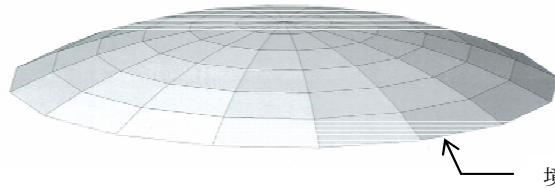


原子炉建屋 屋根版の水平地震応答解析モデル

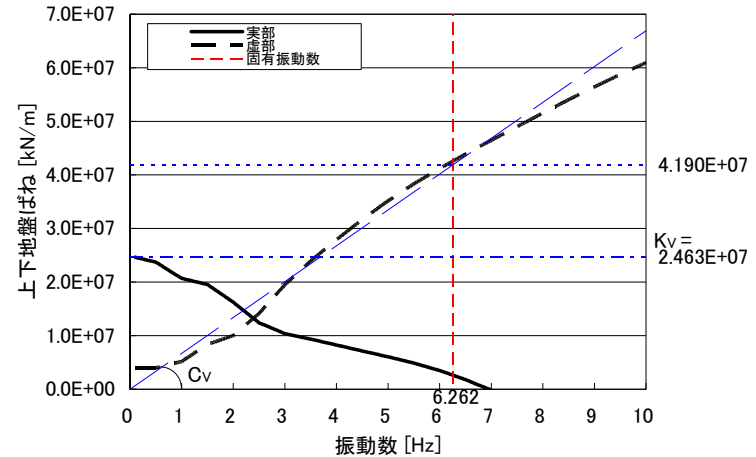
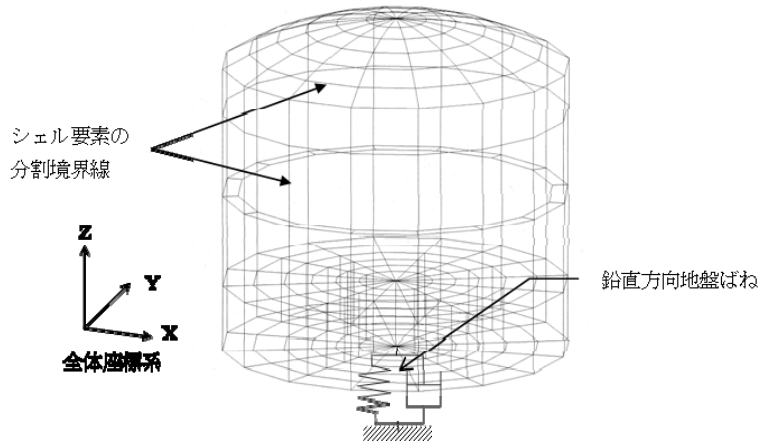


境界条件：周辺固定

原子炉建屋屋根版の水平方向地震応答解析モデル

屋根版は有限要素(板要素)を用い、建屋地震応答解析による最上階の応答波形を屋根版応答解析の入力とする。応答解析は弾性応答解析とする。

原子炉建屋 屋根版の上下地震応答解析モデル



原子炉建屋・屋根版の上下地震応答解析モデル

動的地盤ばねと地盤ばね定数、地盤減衰係数の関係

上下地震応答解析は屋根版、壁および基礎部分を一体とした有限要素モデルとし、弾性応答解析とする。地盤バネ算出はSRバネに準ずる。

原子炉建屋地盤バネのパラメター計算結果

SRモデルのバネ定数と減衰

CASE-H1	X方向	Y方向
水平地盤ばね定数 K_H (kN/m)	1.32E+07	1.32E+07
水平地盤減衰定数 C_H (kN·s/m)	6.22E+05 (42%)	6.21E+05 (42%)
回転地盤ばね定数 K_R (kN·m/rad)	2.76E+09	2.76E+09
回転地盤減衰定数 C_R (kN·m·s/rad)	6.14E+07 (25%)	6.14E+07 (25%)

上下モデルのバネ定数と減衰

	Z方向
上下地盤ばね定数 K_v (kN/m)	2.463E+07
上下地盤減衰定数 C_v (kN·s/m)	1.065E+06 (50%)

