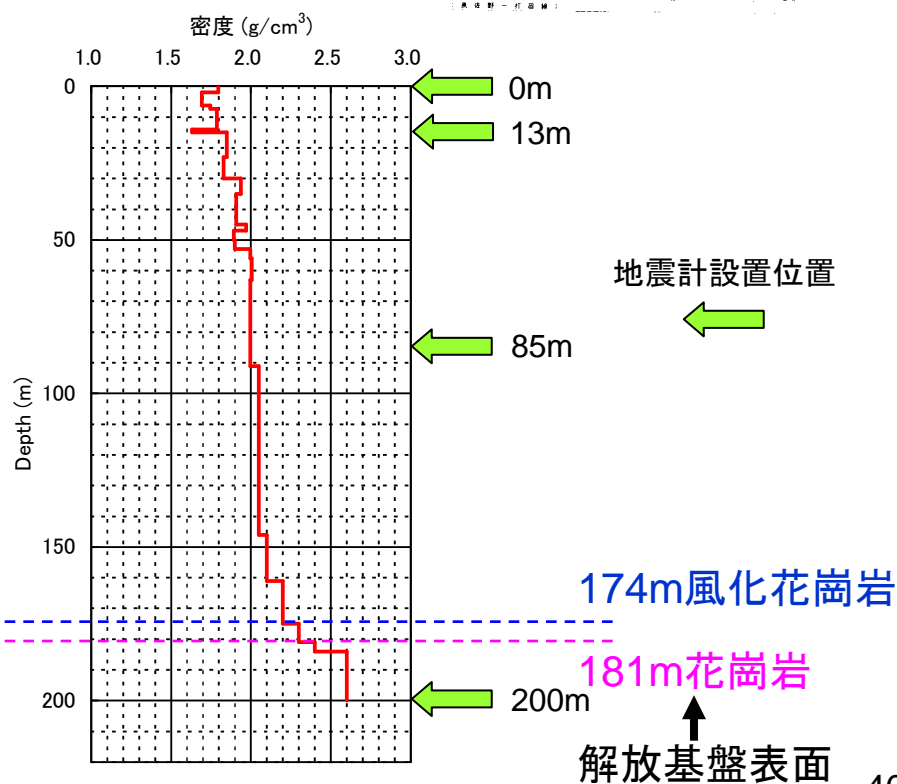
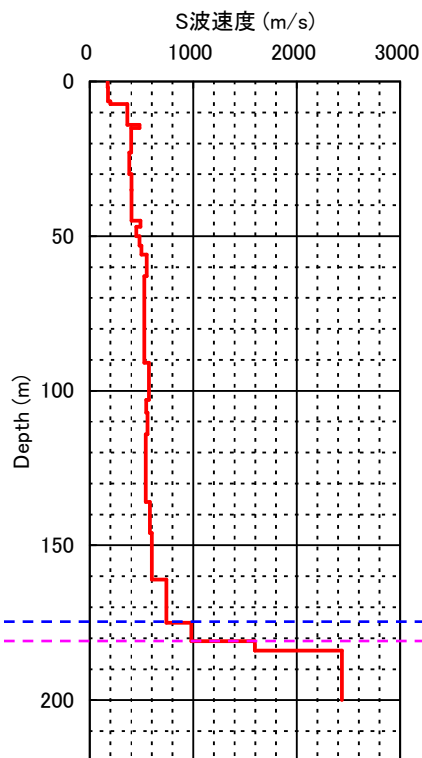
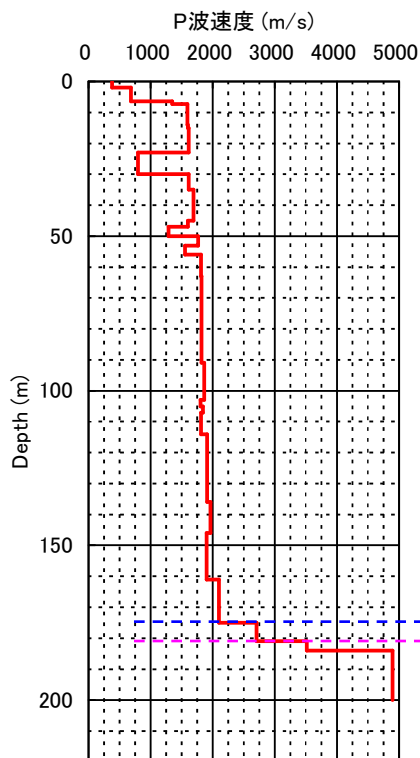
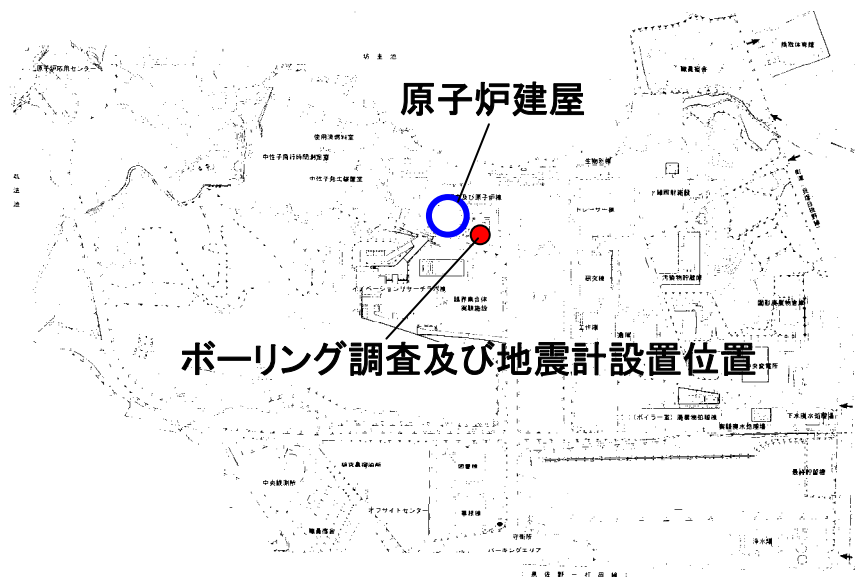


原子炉建屋基礎盤への入力地震動評価

原子炉建屋直下の地盤構造と地震観測位置



KUR直下の地下構造モデル

層番号	層厚 (m)	深さ (m)	P波速度 (m/s)	S波速度 (m/s)	密度 (g/cm ³)	Layer Name
1	2	0	380	170	1.80	U1
2	5	2	680	177	1.69	U2
3	0.3	7	1350	200	1.75	U3
4	6.7	7.3	1593	363	1.79	Oc1
5	1	14	1600	480	1.63	Os1
6	8	15	1615	400	1.85	Oc2
7	7	23	1140	381	1.83	Os2-1
8	5	30	1140	402	1.94	Os2-2
9	10	35	1689	405	1.91	Oc3
10	2	45	1605	490	1.97	Os3
11	3	47	1293	450	1.89	Oc4
12	3	50	1767	480	1.90	Os4
13	3	53	1553	497	2.00	Oc5
14	7	56	1816	550	2.00	Os5
15	28	63	1820	525	2.00	Oc6
16	12	91	1862	573	1.97	Os6
17	2	103	1805	545	2.00	Oc7
18	2	105	1845	545	2.01	Os7
19	7	107	1816	559	1.99	Oc8
20	22	114	1915	540	1.99	Os8-1
21	10	136	1962	579	2.04	Os8-2
22	15	146	1903	597	1.95	Oc9
23	14	161	2105	739	2.06	Os9
24	6	175	2708	982	2.19	R1
25	3	181	3517	1597	2.41	R2
26	-	184	4898	2436	2.49	R3

