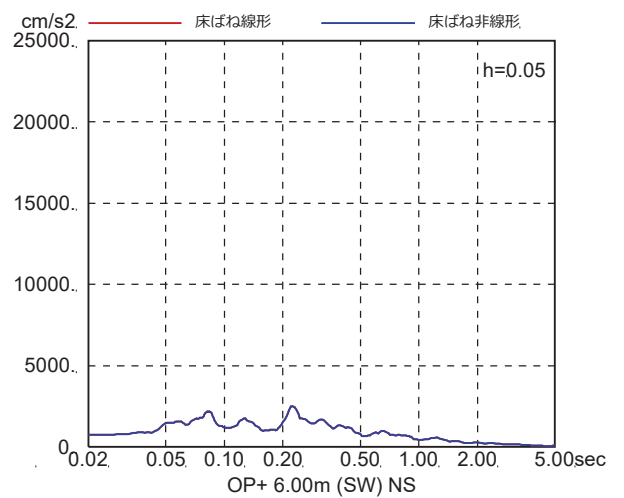
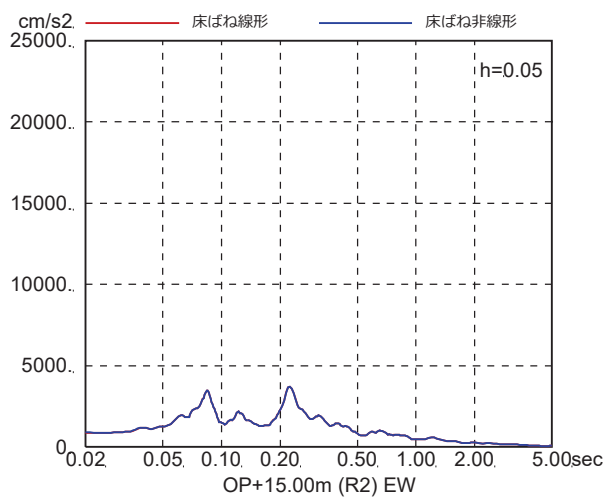
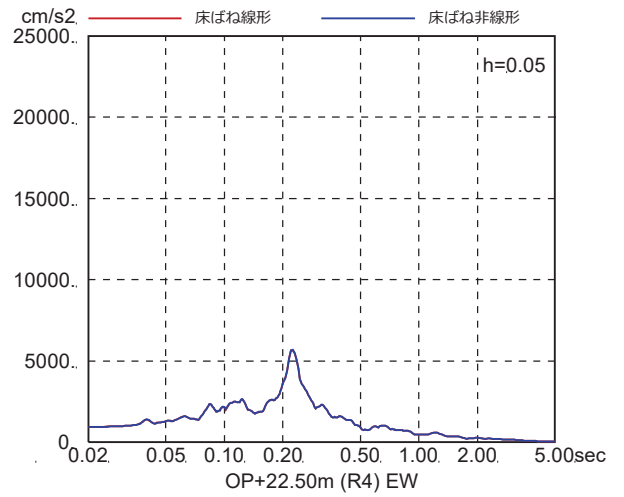
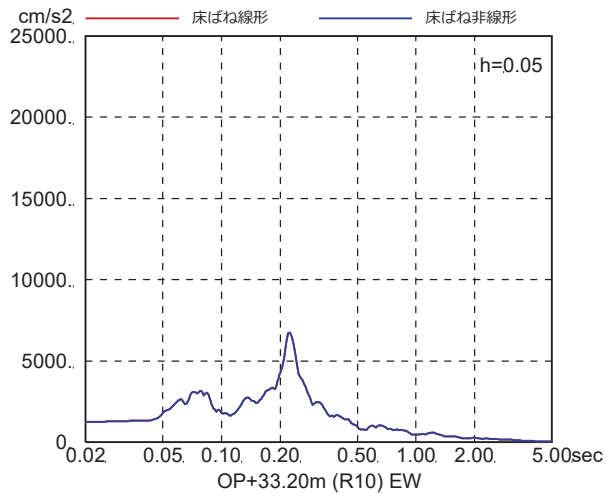
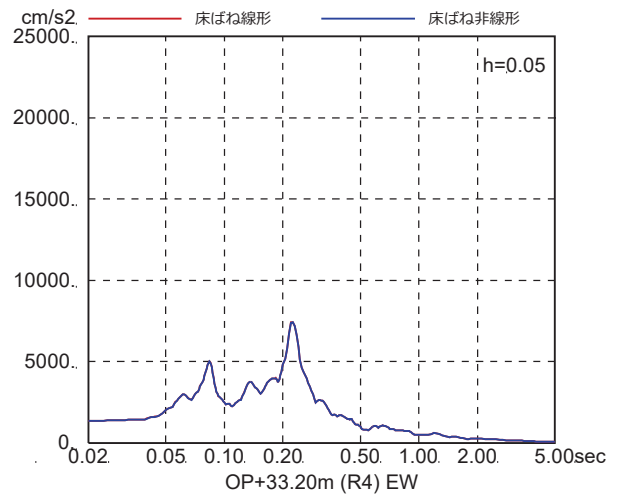
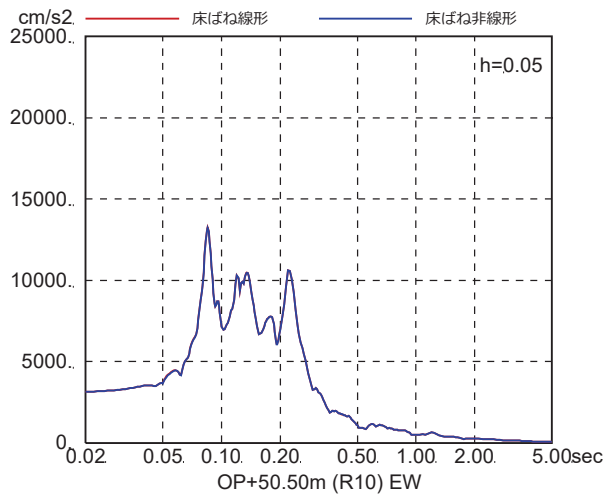


図 4-7(11) 床ばね線形モデルと床ばね非線形モデルの床応答の比較  
(EW 方向, ケース 2,  $S_s - F_1$ )

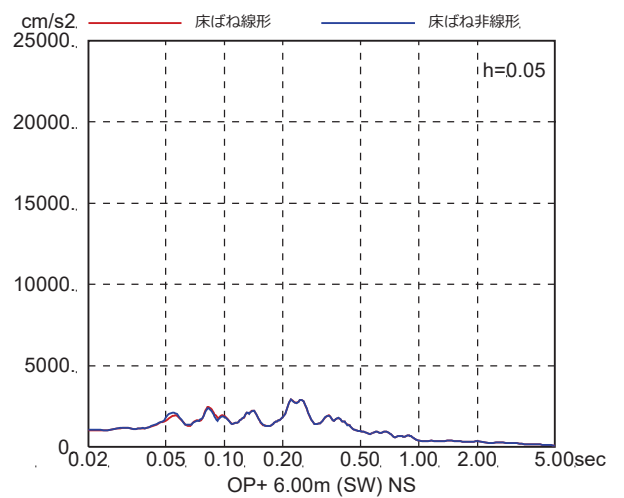
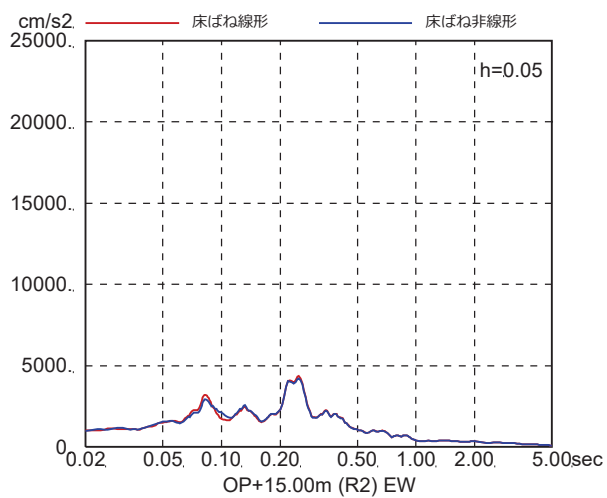
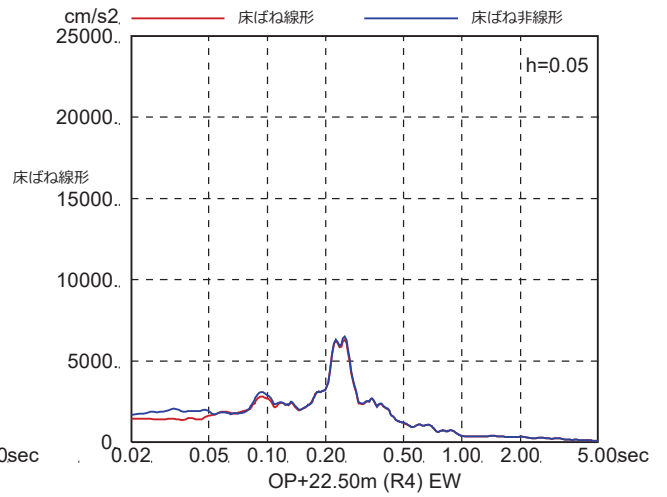
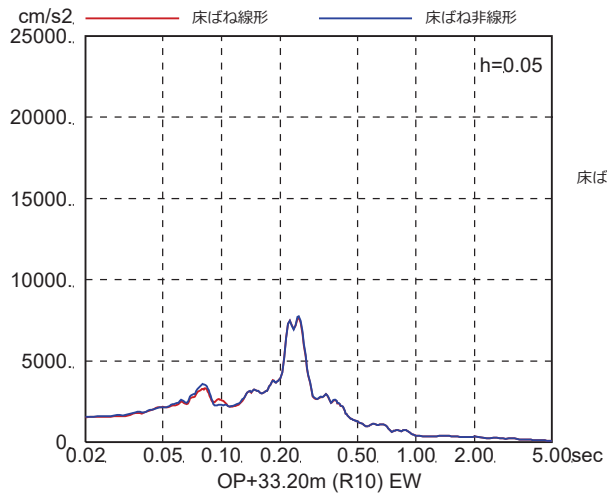
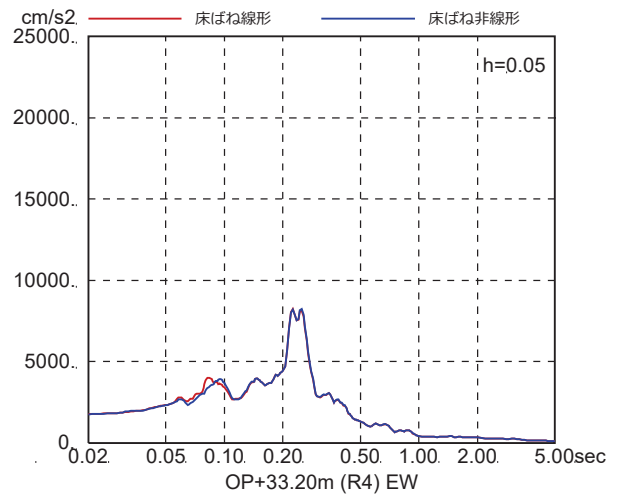
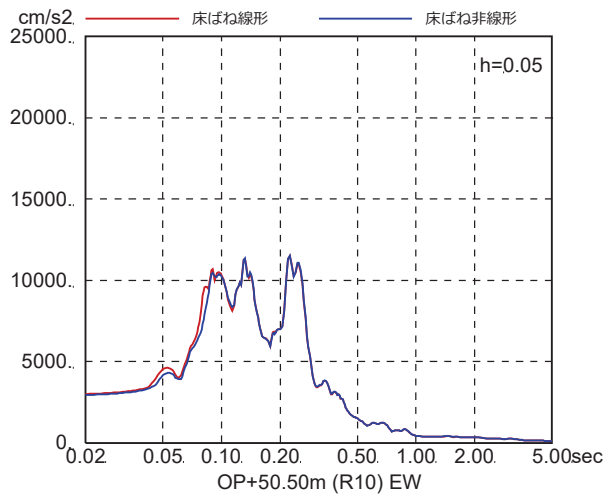


図 4-7(12) 床ばね線形モデルと床ばね非線形モデルの床応答の比較  
(EW 方向, ケース 2, S<sub>s</sub>-F<sub>2</sub>)

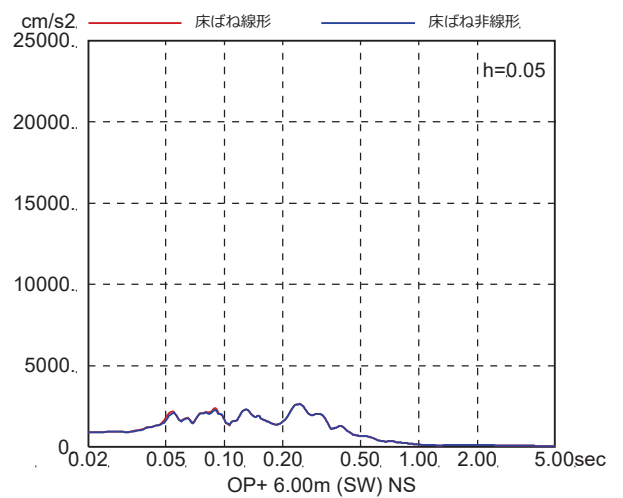
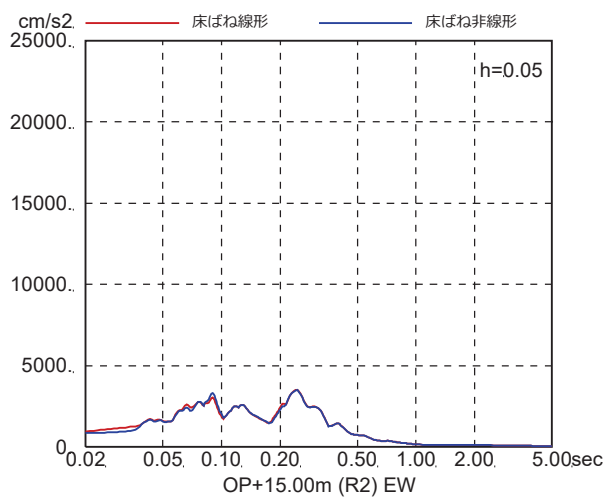
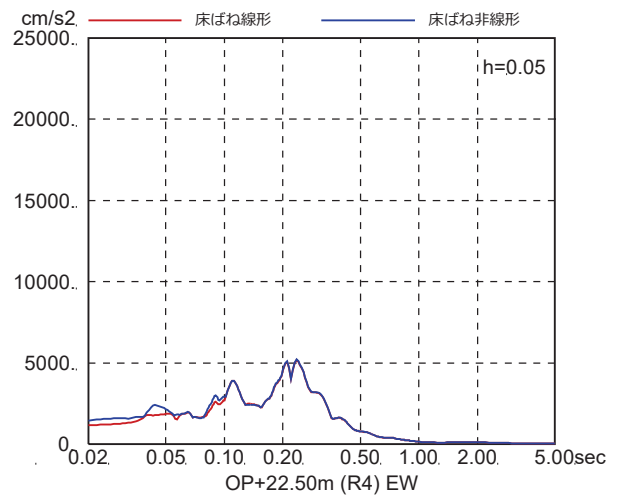
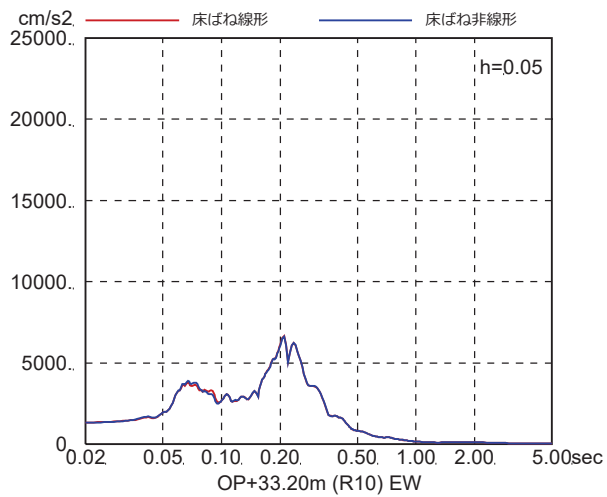
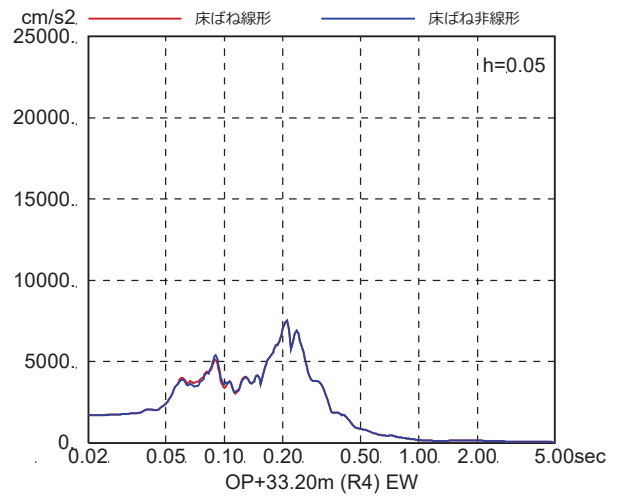
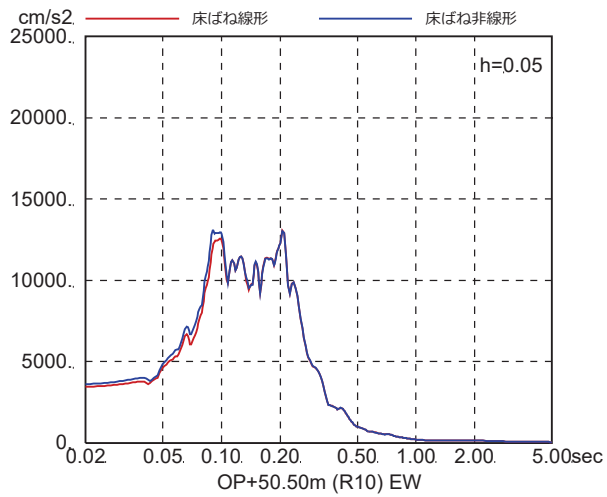


図 4-7(13) 床ばね線形モデルと床ばね非線形モデルの床応答の比較  
(EW 方向, ケース 2, S<sub>s</sub>-F<sub>3</sub>)

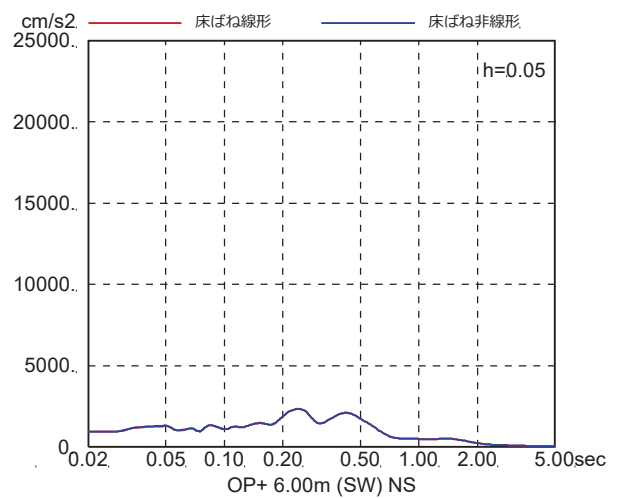
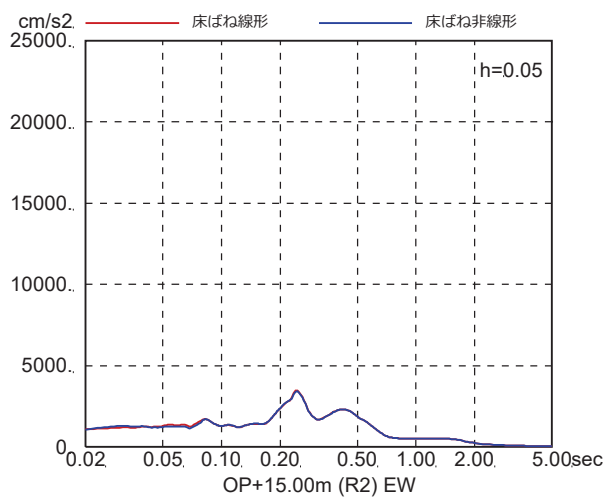
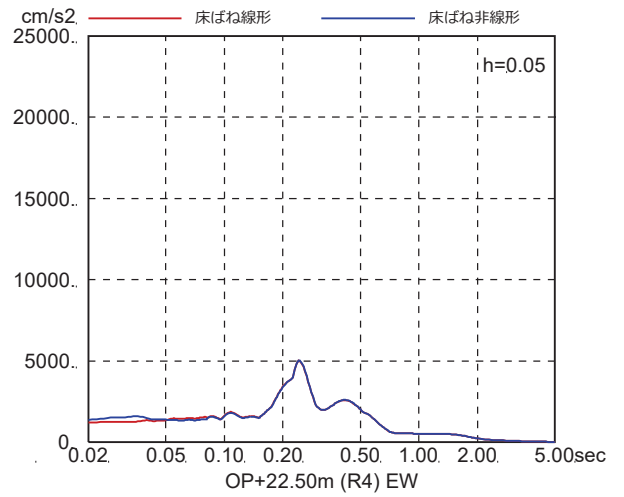
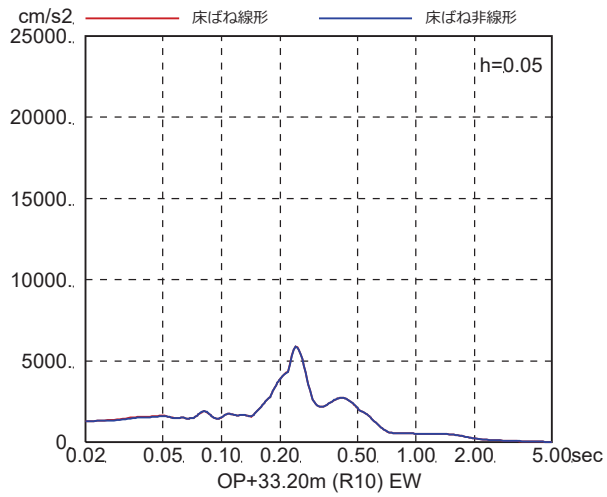
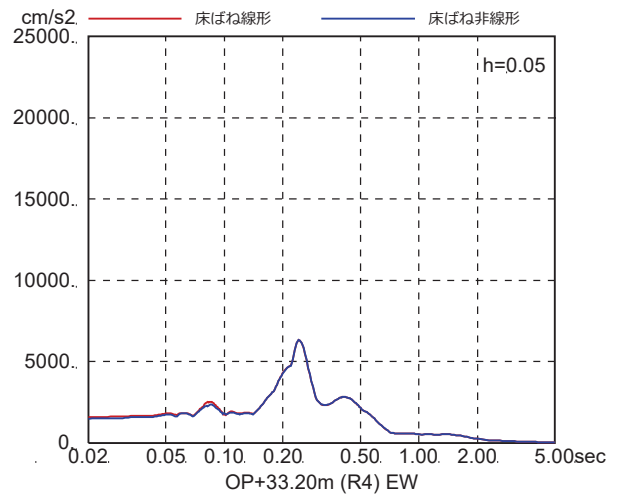
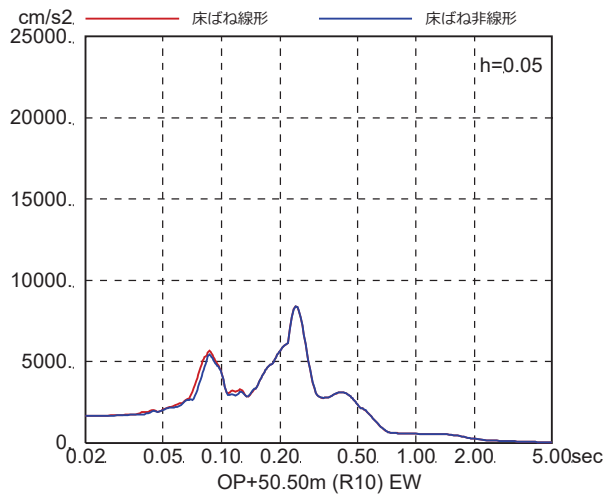


図 4-7(14) 床ばね線形モデルと床ばね非線形モデルの床応答の比較  
(EW 方向, ケース 2, S<sub>s</sub>-N<sub>1</sub>)

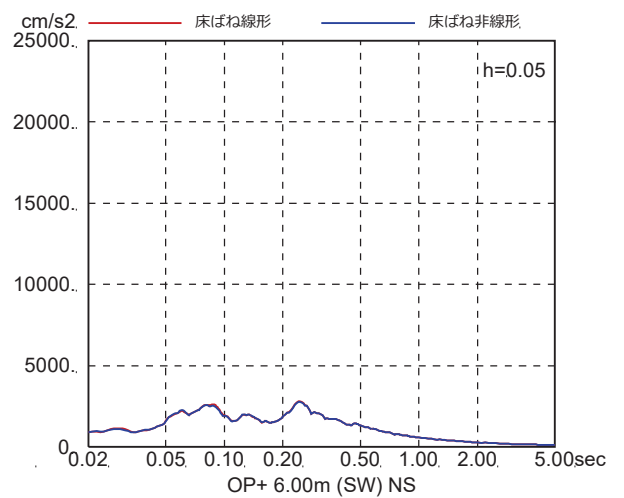
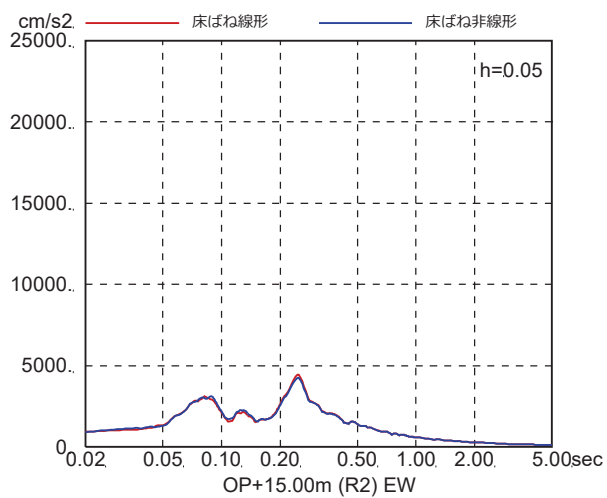
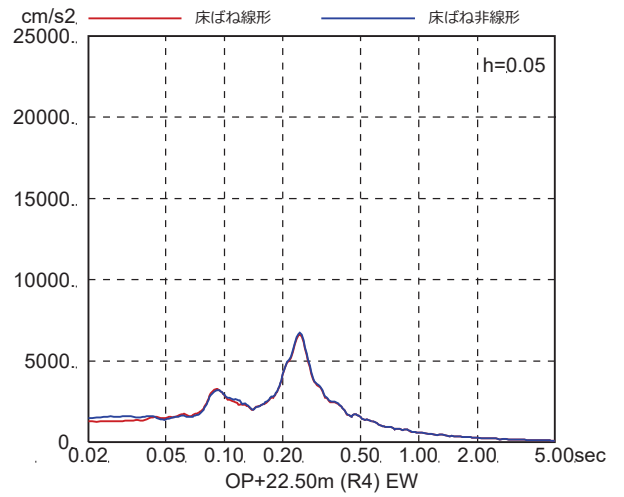
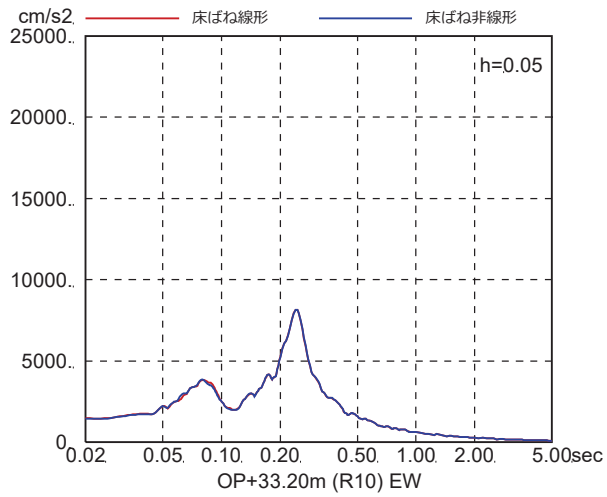
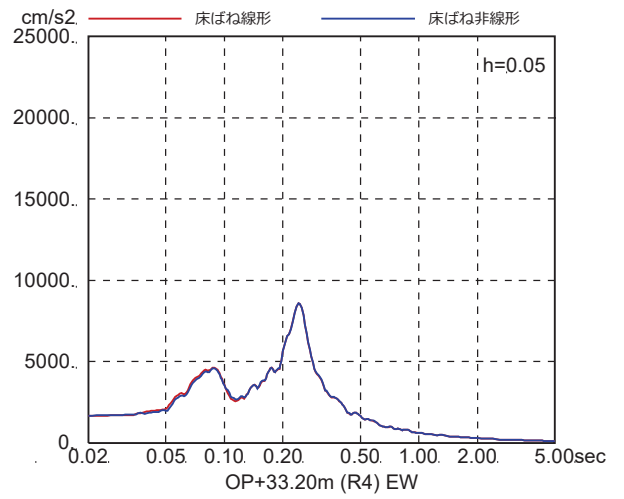
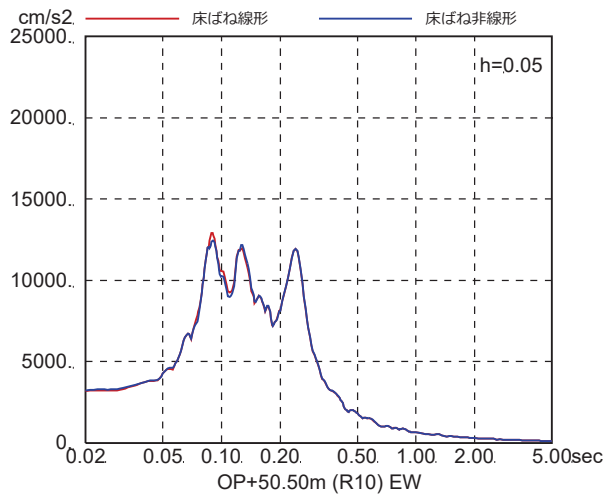


図 4-7(15) 床ばね線形モデルと床ばね非線形モデルの床応答の比較  
(EW 方向, ケース 3, S s - D 1)

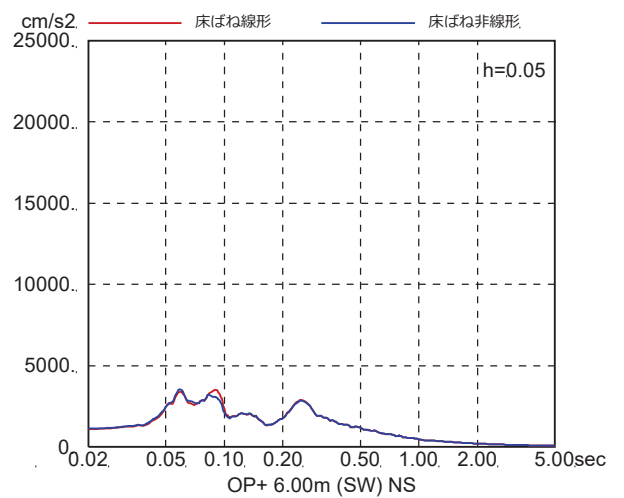
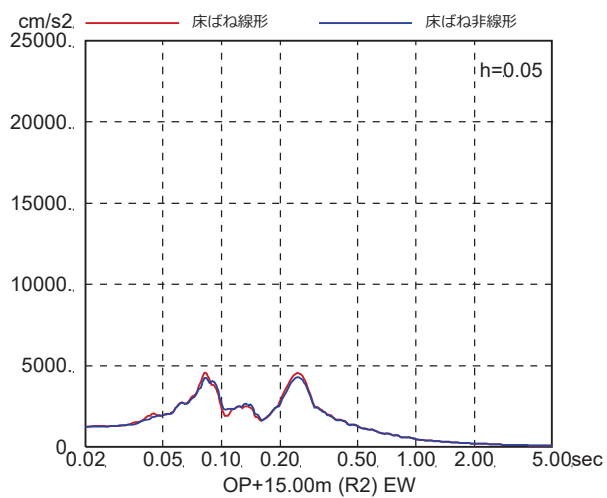
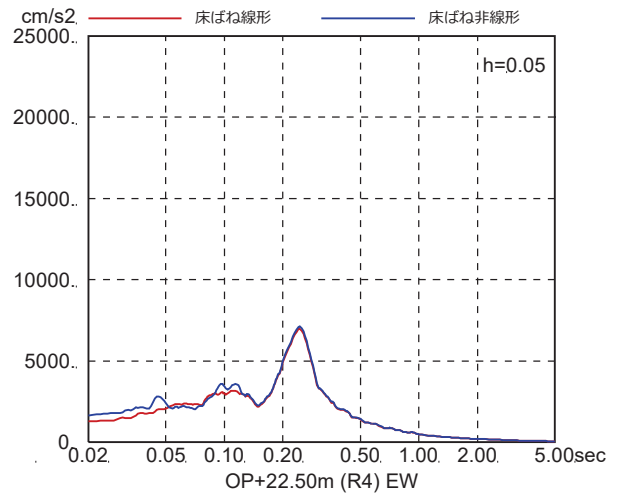
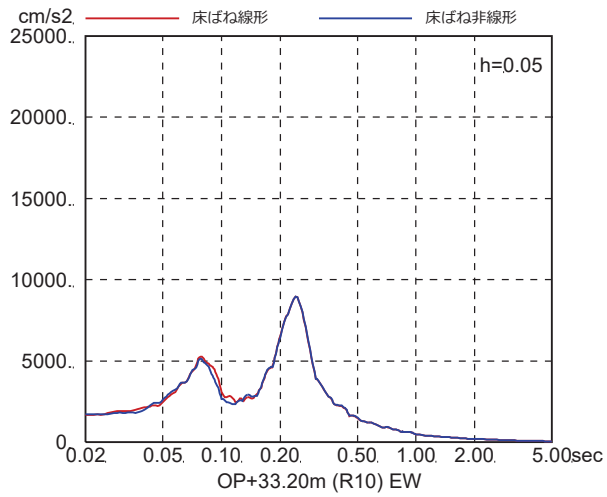
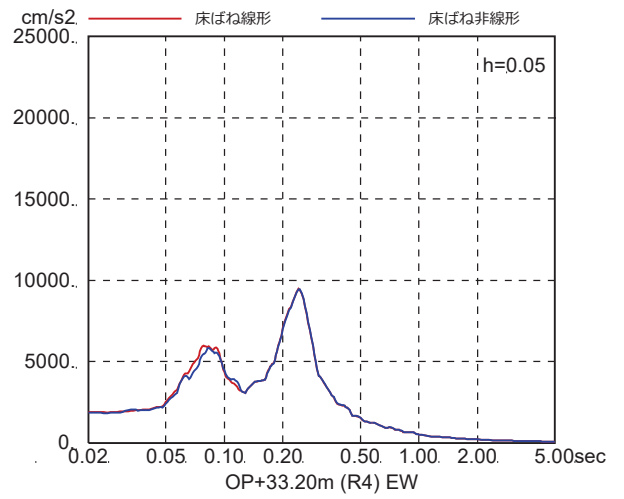
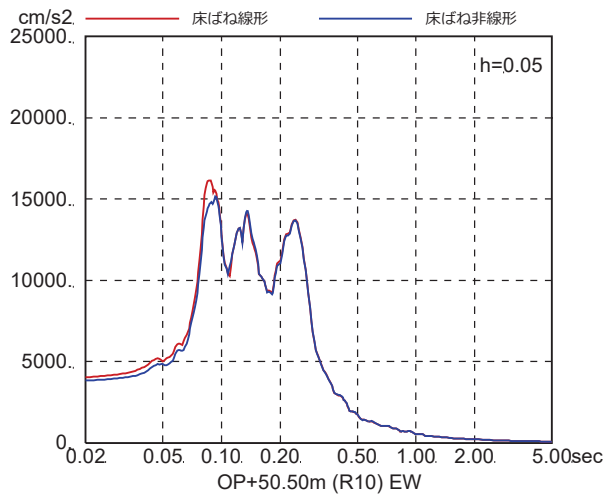


図 4-7(16) 床ばね線形モデルと床ばね非線形モデルの床応答の比較  
(EW 方向, ケース 3,  $S_s - D_2$ )

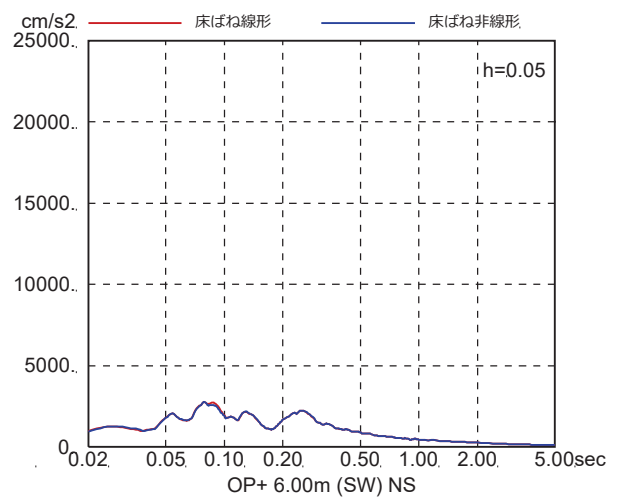
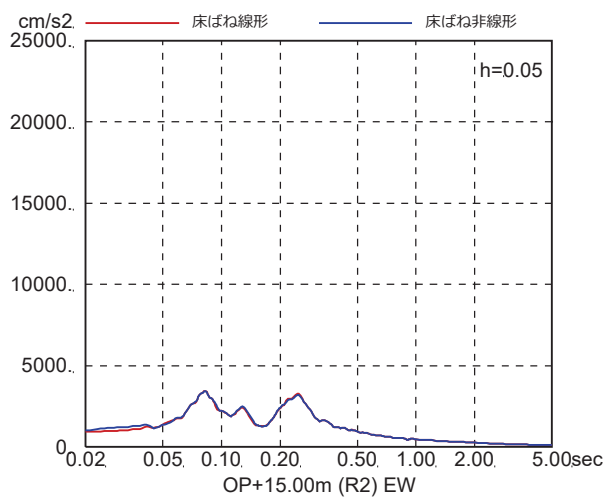
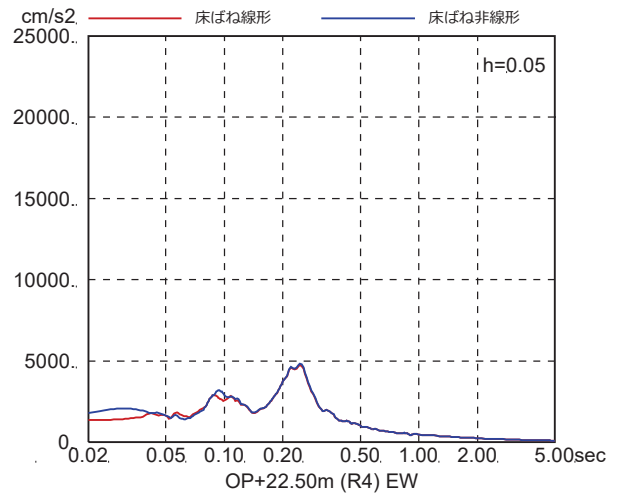
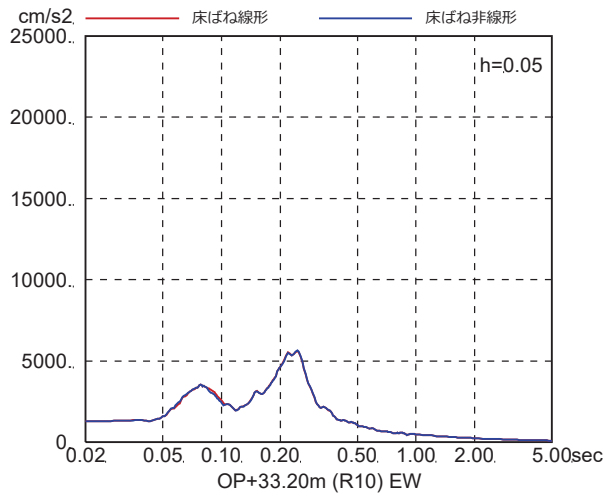
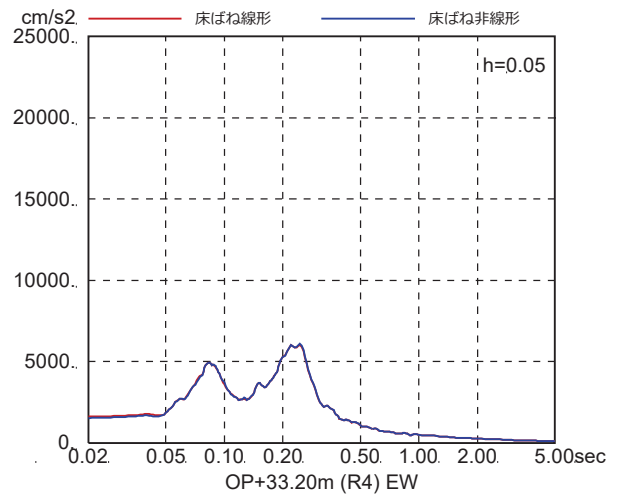
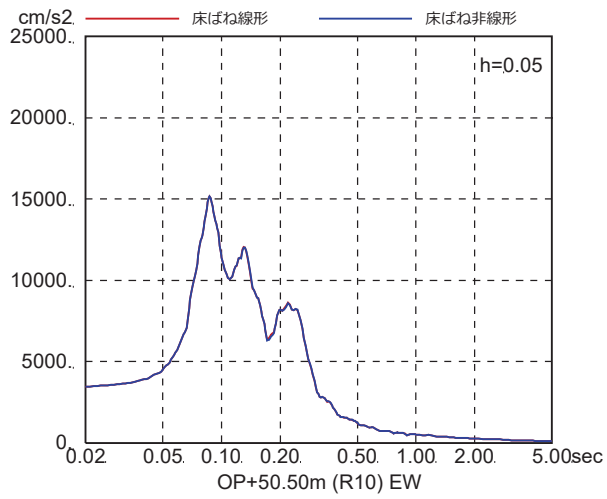


図 4-7(17) 床ばね線形モデルと床ばね非線形モデルの床応答の比較  
(EW 方向, ケース 3,  $S_s - D_3$ )



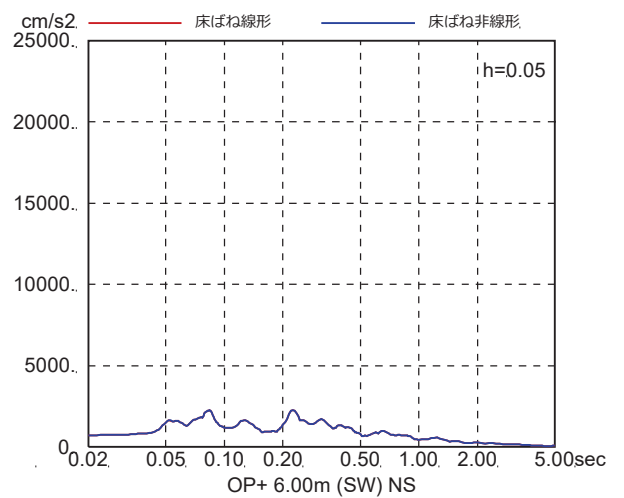
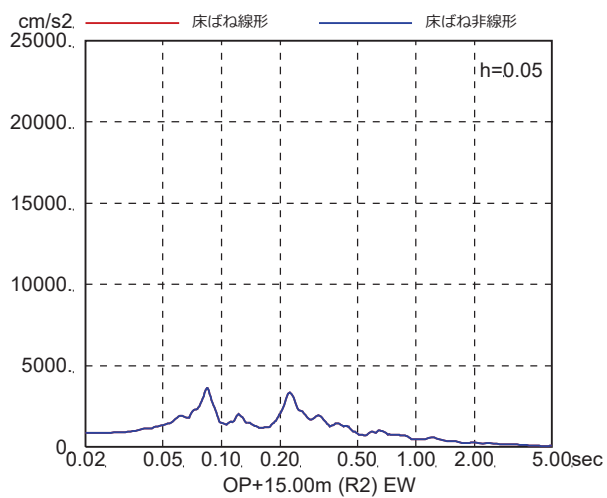
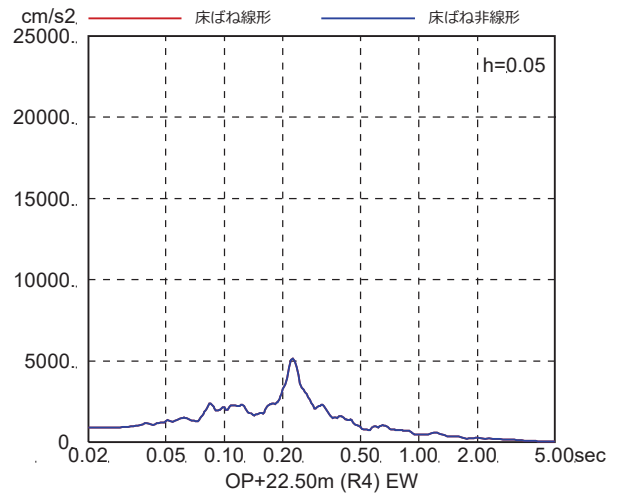
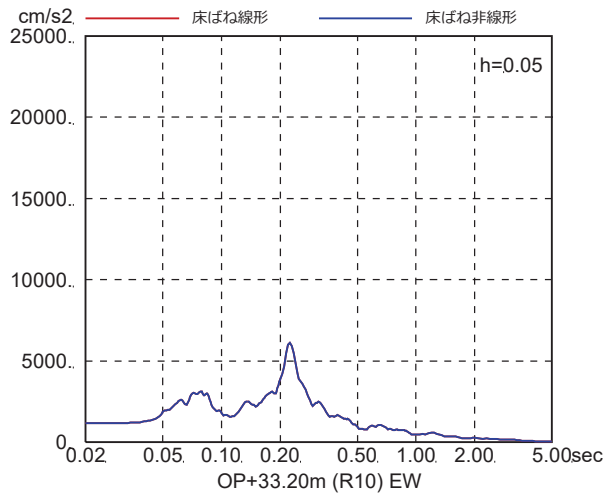
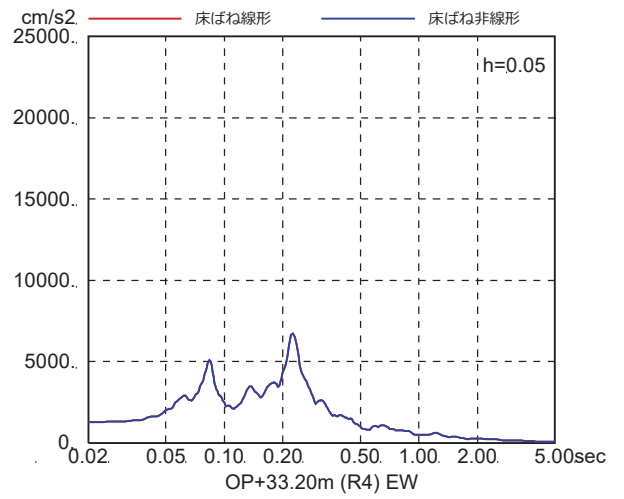
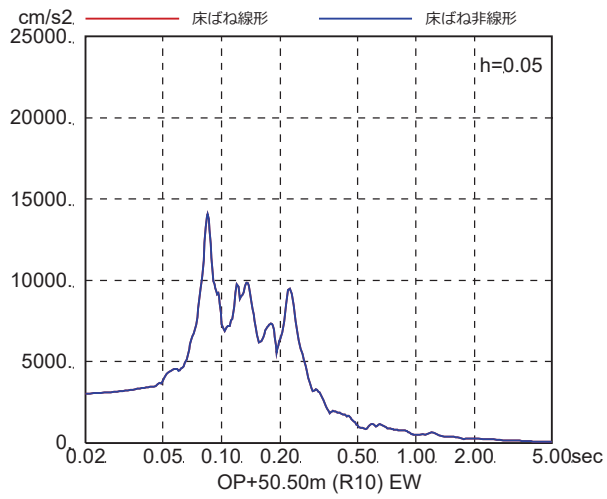


図 4-7(18) 床ばね線形モデルと床ばね非線形モデルの床応答の比較  
(EW 方向, ケース 3,  $S_s - F1$ )

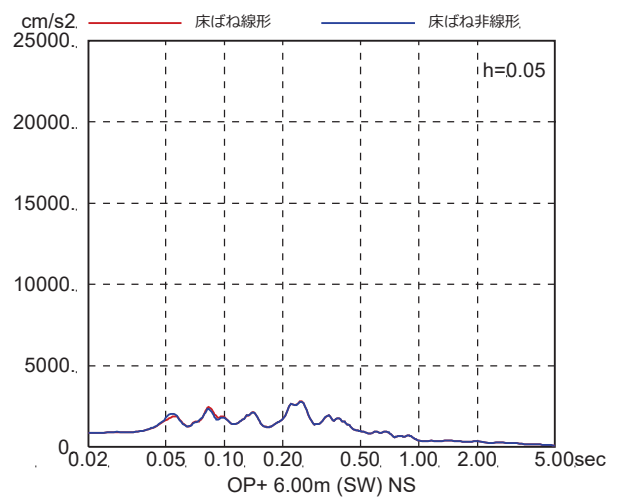
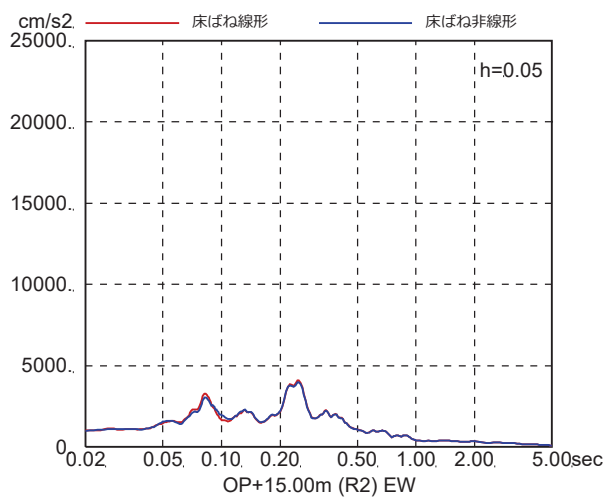
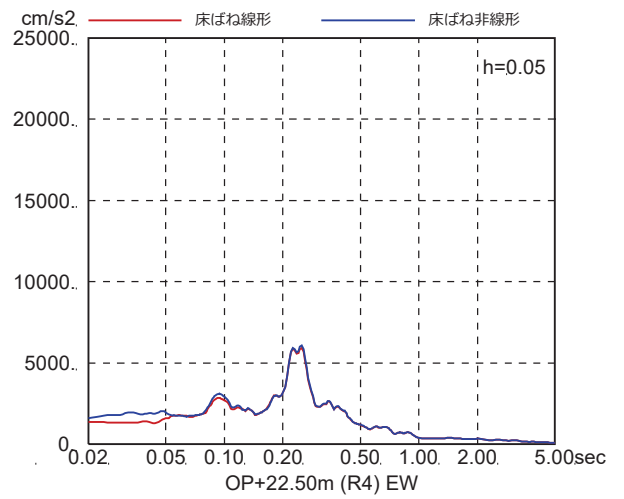
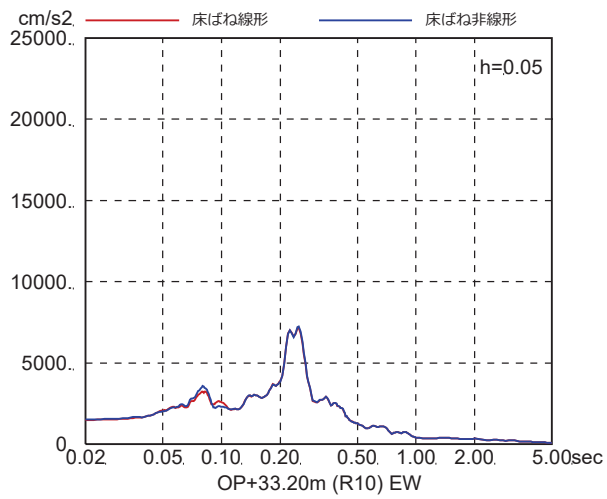
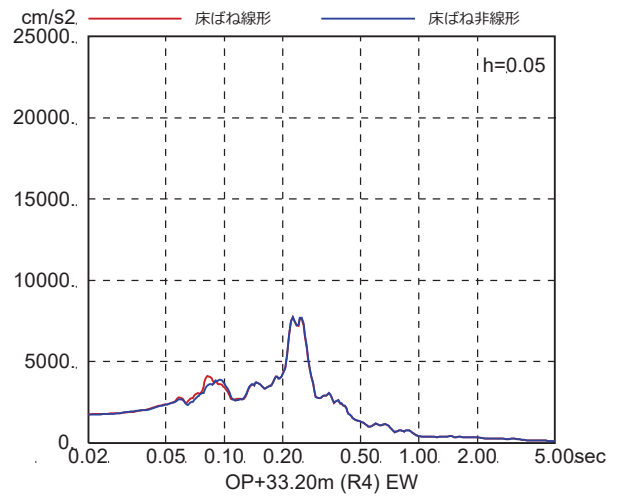
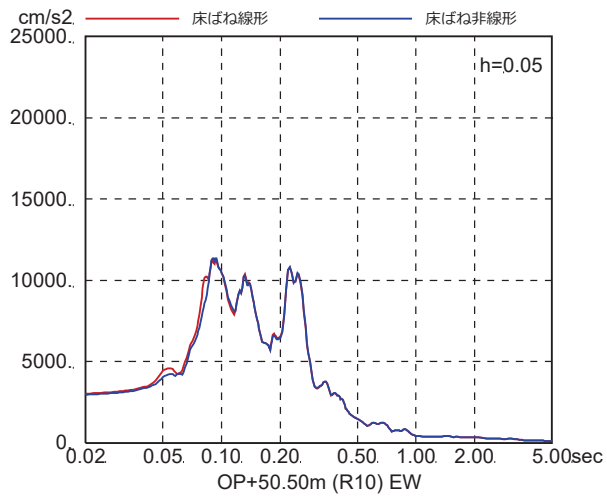


図 4-7(19) 床ばね線形モデルと床ばね非線形モデルの床応答の比較  
(EW 方向, ケース 3, S<sub>s</sub>-F<sub>2</sub>)

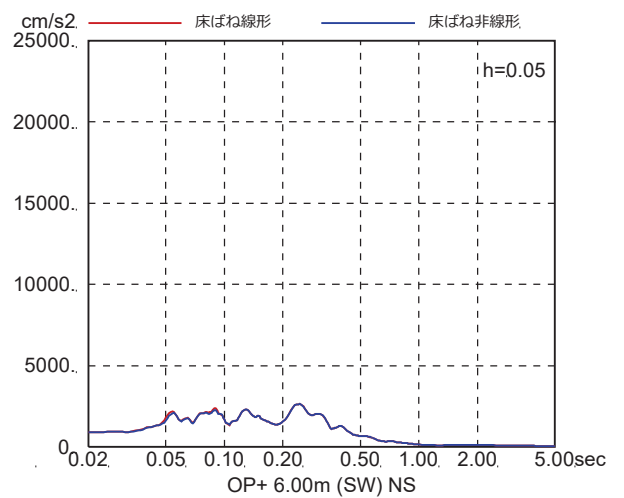
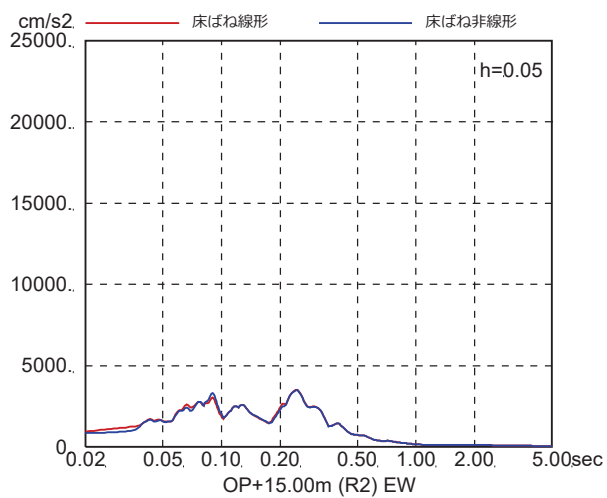
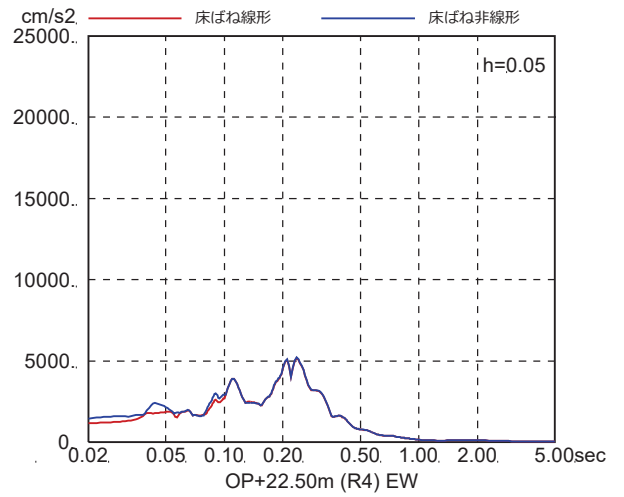
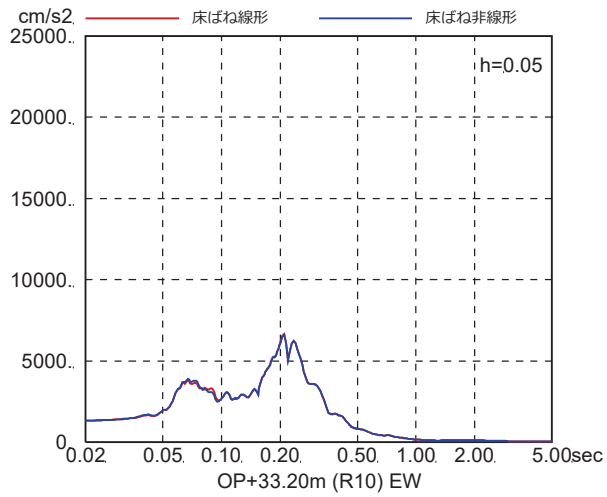
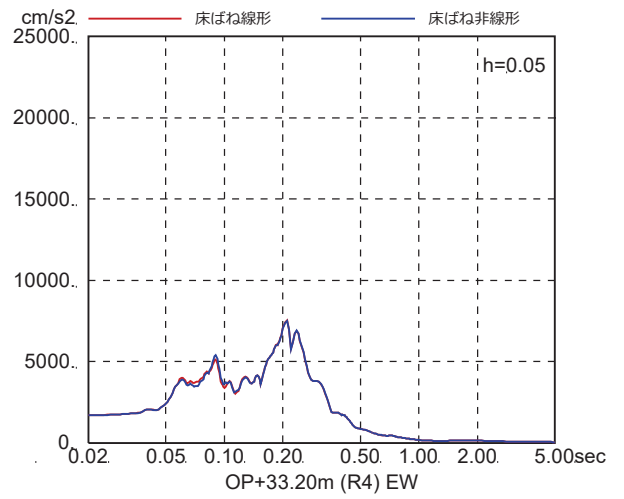
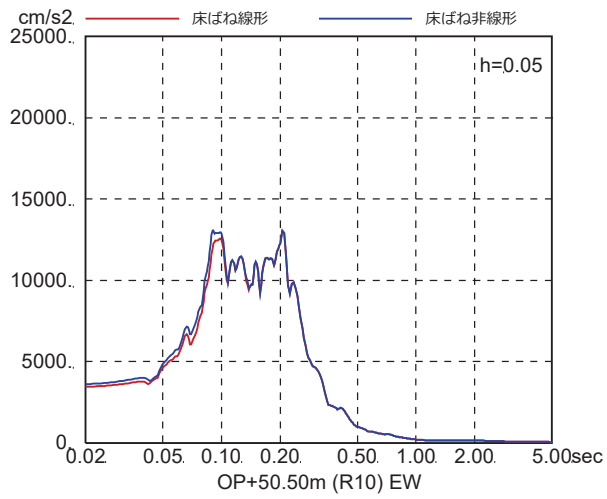


図 4-7(20) 床ばね線形モデルと床ばね非線形モデルの床応答の比較  
(EW 方向, ケース 3,  $S_s - F_3$ )

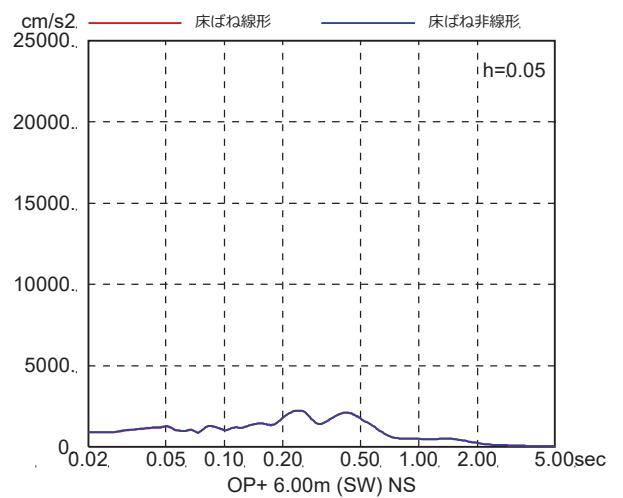
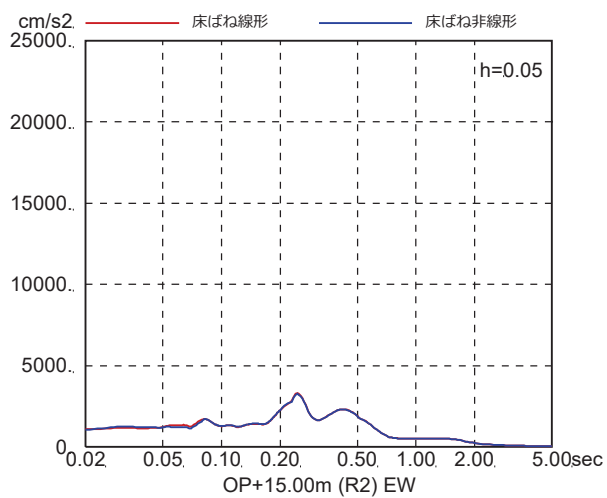
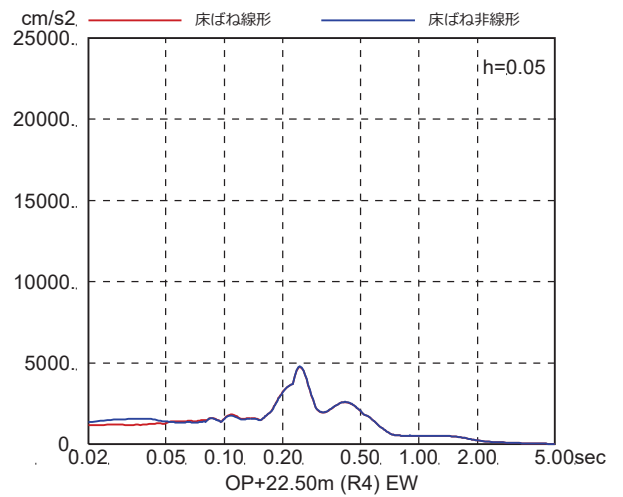
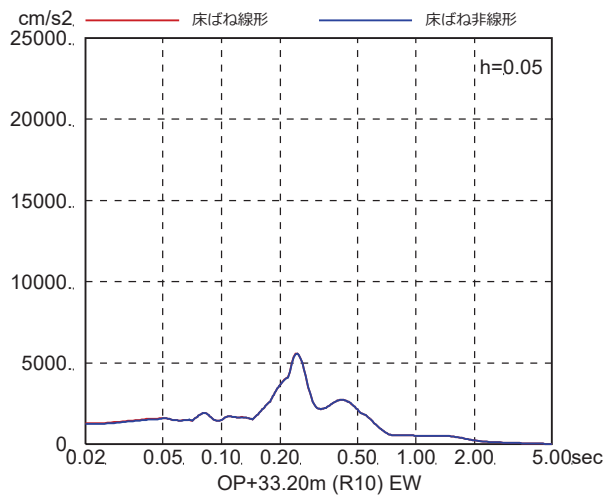
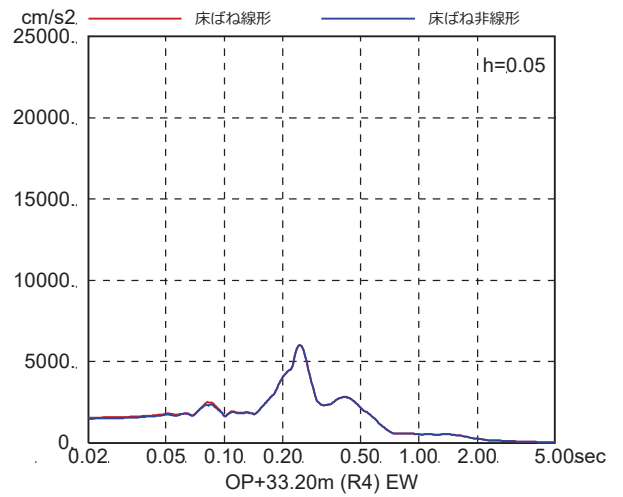
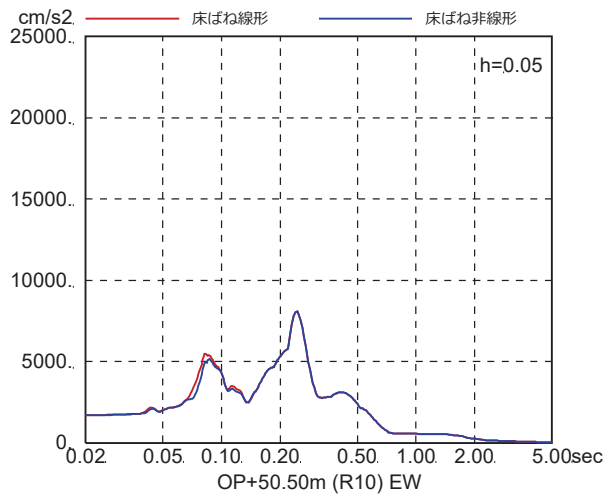


図 4-7(21) 床ばね線形モデルと床ばね非線形モデルの床応答の比較  
(EW 方向, ケース 3, S<sub>s</sub>-N1)

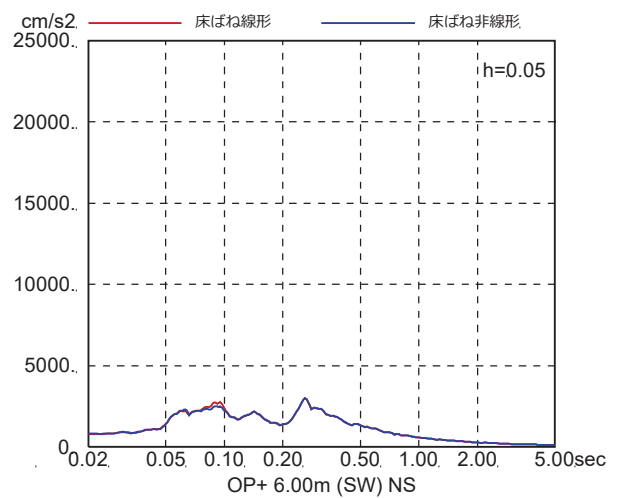
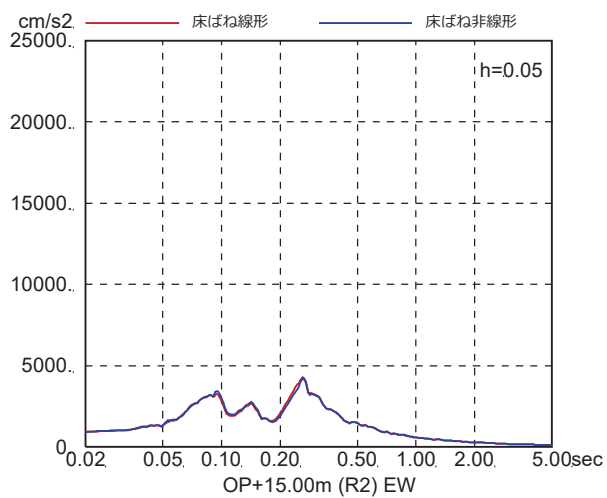
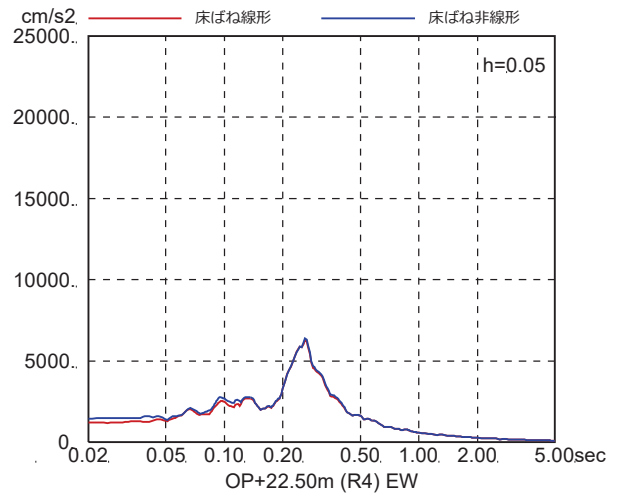
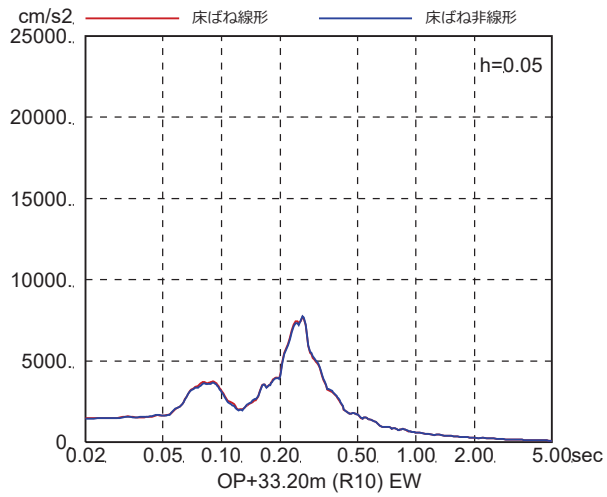
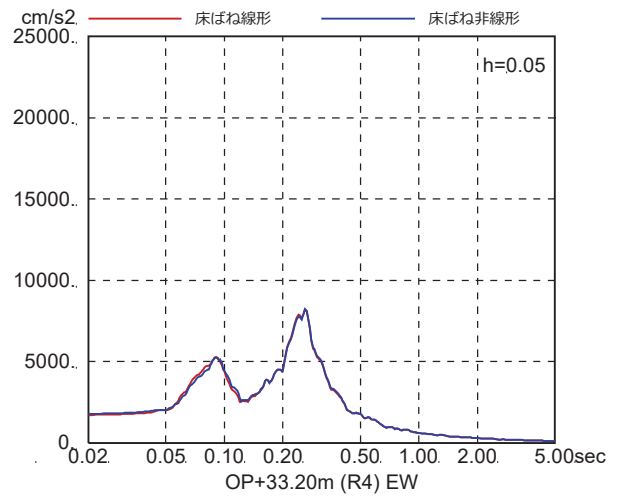
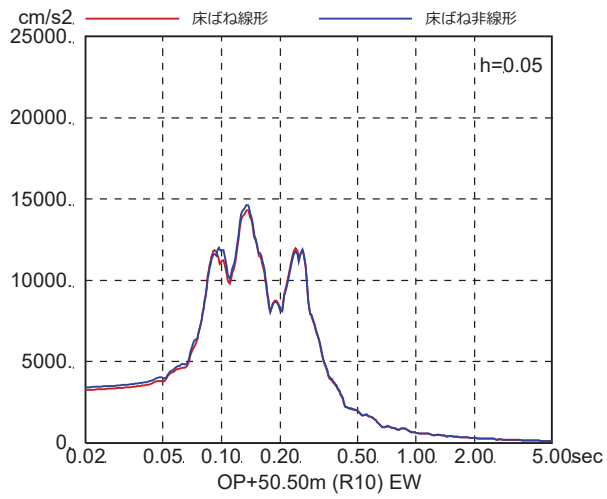


図 4-7(22) 床ばね線形モデルと床ばね非線形モデルの床応答の比較  
(EW 方向, ケース 4, S s - D 1)

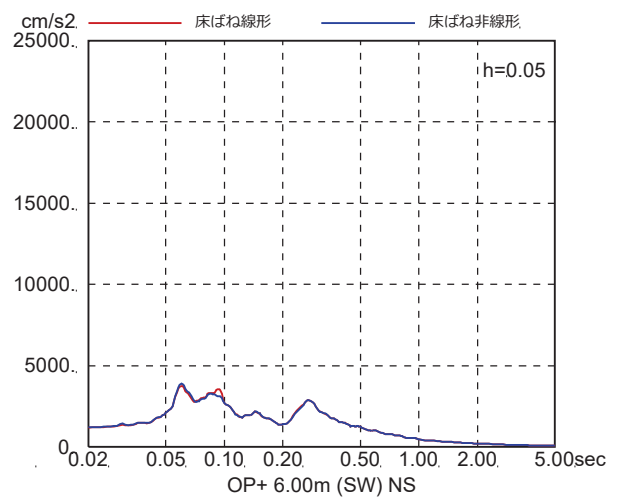
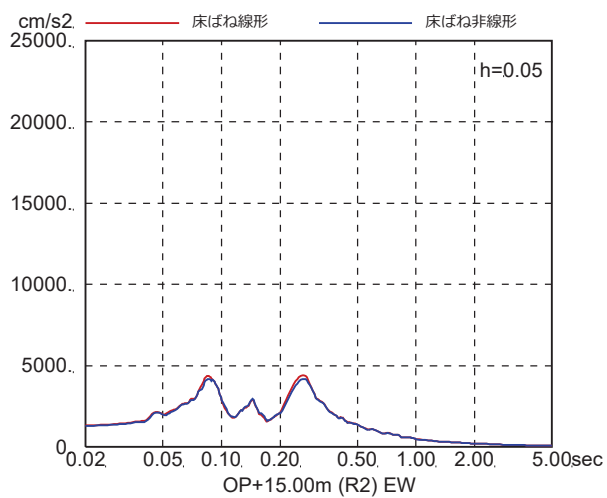
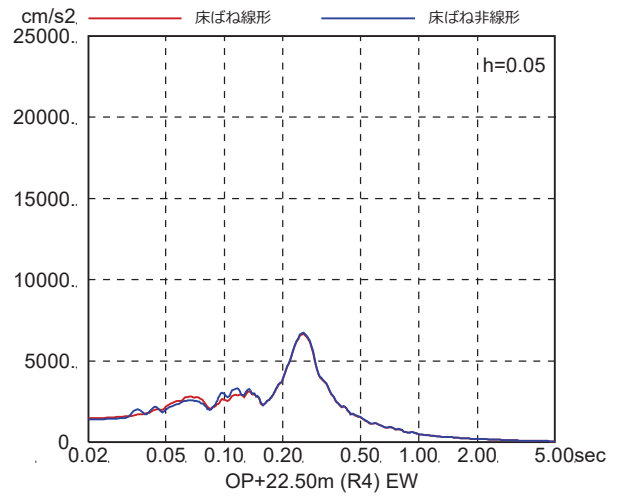
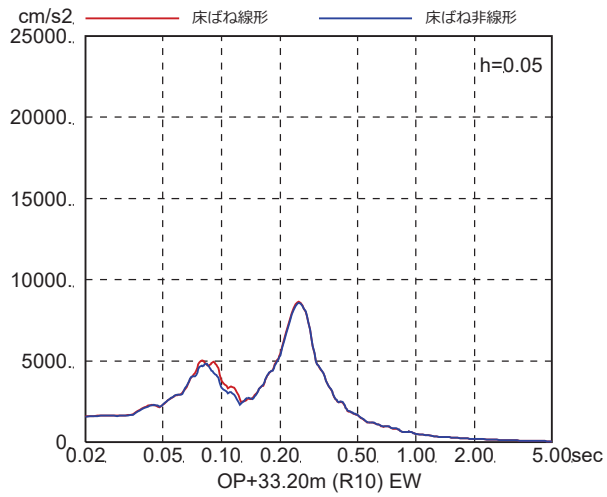
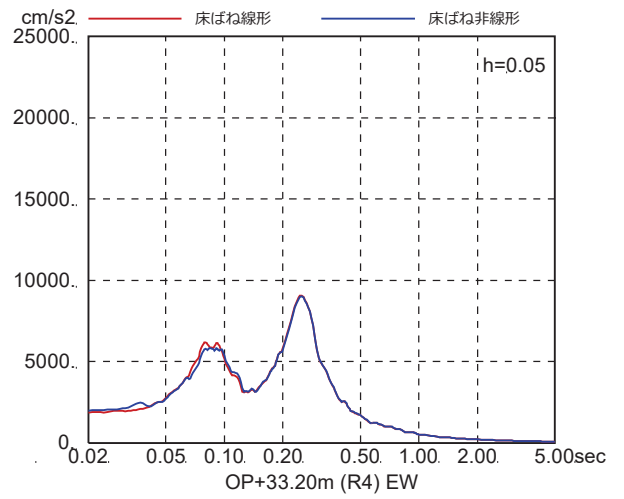
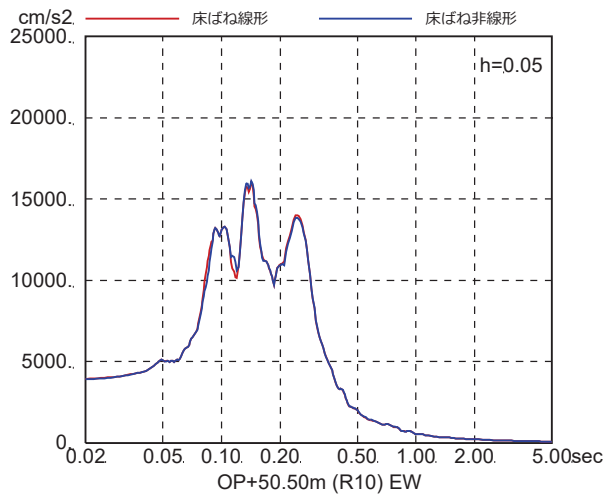


図 4-7(23) 床ばね線形モデルと床ばね非線形モデルの床応答の比較  
(EW 方向, ケース 4,  $S_s - D_2$ )

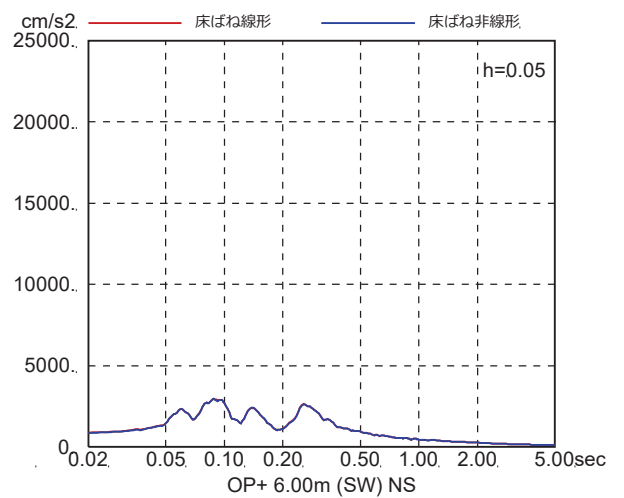
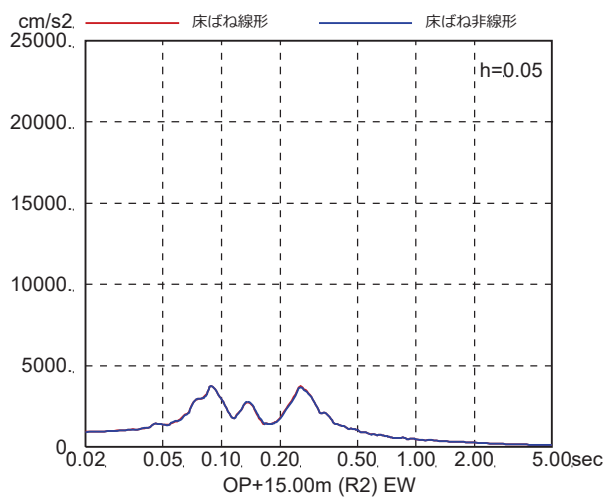
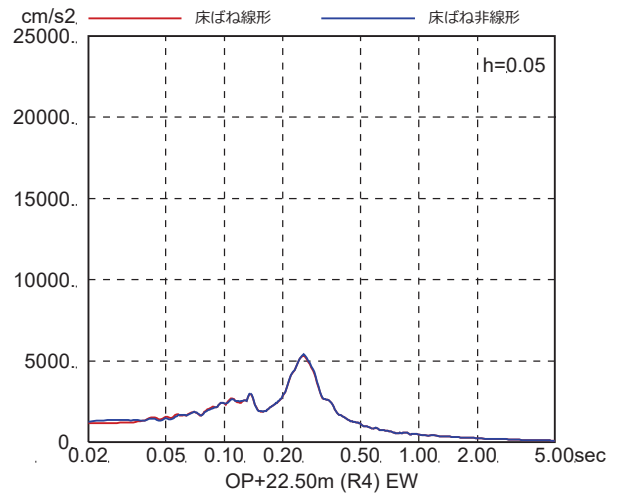
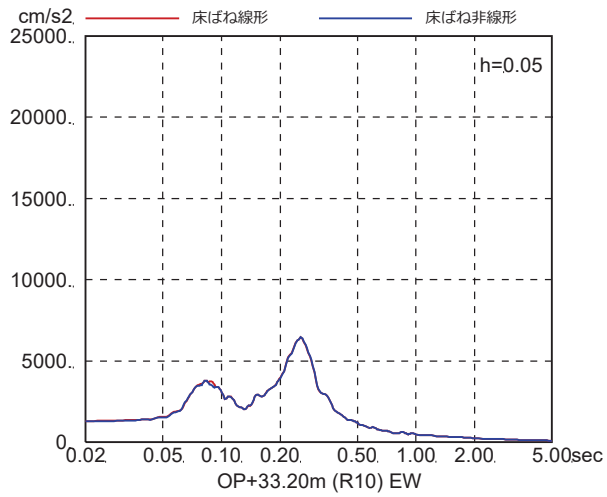
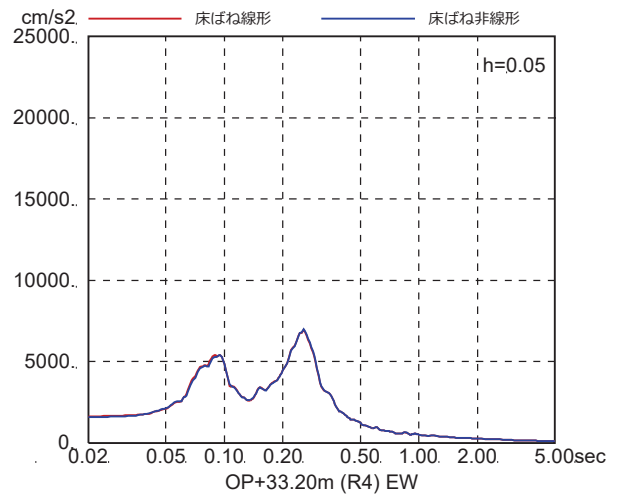
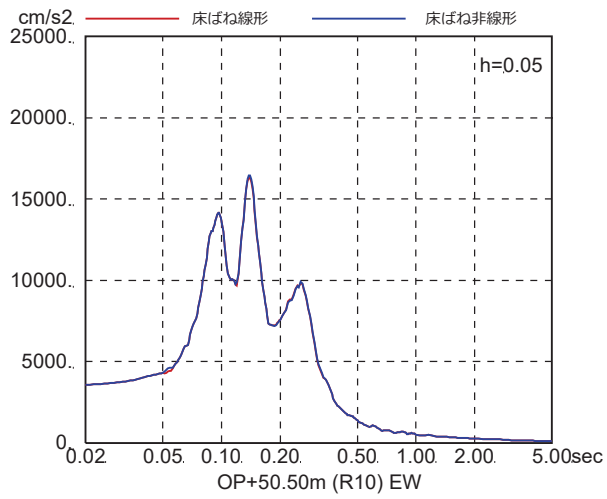


図 4-7(24) 床ばね線形モデルと床ばね非線形モデルの床応答の比較  
(EW 方向, ケース 4, S s - D 3)

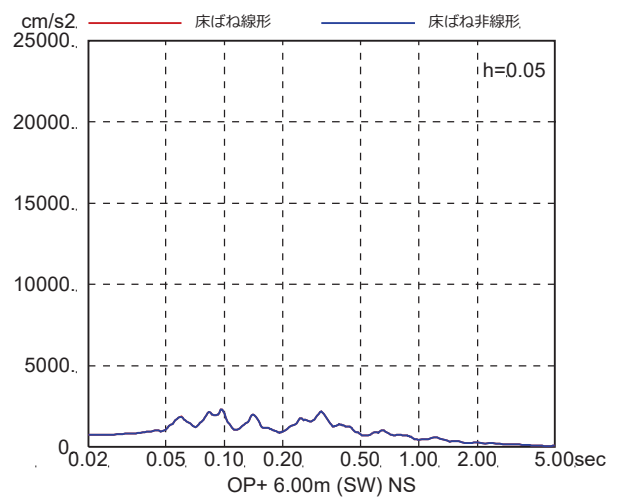
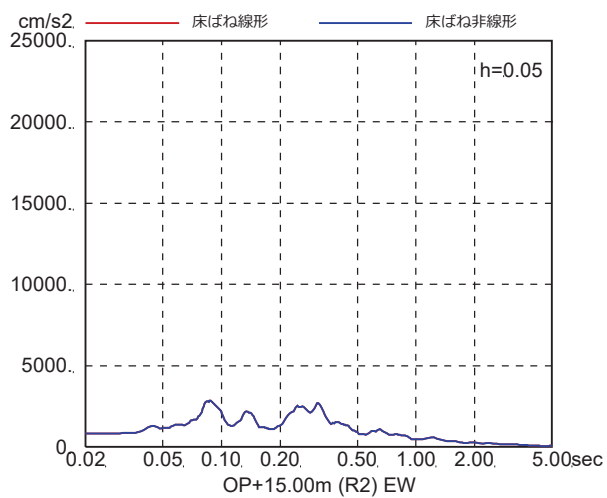
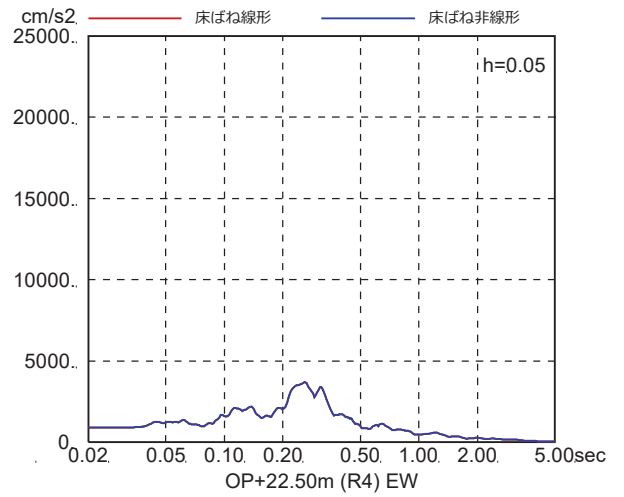
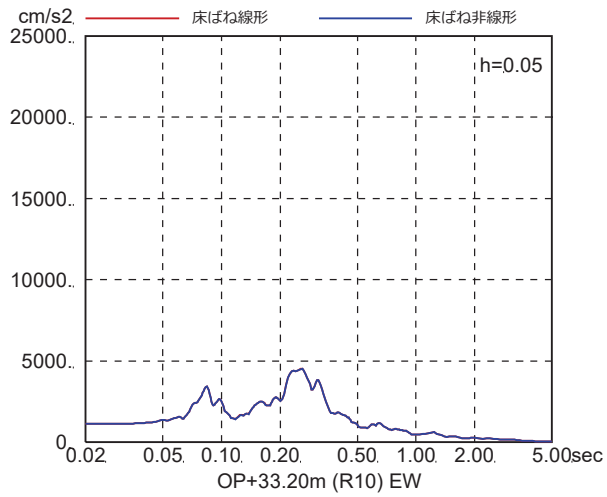
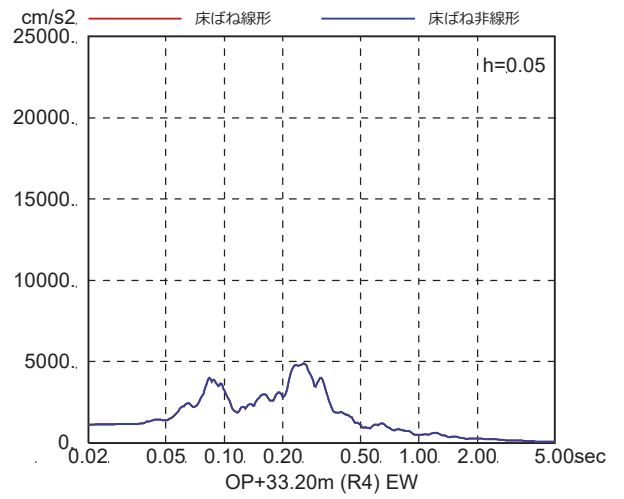
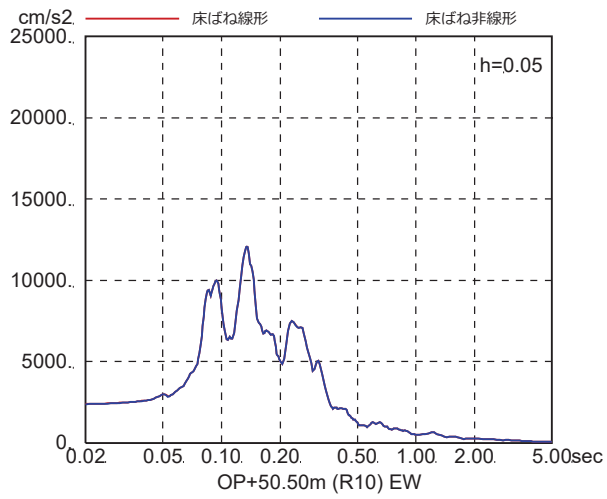


図 4-7(25) 床ばね線形モデルと床ばね非線形モデルの床応答の比較  
(EW 方向, ケース 4,  $S_s - F1$ )



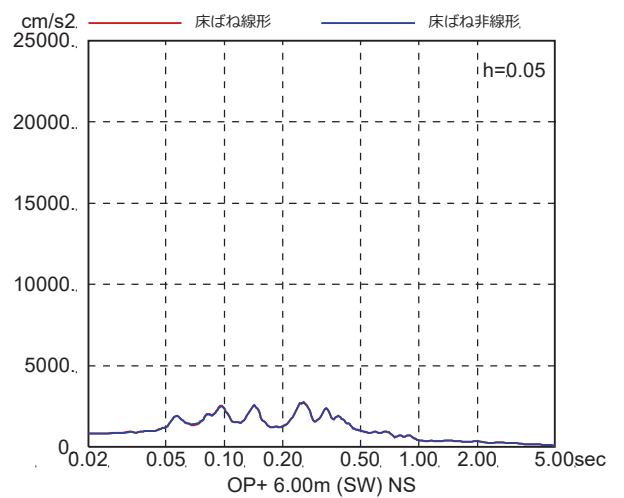
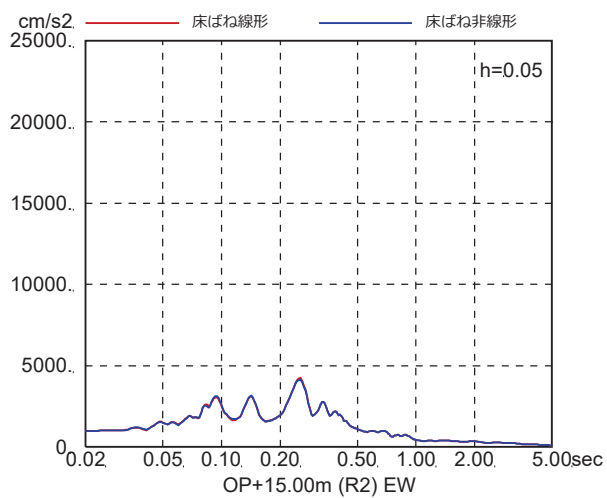
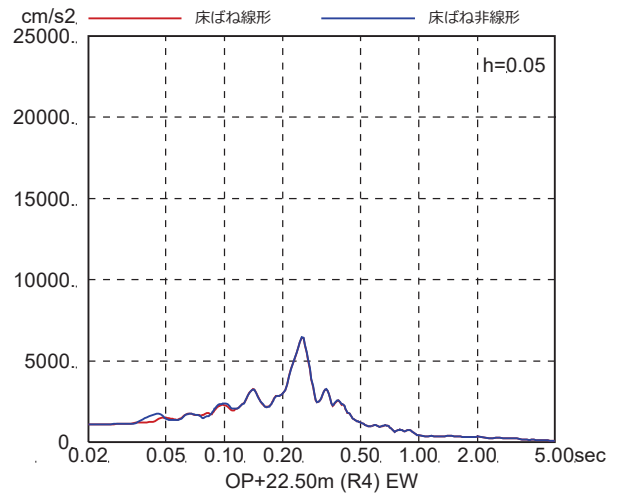
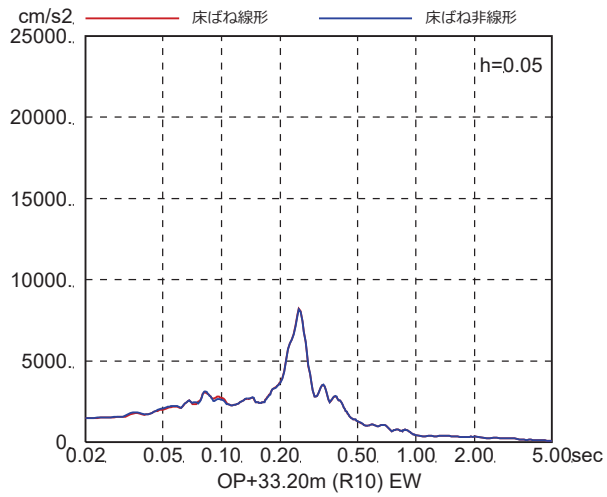
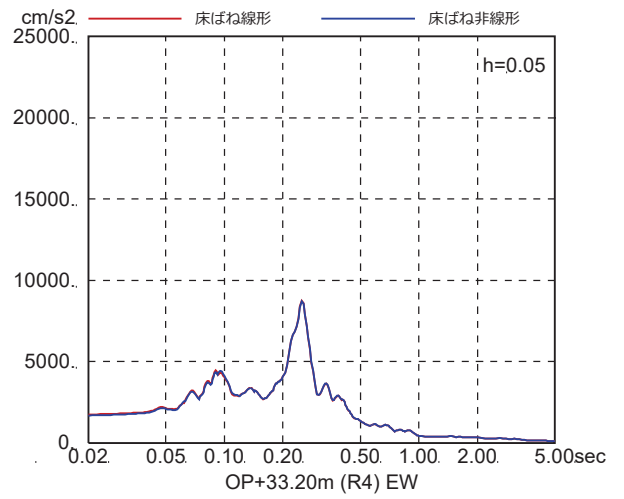
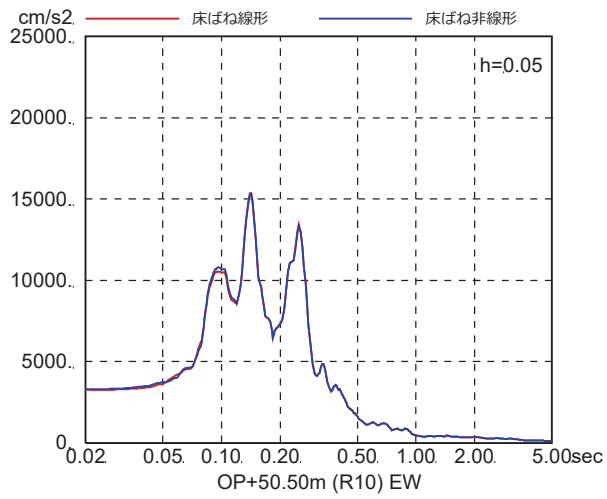


図 4-7(26) 床ばね線形モデルと床ばね非線形モデルの床応答の比較  
(EW 方向, ケース 4,  $S_s - F_2$ )

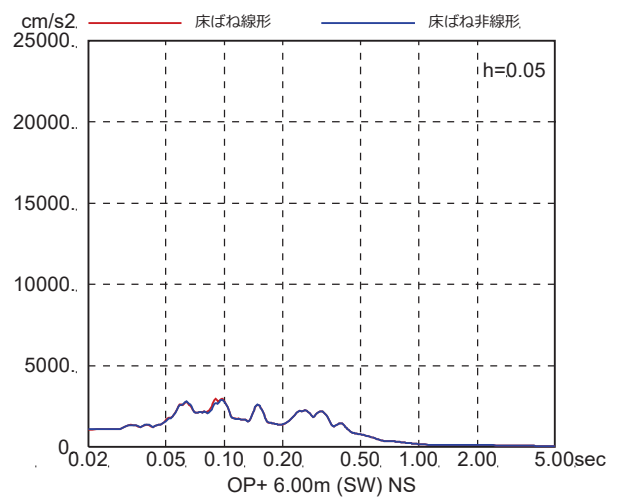
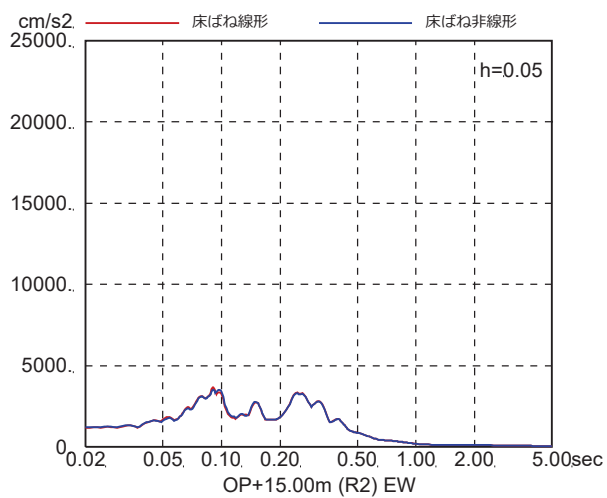
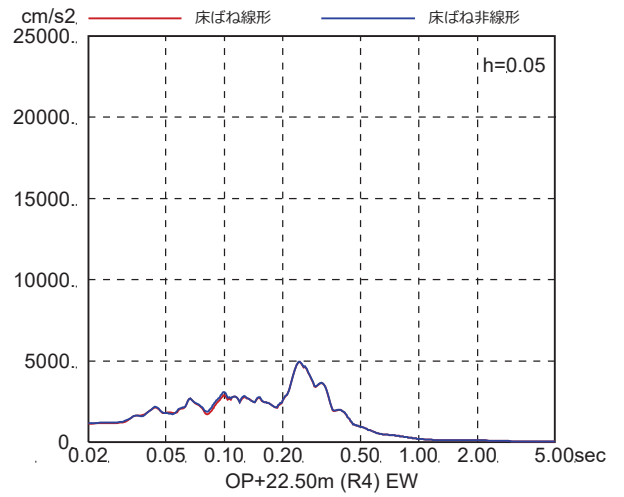
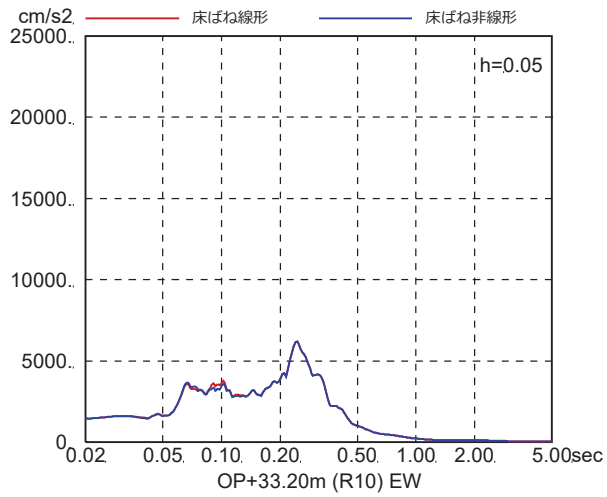
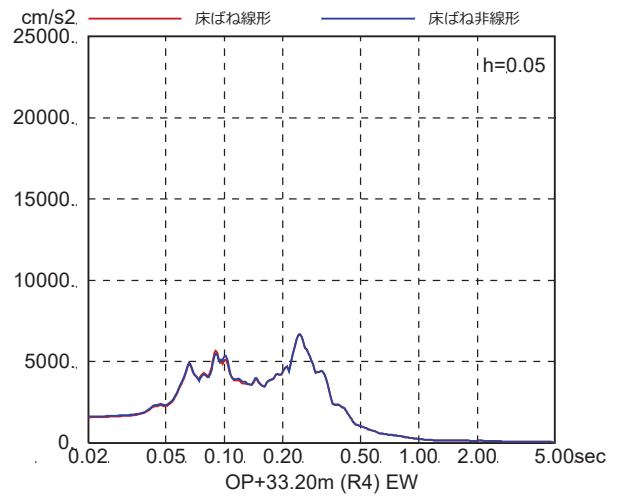
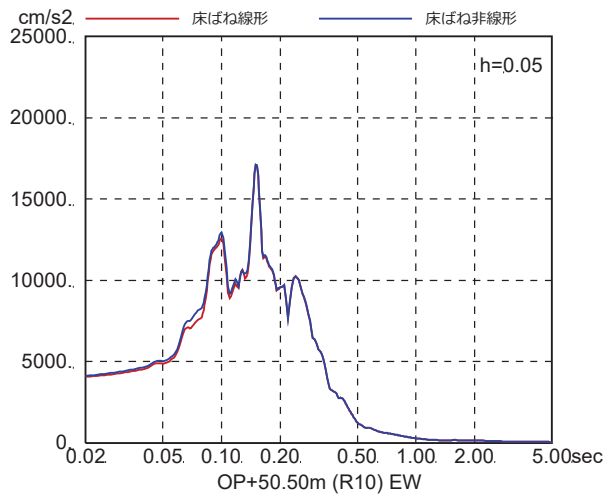


図 4-7(27) 床ばね線形モデルと床ばね非線形モデルの床応答の比較  
(EW 方向, ケース 4,  $S_s - F_3$ )

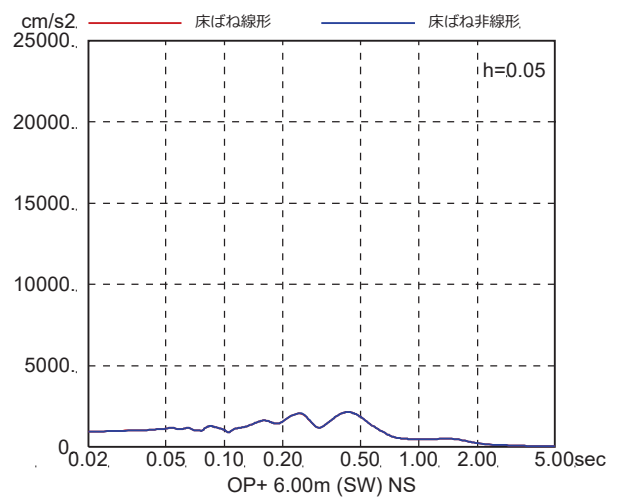
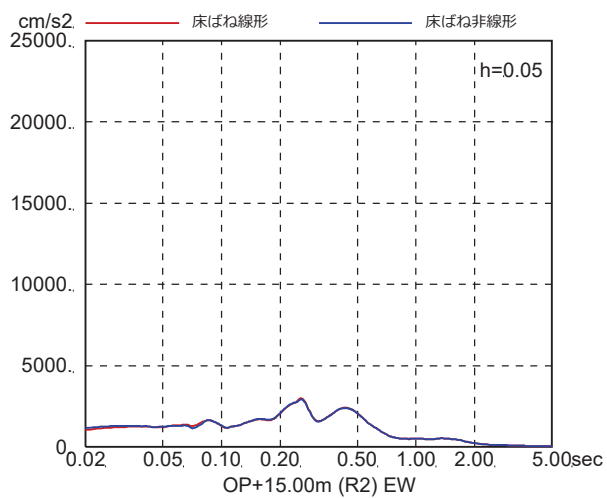
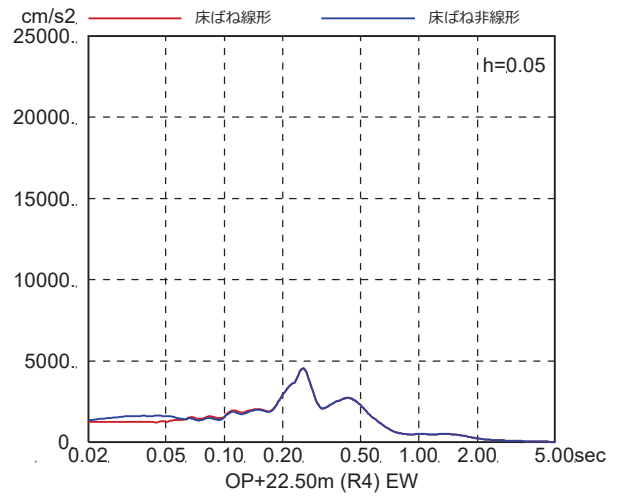
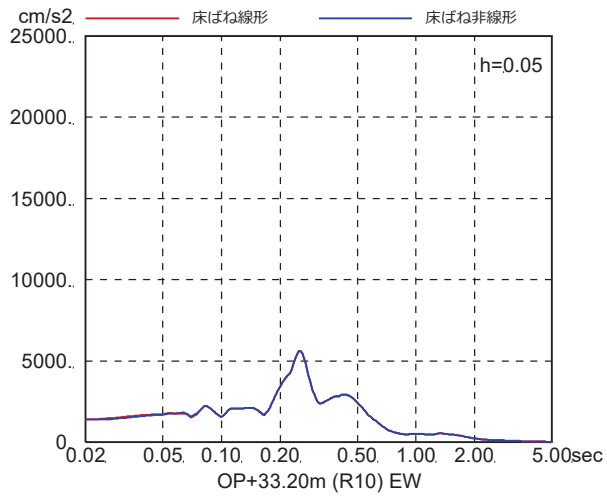
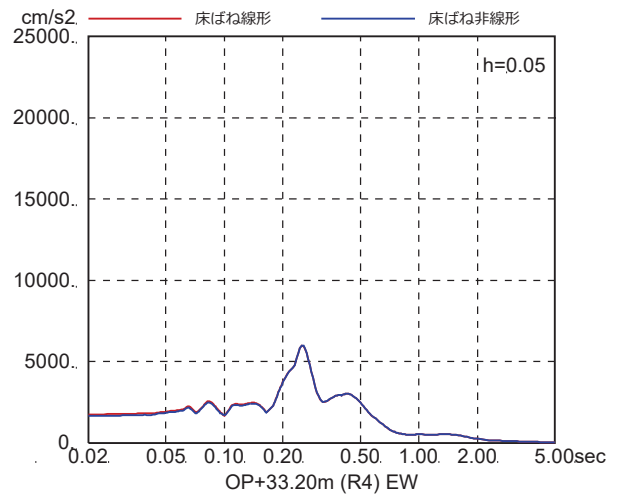
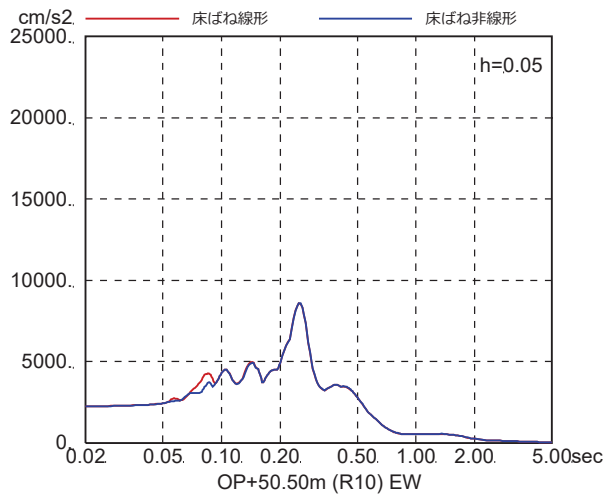


図 4-7(28) 床ばね線形モデルと床ばね非線形モデルの床応答の比較  
(EW 方向, ケース 4, S s - N 1)

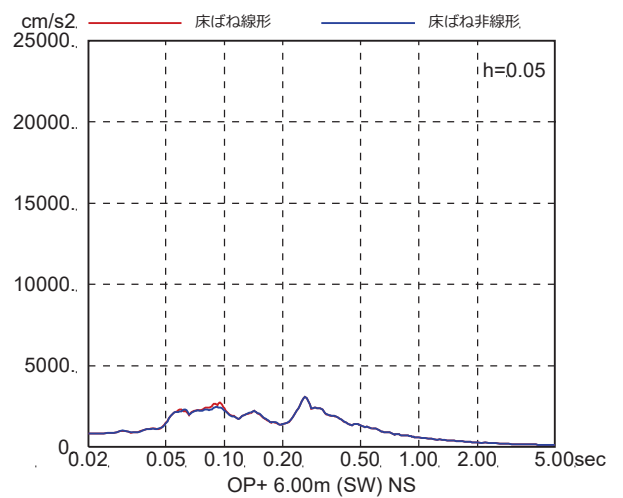
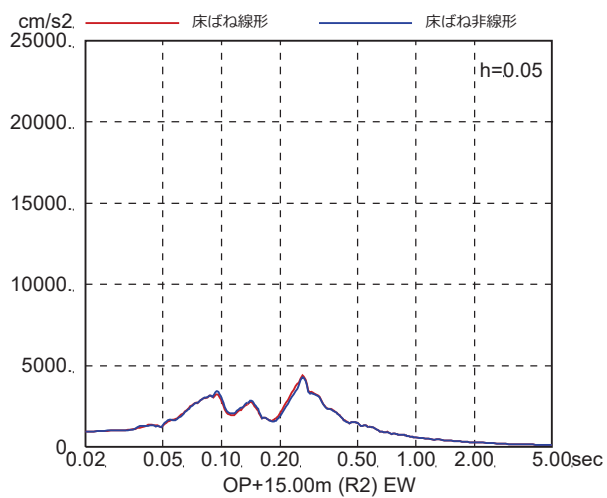
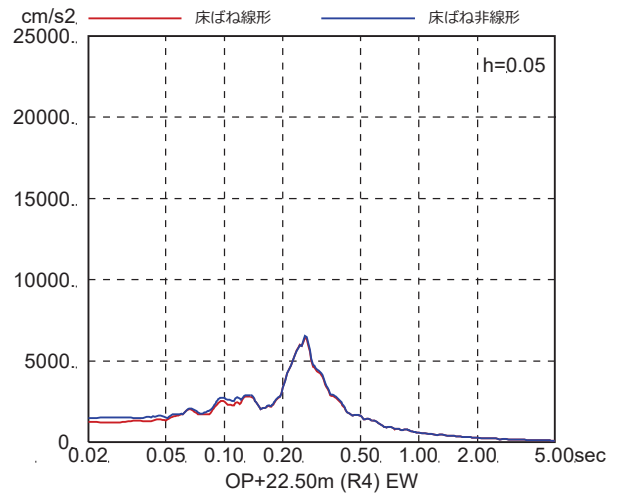
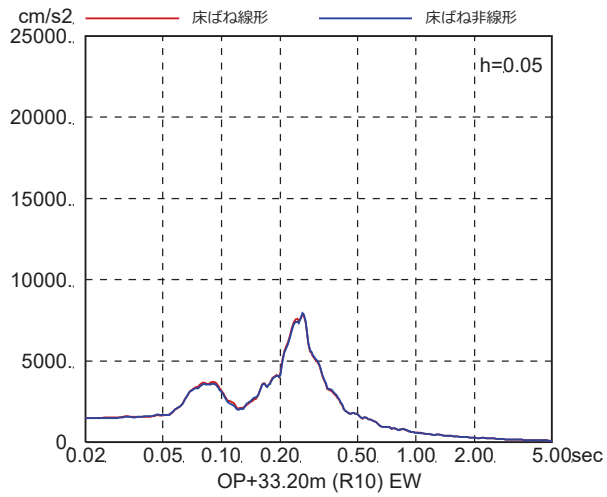
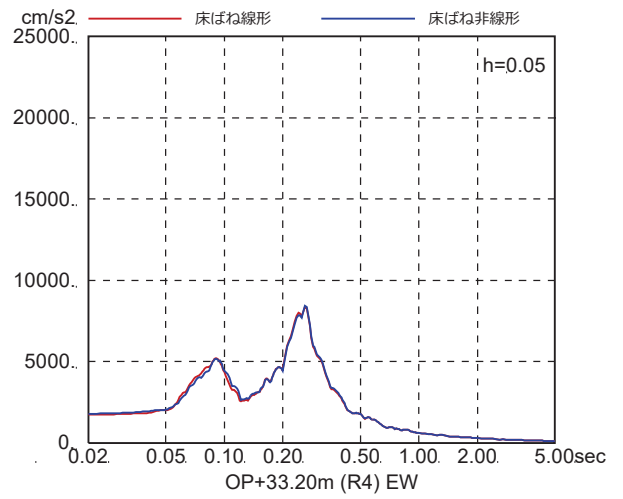
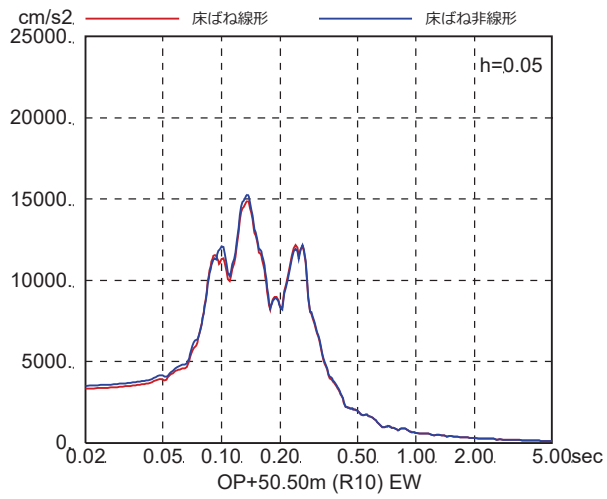


図 4-7(29) 床ばね線形モデルと床ばね非線形モデルの床応答の比較  
(EW 方向, ケース 5, S<sub>s</sub>-D1)

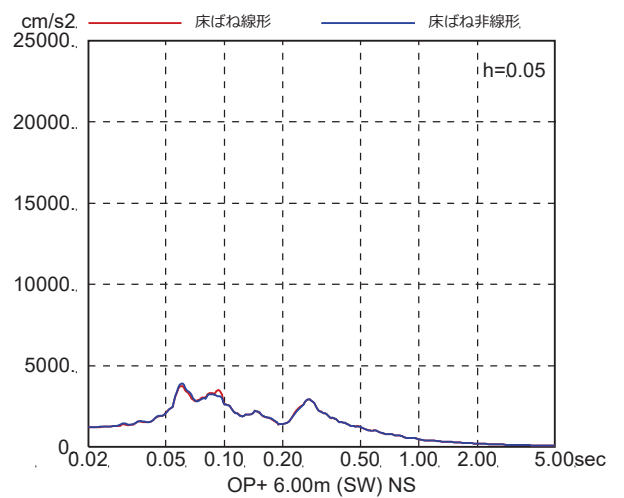
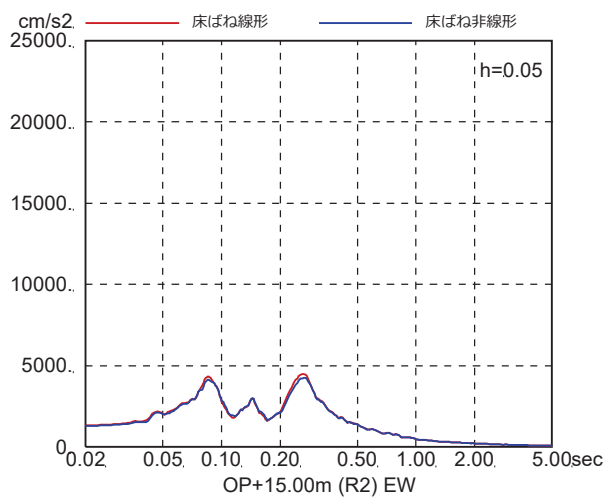
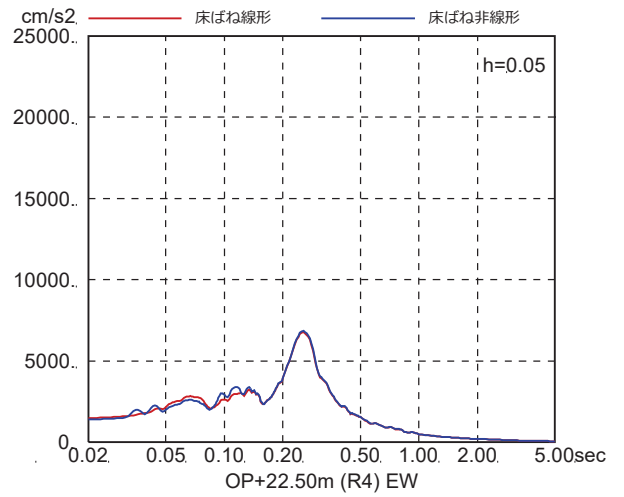
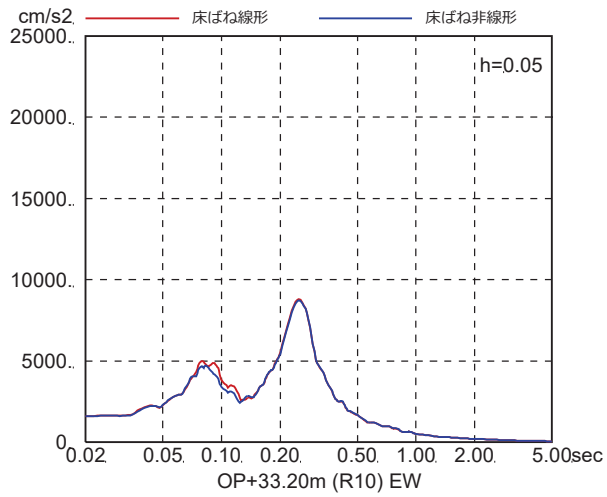
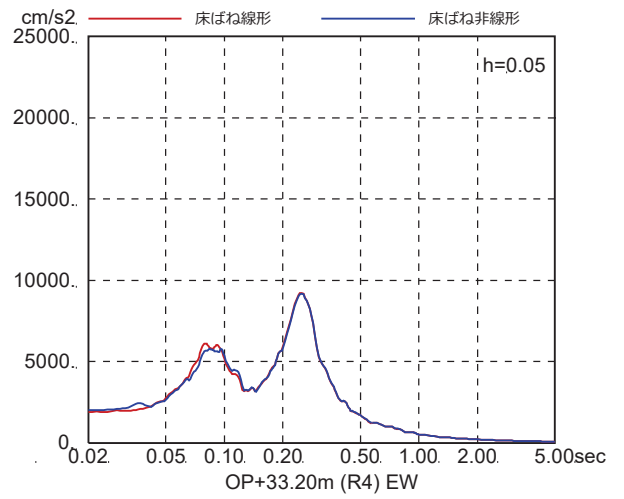
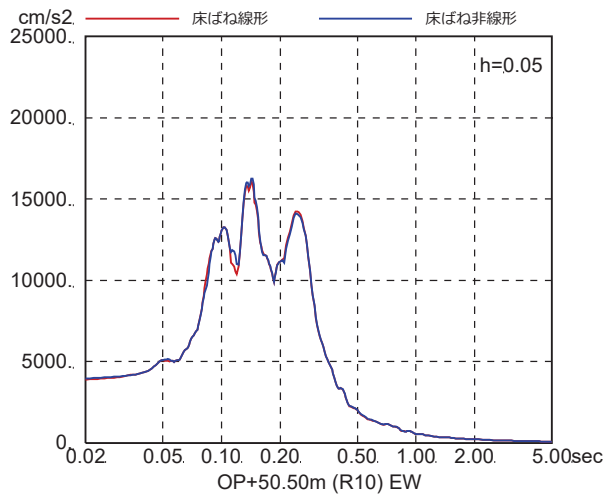


図 4-7(30) 床ばね線形モデルと床ばね非線形モデルの床応答の比較  
(EW 方向, ケース 5,  $S_s - D_2$ )

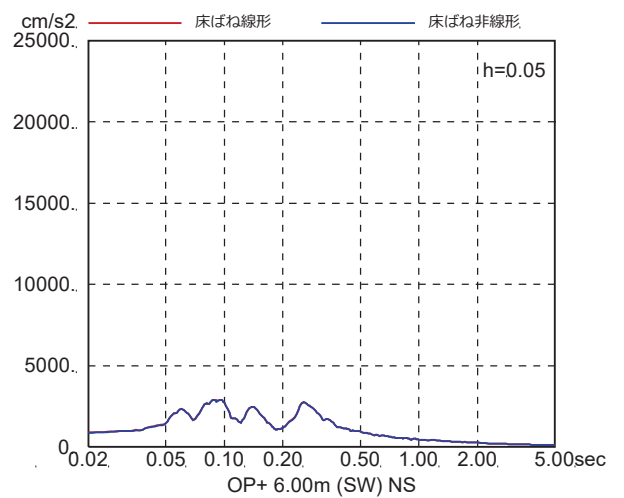
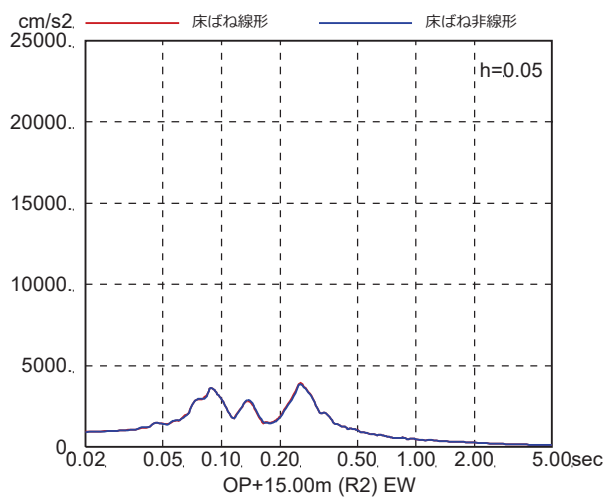
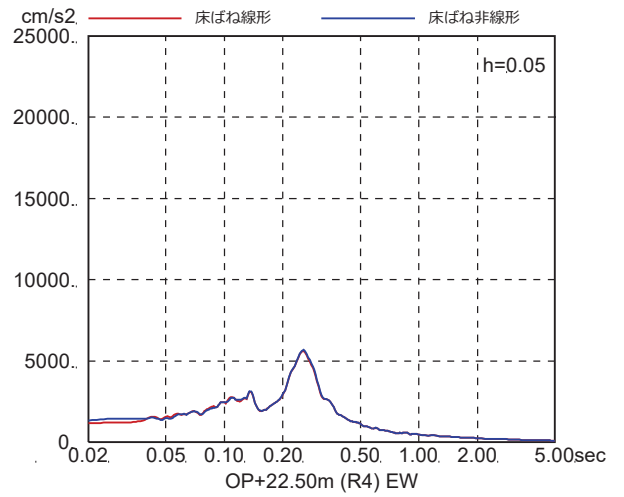
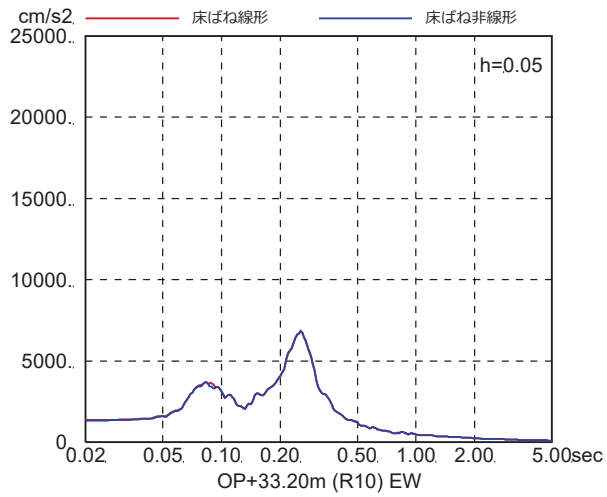
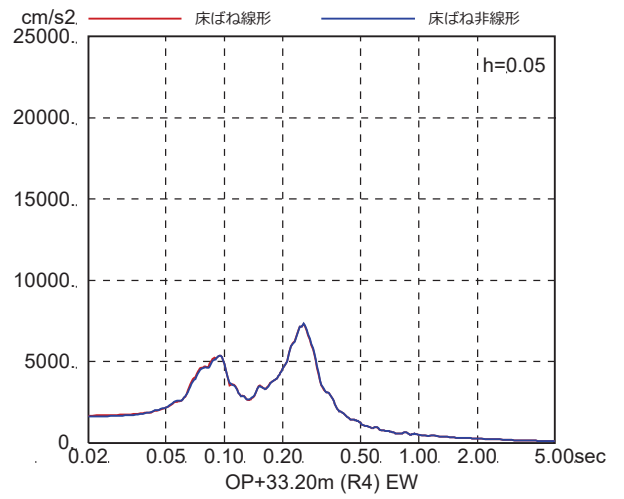
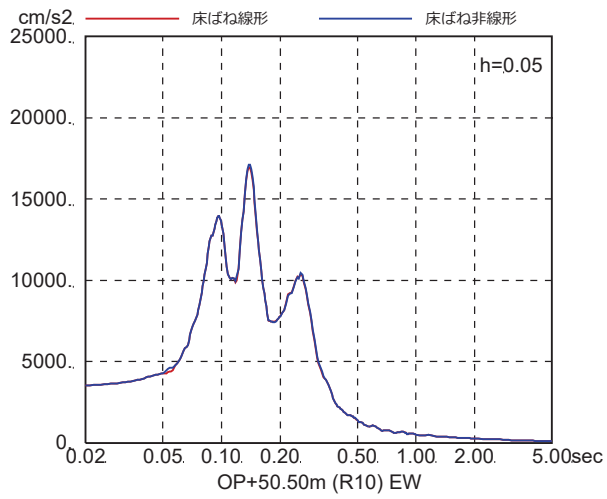


図 4-7(31) 床ばね線形モデルと床ばね非線形モデルの床応答の比較  
(EW 方向, ケース 5, S s - D 3)

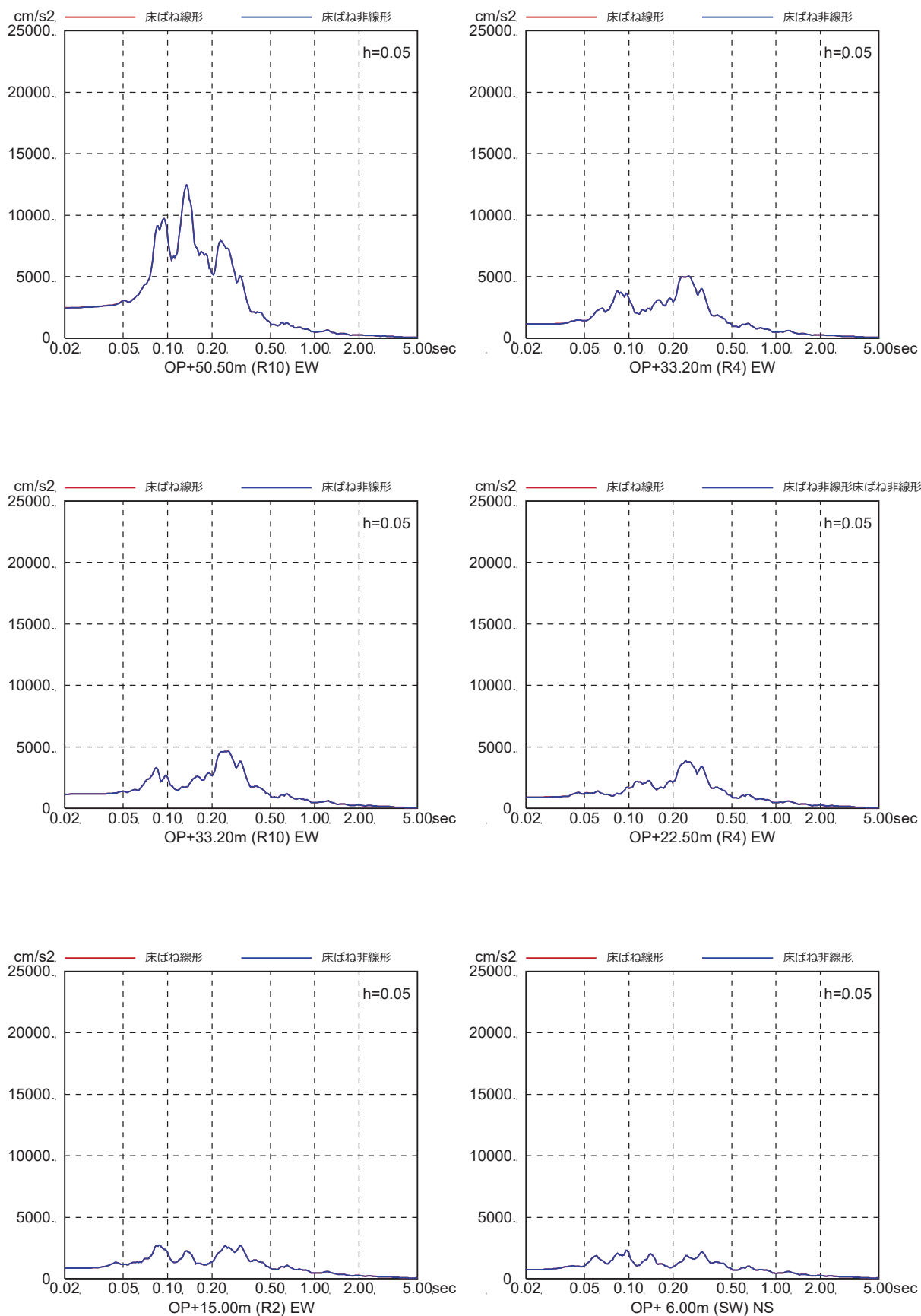


図 4-7(32) 床ばね線形モデルと床ばね非線形モデルの床応答の比較  
(EW 方向, ケース 5,  $S_s - F1$ )

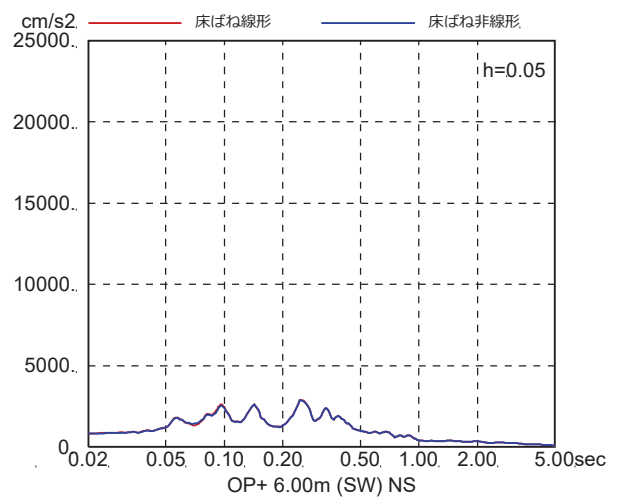
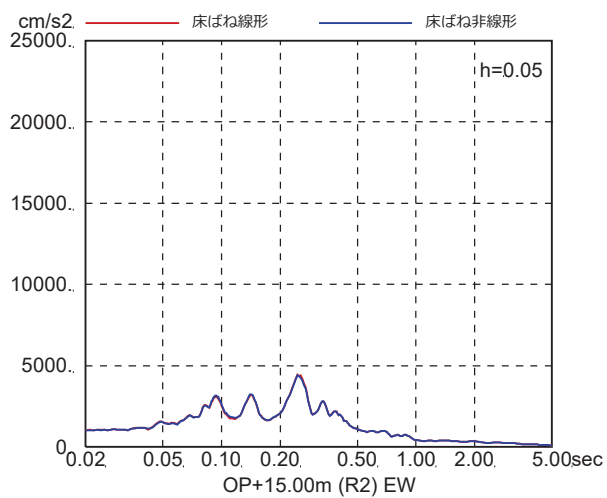
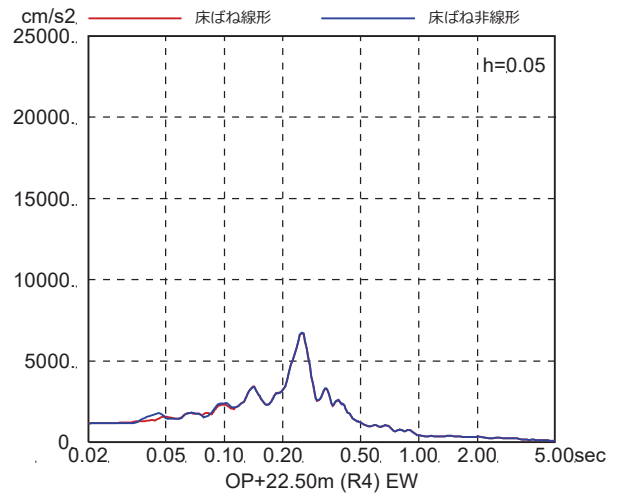
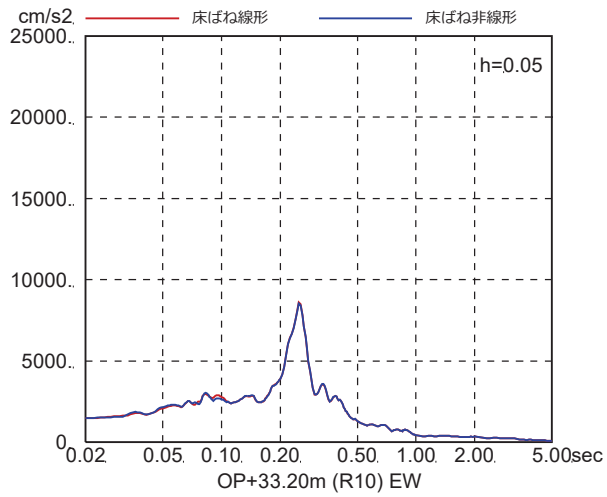
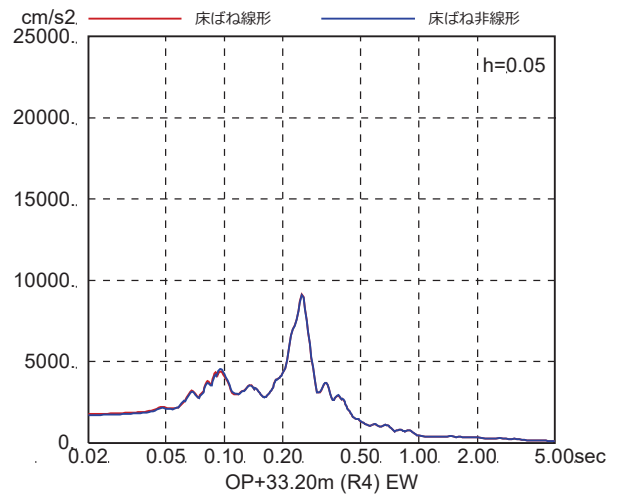
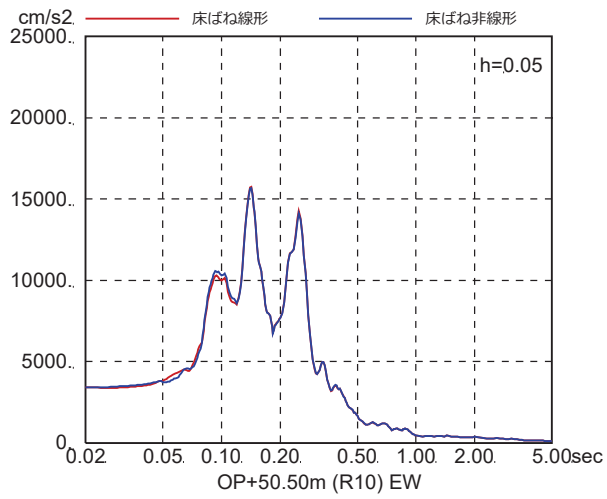


図 4-7(33) 床ばね線形モデルと床ばね非線形モデルの床応答の比較  
(EW 方向, ケース 5,  $S_s - F_2$ )



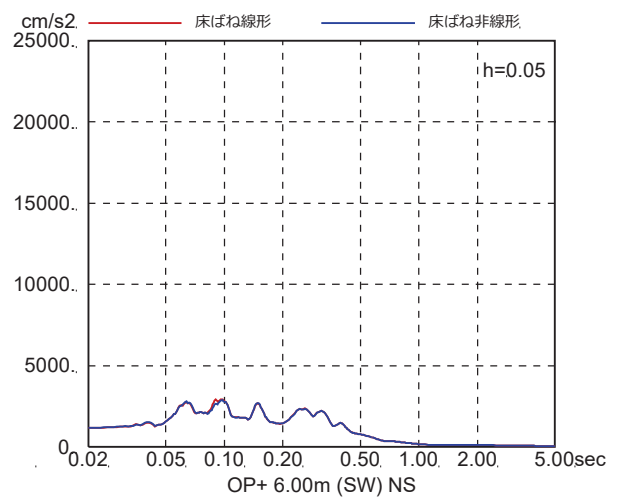
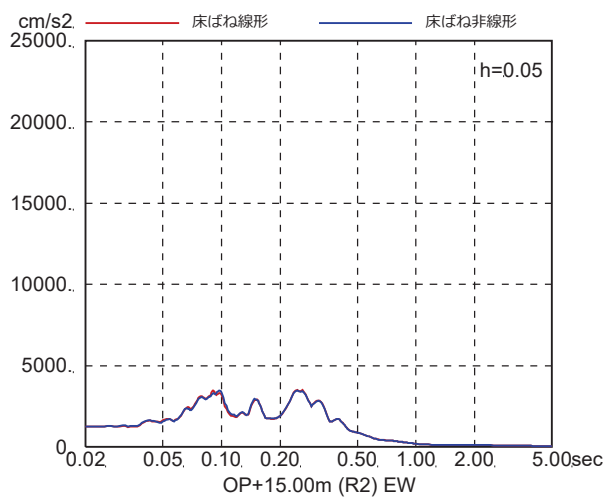
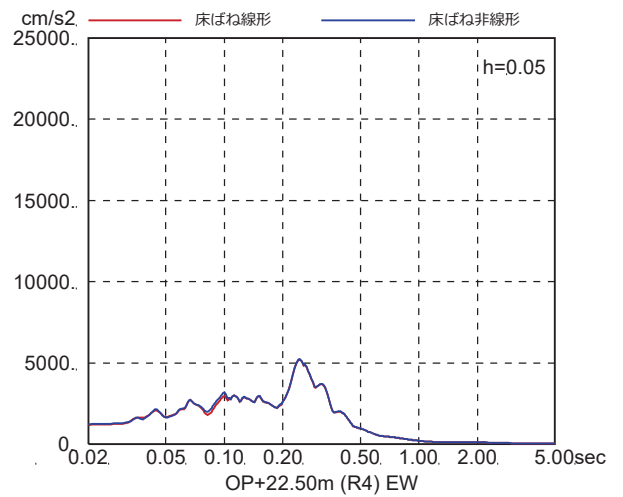
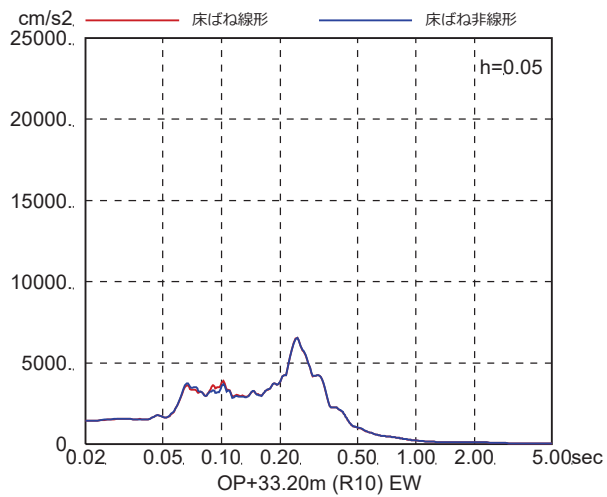
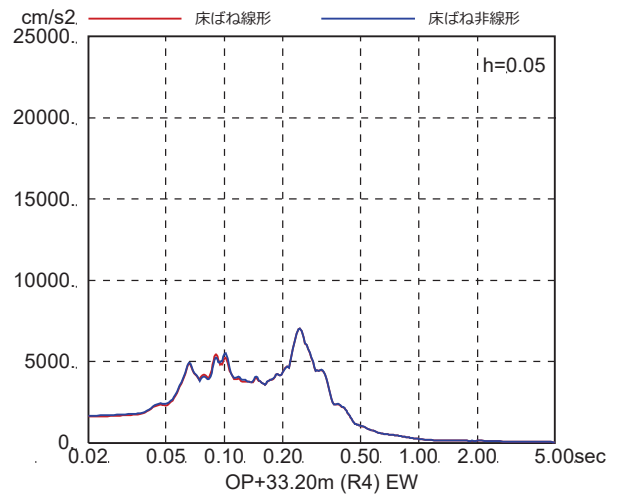
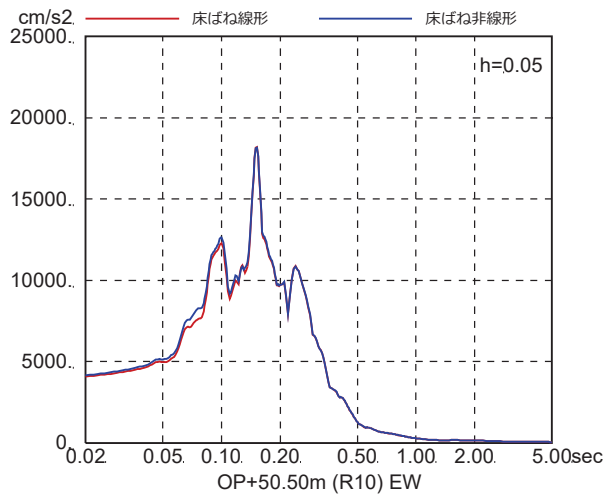


図 4-7(34) 床ばね線形モデルと床ばね非線形モデルの床応答の比較  
(EW 方向, ケース 5, S<sub>s</sub>-F3)

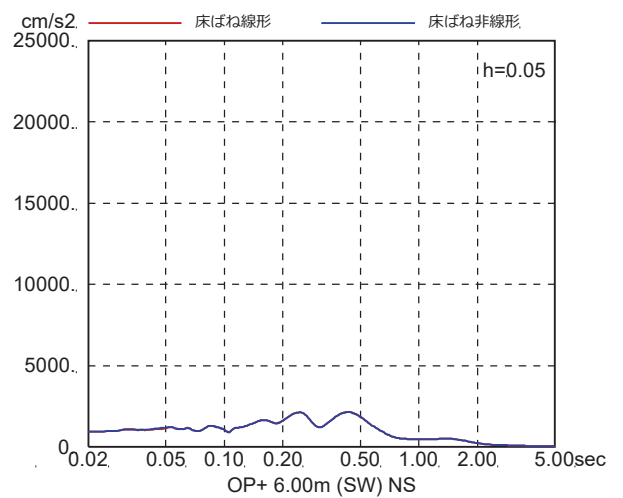
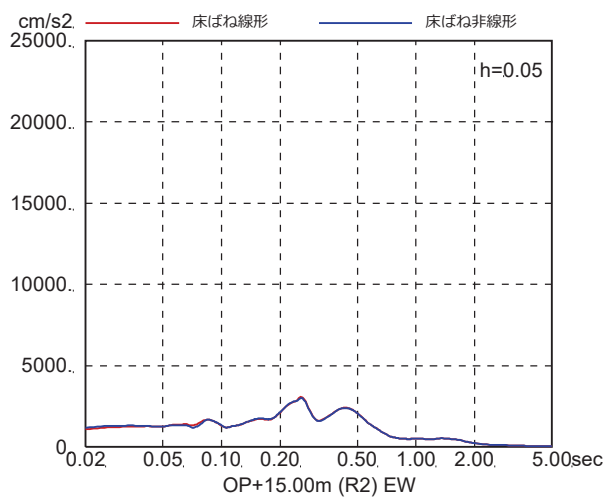
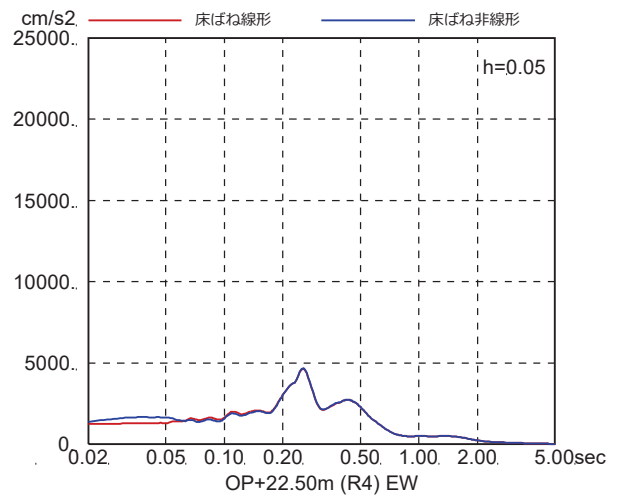
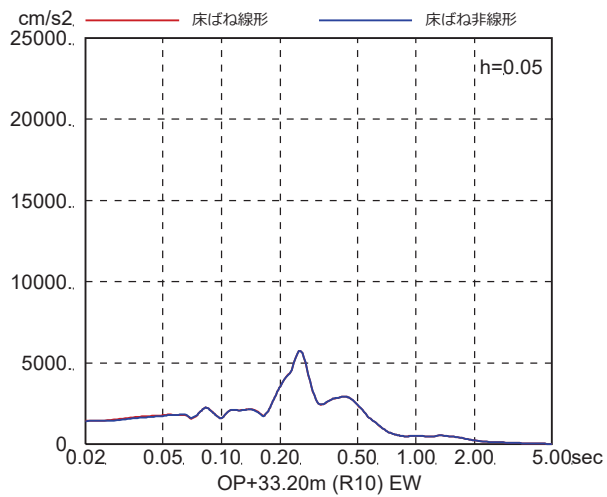
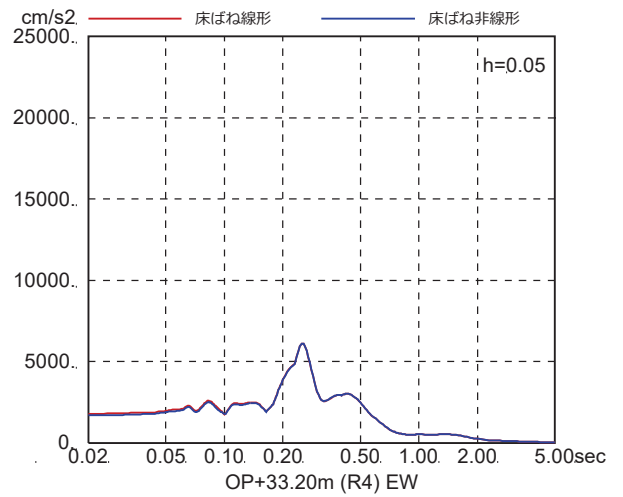
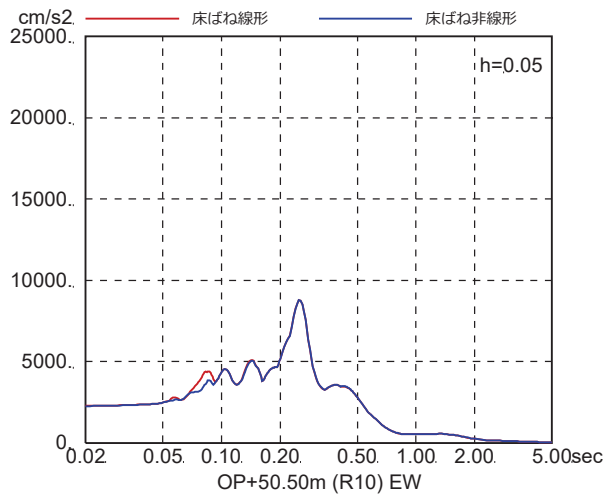


図 4-7(35) 床ばね線形モデルと床ばね非線形モデルの床応答の比較  
(EW 方向, ケース 5, S<sub>s</sub>-N<sub>1</sub>)

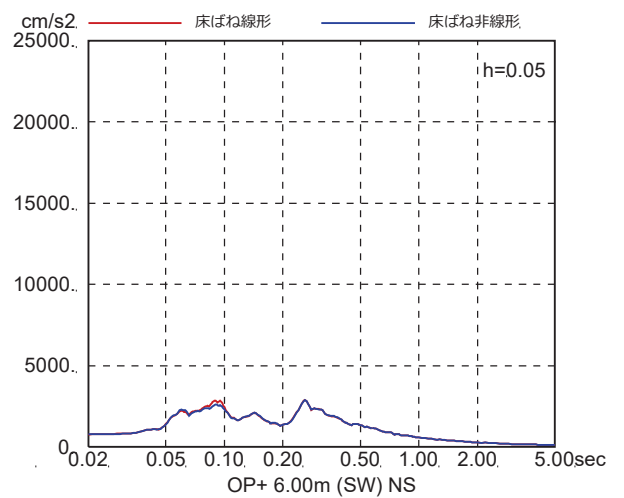
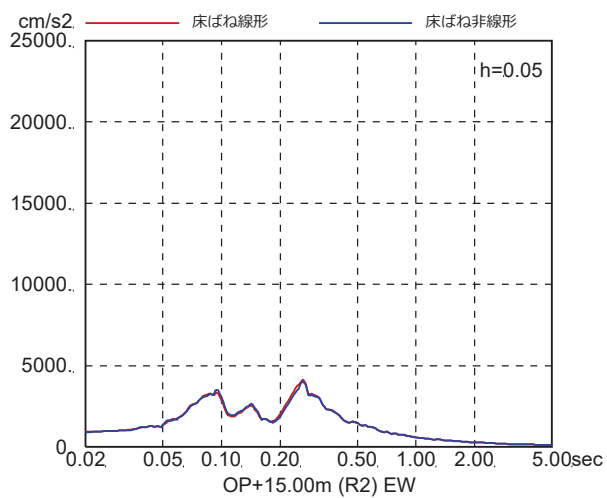
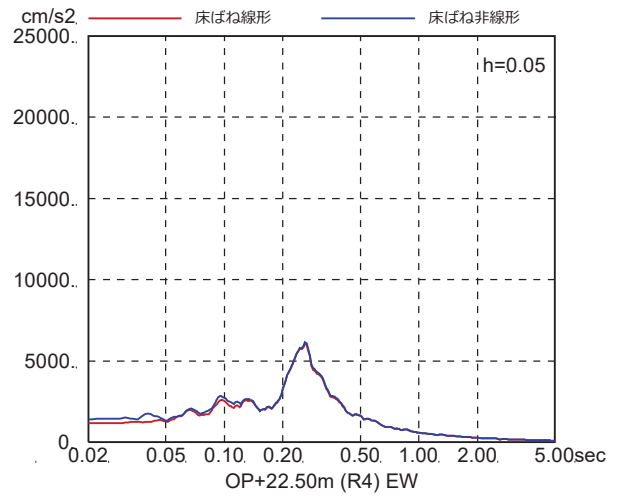
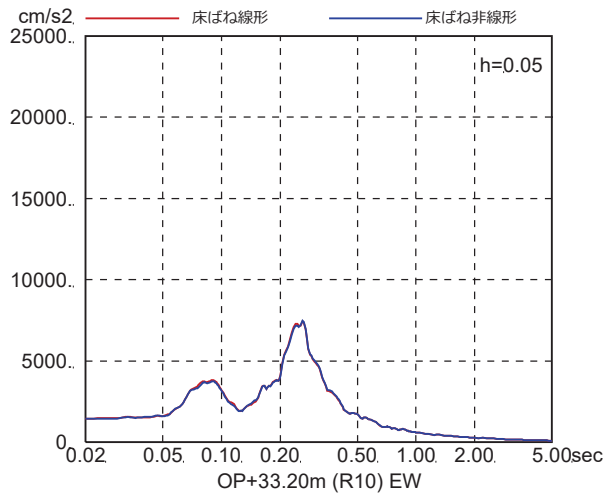
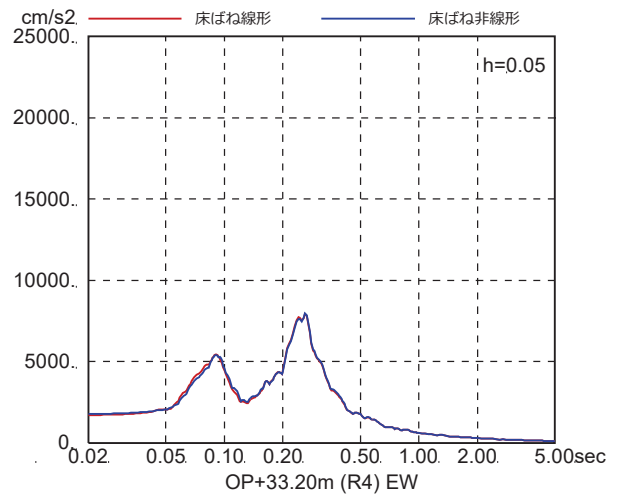
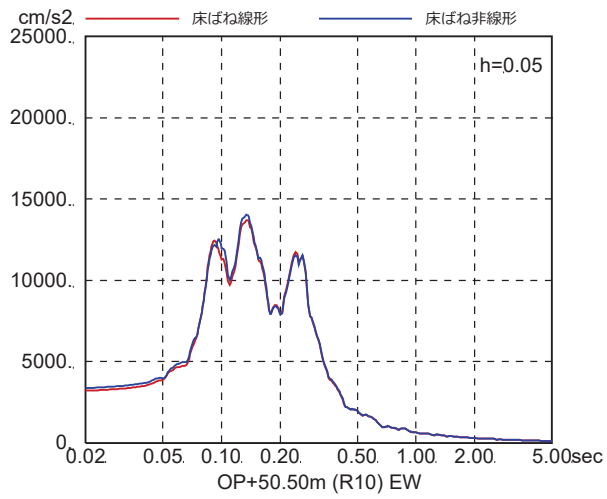


