

福島第一原子力発電所 3号機

新耐震指針に照らした耐震安全性評価

(中間報告)に関する補足説明資料

(コメント回答資料)

－建物・構築物－

平成 22 年 6 月 29 日

東京電力株式会社

目 次

1. 耐震安全性評価に関する補足説明	1
2. 地震応答解析モデルのパラメータスタディにおける評価条件及び評価結果	17
3. 弾性設計用地震動 S_d について	91
4. 基準地震動 S_s の模擬地震波の作成方法について	96
5. 新潟県中越沖地震を踏まえた地震応答解析モデルの妥当性確認における評価条件、評価結果	109

1. 耐震安全性評価に関する補足説明

○ コメント内容

3号機に係る建物・構築物の評価条件、評価結果等（下記）について、5号機と同様の確認を行うために必要な情報を網羅するとともに、見やすさにも配慮して表示すること。（なお、②については、④、⑤にも含まれる。）

- ① 地盤の地震応答解析モデルの G/G_0 - γ 関係、 h - γ 関係
- ② 地盤ばねの減衰係数の算定時に参照している一次固有振動数の算定条件
- ③ 屋根トラスの構造や部材の差異と、それによる鉛直方向の地震応答解析モデルの差異
- ④ 地震応答解析モデルのパラメータスタディにおける評価条件及び評価結果
- ⑤ 新潟県中越沖地震を踏まえた地震応答解析モデルの妥当性確認における評価条件、評価結果
- ⑥ シミュレーション解析による入力地震動評価法の検証における解析条件
- ⑦ 弾性設計用地震動 S_d の設計用応答スペクトルと基準地震動 S_s の設計用応答スペクトル、超過確率別スペクトル等との関係

鉛直方向の地震応答解析結果のうち最大応答軸力図については、各層の構造部材が負担する軸力の S_s に対する変動幅を表しているが、単位面積で除して軸応力度の変動幅で示した方がわかりやすい。

（平成22年6月17日 耐震・構造設計小委員会構造WG Aサブグループ会合（第25回））

○ 回答

上記下線部について、以下の通り回答する。

1. 1 地盤の地震応答解析モデルについて

耐震安全性評価に用いた地盤モデル及び物性値については、原子炉建屋付近の地盤の調査結果に基づき、せん断弾性係数及び減衰定数のひずみ依存性を考慮した等価線形解析により、基準地震動 S_s -1、 S_s -2及び S_s -3のそれぞれについて個別に設定した。疎密波速度は、水平方向の入力地震動算定に用いた地盤モデルの等価せん断波速度とポアソン比から求めた。

表-1.1.1に地盤の地震応答解析モデルに示す。

表-1.1.1 地盤の地震応答解析モデル

標高 O.P. (m)	地質	せん断波 速度 Vs (m/s)	単位体 積重量 γ (kN/m ³)	ポア ソン 比 ν	初期せん断 弾性係数 G ₀ (×10 ⁵ kN/m ²)	剛性 低下率 G/G ₀			せん断 弾性係数 G (×10 ⁵ kN/m ²)			ヤング 係数 E (×10 ⁵ kN/m ²)			剛性低下後 S波速度 Vs (m/s)			剛性低下後 P波速度 Vp (m/s)			減衰 定数 h (%)			層厚 H (m)	
						Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-1	Ss-2	Ss-3		Ss-1
10.0																									
1.9	砂岩	380	17.8	0.473	2.62	0.85	0.85	0.86	2.23	2.23	2.25	6.57	6.57	6.63	351	351	352	-	-	-	3	3	3	8.1	
-10.0	泥岩	450	16.5	0.464	3.41	0.78	0.81	0.78	2.66	2.76	2.66	7.79	8.08	7.79	398	405	398	1530	1560	1530	3	3	3	11.9	
-80.0		500	17.1	0.455	4.36				3.40	3.53	3.40	9.89	10.27	9.89	442	450	442	1540	1570	1540				70.0	
-108.0		560	17.6	0.446	5.63				4.39	4.56	4.39	12.70	13.19	12.70	495	504	495	1580	1610	1580				28.0	
-196.0		600	17.8	0.442	6.53				5.09	5.29	5.09	14.68	15.26	14.68	530	540	530	1640	1670	1640				88.0	
	[解放基盤]	700	18.5	0.421	9.24	1.00	1.00	1.00	9.24	9.24	9.24	26.26	26.26	26.26	700	700	700	1890	1890	1890	-	-	-	-	

図-1.1.1 に地盤の地震応答解析モデル設定の際に使用した $G/G_0 - \gamma$ 関係及び $h - \gamma$ 関係に示す。

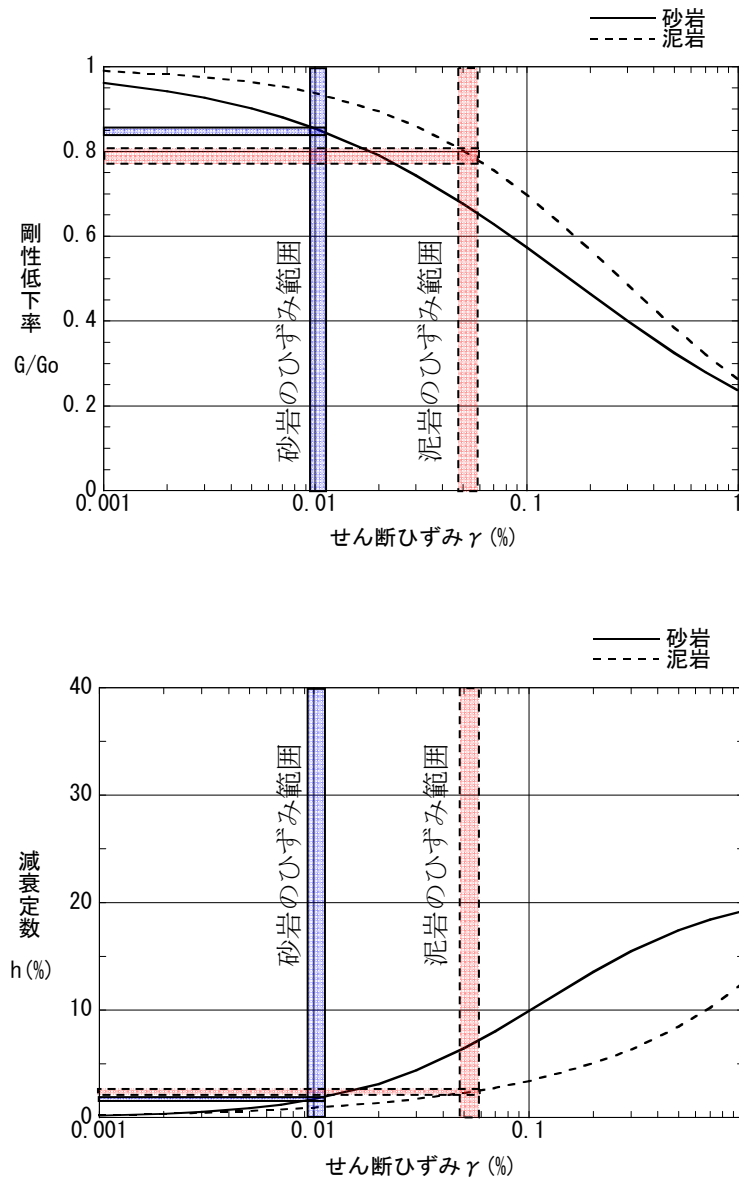


図-1.1.1 $G/G_0 - \gamma$ 関係及び $h - \gamma$ 関係

1. 2 5号機と3号機の地盤ばねの違いについて

図-1.2.1 に5号機と3号機の水平方向の地震応答解析モデルを、表-1.2.1 に地盤モデル諸元(Ss-1H)を示す。

表-1.2.3 に基礎下方(泥岩部)の成層補正後の等価物性値を示す。また、表-1.2.4 に表-1.2.3 を基に算出した地盤のばね定数と減衰係数(NS方向、Ss-1H)を示す。

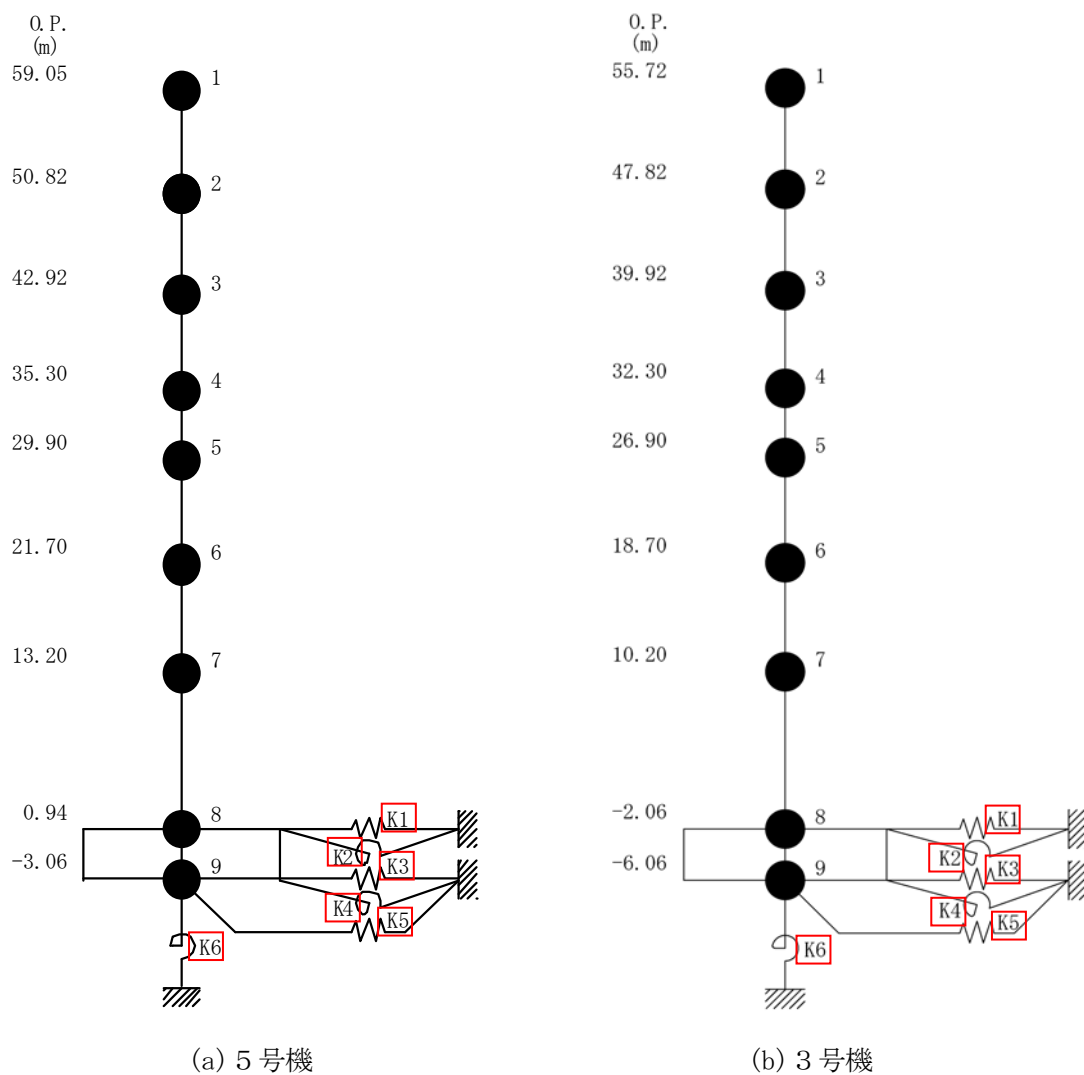


図-1.2.1 地震応答解析モデル (水平方向)

表-1.2.1 地盤モデル諸元(Ss-1H)

(a) 5号機

標高 O.P. (m)	地質	S波速度 Vs (m/s)	単位体積 重量 γ_t (kN/m ³)	ポアソン比 ν	初期せん断 弾性係数 G0 (kN/m ²)	剛性低下率 G/G0	せん断弾性 係数 G (kN/m ²)	剛性低下後 S波速度 Vs (m/s)	剛性低下後 P波速度 Vp (m/s)	減衰定数 h (%)	
13.0											
4.5	砂岩	380	17.8	0.473	262,000	0.84	220,000	348	1540	3	
基礎底面 -3.06											
	泥岩	470	17.0	0.459	383,000	0.77	295,000	413	1500	3	
		530	17.4	0.447	498,000		383,000	465	1500		
-73.0											
-99.0											
-181.0											
-196.0	(解放基盤)	750	17.6	0.410	1,010,000	1.00	1,010,000	750	1920	-	

(b) 3号機

標高 O.P. (m)	地質	S波速度 Vs (m/s)	単位体積 重量 γ_t (kN/m ³)	ポアソン比 ν	初期せん断 弾性係数 G0 (kN/m ²)	剛性低下率 G/G0	せん断弾性 係数 G (kN/m ²)	剛性低下後 S波速度 Vs (m/s)	剛性低下後 P波速度 Vp (m/s)	減衰定数 h (%)	
10.0											
1.9	砂岩	380	17.8	0.473	262,000	0.85	223,000	351	1550	3	
基礎底面 -6.06											
-10.0	泥岩	450	16.5	0.464	341,000	0.78	266,000	398	1530	3	
		500	17.1	0.455	436,000		340,000	442	1540		
-80.0											
-108.0											
-196.0											
-196.0	(解放基盤)	700	18.5	0.421	924,000	1.00	924,000	700	1890	-	

表-1.2.3 成層補正後の等価物性値 (Ss-1H)

	5号機			3号機		
	ポアソン比	剛性低下後 S波速度 Vs (m/s)	せん断弾性 係数 G (kN/m ²)	ポアソン比	剛性低下後 S波速度 Vs (m/s)	せん断弾性 係数 G (kN/m ²)
並進	0.459	427	316,000	0.464	452	344,000
回転		417	300,000		451	341,000

表-1.2.4 地盤のばね定数と減衰係数 (NS方向、Ss-1H)

(a) 5号機

ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね		減衰	
			ばね定数 ^{(*)1} Kc	採用振動数 (Hz)	減衰係数 ^{(*)2} Cc	採用振動数 ^{(*)3} f ₁ (Hz)
K1	8	側面・並進	2.96 × 10 ⁶	1.16	5.92 × 10 ⁵	2.46
K2	8	側面・回転	1.92 × 10 ⁹	0.01	1.14 × 10 ⁸	2.46
K3	9	側面・並進	2.56 × 10 ⁶	1.16	5.12 × 10 ⁵	2.46
K4	9	側面・回転	1.66 × 10 ⁹	0.01	9.89 × 10 ⁷	2.46
K5	9	底面・並進	5.01 × 10 ⁷	0.00	2.09 × 10 ⁶	2.46
K6	9	底面・回転	3.70 × 10 ¹⁰	0.00	3.74 × 10 ⁸	2.46

(*1) K1, K3, K5はkN/m K2, K4, K6はkN・m/rad

(*2) K1, K3, K5はkN・s/m K2, K4, K6はkN・s・m/rad

(*3) f₁は連成系の1次固有振動数

(b) 3号機

ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね		減衰	
			ばね定数 ^{(*)1} Kc	採用振動数 (Hz)	減衰係数 ^{(*)2} Cc	採用振動数 ^{(*)3} f ₁ (Hz)
K1	8	側面・並進	2.32 × 10 ⁶	1.11	4.75 × 10 ⁵	2.53
K2	8	側面・回転	1.44 × 10 ⁹	0.01	8.80 × 10 ⁷	2.53
K3	9	側面・並進	2.32 × 10 ⁶	1.11	4.75 × 10 ⁵	2.53
K4	9	側面・回転	1.44 × 10 ⁹	0.01	8.80 × 10 ⁷	2.53
K5	9	底面・並進	5.37 × 10 ⁷	0.00	2.07 × 10 ⁶	2.53
K6	9	底面・回転	3.87 × 10 ¹⁰	0.00	3.21 × 10 ⁸	2.53

(*1) K1, K3, K5はkN/m K2, K4, K6はkN・m/rad

(*2) K1, K3, K5はkN・s/m K2, K4, K6はkN・s・m/rad

(*3) f₁は連成系の1次固有振動数

表-1.2.1より、基礎版側方の地盤剛性は5号機より3号の方が低く、表-1.2.4より、側面地盤ばねのばね定数は3号機の方が小さくなっている。

一方、表-1.2.1より、基礎底面直下の地盤剛性は5号機より3号機の方が低くなっているが、表-1.2.3より、成層補正後の等価物性値は、5号機に比べ、3号機が大きいいため、底面地盤ばねのばね定数の値は大きくなっている。

1.3 鉛直方向の地震応答解析モデルにおける屋根トラスのモデル化の差異について

図-1.3.1 のとおり、5号機原子炉建屋の鉛直方向モデルは3号機原子炉建屋のモデルと、屋根トラス部の質点分割に違いがある。

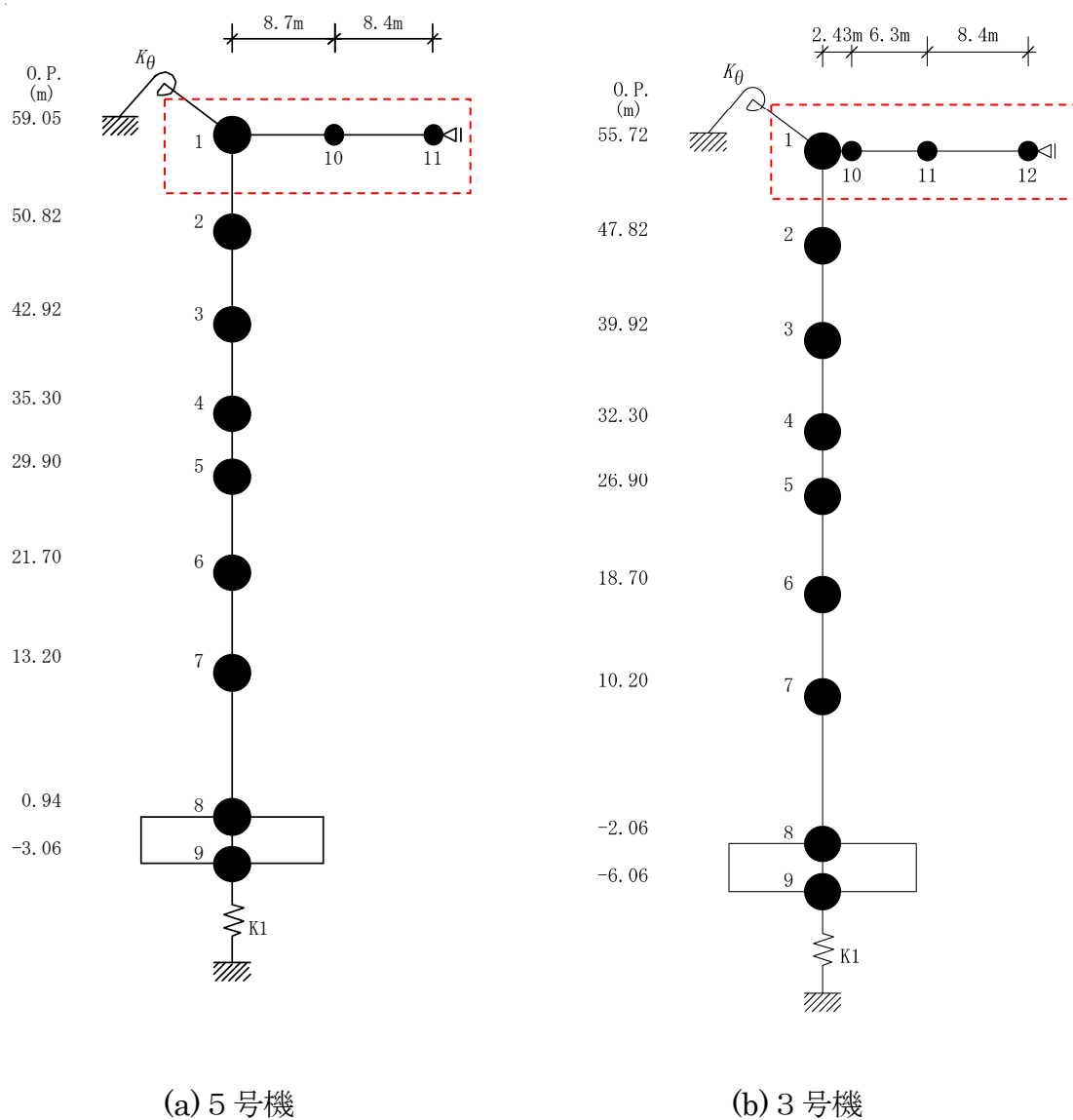


図-1.3.1 原子炉建屋の鉛直方向解析モデル比較

図-1.3.2 に5号機原子炉建屋の屋根鉄骨架構図を、図-1.3.3 に3号機原子炉建屋の屋根鉄骨架構図を示す。原子炉建屋の屋根重量は主トラス架構によって支持されており、それぞれの主トラスはつなぎ梁によって、地震時の主トラスの面外方向の変形が拘束される構造となっている。なお、主トラスやつなぎ梁等の部材寸法は一部異なるが、架構の形状は5号機と3号機は同じである。

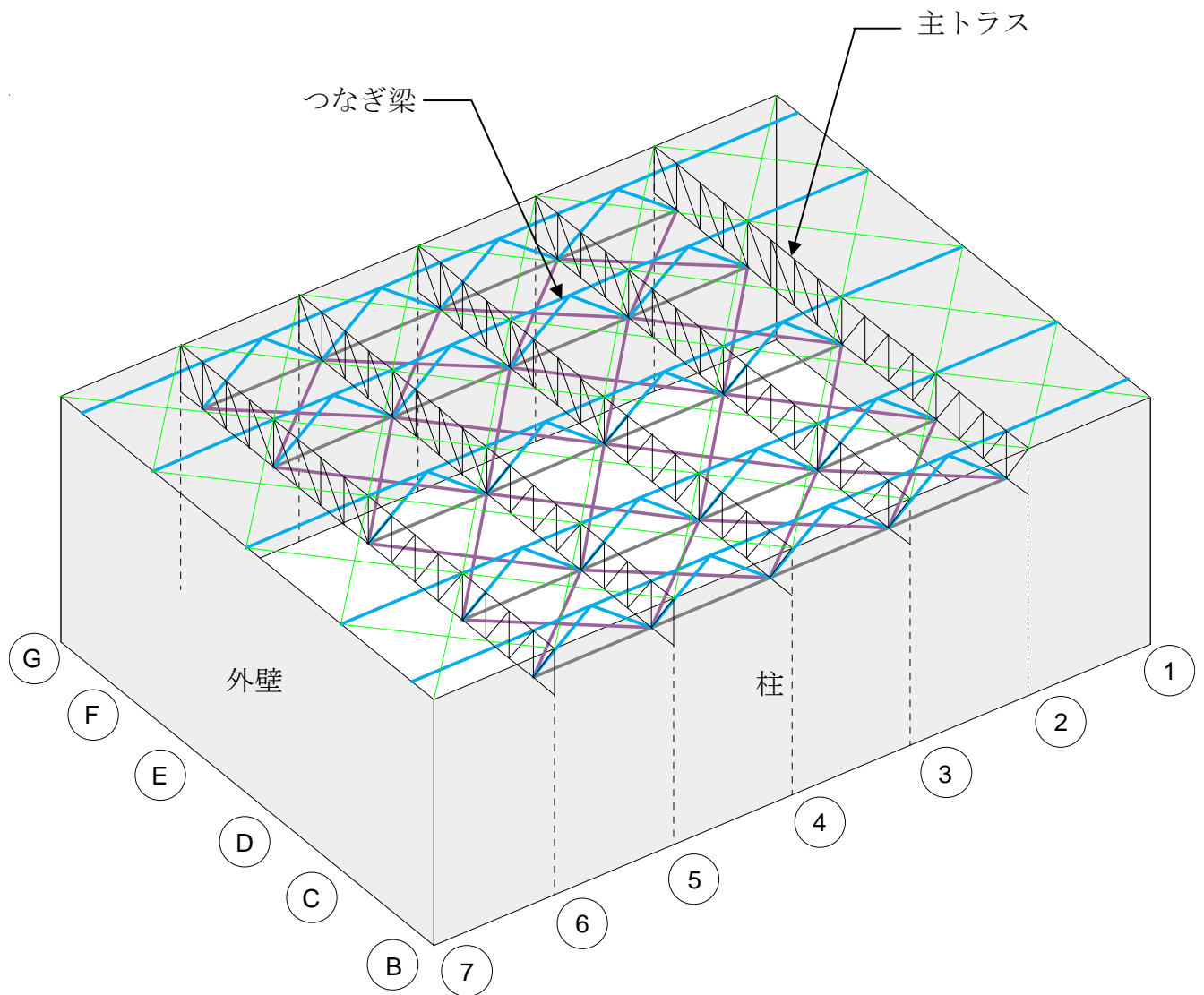


図-1.3.2 5号機 原子炉建屋の屋根鉄骨架構

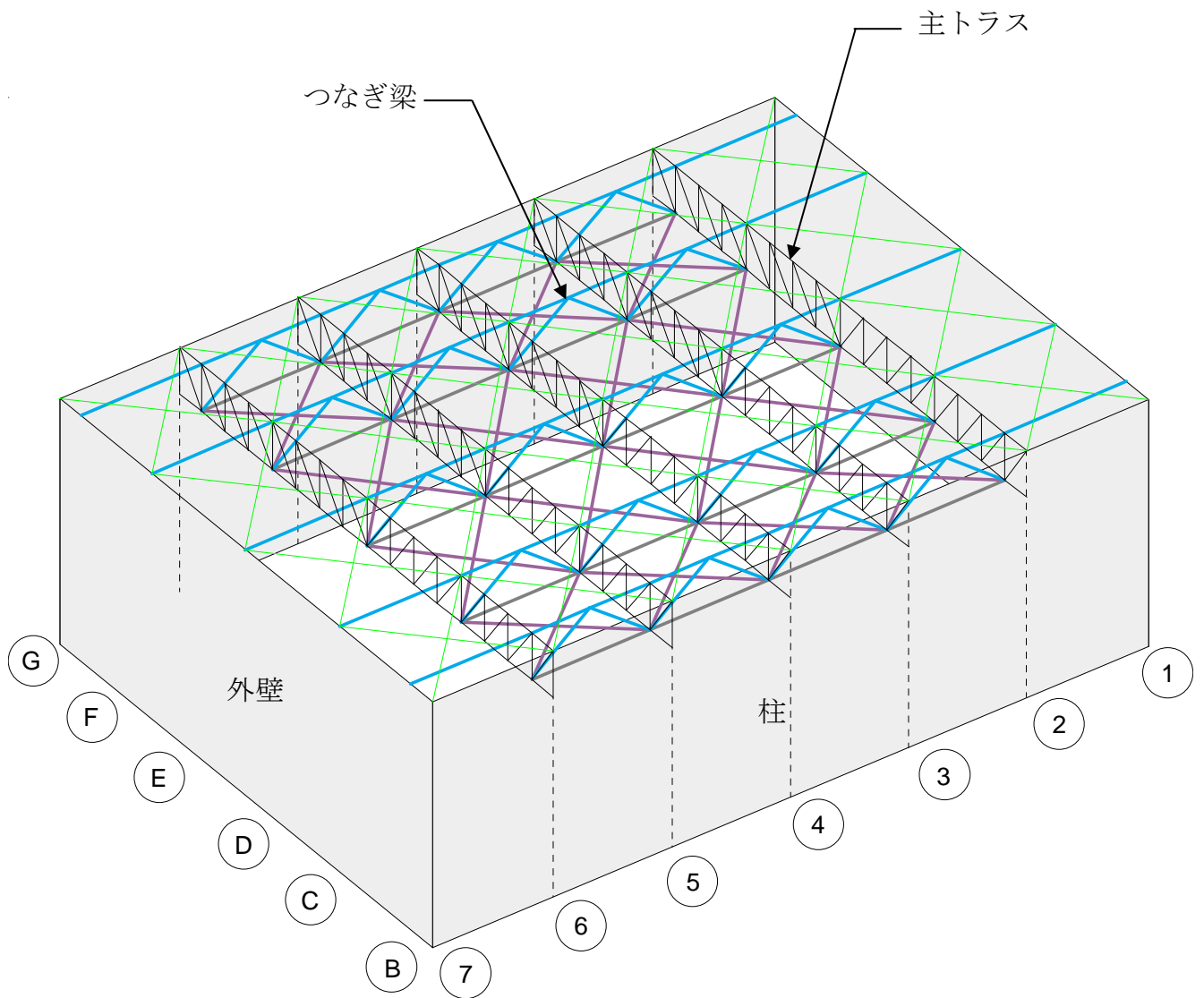


図-1.3.3 3号機 原子炉建屋の屋根鉄骨架構

図-1.3.4 に、5号機原子炉建屋の屋根トラスのモデル化の考え方について示す。主トラスにおいては、つなぎ梁及び外壁部と交差する位置に屋根重量が集中するため、図のA~Dの位置に質点を設けることを原則としている。ただし、Bのつなぎ梁の位置は外壁に近接するため、Bの質点はAに含めている。

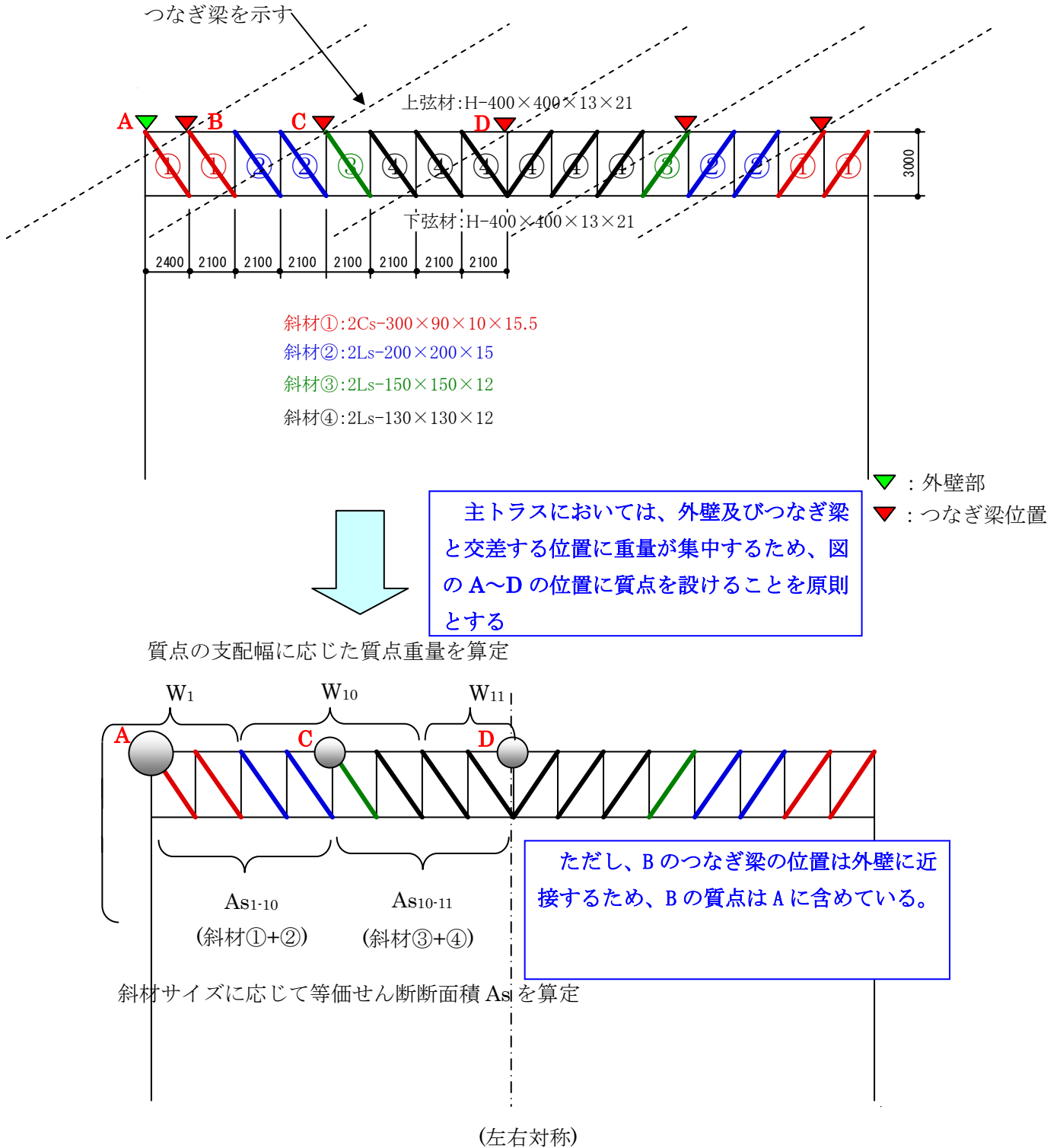
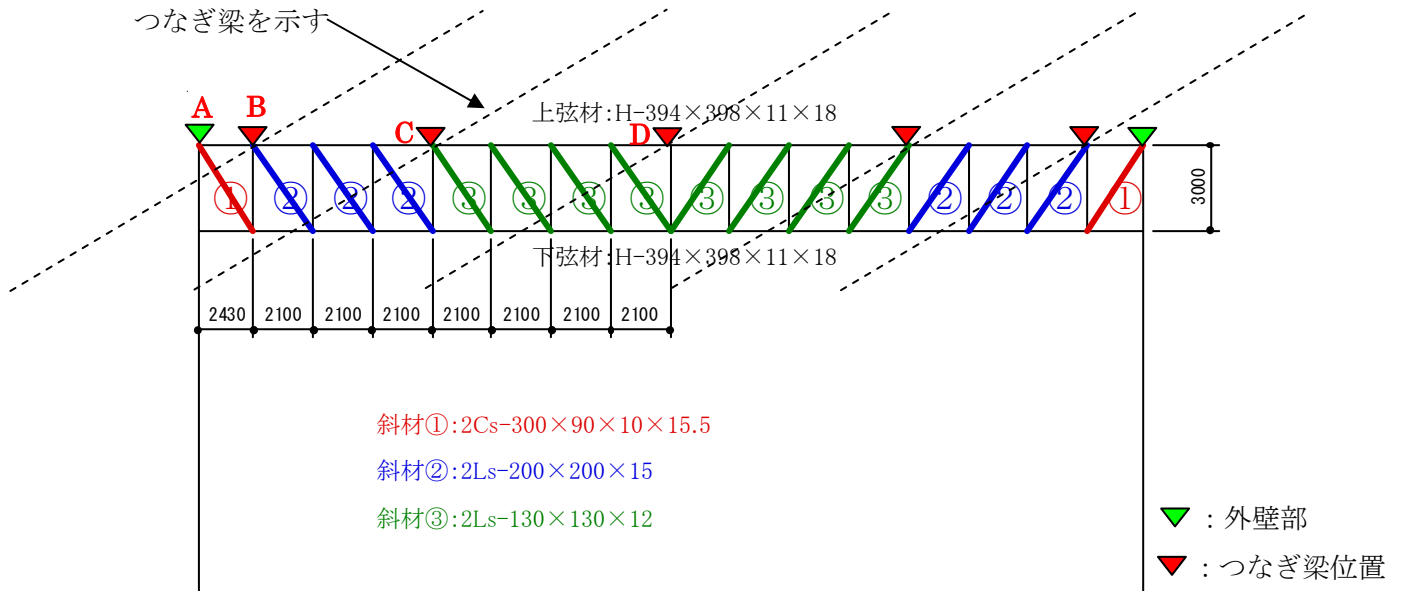
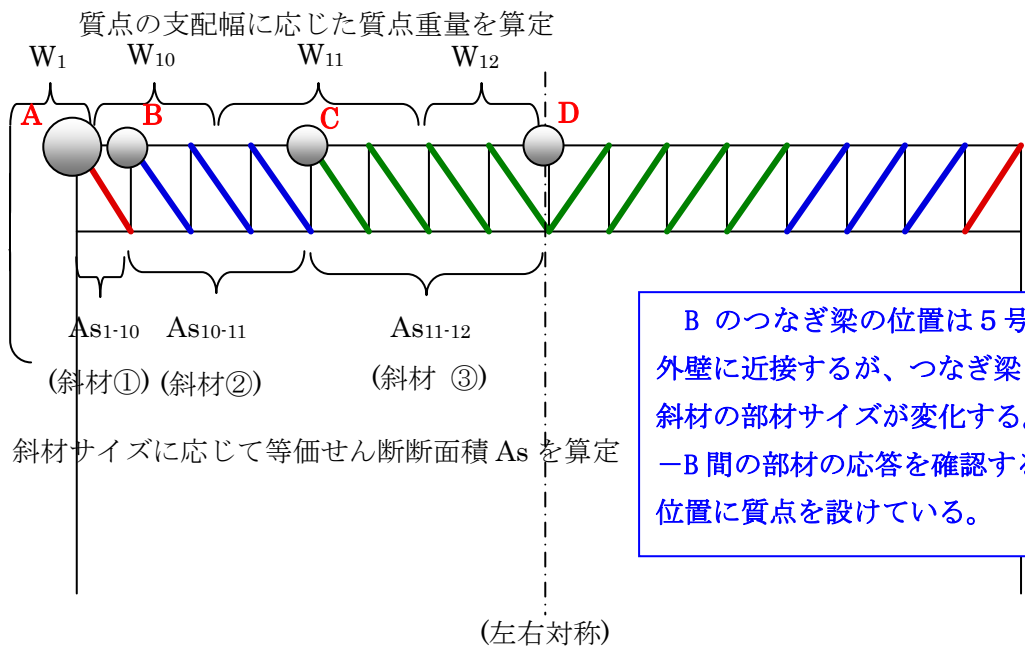


図-1.3.4 5号機 原子炉建屋の屋根トラスのモデル化の考え方について

図-1.3.5 に、3号機原子炉建屋の屋根トラスのモデル化の考え方について示す。5号機と同様に、主トラスにおいては、つなぎ梁及び外壁と交差する位置に屋根重量が集中するため、図の A~D の位置に質点を設けることを原則としている。B のつなぎ梁の位置は5号機と同様に外壁に近接するが、つなぎ梁 B の位置で、斜材の部材サイズが変化する。よって、A-B 間の部材の応答を確認するため、B の位置に質点を設けている。



主トラスにおいて、つなぎ梁および外壁と交差する位置には屋根重量が集中するため、図の A~D に質点を設けることを原則とする



B のつなぎ梁の位置は5号機と同様に外壁に近接するが、つなぎ梁 B の位置で、斜材の部材サイズが変化する。よって、A-B 間の部材の応答を確認するため、B の位置に質点を設けている。

図-1.3.5 3号機原子炉建屋の屋根トラスのモデル化の考え方について

1. 4 鉛直方向の軸応力度について

図-1.4.1に3号機原子炉建屋の最大応答軸応力度を示す。なお、図-1.4.2に参考として、自重による軸応力度を示す。最大応答軸応力度は、自重による軸応力度を考慮しても、鉛直方向の耐震要素（柱・耐震壁）に対する影響は小さいと考えられる。

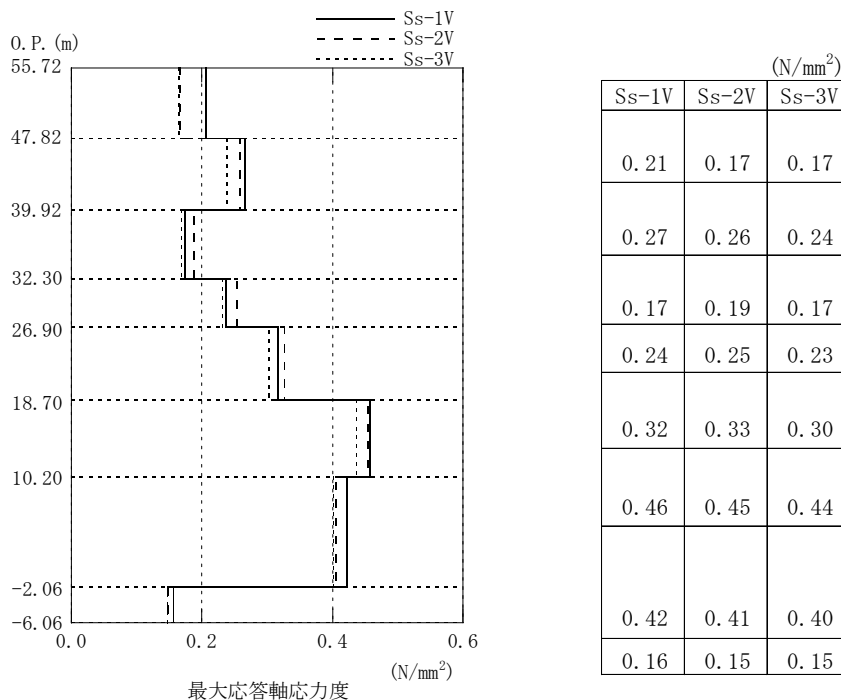


図-1.4.1 3号機原子炉建屋の最大応答軸応力度

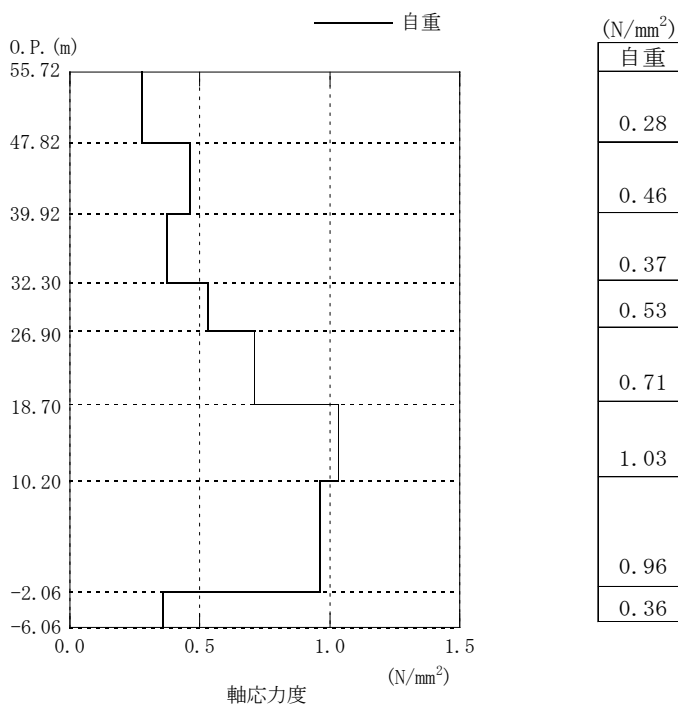


図-1.4.2 自重による軸応力度（参考）

1. 5 耐震安全性評価結果について

図-1.5.1～図-1.5.3 に基準地震動 S_s による建屋の各層における最大ひずみの値及び発生時刻を示す。

図-1.5.4～図-1.5.5 に基準地震動 S_s による最大応答値を耐震壁のせん断スケルトン曲線上に示す。せん断ひずみは、最大で 0.13×10^{-3} (S_s -2H, NS 方向, 1F) であり、評価基準値 (2.0×10^{-3}) に対して十分な余裕がある。