原子炉建屋の固有周期

原子炉建屋水平地震応答解析モデルの固有周期 ()内は固有振動数 (Hz)

参考値 →

モデル	方向	1次 (s)	2次 (s)	3次 (s)	4次 (s)
		T1	T2	T3	T4
基礎固定モデル	X	0.139 (7.205)	0.064	0.043	0.026
	Y	0.117 (8.524)	0.052	0.038	0.025
SRモデル	X	0.255 (3.918)	0.156	0.087	0.049
	Y	0.250 (4.001)	0.149	0.078	0.041

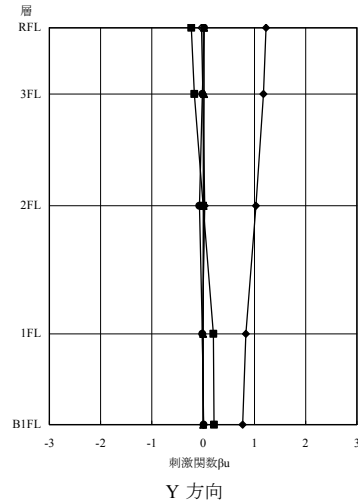
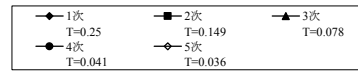
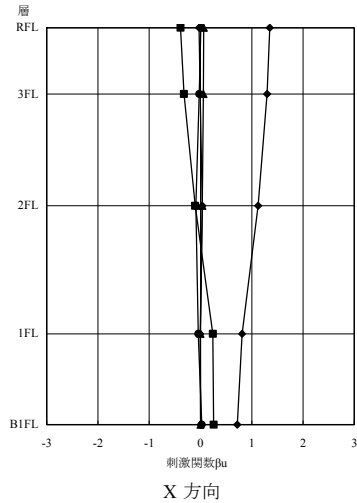
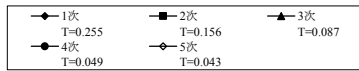
原子炉建屋 屋根版水平地震応答解析モデルの固有周期

1次	2次	3次	4次	5次	6次
T1(s)	T2(s)	T3(s)	T4(s)	T5(s)	T6(s)
0.086	0.084	0.083	0.083	0.083	0.083

原子炉建屋 上下地震応答解析モデルの固有周期

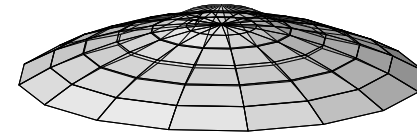
1次(s)	2次(s)	3次(s)	4次(s)
0.1597	0.1115	0.0994	0.0985

原子炉建屋・屋根版の刺激関数と固有モード形状

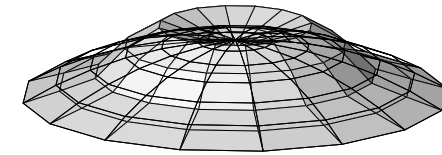


建屋水平動用地震応答解析モデルの刺激関数 (SRモデル)

