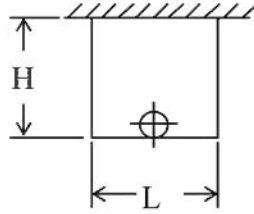


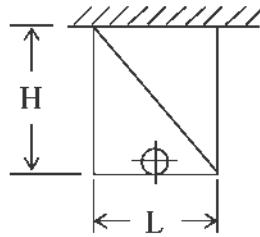
第 5-47 表 支持構造物鋼材選定表 (応力基準による選定表) (11/18)



基本形状：タイプ-3
許容値：237MPa

支持架構寸法		荷 重(kN)		鋼材サイズ	発生応力(MPa)
H(mm)	L(mm)	水 平	鉛 直		
					72
					143
					155
					107
					227
					143
					178
					175
					70
					140
					149
					97
					181
					182
					156
					155
					73
					146
					151
					95
					173
					168
					183
					136
					78
					155
					160
					99
					178
					171
					167
					133
					83
					165
					170
					104
					161
					177
					167
					135

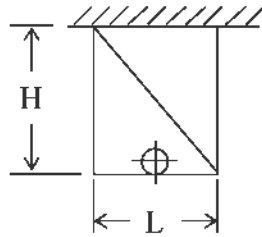
第 5-47 表 支持構造物鋼材選定表（応力基準による選定表）（12/18）



基本形状：タイプ-4
許容値：237MPa

支持架構寸法		荷 重(kN)		鋼材サイズ	発生応力(MPa)
H(mm)	L(mm)	水 平	鉛 直		
					29
					58
					144
					160
					221
					185
					196
					221
					44
					87
					216
					118
					166
					218
					224
					136
					79
					157
					214
					202
					159
					188
					202
					169
					63
					124
					143
					123
					212
					154
					129
					206
					38
					75
					184
					157
					139
					187
					153
					162

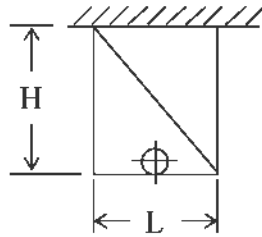
第 5-47 表 支持構造物鋼材選定表（応力基準による選定表）(13/18)



基本形状：タイプ-4
許容値：237MPa

支持架構寸法		荷 重(kN)		鋼材サイズ	発生応力(MPa)
H(mm)	L(mm)	水 平	鉛 直		
					31
					61
					151
					167
					139
					207
					231
					140
					46
					91
					226
					122
					169
					223
					232
					144
					82
					163
					221
					206
					162
					193
					208
					176
					65
					127
					145
					125
					126
					158
					134
					215
					39
					76
					186
					159
					142
					193
					160
					170

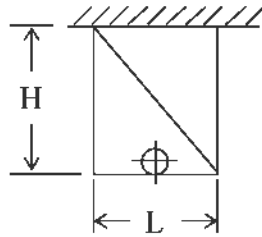
第 5-47 表 支持構造物鋼材選定表（応力基準による選定表）（14/18）



基本形状：タイプ-4
許容値：237MPa

支持架構寸法		荷 重(kN)		鋼材サイズ	発生応力(MPa)
H(mm)	L(mm)	水 平	鉛 直		
					35
					69
					171
					190
					213
					199
					132
					150
					50
					100
					136
					130
					176
					160
					191
					178
					49
					96
					237
					218
					167
					198
					214
					182
					31
					62
					152
					129
					129
					162
					138
					221
					39
					75
					184
					163
					144
					197
					164
					176

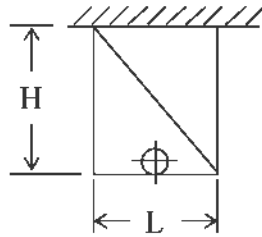
第 5-47 表 支持構造物鋼材選定表（応力基準による選定表）（15/18）



基本形状：タイプ-4
許容値：237MPa

支持架構寸法		荷 重(kN)		鋼材サイズ	発生応力(MPa)
H(mm)	L(mm)	水 平	鉛 直		
					21
					42
					105
					208
					149
					196
					133
					226
					30
					59
					146
					139
					189
					179
					141
					168
					24
					47
					115
					214
					102
					203
					219
					187
					32
					61
					150
					134
					121
					166
					141
					225
					18
					35
					85
					169
					148
					177
					167
					179

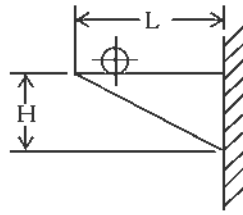
第 5-47 表 支持構造物鋼材選定表（応力基準による選定表）（16/18）



基本形状：タイプ-4
許容値：237MPa

支持架構寸法		荷 重(kN)		鋼材サイズ	発生応力(MPa)
H(mm)	L(mm)	水 平	鉛 直		
					21
					40
					99
					198
					170
					145
					172
					129
					15
					30
					73
					146
					183
					183
					180
					215
					24
					46
					112
					223
					99
					197
					224
					197
					15
					29
					70
					139
					124
					152
					143
					228
					19
					36
					88
					174
					172
					181
					170
					169

第 5-47 表 支持構造物鋼材選定表（応力基準による選定表）（17/18）

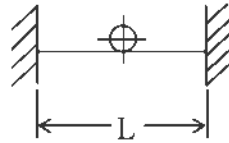


基本形状：タイプ-5
許容値：237MPa

支持架構寸法		荷 重 (kN)		鋼材サイズ	発生応力 (MPa)
H (mm)	L (mm)	水 平	鉛 直		
					15
					28
					70
					139
					156
					149
					169
					151
					13
					24
					58
					116
					210
					159
					188
					176
					12
					22
					50
					97
					181
					147
					182
					186
					8
					14
					30
					58
					170
					135
					168
					175
					9
					13
					25
					45
					126
					222
					160
					165

(注) 斜材据付角度は 30° とし、()内寸法は参考値とする。

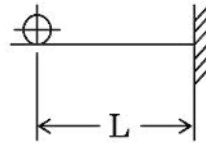
第 5-47 表 支持構造物鋼材選定表（応力基準による選定表）（18/18）



基本形状：タイプ-6
許容値：237MPa

支持架構寸法		荷 重(kN)		鋼材サイズ	発生応力(MPa)
H(mm)	L(mm)	水 平	鉛 直		
					22
					43
					108
					215
					184
					182
					224
					230
					35
					69
					172
					188
					123
					163
					168
					187
					69
					136
					183
					165
					211
					146
					158
					134
					57
					110
					122
					102
					171
					185
					190
					166
					34
					66
					160
					133
					126
					154
					127
					133

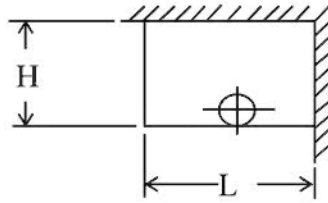
第 5-48 表 支持構造物鋼材選定表（振動数基準による選定表）（1/18）



基本形状：タイプ-1
最小支持構造物振動数：20Hz

支持架構寸法		荷 重(N)	鋼材サイズ	支持構造物振動数 (Hz)
H(mm)	L(mm)			
				52.9
				30.9
				24.0
				20.3
				25.8
				21.1
				23.0
				22.4
				34.3
				20.1
				23.7
				20.1
				21.3
				20.8
				22.5
				23.2
				24.4
				21.8
				21.6
				21.8
				22.8
				23.7
				20.6
				25.7
				21.7
				24.6
				24.7
				21.0
				27.3
				22.4
				28.7
				23.5
				22.5
				28.0
				22.3
				28.1
				23.8
				27.4
				23.9
				32.4

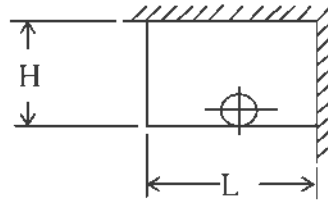
第 5-48 表 支持構造物鋼材選定表（振動数基準による選定表）（2/18）



基本形状：タイプ-2
最小支持構造物振動数：20Hz

支持架構寸法		荷 重(N)	鋼材サイズ	支持構造物振動数 (Hz)
H(mm)	L(mm)			
				316.5
				185.3
				144.0
				121.8
				102.0
				83.3
				72.2
				59.0
				163.2
				96.4
				75.0
				63.5
				53.2
				43.5
				37.7
				30.8
				60.7
				36.6
				28.6
				24.3
				20.4
				25.1
				21.7
				22.3
				47.9
				30.2
				23.9
				20.3
				21.6
				21.1
				22.7
				23.3
				38.3
				24.8
				23.3
				20.0
				20.9
				21.8
				41.3
				34.0

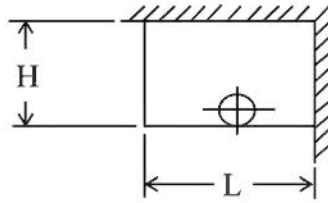
第 5-48 表 支持構造物鋼材選定表（振動数基準による選定表）(3/18)



基本形状：タイプ-2
最小支持構造物振動数：20Hz

支持架構寸法		荷 重(N)	鋼材サイズ	支持構造物振動数 (Hz)
H(mm)	L(mm)			
				306.9
				179.7
				139.6
				118.1
				98.9
				80.8
				70.0
				57.2
				158.2
				93.5
				72.7
				61.6
				51.6
				42.2
				36.5
				29.8
				59.1
				35.6
				27.8
				23.6
				29.8
				24.4
				21.2
				21.8
				46.8
				29.6
				23.3
				25.1
				21.2
				20.7
				22.3
				23.0
				37.7
				24.4
22.9				
24.4				
20.6				
21.5				
41.0				
33.8				

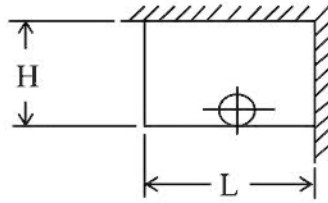
第 5-48 表 支持構造物鋼材選定表（振動数基準による選定表）（4/18）



基本形状：タイプ-2
最小支持構造物振動数：20Hz

支持架構寸法		荷 重(N)	鋼材サイズ	支持構造物振動数 (Hz)
H(mm)	L(mm)			
				293.8
				172.3
				133.9
				113.3
				94.9
				77.5
				67.2
				54.8
				151.6
				89.6
				69.7
				59.0
				49.4
				40.4
				35.0
				28.6
				56.4
				34.0
				26.6
				22.6
				28.5
				23.4
				20.3
				20.9
				44.9
				28.3
				22.4
				24.1
				20.3
				24.7
				21.5
				22.2
36.3				
23.5				
22.1				
23.5				
25.3				
20.9				
40.1				
33.1				

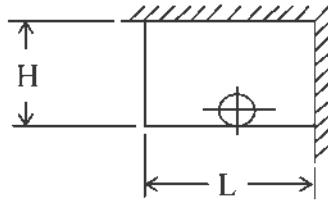
第 5-48 表 支持構造物鋼材選定表（振動数基準による選定表）（5/18）



基本形状：タイプ-2
最小支持構造物振動数：20Hz

支持架構寸法		荷 重(N)	鋼材サイズ	支持構造物振動数 (Hz)
H(mm)	L(mm)			
				396.8
				237.5
				185.2
				157.0
				131.6
				107.6
				93.3
				76.2
				215.7
				128.9
				100.6
				85.3
				71.5
				58.5
				50.7
				41.4
				80.7
				49.6
				38.9
				33.1
				27.8
				22.8
				24.9
				20.3
				43.7
				27.6
				21.8
				23.5
				23.6
				24.1
				20.9
				21.7
				35.4
				22.9
				21.5
				22.9
				24.6
				20.3
				39.3
				32.4

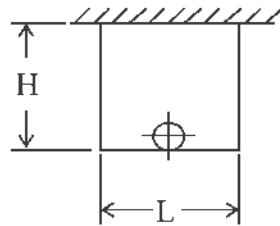
第 5-48 表 支持構造物鋼材選定表（振動数基準による選定表）(6/18)



基本形状：タイプ-2
最小支持構造物振動数：20Hz

支持架構寸法		荷 重(N)	鋼材サイズ	支持構造物振動数 (Hz)
H(mm)	L(mm)			
				420.5
				265.5
				208.6
				177.3
				149.0
				122.0
				105.8
				86.6
				257.2
				154.6
				120.7
				102.4
				85.9
				70.3
				60.9
				49.8
				99.6
				61.3
				48.1
				40.9
				34.4
				28.2
				24.4
				20.0
				54.2
				34.2
				27.0
				23.1
				23.1
				23.6
				20.5
				21.3
				34.7
				22.4
				21.1
				22.5
				24.2
				44.2
				38.6
				31.9

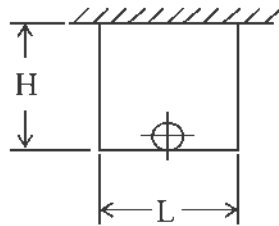
第 5-48 表 支持構造物鋼材選定表（振動数基準による選定表）（7/18）



基本形状：タイプ3
最小支持構造物振動数：20Hz

支持架構寸法		荷 重(N)	鋼材サイズ	支持構造物振動数 (Hz)
H(mm)	L(mm)			
				113.6
				69.1
				54.1
				45.9
				38.5
				31.5
				27.4
				22.4
				104.5
				64.4
				50.6
				43.0
				36.2
				29.6
				25.7
				21.0
				55.6
				33.5
				26.2
				22.2
				28.0
				22.9
				24.9
				20.3
				44.8
				28.3
				22.3
				23.9
				20.1
				24.3
				21.1
				21.6
				36.3
				23.4
22.0				
23.3				
24.8				
20.4				
38.1				
31.4				

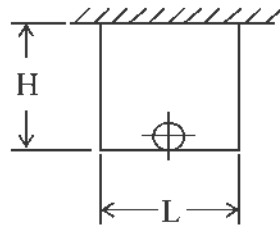
第 5-48 表 支持構造物鋼材選定表（振動数基準による選定表）（8/18）



基本形状：タイプ3
 最小支持構造物振動数：20Hz

支持架構寸法		荷 重(N)	鋼材サイズ	支持構造物振動数 (Hz)
H(mm)	L(mm)			
				55.8
				34.4
				27.0
				23.0
				28.9
				23.7
				20.6
				21.0
				52.0
				32.5
				25.6
				21.8
				27.5
				22.6
				24.7
				20.2
				44.8
				28.9
				23.0
				29.3
				24.8
				20.5
				22.5
				21.9
				42.6
				26.9
				21.2
				22.9
				22.9
				23.3
				20.3
				20.9
				34.9
				22.6
				21.2
				22.5
				24.1
				42.8
				37.5
				30.9

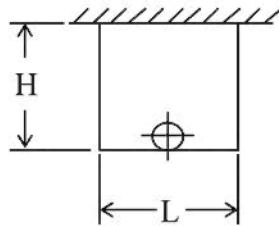
第 5-48 表 支持構造物鋼材選定表（振動数基準による選定表）(9/18)



基本形状：タイプ-3
 最小支持構造物振動数：20Hz

支持架構寸法		荷 重(N)	鋼材サイズ	支持構造物振動数 (Hz)
H(mm)	L(mm)			
				28.2
				23.4
				22.0
				23.3
				24.6
				20.4
				25.7
				21.2
				26.8
				22.7
				21.5
				22.8
				24.5
				20.3
				26.3
				21.7
				23.5
				20.7
				24.2
				21.1
				22.9
				28.7
				25.2
				20.9
				21.0
				21.9
				22.3
				24.8
				21.4
				27.1
				23.9
				28.7
				24.2
				20.3
				20.9
				23.3
				20.2
				36.7
				32.6
				27.4

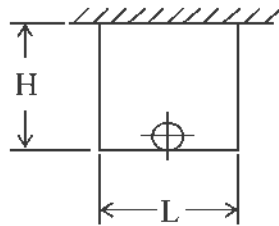
第 5-48 表 支持構造物鋼材選定表（振動数基準による選定表）（10/18）



基本形状：タイプ-3
 最小支持構造物振動数：20Hz

支持架構寸法		荷 重(N)	鋼材サイズ	支持構造物振動数 (Hz)
H(mm)	L(mm)			
				20.7
				22.2
				26.3
				23.1
				27.5
				23.2
				20.4
				22.4
				20.0
				22.1
				26.8
				23.6
				20.4
				24.3
				21.4
				23.9
				21.3
				20.5
				25.5
				22.5
				27.8
				23.7
				21.0
				23.9
				24.4
				27.6
				23.8
				21.2
				26.3
				22.5
				20.0
				23.0
				22.2
				34.5
				30.7
				27.9
				24.8
				21.4
				25.9
				22.0

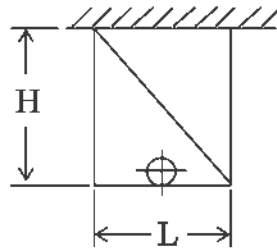
第 5-48 表 支持構造物鋼材選定表（振動数基準による選定表）（11/18）



基本形状：タイプ3
最小支持構造物振動数：20Hz

支持架構寸法		荷 重(N)	鋼材サイズ	支持構造物振動数 (Hz)
H(mm)	L(mm)			
				32.2
				26.3
				22.8
				20.4
				23.0
				28.7
				25.9
				22.1
				33.0
				27.3
				23.8
				21.3
				24.6
				21.2
				28.4
				24.3
				30.8
				26.0
				22.9
				20.7
				24.3
				21.2
				29.1
				25.0
				28.2
				24.2
				21.5
				25.6
				23.1
				20.3
				28.0
				24.3
25.9				
22.6				
20.2				
24.1				
21.9				
29.2				
26.8				
23.4				

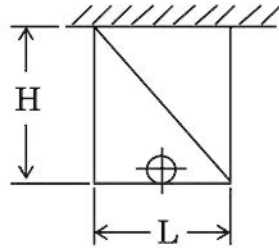
第 5-48 表 支持構造物鋼材選定表（振動数基準による選定表）（12/18）



基本形状：タイプ4
最小支持構造物振動数：20Hz

支持架構寸法		荷 重(N)	鋼材サイズ	支持構造物振動数 (Hz)
H(mm)	L(mm)			
				275.7
				161.6
				125.6
				106.3
				89.0
				72.7
				63.0
				51.4
				146.7
				86.7
				67.4
				57.1
				47.8
				39.1
				33.9
				27.7
				56.4
				34.0
				26.6
				22.6
				28.4
				23.3
				20.2
				20.7
				45.2
				28.5
				22.5
				24.2
				20.4
				24.6
				21.4
				21.9
36.5				
23.6				
22.2				
23.5				
25.0				
20.6				
22.9				
29.8				

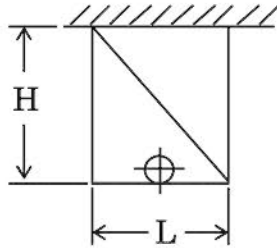
第 5-48 表 支持構造物鋼材選定表（振動数基準による選定表）（13/18）



基本形状：タイプ-4
 最小支持構造物振動数：20Hz

支持架構寸法		荷 重(N)	鋼材サイズ	支持構造物振動数 (Hz)
H(mm)	L(mm)			
				199.0
				124.7
				98.3
				83.7
				70.5
				57.8
				50.2
				41.0
				137.7
				81.3
				63.3
				53.6
				44.9
				36.7
				31.8
				26.0
				53.6
				32.3
				25.2
				21.4
				27.1
				22.2
				24.2
				23.6
				43.4
				27.4
				21.6
				23.3
				23.3
				23.8
				20.7
				21.3
				35.4
				22.9
				21.5
				22.8
				24.4
				20.1
				22.3
				29.4

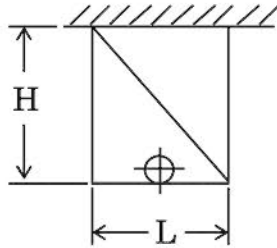
第 5-48 表 支持構造物鋼材選定表（振動数基準による選定表）（14/18）



基本形状：タイプ-4
 最小支持構造物振動数：20Hz

支持架構寸法		荷 重(N)	鋼材サイズ	支持構造物振動数 (Hz)
H(mm)	L(mm)			
				73.3
				48.2
				38.5
				33.0
				27.9
				23.0
				20.0
				20.3
				108.9
				70.5
				55.6
				47.3
				39.7
				32.5
				28.2
				23.0
				71.9
				44.2
				34.7
				29.5
				24.8
				20.3
				22.2
				21.6
				50.6
				32.0
				25.3
				21.5
				21.6
				22.1
				24.2
				43.1
				45.8
				30.9
				24.8
				21.3
22.9				
24.0				
21.0				
28.1				

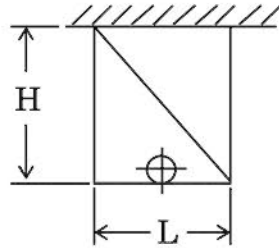
第 5-48 表 支持構造物鋼材選定表（振動数基準による選定表）（15/18）



基本形状：タイプ-4
 最小支持構造物振動数：20Hz

支持架構寸法		荷 重(N)	鋼材サイズ	支持構造物振動数 (Hz)
H(mm)	L(mm)			
				43.1
				30.9
				25.3
				22.0
				22.0
				20.0
				22.9
				24.2
				66.3
				48.0
				39.5
				34.4
				29.4
				24.5
				21.4
				20.5
				85.0
				52.4
				41.1
				35.0
				29.4
				24.1
				20.9
				20.4
				67.2
				44.0
				35.1
				30.1
				25.4
				20.9
23.0				
24.2				
55.0				
37.2				
29.9				
25.7				
21.8				
22.8				
32.7				
27.0				

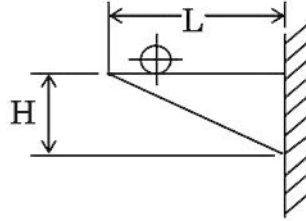
第 5-48 表 支持構造物鋼材選定表（振動数基準による選定表）（16/18）



基本形状：タイプ-4
 最小支持構造物振動数：20Hz

支持架構寸法		荷 重(N)	鋼材サイズ	支持構造物振動数 (Hz)
H(mm)	L(mm)			
				27.0
				20.0
				20.0
				23.0
				20.4
				21.4
				22.9
				20.1
				41.6
				31.1
				26.0
				22.7
				22.0
				20.5
				23.7
				23.3
				76.9
				61.8
				52.8
				46.6
				40.1
				33.2
				29.0
				23.8
				81.0
				53.3
				42.5
				36.4
				30.8
				25.4
				22.0
				23.2
				52.9
				35.8
				28.8
				24.8
				21.0
				21.9
				25.0
				20.7

第 5-48 表 支持構造物鋼材選定表（振動数基準による選定表）（17/18）

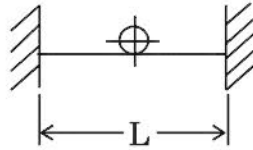


基本形状：タイプ-5
 最小支持構造物振動数：20Hz

支持架構寸法		荷 重(N)	鋼材サイズ	支持構造物振動数 (Hz)
H(mm)	L(mm)			
				273.3
				162.5
				126.6
				107.3
				89.9
				73.5
				63.7
				52.1
				202.6
				122.6
				95.9
				81.4
				68.3
				55.9
				48.5
				39.6
				133.2
				83.8
				66.2
				56.4
				47.5
				39.0
				33.8
				27.7
				117.6
				79.9
				64.4
				55.4
				47.0
				38.8
				33.8
				27.7
				105.2
				78.0
				64.8
				56.6
				48.6
				40.5
				35.5
				29.3

(注) 斜材据付角度は 30° とし、()内寸法は参考値とする。

第 5-48 表 支持構造物鋼材選定表（振動数基準による選定表）（18/18）



基本形状：タイプ-6
最小支持構造物振動数：20Hz

支持架構寸法		荷 重(N)	鋼材サイズ	支持構造物振動数 (Hz)
H(mm)	L(mm)			
				365.2
				213.8
				166.1
				140.5
				117.7
				96.1
				83.3
				68.0
				184.2
				108.8
				84.7
				71.7
				60.1
				49.1
				42.5
				34.8
				66.0
				39.8
				31.1
				26.4
				22.1
				27.3
				23.7
				24.4
				51.2
				32.3
				25.5
				21.7
				23.2
				22.7
				24.5
				20.1
				40.6
				26.3
				20.9
				21.2
22.3				
23.3				
20.3				
37.0				

第 5-49 表 埋込板 (1/3)

強度部材：ベースプレート（材料 ）

（単位：MPa）

型 式	ベースプレート の圧縮側の 曲げ応力	ベースプレート の引張側の 曲げ応力	許容応力	評 価
A	57	270	271	○
S	21	138	271	○
E	10	120	271	○
U	13	81	271	○
O	13	75	271	○
W	16	163	271	○
X	15	191	271	○
F	148	41	271	○

第 5-49 表 埋込板 (2/3)

強度部材：スタッドジベル（材料： ）

（単位：MPa）

型 式	引張応力		せん断応力		組合せ応力		評 価
	発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	
A	65	235	96	135	218	329	○
S	158	235	81	135	287	329	○
E	110	235	98	135	266	329	○
U	227	235	48	135	303	329	○
O	165	235	78	135	289	329	○
W	223	235	50	135	302	329	○
X	191	235	64	135	292	329	○
F	125	235	95	135	275	329	○

第 5-49 表 埋込板(3/3)

強度部材：コンクリート

(単位：N)

型 式	コンクリート コーン状破壊における引張荷重		評 価
	発生荷重	最大使用荷重	
A	12,952	32,162	○
S	31,688	39,147	○
E	41,481	52,311	○
U	45,532	57,016	○
O	62,366	77,512	○
W	84,548	105,818	○
X	38,247	48,238	○
F	24,924	31,522	○

ダクトの耐震計算並びに標準支持間隔の
耐震計算について

設計及び工事計画認可申請添付資料 12-13

玄海原子力発電所第3号機

目 次

	頁
1. 概 要	12 (3) - 13 - 1
2. 基本原則	12 (3) - 13 - 2
2.1 解析方法の基本原則	12 (3) - 13 - 2
2.2 耐震計算の基本原則	12 (3) - 13 - 3
2.3 設計の原則及び手順	12 (3) - 13 - 3
3. ダクトの耐震計算について	12 (3) - 13 - 5
3.1 概 要	12 (3) - 13 - 5
3.2 標準支持間隔の設定	12 (3) - 13 - 5
3.3 直管部の支持間隔	12 (3) - 13 - 6
3.4 支持点の設定方法	12 (3) - 13 - 10
3.5 曲がり部の支持間隔	12 (3) - 13 - 10
3.6 集中質量部の支持間隔	12 (3) - 13 - 10
3.7 分岐部の支持間隔	12 (3) - 13 - 10
3.8 支持点の設定方法及び手順	12 (3) - 13 - 10
3.9 支持点を設定する上での考慮事項	12 (3) - 13 - 11
3.10 設計上の処置方法	12 (3) - 13 - 11
3.11 標準支持間隔	12 (3) - 13 - 12
4. 支持構造物の耐震計算について	12 (3) - 13 - 18
4.1 概要	12 (3) - 13 - 18
4.2 支持架講の選定	12 (3) - 13 - 19
4.3 支持構造物の耐震性確認	12 (3) - 13 - 21

1. 概 要

本資料は、資料 12-1「耐震設計の基本方針」のうち、「10. 耐震計算の基本方針」に基づき、ダクト及びこれに接続される弁並びにこれらの支持構造物の耐震性について計算の基本方針を説明するものである。

ダクトの耐震設計を行う場合には、ダクトが薄板構造であることから、地震時にダクトに生ずる曲げモーメントが許容座屈曲げモーメントを満足する最大のダクト支持間隔（以下「標準支持間隔」という）を定め、標準支持間隔以内で支持することにより耐震性を確保していることを確認する。

ダクトに接続される弁については、ダクトより厚肉構造のものを使用するため発生応力が小さくなる。したがって、弁の耐震計算は、弁質量を付加したダクトの耐震計算により包絡される。

ダクト及びこれに接続される弁の支持構造物については、資料 12-11「機器・配管の耐震支持方針」に示す支持構造物の機能で分類した種類の中から使用する条件を満足するように標準化されたものを選定し、耐震性が確保できることを確認する。

なお、耐震計算に用いる寸法は、公称値とする。

本資料の適用範囲は、緊急時対策棟、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）及び緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）における以下のダクト、弁及び支持構造物である。

- ・重大事故等クラス 2 配管（ダクトとして設計するもの）
- ・重大事故等クラス 2 配管（ダクトとして設計するもの）に接続される弁
- ・上記のダクト及び弁の支持構造物

2. 基本原則

本章では、ダクトの種類と解析方法の基本原則を示すとともに、ダクト、弁及びこれらの支持構造物の耐震計算の基本原則並びに設計の原則及び手順を示す。

2.1 解析方法の基本原則

ダクトは、構造の面から溶接型及びはぜ折り型、また、その形状から丸ダクト及び角ダクト、更に、保温材を施工するものと施工しないものがあるが、いずれも薄板構造である。

したがって、ダクトの耐震計算は、両端支持した等分布質量のはりモデルを用いた地震応答解析により、薄板構造としての特殊性及びその形状を考慮して座屈評価を行う。

ダクトの種類を第2-1表「ダクトの種類」に示すとともに、各々の解析方法を、第2-2表「ダクトの種類と解析方法の基本原則」に示す。

第2-1表 ダクトの種類

種 類	構 造	
	溶接型	はぜ折り型
丸ダクト	○	○
角ダクト	○	○

○：適用する構造（第2-1図「ダクトの構造」参照）

第2-2表 ダクトの種類と解析方法の基本原則

耐震クラス	種 類	耐震計算
		簡易モデルによる 地震応答解析 (標準支持間隔法)
常設重大事故 緩和設備 [*]	丸ダクト 角ダクト	○

(注) *印：重大事故等時の設備区分を示す。

また、応答解析に用いる減衰定数は、資料12-6「地震応答解析の基本方針」に示した値を用いる。

2.2 耐震計算の基本原則

- (1) ダクト及び支持構造物の耐震計算は JEAG4601 等に基づき、耐震設計を実施する。

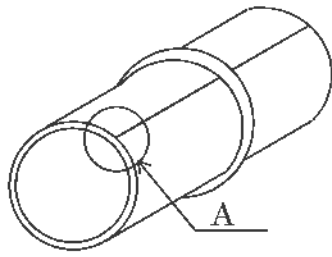
また、JEAG4601 等で規定されている「発電用原子力設備に関する構造等の技術基準」（昭和 55 年通商産業省告示第 501 号、最終改正平成 15 年 7 月 29 日経済産業省告示第 277 号）に関する内容については、JSME S NC1 に従うものとする。

- (2) JEAG4601 等に従い、許容応力を JSME S NJ1 材料規格 Part 3 を用いて計算する際は、ダクトの最高使用温度に応じた値をとるものとするが、最高使用温度が JSME S NJ1 材料規格 Part 3 に記載の温度の中間の値の場合は比例法を用いて補間する。なお、運転状態における使用温度を用いる場合もある。

2.3 設計の原則及び手順

- (1) ダクト、弁及びこれらの支持構造物は、設計基準対象施設の耐震重要度分類の S クラスの施設に適用される地震力に耐えるものとする。

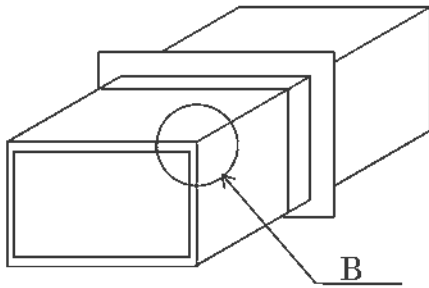
- (2) ダクト、弁及びこれらの支持構造物は、剛に設計することとし、地震荷重及び自重に対する十分な強度を有するものとする。



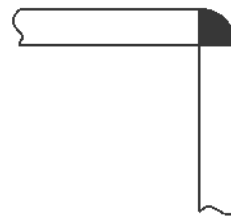
A 部詳細



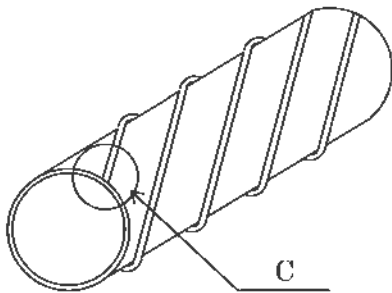
(溶接型丸ダクト)



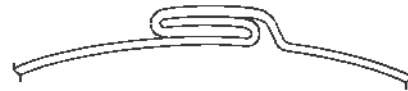
B 部詳細



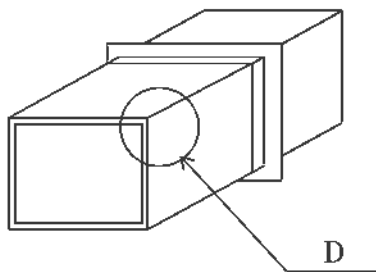
(溶接型角ダクト)



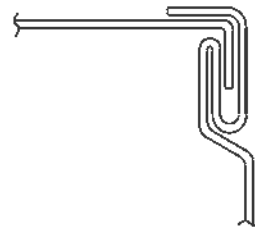
C 部詳細



(はぜ折り型丸ダクト)



D 部詳細



(はぜ折り型角ダクト)

第2-1図 ダクトの構造

3. ダクトの耐震計算について

3.1 概 要

標準支持間隔法によるダクトの耐震計算は、ダクトを直管部、曲がり部、集中質量部及び分岐部の各要素に分類し、要素ごとに許容値を満足する最大の支持間隔を算出する。

また、本章では、上記により求めた直管部標準支持間隔、曲がり部、集中質量部及び分岐部の支持間隔を基にダクトに支持点を設定する場合の例を示す。その他、標準支持間隔法によりダクトを設計する場合の考慮事項及び標準支持間隔法で設計することが困難な場合の処置方法についても示す。

3.2 標準支持間隔の設定

直管部については、各建屋における地震時の応答解析結果に基づき、ダクトに生ずる曲げモーメントが許容座屈曲げモーメント以下となるように最大の支持間隔を求め、これを直管部に対する標準支持間隔とする。ダクトの直管部は、この標準支持間隔以内で支持することにより耐震性が確保できる。

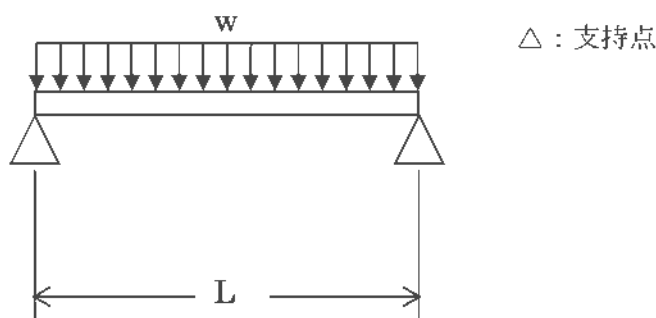
なお、直管部の標準支持間隔の算出に当たっては、ダクト仕様、建屋及び床区分ごとに、解析条件を満足する支持間隔をそれぞれ計算し求める。

ダクトの曲がり部、集中質量部及び分岐部については、直管部と同等以上の耐震性を有するように、それぞれ直管部の標準支持間隔に対する支持間隔比を求め、各要素の支持間隔を算出する。ダクトの曲がり部、集中質量部及び分岐部については、各要素の支持間隔以内で支持することにより耐震性が確保できる。

3.3 直管部の支持間隔

3.3.1 解析モデル

ダクトを下図のように、支持間隔 L で両端支持した等分布質量連続はりモデル化する。支持点の拘束方向は軸直角方向のみとし、軸方向及び回転に対しては自由とする。



L : 直管部標準支持間隔
 w : 単位長さ当たりの質量

3.3.2 解析方法

ダクトについて、設計用地震力による曲げモーメントを算出するとともに、自重による曲げモーメントを加算した合計値が許容座屈曲げモーメント以下となる直管部標準支持間隔を、解析コード「SPAN2000」を用いて求める。

3.3.3 解析条件

(1) 設計用地震力

ダクトについては、資料 12-9「機能維持の基本方針」に示している設計用地震力を用いて評価を行う。

設計用床応答曲線は資料 12-7「設計用床応答曲線の作成方針」に示す設計用床応答曲線を用いる。使用する基準地震動 S_s の設計用床応答曲線は、原則として安全側に谷埋め及びピーク保持を行うこととし、水平方向については S_s-1 から S_s-5 の X 方向及び Y 方向の包絡曲線を用い、鉛直方向については S_s-1 から S_s-5 の包絡曲線を用いる。

(2) 床区分

解析に当たっては、ダクトが設置される建物・構築物毎に、各周期において応答加速度に大きな差のない床応答曲線をすべて包絡して直管部標準支持間隔を求めるものとする。床区分を、第 3-1 表「設計用床応答曲線区分」に示す。

(3) ダクト質量

ダクトの質量は、ダクト自体の質量と補強材の質量を合計した値とする。
更に、保温材を施工するダクトの質量は保温材の質量も加えた値とする。

直管部標準支持間隔を算出するダクトの単位長さ当たりの質量を、第3-2表「丸ダクト仕様」及び第3-3表「角ダクト仕様」に示す。

(4) ダクトの許容座屈曲げモーメント

ダクトに生ずる曲げモーメントは、地震による曲げモーメント及び自重による曲げモーメントの合成曲げモーメントを求め、評価を行うものとする。

次に、丸ダクト及び角ダクトの許容座屈曲げモーメント算出式を示す。

a. 丸ダクト許容座屈曲げモーメント

$$M_R = K_R \cdot \frac{E}{1 - \nu^2} \cdot \frac{D}{2} \cdot t^2$$

ここに、

丸ダクト許容座屈曲げモーメントは、円筒殻の屈服座屈の式^(注1)を基に安全裕度を考慮して定めたものである。

b. 角ダクト許容座屈曲げモーメント

$$M_S = K_S \sqrt{\frac{\pi^2 E \cdot S_y}{1 - \nu^2}} \cdot b \cdot t^2$$

ここに、

角ダクト許容座屈曲げモーメントは、鶴戸口の式^(注2)を基に安全裕度を考慮して定めたものである。

(注1)「新版機械工学便覧」(1987年4月日本機械学会編) A4-7.5.3a. iv項

(注2)「薄肉長方形柱および箱形はりの座屈と強度」(1963年8月日本機械学会 Journal of the J.S.M.E., Vol.66, No.535)

記号

D	: 丸ダクト口径
E	: ダクト材の縦弾性係数
S _y	: ダクト材の設計降伏点
K _R 、K _S	: 許容座屈曲げモーメント係数
M _R 、M _S	: 許容座屈曲げモーメント
b	: 角ダクト辺長(矩形ダクトについては、短辺とする)
t	: 板厚
ν	: ポアソン比

(5) 固有振動数

支持構造物を含めたダクトの固有振動数は、建屋応答スペクトルのピークの振動数領域を短周期側に避けることを原則とする。具体的には、建物・構築物ごとに、ダクトが設置される全階層の水平方向及び鉛直方向の設計用床応答曲線のうち最も大きなピークの振動数領域を避けるように制限振動数を設定し、ダクトの固有振動数が制限振動数以上となるように設計する。また、ダクトの固有振動数は、支持構造物を含めて固有振動数を算出する。

ダクトの制限振動数を第3-1表「設計用床応答曲線区分」に示す。また、支持構造物の固有振動数は、同表に示す「支持構造物の固有振動数」以上となるように設計する。

第3-1表 設計用床応答曲線区分

建 屋	床応答曲線高さ EL.(m)	制限振動数 (Hz)	支持構造物の 固有振動数 (Hz)
緊急時対策棟	11.0~25.3		
	25.3~42.7		
緊急時対策棟 屋外地下エリア (加圧設備)	11.0~24.85		
緊急時対策棟 屋外地下エリア (燃料設備)	11.0~24.85		

第3-2表 丸ダクト仕様

番号	種類	材質	呼称	口径 (mm)	板厚 (mm)	単位長さ当たりの質量 (kg/m)	
						保温材無	保温材有
1	丸ダクト	SUS304	φ100	100	3.0		
2			φ200	200	3.0		
3			φ300	300	3.0		
4			φ400	400	3.0		
5			φ500	500	3.0		
6			φ600	600	3.0		
7			φ700	700	3.0		
8			φ750	750	3.0		

第3-3表 角ダクト仕様

番号	種類	材質	称呼	辺長 (mm)	板厚 (mm)	単位長さ当たりの重量(kg/m)	
						保温材無	保温材有
1	角ダクト	SUS304	100	100	3.0		
2			200	200	3.0		
3			300	300	3.0		
4			400	400	3.0		
5			500	500	3.0		
6			600	600	3.0		
7			700	700	3.0		
8			800	800	3.0		
9			900	900	3.0		
10			1,000	1,000	3.0		

3.4 支持点の設定方法

標準支持間隔法を適用してダクトに支持点を設ける場合の手順については、資料 12-12「配管及び弁の耐震計算並びに標準支持間隔の耐震計算について」のうち、「4.4 支持点の設定方法」によるものとする。

3.5 曲がり部の支持間隔

曲がり部支持間隔を定めるための直管部標準支持間隔との比を求める解析モデル、解析方法、解析条件、解析結果及び曲がり部の支持方針については、資料 12-12「配管及び弁の耐震計算並びに標準支持間隔の耐震計算について」のうち、「4.5 曲がり部の支持間隔」によるものとする。

3.6 集中質量部の支持間隔

集中質量部支持間隔を定めるための直管部標準支持間隔との比を求める解析モデル、解析方法、解析条件、解析結果及び集中質量部の支持方針については、資料 12-12「配管及び弁の耐震計算並びに標準支持間隔の耐震計算について」のうち、「4.6 集中質量部の支持間隔」によるものとする。

3.7 分岐部の支持間隔

分岐部支持間隔を定めるための直管部標準支持間隔との比を求める解析モデル、解析方法、解析条件、解析結果及び分岐部の支持方針については、資料 12-12「配管及び弁の耐震計算並びに標準支持間隔の耐震計算について」のうち、「4.7 分岐部の支持間隔」によるものとする。

3.8 支持点の設定方法及び手順

ダクトの具体的な支持点の設定方法及び手順については、資料 12-12「配管及び弁の耐震計算並びに標準支持間隔の耐震計算について」のうち、「4.8 支持点の設定方法及び手順」によるものとする。

3.9 支持点を設定する上での考慮事項

ダクトの各要素に対応した支持間隔を満足するとともに、次の事項も考慮して設定する。

3.9.1 機器との接続部

機器との接続部の熱膨張又は地震時の変位による発生曲げモーメントが大きい場合については、資料 12-12「配管及び弁の耐震計算並びに標準支持間隔の耐震計算について」のうち、「4.9.2 機器との接続部」によるものとする。

3.9.2 建物・構築物の相対変位

建物・構築物間に渡って設置されるダクトについては、地震時の建物・構築物間の相対変位による発生曲げモーメントを加味して、ダクトの設計及び支持方法を定める。

なお、建物・構築物の相対変位については、資料 12-12「配管及び弁の耐震計算並びに標準支持間隔の耐震計算について」のうち「4.9.3 建物・構築物の相対変位」による。

3.9.3 弁

ダクトに弁が設置される場合は、「3.6 集中質量部の支持間隔」に基づき前後の支持点が決められる。

弁は、ダクトより厚肉構造であり、発生曲げモーメントはダクトより小さくなる。一方、集中質量部の支持間隔を求める際には、弁もダクトと同仕様としたうえで、弁質量を付加することで安全側の評価を行っている。このため、弁の評価はダクトの評価で包絡される。

3.10 設計上の処置方法

標準支持間隔法によるダクトの耐震設計においては、各要素の支持間隔又は各要素の支持間隔を組み合わせた支持間隔を用いる。標準支持間隔法によることが困難な場合は、直管部標準支持間隔を算出する解析モデルを、当該ダクト固有の設計条件（温度、支持構造物の固有振動数、設計用床応答曲線、材質、口径、板厚、保温材の有無及び単位長さ当たりの質量）に応じた解析モデルとして解析した支持間隔を適用して、支持点を設定する。

3.11 標準支持間隔

今回申請対象のダクトにおける直管部標準支持間隔の表番リストを、第3-4表「ダクトの耐震計算結果表番リスト」に示す。

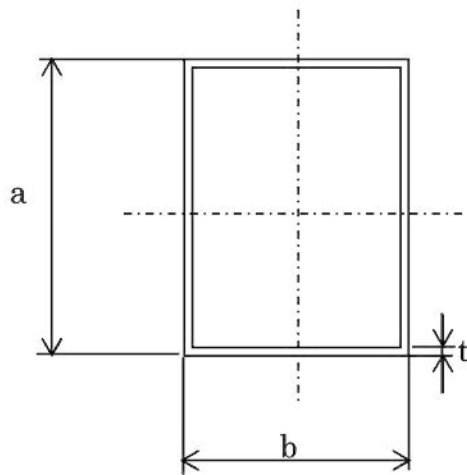
また、直管部標準支持間隔、固有振動数及び曲げモーメントを、第3-4-1表～第3-4-4表「標準支持間隔」に示す。

角ダクト（矩形）の支持間隔については、短辺長さを基準とし、第3-4-3表～第3-4-4表の支持間隔に第3-1図「角ダクト（矩形）の支持間隔」に示される支持間隔比を乗じた値を角ダクト（矩形）の支持間隔とする。

各要素（曲がり部、集中質量部及び分岐部）の支持間隔は、上記に示す直管部標準支持間隔に、「3.5 曲がり部の支持間隔」から「3.7 分岐部の支持間隔」の考え方を適用することで算出する。

第3-4表 ダクトの耐震計算結果表番リスト

地震波	種類	構造	保温	減衰定数 (%)	表番
Ss 地震動	丸ダクト	溶接型	無	2.5	第3-4-1表
	丸ダクト	溶接型	有	2.5	第3-4-2表
	角ダクト (正方形)	溶接型	無	2.5	第3-4-3表
	角ダクト (正方形)	溶接型	有	2.5	第3-4-4表



- a : 角ダクト (矩形) 長辺
- b : 角ダクト (矩形) 短辺
- L : 角ダクト (矩形) の支持間隔
- L_0 : ダクト短辺を基にした第 3-4-3 表～第 3-4-4 表の支持間隔
- t : 角ダクト (矩形) の板厚
- t_0 : 第 3-4-3 表～第 3-4-4 の支持間隔 L_0 のダクト板厚

第 3-1 図 角ダクト (矩形) の支持間隔

第3-4-1表 標準支持間隔

支持間隔 [m]
 (固有振動数 [Hz])
 (自重+地震曲げモーメント [N-m])

種類	建屋	緊急時対策棟		緊急時対策棟 屋外地下エリア (加圧設備)	緊急時対策棟 屋外地下エリア (燃料設備)
	床面高 口径*板厚 [mm]	EL.11.0m~ EL.25.3m	EL.25.3m~ EL.42.7m	EL.11.0m~ EL.24.85m	EL.11.0m~ EL.24.85m
丸 ダ ク ト	φ 100*3.0	3.5 (11.24) (894)	3.5 (11.24) (2134)	2.2 (22.61) (296)	1.9 (25.15) (169)
	φ 200*3.0	5.0 (11.29) (3460)	5.0 (11.29) (8249)	3.2 (22.31) (1237)	2.7 (25.27) (640)
	φ 300*3.0	6.2 (11.03) (7664)	6.2 (11.03) (18269)	3.9 (22.32) (2607)	3.3 (25.23) (1363)
	φ 400*3.0	6.9 (11.04) (12646)	6.9 (11.04) (30163)	4.4 (22.06) (4557)	3.7 (25.13) (2310)
	φ 500*3.0	7.3 (11.03) (17313)	7.3 (11.03) (41271)	4.6 (22.29) (5935)	3.9 (25.18) (3122)
	φ 600*3.0	7.1 (11.13) (19597)	7.1 (11.13) (46895)	4.5 (22.30) (6827)	3.8 (25.25) (3541)
	φ 700*3.0	6.9 (11.00) (21833)	6.9 (11.00) (51980)	4.4 (22.01) (7889)	3.7 (25.10) (3994)
	φ 750*3.0	6.8 (11.02) (22547)	6.8 (11.02) (53725)	4.3 (22.20) (7858)	3.6 (25.30) (3934)

第3-4-2表 標準支持間隔

支持間隔 [m]
 (固有振動数 [Hz])
 (自重+地震曲げモーメント [N-m])

種類	建屋 床面高 口径*板厚 [mm]	緊急時対策棟		緊急時対策棟 屋外地下エリア (加圧設備)	緊急時対策棟 屋外地下エリア (燃料設備)
		EL.11.0m~ EL.25.3m	EL.25.3m~ EL.42.7m	EL.11.0m~ EL.24.85m	EL.11.0m~ EL.24.85m
丸 ダ ク ト	φ 100*3.0	3.3 (11.14) (1038)	3.3 (11.14) (2484)	2.1 (22.24) (368)	1.7 (25.80) (164)
	φ 200*3.0	4.8 (11.02) (4087)	4.8 (11.02) (9735)	3.0 (22.43) (1352)	2.5 (25.54) (673)
	φ 300*3.0	5.8 (11.06) (8677)	5.8 (11.06) (20714)	3.7 (22.08) (3129)	3.1 (25.20) (1566)
	φ 400*3.0	6.5 (11.10) (13969)	6.5 (11.10) (33423)	4.1 (22.36) (4778)	3.5 (25.13) (2585)
	φ 500*3.0	6.8 (11.19) (18940)	6.8 (11.19) (45257)	4.3 (22.43) (6483)	3.7 (25.06) (3622)
	φ 600*3.0	6.7 (11.12) (22070)	6.7 (11.12) (52825)	4.3 (22.04) (8119)	3.6 (25.18) (4048)
	φ 700*3.0	6.5 (11.04) (24315)	6.5 (11.04) (57995)	4.1 (22.28) (8365)	3.5 (25.07) (4510)
	φ 750*3.0	6.4 (11.07) (25028)	6.4 (11.07) (59795)	4.1 (22.01) (9174)	3.4 (25.30) (4414)

第3-4-3表 標準支持間隔

支持間隔 [m]
 (固有振動数 [Hz])
 (自重+地震曲げモーメント [N-m])

種類	建屋	緊急時対策棟		緊急時対策棟 屋外地下エリア (加圧設備)	緊急時対策棟 屋外地下エリア (燃料設備)
	床面高 口径*板厚 [mm]	EL.11.0m~ EL.25.3m	EL.25.3m~ EL.42.7m	EL.11.0m~ EL.24.85m	EL.11.0m~ EL.24.85m
角 ダ ク ト	100*3.0	4.5 (11.20) (1777)	4.5 (11.20) (4244)	2.9 (22.07) (660)	2.4 (25.37) (316)
	200*3.0	6.4 (11.04) (6950)	5.6 (13.08) (10451)	4.0 (22.47) (2294)	3.4 (25.27) (1227)
	300*3.0	7.3 (11.16) (13273)	5.9 (14.34) (15108)	4.7 (22.02) (4931)	3.9 (25.30) (2379)
	400*3.0	8.0 (11.34) (20931)	6.4 (14.64) (20842)	5.2 (22.07) (7953)	4.4 (25.04) (4125)
	500*3.0	8.3 (12.04) (25063)	6.7 (15.13) (24682)	5.6 (22.24) (11265)	4.7 (25.29) (5697)
	600*3.0	8.5 (12.59) (30423)	6.8 (15.70) (30948)	6.0 (22.05) (16254)	5.0 (25.26) (7970)
	700*3.0	8.7 (13.09) (35929)	6.9 (16.18) (35488)	6.3 (22.21) (20437)	5.3 (25.24) (10414)
	800*3.0	8.7 (13.60) (41551)	6.9 (16.55) (41486)	6.5 (22.26) (25933)	5.5 (25.19) (13526)
	900*3.0	8.8 (14.00) (46697)	6.9 (16.95) (45340)	6.8 (22.15) (32332)	5.7 (25.25) (16238)
	1000*3.0	8.5 (14.61) (52190)	6.7 (17.30) (51532)	6.9 (22.04) (41503)	5.8 (25.12) (20995)

第3-4-4表 標準支持間隔

支持間隔 [m]
 (固有振動数 [1/Hz])
 (自重+地震曲げモーメント [N-m])

種類	建屋 床面高 口径*板厚 [mm]	緊急時対策棟		緊急時対策棟 屋外地下エリア (加圧設備)	緊急時対策棟 屋外地下エリア (燃料設備)
		EL.11.0m~ EL.25.3m	EL.25.3m~ EL.42.7m	EL.11.0m~ EL.24.85m	EL.11.0m~ EL.24.85m
角 ダ ク ト	100*3.0	4.2 (11.16) (2068)	4.2 (11.16) (4944)	2.7 (22.06) (764)	2.2 (25.59) (346)
	200*3.0	6.0 (11.01) (7983)	5.0 (13.77) (10451)	3.8 (22.16) (2802)	3.2 (25.19) (1432)
	300*3.0	6.9 (11.12) (15022)	5.5 (14.50) (15588)	4.4 (22.17) (5380)	3.7 (25.22) (2735)
	400*3.0	7.3 (11.84) (20338)	5.9 (14.94) (20524)	4.9 (22.07) (8939)	4.1 (25.22) (4451)
	500*3.0	7.6 (12.48) (25237)	6.1 (15.57) (25803)	5.3 (22.15) (12915)	4.5 (25.06) (6798)
	600*3.0	7.8 (13.06) (31099)	6.2 (16.13) (30915)	5.6 (22.33) (17089)	4.8 (25.05) (9373)
	700*3.0	7.9 (13.69) (35457)	6.3 (16.56) (35994)	6.0 (22.07) (23525)	5.0 (25.27) (11539)
	800*3.0	7.9 (14.18) (41518)	6.2 (17.05) (40353)	6.2 (22.09) (30064)	5.2 (25.20) (15106)
	900*3.0	8.0 (14.58) (46647)	6.3 (17.29) (45905)	6.4 (22.29) (34983)	5.4 (25.25) (18078)
	1000*3.0	7.7 (15.27) (50959)	6.1 (17.66) (52030)	6.5 (22.25) (43840)	5.5 (25.18) (22852)

4. 支持構造物の耐震計算について

4.1 概 要

ダクト及び弁の支持構造物は、地震時にダクト及び弁に発生する荷重を支持する必要がある。支持構造物の設計に当たっては、支持構造物に作用する設計荷重が最大使用荷重以下になる支持構造物を選定する。したがって、最大使用荷重に対する支持構造物の健全性を確認することにより支持構造物の耐震性を確認することができる。

本章では、重大事故等対処施設のダクト及び弁の支持架構及び埋込金物から構成される支持構造物の設計原則を示すとともに、支持構造物の最大使用荷重に対する耐震計算の方針を示す。

なお、ダクト及び弁の支持架構は、非常に物量が多いことから、第 4-1 図に示す基本構造ごとに、鋼材選定の標準化を図って設計に適用する。

4.2 支持架講の選定

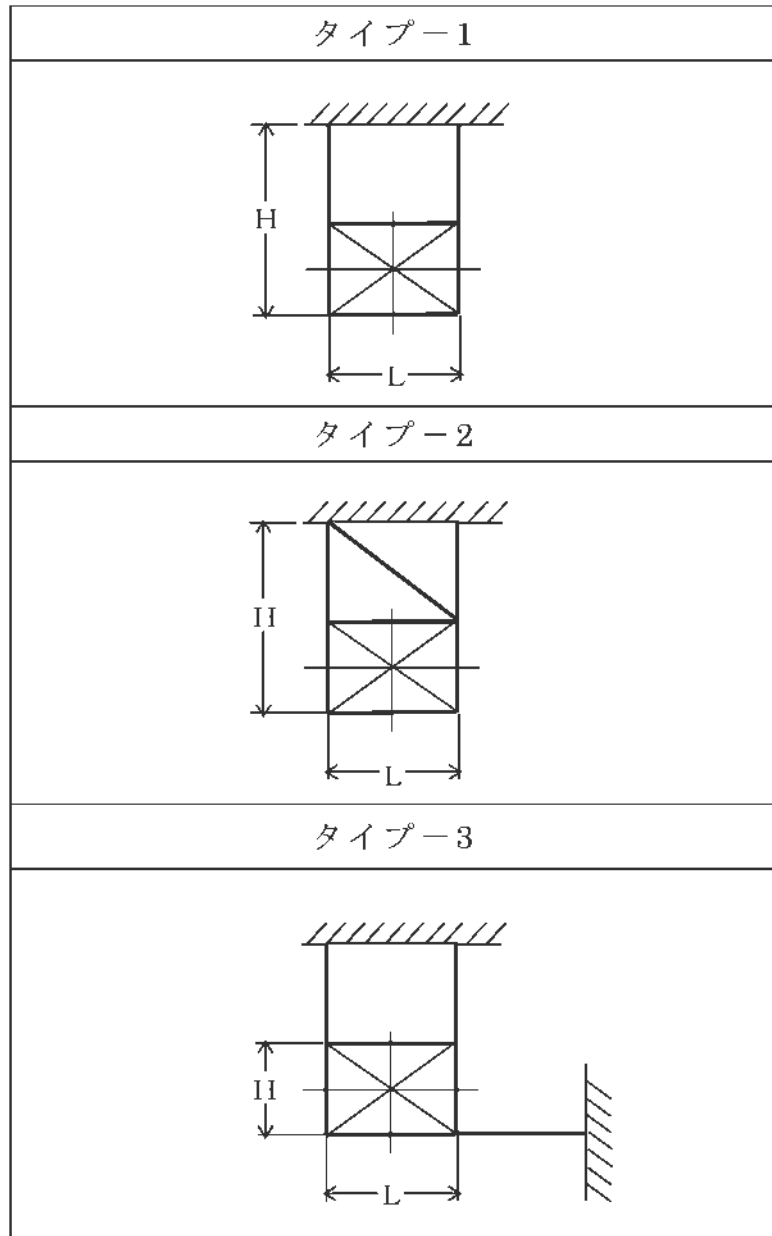
支持架講に用いる標準的な鋼材表を、第 4-1 表に示す。また、基本構造を、第 4-1 図に示す。本表に記載する鋼材の中から個々の条件に応じて単独又は組合せで使用するが、同等以上の強度を持つほかの鋼材も使用可能とする。

第 4-1 表 鋼材表

順位	形状	断面二次モーメント (cm ⁴)		単位質量 (kg/m)
		I _x	I _y	
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24	H100×100×6.0	870	181	10.9

(注) 表中の方向は、I_x : 強軸、I_y : 弱軸方向を示す。

- L : 山形鋼
- C : 溝形鋼
- : 角形鋼管
- H : H 形鋼



第 4-1 図 基本構造一覧表

4.3 支持構造物の耐震性確認

4.3.1 概要

各支持構造物について、定められた最大使用荷重に対して十分な耐震性を有することを確認した結果を次に示す。

4.3.2 支持構造物の耐震性確認

耐震性を有することを確認する支持構造物を第 4-2 表に示す。なお、支持構造物の形状が多岐にわたるため、ここでは代表例に対する耐震性の確認を示す。

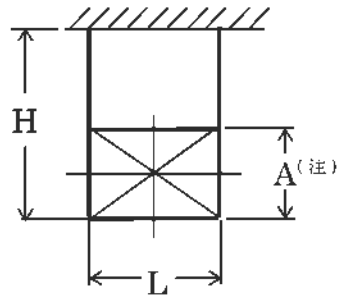
第 4-2 表 支持構造物の評価条件

種類	支持構造物	評価する荷重	適用する許容応力状態	(注1) 材料	設計温度	(注2) F (MPa)	表番
ダクト	支持架構	最大使用荷重				237	第 4-3 表 第 4-4 表

(注 1) 建屋における代表的な使用材料を示す。同等以上の強度をもつ他の鋼材も使用可能とする。

(注 2) 支持構造物の許容応力を決定するための基準値 F は、JSME S NC1 SSB-3121.1 に定める値を用いる。

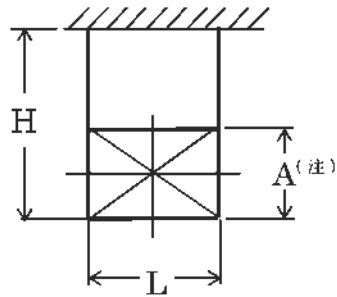
第 4-3 表 支持構造物鋼材選定表（応力基準による選定表）(1/12)



基本形状：タイプ1
許容値：237MPa

支持架構造寸法		荷 重(kN)		鋼材サイズ	発生応力(MPa)
L(mm)	H(mm)	水 平	鉛 直		
					39
					77
					193
					207
					113
					203
					60
					120
					160
					181
					173
					212
					119
					127
					179
					117
					139
					214
					176
					190
94					
187					
205					
199					

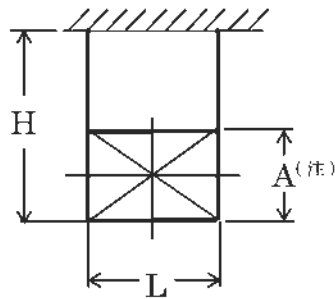
第 4-3 表 支持構造物鋼材選定表（応力基準による選定表）(2/12)



基本形状：タイプ 1
許容値：237MPa

支持架構寸法		荷 重(kN)		鋼材サイズ	発生応力(MPa)
L(mm)	H(mm)	水 平	鉛 直		
					47
					94
					127
					144
					139
					215
					59
					117
					158
					182
					179
					218
					120
					129
					183
					117
					210
					172
					179
					192
201					
174					
175					
187					

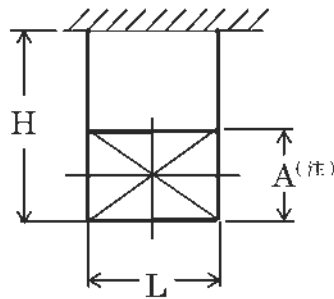
第 4-3 表 支持構造物鋼材選定表 (応力基準による選定表) (3/12)



基本形状：タイプ 1
許容値：237MPa

支持架構造寸法		荷 重 (kN)		鋼材サイズ	発生応力 (MPa)
L (mm)	H (mm)	水 平	鉛 直		
					135
					146
					207
					133
					126
					184
					176
					190
					199
					173
					161
					160
					129
					146
					118
					128
					132
					213
					161
					182
147					
159					
163					
218					

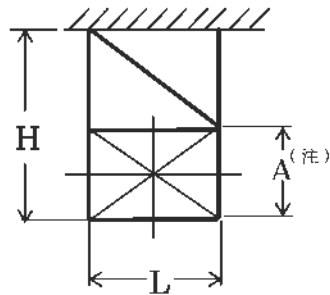
第 4-3 表 支持構造物鋼材選定表 (応力基準による選定表) (4/12)



基本形状：タイプ 1
許容値：237MPa

支持架構寸法		荷 重 (kN)		鋼材サイズ	発生応力 (MPa)
L (mm)	H (mm)	水 平	鉛 直		
					83
					168
					177
					154
					141
					208
					102
					206
					94
					188
					171
					165
					121
					138
					111
					120
					214
					193
					159
					181
145					
156					
157					
212					

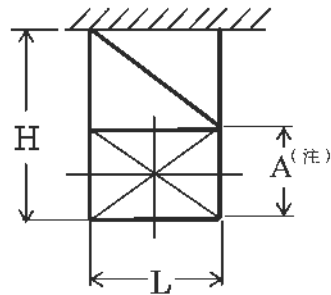
第 4-3 表 支持構造物鋼材選定表 (応力基準による選定表) (5/12)



基本形状：タイプ-2
許容値：237MPa

支持架構造寸法		荷 重(kN)		鋼材サイズ	発生応力(MPa)
L(mm)	H(mm)	水 平	鉛 直		
					33
					66
					165
					180
					105
					210
					46
					91
					227
					142
					140
					228
					45
					89
					125
					156
					170
					184
					51
					100
					147
					192
					222
					218

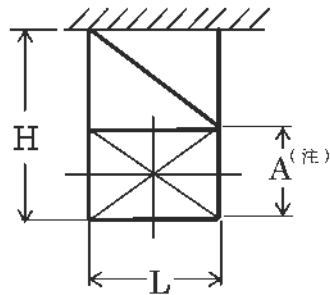
第 4-3 表 支持構造物鋼材選定表 (応力基準による選定表) (6/12)



基本形状：タイプ-2
許容値：237MPa

支持架構造寸法		荷 重(kN)		鋼材サイズ	発生応力(MPa)
L(mm)	H(mm)	水 平	鉛 直		
					42
					83
					208
					132
					130
					222
					62
					124
					167
					192
					188
					178
					75
					151
					203
					231
					223
					191
					75
					150
					201
					168
					157
					196

第 4-3 表 支持構造物鋼材選定表 (応力基準による選定表) (7/12)

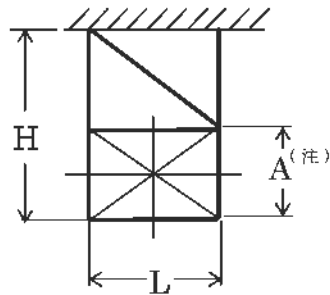


基本形状：タイプ-2
許容値：237MPa

支持架構造寸法		荷 重(kN)		鋼材サイズ	発生応力(MPa)
L(mm)	H(mm)	水 平	鉛 直		
					88
					177
					136
					202
					164
					214
					148
					160
					228
					147
					140
					205
					80
					161
					229
					147
					139
					204
					46
					91
229					
147					
138					
205					

--	--	--	--	--	--

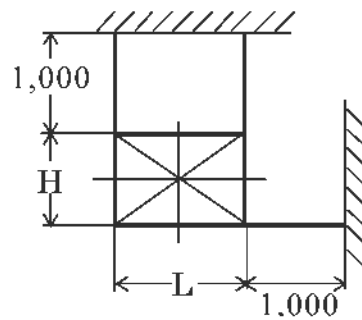
第 4-3 表 支持構造物鋼材選定表（応力基準による選定表）(8/12)



基本形状：タイプ-2
許容値：237MPa

支持架構寸法		荷 重(kN)		鋼材サイズ	発生応力(MPa)
L(mm)	H(mm)	水 平	鉛 直		
					63
					124
					177
					116
					117
					176
					84
					170
					180
					156
					149
					218
					119
					135
					109
					218
					199
					196
					68
					136
109					
219					
199					
195					

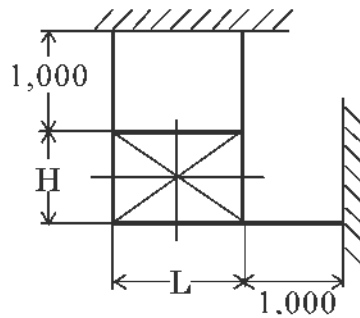
第 4-3 表 支持構造物鋼材選定表（応力基準による選定表）(9/12)



基本形状：タイプ-3
許容値：237MPa

支持架構寸法		荷 重(kN)		鋼材サイズ	発生応力(MPa)
L(mm)	H(mm)	水 平	鉛 直		
					114
					124
					176
					114
					115
					170
					71
					147
					155
					136
					132
					195
					49
					98
					181
					159
					150
					223
					8
					15
					36
					72
					215
					174

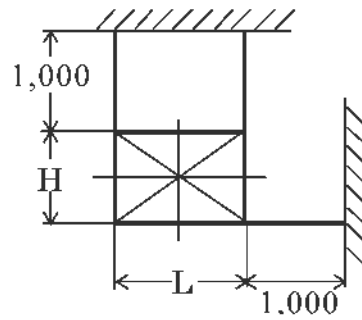
第 4-3 表 支持構造物鋼材選定表（応力基準による選定表）（10/12）



基本形状：タイプ-3
許容値：237MPa

支持架構寸法		荷 重(kN)		鋼材サイズ	発生応力(MPa)
L(mm)	H(mm)	水 平	鉛 直		
					72
					141
					201
					130
					129
					190
					82
					162
					171
					149
					143
					212
					54
					106
					195
					171
					160
					160
					8
					15
					36
					72
					215
					223

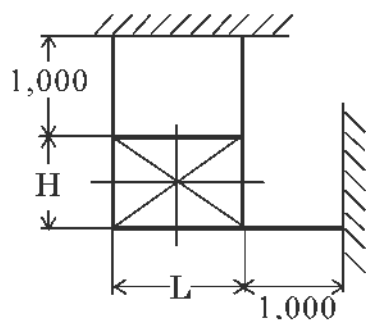
第 4-3 表 支持構造物鋼材選定表（応力基準による選定表）(11/12)



基本形状：タイプ-3
許容値：237MPa

支持架構寸法		荷 重(kN)		鋼材サイズ	発生応力(MPa)
L(mm)	H(mm)	水 平	鉛 直		
					52
					100
					181
					157
					144
					212
					55
					106
					191
					166
					156
					159
					58
					114
					93
					184
					172
					171
					8
					16
					38
					75
					222
					175

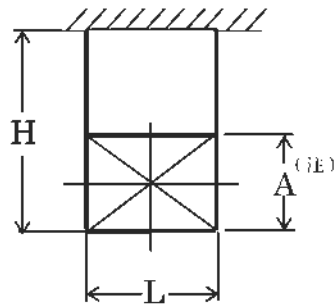
第 4-3 表 支持構造物鋼材選定表（応力基準による選定表）（12/12）



基本形状：タイプ-3
許容値：237MPa

支持架構寸法		荷 重(kN)		鋼材サイズ	発生応力(MPa)
L(mm)	H(mm)	水 平	鉛 直		
					9
					16
					37
					72
					212
					222
					10
					17
					38
					73
					215
					218
					10
					17
					39
					76
					222
					217
					10
					18
					42
					82
					150
					192

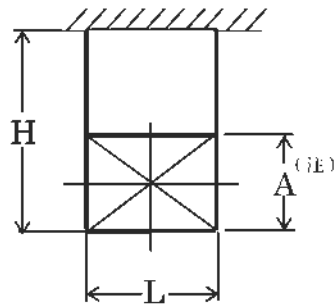
第 4-4 表 支持構造物鋼材選定表（振動数基準による選定表）(1/12)



基本形状：タイプ-1
最小支持構造物振動数：20Hz

支持架構寸法		荷 重(N)	鋼材サイズ	支持構造物振動数 (Hz)
L(mm)	H(mm)			
				67.4
				30.4
				21.5
				22.6
				36.4
				24.2
				24.5
				20.4
				24.2
				21.7
				22.8
				21.7
				21.8
				22.1
				23.6
22.8				

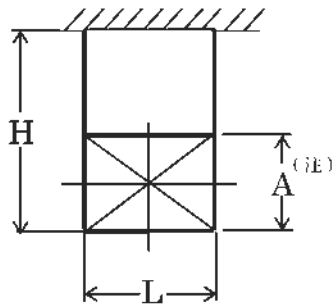
第 4-4 表 支持構造物鋼材選定表（振動数基準による選定表）(2/12)



基本形状：タイプ-1
 最小支持構造物振動数：20Hz

支持架構寸法		荷 重(N)	鋼材サイズ	支持構造物振動数 (Hz)
L(mm)	H(mm)			
				47.4
				21.2
				22.1
				26.5
				32.5
				22.0
				22.8
				20.0
				28.9
				26.2
				20.4
				20.2
				25.9
				21.0
				23.7
21.4				

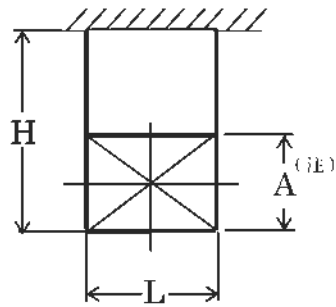
第 4-4 表 支持構造物鋼材選定表（振動数基準による選定表）(3/12)



基本形状：タイプ-1
最小支持構造物振動数：20Hz

支持架構寸法		荷 重(N)	鋼材サイズ	支持構造物振動数 (Hz)
L(mm)	H(mm)			
				25.1
				23.5
				27.2
				24.1
				28.7
				25.0
				24.1
				22.5
				23.1
				22.4
				25.0
				25.1
				21.3
				23.5
				23.1
21.7				

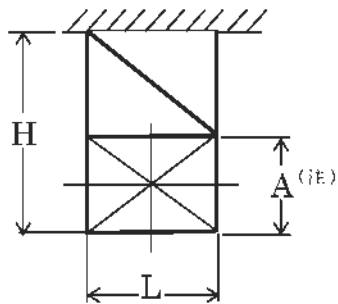
第 4-4 表 支持構造物鋼材選定表（振動数基準による選定表）(4/12)



基本形状：タイプ-1
最小支持構造物振動数：20Hz

支持架構寸法		荷 重(N)	鋼材サイズ	支持構造物振動数 (Hz)
L(mm)	H(mm)			
				21.9
				20.2
				23.8
				21.9
				25.4
				23.4
				22.9
				21.9
				21.5
				21.9
				25.3
				26.9
				22.6
				25.8
				21.0
20.8				

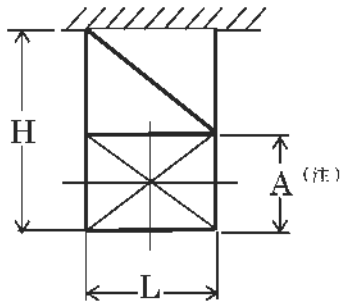
第 4-4 表 支持構造物鋼材選定表（振動数基準による選定表）(5/12)



基本形状：タイプ-2
 最小支持構造物振動数：20Hz

支持架構寸法		荷 重(N)	鋼材サイズ	支持構造物振動数 (Hz)
l. (mm)	H(mm)			
				78.4
				35.2
				24.9
				21.5
				51.1
				23.0
				23.2
				25.1
				32.3
				23.7
				27.0
				21.0
				23.0
				23.2
				20.8
20.3				

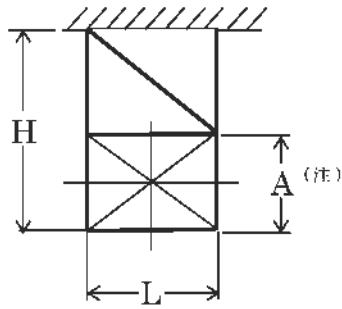
第 4-4 表 支持構造物鋼材選定表（振動数基準による選定表）(6/12)



基本形状：タイプ 2
 最小支持構造物振動数：20Hz

支持架構寸法		荷 重(N)	鋼材サイズ	支持構造物振動数 (Hz)
L(mm)	H(mm)			
				47.5
				21.3
				22.2
				26.5
				35.0
				23.3
				23.9
				20.4
				25.1
				23.4
				30.2
				21.6
				21.2
				20.2
				21.1
20.6				

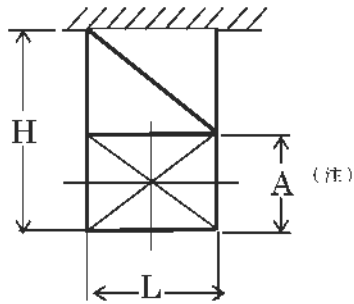
第 4-4 表 支持構造物鋼材選定表（振動数基準による選定表）(7/12)



基本形状：タイプ 2
 最小支持構造物振動数：20Hz

支持架構寸法		荷 重(N)	鋼材サイズ	支持構造物振動数 (Hz)
L(mm)	H(mm)			
				25.5
				21.1
				24.0
				21.3
				20.9
				22.0
				22.1
				21.9
				24.1
				20.3
				25.6
				21.3
				22.4
				23.7
				21.5
24.6				

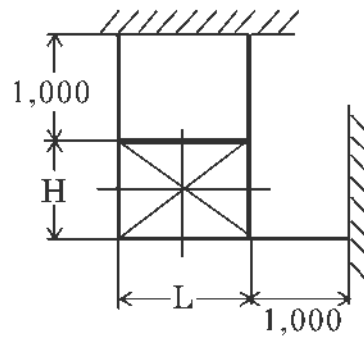
第 4-4 表 支持構造物鋼材選定表（振動数基準による選定表）(8/12)



基本形状：タイプ 2
 最小支持構造物振動数：20Hz

支持架構寸法		荷 重(N)	鋼材サイズ	支持構造物振動数 (Hz)
L(mm)	H(mm)			
				22.5
				20.5
				24.0
				22.0
				22.8
				28.1
				20.2
				20.6
				33.8
				24.7
				21.1
				21.3
				32.7
				23.7
				20.3
				25.4

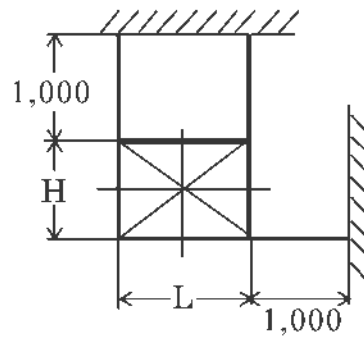
第 4-4 表 支持構造物鋼材選定表（振動数基準による選定表）(9/12)



基本形状：タイプ 3
最小支持構造物振動数：20Hz

支持架構寸法		荷 重(N)	鋼材サイズ	支持構造物振動数 (Hz)
L(mm)	H(mm)			
				23.4
				27.5
				24.7
				21.8
				27.2
				26.2
				20.3
				23.6
				20.4
				23.5
				23.6
				25.1
				20.6
				22.2
				21.0
21.5				

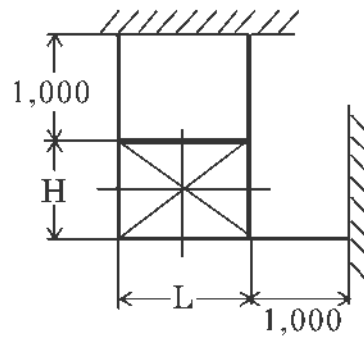
第 4-4 表 支持構造物鋼材選定表（振動数基準による選定表）（10/12）



基本形状：タイプ 3
 最小支持構造物振動数：20Hz

支持架構寸法		荷 重(N)	鋼材サイズ	支持構造物振動数 (Hz)
L(mm)	H(mm)			
				21.9
				22.4
				20.8
				21.7
				25.2
				24.5
				23.0
				22.4
				26.5
				22.3
				22.7
				24.4
				24.6
				21.5
				20.8
				21.3

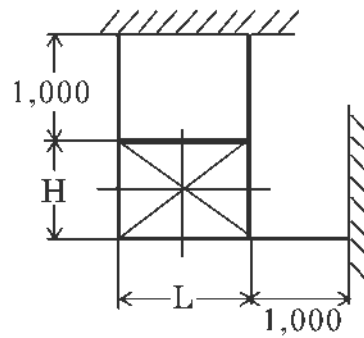
第 4-4 表 支持構造物鋼材選定表（振動数基準による選定表）(11/12)



基本形状：タイプ 3
 最小支持構造物振動数：20Hz

支持架構寸法		荷 重(N)	鋼材サイズ	支持構造物振動数 (Hz)
L(mm)	H(mm)			
				23.0
				22.3
				21.0
				20.5
				21.2
				20.7
				24.3
				25.9
				24.6
				20.6
				21.3
				23.1
				23.7
				20.7
20.3				
21.0				

第 4-4 表 支持構造物鋼材選定表（振動数基準による選定表）（12/12）



基本形状：タイプ 3
 最小支持構造物振動数：20Hz

支持架構寸法		荷 重(N)	鋼材サイズ	支持構造物振動数 (Hz)
L(mm)	H(mm)			
				22.0
				23.7
				22.5
				23.1
				21.2
				22.9
				22.1
				22.7
				20.3
				21.9
				21.5
				22.1
				21.1
				24.1
				24.5
23.2				

補機（容器）の耐震計算について

設計及び工事計画認可申請添付資料 12-14

玄海原子力発電所第3号機

目 次

	頁
1. 概 要	12 (3) - 14 - 1
2. 評価条件	12 (3) - 14 - 2
2.1 基本事項	12 (3) - 14 - 2
2.2 評価対象部位	12 (3) - 14 - 5
3. 耐震計算方法	12 (3) - 14 - 6
3.1 横置円筒形容器の耐震計算方法	12 (3) - 14 - 6
3.2 疲労評価	12 (3) - 14 - 32
4. 参考文献	12 (3) - 14 - 33
5. 記載する数値に関する注意事項及び 耐震計算書のフォーマット	12 (3) - 14 - 34

1. 概 要

本資料は、資料 12-1「耐震設計の基本方針」のうち「10. 耐震計算の基本方針」に基づき、耐震性に関する説明書で求められている容器の耐震性のうち、耐震評価対象機器がある横置円筒形容器が十分な耐震性を有していることを確認するための耐震計算の方法について記載したものである。なお、容器の支持方針は資料 12-11「機器・配管の耐震支持方針」に従う。

解析の方針、容器のモデル化及び減衰定数については、資料 12-6「地震応答解析の基本方針」に従うものとする。

但し、本資料が適用できない容器については、個別耐震計算書にその耐震計算方法を含めて記載する。

なお、応力評価には、平成 29 年 8 月 25 日付け原規規発第 1708253 号にて認可された工事計画にて実績のある、公式等を用いた手法を適用する。

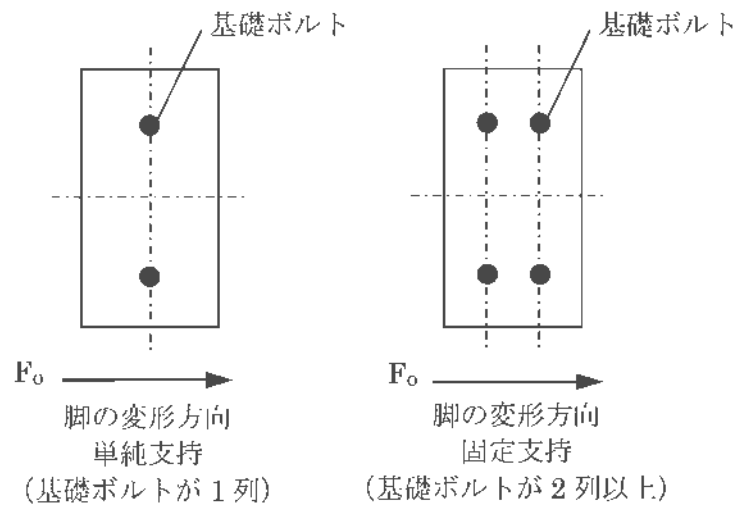
2. 評価条件

2.1 基本事項

2.1.1 耐震計算の条件

機器の耐震計算を行う場合、以下の条件に従うものとする。

- (1) 横置円筒形容器の重量については、胴の中心軸に集中したものとする。上記の容器の耐震計算モデルは1質点系モデルとし、容器の重心位置に地震荷重が作用するものとする。
- (2) 基礎ボルトが、脚の変形方向に直角な方向より見て脚1個につき1列の場合は下端を単純支持とする。その他の場合は、固定支持とする。



第2-1図 基礎ボルトの列数による支持脚の分類

- (3) 水平方向地震による水平力は、支持脚下端のベースプレートと基礎コンクリート面との摩擦力によって基礎コンクリートに伝達させるものとする。また、機器が架台に取り付けられている場合、水平方向地震による水平力は、ベースプレートと鉄鋼面との摩擦力によって剛に設置された架台に伝達させるものとする。この場合、基礎ボルトは取付ボルトに読み替える。ベースプレートと据付面の摩擦力が水平地震力以上であることを確認する。なお、水平地震力が据付面の摩擦力を上回る場合には、基礎ボルトにせん断応力が発生するものとし、JSME S NC1-2012SSB-3133 (IVAS) に基づく組合せ応力評価について、次式を満たすことを確認する。

$$\sigma_{nt} \leq \min(1.4 \cdot 1.5f_t^* - 1.6\tau_{bs}, 1.5f_t^*) \equiv 1.5f_t^* \quad (\text{IVAS})$$

- (4) JSME S NJ1-2012 Part3 第 1 章を用いて材料基準値等を計算する際に温度が Part3 第 1 章表記載値の中間の値の場合、比例法を用いて計算する。
但し、Part3 第 1 章表 6、7 で比例法を用いる場合は、小数第 1 位以下を切り捨てた値を用いるものとする。
- (5) サドル支持横置円筒形容器の場合、胴は剛とし、長手方向の熱膨張による胴の伸びをスライドさせるためベースプレートのボルト穴を長穴にしているスライド側の基礎ボルトには締付力を与えないものとする。したがって、サドル支持横置円筒形容器の耐震計算は、長手方向の地震荷重に対して、基礎ボルトを締付けている固定側の脚だけで行うものとする。
- (6) 計算に用いる寸法は、公称値を使用する。
- (7) 水平方向と鉛直方向の地震動による応力の組合せは、安全側に絶対和の評価を原則とするが、SRSS 法による組合せによる評価も用いる。
- (8) 設計用加速度は、資料 12-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。
なお、固有振動数が 30Hz 以上の場合、設計用加速度は最大床加速度の 1.2 倍の値を用いて評価を行う。

2.1.2 変形モードの組合せ

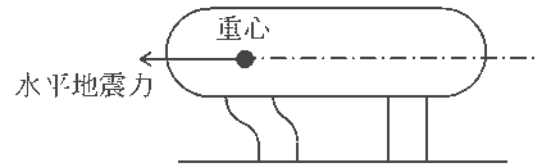
容器の耐震計算モデルは、資料 12-6「地震応答解析の基本方針」に従い 1 質点系モデルとし、容器の重心位置に地震荷重が作用するものとする。容器の重心に水平方向地震力が作用した場合、容器及び脚は、いくつかの変形モードが組み合わされて振動すると考える。

変形モード及び変形モードの組合せを以下に示す。

(1) 変形モード

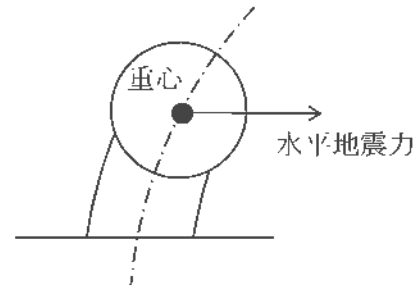
a. A型変形

支持脚の伸縮はなく、容器胴体底面が水平に移動する変形モード。



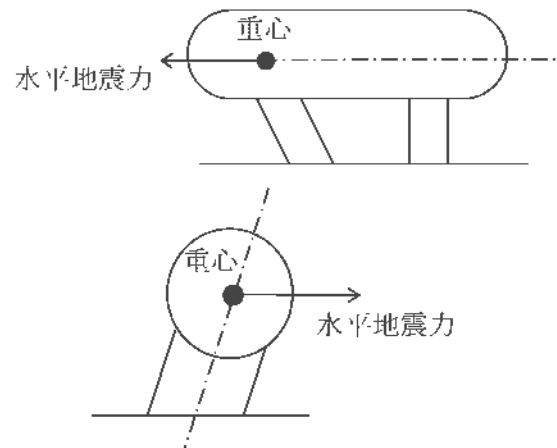
b. B型変形

支持脚と容器胴体が一体としての曲げ変形モード。



c. C型変形

支持脚又は容器胴体のせん断変形モード。



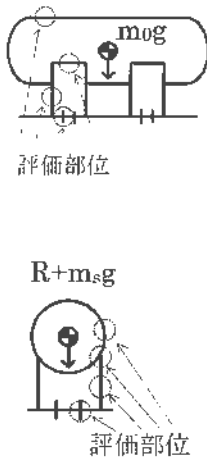
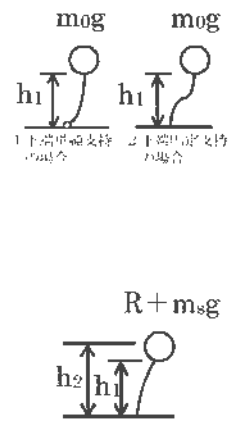
(2) 変形モードの組合せ

横置円筒形容器	{	長手方向	=A+C
		横方向	=B+C

2.2 評価対象部位

評価対象部位は以下の第2-1表に示すとおりである。

第2-1表 機器形状に対する評価対象部位

機器形状	評価対象部位及び項目	構造概略	計算モデル
サドル支持 横置円筒形	胴板 <ul style="list-style-type: none"> ・一次一般膜応力 ・一次応力 ・一次＋二次応力 支持脚 <ul style="list-style-type: none"> ・組合せ応力 ・座屈 基礎ボルト <ul style="list-style-type: none"> ・引張 ・せん断（基礎面との摩擦） 	 <p>評価部位</p> <p>評価部位</p>	 <p>上下両端支持の場合</p> <p>上端固定支持の場合</p>

3. 耐震計算方法

3.1 横置円筒形容器の耐震計算方法

3.1.1 記号の説明

記号	記号の説明	単位
A_b	基礎ボルトの軸断面積	mm^2
A_s	脚の断面積	mm^2
A_{s1}	脚の長手方向に対する有効せん断断面積	mm^2
A_{s2}	脚の横方向に対する有効せん断断面積	mm^2
A_{s3}	脚の長手方向に対するせん断断面積	mm^2
A_{s4}	脚の横方向に対するせん断断面積	mm^2
a	脚底板の長手方向幅	mm
a_H	設計用水平加速度	m/s^2
a_V	設計用鉛直加速度	m/s^2
b	脚底板の横方向幅	mm
C_1	脚の胴体つけ根部のアタッチメントの幅の2分の1 (胴の横方向)	mm
C_2	脚の胴体つけ根部のアタッチメントの幅の2分の1 (胴の長手方向)	mm
C_c	参考文献(1)より得られる値	—
C_d	参考文献(1)より得られる値	—
D_i	胴の内径	mm
D_o	胴の外径	mm
d_1	脚底板端面から基礎ボルト中心までの長手方向の距離	mm
d_2, d_3	脚底板端面から基礎ボルト中心までの横方向の距離	mm
E_s	脚の縦弾性係数	MPa
e_1	長手方向のベースプレートに作用するモーメントと鉛直荷重の比	mm
e_2	横方向のベースプレートに作用するモーメントと鉛直荷重の比	mm
F_{bc}	横方向地震により基礎ボルトに作用する引張力	N
F_{be}	長手方向地震により基礎ボルトに作用する引張力	N

記号	記号の説明	単位
f_{bc}	横方向地震における脚の許容曲げ応力	MPa
f_{be}	長手方向地震における脚の許容曲げ応力	MPa
f_c	脚の許容圧縮応力	MPa
G_s	脚のせん断弾性係数	MPa
g	重力加速度 ($g=9.80665$)	m/s^2
H	水頭	mm
h_1	基礎から脚の胴つけ根部までの高さ	mm
h_2	基礎から胴の中心までの高さ	mm
I_x	脚の長手方向軸に対する断面 2 次モーメント	mm^4
I_y	脚の横方向軸に対する断面 2 次モーメント	mm^4
K_1, K_2	参考文献(1)より得られる定数	—
K_c	脚のばね定数 (胴の横方向に水平力が作用する場合)	N/mm
K_f	脚のばね定数 (胴の長手方向に水平力が作用する場合)	N/mm
k_c	参考文献(1)より得られる定数	—
k_f	参考文献(1)より得られる定数	—
l_H	鏡板の端から鏡板の丸みの始まる箇所までの長さ	mm
l_L	鏡板の丸みの始まる箇所間の長さ	mm
l_0	脚中心間距離	mm
M	脚部における胴の運転時質量によるモーメント	$N \cdot mm$
M_c	横方向地震による胴の脚つけ根部のモーメント	$N \cdot mm$
M_{c1}	横方向地震により脚底面に働くモーメント	$N \cdot mm$
M_f	長手方向地震による胴の脚つけ根部のモーメント	$N \cdot mm$
M_{f1}	長手方向地震により脚底面に働くモーメント	$N \cdot mm$
M_x	胴に生じる長手方向の局部曲げモーメント	$N \cdot mm$
M_ϕ	胴に生じる周方向の局部曲げモーメント	$N \cdot mm$
m_0	容器の有効運転質量	kg
m_s	脚 1 本当たりの質量	kg
N_x	胴に生じる軸方向の膜力	N/mm
N_ϕ	胴に生じる周方向の膜力	N/mm
n	脚 1 個当たりの基礎ボルト本数	—

記号	記 号 の 説 明	単位
n_1	脚 1 個当たりの長手方向地震によって引張を受ける基礎ボルト本数	—
n_2	脚 1 個当たりの横方向地震によって引張を受ける基礎ボルト本数	—
P	運転時質量による胴の脚取付部における鉛直方向荷重	N
P'	鉛直方向地震による胴の脚取付部における鉛直方向荷重	N
P_t	長手方向地震により胴の脚つけ根部に働く鉛直荷重	N
P_r	最高使用圧力	MPa
P_s	長手方向地震により脚底部に働く鉛直荷重	N
P_{s1}	横方向地震により脚底部に働く鉛直荷重	N
R	脚に作用する荷重	N
r_m	脚つけ根部における胴の平均半径	mm
r_o	脚つけ根部における胴の外半径	mm
s	基礎ボルトと基礎の縦弾性係数比 (コンクリートの場合 $s=10$ 、鋼の場合 $s=1$)	—
T	固有周期	s
T_1	長手方向の固有周期	s
T_2	横方向の固有周期	s
t	胴の板厚	mm
t_e	脚つけ根部における胴の有効板厚	mm
t_w	脚取付部の当板板厚	mm
$X_1 \sim X_4$	基礎が圧縮力を受ける幅	mm

記号	記 号 の 説 明	単位
Z	脚取付部における胴の有効断面係数	mm ³
Z _{sx}	脚の長手方向軸に対する断面係数	mm ³
Z _{sy}	脚の横方向軸に対する断面係数	mm ³
α	脚の開き角	rad
β, β_1, β_2	参考文献(1)によるアタッチメントパラメータ	—
γ	参考文献(1)によるシェルパラメータ	—
θ	脚取付部における胴の有効範囲角の2分の1	rad
θ_0	胴体脚端部より鉛直軸までの角度	rad
σ_0	胴の一次一般膜応力あるいは組合せ応力の最大値	MPa
ρ	液体の比重	—
σ_{0c}	横方向地震が作用した場合の胴の組合せ一次一般膜応力	MPa
σ_{0cx}	横方向地震が作用した場合の胴の軸方向一次一般膜応力の和	MPa
σ_{0cp}	横方向地震が作用した場合の胴の周方向一次一般膜応力の和	MPa
σ_{0f}	長手方向地震が作用した場合の胴の組合せ一次一般膜応力	MPa
σ_{0fx}	長手方向地震が作用した場合の胴の軸方向一次一般膜応力の和	MPa
σ_{0fp}	長手方向地震が作用した場合の胴の周方向一次一般膜応力の和	MPa
σ_1	胴の一次応力の最大値	MPa
σ_{1c}	横方向地震が作用した場合の胴の組合せ一次応力	MPa
σ_{1cx}	横方向地震が作用した場合の胴の軸方向一次応力の和	MPa
σ_{1cp}	横方向地震が作用した場合の胴の周方向一次応力の和	MPa
σ_{1f}	長手方向地震が作用した場合の胴の組合せ一次応力	MPa
σ_{1fx}	長手方向地震が作用した場合の胴の軸方向一次応力の和	MPa

記号	記号の説明	単位
σ_{1fp}	長手方向地震が作用した場合の胴の周方向一次応力の和	MPa
σ_2	胴の一次+二次応力の最大値	MPa
σ_{2c}	横方向地震が作用した場合の地震動のみによる胴の組合せ一次+二次応力	MPa
σ_{2cx}	横方向地震が作用した場合の胴の軸方向一次+二次応力	MPa
σ_{2cp}	横方向地震が作用した場合の胴の周方向一次+二次応力	MPa
σ_{2f}	長手方向地震が作用した場合の地震動のみによる胴の組合せ一次+二次応力	MPa
σ_{2fx}	長手方向地震が作用した場合の胴の軸方向一次+二次応力	MPa
σ_{2fp}	長手方向地震が作用した場合の胴の周方向一次+二次応力	MPa
σ_b	基礎ボルトの引張応力の最大値	MPa
σ_{bf}	長手方向地震が作用した場合の基礎ボルトの引張応力	MPa
σ_{bc}	横方向地震が作用した場合の基礎ボルトの引張応力	MPa
σ_s	脚の組合せ応力の最大値	MPa
σ_{s1}	長手方向地震が作用した場合の脚の圧縮応力	MPa
σ_{s2}	長手方向地震が作用した場合の脚の曲げ応力	MPa
σ_{s3}	横方向地震が作用した場合の脚の圧縮応力	MPa
σ_{s4}	横方向地震が作用した場合の脚の曲げ応力	MPa
σ_{sb}	脚の曲げ応力	MPa
σ_{sc}	脚の圧縮応力	MPa
σ_{scc}	横方向地震が作用した場合の脚の組合せ応力	MPa

記号	記 号 の 説 明	単位
σ_{sfc}	長手方向地震が作用した場合の脚の組合せ応力	MPa
σ_{x1}	静水頭または内圧により胴に生じる軸方向応力	MPa
σ_{x2}	自重により胴に生じる軸方向応力	MPa
σ_{x31}	自重及び鉛直方向地震による胴の軸方向局部膜応力	MPa
σ_{x31}'	鉛直方向地震による胴の軸方向局部膜応力	MPa
σ_{x32}'	鉛直方向地震による胴の軸方向局部曲げ応力	MPa
σ_{x411}	長手方向地震によって生じる曲げモーメントによる胴の軸方向局部膜応力	MPa
σ_{x412}	長手方向地震によって生じる曲げモーメントによる胴の軸方向局部曲げ応力	MPa
σ_{x421}	長手方向地震によって生じる鉛直力による胴の軸方向局部膜応力	MPa
σ_{x422}	長手方向地震によって生じる鉛直力による胴の軸方向局部曲げ応力	MPa
σ_{x43}	長手方向地震により生じる水平方向荷重による胴の応力	MPa
σ_{x51}	横方向地震によって生じる曲げモーメントによる胴の軸方向局部膜応力	MPa
σ_{x52}	横方向地震によって生じる曲げモーメントによる胴の軸方向局部曲げ応力	MPa
$\sigma_{\phi 1}$	静水頭または内圧により胴に生じる周方向応力	MPa
$\sigma_{\phi 31}$	自重及び鉛直方向地震による胴の周方向局部膜応力	MPa
$\sigma_{\phi 31}'$	鉛直方向地震による胴の周方向局部膜応力	MPa
$\sigma_{\phi 32}'$	鉛直方向地震による胴の周方向局部曲げ応力	MPa
$\sigma_{\phi 411}$	長手方向地震によって生じる曲げモーメントによる胴の周方向局部膜応力	MPa

記号	記 号 の 説 明	単位
$\sigma_{\phi 412}$	長手方向地震によって生じる曲げモーメントによる胴の周方向局部曲げ応力	MPa
$\sigma_{\phi 421}$	長手方向地震によって生じる鉛直力による胴の周方向局部膜応力	MPa
$\sigma_{\phi 422}$	長手方向地震によって生じる鉛直力による胴の周方向局部曲げ応力	MPa
$\sigma_{\phi 51}$	横方向地震によって生じる曲げモーメントによる胴の周方向局部膜応力	MPa
$\sigma_{\phi 52}$	横方向地震によって生じる曲げモーメントによる胴の周方向局部曲げ応力	MPa
σ_{x6}	鉛直方向地震により胴に生じる軸方向応力	MPa
τ_c	横方向地震により胴の脚つけ根部に生じるせん断応力	MPa
τ_t	長手方向地震により胴の脚つけ根部に生じるせん断応力	MPa
τ_{s2}	長手方向地震により脚に生じるせん断応力	MPa
τ_{s3}	横方向地震により脚に生じるせん断応力	MPa
τ_b	基礎ボルトに生じるせん断応力	MPa
τ_{bf}	基礎ボルトに生じる長手方向せん断応力	MPa
τ_{bc}	基礎ボルトに生じる横方向せん断応力	MPa
ω	胴部自重による等分布荷重	N/mm

3.1.3 固有周期の計算方法

(1) 3脚支持機器の固有周期

a. 長手方向の固有周期

長手方向のばね定数は、

$$K_r = \frac{3}{\frac{h_1^3}{12E_s \cdot I_y} + \frac{h_1}{G_s \cdot A_{s1}}}$$

固有周期は、

$$T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{m_0}{K_r \times 10^3}}$$

b. 横方向の固有周期

横方向のばね定数は、

$$K_c = \frac{1}{\frac{h_1^2(3h_2 - h_1)}{6E_s \cdot I_x} + \frac{(h_2 - h_1)h_1(h_2 - h_1/2)}{E_s \cdot I_x} + \frac{h_1}{G_s \cdot A_{s2}}}$$

固有周期は、

$$T_2 = 2\pi \sqrt{\frac{\frac{R}{g} + m_s}{K_c \times 10^3}}$$

固有周期 T は、 T_1 と T_2 のうち水平加速度が大きくなる方とする。

3.1.4 胴の応力計算

(1) 脚に作用する荷重及び脚つけ根の部分における曲げモーメント

脚にかかる荷重は、モーメントのつり合いより求められる。

脚のつけ根の部分におけるモーメントは、胴をはりと考えて求める。

a. 3脚支持機器

(a) 脚に作用する荷重

$$R_1 = R_3 = \frac{(m_0 - 3m_s)g - R_2}{2}$$

$$R_2 = \frac{5\omega \cdot \ell_o}{4} - \frac{3M_1}{\ell_o}$$

$$\omega = \frac{(m_0 - 3m_s)g}{\ell_L + \frac{4}{3}\ell_H}$$

固有周期計算及び応力計算において R は $R_1 \sim R_3$ のうち最大のものとする。

(b) 脚つけ根の部分における曲げモーメント

$$M_1 = M_3 = \frac{1}{2}\omega \left(\frac{2}{3}\ell_H + \frac{\ell_L - 2\ell_o}{2} \right)^2$$

$$M_2 = \frac{\omega \cdot \ell_o^2}{8} - \frac{M_1}{2}$$

応力計算に使用する M は、 $M_1 \sim M_3$ のうち最大のものとする。

- (2) 静水頭または内圧による応力
静水頭による場合

$$\sigma_{\varphi 1} = \frac{\rho \cdot g \cdot H \times 10^{-6} \cdot D_i}{2t}$$

$$\sigma_{\varphi 2} = \frac{\rho \cdot a_v \cdot H \times 10^{-6} \cdot D_i}{2t}$$

$$\sigma_{x1} = 0$$

内圧による場合

$$\sigma_{\varphi 1} = \frac{P_r (D_i + 1.2t)}{2t}$$

$$\sigma_{x1} = \frac{P_r (D_i + 1.2t)}{4t}$$

- (3) 運転時質量及び鉛直方向地震により生じる長手方向曲げモーメントによる応力

(1)項で求めた曲げモーメントにより胴の脚つけ根部に生じる応力は、次のようにして求められる。

参考文献(2)によれば、この曲げモーメントは胴の断面に対して一様に作用するものではなく、脚取付部において円周方向の曲げモーメントに置換され、胴の局部変形を生じさせようとする。