階	Ss-1H			
	NS方向		EW方向	
	最大値	発生時刻	最大値	発生時刻
	$\times 10^{-3}$	秒	$\times 10^{-3}$	秒
CRF	0.07	24.50	0.09	24.50
5F	0.12	17.79	0.12	24.50
4F	0.04	17.78	0.08	17.78
3F	0.06	17.78	0.09	25.94
2F	0.08	11.11	0.10	25.93
1F	0.13	11.11	0.12	25.93
B1F	0.08	11.09	0.08	11.07

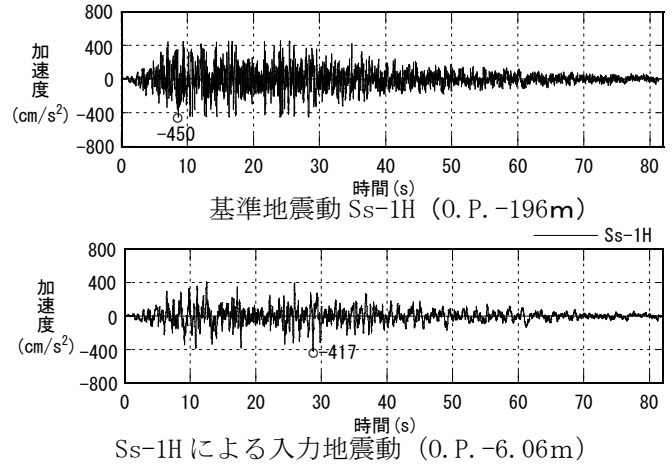


図 - 1.5.1 最大応答せん断ひずみの発生時刻 (Ss-1H)

階	Ss-2H			
	NS方向		EW方向	
	最大値	発生時刻	最大値	発生時刻
	$\times 10^{-3}$	秒	$\times 10^{-3}$	秒
CRF	0.06	23.04	0.09	23.02
5F	0.11	23.04	0.11	23.02
4F	0.04	23.02	0.08	23.01
3F	0.07	23.02	0.09	22.99
2F	0.09	23.01	0.10	22.99
1F	0.13	22.98	0.12	22.98
B1F	0.08	22.98	0.09	22.98

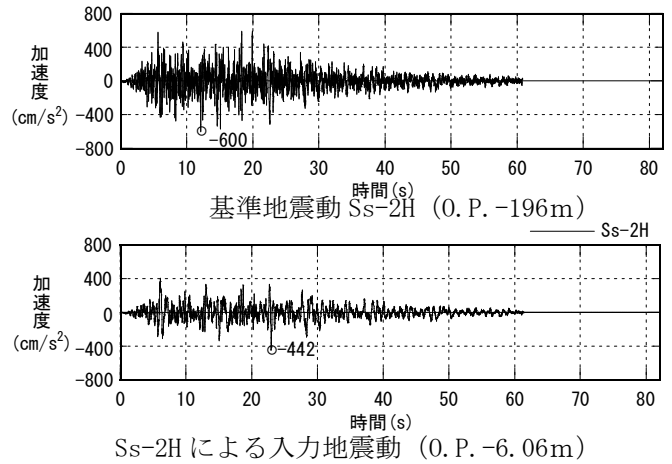


図 - 1.5.2 最大応答せん断ひずみの発生時刻 (Ss-2H)

階	Ss-3H			
	NS方向		EW方向	
	最大値	発生時刻	最大値	発生時刻
	$\times 10^{-3}$	秒	$\times 10^{-3}$	秒
CRF	0.06	9.82	0.08	12.66
5F	0.10	9.61	0.09	9.60
4F	0.04	9.61	0.07	9.61
3F	0.06	9.61	0.08	9.61
2F	0.08	9.61	0.09	9.61
1F	0.12	9.62	0.10	9.62
B1F	0.07	9.63	0.07	9.62

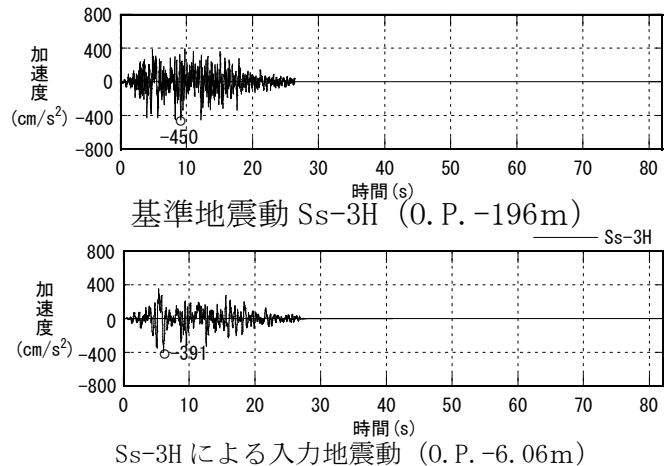
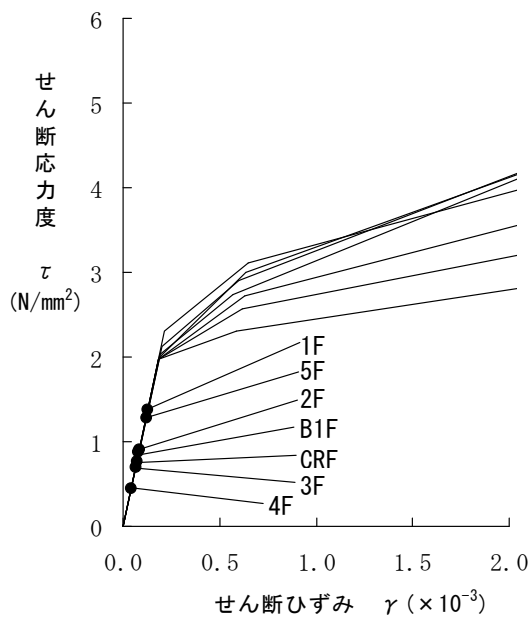
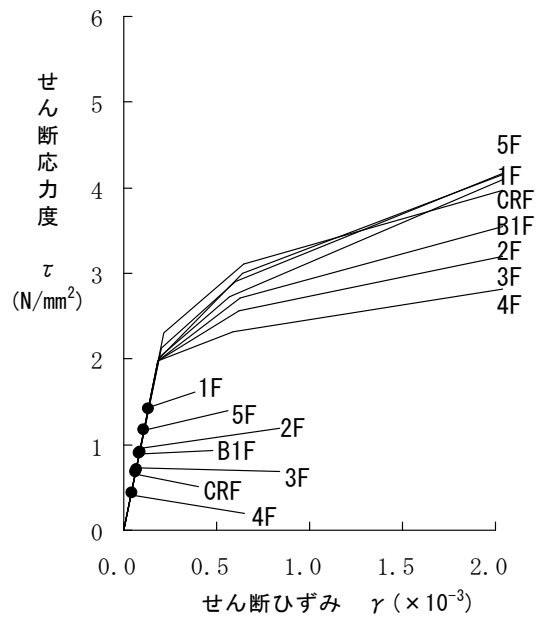


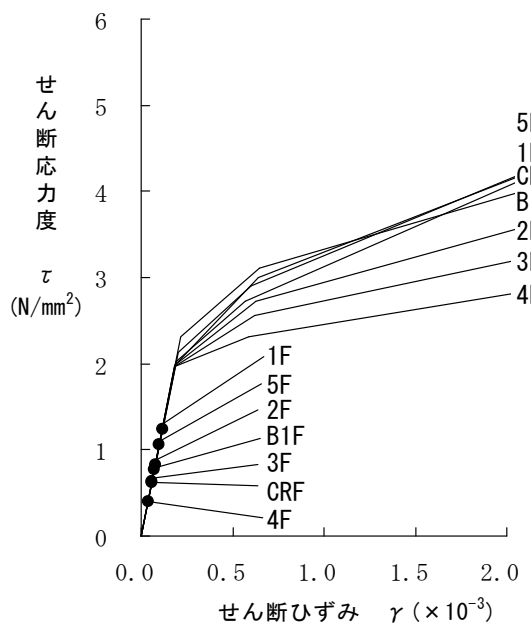
図 - 1.5.3 最大応答せん断ひずみの発生時刻 (Ss-3H)



(Ss-1H)



(Ss-2H)



(Ss-3H)

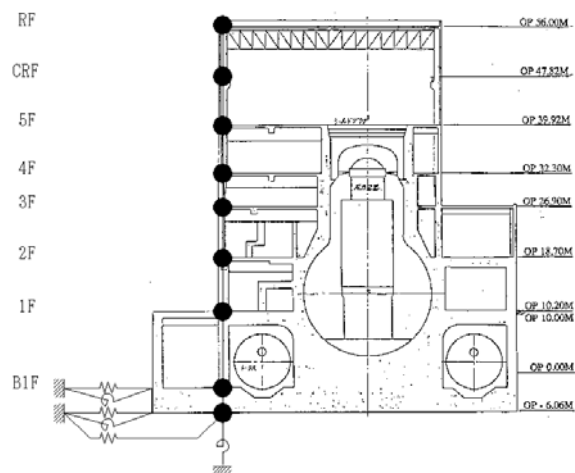
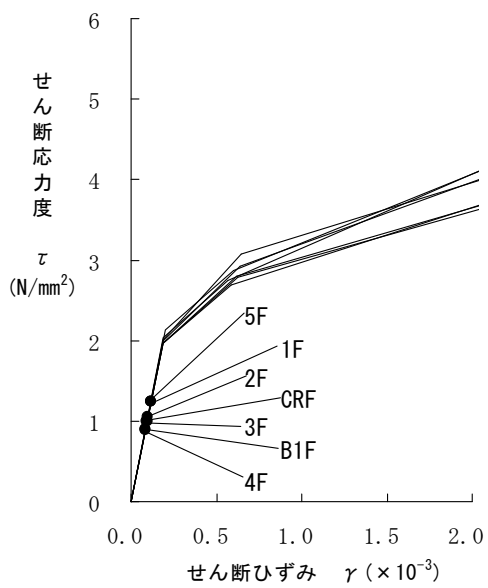
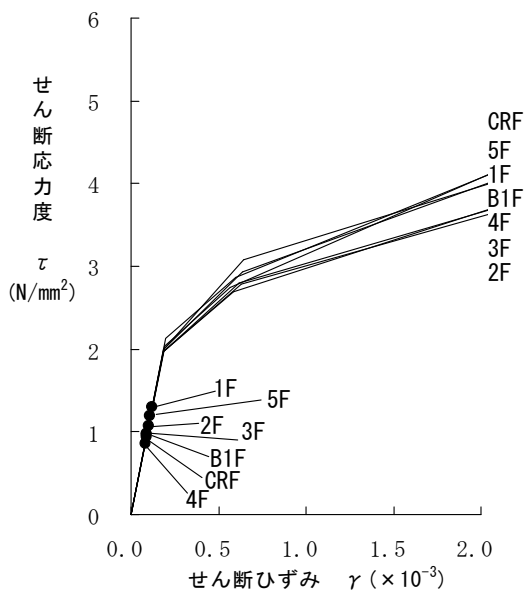


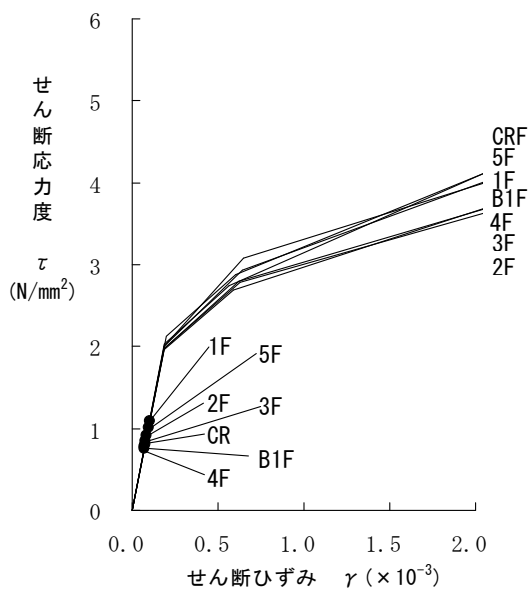
図 - 1.5.4 せん断スケルトン曲線上の最大応答値 (NS 方向)



(Ss-1H)



(Ss-2H)



(Ss-3H)

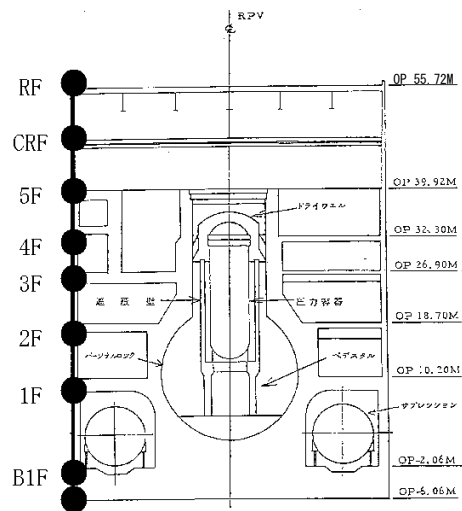


図-1.5.5 せん断スケルトン曲線上の最大応答値 (EW方向)

2. 地震応答解析モデルのパラメータスタディにおける評価条件及び評価結果

○ コメント内容

3号機に係る建物・構築物の評価条件、評価結果等（下記）について、5号機と同様の確認を行うために必要な情報を網羅するとともに、見やすさにも配慮して表示すること。（なお、②については、④、⑤にも含まれる。）

- ① 地盤の地震応答解析モデルの G/G_0 - γ 関係、 h - γ 関係
- ② 地盤ばねの減衰係数の算定時に参照している一次固有振動数の算定条件
- ③ 屋根トラスの構造や部材の差異と、それによる鉛直方向の地震応答解析モデルの差異
- ④ 地震応答解析モデルのパラメータスタディにおける評価条件及び評価結果
- ⑤ 新潟県中越沖地震を踏まえた地震応答解析モデルの妥当性確認における評価条件、評価結果
- ⑥ シミュレーション解析による入力地震動評価法の検証における解析条件
- ⑦ 弾性設計用地震動 S_d の設計用応答スペクトルと基準地震動 S_s の設計用応答スペクトル、超過確率別スペクトル等との関係

地震応答解析モデルのパラメータスタディの傾向の考察については、基準地震動 S_s を1波選定し、それをNS方向に入力した場合に限定して提示すること。

（平成22年6月17日 耐震・構造設計小委員会構造WG Aサブグループ会合（第25回））

○ 回答

上記下線部について、以下の通り回答する。

2. 1 解析方針

耐震安全性評価に用いている建屋モデル（バックチェックモデル）をベースとして、以下の項目に着目して影響検討を行う。

- ・ 建屋のコンクリート強度
- ・ 建屋側面の埋め込み効果のうち、回転成分（側面回転ばね）
- ・ 建屋減衰

検討は、水平2方向、鉛直1方向の3方向実施し、解析に用いる地震波は S_s -1～3H、 S_s -1～3V とする。

2. 2 解析ケース

解析ケースを表-2.2.1に示す。

表-2.2.1(a) 解析ケース（水平方向）

解析ケース名	コンクリート強度	側面地盤ばね	建屋減衰
バックチェックモデル	実強度	水平+回転	5%
ケース1（設計強度）	設計基準強度	水平+回転	5%
ケース2（側面回転ばね無視）	実強度	水平	5%
ケース3（建屋減衰3%）	実強度	水平+回転	3%
ケース4（設計ベースモデル）	設計基準強度	水平	5%

表-2.2.1(b) 解析ケース（鉛直方向）

解析ケース名	コンクリート強度	建屋減衰
バックチェックモデル	実強度	5%
ケース1（設計強度）	設計基準強度	5%
ケース3（建屋減衰3%）	実強度	3%

2. 3 解析条件

表-2.3.1に地震応答解析モデルの比較を示す。図-2.3.1に解析モデル図及び建屋のモデル諸元を、表-2.3.2～表-2.3.8に地盤のばね定数および減衰係数を示す。地盤ばねはそれぞれのケースにおいて設定した上で、一次固有振動数に対応する減衰係数を算出し、地震応答解析を行っている。

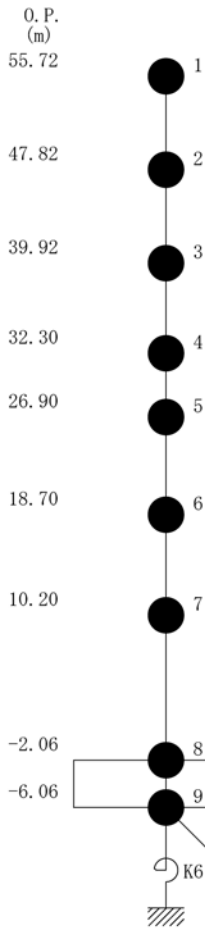
表-2.3.9に地盤定数を示す。なお、地盤の地震応答解析に使用した地盤定数については、各ケースとも共通である。

表-2.3.1 地震応答解析モデルの比較

項目	内容	バックチェックモデル	ケース1 (設計強度)	ケース2 (側面回転ばね無視)	ケース3 (建屋減衰3%)	ケース4 (設計ベースモデル)
入力地震動	入力地震動の算定	解放基盤面で定義した基準地震動 S_s を一次元波動論により評価	同左	同左	同左	同左
建屋のモデル化	コンクリート物性値	実強度 35.0 N/mm ² ヤング係数 2.57×10 ⁴ N/mm ²	設計基準強度 22.1N/mm ² (2.21×10 ⁴ N/mm ²)	実強度 35.0 N/mm ² ヤング係数 2.57×10 ⁴ N/mm ²)	実強度 35.0 N/mm ² ヤング係数 2.57×10 ⁴ N/mm ²)	設計基準強度 22.1 N/mm ² (2.21×10 ⁴ N/mm ²)
	剛性評価	耐震壁を考慮	同左	同左	同左	同左
	減衰定数	RC : 5 %	同左	同左	RC : 3 %	RC : 5 %
地盤ばね	底面ばね	水平及び回転を考慮	同左	同左	同左	同左
	側面ばね	水平及び回転を考慮	同左	水平のみ考慮	水平及び回転を考慮	水平のみ考慮
非線形特性	耐震壁	非線形特性を設定	同左	同左	同左	同左
	底面ばね	非線形特性を設定	同左	同左	同左	同左

※ 地盤ばねはそれぞれのケースにおいて設定した上で、一次固有振動数に対応する減衰係数を算出し、地震応答解析を行っている。

(NS 方向)



質点番号	質点重量 W(kN)	回転慣性重量 $I_G (\times 10^5 \text{kN}\cdot\text{m}^2)$	せん断断面積 $A_s (\text{m}^2)$	断面2次モーメント I (m^4)
1	18,890	34.81		
2	15,670	28.83	28.2	14,571
3	74,990	138.08	28.2	15,986
4	88,070	162.10	206.3	27,958
5	109,640	201.82	212.2	38,723
6	130,160	239.58	237.3	56,230
7	226,760	417.47	208.6	60,144
8	301,020	554.17	458.7	112,978
9	127,000	233.79	2,697.8	496,620
合計	1,092,200			

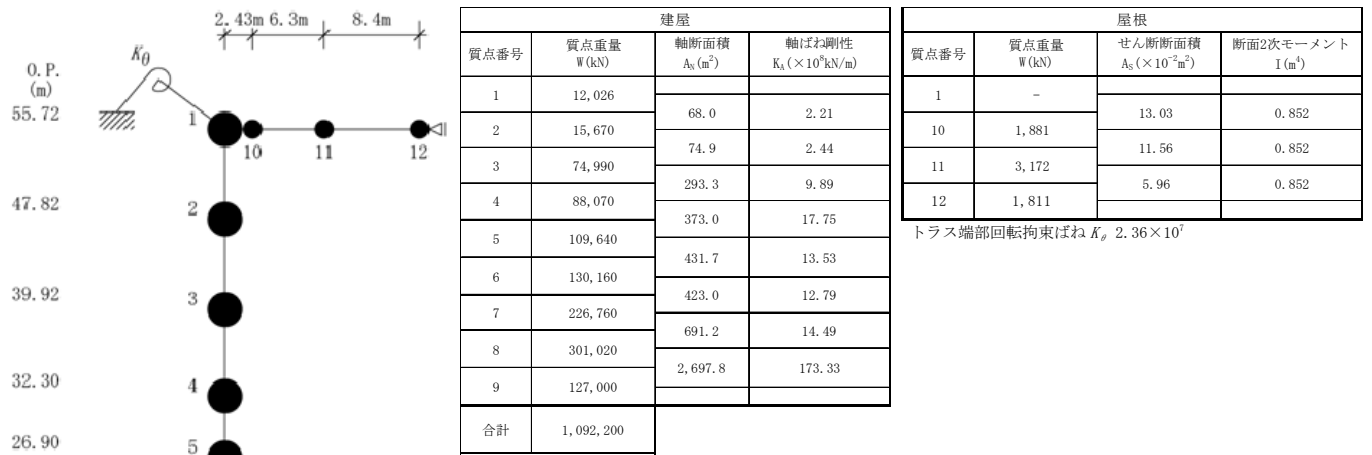
(EW 方向)

質点番号	質点重量 W(kN)	回転慣性重量 $I_G (\times 10^5 \text{kN}\cdot\text{m}^2)$	せん断断面積 $A_s (\text{m}^2)$	断面2次モーメント I (m^4)
1	18,890	19.52		
2	15,670	16.18	21.1	8,529
3	74,990	77.47	28.2	9,057
4	88,070	90.91	103.2	14,172
5	109,640	201.82	150.8	21,844
6	130,160	239.58	204.1	41,352
7	226,760	622.62	226.6	61,084
8	301,020	826.50	431.3	135,128
9	127,000	348.72	2,697.8	740,717
合計	1,092,200			

※ ケース 2 及びケース 4 は K2、K4 の側面回転ばねを除く。

図-2.3.1(a) 解析モデル図及び建屋のモデル諸元(水平方向)

バックチェックモデル、ケース3（建屋減衰3%）



ケース1（設計強度）

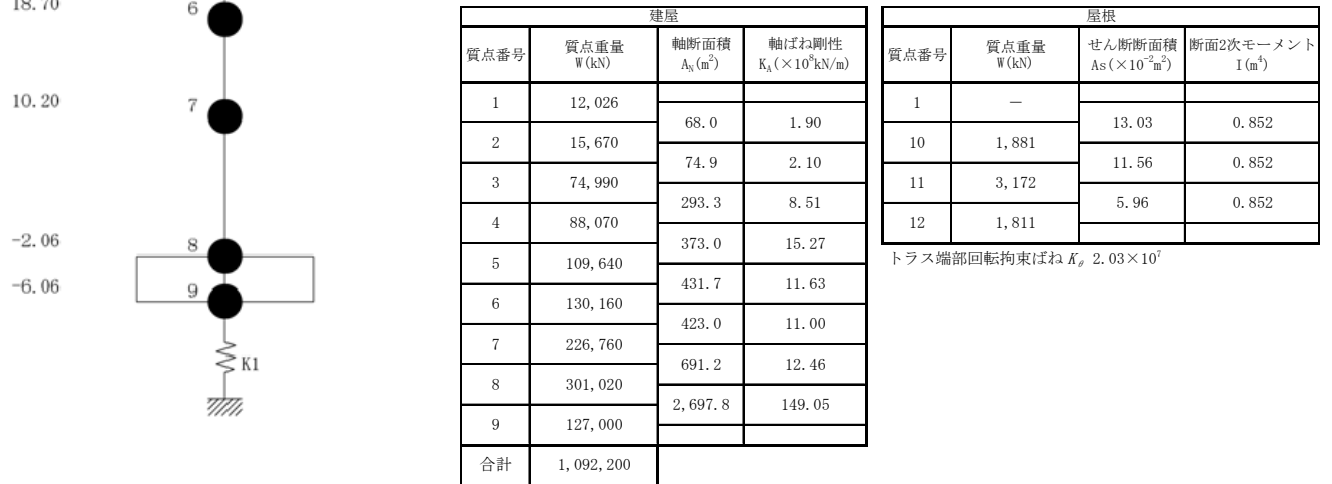


図-2.3.1(b) 解析モデル図及び建屋のモデル諸元(鉛直方向)

表-2.3.2(a) 地盤のばね定数と減衰係数 (NS 方向、Ss-1H)
バックチェックモデル

ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね		減衰	
			ばね定数 ^(*1) Kc	採用振動数 (Hz)	減衰係数 ^(*2) Cc	採用振動数 ^(*3) f ₁ (Hz)
K1	8	側面・並進	2.32 × 10 ⁶	1.11	4.75 × 10 ⁵	2.53
K2	8	側面・回転	1.44 × 10 ⁹	0.01	8.80 × 10 ⁷	2.53
K3	9	側面・並進	2.32 × 10 ⁶	1.11	4.75 × 10 ⁵	2.53
K4	9	側面・回転	1.44 × 10 ⁹	0.01	8.80 × 10 ⁷	2.53
K5	9	底面・並進	5.37 × 10 ⁷	0.00	2.07 × 10 ⁶	2.53
K6	9	底面・回転	3.87 × 10 ¹⁰	0.00	3.21 × 10 ⁸	2.53

(*1) K1, K3, K5はkN/m K2, K4, K6はkN・m/rad

(*2) K1, K3, K5はkN・s/m K2, K4, K6はkN・s・m/rad

(*3) f₁は連成系の1次固有振動数

ケース 1 (設計強度)

ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね		減衰	
			ばね定数 ^(*1) Kc	採用振動数 (Hz)	減衰係数 ^(*2) Cc	採用振動数 ^(*3) f ₁ (Hz)
K1	8	側面・並進	2.32 × 10 ⁶	1.11	4.75 × 10 ⁵	2.49
K2	8	側面・回転	1.44 × 10 ⁹	0.01	8.76 × 10 ⁷	2.49
K3	9	側面・並進	2.32 × 10 ⁶	1.11	4.75 × 10 ⁵	2.49
K4	9	側面・回転	1.44 × 10 ⁹	0.01	8.76 × 10 ⁷	2.49
K5	9	底面・並進	5.37 × 10 ⁷	0.00	2.07 × 10 ⁶	2.49
K6	9	底面・回転	3.87 × 10 ¹⁰	0.00	3.15 × 10 ⁸	2.49

(*1) K1, K3, K5はkN/m K2, K4, K6はkN・m/rad

(*2) K1, K3, K5はkN・s/m K2, K4, K6はkN・s・m/rad

(*3) f₁は連成系の1次固有振動数

ケース 2 (側面回転ばね無視)

ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね		減衰	
			ばね定数 ^(*1) Kc	採用振動数 (Hz)	減衰係数 ^(*2) Cc	採用振動数 ^(*3) f ₁ (Hz)
K1	8	側面・並進	2.32 × 10 ⁶	1.11	4.75 × 10 ⁵	2.48
K2	8	側面・回転	—	—	—	—
K3	9	側面・並進	2.32 × 10 ⁶	1.11	4.75 × 10 ⁵	2.48
K4	9	側面・回転	—	—	—	—
K5	9	底面・並進	5.37 × 10 ⁷	0.00	2.07 × 10 ⁶	2.48
K6	9	底面・回転	3.87 × 10 ¹⁰	0.00	3.14 × 10 ⁸	2.48

(*1) K1, K3, K5はkN/m K2, K4, K6はkN・m/rad

(*2) K1, K3, K5はkN・s/m K2, K4, K6はkN・s・m/rad

(*3) f₁は連成系の1次固有振動数

表-2.3.2(b) 地盤のばね定数と減衰係数 (NS 方向、Ss-1H)
 ケース 3 (建屋減衰 3%)

ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね		減衰	
			ばね定数 ^{(*)1} Kc	採用振動数 (Hz)	減衰係数 ^{(*)2} Cc	採用振動数 ^{(*)3} f ₁ (Hz)
K1	8	側面・並進	2.32 × 10 ⁶	1.11	4.75 × 10 ⁵	2.53
K2	8	側面・回転	1.44 × 10 ⁹	0.01	8.80 × 10 ⁷	2.53
K3	9	側面・並進	2.32 × 10 ⁶	1.11	4.75 × 10 ⁵	2.53
K4	9	側面・回転	1.44 × 10 ⁹	0.01	8.80 × 10 ⁷	2.53
K5	9	底面・並進	5.37 × 10 ⁷	0.00	2.07 × 10 ⁶	2.53
K6	9	底面・回転	3.87 × 10 ¹⁰	0.00	3.21 × 10 ⁸	2.53

(*)1 K1, K3, K5はkN/m K2, K4, K6はkN・m/rad

(*)2 K1, K3, K5はkN・s/m K2, K4, K6はkN・s・m/rad

(*)3 f₁は連成系の1次固有振動数

ケース 4 (設計ベースモデル)

ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね		減衰	
			ばね定数 ^{(*)1} Kc	採用振動数 (Hz)	減衰係数 ^{(*)2} Cc	採用振動数 ^{(*)3} f ₁ (Hz)
K1	8	側面・並進	2.32 × 10 ⁶	1.11	4.75 × 10 ⁵	2.45
K2	8	側面・回転	—	—	—	—
K3	9	側面・並進	2.32 × 10 ⁶	1.11	4.75 × 10 ⁵	2.45
K4	9	側面・回転	—	—	—	—
K5	9	底面・並進	5.37 × 10 ⁷	0.00	2.06 × 10 ⁶	2.45
K6	9	底面・回転	3.87 × 10 ¹⁰	0.00	3.10 × 10 ⁸	2.45

(*)1 K1, K3, K5はkN/m K2, K4, K6はkN・m/rad

(*)2 K1, K3, K5はkN・s/m K2, K4, K6はkN・s・m/rad

(*)3 f₁は連成系の1次固有振動数

表-2.3.3(a) 地盤のばね定数と減衰係数 (NS 方向、Ss-2H)
バックチェックモデル

ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね		減衰	
			ばね定数 ^(*1) Kc	採用振動数 (Hz)	減衰係数 ^(*2) Cc	採用振動数 ^(*3) f ₁ (Hz)
K1	8	側面・並進	2.40 × 10 ⁶	1.13	4.84 × 10 ⁵	2.56
K2	8	側面・回転	1.49 × 10 ⁹	0.01	8.94 × 10 ⁷	2.56
K3	9	側面・並進	2.40 × 10 ⁶	1.13	4.84 × 10 ⁵	2.56
K4	9	側面・回転	1.49 × 10 ⁹	0.01	8.94 × 10 ⁷	2.56
K5	9	底面・並進	5.56 × 10 ⁷	0.00	2.10 × 10 ⁶	2.56
K6	9	底面・回転	4.02 × 10 ¹⁰	0.00	3.25 × 10 ⁸	2.56

(*1) K1, K3, K5はkN/m K2, K4, K6はkN・m/rad

(*2) K1, K3, K5はkN・s/m K2, K4, K6はkN・s・m/rad

(*3) f₁は連成系の1次固有振動数

ケース 1 (設計強度)

ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね		減衰	
			ばね定数 ^(*1) Kc	採用振動数 (Hz)	減衰係数 ^(*2) Cc	採用振動数 ^(*3) f ₁ (Hz)
K1	8	側面・並進	2.40 × 10 ⁶	1.13	4.84 × 10 ⁵	2.53
K2	8	側面・回転	1.49 × 10 ⁹	0.01	8.91 × 10 ⁷	2.53
K3	9	側面・並進	2.40 × 10 ⁶	1.13	4.84 × 10 ⁵	2.53
K4	9	側面・回転	1.49 × 10 ⁹	0.01	8.91 × 10 ⁷	2.53
K5	9	底面・並進	5.56 × 10 ⁷	0.00	2.10 × 10 ⁶	2.53
K6	9	底面・回転	4.02 × 10 ¹⁰	0.00	3.21 × 10 ⁸	2.53

(*1) K1, K3, K5はkN/m K2, K4, K6はkN・m/rad

(*2) K1, K3, K5はkN・s/m K2, K4, K6はkN・s・m/rad

(*3) f₁は連成系の1次固有振動数

ケース 2 (側面回転ばね無視)

ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね		減衰	
			ばね定数 ^(*1) Kc	採用振動数 (Hz)	減衰係数 ^(*2) Cc	採用振動数 ^(*3) f ₁ (Hz)
K1	8	側面・並進	2.40 × 10 ⁶	1.13	4.84 × 10 ⁵	2.52
K2	8	側面・回転	—	—	—	—
K3	9	側面・並進	2.40 × 10 ⁶	1.13	4.84 × 10 ⁵	2.52
K4	9	側面・回転	—	—	—	—
K5	9	底面・並進	5.56 × 10 ⁷	0.00	2.10 × 10 ⁶	2.52
K6	9	底面・回転	4.02 × 10 ¹⁰	0.00	3.20 × 10 ⁸	2.52

(*1) K1, K3, K5はkN/m K2, K4, K6はkN・m/rad

(*2) K1, K3, K5はkN・s/m K2, K4, K6はkN・s・m/rad

(*3) f₁は連成系の1次固有振動数

表-2.3.3(b) 地盤のばね定数と減衰係数 (NS 方向、Ss-2H)
 ケース 3 (建屋減衰 3%)

ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね		減衰	
			ばね定数 ^(*1) Kc	採用振動数 (Hz)	減衰係数 ^(*2) Cc	採用振動数 ^(*3) f ₁ (Hz)
K1	8	側面・並進	2.40 × 10 ⁶	1.13	4.84 × 10 ⁵	2.56
K2	8	側面・回転	1.49 × 10 ⁹	0.01	8.94 × 10 ⁷	2.56
K3	9	側面・並進	2.40 × 10 ⁶	1.13	4.84 × 10 ⁵	2.56
K4	9	側面・回転	1.49 × 10 ⁹	0.01	8.94 × 10 ⁷	2.56
K5	9	底面・並進	5.56 × 10 ⁷	0.00	2.10 × 10 ⁶	2.56
K6	9	底面・回転	4.02 × 10 ¹⁰	0.00	3.25 × 10 ⁸	2.56

(*1) K1, K3, K5はkN/m K2, K4, K6はkN・m/rad

(*2) K1, K3, K5はkN・s/m K2, K4, K6はkN・s・m/rad

(*3) f₁は連成系の1次固有振動数

ケース 4 (設計ベースモデル)

ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね		減衰	
			ばね定数 ^(*1) Kc	採用振動数 (Hz)	減衰係数 ^(*2) Cc	採用振動数 ^(*3) f ₁ (Hz)
K1	8	側面・並進	2.40 × 10 ⁶	1.13	4.84 × 10 ⁵	2.49
K2	8	側面・回転	—	—	—	—
K3	9	側面・並進	2.40 × 10 ⁶	1.13	4.84 × 10 ⁵	2.49
K4	9	側面・回転	—	—	—	—
K5	9	底面・並進	5.56 × 10 ⁷	0.00	2.10 × 10 ⁶	2.49
K6	9	底面・回転	4.02 × 10 ¹⁰	0.00	3.15 × 10 ⁸	2.49

(*1) K1, K3, K5はkN/m K2, K4, K6はkN・m/rad

(*2) K1, K3, K5はkN・s/m K2, K4, K6はkN・s・m/rad

(*3) f₁は連成系の1次固有振動数

表-2.3.4(a) 地盤のばね定数と減衰係数 (NS 方向、Ss-3H)
バックチェックモデル

ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね		減衰	
			ばね定数 ^{(*)1} Kc	採用振動数 (Hz)	減衰係数 ^{(*)2} Cc	採用振動数 ^{(*)3} f ₁ (Hz)
K1	8	側面・並進	2.32 × 10 ⁶	1.11	4.75 × 10 ⁵	2.53
K2	8	側面・回転	1.44 × 10 ⁹	0.01	8.80 × 10 ⁷	2.53
K3	9	側面・並進	2.32 × 10 ⁶	1.11	4.75 × 10 ⁵	2.53
K4	9	側面・回転	1.44 × 10 ⁹	0.01	8.80 × 10 ⁷	2.53
K5	9	底面・並進	5.37 × 10 ⁷	0.00	2.07 × 10 ⁶	2.53
K6	9	底面・回転	3.87 × 10 ¹⁰	0.00	3.21 × 10 ⁸	2.53

(*1) K1, K3, K5はkN/m K2, K4, K6はkN・m/rad

(*2) K1, K3, K5はkN・s/m K2, K4, K6はkN・s・m/rad

(*3) f₁は連成系の1次固有振動数

ケース 1 (設計強度)

ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね		減衰	
			ばね定数 ^{(*)1} Kc	採用振動数 (Hz)	減衰係数 ^{(*)2} Cc	採用振動数 ^{(*)3} f ₁ (Hz)
K1	8	側面・並進	2.32 × 10 ⁶	1.11	4.75 × 10 ⁵	2.49
K2	8	側面・回転	1.44 × 10 ⁹	0.01	8.76 × 10 ⁷	2.49
K3	9	側面・並進	2.32 × 10 ⁶	1.11	4.75 × 10 ⁵	2.49
K4	9	側面・回転	1.44 × 10 ⁹	0.01	8.76 × 10 ⁷	2.49
K5	9	底面・並進	5.37 × 10 ⁷	0.00	2.07 × 10 ⁶	2.49
K6	9	底面・回転	3.87 × 10 ¹⁰	0.00	3.15 × 10 ⁸	2.49

(*1) K1, K3, K5はkN/m K2, K4, K6はkN・m/rad

(*2) K1, K3, K5はkN・s/m K2, K4, K6はkN・s・m/rad

(*3) f₁は連成系の1次固有振動数

ケース 2 (側面回転ばね無視)

ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね		減衰	
			ばね定数 ^{(*)1} Kc	採用振動数 (Hz)	減衰係数 ^{(*)2} Cc	採用振動数 ^{(*)3} f ₁ (Hz)
K1	8	側面・並進	2.32 × 10 ⁶	1.11	4.75 × 10 ⁵	2.48
K2	8	側面・回転	—	—	—	—
K3	9	側面・並進	2.32 × 10 ⁶	1.11	4.75 × 10 ⁵	2.48
K4	9	側面・回転	—	—	—	—
K5	9	底面・並進	5.37 × 10 ⁷	0.00	2.07 × 10 ⁶	2.48
K6	9	底面・回転	3.87 × 10 ¹⁰	0.00	3.14 × 10 ⁸	2.48

(*1) K1, K3, K5はkN/m K2, K4, K6はkN・m/rad

(*2) K1, K3, K5はkN・s/m K2, K4, K6はkN・s・m/rad

(*3) f₁は連成系の1次固有振動数

表-2.3.4(b) 地盤のばね定数と減衰係数 (NS 方向、Ss-3H)
 ケース 3 (建屋減衰 3%)

ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね		減衰	
			ばね定数 ^{(*)1} Kc	採用振動数 (Hz)	減衰係数 ^{(*)2} Cc	採用振動数 ^{(*)3} f ₁ (Hz)
K1	8	側面・並進	2.32 × 10 ⁶	1.11	4.75 × 10 ⁵	2.53
K2	8	側面・回転	1.44 × 10 ⁹	0.01	8.80 × 10 ⁷	2.53
K3	9	側面・並進	2.32 × 10 ⁶	1.11	4.75 × 10 ⁵	2.53
K4	9	側面・回転	1.44 × 10 ⁹	0.01	8.80 × 10 ⁷	2.53
K5	9	底面・並進	5.37 × 10 ⁷	0.00	2.07 × 10 ⁶	2.53
K6	9	底面・回転	3.87 × 10 ¹⁰	0.00	3.21 × 10 ⁸	2.53

(*)1 K1, K3, K5はkN/m K2, K4, K6はkN・m/rad

(*)2 K1, K3, K5はkN・s/m K2, K4, K6はkN・s・m/rad

(*)3 f₁は連成系の1次固有振動数

ケース 4 (設計ベースモデル)

ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね		減衰	
			ばね定数 ^{(*)1} Kc	採用振動数 (Hz)	減衰係数 ^{(*)2} Cc	採用振動数 ^{(*)3} f ₁ (Hz)
K1	8	側面・並進	2.32 × 10 ⁶	1.11	4.75 × 10 ⁵	2.45
K2	8	側面・回転	—	—	—	—
K3	9	側面・並進	2.32 × 10 ⁶	1.11	4.75 × 10 ⁵	2.45
K4	9	側面・回転	—	—	—	—
K5	9	底面・並進	5.37 × 10 ⁷	0.00	2.06 × 10 ⁶	2.45
K6	9	底面・回転	3.87 × 10 ¹⁰	0.00	3.10 × 10 ⁸	2.45

(*)1 K1, K3, K5はkN/m K2, K4, K6はkN・m/rad

(*)2 K1, K3, K5はkN・s/m K2, K4, K6はkN・s・m/rad

(*)3 f₁は連成系の1次固有振動数

表-2.3.5(a) 地盤のばね定数と減衰係数 (EW 方向、Ss-1H)
バックチェックモデル

ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね		減衰	
			ばね定数 ^(*1) Kc	採用振動数 (Hz)	減衰係数 ^(*2) Cc	採用振動数 ^(*3) f ₁ (Hz)
K1	8	側面・並進	2.32 × 10 ⁶	1.11	4.76 × 10 ⁵	2.65
K2	8	側面・回転	1.44 × 10 ⁹	0.01	8.91 × 10 ⁷	2.65
K3	9	側面・並進	2.32 × 10 ⁶	1.11	4.76 × 10 ⁵	2.65
K4	9	側面・回転	1.44 × 10 ⁹	0.01	8.91 × 10 ⁷	2.65
K5	9	底面・並進	5.27 × 10 ⁷	0.00	1.99 × 10 ⁶	2.65
K6	9	底面・回転	5.16 × 10 ¹⁰	0.00	5.51 × 10 ⁸	2.65