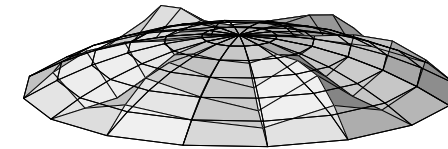
1次



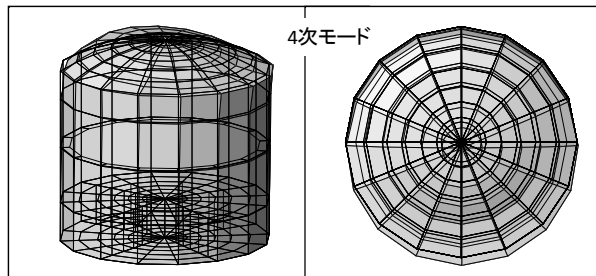
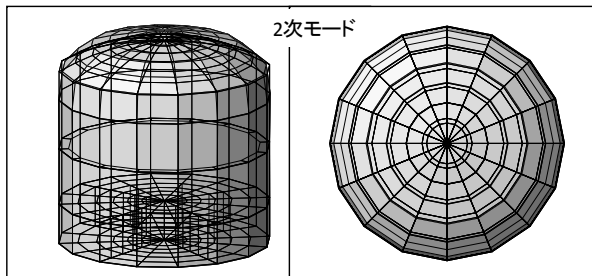
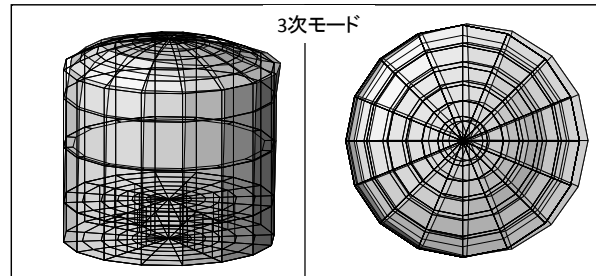
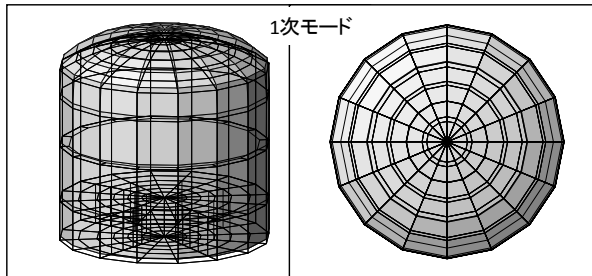
2次



3次



屋根版水平動用地震応答解析モデルのモード形状



上下動地震応答用建屋屋根版一体モデルのモード形状

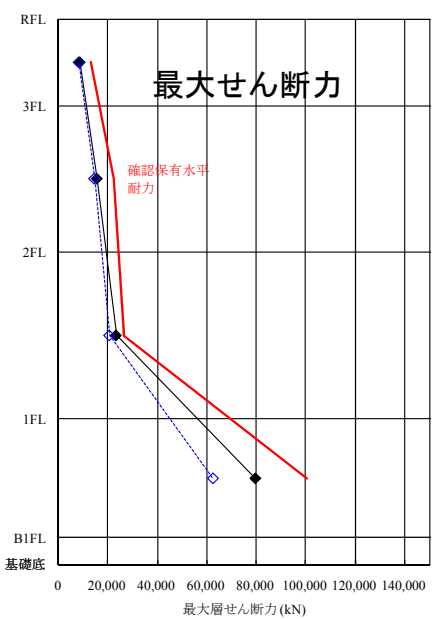
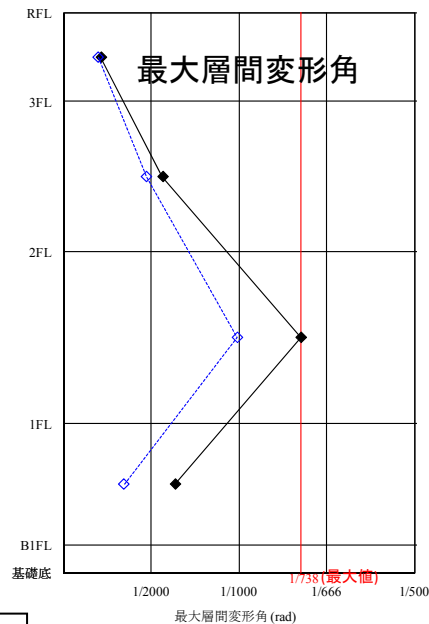
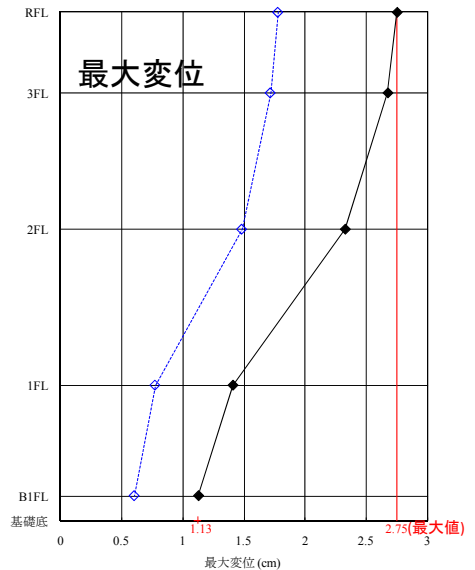
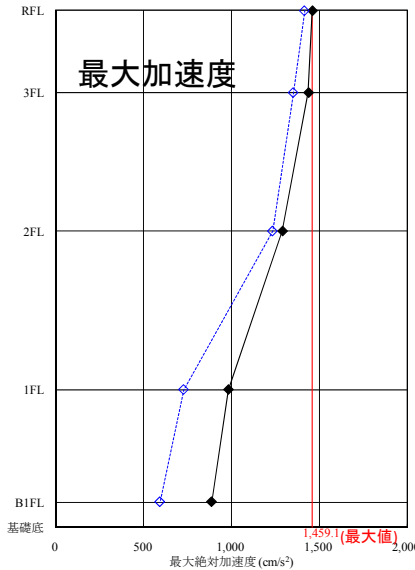
3. 原子炉建屋の地震応答解析結果と評価