図 4-7(36) 床ばね線形モデルと床ばね非線形モデルの床応答の比較  
(EW 方向, ケース 6, S s - D 1)

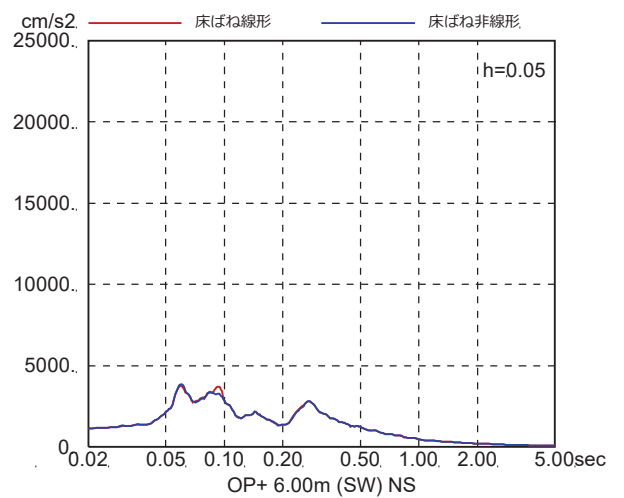
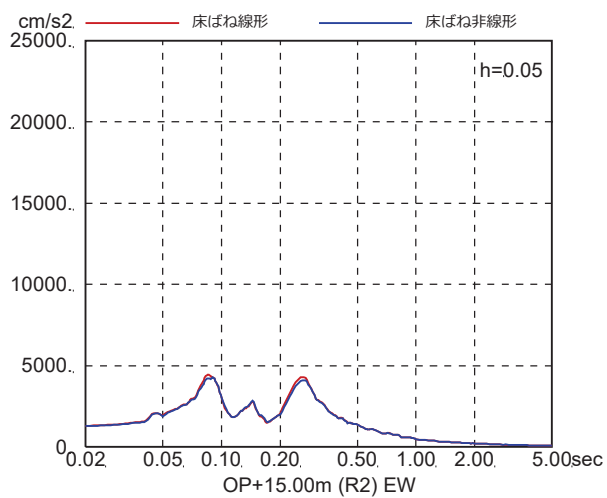
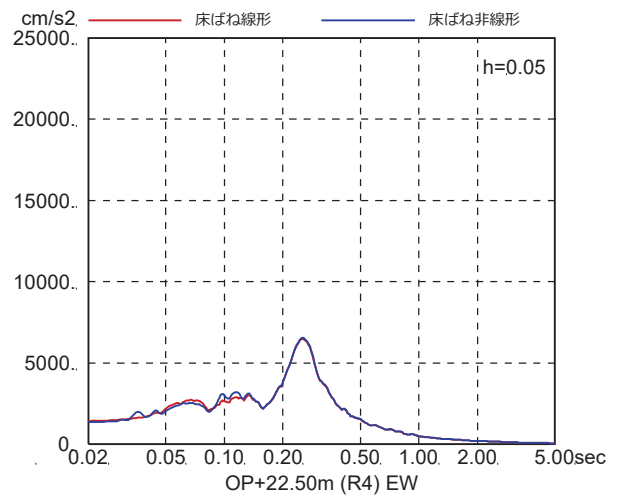
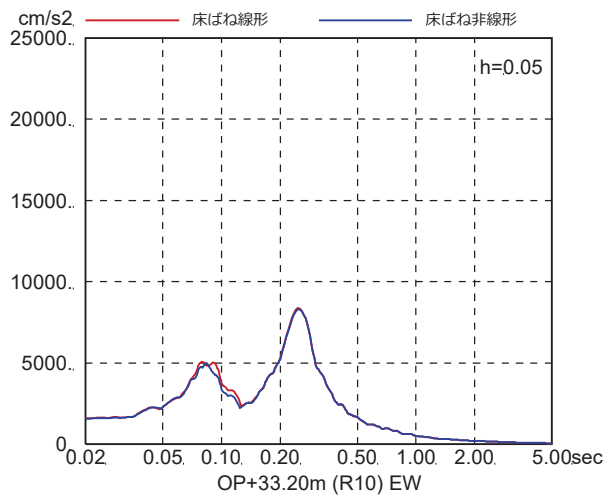
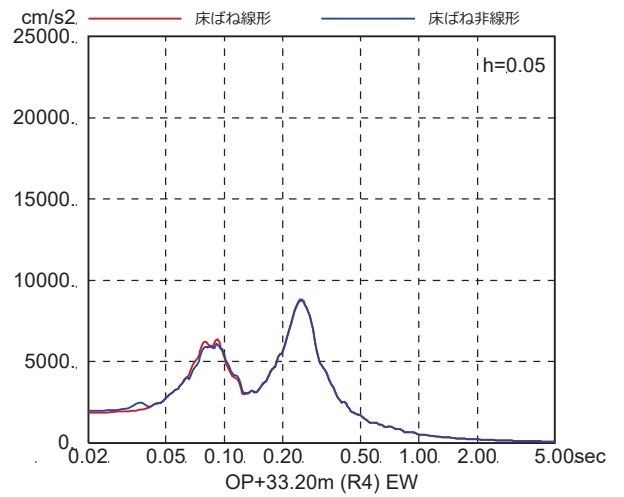
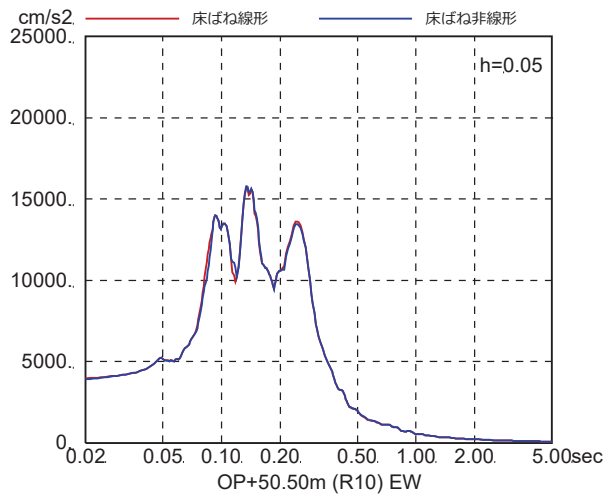


図 4-7(37) 床ばね線形モデルと床ばね非線形モデルの床応答の比較  
(EW 方向, ケース 6,  $S_s - D_2$ )

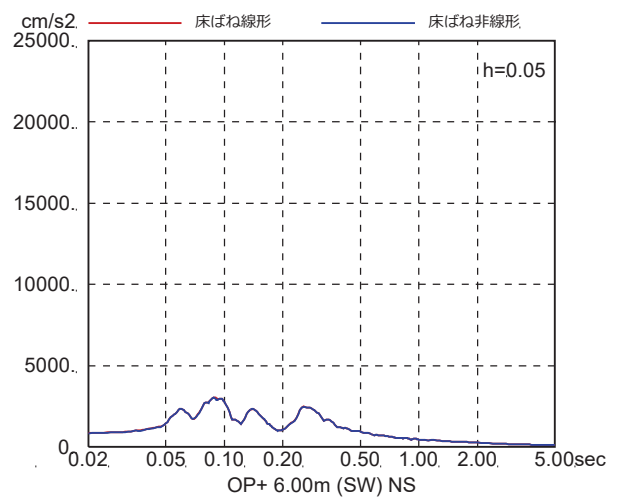
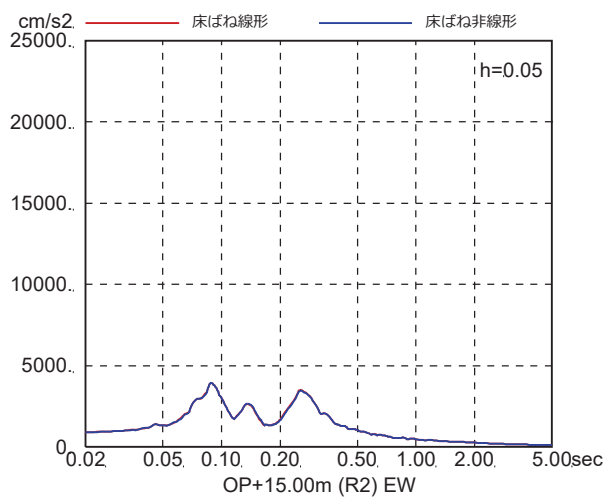
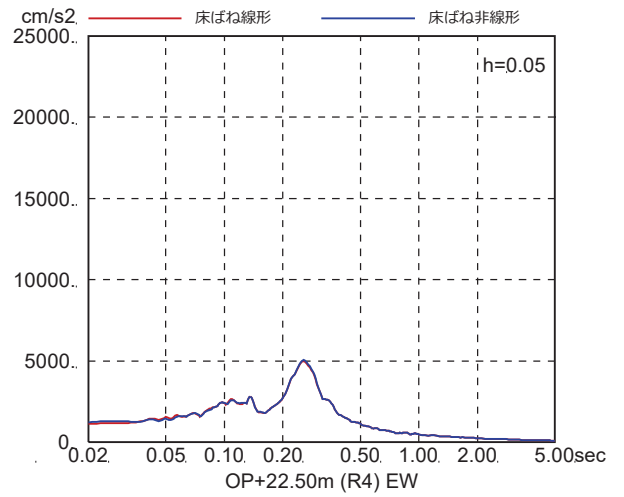
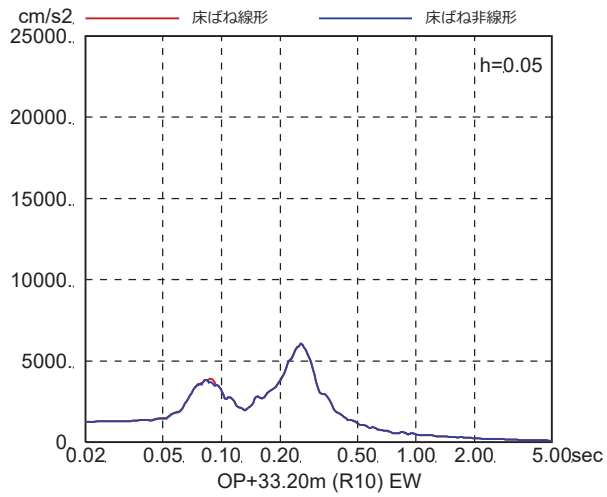
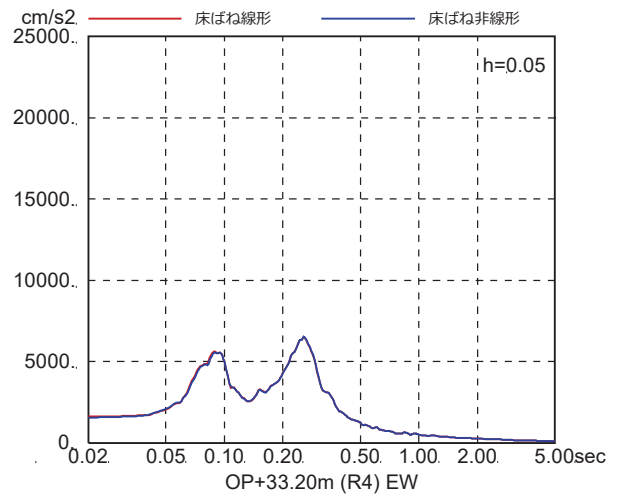
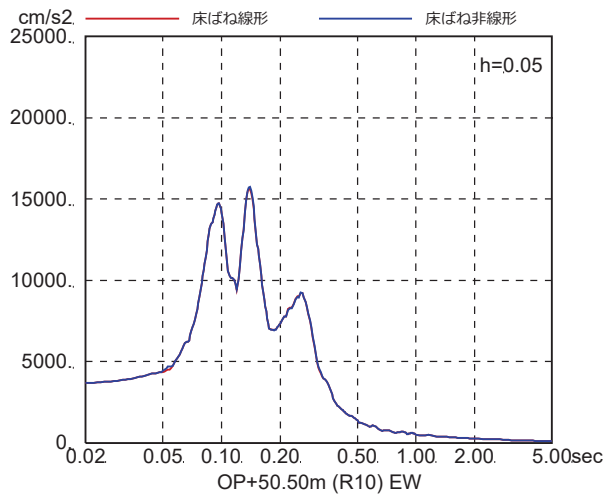


図 4-7(38) 床ばね線形モデルと床ばね非線形モデルの床応答の比較  
(EW 方向, ケース 6,  $S_s - D3$ )

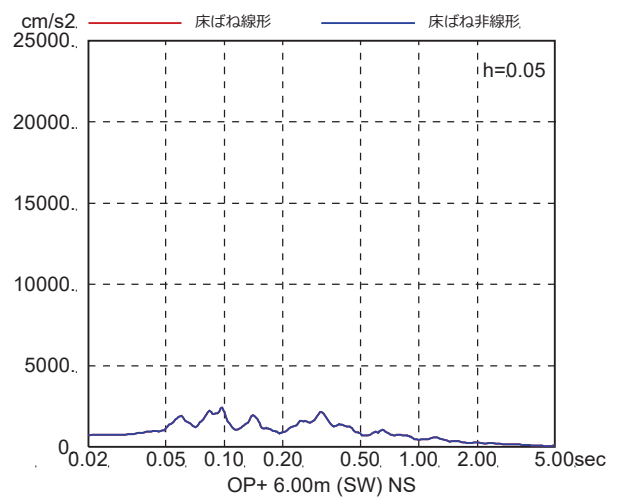
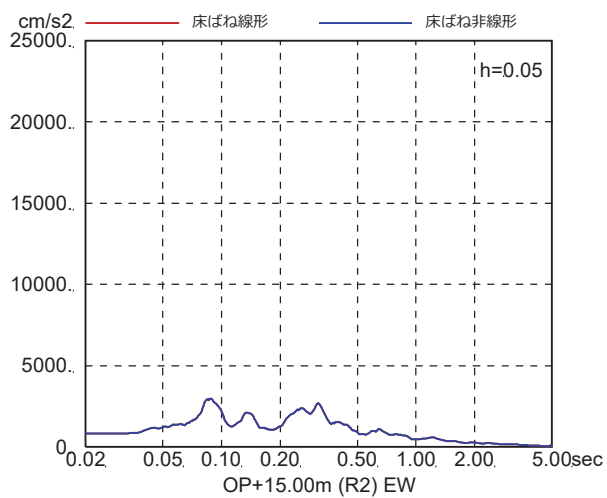
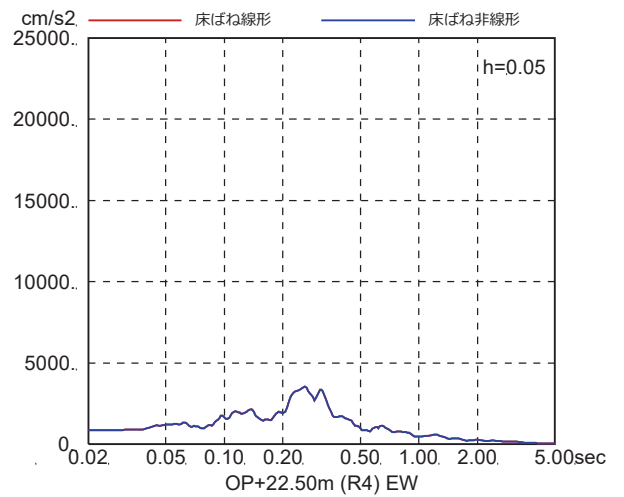
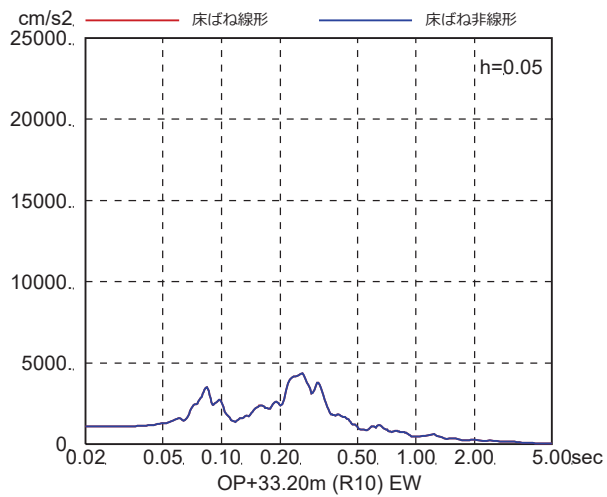
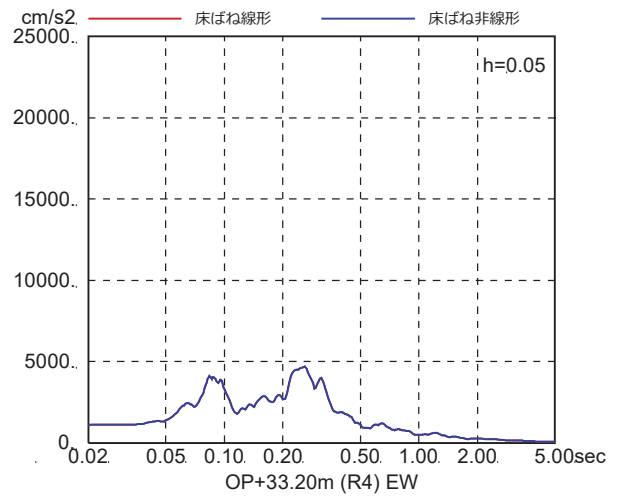
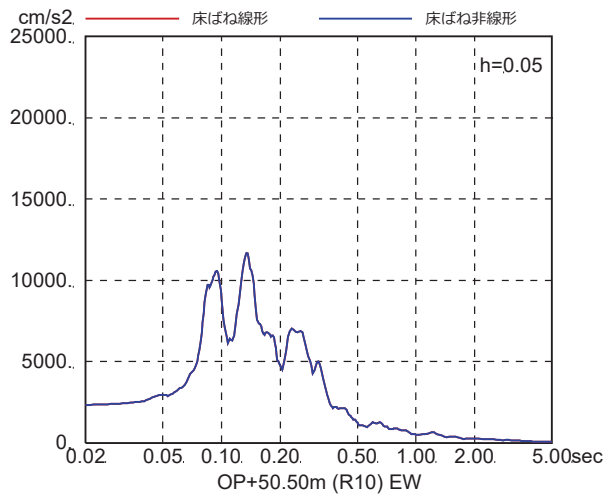


図 4-7(39) 床ばね線形モデルと床ばね非線形モデルの床応答の比較  
(EW 方向, ケース 6,  $S_s - F1$ )

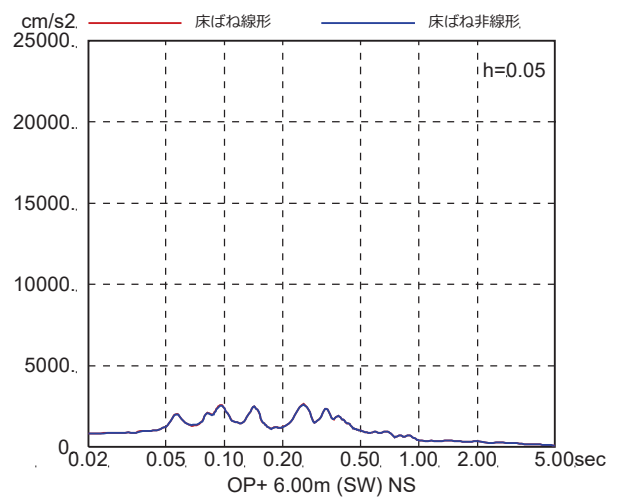
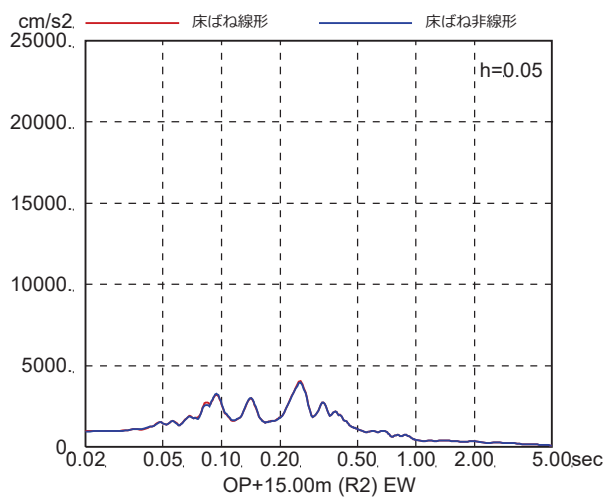
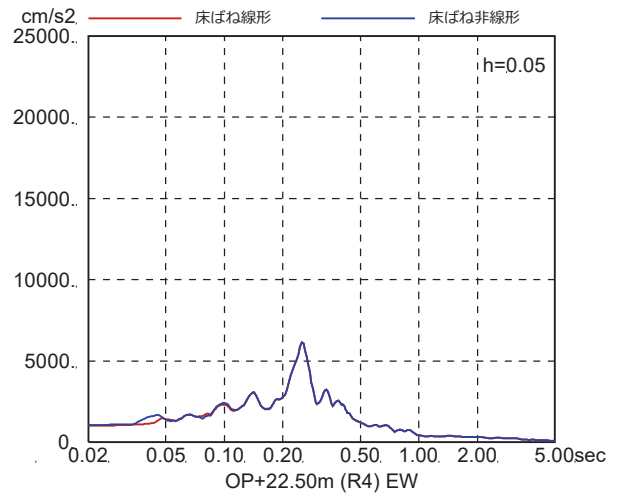
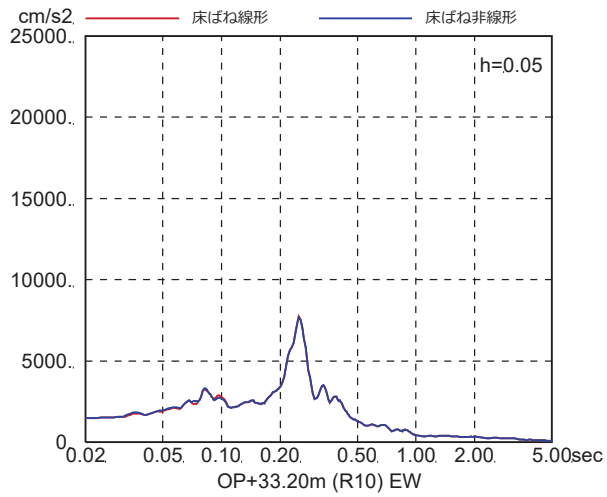
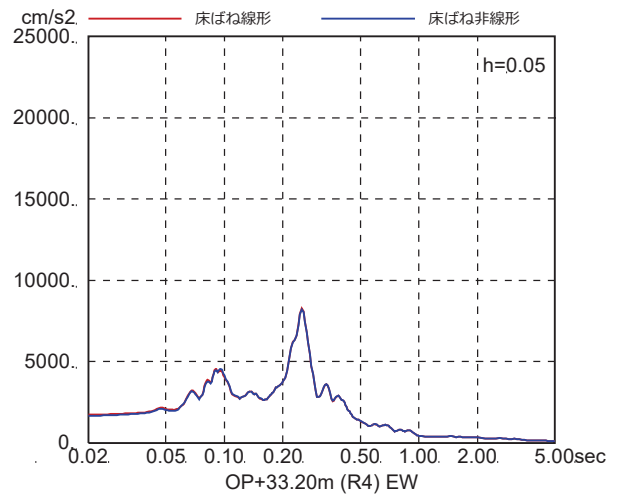
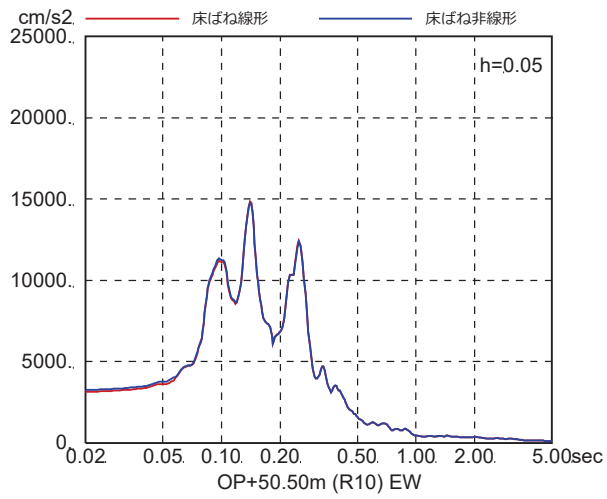


図 4-7(40) 床ばね線形モデルと床ばね非線形モデルの床応答の比較  
(EW 方向, ケース 6, S<sub>s</sub>-F 2)

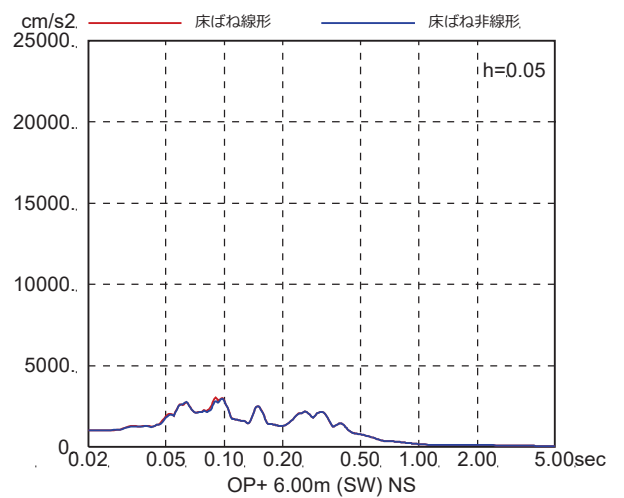
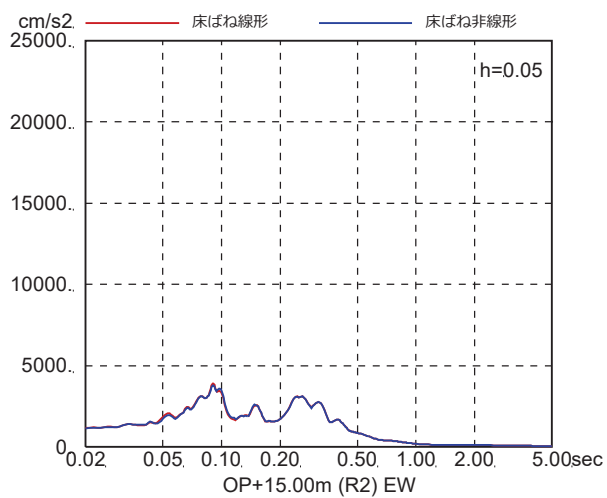
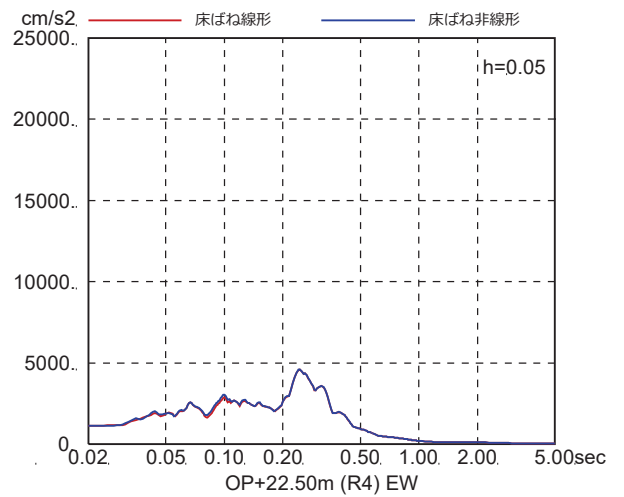
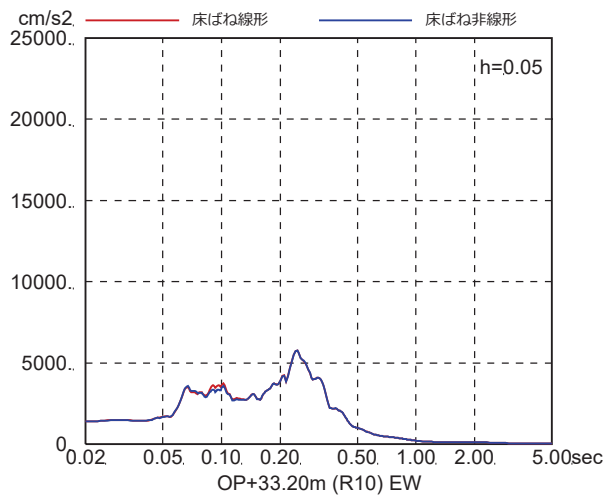
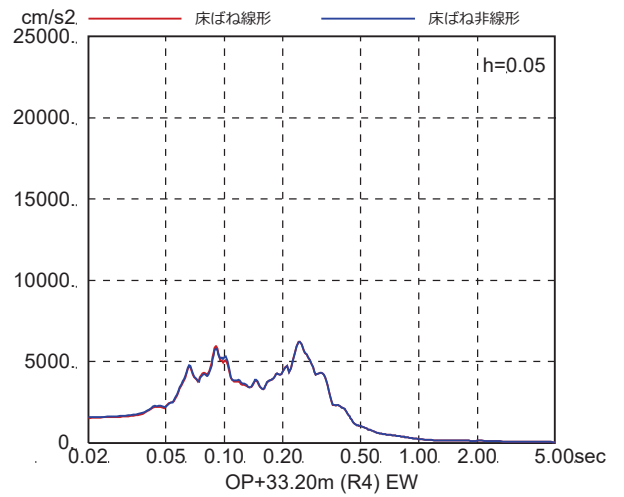
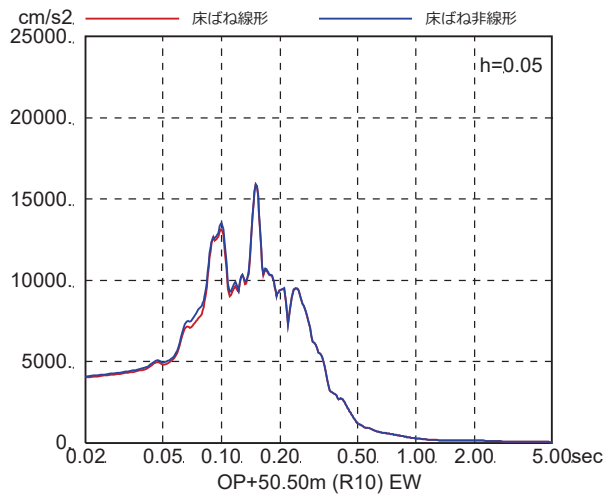


図 4-7(41) 床ばね線形モデルと床ばね非線形モデルの床応答の比較  
(EW 方向, ケース 6,  $S_s - F_3$ )



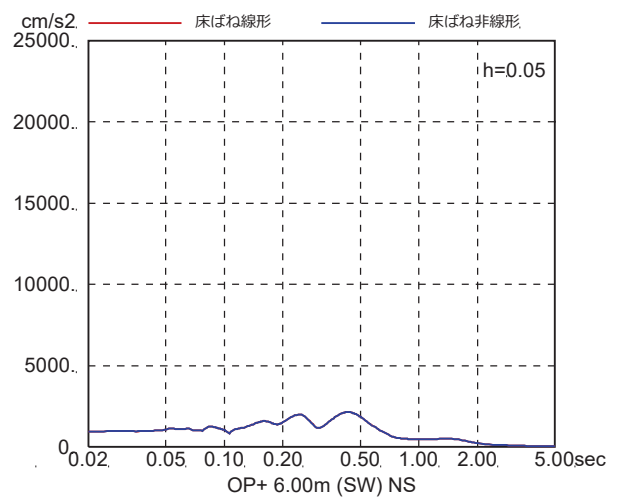
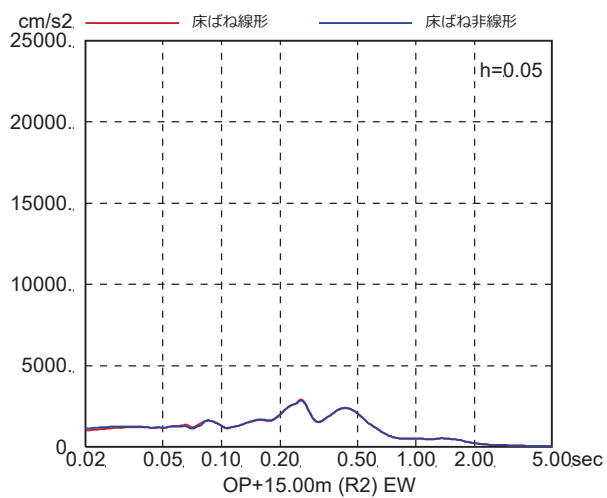
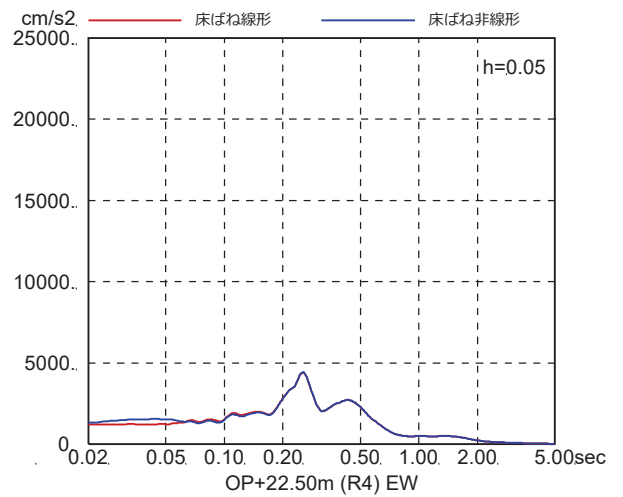
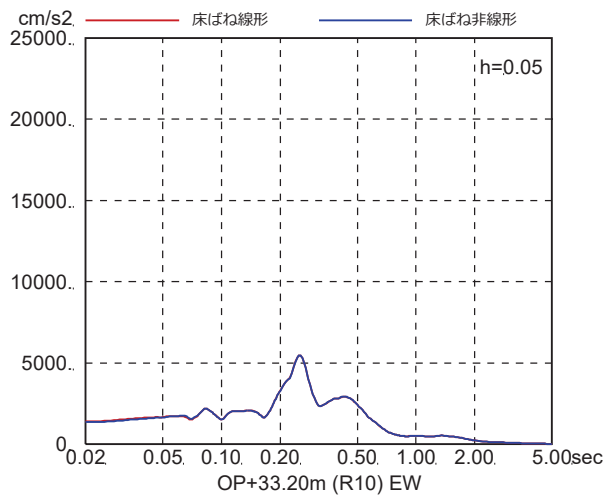
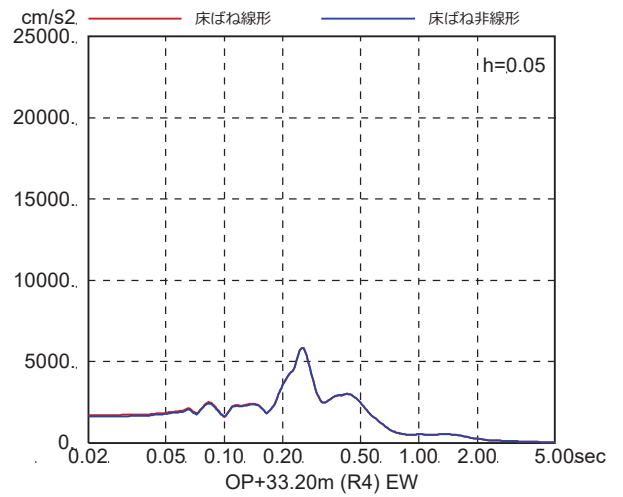
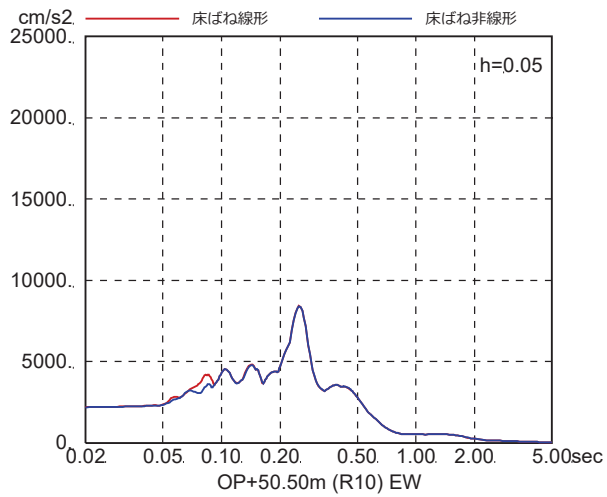


図 4-7(42) 床ばね線形モデルと床ばね非線形モデルの床応答の比較  
(EW 方向, ケース 6, S s - N 1)

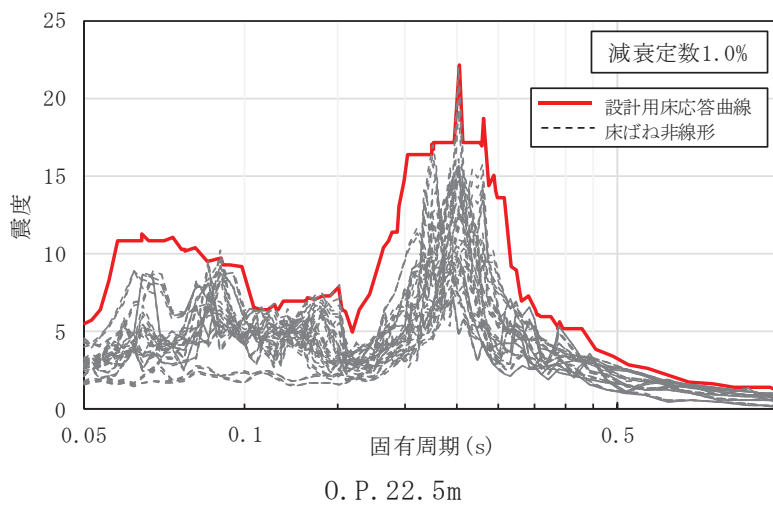
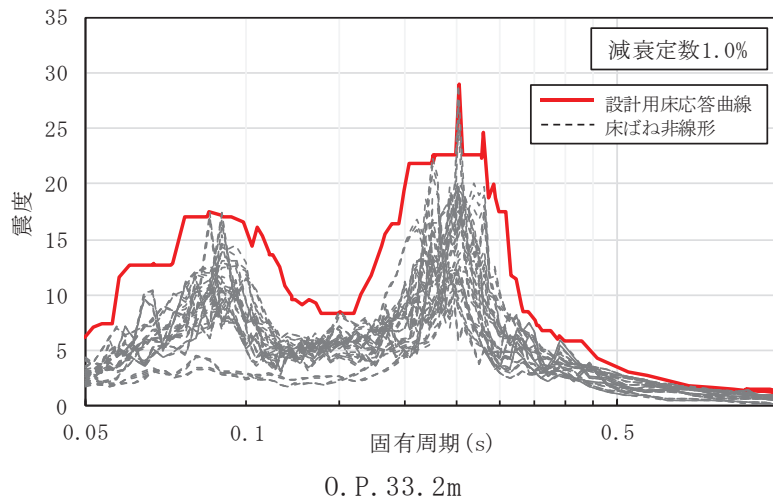
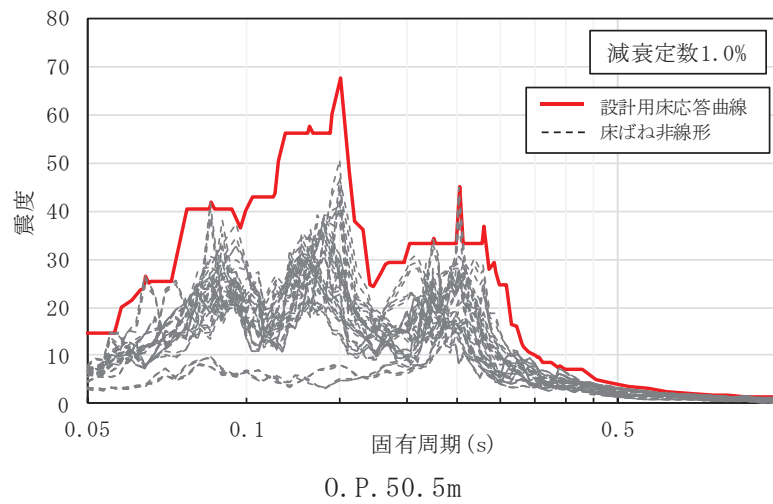


図 4-8(1) 床ばね非線形モデルの床応答スペクトルと設計用床応答曲線との比較  
 (基準地震動  $S_s$ , 不確かさケース全ケース, EW 方向) (1/2)

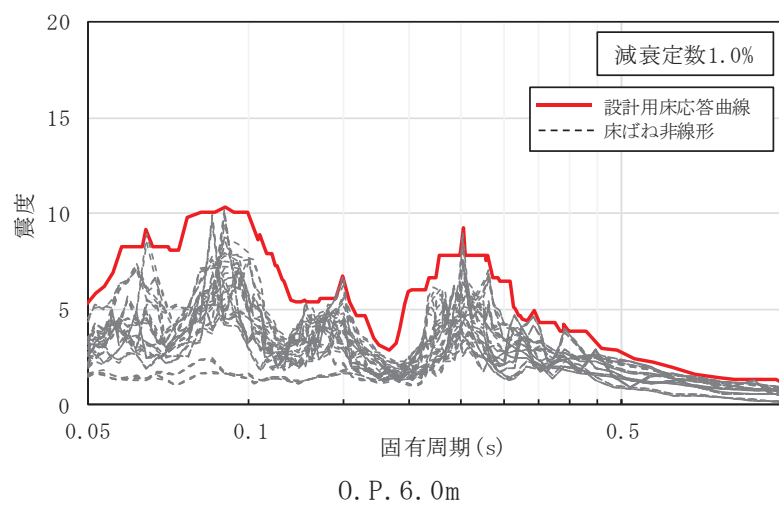
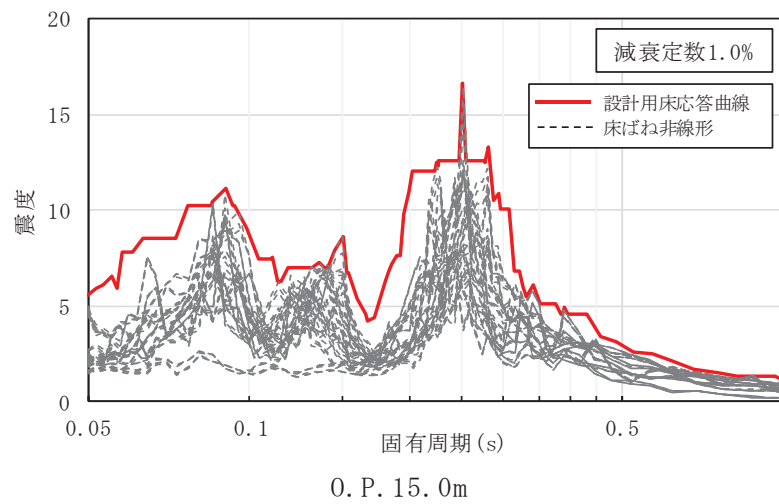


図 4-8(2) 床ばねを非線形モデルの床応答スペクトルと設計用床応答曲線との比較  
 (基準地震動  $S_s$  , 不確かさケース全ケース, EW 方向) (2/2)

d. 床ばね（部材番号(7)及び(12)）の最大応答せん断ひずみ

表 4-4 に床ばね非線形モデルの床ばね（部材番号(7)及び(12)）の各ケースの最大応答せん断ひずみを示す。全てのケースの最大応答せん断ひずみは、部材番号(7)では  $0.44 \times 10^{-3}$ （ケース 2, S s - D 2), 部材番号(12)では  $0.24 \times 10^{-3}$ （ケース 2, S s - D 2) となっている。部材番号(7)は、ひび割れが生じるとされるせん断ひずみ ( $0.2 \sim 0.3 \times 10^{-3}$ ) を超えているものの第 2 折点の  $0.468 \times 10^{-3}$ （表 4-3 参照）以下であることを確認した。これらの結果から、2 次格納施設のバウンダリとしての遮へい性、気密性（評価基準値であるせん断ひずみ  $2.0 \times 10^{-3}$ ）に対しても問題はなく、床ばね線形モデルを採用した質点系モデルは、設計用評価モデルとして問題はないと判断できる。

表 4-4(1) 床ばね非線形モデルの床ばねの最大応答せん断ひずみ（ケース 1）

ケース	入力波	部材番号	$\gamma_{\max}$ ( $\times 10^{-3}$ )
1	Ss-D1	(7)	0.39
		(12)	0.23
	Ss-D2	(7)	0.42
		(12)	0.23
	Ss-D3	(7)	0.32
		(12)	0.18
	Ss-F1	(7)	0.17
		(12)	0.12
	Ss-F2	(7)	0.32
		(12)	0.17
	Ss-F3	(7)	0.27
		(12)	0.15
	Ss-N1	(7)	0.26
		(12)	0.14

表 4-4(2) 床ばね非線形モデルの床ばねの最大応答せん断ひずみ (ケース 2)

ケース	入力波	部材番号	$\gamma_{\max}$ ( $\times 10^{-3}$ )
2	Ss-D1	(7)	0.41
		(12)	0.23
	Ss-D2	(7)	0.44
		(12)	0.24
	Ss-D3	(7)	0.33
		(12)	0.18
	Ss-F1	(7)	0.18
		(12)	0.12
	Ss-F2	(7)	0.32
		(12)	0.17
	Ss-F3	(7)	0.29
		(12)	0.15
	Ss-N1	(7)	0.26
		(12)	0.14

表 4-4(3) 床ばね非線形モデルの床ばねの最大応答せん断ひずみ (ケース 3)

ケース	入力波	部材番号	$\gamma_{\max}$ ( $\times 10^{-3}$ )
3	Ss-D1	(7)	0.37
		(12)	0.21
	Ss-D2	(7)	0.40
		(12)	0.22
	Ss-D3	(7)	0.31
		(12)	0.17
	Ss-F1	(7)	0.16
		(12)	0.11
	Ss-F2	(7)	0.30
		(12)	0.17
	Ss-F3	(7)	0.25
		(12)	0.14
	Ss-N1	(7)	0.25
		(12)	0.14

表 4-4(4) 床ばね非線形モデルの床ばねの最大応答せん断ひずみ (ケース 4)

ケース	入力波	部材番号	$\gamma_{\max}$ ( $\times 10^{-3}$ )
4	Ss-D1	(7)	0.39
		(12)	0.23
	Ss-D2	(7)	0.36
		(12)	0.20
	Ss-D3	(7)	0.26
		(12)	0.15
	Ss-F1	(7)	0.17
		(12)	0.12
	Ss-F2	(7)	0.30
		(12)	0.16
	Ss-F3	(7)	0.25
		(12)	0.15
	Ss-N1	(7)	0.32
		(12)	0.17

表 4-4(5) 床ばね非線形モデルの床ばねの最大応答せん断ひずみ (ケース 5)

ケース	入力波	部材番号	$\gamma_{\max}$ ( $\times 10^{-3}$ )
5	Ss-D1	(7)	0.40
		(12)	0.24
	Ss-D2	(7)	0.37
		(12)	0.21
	Ss-D3	(7)	0.27
		(12)	0.16
	Ss-F1	(7)	0.18
		(12)	0.12
	Ss-F2	(7)	0.31
		(12)	0.17
	Ss-F3	(7)	0.25
		(12)	0.15
	Ss-N1	(7)	0.33
		(12)	0.18

表 4-4(6) 床ばね非線形モデルの床ばねの最大応答せん断ひずみ (ケース 6)

ケース	入力波	部材番号	$\gamma_{\max}$ ( $\times 10^{-3}$ )
6	Ss-D1	(7)	0.38
		(12)	0.22
	Ss-D2	(7)	0.33
		(12)	0.19
	Ss-D3	(7)	0.25
		(12)	0.15
	Ss-F1	(7)	0.16
		(12)	0.11
	Ss-F2	(7)	0.29
		(12)	0.15
	Ss-F3	(7)	0.24
		(12)	0.15
	Ss-N1	(7)	0.30
		(12)	0.16

別紙 5 地震応答解析における原子炉建屋の重大事故等時の  
高温による影響



## 目 次

1. 概要.....	別紙 5- 1
2. 原子炉建屋の構造概要.....	別紙 5- 2
3. 重大事故等時の温度による影響について.....	別紙 5- 11
3.1 検討方針.....	別紙 5- 11
3.2 重大事故等時の高温による影響を考慮した原子炉建屋の地震応答解析.....	別紙 5- 12
3.2.1 解析条件.....	別紙 5- 12
3.2.2 地震応答解析結果.....	別紙 5- 28
3.3 原子炉建屋の地震応答解析による評価に与える影響.....	別紙 5- 66
3.3.1 検討方法.....	別紙 5- 66
3.3.2 検討結果.....	別紙 5- 66
4. 機器・配管系の評価に与える影響.....	別紙 5- 83
4.1 原子炉建屋の地震応答解析結果による影響.....	別紙 5- 84
4.1.1 検討方針.....	別紙 5- 84
4.1.2 検討結果.....	別紙 5- 86
4.2 大型機器系の地震応答解析結果による影響.....	別紙 5-100
4.2.1 検討方針.....	別紙 5-100
4.2.2 「SA 時環境考慮連成モデル」のモデル化.....	別紙 5-103
4.2.3 検討結果.....	別紙 5-111
5. まとめ.....	別紙 5-161
5.1 「原子炉建屋の地震応答解析による評価」に与える影響.....	別紙 5-161
5.2 「機器・配管系の評価」に与える影響.....	別紙 5-161

別紙 5-1 重大事故時等の環境を考慮した大型機器系の地震応答解析モデルの設定

別紙 5-2 SA 時環境考慮モデルにおける床ばねの応答について

 本日の説明範囲

## 1. 概要

本資料は、原子炉格納容器を内包する原子炉建屋において、重大事故等により高温状態が一定期間継続することを踏まえ、熱によるコンクリート部材の剛性低下を考慮した地震応答解析を実施し、「原子炉建屋の地震応答解析による評価」及び「機器・配管系の評価」に与える影響について、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」に基づき確認するものである。

## 2. 原子炉建屋の構造概要

原子炉建屋は、地下3階、地上3階建で、基礎底面からの高さは64.6mであり、平面は下部で77.0m(NS方向)×84.0m(EW方向)\*<sup>1</sup>のほぼ正方形である。建屋の構造は鉄筋コンクリート造(一部鉄骨鉄筋コンクリート造及び鉄骨造)である。

原子炉建屋の中央部には、平面が66.0m×53.0m\*<sup>1</sup>(最下階)で地下3階、地上3階建の原子炉建屋原子炉棟(以下「原子炉棟」という。)があり、その周囲には地下3階、地上2階建の原子炉建屋附属棟(以下「附属棟」という。)が配置され、これらは同一基礎版上に設置された一体構造である。また、原子炉建屋は隣接する他の建屋と構造的に分離している。

原子炉建屋の基礎は、厚さ6.0mのべた基礎で、支持地盤である砂岩及び頁岩上に設置されている。

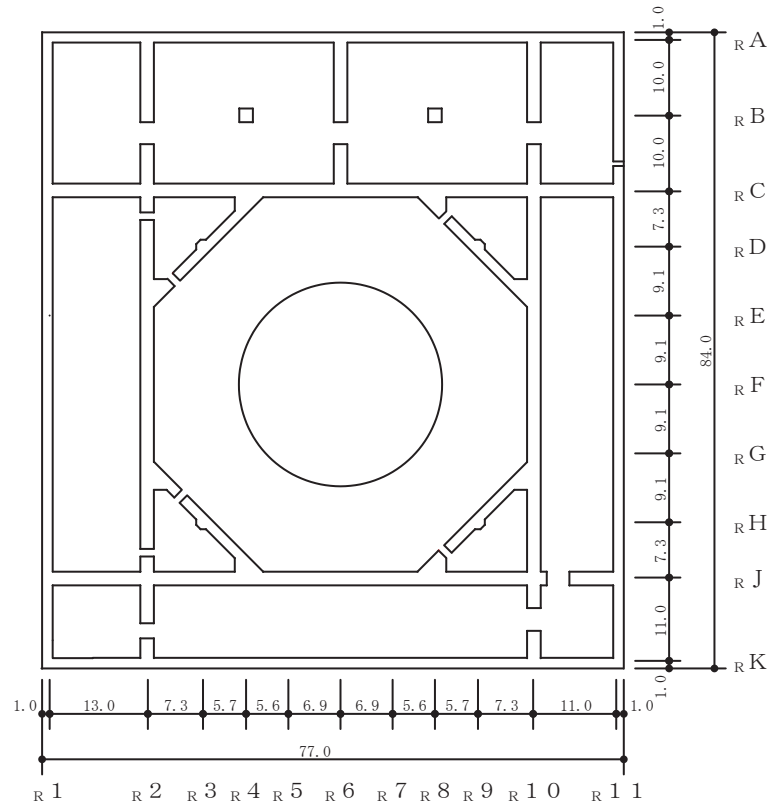
原子炉建屋の主たる耐震要素は、原子炉格納容器のまわりを囲んでいる1次しゃへい壁(以下「シェル壁:SW」という。),原子炉棟の外壁(以下「内部ボックス壁:IW」という。)及び附属棟の外壁(以下「外部ボックス壁:OW」という。)である。

なお、燃料取替床(O.P.\*<sup>2</sup>33.2m)には使用済燃料プールが設置されている。

原子炉建屋の概略平面図及び概略断面図を図2-1及び図2-2に示す。

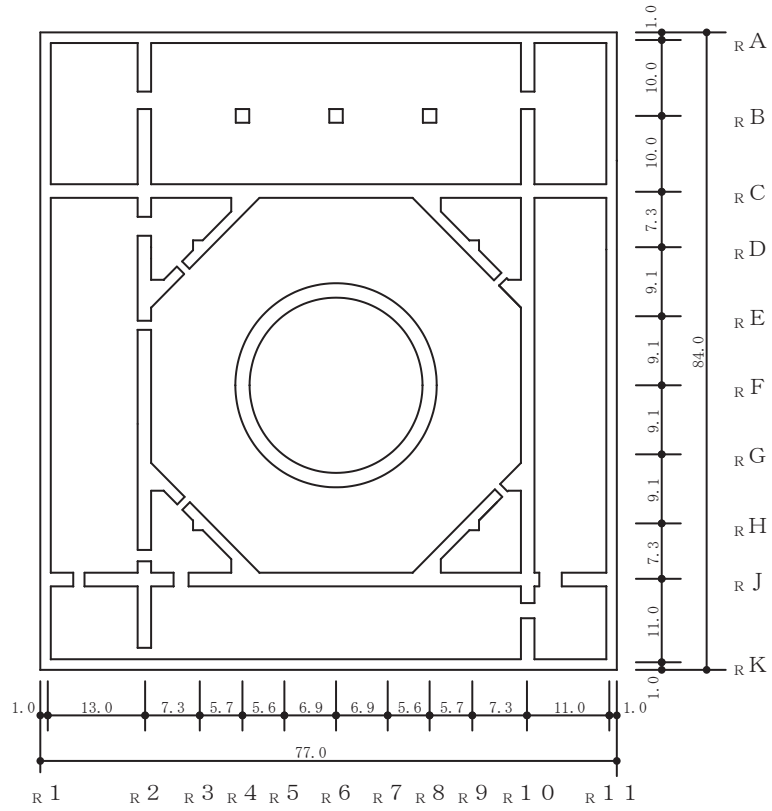
注記\*1:建屋寸法は壁外面押えとする。

\*2:O.P.は女川原子力発電所工事用基準面であり、東京湾平均海面(T.P.)-0.74mである。



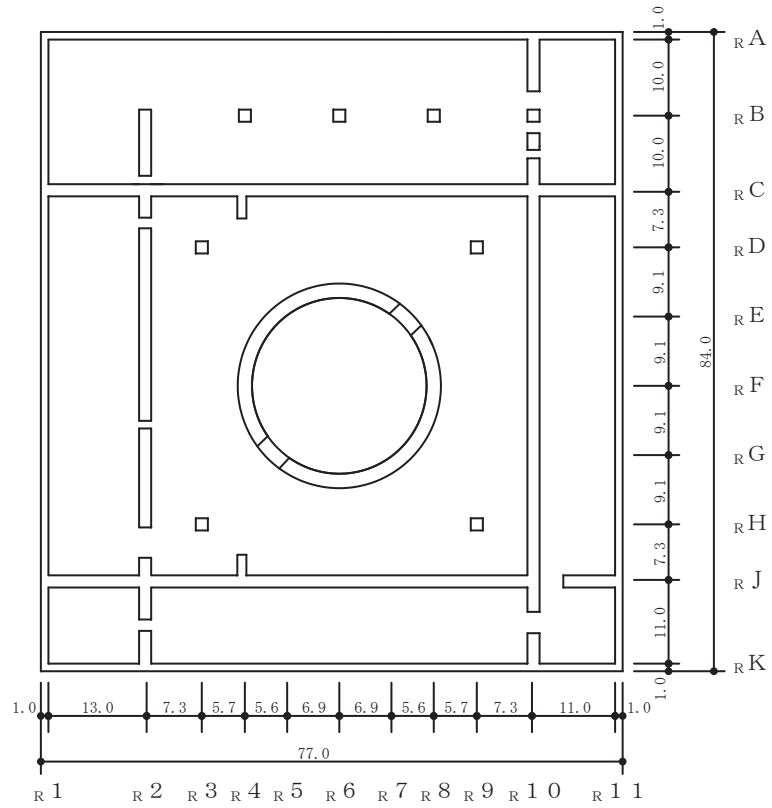
(単位：m)

図 2-1(1) 原子炉建屋の概略平面図 (0.P. -8.1m)



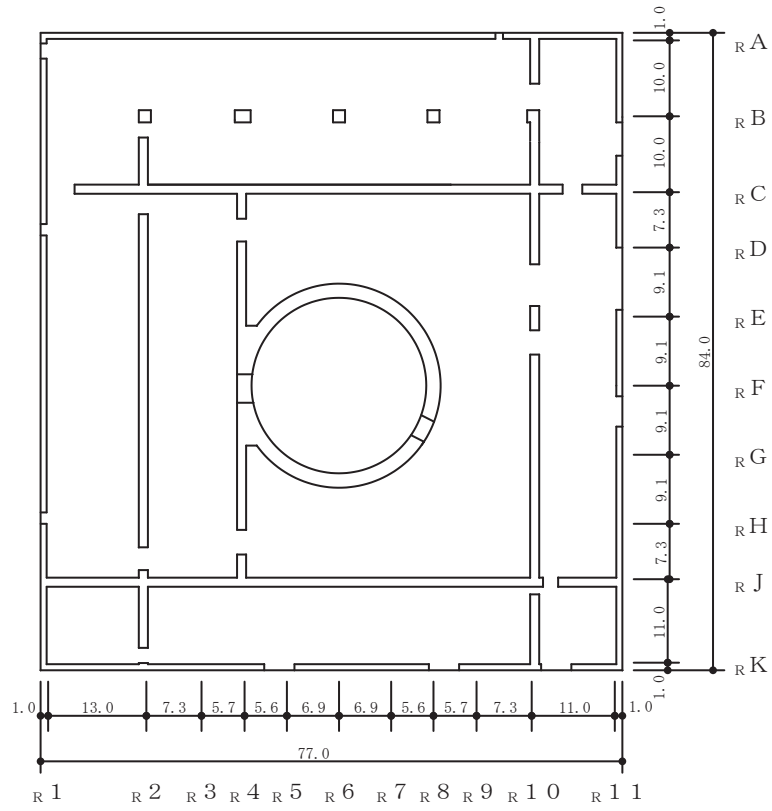
(単位：m)

図 2-1(2) 原子炉建屋の概略平面図 (0.P. -0.8m)



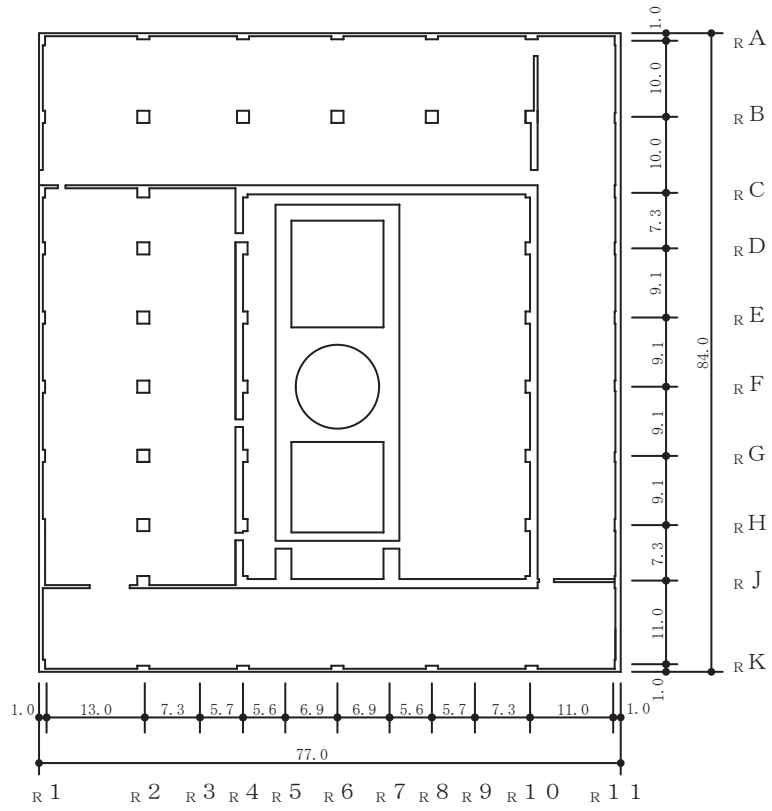
(単位：m)

図 2-1(3) 原子炉建屋の概略平面図 (0. P. 6.0m)



(単位：m)

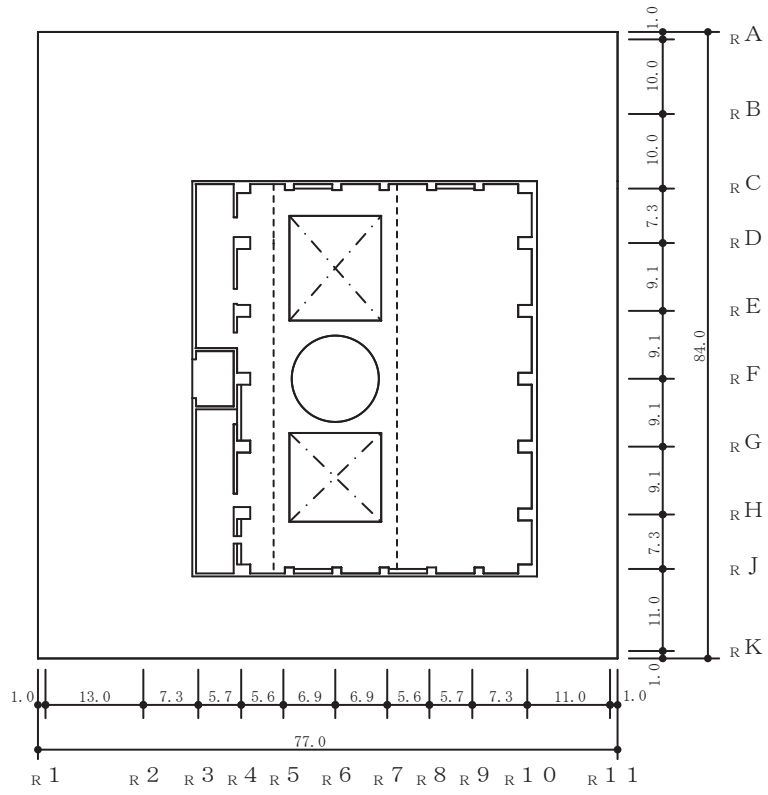
図 2-1(4) 原子炉建屋の概略平面図 (0.P. 15.0m)



(単位：m)

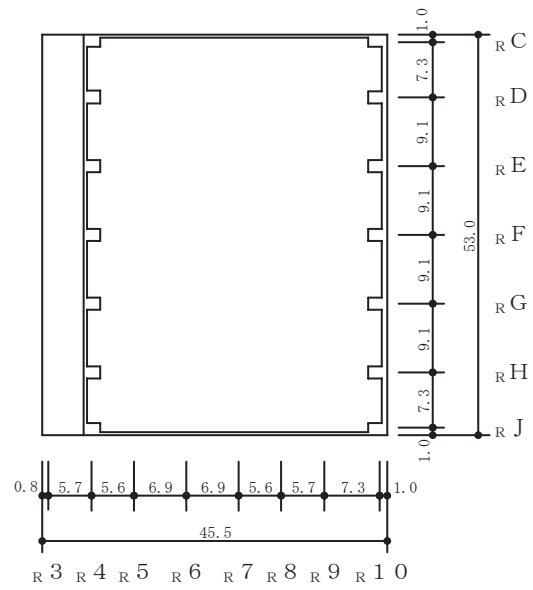
図 2-1(5) 原子炉建屋の概略平面図 (0.P. 22.5m)





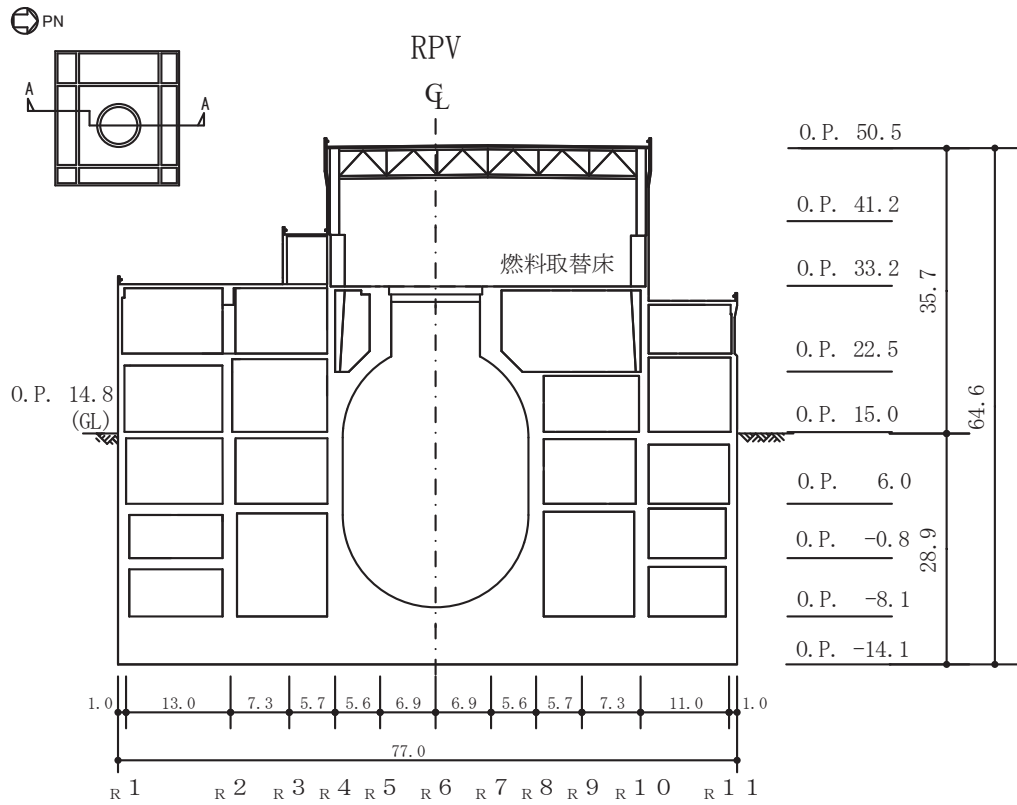
(単位：m)

図 2-1(6) 原子炉建屋の概略平面図 (0. P. 33. 2m)



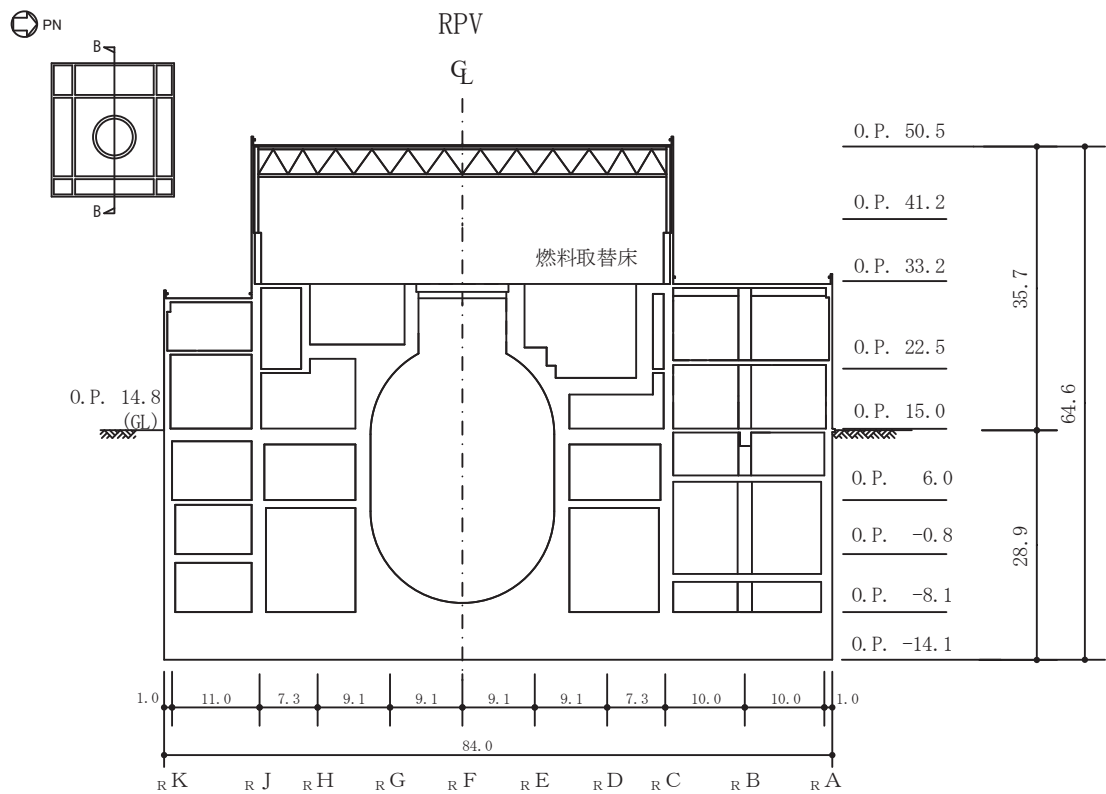
(単位 : m)

図 2-1(7) 原子炉建屋の概略平面図 (0. P. 41. 2m)



(単位：m)

図 2-2(1) 原子炉建屋の概略断面図 (A-A 断面 NS 方向)



(単位：m)

図 2-2(2) 原子炉建屋の概略断面図 (B-B 断面 EW 方向)

### 3. 重大事故等時の温度による影響について

#### 3.1 検討方針

原子炉格納容器を内包する原子炉建屋において、重大事故等により高温状態が一定時間継続することを踏まえ、熱によるコンクリート部材の剛性低下を考慮した地震応答解析を実施し、原子炉建屋の地震応答解析による評価及び機器・配管系の評価に与える影響について確認する。

具体的には、重大事故等における熱の影響を考慮し、原子炉建屋のコンクリート部材の剛性を低減させた地震応答解析モデル（以下「SA 時環境考慮モデル」という。）を用いて地震応答解析を実施し、添付書類「VI-2-2-1 原子炉建屋の地震応答計算書」に示す地震応答解析モデル（以下「工認モデル」という。）を用いた結果との比較を行う。なお、「工認モデル」は、平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震等の地震やコンクリートの乾燥収縮によるひび割れ等に伴う初期剛性の低下を反映したモデルとしており、重大事故等における熱の影響による剛性低下の要因と共通するところもあると考えられるが、剛性低下の要因を分離して考慮することはできないため、「SA 時環境考慮モデル」は保守的に「工認モデル」をベースとして重大事故等における熱の影響を考慮したモデルとしている。

更に、「SA 時環境考慮モデル」の地震応答解析結果が、原子炉建屋の地震応答解析による評価に与える影響を、「3.3 原子炉建屋の地震応答解析による評価に与える影響」において確認することとする。

なお、上述の影響検討は、応答倍率を用いた手法により行うことから、応答倍率の算出のための「SA 時環境考慮モデル」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  $S_s - D_2$  に対して実施することとする。

## 3.2 重大事故等時の高温による影響を考慮した原子炉建屋の地震応答解析

### 3.2.1 解析条件

#### (1) 剛性低下率

剛性低下率の評価対象部位は、シェル壁、内部ボックス壁、プールガード及び床スラブとする。なお、基礎版については、高温となる領域は、シェル壁内部の表面付近に限られ、基礎版全体に対する影響は軽微であることから、剛性低下は考慮しないこととした。

原子炉格納容器については、原子炉格納容器内を高温状態とし、添付書類「VI-1-1-6 安全設備及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書」に基づき、その温度を重大事故等時の原子炉格納容器の限界温度である 200℃に設定した。これは、有効性評価のうち、原子炉格納容器壁面温度が最も高くなる格納容器破損モード「雰囲気圧力・温度による静的負荷（格納容器過圧・過温破損、代替冷却系を使用できない場合）」の最高温度の 178℃を包絡する条件であるが、長期間継続する事象であり、一度経験した剛性低下が復帰しないことを考慮して、ここでは保守的な設定を行った。

原子炉格納容器外の建屋内については、原子炉建屋原子炉区域内での重大事故等対処設備の環境温度より、トールラス室を 130℃に、中小区画を 80℃に、上記以外の二次格納施設内部を 66℃に設定した。

外気温については、屋外での重大事故等対処設備の環境温度より 40℃に設定した。

また、剛性低下率の算出に用いる評価対象部位の温度は、内側と外側の雰囲気温度の平均値とした。なお、表面温度は環境温度と同一とし、シェル壁の内側表面については格納容器内の温度を用いる

ここで、100℃以上のコンクリート部材における剛性低下率は、「日本建築学会 2017 年 構造材料の耐火性ガイドブック（以下、「耐火性ハンドブック」という。）」による高温時の提案値である、100℃の剛性残存比 0.80 及び 200℃の剛性残存比 0.68 より、線形補間により算出する。また、65℃以下の場合、「J S M E S N E 1-2003 発電用原子力設備規格 コンクリート製原子炉格納容器規格（以下、「C C V 規格」という。）」の温度制限値に基づき剛性低下しないものとする。65～100℃の場合、剛性低下率は「C C V 規格」と「耐火性ハンドブック」のそれぞれで定める値の線形補間により算出する。

本検討に用いたコンクリート部材の温度を表 3-1 に、剛性低下率を表 3-2 に示す。

表 3-1 本検討に用いたコンクリート部材の温度

部位	標高 O. P. (m)	表面温度		平均温度 (°C)
		内側 (°C)	外側 (°C)	
シェル壁	-8.1~6.0	200	130	165
	6.0~22.5	200	80	140
	22.5~33.2	200	66	133
内部ボックス壁	-8.1~6.0	130	66	98
	6.0~22.5	66	40	53
	(IW-2)6.0~22.5	66	66	66
	(IW-10)15.0~22.5			
	(IW-4)6.0~15.0	66	66	66
	(IW-4)15.0~22.5	80	66	73
	(IW-4)22.5~41.2	66	66	66
ブールガーダ	22.5~33.2	200	66	133
床スラブ (インナー)	-0.8	66	66	66
	6.0	130	80	105
	15.0	80	80	80
	22.5	200	66	133
	33.2	66	66	66
床スラブ (アウター)	(OW-1~IW-2 かつIW-J~IW-C) -0.8~15.0	66	66	66

表 3-2 本検討に用いたコンクリート部材の剛性低下率 (1/2)

部位	標高 O. P. (m)	コンクリート 温度 (°C)	(i) 高温による 剛性低下率 (-)	(ii) 設計値に 対する 剛性低下率 (-)	(iii) 剛性低下率 (i)×(ii) (-)	解析用諸元		
						ヤング係数 (N/mm <sup>2</sup> )	せん断弾性係数 (N/mm <sup>2</sup> )	
基本モデル (NS方向)	地上3階及びクレーン階	33.2~50.5	-	1.00	0.30	0.30	$7.94 \times 10^3$	$3.41 \times 10^3$
	地下3階~地上2階	-8.1~33.2	-	1.00	0.75	0.75	$1.99 \times 10^4$	$8.53 \times 10^3$
	追設耐震壁	33.2~41.2	-	1.00	1.00	1.00	$2.52 \times 10^4$	$1.05 \times 10^4$
基本モデル (EW方向)	地上3階及びクレーン階	33.2~50.5	-	1.00	0.50	0.50	$1.32 \times 10^4$	$5.69 \times 10^3$
	地下3階~地上2階	-8.1~33.2	-	1.00	0.80	0.80	$2.12 \times 10^4$	$9.10 \times 10^3$
	追設耐震壁	-8.1~48.725	-	1.00	1.00	1.00	$2.52 \times 10^4$	$1.05 \times 10^4$
基本モデル(UD方向)		33.2~50.5	-	1.00	1.00	1.00	$2.65 \times 10^4$	$1.14 \times 10^4$
NS方向	SW	-8.1~6.0	165	0.72	0.75	0.54	$1.43 \times 10^4$	$6.14 \times 10^3$
		6.0~22.5	140	0.75	0.75	0.56	$1.49 \times 10^4$	$6.40 \times 10^3$
		22.5~33.2	133	0.76	0.75	0.57	$1.51 \times 10^4$	$6.48 \times 10^3$
	IW-J, IW-C	-8.1~6.0	98	0.81	0.75	0.61	$1.61 \times 10^4$	$6.91 \times 10^3$
EW方向	SW	-8.1~6.0	165	0.72	0.80	0.58	$1.53 \times 10^4$	$6.55 \times 10^3$
		6.0~22.5	140	0.75	0.80	0.60	$1.59 \times 10^4$	$6.83 \times 10^3$
		22.5~33.2	133	0.76	0.80	0.61	$1.61 \times 10^4$	$6.92 \times 10^3$
	IW-2	-8.1~6.0	98	0.81	0.80	0.65	$1.72 \times 10^4$	$7.37 \times 10^3$
		6.0~22.5	66	0.99	0.80	0.79	$2.10 \times 10^4$	$9.01 \times 10^3$
	IW-4	15.0~22.5	73	0.95	0.80	0.76	$2.01 \times 10^4$	$8.65 \times 10^3$
		22.5~33.2	66	0.99	0.80	0.79	$2.10 \times 10^4$	$9.01 \times 10^3$
		33.2~41.2	66	0.99	0.50	0.50	$1.31 \times 10^4$	$5.63 \times 10^3$
	IW-4(追設耐震壁)	33.2~41.2	66	0.99	1.00	0.99	$2.50 \times 10^4$	$1.04 \times 10^4$
	IW-10	-8.1~6.0	98	0.81	0.80	0.65	$1.72 \times 10^4$	$7.37 \times 10^3$
		15.0~22.5	66	0.99	0.80	0.79	$2.10 \times 10^4$	$9.01 \times 10^3$
	ブールガード	22.5~33.2	133	0.76	0.80	0.61	$1.61 \times 10^4$	$6.92 \times 10^3$
	袖壁 (IW-4)	6.0~15.0	66	0.99	0.80	0.79	$2.10 \times 10^4$	$9.01 \times 10^3$
	UD方向	SW	-8.1~6.0	165	0.72	1.00	0.72	$1.91 \times 10^4$
6.0~22.5			140	0.75	1.00	0.75	$1.99 \times 10^4$	$8.53 \times 10^3$
22.5~33.2			133	0.76	1.00	0.76	$2.01 \times 10^4$	$8.65 \times 10^3$
内部ボックス壁等 (R2~R10かつRC~RJの内側 の壁及び柱)		-8.1~6.0	98	0.81	1.00	0.81	$2.14 \times 10^4$	$9.21 \times 10^3$
		6.0~15.0	66	0.99	1.00	0.99	$2.62 \times 10^4$	$1.13 \times 10^4$
		15.0~22.5	73	0.95	1.00	0.95	$2.52 \times 10^4$	$1.08 \times 10^4$
		22.5~41.2	66	0.99	1.00	0.99	$2.62 \times 10^4$	$1.13 \times 10^4$
SW及び内部ボックス壁等以 外の壁及び柱		-0.8~6.0	66	0.99	1.00	0.99	$2.62 \times 10^4$	$1.13 \times 10^4$

表 3-2 本検討に用いたコンクリート部材の剛性低下率 (2/2)

部位		標高 O.P. (m)	コンクリート 温度 (°C)	(i) 高温による 剛性低下率 (-)	(ii) 設計値に 対する 剛性低下率 (-)	(iii) 剛性低下率 (i)×(ii) (-)	解析用諸元	
							ヤング係数 (N/mm <sup>2</sup> )	せん断弾性係数 (N/mm <sup>2</sup> )
基本モデル	全部位	-	-	1.00	1.00	1.00	$2.65 \times 10^4$	$1.14 \times 10^4$
NS方向 (床スラブ)	IW-J~IW-C	-0.8	66	0.99	1.00	0.99	$2.62 \times 10^4$	$1.13 \times 10^4$
		6.0	105	0.79	1.00	0.79	$2.09 \times 10^4$	$8.99 \times 10^3$
		15.0	80	0.91	1.00	0.91	$2.41 \times 10^4$	$1.04 \times 10^4$
		22.5	133	0.76	1.00	0.76	$2.01 \times 10^4$	$8.65 \times 10^3$
		33.2	66	0.99	1.00	0.99	$2.62 \times 10^4$	$1.13 \times 10^4$
EW方向 (床スラブ)	IW-2~IW10	-0.8	66	0.99	1.00	0.99	$2.62 \times 10^4$	$1.13 \times 10^4$
		6.0	105	0.79	1.00	0.79	$2.09 \times 10^4$	$8.99 \times 10^3$
		15.0	80	0.91	1.00	0.91	$2.41 \times 10^4$	$1.04 \times 10^4$
		22.5	133	0.76	1.00	0.76	$2.01 \times 10^4$	$8.65 \times 10^3$
		33.2	66	0.99	1.00	0.99	$2.62 \times 10^4$	$1.13 \times 10^4$
	OW-1~IW-2	-0.8~15.0	66	0.99	1.00	0.99	$2.62 \times 10^4$	$1.13 \times 10^4$



## (2) 解析モデル

シェル壁，内部ボックス壁，プールガード及び床スラブについては剛性低下率を考慮したことにより，「工認モデル」に対して諸元を変更した。重大事故等時の温度による剛性低下を考慮した建物・構造物の物性値を表 3-4 に，水平方向の地震応答解析モデルを図 3-1 に，諸元を表 3-5 に，地盤ばね定数を表 3-6 に，せん断スケルトンカーブの諸数値を表 3-7 及び表 3-8 に示す。また，鉛直方向の地震応答解析モデルを図 3-2 に，諸元を表 3-9 に，地盤ばね定数を表 3-10 に示す。

なお，重大事故等時の温度による剛性低下に加えて，さらに重大事故等時の水位条件を考慮した諸元に変更している。ここで，重大事故等時の原子炉格納容器の水位条件は，格納容器過圧・過温破損（全事故シーケンスのうち，格納容器水位が最も厳しくなる事故シーケンスを選定）のうち，格納容器過圧・過温破損「代替循環冷却系を使用できない場合（2Pd に到達するまでに操作を実施しなかった場合（大破断 LOCA 発生時）」）を考慮し，サプレッションプール水位を 5.886m(O. P. - 1.514m)及びドライウェル水位を 0.458m(O. P. 1.6076m（ベント開口部下端位置））とした。

表 3-3(1) 建物・構造物の物性値 (SA 時環境考慮モデル) (1/3)

(a) 鉄筋コンクリート NS 方向, ヤング係数

標高 O.P. (m)	ヤング係数( $\times 10^4$ N/mm <sup>2</sup> )						
	OW-K	IW-J	IW-J (追設耐震壁)	SW	IW-C (追設耐震壁)	IW-C	OW-A
50.5		0.794				0.794	
41.2		0.794	2.52		2.52	0.794	
33.2	1.99	1.99		1.51		1.986	1.99
22.5	1.99	1.99		1.49		1.986	1.99
15.0	1.99	1.99		1.49		1.986	1.99
6.0	1.99	1.61		1.43		1.609	1.99
1.15(SW) -0.8	1.99	1.61		1.43		1.609	1.99
-8.1							

(b) 鉄筋コンクリート NS 方向, せん断弾性係数

標高 O.P. (m)	せん断弾性係数( $\times 10^4$ N/mm <sup>2</sup> )						
	OW-K	IW-J	IW-J (追設耐震壁)	SW	IW-C (追設耐震壁)	IW-C	OW-A
50.5		0.341				0.341	
41.2		0.341	1.05		1.05	0.341	
33.2	0.853	0.853		0.648		0.853	0.853
22.5	0.853	0.853		0.640		0.853	0.853
15.0	0.853	0.853		0.640		0.853	0.853
6.0	0.853	0.691		0.614		0.691	0.853
1.15(SW) -0.8	0.853	0.691		0.614		0.691	0.853
-8.1							

(c) 鉄筋コンクリート NS 方向, せん断弾性係数 (床スラブ)

標高 O.P. (m)	せん断弾性係数( $\times 10^4$ N/mm <sup>2</sup> )			
	OW-K~IW-J	IW-J~SW	SW~IW-C	IW-C~OW-A
50.5	1.14			
33.2	1.14	1.13	1.13	1.14
22.5	1.14	0.86	0.86	1.14
15.0	1.14	1.04	1.04	1.14
6.0	1.14	0.90	0.90	1.14
-0.8	1.14	1.13		1.14
-8.1				

表 3-3(2) 建物・構造物の物性値 (SA 時環境考慮モデル) (2/3)

(d) 鉄筋コンクリート EW 方向, ヤング係数

標高 O. P. (m)	ヤング係数 ( $\times 10^4$ N/mm <sup>2</sup> )						
	OW-1	IW-2	IW-4	IW-4 (追設耐震壁)	SW	IW-10	OW-11
50.50			1.32			1.32	
41.20			1.31	2.50		1.32	
33.20	2.12		2.10		1.61	2.12	2.12
22.50	2.12	2.10	2.01		1.59	2.10	2.12
15.00	2.12	2.10			1.59	2.12	2.12
6.00	2.12	1.72			1.53	1.72	2.12
1.15(SW) -0.80	2.12	1.72			1.53	1.72	2.12
-8.10							

(e) 鉄筋コンクリート EW 方向, せん断弾性係数

標高 O. P. (m)	せん断弾性係数 ( $\times 10^4$ N/mm <sup>2</sup> )						
	OW-1	IW-2	IW-4	IW-4 (追設耐震壁)	SW	IW-10	OW-11
50.50			0.57			0.57	
41.20			0.56	1.04		0.57	
33.20	0.91		0.90		0.69	0.91	0.91
22.50	0.91	0.90	0.86		0.68	0.90	0.91
15.00	0.91	0.90			0.68	0.91	0.91
6.00	0.91	0.74			0.66	0.74	0.91
1.15(SW) -0.80	0.91	0.74			0.66	0.74	0.91
-8.10							

(f) 鉄筋コンクリート EW 方向, せん断弾性係数 (床スラブ)

標高 O. P. (m)	せん断弾性係数 ( $\times 10^4$ N/mm <sup>2</sup> )				
	OW-1~IW-2	IW-2~IW-4	IW-4~SW	SW~IW-10	IW-10~OW-11
50.5			2.65		
33.2	2.62		2.62	2.62	2.65
22.5	2.65	2.01	2.01	2.01	2.65
15.0	2.62	2.41	2.41	2.41	2.65
6.0	2.62	2.09		2.09	2.65
-0.8	2.62	2.62			2.65
-8.1					

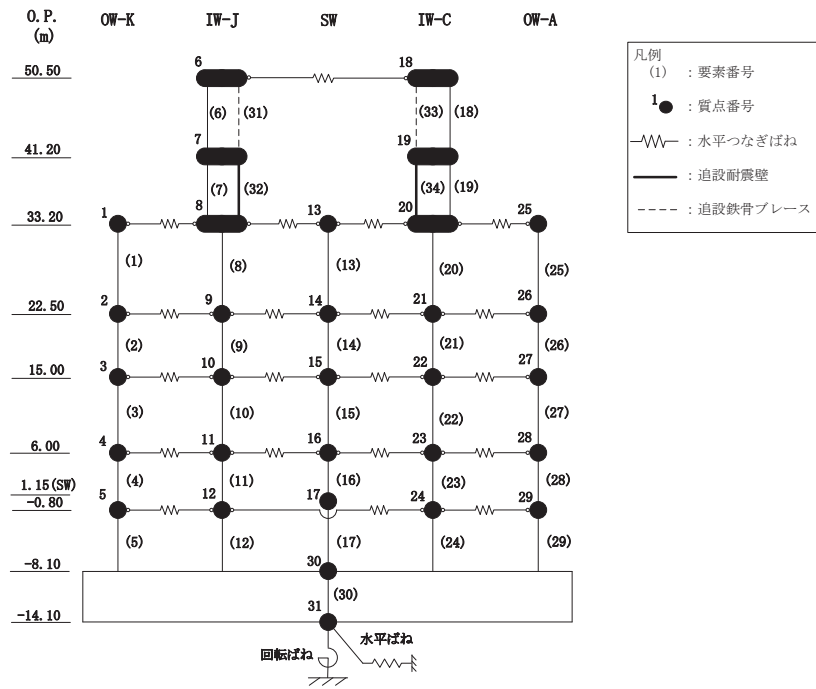
表 3-3(3) 建物・構造物の物性値 (SA 時環境考慮モデル) (3/3)

(g) 鉄筋コンクリート 鉛直方向

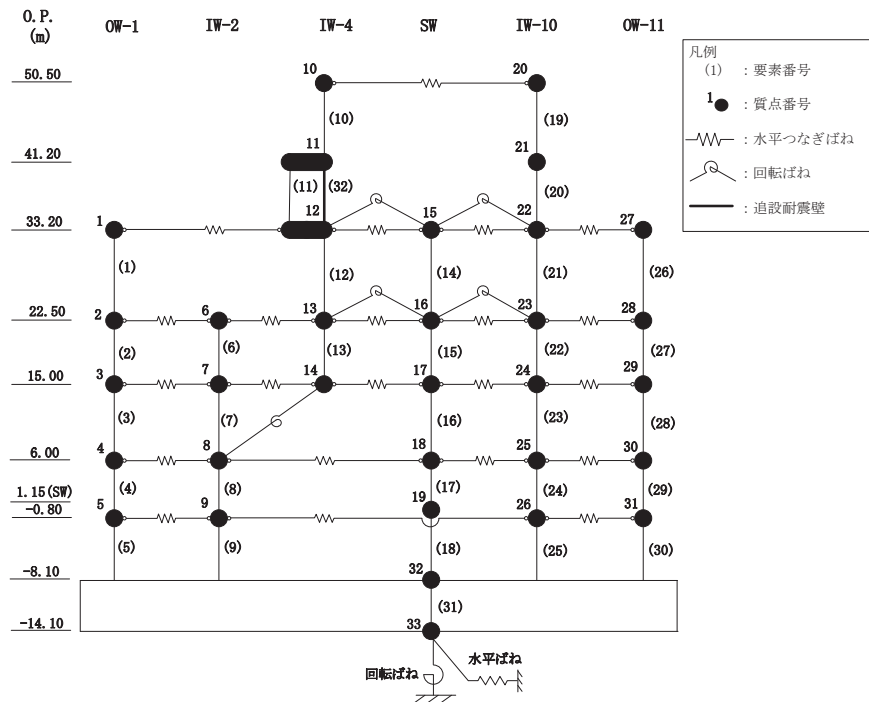
標高 0.P. (m)	ヤング係数 ( $\times 10^4$ N/mm <sup>2</sup> )		
	シェル壁	内部ボックス壁等	外部ボックス壁等
48.725		2.65	
41.200		2.62	
33.200	2.01	2.62	2.65
22.500	1.99	2.52	2.65
15.000	1.99	2.62	2.65
6.000	1.91	2.14	2.62
-0.800	1.91	2.14	2.65
-8.100			

(h) 鉄骨

ヤング係数 (N/mm <sup>2</sup> )	せん断弾性係数 (N/mm <sup>2</sup> )	減衰定数 (%)
$2.05 \times 10^5$	$7.90 \times 10^4$	2



(a) NS 方向



(b) EW 方向

図 3-1 地震応答解析モデル（水平方向，SA 時環境考慮モデル）

表 3-4(1) 地震応答解析モデルの諸元 (NS 方向, SA 時環境考慮モデル)

(a) 重量・回転慣性重量

標高 O.P (m)	建屋				
	OW-K	IW-J	SW	IW-C	OW-A
50.50		6		18	
		10350		10350	
		13.8		13.8	
41.20		7		19	
		17530		14310	
		30.3		24.7	
33.20	1	8	13	20	25
	17310	82060	58490	101640	27940
	85.5	499.2	40.4	600.2	138.3
22.50	2	9	14	21	26
	26720	110200	129220	156560	49840
	132.4	670.8	91.4	924.8	246.1
15.00	3	10	15	22	27
	44580	106070	93490	133970	50790
	220.6	696.3	112.8	841.4	251.1
6.00	4	11	16	23	28
	53350	117610	61890	155120	67630
	264.8	771.8	74.6	974.8	334.4
1.15(SW)	5	12	17	24	29
-0.80	59980	111600	96210	171520	69770
	298.1	700.2	92.7	1040.5	345.2
-8.10	30				
	779440				
	3866.8				
-14.10	31				
	456980				
	2261.4				

質点番号
質点重量(kN)
回転慣性重量( $\times 10^5$ kN $\cdot$ m $^2$ )

(b) セン断断面積・断面二次モーメント

標高 O.P (m)	建屋					
	OW-K	IW-J	SW	IW-C	OW-A	
50.50		6	31		33	18
		10.0	0.184		0.184	10.0
		39.0	0.794		0.794	3.84
41.20		7	32		34	19
		18.2	7.56		7.56	18.2
		68.2	4.00		7.00	63.5
33.20	1	8	13	20	25	
	28.4	59.8	50.6	59.4	30.8	
	224.0	507.0	38.3	543.0	292.0	
22.50	2	9	14	21	26	
	52.0	90.0	72.7	85.8	59.2	
	465.0	1053.0	96.3	1012.0	594.0	
15.00	3	10	15	22	27	
	77.0	118.7	71.0	123.2	75.0	
	628.0	1321.0	112.0	1595.0	734.0	
6.00	4	11	16	23	28	
	107.8	155.3	66.8	165.2	107.8	
	840.0	1841.0	105.0	2111.0	1089.0	
1.15(SW)	5	12	17	24	29	
-0.80	107.8	159.8	108.0	165.2	107.8	
	816.0	1883.0	157.0	2161.0	1144.0	
-8.10	30					
	6468.0					
	31957.0					

要素番号
せん断断面積(m $^2$ )
断面2次モーメント( $\times 10^2$ m $^4$ )

表 3-4(2) 地震応答解析モデルの諸元 (EW 方向, SA 時環境考慮モデル)

(a) 重量・回転慣性重量

標高 O.P (m)	建屋					
	OW-1	IW-2	IW-4	SW	IW-10	OW-11
50.50			10		20	
			10350		10350	
			24.2		24.2	
41.20			11		21	
			19910		11930	
			46.6		27.9	
33.20	1		12	15	22	27
	43190		80900	58490	85980	18880
	254.0		550.2	70.6	651.2	110.8
22.50	2	6	13	16	23	28
	47610	65050	79330	129220	119670	31660
	280.5	382.5	571.7	157.9	906.1	186.3
15.00	3	7	14	17	24	29
	43040	129310	8030	85460	116670	46390
	253.0	969.9	9.7	103.0	883.6	273.6
6.00	4	8		18	25	30
	51240	149360		61890	131010	62100
	302.0	1120.9		74.6	992.4	366.8
1.15(SW) -0.80	5	9		19	26	31
	52010	151400		96210	146950	62510
	306.0	1093.4		92.7	1069.9	368.7
-8.10	32					
	779440					
	4599.3					
-14.10	33					
	456980					
	2690.9					

質点番号
質点重量(kN)
回転慣性重量( $\times 10^5 \text{kN}\cdot\text{m}^2$ )

(b) セン断断面積・断面二次モーメント

標高 O.P (m)	建屋					
	OW-1	IW-2	IW-4	SW	IW-10	OW-11
50.50			10		19	
			13.3		13.3	
			64.9		64.9	
41.20			11	32	20	
			17.4	8.58	21.2	
			125.0	18.88	103.0	
33.20	1		12	14	21	26
	41.0		51.8	63.3	53.0	32.4
	376.0		295.0	30.7	273.0	299.0
22.50	2	6	13	15	22	27
	57.4	76.6	36.5	72.7	79.8	54.7
	653.0	661.0	340.0	96.3	1073.0	605.0
15.00	3	7		16	23	28
	84.0	107.1		71.0	121.4	84.0
	859.0	927.0		112.0	1523.0	803.0
6.00	4	8		17	24	29
	114.8	163.7		66.8	170.0	109.2
	1109.0	2199.0		105.0	2169.0	1058.0
1.15(SW) -0.80	5	9		18	25	30
	117.6	169.0		108.0	167.2	117.6
	1131.0	2278.0		157.0	2138.0	1059.0
-8.10	31					
	6468.0					
	38032.0					

要素番号
せん断断面積( $\text{m}^2$ )
断面2次モーメント( $\times 10^9 \text{m}^4$ )

表 3-5 地盤のばね定数と減衰係数 (SA 時環境考慮モデル)

(a) NS 方向

質点番号	地盤ばね成分	ばね定数* <sup>1</sup>	減衰定数* <sup>2</sup>
31	底面・並進	$1.742 \times 10^9$	$2.349 \times 10^7$
31	底面・回転	$2.994 \times 10^{12}$	$4.806 \times 10^9$

注記\*1: 底面・並進は kN/m                      底面・回転は kN・m/rad

\*2: 底面・並進は kN・s/m                      底面・回転は kN・m・s/rad

(b) EW 方向

質点番号	地盤ばね成分	ばね定数* <sup>1</sup>	減衰定数* <sup>2</sup>
33	底面・並進	$1.727 \times 10^9$	$2.308 \times 10^7$
33	底面・回転	$3.386 \times 10^{12}$	$6.306 \times 10^9$

注記\*1: 底面・並進は kN/m                      底面・回転は kN・m/rad

\*2: 底面・並進は kN・s/m                      底面・回転は kN・m・s/rad



表 3-6 セン断力のスケルトンカーブ ( $\tau - \gamma$  関係, NS 方向, SA 時環境考慮モデル)

要素 番号	通り	第1折点		第2折点		終局点	
		$\tau_1$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\gamma_1$ ( $\times 10^{-3}$ )	$\tau_2$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\gamma_2$ ( $\times 10^{-3}$ )	$\tau_3$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\gamma_3$ ( $\times 10^{-3}$ )
(1)	OW-K	2.136	0.250	2.679	0.523	6.439	4.000
(2)		2.220	0.260	2.785	0.544	6.437	4.000
(3)		2.340	0.274	2.936	0.573	6.888	4.000
(4)		2.409	0.282	3.022	0.590	6.722	4.000
(5)		2.604	0.305	3.267	0.638	6.872	4.000
(6)	IW-J	1.963	0.575	3.079	0.902	6.536	4.000
(7)		1.962	0.575	3.052	0.894	6.372	4.000
(8)		2.259	0.265	2.834	0.553	6.458	4.000
(9)		2.371	0.278	2.975	0.581	6.527	4.000
(10)		2.460	0.288	3.086	0.603	6.551	4.000
(11)		2.648	0.382	3.090	0.604	6.382	4.000
(12)		2.778	0.400	3.241	0.633	6.453	4.000
(13)	SW	2.319	0.358	2.629	0.513	5.520	4.000
(14)		2.739	0.430	3.081	0.602	5.847	4.000
(15)		3.043	0.478	3.423	0.668	6.242	4.000
(16)		3.334	0.543	3.687	0.720	7.786	4.000
(17)		3.315	0.540	3.667	0.716	6.593	4.000
(18)	IW-C	1.963	0.575	3.079	0.902	6.536	4.000
(19)		1.968	0.577	3.061	0.897	6.378	4.000
(20)		2.299	0.269	2.884	0.563	6.477	4.000
(21)		2.479	0.291	3.109	0.607	6.581	4.000
(22)		2.547	0.298	3.195	0.624	6.596	4.000
(23)		2.691	0.388	3.140	0.613	6.435	4.000
(24)		2.853	0.411	3.329	0.650	6.492	4.000
(25)	OW-A	2.190	0.257	2.748	0.537	6.441	4.000
(26)		2.314	0.271	2.903	0.567	6.470	4.000
(27)		2.448	0.287	3.071	0.600	6.819	4.000
(28)		2.449	0.287	3.073	0.600	6.579	4.000
(29)		2.558	0.300	3.209	0.627	6.754	4.000

表 3-7 セン断力のスケルトンカーブ ( $\tau - \gamma$  関係, EW 方向, SA 時環境考慮モデル)

要素 番号	通り	第1折点		第2折点		終局点	
		$\tau_1$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\gamma_1$ ( $\times 10^{-3}$ )	$\tau_2$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\gamma_2$ ( $\times 10^{-3}$ )	$\tau_3$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\gamma_3$ ( $\times 10^{-3}$ )
(1)	OW-1	2.154	0.237	2.753	0.537	6.212	4.000
(2)		2.327	0.256	2.974	0.581	6.471	4.000
(3)		2.367	0.260	3.026	0.591	6.827	4.000
(4)		2.404	0.264	3.074	0.601	6.599	4.000
(5)		2.530	0.278	3.234	0.632	6.805	4.000
(6)	IW-2	2.209	0.246	2.814	0.550	6.647	4.000
(7)		2.505	0.279	3.191	0.623	6.690	4.000
(8)		2.633	0.356	3.149	0.615	6.463	4.000
(9)		2.769	0.374	3.311	0.647	6.480	4.000
(10)	IW-4	2.493	0.438	2.651	0.517	6.285	4.000
(11)		2.512	0.442	2.670	0.521	6.287	4.000
(12)		2.275	0.253	2.898	0.566	6.073	4.000
(13)		2.599	0.301	3.273	0.639	5.964	4.000
(14)	SW	2.253	0.325	2.629	0.513	5.939	4.000
(15)		2.658	0.389	3.081	0.602	6.326	4.000
(16)		2.954	0.433	3.423	0.668	6.562	4.000
(17)		3.227	0.489	3.687	0.720	7.805	4.000
(18)		3.209	0.486	3.667	0.716	6.670	4.000
(19)	IW-10	2.493	0.438	2.651	0.517	6.285	4.000
(20)		2.479	0.436	2.637	0.515	6.321	4.000
(21)		2.233	0.245	2.854	0.557	6.111	4.000
(22)		2.383	0.265	3.035	0.593	6.500	4.000
(23)		2.436	0.268	3.115	0.608	6.557	4.000
(24)		2.577	0.348	3.081	0.602	6.444	4.000
(25)		2.715	0.367	3.246	0.634	6.445	4.000
(26)	OW-11	2.086	0.229	2.666	0.521	6.468	4.000
(27)		2.200	0.242	2.813	0.550	6.452	4.000
(28)		2.291	0.252	2.929	0.572	6.814	4.000
(29)		2.401	0.264	3.070	0.600	6.606	4.000
(30)		2.543	0.279	3.252	0.635	6.832	4.000

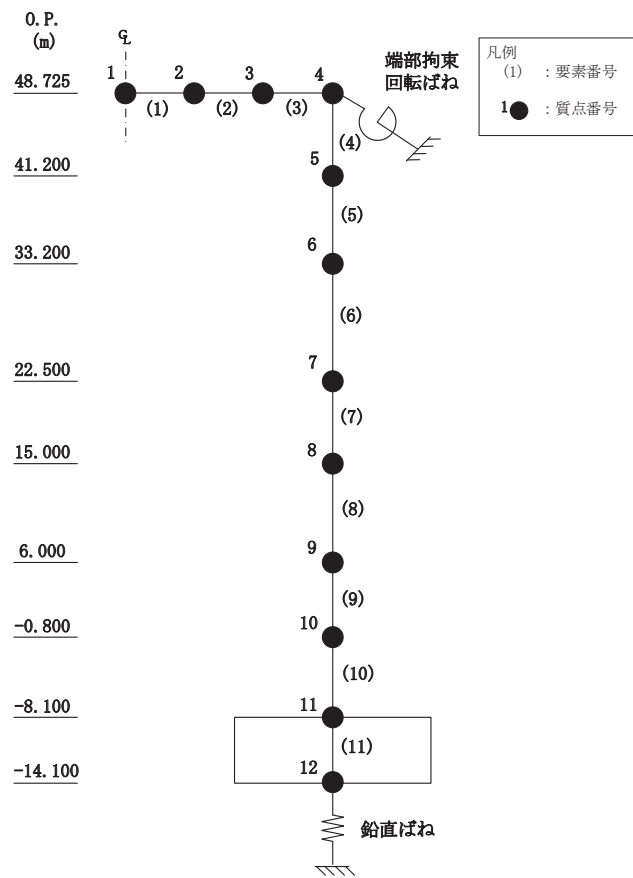


図 3-2 地震応答解析モデル（鉛直方向，SA 時環境考慮モデル）

表 3-8 地震応答解析モデルの諸元（鉛直方向，SA 時環境考慮モデル）

標高 O.P. (m)	質点 番号 (-)	質点 重量 (kN)	部材 番号 (-)	シェル壁・耐震壁部	屋根トラス部	
				軸断面積	せん断断面積	断面二次モーメント
				(m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>4</sup> )
48.725	1	1598	1		0.773	6.99
48.725	2	3197	2		1.12	6.99
48.725	3	3266	3		1.11	6.99
48.725	4	12631	4	58.0		
41.200	5	31842	5	145.8		
33.200	6	287443	6	554.8		
22.500	7	472543	7	790.6		
15.000	8	428904	8	948.0		
6.000	9	455597	9	1282.7		
-0.800	10	509083	10	1315.6		
-8.100	11	779442	11	6468.0		
-14.100	12	456980				

表 3-9 地盤のばね定数と減衰係数（鉛直方向，SA 時環境考慮モデル）

質点番号	地盤ばね成分	ばね定数 (kN/m)	減衰定数 (kN・s/m)
12	底面・鉛直	$2.350 \times 10^9$	$4.593 \times 10^7$

### 3.2.2 地震応答解析結果

#### (1) 固有値解析結果

「工認モデル」と「SA 時環境考慮モデル」の固有値解析結果（固有周期及び固有振動数）の比較を表 3-11 に示す。また、「SA 時環境考慮モデル」の刺激関数図を図 3-3 に示す。

「SA 時環境考慮モデル」の固有周期は、コンクリート剛性を低減させた影響により「工認モデル」の結果に比べて僅かに大きくなるものの、ほぼ同程度となることを確認した。建屋と地盤の相互作用を考慮したモデルとなっていることから、地盤の変形が支配的となる低次のモードでは、建屋は剛体的な挙動を示すため、建屋の剛性変化が固有値に及ぼす影響は小さいものと考えられる。

表 3-10 固有値解析結果

(a) NS 方向

次数	固有周期(s)		固有振動数(Hz)	
	工認モデル	SA 時環境 考慮モデル	工認モデル	SA 時環境 考慮モデル
1	0.237	0.247	4.21	4.05
2	0.123	0.126	8.12	7.95
3	0.116	0.120	8.61	8.32
4	0.097	0.102	10.33	9.82
5	0.093	0.097	10.76	10.30
6	0.089	0.093	11.21	10.79

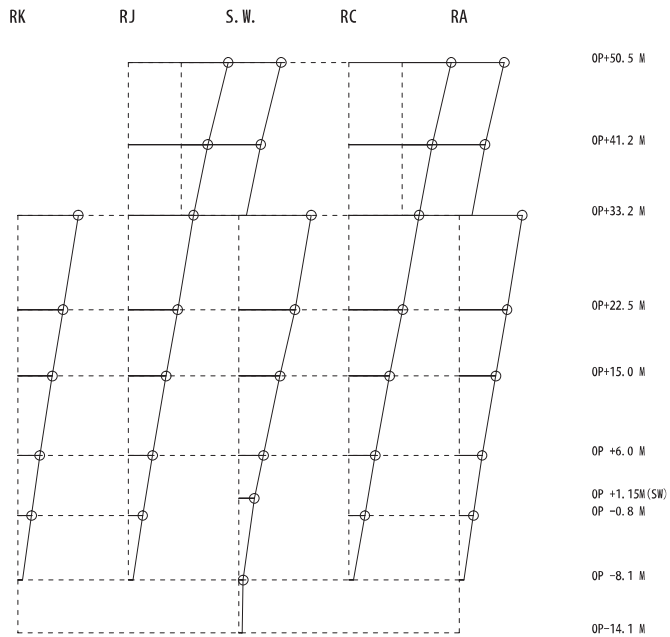
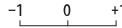
(b) EW 方向

次数	固有周期(s)		固有振動数(Hz)	
	工認モデル	SA 時環境 考慮モデル	工認モデル	SA 時環境 考慮モデル
1	0.230	0.240	4.36	4.17
2	0.125	0.129	8.01	7.74
3	0.116	0.121	8.64	8.27
4	0.098	0.103	10.15	9.75
5	0.091	0.095	10.93	10.50
6	0.087	0.091	11.46	11.05

(c) 鉛直方向

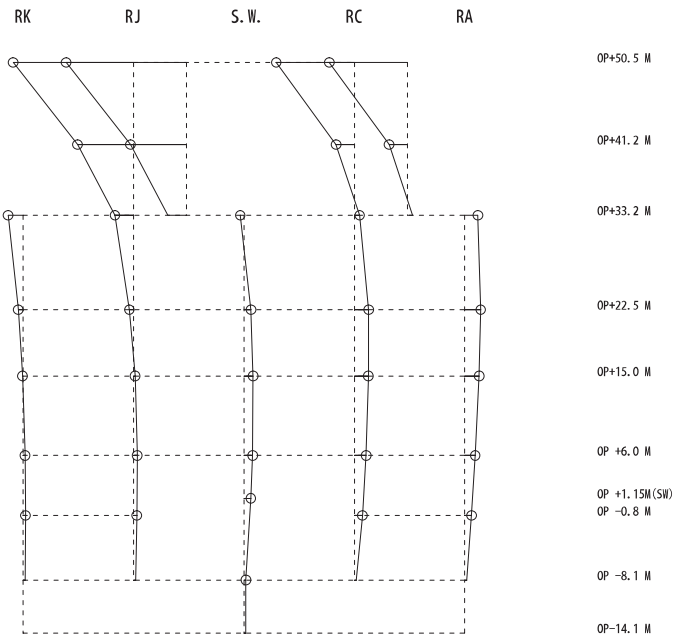
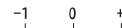
次数	固有周期(s)		固有振動数(Hz)	
	工認モデル	SA 時環境 考慮モデル	工認モデル	SA 時環境 考慮モデル
1	0.339	0.339	2.95	2.95
2	0.100	0.103	9.96	9.74
3	0.079	0.079	12.59	12.59
4	0.051	0.051	19.61	19.61
5	0.043	0.044	23.10	22.55
6	0.027	0.028	36.66	35.46

固有周期 0.247 s  
 固有振動数 4.05 Hz  
 刺激係数 2.131



1次

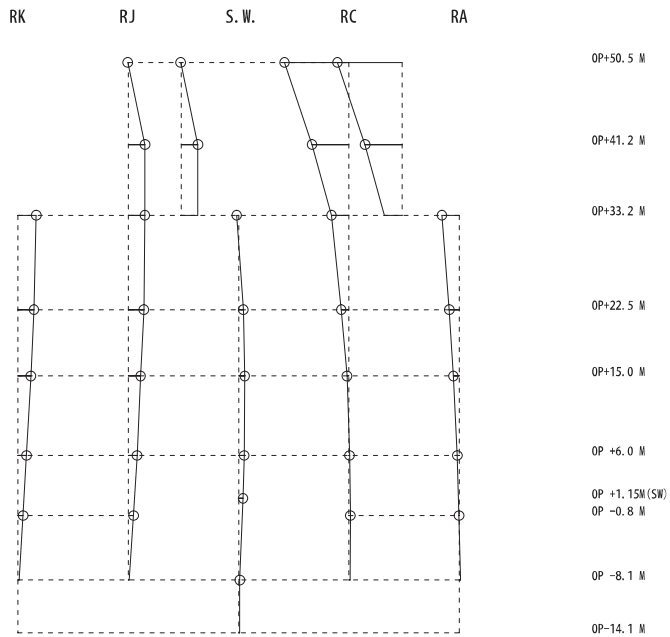
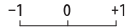
固有周期 0.126 s  
 固有振動数 7.95 Hz  
 刺激係数 2.510



2次

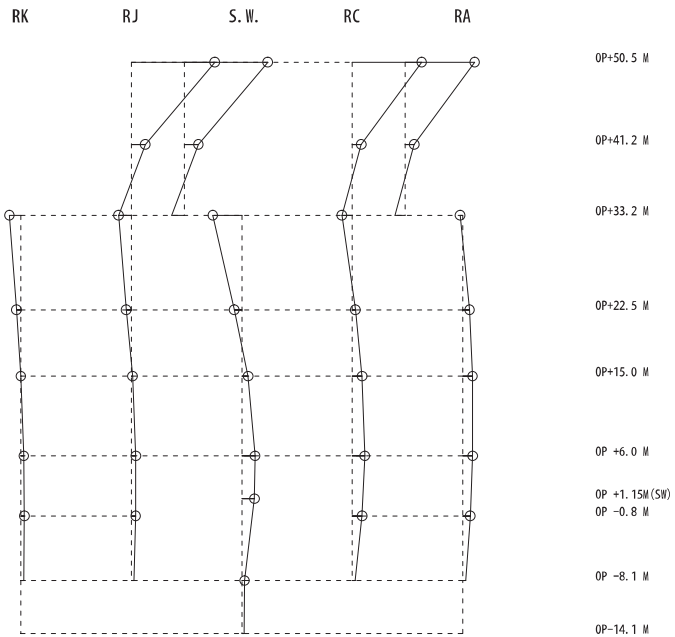
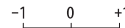
図 3-3(1) 刺激関数図 (NS 方向, SA 時環境考慮モデル) (1/3)

固有周期 0.120 s  
 固有振動数 8.32 Hz  
 刺激係数 1.346



3 次

固有周期 0.102 s  
 固有振動数 9.82 Hz  
 刺激係数 1.736

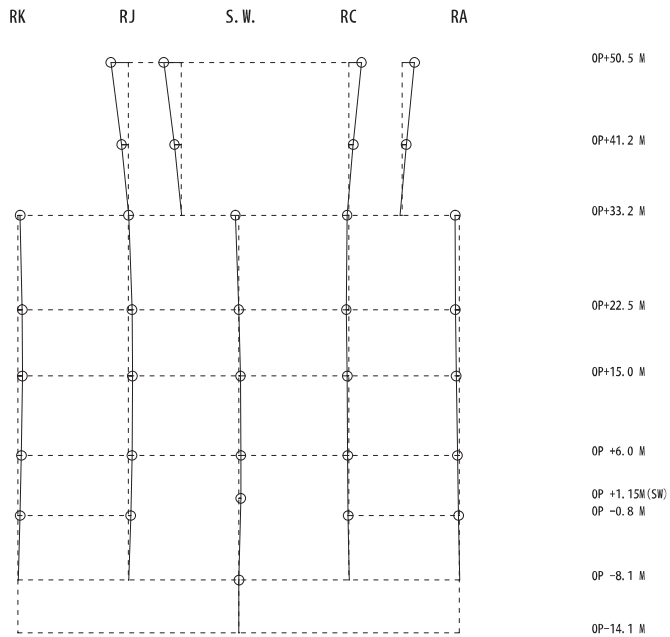
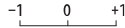


4 次

図 3-3(2) 刺激関数図 (NS 方向, SA 時環境考慮モデル) (2/3)

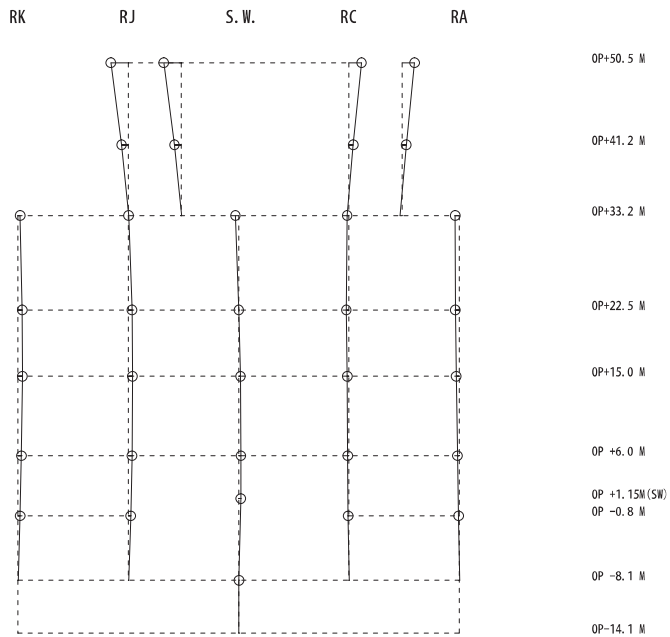
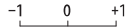


固有周期 0.097 s  
 固有振動数 10.30 Hz  
 刺激係数 0.363



5 次

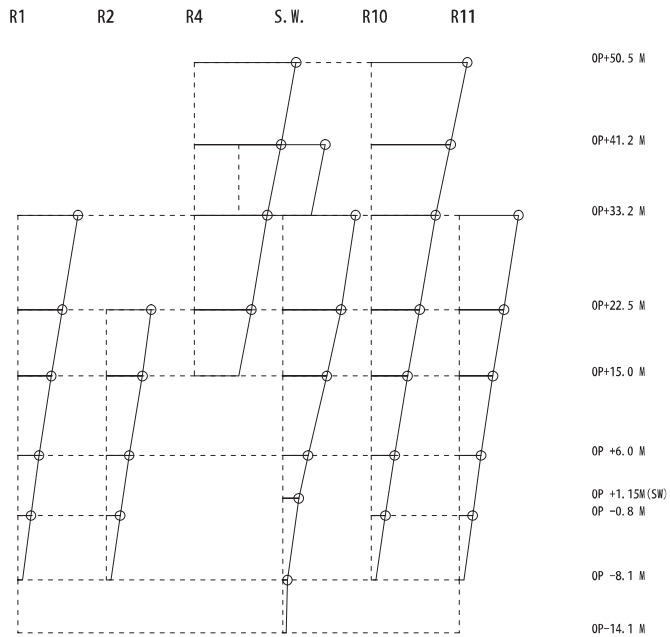
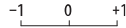
固有周期 0.097 s  
 固有振動数 10.30 Hz  
 刺激係数 0.363



6 次

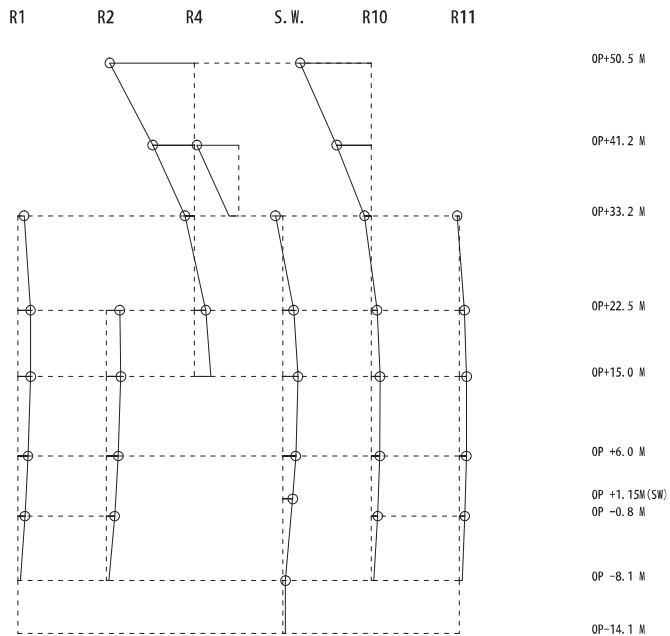
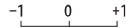
図 3-3(3) 刺激関数図 (NS 方向, SA 時環境考慮モデル) (3/3)

固有周期 0.240 s  
 固有振動数 4.17 Hz  
 刺激係数 2.118



1 次

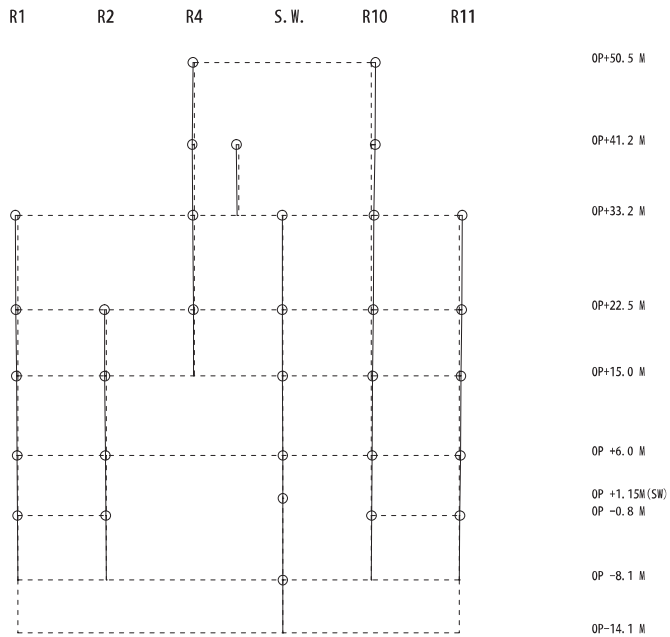
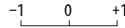
固有周期 0.129 s  
 固有振動数 7.74 Hz  
 刺激係数 1.765



2 次

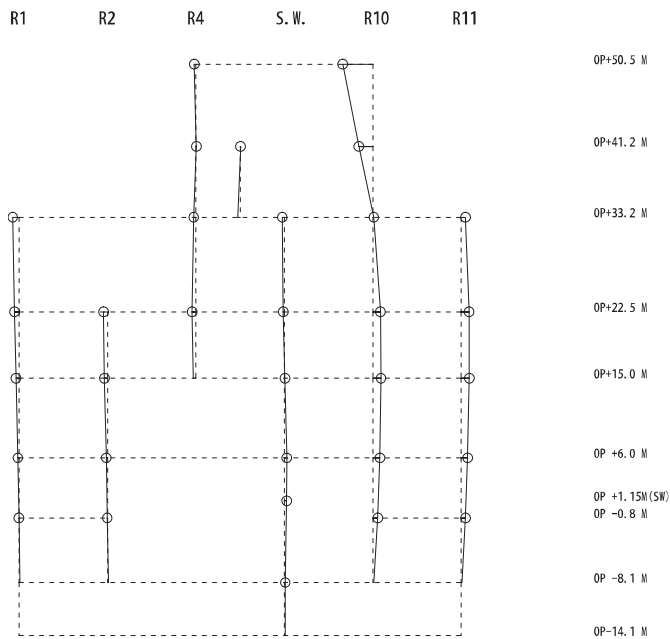
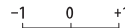
図 3-3(4) 刺激関数図 (EW 方向, SA 時環境考慮モデル) (1/3)

固有周期 0.121 s  
 固有振動数 8.27 Hz  
 刺激係数 0.090



3 次

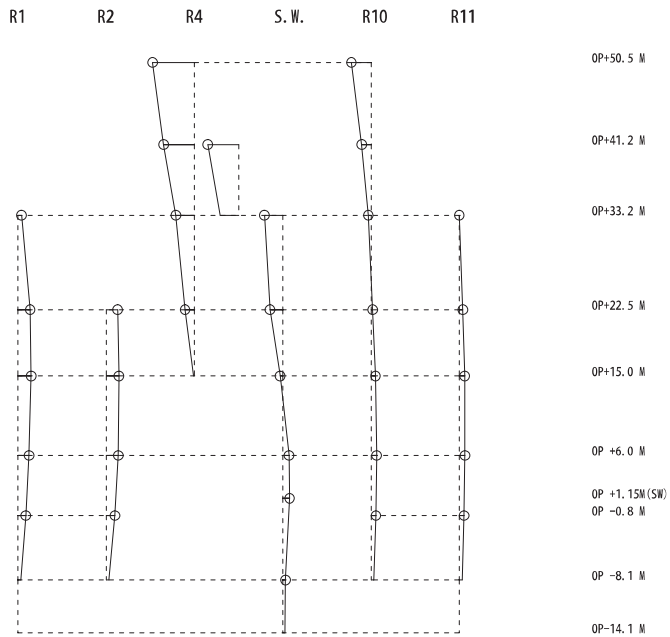
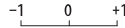
固有周期 0.103 s  
 固有振動数 9.75 Hz  
 刺激係数 0.625



4 次

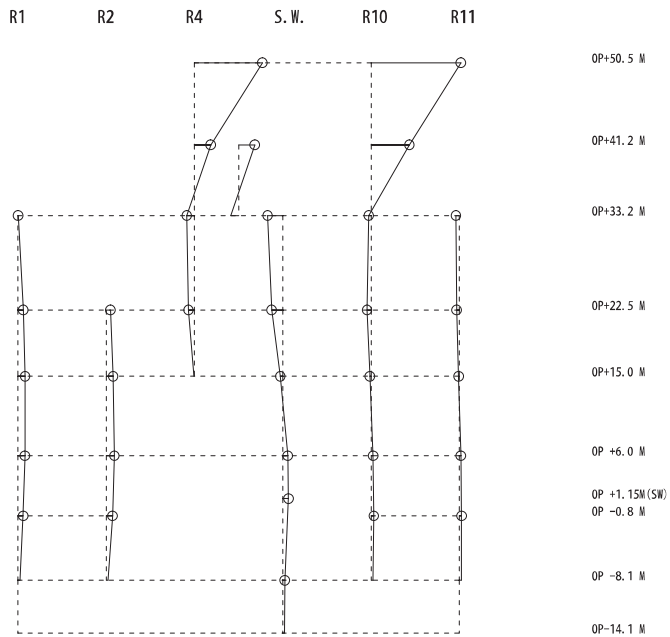
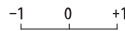
図 3-3(5) 刺激関数図 (EW 方向, SA 時環境考慮モデル) (2/3)

固有周期 0.095 s  
 固有振動数 10.50 Hz  
 刺激係数 0.875



5 次

固有周期 0.091 s  
 固有振動数 11.05 Hz  
 刺激係数 1.870



6 次

図 3-3(6) 刺激関数図 (EW 方向, SA 時環境考慮モデル) (3/3)

固有周期 0.339 s  
固有振動数 2.95 Hz  
刺激係数 1.467



OP 48.725 M  
OP 41.200 M  
OP 33.200 M  
OP 22.500 M  
OP 15.000 M  
OP 6.000 M  
OP -0.800 M  
OP -8.100 M  
OP -14.100 M

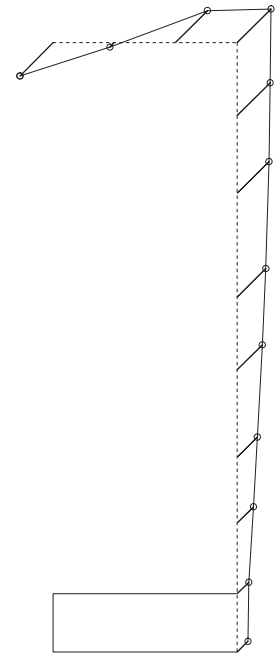


1 次

固有周期 0.103 s  
固有振動数 9.74 Hz  
刺激係数 1.519



OP 48.725 M  
OP 41.200 M  
OP 33.200 M  
OP 22.500 M  
OP 15.000 M  
OP 6.000 M  
OP -0.800 M  
OP -8.100 M  
OP -14.100 M



2 次

固有周期 0.079 s  
固有振動数 12.59 Hz  
刺激係数 1.266



OP 48.725 M  
OP 41.200 M  
OP 33.200 M  
OP 22.500 M  
OP 15.000 M  
OP 6.000 M  
OP -0.800 M  
OP -8.100 M  
OP -14.100 M

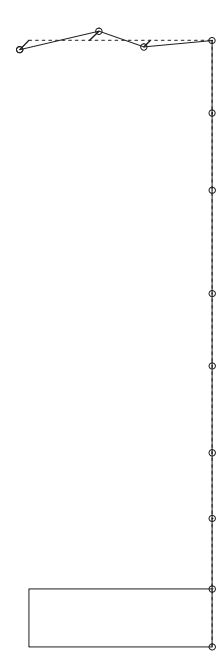


3 次

固有周期 0.051 s  
固有振動数 19.61 Hz  
刺激係数 0.421



OP 48.725 M  
OP 41.200 M  
OP 33.200 M  
OP 22.500 M  
OP 15.000 M  
OP 6.000 M  
OP -0.800 M  
OP -8.100 M  
OP -14.100 M



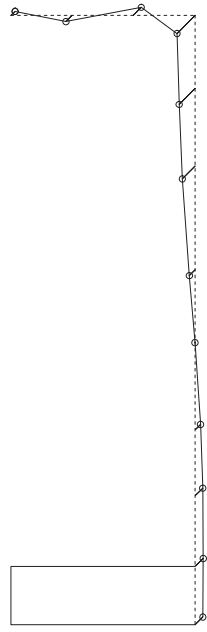
4 次

図 3-3(7) 刺激関数図 (鉛直方向, SA 時環境考慮モデル) (1/2)

固有周期 0.044 s  
 固有振動数 22.55 Hz  
 刺激係数 0.813



OP 48.725 M  
 OP 41.200 M  
 OP 33.200 M  
 OP 22.500 M  
 OP 15.000 M  
 OP 6.000 M  
 OP -0.800 M  
 OP -8.100 M  
 OP -14.100 M

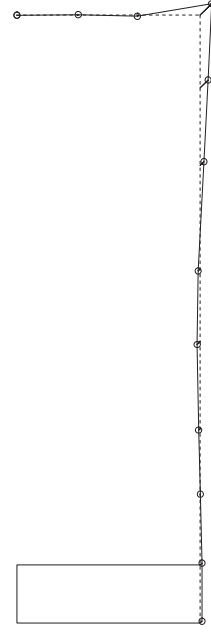


5次

固有周期 0.028 s  
 固有振動数 35.46 Hz  
 刺激係数 0.518



OP 48.725 M  
 OP 41.200 M  
 OP 33.200 M  
 OP 22.500 M  
 OP 15.000 M  
 OP 6.000 M  
 OP -0.800 M  
 OP -8.100 M  
 OP -14.100 M



6次

図 3-3(8) 刺激関数図 (鉛直方向, SA時環境考慮モデル) (2/2)

(2) 最大応答値及び最大接地圧

基準地震動  $S_s - D_2$  による最大応答値を図 3-4～図 3-14 に、最大応答せん断ひずみを表 3-12 に、せん断スケルトンカーブ上に最大応答値をプロットしたものを図 3-15 及び図 3-16 に、最大接地圧を表 3-13 に示す。「SA 時環境考慮モデル」の最大応答値及び最大接地圧は、「工認モデル」の結果とおおむね整合することを確認した。

ここで、「SA 時環境考慮モデル」のシェル壁部における最大応答せん断力については、低減する傾向が確認できる。一方、外壁部における最大応答せん断力については、若干増加する傾向にある。これは、外壁部がほとんど剛性低下しておらずシェル壁部の剛性低下が大きいため、応力の分配率が「工認モデル」に比べて外壁部が大きく、シェル壁部が小さくなったためと考えられる。

またシェル壁部における最大応答せん断ひずみについては、シェル壁部の剛性低下率が大きいため、全体的にせん断ひずみが増加する傾向である。外壁部における最大応答せん断ひずみについては、せん断力の増加に対するせん断ひずみの増加が大きくなり、せん断ひずみの比率として算定している応答比の値が大きくなったものと考えられる。

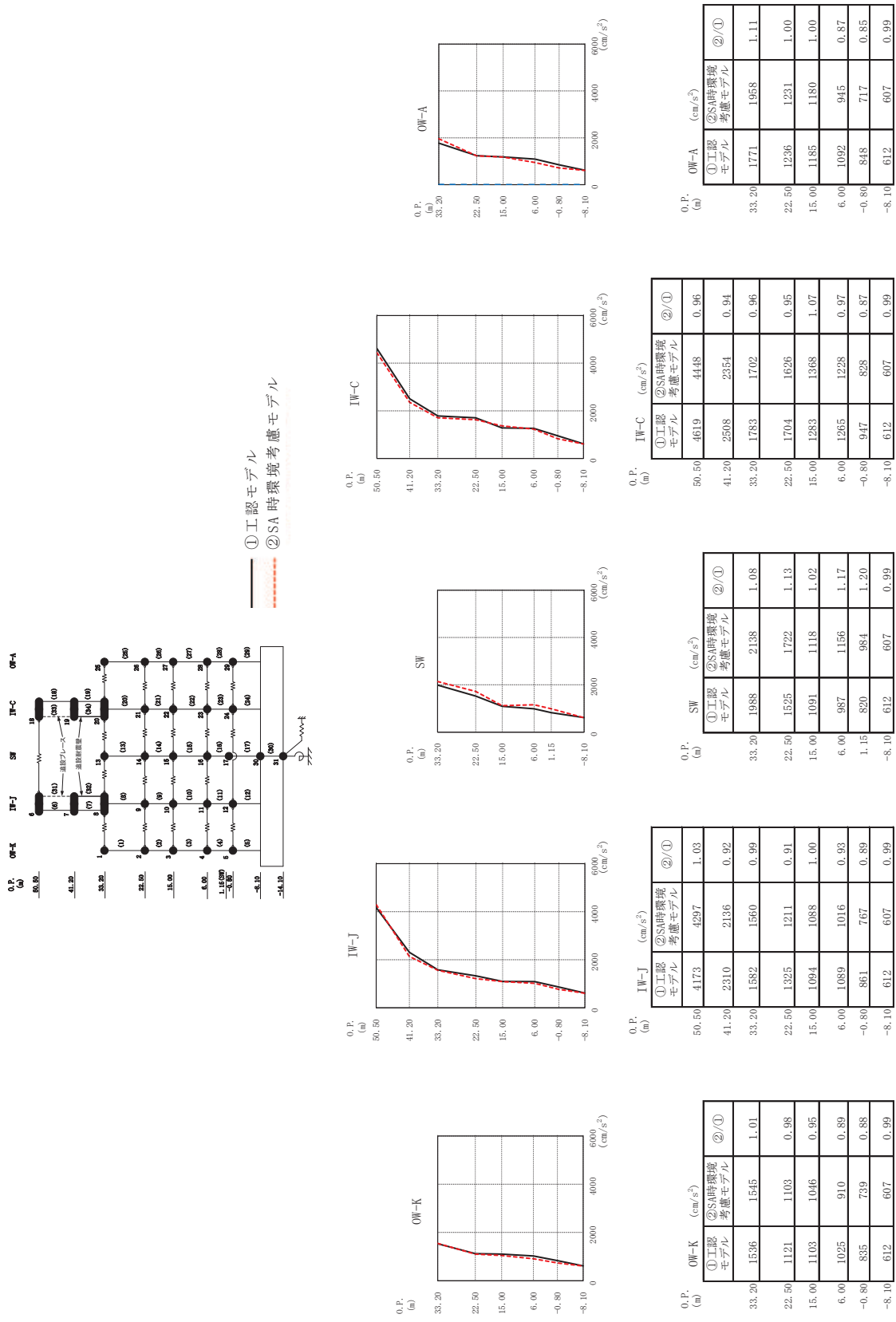
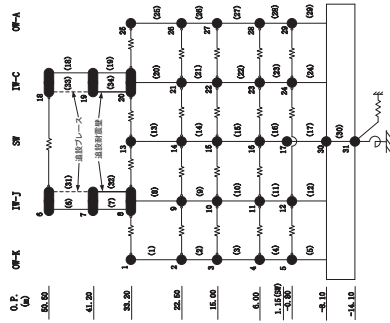
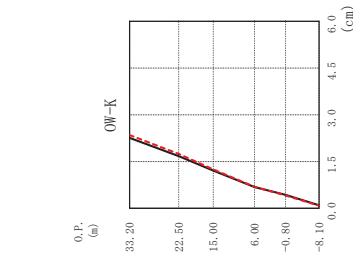


図 3-4 最大応答加速度 (基準地震動 S s - D 2, NS 方向)

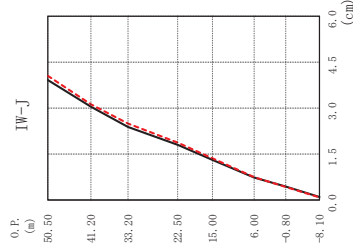




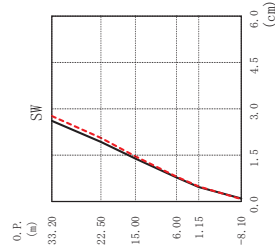
① 工認モデル  
② SA時環境考慮モデル



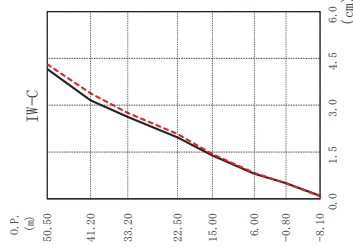
O.P. (m)	OW-K (cm)	
	①工認モデル	②SA時環境考慮モデル
33.20	2.26	2.35
22.50	1.67	1.74
15.00	1.21	1.25
6.00	0.69	0.69
-0.80	0.43	0.41
-8.10	0.10	0.08
		②/①
		1.04



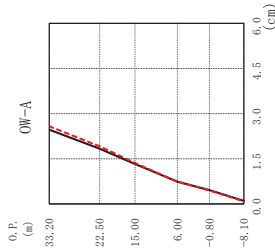
O.P. (m)	IW-J (cm)	
	①工認モデル	②SA時環境考慮モデル
50.50	3.92	4.05
41.20	3.05	3.13
33.20	2.39	2.49
22.50	1.80	1.88
15.00	1.31	1.36
6.00	0.74	0.75
-0.80	0.44	0.42
-8.10	0.10	0.08
		②/①
		1.04



O.P. (m)	SW (cm)	
	①工認モデル	②SA時環境考慮モデル
33.20	2.62	2.77
22.50	1.93	2.06
15.00	1.39	1.46
6.00	0.78	0.81
1.15	0.47	0.49
-8.10	0.10	0.08
		②/①
		1.06

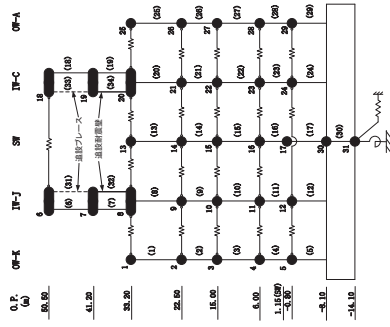


O.P. (m)	IW-C (cm)	
	①工認モデル	②SA時環境考慮モデル
50.50	4.16	4.31
41.20	3.16	3.38
33.20	2.62	2.75
22.50	1.97	2.08
15.00	1.39	1.44
6.00	0.80	0.83
-0.80	0.50	0.49
-8.10	0.10	0.08
		②/①
		1.07

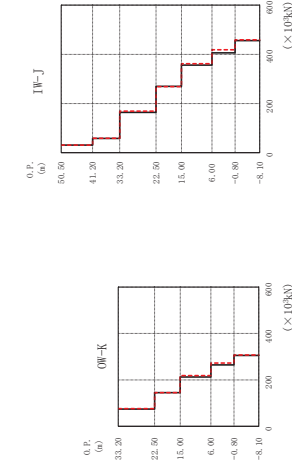


O.P. (m)	OW-A (cm)	
	①工認モデル	②SA時環境考慮モデル
33.20	2.46	2.58
22.50	1.83	1.91
15.00	1.33	1.36
6.00	0.74	0.74
-0.80	0.46	0.44
-8.10	0.10	0.08
		②/①
		1.05

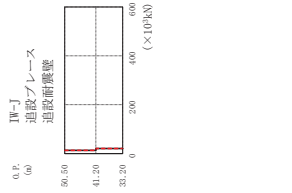
図 3-5 最大心答変位 (基準地震動 S s - D 2, NS 方向)



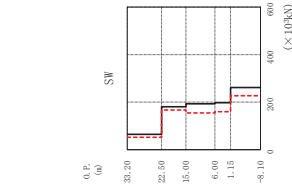
①工認モデル  
②SA時環境考慮モデル



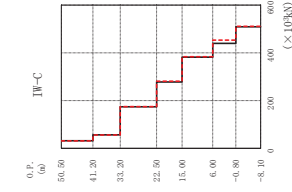
O.P. (a)	OW-K (×10 <sup>3</sup> kN)	
	①工認 モデル	②SA時環 境考慮 モデル
50.50	74.5	76.3
41.20	145	145
33.20	212	219
22.50	265	273
15.00	305	307
6.00	312	312
0.00	312	312
-1.00	312	312
-8.10	312	312



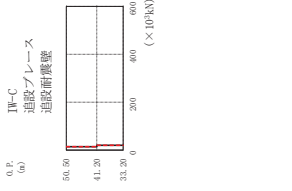
O.P. (a)	IW-J (×10 <sup>3</sup> kN)	
	①工認 モデル	②SA時環 境考慮 モデル
50.50	30.9	35.4
41.20	35.3	38.2
33.20	406	419
22.50	456	459
15.00	459	459
6.00	459	459
0.00	459	459
-1.00	459	459
-8.10	459	459



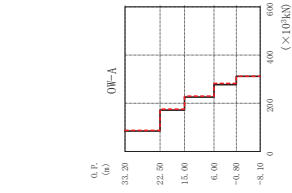
O.P. (a)	SW (×10 <sup>3</sup> kN)	
	①工認 モデル	②SA時環 境考慮 モデル
33.20	180	167
22.50	193	155
15.00	198	160
6.00	262	227
0.00	262	227
-1.00	262	227
-8.10	262	227



O.P. (a)	IW-C (×10 <sup>3</sup> kN)	
	①工認 モデル	②SA時環 境考慮 モデル
50.50	31.8	31.4
41.20	56.2	56.0
33.20	174	175
22.50	278	281
15.00	382	384
6.00	440	454
0.00	509	511
-1.00	509	511
-8.10	509	511

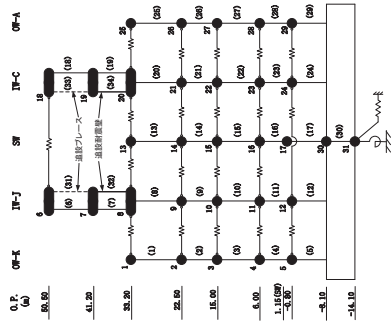


O.P. (a)	IW-C (×10 <sup>3</sup> kN)	
	①工認 モデル	②SA時環 境考慮 モデル
50.50	14.5	14.0
41.20	20.2	20.1
33.20	20.1	20.1

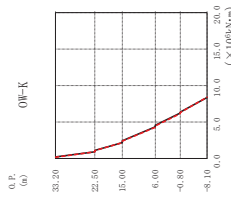


O.P. (a)	OW-A (×10 <sup>3</sup> kN)	
	①工認 モデル	②SA時環 境考慮 モデル
33.20	85.0	87.5
22.50	172	175
15.00	225	230
6.00	277	282
0.00	312	312
-0.80	312	312
-8.10	312	312

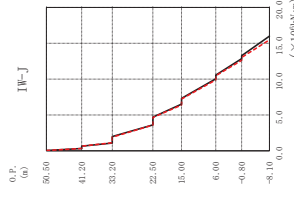
図 3-6 最大応答せん断力 (基準地震動 S s - D 2, NS 方向)



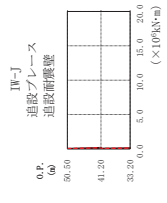
①工認モデル  
②SA時環境考慮モデル



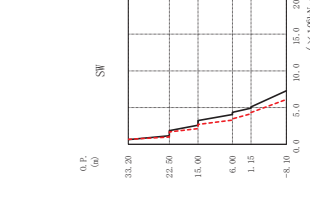
O.P. (m)	①工認モデル (×10 <sup>6</sup> kN-m)		②SA時環境考慮モデル (×10 <sup>6</sup> kN-m)	
	工認モデル	②/①	SA時環境考慮モデル	②/①
33.20	0.203	0.170	0.203	0.84
22.50	0.910	0.903	0.910	0.99
15.00	1.09	1.07	1.09	0.98
6.00	2.17	2.16	2.17	0.99
0.00	4.34	4.28	4.34	0.99
-0.80	6.52	6.45	6.52	0.98
-8.10	8.70	8.63	8.70	0.98
-8.10	8.35	8.41	8.35	1.01



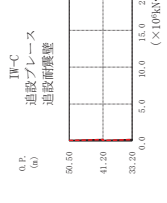
O.P. (m)	①工認モデル (×10 <sup>6</sup> kN-m)		②SA時環境考慮モデル (×10 <sup>6</sup> kN-m)	
	工認モデル	②/①	SA時環境考慮モデル	②/①
50.50	0.0437	0.0419	0.0437	0.96
41.20	0.330	0.329	0.330	1.00
33.20	1.09	1.12	1.09	1.03
22.50	1.99	1.90	1.99	0.96
15.00	3.62	3.59	3.62	0.99
6.00	4.65	4.65	4.65	0.99
0.00	6.32	6.38	6.32	0.99
-0.80	7.32	7.23	7.32	0.99
-8.10	10.0	9.9	10.0	0.99
-8.10	12.0	11.8	12.0	0.98
-8.10	13.3	13.0	13.3	0.98
-8.10	15.0	15.5	15.0	0.97



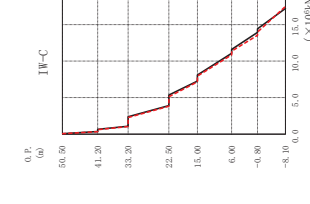
O.P. (m)	①工認モデル (×10 <sup>6</sup> kN-m)		②SA時環境考慮モデル (×10 <sup>6</sup> kN-m)	
	工認モデル	②/①	SA時環境考慮モデル	②/①
50.50	0.0389	0.0366	0.0389	0.97
41.20	0.161	0.160	0.161	1.00
33.20	0.623	0.626	0.623	1.02
22.50	1.22	1.23	1.22	1.00



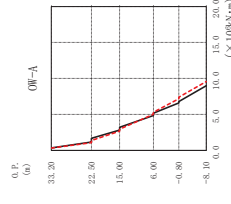
O.P. (m)	①工認モデル (×10 <sup>6</sup> kN-m)		②SA時環境考慮モデル (×10 <sup>6</sup> kN-m)	
	工認モデル	②/①	SA時環境考慮モデル	②/①
33.20	0.021	0.020	0.021	1.10
22.50	1.16	0.98	1.16	0.85
15.00	1.86	1.69	1.86	0.91
6.00	2.60	2.12	2.60	0.81
0.00	3.24	2.70	3.24	0.83
-0.80	4.06	3.40	4.06	0.81
-8.10	4.92	4.16	4.92	0.85
-8.10	5.69	4.22	5.69	0.85
-8.10	7.28	6.11	7.28	0.84



O.P. (m)	①工認モデル (×10 <sup>6</sup> kN-m)		②SA時環境考慮モデル (×10 <sup>6</sup> kN-m)	
	工認モデル	②/①	SA時環境考慮モデル	②/①
50.50	0.0422	0.0408	0.0422	0.97
41.20	0.172	0.165	0.172	0.96
33.20	0.654	0.640	0.654	0.97
22.50	1.26	1.21	1.26	1.00

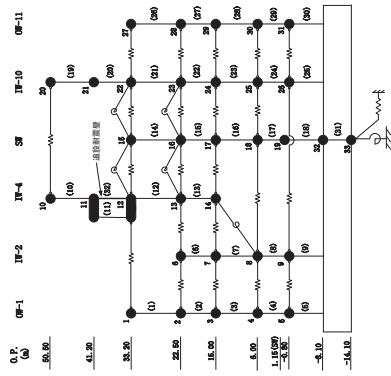


O.P. (m)	①工認モデル (×10 <sup>6</sup> kN-m)		②SA時環境考慮モデル (×10 <sup>6</sup> kN-m)	
	工認モデル	②/①	SA時環境考慮モデル	②/①
50.50	0.0539	0.0501	0.0539	0.93
41.20	0.346	0.333	0.346	0.96
33.20	1.08	1.04	1.08	0.97
22.50	2.36	2.27	2.36	0.96
15.00	3.91	3.82	3.91	0.98
6.00	5.34	5.11	5.34	0.96
0.00	7.26	7.15	7.26	0.98
-0.80	8.10	7.94	8.10	0.98
-8.10	11.1	10.9	11.1	0.98
-8.10	13.9	13.5	13.9	0.97
-8.10	14.4	14.0	14.4	0.97
-8.10	17.2	17.5	17.2	1.01

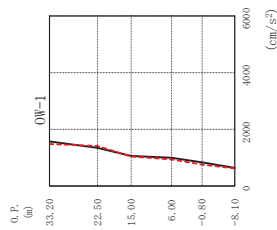


O.P. (m)	①工認モデル (×10 <sup>6</sup> kN-m)		②SA時環境考慮モデル (×10 <sup>6</sup> kN-m)	
	工認モデル	②/①	SA時環境考慮モデル	②/①
33.20	0.306	0.334	0.306	0.94
22.50	1.18	1.08	1.18	0.91
15.00	1.69	1.38	1.69	0.82
6.00	2.83	2.69	2.83	0.95
0.00	3.23	2.97	3.23	0.92
-0.80	4.86	5.02	4.86	1.03
-8.10	6.63	7.34	6.63	1.09
-8.10	6.80	7.40	6.80	1.09
-8.10	9.01	9.6	9.01	1.06

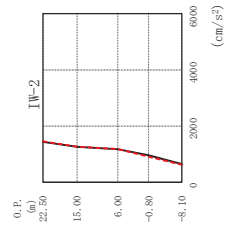
図 3-7 最大応答曲げモーメント (基準地震動 S s - D 2, NS 方向)



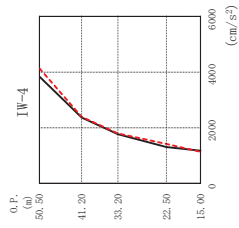
①工認モデル  
②SA時環境考慮モデル



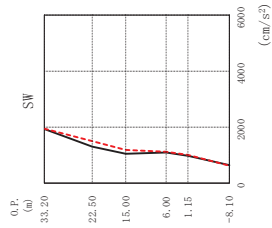
O.P. (m)	OW-1 (cm/s <sup>2</sup> )	
	①工認 モデル	②SA時環 境考慮 モデル
33.20	1577	1486
22.50	1347	1413
15.00	1064	1045
6.00	999	940
-0.80	836	759
-8.10	644	623
	②/①	
	0.94	0.98
	1.05	0.94
	0.95	0.91
	0.97	0.97