(*1) K1, K3, K5はkN/m K2, K4, K6はkN・m/rad

(*2) K1, K3, K5はkN・s/m K2, K4, K6はkN・s・m/rad

(*3) f₁は連成系の1次固有振動数

ケース 1 (設計強度)

ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね		減衰	
			ばね定数 ^(*1) Kc	採用振動数 (Hz)	減衰係数 ^(*2) Cc	採用振動数 ^(*3) f ₁ (Hz)
K1	8	側面・並進	2.32 × 10 ⁶	1.11	4.76 × 10 ⁵	2.62
K2	8	側面・回転	1.44 × 10 ⁹	0.01	8.88 × 10 ⁷	2.62
K3	9	側面・並進	2.32 × 10 ⁶	1.11	4.76 × 10 ⁵	2.62
K4	9	側面・回転	1.44 × 10 ⁹	0.01	8.88 × 10 ⁷	2.62
K5	9	底面・並進	5.27 × 10 ⁷	0.00	1.99 × 10 ⁶	2.62
K6	9	底面・回転	5.16 × 10 ¹⁰	0.00	5.44 × 10 ⁸	2.62

(*1) K1, K3, K5はkN/m K2, K4, K6はkN・m/rad

(*2) K1, K3, K5はkN・s/m K2, K4, K6はkN・s・m/rad

(*3) f₁は連成系の1次固有振動数

ケース 2 (側面回転ばね無視)

ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね		減衰	
			ばね定数 ^(*1) Kc	採用振動数 (Hz)	減衰係数 ^(*2) Cc	採用振動数 ^(*3) f ₁ (Hz)
K1	8	側面・並進	2.32 × 10 ⁶	1.11	4.76 × 10 ⁵	2.62
K2	8	側面・回転	—	—	—	—
K3	9	側面・並進	2.32 × 10 ⁶	1.11	4.76 × 10 ⁵	2.62
K4	9	側面・回転	—	—	—	—
K5	9	底面・並進	5.27 × 10 ⁷	0.00	1.99 × 10 ⁶	2.62
K6	9	底面・回転	5.16 × 10 ¹⁰	0.00	5.44 × 10 ⁸	2.62

(*1) K1, K3, K5はkN/m K2, K4, K6はkN・m/rad

(*2) K1, K3, K5はkN・s/m K2, K4, K6はkN・s・m/rad

(*3) f₁は連成系の1次固有振動数

表-2.3.5(b) 地盤のばね定数と減衰係数 (EW 方向、Ss-1H)
 ケース 3 (建屋減衰 3%)

ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね		減衰	
			ばね定数 ^{(*)1} Kc	採用振動数 (Hz)	減衰係数 ^{(*)2} Cc	採用振動数 ^{(*)3} f ₁ (Hz)
K1	8	側面・並進	2.32 × 10 ⁶	1.11	4.76 × 10 ⁵	2.65
K2	8	側面・回転	1.44 × 10 ⁹	0.01	8.91 × 10 ⁷	2.65
K3	9	側面・並進	2.32 × 10 ⁶	1.11	4.76 × 10 ⁵	2.65
K4	9	側面・回転	1.44 × 10 ⁹	0.01	8.91 × 10 ⁷	2.65
K5	9	底面・並進	5.27 × 10 ⁷	0.00	1.99 × 10 ⁶	2.65
K6	9	底面・回転	5.16 × 10 ¹⁰	0.00	5.51 × 10 ⁸	2.65

(*)1 K1, K3, K5はkN/m K2, K4, K6はkN・m/rad

(*)2 K1, K3, K5はkN・s/m K2, K4, K6はkN・s・m/rad

(*)3 f₁は連成系の1次固有振動数

ケース 4 (設計ベースモデル)

ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね		減衰	
			ばね定数 ^{(*)1} Kc	採用振動数 (Hz)	減衰係数 ^{(*)2} Cc	採用振動数 ^{(*)3} f ₁ (Hz)
K1	8	側面・並進	2.32 × 10 ⁶	1.11	4.76 × 10 ⁵	2.59
K2	8	側面・回転	—	—	—	—
K3	9	側面・並進	2.32 × 10 ⁶	1.11	4.76 × 10 ⁵	2.59
K4	9	側面・回転	—	—	—	—
K5	9	底面・並進	5.27 × 10 ⁷	0.00	1.99 × 10 ⁶	2.59
K6	9	底面・回転	5.16 × 10 ¹⁰	0.00	5.38 × 10 ⁸	2.59

(*)1 K1, K3, K5はkN/m K2, K4, K6はkN・m/rad

(*)2 K1, K3, K5はkN・s/m K2, K4, K6はkN・s・m/rad

(*)3 f₁は連成系の1次固有振動数

表-2.3.6(a) 地盤のばね定数と減衰係数 (EW 方向、Ss-2H)
バックチェックモデル

ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね		減衰	
			ばね定数 ^(*1) Kc	採用振動数 (Hz)	減衰係数 ^(*2) Cc	採用振動数 ^(*3) f ₁ (Hz)
K1	8	側面・並進	2.40 × 10 ⁶	1.13	4.84 × 10 ⁵	2.69
K2	8	側面・回転	1.49 × 10 ⁹	0.01	9.06 × 10 ⁷	2.69
K3	9	側面・並進	2.40 × 10 ⁶	1.13	4.84 × 10 ⁵	2.69
K4	9	側面・回転	1.49 × 10 ⁹	0.01	9.06 × 10 ⁷	2.69
K5	9	底面・並進	5.45 × 10 ⁷	0.00	2.02 × 10 ⁶	2.69
K6	9	底面・回転	5.35 × 10 ¹⁰	0.00	5.60 × 10 ⁸	2.69

(*1) K1, K3, K5はkN/m K2, K4, K6はkN・m/rad

(*2) K1, K3, K5はkN・s/m K2, K4, K6はkN・s・m/rad

(*3) f₁は連成系の1次固有振動数

ケース 1 (設計強度)

ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね		減衰	
			ばね定数 ^(*1) Kc	採用振動数 (Hz)	減衰係数 ^(*2) Cc	採用振動数 ^(*3) f ₁ (Hz)
K1	8	側面・並進	2.40 × 10 ⁶	1.13	4.84 × 10 ⁵	2.65
K2	8	側面・回転	1.49 × 10 ⁹	0.01	9.02 × 10 ⁷	2.65
K3	9	側面・並進	2.40 × 10 ⁶	1.13	4.84 × 10 ⁵	2.65
K4	9	側面・回転	1.49 × 10 ⁹	0.01	9.02 × 10 ⁷	2.65
K5	9	底面・並進	5.45 × 10 ⁷	0.00	2.02 × 10 ⁶	2.65
K6	9	底面・回転	5.35 × 10 ¹⁰	0.00	5.52 × 10 ⁸	2.65

(*1) K1, K3, K5はkN/m K2, K4, K6はkN・m/rad

(*2) K1, K3, K5はkN・s/m K2, K4, K6はkN・s・m/rad

(*3) f₁は連成系の1次固有振動数

ケース 2 (側面回転ばね無視)

ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね		減衰	
			ばね定数 ^(*1) Kc	採用振動数 (Hz)	減衰係数 ^(*2) Cc	採用振動数 ^(*3) f ₁ (Hz)
K1	8	側面・並進	2.40 × 10 ⁶	1.13	4.84 × 10 ⁵	2.66
K2	8	側面・回転	—	—	—	—
K3	9	側面・並進	2.40 × 10 ⁶	1.13	4.84 × 10 ⁵	2.66
K4	9	側面・回転	—	—	—	—
K5	9	底面・並進	5.45 × 10 ⁷	0.00	2.02 × 10 ⁶	2.66
K6	9	底面・回転	5.35 × 10 ¹⁰	0.00	5.54 × 10 ⁸	2.66

(*1) K1, K3, K5はkN/m K2, K4, K6はkN・m/rad

(*2) K1, K3, K5はkN・s/m K2, K4, K6はkN・s・m/rad

(*3) f₁は連成系の1次固有振動数

表-2.3.6(b) 地盤のばね定数と減衰係数 (EW 方向、Ss-2H)
 ケース 3 (建屋減衰 3%)

ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね		減衰	
			ばね定数 ^(*1) Kc	採用振動数 (Hz)	減衰係数 ^(*2) Cc	採用振動数 ^(*3) f ₁ (Hz)
K1	8	側面・並進	2.40 × 10 ⁶	1.13	4.84 × 10 ⁵	2.69
K2	8	側面・回転	1.49 × 10 ⁹	0.01	9.06 × 10 ⁷	2.69
K3	9	側面・並進	2.40 × 10 ⁶	1.13	4.84 × 10 ⁵	2.69
K4	9	側面・回転	1.49 × 10 ⁹	0.01	9.06 × 10 ⁷	2.69
K5	9	底面・並進	5.45 × 10 ⁷	0.00	2.02 × 10 ⁶	2.69
K6	9	底面・回転	5.35 × 10 ¹⁰	0.00	5.60 × 10 ⁸	2.69

(*1) K1, K3, K5はkN/m K2, K4, K6はkN・m/rad

(*2) K1, K3, K5はkN・s/m K2, K4, K6はkN・s・m/rad

(*3) f₁は連成系の1次固有振動数

ケース 4 (設計ベースモデル)

ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね		減衰	
			ばね定数 ^(*1) Kc	採用振動数 (Hz)	減衰係数 ^(*2) Cc	採用振動数 ^(*3) f ₁ (Hz)
K1	8	側面・並進	2.40 × 10 ⁶	1.13	4.84 × 10 ⁵	2.62
K2	8	側面・回転	—	—	—	—
K3	9	側面・並進	2.40 × 10 ⁶	1.13	4.84 × 10 ⁵	2.62
K4	9	側面・回転	—	—	—	—
K5	9	底面・並進	5.45 × 10 ⁷	0.00	2.02 × 10 ⁶	2.62
K6	9	底面・回転	5.35 × 10 ¹⁰	0.00	5.46 × 10 ⁸	2.62

(*1) K1, K3, K5はkN/m K2, K4, K6はkN・m/rad

(*2) K1, K3, K5はkN・s/m K2, K4, K6はkN・s・m/rad

(*3) f₁は連成系の1次固有振動数

表-2.3.7(a) 地盤のばね定数と減衰係数 (EW 方向、Ss-3H)
バックチェックモデル

ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね		減衰	
			ばね定数 ^(*1) Kc	採用振動数 (Hz)	減衰係数 ^(*2) Cc	採用振動数 ^(*3) f ₁ (Hz)
K1	8	側面・並進	2.32 × 10 ⁶	1.11	4.76 × 10 ⁵	2.65
K2	8	側面・回転	1.44 × 10 ⁹	0.01	8.91 × 10 ⁷	2.65
K3	9	側面・並進	2.32 × 10 ⁶	1.11	4.76 × 10 ⁵	2.65
K4	9	側面・回転	1.44 × 10 ⁹	0.01	8.91 × 10 ⁷	2.65
K5	9	底面・並進	5.27 × 10 ⁷	0.00	1.99 × 10 ⁶	2.65
K6	9	底面・回転	5.16 × 10 ¹⁰	0.00	5.51 × 10 ⁸	2.65

(*1) K1, K3, K5はkN/m K2, K4, K6はkN・m/rad

(*2) K1, K3, K5はkN・s/m K2, K4, K6はkN・s・m/rad

(*3) f₁は連成系の1次固有振動数

ケース 1 (設計強度)

ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね		減衰	
			ばね定数 ^(*1) Kc	採用振動数 (Hz)	減衰係数 ^(*2) Cc	採用振動数 ^(*3) f ₁ (Hz)
K1	8	側面・並進	2.32 × 10 ⁶	1.11	4.76 × 10 ⁵	2.62
K2	8	側面・回転	1.44 × 10 ⁹	0.01	8.88 × 10 ⁷	2.62
K3	9	側面・並進	2.32 × 10 ⁶	1.11	4.76 × 10 ⁵	2.62
K4	9	側面・回転	1.44 × 10 ⁹	0.01	8.88 × 10 ⁷	2.62
K5	9	底面・並進	5.27 × 10 ⁷	0.00	1.99 × 10 ⁶	2.62
K6	9	底面・回転	5.16 × 10 ¹⁰	0.00	5.44 × 10 ⁸	2.62

(*1) K1, K3, K5はkN/m K2, K4, K6はkN・m/rad

(*2) K1, K3, K5はkN・s/m K2, K4, K6はkN・s・m/rad

(*3) f₁は連成系の1次固有振動数

ケース 2 (側面回転ばね無視)

ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね		減衰	
			ばね定数 ^(*1) Kc	採用振動数 (Hz)	減衰係数 ^(*2) Cc	採用振動数 ^(*3) f ₁ (Hz)
K1	8	側面・並進	2.32 × 10 ⁶	1.11	4.76 × 10 ⁵	2.62
K2	8	側面・回転	—	—	—	—
K3	9	側面・並進	2.32 × 10 ⁶	1.11	4.76 × 10 ⁵	2.62
K4	9	側面・回転	—	—	—	—
K5	9	底面・並進	5.27 × 10 ⁷	0.00	1.99 × 10 ⁶	2.62
K6	9	底面・回転	5.16 × 10 ¹⁰	0.00	5.44 × 10 ⁸	2.62

(*1) K1, K3, K5はkN/m K2, K4, K6はkN・m/rad

(*2) K1, K3, K5はkN・s/m K2, K4, K6はkN・s・m/rad

(*3) f₁は連成系の1次固有振動数

表-2.3.7(b) 地盤のばね定数と減衰係数 (EW 方向、Ss-3H)
 ケース 3 (建屋減衰 3%)

ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね		減衰	
			ばね定数 ^{(*)1} Kc	採用振動数 (Hz)	減衰係数 ^{(*)2} Cc	採用振動数 ^{(*)3} f ₁ (Hz)
K1	8	側面・並進	2.32 × 10 ⁶	1.11	4.76 × 10 ⁵	2.65
K2	8	側面・回転	1.44 × 10 ⁹	0.01	8.91 × 10 ⁷	2.65
K3	9	側面・並進	2.32 × 10 ⁶	1.11	4.76 × 10 ⁵	2.65
K4	9	側面・回転	1.44 × 10 ⁹	0.01	8.91 × 10 ⁷	2.65
K5	9	底面・並進	5.27 × 10 ⁷	0.00	1.99 × 10 ⁶	2.65
K6	9	底面・回転	5.16 × 10 ¹⁰	0.00	5.51 × 10 ⁸	2.65

(*)1 K1, K3, K5はkN/m K2, K4, K6はkN・m/rad

(*)2 K1, K3, K5はkN・s/m K2, K4, K6はkN・s・m/rad

(*)3 f₁は連成系の1次固有振動数

ケース 4 (設計ベースモデル)

ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね		減衰	
			ばね定数 ^{(*)1} Kc	採用振動数 (Hz)	減衰係数 ^{(*)2} Cc	採用振動数 ^{(*)3} f ₁ (Hz)
K1	8	側面・並進	2.32 × 10 ⁶	1.11	4.76 × 10 ⁵	2.59
K2	8	側面・回転	—	—	—	—
K3	9	側面・並進	2.32 × 10 ⁶	1.11	4.76 × 10 ⁵	2.59
K4	9	側面・回転	—	—	—	—
K5	9	底面・並進	5.27 × 10 ⁷	0.00	1.99 × 10 ⁶	2.59
K6	9	底面・回転	5.16 × 10 ¹⁰	0.00	5.38 × 10 ⁸	2.59

(*)1 K1, K3, K5はkN/m K2, K4, K6はkN・m/rad

(*)2 K1, K3, K5はkN・s/m K2, K4, K6はkN・s・m/rad

(*)3 f₁は連成系の1次固有振動数

表-2.3.8(a) 地盤のばね定数と減衰係数 (UD 方向、Ss-1V)

バックチェックモデル

ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね		減衰	
			ばね定数	採用振動数	減衰係数	採用振動数 ^(*)
			Kc (kN/m)	(Hz)	Cc (kN・s/m)	f ₁ (Hz)
K1	9	底面・鉛直	8.83×10^7	0.00	4.77×10^6	4.41

(*) f₁は連成系の1次固有振動数

ケース 1 (設計強度)

ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね		減衰	
			ばね定数	採用振動数	減衰係数	採用振動数 ^(*)
			Kc (kN/m)	(Hz)	Cc (kN・s/m)	f ₁ (Hz)
K1	9	底面・鉛直	8.83×10^7	0.00	4.77×10^6	4.39

(*) f₁は連成系の1次固有振動数

ケース 3 (建屋減衰 3%)

ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね		減衰	
			ばね定数	採用振動数	減衰係数	採用振動数 ^(*)
			Kc (kN/m)	(Hz)	Cc (kN・s/m)	f ₁ (Hz)
K1	9	底面・鉛直	8.83×10^7	0.00	4.77×10^6	4.41

(*) f₁は連成系の1次固有振動数

表-2.3.8(b) 地盤のばね定数と減衰係数 (UD 方向、Ss-2V)

バックチェックモデル

ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね		減衰	
			ばね定数	採用振動数	減衰係数	採用振動数 ^(*)
			Kc (kN/m)	(Hz)	Cc (kN・s/m)	f ₁ (Hz)
K1	9	底面・鉛直	9.16×10^7	0.00	4.87×10^6	4.49

(*) f₁は連成系の1次固有振動数

ケース 1 (設計強度)

ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね		減衰	
			ばね定数	採用振動数	減衰係数	採用振動数 ^(*)
			Kc (kN/m)	(Hz)	Cc (kN・s/m)	f ₁ (Hz)
K1	9	底面・鉛直	9.16×10^7	0.00	4.87×10^6	4.47

(*) f₁は連成系の1次固有振動数

ケース 3 (建屋減衰 3%)

ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね		減衰	
			ばね定数	採用振動数	減衰係数	採用振動数 ^(*)
			Kc (kN/m)	(Hz)	Cc (kN・s/m)	f ₁ (Hz)
K1	9	底面・鉛直	9.16×10^7	0.00	4.87×10^6	4.49

(*) f₁は連成系の1次固有振動数

表-2.3.8(C) 地盤のばね定数と減衰係数 (UD 方向、Ss-3V)

バックチェックモデル

ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね		減衰	
			ばね定数 Kc (kN/m)	採用振動数 (Hz)	減衰係数 Cc (kN・s/m)	採用振動数 ^(*) f ₁ (Hz)
K1	9	底面・鉛直	8.83×10^7	0.00	4.77×10^6	4.41

(*1) f₁は連成系の1次固有振動数

ケース 1 (設計強度)

ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね		減衰	
			ばね定数 Kc (kN/m)	採用振動数 (Hz)	減衰係数 Cc (kN・s/m)	採用振動数 ^(*) f ₁ (Hz)
K1	9	底面・鉛直	8.83×10^7	0.00	4.77×10^6	4.39

(*1) f₁は連成系の1次固有振動数

ケース 3 (建屋減衰 3%)

ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね		減衰	
			ばね定数 Kc (kN/m)	採用振動数 (Hz)	減衰係数 Cc (kN・s/m)	採用振動数 ^(*) f ₁ (Hz)
K1	9	底面・鉛直	8.83×10^7	0.00	4.77×10^6	4.41

(*1) f₁は連成系の1次固有振動数

表-2.3.9 地盤定数

標高 O.P. (m)	地質	せん断波 速度 Vs (m/s)	単位体 積重量 γ (kN/m ³)	ポア ソン 比 ν	初期せん断 弾性係数 G ₀ (×10 ⁵ kN/m ²)	剛性 低下率 G/G ₀			せん断 弾性係数 G (×10 ⁵ kN/m ²)			ヤング 係数 E (×10 ⁵ kN/m ²)			剛性低下後 S波速度 Vs (m/s)			剛性低下後 P波速度 Vp (m/s)			減衰 定数 h (%)			層厚 H (m)	
						Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-1	Ss-2	Ss-3		Ss-1
10.0	砂岩																								
1.9		380	17.8	0.473	2.62	0.85	0.85	0.86	2.23	2.23	2.25	6.57	6.57	6.63	351	351	352	-	-	-	3	3	3	8.1	
-10.0	泥岩	450	16.5	0.464	3.41	0.78	0.81	0.78	2.66	2.76	2.66	7.79	8.08	7.79	398	405	398	1530	1560	1530	3	3	3	11.9	
-80.0		500	17.1	0.455	4.36				3.40	3.53	3.40	9.89	10.27	9.89	442	450	442	1540	1570	1540				70.0	
-108.0		560	17.6	0.446	5.63				4.39	4.56	4.39	12.70	13.19	12.70	495	504	495	1580	1610	1580				28.0	
-196.0		600	17.8	0.442	6.53				5.09	5.29	5.09	14.68	15.26	14.68	530	540	530	1640	1670	1640				88.0	
	[解放基盤]	700	18.5	0.421	9.24	1.00	1.00	1.00	9.24	9.24	9.24	26.26	26.26	26.26	700	700	700	1890	1890	1890	-	-	-	-	

2. 4 解析結果

表-2.4.1～表-2.4.3 に地震応答解析モデルの固有値（固有値、固有振動数）および刺激係数を、図-2.4.1～図-2.4.9 に固有モード図を示す。

図-2.4.10～図-2.4.12 に基準地震動 S_s による最大応答加速度分布を示す。最大応答加速度は、オペフロ階以上の層で若干ばらつきがあるものの、オペフロより下の階では建屋モデルの違いによる差は小さい。

図-2.4.13～図-2.4.15 に基礎版上 (O.P. -2.06m) 及びオペフロ階 (O.P. 39.92m) の床応答スペクトル ($h=5\%$) を示す。床応答スペクトルは、バックチェックモデルに比べ、オペフロ階の層で他のケースの方が若干大きめになっているものの、基礎版上では建屋応答の差は小さい。

表-2.4.4 に耐震壁の最大応答せん断ひずみの比較を示す。バックチェックモデルとケース2及びケース3はほぼ同じひずみレベルとなっている。一方、ケース1及びケース4においては、バックチェックモデルより最大応答せん断ひずみが比較的大きいものの、いずれも微小なひずみレベルである。

表-2.4.1(a) 固有値（固有値、固有振動数）および刺激係数（NS 方向、Ss-1H）

バックチェックモデル

	周期(s)	振動数(Hz)	刺激係数
1次	0.396	2.53	1.755
2次	0.177	5.64	-0.921
3次	0.078	12.85	0.219
4次	0.060	16.59	-0.016
5次	0.051	19.73	-0.059

ケース 1（設計強度）

	周期(s)	振動数(Hz)	刺激係数
1次	0.401	2.49	1.772
2次	0.179	5.57	-0.970
3次	0.083	12.02	0.262
4次	0.064	15.53	-0.017
5次	0.054	18.35	-0.068

ケース 2（側面回転ばね無視）

	周期(s)	振動数(Hz)	刺激係数
1次	0.403	2.48	1.753
2次	0.179	5.59	-0.918
3次	0.078	12.81	0.217
4次	0.061	16.53	-0.016
5次	0.051	19.71	-0.059

ケース 3（建屋減衰 3%）

	周期(s)	振動数(Hz)	刺激係数
1次	0.396	2.53	1.755
2次	0.177	5.64	-0.921
3次	0.078	12.85	0.219
4次	0.060	16.59	-0.016
5次	0.051	19.73	-0.059

ケース 4（設計ベースモデル）

	周期(s)	振動数(Hz)	刺激係数
1次	0.408	2.45	1.769
2次	0.181	5.53	-0.966
3次	0.083	11.98	0.260
4次	0.065	15.46	-0.017
5次	0.055	18.33	-0.069

表-2.4.1(b) 固有値（固有値、固有振動数）および刺激係数（NS 方向、Ss-2H）

バックチェックモデル

	周期(s)	振動数(Hz)	刺激係数
1次	0.390	2.56	1.759
2次	0.175	5.73	-0.932
3次	0.078	12.88	0.228
4次	0.060	16.63	-0.016
5次	0.051	19.74	-0.061

ケース 1（設計強度）

	周期(s)	振動数(Hz)	刺激係数
1次	0.395	2.53	1.776
2次	0.177	5.65	-0.983
3次	0.083	12.04	0.274
4次	0.064	15.57	-0.017
5次	0.054	18.37	-0.071

ケース 2（側面回転ばね無視）

	周期(s)	振動数(Hz)	刺激係数
1次	0.397	2.52	1.756
2次	0.176	5.68	-0.929
3次	0.078	12.84	0.226
4次	0.060	16.56	-0.017
5次	0.051	19.72	-0.061

ケース 3（建屋減衰 3%）

	周期(s)	振動数(Hz)	刺激係数
1次	0.390	2.56	1.759
2次	0.175	5.73	-0.932
3次	0.078	12.88	0.228
4次	0.060	16.63	-0.016
5次	0.051	19.74	-0.061

ケース 4（設計ベースモデル）

	周期(s)	振動数(Hz)	刺激係数
1次	0.402	2.49	1.773
2次	0.178	5.61	-0.979
3次	0.083	12.01	0.272
4次	0.065	15.50	-0.018
5次	0.055	18.35	-0.071

表-2.4.1(c) 固有値（固有値、固有振動数）および刺激係数（NS 方向、Ss-3H）

バックチェックモデル

	周期(s)	振動数(Hz)	刺激係数
1次	0.396	2.53	1.755
2次	0.177	5.64	-0.921
3次	0.078	12.85	0.219
4次	0.060	16.59	-0.016
5次	0.051	19.73	-0.059

ケース 1（設計強度）

	周期(s)	振動数(Hz)	刺激係数
1次	0.401	2.49	1.772
2次	0.179	5.57	-0.970
3次	0.083	12.02	0.262
4次	0.064	15.53	-0.017
5次	0.054	18.35	-0.068

ケース 2（側面回転ばね無視）

	周期(s)	振動数(Hz)	刺激係数
1次	0.403	2.48	1.753
2次	0.179	5.59	-0.918
3次	0.078	12.81	0.217
4次	0.061	16.53	-0.016
5次	0.051	19.71	-0.059

ケース 3（建屋減衰 3%）

	周期(s)	振動数(Hz)	刺激係数
1次	0.396	2.53	1.755
2次	0.177	5.64	-0.921
3次	0.078	12.85	0.219
4次	0.060	16.59	-0.016
5次	0.051	19.73	-0.059

ケース 4（設計ベースモデル）

	周期(s)	振動数(Hz)	刺激係数
1次	0.408	2.45	1.769
2次	0.181	5.53	-0.966
3次	0.083	11.98	0.260
4次	0.065	15.46	-0.017
5次	0.055	18.33	-0.069

表-2.4.2(a) 固有値（固有値、固有振動数）および刺激係数（EW 方向、Ss-1H）

バックチェックモデル

	周期(s)	振動数(Hz)	刺激係数
1次	0.377	2.65	1.774
2次	0.175	5.72	-0.980
3次	0.089	11.26	0.225
4次	0.065	15.41	0.032
5次	0.050	19.87	-0.063

ケース 1（設計強度）

	周期(s)	振動数(Hz)	刺激係数
1次	0.382	2.62	1.802
2次	0.178	5.63	-1.052
3次	0.094	10.58	0.278
4次	0.069	14.44	0.032
5次	0.054	18.45	-0.073

ケース 2（側面回転ばね無視）

	周期(s)	振動数(Hz)	刺激係数
1次	0.381	2.62	1.774
2次	0.176	5.67	-0.978
3次	0.089	11.22	0.221
4次	0.065	15.36	0.034
5次	0.050	19.87	-0.063

ケース 3（建屋減衰 3%）

	周期(s)	振動数(Hz)	刺激係数
1次	0.377	2.65	1.774
2次	0.175	5.72	-0.980
3次	0.089	11.26	0.225
4次	0.065	15.41	0.032
5次	0.050	19.87	-0.063

ケース 4（設計ベースモデル）

	周期(s)	振動数(Hz)	刺激係数
1次	0.386	2.59	1.801
2次	0.179	5.59	-1.049
3次	0.095	10.54	0.274
4次	0.070	14.38	0.034
5次	0.054	18.45	-0.073

表-2.4.2(b) 固有値（固有値、固有振動数）および刺激係数（EW 方向、Ss-2H）

バックチェックモデル

	周期(s)	振動数(Hz)	刺激係数
1次	0.372	2.69	1.780
2次	0.172	5.80	-0.995
3次	0.089	11.29	0.236
4次	0.065	15.44	0.032
5次	0.050	19.87	-0.065

ケース 1（設計強度）

	周期(s)	振動数(Hz)	刺激係数
1次	0.377	2.65	1.809
2次	0.175	5.71	-1.070
3次	0.094	10.62	0.291
4次	0.069	14.47	0.031
5次	0.054	18.45	-0.076

ケース 2（側面回転ばね無視）

	周期(s)	振動数(Hz)	刺激係数
1次	0.376	2.66	1.780
2次	0.174	5.75	-0.993
3次	0.089	11.25	0.232
4次	0.065	15.40	0.034
5次	0.050	19.87	-0.065

ケース 3（建屋減衰 3%）

	周期(s)	振動数(Hz)	刺激係数
1次	0.372	2.69	1.780
2次	0.172	5.80	-0.995
3次	0.089	11.29	0.236
4次	0.065	15.44	0.032
5次	0.050	19.87	-0.065

ケース 4（設計ベースモデル）

	周期(s)	振動数(Hz)	刺激係数
1次	0.381	2.62	1.807
2次	0.176	5.67	-1.066
3次	0.095	10.57	0.287
4次	0.069	14.42	0.034
5次	0.054	18.45	-0.076

表-2.4.2(c) 固有値（固有値、固有振動数）および刺激係数（EW 方向、Ss-3H）

バックチェックモデル

	周期(s)	振動数(Hz)	刺激係数
1次	0.377	2.65	1.774
2次	0.175	5.72	-0.980
3次	0.089	11.26	0.225
4次	0.065	15.41	0.032
5次	0.050	19.87	-0.063

ケース 1（設計強度）

	周期(s)	振動数(Hz)	刺激係数
1次	0.382	2.62	1.802
2次	0.178	5.63	-1.052
3次	0.094	10.58	0.278
4次	0.069	14.44	0.032
5次	0.054	18.45	-0.073

ケース 2（側面回転ばね無視）

	周期(s)	振動数(Hz)	刺激係数
1次	0.381	2.62	1.774
2次	0.176	5.67	-0.978
3次	0.089	11.22	0.221
4次	0.065	15.36	0.034
5次	0.050	19.87	-0.063

ケース 3（建屋減衰 3%）

	周期(s)	振動数(Hz)	刺激係数
1次	0.377	2.65	1.774
2次	0.175	5.72	-0.980
3次	0.089	11.26	0.225
4次	0.065	15.41	0.032
5次	0.050	19.87	-0.063

ケース 4（設計ベースモデル）

	周期(s)	振動数(Hz)	刺激係数
1次	0.386	2.59	1.801
2次	0.179	5.59	-1.049
3次	0.095	10.54	0.274
4次	0.070	14.38	0.034
5次	0.054	18.45	-0.073

表-2.4.3(a) 固有値（固有値、固有振動数）および刺激係数（UD 方向、Ss-1V）
バックチェックモデル

	周期(s)	振動数(Hz)	刺激係数
1次	0.292	3.43	3.474
2次	0.227	4.41	-2.571
3次	0.091	11.00	0.108
4次	0.045	22.39	-0.266
5次	0.039	25.65	0.215

ケース 1（設計強度）

	周期(s)	振動数(Hz)	刺激係数
1次	0.298	3.36	3.322
2次	0.228	4.39	-2.424
3次	0.091	10.97	0.116
4次	0.048	20.90	-0.222
5次	0.039	25.42	0.173

ケース 3（建屋減衰 3%）

	周期(s)	振動数(Hz)	刺激係数
1次	0.292	3.43	3.474
2次	0.227	4.41	-2.571
3次	0.091	11.00	0.108
4次	0.045	22.39	-0.266
5次	0.039	25.65	0.215

表-2.4.3(b) 固有値（固有値、固有振動数）および刺激係数（UD 方向、Ss-2V）

バックチェックモデル

	周期(s)	振動数(Hz)	刺激係数
1次	0.292	3.43	3.308
2次	0.223	4.49	-2.410
3次	0.091	11.00	0.113
4次	0.045	22.40	-0.277
5次	0.039	25.65	0.224

ケース 1（設計強度）

	周期(s)	振動数(Hz)	刺激係数
1次	0.298	3.36	3.176
2次	0.224	4.47	-2.282
3次	0.091	10.97	0.121
4次	0.048	20.92	-0.231
5次	0.039	25.42	0.180

ケース 3（建屋減衰 3%）

	周期(s)	振動数(Hz)	刺激係数
1次	0.292	3.43	3.308
2次	0.223	4.49	-2.410
3次	0.091	11.00	0.113
4次	0.045	22.40	-0.277
5次	0.039	25.65	0.224

表-2.4.3(b) 固有値（固有値、固有振動数）および刺激係数（UD 方向、Ss-3V）

バックチェックモデル

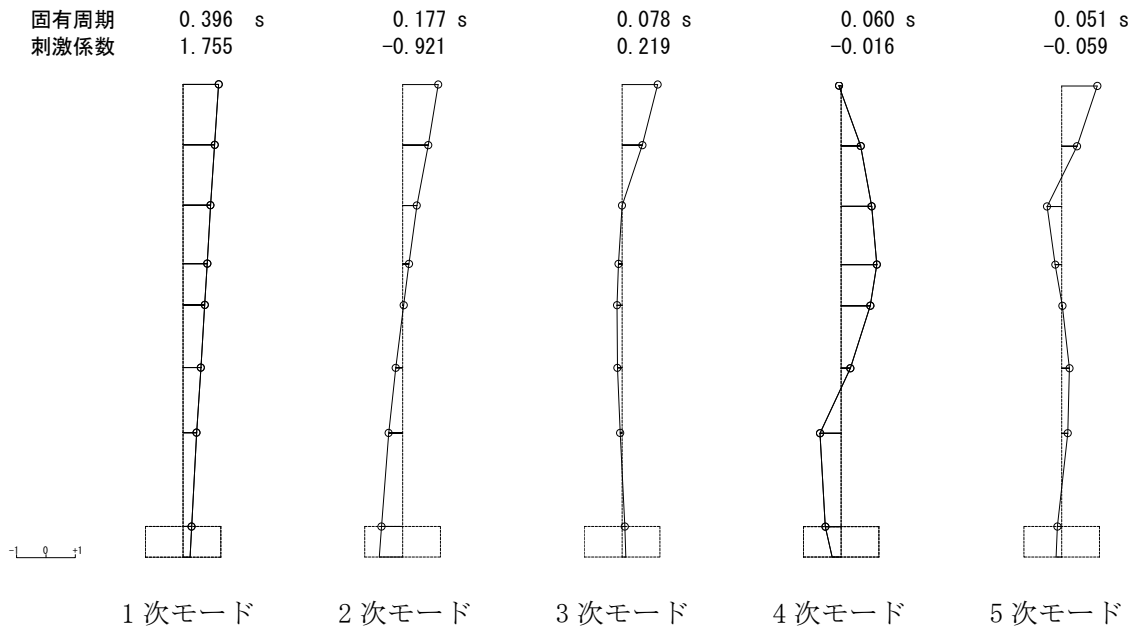
	周期(s)	振動数(Hz)	刺激係数
1次	0.292	3.43	3.474
2次	0.227	4.41	-2.571
3次	0.091	11.00	0.108
4次	0.045	22.39	-0.266
5次	0.039	25.65	0.215

ケース 1（設計強度）

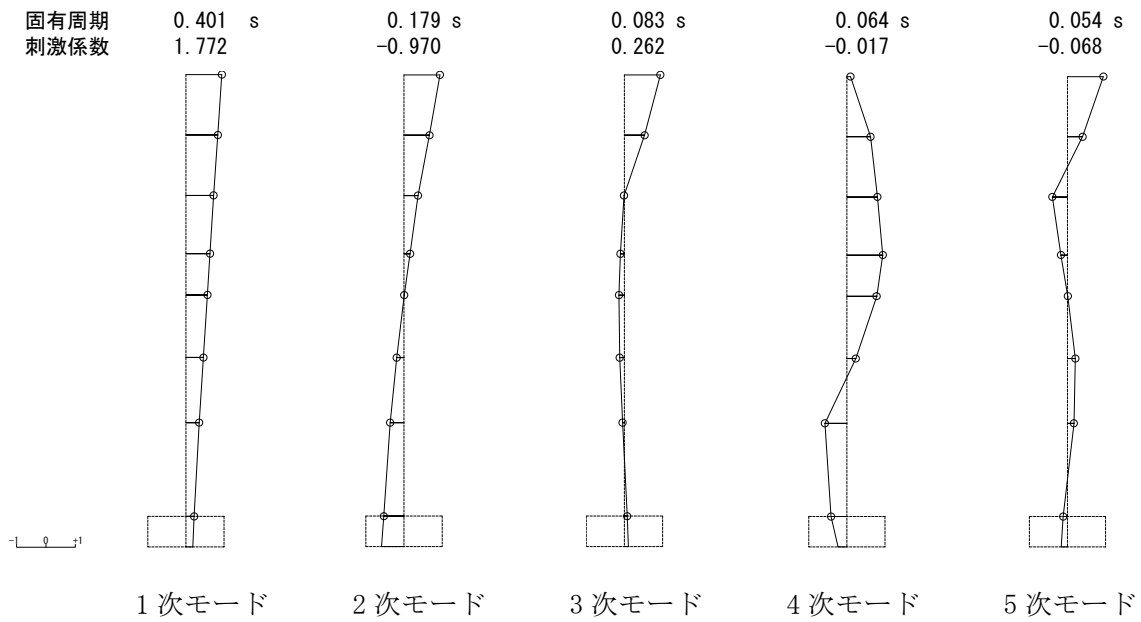
	周期(s)	振動数(Hz)	刺激係数
1次	0.298	3.36	3.322
2次	0.228	4.39	-2.424
3次	0.091	10.97	0.116
4次	0.048	20.90	-0.222
5次	0.039	25.42	0.173

ケース 3（建屋減衰 3%）

	周期(s)	振動数(Hz)	刺激係数
1次	0.292	3.43	3.474
2次	0.227	4.41	-2.571
3次	0.091	11.00	0.108
4次	0.045	22.39	-0.266
5次	0.039	25.65	0.215

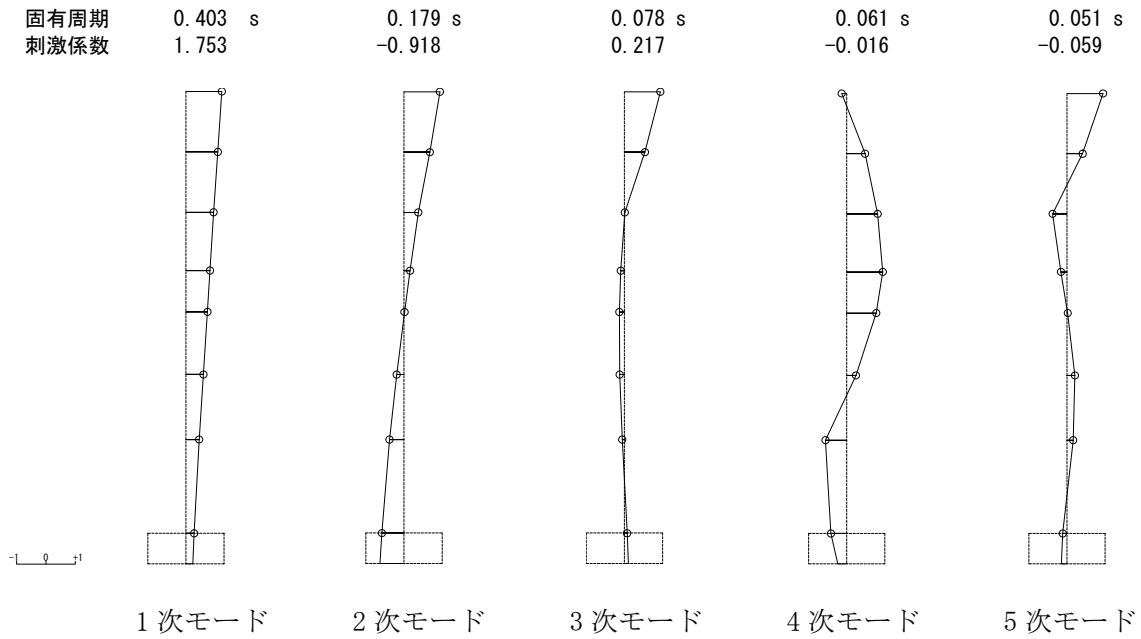


バックチェックモデル

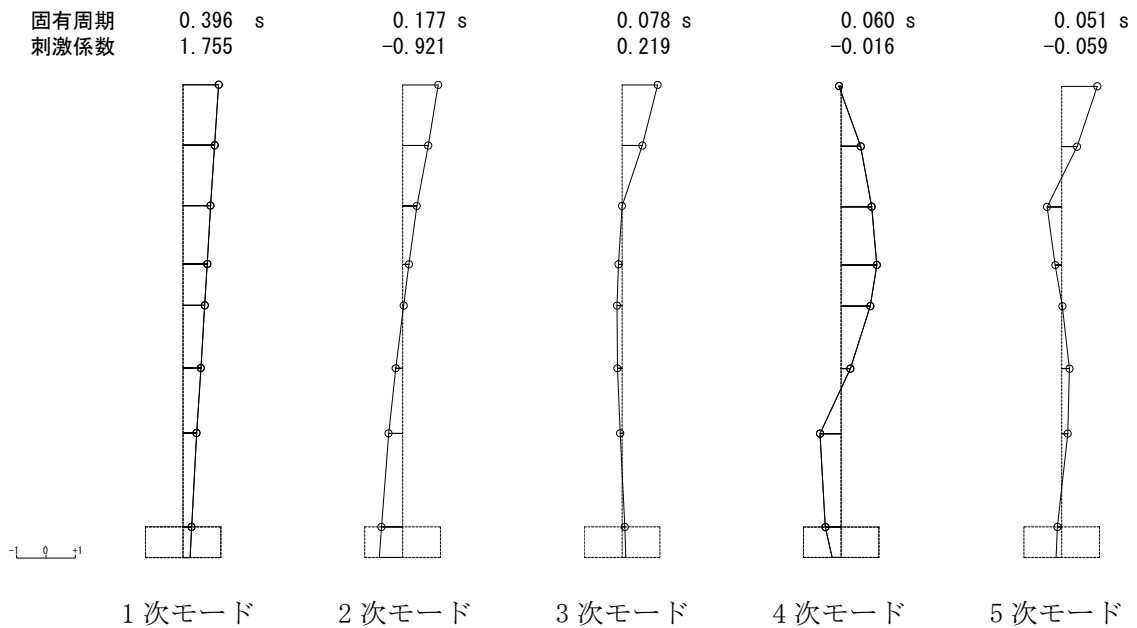


ケース 1 (設計強度)