原子炉建屋の水平地震応答解析による各層最大応答値

各層最大応答値

地震波	位置	Ss-2_EW成分 (時刻歴非線形応答波)		Ss-2_NS成分 (等価線形応答波)	
		X方向	Y方向	X方向	Y方向
最大応答 加速度 [cm/s ²]	階	X方向	Y方向	X方向	Y方向
	RFL	1459	1268	1416	1230
	3FL	1437	1186	1353	1119
	2FL	1290	1171	1235	908
	1FL	983	921	728	718
	B1FL	887	864	592	629
最大変位 [cm]	階	X方向	Y方向	X方向	Y方向
	RFL	2.75	1.55	1.78	1.11
	3FL	2.68	1.50	1.72	1.06
	2FL	2.33	1.35	1.49	0.90
	1FL	1.41	1.15	0.78	0.66
	B1FL	1.13	1.07	0.61	0.61
層間変位 [cm]	階	X方向	Y方向	X方向	Y方向
	3F	0.08	0.06	0.08	0.06
	2F	0.37	0.19	0.31	0.18
	1F	1.02	0.32	0.75	0.28
	B1F	0.34	0.10	0.18	0.07
	基礎底				
層間変形 角[rad]	階	X方向	Y方向	X方向	Y方向
	3F	1/4678	1/6351	1/5047	1/6549
	2F	1/1768	1/3520	1/2115	1/3595
	1F	1/738	1/2371	1/1010	1/2696
	B1F	1/1572	1/5549	1/2908	1/7579
	基礎底				
層せん断力 [kN]	階	X方向	Y方向	X方向	Y方向
	3F	8,651	7,518	8,286	7,350
	2F	15,550	13,234	14,543	13,017
	1F	23,272	19,950	20,553	18,373
	B1F	79,635	73,241	62,276	59,182
	基礎底				
層せん断力 係数	階	X方向	Y方向	X方向	Y方向
	3F	1.48	1.29	1.42	1.26
	2F	1.43	1.22	1.34	1.20
	1F	1.36	1.17	1.20	1.07
	B1F	1.07	0.99	0.84	0.80
	基礎底				
転倒モー メント [kN・m]	階	X方向	Y方向	X方向	Y方向
	3FL	33,738	29,319	32,314	28,663
	2FL	136,340	116,450	126,940	114,490
	1FL	311,870	262,770	280,330	253,180
	B1FL	731,720	654,340	595,320	550,880
	基礎底	835,246	749,553	676,279	627,817

は最大応答値を示す



X方向最大応答分布

(青破線はSs-2NS成分等価線形波, 黒実線はEW成分時刻歴非線形応答波)

応答解析はSs-2 EW波(時刻歴非線形)がX,Y両方向それぞれに入力
するとして行う。また、Ss-2 NS波(等価非線形)についても同様である。

原子炉建屋水平耐力の計算結果

確認保有水平耐力 Q_u と必要保有水平耐力 Q_{un} の計算結果

(X方向)

(Y方向)