長手方向の曲げモーメントによる胴の応力の影響範囲を胴下端から θ の点とすると、長手方向曲げモーメントに対する胴の有効断面積は、第 3-2 図及び第 3-3 図に 20 で示される円殻である。したがって、応力は次式で表わされる。

$$\sigma_{x2} = \frac{M}{Z}$$

$$\sigma_{x6} = \left(\frac{a_v}{g} \right) \frac{M}{Z}$$

ここで、

$$r_m = \frac{D_i + t_e}{2}$$

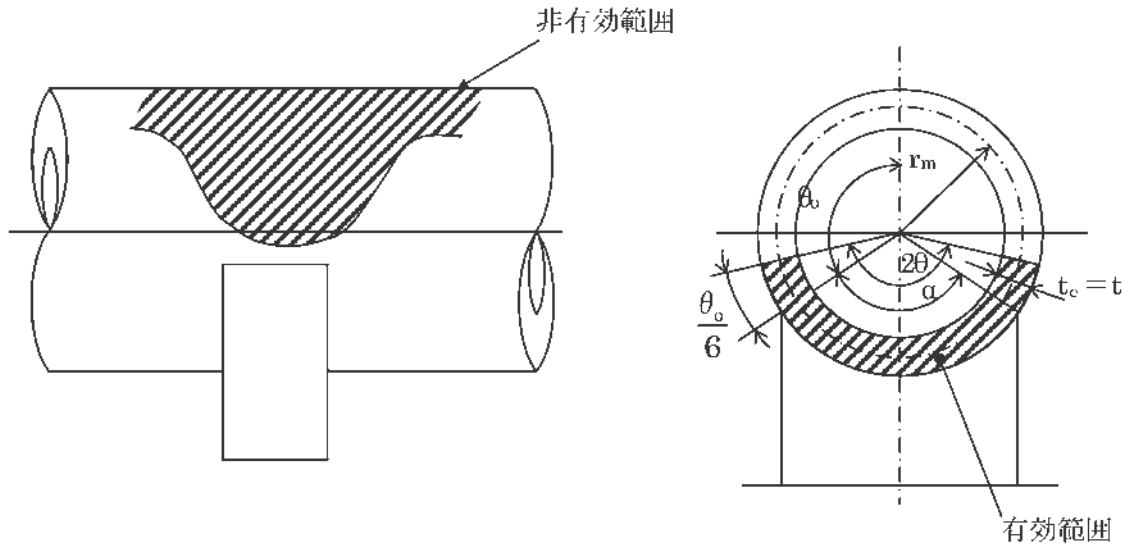
$$Z = r_m^2 \cdot t_e \left\{ \frac{\theta + \sin \theta \cdot \cos \theta - 2 \sin^2 \theta / \theta}{\sin \theta / \theta - \cos \theta} \right\}$$

t_e は、 t あるいは $(t+t_w)$ をとるものとし、 θ は以下の式で表わされる。

有効範囲に当板板厚を含めない場合 ($t_e=t$)

$$\theta = \pi - \frac{5}{6} \theta_0$$

計算に用いる記号説明図を第 3-2 図に示す。

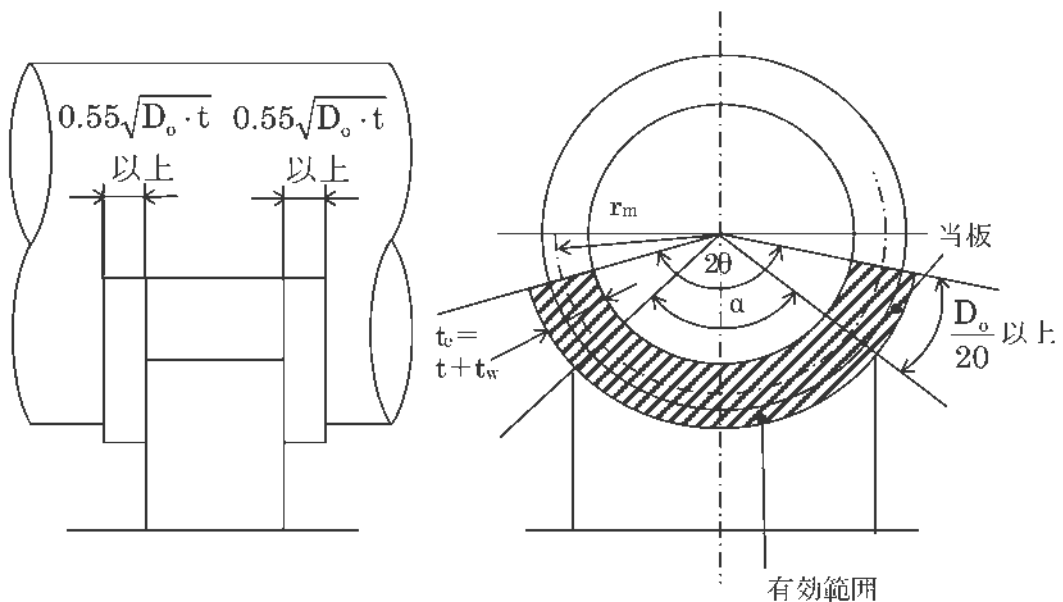


第 3-2 図 当板板厚を含めない場合の脚つけ根部における
 胴の有効断面係数の計算に用いる記号説明図

当板板厚を含める場合 ($t_c = t + t_w$ 但し当板の範囲は周方向に 2θ 以上、軸方向
 に脚端部より $0.55\sqrt{D_o \cdot t}$ 以上とする)

計算に用いる記号説明図を第 3-3 図に示す。

$$\theta = \frac{\alpha}{2} + \frac{D_o}{\frac{D_i}{2} + (t + t_w)}$$



第 3-3 図 当板板厚を含める場合の脚つけ根部における胴の
 有効断面係数の計算に用いる記号説明図

- (4) 運転時質量及び鉛直方向地震による脚つけ根部の応力
 胴の脚つけ根部には、脚反力による局部応力が生じる。
 胴の第1脚つけ根部に作用する反力は次式で表わされる。
 また、力の関係図を第3-4図に示す。
 運転時質量による反力

$$P=R$$

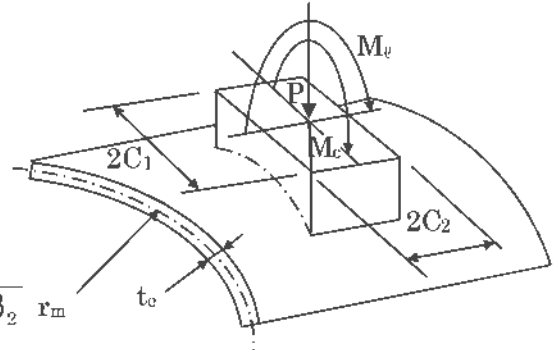
この反力 P により生じる胴の局部応力は参考文献(1)によると次のようにして求めることができる。

$$\begin{aligned} \gamma &= r_m / t_e \\ \beta_1 &= C_1 / r_m \\ \beta_2 &= C_2 / r_m \\ \beta_1 / \beta_2 &\geq 1 \text{ のとき} \end{aligned}$$

$$\beta = \left\{ 1 - \frac{1}{3} (\beta_1 / \beta_2 - 1) (1 - K_1^*) \right\} \sqrt{\beta_1 \cdot \beta_2} r_m$$

$$\beta_1 / \beta_2 < 1 \text{ のとき}$$

$$\beta = \left\{ 1 - \frac{4}{3} (1 - \beta_1 / \beta_2) (1 - K_2^*) \right\} \sqrt{\beta_1 \cdot \beta_2}$$



第3-4図 脚が胴に及ぼす力の関係図

脚取付部の胴の局部応力は、シェルパラメータ γ 及びアタッチメントパラメータ B によって参考文献(1)の表により値を求める (以下*を付記する。) ことにより応力は次式で表わされる。

反力 P により生じる応力

$$\sigma_{\varphi 31} = \left(\frac{N_{\varphi}}{P/r_m} \right)^* \left(\frac{P}{r_m \cdot t_e} \right)$$

$$\sigma_{x 31} = \left(\frac{N_x}{P/r_m} \right)^* \left(\frac{P}{r_m \cdot t_e} \right)$$

(5) 長手方向地震による脚つけ根部の応力

脚つけ根部に生じる曲げモーメント及び鉛直荷重(偶力)は次式により与えられる。

但し、脚下端が単純支持の場合は M_v の式の係数 $1/2$ を 1 に、 P_v の式の係数 $1/2$ を 0 に置き換えるものとする。

a. 脚つけ根部に作用する力及びモーメント

(a) 3脚支持横置円筒形の場合

$$M_v = \frac{1}{6} (m_0 - m_s) a_H \cdot h_1$$

$$P_v = (m_0 - m_s) a_H \frac{h_2 - \frac{1}{2} h_1}{2\ell_0}$$

b. 一次応力

曲げモーメント M_v と鉛直荷重 P_v により生じる胴の局部応力は(4)項と同様な方法で参考文献(1)により求められる。

曲げモーメント M_v により生じる応力は、

$$\sigma_{\phi 411} = \left(\frac{N_\phi}{M_v (r_m^2 \cdot \beta)} \right)^* \left(\frac{M_v}{r_m^2 \cdot t_c \cdot \beta} \right) C_i^*$$

$$\sigma_{x 411} = \left(\frac{N_x}{M_v (r_m^2 \cdot \beta)} \right)^* \left(\frac{M_v}{r_m^2 \cdot t_c \cdot \beta} \right) C_i^*$$

ここで、アタッチメントパラメータ β は次式で表わされる。

$$\beta = \sqrt[3]{\beta_1 \cdot \beta_2^2}$$

鉛直荷重 P_v により生じる応力は、

$$\sigma_{\phi 421} = \left(\frac{N_\phi}{P_v / r_m} \right)^* \left(\frac{P_v}{r_m \cdot t_c} \right)$$

$$\sigma_{x 421} = \left(\frac{N_x}{P_v / r_m} \right)^* \left(\frac{P_v}{r_m \cdot t_c} \right)$$

また、水平方向荷重により胴には下記式で表わされる引張応力が生じる。

$$\sigma_{x 13} = \frac{(m_0 - m_s) a_H}{\pi (D_i + t) t}$$

c. 二次応力

曲げモーメント M_i と鉛直荷重 P_i により生じる胴の局部応力は(4)項と同様な方法で参考文献(1)により求められる。

$$\sigma_{\phi 412} = \left(\frac{M_{\phi}}{M_{i'}(r_m \cdot \beta)} \right)^* \left(\frac{6M_i}{r_m \cdot t_e^2 \cdot \beta} \right)$$

$$\sigma_{x 412} = \left(\frac{M_x}{M_{i'}(r_m \cdot \beta)} \right)^* \left(\frac{6M_i}{r_m \cdot t_e^2 \cdot \beta} \right)$$

ここで、アタッチメントパラメータ β は次式で表わされる。

$$\beta = k_i^* \sqrt[3]{\beta_1 \cdot \beta_2^2}$$

鉛直荷重 P_i により生じる応力は、

$$\sigma_{\phi 422} = \left(\frac{M_{\phi}}{P_i} \right)^* \left(\frac{6P_i}{t_e^2} \right)$$

$$\sigma_{x 422} = \left(\frac{M_x}{P_i} \right)^* \left(\frac{6P_i}{t_e^2} \right)$$

d. せん断応力

長手方向地震が作用した場合、第 1 脚つけ根部に生じるせん断応力は次式で表わされる。

(a) 3 脚支持横置円筒形の場合

$$\tau_v = \frac{(m_0 - m_s) a_H}{12C_2 \cdot t}$$

(6) 横方向地震による脚つけ根部の応力

横方向の地震が作用した場合、第 1 脚のつけ根部に生じる曲げモーメント M_c は、

$$M_c = \frac{a_H}{g} R \cdot r_o$$
$$r_o = \frac{D_1}{2} + t_e$$

a. 一次応力

曲げモーメント M_c により生じる胴の局部応力は、(4)項及び(5)項と同様な方法で参考文献(1)より求められる。

シェルパラメータ γ は(4)項と同じであるが、アタッチメントパラメータ β は次式にて表わされる。

$$\beta = \sqrt[3]{\beta_1^2 \cdot \beta_2}$$

したがって、応力は、

$$\sigma_{\phi 51} = \left(\frac{N_\phi}{M_c / (r_m^2 \cdot \beta)} \right)^* \left(\frac{M_c}{r_m^2 \cdot \beta \cdot t_e} \right) C_c^*$$
$$\sigma_{x 51} = \left(\frac{N_x}{M_c / (r_m^2 \cdot \beta)} \right)^* \left(\frac{M_c}{r_m^2 \cdot \beta \cdot t_e} \right) C_c^*$$

b. 二次応力

曲げモーメント M_c により生じる胴の局部応力は(4)項及び(5)項と同様な方法で参考文献(1)より求められる。

シェルパラメータ γ は(4)項と同じであるが、アタッチメントパラメータ β は次式にて表わされる。

$$\beta = k_c^* \sqrt[3]{\beta_1^2 \cdot \beta_2}$$

したがって、応力は、

$$\sigma_{\phi 52} = \left(\frac{M_\phi}{M_c / (r_m \cdot \beta)} \right)^* \left(\frac{6M_c}{r_m \cdot t_e^2 \cdot \beta} \right)$$
$$\sigma_{x 52} = \left(\frac{M_x}{M_c / (r_m \cdot \beta)} \right)^* \left(\frac{6M_c}{r_m \cdot t_e^2 \cdot \beta} \right)$$

c. せん断応力

横方向に地震が作用した場合、第 1 脚つけ根部に生じるせん断力は次式で表わされる。

$$\tau_c = \frac{\frac{a_H}{g} R}{4C_1 \cdot t}$$

(7) 一次一般膜応力

(1)項～(3)項によって計算される胴の一次一般膜応力は以下により組み合わせられる。

- a. 長手方向地震が作用した場合
(絶対値和)

$$\sigma_{0v} = \text{Max} (\sigma_{0v\varphi}, \sigma_{0vx})$$

ここで、

$$\sigma_{0v\varphi} = \sigma_{\varphi 1} + \sigma_{\varphi 2}$$

$$\sigma_{0vx} = \sigma_{x1} + \sigma_{x2} + \sigma_{x6} + \sigma_{x43}$$

(SRSS 法)

$$\sigma_{0v} = \text{Max} (\sigma_{0v\varphi}, \sigma_{0vx})$$

ここで、

$$\sigma_{0v\varphi} = \sigma_{\varphi 1} + \sigma_{\varphi 2}$$

$$\sigma_{0vx} = \sigma_{x1} + \sigma_{x2} + \sqrt{\sigma_{x6}^2 + \sigma_{x43}^2}$$

- b. 横方向地震が作用した場合
(絶対値和)

$$\sigma_{0c} = \text{Max} (\sigma_{0c\varphi}, \sigma_{0cx})$$

ここで、

$$\sigma_{0c\varphi} = \sigma_{\varphi 1} + \sigma_{\varphi 2}$$

$$\sigma_{0cx} = \sigma_{x1} + \sigma_{x2} + \sigma_{x6}$$

(SRSS 法)

$$\sigma_{0c} = \text{Max} (\sigma_{0c\varphi}, \sigma_{0cx})$$

ここで、

$$\sigma_{0c\varphi} = \sigma_{\varphi 1} + \sigma_{\varphi 2}$$

$$\sigma_{0cx} = \sigma_{x1} + \sigma_{x2} + \sigma_{x6}$$

したがって、胴に生じる一次一般膜応力の最大値は、

$$\sigma_0 = \text{Max} (\sigma_{0v}, \sigma_{0c})$$

で表わされる。

(8) 組合せ応力

(1)項～(6)項によって計算される第 1 脚つけ根部に生じる胴の応力は以下により組み合わせられる。

a. 一次応力

(絶対値和)

(a) 長手方向地震が作用した場合

$$\sigma_{1l} = \frac{1}{2} \left\{ (\sigma_{1l\varphi} + \sigma_{1lx}) \pm \sqrt{(\sigma_{1l\varphi} - \sigma_{1lx})^2 + 4\tau_l^2} \right\}$$

ここで、

$$\sigma_{1l\varphi} = \sigma_{\varphi 1} + \sigma_{\varphi 2} + \sigma_{\varphi 31} + \sigma_{\varphi 31}' + \sigma_{\varphi 411} + \sigma_{\varphi 421}$$

$$\sigma_{1lx} = \sigma_{x1} + \sigma_{x2} + \sigma_{x31} + \sigma_{x31}' + \sigma_{x411} + \sigma_{x421} + \sigma_{x43} + \sigma_{x6}$$

(b) 横方向地震が作用した場合

$$\sigma_{1c} = \frac{1}{2} \left\{ (\sigma_{1c\varphi} + \sigma_{1cx}) \pm \sqrt{(\sigma_{1c\varphi} - \sigma_{1cx})^2 + 4\tau_c^2} \right\}$$

ここで、

$$\sigma_{1c\varphi} = \sigma_{\varphi 1} + \sigma_{\varphi 2} + \sigma_{\varphi 31} + \sigma_{\varphi 31}' + \sigma_{\varphi 51}$$

$$\sigma_{1cx} = \sigma_{x1} + \sigma_{x2} + \sigma_{x31} + \sigma_{x31}' + \sigma_{x51} + \sigma_{x6}$$

(SRSS 法)

(a) 長手方向地震が作用した場合

$$\sigma_{1l} = \frac{1}{2} \left\{ (\sigma_{1l\varphi} + \sigma_{1lx}) \pm \sqrt{(\sigma_{1l\varphi} - \sigma_{1lx})^2 + 4\tau_l^2} \right\}$$

ここで、

$$\sigma_{1l\varphi} = \sigma_{\varphi 1} + \sigma_{\varphi 31} + \sqrt{(\sigma_{\varphi 411} + \sigma_{\varphi 421})^2 + (\sigma_{\varphi 2} + \sigma_{\varphi 31}')^2}$$

$$\sigma_{1lx} = \sigma_{x1} + \sigma_{x2} + \sigma_{x31} + \sqrt{(\sigma_{x411} + \sigma_{x421} + \sigma_{x43})^2 + (\sigma_{x6} + \sigma_{x31}')^2}$$

(b) 横方向地震が作用した場合

$$\sigma_{1c} = \frac{1}{2} \left\{ (\sigma_{1c\varphi} + \sigma_{1cx}) \pm \sqrt{(\sigma_{1c\varphi} - \sigma_{1cx})^2 + 4\tau_c^2} \right\}$$

ここで、

$$\sigma_{1c\varphi} = \sigma_{\varphi 1} + \sigma_{\varphi 31} + \sqrt{\sigma_{\varphi 51}^2 + (\sigma_{\varphi 2} + \sigma_{\varphi 31}')^2}$$

$$\sigma_{1cx} = \sigma_{x1} + \sigma_{x2} + \sigma_{x31} + \sqrt{\sigma_{x51}^2 + (\sigma_{x6} + \sigma_{x31}')^2}$$

したがって、胴に生じる一次応力の最大値は、

$$\sigma_1 = \text{Max} (\sigma_{1l}, \sigma_{1c})$$

で表わされる。

- b. 地震動のみによる一次応力と二次応力の和
 (a) 鉛直地震動のみによる応力成分

$$P' = \frac{a_v}{g} R$$

$$\sigma_{\phi 31}' = \frac{N_{\phi}}{P'/r_m} \cdot \frac{P'}{r_m t_c}$$

$$\sigma_{x 31}' = \frac{N_x}{P'/r_m} \cdot \frac{P'}{r_m t_c}$$

$$\sigma_{\phi 32}' = \frac{M_{\phi}}{P'} \cdot \frac{6P'}{t_c^2}$$

$$\sigma_{x 32}' = \frac{M_x}{P'} \cdot \frac{6P'}{t_c^2}$$

- (b) 長手方向地震が作用した場合
 (絶対値和)

$$\sigma_{2r} = \frac{1}{2} \left\{ (\sigma_{2r\phi} + \sigma_{2rx}) \pm \sqrt{(\sigma_{2r\phi} - \sigma_{2rx})^2 + 4\tau_r^2} \right\}$$

ここで、

$$\sigma_{2r\phi} = \sigma_{\phi 2} + \sigma_{\phi 31}'' + \sigma_{\phi 32}' + \sigma_{\phi 411} + \sigma_{\phi 421} + \sigma_{\phi 412} + \sigma_{\phi 422}$$

$$\sigma_{2rx} = \sigma_{x 31}'' + \sigma_{x 32}' + \sigma_{x 411} + \sigma_{x 421} + \sigma_{x 412} + \sigma_{x 422} + \sigma_{x 43} + \sigma_{x 6}$$

(SRSS 法)

$$\sigma_{2r} = \frac{1}{2} \left\{ (\sigma_{2r\phi} + \sigma_{2rx}) \pm \sqrt{(\sigma_{2r\phi} - \sigma_{2rx})^2 + 4\tau_r^2} \right\}$$

ここで、

$$\sigma_{2r\phi} = \sqrt{(\sigma_{\phi 31}' + \sigma_{\phi 32}')^2 + (\sigma_{\phi 411} + \sigma_{\phi 412} + \sigma_{\phi 421} + \sigma_{\phi 422})^2}$$

$$\sigma_{2rx} = \sqrt{(\sigma_{x 31}' + \sigma_{x 32}' + \sigma_{x 6})^2 + (\sigma_{x 411} + \sigma_{x 412} + \sigma_{x 421} + \sigma_{x 422} + \sigma_{x 43})^2}$$

(c) 横方向地震が作用した場合
(絶対値和)

$$\sigma_{2c} = \frac{1}{2} \left\{ (\sigma_{2c\varphi} + \sigma_{2cx}) \pm \sqrt{(\sigma_{2c\varphi} - \sigma_{2cx})^2 + 4\tau_c^2} \right\}$$

ここで、

$$\begin{aligned} \sigma_{2c\varphi} &= \sigma_{\varphi 2} + \sigma_{\varphi 31}' + \sigma_{\varphi 32}' + \sigma_{\varphi 51} + \sigma_{\varphi 52} \\ \sigma_{2cx} &= \sigma_{x31}' + \sigma_{x32}' + \sigma_{x51} + \sigma_{x52} + \sigma_{x6} \end{aligned}$$

(SRSS 法)

$$\sigma_{2c} = \frac{1}{2} \left\{ (\sigma_{2c\varphi} + \sigma_{2cx}) \pm \sqrt{(\sigma_{2c\varphi} - \sigma_{2cx})^2 + 4\tau_c^2} \right\}$$

ここで、

$$\begin{aligned} \sigma_{2c\varphi} &= \sqrt{(\sigma_{\varphi 31}' + \sigma_{\varphi 32}')^2 + (\sigma_{\varphi 51} + \sigma_{\varphi 52})^2} \\ \sigma_{2cx} &= \sqrt{(\sigma_{x31}' + \sigma_{x32}' + \sigma_{x6})^2 + (\sigma_{x51} + \sigma_{x52})^2} \end{aligned}$$

したがって、胴に生じる一次+二次応力の最大値は、

$$\sigma_2 = \text{Max} (\sigma_{2t}, \sigma_{2c})$$

で表わされる。

3.1.5 脚の応力計算

(1) 長手方向地震が作用した場合

a. 運転時質量による応力

$$\sigma_{s1} = \frac{\left(\frac{R}{g} + m_s \right) g}{A_s}$$

b. 鉛直地震動による応力

$$\sigma_{s1}' = \frac{\left(\frac{R}{g} + m_s \right) a_V}{A_s}$$

c. 曲げ、圧縮応力

$$\sigma_{s2} = \frac{M_{r1}}{Z_{sv}} + \frac{P_r}{A_s}$$

ここで、

(a) 3脚支持横置円筒形の場合

$$M_{r1} = \frac{1}{6} m_0 \cdot a_H \cdot h_1$$

d. せん断応力

(a) 3脚支持横置円筒形の場合

$$\tau_{s2} = \frac{m_0 \cdot a_H}{A_{s3}}$$

e. 組合せ応力

(絶対値和)

$$\sigma_{s/c} = \sqrt{(\sigma_{s1} + \sigma_{s1}' + \sigma_{s2})^2 + 3\tau_{s2}^2}$$

(SRSS 法)

$$\sigma_{s/c} = \sqrt{\left(\sigma_{s1} + \sqrt{\sigma_{s1}'^2 + \sigma_{s2}^2} \right)^2 + 3\tau_{s2}^2}$$

f. 圧縮と曲げの組合せについて、座屈評価用の値を次式により求める。

$$\frac{\sigma_{sc}}{1.5f_c} + \frac{\sigma_{sb}}{1.5f_b'}$$

ここで、

$$\sigma_{sc} = \sigma_{s1} + \sigma_{s1}' + \frac{P_i}{A_s}$$

$$\sigma_{sb} = \sigma_{s2} - \frac{P_i}{A_s}$$

で表わされる。

(2) 横方向地震が作用した場合

a. 曲げ応力

$$\sigma_{s3} = \frac{\left(\frac{R}{g} + m_s\right) a_H \cdot h_2}{Z_{sx}}$$

b. せん断応力

$$\tau_{s3} = \frac{\left(\frac{R}{g} + m_s\right) a_H}{A_{s4}}$$

c. 組合せ応力

(絶対値和)

$$\sigma_{scc} = \sqrt{(\sigma_{s1} + \sigma_{s1}' + \sigma_{s3})^2 + 3\tau_{s3}^2}$$

(SRSS 法)

$$\sigma_{scc} = \sqrt{\left(\sigma_{s1} + \sqrt{\sigma_{s1}'^2 + \sigma_{s3}^2}\right)^2 + 3\tau_{s3}^2}$$

したがって、脚に生じる組合せ応力の最大値は、

$$\sigma_s = \text{Max} (\sigma_{sbc}, \sigma_{scc})$$

で表わされる。

d. 圧縮と曲げの組合せについて、座屈評価用の値を次式により求める。

$$\frac{\sigma_{sc}}{1.5f_c} + \frac{\sigma_{sb}}{1.5f_b}$$

ここで、

$$\sigma_{sc} = \sigma_{s1} + \sigma_{s1}'$$

$$\sigma_{sb} = \sigma_{s3}$$

で表わされる。

3.1.6 基礎ボルトの応力計算

- (1) 長手方向地震が作用した場合
脚底面に働くモーメントは、
(a) 3脚支持横置円筒形の場合

$$M_{f1} = \frac{1}{6} m_0 \cdot a_H \cdot h_1$$

鉛直荷重は、
(絶対値和)

$$P_s = \left(\frac{R}{g} + m_s \right) (g - a_v) - P_f$$

(SRSS 法)

$$P_s = R + m_s \cdot g - \sqrt{\left\{ a_v \cdot \left(\frac{R}{g} + m_s \right) \right\}^2 + P_f^2}$$

モーメントと圧縮荷重の比を、

$$e_1 = M_{f1} / P_s$$

とすると、 e_1 が負の場合及び、

$$c_1 > \frac{a}{6} + \frac{d_1}{3}$$

の時、基礎ボルトに引張力が生じ、この引張力は次式のようにして求められる。今、中立軸の位置 X_1 を

$$X_1^3 + 3 \left(c_1 - \frac{a}{2} \right) X_1^2 - \frac{6s \cdot A_b \cdot n_1}{b} \left(c_1 + \frac{a}{2} - d_1 \right) (a - d_1 - X_1) = 0$$

より求めると、基礎ボルトに生じる引張力は、

$$F_{b1} = \frac{P_s \left(c_1 - \frac{a}{2} + \frac{X_1}{3} \right)}{a - d_1 - \frac{X_1}{3}}$$

となる。

したがって、基礎ボルトに生じる引張応力は次のようになる。

$$\sigma_{b1} = \frac{F_{b1}}{n_1 \cdot A_b}$$

但し、脚下端が単純支持の場合は脚底面にはモーメントが生じないので、鉛直荷重 P_s が負のときに基礎ボルトに引張応力が生じる。

$$F_{b1} = -P_s$$

$$\sigma_{b1} = \frac{F_{b1}}{n_1 \cdot A_b}$$

- (2) 横方向地震が作用した場合
脚底面に働くモーメントは、

$$M_{c1} = \left(\frac{R}{g} + m_s \right) a_H \cdot h_2$$

鉛直荷重は、

$$P_{s1} = \left(\frac{R}{g} + m_s \right) (g - a_V)$$

モーメントと圧縮荷重の比を

$$e_2 = M_{c1} / P_{s1}$$

とすると、 e_2 が負の場合及び

$$e_2 > \frac{b}{6} + \frac{d_2}{3}$$

の時、基礎ボルトに引張力が生じる。

- (a) 基礎ボルトが長手方向から見て2列の場合

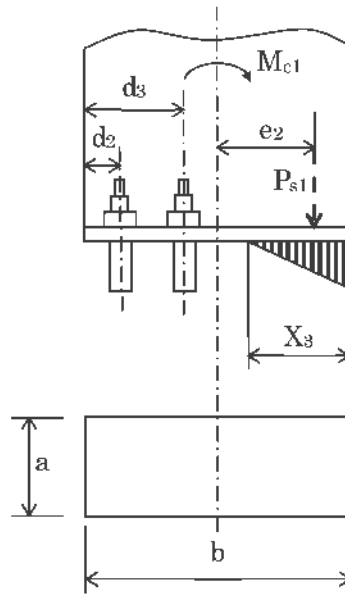
(1)項と同様にして、基礎ボルトに生じる引張応力は以下の式により求められる。

$$X_2^3 + 3 \left(e_2 - \frac{b}{2} \right) X_2^2 - \frac{6s \cdot A_b \cdot n_2}{a} \left(e_2 + \frac{b}{2} - d_2 \right) (b - d_2 - X_2) = 0$$

$$F_{bc} = \frac{P_{s1} \left(e_2 - \frac{b}{2} + \frac{X_2}{3} \right)}{b - d_2 - \frac{X_2}{3}}$$

$$\sigma_{bc} = \frac{F_{bc}}{n_2 \cdot A_b}$$

(b) 基礎ボルトが長手方向から見て4列の場合荷重の関係図を第3-5図に示す。



第3-5図 基礎ボルトが長手方向から見て4列の場合の横方向地震によって基礎部に作用する外荷重より生じる荷重の関係図

$$f(X) = X^3 - 3\left(\frac{b}{2} - e_2\right)X^2 + \frac{6s \cdot A_b \cdot n_2}{a} \left\{ (b - d_2 - d_3 + 2e_2)X - (b - d_2)\left(\frac{b}{2} - d_2\right) - (b - d_3)\left(\frac{b}{2} - d_3\right) - e_2(2b - d_2 - d_3) \right\}$$

の式から、

$$\text{条件式} \begin{cases} f(d_3) > 0 \text{ かつ } f(b-d_3) < 0, \text{ 又は} \\ f(d_3) < 0 \text{ かつ } f(b-d_3) > 0 \end{cases}$$

のとき、中立軸 X_3 及び基礎ボルトに生じる引張応力は以下の式により求められる。

$$X_3^3 - 3\left(\frac{b}{2} - e_2\right)X_3^2 + \frac{6s \cdot A_b \cdot n_2}{a} \left\{ (b - d_2 - d_3 + 2e_2)X_3 - (b - d_2)\left(\frac{b}{2} - d_2\right) - (b - d_3)\left(\frac{b}{2} - d_3\right) - e_2(2b - d_2 - d_3) \right\} = 0$$

$$F_{bc} = \frac{P_{s1} \{ 2s(b - d_2 - X_3) \cdot n_2 \cdot A_b \}}{a \cdot X_3^2 - 2s(2b - d_2 - d_3 - 2X_3) n_2 \cdot A_b}$$

$$\sigma_{bc} = \frac{F_{bc}}{n_2 \cdot A_b}$$

なお、条件式を満たさない場合は、中立軸 X_4 及び基礎ボルトに生じる引張応力は以下の式により求められる。

$$X_4^3 + 3\left(e_2 - \frac{b}{2}\right)X_4^2 - \frac{6S \cdot A_b \cdot n_2}{a}\left(e_2 + \frac{b}{2} - d_2\right)(b - d_2 - X_4) = 0$$

$$F_{bc} = \frac{P_{s1}\left(e_2 - \frac{b}{2} + \frac{X_4}{3}\right)}{b - d_2 - \frac{X_4}{3}}$$

$$\sigma_{bc} = \frac{F_{bc}}{n_2 \cdot A_b}$$

したがって、基礎ボルトに生じる引張応力の最大値は、

$$\sigma_b = \text{Max} (\sigma_{bv}, \sigma_{bc})$$

で表わされる。

(3) せん断応力

(a) 3脚支持横置円筒形の場合

$$\tau_b = \frac{a_H \cdot m_0}{3n \cdot A_b}$$

3.1.7 ベースプレートと据付面の摩擦力の確認

(1) ベースプレートの据付面の摩擦力

$$F' = \mu [F_f \cdot n + m_0(g - a_r)]$$

(2) 水平地震力

$$F_H = m_0 \cdot a_H$$

(3) (1)、(2) の計算結果に基づき、 $F' \geq F_H$ であること。

3.2 疲労評価

地震動のみによる一次＋二次応力の変動範囲が $2S_y$ を超えた場合に弾塑性解析により疲労評価を行う。この場合、JSME S NC1-2012 PVB-3300（同 PVB-3313 を除く）の簡易弾塑性解析を用いる。

4. 参考文献

以下に本評価に用いる参考文献を示す。

参考文献(1)

Wichman, K.R. et al. : Local Stress in Spherical and Cylindrical Shells due to External Loadings, Welding Research Council bulletin, March 1979
revision of WRC bulletin 107/August 1965.

参考文献(2)

Stresses in Large Horizontal Cylindrical Pressure Vessels on Two Saddle Supports, Welding Research Supplement, Sep.1951.

5. 記載する数値に関する注意事項及び耐震計算書のフォーマット

- (1) 各々の耐震計算において計算結果がいくつもあるもの、例えば、ポンプ類の基礎ボルトの引張応力が基礎ボルトの配置によって異なる場合、計算結果の最も厳しいもの一つを選択して記載する。
- (2) 引張力及びせん断力が作用しない場合の基礎ボルトの引張応力、せん断応力は、計算結果表の記入欄には として記載する。
- (3) 個別耐震計算書のフォーマットは、次の通りである。
FORMAT-I 横置円筒形容器 (3脚支持)

次に FORMAT-I の耐震計算書のフォーマットを示す。

〇〇の耐震計算書

1. 設計条件

	設備分類	据付場所 及び床面高さ (m)	構造概要	評価用圧力Pr (MPa)			評価用温度 (°C)			液体の比重 ρ
				胴板	支持脚	基礎ボルト	胴板	支持脚	基礎ボルト	
重大事故等対処施設										

2. 設計用加速度

減衰定数 (%)	固有周期 T (s)		基準地震動 Ss	
			設計用加速度 (m/s ²)	
	水 平	鉛 直	水 平	鉛 直

3. 機器要目

m ₀ (kg)	m _s (kg)	D _i (mm)	t (mm)	t _e (mm)	ℓ ₀ (mm)	h ₁ (mm)	h ₂ (mm)	C ₁ (mm)	C ₂ (mm)

I _x (mm ⁴)	I _y (mm ⁴)	Z _{sx} (mm ³)	Z _{sy} (mm ³)	θ ₀ (rad)	A _s (mm ²)	E _s (MPa)	G _s (MPa)	A _{s1} (mm ²)	A _{s2} (mm ²)	A _{s3} (mm ²)	A _{s4} (mm ²)

s (-)	n (-)	n ₁ (-)	n ₂ (-)	a (mm)	b (mm)	A _b (mm ²)	d ₁ (mm)	d ₂ (mm)	d ₃ (mm)
						(M)			

評価部位	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F* (MPa)
胴板			
支持脚			
基礎ボルト			

4. 結論

4.1 摩擦力と水平地震力の比較

	基準地震動 S _s
摩擦力 F(N)	
水平地震力 F _H (N)	
評価結果	

4.2 評価結果 (D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s) (単位 : MPa)

評価部位	材料	応力	基準地震動 S _s	
			評価応力 ^(注1)	許容応力
胴板		一次一般膜	σ ₀ =	S ₀ =
		一次	σ ₁ =	S ₁ =
		一次 + 二次	σ ₂ =	S _{II} =
支持脚		組合せ	σ _s =	1.5f _t [*] =
		圧縮と曲げの組合せ (座屈の評価) ^(注2)	$\frac{\sigma_{sc}}{1.5f_c^*} + \frac{\sigma_{sb}}{1.5f_b^*} \leq 1$	
基礎ボルト		引張	σ _b =	1.5f _t [*] =
		せん断	τ _b =	1.5f _s [*] =
		組合せ	σ _b =	1.5f _{cs} [*] =

(注 1) 水平方向と鉛直方向の応力の組合せは、SRSS 法を適用した結果を示す。

(注 2) 単位なし。(注記は必要に応じて記載する。)

評価応力はすべて許容応力以下である。

5. 外形図

補機（ポンプ類）の耐震計算について

設計及び工事計画認可申請添付資料12-15

玄海原子力発電所第3号機

目 次

	頁
1. 概 要	12 (3) - 15 - 1
2. 評価条件	12 (3) - 15 - 2
2.1 基本事項	12 (3) - 15 - 2
2.2 評価対象部位	12 (3) - 15 - 3
3. 耐震計算方法	12 (3) - 15 - 4
3.1 基礎ボルト及び取付ボルトの応力計算	12 (3) - 15 - 5
3.2 機器台板と基礎コンクリート面との摩擦力及び 機器台板と機器の接合面との摩擦力の確認	12 (3) - 15 - 8
4. 動的機能の維持評価	12 (3) - 15 - 9
5. 記載する数値に関する注意事項及び 耐震計算書のフォーマット	12 (3) - 15 - 9

1. 概 要

本資料は、資料 12-1「耐震設計の基本方針」のうち「10. 耐震計算の基本方針」に基づき、耐震性に関する説明書で求められているポンプが、十分な耐震性を有していることを確認するための耐震計算の方法について記載したものである。なお、ファン、ユニットについてもポンプの耐震計算と同様の方法で行うため、本書の適用範囲とする。（以下、横置ポンプ、ファン及びユニットをまとめて「ポンプ類」という。）

解析の方針、ポンプ類のモデル化及び減衰定数については、資料 12-6「地震応答解析の基本方針」に従うものとする。

但し、本資料が適用できないポンプ類にあっては、個別耐震計算書にその耐震計算方法を含めて記載する。なお、応力評価には、平成 29 年 8 月 25 日付け原規規発第 1708253 号にて認可された工事計画にて実績のある、公式等を用いた手法を適用する。

2. 評価条件

2.1 基本事項

2.1.1 耐震計算の条件

ポンプ類の耐震計算を行う場合、以下の条件に従うものとする。

- (1) ポンプ類の耐震計算モデルは 1 質点系モデルとし、ポンプ類の重心位置に地震荷重が作用するものとする。また、横置ポンプ、ファンについては JEAG4601 に従い剛として評価を行う。計算モデルを第 3-1 図、第 3-2 図及び第 3-3 図に示す。
- (2) 水平方向地震並びにポンプ類の振動による水平力は、ポンプ類の台板と基礎コンクリート面との摩擦力によって基礎コンクリートに伝達させるものとする。また、ポンプ類をポンプ類の台板に取り付ける場合、水平方向地震による水平力は、ポンプ類とポンプ類の台板との摩擦力によって剛に設置された支持脚に伝達させるものとする。したがって、基礎ボルト及び取付ボルトにはせん断力は作用しないものとし、ポンプ類の台板と基礎コンクリート面との摩擦力及びポンプ類とポンプ類の台板との摩擦力が水平地震力以上であることを確認する。なお、この評価で満足しない場合は、せん断力の評価を実施して確認する。
- (3) 計算に用いる寸法は、公称値を使用する。計算は適切な裕度を持った許容値を使用することで実施しており、公称値を用いることで問題ない。
- (4) 水平方向と鉛直方向の地震動による応力の組合せは、安全側に絶対和の評価とする。
- (5) 設計用加速度は、資料 12-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。なお、横置きポンプ、ファンについては剛として扱うため、横置きポンプ、ファンの設計用加速度は最大床加速度の 1.2 倍の値を用いて評価を行う。

2.2 評価対象部位

評価対象部位及び評価内容を第 2-1 表に示す。

第 2-1 表 評価対象部位及び評価内容

評価部位	引張・せん断	摩擦力
基礎ボルト	○	○
ポンプ取付ボルト	○	○
原動機取付ボルト	○	○

なお、ポンプ耐圧部の評価については、その出入口配管近傍にサポートを設置し、外荷重を制限していることから評価対象外とする。

3. 耐震計算方法

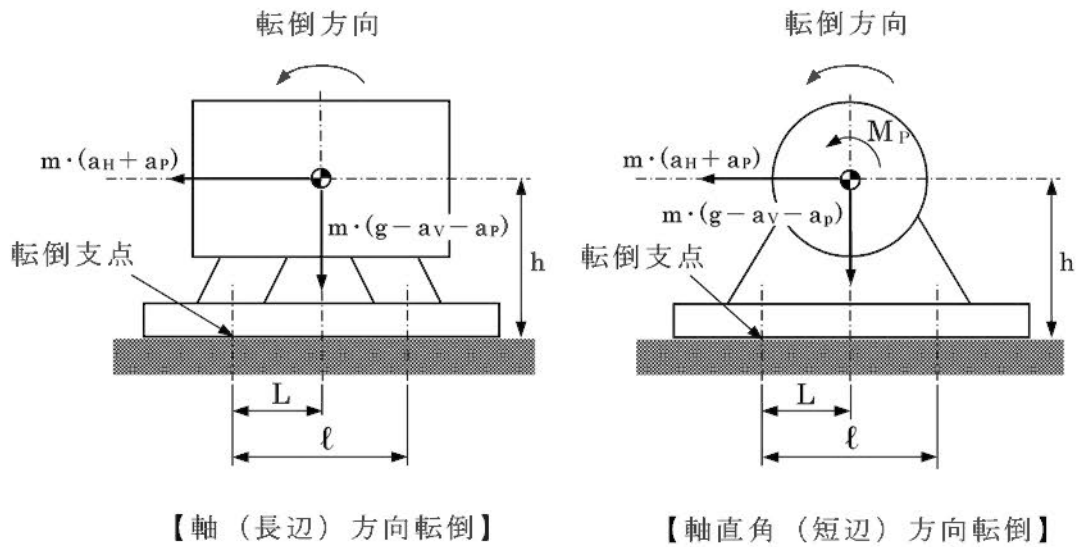
(1) 記号の説明

支持構造物の耐震計算に使用する記号を第3-1表に示す。

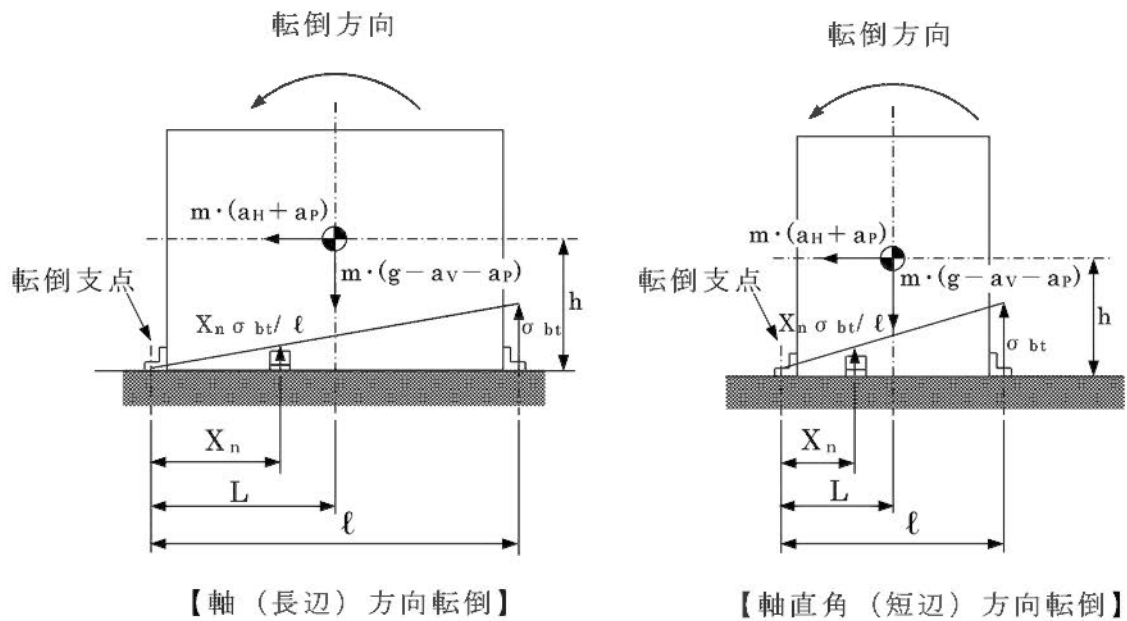
第3-1表 記号の説明

記号	記号の説明	単位
A_b	基礎ボルト及び取付ボルトの有効断面積	mm^2
k_n	n 列のボルト本数	本
X_n	転倒支点から n 列までの距離	mm
a_H	設計用水平加速度	m/s^2
a_P	回転体振動による加速度	m/s^2
a_V	設計用鉛直加速度	m/s^2
F	JSME S NC1-2012 SSB-3121.1(1)により規定される値	MPa
F'	摩擦力	N
F_H	水平地震力	N
F_f	基礎ボルト及び取付ボルトの締付力	N
f_t	許容引張応力 支持構造物（ボルト等を除く）に対しては、 JSME S NC1-2012 SSB-3121.1(1)により規定される値。 ボルト等に対しては、JSME S NC1-2012 SSB-3131(1) により規定される値	MPa
g	重力加速度 ($g=9.80665$)	m/s^2
h	据付面から重心までの高さ	mm
p	回転体の許容振幅（両振幅）	μm
P	原動機出力	kW
R	原動機同期回転速度	min^{-1}
L	重心とボルト間の水平方向距離	mm
l	支点としている基礎ボルト及び取付ボルトより最大引張応 力がかかる基礎ボルト及び取付ボルトまでの距離	mm
m	機器の運転時質量	kg
M_P	回転体回転により働くモーメント	$\text{N}\cdot\text{mm}$
N	引張力の作用する基礎ボルト及び取付ボルトの評価本数	—
n	基礎ボルト及び取付ボルトの総本数	—
σ_{bt}	基礎ボルト及び取付ボルトの最大引張応力	MPa
τ_{bs}	基礎ボルト及び取付ボルトの最大せん断応力	MPa
μ	摩擦係数 機器台板と基礎コンクリート面との摩擦係数…0.4 機器台板と機器との接合面との摩擦係数………0.3	—

3.1 基礎ボルト及び取付ボルトの応力計算



第3-1図 計算モデル（ケース1）



第3-2図 計算モデル（ケース2）

(1) 引張応力

ボルトに対する引張力は最も厳しい条件として、ボルトを支点とする転倒を考え、これを片側のボルトで受けるものとして計算する。

なお、回転体回転によるモーメント^(注1)は、回転体と原動機のベースが共通の場合の基礎ボルト及び転倒方向が軸方向の場合の基礎ボルト及び取付ボルトには作用しない。

発生する引張応力は、モーメントのつり合いより次式となる。

$$\sigma_{bt} = \frac{m \cdot (a_H + a_P) \cdot h + M_P - m \cdot (g - a_V - a_P) \cdot L}{N \cdot A_b \cdot \ell} \quad (\text{ケース 1})$$

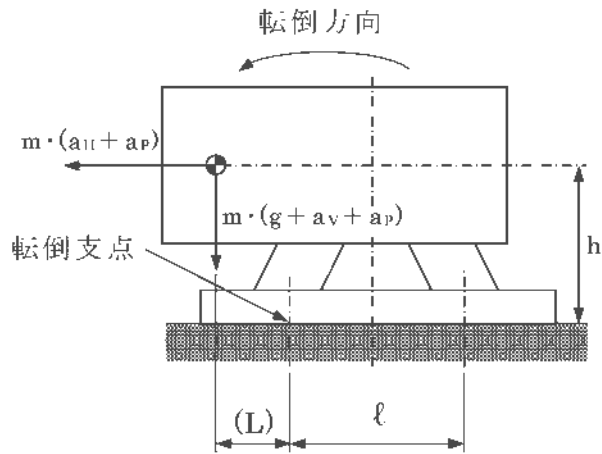
$$\sigma_{bt} = \frac{m \cdot (a_H + a_P) \cdot h + M_P - m \cdot (g - a_V - a_P) \cdot L}{A_b \cdot \sum \left(\frac{k_n \cdot X_n^2}{\ell} \right)} \quad (\text{ケース 2})$$

$$(\text{注 1}) \quad M_P = \frac{60P}{2\pi \cdot R} \times 10^6$$

重心位置が転倒支点から引張力の作用するボルト方向の反対側にある場合（第 3-3 図を参考）は、次式にて引張応力を計算する。また、その際に(L)は、負の符号とする。

$$\sigma_{bt} = \frac{m \cdot (a_H + a_P) \cdot h + M_P - m \cdot (g + a_V + a_P) \cdot L}{N \cdot A_b \cdot \ell} \quad (\text{ケース 1})$$

$$\sigma_{bt} = \frac{m \cdot (a_H + a_P) \cdot h + M_P - m \cdot (g + a_V + a_P) \cdot L}{A_b \cdot \sum \left(\frac{k_n \cdot X_n^2}{\ell} \right)} \quad (\text{ケース 2})$$



第 3-3 図 計算モデル
(軸方向転倒, ボルト間に重心がない場合)

ここで、 a_P は回転体振動による振幅及び原動機の同期回転速度を考慮して定める値^(注 2)である。

$$(注 2) \quad a_P = \left(2\pi \cdot \frac{R}{60}\right)^2 \cdot \frac{p \cdot 10^6}{2}$$

(2) せん断応力

ボルトに対するせん断力は、ボルト全数で受けるものとして計算する。

$$\tau_{bs} = \frac{m \cdot (a_H + a_P)}{n \cdot A_b}$$

3.2 機器台板と基礎コンクリート面との摩擦力及び機器台板と機器の接合面との摩擦力の確認

(1) 機器台板と基礎コンクリート面との摩擦力及び機器台板と機器の接合面との摩擦力

機器台板と基礎コンクリート面との摩擦力及び機器台板と機器の接合面との摩擦力 F' を次の式により求め、各ボルト位置に作用する水平地震力 F_H と比較する。

$$F' = \mu \cdot \{ F_f \cdot n + m \cdot (g - a_v - a_p) \}$$

$$F_f = 0.8 \cdot f_t \cdot A_b$$

$$f_t = \frac{F}{1.5}$$

(2) 水平方向地震並びにポンプ類の振動による水平方向荷重

$$F_H = m \cdot (a_H + a_p)$$

(3) 上記(1)及び(2)項の算定結果に基づき、下記の評価を実施する。

(a) $F' \geq F_H$ の場合

基礎ボルトあるいは取付ボルトにせん断力は発生しない。

(b) $F' < F_H$ の場合

基礎ボルトあるいは取付ボルトにせん断力が発生する。発生値が許容値以下であることを確認する。また、**JSME S NC1-2012 SSB-3133** に基づく引張応力とせん断応力との組合せ応力評価を実施し、次式を満たすことを確認する。

$$\sigma_{bt} \leq \min(1.4 \cdot 1.5f_t^* - 1.6 \tau_{bs}, 1.5f_t^*)$$

4. 動的機能の維持評価

評価用加速度と機能確認済加速度との比較により、地震時または地震後の動的機能を評価する。

なお、評価用加速度は資料 12-7「設計用床応答曲線の作成方針」に示す設置床面の最大床加速度とする。

機能確認済加速度は、資料 12-9「機能維持の基本方針」による。

なお、この適用形式を外れる場合は、加振試験等に基づき確認した加速度を用いることとし、個別計算書に、その旨、記載する。

5. 記載する数値に関する注意事項及び耐震計算書のフォーマット

(1) 各々の耐震計算において計算結果がいくつもあるもの、例えば、ポンプ類の基礎ボルトの引張応力が基礎ボルトの配置によって異なる場合、計算結果の最も厳しいもの一つを選択して記載する。

(2) 引張力及びせん断力が作用しない場合の基礎ボルトの引張応力、せん断応力は、計算結果表の記入欄には として記載する。

(3) 次に耐震計算のフォーマットを示す。

〇〇ポンプの耐震計算書

1. 設計条件

	設備分類	据付場所及び 床面高さ (m)	ボルト配置状態	評価用温度 (°C)		
				基礎ボルト	ポンプ 取付ボルト	原動機 取付ボルト
重大事故等対処施設						

2. 設計用加速度

減衰定数 (%)	固有周期 T(s)		設計用加速度(m/s ²)		回転体振動による 加速度 a _P (m/s ²)	回転体回転により働く モーメント M _P (N・mm)
	水平	鉛直	基準地震動 S _s (注)			
			水平 a _H	鉛直 a _V		

(注) 水平方向は S_s-1 から S_s-5 の X 方向及び Y 方向の包絡曲線を用いる。鉛直方向は S_s-1 から S_s-5 の包絡曲線を用いる。

3. 機器要目

評価部位	m (kg)	h (mm)	A _b (mm ²)	n (-)	N (-)	L (mm)	ℓ (mm)
基礎ボルト			(M)				
ポンプ取付ボルト			(M)				
原動機取付ボルト			(M)				

P (kW)	R (min ⁻¹)	p (μm)

4. 結論

4.1 摩擦力と水平地震力の比較

評価部位	基準地震動 S _s		
	基礎ボルト	ポンプ 取付ボルト	原動機 取付ボルト
摩擦力 F' (N)			
水平地震力 F _H (N)			
評価結果			

4.2 評価結果 (D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s)

(単位：MPa)

評価部位	材 料	応 力	基準地震動 S _s		応 力	基準地震動 S _s		応 力	基準地震動 S _s	
			発生値	許容値		発生値	許容値		発生値	許容値
基礎ボルト		引 張			せん断			組合せ		
ポンプ取付ボルト		引 張			せん断			組合せ		
原動機取付ボルト		引 張			せん断			組合せ		

発生値はすべて許容値以下である。

4.3 動的機能の評価結果 (単位：×9.8 m/s²)

		評価用加速度	機能確認済加速度
ポンプ	水平		
	鉛直		
原動機	水平		
	鉛直		

評価用加速度は、すべて機能確認済加速度以下である。

5. 外形図

耐震設計上重要な設備を設置する施設の耐震計算書

設計及び工事計画認可申請添付資料 12-16

玄海原子力発電所第3号機

緊急時対策棟、
緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）及び
緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）の
地震応答解析

設計及び工事計画認可申請添付資料 12-16-1

玄海原子力発電所第3号機

目 次

	頁
1. 概 要	12 (3) - 16 - 1 - 1
2. 基本方針	12 (3) - 16 - 1 - 2
2.1 位 置	12 (3) - 16 - 1 - 2
2.2 構造概要	12 (3) - 16 - 1 - 3
2.3 解析方針	12 (3) - 16 - 1 - 8
2.4 適用規格	12 (3) - 16 - 1 - 10
3. 解析方法	12 (3) - 16 - 1 - 11
3.1 入力地震動	12 (3) - 16 - 1 - 11
3.2 地震応答解析モデル	12 (3) - 16 - 1 - 45
3.3 解析方法	12 (3) - 16 - 1 - 53
3.4 解析条件	12 (3) - 16 - 1 - 56
4. 解析結果	12 (3) - 16 - 1 - 67
4.1 動的解析	12 (3) - 16 - 1 - 67
4.2 静的解析	12 (3) - 16 - 1 - 153

1. 概 要

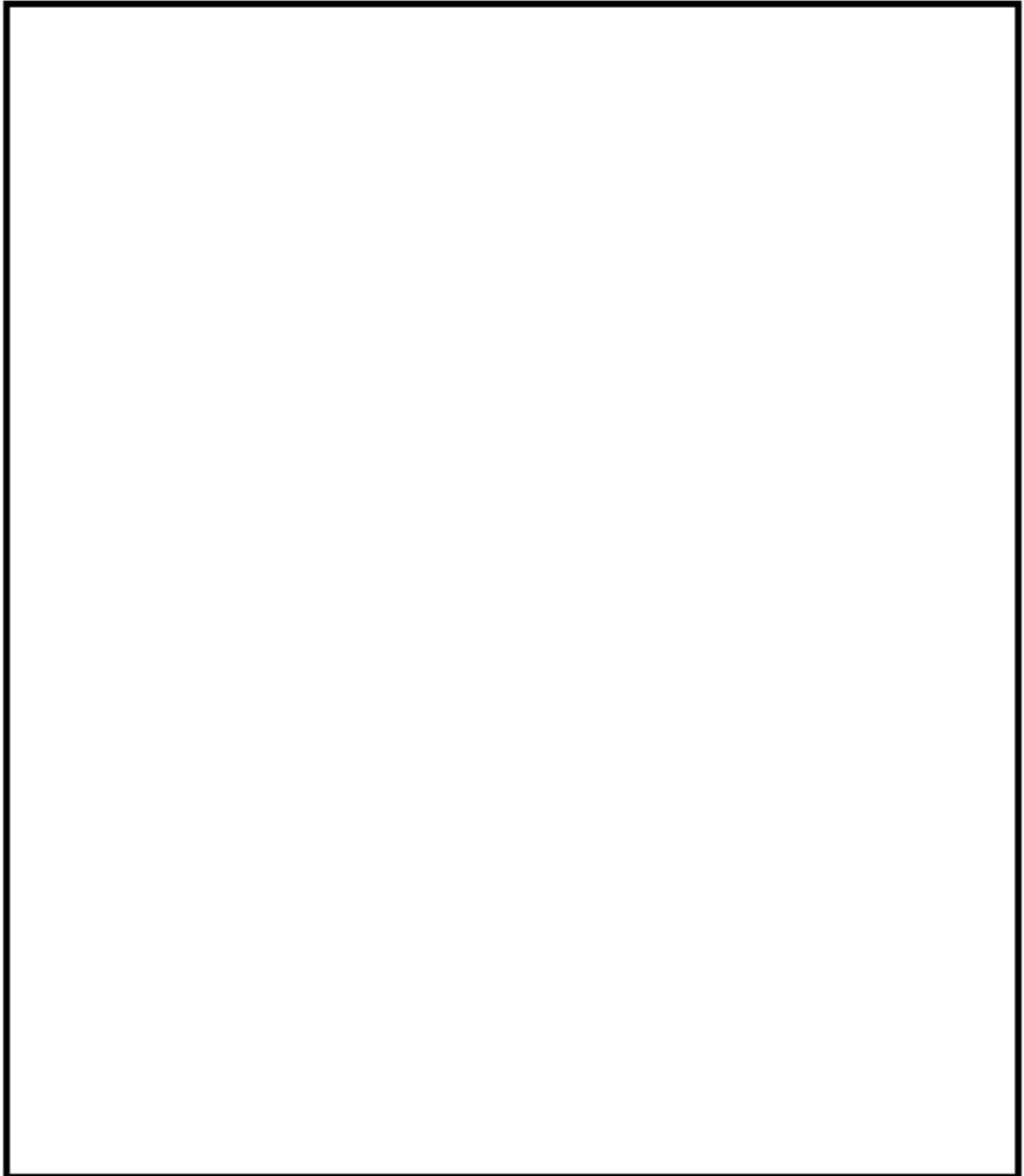
本資料は、資料 12-6「地震応答解析の基本方針」に基づく緊急時対策棟、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）及び緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）の地震応答解析について説明するものである。

地震応答解析により算出した各種応答値及び静的地震力は、資料 12-9「機能維持の基本方針」に示す建物・構築物及び機器・配管系の設計用地震力として用いる。また、必要保有水平耐力については、建物・構築物の構造強度の確認に用いる。

2. 基本方針

2.1 位置

緊急時対策棟、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）及び緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）の設置位置を第2-1図に示す。



第2-1図 緊急時対策棟、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）及び緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）の設置位置

2.2 構造概要

緊急時対策棟（以下「緊対棟」という。）、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）（以下「加圧設備棟」という。）及び緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）（以下「燃料設備棟」という。）は、第6保管エリアに配置されており、これらが同一基礎版上に設置された建物である。

ここで、緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟は、建屋の向きがプラントノースに対して東側に 65.8° 傾いているため、本地震応答解析においては、基礎版の短辺方向を X 方向、長辺方向を Y 方向と定義する。

緊対棟の主要構造は、地上2階、地下2階の鉄筋コンクリート造の壁式構造で、平面形状は、X方向約39m、Y方向約39mであり、地上高さは約19m、埋込深さは約18mである。

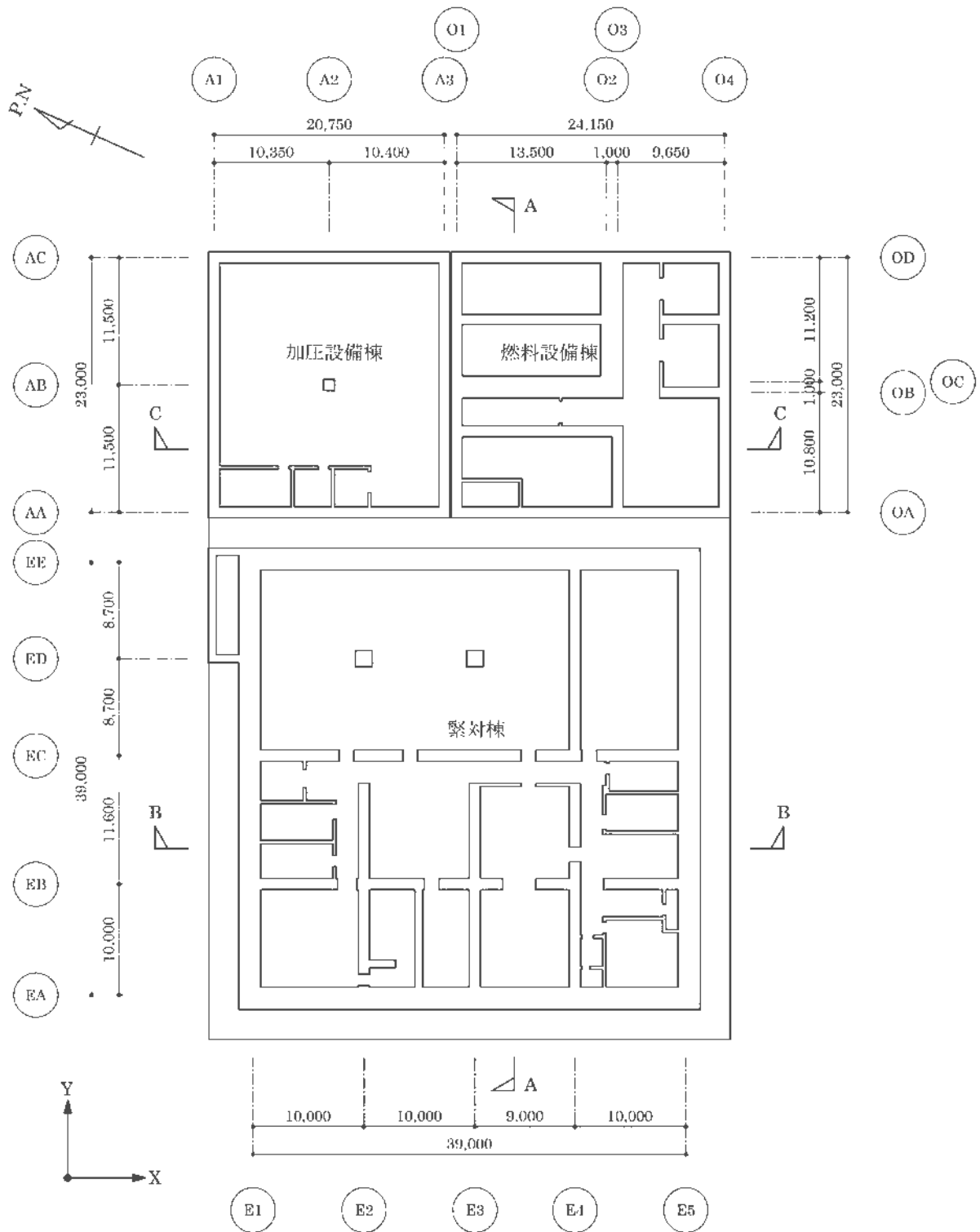
加圧設備棟の主要構造は、地下2階の鉄筋コンクリート造の壁式構造で、平面形状は、X方向約21m、Y方向約23mであり、埋込深さは約18mである。

燃料設備棟の主要構造は、地下2階の鉄筋コンクリート造の壁式構造で、平面形状は、X方向約24m、Y方向約23mであり、埋込深さは約18mである。

基礎の主要構造は、平面形状が X 方向約47m、Y 方向約71m、厚さが約8.0m の鉄筋コンクリート造の基礎であり、岩盤上のマンメイドロックに設置している。

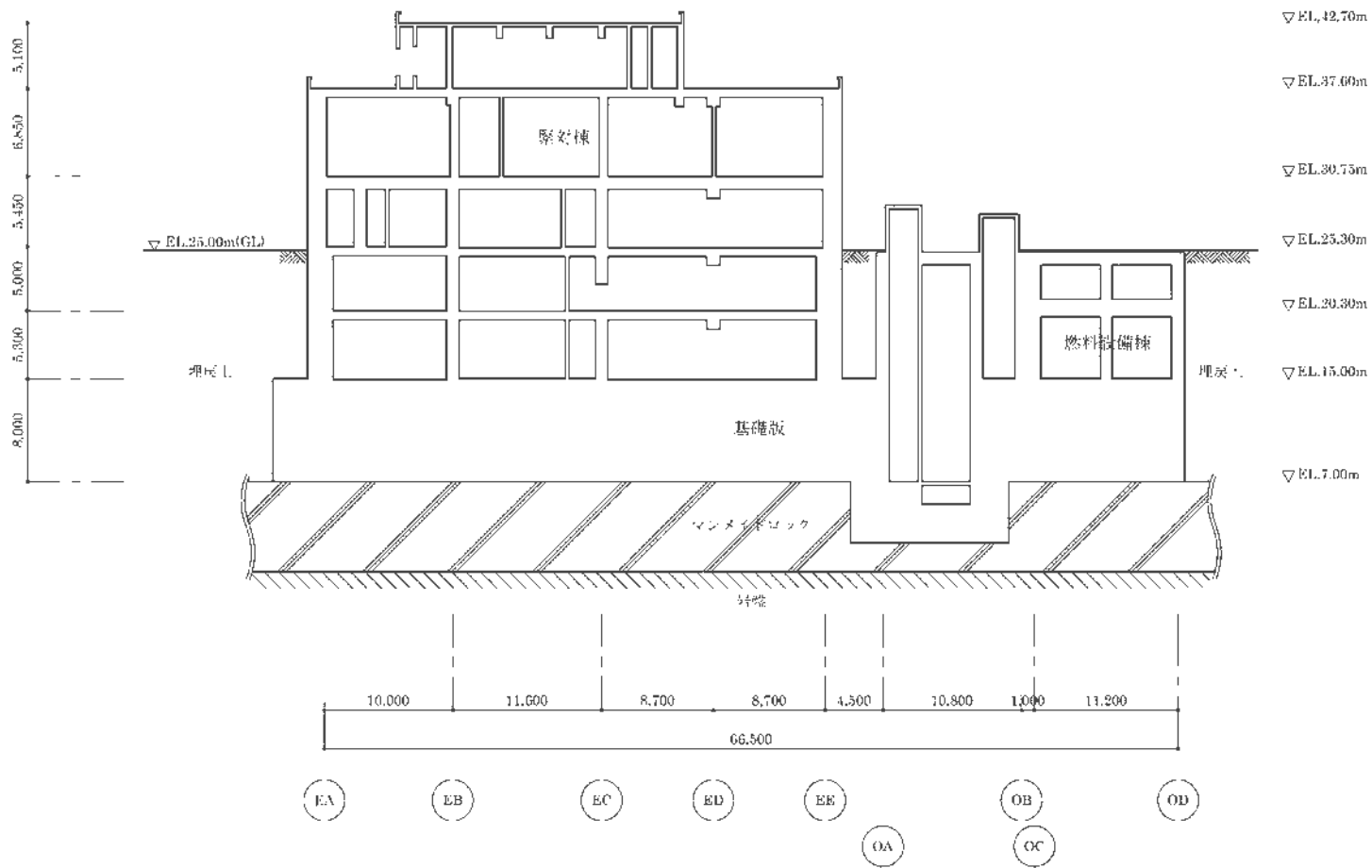
緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の概略平面図及び概略断面図を第2-2図及び第2-3図に示す。

(mm)



第2-2図 緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の概略平面図（地下2階）

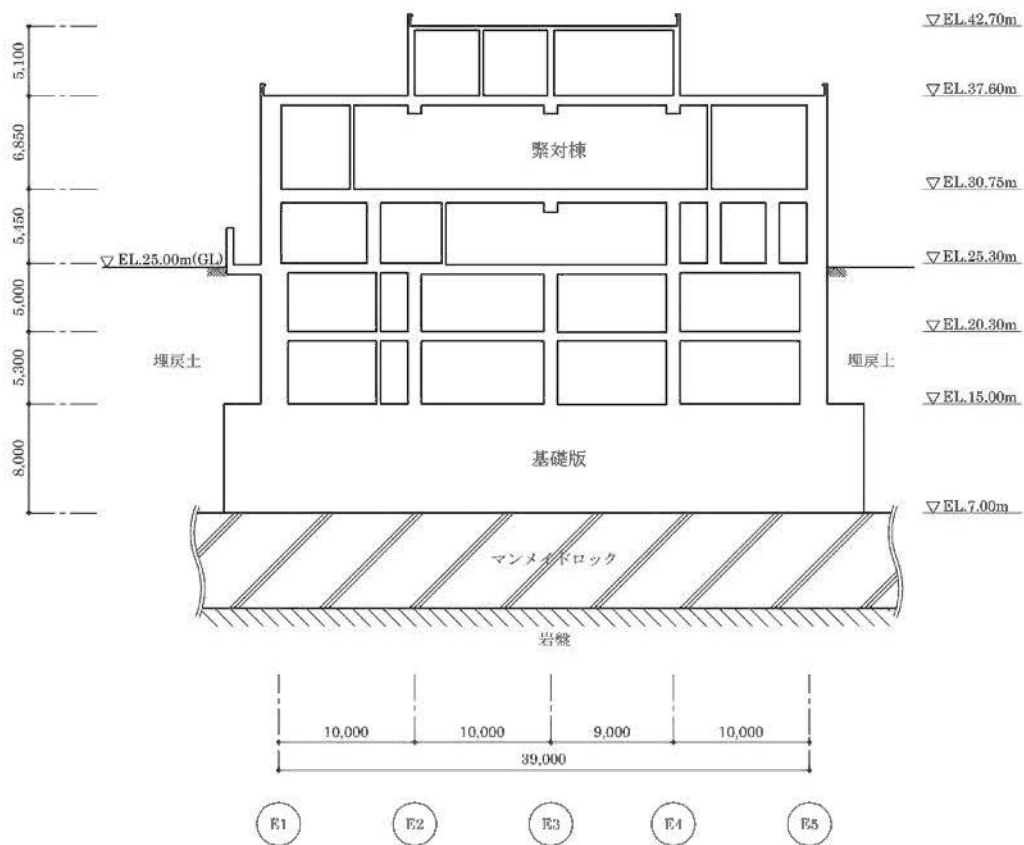
(mm)



(a) A-A 断面

第 2-3 図 緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の概略断面図(1/3)

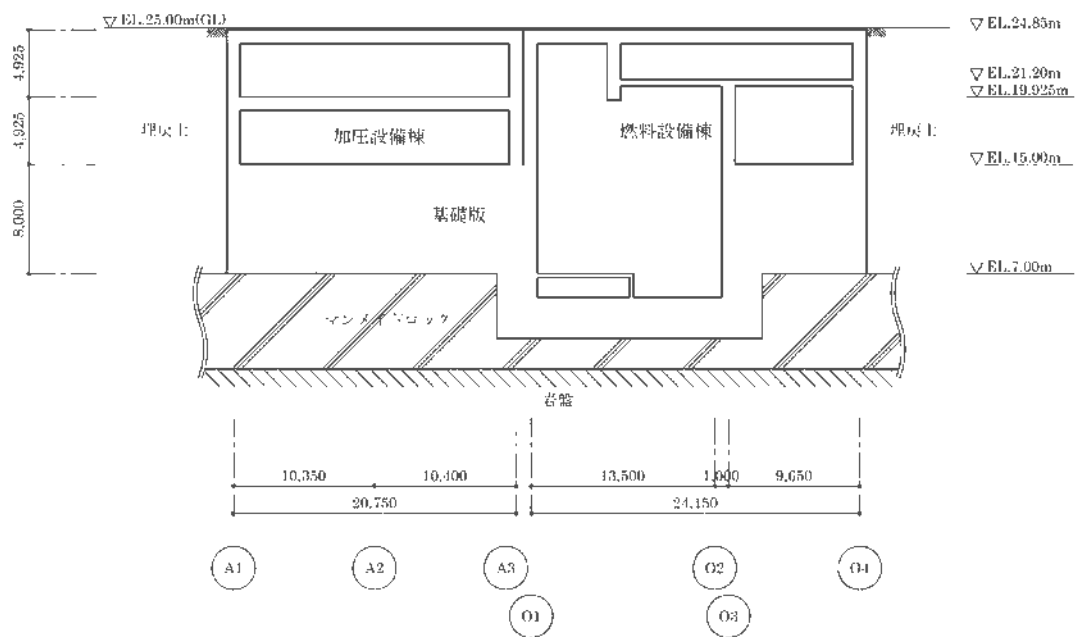
(mm)



(b) B-B 断面

第 2-3 図 緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の概略断面図(2/3)

(mm)



(c) C-C 断面

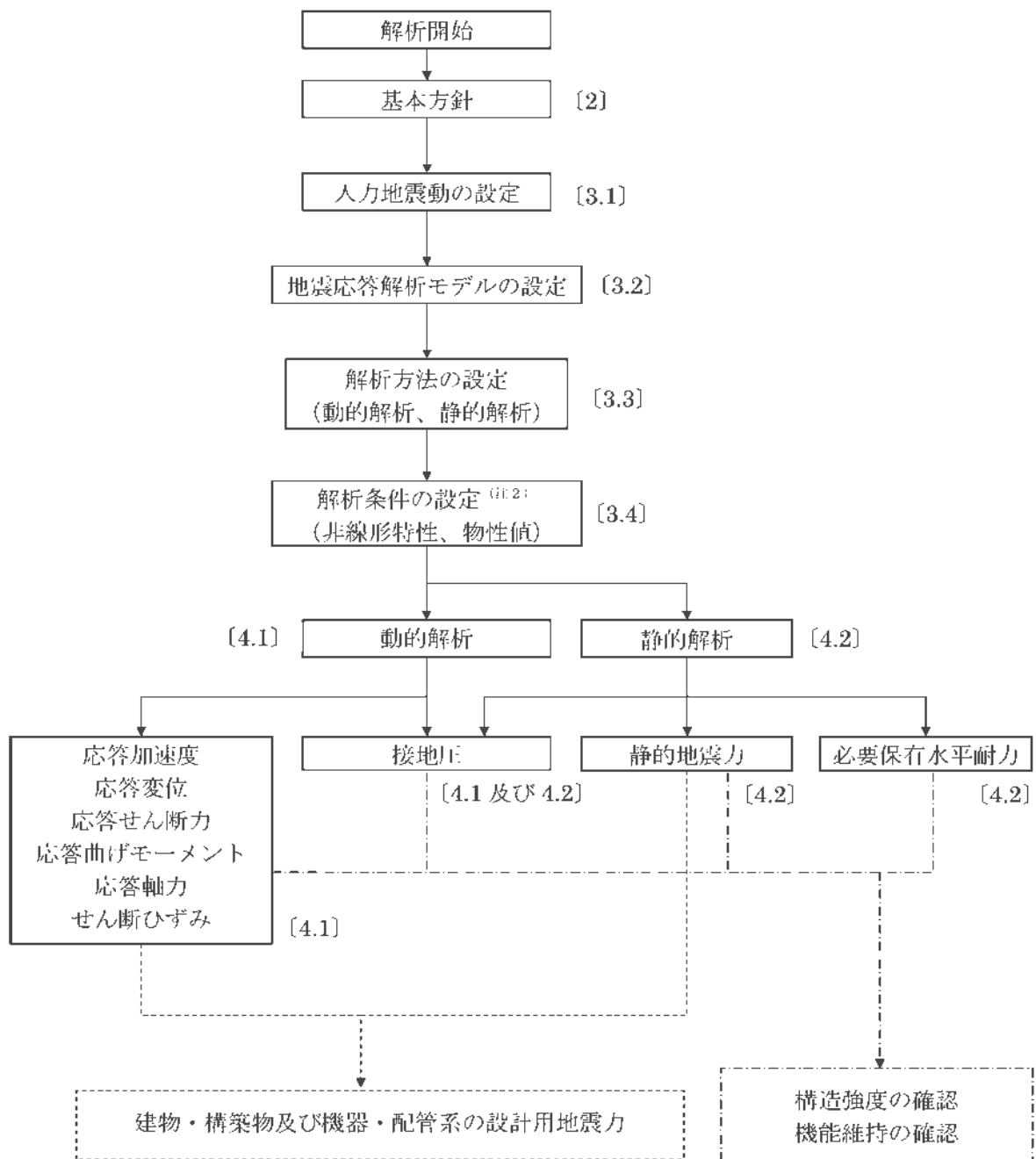
第 2-3 図 緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の概略断面図(3/3)

2.3 解析方針

緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の地震応答解析は、資料 12-6「地震応答解析の基本方針」に基づき、基準地震動 S_s に対して解析を行う。緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の地震応答解析フローを第 2-4 図に示す。

地震応答解析は、「3.1 入力地震動」に示す地震動を用い、「3.2 地震応答解析モデル」において、建物・構築物の形状、構造特性等を考慮した質点系の地震応答解析モデルを水平方向及び鉛直方向ごとに設定する。

また、「3.3 解析方法」に基づき、「4.1 動的解析」においては、せん断ひずみ及び接地圧を含む各種応答値、「4.2 静的解析」においては、静的地震力、接地圧及び必要保有水平耐力を算出する。地震応答解析は、「3.4 解析条件」に基づき、地盤定数を含む材料物性のばらつき及び減衰定数の設定に起因する不確かさ（以下「材料物性のばらつき等」という。）を考慮する。



(注1) [] 内は、本資料における章番号を示す。

(注2) 材料物性のばらつき等を考慮する。

第2-4図 緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の地震応答解析フロー (注1)

2.4 適用規格

緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の地震応答解析において、適用する規格、基準等を以下に示す。

- ・ 建築基準法・同施行令
- ・ 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 ー許容応力度設計法ー ((社) 日本建築学会、1999 改定)
- ・ 原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 ((社) 日本建築学会、2005 制定)
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987 ((社) 日本電気協会)
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1991 追補版 ((社) 日本電気協会) (以下「JEAG4601-1991 追補版」という。)

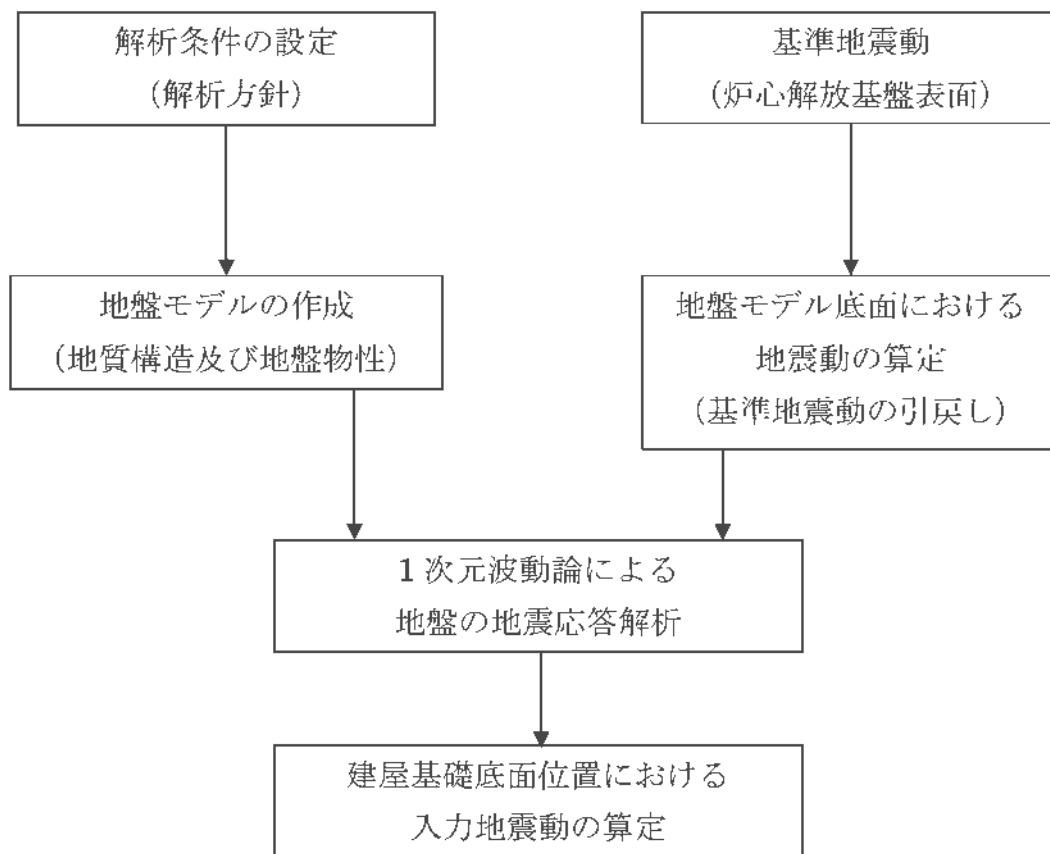
3. 解析方法

3.1 入力地震動

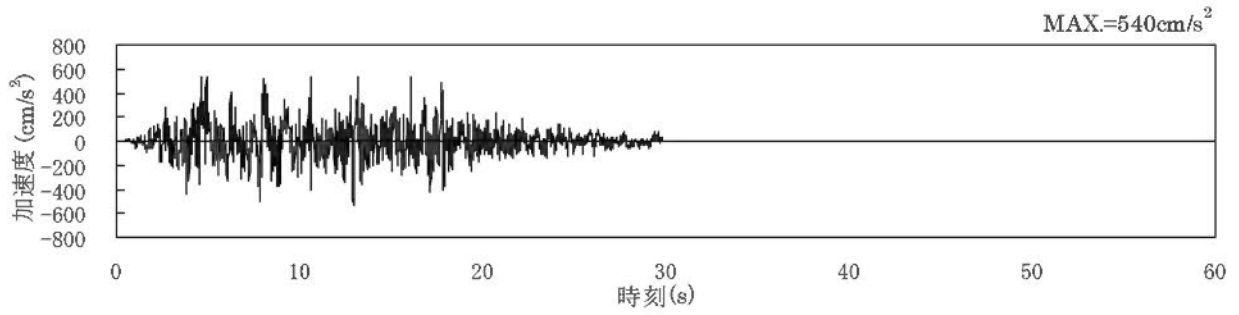
3.1.1 算定方針

入力地震動は、資料 12-6「地震応答解析の基本方針」の入力地震動の設定方針に基づき、EL. -15.0m の解放基盤表面で定義される基準地震動 S_s を基に、地盤条件を考慮し、1次元波動論による地盤の地震応答解析により、基礎底面位置で算定する。入力地震動の算定フローを第 3-1 図に示す。

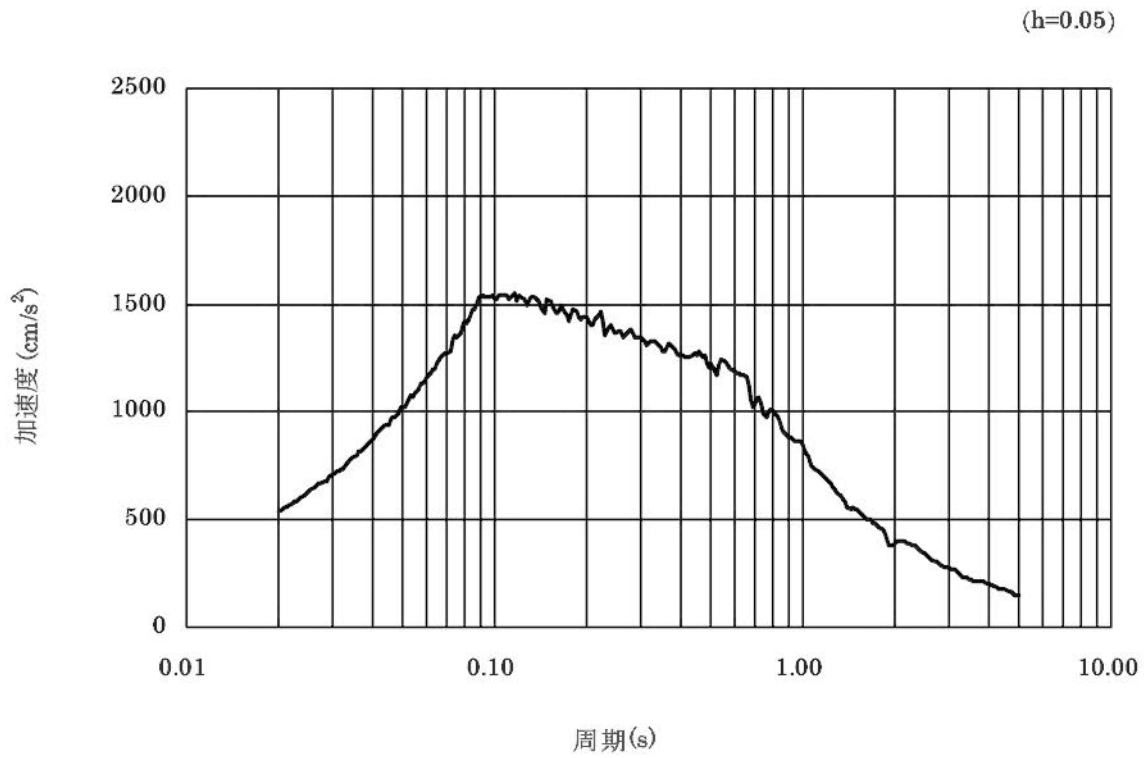
基準地震動 $S_s-1 \sim S_s-5$ の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトルを第 3-2 図～第 3-14 図に示す。



第 3-1 図 入力地震動の算定フロー

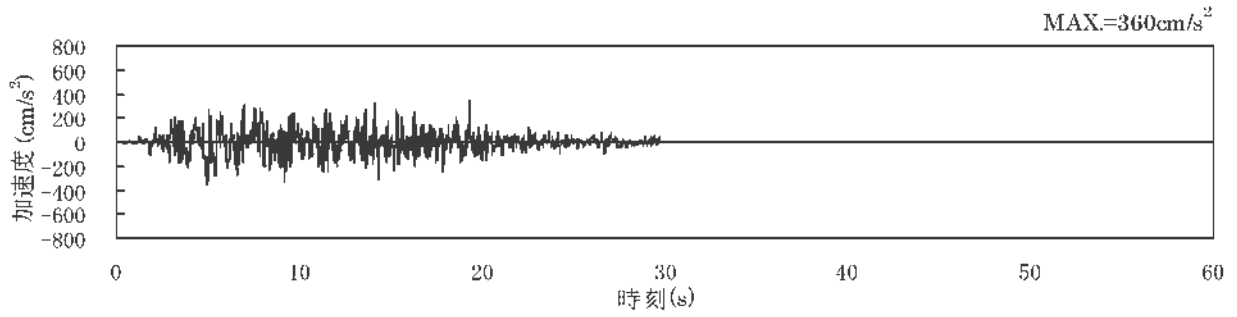


(a) 加速度時刻歴波形

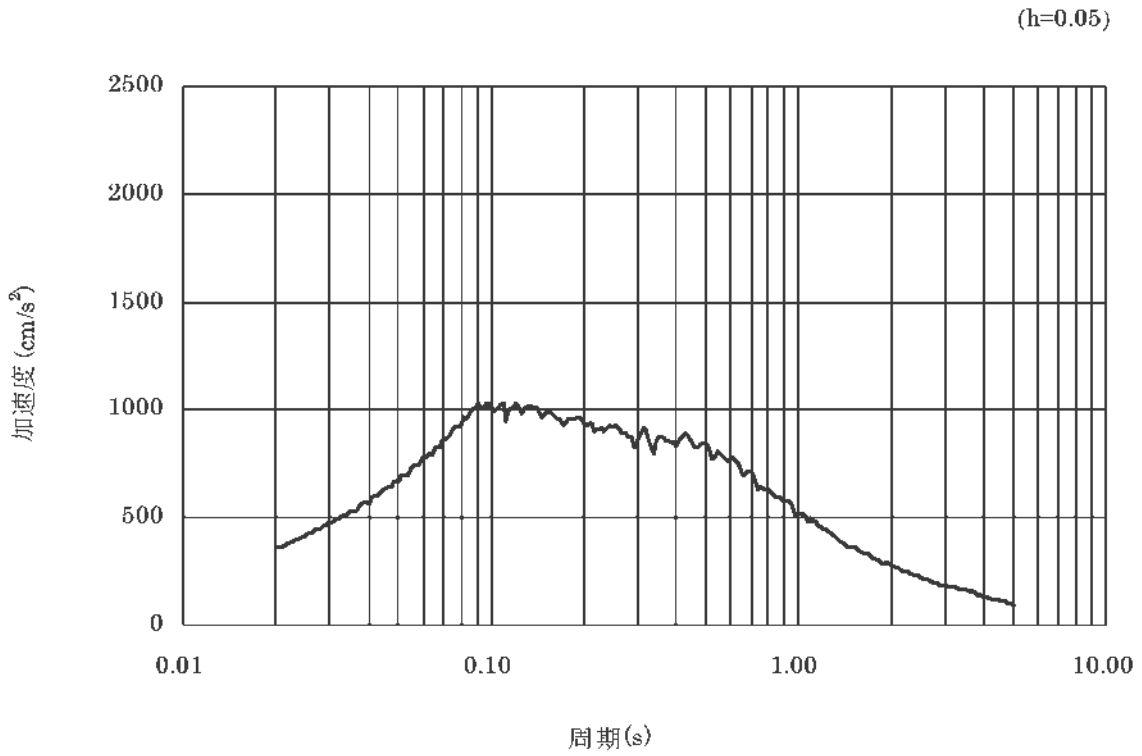


(b) 加速度応答スペクトル

第3-2図 加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル (水平方向、 S_s-1_H)

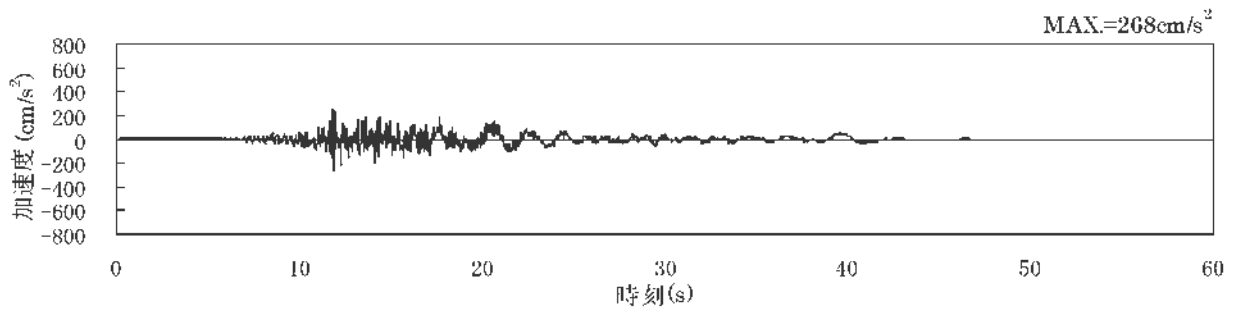


(a) 加速度時刻歴波形

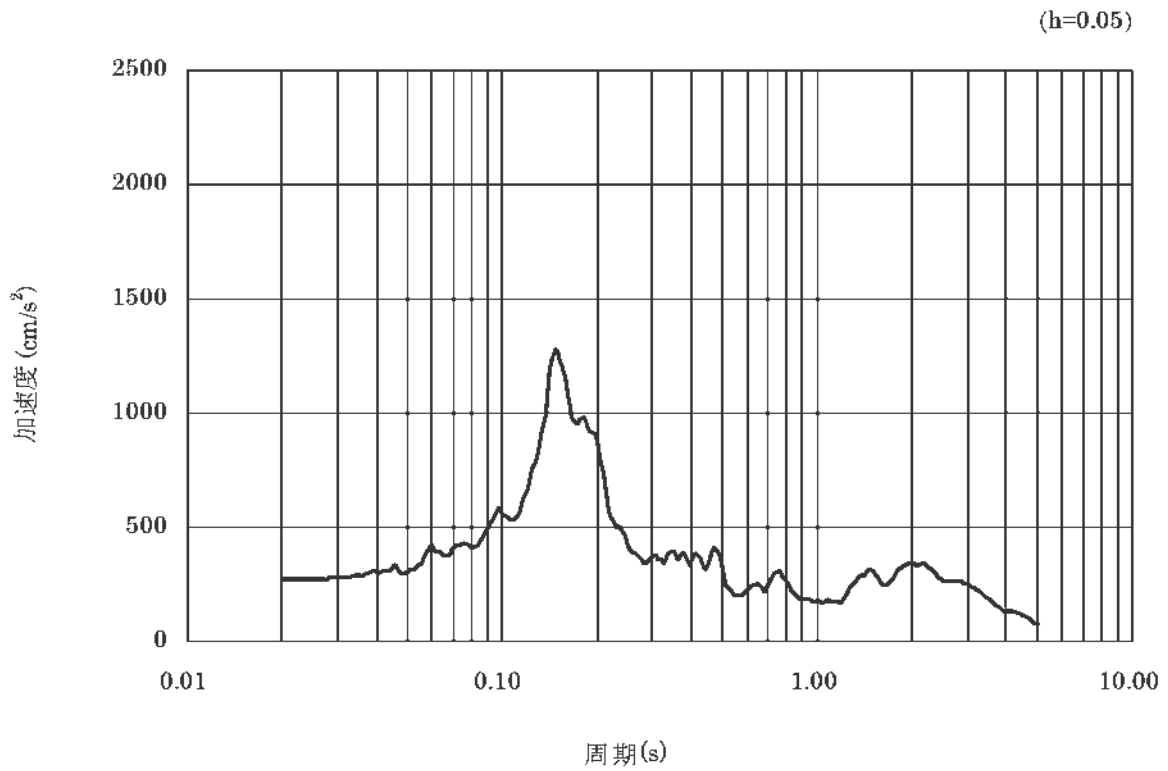


(b) 加速度応答スペクトル

第 3-3 図 加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル (鉛直方向、Ss-1v)

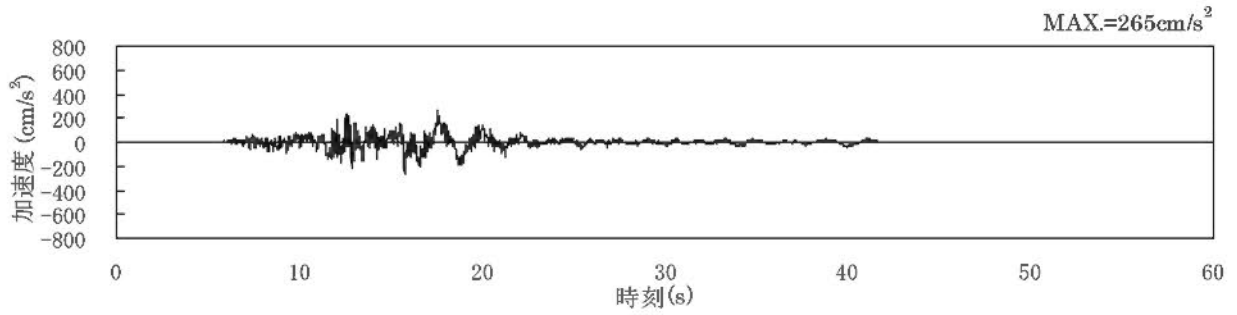


(a) 加速度時刻歴波形

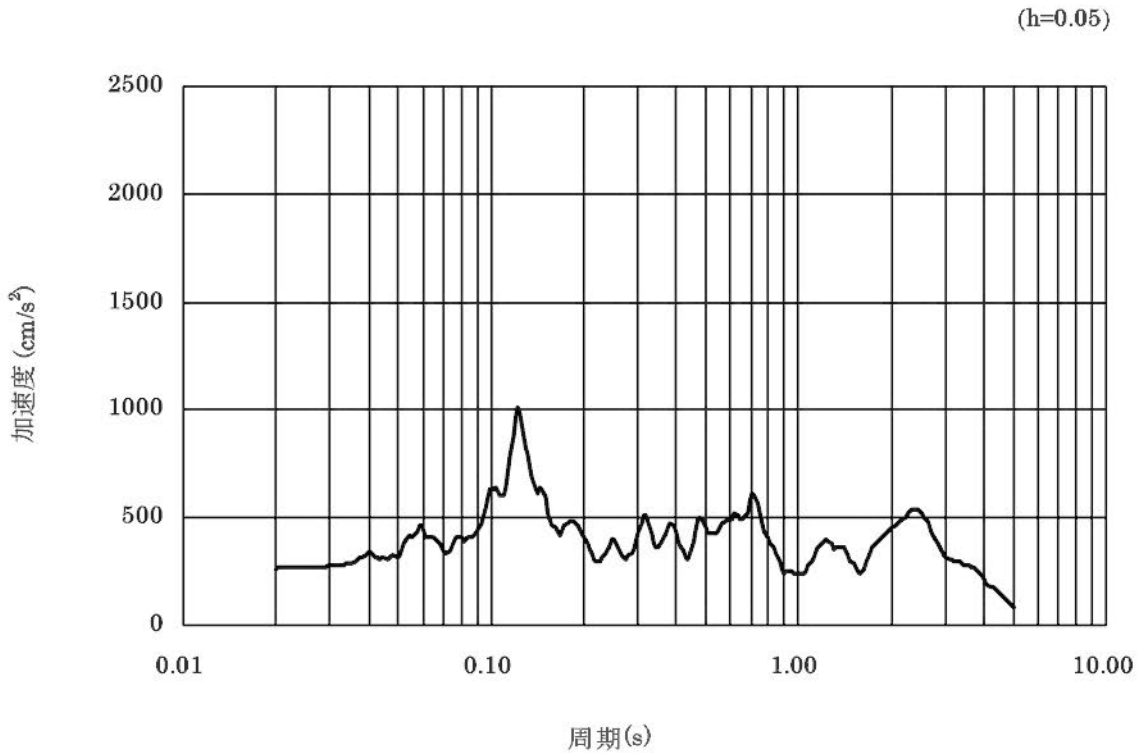


(b) 加速度応答スペクトル

第 3-4 図 加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル (水平方向、 S_S-2N_S)

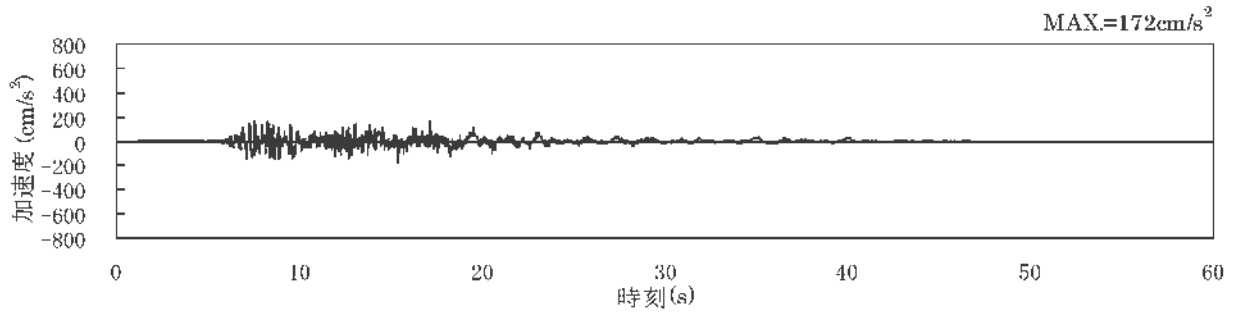


(a) 加速度時刻歴波形

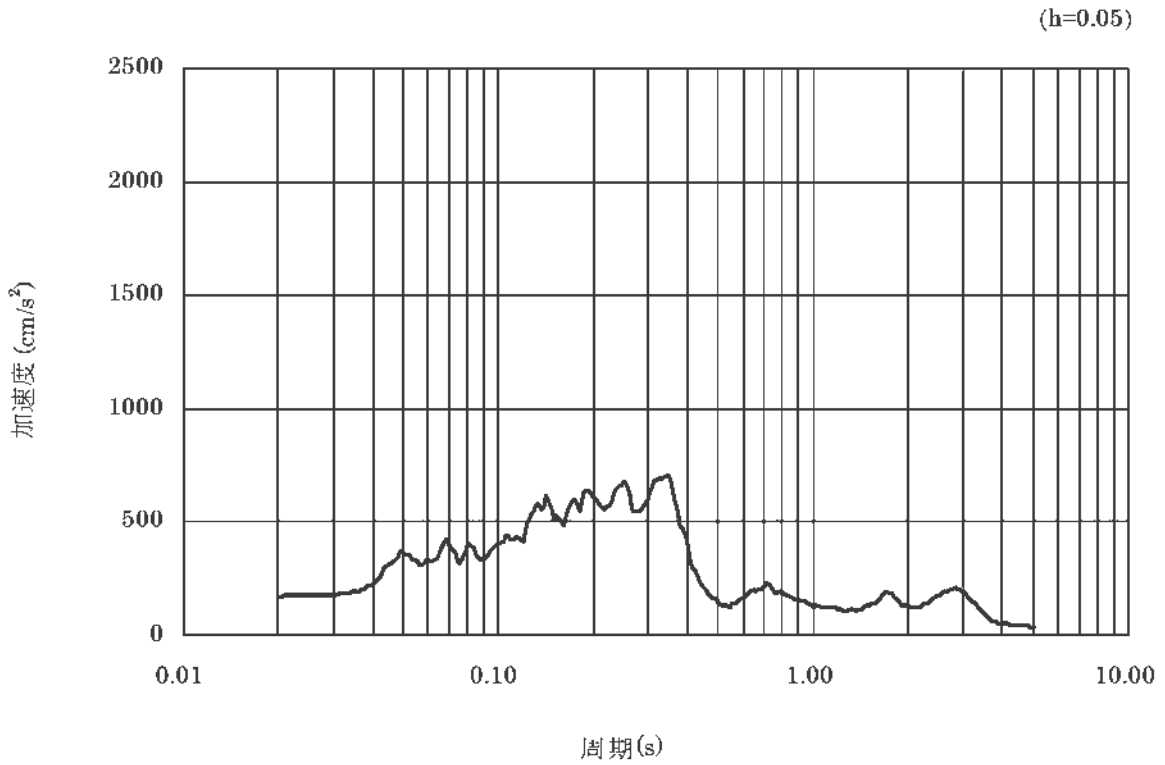


(b) 加速度応答スペクトル

第 3-5 図 加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル (水平方向、 S_s-2_{EW})