図 2.4.1(a) 固有モード図 (S_S-1H、NS 方向)

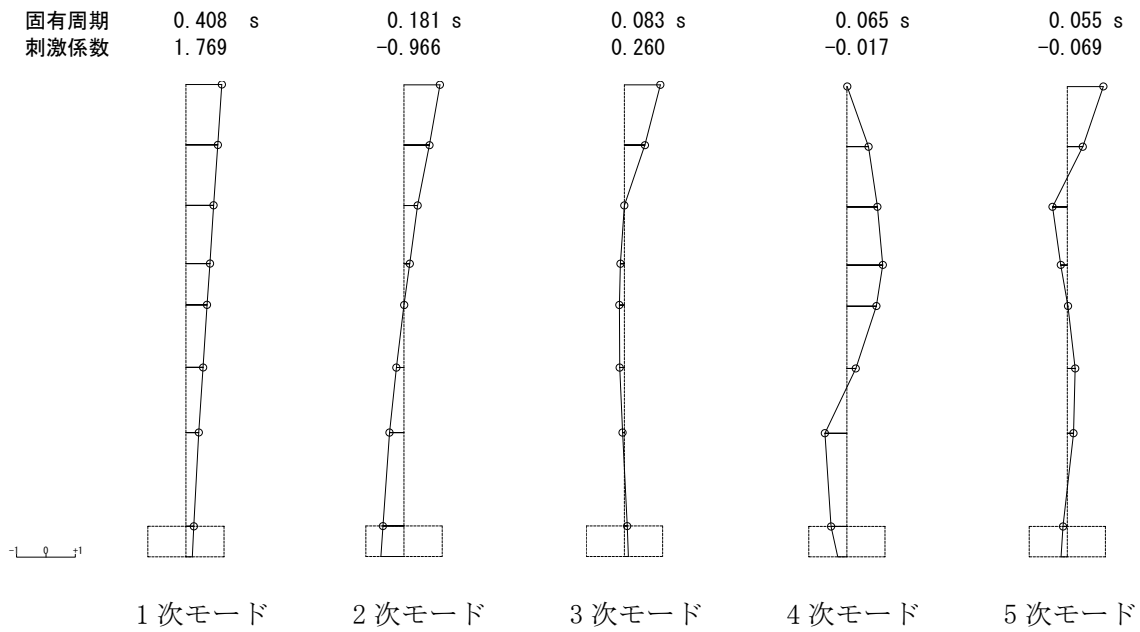


ケース 2 (側面回転ばね無視)



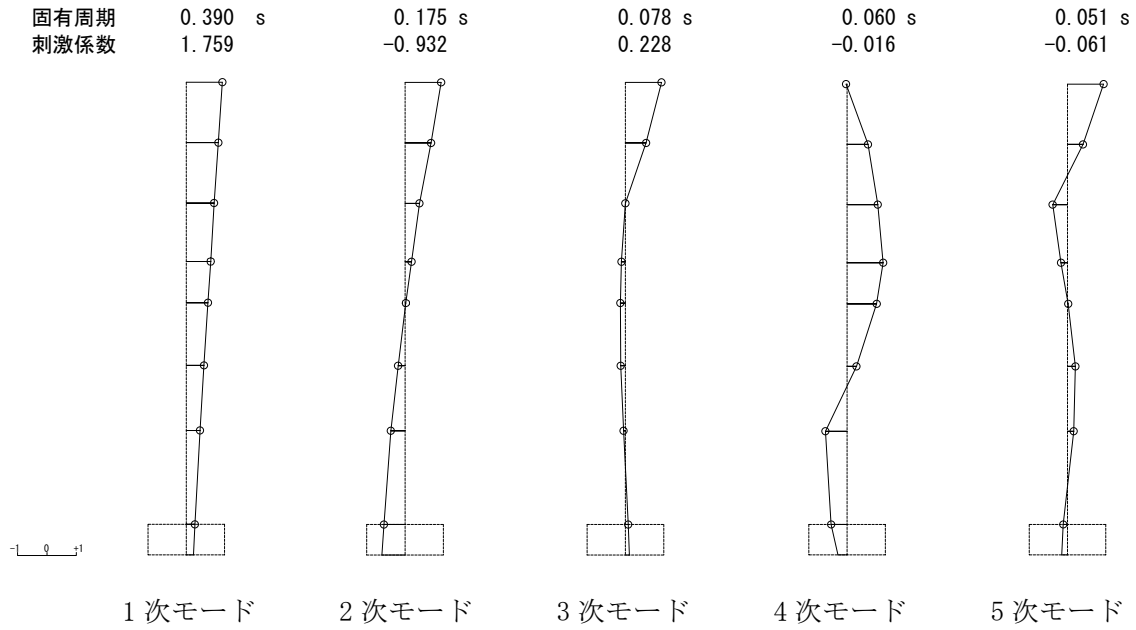
ケース 3 (建屋減衰 3%)

図 2.4.1 (b) 固有モード図 (S_S-1H、NS 方向)

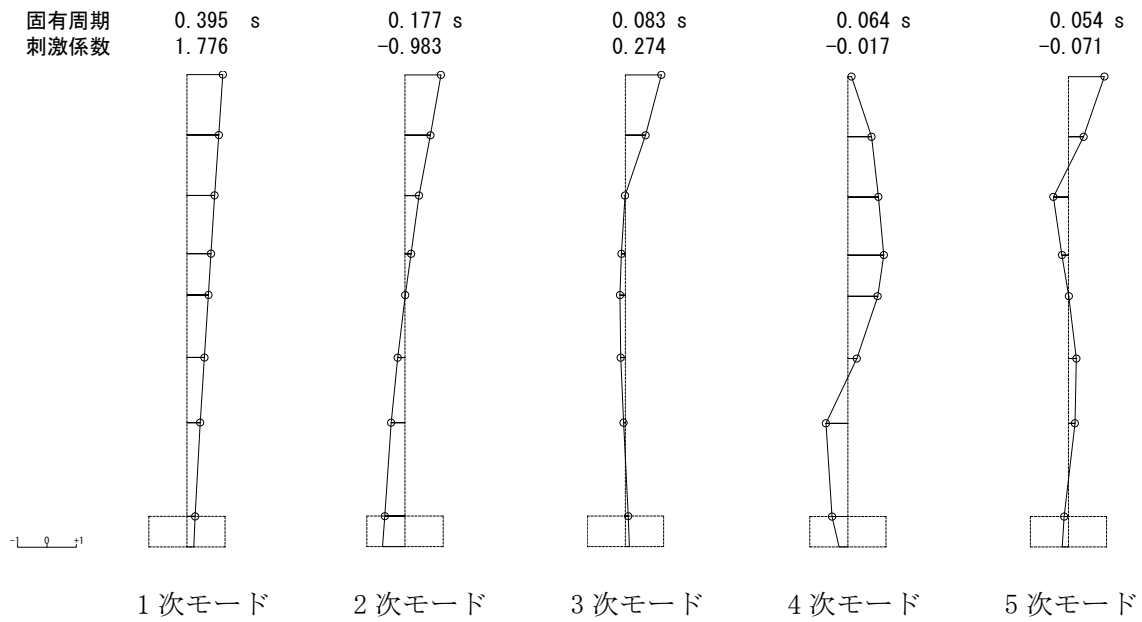


ケース4 (設計ベースモデル)

図 2.4.1(c) 固有モード図 (S_S-1H、NS 方向)

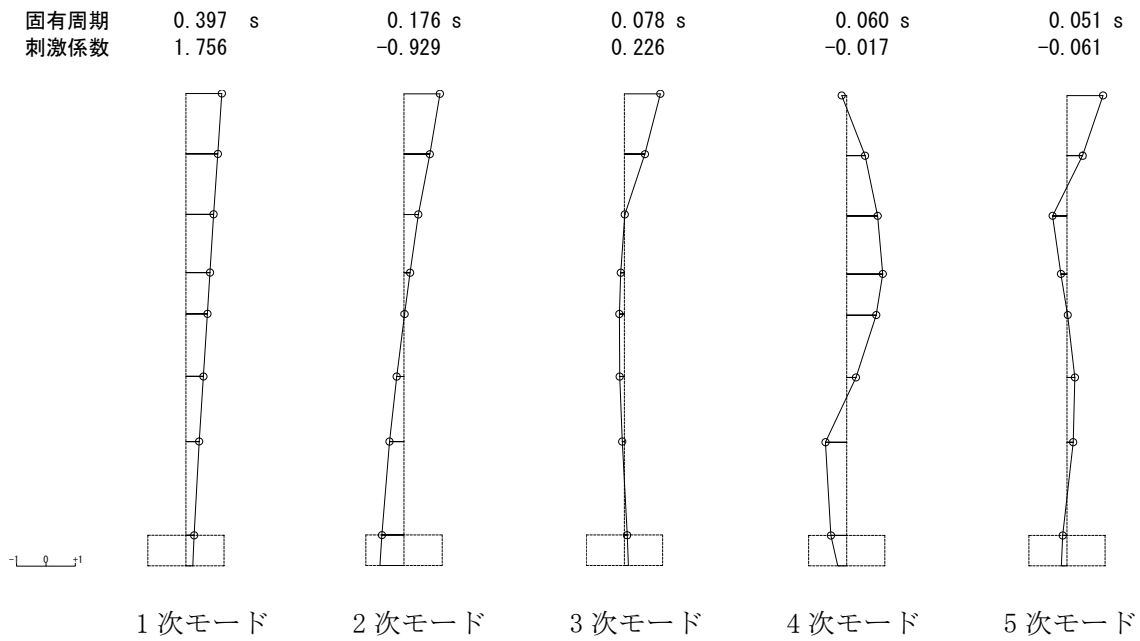


バックチェックモデル

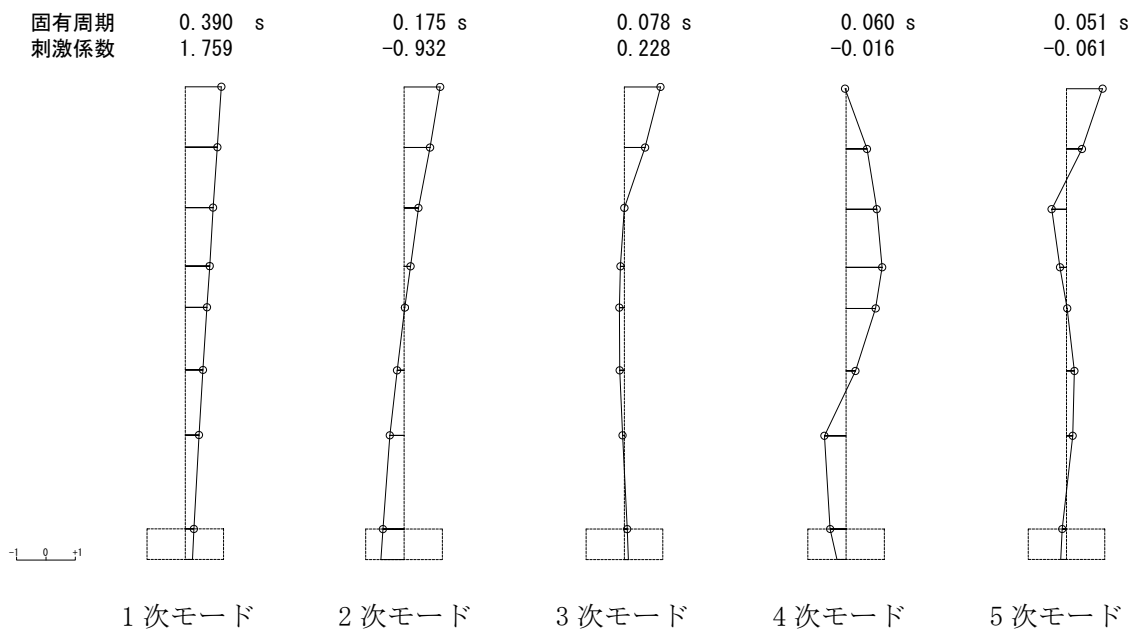


ケース 1 (設計強度)

図 2.4.2(a) 固有モード図 (S_S-2H、NS 方向)

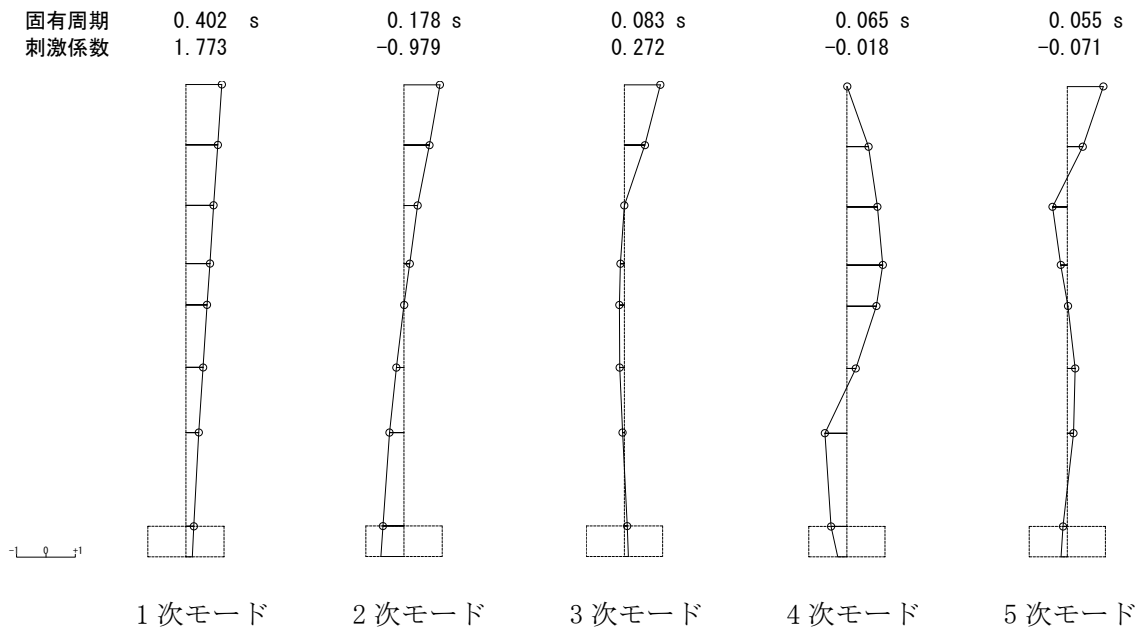


ケース 2 (側面回転ばね無視)



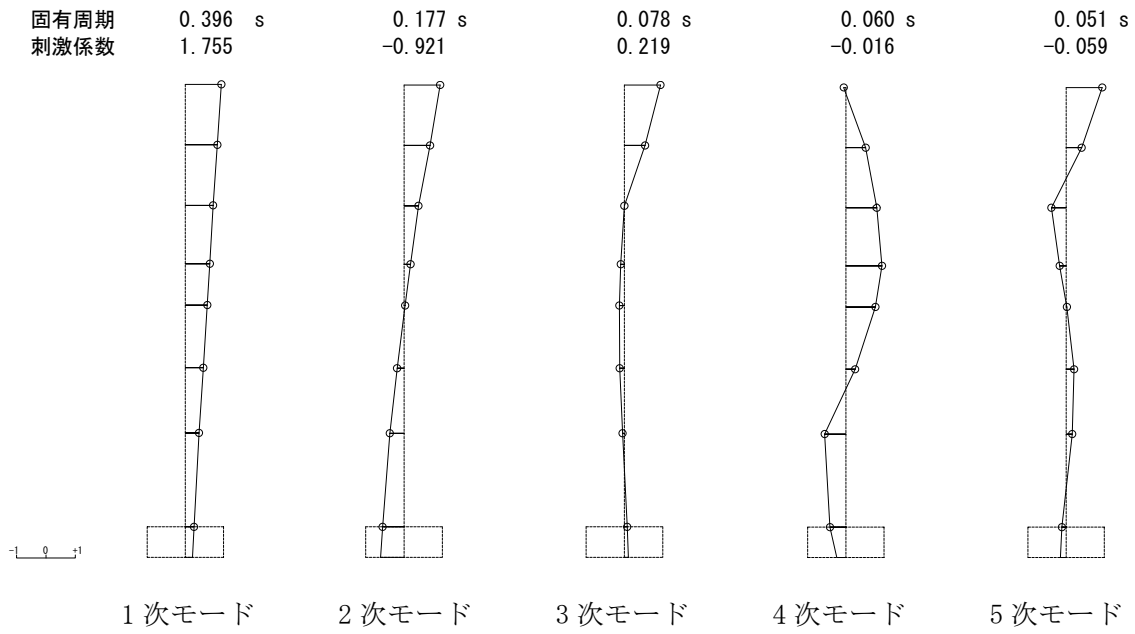
ケース 3 (建屋減衰 3%)

図 2.4.2 (b) 固有モード図 (S_S-2H、NS 方向)

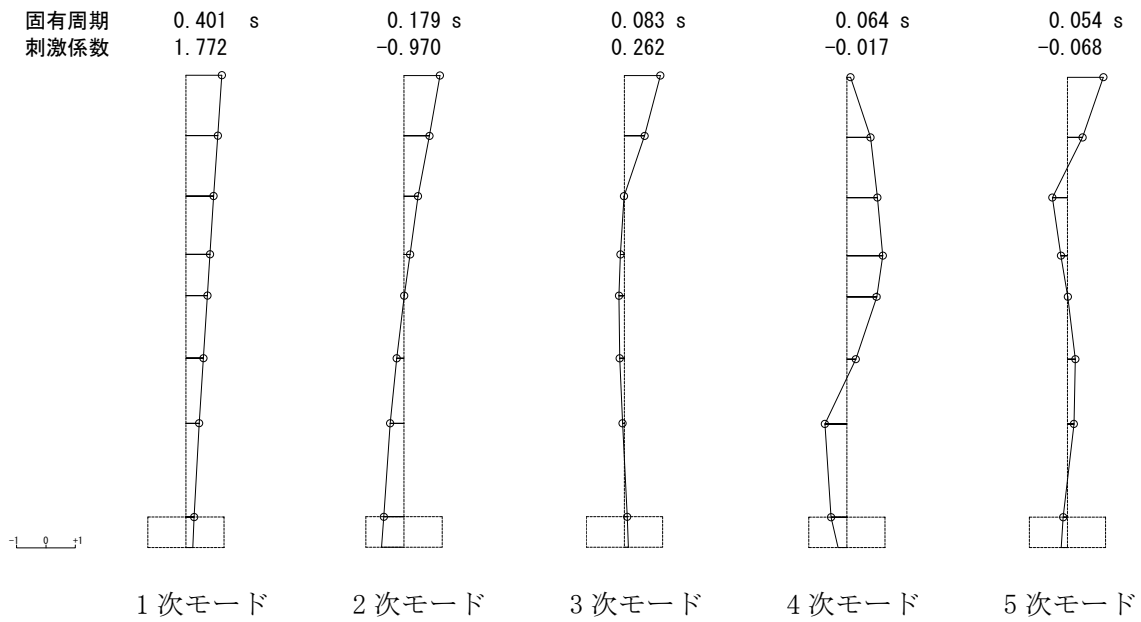


ケース4 (設計ベースモデル)

図 2.4.2(c) 固有モード図 (Ss-2H、NS 方向)

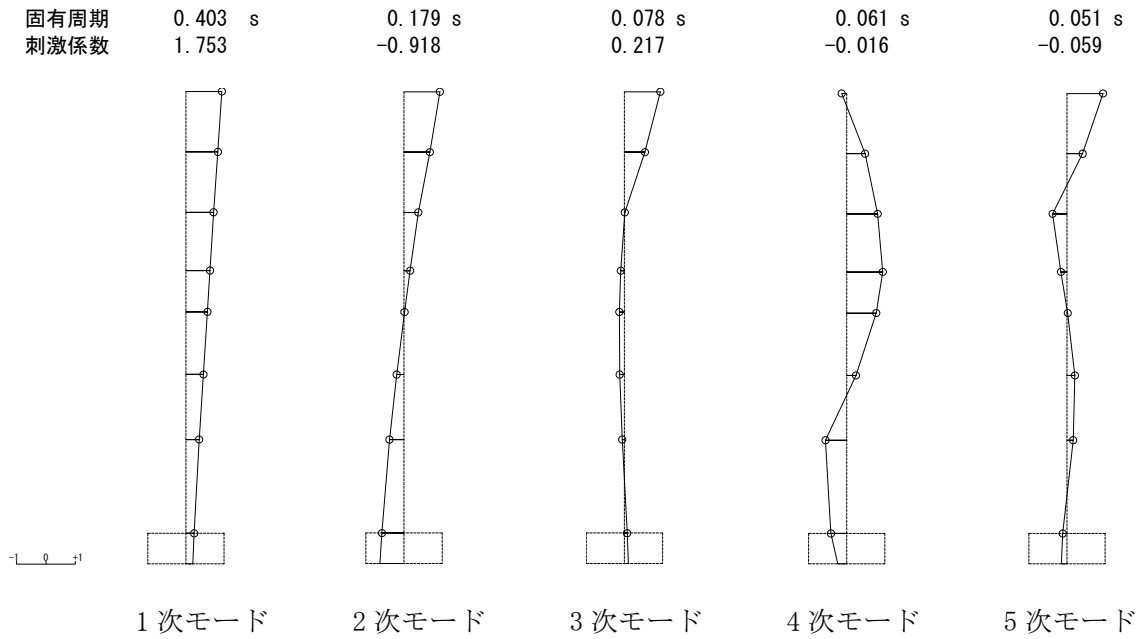


バックチェックモデル

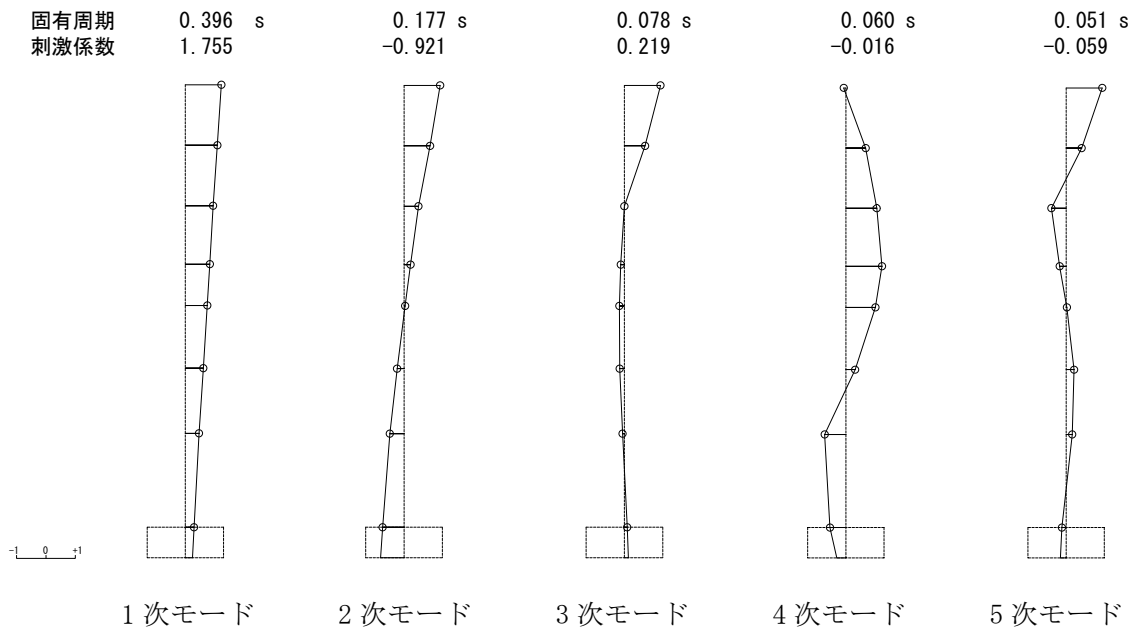


ケース 1 (設計強度)

図 2.4.3(a) 固有モード図 (S_S-3H、NS 方向)

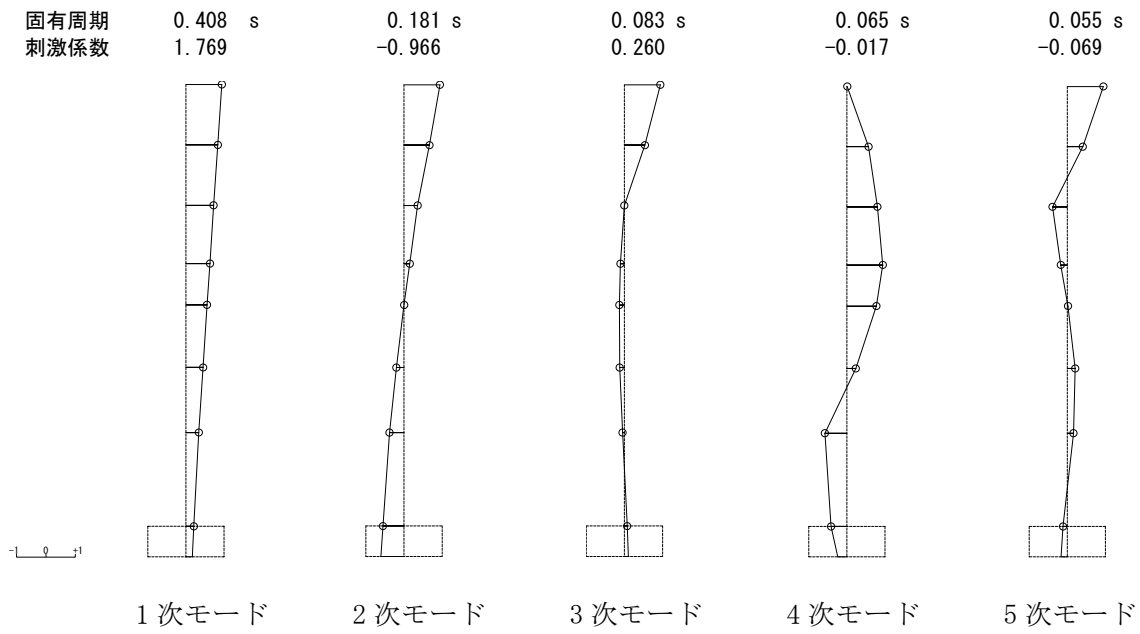


ケース 2 (側面回転ばね無視)



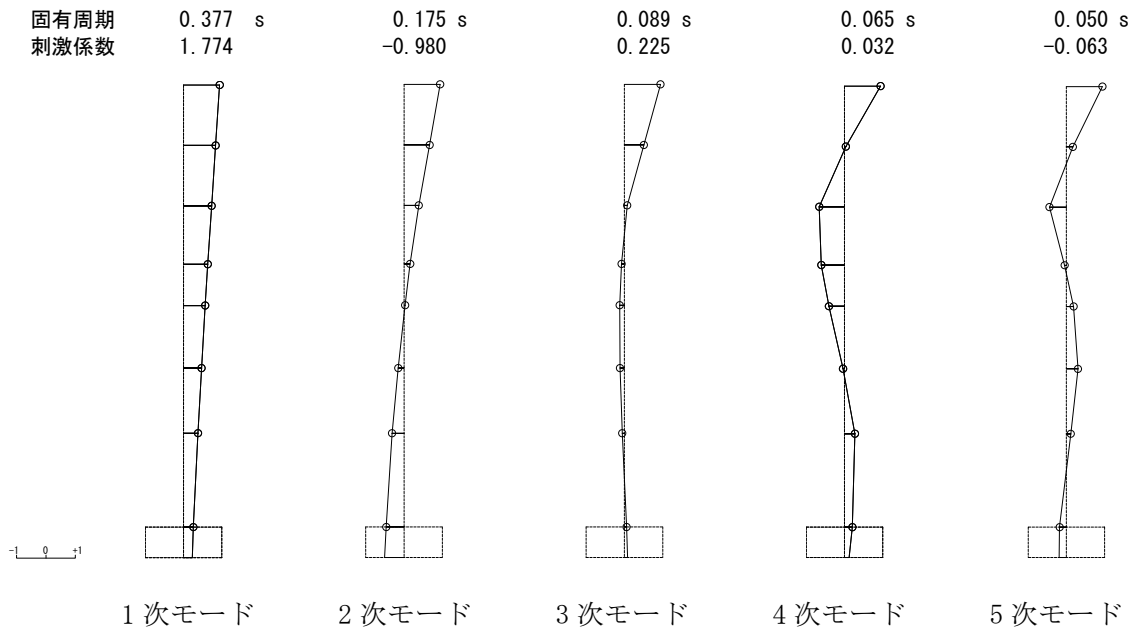
ケース 3 (建屋減衰 3%)

図 2.4.3 (b) 固有モード図 (S_S-3H、NS 方向)

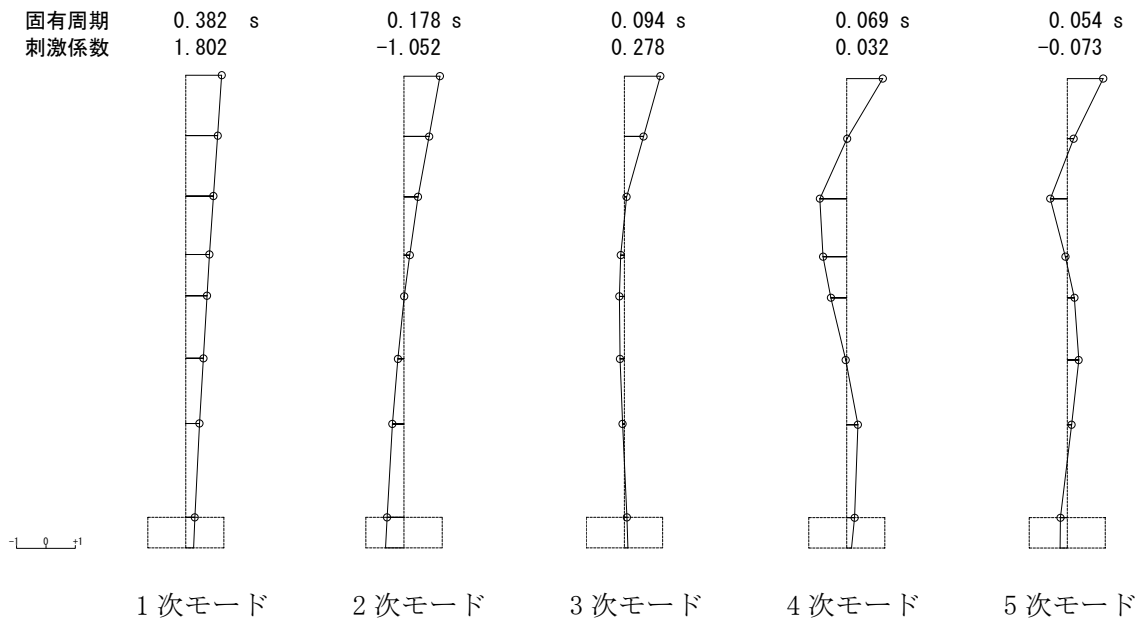


ケース4 (設計ベースモデル)

図 2.4.3(c) 固有モード図 (Ss-3H、NS 方向)

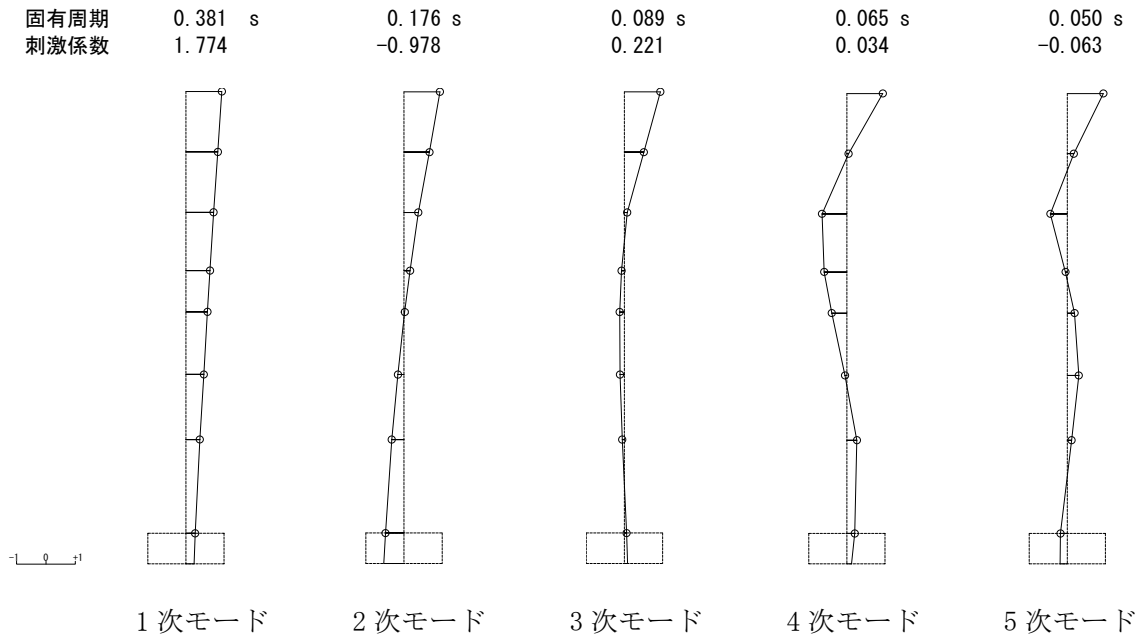


バックチェックモデル

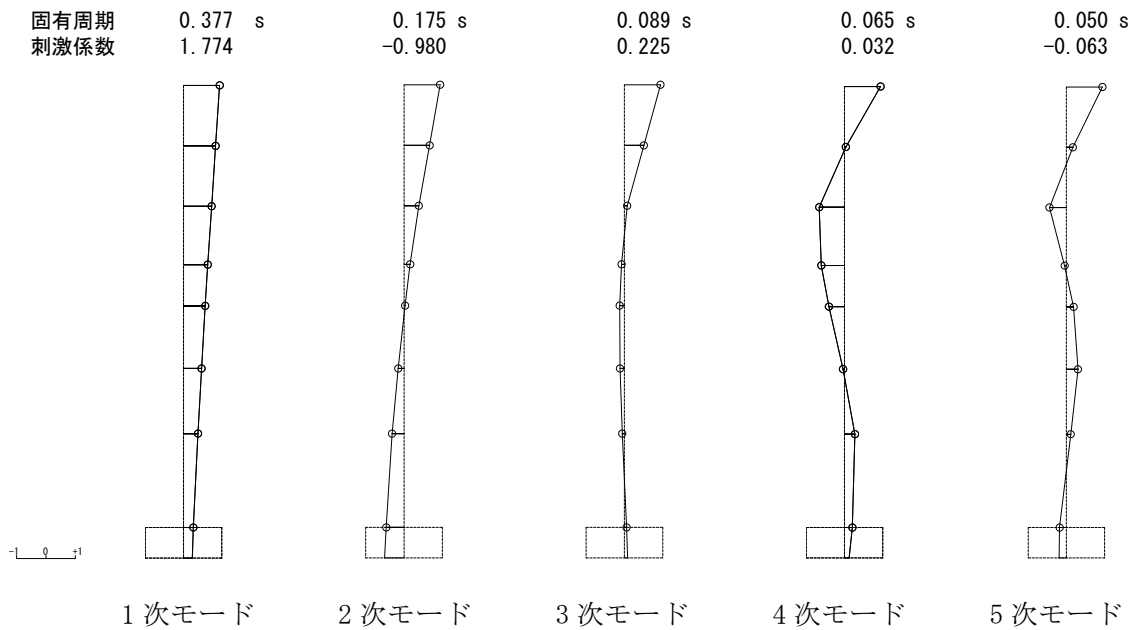


ケース 1 (設計強度)

図 2.4.4(a) 固有モード図 (Ss-1H、EW 方向)

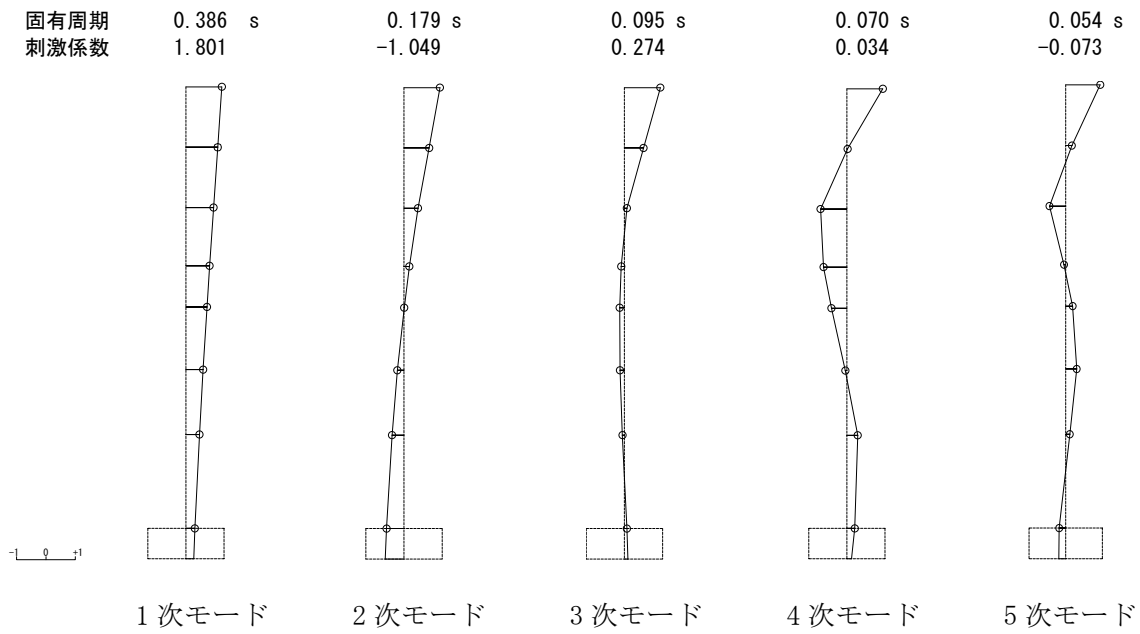


ケース 2 (側面回転ばね無視)



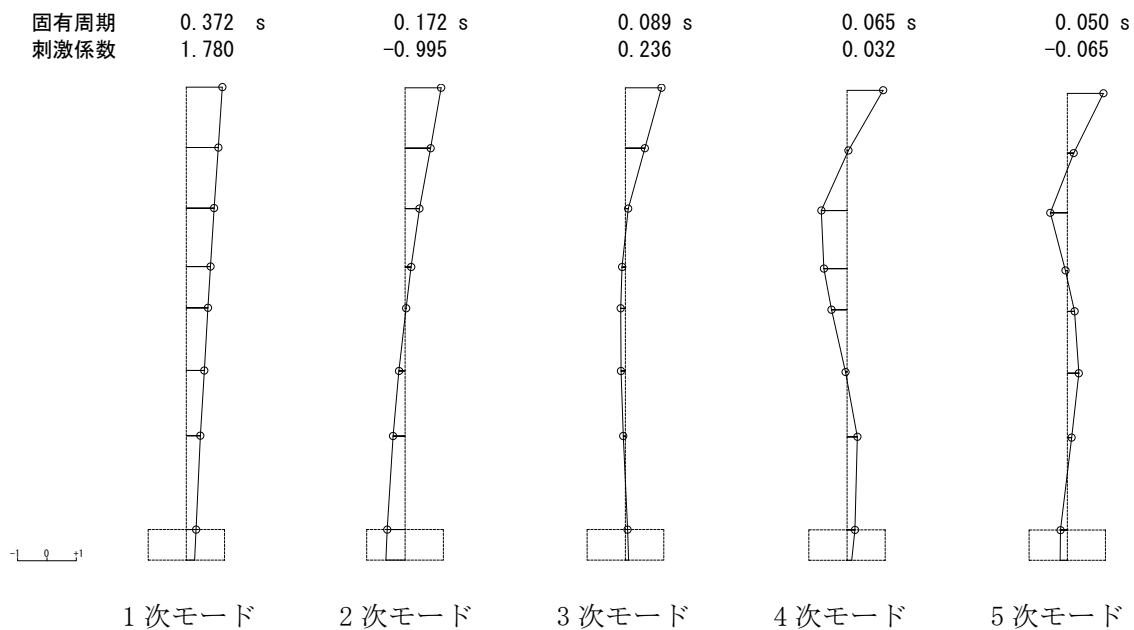
ケース 3 (建屋減衰 3%)

図 2.4.4(b) 固有モード図 (S_S-1H、EW 方向)

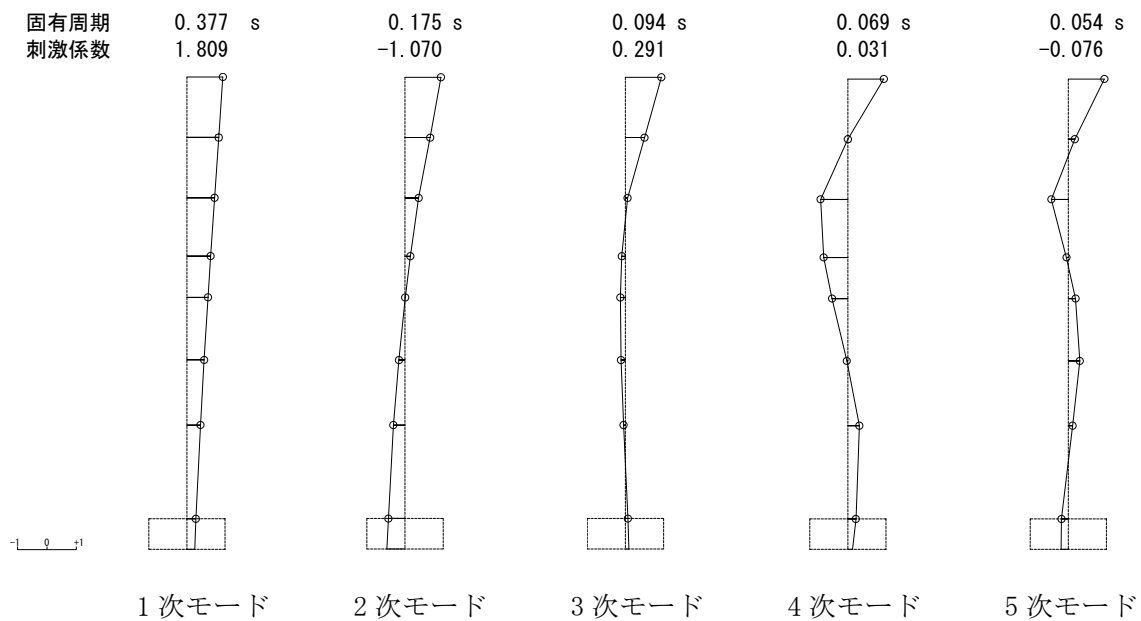


ケース4 (設計ベースモデル)