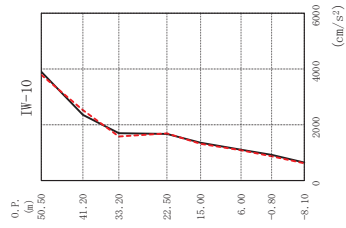
O.P. (m)	IW-2 (cm/s <sup>2</sup> )	
	①工認 モデル	②SA時環 境考慮 モデル
33.20	1440	1456
22.50	1260	1265
15.00	1176	1182
6.00	962	912
-0.80	644	623
-8.10		
	②/①	
	1.01	1.00
	1.01	0.95
	0.97	0.97



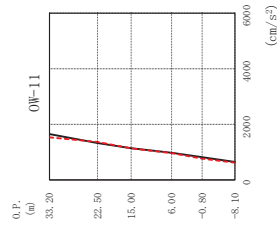
O.P. (m)	IW-4 (cm/s <sup>2</sup> )	
	①工認 モデル	②SA時環 境考慮 モデル
50.50	3838	4137
41.20	2368	2395
33.20	1765	1791
22.50	1306	1419
15.00	1173	1135
-8.10		
	②/①	
	1.08	1.01
	1.01	1.01
	1.01	1.09
	0.97	0.97



O.P. (m)	SW (cm/s <sup>2</sup> )	
	①工認 モデル	②SA時環 境考慮 モデル
33.20	1987	1948
22.50	1394	1501
15.00	1049	1189
6.00	1087	1119
1.15	976	1010
-8.10	644	623
	②/①	
	1.01	1.13
	1.02	1.03
	1.03	0.97

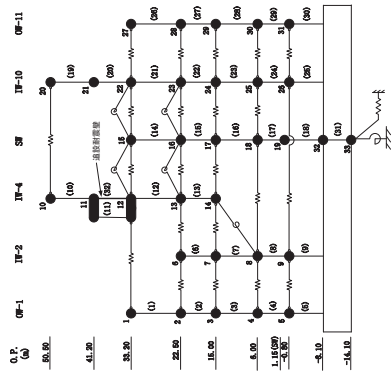


O.P. (m)	IW-10 (cm/s <sup>2</sup> )	
	①工認 モデル	②SA時環 境考慮 モデル
50.50	3902	3788
41.20	2355	2530
33.20	1702	1581
22.50	1675	1690
15.00	1360	1320
6.00	1104	1089
-0.80	922	868
-8.10	644	623
	②/①	
	0.97	1.07
	0.83	0.83
	1.01	0.97

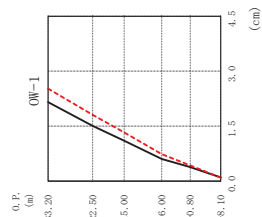


O.P. (m)	OW-11 (cm/s <sup>2</sup> )	
	①工認 モデル	②SA時環 境考慮 モデル
33.20	1646	1527
22.50	1328	1369
15.00	1143	1136
6.00	978	961
-0.80	817	766
-8.10	644	623
	②/①	
	0.83	0.83
	1.03	0.99
	0.98	0.94
	0.94	0.97

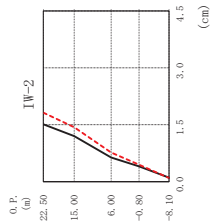
図 3-8 最大応答加速度 (基準地震動 S s - D 2, EW 方向)



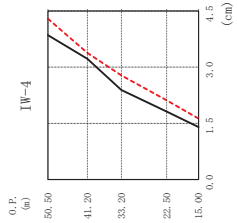
①工認モデル  
②SA時環境考慮モデル



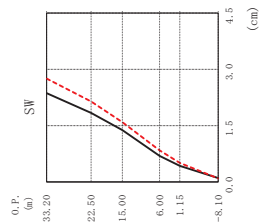
O.P. (m)		IW-1 (cm)	
①工認モデル	②SA時環境考慮モデル	①	②/①
33.20	2.16	2.52	1.17
22.50	1.50	1.81	1.20
15.00	1.10	1.33	1.21
6.00	0.61	0.73	1.21
-0.80	0.38	0.43	1.12
-8.10	0.10	0.09	0.92



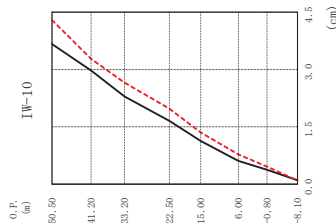
O.P. (m)		IW-2 (cm)	
①工認モデル	②SA時環境考慮モデル	①	②/①
22.50	1.51	1.82	1.20
15.00	1.20	1.43	1.19
6.00	0.64	0.77	1.20
-0.80	0.40	0.45	1.11
-8.10	0.10	0.09	0.92



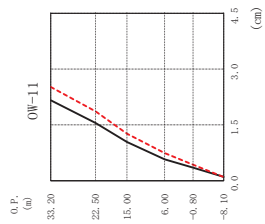
O.P. (m)		IW-4 (cm)	
①工認モデル	②SA時環境考慮モデル	①	②/①
50.50	3.85	4.29	1.11
41.20	3.22	3.38	1.05
33.20	2.39	2.78	1.16
22.50	1.81	2.12	1.17
15.00	1.40	1.63	1.16



O.P. (m)		SW (cm)	
①工認モデル	②SA時環境考慮モデル	①	②/①
33.20	2.37	2.75	1.16
22.50	1.84	2.15	1.17
15.00	1.38	1.59	1.15
6.00	0.69	0.84	1.22
1.15	0.43	0.50	1.19
-8.10	0.10	0.09	0.92

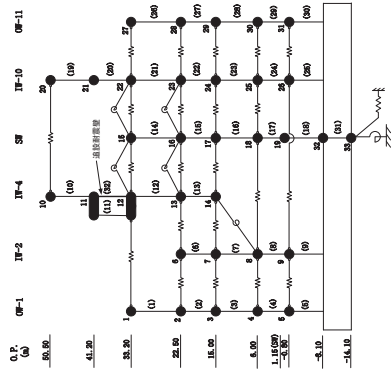


O.P. (m)		IW-10 (cm)	
①工認モデル	②SA時環境考慮モデル	①	②/①
50.50	3.67	4.29	1.17
41.20	2.97	3.28	1.10
33.20	2.30	2.66	1.16
22.50	1.65	1.98	1.19
15.00	1.13	1.35	1.20
6.00	0.61	0.78	1.27
-0.80	0.38	0.46	1.22
-8.10	0.10	0.09	0.92

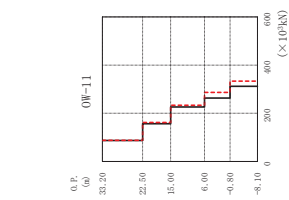


O.P. (m)		OW-11 (cm)	
①工認モデル	②SA時環境考慮モデル	①	②/①
33.20	2.16	2.52	1.17
22.50	1.55	1.87	1.20
15.00	1.04	1.27	1.22
6.00	0.58	0.74	1.29
-0.80	0.35	0.43	1.23
-8.10	0.10	0.09	0.92

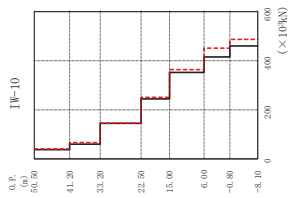
図 3-9 最大応答変位 (基準地震動 S s-D 2, EW 方向)



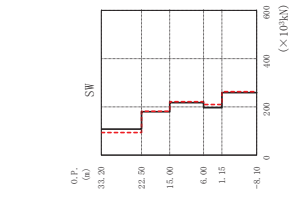
①工認モデル  
②SA時履歴考慮モデル



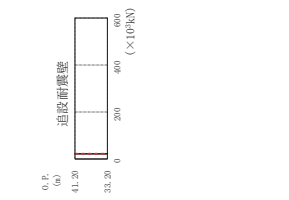
O.P. (a)		OW-11 (x10^3kN)	
①工認モデル	②SA時履歴考慮モデル	①	②/①
33.20	33.20	87.2	87.6
22.50	22.50	157	162
15.00	15.00	228	233
6.00	6.00	283	287
-0.80	-0.80	312	333
-8.10	-8.10		1.07



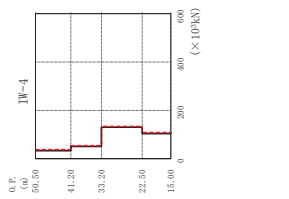
O.P. (a)		1W-10 (x10^3kN)	
①工認モデル	②SA時履歴考慮モデル	①	②/①
50.50	41.20	37.6	40.5
41.20	33.20	60.1	66.1
33.20	22.50	145	146
22.50	15.00	244	251
15.00	6.00	352	364
6.00	-0.80	416	451
-0.80	-8.10	460	487
-8.10			1.06



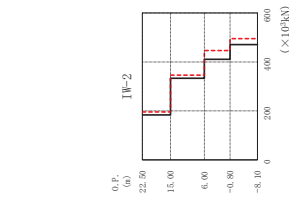
O.P. (a)		SW (x10^3kN)	
①工認モデル	②SA時履歴考慮モデル	①	②/①
33.20	22.50	108	93.8
22.50	15.00	180	182
15.00	6.00	217	222
6.00	1.15	197	210
1.15	-0.80	259	263
-0.80	-8.10		1.01



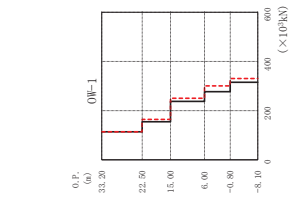
O.P. (a)		追設耐震壁 (x10^3kN)	
①工認モデル	②SA時履歴考慮モデル	①	②/①
41.20	33.20	22.2	22.8
			1.03



O.P. (a)		1W-4 (x10^3kN)	
①工認モデル	②SA時履歴考慮モデル	①	②/①
50.50	41.20	33.3	37.5
41.20	33.20	50.9	54.1
33.20	22.50	131	134
22.50	15.00	104	109
15.00			1.05

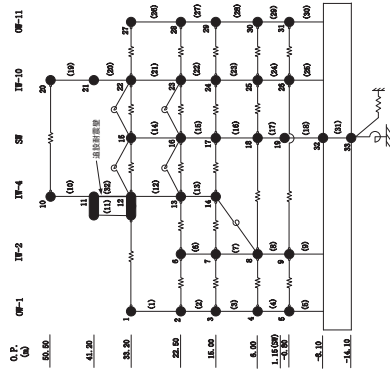


O.P. (a)		1W-2 (x10^3kN)	
①工認モデル	②SA時履歴考慮モデル	①	②/①
22.50	15.00	183	196
15.00	6.00	333	346
6.00	-0.80	411	446
-0.80	-8.10	471	495
-8.10			1.05

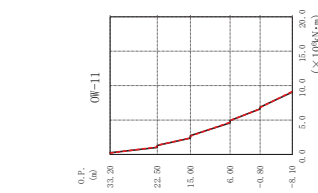


O.P. (a)		OW-1 (x10^3kN)	
①工認モデル	②SA時履歴考慮モデル	①	②/①
33.20	22.50	114	114
22.50	15.00	155	164
15.00	6.00	237	250
6.00	-0.80	277	301
-0.80	-8.10	315	331
-8.10			1.05

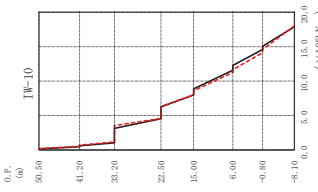
図 3-10 最大応答せん断力 (基準地震動 S s-D 2, EW 方向)



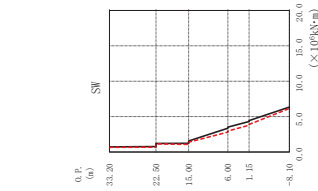
①工認モデル  
②SA時環境考慮モデル



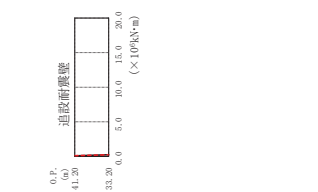
OW-11 ( $\times 10^6 \text{kN}\cdot\text{m}$ )	
①工認モデル	②SA時環境考慮モデル
33.20	0.252
22.50	1.02
15.00	1.08
6.00	1.30
-0.80	1.32
-8.10	2.32
	2.87
	4.33
	4.93
	6.41
	6.87
	9.16



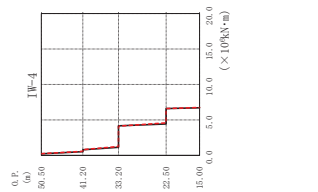
IW-10 ( $\times 10^6 \text{kN}\cdot\text{m}$ )	
①工認モデル	②SA時環境考慮モデル
50.50	0.150
41.20	0.470
33.20	0.894
22.50	3.13
15.00	4.53
6.00	4.57
-0.80	6.25
-8.10	6.32
	8.88
	8.59
	11.3
	11.3
	14.1
	14.6
	17.9
	18.0



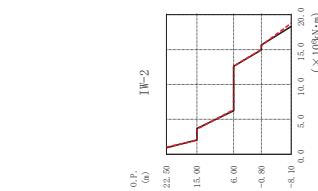
SW ( $\times 10^6 \text{kN}\cdot\text{m}$ )	
①工認モデル	②SA時環境考慮モデル
33.20	0.710
22.50	0.766
15.00	1.20
6.00	1.56
-0.80	3.85
-8.10	3.82
	4.31
	3.77
	3.88
	6.38
	6.18



IW-4 ( $\times 10^6 \text{kN}\cdot\text{m}$ )	
①工認モデル	②SA時環境考慮モデル
41.20	0.209
33.20	0.784
22.50	4.19
15.00	6.59
-0.80	4.43
-8.10	6.59
	4.12
	0.30
	1.00
	1.07
	1.03
	1.03
	1.11
	1.08



IW-2 ( $\times 10^6 \text{kN}\cdot\text{m}$ )	
①工認モデル	②SA時環境考慮モデル
22.50	0.916
15.00	3.63
6.00	6.29
-0.80	12.2
-8.10	15.0
	15.7
	18.3
	15.6
	1.00
	1.03



OW-1 ( $\times 10^6 \text{kN}\cdot\text{m}$ )	
①工認モデル	②SA時環境考慮モデル
33.20	0.790
22.50	1.92
15.00	2.59
6.00	4.12
-0.80	6.24
-8.10	7.76
	7.57
	10.1
	0.88
	0.90
	0.93
	0.97
	0.95
	0.97
	1.00
	0.97
	1.00

図 3-11 最大応答曲げモーメント (基準地震動 S s - D 2, EW 方向)

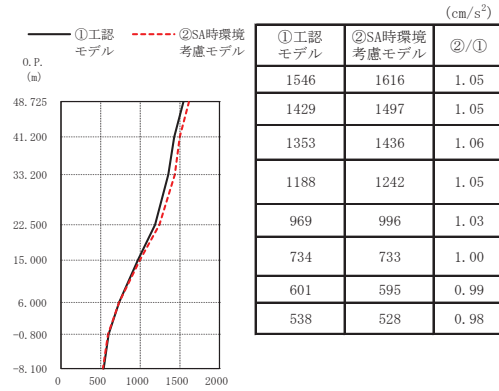
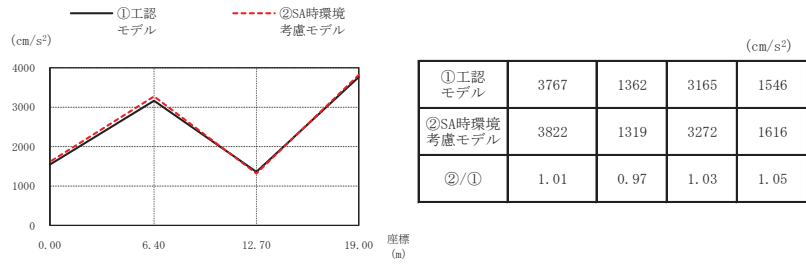


図 3-12 最大応答加速度（基準地震動 S s - D 2，鉛直方向）

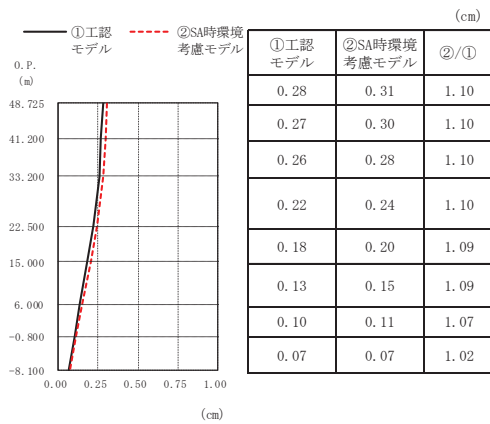
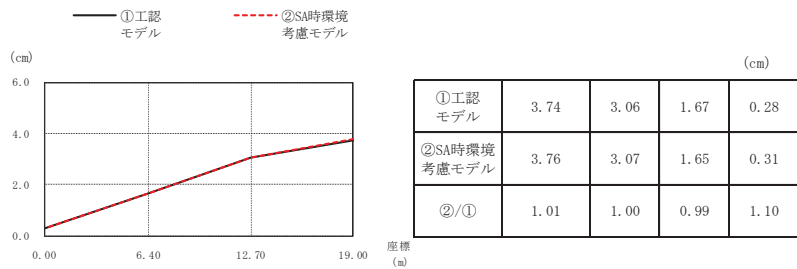


図 3-13 最大応答変位（基準地震動 S s - D 2，鉛直方向）



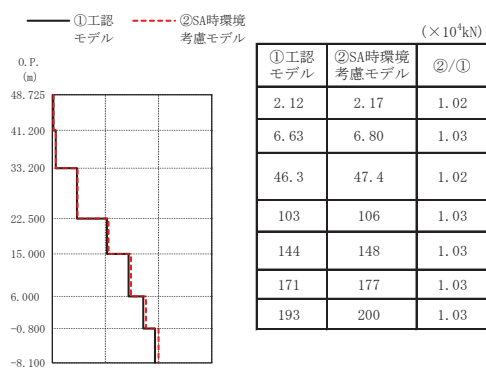


図 3-14 最大応答軸力（基準地震動 S<sub>s</sub>-D2，鉛直方向）

表 3-11 最大応答せん断ひずみ (1/2)

(a) NS 方向

要素 番号	通り	最大応答せん断ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )		③応答比 (②/①)
		①工認 モデル	②剛性低下 考慮モデル	
(1)	OW-K	0.496	0.531	1.07
(2)		0.548	0.545	0.99
(3)		0.485	0.526	1.09
(4)		0.305	0.344	1.13
(5)		0.419	0.429	1.02
(6)	IW-J	0.914	0.917	1.00
(7)		1.037	1.043	1.01
(8)		0.505	0.547	1.08
(9)		0.601	0.592	0.99
(10)		0.559	0.586	1.05
(11)		0.366	0.406	1.11
(12)	SW	0.439	0.447	1.02
(13)		0.149	0.158	1.06
(14)		0.301	0.361	1.20
(15)		0.319	0.342	1.07
(16)		0.354	0.390	1.10
(17)	IW-C	0.284	0.342	1.20
(18)		0.989	0.955	0.97
(19)		0.922	0.910	0.99
(20)		0.612	0.619	1.01
(21)		0.732	0.773	1.06
(22)		0.577	0.584	1.01
(23)		0.373	0.415	1.11
(24)	OW-A	0.527	0.532	1.01
(25)		0.549	0.624	1.14
(26)		0.565	0.626	1.11
(27)		0.567	0.597	1.05
(28)		0.347	0.372	1.07
(29)		0.468	0.468	1.00

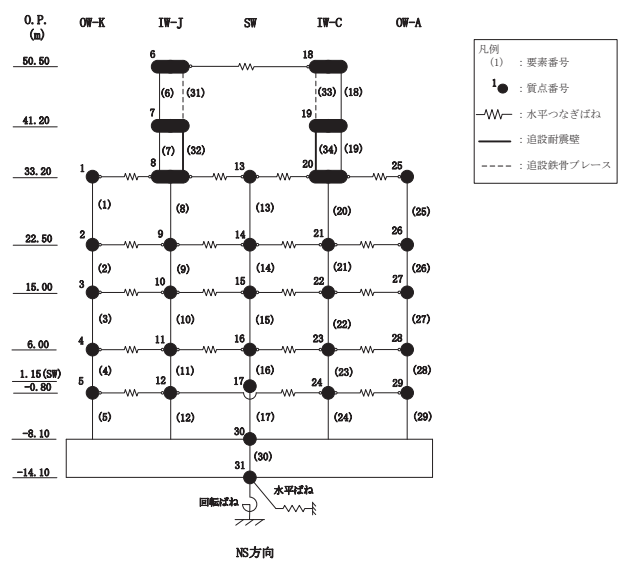
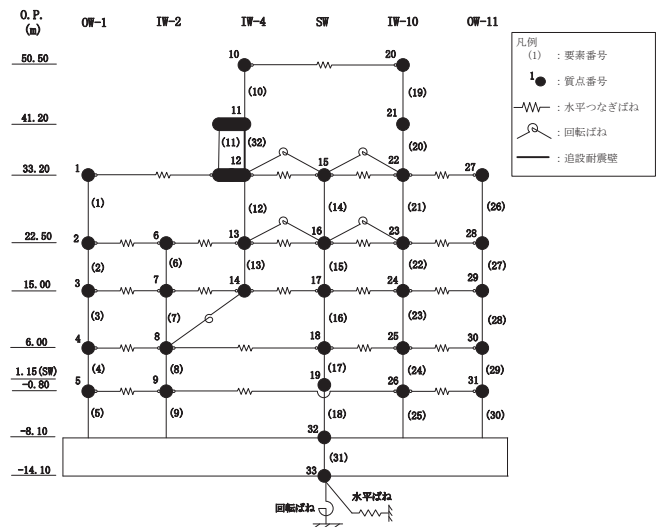


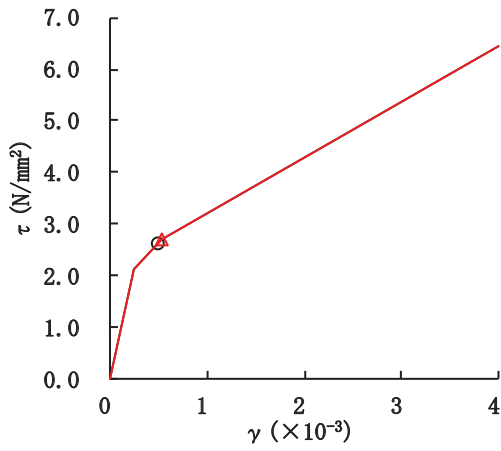
表 3-11 最大応答せん断ひずみ (2/2)

(b) EW 方向

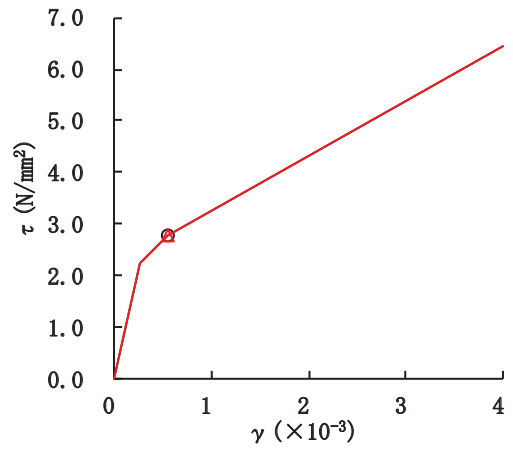
要素番号	通り	最大応答せん断ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )		③応答比 (②/①)
		①工認田デル	②SA時環境 考慮モデル	
(1)	OW-1	0.556	0.626	1.12
(2)		0.440	0.469	1.07
(3)		0.491	0.502	1.02
(4)		0.269	0.328	1.22
(5)		0.354	0.399	1.13
(6)	IW-2	0.338	0.355	1.05
(7)		0.585	0.585	1.00
(8)		0.294	0.356	1.21
(9)	IW-4	0.382	0.422	1.10
(10)		0.444	0.427	0.96
(11)		0.767	0.740	0.97
(12)		0.378	0.392	1.04
(13)	SW	0.421	0.493	1.17
(14)		0.187	0.189	1.01
(15)		0.297	0.351	1.18
(16)		0.486	0.439	0.90
(17)		0.346	0.387	1.12
(18)	IW-10	0.264	0.329	1.25
(19)		0.683	0.633	0.93
(20)		0.703	0.758	1.08
(21)		0.495	0.516	1.04
(22)		0.620	0.652	1.05
(23)		0.502	0.502	1.00
(24)		0.282	0.340	1.21
(25)	0.386	0.414	1.07	
(26)	OW-11	0.543	0.568	1.05
(27)		0.604	0.624	1.03
(28)		0.453	0.450	0.99
(29)		0.269	0.335	1.25
(29)		0.335	0.385	1.15



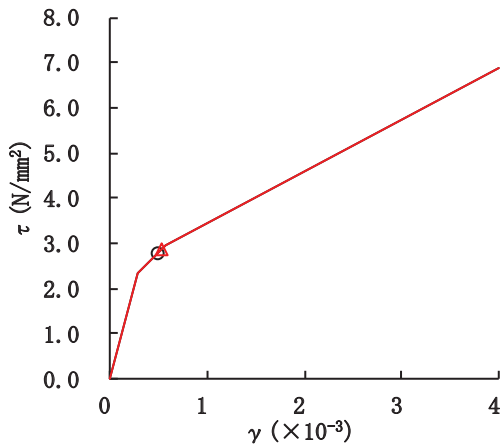
○ 工認モデル      △ SA 時環境考慮モデル



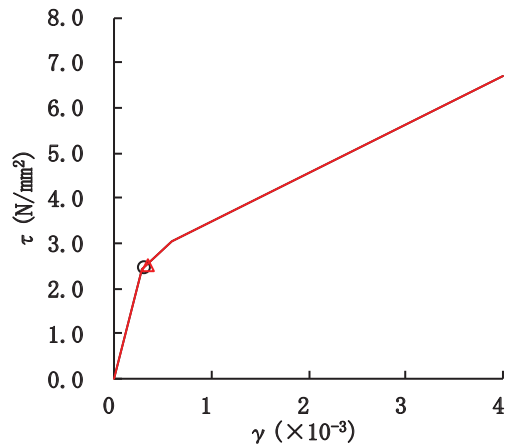
要素番号 (1)



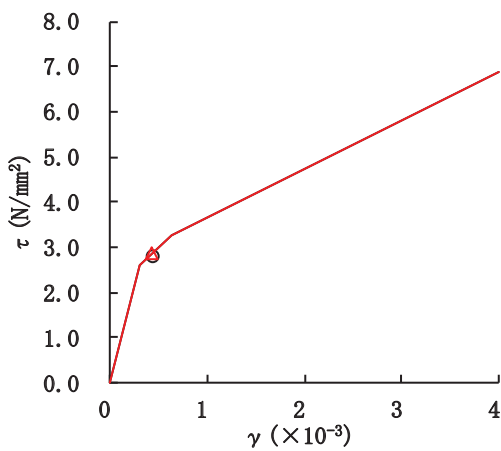
要素番号 (2)



要素番号 (3)



要素番号 (4)



要素番号 (5)

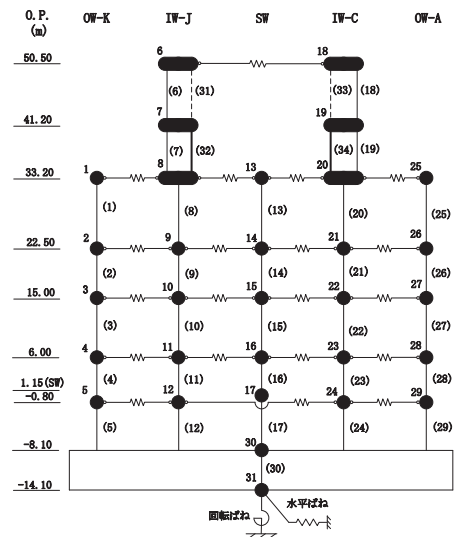
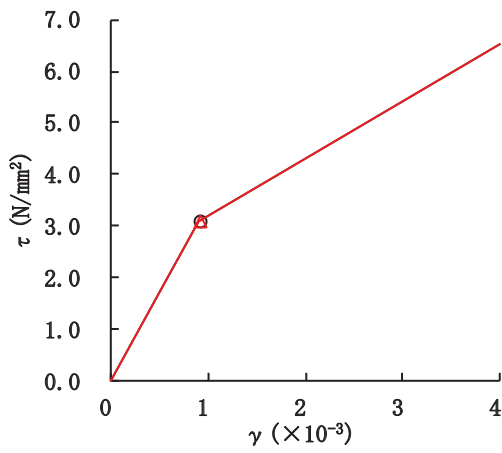
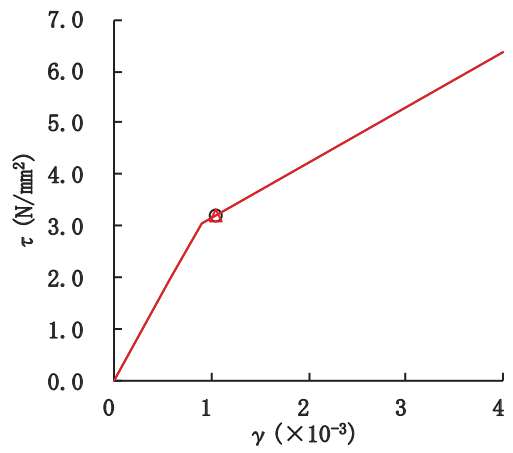


図 3-15(1) せん断スケルトンカーブ上の最大応答値  
(基準地震動  $S_s - D2$ , NS 方向) (1/7)

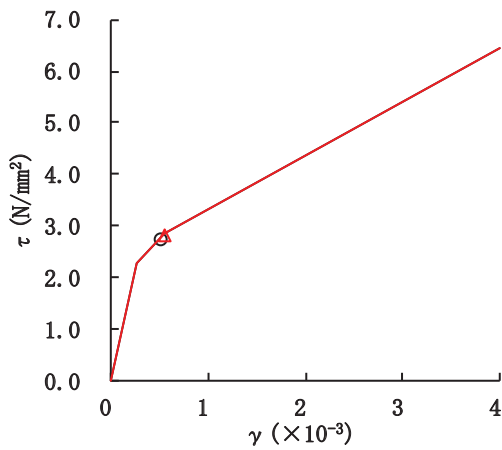
○ 工認モデル      △ SA 時環境考慮モデル



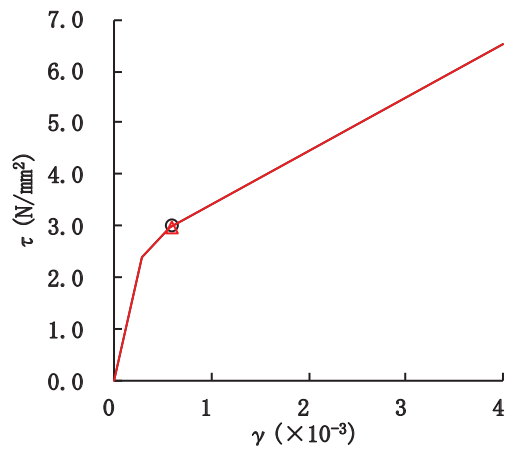
要素番号 (6)



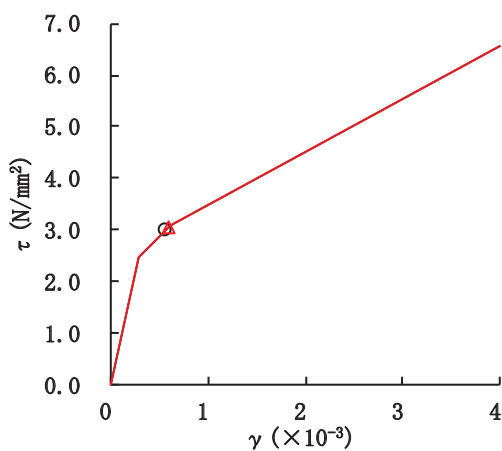
要素番号 (7)



要素番号 (8)



要素番号 (9)



要素番号 (10)

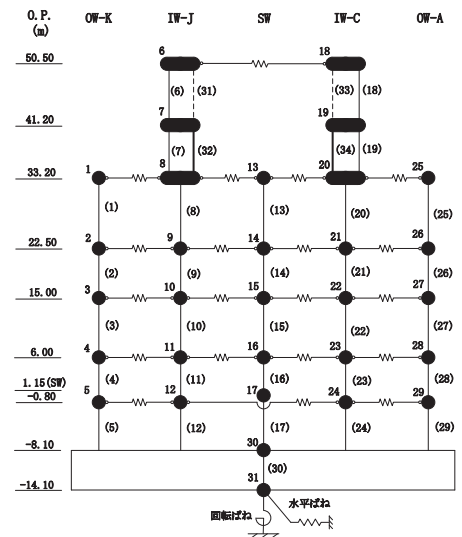
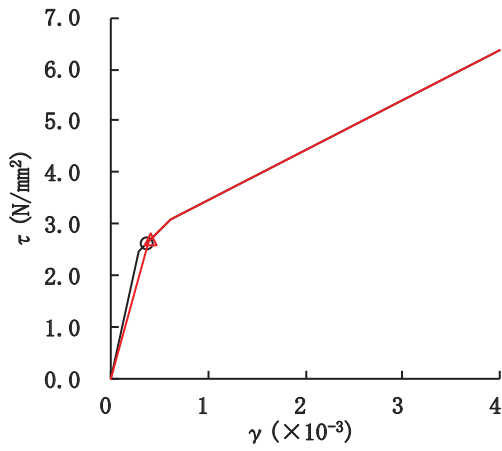
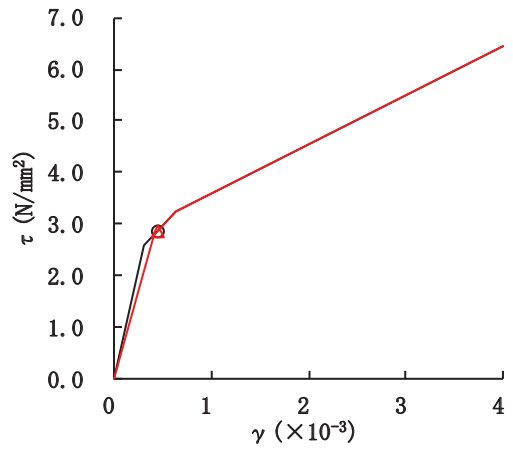


図 3-15(2) セン断スケルトンカーブ上の最大応答値  
(基準地震動 S<sub>s</sub>-D2, NS 方向) (2/7)

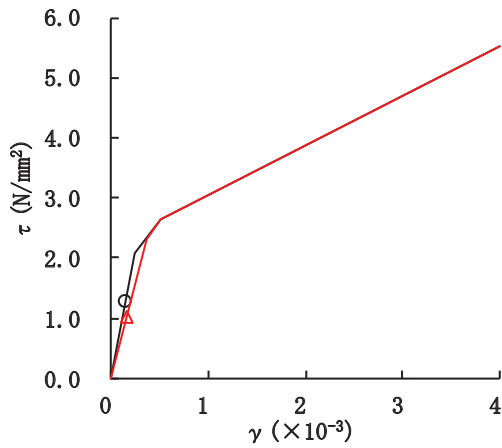
○ 工認モデル      △ SA 時環境考慮モデル



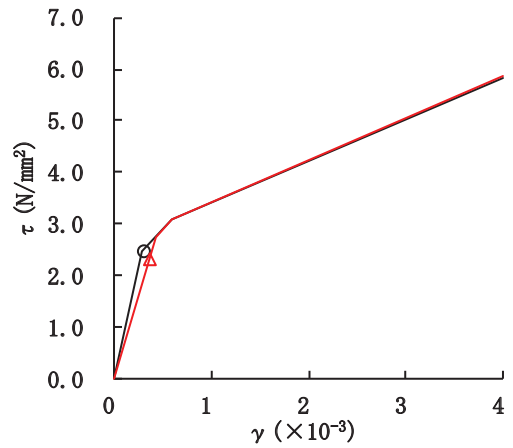
要素番号 (11)



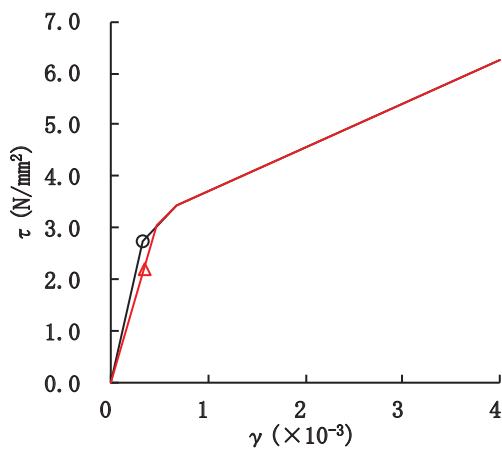
要素番号 (12)



要素番号 (13)



要素番号 (14)



要素番号 (15)

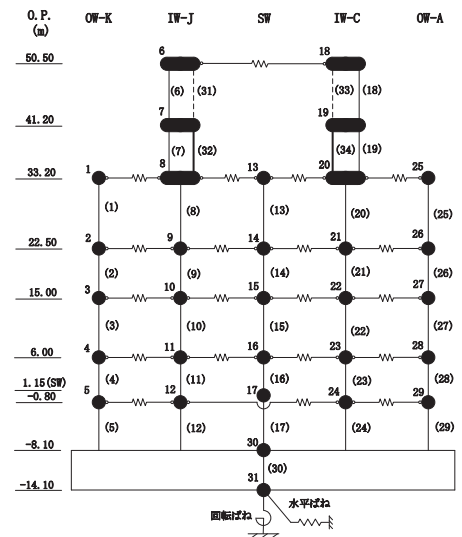
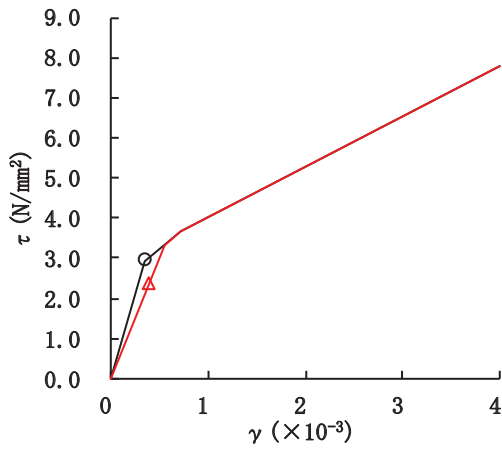
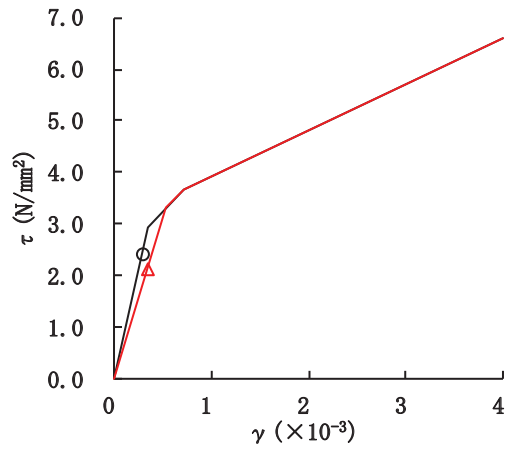


図 3-15(3) せん断スケルトンカーブ上の最大応答値  
(基準地震動 S<sub>s</sub>-D2, NS 方向) (3/7)

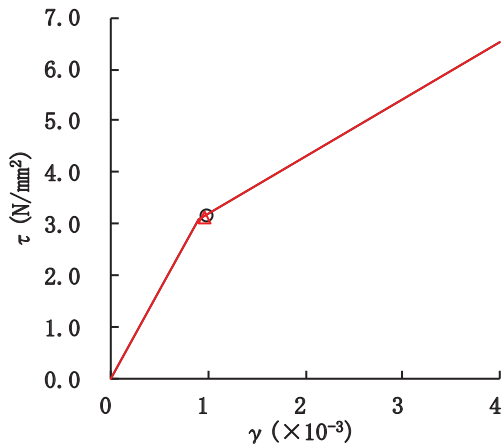
○ 工認モデル      △ SA 時環境考慮モデル



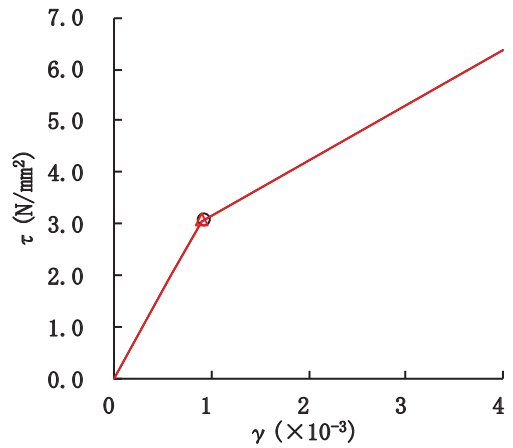
要素番号 (16)



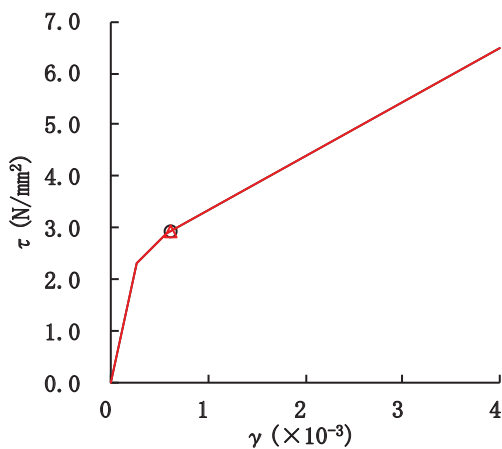
要素番号 (17)



要素番号 (18)



要素番号 (19)



要素番号 (20)

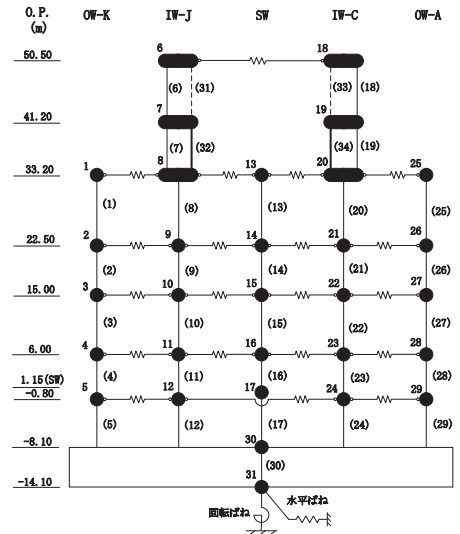
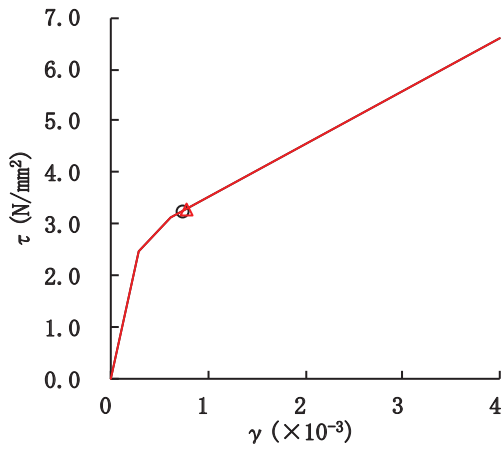
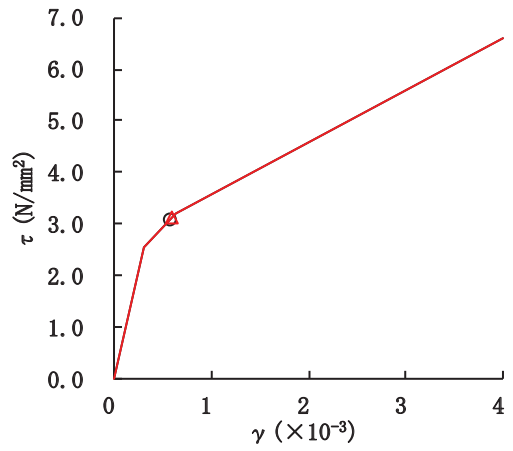


図 3-15(4) せん断スケルトンカーブ上の最大応答値  
(基準地震動 S<sub>s</sub>-D2, NS 方向) (4/7)

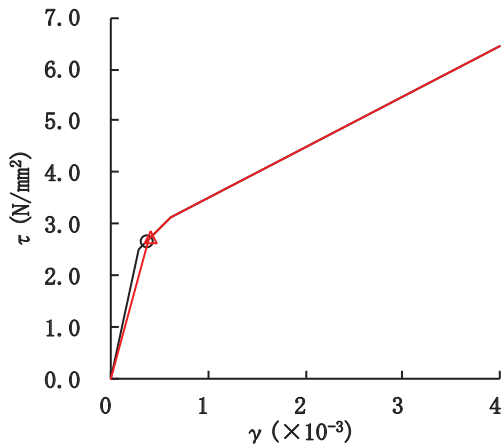
○ 工認モデル      △ SA 時環境考慮モデル



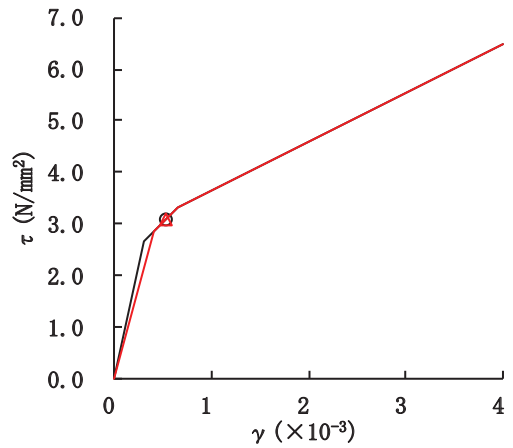
要素番号 (21)



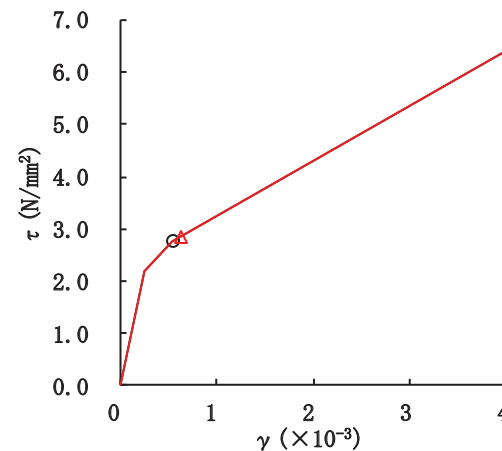
要素番号 (22)



要素番号 (23)



要素番号 (24)



要素番号 (25)

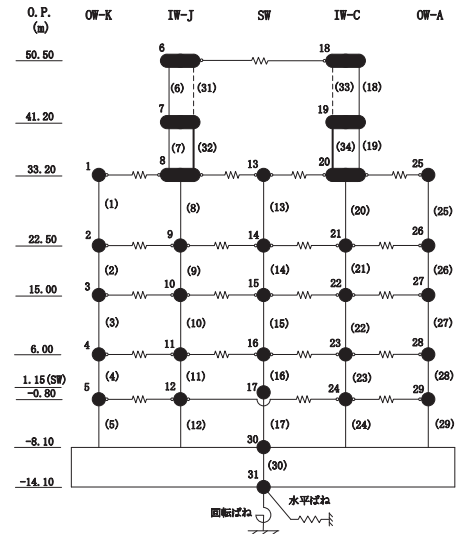
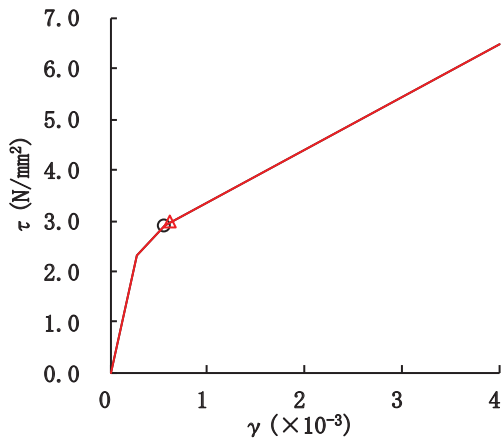


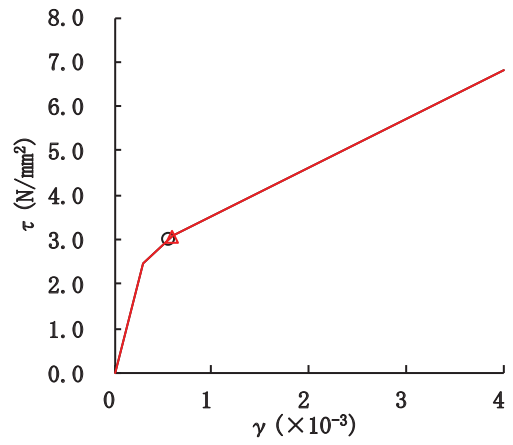
図 3-15(5) セン断スケルトンカーブ上の最大応答値  
(基準地震動 S<sub>s</sub>-D2, NS 方向) (5/7)



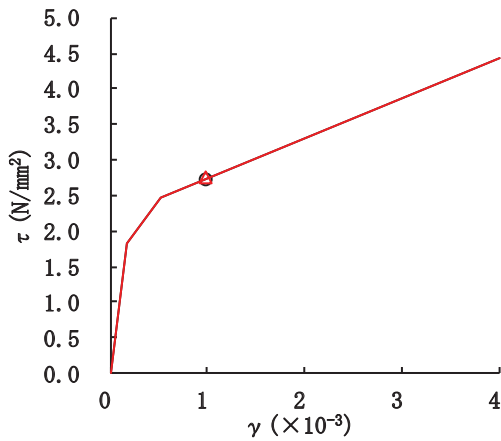
○ 工認モデル      △ SA 時環境考慮モデル



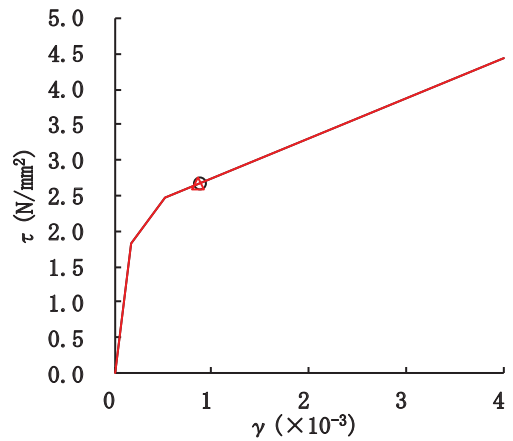
要素番号 (26)



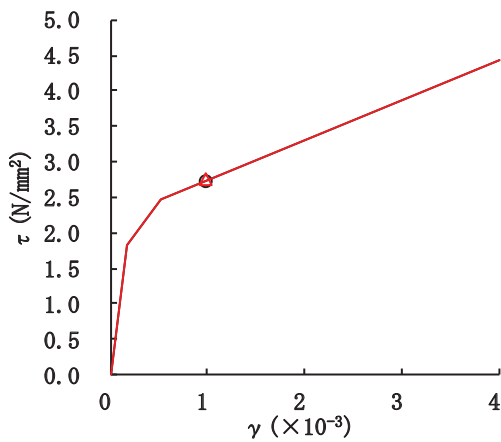
要素番号 (27)



要素番号 (28)



要素番号 (29)



要素番号 (32)

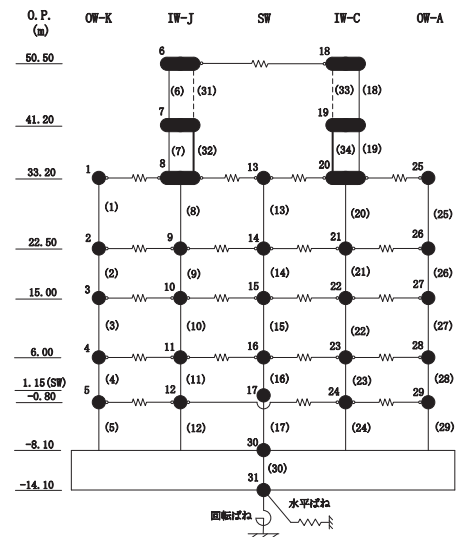
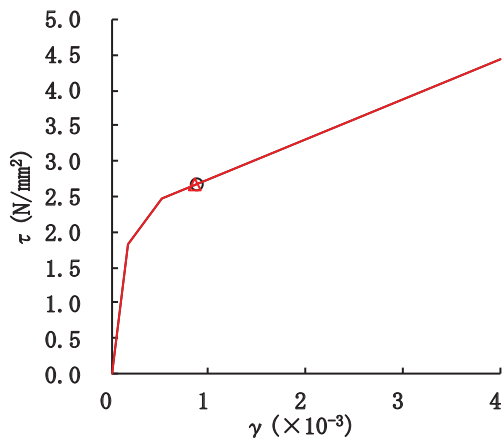


図 3-15(6) セン断スケルトンカーブ上の最大応答値  
(基準地震動 S<sub>s</sub>-D2, NS 方向) (6/7)

○ 工認モデル      △ SA 時環境考慮モデル



要素番号 (34)

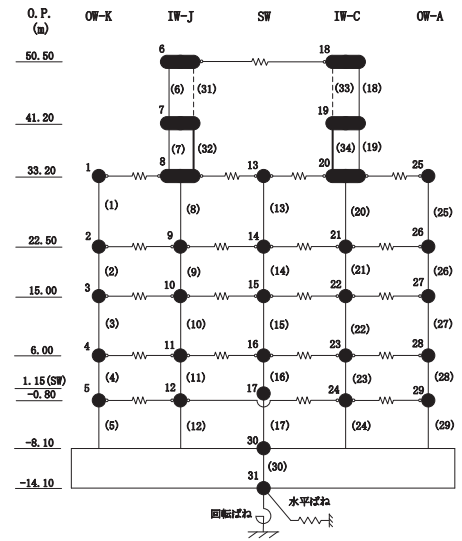
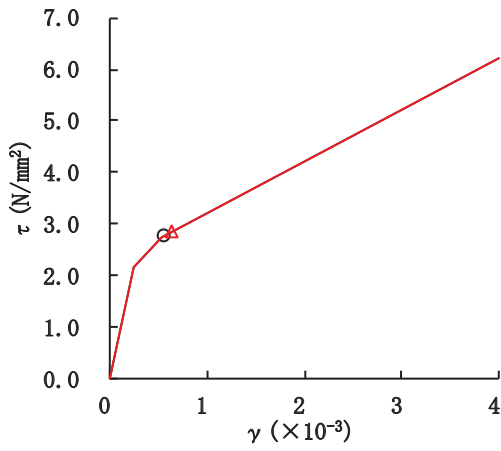
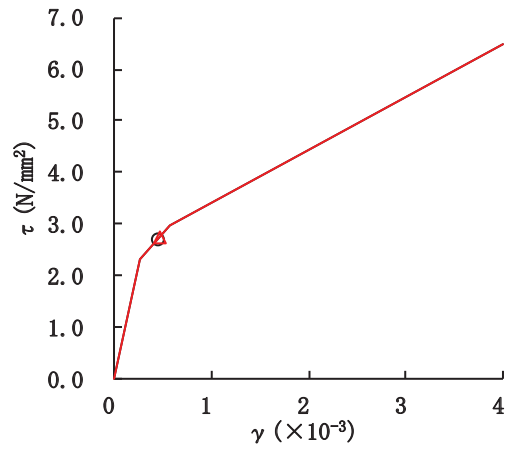


図 3-15(7) せん断スケルトンカーブ上の最大応答値  
(基準地震動 S<sub>s</sub>-D 2, NS 方向) (7/7)

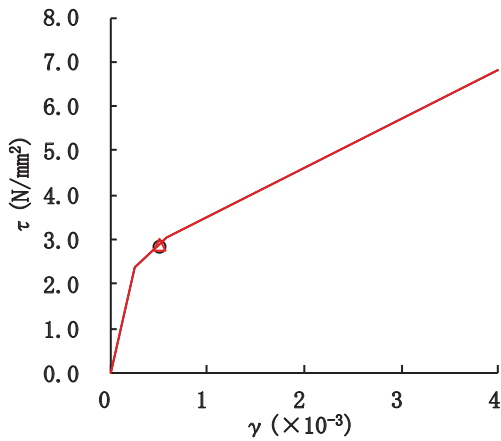
○ 工認モデル      △ SA 時環境考慮モデル



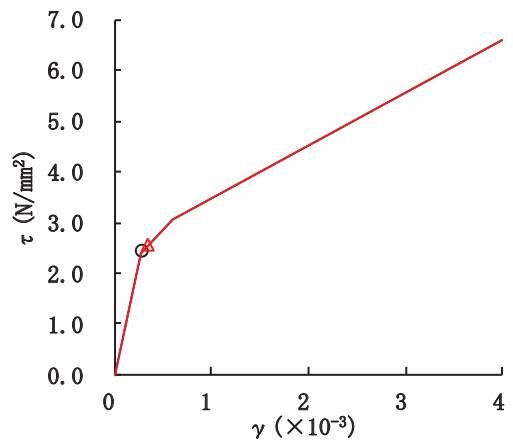
要素番号 (1)



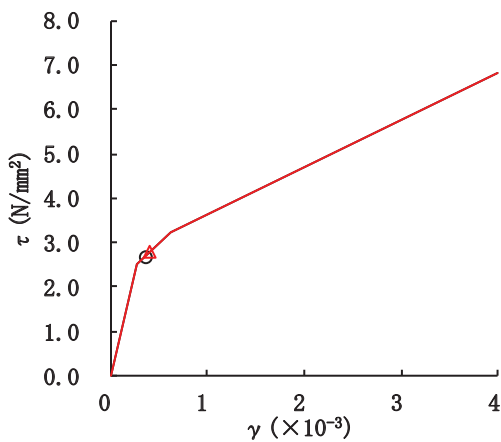
要素番号 (2)



要素番号 (3)



要素番号 (4)



要素番号 (5)

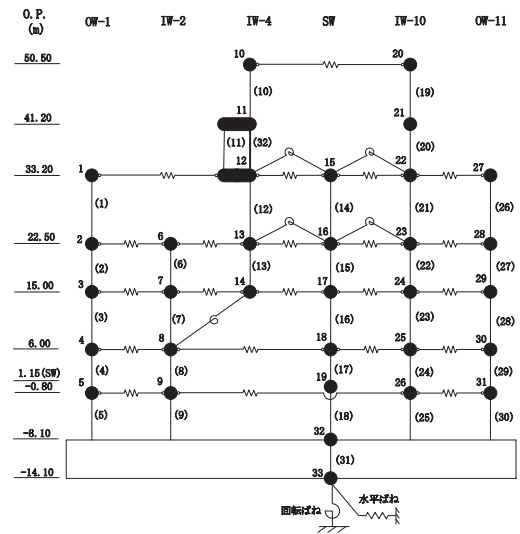
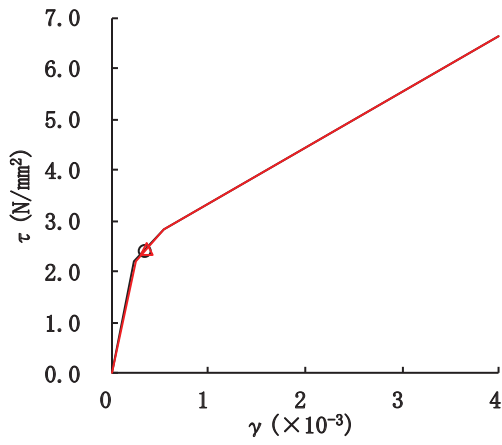
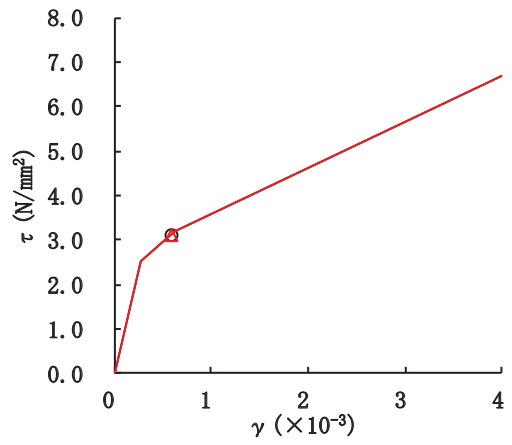


図 3-16(1) セン断スケルトンカーブ上の最大応答値  
(基準地震動 S<sub>s</sub>-D2, EW 方向) (1/7)

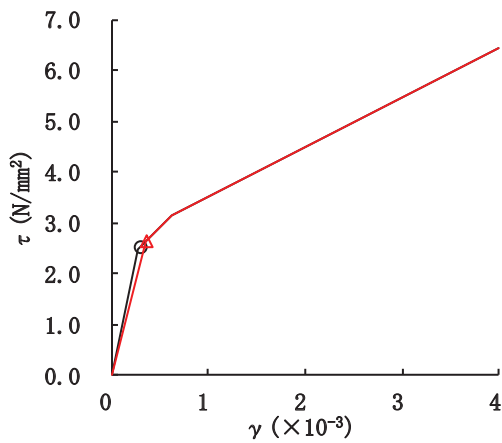
○ 工認モデル      △ SA 時環境考慮モデル



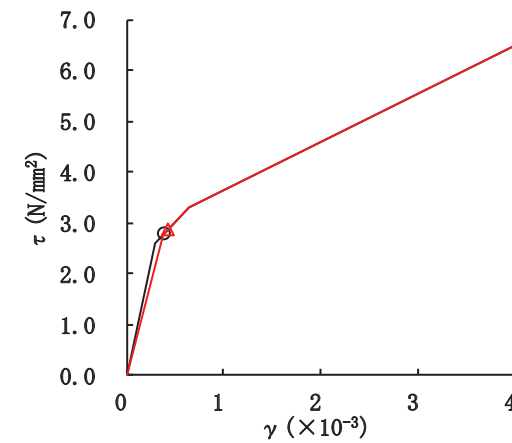
要素番号 (6)



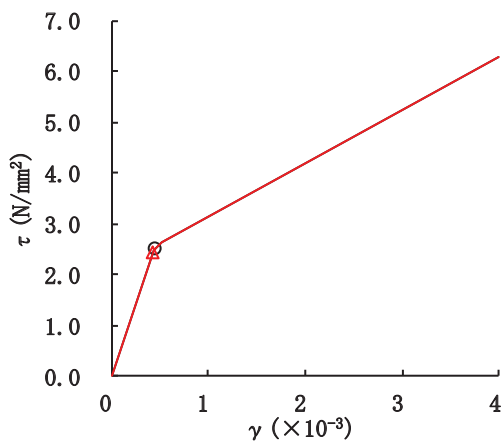
要素番号 (7)



要素番号 (8)



要素番号 (9)



要素番号 (10)

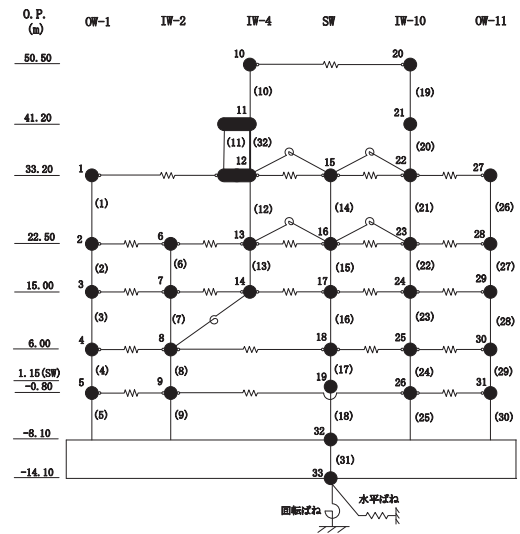
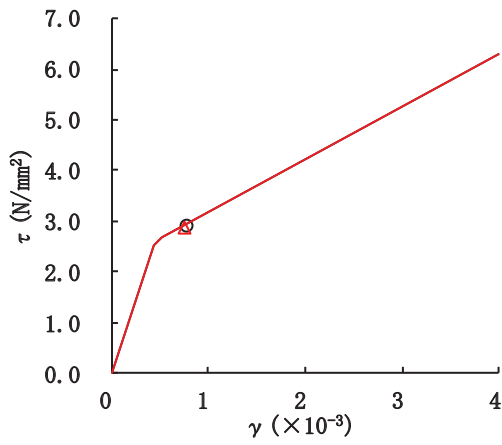
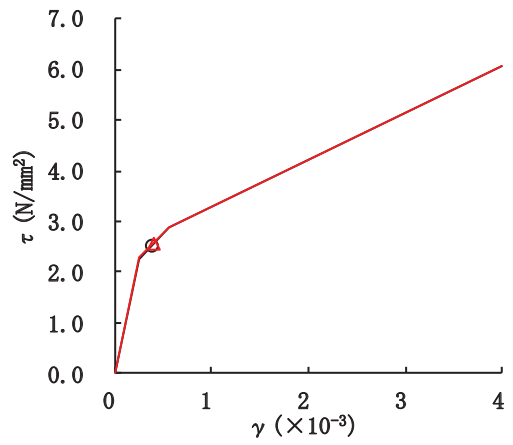


図 3-16(2) セン断スケルトンカーブ上の最大応答値  
(基準地震動  $S_s - D2$ , EW 方向) (2/7)

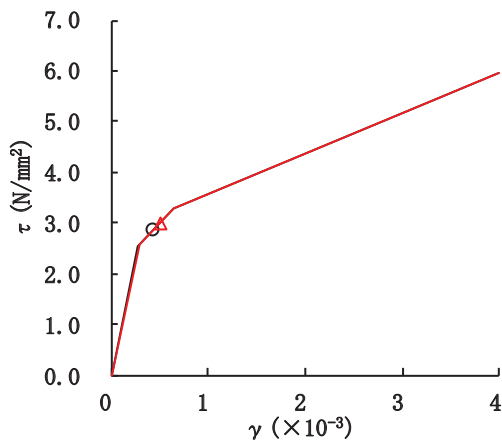
○ 工認モデル      △ SA 時環境考慮モデル



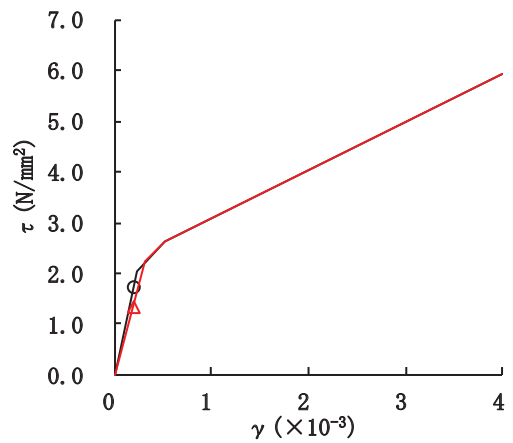
要素番号 (11)



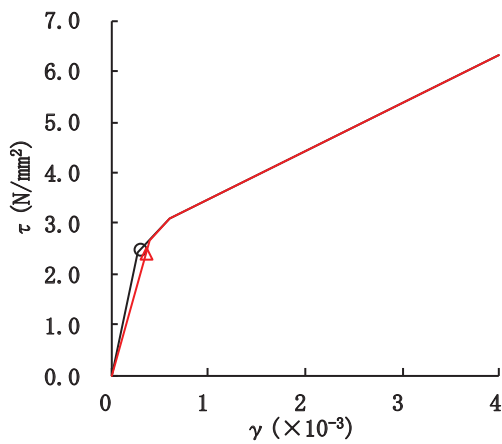
要素番号 (12)



要素番号 (13)



要素番号 (14)



要素番号 (15)

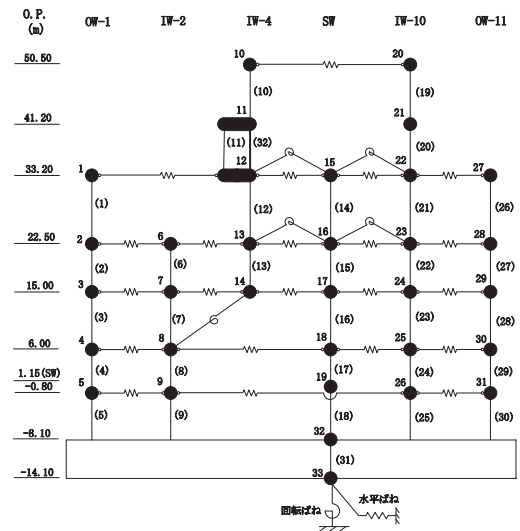
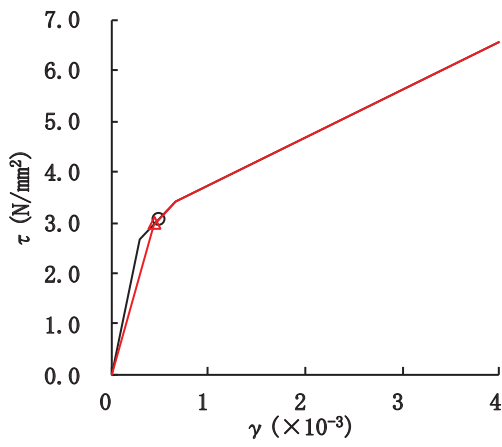
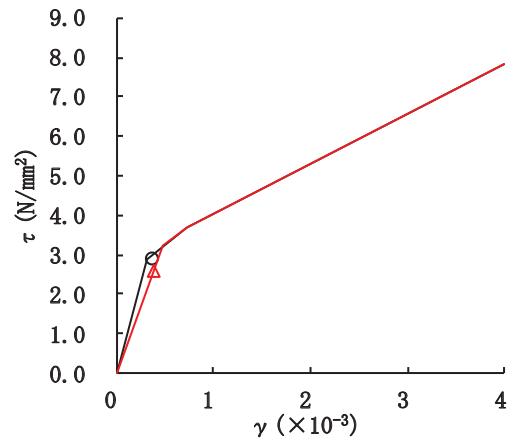


図 3-16(3) セン断スケルトンカーブ上の最大応答値  
(基準地震動 S<sub>s</sub>-D2, EW 方向) (3/7)

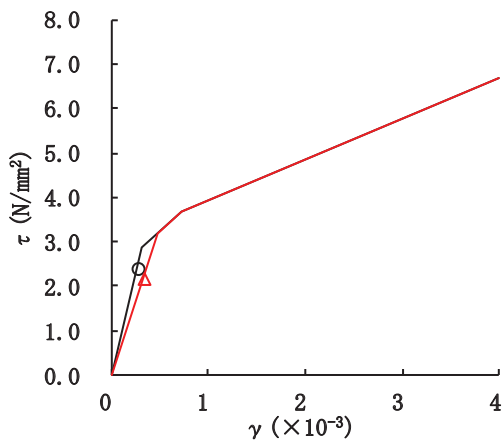
○ 工認モデル      △ SA 時環境考慮モデル



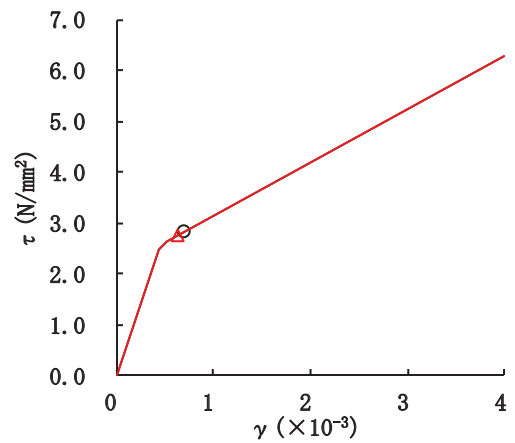
要素番号 (16)



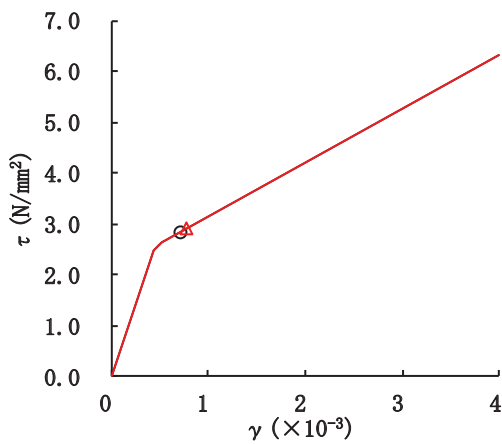
要素番号 (17)



要素番号 (18)



要素番号 (19)



要素番号 (20)

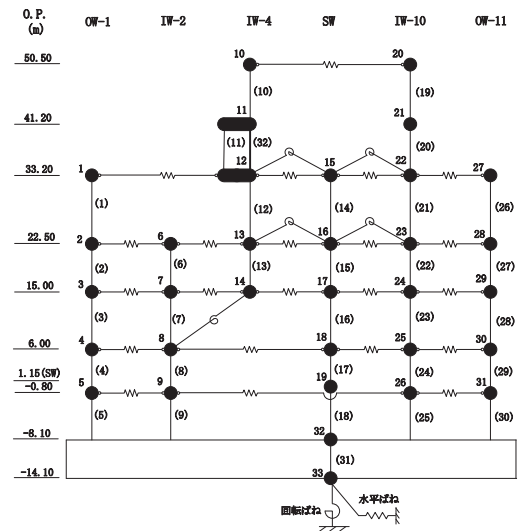
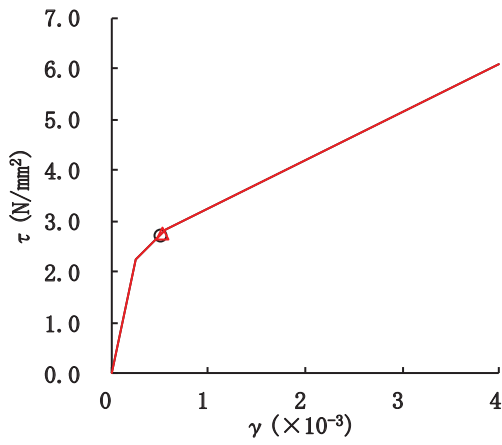
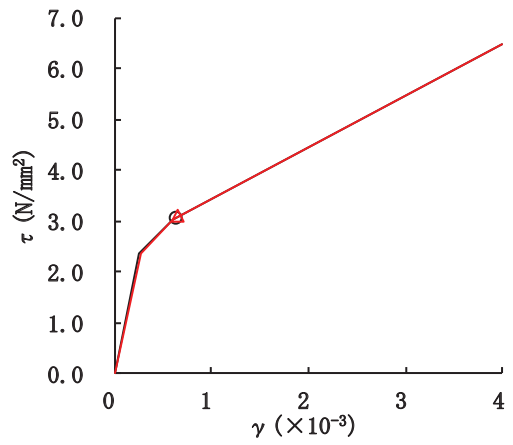


図 3-16(4) せん断スケルトンカーブ上の最大応答値  
(基準地震動 S<sub>s</sub>-D2, EW 方向) (4/7)

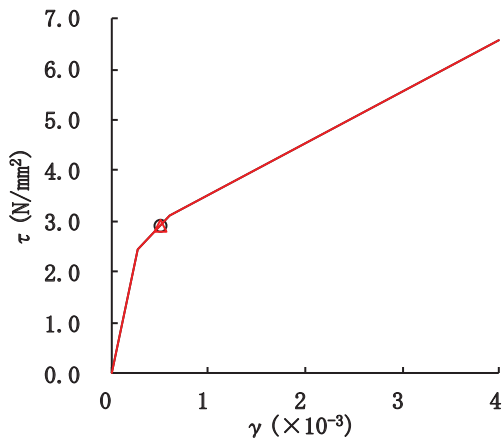
○ 工認モデル      △ SA時環境考慮モデル



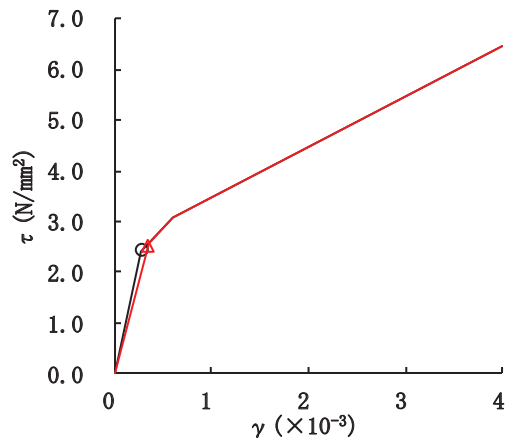
要素番号 (21)



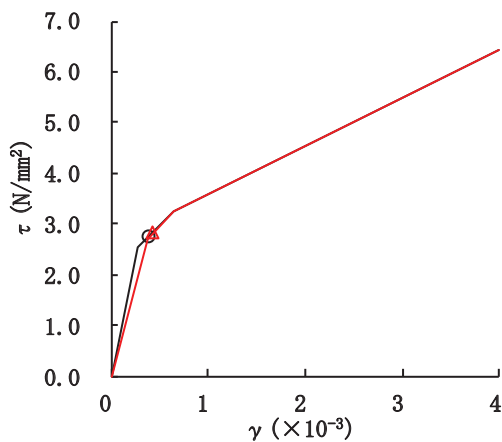
要素番号 (22)



要素番号 (23)



要素番号 (24)



要素番号 (25)

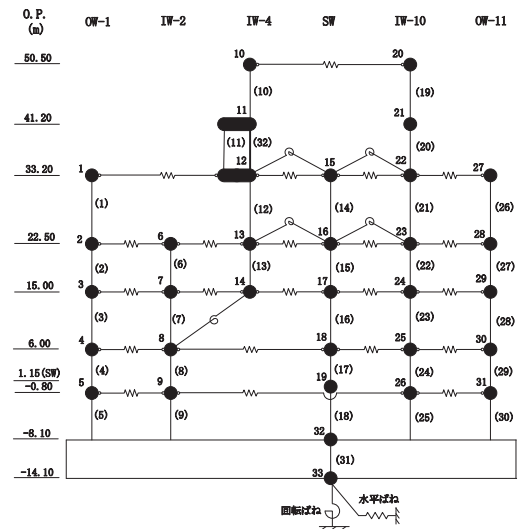
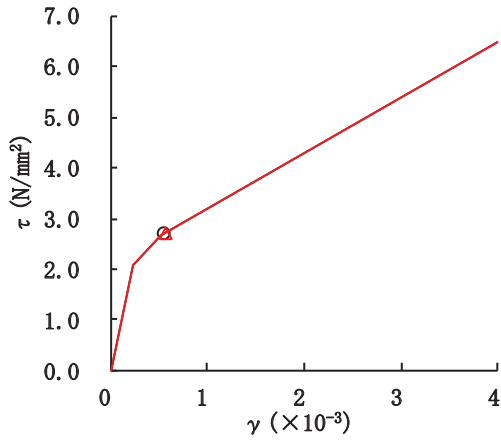
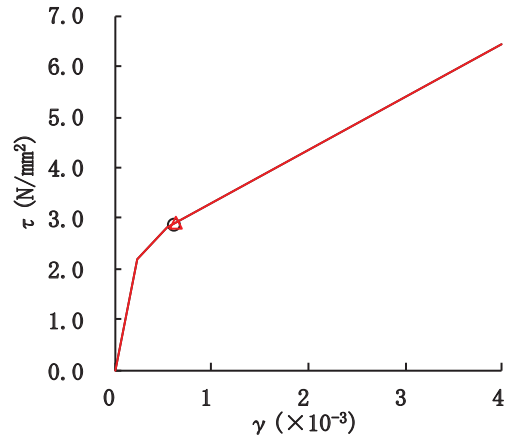


図 3-16(5) セン断スケルトンカーブ上の最大応答値  
(基準地震動 S<sub>s</sub>-D2, EW 方向) (5/7)

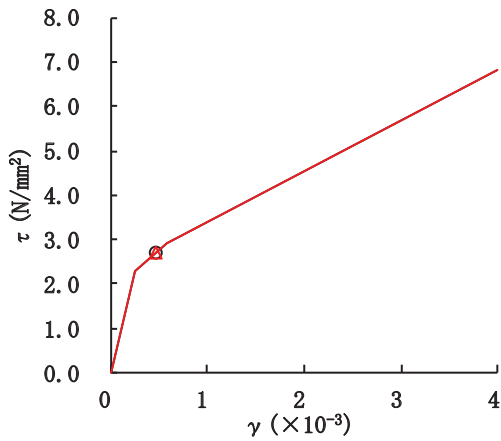
○ 工認モデル      △ SA 時環境考慮モデル



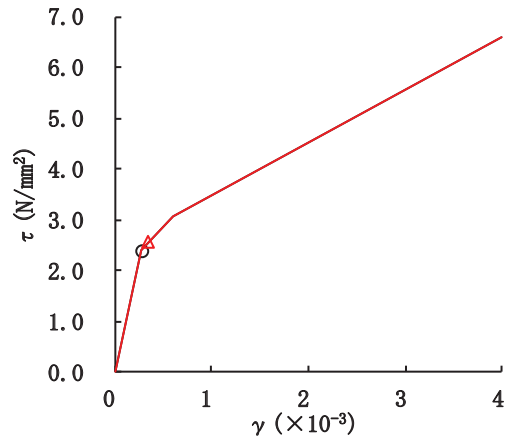
要素番号 (26)



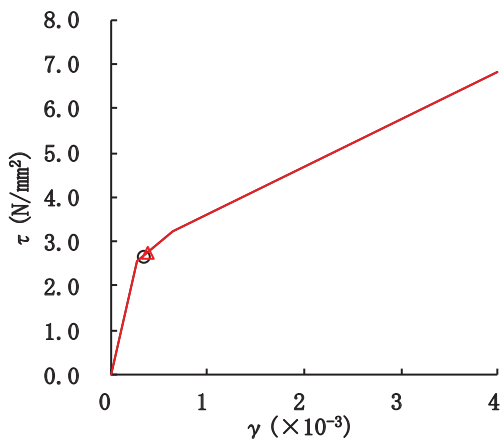
要素番号 (27)



要素番号 (28)



要素番号 (29)



要素番号 (30)

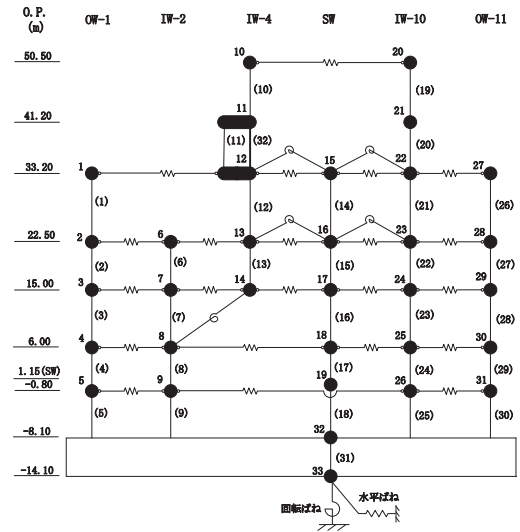
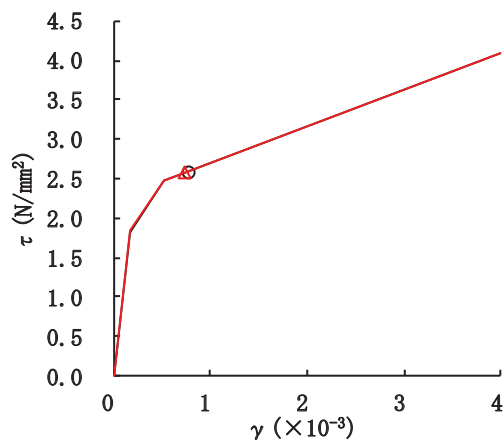


図 3-16(6) セン断スケルトンカーブ上の最大応答値  
(基準地震動 S<sub>s</sub>-D2, EW 方向) (6/7)



○ 工認モデル      △ SA 時環境考慮モデル



要素番号 (32)

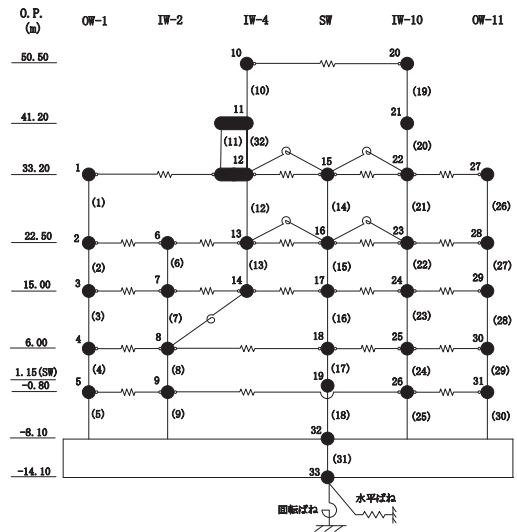


図 3-16(7) せん断スケルトンカーブ上の最大応答値  
(基準地震動 S<sub>s</sub>-D2, EW 方向) (7/7)

表 3-12 最大接地圧

地震動	NS 方向			EW 方向			極限 支持力度 (kN/m <sup>2</sup> )
	最大接地圧 (kN/m <sup>2</sup> )		③ 応答比 (②/①)	最大接地圧 (kN/m <sup>2</sup> )		③ 応答比 (②/①)	
	① 工認 モデル	② SA 時環境 考慮モデル		① 工認 モデル	② SA 時環境 考慮モデル		
S s - D 2	1820	1790	0.98	1640	1730	1.05	13700

### 3.3 原子炉建屋の地震応答解析による評価に与える影響

「3.2 重大事故等時の高温による影響を考慮した原子炉建屋の地震応答解析」の地震応答解析結果を踏まえ、重大事故等時の熱によるコンクリート部材の剛性低下が、原子炉建屋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。

#### 3.3.1 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  $S_{s-D1} \sim S_{s-N1}$  に対する最大応答せん断ひずみの包絡値に、基準地震動  $S_{s-D2}$  に対する「工認モデル」と「SA時環境考慮モデル」の応答比（「SA時環境考慮モデル」／「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  $S_{s-D1} \sim S_{s-N1}$  に対する最大接地圧の包絡値に基準地震動  $S_{s-D2}$  に対する「工認モデル」と「SA時環境考慮モデル」の応答比（「SA時環境考慮モデル」／「工認モデル」）の最大値を乗じた値が許容限界を超えないことを確認する。

また、基準地震動  $S_{s-D2}$  に対する床応答スペクトルについて、「工認モデル」と「SA時環境考慮モデル」の比較を行う。

#### 3.3.2 検討結果

##### (1) せん断ひずみの検討結果

せん断ひずみの検討における原子炉建屋の応答比及び応答比を乗じた最大応答せん断ひずみを表 3-14 に示す。

表 3-14 より、最大応答せん断ひずみに最大応答比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 3-13(1) 原子炉建屋に生じる最大応答せん断ひずみに最大応答比を乗じた値 (1/2)

(a) NS 方向

要素 番号	通り	最大応答せん断ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )		③応答比 (②/①)	最大応答せん断ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	
		①工認 モデル	②SA時環境 考慮モデル		④材料物性の 不確かさ考慮 モデル	応答比を 乗じた値 (③ $\times$ ④)
(1)	OW-K	0.496	0.531	1.07	0.593	0.635
(2)		0.548	0.545	0.99	0.744	0.740
(3)		0.485	0.526	1.09	0.677	0.735
(4)		0.305	0.344	1.13	0.412	0.463
(5)		0.419	0.429	1.02	0.499	0.510
(6)	IW-J	0.914	0.917	1.00	1.132	1.135
(7)		1.037	1.043	1.01	1.313	1.322
(8)		0.505	0.547	1.08	0.595	0.645
(9)		0.601	0.592	0.99	0.775	0.764
(10)		0.559	0.586	1.05	0.756	0.791
(11)		0.366	0.406	1.11	0.493	0.547
(12)		0.439	0.447	1.02	0.521	0.531
(13)	SW	0.149	0.158	1.06	0.141	0.149
(14)		0.301	0.361	1.20	0.356	0.427
(15)		0.319	0.342	1.07	0.400	0.430
(16)		0.354	0.390	1.10	0.473	0.521
(17)		0.284	0.342	1.20	0.350	0.420
(18)	IW-C	0.989	0.955	0.97	1.190	1.150
(19)		0.922	0.910	0.99	1.208	1.192
(20)		0.612	0.619	1.01	0.600	0.607
(21)		0.732	0.773	1.06	0.955	1.008
(22)		0.577	0.584	1.01	0.773	0.783
(23)		0.373	0.415	1.11	0.497	0.553
(24)		0.527	0.532	1.01	0.627	0.633
(25)	OW-A	0.549	0.624	1.14	0.574	0.653
(26)		0.565	0.626	1.11	0.812	0.898
(27)		0.567	0.597	1.05	0.769	0.809
(28)		0.347	0.372	1.07	0.446	0.478
(29)		0.468	0.468	1.00	0.558	0.557

表 3-13(2) 原子炉建屋に生じる最大応答せん断ひずみに最大応答比を乗じた値 (2/2)

(b) EW 方向

要素 番号	通り	最大応答せん断ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )		③応答比 (②/①)	最大応答せん断ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	
		①工認 モデル	②SA時環境 考慮モデル		④材料物性の 不確かさ考慮 モデル	応答比を 乗じた値 (③ $\times$ ④)
(1)	OW-1	0.556	0.626	1.12	0.505	0.568
(2)		0.440	0.469	1.07	0.539	0.575
(3)		0.491	0.502	1.02	0.584	0.598
(4)		0.269	0.328	1.22	0.362	0.442
(5)		0.354	0.399	1.13	0.424	0.477
(6)	IW-2	0.338	0.355	1.05	0.431	0.452
(7)		0.585	0.585	1.00	0.662	0.662
(8)		0.294	0.356	1.21	0.388	0.470
(9)		0.382	0.422	1.10	0.462	0.510
(10)	IW-4	0.444	0.427	0.96	0.552	0.531
(11)		0.767	0.740	0.97	0.603	0.582
(12)		0.378	0.392	1.04	0.361	0.375
(13)		0.421	0.493	1.17	0.491	0.576
(14)	SW	0.187	0.189	1.01	0.190	0.192
(15)		0.297	0.351	1.18	0.394	0.466
(16)		0.486	0.439	0.90	0.558	0.504
(17)		0.346	0.387	1.12	0.477	0.532
(18)		0.264	0.329	1.25	0.337	0.420
(19)	IW-10	0.683	0.633	0.93	0.623	0.577
(20)		0.703	0.758	1.08	0.624	0.673
(21)		0.495	0.516	1.04	0.432	0.451
(22)		0.620	0.652	1.05	0.751	0.789
(23)		0.502	0.502	1.00	0.572	0.571
(24)		0.282	0.340	1.21	0.386	0.466
(25)		0.386	0.414	1.07	0.483	0.518
(26)	OW-11	0.543	0.568	1.05	0.471	0.493
(27)		0.604	0.624	1.03	0.738	0.762
(28)		0.453	0.450	0.99	0.511	0.507
(29)		0.269	0.335	1.25	0.374	0.467
(30)		0.335	0.385	1.15	0.437	0.501

(2) 接地圧の検討結果

材料物性の不確かさを考慮した基準地震動  $S_s - D 1 \sim S_s - N 1$  に対する最大接地圧の包絡値に、最大応答比を乗じた値を表 3-15 に示す。

表 3-15 より、最大接地圧の包絡値に最大応答比を乗じた値が、地盤の極限支持力 ( $13700\text{kN/m}^2$ ) を超えないことを確認した。

表 3-14 最大接地圧の包絡値に最大応答比を乗じた値

材料物性の不確かさ考慮モデル			基準地震動 $S_s - D 2$ に対する応答比 (「SA 時環境考慮モデル」/「工認モデル」)	確認結果 ①×② ( $\text{kN/m}^2$ )
地震動	方向	最大接地圧① ( $\text{kN/m}^2$ )	最大応答比②	
$S_s - D 1$	NS 方向	3500	1.05	3692

(3) 床応答スペクトルの検討結果

地震応答解析モデルの全質点の床応答スペクトルについて、「SA 時環境考慮モデル」と「工認モデル」の比較結果を図 3-17～図 3-19 に示す。

床応答スペクトルの比較を行った結果、全体的な傾向として、「SA 時環境考慮モデル」の応答と「工認モデル」の応答がおおむね同等であることを確認したものの、「4. 機器・配管系の評価に与える影響」において機器・配管系の評価に与える影響の確認を行う。

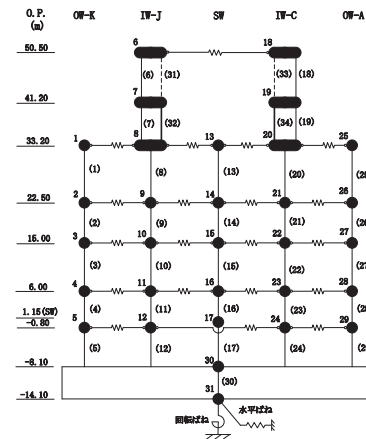
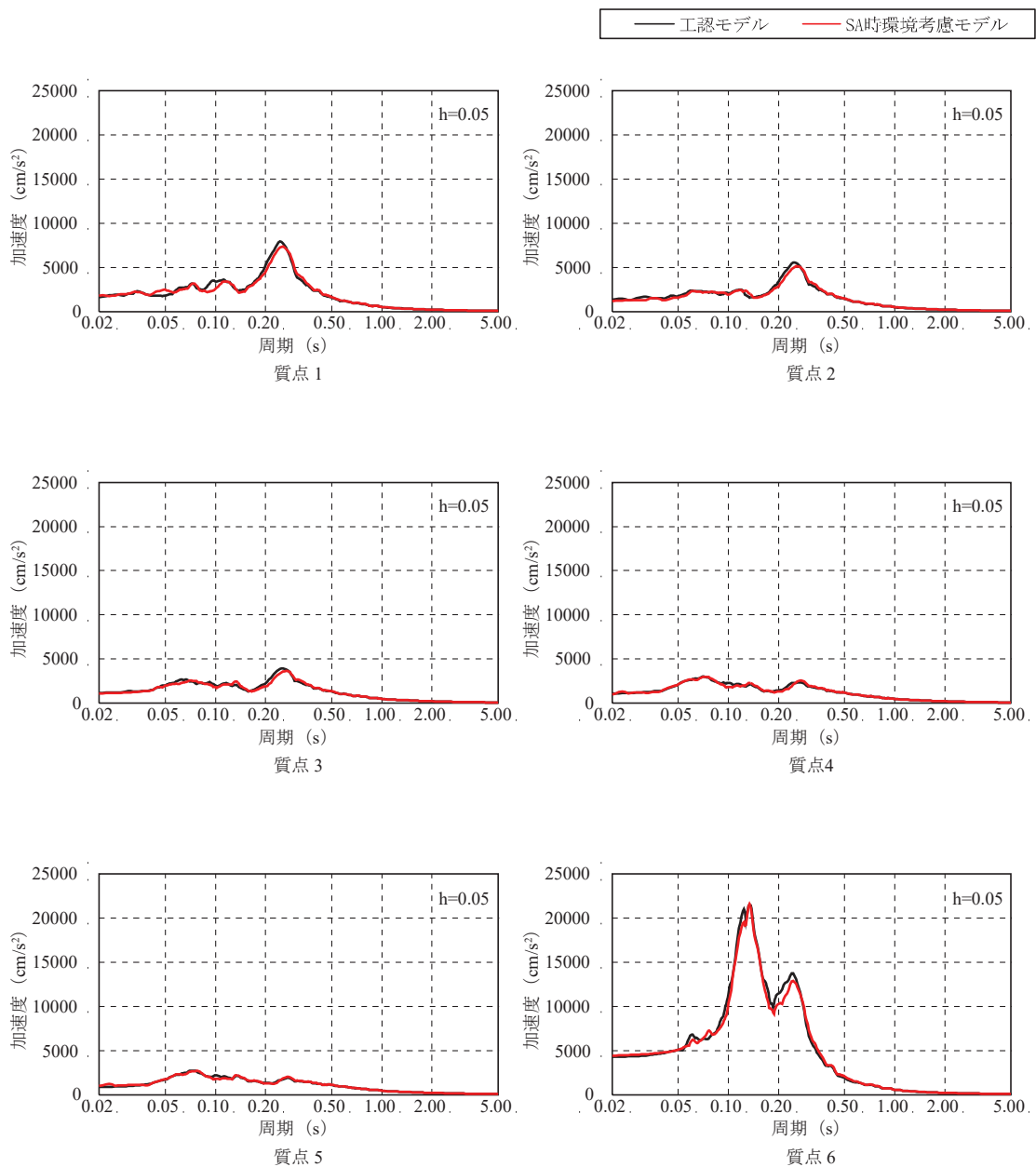


図 3-17(1) 床応答スペクトルの比較  
 (基準地震動  $S_s - D2$ , NS 方向, 減衰 5%) (1/5)

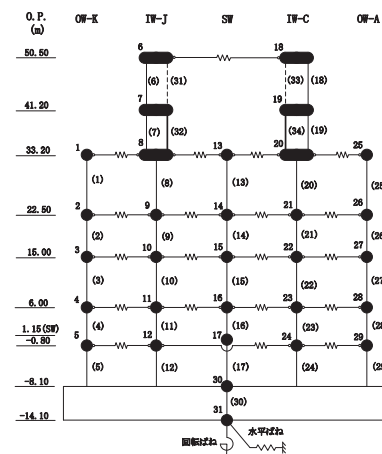
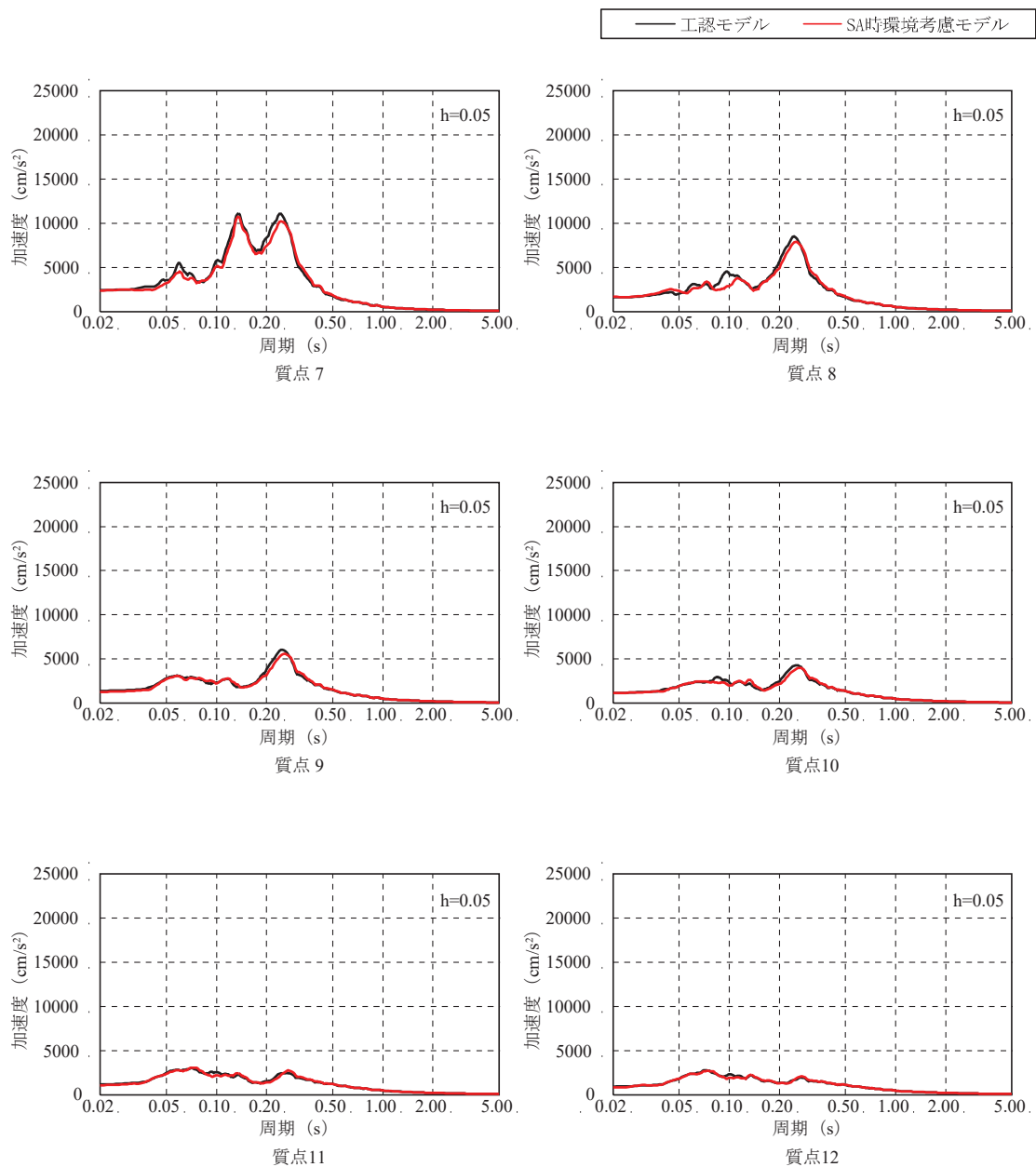


図 3-17(2) 床応答スペクトルの比較  
 (基準地震動  $S_s - D2$ , NS 方向, 減衰 5%) (2/5)



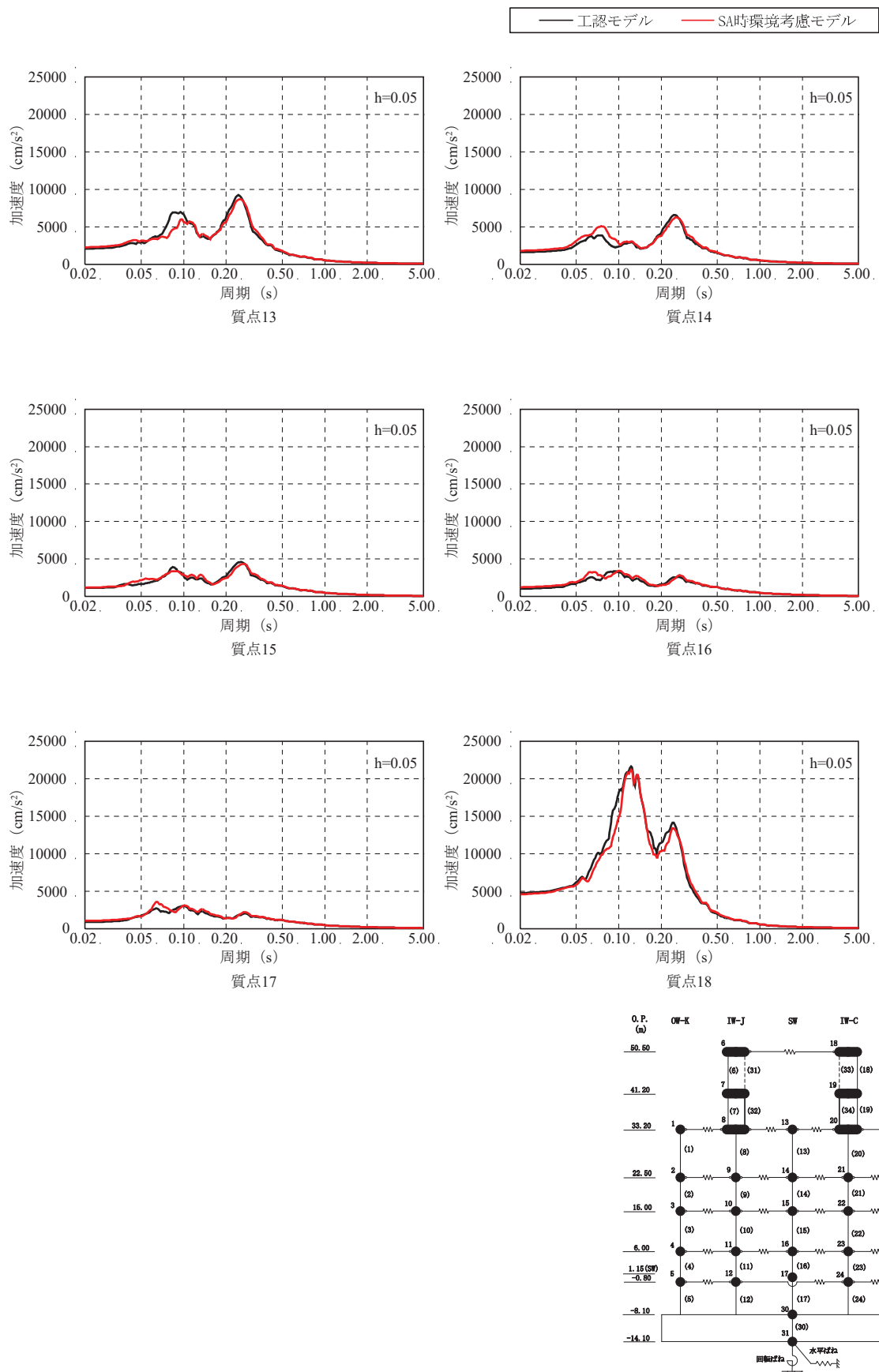


図 3-17(3) 床応答スペクトルの比較  
 (基準地震動  $S_s - D2$ , NS 方向, 減衰 5%) (3/5)

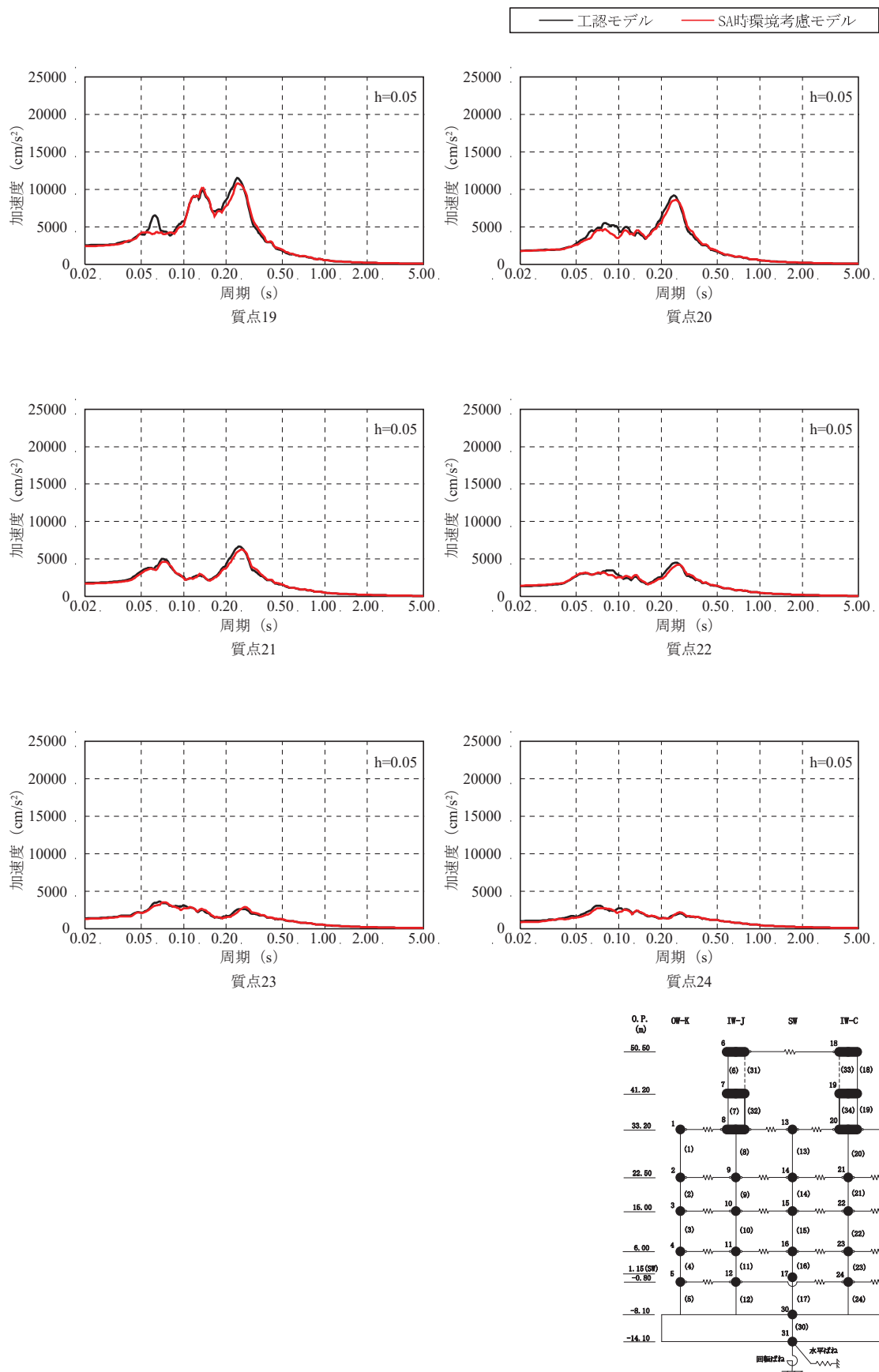


図 3-17(4) 床応答スペクトルの比較  
(基準地震動  $S_s - D2$ , NS 方向, 減衰 5%) (4/5)

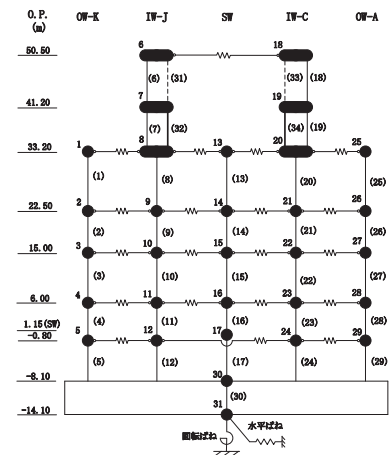
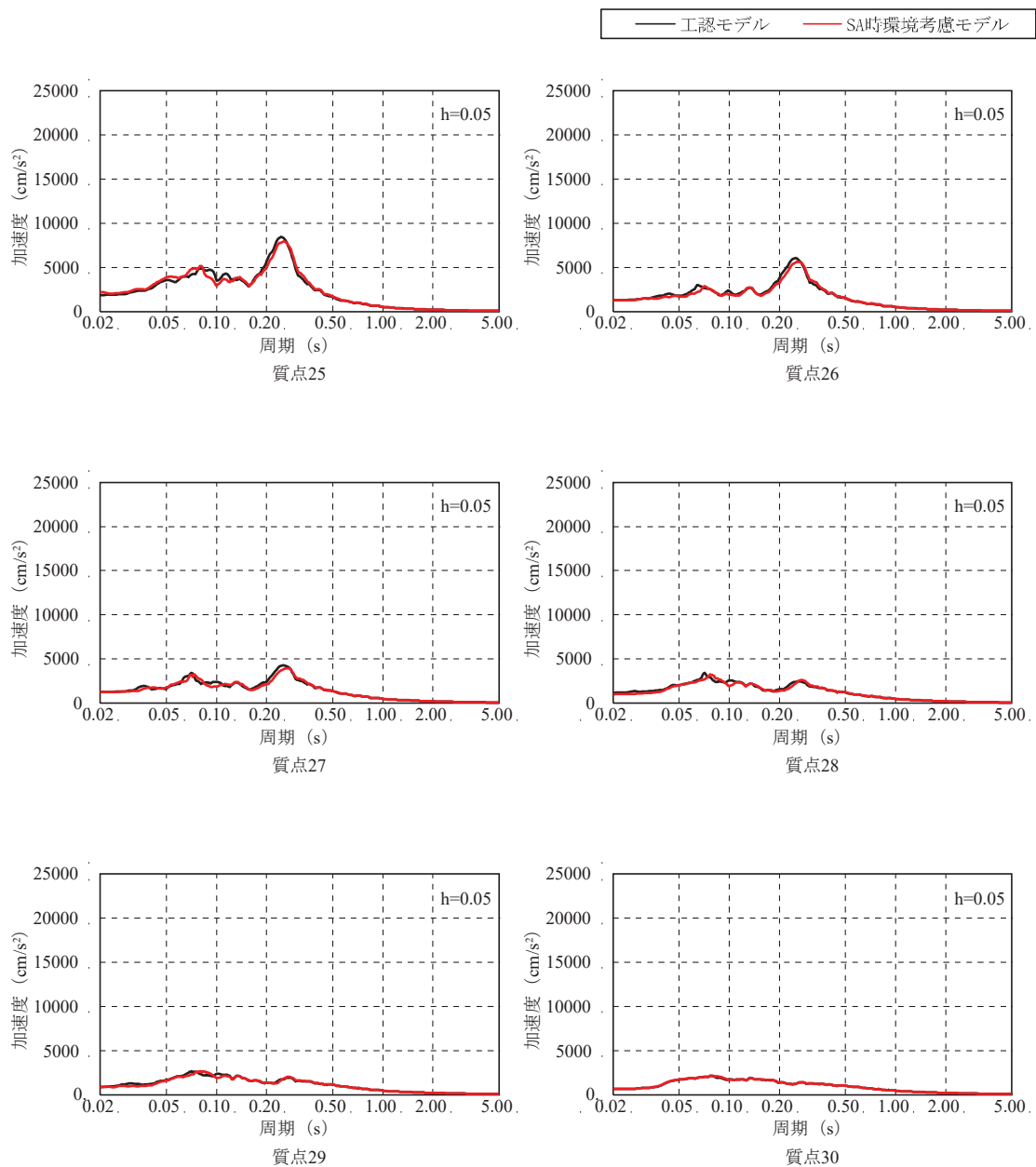


図 3-17(5) 床応答スペクトルの比較  
 (基準地震動  $S_s - D2$ , NS 方向, 減衰 5%) (5/5)

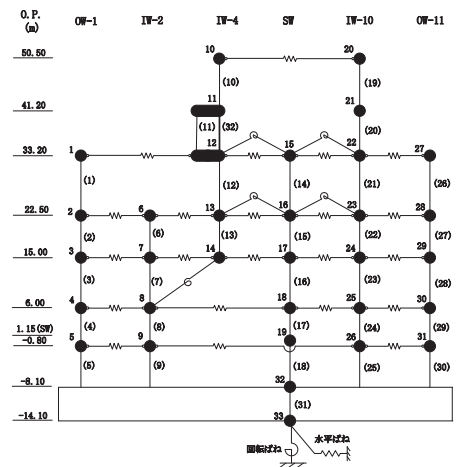
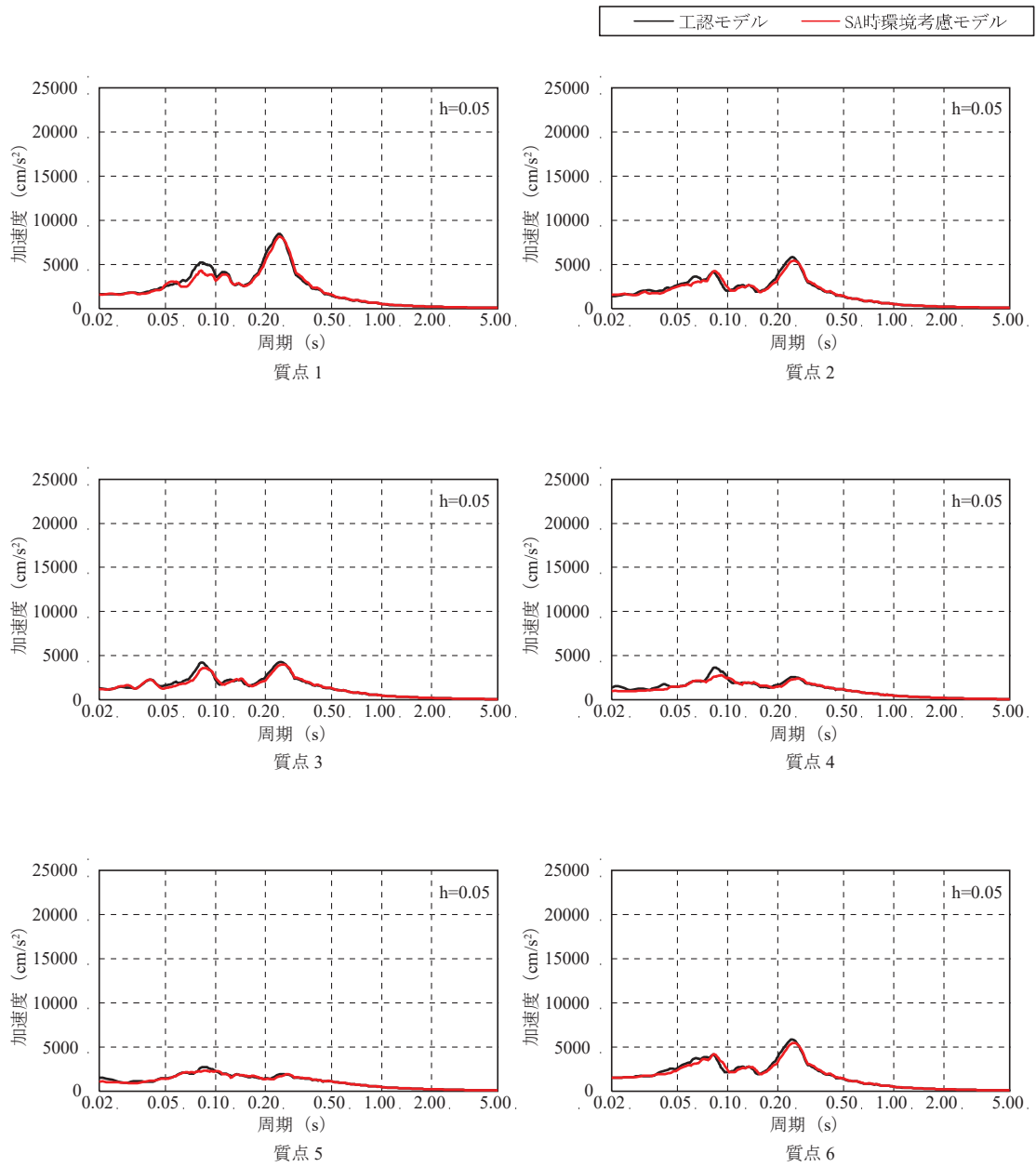


図 3-18(1) 床応答スペクトルの比較  
(基準地震動  $S_s - D2$ , EW 方向, 減衰 5%) (1/6)

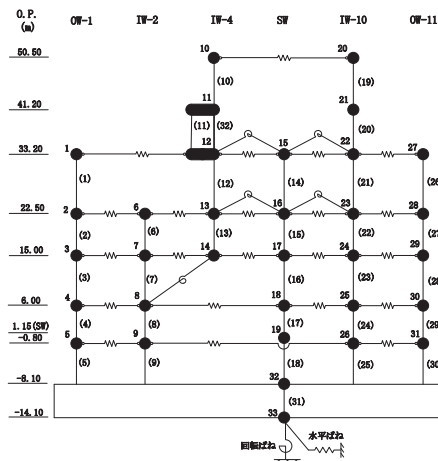
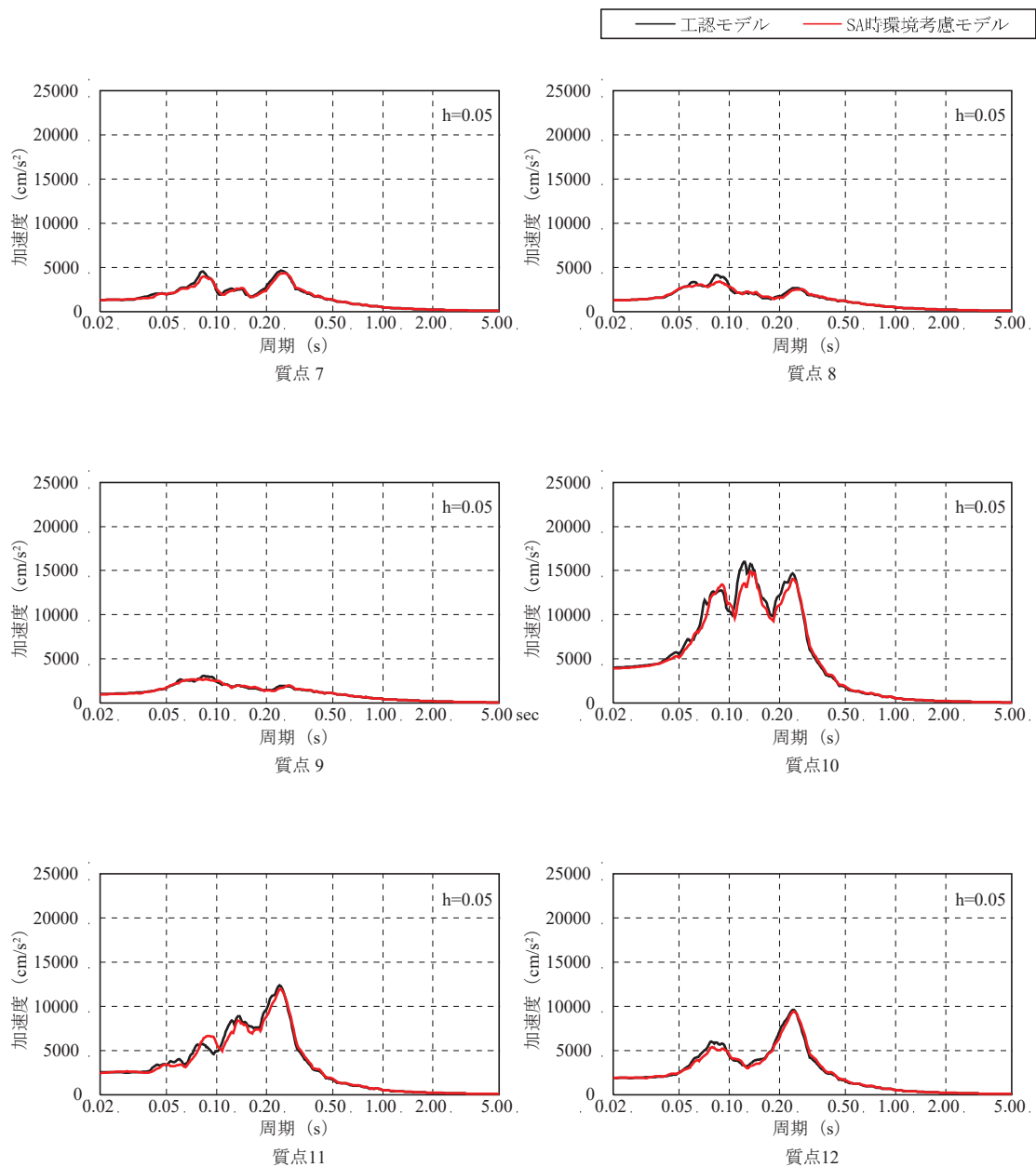


図 3-18(2) 床応答スペクトルの比較  
(基準地震動 S<sub>s</sub>-D2, EW 方向, 減衰 5%) (2/6)

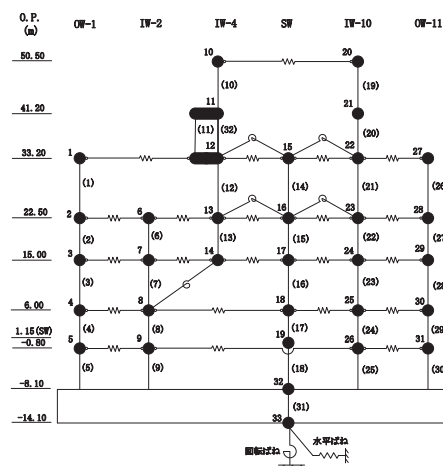
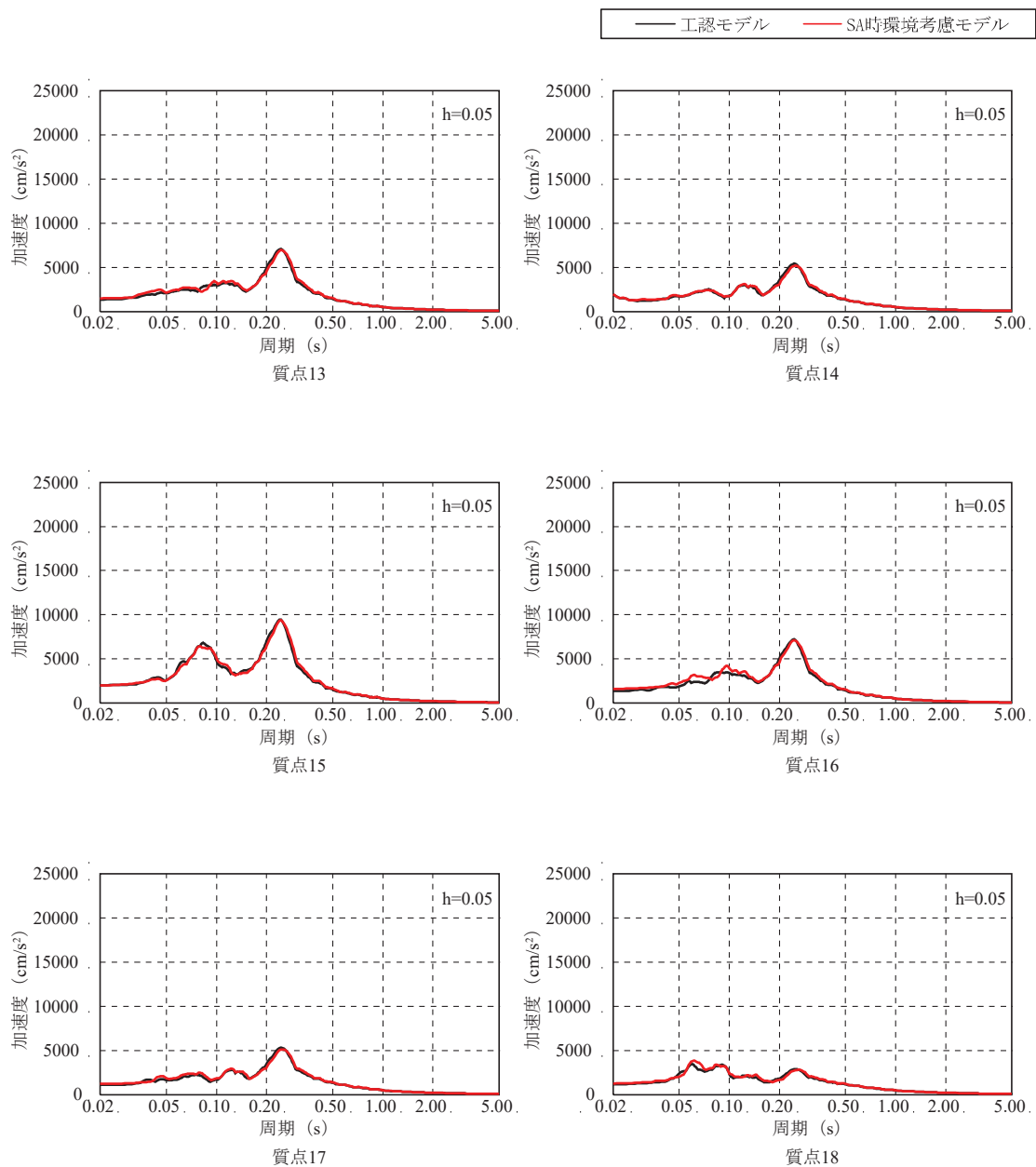


図 3-18(3) 床応答スペクトルの比較  
(基準地震動 S<sub>s</sub>-D2, EW 方向, 減衰 5%) (3/6)

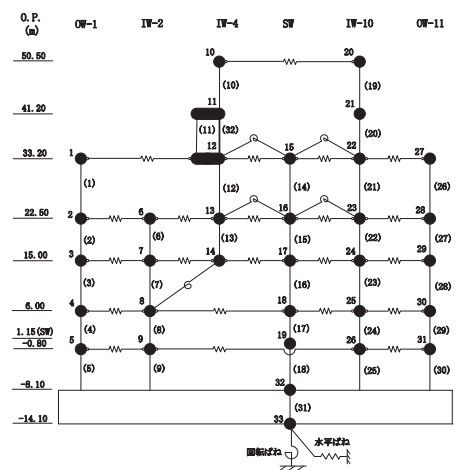
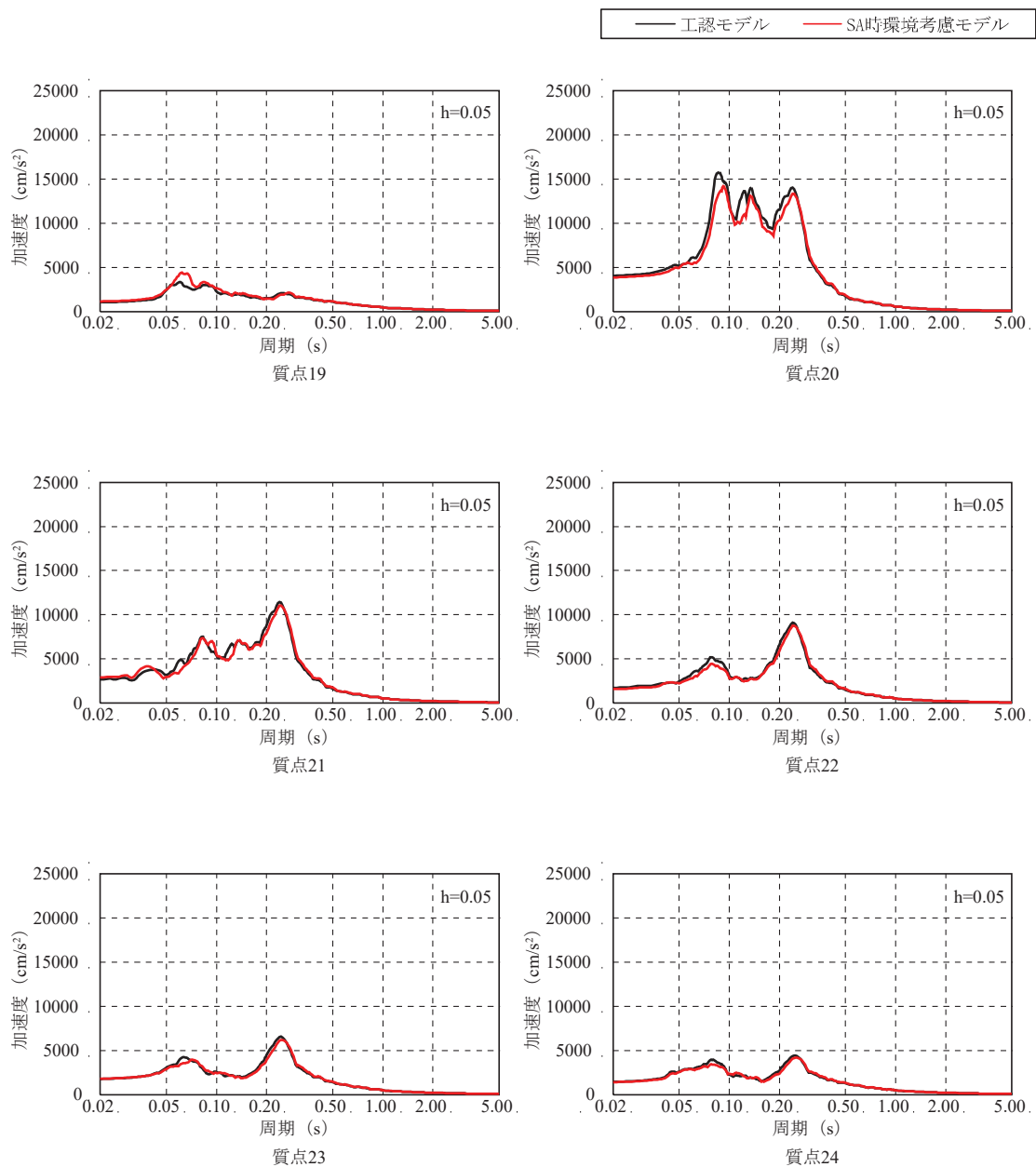


図 3-18(4) 床応答スペクトルの比較  
(基準地震動 S<sub>s</sub>-D2, EW 方向, 減衰 5%) (4/6)

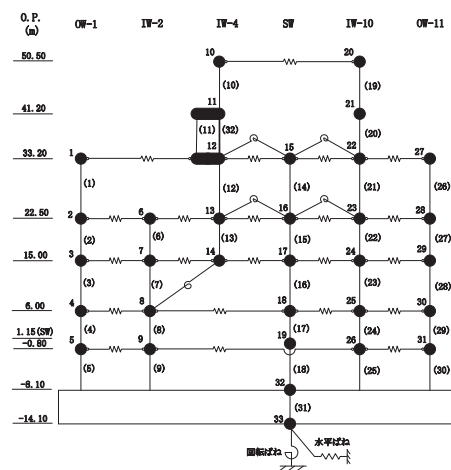
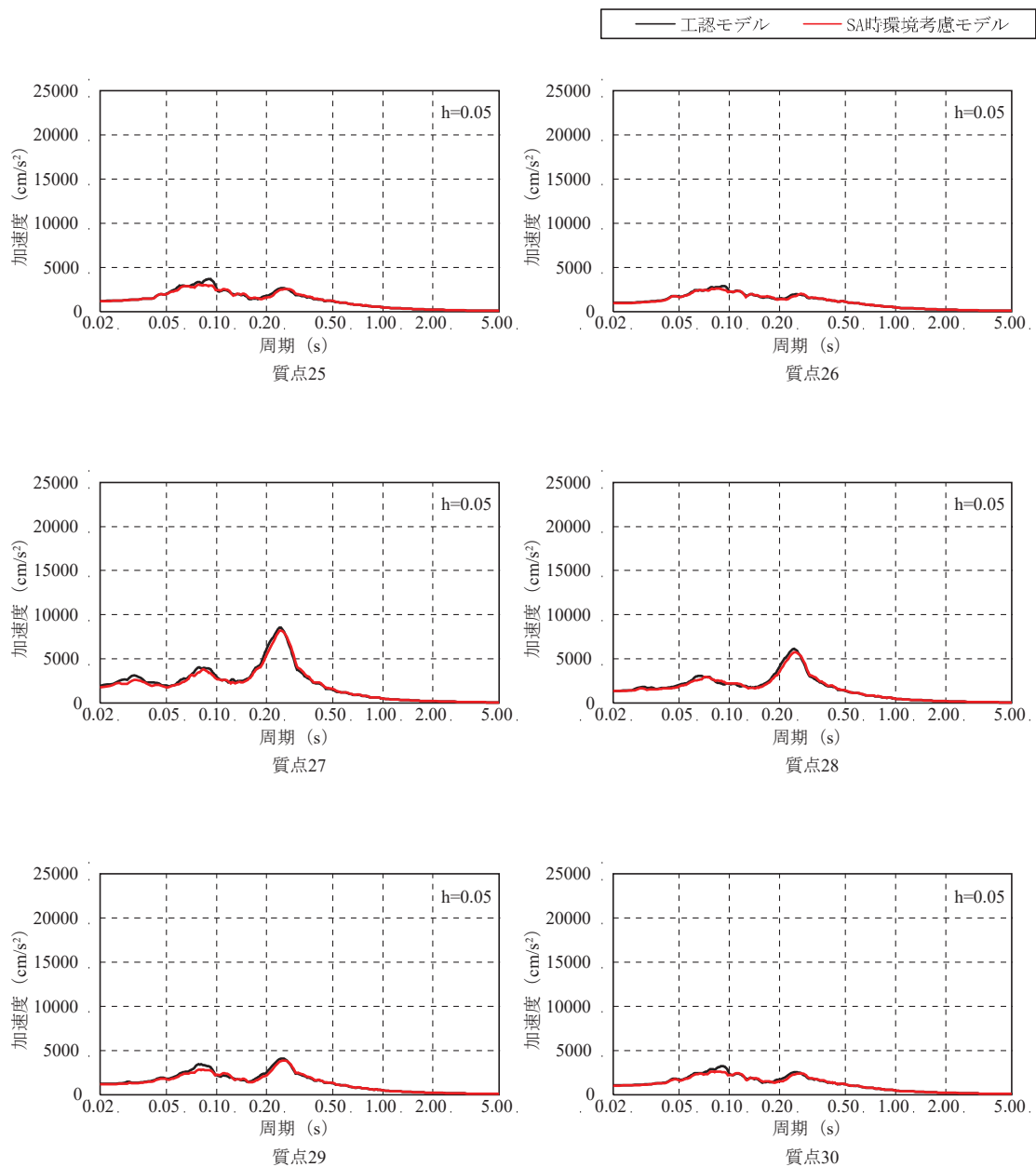


図 3-18(5) 床応答スペクトルの比較  
 (基準地震動  $S_s - D2$ , EW 方向, 減衰 5%) (5/6)



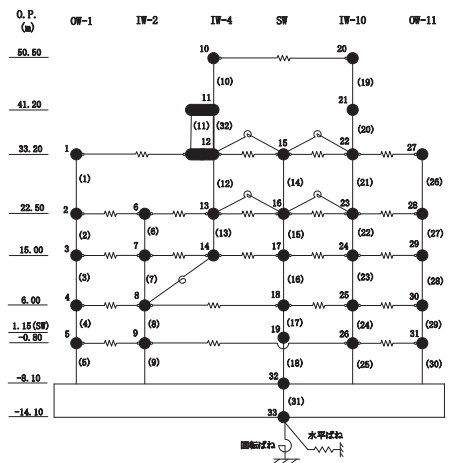
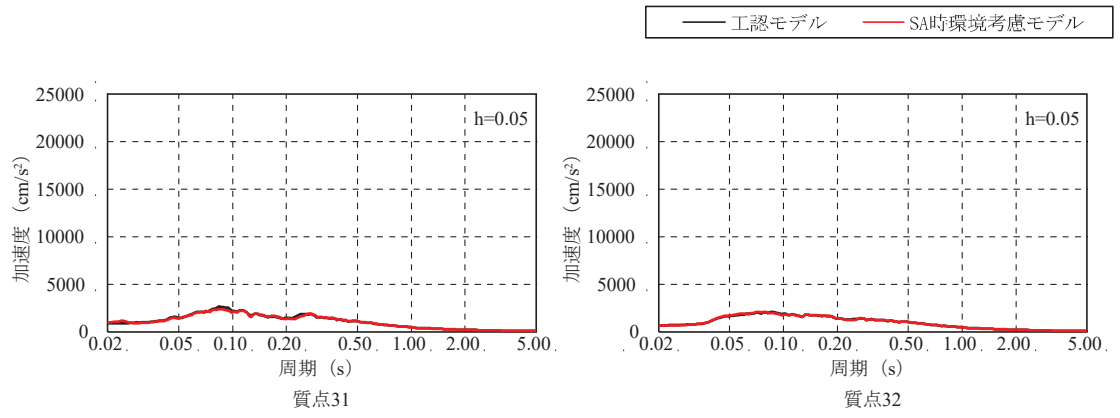


図 3-18(6) 床応答スペクトルの比較  
 (基準地震動  $S_s - D2$ , EW 方向, 減衰 5%) (6/6)

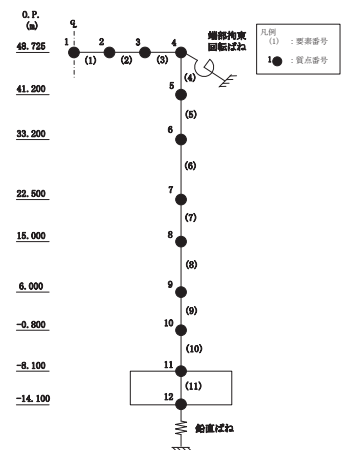
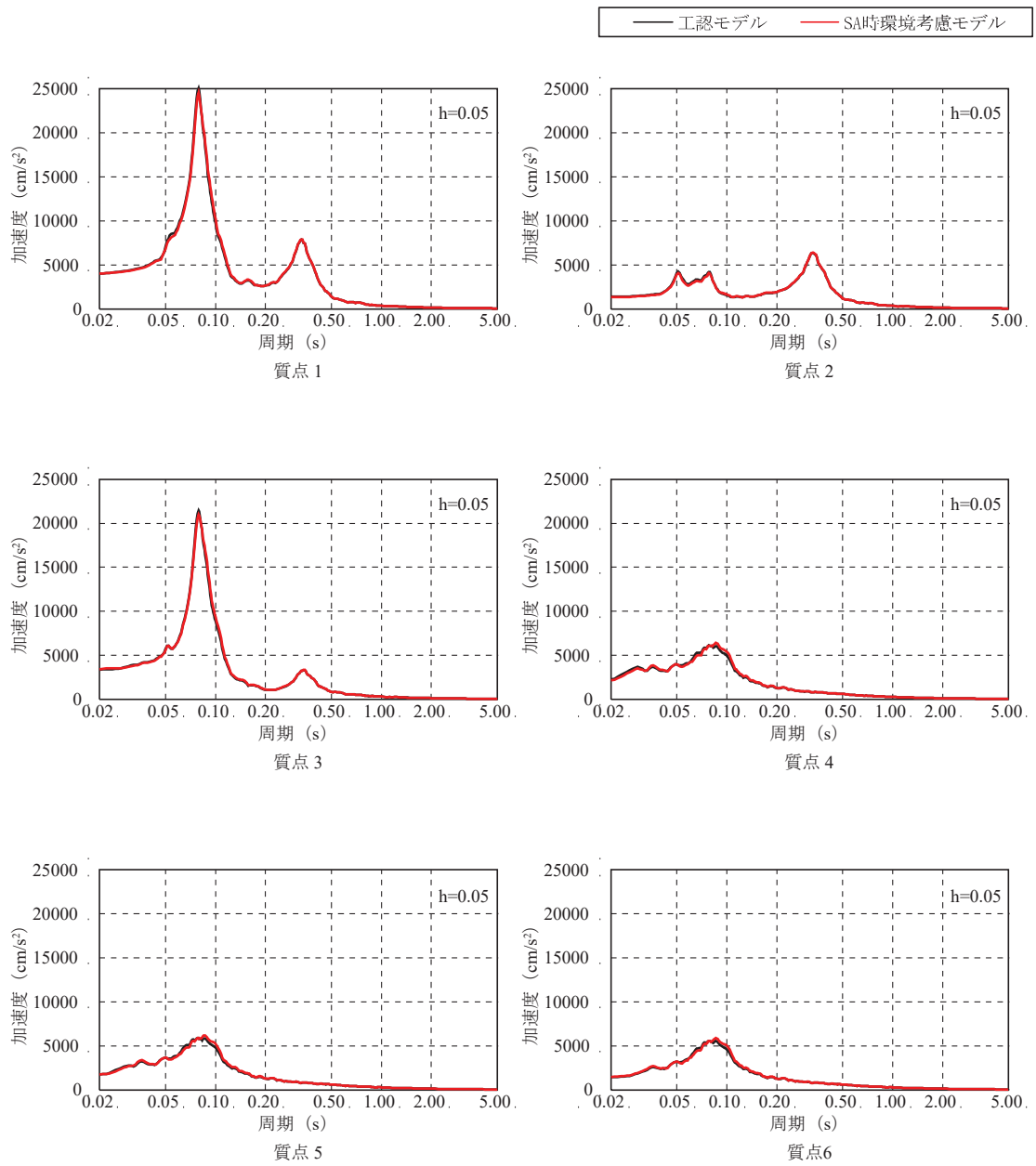


図 3-19(1) 床応答スペクトルの比較  
(基準地震動 S<sub>s</sub>-D2, 鉛直方向, 減衰 5%) (1/2)

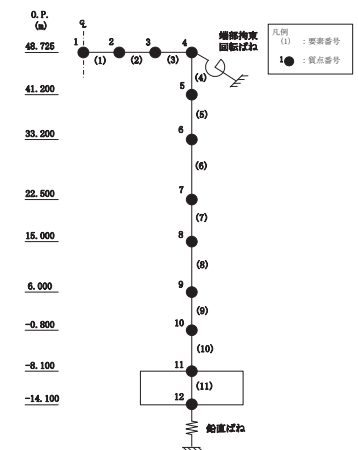
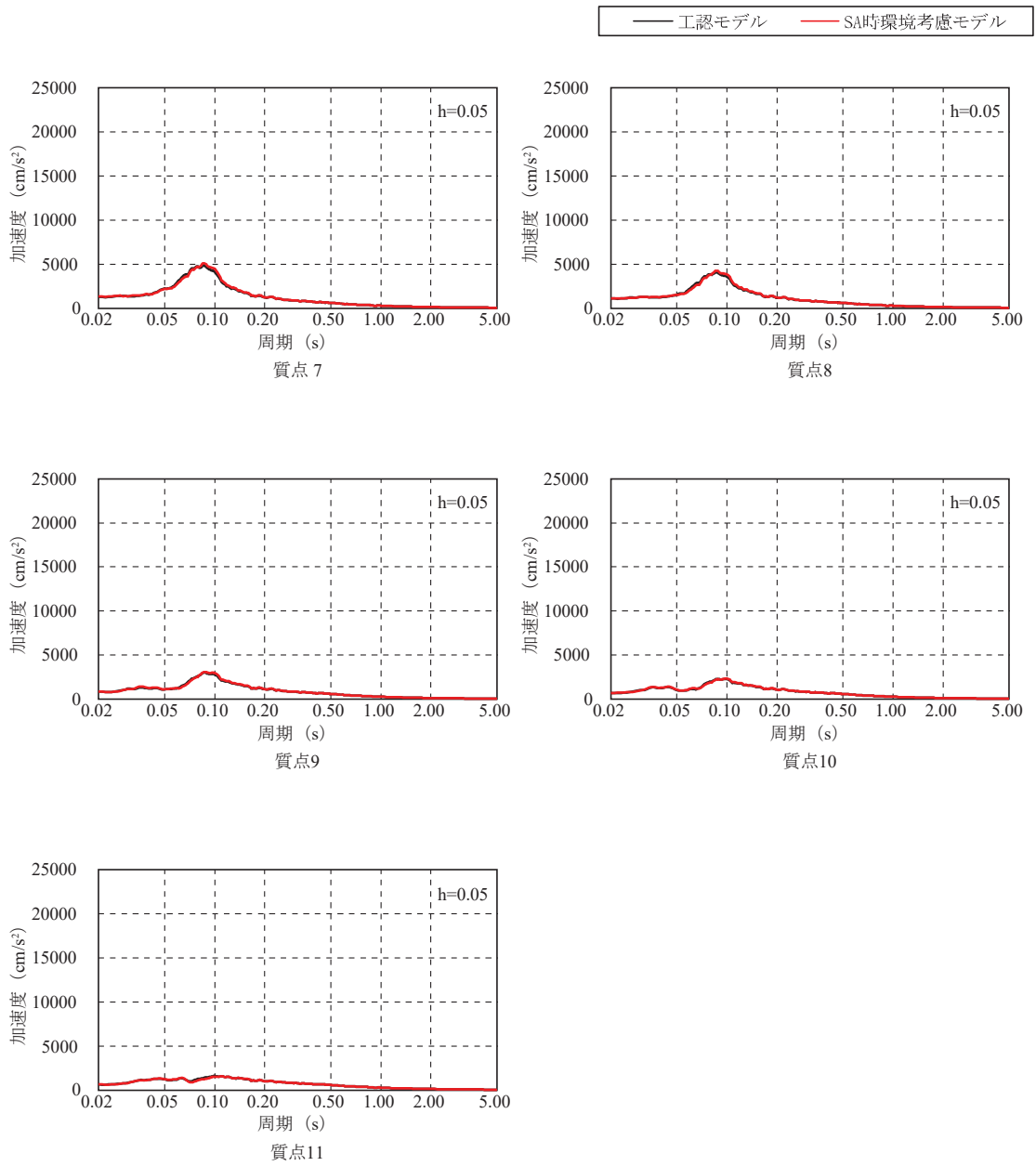


図 3-19(2) 床応答スペクトルの比較  
(基準地震動  $S_s - D_2$ , 鉛直方向, 減衰 5%) (2/2)

#### 4. 機器・配管系の評価に与える影響

重大事故等時の高温による影響に対して設備の評価に与える影響検討を行う。影響検討は添付書類「VI-2-2-1 原子炉建屋の地震応答計算書」に示す地震応答解析モデルである「工認モデル」の地震応答解析結果，又は，添付書類「VI-2-3-2 炉心，原子炉圧力容器及び原子炉内部構造物並びに原子炉格納容器及び原子炉本体の基礎の地震応答計算書」に示す原子炉圧力容器，原子炉しゃへい壁及び原子炉本体の基礎等（以下「大型機器系」という。）の地震応答解析モデル（以下「大型機器系の地震応答解析モデル」という。）の地震応答解析結果を耐震評価に用いる常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に対して行う。

## 4.1 原子炉建屋の地震応答解析結果による影響

### 4.1.1 検討方針

原子炉建屋に設置した機器・配管系への重大事故等時の高温による影響に対する影響検討フローを図4-1に示し、以下の通り、重大事故等時の高温による影響検討を行う。

#### (1) 検討対象設備

重大事故等時の高温による影響を検討する設備は、原子炉建屋に設置した以下の設備とする。

- ・常設耐震重要重大事故防止設備
- ・常設重大事故緩和設備

#### (2) 影響検討用耐震条件の作成

「3.2.1 解析条件」に示す「SA 時環境考慮モデル」を用いて地震応答解析を行い、その結果から影響検討用耐震条件（影響検討用最大応答加速度及び影響検討用床応答曲線）を作成する。

影響検討用耐震条件の作成に考慮する地震動は、基準地震動  $S_s$ （7波）とし、水平方向の影響検討用耐震条件は、NS 及び EW 方向の地震応答解析結果を包絡（以下、「NS/EW 包絡」という。）する。

また、影響検討用耐震条件と「工認モデル」の応答から作成した耐震計算に用いる耐震条件との応答比率を作成する。作成した応答比率が1を上回った場合、図4-1の影響検討フローに基づき影響検討を行う。

#### (3) 簡易評価

(1)の検討対象設備に対する裕度（許容値/発生値）を整理する。

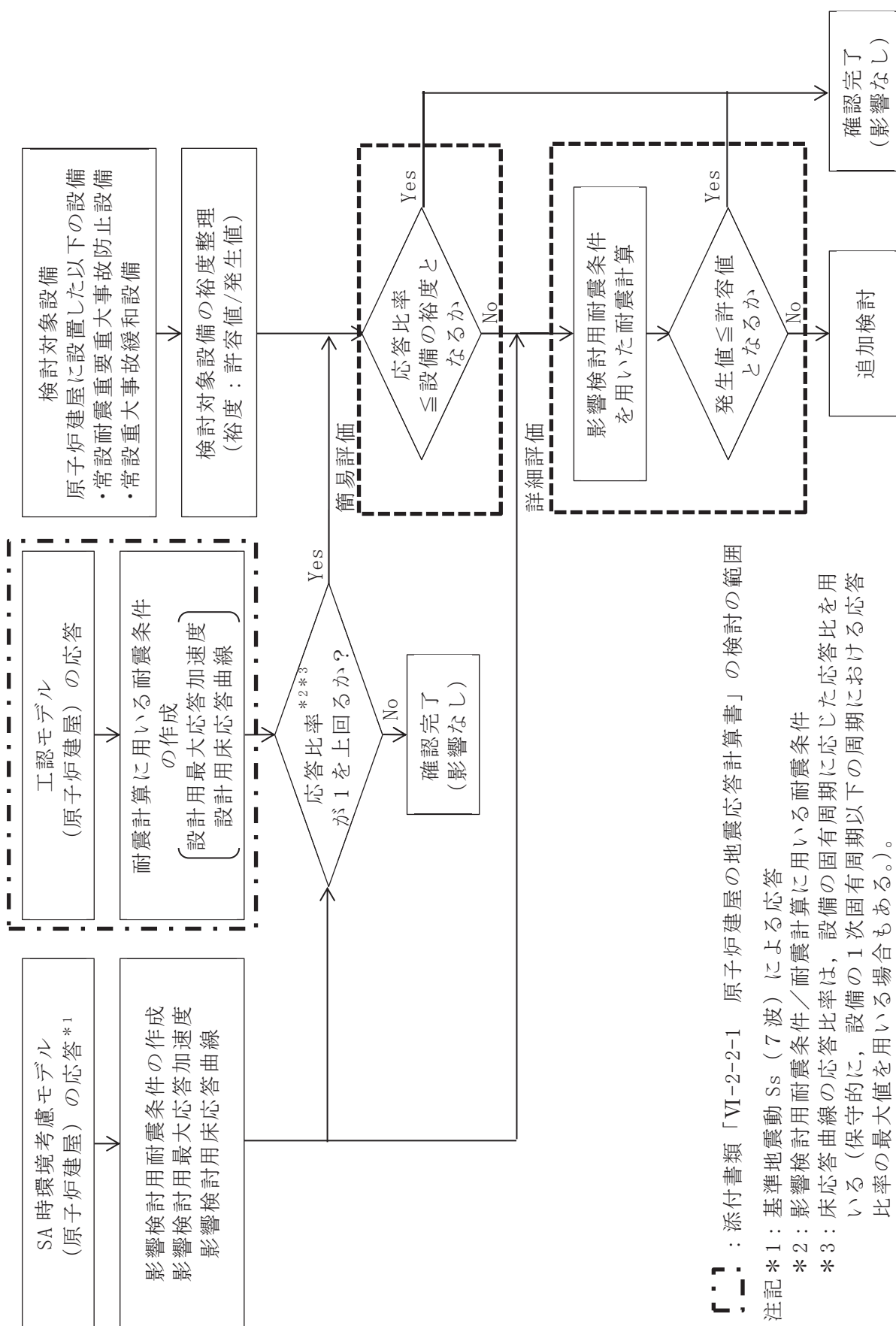
検討対象設備の応答比率と設備の裕度を比較し、検討対象設備の応答比率が設備の裕度以下となることを確認する。確認の結果、検討対象設備の応答比率が設備の裕度を上回る場合は、詳細評価を行う。