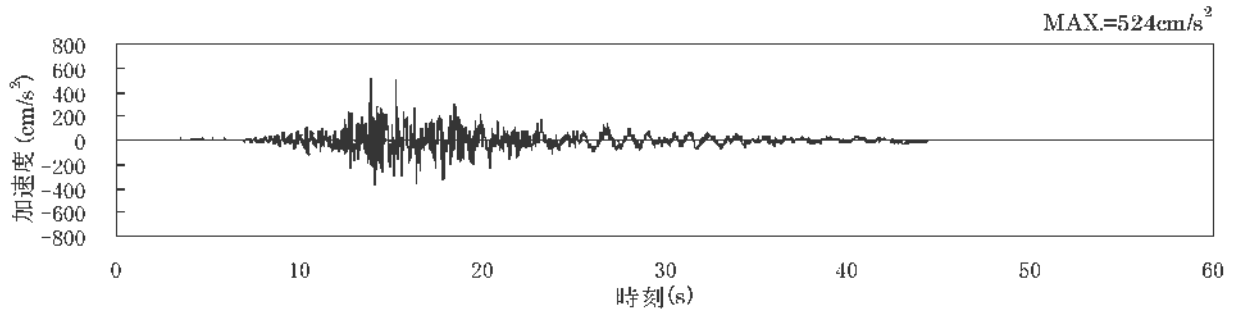


(a) 加速度時刻歴波形

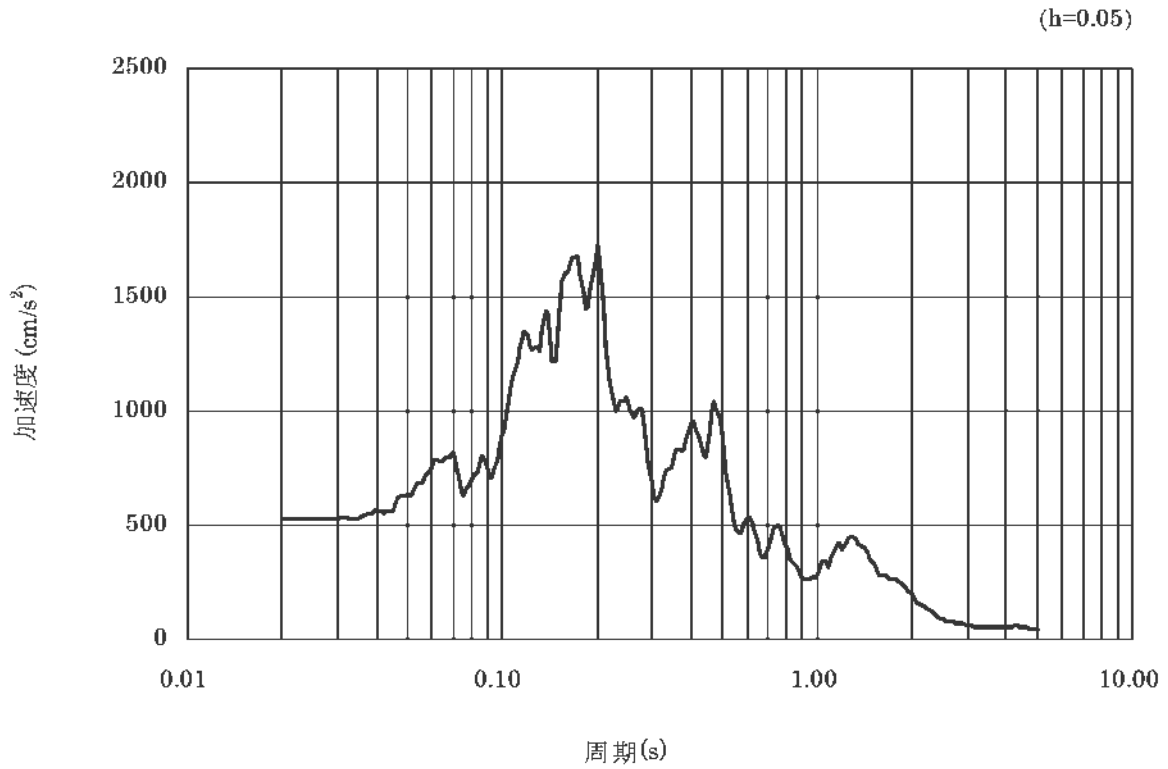


(b) 加速度応答スペクトル

第 3-6 図 加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル (鉛直方向、Ss-2UD)

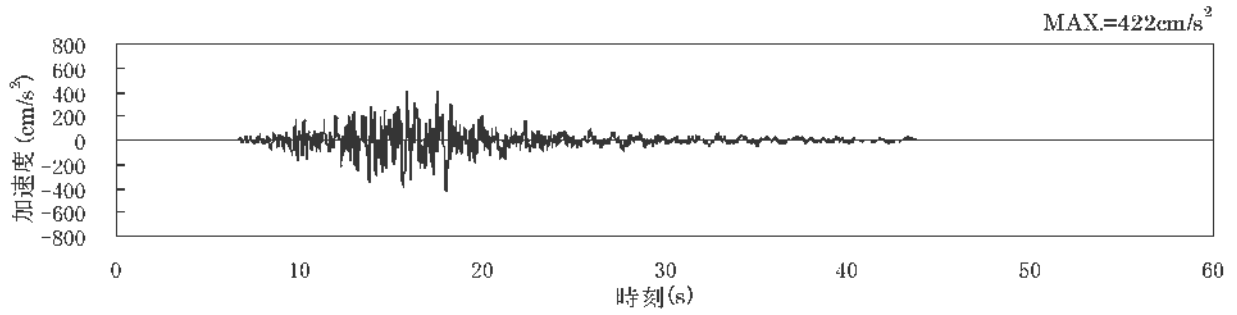


(a) 加速度時刻歴波形

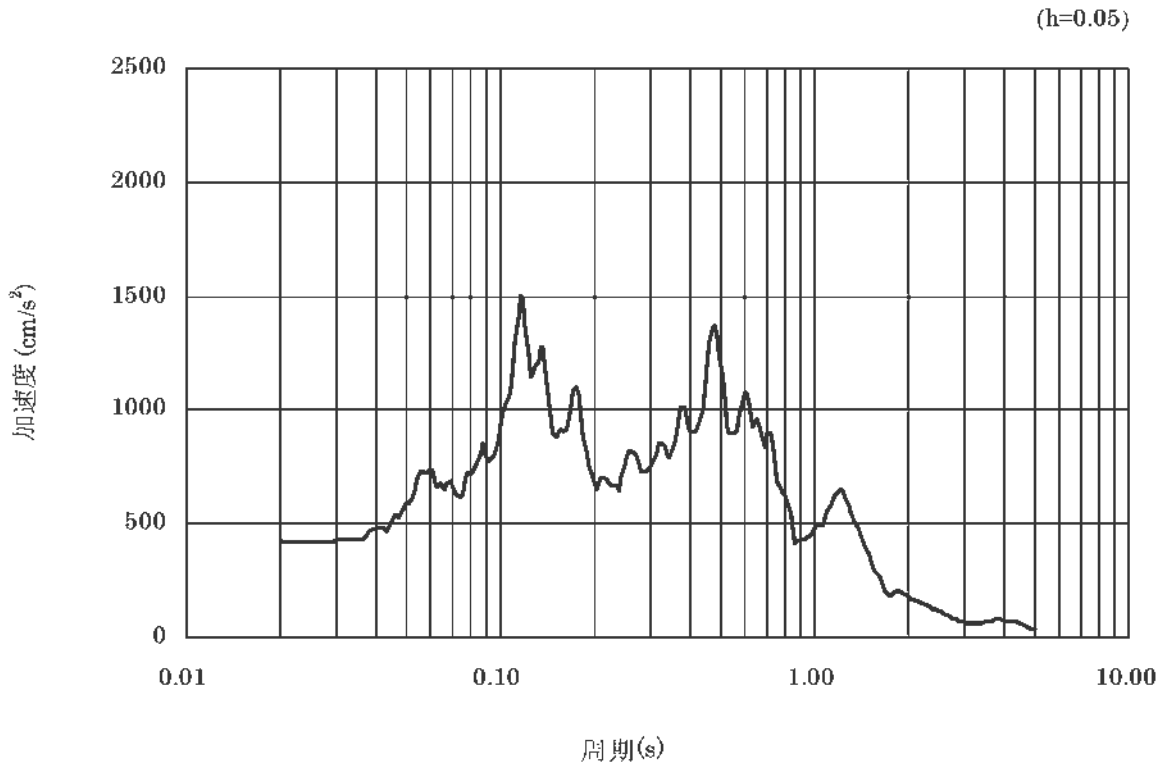


(b) 加速度応答スペクトル

第 3-7 図 加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル (水平方向、 S_s-3N_S)

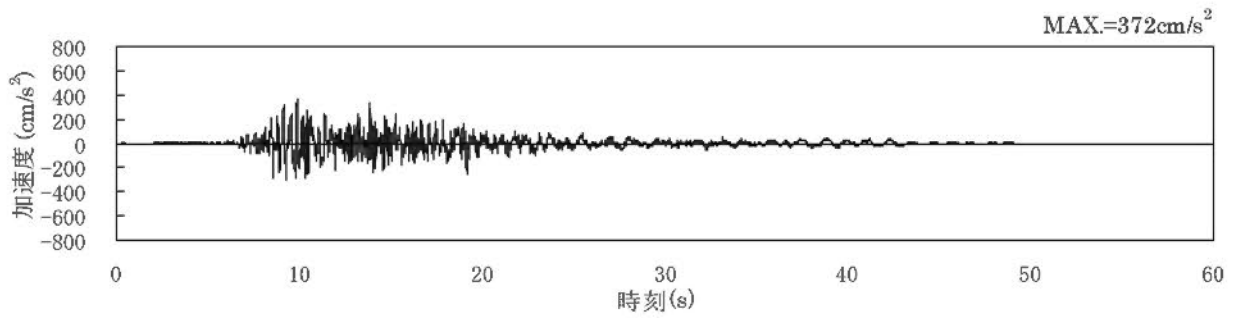


(a) 加速度時刻歴波形

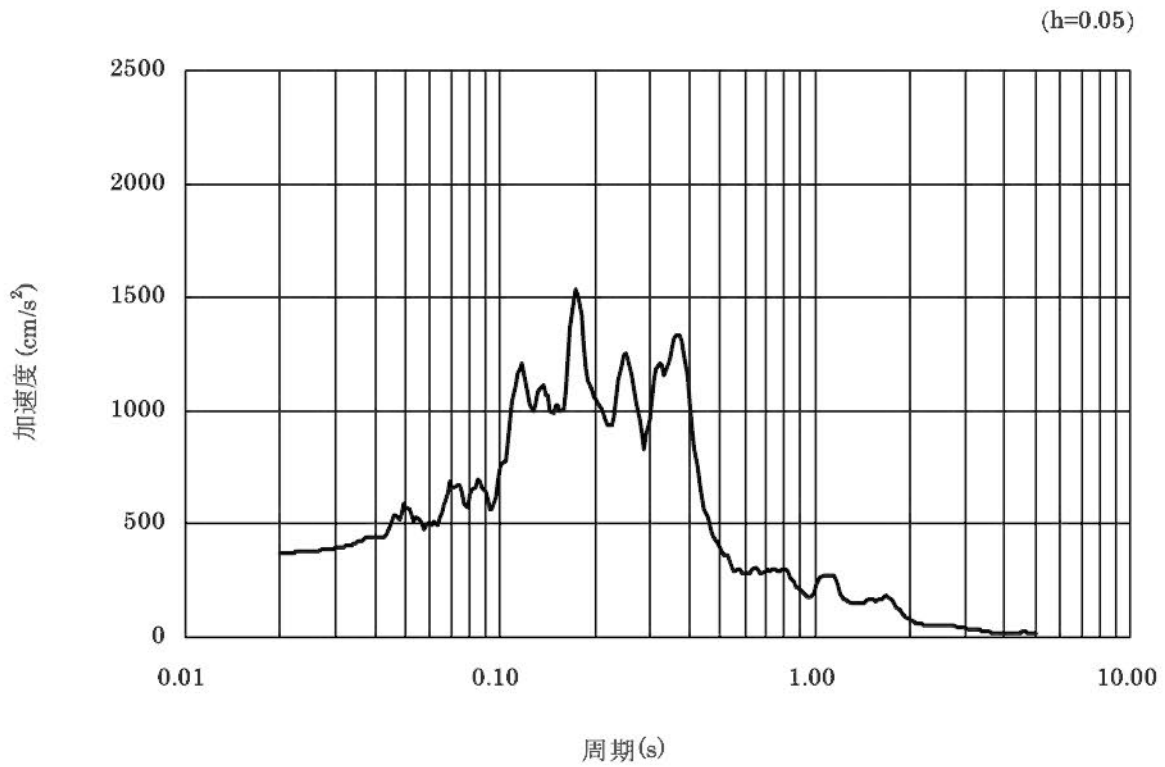


(b) 加速度応答スペクトル

第 3-8 図 加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル (水平方向、S_S-3_{EW})

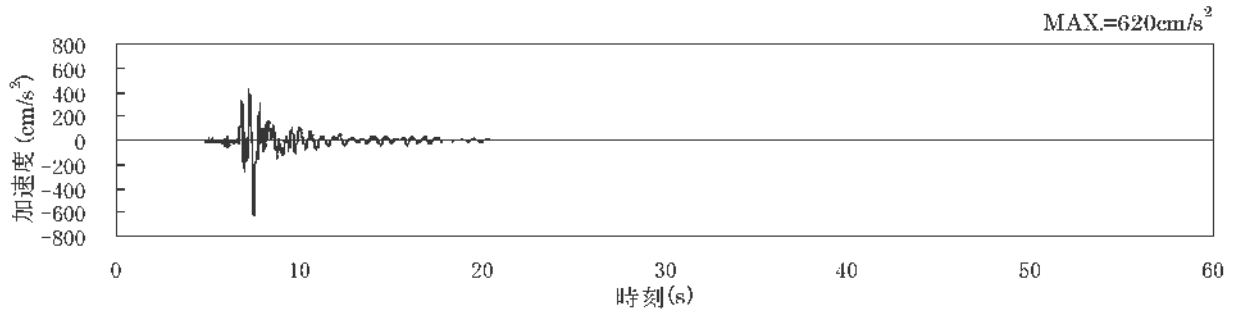


(a) 加速度時刻歴波形

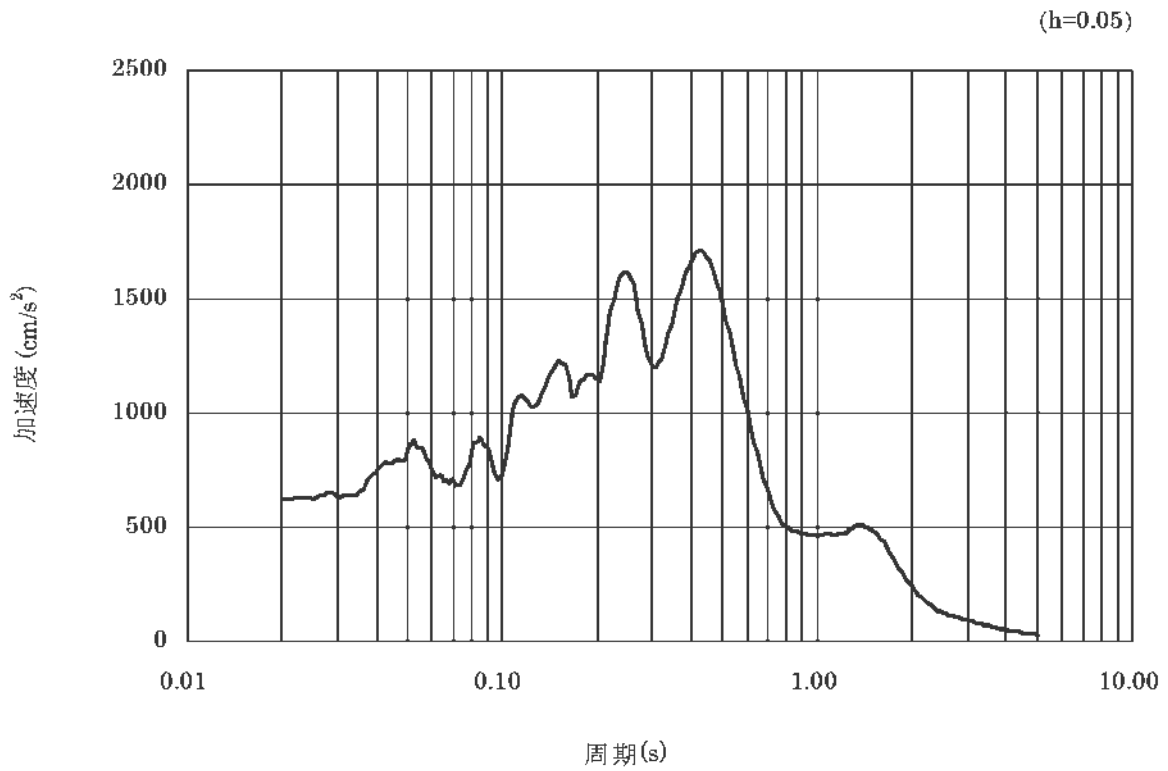


(b) 加速度応答スペクトル

第 3-9 図 加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル (鉛直方向、Ss-3UD)

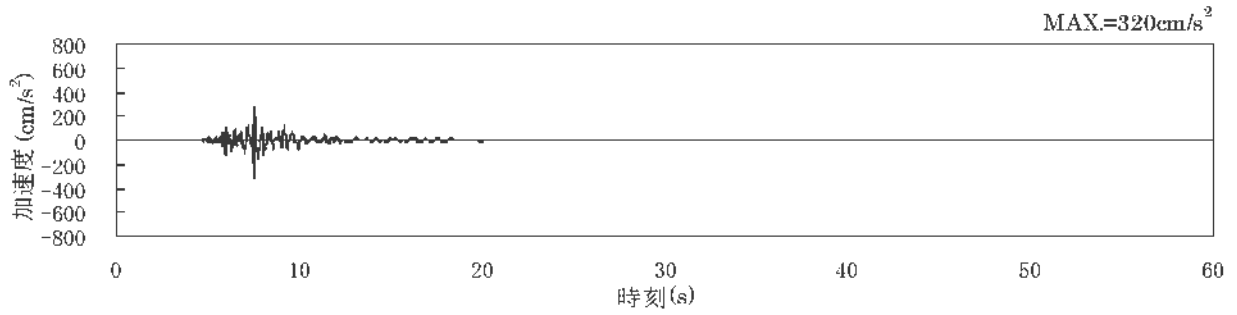


(a) 加速度時刻歴波形

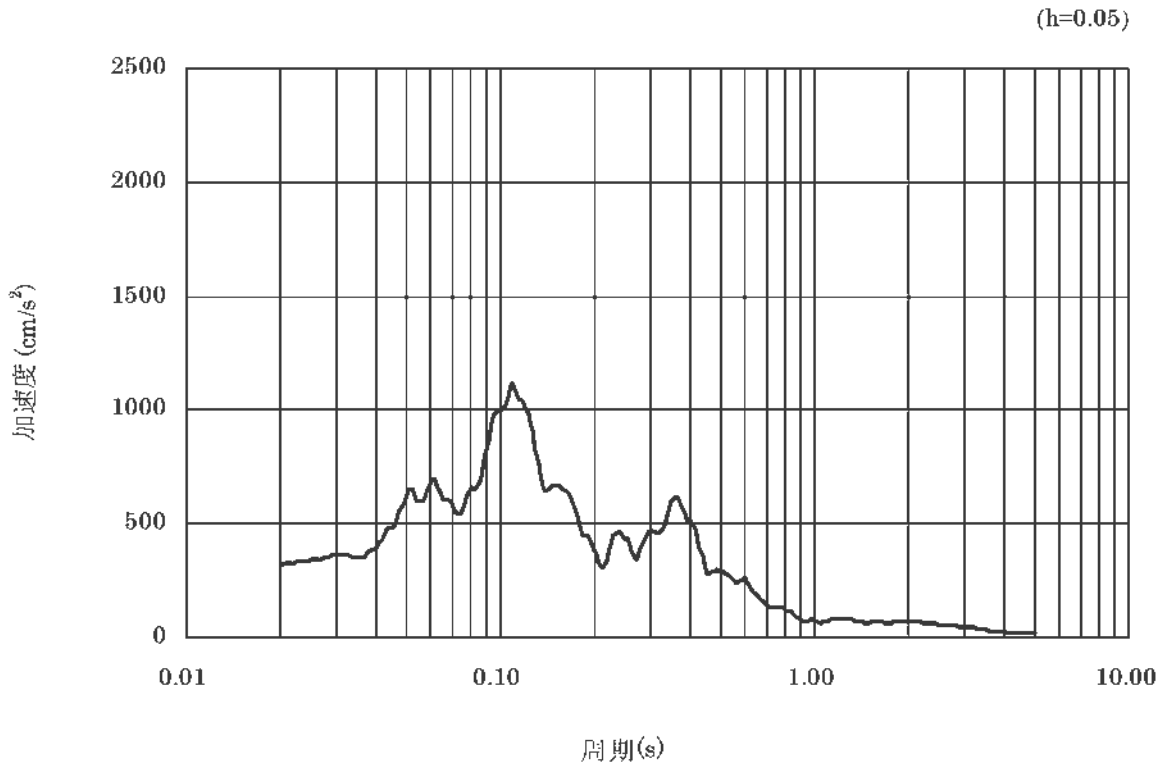


(b) 加速度応答スペクトル

第 3-10 図 加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル (水平方向、 S_s-4H)

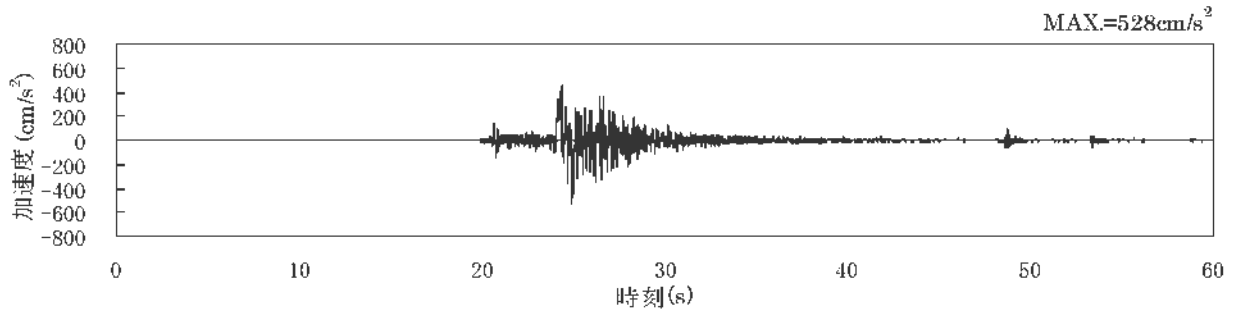


(a) 加速度時刻歴波形

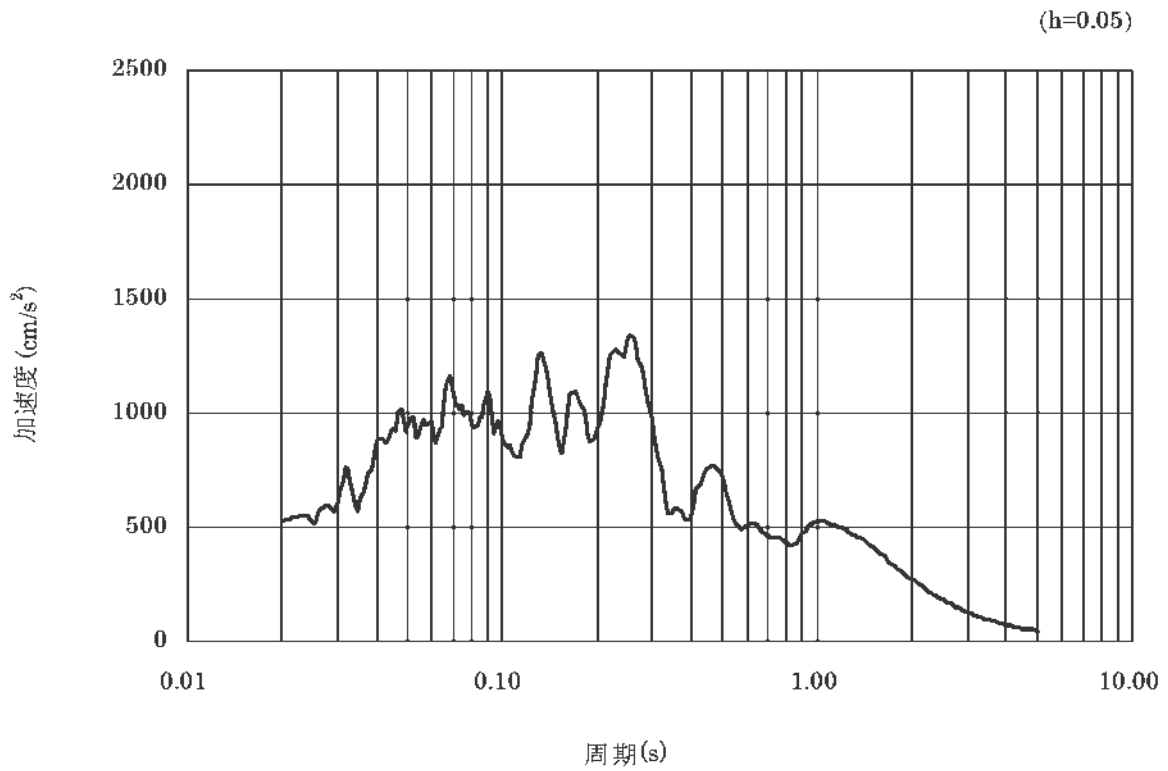


(b) 加速度応答スペクトル

第 3-11 図 加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル (鉛直方向、Ss-4v)

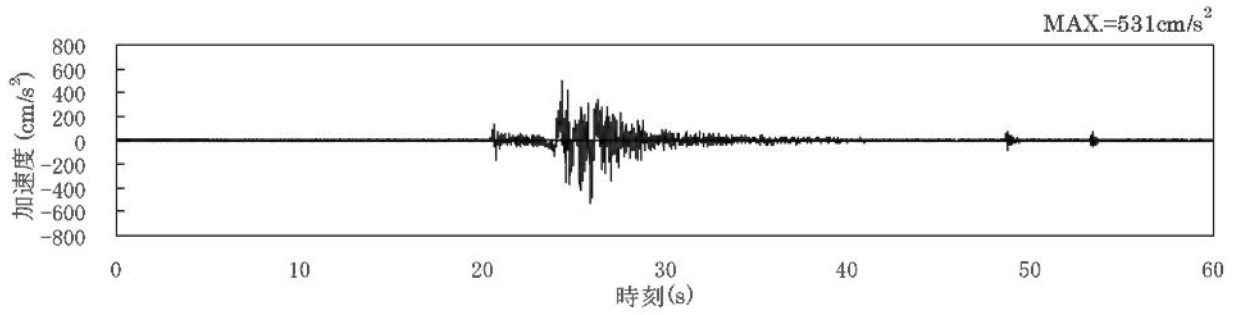


(a) 加速度時刻歴波形

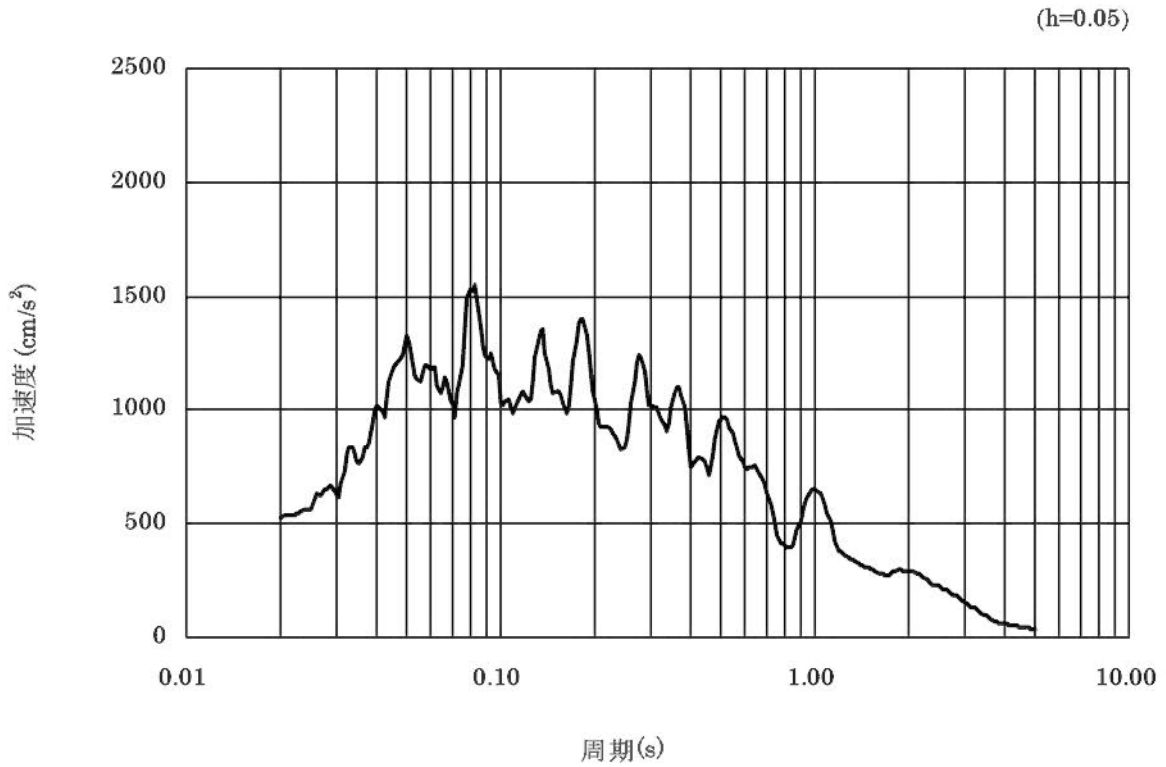


(b) 加速度応答スペクトル

第 3-12 図 加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル (水平方向、 S_s-5NS)

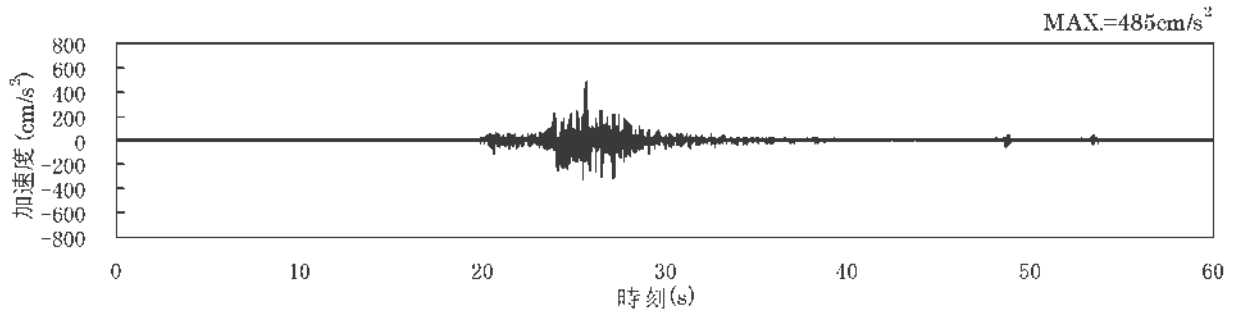


(a) 加速度時刻歴波形

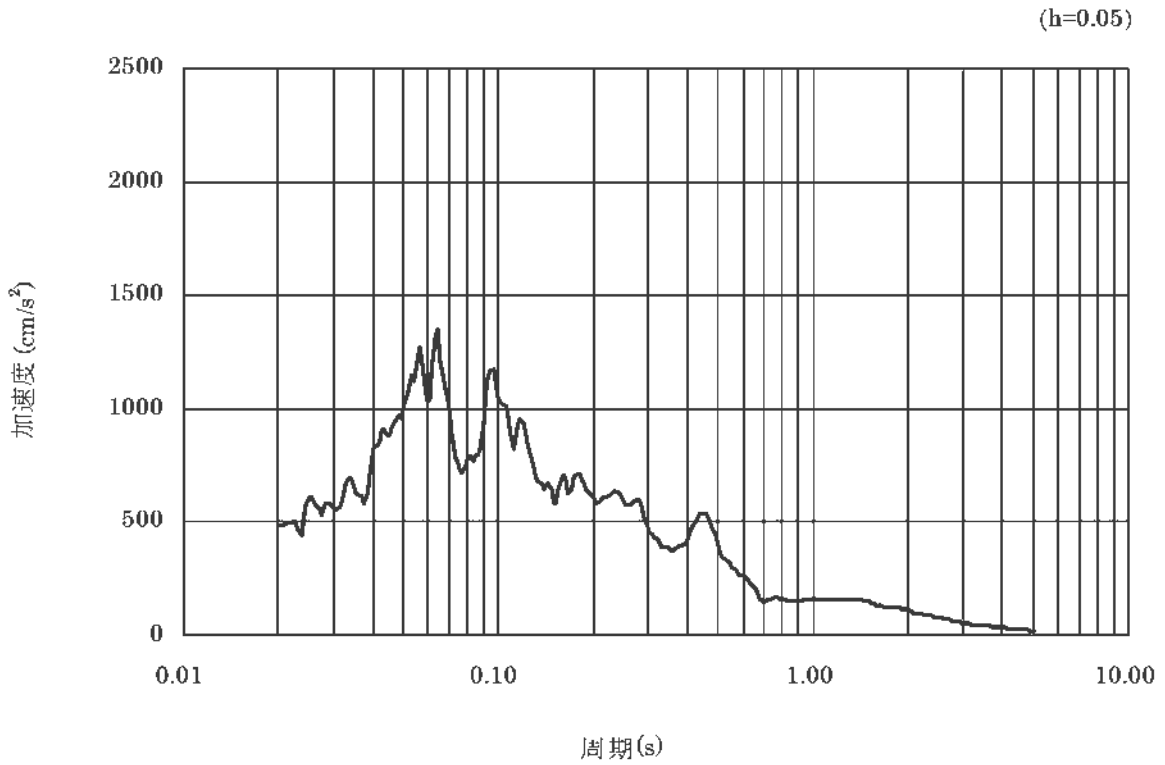


(b) 加速度応答スペクトル

第 3-13 図 加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル (水平方向、 S_s-5_{EW})



(a) 加速度時刻歴波形



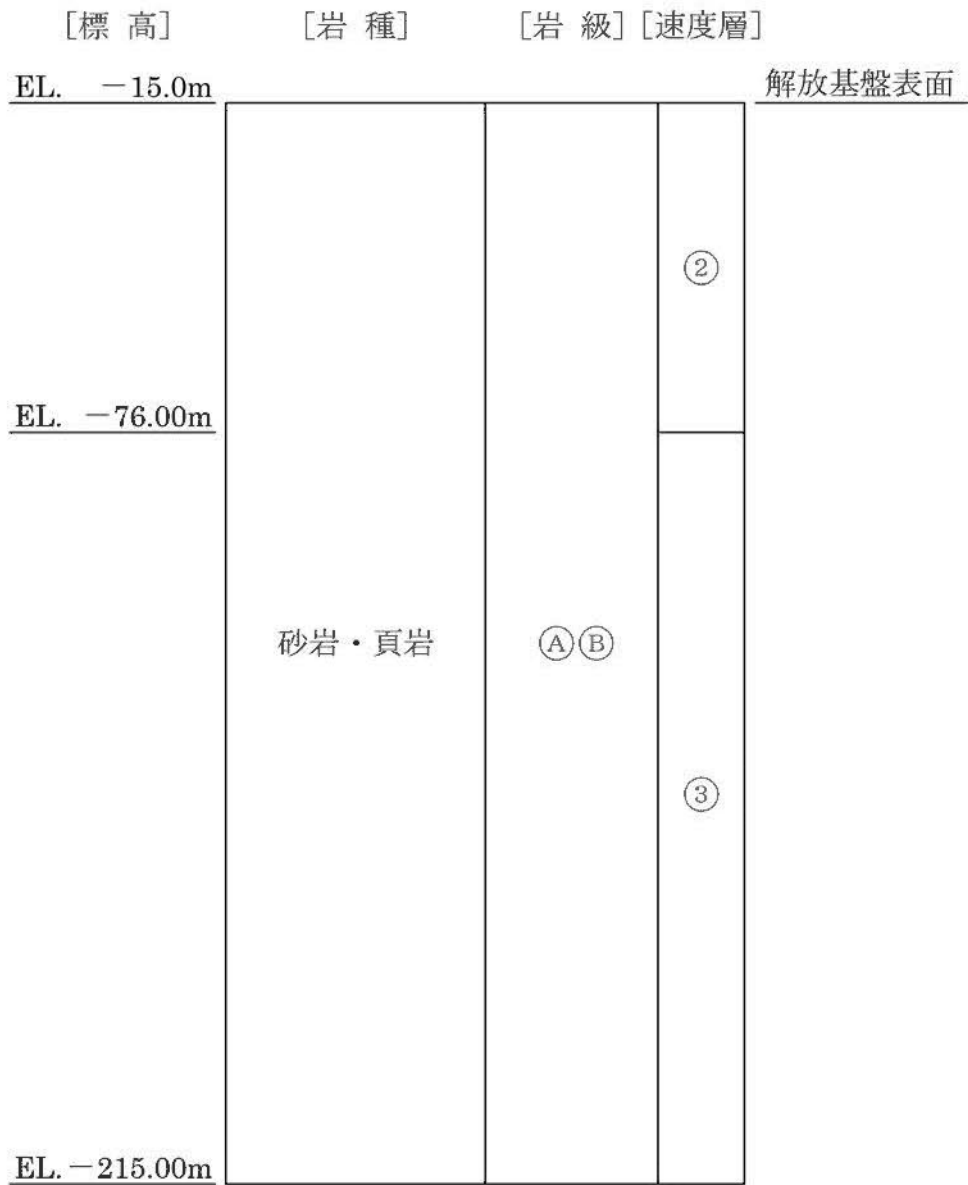
(b) 加速度応答スペクトル

第 3-14 図 加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル (鉛直方向、Ss-5UD)

3.1.2 地盤の解析モデル

入力地震動の算定にあたり、基準地震動 S_s の引戻しにおける解析の領域は、基準地震動 S_s が定義されている解放基盤表面の $EL.-15.0m$ から、深さ方向を $EL.-215.00m$ までとする。また、 $EL.-215.00m$ から基礎底面までの 1 次元波動論による地盤の地震応答解析における解析の領域は、地表面標高を $EL.25.00m$ 、深さ方向を $EL.-215.00m$ までとする。

地盤モデルの層分割は、地盤の岩盤分類及び速度層区分に基づきモデル化する。基準地震動 S_s の引戻し用地盤モデルを第 3-15 図に示す。 $EL.-215.00m$ から基礎底面までの 1 次元応答解析用地盤モデルを第 3-16 図に示す。



第3-15図 基準地震動 Ss の引戻し用地盤モデル

[標高]	[岩種]	[岩級]	[速度層]
EL. 25.00m			地表面
	埋戻土	—	—
EL. 19.62m			
EL. 16.86m	玄武岩	Ⓒ	I
EL. 15.27m	八ノ久保砂礫層	—	
EL. 11.92m	砂岩	Ⓒ	
EL. 10.02m			III
EL. 7.00m	砂岩・頁岩	Ⓐ Ⓑ	
EL. 6.40m	頁岩	Ⓒ	
EL. 5.74m			
EL. 4.92m			IV
	砂岩・頁岩	Ⓐ Ⓑ	
EL. -215.00m			基礎底面

第3-16図 1次元応答解析用地盤モデル

3.1.3 地盤の解析用物性値

地震応答解析に使用する地盤物性値は、資料 12-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に基づき設定する。

弾性波速度は、敷地内のボーリング孔における PS 検層結果に基づき設定する。基準地震動 Ss の引戻しに用いた弾性波速度を第 3-1 表に示す。また、EL. -215.00m から基礎底面までの 1 次元応答解析に用いた弾性波速度を第 3-2 表に示す。

第 3-1 表 弾性波速度（基準地震動 Ss の引戻し）

区分	Vs ^(注1) (km/s)	Vp ^(注2) (km/s)
②速度層	1.44	3.23
③速度層	1.80	3.59

(注 1) Vs : S 波速度

(注 2) Vp : P 波速度

第 3-2 表 弾性波速度（EL. -215.00m から基礎底面までの 1 次元応答解析）

区分	Vs ^(注1) (km/s)	Vp ^(注2) (km/s)	備考
埋戻土	0.03 ^(注3)	0.10	EL.25.00m～EL.24.62m
	0.06 ^(注3)	0.19	EL.24.62m～EL.23.62m
	0.08 ^(注3)	0.26	EL.23.62m～EL.22.62m
	0.09 ^(注3)	0.31	EL.22.62m～EL.21.62m
	0.11 ^(注3)	0.36	EL.21.62m～EL.20.62m
	0.12 ^(注3)	0.39	EL.20.62m～EL.19.62m
I 速度層 ^(注4)	0.26	0.92	—
Ⅲ速度層 ^(注4)	0.75	2.22	—
Ⅳ速度層 ^(注4)	1.62	3.36	—

(注 1) Vs : S 波速度

(注 2) Vp : P 波速度

(注 3) 埋戻土はひずみ依存特性を考慮する。埋戻土の Vs は、初期せん断弾性係数を用いて算出し、初期せん断弾性係数は、平均主応力との関係式より算出する。

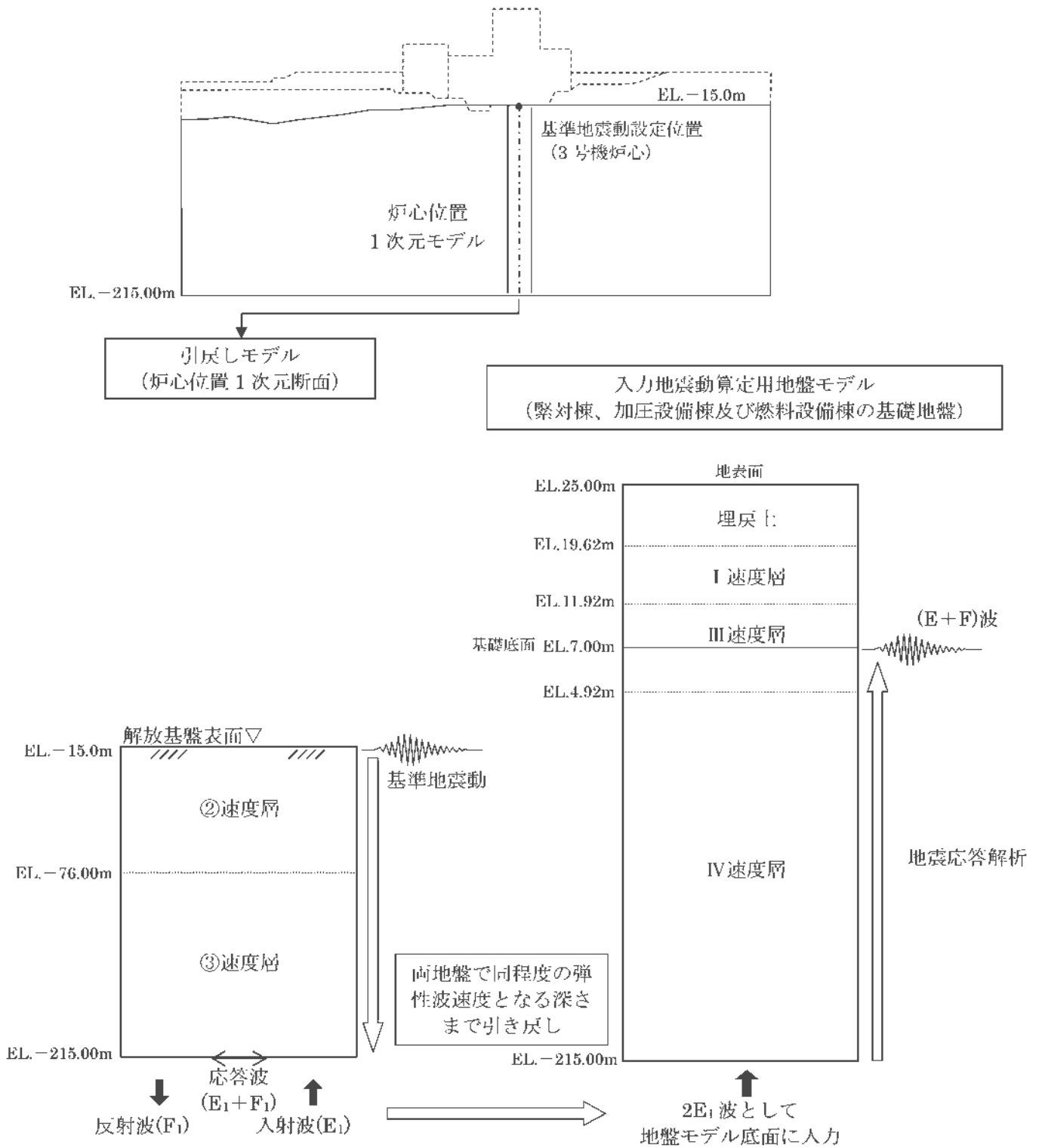
(注 4) 設置変更許可申請書（添付資料六）に記載した値であり、I 速度層は①速度層、Ⅲ速度層は③速度層、Ⅳ速度層は④速度層に該当する。

3.1.4 入力地震動の算定方法

基礎底面における入力地震動は、EL. -15.0m の解放基盤表面で定義される基準地震動 S_s を基に、1次元波動論により基礎底面位置で算定した地震動を用いる。また、基準地震動 S_s の引戻しは、緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の直下と3号機の炉心基礎直下での速度構造の違いを考慮し、引き戻す標高を設定する。具体的には、両地盤で同程度の弾性波速度となるEL. -215.00mまで地震動の引戻しを行い、緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の地盤モデル底面に入力する。

地盤モデル底面における地震動の算定には、解析コード「**microSHAKE**」、基礎底面位置における入力地震動の算定には、解析コード「**SHAKE**」を用いる。解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

入力地震動算定の考え方を第3-17図に示す。

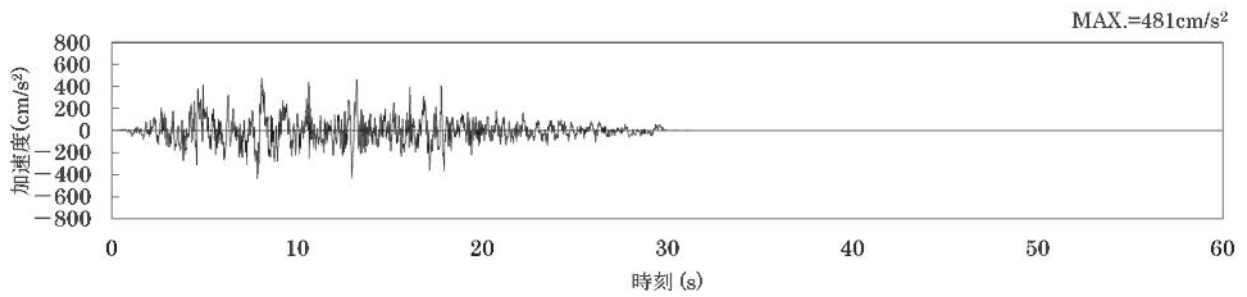


第3-17図 入力地震動算定の考え方

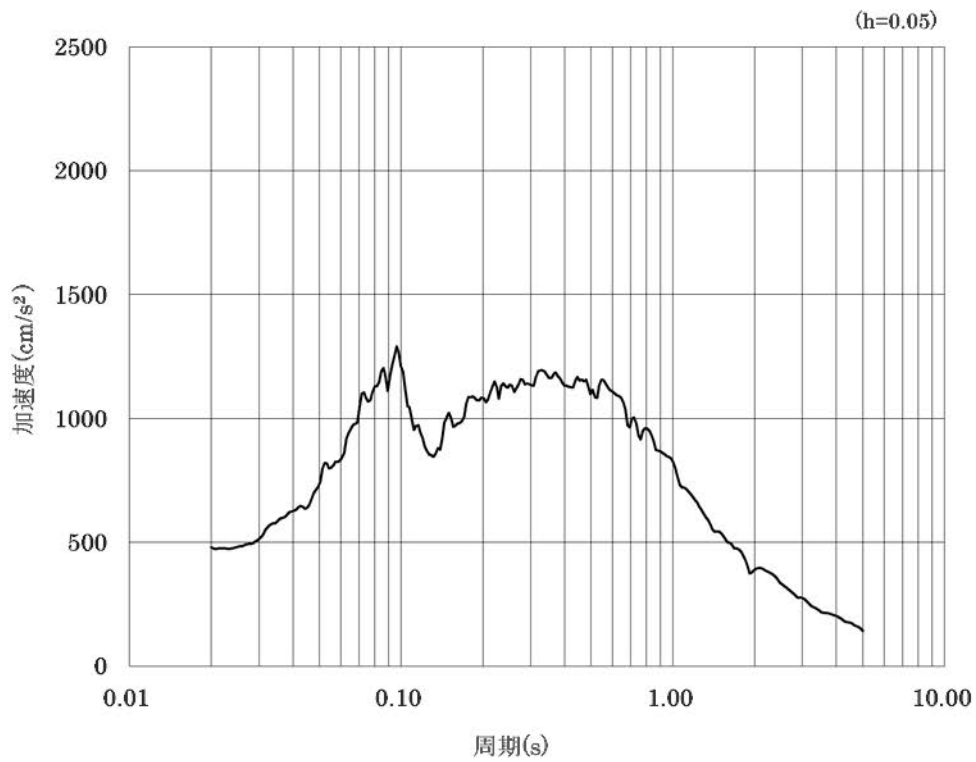
3.1.5 入力地震動の算定結果

1次元波動論により算定した基礎底面位置(EL.7.00m)における入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトルを第3-18図～第3-30図に示す。

ここで、緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟は、建屋の向きがプラントノースに対して東側に 65.8° 傾いているため、断層モデル波である $Ss-2_{EW}$ 及び $Ss-2_{NS}$ 並びに $Ss-3_{EW}$ 及び $Ss-3_{NS}$ について、方位補正を行う。方位補正後の方向は、基礎版の短辺方向をX方向、長辺方向をY方向とし、それぞれの入力地震動を $Ss-2_X$ 及び $Ss-2_Y$ 並びに $Ss-3_X$ 及び $Ss-3_Y$ とする。

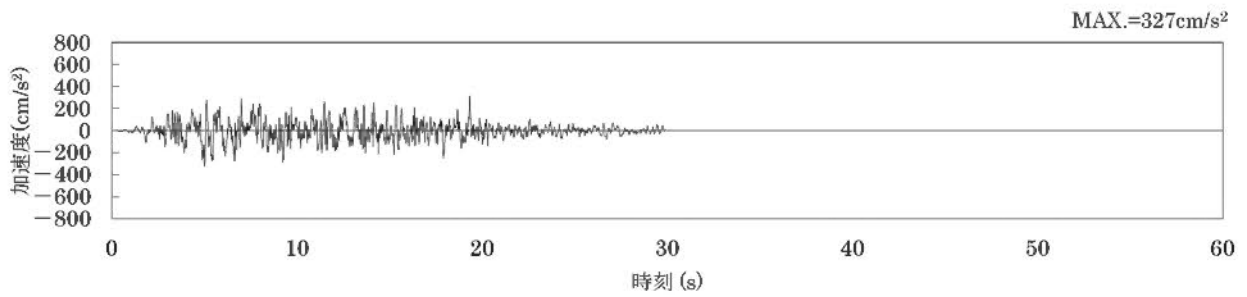


(a) 加速度時刻歴波形

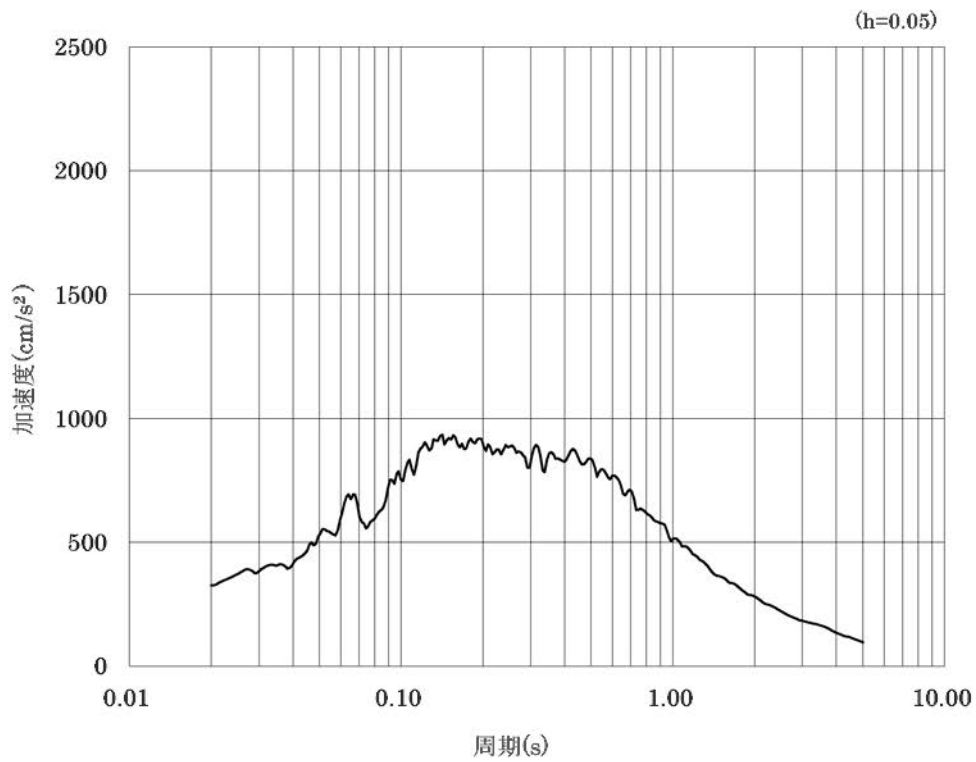


(b) 加速度応答スペクトル

第3-18図 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平方向、 S_s-1_H)

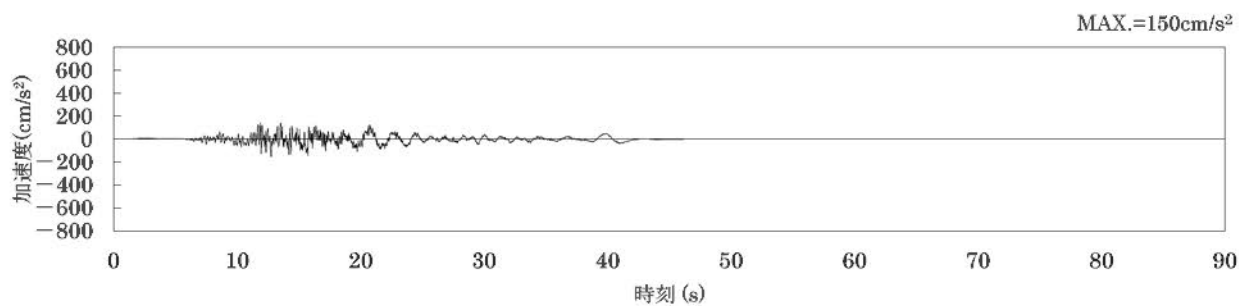


(a) 加速度時刻歴波形

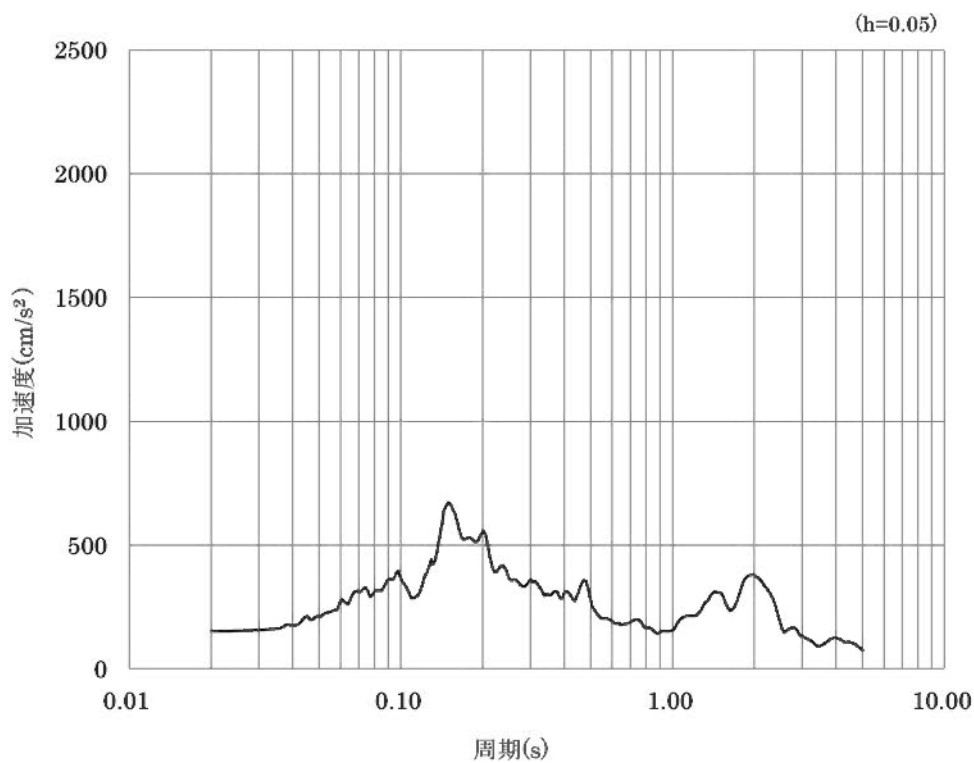


(b) 加速度応答スペクトル

第 3-19 図 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直方向、 S_s-1_V)

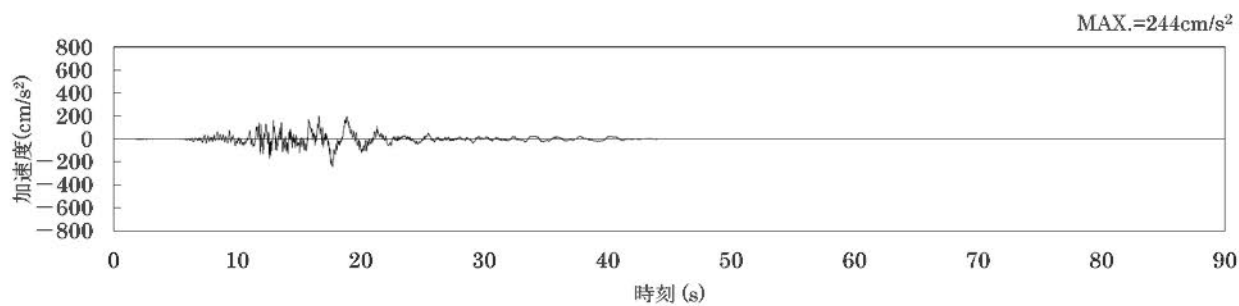


(a) 加速度時刻歴波形

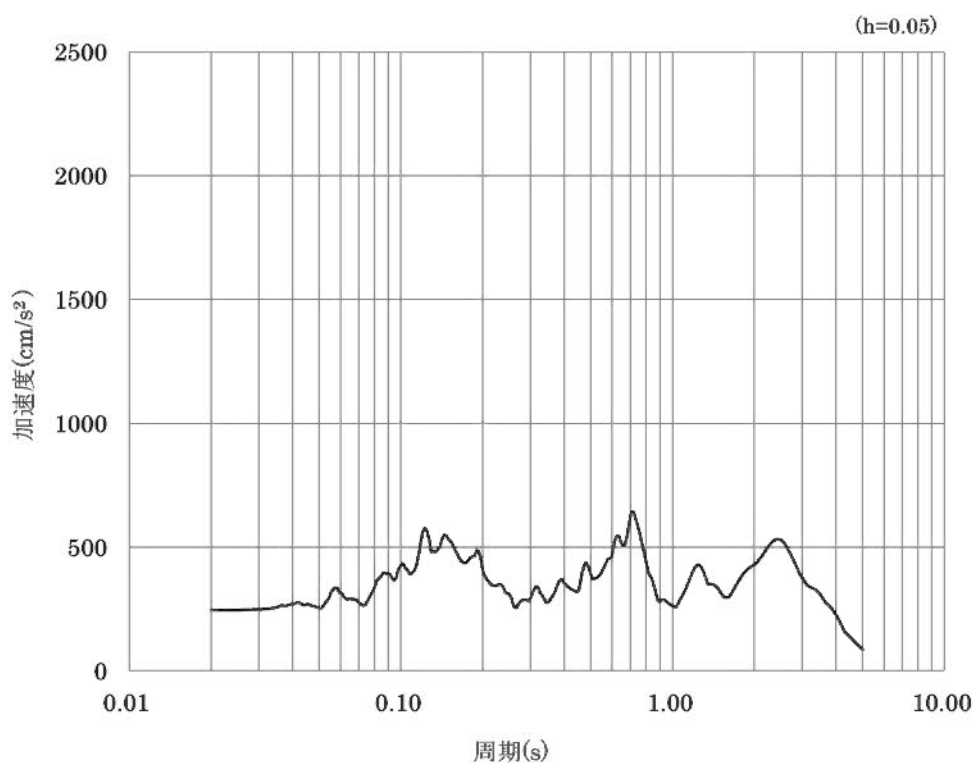


(b) 加速度応答スペクトル

第3-20図 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平方向、 S_s-2x)

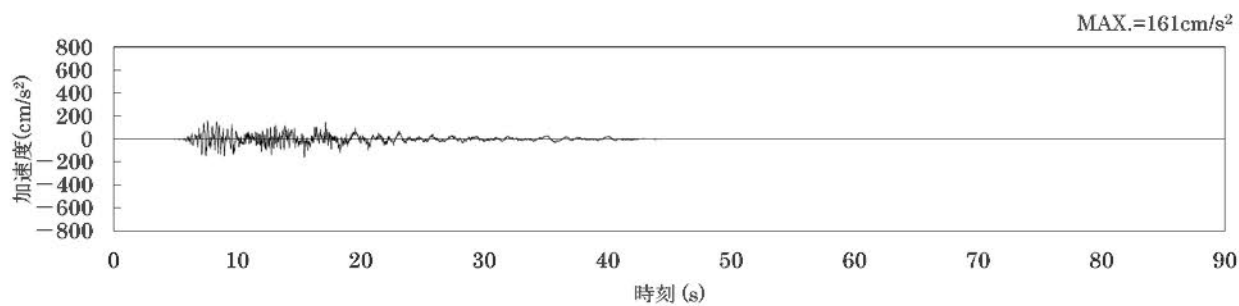


(a) 加速度時刻歴波形

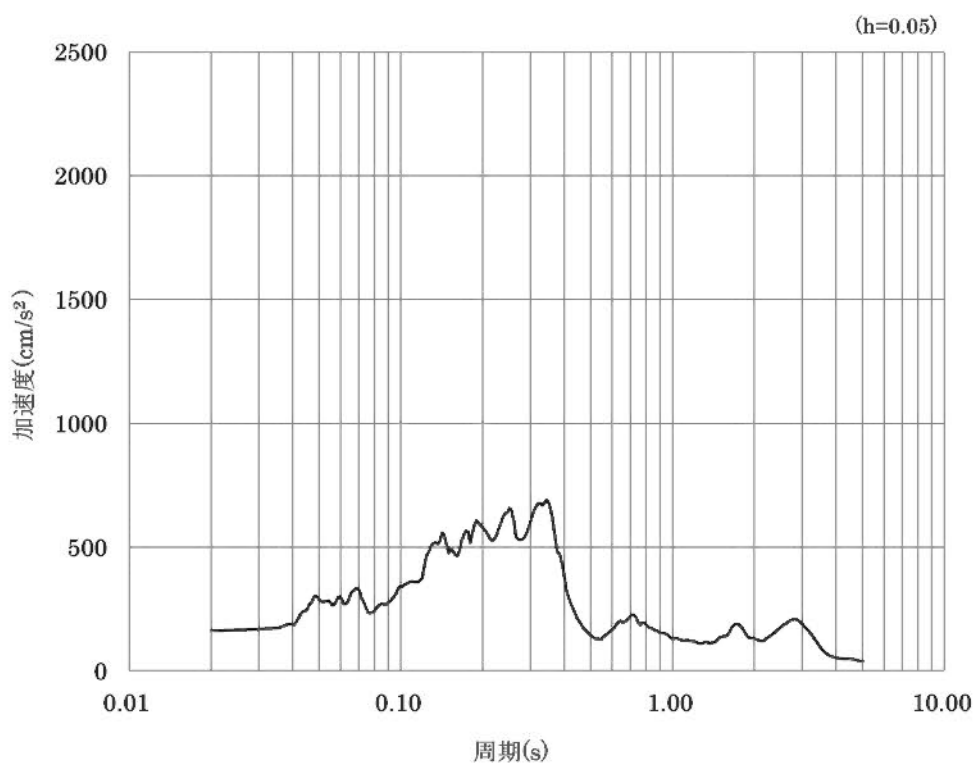


(b) 加速度応答スペクトル

第3-21図 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平方向、 $S_s-2\gamma$)

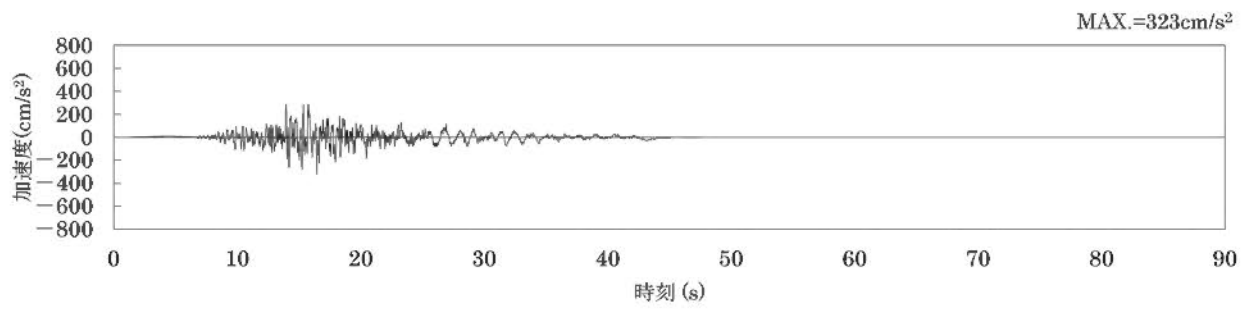


(a) 加速度時刻歴波形

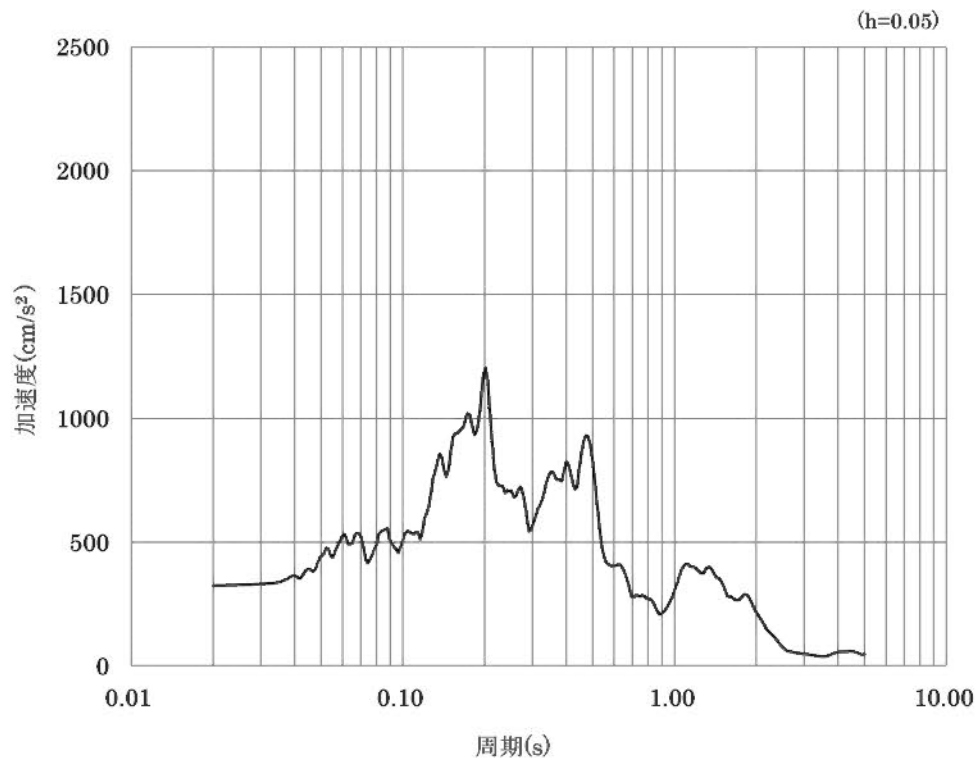


(b) 加速度応答スペクトル

第3-22図 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直方向、S_s-2UD)

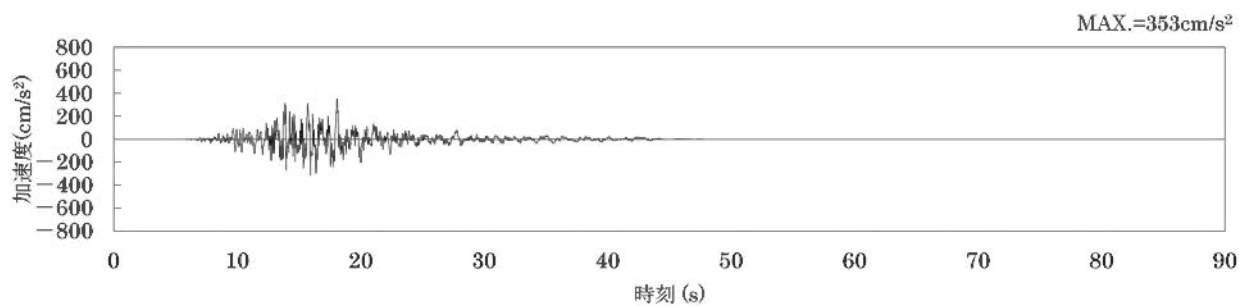


(a) 加速度時刻歴波形

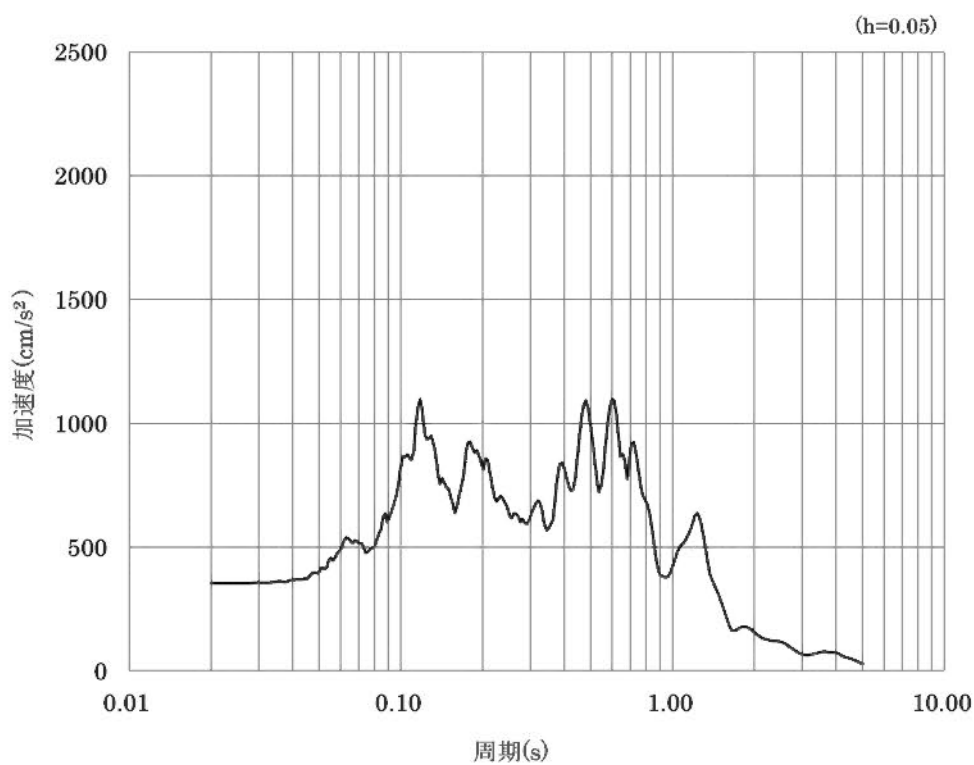


(b) 加速度応答スペクトル

第3-23図 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平方向、 S_s-3x)

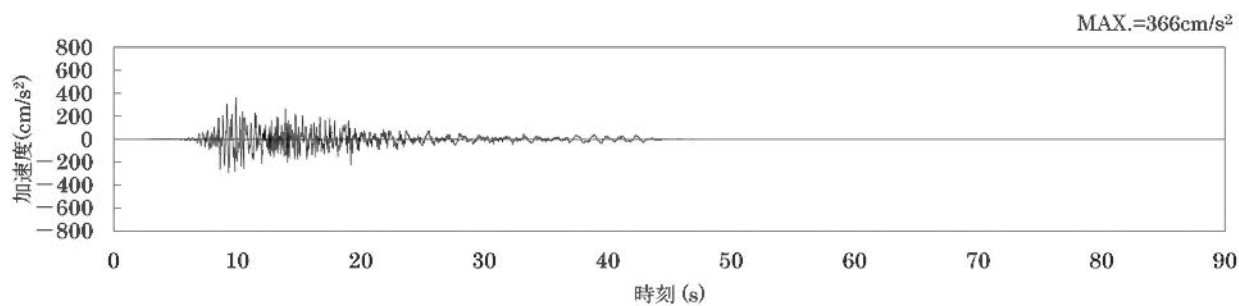


(a) 加速度時刻歴波形

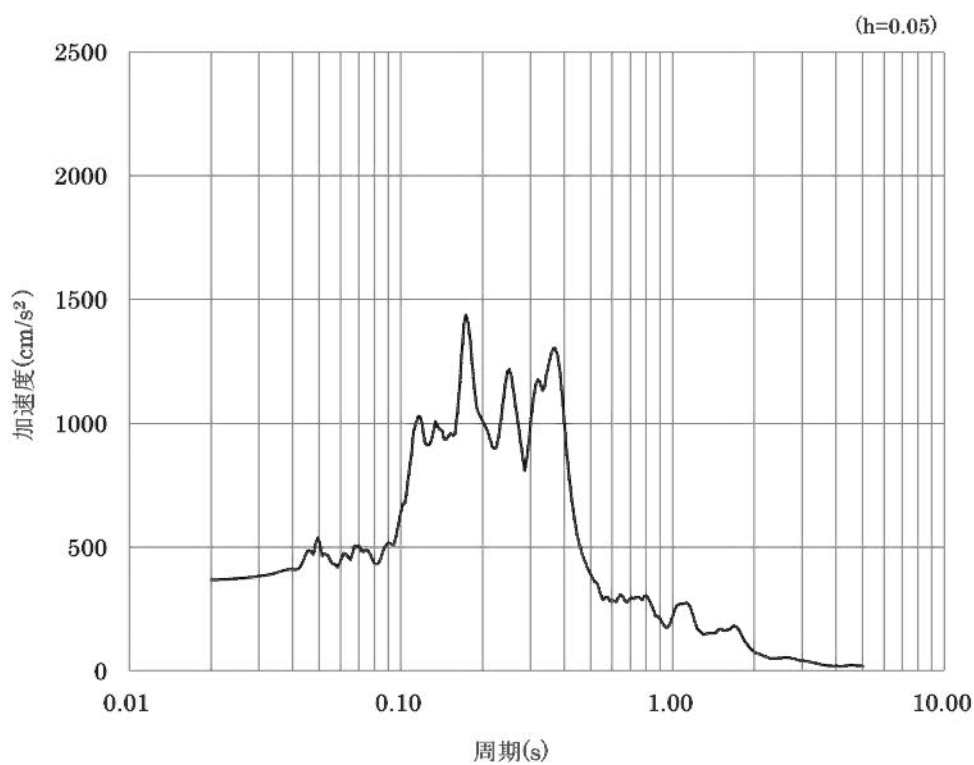


(b) 加速度応答スペクトル

第3-24図 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平方向、 $S_s-3\gamma$)

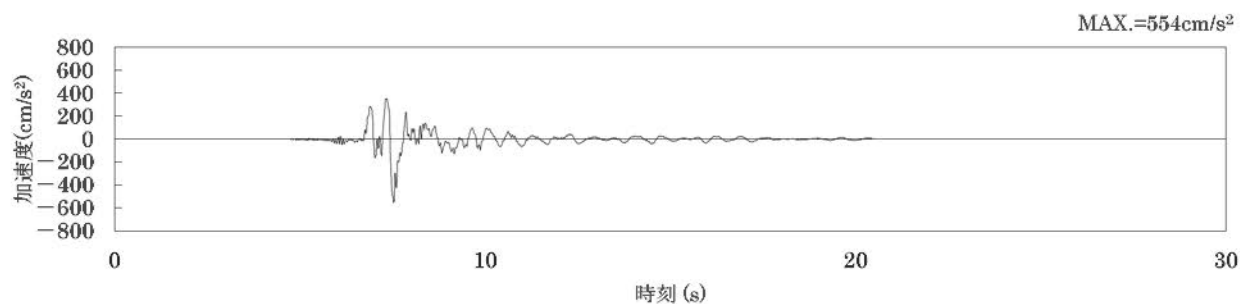


(a) 加速度時刻歴波形

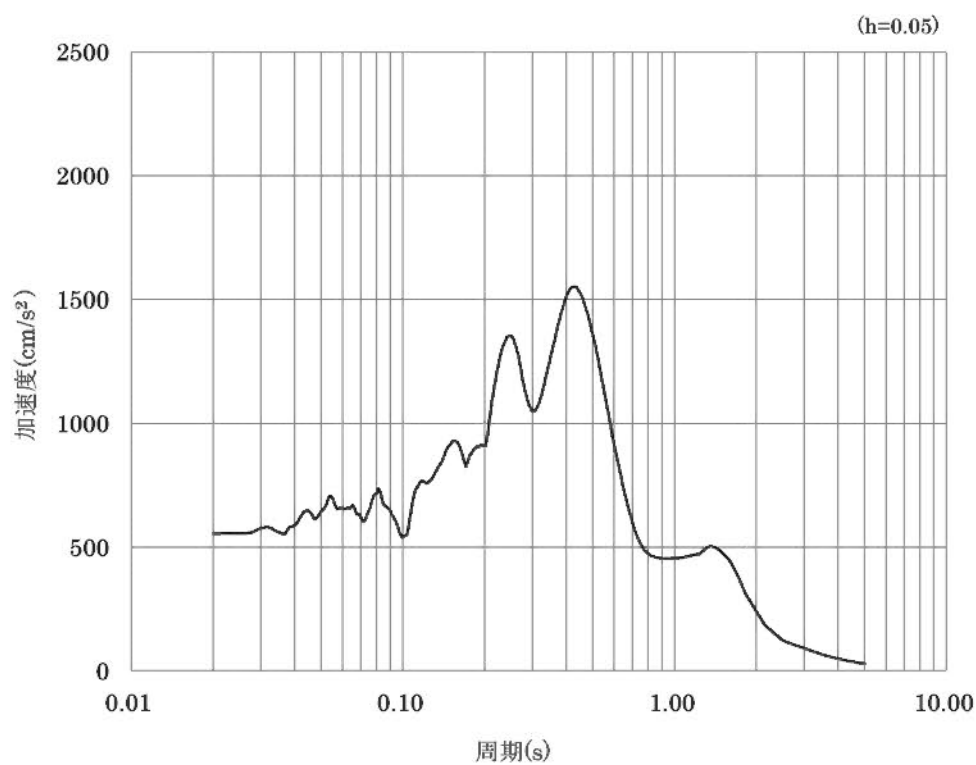


(b) 加速度応答スペクトル

第3-25図 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直方向、S_s-3UD)

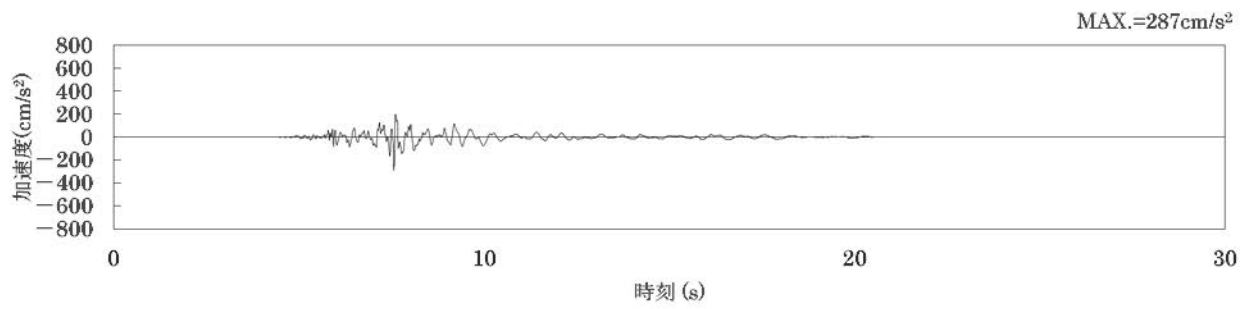


(a) 加速度時刻歴波形

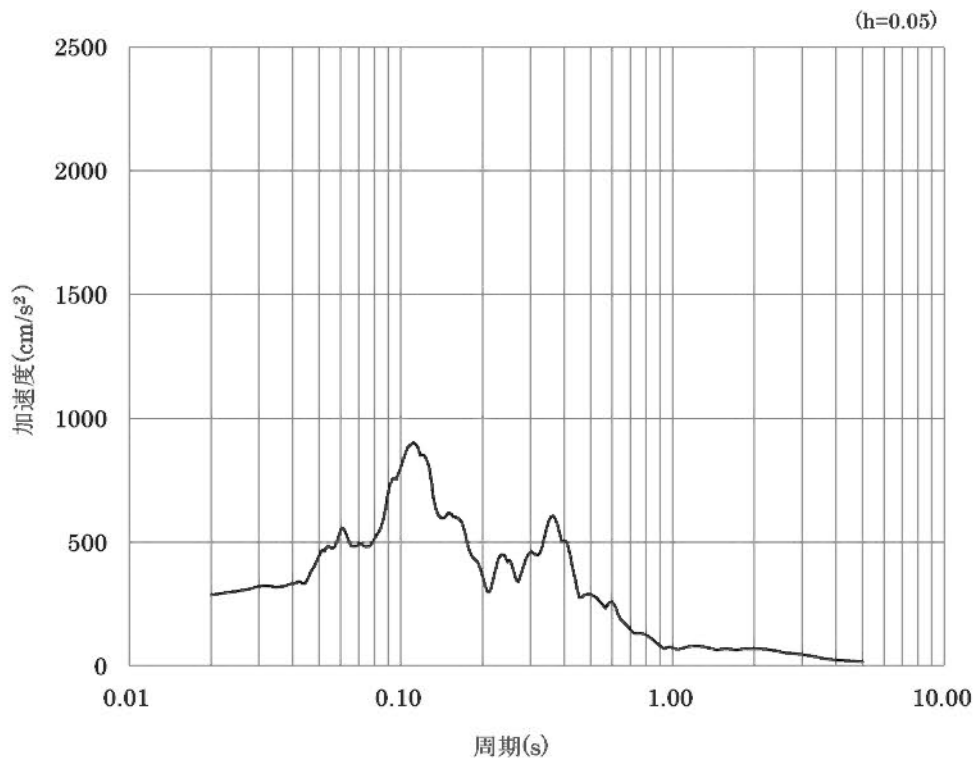


(b) 加速度応答スペクトル

第3-26図 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平方向、Ss-4H)

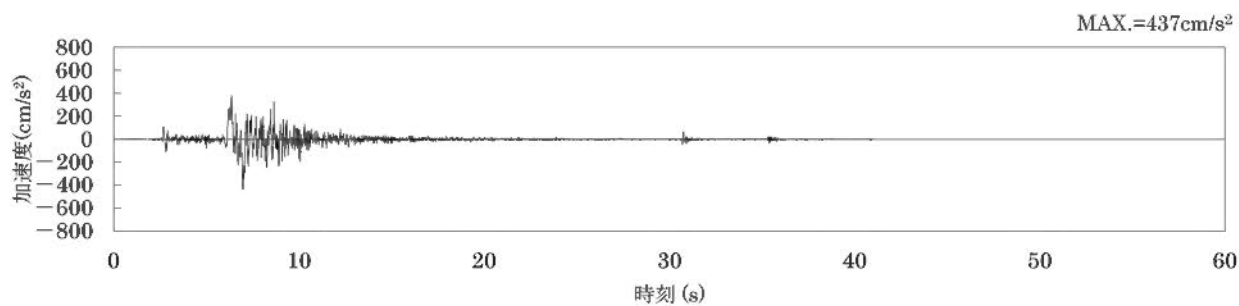


(a) 加速度時刻歴波形

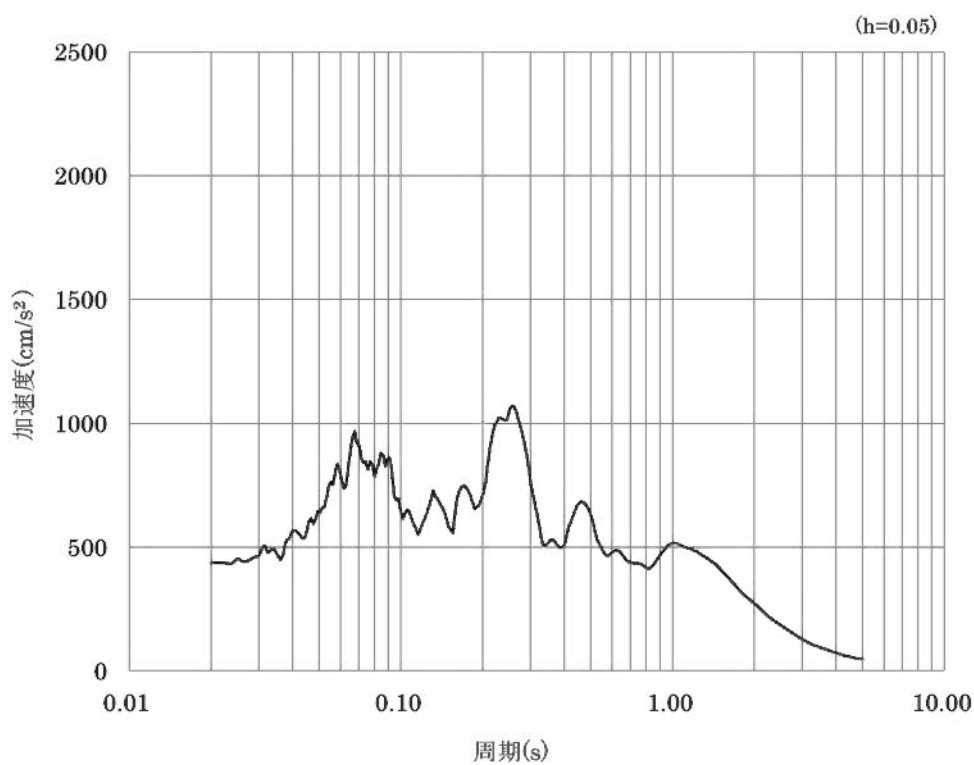


(b) 加速度応答スペクトル

第3-27図 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直方向、Ss-4v)

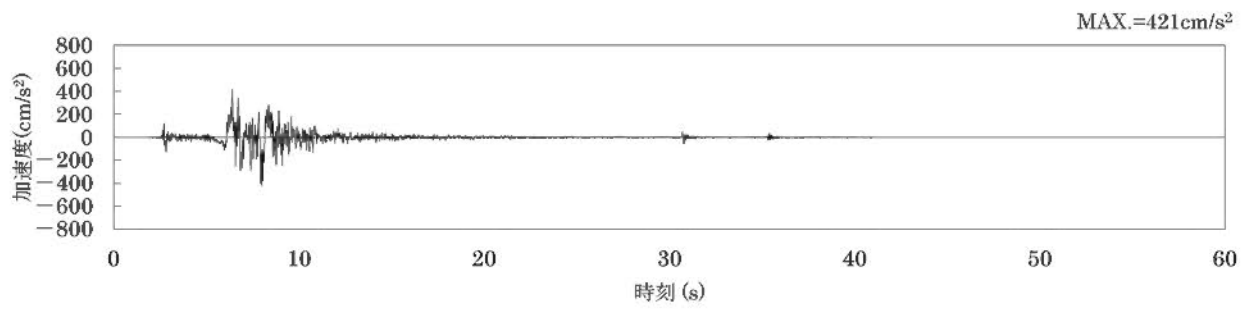


(a) 加速度時刻歴波形

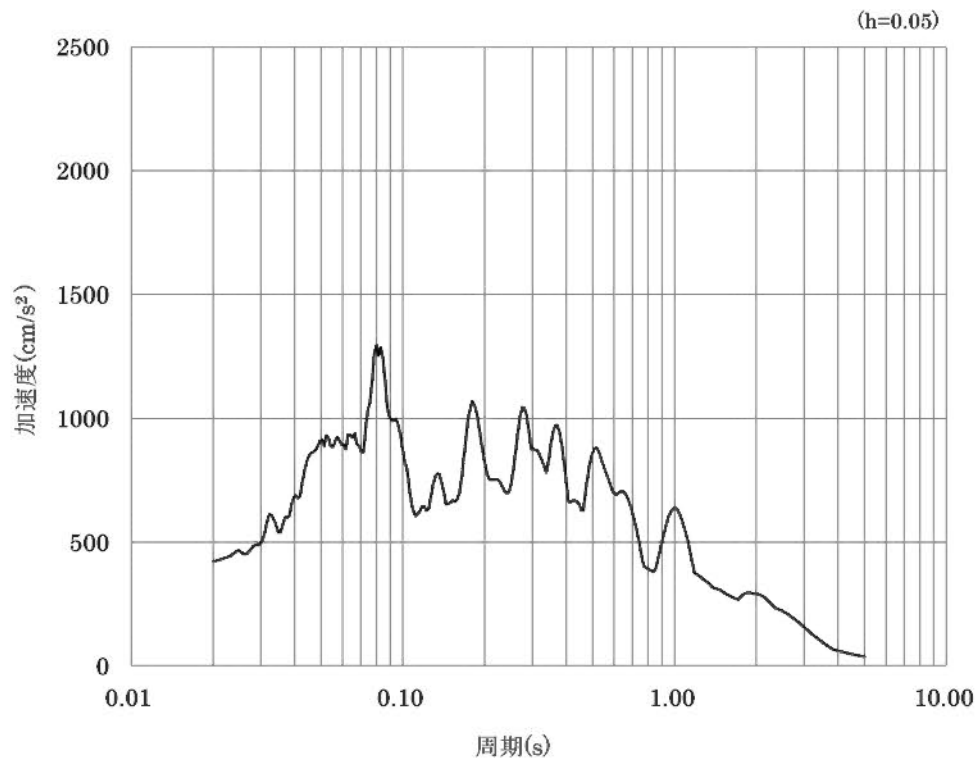


(b) 加速度応答スペクトル

第3-28図 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平方向、 S_s-5NS)

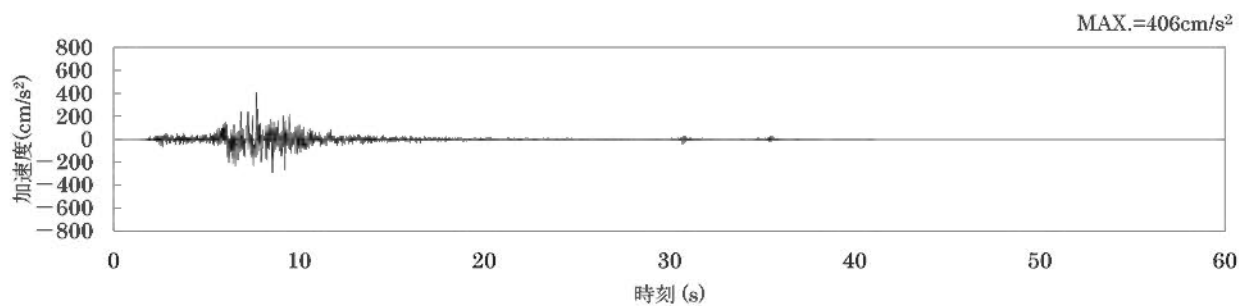


(a) 加速度時刻歴波形

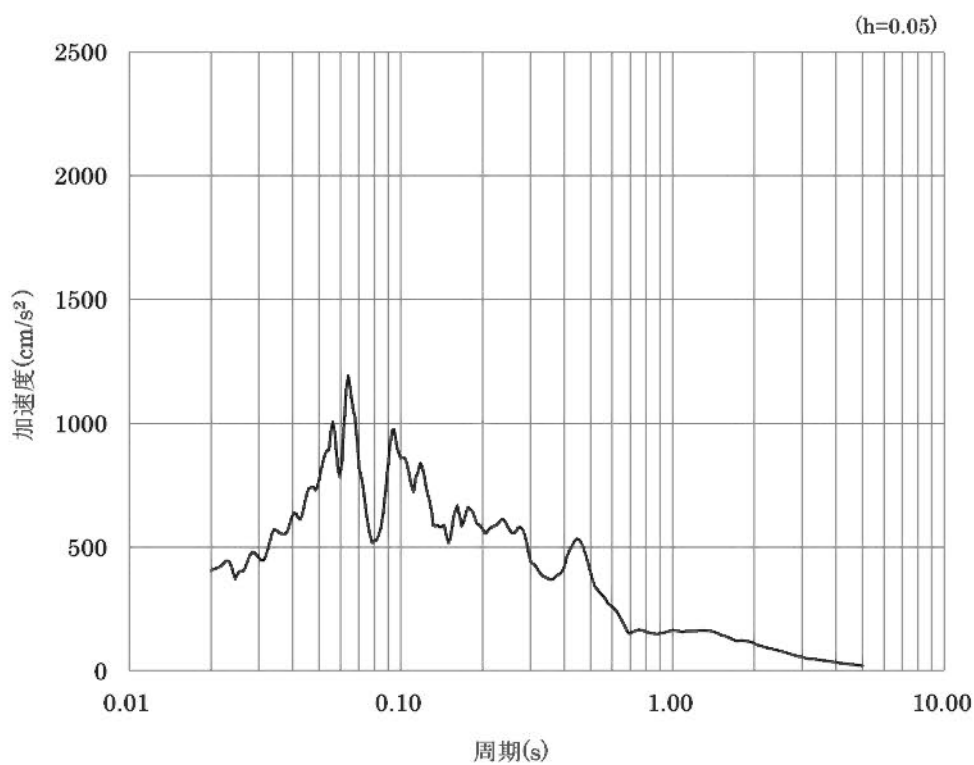


(b) 加速度応答スペクトル

第3-29図 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平方向、 S_s-5_{EW})



(a) 加速度時刻歴波形



(b) 加速度応答スペクトル

第3-30図 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直方向、 S_s-5UD)

3.2 地震応答解析モデル

地震応答解析モデルは、資料 12-6「地震応答解析の基本方針」に示す解析方法及び解析モデルに基づき、水平方向及び鉛直方向ごとに設定する。

3.2.1 水平方向モデル

水平方向の地震応答解析モデルは、地盤との相互作用を考慮した並列多質点系曲げせん断棒モデルとする。地震応答解析モデルを第 3-31 図、解析モデルの諸元を第 3-3 表に示す。

建屋の部材剛性は、せん断剛性として地震方向の耐震壁におけるウェブ部分のせん断剛性を考慮する。また、曲げ剛性として地震方向の耐震壁におけるウェブ部分及びフランジ部分の曲げ剛性を考慮する。

減衰定数は、資料 12-6「地震応答解析の基本方針」の設計用減衰定数に基づき設定する。

建屋と地盤の相互作用について、水平ばね及び回転ばねからなる基礎底面地盤ばねを設ける。基礎底面地盤ばねのばね定数及び減衰係数は、JEAG4601-1991 追補版に基づき、成層性を考慮して、振動アドミッタンス理論により評価する。回転ばねには、基礎浮上りによる幾何学的非線形性を考慮する。

地震応答解析に用いる地盤定数を第 3-4 表、地震応答解析に用いる基礎底面地盤ばねのばね定数及び減衰係数を第 3-5 表に示す。

入力地震動は、地盤ばねを介して、基準地震動 S_s を基に、1 次元波動論により求めた地盤の時刻歴応答加速度を入力する。また、基礎底面レベルに対して、切欠き力となる補正水平力を考慮する。

基礎底面地盤ばねの算出には、解析コード「ADMITML」を用いる。解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

3.2.2 鉛直方向モデル

鉛直方向の地震応答解析モデルは、水平方向と同様に、地盤との相互作用を考慮した並列多質点系軸棒モデルとする。地震応答解析モデルを第 3-32 図、解析モデルの諸元を第 3-6 表に示す。

建屋の部材剛性は、耐震壁及び柱の軸剛性を考慮する。

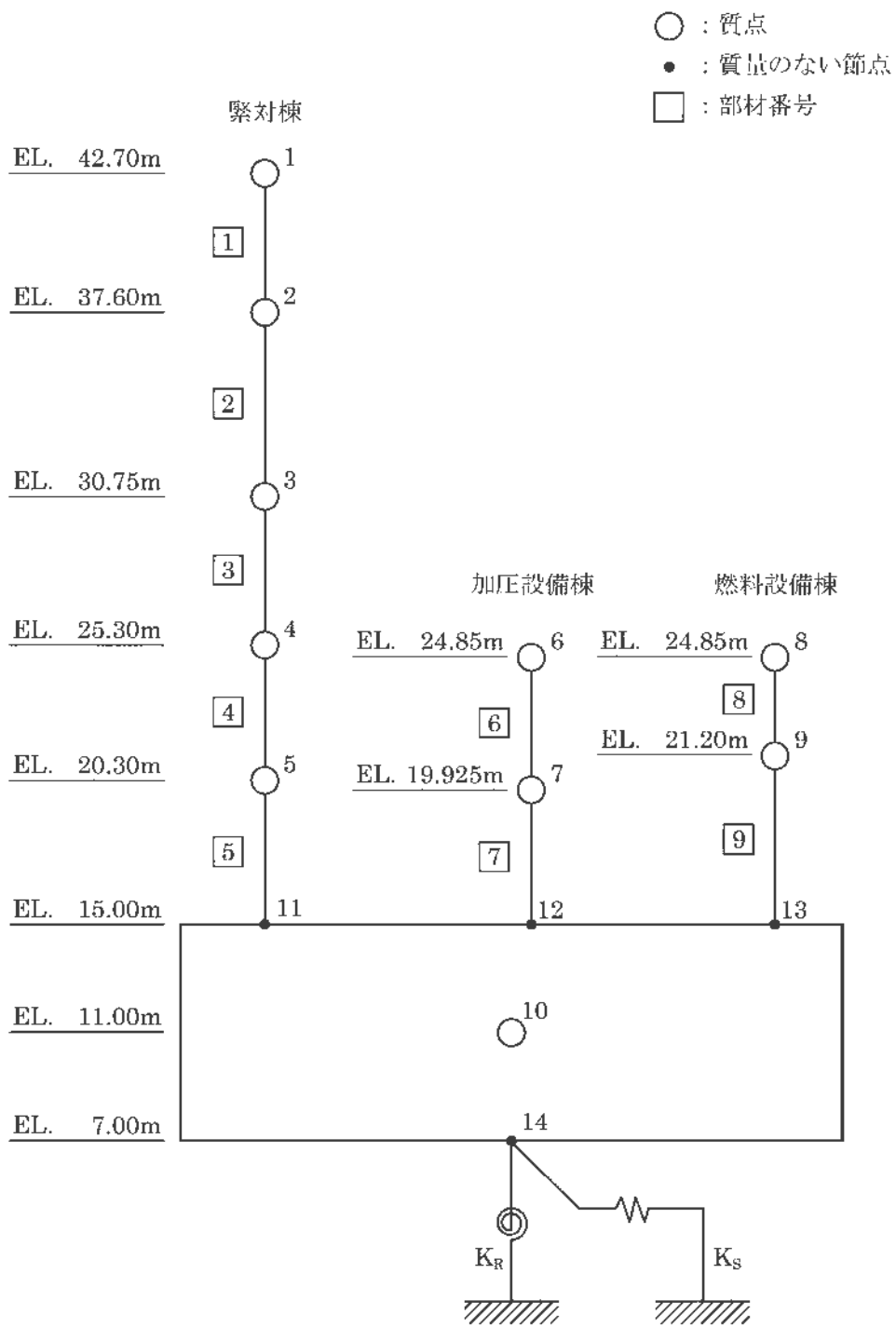
減衰定数は、資料 12-6「地震応答解析の基本方針」の設計用減衰定数に基づき設定する。

建屋と地盤の相互作用について、鉛直ばねを基礎底面地盤ばねとして設ける。基礎底面地盤ばねのばね定数及び減衰係数は、JEAG4601-1991 追補版に基づき、成層性を考慮して、振動アドミッタンス理論により評価する。