図 2.4.4(c) 固有モード図 (S_S-1H、EW 方向)

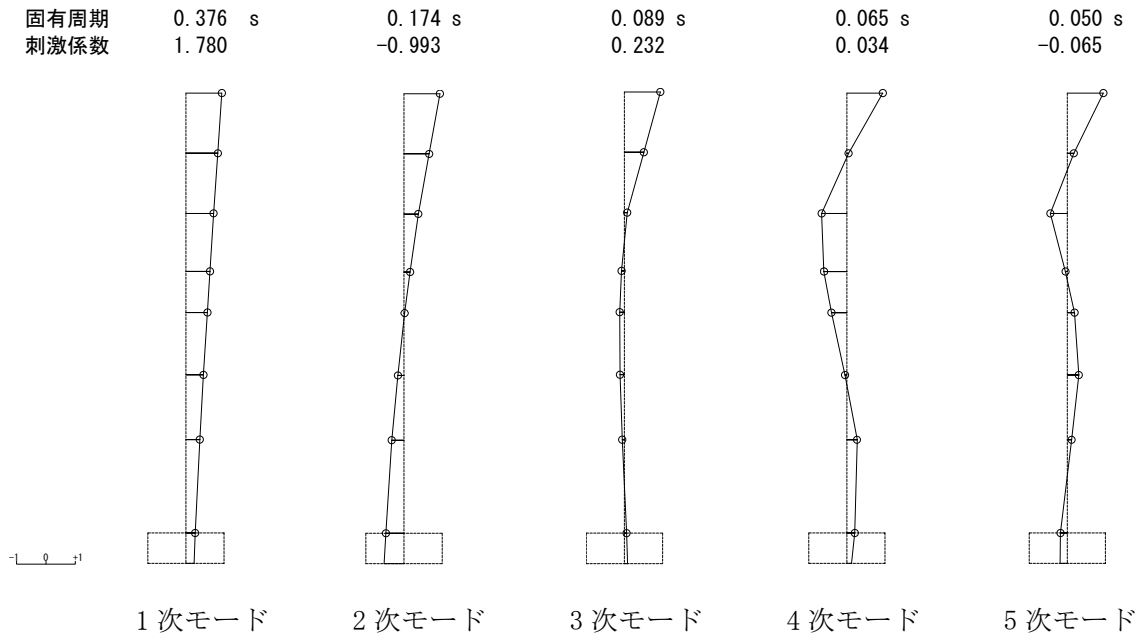


バックチェックモデル

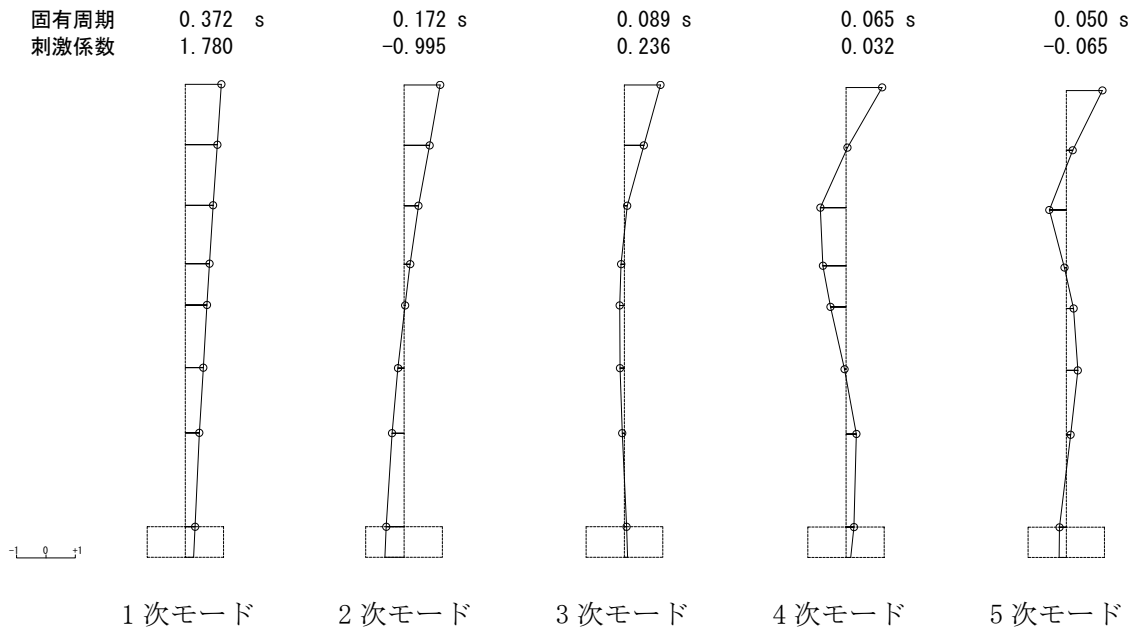


ケース1 (設計強度)

図 2.4.5 (a) 固有モード図 (Ss-2H、EW 方向)

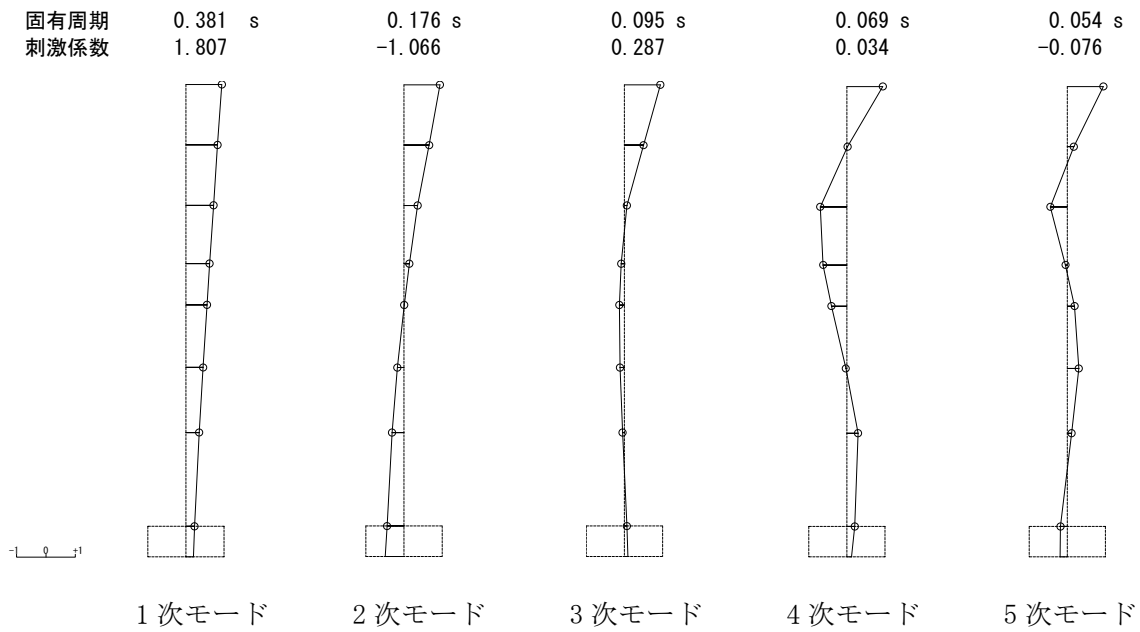


ケース 2 (側面回転ばね無視)



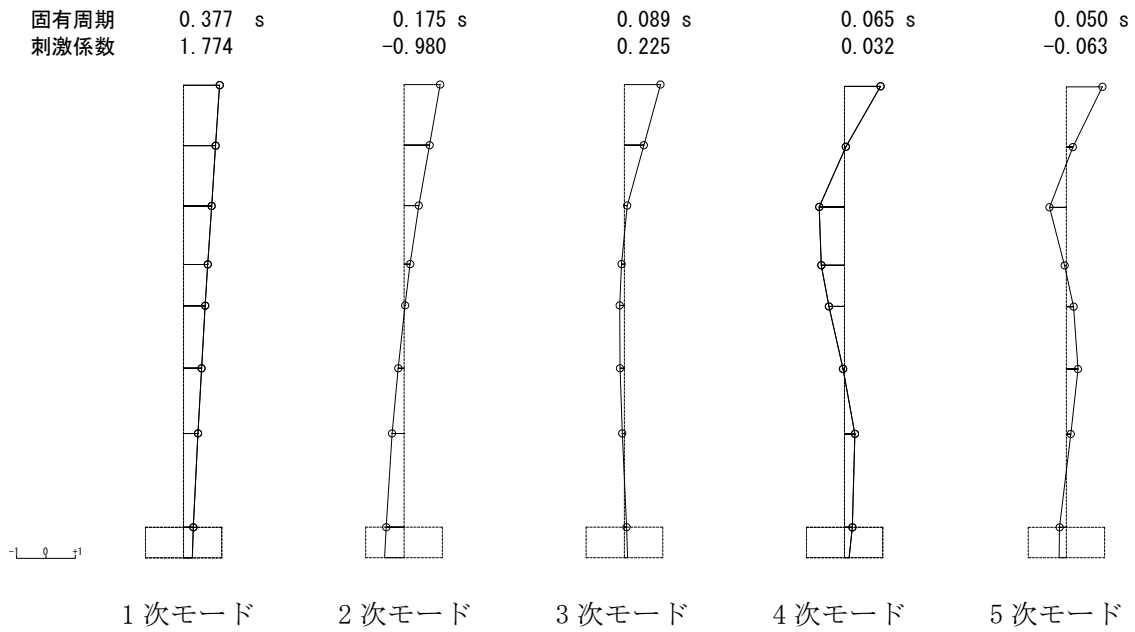
ケース 3 (建屋減衰 3%)

図 2.4.5 (b) 固有モード図 (S_S-2H、EW 方向)

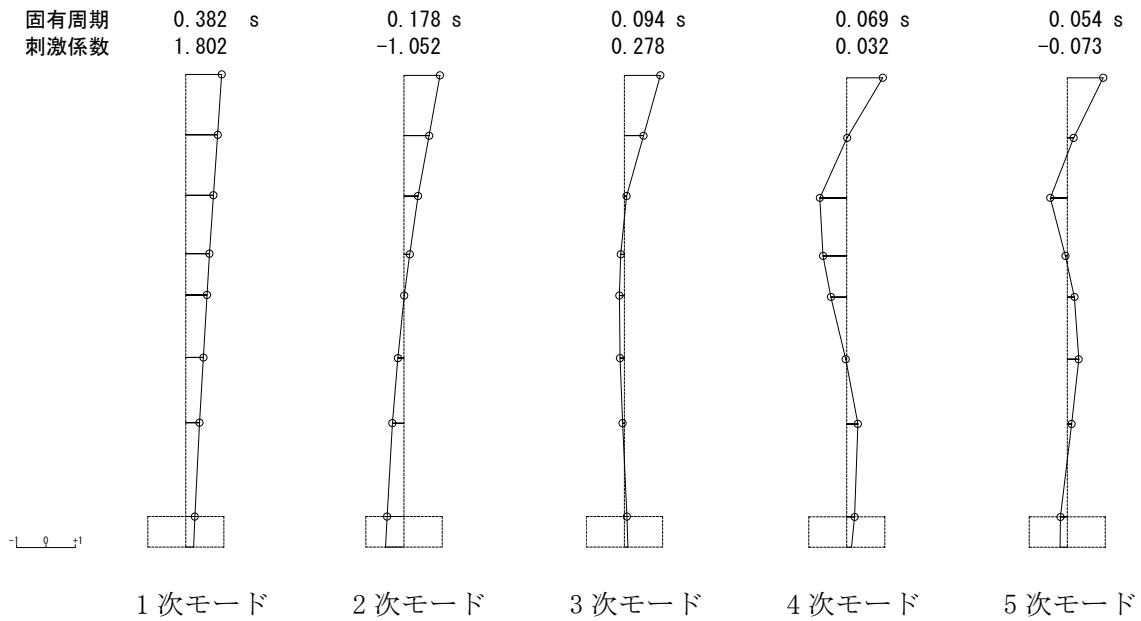


ケース4 (設計ベースモデル)

図 2.4.5(c) 固有モード図 (Ss-2H、EW 方向)

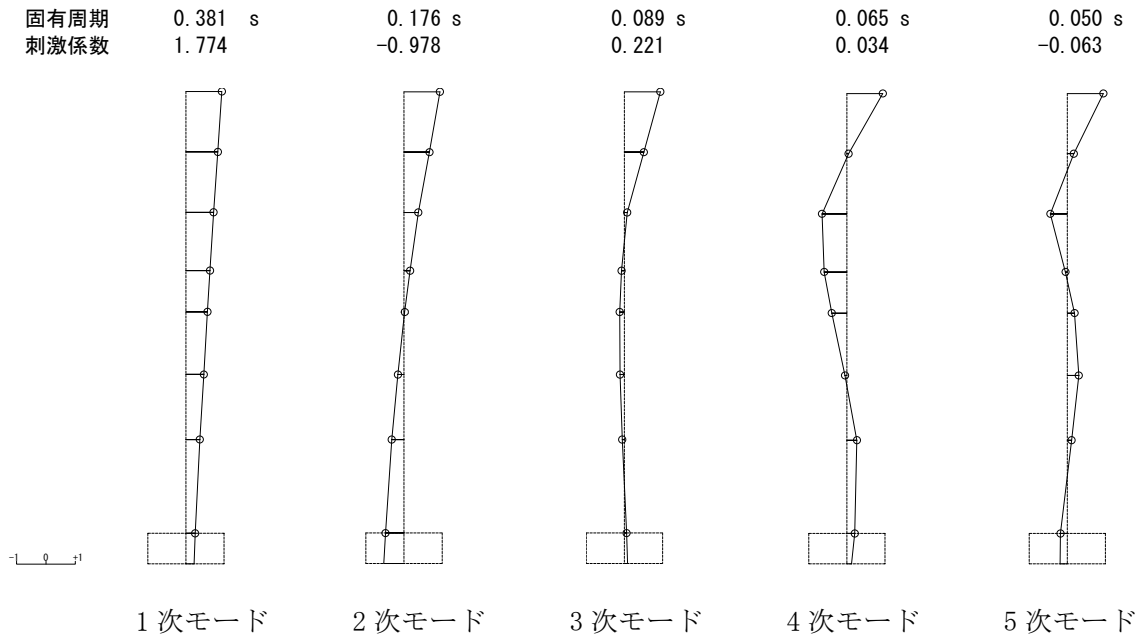


バックチェックモデル

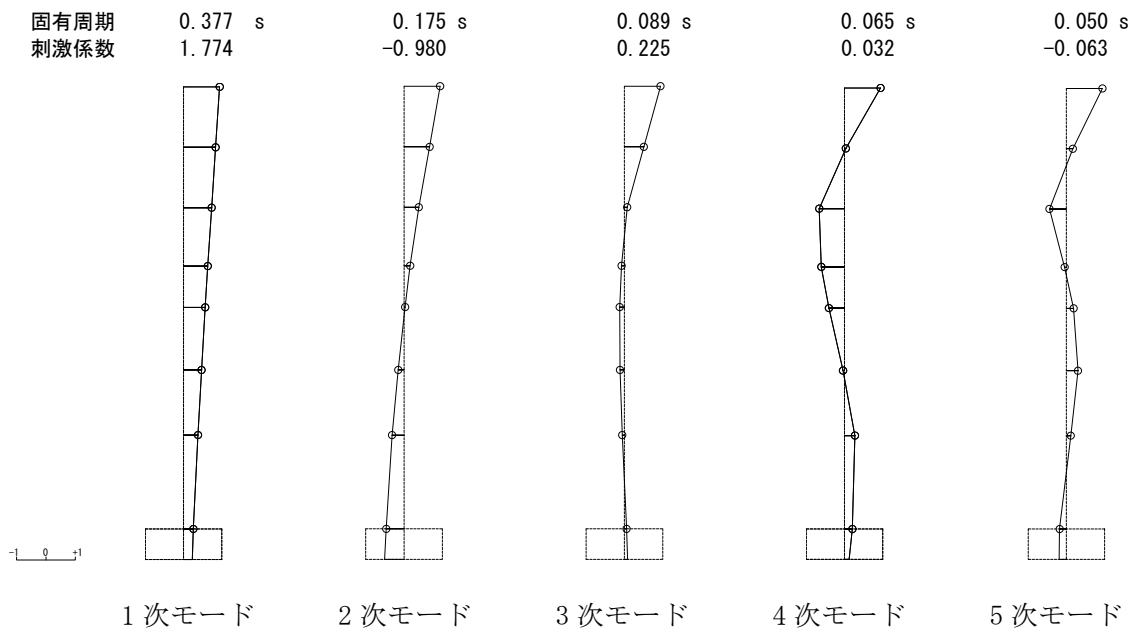


ケース 1 (設計強度)

図 2.4.6(a) 固有モード図 (Ss-3H、EW 方向)

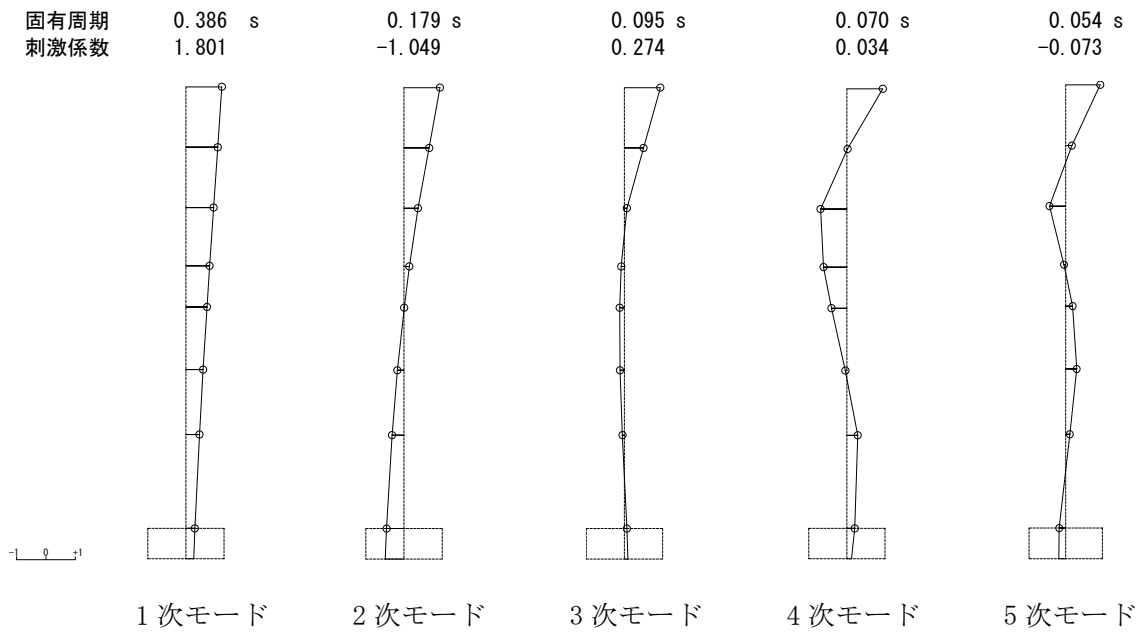


ケース 2 (側面回転ばね無視)



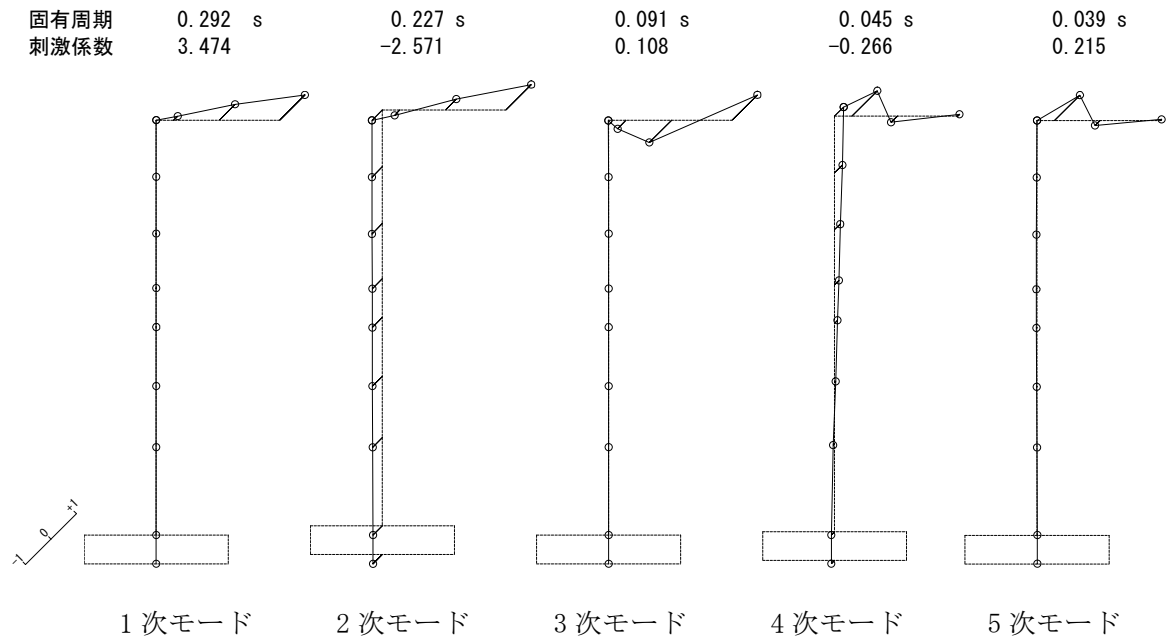
ケース 3 (建屋減衰 3%)

図 2.4.6 (b) 固有モード図 (Ss-3H、EW 方向)

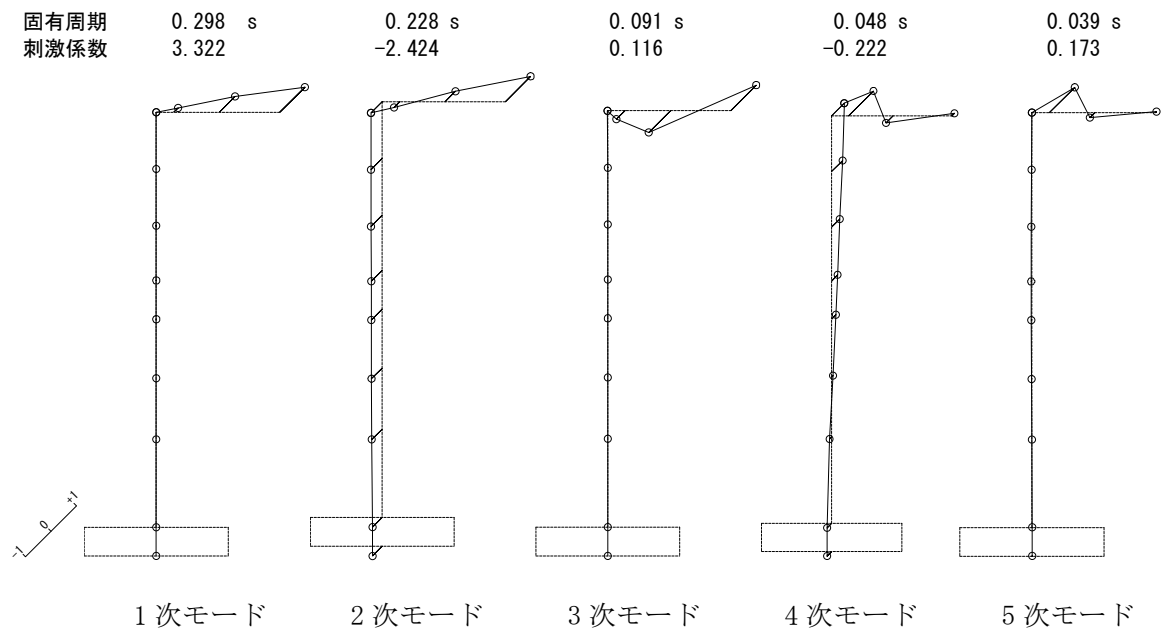


ケース4 (設計ベースモデル)

図 2.4.6(c) 固有モード図 (Ss-3H、EW 方向)

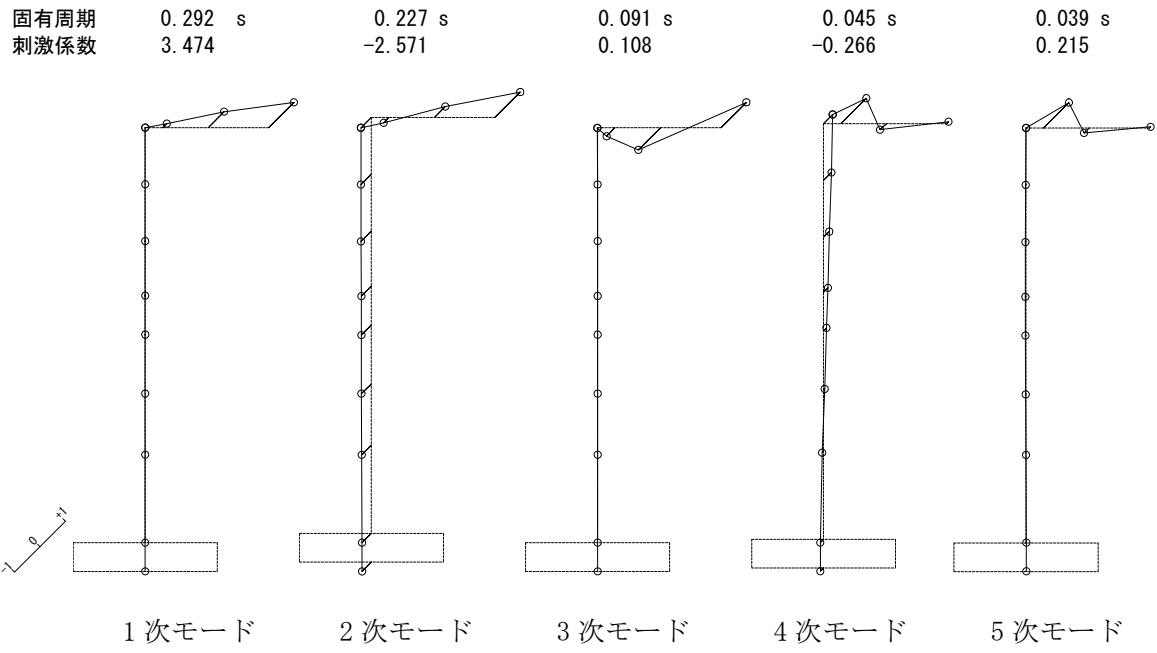


バックチェックモデル



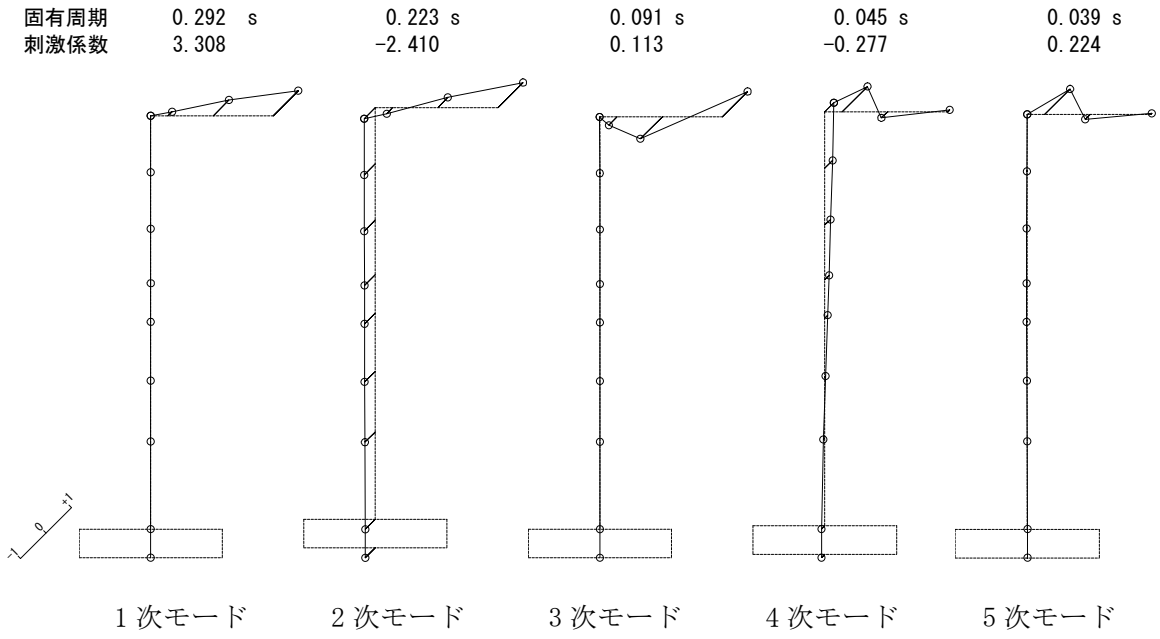
ケース 1 (設計強度)

図 2.4.7(a) 固有モード図 (Ss-1V、鉛直方向)

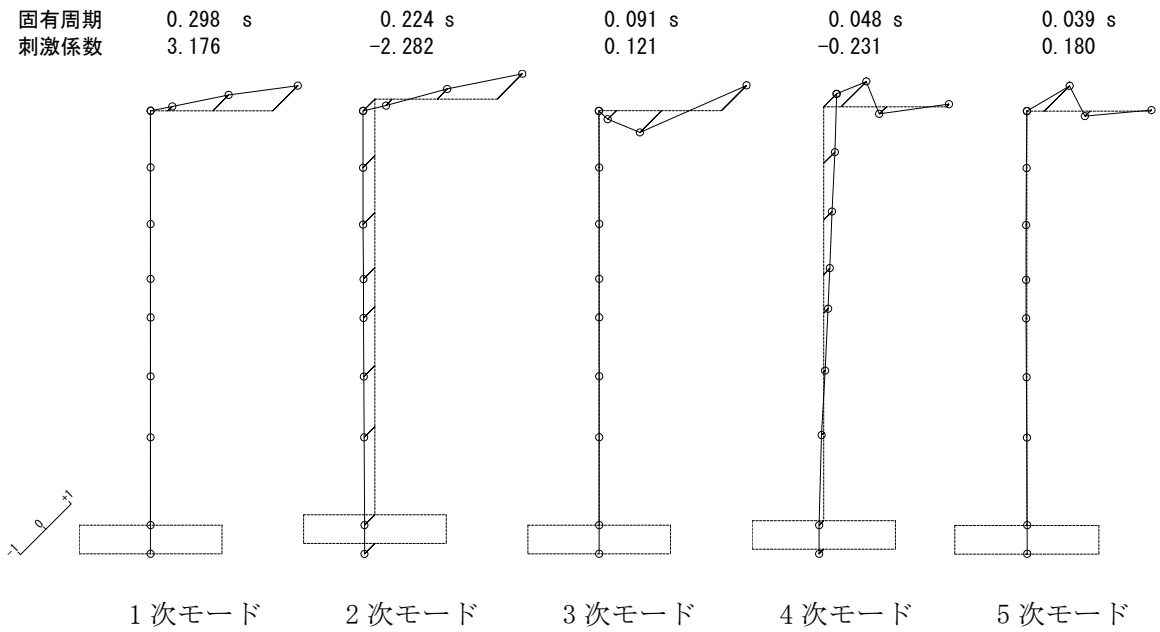


ケース 3 (建屋減衰 3%)

図 2.4.7(b) 固有モード図 (Ss-1V、鉛直方向)

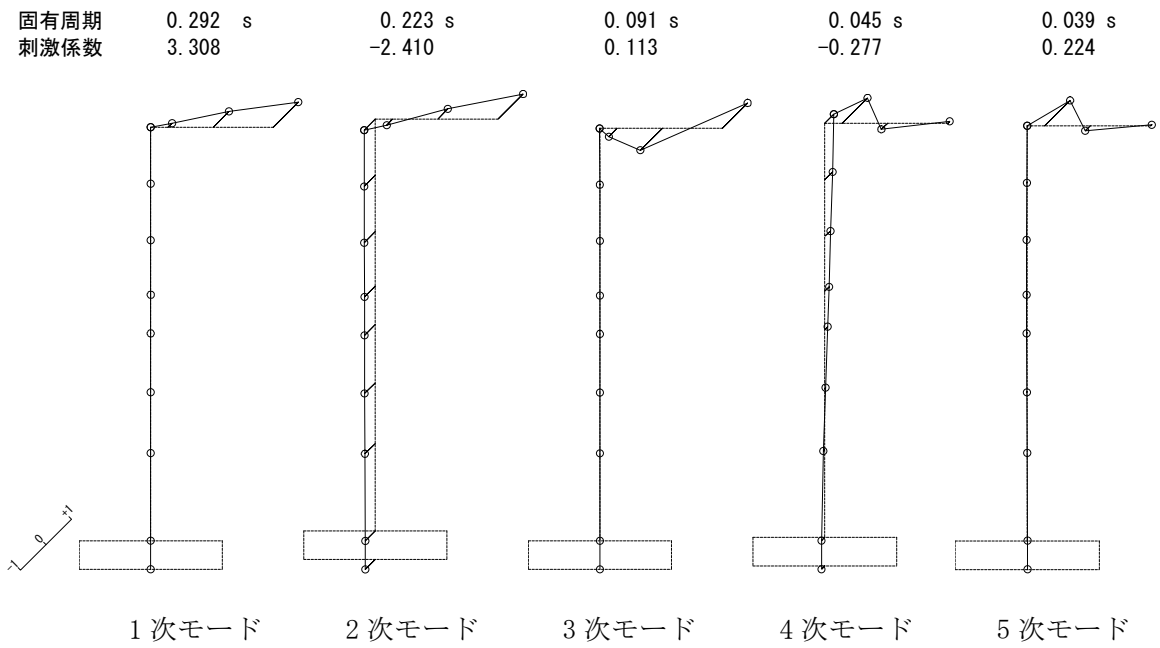


バックチェックモデル



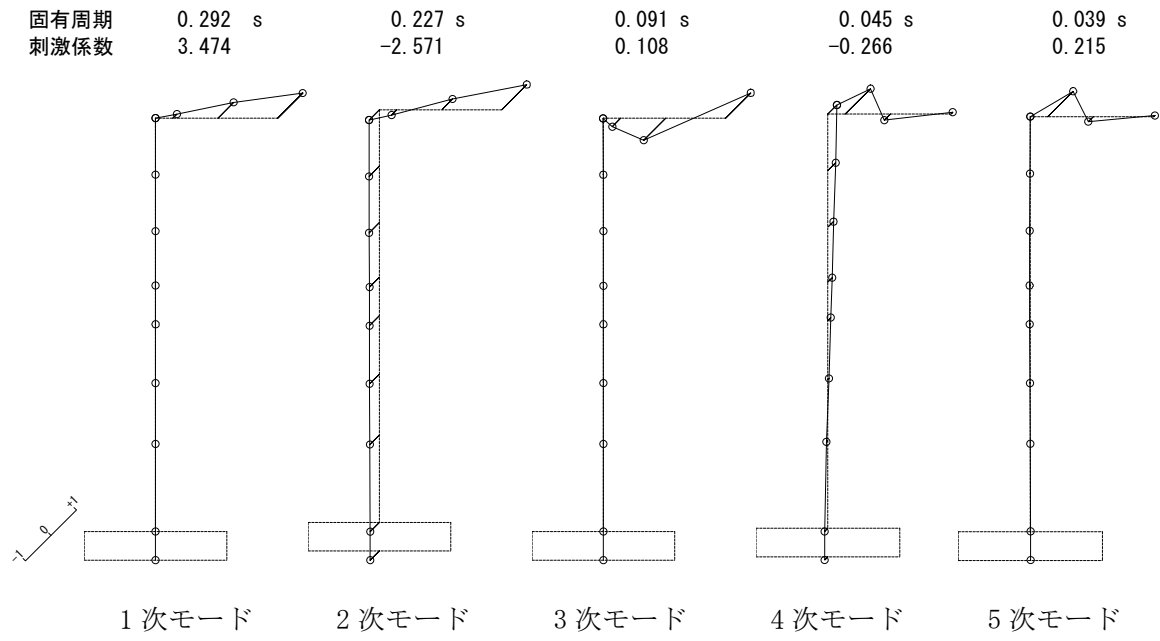
ケース1 (設計強度)

図 2.4.8(a) 固有モード図 (Ss-2V、鉛直方向)

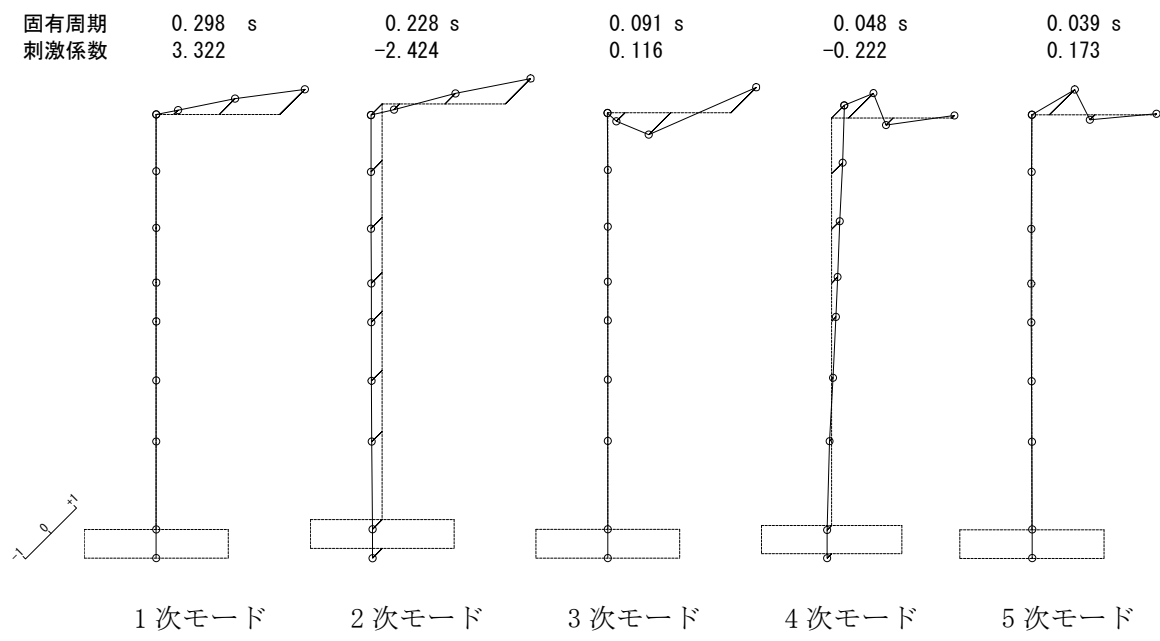


ケース3 (建屋減衰3%)

図2.4.8(b) 固有モード図 (Ss-2V、鉛直方向)

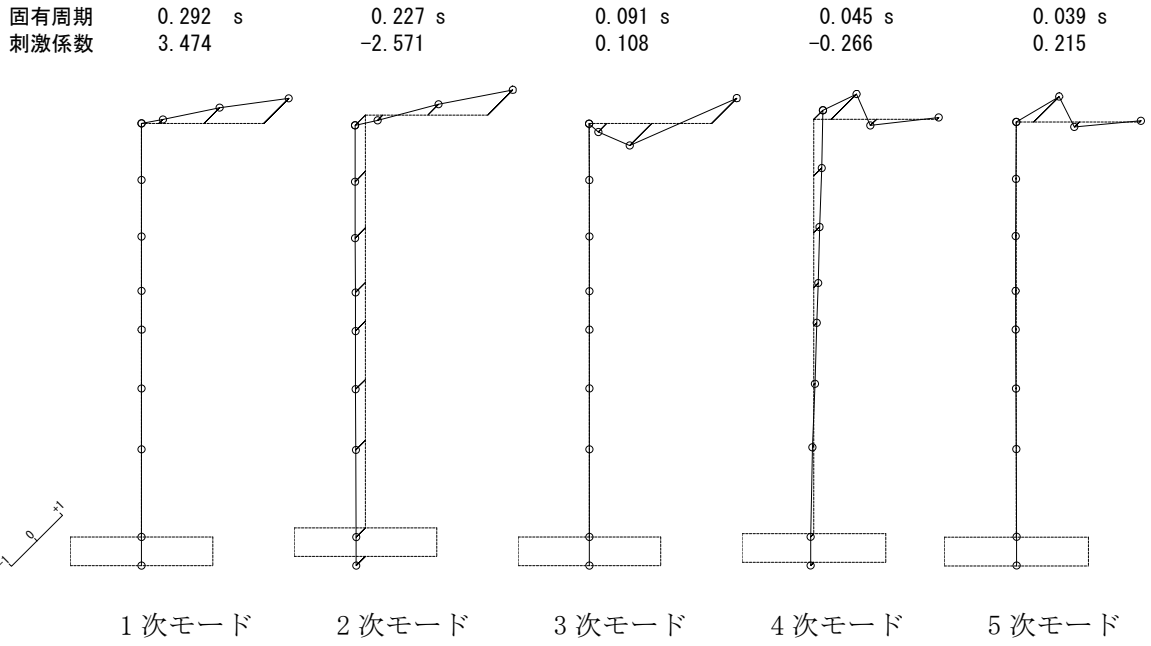


バックチェックモデル



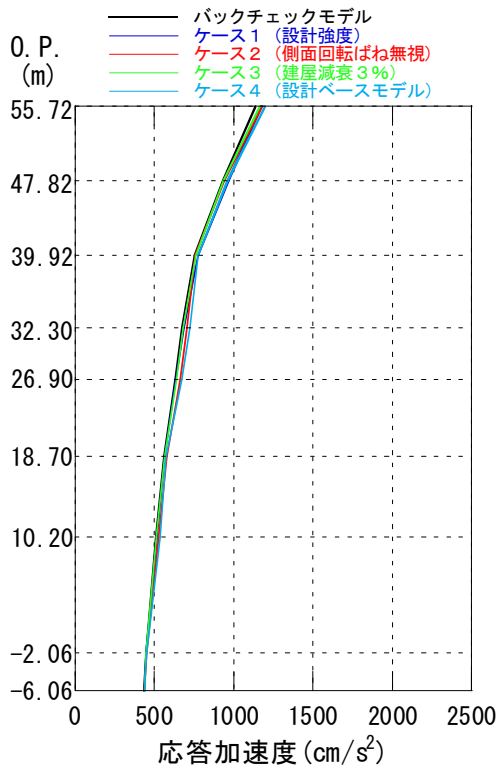
ケース 1 (設計強度)