← KUR基礎設置層

← 風化花崗岩

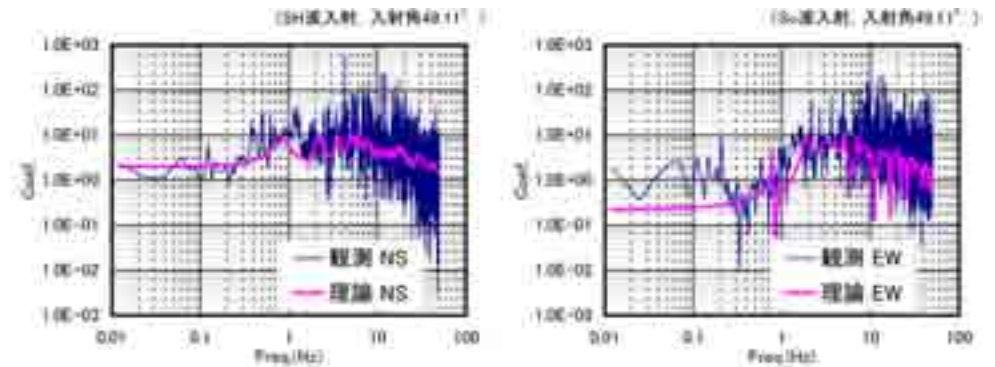
← 花崗岩(開放基盤に設定)