#### (4) 詳細評価

詳細評価が必要となった設備は、影響検討用耐震条件を用いた耐震評価を行い、発生値が許容値以下となることを確認する。確認の結果、発生値が許容値を上回る場合は、追加検討を行う。

#### (5) 追加検討

追加検討が必要となった設備は、設備の評価結果等に応じて個別に評価の精緻化、設備対策等を行うものとする。



〔 〕：添付書類「VI-2-2-1 原子炉建屋の地震応答計算書」の検討の範囲

注記\*1：基準地震動 Ss (7波) による応答  
 \*2：影響検討用耐震条件/耐震計算に用いる耐震条件  
 \*3：床応答曲線の応答比率は、設備の固有周期に応じた応答比を用いている (保守的に、設備の1次固有周期以下の周期における応答比率の最大値を用いる場合もある。)

図 4-1 重大事故時の高温による影響検討フロー

#### 4.1.2 検討結果

##### (1) 地震応答解析結果

最大応答加速度の比較結果（水平方向（NS/EW 包絡）及び鉛直方向）を表 4-1 に、床応答曲線の比較結果（水平方向（NS/EW 包絡）及び鉛直方向）を図 4-2 に示す。なお、床応答曲線の減衰定数は、耐震裕度の比較的小さい配管系の主要な減衰定数である 2.0%を代表として、設備評価に用いた標高の床応答曲線を記載している。

最大応答加速度の応答比率は、水平方向の加速度として NS 方向と EW 方向の包絡値を用い、水平方向及び鉛直方向で標高ごとに算出する。

また、床応答曲線の応答比率は、水平方向の応答曲線として NS 方向と EW 方向の包絡値を用い、標高、減衰定数及び設備の固有周期に応じた応答比率を算定する（保守的に、設備の 1 次固有周期以下の周期における応答比率の最大値を用いる場合もある）。応答比率の算定例を、図 4-3 に示す。

「SA 時環境考慮モデル」（影響検討ケース）の応答が「工認モデル」（工認設計ケース）の応答を一部上回ることを確認したため、図 4-1 に示す影響検討フローに基づき、簡易評価及び詳細評価を行う。

表 4-1 最大応答加速度の比較（基準地震動  $S_s$  , 1.2ZPA, 水平方向（NS/EW 包絡））  
(1/2)

構造物名	標高 O.P. (m)	最大応答加速度(1.2ZPA)		応答比率 (①/②)
		① S A 時環境考慮モデル	② 工認モデル	
原子炉 建屋	50.500	6.13	7.28	0.85
	41.200	3.16	3.43	0.93
	33.200	2.62	2.65	0.99
	22.500	2.11	2.12	1.00
	15.000	2.05	1.97	1.05
	6.000	1.51	1.57	0.97
	1.150	1.37	1.46	0.94
	-0.800	1.22	1.34	0.92
-8.100	0.96	0.99	0.97	

表 4-1 最大応答加速度の比較（基準地震動  $S_s$  , 1.2ZPA, 鉛直方向）(2/2)

構造物名	標高 O.P. (m)	最大応答加速度(1.2ZPA)		応答比率 (①/②)
		① S A 時環境考慮モデル	② 工認モデル	
原子炉 建屋	48.725	2.02	2.09	0.97
	41.200	1.84	1.89	0.98
	33.200	1.76	1.77	1.00
	22.500	1.52	1.56	0.98
	15.000	1.34	1.37	0.98
	6.000	1.07	1.09	0.99
	-0.800	0.85	0.88	0.97
	-8.100	0.65	0.69	0.95



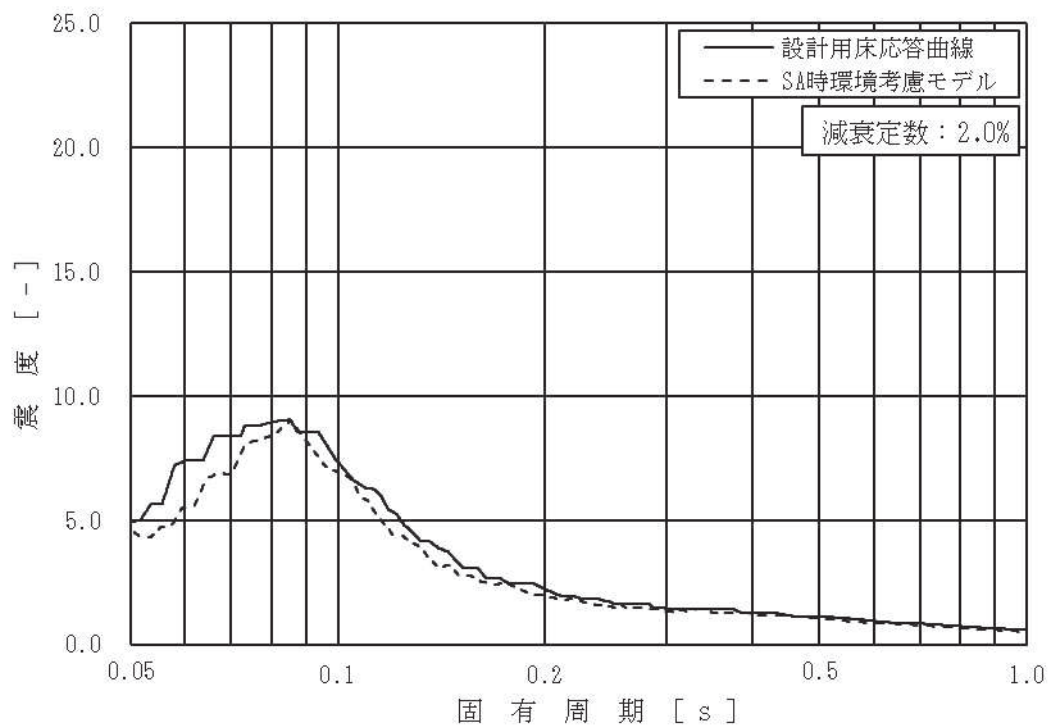
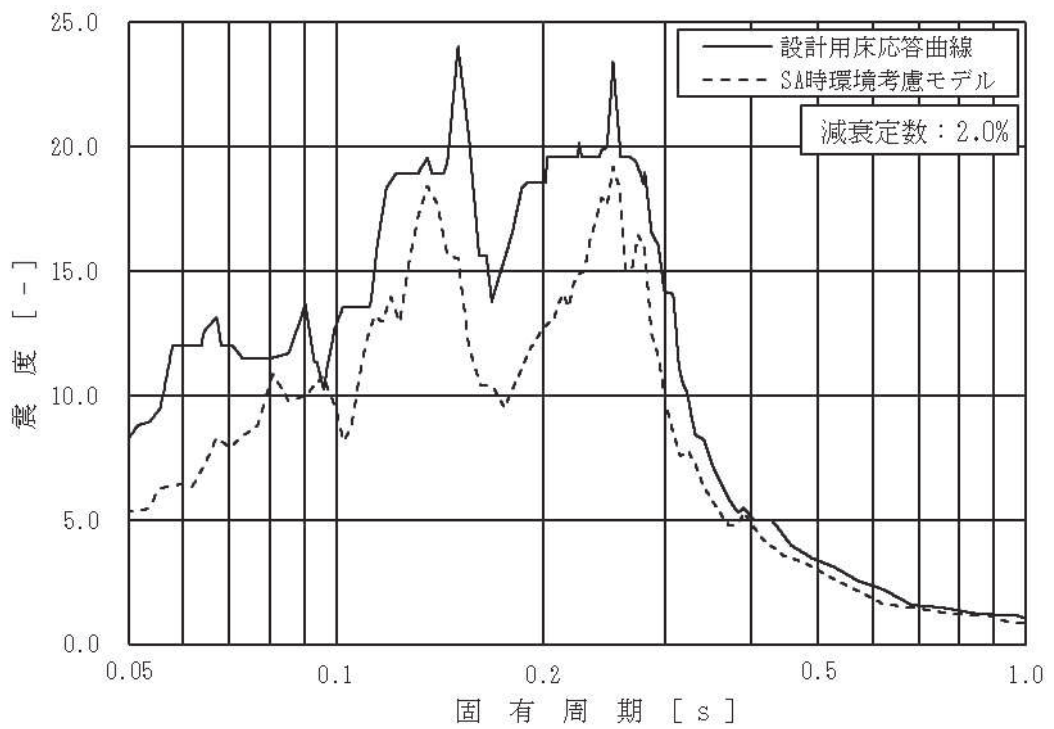


図 4-2 床応答曲線の比較 (1/8)

(原子炉建屋, O.P. 41.200m, 基準地震動 S s, 減衰 2.0%,

上: 水平 (NS/EW 包絡), 下: 鉛直)

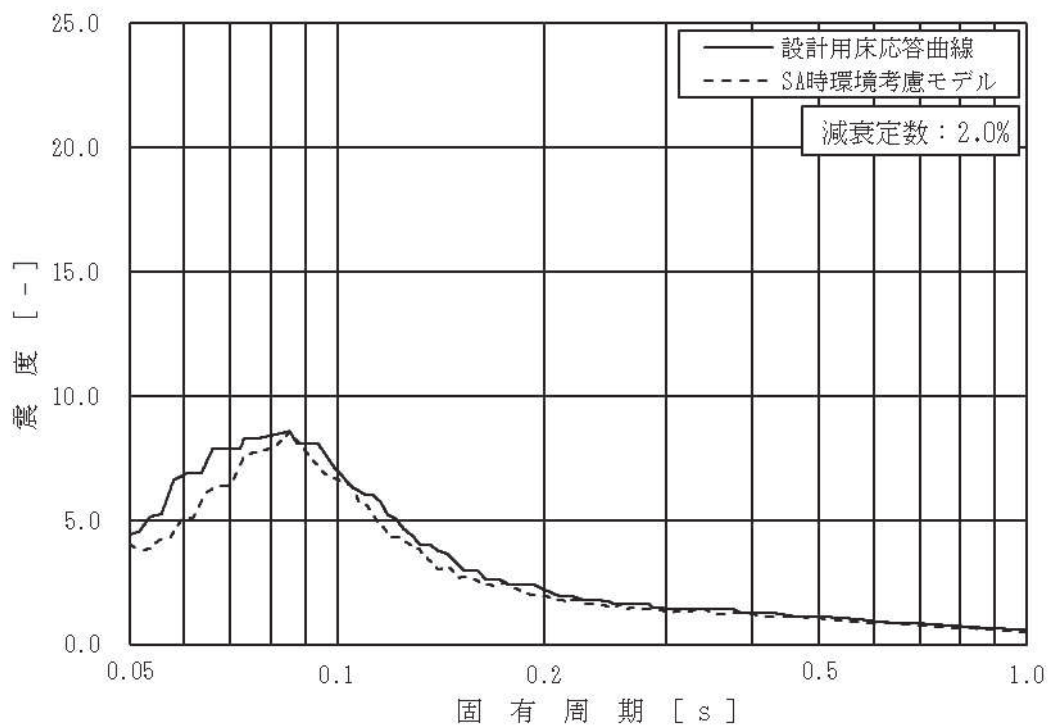
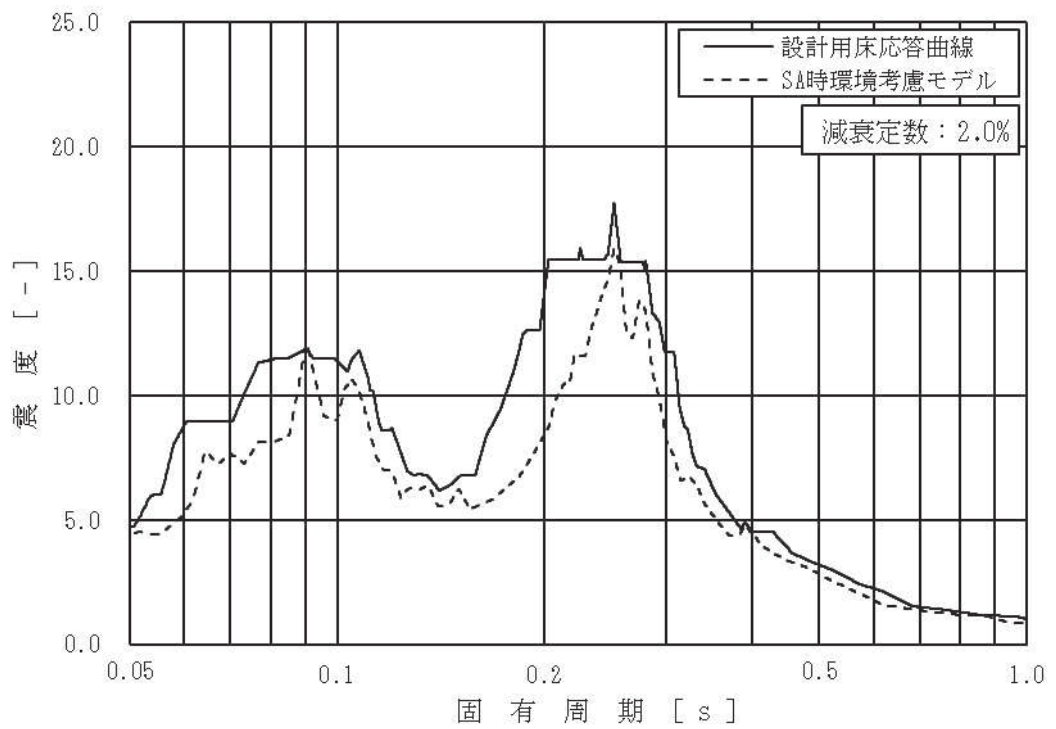


図 4-2 床応答曲線の比較 (2/8)

(原子炉建屋, 0.P.33.200m, 基準地震動 S s, 減衰 2.0%,

上: 水平 (NS/EW 包絡), 下: 鉛直)

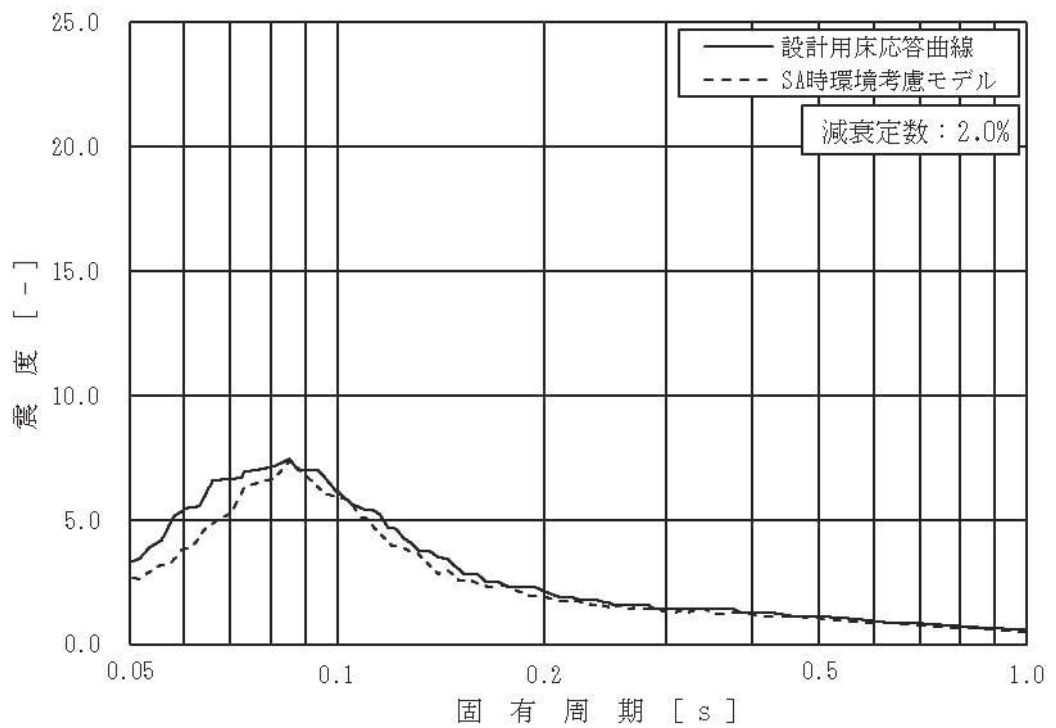
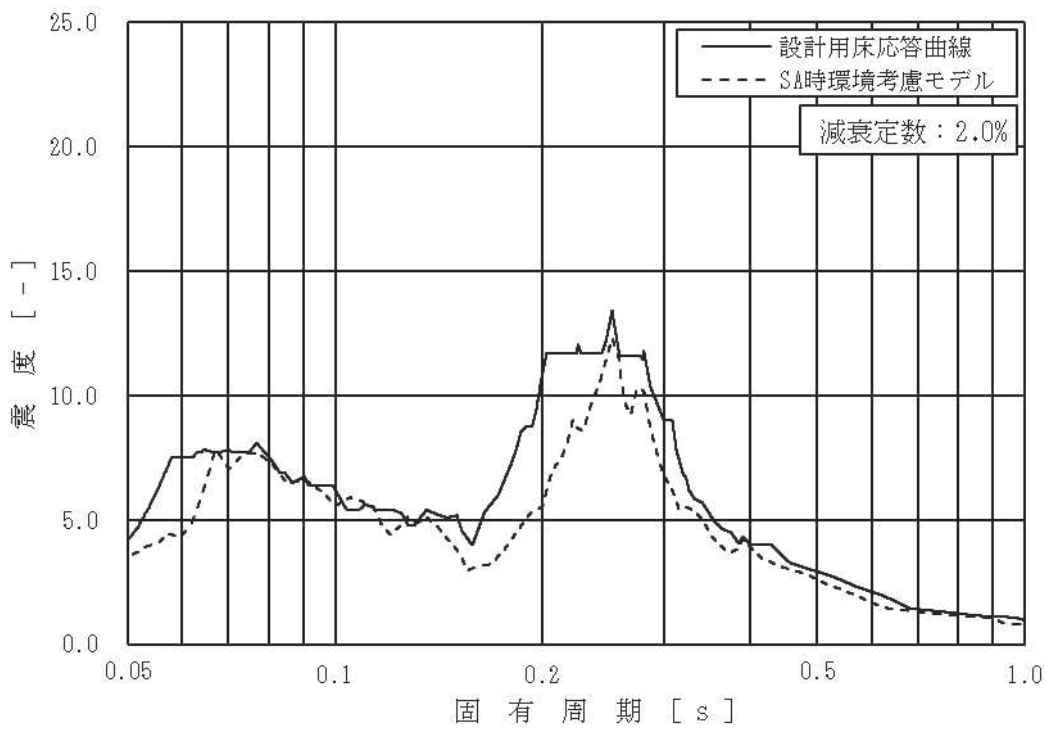


図 4-2 床応答曲線の比較 (3/8)  
 (原子炉建屋, 0.P. 22.500m, 基準地震動 S s,  
 減衰 2.0%, 上: 水平 (NS/EW 包絡), 下: 鉛直)

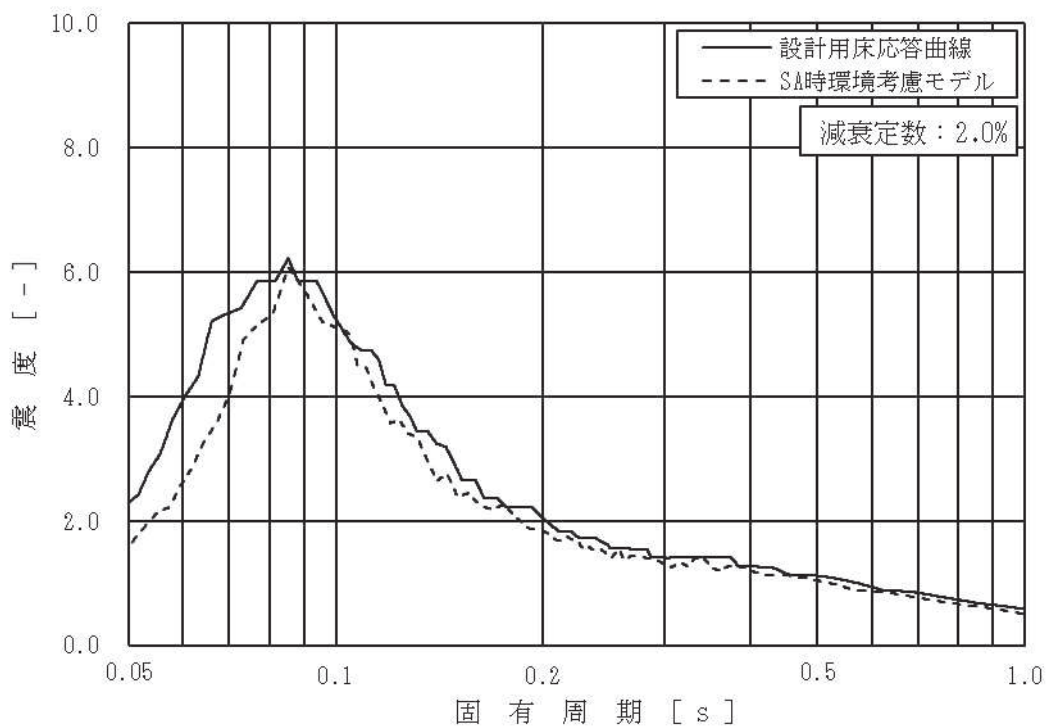
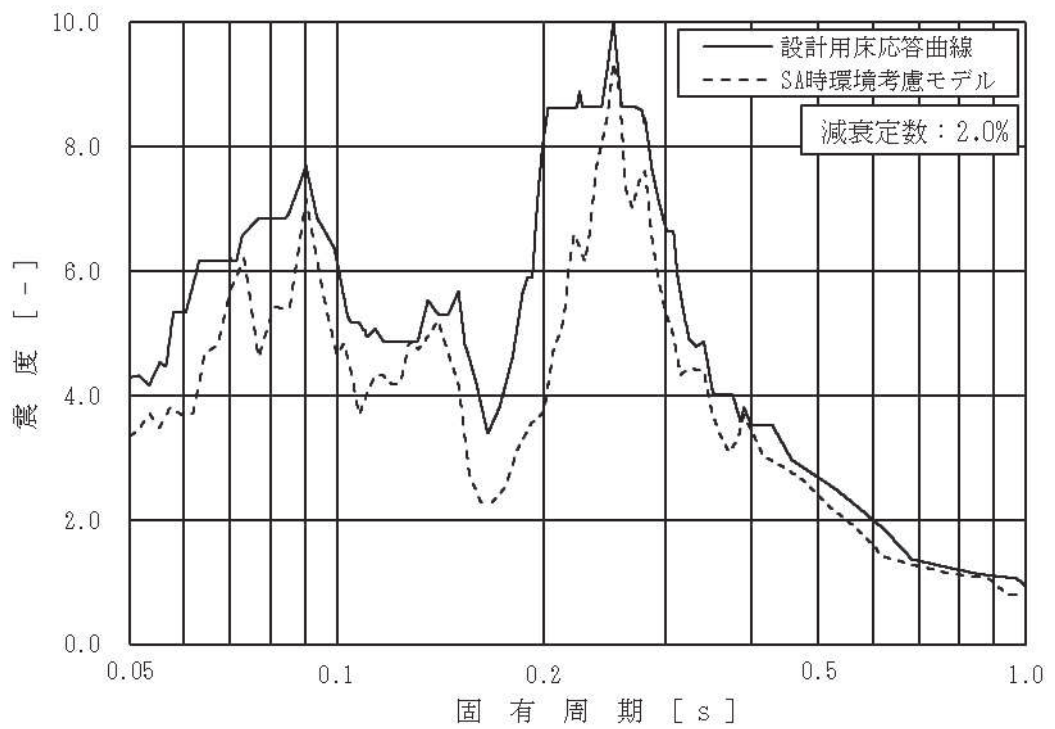


図 4-2 床応答曲線の比較 (4/8)  
 (原子炉建屋, 0.P. 15.000m, 基準地震動 S s,  
 減衰 2.0%, 上: 水平 (NS/EW 包絡), 下: 鉛直)

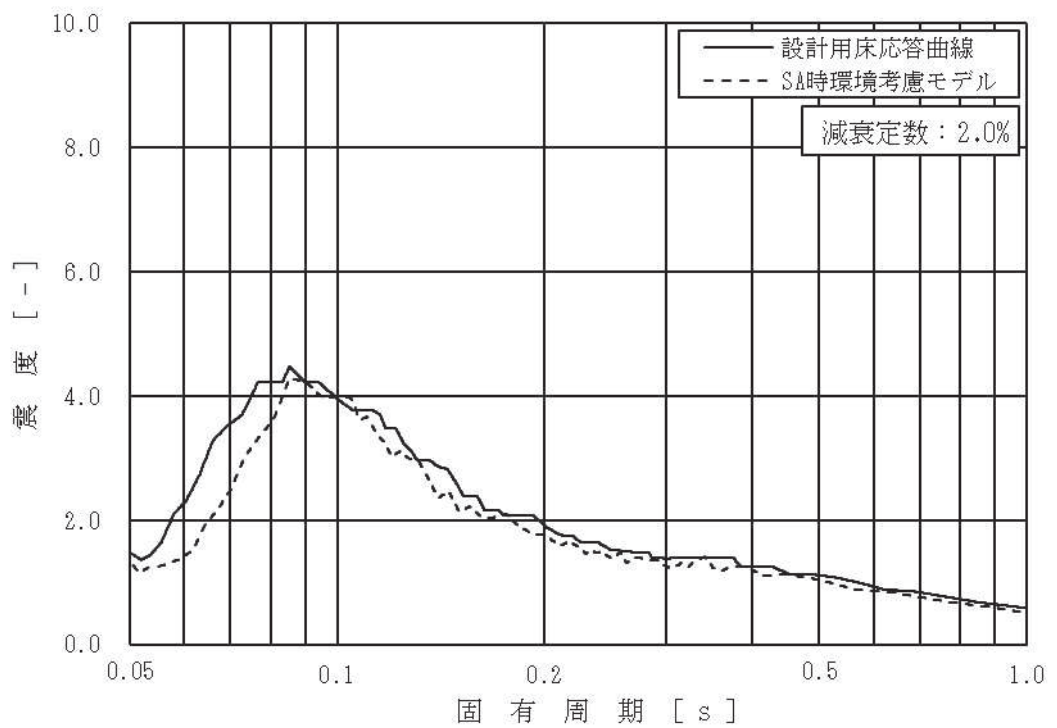
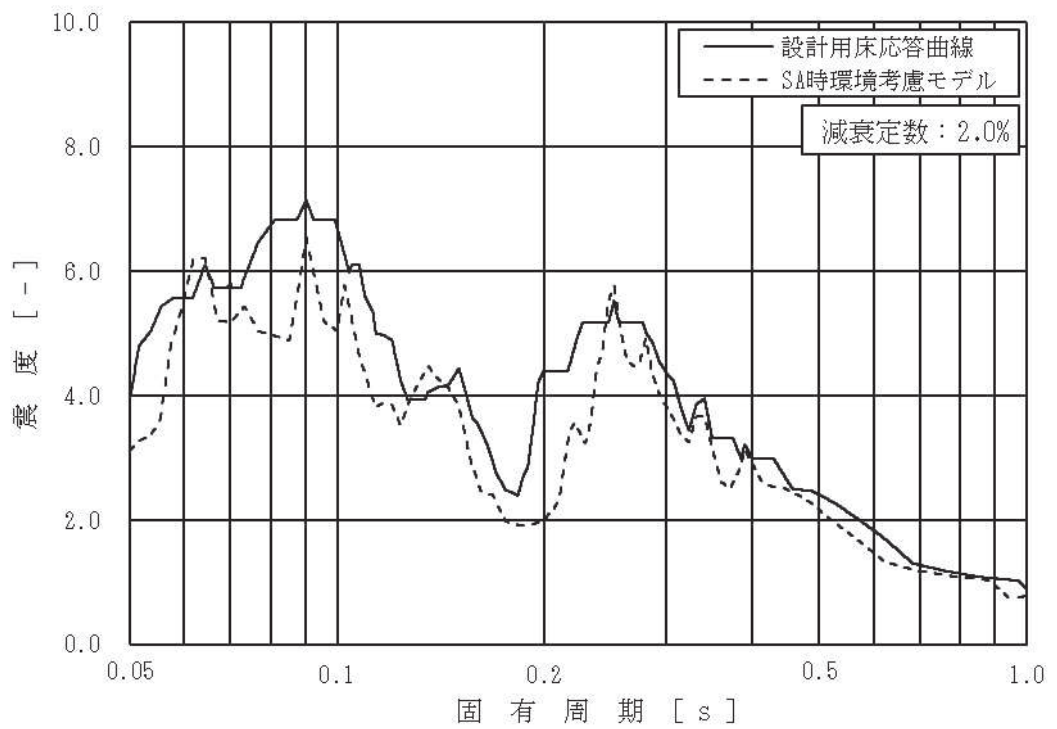


図 4-2 床応答曲線の比較 (5/8)

(原子炉建屋, 0.P. 6.000m, 基準地震動 S s, 減衰 2.0%,

上: 水平 (NS/EW 包絡), 下: 鉛直)

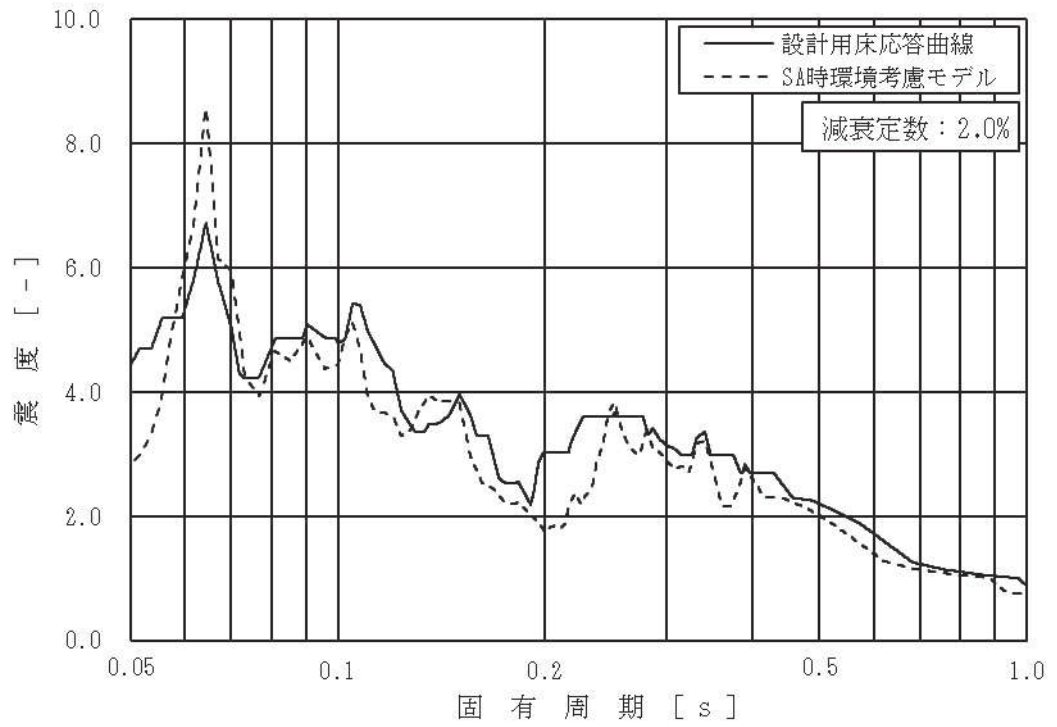


図 4-2 床応答曲線の比較 (6/8)

(原子炉建屋, O.P. 1.150m, 基準地震動 S s, 減衰 2.0%, 水平 (NS/EW 包絡))

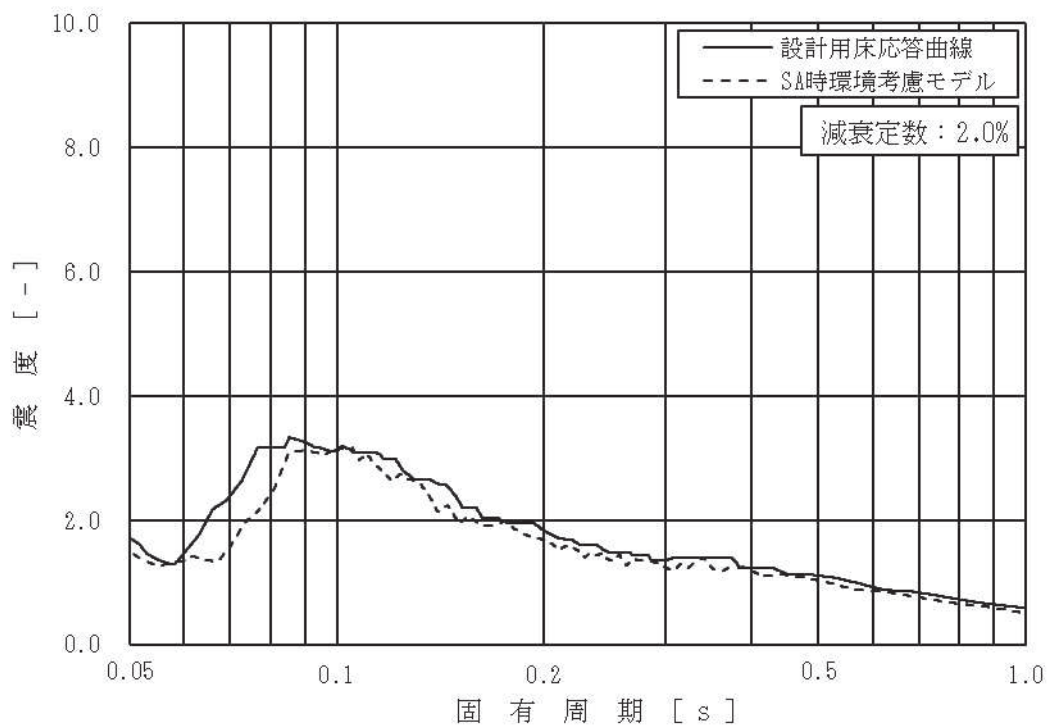
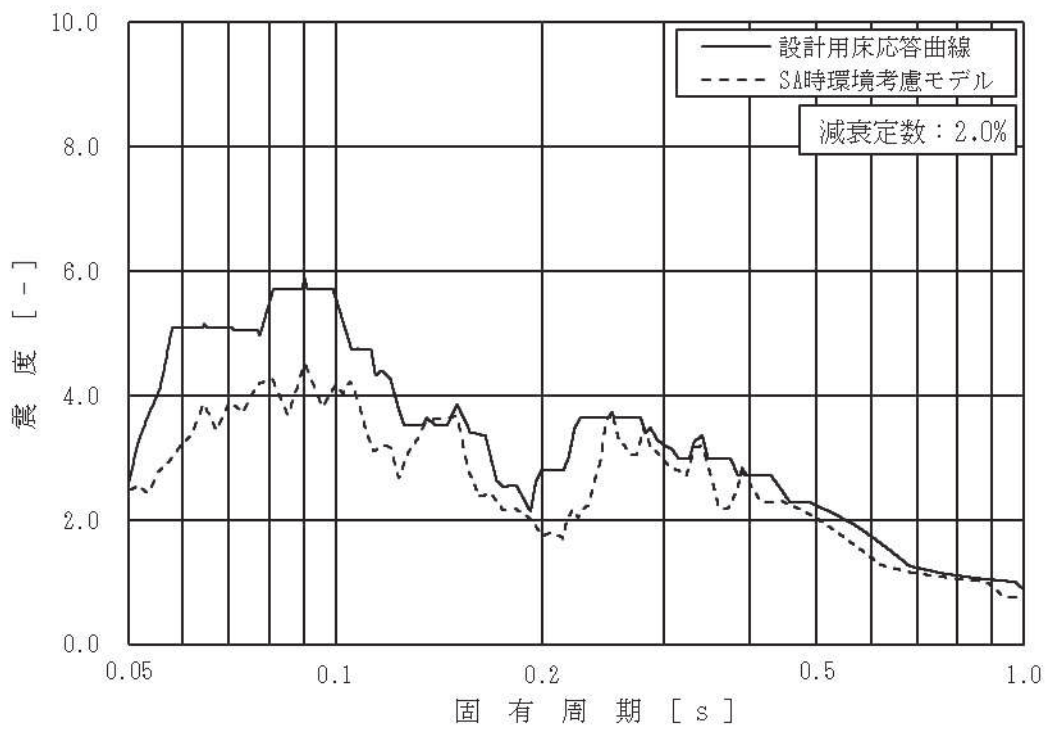


図 4-2 床応答曲線の比較 (7/8)

(原子炉建屋, O.P. -0.800m, 基準地震動 S s, 減衰 2.0%,

上: 水平 (NS/EW 包絡), 下: 鉛直)

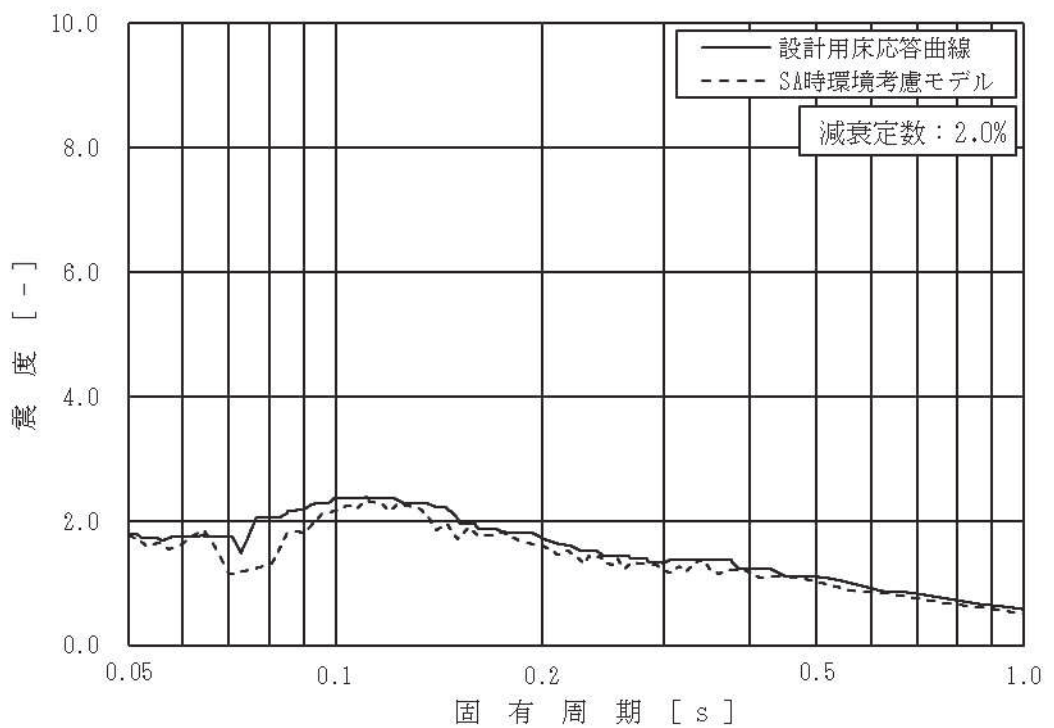
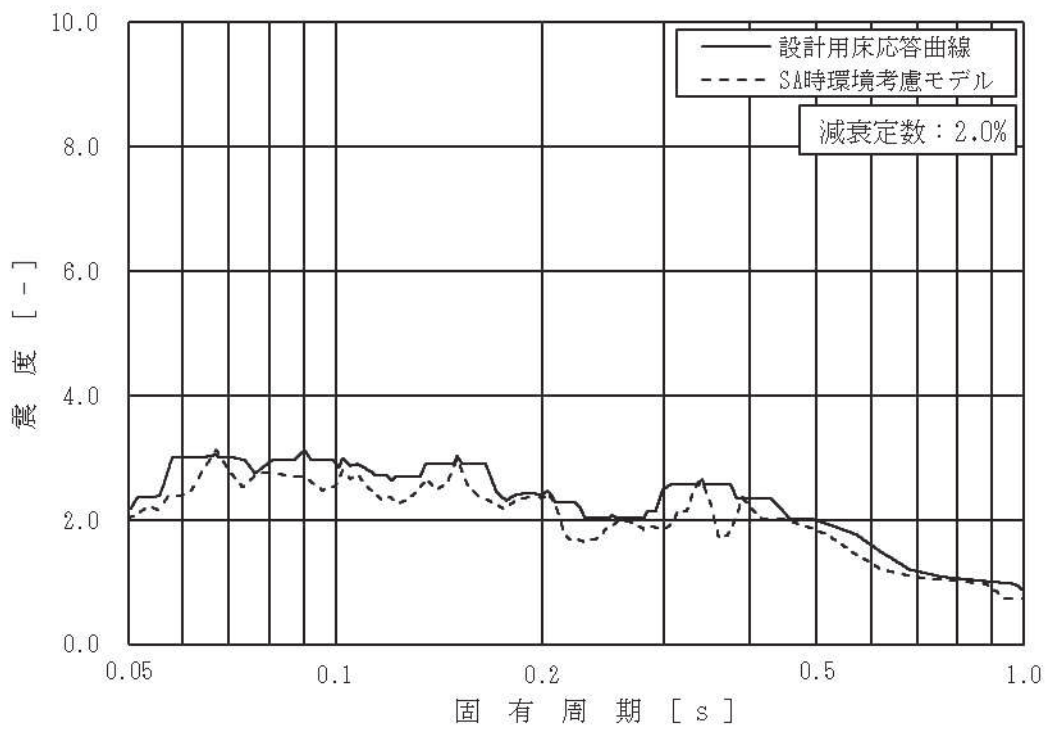


図 4-2 床応答曲線の比較 (8/8)

(原子炉建屋, 0.P.-8.100m, 基準地震動 S s, 減衰 2.0%,

上: 水平 (NS/EW 包絡), 下: 鉛直)



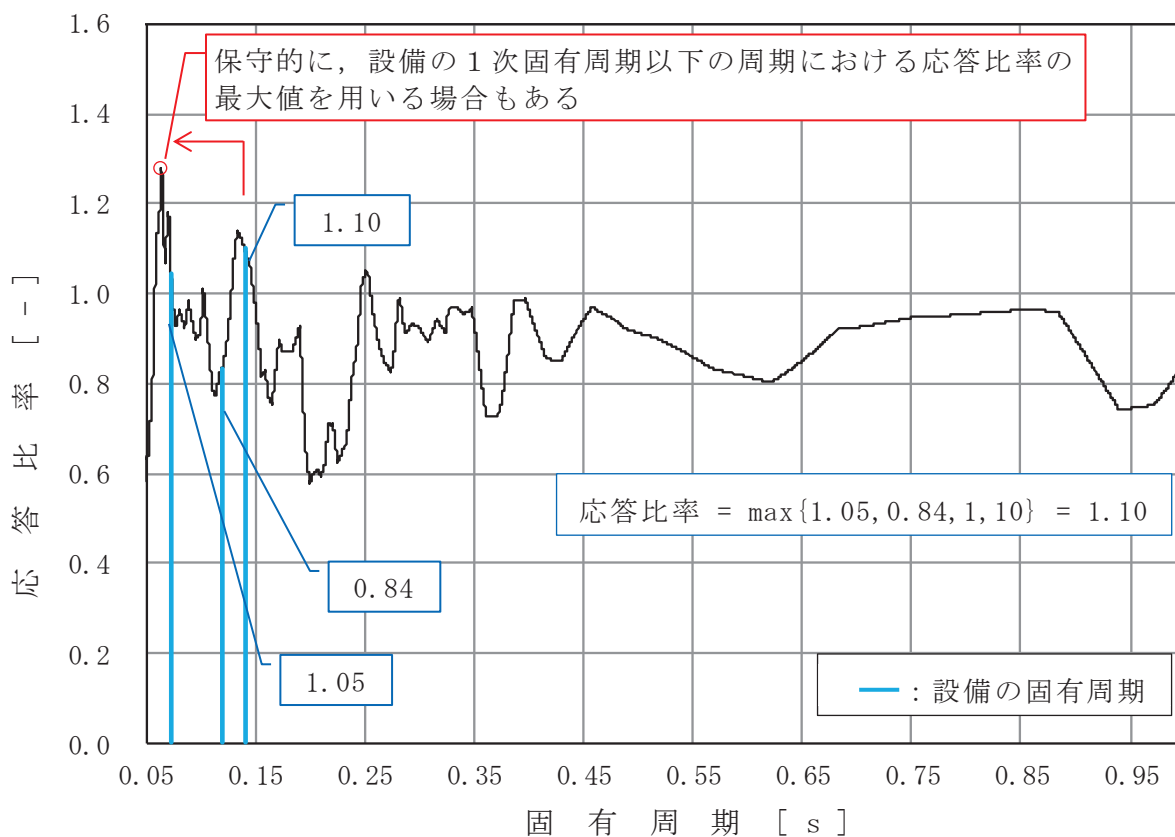


図 4-3 床応答曲線における応答比率の算定例

(水平方向 (NS/EW 包絡), 原子炉建屋 0.P.1.150m, 基準地震動 S s, 減衰 2.0%,  
固有周期 : 0.073s, 0.12s, 0.14s)

(2) 影響検討結果

「4.1.1 検討方針」に示す影響検討フローに従った検討を行い、一部の設備（6設備）を除き、簡易評価の結果で応答比率が設備の裕度以下となることを確認した。

また、簡易評価において応答比率が設備の裕度を上回った6設備の評価結果を表4-3に示す。また、当該設備の詳細評価結果を表4-4に示す。

なお、配管の詳細評価対象は、評価に用いる各標高（質点）で応力評価結果の裕度が最小となる配管及び疲労累積係数が最大となる配管を代表としている。また、簡易評価は、対象設備の応力分類ごとに行っている。

簡易評価で応答比率が設備の裕度を上回った6設備に対して、影響検討用耐震条件による耐震計算を行い、発生値が許容値以下となることを確認した。

表 4-3 応答比率が設備の裕度を上回った 6 設備の簡易評価結果  
 (「SA 時環境考慮モデル」による応答の影響)

対象設備*1	評価部位	応力分類	今回工認の耐震評価 (基準地震動 S s)			応答比率	検討結果
			発生値*2 (MPa)	許容値 (MPa)	裕度		
燃料プール冷却浄化系 熱交換器	胴板	一次+二次 応力	675	420	0.62	1.05	×
		疲労*3	0.31	1	-		
残留熱除去系 熱交換器	胴板	一次+二次 応力	783	497	0.63	1.05	×
		疲労*3	0.38	1	-		
SA クラス 2 配管 (原子炉補機冷却水系 (KRCW-205))	配管 本体	一次+二次 応力	440	458	1.04	1.28	×
SA クラス 2 配管 (原子炉補機冷却海水系 (RSW-004))	配管 本体	一次+二次 応力	481	482	1.00	1.26	×
SA クラス 2 配管 (非常用ディーゼル発電 設備 (DGDO-B008))	配管 本体	一次+二次 応力	439	398	0.90	1.11	×
		疲労*3	0.4004	1	-		
SA クラス 2 配管 (残留熱除去系 (RHR-010))	配管 本体	一次+二次 応力	422	414	0.98	1.28	×
		疲労*3	0.7118*3	1*3	-		

注記\*1：大型機器系の地震応答解析による応答を用いる設備は、4.2項で評価する。

\*2：一次+二次応力の発生値が許容値を上回った場合は、疲労評価を実施する。

\*3：単位は無次元。

表 4-4 応答比率が設備の裕度を上回った 6 設備の詳細評価結果

(「FSA 時環境考慮モデル」による応答の影響)

対象設備*1	評価部位	応力分類	影響検討用耐震条件を用いた耐震計算 (基準地震動 S s)				検討結果
			最大応答 加速度 (1.2ZPA)	床応答曲線	発生値*2 (MPa)	許容値 (MPa)	
燃料プールの冷却浄化系 熱交換器	胴板	一次＋二次応力	水平：2.05 鉛直：1.34	-	692	420	○
		疲労*3			0.34	1	
残留熱除去系 熱交換器	胴板	一次＋二次応力	水平：2.07 鉛直：1.38	-	800	497	○
		疲労*3			0.41	1	
SA クラス 2 配管 (原子炉補機冷却水系 (KRCW-205))	配管本体	一次＋二次応力	水平：3.16 鉛直：1.51	0.P.41.2, 33.2, 22.5, 15.0, 6.0, 1.15, -0.8, -8.1 m (2%減衰)	336	458	○
		疲労*3					
SA クラス 2 配管 (原子炉補機冷却海水系 (RSW-004))	配管本体	一次＋二次応力	水平：2.11 鉛直：1.52	0.P.22.5, 15.0, 6.0, 1.15, -0.8, -8.1 m (2%減衰)	372	482	○
		疲労*3					
SA クラス 2 配管 (非常用ディーゼル発電設備 (DGDO-B008))	配管本体	一次＋二次応力	水平：2.05 鉛直：1.34	原子炉建屋 0.P.15.0, 6.0 m 軽油タンク連絡ダクト 0.P.12.1, 10.5, 9.5 m (2%減衰)	435	398	○
		疲労*3			0.3005	1.000	
SA クラス 2 配管 (残留熱除去系 (RHR-010))	配管本体	一次＋二次応力	水平：1.51 鉛直：1.07	0.P.6.0, 1.15, -0.8, -8.1 m (2%減衰)	382	414	○
		疲労*3					

注記\*1：大型機器系の地震応答解析による応答を用いる設備は、4.2項で評価する。

\*2：一次＋二次応力の発生値が許容値を上回った場合は、疲労評価を実施する。

\*3：単位は無次元。

## 4.2 大型機器系の地震応答解析結果による影響

### 4.2.1 検討方針

大型機器系の地震応答解析モデルの応答を用いる機器・配管系への重大事故等時の高温による影響検討フローを図4-4に示し、以下の通り、重大事故等時の高温による設備の評価に与える影響検討を行う。

なお、重大事故等時の有効性評価で対象とする事故シナリオのうち、原子炉格納容器内の高温状態が長期間続く事故シナリオ（格納容器破損モード）では、事象発生後に炉心が損傷に至り炉内構造物の機能が喪失することから、炉内構造物は本検討の対象外とする。

#### (1) 検討対象設備

重大事故等時の高温による影響を検討する設備は、大型機器系の地震応答解析モデルの応答を用いる以下の設備とする。

- ・常設耐震重要重大事故防止設備
- ・常設重大事故緩和設備

#### (2) 影響検討用耐震条件の作成

「3.2.1 解析条件」に示す「SA 時環境考慮モデル」の温度条件及び重大事故等時の水位条件を考慮した大型機器系の地震応答解析モデル（以下「SA 時環境考慮連成モデル」という。）を用いて地震応答解析を行い、その結果から影響検討用耐震条件（影響検討用最大応答加速度、影響検討用床応答曲線及び影響検討用地震力）を作成する。「SA 時環境考慮連成モデル」のモデル化の詳細は、4.2.2 項に示す。

影響検討用耐震条件の作成に考慮する地震動は、機器・配管系への重大事故等時の高温の影響を確認する観点から「VI-2-3-2 炉心、原子炉圧力容器及び原子炉内部構造物並びに原子炉格納容器及び原子炉本体の基礎の地震応答計算書」の結果より、基本ケースの各質点で耐震条件が最大となる地震動（水平方向は $S_s-D1$ 、 $S_s-D2$ 、 $S_s-D3$ 、 $S_s-F3$ 及び $S_s-N1$ 、鉛直方向は $S_s-D2$ ）とする。水平方向の影響検討用耐震条件は、NS 及び EW 方向の地震応答解析結果を包絡する。

また、影響検討用耐震条件と「大型機器系の地震応答解析モデル」の応答から作成した耐震計算に用いる耐震条件との応答比率を作成する。作成した応答比率が1を上回った場合、図4-4の影響検討フローに基づき影響検討を行う。

(3) 簡易評価

(1)の検討対象設備に対する裕度（許容値/発生値）を整理する。

検討対象設備の応答比率と設備の裕度を比較し、検討対象設備の応答比率が設備の裕度以下となることを確認する。確認の結果、検討対象設備の応答比率が設備の裕度を上回る場合は、詳細評価を行う。

(4) 詳細評価

詳細評価が必要となった設備は、影響検討用耐震条件を用いた耐震評価を行い、発生値が許容値以下となることを確認する。確認の結果、発生値が許容値を上回る場合は、追加検討を行う。

(5) 追加検討

追加検討が必要となった設備は、設備の評価結果等に応じて個別に評価の精緻化、設備対策等を行うものとする。

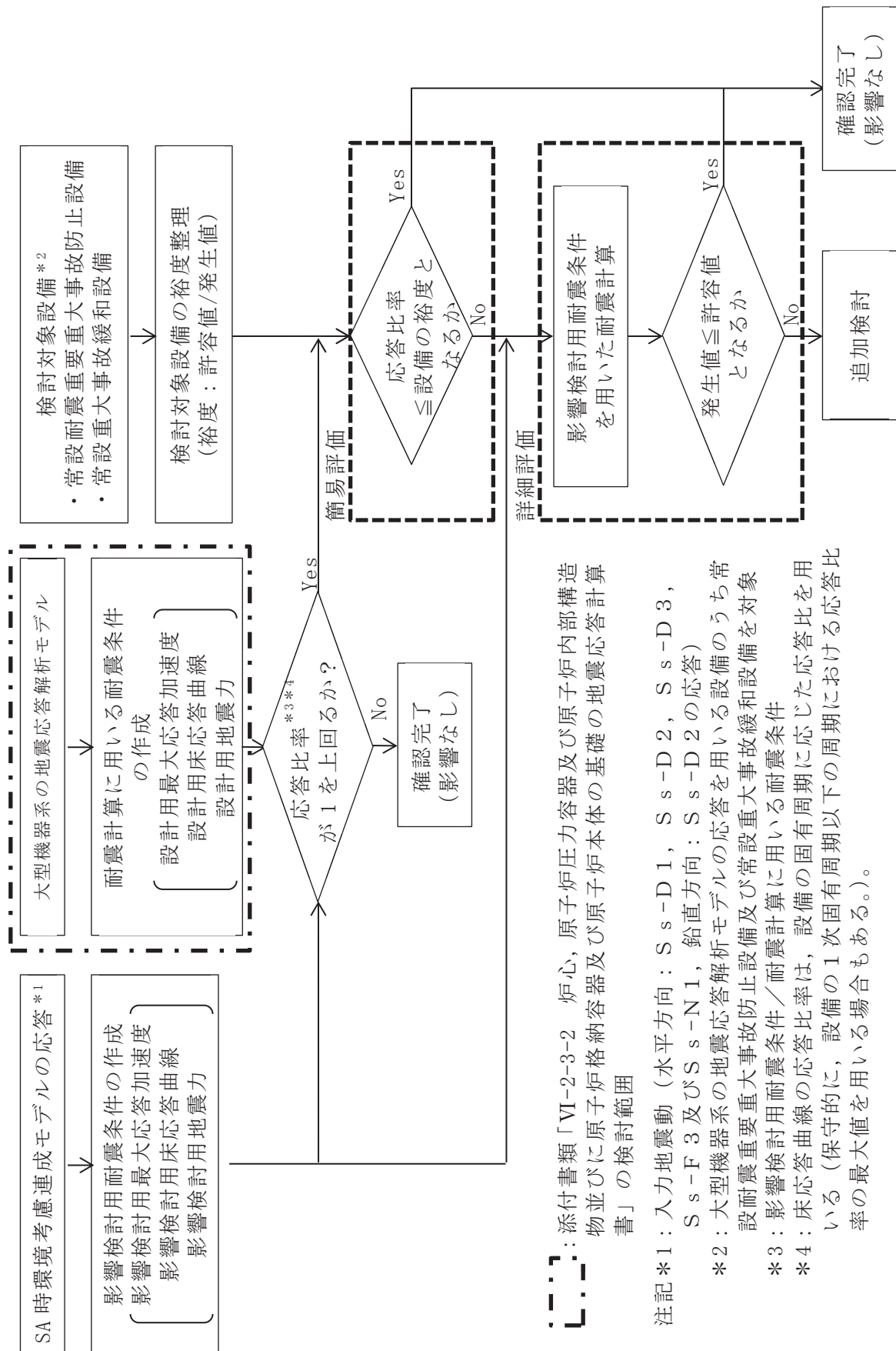


図 4-4 大型機器系の地震応答解析モデルの応答を用いる機器・配管系への重大事故等時の高温による影響検討フロー

#### 4.2.2 「SA 時環境考慮連成モデル」のモデル化

##### (1) 原子炉圧力容器及び原子炉格納容器内の環境条件

基準地震動  $S_s$  と組み合わせる SA 時環境条件等を以下に示す。

原子炉格納容器内の SA 時環境条件は、 $2 \times 10^{-1}$  年後の原子炉格納容器内温度を包絡し設定した値とし添付書類「VI-1-8-1 原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」等の原子炉格納施設の評価条件と同じ値を適用した。

重大事故等時の温度条件、原子炉圧力容器及び原子炉格納容器内の水位及び燃料状態等の炉内環境は重大事故等の進展に伴い変化する。一方、重大事故等時の原子炉圧力容器のモデル化は、耐震評価では重心位置が高いほうが地震時の応答が大きくなる傾向があることを踏まえ、「SA 時環境考慮連成モデル」における炉内水位及び燃料状態等は燃料破損や冷却材喪失等の状態を考慮せず「大型機器系の地震応答解析モデル」の諸元及びそれに対応する温度条件を適用して解析を実施する（事故シナリオを踏まえた設定の妥当性については、別紙 5-1(1)を参照）。

原子炉圧力容器、原子炉格納容器等の「SA 時環境考慮連成モデル」に適用する解析条件を表 4-5 に、解析条件を踏まえ変更した解析諸元を表 4-6 及び表 4-7 に、解析モデル図を図 4-5 に示す。

なお、コンクリート剛性低下率の考え方については、4.2.2(2)に詳細を示す。また、「SA 時環境考慮連成モデル」の原子炉本体の基礎のスケルトンカーブの設定の詳細を別紙 5-1(2)に示す。



表 4-5 「SA 時環境考慮連成モデル」に適用する解析条件

項目		大型機器系の地震応答解析モデル	SA 時環境考慮連成モデル	SA 時環境考慮連成モデル設定の考え方
原子炉 圧力容器	炉内環境 (水位, 燃料状態)	通常運転水位, 燃料健全	大型機器系の地震 応答解析モデルの 条件を適用	重心位置が高く地震応答が 大きくなる「大型機器系の 地震応答解析モデル」の炉 内環境を適用する。
	温度 (°C)	286		
原子炉 格納容器	温度 (°C)	57	111* <sup>2</sup>	重大事故等時に原子炉格納 容器バウンダリと基準地震 動 $S_s$ との組み合わせを行 う $2 \times 10^{-1}$ 年後の原子炉格 納容器温度 $110^\circ\text{C}^{*1}$ より設 定した。
サプレッション プール	水位 (m)	3.6 (O. P. -3.800m)	5.886 (O. P. -1.514m)	耐震評価用重大事故等時水 位* <sup>2</sup> を設定した。
ドライウエル	水位 (m)	0.0	0.458 (O. P. 1.6076m)	耐震評価用重大事故等時水 位* <sup>2</sup> を設定した。

注記\*1：補足説明資料「重大事故等対処施設の耐震設計における重大事故と地震の組合せについて」(補足 600-19)

\*2：添付書類「VI-1-8-1 原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」

表 4-6 解析条件を踏まえ変更した解析諸元（縦弾性係数，ばね定数）

項目	対象設備	材質	SA 時環境考慮連成モデル	【参考】大型機器系の地震応答解析モデル
縦弾性係数	原子炉しゃへい壁	鋼材		
	原子炉本体の基礎	鋼材		
		コンクリート		
ばね定数	原子炉格納容器シヤラゲ (K <sub>1</sub> )	鋼材		
	原子炉格納容器スタビライザ (K <sub>2</sub> )	鋼材		
	原子炉圧力容器スタビライザ (K <sub>3</sub> )	鋼材		
	燃料交換ベローズ (K <sub>4</sub> )	鋼材		
	所員用エアロック (K <sub>5</sub> )	鋼材		
	ベント管 (K <sub>6</sub> )	鋼材		

表 4-7(1/2) 解析条件を踏まえ変更した解析諸元 (原子炉本体基礎の初期剛性)

地震応答解析モデル諸元 (NS 方向)						
質点 番号	SA 時環境考慮連成モデル			大型機器系の地震応答解析モデル		
	質量 (t)	断面二次 モーメント (m <sup>4</sup> )	有効せん断 断面積 (m <sup>2</sup> )	質量 (t)	断面二次 モーメント (m <sup>4</sup> )	有効せん断 断面積 (m <sup>2</sup> )
7						
6						
5						
4						
3						

表 4-7(2/2) 解析条件を踏まえ変更した解析諸元 (原子炉本体基礎の初期剛性)

地震応答解析モデル諸元 (EW 方向)						
質点 番号	SA 時環境考慮連成モデル			大型機器系の地震応答解析モデル		
	質量 (t)	断面二次 モーメント (m <sup>4</sup> )	有効せん断 断面積 (m <sup>2</sup> )	質量 (t)	断面二次 モーメント (m <sup>4</sup> )	有効せん断 断面積 (m <sup>2</sup> )
7						
6						
5						
4						
3						

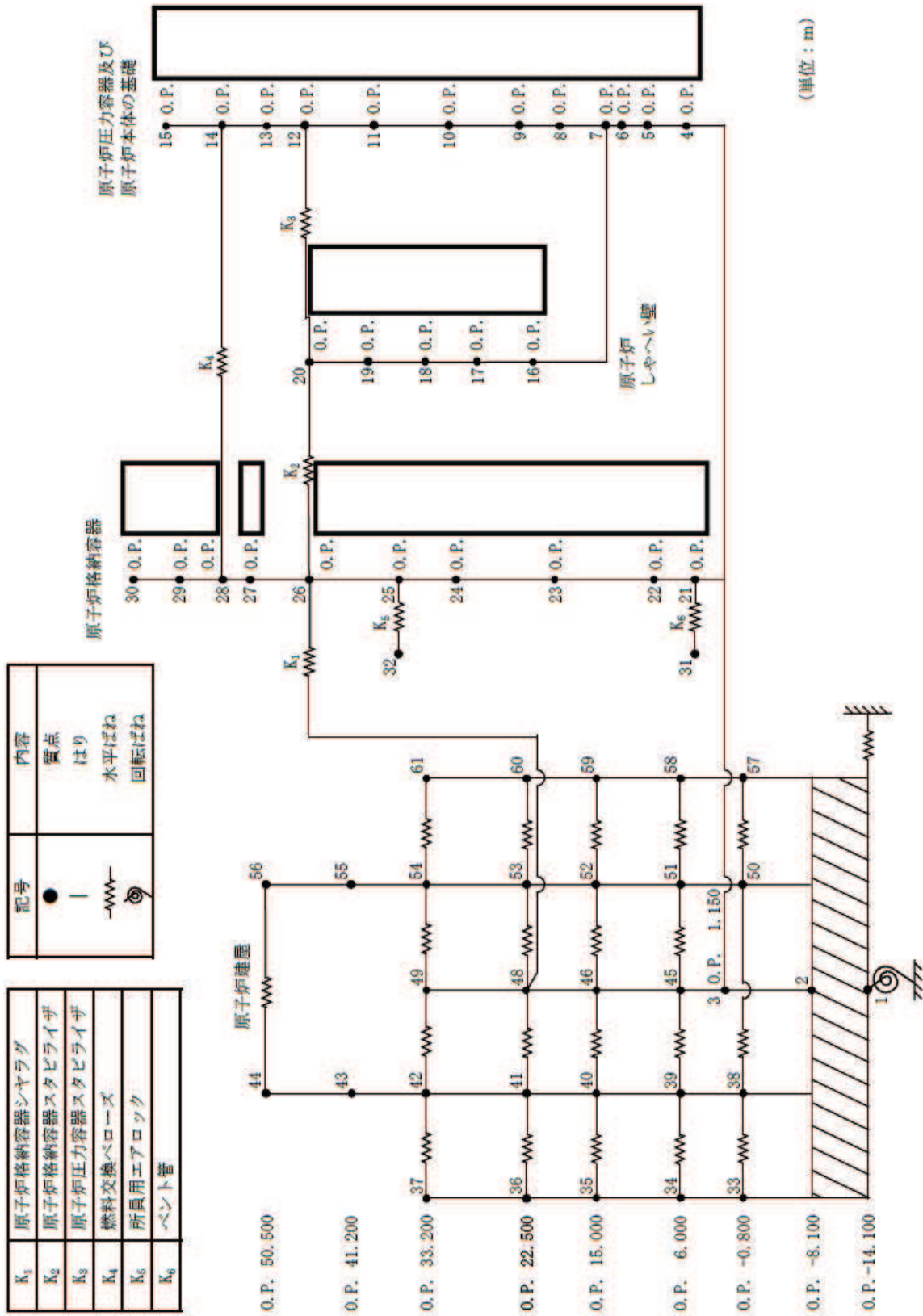


図 4-5 SA 時環境考慮連成モデル (NS 方向) (1/3)

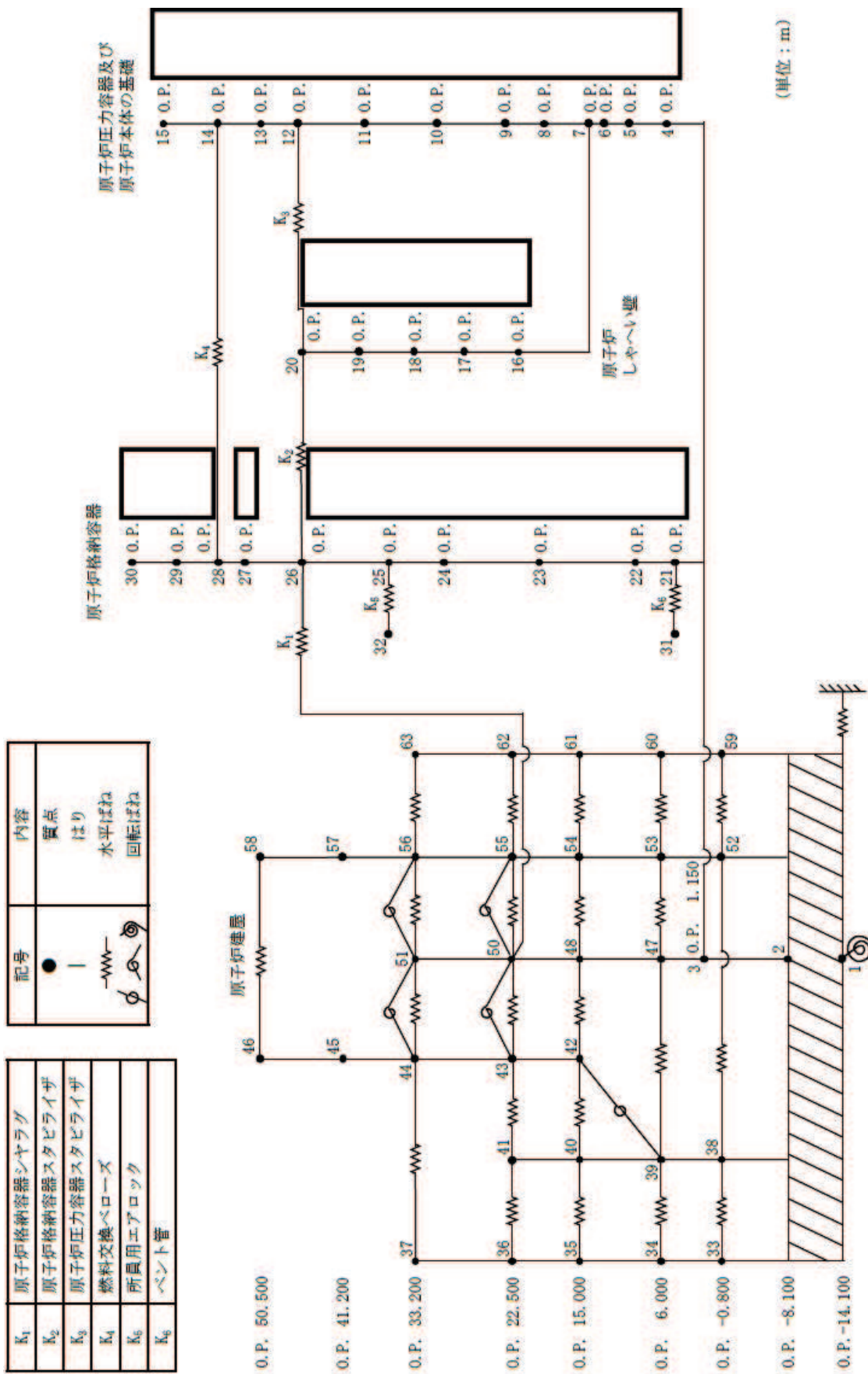


図 4-5 SA 時環境考慮連成モデル (EW 方向) (2/3)

K <sub>9</sub>	トラス端部回転拘束ばね
記号	内容
●	質点
—	軸ばね (構造物)
—	はり (屋根トラス部)
⊗	回転ばね
⊚	鉛直ばね (地盤)

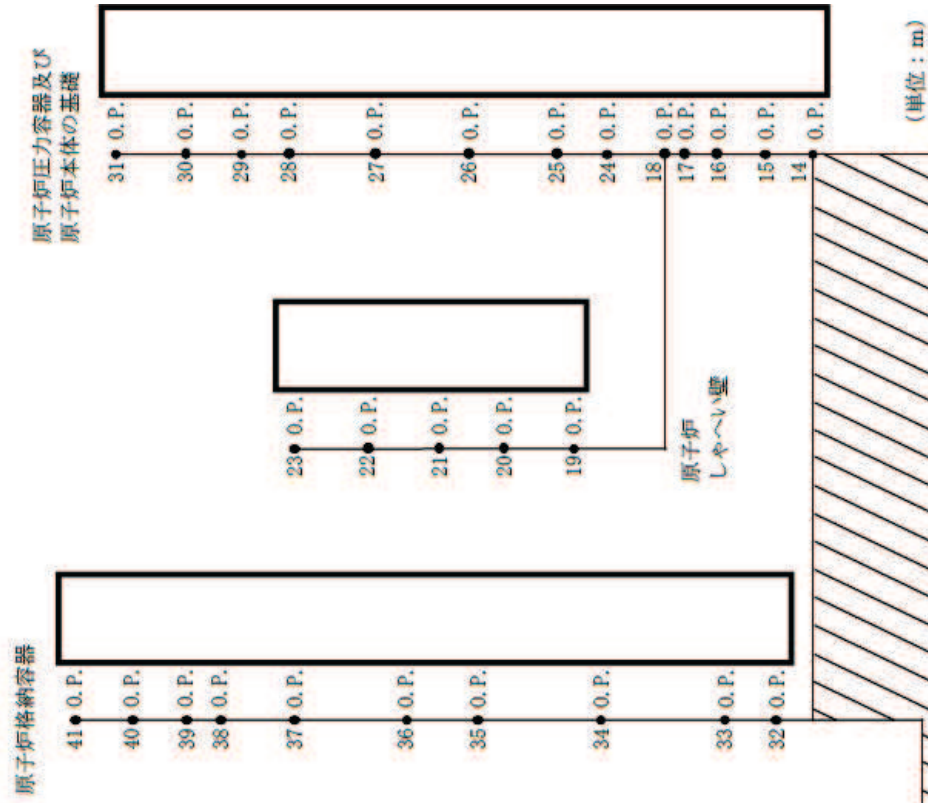
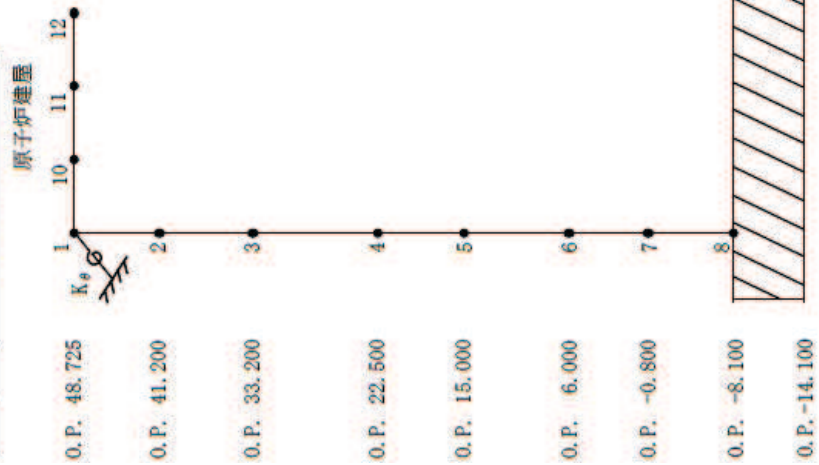


図 4-5 SA 時環境考慮連成モデル (鉛直方向) (3/3)



(2) コンクリート剛性低下率

原子炉本体の基礎のコンクリートは鋼板に覆われている構造である。また、既往の文献\*によって、コンクリートを鋼板で密封した試験体を加熱した場合 175℃までの範囲においてコンクリート剛性の低下が見られないことが確認されている。以上のことから、原子炉本体の基礎は、重大事故等時の熱によるコンクリート部材の剛性低下は小さいと考えられるが、念のため、「SA 時環境考慮連成モデル」において重大事故等時の熱による剛性低下を考慮する。

「SA 時環境考慮連成モデル」にてコンクリート部材としてモデル化している原子炉本体の基礎のコンクリート部材の解析条件は、「3.2.1 解析条件」と同様に剛性低下を見込んで設定する。表 4-8 に「SA 時環境考慮連成モデル」に用いたコンクリート部材の剛性低下率を示す。

「SA 時環境考慮連成モデル」の諸元設定においては、高温状態を経験したコンクリート部材の剛性がその後元に戻らないと仮定し、コンクリート部材の剛性低下率の検討に用いる温度は、「3.2.1 解析条件」と同様に、原子炉格納容器の限界温度である 200℃とする。また、コンクリート部材の剛性低下率は原子炉建屋の「SA 時環境考慮モデル」と同様に「構造材料の耐火性ガイドブック（2017 年日本建築学会）」に基づき設定する。

なお、原子炉しゃへい壁は円筒形の内外の鋼板及びその内部に充てんされたモルタルで構成されているが、建設時及び今回工認の建屋-機器連成地震応答解析モデルにおいて、モルタル部材の剛性を考慮せず鋼材の剛性のみ考慮している。このため「SA 時環境考慮連成モデル」でも同様に、原子炉しゃへい壁は鋼材の剛性のみを考慮する（別紙 5-1(4)参照）。

鋼材の剛性は高温状態を経験した後においても温度に応じて変化するため、原子炉本体の基礎と原子炉しゃへい壁の鋼材の剛性は表 4-5 の原子炉格納容器内雰囲気温度(111℃)に基づき設定する。

注記\*：長尾 他：高温履歴を受けるコンクリートの物性に関する実験的研究：  
日本建築学会構造系論文集 第 457 号 1994

表 4-8 「SA 時環境考慮連成モデル」に用いたコンクリート部材の剛性低下率

		検討に用いた温度 (℃)	剛性低下率
原子炉 本体の基礎	コンクリート	200	0.68
	(鋼材)	111	—

#### 4.2.3 検討結果

##### (1) 地震応答解析結果

「SA 時環境考慮連成モデル」による固有値解析結果を表 4-9 に、振動モード図を図 4-7 に示す。なお、刺激係数は、各次の固有ベクトルの最大振幅が 1.0 となるように正規化して算出した値を示している。

「大型機器系の地震応答解析モデル」と「SA 時環境考慮連成モデル」による耐震条件の比較結果を表 4-10 に、最大応答加速度の比較結果を表 4-11 に、床応答曲線の比較結果（水平方向（NS, EW 包絡）及び鉛直方向）を図 4-8 に示す。なお、床応答曲線の減衰定数は、耐震裕度の比較的小さい配管系の主要な減衰定数である 2.0%を代表として、設備評価に用いた標高の床応答曲線を記載している。

最大応答加速度の応答比率は、水平方向の加速度として NS 方向と EW 方向の包絡値を用い、水平方向及び鉛直方向で標高ごとに算出する。

また、床応答曲線の応答比率は、水平方向の応答曲線として NS 方向と EW 方向の包絡値を用い、標高、減衰定数及び設備の固有周期に応じた応答比率を算定する。

表 4-9 から SA 時環境考慮連成モデルは、大型機器系の地震応答解析モデルよりもやや長周期化しており、剛性低下を考慮したこととの整合性がある。また、表 4-10、表 4-11、図 4-8 より、に対する「SA 時環境考慮連成モデル」（影響検討ケース）の応答が「大型機器系の地震応答解析モデル」（工認設計ケース）の応答を一部上回ることを確認したため、図 4-1 に示す影響検討フローに基づき、簡易評価及び詳細評価を行う。



表 4-9 固有値解析結果\*<sup>1</sup>(NS 方向)(1/3)

次数		固有周期 (s)		刺激係数* <sup>2</sup>	
大型機器系の地震応答解析モデル	SA 時環境考慮連成モデル	大型機器系の地震応答解析モデル	SA 時環境考慮連成モデル	大型機器系の地震応答解析モデル	SA 時環境考慮連成モデル
1	1	0.236	0.245	2.222	2.149
2	2	0.123	0.126	-2.741	-2.543
3	3	0.116	0.120	-1.113	-1.244
4	4	0.097	0.102	2.048	1.705
5	5	0.093	0.097	-1.037	0.290
6	6	0.090	0.094	-1.774	-0.447
7	7	0.089	0.092	-0.033	-0.548
8	8	0.082	0.083	-0.001	-0.196
9	9	0.074	0.078	-0.614	0.806
10	10	0.071	0.073	0.445	0.558
11	11	0.068	0.069	-0.374	-0.179
12	12	0.065	0.067	-0.596	-0.933
13	13	0.063	0.065	-0.668	-0.079
14	14	0.060	0.062	0.047	-0.556
15	15	0.058	0.060	0.475	-0.575
16	16	0.055	0.059	-0.590	1.366
17	17	0.052	0.054	1.558	-1.016
18	18	0.051	0.054	0.438	-0.271
19	19	0.050	0.051	0.173	-1.543
—	20	—	0.051	—	0.500

注記\*1：固有周期 0.050s 以上の次数について記載した。

\*2：刺激係数は、各次の固有ベクトルを最大振幅が 1.0 となるように正規化して算出した値を示す。

表 4-9 固有値解析結果\*<sup>1</sup>(EW 方向) (2/3)

次数		固有周期 (s)		刺激係数* <sup>2</sup>	
大型機器系の地震応答解析モデル	SA 時環境考慮連成モデル	大型機器系の地震応答解析モデル	SA 時環境考慮連成モデル	大型機器系の地震応答解析モデル	SA 時環境考慮連成モデル
1	1	0.228	0.238	2.197	2.135
2	2	0.125	0.129	1.928	1.763
3	3	0.116	0.121	0.066	0.083
4	4	0.098	0.103	0.619	0.586
5	5	0.091	0.095	-0.782	2.120
6	6	0.090	0.093	-1.793	-0.105
7	7	0.086	0.089	2.182	1.843
8	8	0.077	0.079	1.023	1.179
9	9	0.074	0.076	0.369	0.020
10	10	0.070	0.073	-0.244	-0.420
11	11	0.067	0.070	-0.521	0.333
12	12	0.064	0.069	0.549	-0.345
13	13	0.062	0.064	-0.256	0.408
14	14	0.060	0.063	1.549	-2.185
15	15	0.059	0.059	0.109	0.366
16	16	0.055	0.058	-0.329	-1.331
17	17	0.055	0.057	0.558	0.239
18	18	0.052	0.054	-2.456	1.422
—	19	—	0.051	—	0.195
—	20	—	0.051	—	0.087

注記\*1：固有周期 0.050s 以上の次数について記載した。

\*2：刺激係数は、各次の固有ベクトルを最大振幅が 1.0 となるように正規化して算出した値を示す。

表 4-9 固有値解析結果\*<sup>1</sup>(鉛直方向)(3/3)

次数		固有周期 (s)		刺激係数* <sup>2</sup>	
大型機器系の地震応答解析モデル	SA 時環境考慮連成モデル	大型機器系の地震応答解析モデル	SA 時環境考慮連成モデル	大型機器系の地震応答解析モデル	SA 時環境考慮連成モデル
1	1	0.339	0.339	1.458	1.467
2	2	0.100	0.103	1.584	1.518
3	3	0.079	0.079	1.360	1.266
4	4	0.051	0.051	-0.381	-0.448

注記\*1：固有周期 0.050s 以上の次数について記載した。

\*2：刺激係数は，固有ベクトルを正規化し，質量マトリックスとの積から算出した値を示す。

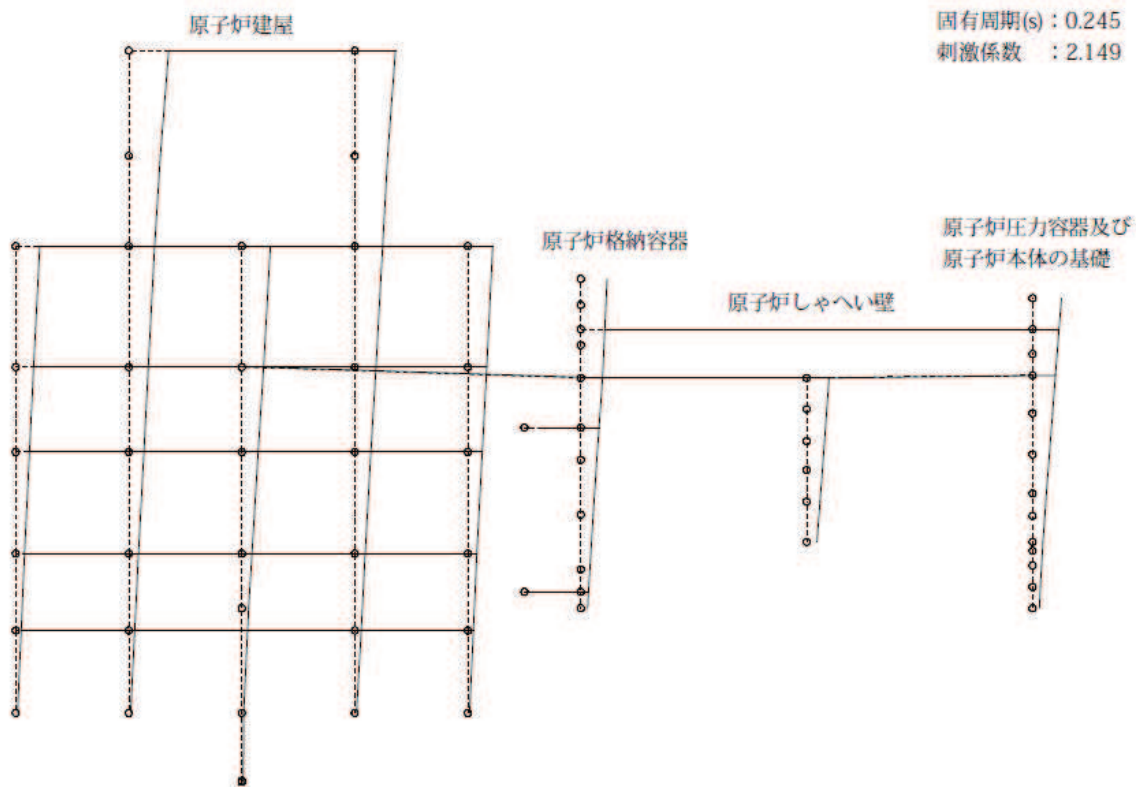


図 4-7(1) 1次振動モード(NS方向)(1/20)

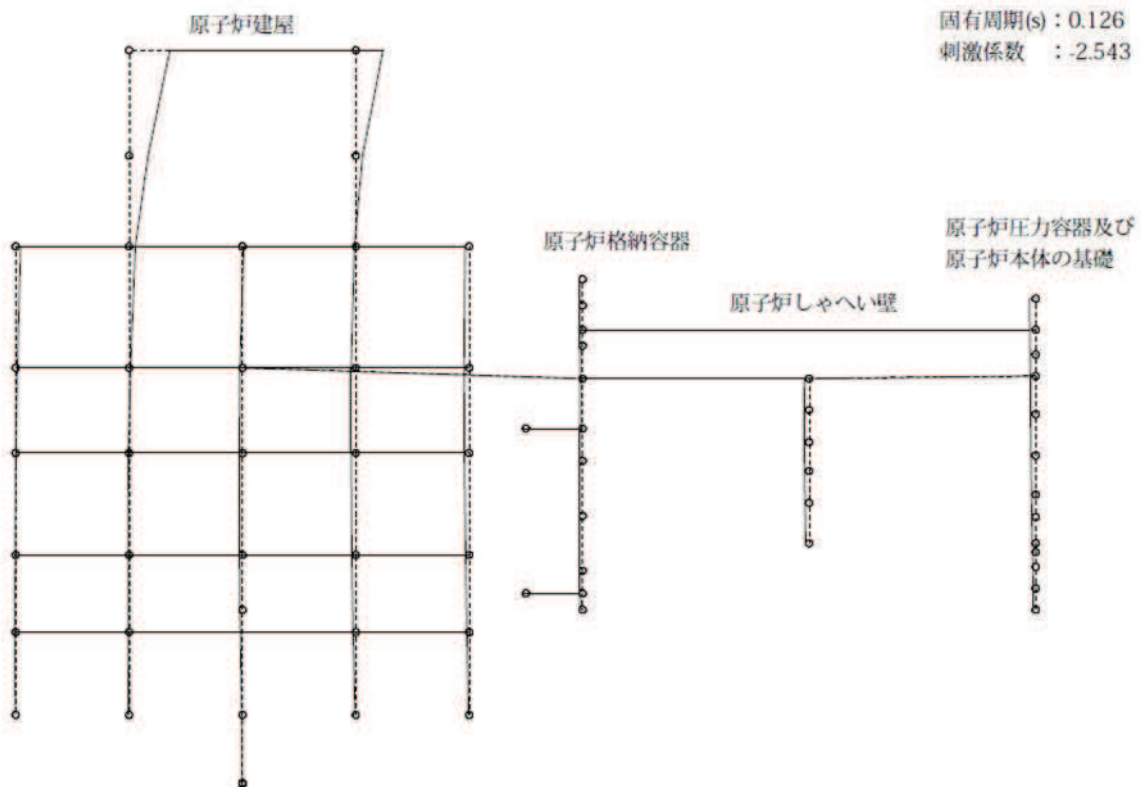


図 4-7(1) 2次振動モード(NS方向)(2/20)

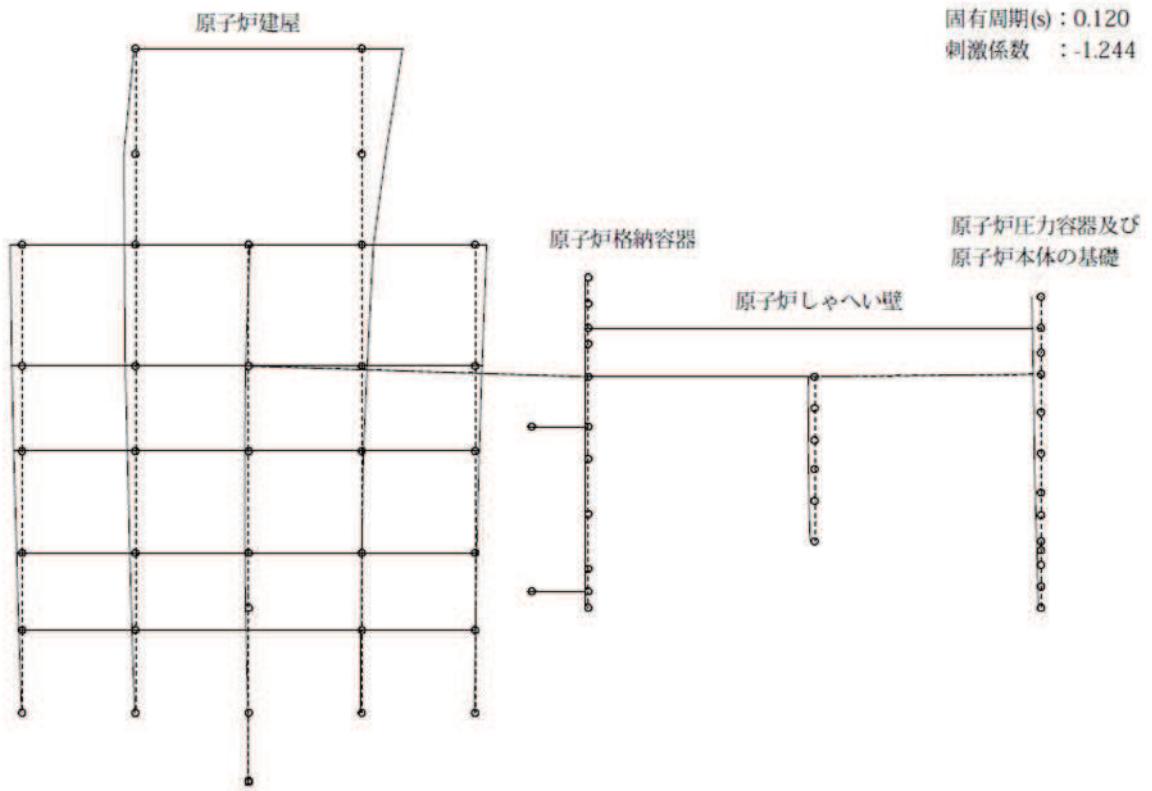


図 4-7(1) 3次振動モード(NS方向)(3/20)

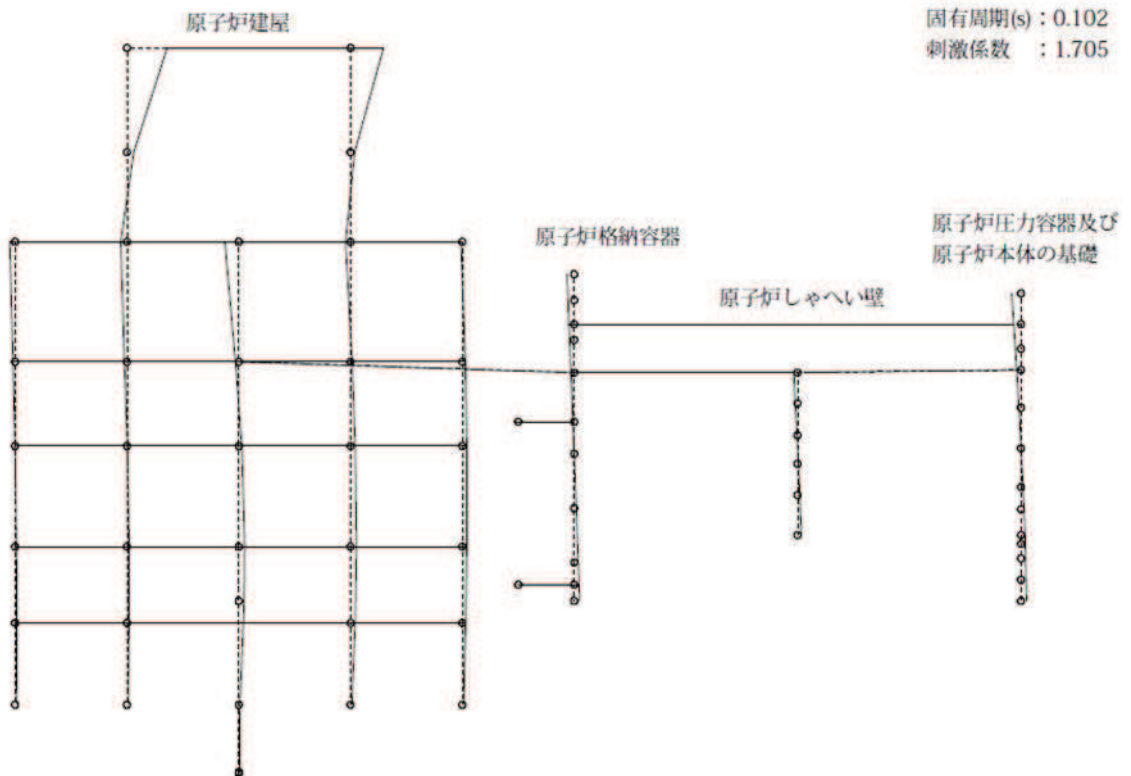


図 4-7(1) 4次振動モード(NS方向)(4/20)

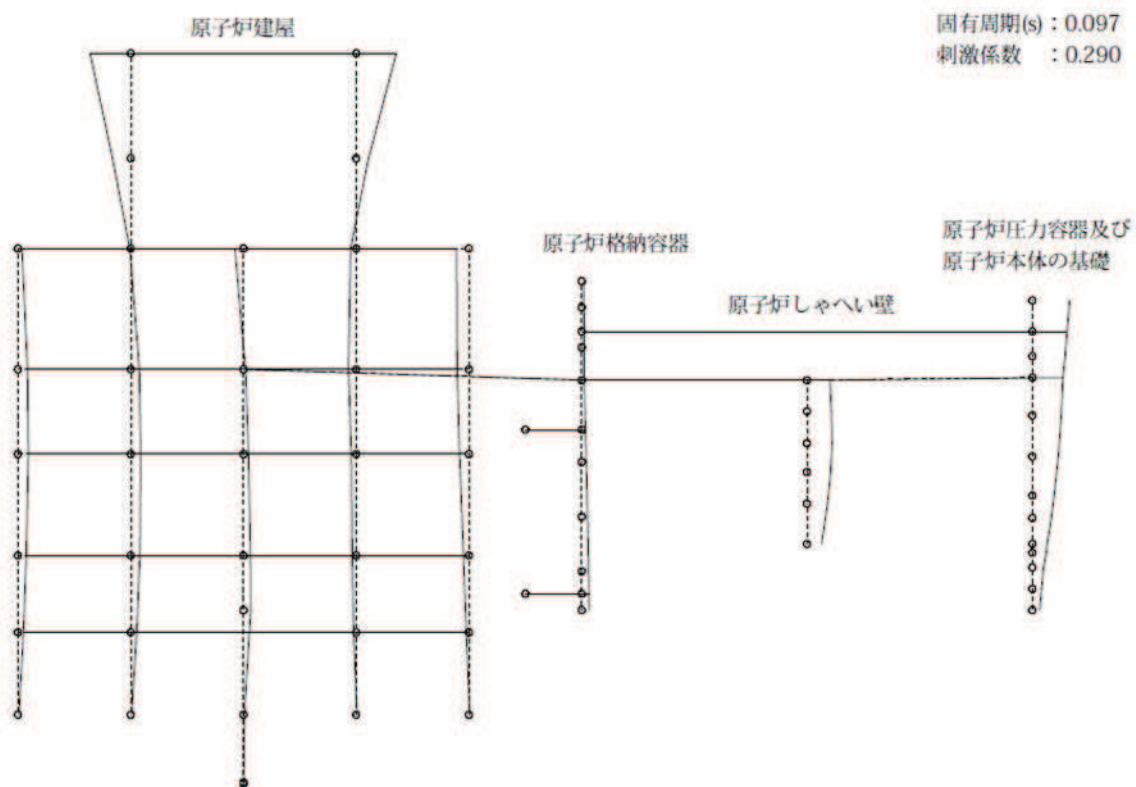


図 4-7(1) 5次振動モード(NS方向)(5/20)

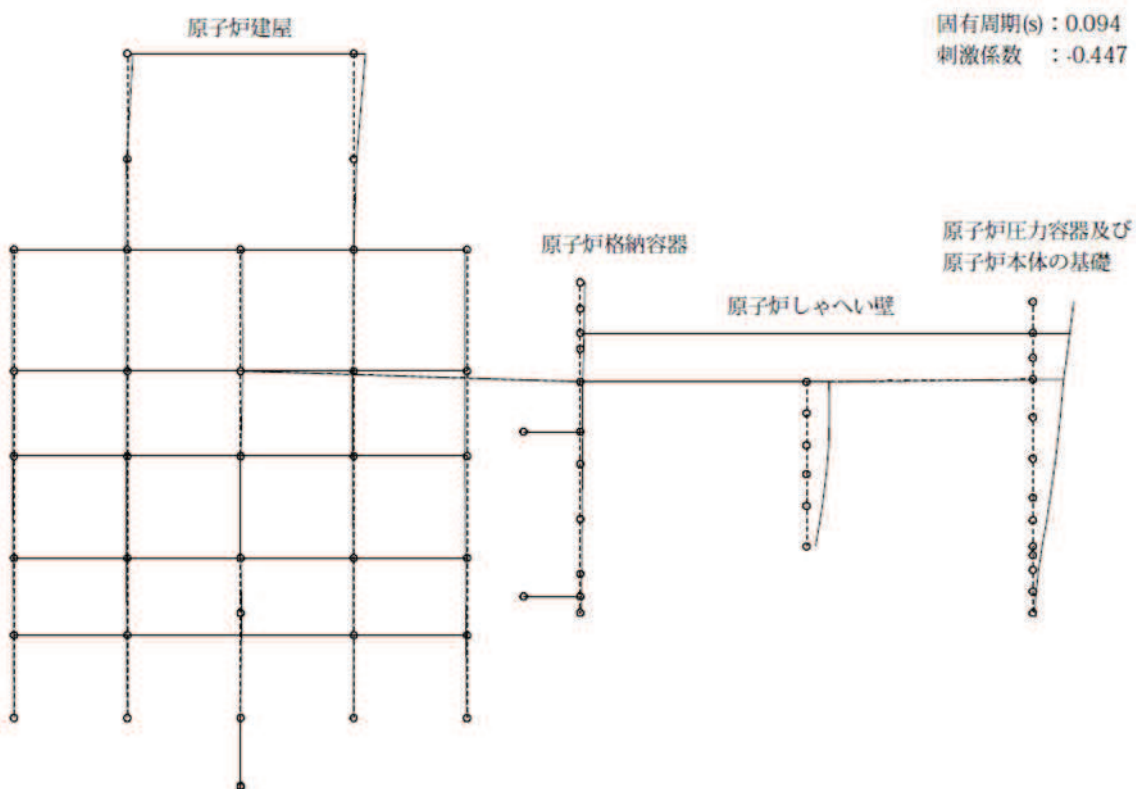


図 4-7(1) 6次振動モード(NS方向)(6/20)

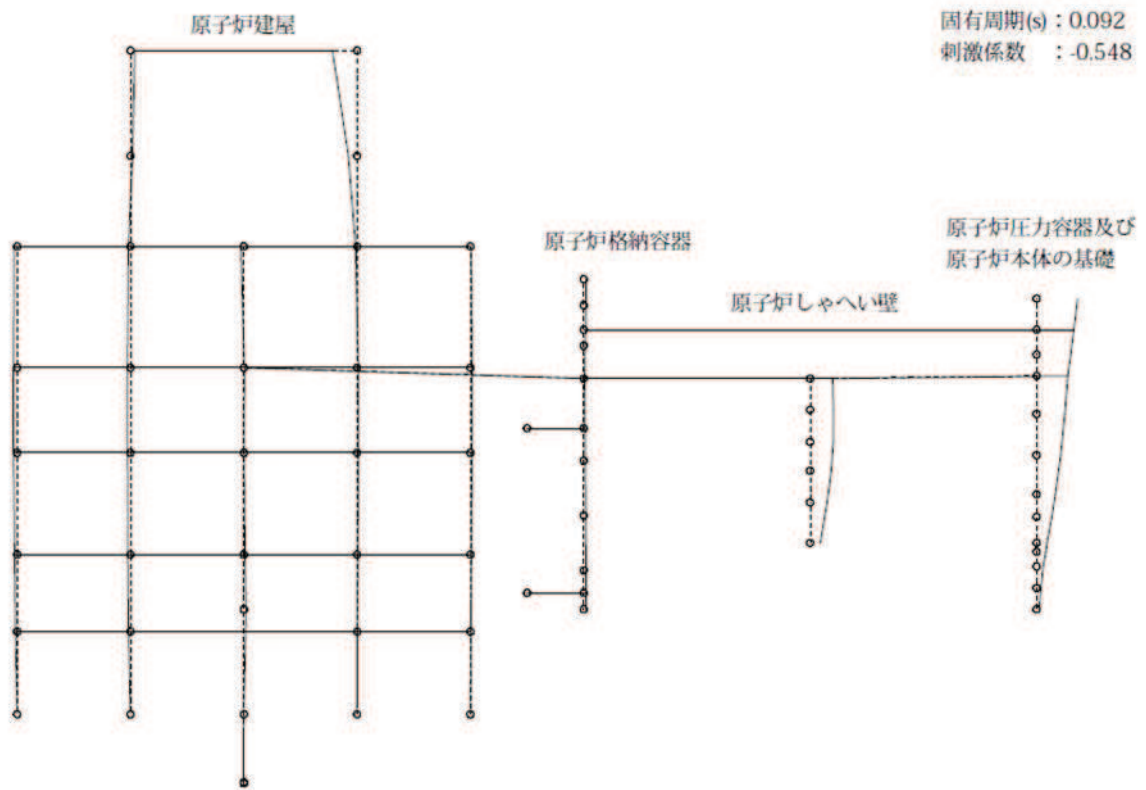


図 4-7(1) 7次振動モード(NS方向)(7/20)

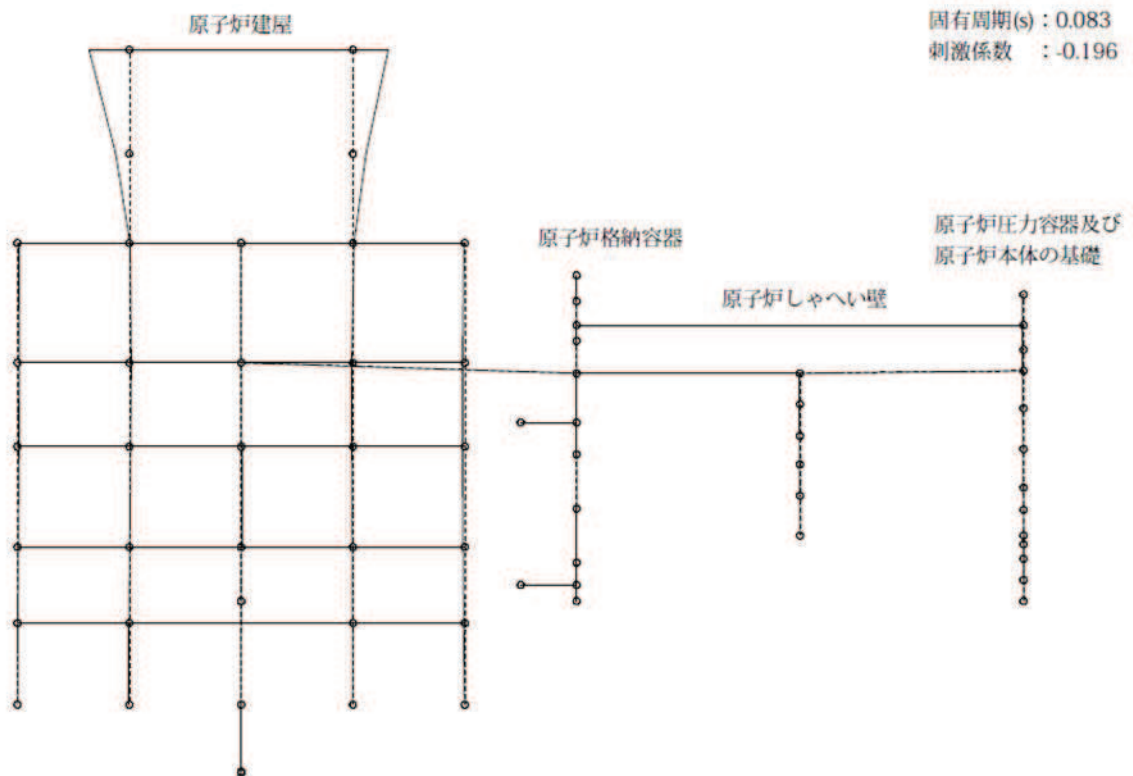


図 4-7(1) 8次振動モード(NS方向)(8/20)

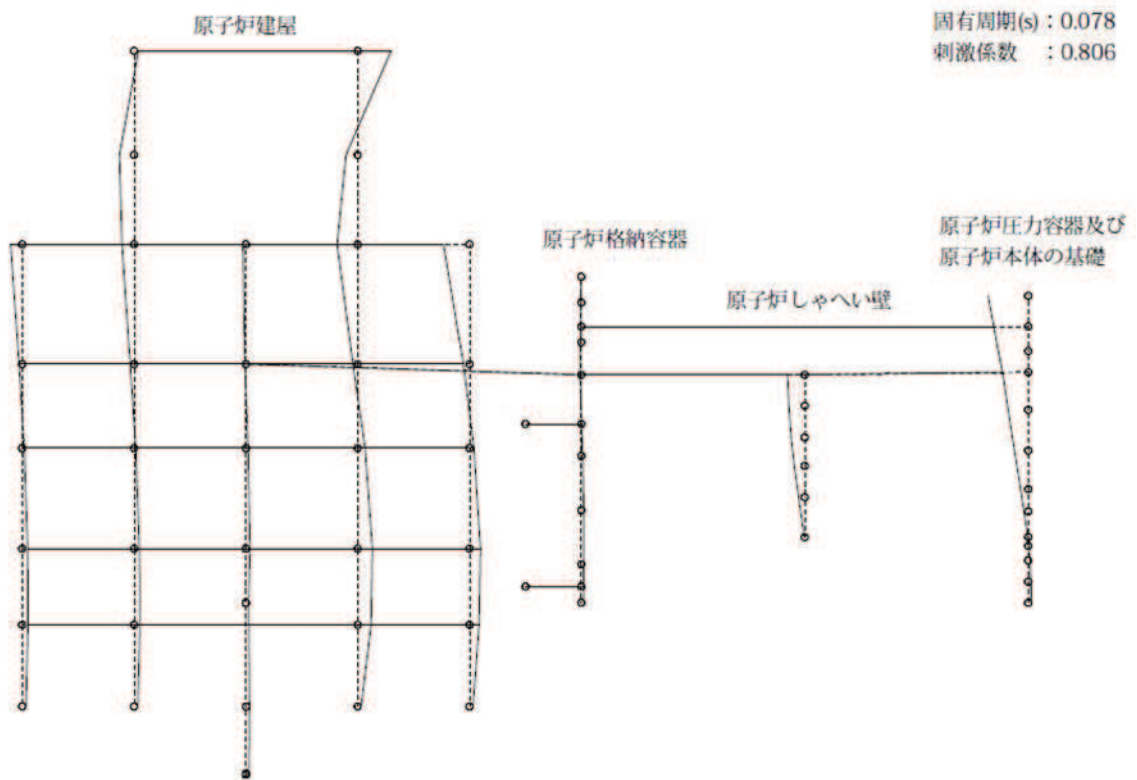


図 4-7(1) 9次振動モード(NS方向)(9/20)

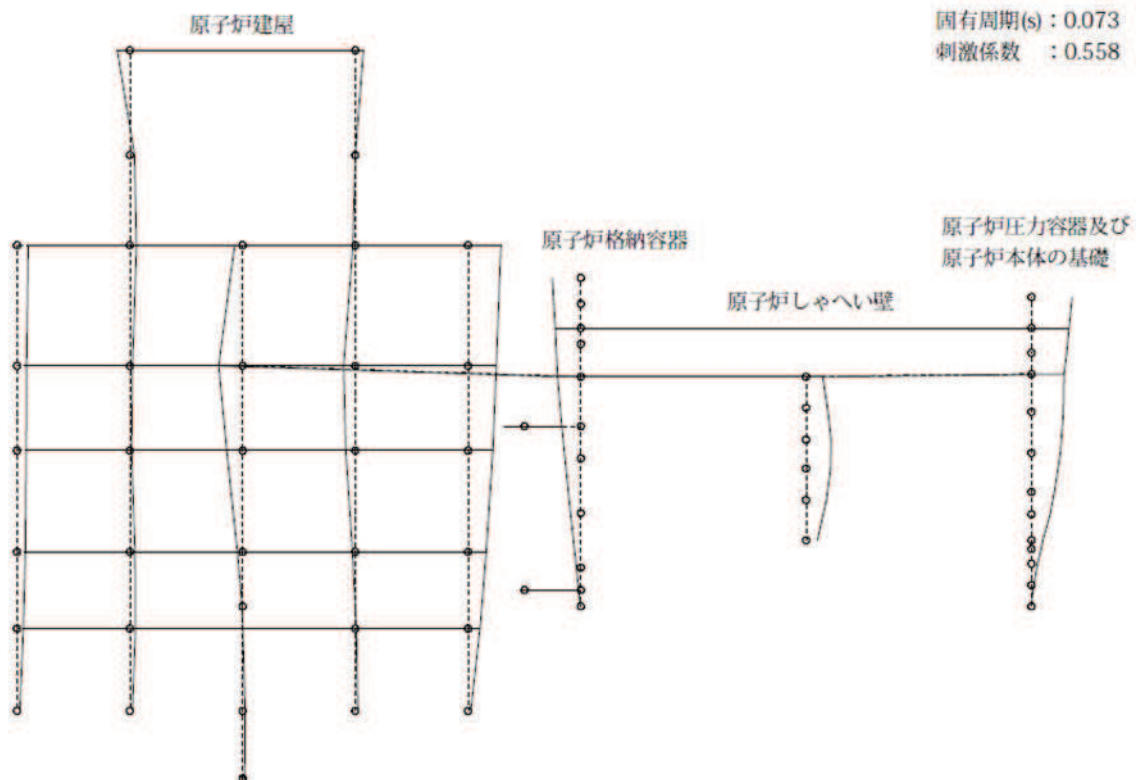


図 4-7(1) 10次振動モード(NS方向)(10/20)



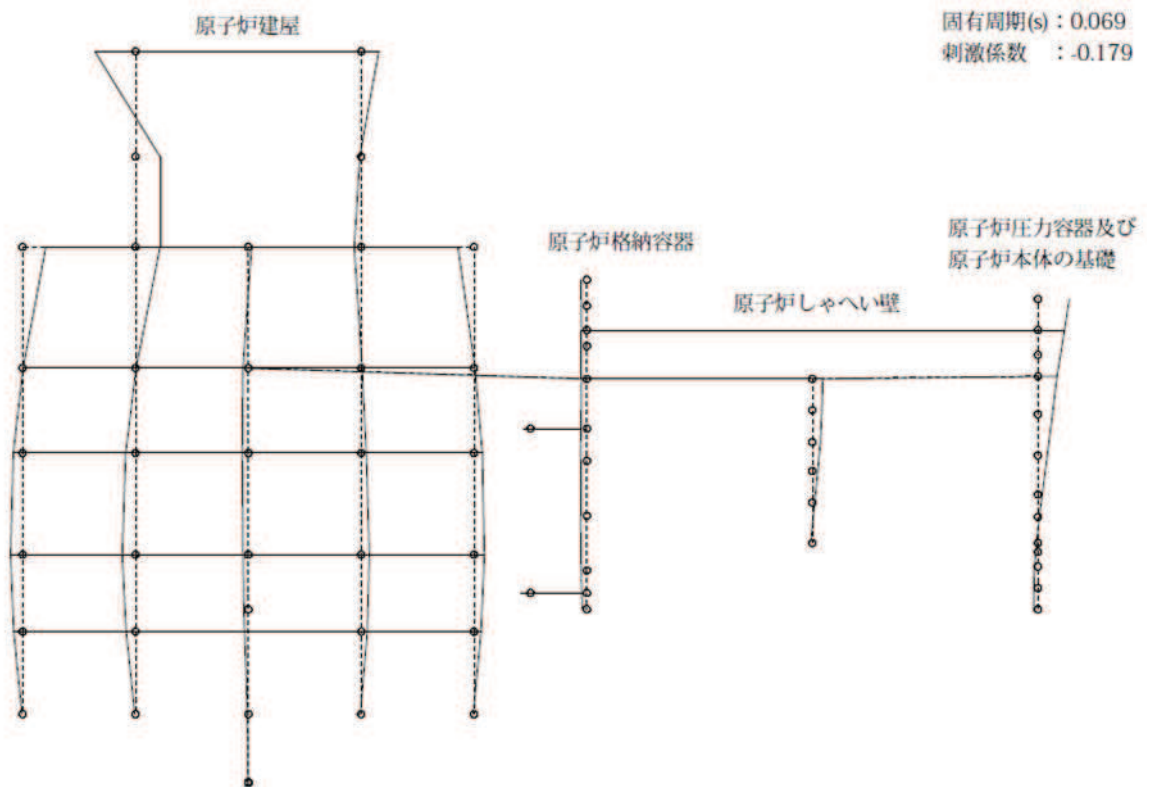


図 4-7(1) 11 次振動モード (NS 方向) (11/20)

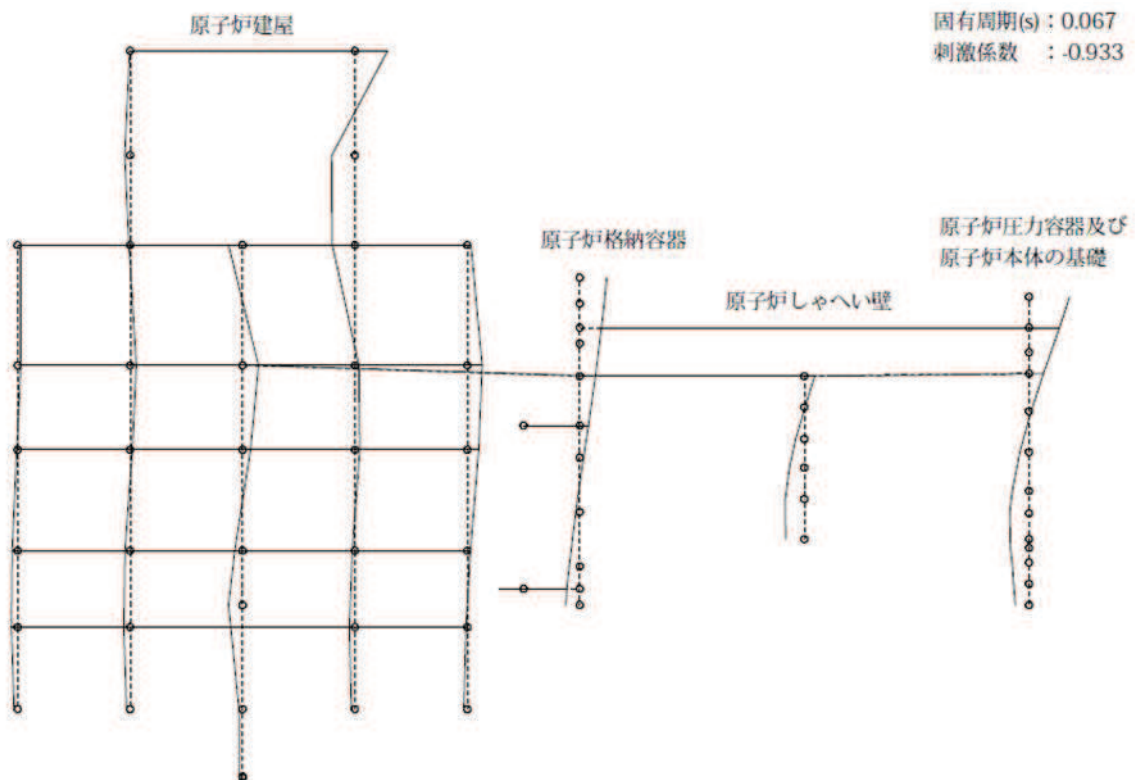


図 4-7(1) 12 次振動モード (NS 方向) (12/20)

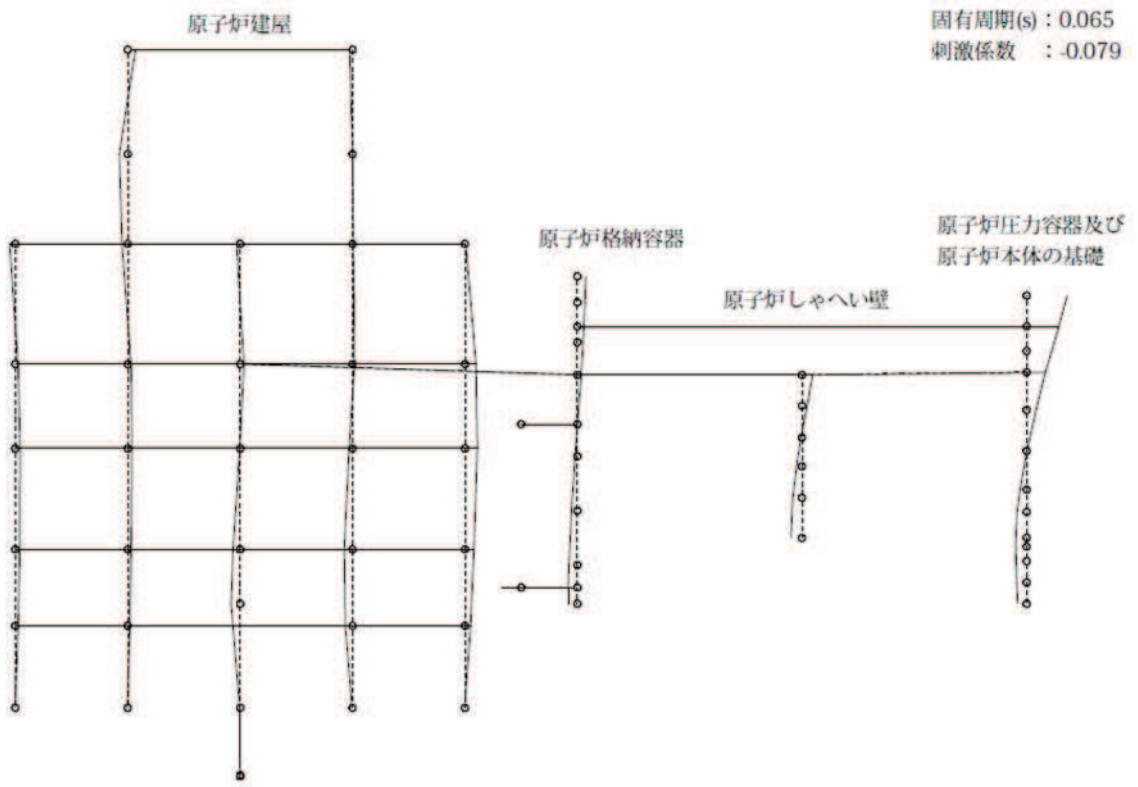


図 4-7(1) 13 次振動モード(NS 方向)(13/20)

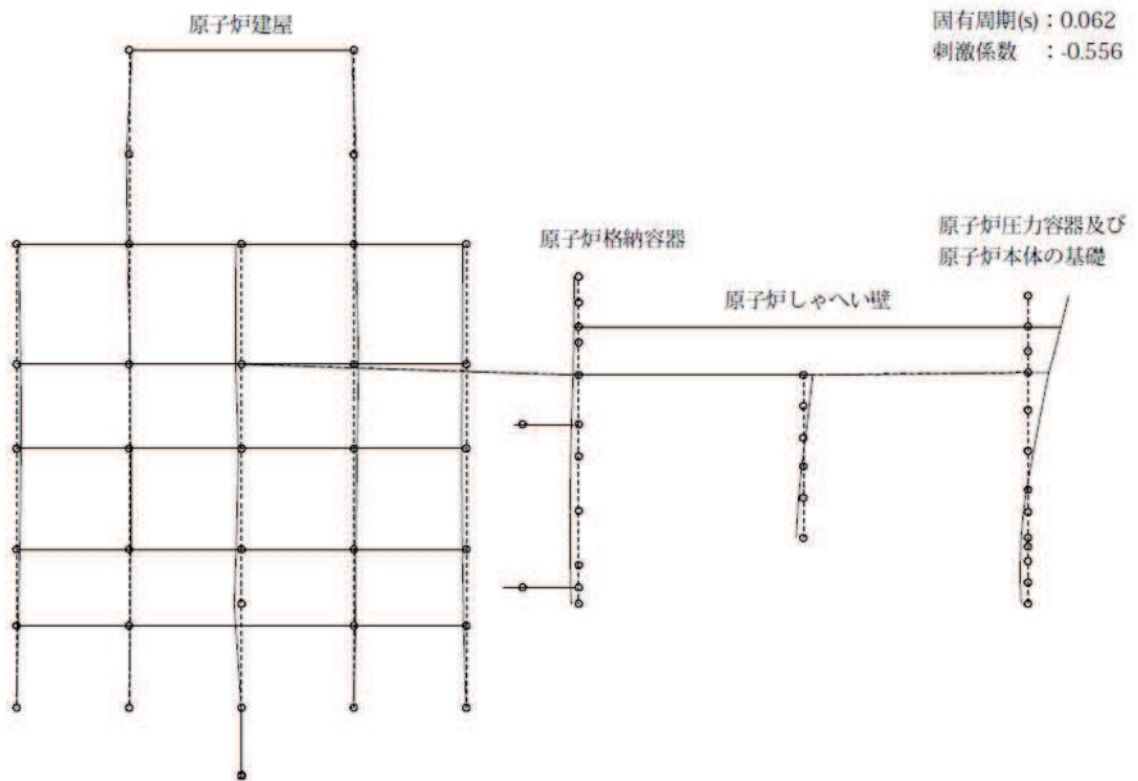


図 4-7(1) 14 次振動モード(NS 方向)(14/20)

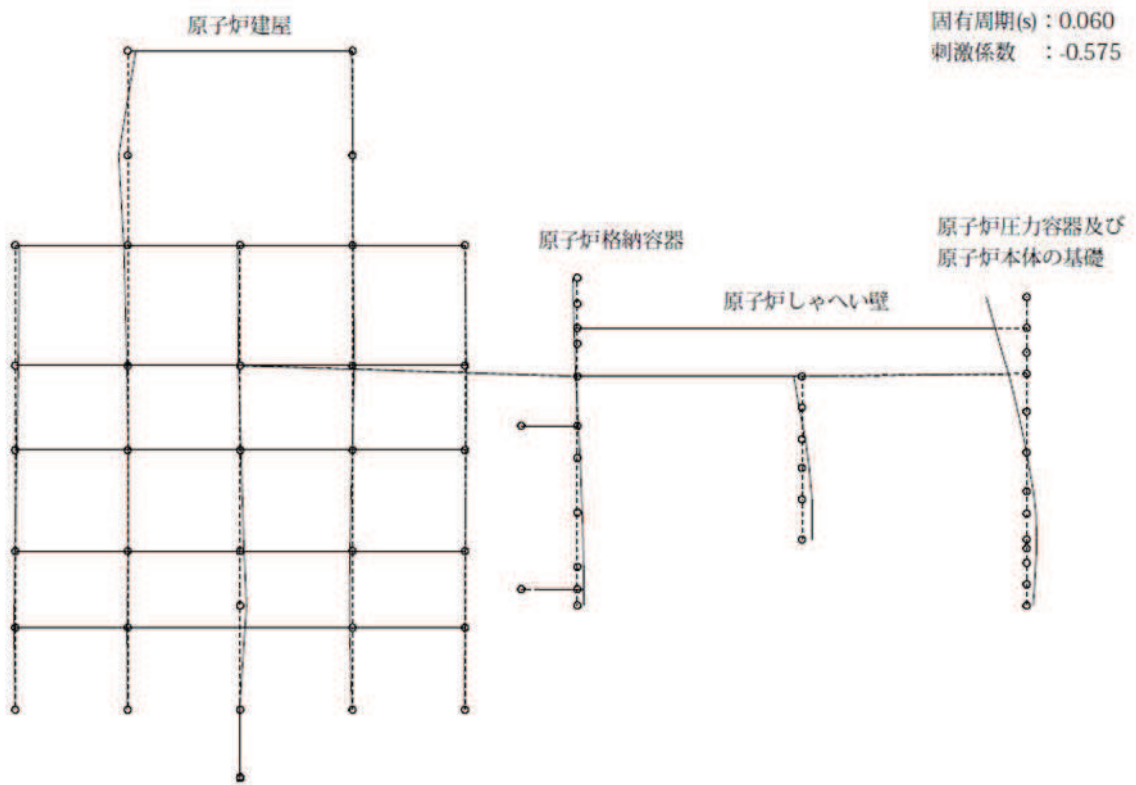


図 4-7(1) 15 次振動モード (NS 方向) (15/20)

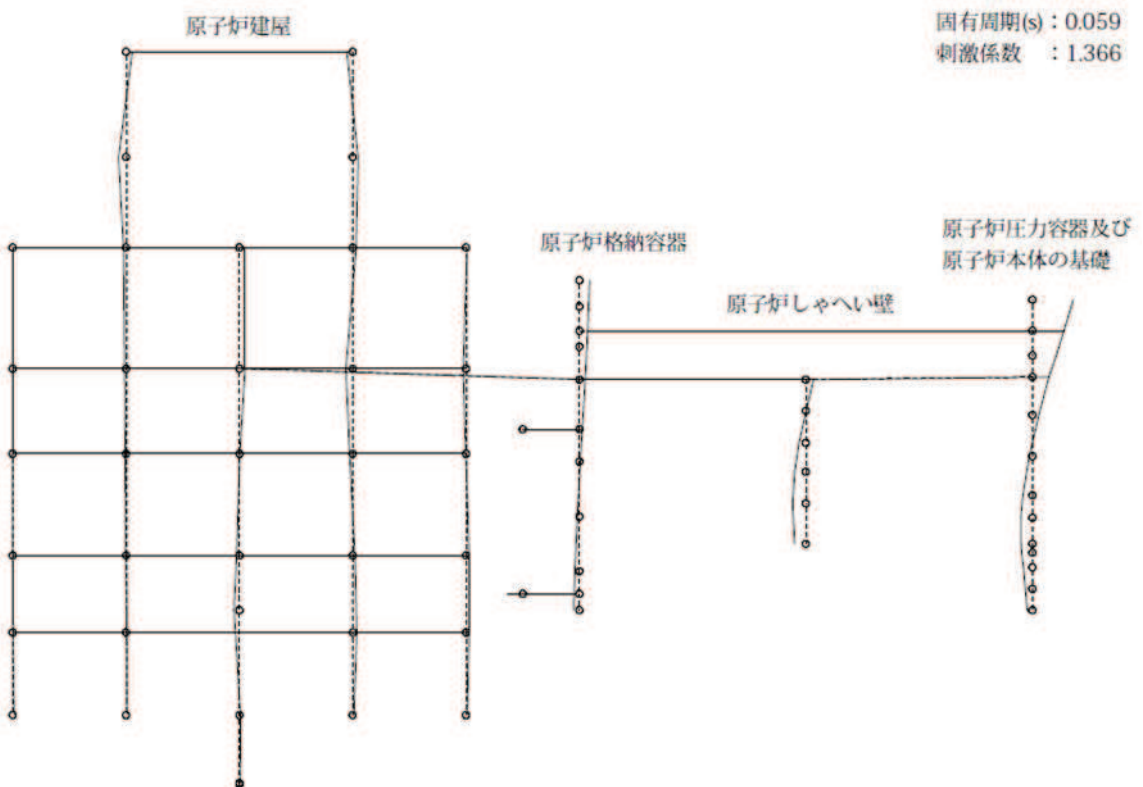


図 4-7(1) 16 次振動モード (NS 方向) (16/20)

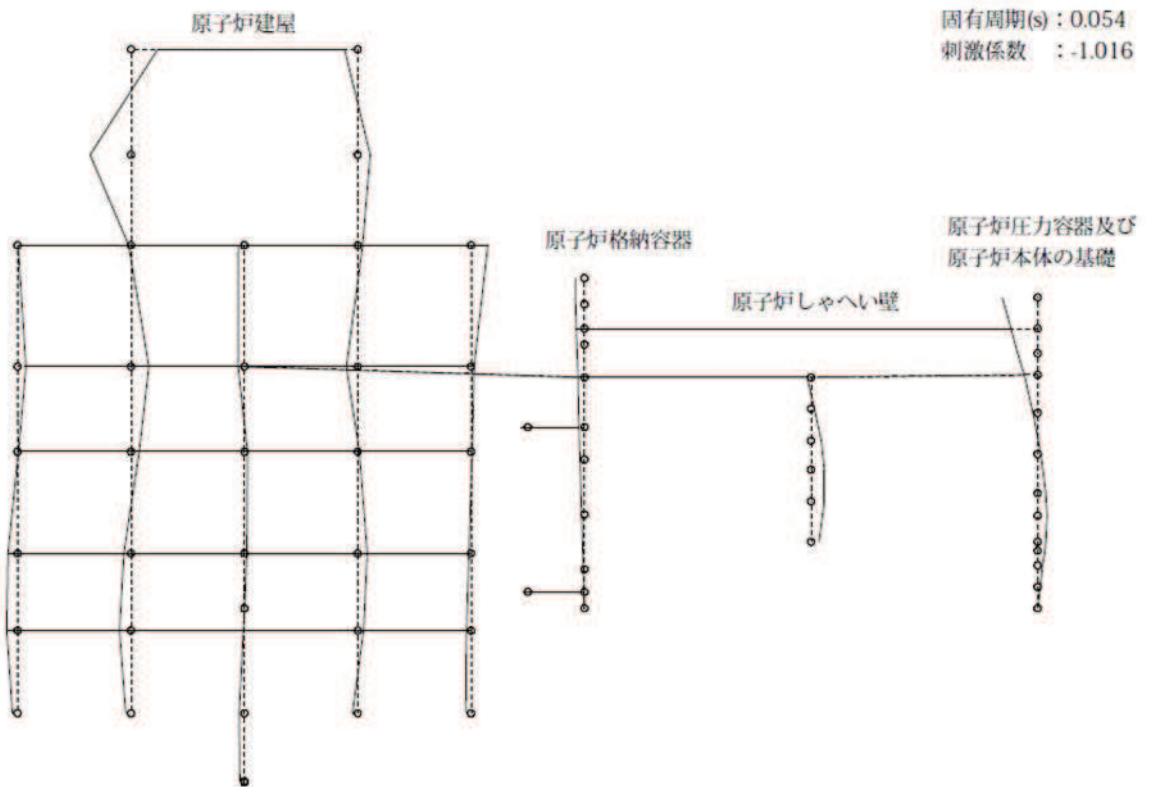


図 4-7(1) 17 次振動モード (NS 方向) (17/20)

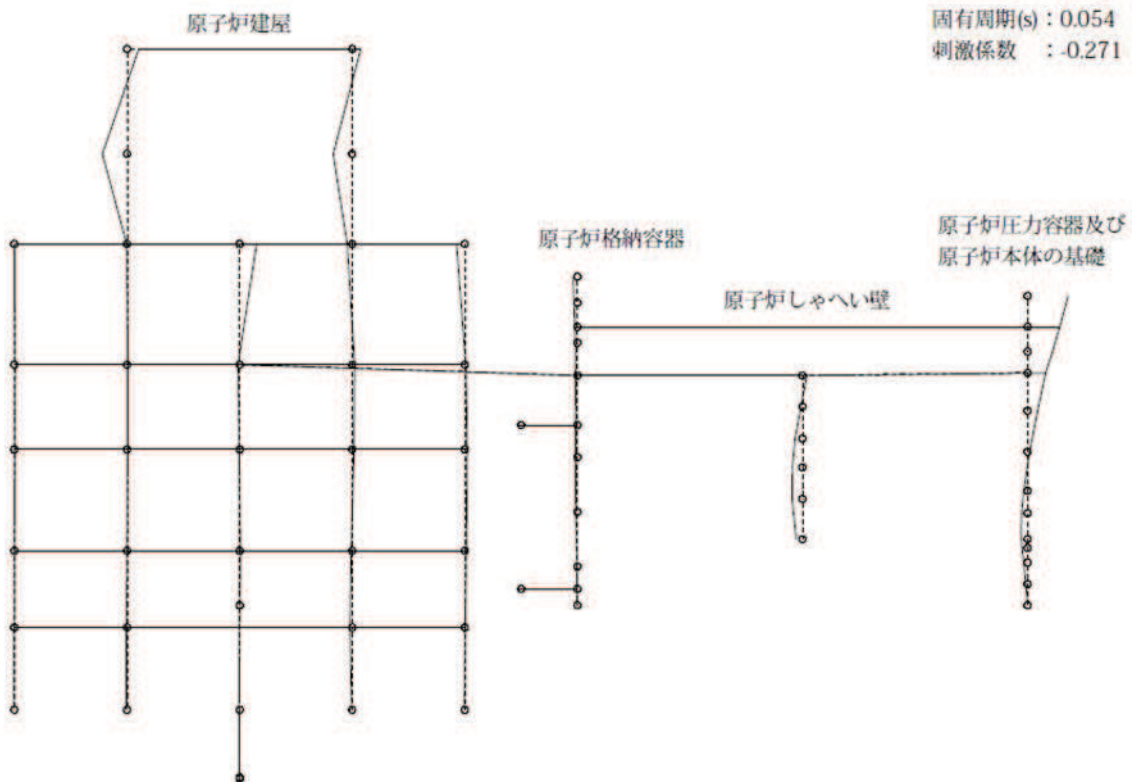


図 4-7(1) 18 次振動モード (NS 方向) (18/20)

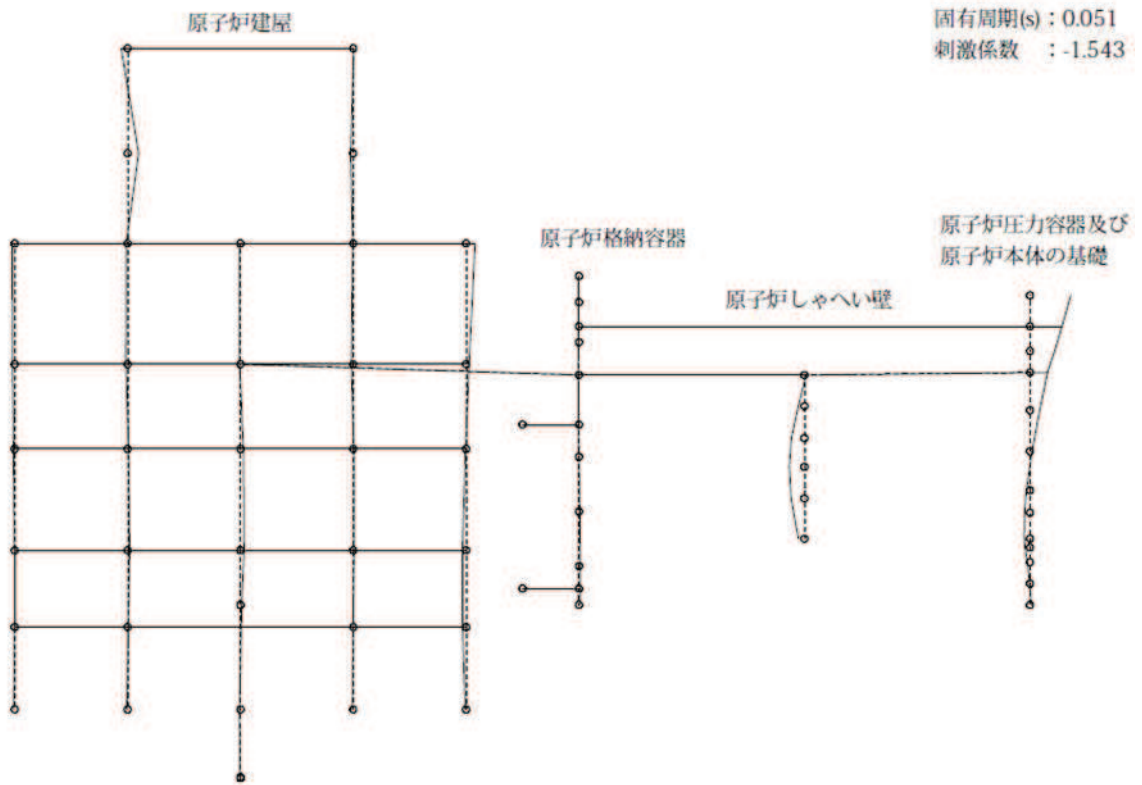


図 4-7(1) 19 次振動モード (NS 方向) (19/20)

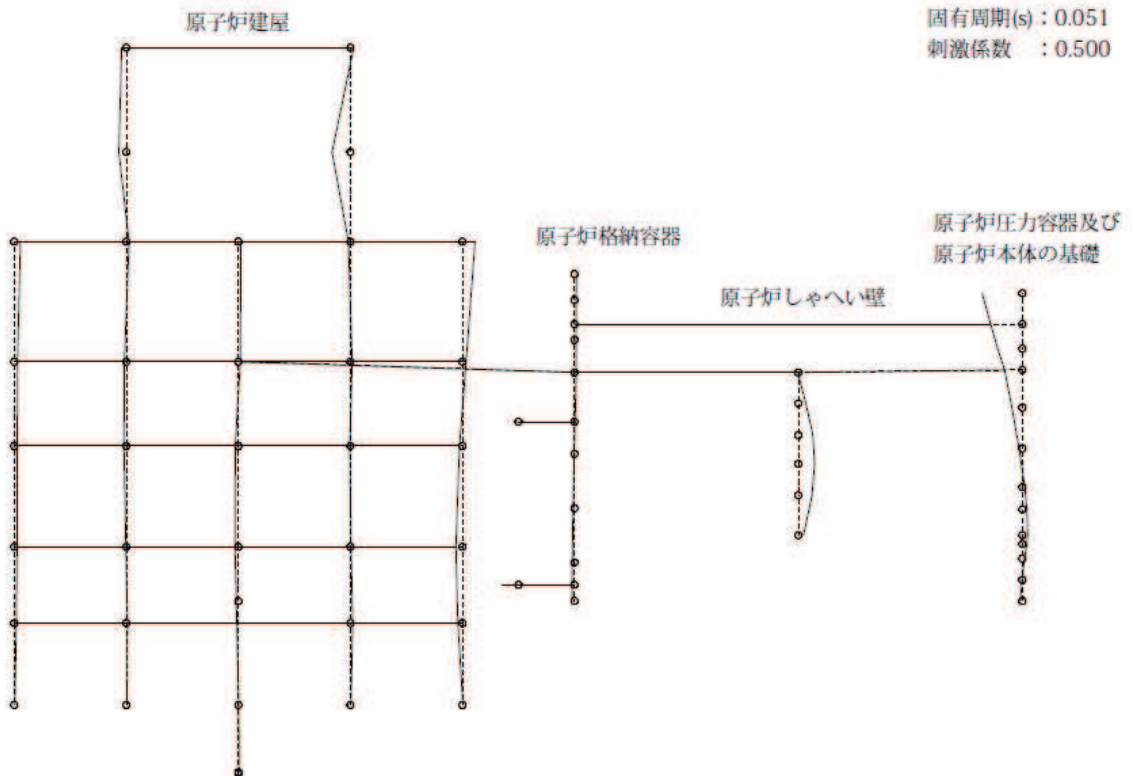


図 4-7(1) 20 次振動モード (NS 方向) (20/20)

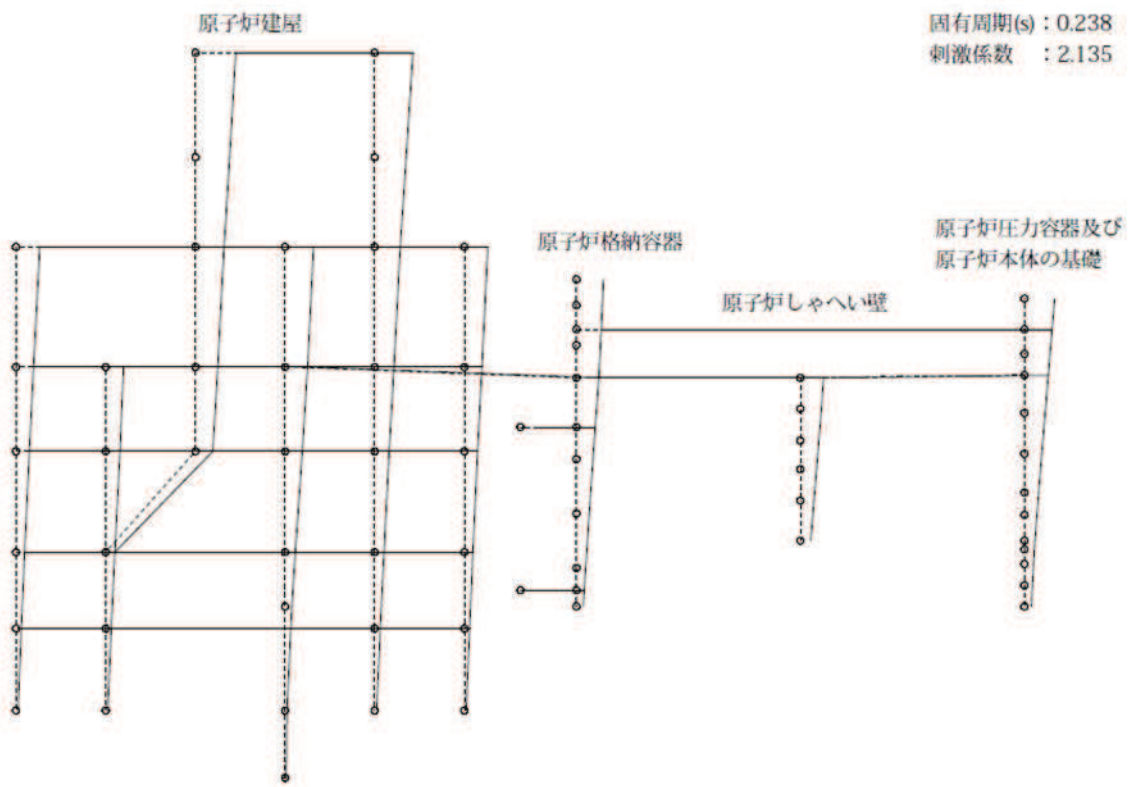


図 4-7(2) 1次振動モード(EW方向)(1/20)

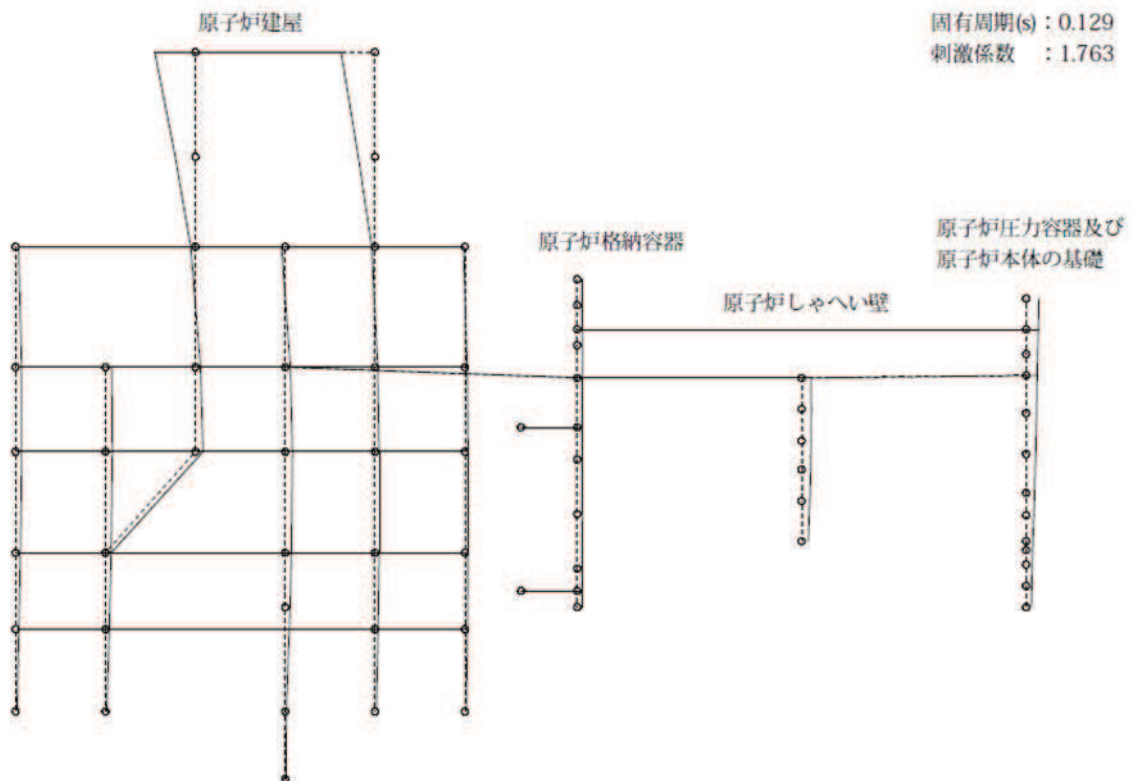


図 4-7(2) 2次振動モード(EW方向)(2/20)



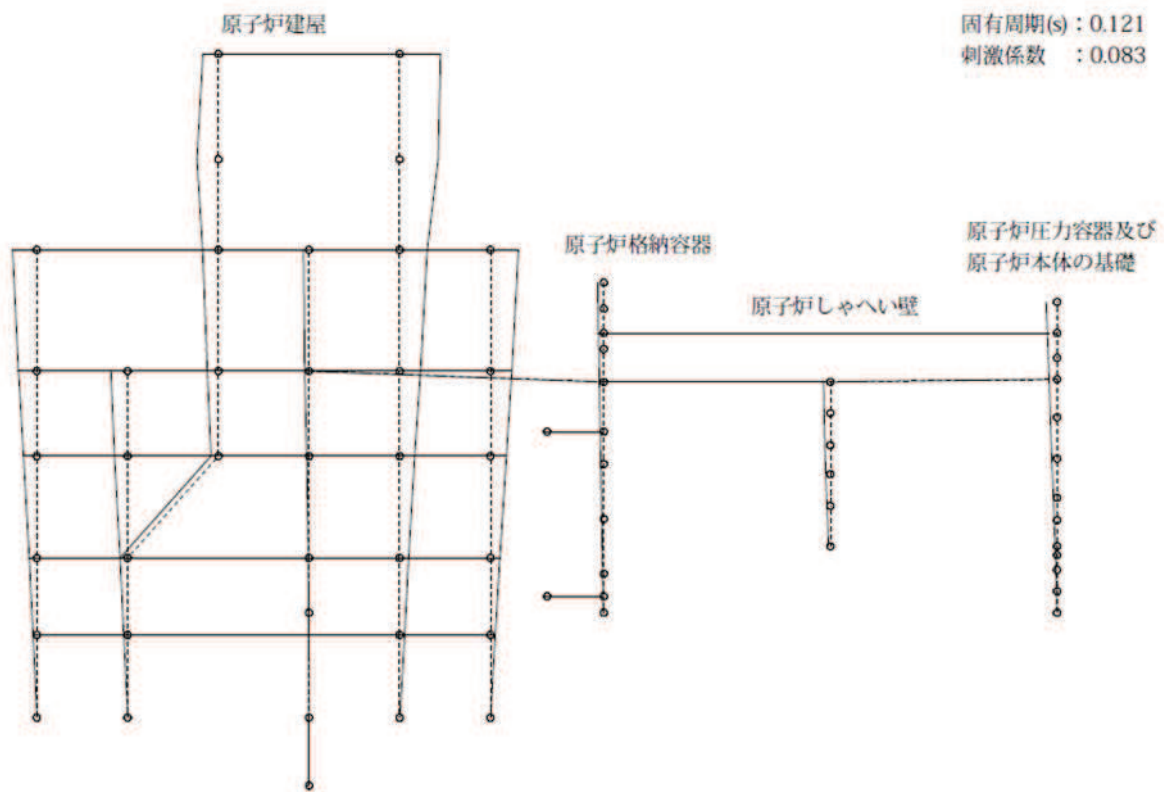


図 4-7(2) 3次振動モード(EW方向)(3/20)

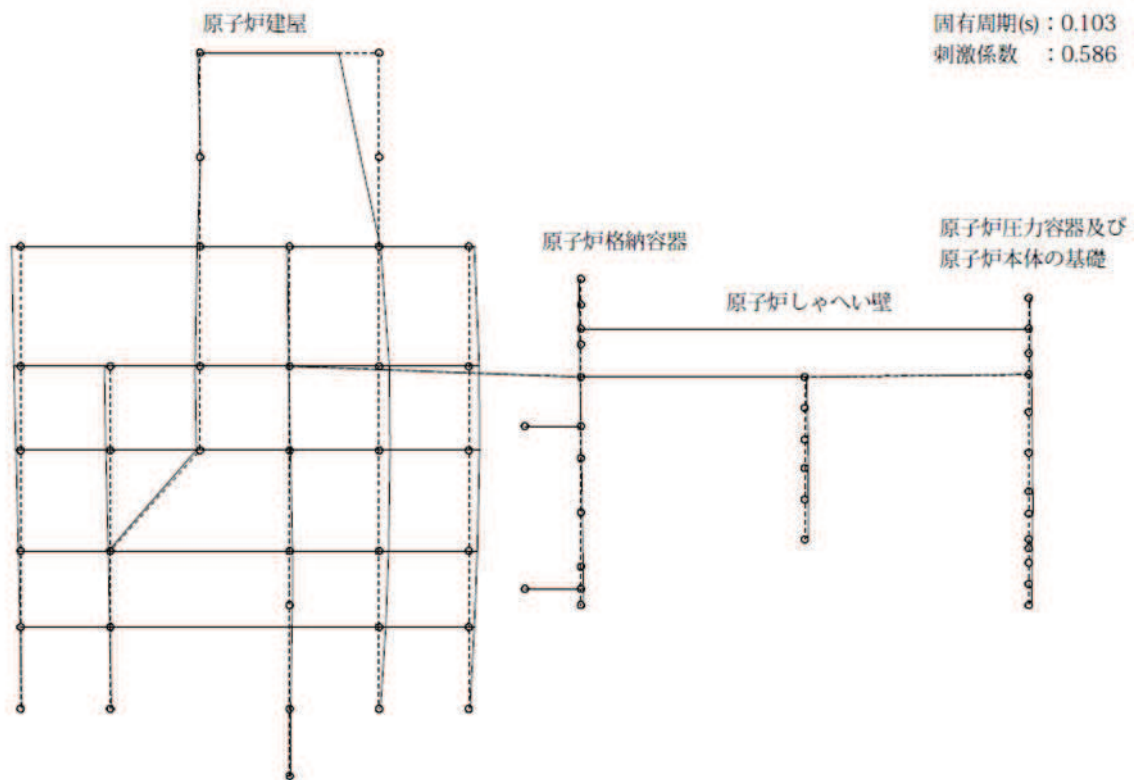


図 4-7(2) 4次振動モード(EW方向)(4/20)

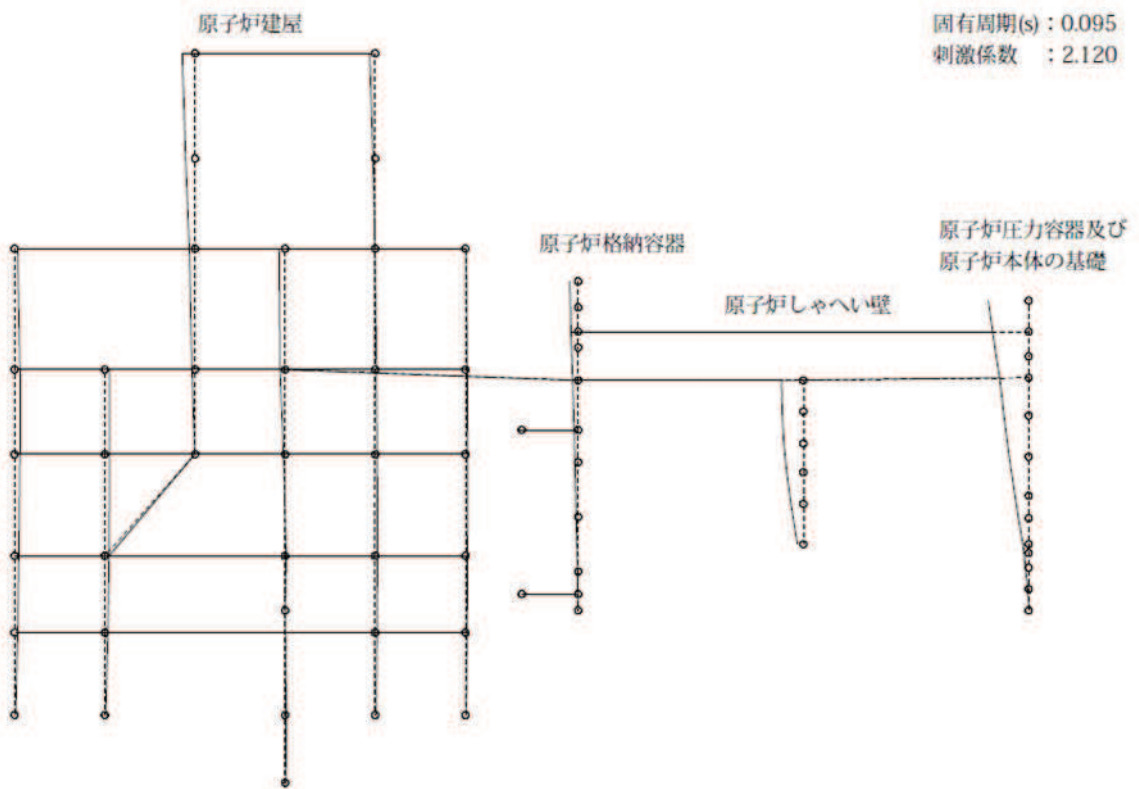


図 4-7(2) 5次振動モード(EW方向)(5/20)