図 2.4.9(a) 固有モード図 (Ss-3V、鉛直方向)



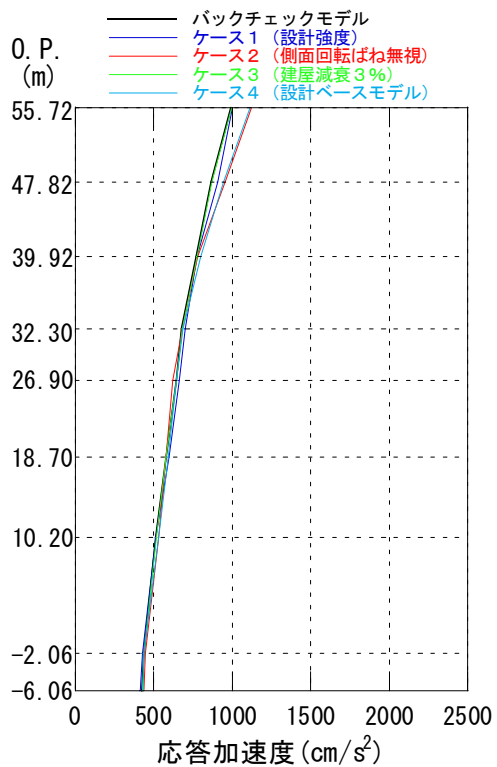
ケース3 (建屋減衰3%)

図 2.4.9(b) 固有モード図 (Ss-3V、鉛直方向)



バックチェック モデル	ケース1 (設計強度)	ケース2 (側面地盤 ばね無視)	ケース3 (建屋減衰3%)	ケース4 (設計ベース モデル)
1136	1176	1184	1170	1202
933	967	941	938	962
754	775	756	761	777
675	690	706	685	721
629	637	664	638	675
564	568	582	568	576
509	517	527	513	539
449	450	454	450	453
437	438	438	438	439

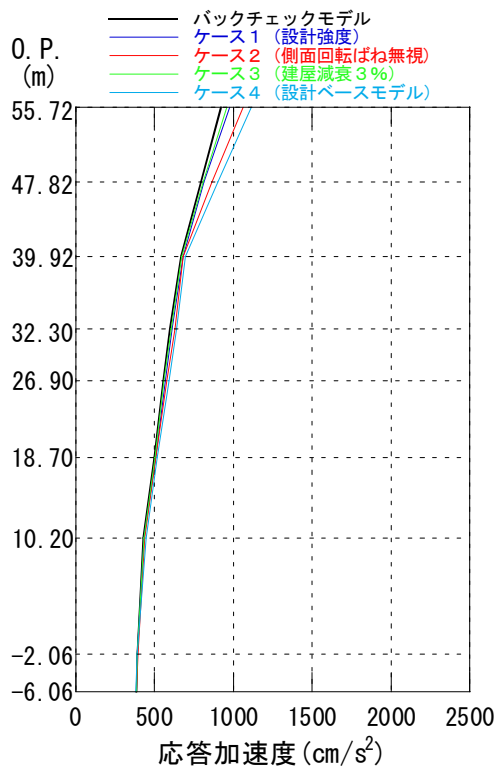
(Ss-1H)



バックチェック モデル	ケース1 (設計強度)	ケース2 (側面地盤 ばね無視)	ケース3 (建屋減衰3%)	ケース4 (設計ベース モデル)
990	1001	1124	998	1114
866	907	957	872	947
770	778	780	778	802
681	705	685	682	690
643	665	623	645	644
580	596	584	582	589
514	514	531	518	531
440	431	449	442	442
427	417	441	430	433

(Ss-2H)

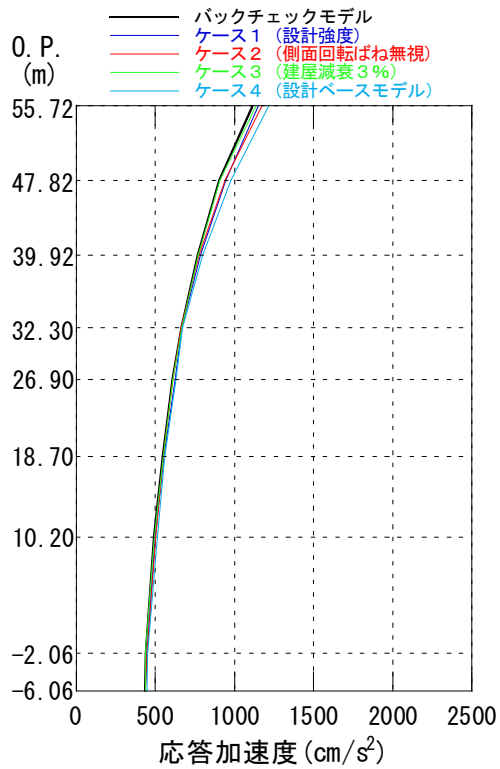
図-2.4.10 (a) 最大応答加速度分布 (NS 方向)



バックチェック モデル	ケース1 (設計強度)	ケース2 (側面地盤 ばね無視)	ケース3 (建屋減衰3%)	ケース4 (設計ベース モデル)
925	978	1065	961	1113
798	817	865	809	904
670	685	684	675	697
597	610	632	604	640
558	569	583	564	591
499	509	509	504	520
431	433	441	433	449
393	392	395	393	390
387	385	387	387	383

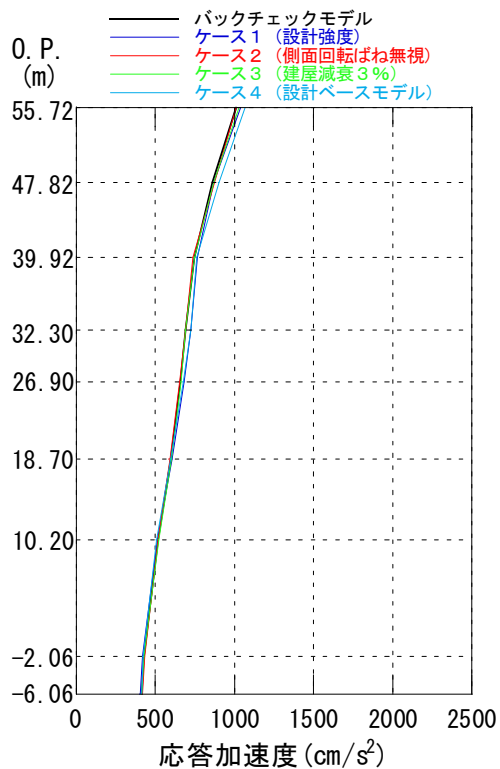
(Ss-3H)

図-2.4.10 (b) 最大応答加速度分布 (NS 方向)



バックチェック モデル	ケース1 (設計強度)	ケース2 (側面地盤 ばね無視)	ケース3 (建屋減衰3%)	ケース4 (設計ベース モデル)
1112	1153	1175	1136	1215
903	948	941	911	975
767	785	776	772	800
664	670	664	669	674
604	624	611	610	629
546	558	551	551	564
489	498	502	495	512
441	448	448	442	455
437	442	441	439	448

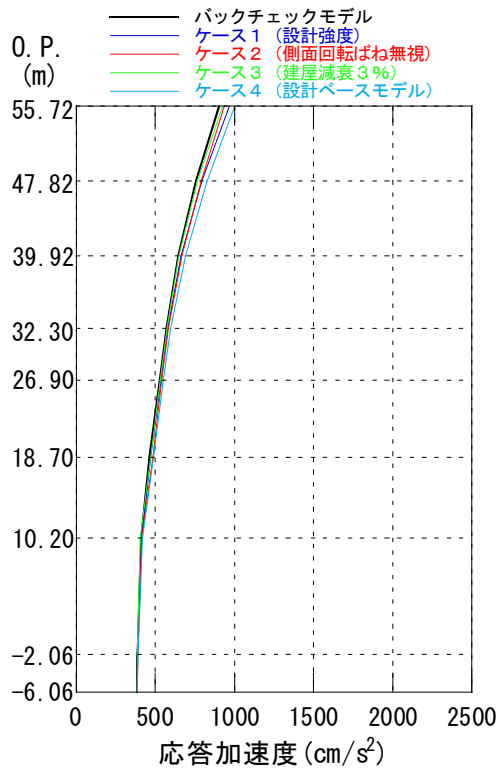
(Ss-1H)



バックチェック モデル	ケース1 (設計強度)	ケース2 (側面地盤 ばね無視)	ケース3 (建屋減衰3%)	ケース4 (設計ベース モデル)
1013	1042	1011	1032	1072
858	871	875	868	902
747	766	736	749	762
692	723	693	696	723
658	683	657	664	679
596	605	591	602	597
520	514	516	525	510
429	419	435	432	423
414	408	420	415	413

(Ss-2H)

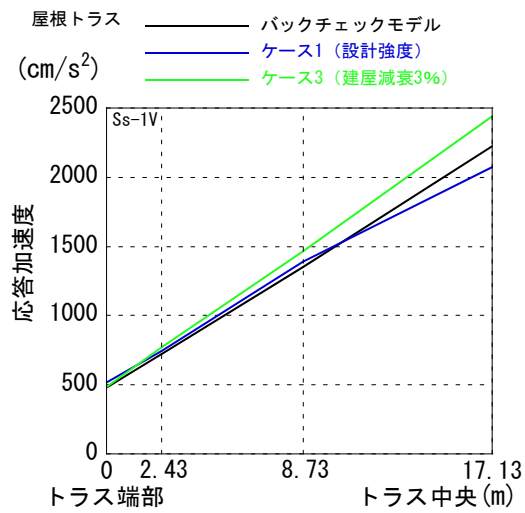
図-2.4.11 (a) 最大応答加速度分布 (EW 方向)



バックチェックモデル	ケース1 (設計強度)	ケース2 (側面地盤ばね無視)	ケース3 (建屋減衰3%)	ケース4 (設計ベースモデル)
904	968	937	927	1000
756	794	791	768	833
643	663	671	651	692
572	584	588	579	598
527	538	543	534	553
463	470	482	468	488
409	414	416	408	418
387	387	390	387	390
384	385	387	384	388

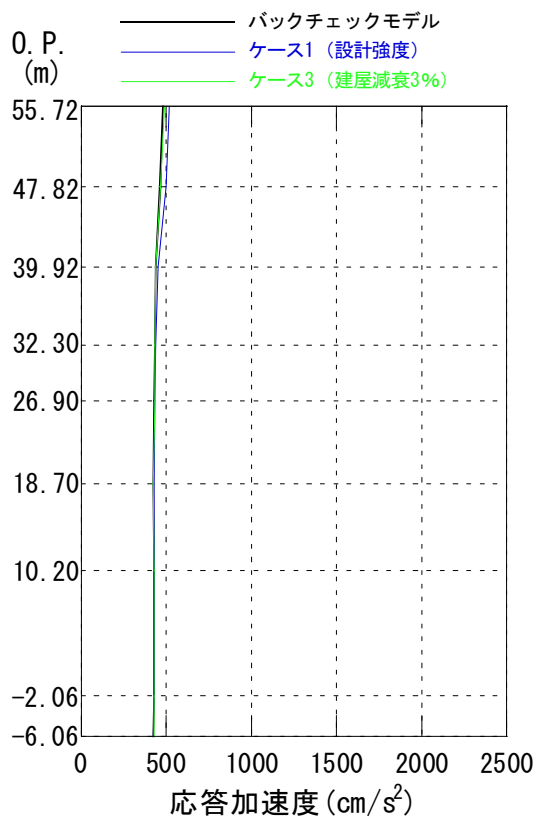
(Ss-3H)

図-2.4.11 (b) 最大応答加速度分布 (EW 方向)



バックチェックモデル	481	723	1353	2224
ケース1(設計強度)	520	742	1392	2076
ケース3(建屋減衰3%)	488	769	1463	2440

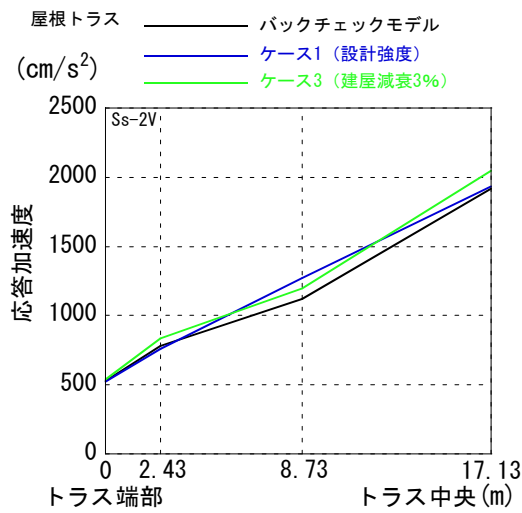
(屋根部)



バックチェック モデル	ケース1 (設計強度)	ケース3 (建屋減衰3%)
481	520	488
462	496	467
439	453	439
434	441	435
431	437	433
427	431	427
429	431	428
429	428	430
427	426	428

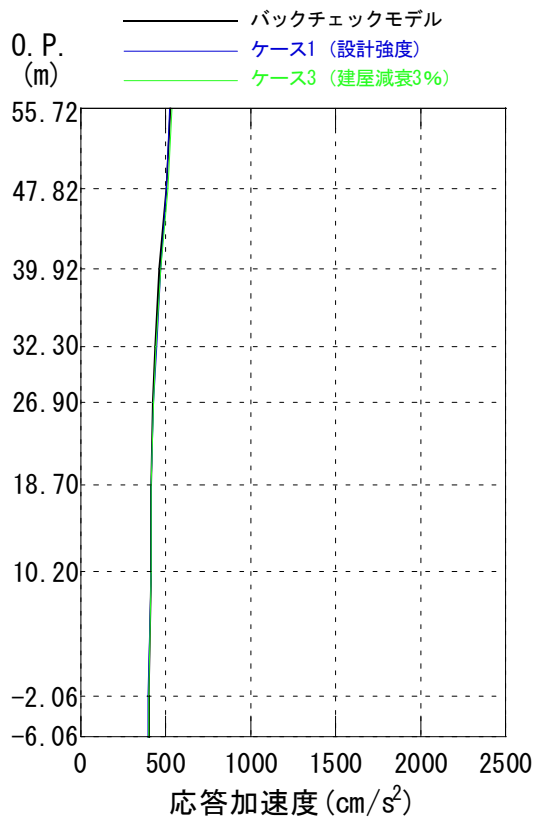
(建屋部)

図-2.4.12 (a) 最大応答加速度分布 (UD 方向 Ss-1V)



バックチェックモデル	526	783	1123	1920
ケース1(設計強度)	524	759	1269	1932
ケース3(建屋減衰3%)	537	834	1199	2049

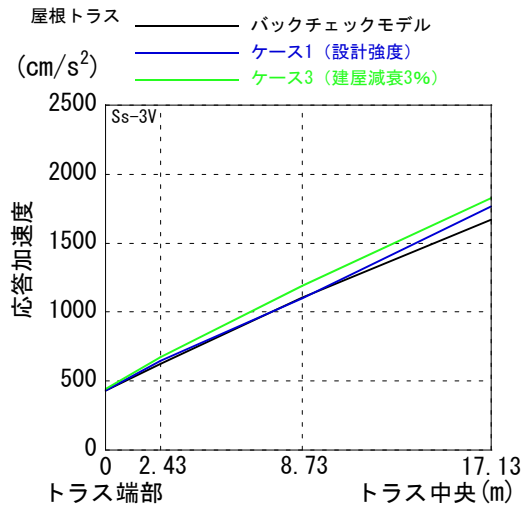
(屋根部)



バックチェック モデル	ケース1 (設計強度)	ケース3 (建屋減衰3%)
526	524	537
504	504	514
463	470	471
439	449	444
423	429	428
415	416	415
413	413	414
400	398	400
399	396	399

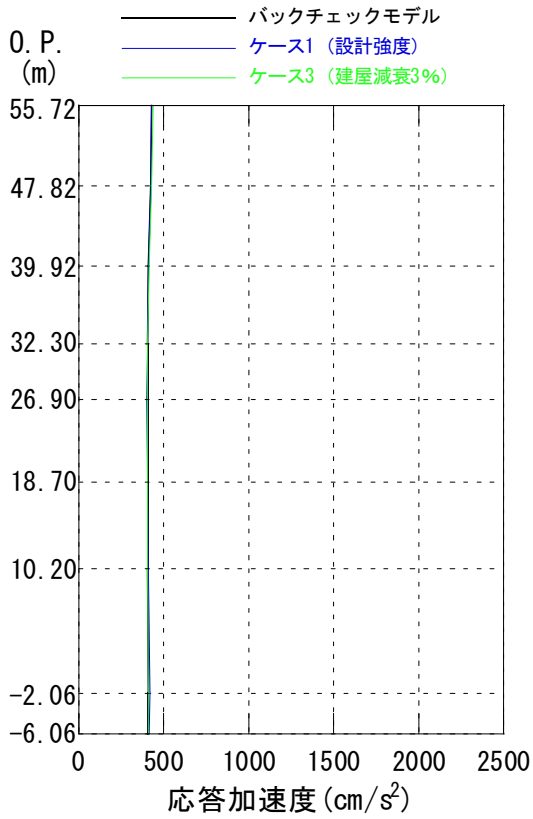
(建屋部)

図-2.4.12 (b) 最大応答加速度分布 (UD 方向 Ss-2V)



バックチェックモデル	432	627	1106	1671
ケース1(設計強度)	432	647	1102	1770
ケース3(建屋減衰3%)	441	674	1192	1826

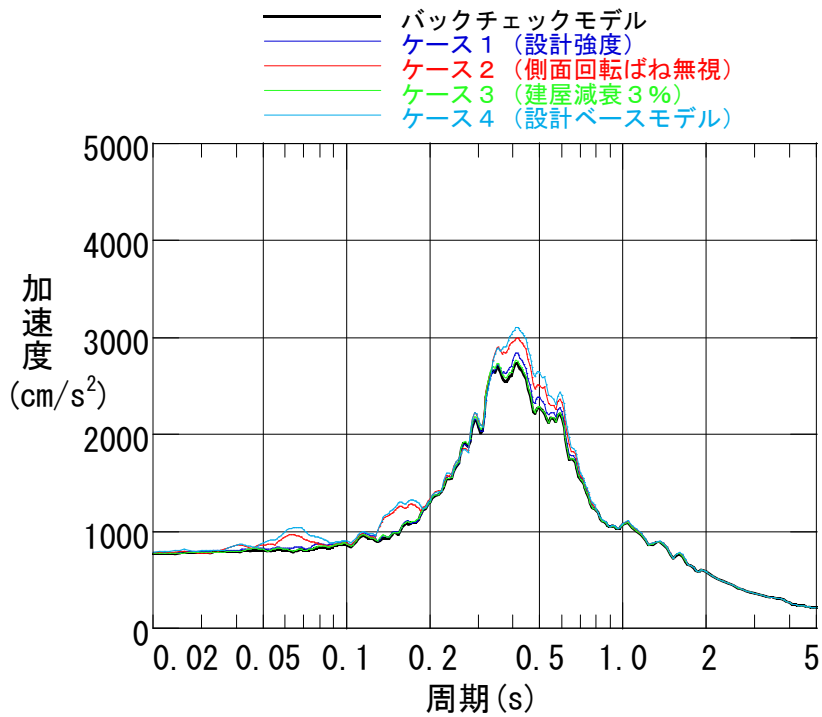
(屋根部)



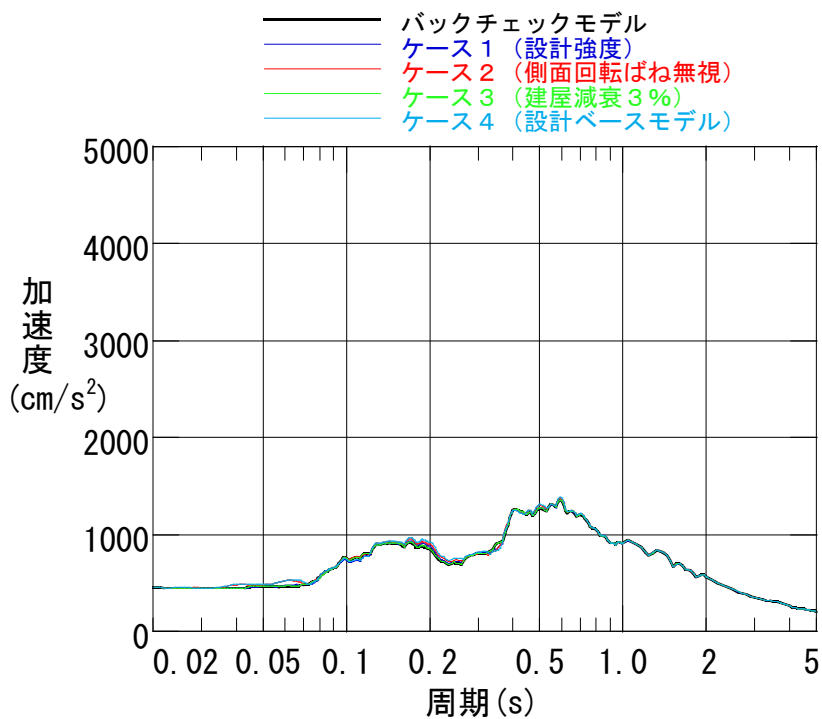
バックチェック モデル	ケース1 (設計強度)	ケース3 (建屋減衰3%)
432	432	441
423	424	429
411	411	415
407	405	408
406	402	407
406	405	406
405	409	405
410	418	410
409	417	409

(建屋部)

図-2.4.12 (c) 最大応答加速度分布 (UD 方向 Ss-3V)



オペフロ (O.P. 39.92m)



基礎版上 (O.P. -2.06m)

図-2.4.13(a) 床応答スペクトル (NS方向: $S_s - 1H : h=0.05$)

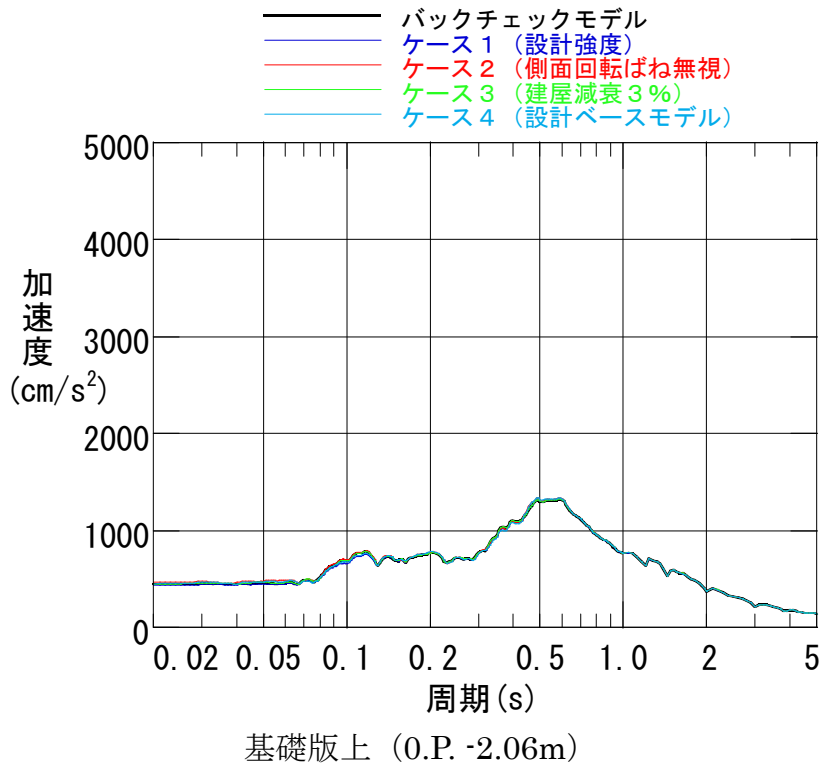
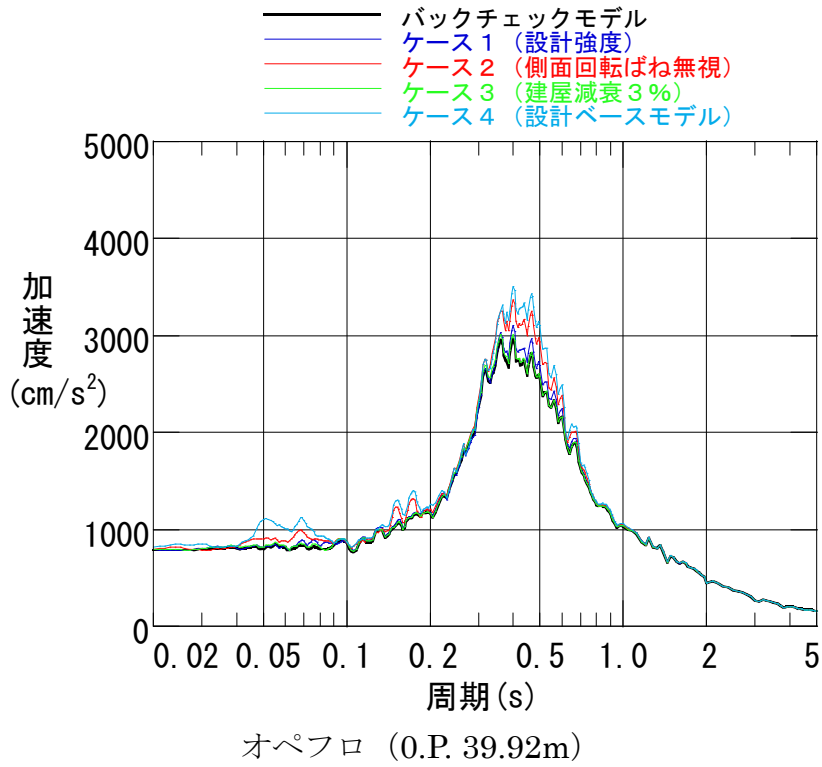
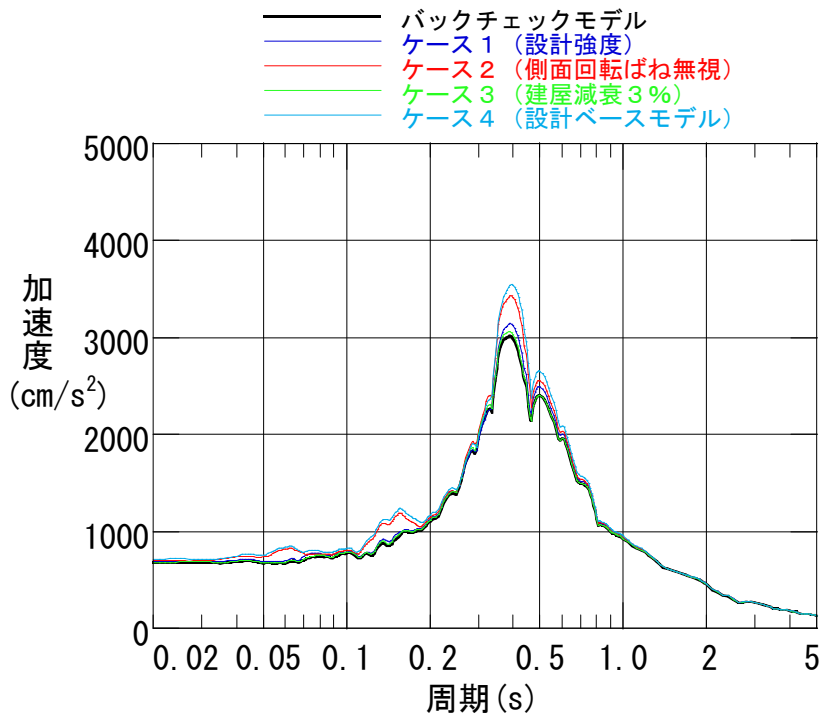
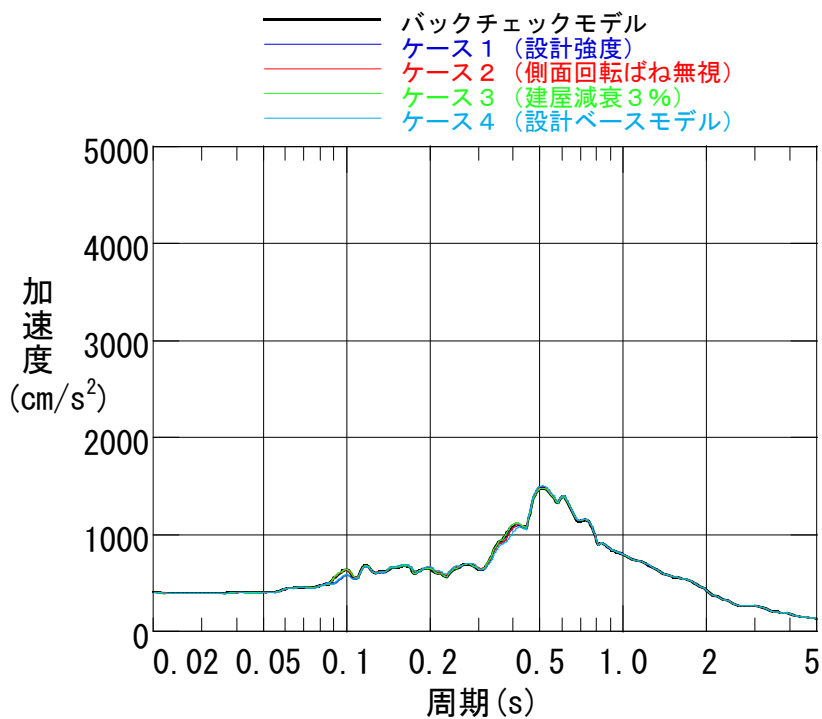


図-2.4.13(b) 床応答スペクトル (NS方向: $S_s - 2H : h=0.05$)



オペフロ (O.P. 39.92m)



基礎版上 (O.P. -2.06m)

図-2.4.13(c) 床応答スペクトル (NS方向: $S_s - 3H : h=0.05$)

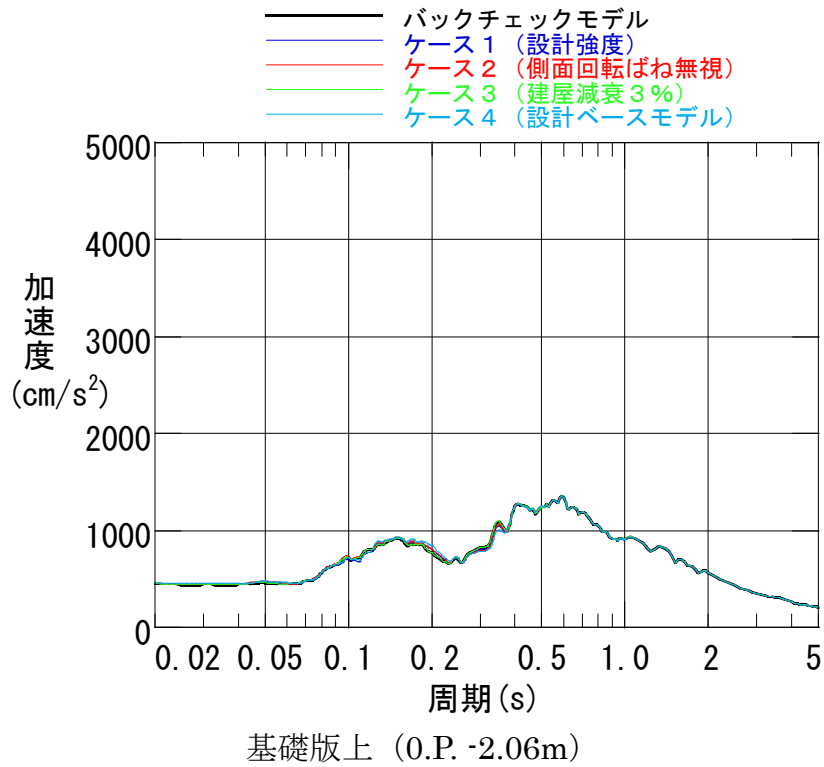
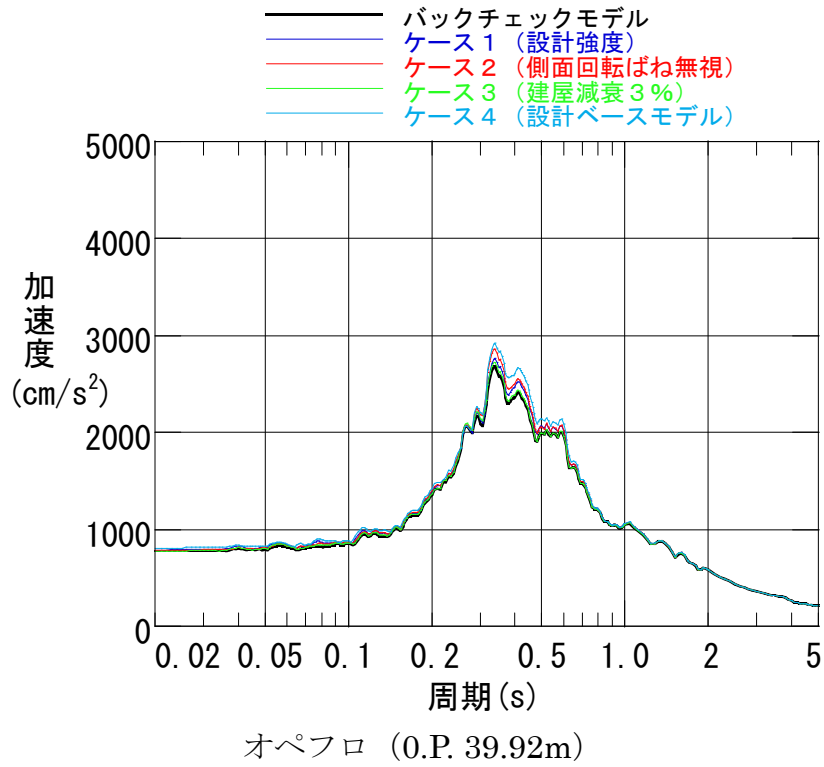
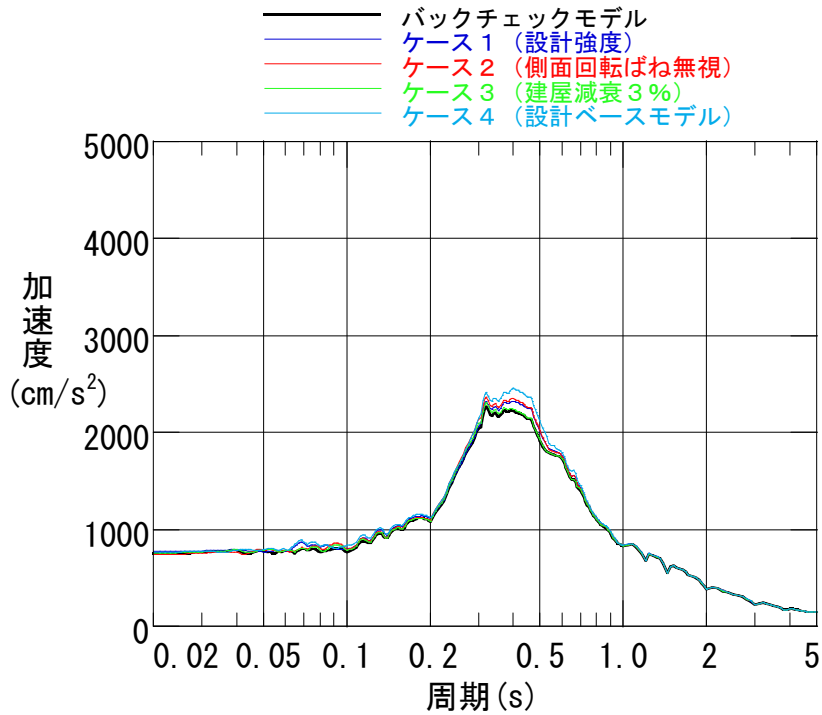
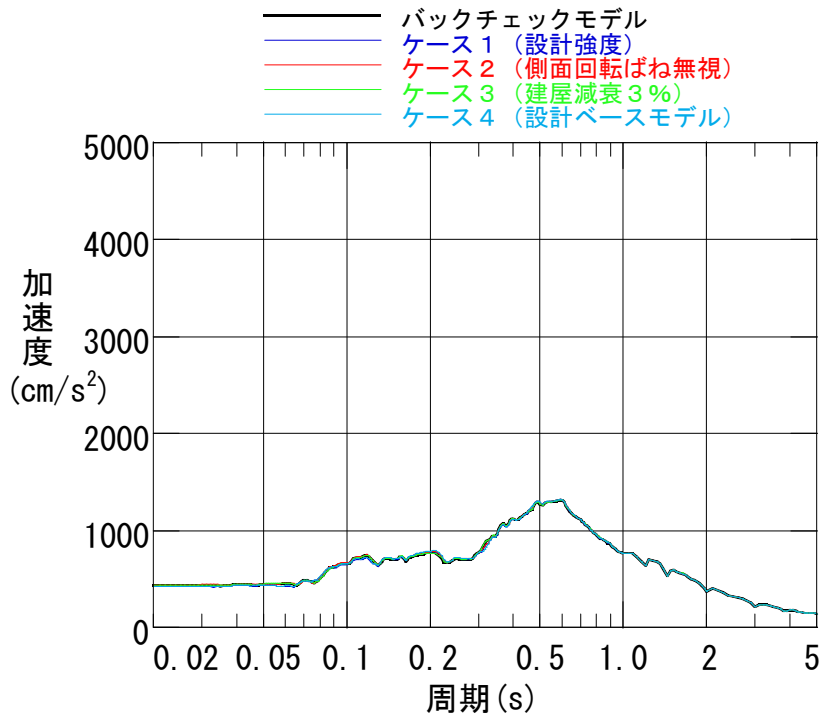


図-2.4.14(a) 床応答スペクトル (EW 方向 : $S_s - 1H : h=0.05$)

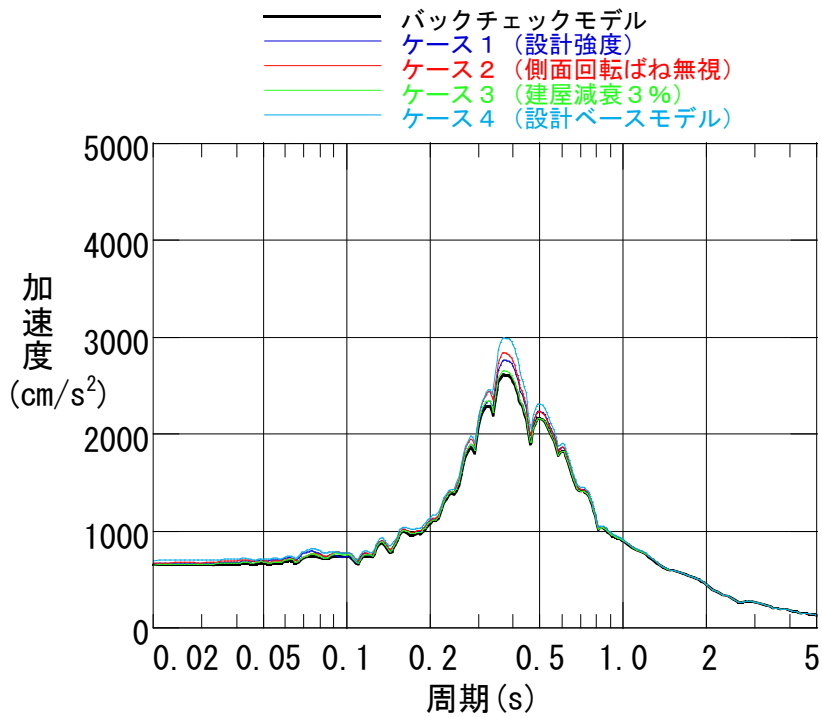


オペフロ (O.P. 39.92m)

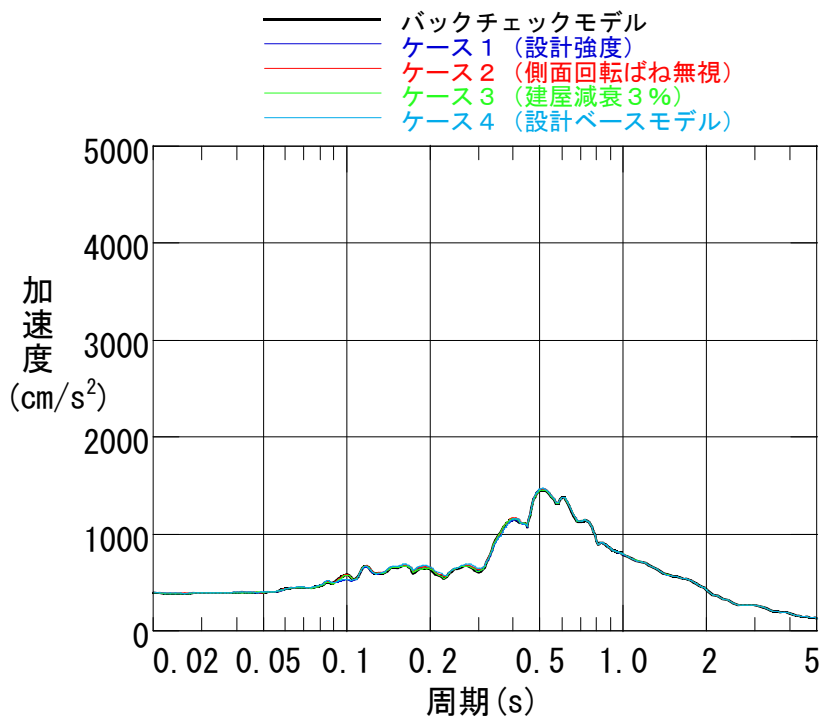


基礎版上 (O.P. -2.06m)