U: 埋め戻し土 Oc:粘土層 Os:砂礫層 R: 花崗岩

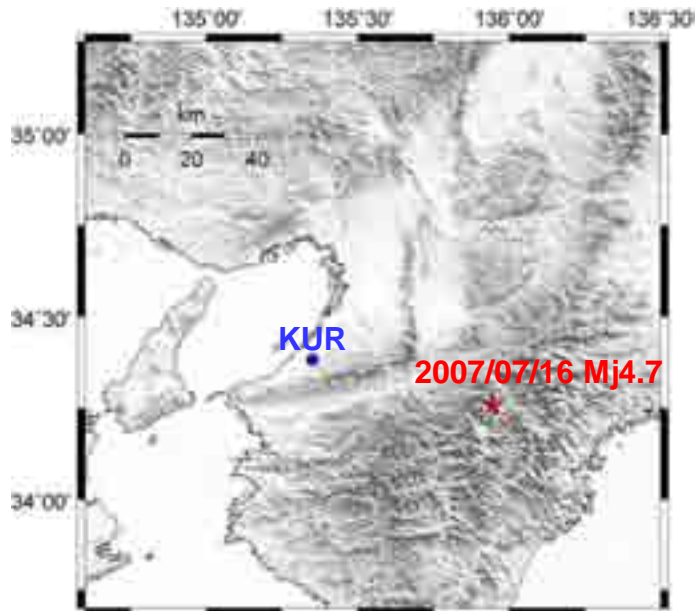
観測記録のシミュレーションによる地下構造モデルの検証

検証方法

- (1) 地下200mから地表までの地震動の増幅特性の評価
- (2) 地下200mの観測記録を入力とした地表地震動のシミュレーション結果と観測波形の比較

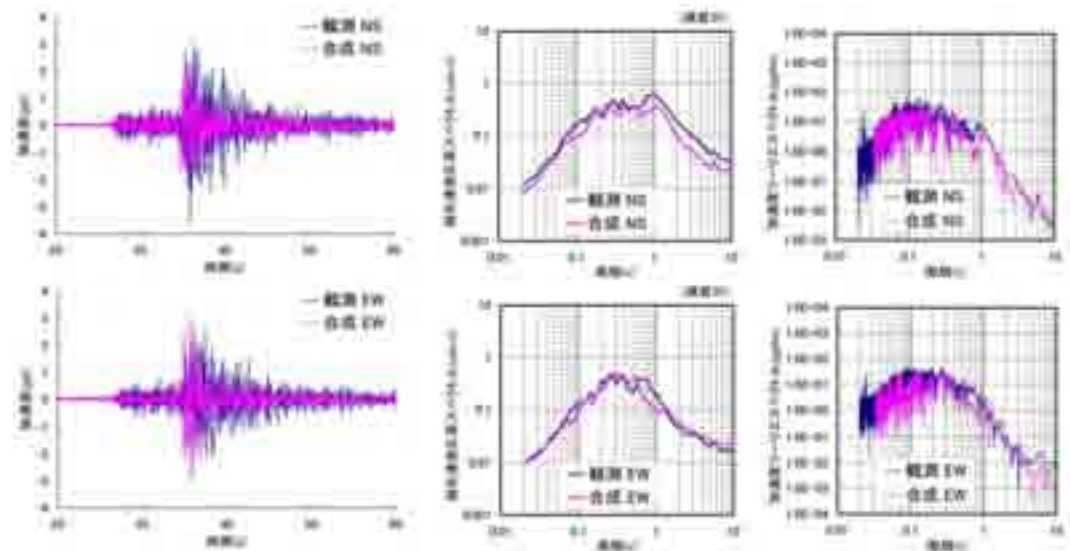


(1) 地下200mから地表までの地震動の伝達関数



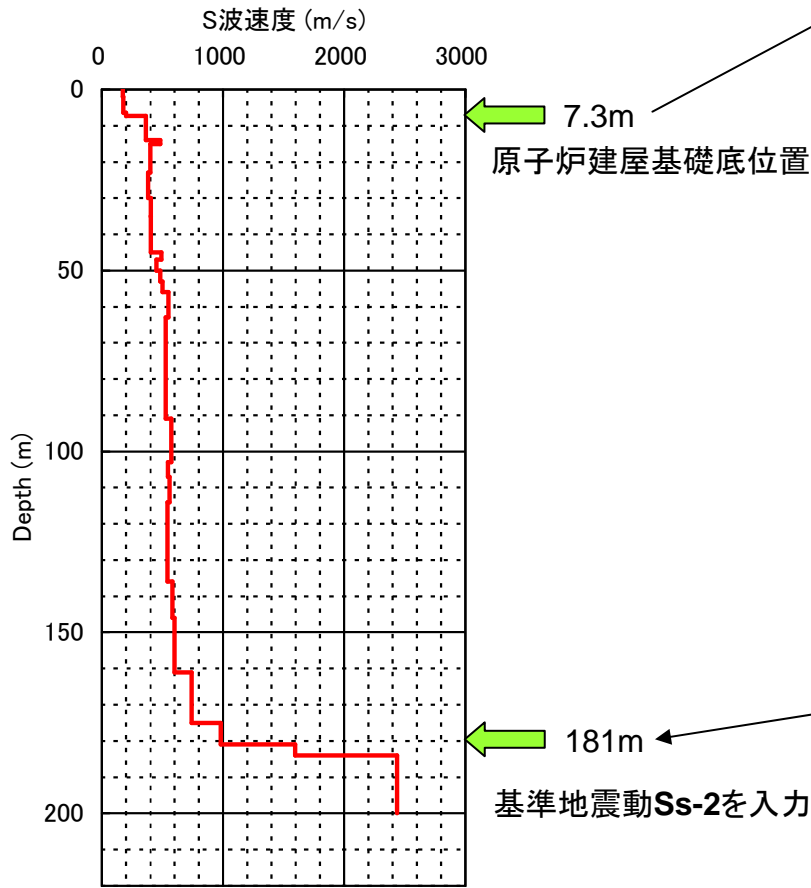
KUR及び震央位置

震源位置: 北緯34.260, 東経135.947, 深さ49km

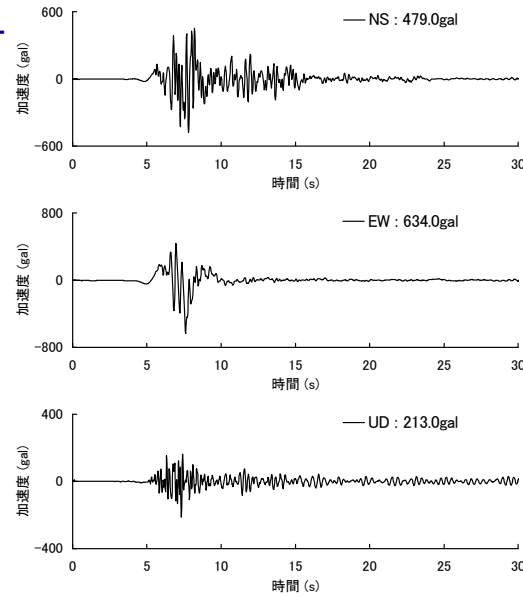


(2) 地下200mの観測記録を入力とした地表地震動のシミュレーション結果と観測波形の比較

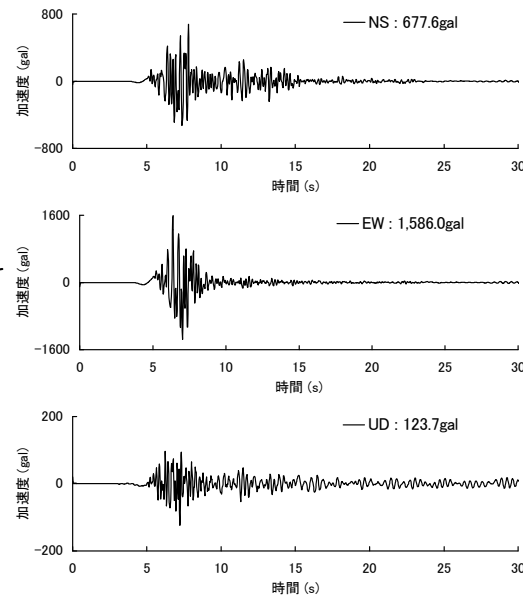
入力地震動 -Ss-2による入力地震動-



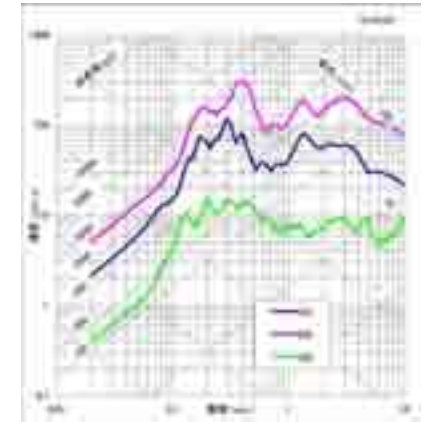
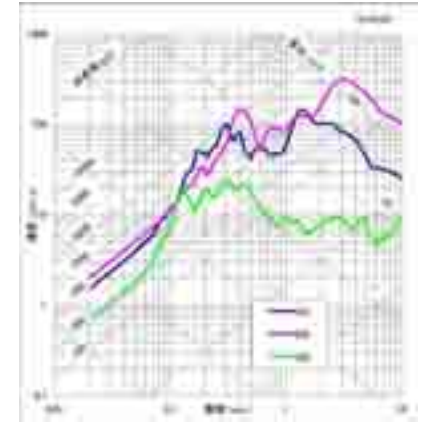
原子炉建屋直下のS波速度