地震応答解析に用いる基礎底面地盤ばねのばね定数及び減衰係数を第 3-7 表に示す。

入力地震動は、地盤ばねを介して、基準地震動 S_s を基に、1 次元波動論により求めた地盤の応答を入力する。

基礎底面地盤ばねの算出には、解析コード「ADMITML」を用いる。解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。



第 3-31 図 地震応答解析モデル (水平方向)

第 3-3 表 地震応答解析モデル諸元 (水平方向) (1/2)

部位	質点 節点 番号	高さ EL. (m)	重量 (kN)	部材 番号	せん断 断面積 (m ²)		断面二次 モーメント (m ⁴)	
					X	Y	X	Y
緊対棟	1	42.70	1.61×10 ⁴	①	28	30	1.20×10 ³	1.06×10 ³
	2	37.60	8.31×10 ⁴	②	179	175	4.86×10 ⁴	4.64×10 ⁴
	3	30.75	1.02×10 ⁵	③	184	177	4.91×10 ⁴	4.43×10 ⁴
	4	25.30	9.31×10 ⁴	④	246	268	6.50×10 ⁴	6.64×10 ⁴
	5	20.30	9.09×10 ⁴	⑤	241	246	6.49×10 ⁴	6.25×10 ⁴
加圧 設備棟	6	24.85	2.77×10 ⁴	⑥	47	52	3.51×10 ³	4.73×10 ³
	7	19.925	2.26×10 ⁴	⑦	47	52	3.51×10 ³	4.73×10 ³
燃料 設備棟	8	24.85	3.29×10 ⁴	⑧	111	63	6.90×10 ³	4.92×10 ³
	9	21.20	3.23×10 ⁴	⑨	117	83	7.75×10 ³	6.04×10 ³
基礎	10	11.00	7.11×10 ⁵	Rigid				
	11	15.00	—					
	12	15.00	—					
	13	15.00	—					
	14	7.00	—					

第 3-3 表 地震応答解析モデル諸元 (水平方向) (2/2)

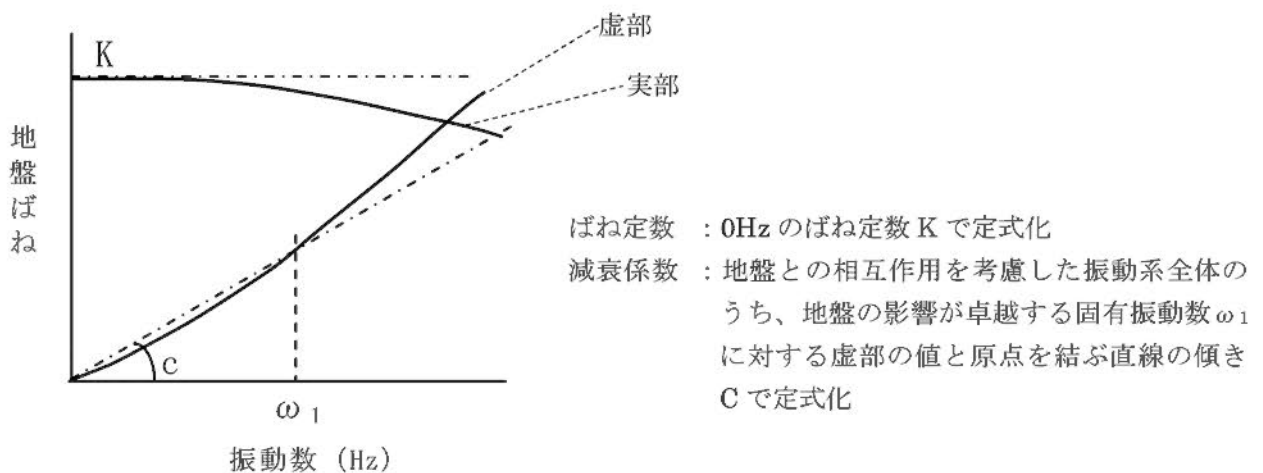
部位	質点 番号	回転慣性 ($\text{kN}\cdot\text{m}^2$)	
		X	Y
緊対棟	1	1.02×10^6	4.87×10^5
	2	1.20×10^7	1.20×10^7
	3	1.48×10^7	1.48×10^7
	4	1.35×10^7	1.35×10^7
	5	1.31×10^7	1.31×10^7
加圧設備棟	6	1.10×10^6	1.34×10^6
	7	8.97×10^5	1.09×10^6
燃料設備棟	8	1.75×10^6	1.59×10^6
	9	1.72×10^6	1.56×10^6
基礎	10	1.36×10^8	3.03×10^8

第3-4表 地盤定数

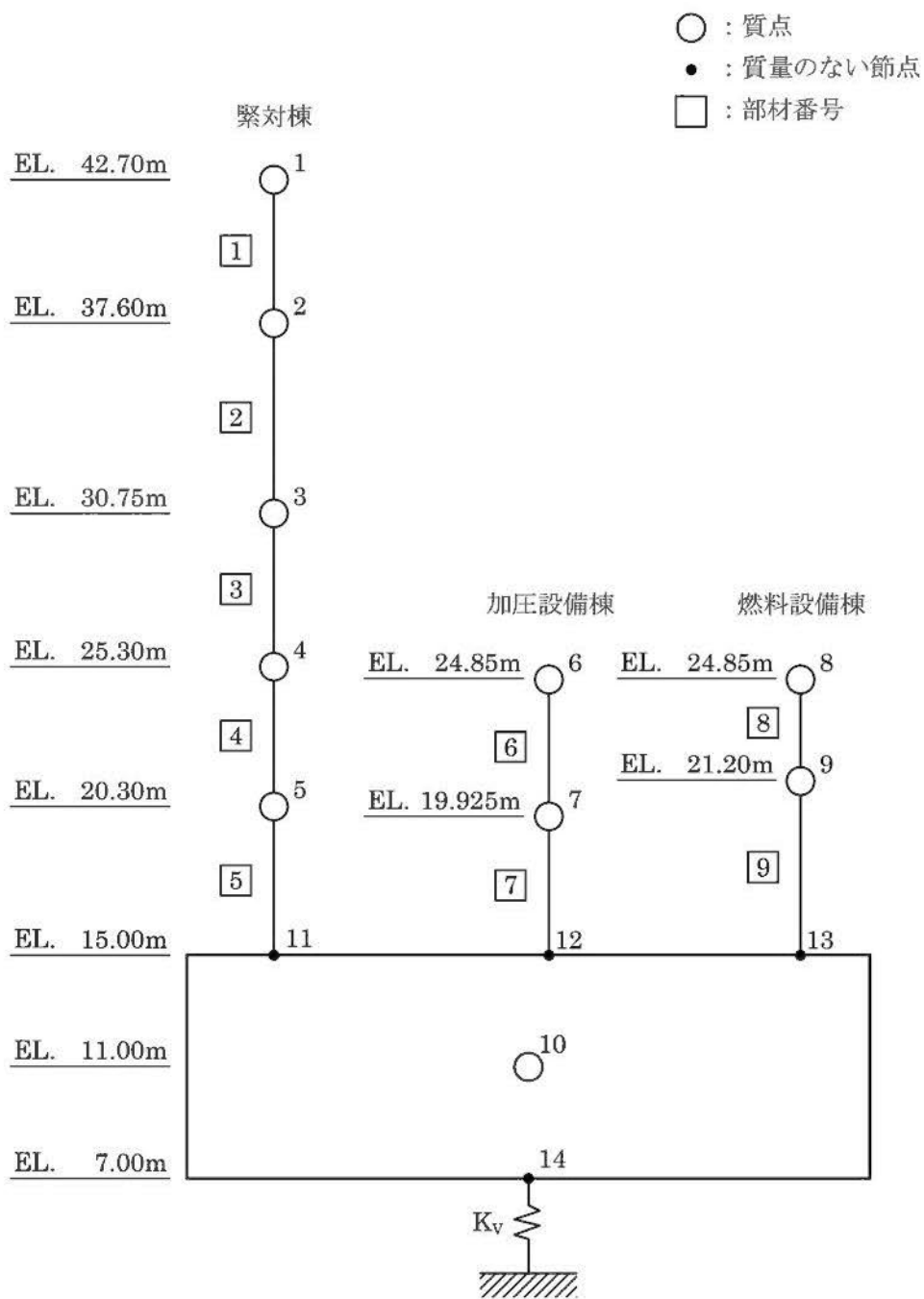
高さ (m)	岩種	岩級	速度層	せん断波 速度 Vs (km/s)	単位 体積重量 γ (kN/m ³)	ポアソン 比 ν	ヤング 係数 E (N/mm ²)
EL.7.00~ EL.6.40	砂岩 頁岩	ⒶⒷ	Ⅲ	0.75	23.0	0.44	3.80×10^3
EL.6.40~ EL.5.74	頁岩	Ⓒ	Ⅲ	0.75	20.2	0.44	3.34×10^3
EL.5.74~ EL.4.92	砂岩 頁岩	ⒶⒷ	Ⅲ	0.75	23.0	0.44	3.80×10^3
EL.4.92~ EL.-215.00	砂岩 頁岩	ⒶⒷ	Ⅳ	1.62	23.0	0.35	1.67×10^4

第3-5表 地盤ばね定数及び減衰係数（水平方向）

基礎底面 水平ばね	K _S	ばね定数 (kN/m)		減衰係数 (kN・s/m)	
		X方向	Y方向	X方向	Y方向
		6.52×10^8	6.53×10^8	5.92×10^6	5.73×10^6
基礎底面 回転ばね	K _R	ばね定数 (kN・m/rad)		減衰係数 (kN・m・s/rad)	
		X方向	Y方向	X方向	Y方向
		5.47×10^{11}	1.01×10^{12}	8.07×10^8	2.16×10^9



地盤ばねの近似の概念



第 3-32 図 地震応答解析モデル (鉛直方向)

第3-6表 地震応答解析モデル諸元（鉛直方向）

部位	質点 節点 番号	高さ EL. (m)	重量 (kN)	部材 番号	軸断面積 (m ²)
緊対棟	1	42.70	1.61×10^4	①	56
	2	37.60	8.31×10^4	②	334
	3	30.75	1.02×10^5	③	339
	4	25.30	9.31×10^4	④	474
	5	20.30	9.09×10^4	⑤	453
加圧設備棟	6	24.85	2.77×10^4	⑥	94
	7	19.925	2.26×10^4	⑦	94
燃料設備棟	8	24.85	3.29×10^4	⑧	158
	9	21.20	3.23×10^4	⑨	181
基礎	10	11.00	7.11×10^5	Rigid	
	11	15.00	—		
	12	15.00	—		
	13	15.00	—		
	14	7.00	—		

第3-7表 地盤ばね定数及び減衰係数（鉛直方向）

基礎底面 鉛直ばね	K _v	ばね定数 (kN/m)	減衰係数 (kN・s/m)
		1.11×10^9	1.41×10^7

3.3 解析方法

緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟について、動的解析により応答加速度、応答変位、応答せん断力、応答曲げモーメント、応答軸力、せん断ひずみ及び接地圧を算出する。また、静的解析により静的地震力、接地圧及び必要保有水平耐力を算出する。

動的解析には、解析コード「NUPP4」を用いる。解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

3.3.1 動的解析

建物・構築物の動的解析は、資料 12-6「地震応答解析の基本方針」に基づき、時刻歴応答解析法により行う。

3.3.2 静的解析

(1) 水平地震力

各層の水平地震力 Q_i は、基礎上端レベル EL.15.00m を基準面として求めた地震層せん断力係数 C_i を用いて、次式により算出する。

$$Q_i = n \cdot C_i \cdot W_i$$

$$C_i = Z \cdot R_t \cdot A_i \cdot C_0$$

ここで、

Q_i : 各層の水平地震力(kN)

n : 施設の重要度分類に応じた係数(3.0)

C_i : 地震層せん断力係数

W_i : 当該部分が支える重量(kN)

Z : 地震地域係数(1.0)

R_t : 振動特性係数(0.8)

A_i : 地震層せん断力係数の高さ方向の分布係数

C_0 : 標準せん断力係数(0.2)

また、 A_i は「3.2 地震応答解析モデル」を用いた固有値解析の結果から、モーダルアナリシスにより算出する。

$$A_i = A_i' / A_1'$$

ここで、

$$A_i' = \sqrt{\sum_{j=1}^k \left(\sum_{m=1}^n w_m \cdot \beta_j \cdot U_{mj} \cdot R_{ij} \right)^2} / \sum_{m=1}^n w_m$$

- k : 考慮すべき最高次数で通常 3 以上とする
- n : 建築物の層数
- w_m : 第 m 層の重量(kN)
- $\beta_j \cdot U_{mj}$: 第 m 層の j 次刺激関数
- R_{ij} : 建築基準法施行令第 88 条第 1 項に与えられている振動特性係数 R_t の T_j に対する値(0.8)

(2) 鉛直地震力

鉛直地震力は鉛直震度 0.3 を基準とし、建物・構築物の振動特性及び地盤の種類等を考慮して、次式による鉛直震度 C_v を用いて算出する。

$$C_v = 0.3R_v$$

ここで、

- C_v : 鉛直震度
- R_v : 振動特性係数(0.8)

(3) 必要保有水平耐力

各層の必要保有水平耐力 Q_{un} は、次式により算出する。

$$Q_{un} = D_s \cdot F_{es} \cdot Q_{ud}$$

ここで、

- Q_{un} : 各層の必要保有水平耐力(kN)
- D_s : 各層の構造特性係数
- F_{es} : 各層の形状特性係数
- Q_{ud} : 各層に生じる水平力(kN)

地震力によって各層に生じる水平力 Q_{ud} は、次式により算出する。

$$Q_{ud} = n \cdot C_i \cdot W_i$$

ここで、

- Q_{ud} : 各層に生じる水平力(kN)
- n : 施設の重要度分類に応じた係数(1.0)
- C_i : 地震層せん断力係数
- W_i : 当該部分が支える重量(kN)

地震層せん断力係数 C_i は、次式により算出する。

$$C_i = Z \cdot R_t \cdot A_i \cdot C_0$$

ここで、

- C_i : 地震層せん断力係数
- Z : 地震地域係数(1.0)
- R_t : 振動特性係数(0.8)
- A_i : 地震層せん断力係数の高さ方向の分布係数
- C_0 : 標準せん断力係数(1.0)

3.4 解析条件

地震応答解析においては、材料物性のばらつき等、耐震壁の非線形特性及び地盤の回転ばねの非線形特性を考慮する。

耐震壁のスケルトンカーブの設定には、解析コード「vb_耐震壁」を用いる。解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

3.4.1 使用材料の物性値

地震応答解析に用いる緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の使用材料の物性値を第3-8表に示す。

第3-8表 使用材料の物性値

部位	使用材料	ヤング係数 E (N/mm ²)	せん断 弾性係数 G (N/mm ²)	減衰定数 h (%)
緊対棟	コンクリート： Fc=30.0(N/mm ²) 鉄筋：SD345	2.44×10 ⁴	1.02×10 ⁴	5
加圧設備棟	コンクリート： Fc=30.0(N/mm ²) 鉄筋：SD345	2.44×10 ⁴	1.02×10 ⁴	5
燃料設備棟	コンクリート： Fc=30.0(N/mm ²) 鉄筋：SD345	2.44×10 ⁴	1.02×10 ⁴	5
基礎	コンクリート： Fc=24.0(N/mm ²) 鉄筋：SD345	2.27×10 ⁴	9.46×10 ³	5

3.4.2 材料物性のばらつき等を考慮した解析ケース

地震応答解析においては、「3.2 地震応答解析モデル」及び「3.4.1 使用材料の物性値」に示す材料物性及び減衰定数を基本とし、材料物性のばらつき等を考慮する。

材料物性のばらつき等のうち、コンクリート強度のばらつきは、変動の特性から構造耐力の向上が見られるため、保守的に考慮しない。地盤物性のばらつきは、ボーリング孔で実施した PS 検層による地盤のせん断波速度を基本とし、各々、地盤のせん断波速度の標準偏差 1σ を変動幅として考慮する。減衰定数の設定に起因する不確かさは、減衰定数 5% を基本とし、耐震性向上の観点から、3% とした場合を考慮する。材料物性のばらつき等を考慮した解析ケースを第 3-9 表に示す。

第 3-9 表 材料物性のばらつき等を考慮した解析ケース(1/4)

解析ケース	高さ (m)	速度層	地盤の せん断波速度 Vs (km/s)	ヤング係数 E (N/mm ²)	減衰定数 h (%)
基本ケース	EL.7.00～ EL.6.40	Ⅲ	0.75	3.80×10 ³	5
	EL.6.40～ EL.5.74	Ⅲ	0.75	3.34×10 ³	
	EL.5.74～ EL.4.92	Ⅲ	0.75	3.80×10 ³	
	EL.4.92～ EL.-215.00	Ⅳ	1.62	1.67×10 ⁴	

第 3-9 表 材料物性のばらつき等を考慮した解析ケース(2/4)

解析ケース	高さ (m)	速度層	地盤の せん断波速度 Vs (km/s)	ヤング係数 E (N/mm ²)	減衰定数 h (%)
地盤物性の ばらつき を考慮 (-1σ)	EL.7.00～ EL.6.40	Ⅲ	0.59	2.37×10 ³	5
	EL.6.40～ EL.5.74	Ⅲ	0.59	2.08×10 ³	
	EL.5.74～ EL.4.92	Ⅲ	0.59	2.37×10 ³	
	EL.4.92～ EL.-215.00	Ⅳ	1.54	1.52×10 ⁴	

第 3-9 表 材料物性のばらつき等を考慮した解析ケース(3/4)

解析ケース	高さ (m)	速度層	地盤の せん断波速度 Vs (km/s)	ヤング係数 E (N/mm ²)	減衰定数 h (%)
地盤物性の ばらつき を考慮 (+1σ)	EL.7.00～ EL.6.40	Ⅲ	0.91	5.54×10 ³	5
	EL.6.40～ EL.5.74	Ⅲ	0.91	4.86×10 ³	
	EL.5.74～ EL.4.92	Ⅲ	0.91	5.54×10 ³	
	EL.4.92～ EL.-215.00	Ⅳ	1.70	1.82×10 ⁴	

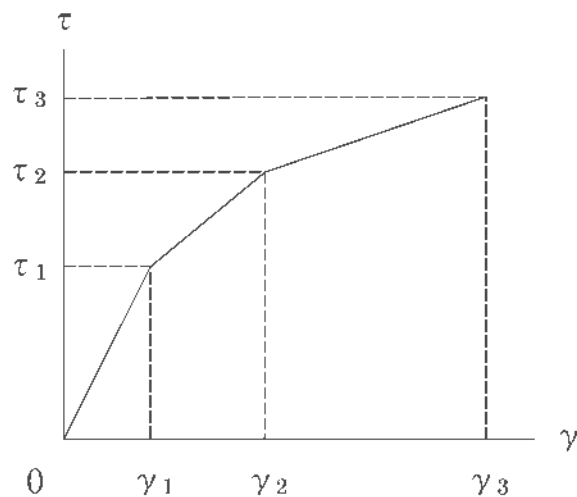
第 3-9 表 材料物性のばらつき等を考慮した解析ケース(4/4)

解析ケース	高さ (m)	速度層	地盤の せん断波速度 Vs (km/s)	ヤング係数 E (N/mm ²)	減衰定数 h (%)
減衰定数の 設定に起因 する不確か さを考慮	EL.7.00～ EL.6.40	Ⅲ	0.75	3.80×10 ³	3
	EL.6.40～ EL.5.74	Ⅲ	0.75	3.34×10 ³	
	EL.5.74～ EL.4.92	Ⅲ	0.75	3.80×10 ³	
	EL.4.92～ EL.-215.00	Ⅳ	1.62	1.67×10 ⁴	

3.4.3 耐震壁の非線形特性

(1) せん断応力度－せん断ひずみ関係（ $\tau - \gamma$ 関係）

耐震壁のせん断応力度－せん断ひずみ関係（ $\tau - \gamma$ 関係）は、JEAG4601－1991 追補版に基づき、トリリニア型スケルトンカーブとする。せん断応力度－せん断ひずみ関係を第 3－33 図に示す。

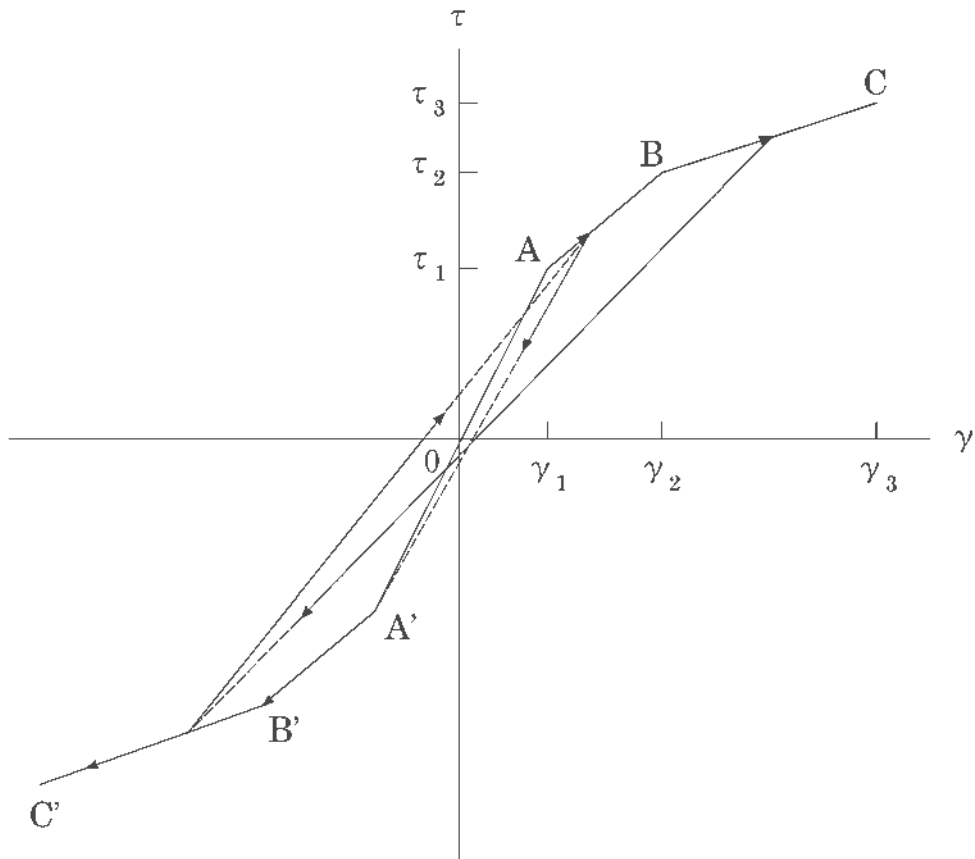


- τ_1 : 第 1 折点のせん断応力度
- τ_2 : 第 2 折点のせん断応力度
- τ_3 : 終局点のせん断応力度
- γ_1 : 第 1 折点のせん断ひずみ
- γ_2 : 第 2 折点のせん断ひずみ
- γ_3 : 終局点のせん断ひずみ (4.0×10^{-3})

第 3－33 図 せん断応力度－せん断ひずみ関係

(2) せん断応力度－せん断ひずみ関係の履歴特性

せん断応力度－せん断ひずみ関係の履歴特性は、JEAG4601－1991 追補版に基づき、最大点指向型モデルとする。せん断応力度－せん断ひずみ関係の履歴特性を第 3－34 図に示す。

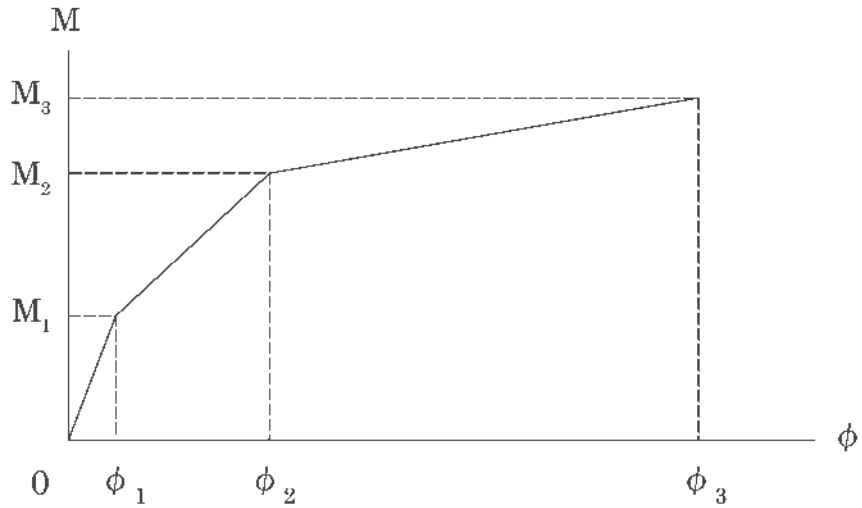


- 0-A 間 : 弾性範囲
- A-B 間 : 負側スケルトンの経験した最大点に向かう。但し、負側最大点が第 1 折点を越えていないときは第 1 折点に向かう。
- B-C 間 : 負側最大点指向
- 安定ループは面積を持たない。

第 3－34 図 せん断応力度－せん断ひずみ関係の履歴特性

(3) 曲げモーメントー曲率関係 (M- ϕ 関係)

耐震壁の曲げモーメントー曲率関係 (M- ϕ 関係) は、JEAG4601-1991 追補版に基づき、トリリニア型スケルトンカーブとする。曲げモーメントー曲率関係を第 3-35 図に示す。



M_1 : 第 1 折点の曲げモーメント

M_2 : 第 2 折点の曲げモーメント

M_3 : 終局点の曲げモーメント

ϕ_1 : 第 1 折点の曲率

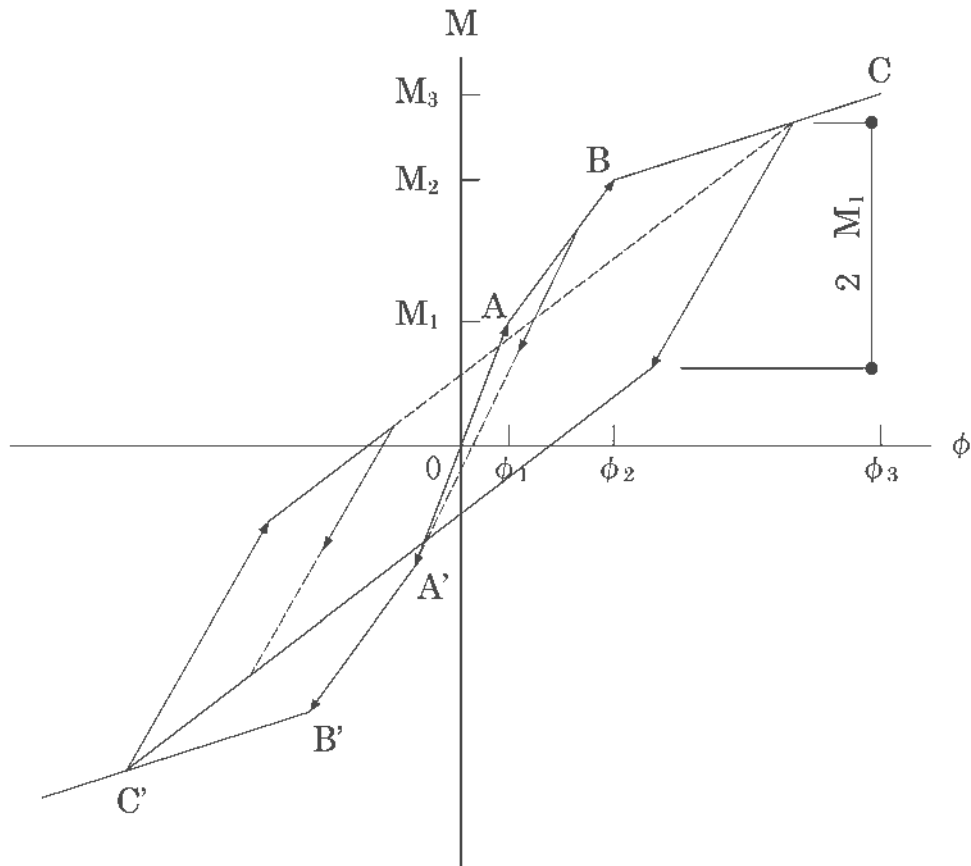
ϕ_2 : 第 2 折点の曲率

ϕ_3 : 終局点の曲率

第 3-35 図 曲げモーメントー曲率関係

(4) 曲げモーメントー曲率関係の履歴特性

曲げモーメントー曲率関係の履歴特性は、JEAG4601-1991 追補版に基づき、ディグレイディングトリリニア型モデルとする。曲げモーメントー曲率関係の履歴特性を第 3-36 図に示す。



- a. 0-A 間 : 弾性範囲
- b. A-B 間 : 負側スケルトンの経験した最大点に向かう。但し、負側最大点が第 1 折点を越えていないときは第 1 折点に向かう。
- c. B-C 間 : 最大点指向型で、安定ループは最大曲率に応じた等価粘性減衰を与える平行四辺形をしたディグレイディングトリリニア型とする。平行四辺形の折点は最大値から $2M_1$ を減じた点とする。

第 3-36 図 曲げモーメントー曲率関係の履歴特性

(5) スケルトンカーブの諸数値

緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の各耐震壁について算出したせん断スケルトンカーブ及び曲げスケルトンカーブの諸数値を第3-10表～第3-13表に示す。

第3-10表 せん断スケルトンカーブ ($\tau - \gamma$ 関係) (X 方向)

部材 番号	第1折点		第2折点		終局点	
	τ_1 (N/mm ²)	γ_1 ($\times 10^{-3}$)	τ_2 (N/mm ²)	γ_2 ($\times 10^{-3}$)	τ_3 (N/mm ²)	γ_3 ($\times 10^{-3}$)
①	1.84	0.180	2.48	0.540	7.46	4.00
②	1.84	0.180	2.48	0.541	6.12	4.00
③	1.97	0.193	2.66	0.580	6.31	4.00
④	1.98	0.195	2.68	0.584	5.90	4.00
⑤	2.08	0.204	2.81	0.612	5.97	4.00
⑥	1.84	0.180	2.48	0.541	5.23	4.00
⑦	1.95	0.191	2.63	0.573	5.32	4.00
⑧	1.80	0.176	2.43	0.529	4.64	4.00
⑨	1.87	0.183	2.52	0.550	4.69	4.00

第3-11表 せん断スケルトンカーブ ($\tau - \gamma$ 関係) (Y 方向)

部材 番号	第1折点		第2折点		終局点	
	τ_1 (N/mm ²)	γ_1 ($\times 10^{-3}$)	τ_2 (N/mm ²)	γ_2 ($\times 10^{-3}$)	τ_3 (N/mm ²)	γ_3 ($\times 10^{-3}$)
①	1.84	0.180	2.48	0.540	7.64	4.00
②	1.84	0.180	2.48	0.541	6.09	4.00
③	1.97	0.193	2.66	0.580	6.43	4.00
④	1.98	0.195	2.68	0.584	6.39	4.00
⑤	2.08	0.204	2.81	0.612	6.45	4.00
⑥	1.84	0.180	2.48	0.541	4.92	4.00
⑦	1.95	0.191	2.63	0.573	5.00	4.00
⑧	1.80	0.176	2.43	0.529	4.79	4.00
⑨	1.87	0.183	2.52	0.550	4.87	4.00

第3-12表 曲げスケルトンカーブ (M-φ関係) (X方向)

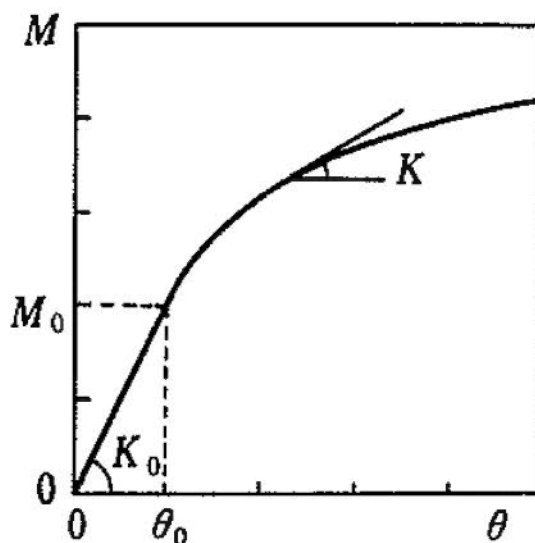
部材 番号	第1折点		第2折点		終局点	
	M ₁ (×10 ⁶ kN・m)	φ ₁ (×10 ⁻⁶ /m)	M ₂ (×10 ⁷ kN・m)	φ ₂ (×10 ⁻⁵ /m)	M ₃ (×10 ⁷ kN・m)	φ ₃ (×10 ⁻³ /m)
①	0.319	10.9	0.130	11.5	0.207	1.32
②	6.03	5.09	1.77	5.16	2.62	1.03
③	6.93	5.79	1.99	5.30	2.89	1.06
④	9.28	5.85	2.53	5.30	3.61	1.06
⑤	10.1	6.36	2.67	5.38	3.74	1.08
⑥	0.821	9.59	0.208	9.76	0.299	1.95
⑦	0.904	10.6	0.228	9.99	0.321	2.00
⑧	1.14	6.77	0.278	8.25	0.467	1.65
⑨	1.42	7.50	0.335	8.27	0.544	1.65

第3-13表 曲げスケルトンカーブ (M-φ関係) (Y方向)

部材 番号	第1折点		第2折点		終局点	
	M ₁ (×10 ⁶ kN・m)	φ ₁ (×10 ⁻⁶ /m)	M ₂ (×10 ⁷ kN・m)	φ ₂ (×10 ⁻⁵ /m)	M ₃ (×10 ⁷ kN・m)	φ ₃ (×10 ⁻³ /m)
①	0.294	11.3	0.126	12.5	0.209	1.52
②	5.72	5.06	1.67	5.18	2.49	1.04
③	6.29	5.81	1.92	5.35	2.85	1.07
④	9.35	5.77	2.70	5.35	4.02	1.07
⑤	9.28	6.08	2.58	5.37	3.81	1.07
⑥	0.972	8.43	0.236	8.79	0.336	1.76
⑦	1.07	9.28	0.259	8.98	0.361	1.80
⑧	0.936	7.79	0.232	8.89	0.345	1.78
⑨	1.24	8.44	0.306	8.87	0.460	1.77

3.4.4 地盤の回転ばねの非線形特性

地盤の回転ばねに関するモーメントー回転角の関係は、JEAG4601-1991 追補版に基づき、浮上りによる幾何学的非線形性を考慮する。回転ばねのモーメントー回転角の関係を第3-37図に示す。基礎浮き上がり時の地盤の回転ばねの剛性は第3-37図の曲線で表され、減衰係数は回転ばねの接線剛性に比例する。



$$M = \left(3 - 2 \sqrt{\frac{\theta_0}{\theta}} \right) M_0$$

ここで、

M : 転倒モーメント

M₀ : 浮上り限界転倒モーメント

θ : 回転角

θ₀ : 浮上り限界回転角

K₀ : 回転ばねのばね定数 (浮上り前)

K : 回転ばねのばね定数 (浮上り後)

第3-37図 回転ばねのモーメントー回転角の関係

4. 解析結果

4.1 動的解析

4.1.1 固有値解析結果

「3.4 解析条件」における基本ケースの地震応答解析モデルの固有値解析結果（固有周期及び固有振動数）を第4-1表～第4-3表、刺激関数図を第4-1図～第4-3図に示す。

第 4-1 表 固有値解析結果 (X 方向)

次数	周期 (s)	振動数 (Hz)	刺激係数	備考
1	0.123	8.16	1.979	緊対棟一次、地盤連成
2	0.070	14.36	1.504	加圧設備棟及び 燃料設備棟一次
3	0.056	17.92	-1.058	
4	0.046	21.61	-0.159	

第 4-2 表 固有値解析結果 (Y 方向)

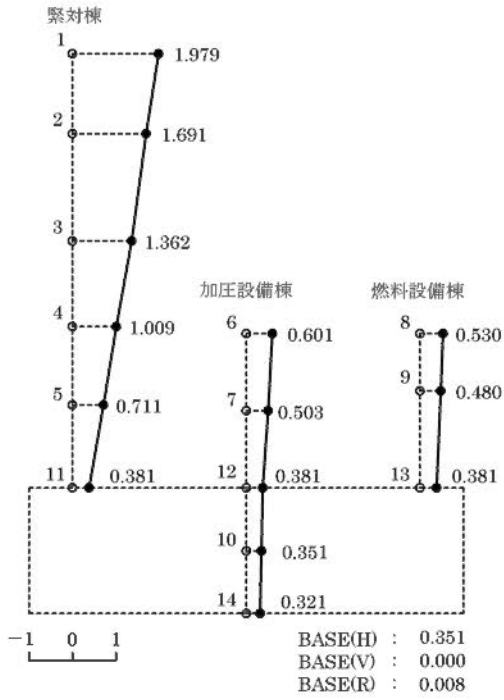
次数	周期 (s)	振動数 (Hz)	刺激係数	備考
1	0.118	8.45	2.002	緊対棟一次、地盤連成
2	0.070	14.32	1.166	加圧設備棟及び 燃料設備棟一次
3	0.054	18.56	-0.209	
4	0.050	19.84	-0.606	

第 4-3 表 固有値解析結果 (鉛直方向)

次数	周期 (s)	振動数 (Hz)	刺激係数	備考
1	0.071	14.05	1.442	緊対棟、加圧設備棟 及び燃料設備棟一次、 地盤連成
2	0.034	29.34	-0.471	
3	0.024	42.17	-0.191	
4	0.020	50.10	-0.170	

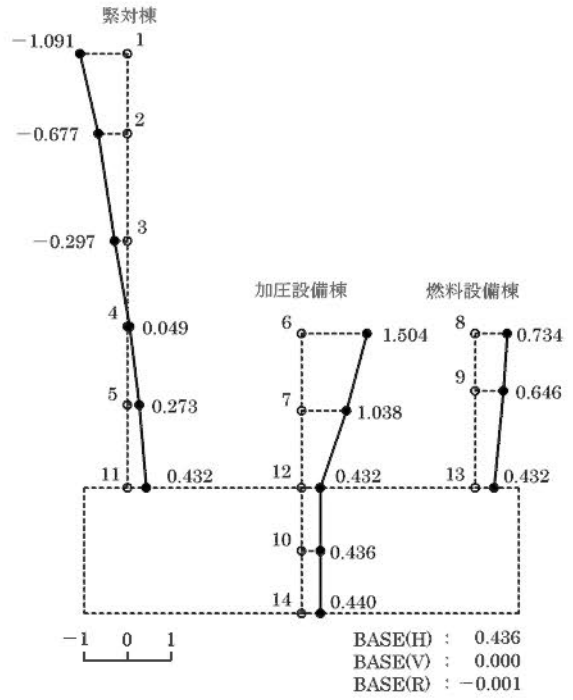
MODE1

FREQUENCY=8.16(Hz)



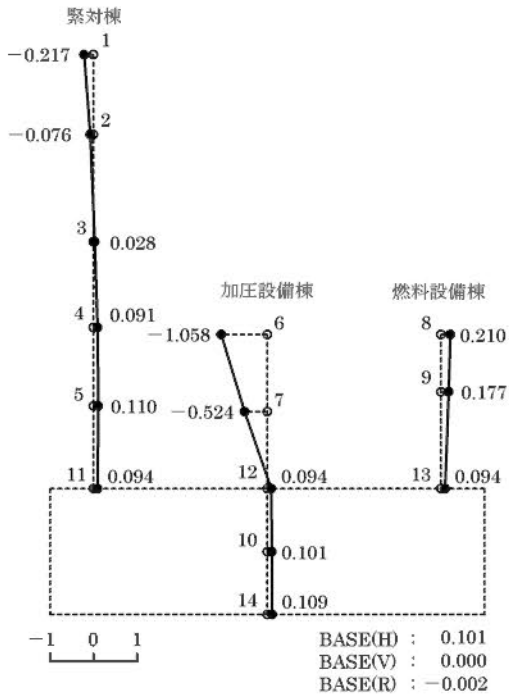
MODE2

FREQUENCY=14.36(Hz)



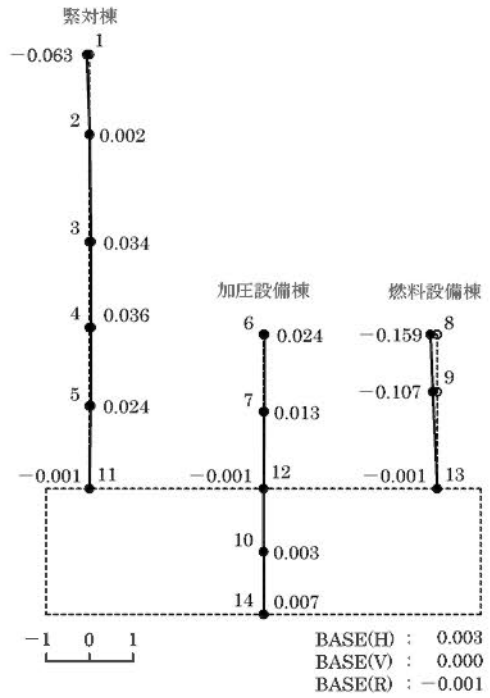
MODE3

FREQUENCY=17.92(Hz)



MODE4

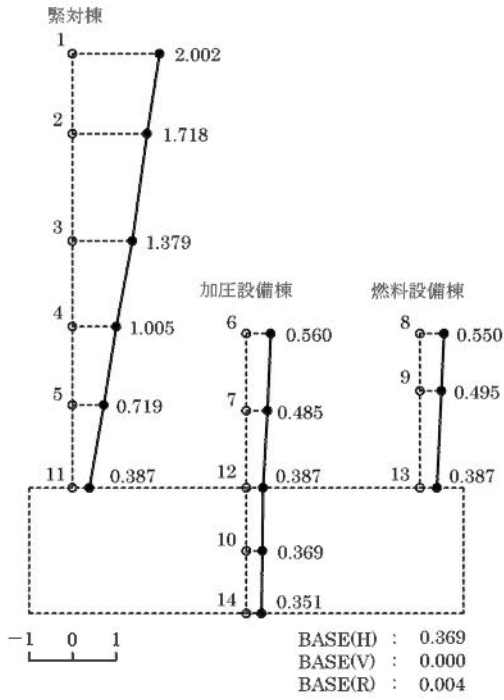
FREQUENCY=21.61(Hz)



第 4-1 図 刺激関数図 (X 方向)

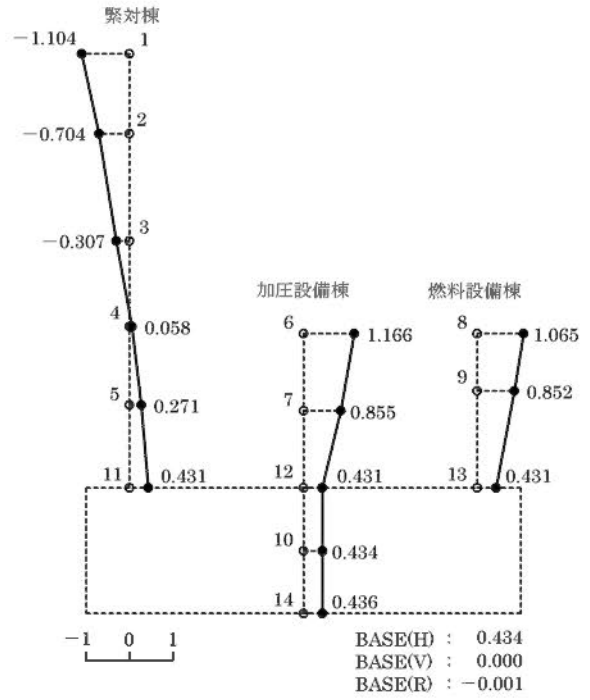
MODE1

FREQUENCY=8.45(Hz)



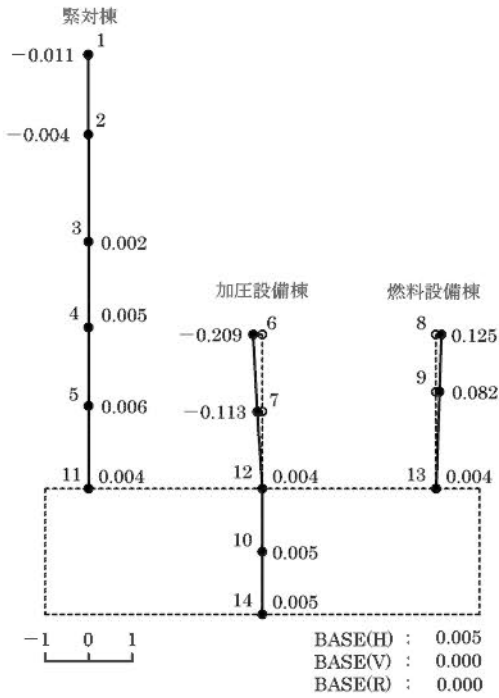
MODE2

FREQUENCY=14.32(Hz)



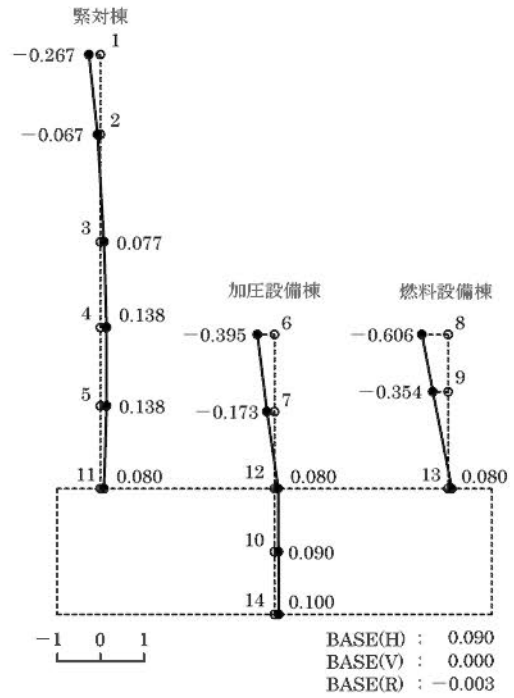
MODE3

FREQUENCY=18.56(Hz)



MODE4

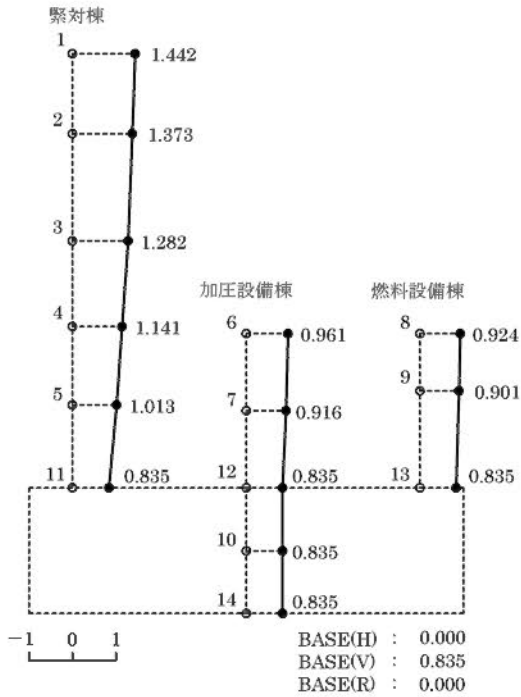
FREQUENCY=19.84(Hz)



第 4-2 図 刺激関数図 (Y 方向)

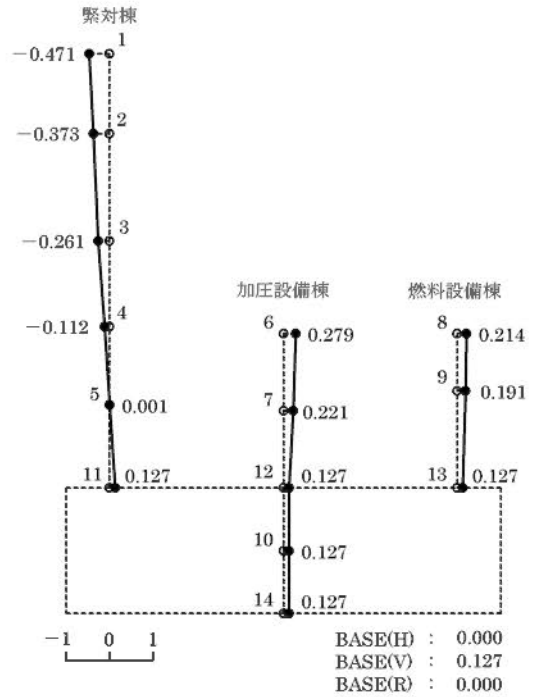
MODE1

FREQUENCY = 14.05(Hz)



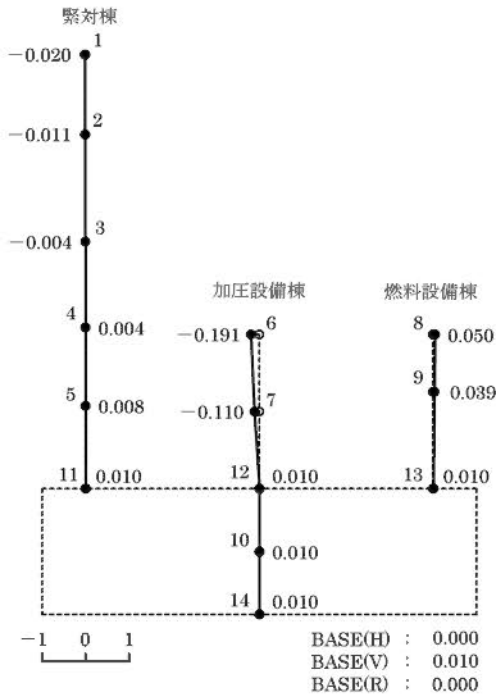
MODE2

FREQUENCY = 29.34(Hz)



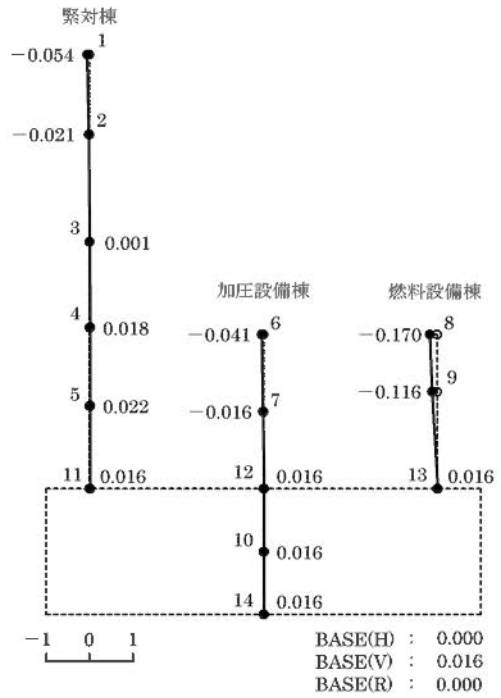
MODE3

FREQUENCY = 42.17(Hz)



MODE4

FREQUENCY = 50.10(Hz)



第 4-3 図 刺激関数図 (鉛直方向)

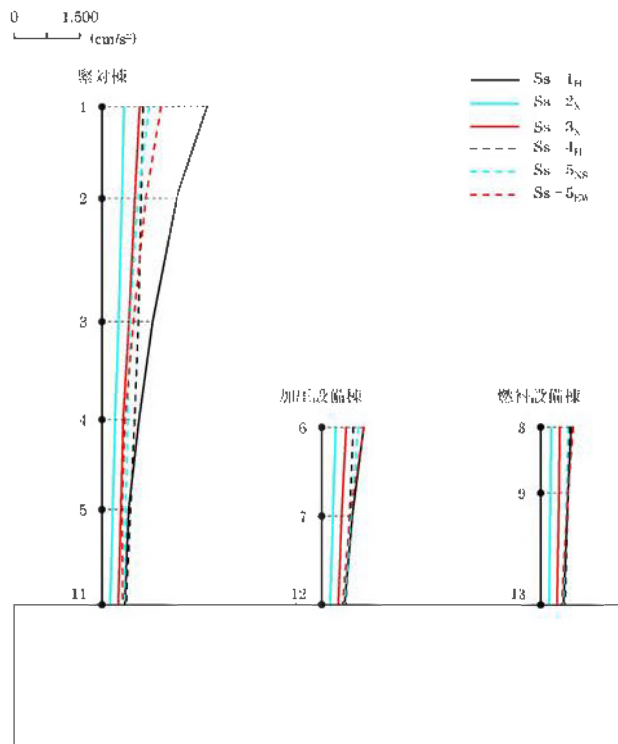
4.1.2 地震応答解析結果

「3.3 解析方法」による基準地震動 S_s に対する地震応答解析結果を示す。

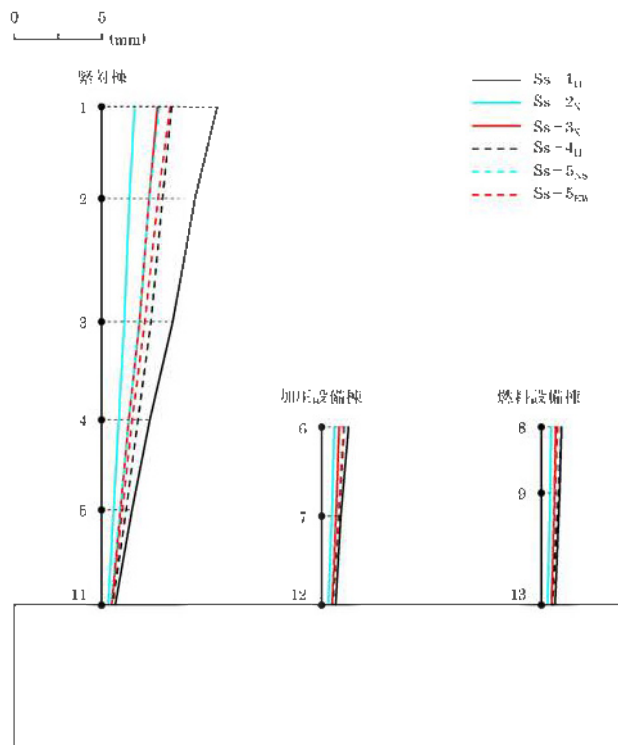
「3.4 解析条件」における基本ケースについて、基準地震動 S_s に対する最大応答値を第 4-4 図～第 4-14 図に示す。また、材料物性のばらつき等を考慮した各ケースについて、基準地震動 S_s に対する最大応答値を第 4-4 表～第 4-14 表に示す。

「3.4 解析条件」における材料物性のばらつき等を考慮した各ケースについて、基準地震動 S_s に対する最大応答値を第 4-15 図～第 4-18 図の耐震壁のスケルトンカーブ上にプロットして示す。

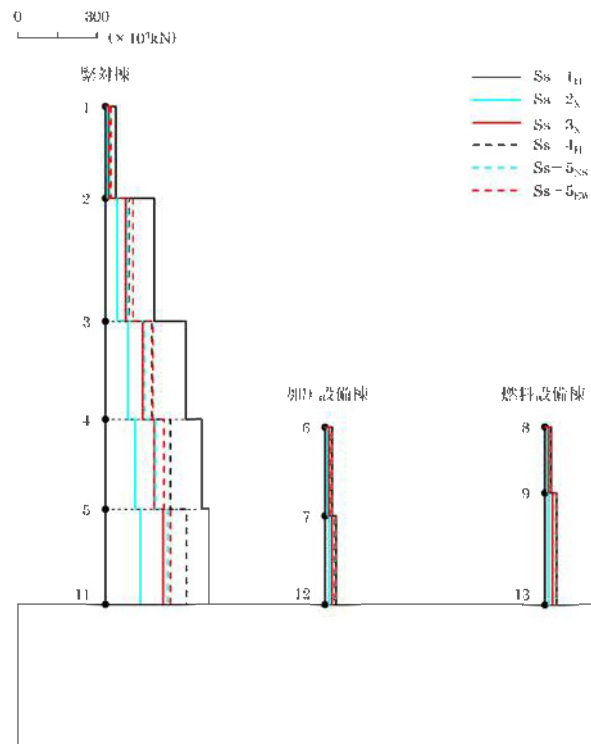
「3.4 解析条件」における基準地震動 S_s に対する基本ケースの浮上りの検討を第 4-15 表に示す。また、第 3-9 表に示す材料物性のばらつき等を考慮して算出した基準地震動 S_s に対する最大接地圧を第 4-16 表に示す。



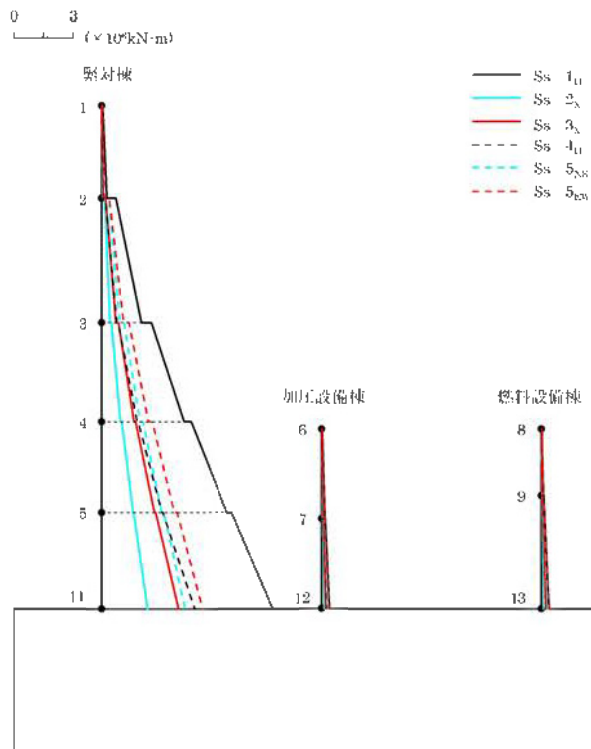
第 4-4 図 最大応答加速度 (X 方向、基準地震動 S_s)



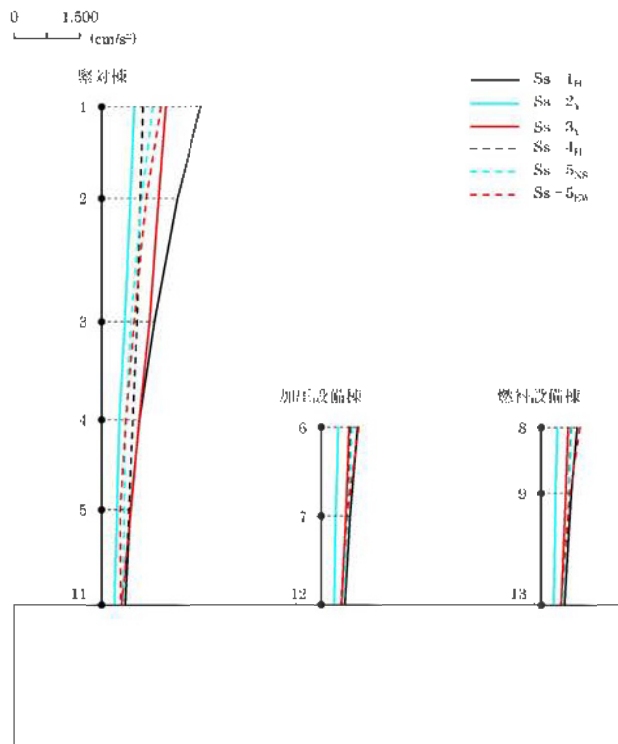
第 4-5 図 最大応答変位 (X 方向、基準地震動 S_s)



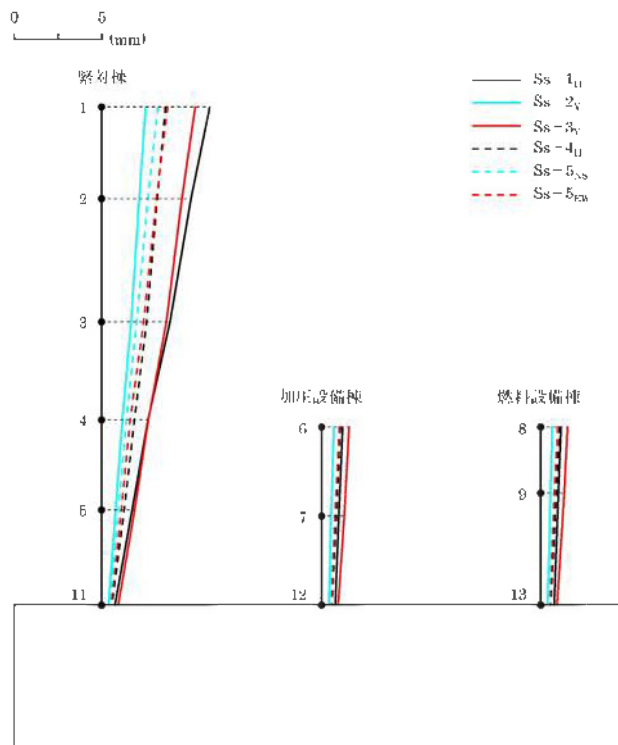
第 4-6 図 最大応答せん断力 (X 方向、基準地震動 S_s)



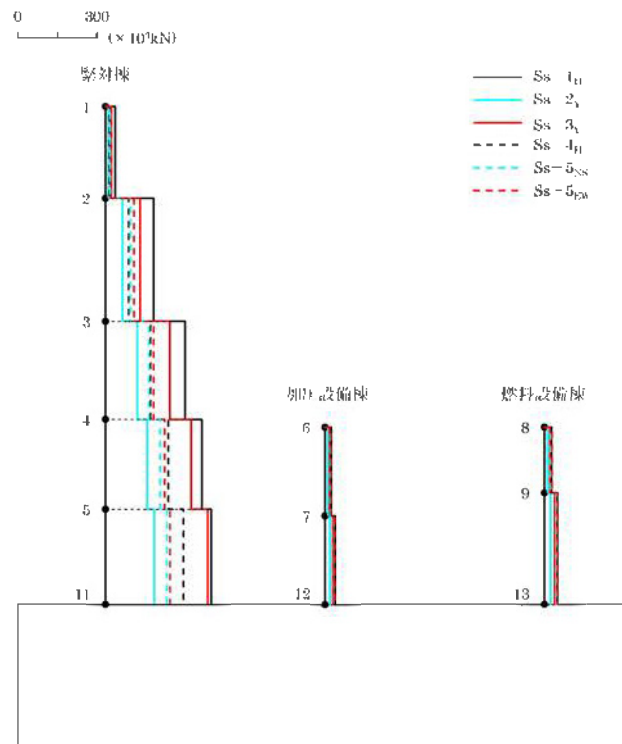
第 4-7 図 最大応答曲げモーメント (X 方向、基準地震動 S_s)



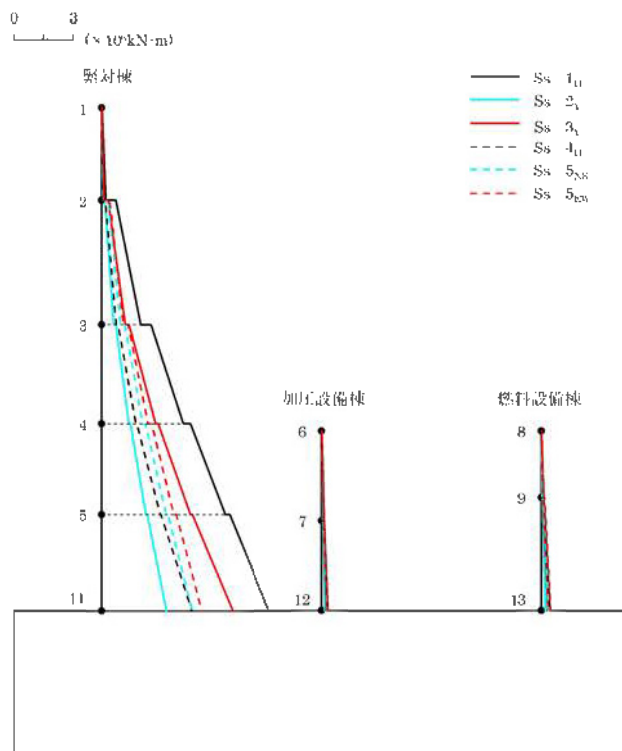
第 4-8 図 最大応答加速度 (Y 方向、基準地震動 S_s)



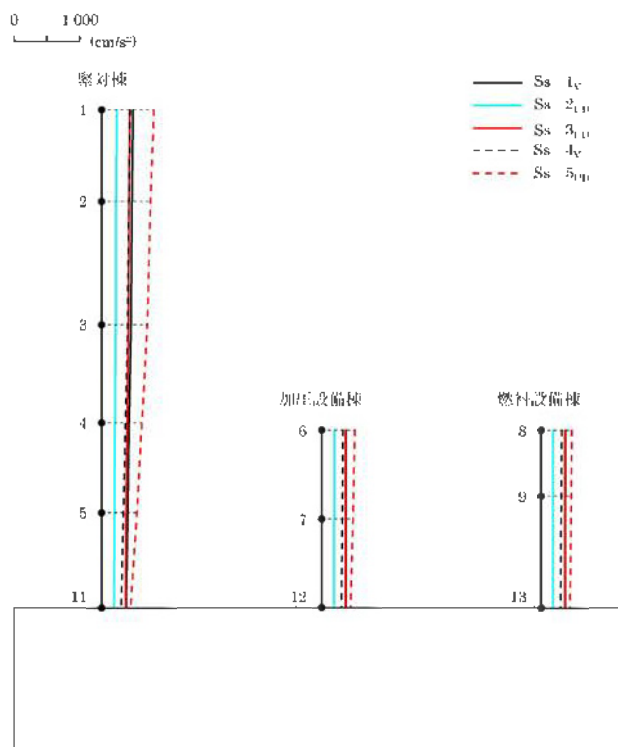
第 4-9 図 最大応答変位 (Y 方向、基準地震動 S_s)



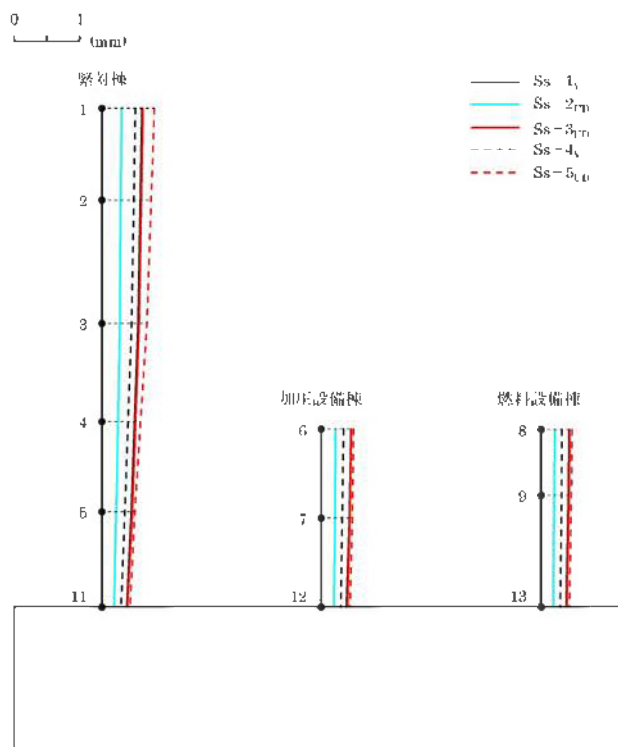
第 4-10 図 最大応答せん断力 (Y 方向、基準地震動 S_s)



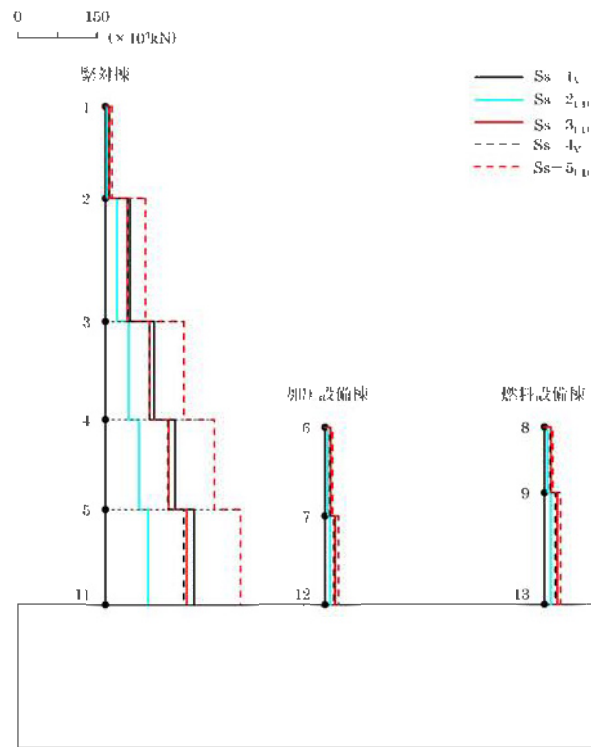
第 4-11 図 最大応答曲げモーメント (Y 方向、基準地震動 S_s)



第 4-12 図 最大応答加速度（鉛直方向、基準地震動 Ss）



第 4-13 図 最大応答変位（鉛直方向、基準地震動 Ss）



第 4-14 図 最大応答軸力（鉛直方向、基準地震動 S_s ）

第4-4表 最大応答加速度 (X方向、基準地震動 Ss) (1/6)

(単位 : cm/s²)

部位	質点 節点 番号	Ss-1H			
		基本ケース	地盤物性の ばらつき考慮		減衰定数の 設定に起因する 不確かさ考慮
			-1σ	+1σ	
緊対棟	1	2,391	2,318	2,253	2,607
	2	1,688	1,614	1,611	1,781
	3	1,134	1,121	1,091	1,197
	4	833	794	818	854
	5	597	584	610	607
加圧 設備棟	6	941	925	915	1,038
	7	688	713	684	720
燃料 設備棟	8	692	674	702	728
	9	619	605	627	648
基礎	11,12,13	512	513	512	511

第4-4表 最大応答加速度 (X方向、基準地震動 Ss) (2/6)

(単位 : cm/s²)

部位	質点 節点 番号	Ss-2x			
		基本ケース	地盤物性の ばらつき考慮		減衰定数の 設定に起因する 不確かさ考慮
			-1σ	+1σ	
緊対棟	1	493	542	458	519
	2	449	462	399	475
	3	376	382	333	398
	4	292	316	273	306
	5	243	265	227	247
加圧 設備棟	6	308	311	307	330
	7	246	262	234	257
燃料 設備棟	8	237	259	223	244
	9	219	240	205	225
基礎	11,12,13	185	204	173	187

第4-4表 最大応答加速度 (X方向、基準地震動 Ss) (3/6)

(単位 : cm/s²)

部位	質点 節点 番号	Ss-3x			
		基本ケース	地盤物性の ばらつき考慮		減衰定数の 設定に起因する 不確かさ考慮
			-1σ	+1σ	
緊対棟	1	845	943	814	878
	2	737	824	709	743
	3	605	680	582	610
	4	474	524	448	504
	5	427	439	408	433
加圧 設備棟	6	542	525	547	577
	7	445	446	443	465
燃料 設備棟	8	432	440	422	437
	9	410	418	400	414
基礎	11,12,13	370	378	359	372

第4-4表 最大応答加速度 (X方向、基準地震動 Ss) (4/6)

(単位 : cm/s²)

部位	質点 節点 番号	Ss-4H			
		基本ケース	地盤物性の ばらつき考慮		減衰定数の 設定に起因する 不確かさ考慮
			-1σ	+1σ	
緊対棟	1	927	916	940	948
	2	884	897	866	908
	3	821	835	792	844
	4	732	744	704	749
	5	644	654	625	655
加圧 設備棟	6	705	701	699	734
	7	624	627	616	641
燃料 設備棟	8	660	665	652	674
	9	619	625	610	629
基礎	11,12,13	544	553	534	549

第4-4表 最大応答加速度 (X方向、基準地震動 Ss) (5/6)

(単位 : cm/s²)

部位	質点 節点 番号	Ss-5 _{NS}			
		基本ケース	地盤物性の ばらつき考慮		減衰定数の 設定に起因する 不確かさ考慮
			-1σ	+1σ	
緊対棟	1	1,065	1,092	1,054	1,131
	2	811	844	830	849
	3	629	619	629	668
	4	581	563	549	611
	5	533	545	511	552
加圧 設備棟	6	817	809	803	866
	7	658	665	640	687
燃料 設備棟	8	617	612	600	620
	9	581	579	563	584
基礎	11,12,13	511	517	493	520

第4-4表 最大応答加速度 (X方向、基準地震動 Ss) (6/6)

(単位 : cm/s²)

部位	質点 節点 番号	Ss-5 _{EW}			
		基本ケース	地盤物性の ばらつき考慮		減衰定数の 設定に起因する 不確かさ考慮
			-1σ	+1σ	
緊対棟	1	1,328	1,253	1,293	1,403
	2	982	946	950	1,022
	3	707	705	682	746
	4	522	526	522	538
	5	452	511	428	475
加圧 設備棟	6	945	862	955	1,028
	7	631	622	627	683
燃料 設備棟	8	734	679	755	775
	9	614	569	627	640
基礎	11,12,13	468	511	438	475

第4-5表 最大応答変位 (X方向、基準地震動 Ss) (1/6)

(単位 : mm)

部位	質点 節点 番号	Ss-1H			
		基本ケース	地盤物性の ばらつき考慮		減衰定数の 設定に起因する 不確かさ考慮
			-1σ	+1σ	
緊対棟	1	6.5	6.3	6.1	7.0
	2	5.3	5.1	4.9	5.6
	3	4.0	3.9	3.7	4.3
	4	2.7	2.7	2.5	2.9
	5	1.7	1.8	1.6	1.8
加圧 設備棟	6	1.5	1.6	1.3	1.7
	7	1.1	1.3	0.9	1.2
燃料 設備棟	8	1.1	1.4	0.9	1.2
	9	1.0	1.3	0.8	1.1
基礎	11,12,13	0.8	1.0	0.6	0.8

第4-5表 最大応答変位 (X方向、基準地震動 Ss) (2/6)

(単位 : mm)

部位	質点 節点 番号	Ss-2x			
		基本ケース	地盤物性の ばらつき考慮		減衰定数の 設定に起因する 不確かさ考慮
			-1σ	+1σ	
緊対棟	1	1.9	2.1	1.6	2.0
	2	1.6	1.8	1.4	1.7
	3	1.3	1.5	1.1	1.3
	4	1.0	1.2	0.8	1.0
	5	0.7	0.9	0.6	0.7
加圧 設備棟	6	0.7	0.9	0.6	0.7
	7	0.6	0.7	0.5	0.6
燃料 設備棟	8	0.6	0.7	0.5	0.6
	9	0.5	0.7	0.4	0.5
基礎	11,12,13	0.4	0.5	0.3	0.4

第4-5表 最大応答変位 (X方向、基準地震動 Ss) (3/6)

(単位 : mm)

部位	質点 節点 番号	Ss-3x			
		基本ケース	地盤物性の ばらつき考慮		減衰定数の 設定に起因する 不確かさ考慮
			-1σ	+1σ	
緊対棟	1	3.2	3.7	2.9	3.2
	2	2.7	3.2	2.5	2.8
	3	2.1	2.6	2.0	2.2
	4	1.5	1.9	1.4	1.6
	5	1.1	1.3	0.9	1.1
加圧 設備棟	6	1.0	1.2	0.9	1.0
	7	0.8	1.0	0.7	0.8
燃料 設備棟	8	0.8	1.1	0.7	0.9
	9	0.7	1.0	0.6	0.8
基礎	11,12,13	0.6	0.7	0.5	0.6

第4-5表 最大応答変位 (X方向、基準地震動 Ss) (4/6)

(単位 : mm)

部位	質点 節点 番号	Ss-4H			
		基本ケース	地盤物性の ばらつき考慮		減衰定数の 設定に起因する 不確かさ考慮
			-1σ	+1σ	
緊対棟	1	4.0	4.2	3.7	4.1
	2	3.4	3.7	3.2	3.5
	3	2.8	3.0	2.6	2.9
	4	2.1	2.3	1.9	2.1
	5	1.4	1.6	1.3	1.4
加圧 設備棟	6	1.3	1.5	1.1	1.3
	7	1.0	1.1	0.8	1.0
燃料 設備棟	8	1.1	1.3	1.0	1.2
	9	1.0	1.1	0.8	1.0
基礎	11,12,13	0.6	0.8	0.5	0.6

第4-5表 最大応答変位 (X方向、基準地震動 Ss) (5/6)

(単位 : mm)

部位	質点 節点 番号	Ss-5 _{NS}			
		基本ケース	地盤物性の ばらつき考慮		減衰定数の 設定に起因する 不確かさ考慮
			-1 σ	+1 σ	
緊対棟	1	3.3	3.5	3.1	3.4
	2	2.7	2.9	2.5	2.8
	3	2.1	2.3	2.0	2.2
	4	1.6	1.7	1.4	1.6
	5	1.0	1.2	0.9	1.1
加圧 設備棟	6	1.3	1.4	1.1	1.3
	7	0.9	1.0	0.8	0.9
燃料 設備棟	8	0.9	1.0	0.8	1.0
	9	0.8	0.9	0.6	0.8
基礎	11,12,13	0.5	0.7	0.4	0.6

第4-5表 最大応答変位 (X方向、基準地震動 Ss) (6/6)

(単位 : mm)

部位	質点 節点 番号	Ss-5 _{EW}			
		基本ケース	地盤物性の ばらつき考慮		減衰定数の 設定に起因する 不確かさ考慮
			-1 σ	+1 σ	
緊対棟	1	3.9	3.9	3.7	4.1
	2	3.2	3.3	3.0	3.3
	3	2.5	2.6	2.3	2.6
	4	1.7	1.9	1.6	1.8
	5	1.2	1.4	1.0	1.2
加圧 設備棟	6	1.2	1.4	1.1	1.4
	7	0.9	1.1	0.8	1.0
燃料 設備棟	8	0.9	1.2	0.7	1.0
	9	0.8	1.1	0.6	0.9
基礎	11,12,13	0.6	0.8	0.5	0.6

第4-6表 最大応答せん断力 (X方向、基準地震動 Ss) (1/6)

(単位：×10³kN)

部位	部材 番号	Ss-1H			
		基本ケース	地盤物性の ばらつき考慮		減衰定数の 設定に起因する 不確かさ考慮
			-1σ	+1σ	
緊対棟	①	39.9	38.3	36.9	43.3
	②	184	175	176	195
	③	303	284	289	320
	④	365	339	345	386
	⑤	392	380	383	417
加圧 設備棟	⑥	26.9	26.1	26.0	29.5
	⑦	41.9	42.6	41.8	46.3
燃料 設備棟	⑧	23.2	22.6	23.6	24.4
	⑨	43.6	42.5	44.3	45.7

第4-6表 最大応答せん断力 (X方向、基準地震動 Ss) (2/6)

(単位：×10³kN)

部位	部材 番号	Ss-2x			
		基本ケース	地盤物性の ばらつき考慮		減衰定数の 設定に起因する 不確かさ考慮
			-1σ	+1σ	
緊対棟	①	8.10	8.92	7.42	8.49
	②	46.0	47.5	41.3	48.7
	③	85.0	86.9	75.8	90.2
	④	112	114	100	119
	⑤	132	134	118	140
加圧 設備棟	⑥	8.54	8.79	8.55	9.25
	⑦	14.1	14.8	13.9	15.0
燃料 設備棟	⑧	7.93	8.65	7.45	8.17
	⑨	15.1	16.5	14.2	15.6

第4-6表 最大応答せん断力 (X方向、基準地震動 Ss) (3/6)

(単位: $\times 10^3 \text{kN}$)

部位	部材 番号	Ss-3x			
		基本ケース	地盤物性の ばらつき考慮		減衰定数の 設定に起因する 不確かさ考慮
			-1 σ	+1 σ	
緊対棟	①	13.9	15.5	13.5	14.4
	②	76.8	85.5	74.1	77.2
	③	140	156	135	141
	④	185	206	178	185
	⑤	217	243	209	220
加圧 設備棟	⑥	15.1	14.8	15.3	16.2
	⑦	25.3	25.0	25.4	26.8
燃料 設備棟	⑧	14.4	14.7	14.1	14.6
	⑨	27.8	28.3	27.2	28.2

第4-6表 最大応答せん断力 (X方向、基準地震動 Ss) (4/6)

(単位: $\times 10^3 \text{kN}$)

部位	部材 番号	Ss-4H			
		基本ケース	地盤物性の ばらつき考慮		減衰定数の 設定に起因する 不確かさ考慮
			-1 σ	+1 σ	
緊対棟	①	15.2	15.0	15.2	15.5
	②	89.6	90.9	88.0	92.1
	③	175	178	170	179
	④	245	249	235	251
	⑤	305	309	292	312
加圧 設備棟	⑥	20.0	19.8	19.8	20.8
	⑦	34.4	34.3	34.1	35.6
燃料 設備棟	⑧	22.1	22.3	21.9	22.6
	⑨	42.5	42.8	42.0	43.3

第4-6表 最大応答せん断力 (X方向、基準地震動 S_s) (5/6)

(単位：×10³kN)

部位	部材 番号	S _s -5 _{NS}			
		基本ケース	地盤物性の ばらつき考慮		減衰定数の 設定に起因する 不確かさ考慮
			-1σ	+1σ	
緊対棟	①	17.4	17.7	17.3	18.5
	②	86.0	88.4	88.0	90.4
	③	147	152	154	153
	④	188	191	195	199
	⑤	235	224	224	247
加圧 設備棟	⑥	23.1	22.8	22.8	24.5
	⑦	38.4	38.2	37.6	40.4
燃料 設備棟	⑧	20.7	20.5	20.2	20.7
	⑨	39.9	39.5	38.8	40.0

第4-6表 最大応答せん断力 (X方向、基準地震動 S_s) (6/6)

(単位：×10³kN)

部位	部材 番号	S _s -5 _{EW}			
		基本ケース	地盤物性の ばらつき考慮		減衰定数の 設定に起因する 不確かさ考慮
			-1σ	+1σ	
緊対棟	①	21.5	20.3	21.1	22.8
	②	105	99.6	102	109
	③	178	171	174	187
	④	220	217	214	232
	⑤	245	248	234	257
加圧 設備棟	⑥	26.9	24.5	27.3	29.2
	⑦	41.5	38.2	41.9	45.0
燃料 設備棟	⑧	24.1	22.3	24.9	25.7
	⑨	44.0	40.7	45.3	46.6

第4-7表 最大応答曲げモーメント (X方向、基準地震動 Ss) (1/6)

(単位 : $\times 10^6 \text{kN}\cdot\text{m}$)

部位	部材 番号		Ss-l _H			
			基本ケース	地盤物性の ばらつき考慮		減衰定数の 設定に起因する 不確かさ考慮
				-1 σ	+1 σ	
緊対棟	①	上端	0.0569	0.0477	0.0638	0.0564
		下端	0.261	0.243	0.252	0.277
	②	上端	0.725	0.691	0.721	0.744
		下端	1.99	1.89	1.92	2.08
	③	上端	2.49	2.38	2.42	2.59
		下端	4.14	3.93	4.00	4.34
	④	上端	4.49	4.27	4.34	4.71
		下端	6.31	5.97	6.07	6.64
	⑤	上端	6.55	6.19	6.30	6.89
		下端	8.62	8.12	8.25	9.10
加圧 設備棟	⑥	上端	0.0242	0.0188	0.0227	0.0278
		下端	0.157	0.143	0.151	0.173
	⑦	上端	0.171	0.153	0.165	0.191
		下端	0.378	0.362	0.361	0.419
燃料 設備棟	⑧	上端	0.0283	0.0282	0.0245	0.0361
		下端	0.100	0.0954	0.0998	0.106
	⑨	上端	0.121	0.114	0.118	0.128
		下端	0.380	0.368	0.387	0.400

第4-7表 最大応答曲げモーメント (X方向、基準地震動 Ss) (2/6)

(単位 : $\times 10^6 \text{kN}\cdot\text{m}$)

部位	部材 番号		Ss-2x			
			基本ケース	地盤物性の ばらつき考慮		減衰定数の 設定に起因する 不確かさ考慮
				-1 σ	+1 σ	
緊対棟	①	上端	0.0121	0.0123	0.0112	0.0133
		下端	0.0515	0.0558	0.0454	0.0547
	②	上端	0.145	0.155	0.130	0.154
		下端	0.419	0.457	0.382	0.443
	③	上端	0.498	0.550	0.448	0.522
		下端	0.953	1.01	0.861	1.01
	④	上端	1.01	1.07	0.913	1.07
		下端	1.57	1.64	1.41	1.66
	⑤	上端	1.61	1.68	1.45	1.71
		下端	2.31	2.39	2.07	2.45
加圧 設備棟	⑥	上端	0.00572	0.00511	0.00554	0.00640
		下端	0.0467	0.0475	0.0468	0.0509
	⑦	上端	0.0498	0.0505	0.0499	0.0545
		下端	0.118	0.124	0.118	0.128
燃料 設備棟	⑧	上端	0.00677	0.00603	0.00635	0.00741
		下端	0.0335	0.0364	0.0313	0.0347
	⑨	上端	0.0375	0.0407	0.0349	0.0398
		下端	0.131	0.143	0.123	0.136

第4-7表 最大応答曲げモーメント (X方向、基準地震動 Ss) (3/6)

(単位 : $\times 10^6 \text{kN}\cdot\text{m}$)

部位	部材 番号		Ss-3x			
			基本ケース	地盤物性の ばらつき考慮		減衰定数の 設定に起因する 不確かさ考慮
				-1 σ	+1 σ	
緊対棟	①	上端	0.0143	0.0139	0.0138	0.0159
		下端	0.0831	0.0913	0.0810	0.0886
	②	上端	0.205	0.216	0.199	0.222
		下端	0.720	0.802	0.692	0.739
	③	上端	0.849	0.946	0.814	0.885
		下端	1.61	1.80	1.55	1.64
	④	上端	1.71	1.91	1.64	1.74
		下端	2.64	2.94	2.53	2.65
	⑤	上端	2.71	3.02	2.60	2.73
		下端	3.86	4.31	3.70	3.88
加圧 設備棟	⑥	上端	0.00938	0.00755	0.0100	0.0107
		下端	0.0805	0.0792	0.0817	0.0867
	⑦	上端	0.0843	0.0837	0.0856	0.0912
		下端	0.209	0.207	0.211	0.223
燃料 設備棟	⑧	上端	0.00775	0.00885	0.00686	0.00874
		下端	0.0574	0.0593	0.0558	0.0590
	⑨	上端	0.0622	0.0643	0.0596	0.0668
		下端	0.234	0.240	0.228	0.237

第4-7表 最大応答曲げモーメント (X方向、基準地震動 Ss) (4/6)

(単位 : $\times 10^6 \text{kN}\cdot\text{m}$)

部位	部材 番号		Ss-4H			
			基本ケース	地盤物性の ばらつき考慮		減衰定数の 設定に起因する 不確かさ考慮
				-1 σ	+1 σ	
緊対棟	①	上端	0.0170	0.0179	0.0156	0.0189
		下端	0.0897	0.0841	0.0918	0.0933
	②	上端	0.181	0.202	0.187	0.192
		下端	0.757	0.745	0.740	0.774
	③	上端	0.830	0.815	0.837	0.849
		下端	1.77	1.78	1.73	1.82
	④	上端	1.83	1.83	1.79	1.88
		下端	3.03	3.07	2.96	3.11
	⑤	上端	3.07	3.12	3.00	3.15
		下端	4.67	4.76	4.55	4.78
加圧 設備棟	⑥	上端	0.00909	0.00859	0.00870	0.0101
		下端	0.104	0.104	0.103	0.108
	⑦	上端	0.108	0.107	0.107	0.112
		下端	0.277	0.276	0.275	0.287
燃料 設備棟	⑧	上端	0.00908	0.00909	0.00891	0.00971
		下端	0.0898	0.0904	0.0888	0.0922
	⑨	上端	0.0976	0.0981	0.0963	0.101
		下端	0.361	0.364	0.357	0.369

第4-7表 最大応答曲げモーメント (X方向、基準地震動 Ss) (5/6)

(単位 : $\times 10^6 \text{kN}\cdot\text{m}$)

部位	部材 番号		Ss-5NS			
			基本ケース	地盤物性の ばらつき考慮		減衰定数の 設定に起因する 不確かさ考慮
				-1 σ	+1 σ	
緊対棟	①	上端	0.0454	0.0429	0.0445	0.0509
		下端	0.122	0.116	0.114	0.136
	②	上端	0.353	0.334	0.339	0.397
		下端	0.901	0.915	0.878	0.960
	③	上端	1.12	1.14	1.07	1.20
		下端	1.92	1.97	1.90	2.04
	④	上端	2.09	2.13	2.04	2.21
		下端	3.00	3.08	3.01	3.16
	⑤	上端	3.11	3.20	3.10	3.28
		下端	4.18	4.32	4.27	4.38
加圧 設備棟	⑥	上端	0.0172	0.0160	0.0172	0.0195
		下端	0.125	0.123	0.123	0.134
	⑦	上端	0.132	0.129	0.130	0.142
		下端	0.321	0.317	0.316	0.341
燃料 設備棟	⑧	上端	0.0265	0.0253	0.0278	0.0299
		下端	0.0863	0.0824	0.0902	0.0962
	⑨	上端	0.108	0.103	0.113	0.120
		下端	0.335	0.331	0.327	0.336

第4-7表 最大応答曲げモーメント (X方向、基準地震動 Ss) (6/6)

(単位 : $\times 10^6 \text{kN}\cdot\text{m}$)

部位	部材 番号		Ss-5 _{EW}			
			基本ケース	地盤物性の ばらつき考慮		減衰定数の 設定に起因する 不確かさ考慮
				-1 σ	+1 σ	
緊対棟	①	上端	0.0367	0.0346	0.0373	0.0424
		下端	0.139	0.138	0.137	0.149
	②	上端	0.382	0.397	0.374	0.404
		下端	1.10	1.05	1.07	1.15
	③	上端	1.37	1.32	1.34	1.43
		下端	2.34	2.23	2.28	2.45
	④	上端	2.54	2.42	2.48	2.66
		下端	3.64	3.48	3.55	3.82
	⑤	上端	3.79	3.62	3.68	3.97
		下端	5.06	4.85	4.92	5.31
加圧 設備棟	⑥	上端	0.0220	0.0197	0.0226	0.0233
		下端	0.155	0.140	0.157	0.167
	⑦	上端	0.168	0.153	0.171	0.182
		下端	0.373	0.341	0.377	0.403
燃料 設備棟	⑧	上端	0.0245	0.0235	0.0254	0.0261
		下端	0.106	0.0967	0.110	0.115
	⑨	上端	0.120	0.109	0.125	0.132
		下端	0.393	0.361	0.406	0.421

第4-8表 最大応答加速度 (Y方向、基準地震動 Ss) (1/6)

(単位 : cm/s²)

部位	質点 節点 番号	Ss-1H			
		基本ケース	地盤物性の ばらつき考慮		減衰定数の 設定に起因する 不確かさ考慮
			-1σ	+1σ	
緊対棟	1	2,243	2,301	2,224	2,382
	2	1,705	1,741	1,682	1,795
	3	1,182	1,162	1,185	1,273
	4	846	866	805	875
	5	642	651	664	665
加圧 設備棟	6	807	789	850	812
	7	640	648	668	655
燃料 設備棟	8	807	786	846	824
	9	674	665	702	682
基礎	11,12,13	524	521	521	527

第4-8表 最大応答加速度 (Y方向、基準地震動 Ss) (2/6)

(単位 : cm/s²)

部位	質点 節点 番号	Ss-2Y			
		基本ケース	地盤物性の ばらつき考慮		減衰定数の 設定に起因する 不確かさ考慮
			-1σ	+1σ	
緊対棟	1	734	817	670	769
	2	640	687	582	672
	3	521	564	472	548
	4	396	428	381	416
	5	344	362	334	355
加圧 設備棟	6	382	416	355	412
	7	321	357	295	342
燃料 設備棟	8	362	398	331	378
	9	320	358	291	334
基礎	11,12,13	284	290	278	287

第4-8表 最大応答加速度 (Y方向、基準地震動 Ss) (3/6)

(単位 : cm/s²)

部位	質点 節点 番号	Ss-3 γ			
		基本ケース	地盤物性の ばらつき考慮		減衰定数の 設定に起因する 不確かさ考慮
			-1 σ	+1 σ	
緊対棟	1	1,440	1,474	1,296	1,549
	2	1,275	1,311	1,125	1,368
	3	1,072	1,101	951	1,145
	4	842	867	752	894
	5	660	685	593	696
加圧 設備棟	6	619	632	570	654
	7	543	561	498	571
燃料 設備棟	8	602	619	553	630
	9	548	567	502	573
基礎	11,12,13	450	475	415	469

第4-8表 最大応答加速度 (Y方向、基準地震動 Ss) (4/6)

(単位 : cm/s²)

部位	質点 節点 番号	Ss-4 μ			
		基本ケース	地盤物性の ばらつき考慮		減衰定数の 設定に起因する 不確かさ考慮
			-1 σ	+1 σ	
緊対棟	1	929	921	917	965
	2	868	886	822	898
	3	796	820	759	823
	4	697	723	667	715
	5	613	640	590	624
加圧 設備棟	6	659	668	654	674
	7	595	607	587	605
燃料 設備棟	8	669	676	662	691
	9	614	624	605	630
基礎	11,12,13	535	544	533	534

第4-8表 最大応答加速度 (Y方向、基準地震動 S_s) (5/6)

(単位 : cm/s²)

部位	質点 節点 番号	S _s -5 _{NS}			
		基本ケース	地盤物性の ばらつき考慮		減衰定数の 設定に起因する 不確かさ考慮
			-1σ	+1σ	
緊対棟	1	1,145	1,114	1,117	1,233
	2	895	869	929	959
	3	659	628	684	702
	4	537	565	500	559
	5	505	528	480	522
加圧 設備棟	6	688	699	688	711
	7	601	610	594	617
燃料 設備棟	8	687	690	683	705
	9	618	627	610	634
基礎	11,12,13	493	513	477	502

第4-8表 最大応答加速度 (Y方向、基準地震動 S_s) (6/6)

(単位 : cm/s²)

部位	質点 節点 番号	S _s -5 _{EW}			
		基本ケース	地盤物性の ばらつき考慮		減衰定数の 設定に起因する 不確かさ考慮
			-1σ	+1σ	
緊対棟	1	1,331	1,336	1,299	1,404
	2	1,000	1,027	945	1,059
	3	730	736	743	768
	4	547	543	546	558
	5	419	438	416	424
加圧 設備棟	6	834	791	886	854
	7	571	554	601	581
燃料 設備棟	8	867	832	910	923
	9	645	627	673	679
基礎	11,12,13	433	474	421	431

第4-9表 最大応答変位 (Y方向、基準地震動 Ss) (1/6)

(単位 : mm)

部位	質点 節点 番号	Ss-1H			
		基本ケース	地盤物性の ばらつき考慮		減衰定数の 設定に起因する 不確かさ考慮
			-1σ	+1σ	
緊対棟	1	6.1	6.5	5.8	6.5
	2	5.0	5.3	4.8	5.3
	3	3.9	4.1	3.6	4.1
	4	2.6	2.8	2.4	2.8
	5	1.7	1.9	1.6	1.8
加圧 設備棟	6	1.2	1.5	1.1	1.3
	7	1.0	1.3	0.8	1.1
燃料 設備棟	8	1.1	1.4	1.0	1.2
	9	1.0	1.3	0.8	1.1
基礎	11,12,13	0.8	1.0	0.6	0.8

第4-9表 最大応答変位 (Y方向、基準地震動 Ss) (2/6)

(単位 : mm)

部位	質点 節点 番号	Ss-2Y			
		基本ケース	地盤物性の ばらつき考慮		減衰定数の 設定に起因する 不確かさ考慮
			-1σ	+1σ	
緊対棟	1	2.5	2.8	2.2	2.6
	2	2.1	2.4	1.9	2.2
	3	1.7	1.9	1.5	1.8
	4	1.2	1.4	1.0	1.2
	5	0.8	1.0	0.7	0.8
加圧 設備棟	6	0.7	0.9	0.5	0.7
	7	0.5	0.7	0.4	0.6
燃料 設備棟	8	0.7	0.9	0.5	0.7
	9	0.6	0.7	0.4	0.6
基礎	11,12,13	0.4	0.5	0.3	0.4

第4-9表 最大応答変位 (Y方向、基準地震動 Ss) (3/6)

(単位 : mm)

部位	質点 節点 番号	Ss-3 γ			
		基本ケース	地盤物性の ばらつき考慮		減衰定数の 設定に起因する 不確かさ考慮
			-1 σ	+1 σ	
緊対棟	1	5.3	5.7	4.6	5.6
	2	4.5	4.9	3.9	4.9
	3	3.6	3.9	3.1	3.9
	4	2.6	2.9	2.3	2.8
	5	1.9	2.1	1.6	2.0
加圧 設備棟	6	1.6	1.8	1.3	1.7
	7	1.3	1.5	1.1	1.4
燃料 設備棟	8	1.5	1.7	1.3	1.6
	9	1.3	1.5	1.1	1.4
基礎	11,12,13	0.9	1.1	0.7	1.0

第4-9表 最大応答変位 (Y方向、基準地震動 Ss) (4/6)

(単位 : mm)

部位	質点 節点 番号	Ss-4 μ			
		基本ケース	地盤物性の ばらつき考慮		減衰定数の 設定に起因する 不確かさ考慮
			-1 σ	+1 σ	
緊対棟	1	3.6	3.8	3.3	3.7
	2	3.1	3.4	2.9	3.2
	3	2.5	2.7	2.3	2.6
	4	1.8	2.0	1.7	1.9
	5	1.3	1.5	1.1	1.3
加圧 設備棟	6	1.1	1.3	0.9	1.1
	7	0.8	1.0	0.7	0.8
燃料 設備棟	8	1.1	1.3	0.9	1.1
	9	0.9	1.1	0.8	0.9
基礎	11,12,13	0.6	0.7	0.5	0.6

第4-9表 最大応答変位 (Y方向、基準地震動 Ss) (5/6)

(単位 : mm)

部位	質点 節点 番号	Ss-5 _{NS}			
		基本ケース	地盤物性の ばらつき考慮		減衰定数の 設定に起因する 不確かさ考慮
			-1 σ	+1 σ	
緊対棟	1	3.2	3.4	3.1	3.4
	2	2.6	2.9	2.6	2.8
	3	2.0	2.2	1.9	2.1
	4	1.4	1.6	1.3	1.5
	5	0.9	1.1	0.8	1.0
加圧 設備棟	6	1.0	1.1	0.9	1.0
	7	0.7	0.9	0.6	0.8
燃料 設備棟	8	1.0	1.1	0.8	1.0
	9	0.8	0.9	0.7	0.8
基礎	11,12,13	0.5	0.7	0.4	0.5

第4-9表 最大応答変位 (Y方向、基準地震動 Ss) (6/6)

(単位 : mm)

部位	質点 節点 番号	Ss-5 _{EW}			
		基本ケース	地盤物性の ばらつき考慮		減衰定数の 設定に起因する 不確かさ考慮
			-1 σ	+1 σ	
緊対棟	1	3.7	3.9	3.5	3.9
	2	3.1	3.3	2.8	3.3
	3	2.4	2.5	2.2	2.5
	4	1.6	1.8	1.5	1.7
	5	1.1	1.3	1.0	1.2
加圧 設備棟	6	1.0	1.2	0.9	1.1
	7	0.8	1.0	0.7	0.8
燃料 設備棟	8	0.9	1.1	0.8	1.0
	9	0.8	1.0	0.7	0.8
基礎	11,12,13	0.6	0.7	0.5	0.6

第4-10表 最大応答せん断力 (Y方向、基準地震動 Ss) (1/6)

(単位：×10³kN)

部位	部材 番号	Ss-1H			
		基本ケース	地盤物性の ばらつき考慮		減衰定数の 設定に起因する 不確かさ考慮
			-1σ	+1σ	
緊対棟	①	37.3	38.1	35.8	39.5
	②	182	187	176	193
	③	299	307	295	317
	④	363	367	356	384
	⑤	398	402	385	420
加圧 設備棟	⑥	22.7	22.6	23.4	23.0
	⑦	37.4	37.4	38.4	37.8
燃料 設備棟	⑧	26.5	25.8	27.8	27.3
	⑨	48.3	47.4	50.5	49.5

第4-10表 最大応答せん断力 (Y方向、基準地震動 Ss) (2/6)

(単位：×10³kN)

部位	部材 番号	Ss-2Y			
		基本ケース	地盤物性の ばらつき考慮		減衰定数の 設定に起因する 不確かさ考慮
			-1σ	+1σ	
緊対棟	①	11.9	13.5	10.9	12.6
	②	65.9	72.1	60.3	69.5
	③	120	129	110	126
	④	157	168	143	165
	⑤	183	197	166	193
加圧 設備棟	⑥	10.8	11.7	10.1	11.7
	⑦	18.2	19.9	16.9	19.6
燃料 設備棟	⑧	12.2	13.4	11.3	12.8
	⑨	22.9	25.1	21.0	23.9

第4-10表 最大応答せん断力 (Y方向、基準地震動 Ss) (3/6)

(単位：×10³kN)

部位	部材 番号	Ss-3 _Y			
		基本ケース	地盤物性の ばらつき考慮		減衰定数の 設定に起因する 不確かさ考慮
			-1 σ	+1 σ	
緊対棟	①	23.6	24.3	21.1	25.5
	②	131	136	117	141
	③	243	252	216	260
	④	323	334	288	345
	⑤	384	395	344	410
加圧 設備棟	⑥	17.4	17.6	16.2	18.5
	⑦	30.0	30.4	27.7	31.6
燃料 設備棟	⑧	20.2	20.5	18.6	21.1
	⑨	38.2	39.1	35.2	40.0

第4-10表 最大応答せん断力 (Y方向、基準地震動 Ss) (4/6)

(単位：×10³kN)

部位	部材 番号	Ss-4 _H			
		基本ケース	地盤物性の ばらつき考慮		減衰定数の 設定に起因する 不確かさ考慮
			-1 σ	+1 σ	
緊対棟	①	15.0	15.1	14.9	15.7
	②	88.0	89.7	83.6	91.2
	③	170	175	162	177
	④	236	245	225	244
	⑤	293	304	280	302
加圧 設備棟	⑥	18.5	18.8	18.4	19.0
	⑦	32.3	32.8	31.9	32.9
燃料 設備棟	⑧	22.5	22.8	22.3	23.3
	⑨	42.8	43.4	42.3	44.1