図-2.4.14(b) 床応答スペクトル (EW 方向 : S_s - 2H : h=0.05)



オペフロ (O.P. 39.92m)



基礎版上 (O.P. -2.06m)

図-2.4.14(c) 床応答スペクトル (EW 方向 : $S_s - 3H : h=0.05$)

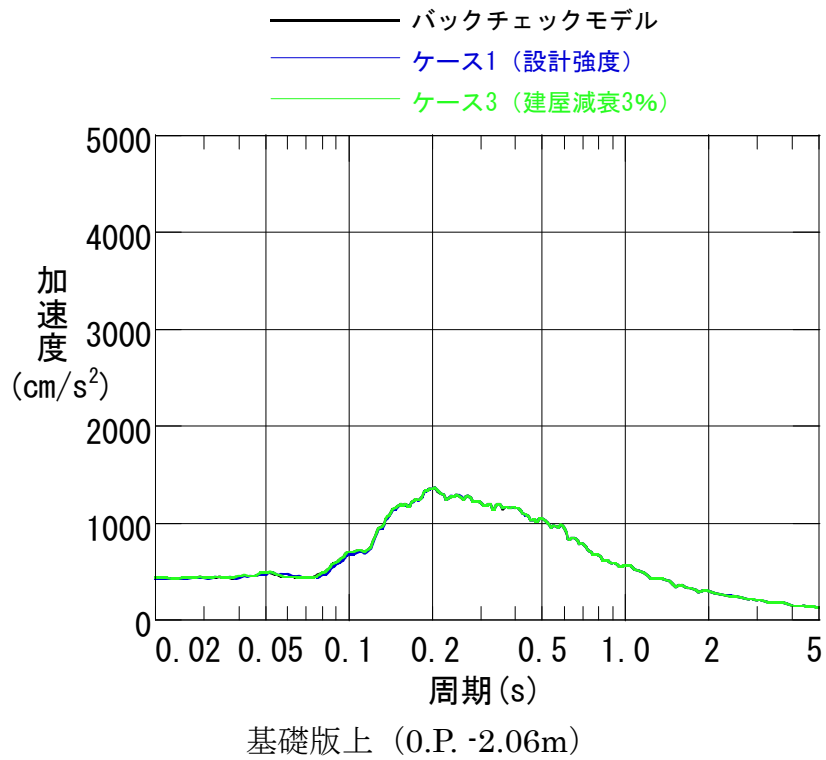
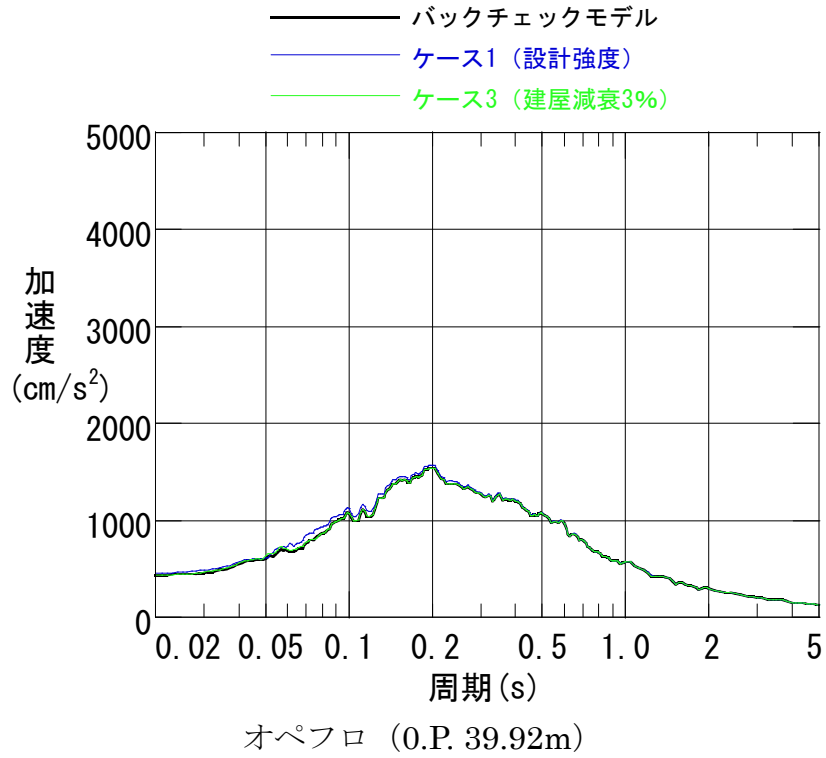


図-2.4.15(a) 床応答スペクトル (鉛直方向 : $S_s - 1V : h=0.05$)

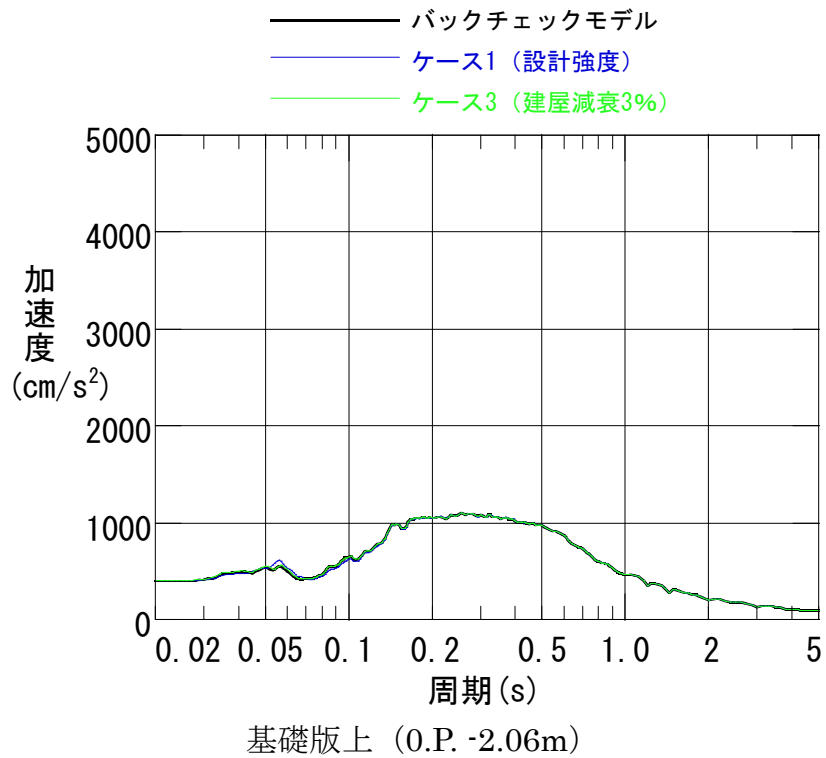
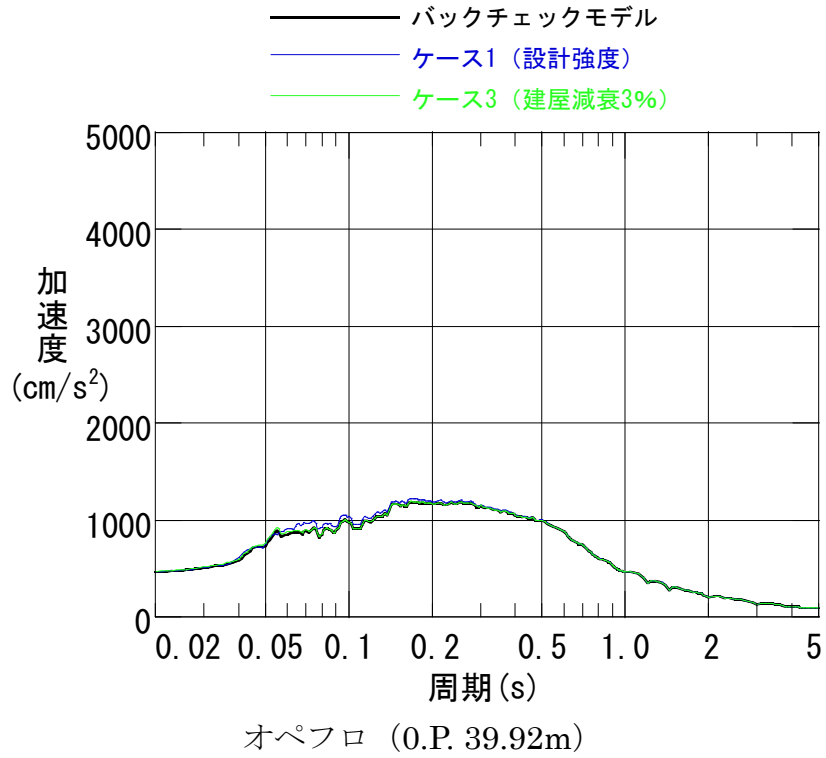


図-2.4.15(b) 床応答スペクトル (鉛直方向 : $S_s - 2V : h=0.05$)

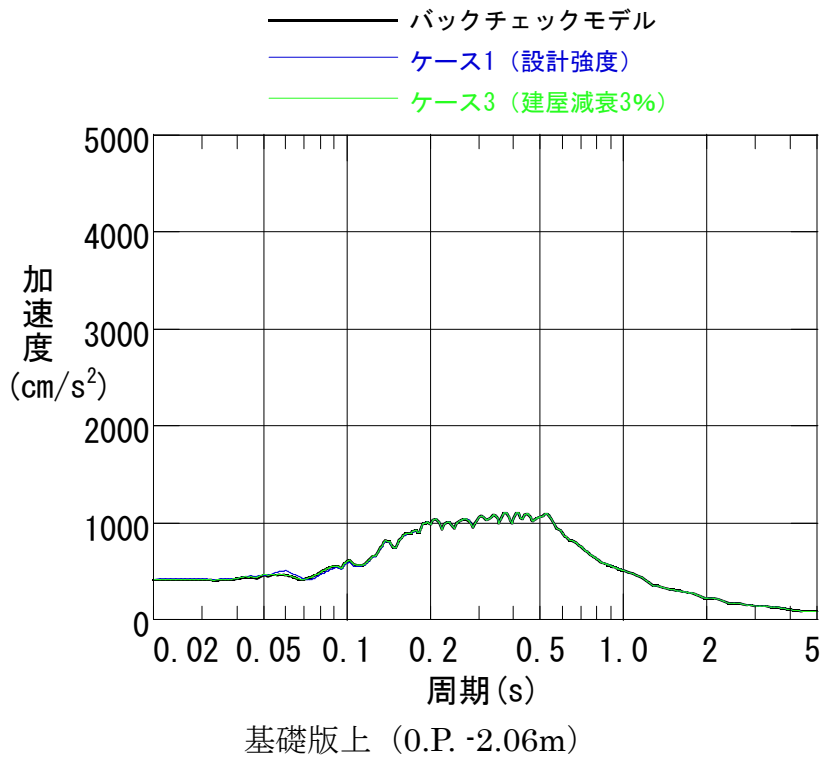
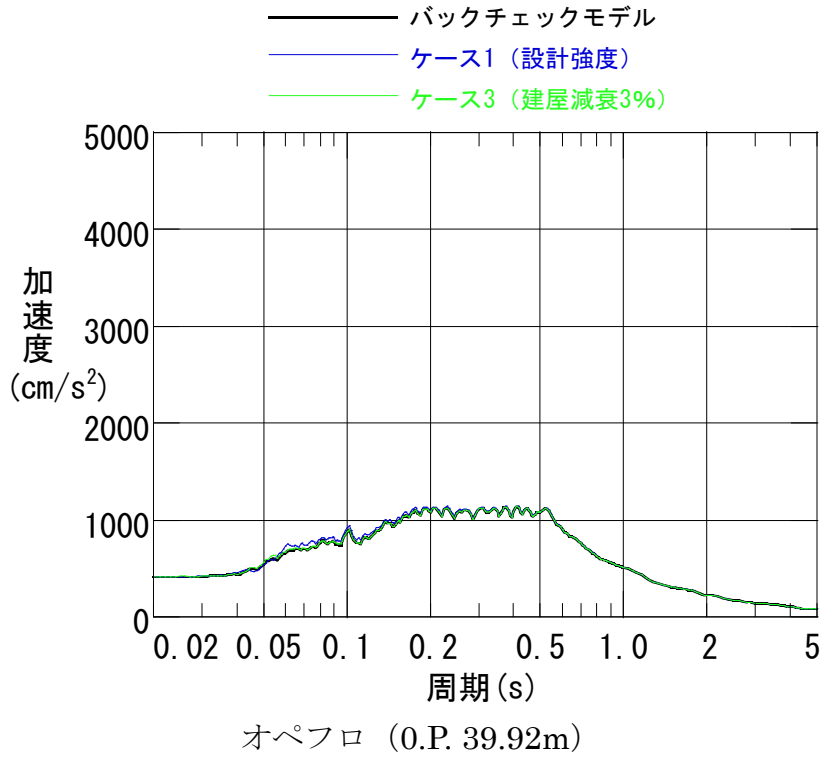


図-2.4.15(c) 床応答スペクトル (鉛直方向 : $S_s - 3V : h=0.05$)

表-2.4.4 耐震壁の最大応答せん断ひずみの比較

($\times 10^{-3}$)

基準地震動	バックチェックモデル		ケース1 (設計強度)		ケース2 (側面回転ばね無視)		ケース3 (建屋減衰3%)		ケース4 (設計ベースモデル)	
	NS方向	EW方向	NS方向	EW方向	NS方向	EW方向	NS方向	EW方向	NS方向	EW方向
Ss-1	0.13	0.12	0.15	0.14	0.13	0.12	0.13	0.12	0.16	0.15
Ss-2	0.13	0.12	0.16	0.15	0.13	0.12	0.13	0.12	0.15	0.15
Ss-3	0.12	0.10	0.14	0.12	0.12	0.10	0.12	0.10	0.14	0.12

2. 5 パラメータスタディの考察 (Ss-2H、NS 方向)

ここでは、代表として、比較的差異が生じている Ss-2H の NS 方向について考察する。

2. 5. 1 コンクリート強度の違いに対する考察

表-2.5.1 に示すように、コンクリート強度を設計基準強度とした場合（ケース 1（設計強度））は、実強度の場合（バックチェックモデル）に比べて固有周期がやや長くなっている。

表-2.5.1 のバックチェックモデルの刺激係数とケース 1（設計強度）の刺激係数を比較すると、ケース 1（設計強度）の方が、総じて大きくなっている。その中でも、3次モードの刺激係数は他のモードより、その差が大きくなっている。図-2.5.1(a)において、バックチェックモデルおよびケース 1（設計強度）の3次の固有モード図を確認すると、主に建屋部分の変形モードであることが分かる。以上より、図-2.5.2 で示すようにケース 1(設計強度)の方が、バックチェックモデルより建屋上部の最大応答加速度が大きくなっていると考えられる。

2. 5. 2 側面回転ばねの有無に対する考察

表-2.5.1 で示すように、側面回転ばね無視の場合（ケース 2（側面回転ばね無視））は、バックチェックモデルに比べて固有周期がやや長くなっている。

側面回転ばねを無視した場合、回転拘束効果および、側面地盤への回転による逸散減衰が無くなるため、図-2.5.2 に示すように、建屋上部の最大応答加速度が大きくなっていると考えられる。

2. 5. 3 建屋減衰に対する考察

図-2.5.2 で示すように、ケース 3（建屋減衰 3%）の方が減衰が小さいため、最大応答加速度が若干大きくなるが、その差は小さい。

表-2.5.1 固有値（固有値、固有振動数）および刺激係数（NS 方向、Ss-2H）

バックチェックモデル

	周期(s)	振動数(Hz)	刺激係数
1次	0.390	2.56	1.759
2次	0.175	5.73	-0.932
3次	0.078	12.88	0.228
4次	0.060	16.63	-0.016
5次	0.051	19.74	-0.061

ケース 1（設計強度）

	周期(s)	振動数(Hz)	刺激係数
1次	0.395	2.53	1.776
2次	0.177	5.65	-0.983
3次	0.083	12.04	0.274
4次	0.064	15.57	-0.017
5次	0.054	18.37	-0.071

ケース 2（側面回転ばね無視）

	周期(s)	振動数(Hz)	刺激係数
1次	0.397	2.52	1.756
2次	0.176	5.68	-0.929
3次	0.078	12.84	0.226
4次	0.060	16.56	-0.017
5次	0.051	19.72	-0.061

ケース 3（建屋減衰 3%）

	周期(s)	振動数(Hz)	刺激係数
1次	0.390	2.56	1.759
2次	0.175	5.73	-0.932
3次	0.078	12.88	0.228
4次	0.060	16.63	-0.016
5次	0.051	19.74	-0.061

ケース 4（設計ベースモデル）

	周期(s)	振動数(Hz)	刺激係数
1次	0.402	2.49	1.773
2次	0.178	5.61	-0.979
3次	0.083	12.01	0.272
4次	0.065	15.50	-0.018
5次	0.055	18.35	-0.071

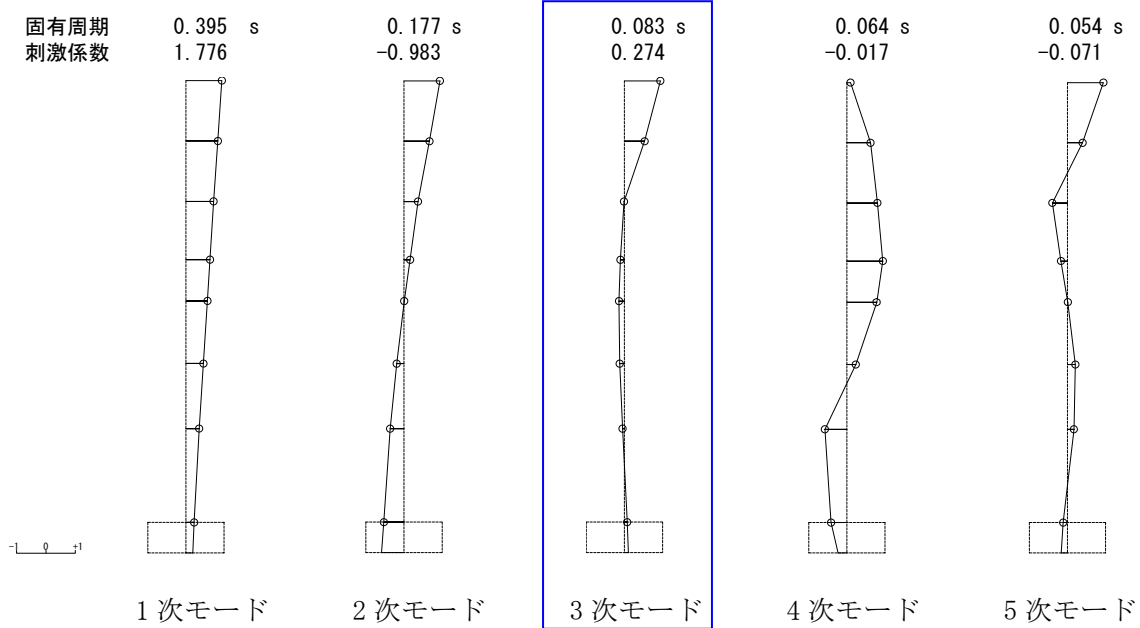
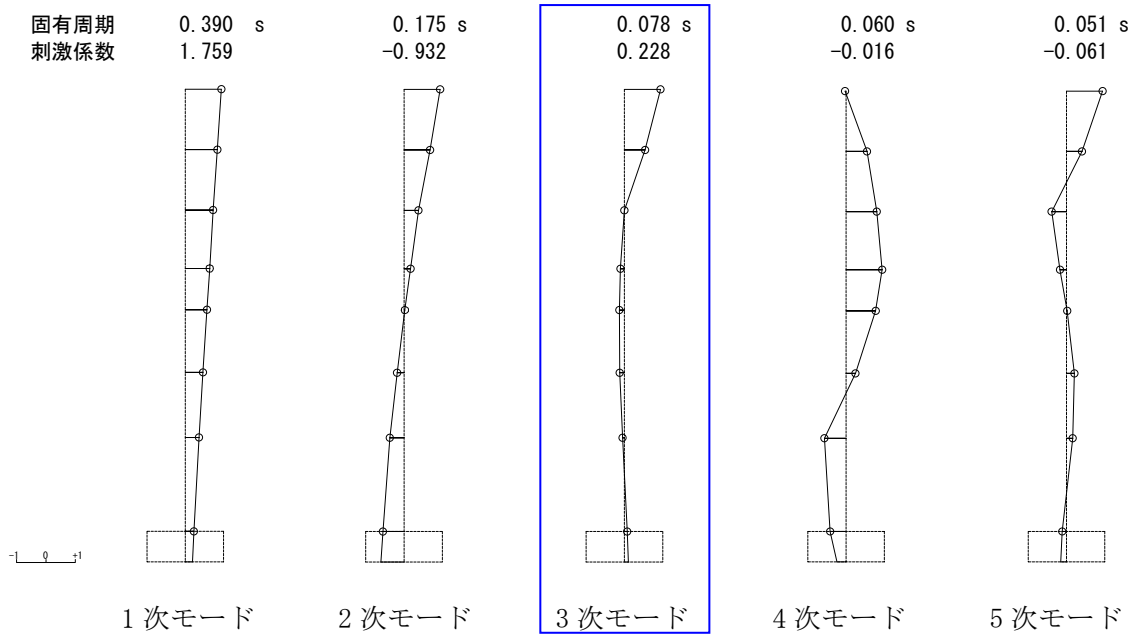
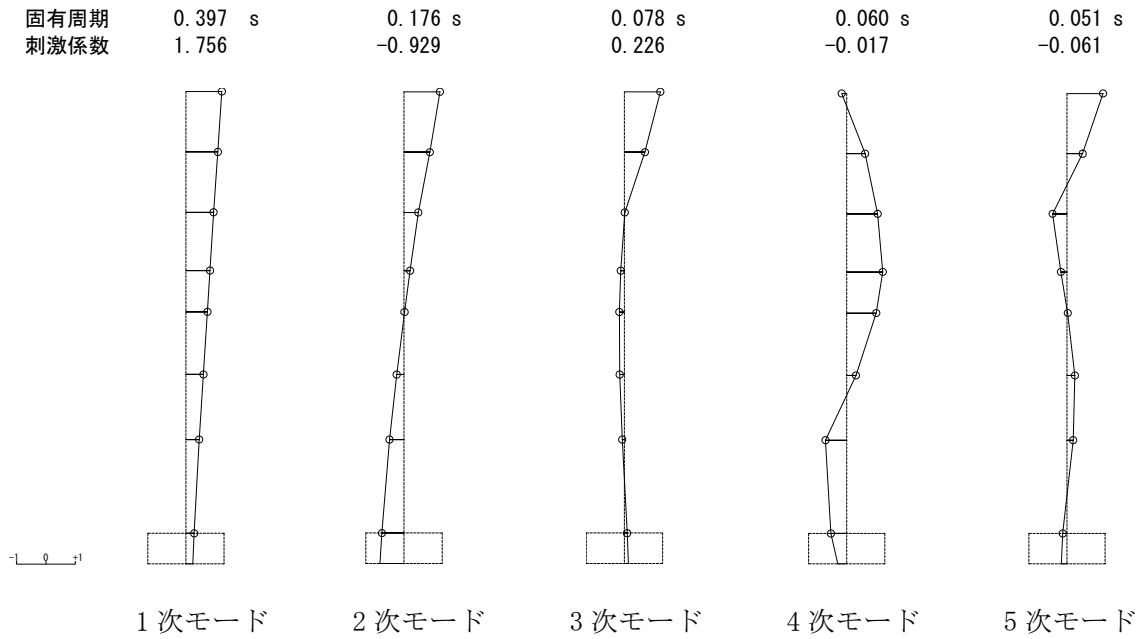
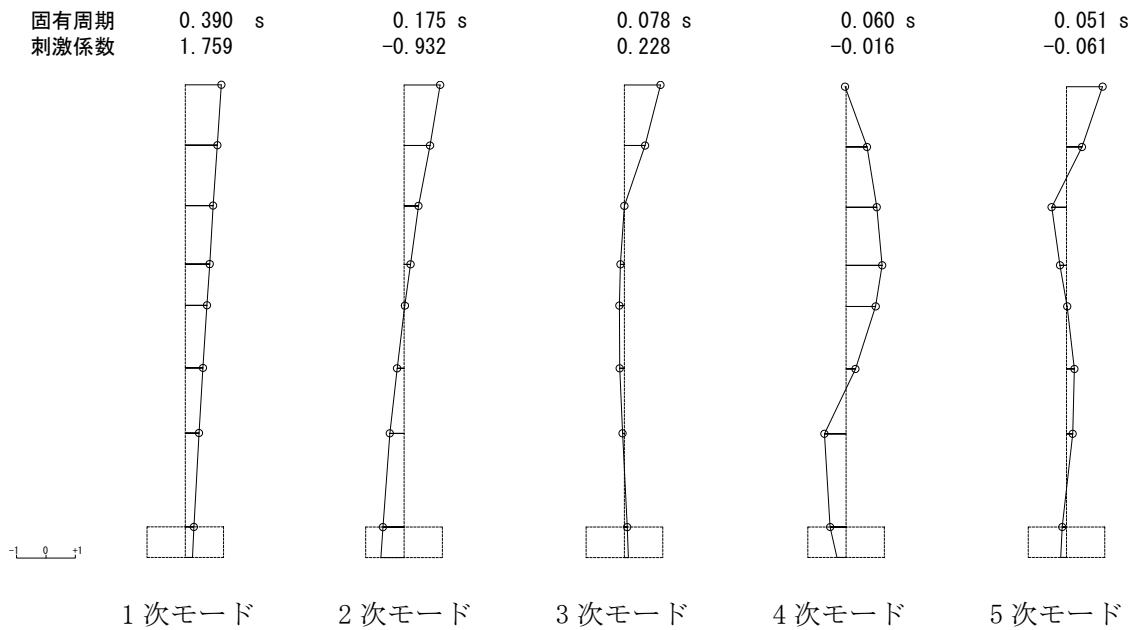


図 2.5.1(a) 固有モード図 (S_S-2H、NS 方向)

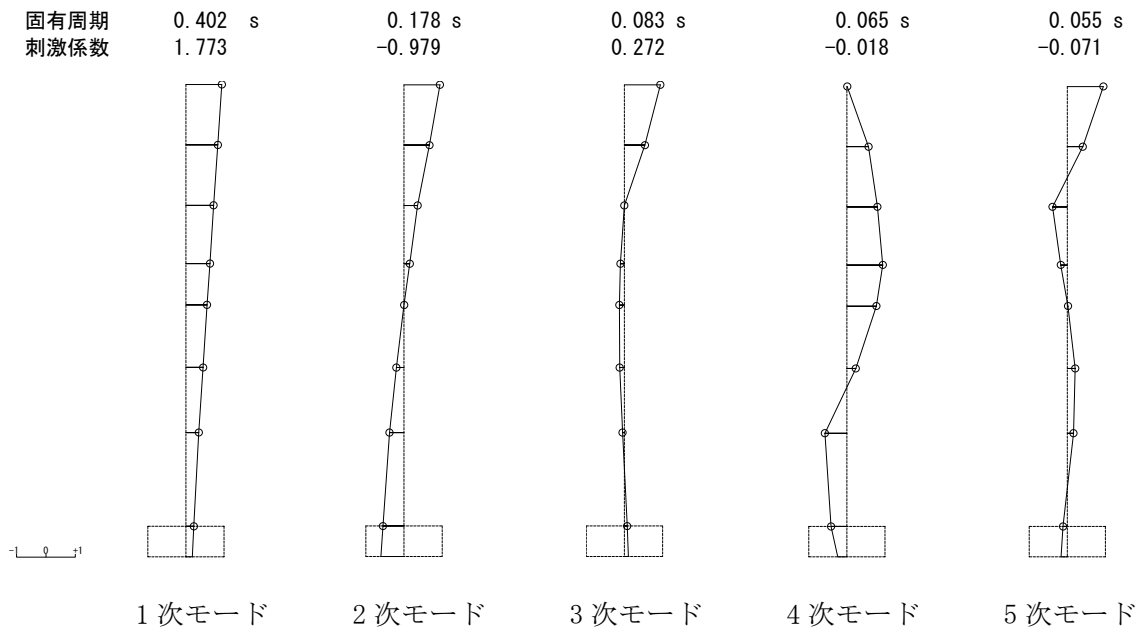


ケース 2 (側面回転ばね無視)



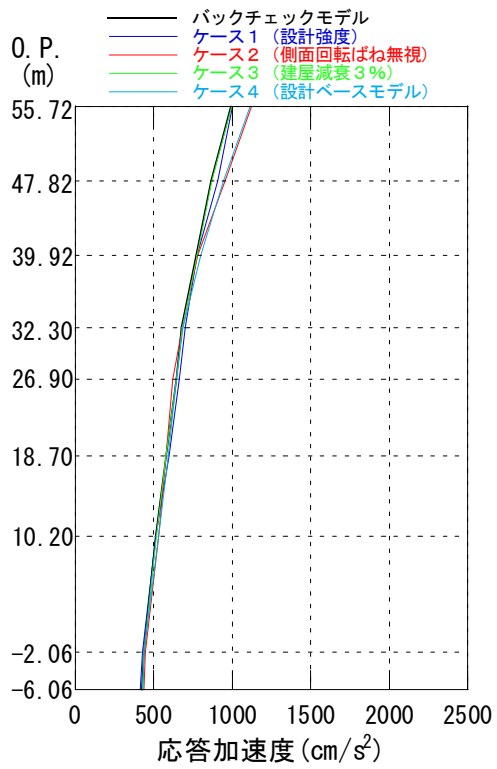
ケース 3 (建屋減衰 3%)

図 2.5.1 (b) 固有モード図 (S_S-2H、NS 方向)



ケース4 (設計ベースモデル)

図 2.5.1(c) 固有モード図 (Ss-2H、NS 方向)



バックチェック モデル	ケース1 (設計強度)	ケース2 (側面地盤 ばね無視)	ケース3 (建屋減衰3%)	ケース4 (設計ベース モデル)
990	1001	1124	998	1114
866	907	957	872	947
770	778	780	778	802
681	705	685	682	690
643	665	623	645	644
580	596	584	582	589
514	514	531	518	531
440	431	449	442	442
427	417	441	430	433

図-2.5.2 最大応答加速度分布 (NS 方向、Ss-2H)

3. 弾性設計用地震動 Sd について

○コメント内容

3号機に係る建物・構築物の評価条件、評価結果等（下記）について、5号機と同様の確認を行うために必要な情報を網羅するとともに、見やすさにも配慮して表示すること。（なお、②については、④、⑤にも含まれる。）

- ① 地盤の地震応答解析モデルの G/G_0 - γ 関係、 h - γ 関係
- ② 地盤ばねの減衰係数の算定時に参照している一次固有振動数の算定条件
- ③ 屋根トラスの構造や部材の差異と、それによる鉛直方向の地震応答解析モデルの差異
- ④ 地震応答解析モデルのパラメータスタディにおける評価条件及び評価結果
- ⑤ 新潟県中越沖地震を踏まえた地震応答解析モデルの妥当性確認における評価条件、評価結果
- ⑥ シミュレーション解析による入力地震動評価法の検証における解析条件
- ⑦ 弾性設計用地震動 Sd の設計用応答スペクトルと基準地震動 Ss の設計用応答スペクトル、超過確率別スペクトル等との関係

（平成22年6月17日 耐震・構造設計小委員会構造WG Aサブグループ会合（第25回））

○ 回答

上記下線部について、以下の通り回答する。

基準地震動 Ss による安全機能保持をより確実なものとする観点から弾性設計用地震動 Sd を設定し、その地震力に対して建物・構築物が弾性範囲に留まることを確認する。基準地震動 Ss との比率 (S_d/S_s) を 0.5 とし、旧耐震指針との連続性を考慮して、旧耐震指針における基準地震動 S_1 （最大加速度振幅 180cm/s^2 ）の応答スペクトルを下回らないよう配慮し設定した。図-3.1 に新・旧指針による基準地震動の比較を示す。

弾性設計用地震動 Sd の年超過確率を図-3.2 に示す。これによれば、弾性設計用地震動 Sd の年超過確率は、 $10^{-3} \sim 10^{-5}$ / 年程度となっている。

- 基準地震動 S₁-D
- - 基準地震動 S_S-1
- - 基準地震動 S_S-2
- - 基準地震動 S_S-3
- 弾性設計用地震動 S_d-1
- 弾性設計用地震動 S_d-2
- 弾性設計用地震動 S_d-3

※ 基準地震動 S₁-D は原子炉設置変更
 許可申請書（5資庁第5112号
 平成6年3月8日許可）において設定

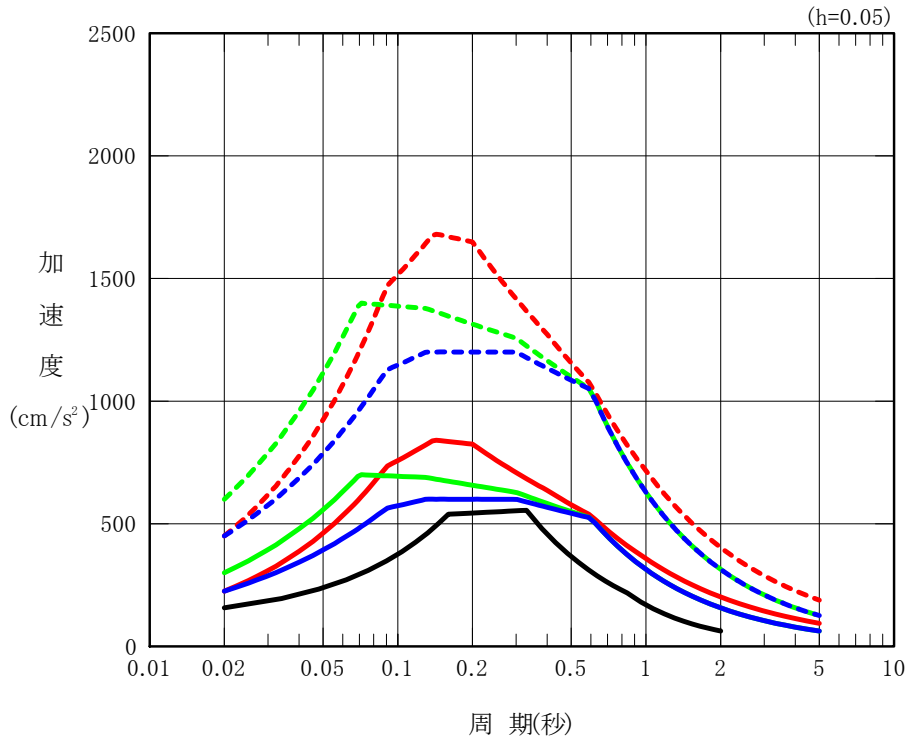


図-3.1 新・旧指針による基準地震動の比較

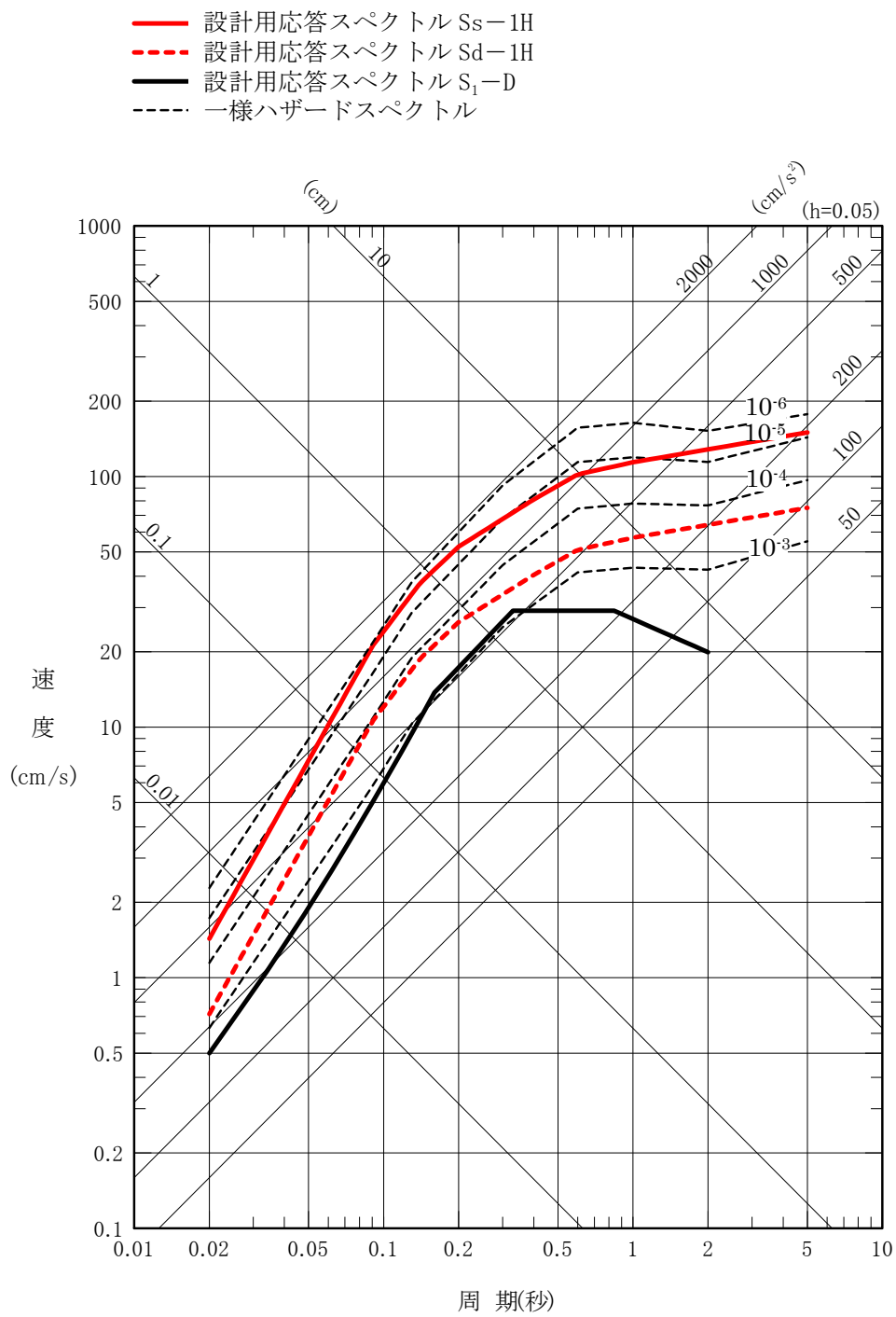


図-3.2(a) 弾性設計用地震動 S_d の年超過確率 (S_d-1)

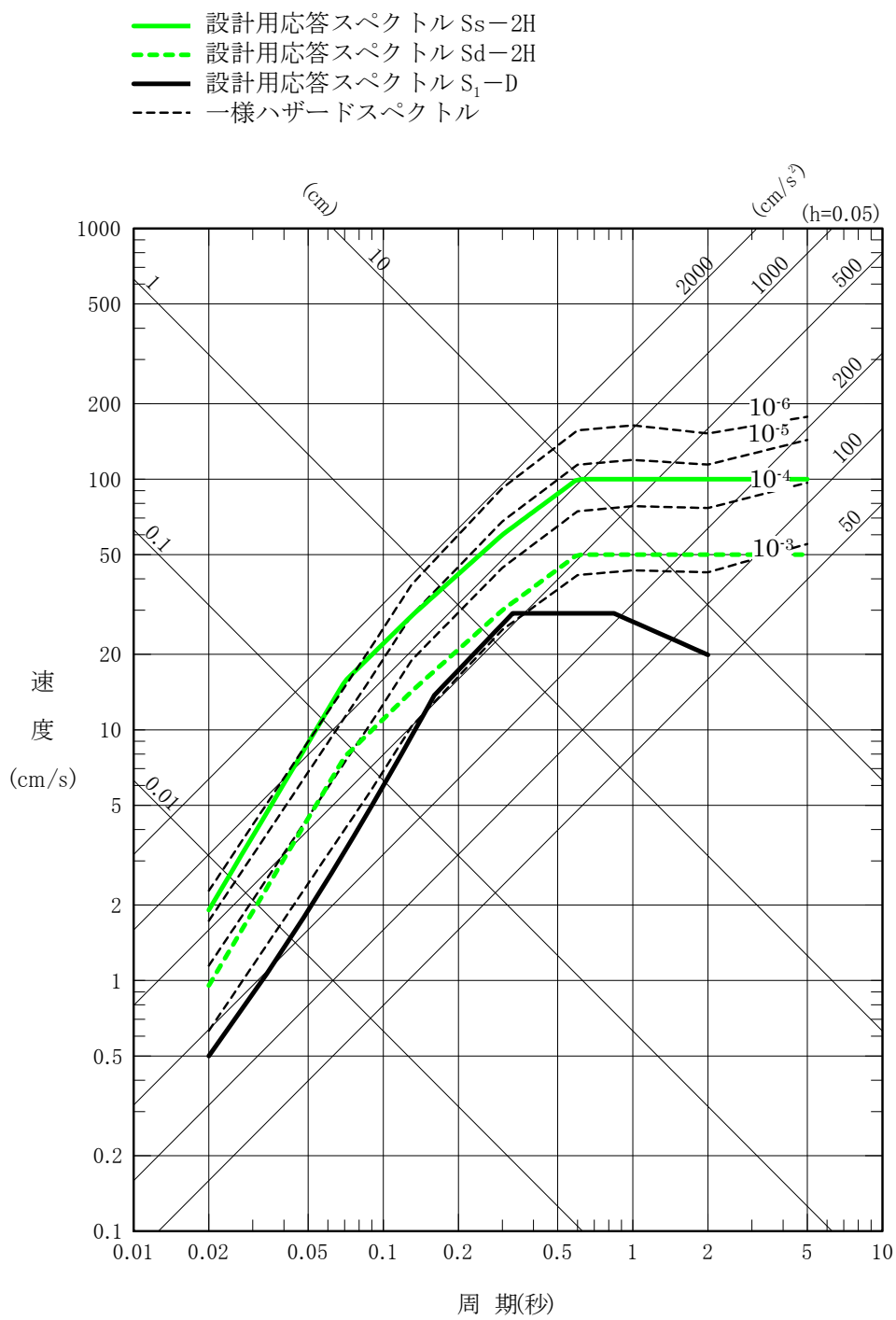


図-3.2(b) 弾性設計用地震動 S_d の年超過確率 (S_d-2)