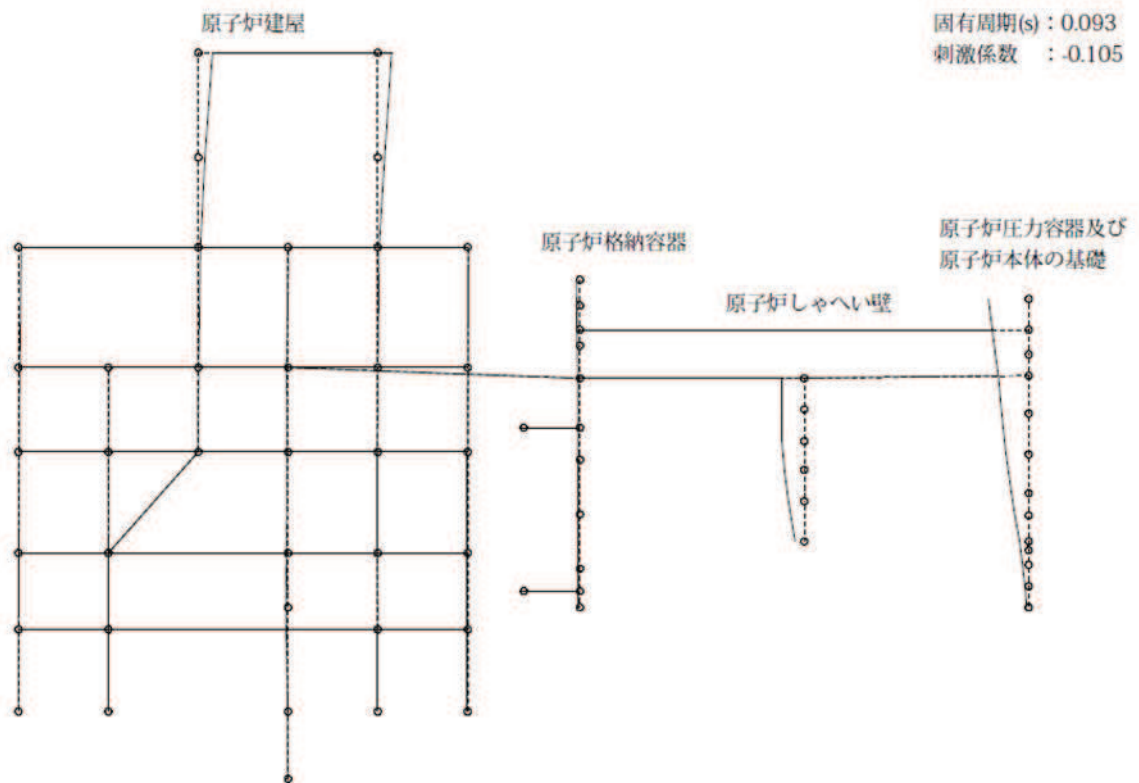


図 4-7(2) 6次振動モード(EW方向)(6/20)



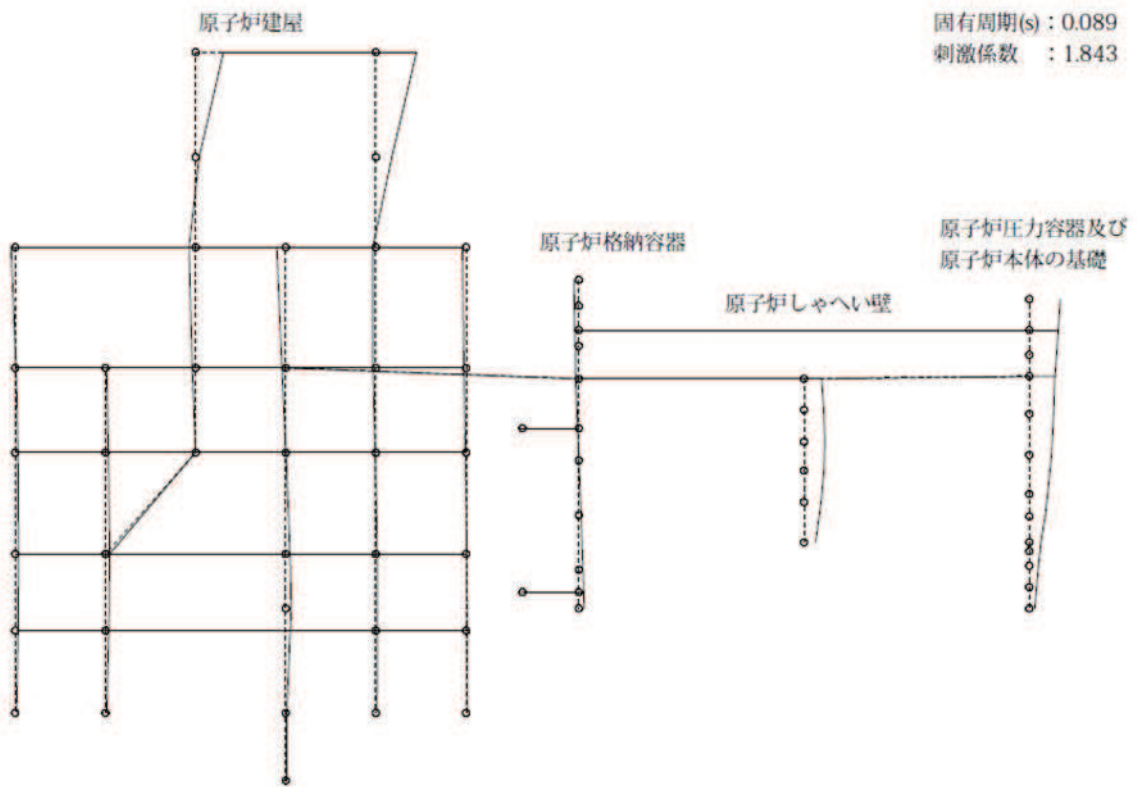


図 4-7(2) 7次振動モード(EW方向)(7/20)

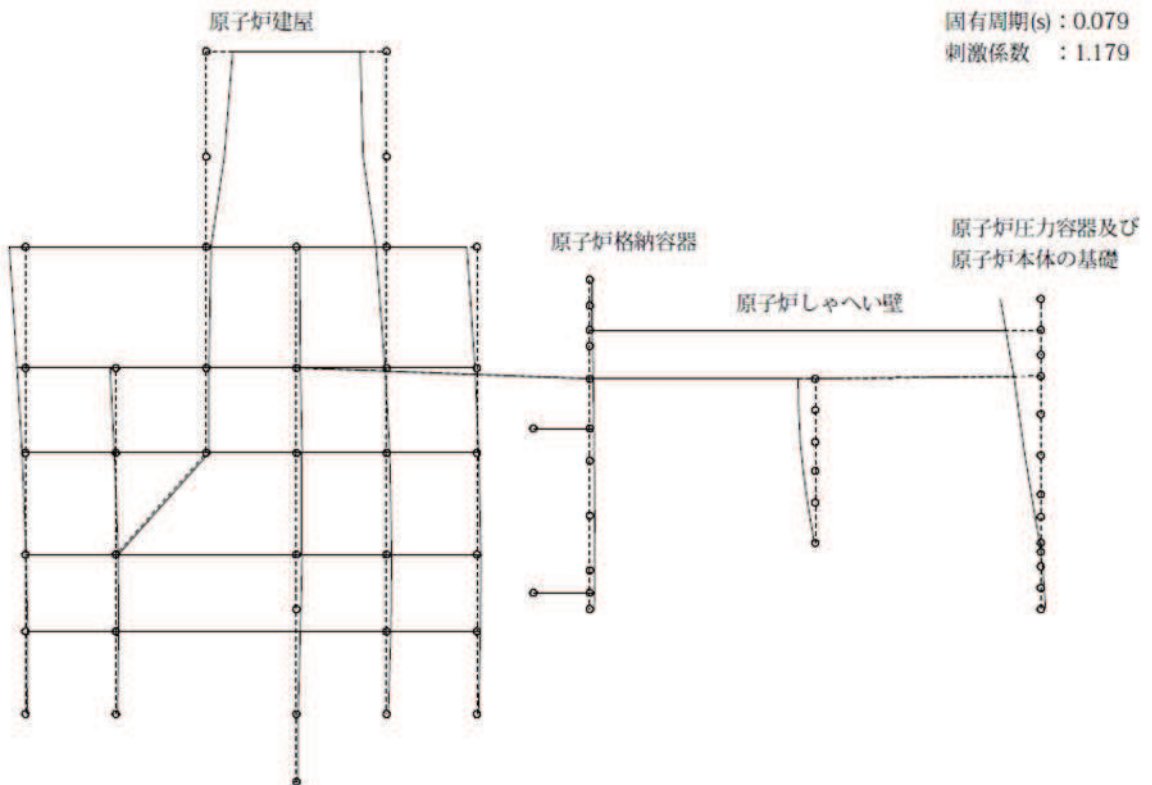


図 4-7(2) 8次振動モード(EW方向)(8/19)

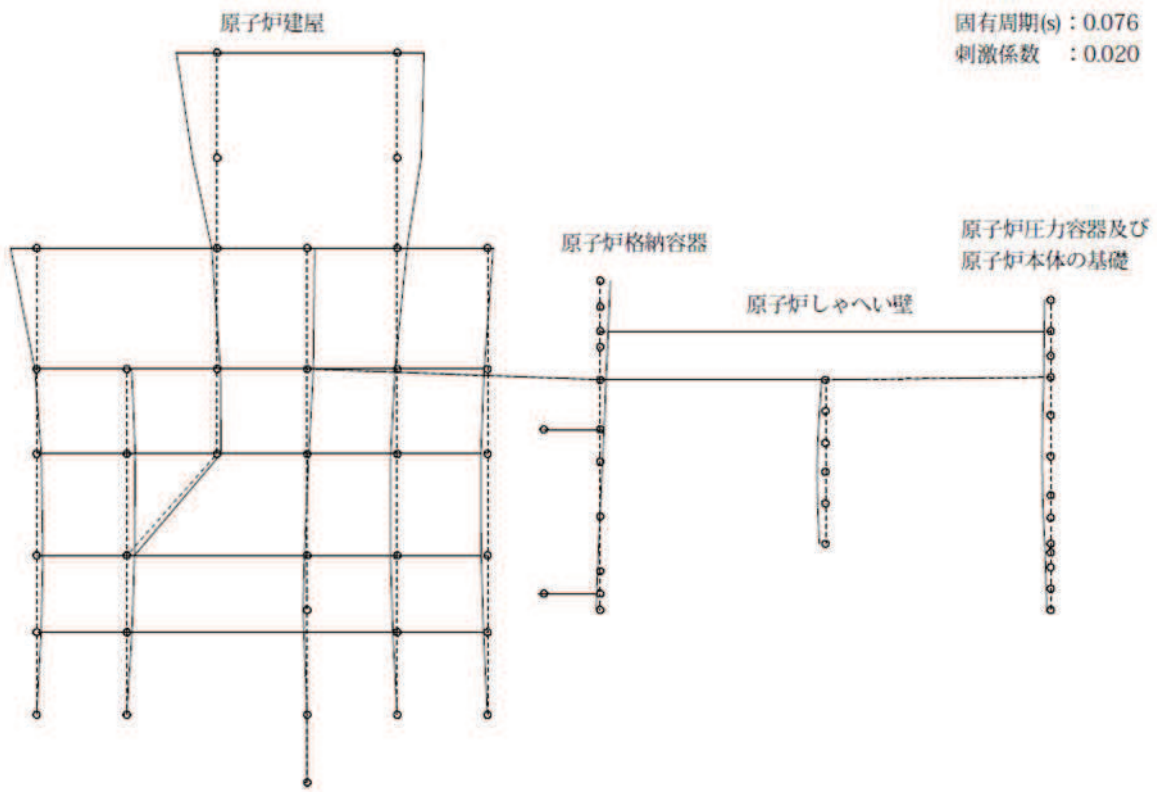


図 4-7(2) 9次振動モード(EW方向)(9/20)

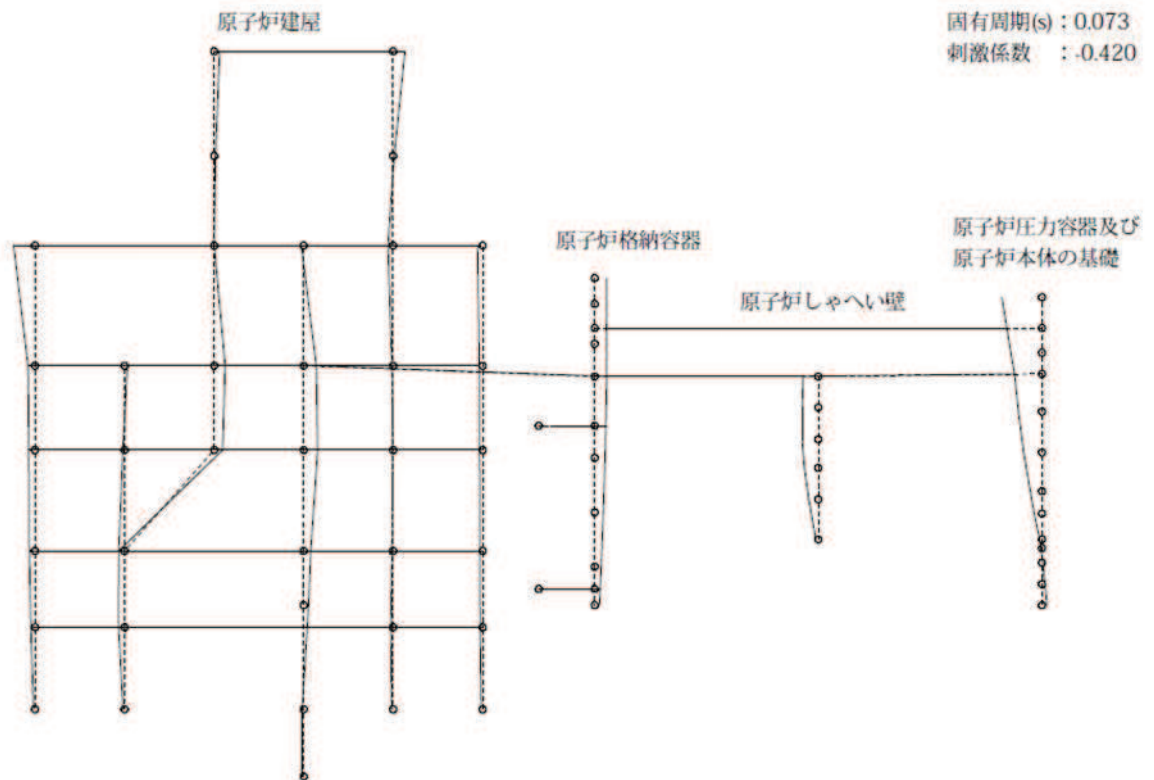


図 4-7(2) 10次振動モード(EW方向)(10/20)

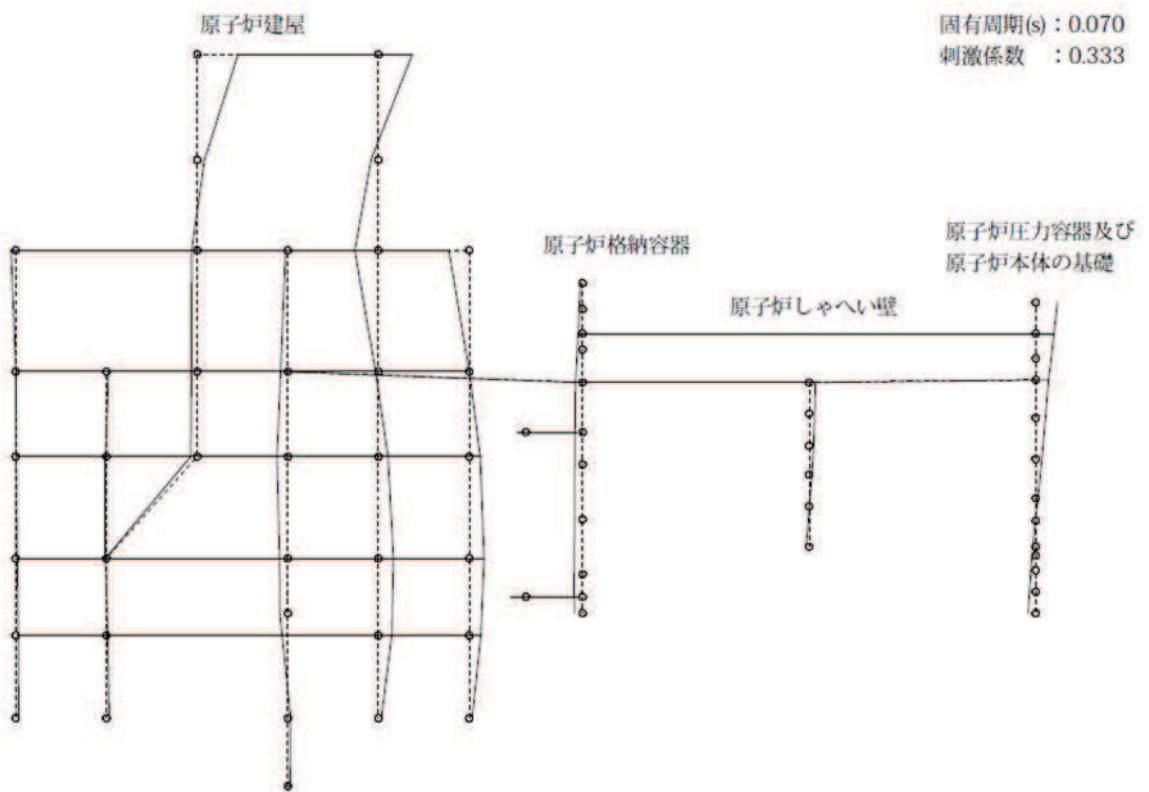


図 4-7(2) 11次振動モード(EW方向)(11/20)

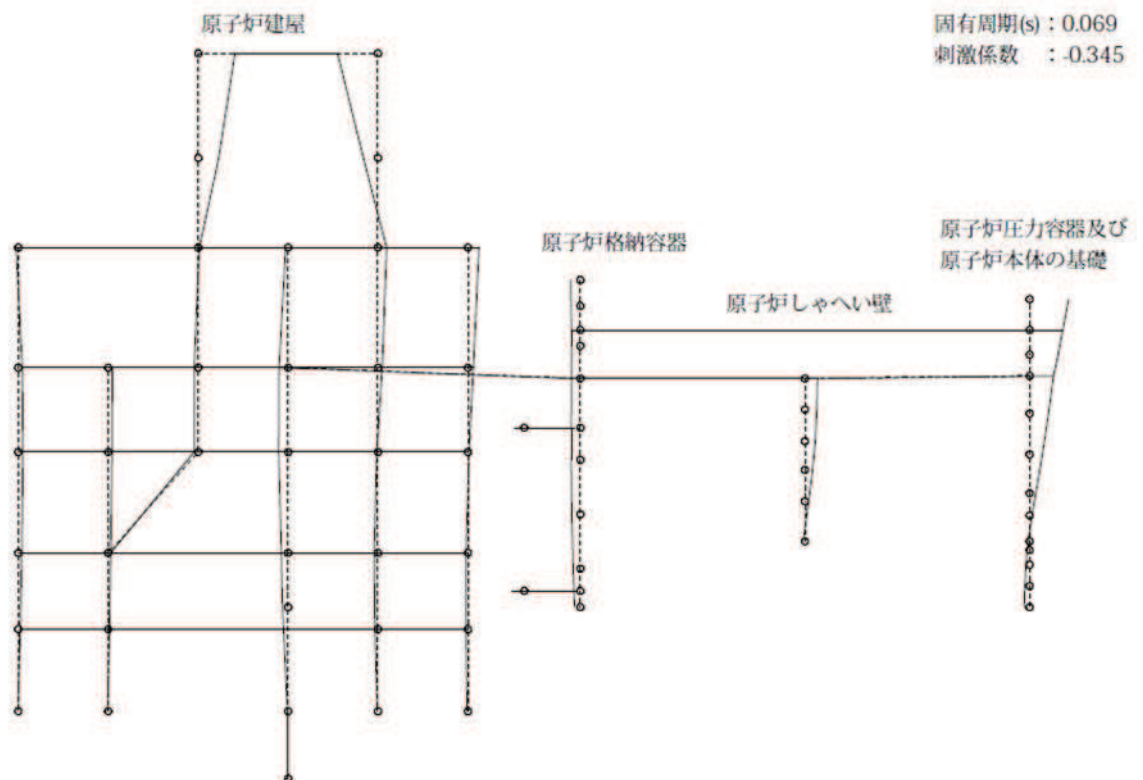


図 4-7(2) 12次振動モード(EW方向)(12/20)

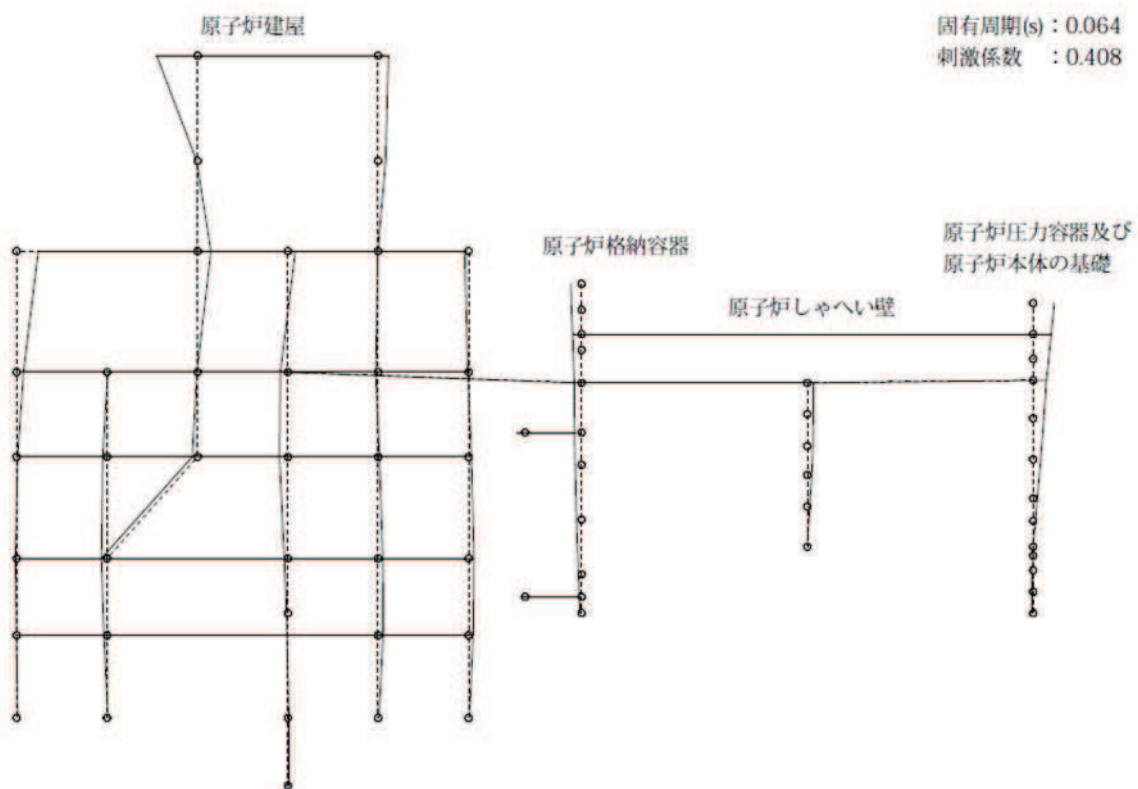


図 4-7(2) 13 次振動モード (EW 方向) (13/20)

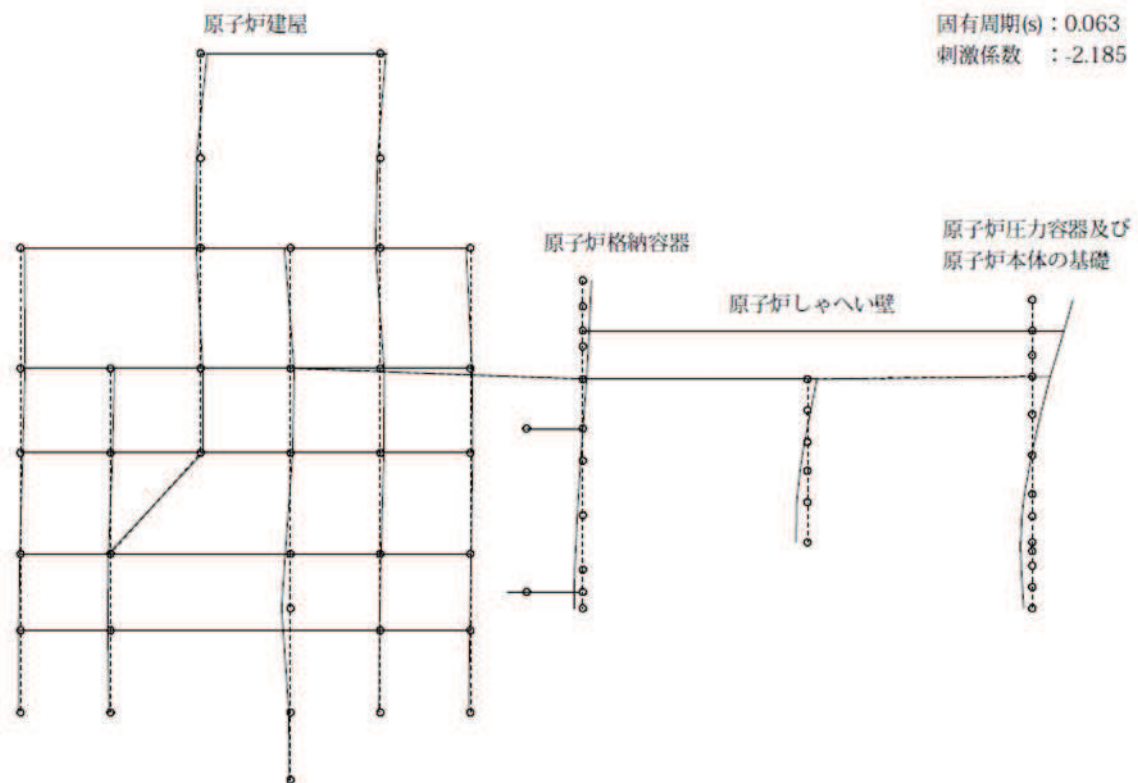


図 4-7(2) 14 次振動モード (EW 方向) (14/20)

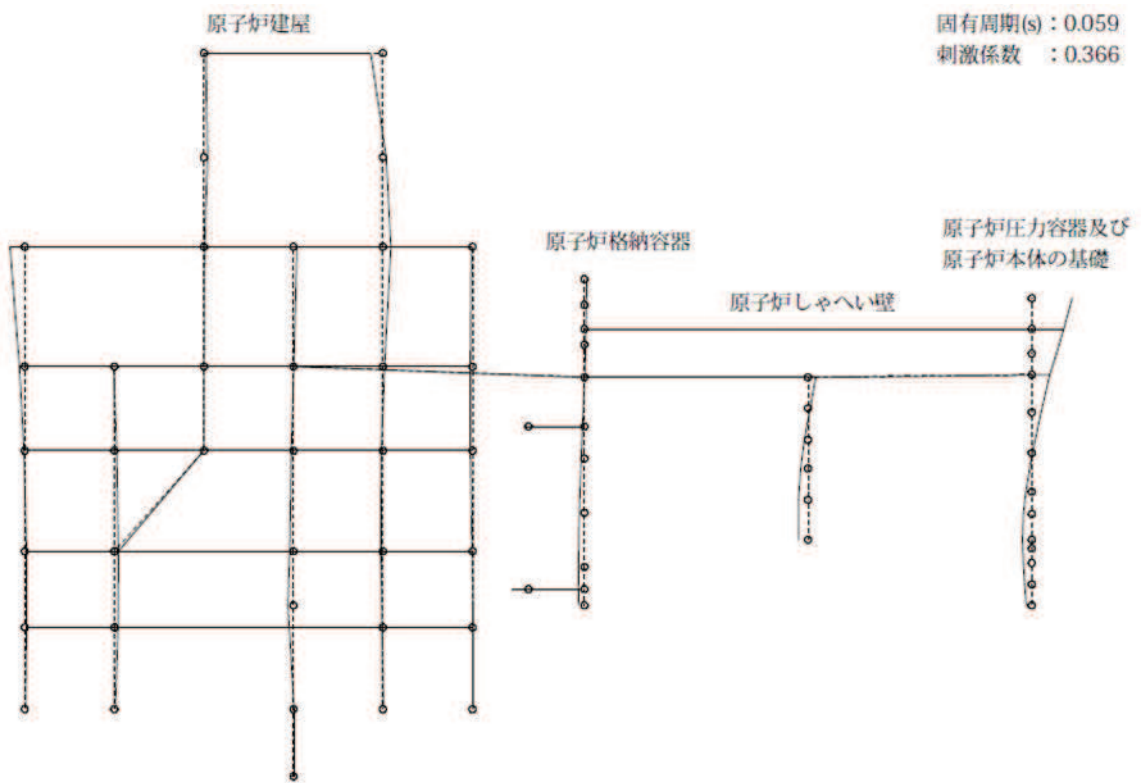


図 4-7(2) 15 次振動モード (EW 方向) (15/20)

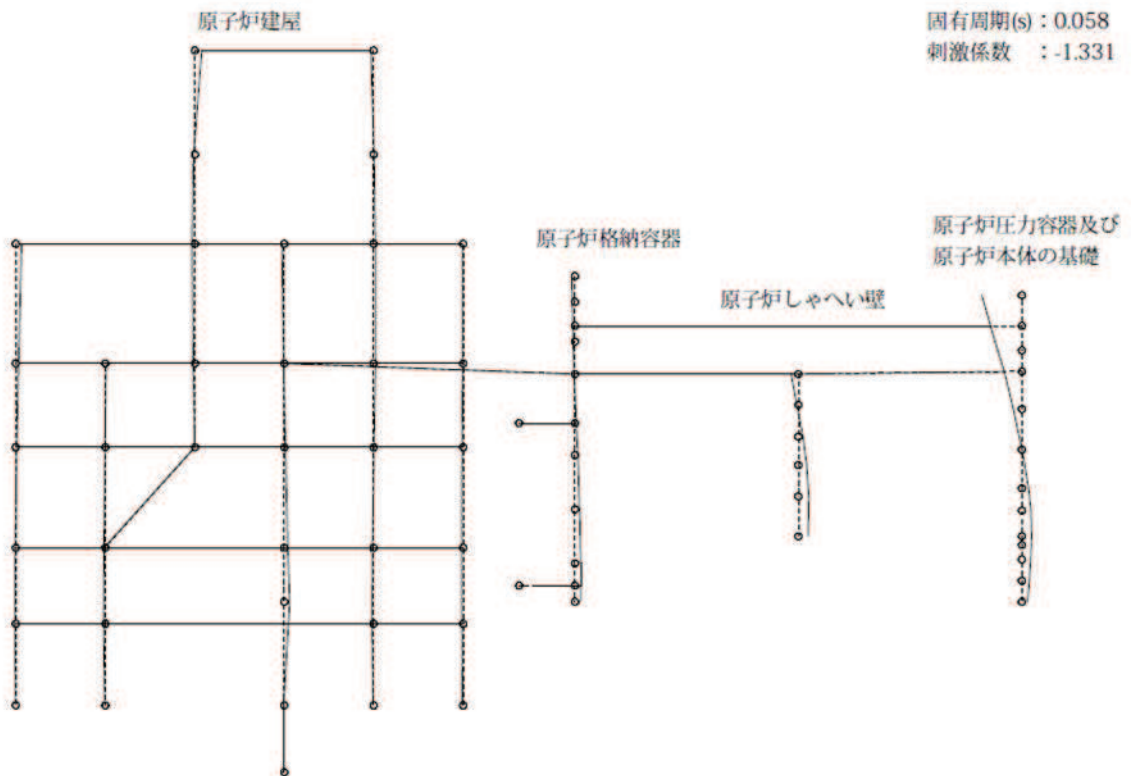


図 4-7(2) 16 次振動モード (EW 方向) (16/20)

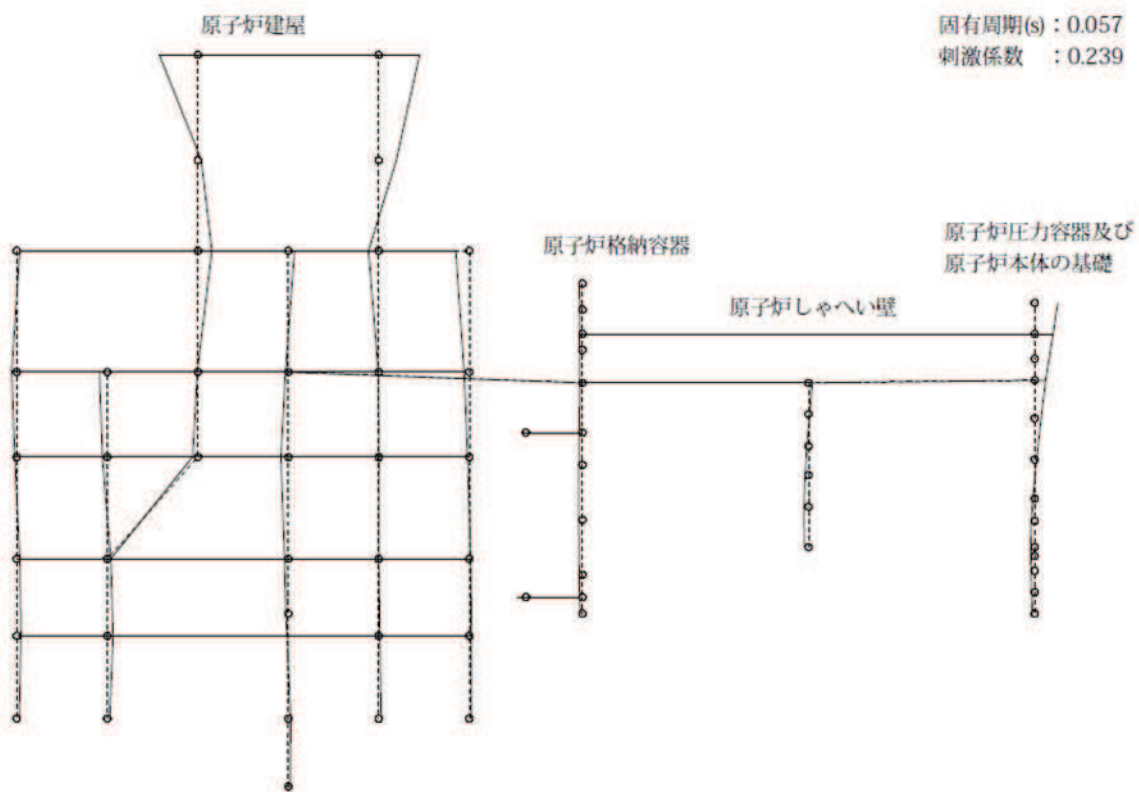


図 4-7(2) 17 次振動モード (EW 方向) (17/20)

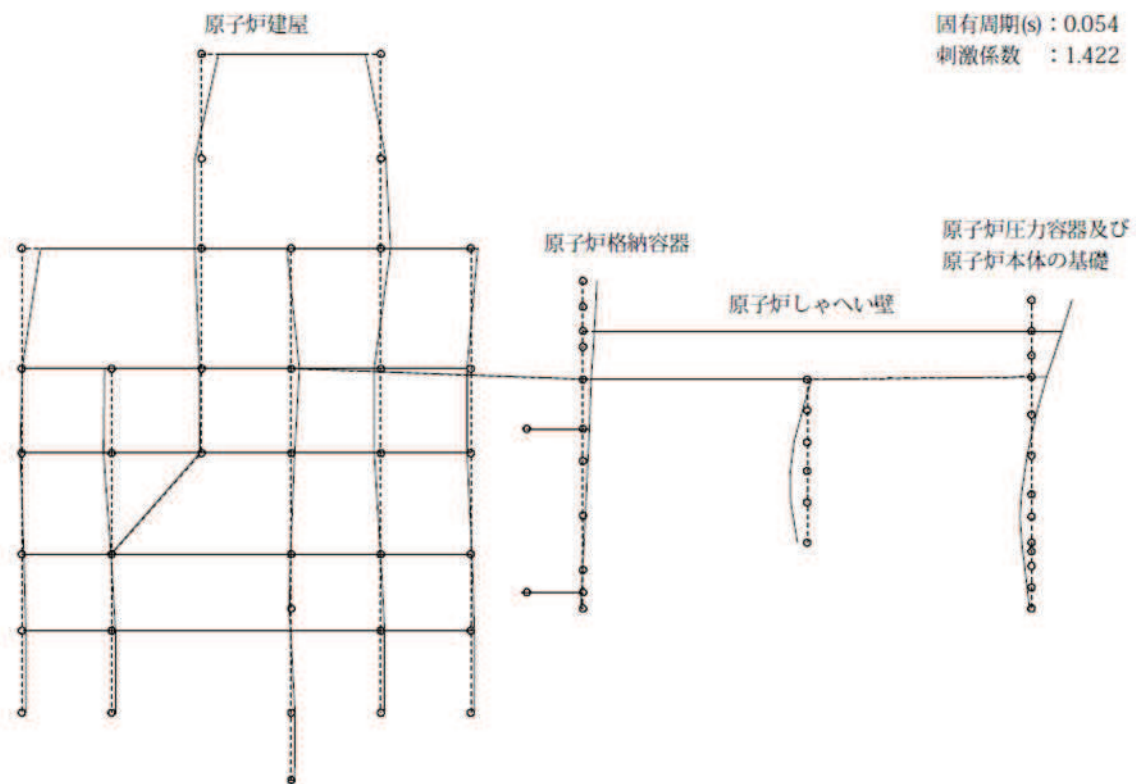


図 4-7(2) 18 次振動モード (EW 方向) (18/20)



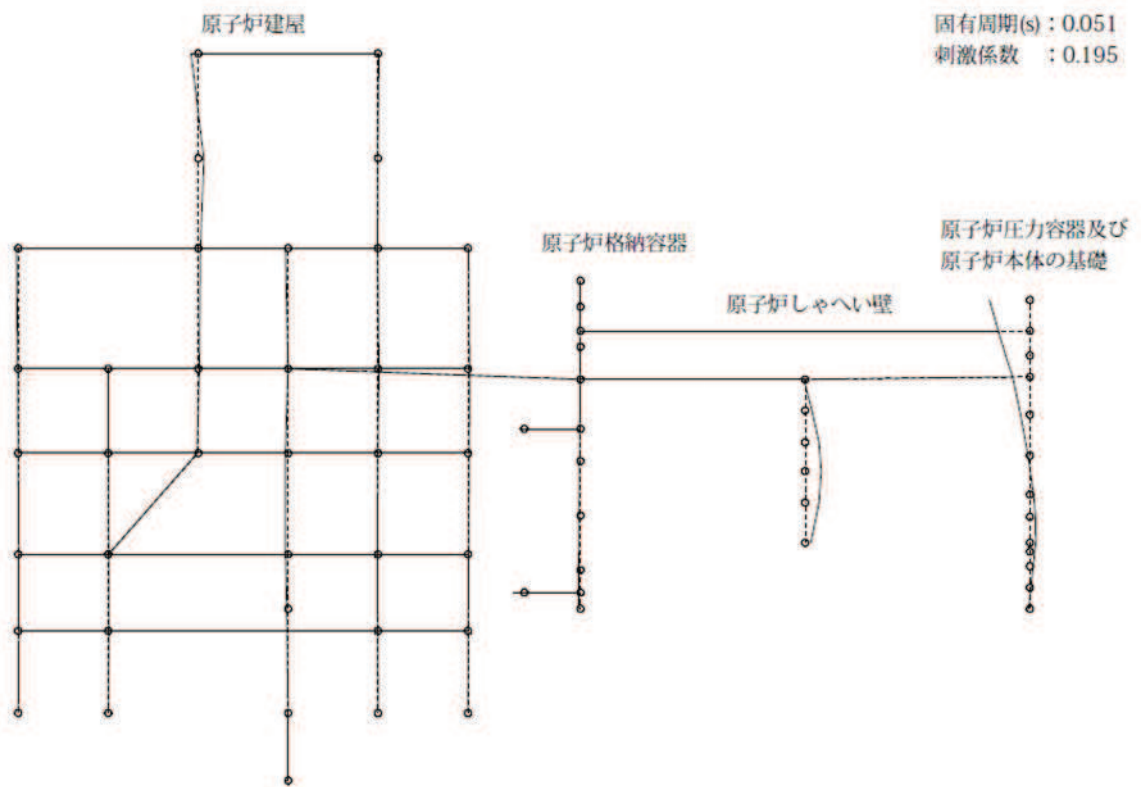


図 4-7(2) 19 次振動モード (EW 方向) (19/20)

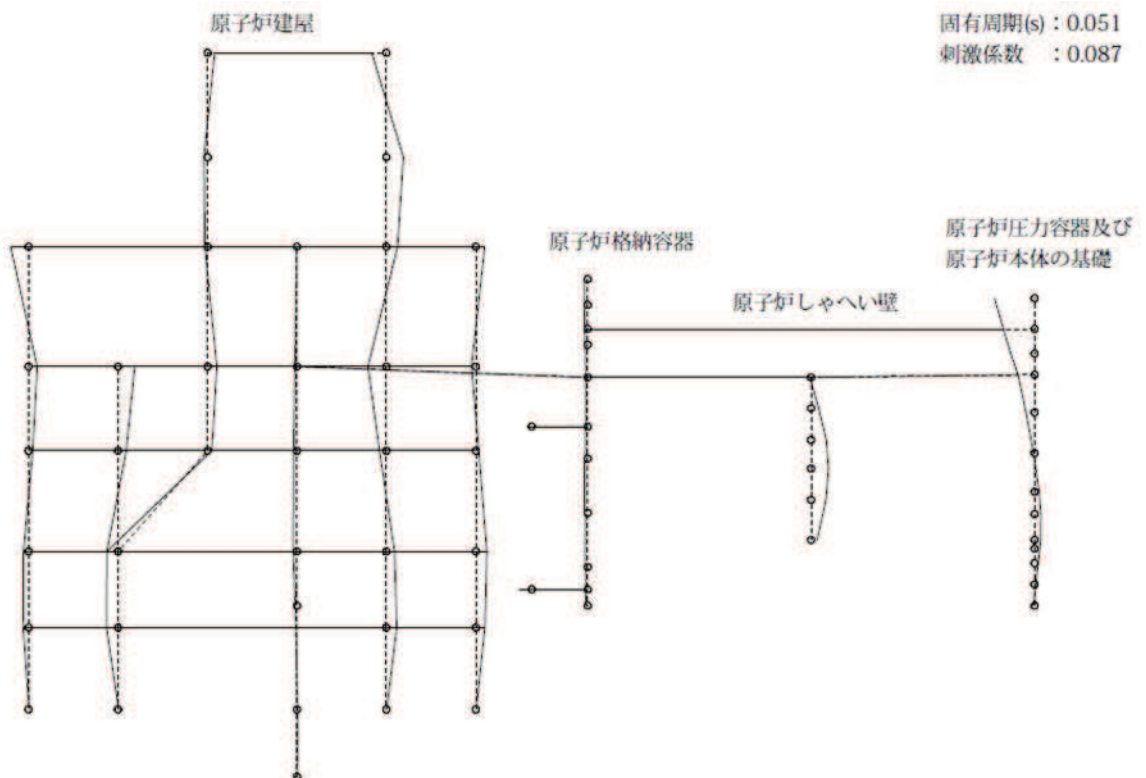


図 4-7(2) 20 次振動モード (EW 方向) (20/20)

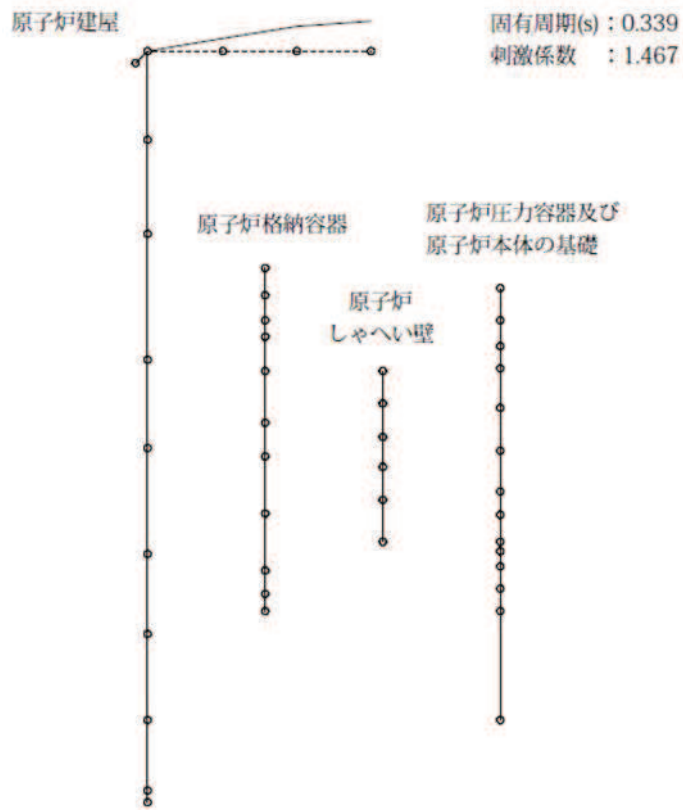


図 4-7(3) 1次振動モード(UD方向)(1/4)

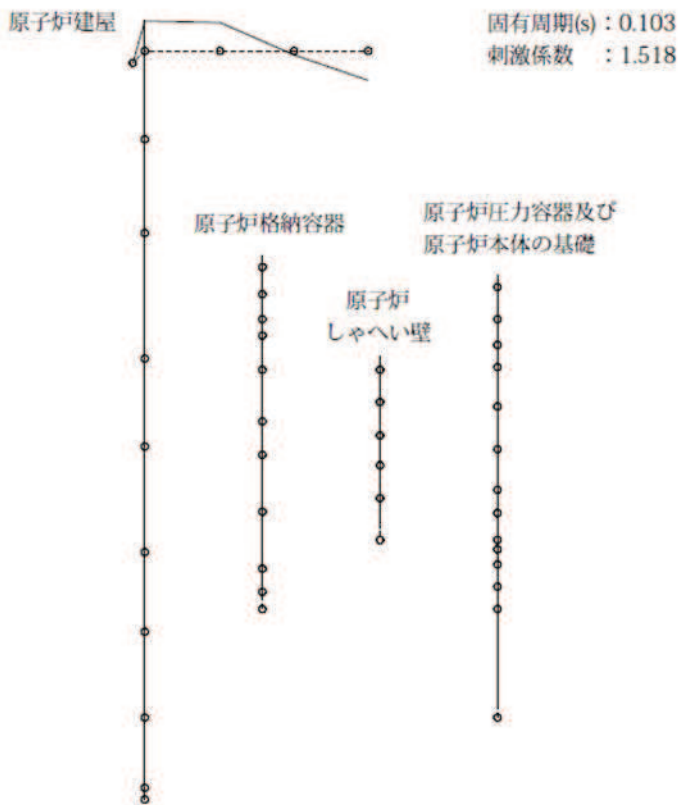


図 4-7(3) 2次振動モード(UD方向)(2/4)



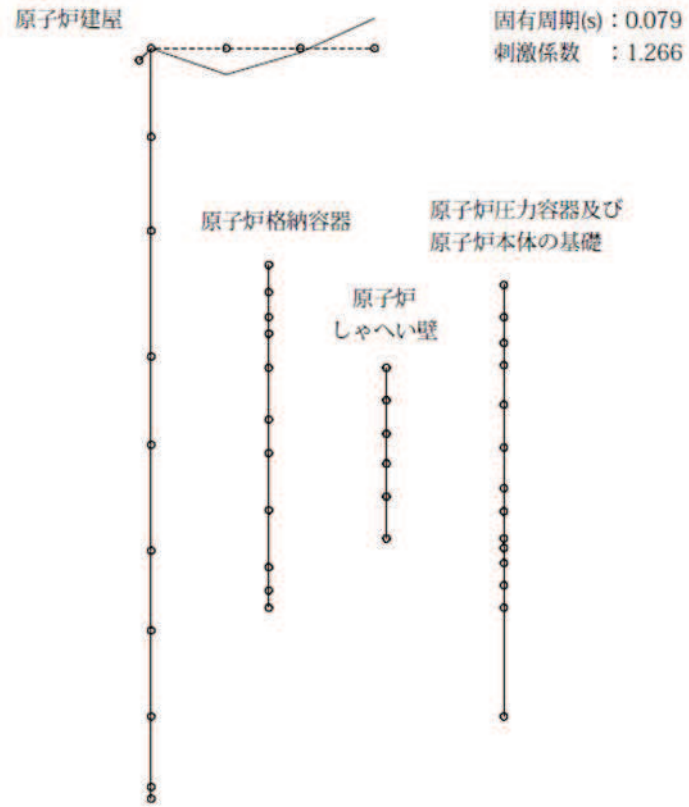


図 4-7(3) 3次振動モード(UD方向)(3/4)

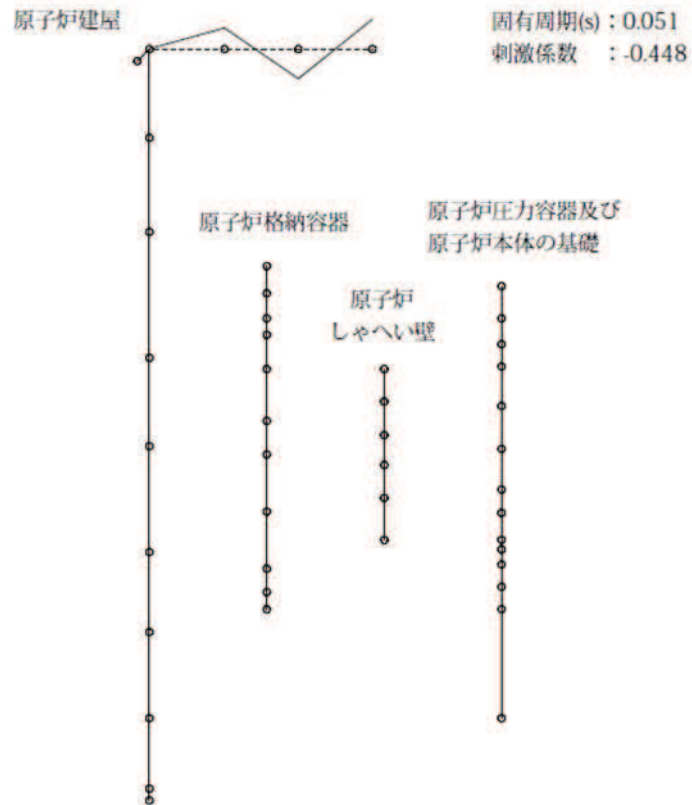


図 4-7(3) 4次振動モード(EW方向)(4/4)

表 4-10 「SA 時環境考慮連成モデル」応答と「大型機器系の地震応答解析モデル」応答との比較（基準地震動  $S_s$ ，せん断力（NS/EW 包絡））（1/4）

構造物	標高 O.P. (m)	せん断力 (kN)		
		① SA 時環境考慮 連成モデル	② 大型機器系の 地震応答解析モデル	応答比率 (①/②)
原子炉圧力容器		607	559	1.09
		$2.45 \times 10^3$	$2.22 \times 10^3$	1.11
		$4.79 \times 10^3$	$4.40 \times 10^3$	1.09
		$3.46 \times 10^3$	$3.69 \times 10^3$	0.94
		$3.71 \times 10^3$	$3.90 \times 10^3$	0.96
		$6.69 \times 10^3$	$6.74 \times 10^3$	1.00
		$8.73 \times 10^3$	$9.30 \times 10^3$	0.94
原子炉本体の基礎		$1.09 \times 10^4$	$1.15 \times 10^4$	0.95
		$3.02 \times 10^4$	$3.06 \times 10^4$	0.99
		$3.28 \times 10^4$	$3.33 \times 10^4$	0.99
		$3.52 \times 10^4$	$3.64 \times 10^4$	0.97
原子炉しゃへい壁		$3.76 \times 10^4$	$3.93 \times 10^4$	0.96
		$7.38 \times 10^3$	$7.41 \times 10^3$	1.00
		$7.37 \times 10^3$	$7.84 \times 10^3$	0.95
		$8.85 \times 10^3$	$1.02 \times 10^4$	0.87
		$1.19 \times 10^4$	$1.35 \times 10^4$	0.89
原子炉格納容器		$1.70 \times 10^4$	$1.75 \times 10^4$	0.98
		336	312	1.08
		654	609	1.08
		$3.74 \times 10^3$	$3.46 \times 10^3$	1.09
		$4.44 \times 10^3$	$4.17 \times 10^3$	1.07
		$3.13 \times 10^4$	$3.45 \times 10^4$	0.91
		$3.25 \times 10^4$	$3.57 \times 10^4$	0.92
		$3.34 \times 10^4$	$3.65 \times 10^4$	0.92
		$3.49 \times 10^4$	$3.79 \times 10^4$	0.93
$3.56 \times 10^4$	$3.85 \times 10^4$	0.93		
	$3.69 \times 10^4$	$3.99 \times 10^4$	0.93	

表 4-10 「SA 時環境考慮連成モデル」応答と「大型機器系の地震応答解析モデル」応答との比較（基準地震動  $S_s$ ，モーメント（NS/EW 包絡））（2/4）

構造物	標高 O.P. (m)	モーメント (kN・mm)		
		① SA 時環境考慮 連成モデル	② 大型機器系の 地震応答解析モデル	応答比率 (①/②)
原子炉压力容器		0	0	-
		$1.67 \times 10^6$	$1.54 \times 10^6$	1.09
		$6.96 \times 10^6$	$6.38 \times 10^6$	1.10
		$1.59 \times 10^7$	$1.48 \times 10^7$	1.08
		$2.01 \times 10^7$	$1.97 \times 10^7$	1.03
		$3.31 \times 10^7$	$3.26 \times 10^7$	1.02
		$5.14 \times 10^7$	$5.21 \times 10^7$	0.99
		$6.23 \times 10^7$	$6.59 \times 10^7$	0.95
		$8.26 \times 10^7$	$8.91 \times 10^7$	0.93
原子炉本体の基礎		$2.01 \times 10^8$	$2.34 \times 10^8$	0.86
		$2.21 \times 10^8$	$2.57 \times 10^8$	0.86
		$2.57 \times 10^8$	$2.96 \times 10^8$	0.87
		$3.19 \times 10^8$	$3.60 \times 10^8$	0.89
		$3.87 \times 10^8$	$4.28 \times 10^8$	0.91
原子炉しゃへい壁		0	0	-
		$2.04 \times 10^7$	$2.05 \times 10^7$	1.00
		$3.74 \times 10^7$	$4.16 \times 10^7$	0.90
		$5.91 \times 10^7$	$6.37 \times 10^7$	0.93
		$8.46 \times 10^7$	$9.11 \times 10^7$	0.93
		$1.25 \times 10^8$	$1.45 \times 10^8$	0.87
原子炉格納容器		0	0	-
		$7.75 \times 10^5$	$7.20 \times 10^5$	1.08
		$2.17 \times 10^6$	$2.02 \times 10^6$	1.08
		$6.97 \times 10^6$	$6.57 \times 10^6$	1.07
		$1.98 \times 10^7$	$1.87 \times 10^7$	1.06
		$1.49 \times 10^8$	$1.64 \times 10^8$	0.91
		$2.41 \times 10^8$	$2.65 \times 10^8$	0.91
		$4.02 \times 10^8$	$4.42 \times 10^8$	0.91
		$5.71 \times 10^8$	$6.25 \times 10^8$	0.92
		$6.42 \times 10^8$	$7.02 \times 10^8$	0.92
$6.95 \times 10^8$	$7.59 \times 10^8$	0.92		

表 4-10 「SA 時環境考慮連成モデル」応答と「大型機器系の地震応答解析モデル」応答との比較（基準地震動  $S_s$ ，軸力）（3/4）

構造物	標高 O.P. (m)	軸力 (kN)		
		① SA 時環境考慮 連成モデル	② 大型機器系の 地震応答解析モデル	応答比率 (①/②)
原子炉圧力容器		213	204	1.05
		$1.55 \times 10^3$	$1.49 \times 10^3$	1.05
		$2.69 \times 10^3$	$2.58 \times 10^3$	1.05
		$3.44 \times 10^3$	$3.30 \times 10^3$	1.05
		$4.43 \times 10^3$	$4.25 \times 10^3$	1.05
		$5.31 \times 10^3$	$5.10 \times 10^3$	1.05
		$6.19 \times 10^3$	$5.96 \times 10^3$	1.04
		$1.26 \times 10^4$	$1.23 \times 10^4$	1.03
原子炉本体の基礎		$3.45 \times 10^4$	$3.38 \times 10^4$	1.03
		$3.65 \times 10^4$	$3.57 \times 10^4$	1.03
		$3.85 \times 10^4$	$3.76 \times 10^4$	1.03
		$4.01 \times 10^4$	$3.92 \times 10^4$	1.03
原子炉しゃへい壁		$2.67 \times 10^3$	$2.64 \times 10^3$	1.02
		$6.01 \times 10^3$	$5.92 \times 10^3$	1.02
		$1.17 \times 10^4$	$1.16 \times 10^4$	1.01
		$1.59 \times 10^4$	$1.57 \times 10^4$	1.02
		$2.02 \times 10^4$	$1.98 \times 10^4$	1.03
原子炉格納容器		134	143	0.94
		266	285	0.94
		$1.03 \times 10^3$	$1.10 \times 10^3$	0.94
		$1.45 \times 10^3$	$1.55 \times 10^3$	0.94
		$2.79 \times 10^3$	$2.97 \times 10^3$	0.94
		$3.79 \times 10^3$	$4.01 \times 10^3$	0.95
		$4.51 \times 10^3$	$4.77 \times 10^3$	0.95
		$5.76 \times 10^3$	$6.10 \times 10^3$	0.95
		$6.30 \times 10^3$	$6.69 \times 10^3$	0.95
$7.53 \times 10^3$	$7.99 \times 10^3$	0.95		

表 4-10 「SA 時環境考慮連成モデル」応答と「大型機器系の地震応答解析モデル」応答との比較（基準地震動  $S_s$ ，ばね反力（NS/EW 包絡））（4/4）

名称	ばね反力 (kN)		
	① SA 時環境考慮連成モデル	② 大型機器系の地震応答解析モデル	応答比率 (①/②)
原子炉圧力容器スタビライザ	$8.53 \times 10^3$	$8.25 \times 10^3$	1.04
原子炉格納容器スタビライザ	$1.58 \times 10^4$	$1.58 \times 10^4$	1.00
原子炉格納容器シヤラグ	$3.19 \times 10^4$	$3.41 \times 10^4$	0.94
ベント管	$2.12 \times 10^3$	$2.06 \times 10^3$	1.03
燃料交換ベローズ	$1.96 \times 10^3$	$1.71 \times 10^3$	1.15
所員用エアロック	295	304	0.98

表 4-11 最大応答加速度（基準地震動 S<sub>s</sub>，1.2ZPA）の比較（水平方向（NS/EW 包絡））  
(1/2)

構造物	標高 O.P. (m)	最大応答加速度(1.2ZPA)		
		① S A 時環境考慮 連成モデル	② 大型機器系の 地震応答解析モデル	応答比率 (①/②)
原子炉压力容器		4.34	4.03	1.08
		3.81	3.35	1.14
		3.38	3.04	1.12
		3.00	2.78	1.08
		2.48	2.42	1.03
		2.02	2.07	0.98
		1.93	1.98	0.98
		1.89	1.88	1.01
原子炉本体 の基礎		1.70	1.64	1.04
		1.66	1.60	1.04
		1.53	1.59	0.97
		1.42	1.43	1.00
		1.32	1.38	0.96
原子炉遮蔽壁		2.41	2.33	1.04
		2.08	2.05	1.02
		1.96	1.99	0.99
		1.96	1.89	1.04
		1.88	1.82	1.04
原子炉格納容器		2.75	2.56	1.08
		2.59	2.43	1.07
	2.44	2.30	1.07	
	2.33	2.21	1.06	
	2.09	2.01	1.04	
	1.63	1.64	1.00	
	1.41	1.40	1.01	
	1.29	1.26	1.03	
	1.21	1.30	0.94	
	1.27	1.35	0.95	
所員用 エアロック	1.72	1.77	0.98	
ベント管	2.30	2.20	1.05	

表 4-11 最大応答加速度（基準地震動  $S_s$  , 1.2ZPA）の比較（鉛直方向）（2/2）

構造物	標高 O.P. (m)	最大応答加速度(1.2ZPA)		
		① S A時環境考慮 連成モデル	②大型機器系の 地震応答解析モデル	応答比率 (①/②)
原子炉压力容器		1.53	1.44	1.07
		1.53	1.44	1.07
		1.51	1.43	1.06
		1.49	1.41	1.06
		1.43	1.36	1.06
		1.36	1.31	1.04
		1.28	1.26	1.02
		1.24	1.22	1.02
原子炉本体 の基礎		0.98	0.95	1.04
		0.93	0.91	1.03
		0.82	0.83	0.99
		0.73	0.76	0.97
		0.67	0.70	0.96
原子炉遮蔽壁		1.94	1.93	1.01
		1.89	1.89	1.00
		1.78	1.78	1.00
		1.60	1.59	1.01
		1.34	1.33	1.01
原子炉格納容器		1.12	1.18	0.95
		1.11	1.16	0.96
		1.10	1.14	0.97
		1.08	1.13	0.96
		1.04	1.09	0.96
		0.97	1.02	0.96
		0.92	0.97	0.95
		0.84	0.89	0.95
		0.76	0.80	0.95
0.72	0.75	0.96		

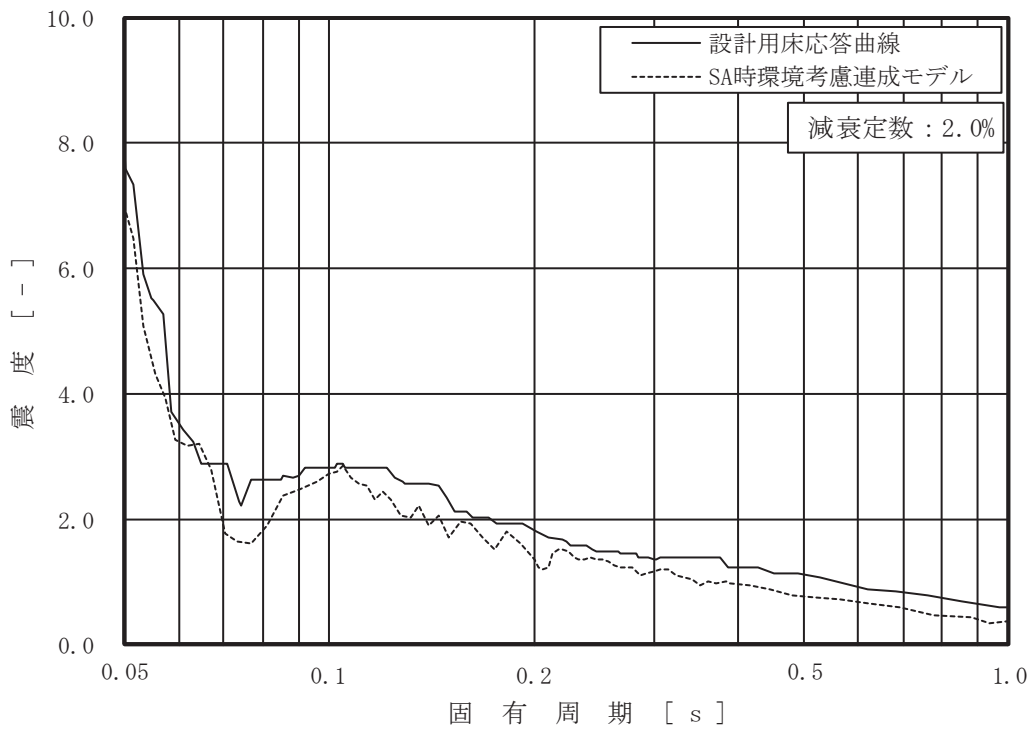
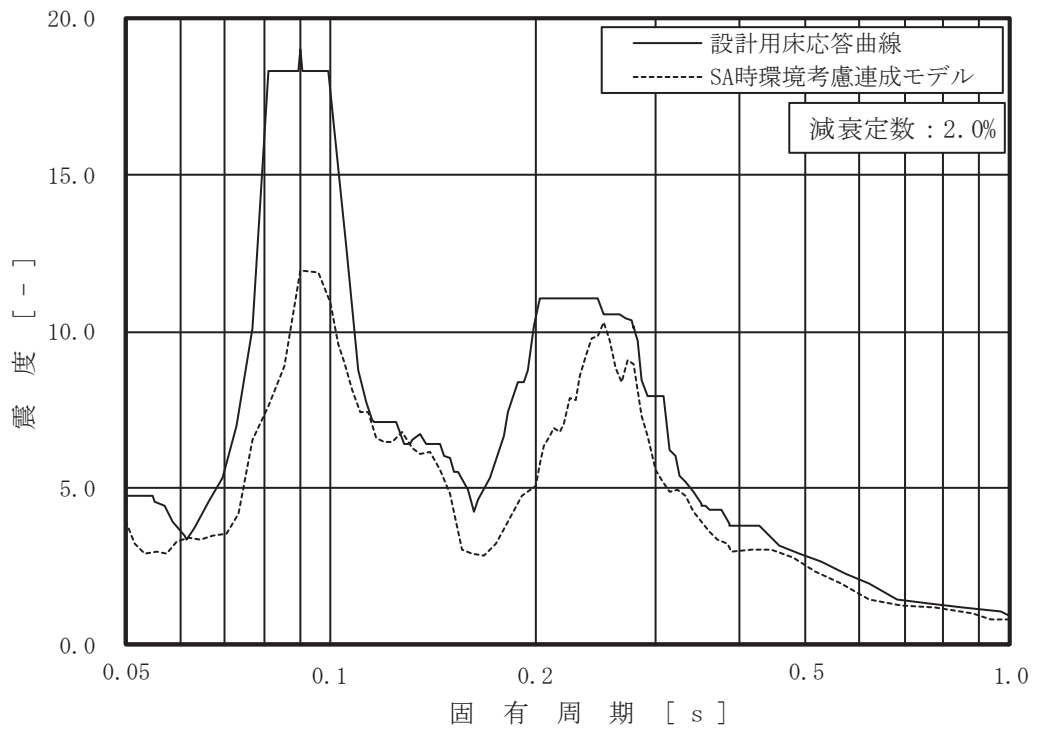


図 4-8 床応答曲線の比較 (1/15)  
 (原子炉しゃへい壁, 0.P.   m, 基準地震動 S s, 減衰 2.0%,  
 上 : 水平 (NS/EW 包絡), 下 : 鉛直)



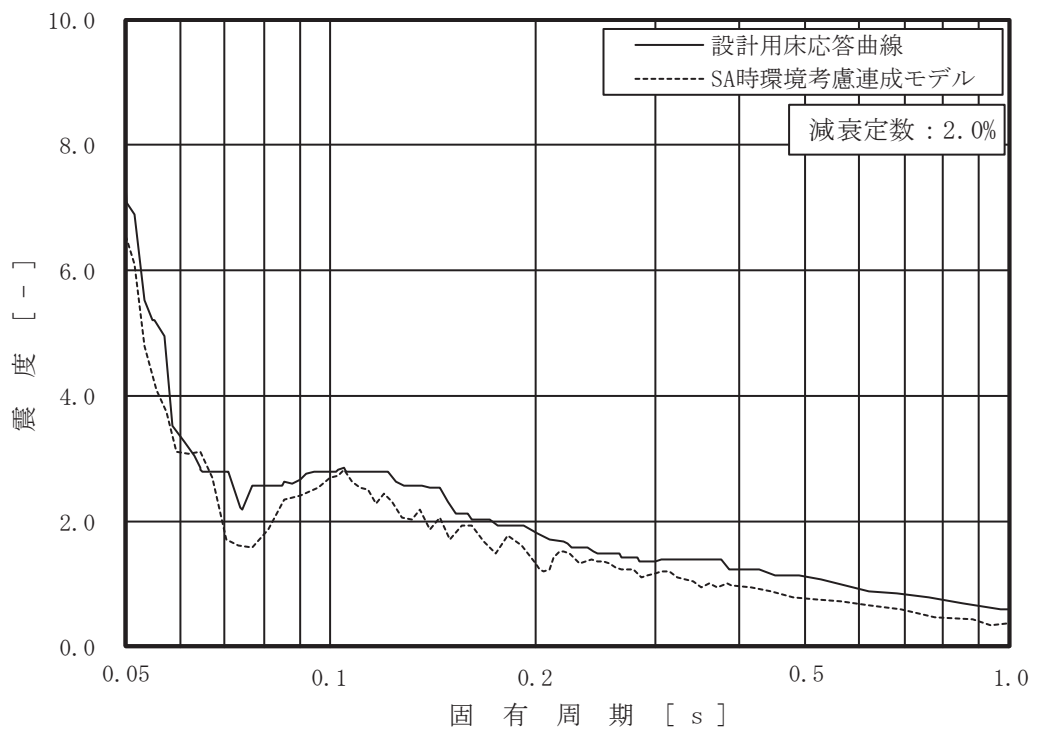
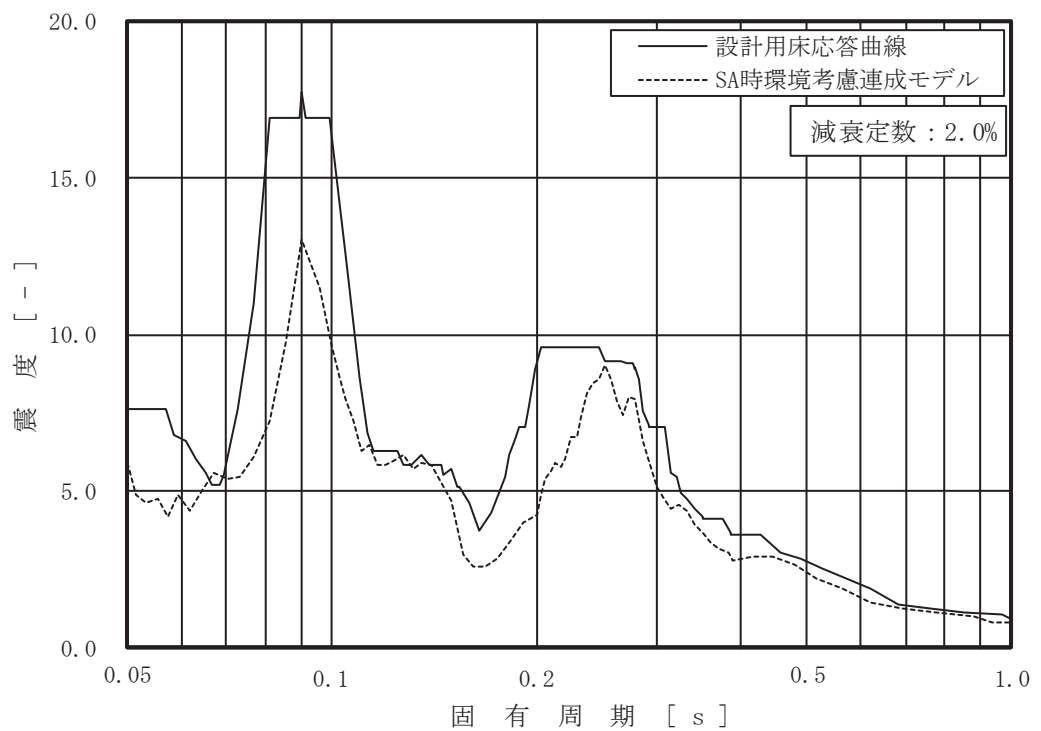


図 4-8 床応答曲線の比較 (2/15)

(原子炉しゃへい壁, 0.P.   m, 基準地震動 S s, 減衰 2.0%,

上: 水平 (NS/EW 包絡), 下: 鉛直)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

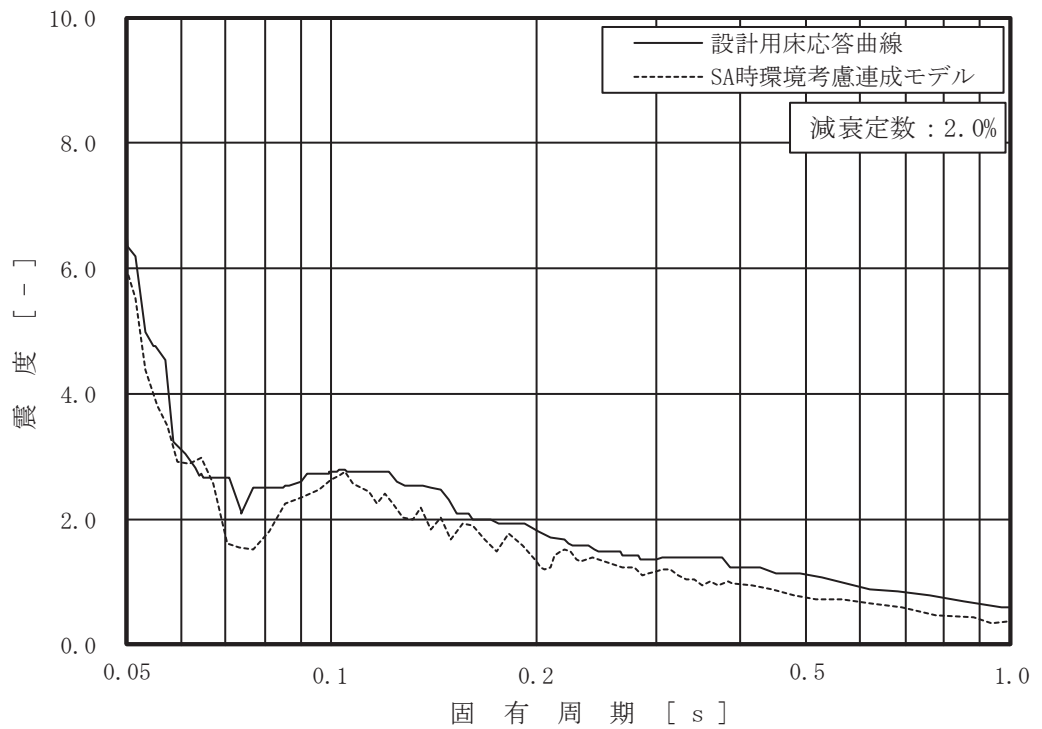
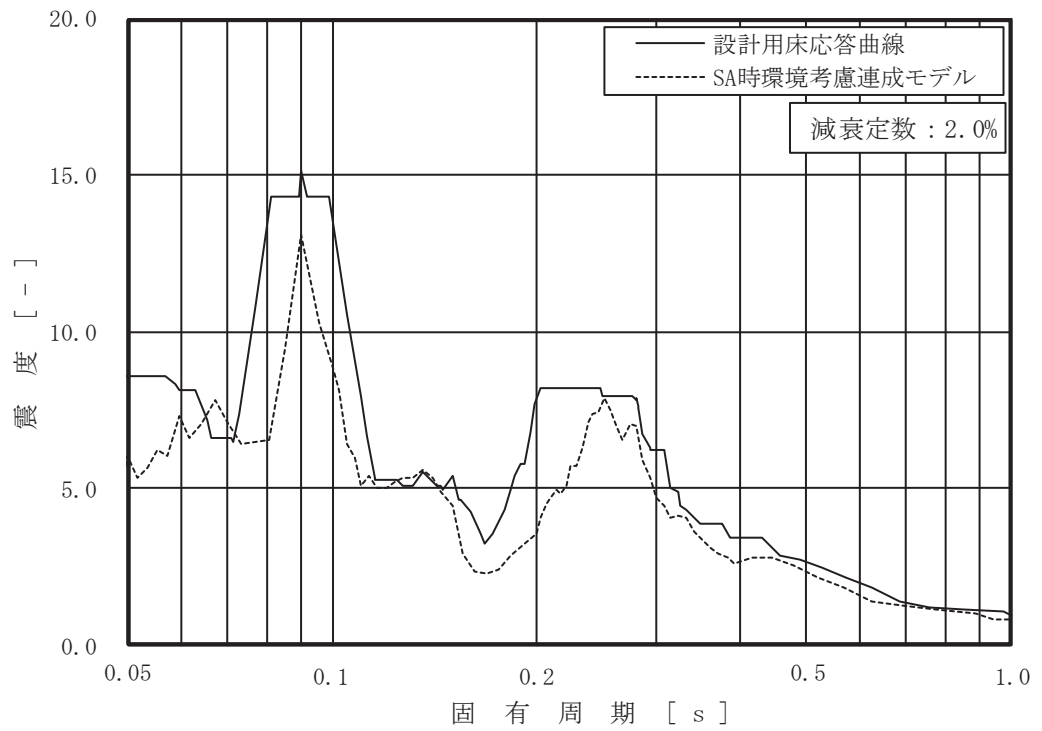


図 4-8 床応答曲線の比較 (3/15)  
 (原子炉しゃへい壁, 0.P.   m, 基準地震動 S s, 減衰 2.0%,  
 上 : 水平 (NS/EW 包絡), 下 : 鉛直)

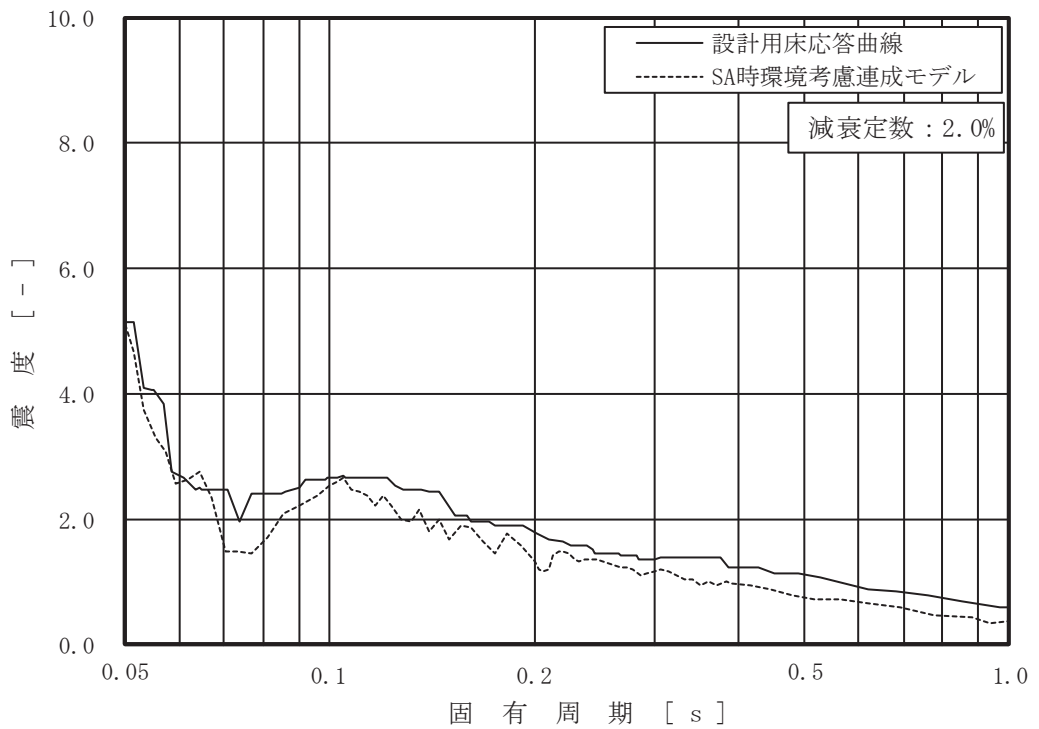
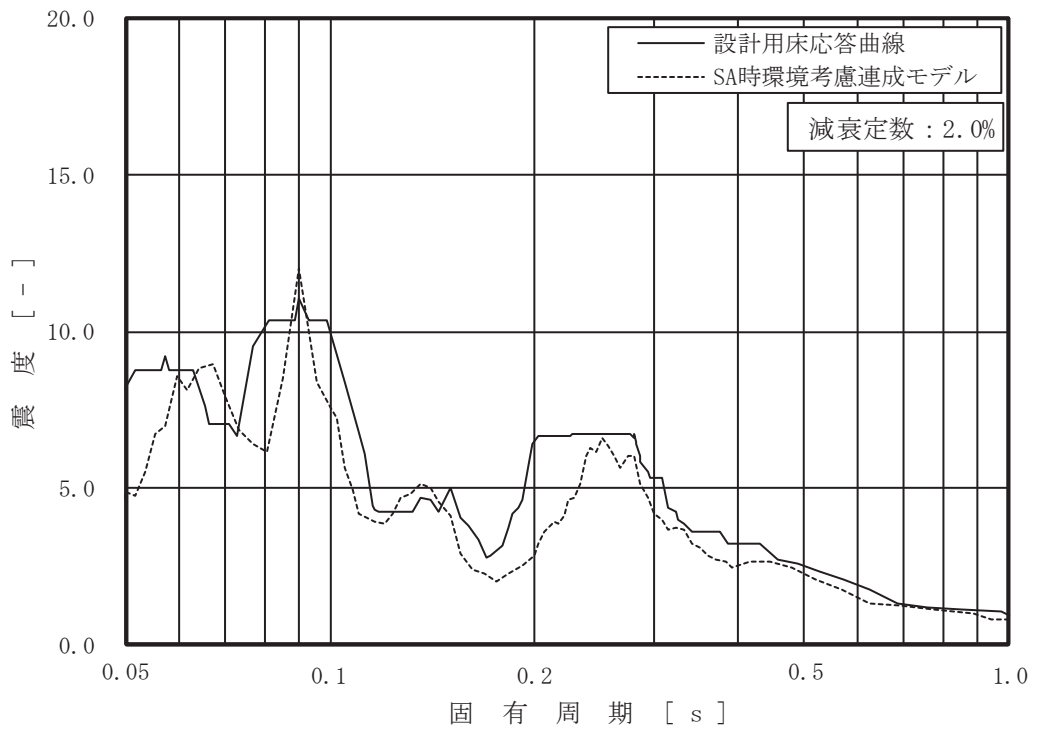


図 4-8 床応答曲線の比較 (4/15)

(原子炉しゃへい壁, 0.P.   m, 基準地震動 S s, 減衰 2.0%,

上: 水平 (NS/EW 包絡), 下: 鉛直)

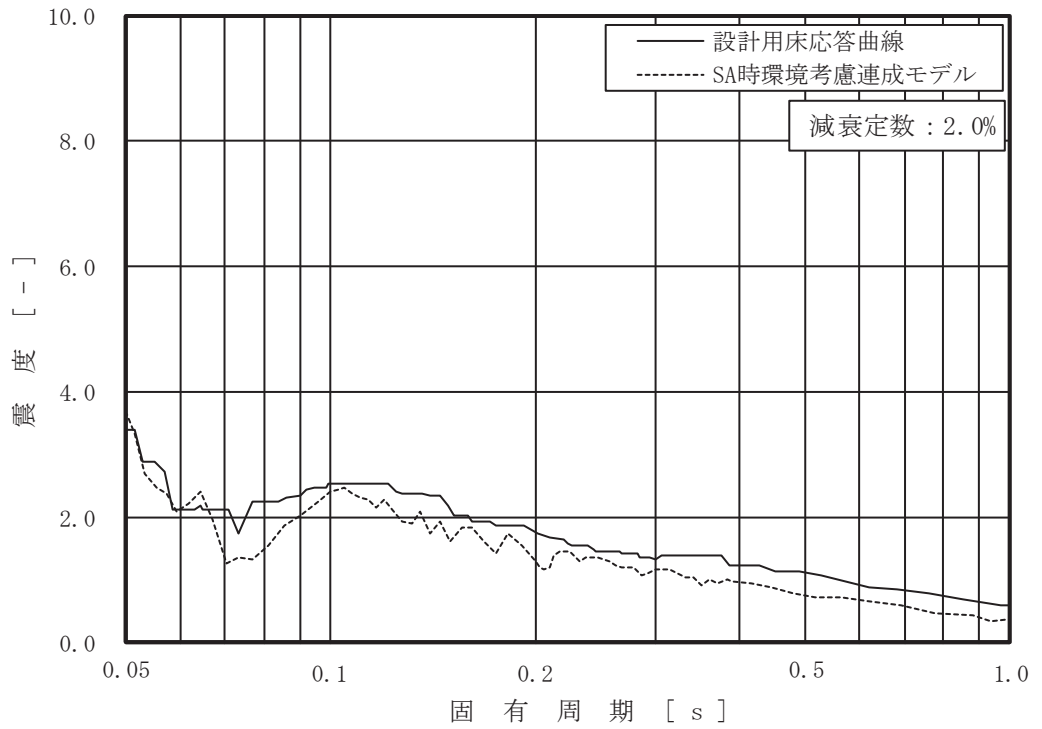
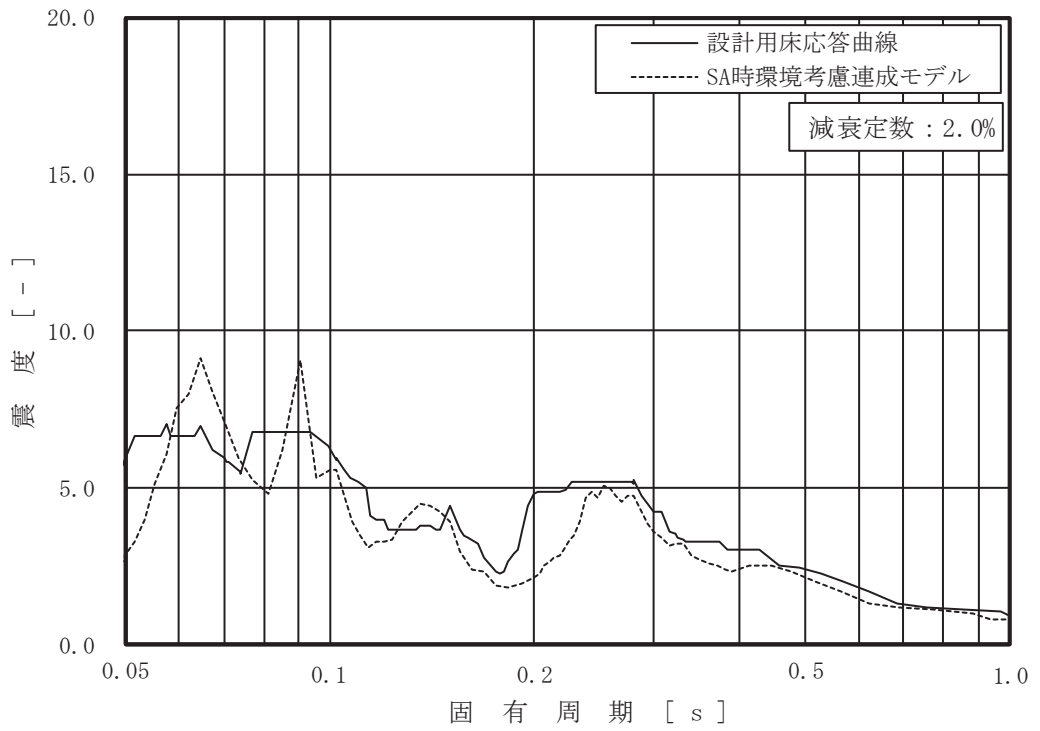


図 4-8 床応答曲線の比較 (5/15)

(原子炉本体の基礎, 0.P.   m, 基準地震動 S s, 減衰 2.0%,

上: 水平 (NS/EW 包絡), 下: 鉛直)

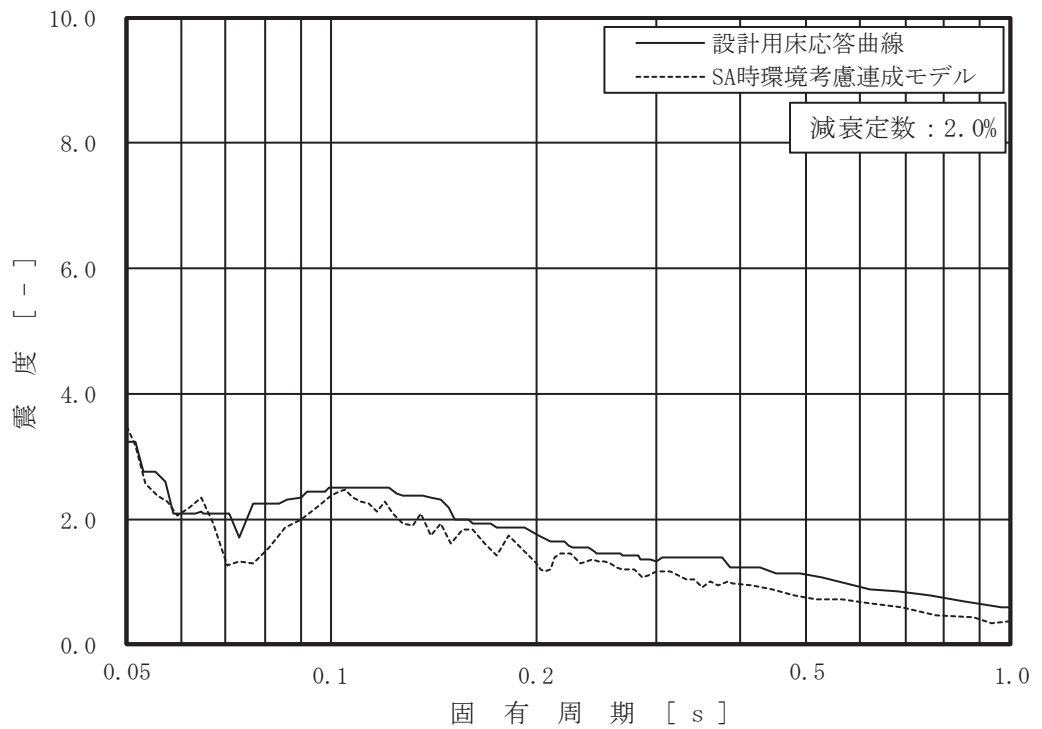
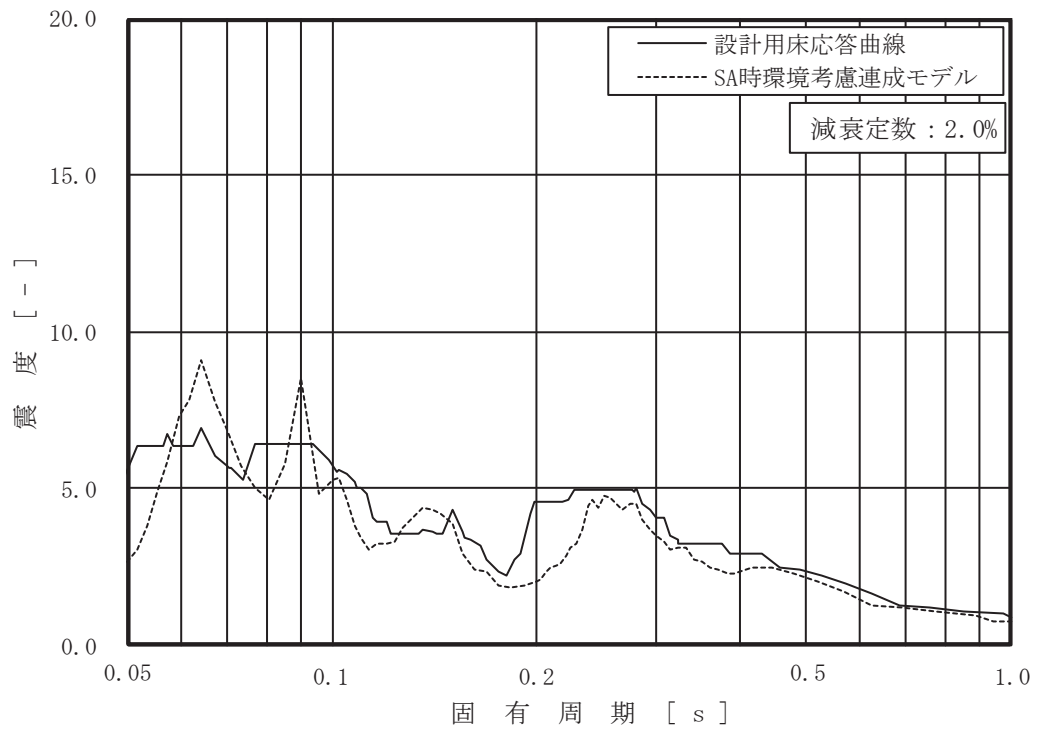


図 4-8 床応答曲線の比較 (6/15)

(原子炉本体の基礎, 0.P.   m, 基準地震動 S s, 減衰 2.0%,

上 : 水平 (NS/EW 包絡), 下 : 鉛直)

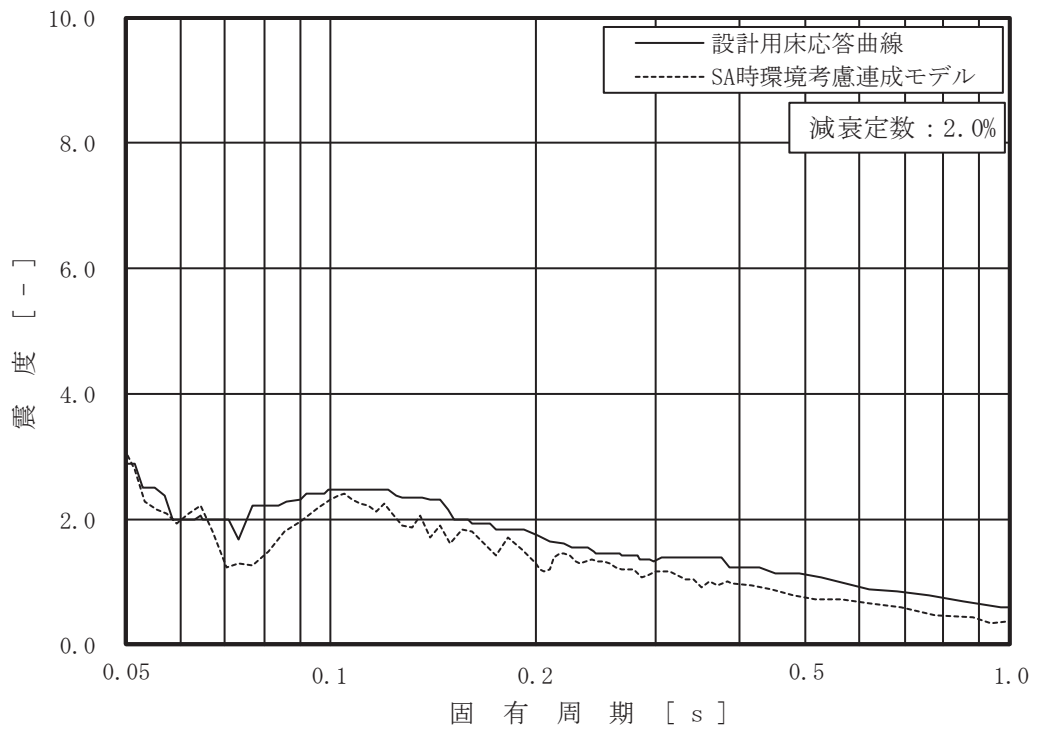
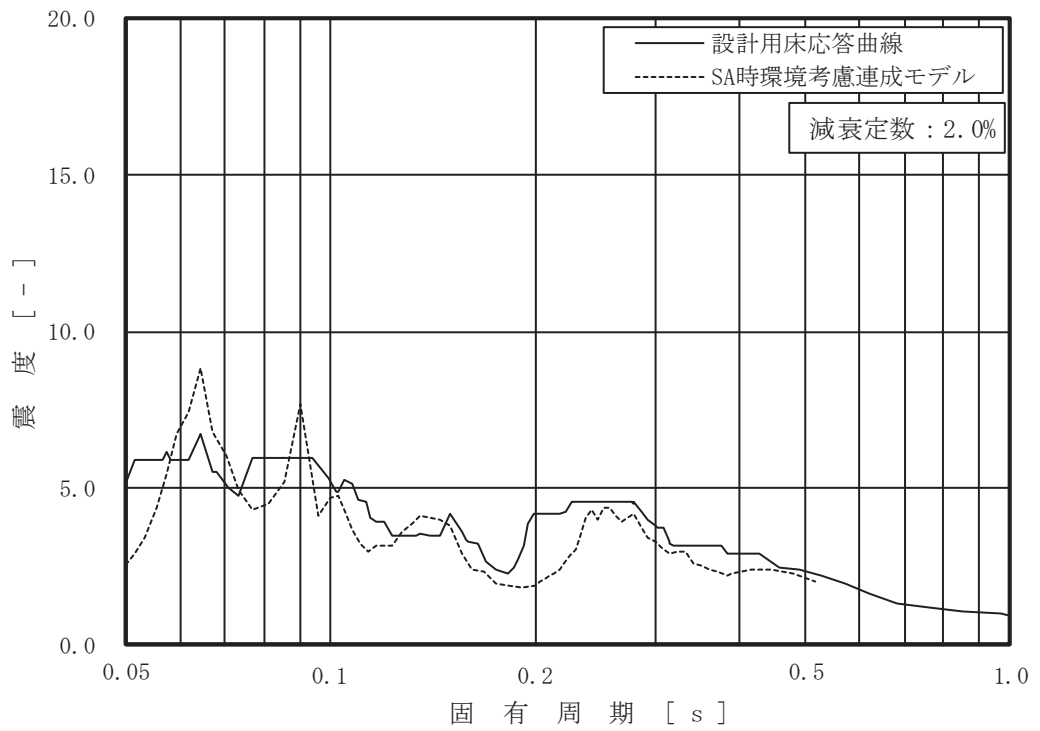


図 4-8 床応答曲線の比較 (7/15)

(原子炉本体の基礎, 0.P.   m, 基準地震動 S s, 減衰 2.0%,

上 : 水平 (NS/EW 包絡), 下 : 鉛直)

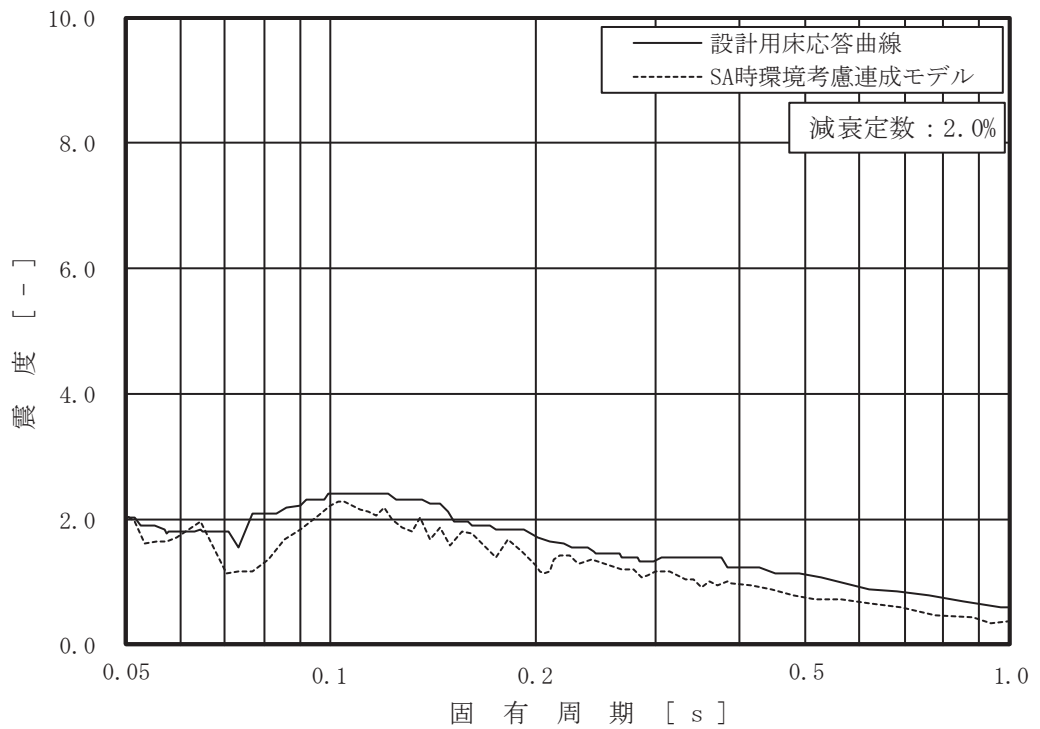
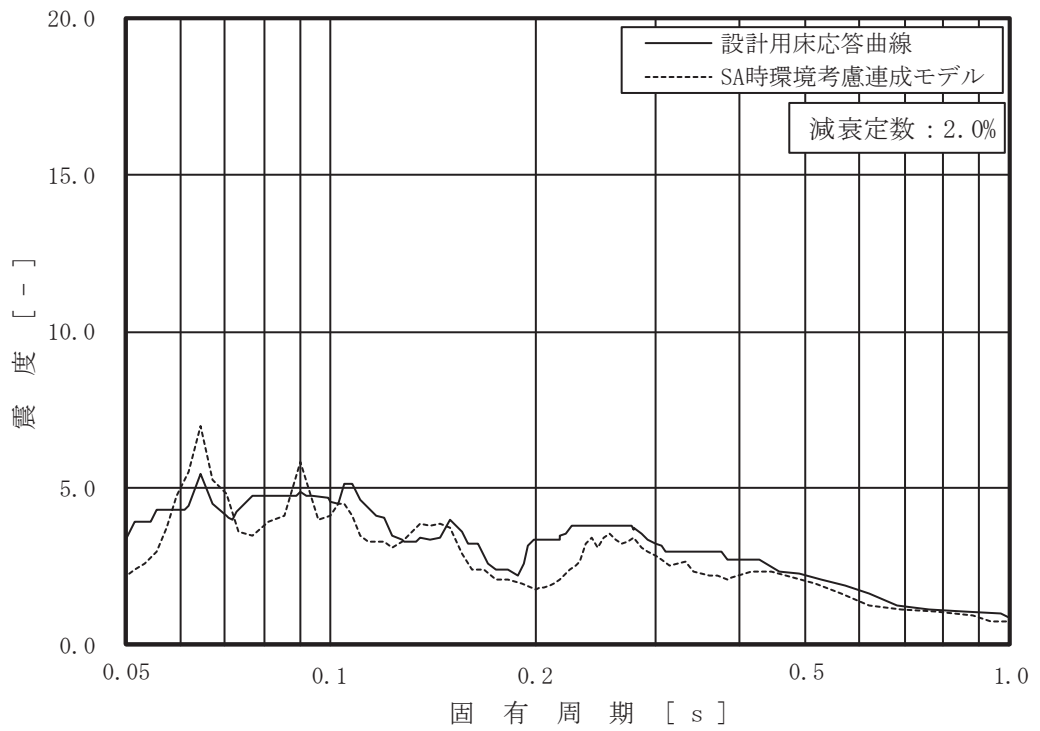


図 4-8 床応答曲線の比較 (8/15)

(原子炉本体の基礎, 0.P.   m, 基準地震動 S s, 減衰 2.0%,

上 : 水平 (NS/EW 包絡), 下 : 鉛直)

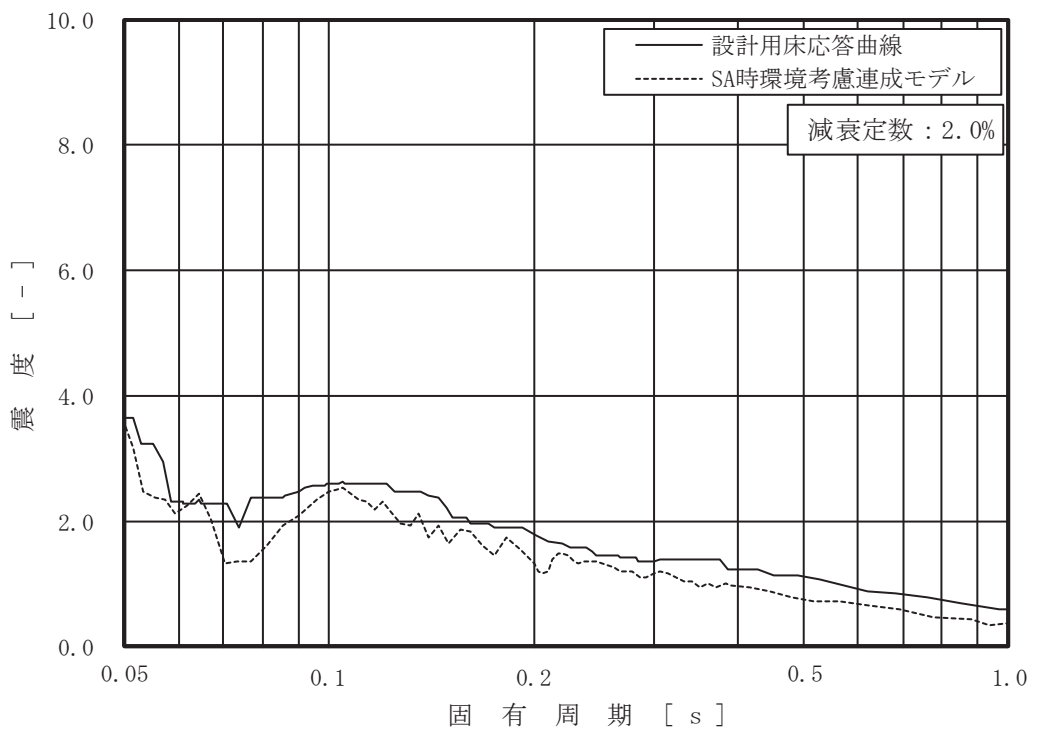
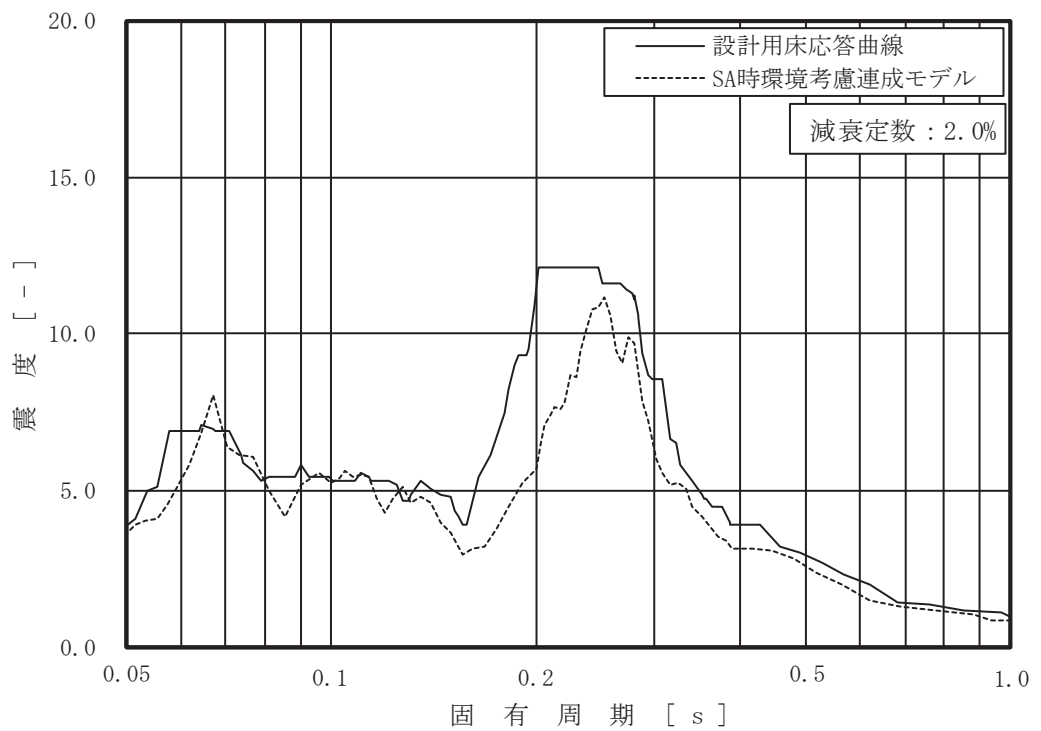


図 4-8 床応答曲線の比較 (9/15)

(原子炉格納容器, 0.P.   m, 基準地震動 S s, 減衰 2.0%,

上 : 水平 (NS/EW 包絡), 下 : 鉛直)



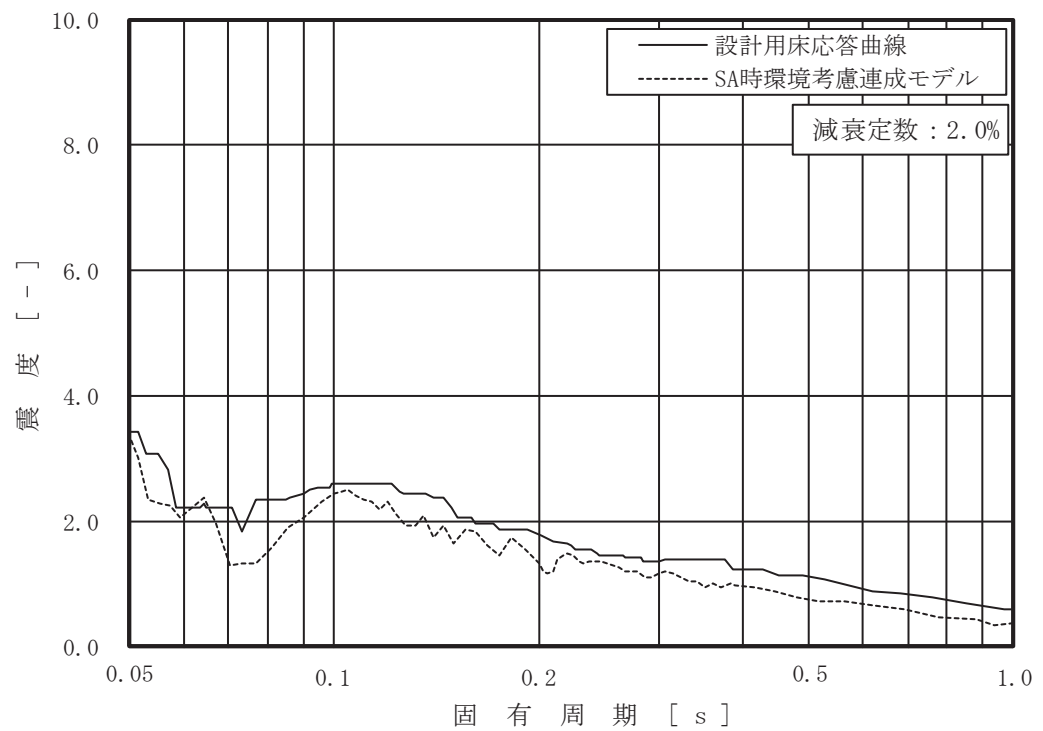
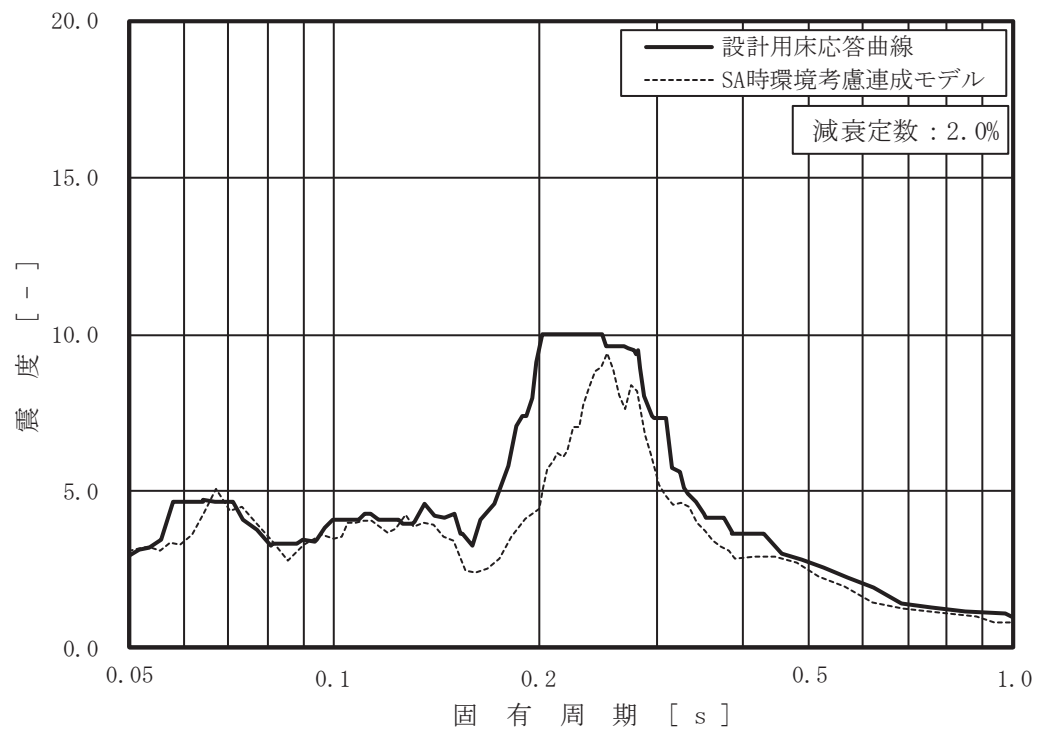


図 4-8 床応答曲線の比較 (10/15)  
 (原子炉格納容器, 0.P.   m, 基準地震動  $S_s$ , 減衰 2.0%,  
 上: 水平 (NS/EW 包絡), 下: 鉛直)

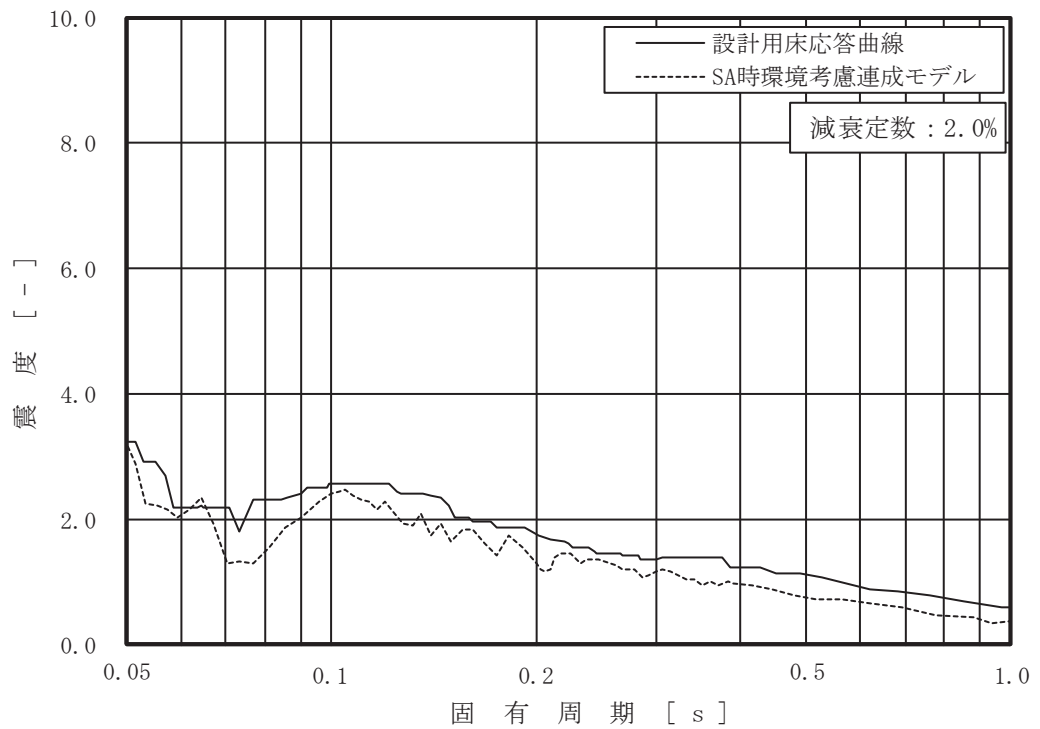
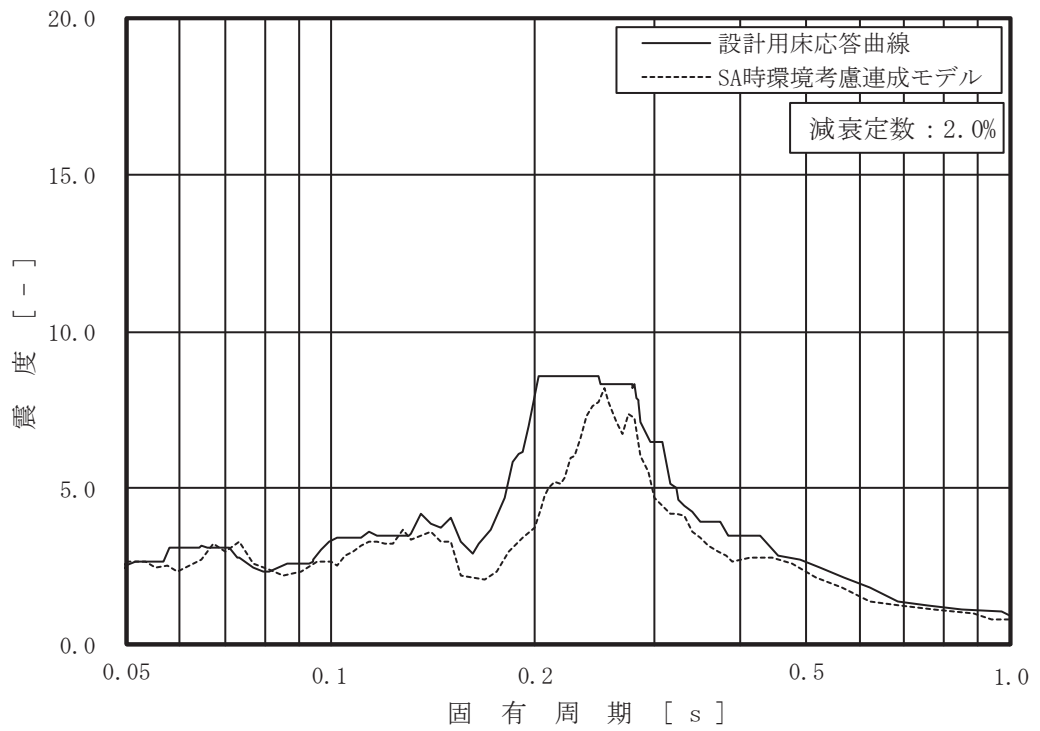


図 4-8 床応答曲線の比較 (11/15)  
 (原子炉格納容器, 0.P.   m, 基準地震動  $S_s$ , 減衰 2.0%,  
 上: 水平 (NS/EW 包絡), 下: 鉛直)

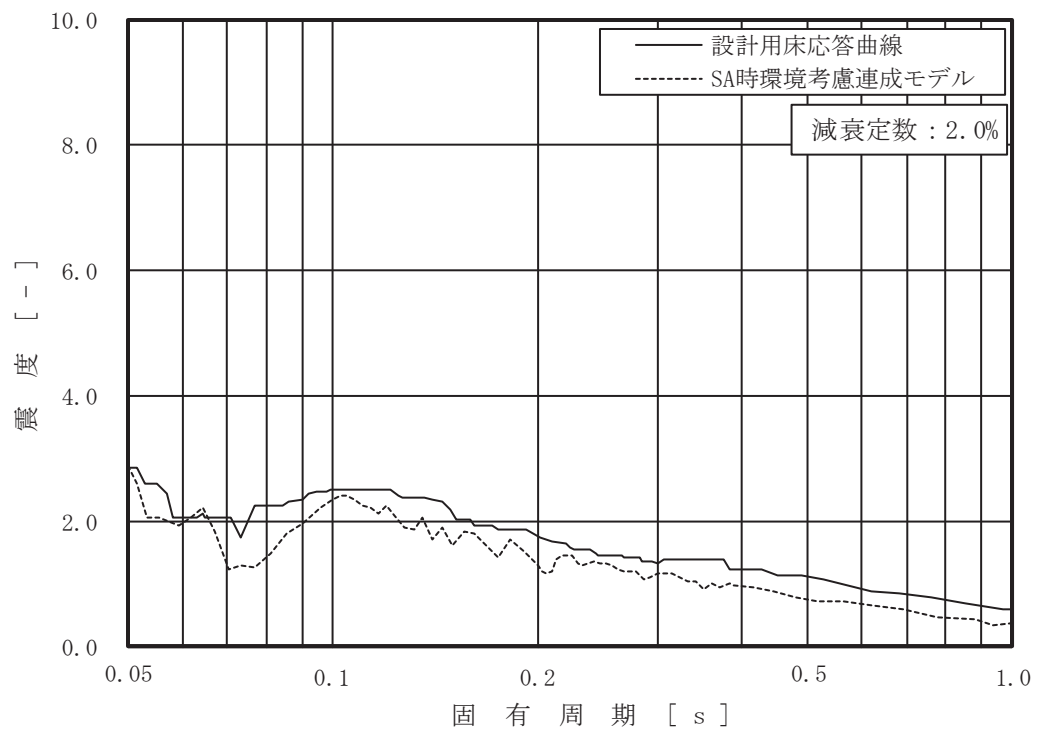
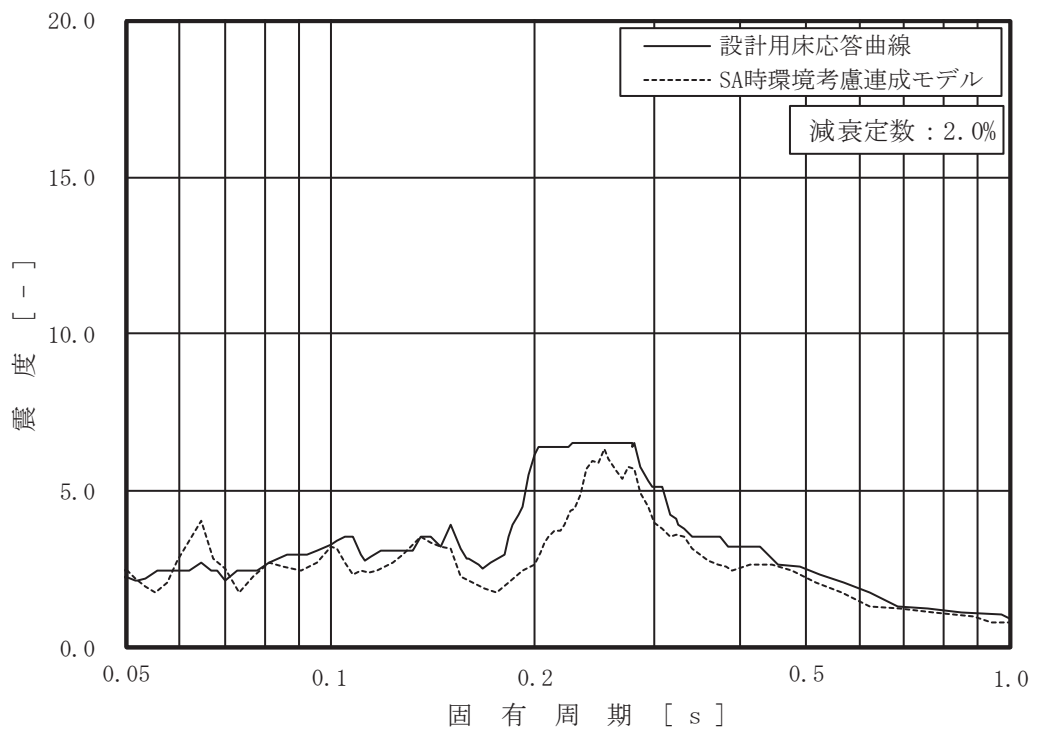


図 4-8 床応答曲線の比較 (12/15)  
 (原子炉格納容器, 0.P.   m, 基準地震動 S s, 減衰 2.0%,  
 上 : 水平 (NS/EW 包絡), 下 : 鉛直)

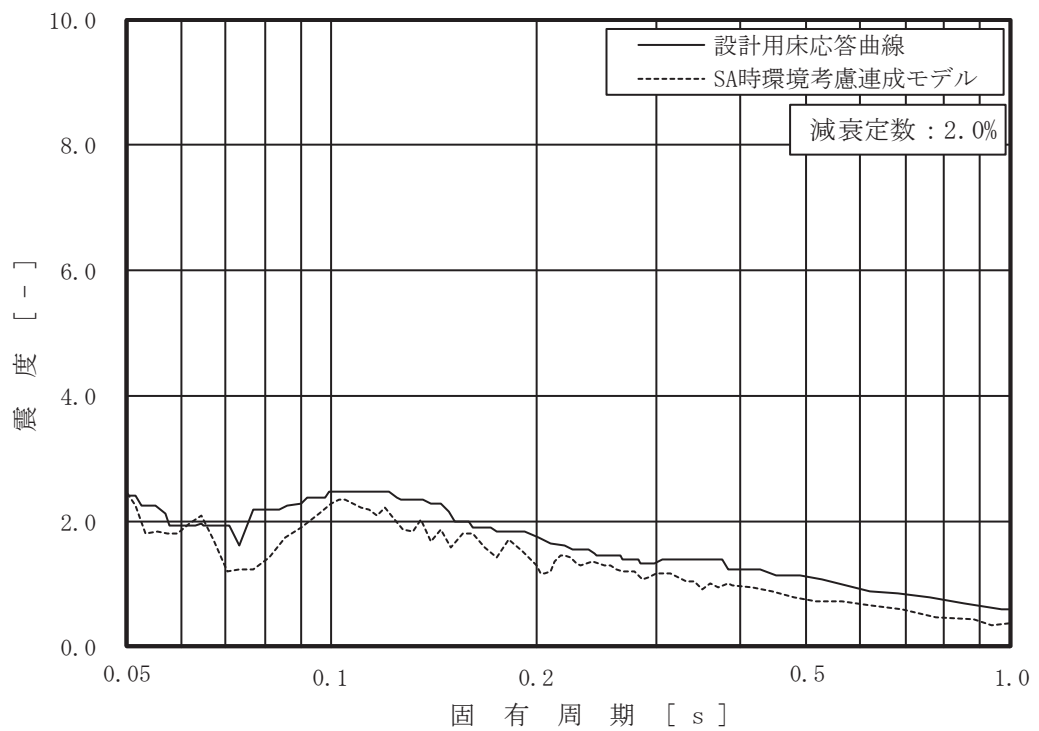
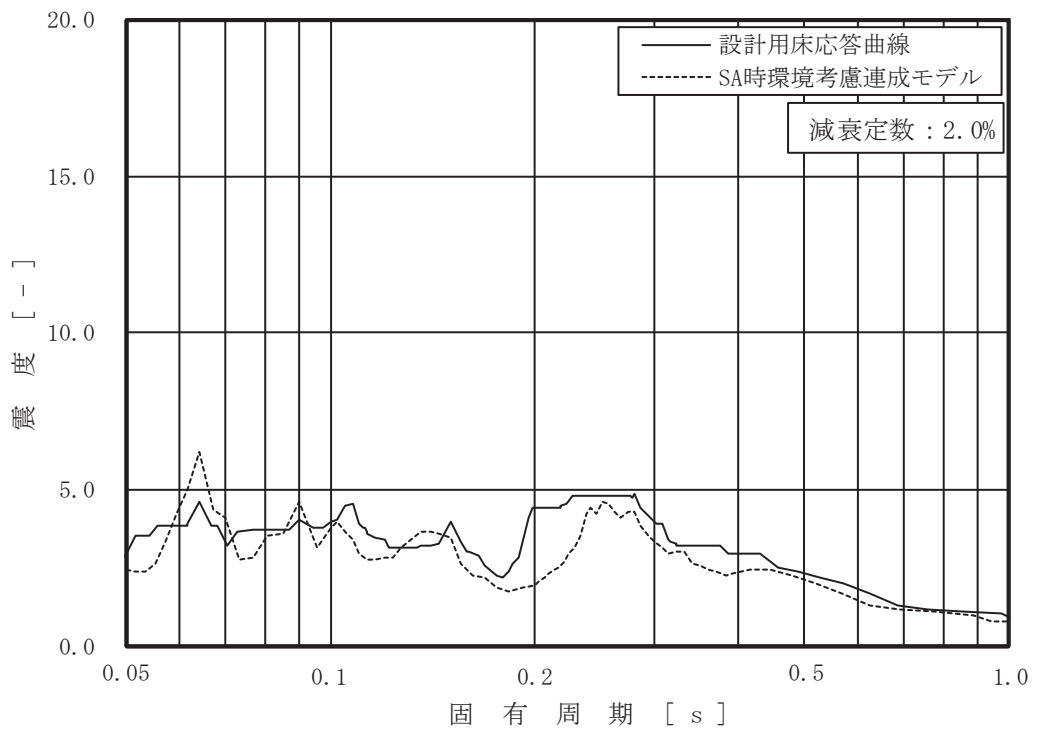


図 4-8 床応答曲線の比較 (13/15)  
 (原子炉格納容器, 0.P.   m, 基準地震動 S s, 減衰 2.0%,  
 上 : 水平 (NS/EW 包絡), 下 : 鉛直)

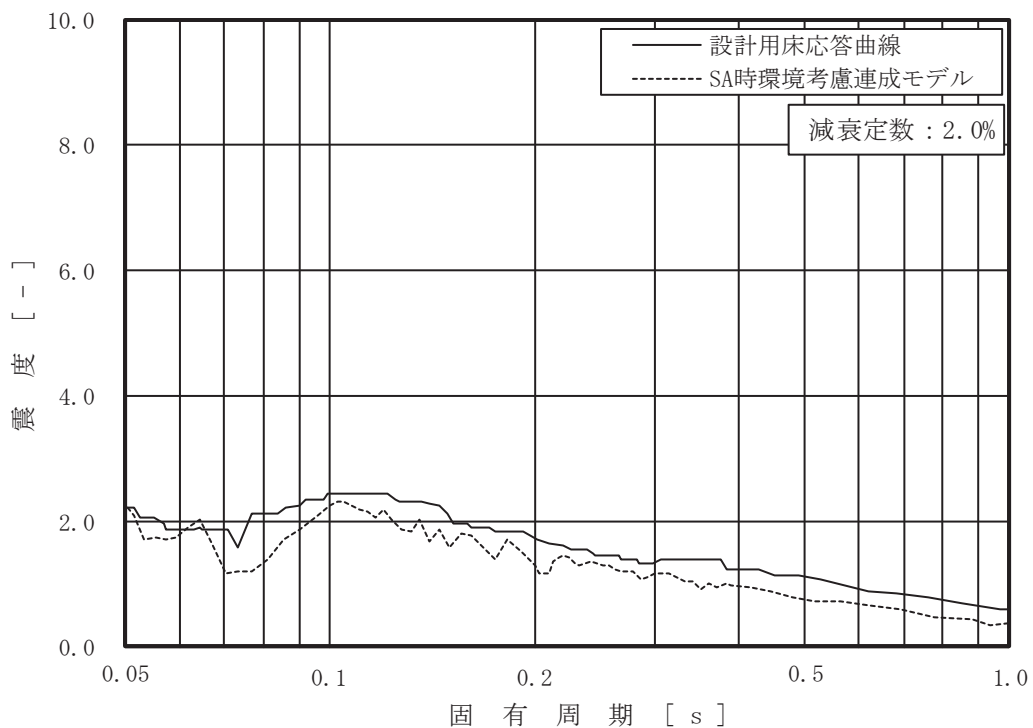
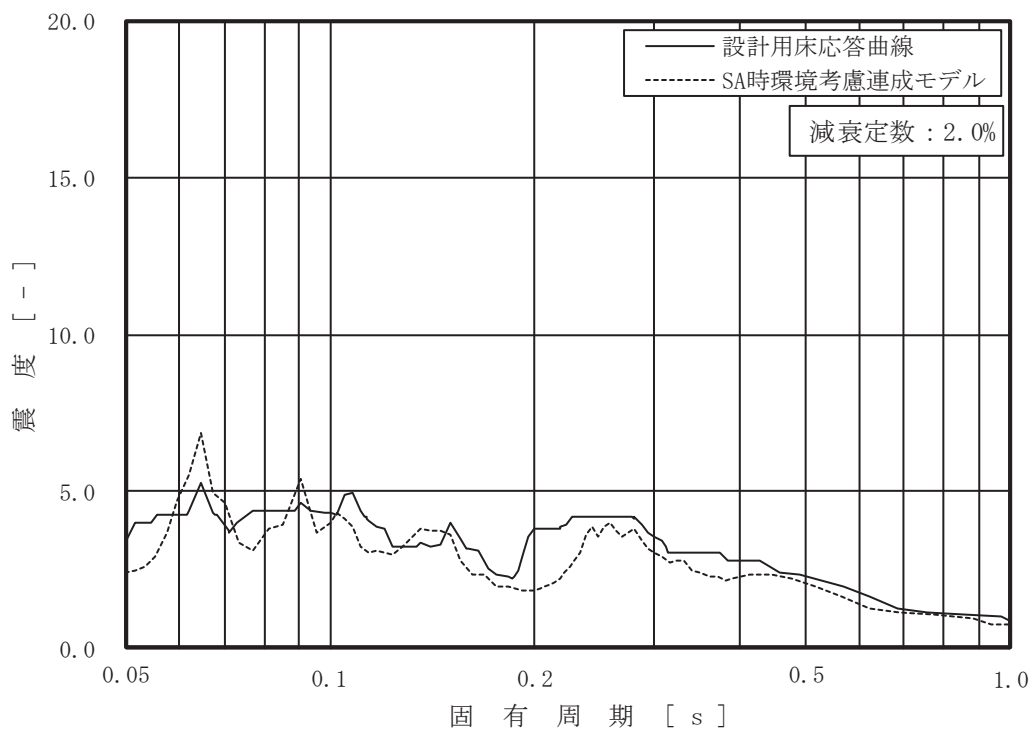


図 4-8 床応答曲線の比較 (14/15)  
 (原子炉格納容器, 0.P.   m, 基準地震動 S s, 減衰 2.0%,  
 上: 水平 (NS/EW 包絡), 下: 鉛直)

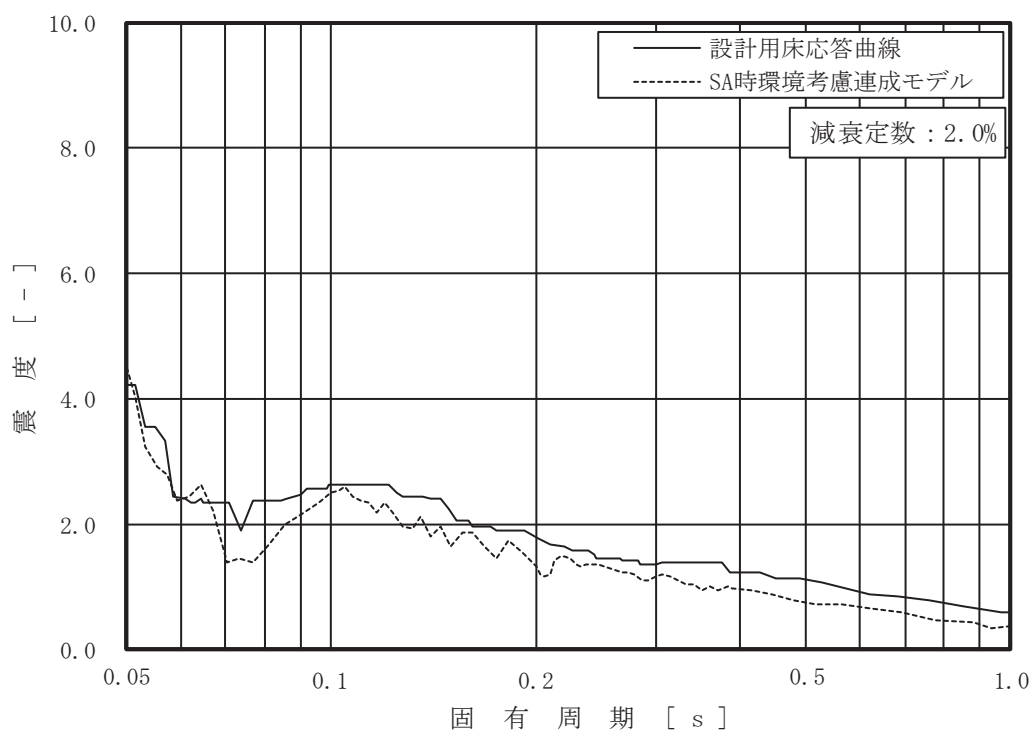
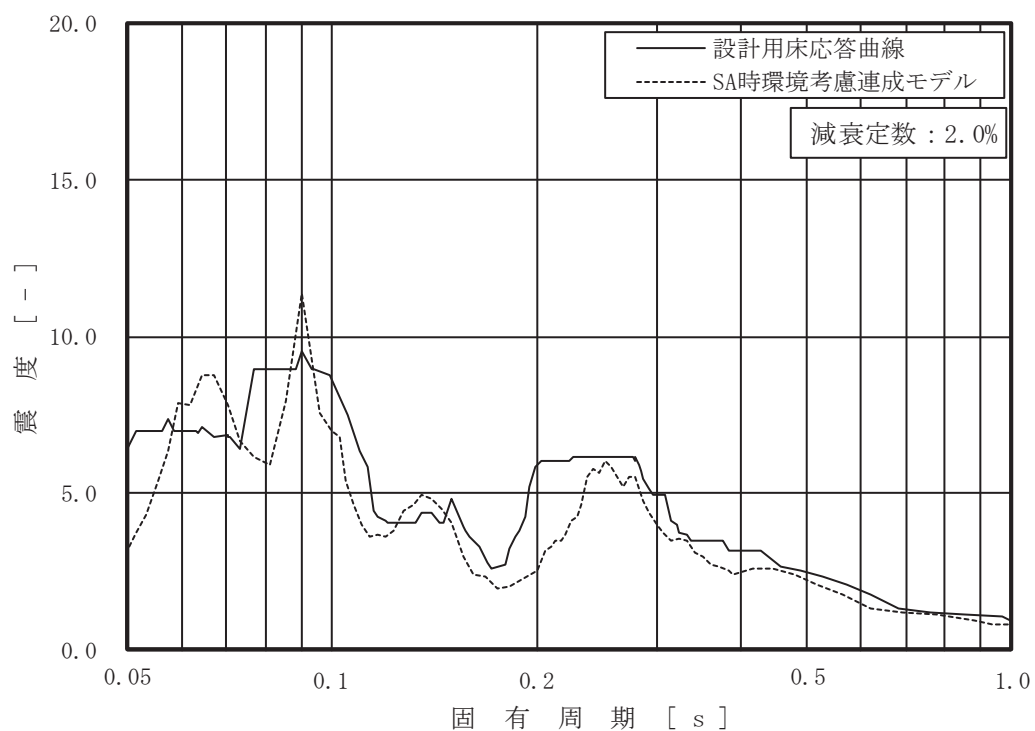


図 4-8 床応答曲線の比較 (15/15)  
 (原子炉压力容器, 0.P.  m, 基準地震動 S s, 減衰 2.0%,  
 上: 水平 (NS/EW 包絡), 下: 鉛直)

(2) 影響検討結果

「4.2.1 検討方針」に示す影響検討フローに従った検討を行い、一部の設備（8設備）を除き、簡易評価の結果で応答比率が設備の裕度以下となることを確認した。

また、簡易評価において応答比率が設備の裕度を上回った8設備の評価結果を表4-12に示す。また、当該設備の詳細評価結果を表4-13に示す。

なお、配管の詳細評価は、評価に用いる各標高（質点）で応力評価結果の裕度が最小となる配管及び疲労累積係数が最大となる配管を代表としている。また、簡易評価は、対象設備の応力分類ごとに行っている。

簡易評価で応答比率が設備の裕度を上回った8設備に対して、影響検討用耐震条件による詳細評価を行い、発生値が許容値以下となることを確認した。

表 4-12 応答比率が設備の裕度を上回った 8 設備の簡易評価結果  
 (「SA 時環境考慮連成モデル」による応答の影響)

対象設備	評価部位	応力分類	今回工認の耐震評価 (基準地震動 S s)			SA 時環境考慮連成モデル	検討結果
			発生値 *1 (MPa)	許容値 (MPa)	裕度	応答比率	
原子炉格納容器 シヤラグ	原子炉格納容器シヤラグ取付部	一次+二次応力	416	393	0.94	1.06	×
		疲労*2	0.467	1	-		
ドライウエル ベント開口部	ドライウエルベント開口部	一次+二次応力	460	501	1.08	1.33	×
ダウンカマ	エンドプレート (上側)	一次応力	247	264	1.06	1.33	×
	ベントヘッド (一般部以外)	一次+二次応力	592	473	0.79	1.33	×
		疲労*2	0.547	1	-	1.33	×
ベント管	ベント管 (一般部以外)	一次+二次応力	418	393	0.94	1.33	×
		疲労*2	0.489	1	-		
SA クラス 2 配管 (主蒸気系 (MS-004))	配管本体	一次+二次応力	468	386	0.82	1.08	×
		疲労*2	0.8529	1	-		
SA クラス 2 配管 (ほう酸水注入系 (SLC-003))	配管本体	一次+二次応力	211	206	0.97	1.28	×
		疲労*2	0.0001	1	-		
SA クラス 2 配管 (ほう酸水注入系 (SLC-004))	配管本体	一次+二次応力	175	206	1.17	1.32	×
SA クラス 2 配管 (制御棒駆動水圧系 (CRD-005-1))	配管本体	一次+二次応力	292	318	1.08	1.28	×
		疲労*2	0.2729	1	-		

注記\*1：一次+二次応力の発生値が許容値を上回った場合は、疲労評価を実施する。

\*2：単位は無次元。



表 4-13 応答比率が設備の裕度を上回った 8 設備の詳細評価結果  
 (「SA 時環境考慮連成モデル」による応答の影響)

対象設備	評価部位	応力分類	影響検討用耐震条件を用いた耐震計算 (基準地震動 S s)			検討 結果
			最大応答 加速度	床応曲線	発生値*3 (MPa)	
原子炉格納容器 シヤラダ	原子炉格納容器シヤラダ 取付部	一次＋二次応力 疲労*4	水平：－*1 鉛直：0.93	－	400	○
			水平：－ 鉛直：0.93	(1%減衰) 原子炉格納容器 0.P.2.6 m*2	0.396	
ドライウエル ベント開口部*1	ドライウエルベント開口 部	一次＋二次応力	水平：－ 鉛直：0.93	(1%減衰) 原子炉格納容器 0.P.2.6 m*2	437	○
			水平：－ 鉛直：0.93	(1%減衰) 原子炉格納容器 0.P.2.6 m*2	216	
ダウンカマ	エンドブレード (上側) ベントヘッド (一般部以外)	一次応力	－	(1%減衰) 原子炉格納容器 0.P.2.6 m*2	516	○
			－	(1%減衰) 原子炉格納容器 0.P.2.6 m*2	0.2707	
ベント管	ベント管 (一般部以外)	一次＋二次応力	－	(1%減衰) 原子炉格納容器 0.P.2.6 m*2	365	○
			水平：1.96 鉛直：1.60	(2%減衰) 原子炉しやへい壁 0.P.13.4 m	352	
SA クラス 2 配管 (主蒸気系 (MS-004))	配管本体	一次＋二次応力	水平：1.96 鉛直：1.60	(2%減衰) 原子炉しやへい壁 0.P.13.4 m	352	○
			水平：2.11 鉛直：1.60	(2%減衰) 原子炉建屋 0.P.22.5, 15.0 m 原子炉本体の基礎 0.P.7.04 m 原子炉しやへい壁 0.P.13.4, 10.6 m 原子炉格納容器 0.P.17.15, 14.295 m	185	
SA クラス 2 配管 (ほう酸水注入系 (SLC-003))	配管本体	一次＋二次応力	水平：1.89 鉛直：1.34	(2%減衰) 原子炉圧力容器 0.P.9.334 m 原子炉本体の基礎 0.P.7.04, 6.24, 4.95 m 原子炉しやへい壁 0.P.10.6m	177	○
			水平：2.05 鉛直：1.34	(2%減衰) 原子炉建屋 0.P.15.0, 6.0 m 原子炉格納容器 0.P.14.295, 9.448 m	256	
SA クラス 2 配管 (制御棒駆動水圧系 (CRD-005-1))	配管本体	一次＋二次応力	水平：1.89 鉛直：1.34	(2%減衰) 原子炉圧力容器 0.P.9.334 m 原子炉本体の基礎 0.P.7.04, 6.24, 4.95 m 原子炉しやへい壁 0.P.10.6m	177	○
			水平：2.05 鉛直：1.34	(2%減衰) 原子炉建屋 0.P.15.0, 6.0 m 原子炉格納容器 0.P.14.295, 9.448 m	256	

注記\*1：原子炉格納容器のせん断力及び曲げモーメントを考慮。

\*2：ベント系設備の反力を考慮しているため、ベント系設備の評価に用いる床応答曲線を記載。

\*3：一次＋二次応力の発生値が許容値を上回った場合は、疲労評価を実施する。

\*4：単位は無次元。

## 5. まとめ

各施設に対する確認結果を以下に示す。

### 5.1 「原子炉建屋の地震応答解析による評価」に与える影響

重大事故等時における熱の影響を考慮し、「SA 時環境考慮モデル」を用いて、基準地震動  $S_s - D2$  に対する地震応答解析を実施し、「工認モデル」を用いた結果と比較した。

その結果、「SA 時環境考慮モデル」の固有周期はコンクリートの剛性を低減させた影響により「工認モデル」に比べて僅かに大きくなるものの、ほぼ同程度となることを確認し、最大応答値及び最大接地圧については「工認モデル」の結果とおおむね整合することを確認した。更に、「原子炉建屋の地震応答解析による評価」に与える影響についても確認を行った。

原子炉建屋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  $S_s - D1 \sim S_s - N1$  に対する包絡値）に、基準地震動  $S_s - D2$  に対する「SA 時環境考慮モデル」と「工認モデル」の応答比（「SA 時環境考慮モデル」／「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した。また、床応答曲線が「工認モデル」と「SA 時環境考慮モデル」でほぼ同程度になることを確認した。

### 5.2 「機器・配管系の評価」に与える影響

「機器・配管系の評価」に与える影響は、「SA 時環境考慮モデル」及び「SA 時環境考慮連成モデル」を用いて、基準地震動  $S_s$ （ $S_s - D1 \sim S_s - N1$ （7波））に対する地震応答解析を実施し、応答結果を包絡して作成した「影響検討用耐震条件」（影響検討ケース）と「工認モデル」及び「大型機器系の地震応答解析モデル」によって作成した「耐震計算に用いる耐震条件」（工認設計ケース）との応答比率を用いて簡易評価を行った。簡易評価の結果、一部の設備を除き、応答比率が設備の裕度以下となることを確認した。また、簡易評価において応答比率が設備の裕度を上回る設備に対して、影響検討用耐震条件による詳細評価を行い、発生値が許容値以下となることを確認した。確認結果は以下の通り。

#### ① 原子炉建屋に設置した機器・配管系に対する確認結果

簡易評価の結果、一部の設備（6設備）を除き、設備の裕度が応答比率を上回ることを確認した。また、簡易評価において応答比率が設備の裕度を上回る6設備に対して、影響検討用耐震条件による詳細評価を行い、発生値が許容値以下となることを確認した。

- ② 大型機器系の地震応答解析モデルの応答を用いる機器・配管系に対する確認結果簡易評価の結果，一部の設備（8設備）を除き，設備の裕度が応答比率を上回ることを確認した。また，簡易評価において応答比率が設備の裕度を上回る8設備に対して，影響検討用耐震条件による詳細評価を行い，発生値が許容値以下となることを確認した。

## 別紙 6 改造工事に伴う重量増加を反映した検討

## 目 次

1. 概要.....	別紙 6- 1
2. 検討方針.....	別紙 6- 2
3. 重量増加を考慮した地震応答解析結果を踏まえた各施設の評価結果への 影響検討.....	別紙 6- 3
3.1 建物・構築物.....	別紙 6- 3
3.1.1 使用済燃料プール及びキャスクピット.....	別紙 6- 3
3.1.2 原子炉建屋原子炉棟（二次格納施設）.....	別紙 6- 8
3.1.3 原子炉建屋ブローアウトパネル.....	別紙 6-17
3.1.4 原子炉建屋エアロック.....	別紙 6-20
3.1.5 原子炉建屋基礎版.....	別紙 6-23
3.1.6 水密扉.....	別紙 6-26
3.2 機器・配管系.....	別紙 6-30
3.2.1 検討方針.....	別紙 6-30
3.2.2 検討内容.....	別紙 6-33
3.2.3 検討結果.....	別紙 6-58
4. 検討結果.....	別紙 6-82

別紙 6-1 改造工事に伴う重量増加による建屋－機器連成地震応答解析結果に与える影響

## 1. 概要

添付書類「VI-2-1-1 耐震設計の基本方針」に基づき、設備の補強や追加等の改造工事に伴う重量増加が有意な場合は、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行い、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、建物・構築物及び機器・配管系の耐震性への影響について検討を行う。なお、建屋の地震応答解析結果への影響については、地震応答解析モデルにおいて重量が重要な諸元であることを踏まえ、その結果を添付書類「VI-2-2-1 原子炉建屋の地震応答計算書」（以下「地震応答計算書」という。）に反映する。

## 2. 検討方針

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原子炉建屋の主要な増加重量及び増加重量比を表 2-1 に示す。

増加重量及び増加重量比は小さく，重量増加が建屋の応答性状に与える影響は極めて軽微と想定されるが，施設の重要性を踏まえて重量増加を反映した影響検討を行う。影響検討を行うに当たっては，地震応答計算書に示す重量増加を反映した地震応答解析結果を用いる。

表 2-1 原子炉建屋の増加重量及び増加重量比

①工認モデル重量 [kN]	②増加重量 [kN]	増加重量比(%) ②/ (①+②)
3414970	43980	1.27

### 3. 重量増加を考慮した地震応答解析結果を踏まえた各施設の評価結果への影響検討

#### 3.1 建物・構築物

地震応答計算書に示す重量増加を考慮した地震応答解析結果の応答比率を用いて、各施設の評価結果への影響を検討する。

##### 3.1.1 使用済燃料プール及びキャスクピット

###### (1) 検討方針

使用済燃料プール及びキャスクピットを対象として、設備の補強や追加等の改修工事に伴う重量増加を考慮した応答比率と添付書類「VI-2-4-2-1 使用済燃料プール（キャスクピットを含む）（第1, 2号機共用）の耐震性についての計算書」（以下「使用済燃料プールの計算書」という。）に示す応力評価結果より、影響検討を行う。

使用済燃料プールの計算書では、水平地震力として、O.P. 22.5m～33.2m位置（要素番号13（NS方向）及び14（EW方向））の最大応答せん断力を考慮し、鉛直地震力として、O.P. 22.5m～33.2m位置（要素番号6）の鉛直方向最大応答軸力より算出した鉛直震度（軸力係数）を考慮することから、水平方向は要素番号13（NS方向）及び14（EW方向）の最大応答せん断力の応答比率の最大値を、鉛直方向は要素番号6の最大応答軸力の応答比率の最大値を応答比率とし、各方向の応答比率の最大値を割増係数として設定し、応力評価結果の発生値に乗じて各許容値を超えないことを確認する。