階	高さ (m)	階高 (m)	構造特性係数 D_s	F_s	F_e	層せん断力 $Q_{ud}(kN)$	必要保有水平耐力 $Q_{un}(kN)$	確認保有水平耐力 $Q_u(kN)$	Q_u/Q_{un}
RF	18.1	3.900	0.55	1.00	1.00	9,491	7,830	13,212	1.69
3F	14.2	6.600	0.55	1.00	1.00	15,704	12,956	22,453	1.73
2F	7.6	7.550	0.55	1.09	1.00	22,834	20,533	26,512	1.29
1F	0.0	5.350	0.55	1.00	1.50	76,470	94,631	100,459	1.06
B1F	-5.4								

階	高さ (m)	階高 (m)	構造特性係数 D_s	F_s	F_e	層せん断力 $Q_{ud}(kN)$	必要保有水平耐力 $Q_{un}(kN)$	確認保有水平耐力 $Q_u(kN)$	Q_u/Q_{un}
RF	18.1	3.900	0.55	1.00	1.00	9,491	7,830	14,711	1.88
3F	14.2	6.600	0.55	1.01	1.00	15,704	13,085	25,609	1.96
2F	7.6	7.550	0.55	1.12	1.00	22,834	21,099	31,302	1.48
1F	0.0	5.350	0.55	1.00	1.00	76,470	63,088	81,554	1.29
B1F	-5.4								

静的弾塑性解析モデルの増分解析による原子炉建屋の確認保有水平耐力 Q_u を算定する。
 確認保有水平耐力は、当該層内のある壁がせん断耐力に達した時点とする。
 必要保有水平耐力 Q_{un} は、以下の式から算定する。なお、各階の必要保有水平耐力は安全側となる様、
 地下1階を地上最下階として A_i 分布系にて算定する。

必要保有水平耐力算定式: $Q_{un} = D_s \cdot F_e \cdot F_s \cdot I \cdot Q_{ud}$

ここで、 D_s : 構造特性係数, F_e : 偏心率に応じて定まる補正係数, F_s : 剛性率に応じて定まる補正係数

I : 用途(重要度)係数 ($I=1.5$), Q_{ud} : 層せん断力, $Q_{ud} = Z \cdot R_t \cdot A_i \cdot C_0 \cdot W_i$

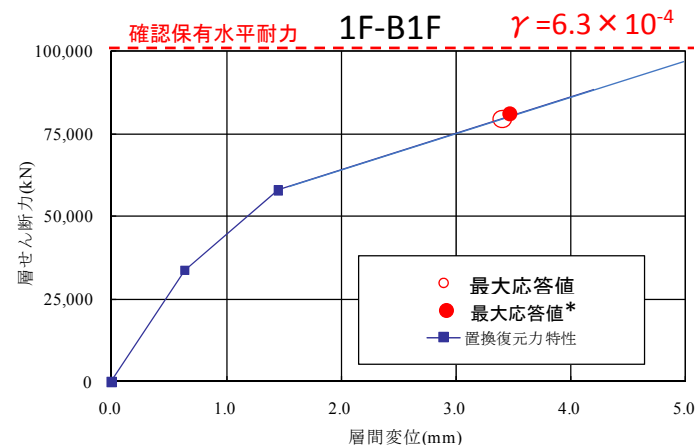
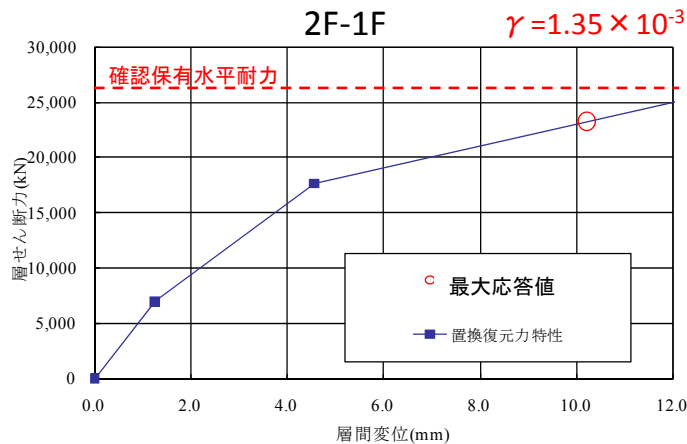
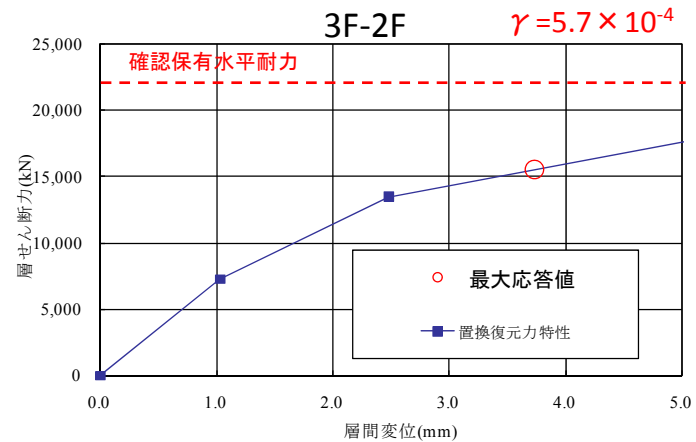
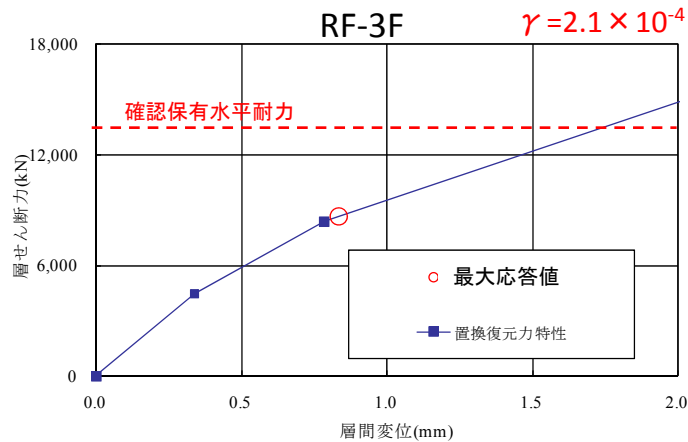
ここで、 Z : 地震地域係数 ($Z=1.0$), R_t : 振動特性係数 ($R_t=1.0$),