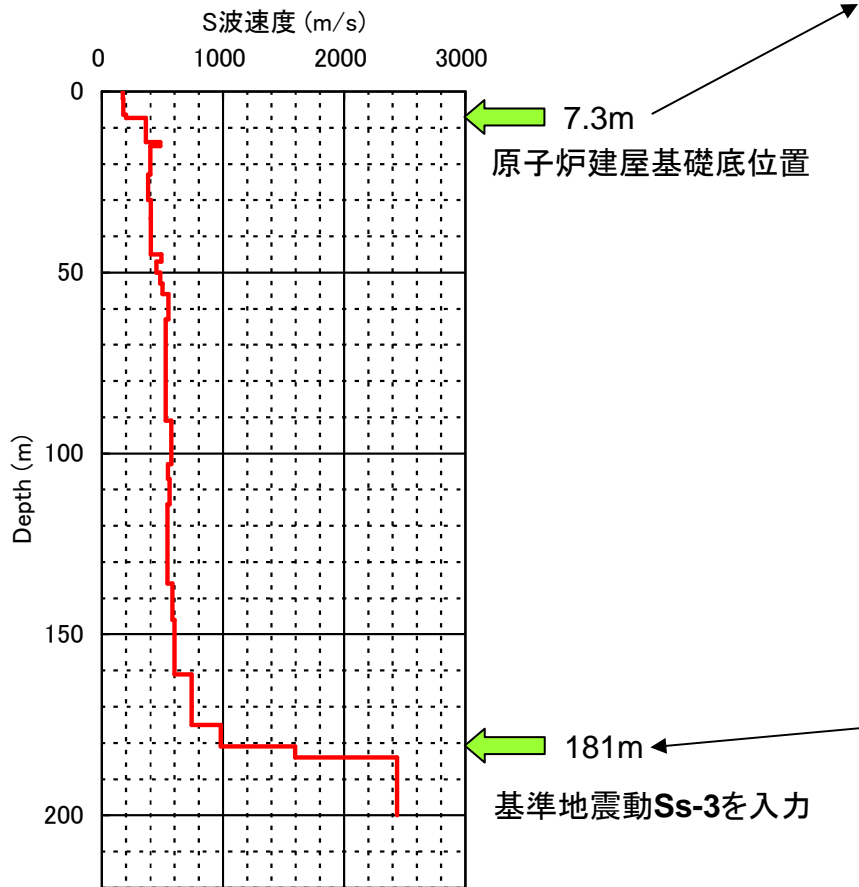
原子炉建屋基礎底位置における地震動



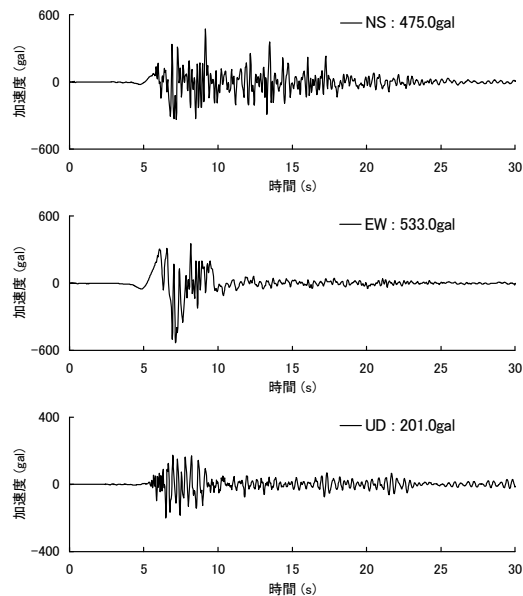
基準地震動Ss-2



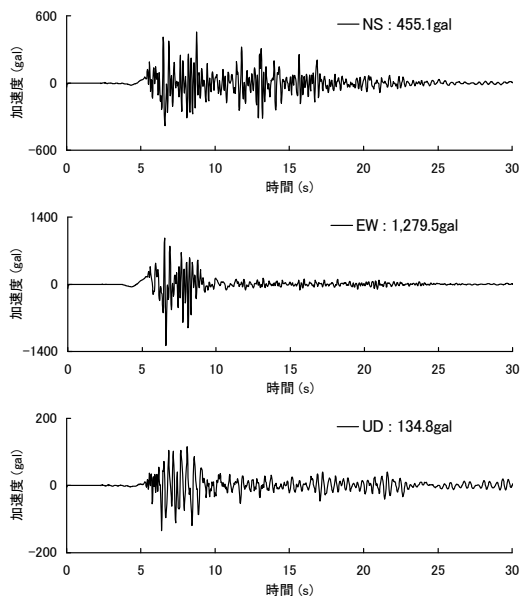
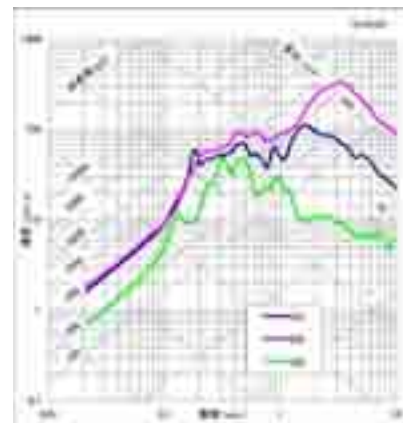
入力地震動 -Ss-3による入力地震動-