第4-10表 最大応答せん断力 (Y方向、基準地震動 S_S) (5/6)

(単位：×10³kN)

部位	部材 番号	S _S -5 _{NS}			
		基本ケース	地盤物性の ばらつき考慮		減衰定数の 設定に起因する 不確かさ考慮
			-1σ	+1σ	
緊対棟	①	18.9	18.1	18.6	20.3
	②	95.4	91.6	95.0	102
	③	164	157	165	175
	④	205	195	206	218
	⑤	231	230	231	245
加圧 設備棟	⑥	19.6	20.0	19.2	20.0
	⑦	33.1	34.0	32.8	34.1
燃料 設備棟	⑧	22.8	22.9	22.7	23.5
	⑨	43.0	43.4	42.7	44.4

第4-10表 最大応答せん断力 (Y方向、基準地震動 S_S) (6/6)

(単位：×10³kN)

部位	部材 番号	S _S -5 _{EW}			
		基本ケース	地盤物性の ばらつき考慮		減衰定数の 設定に起因する 不確かさ考慮
			-1σ	+1σ	
緊対棟	①	21.8	21.7	21.4	23.0
	②	107	109	102	113
	③	182	186	173	193
	④	222	228	216	236
	⑤	243	250	243	258
加圧 設備棟	⑥	23.0	21.9	24.5	23.8
	⑦	35.9	34.4	38.1	37.0
燃料 設備棟	⑧	28.8	27.7	30.3	30.8
	⑨	49.9	48.2	52.3	53.0

第4-11表 最大応答曲げモーメント (Y方向、基準地震動 Ss) (1/6)

(単位: $\times 10^6 \text{kN}\cdot\text{m}$)

部位	部材 番号		Ss-l _H			
			基本ケース	地盤物性の ばらつき考慮		減衰定数の 設定に起因する 不確かさ考慮
				-1 σ	+1 σ	
緊対棟	①	上端	0.0264	0.0263	0.0252	0.0281
		下端	0.217	0.220	0.205	0.230
	②	上端	0.708	0.713	0.670	0.758
		下端	1.95	1.99	1.83	2.08
	③	上端	2.48	2.53	2.33	2.65
		下端	4.10	4.20	3.87	4.36
	④	上端	4.45	4.55	4.16	4.73
		下端	6.21	6.39	5.95	6.59
	⑤	上端	6.43	6.62	6.14	6.83
		下端	8.42	8.71	8.18	8.94
加圧 設備棟	⑥	上端	0.0147	0.0148	0.0139	0.0167
		下端	0.124	0.123	0.128	0.126
	⑦	上端	0.132	0.130	0.135	0.134
		下端	0.316	0.314	0.324	0.320
燃料 設備棟	⑧	上端	0.0187	0.0175	0.0196	0.0213
		下端	0.113	0.108	0.119	0.117
	⑨	上端	0.126	0.121	0.133	0.131
		下端	0.425	0.414	0.446	0.438

第4-11表 最大応答曲げモーメント (Y方向、基準地震動 Ss) (2/6)

(単位 : $\times 10^6 \text{kN}\cdot\text{m}$)

部位	部材 番号		Ss-2 γ			
			基本ケース	地盤物性の ばらつき考慮		減衰定数の 設定に起因する 不確かさ考慮
				-1 σ	+1 σ	
緊対棟	1	上端	0.00570	0.00630	0.00539	0.00624
		下端	0.0653	0.0752	0.0602	0.0694
	2	上端	0.171	0.195	0.155	0.176
		下端	0.608	0.688	0.557	0.641
	3	上端	0.713	0.822	0.652	0.752
		下端	1.37	1.52	1.25	1.44
	4	上端	1.45	1.62	1.32	1.52
		下端	2.23	2.45	2.03	2.35
	5	上端	2.29	2.52	2.08	2.41
		下端	3.26	3.54	2.96	3.43
加圧 設備棟	6	上端	0.00606	0.00586	0.00591	0.00685
		下端	0.0584	0.0631	0.0544	0.0633
	7	上端	0.0618	0.0668	0.0575	0.0672
		下端	0.152	0.165	0.141	0.164
燃料 設備棟	8	上端	0.00698	0.00693	0.00669	0.00746
		下端	0.0509	0.0553	0.0467	0.0532
	9	上端	0.0562	0.0611	0.0516	0.0590
		下端	0.198	0.217	0.182	0.207

第4-11表 最大応答曲げモーメント (Y方向、基準地震動 Ss) (3/6)

(単位 : $\times 10^6 \text{kN}\cdot\text{m}$)

部位	部材 番号		Ss-3 γ			
			基本ケース	地盤物性の ばらつき考慮		減衰定数の 設定に起因する 不確かさ考慮
				-1 σ	+1 σ	
緊対棟	1	上端	0.0108	0.0106	0.00966	0.0118
		下端	0.129	0.132	0.116	0.139
	2	上端	0.322	0.321	0.285	0.353
		下端	1.19	1.23	1.06	1.29
	3	上端	1.38	1.43	1.25	1.49
		下端	2.70	2.80	2.39	2.91
	4	上端	2.84	2.95	2.51	3.06
		下端	4.45	4.62	3.95	4.79
	5	上端	4.55	4.73	4.04	4.90
		下端	6.59	6.82	5.86	7.07
加圧 設備棟	6	上端	0.00864	0.00909	0.00818	0.00973
		下端	0.0939	0.0944	0.0867	0.0998
	7	上端	0.0995	0.100	0.0917	0.106
		下端	0.247	0.250	0.228	0.262
燃料 設備棟	8	上端	0.0106	0.0112	0.00972	0.0115
		下端	0.0832	0.0844	0.0765	0.0874
	9	上端	0.0919	0.0945	0.0842	0.0968
		下端	0.329	0.335	0.303	0.345

第4-11表 最大応答曲げモーメント (Y方向、基準地震動 Ss) (4/6)

(単位 : $\times 10^6 \text{kN}\cdot\text{m}$)

部位	部材 番号		Ss-4H			
			基本ケース	地盤物性の ばらつき考慮		減衰定数の 設定に起因する 不確かさ考慮
				-1 σ	+1 σ	
緊対棟	1	上端	0.00734	0.00773	0.00742	0.00810
		下端	0.0825	0.0791	0.0819	0.0864
	2	上端	0.176	0.186	0.176	0.186
		下端	0.731	0.746	0.722	0.761
	3	上端	0.827	0.810	0.822	0.867
		下端	1.72	1.75	1.63	1.78
	4	上端	1.77	1.80	1.69	1.82
		下端	2.95	3.01	2.79	3.05
	5	上端	2.98	3.04	2.82	3.08
		下端	4.53	4.64	4.31	4.68
加圧 設備棟	6	上端	0.00698	0.00564	0.00745	0.00804
		下端	0.0966	0.0981	0.0957	0.0993
	7	上端	0.0999	0.102	0.0989	0.103
		下端	0.259	0.263	0.256	0.265
燃料 設備棟	8	上端	0.00863	0.00783	0.00904	0.00937
		下端	0.0901	0.0909	0.0890	0.0937
	9	上端	0.0965	0.0975	0.0953	0.101
		下端	0.362	0.367	0.358	0.374

第4-11表 最大応答曲げモーメント (Y方向、基準地震動 Ss) (5/6)

(単位: $\times 10^6 \text{kN}\cdot\text{m}$)

部位	部材 番号		Ss-5NS			
			基本ケース	地盤物性の ばらつき考慮		減衰定数の 設定に起因する 不確かさ考慮
				-1 σ	+1 σ	
緊対棟	1	上端	0.0176	0.0176	0.0174	0.0194
		下端	0.107	0.103	0.105	0.115
	2	上端	0.317	0.327	0.305	0.346
		下端	0.954	0.919	0.932	1.02
	3	上端	1.16	1.13	1.13	1.25
		下端	2.06	1.98	2.02	2.21
	4	上端	2.21	2.13	2.16	2.36
		下端	3.23	3.10	3.18	3.46
	5	上端	3.33	3.19	3.27	3.56
		下端	4.55	4.34	4.49	4.86
加圧 設備棟	6	上端	0.0166	0.0155	0.0167	0.0180
		下端	0.105	0.106	0.103	0.107
	7	上端	0.109	0.111	0.108	0.112
		下端	0.273	0.278	0.267	0.278
燃料 設備棟	8	上端	0.0229	0.0221	0.0230	0.0245
		下端	0.0915	0.0934	0.0907	0.0951
	9	上端	0.0997	0.101	0.101	0.107
		下端	0.364	0.369	0.362	0.374

第4-11表 最大応答曲げモーメント (Y方向、基準地震動 Ss) (6/6)

(単位: $\times 10^6 \text{kN}\cdot\text{m}$)

部位	部材 番号		Ss-5 _{EW}			
			基本ケース	地盤物性の ばらつき考慮		減衰定数の 設定に起因する 不確かさ考慮
				-1 σ	+1 σ	
緊対棟	1	上端	0.0183	0.0170	0.0189	0.0208
		下端	0.125	0.123	0.128	0.133
	2	上端	0.409	0.375	0.424	0.454
		下端	1.09	1.09	1.06	1.14
	3	上端	1.34	1.34	1.37	1.42
		下端	2.33	2.35	2.23	2.45
	4	上端	2.51	2.53	2.40	2.64
		下端	3.62	3.67	3.45	3.82
	5	上端	3.74	3.80	3.56	3.94
		下端	5.03	5.12	4.78	5.31
加圧 設備棟	6	上端	0.0191	0.0170	0.0199	0.0205
		下端	0.132	0.125	0.141	0.137
	7	上端	0.144	0.135	0.153	0.149
		下端	0.321	0.305	0.340	0.332
燃料 設備棟	8	上端	0.0282	0.0260	0.0295	0.0315
		下端	0.133	0.127	0.140	0.144
	9	上端	0.156	0.148	0.164	0.169
		下端	0.466	0.447	0.488	0.498

第4-12表 最大応答加速度（鉛直方向、基準地震動 S_s ）(1/5)

(単位：cm/s²)

部位	質点 節点 番号	S_s-1_V			
		基本ケース	地盤物性の ばらつき考慮		減衰定数の 設定に起因する 不確かさ考慮
			-1 σ	+1 σ	
緊対棟	1	468	434	450	470
	2	452	420	435	453
	3	437	409	422	438
	4	413	388	400	414
	5	392	370	380	393
加圧 設備棟	6	362	372	375	366
	7	360	349	352	359
燃料 設備棟	8	363	356	360	365
	9	361	345	349	361
基礎	11,12,13	363	344	352	363

第4-12表 最大応答加速度（鉛直方向、基準地震動 S_s ）(2/5)

(単位：cm/s²)

部位	質点 節点 番号	S_s-2_{UD}			
		基本ケース	地盤物性の ばらつき考慮		減衰定数の 設定に起因する 不確かさ考慮
			-1 σ	+1 σ	
緊対棟	1	223	219	228	223
	2	218	208	215	218
	3	212	203	209	212
	4	201	194	199	201
	5	192	185	189	192
加圧 設備棟	6	188	182	186	189
	7	185	179	182	185
燃料 設備棟	8	186	180	183	186
	9	184	178	182	184
基礎	11,12,13	180	174	177	180

第4-12表 最大応答加速度（鉛直方向、基準地震動 S_s）(3/5)

(単位：cm/s²)

部位	質点 節点 番号	S _s -3 _{UD}			
		基本ケース	地盤物性の ばらつき考慮		減衰定数の 設定に起因する 不確かさ考慮
			-1σ	+1σ	
緊対棟	1	421	435	428	423
	2	409	425	418	410
	3	399	411	405	400
	4	380	387	382	381
	5	364	367	363	365
加圧 設備棟	6	357	367	361	356
	7	357	367	360	356
燃料 設備棟	8	356	366	360	356
	9	356	365	360	355
基礎	11,12,13	356	364	359	355

第4-12表 最大応答加速度（鉛直方向、基準地震動 S_s）(4/5)

(単位：cm/s²)

部位	質点 節点 番号	S _s -4 _v			
		基本ケース	地盤物性の ばらつき考慮		減衰定数の 設定に起因する 不確かさ考慮
			-1σ	+1σ	
緊対棟	1	429	402	409	430
	2	408	391	397	408
	3	389	373	379	389
	4	357	339	345	358
	5	328	311	318	329
加圧 設備棟	6	317	298	305	317
	7	306	287	294	306
燃料 設備棟	8	309	289	296	310
	9	305	287	293	305
基礎	11,12,13	294	276	282	294

第4-12表 最大応答加速度（鉛直方向、基準地震動 S_s）(5/5)

(単位：cm/s²)

部位	質点 節点 番号	S _s -5 _{UD}			
		基本ケース	地盤物性の ばらつき考慮		減衰定数の 設定に起因する 不確かさ考慮
			-1σ	+1σ	
緊対棟	1	782	703	745	790
	2	732	655	694	736
	3	684	612	648	689
	4	601	533	564	605
	5	528	466	493	531
加圧 設備棟	6	496	446	467	514
	7	468	415	436	477
燃料 設備棟	8	459	420	434	454
	9	452	412	426	449
基礎	11,12,13	432	388	400	432

第 4-13 表 最大応答変位 (鉛直方向、基準地震動 Ss) (1/5)

(単位 : mm)

部位	質点 節点 番号	Ss-1v			
		基本ケース	地盤物性の ばらつき考慮		減衰定数の 設定に起因する 不確かさ考慮
			-1σ	+1σ	
緊対棟	1	0.6	0.6	0.5	0.6
	2	0.6	0.6	0.5	0.6
	3	0.5	0.5	0.5	0.5
	4	0.5	0.5	0.4	0.5
	5	0.4	0.4	0.4	0.4
加圧 設備棟	6	0.4	0.4	0.4	0.4
	7	0.4	0.4	0.4	0.4
燃料 設備棟	8	0.4	0.4	0.4	0.4
	9	0.4	0.4	0.4	0.4
基礎	11,12,13	0.4	0.4	0.3	0.4

第 4-13 表 最大応答変位 (鉛直方向、基準地震動 Ss) (2/5)

(単位 : mm)

部位	質点 節点 番号	Ss-2UD			
		基本ケース	地盤物性の ばらつき考慮		減衰定数の 設定に起因する 不確かさ考慮
			-1σ	+1σ	
緊対棟	1	0.3	0.3	0.3	0.3
	2	0.3	0.3	0.3	0.3
	3	0.3	0.2	0.2	0.3
	4	0.2	0.2	0.2	0.2
	5	0.2	0.2	0.2	0.2
加圧 設備棟	6	0.2	0.2	0.2	0.2
	7	0.2	0.2	0.2	0.2
燃料 設備棟	8	0.2	0.2	0.2	0.2
	9	0.2	0.2	0.2	0.2
基礎	11,12,13	0.2	0.2	0.2	0.2

第 4-13 表 最大応答変位（鉛直方向、基準地震動 Ss）(3/5)

(単位：mm)

部位	質点 節点 番号	Ss-3UD			
		基本ケース	地盤物性の ばらつき考慮		減衰定数の 設定に起因する 不確かさ考慮
			-1σ	+1σ	
緊対棟	1	0.6	0.7	0.6	0.6
	2	0.6	0.6	0.6	0.6
	3	0.6	0.6	0.5	0.6
	4	0.5	0.5	0.5	0.5
	5	0.5	0.5	0.4	0.5
加圧 設備棟	6	0.4	0.5	0.4	0.4
	7	0.4	0.4	0.4	0.4
燃料 設備棟	8	0.4	0.4	0.4	0.4
	9	0.4	0.4	0.4	0.4
基礎	11,12,13	0.4	0.4	0.3	0.4

第 4-13 表 最大応答変位（鉛直方向、基準地震動 Ss）(4/5)

(単位：mm)

部位	質点 節点 番号	Ss-4v			
		基本ケース	地盤物性の ばらつき考慮		減衰定数の 設定に起因する 不確かさ考慮
			-1σ	+1σ	
緊対棟	1	0.5	0.5	0.5	0.5
	2	0.5	0.4	0.4	0.5
	3	0.4	0.4	0.4	0.4
	4	0.4	0.3	0.3	0.4
	5	0.3	0.3	0.3	0.3
加圧 設備棟	6	0.3	0.3	0.3	0.3
	7	0.3	0.3	0.3	0.3
燃料 設備棟	8	0.3	0.3	0.3	0.3
	9	0.3	0.3	0.3	0.3
基礎	11,12,13	0.3	0.3	0.2	0.3

第 4-13 表 最大応答変位（鉛直方向、基準地震動 S_s）(5/5)

(単位：mm)

部位	質点 節点 番号	S _s -5 _{UD}			
		基本ケース	地盤物性の ばらつき考慮		減衰定数の 設定に起因する 不確かさ考慮
			-1σ	+1σ	
緊対棟	1	0.8	0.7	0.7	0.8
	2	0.7	0.6	0.6	0.7
	3	0.7	0.5	0.6	0.7
	4	0.6	0.5	0.5	0.6
	5	0.5	0.4	0.4	0.5
加圧 設備棟	6	0.5	0.4	0.4	0.5
	7	0.5	0.4	0.4	0.5
燃料 設備棟	8	0.5	0.4	0.4	0.5
	9	0.5	0.4	0.4	0.5
基礎	11,12,13	0.4	0.3	0.3	0.4

第4-14表 最大応答軸力（鉛直方向、基準地震動 S_S）（1/5）

（単位：×10³kN）

部位	部材 番号	S _S -1 _V			
		基本ケース	地盤物性の ばらつき考慮		減衰定数の 設定に起因する 不確かさ考慮
			-1σ	+1σ	
緊対棟	①	7.76	7.22	7.48	7.77
	②	46.3	43.2	44.7	46.3
	③	91.9	86.0	88.9	92.0
	④	131	123	127	131
	⑤	167	157	162	168
加圧 設備棟	⑥	10.2	10.5	10.5	10.3
	⑦	18.5	18.5	18.6	18.5
燃料 設備棟	⑧	12.2	12.0	12.1	12.3
	⑨	24.0	23.4	23.6	24.1

第4-14表 最大応答軸力（鉛直方向、基準地震動 S_S）（2/5）

（単位：×10³kN）

部位	部材 番号	S _S -2 _{UD}			
		基本ケース	地盤物性の ばらつき考慮		減衰定数の 設定に起因する 不確かさ考慮
			-1σ	+1σ	
緊対棟	①	3.69	3.62	3.74	3.68
	②	22.2	21.4	22.0	22.2
	③	44.3	42.7	43.9	44.2
	④	63.5	61.1	62.8	63.4
	⑤	81.2	78.3	80.4	81.2
加圧 設備棟	⑥	5.32	5.16	5.25	5.33
	⑦	9.56	9.27	9.44	9.59
燃料 設備棟	⑧	6.22	6.03	6.13	6.23
	⑨	12.3	11.9	12.1	12.3

第4-14表 最大応答軸力（鉛直方向、基準地震動 S_s）(3/5)

(単位：×10³kN)

部位	部材 番号	S _s -3 _{UD}			
		基本ケース	地盤物性の ばらつき考慮		減衰定数の 設定に起因する 不確かさ考慮
			-1σ	+1σ	
緊対棟	①	6.95	7.14	7.01	6.97
	②	41.8	43.2	42.4	41.9
	③	83.4	86.0	84.5	83.6
	④	120	123	121	120
	⑤	153	157	154	154
加圧 設備棟	⑥	10.1	10.4	10.2	10.1
	⑦	18.3	18.9	18.5	18.3
燃料 設備棟	⑧	12.0	12.3	12.1	11.9
	⑨	23.7	24.4	24.0	23.7

第4-14表 最大応答軸力（鉛直方向、基準地震動 S_s）(4/5)

(単位：×10³kN)

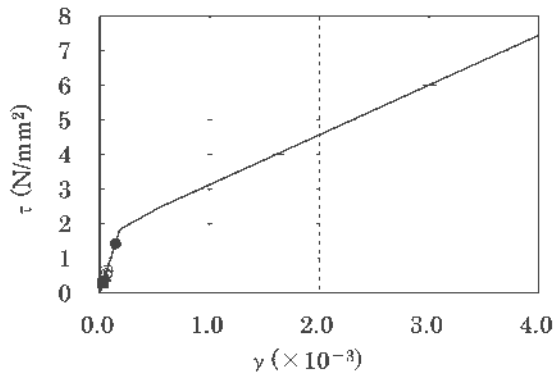
部位	部材 番号	S _s -4 _v			
		基本ケース	地盤物性の ばらつき考慮		減衰定数の 設定に起因する 不確かさ考慮
			-1σ	+1σ	
緊対棟	①	7.19	6.63	6.75	7.14
	②	42.4	39.9	40.5	42.1
	③	83.4	78.8	80.1	82.9
	④	118	111	113	117
	⑤	148	140	142	147
加圧 設備棟	⑥	9.03	8.50	8.69	9.00
	⑦	16.1	15.2	15.5	16.1
燃料 設備棟	⑧	10.4	9.78	10.0	10.4
	⑨	20.5	19.3	19.7	20.4

第 4-14 表 最大応答軸力（鉛直方向、基準地震動 S_s）(5/5)

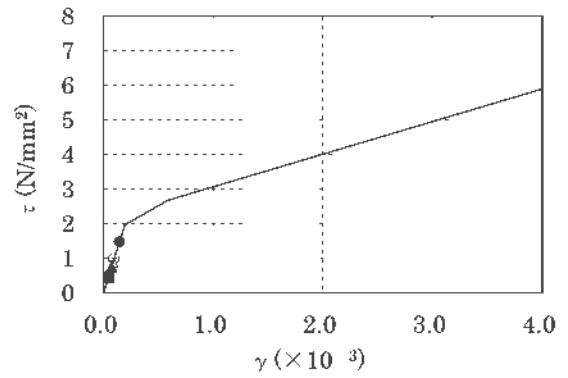
(単位：×10³kN)

部位	部材 番号	S _s -5 _{UD}			
		基本ケース	地盤物性の ばらつき考慮		減衰定数の 設定に起因する 不確かさ考慮
			-1σ	+1σ	
緊対棟	①	13.0	11.8	12.5	13.1
	②	75.8	68.5	72.3	75.9
	③	148	133	141	148
	④	205	185	195	206
	⑤	254	228	241	255
加圧 設備棟	⑥	14.1	12.6	13.2	14.5
	⑦	24.8	22.2	23.2	25.5
燃料 設備棟	⑧	15.4	14.1	14.6	15.2
	⑨	30.3	27.7	28.5	30.0

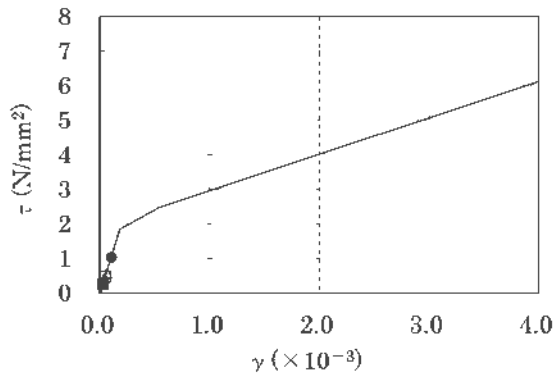
● : Ss-1H ■ : Ss-2X ▲ : Ss-3X
 ○ : Ss-4H □ : Ss-5NS △ : Ss-5EW



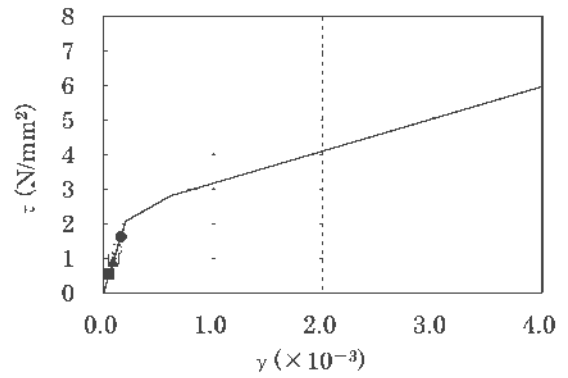
1



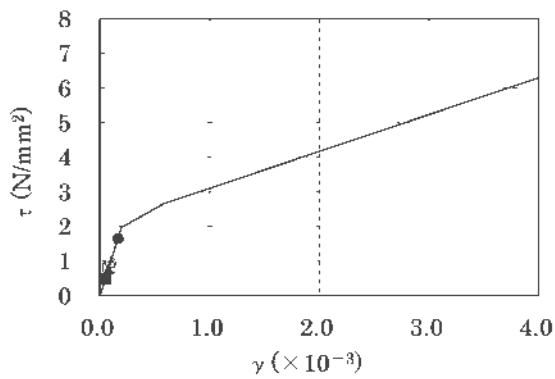
4



2



5

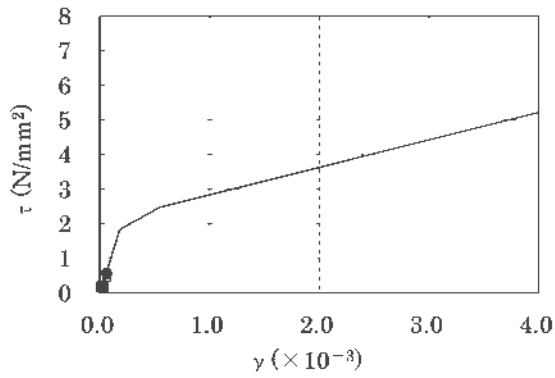


3

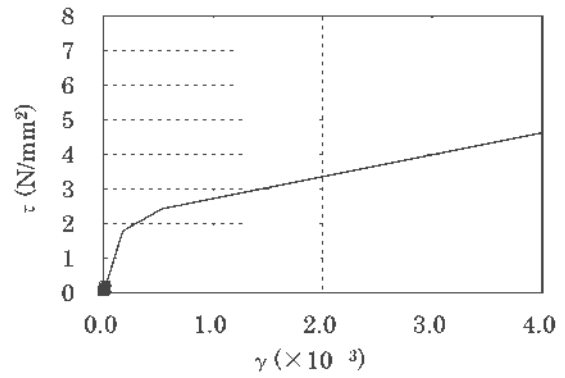
(a) 基本ケース(1/2)

第4-15図 せん断スケルトンカーブ上の最大応答値
(X方向、基準地震動 Ss) (1/8)

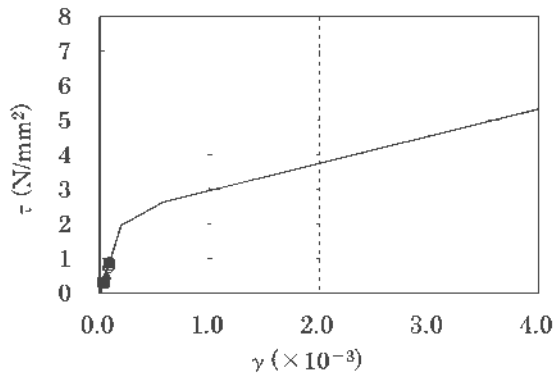
● : Ss-1H ■ : Ss-2X ▲ : Ss-3X
 ○ : Ss-4H □ : Ss-5NS △ : Ss-5EW



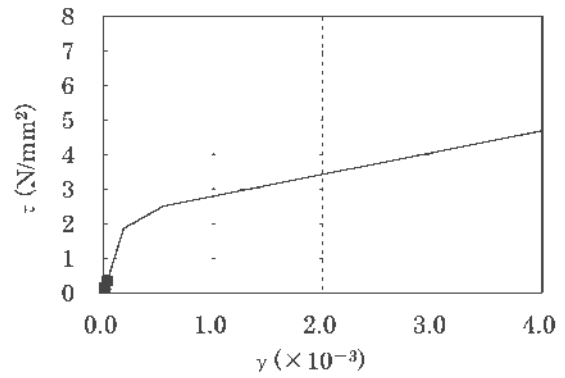
6



8



7

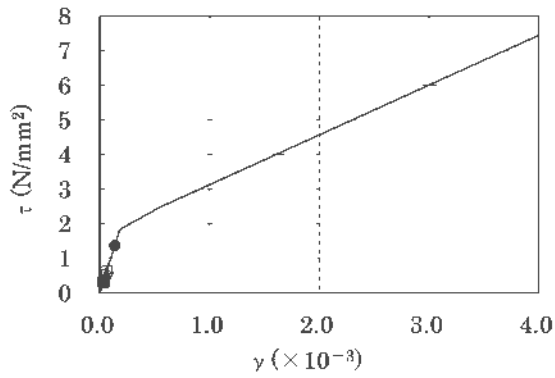


9

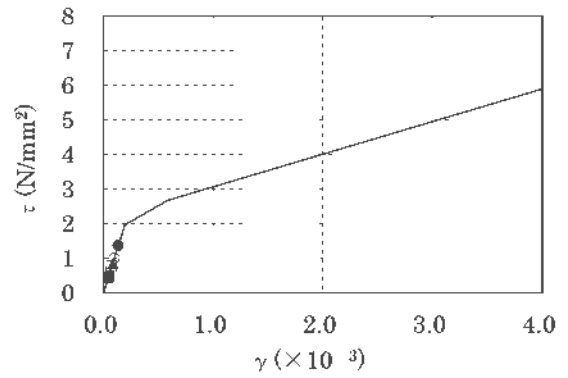
(a) 基本ケース(2/2)

第4-15図 せん断スケルトンカーブ上の最大応答値
(X方向、基準地震動 Ss) (2/8)

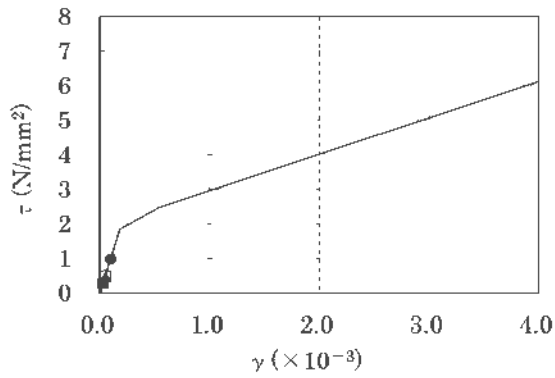
● : Ss-1H ■ : Ss-2X ▲ : Ss-3X
 ○ : Ss-4H □ : Ss-5NS △ : Ss-5EW



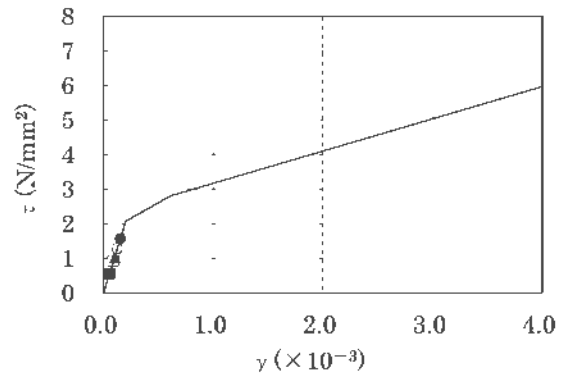
1



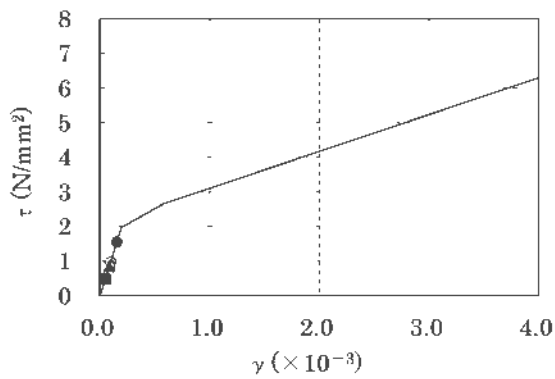
4



2



5

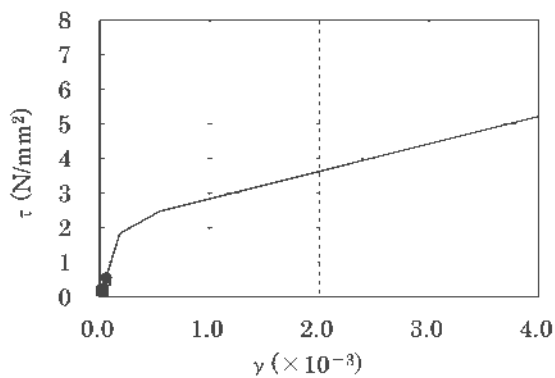


3

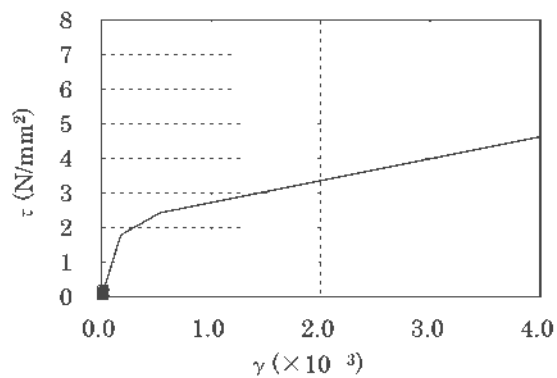
(b) 地盤物性のばらつき考慮 (−1σ) (1/2)

第4-15図 せん断スケルトンカーブ上の最大応答値
(X方向、基準地震動 Ss) (3/8)

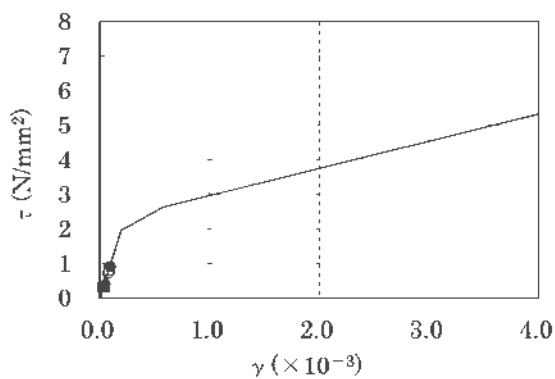
● : Ss-1H ■ : Ss-2X ▲ : Ss-3X
 ○ : Ss-4H □ : Ss-5NS △ : Ss-5FW



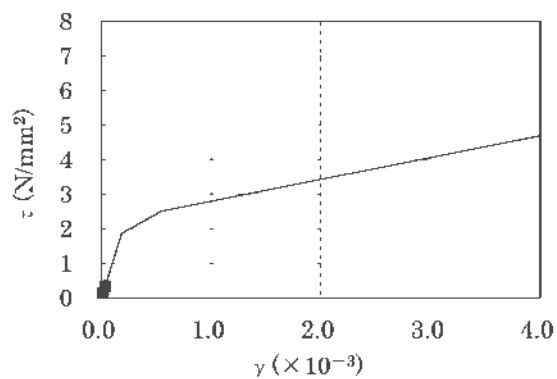
6



8



7

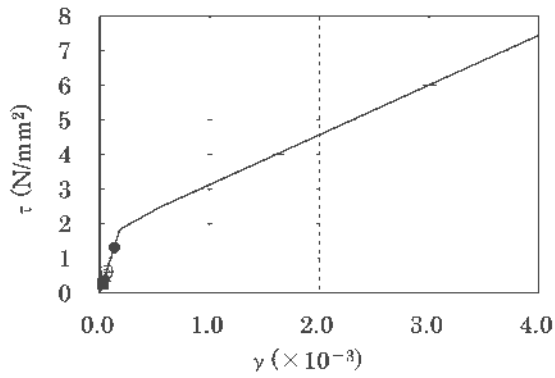


9

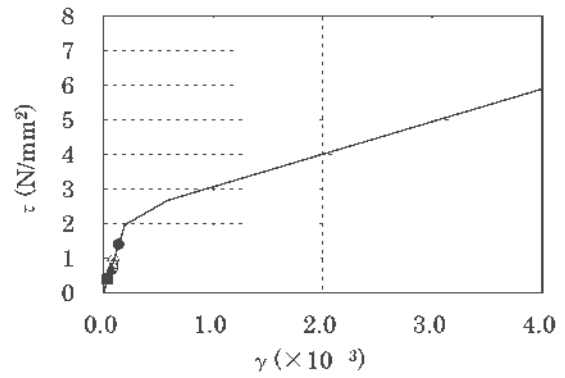
(b) 地盤物性のばらつき考慮 (−1σ) (2/2)

第4-15図 せん断スケルトンカーブ上の最大応答値
(X方向、基準地震動 Ss) (4/8)

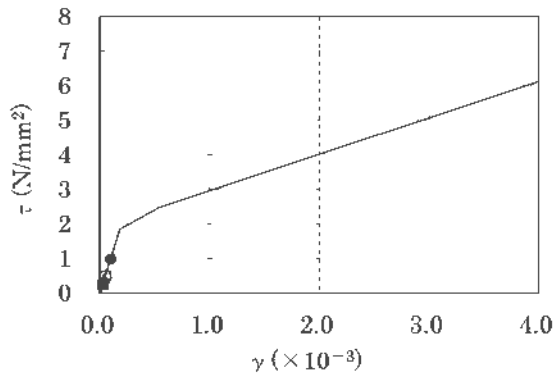
● : Ss-1H ■ : Ss-2X ▲ : Ss-3X
 ○ : Ss-4H □ : Ss-5NS △ : Ss-5EW



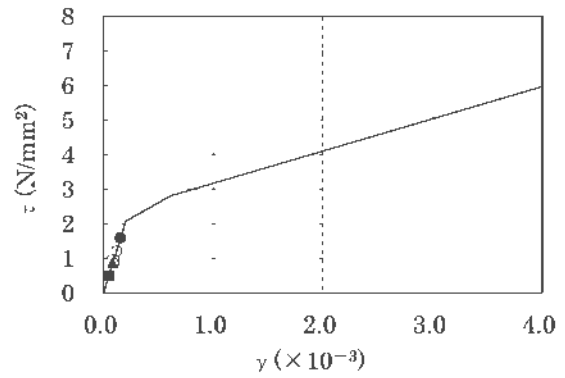
1



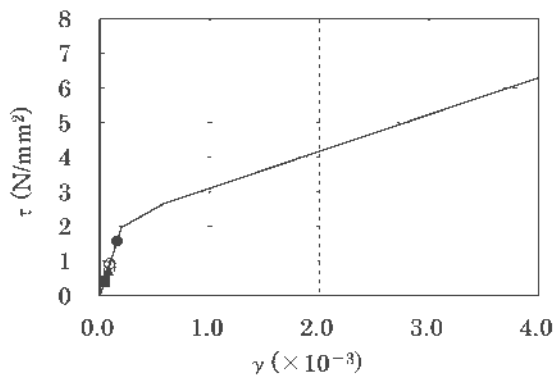
4



2



5

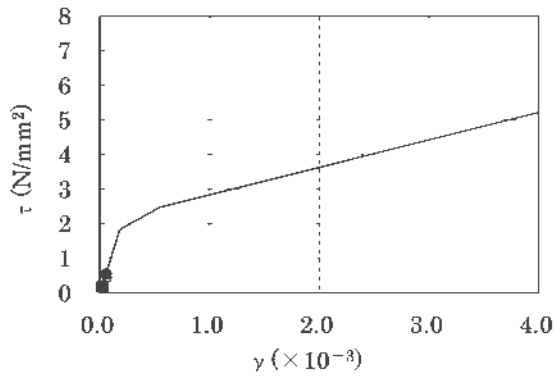


3

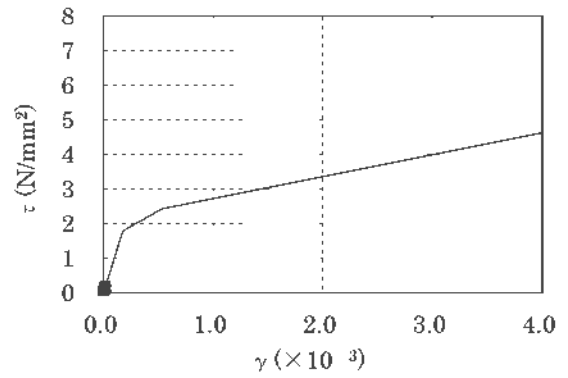
(c) 地盤物性のばらつき考慮 (+1σ) (1/2)

第4-15図 せん断スケルトンカーブ上の最大応答値
(X方向、基準地震動 Ss) (5/8)

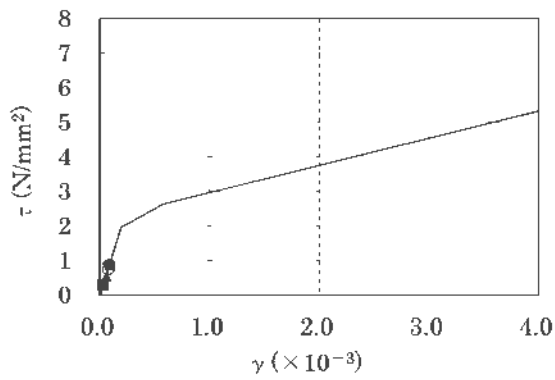
● : Ss-1H ■ : Ss-2X ▲ : Ss-3X
 ○ : Ss-4H □ : Ss-5NS △ : Ss-5EW



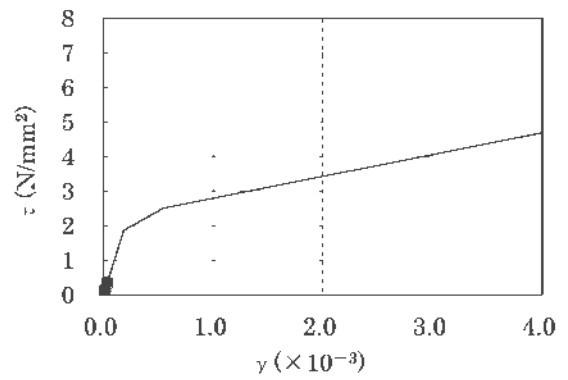
6



8



7

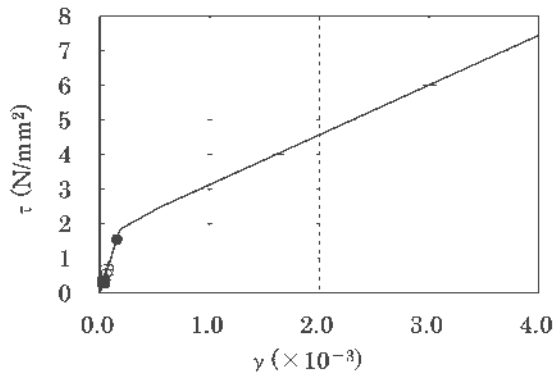


9

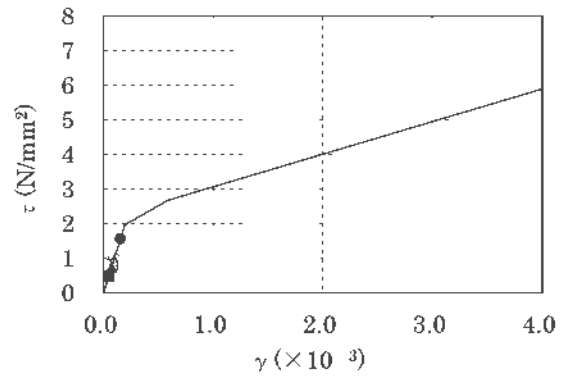
(c) 地盤物性のばらつき考慮 (+1σ) (2/2)

第4-15図 せん断スケルトンカーブ上の最大応答値
(X方向、基準地震動 Ss) (6/8)

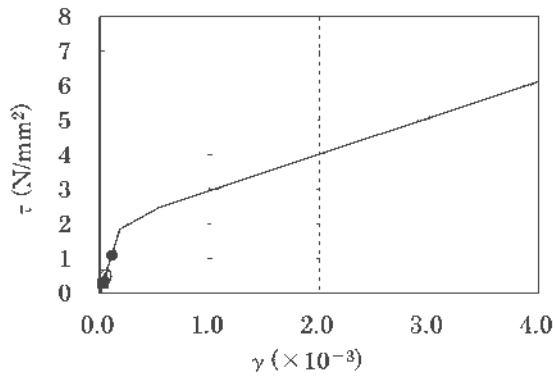
● : Ss-1H ■ : Ss-2X ▲ : Ss-3X
 ○ : Ss-4H □ : Ss-5NS △ : Ss-5EW



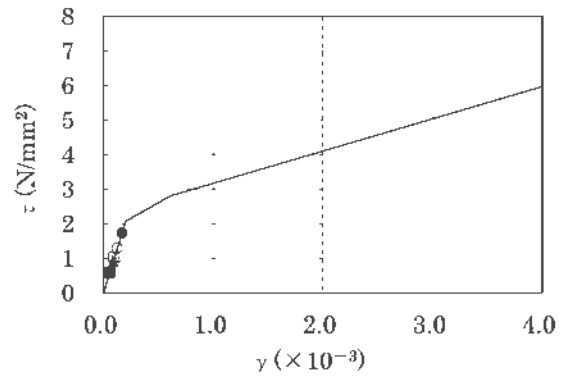
1



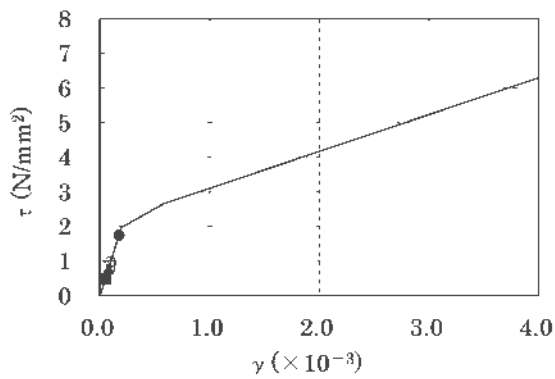
4



2



5

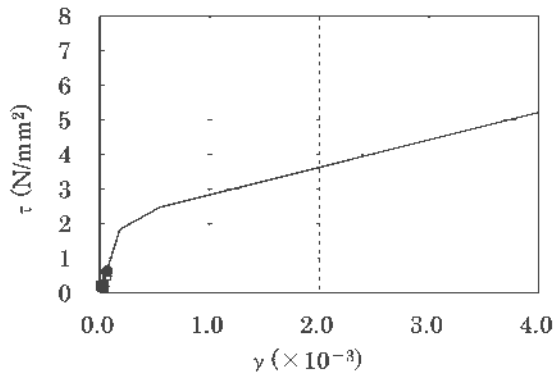


3

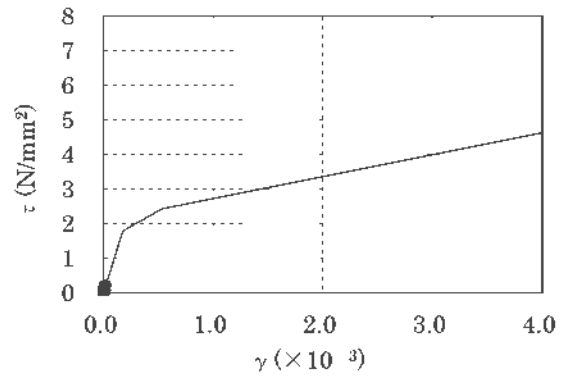
(d) 減衰定数の設定に起因する不確かさ考慮(1/2)

第4-15図 せん断スケルトンカーブ上の最大応答値
(X方向、基準地震動 Ss) (7/8)

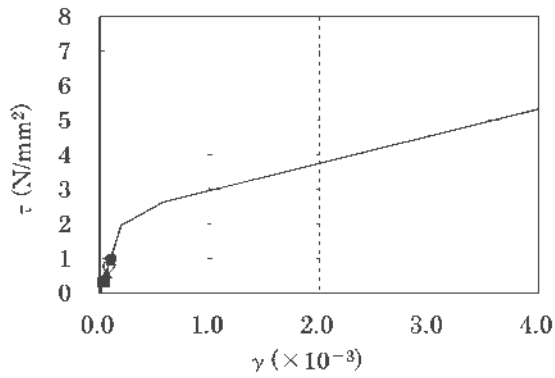
● : Ss-1H ■ : Ss-2X ▲ : Ss-3X
 ○ : Ss-4H □ : Ss-5NS △ : Ss-5EW



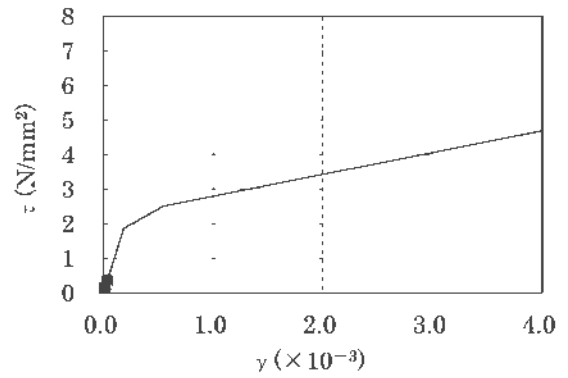
6



8



7

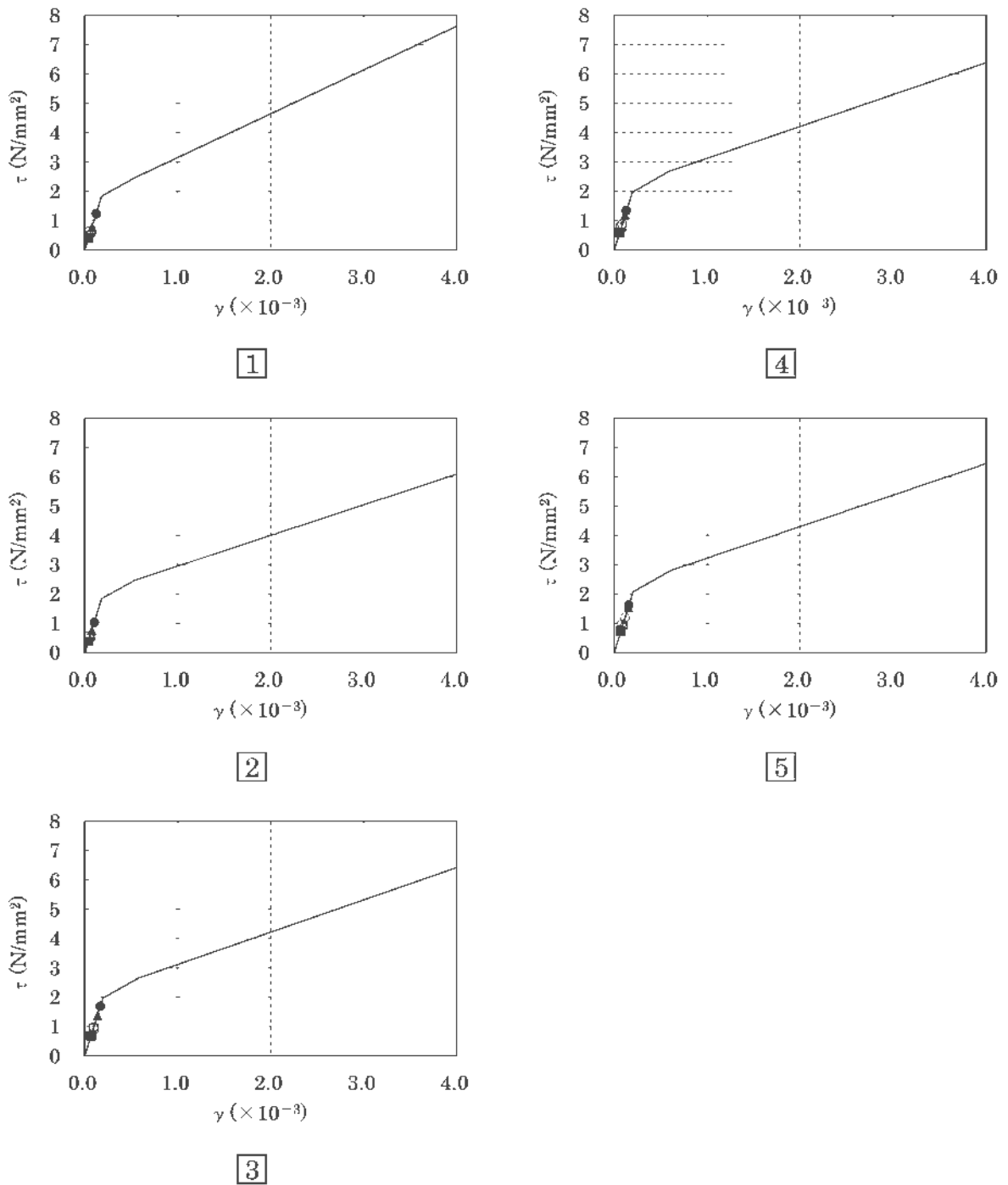


9

(d) 減衰定数の設定に起因する不確かさ考慮(2/2)

第4-15図 せん断スケルトンカーブ上の最大応答値
(X方向、基準地震動 Ss) (8/8)

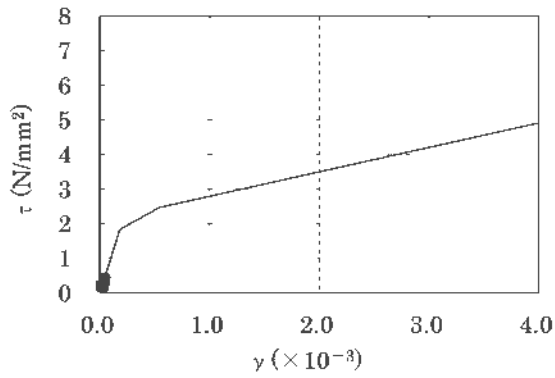
● : Ss-1H ■ : Ss-2Y ▲ : Ss-3Y
 ○ : Ss-4H □ : Ss-5NS △ : Ss-5EW



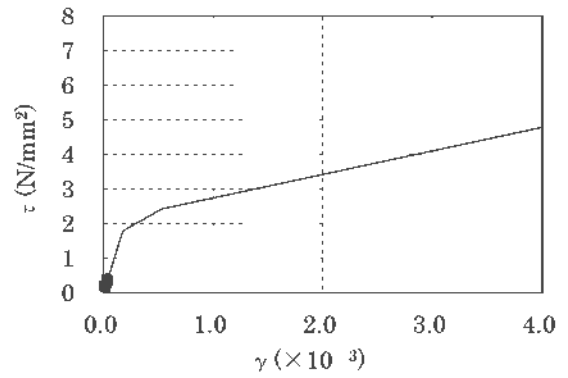
(a) 基本ケース(1/2)

第4-16図 せん断スケルトンカーブ上の最大応答値
 (Y方向、基準地震動 Ss) (1/8)

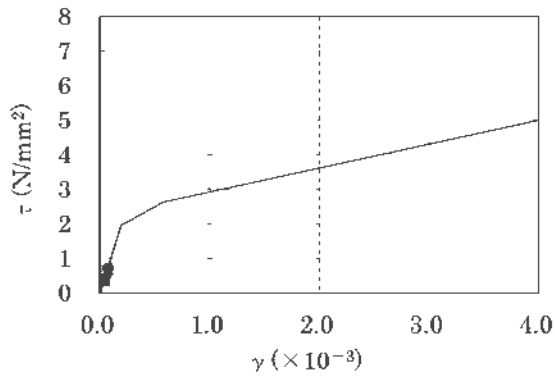
● : Ss-1H ■ : Ss-2Y ▲ : Ss-3Y
 ○ : Ss-4H □ : Ss-5NS △ : Ss-5EW



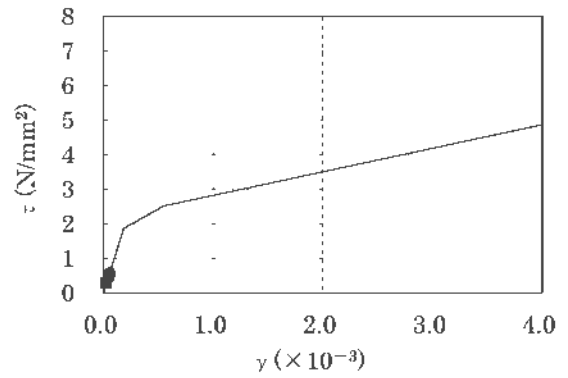
6



8



7

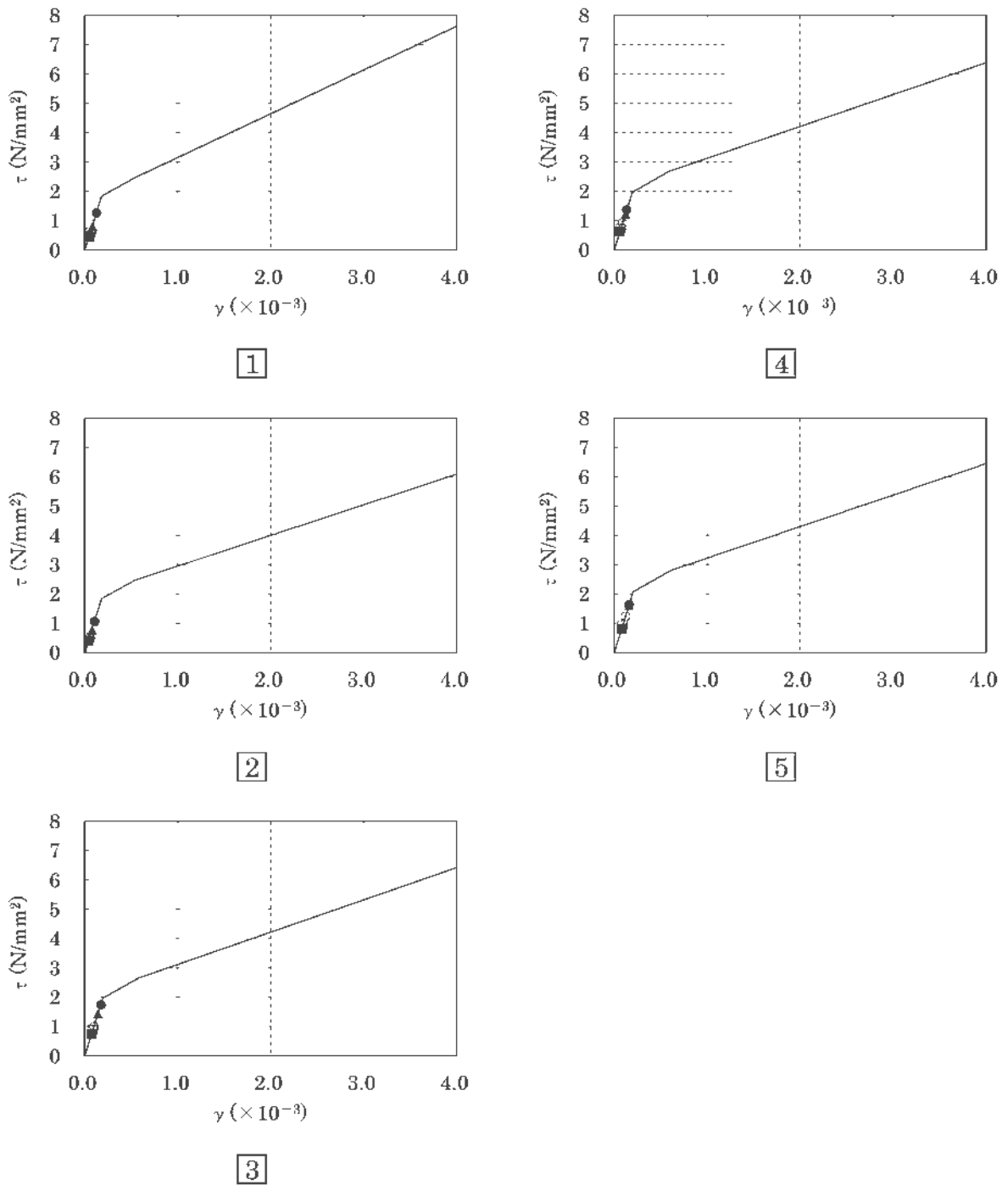


9

(a) 基本ケース(2/2)

第4-16図 せん断スケルトンカーブ上の最大応答値
(Y方向、基準地震動 Ss) (2/8)

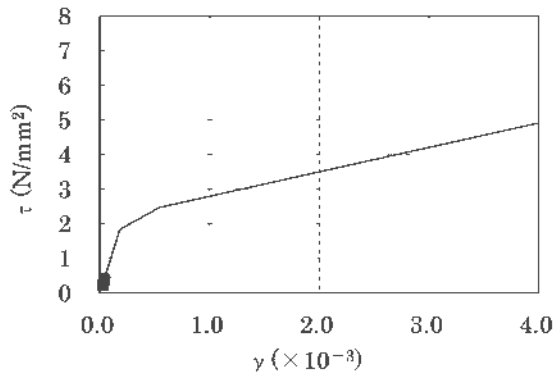
● : Ss-1H ■ : Ss-2Y ▲ : Ss-3Y
 ○ : Ss-4H □ : Ss-5NS △ : Ss-5RW



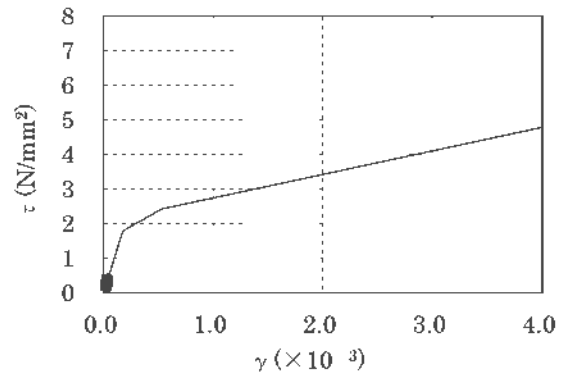
(b) 地盤物性のばらつき考慮 (−1σ) (1/2)

第4-16図 せん断スケルトンカーブ上の最大応答値
 (Y方向、基準地震動 Ss) (3/8)

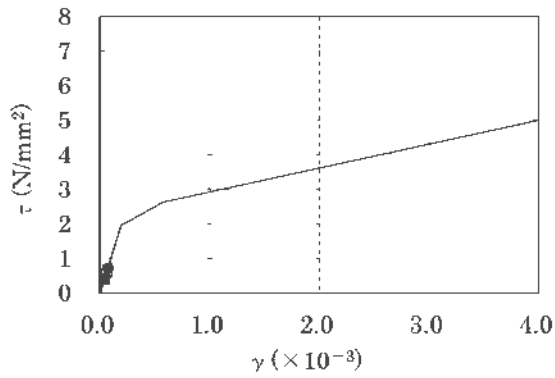
● : Ss-1H ■ : Ss-2Y ▲ : Ss-3Y
 ○ : Ss-4H □ : Ss-5NS △ : Ss-5FW



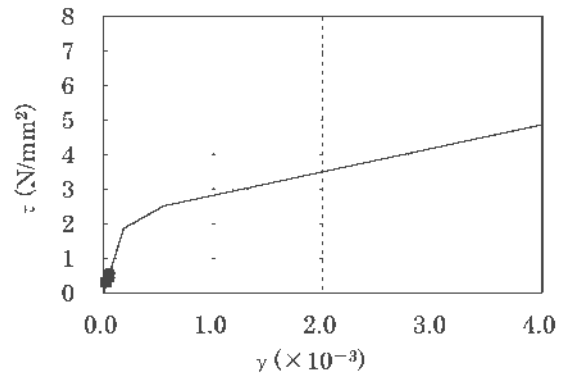
6



8



7

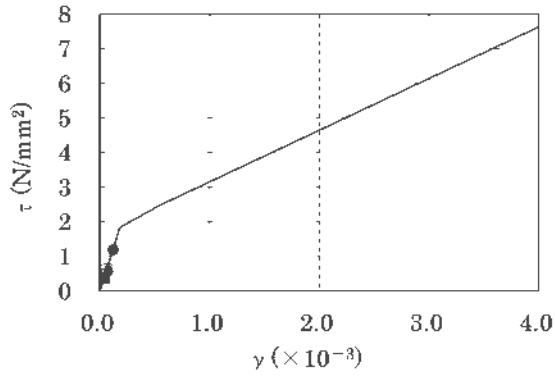


9

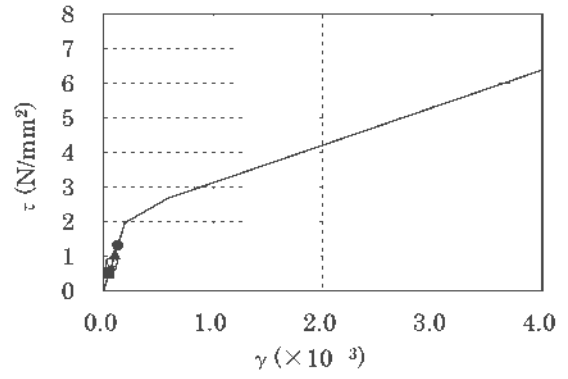
(b) 地盤物性のばらつき考慮 (−1σ) (2/2)

第4-16図 せん断スケルトンカーブ上の最大応答値
(Y方向、基準地震動 Ss) (4/8)

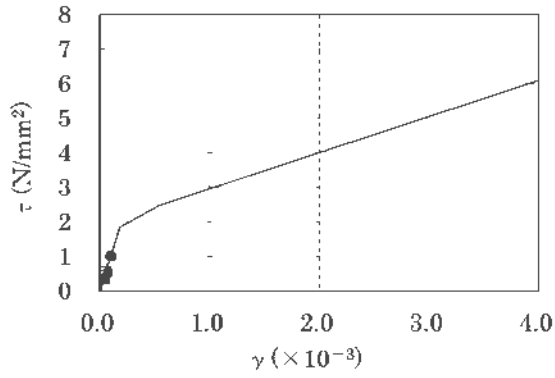
● : Ss-1H ■ : Ss-2Y ▲ : Ss-3Y
 ○ : Ss-4H □ : Ss-5NS △ : Ss-5EW



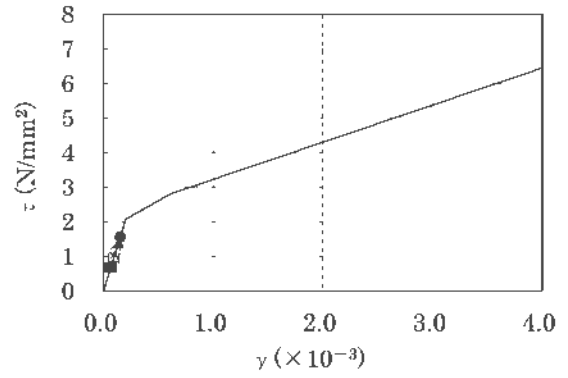
1



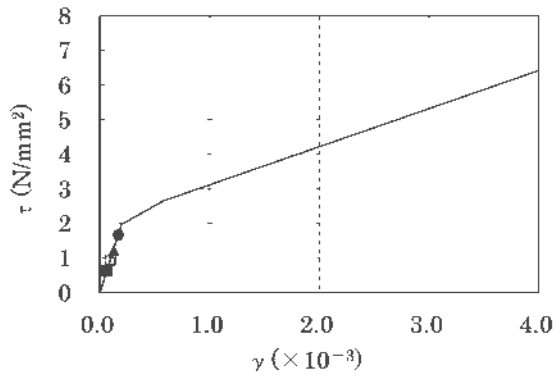
4



2



5

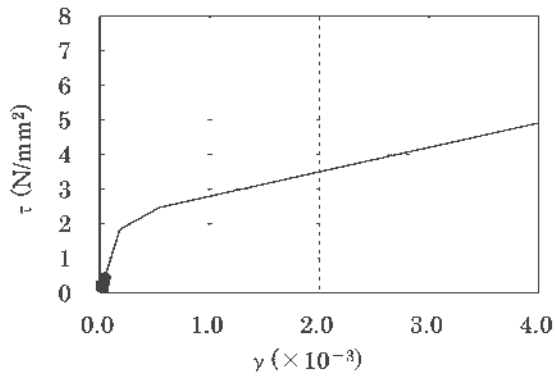


3

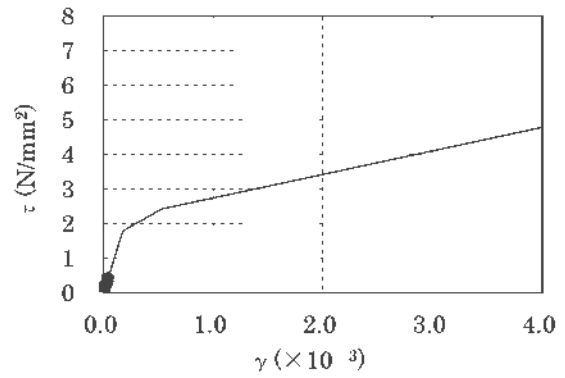
(c) 地盤物性のばらつき考慮 (+1σ) (1/2)

第4-16図 せん断スケルトンカーブ上の最大応答値
(Y方向、基準地震動 Ss) (5/8)

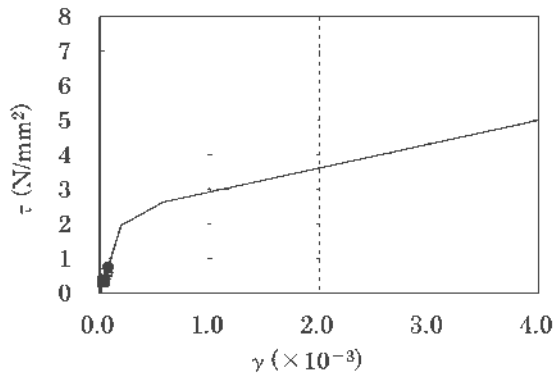
● : Ss-1H ■ : Ss-2Y ▲ : Ss-3Y
 ○ : Ss-4H □ : Ss-5NS △ : Ss-5EW



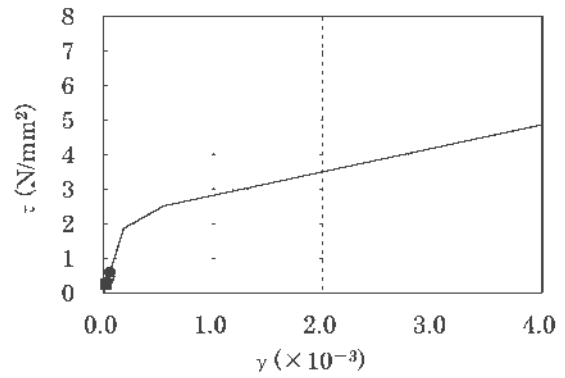
6



8



7

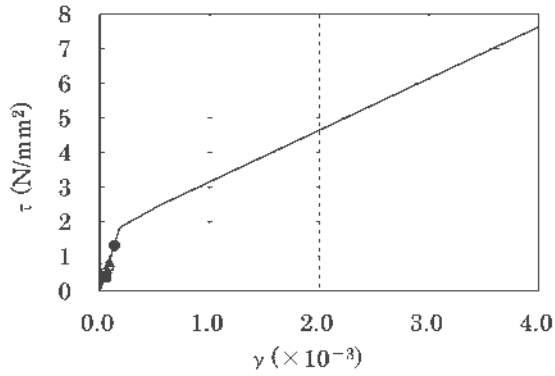


9

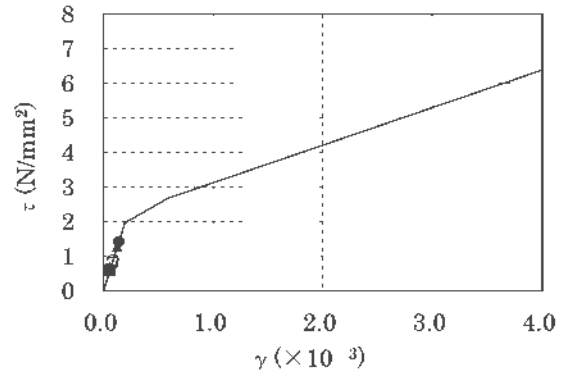
(c) 地盤物性のばらつき考慮 (+1σ) (2/2)

第4-16図 せん断スケルトンカーブ上の最大応答値
(Y方向、基準地震動 Ss) (6/8)

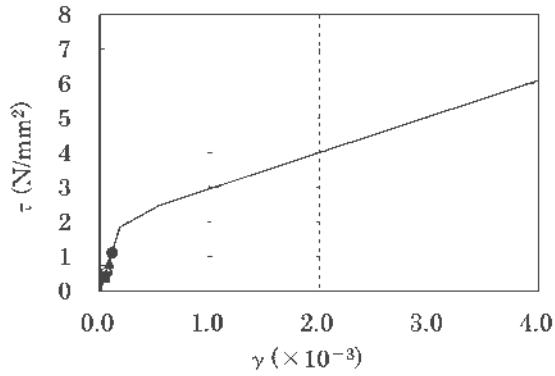
● : Ss-1H ■ : Ss-2Y ▲ : Ss-3Y
 ○ : Ss-4H □ : Ss-5NS △ : Ss-5RW



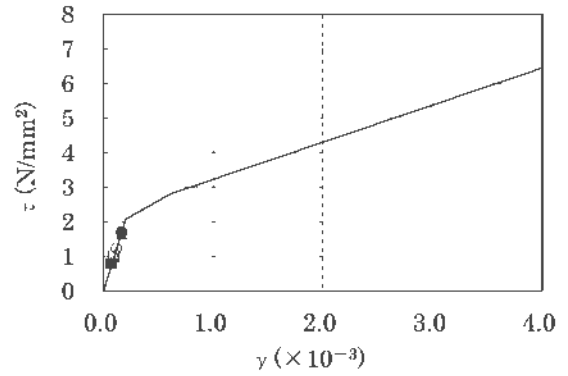
1



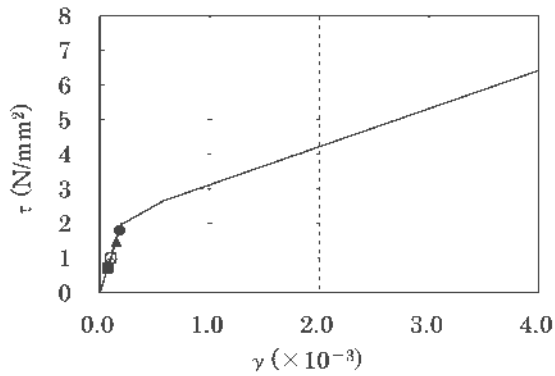
4



2



5

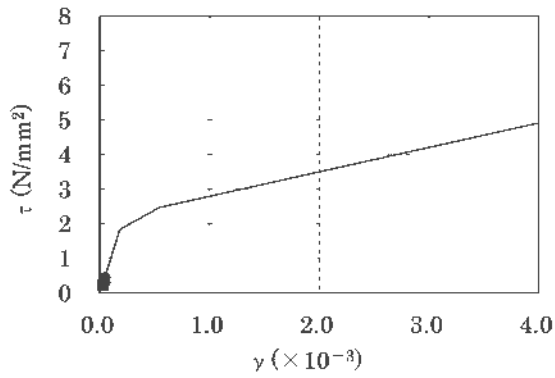


3

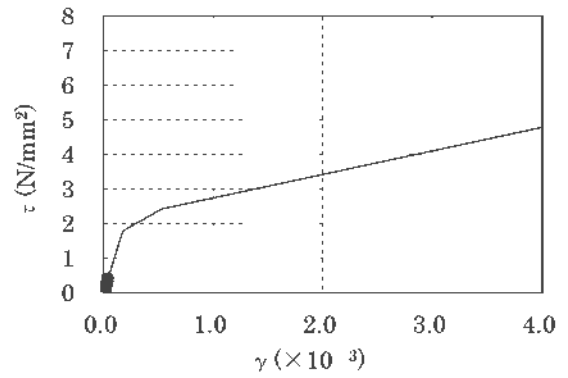
(d) 減衰定数の設定に起因する不確かさ考慮(1/2)

第4-16図 せん断スケルトンカーブ上の最大応答値
(Y方向、基準地震動 Ss) (7/8)

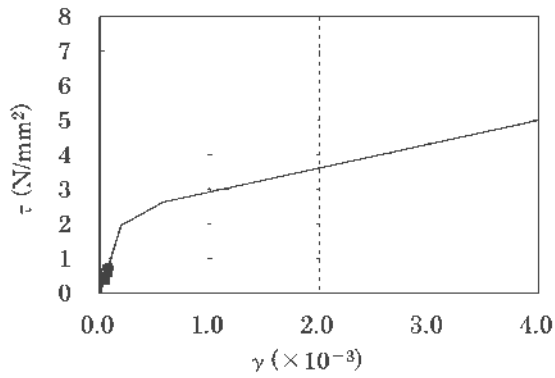
● : Ss-1H ■ : Ss-2Y ▲ : Ss-3Y
 ○ : Ss-4H □ : Ss-5NS △ : Ss-5EW



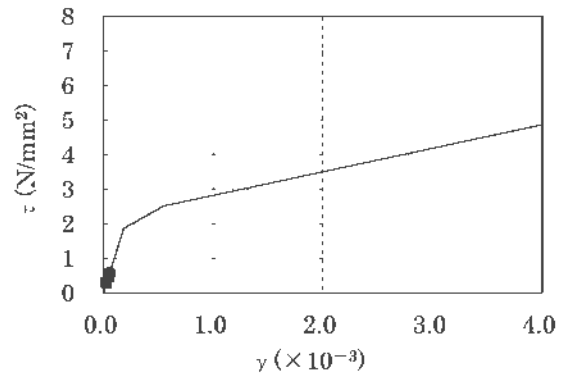
6



8



7

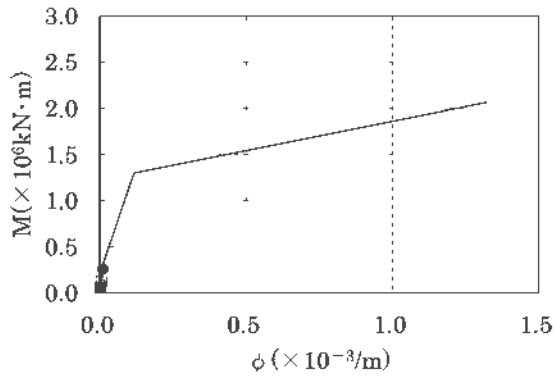


9

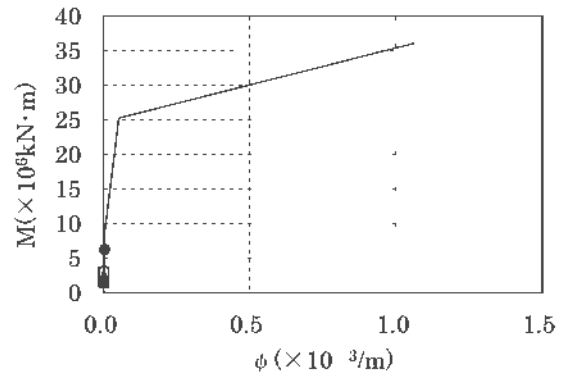
(d) 減衰定数の設定に起因する不確かさ考慮(2/2)

第4-16図 せん断スケルトンカーブ上の最大応答値
(Y方向、基準地震動 Ss) (8/8)

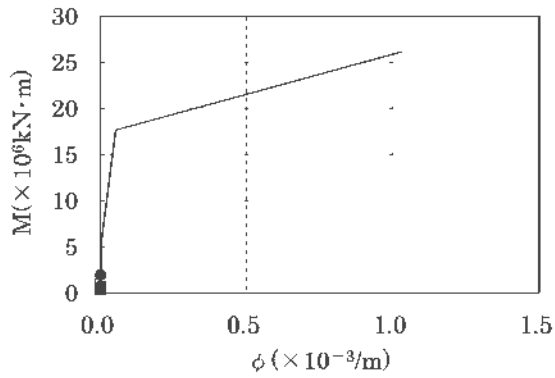
● : Ss-1H ■ : Ss-2X ▲ : Ss-3X
 ○ : Ss-4H □ : Ss-5NS △ : Ss-5FW



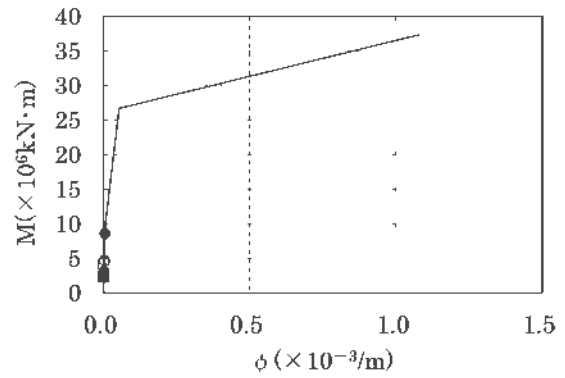
1



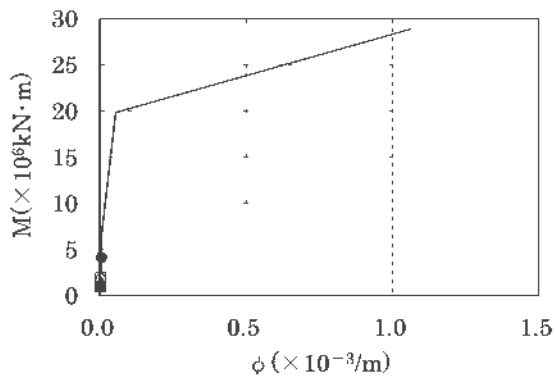
4



2



5

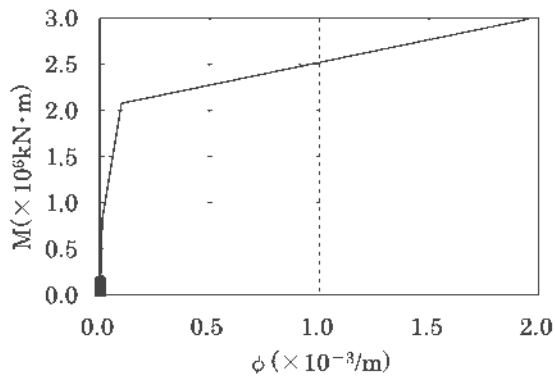


3

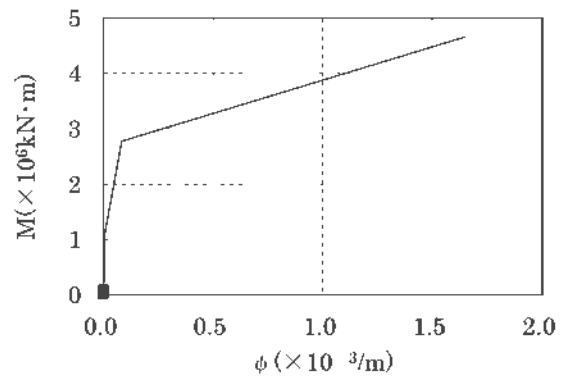
(a) 基本ケース(1/2)

第4-17図 曲げスケルトンカーブ上の最大応答値
(X方向、基準地震動 Ss) (1/8)

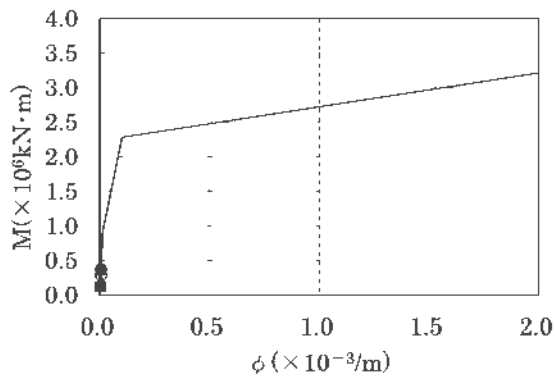
● : Ss-1H ■ : Ss-2X ▲ : Ss-3X
 ○ : Ss-4H □ : Ss-5NS △ : Ss-5EW



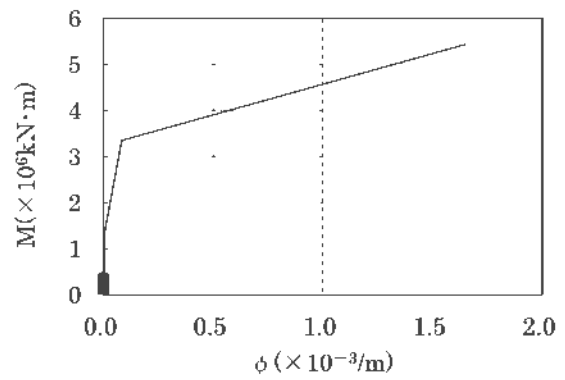
6



8



7

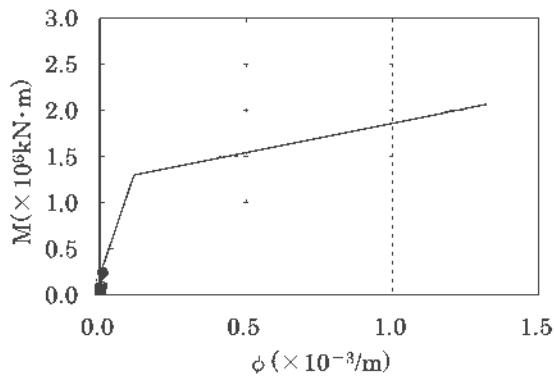


9

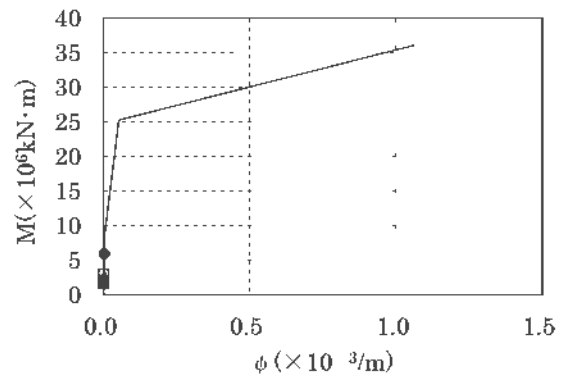
(a) 基本ケース(2/2)

第4-17図 曲げスケルトンカーブ上の最大応答値
 (X方向、基準地震動 Ss) (2/8)

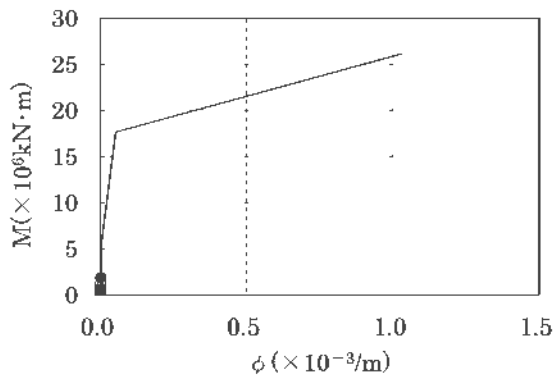
● : Ss-1H ■ : Ss-2X ▲ : Ss-3X
 ○ : Ss-4H □ : Ss-5NS △ : Ss-5FW



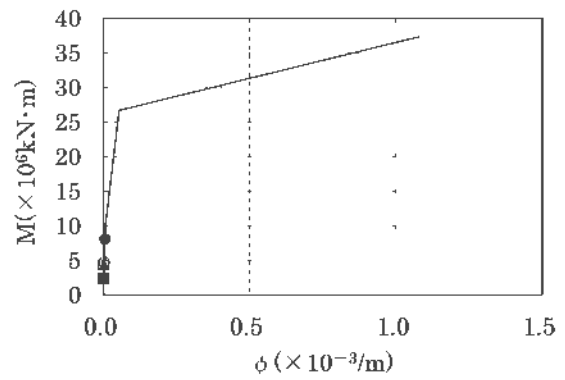
1



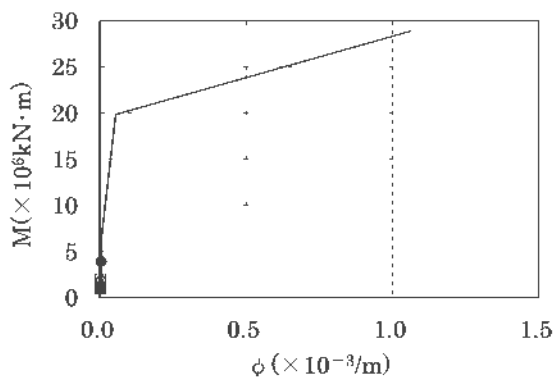
4



2



5

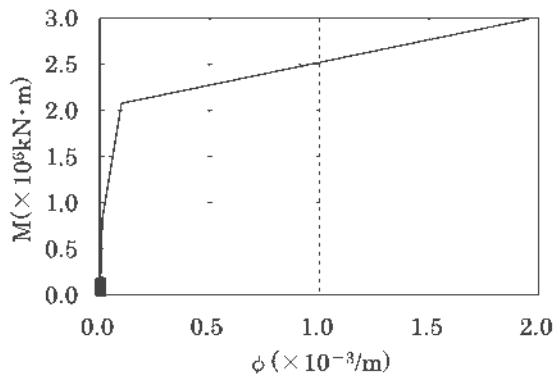


3

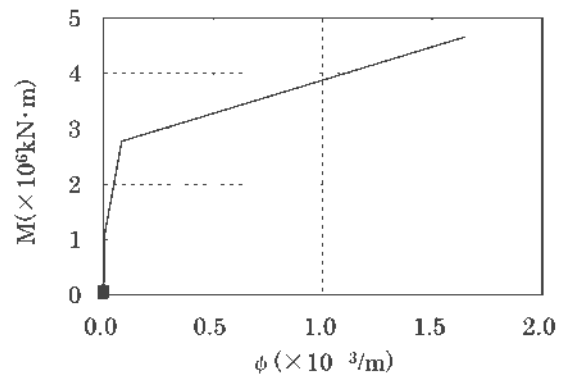
(b) 地盤物性のばらつき考慮 (-1σ) (1/2)

第4-17図 曲げスケルトンカーブ上の最大応答値
(X方向、基準地震動 Ss) (3/8)

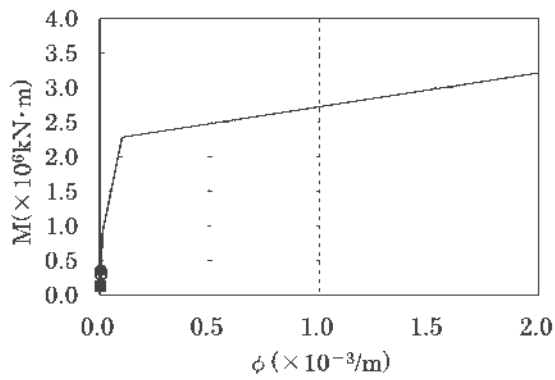
● : Ss-1H ■ : Ss-2X ▲ : Ss-3X
 ○ : Ss-4H □ : Ss-5NS △ : Ss-5FW



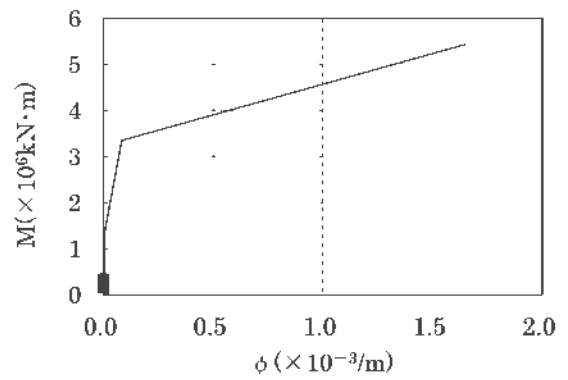
6



8



7

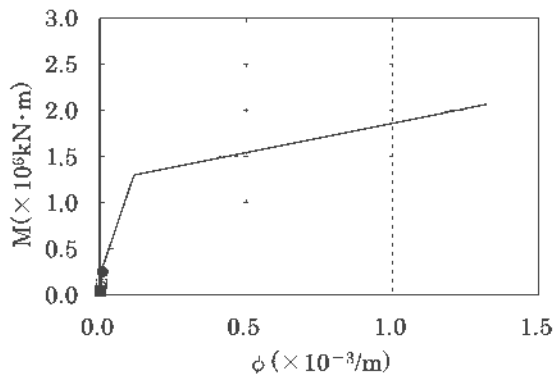


9

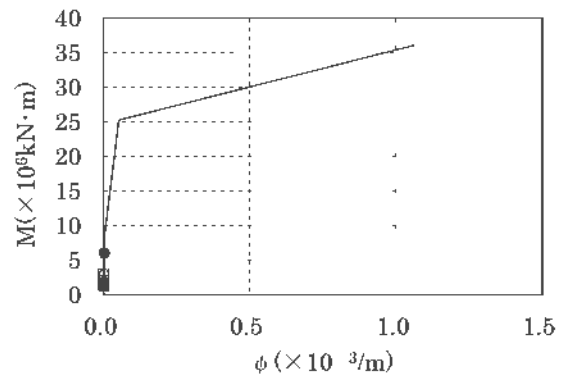
(b) 地盤物性のばらつき考慮 (-1σ) (2/2)

第4-17図 曲げスケルトンカーブ上の最大応答値
 (X方向、基準地震動 Ss) (4/8)

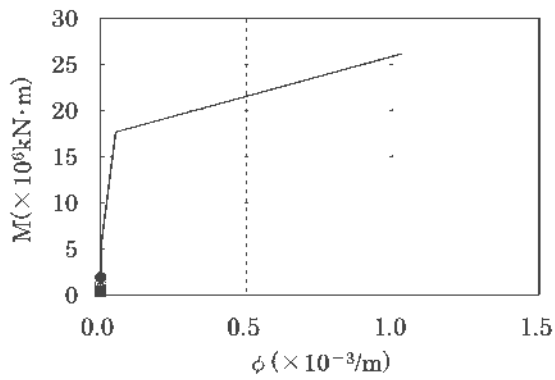
● : Ss-1H ■ : Ss-2X ▲ : Ss-3X
 ○ : Ss-4H □ : Ss-5NS △ : Ss-5FW



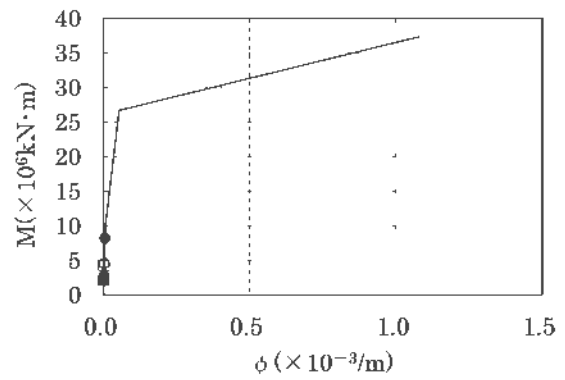
1



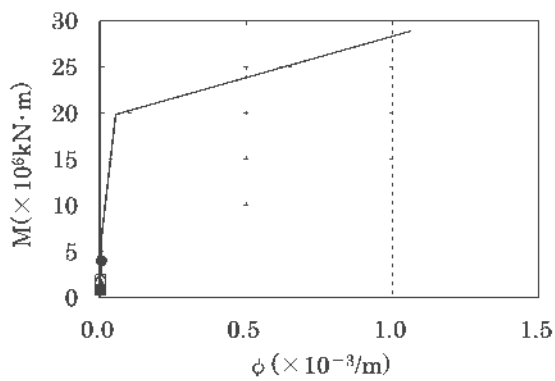
4



2



5

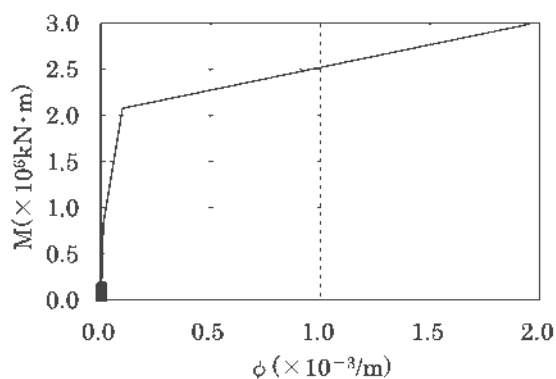


3

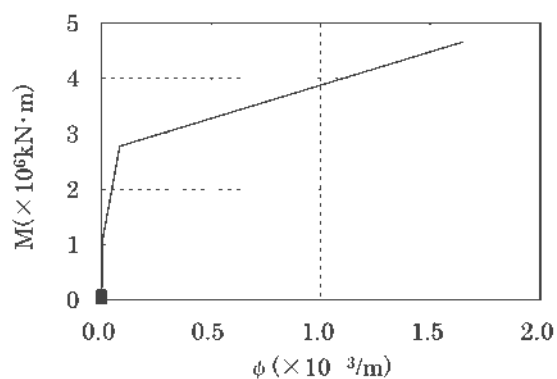
(c) 地盤物性のばらつき考慮 (+1σ) (1/2)

第4-17図 曲げスケルトンカーブ上の最大応答値
(X方向、基準地震動 Ss) (5/8)

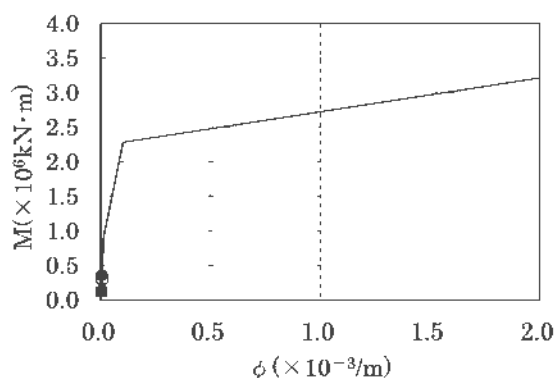
● : Ss-1H ■ : Ss-2x ▲ : Ss-3x
 ○ : Ss-4H □ : Ss-5NS △ : Ss-5FW



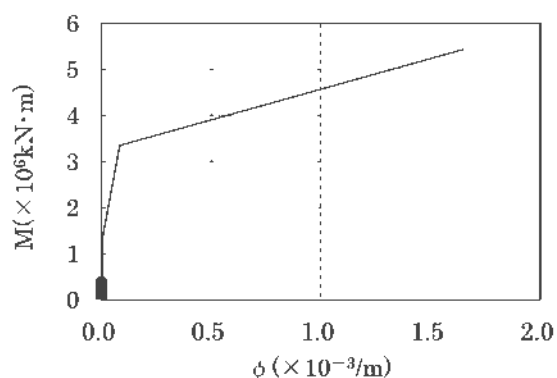
6



8



7

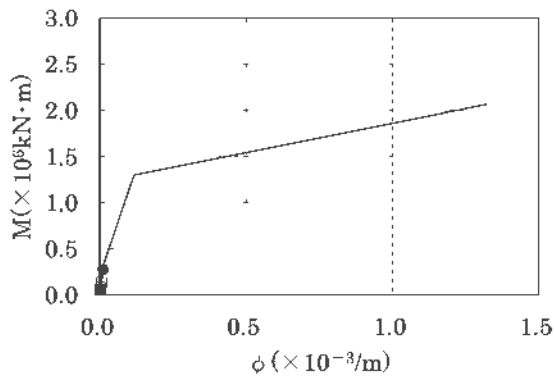


9

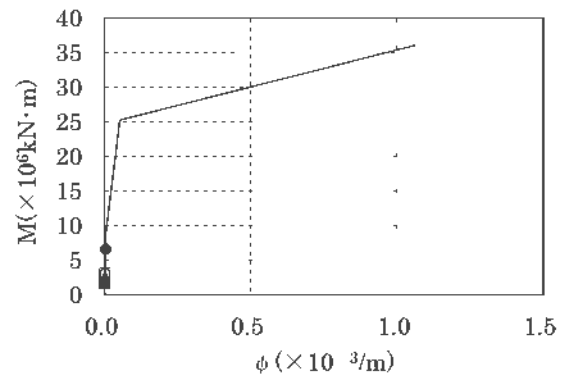
(c) 地盤物性のばらつき考慮 (+1σ) (2/2)

第4-17図 曲げスケルトンカーブ上の最大応答値
 (X方向、基準地震動 Ss) (6/8)

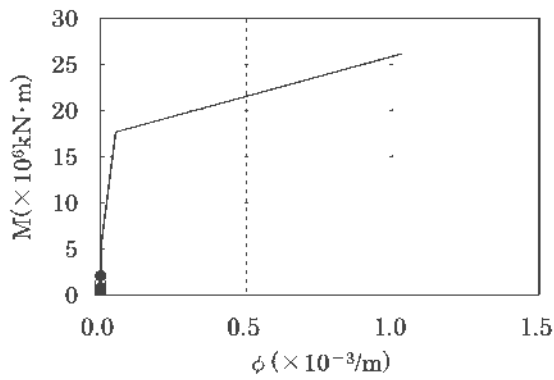
● : Ss-1H ■ : Ss-2x ▲ : Ss-3x
 ○ : Ss-4H □ : Ss-5NS △ : Ss-5FW



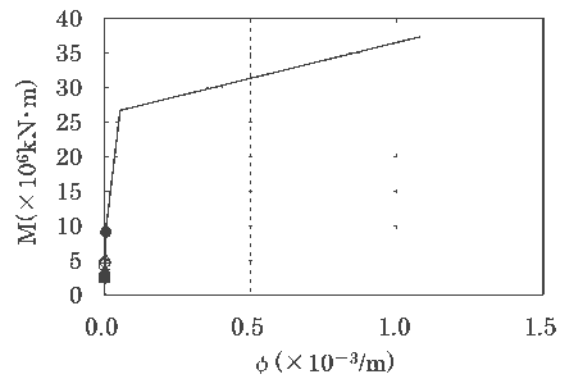
1



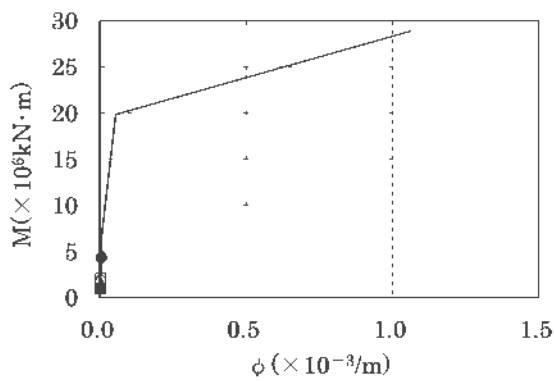
4



2



5

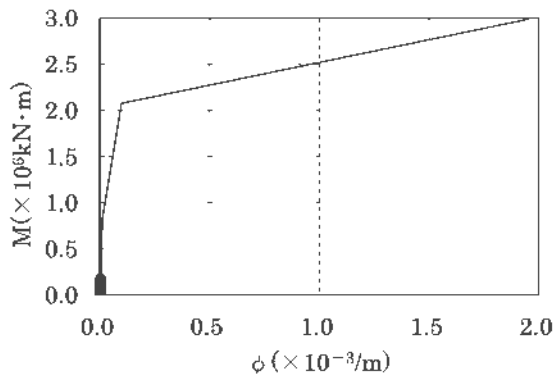


3

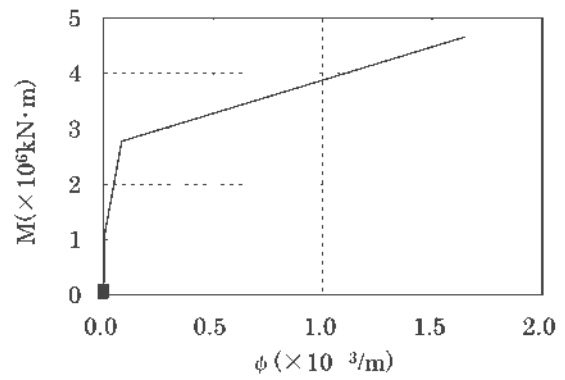
(d) 減衰定数の設定に起因する不確かさ考慮(1/2)