A_i : 層せん断力係数の建物高さ方向の分布を表す係数,

(A_i 算定時の周期 $T=0.12$ 秒(基礎固定モデル1次固有周期))

C_0 : 標準せん断力係数 ($C_0=1.0$) W_i : i 階以上の部分の建物重量

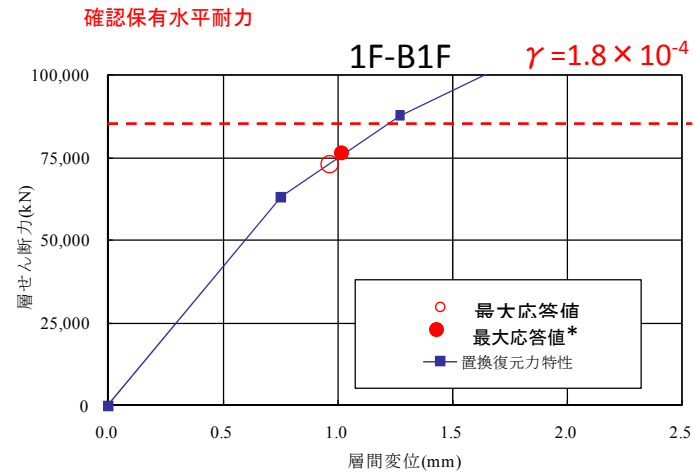
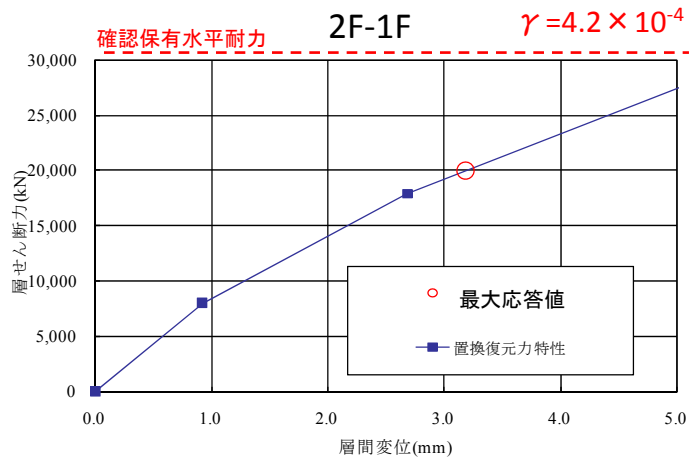
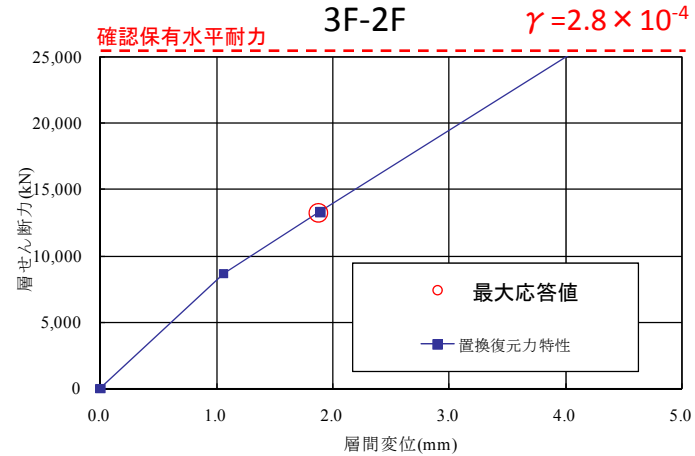
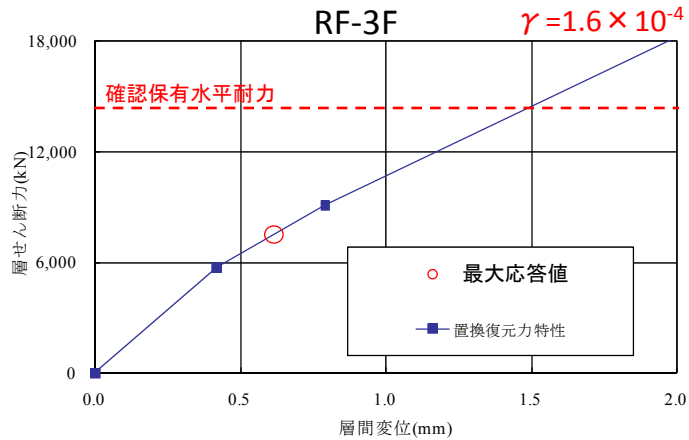
原子炉建屋復元力モデルと最大応答値 (X方向)



原子炉建屋復元力モデルと水平地震応答解析による最大層せん断力発生点(X方向)

(グラフ上の値は最大応答時のせん断歪みを表す(参考値), ●最大応答値*は原子炉棟からのせん断力を付加した値)

原子炉建屋復元力モデルと最大応答値 (Y方向)



原子炉建屋復元力モデルと水平地震応答解析による最大層せん断力発生点(Y方向)