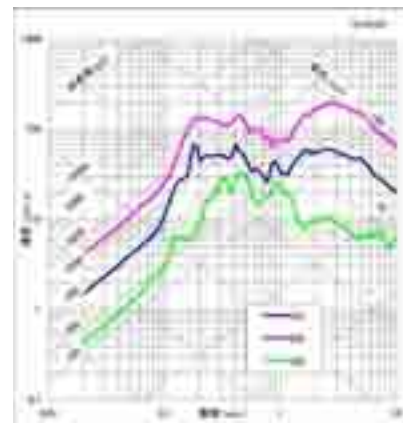
原子炉建屋直下のS波速度



原子炉建屋基礎底位置における地震動

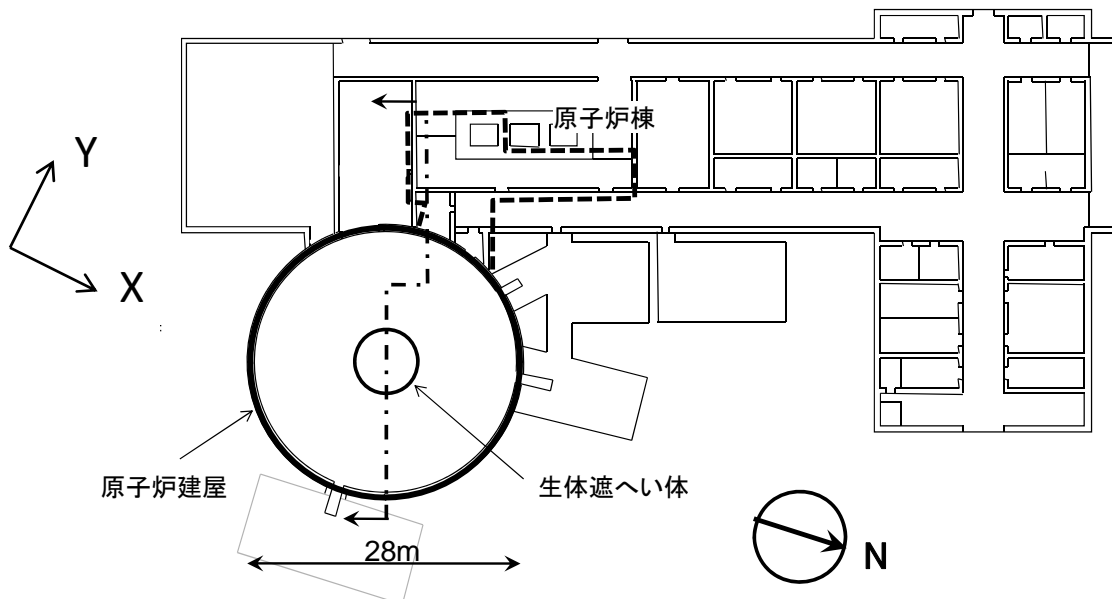


基準地震動Ss-3



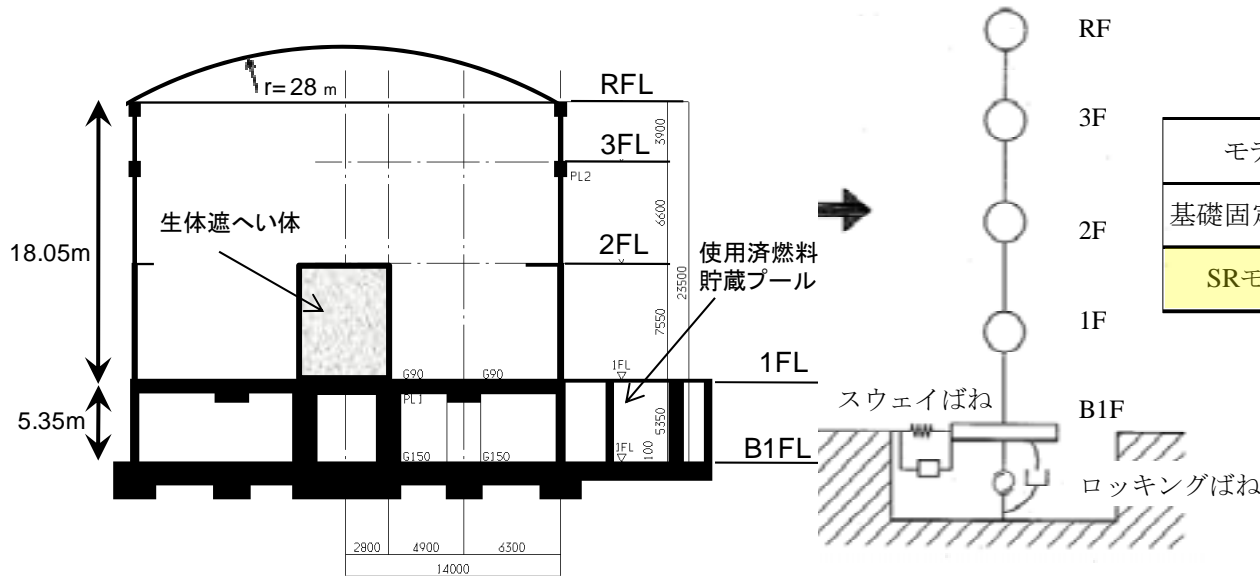
5. 建物・構築物の耐震安全性評価

—原子炉建屋に関する評価—



原子炉建屋地階と原子炉棟の使用済燃料貯蔵プールは基礎でつながっている。一方、上部構造において建屋と原子炉棟は伸縮継ぎ手により分離している。従って、建屋の地震応答解析モデルとしては、建屋と使用済燃料貯蔵プールを一体として扱い、原子炉棟に作用する地震荷重は、使用済燃料貯蔵プールの基礎を介して、建屋基礎へ付加させる。地盤・基礎系はSRモデルとして扱う。

原子炉建屋及び原子炉棟の1階平面図

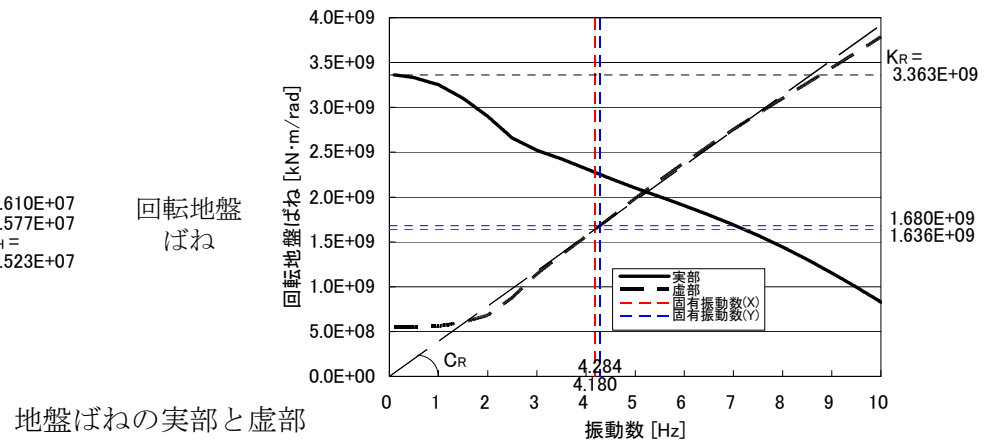
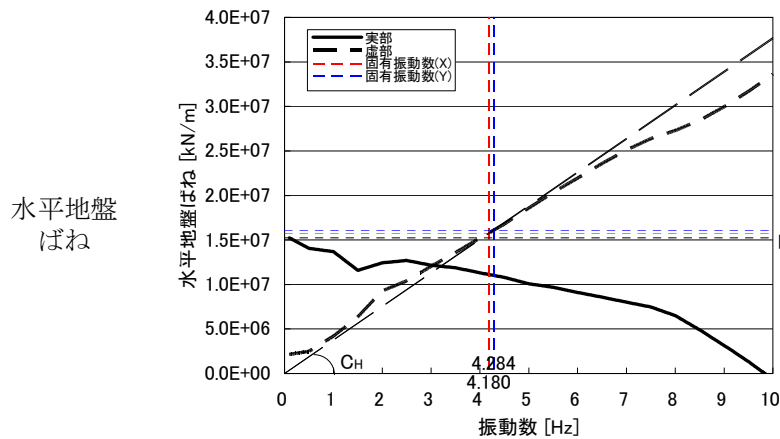
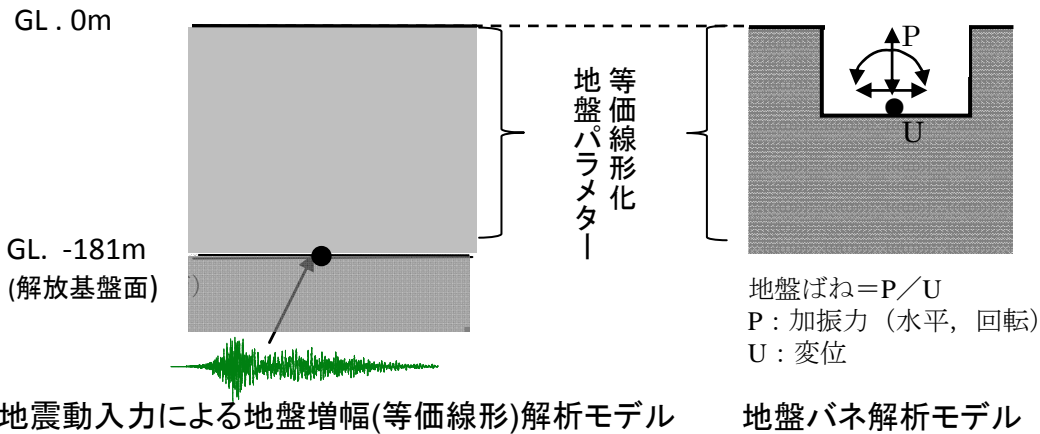


建屋固有周期

モデル	方向	1次 (s) T1	2次 (s) T2
基礎固定モデル	X	0.139 (7.205)	0.064
	Y	0.117 (8.524)	0.052
SRモデル	X	0.239 (4.180)	0.147
	Y	0.233 (4.284)	0.140

() 内は固有振動数 (Hz)

原子炉建屋断面図とSRモデル



地盤ばねの実部と虚部

動的地盤ばね(複素ばね)は埋め込みを考慮し、容積法により求めた。この時の地盤モデルには、地震基盤で定義された基準地震動 S_s による表層地盤の増幅特性(等価線形)の計算に用いたパラメータを用いた。