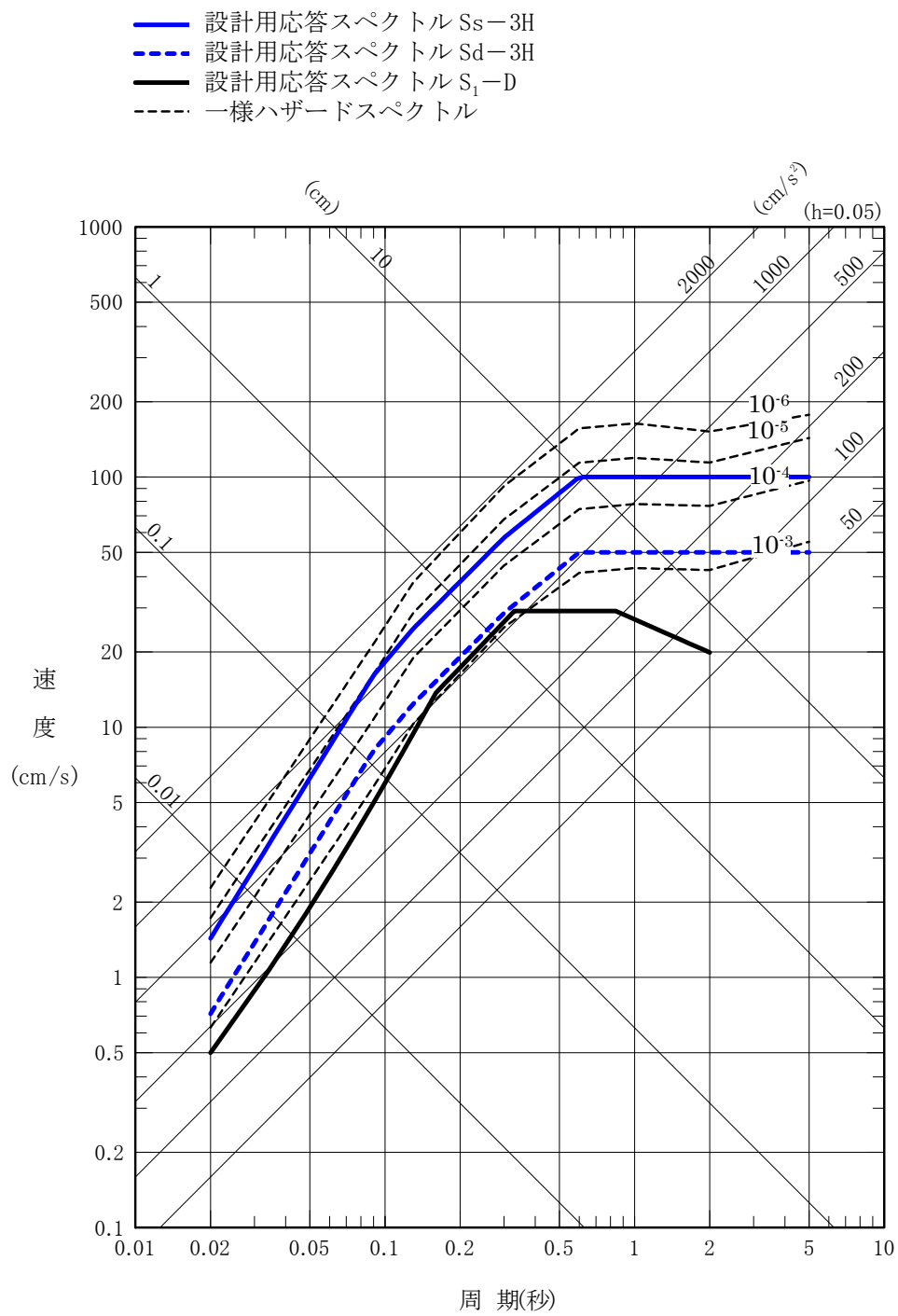


図-3.2(c) 弾性設計用地震動 S_d の年超過確率 (S_d-3)

4. 基準地震動 S_s の模擬地震波の作成方法について

○ コメント内容

基準地震動 S_s の模擬地震波の作成方法としてどのような方法を採用し、その結果としてどのような適合状況になっているか示すこと。

(平成22年6月17日 耐震・構造設計小委員会構造WG Aサブグループ会合(第25回))

○ 回答

福島第一原子力発電所における基準地震動 S_s の設計用模擬地震波は、原子力発電所耐震設計技術指針(JEAG4601-2008)⁽¹⁾(以下、「JEAG4601」という。)及び原子力発電所の地震を起因とした確率論的安全評価実施基準(2007)⁽²⁾(以下、「日本原子力学会標準(2007)」という。)に従い、設計用応答スペクトルに適合するような周波数-振幅特性と、一様乱数の位相特性をもつ正弦波の重ね合わせによって作成しており、減衰定数1%と5%の目標とする応答スペクトルの双方に適合させる2価フィッティング波としている。

設計用模擬地震波 S_s-1H による減衰定数1%及び5%の応答スペクトルと設計用応答スペクトルを比較して図-4.5(1)に、設計用模擬地震波の設計用応答スペクトルに対する応答スペクトル比を図-4.5(2)にそれぞれ示す。

なお、3号機と5号機の解放基盤表面における設計用模擬地震波は同一である。次頁以降に、詳細を示す。

4. 1 模擬地震波の作成方法

設計用模擬地震波の作成は、JEAG4601 及び日本原子力学会標準（2007）に従い、設計用応答スペクトルに適合するような周波数－振幅特性と、一様乱数の位相特性をもつ正弦波の重ね合わせによって作成する。

(1) 正弦波の重ね合わせによる模擬地震波の作成方法

時刻歴加速度波形 $X(t)$ は、下式のように表される。

$$X(t) = E(t) \sum_{i=1}^N A(\omega_i) \times \sin(\omega_i t + \phi_i) \quad \dots \text{①式}$$

ただし、 $E(t)$: 振幅包絡線

N : $A(\omega_i)$ の重ね合せ個数

ω_i : 角振動数

$A(\omega_i)$: 各振動数成分の振幅

ϕ_i : 位相角

ここで位相角を一様乱数として与え、図-4.1 のような振幅包絡線を使用する方法を採用する。

(2) 模擬地震波の目標とする応答スペクトルへの適合度

作成された模擬地震波の目標とする応答スペクトルへの適合度は、JEAG4601 に示されている下記の2項目により判定する。これらの判定条件を満足しない場合は、適切な補正を行って、満足するまで繰り返すものとする。

a) スペクトル比の最小値

スペクトル比が 0.85 以上であることを確認する。

$$R(t) = \frac{S_{v1}(T)}{S_{v2}(T)} \geq 0.85 \quad (0.02 \leq T \leq 5.0) \quad \dots \text{②式}$$

ただし、 T : 周期 (秒)

S_{v1} : 模擬地震波の応答スペクトル値

S_{v2} : 目標とする応答スペクトル値

b) 応答スペクトル強さの比 (SI 比)

応答スペクトル強さの比 (SI 比) が 1.0 以上であることを確認する。

$$\text{SI 比} : \frac{\int_{0.1}^{2.5} S_v(T) dt}{\int_{0.1}^{2.5} \bar{S}_v(T) dt} \quad \dots \text{③式}$$

ただし、SI : 応答スペクトル強さ

$S_v(T)$: 模擬地震波の応答スペクトル (cm/s)

$\bar{S}_v(T)$: 目標とする応答スペクトル (cm/s)

T : 固有周期 (秒)

(3) 目標とする応答スペクトルの減衰定数

目標とする応答スペクトルへの適合の仕方としては、一つの減衰定数に対するスペクトルだけに適合させる1価フィットと、複数の減衰定数に対するスペクトルの両方に適合させる多価フィットの2通りがある。日本原子力学会標準(2007)によれば、一般に、建物・構築物と機器・配管類とでは、減衰定数の値が異なることから、一つの減衰定数に対するスペクトルのみに適合させた1価フィッティング波の場合、目標とする応答スペクトルの減衰定数に一致した対象物の応答のばらつきは小さくなるが、それ以外の減衰定数を有する対象物のばらつきは大きくなるとしている。

この点を踏まえ、1価フィッティング波を作成した後、減衰定数1%と5%に対するスペクトルの両方に適合させる2価フィッティング波を作成し、模擬地震波として採用している。

なお、減衰定数1%の目標とする応答スペクトルは、JEAG4601に従い、減衰定数5%の応答スペクトルに次式を乗じて算定する。

$$\eta(T, h) = \begin{cases} \frac{1}{(1 + a(h - 0.05) \exp(-b \times T / T_{eq}))^{1/2}} & (T=T_C \sim T_H) \\ \frac{1}{(1 + a(h - 0.05) \exp(-b \times T_C / T_{eq}))^{1/2}} & (T=T_B) \quad \dots \textcircled{4} \text{式} \\ 1 & (T=T_A) \end{cases}$$

ここで、 h は減衰定数、 T_{eq} は地震動の等価継続時間(秒)であり、定数 a 、 b とともに次式で与えられる。 M はマグニチュード、 X_{eq} は等価震源距離(km)、 $T_A \sim T_H$ に示すコントロールポイントの周期(秒)である。

$$T_{eq} = 10^{0.3M-1.0} + 0.2 \times 10^{0.17M+0.54 \log X_{eq}-0.6} \quad \dots \textcircled{5} \text{式}$$

$$a = 15, \quad b = 2.0(h < 0.05) \quad ; \quad a = 13, \quad b = 5.0(h > 0.05) \quad \dots \textcircled{6} \text{式}$$

(1)、(2)を含めた模擬地震波作成の流れを図-4.2に示す。また、補正波を用いた模擬地震波の補正方法の概要を図-4.3に示す。

4. 2 設計用模擬地震波の作成

本資料では、「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」による基準地震動 S_s-1 の設計用模擬地震波 S_s-1H 、 S_s-1V の作成例を示す。

設計用模擬地震波 S_s-1H は、表-4.1及び図-4.4に示すそれぞれの応答スペクトルに適合するような周波数-振幅特性と、一様乱数の位相特性をもつ正弦波の重ね合わせによって作成する。振幅包絡線の経時的変化については、Noda et al. (2002)⁽³⁾に基づき、表-4.2に示す形状とする。振幅包絡線を決定する際のマグニチュード及び等価震源距離は、プレート間地震の「塩屋崎沖の地震②」の諸元を参考に $M7.5$ 、 $X_{eq}=100\text{km}$ としている。

設計用模擬地震波 S_s-1H の作成結果を表-4.3に、設計用応答スペクトルと設計用

模擬地震波の応答スペクトルの比較およびそれらの比を図-4.5 に示す。表-4.3 および図-4.5 から、作成した設計用模擬地震波は、模擬地震波の目標とする応答スペクトルへの適合度を満足している。

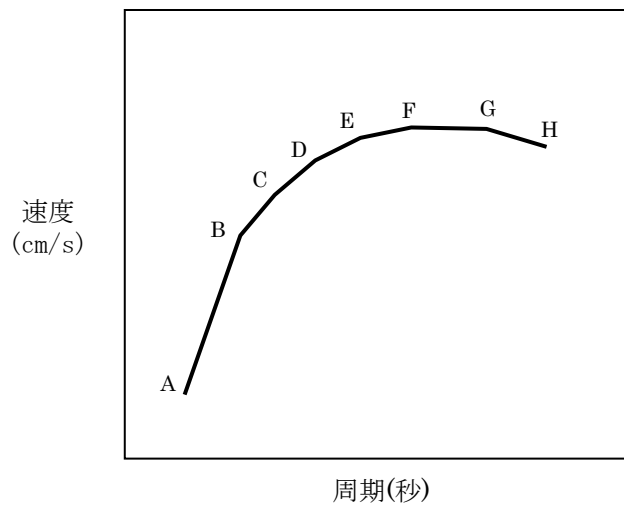
以上により、策定した設計用模擬地震波 Ss-1H、Ss-1V の時刻歴波形を図-4.6 にそれぞれ示す。なお、鉛直方向の設計用模擬地震波 Ss-1V は、水平方向の設計用模擬地震波 Ss-1H を 2/3 倍したものとしている。

【参考文献】

- (1) 社団法人日本電気協会 (2009) : 原子力発電所耐震設計技術指針 (JEAG4601-2008)
- (2) 社団法人日本原子力学会 (2007) : 日本原子力学会標準 原子力発電所の地震を起因とした確率論的安全評価実施基準
- (3) S. Noda, K. Yashiro, K. Takahashi, M. Takemura, S. Ohno, M. Tohdo and T. Watanabe (2002) : RESPONSE SPECTRA FOR DESIGN PURPOSE OF STIFF STRUCTURES ON ROCK SITES, OECD-NEA Workshop on the Relations between Seismological DATA and Seismic Engineering, Oct.16-18, Istanbul

表-4.1 設計用応答スペクトル S_s-1H 、 S_s-1V のコントロールポイント
(減衰定数 5%)

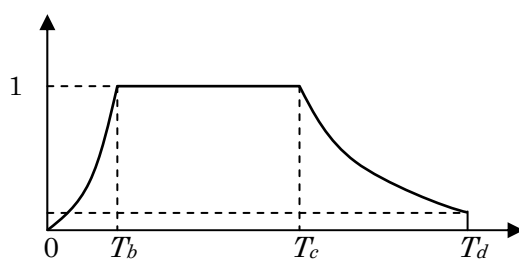
設計用応答 スペクトル		コントロールポイント							
		A	B	C	D	E	F	G	H
S_s-1H	周期 (s)	0.02	0.09	0.14	0.2	0.4	0.6	1	5
	速度 (cm/s)	1.432	21	37.5	52.5	81	102	114	150
S_s-1V	周期 (s)	0.02	0.09	0.14	0.2	0.4	0.6	1	5
	速度 (cm/s)	0.955	14	25	35	54	68	76	100



擬似速度応答スペクトル

表-4.2 設計用模擬地震波 Ss-1H、Ss-1V の振幅包絡線の経時的変化

設計用模擬地震波	マグニチュード M	等価震源距離 X _{eq} (km)	振幅包絡線の経時的変化(秒)		
			T _b	T _c	T _d
Ss-1H Ss-1V	7.5	100	6.61	24.39	81.28



$$T_b = 10^{0.5M-2.93}$$

$$T_c - T_b = 10^{0.3M-1.0}$$

$$T_d - T_c = 10^{0.17M+0.54\log X_{eq}-0.6}$$

表-4.3 設計用模擬地震波 Ss-1H の作成結果

基準地震動	作成条件	作成結果				
	応答 スペクトル	最大加速度 (cm/s ²)	継続 時間	応答スペクトル比		
				減衰 定数	最小値	SI比
Ss-1H	図-4.4	450	表-4.2	0.05	0.96	1.03
				0.01	0.95	1.02

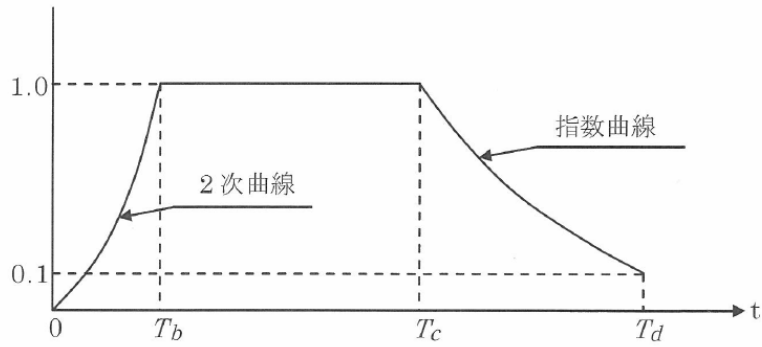


図-4.1 振幅包絡線の継時的変化 (JEAG4601-2008) より抜粋)

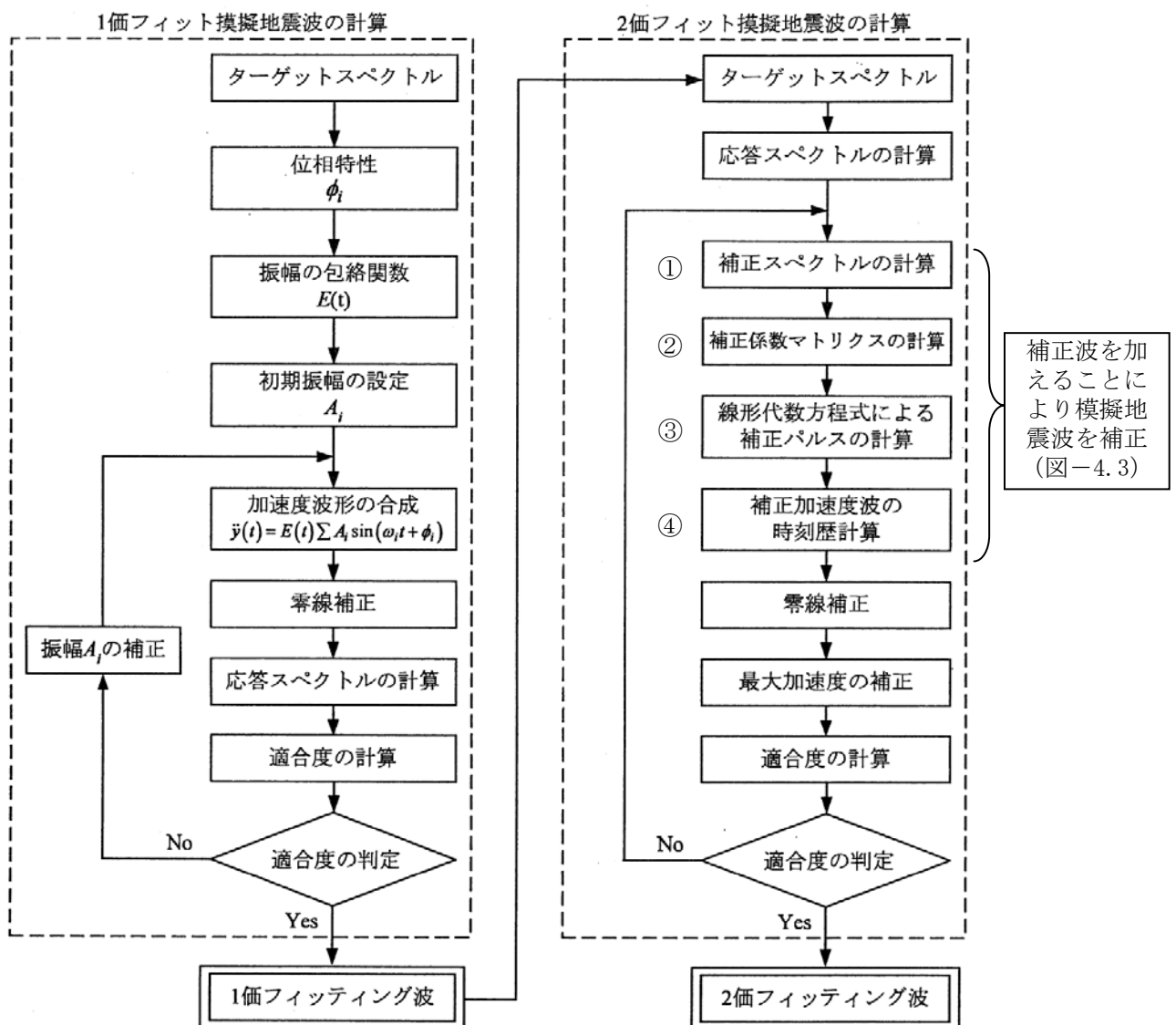
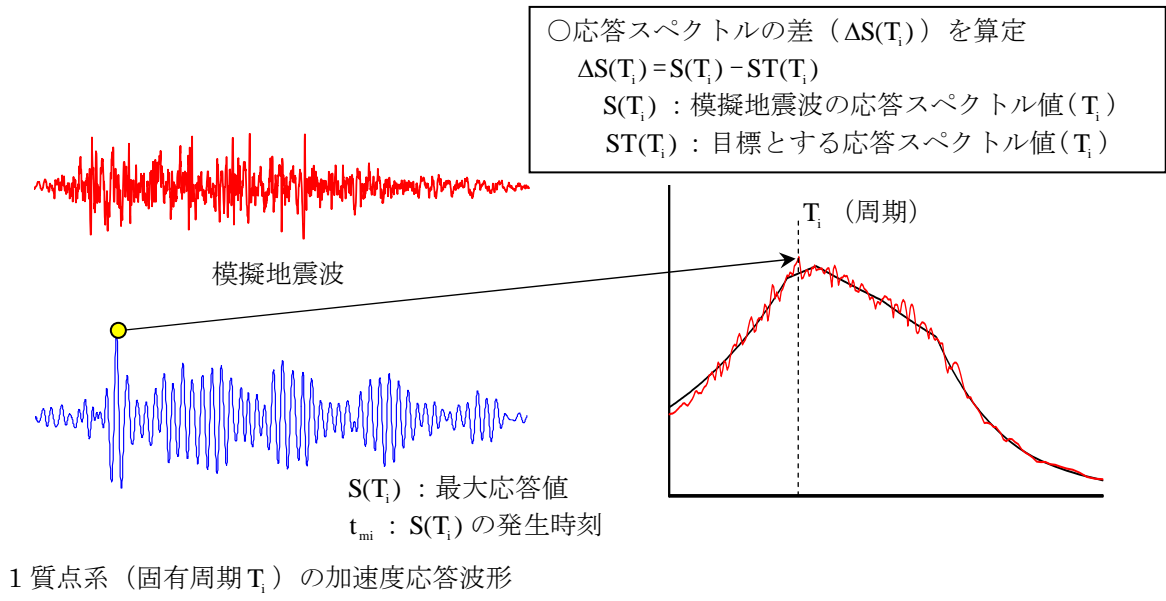
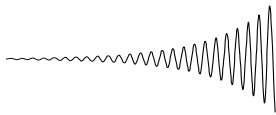


図-4.2 模擬地震波作成の流れ (日本原子力学会標準 (2007) に加筆)



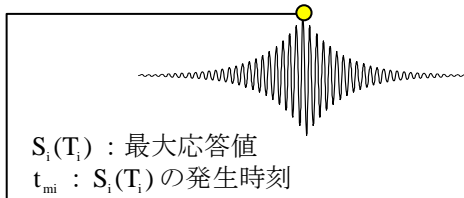
(a) ターゲットスペクトルと模擬地震波の応答スペクトルの差の計算 (図-4.2①)

● 補正波 $\ddot{y}_i(t)$



1 質点系 (固有周期 T_i) の単位インパルス応答 $h_i(t)$ をもとに補正波 $\ddot{y}_i(t)$ を作成 (※)
 $\ddot{y}_i(t) = a_i g_i(t)$
 $g_i(t) = h_i(t_{mi} - t)$
 ※ $h_i(t)$ を時刻歴で反転かつ右へ t_{mi} シフトした波形 $g_i(t)$ を係数倍 (a_i) したものである: a_i は未知数

● 1 質点系 (固有周期 T_i) の加速度応答波形



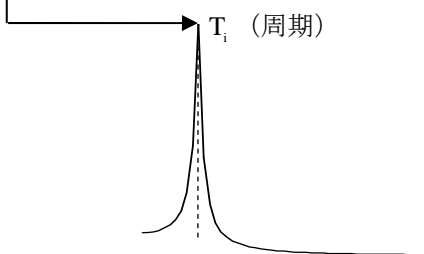
$$S_i(T_i) = \int_0^{t_{mi}} \ddot{y}_i(\tau) h_i(t_{mi} - \tau) d\tau$$

$$= a_i \int_0^{t_{mi}} g_i(\tau) h_i(t_{mi} - \tau) d\tau$$

$$= a_i c_i$$

ここで、 $c_i = \int_0^{t_{mi}} g_i(\tau) h_i(t_{mi} - \tau) d\tau$

● 加速度応答スペクトル



- ・ 補正波による応答 $S_i(T_i)$ が応答スペクトルの差 ($\Delta S(T_i)$) と等しくなるように設定
 - ・ c_i を計算し、下式により a_i を算定 【図-4.2②】

$$S_i(T_i) = \Delta S(T_i)$$

$$a_i c_i = \Delta S(T_i)$$

- ・ a_i から補正波 $\ddot{y}_i(t)$ を計算 【図-4.2③】
 - ・ 模擬地震波に補正波 $\ddot{y}_i(t)$ を付加 【図-4.2④】

(b) 1つの周期 T_i に対応した補正波を作成する場合 (図-4.2②③④)

図-4.3(1) 補正波を用いた模擬地震波の補正方法の概要 (その1)

○ 2つの周期 T_i 、 T_j に対応した補正波を作成する場合

補正波 $\ddot{y}_{ij}(t)$ (インパルス応答関数の線形結合)

$$\ddot{y}_{ij}(t) = a_i g_i(t) + a_j g_j(t)$$

$$g_i(t) = h_i(t_{mi} - t)$$

$$g_j(t) = h_j(t_{mj} - t)$$

※ a_i 、 a_j は未知数、 $g_i(t)$ 、 $g_j(t)$ は図-4.3(1)と同様に設定

補正波による周期 T_i, T_j の応答値 $S_{ij}(T_i), S_{ij}(T_j)$

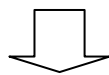
$$S_{ij}(T_i) = \int_0^{t_{mi}} \ddot{y}_{ij}(\tau) h_i(t_{mi} - \tau) d\tau = a_i c_{ii} + a_j c_{ji}$$

ここで、 $c_{ii} = \int_0^{t_{mi}} g_i(\tau) h_i(t_{mi} - \tau) d\tau$ 、 $c_{ji} = \int_0^{t_{mi}} g_j(\tau) h_i(t_{mi} - \tau) d\tau$

$$S_{ij}(T_j) = \int_0^{t_{mj}} \ddot{y}_{ij}(\tau) h_j(t_{mj} - \tau) d\tau = a_i c_{ij} + a_j c_{jj}$$

ここで、 $c_{jj} = \int_0^{t_{mj}} g_j(\tau) h_j(t_{mj} - \tau) d\tau$ 、 $c_{ij} = \int_0^{t_{mj}} g_i(\tau) h_j(t_{mj} - \tau) d\tau$

- 補正波による応答が応答スペクトルの差と等しくなるよう設定
- $c_{ii}, c_{ij}, c_{ji}, c_{jj}$ を計算し、下式から a_i 、 a_j を算定【図-4.2②】



$$S_{ij}(T_i) = \Delta S(T_i) = a_i c_{ii} + a_j c_{ji}$$

$$S_{ij}(T_j) = \Delta S(T_j) = a_i c_{ij} + a_j c_{jj}$$

- 補正波 $\ddot{y}_{ij}(t)$ を計算 【図-4.2③】
- 模擬地震波に補正波 $\ddot{y}_{ij}(t)$ を付加【図-4.2④】

○ 複数の周期、減衰定数に対応した補正波を作成する場合

- 上記と同様な手順により補正波を算定して模擬地震波を補正する。
- 例えば、計算周期が 300 点、2つの減衰定数（5%、1%）に対応した補正波は、600（300×2）のインパルス応答関数の線形結合となる。
- このような補正を繰り返すことにより、2つの減衰定数（5%、1%）の目標とする応答スペクトルに適合した模擬地震波を作成する。

図-4.3(2) 補正波を用いた模擬地震波の補正方法の概要（その2）

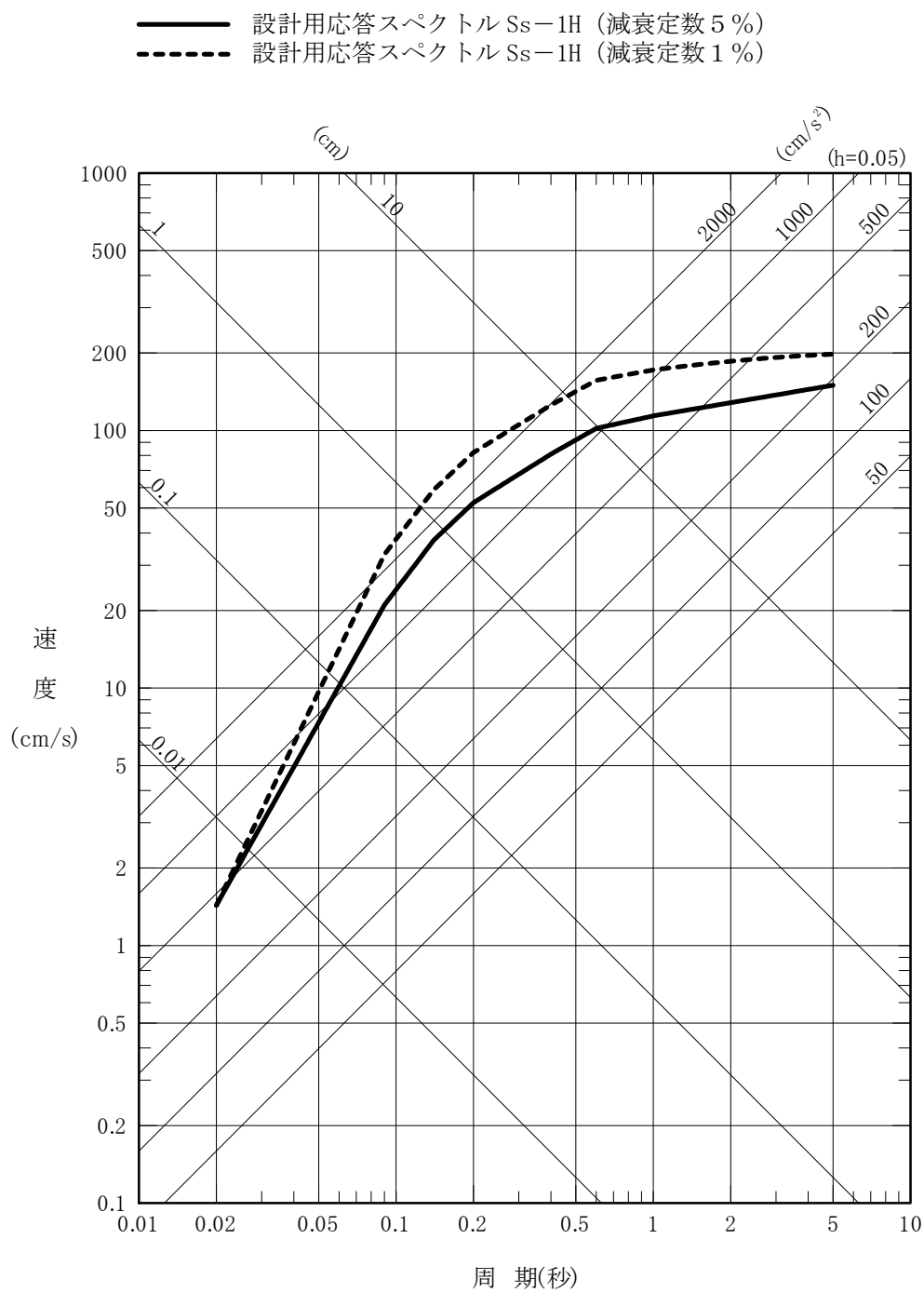


図-4.4 「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動 S_s-1 」の水平方向の設計用応答スペクトル S_s-1H

- 設計用応答スペクトル S_s-1H (減衰定数 5%)
- 設計用応答スペクトル S_s-1H (減衰定数 1%)
- 設計用模擬地震波の応答スペクトル (減衰定数 5%)
- 設計用模擬地震波の応答スペクトル (減衰定数 1%)

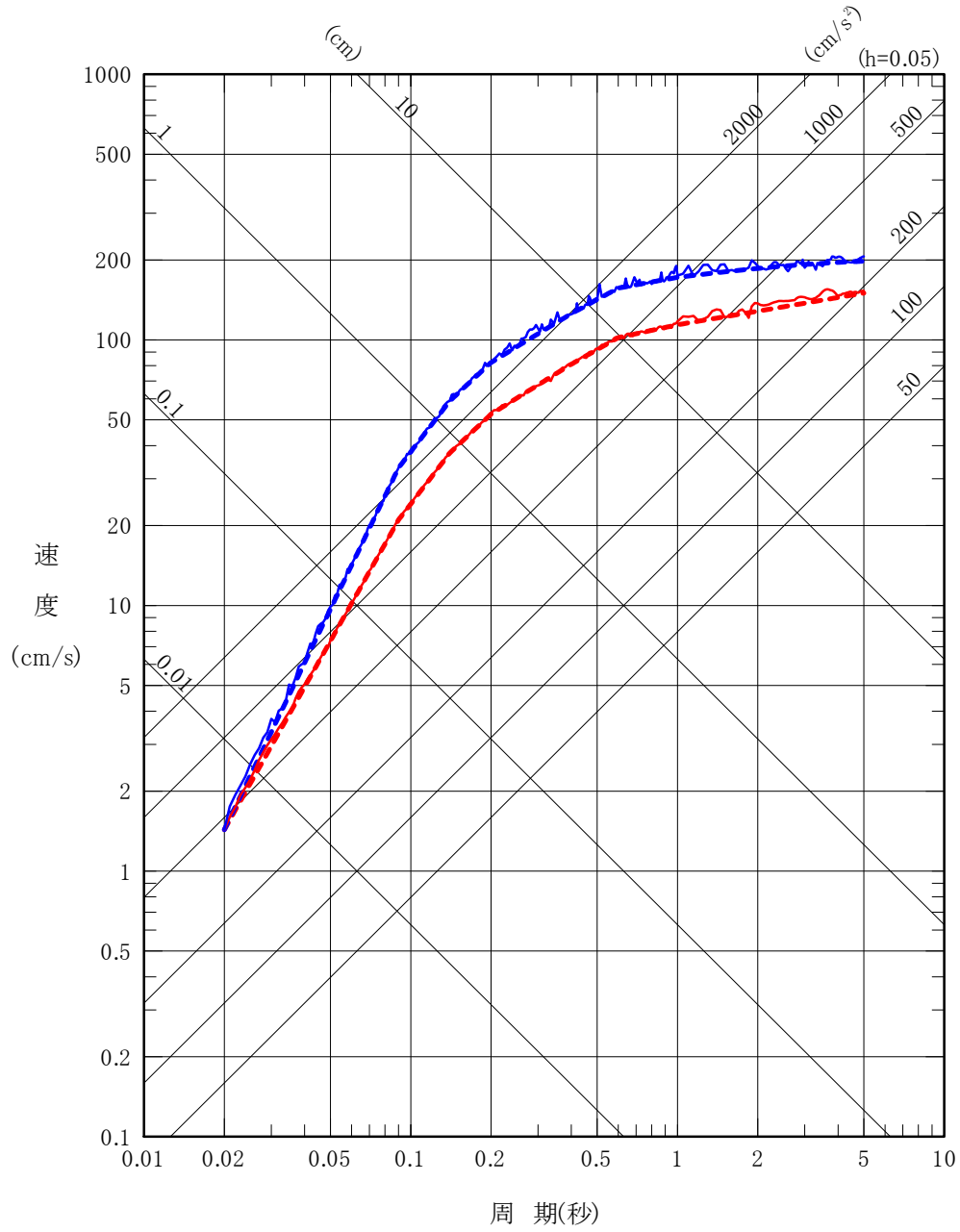
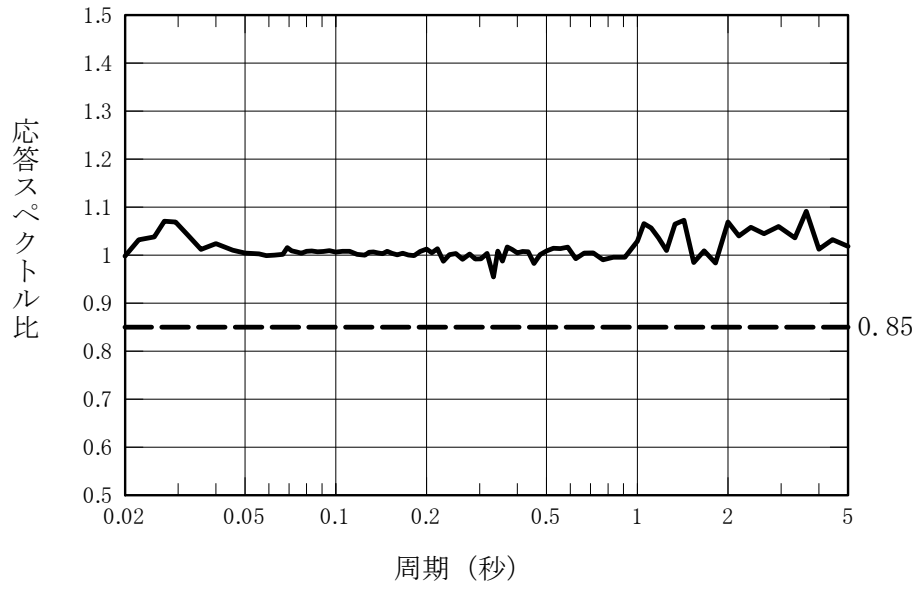
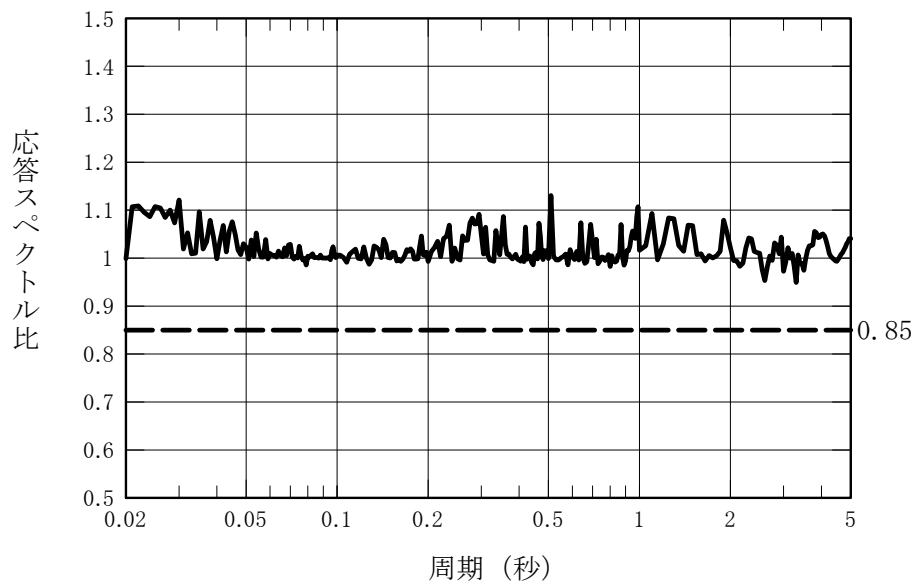


図-4.5(1) 設計用模擬地震波 S_s-1H の応答スペクトルと設計用応答スペクトル S_s-1H の比較

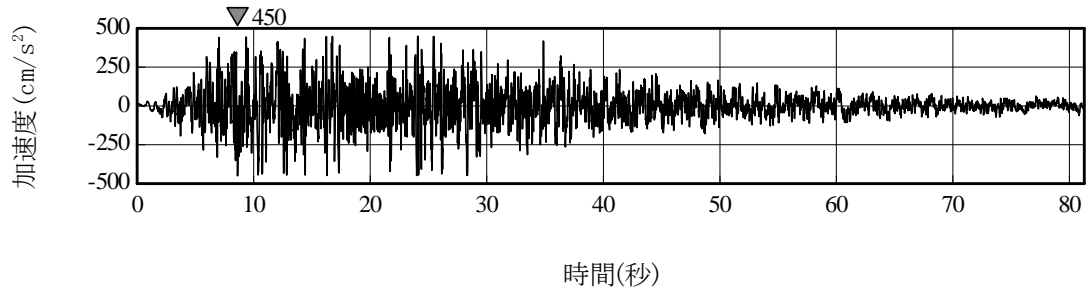


(a) 減衰定数 5 %

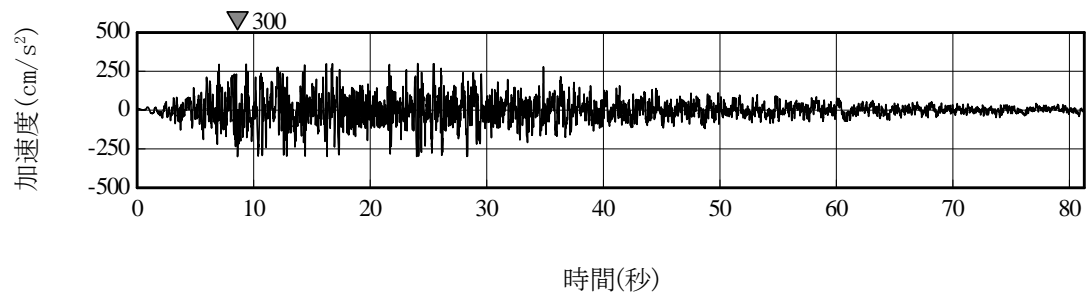


(b) 減衰定数 1 %

図-4.5(2) 設計用模擬地震波 Ss-1H の設計用応答スペクトルに対する
応答スペクトル比



(a) Ss-1H (水平方向)



(b) Ss-1V (鉛直方向)

図-4.6 設計用模擬地震波 Ss-1H、Ss-1V の時刻歴波形

5. 新潟県中越沖地震を踏まえた地震応答解析モデルの妥当性確認における評価条件、評価結果

○コメント内容

3号機に係る建物・構築物の評価条件、評価結果等（下記）について、5号機と同様の確認を行うために必要な情報を網羅するとともに、見やすさにも配慮して表示すること。（なお、②については、④、⑤にも含まれる。）

- ① 地盤の地震応答解析モデルの G/G_0 - γ 関係、 h - γ 関係
- ② 地盤ばねの減衰係数の算定時に参照している一次固有振動数の算定条件
- ③ 屋根トラスの構造や部材の差異と、それによる鉛直方向の地震応答解析モデルの差異
- ④ 地震応答解析モデルのパラメータスタディにおける評価条件及び評価結果
- ⑤ 新潟県中越沖地震を踏まえた地震応答解析モデルの妥当性確認における評価条件、評価結果
- ⑥ シミュレーション解析による入力地震動評価法の検証における解析条件
- ⑦ 弾性設計用地震動 S_d の設計用応答スペクトルと基準地震動 S_s の設計用応答スペクトル、超過確率別スペクトル等との関係

（平成22年6月17日 耐震・構造設計小委員会構造WG Aサブグループ会合（第25回））

○ 回答

上記下線部については構造 A26-2-3（構造 A25-2-3 改）にて回答する。