(グラフ上の値は最大応答時のせん断歪みを表す(参考値), ●最大応答値*は原子炉棟からのせん断力を付加した値)

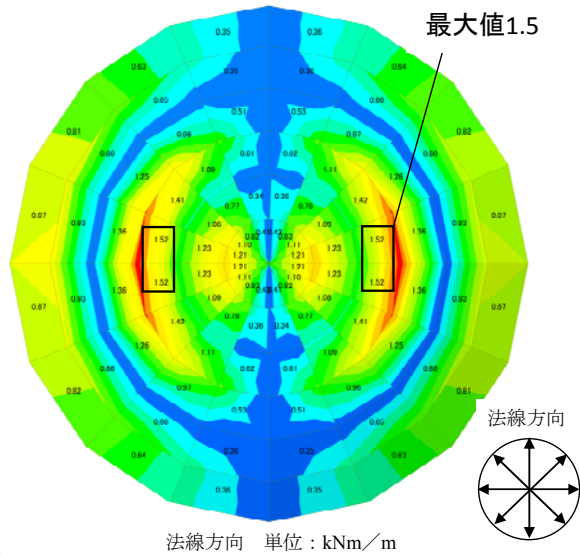
原子炉建屋応答層せん断力の評価

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 $Q_u(kN)$	Q_u/Q_{max}	最大応答層せん断力 $Q_{max}(kN)$	確認保有水平耐力 $Q_u(kN)$	Q_u/Q_{max}
RF						
3F	8,651	> 13,212 ※1	> 1.52	7,518	> 14,711※1	> 1.95
2F	15,550	22,453	1.44	13,234	25,609	1.94
1F	23,272	26,512	1.14	19,950	31,302	1.57
B1F	81,735 ※2 (79,653+2,100)	100,459	1.23	75,327 ※2 (73,241+2,086)	81,544	1.08