表3-1に応答比率及び割増係数を示す。



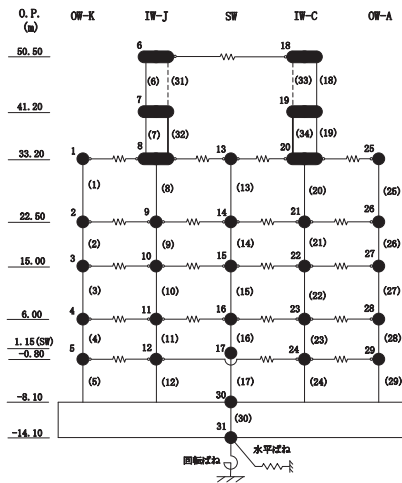
表 3-1 重量増加を考慮した割増係数（使用済燃料プール及びキャスクピット）

位置 (O.P.)	NS 方向	EW 方向	鉛直方向
22.5m~33.2m	1.00 <sup>*1</sup>	1.00 <sup>*1</sup>	1.04 <sup>*2</sup>
割増係数	1.04 <sup>*3</sup>		

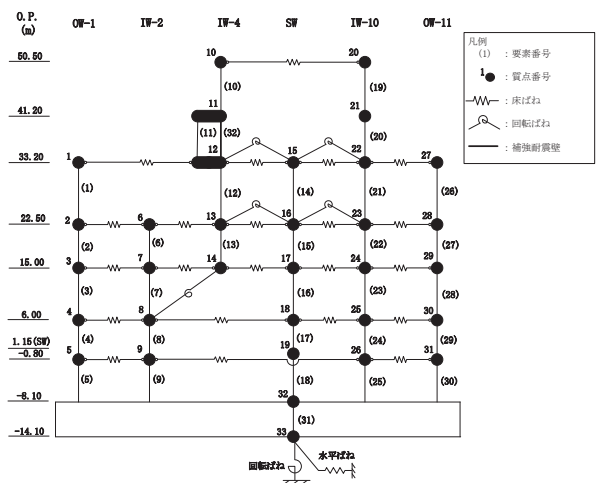
注記\*1：地震応答計算書に示す要素番号 13（NS 方向）及び 14（EW 方向）の最大応答せん断力の応答比率の最大値。

\*2：地震応答計算書に示す要素番号 6（鉛直方向）の最大応答軸力の応答比率の最大値。

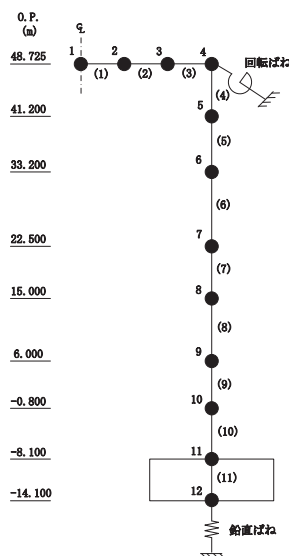
\*3：各方向の応答比率の最大値。



NS 方向



EW 方向



鉛直方向

(2) 検討結果

各荷重時における評価結果を表 3-2 及び表 3-3 に示す。

重量増加を考慮した割増係数を乗じた結果においても、各許容値を超えないため、重量増加を考慮した場合においても、耐震評価に及ぼす影響がないことを確認した。

表 3-2 重量増加を考慮した評価結果 S d 地震時

部位	評価項目		方向	要素 番号	組合せ ケース	発生値 ①	割増係数 ②	①×②	許容値
北側壁	軸力 + 曲げモーメント + 面内せん断力	コンクリート圧縮応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	水平	210	1-1	4.79	1.04	4.98	24.3
		鉄筋引張応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	鉛直	6	1-9	196	1.04	204	345
	面内せん断力	面内せん断応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	—	51	1-4	1.59	1.04	1.65	4.53
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	水平	241	1-1	0.890	1.04	0.926	1.52
西側壁	軸力 + 曲げモーメント + 面内せん断力	コンクリート圧縮応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	鉛直	386	1-11	7.42	1.04	7.72	21.6
		鉄筋引張応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	鉛直	389	1-3	190	1.04	198	345
	面内せん断力	面内せん断応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	—	390	1-9	1.02	1.04	1.06	3.02
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	鉛直	386	1-11	0.576	1.04	0.599	1.06
底面 スラブ	軸力 + 曲げモーメント	コンクリート圧縮応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	EW	340	1-12	9.30	1.04	9.67	24.3
		鉄筋引張応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	EW	340	1-11	184	1.04	191	345
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	EW	338	1-11	1.38*	1.04	1.44	2.59

注記\*：応力の再分配等を考慮して、応力平均化を行った結果。

表 3-3 重量増加を考慮した評価結果 S s 地震時

部位	評価項目	方向	要素番号	組合せケース	発生値①	割増係数②	①×②	許容値	
北側壁	軸力 + 曲げモーメント + 面内せん断力	コンクリート圧縮ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	鉛直	7	2-9	0.269	1.04	0.280	3.00
		鉄筋引張ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	鉛直	6	2-9	1.28	1.04	1.33	5.00
	軸力	圧縮応力度 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	鉛直	3	2-10	2.40	1.04	2.50	21.6
	面内せん断力	面内せん断応力度 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	—	3	2-11	2.21	1.04	2.30	5.99
	面外せん断力	面外せん断応力度 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	水平	241	2-1	0.892	1.04	0.928	2.08
西側壁	軸力 + 曲げモーメント + 面内せん断力	コンクリート圧縮ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	鉛直	386	2-11	0.502	1.04	0.522	3.00
		鉄筋引張ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	水平	425	2-1	1.30	1.04	1.35	5.00
	軸力	圧縮応力度 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	鉛直	390	2-12	2.40	1.04	2.50	21.6
	面内せん断力	面内せん断応力度 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	—	388	2-10	1.14	1.04	1.19	4.02
	面外せん断力	面外せん断応力度 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	鉛直	386	2-11	0.808	1.04	0.840	1.44
底面 スラブ	軸力 + 曲げモーメント	コンクリート圧縮ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	EW	340	2-12	0.409	1.04	0.425	3.00
		鉄筋引張ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	EW	341	2-11	0.964	1.04	1.00	5.00
	面外せん断力	面外せん断応力度 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	EW	338	2-11	1.89*	1.04	1.97	2.59

注記\*：応力の再分配等を考慮して、応力平均化を行った結果。

### 3.1.2 原子炉建屋原子炉棟（二次格納施設）

#### (1) 検討方針

原子炉建屋原子炉棟（二次格納施設）を対象として、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応答比率と添付書類「VI-2-9-3-1 原子炉建屋原子炉棟（二次格納施設）の耐震性についての計算書」（以下「二次格納施設の計算書」という。）に示す各評価結果より、影響検討を行う。

二次格納施設の計算書における地震応答解析による評価では、せん断ひずみの評価として、原子炉建屋の耐震壁について基準地震動  $S_s$  に対する各層の最大せん断ひずみを考慮していることから、最大せん断ひずみの応答比率を割増係数として設定し、二次格納施設の計算書における各層の最大せん断ひずみに乗じた値が許容値 ( $2.0 \times 10^{-3}$ ) を超えないことを確認する。

二次格納施設の計算書における応力解析による評価のうち、屋根トラスの評価は、燃料取替床レベル (O.P. 33.2m) より上部を対象とした立体フレームモデル（以下「屋根トラスモデル」という。）の地震応答解析により行っており、屋根トラスモデルへの入力地震動は、基準地震動  $S_s$  による原子炉建屋全体の地震応答解析から得られる O.P. 33.2m 位置における応答加速度（水平方向及び鉛直方向）を用いている。このように、屋根トラスに関しては、原子炉建屋の応答加速度を用いて検討していることから、各方向における O.P. 33.2m 位置の最大応答加速度および床応答スペクトルの応答比率の最大値を割増係数として設定し、屋根トラスの応力評価結果の発生値に乗じて各許容値を超えないことを確認する。

二次格納施設の計算書における応力解析による評価のうち、屋根スラブ及び床スラブの評価は、地震荷重として鉛直震度を考慮することから、鉛直方向の最大応答加速度の応答比率を割増係数として設定し、応力評価結果の発生値に乗じて各許容値を超えないことを確認する。

二次格納施設の計算書における応力解析による評価のうち、耐震壁の評価は、地震荷重として曲げモーメント、鉛直震度に重量を乗じて算定した軸力及びせん断力を考慮することから、曲げモーメント、鉛直軸力及びせん断力の応答比率を割増係数として設定し、応力評価結果の発生値に乗じて各許容値を超えないことを確認する。

表 3-4～表 3-7 に応答比率及び割増係数を示す。

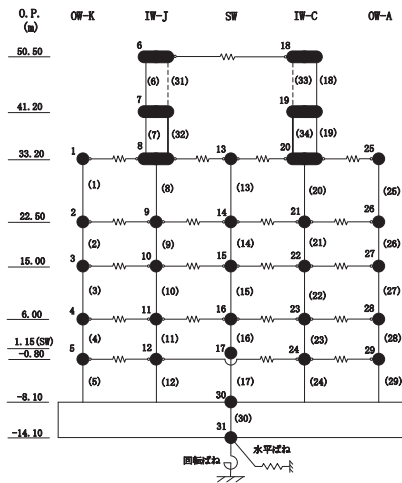
表 3-4(1) 重量増加を考慮した割増係数 (屋根トラス, 最大応答加速度)

位置 (O.P.)	NS 方向	EW 方向	鉛直方向
33.2m	1.01 <sup>*1</sup>	1.00 <sup>*1</sup>	1.02 <sup>*2</sup>
割増係数	1.02 <sup>*3</sup>		

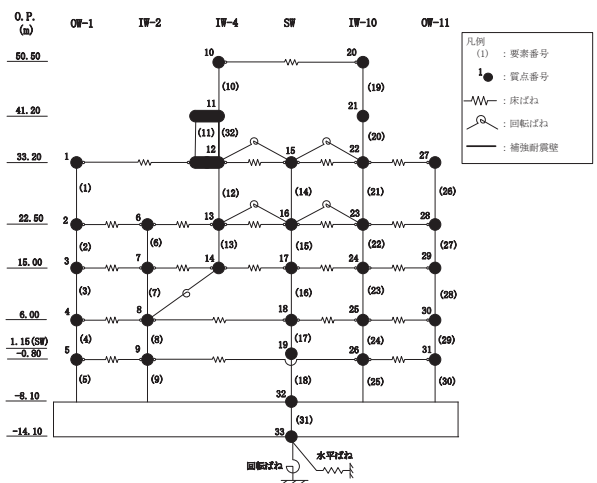
注記\*1: 地震応答計算書に示す質点番号 8 と 20 (NS 方向) 及び 12 と 22 (EW 方向) の平均時刻歴から求まる最大応答加速度の応答比率。

\*2: 地震応答計算書に示す質点番号 6 の最大応答加速度の応答比率の最大値。

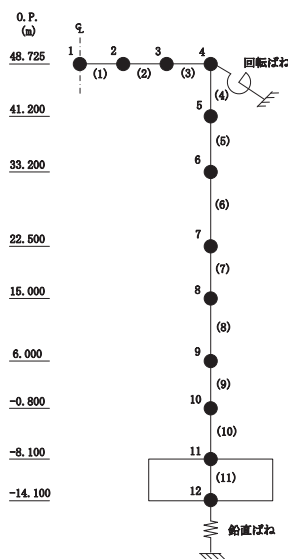
\*3: 各方向の応答比率の最大値。



NS 方向



EW 方向



鉛直方向

表 3-4(2) 重量増加を考慮した割増係数（屋根トラス，応答スペクトル）

方向	鉛直方向
周期	鉛直方向 1 次 0.278s
スペクトル図	<p>— 今回工認モデル - - 補強反映モデル</p> <p>鉛直方向 1 次 (0.278s)</p> <p>鉛直方向 質点番号 6 (O.P. 33.2m)</p> <p>①今回工認モデル：1300cm/s<sup>2</sup> ②補強反映モデル：1310cm/s<sup>2</sup></p>
応答比率 ②/①	1.01
割増係数	1.01

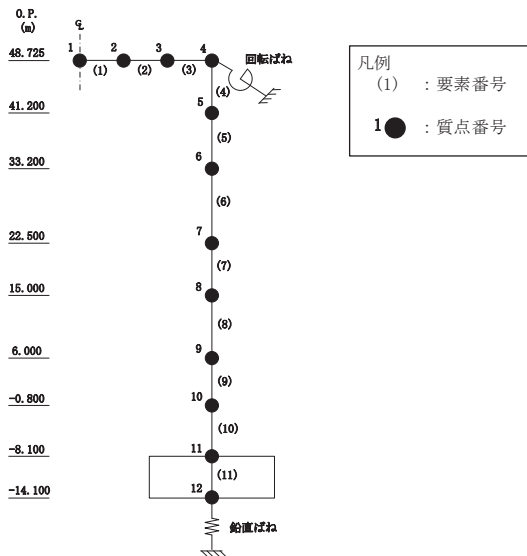


表 3-5 重量増加を考慮した割増係数（屋根スラブ）

位置 (O. P.)	鉛直方向
48.725m	1.03*
割増係数	1.03

注記\*：地震応答計算書に示す質点番号 1～4 の最大応答加速度の応答比率の最大値。

表 3-6 重量増加を考慮した割増係数（床スラブ）

位置 (O. P.)	鉛直方向
15.0m	1.01*
割増係数	1.01

注記\*：地震応答計算書に示す質点番号 8 の最大応答加速度の応答比率の最大値。

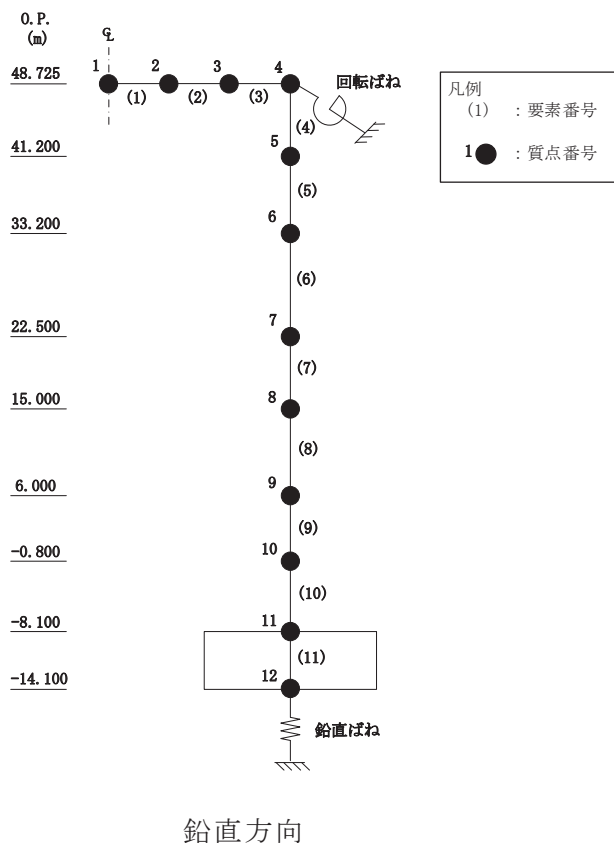




表 3-7 重量増加を考慮した割増係数（耐震壁）

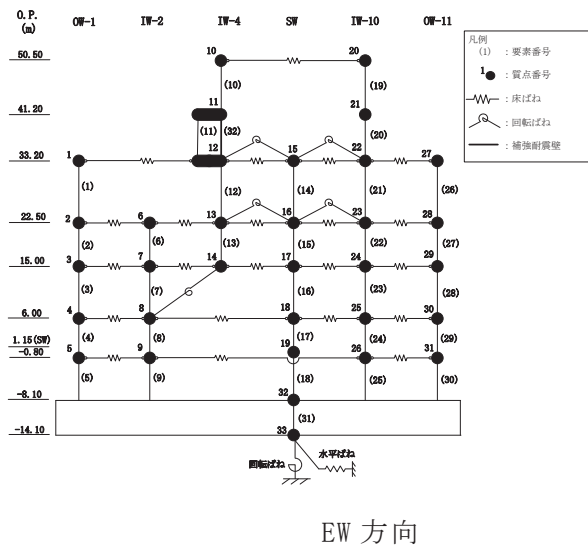
位置 (O.P.)	曲げモーメント	軸力	せん断力
22.5m~33.2m	1.02 <sup>*1</sup>	1.04 <sup>*2</sup>	1.00 <sup>*3</sup>
割増係数	1.04 <sup>*4</sup>		1.00

注記\*1：地震応答計算書に示す要素番号 21（EW 方向）の最大応答曲げモーメントの応答比率。

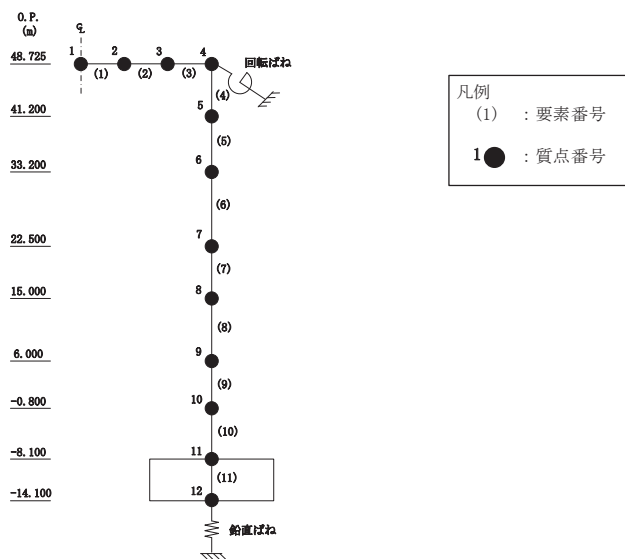
\*2：地震応答計算書に示す要素番号 6（鉛直方向）の最大応答軸力の応答比率。

\*3：地震応答計算書に示す要素番号 21（EW 方向）の最大応答せん断力の応答比率。

\*4：曲げモーメント及び軸力の応答比率の最大値。



EW 方向



鉛直方向

(2) 検討結果

a. 地震応答解析による評価

地震応答解析による評価について、材料物性の不確かさを考慮した最大せん断ひずみに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割増係数を乗じた評価値は、地震応答計算書 4.3 項に示す  $1.75 \times 10^{-3}$  (要素番号 7, NS 方向) となり、許容値 ( $2.0 \times 10^{-3}$ ) を超えないため、重量増加を考慮した場合においても、耐震評価に及ぼす影響がないことを確認した。

b. 応力解析による評価

(a) 屋根トラス

応力評価結果について、床スラブの評価結果を表 3-8 に示す。

重量増加を考慮した割増係数を乗じた評価においても、各応力が許容限界を超えないため、重量増加を考慮した場合においても、耐震評価に及ぼす影響がないことを確認した。

表 3-8(1) 重量増加を考慮した評価結果（屋根トラス）（1/2）

部位		評価項目	検定比 ①	割増係数 ②	①×②	許容限界
主トラス	上弦材	$\frac{\sigma_t}{f_t} + \frac{\sigma_b}{f_b}$	0.28	1.02	0.29	1.0
		$\frac{\sigma_c}{f_c} + \frac{\sigma_b}{f_b}$	0.17	1.02	0.17	1.0
	下弦材	$\frac{\sigma_t}{f_t} + \frac{\sigma_b}{f_b}$	0.79	1.02	0.81	1.0
		$\frac{\sigma_c}{f_c} + \frac{\sigma_b}{f_b}$	0.29	1.02	0.30	1.0
	斜材	$\frac{\sigma_t}{f_t}$	0.03	1.02	0.03	1.0
		$\frac{\sigma_c}{f_c}$	0.61	1.02	0.62	1.0
	束材	$\frac{\sigma_t}{f_t}$	0.06	1.02	0.06	1.0
		$\frac{\sigma_c}{f_c}$	0.18	1.02	0.18	1.0
サブトラス	上弦材	$\frac{\sigma_t}{f_t} + \frac{\sigma_b}{f_b}$	0.55	1.02	0.56	1.0
		$\frac{\sigma_c}{f_c} + \frac{\sigma_b}{f_b}$	0.61	1.02	0.62	1.0
	下弦材	$\frac{\sigma_t}{f_t} + \frac{\sigma_b}{f_b}$	0.75	1.02	0.77	1.0
		$\frac{\sigma_c}{f_c} + \frac{\sigma_b}{f_b}$	0.44	1.02	0.45	1.0
	斜材	$\frac{\sigma_t}{f_t}$	0.21	1.02	0.21	1.0
		$\frac{\sigma_c}{f_c}$	0.80	1.02	0.82	1.0
	束材	$\frac{\sigma_t}{f_t}$	0.11	1.02	0.11	1.0
		$\frac{\sigma_c}{f_c}$	0.23	1.02	0.23	1.0

表 3-8(2) 重量増加を考慮した評価結果（屋根トラス）（2/2）

部位	評価項目	検定比 ①	割増係数 ②	①×②	許容限界
母屋	$\frac{\sigma_t}{f_t} + \frac{\sigma_b}{f_b}$	0.71	1.02	0.72	1.0
	$\frac{\sigma_c}{f_c} + \frac{\sigma_b}{f_b}$	0.72	1.02	0.73	1.0
方杖	$\frac{\sigma_t}{f_t}$	0.24	1.02	0.24	1.0
	$\frac{\sigma_c}{f_c}$	0.67	1.02	0.68	1.0

(b) 屋根スラブ

応力評価結果について、屋根スラブの評価結果を表 3-9 に示す。

重量増加を考慮した割増係数を乗じた評価においても、各応力が許容限界を超えないため、重量増加を考慮した場合においても、耐震評価に及ぼす影響がないことを確認した。

表 3-9 重量増加を考慮した評価結果（屋根スラブ）

評価項目		発生値 ①	割増係数 ②	①×②	許容限界
曲げモーメント	鉄筋応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	272	1.03	280	345
面外せん断力	発生せん断力 (kN/m)	42.6	1.03	43.9	112.2

(c) 床スラブ

応力評価結果について、床スラブの評価結果を表 3-10 に示す。

重量増加を考慮した割増係数を乗じた評価においても、各応力が許容限界を超えないため、重量増加を考慮した場合においても、耐震評価に及ぼす影響がないことを確認した。

表 3-10 重量増加を考慮した評価結果（床スラブ）

評価項目		発生値 ①	割増係数 ②	①×②	許容限界
曲げモーメント	鉄筋応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	244	1.01	246	345
面外せん断力	発生せん断力 (kN/m)	322	1.01	325	912

(d) 耐震壁

応力評価結果について、耐震壁の評価結果を表 3-11 に示す。

重量増加を考慮した割増係数を乗じた評価においても、各応力が許容限界を超えないため、重量増加を考慮した場合においても、耐震評価に及ぼす影響がないことを確認した。

表 3-11 重量増加を考慮した評価結果（耐震壁）

評価項目		発生値 ①		割増係数 ②	①×②	組合せ $\sigma_t + s \sigma_t$	許容限界
曲げモーメント に対する検討	鉄筋応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	$\sigma_t$	135	1.04	140	335	345
	せん断力 に対する検討	$s \sigma_t$	195	1.00	195		

### 3.1.3 原子炉建屋ブローアウトパネル

#### (1) 検討方針

原子炉建屋ブローアウトパネル（以下「原子炉建屋 BOP」という）を対象として、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応答比率を用いて、添付書類「VI-2-9-3-1-1 原子炉建屋ブローアウトパネルの耐震性についての計算書」（以下「原子炉建屋 BOP の計算書という。）に示す機能維持評価の影響検討を行う。

原子炉建屋 BOP の計算書では、S d 閉機能維持評価は、O.P. 38.5m 位置（O.P. 41.2m：質点番号 7, 19 と O.P. 33.2m：質点番号 1, 8, 13, 20, 25 の線形補間）の NS 方向の応答加速度より定めた水平震度を用いて検討していることから、O.P. 41.2m 及び O.P. 33.2m の NS 方向の最大応答加速度の応答比率の最大値による O.P. 38.5m における線形補間値を割増係数として設定し、割増係数を乗じた S d 地震荷重が開放荷重を超えないことを確認する。

原子炉建屋 BOP の計算書では、S s 開機能維持評価は、せん断ひずみの許容限界を層間変形角として層間変位の検討をしているが、ここでは O.P. 33.2m～O.P. 41.2m 位置（要素番号 11, 20, 32）の EW 方向の最大せん断ひずみの応答比率を割増係数として設定し、割増係数を乗じた層間変位が許容値を超えないことを確認する。

表 3-12 及び表 3-13 に応答比率及び割増係数を示す。

表 3-12 重量増加を考慮した割増係数（原子炉建屋 BOP S d 閉機能維持）

位置 (O. P.)	NS 方向
41.2m	1.00* <sup>1</sup>
33.2m	1.05* <sup>2</sup>
割増係数	1.02* <sup>3</sup>

注記\*1：地震応答計算書に示す質点番号 7, 19 の最大応答加速度の応答比率の最大値。

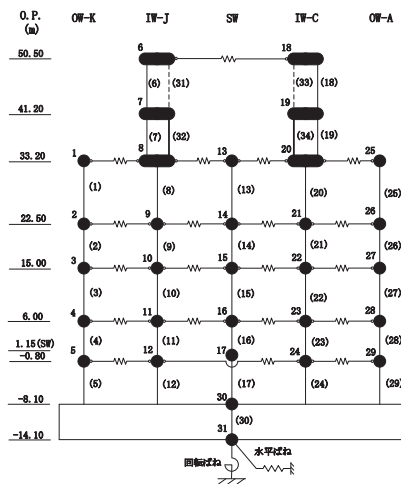
\*2：地震応答計算書に示す質点番号 1, 8, 13, 20, 25 の最大応答加速度の応答比率の最大値。

\*3：O. P. 41.2m 及び O. P. 33.2m の応答比率による O. P. 38.5m における線形補間値。

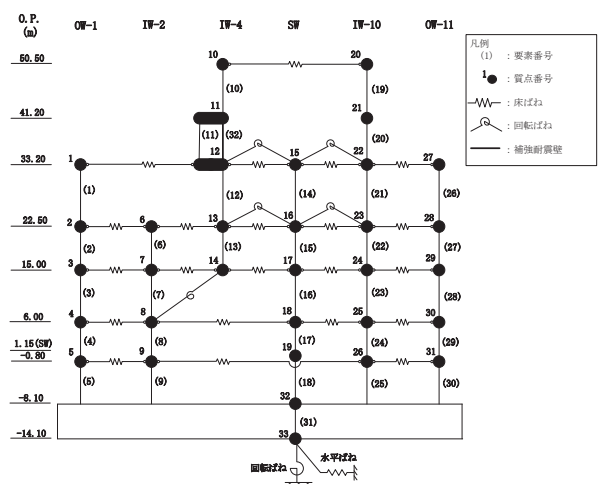
表 3-13 重量増加を考慮した割増係数（原子炉建屋 BOP S s 開機能維持）

位置 (O. P.)	EW 方向
33.2m~41.2m	1.15* <sup>1</sup>
割増係数	1.15

注記\*：地震応答計算書に示す要素番号 11, 20, 32 の最大せん断ひずみの応答比率の最大値。



NS 方向



EW 方向

(2) 検討結果

a. S d 閉機能維持評価

評価結果を表 3-14 に示す。

重量増加を考慮した割増係数を乗じた結果においても，許容値を超えないため，重量増加を考慮した場合においても，耐震評価に及ぼす影響がないことを確認した。

表 3-14 重量増加を考慮した評価結果（原子炉建屋 BOP S d 閉機能維持）

項目	地震荷重 (kN) ①	割増係数 ②	① × ②	開放荷重*
開放時	59.9	1.02	61.1	80.1

注記\*：実機大モックアップ試験結果。

b. S s 開機能維持評価

評価結果を表 3-15 に示す。

重量増加を考慮した割増係数を乗じた結果においても，許容値を超えないため，重量増加を考慮した場合においても，耐震評価に及ぼす影響がないことを確認した。

表 3-15 重量増加を考慮した評価結果（原子炉建屋 BOP S s 開機能維持）

層間変位 (mm) ①	割増係数 ②	① × ②	許容値
8.4	1.15	9.7	50



### 3.1.4 原子炉建屋エアロック

#### (1) 検討方針

原子炉建屋エアロック（以下「エアロック」という。）を対象として、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応答比率と添付書類「VI-2-9-3-3 原子炉建屋エアロックの耐震性についての計算書」（以下「エアロックの計算書」という。）に示す応力評価結果より、影響検討を行う。

エアロックの計算書では、O.P. 22.5m 位置の最大応答加速度による水平震度及び鉛直震度を用いて検討していることから、各方向の最大応答加速度の応答比率の最大値を割増係数として設定し、応力評価結果の発生値に乗じて各許容値を超えないことを確認する。

表 3-16 に応答比率及び割増係数を示す。

表 3-16 重量増加を考慮した割増係数 (エアロック)

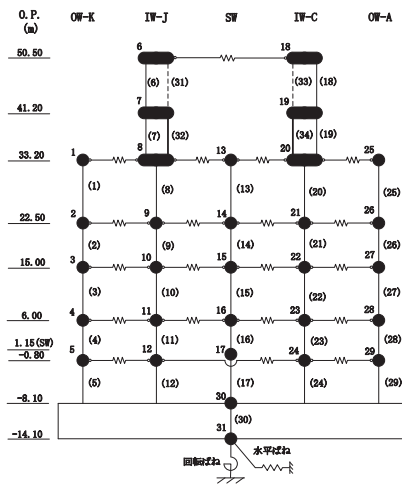
位置 (O. P.)	NS 方向	EW 方向	鉛直方向
22.5m	1.01 <sup>*1</sup>	1.03 <sup>*2</sup>	1.01 <sup>*3</sup>
割増係数	1.03 <sup>*4</sup>		

注記\*1：地震応答計算書に示す質点番号 2, 9, 14, 21, 26 の最大応答加速度の応答比率の最大値。

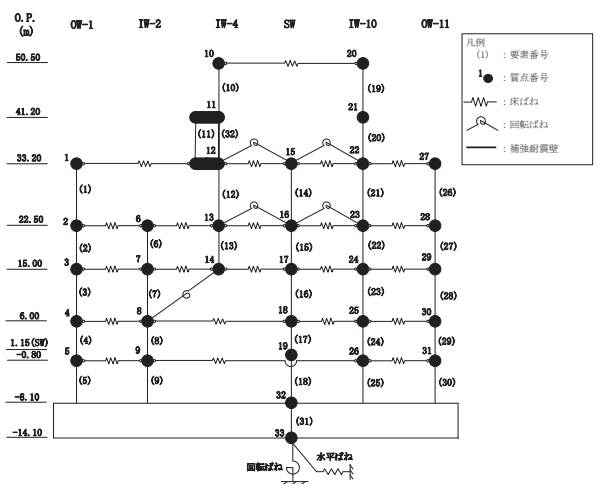
\*2：地震応答計算書に示す質点番号 2, 6, 13, 16, 23, 28 の最大応答加速度の応答比率の最大値。

\*3：地震応答計算書に示す質点番号 7 の最大応答加速度の応答比率。

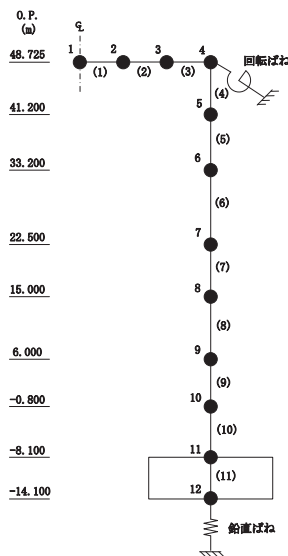
\*4：各方向の応答比率の最大値。



NS 方向



EW 方向



鉛直方向

(2) 検討結果

エアロックの評価結果を表 3-17 に示す。重量増加を考慮した割増係数を乗じた結果においても、各許容値を超えないため、重量増加を考慮した場合においても、耐震評価に及ぼす影響がないことを確認した。

表 3-17 重量増加を考慮した評価結果

評価部位		分類	発生値 ①	割増係数 ②	①×②	許容限界
ヒンジ部	ヒンジ アーム	曲げ (N/mm <sup>2</sup> )	28	1.03	29	215
		せん断 (N/mm <sup>2</sup> )	3	1.03	3	124
		組合せ (N/mm <sup>2</sup> )	28	1.03	29	215
	ヒンジ ピン	曲げ (N/mm <sup>2</sup> )	182	1.03	187	345
		せん断 (N/mm <sup>2</sup> )	17	1.03	18	199
		組合せ (N/mm <sup>2</sup> )	184	1.03	190	345
	ヒンジ ボルト	引張 (N/mm <sup>2</sup> )	39	1.03	40	651
		せん断 (N/mm <sup>2</sup> )	39	1.03	40	375
	カンヌキ部	カンヌキ	曲げ (N/mm <sup>2</sup> )	7	1.03	7
せん断 (N/mm <sup>2</sup> )			2	1.03	2	118
組合せ (N/mm <sup>2</sup> )			7	1.03	7	205
カンヌキ受け ピン		曲げ (N/mm <sup>2</sup> )	42	1.03	43	205
		せん断 (N/mm <sup>2</sup> )	4	1.03	4	118
カンヌキ受け ボルト		引張 (N/mm <sup>2</sup> )	19	1.03	20	651

### 3.1.5 原子炉建屋基礎版

#### (1) 検討方針

原子炉建屋基礎版を対象として、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応答比率と添付書類「VI-2-9-3-4 原子炉建屋基礎版の耐震性についての計算書」（以下「基礎版の計算書」という。）に示す各評価結果より影響検討を行う。

基礎版の計算書における地震応答解析による評価では、接地圧の評価として、基準地震動  $S_s$  に対する最大接地圧を考慮していることから、最大接地圧の応答比率を割増係数として設定し、基礎版の計算書における各最大接地圧に乗じた値が許容値（ $13700\text{kN/m}^2$ ）を超えないことを確認する。

基礎版の計算書における応力解析による評価では、地震荷重として、上部構造物からの基礎へのせん断力、曲げモーメント及び軸力（軸力係数）を考慮することから、基礎スラブ直上層である O.P. -8.1m～-0.8m 位置の最大応答せん断力、最大応答曲げモーメント及び最大応答軸力の各方向の応答比率の最大値を割増係数として設定し、応力評価結果の発生値に乗じて各許容値を超えないことを確認する。

表 3-18 に応答比率及び割増係数を示す。

表 3-18 重量増加を考慮した割増係数（原子炉建屋基礎版）

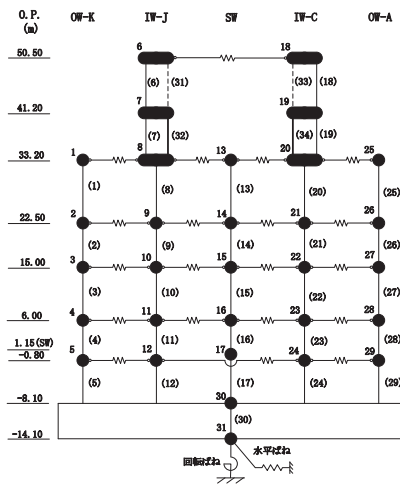
位置 (O. P.)	NS 方向	EW 方向	鉛直方向
-8.1m~-0.8m	1.03* <sup>1</sup>	1.02* <sup>2</sup>	1.03* <sup>3</sup>
割増係数	1.03* <sup>4</sup>		

注記\*1：地震応答計算書に示す要素番号 5, 12, 17, 24, 29 の最大応答せん断力及び最大応答曲げモーメントの応答比率の最大値。

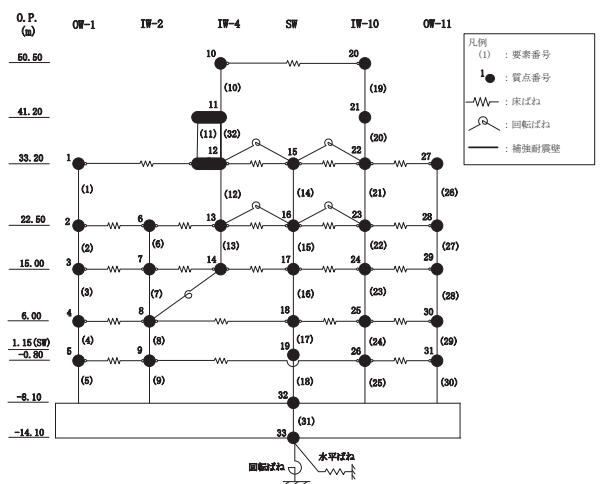
\*2：地震応答計算書に示す要素番号 5, 9, 18, 25, 30 の最大応答せん断力及び最大応答曲げモーメントの応答比率の最大値。

\*3：地震応答計算書に示す要素番号 10 の最大応答軸力の応答比率。

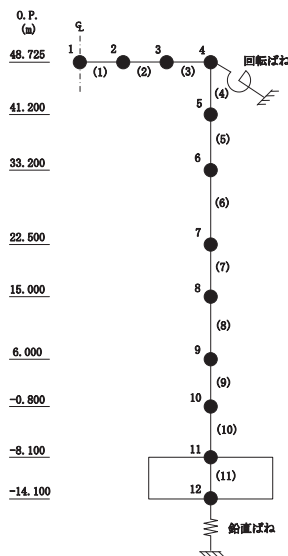
\*4：各方向の応答比率の最大値。



NS 方向



EW 方向



鉛直方向

(2) 検討結果

a. 地震応答解析による評価

地震応答解析による評価について、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割増係数に乗じた、材料物性の不確かさを考慮した最大接地圧は、地震応答計算書 4.3 項に示すとおり、S s 地震時は 3500kN/m<sup>2</sup> (NS 方向) となり、許容限界 (13700kN/m<sup>2</sup>) を超えないため、重量増加を考慮した場合においても、耐震評価に及ぼす影響がないことを確認した。

b. 応力解析による評価

評価結果を表 3-19 に示す。

重量増加を考慮した割増係数に乗じた結果においても、各許容値を超えないため、重量増加を考慮した場合においても、耐震評価に及ぼす影響がないことを確認した。

表 3-19 重量増加を考慮した評価結果 S s 地震時

評価項目		方向	要素 番号	組合せ ケース	発生値 ①	割増 係数 ②	①×②	許容値
軸力 + 曲げモー メント	コンクリート 圧縮ひずみ (×10 <sup>-3</sup> )	EW	1123	1-6	0.766	1.03	0.789	3.00
	鉄筋 圧縮ひずみ (×10 <sup>-3</sup> )	放射	169	1-2	0.488	1.03	0.503	5.00
面外 せん断力	面外 せん断応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	NS	1158	1-4	1.52*	1.03	1.57*	2.42

注記\*：応力の再配分等を考慮して応力の平均化を行った結果。

### 3.1.6 水密扉

#### (1) 検討方針

溢水防護設備である原子炉建屋の水密扉（以下「水密扉」という。）を対象として、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応答比率と添付書類「VI-2-10-2-7-2 水密扉（溢水防護設備）の耐震性についての計算書」（以下「水密扉の計算書」という。）に示す応力評価結果より、影響検討を行う。

水密扉の計算書では、O.P. 22.5m 及び O.P. -0.80m 位置の最大応答加速度による水平震度及び鉛直震度を用いて検討していることから、各方向の最大応答加速度の応答比率の最大値を割増係数として設定し、応力評価結果の発生値に乗じて各許容値を超えないことを確認する。

表 3-20 及び表 3-21 に応答比率及び割増係数を示す。

表 3-20 重量増加を考慮した割増係数（水密扉 No. 9, 10, 12）

位置 (O.P.)	NS 方向	EW 方向	鉛直方向
22.5m	1.01 <sup>*1</sup>	1.03 <sup>*2</sup>	1.01 <sup>*3</sup>
割増係数	1.03 <sup>*4</sup>		

注記\*1：地震応答計算書に示す質点番号 2, 9, 14, 21, 26 の最大応答加速度の応答比率の最大値。

\*2：地震応答計算書に示す質点番号 2, 6, 13, 16, 23, 28 の最大応答加速度の応答比率の最大値。

\*3：地震応答計算書に示す質点番号 7 の最大応答加速度の応答比率。

\*4：各方向の応答比率の最大値。

表 3-21 重量増加を考慮した割増係数 (水密扉 No. 1)

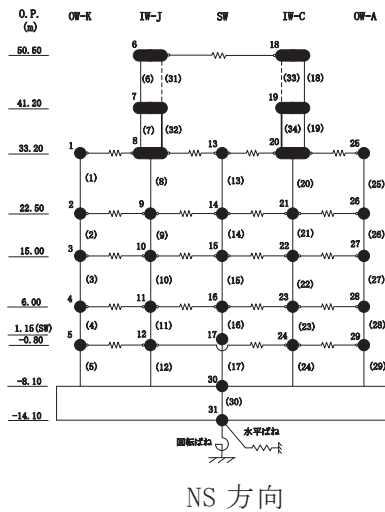
位置 (O. P.)	NS 方向	EW 方向	鉛直方向
-0.80m	1.00* <sup>1</sup>	1.02* <sup>2</sup>	1.00* <sup>3</sup>
割増係数	1.02* <sup>4</sup>		

注記\*1：地震応答計算書に示す質点番号 5, 12, 24, 29 の最大応答加速度の応答比率の最大値。

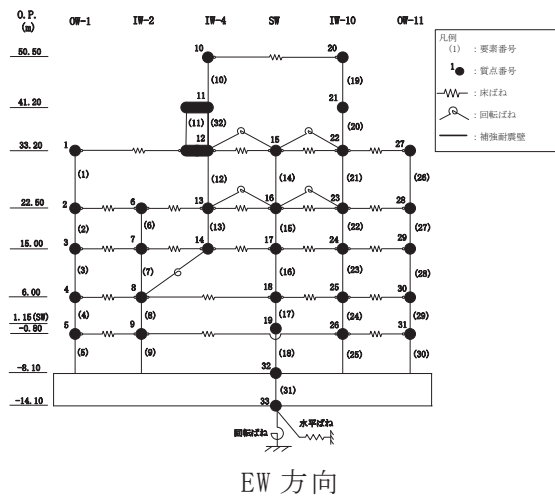
\*2：地震応答計算書に示す質点番号 5, 9, 26, 31 の最大応答加速度の応答比率の最大値。

\*3：地震応答計算書に示す質点番号 10 の最大応答加速度の応答比率。

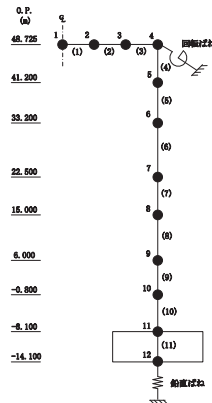
\*4：各方向の応答比率の最大値。



NS 方向



EW 方向



鉛直方向



(2) 検討結果

水密扉の評価結果を表 3-22 に示す。重量増加を考慮した割増係数を乗じた結果においても、各許容値を超えないため、重量増加を考慮した場合においても、耐震評価に及ぼす影響がないことを確認した。

表 3-22(1) 重量増加を考慮した評価結果 (1/2)

水密扉 No.	評価対象部位		発生値① (応力度, 荷 重) (N/mm <sup>2</sup> , N)	割増係数 ②	①×②	許容限界値 (N/mm <sup>2</sup> , N)	備考
1	ヒンジ 部	ヒンジ板* <sup>1</sup>	67	1.02	68	235	組合せ
		ヒンジピン* <sup>1</sup>	173	1.02	176	345	組合せ
		ヒンジボルト	46	1.02	47	420	せん断
	カン ヌキ部	カンヌキ* <sup>1</sup>	13	1.02	13	205	組合せ
		カンヌキ 受けピン* <sup>2</sup>	12	1.02	12	345	曲げ
		カンヌキ 受けボルト	5	1.02	5	728	引張
		アンカーボルト* <sup>3</sup>	3497	1.02	3567	12824	せん断
9	ヒンジ 部	ヒンジ板* <sup>1</sup>	106	1.03	109	215	組合せ
		ヒンジピン* <sup>1</sup>	48	1.03	49	686	組合せ
		ヒンジボルト	42	1.03	43	420	せん断
	カン ヌキ部	カンヌキ* <sup>1</sup>	99	1.03	102	205	組合せ
		カンヌキ 受けピン* <sup>2</sup>	123	1.03	127	345	曲げ
		カンヌキ 受けボルト	34	1.03	35	854	引張
		アンカーボルト* <sup>3</sup>	12290	1.03	12659	40302	せん断
10	ヒンジ 部	ヒンジ板* <sup>1</sup>	62	1.03	64	215	組合せ
		ヒンジピン* <sup>1</sup>	93	1.03	96	345	組合せ
		ヒンジボルト	199	1.03	205	420	せん断
	カン ヌキ部	カンヌキ* <sup>1</sup>	143	1.03	147	345	組合せ
		カンヌキ 受けピン* <sup>2</sup>	75	1.03	77	345	曲げ
		カンヌキ 受けボルト	—	—	—	—	—
		アンカーボルト* <sup>3</sup>	46030	1.03	47411	92284	せん断

注記\*1：曲げ, せん断及び組合せのうち、評価結果が最も厳しい値を記載する。

\*2：曲げ及びせん断のうち、評価結果が厳しい方の値を記載する。

\*3：引張, せん断及び組合せのうち、評価結果が最も厳しい値を記載する。

表 3-22(2) 重量増加を考慮した評価結果 (2/2)

水密 扉 No.	評価対象部位		発生値 (応力度, 荷 重) (N/mm <sup>2</sup> , N)	割増係数 ②	①×②	許容限界値 (N/mm <sup>2</sup> , N)	備考
12	ヒンジ 部	ヒンジ板* <sup>1</sup>	65	1.03	67	215	組合せ
		ヒンジピン* <sup>1</sup>	64	1.03	66	686	組合せ
		ヒンジボルト	33	1.03	34	493	せん断
	カン ヌキ部	カンヌキ* <sup>1</sup>	29	1.03	30	205	組合せ
		カンヌキ 受けピン* <sup>2</sup>	44	1.03	45	345	曲げ
		カンヌキ 受けボルト	12	1.03	12	854	引張
	パネル取付ボルト		3	1.03	3	854	引張
	方立		40	1.03	41	235	曲げ
	マグサ		22	1.03	23	235	曲げ
	アンカーボルト* <sup>3</sup>		6012	1.03	6192	25826	せん断

注記\*1：曲げ,せん断及び組合せのうち, 評価結果が最も厳しい値を記載する。

\*2：曲げ及びせん断のうち, 評価結果が厳しい方の値を記載する。

\*3：引張, せん断及び組合せのうち, 評価結果が最も厳しい値を記載する。

## 3.2 機器・配管系

### 3.2.1 検討方針

設備の補強や追加等の改造工事に伴う重量増加による影響検討フローを図 3-2-1 に示し、以下のとおり、改造工事に伴う重量増加による影響検討を行う。影響検討は、以下に示す工認モデル及び補強反映モデルの地震応答解析結果を用いて応答比率を作成し、それを考慮した耐震条件（以下「補強反映耐震条件」という。）を用いて行う。

#### 【工認モデル】

- ・添付書類「VI-2-2-1 原子炉建屋の地震応答計算書」に示す地震応答解析モデル
- ・添付書類「VI-2-3-2 炉心，原子炉圧力容器及び原子炉内部構造物並びに原子炉格納容器及び原子炉本体の基礎の地震応答計算書」に示す原子炉圧力容器，原子炉しゃへい壁及び原子炉本体の基礎等（以下「大型機器系」という。）の地震応答解析モデル

#### 【補強反映モデル】

- ・改造工事に伴う重量増加を反映した「地震応答計算書の別紙 3.2 地震応答解析モデル」に示す原子炉建屋の地震応答解析モデル（基本ケース）
- ・改造工事に伴う重量増加を反映した別紙 6-1「改造工事に伴う重量増加による建屋－機器連成地震応答解析結果に与える影響 3.2 解析モデル」に示す大型機器系の地震応答解析モデル（基本ケース）

#### (1) 検討対象

原子炉建屋に設置される以下の機器・配管系を影響検討の対象とする。

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

## (2) 検討方法

### a. 地震応答解析

3.2.1 項に示す工認モデル（基本ケース）及び補強反映モデルに対して基準地震動  $S_s - D_2$  を用いた地震応答解析を行う。

なお、「2.1 解析方針」に示すとおり、影響検討は b 項に示す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  $S_s - D_2$  を用いる。また、c 項に示す補強反映耐震条件の作成では、基準地震動  $S_s$ （7 波）に対する応答を考慮する。

### b. 応答比較

最大応答加速度、床応答曲線及び地震力に対する工認モデル（基本ケース）の地震応答解析結果と補強反映モデルの地震応答解析結果から応答比率「補強反映モデルの応答（ $S_s - D_2$ ）／工認モデル（基本ケース）の応答（ $S_s - D_2$ ）」を算定し、応答比較を行う。

応答比較の結果、応答比率が 1 を上回る場合、その応答による影響を検討する。

### c. 影響検討に用いる耐震条件

b 項で算定した応答比率を工認モデル（不確かさケースを含む）及び基準地震動  $S_s$ （7 波）を用いた地震応答解析結果に乗じることで補強反映耐震条件を作成する。

また、補強反映耐震条件と工認モデル（不確かさケースを含む）の応答から作成した耐震計算に用いる耐震条件（最大応答加速度、床応答曲線及び地震力）との条件比率を作成する。ただし、耐震計算において非線形要素を用いた時刻歴応答解析により発生値を算定している原子炉建屋クレーンについては、固有周期の変動等の不確かさを考慮して 0.05～1.00s の周期帯での補強反映床応答曲線と設計用床応答曲線の比率の最大値を用いた比較を行う。

### d. 簡易評価

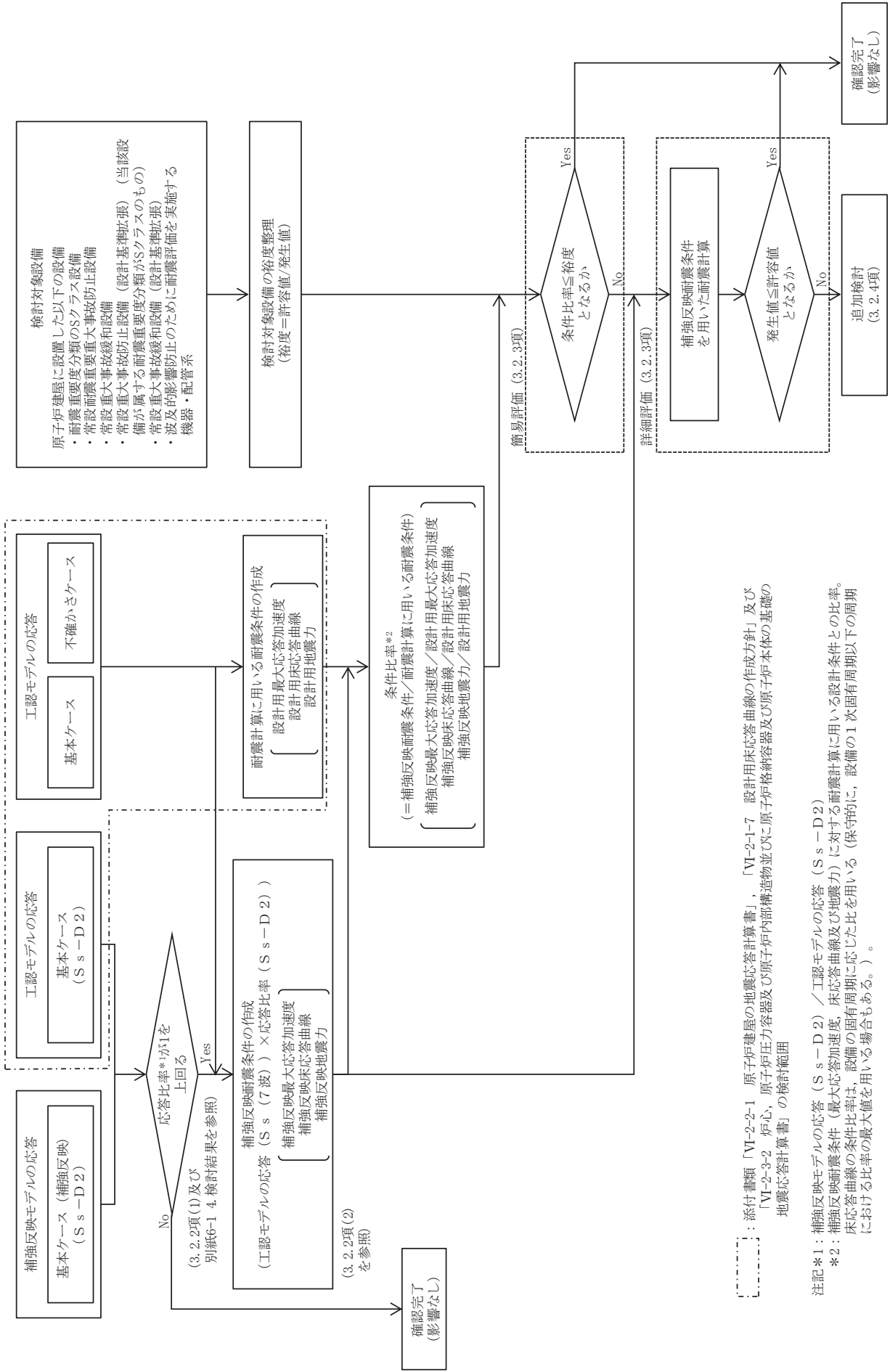
(1) の検討対象設備に対する裕度（許容値/発生値）を整理の上、c 項で作成した条件比率と設備の裕度を比較し、条件比率が設備の裕度以下となることを確認する。確認の結果、条件比率が設備の裕度を上回る場合は、詳細評価を行う。

e. 詳細評価

簡易評価で条件比率が設備の裕度を上回った設備について、補強反映耐震条件を用いて、当該設備の耐震計算書で適用している評価手法と同等の手法による評価を行い、発生値が許容値以下となることを確認する。確認の結果、発生値が許容値を上回る場合は、追加検討を行う。

f. 追加検討

詳細評価で発生値が許容値を上回った設備は、設備の評価結果等に応じて個別に設備対策、評価の精緻化等を行う。



..... : 添付書類「VI-2-2-1 原子炉建屋の地震応答計算書」、  
 「VI-2-3-2 炉心、原子炉圧力容器及び原子炉内部構造物並びに原子炉格納容器及び原子炉本体の基礎の地震応答計算書」の検討範囲

注記\*1 : 補強反映モデルの応答 (S s - D 2) / 工認モデルの応答 (S s - D 2)  
 \*2 : 補強反映耐震条件 (最大応答加速度、床応答曲線及び地地震力) に対する耐震計算に用いる設計条件との比率。  
 床応答曲線の条件比率は、設備の固有周期に応じた比を用いる (保守的に、設備の1次固有周期以下の周期における比率の最大値を用いる場合もある。)。

図 3-2-1 原子炉建屋における改造工事に伴う重量増加を反映した影響検討フロー

### 3.2.2 検討内容

#### (1) 応答比率

応答比率の算定方法及び応答比率を以下に示す（建屋－機器連成地震応答解析結果を踏まえた応答比率は、「別紙 6-1 改造工事に伴う重量増加による建屋－機器連成地震応答解析結果に与える影響」参照）。

以下の a 項～c 項のとおり、応答比率が 1 を上回ることを確認したため、図 3-2-1 に示す影響検討フローに基づき、簡易評価、詳細評価及び追加検討を行う。

#### a. 最大応答加速度の応答比率

各標高について、基準地震動  $S_s - D_2$  による工認モデル（基本ケース）と補強反映モデルの最大応答加速度を比較し、補強反映モデルの最大応答加速度／工認モデルの最大応答加速度により応答比率を算定する。なお、水平方向の最大応答加速度の応答比率算定にあたっては、NS 方向と EW 方向の包絡値（以下、「NS/EW 包絡」という。）を用いる。

原子炉建屋の最大応答加速度の応答比率を表 3-2-1～表 3-2-4 に示す。

表 3-2-1 最大応答加速度の応答比率

(基準地震動  $S_s - D 2$ , 1.0ZPA, 水平方向(NS/EW包絡): 原子炉建屋)

標高 O.P. (m)	最大応答加速度 ( $\times 9.80665 \text{ m/s}^2$ ) $\times 1.0$		応答比率 (②/①)
	①工認モデル	②補強反映モデル	
50.500	4.71	4.37	0.93
41.200	2.56	2.48	0.97
33.200	2.03	1.98	0.98
22.500	1.74	1.76	1.02
15.000	1.39	1.35	0.98
6.000	1.30	1.28	0.99
1.150	1.00	1.02	1.02
-0.800	0.99	1.00	1.02
-8.100	0.66	0.65	0.99

表 3-2-2 最大応答加速度の応答比率

(基準地震動  $S_s - D 2$ , 1.0ZPA, 鉛直方向: 原子炉建屋)

標高 O.P. (m)	最大応答加速度 ( $\times 9.80665 \text{ m/s}^2$ ) $\times 1.0$		応答比率 (②/①)
	①工認モデル	②補強反映モデル	
48.725	1.58	1.61	1.02
41.200	1.46	1.46	1.00
33.200	1.38	1.40	1.02
22.500	1.22	1.23	1.01
15.000	0.99	1.00	1.02
6.000	0.75	0.75	1.00
-0.800	0.62	0.61	0.99
-8.100	0.55	0.55	1.00



表 3-2-3 最大応答加速度の応答比率

(基準地震動  $S_s - D 2$ , 1.2ZPA, 水平方向 (NS/EW 包絡) : 原子炉建屋)

標高 O.P. (m)	最大応答加速度 ( $\times 9.80665 \text{ m/s}^2$ ) $\times 1.2$		応答比率 (②/①)
	①工認モデル	②補強反映モデル	
50.500	5.66	5.24	0.93
41.200	3.07	2.98	0.98
33.200	2.44	2.38	0.98
22.500	2.09	2.11	1.01
15.000	1.67	1.62	0.98
6.000	1.55	1.54	1.00
1.150	1.20	1.22	1.02
-0.800	1.18	1.19	1.01
-8.100	0.79	0.78	0.99

表 3-2-4 最大応答加速度の応答比率

(基準地震動  $S_s - D 2$ , 1.2ZPA, 鉛直方向 : 原子炉建屋)

標高 O.P. (m)	最大応答加速度 ( $\times 9.80665 \text{ m/s}^2$ ) $\times 1.2$		応答比率 (②/①)
	①工認モデル	②補強反映モデル	
48.725	1.90	1.94	1.03
41.200	1.75	1.75	1.00
33.200	1.66	1.68	1.02
22.500	1.46	1.47	1.01
15.000	1.19	1.20	1.01
6.000	0.90	0.90	1.00
-0.800	0.74	0.73	0.99
-8.100	0.66	0.66	1.00

b. 床応答曲線の応答比率

工認モデル（基本ケース）と補強反映モデルにおける基準地震動 S<sub>s</sub>-D<sub>2</sub> による床応答曲線を比較し、各標高・各減衰について、補強反映モデルの震度／工認モデルの震度により周期ごとの応答比率を算定する。なお、水平方向の床応答曲線の応答比率算定にあたっては、「NS/EW 包絡」を用いる。応答比率の算定例を図 3-2-2 に示す。

原子炉建屋の各標高・減衰定数 2.0%の工認モデル（基本ケース）と補強反映モデルの床応答曲線を図 3-2-3 及び図 3-2-4 に、周期ごとの応答比率を図 3-2-5 及び図 3-2-6 に示す。なお、床応答曲線の減衰定数は、耐震裕度の比較的小さい配管系の主要な減衰定数である 2.0%を代表として、設備評価に用いた標高の床応答曲線を記載している。

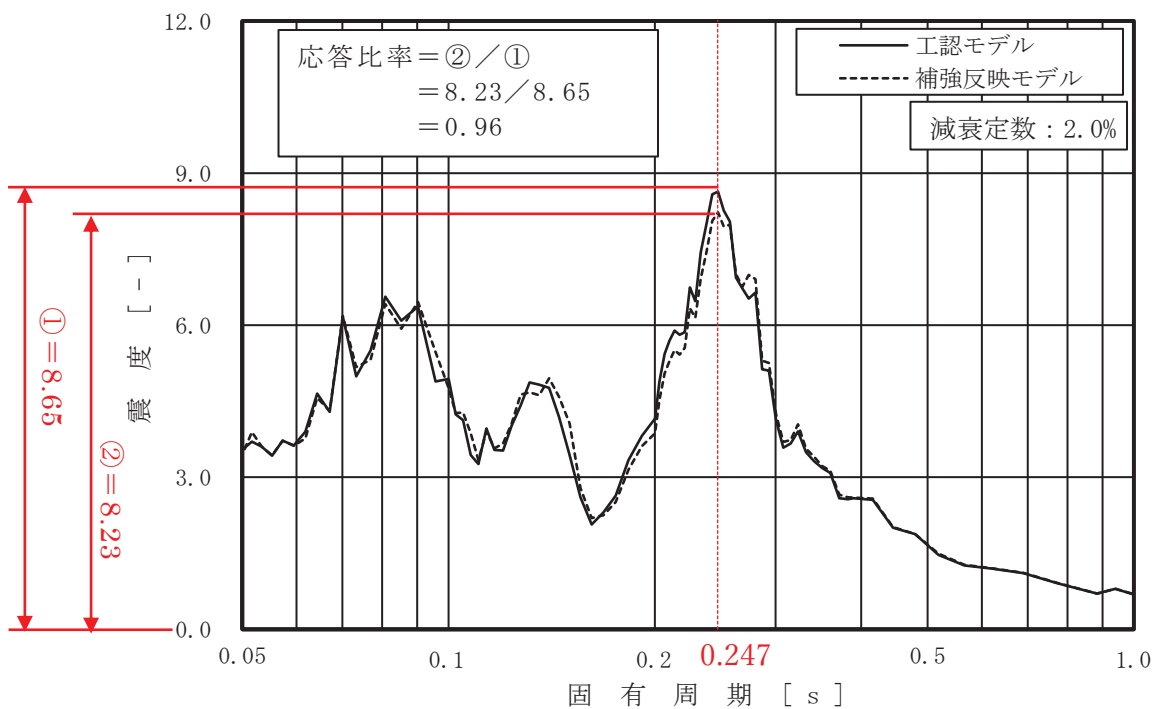


図 3-2-2 床応答曲線における応答比率の算定例

(水平方向 (NS/EW 包絡) : 原子炉建屋 0.P.15.0m, 固有周期 0.247s)

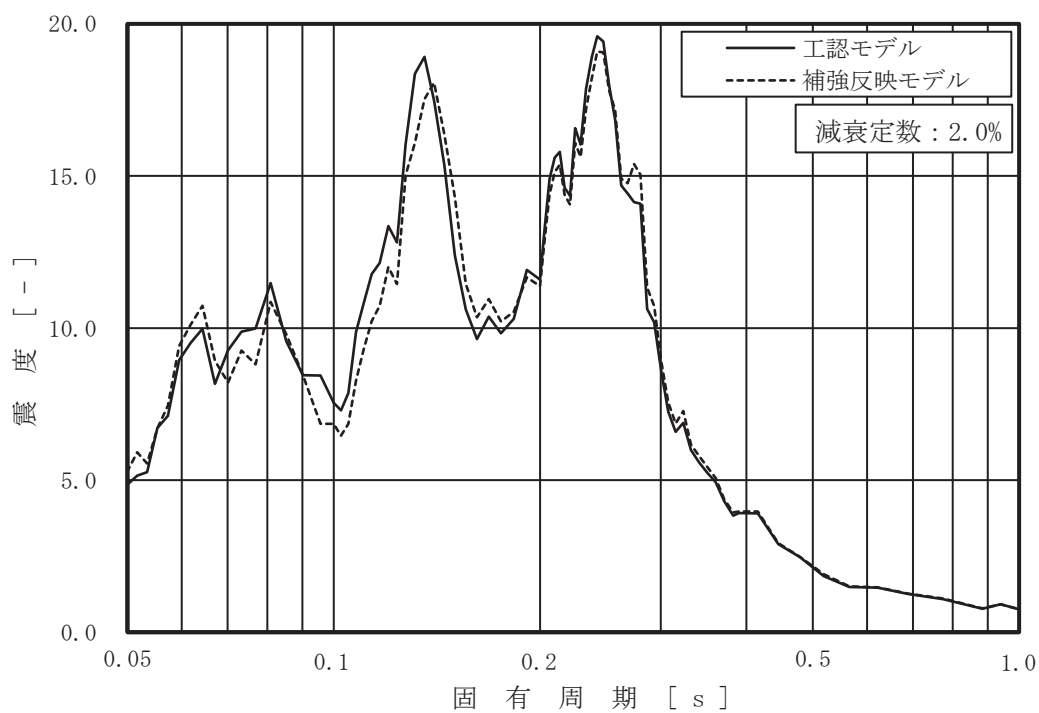


図 3-2-3 (1/8) 工認モデルと補強反映モデルの床応答曲線  
 (基準地震動 S s - D 2, 水平方向 (NS/EW 包絡) : 原子炉建屋 0.P.41.2m)

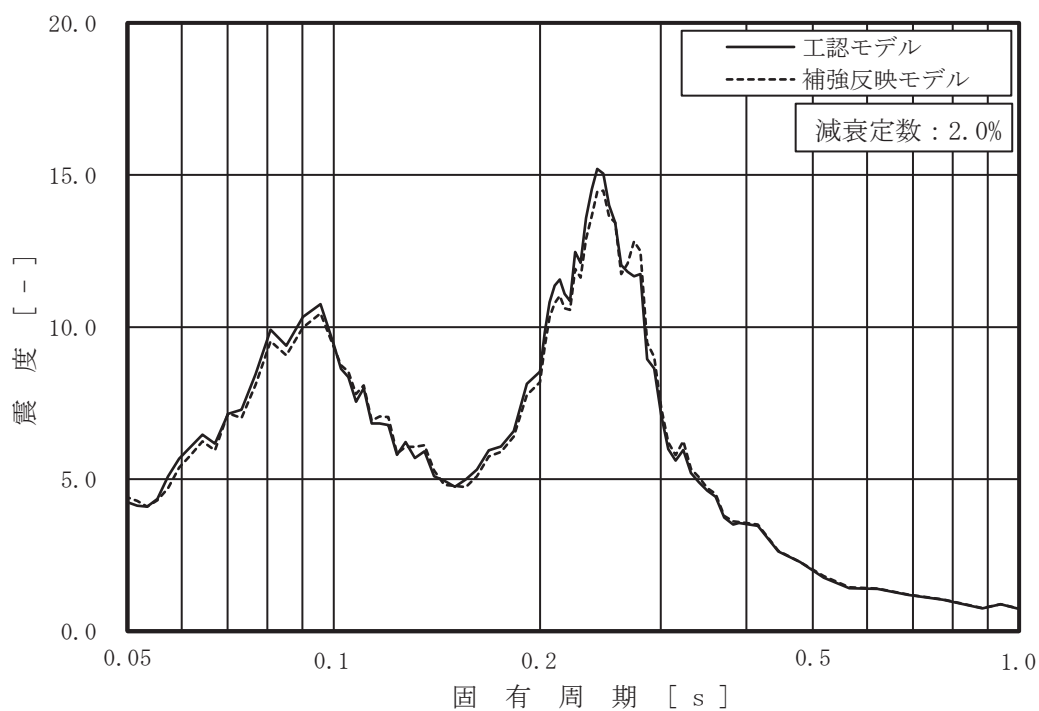


図 3-2-3 (2/8) 工認モデルと補強反映モデルの床応答曲線  
 (基準地震動 S s - D 2, 水平方向 (NS/EW 包絡) : 原子炉建屋 0.P.33.2m)

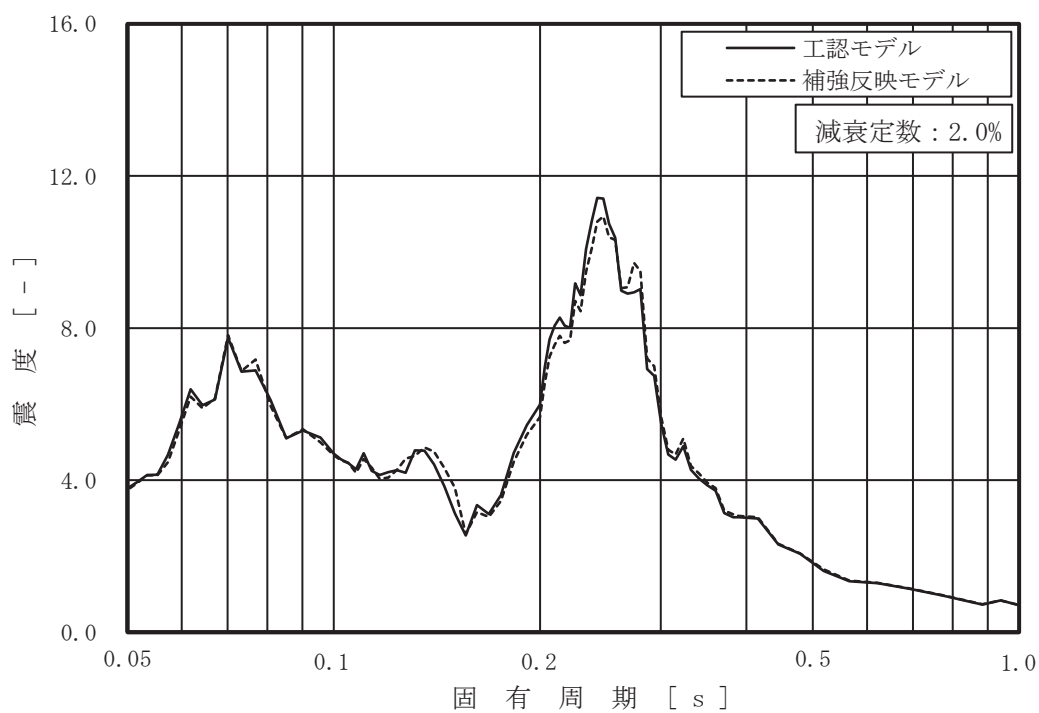


図 3-2-3 (3/8) 工認モデルと補強反映モデルの床応答曲線  
 (基準地震動 S s - D 2, 水平方向 (NS/EW 包絡): 原子炉建屋 0.P.22.5m)

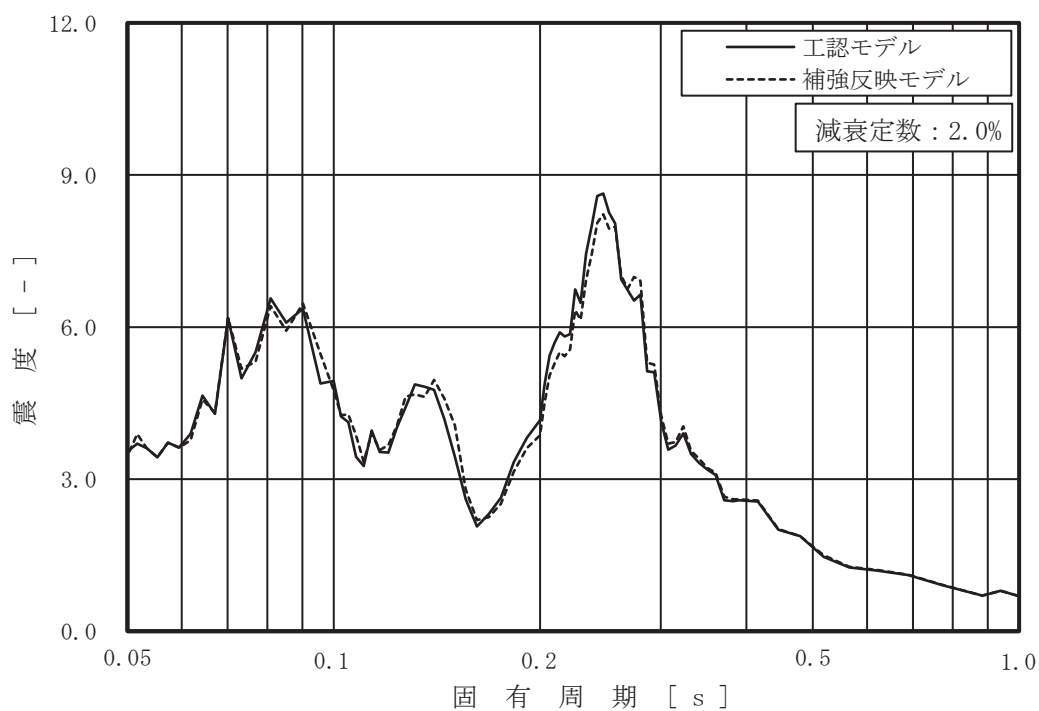


図 3-2-3 (4/8) 工認モデルと補強反映モデルの床応答曲線  
 (基準地震動 S s - D 2, 水平方向 (NS/EW 包絡): 原子炉建屋 0.P.15.0m)

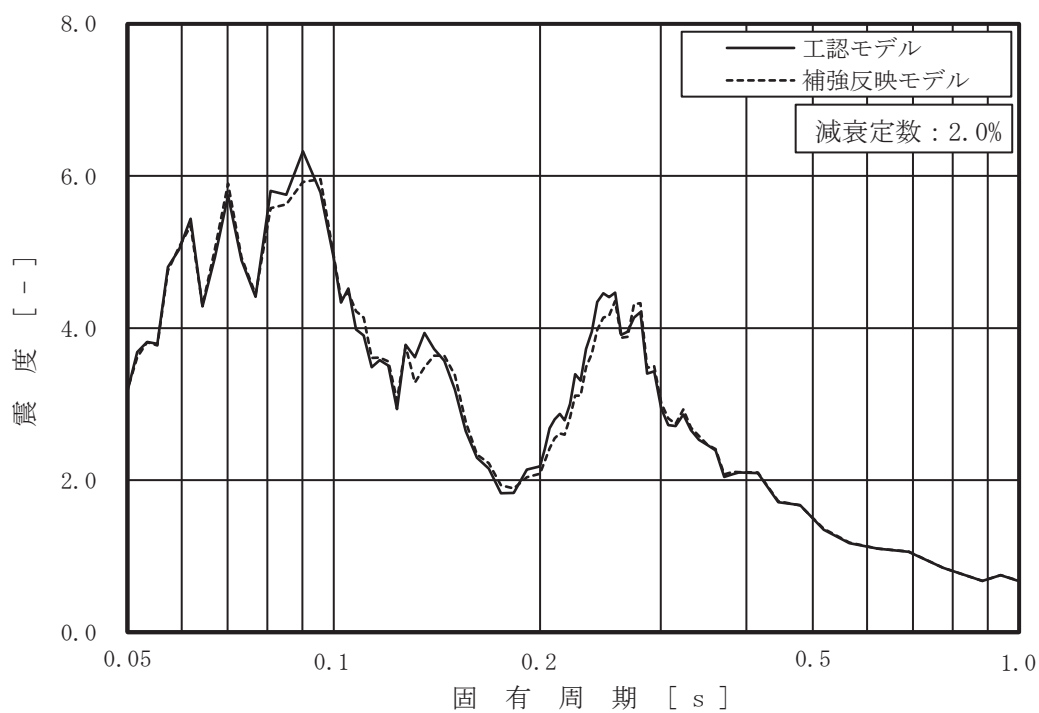


図 3-2-3 (5/8) 工認モデルと補強反映モデルの床応答曲線  
 (基準地震動 S s - D 2, 水平方向 (NS/EW 包絡): 原子炉建屋 0.P.6.0m)

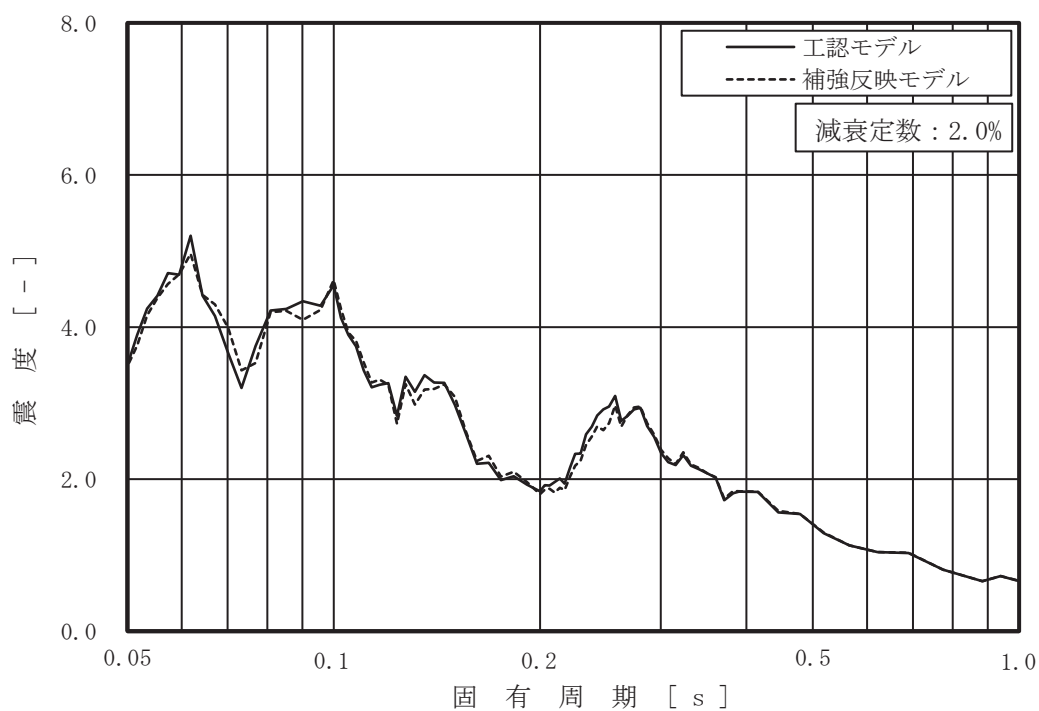


図 3-2-3 (6/8) 工認モデルと補強反映モデルの床応答曲線  
 (基準地震動 S s - D 2, 水平方向 (NS/EW 包絡): 原子炉建屋 0.P.1.15m)

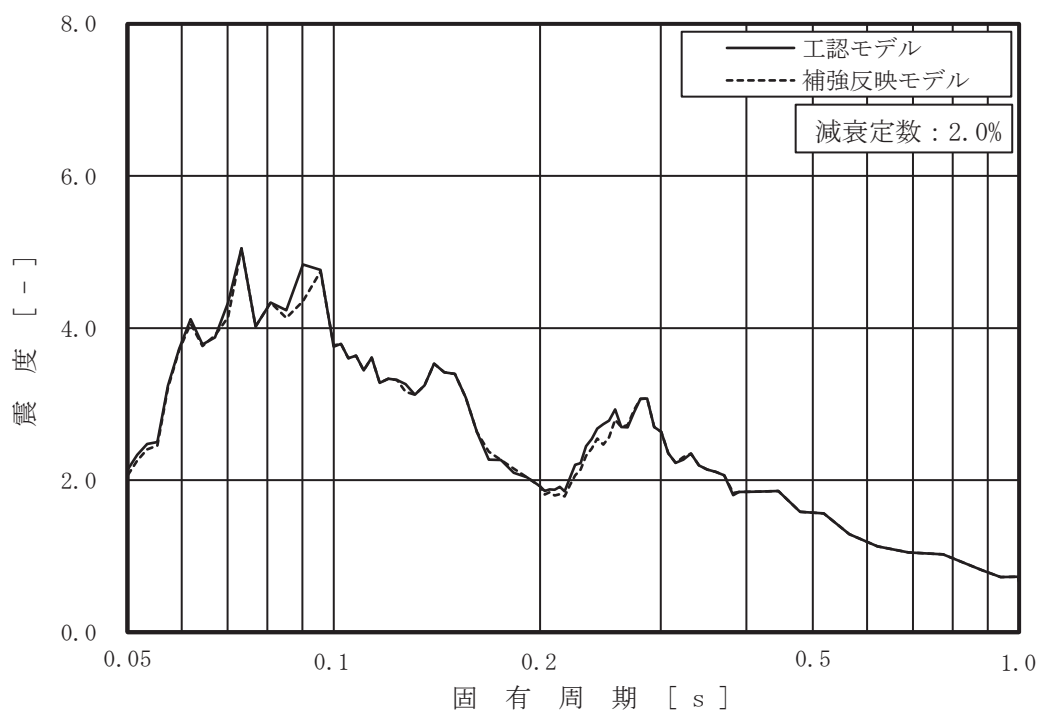


図 3-2-3 (7/8) 工認モデルと補強反映モデルの床応答曲線  
 (基準地震動 S s - D 2, 水平方向 (NS/EW 包絡): 原子炉建屋 0.P.-0.8m)

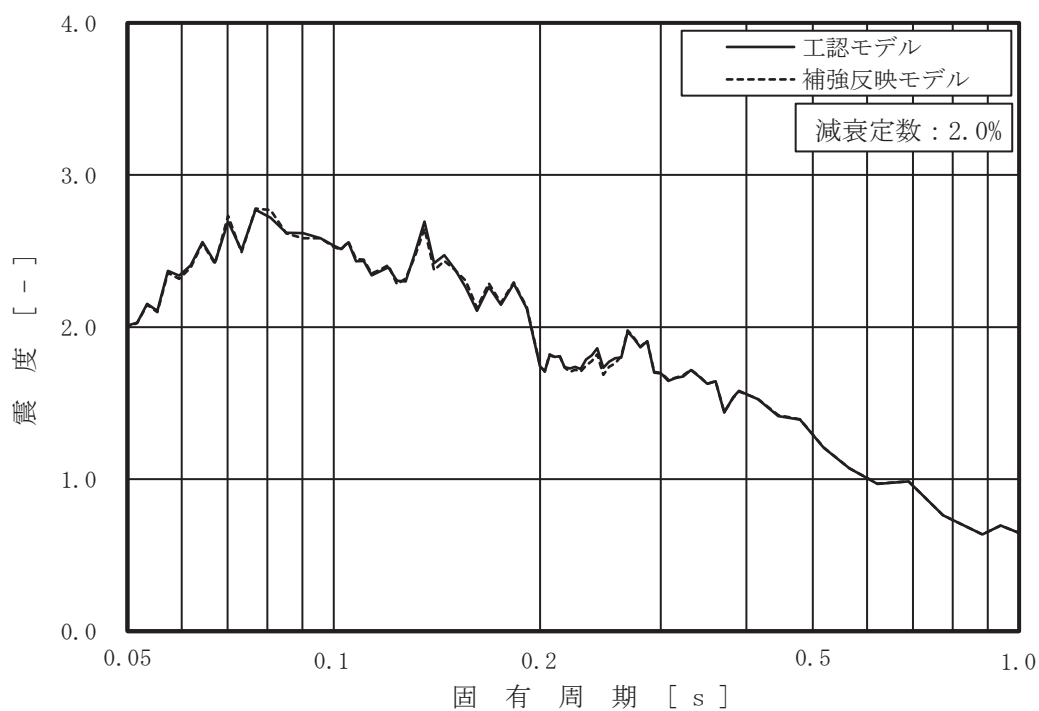


図 3-2-3 (8/8) 工認モデルと補強反映モデルの床応答曲線  
 (基準地震動 S s - D 2, 水平方向 (NS/EW 包絡): 原子炉建屋 0.P.-8.1m)

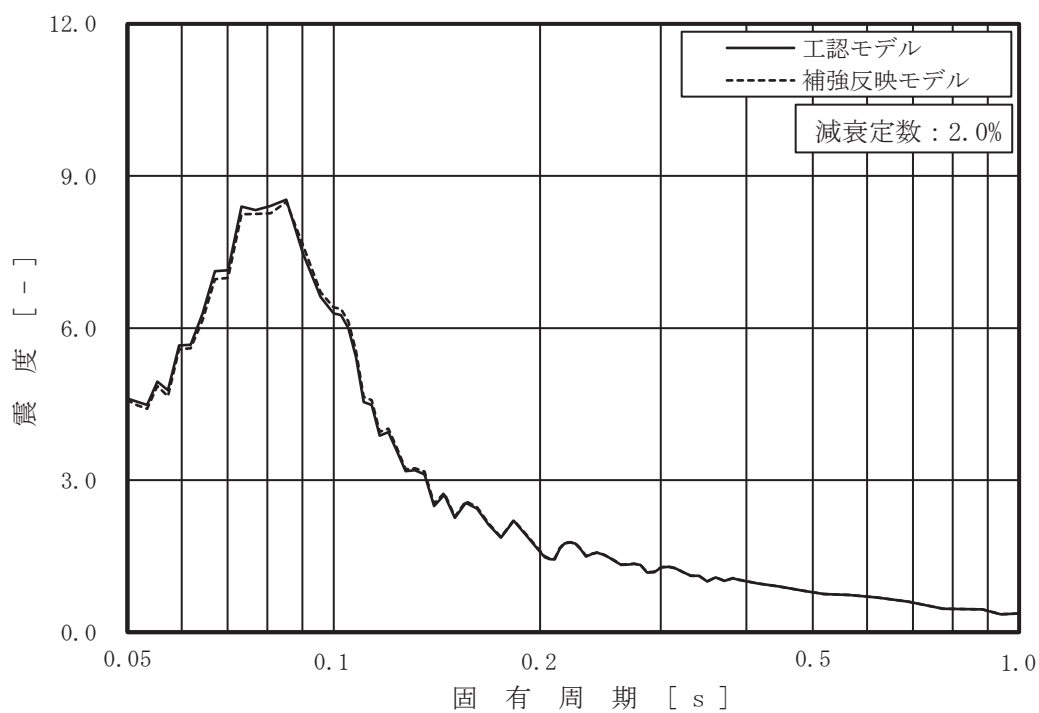


図 3-2-4 (1/7) 工認モデルと補強反映モデルの床応答曲線  
 (基準地震動 S s - D 2, 鉛直方向: 原子炉建屋 0.P.41.2m)

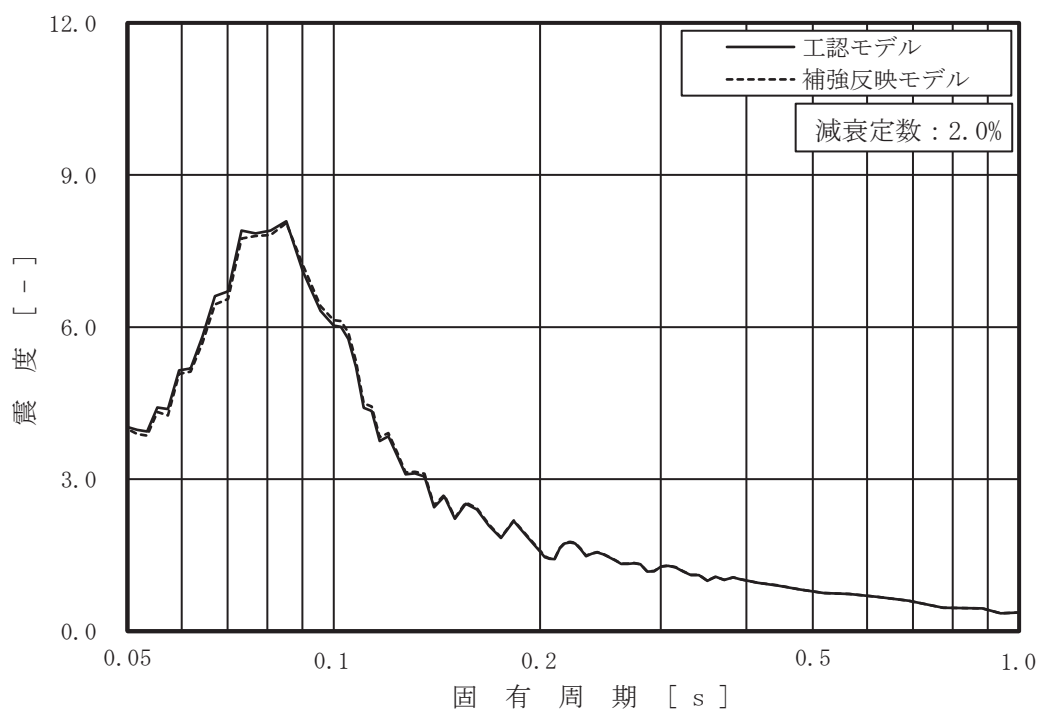


図 3-2-4 (2/7) 工認モデルと補強反映モデルの床応答曲線  
 (基準地震動 S s - D 2, 鉛直方向: 原子炉建屋 0.P.33.2m)

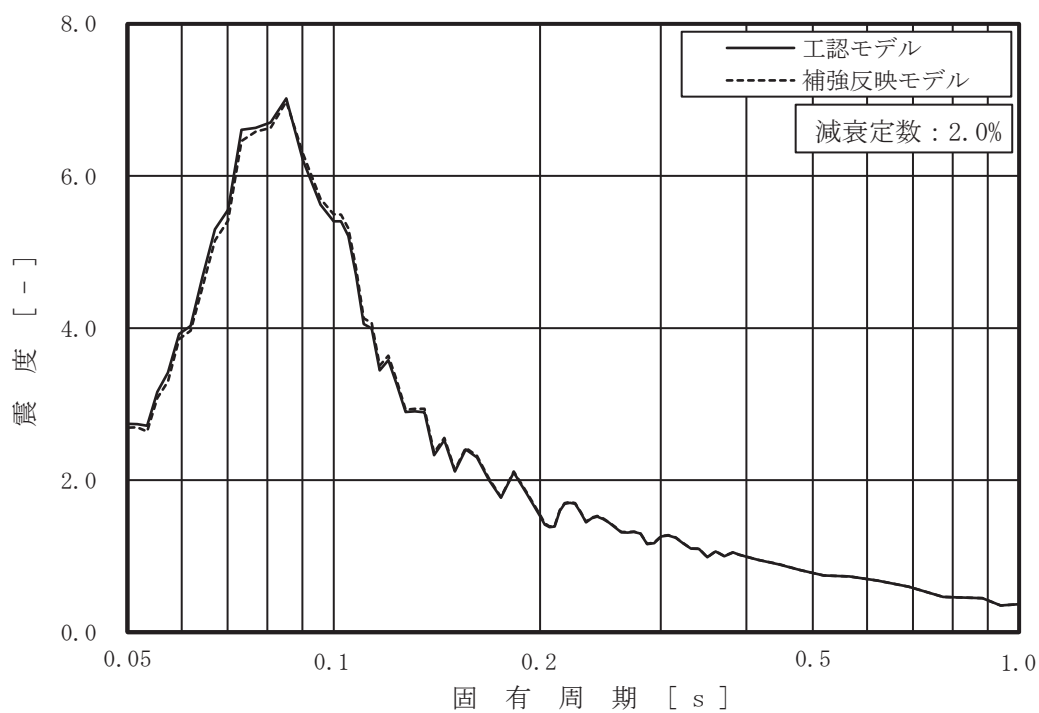


図 3-2-4 (3/7) 工認モデルと補強反映モデルの床応答曲線  
 (基準地震動 S s - D 2, 鉛直方向: 原子炉建屋 0.P. 22.5m)

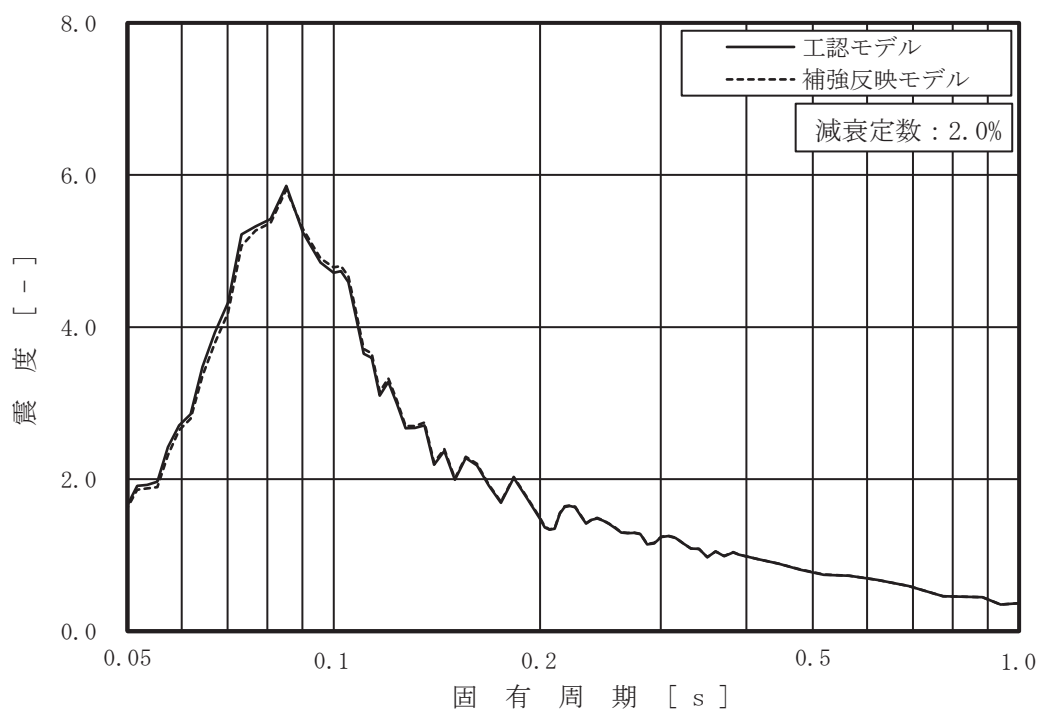


図 3-2-4 (4/7) 工認モデルと補強反映モデルの床応答曲線  
 (基準地震動 S s - D 2, 鉛直方向: 原子炉建屋 0.P. 15.0m)



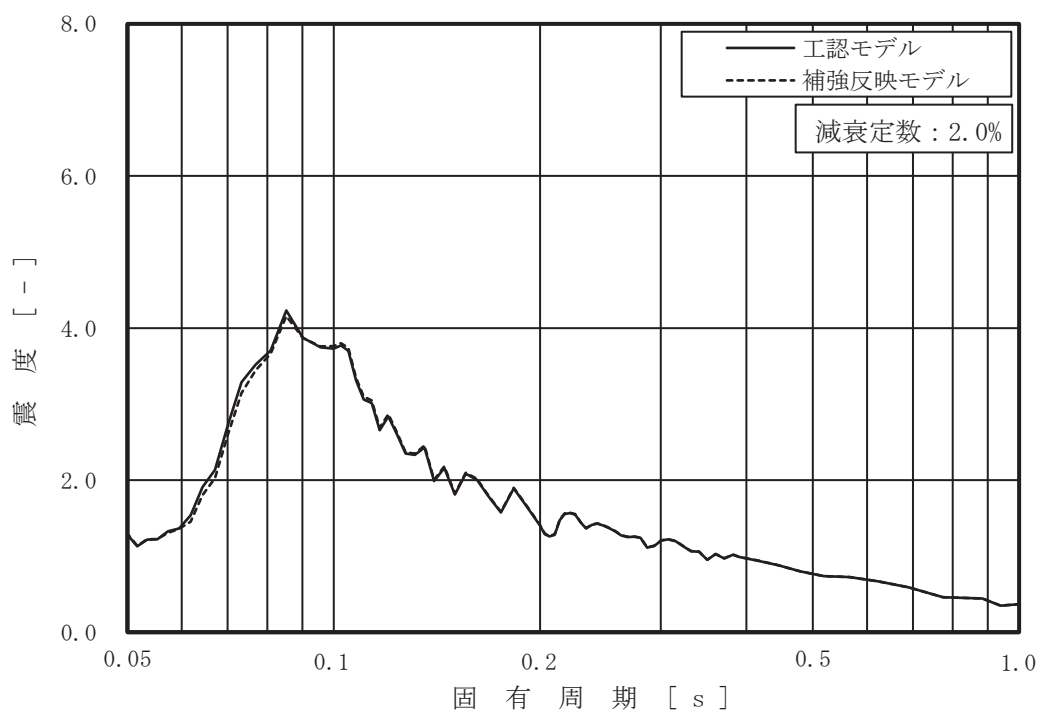


図 3-2-4 (5/7) 工認モデルと補強反映モデルの床応答曲線  
 (基準地震動 S s - D 2, 鉛直方向: 原子炉建屋 0.P. 6.0m)

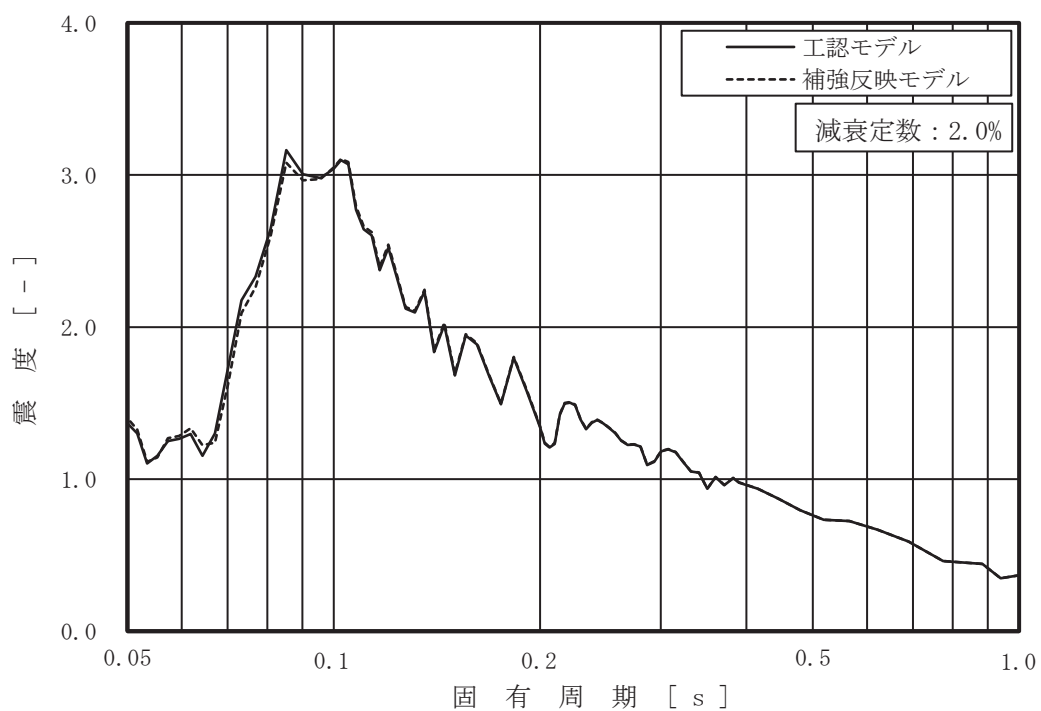


図 3-2-4 (6/7) 工認モデルと補強反映モデルの床応答曲線  
 (基準地震動 S s - D 2, 鉛直方向: 原子炉建屋 0.P. -0.8m)

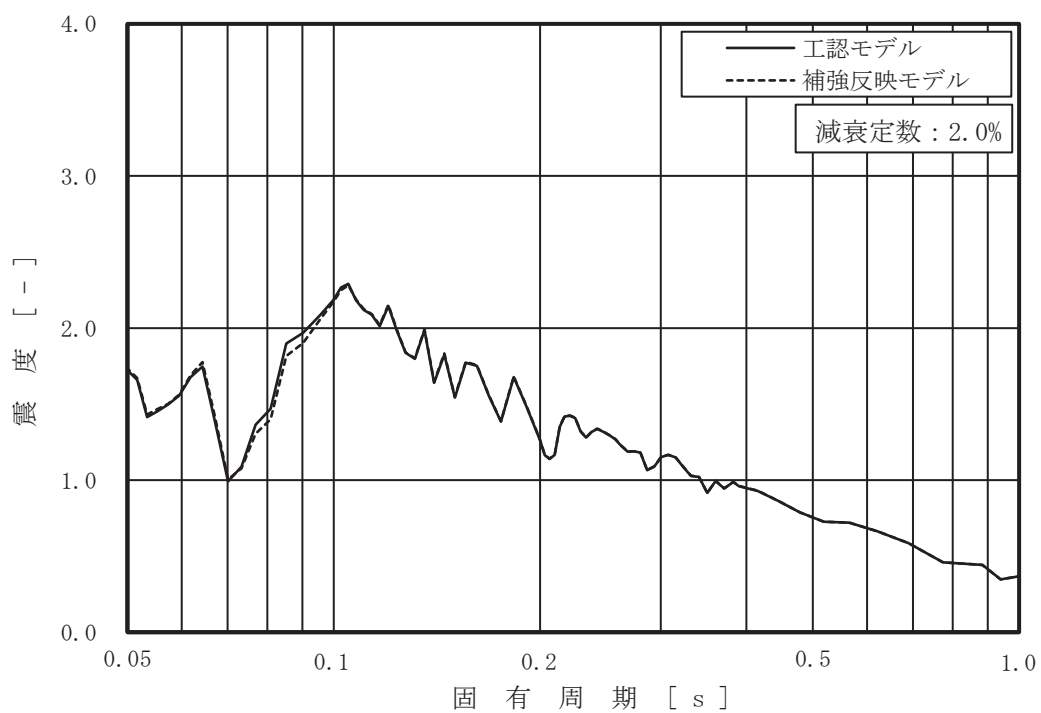


図 3-2-4 (7/7) 工認モデルと補強反映モデルの床応答曲線  
 (基準地震動 S s - D 2, 鉛直方向: 原子炉建屋 O.P. -8.1m)

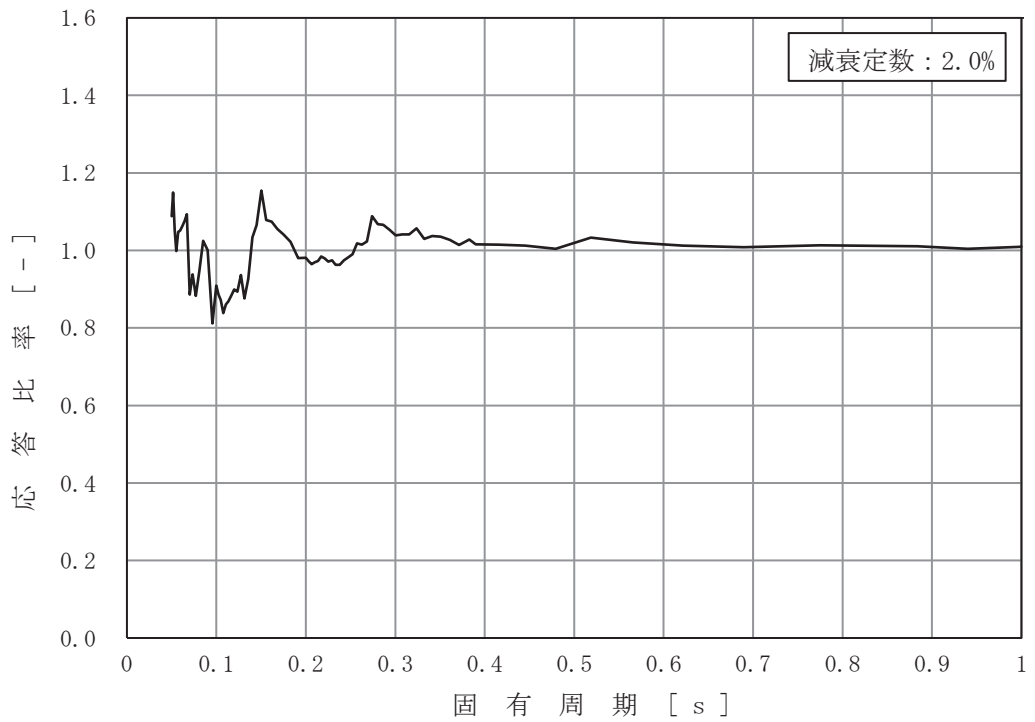


図 3-2-5 (1/8) 床応答曲線の応答比率  
 (基準地震動 S s - D 2, 水平方向 (NS/EW 包絡): 原子炉建屋 0.P.41.2m)

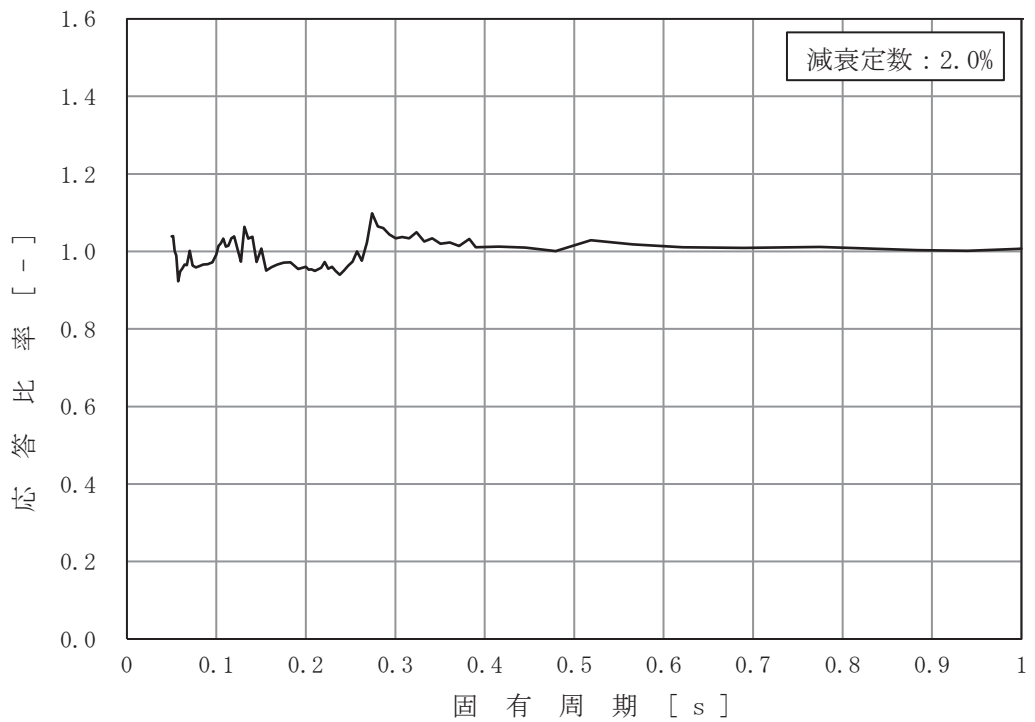


図 3-2-5 (2/8) 床応答曲線の応答比率  
 (基準地震動 S s - D 2, 水平方向 (NS/EW 包絡): 原子炉建屋 0.P.33.2m)

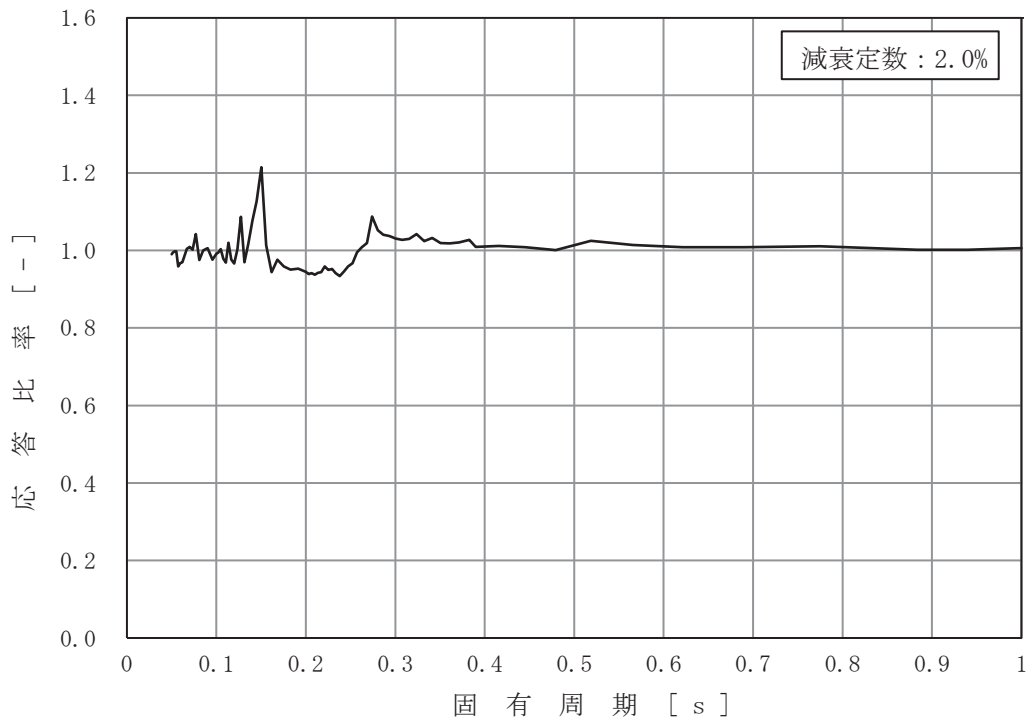


図 3-2-5 (3/8) 床応答曲線の応答比率  
 (基準地震動 S s - D 2, 水平方向 (NS/EW 包絡): 原子炉建屋 0.P.22.5m)

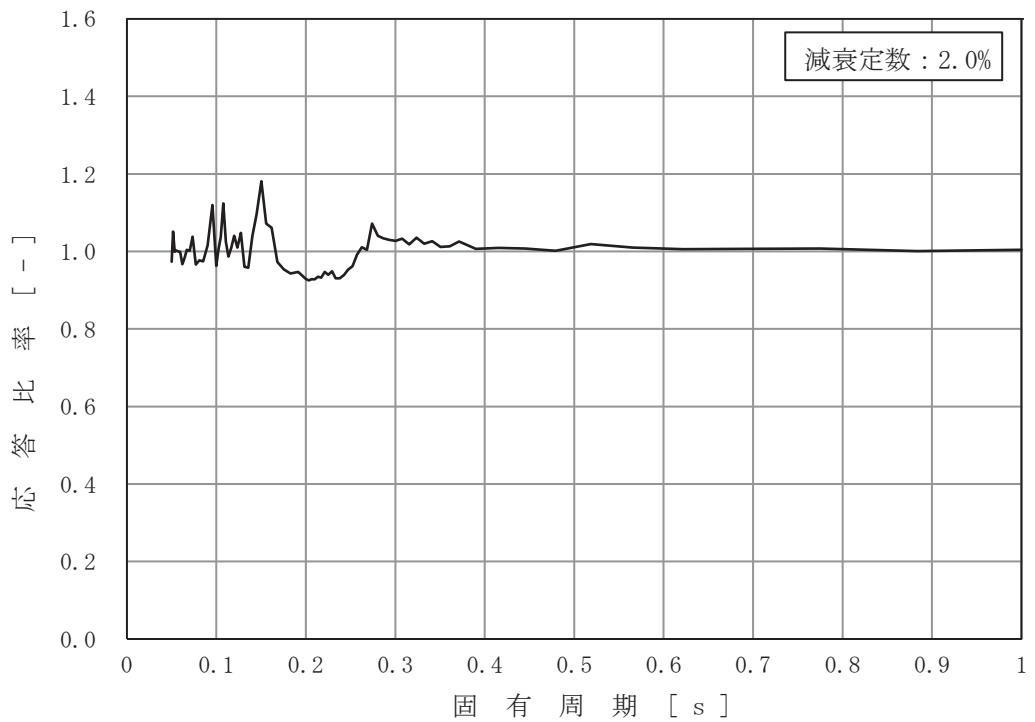


図 3-2-5 (4/8) 床応答曲線の応答比率  
 (基準地震動 S s - D 2, 水平方向 (NS/EW 包絡): 原子炉建屋 0.P.15.0m)

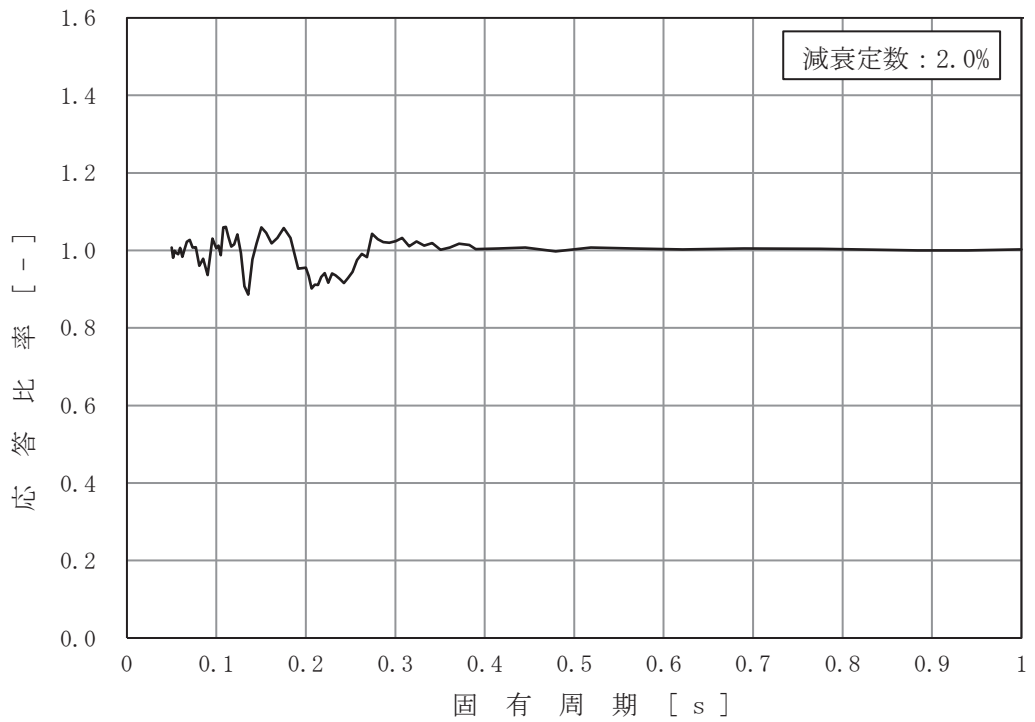


図 3-2-5 (5/8) 床応答曲線の応答比率  
 (基準地震動 S s - D 2, 水平方向 (NS/EW 包絡): 原子炉建屋 0.P.6.0m)

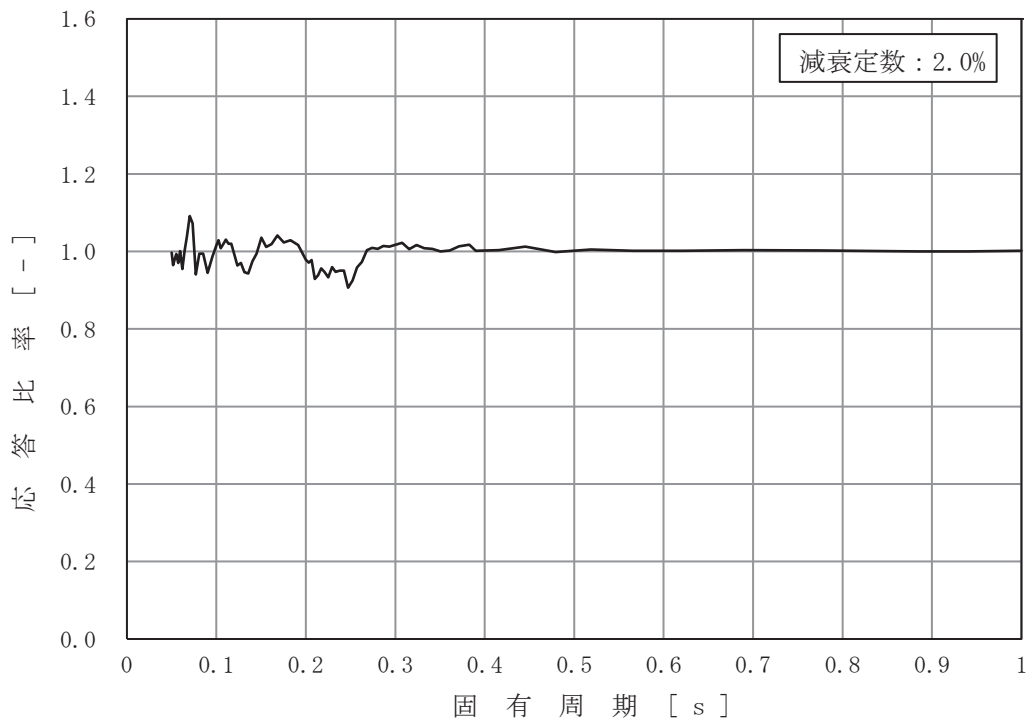


図 3-2-5 (6/8) 床応答曲線の応答比率  
 (基準地震動 S s - D 2, 水平方向 (NS/EW 包絡): 原子炉建屋 0.P.1.15m)

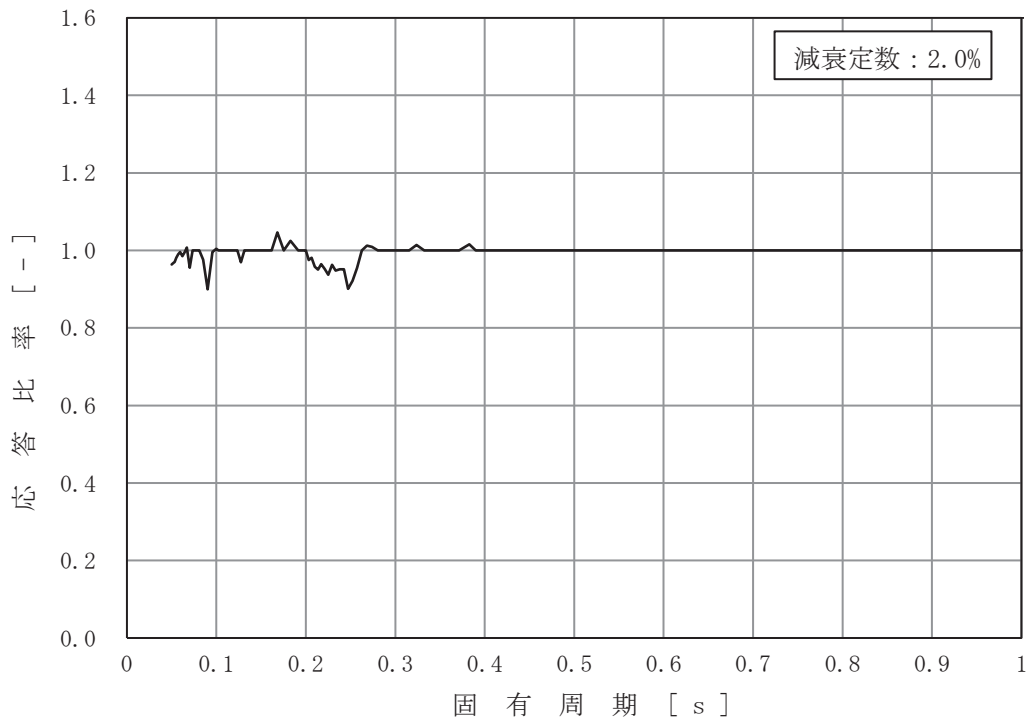


図 3-2-5 (7/8) 床応答曲線の応答比率  
 (基準地震動 S s - D 2, 水平方向 (NS/EW 包絡) : 原子炉建屋 0.P.-0.8m)

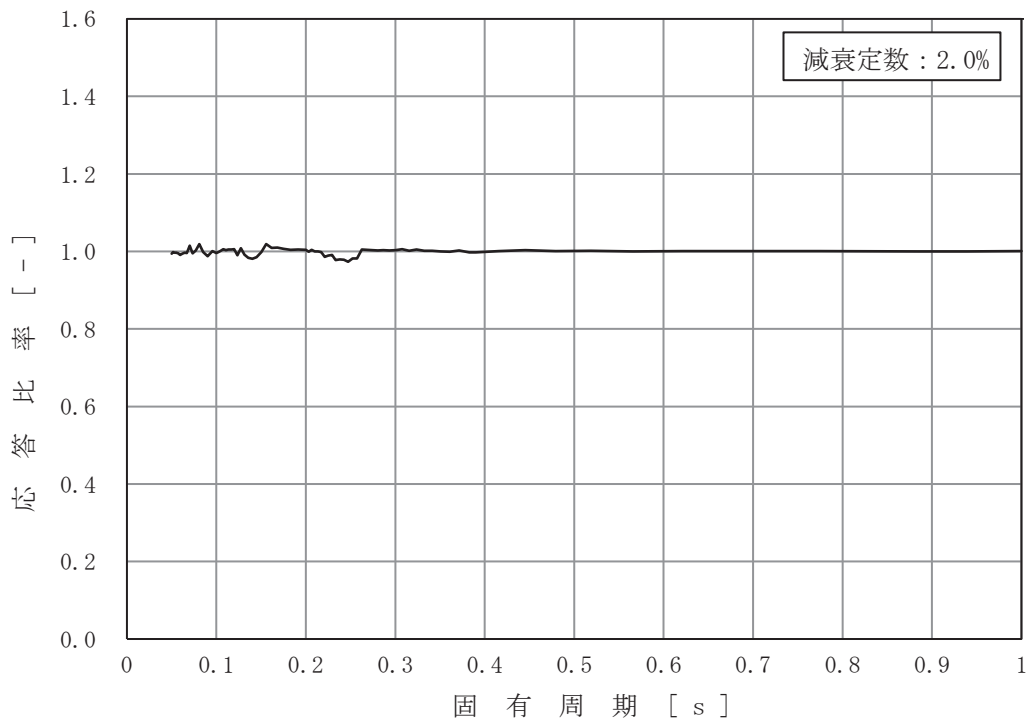


図 3-2-5 (8/8) 床応答曲線の応答比率  
 (基準地震動 S s - D 2, 水平方向 (NS/EW 包絡) : 原子炉建屋 0.P.-8.1m)

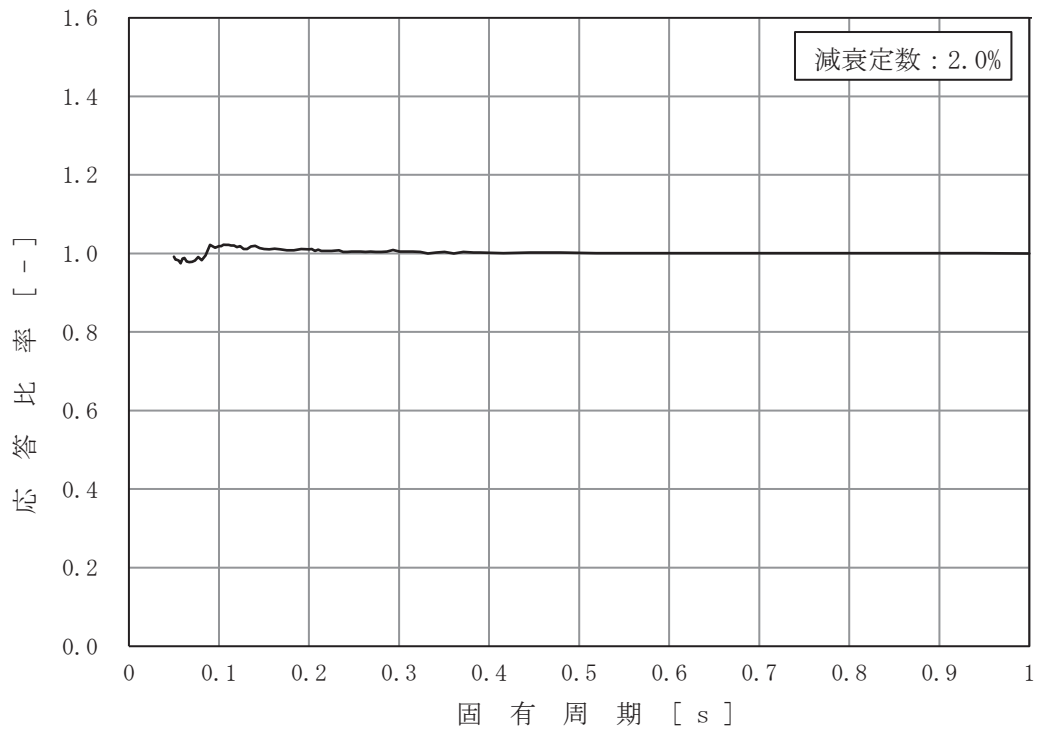


図 3-2-6 (1/7) 床応答曲線の応答比率  
 (基準地震動 S s - D 2, 鉛直方向 : 原子炉建屋 0.P. 41.2m)

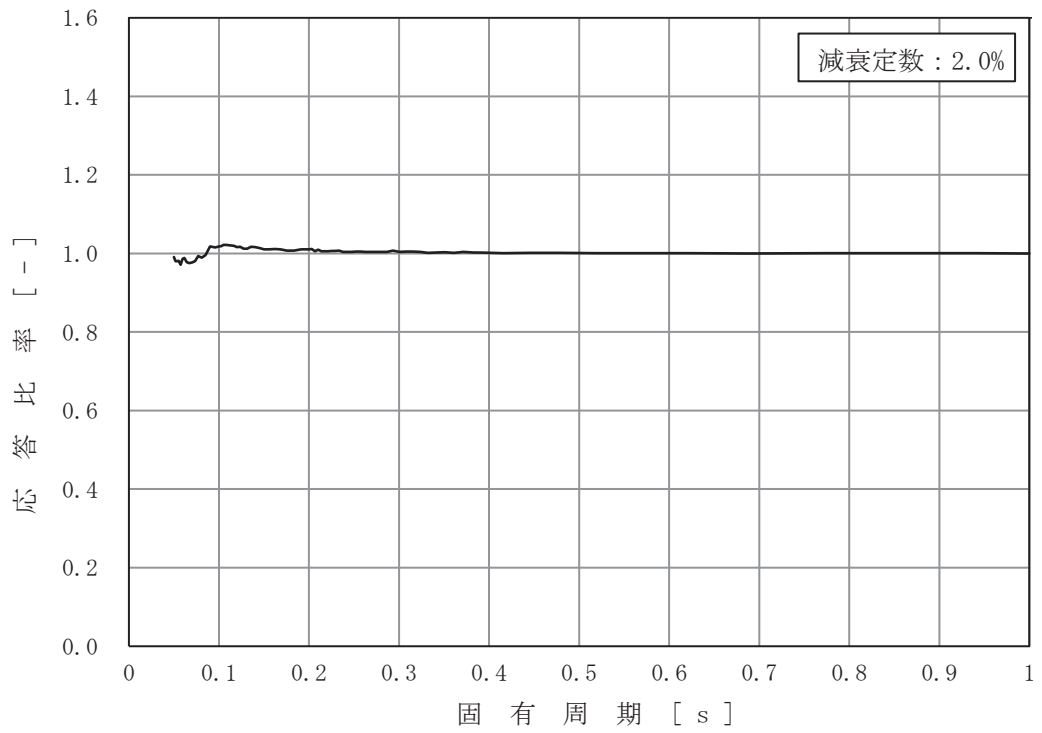


図 3-2-6 (2/7) 床応答曲線の応答比率  
 (基準地震動 S s - D 2, 鉛直方向 : 原子炉建屋 0.P. 33.2m)

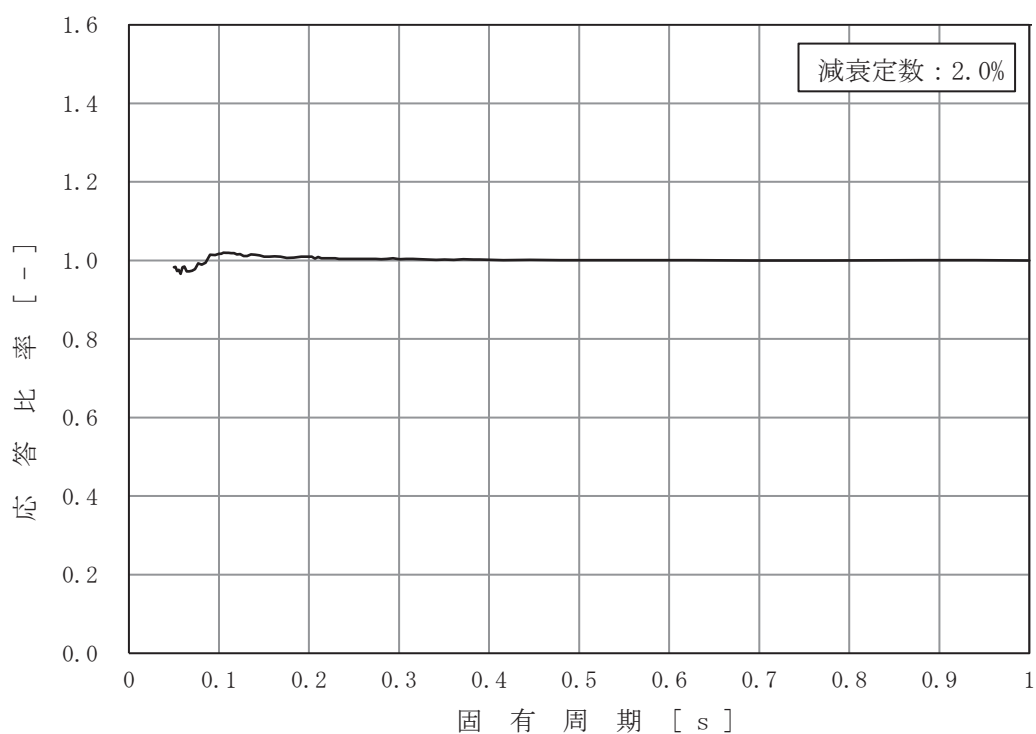


図 3-2-6 (3/7) 床応答曲線の応答比率  
 (基準地震動 S s - D 2, 鉛直方向 : 原子炉建屋 0.P.22.5m)

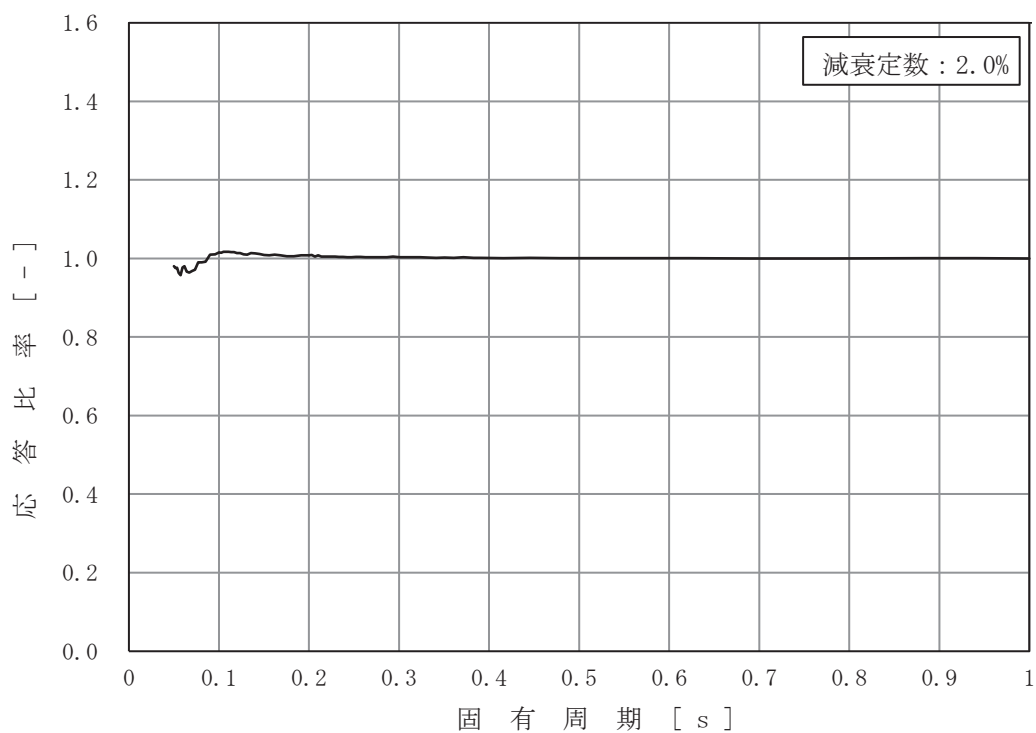


図 3-2-6 (4/7) 床応答曲線の応答比率  
 (基準地震動 S s - D 2, 鉛直方向 : 原子炉建屋 0.P.15.0m)



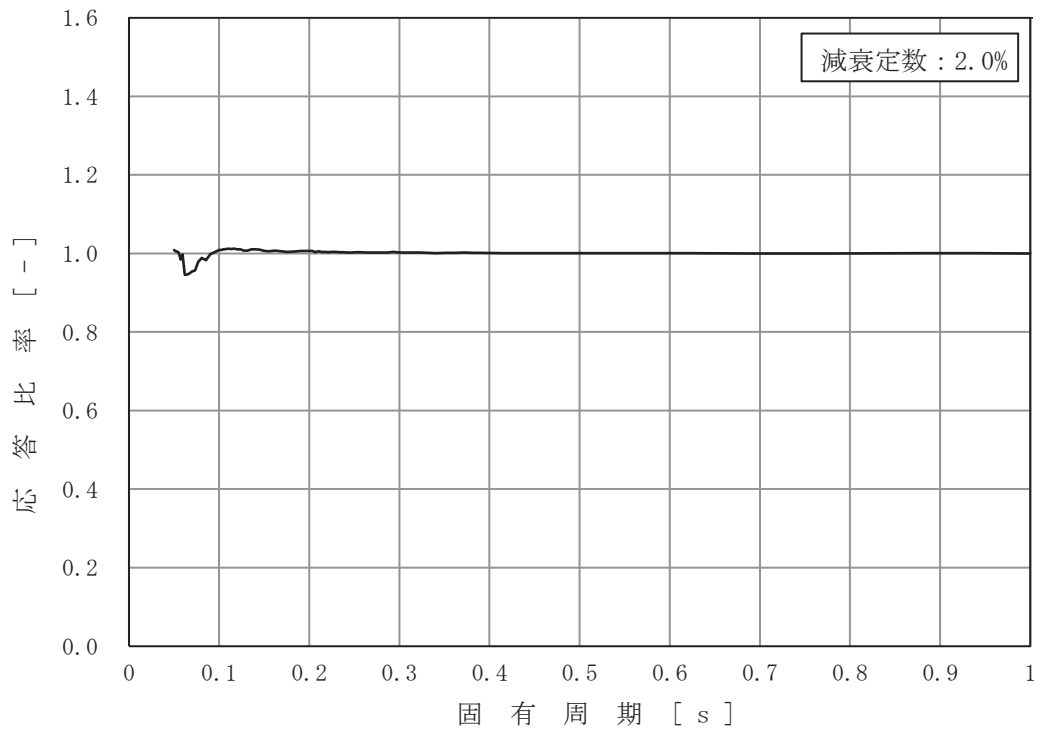


図 3-2-6 (5/7) 床応答曲線の応答比率  
 (基準地震動 S s - D 2, 鉛直方向 : 原子炉建屋 0. P. 6. 0m)

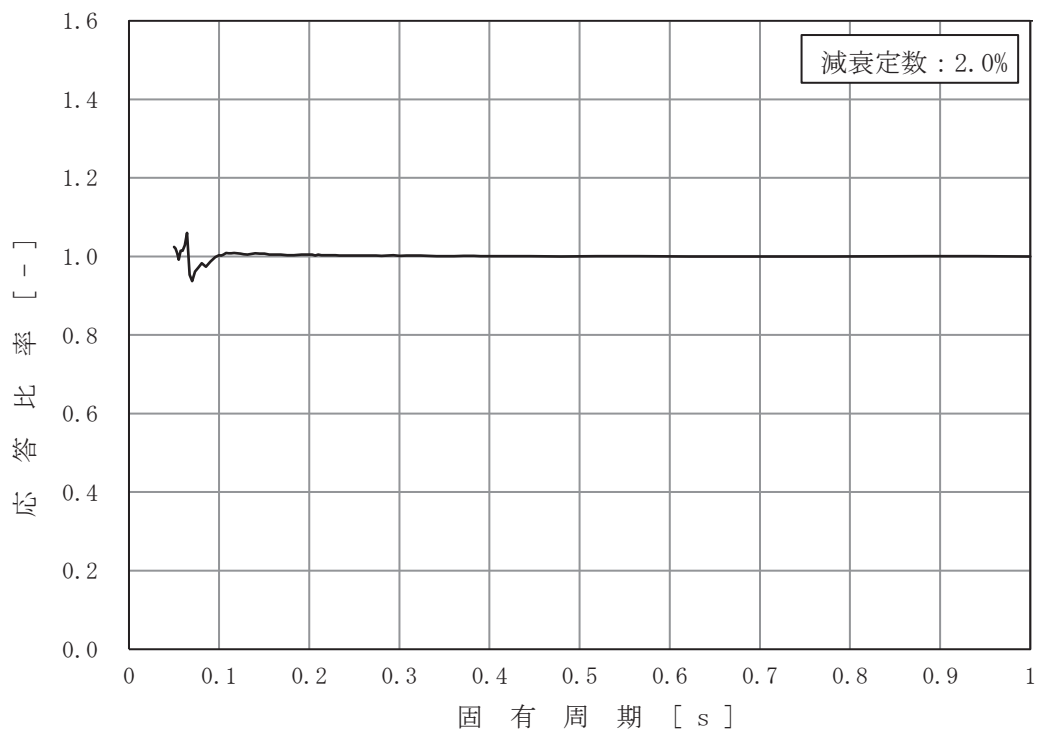


図 3-2-6 (6/7) 床応答曲線の応答比率  
 (基準地震動 S s - D 2, 鉛直方向 : 原子炉建屋 0. P. -0. 8m)

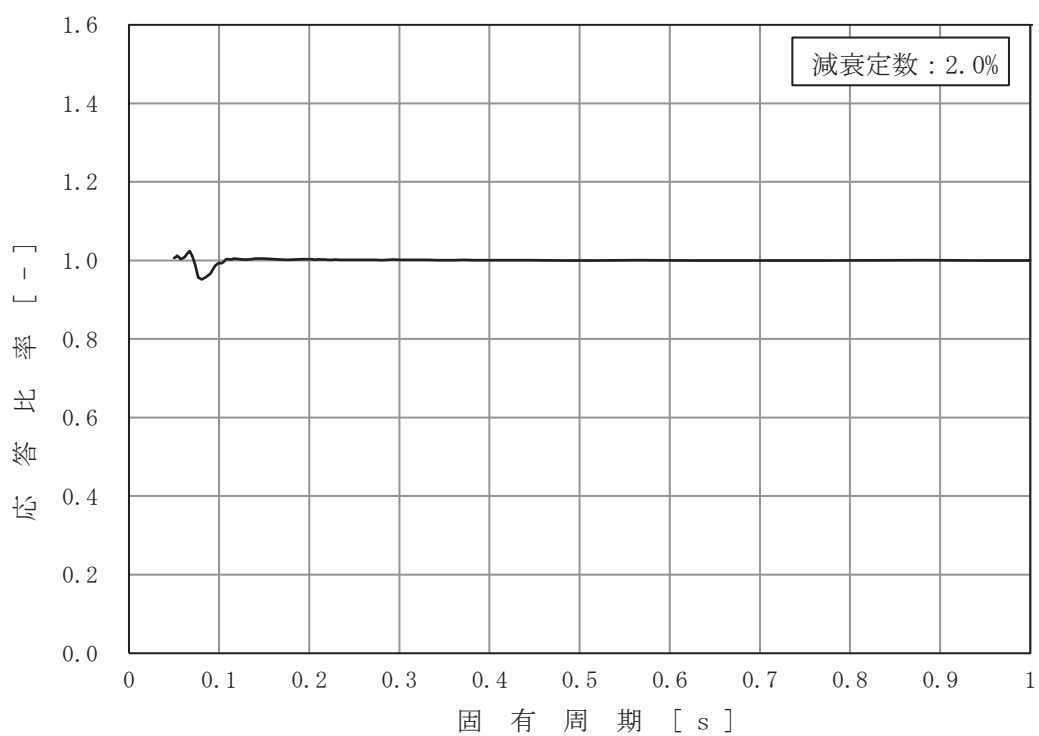


図 3-2-6 (7/7) 床応答曲線の応答比率  
 (基準地震動 S s - D 2, 鉛直方向 : 原子炉建屋 0.P. -8.1m)

c. 地震力の応答比率

建屋－機器連成地震応答解析モデルの各標高・要素について、工認モデル（基本ケース）と補強反映モデルにおける基準地震動 S s - D 2 による地震力（せん断力，モーメント，軸力等）を比較し，補強反映モデルの地震力／工認モデルの地震力により応答比率を算定する。なお，水平方向の応答比率算定にあたっては，「NS/EW 包絡」を用いる。

## (2) 補強反映耐震条件

補強反映耐震条件は、最大応答加速度、床応答曲線及び地震力についてそれぞれ以下のとおり応答比率を用いて作成する。なお、影響評価の観点から、応答比率が1を下回る場合においても、応答比率の算出値をそのまま用いる。

### a. 補強反映最大応答加速度

各標高について、工認モデル（基本ケース）を用いた地震応答解析から得られる応答波の最大応答加速度と、工認モデル（不確かさケースを含む）を用いた地震応答解析から得られる応答波の最大応答加速度を包絡させ設定した設計用最大応答加速度に(1)で算定した応答比率を乗じて作成する。

補強反映最大応答加速度の作成フローを図 3-2-7 に示す。

### b. 補強反映床応答曲線

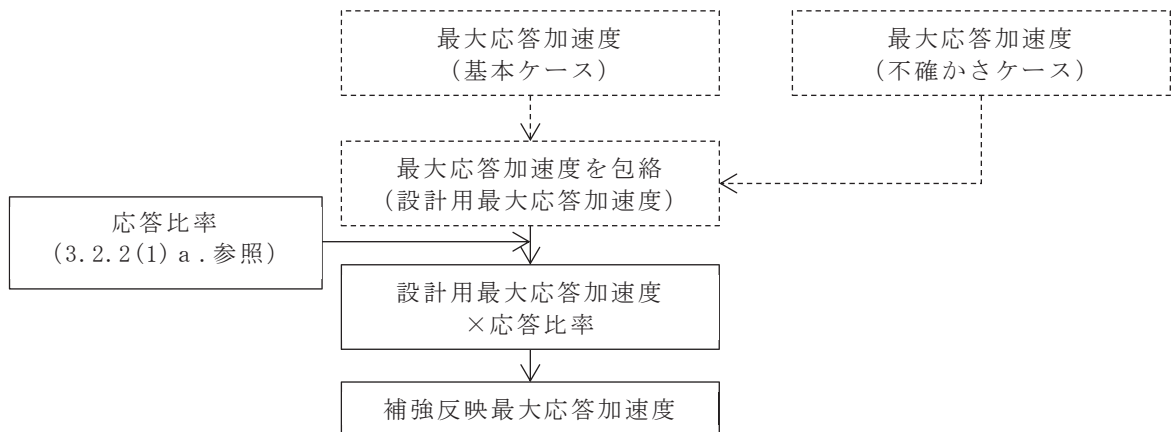
各標高・各減衰について、工認モデル（基本ケース）を用いた地震応答解析から得られる応答波を用いて作成した床応答曲線に(1)で算定した周期ごとの応答比率を乗じ±10%拡幅したものと、工認モデル（不確かさケースを含む）を用いた地震応答解析から得られる応答波を用いて作成した床応答曲線に(1)で算定した周期ごとの応答比率を乗じたものを包絡させて作成する。

補強反映床応答曲線の作成フローを図 3-2-8 に示す。

### c. 補強反映地震力

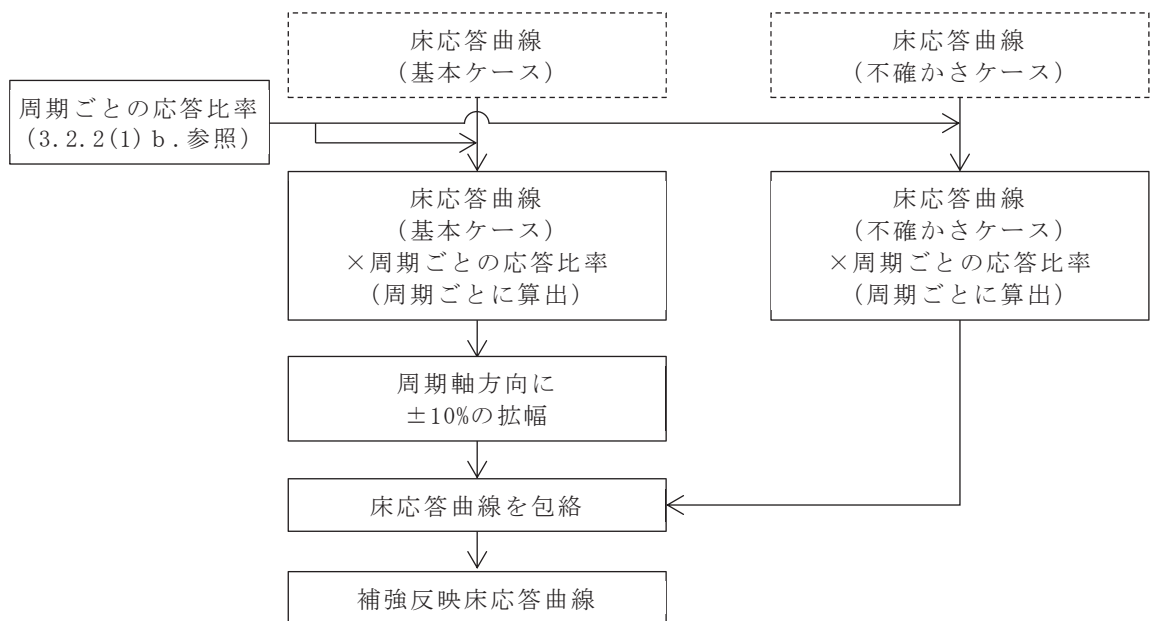
建屋－機器連成地震応答解析モデルの各標高・要素について、工認モデル（基本ケース）を用いた地震応答解析から得られる地震力と、工認モデル（不確かさケースを含む）を用いた地震応答解析から得られる地震力を包絡させ設定した設計用地震力に(1)で算定した応答比率を乗じて作成する。

補強反映地震力の作成フローを図 3-2-9 に示す。



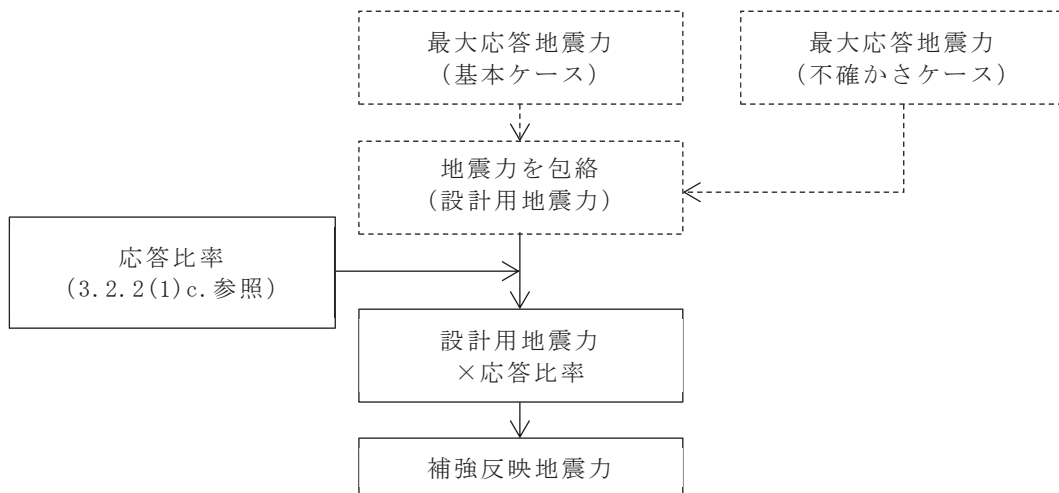
注記：破線範囲は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」における設計用最大応答加速度作成の実施事項を示す。

図 3-2-7 補強反映最大応答加速度の作成フロー



注記：破線範囲は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」における設計用床応答曲線作成の実施事項を示す。

図 3-2-8 補強反映床応答曲線の作成フロー



注記：破線範囲は、添付書類「VI-2-2-1 原子炉建屋の地震応答計算書」及び「VI-2-3-2 炉心，原子炉圧力容器及び原子炉内部構造物並びに原子炉格納容器及び原子炉本体の基礎の地震応答計算書」における設計用地震力作成の実施事項を示す。

図 3-2-9 補強反映地震力の作成フロー

### 3.2.3 検討結果

#### (1) 簡易評価結果及び詳細評価結果

「3.2.1 検討方針」に示す影響検討フローに従った検討を行い、一部の設備（25設備）を除き、簡易評価の結果で条件比率が設備の裕度以下となることを確認した。

簡易評価において条件比率が設備の裕度を上回った 25 設備の簡易評価結果を表 3-2-5 に示す。また、当該設備の詳細評価結果を表 3-2-6 に示す。

なお、配管の詳細評価対象は、評価に用いる各標高（質点）で応力評価結果の裕度が最小となる配管及び疲労累積係数が最大となる配管を代表としている。また、簡易評価は、対象設備の応力分類ごとに行っている。

簡易評価において条件比率が設備の裕度を上回った 25 設備に対して、詳細評価として補強反映耐震条件による耐震計算を行い、制御棒挿入性評価を除く 24 設備については、発生値が許容値以下となることを確認した。

詳細評価の結果、発生値が許容値を上回った制御棒挿入性評価に対する追加検討を行う。

表 3-2-5 条件比率が設備の裕度を上回った 25 設備の簡易評価結果 (1/3)

設備名称	評価条件*1	評価部位	応力分類	耐震評価計算書 (基準地震動 S s)			条件比率	検討結果
				発生値*2 (MPa)	許容値 (MPa)	裕度		
シュラウドサポート	DB	レグ	軸圧縮	189	209	1.10	1.12	×
燃料プール冷却 浄化系熱交換器	DB	胴板	一次+二次 応力	675	420	0.62	1.01	×
			疲労*3	0.31	1	-		
燃料プール冷却 浄化系配管 (FPC-002)	DB	配管本体	一次+二次 応力	436	376	0.86	1.07 図 3-2-10	×
			疲労*3	0.0034	1	-		
原子炉再循環系配管 (PLR-001)	DB	配管本体	一次+二次 応力	663	354	0.53	1.06 図 3-2-11	×
			疲労*3	0.2091	1	-		
原子炉再循環系配管 (PLR-002)	DB	配管本体	一次+二次 応力	657	354	0.53	1.05 図 3-2-12	×
			疲労*3	0.3181	1	-		
主蒸気系配管 (MS-001)	DB	配管本体	一次+二次 応力	684	375	0.54	1.10 図 3-2-13	×
			疲労*3	0.614	1	-		
主蒸気系配管 (MS-003)	DB	配管本体	一次+二次 応力	630	375	0.59	1.10 図 3-2-14	×
			疲労*3	0.3706	1	-		
主蒸気系配管 (MS-004)	SA	配管本体	一次+二次 応力	468	386	0.82	1.07 図 3-2-15	×
			疲労*3	0.8529	1	-		
残留熱除去系 熱交換器	DB	胴板	一次+二次 応力	783	497	0.63	1.01	×
			疲労*3	0.38	1	-		
残留熱除去系配管 (RHR-003)	DB	配管本体	一次+二次 応力	680	366	0.53	1.03 図 3-2-16	×
			疲労*3	0.5620	1	-		
残留熱除去系配管 (RHR-004)	DB	配管本体	一次+二次 応力	370	366	0.98	1.05 図 3-2-17	×
			疲労*3	0.0887	1	-		

注記\*1：設計基準対象施設の評価条件を「DB」、重大事故等対処設備の評価条件を「SA」と記載。

\*2：一次+二次応力の発生値が許容値を上回った場合は、疲労評価を実施する。

\*3：単位は無次元。



表 3-2-5 条件比率が設備の裕度を上回った 25 設備の簡易評価結果 (2/3)

設備名称	評価条件*1	評価部位	応力分類	耐震評価計算書 (基準地震動 S s)			条件比率	検討結果
				発生値*2 (MPa)	許容値 (MPa)	裕度		
残留熱除去系配管 (RHR-005)	DB	配管本体	一次+二次 応力	675	366	0.54	1.04 ☒ 3-2-18	×
			疲労*3	0.6667	1	-		
残留熱除去系配管 (RHR-010)	SA	配管本体	一次+二次 応力	422	414	0.98	1.09 ☒ 3-2-19	×
			疲労*3	0.7118	1	-		
原子炉補機冷却水系 配管 (KRCW-205)	DB	配管本体	一次+二次 応力	440	458	1.04	1.16 ☒ 3-2-20	×
制御棒 (挿入性評価)	DB	—	相対変位*4	54.2	60	1.10	1.11	×
制御棒駆動水圧系 配管 (CRD-005-1)	DB	配管本体	一次+二次 応力	292	318	1.08	1.11 ☒ 3-2-21	×
			疲労*3	0.2729	1	-		
制御棒駆動水圧系 配管 (CRD-017-3)	DB	配管本体	一次+二次 応力	434	318	0.73	1.02 ☒ 3-2-22	×
			疲労*3	0.8674	1	-		
ほう酸水注入系配管 (SLC-003)	SA	配管本体	一次+二次 応力	211	206	0.97	1.08 ☒ 3-2-23	×
			疲労*3	0.0001	1	-		
ドライウェルベント 開口部	DB	ドライウェル ベント開口部	一次+二次 応力	432	501	1.15	1.26 ☒ 3-2-24	×
	SA	ドライウェル ベント開口部	一次+二次 応力	460	501	1.08	1.25 ☒ 3-2-25	×
ダウンカム	DB	エンドプレート (上側)	一次応力 (組合せ)	248	264	1.06	1.26 ☒ 3-2-24	×
		ベントヘッダ (一般部以外)	一次+二次 応力	516	458	0.88		
			疲労*3	0.284	1	-		
	SA	エンドプレート (上側)	一次応力 (組合せ)	247	264	1.06	1.25 ☒ 3-2-25	×
		ベントヘッダ (一般部以外)	一次+二次 応力	592	473	0.79		
			疲労*3	0.547	1	-		
ベント管	DB	ベント管 (一般部以外)	一次+二次 応力	371	393	1.05	1.26 ☒ 3-2-24	×
			疲労*3	0.489	1	-		
	SA	ベント管 (一般部以外)	一次+二次 応力	418	393	0.94	1.25 ☒ 3-2-25	×