第 4-17 図 曲げスケルトンカーブ上の最大応答値
 (X 方向、基準地震動 Ss) (7/8)

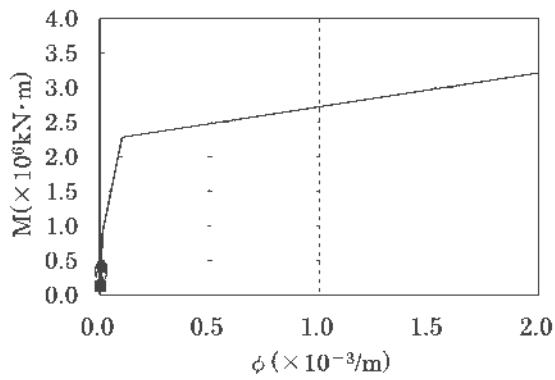
● : Ss-1H ■ : Ss-2x ▲ : Ss-3x
 ○ : Ss-4H □ : Ss-5NS △ : Ss-5EW



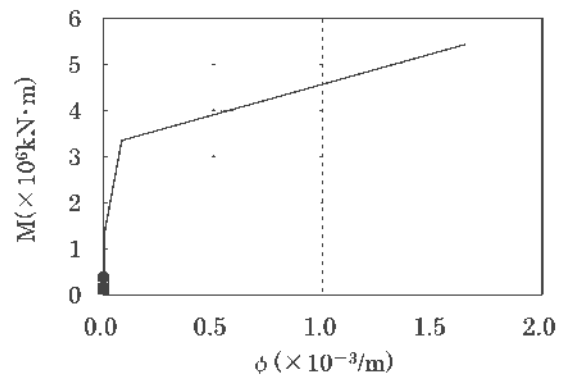
6



8



7

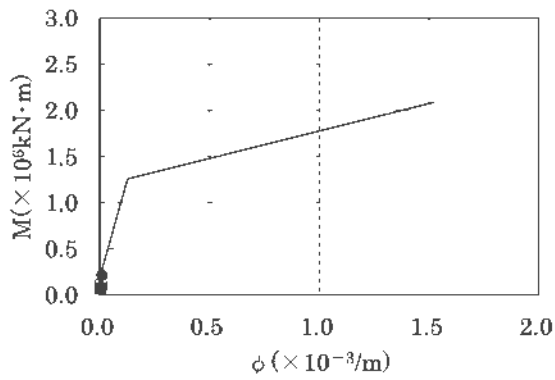


9

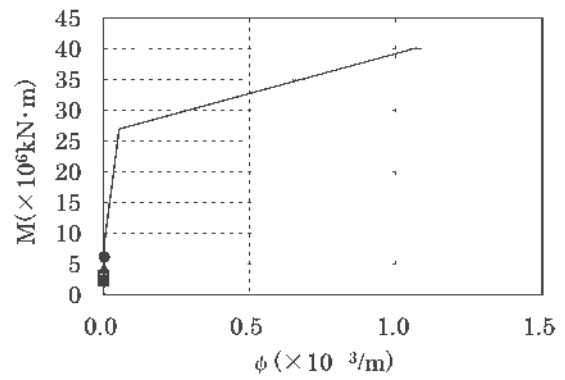
(d) 減衰定数の設定に起因する不確かさ考慮(2/2)

第4-17図 曲げスケルトンカーブ上の最大応答値
(X方向、基準地震動 Ss) (8/8)

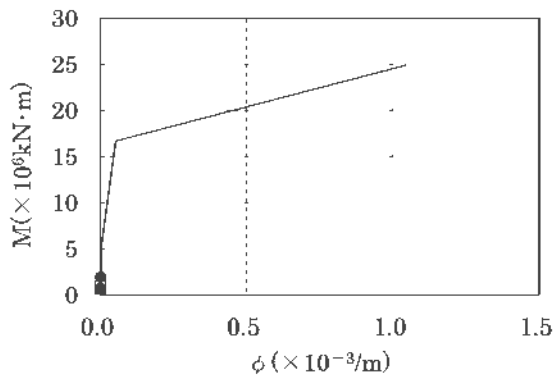
● : Ss-1H ■ : Ss-2Y ▲ : Ss-3Y
 ○ : Ss-4H □ : Ss-5NS △ : Ss-5EW



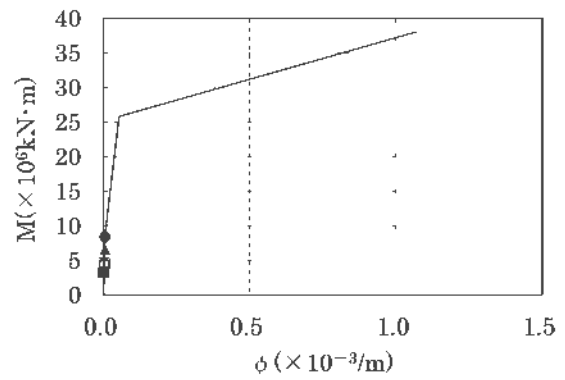
1



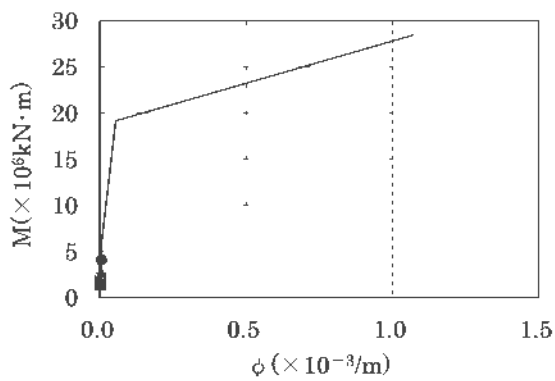
4



2



5

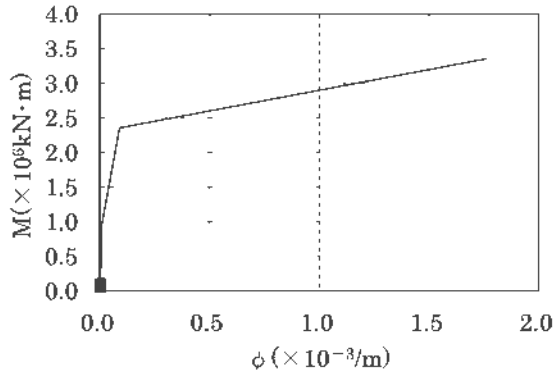


3

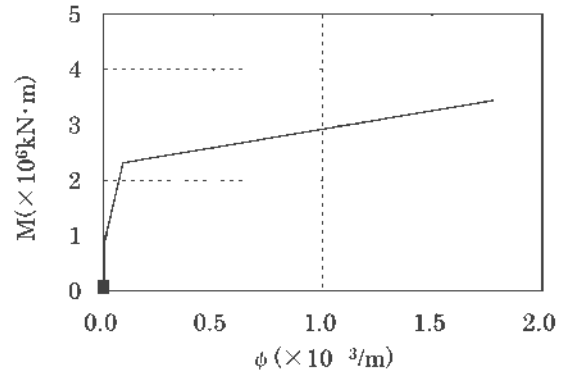
(a) 基本ケース(1/2)

第 4-18 図 曲げスケルトンカーブ上の最大応答値
(Y 方向、基準地震動 Ss) (1/8)

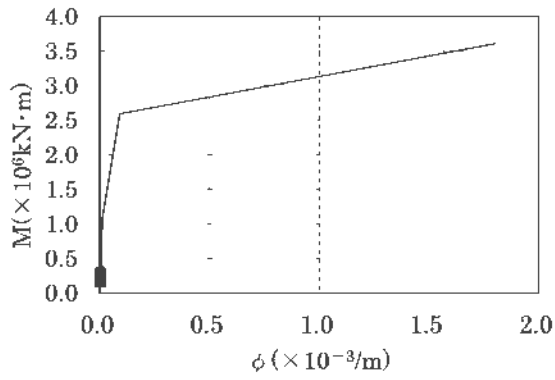
● : Ss-1H ■ : Ss-2Y ▲ : Ss-3Y
 ○ : Ss-4H □ : Ss-5NS △ : Ss-5EW



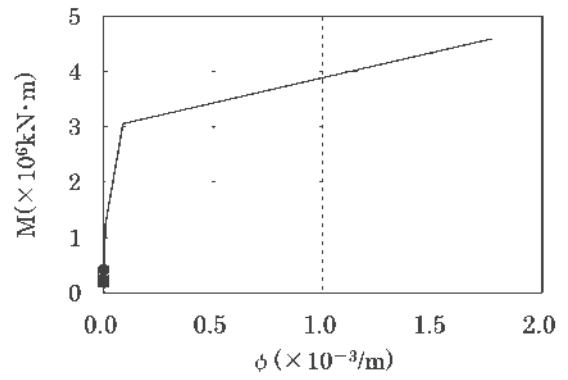
6



8



7

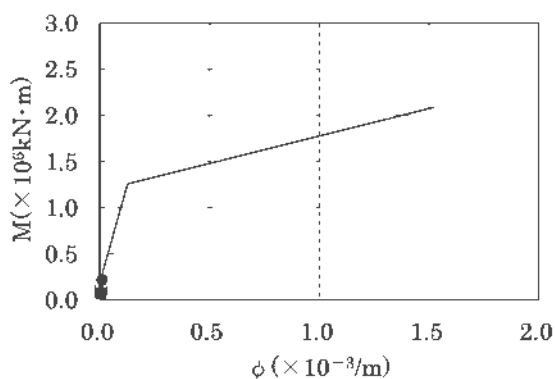


9

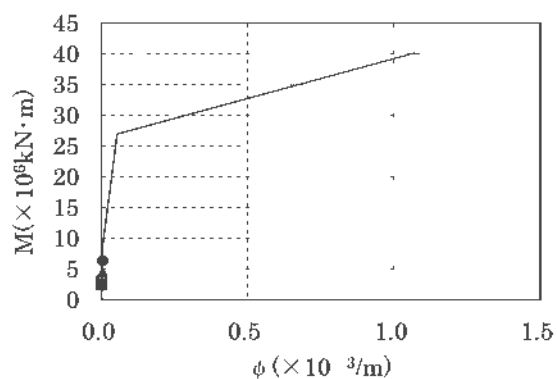
(a) 基本ケース(2/2)

第4-18図 曲げスケルトンカーブ上の最大応答値
 (Y方向、基準地震動 Ss) (2/8)

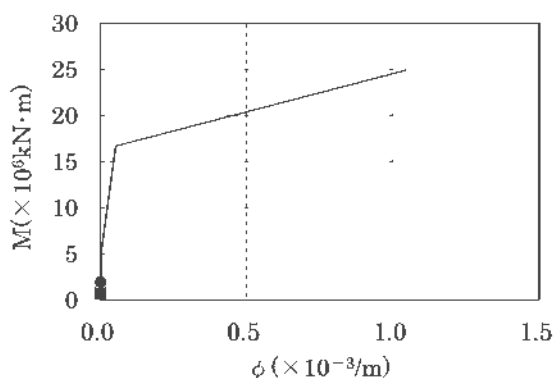
● : Ss-1H ■ : Ss-2Y ▲ : Ss-3Y
 ○ : Ss-4H □ : Ss-5NS △ : Ss-5FW



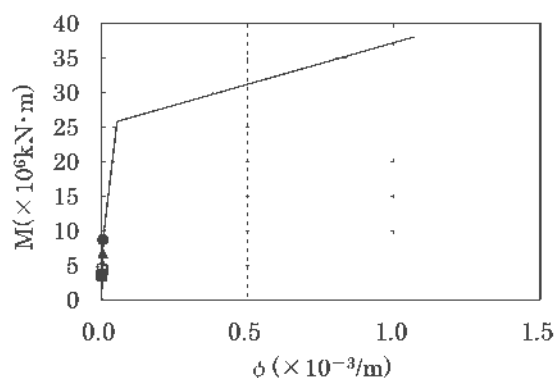
1



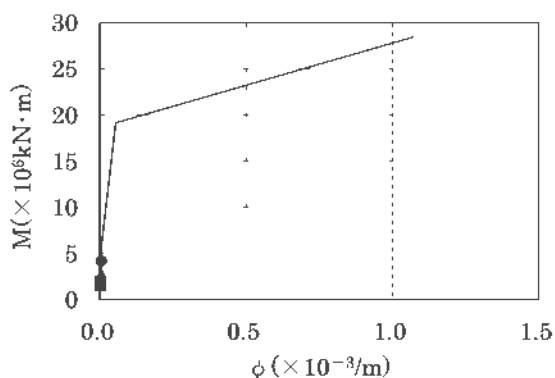
4



2



5

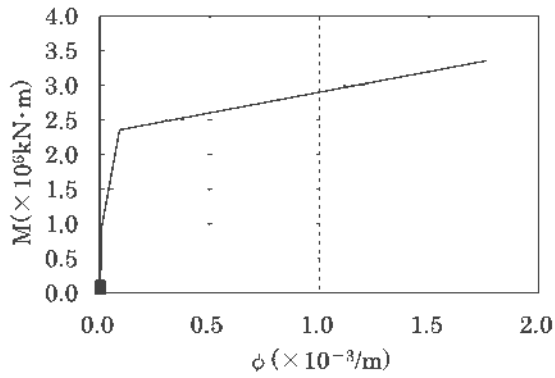


3

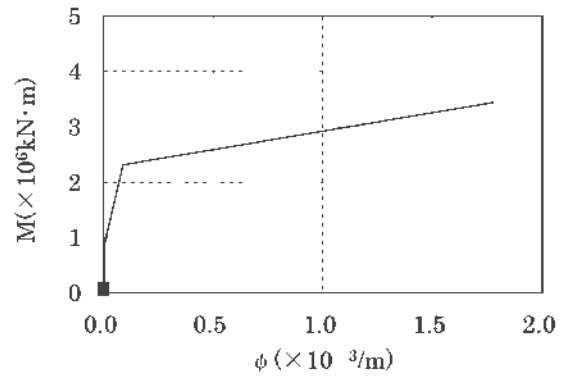
(b) 地盤物性のばらつき考慮 (-1σ) (1/2)

第4-18図 曲げスケルトンカーブ上の最大応答値
 (Y方向、基準地震動 Ss) (3/8)

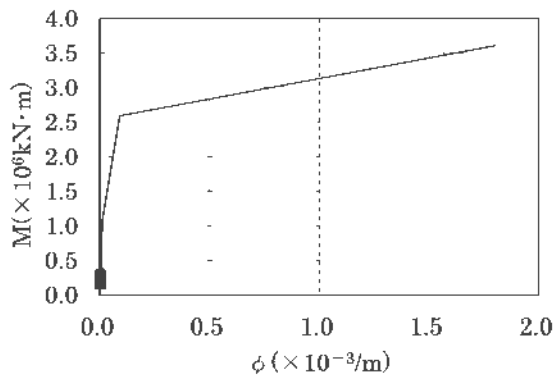
● : Ss-1H ■ : Ss-2Y ▲ : Ss-3Y
 ○ : Ss-4H □ : Ss-5NS △ : Ss-5FW



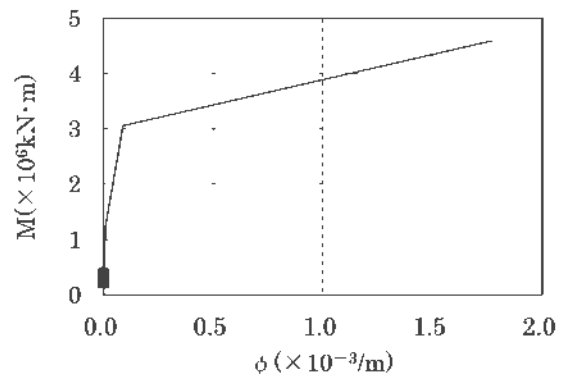
6



8



7

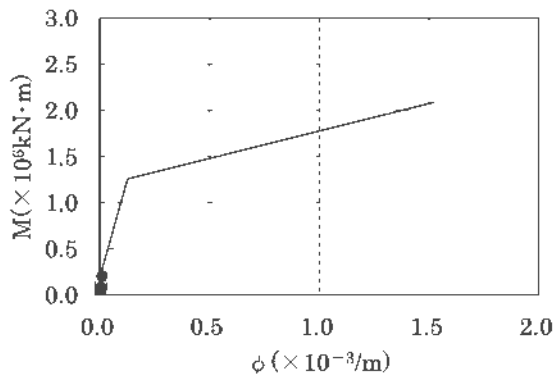


9

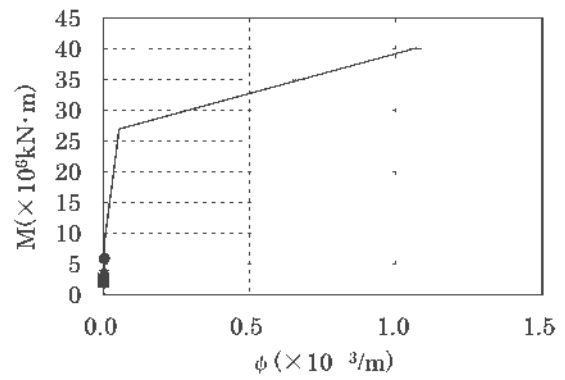
(b) 地盤物性のばらつき考慮 (-1σ) (2/2)

第4-18図 曲げスケルトンカーブ上の最大応答値
 (Y方向、基準地震動 Ss) (4/8)

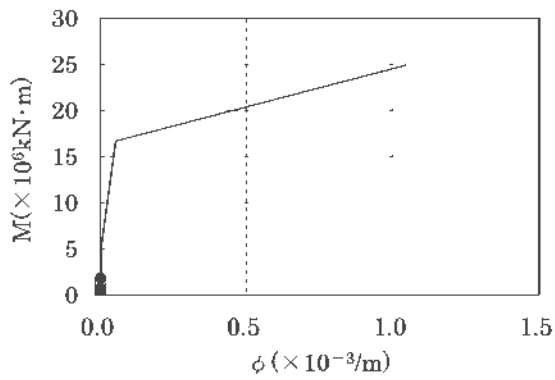
● : Ss-1H ■ : Ss-2Y ▲ : Ss-3Y
 ○ : Ss-4H □ : Ss-5NS △ : Ss-5FW



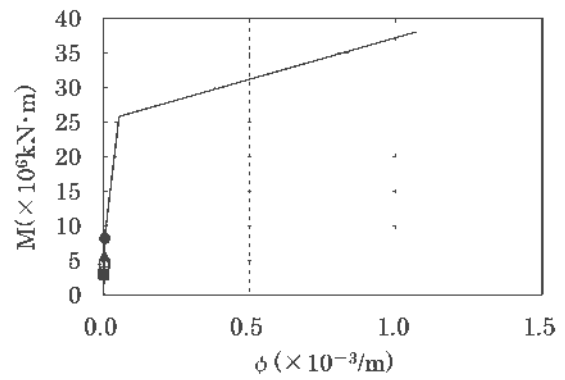
1



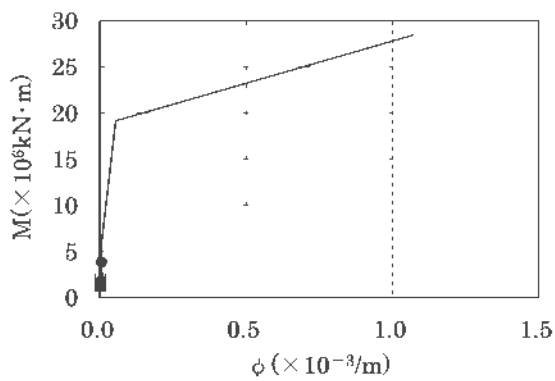
4



2



5

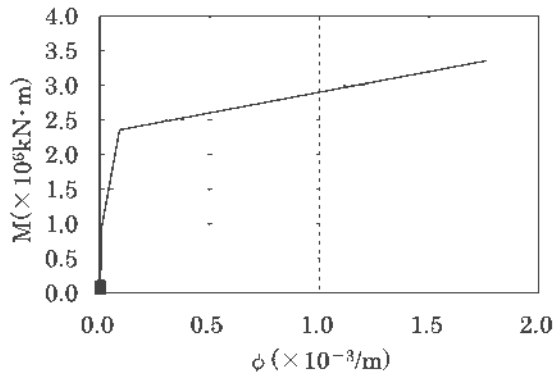


3

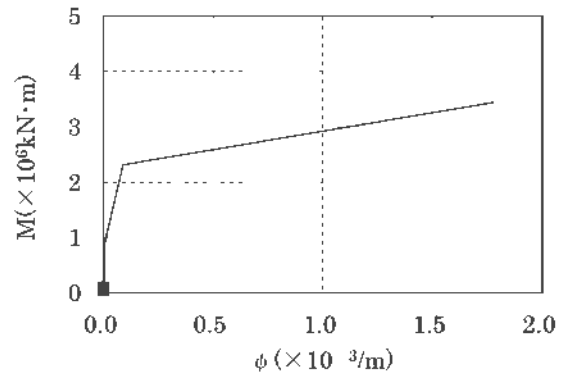
(c) 地盤物性のばらつき考慮 (+1σ) (1/2)

第 4-18 図 曲げスケルトンカーブ上の最大応答値
 (Y 方向、基準地震動 Ss) (5/8)

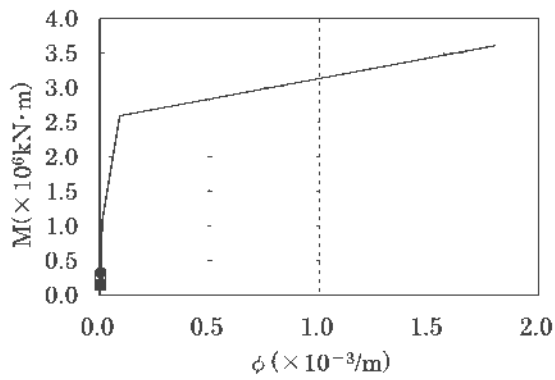
● : Ss-1H ■ : Ss-2Y ▲ : Ss-3Y
 ○ : Ss-4H □ : Ss-5NS △ : Ss-5EW



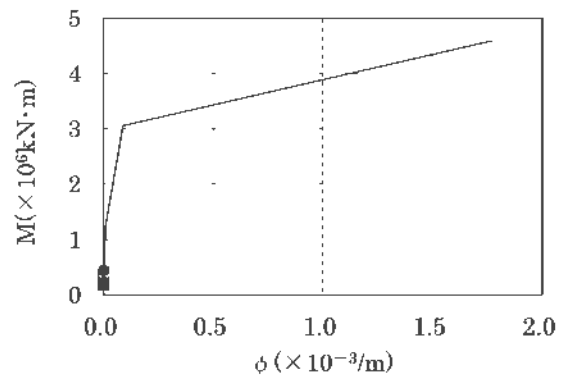
6



8



7

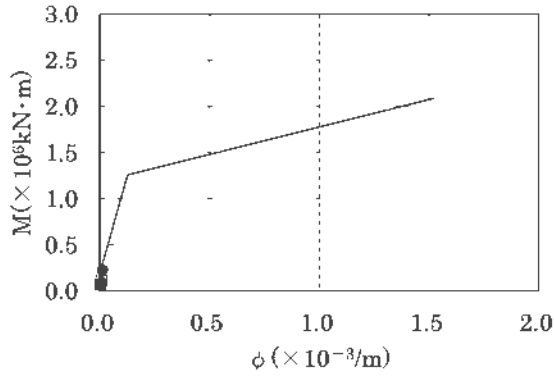


9

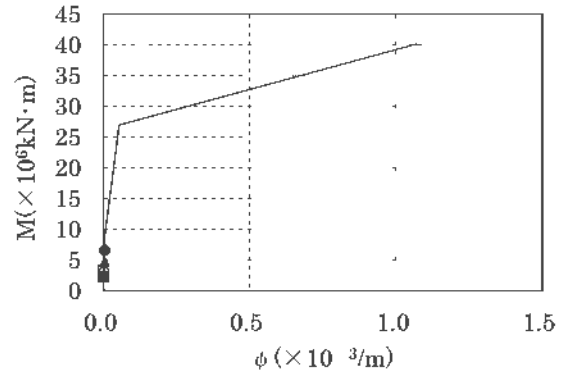
(c) 地盤物性のばらつき考慮 (+1σ) (2/2)

第4-18図 曲げスケルトンカーブ上の最大応答値
 (Y方向、基準地震動 Ss) (6/8)

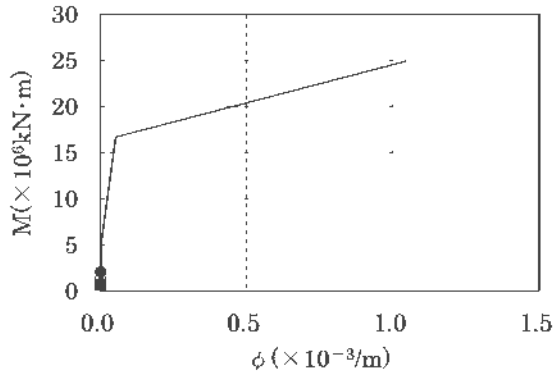
● : Ss-1H ■ : Ss-2Y ▲ : Ss-3Y
 ○ : Ss-4H □ : Ss-5NS △ : Ss-5FW



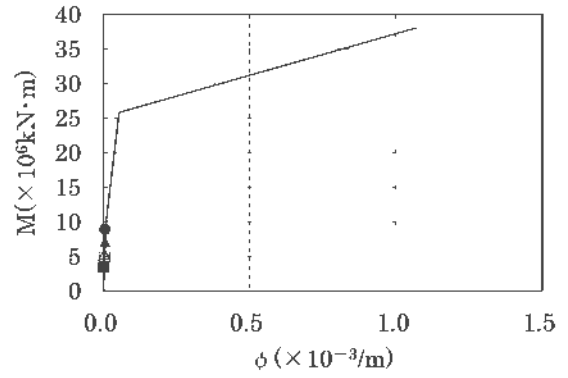
1



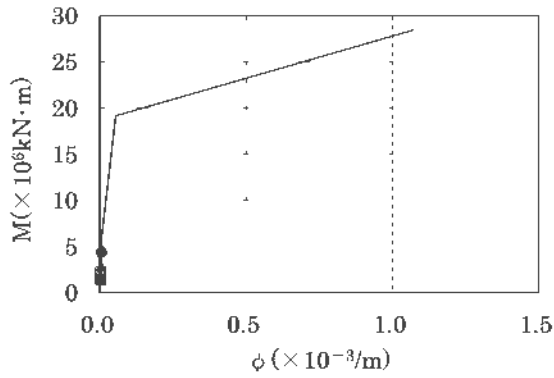
4



2



5

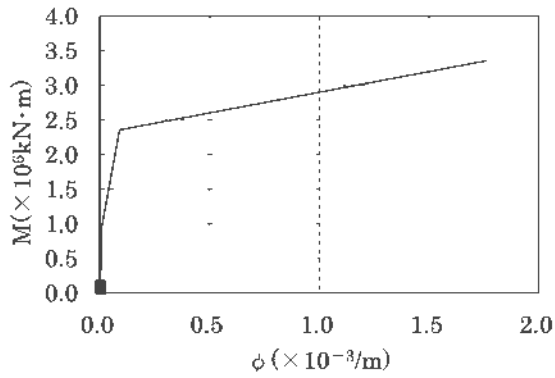


3

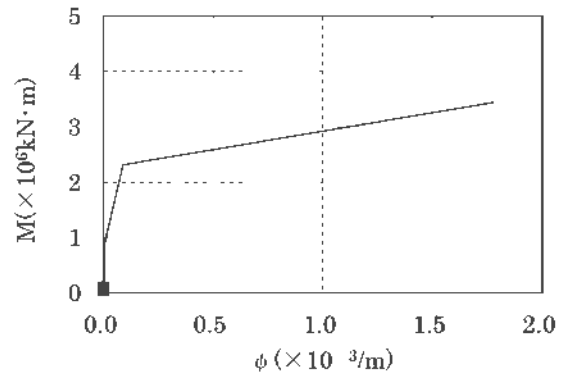
(d) 減衰定数の設定に起因する不確かさ考慮(1/2)

第 4-18 図 曲げスケルトンカーブ上の最大応答値
 (Y 方向、基準地震動 Ss) (7/8)

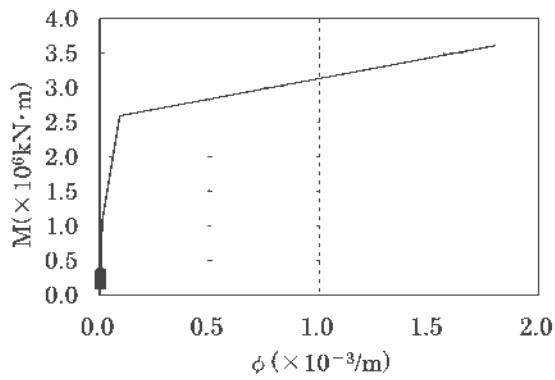
● : Ss-1H ■ : Ss-2Y ▲ : Ss-3Y
 ○ : Ss-4H □ : Ss-5NS △ : Ss-5EW



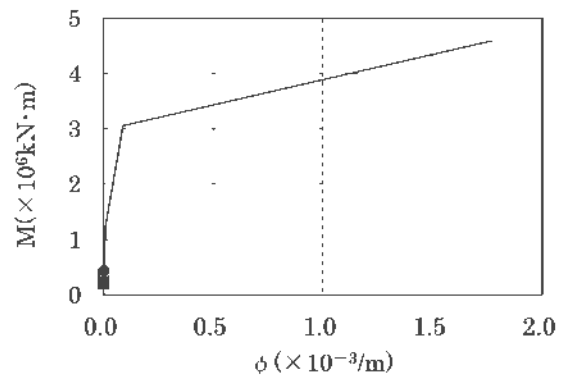
6



8



7



9

(d) 減衰定数の設定に起因する不確かさ考慮(2/2)

第4-18図 曲げスケルトンカーブ上の最大応答値
(Y方向、基準地震動 Ss) (8/8)

第4-15表 浮上りの検討（基準地震動 Ss）

		X 方向	Y 方向
浮上り限界転倒モーメント(kN・m)		9.49×10^6	1.43×10^7
Ss-1	最大転倒モーメント(kN・m)	1.27×10^7	1.32×10^7
	接地率(%)	83.2	100.0
Ss-2	最大転倒モーメント(kN・m)	4.15×10^6	6.16×10^6
	接地率(%)	100.0	100.0
Ss-3	最大転倒モーメント(kN・m)	7.14×10^6	1.28×10^7
	接地率(%)	100.0	100.0
Ss-4	最大転倒モーメント(kN・m)	9.98×10^6	9.48×10^6
	接地率(%)	97.4	100.0
Ss-5 _{NS}	最大転倒モーメント(kN・m)	7.58×10^6	7.56×10^6
	接地率(%)	100.0	100.0
Ss-5 _{EW}	最大転倒モーメント(kN・m)	8.29×10^6	8.57×10^6
	接地率(%)	100.0	100.0

第4-16表 最大接地圧（基準地震動 Ss）

（単位：N/mm²）

地震動	方向		最大接地圧			
			基本 ケース	地盤物性の ばらつき考慮		減衰定数の 設定に起因 する不確か さ考慮
				-1 σ	+1 σ	
Ss-1	X	鉛直上向き	0.865	0.830	0.817	0.904
		鉛直下向き	0.906	0.878	0.873	0.930
	Y	鉛直上向き	0.649	0.657	0.628	0.662
		鉛直下向き	0.749	0.744	0.723	0.761
Ss-2	X	鉛直上向き	0.497	0.516	0.486	0.507
		鉛直下向き	0.547	0.559	0.532	0.556
	Y	鉛直上向き	0.495	0.512	0.479	0.503
		鉛直下向き	0.544	0.555	0.526	0.553
Ss-3	X	鉛直上向き	0.585	0.616	0.572	0.594
		鉛直下向き	0.688	0.713	0.674	0.697
	Y	鉛直上向き	0.637	0.659	0.602	0.661
		鉛直下向き	0.740	0.754	0.703	0.763
Ss-4	X	鉛直上向き	0.712	0.719	0.697	0.722
		鉛直下向き	0.784	0.777	0.765	0.792
	Y	鉛直上向き	0.565	0.585	0.554	0.570
		鉛直下向き	0.643	0.647	0.624	0.648
Ss-5 _{NS}	X	鉛直上向き	0.596	0.612	0.588	0.609
		鉛直下向き	0.710	0.691	0.686	0.724
	Y	鉛直上向き	0.498	0.513	0.504	0.511
		鉛直下向き	0.612	0.592	0.602	0.626
Ss-5 _{EW}	X	鉛直上向き	0.623	0.650	0.611	0.641
		鉛直下向き	0.737	0.729	0.709	0.754
	Y	鉛直上向き	0.524	0.542	0.512	0.537
		鉛直下向き	0.638	0.621	0.610	0.652

4.2 静的解析

「3.3 解析方法」による計算方法で算出した地震層せん断力係数 $3.0C_i$ 及び水平地震力 Q_i を第 4-17 表及び第 4-18 表、最大接地圧を第 4-19 表、必要保有水平耐力 Q_{un} を第 4-20 表に示す。

第 4-17 表 地震層せん断力係数及び水平地震力 (X 方向)

部材番号	高さ (m)	W_i (kN)	地震層せん断力係数 $3.0C_i$	水平地震力 Q_i (kN)
①	EL.42.70～ EL.37.60	1.61×10^4	0.905	1.46×10^4
②	EL.37.60～ EL.30.75	8.31×10^4	0.735	7.29×10^4
③	EL.30.75～ EL.25.30	1.02×10^5	0.633	1.27×10^5
④	EL.25.30～ EL.20.30	9.31×10^4	0.551	1.62×10^5
⑤	EL.20.30～ EL.15.00	9.09×10^4	0.480	1.85×10^5
⑥	EL.24.85～ EL.19.925	2.77×10^4	0.570	1.58×10^4
⑦	EL.19.925～ EL.15.00	2.26×10^4	0.480	2.41×10^4
⑧	EL.24.85～ EL.21.20	3.29×10^4	0.519	1.71×10^4
⑨	EL.21.20～ EL.15.00	3.23×10^4	0.480	3.13×10^4

第4-18表 地震層せん断力係数及び水平地震力 (Y方向)

部材 番号	高さ (m)	W_i (kN)	地震層せん断力係数 $3.0C_i$	水平地震力 Q_i (kN)
①	EL.42.70～ EL.37.60	1.61×10^4	0.898	1.45×10^4
②	EL.37.60～ EL.30.75	8.31×10^4	0.739	7.33×10^4
③	EL.30.75～ EL.25.30	1.02×10^5	0.636	1.28×10^5
④	EL. 25.30～ EL.20.30	9.31×10^4	0.551	1.62×10^5
⑤	EL. 20.30～ EL.15.00	9.09×10^4	0.480	1.85×10^5
⑥	EL.24.85～ EL.19.925	2.77×10^4	0.548	1.52×10^4
⑦	EL.19.925～ EL.15.00	2.26×10^4	0.480	2.41×10^4
⑧	EL.24.85～ EL.21.20	3.29×10^4	0.542	1.78×10^4
⑨	EL.21.20～ EL.15.00	3.23×10^4	0.480	3.13×10^4

第 4-19 表 最大接地圧（静的地震力）

（単位：N/mm²）

方向		最大接地圧
X	鉛直上向き	0.543
	鉛直下向き	0.717
Y	鉛直上向き	0.453
	鉛直下向き	0.627

第4-20表 必要保有水平耐力

部材 番号	高さ (m)	X方向			Y方向		
		構造特性 係数 D_s	形状特性 係数 F_{es}	必要保有 水平耐力 Q_{un} (kN)	構造特性 係数 D_s	形状特性 係数 F_{es}	必要保有 水平耐力 Q_{un} (kN)
①	EL.42.70~ EL.37.60	0.55	1.00	1.34×10^4	0.55	1.00	1.32×10^4
②	EL.37.60~ EL.30.75			6.69×10^4			6.72×10^4
③	EL.30.75~ EL.25.30			1.17×10^5			1.17×10^5
④	EL.25.30~ EL.20.30			1.49×10^5			1.49×10^5
⑤	EL.20.30~ EL.15.00			1.69×10^5			1.69×10^5
⑥	EL.24.85~ EL.19.925			1.45×10^4			1.39×10^4
⑦	EL.19.925~ EL.15.00			2.21×10^4			2.21×10^4
⑧	EL.24.85~ EL.21.20			1.57×10^4			1.63×10^4
⑨	EL.21.20~ EL.15.00			2.87×10^4			2.87×10^4

緊急時対策棟の耐震計算書

設計及び工事計画認可申請添付資料 12-16-2

玄海原子力発電所第3号機

目 次

	頁
1. 概 要	12 (3) - 16 - 2 - 1
2. 基本方針	12 (3) - 16 - 2 - 2
2.1 位 置	12 (3) - 16 - 2 - 2
2.2 構造概要	12 (3) - 16 - 2 - 4
2.3 評価方針	12 (3) - 16 - 2 - 8
2.4 適用規格	12 (3) - 16 - 2 - 11
3. 地震応答解析による評価方法	12 (3) - 16 - 2 - 12
4. 応力解析による評価方法	12 (3) - 16 - 2 - 16
4.1 評価対象部位	12 (3) - 16 - 2 - 17
4.2 荷重及び荷重の組合せ	12 (3) - 16 - 2 - 17
4.3 許容限界	12 (3) - 16 - 2 - 29
4.4 評価方法	12 (3) - 16 - 2 - 31
5. 評価結果	12 (3) - 16 - 2 - 42
5.1 地震応答解析による評価結果	12 (3) - 16 - 2 - 42
5.2 応力解析による評価結果	12 (3) - 16 - 2 - 53

1. 概 要

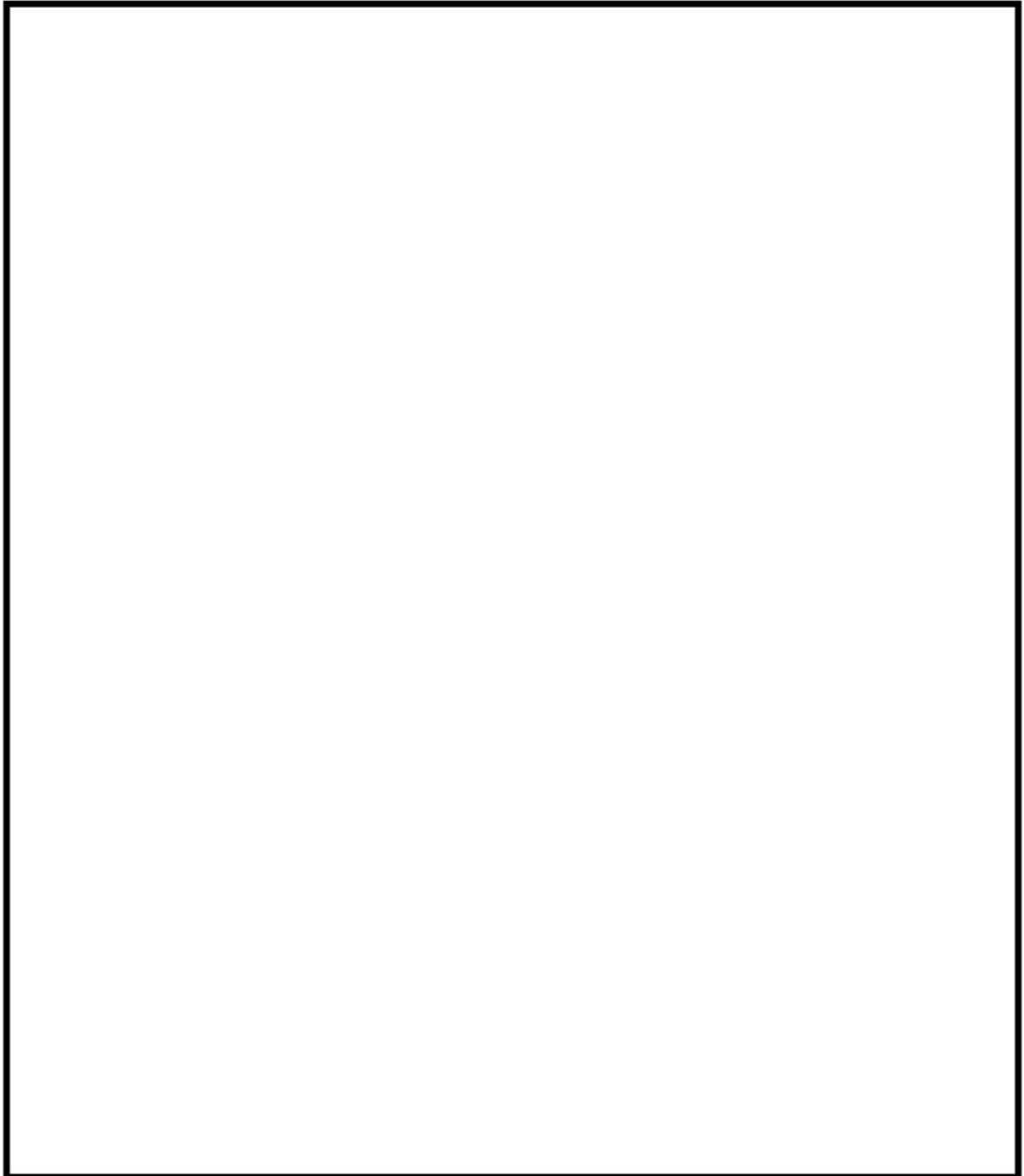
本資料は、資料 12-9「機能維持の基本方針」に基づき、緊急時対策棟の構造強度及び機能維持の確認について説明するものであり、その評価は、地震応答解析による評価及び応力解析による評価により行う。

緊急時対策棟は、設計基準対象施設においては C クラス施設及び C クラス施設の間接支持構造物に、重大事故等対処施設においては常設重大事故緩和設備の間接支持構造物に分類される。以下、それぞれの分類に応じた耐震評価を示す。

2. 基本方針

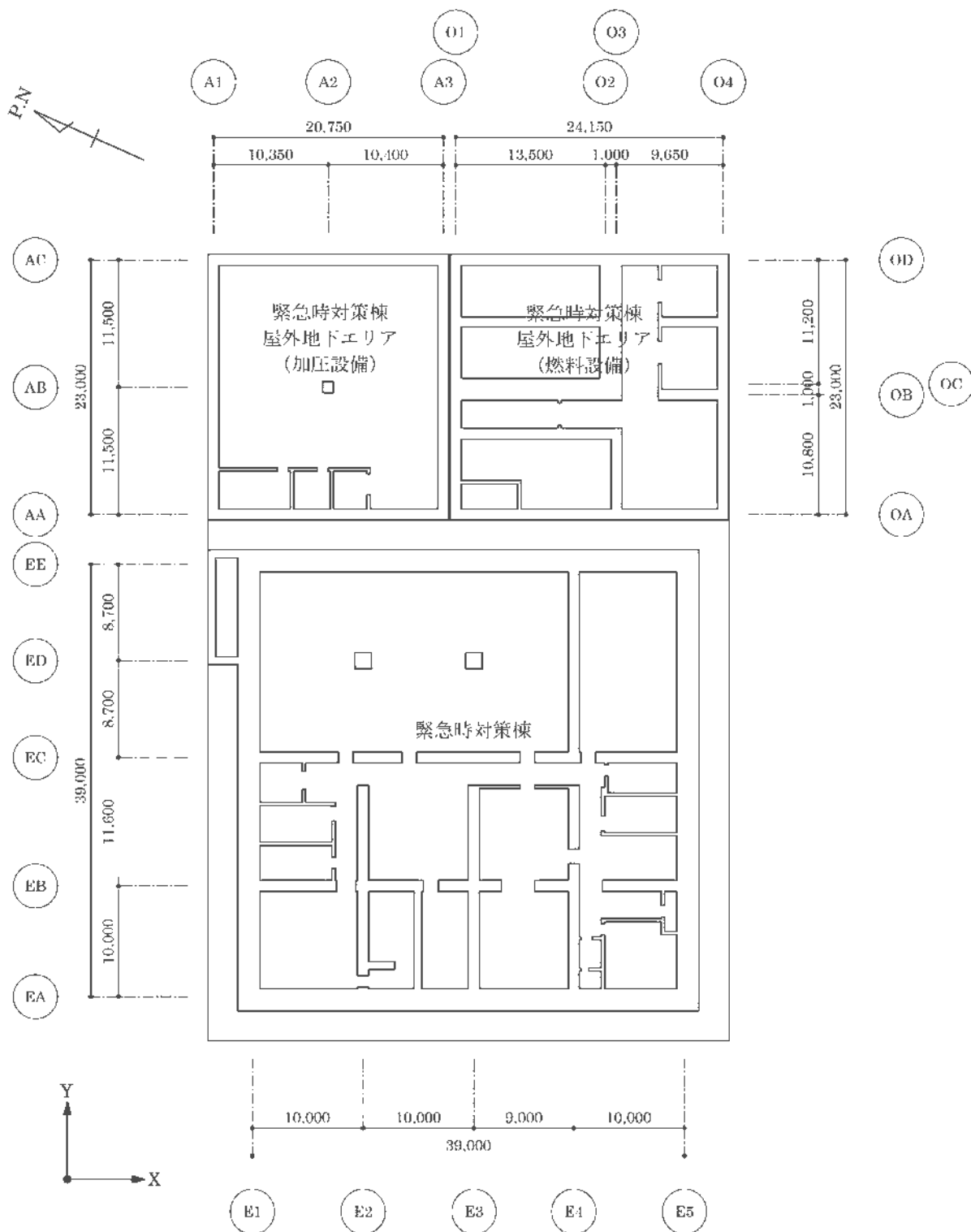
2.1 位 置

緊急時対策棟の設置位置及び概略配置図を第2-1図及び第2-2図に示す。



第2-1図 緊急時対策棟の設置位置

(mm)



第 2-2 図 緊急時対策棟の概略配置図 (地下 2 階)

2.2 構造概要

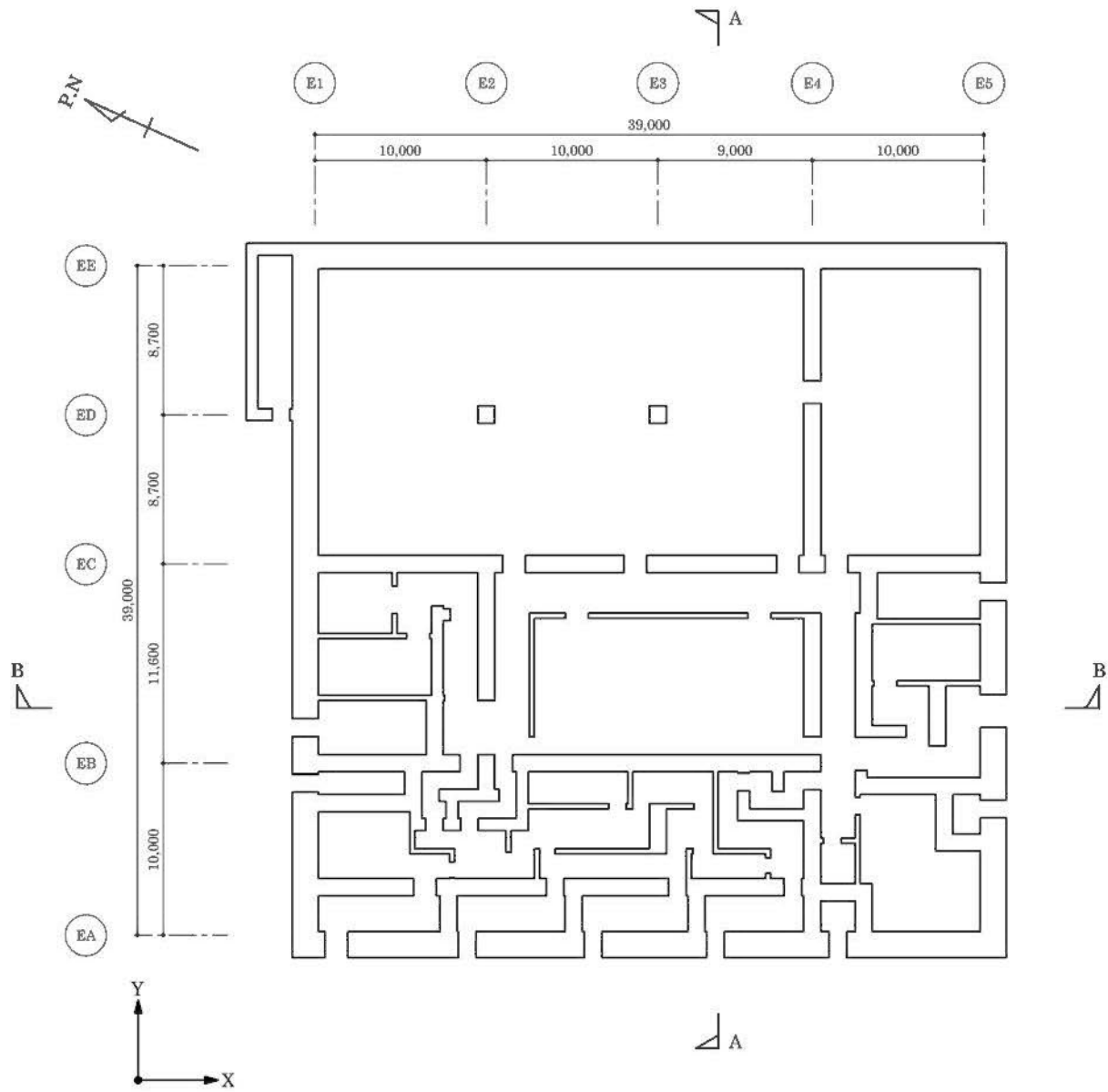
緊急時対策棟（以下「緊対棟」という。）は、第 6 保管エリアに配置されており、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）（以下「加圧設備棟」という。）及び緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）（以下「燃料設備棟」という。）とともに、同一基礎版上に設置された建物である。

ここで、緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟は、建屋の向きがプラントノースに対して東側に 65.8° 傾いているため、本耐震計算書においては、基礎版の短辺方向を X 方向、長辺方向を Y 方向と定義する。

主要構造は、地上 2 階、地下 2 階の鉄筋コンクリート造の壁式構造で、平面形状は、X 方向約 39m、Y 方向約 39m であり、地上高さは約 19m、埋込深さは約 18m である。

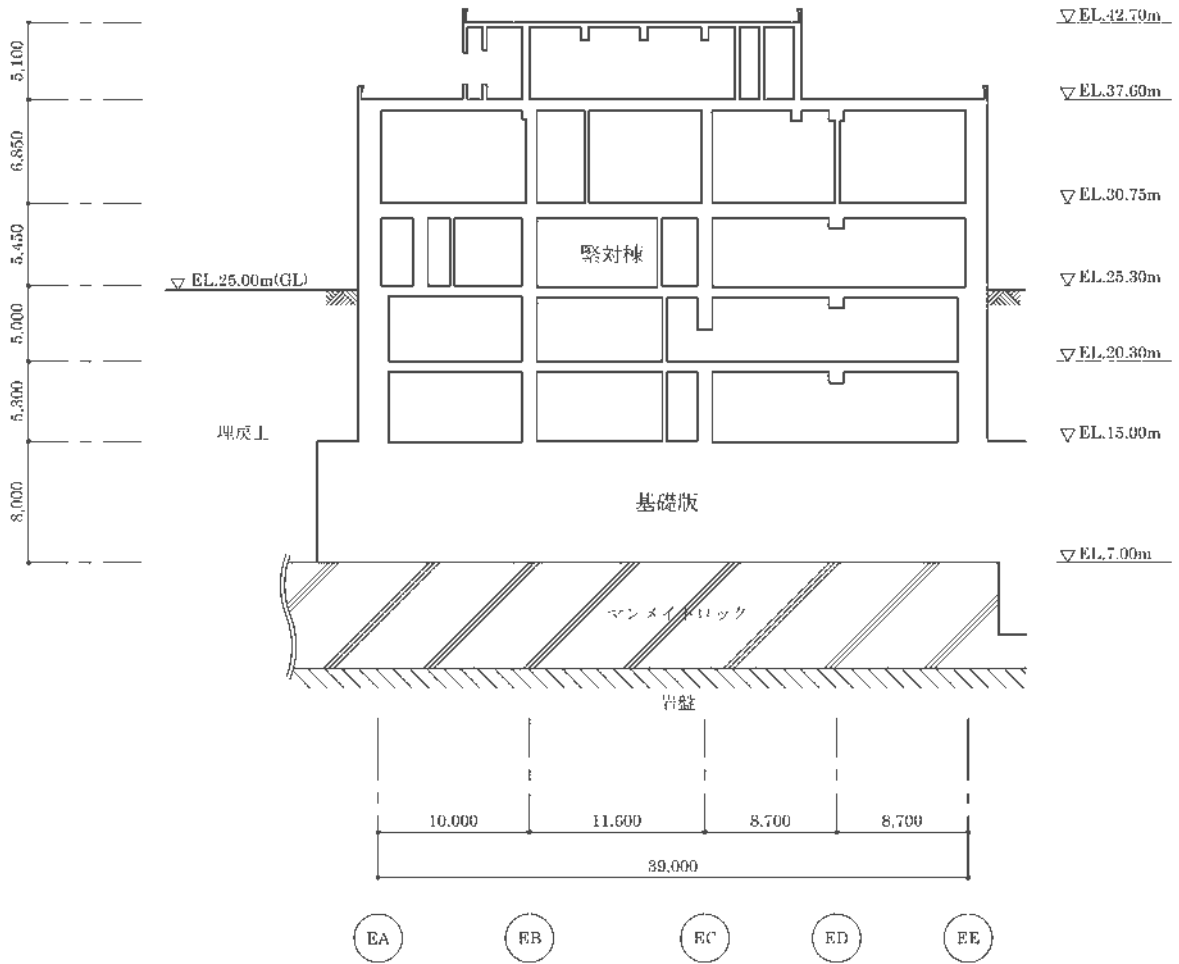
緊対棟の概略平面図及び概略断面図を第 2-3 図及び第 2-4 図に示す。

(mm)



第2-3図 緊対棟の概略平面図(EL.25.30m)

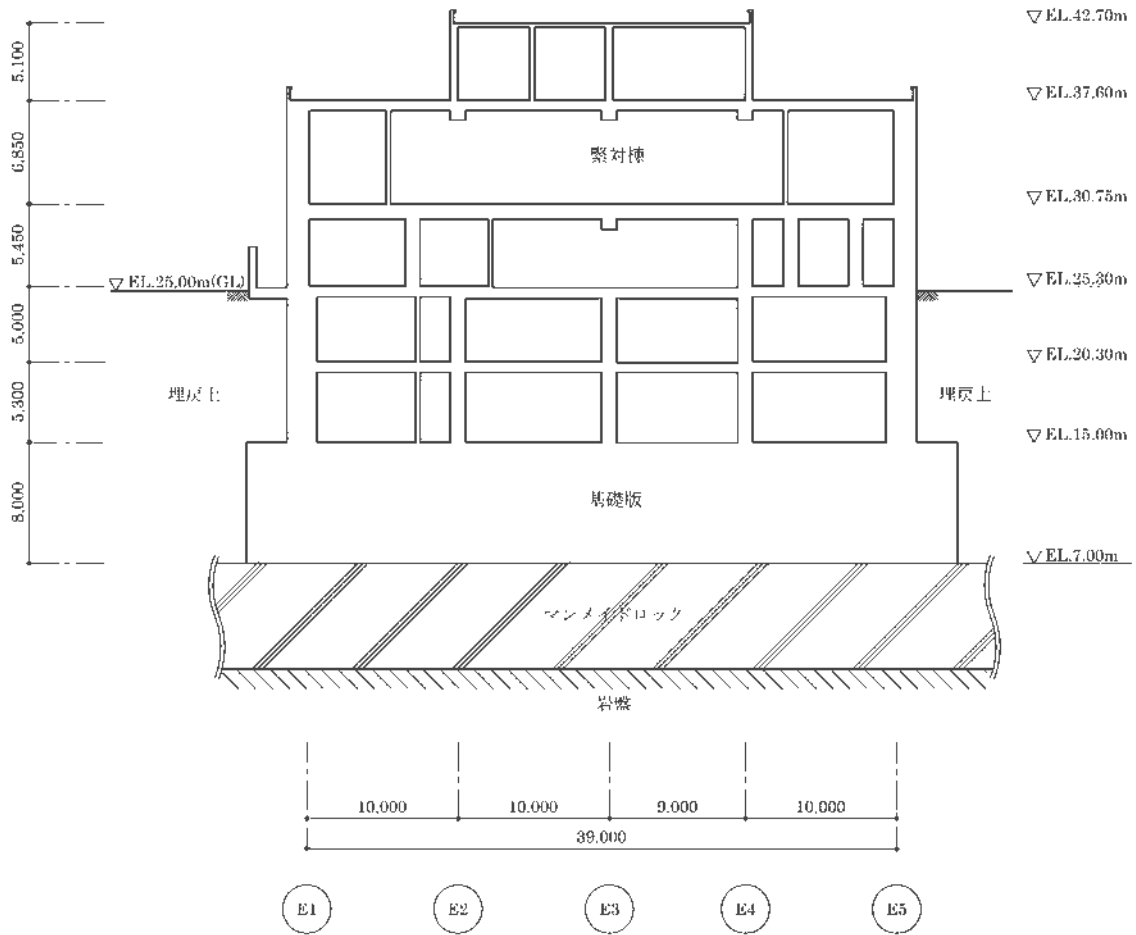
(mm)



(a) A-A 断面

第 2-4 図 緊対棟の概略断面図(1/2)

(mm)



(b) B-B断面

第 2-4 図 緊対棟の概略断面図(2/2)

2.3 評価方針

緊対棟は、設計基準対象施設においては C クラス施設及び C クラス施設の間接支持構造物に、重大事故等対処施設においては常設重大事故緩和設備の間接支持構造物に分類される。

緊対棟の評価は、重大事故等対処施設としての評価において、資料 12-16-1「緊急時対策棟、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）及び緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）の地震応答解析」による解析結果に基づき、構造物全体としての変形性能の評価及び保有水平耐力の評価並びに応力解析による評価を行う。また、基礎地盤の支持性能の評価及び基礎版の応力解析による評価については、資料 12-16-3「緊急時対策棟、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）及び緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）の基礎の耐震計算書」に示す。なお、緊対棟は、常時荷重が作用する状態（以下「常時」という。）に対する評価についても併せて行う。

さらに、耐震性向上の観点から、S クラス施設相当の静的地震力に対して、応力解析による評価を行う。

緊対棟の構造物全体としての変形性能の評価は、資料 12-16-1「緊急時対策棟、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）及び緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）の地震応答解析」による解析結果に基づき、基準地震動 S_s に対し、構造強度を確保すること並びに遮蔽性、気密性及び支持機能を維持することを確認する。また、保有水平耐力の評価により、要求される構造強度を確保することを確認する。

緊対棟の応力解析による評価は、壁、床及び屋根を評価対象部位とする。

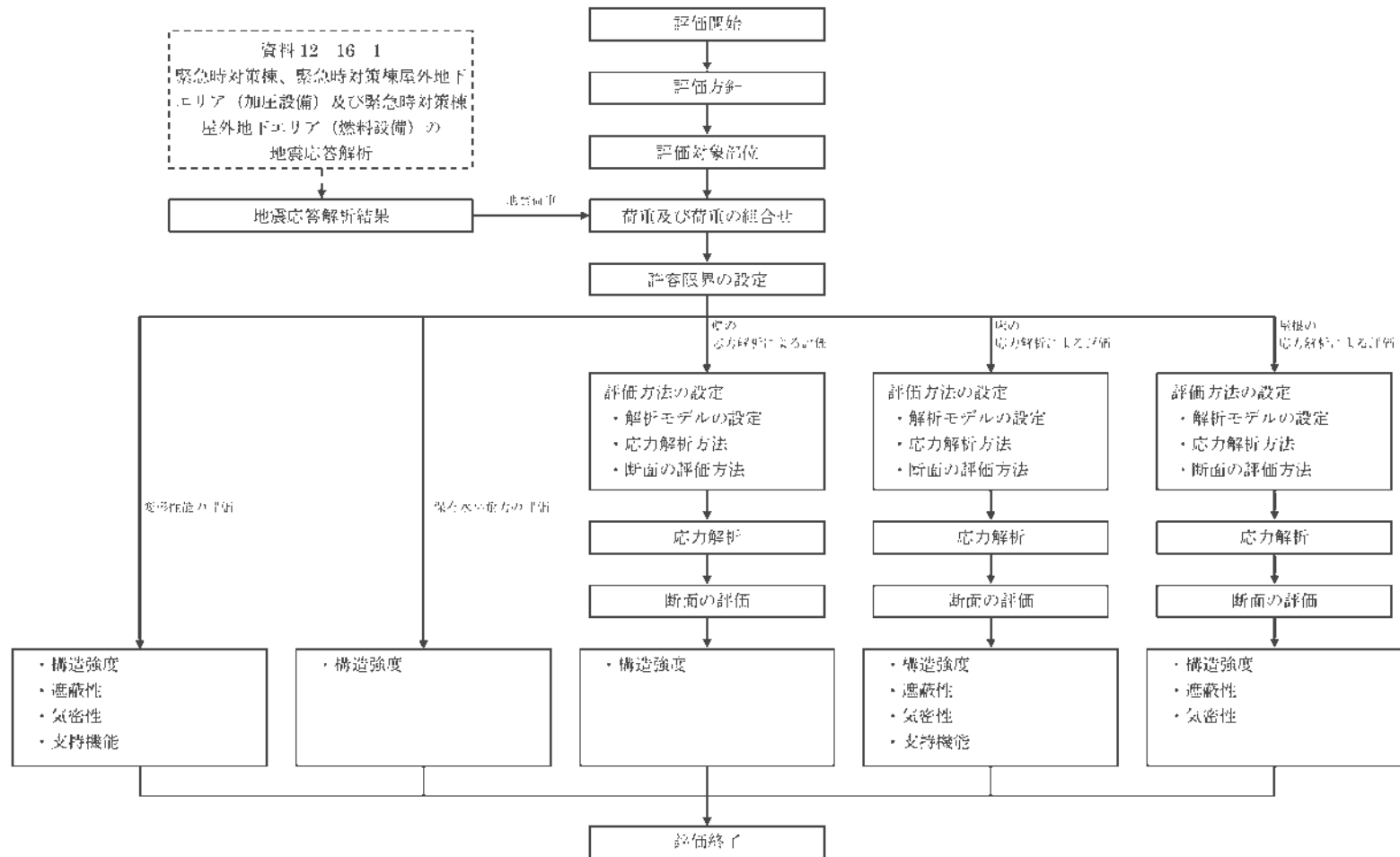
壁の応力解析による評価について、3次元 FEM モデルを用いて、基準地震動 S_s による地震力が作用する状態（以下「 S_s 地震時」という。）及び常時に対する弾性応力解析を行い、解析結果の応力を用いた断面の評価により、構造強度を確保することを確認する。

床の応力解析による評価について、3次元 FEM モデルを用いて、 S_s 地震時及び常時に対する弾性応力解析を行い、解析結果の応力を用いた断面の評価により、構造強度を確保すること並びに遮蔽性、気密性及び支持機能を維持することを確認する。

屋根の応力解析による評価について、3次元 FEM モデルを用いて、 S_s 地震時及び常時に対する弾性応力解析を行い、解析結果の応力を用いた断面の評価により、構造強度を確保すること並びに遮蔽性及び気密性を維持することを確認する。

また、応力解析による評価は、資料 12-16-1「緊急時対策棟、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）及び緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）の地震応答解析」による地盤定数を含む材料物性のばらつき及び減衰定数の設定に起因する不確かさ（以下「材料物性のばらつき等」という。）を考慮した解析結果を用いる。

重大事故等対処施設としての緊急棟の評価フローを第 2-5 図に示す。



第 2-5 図 緊急時対策棟の評価フロー

2.4 適用規格

緊対棟の評価において、適用する規格、基準等を以下に示す。

- 建築基準法・同施行令
- 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 ー許容応力度設計法ー ((社) 日本建築学会、1999 改定)
- 原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 ((社) 日本建築学会、2005 制定) (以下「RC-N 規準」という。)
- 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987 ((社) 日本電気協会)
- 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1991 追補版 ((社) 日本電気協会) (以下「JEAG4601-1991 追補版」という。)

3. 地震応答解析による評価方法

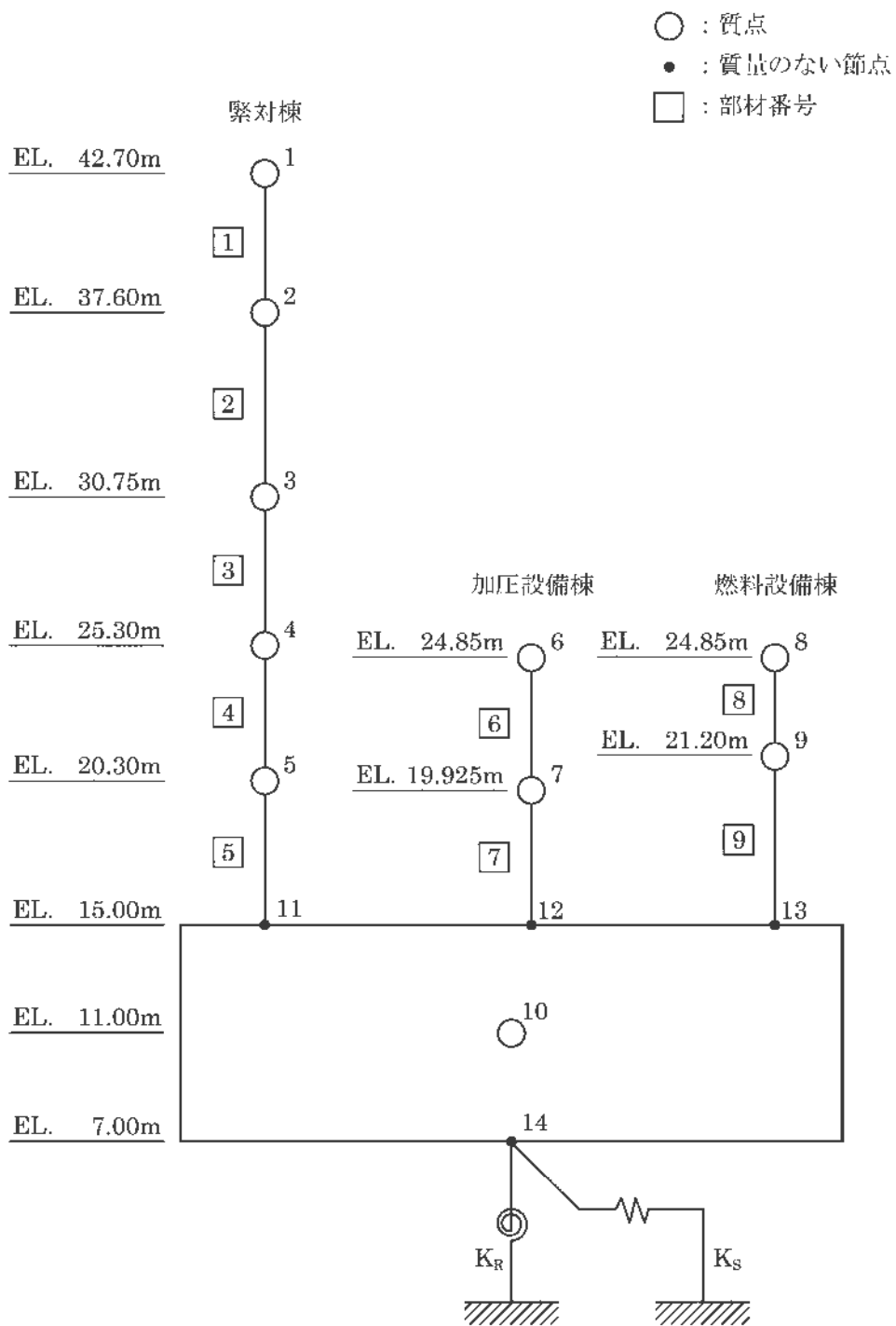
緊対棟の構造物全体としての変形性能の評価は、重大事故等対処施設としての評価において、資料 12-16-1「緊急時対策棟、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）及び緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）の地震応答解析」による解析結果に基づき行う。地震応答解析モデルを第 3-1 図及び第 3-2 図に示す。

構造強度を確保することの確認は、基準地震動 S_s に対して、最大せん断ひずみ及び最大接地圧が許容限界を超えないこと、常時荷重に対して、最大接地圧が許容限界を超えないこと並びに保有水平耐力が必要保有水平耐力に対して、妥当な安全余裕を有することの確認により行う。遮蔽性、気密性及び支持機能を維持することの確認は、基準地震動 S_s に対して、最大せん断ひずみが許容限界を超えないことの確認により行う。

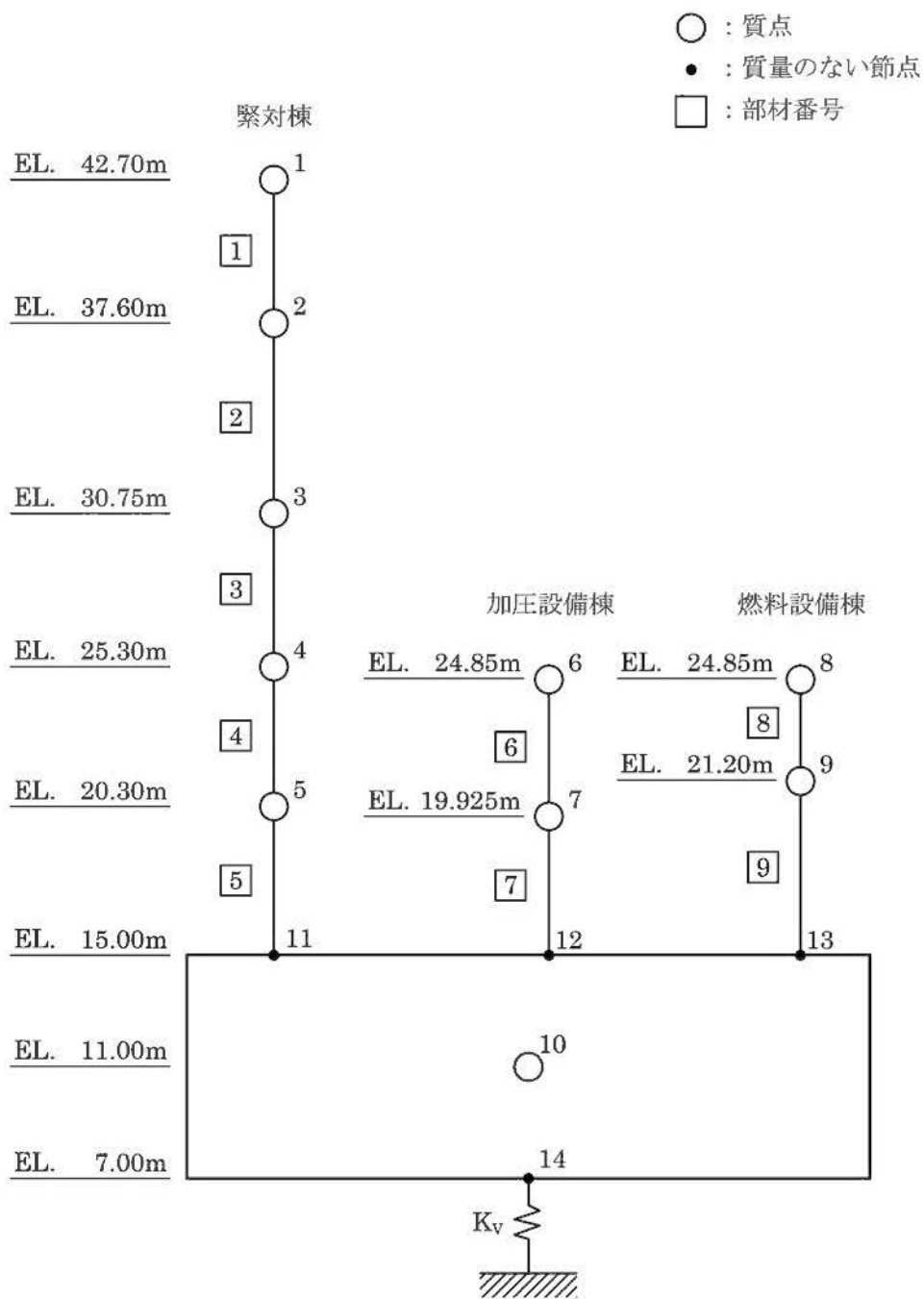
ここで、各層の保有水平耐力は、資料 12-16-1「緊急時対策棟、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）及び緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）の地震応答解析」におけるせん断スケルトンカーブの終局点のせん断応力度 τ_3 の値にせん断断面積を乗じた値とする。

最大接地圧が許容限界を超えないことの確認は、資料 12-16-3「緊急時対策棟、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）及び緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）の基礎の耐震計算書」に示す。

緊対棟の地震応答解析による評価の許容限界は、資料 12-9「機能維持の基本方針」に示す、荷重の組合せ及び許容限界に基づき、第 3-1 表のとおり設定する。



第 3-1 図 地震応答解析モデル (水平方向)



第 3-2 図 地震応答解析モデル (鉛直方向)

第3-1表 地震応答解析による評価の許容限界

要求機能	機能設計上の性能目標	地震力	部位	機能維持のための考え方	許容限界 (評価基準値)
構造強度	構造強度を確保すること	基準地震動 Ss	耐震壁	最大せん断ひずみが構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	弾性範囲 (注1)
		基準地震動 Ss	基礎地盤 (注2)	最大接地圧が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	短期許容支持力度 9.13N/mm ² (注1)
		— (常時荷重に対する検討)			長期許容支持力度 4.56N/mm ²
		保有水平耐力	構造物全体	保有水平耐力が必要保有水平耐力に対して妥当な安全余裕を有することを確認	必要保有水平耐力
遮蔽性	遮蔽性を維持すること	基準地震動 Ss	耐震壁	最大せん断ひずみが遮蔽性を維持するための許容限界を超えないことを確認	弾性範囲 (注1)
気密性	建屋内への放射性物質の進入を防止するために気密性を維持すること	基準地震動 Ss	耐震壁	最大せん断ひずみが気密性を維持するための許容限界を超えないことを確認	弾性範囲 (注3)
支持機能	設備を支持する機能を維持すること	基準地震動 Ss	耐震壁	最大せん断ひずみが支持機能を維持するための許容限界を超えないことを確認	弾性範囲 (注1)

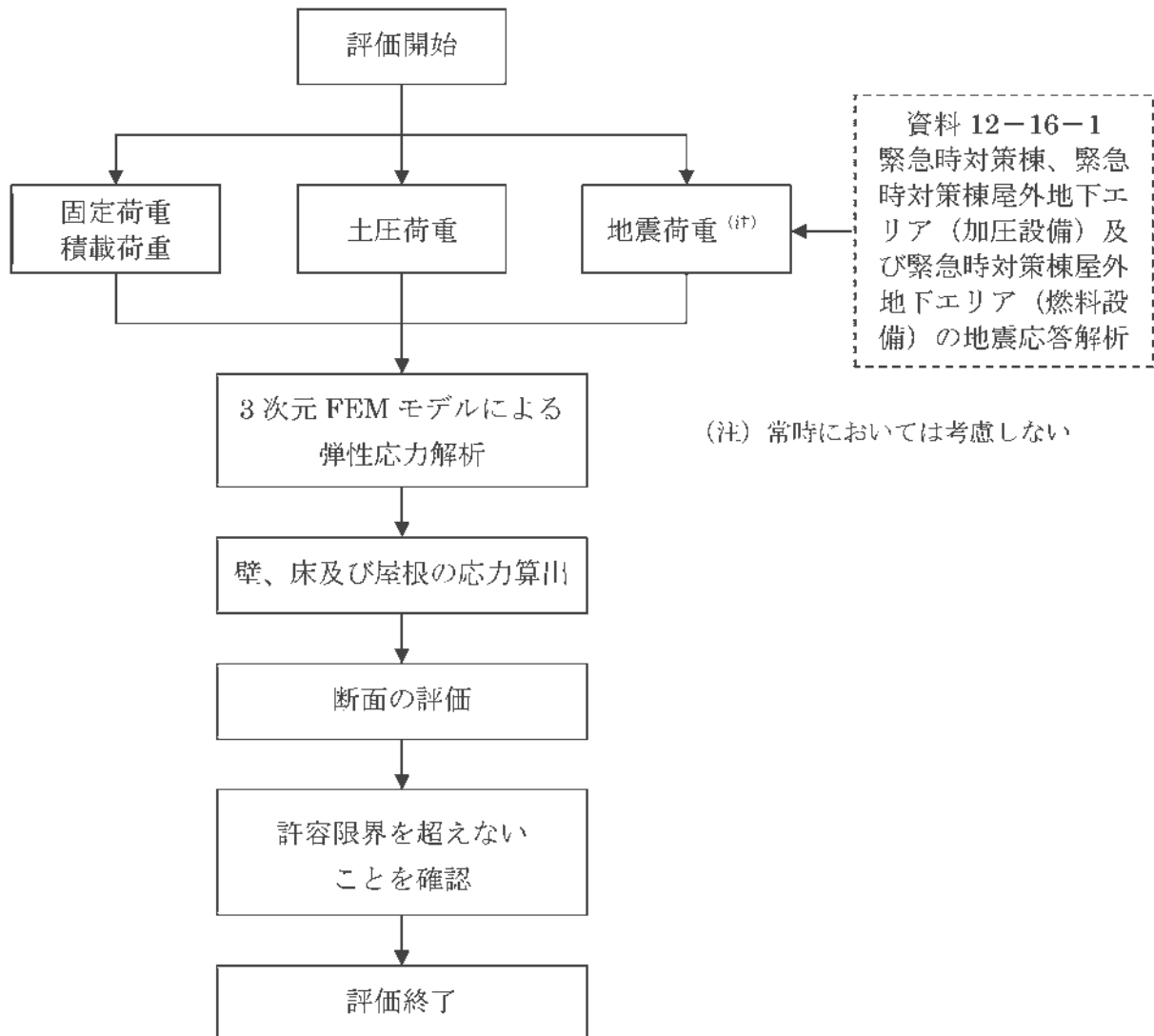
(注1) 施設全体の更なる安全性を確保するため、基準地震動 Ss による地震力との組合せに対して、弾性範囲に収める設計とする。

(注2) 基礎地盤の支持性能の評価は、資料 12-16-3「緊急時対策棟、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）及び緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）の基礎の耐震計算書」に示す。

(注3) 基本として、事故時においては、換気性能とあいまって居住性を維持できる気密性を有する設計とするが、基準地震動 Ss に対して、最大せん断ひずみが弾性範囲であることを確認することで、地震時及び地震後においてもその機能を維持できる設計とする。

4. 応力解析による評価方法

緊急対策棟の応力解析による評価は、重大事故等対処施設としての評価において、3次元 FEM モデルによる弾性応力解析に基づき、部材に生じる応力が許容限界を超えないことを確認する。応力解析のフローを第 4-1 図に示す。



第 4-1 図 応力解析のフロー（壁、床及び屋根）

4.1 評価対象部位

緊対棟の応力解析による評価における評価対象部位は、壁、床及び屋根とする。

4.2 荷重及び荷重の組合せ

荷重及び荷重の組合せは、資料 12-9「機能維持の基本方針」の荷重及び荷重の組合せを用いる。

4.2.1 荷 重

(1) 固定荷重 D 及び積載荷重 L

固定荷重は、壁、床、屋根及び基礎版の躯体重量及び仕上げ重量を考慮する。固定荷重を第 4-1 表に示す。

積載荷重は、床、屋根及び基礎版の単位面積当たりの積載荷重に加えて、機器荷重及び配管荷重を考慮する。積載荷重を第 4-2 表に示す。

第 4-1 表 固定荷重

部位	荷重 (kN/m ²)	備考
壁、床、屋根、 基礎版	24.0 ^(注) t+W	t : コンクリートの厚さ(m) W : 仕上げ重量(kN/m ²)

(注) 鉄筋コンクリートの単位体積重量

第 4-2 表 積載荷重

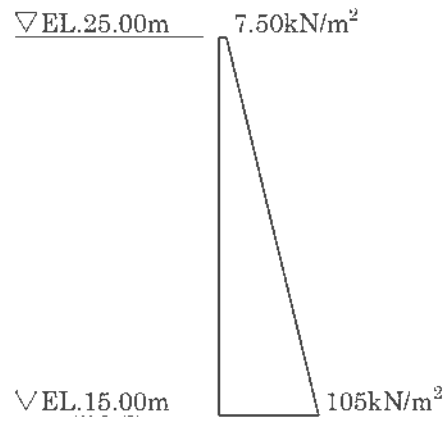
(単位 : kN/m²)

部位		荷重
屋根	緊対棟	0.7+機器荷重+配管荷重
	加圧設備棟、燃料設備棟	15.0 ^(注) + 機器荷重+配管荷重
床、基礎版		0.5+機器荷重+配管荷重

(注) 地表面上載荷重を含む

(2) 常時土圧荷重 E_0

常時土圧荷重は、JEAG4601-1991 追補版に基づき算出する。常時土圧による荷重分布を第 4-2 図に示す。



第 4-2 図 常時土圧による荷重分布

(3) 地震荷重 K_d 、 K_s 、 E_s

地震荷重として、静的地震力、 S_s 地震荷重及び地震時増分土圧荷重を考慮する。

a. 静的地震力 K_d

水平地震力は、地震層せん断力係数 $3.0 C_i$ より算出される静的地震力より設定する。

鉛直地震力は、震度 0.3 を基準とし、建物・構築物の振動特性及び地盤の種類等を考慮した高さ方向に一定の鉛直震度より算出する。

静的地震力によるせん断力及び軸力を第 4-3 表に示す。

第 4-3 表 静的地震力

(単位： $\times 10^3 \text{kN}$)

部位	部材番号	せん断力		軸力
		X 方向	Y 方向	鉛直方向
緊対棟	①	14.6	14.5	3.86
	②	72.9	73.3	23.8
	③	127	128	48.3
	④	162	162	70.6
	⑤	185	185	92.4
加圧設備棟	⑥	15.8	15.2	6.65
	⑦	24.1	24.1	12.1
燃料設備棟	⑧	17.1	17.8	7.90
	⑨	31.3	31.3	15.6

b. Ss 地震荷重 Ks

Ss 地震荷重は、資料 12-16-1「緊急時対策棟、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）及び緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）の地震応答解析」による材料物性のばらつき等を考慮した基準地震動 Ss に対する地震応答解析結果に基づき設定する。材料物性のばらつき等は、地盤物性のばらつき及び減衰定数の設定に起因する不確かさを考慮する。材料物性のばらつき等を考慮した解析ケースを第 4-4 表に示す。

水平地震力及び鉛直地震力は、基準地震動 Ss-1~Ss-5 により算出される動的地震力を包絡して設定する。Ss 地震時の材料物性のばらつき等を考慮した最大応答せん断力及び最大応答軸力を第 4-5 表及び第 4-6 表に示す。

水平地震荷重と鉛直地震荷重との組合せは、組合せ係数法を用いて次のとおりとする。

- ① $1.0 \times \text{水平地震力} + 0.4 \times \text{鉛直地震力}$
- ② $0.4 \times \text{水平地震力} + 1.0 \times \text{鉛直地震力}$

ここで、静的地震力が Ss 地震荷重に包絡されるため、Ss 地震時に部材に生じる応力度が部材の短期許容応力度を超えないことを確認することで、静的地震力に対して部材に生じる応力度が部材の短期許容応力度を超えないことを確認する。静的地震力と Ss 地震荷重との比較を第 4-7 表及び第 4-8 表に示す。

第 4-4 表 材料物性のばらつき等を考慮した解析ケース(1/4)

解析ケース	高さ (m)	速度層	地盤の せん断波速度 Vs (km/s)	ヤング係数 E (N/mm ²)	減衰定数 h (%)
基本ケース	EL.7.00～ EL.6.40	Ⅲ	0.75	3.80×10 ³	5
	EL.6.40～ EL.5.74	Ⅲ	0.75	3.34×10 ³	
	EL.5.74～ EL.4.92	Ⅲ	0.75	3.80×10 ³	
	EL.4.92～ EL.-215.00	Ⅳ	1.62	1.67×10 ⁴	

第 4-4 表 材料物性のばらつき等を考慮した解析ケース(2/4)

解析ケース	高さ (m)	速度層	地盤の せん断波速度 Vs (km/s)	ヤング係数 E (N/mm ²)	減衰定数 h (%)
地盤物性の ばらつき を考慮 (-1σ)	EL.7.00～ EL.6.40	Ⅲ	0.59	2.37×10 ³	5
	EL.6.40～ EL.5.74	Ⅲ	0.59	2.08×10 ³	
	EL.5.74～ EL.4.92	Ⅲ	0.59	2.37×10 ³	
	EL.4.92～ EL.-215.00	Ⅳ	1.54	1.52×10 ⁴	

第 4-4 表 材料物性のばらつき等を考慮した解析ケース(3/4)

解析ケース	高さ (m)	速度層	地盤の せん断波速度 Vs (km/s)	ヤング係数 E (N/mm ²)	減衰定数 h (%)
地盤物性の ばらつき を考慮 (+1σ)	EL.7.00～ EL.6.40	Ⅲ	0.91	5.54×10 ³	5
	EL.6.40～ EL.5.74	Ⅲ	0.91	4.86×10 ³	
	EL.5.74～ EL.4.92	Ⅲ	0.91	5.54×10 ³	
	EL.4.92～ EL.-215.00	Ⅳ	1.70	1.82×10 ⁴	

第 4-4 表 材料物性のばらつき等を考慮した解析ケース(4/4)

解析ケース	高さ (m)	速度層	地盤の せん断波速度 Vs (km/s)	ヤング係数 E (N/mm ²)	減衰定数 h (%)
減衰定数の 設定に起因 する不確か さを考慮	EL.7.00～ EL.6.40	Ⅲ	0.75	3.80×10 ³	3
	EL.6.40～ EL.5.74	Ⅲ	0.75	3.34×10 ³	
	EL.5.74～ EL.4.92	Ⅲ	0.75	3.80×10 ³	
	EL.4.92～ EL.-215.00	Ⅳ	1.62	1.67×10 ⁴	

第4-5表 材料物性のばらつき等を考慮した最大応答せん断力(1/2) (注)

(単位：×10⁵kN)

部位	部材 番号	X方向						設計用 地震力
		Ss-1H	Ss-2X	Ss-3X	Ss-4H	Ss-5NS	Ss-5EW	
緊対棟	①	0.433	0.0892	0.155	0.155	0.185	0.228	0.447
	②	1.95	0.487	0.855	0.921	0.904	1.09	2.01
	③	3.20	0.902	1.56	1.79	1.54	1.87	3.30
	④	3.86	1.19	2.06	2.51	1.99	2.32	3.98
	⑤	4.17	1.40	2.43	3.12	2.47	2.57	4.30
加圧 設備棟	⑥	0.295	0.0925	0.162	0.208	0.245	0.292	0.305
	⑦	0.463	0.150	0.268	0.356	0.404	0.450	0.477
燃料 設備棟	⑧	0.244	0.0865	0.147	0.226	0.207	0.257	0.265
	⑨	0.457	0.165	0.283	0.433	0.400	0.466	0.481

(注) Ss-1～Ss-5の最大応答せん断力は、解析結果を四捨五入した数値であり、設計用地震力は、それらを包絡して安全側に切り上げた数値である。

第4-5表 材料物性のばらつき等を考慮した最大応答せん断力(2/2) (注)

(単位：×10⁵kN)

部位	部材 番号	Y方向						設計用 地震力
		Ss-1H	Ss-2Y	Ss-3Y	Ss-4H	Ss-5NS	Ss-5EW	
緊対棟	①	0.395	0.135	0.255	0.157	0.203	0.230	0.408
	②	1.93	0.721	1.41	0.912	1.02	1.13	1.99
	③	3.17	1.29	2.60	1.77	1.75	1.93	3.27
	④	3.84	1.68	3.45	2.45	2.18	2.36	3.96
	⑤	4.20	1.97	4.10	3.04	2.45	2.58	4.35
加圧 設備棟	⑥	0.234	0.117	0.185	0.190	0.200	0.245	0.253
	⑦	0.384	0.199	0.316	0.329	0.341	0.381	0.409
燃料 設備棟	⑧	0.278	0.134	0.211	0.233	0.235	0.308	0.318
	⑨	0.505	0.251	0.400	0.441	0.444	0.530	0.547

(注) Ss-1～Ss-5の最大応答せん断力は、解析結果を四捨五入した数値であり、設計用地震力は、それらを包絡して安全側に切り上げた数値である。

第 4-6 表 材料物性のばらつき等を考慮した最大応答軸力^(注)

(単位：×10⁵kN)

部位	部材 番号	鉛直方向					設計用 地震力
		Ss-1v	Ss-2UD	Ss-3UD	Ss-4v	Ss-5UD	
緊対棟	①	0.0777	0.0374	0.0714	0.0719	0.131	0.135
	②	0.463	0.222	0.432	0.424	0.759	0.783
	③	0.920	0.443	0.860	0.834	1.48	1.53
	④	1.31	0.635	1.23	1.18	2.06	2.13
	⑤	1.68	0.812	1.57	1.48	2.55	2.63
加圧 設備棟	⑥	0.105	0.0533	0.104	0.0903	0.145	0.150
	⑦	0.186	0.0959	0.189	0.161	0.255	0.263
燃料 設備棟	⑧	0.123	0.0623	0.123	0.104	0.154	0.160
	⑨	0.241	0.123	0.244	0.205	0.303	0.313

(注) Ss-1~Ss-5 の最大応答軸力は、解析結果を四捨五入した数値であり、設計用地震力は、それらを包絡して安全側に切り上げた数値である。

第 4-7 表 静的地震力と Ss 地震荷重との比較 (せん断力)

(単位 : $\times 10^3 \text{kN}$)

部位	部材 番号	方向	静的地震力	Ss 地震荷重
緊対棟	1	X	14.6	44.7
		Y	14.5	40.8
	2	X	72.9	201
		Y	73.3	199
	3	X	127	330
		Y	128	327
	4	X	162	398
		Y	162	396
	5	X	185	430
		Y	185	435
加圧設備棟	6	X	15.8	30.5
		Y	15.2	25.3
	7	X	24.1	47.7
		Y	24.1	40.9
燃料設備棟	8	X	17.1	26.5
		Y	17.8	31.8
	9	X	31.3	48.1
		Y	31.3	54.7

第 4-8 表 静的地震力と Ss 地震荷重との比較 (軸力)

(単位 : $\times 10^3 \text{kN}$)

部位	部材 番号	静的地震力	Ss 地震荷重
緊対棟	①	3.86	13.5
	②	23.8	78.3
	③	48.3	153
	④	70.6	213
	⑤	92.4	263
加圧設備棟	⑥	6.65	15.0
	⑦	12.1	26.3
燃料設備棟	⑧	7.90	16.0
	⑨	15.6	31.3

c. 地震時増分土圧荷重 E_s

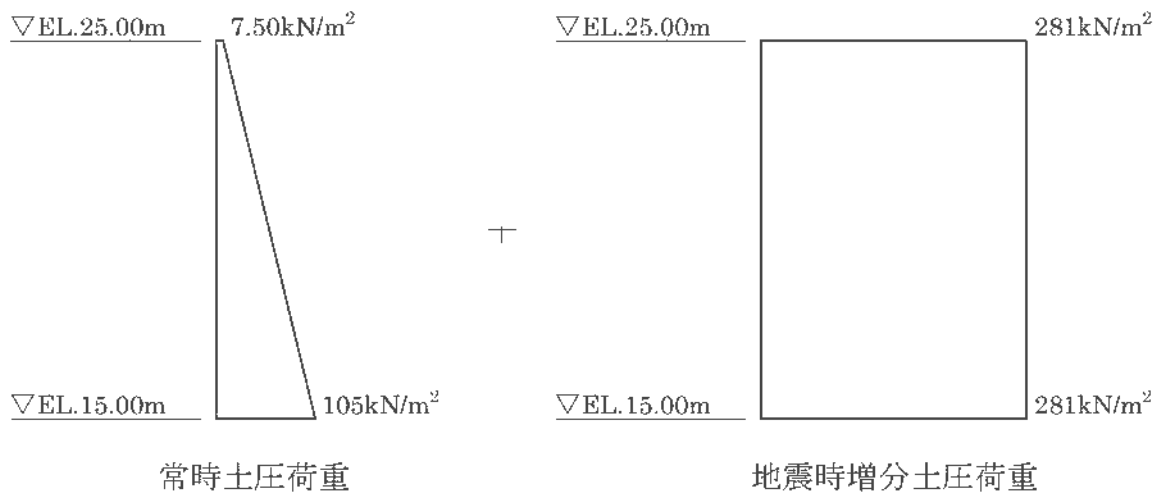
地震時増分土圧荷重は、JEAG4601-1991 追補版により算出する。
 S_s 地震時の設計用増分土圧荷重を第 4-9 表、地震時土圧による荷重分布を第 4-3 図に示す。

ここで、第 4-7 表及び第 4-8 表に示すとおり、静的地震力が S_s 地震荷重に包絡されるため、 S_s 地震時に部材に生じる応力度が部材の短期許容応力度を超えないことを確認することで、静的地震力によって部材に生じる応力度が部材の短期許容応力度を超えないことを確認する。

第 4-9 表 S_s 地震時の設計用増分土圧荷重

(単位： kN/m^2)

高さ (m)	S_s 地震時増分土圧荷重
EL.25.00～ EL.15.00	281



第 4-3 図 地震時土圧による荷重分布

4.2.2 荷重の組合せ

荷重の組合せは、資料 12-9「機能維持の基本方針」に基づき設定する。荷重の組合せを第 4-10 表に示す。

地震荷重及び風荷重の組合せについて、緊対棟はコンクリート構造物であり、自重の大きな施設であることから、風荷重の影響は小さいため、地震荷重及び風荷重の組合せは考慮しない。

また、積雪荷重は、地震荷重及び積載荷重の組合せで考慮される。

第 4-10 表 荷重の組合せ

外力の状態	荷重の組合せ
S _s 地震時	D+L+E ₀ +K _s +E _s
常時	D+L+E ₀

D : 固定荷重

L : 積載荷重

E₀ : 常時土圧荷重

K_s : S_s 地震荷重

E_s : 地震時増分土圧荷重

4.3 許容限界

緊対棟の応力解析による評価の許容限界は、重大事故等対処施設としての評価において、資料 12-9「機能維持の基本方針」に示す、荷重の組合せ及び許容限界に基づき、第 4-11 表のとおり設定する。

コンクリート及び鉄筋の許容応力度を第 4-12 表及び第 4-13 表に示す。

第 4-11 表 応力解析による評価の許容限界

要求機能	機能設計上の性能目標	外力の状態	部位	機能維持のための考え方	許容限界 (評価基準値)
構造強度	構造強度を確保すること	Ss 地震時	壁 床 屋根	部材に生じる応力が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	RC-N 規準における短期許容応力度に基づく許容値 ^(注1)
		— (常時に対する検討)			RC-N 規準における長期許容応力度に基づく許容値
遮蔽性	遮蔽性を維持すること	Ss 地震時	床 屋根	部材に生じる応力が遮蔽性を維持するための許容限界を超えないことを確認	RC-N 規準における短期許容応力度に基づく許容値 ^(注1)
気密性	建屋内への放射性物質の侵入を防止するために気密性を維持すること	Ss 地震時	床 屋根	部材に生じる応力が気密性を維持するための許容限界を超えないことを確認	RC-N 規準における短期許容応力度に基づく許容値 ^(注2)
支持機能	設備を支持する機能を維持すること	Ss 地震時	床	部材に生じる応力が支持機能を維持するための許容限界を超えないことを確認	RC-N 規準における短期許容応力度に基づく許容値 ^(注1)

(注 1) 施設全体の更なる安全性を確保するため、基準地震動 Ss による地震力との組合せに対して、弾性範囲に収める設計とする。

(注 2) 基本として、事故時においては、換気性能とあいまって居住性を維持できる気密性を有する設計とするが、Ss 地震時に生じる応力に対して許容応力度設計とし、許容限界を短期許容応力度に基づく許容値とすることで、地震時及び地震後においてもその機能を維持できる設計とする。

第4-12表 コンクリートの許容応力度

(単位：N/mm²)

部位	設計基準強度 Fc	長期		短期	
		圧縮	せん断	圧縮	せん断
EL.15.00m より上部	30.0	10.0	0.790	20.0	1.18

第4-13表 鉄筋の許容応力度

(単位：N/mm²)

鉄筋種類	長期		短期	
	引張 圧縮	せん断	引張 圧縮	せん断
SD345	215(195) ^(注)	195	345	345

(注) D29以上の太さの鉄筋に対しては()内の数値とする。

4.4 評価方法

4.4.1 解析モデル

(1) モデル化の基本方針

a. 基本方針

応力解析は、3次元 FEM モデルを用いた弾性応力解析とする。緊対棟、加圧設備棟、燃料設備棟及び基礎版全体の解析モデルを作成し、各荷重ケースに対して解析を行う。

応力解析には、解析コード「MSC-NASTRAN」を用いる。解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

b. 使用要素

解析モデルに使用する FEM 要素は、柱及びはりをはり要素、壁、床及び屋根並びに基礎版の一部をシェル要素、基礎版をソリッド要素でモデル化する。メッシュの分割は、1m～2m 幅を基本とする。解析モデルを第 4-4 図に示す。解析モデルの節点数は 25,856、要素数は 34,634 である。

(2) 境界条件

JEAG4601-1991 追補版に基づき、振動アドミタンス理論により評価した地盤ばねを離散化して、水平方向及び鉛直方向のばねを基礎底面に設ける。また、水平方向及び鉛直方向の地盤ばねについて、基礎浮上りによって基礎と地盤の界面に引張力が作用する部分は、応力を伝達しないものとする。

a. 水平方向の地盤ばね

Ss 地震時に対しては、資料 12-16-1「緊急時対策棟、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）及び緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）の地震応答解析」に示す質点系モデルの水平ばねから下式によって、節点の支配面積に応じて離散化する。また、常時に対しては、振動アドミタンス理論により、静的変形特性を用いて評価した水平ばねから下式によって、節点の支配面積に応じて離散化する。

$$kh_i = \frac{A_i}{\Sigma A_i} K_h$$

ここで、

kh_i : 各節点位置の水平ばね

A_i : 各節点の支配面積

ΣA_i : 基礎版の面積

K_h : 水平ばね^(注)

(注) Ss 地震時に対しては、資料 12-16-1「緊急時対策棟、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）及び緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）の地震応答解析」に示す質点系モデルの水平ばねとする。常時に対しては、振動アドミタンス理論により、静的変形特性を用いて評価した水平ばねとする。

b. 鉛直方向の地盤ばね

Ss 地震時に対しては、資料 12-16-1「緊急時対策棟、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）及び緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）の地震応答解析」に示す質点系モデルによる回転ばねから下式によって、節点の支配面積に応じて離散化する。また、常時に対しては、振動アドミタンス理論により、静的変形特性を用いて評価した鉛直ばねから下式によって、節点の支配面積に応じて離散化する。

$$kv_i = kv \cdot A_i$$

$$kv = \frac{K_R}{I} \quad (\text{注1})$$

$$kv = \frac{K_V}{\Sigma A_i} \quad (\text{注2})$$

ここで、

kv_i : 各節点位置の鉛直ばね

kv : 地盤反力係数

A_i : 各節点の支配面積

K_R : 資料 12-16-1「緊急時対策棟、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）及び緊急時対策棟屋外地下エリ