SRモデルの地盤ばねの定数

CASE-2	X方向	Y方向
水平地盤ばね定数 K_H (kN/m)	$1.52E+07$	$1.52E+07$
水平地盤減衰係数 C_H (kN·s/m)	$6.01E+05$ (39%)	$5.98E+05$ (40%)
回転地盤ばね定数 K_R (kN·m/rad)	$3.36E+09$	$3.36E+09$
回転地盤減衰係数 C_R (kN·m·s/rad)	$6.23E+07$ (22%)	$6.24E+07$ (23%)

() 内は等価減衰定数。

建屋-地盤相互作用系における地盤バネの評価

基準地震動Ssによる応答の最大値

基準地震動		Ss-2 NS		Ss-2 EW		Ss-3 NS		Ss-3 EW	
種類	階	X方向	Y方向	X方向	Y方向	X方向	Y方向	X方向	Y方向
答最大 加大 速応 [cm/s ²]	RFL	1,416.4	1,230.0	993.0	916.9	1,324.0	1,076.2	1,356.1	1,160.9
	3FL	1,352.6	1,118.9	972.1	888.5	1,189.0	1,019.6	1,217.7	1,086.6
	2FL	1,234.5	908.0	862.6	821.9	1,094.7	834.1	1,261.6	970.5
	1FL	727.6	717.5	698.3	702.5	560.4	604.7	744.8	735.2
	B1FL	592.3	628.9	686.9	687.7	480.1	525.3	634.0	660.0
変層 角形間 [rad]	3F	1/5047	1/6549	1/7677	1/9784	1/5421	1/7877	1/5292	1/7130
	2F	1/2115	1/3595	1/3503	1/5102	1/2563	1/4271	1/2477	1/3851
	1F	1/1010	1/2696	1/1888	1/3557	1/1224	1/3061	1/1063	1/2753
	B1F	1/2908	1/7579	1/3944	1/8144	1/4342	1/8732	1/2765	1/7364
層せん 断力 [kN]	3F	8,286	7,350	5,958	5,479	7,817	6,439	7,971	6,910
	2F	14,543	13,017	10,946	9,983	13,648	11,391	13,796	12,335
	1F	20,553	18,373	15,872	14,757	19,263	16,678	20,184	18,133
	B1F	62,276	59,182	55,128	55,075	51,422	51,369	63,334	60,905

■ は最大応答値を示す

最大応答層せん断力と確認保有水平耐力

※B1F-1F間の層せん断力には上記表(建屋の応答)に原子炉棟基礎に生じる水平荷重(X:1708kN, Y:1696kN)を付加している。

階	X方向			Y方向		
	最大応答 層せん断力 Q _{max} (kN)	確認保有 水平耐力 Q _r (kN)	Q _u /Q _{max}	最大応答 層せん断力 Q _{max} (kN)	確認保有 水平耐力 Q _r (kN)	Q _u /Q _{max}
RFL						
3F	8,286	> 19,212 [*]	> 1.6	7,960	> 14,711 [*]	> 2.0
2F	14,543	22,483	1.54	13,017	25,609	1.97
1F	20,553	26,612	1.29	18,373	31,302	1.70
B1F	62,042	100,489	1.64	62,601	81,544	1.30

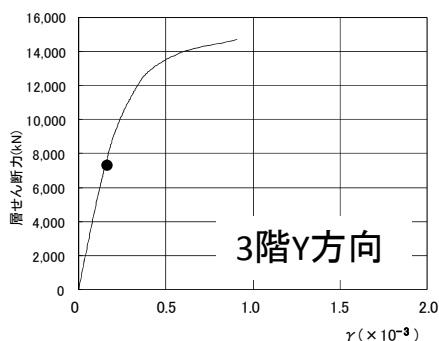
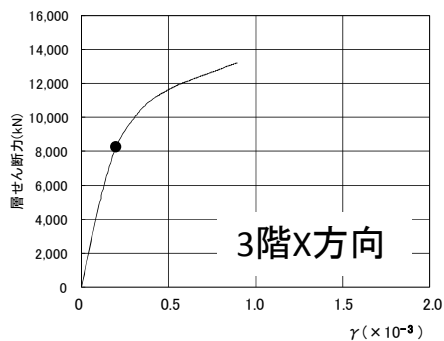
各階に生ずる最大層せん断力は保有水平耐力以下となっている。

* 3階の保有水平耐力については、3階より下層階の壁が先にせん断耐力に達したため、漸増弾塑性解析の最終ステップの水平力の値を記載している。

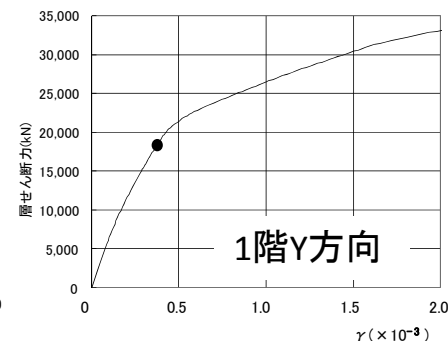
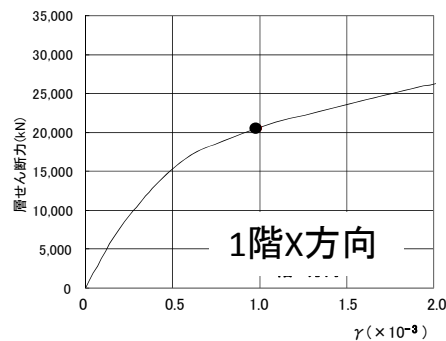
建物・構築物の耐震安全性評価

原子炉建屋安全性評価結果

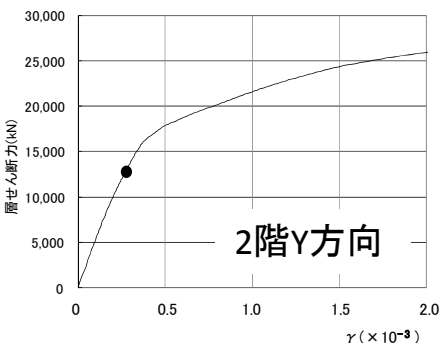
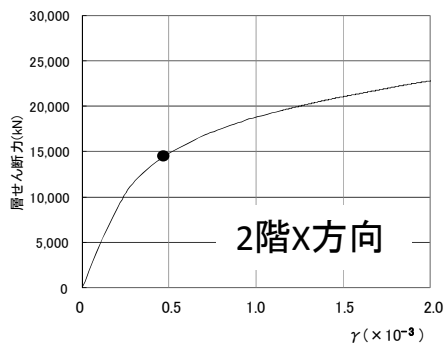
各階に生ずる最大せん断ひずみ(●印)は評価基準値である 2.0×10^{-3} を超えないことを確認