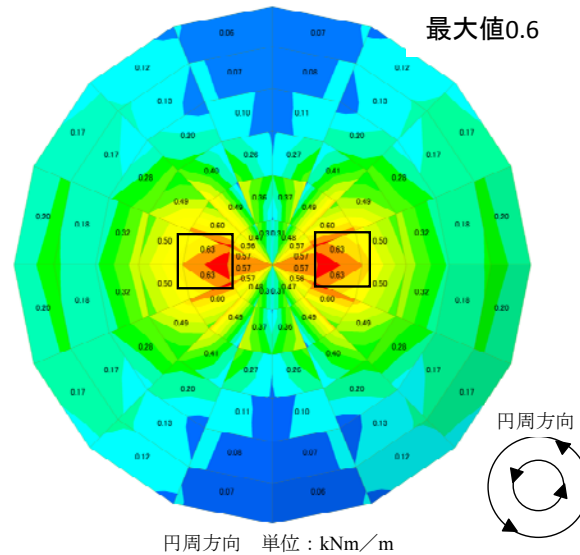
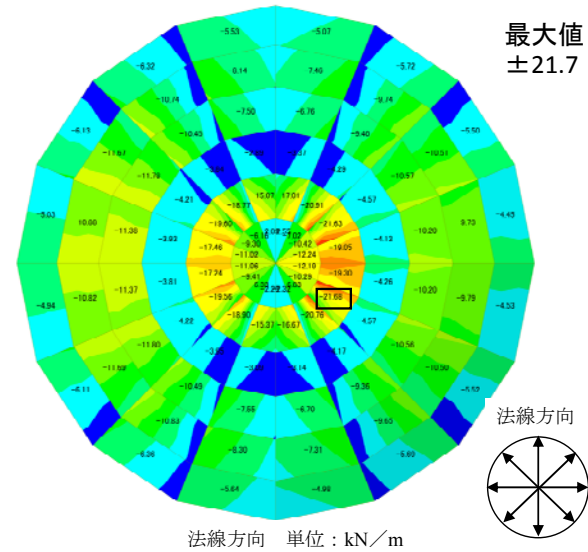
※1 3階の保有水平耐力については、3階より下層階の壁が先にせん断耐力に達したため、漸増弾塑性解析の最終ステップの水平力の値を記載している。

※2 原子炉棟(補助建屋)の地震応答解析による原子炉建屋基礎(地下1階部分)への付加せん断力として、X方向2,100kN、Y方向2,086kNを加算している。

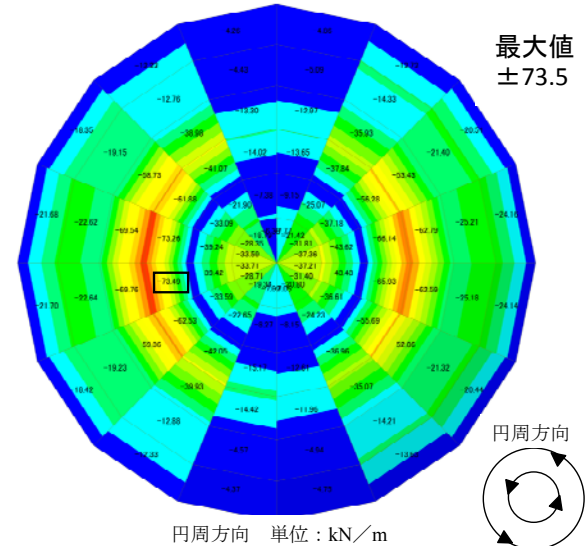
原子炉建屋 屋根版の水平地震応答解析による最大応答値



加振方向



加振方向



最大曲げモーメント分布

最大引張力分布