ア（燃料設備）の地震応答解析」に示す質点系モデル
の回転ばね

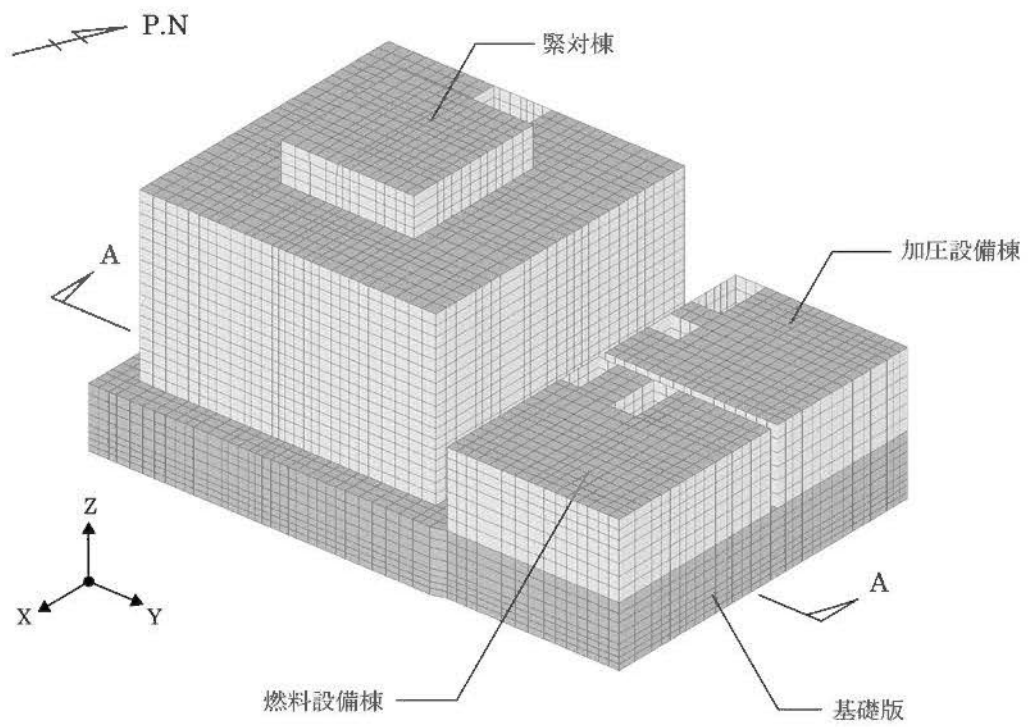
K_v : 振動アドミタンス理論により、静的変形特性を用い
て評価した鉛直ばね

I : 基礎版の断面二次モーメント

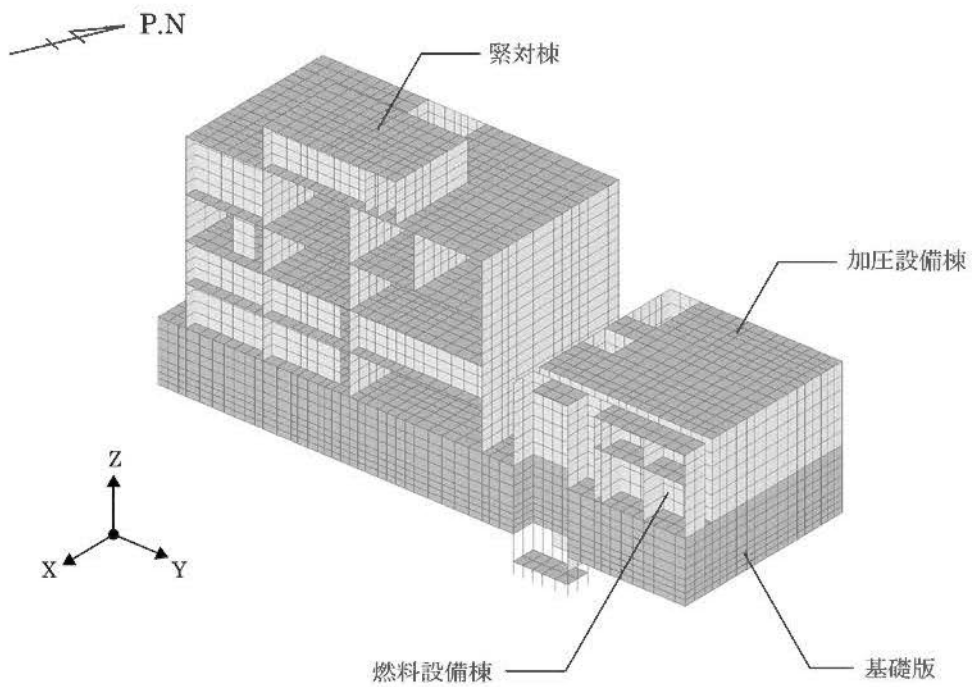
ΣA_i : 基礎版の面積

(注1) Ss 地震時の場合

(注2) 常時の場合



(a) 全体



(b) A-A断面

第4-4図 解析モデル (鳥瞰図)

4.4.2 解析諸元

使用材料の物性値について、コンクリート及び鉄筋の材料定数を第 4-14 表及び第 4-15 表に示す。

第 4-14 表 コンクリートの材料定数

部位		設計基準強度 Fc (N/mm ²)	ヤング係数 E (N/mm ²)	ポアソン比 ν
緊対棟	EL.15.00m より上部	30.0	2.44 × 10 ⁴	0.2
加圧設備棟	EL.15.00m より上部	30.0	2.44 × 10 ⁴	0.2
燃料設備棟	EL.15.00m より上部	30.0	2.44 × 10 ⁴	0.2
	EL.15.00m 以下 (ピット部分)	24.0	2.27 × 10 ⁴	0.2
基礎版		24.0	2.27 × 10 ⁴	0.2

第 4-15 表 鉄筋の材料定数

鉄筋種類	降伏強度 Fy (N/mm ²)	ヤング係数 E (N/mm ²)
SD345	345	2.05 × 10 ⁵

4.4.3 応力解析方法

緊対棟の壁、床及び屋根は、Ss 地震時及び常時に対して、3次元 FEM モデルによる弾性応力解析を行う。

(1) 荷重ケース

Ss 地震時及び常時の応力は、以下に示す荷重ケースを組み合わせて求める。

D+L : 固定荷重+積載荷重

E_0 : 常時土圧荷重

K_{SX} : Ss 地震荷重 (X 方向)

K_{SY} : Ss 地震荷重 (Y 方向)

K_{SUD} : Ss 地震荷重 (鉛直方向)

E_{SX} : Ss 地震時増分土圧荷重 (X 方向)

E_{SY} : Ss 地震時増分土圧荷重 (Y 方向)

(2) 荷重の組合せケース

荷重の組合せケースは、組合せ係数法に基づいて設定する。但し、Ss 地震時において、鉛直方向の動的地震力に組合せ係数を乗じた荷重が静的地震力による荷重を超えない場合は、静的地震力による荷重とする。荷重の組合せケースを第 4-16 表に示す。荷重の組合せケースにおいて、地震荷重は、X 軸の+方向、Y 軸の+方向及び鉛直上向きを「+」、X 軸の-方向、Y 軸の-方向及び鉛直下向きを「-」とする。

第4-16表 荷重の組合せケース

	ケース No.	荷重の組合せケース
Ss 地震時	1	$D + L + E_0 + 1.0K_{SX} + 0.4K_{SUD} + 1.0E_{SX}$
	2	$D + L + E_0 + 1.0K_{SX} - 0.4K_{SUD} + 1.0E_{SX}$
	3	$D + L + E_0 - 1.0K_{SX} + 0.4K_{SUD} + 1.0E_{SX}$
	4	$D + L + E_0 - 1.0K_{SX} - 0.4K_{SUD} + 1.0E_{SX}$
	5	$D + L + E_0 + 1.0K_{SY} + 0.4K_{SUD} + 1.0E_{SY}$
	6	$D + L + E_0 + 1.0K_{SY} - 0.4K_{SUD} + 1.0E_{SY}$
	7	$D + L + E_0 - 1.0K_{SY} + 0.4K_{SUD} + 1.0E_{SY}$
	8	$D + L + E_0 - 1.0K_{SY} - 0.4K_{SUD} + 1.0E_{SY}$
	9	$D + L + E_0 + 0.4K_{SX} + 1.0K_{SUD} + 0.4E_{SX}$
	10	$D + L + E_0 + 0.4K_{SX} - 1.0K_{SUD} + 0.4E_{SX}$
	11	$D + L + E_0 - 0.4K_{SX} + 1.0K_{SUD} + 0.4E_{SX}$
	12	$D + L + E_0 - 0.4K_{SX} - 1.0K_{SUD} + 0.4E_{SX}$
	13	$D + L + E_0 + 0.4K_{SY} + 1.0K_{SUD} + 0.4E_{SY}$
	14	$D + L + E_0 + 0.4K_{SY} - 1.0K_{SUD} + 0.4E_{SY}$
	15	$D + L + E_0 - 0.4K_{SY} + 1.0K_{SUD} + 0.4E_{SY}$
	16	$D + L + E_0 - 0.4K_{SY} - 1.0K_{SUD} + 0.4E_{SY}$
常時	17	$D + L + E_0$

(3) 荷重の入力方法

a. 固定荷重及び積載荷重

固定荷重は、3次元 FEM モデルの各要素に、材料の単位体積重量に基づく重量を与える。また、仕上げ重量等の固定荷重及び積載荷重は、各層の壁及び床に対する分布荷重として入力する。

b. 地震荷重

(a) 水平方向

水平地震力は、第 4-5 表に示す最大応答せん断力に基づき設定した水平力を、床、屋根及び基礎版の重量分布に応じて分配し、節点荷重として入力する。

(b) 鉛直方向

鉛直地震力は、第 4-6 表に示す最大応答軸力に基づき設定した鉛直力を、床、屋根及び基礎版の重量分布に応じて分配し、節点荷重として入力する。

c. 土圧荷重

土圧荷重は、第 4-2 図及び第 4-3 図に示す土圧荷重分布をもとに、壁に対して分布荷重として入力する。

4.4.4 断面の評価方法

RC-N 規準に基づき、壁、床及び屋根に生じる軸力及び曲げモーメント、面内せん断力並びに面外せん断力が、Ss 地震時において、短期許容応力度に基づく許容値を超えないことを確認する。また、壁、床及び屋根に生じる軸力及び曲げモーメント、面内せん断力並びに面外せん断力が、常時において、長期許容応力度に基づく許容値を超えないことを確認する。

断面の評価には、解析コード「FEDM」を用いる。解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

(1) 軸力及び曲げモーメント並びに面内せん断力に対する断面の評価方法

軸力及び曲げモーメント並びに面内せん断力に対する断面の評価は、次の仮定に従い計算する。

- ・ ひずみは、中立軸からの距離に比例する。
- ・ コンクリートの圧縮応力度は、中立軸からの距離に比例する。
- ・ コンクリートの引張強度は無視する。

壁、床及び屋根の断面について、軸力及び曲げモーメントを受ける鉄筋コンクリート造長方形仮想柱として必要鉄筋量 a_t を算出する。

また、壁は、断面に生じる面内せん断力を鉄筋で全て負担するものとし、必要せん断補強筋比 p_s から必要鉄筋量 a_s を算出する。床及び屋根は、断面に生じる面内せん断力が、コンクリートの許容せん断力以上となる場合において、断面に生じる面内せん断力を鉄筋で全て負担するものとし、必要せん断補強筋比 p_s から必要鉄筋量 a_s を算出する。必要せん断補強筋比 p_s は、次式により算出する。

$$p_s = \frac{\tau}{f_{st}}$$

ここで、

- p_s : 必要せん断補強筋比
- f_{st} : 鉄筋のせん断補強用許容引張応力度(N/mm²)
- τ : せん断応力度(=Q/A)(N/mm²)
- Q : 設計用水平せん断力(N)
- A : 断面積(mm²)

軸力及び曲げモーメント並びに面内せん断力により算出されたそれぞれの必要鉄筋量を次式のように加算した必要鉄筋量 a_g が、設計配筋量 a_g' を超えないことを確認する。壁は、縦筋方向及び横筋方向各々について、床及び屋根は、X方向及びY方向各々について算出する。

$$\text{必要鉄筋量 } a_g = a_t + a_s$$

(2) 面外せん断力に対する断面の評価方法

Ss 地震時において、壁、床及び屋根に生じる面外せん断応力度 τ が、短期許容せん断応力度を超えないことを確認する。また、常時において、壁、床及び屋根に生じる面外せん断応力度 τ が、長期許容せん断応力度を超えないことを確認する。許容せん断応力度 τ_A は、次式により算出する。

$$\tau_A = \frac{Q_A}{A}$$

$$Q_A = \alpha \cdot f_s \cdot b \cdot j$$

ここで、

τ_A : 許容せん断応力度(N/mm²)

Q_A : 許容せん断力(N)

A : 断面積(=b・j) (mm²)

α : 割増係数であり、次式により計算した値

($1 \leq \alpha \leq 2$ とする)

$$\alpha = \frac{4}{M/(Q \cdot d) + 1}$$

M : 曲げモーメント(N・mm)

Q : せん断力(N)

d : 断面の有効せい(mm)

f_s : コンクリートの許容せん断応力度(N/mm²)

b : 材の幅(mm)

j : 材の応力中心間距離($=\frac{7}{8}d$) (mm)

但し、Ss 地震時において、せん断補強筋を考慮する場合の許容せん断力 Q_A は、次式により算出する。

$$Q_A = b \cdot j \{ \alpha \cdot f_s + 0.5 \cdot {}_w f_t (p_w - 0.002) \}$$

ここで、

${}_w f_t$: せん断補強筋の許容引張応力度(N/mm²)

p_w : せん断補強筋比

5. 評価結果

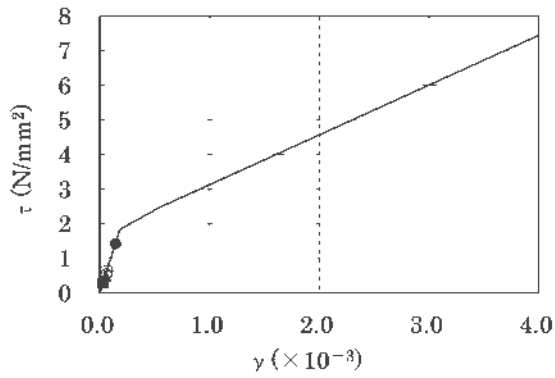
5.1 地震応答解析による評価結果

5.1.1 構造物全体としての変形性能

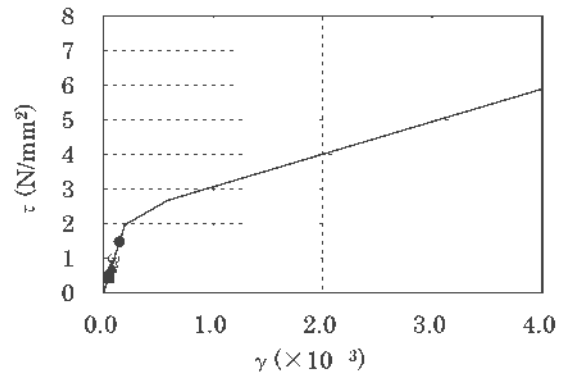
「3. 地震応答解析による評価方法」の解析結果から、基準地震動 S_s に対する材料物性のばらつき等を考慮した各ケースの最大応答値を第 5-1 図及び第 5-2 図の耐震壁のせん断スケルトンカーブ上にプロットして示す。基準地震動 S_s に対する材料物性のばらつき等を考慮した各部材の最大せん断ひずみと第 1 折点のせん断ひずみとの比較結果を第 5-1 表及び第 5-2 表に示す。

基準地震動 S_s に対する耐震壁のせん断ひずみは、重大事故等対処施設としての評価において、最大で 0.176×10^{-3} (S_s-1_H 、Y 方向、部材番号 3、減衰定数の設定に起因する不確かさを考慮) であり、弾性範囲内であることを確認した。

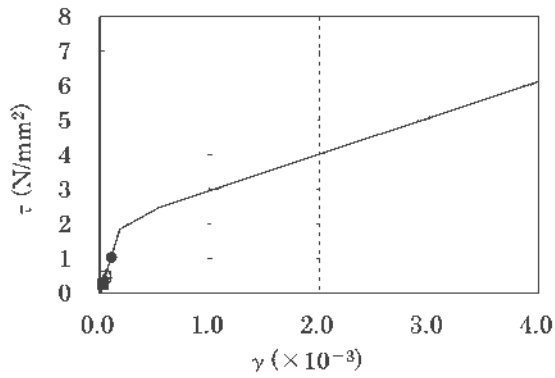
● : Ss-1H ■ : Ss-2X ▲ : Ss-3X
 ○ : Ss-4H □ : Ss-5NS △ : Ss-5EW



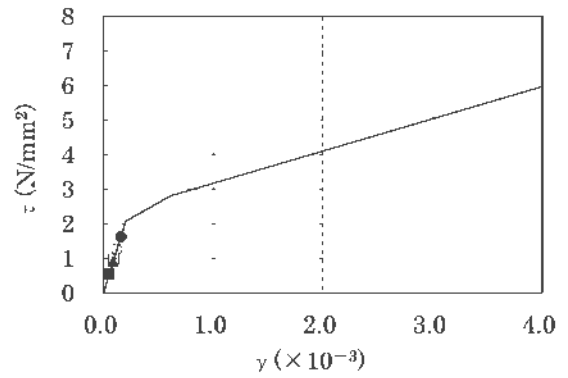
1



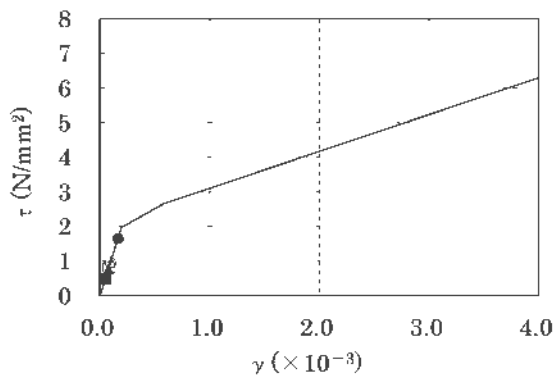
4



2



5

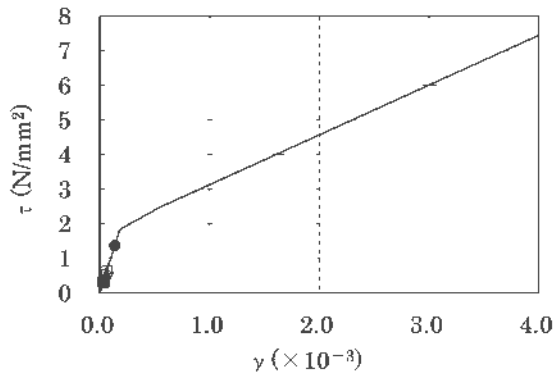


3

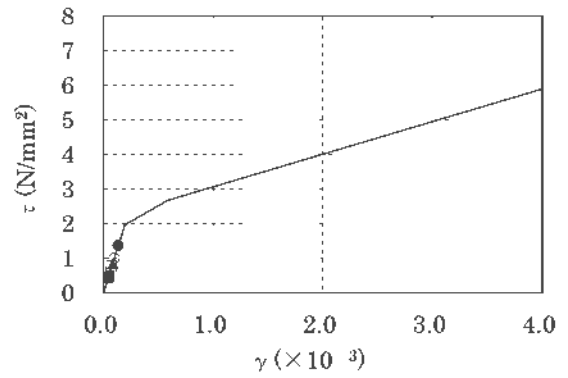
(a) 基本ケース

第5-1図 せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (X方向) (1/4)

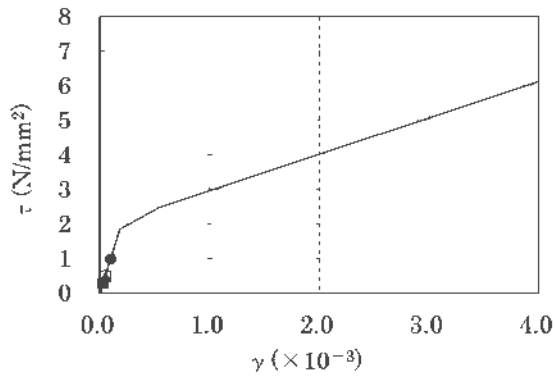
● : Ss-1H ■ : Ss-2X ▲ : Ss-3X
 ○ : Ss-4H □ : Ss-5NS △ : Ss-5EW



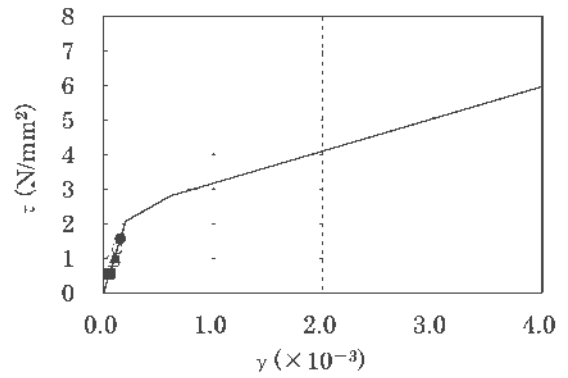
1



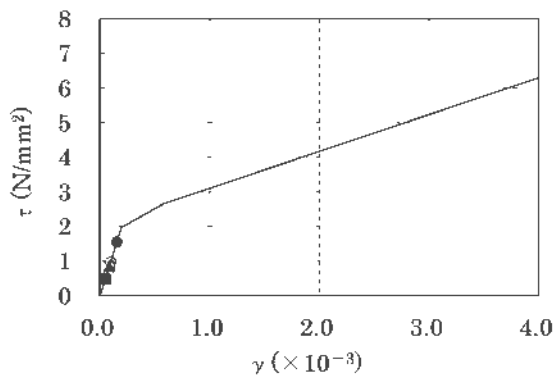
4



2



5

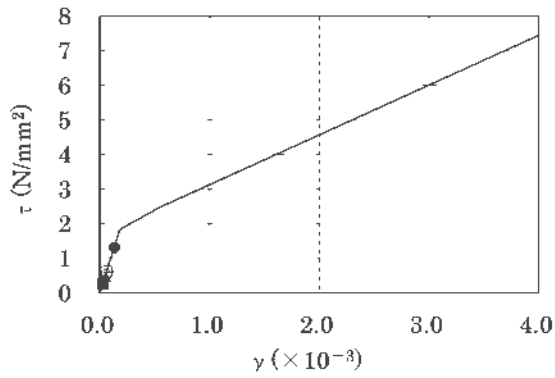


3

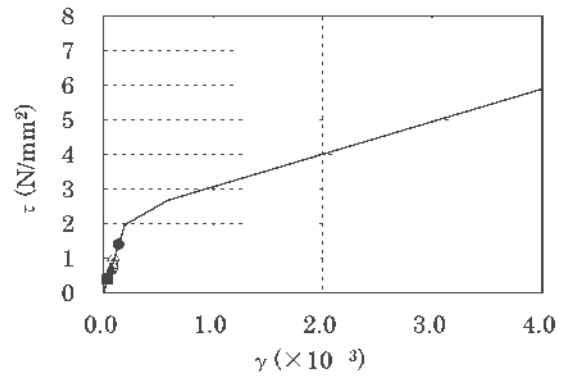
(b) 地盤物性のばらつき考慮 (−1σ)

第5-1図 せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (X方向) (2/4)

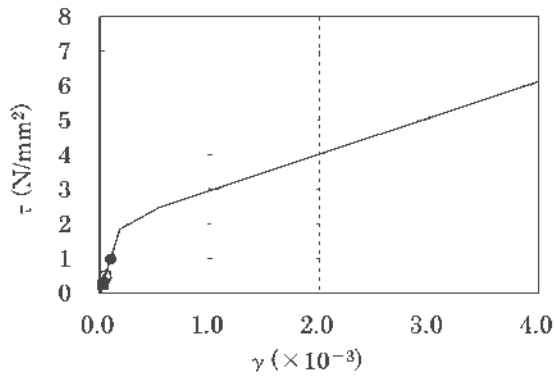
● : Ss-1H ■ : Ss-2X ▲ : Ss-3X
 ○ : Ss-4H □ : Ss-5NS △ : Ss-5EW



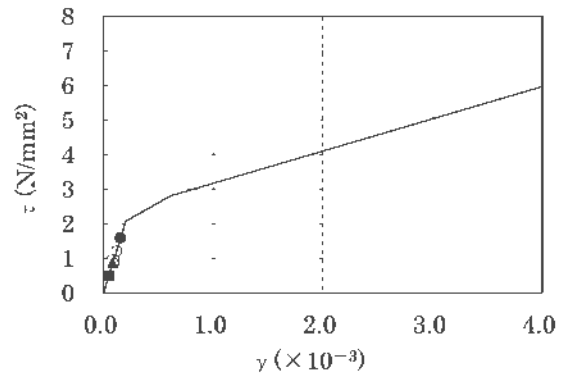
1



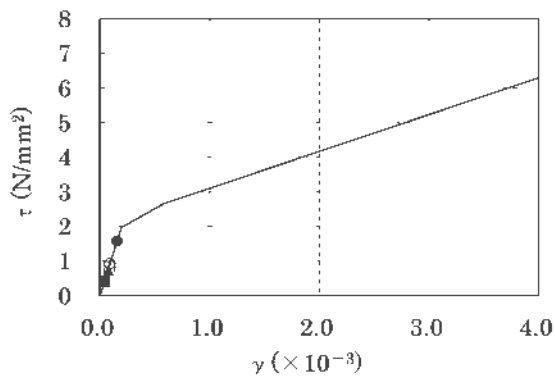
4



2



5

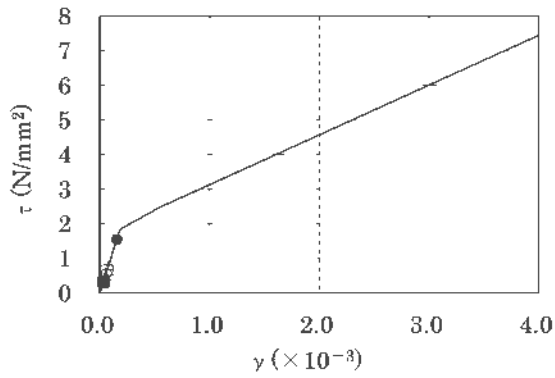


3

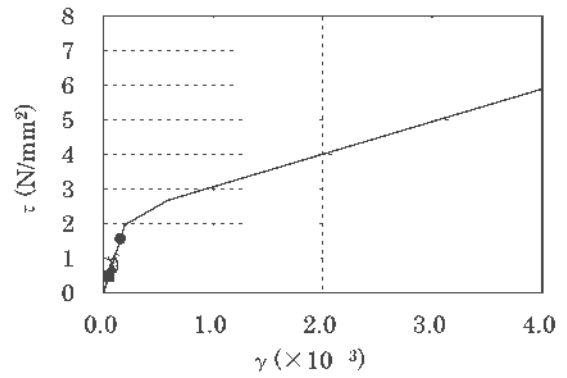
(c) 地盤物性のばらつき考慮 (+1σ)

第5-1図 せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (X方向) (3/4)

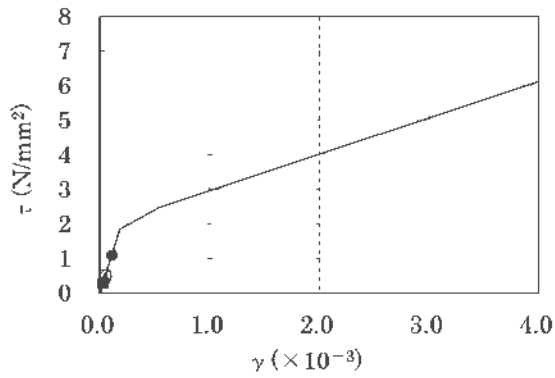
● : Ss-1H ■ : Ss-2X ▲ : Ss-3X
 ○ : Ss-4H □ : Ss-5NS △ : Ss-5FW



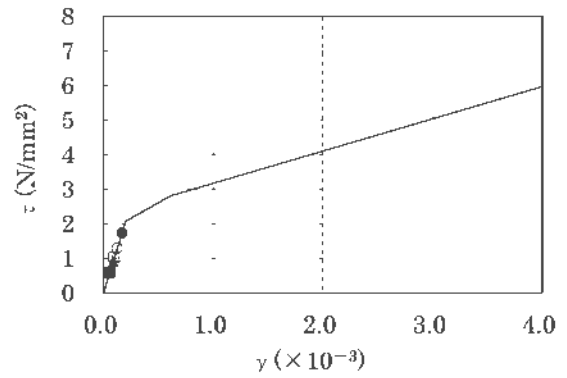
1



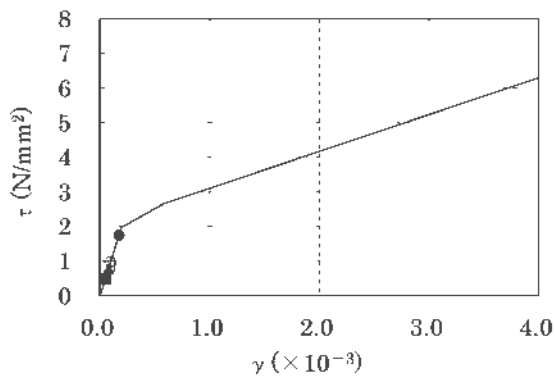
4



2



5

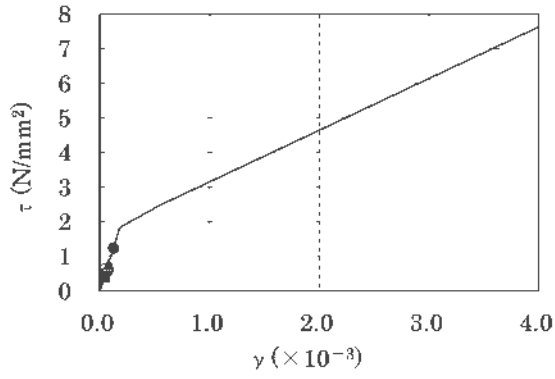


3

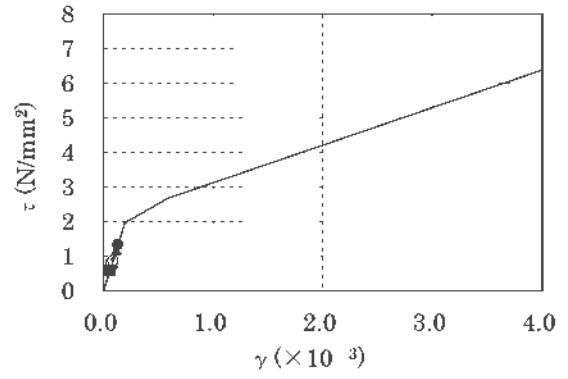
(d) 減衰定数の設定に起因する不確かさ考慮

第 5-1 図 せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (X 方向) (4/4)

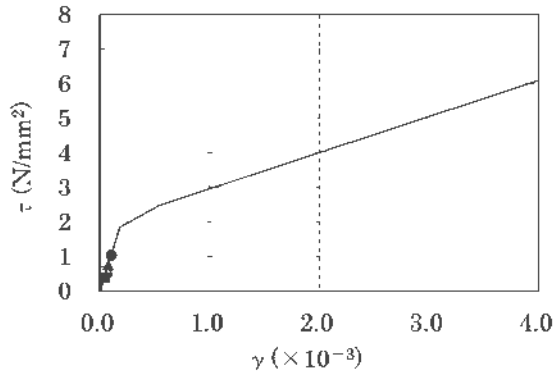
● : Ss-1H ■ : Ss-2Y ▲ : Ss-3Y
 ○ : Ss-4H □ : Ss-5NS △ : Ss-5EW



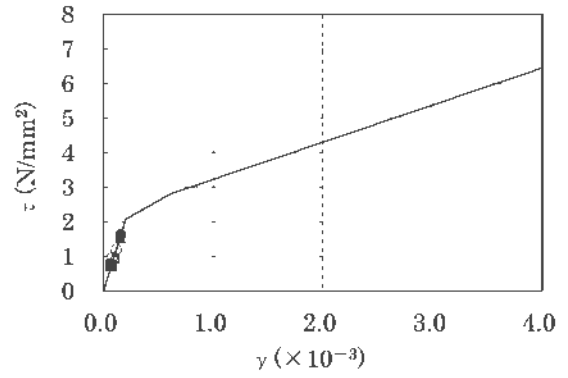
1



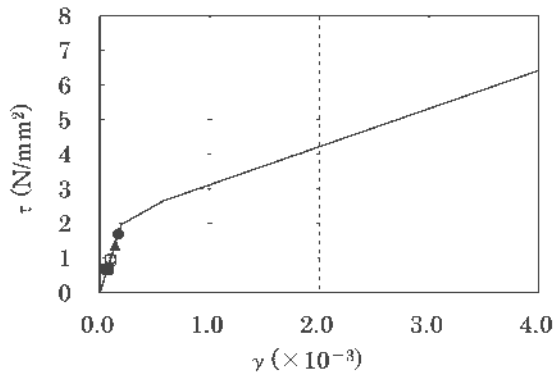
4



2



5

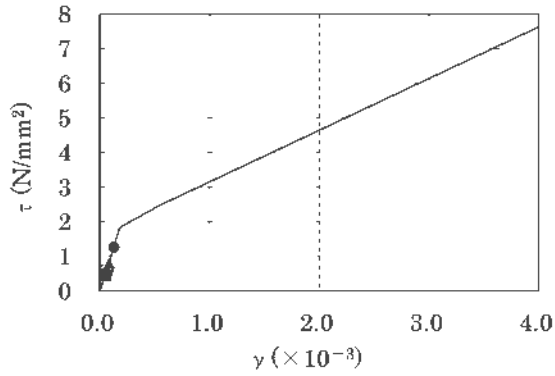


3

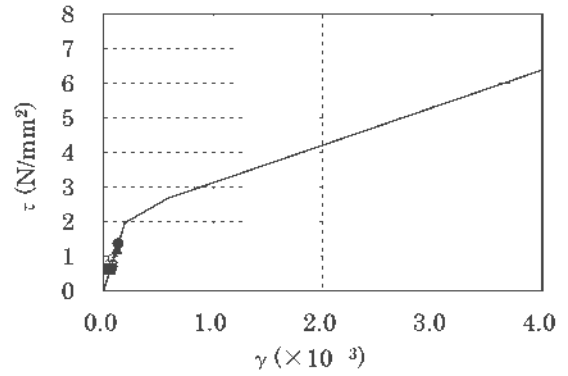
(a) 基本ケース

第5-2図 せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (Y方向) (1/4)

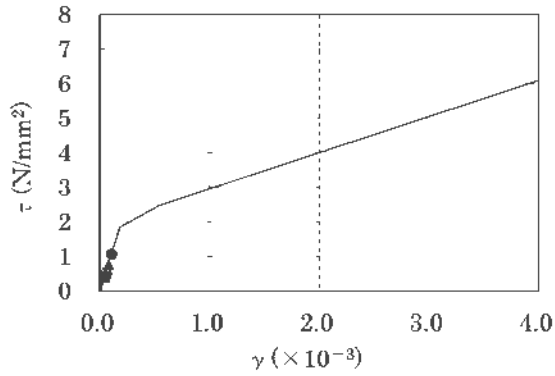
● : Ss-1H ■ : Ss-2Y ▲ : Ss-3Y
 ○ : Ss-4H □ : Ss-5NS △ : Ss-5FW



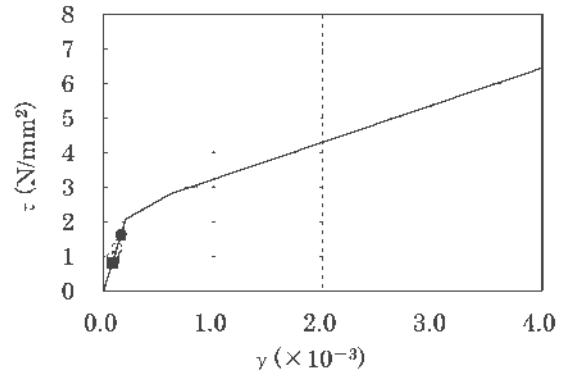
1



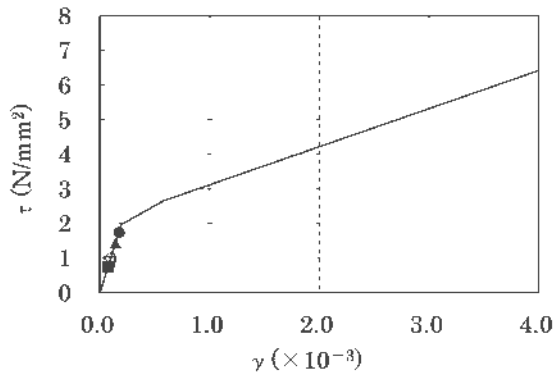
4



2



5

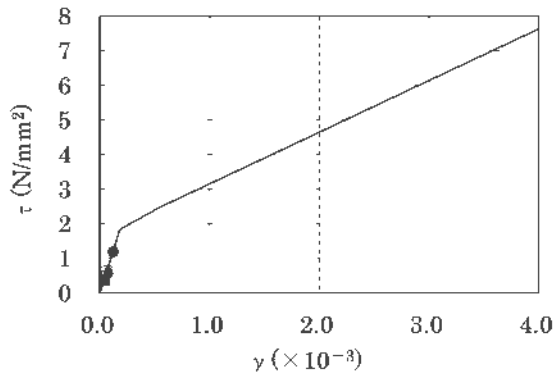


3

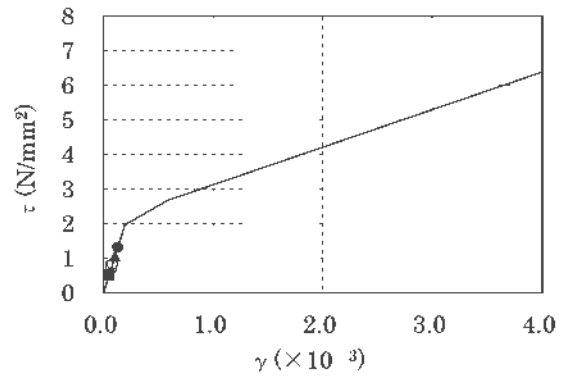
(b) 地盤物性のばらつき考慮 (-1σ)

第5-2図 せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (Y方向) (2/4)

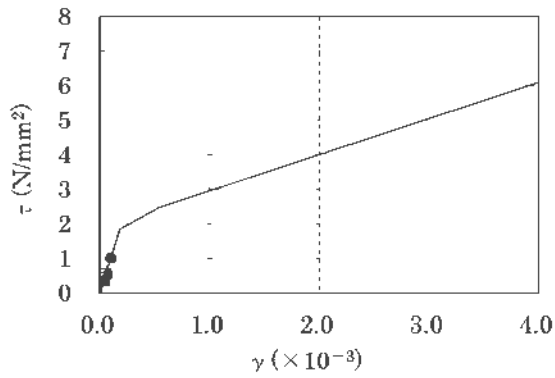
● : Ss-1H ■ : Ss-2Y ▲ : Ss-3Y
 ○ : Ss-4H □ : Ss-5NS △ : Ss-5FW



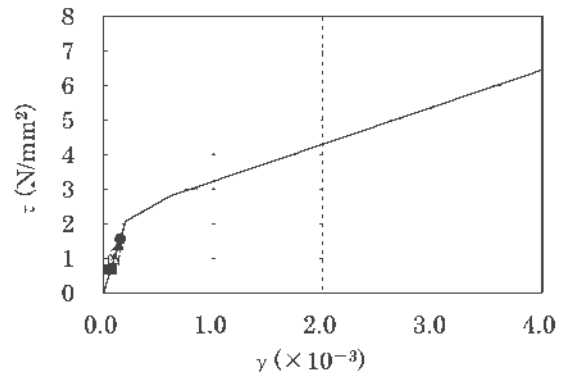
1



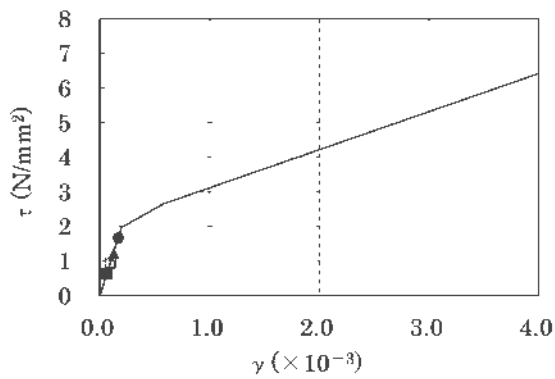
4



2



5

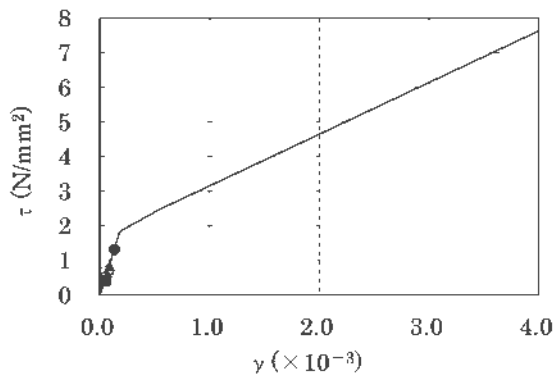


3

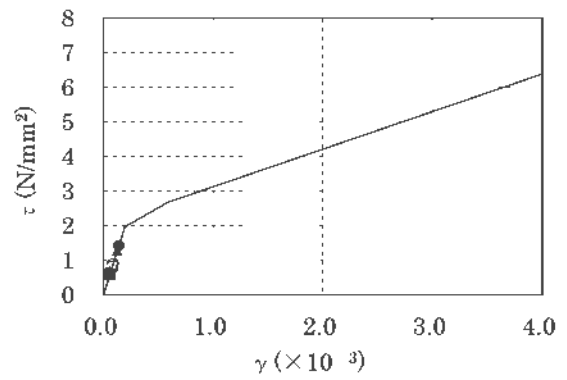
(c) 地盤物性のばらつき考慮 (+1σ)

第5-2図 せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (Y方向) (3/4)

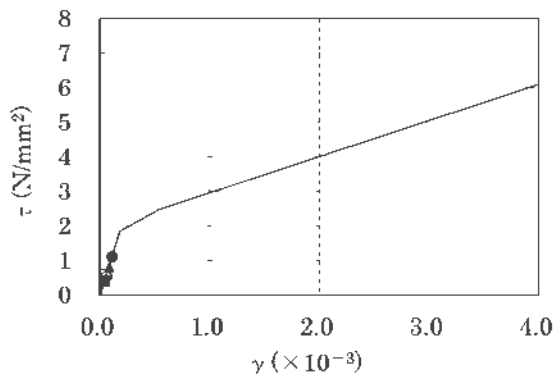
● : Ss-1H ■ : Ss-2Y ▲ : Ss-3Y
 ○ : Ss-4H □ : Ss-5NS △ : Ss-5FW



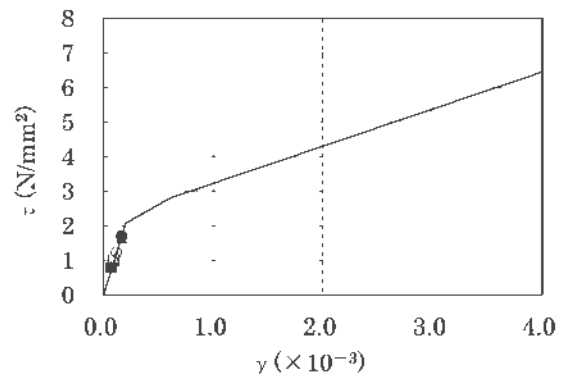
1



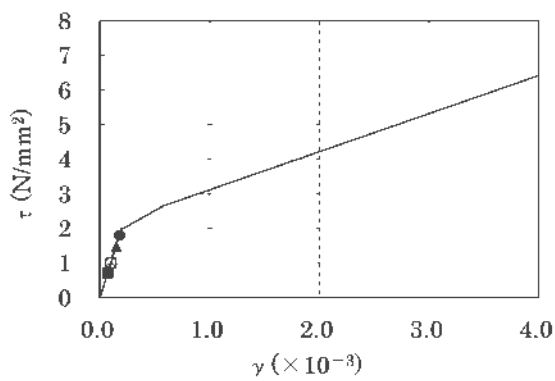
4



2



5



3

(d) 減衰定数の設定に起因する不確かさ考慮

第 5-2 図 せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (Y 方向) (4/4)

第5-1表 基準地震動 Ss に対する最大せん断ひずみと第1折点のせん断ひずみとの比較結果 (X方向)

部材番号	基準地震動 Ss に対する最大せん断ひずみ	第1折点のせん断ひずみ	判定
①	0.152×10^{-3}	0.180×10^{-3}	可
②	0.107×10^{-3}	0.180×10^{-3}	可
③	0.170×10^{-3}	0.193×10^{-3}	可
④	0.154×10^{-3}	0.195×10^{-3}	可
⑤	0.170×10^{-3}	0.204×10^{-3}	可

第5-2表 基準地震動 Ss に対する最大せん断ひずみと第1折点のせん断ひずみとの比較結果 (Y方向)

部材番号	基準地震動 Ss に対する最大せん断ひずみ	第1折点のせん断ひずみ	判定
①	0.129×10^{-3}	0.180×10^{-3}	可
②	0.108×10^{-3}	0.180×10^{-3}	可
③	0.176×10^{-3}	0.193×10^{-3}	可
④	0.141×10^{-3}	0.195×10^{-3}	可
⑤	0.167×10^{-3}	0.204×10^{-3}	可

5.1.2 保有水平耐力

「3. 地震応答解析による評価方法」に示す方法にて算出した必要保有水平耐力及び保有水平耐力の比較を第5-3表に示す。

各層の保有水平耐力は、重大事故等対処施設としての評価において、必要保有水平耐力に対して、妥当な安全余裕を有することを確認した。

第5-3表 必要保有水平耐力及び保有水平耐力の比較(1/2)

部材 番号	高さ (m)	X 方向				
		構造特性 係数 D_s	形状特性 係数 F_{es}	必要保有 水平耐力 Q_{un} (kN)	保有 水平耐力 Q_u (kN)	Q_u/Q_{un}
①	EL.42.70～ EL.37.60	0.55	1.00	1.34×10^4	2.12×10^5	15.8
②	EL.37.60～ EL.30.75	0.55	1.00	6.69×10^4	1.09×10^6	16.2
③	EL.30.75～ EL.25.30	0.55	1.00	1.17×10^5	1.16×10^6	9.91
④	EL.25.30～ EL.20.30	0.55	1.00	1.49×10^5	1.45×10^6	9.73
⑤	EL.20.30～ EL.15.00	0.55	1.00	1.69×10^5	1.44×10^6	8.52

第5-3表 必要保有水平耐力及び保有水平耐力の比較(2/2)

部材 番号	高さ (m)	Y 方向				
		構造特性 係数 D_s	形状特性 係数 F_{es}	必要保有 水平耐力 Q_{un} (kN)	保有 水平耐力 Q_u (kN)	Q_u/Q_{un}
①	EL.42.70～ EL.37.60	0.55	1.00	1.32×10^4	2.32×10^5	17.5
②	EL.37.60～ EL.30.75	0.55	1.00	6.72×10^4	1.06×10^6	15.7
③	EL.30.75～ EL.25.30	0.55	1.00	1.17×10^5	1.14×10^6	9.74
④	EL.25.30～ EL.20.30	0.55	1.00	1.49×10^5	1.71×10^6	11.4
⑤	EL.20.30～ EL.15.00	0.55	1.00	1.69×10^5	1.59×10^6	9.40

5.2 応力解析による評価結果

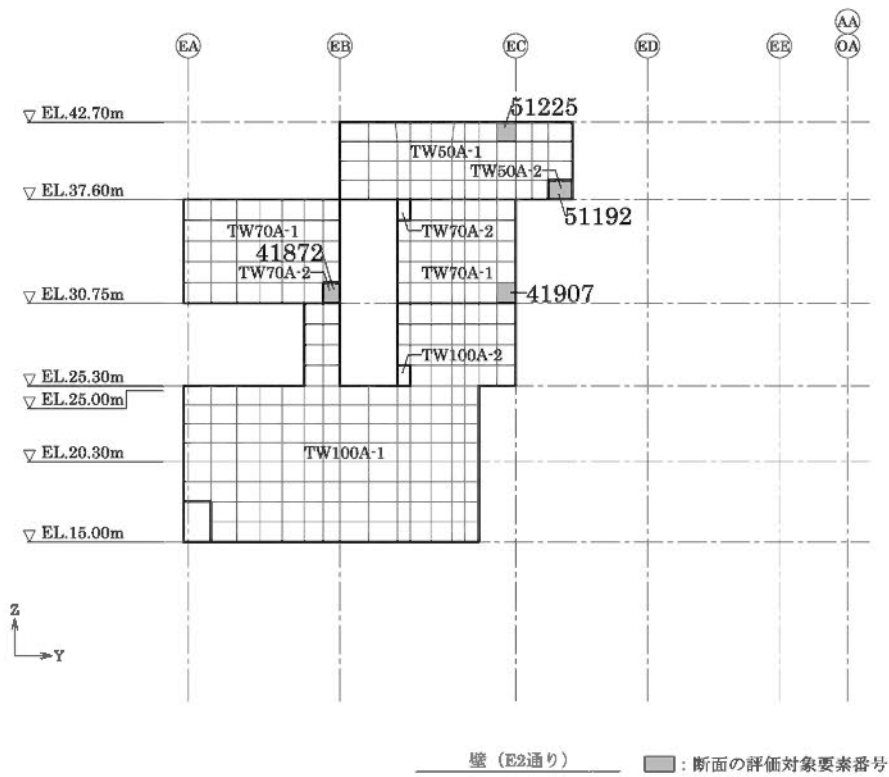
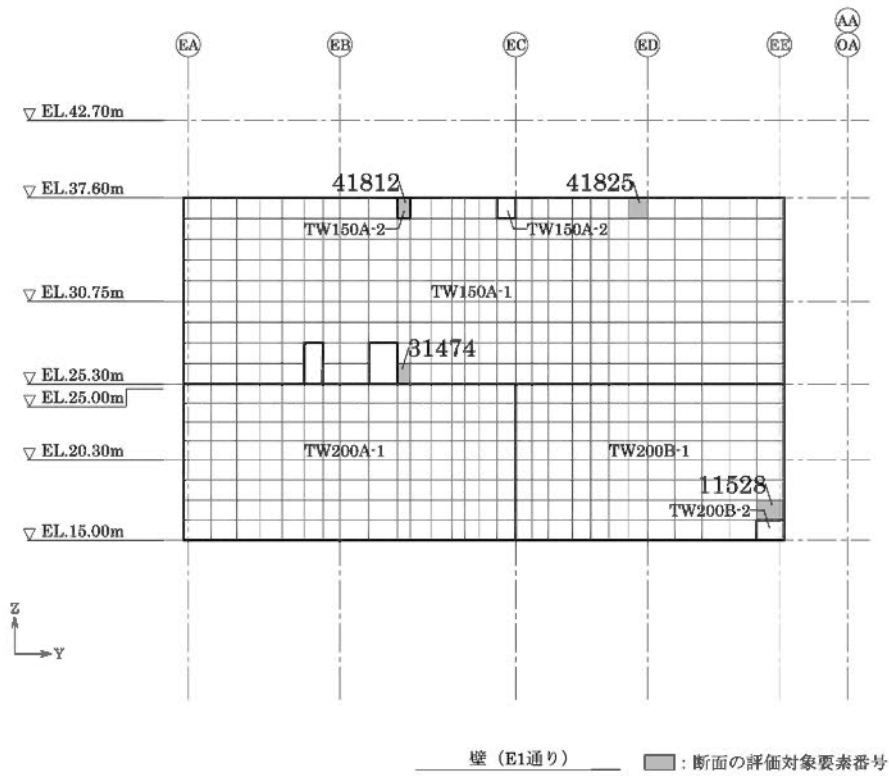
壁、床及び屋根について、「4. 応力解析による評価方法」に示す方法にて算出した Ss 地震時及び常時における応力解析結果を示す。また、壁、床及び屋根の FEM 要素を、厚さ及び配筋ごとに分類し、第 4-16 表に示す荷重の組合せに基づいて組み合わせた応力に対して、断面の評価を行う。

断面の評価対象部位は、分類領域ごとに、軸力及び曲げモーメント並びに面内せん断力に対する検定値が最大となる要素、面外せん断力に対する検定値が最大となる要素をそれぞれ選定する。壁、床及び屋根の断面の評価対象要素番号を第 5-3 図、分類領域ごとの配筋を第 5-4 表に示す。

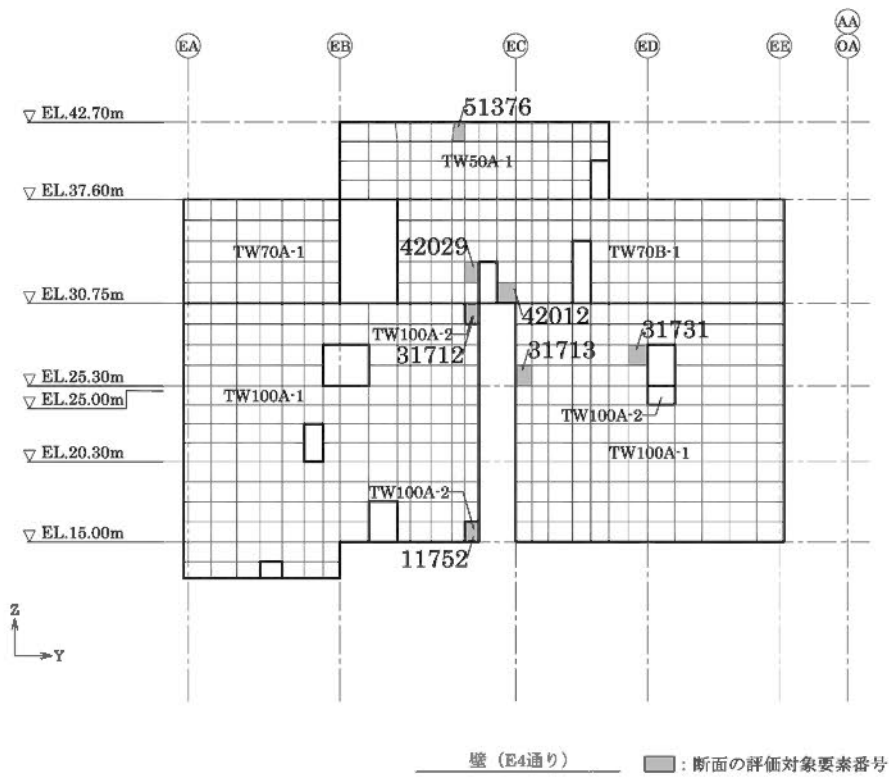
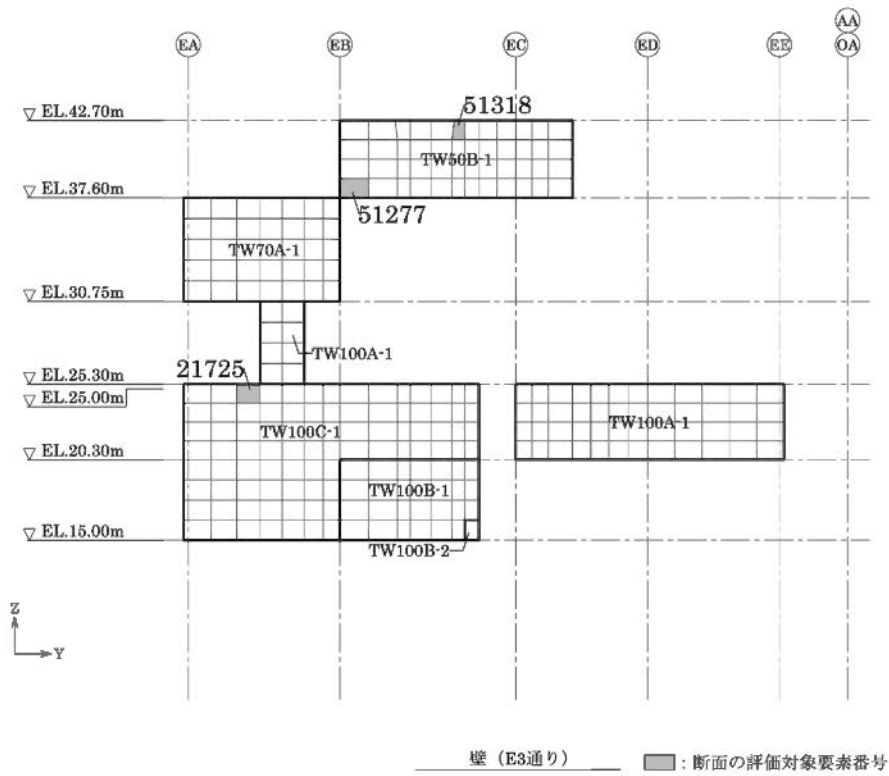
壁、床及び屋根の応力の方向を第 5-4 図、軸力及び曲げモーメント並びに面内せん断力に対する断面の評価結果を第 5-5 表、面外せん断力に対する断面の評価結果を第 5-6 表に示す。

Ss 地震時について、壁、床及び屋根に生じる各応力が、重大事故等対処施設としての評価において、許容限界を超えないことを確認した。

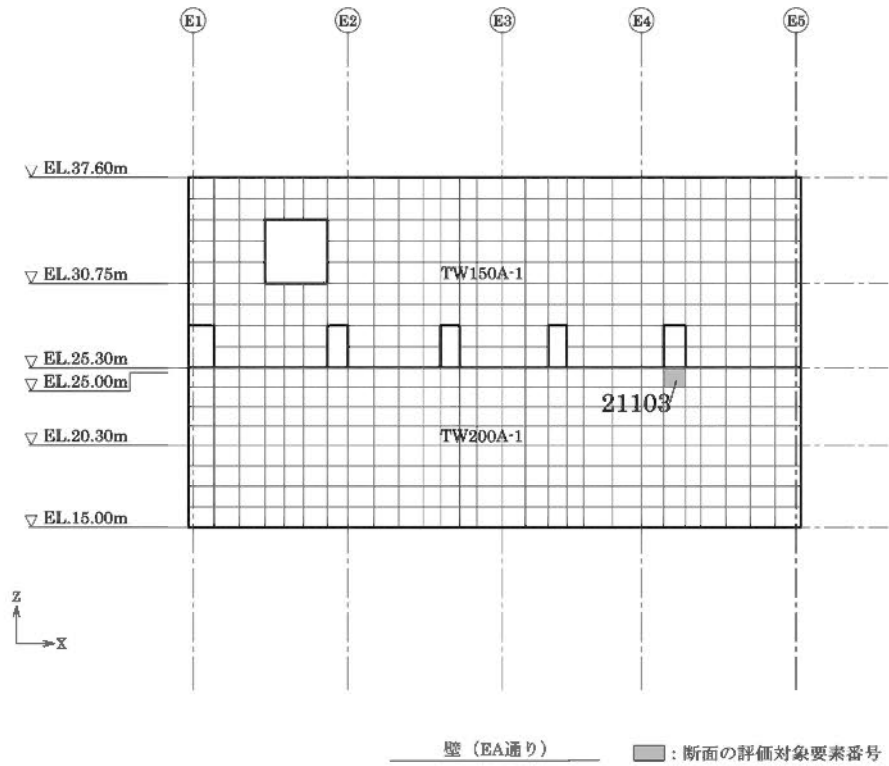
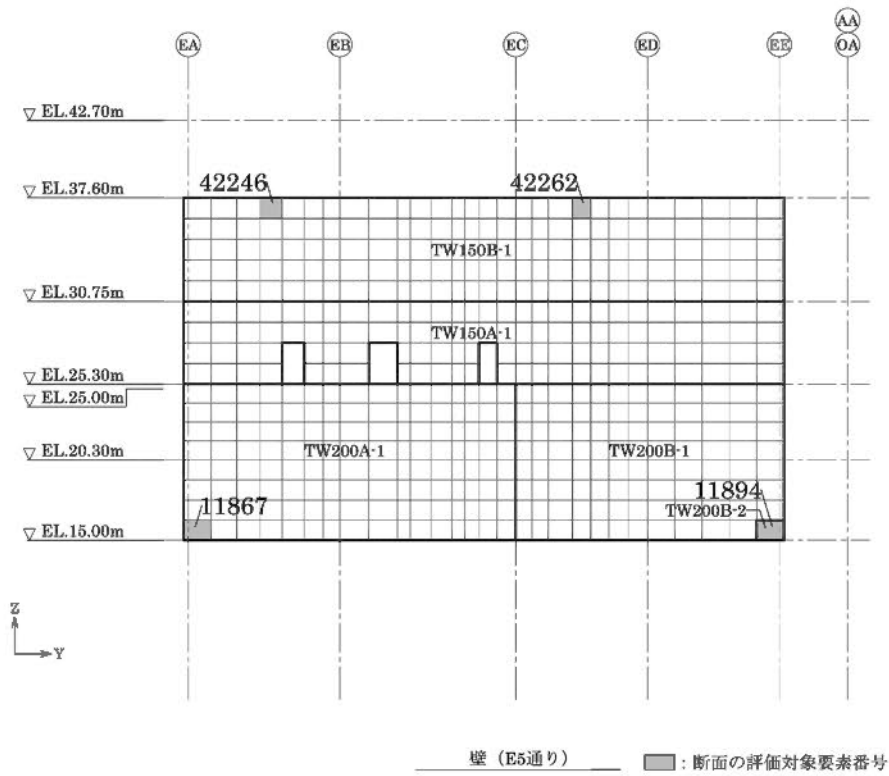
また、常時について、壁、床及び屋根に生じる各応力が許容限界を超えないことを確認した。



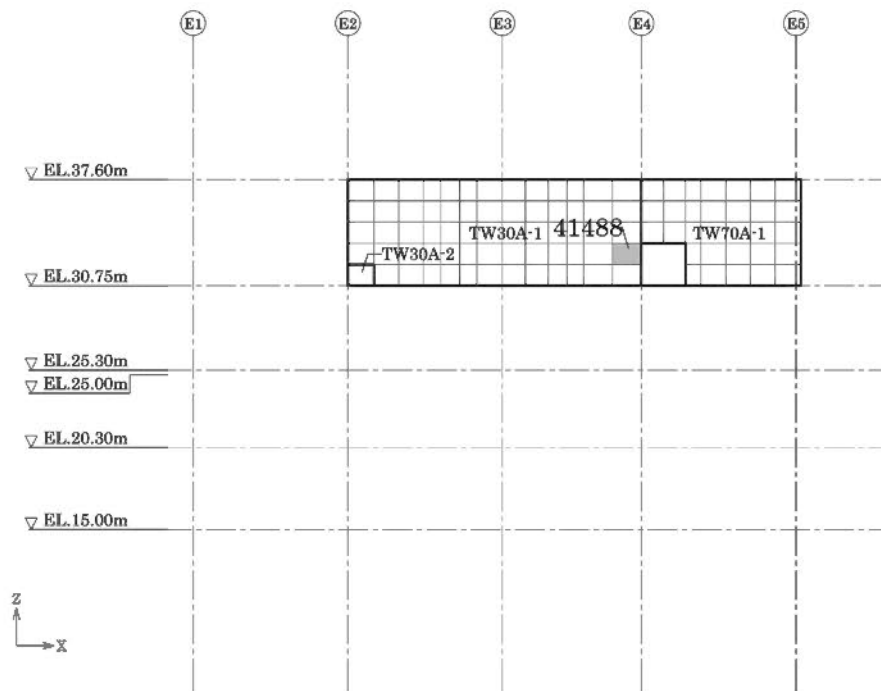
第 5-3 図 断面の評価対象要素番号(1/13)



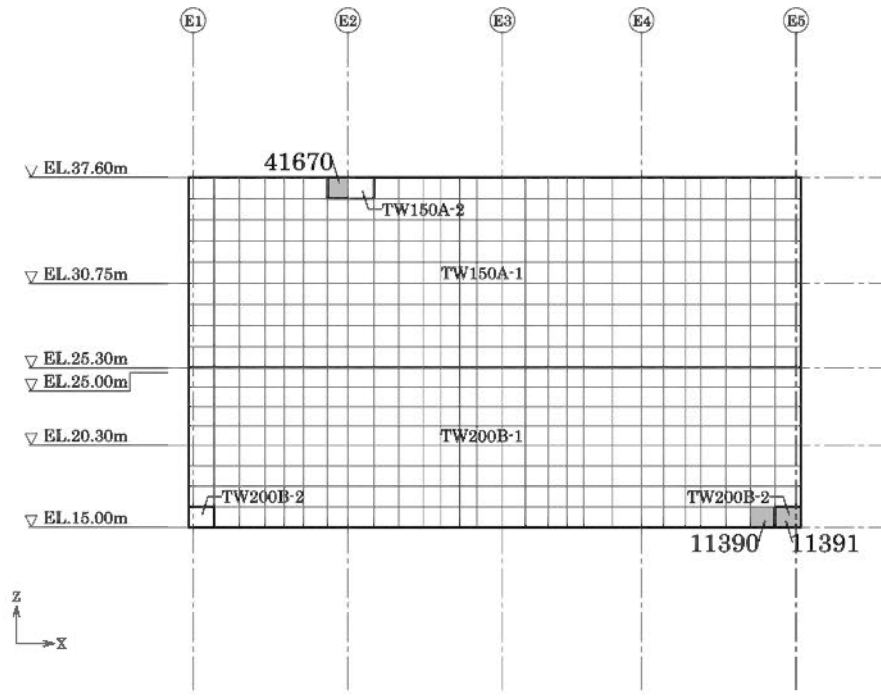
第 5-3 図 断面の評価対象要素番号(2/13)



第5-3図 断面の評価対象要素番号(3/13)

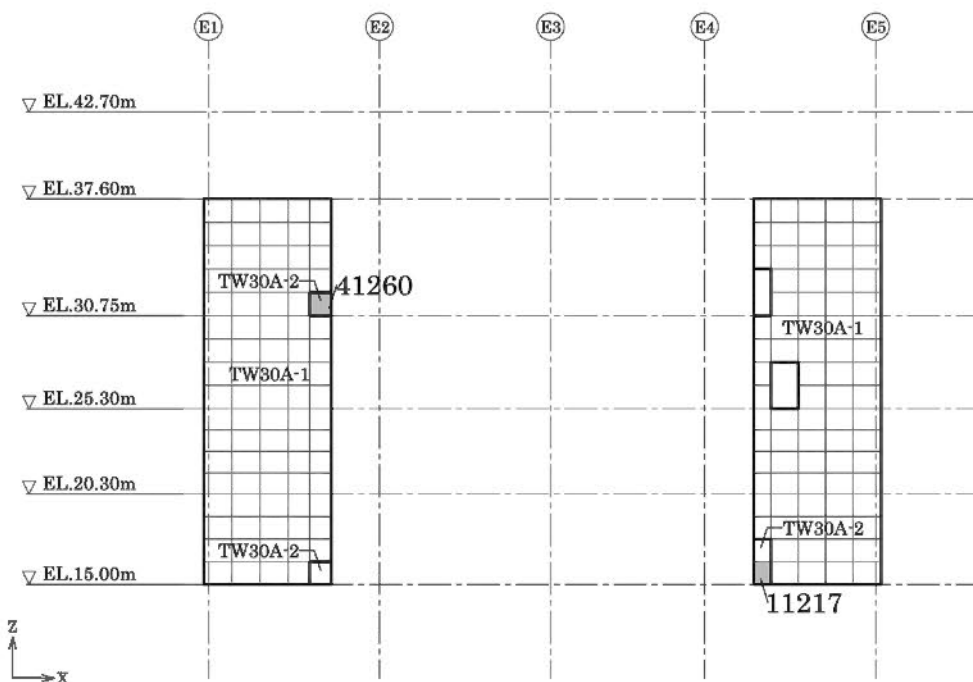


壁 (ED通り) ■ : 断面の評価対象要素番号

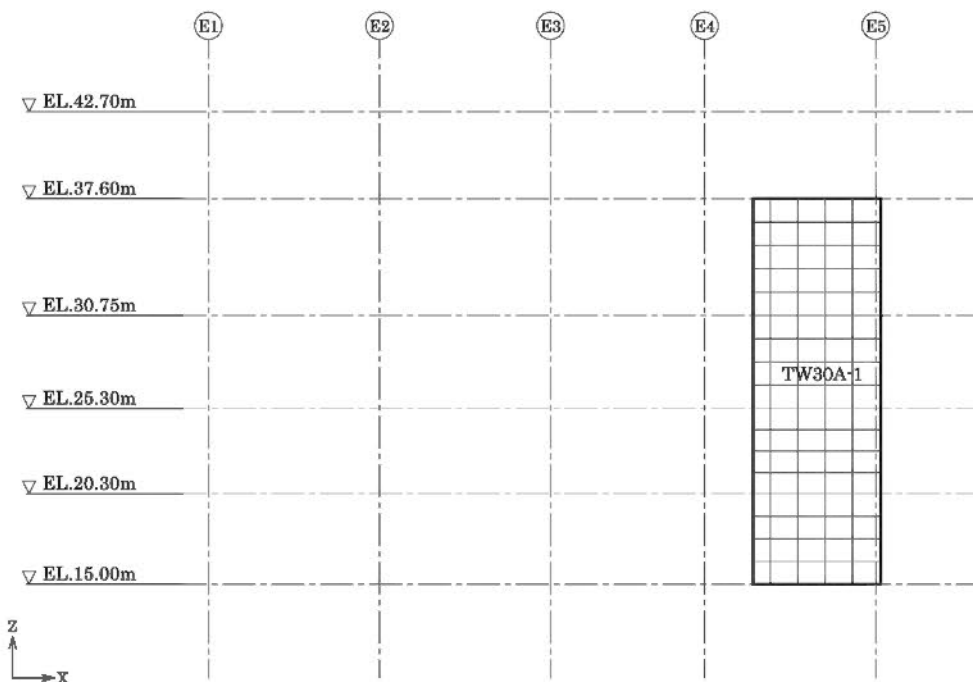


壁 (EE通り) ■ : 断面の評価対象要素番号

第 5-3 図 断面の評価対象要素番号(5/13)

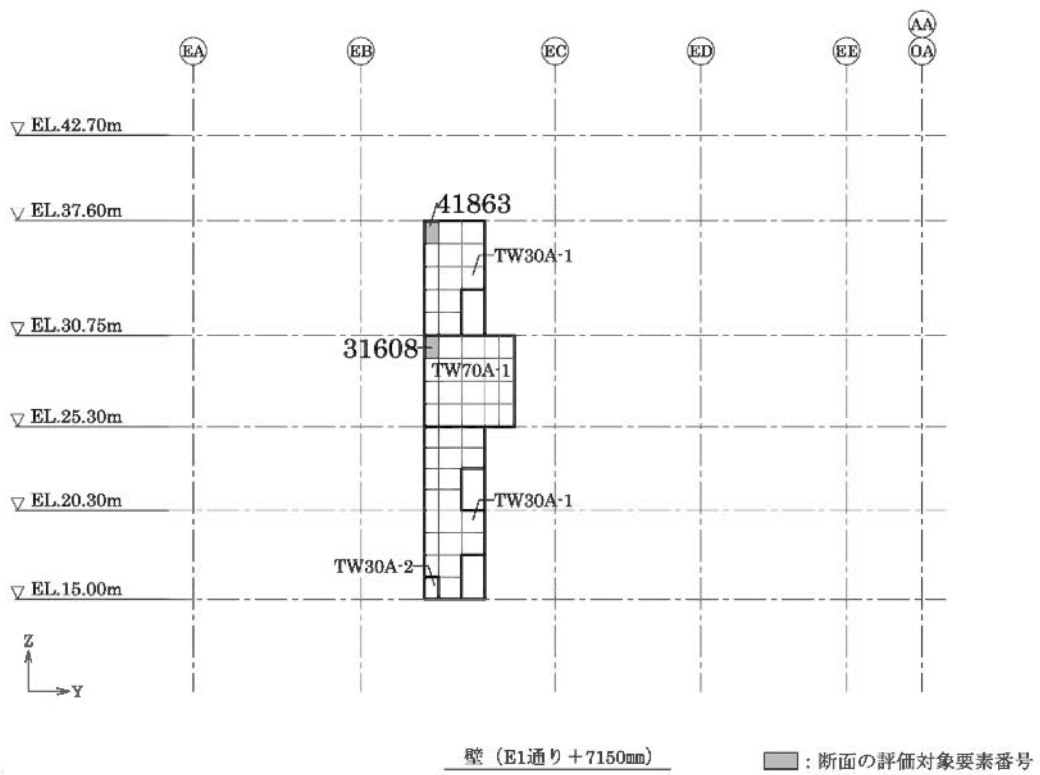
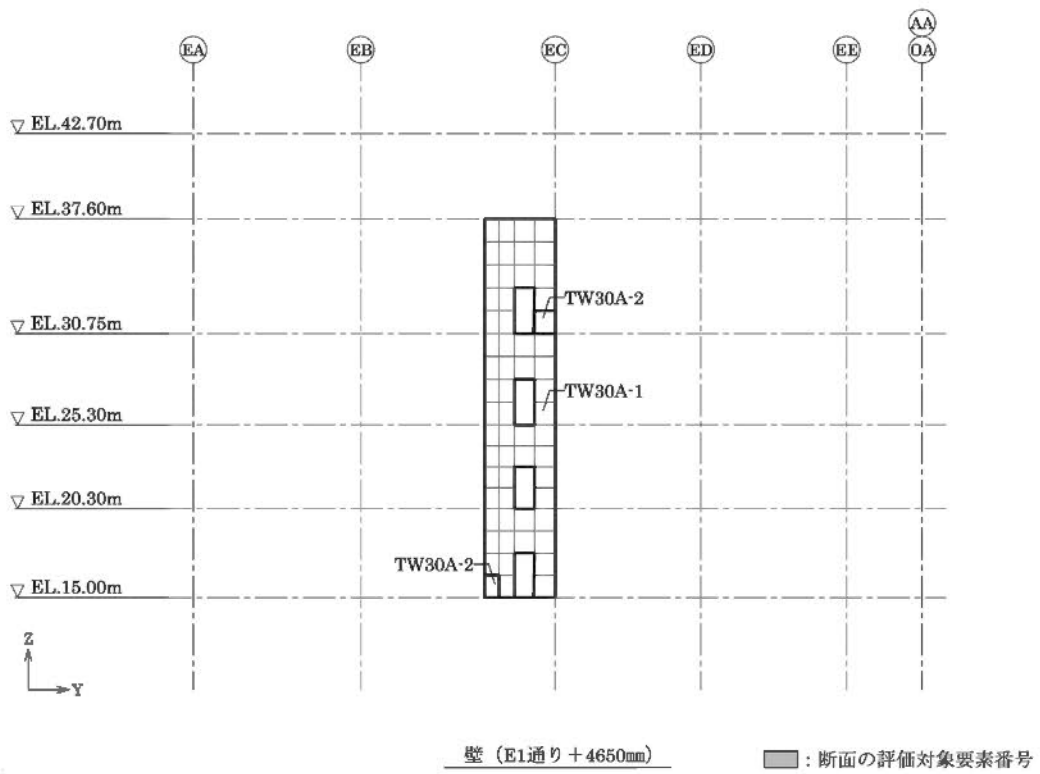


壁 (EB通り+3800mm、EB通り+4650mm) ■ : 断面の評価対象要素番号

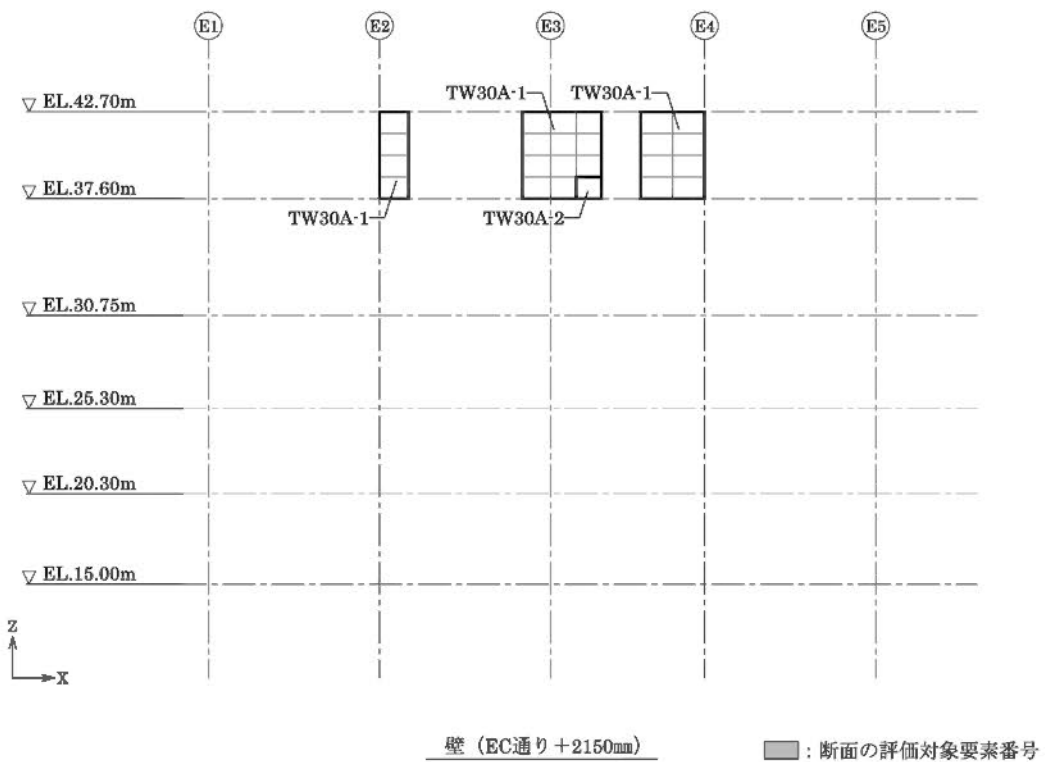
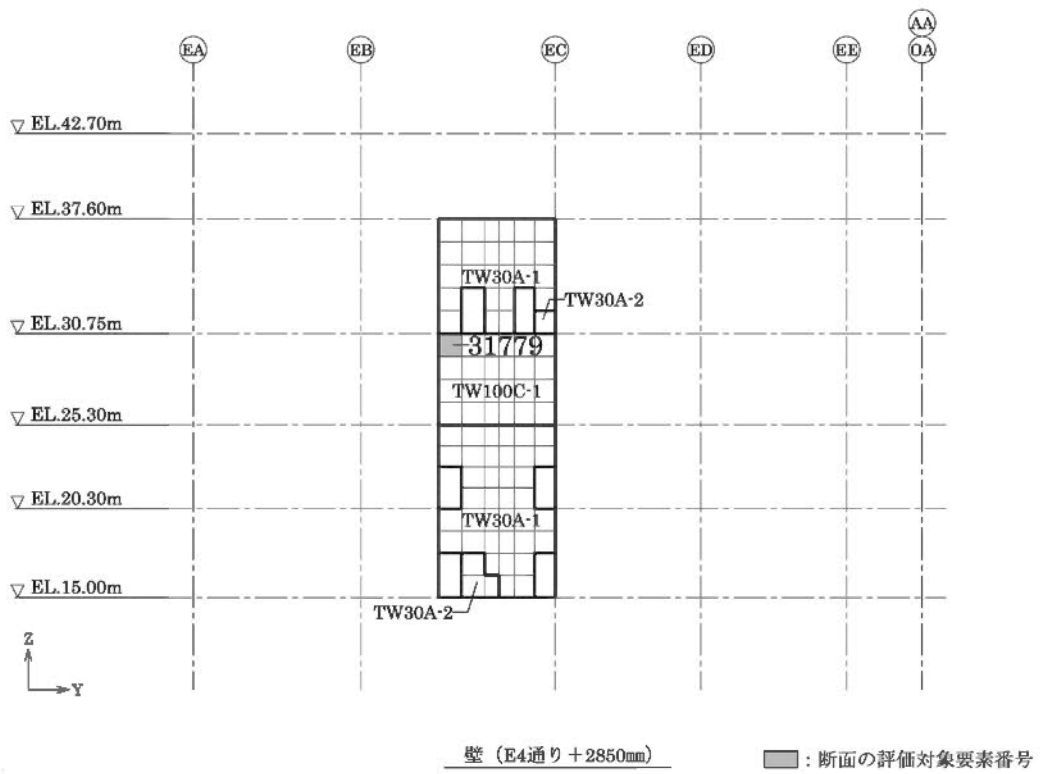


壁 (EB通り+8250mm) ■ : 断面の評価対象要素番号

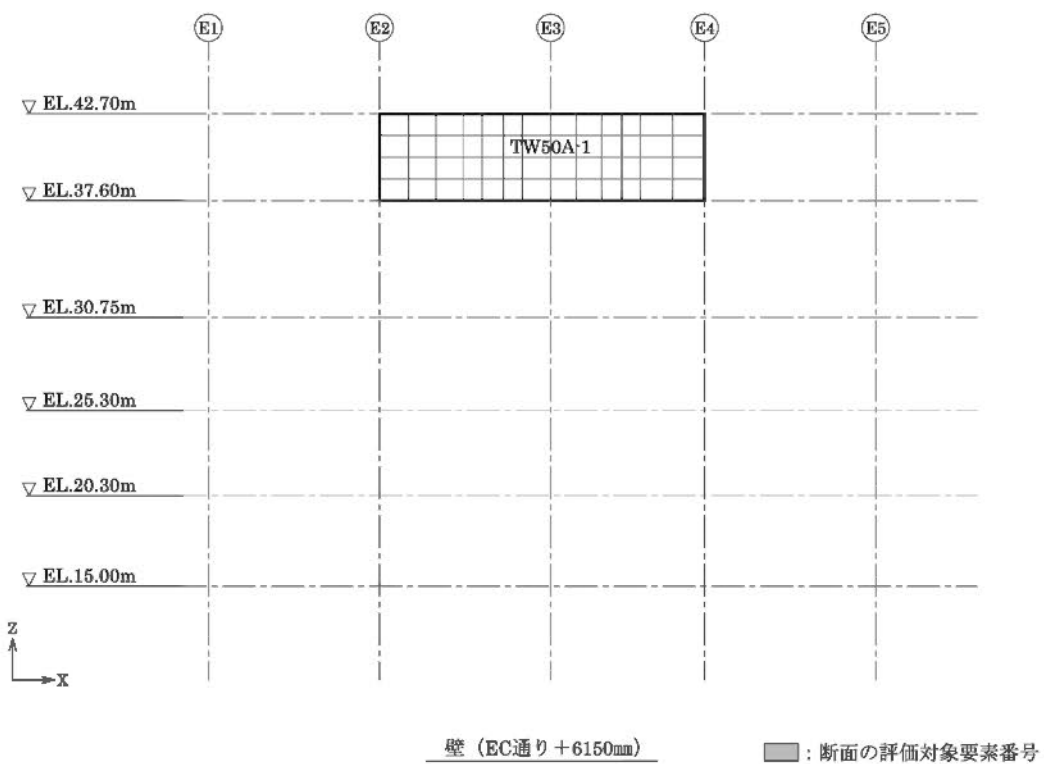
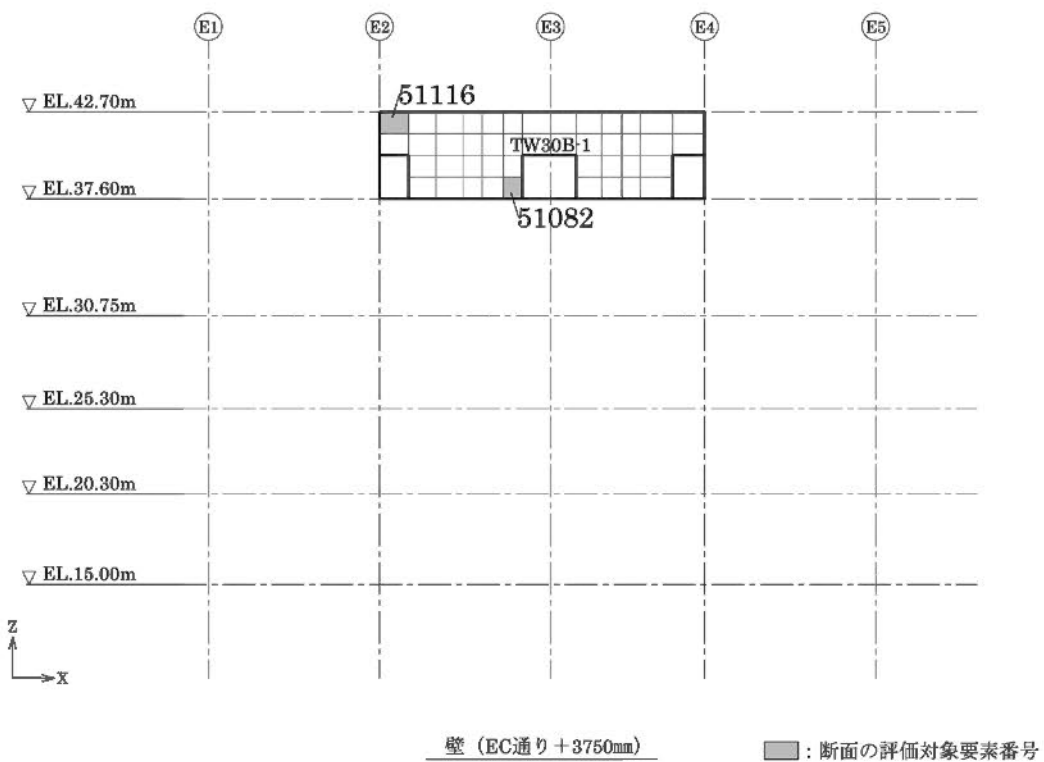
第5-3図 断面の評価対象要素番号(6/13)



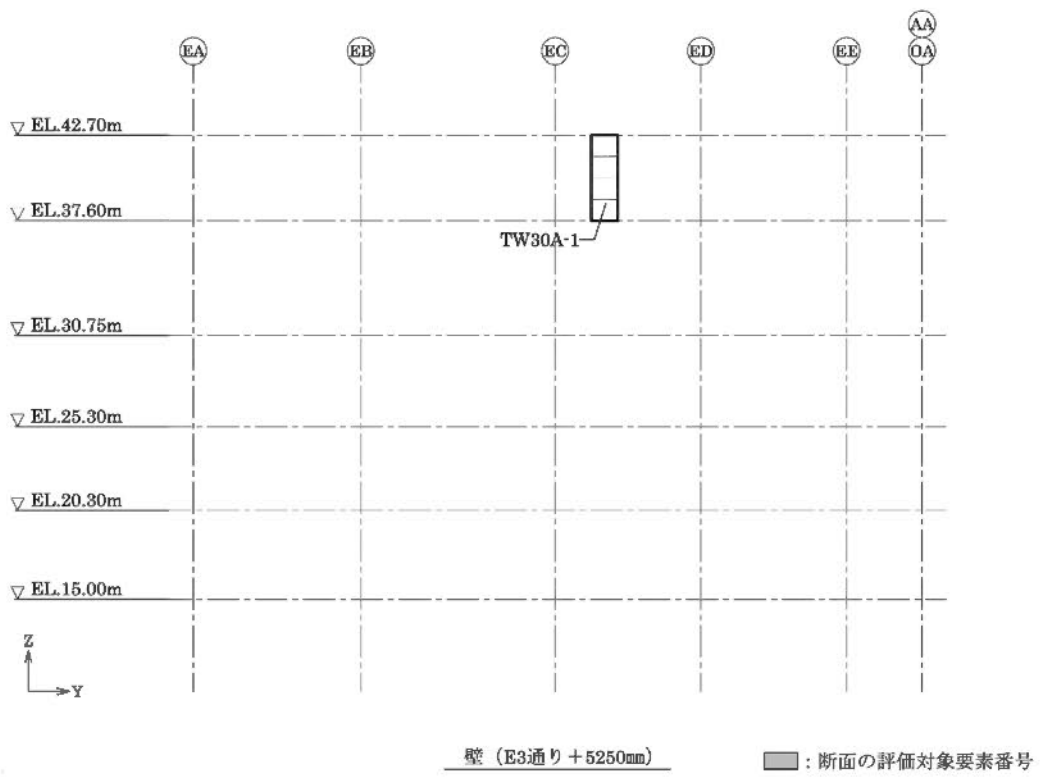
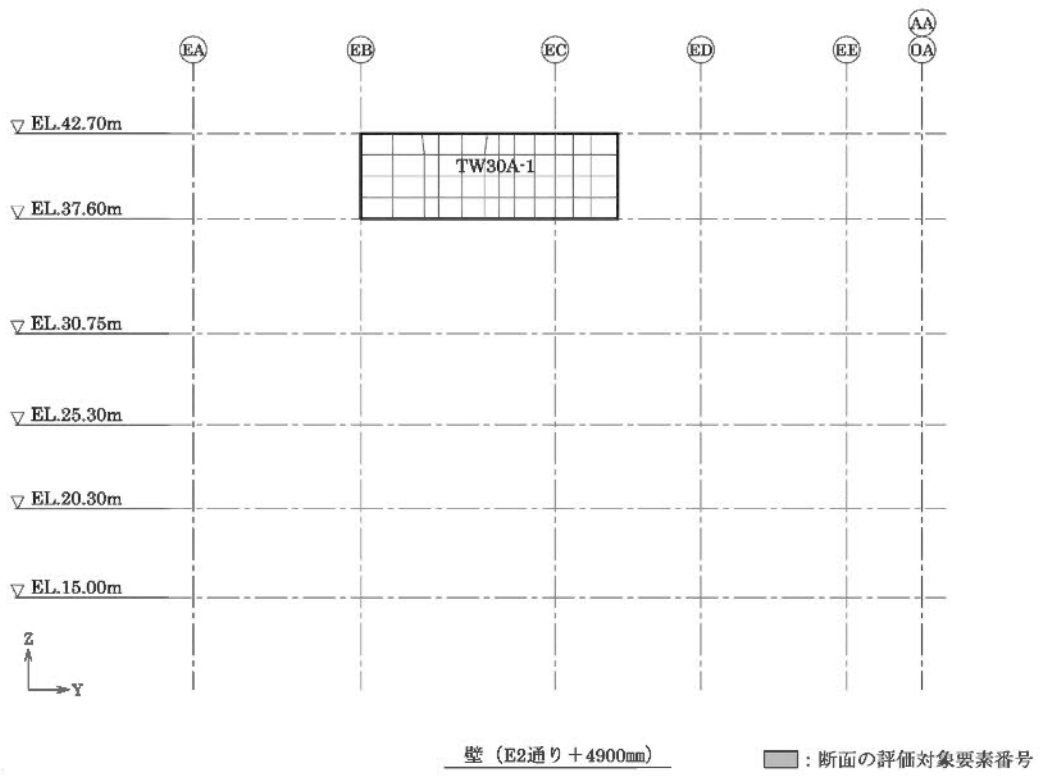
第5-3図 断面の評価対象要素番号(7/13)



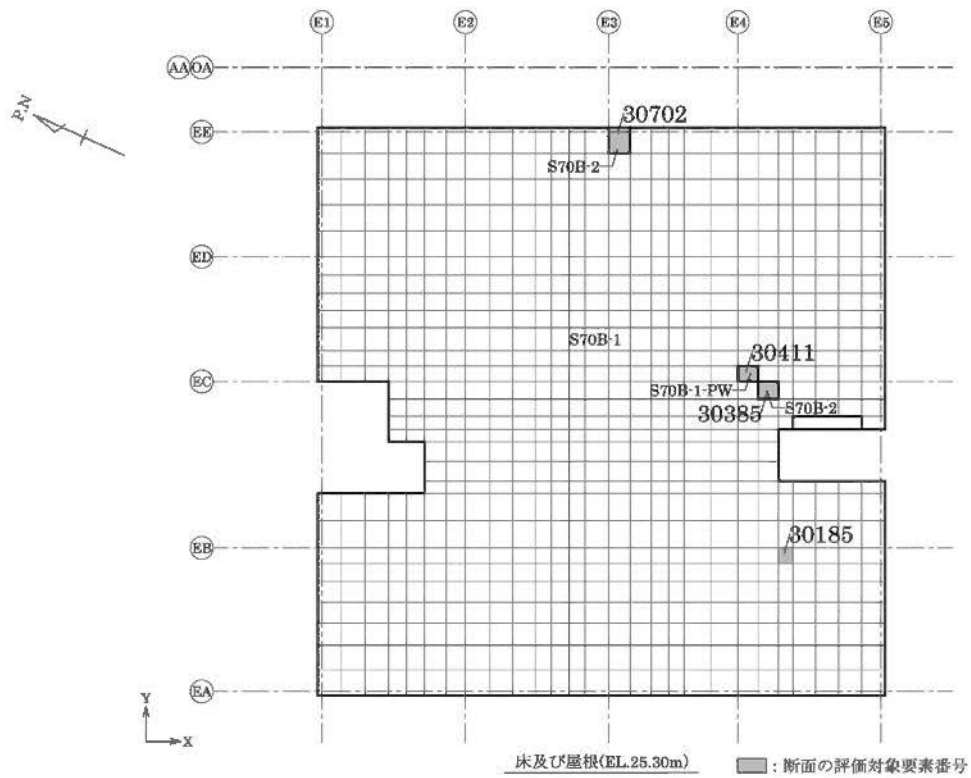
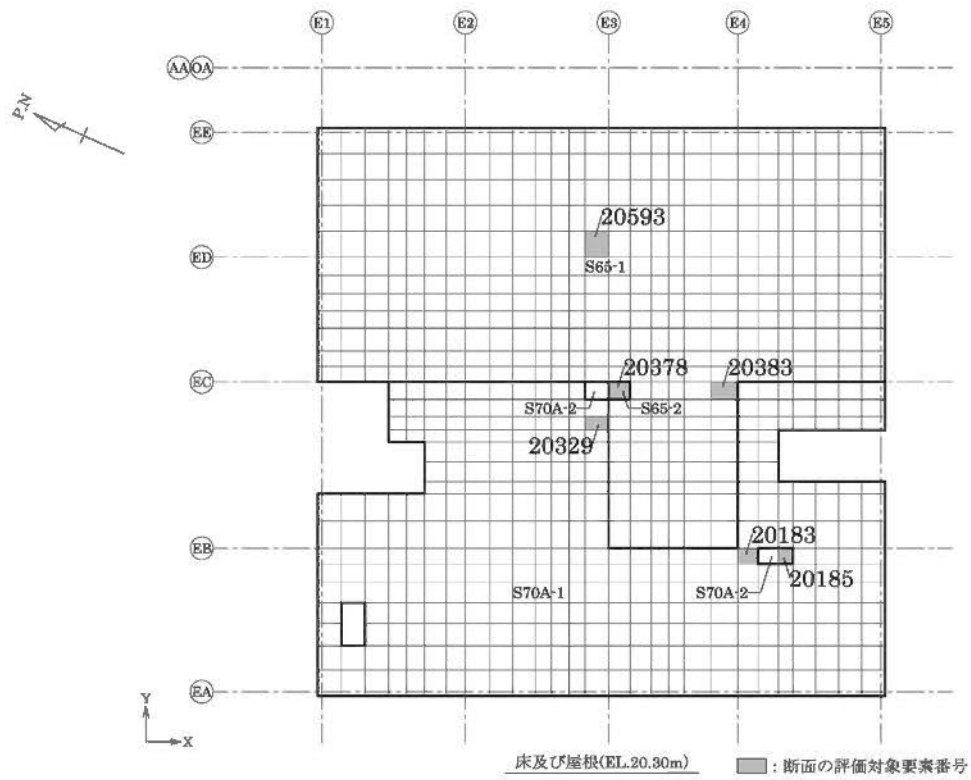
第5-3図 断面の評価対象要素番号(8/13)



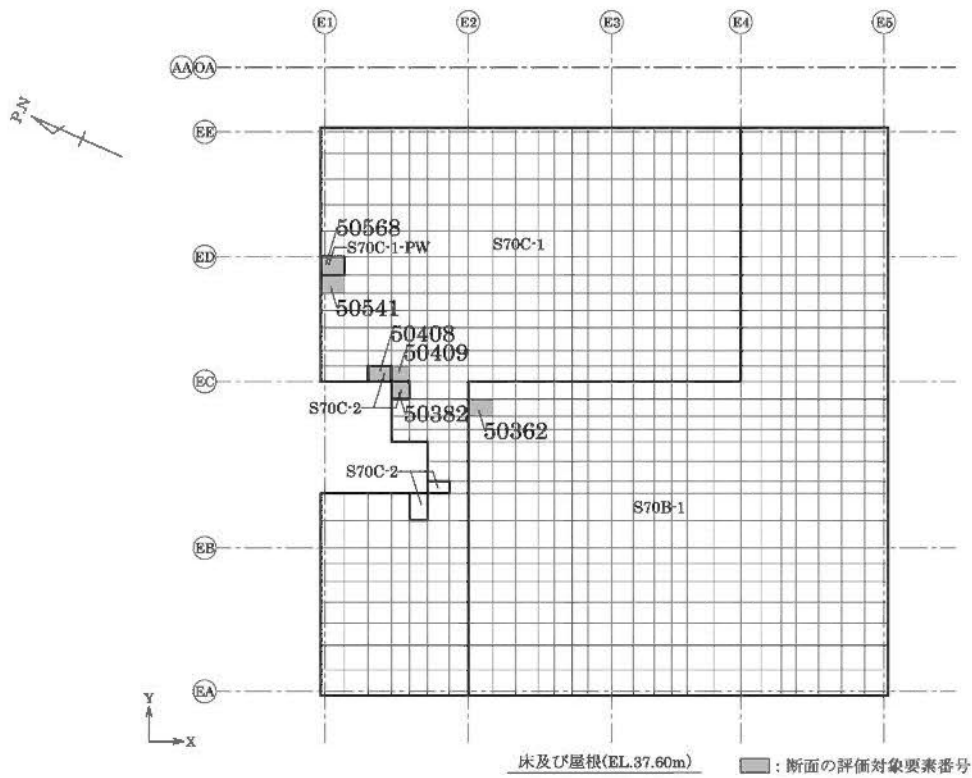
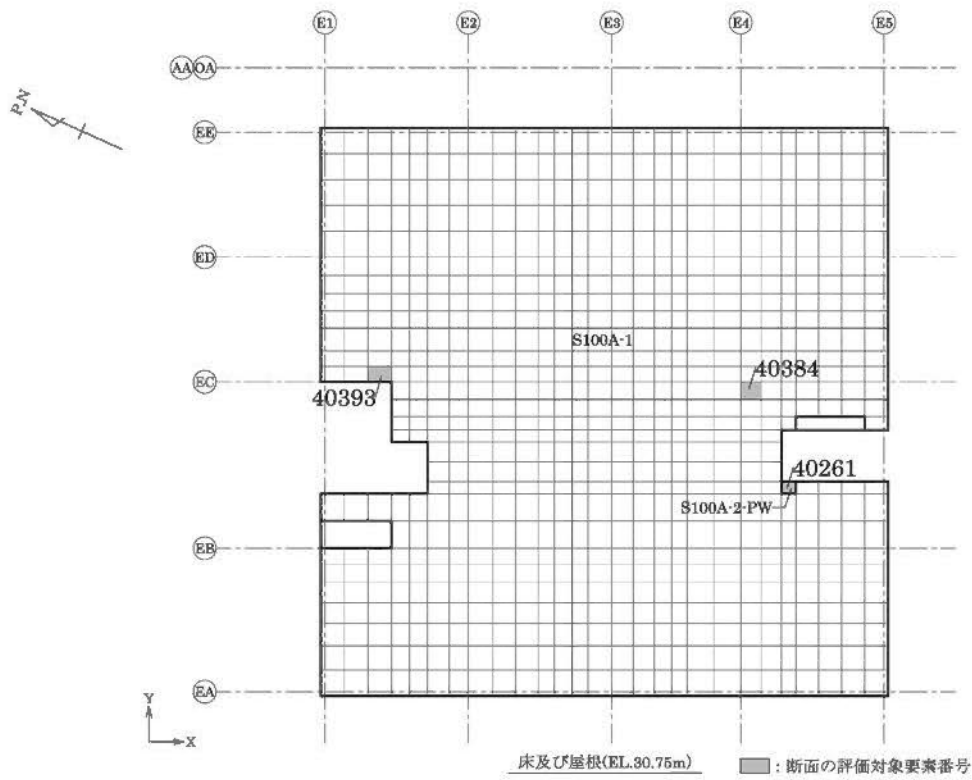
第5-3図 断面の評価対象要素番号(9/13)



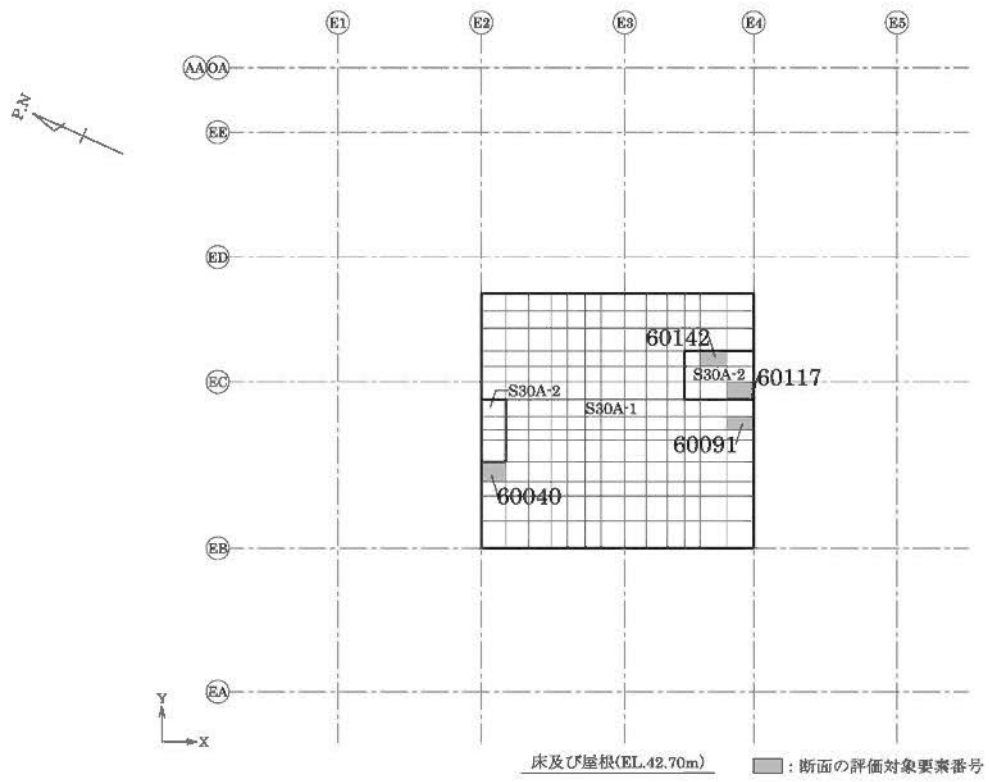
第5-3図 断面の評価対象要素番号(10/13)



第5-3図 断面の評価対象要素番号(11/13)



第5-3図 断面の評価対象要素番号(12/13)



第 5-3 図 断面の評価対象要素番号(13/13)

第5-4表 分類領域ごとの配筋(1/4)