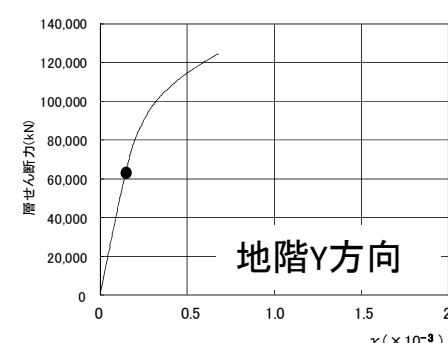
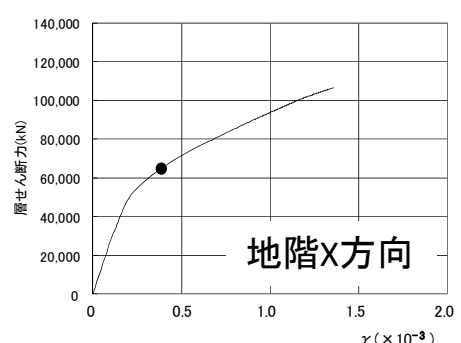
層せん断力とせん断ひずみの関係(3階)



同 (1階)



同 (2階)

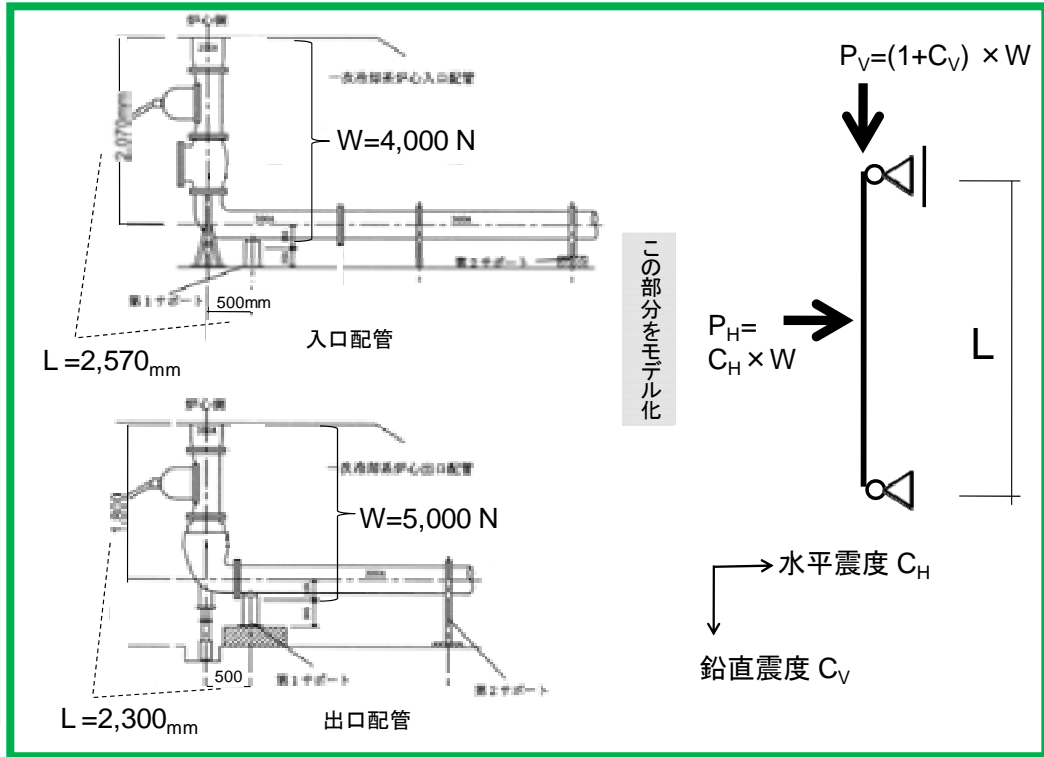
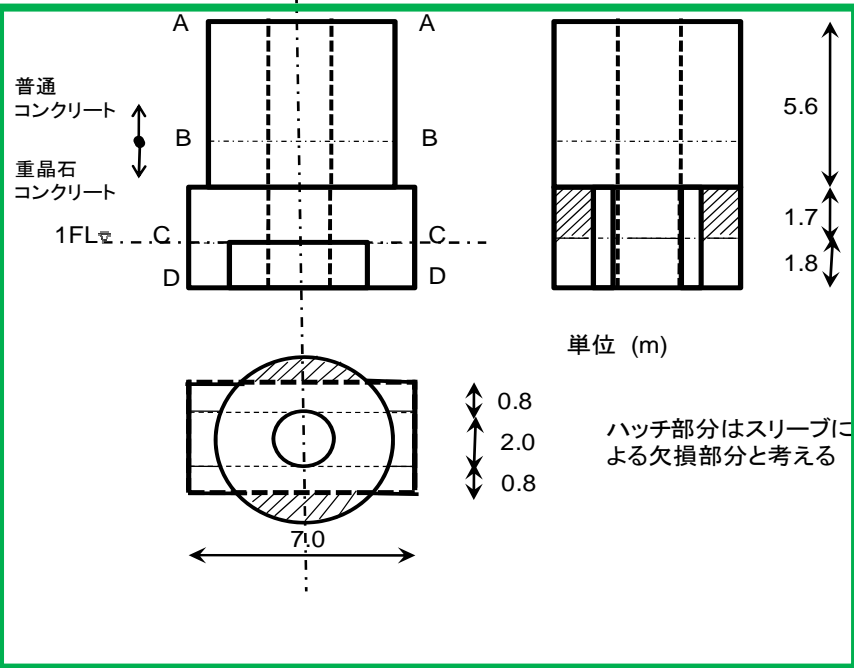


同 (地下階)

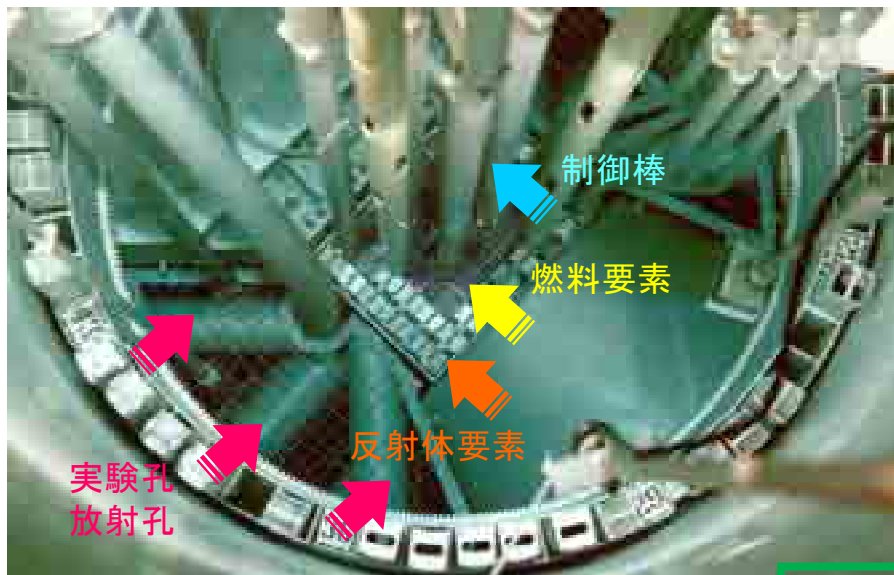
6. 機器・配管系の耐震安全性評価



生体遮へい体は、1質点系モデルに置換し、建屋1階床応答波形入力による最大応答加速度を求め、これら値から水平及び鉛直震度を用いて応力度の検討を行った。
 炉心直下の1次配管は、単純梁としてモデル化し、建屋1階床最大応答加速度から、水平及び鉛直震度を用いて応力度の検討を行った。