注記\*1：設計基準対象施設の評価条件を「DB」、重大事故等対処設備の評価条件を「SA」と記載。

\*2：一次+二次応力の発生値が許容値を上回った場合は、疲労評価を実施する。

\*3：単位は無次元。

\*4：単位は「mm」。

表 3-2-5 条件比率が設備の裕度を上回った 25 設備の簡易評価結果 (3/3)

設備名称	評価条件*1	評価部位	応力分類	耐震評価計算書 (基準地震動 S s)			条件比率	検討結果
				発生値*2 (MPa)	許容値 (MPa)	裕度		
可燃性ガス濃度 制御系配管 (FCS-006)	DB	配管本体	一次+二次 応力	200	150	0.75	1.02 ☒ 3-2-26	×
			疲労*3	0.5717	1	-		
原子炉格納容器フイ ルタベント系配管 (FCVS-003)	SA	配管本体	一次+二次 応力	302	240	0.79	1.05 ☒ 3-2-27	×
			疲労*3	0.3849	1	-		
原子炉格納容器フイ ルタベント系配管 (FCVS-004)	SA	配管本体	一次+二次 応力	274	240	0.87	1.08 ☒ 3-2-28	×
			疲労*3	0.3833	1	-		
非常用ディーゼル 発電設備配管 (DGDO-B008)	DB	配管本体	一次+二次 応力	439	398	0.90	1.08 ☒ 3-2-29	×

注記\*1：設計基準対象施設の評価条件を「DB」、重大事故等対処設備の評価条件を「SA」と記載。

\*2：一次+二次応力の発生値が許容値を上回った場合は、疲労評価を実施する。

\*3：単位は無次元。

表 3-2-6 条件比率が設備の裕度を上回った 25 設備の詳細評価結果 (1/4)

設備名称	評価条件 <sup>*1</sup>	評価部位	応力分類	詳細評価条件		補強反映耐震条件を用いた評価 (基準地震動 S <sub>s</sub> )		検討結果
				最大応答加速度	床応答曲線	発生値 <sup>*2</sup> (MPa)	許容値 (MPa)	
シュラウドサポート	DB	レグ	軸圧縮	—	原子炉圧力容器 <sup>*3</sup> O.P. 11.310, 9.334 m 炉心シュラウド O.P. 11.496, 10.324, 8.595 m タイロッド	204	209	○
燃料プールの冷却 浄化系熱交換器	DB	胴板	一次＋二次応力 疲労 <sup>*4</sup>	水平：1.93 鉛直：1.39	—	667	420	○
燃料プールの冷却 浄化系配管 (FPC-002)	DB	配管本体	一次＋二次応力 疲労 <sup>*4</sup>	水平：2.60 鉛直：1.81	原子炉建屋 O.P. 33.2, 22.5, 15.0 m (0.5%減衰)	426	376	○
原子炉再循環系配管 (PLR-001)	DB	配管本体	一次＋二次応力 疲労 <sup>*4</sup>	水平：1.62 鉛直：0.90	原子炉本体の基礎 O.P. 6.24 m (2.5%減衰)	626	354	○
原子炉再循環系配管 (PLR-002)	DB	配管本体	一次＋二次応力 疲労 <sup>*4</sup>	水平：1.62 鉛直：0.90	原子炉本体の基礎 O.P. 6.24 m (2.5%減衰)	629	354	○
主蒸気系配管 (MS-001)	DB	配管本体	一次＋二次応力 疲労 <sup>*4</sup>	水平：1.93 鉛直：1.33	原子炉しゃへい壁 O.P. 10.6 m (2.0%減衰)	633	375	○
						0.4641	1	○

注記\*1：設計基準対象施設の評価条件を「DB」、重大事故等対象設備の評価条件を「SA」と記載。

\*2：一次＋二次応力の発生値が許容値を上回った場合は、疲労評価を実施する。

\*3：補強反映耐震条件（震度、地震力（せん断力、モーメント、軸力）の算出位置を床応答曲線の欄に記載。

\*4：単位は無次元。

表 3-2-6 条件比率が設備の裕度を上回った 25 設備の詳細評価結果 (2/4)

設備名称	評価条件 <sup>*1</sup>	評価部位	応力分類	詳細評価条件		補強反映耐震条件を用いた評価 (基準地震動 S <sub>s</sub> )		検討結果
				最大応答加速度	床応答曲線	発生値 <sup>*2</sup> (MPa)	許容値 (MPa)	
主蒸気系配管 (MS-003)	DB	配管本体	一次＋二次応力	水平：2.01 鉛直：1.59	原子炉しゃへい壁 O.P. 13.4 m (2.0%減衰)	596	375	○
			疲労 <sup>*3</sup>			0.2885	1	
主蒸気系配管 (MS-004)	SA	配管本体	一次＋二次応力	水平：2.01 鉛直：1.59	原子炉しゃへい壁 O.P. 13.4 m (2.0%減衰)	484	386	○
			疲労 <sup>*3</sup>			0.9135 <sup>*4</sup>	1	
残留熱除去系 熱交換器	DB	胴板	一次＋二次応力	水平：1.97 鉛直：1.42	—	776	497	○
			疲労 <sup>*3</sup>			0.36	1	
残留熱除去系配管 (RHR-003)	DB	配管本体	一次＋二次応力	水平：2.09 鉛直：1.78	原子炉しゃへい壁 O.P. 15.95 m (2.5%減衰)	664	366	○
			疲労 <sup>*3</sup>			0.5066	1	
残留熱除去系配管 (RHR-004)	DB	配管本体	一次＋二次応力	水平：2.33 鉛直：1.93	原子炉建屋 O.P. 22.5, 15.0 m 原子炉しゃへい壁 O.P. 21.55, 18.79, 15.95 m 原子炉格納容器 O.P. 25.858 m (2.5%減衰)	338	366	○
			疲労 <sup>*3</sup>			0.0647	1	
残留熱除去系配管 (RHR-005)	DB	配管本体	一次＋二次応力	水平：3.75 鉛直：1.47	原子炉圧力容器 O.P. 28.6 m 原子炉格納容器 O.P. 25.858 m (2.5%減衰)	623	366	○
			疲労 <sup>*3</sup>			0.5037	1	

注記\*1：設計基準対象施設の評価条件を「DB」、重大事故等対処設備の評価条件を「SA」と記載。

\*2：一次＋二次応力の発生値が許容値を上回った場合は、疲労評価を実施する。

\*3：単位は無次元。

\*4：設備の全固有周期に応じた等価繰返し回数に包絡値として、個別に設定する等価繰返し回数 181 回を適用。

表 3-2-6 条件比率が設備の上回った 25 設備の詳細評価結果 (3/4)

設備名称	評価条件 <sup>*1</sup>	評価部位	応力分類	詳細評価条件		補強反映耐震条件を用いた評価 (基準地震動 S <sub>s</sub> )		検討結果
				最大応答加速度	床応答曲線	発生値 <sup>*2</sup> (MPa)	許容値 (MPa)	
残留熱除去系配管 (RHR-010)	SA	配管本体	一次＋二次応力	水平：1.57 鉛直：1.09	原子炉建屋 0.P. 6.0, 1.15, -0.8, -8.1 m (2%減衰)	406	414	○
原子炉補機冷却水系 配管 (KRCW-205)	DB	配管本体	一次＋二次応力	水平：3.37 鉛直：1.89	原子炉建屋 0.P. 41.2, 33.2, 22.5, 15.0, 6.0, 1.15, -0.8, -8.1 m (2%減衰)	442	458	○
制御棒 (挿入性評価)	DB	—	相対変位 <sup>*3</sup>	—	—	60.2	60	×
制御棒駆動水圧系 配管 (CRD-005-1)	DB	配管本体	一次＋二次応力	水平：1.93 鉛直：1.39	原子炉建屋 0.P. 15.0, 6.0 m 原子炉格納容器 0.P. 14.295, 9.448 m (2.0%減衰)	292	318	○
制御棒駆動水圧系 配管 (CRD-017-3)	DB	配管本体	一次＋二次応力	水平：1.66 鉛直：1.32	原子炉本体の基礎 0.P. 7.040, 6.240, 4.950 m 制御棒駆動ハウジング 0.P. 3.258 m (0.5%減衰)	420	318	○
ほう酸水注入系配管 (SLC-003)	SA	配管本体	一次＋二次応力	水平：2.15 鉛直：1.59	原子炉建屋 0.P. 22.5, 15.0 m 原子炉本体の基礎 0.P. 7.04 m 原子炉しゃへい壁 0.P. 13.4, 10.6 m 原子炉格納容器 0.P. 17.15, 14.295 m (2%減衰)	195	206	○
ドライウエルベント 開口部	DB	ドライウエルベント 開口部	一次＋二次応力	水平：— 鉛直：1.01	原子炉格納容器 0.P. 2.6 m <sup>*5</sup> (1%減衰)	445	501	○
	SA	—	一次＋二次応力	水平：— 鉛直：1.04	原子炉格納容器 0.P. 2.6 m <sup>*5</sup> (1%減衰)	488	501	○

注記\*1：設計基準対象施設の評価条件を「DB」、重大事故等対処設備の評価条件を「SA」と記載。

\*2：一次＋二次応力の発生値が許容値を上回った場合は、疲労評価を実施する。

\*3：単位は「mm」。

\*4：単位は無次元。

\*5：原子炉格納容器のせん断力及び曲げモーメントも使用。

表 3-2-6 条件比率が設備の裕度を上回った 25 設備の詳細評価結果 (4/4)

設備名称	評価条件 <sup>*1</sup>	評価部位	応力分類	詳細評価条件		補強反映耐震条件を用いた評価 (基準地震動 S <sub>s</sub> )		検討結果
				最大応答加速度	床応答曲線	発生値 <sup>*2</sup> (MPa)	許容値 (MPa)	
ダウンカマ	DB	エンドプレート (上側)	一次応力 (組合せ)	-	原子炉格納容器 0.P. 2.6 m (1%減衰)	255	264	○
		ベントヘッド (一般部以外)	一次+二次応力				458	
			疲労 <sup>*3</sup>				1	
ダウンカマ	SA	エンドプレート (上側)	一次応力 (組合せ)	-	原子炉格納容器 0.P. 2.6 m (1%減衰)	261	264	○
		ベントヘッド (一般部以外)	一次+二次応力				473	
			疲労 <sup>*3</sup>				1	
ベント管	DB	ベント管 (一般部以外)	一次+二次応力	-	原子炉格納容器 0.P. 2.6 m (1%減衰)	382	393	○
							疲労 <sup>*3</sup>	
ベント管	SA	ベント管 (一般部以外)	一次+二次応力	-	原子炉格納容器 0.P. 2.6 m (1%減衰)	444	393	○
							疲労 <sup>*3</sup>	
可燃性ガス濃度 制御系配管 (FCS-006)	DB	配管本体	一次+二次応力	水平: 2.15 鉛直: 1.58	原子炉建屋 0.P. 22.5 m (1.0%減衰)	204 <sup>*4</sup>	150	○
							疲労 <sup>*3</sup>	
原子炉格納容器 フィルタベント系 配管 (FCVS-003)	SA	配管本体	一次+二次応力	水平: 2.60 鉛直: 1.81	原子炉建屋 0.P. 33.2, 22.5, 15.0 m (3.0%減衰)	294	240	○
							疲労 <sup>*3</sup>	
原子炉格納容器 フィルタベント系 配管 (FCVS-004)	SA	配管本体	一次+二次応力	水平: 6.77 鉛直: 2.16	原子炉建屋 0.P. 50.5 (水平), 48.725 (鉛直), 33.2, 22.5 m (3.0%減衰)	278	240	○
							疲労 <sup>*3</sup>	
非常用ディーゼル 発電設備配管 (DGDO-B008)	DB	配管本体	一次+二次応力	水平: 1.93 鉛直: 1.39	軽油連絡ダクト 0.P. 12.100, 10.500, 9.500 m 原子炉建屋 0.P. 15.0, 6.0 m (2%減衰)	439	398	○
							疲労 <sup>*3</sup>	

注記\*1: 設計基準対象施設の評価条件を「DB」、重大事故等対処設備の評価条件を「SA」と記載。

\*2: 一次+二次応力の発生値が許容値を上回った場合は、疲労評価を実施する。

\*3: 単位は無次元。

\*4: 設備の固有周期に対応する応答比率の包絡値を耐震計算書の値 (一次+二次応力) に乗じた値を適用。

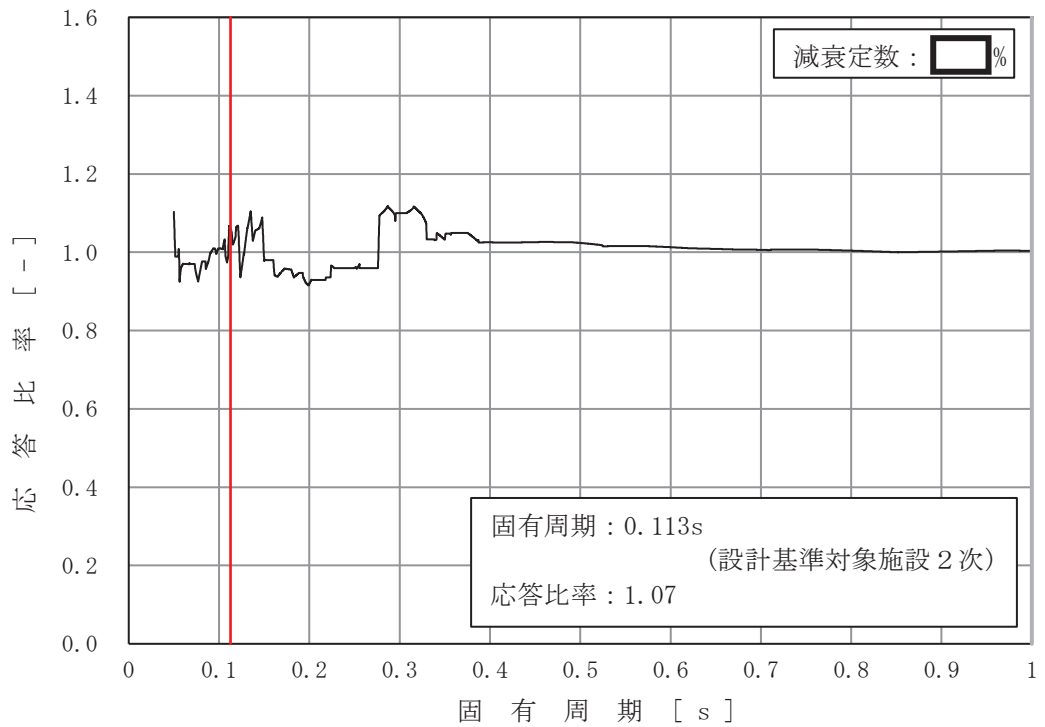


図 3-2-10 燃料プール冷却浄化系配管 (FPC-002) (DB) の条件比率  
(基準地震動 S s, 水平方向: 原子炉建屋 O.P. [ ] m)

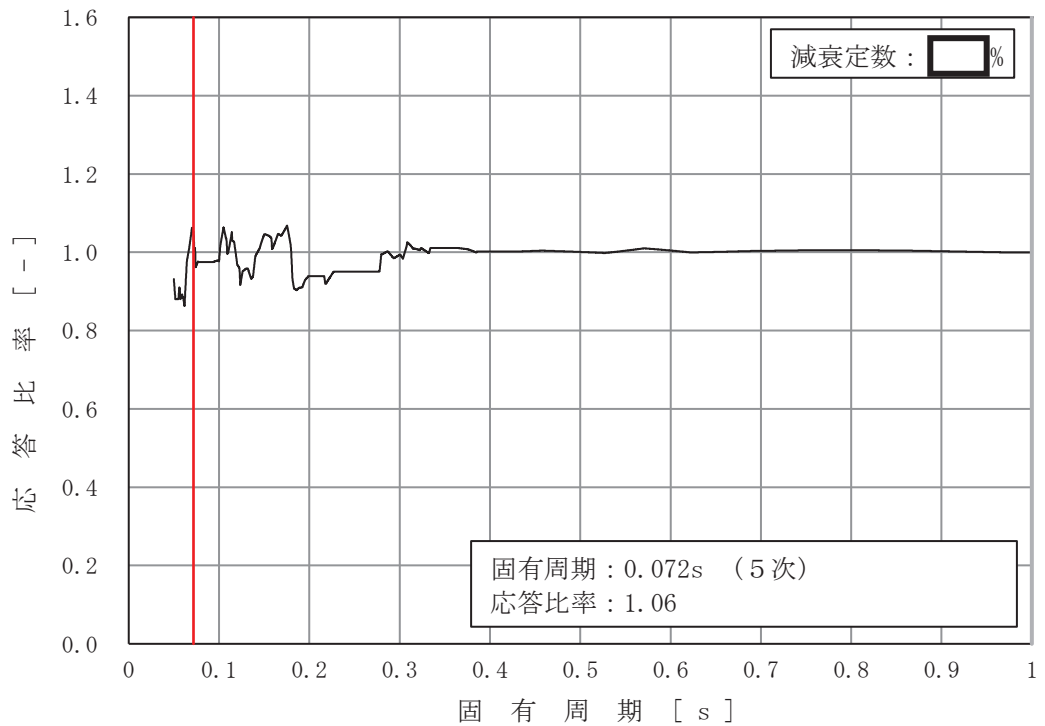


図 3-2-11 原子炉再循環系配管 (PLR-001) の条件比率  
(基準地震動 S s, 水平方向: 原子炉本体の基礎 O.P. [ ] m)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

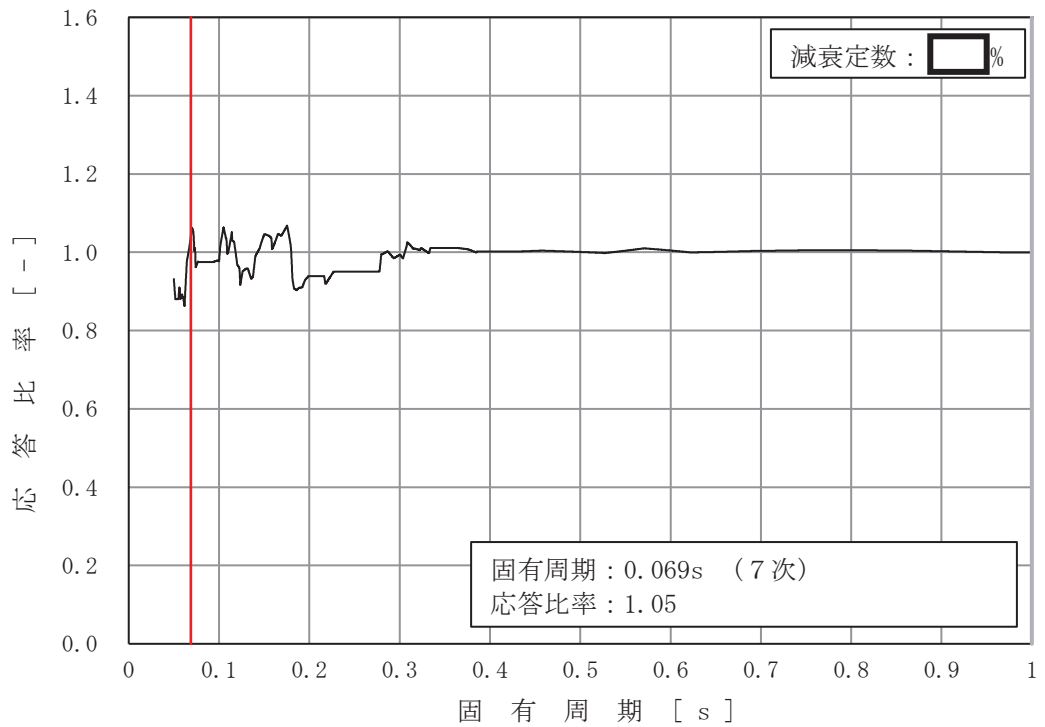


図 3-2-12 原子炉再循環系配管 (PLR-002) の条件比率  
 (基準地震動 S s, 水平方向: 原子炉本体の基礎 O.P. [ ] m)

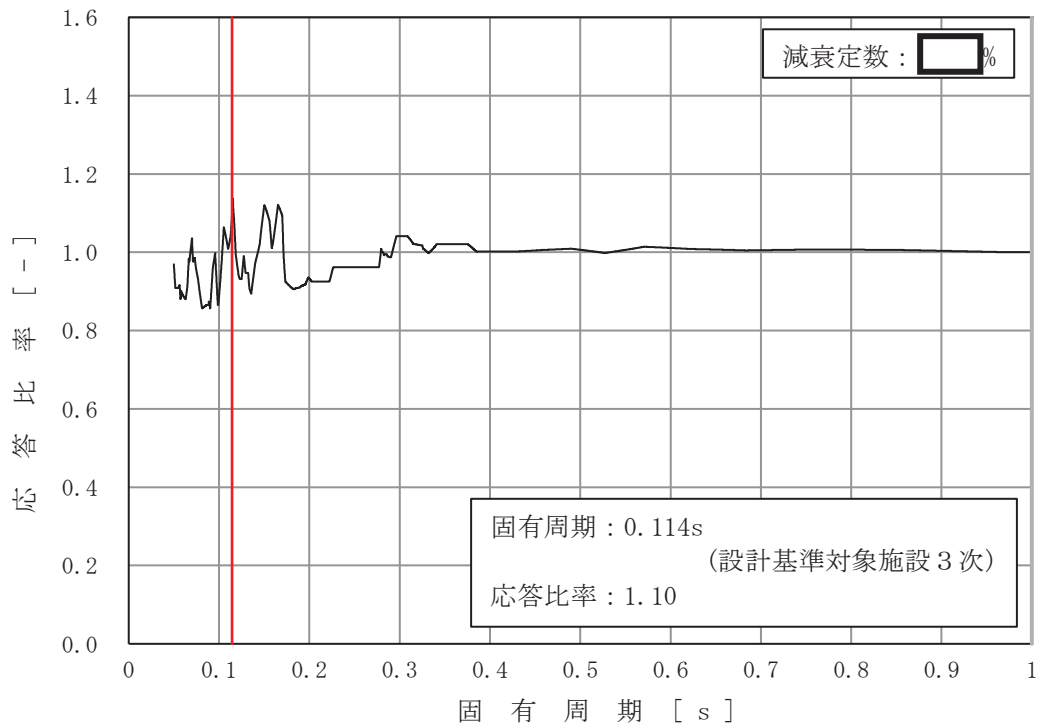


図 3-2-13 主蒸気系配管 (MS-001 クラス 1) (DB) の条件比率  
 (基準地震動 S s, 水平方向: 原子炉しゃへい壁 O.P. [ ] m)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



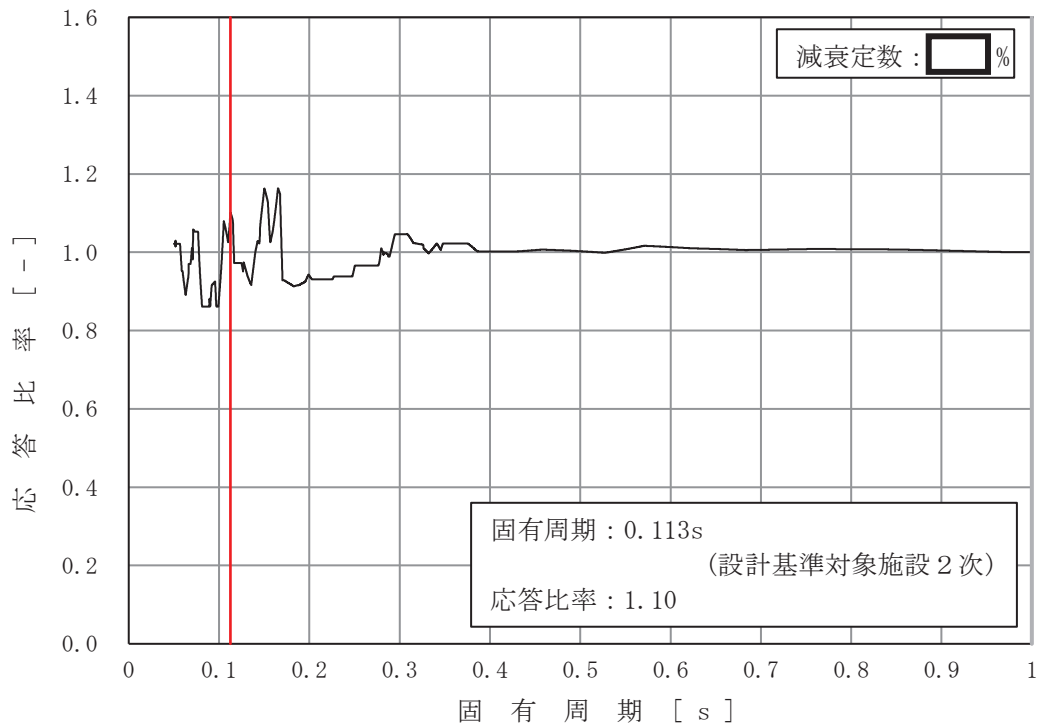


図 3-2-14 主蒸気系配管 (MS-003 クラス1) (DB) の条件比率  
 (基準地震動 S s, 水平方向: 原子炉しゃへい壁 O.P. [ ] m)

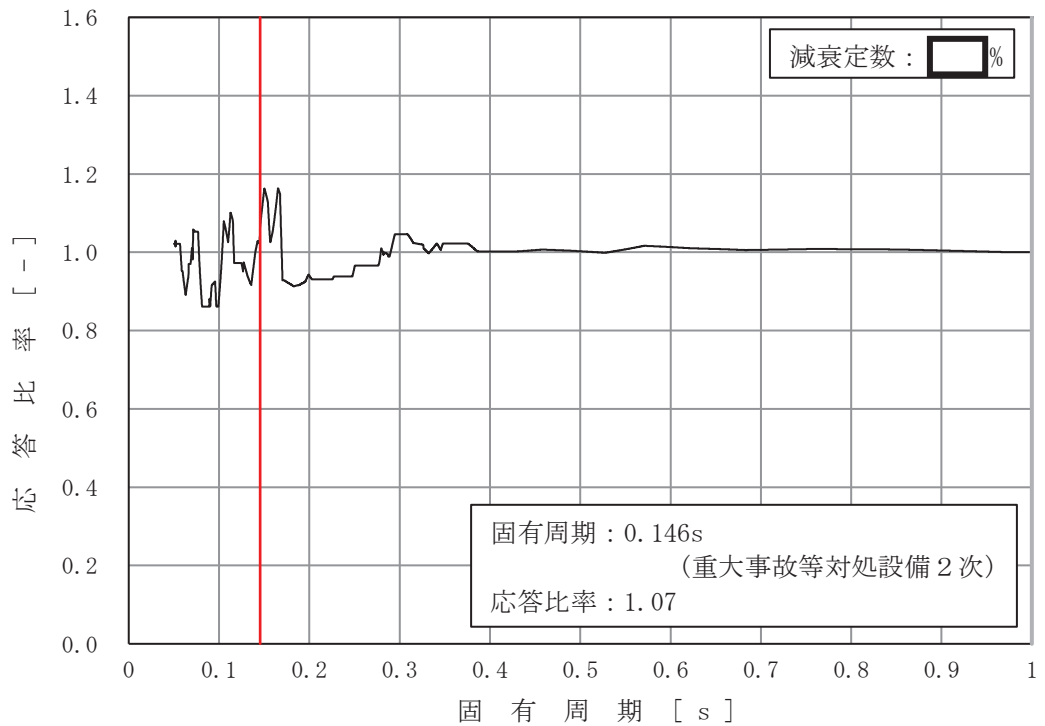


図 3-2-15 主蒸気系配管 (MS-004) (SA) の条件比率  
 (基準地震動 S s, 水平方向: 原子炉しゃへい壁 O.P. [ ] m)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

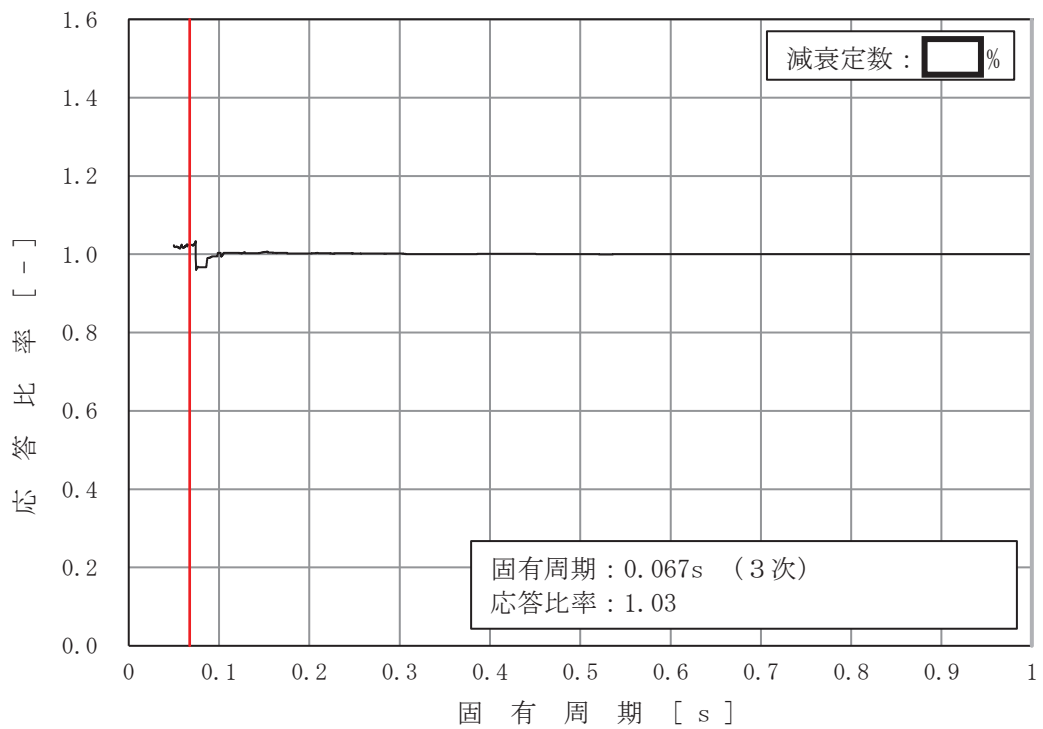


図 3-2-16 残留熱除去系配管 (RHR-003) の条件比率  
 (基準地震動 S s, 鉛直方向: 原子炉しゃへい壁 O.P. [ ] m)

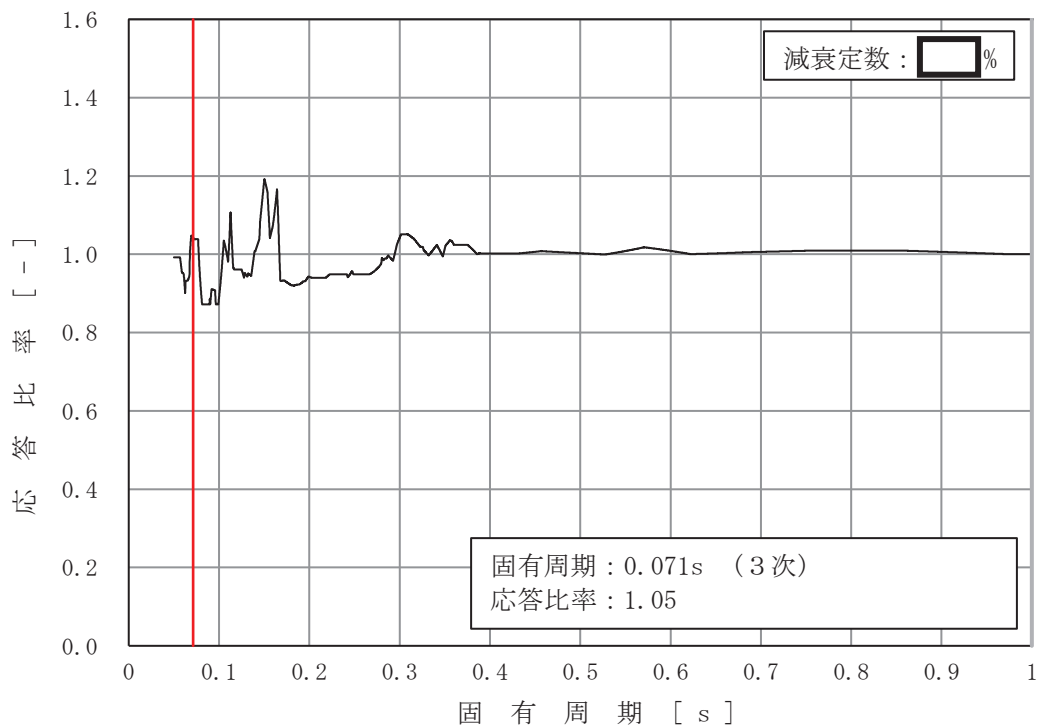


図 3-2-17 残留熱除去系配管 (RHR-004) の条件比率  
 (基準地震動 S s, 水平方向: 原子炉しゃへい壁 O.P. [ ] m)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

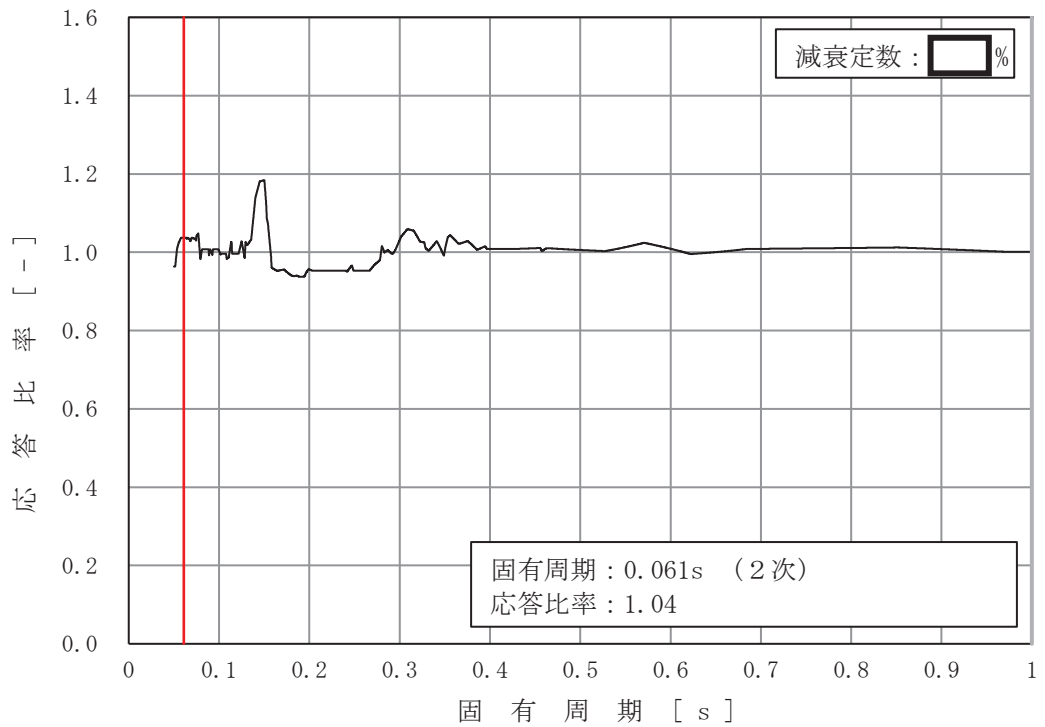


図 3-2-18 残留熱除去系配管 (RHR-005) の条件比率  
 (基準地震動 S s, 水平方向: 原子炉格納容器 O.P. [ ] m)

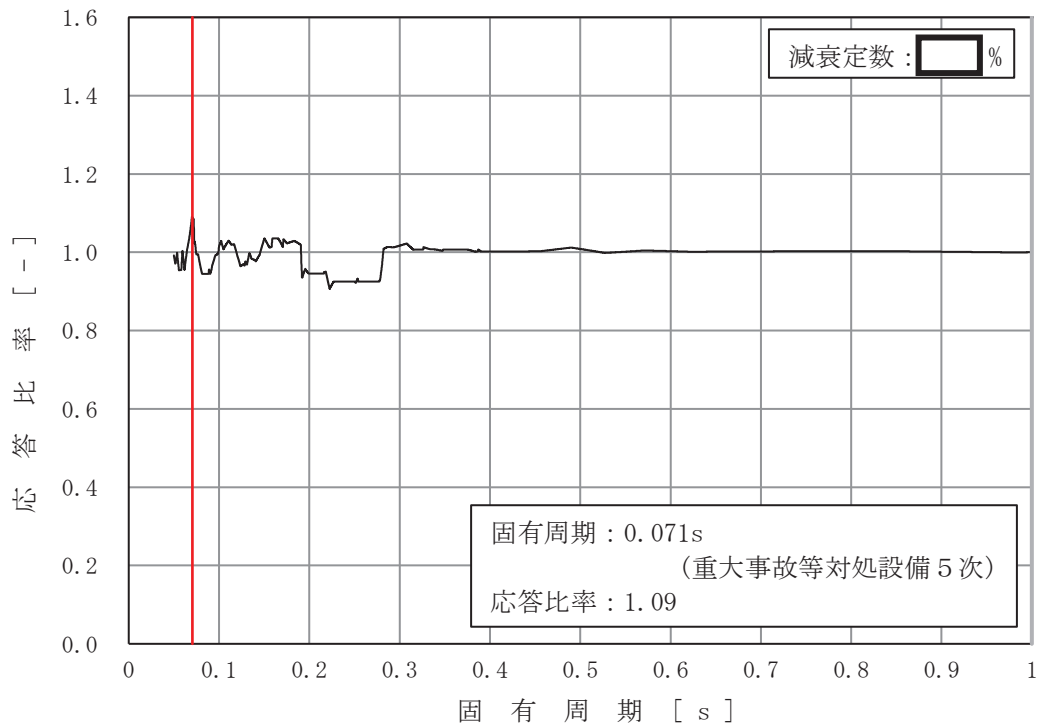


図 3-2-19 残留熱除去系配管 (RHR-010) (SA) の条件比率  
 (基準地震動 S s, 水平方向: 原子炉建屋 O.P. [ ] m)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

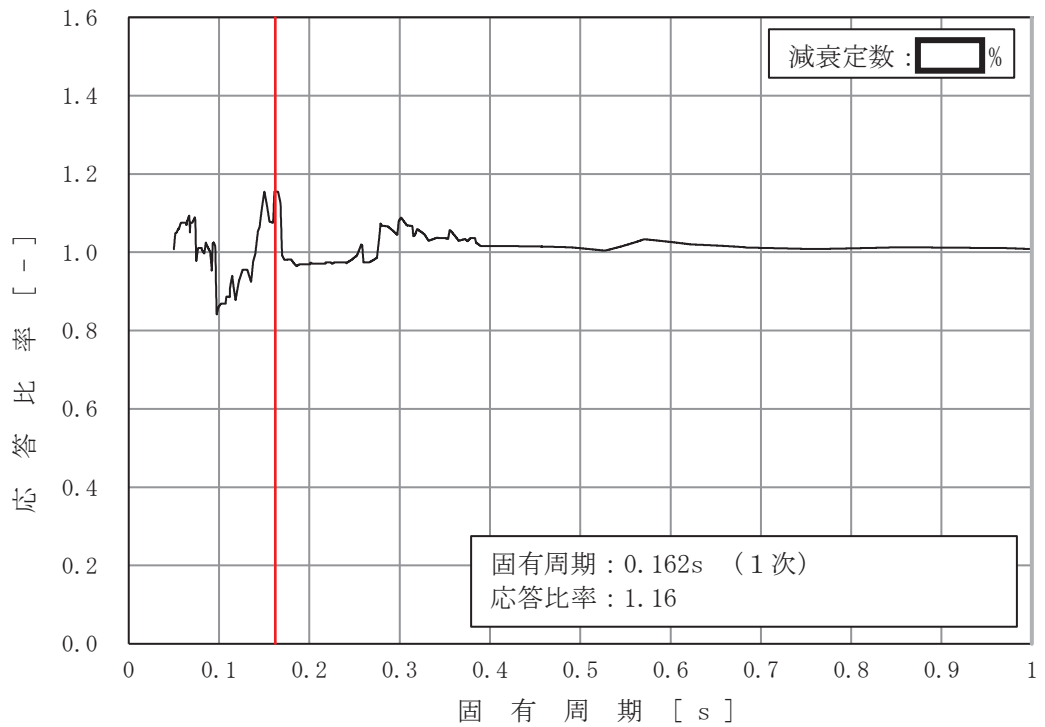


図 3-2-20 原子炉補機冷却水系配管 (KRCW-205) の条件比率  
(基準地震動 S s, 水平方向: 原子炉建屋 O.P. [ ] m)

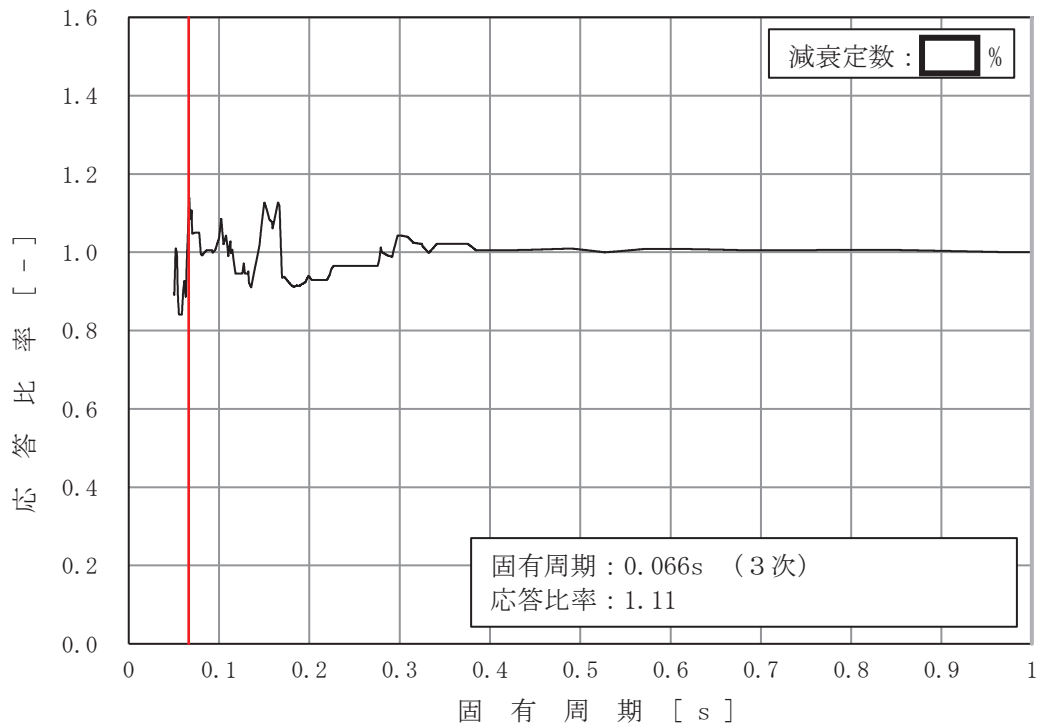


図 3-2-21 制御棒駆動水圧系配管 (CRD-005-1) の条件比率  
(基準地震動 S s, 水平方向: 原子炉格納容器 O.P. [ ] m)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

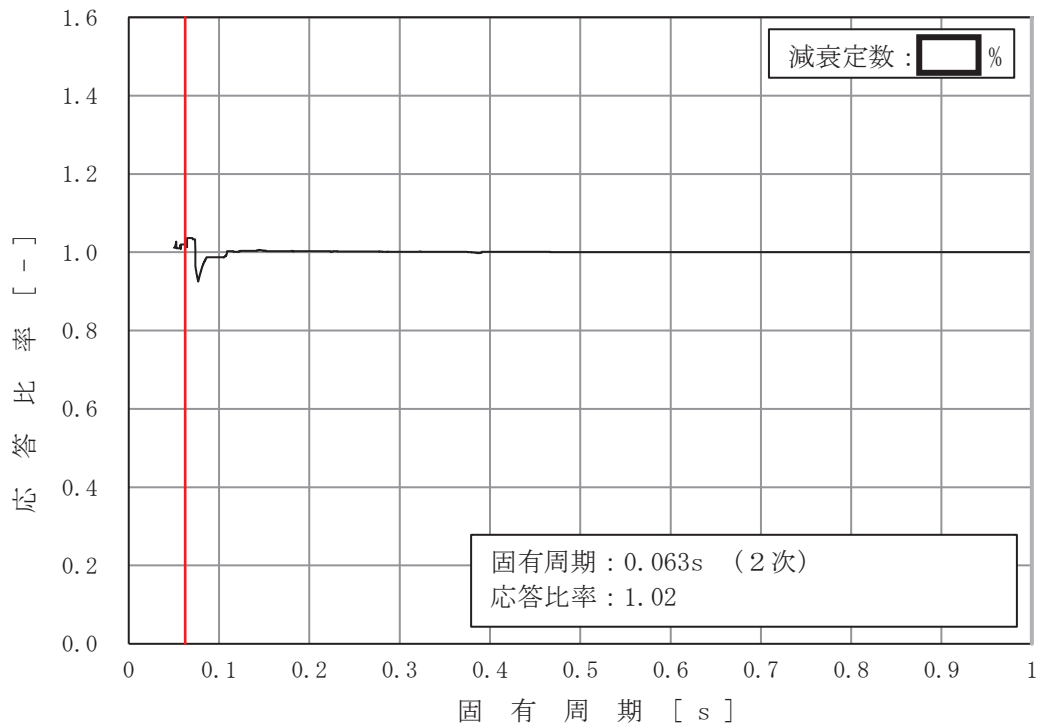


図 3-2-22 制御棒駆動水圧系配管 (CRD-017-3) の条件比率  
 (基準地震動 S s, 鉛直方向: 制御棒駆動機構ハウジング O.P. [ ] m)

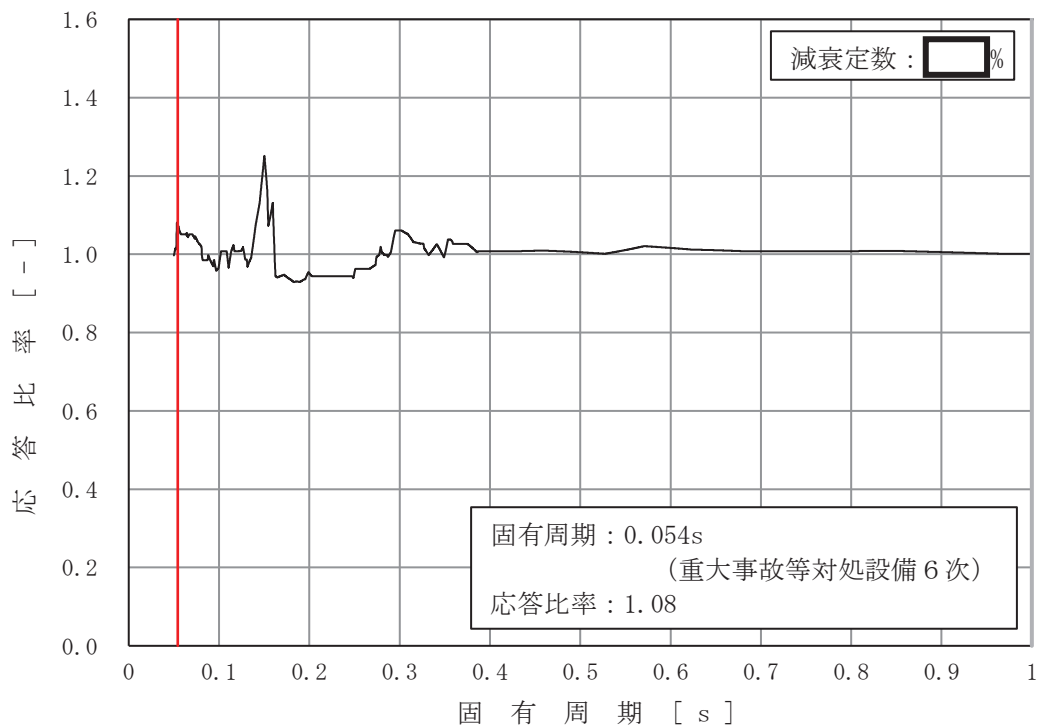


図 3-2-23 ほう酸水注入系配管 (SLC-003) (SA) の条件比率  
 (基準地震動 S s, 水平方向: 原子炉格納容器 O.P. [ ] m)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

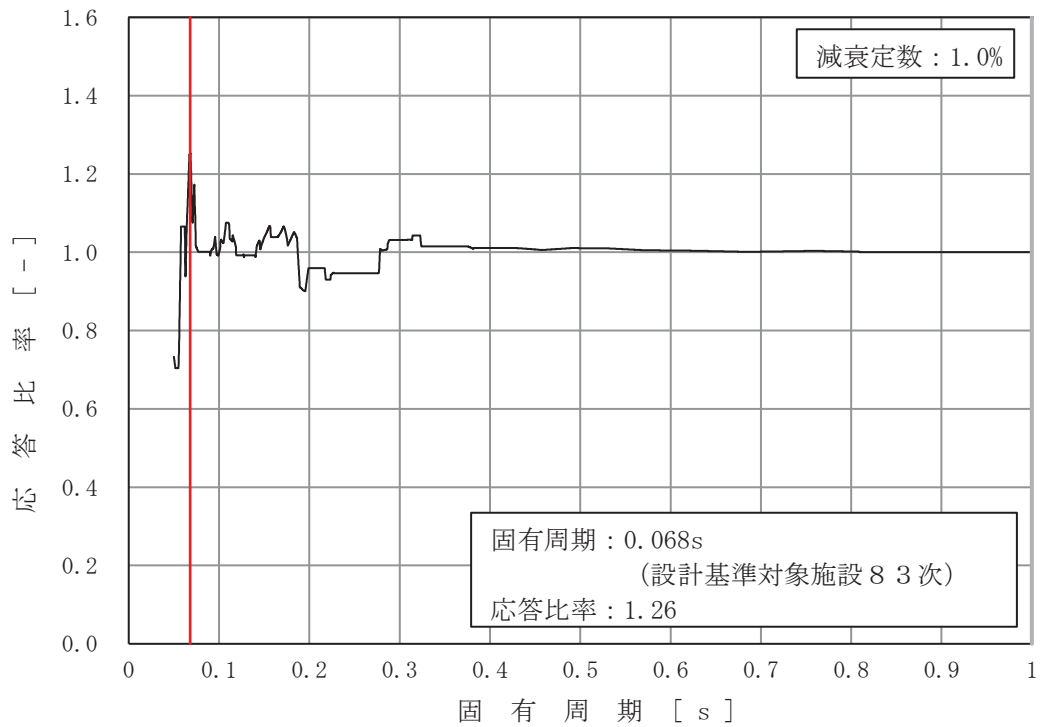


図 3-2-24 ドライウェルベント開口部, ダウンカメラ, ベント管 (DB) の条件比率  
(基準地震動 S s, 水平方向: 原子炉格納容器 O.P.  m)

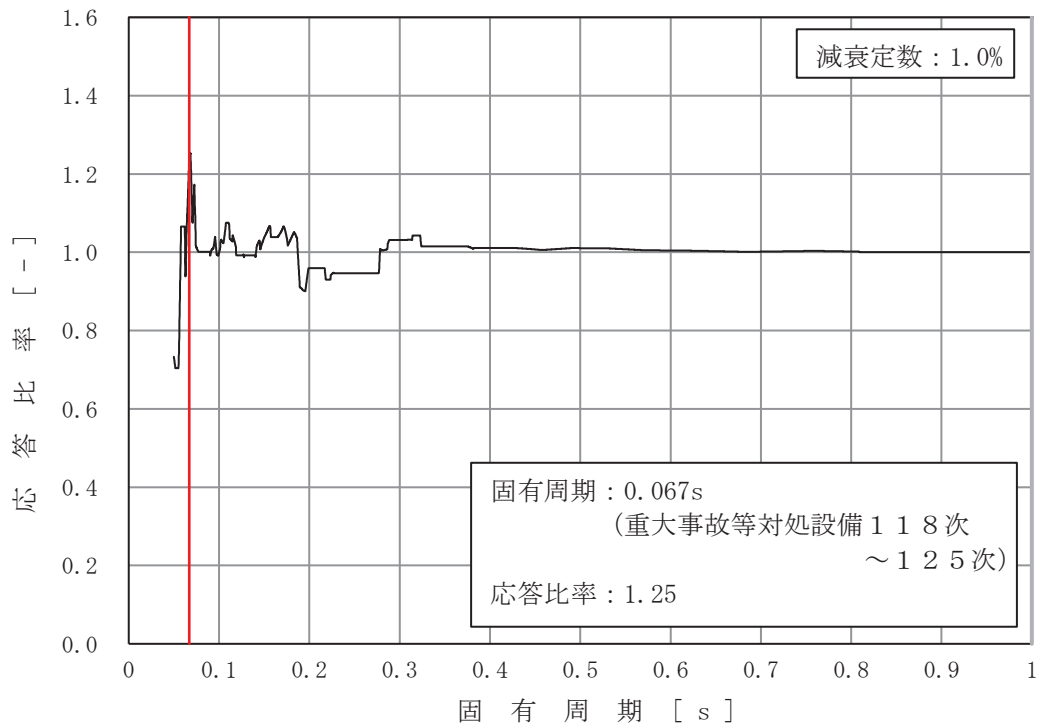


図 3-2-25 ドライウェルベント開口部, ダウンカメラ, ベント管 (SA) の条件比率  
(基準地震動 S s, 水平方向: 原子炉格納容器 O.P.  m)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

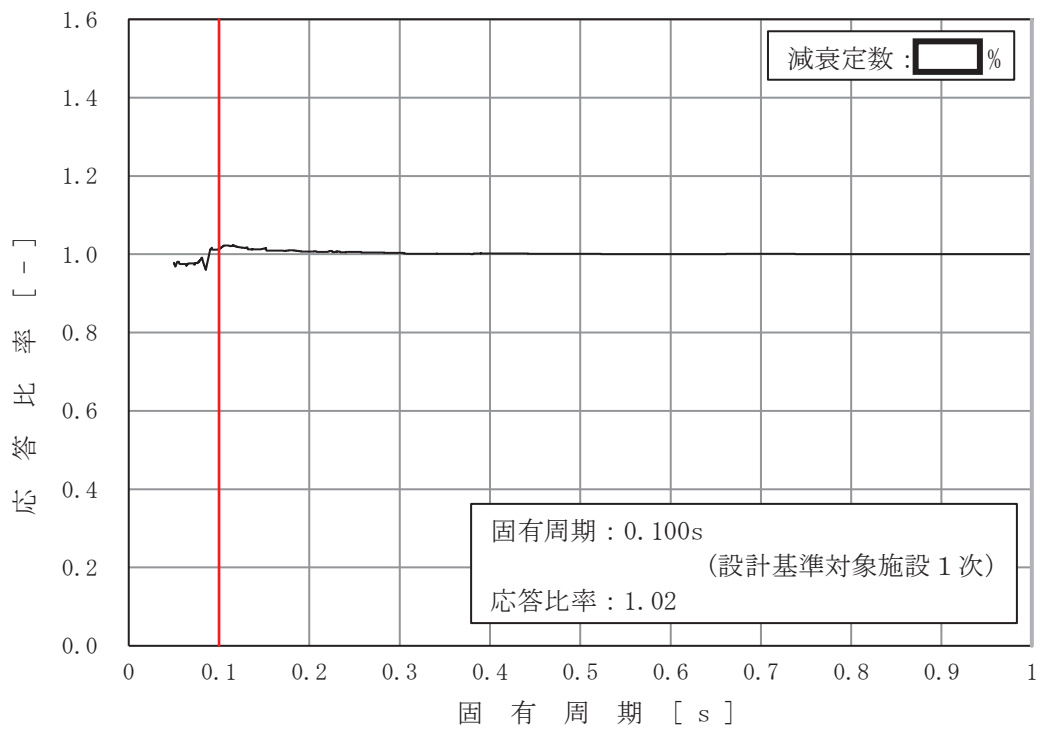


図 3-2-26 可燃性ガス濃度制御系配管 (FCS-006) (DB) の条件比率  
(基準地震動 S s, 鉛直方向: 原子炉建屋 O.P. [ ] m)

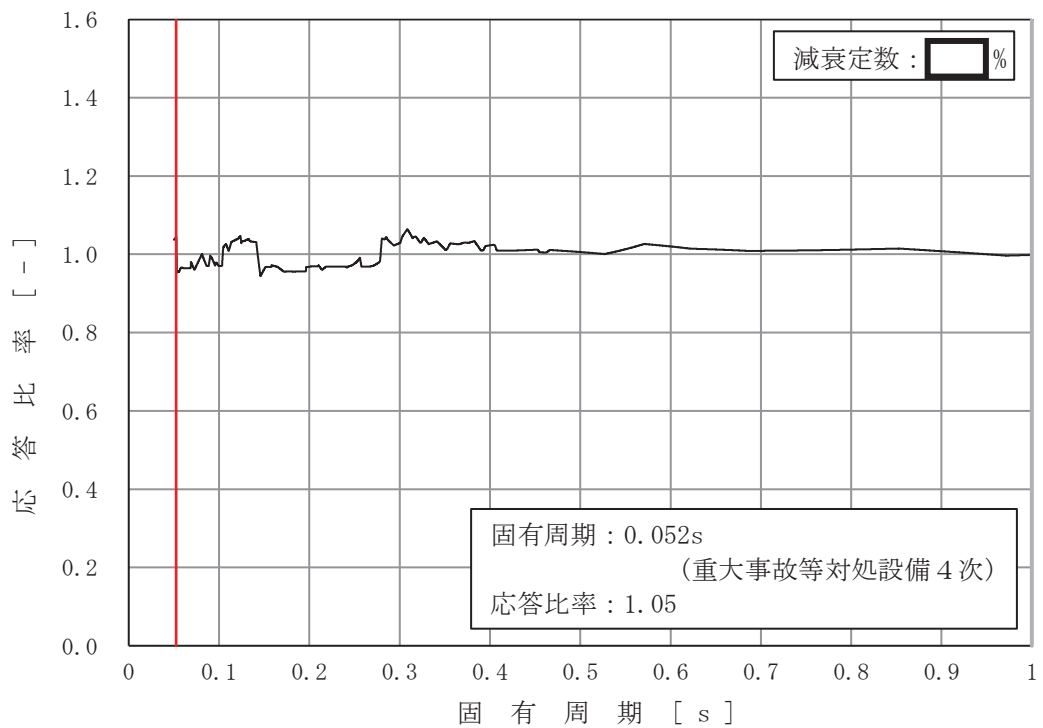


図 3-2-27 原子炉格納容器フィルタベント系配管 (FCVS-003) (SA) の条件比率  
(基準地震動 S s, 水平方向: 原子炉建屋 O.P. [ ] m)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

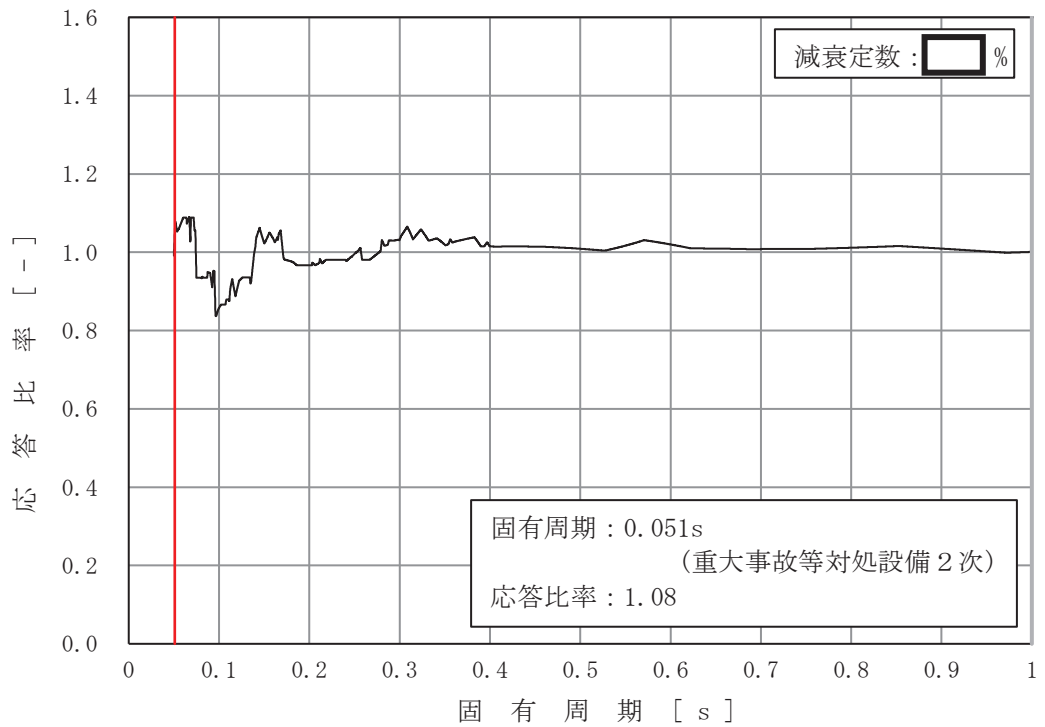


図 3-2-28 原子炉格納容器フィルタベント系配管 (FCVS-004) (SA) の条件比率  
 (基準地震動 S s, 水平方向: 原子炉建屋 O.P. [ ] m)

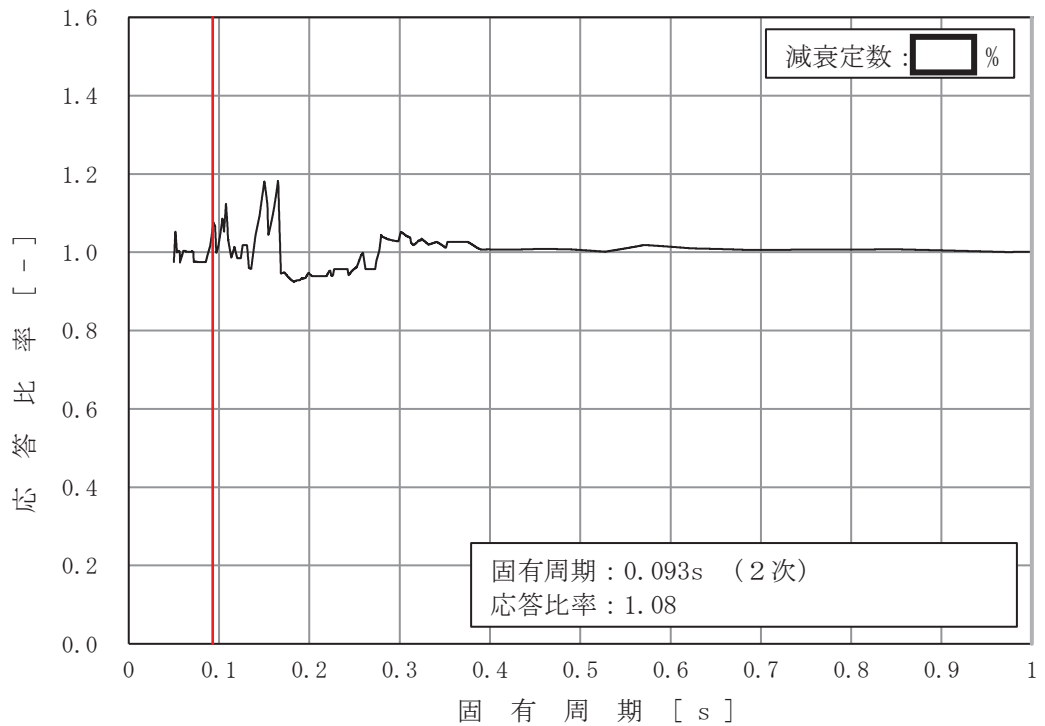


図 3-2-29 非常用ディーゼル発電設備配管 (DGDO-B008) の条件比率  
 (基準地震動 S s, 水平方向: 原子炉建屋 O.P. [ ] m)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



(2) 追加検討結果

「3.2.1 検討方針」に示す原子炉建屋における改造工事に伴う重量増加を反映した影響検討フロー（図 3-2-1）に基づき、実施した制御棒挿入性評価の詳細評価の結果、補強反映耐震条件 60.2 mm（工認評価に用いる燃料集合体相対変位 54.2 mm）×応答比率（1.11，別紙 6-1 表 4-7 参照）が許容値 60mm を上回ったことを踏まえ、図 3-2-1 の影響検討フローに従い追加検討を行う。

追加検討は、以下の手順により検討した。なお、検討に用いる地震動は、燃料集合体相対変位が最大となる基準地震動  $S_s - D2$  を用いている。

- ① 工認モデルによる材料物性の不確かさを考慮する検討ケース\*ごとに応答比率を考慮した燃料集合体相対変位（各検討ケースの燃料集合体相対変位×応答比率（1.11）\*<sup>2</sup>）を確認し、確認済相対変位を上回る検討ケース（ケース 3）を抽出（表 3-2-7 参照）。
- ② 抽出した検討ケースの地震応答解析モデルに改造工事に伴う重量増加を反映した地震応答解析モデルを作成。
- ③ 作成した地震応答解析モデルを用いて地震応答解析を行い、燃料集合体相対変位（55.2 mm）が確認済相対変位（60 mm）以下となることを確認。

対象の確認結果を表 3-2-7 に、追加検討結果を表 3-2-8 に示す。

検討結果から、発生値（燃料集合体相対変位 55.2m）が許容値（確認済相対変位 60mm）以下となることを確認した。

注記\*：添付書類「VI-2-3-2 炉心，原子炉圧力容器及び原子炉内部構造物並びに原子炉格納容器及び原子炉本体の基礎の地震応答計算書」に示す検討ケース

表 3-2-7 各検討ケースにおける制御棒挿入性評価

工認モデルによる材料物性の不確かさを考慮する検討ケース	燃料集合体相対変位 (mm) (NS/EW 包絡)	応答比率を考慮した燃料集合体相対変位 (燃料集合体相対変位×応答比率 (1.11) )	確認済相対変位 (mm)	追加検討ケース*
ケース 1 (基本ケース)	47.7	53.0	60	—
ケース 2	50.5	56.1		—
ケース 3	54.2	60.2		○
ケース 4	39.9	44.3		—
ケース 5	40.6	45.1		—
ケース 6	39.0	43.3		—
ケース 7	48.0	53.3		—

注記\*：応答比率を考慮した燃料集合体相対変位が許容値 60mm を上回るケースを追加検討ケースとする。

表 3-2-8 追加検討結果

検討ケース	入力地震動	燃料集合体相対変位 (mm)	確認済相対変位 (mm)	影響検討結果
ケース 3	S s - D 2	55.2	60	○

### (3) 耐震計算書との比較

表 3-2-9 に原子炉建屋の設備の補強や追加等の改造工事に伴う重量増加による影響を踏まえた詳細評価による発生値と耐震計算書に記載の発生値との比較結果を示す。表 3-2-9 のとおり、詳細評価の結果が耐震計算結果を上回る設備は 9 設備であることを確認した。よって、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、これら 9 設備の評価結果を添付書類「VI-2-2-1 原子炉建屋の地震応答計算書」に反映することとした。

表 3-2-9 詳細評価による発生値と耐震計算書に記載の発生値との比較結果(1/3)

設備名称	評価条件*1	評価部位	応力分類	詳細評価による発生値(MPa)*2 (基準地震動 S s)	耐震計算書に記載の発生値(MPa)*2 (基準地震動 S s)	比較結果*3
シユラウドサボート	DB	レヅ	軸圧縮	204	189	○
燃料プールの冷却浄化系 熱交換器	DB	胴板	一次＋二次応力	667	675	-
			疲労*4	0.30	0.31	
燃料プールの冷却浄化系配管 (FPC-002)	DB	配管本体	一次＋二次応力	426	436	-
			疲労*4	0.0025	0.0034	
原子炉再循環系配管 (PLR-001)	DB	配管本体	一次＋二次応力	626	663	-
			疲労*4	0.1868	0.2091	
原子炉再循環系配管 (PLR-002)	DB	配管本体	一次＋二次応力	629	657	-
			疲労*4	0.2701	0.3181	
主蒸気系配管 (MS-001)	DB	配管本体	一次＋二次応力	633	684	-
			疲労*4	0.4641	0.614	
主蒸気系配管 (MS-003)	DB	配管本体	一次＋二次応力	596	630	-
			疲労*4	0.2885	0.3706	
主蒸気系配管 (MS-004)	SA	配管本体	一次＋二次応力	484	468	○
			疲労*4	0.9135*5	0.8529	

注記\*1：設計基準対象施設の評価条件を「DB」、重大事故等対処設備の評価条件を「SA」と記載。

\*2：一次＋二次応力の発生値が許容値を上回った場合は、疲労評価を実施する。

\*3：詳細評価による発生値が耐震計算書に記載の発生値を上回る場合「○」を記載。

\*4：単位は無次元。

\*5：設備の全固有周期に応じた等価繰返し回数 of 包絡値として、個別に設定する等価繰返し回数 181 回を適用。

表 3-2-9 詳細評価による発生値と耐震計算書に記載の発生値との比較結果(2/3)

設備名称	評価条件*1	評価部位	応力分類	詳細評価による発生値(MPa)*2 (基準地震動S s)	耐震計算書に記載の発生値(MPa)*2 (基準地震動S s)	比較結果*3
残留熱除去系熱交換器	DB	銅板	一次+二次応力	776	783	—
			疲労*4	0.36	0.38	—
残留熱除去系配管 (RHR-003)	DB	配管本体	一次+二次応力	664	680	—
			疲労*4	0.5066	0.5620	—
残留熱除去系配管 (RHR-004)	DB	配管本体	一次+二次応力	338	370	—
			疲労*4	0.0647	0.0887	—
残留熱除去系配管 (RHR-005)	DB	配管本体	一次+二次応力	623	675	—
			疲労*4	0.5037	0.6667	—
残留熱除去系配管 (RHR-010)	SA	配管本体	一次+二次応力	406	422	—
			一次+二次応力	442	440	○
原子炉補機冷却水系配管 (KRCW-205)	DB	—	相対変位*5	60.2	54.2	○
			一次+二次応力	292	292	—
制御棒駆動水圧系配管 (CRD-005-1)	DB	配管本体	一次+二次応力	420	434	—
			疲労*4	0.7312	0.8674	—
ほう酸水注入系配管 (SLC-003)	SA	配管本体	一次+二次応力	195	211	—
			一次+二次応力	445	432	○
ドライウエルベント開口部	SA	ドライウエルベント開口部	一次+二次応力	488	460	○

注記\*1：設計基準対象施設の評価条件を「DB」、重大事故等対処設備の評価条件を「SA」と記載。

\*2：一次+二次応力の発生値が許容値を上回った場合は、疲労評価を実施する。

\*3：詳細評価による発生値が耐震計算書に記載の発生値を上回る場合「○」を記載。

\*4：単位は無次元。

\*5：単位は「mm」。

表 3-2-9 詳細評価による発生値と耐震計算書に記載の発生値との比較結果(3/3)

設備名称	評価条件*1	評価部位	応力分類	詳細評価による発生値(MPa)*2 (基準地震動S s)	耐震計算書に記載の発生値(MPa)*2 (基準地震動S s)	比較結果*3
ダウンカメラ	DB	エンドプレート (上側)	一次応力 (組合せ)	255	248	
		ベントヘッド (一般部以外)	一次+二次応力	530	516	○
	SA	エンドプレート (上側)	疲労*4	0.317	0.284	
			一次+二次応力 (組合せ)	261	247	
ベント管	DB	ベントヘッド (一般部以外)	一次+二次応力	628	592	○
			疲労*4	0.771	0.547	
	SA	ベント管 (一般部以外)	一次+二次応力	382	371	○
			疲労*4	444	418	○
可燃性ガス濃度制御系配管 (FCS-006)	DB	配管本体	一次+二次応力	204*5	200	○
			疲労*4	0.6142*5	0.5717	
	SA	配管本体	一次+二次応力	294	302	
			疲労*4	0.3510	0.3849	-
原子炉格納容器フィルタ ベント系配管 (FCVS-003)	DB	配管本体	一次+二次応力	278	274	○
			疲労*4	0.4072	0.3833	
	SA	配管本体	一次+二次応力	439	439	
			疲労*4	0.3983	0.4011	-

注記\*1：設計基準対象施設の評価条件を「DB」、重大事故等対処設備の評価条件を「SA」と記載。

\*2：一次+二次応力の発生値が許容値を上回った場合は、疲労評価を実施する。

\*3：詳細評価による発生値が耐震計算書に記載の発生値を上回る場合「○」を記載。

\*4：単位は無次元。

\*5：設備の固有周期に対応する応答比率の包絡値を耐震計算書の値（一次+二次応力）に乗じた値を適用。

#### 4. 検討結果

改造工事に伴う重量増加の影響検討について、影響検討フローに従った検討を行い、以下の内容を確認した。

- ・改造工事に伴う重量増加を反映して作成した補強反映モデルを作成し、基準地震動  $S_s - D2$  に対する補強反映モデルの応答及び工認モデルの応答の比から応答比率を算定した。また、算定した応答比率を基準地震動  $S_s$  に対する工認モデルの応答に乗じることで補強反映耐震条件を作成した。補強反映耐震条件と工認モデルの応答から作成した耐震計算に用いる耐震条件との条件比率を作成した。
- ・簡易評価の結果、一部の設備（25 設備）を除き、条件比率が設備の裕度以下となることを確認した。
- ・簡易評価において条件比率が設備の裕度を上回る 25 設備に対して、詳細評価として補強反映耐震条件による耐震計算を行い、制御棒挿入性評価を除く 24 設備については、発生値が許容値以下となることを確認した。
- ・詳細評価において発生値が許容値を上回った制御棒挿入性評価に対する追加検討を行った。追加検討の結果、改造工事に伴う重量増加を反映して作成した地震応答解析モデルを用いて地震応答解析を行い、発生値が許容値以下となることを確認した。

以上の結果から、改造工事に伴う重量増加の影響を考慮しても機器・配管系の耐震性が確保されることを確認した。なお、詳細評価の結果が耐震計算結果を上回る設備は 9 設備であり、これら 9 設備の評価結果を添付書類「VI-2-2-1 原子炉建屋の地震応答計算書」に反映することとした。

別紙 6-1 改造工事に伴う重量増加による建屋—機器連成  
地震応答解析結果に与える影響



## 目 次

1. 概要	別紙 6-1- 1
2. 検討方針	別紙 6-1- 1
3. 検討条件	別紙 6-1- 1
3.1 補強等に伴う重量増加	別紙 6-1- 1
3.2 解析モデル	別紙 6-1- 9
4. 解析結果	別紙 6-1-16

## 1. 概要

本資料は、建屋－機器連成地震応答解析モデルにおいて、補強等の改造工事に伴う質量の増加分を考慮した地震応答解析を実施し、「建屋－機器連成地震応答解析結果」に与える影響について確認するものである。

## 2. 検討方針

添付書類「VI-2-3-2 炉心，原子炉圧力容器及び原子炉内部構造物並びに原子炉格納容器及び原子炉本体の基礎の地震応答計算書」に示す工認評価に用いている質点系モデル（以下、「工認モデル」という。）では、添付書類「VI-2-2-1 原子炉建屋の地震応答計算書 別紙 原子炉建屋における改造工事に伴う重量増加を反映した地震応答解析」（以下「地震応答計算書の別紙」という。）の3.2.1項の表3-5に示すとお<sup>り</sup>，既工認\*の質点系モデルからオペフロ耐震補強等，応答性状に影響を与える質量の変更を考慮している。

本検討では，上述した補強等の質量変更に加え，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安全対策工事等による質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。）と工認モデルの応答値を比較することにより，質量変更による建屋－機器連成地震応答解析モデルの応答への影響を確認する。

なお，影響検討は別紙6「改造工事に伴う重量増加を反映した検討」と同様に基準地震動  $S_s - D_2$  に対して実施することとする。

注記\*：女川原子力発電所2号機

『既工事計画認可申請書 添付資料IV-2-3「原子炉本体の基礎の地震応答計算書」（元資庁第2015号平成元年6月8日認可）』

『既工事計画認可申請書 添付資料IV-2-2-1「炉心，原子炉圧力容器及び圧力容器内部構造物の地震応答計算書」（3資庁第10518号平成4年1月13日認可）』

## 3. 検討条件

### 3.1 補強等に伴う増加質量

補強等に伴う増加質量の総質量は約4,570tであり，そのうち建物・構築物の増加質量は約770t，機器・配管系の増加質量は約3800tである。原子炉建屋の重量増加の内訳を表3-1に示す。なお，地震応答解析モデルの諸元の変更箇所は原子炉建屋の質点質量及び回転慣性質量並びにと原子炉格納容器，ベント管，原子炉しゃへい壁及び原子炉本体基礎の質点質量のみである。

補強等に伴う増加質量と補強後の変更となる補強反映モデルの原子炉建屋及び大型機器（原子炉本体の基礎等）の振動諸元を表3-2～表3-4に示す。

表 3-1 原子炉建屋の重量増加の内訳

	項目	合計質量(t)
建物・構築物	屋上水素ベント飛来物防護対策	774
	屋根トラス補強（サブトラス・母屋）	
	竜巻防護フード	
	フィルタ装置設置に伴う建屋改造	
	各部の防護扉	
	3時間耐火要求扉	
機器・配管系	サプレッションチェンバの耐震補強	200
	フィルタ装置設置	182
	原子炉格納容器ベント系の耐震補強	85
	原子炉建屋ブローアウトパネル閉止装置設置	51
	燃料交換機の耐震補強	22
	代替循環冷却ポンプ設置	14
	直流駆動低圧注水系ポンプ設置	11
	高圧代替注水系タービンポンプ設置	4
	静的触媒式水素再結合装置設置	3
	その他機器追加重量（電源盤設置等）	811
	その他配管追加重量（原子炉格納容器フィルタベント系，低圧代替注水系，高圧代替注水系，燃料プール代替注水系，代替循環冷却系設置等）	2413

表 3-2(1/2) 原子炉建屋の振動諸元 (NS 方向)

質点 番号*	標高 O. P. (m)	工認モデル		質量 増加 (t)	補強反映モデル	
		質量(t)	回転慣性質量 ( $\times 10^4$ t・m)		質量(t)	回転慣性質量 ( $\times 10^4$ t・m)
1(1)	-14.100	46599	2306	0	46599	2306
2(2)	-8.100	76921	3816	490	77411	3841
3(3)	1.150	6957	92	0	6957	92
33(61)	-0.800	6116	304	67	6183	307
34(62)	6.000	5440	270	93	5533	274
35(63)	15.000	4546	225	137	4683	232
36(64)	22.500	2725	135	114	2839	140
37(65)	33.200	1765	87	58	1823	90
38(66)	-0.800	11380	714	99	11479	720
39(67)	6.000	11993	787	195	12188	800
40(68)	15.000	10817	710	311	11128	730
41(69)	22.500	11237	684	294	11531	702
42(70)	33.200	8368	509	179	8547	520
43(71)	41.200	1788	31	13	1801	31
44(72)	50.500	1055	14	81	1136	15
45(73)	6.000	6311	76	23	6334	76
46(75)	15.000	9533	115	83	9616	116
48(76)	22.500	10722	93	72	10794	94
49(77)	33.200	5964	41	66	6030	42
50(78)	-0.800	17490	1061	66	17556	1065
51(79)	6.000	15818	994	157	15975	1004
52(80)	15.000	13661	858	707	14368	903
53(81)	22.500	15965	943	538	16503	975
54(82)	33.200	10365	612	214	10579	625
55(83)	41.200	1459	25	13	1472	25
56(84)	50.500	1055	14	75	1130	15
57(85)	-0.800	7115	352	38	7153	354
58(86)	6.000	6896	341	41	6937	343
59(87)	15.000	5179	256	106	5285	261
60(88)	22.500	5082	251	112	5194	257
61(89)	33.200	2849	141	24	2873	142

注記\* : 括弧内は、炉内構造物モデルの質点を表す。

表 3-2(2/2) 大型機器（原子炉本体の基礎等）の振動諸元（NS 方向）

構造物*1	質点 番号	標高 O. P. (m)	工認 モデル	質量増加 (t)	補強反映 モデル
			質量 (t)		質量 (t)
原子炉本体の基礎	3(90)			1.57	
	3(90) *2			89.09	
	4(4)			2.09	
	5(5)			1.82	
	6(6)			1.34	
	7(7)			1.2	
原子炉しゃへい壁	16(56)			2	
	17(57)			1.75	
	18(58)			2.46	
	19(59)			1.83	
	20(60)			2.65	
原子炉格納容器*3	21			2.51	
	22			0	
	23			0.01	
	24			0	
	25			0.01	
	26			0	
	27			0	
	28			0	
	29			0	
	30			0	
ベント管*3	31			85	
所員用 エアロック*3	32			0	

注記\*1：本記載以外の構造物の重量変更はない。

\*2：炉内構造物モデルの場合。

\*3：炉内構造物モデルに対応する質点はない。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 3-3(1/2) 原子炉建屋の振動諸元 (EW 方向)

質点 番号*	標高 O. P. (m)	工認モデル		質量 増加 (t)	補強反映モデル	
		質量(t)	回転慣性質量 ( $\times 10^4$ t・m)		質量(t)	回転慣性質量 ( $\times 10^4$ t・m)
1(1)	-14.100	46599	2744	0	46599	2744
2(2)	-8.100	76921	4539	490	77411	4568
3(3)	1.150	6957	92	0	6957	92
33(61)	-0.800	5304	312	38	5342	315
34(62)	6.000	5225	308	50	5275	311
35(63)	15.000	4389	258	168	4557	268
36(64)	22.500	4855	286	132	4987	294
37(65)	33.200	4404	259	161	4565	269
38(66)	-0.800	15438	1115	81	15519	1121
39(67)	6.000	15231	1143	147	15378	1154
40(68)	15.000	13186	989	330	13516	1014
41(69)	22.500	6633	390	186	6819	401
42(70)	15.000	819	10	7	826	10
43(71)	22.500	8090	583	140	8230	594
44(72)	33.200	8250	561	128	8378	570
45(73)	41.200	2030	48	26	2056	48
46(74)	50.500	1055	25	78	1133	27
47(75)	6.000	6311	76	23	6334	76
48(76)	15.000	8714	105	76	8790	106
50(78)	22.500	10722	161	72	10794	162
51(79)	33.200	5964	72	66	6030	73
52(80)	-0.800	14985	1091	102	15087	1098
53(81)	6.000	13359	1012	188	13547	1026
54(82)	15.000	11897	901	345	12242	927
55(83)	22.500	12203	924	315	12518	948
56(84)	33.200	8768	664	157	8925	676
57(85)	41.200	1217	29	0	1217	29
58(86)	50.500	1055	25	78	1133	27
59(87)	-0.800	6374	376	49	6423	379
60(88)	6.000	6332	374	101	6433	380
61(89)	15.000	4731	279	418	5149	303
62(90)	22.500	3228	190	285	3513	207
63(91)	33.200	1925	113	29	1954	115

注記\* : 括弧内は、炉内構造物モデルの質点を表す。

表 3-3(2/2) 大型機器（原子炉本体の基礎等）の振動諸元（EW 方向）

構造物*1	質点 番号	標高 O.P. (m)	工認 モデル	質量増加 (t)	補強反映 モデル
			質量 (t)		質量 (t)
原子炉本体の基礎	3(92)			1.57	
	3(92) *2			89.09	
	4(4)			2.09	
	5(5)			1.82	
	6(6)			1.34	
	7(7)			1.2	
原子炉しゃへい壁	16(56)			2	
	17(57)			1.75	
	18(58)			2.46	
	19(59)			1.83	
	20(60)			2.65	
原子炉格納容器*3	21			2.51	
	22			0	
	23			0.01	
	24			0	
	25			0.01	
	26			0	
	27			0	
	28			0	
	29			0	
	30			0	
ベント管*3	31			85	
所員用 エアロック*3	32			0	

注記\*1：本記載以外の構造物の重量変更はない。

\*2：炉内構造物モデルの場合。

\*3：炉内構造物モデルに対応する質点はない。

表 3-4(1/2) 原子炉建屋の振動諸元 (UD 方向)

質点 番号	標高 O. P. (m)	工認 モデル	質量増加 (t)	補強反映 モデル
		質量 (t)		質量 (t)
1	48.725	1288	45	1333
2	41.200	3247	26	3273
3	33.200	29311	541	29852
4	22.500	48186	1139	49325
5	15.000	43736	1344	45080
6	6.000	46458	509	46967
7	-0.800	51662	280	51942
8	-8.100	71863.9	471.2	72335.1
9	-14.100	46599	0	46599
10	48.725	333	42	375
11	48.725	326	46	372
12	48.725	163	23	186



表 3-4(2/2) 大型機器（原子炉本体の基礎等）の振動諸元（UD 方向）

構造物*1	質点 番号	標高 O. P. (m)	工認 モデル	質量増加 (t)	補強反映 モデル
			質量 (t)		質量 (t)
原子炉本体の基礎	14(14)			1.57	
	14(14) *2			1.57	
	15(15)			2.09	
	16(16)			1.82	
	17(17)			1.34	
	18(18)			1.2	
原子炉しゃへい壁	19(19)			2	
	20(20)			1.75	
	21(21)			2.46	
	22(22)			1.83	
	23(23)			2.65	
原子炉格納容器*3	32			87.51	
	33			0	
	34			0.01	
	35			0	
	36			0.01	
	37			0	
	38			0	
	39			0	
	40			0	
41	0				

注記\*1：本記載以外の構造物の重量変更はない。

\*2：炉内構造物モデルの場合。

\*3：炉内構造物モデルに対応する質点はない。

### 3.2 解析モデル

大型機器系の地震応答解析モデルを図 3-1 に、炉内構造物系の地震応答解析モデルを図 3-2 に示す。地盤ばね定数は「地震応答計算書の別紙」に記載の値を使用する。

また、重量増分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工認モデルの諸元を用いる。

K <sub>1</sub>	原子炉格納容器シヤラダ
K <sub>2</sub>	原子炉格納容器スタビライザ
K <sub>3</sub>	原子炉圧力容器スタビライザ
K <sub>4</sub>	燃料交換ベローズ
K <sub>5</sub>	所員用エアロック
K <sub>6</sub>	ベント管

記号	内容
●	質点
—	はり
—	水平ばね
—	回転ばね

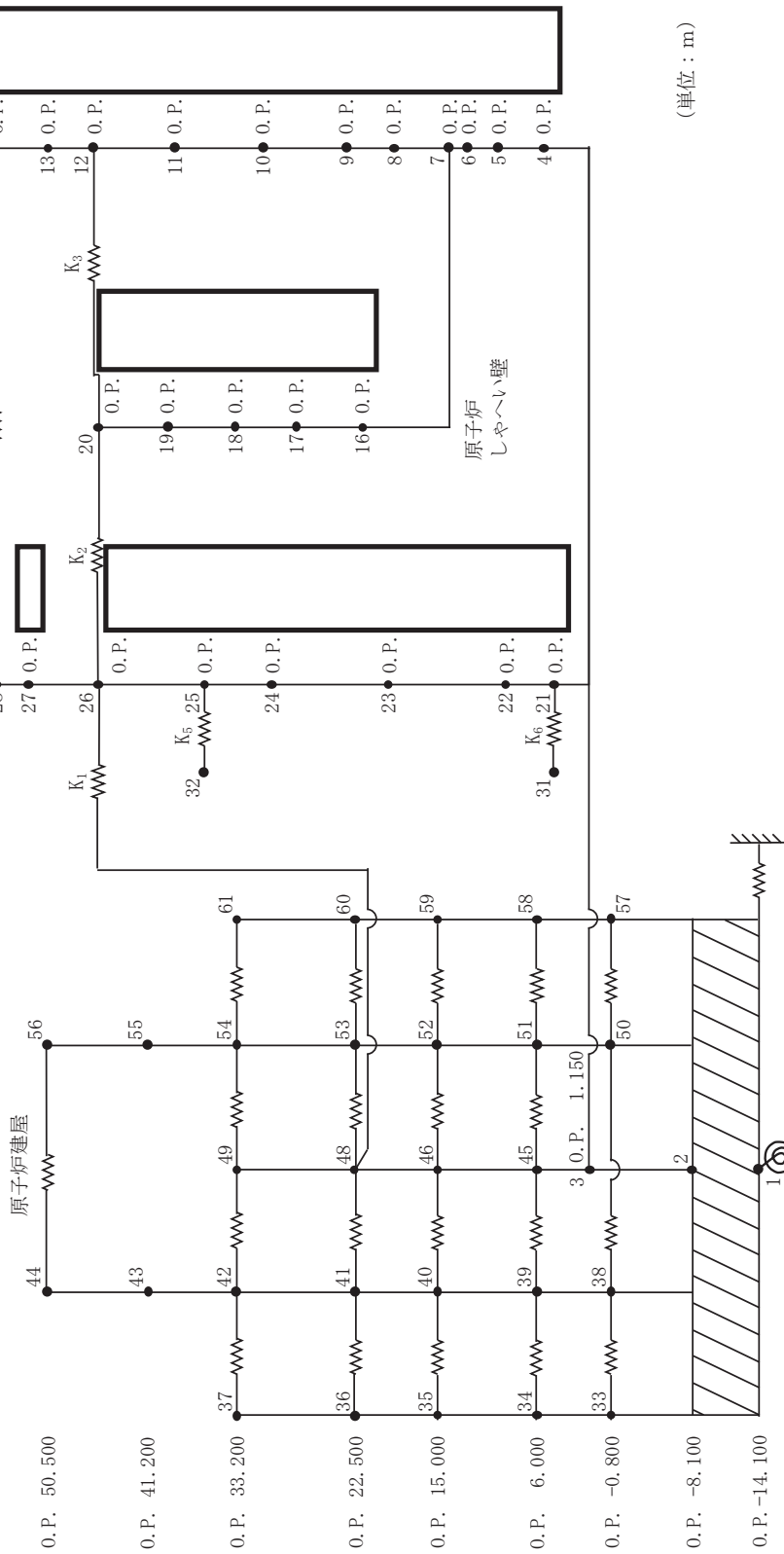


図 3-1(1/3) 大型機器系地震応答解析モデル (NS 方向)



$K_0$	トラス端部回転拘束ばね
-------	-------------

記号	内容
●	質点
—	軸ばね (構造物)
—	はり (屋根トラス部)
⊗	回転ばね
⊚	鉛直ばね (地盤)

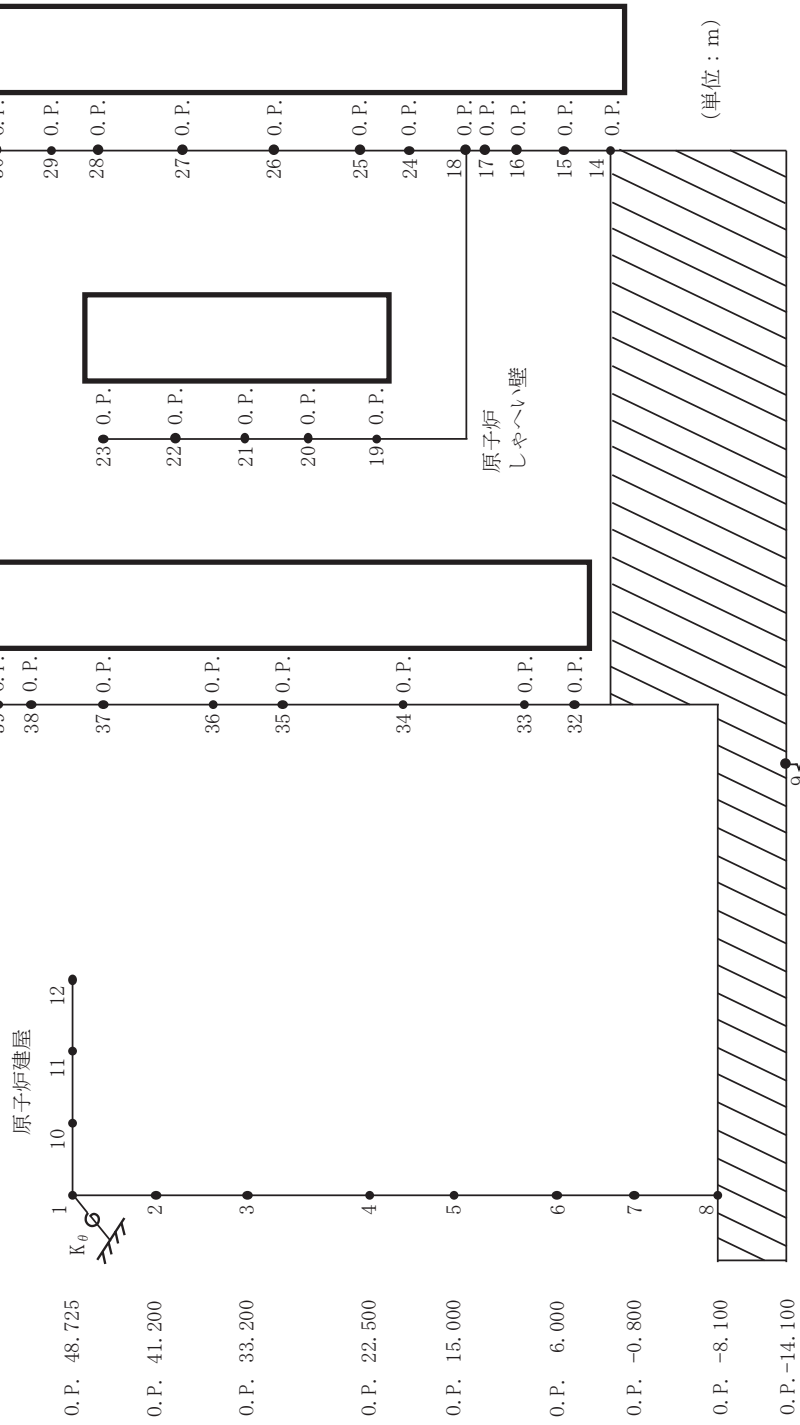
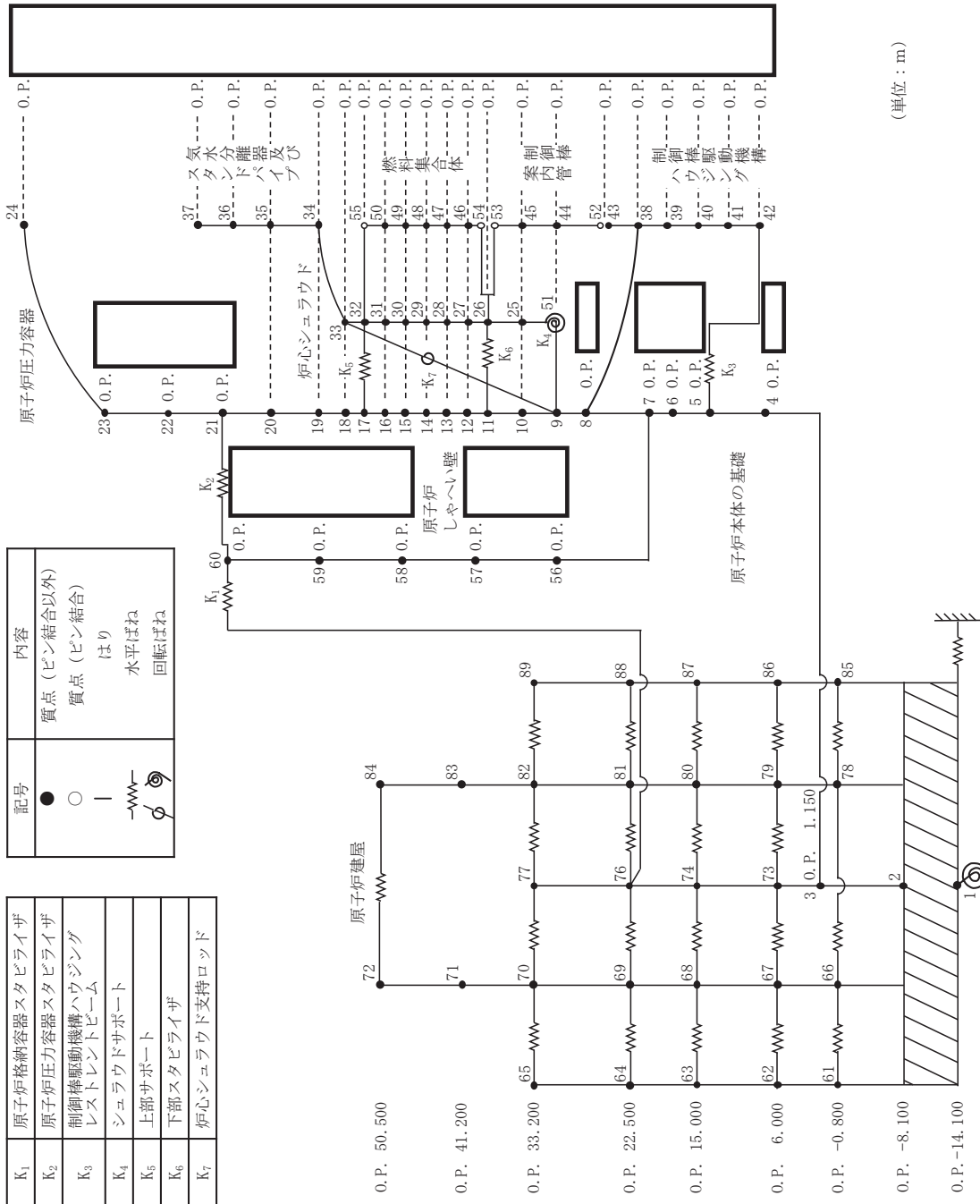


図 3-1 (3/3) 大型機器系地震応答解析モデル (UD 方向)



K <sub>1</sub>	原子炉格納容器スタブライザ	記号	内容
K <sub>2</sub>	原子炉圧力容器スタブライザ	●	質点 (ピン結合以外)
K <sub>3</sub>	制御棒駆動機構ハウジングレストメントピーム	○	質点 (ピン結合)
K <sub>4</sub>	シュラウドサポート	—	はり
K <sub>5</sub>	上部サポート	—	水平ばね
K <sub>6</sub>	下部スタブライザ	—	回転ばね
K <sub>7</sub>	炉心シュラウド支持ロット	—	

記号	内容
●	質点 (ピン結合以外)
○	質点 (ピン結合)
—	はり
—	水平ばね
—	回転ばね

(単位：m)

図 3-2(1/3) 炉内構造物系地震応答解析モデル (NS 方向)

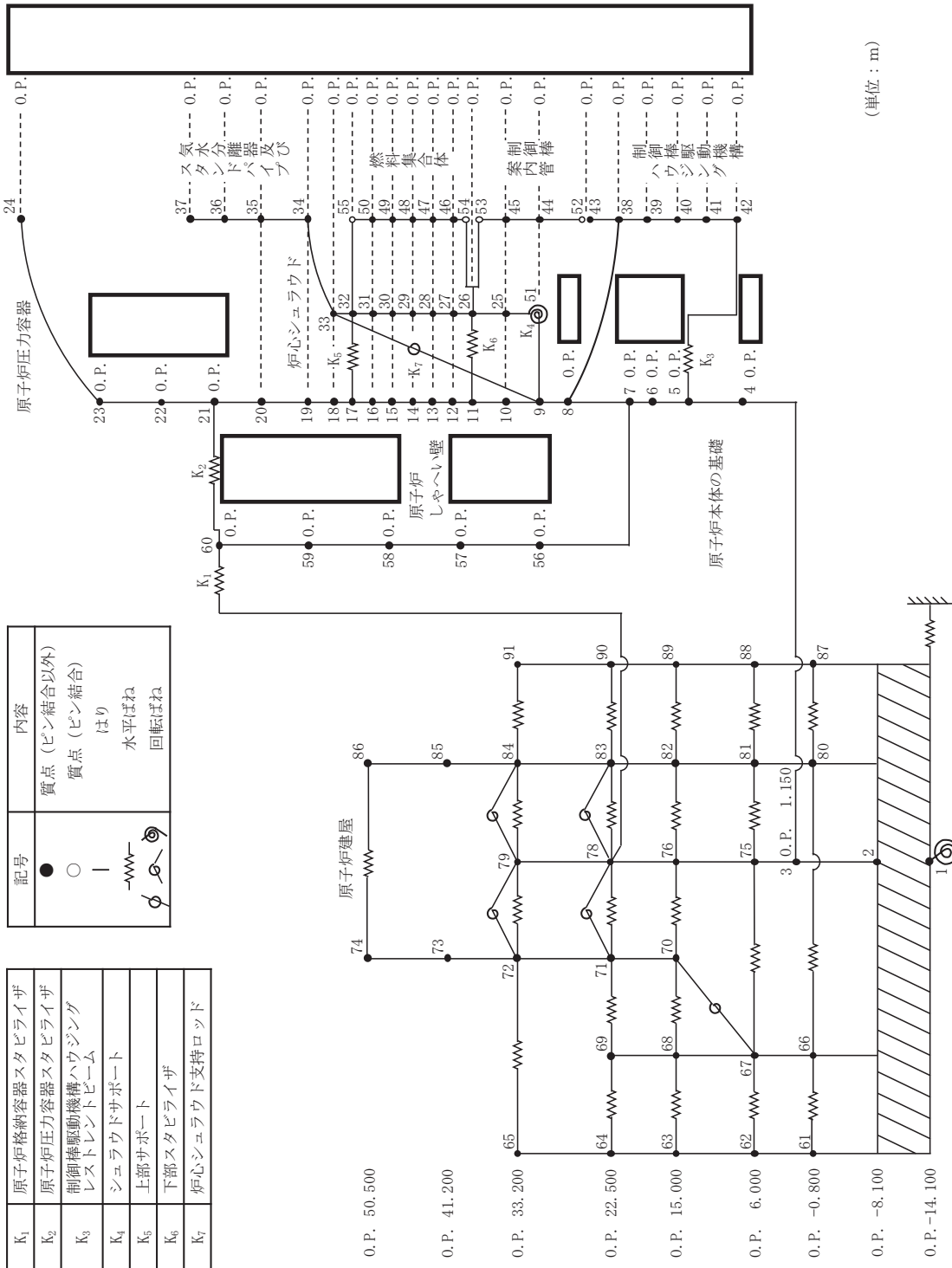
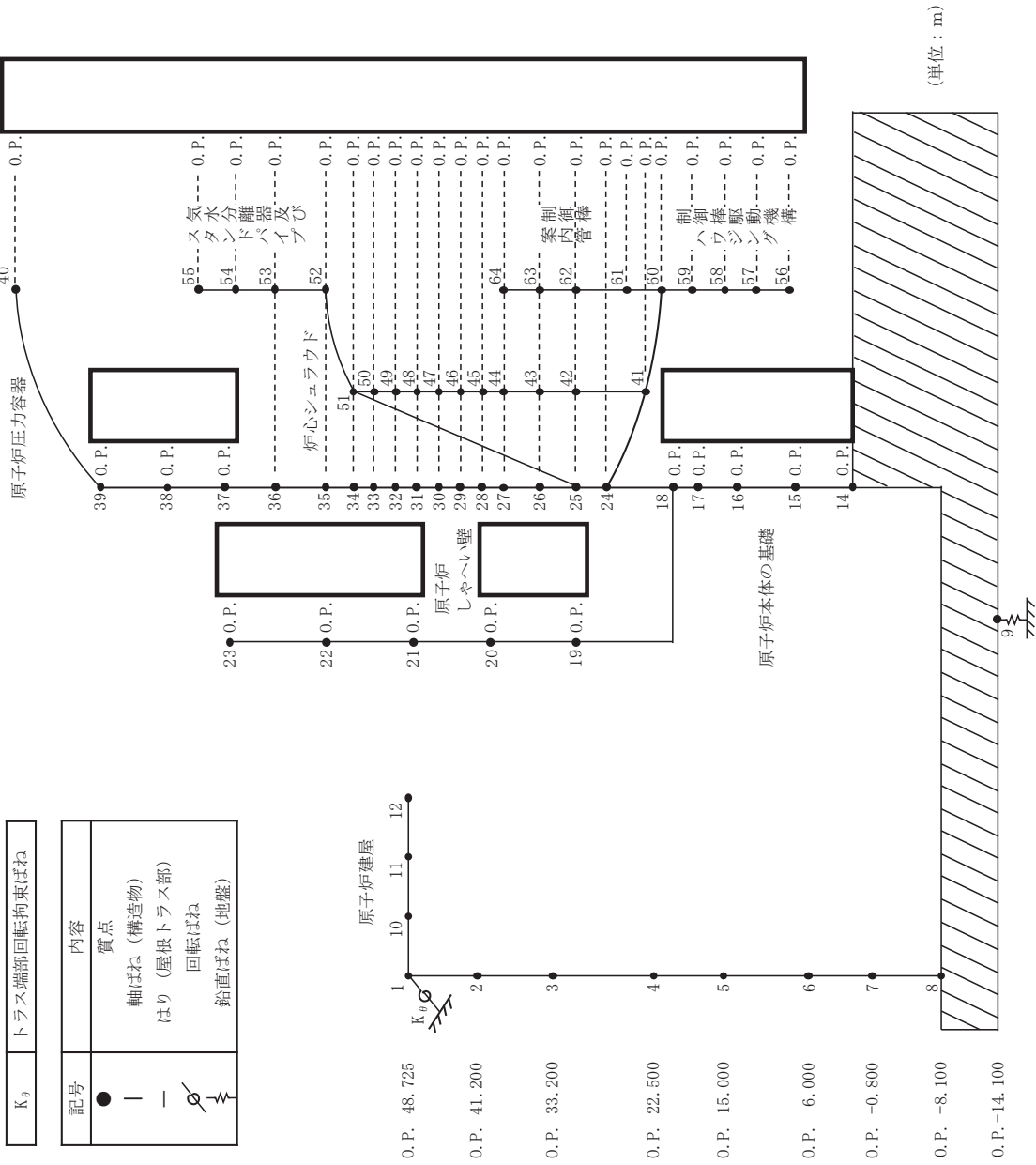


図 3-2(2/3) 炉内構造物系地震応答解析モデル (EW 方向)



(単位: m)

図 3-2 (3/3) 炉内構造物系地震応答解析モデル (UD 方向)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



#### 4. 解析結果

基準地震動  $S_s - D_2$  による最大応答値を表 4-1～表 4-7 に、床応答曲線を表 4-8 に示す。

補強反映モデルの最大応答値は、工認モデルの結果と概ね整合することを確認した。

表 4-1(1/5) 最大応答加速度（基準地震動 S<sub>s</sub>-D2, 1.0ZPA, 水平方向）

構造物	質点番号*	標高 O.P. (m)	最大応答加速度 ( $\times 9.80665 \text{ m/s}^2$ ) $\times 1.0$		応答比率 (②/①)
			①工認 モデル	②補強反映 モデル	
原子炉本体 の基礎	62/64		0.89	0.89	1.00
	4		0.95	0.95	1.00
	5		0.99	1.00	1.02
	6		1.02	1.03	1.01
	7		1.02	1.04	1.02
原子炉圧力 容器	8		1.08	1.08	1.00
	15		3.23	3.00	0.93
原子炉 しゃへい壁	16		1.24	1.30	1.05
	17		1.42	1.49	1.05
	18		1.49	1.56	1.05
	19		1.58	1.54	0.98
	20		1.70	1.63	0.96
原子炉格納 容器	21		0.90	0.91	1.02
	22		0.88	0.89	1.02
	23		0.84	0.87	1.04
	24		1.10	1.06	0.97
	25		1.26	1.22	0.97
	26		1.51	1.52	1.01
	27		1.73	1.75	1.02
	28		1.73	1.75	1.02

注記：設備評価に用いる質点に対する応答比率を記載。

表 4-1(2/5) 最大応答加速度（基準地震動 S<sub>s</sub>-D2, 1.0ZPA, 水平方向）

構造物	質点番号*	標高 O.P. (m)	最大応答加速度 ( $\times 9.80665 \text{ m/s}^2$ ) $\times 1.0$		応答比率 (②/①)
			①工認 モデル	②補強反映 モデル	
気水分離器 及びスタン ドパイプ	37		7.73	7.03	0.91
	36		3.71	3.00	0.81
	35		2.31	2.19	0.95
	34		2.07	2.01	0.98
炉心シュラ ウド	33		1.93	1.89	0.98
	32		1.83	1.79	0.98
	31		1.71	1.69	0.99
	30		1.58	1.58	1.00
	29		1.45	1.50	1.04
	28		1.40	1.44	1.03
	27		1.37	1.42	1.04
	26		1.33	1.38	1.04
	25		1.22	1.27	1.05
	51		1.12	1.14	1.02
制御棒案内 管	53		1.55	1.38	0.90
	45		1.81	2.98	1.65
	44		2.35	3.84	1.64
	52		2.15	1.91	0.89
制御棒駆動 機構ハウジ ング	43		1.98	1.91	0.97
	38		1.12	1.19	1.07
	39		1.48	1.56	1.06
	40		2.30	2.22	0.97
	41		2.90	2.05	0.71
	42		1.55	1.27	0.82
燃料集合体	55		1.83	1.79	0.98
	50		2.68	2.97	1.11
	49		3.60	4.03	1.12
	48		4.02	4.32	1.08
	47	3.74	3.93	1.06	
	46	2.75	2.91	1.06	
	54	1.33	1.38	1.04	

注記：設備評価に用いる質点に対する応答比率を記載。

表 4-1(3/5) 最大応答加速度（基準地震動 S s - D 2, 1.2ZPA, 水平方向）

構造物	質点番号*	標高 O. P. (m)	最大応答加速度 ( $\times 9.80665 \text{ m/s}^2$ ) $\times 1.2$		応答比率 (②/①)
			①工認 モデル	②補強反映 モデル	
原子炉本体 の基礎	62/64		1.07	1.07	1.00
	4		1.13	1.14	1.01
	5		1.19	1.20	1.01
	6		1.22	1.23	1.01
	7		1.23	1.24	1.01
原子炉圧力 容器	8		1.29	1.30	1.01
	15		3.88	3.60	0.93
原子炉本体 の基礎	16		1.48	1.56	1.06
	17		1.70	1.79	1.06
	18		1.79	1.87	1.05
	19		1.90	1.84	0.97
	20		2.04	1.95	0.96
原子炉格納 容器	21		1.08	1.09	1.01
	22		1.06	1.06	1.00
	23		1.01	1.05	1.04
	24		1.32	1.27	0.97
	25		1.51	1.46	0.97
	26		1.81	1.82	1.01
	28		2.08	2.09	1.01

注記：設備評価に用いる質点に対する応答比率を記載。

表 4-1(4/5) 最大応答加速度（基準地震動 S<sub>s</sub>-D2, 1.2ZPA, 水平方向）

構造物	質点番号*	標高 O.P. (m)	最大応答加速度 ( $\times 9.80665 \text{ m/s}^2$ ) $\times 1.2$		応答比率 (②/①)
			①工認 モデル	②補強反映 モデル	
気水分離器 及びスタン ドパイプ	37		9.27	8.44	0.92
	36		4.45	3.59	0.81
	35		2.77	2.62	0.95
	34		2.49	2.41	0.97
炉心シュラ ウド	33		2.31	2.27	0.99
	32		2.19	2.15	0.99
	31		2.05	2.03	1.00
	30		1.90	1.89	1.00
	29		1.74	1.80	1.04
	28		1.68	1.73	1.03
	27		1.64	1.70	1.04
	26		1.60	1.66	1.04
	25		1.46	1.52	1.05
51	1.35		1.37	1.02	
制御棒案内 管	53		1.86	1.66	0.90
	45		2.17	3.58	1.65
	44		2.82	4.61	1.64
	52		2.58	2.29	0.89
制御棒駆動 機構ハウジ ング	43		2.38	2.29	0.97
	38		1.34	1.43	1.07
	39		1.78	1.87	1.06
	40		2.75	2.67	0.98
	41		3.48	2.46	0.71
	42		1.86	1.52	0.82
燃料集合体	55		2.19	2.15	0.99
	50		3.21	3.56	1.11
	49		4.32	4.83	1.12
	48		4.82	5.19	1.08
	47	4.48	4.72	1.06	
	46	3.29	3.49	1.07	
	54	1.60	1.66	1.04	

注記：設備評価に用いる質点に対する応答比率を記載。

表 4-1(5/5) 最大応答加速度（基準地震動 S<sub>s</sub>-D2, 1.2ZPA, 水平方向）

構造物	質点番号*	標高 O.P. (m)	最大応答加速度 ( $\times 9.80665 \text{ m/s}^2$ ) $\times 1.2$		応答比率 (②/①)
			①工認 モデル	②補強反映 モデル	
原子炉圧力 容器	24		4.08	3.82	0.94
	23		3.36	3.14	0.94
	22		2.85	2.75	0.97
	21		2.47	2.43	0.99
	20		2.25	2.23	1.00
	19		2.02	2.02	1.00
	18		1.93	1.91	0.99
	17		1.88	1.83	0.98
	16		1.83	1.74	0.96
	15		1.78	1.68	0.95
	14		1.72	1.62	0.95
	13		1.66	1.57	0.95
	12		1.60	1.51	0.95
	11		1.53	1.44	0.95
	10		1.42	1.40	0.99
	9		1.35	1.37	1.02
8	1.29	1.33	1.04		
38	1.34	1.43	1.07		

注記：設備評価に用いる質点に対する応答比率を記載。

表 4-2(1/2) せん断力 (基準地震動 S<sub>s</sub>-D2)

部位	質点 番号	標高 O. P. (m)	せん断力 (kN)						応答比率 (②/①)
			工認モデル			補強反映モデル			
			NS	EW	① 包絡値	NS	EW	② 包絡値	
原子炉 圧力容 器	15		510	536	536	474	510	510	0.96
	14		1890	2130	2130	1930	2150	2150	1.01
	13		3960	4210	4210	3900	4180	4180	1.00
	12		3050	2550	3050	3390	2510	3390	1.12
	11		3270	3200	3270	3340	3280	3340	1.03
	10		6150	6480	6480	6040	6460	6460	1.00
	9		8260	8930	8930	8110	8860	8860	1.00
	8		10200	11100	11100	9970	10900	10900	0.99
	7		28300	27000	28300	27100	27100	27100	0.96
原子炉 本体の 基礎	7		30200	29100	30200	28900	29300	29300	0.98
	6		32200	31200	32200	30800	31500	31500	0.98
	5		34100	32800	34100	32500	33300	33300	0.98
	4		6840	6040	6840	6370	5590	6370	0.94
	3		6190	6640	6640	6470	6360	6470	0.98
原子炉 しゃへ い壁	20		8560	8610	8610	8660	8540	8660	1.01
	19		12500	11700	12500	12100	11600	12100	0.97
	18		16600	14900	16600	15800	15100	15800	0.96
	17		286	269	286	286	264	286	1.00
	16		556	522	556	556	512	556	1.00
原子炉 格納容 器	7		3100	3220	3220	3120	3010	3120	0.97
	30		3920	3980	3980	3940	3750	3940	0.99
	29		25100	26200	26200	25600	26100	26100	1.00
	28		26500	27300	27300	27000	27200	27200	1.00
	27		27400	28100	28100	27900	28000	28000	1.00
	26		28700	29400	29400	29200	29400	29400	1.00
	25		29200	29800	29800	29700	30000	30000	1.01
	24		30200	31400	31400	30700	32000	32000	1.02
	23								
	22								
	21								
3									

表 4-2(2/2) せん断力 (基準地震動 S<sub>s</sub>-D2)

部位	質点 番号	標高 O. P. (m)	せん断力 (kN)						比率 (①/②)
			工認モデル			補強反映モデル			
			NS	EW	① 包絡値	NS	EW	② 包絡値	
炉心 シュラウド	37		443	603	603	398	548	548	0.91
	36		909	1190	1190	842	1020	1020	0.86
	35		1350	1420	1420	1480	1170	1480	1.05
	34		1690	1820	1820	1910	1420	1910	1.05
	33		2120	2350	2350	2450	1780	2450	1.05
	32		2990	2690	2990	2880	3520	3520	1.18
	31		2790	2480	2790	2870	3210	3210	1.16
	30		2520	2650	2650	2940	2660	2940	1.11
	29		2850	3030	3030	3180	2850	3180	1.05
	28		3110	3350	3350	3390	3060	3390	1.02
	27		3330	3590	3590	3570	3220	3570	1.00
	26		4810	4330	4810	4930	5150	5150	1.08
	25		4730	4480	4730	4820	5180	5180	1.10
	51		4730	4480	4730	4820	5180	5180	1.10
制御棒 案内管	53		688	633	688	1050	693	1050	1.53
	45		178	170	178	282	188	282	1.59
	44		587	546	587	902	597	902	1.54
	52		587	546	587	902	597	902	1.54
制御棒 駆動機構 ハウジング	43		900	807	900	1320	888	1320	1.47
	38		454	437	454	468	447	468	1.04
	39		261	253	261	273	257	273	1.05
	40		20.5	18.8	20.5	21.2	20.0	21.2	1.04
	41		255	236	255	264	241	264	1.04
	42		255	236	255	264	241	264	1.04
燃料 集合体	55		3180	2750	3180	2820	3520	3520	1.11
	50		2240	2020	2240	1990	2510	2510	1.13
	49		809	783	809	711	885	885	1.10
	48		832	736	832	745	966	966	1.17
	47		2230	2020	2230	1990	2510	2510	1.13
	46		2230	2020	2230	1990	2510	2510	1.13
	54		3130	2840	3130	2770	3410	3410	1.09



表 4-3(1/2) 曲げモーメント (基準地震動 S s - D 2)

部位	質点 番号	標高 O. P. (m)	曲げモーメント (kN・m)						比率 (②/①)
			工認モデル			補強反映モデル			
			NS	EW	① 包絡値	NS	EW	② 包絡値	
原子炉 压力容器	15		0	0	0	0	0	0	-
	14		1400	1470	1470	1300	1400	1400	0.96
	13		5400	6120	6120	5500	6090	6090	1.00
	12		12700	14100	14100	12900	14100	14100	1.00
	11		16100	16900	16900	16200	18200	18200	1.08
	10		27500	27900	27900	27700	30100	30100	1.08
	9		46700	45000	46700	47400	48300	48300	1.04
	8		59500	57500	59500	60600	59800	60600	1.02
	7		77800	77800	77800	77500	77100	77500	1.00
原子炉 本体の基 礎	7		199000	195000	199000	197000	195000	197000	0.99
	6		222000	214000	222000	219000	214000	219000	0.99
	5		261000	246000	261000	256000	245000	256000	0.99
	4		321000	298000	321000	314000	298000	314000	0.98
	3		385000	360000	385000	375000	362000	375000	0.98
原子炉 しゃへい 壁	20		0	0	0	0	0	0	-
	19		18900	16700	18900	17600	15500	17600	0.94
	18		32200	35300	35300	32200	33000	33000	0.94
	17		50900	53300	53300	52900	51600	52900	1.00
	16		76800	75300	76800	78100	75400	78100	1.02
	7		122000	121000	122000	121000	121000	121000	1.00
原子炉 格納容器	30		0	0	0	0	0	0	-
	29		657	619	657	658	607	658	1.01
	28		1850	1740	1850	1850	1700	1850	1.00
	27		6160	6210	6210	6190	5890	6190	1.00
	26		17600	17800	17800	17700	16800	17700	1.00
	25		124000	129000	129000	126000	128000	128000	1.00
	24		200000	207000	207000	203000	206000	206000	1.00
	23		332000	343000	343000	338000	341000	341000	1.00
	22		471000	484000	484000	479000	482000	482000	1.00
	21		529000	543000	543000	538000	541000	541000	1.00
3		573000	587000	587000	580000	586000	586000	1.00	

表 4-3(2/2) 曲げモーメント (基準地震動 S<sub>s</sub>-D2)

部位	質点 番号	標高 O.P. (m)	曲げモーメント (kN・m)						比率 (②/①)
			工認モデル			補強反映モデル			
			NS	EW	① 包絡値	NS	EW	② 包絡値	
炉心 シュラウド	37		0	0	0	0	0	0	-
	36		567	773	773	510	702	702	0.91
	35		1740	2300	2300	1580	2010	2010	0.88
	34		3990	4660	4660	3930	3670	3930	0.85
	33		5380	5980	5980	5600	4620	5600	0.94
			4630	5460	5460	4680	4270	4680	0.86
	32		5870	6480	6480	6250	5090	6250	0.97
	31		7550	7120	7550	8030	6630	8030	1.07
	30		9230	8660	9230	9970	8200	9970	1.09
	29		10800	10300	10800	12000	9980	12000	1.12
	28		12200	12000	12200	14000	11300	14000	1.15
	27		13600	13600	13600	16100	12200	16100	1.19
	26		15100	15700	15700	18100	14400	18100	1.16
	25		19300	20800	20800	22400	19600	22400	1.08
51	23800	26000	26000	27200	24900	27200	1.05		
制御棒 案内管	53	0	0	0	0	0	0	-	
	45	805	742	805	1230	811	1230	1.53	
	44	1020	941	1020	1560	1030	1560	1.53	
	52	0	0	0	0	0	0	-	
制御棒 駆動機構 ハウジング	43	0	0	0	0	0	0	-	
	38	989	886	989	1450	976	1450	1.47	
		479	479	479	498	489	498	1.04	
	39	59.1	59.8	59.8	59.5	61.0	61.0	1.03	
	40	279	253	279	287	258	287	1.03	
	41	271	251	271	281	256	281	1.04	
42	0	0	0	0	0	0	-		
燃料集合 体	55	0	0	0	0	0	0	-	
	50	2240	1930	2240	1980	2480	2480	1.11	
	49	3810	3350	3810	3380	4230	4230	1.12	
	48	4350	3900	4350	3860	4840	4840	1.12	
	47	3770	3410	3770	3340	4160	4160	1.11	
	46	2200	2000	2200	1950	2400	2400	1.10	
	54	0	0	0	0	0	0	-	

表 4-4(1/5) 最大加速度 (基準地震動 S<sub>s</sub>-D2, 1.0ZPA, 鉛直方向)

構造物	質点番号*	標高 O.P. (m)	最大応答加速度 ( $\times 9.80665 \text{ m/s}^2$ ) $\times 1.0$		応答比率 (②/①)
			①工認 モデル	②補強反映 モデル	
原子炉本体 の基礎	14		0.57	0.56	0.99
	15		0.61	0.61	1.00
	16		0.68	0.68	1.00
	17		0.74	0.74	1.00
	18		0.77	0.77	1.00
原子炉圧力 容器	24		0.98	0.98	1.00
	25		1.01	1.01	1.00
	31		1.13	1.15	1.02
原子炉 しゃへい壁	19		1.08	1.07	1.00
	20		1.28	1.28	1.00
	21		1.44	1.44	1.00
	22		1.53	1.53	1.00
	23		1.56	1.57	1.01
原子炉格納 容器	32		0.61	0.62	1.02
	33		0.65	0.65	1.00
	34		0.72	0.72	1.00
	35		0.78	0.78	1.00
	36		0.83	0.82	0.99
	37		0.88	0.89	1.02
	39		0.93	0.93	1.00
	41		0.96	0.94	0.98

表 4-4(2/5) 最大加速度 (基準地震動 S s - D 2, 1.0ZPA, 鉛直方向)

構造物	質点番号*	標高 O.P. (m)	最大応答加速度 ( $\times 9.80665 \text{ m/s}^2$ ) $\times 1.0$		応答比率 (②/①)
			①工認 モデル	②補強反映 モデル	
気水分離器 及びスタン ドパイプ	55		1.33	1.32	1.00
	54		1.33	1.32	1.00
	53		1.32	1.32	1.00
	52		1.31	1.30	1.00
炉心シュラ ウド	51		1.20	1.19	1.00
	50		1.19	1.18	1.00
	49		1.17	1.16	1.00
	48		1.15	1.14	1.00
	47		1.13	1.12	1.00
	46		1.11	1.10	1.00
	45		1.09	1.08	1.00
	44		1.07	1.06	1.00
	43		1.04	1.03	1.00
	42		1.00	0.99	0.99
制御棒案内 管	41		0.94	0.94	1.00
	64		1.32	1.31	1.00
	63		1.24	1.23	1.00
	62		1.17	1.15	0.99
制御棒駆動 機構ハウジ ング	61		1.06	1.05	1.00
	60		1.03	1.02	1.00
	59		1.04	1.03	1.00
	58	1.04	1.03	1.00	
	57	1.05	1.04	1.00	
	56	1.06	1.05	1.00	

表 4-4(3/5) 最大加速度 (基準地震動 S<sub>s</sub>-D2, 1.2ZPA, 鉛直方向)

構造物	質点番号*	標高 O.P. (m)	最大応答加速度 ( $\times 9.80665 \text{ m/s}^2$ ) $\times 1.2$		応答比率 (②/①)
			①工認 モデル	②補強反映 モデル	
原子炉本体 の基礎	14		0.68	0.68	1.00
	15		0.74	0.73	0.99
	16		0.81	0.81	1.00
	17		0.89	0.88	0.99
	18		0.92	0.92	1.00
原子炉圧力 容器	24		1.18	1.18	1.00
	25		1.21	1.21	1.00
	31		1.36	1.38	1.02
原子炉 しゃへい壁	19		1.29	1.28	1.00
	20		1.54	1.53	1.00
	21		1.73	1.73	1.00
	22		1.84	1.84	1.00
	23		1.88	1.88	1.00
原子炉格納 容器	32		0.73	0.74	1.02
	33		0.77	0.78	1.02
	34		0.86	0.86	1.00
	35		0.94	0.93	0.99
	36		0.99	0.99	1.00
	37		1.06	1.06	1.00
	39		1.12	1.11	1.00
	41		1.15	1.13	0.99

表 4-4(4/5) 最大加速度 (基準地震動 S<sub>s</sub>-D2, 1.2ZPA, 鉛直方向)

構造物	質点番号*	標高 O.P. (m)	最大応答加速度 ( $\times 9.80665 \text{ m/s}^2$ ) $\times 1.2$		応答比率 (②/①)
			①工認 モデル	②補強反映 モデル	
気水分離器 及びスタン ドパイプ	55		1.60	1.59	1.00
	54		1.60	1.59	1.00
	53		1.59	1.58	1.00
	52		1.57	1.56	1.00
炉心シュラ ウド	51		1.44	1.43	1.00
	50		1.42	1.41	1.00
	49		1.40	1.39	1.00
	48		1.38	1.37	1.00
	47		1.36	1.34	0.99
	46		1.33	1.32	1.00
	45		1.31	1.30	1.00
	44		1.29	1.28	1.00
	43		1.24	1.23	1.00
	42		1.20	1.19	1.00
制御棒案内 管	41		1.13	1.12	1.00
	64		1.58	1.57	1.00
	63		1.49	1.48	1.00
	62		1.40	1.38	0.99
制御棒駆動 機構ハウジ ング	61		1.28	1.26	0.99
	60		1.24	1.23	1.00
	59	1.24	1.23	1.00	
	58	1.25	1.24	1.00	
	57	1.26	1.25	1.00	
	56	1.27	1.26	1.00	

表 4-4(5/5) 最大加速度（基準地震動 S<sub>s</sub>-D2, 1.2ZPA, 鉛直方向）

構造物	質点番号*	標高 O.P. (m)	最大応答加速度 ( $\times 9.80665 \text{ m/s}^2$ ) $\times 1.2$		応答比率 (②/①)
			①工認 モデル	②補強反映 モデル	
原子炉 圧力容器	40		1.45	1.44	1.00
	39		1.45	1.44	1.00
	38		1.43	1.42	1.00
	37		1.39	1.38	1.00
	36		1.36	1.35	1.00
	35		1.32	1.31	1.00
	34		1.29	1.29	1.00
	33		1.28	1.27	1.00
	32		1.27	1.26	1.00
	31		1.25	1.24	1.00
	30		1.23	1.22	1.00
	29		1.22	1.21	1.00
	28		1.20	1.19	1.00
	27		1.18	1.18	1.00
	26		1.16	1.15	1.00
25	1.13	1.12	1.00		
24	1.11	1.10	1.00		

表 4-5(1/2) 軸力 (基準地震動 S s - D 2)

部位	質点 番号	標高 O.P. (m)	軸力 (kN)		比率 (②/①)
			①工認モデル	②補強反映モデル	
原子炉 圧力容器	31		193	193	1.00
	30		1410	1410	1.00
	29		2430	2440	1.01
	28		3100	3130	1.01
	27		4000	4040	1.01
	26		4810	4850	1.01
	25		5640	5670	1.01
	24		11800	11800	1.00
	18		32200	32400	1.01
	原子炉 本体の基礎		17	34000	34200
16		35800	36000	1.01	
15		37400	37600	1.01	
14		2580	2630	1.02	
23		5790	5880	1.02	
原子炉 しゃへい壁	21	11300	11400	1.01	
	20	15300	15400	1.01	
	19	19100	19200	1.01	
	18	140	138	0.99	
	41	278	274	0.99	
原子炉 格納容器	39	1070	1070	1.00	
	38	1510	1510	1.00	
	37	2900	2890	1.00	
	36	3900	3880	1.00	
	35	4640	4610	1.00	
	34	5930	5890	1.00	
	33	6500	6460	1.00	
	32	7760	8220	1.06	
	14				

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



表 4-5(2/2) 軸力 (基準地震動 S s - D 2)

部位	質点 番号	標高 O.P. (m)	軸力 (kN)		比率 (②/①)
			①工認モデル	②補強反映モデル	
炉心 シュラウド	55		103	103	1.00
	54		309	308	1.00
	53		476	474	1.00
	52		673	670	1.00
	51		977	968	1.00
	50		1150	1140	1.00
	49		1180	1170	1.00
	48		1220	1210	1.00
	47		1250	1240	1.00
	46		1280	1270	1.00
	45		1320	1300	0.99
	44		1630	1610	0.99
	43		1650	1640	1.00
	42		1670	1650	0.99
	制御棒 案内管		64	2440	2420
63		2510	2490	1.00	
62		2570	2540	0.99	
61		2640	2620	1.00	
制御棒 駆動機構 ハウジング	61	662	661	1.00	
	60	605	604	1.00	
	59	546	546	1.00	
	58	488	487	1.00	
	57	488	487	1.00	
	56	488	487	1.00	
炉心シュラウド 支持ロッド	51		15.7	15.6	1.00
	25		15.7	15.6	1.00

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 4-6 ばね反力, せん断力及び軸力 (基準地震動 S s - D 2)

部位	応答種別 及び単位	ばね反力, せん断力及び軸力						応答 比率 (②/①)
		工認モデル			補強反映モデル			
		NS	EW	① 包絡値	NS	EW	② 包絡値	
原子炉压力容器 スタビライザ	ばね反力 (kN)	7700	7350	7700	7300	7710	7710	1.01
原子炉格納容器 スタビライザ	ばね反力 (kN)	13300	12800	13300	14300	12300	14300	1.08
原子炉格納容器 シヤラグ	ばね反力 (kN)	24200	25800	25800	25000	25000	25000	0.97
ベント管	ばね反力 (kN)	1630	1820	1820	4600	5160	5160	2.84
燃料交換 ベローズ	ばね反力 (kN)	1660	1500	1660	1580	1380	1580	0.96
所員用 エアロック	ばね反力 (kN)	261	281	281	260	281	281	1.00
制御棒駆動機構 ハウジング レストレント ビーム	ばね反力 (kN)	350	327	350	360	337	360	1.03
炉心シュラウド 回転ばね	ばね反力 (kN・m)	23800	26000	26000	27200	24900	27200	1.05
上部格子板	せん断力 (kN)	3320	2900	3320	2960	3670	3670	1.11
炉心支持板	せん断力 (kN)	4110	3750	4110	4110	4410	4410	1.08
上部 サポート	ばね反力 (kN)	1680	1720	1720	1760	1540	1760	1.03
下部 スタビライザ	ばね反力 (kN)	453	441	453	446	428	446	0.99
炉心シュラウド支持ロッド (1体あたり)	軸力 (kN)	164	168	168	187	158	187	1.12

表 4-7 相対変位 (基準地震動 S s - D 2)

部位	質点番号	標高 O. P. (m)	相対変位 (mm)						比率 (②/①)
			工認モデル			補強反映モデル			
			NS	EW	① 包絡値	NS	EW	② 包絡値	
燃料集合体	55		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-
	50		23.2	20.6	23.2	20.6	25.7	25.7	1.11
	49		40.1	35.6	40.1	35.5	44.4	44.4	1.11
	48		46.2	41.2	46.2	40.9	51.2	51.2	1.11
	47		40.0	35.8	40.0	35.4	44.2	44.2	1.11
	46		23.1	20.7	23.1	20.5	25.5	25.5	1.11
	54		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-

表 4-8(1/2) 床応答曲線 (基準地震動  $S_s - D2$ )

方向	地震応答解析モデル	構造物	質点番号	標高 O. P. (m)	減衰定数	図番		
						床応答曲線	応答比率	
水平	大型機器系	原子炉 しゃへい壁	19		2.0	図 4-1 ( 1/18)	図 4-2 ( 1/18)	
			18			図 4-1 ( 2/18)	図 4-2 ( 2/18)	
			17			図 4-1 ( 3/18)	図 4-2 ( 3/18)	
			16			図 4-1 ( 4/18)	図 4-2 ( 4/18)	
		原子炉 本体の基礎	7			図 4-1 ( 5/18)	図 4-2 ( 5/18)	
			6			図 4-1 ( 6/18)	図 4-2 ( 6/18)	
			5			図 4-1 ( 7/18)	図 4-2 ( 7/18)	
			4			図 4-1 ( 8/18)	図 4-2 ( 8/18)	
			3			図 4-1 ( 9/18)	図 4-2 ( 9/18)	
			原子炉 格納容器			26	図 4-1 (10/18)	図 4-2 (10/18)
		25				図 4-1 (11/18)	図 4-2 (11/18)	
		24				図 4-1 (12/18)	図 4-2 (12/18)	
		23				図 4-1 (13/18)	図 4-2 (13/18)	
		22				図 4-1 (14/18)	図 4-2 (14/18)	
		21				図 4-1 (15/18)	図 4-2 (15/18)	
		8				図 4-1 (16/18)	図 4-2 (16/18)	
		炉内 構造物系	炉心支持板			26	図 4-1 (17/18)	図 4-2 (17/18)
			原子炉圧力 容器底部			38	図 4-1 (18/18)	図 4-2 (18/18)

表 4-8(2/2) 床応答曲線 (基準地震動 S<sub>s</sub>-D2)

方向	地震応答解析モデル	構造物	質点番号	標高 O. P. (m)	減衰定数	図番	
						床応答曲線	応答比率
鉛直	大型機器系	原子炉 しゃへい壁	22		2.0	図 4-3( 1/16)	図 4-4( 1/16)
			21			図 4-3( 2/16)	図 4-4( 2/16)
			20			図 4-3( 3/16)	図 4-4( 3/16)
			19			図 4-3( 4/16)	図 4-4( 4/16)
		原子炉 本体の基礎	18			図 4-3( 5/16)	図 4-4( 5/16)
			17			図 4-3( 6/16)	図 4-4( 6/16)
			16			図 4-3( 7/16)	図 4-4( 7/16)
			15			図 4-3( 8/16)	図 4-4( 8/16)
		原子炉 格納容器	14			図 4-3( 9/16)	図 4-4( 9/16)
			37			図 4-3(10/16)	図 4-4(10/16)
			36			図 4-3(11/16)	図 4-4(11/16)
			35			図 4-3(12/16)	図 4-4(12/16)
		原子炉 格納容器	34			図 4-3(13/16)	図 4-4(13/16)
			33			図 4-3(14/16)	図 4-4(14/16)
			32			図 4-3(15/16)	図 4-4(15/16)
		原子炉 压力容器	24			図 4-3(16/16)	図 4-4(16/16)

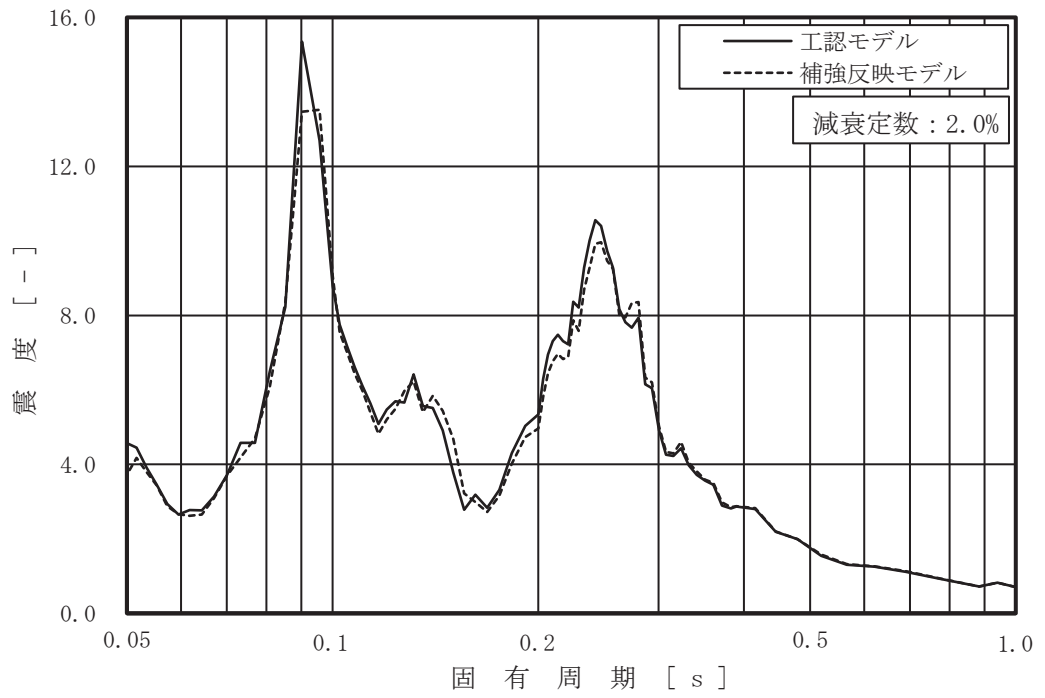


図 4-1 (1/18) 床応答曲線  
 (基準地震動  $S_s - D2$ , 水平方向, 原子炉しゃへい壁 O.P.   m)

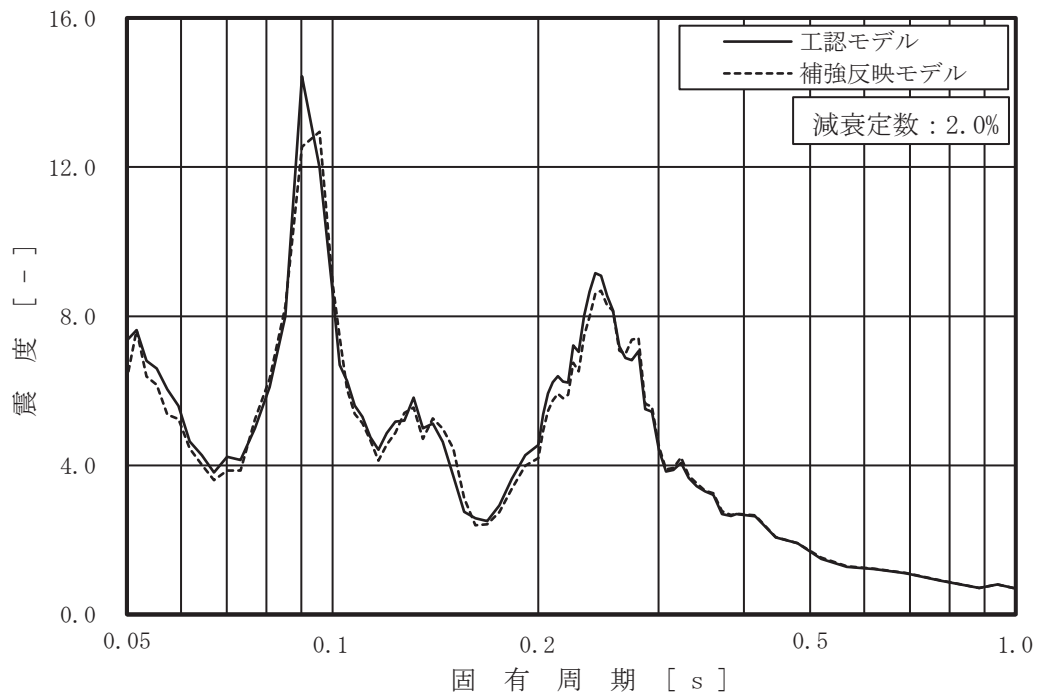


図 4-1 (2/18) 床応答曲線  
 (基準地震動  $S_s - D2$ , 水平方向, 原子炉しゃへい壁 O.P.   m)

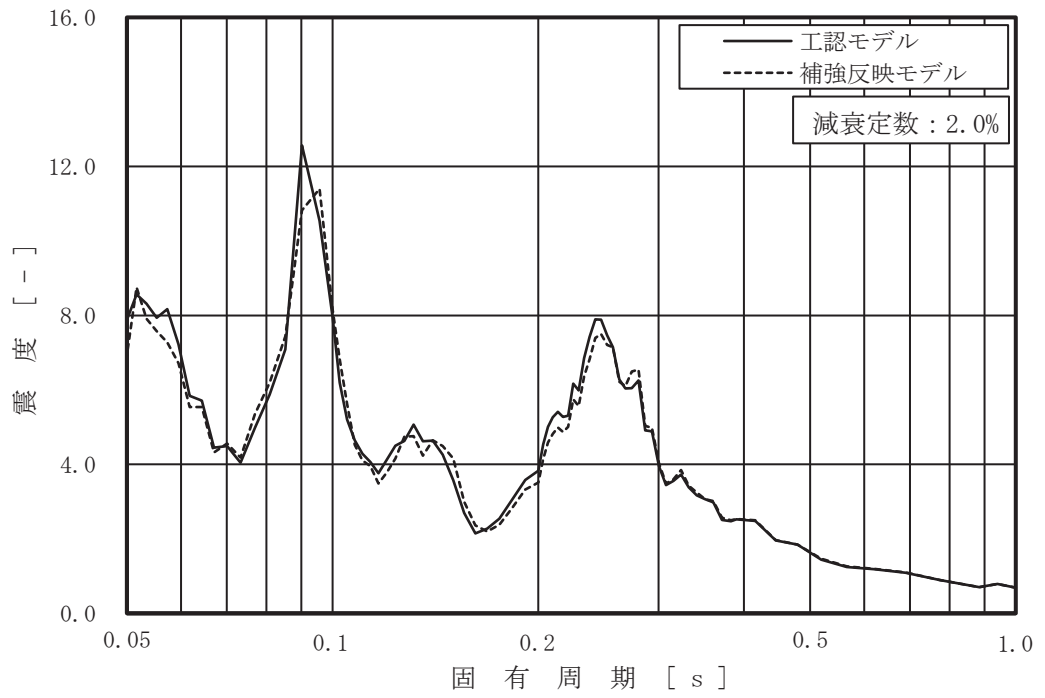


図 4-1 (3/18) 床応答曲線

(基準地震動 S s - D 2, 水平方向, 原子炉しゃへい壁 0.P.  m)

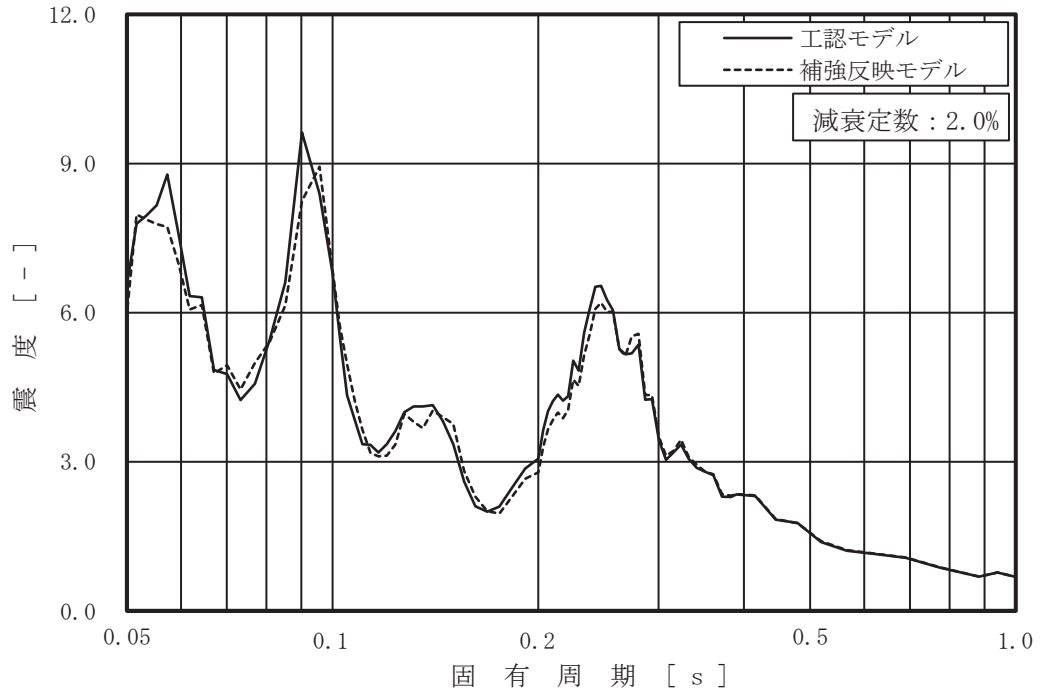


図 4-1 (4/18) 床応答曲線

(基準地震動 S s - D 2, 水平方向, 原子炉しゃへい壁 0.P.  m)

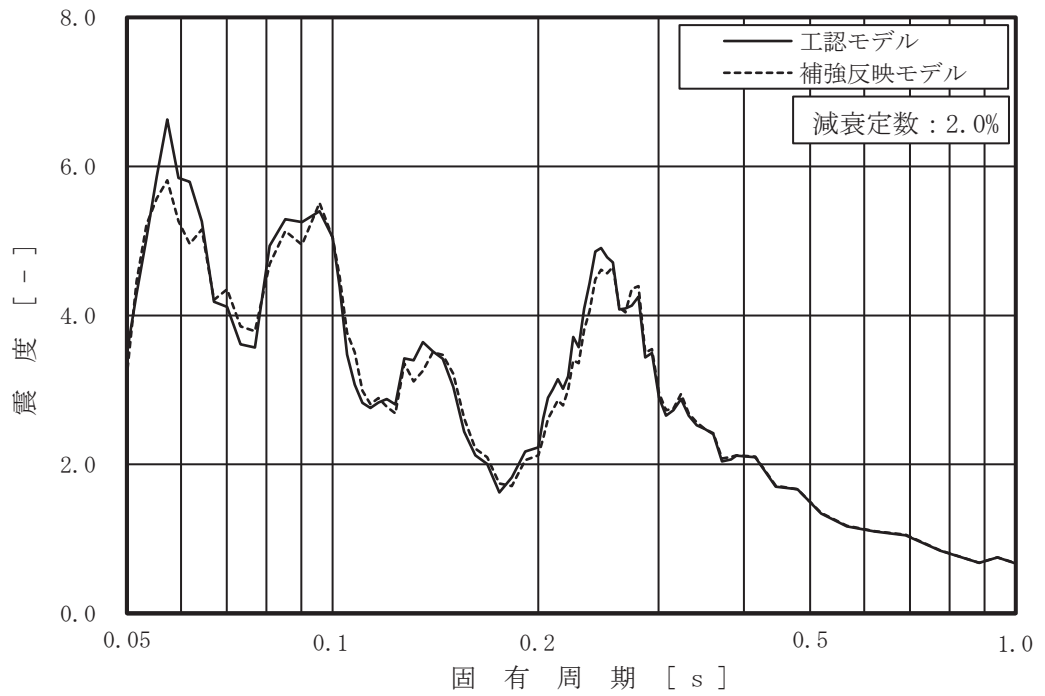


図 4-1 (5/18) 床応答曲線  
 (基準地震動 S s - D 2, 水平方向, 原子炉本体の基礎 0.P.   m)

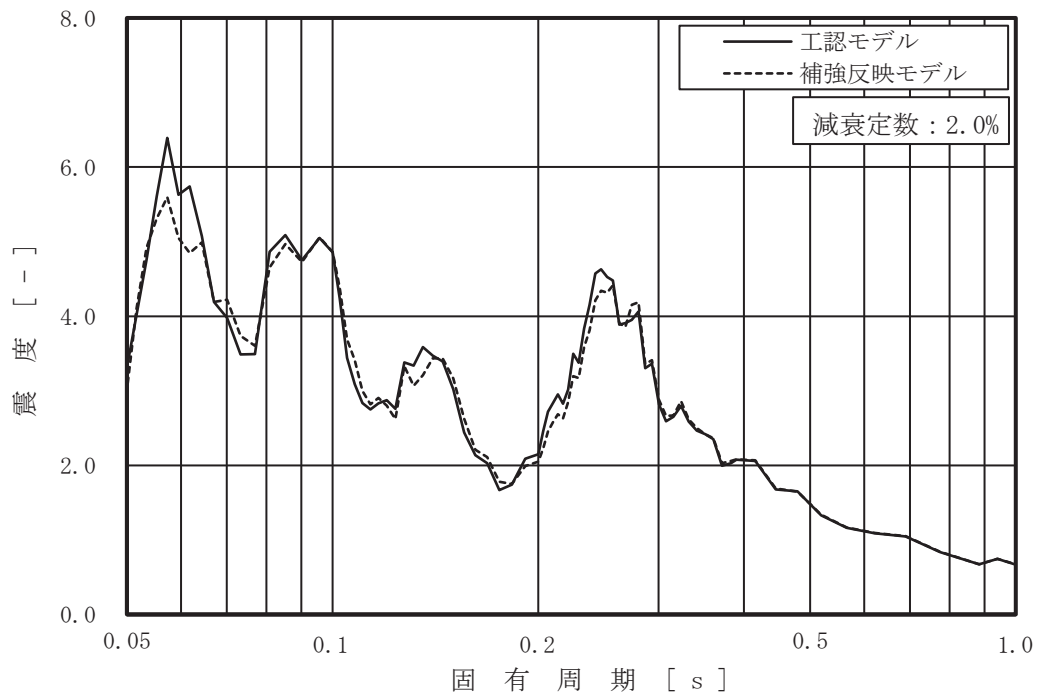


図 4-1 (6/18) 床応答曲線  
 (基準地震動 S s - D 2, 水平方向, 原子炉本体の基礎 0.P.   m)

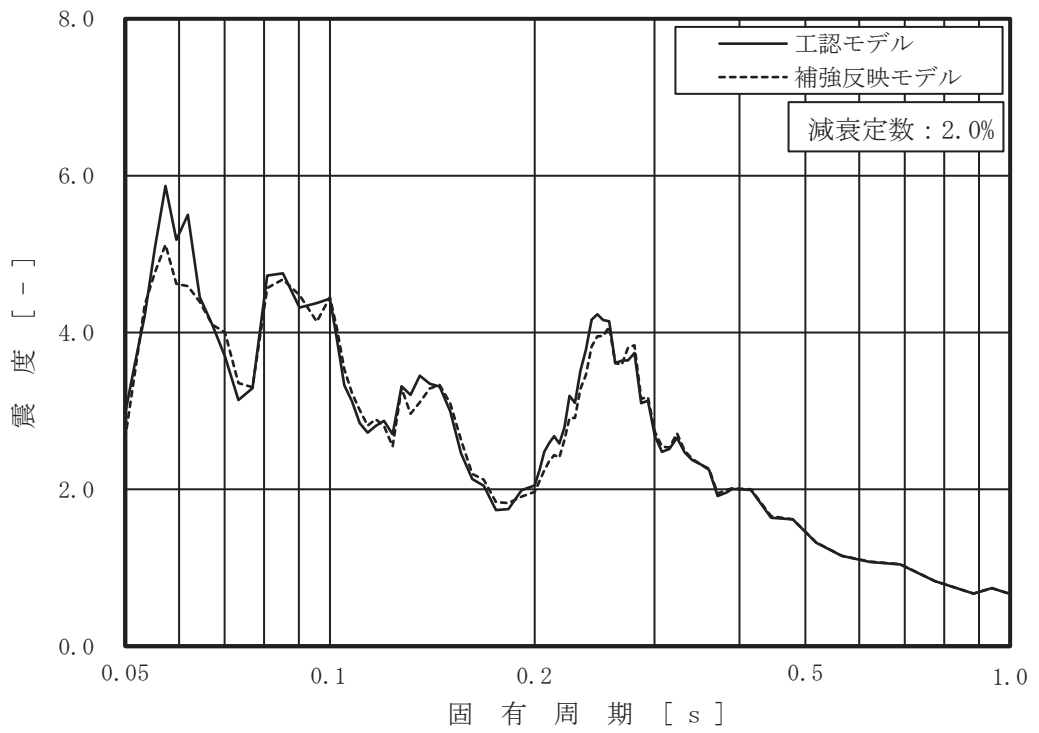


図 4-1 (7/18) 床応答曲線

(基準地震動 S s - D 2, 水平方向, 原子炉本体の基礎 0.P.  m)

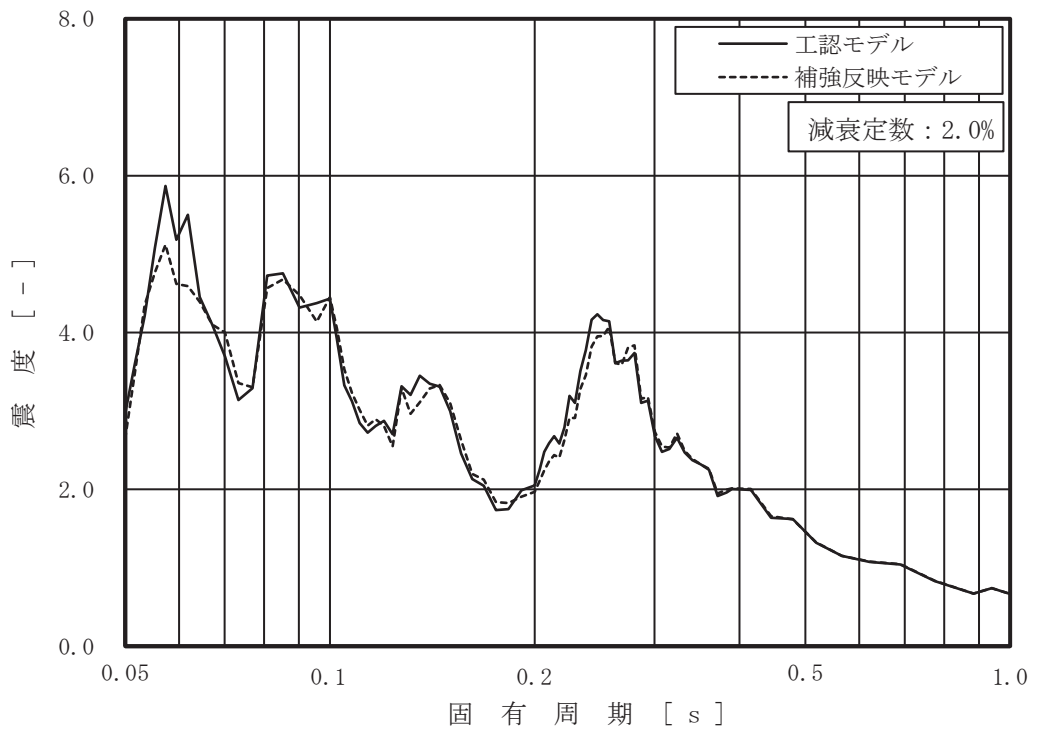


図 4-1 (8/18) 床応答曲線

(基準地震動 S s - D 2, 水平方向, 原子炉本体の基礎 0.P.  m)



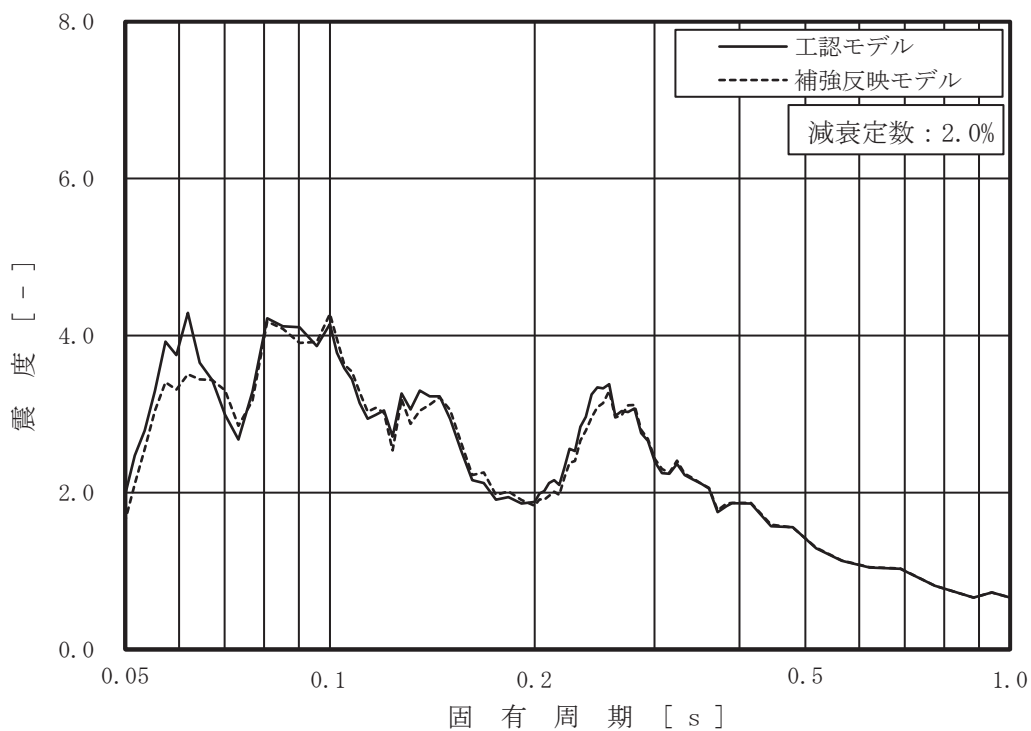


図 4-1 (9/18) 床応答曲線

(基準地震動 S s - D 2, 水平方向, 原子炉本体の基礎 0.P.  m)

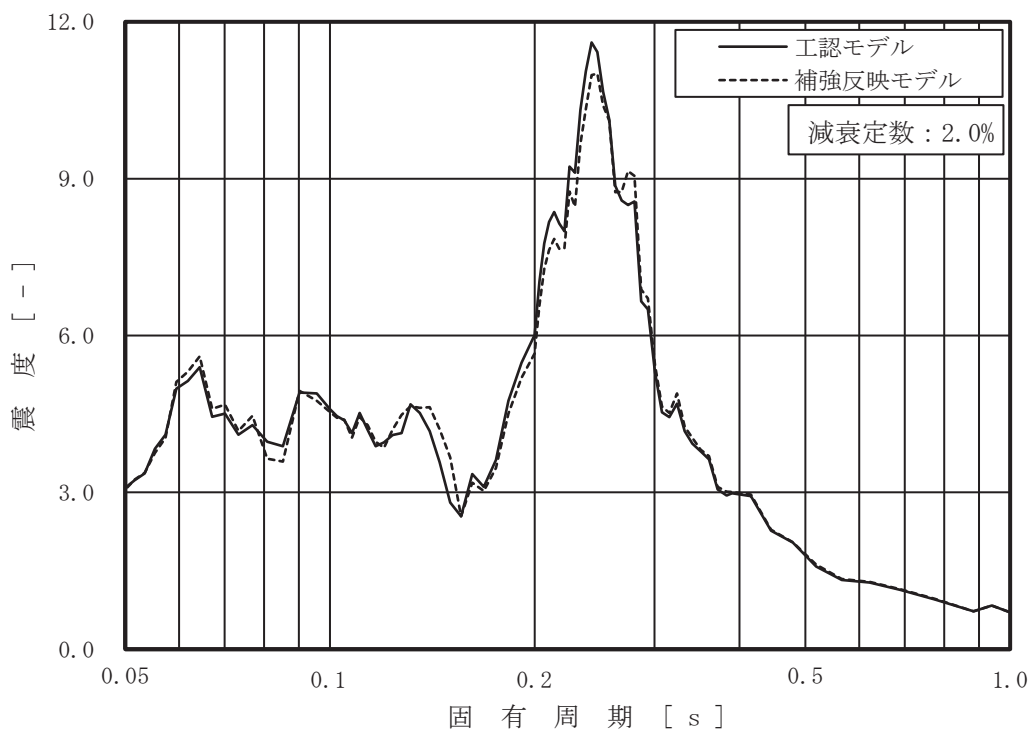


図 4-1 (10/18) 床応答曲線

(基準地震動 S s - D 2, 水平方向, 原子炉格納容器 0.P.  m)

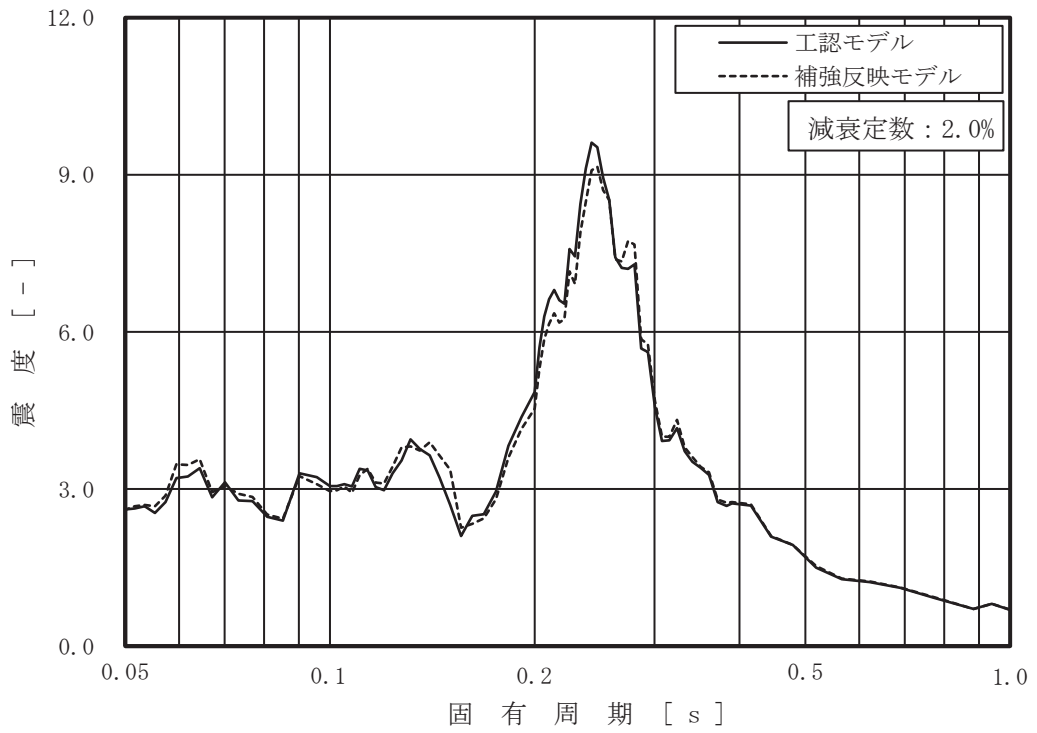


図 4-1 (11/18) 床応答曲線  
 (基準地震動 S s - D 2, 水平方向, 原子炉格納容器 0.P.  m)

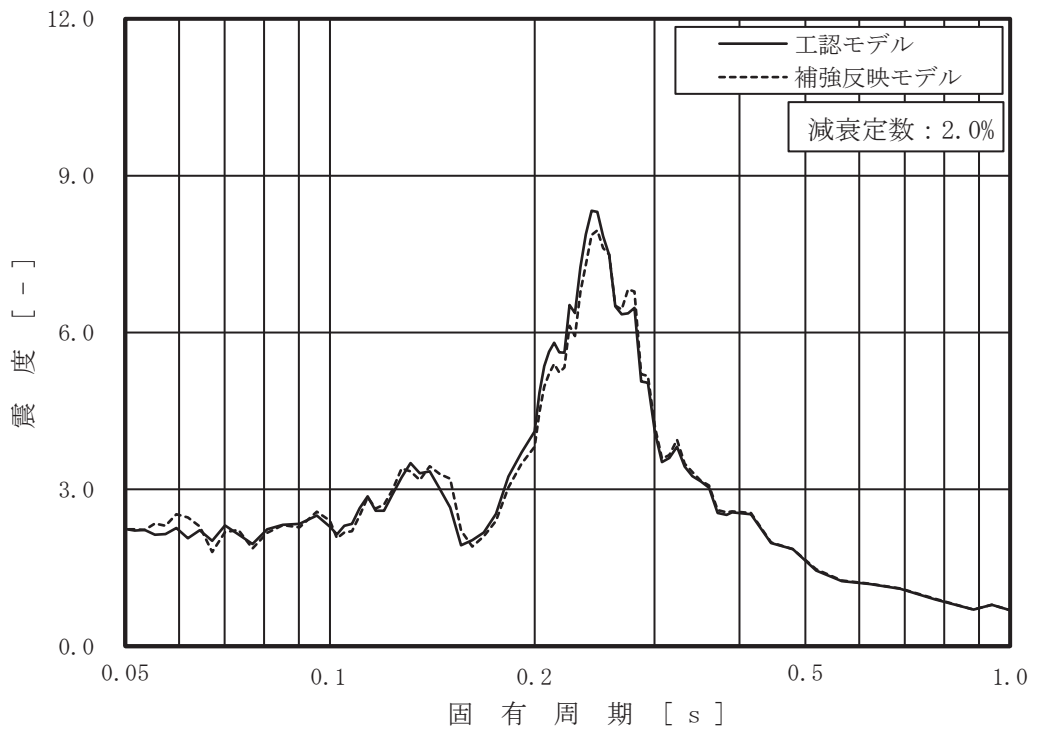


図 4-1 (12/18) 床応答曲線  
 (基準地震動 S s - D 2, 水平方向, 原子炉格納容器 0.P.  m)

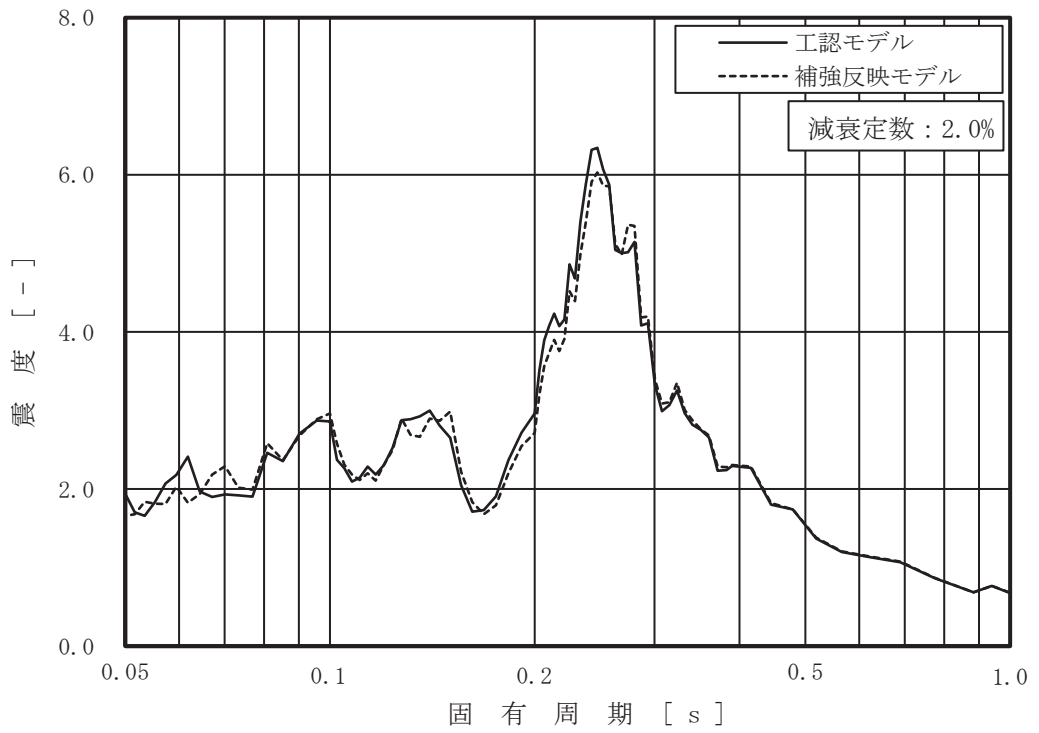


図 4-1 (13/18) 床応答曲線

(基準地震動 S s - D 2, 水平方向, 原子炉格納容器 0.P.  m)

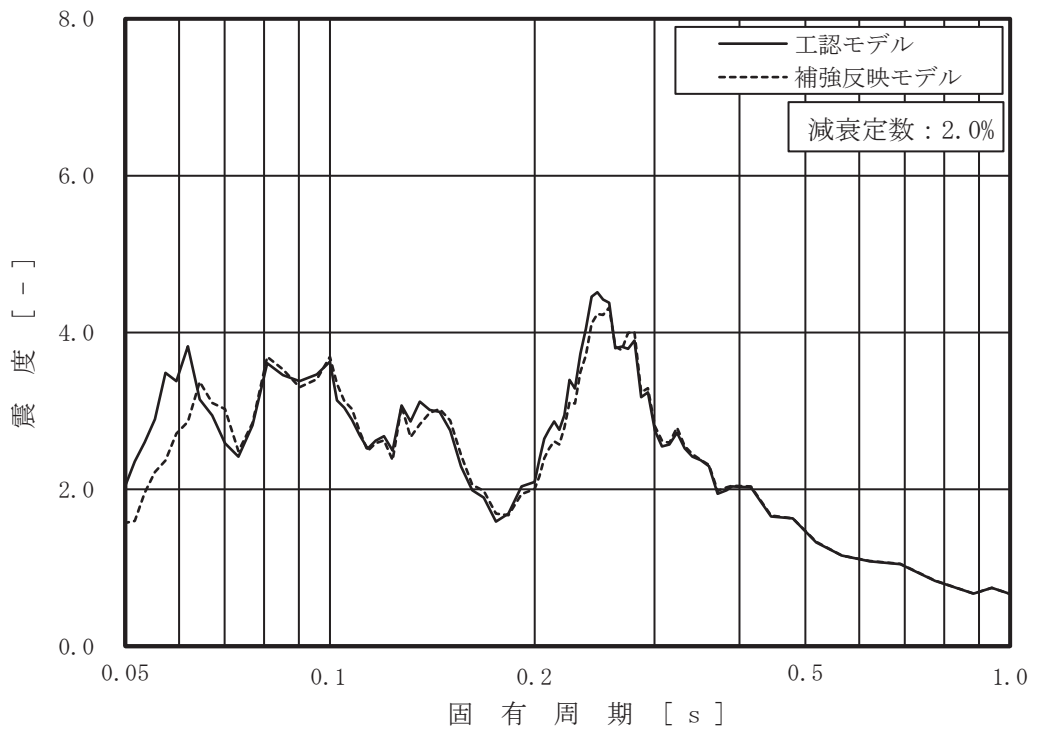


図 4-1 (14/18) 床応答曲線

(基準地震動 S s - D 2, 水平方向, 原子炉格納容器 0.P.  m)

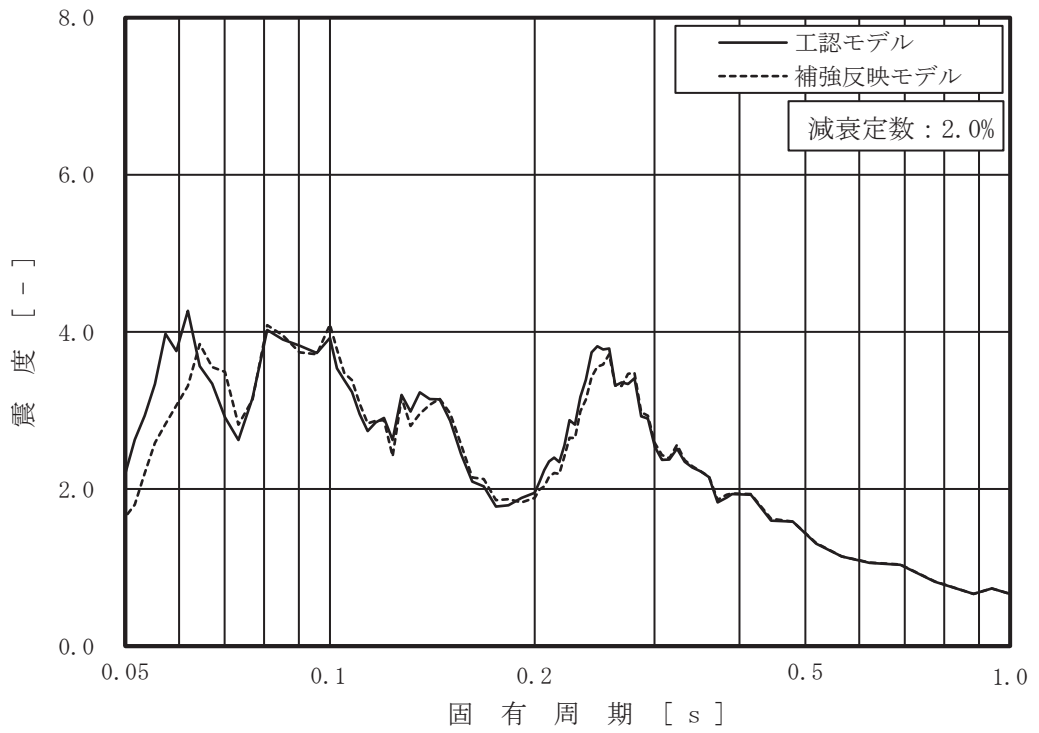


図 4-1 (15/18) 床応答曲線

(基準地震動 S s - D 2, 水平方向, 原子炉格納容器 O.P.  m)

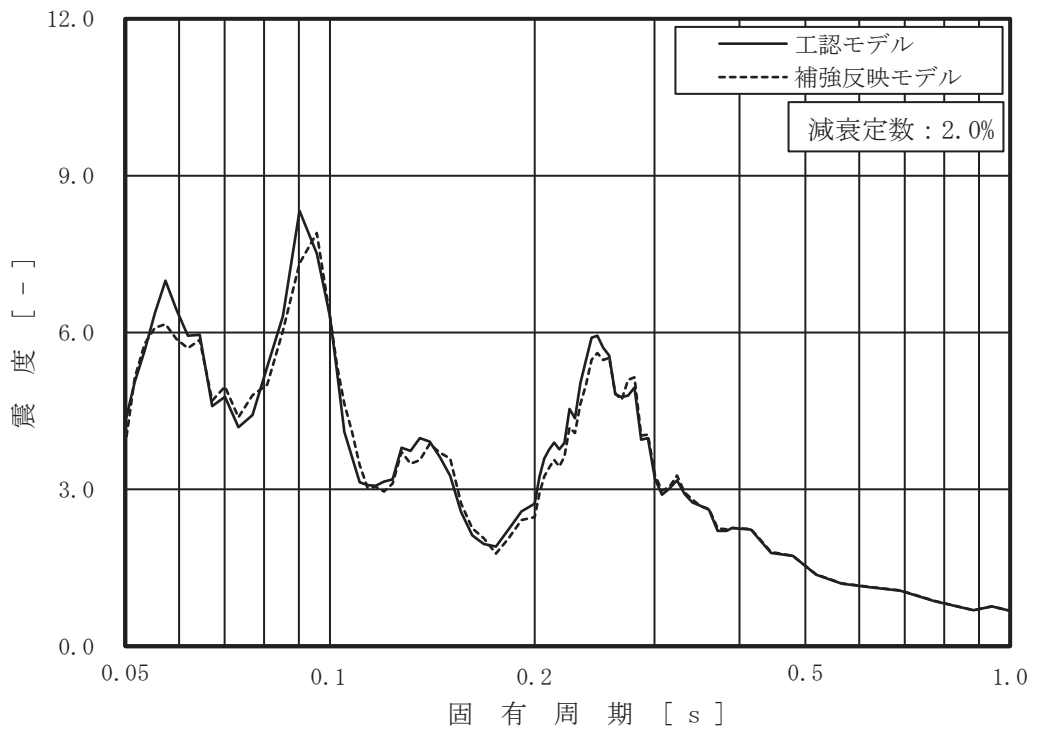


図 4-1 (16/18) 床応答曲線

(基準地震動 S s - D 2, 水平方向, 原子炉压力容器 O.P.  m)

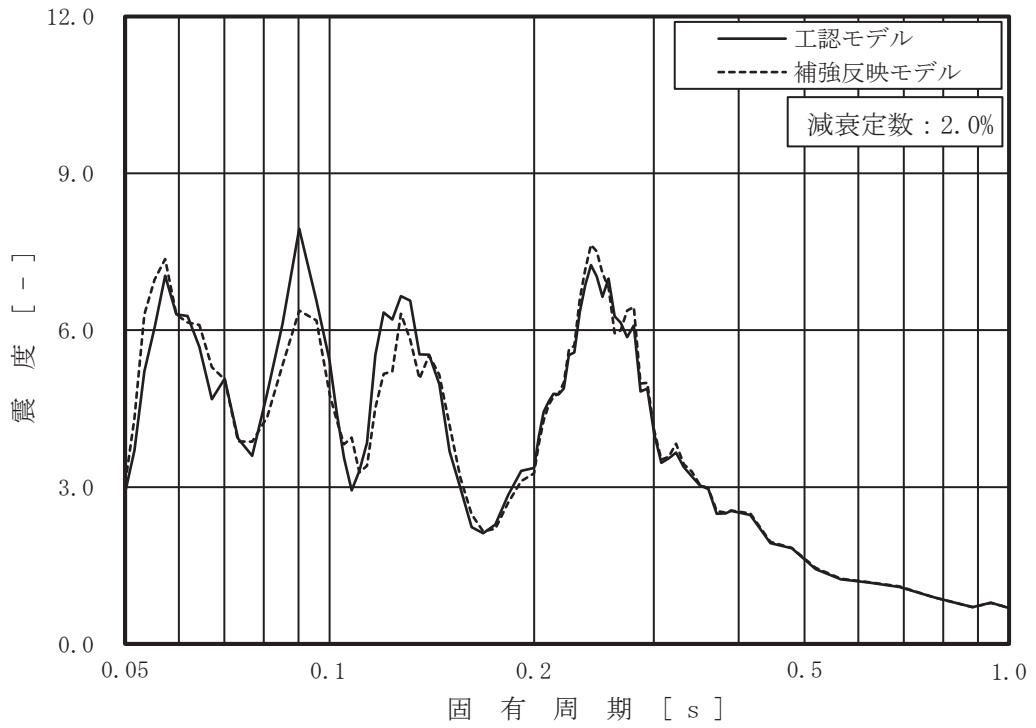


図 4-1 (17/18) 床応答曲線  
 (基準地震動 S s - D 2, 水平方向, 炉心支持板 O.P.  m)

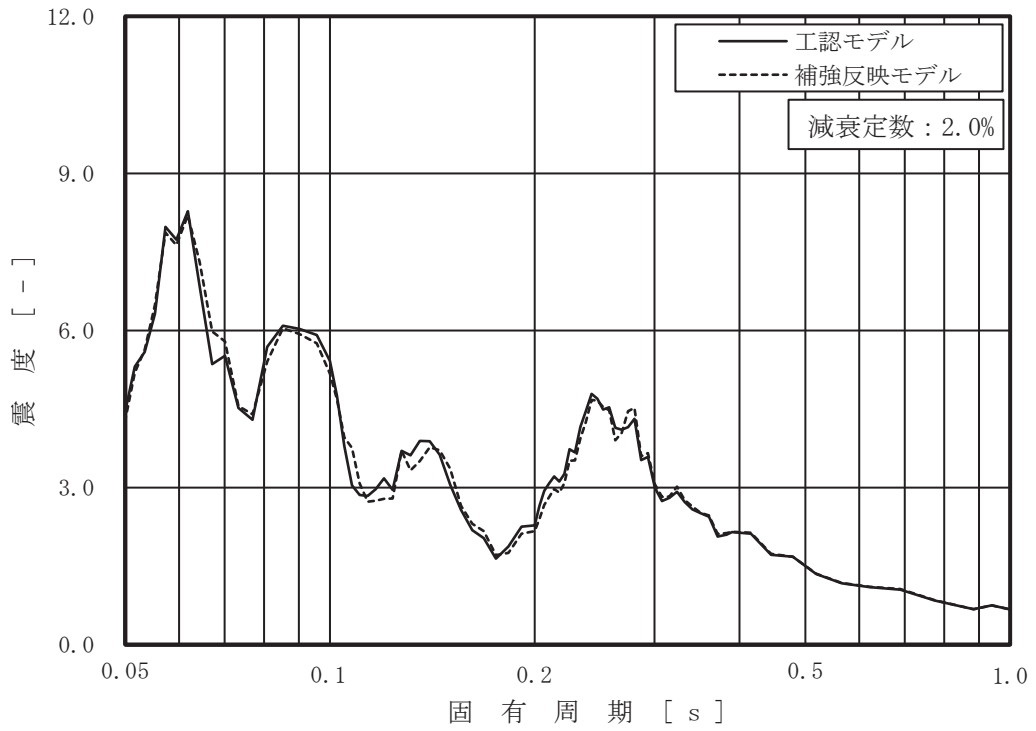


図 4-1 (18/18) 床応答曲線  
 (基準地震動 S s - D 2, 水平方向, 原子炉压力容器底部 O.P.  m)

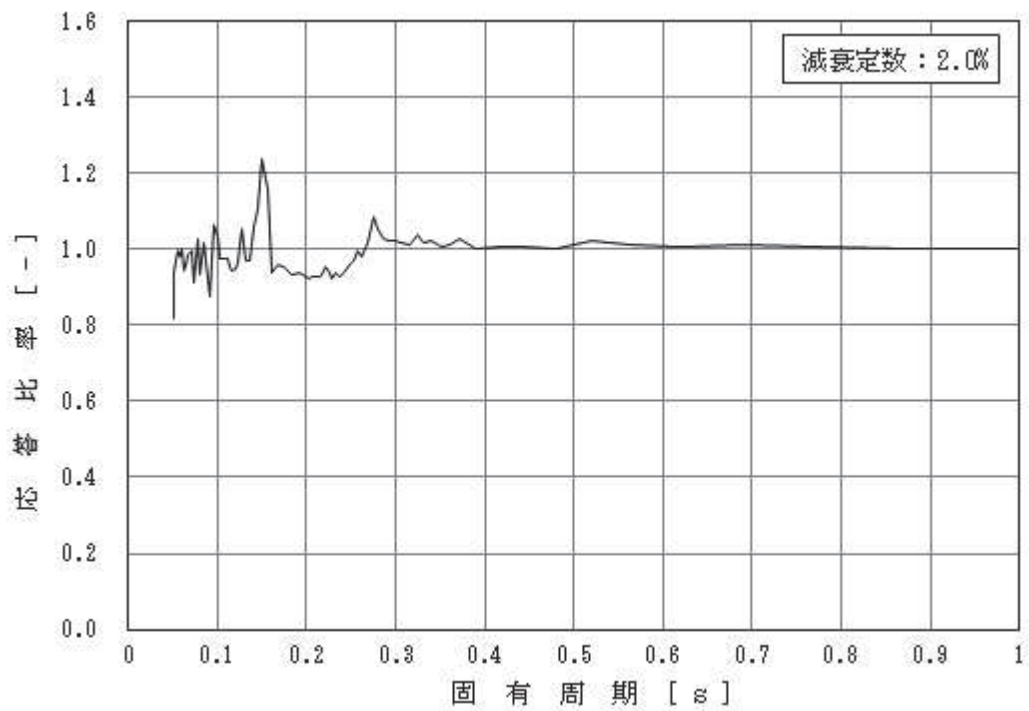


図 4-2 (1/18) 応答比率

(基準地震動 S s - D 2, 水平方向, 原子炉しゃへい壁 O.P.  m)

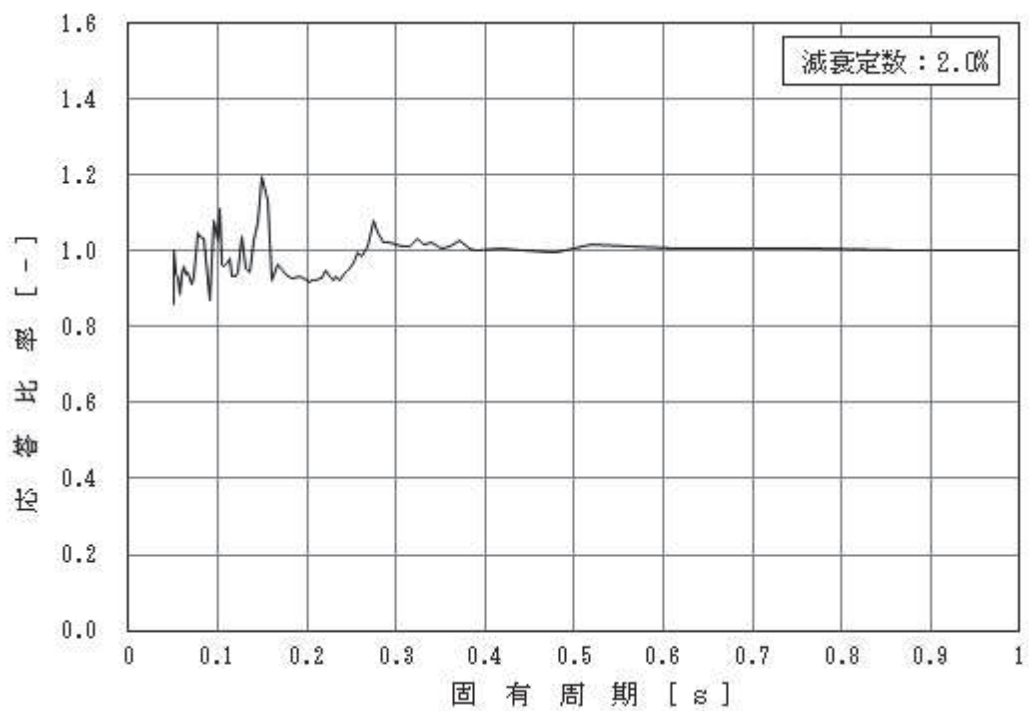


図 4-2 (2/18) 応答比率

(基準地震動 S s - D 2, 水平方向, 原子炉しゃへい壁 O.P.  m)

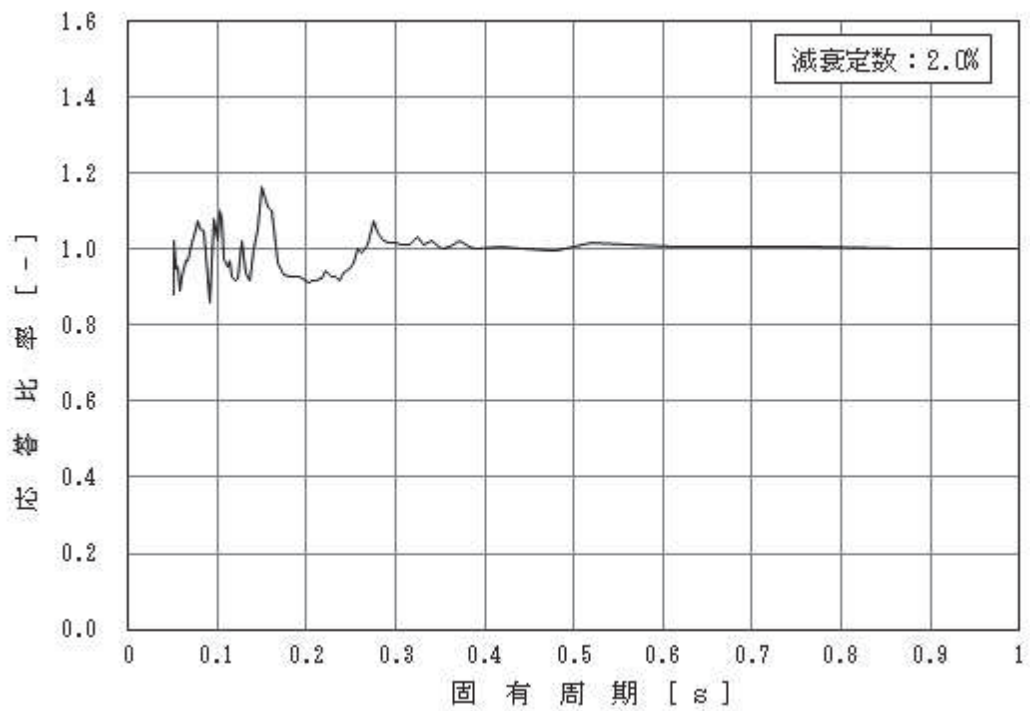


図 4-2 (3/18) 応答比率

(基準地震動 S s - D 2, 水平方向, 原子炉しゃへい壁 0.P.  m)

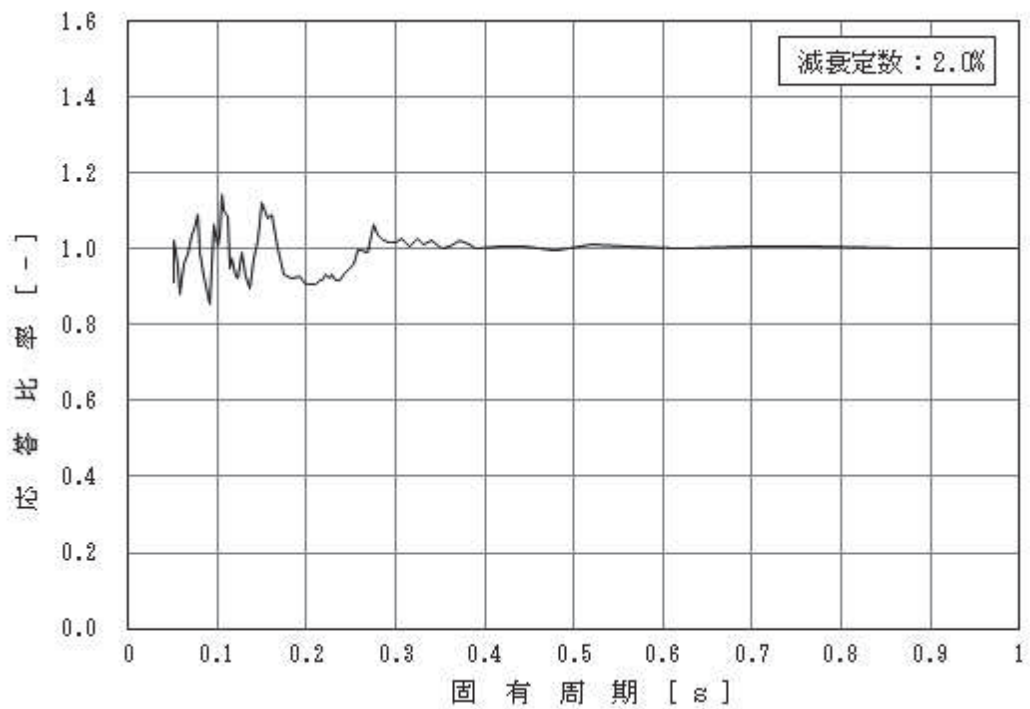


図 4-2 (4/18) 応答比率

(基準地震動 S s - D 2, 水平方向, 原子炉しゃへい壁 0.P.  m)

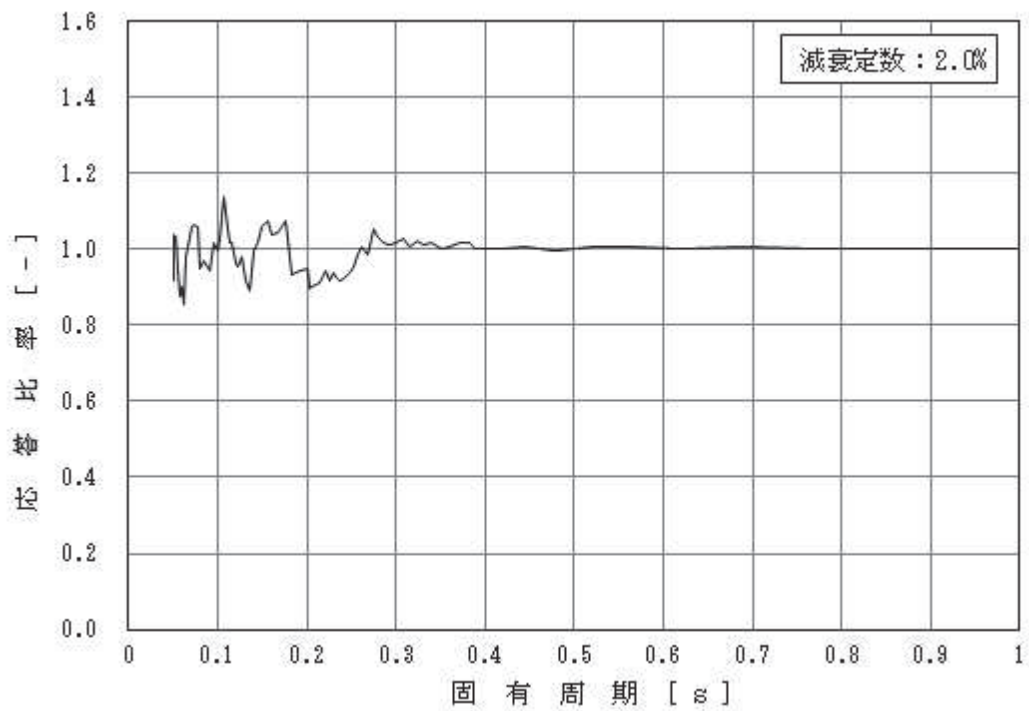


図 4-2 (5/18) 応答比率

(基準地震動 S s - D 2, 水平方向, 原子炉本体の基礎 0.P.  m)

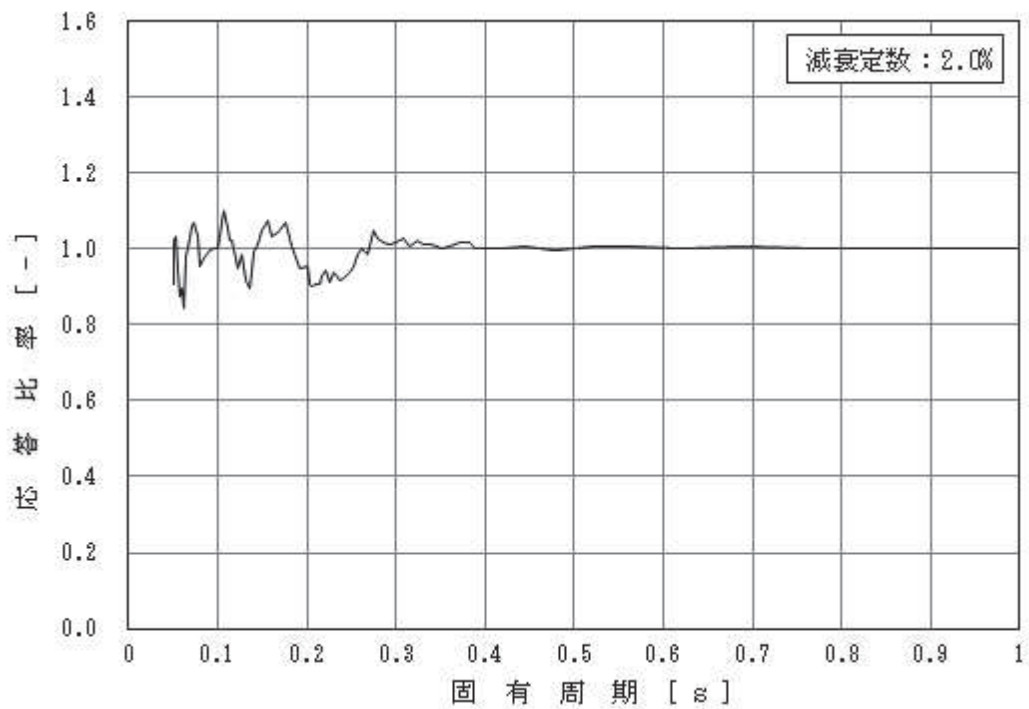


図 4-2 (6/18) 応答比率

(基準地震動 S s - D 2, 水平方向, 原子炉本体の基礎 0.P.  m)



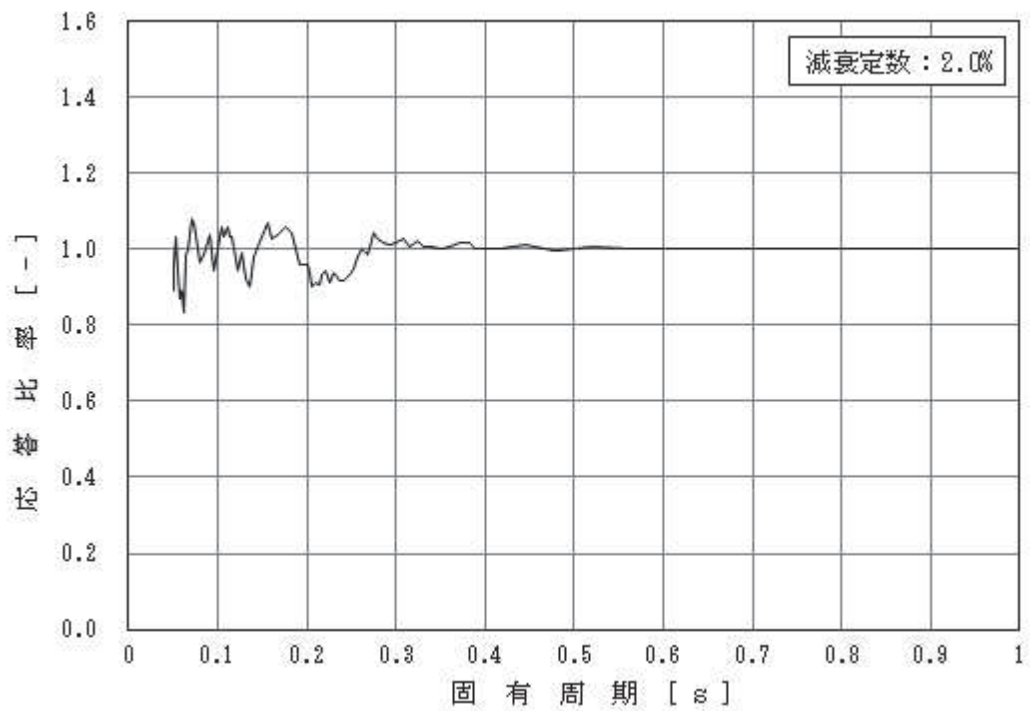


図 4-2 (7/18) 応答比率

(基準地震動 S s - D 2, 水平方向, 原子炉本体の基礎 0.P.   m)

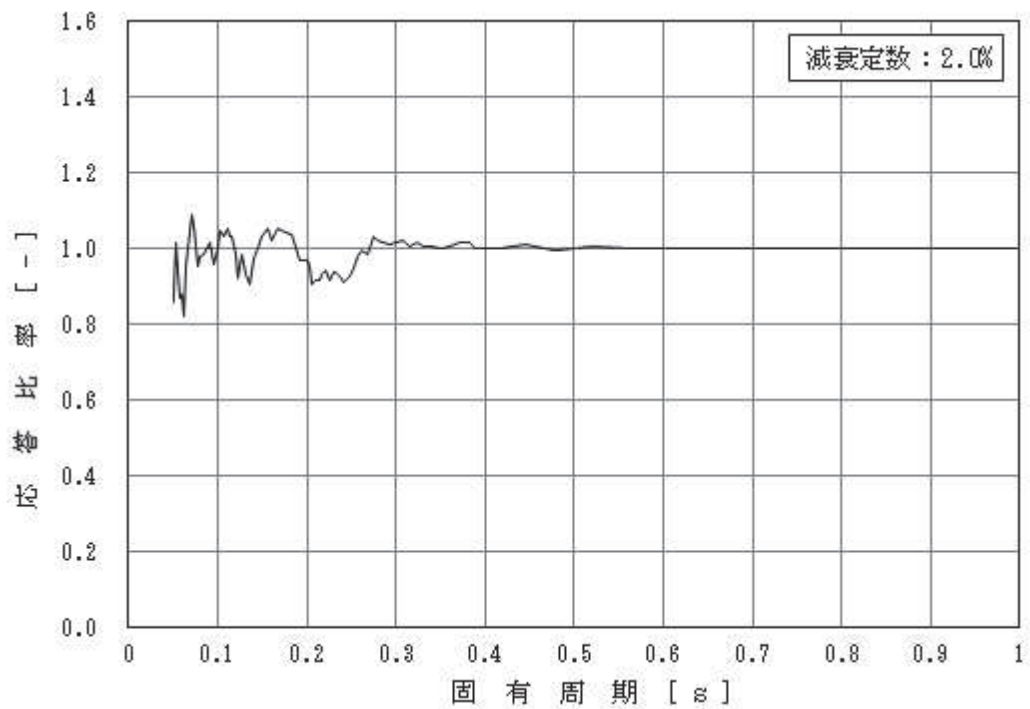


図 4-2 (8/18) 応答比率

(基準地震動 S s - D 2, 水平方向, 原子炉本体の基礎 0.P.   m)

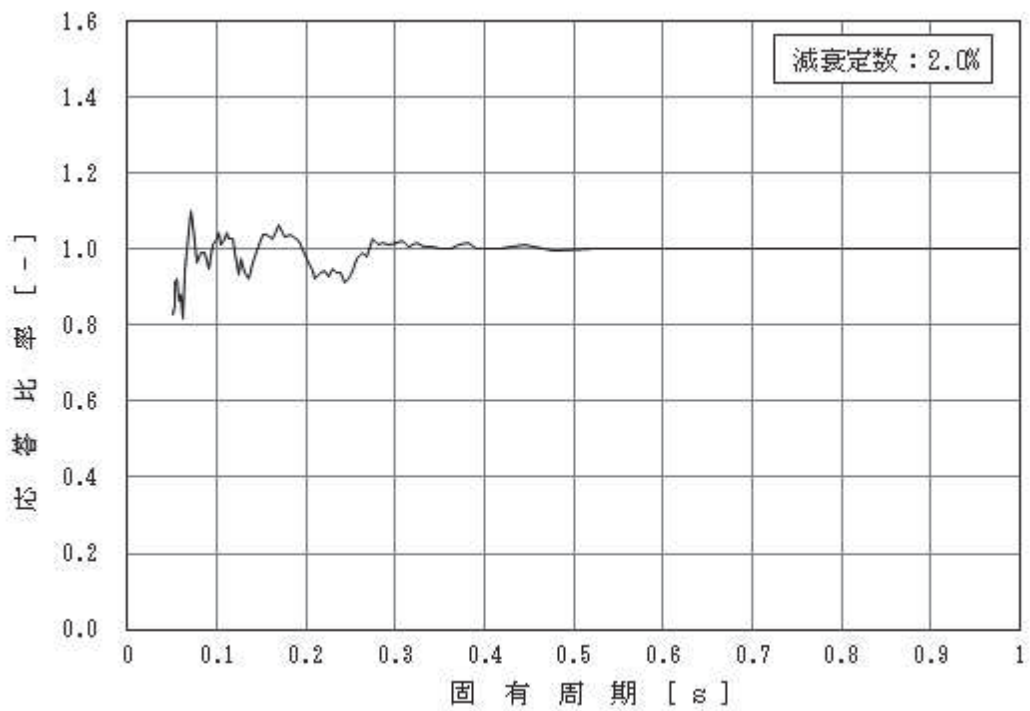


図 4-2 (9/18) 応答比率

(基準地震動 S s - D 2, 水平方向, 原子炉本体の基礎 0.P.  m)

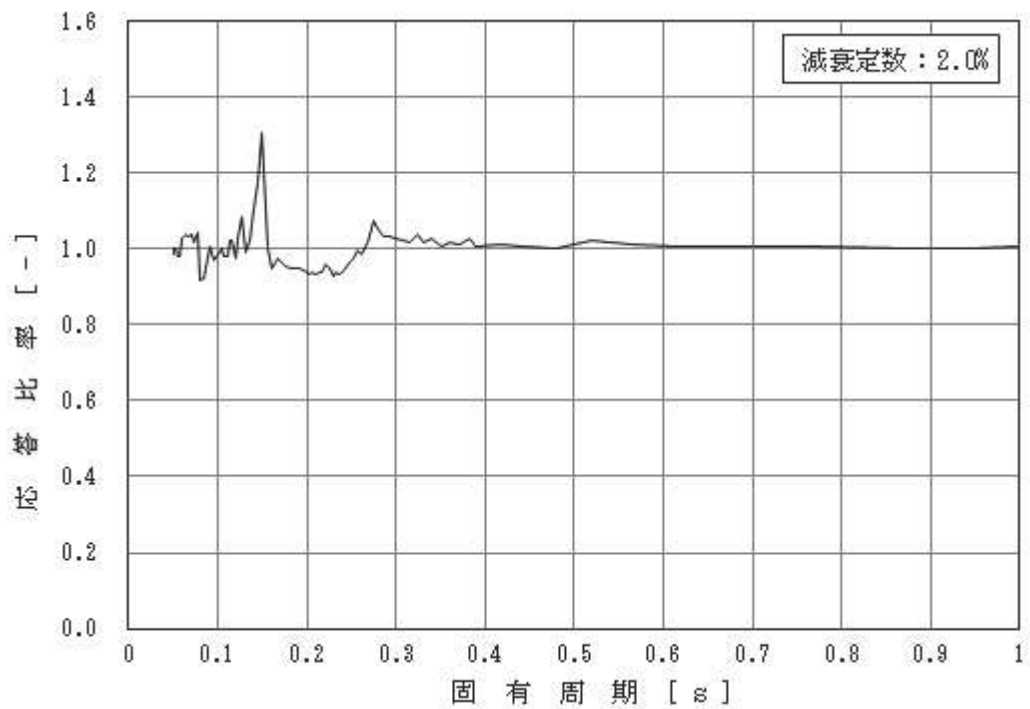


図 4-2 (10/18) 応答比率

(基準地震動 S s - D 2, 水平方向, 原子炉格納容器 0.P.  m)

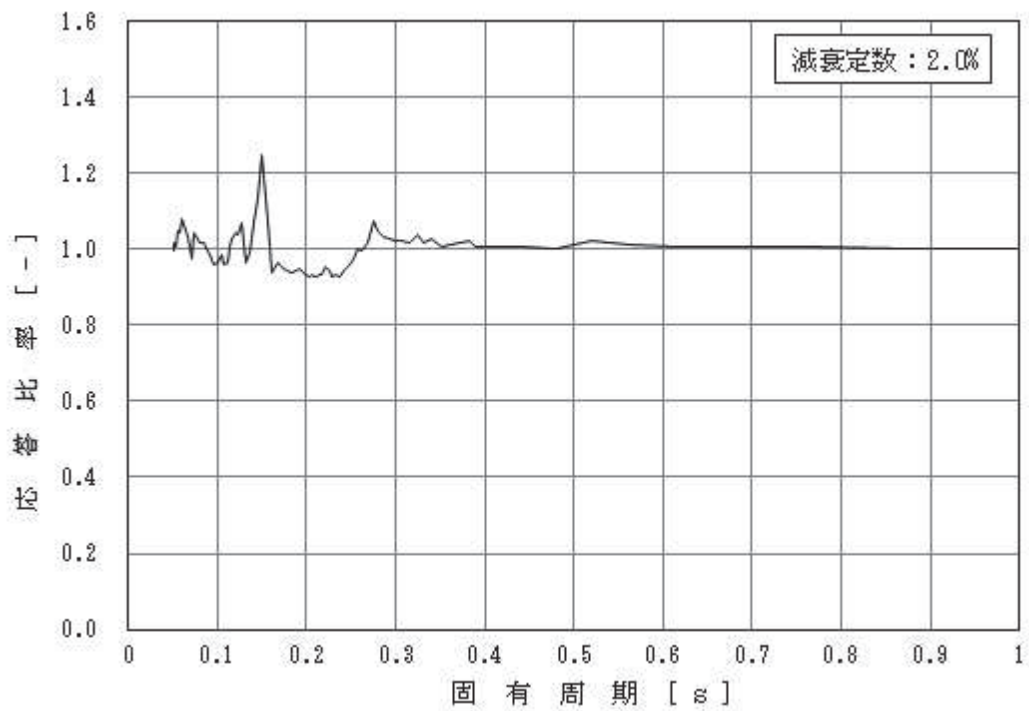


図 4-2 (11/18) 応答比率

(基準地震動 S<sub>s</sub>-D2, 水平方向, 原子炉格納容器 O.P.  m)

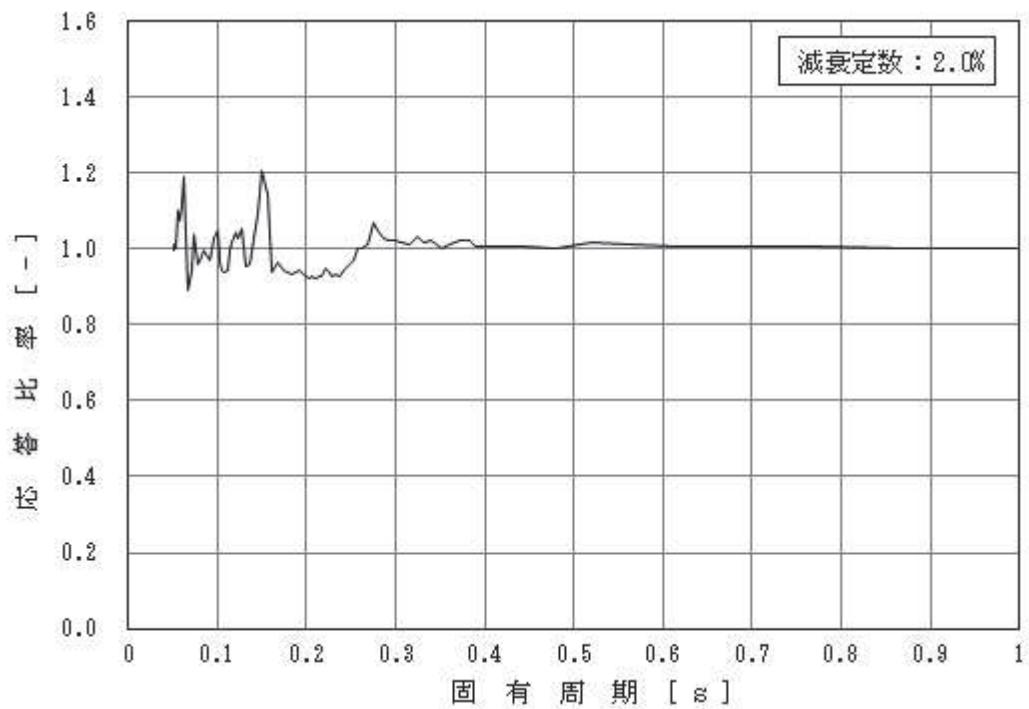


図 4-2 (12/18) 応答比率

(基準地震動 S<sub>s</sub>-D2, 水平方向, 原子炉格納容器 O.P.  m)

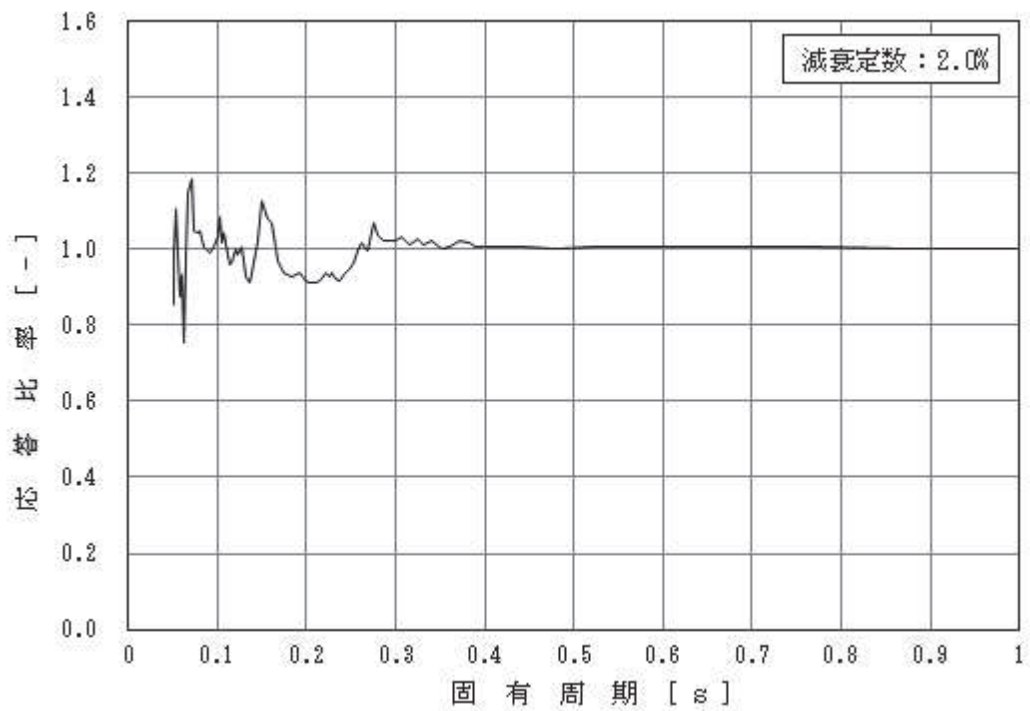


図 4-2 (13/18) 応答比率

(基準地震動 S s - D 2, 水平方向, 原子炉格納容器 O.P.  m)

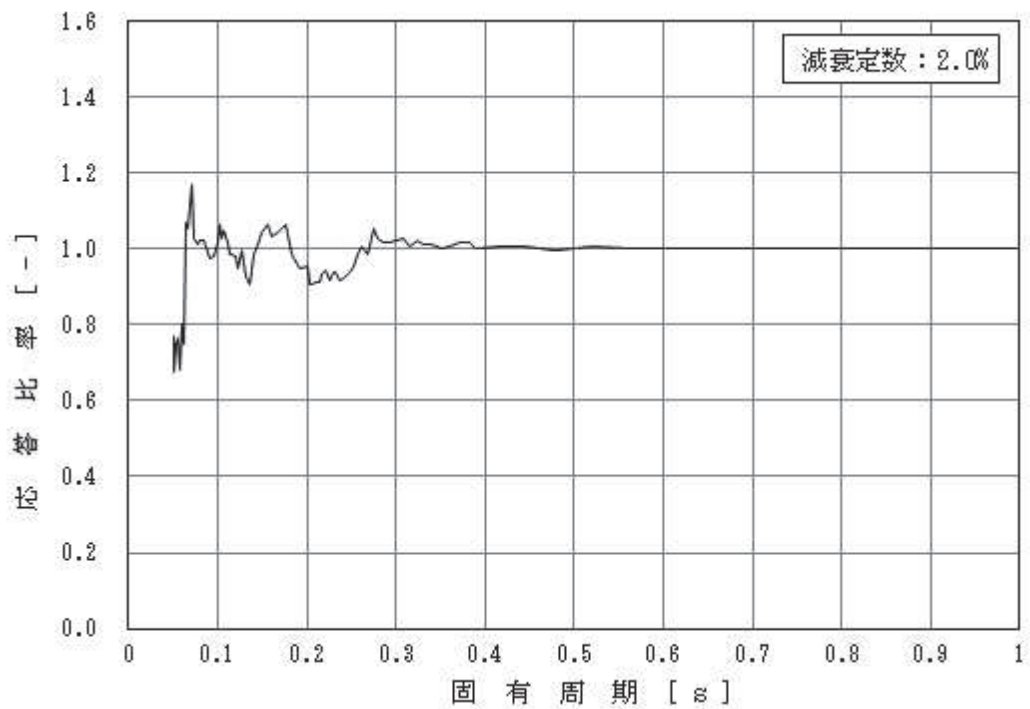


図 4-2 (14/18) 応答比率

(基準地震動 S s - D 2, 水平方向, 原子炉格納容器 O.P.  m)

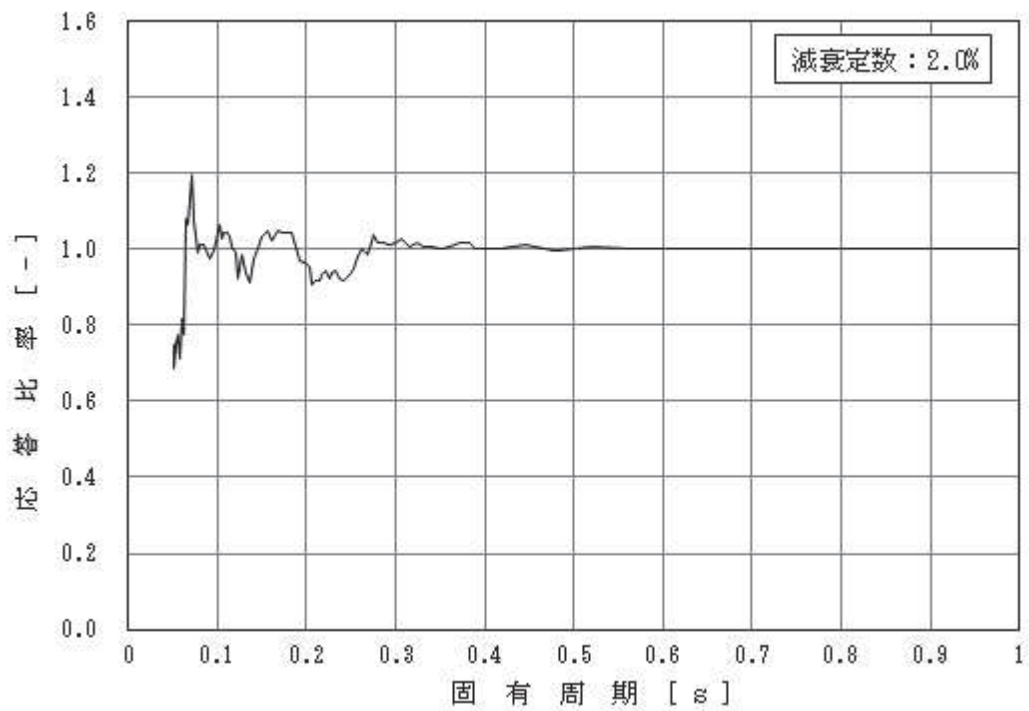


図 4-2 (15/18) 応答比率

(基準地震動 S<sub>s</sub>-D 2, 水平方向, 原子炉格納容器 0.P.  m)

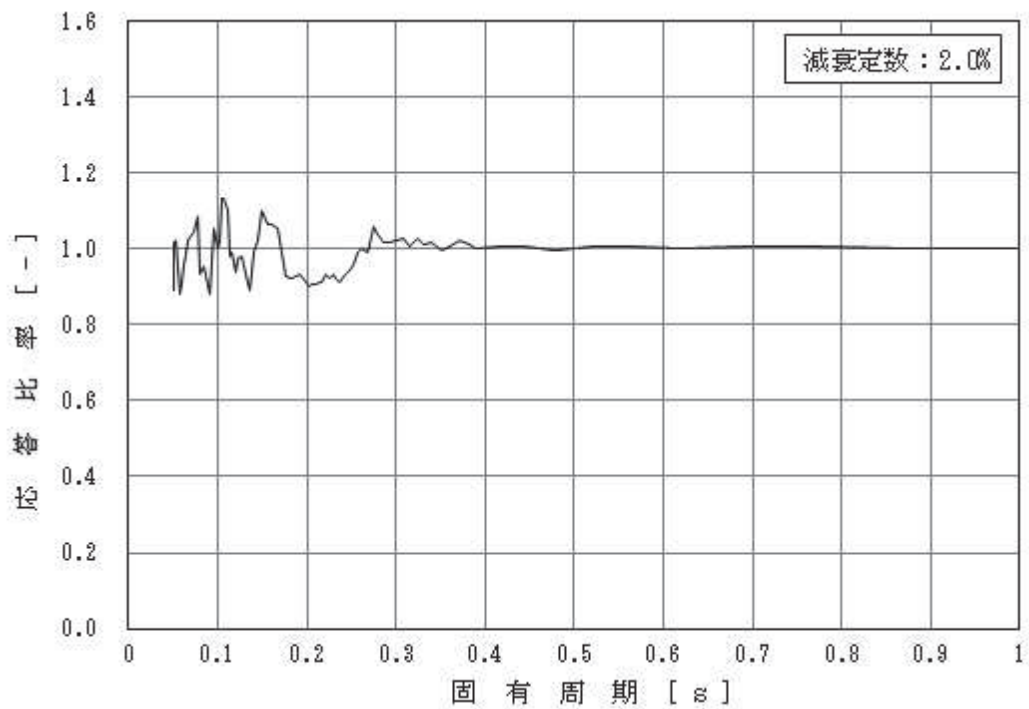


図 4-2 (16/18) 応答比率

(基準地震動 S<sub>s</sub>-D 2, 水平方向, 原子炉压力容器 0.P.  m)

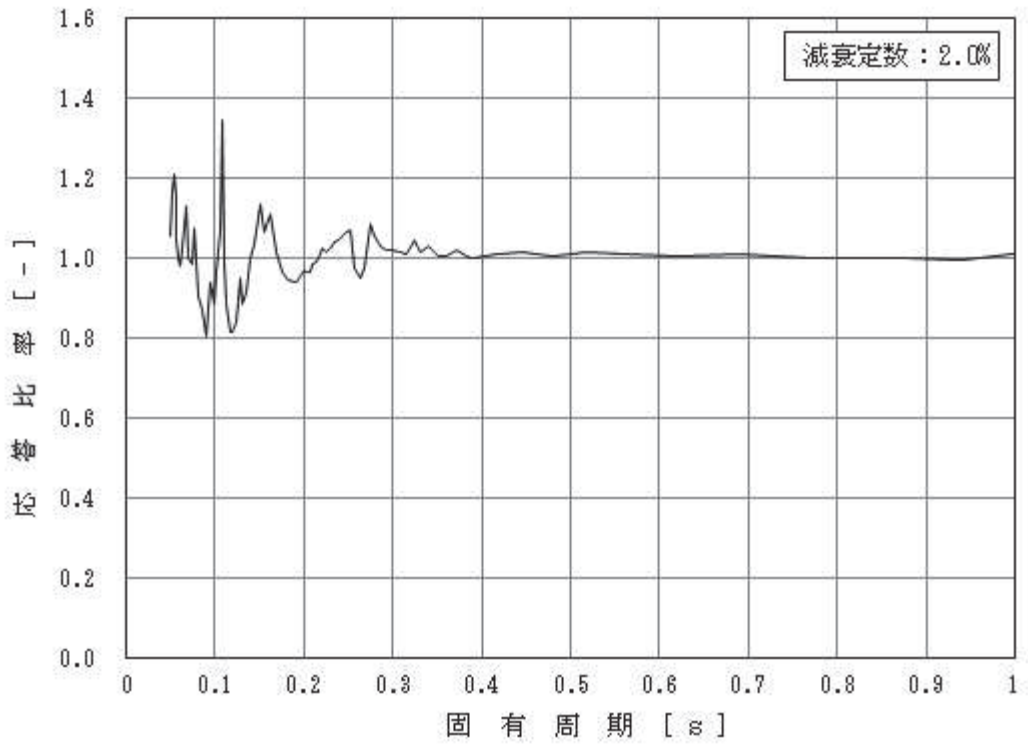


図 4-2 (17/18) 応答比率

(基準地震動 S s - D 2, 水平方向, 炉心支持板 0.P.  m)

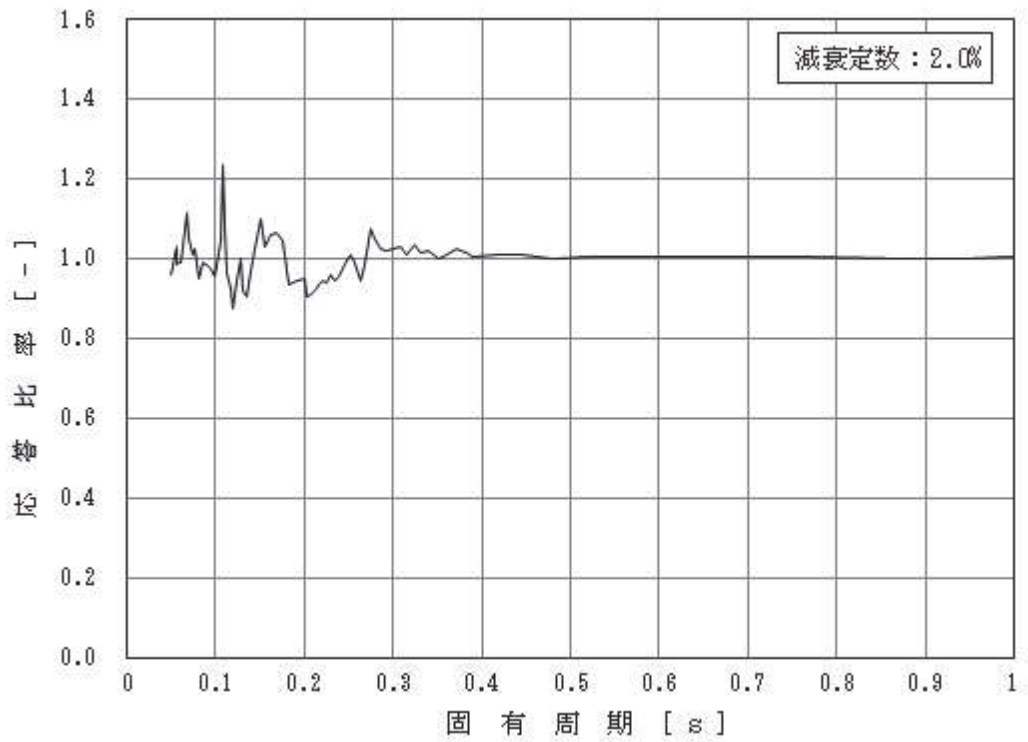


図 4-2 (18/18) 応答比率

(基準地震動 S s - D 2, 水平方向, 原子炉压力容器底部 0.P.  m)

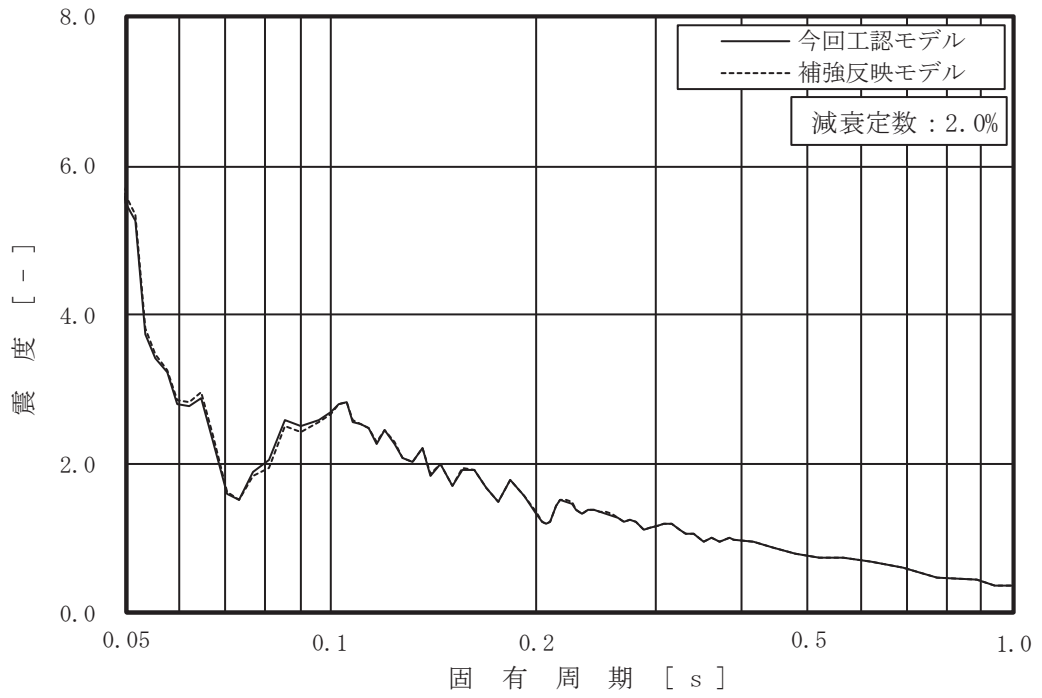


図 4-3 (1/16) 床応答曲線

(基準地震動 S s - D 2, 鉛直方向, 原子炉しゃへい壁 0. P.  m)

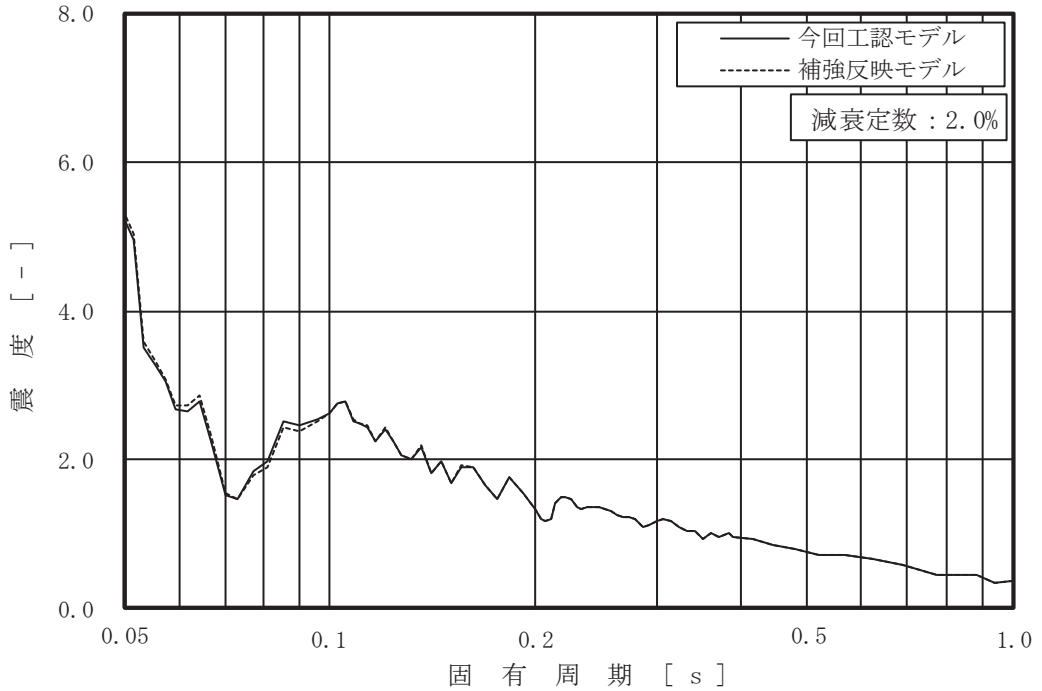


図 4-3 (2/16) 床応答曲線

(基準地震動 S s - D 2, 鉛直方向, 原子炉しゃへい壁 0. P.  m)

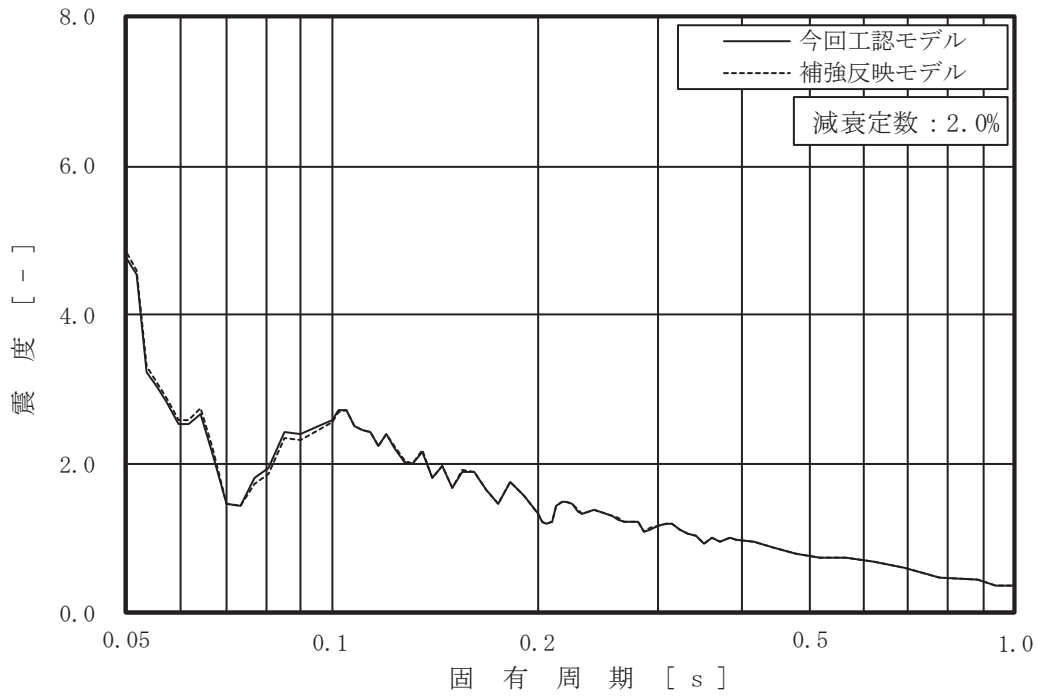


図 4-3 (3/16) 床応答曲線

(基準地震動 S s - D 2, 鉛直方向, 原子炉しゃへい壁 O.P.   m)

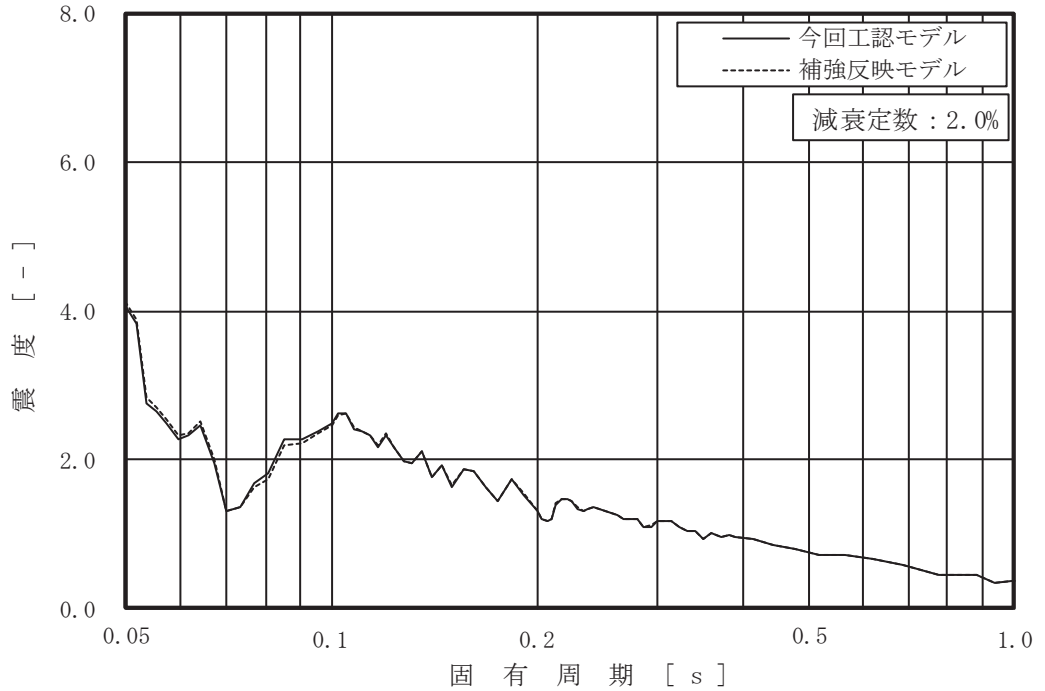


図 4-3 (4/16) 床応答曲線

(基準地震動 S s - D 2, 鉛直方向, 原子炉しゃへい壁 O.P.   m)



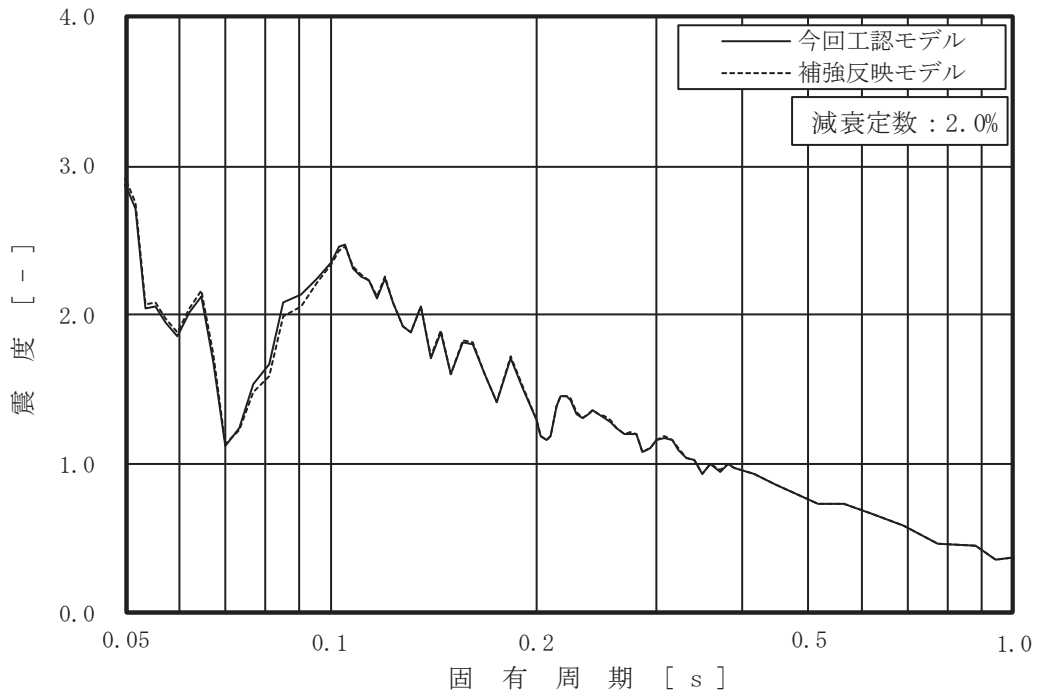


図 4-3 (5/16) 床応答曲線

(基準地震動 S s - D 2, 鉛直方向, 原子炉本体の基礎 0.P.  m)

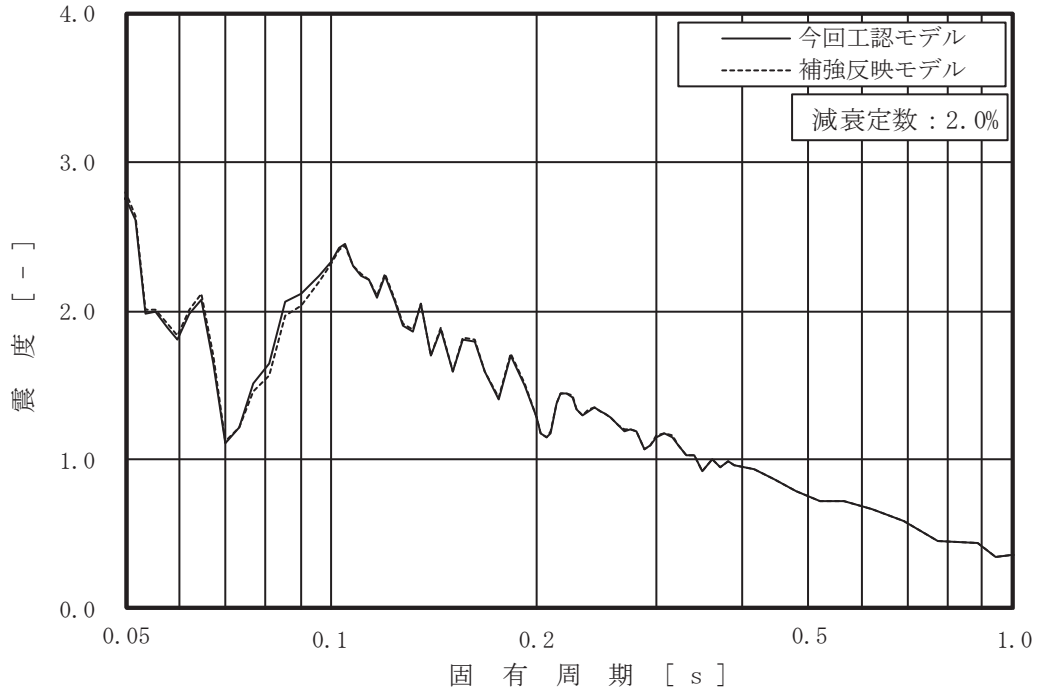


図 4-3 (6/16) 床応答曲線

(基準地震動 S s - D 2, 鉛直方向, 原子炉本体の基礎 0.P.  m)

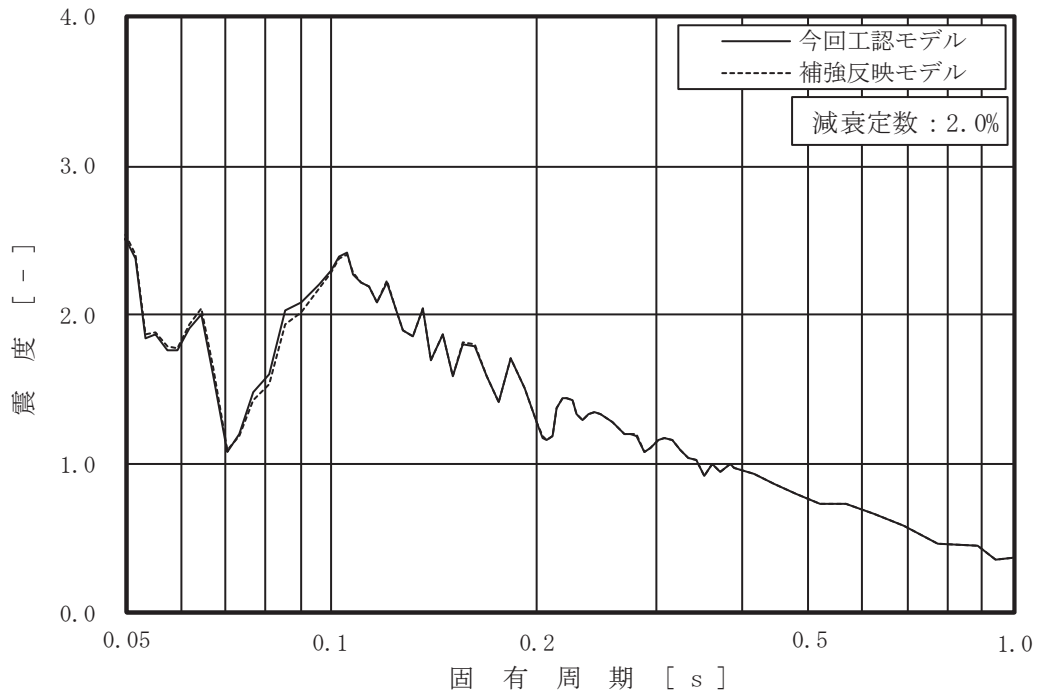


図 4-3 (7/16) 床応答曲線

(基準地震動 S s - D 2, 鉛直方向, 原子炉本体の基礎 0.P.   m)

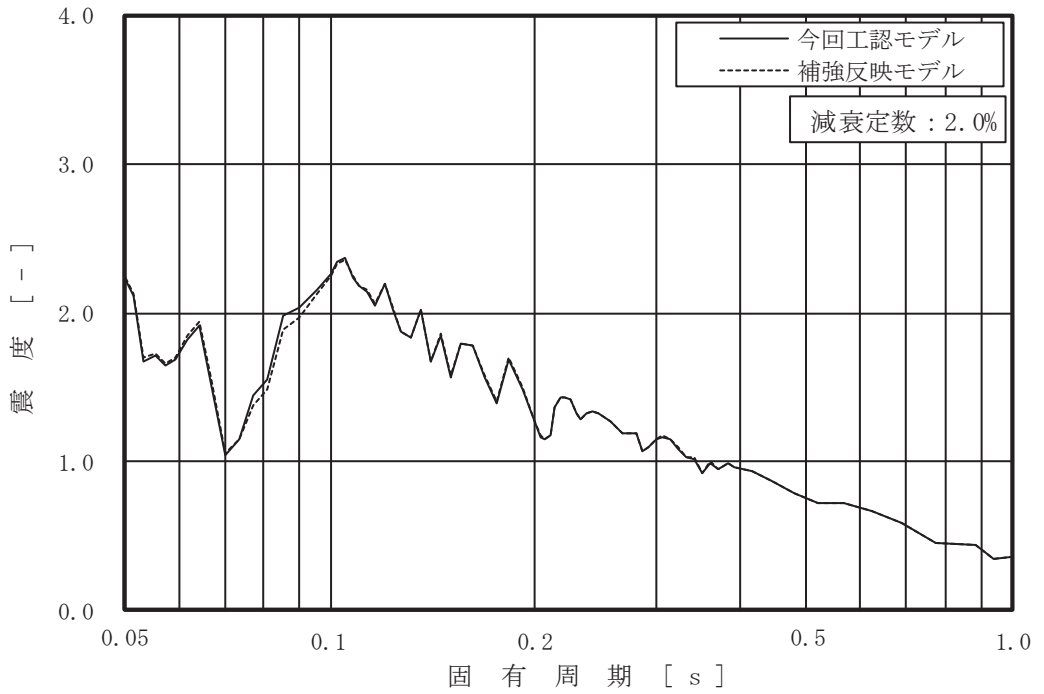


図 4-3 (8/16) 床応答曲線

(基準地震動 S s - D 2, 鉛直方向, 原子炉本体の基礎 0.P.   m)

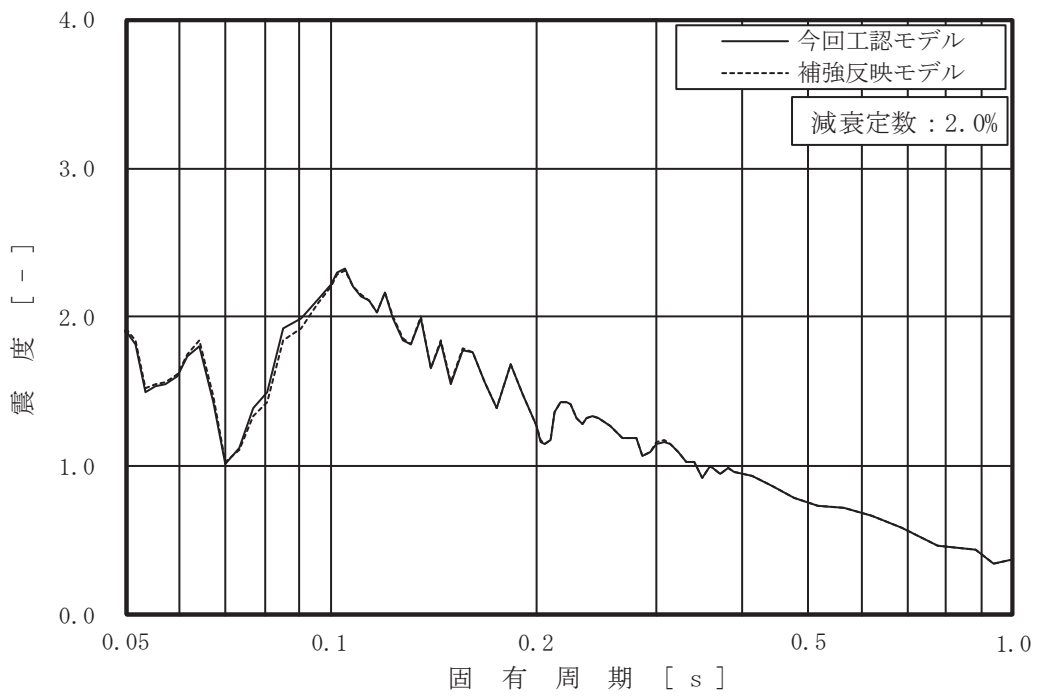


図 4-3 (9/16) 床応答曲線

(基準地震動 S s - D 2, 鉛直方向, 原子炉本体の基礎 0.P.  m)

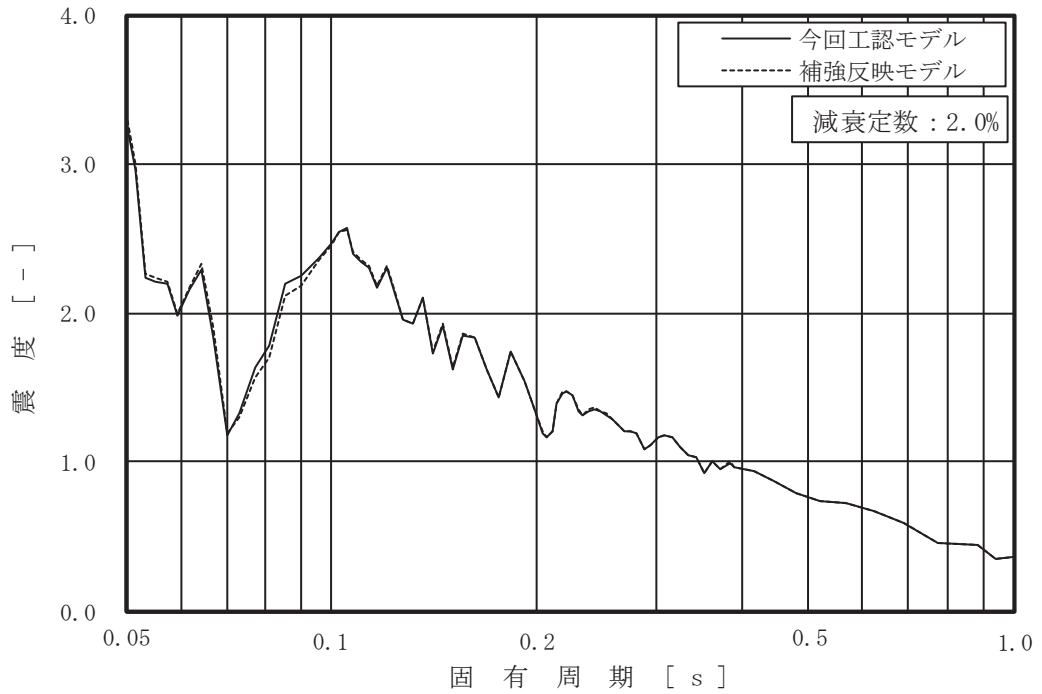


図 4-3 (10/16) 床応答曲線

(基準地震動 S s - D 2, 鉛直方向, 原子炉格納容器 0.P.  m)

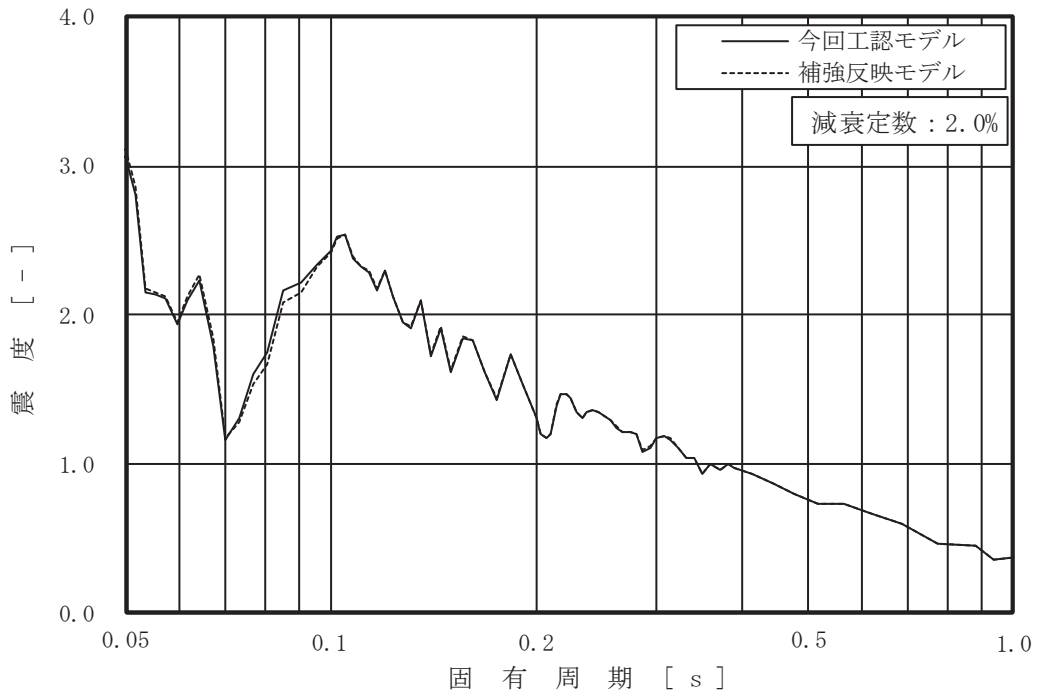


図 4-3 (11/16) 床応答曲線

(基準地震動 S s - D 2, 鉛直方向, 原子炉格納容器 O.P.  m)

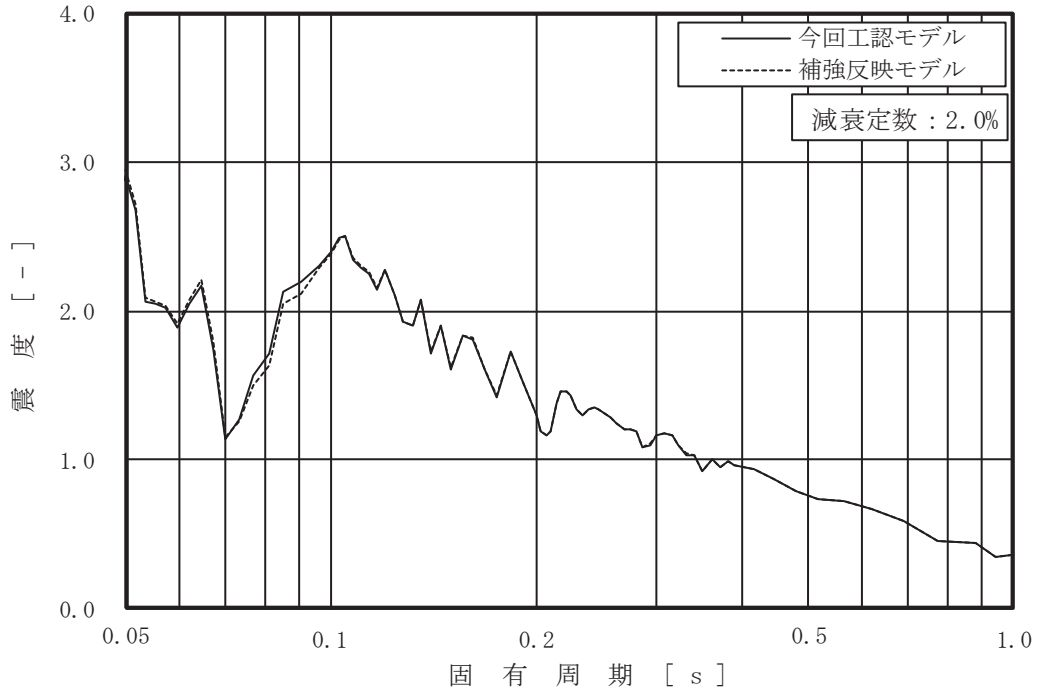


図 4-3 (12/16) 床応答曲線

(基準地震動 S s - D 2, 鉛直方向, 原子炉格納容器 O.P.  m)

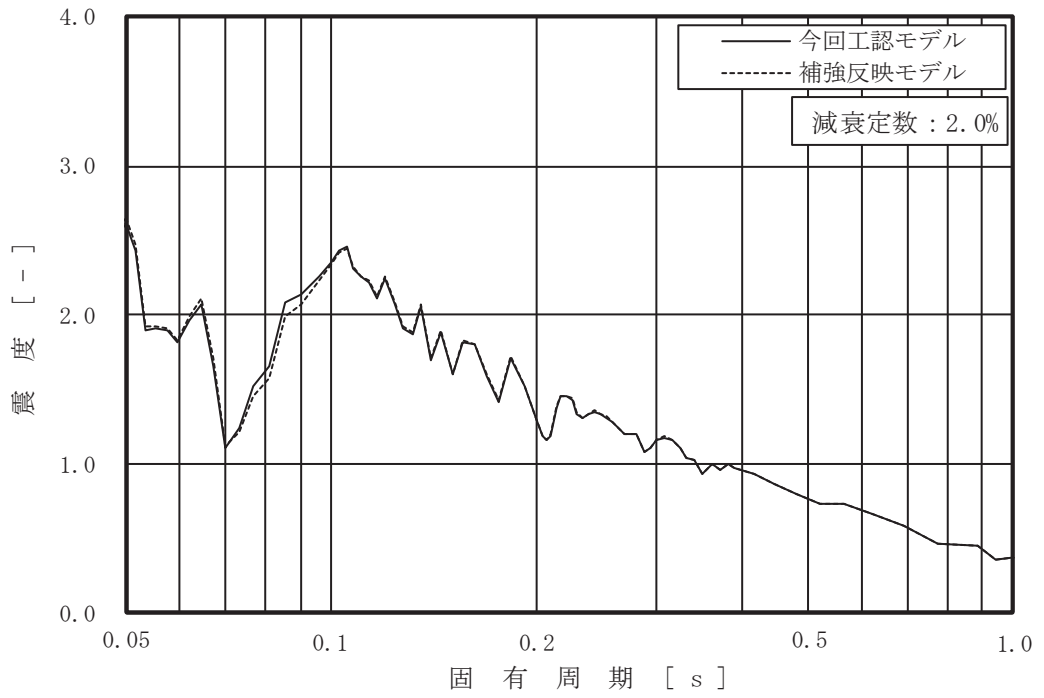


図 4-3 (13/16) 床応答曲線

(基準地震動 S s - D 2, 鉛直方向, 原子炉格納容器 0.P.  m)

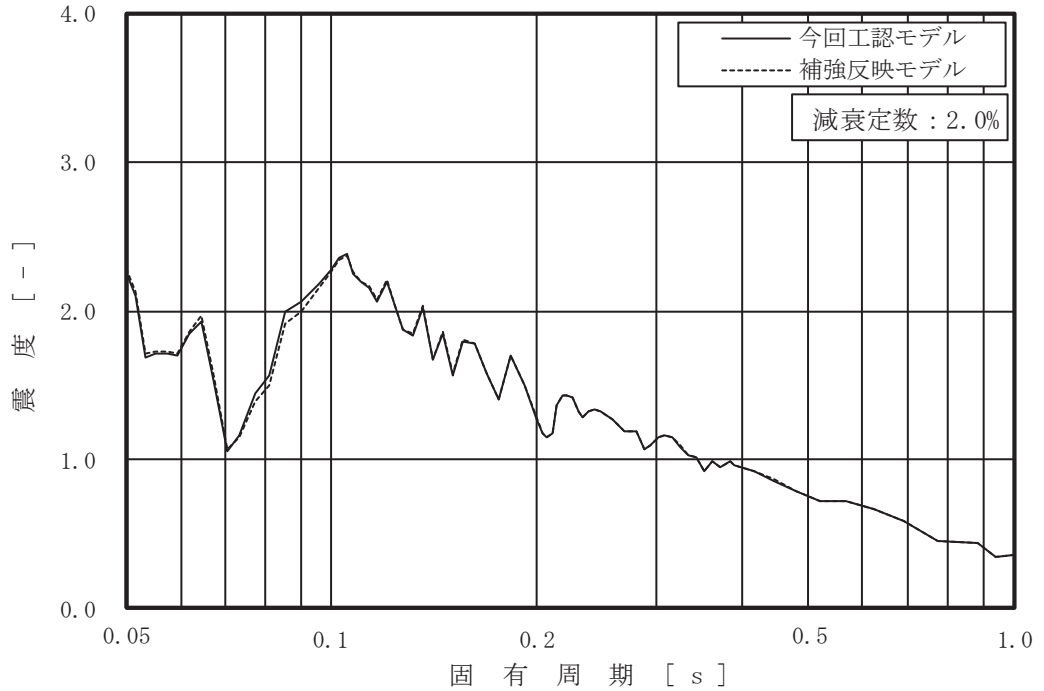


図 4-3 (14/16) 床応答曲線

(基準地震動 S s - D 2, 鉛直方向, 原子炉格納容器 0.P.  m)

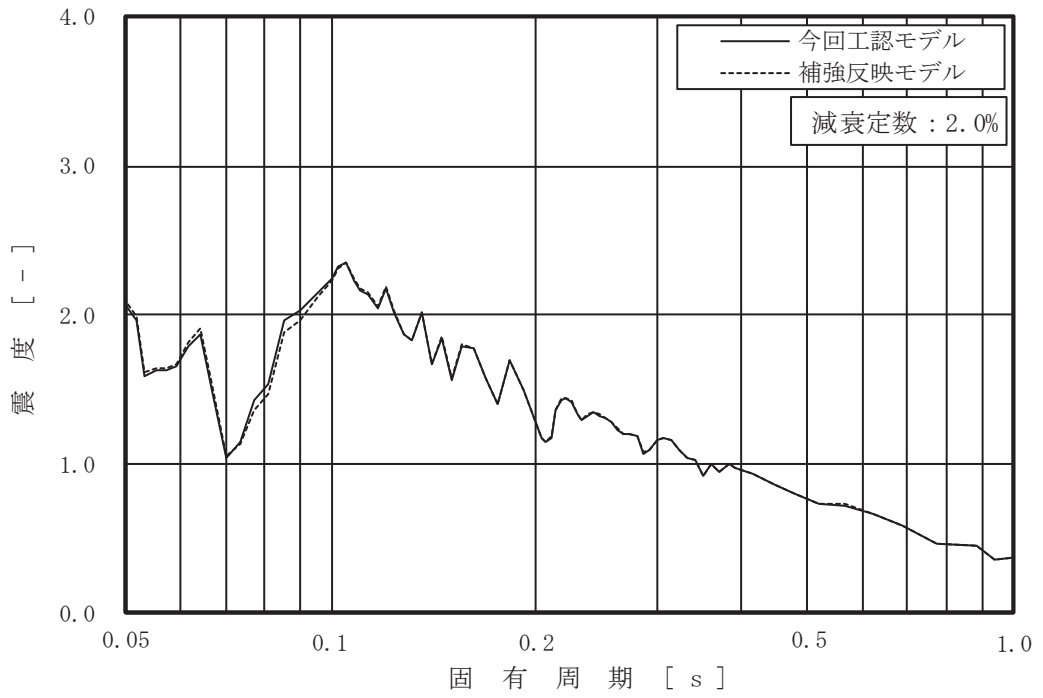


図 4-3 (15/16) 床応答曲線

(基準地震動  $S_s - D_2$ , 鉛直方向, 原子炉格納容器 O.P.   m)

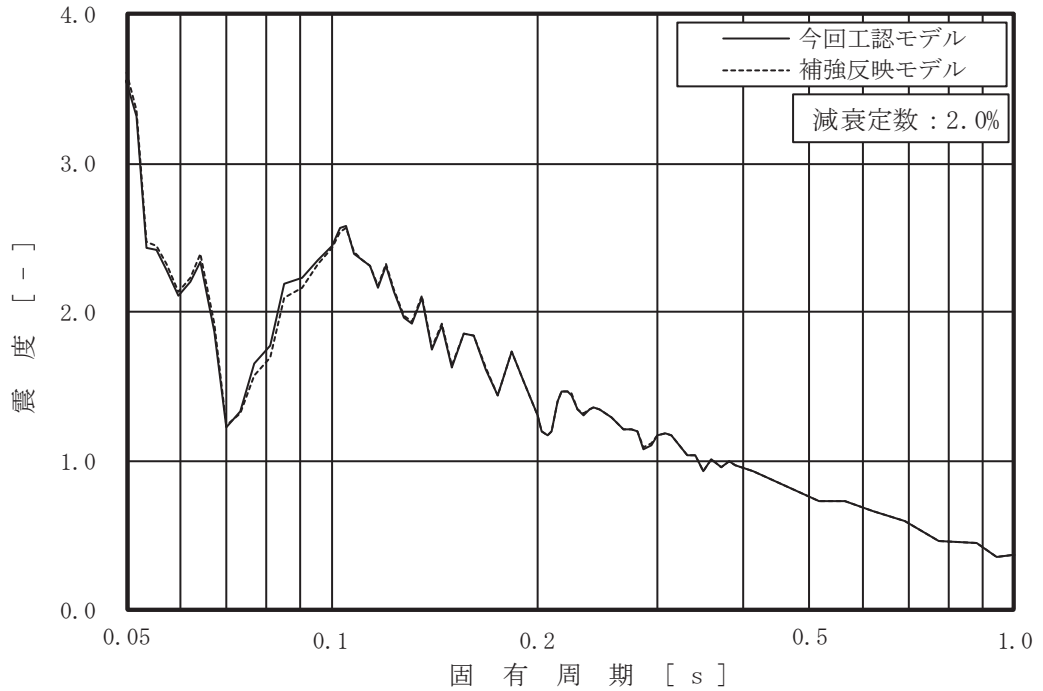


図 4-3 (16/16) 床応答曲線

(基準地震動  $S_s - D_2$ , 鉛直方向, 原子炉压力容器 O.P.   m)

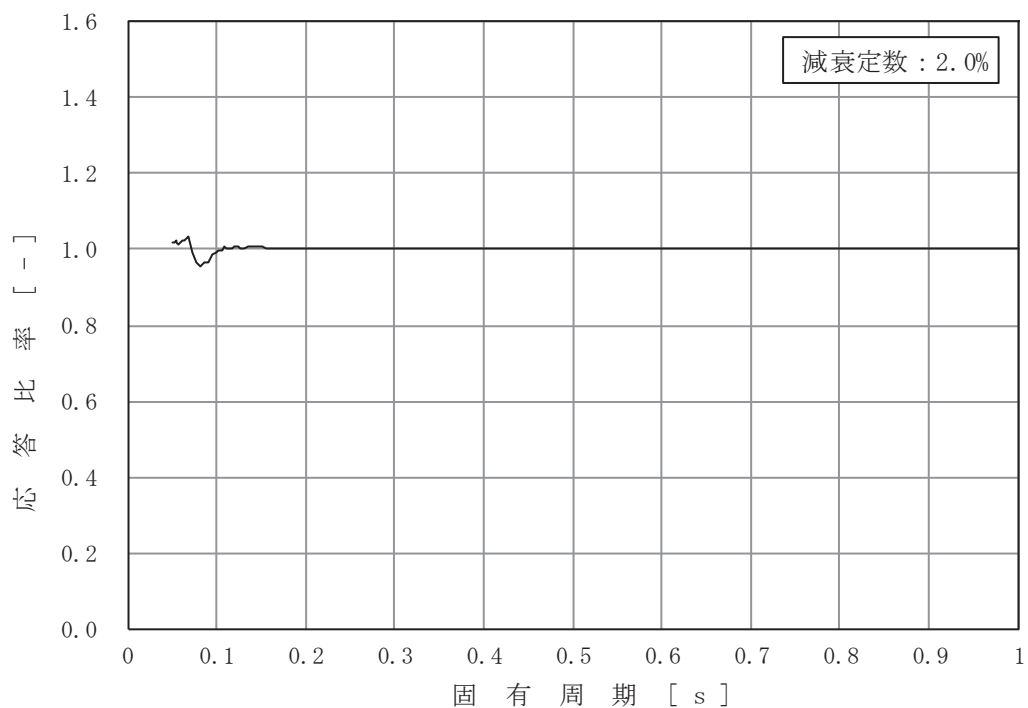


図 4-4 (1/16) 応答比率

(基準地震動 S<sub>s</sub>-D2, 鉛直方向, 原子炉しゃへい壁 0.P.   m)

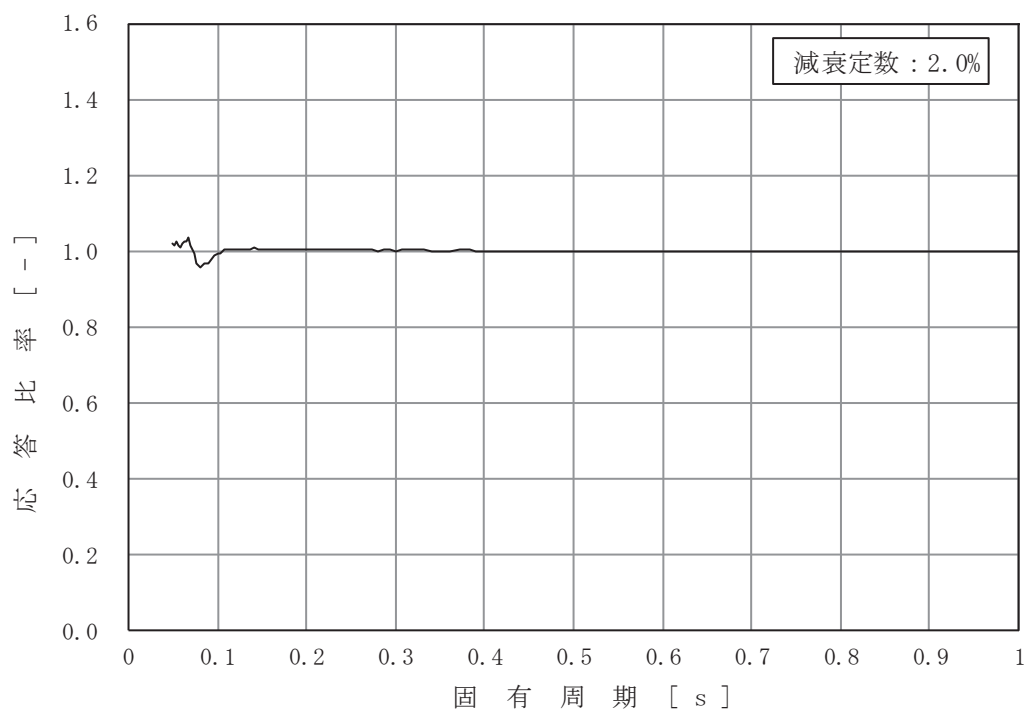


図 4-4 (2/16) 応答比率

(基準地震動 S<sub>s</sub>-D2, 鉛直方向, 原子炉しゃへい壁 0.P.   m)

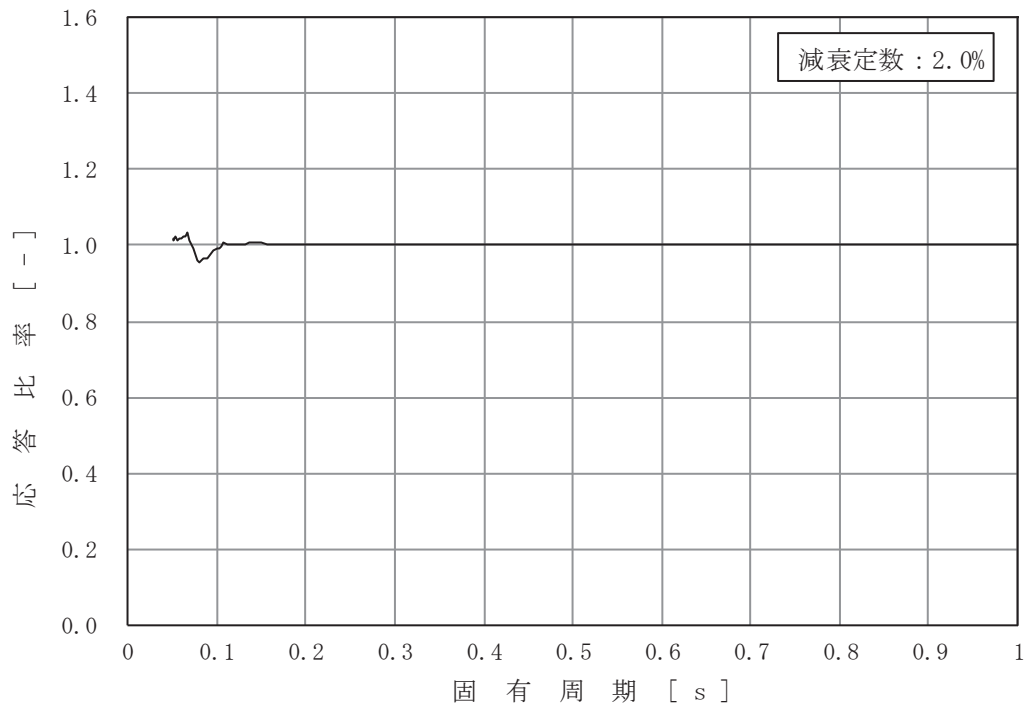


図 4-4 (3/16) 応答比率

(基準地震動 S s - D 2, 鉛直方向, 原子炉しゃへい壁 0.P.   m)

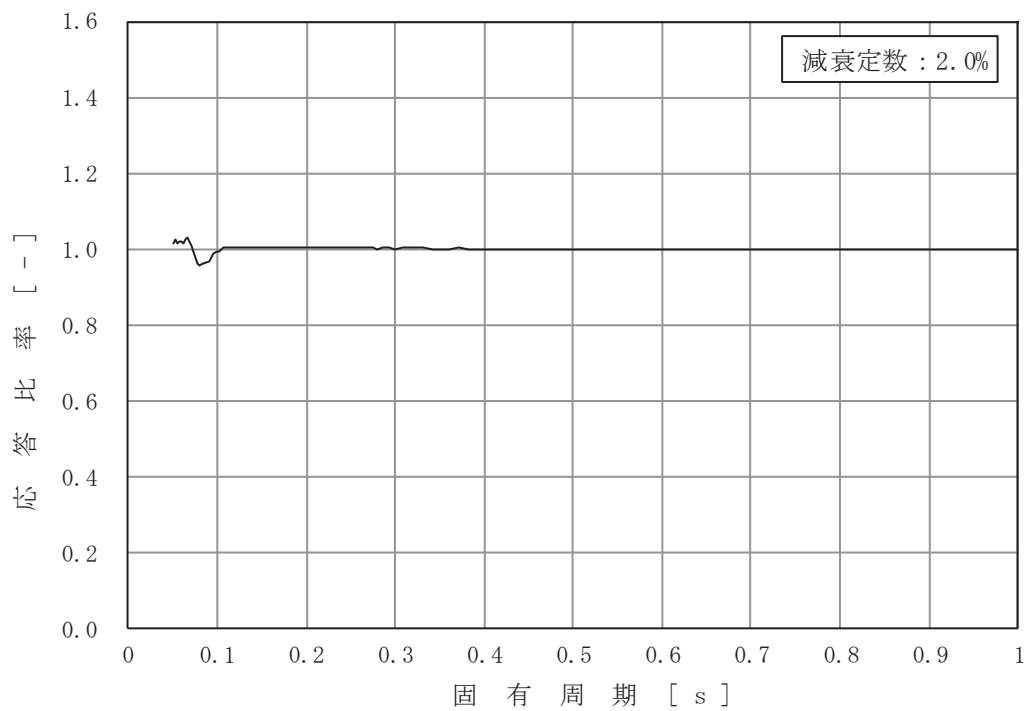


図 4-4 (4/16) 応答比率

(基準地震動 S s - D 2, 鉛直方向, 原子炉しゃへい壁 0.P.   m)



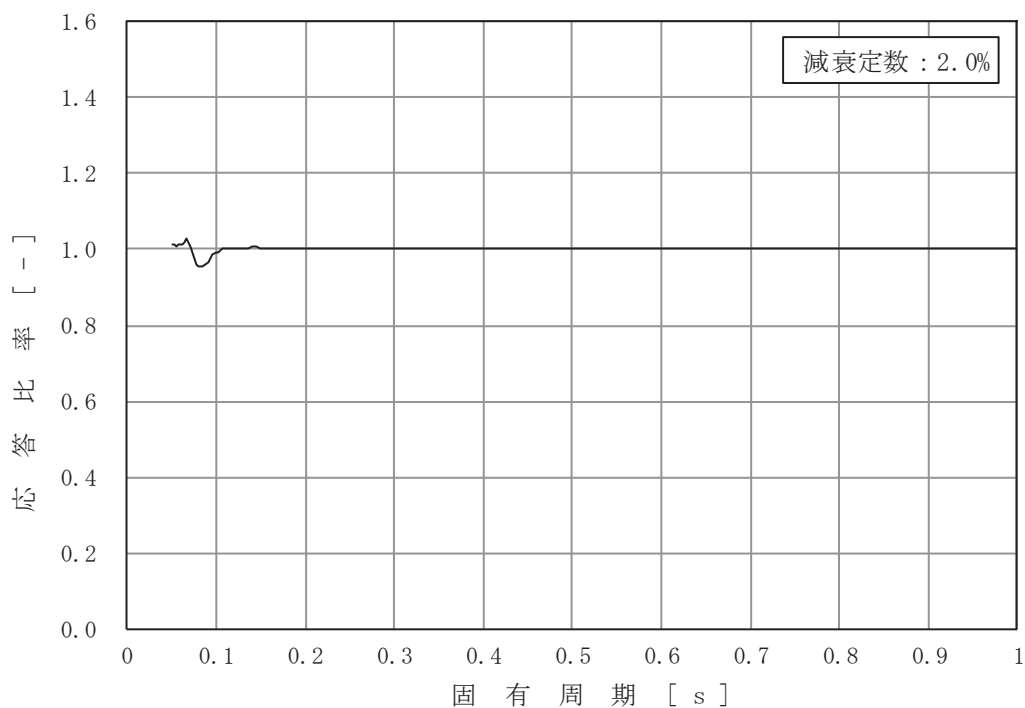


図 4-4 (5/16) 応答比率

(基準地震動 S s - D 2, 鉛直方向, 原子炉本体の基礎 0.P.  m)

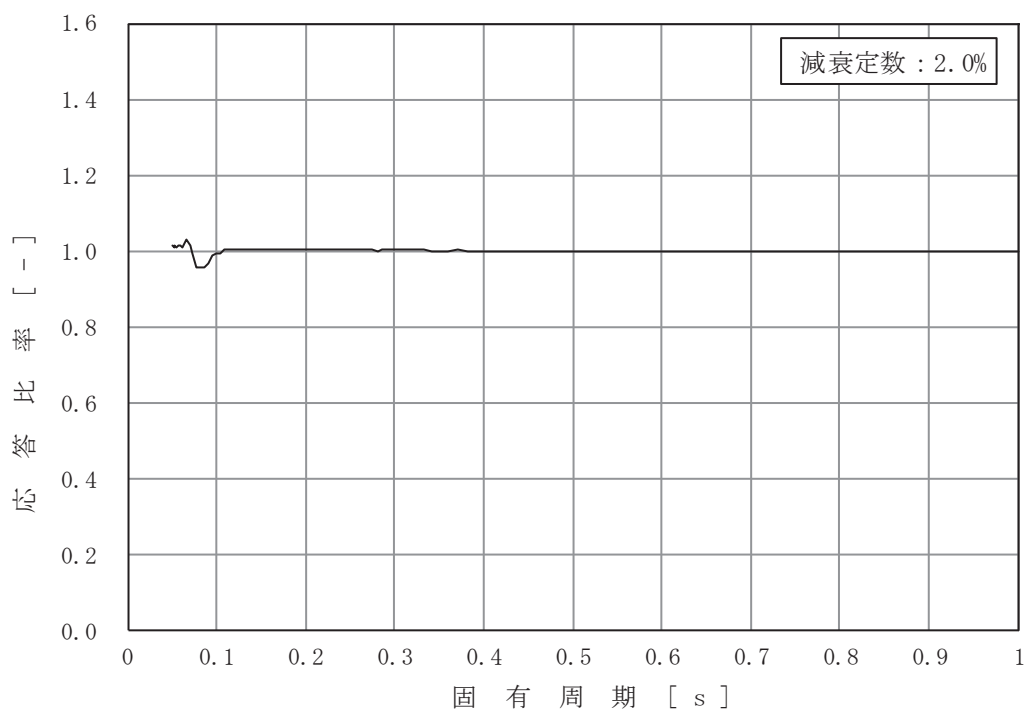


図 4-4 (6/16) 応答比率

(基準地震動 S s - D 2, 鉛直方向, 原子炉本体の基礎 0.P.  m)

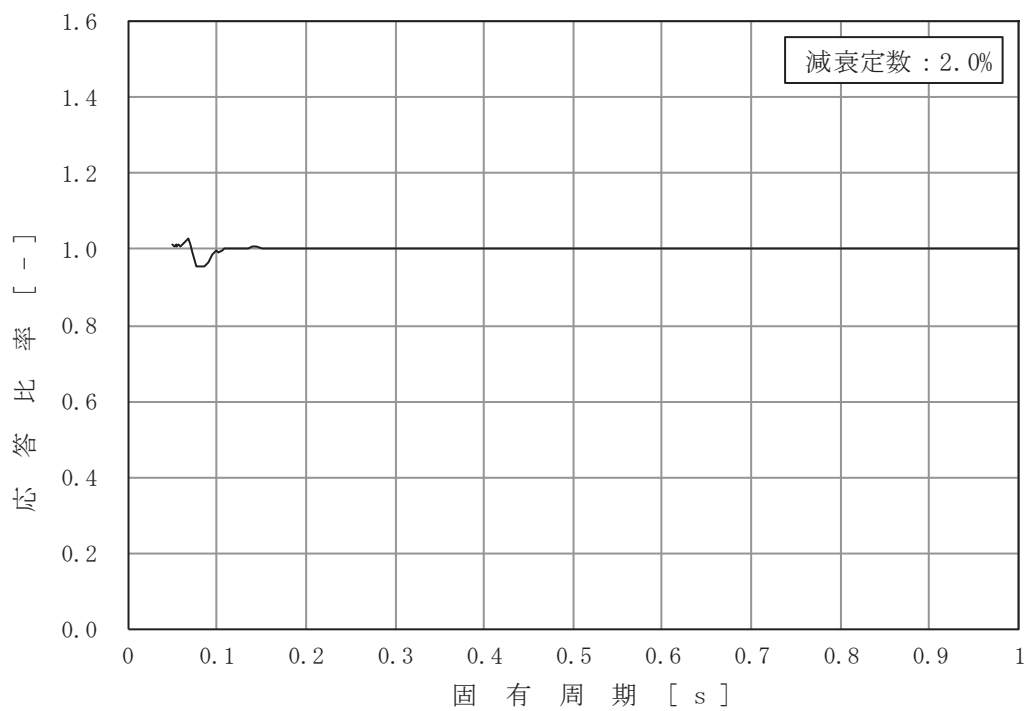


図 4-4 (7/16) 応答比率

(基準地震動 S s - D 2, 鉛直方向, 原子炉本体の基礎 0.P.  m)

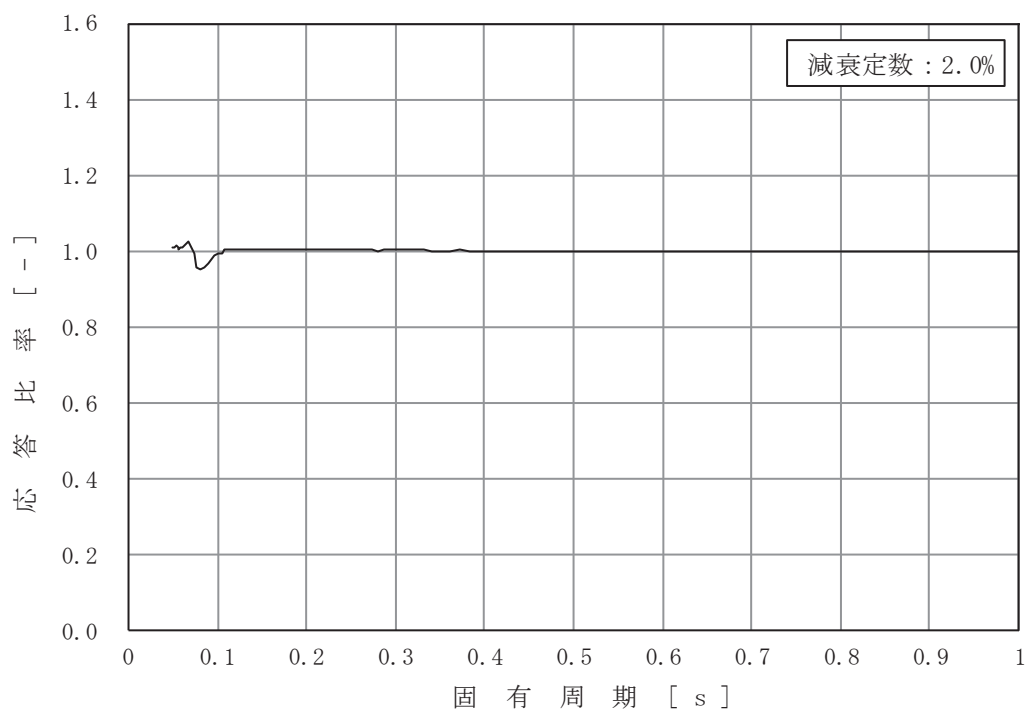


図 4-4 (8/16) 応答比率

(基準地震動 S s - D 2, 鉛直方向, 原子炉本体の基礎 0.P.  m)

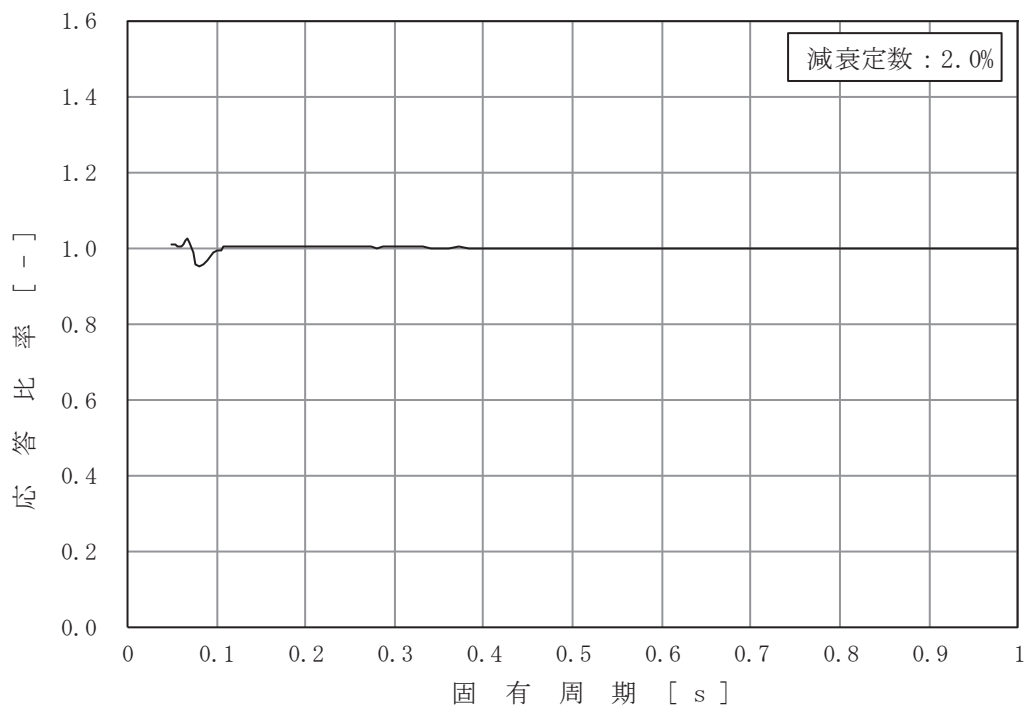


図 4-4 (9/16) 応答比率  
 (基準地震動 S s - D 2, 鉛直方向, 原子炉本体の基礎 0.P.  m)

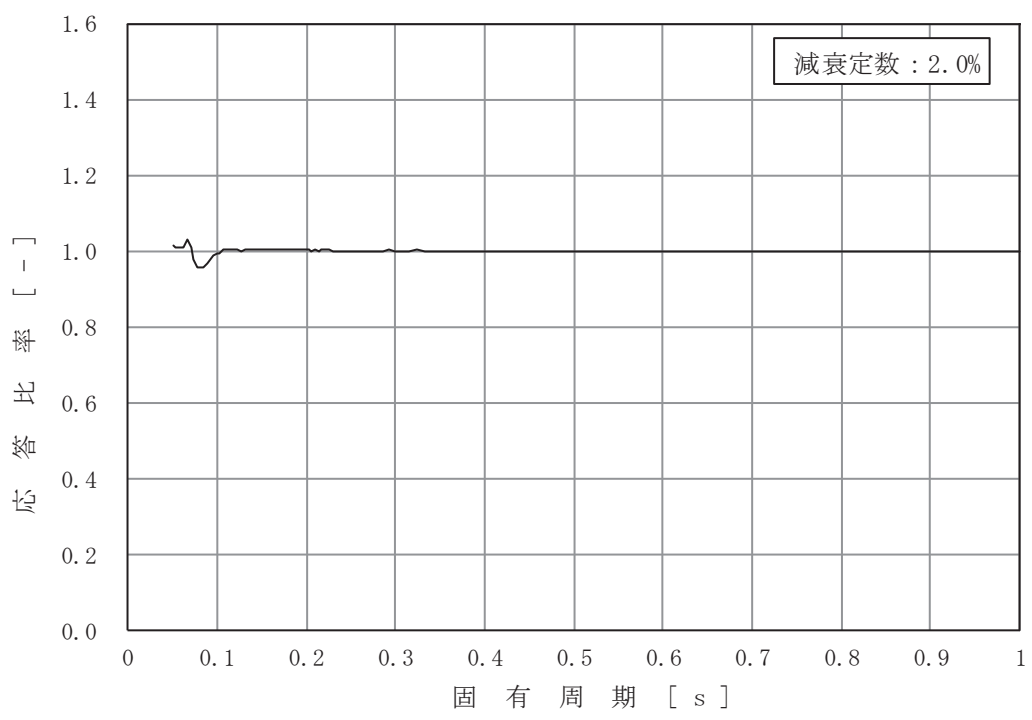


図 4-4 (10/16) 応答比率  
 (基準地震動 S s - D 2, 鉛直方向, 原子炉格納容器 0.P.  m)

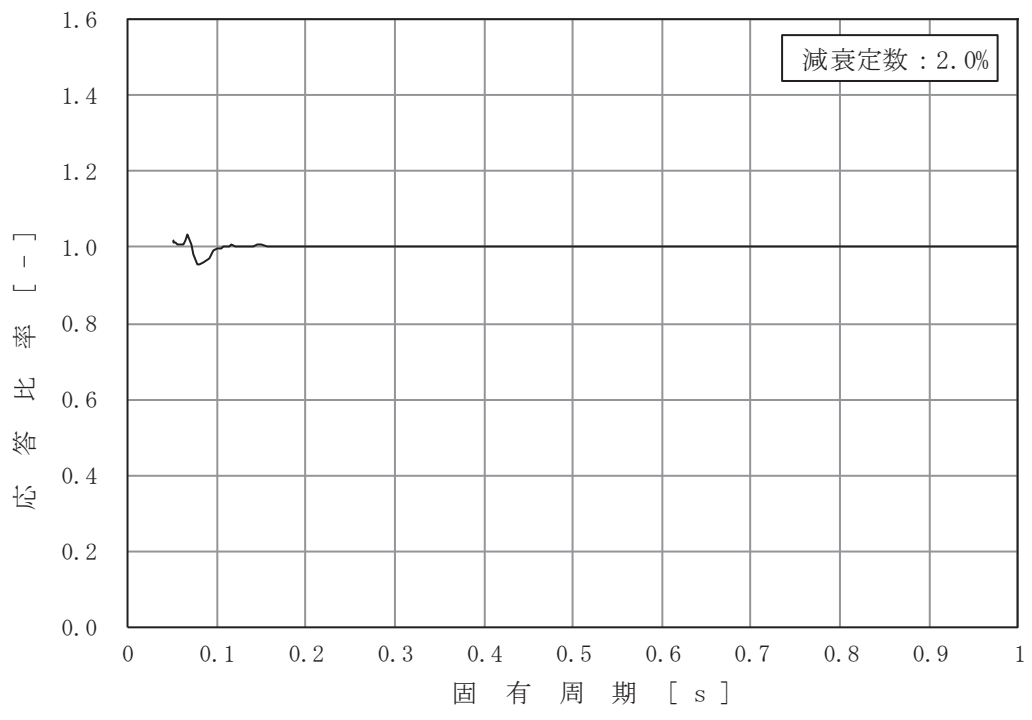


図 4-4 (11/16) 応答比率

(基準地震動 S s - D 2, 鉛直方向, 原子炉格納容器 0.P.  m)

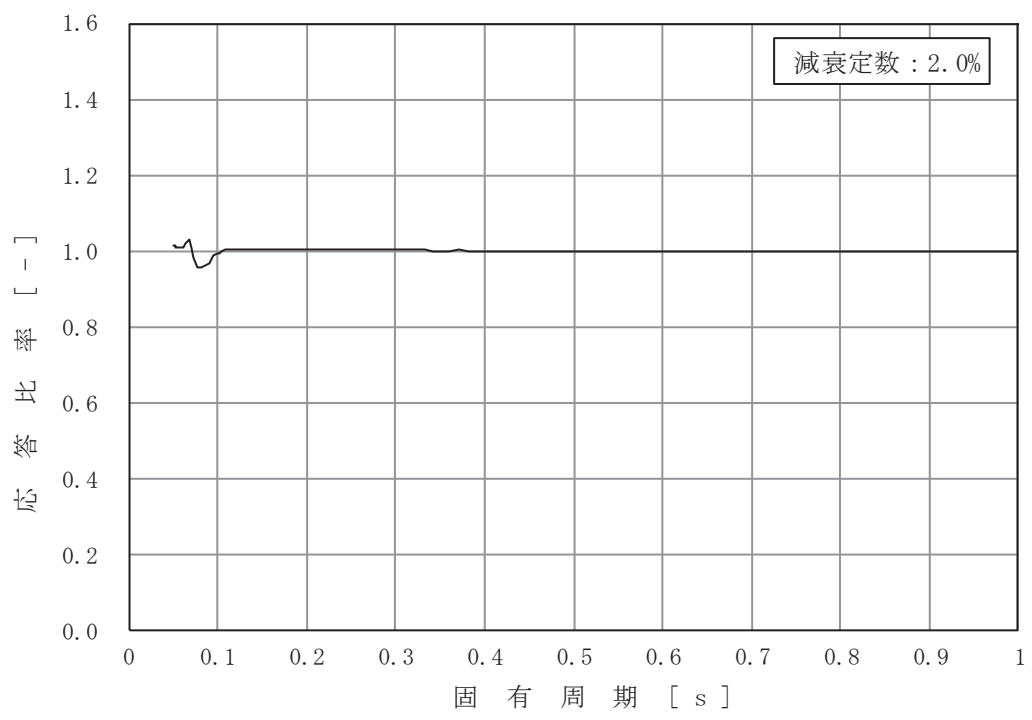


図 4-4 (12/16) 応答比率

(基準地震動 S s - D 2, 鉛直方向, 原子炉格納容器 0.P.  m)

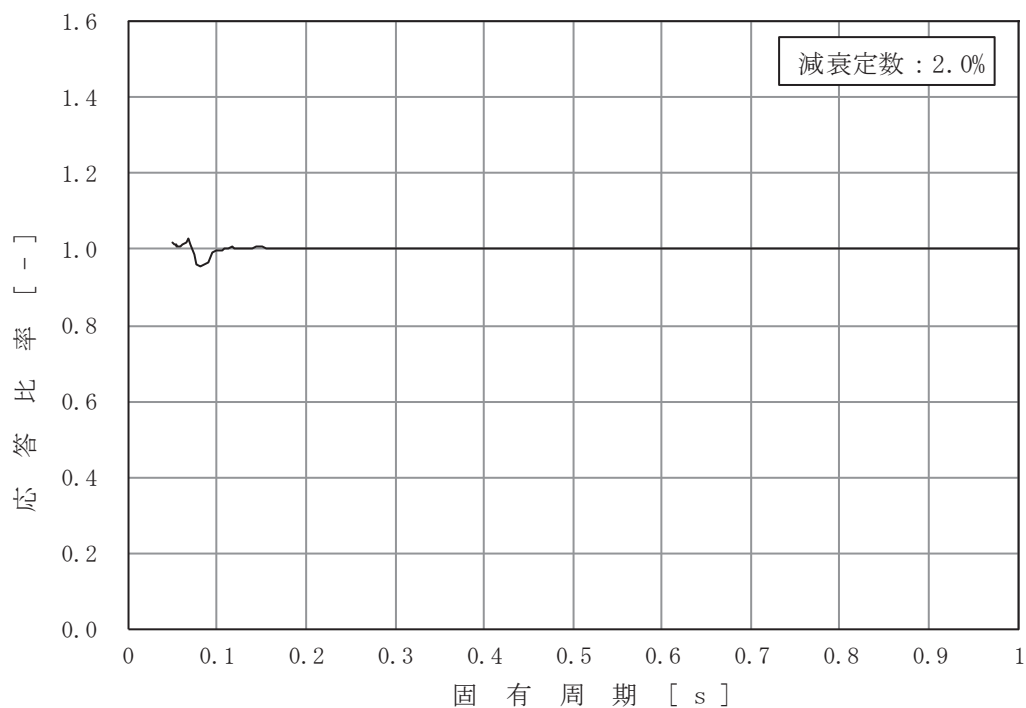


図 4-4 (13/16) 応答比率

(基準地震動 S s - D 2, 鉛直方向, 原子炉格納容器 O.P.  m)

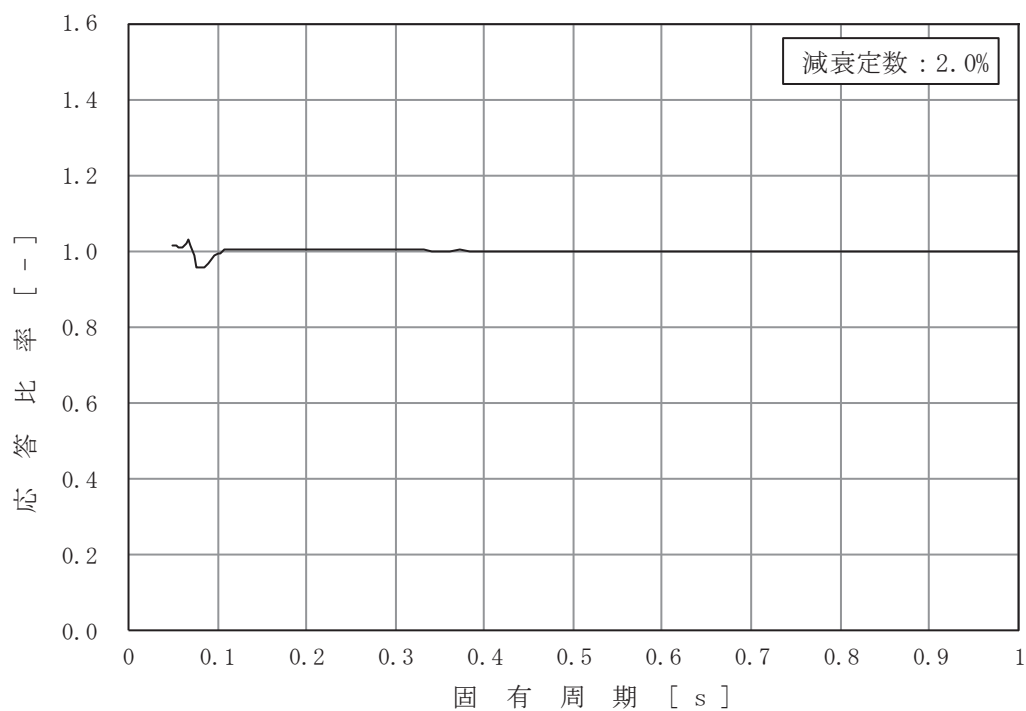


図 4-4 (14/16) 応答比率

(基準地震動 S s - D 2, 鉛直方向, 原子炉格納容器 O.P.  m)

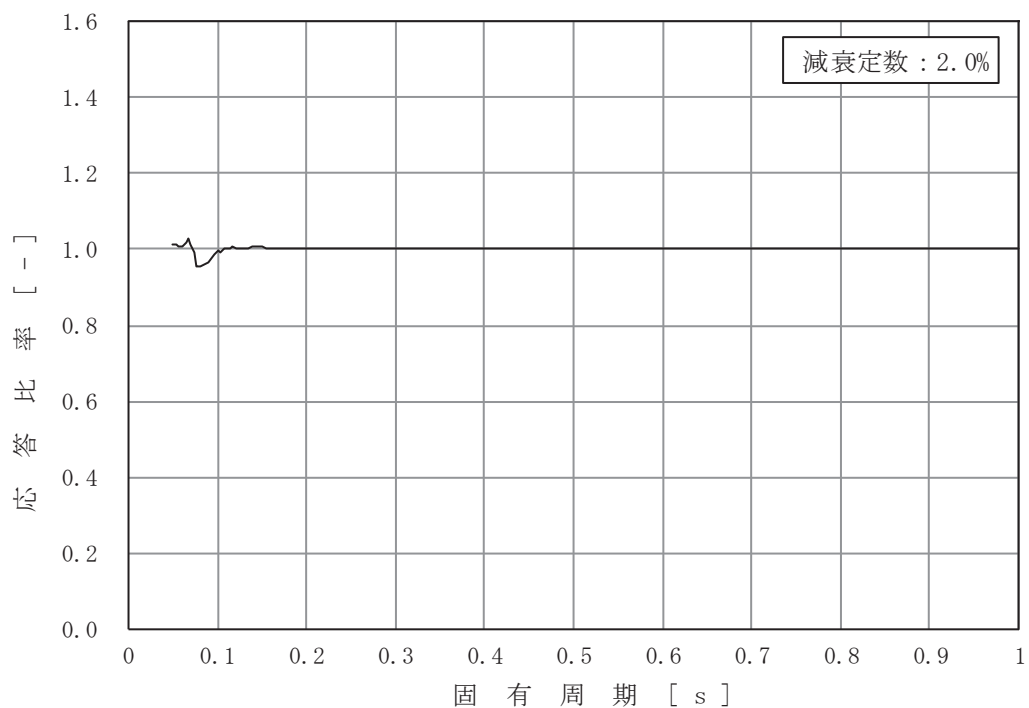


図 4-4 (15/16) 応答比率

(基準地震動 S<sub>s</sub>-D 2, 鉛直方向, 原子炉格納容器 O.P.  m)

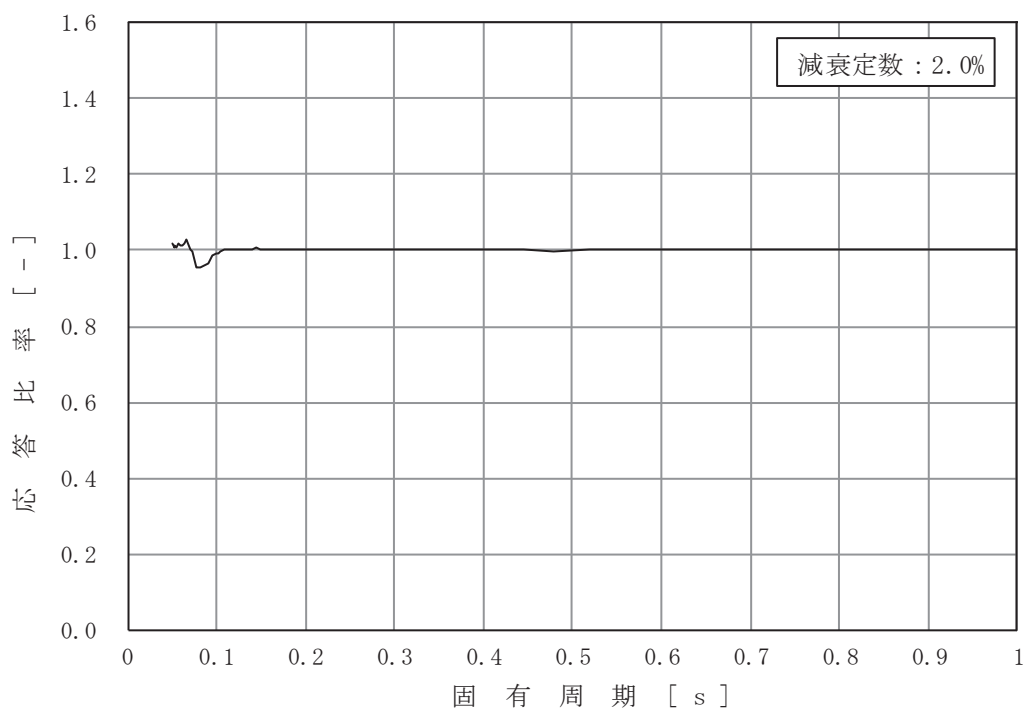


図 4-4 (16/16) 応答比率

(基準地震動 S<sub>s</sub>-D 2, 鉛直方向, 原子炉压力容器 O.P.  m)