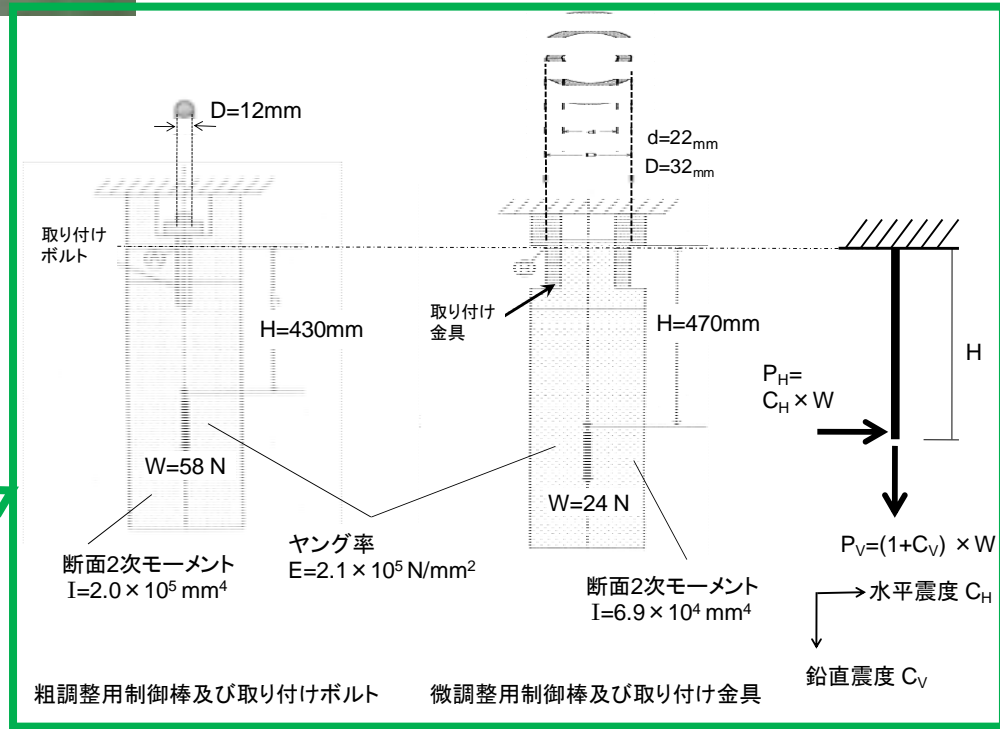
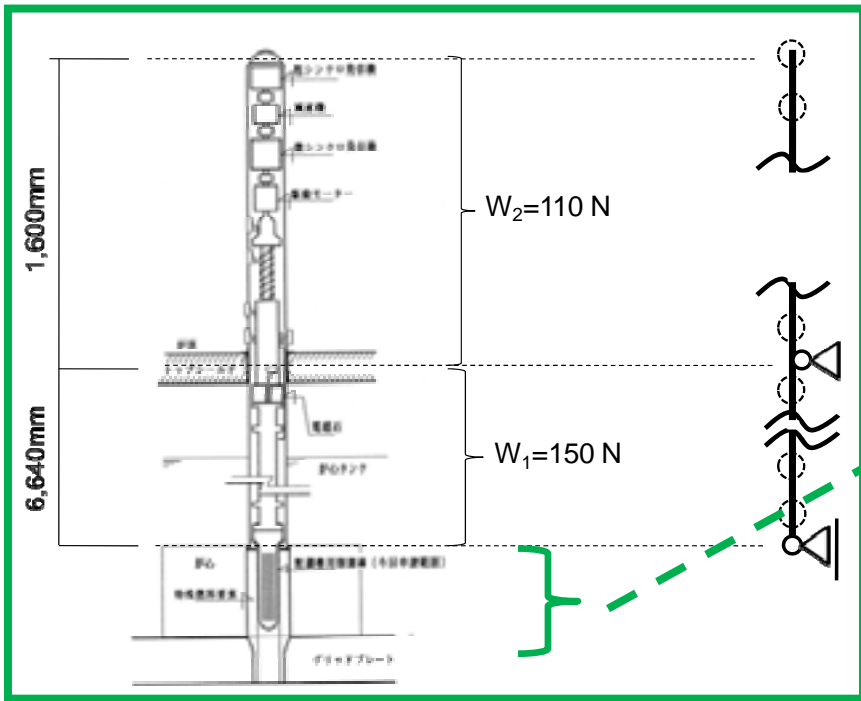


生体遮へい体(左側)と炉心直下の1次冷却系配管(右側)



制御棒駆動装置は、単純支持された分布質点系としてモデル化を行い、1階床応答波形入力による最大応答加速度を求め、これら値から水平及び鉛直震度を用いて応力度の検討を行った。

制御棒(先端部)は片持梁としてモデル化し、建屋1階床最大応答加速度から、水平及び鉛直震度を用いて応力度の検討を行った。



制御棒駆動装置(案内管)(左側)及び制御棒(右側)

安全上重要な機器・配管系の耐震安全性評価

評価結果

発生値は評価基準値以下となっており、耐震安全性が確保されていることを確認した。

区分	評価設備・機器	応力度の種類		発生値(N/mm ²)	評価基準値 (N/mm ²)	評価
閉じ込める	生体遮へい体 ^{*1}	垂直	圧縮	1.6	14.0	○
			引張	1.0	1.4	○
		せん断		0.4	1.0	○
止める	制御棒・制御棒駆動装置	粗調整用制御棒 ^{*2}	垂直	113.0	137.2	○
			せん断	0.5	79.3	○
		微調整用制御棒 ^{*3}	垂直	3.5	42.1	○
			せん断	0.1	24.5	○
		制御棒駆動装置 ^{*4}	垂直	44.0	54.8	○
			せん断	1.8	31.3	○
冷やす	一次冷却系配管(炉心直下)	入口配管	垂直	5.7	126.4	○
			せん断	0.6	31.3	○
		出口配管	垂直	9.2	126.4	○
			せん断	1.0	31.3	○

*1 生体遮へい体基部の断面で検討, *2 制御棒取付ボルトで検討, *3 制御棒取付金具で検討, *4 案内管で検討

今後の予定

引き続き、研究用原子炉(KUR)の耐震安全性評価を実施し、実施計画書に従った最終報告を予定