部位	領域	厚さ (mm)	主筋 (SD345)		鉄筋量 (mm ² /m)	面外せん断 補強筋	
			位置	方向			
壁	TW200A-1	2,000	両側共	縦筋	2段 D38@200	11,400	—
				横筋	2段 D38@200	11,400	
	TW200B-1	2,000	両側共	縦筋	2.5段 D38@200	14,250	—
				横筋	2.5段 D38@200	14,250	
	TW200B-2	2,000	両側共	縦筋	2.5段 D38@200+ 1段 D38@200	19,950	—
				横筋	2.5段 D38@200	14,250	
	TW150A-1	1,500	両側共	縦筋	2段 D38@200	11,400	—
				横筋	2段 D38@200	11,400	
	TW150A-2	1,500	両側共	縦筋	2段 D38@200	11,400	—
				横筋	2段 D38@200+ 1段 D38@200	17,100	
	TW150B-1	1,500	両側共	縦筋	1.5段 D38@200	8,550	—
				横筋	1.5段 D38@200	8,550	
	TW100A-1	1,000	両側共	縦筋	1.5段 D38@200	8,550	—
				横筋	1.5段 D38@200	8,550	
TW100A-2	1,000	両側共	縦筋	1.5段 D38@200+ 1段 D38@400	11,400	—	
			横筋	1.5段 D38@200+ 1段 D38@400	11,400		
TW100B-1	1,000	両側共	縦筋	2段 D38@200	11,400	—	
			横筋	2段 D38@200	11,400		
TW100B-2	1,000	両側共	縦筋	2段 D38@200+ 1段 D38@200	17,100	—	
			横筋	2段 D38@200+ 1段 D38@200	17,100		

第5-4表 分類領域ごとの配筋(2/4)

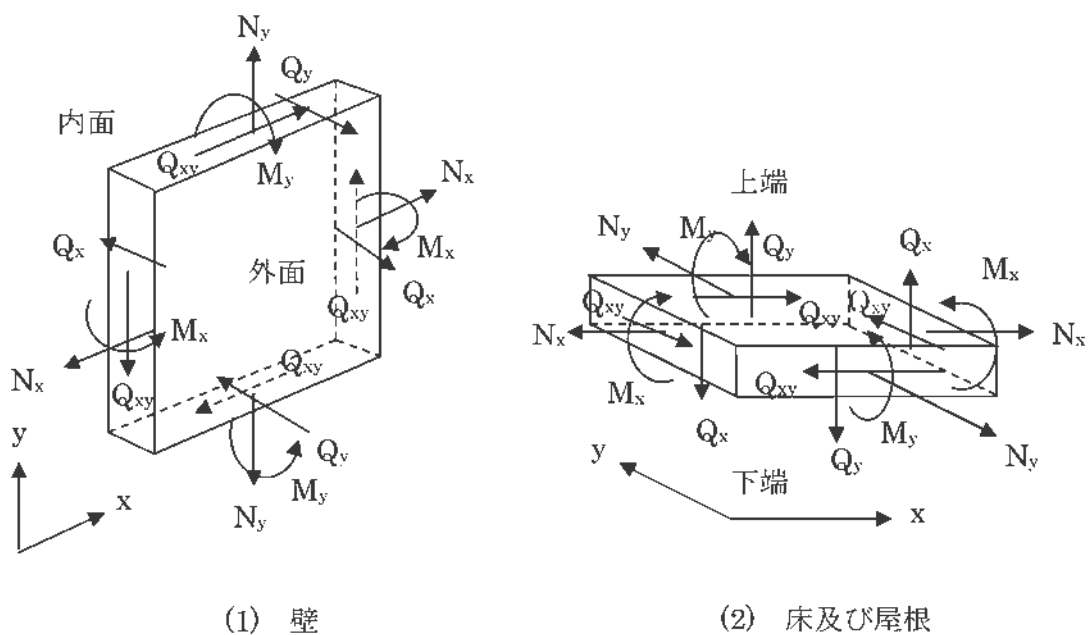
部位	領域	厚さ (mm)	主筋 (SD345)		鉄筋量 (mm ² /m)	面外せん断 補強筋	
			位置	方向			
壁	TW100C-1	1,000	両側共	縦筋	1段 D38@200	5,700	—
				横筋	1段 D38@200	5,700	
	TW70A-1	700	両側共	縦筋	1段 D38@200	5,700	—
				横筋	1段 D38@200	5,700	
	TW70A-2	700	両側共	縦筋	1段 D38@200+ 1段 D38@400	8,550	—
				横筋	1段 D38@200+ 1段 D38@400	8,550	
	TW70B-1	700	両側共	縦筋	1.5段 D38@200	8,550	—
				横筋	1.5段 D38@200	8,550	
	TW50A-1	500	両側共	縦筋	1段 D38@200	5,700	—
				横筋	1段 D38@200	5,700	
	TW50A-2	500	両側共	縦筋	1段 D38@200+ 1段 D38@200	11,400	—
				横筋	1段 D38@200	5,700	
	TW50B-1	500	両側共	縦筋	1段 D29@200	3,210	—
				横筋	1段 D29@200	3,210	
	TW30A-1	300	両側共	縦筋	1段 D25@200	2,535	—
				横筋	1段 D25@200	2,535	
TW30A-2	300	両側共	縦筋	1段 D25@200+ 1段 D25@200	5,070	—	
			横筋	1段 D25@200+ 1段 D25@200	5,070		
TW30B-1	300	両側共	縦筋	1段 D25@150	3,380	—	
			横筋	1段 D25@150	3,380		

第5-4表 分類領域ごとの配筋(3/4)

部位	領域	厚さ (mm)	主筋 (SD345)		鉄筋量 (mm ² /m)	面外せん断 補強筋	
			位置	方向			
床 ・ 屋根	S100A-1	1,000	上端、 下端共	X	2段 D32@200	7,940	—
				Y	2段 D32@200	7,940	
	S100A-2-PW	1,000	上端、 下端共	X	2段 D32@200+ 1段 D32@200	11,910	D19 @400×@200
				Y	2段 D32@200	7,940	
	S70A-1	700	上端、 下端共	X	1段 D29@200	3,210	—
				Y	1段 D29@200	3,210	
	S70A-2	700	上端、 下端共	X	1段 D29@200	3,210	—
				Y	1段 D29@200+ 1段 D29@200	6,420	
	S70B-1	700	上端、 下端共	X	1段 D35@200	4,785	—
				Y	1段 D35@200	4,785	
	S70B-1-PW	700	上端、 下端共	X	1段 D35@200	4,785	D19 @400×@200
				Y	1段 D35@200	4,785	
	S70B-2	700	上端、 下端共	X	1段 D35@200+ 1段 D35@200	9,570	—
				Y	1段 D35@200+ 1段 D35@200	9,570	
S70C-1	700	上端、 下端共	X	2段 D35@200	9,570	—	
			Y	2段 D35@200	9,570		
S70C-1-PW	700	上端、 下端共	X	2段 D35@200	9,570	D19 @400×@200	
			Y	2段 D35@200	9,570		
S70C-2	700	上端、 下端共	X	2段 D35@200+ 1段 D35@200	14,355	—	
			Y	2段 D35@200+ 1段 D35@200	14,355		

第5-4表 分類領域ごとの配筋(4/4)

部位	領域	厚さ (mm)	主筋 (SD345)			鉄筋量 (mm ² /m)	面外せん断 補強筋
			位置	方向			
床 ・ 屋根	S65-1	650	上端、 下端共	X	1段 D29@200	3,210	—
				Y	1段 D29@200	3,210	
	S65-2	650	上端、 下端共	X	1段 D29@200	3,210	—
				Y	1段 D29@200+ 1段 D29@200	6,420	
	S30A-1	300	上端、 下端共	X	1段 D25@200	2,535	—
				Y	1段 D25@200	2,535	
	S30A-2	300	上端、 下端共	X	1段 D25@200	2,535	—
				Y	1段 D25@200+ 1段 D25@200	5,070	



- N_x, N_y : 軸力 (引張 : +)
 M_x, M_y : 曲げモーメント (内面引張、下端引張 : +)
 Q_{xy} : 面内せん断力
 Q_x, Q_y : 面外せん断力
 (壁について、 x 方向は横筋方向、 y 方向は縦筋方向)

第 5-4 図 応力の方向

第5-5表 断面の評価結果（軸力及び曲げモーメント並びに面内せん断力）（1/2）

部位	領域	要素 番号	方向	ケース No.	組合せ応力			必要 鉄筋量 a_g (mm ² /m)	設計 配筋量 a_g' (mm ² /m)	検定値	判定
					N (kN/m)	M (kN・m/m)	Q _{xy} (kN/m)				
壁	TW200A-1	21103	横筋	1	-1,140	-59	5,315	7,703	11,400	0.68	可
	TW200B-1	11528	縦筋	7	4,220	12	3,539	11,274	14,250	0.80	可
	TW200B-2	11894	縦筋	7	5,737	-80	-3,658	13,804	19,950	0.70	可
	TW150A-1	31474	縦筋	5	2,699	-220	-2,107	7,696	11,400	0.68	可
	TW150A-2	41812	横筋	7	2,520	1,054	1,200	8,672	17,100	0.51	可
	TW150B-1	42262	横筋	1	2,336	-183	288	4,374	8,550	0.52	可
	TW100A-1	31731	横筋	5	1,586	-6	2,963	6,629	8,550	0.78	可
	TW100A-2	11752	縦筋	7	4,186	-3	-1,259	7,908	11,400	0.70	可
	TW100B-1	31350	横筋	1	-3,347	-57	-5,705	8,269	11,400	0.73	可
	TW100B-2	21370	縦筋	1	2,143	74	-4,750	10,523	17,100	0.62	可
	TW100C-1	21725	横筋	8	-1,239	-5	-3,123	4,526	5,700	0.80	可
	TW70A-1	41907	縦筋	1	1,670	-127	-497	4,192	5,700	0.74	可
	TW70A-2	41139	縦筋	3	2,119	-79	-1,056	5,254	8,550	0.62	可
	TW70B-1	42029	縦筋	5	2,536	21	1,246	5,756	8,550	0.68	可
	TW50A-1	51225	横筋	4	1,877	-39	415	3,865	5,700	0.68	可
	TW50A-2	51192	横筋	4	452	25	1,307	2,874	5,700	0.51	可
	TW50B-1	51277	横筋	8	-670	2	-1,630	2,362	3,210	0.74	可
	TW30A-1	41488	横筋	2	152	1	-1,099	1,846	2,535	0.73	可
	TW30A-2	11217	縦筋	1	1,266	1	388	2,445	5,070	0.49	可
	TW30B-1	51082	縦筋	4	901	-9	630	2,544	3,380	0.76	可

第5-5表 断面の評価結果（軸力及び曲げモーメント並びに面内せん断力）(2/2)

部位	領域	要素 番号	方向	ケース No.	組合せ応力			必要 鉄筋量 a_g (mm ² /m)	設計 配筋量 a_g' (mm ² /m)	検定値	判定
					N (kN/m)	M (kN・m/m)	Q _{xy} (kN/m)				
床 ・ 屋根	S100A-1	40393	Y	8	1,035	-379	-1,201	5,016	7,940	0.64	可
	S100A-2-PW	40261	X	1	997	-419	-914	3,381	11,910	0.29	可
	S70A-1	20329	X	8	252	-236	356	1,796	3,210	0.56	可
	S70A-2	20185	Y	2	191	-346	-374	2,379	6,420	0.38	可
	S70B-1	50362	X	8	862	-66	-888	3,080	4,785	0.65	可
	S70B-1-PW	30411	X	6	155	-110	436	884	4,785	0.19	可
	S70B-2	30385	X	1	568	-326	-453	2,915	9,570	0.31	可
	S70C-1	50409	Y	8	2,028	-193	-998	6,176	9,570	0.65	可
	S70C-1-PW	50568	X	6	490	297	2,002	5,608	9,570	0.59	可
	S70C-2	50382	Y	8	2,474	134	1,628	7,453	14,355	0.52	可
	S65-1	20593	X	6	289	-85	874	2,275	3,210	0.71	可
	S65-2	20378	Y	6	-157	-242	38	1,263	6,420	0.20	可
	S30A-1	60040	Y	4	1,094	8	150	1,869	2,535	0.74	可
	S30A-2	60117	X	6	-53	-8	-918	1,342	2,535	0.53	可

第5-6表 断面の評価結果（面外せん断応力度）（1/2）

部位	領域	要素 番号	方向	ケース No.	面外せん断 応力度 τ (N/mm ²)	許容せん断 応力度 τ_A (N/mm ²)	検定値	判定
壁	TW200A-1	11867	横筋	1	0.881	2.36	0.38	可
	TW200B-1	11390	縦筋	7	0.896	1.18	0.76	可
	TW200B-2	11391	縦筋	7	0.728	1.18	0.62	可
	TW150A-1	41825	縦筋	4	0.574	1.61	0.36	可
	TW150A-2	41670	縦筋	6	0.535	1.62	0.34	可
	TW150B-1	42246	縦筋	2	0.134	1.43	0.10	可
	TW100A-1	31713	縦筋	1	0.973	1.72	0.57	可
	TW100A-2	31712	縦筋	1	0.439	1.18	0.38	可
	TW100B-1	31336	縦筋	8	0.922	1.98	0.47	可
	TW100B-2	21370	縦筋	5	0.652	2.36	0.28	可
	TW100C-1	31779	縦筋	1	0.755	1.65	0.46	可
	TW70A-1	31608	縦筋	3	0.820	1.82	0.46	可
	TW70A-2	41872	縦筋	3	0.840	1.56	0.54	可
	TW70B-1	42012	縦筋	1	1.05	1.69	0.63	可
	TW50A-1	51376	縦筋	2	0.492	1.18	0.42	可
	TW50A-2	51192	縦筋	4	0.405	1.18	0.35	可
	TW50B-1	51318	縦筋	4	0.258	1.18	0.22	可
	TW30A-1	41863	縦筋	4	0.502	1.18	0.43	可
	TW30A-2	41260	縦筋	7	0.237	1.18	0.21	可
	TW30B-1	51116	縦筋	8	0.254	1.19	0.22	可

第5-6表 断面の評価結果（面外せん断応力度）(2/2)

部位	領域	要素 番号	方向	ケース No.	面外せん断 応力度 τ (N/mm ²)	許容せん断 応力度 τ_A (N/mm ²)	検定値	判定
床 ・ 屋根	S100A-1	40384	X	1	1.74	2.36	0.74	可
	S100A-2-PW	40261	Y	1	0.851	2.63	0.33	可
	S70A-1	20183	X	1	0.812	1.53	0.54	可
	S70A-2	20185	Y	1	1.05	2.00	0.53	可
	S70B-1	30185	Y	2	1.30	1.97	0.66	可
	S70B-1-PW	30411	X	1	1.64	2.63	0.63	可
	S70B-2	30702	Y	5	0.392	1.48	0.27	可
	S70C-1	50541	X	4	0.956	1.22	0.79	可
	S70C-1-PW	50568	X	4	1.08	1.86	0.59	可
	S70C-2	50408	Y	4	0.783	1.62	0.49	可
	S65-1	20383	Y	6	0.841	1.70	0.50	可
	S65-2	20378	Y	5	0.624	1.67	0.38	可
	S30A-1	60091	X	2	0.559	1.27	0.45	可
	S30A-2	60142	Y	2	0.527	1.23	0.43	可

緊急時対策棟、
緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）及び
緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）の
基礎の耐震計算書

設計及び工事計画認可申請添付資料 12-16-3

玄海原子力発電所第3号機

目 次

	頁
1. 概 要	12 (3) - 16 - 3 - 1
2. 基本方針	12 (3) - 16 - 3 - 2
2.1 位 置	12 (3) - 16 - 3 - 2
2.2 構造概要	12 (3) - 16 - 3 - 3
2.3 評価方針	12 (3) - 16 - 3 - 7
2.4 適用規格	12 (3) - 16 - 3 - 9
3. 地震応答解析による評価方法	12 (3) - 16 - 3 - 10
4. 応力解析による評価方法	12 (3) - 16 - 3 - 14
4.1 評価対象部位	12 (3) - 16 - 3 - 15
4.2 荷重及び荷重の組合せ	12 (3) - 16 - 3 - 15
4.3 許容限界	12 (3) - 16 - 3 - 19
4.4 評価方法	12 (3) - 16 - 3 - 21
5. 評価結果	12 (3) - 16 - 3 - 30
5.1 地震応答解析による評価結果	12 (3) - 16 - 3 - 30
5.2 応力解析による評価結果	12 (3) - 16 - 3 - 31

1. 概 要

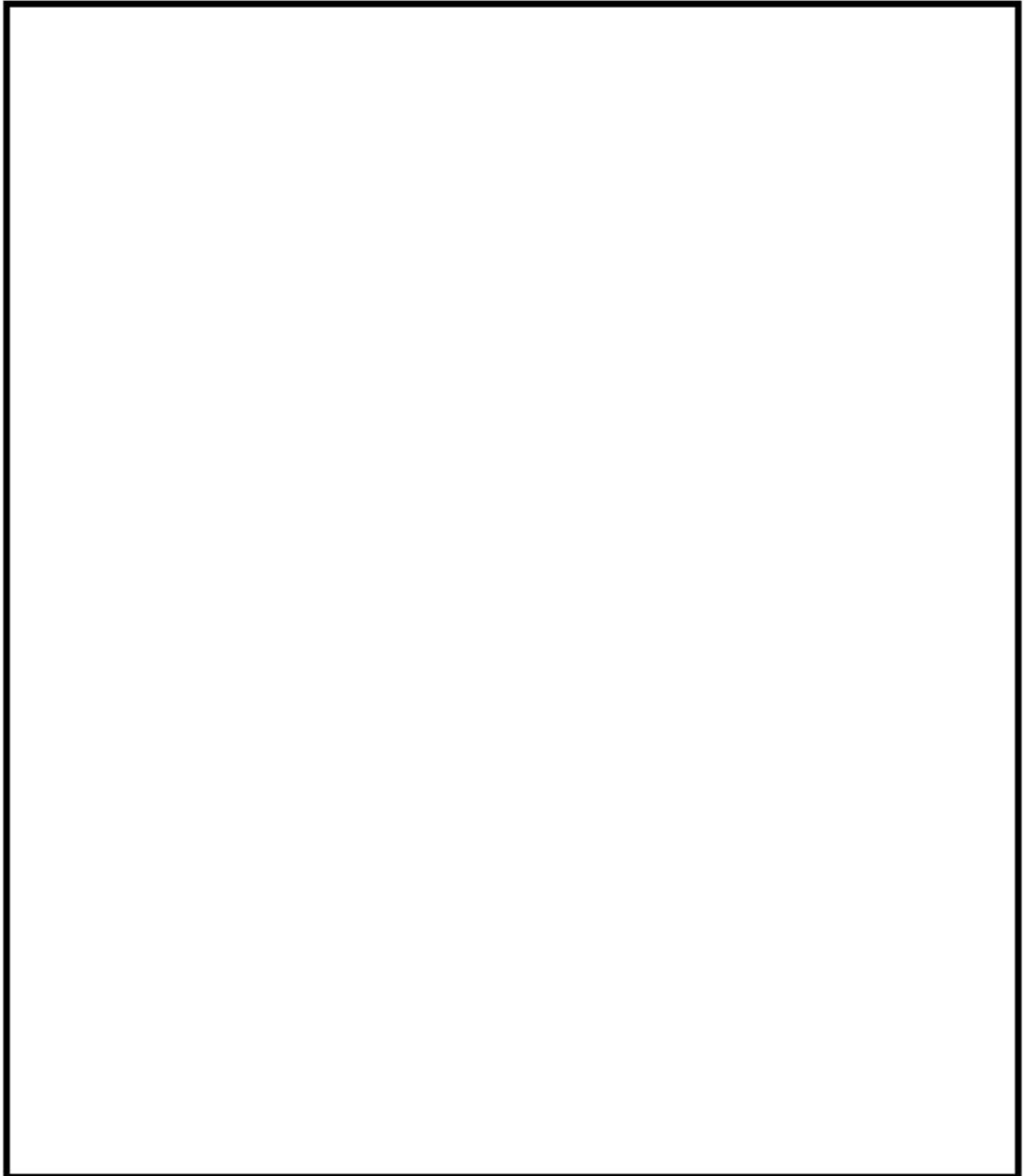
本資料は、資料 12-9「機能維持の基本方針」に基づき、緊急時対策棟、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）及び緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）の基礎の構造強度及び機能維持の確認について説明するものであり、その評価は、地震応答解析による評価及び応力解析による評価により行う。

緊急時対策棟、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）及び緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）の基礎は、設計基準対象施設においては C クラス施設の間接支持構造物に、重大事故等対処施設においては常設重大事故緩和設備の間接支持構造物に分類される。以下、それぞれの分類に応じた耐震評価を示す。

2. 基本方針

2.1 位置

緊急時対策棟、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）及び緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）の設置位置を第 2-1 図に示す。



第 2-1 図 緊急時対策棟、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）及び緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）の設置位置

2.2 構造概要

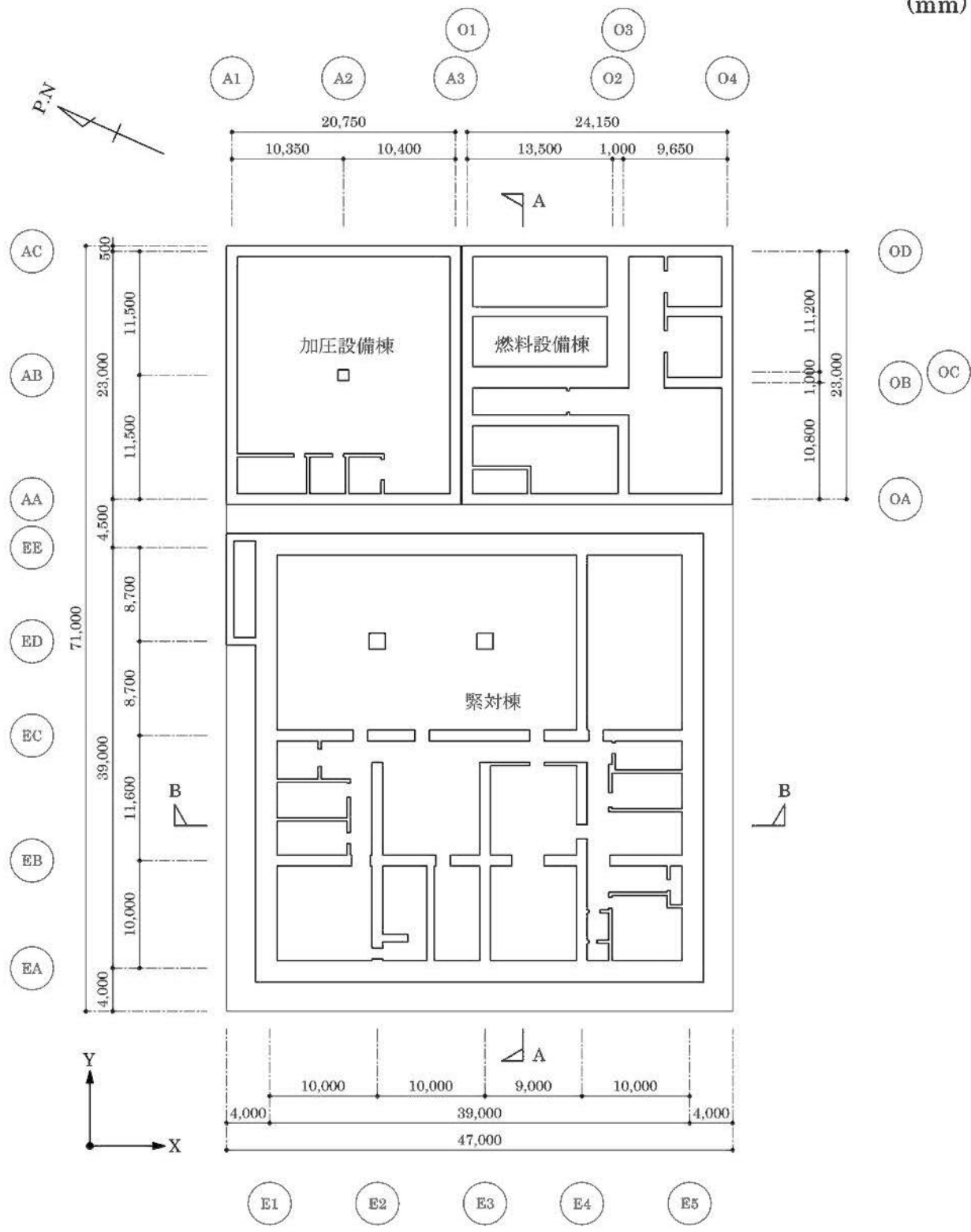
緊急時対策棟（以下「緊対棟」という。）、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）（以下「加圧設備棟」という。）及び緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）（以下「燃料設備棟」という。）は、第6保管エリアに配置されており、これらが同一基礎版上に設置されている。

ここで、緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の基礎は、建屋の向きがプラントノースに対して東側に 65.8° 傾いているため、本耐震計算書においては、基礎版の短辺方向を X 方向、長辺方向を Y 方向と定義する。

緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の基礎の主要構造は、平面形状が X 方向約 47m、Y 方向約 71m、厚さが約 8.0m の鉄筋コンクリート造べた基礎であり、岩盤上のマンメイドロックに設置している。

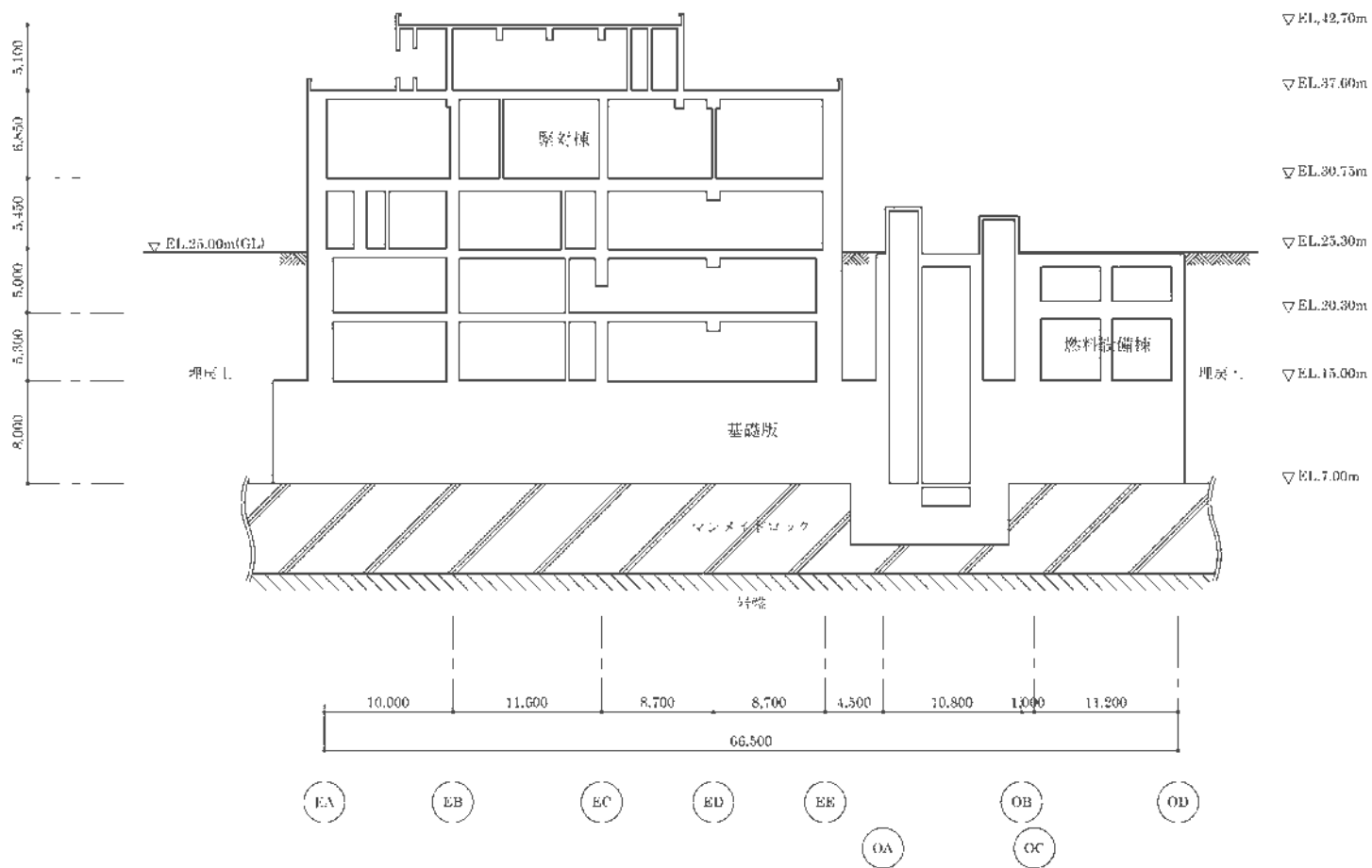
緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の基礎の概略平面図及び概略断面図を第2-2図及び第2-3図に示す。

(mm)



第 2-2 図 緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の基礎の概略平面図

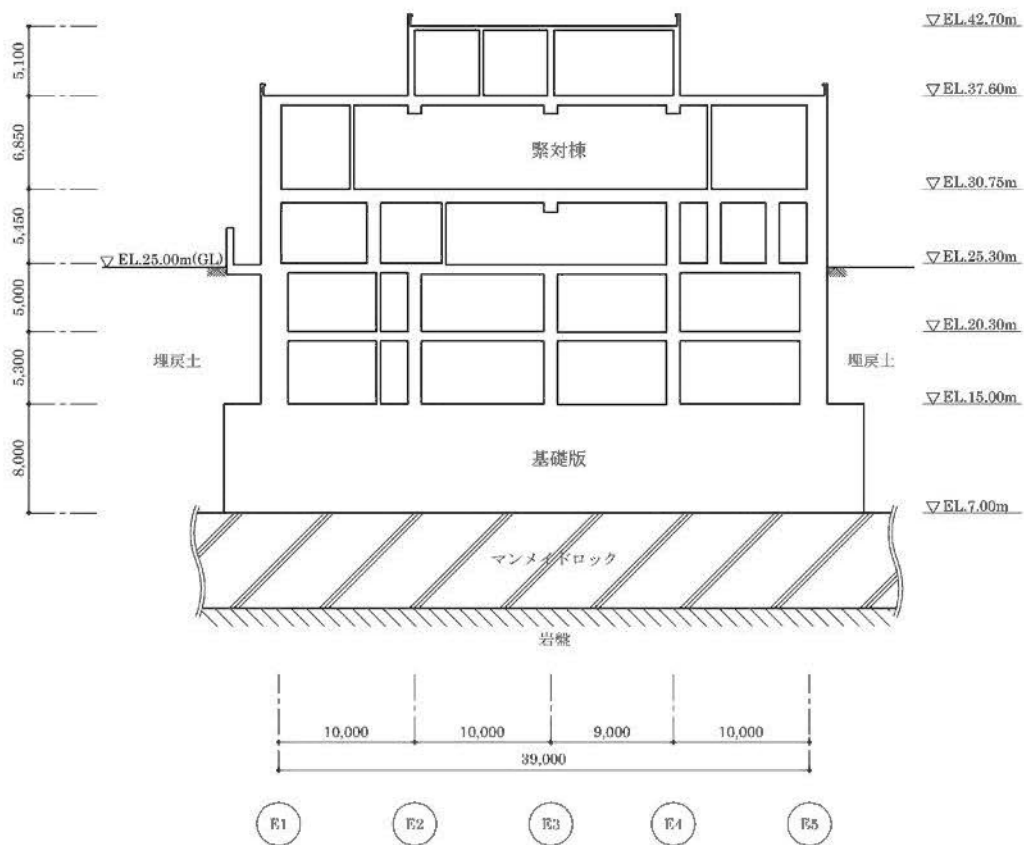
(mm)



(a) A-A 断面

第 2-3 図 緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の基礎の概略断面図(1/2)

(mm)



(b) B-B 断面

第 2-3 図 緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の基礎の概略断面図(2/2)

2.3 評価方針

緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の基礎は、設計基準対象施設においては C クラス施設の間接支持構造物に、重大事故等対処施設においては常設重大事故緩和設備の間接支持構造物に分類される。

緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の基礎の評価は、重大事故等対処施設としての評価において、資料 12-16-1「緊急時対策棟、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）及び緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）の地震応答解析」による解析結果に基づき、基礎地盤の支持性能の評価及び応力解析による評価を行う。なお、緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の基礎は、常時荷重が作用する状態（以下「常時」という。）に対する評価についても併せて行う。

さらに、耐震性向上の観点から、S クラス施設相当の静的地震力に対して、応力解析による評価を行う。

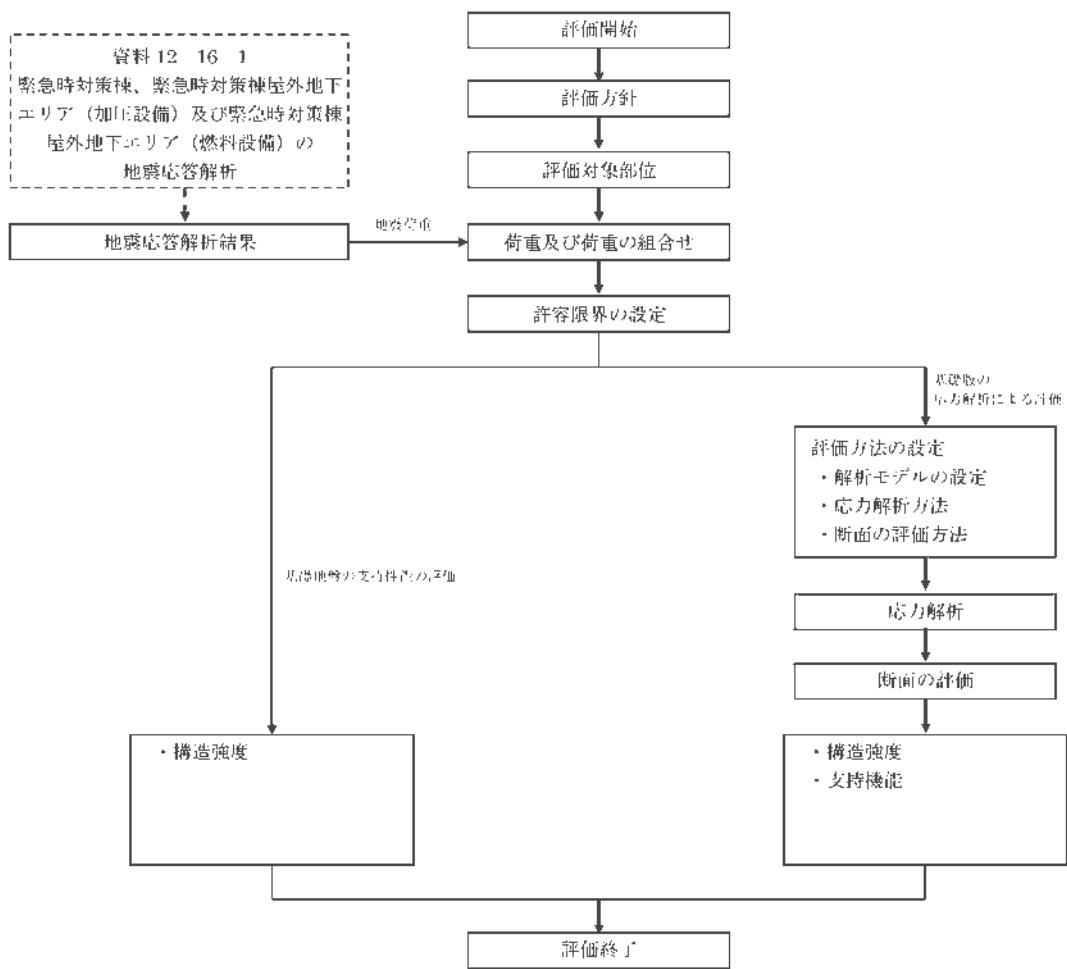
緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の基礎の基礎地盤の支持性能の評価は、資料 12-16-1「緊急時対策棟、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）及び緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）の地震応答解析」による解析結果に基づき、基準地震動 S_s に対し、構造強度を確保することを確認する。

緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の基礎の応力解析による評価は、基礎版を評価対象部位とする。

基礎版の応力解析による評価について、3次元 FEM モデルを用いて、基準地震動 S_s による地震力が作用する状態（以下「 S_s 地震時」という。）及び常時に対する弾性応力解析を行い、解析結果の応力を用いた断面の評価により、構造強度を確保すること及び支持機能を維持することを確認する。

また、応力解析による評価は、資料 12-16-1「緊急時対策棟、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）及び緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）の地震応答解析」による地盤定数を含む材料物性のばらつき及び減衰定数の設定に起因する不確かさ（以下「材料物性のばらつき等」という。）を考慮した解析結果を用いる。

重大事故等対処施設としての緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の基礎の評価フローを第 2-4 図に示す。



第 2-4 図 緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の基礎の評価フロー

2.4 適用規格

緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の基礎の評価において、適用する規格、基準等を以下に示す。

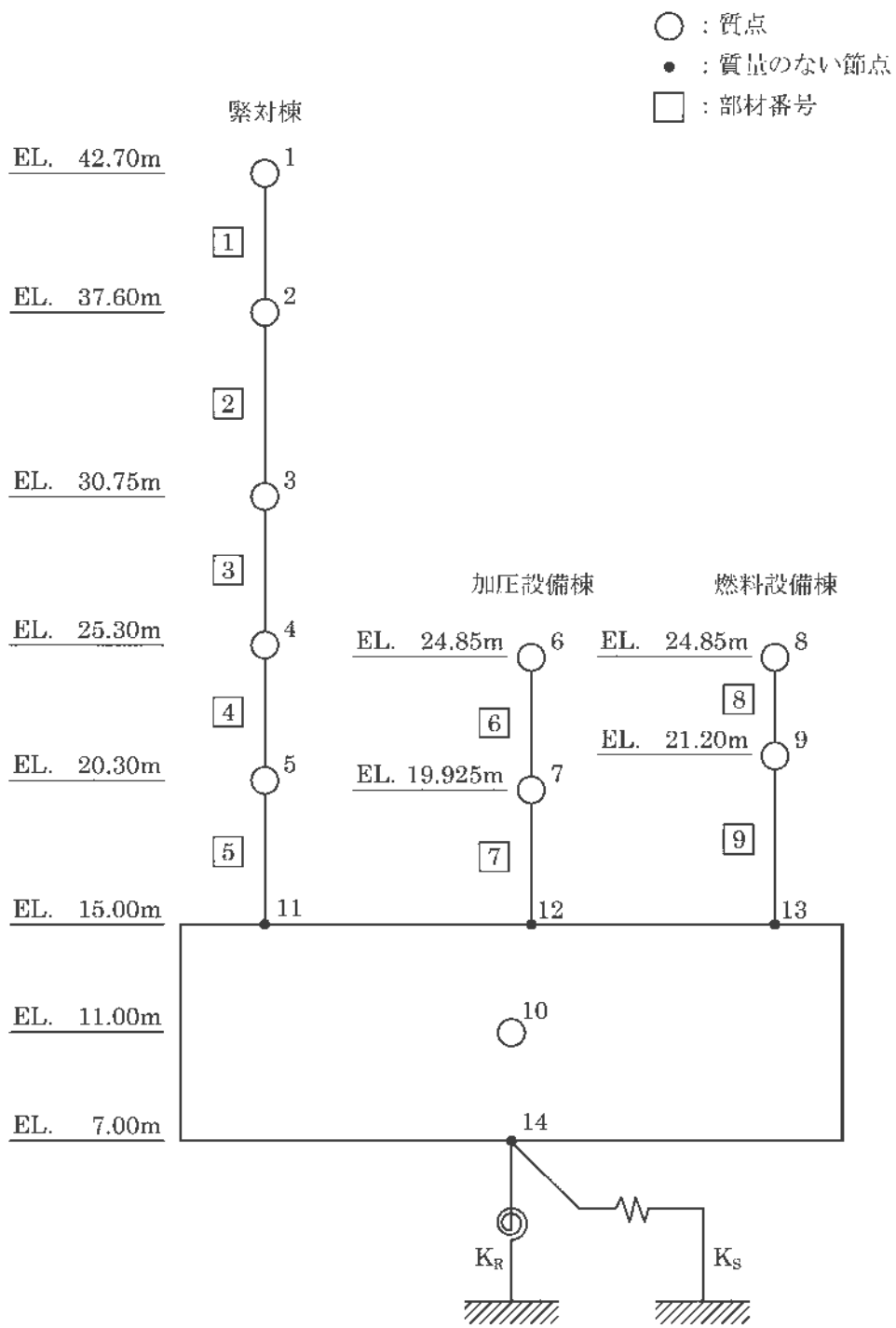
- 建築基準法・同施行令
- 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 ー許容応力度設計法ー ((社) 日本建築学会、1999 改定)
- 原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 ((社) 日本建築学会、2005 制定) (以下「RC-N 規準」という。)
- 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987 ((社) 日本電気協会)
- 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1991 追補版 ((社) 日本電気協会)

3. 地震応答解析による評価方法

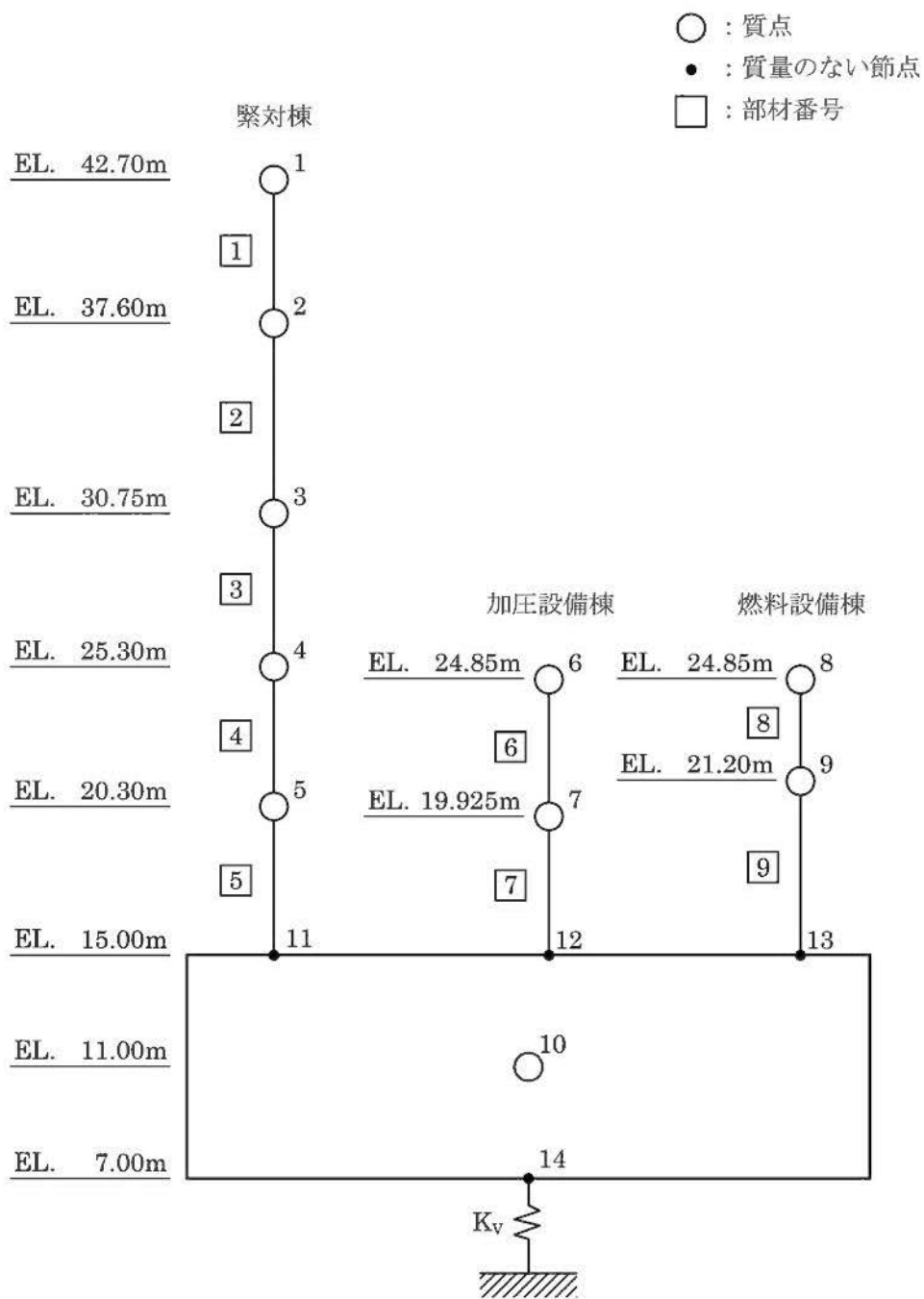
緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の基礎の基礎地盤の支持性能の評価は、重大事故等対処施設としての評価において、資料 12-16-1「緊急時対策棟、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）及び緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）の地震応答解析」による解析結果に基づき行う。地震応答解析モデルを第 3-1 図及び第 3-2 図に示す。

構造強度を確保することの確認は、常時荷重及び基準地震動 S_s に対して最大接地圧が許容限界を超えないことの確認により行う。

緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の基礎の地震応答解析による評価の許容限界は、資料 12-9「機能維持の基本方針」に示す、荷重の組合せ及び許容限界に基づき、第 3-1 表のとおり設定する。最大接地圧に対する許容限界である長期許容支持力度及び短期許容支持力度は、資料 12-3「地盤の支持性能に係る基本方針」による。



第 3-1 図 地震応答解析モデル (水平方向)



第 3-2 図 地震応答解析モデル (鉛直方向)

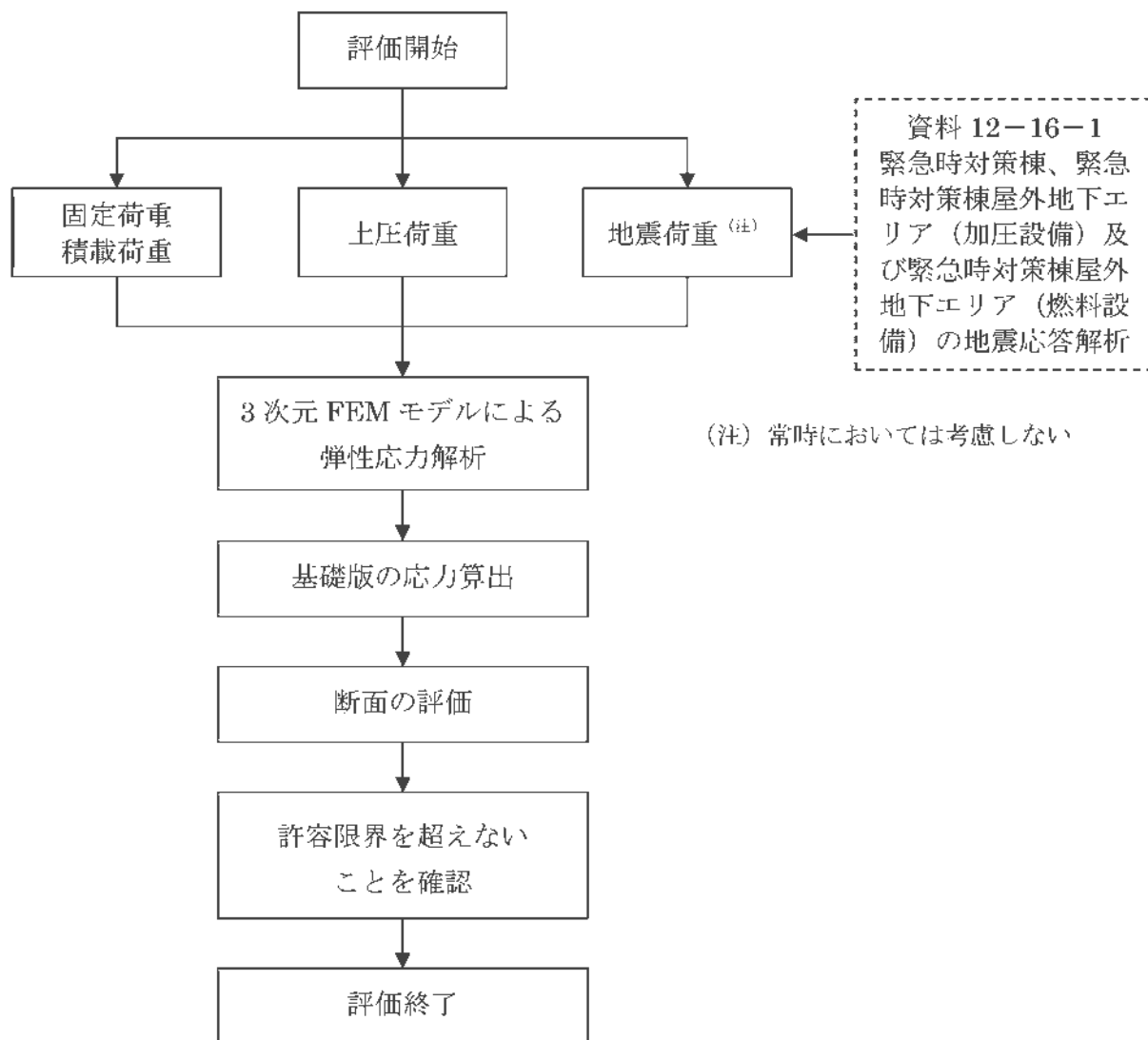
第 3-1 表 地震応答解析による評価の許容限界

要求機能	機能設計上の性能目標	地震力	部位	機能維持のための考え方	許容限界 (評価基準値)
構造強度	構造強度を確保すること	基準地震動 S_s	基礎地盤	最大接地圧が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	短期許容支持力度 9.13N/mm^2 (注)
		— (常時荷重に対する検討)			長期許容支持力度 4.56N/mm^2

(注) 施設全体の更なる安全性を確保するため、基準地震動 S_s による地震力との組合せに対して、弾性範囲に収める設計とする。

4. 応力解析による評価方法

緊急時対策棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の基礎の応力解析による評価は、重大事故等対処施設としての評価において、3次元 FEM モデルによる弾性応力解析に基づき、部材に生じる応力が許容限界を超えないことを確認する。応力解析のフローを第 4-1 図に示す。



第 4-1 図 応力解析のフロー（基礎版）

4.1 評価対象部位

緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の基礎の応力解析による評価における評価対象部位は、基礎版とする。

4.2 荷重及び荷重の組合せ

荷重及び荷重の組合せは、資料 12-9「機能維持の基本方針」の荷重及び荷重の組合せを用いる。

4.2.1 荷 重

緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の基礎は、資料 12-16-2「緊急時対策棟の耐震計算書」に示す固定荷重、積載荷重、常時土圧荷重及び地震荷重を考慮する。

地震荷重については、資料 12-16-1「緊急時対策棟、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）及び緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）の地震応答解析」による材料物性のばらつき等を考慮した基準地震動 S_s に対する地震応答解析結果に基づき設定する。材料物性のばらつき等は、地盤物性のばらつき及び減衰定数の設定に起因する不確かさを考慮する。材料物性のばらつき等を考慮した解析ケースを第 4-1 表に示す。

ここで、資料 12-16-2「緊急時対策棟の耐震計算書」において、静的地震力が S_s 地震荷重に包絡されることを確認していることから、 S_s 地震時に部材に生じる応力度が部材の短期許容応力度を超えないことを確認することで、静的地震力に対して部材に生じる応力度が部材の短期許容応力度を超えないことを確認する。

第 4-1 表 材料物性のばらつき等を考慮した解析ケース(1/4)

解析ケース	高さ (m)	速度層	地盤の せん断波速度 Vs (km/s)	ヤング係数 E (N/mm ²)	減衰定数 h (%)
基本ケース	EL.7.00～ EL.6.40	Ⅲ	0.75	3.80×10 ³	5
	EL.6.40～ EL.5.74	Ⅲ	0.75	3.34×10 ³	
	EL.5.74～ EL.4.92	Ⅲ	0.75	3.80×10 ³	
	EL.4.92～ EL.-215.00	Ⅳ	1.62	1.67×10 ⁴	

第 4-1 表 材料物性のばらつき等を考慮した解析ケース(2/4)

解析ケース	高さ (m)	速度層	地盤の せん断波速度 Vs (km/s)	ヤング係数 E (N/mm ²)	減衰定数 h (%)
地盤物性の ばらつき を考慮 (-1σ)	EL.7.00～ EL.6.40	Ⅲ	0.59	2.37×10 ³	5
	EL.6.40～ EL.5.74	Ⅲ	0.59	2.08×10 ³	
	EL.5.74～ EL.4.92	Ⅲ	0.59	2.37×10 ³	
	EL.4.92～ EL.-215.00	Ⅳ	1.54	1.52×10 ⁴	

第 4-1 表 材料物性のばらつき等を考慮した解析ケース(3/4)

解析ケース	高さ (m)	速度層	地盤の せん断波速度 Vs (km/s)	ヤング係数 E (N/mm ²)	減衰定数 h (%)
地盤物性の ばらつき を考慮 (+1σ)	EL.7.00～ EL.6.40	Ⅲ	0.91	5.54×10 ³	5
	EL.6.40～ EL.5.74	Ⅲ	0.91	4.86×10 ³	
	EL.5.74～ EL.4.92	Ⅲ	0.91	5.54×10 ³	
	EL.4.92～ EL.-215.00	Ⅳ	1.70	1.82×10 ⁴	

第 4-1 表 材料物性のばらつき等を考慮した解析ケース(4/4)

解析ケース	高さ (m)	速度層	地盤の せん断波速度 Vs (km/s)	ヤング係数 E (N/mm ²)	減衰定数 h (%)
減衰定数の 設定に起因 する不確か さを考慮	EL.7.00～ EL.6.40	Ⅲ	0.75	3.80×10 ³	3
	EL.6.40～ EL.5.74	Ⅲ	0.75	3.34×10 ³	
	EL.5.74～ EL.4.92	Ⅲ	0.75	3.80×10 ³	
	EL.4.92～ EL.-215.00	Ⅳ	1.62	1.67×10 ⁴	

4.2.2 荷重の組合せ

荷重の組合せは、資料 12-9「機能維持の基本方針」に基づき設定する。荷重の組合せを第 4-2 表に示す。

地震荷重及び風荷重の組合せについて、緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟はコンクリート構造物であり、自重の大きな施設であることから、風荷重の影響は小さいため、地震荷重及び風荷重の組合せは考慮しない。

また、積雪荷重は、地震荷重及び積載荷重の組合せで考慮される。

第 4-2 表 荷重の組合せ

外力の状態	荷重の組合せ
Ss 地震時	$D+L+E_0+K_s+E_s$
常時	$D+L+E_0$

D : 固定荷重

L : 積載荷重

E_0 : 常時土圧荷重

K_s : Ss 地震荷重

E_s : 地震時増分土圧荷重

4.3 許容限界

緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の基礎の応力解析による評価の許容限界は、重大事故等対処施設としての評価において、資料 12-9「機能維持の基本方針」に示す、荷重の組合せ及び許容限界に基づき、第 4-3 表のとおり設定する。

コンクリート及び鉄筋の許容応力度を第 4-4 表及び第 4-5 表に示す。

第 4-3 表 応力解析による評価の許容限界

要求機能	機能設計上の性能目標	外力の状態	部位	機能維持のための考え方	許容限界 (評価基準値)
構造強度	構造強度を確保すること	(常時に対する検討)	基礎版	部材に生じる応力が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	RC-N 規準における長期許容応力度に基づく許容値
支持機能	設備を支持する機能を維持すること	Ss 地震時	基礎版	部材に生じる応力が支持機能を維持するための許容限界を超えないことを確認	RC-N 規準における短期許容応力度に基づく許容値 ^(注)

(注) 施設全体の更なる安全性を確保するため、基準地震動 Ss による地震力との組合せに対して、弾性範囲に収める設計とする。

第 4-4 表 コンクリートの許容応力度

(単位 : N/mm²)

設計基準強度 Fc	長期		短期	
	圧縮	せん断	圧縮	せん断
24.0	8.00	0.730	16.0	1.09

第 4-5 表 鉄筋の許容応力度

(単位 : N/mm²)

鉄筋種類	長期		短期	
	引張 圧縮	せん断	引張 圧縮	せん断
SD345	215(195) ^(注)	195	345	345

(注) D29 以上の太さの鉄筋に対しては () 内の数値とする。

4.4 評価方法

4.4.1 解析モデル

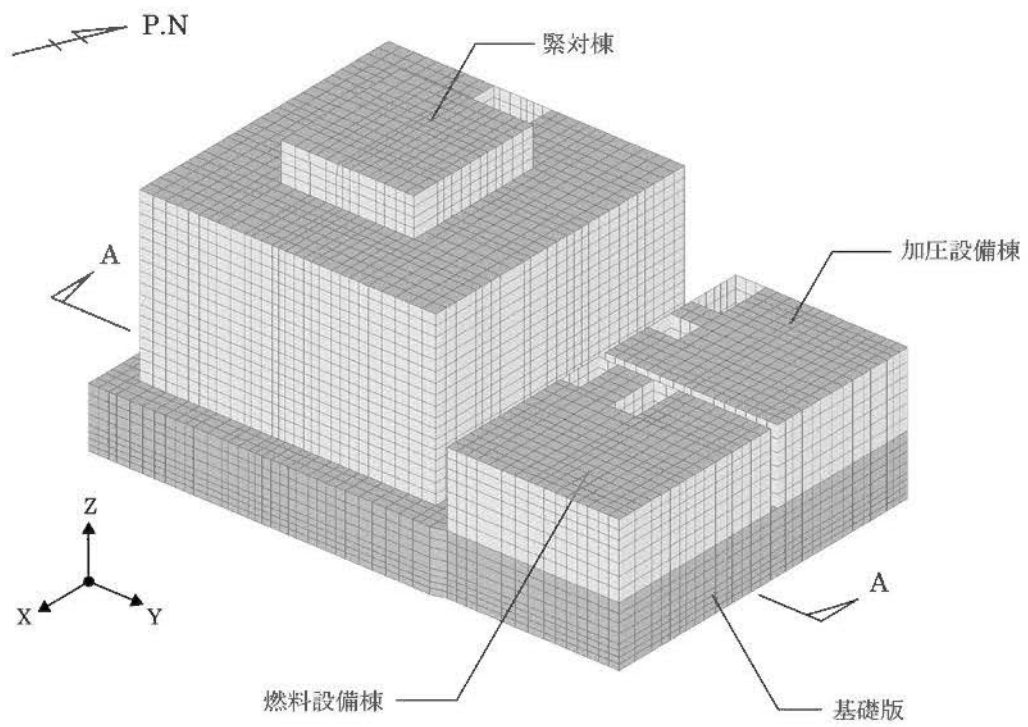
(1) モデル化の基本方針

応力解析は、3次元 FEM モデルを用いた弾性応力解析とする。

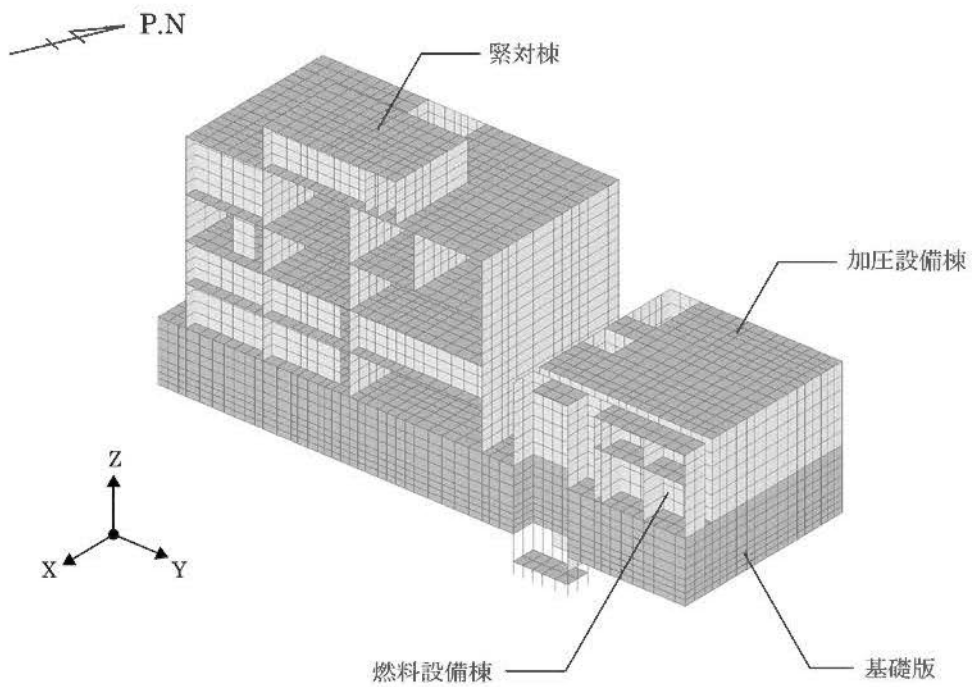
解析モデルについて、資料 12-16-2「緊急時対策棟の耐震計算書」に示す緊対棟、加圧設備棟、燃料設備棟及び基礎版全体の解析モデルを作成し、各荷重ケースに対して解析を行う。解析モデルを第 4-2 図に示す。

境界条件については、資料 12-16-2「緊急時対策棟の耐震計算書」に示す境界条件とする。

応力解析には、解析コード「MSC-NASTRAN」を用いる。解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。



(a) 全体



(b) A-A断面

第4-2図 解析モデル (鳥瞰図)

4.4.2 解析諸元

使用材料の物性値について、コンクリート及び鉄筋の材料定数を第 4-6 表及び第 4-7 表に示す。

第 4-6 表 コンクリートの材料定数

部位		設計基準強度 Fc (N/mm ²)	ヤング係数 E (N/mm ²)	ポアソン比 ν
緊対棟	EL.15.00m より上部	30.0	2.44 × 10 ⁴	0.2
加圧設備棟	EL.15.00m より上部	30.0	2.44 × 10 ⁴	0.2
燃料設備棟	EL.15.00m より上部	30.0	2.44 × 10 ⁴	0.2
	EL.15.00m 以下 (ピット部分)	24.0	2.27 × 10 ⁴	0.2
基礎版		24.0	2.27 × 10 ⁴	0.2

第 4-7 表 鉄筋の材料定数

鉄筋種類	降伏強度 Fy (N/mm ²)	ヤング係数 E (N/mm ²)
SD345	345	2.05 × 10 ⁵

4.4.3 応力解析方法

緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟の基礎版は、Ss 地震時及び常時に
対して、3次元 FEM モデルによる弾性応力解析を行う。

(1) 荷重ケース

Ss 地震時及び常時の応力は、以下に示す荷重ケースを組み合わせて求
める。

D+L : 固定荷重+積載荷重

E_0 : 常時土圧荷重

K_{SX} : Ss 地震荷重 (X 方向)

K_{SY} : Ss 地震荷重 (Y 方向)

K_{SUD} : Ss 地震荷重 (鉛直方向)

E_{SX} : Ss 地震時増分土圧荷重 (X 方向)

E_{SY} : Ss 地震時増分土圧荷重 (Y 方向)

(2) 荷重の組合せケース

荷重の組合せケースは、組合せ係数法に基づいて設定する。但し、Ss
地震時において、鉛直方向の動的地震力に組合せ係数を乗じた荷重が静的
地震力による荷重を超えない場合は、静的地震力による荷重とする。荷重
の組合せケースを第 4-8 表に示す。荷重の組合せケースにおいて、地震
荷重は、X 軸の+方向、Y 軸の+方向及び鉛直上向きを「+」、X 軸の一
方向、Y 軸の一方向及び鉛直下向きを「-」とする。

第4-8表 荷重の組合せケース

	ケース No.	荷重の組合せケース
Ss 地震時	1	$D+L+E_0+1.0K_{SX}+0.4K_{SUD}+1.0E_{SX}$
	2	$D+L+E_0+1.0K_{SX}-0.4K_{SUD}+1.0E_{SX}$
	3	$D+L+E_0-1.0K_{SX}+0.4K_{SUD}+1.0E_{SX}$
	4	$D+L+E_0-1.0K_{SX}-0.4K_{SUD}+1.0E_{SX}$
	5	$D+L+E_0+1.0K_{SY}+0.4K_{SUD}+1.0E_{SY}$
	6	$D+L+E_0+1.0K_{SY}-0.4K_{SUD}+1.0E_{SY}$
	7	$D+L+E_0-1.0K_{SY}+0.4K_{SUD}+1.0E_{SY}$
	8	$D+L+E_0-1.0K_{SY}-0.4K_{SUD}+1.0E_{SY}$
	9	$D+L+E_0+0.4K_{SX}+1.0K_{SUD}+0.4E_{SX}$
	10	$D+L+E_0+0.4K_{SX}-1.0K_{SUD}+0.4E_{SX}$
	11	$D+L+E_0-0.4K_{SX}+1.0K_{SUD}+0.4E_{SX}$
	12	$D+L+E_0-0.4K_{SX}-1.0K_{SUD}+0.4E_{SX}$
	13	$D+L+E_0+0.4K_{SY}+1.0K_{SUD}+0.4E_{SY}$
	14	$D+L+E_0+0.4K_{SY}-1.0K_{SUD}+0.4E_{SY}$
	15	$D+L+E_0-0.4K_{SY}+1.0K_{SUD}+0.4E_{SY}$
	16	$D+L+E_0-0.4K_{SY}-1.0K_{SUD}+0.4E_{SY}$
常時	17	$D+L+E_0$

(3) 荷重の入力方法

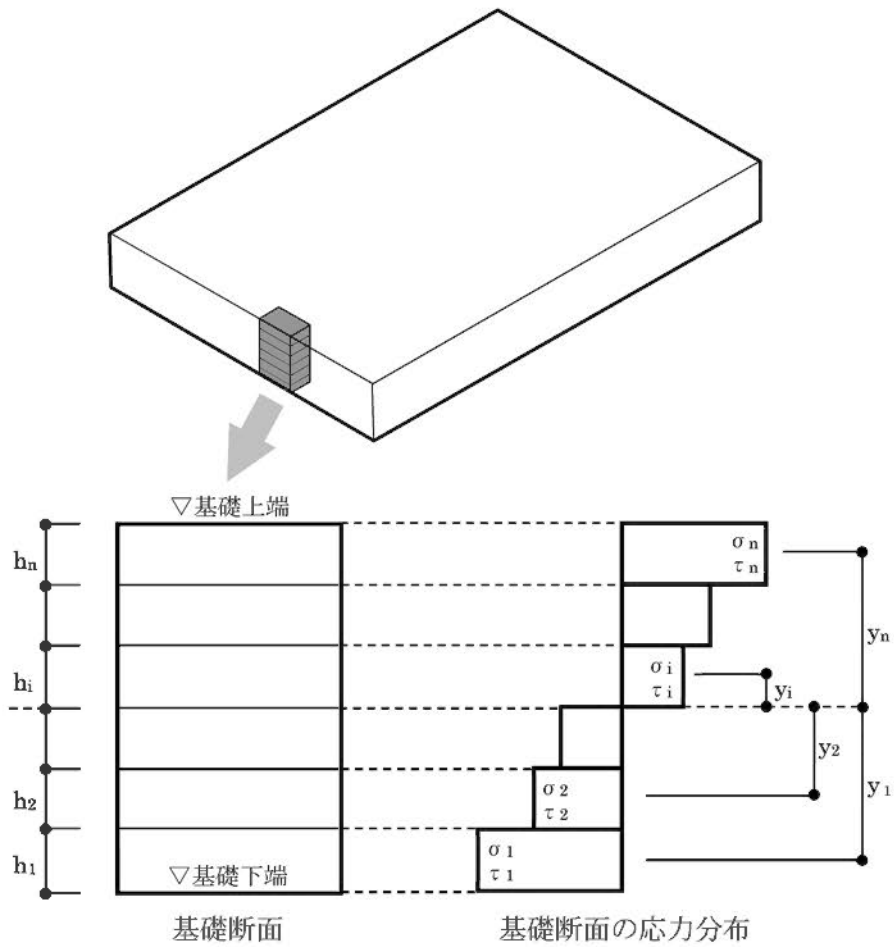
固定荷重、積載荷重、地震荷重及び土圧荷重の入力方法は、資料 12-16-2「緊急時対策棟の耐震計算書」に示す方法とする。

4.4.4 断面の評価方法

RC-N 規準に基づき、基礎版に生じる軸力及び曲げモーメント、面内せん断力並びに面外せん断力が、Ss 地震時において、短期許容応力度に基づく許容値を超えないことを確認する。また、基礎版に生じる軸力及び曲げモーメント、面内せん断力並びに面外せん断力が、常時において、長期許容応力度に基づく許容値を超えないことを確認する。

ソリッド要素については、応力解析から得られた FEM 要素の応力を、軸力、曲げモーメント、面内せん断力及び面外せん断力の断面力に変換し、断面の評価を行う。断面力評価方法を第 4-3 図に示す。

断面の評価には、解析コード「FEDM」を用いる。解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。



軸力
$$N = \sum_{i=1}^n (\sigma_i \cdot h_i)$$

曲げモーメント
$$M = \sum_{i=1}^n (\sigma_i \cdot h_i \cdot y_i)$$

せん断力
$$Q = \sum_{i=1}^n (\tau_i \cdot h_i)$$

ここで、

- σ_i : ソリッド要素の軸方向応力度
- h_i : 要素厚
- y_i : 断面中心から要素中心までの距離
- τ_i : ソリッド要素のせん断応力度

第 4-3 図 断面力評価方法

(1) 軸力及び曲げモーメント並びに面内せん断力に対する断面の評価方法

軸力及び曲げモーメント並びに面内せん断力に対する断面の評価は、次の仮定に従い計算する。

- ・ ひずみは、中立軸からの距離に比例する。
- ・ コンクリートの圧縮応力度は、中立軸からの距離に比例する。
- ・ コンクリートの引張強度は無視する。

基礎版の断面について、軸力及び曲げモーメントを受ける鉄筋コンクリート造長方形仮想柱として必要鉄筋量 a_t を算出する。

また、断面に生じる面内せん断力が、コンクリートの許容せん断力以上となる場合は、断面に生じる面内せん断力を鉄筋で全て負担するものとし、必要せん断補強筋比 p_s から必要鉄筋量 a_s を算出する。必要せん断補強筋比 p_s は、次式により算出する。

$$p_s = \frac{\tau}{f_t}$$

ここで、

p_s : 必要せん断補強筋比

f_t : 鉄筋のせん断補強用許容引張応力度(N/mm²)

τ : せん断応力度(=Q/A)(N/mm²)

Q : 設計用水平せん断力(N)

A : 断面積(mm²)

軸力及び曲げモーメント並びに面内せん断力により算出されたそれぞれの必要鉄筋量を次式のように加算した必要鉄筋量 a_g が、設計配筋量 a_g' を超えないことを確認する。必要鉄筋量 a_g は、X方向及びY方向各々について算出する。

$$\text{必要鉄筋量 } a_g = a_t + a_s$$

(2) 面外せん断力に対する断面の評価方法

Ss 地震時において、基礎版に生じる面外せん断応力度 τ が、短期許容せん断応力度を超えないことを確認する。また、常時において、基礎版に生じる面外せん断応力度 τ が、長期許容せん断応力度を超えないことを確認する。許容せん断応力度 τ_A は、次式により算出する。

$$\tau_A = \frac{Q_A}{A}$$

$$Q_A = \alpha \cdot f_s \cdot b \cdot j$$

ここで、

τ_A : 許容せん断応力度(N/mm²)

Q_A : 許容せん断力(N)

A : 断面積(=b・j) (mm²)

α : 割増係数であり、次式により計算した値

($1 \leq \alpha \leq 2$ とする)

$$\alpha = \frac{4}{M/(Q \cdot d) + 1}$$

M : 曲げモーメント(N・mm)

Q : せん断力(N)

d : 断面の有効せい(mm)

f_s : コンクリートの許容せん断応力度(N/mm²)

b : 材の幅(mm)

j : 材の応力中心間距離($=\frac{7}{8}d$) (mm)

但し、Ss 地震時において、せん断補強筋を考慮する場合の許容せん断力 Q_A は、次式により算出する。

$$Q_A = b \cdot j \{ \alpha \cdot f_s + 0.5 \cdot {}_w f_t (p_w - 0.002) \}$$

ここで、

${}_w f_t$: せん断補強筋の許容引張応力度(N/mm²)

p_w : せん断補強筋比

5. 評価結果

5.1 地震応答解析による評価結果

「3. 地震応答解析による評価方法」の解析結果に基づく基準地震動 S_s 及び常時に対する最大接地圧及び地盤の支持力の比較を第 5-1 表に示す。最大接地圧は、第 4-1 表に示す材料物性のばらつき等を考慮して算出した。

基準地震動 S_s に対する最大接地圧は、重大事故等対処施設としての評価において、地盤の短期許容支持力度である 9.13N/mm^2 を超えないことを確認した。常時に対する最大接地圧は、重大事故等対処施設としての評価において、地盤の長期許容支持力度である 4.56N/mm^2 を超えないことを確認した。

第 5-1 表 最大接地圧及び地盤の支持力の比較

(単位 : N/mm^2)

地震動		最大接地圧		地盤の 許容支持力度
		X 方向	Y 方向	
基準地震動 S_s	鉛直上向き	0.904	0.662	9.13
	鉛直下向き	0.930	0.763	
常時	—	0.363		4.56

5.2 応力解析による評価結果

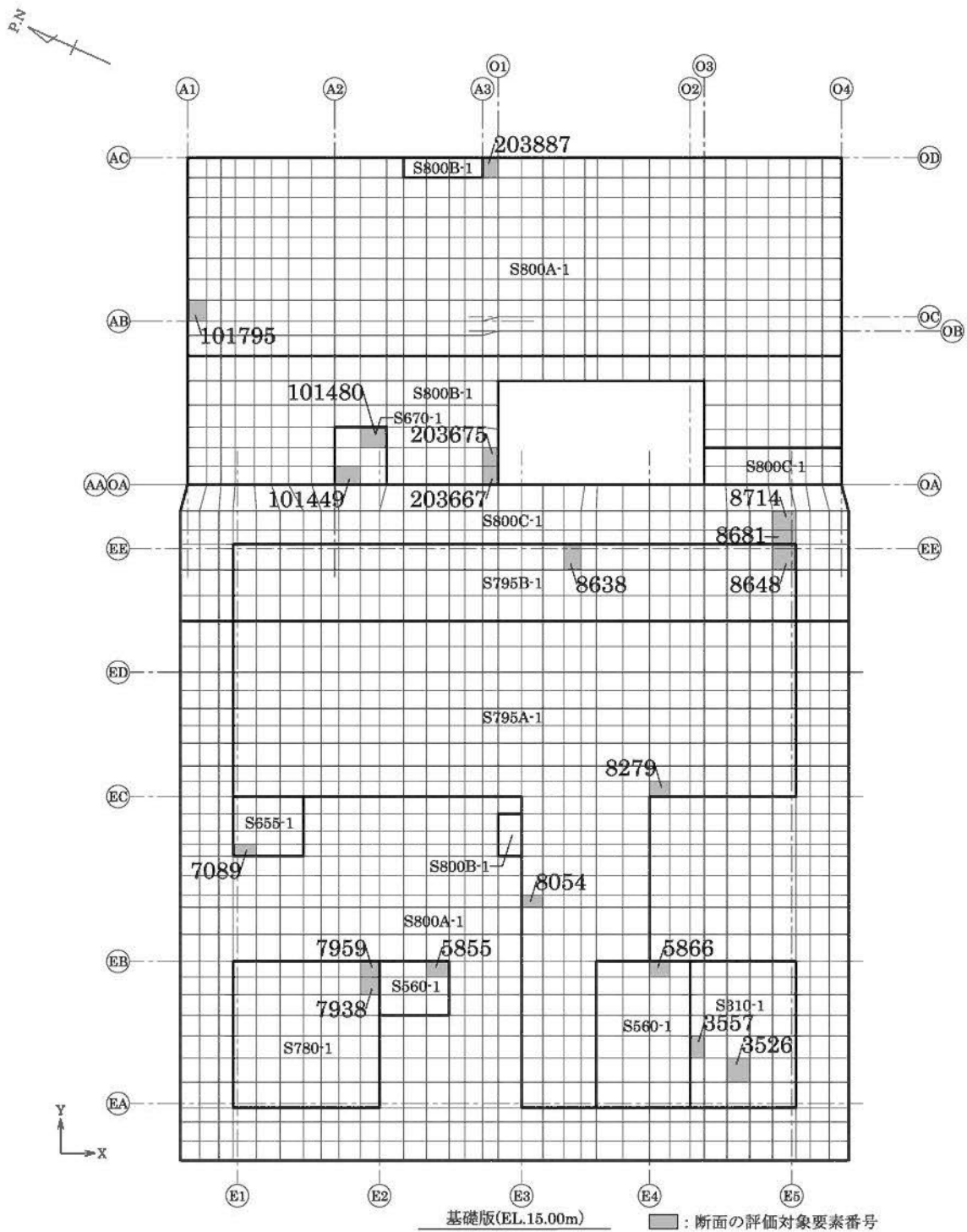
基礎版について、「4. 応力解析による評価方法」に示す方法にて算出した Ss 地震時及び常時における応力解析結果を示す。また、基礎版の FEM 要素を、厚さ及び配筋ごとに分類し、第 4-8 表に示す荷重の組合せに基づいて組み合わせた応力に対して、断面の評価を行う。

断面の評価対象部位は、分類領域ごとに、軸力及び曲げモーメント並びに面内せん断力に対する検定値が最大となる要素、面外せん断力に対する検定値が最大となる要素をそれぞれ選定する。基礎版の断面の評価対象要素番号を第 5-1 図、分類領域ごとの配筋を第 5-2 表に示す。また、第 5-1 図(a)の要素番号は、断面の評価用に集約して設定した要素番号である。

基礎版の応力の方向を第 5-2 図、軸力及び曲げモーメント並びに面内せん断力に対する断面の評価結果を第 5-3 表、面外せん断力に対する断面の評価結果を第 5-4 表に示す。

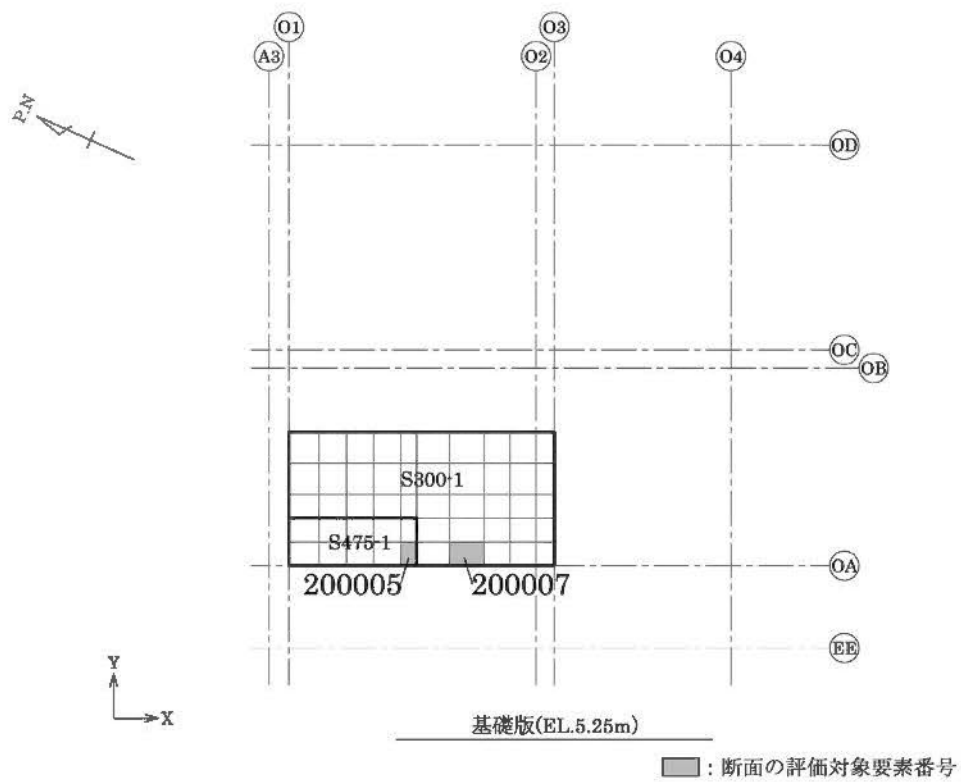
Ss 地震時について、基礎版に生じる各応力が、重大事故等対処施設としての評価において、許容限界を超えないことを確認した。

また、常時において、基礎版に生じる各応力が許容限界を超えないことを確認した。



(a) EL.15.00m

第5-1図 断面の評価対象要素番号(1/2)

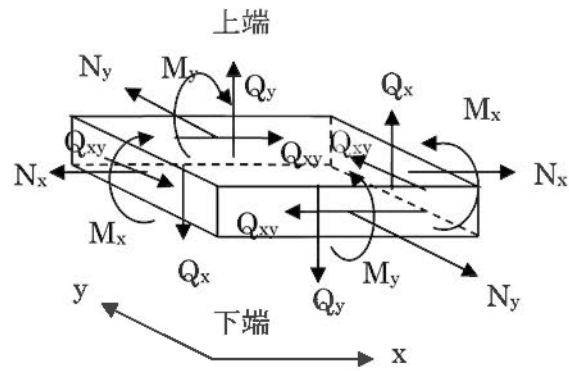


(b) EL.5.25m

第 5-1 図 断面の評価対象要素番号(2/2)

第5-2表 分類領域ごとの配筋

領域	厚さ (mm)	主筋 (SD345)			鉄筋量 (mm ² /m)	面外せん断 補強筋
		位置	方向			
S800A-1	8,000	上端、 下端共	X	2段 D38@200	11,400	—
			Y	2段 D38@200	11,400	
S800B-1	8,000	上端、 下端共	X	3段 D38@200	17,100	—
			Y	3段 D38@200	17,100	
S800C-1	8,000	上端、 下端共	X	4段 D38@200	22,800	—
			Y	6段 D38@200	34,200	
S795A-1	7,950	上端、 下端共	X	2段 D38@200	11,400	—
			Y	2段 D38@200	11,400	
S795B-1	7,950	上端、 下端共	X	4段 D38@200	22,800	—
			Y	6段 D38@200	34,200	
S780-1	7,800	上端、 下端共	X	2段 D38@200	11,400	—
			Y	2段 D38@200	11,400	
S670-1	6,700	上端、 下端共	X	3段 D38@200	17,100	—
			Y	3段 D38@200	17,100	
S655-1	6,550	上端、 下端共	X	2段 D38@200	11,400	—
			Y	2段 D38@200	11,400	
S560-1	5,600	上端、 下端共	X	2段 D38@200	11,400	—
			Y	2段 D38@200	11,400	
S475-1	4,750	上端、 下端共	X	2段 D38@200	11,400	—
			Y	2段 D38@200	11,400	
S310-1	3,100	上端、 下端共	X	2段 D38@200	11,400	—
			Y	2段 D38@200	11,400	
S300-1	3,000	上端、 下端共	X	2段 D38@200	11,400	—
			Y	2段 D38@200	11,400	



- N_x, N_y : 軸力 (引張 : +)
- M_x, M_y : 曲げモーメント (下端引張 : +)
- Q_{xy} : 面内せん断力
- Q_x, Q_y : 面外せん断力

第 5-2 図 応力の方向

第5-3表 断面の評価結果（軸力及び曲げモーメント並びに面内せん断力）

領域	要素 番号	方向	ケース No.	組合せ応力			必要 鉄筋量 a_g (mm^2/m)	設計 配筋量 a_g' (mm^2/m)	検定値	判定
				N (kN/m)	M ($\text{kN}\cdot\text{m}/\text{m}$)	Qxy (kN/m)				
S800A-1	101795	Y	2	3,215	4,533	105	6,525	11,400	0.58	可
S800B-1	203675	Y	1	2,361	4,885	-524	5,480	17,100	0.33	可
S800C-1	8681	Y	7	5,051	-19,085	-1,810	15,637	34,200	0.46	可
S795A-1	8054	X	5	1,002	6,688	-273	4,177	11,400	0.37	可
S795B-1	8648	Y	8	1,448	-8,289	-1,589	5,667	34,200	0.17	可
S780-1	7938	X	5	1,007	3,761	-286	3,059	11,400	0.27	可
S670-1	101480	Y	1	703	1,850	-978	1,980	17,100	0.12	可
S655-1	7089	Y	2	1,200	1,530	193	2,509	11,400	0.23	可
S560-1	5855	X	5	1,581	2,215	-310	3,624	11,400	0.32	可
S475-1	200005	Y	7	605	-2,247	-238	2,465	11,400	0.22	可
S310-1	3526	X	8	199	-1,661	-385	2,138	11,400	0.19	可
S300-1	200007	Y	7	492	-1,398	-390	2,348	11,400	0.21	可

第5-4表 断面の評価結果（面外せん断応力度）

領域	要素 番号	方向	ケース No.	面外せん断 応力度 τ (N/mm ²)	許容せん断 応力度 τ_A (N/mm ²)	検定値	判定
S800A-1	203887	X	1	1.41	2.18	0.65	可
S800B-1	203667	Y	5	0.787	2.18	0.37	可
S800C-1	8714	Y	5	1.30	2.18	0.60	可
S795A-1	8279	X	1	1.03	2.18	0.48	可
S795B-1	8638	X	1	0.594	2.18	0.28	可
S780-1	7959	X	3	0.905	2.18	0.42	可
S670-1	101449	Y	5	0.435	2.18	0.20	可
S655-1	7089	Y	6	0.436	2.18	0.20	可
S560-1	5866	X	1	0.873	2.18	0.41	可
S475-1	200005	Y	5	0.746	2.18	0.35	可
S310-1	3557	X	1	1.07	2.18	0.50	可
S300-1	200007	Y	5	1.01	2.18	0.47	可

緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）の耐震計算書

設計及び工事計画認可申請添付資料 12-16-4

玄海原子力発電所第3号機

目 次

	頁
1. 概 要	12 (3) - 16 - 4 - 1
2. 基本方針	12 (3) - 16 - 4 - 2
2.1 位 置	12 (3) - 16 - 4 - 2
2.2 構造概要	12 (3) - 16 - 4 - 4
2.3 評価方針	12 (3) - 16 - 4 - 8
2.4 適用規格	12 (3) - 16 - 4 - 11
3. 地震応答解析による評価方法	12 (3) - 16 - 4 - 12
4. 応力解析による評価方法	12 (3) - 16 - 4 - 16
4.1 評価対象部位	12 (3) - 16 - 4 - 17
4.2 荷重及び荷重の組合せ	12 (3) - 16 - 4 - 17
4.3 許容限界	12 (3) - 16 - 4 - 21
4.4 評価方法	12 (3) - 16 - 4 - 23
5. 評価結果	12 (3) - 16 - 4 - 31
5.1 地震応答解析による評価結果	12 (3) - 16 - 4 - 31
5.2 応力解析による評価結果	12 (3) - 16 - 4 - 37

1. 概 要

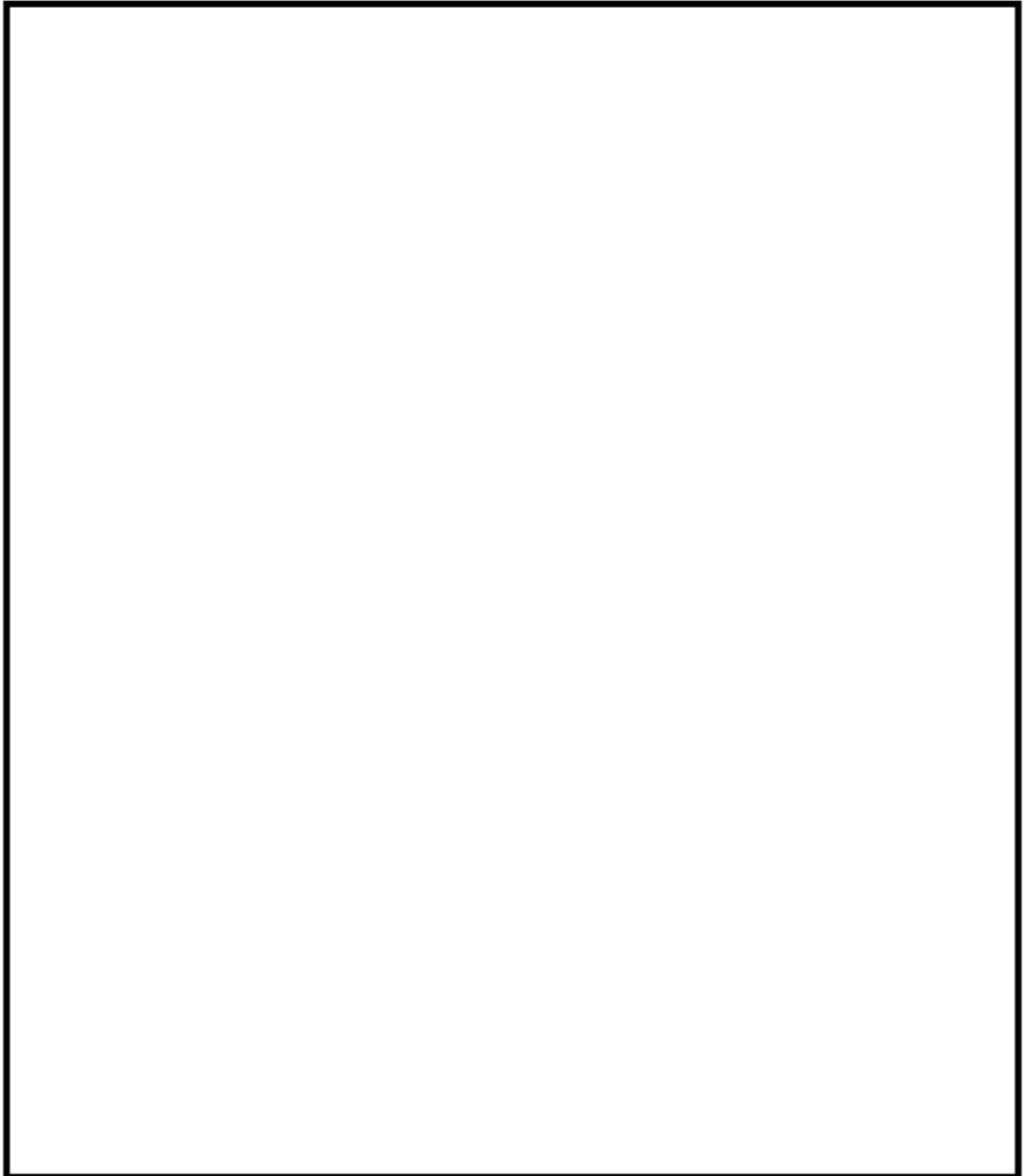
本資料は、資料 12-9「機能維持の基本方針」に基づき、緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）の構造強度及び機能維持の確認について説明するものであり、その評価は、地震応答解析による評価及び応力解析による評価により行う。

緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）は、重大事故等対処施設において、常設重大事故緩和設備の間接支持構造物に分類される。以下、分類に応じた耐震評価を示す。

2. 基本方針

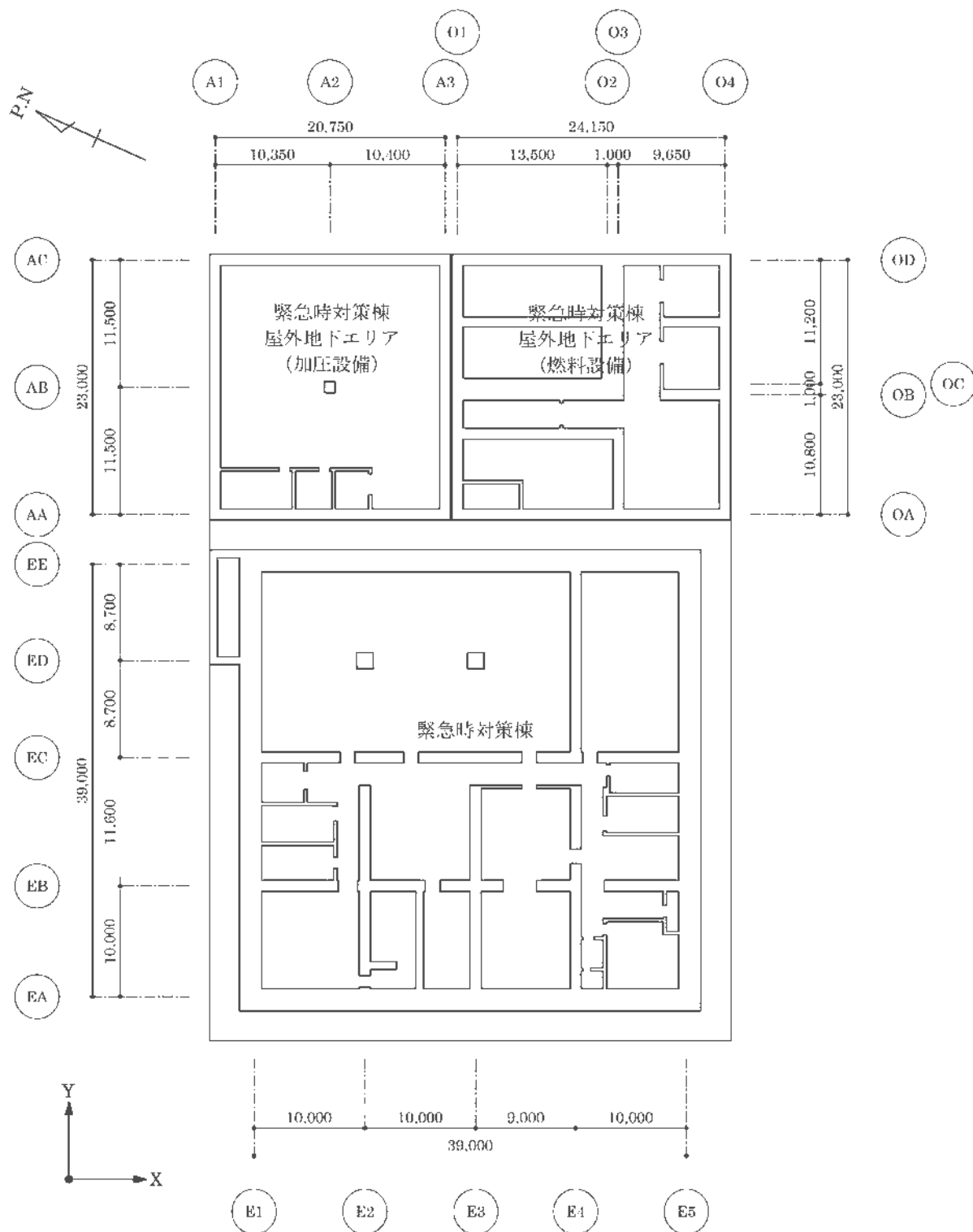
2.1 位 置

緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）の設置位置及び概略配置図を第 2-1 図及び第 2-2 図に示す。



第 2-1 図 緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）の設置位置

(mm)



第 2-2 図 緊急時対策棟屋外地下エリア (燃料設備) の概略配置図 (地下 2 階)

2.2 構造概要

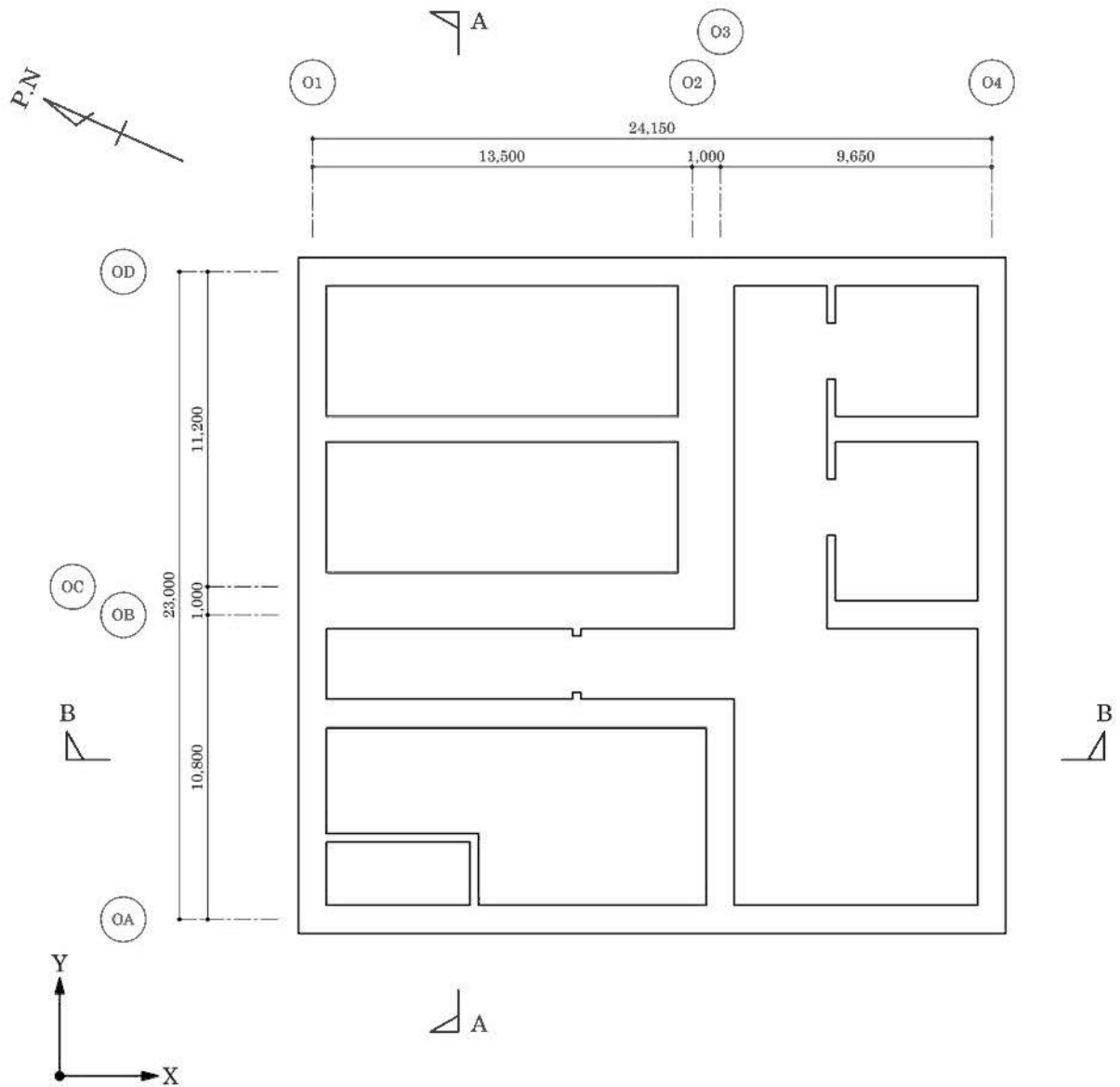
緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）（以下「燃料設備棟」という。）は、第 6 保管エリアに配置されており、緊急時対策棟（以下「緊対棟」という。）及び緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）（以下「加圧設備棟」という。）とともに、同一基礎版上に設置された建物である。

ここで、緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟は、建屋の向きがプラントノースに対して東側に 65.8° 傾いているため、本耐震計算書においては、基礎版の短辺方向を X 方向、長辺方向を Y 方向と定義する。

主要構造は、地下 2 階の鉄筋コンクリート造の壁式構造で、平面形状は、X 方向約 24m、Y 方向約 23m であり、埋込深さは約 18m である。

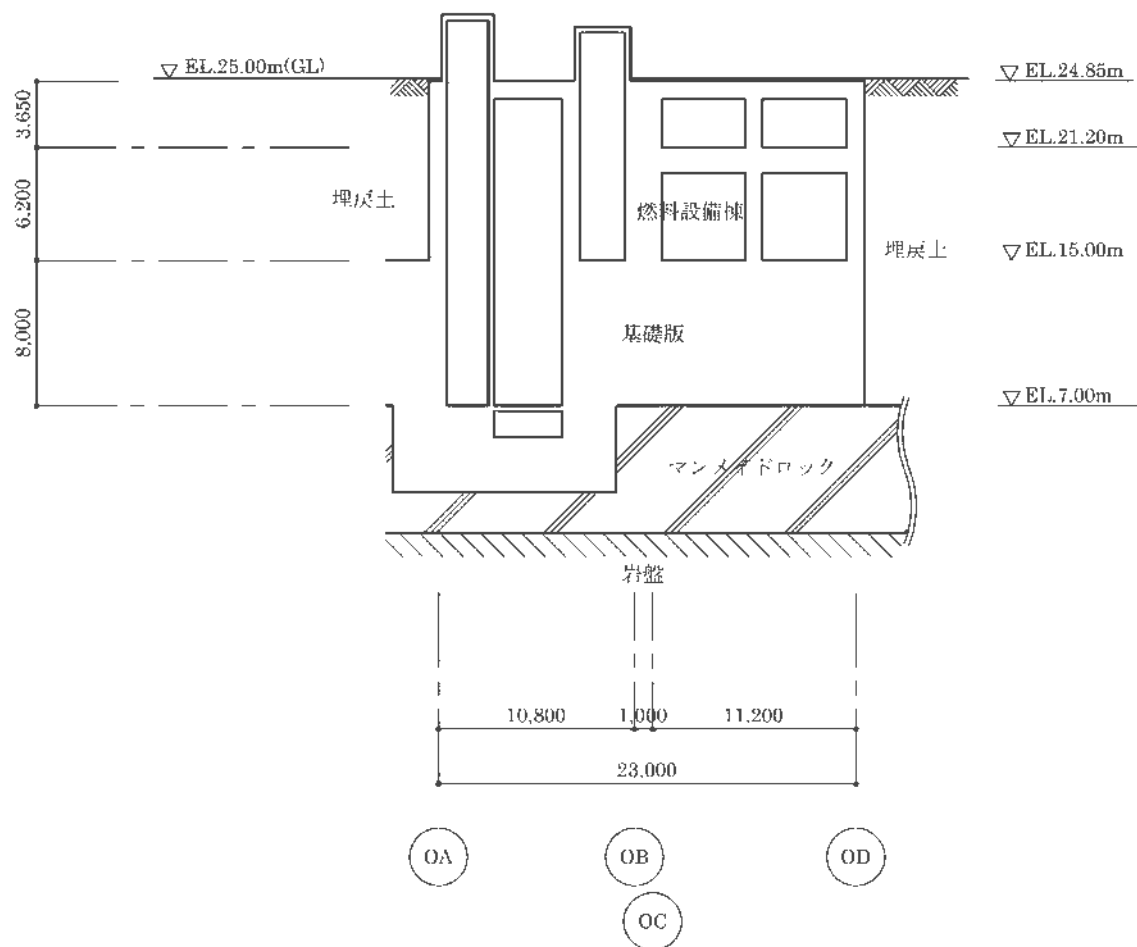
燃料設備棟の概略平面図及び概略断面図を第 2-3 図及び第 2-4 図に示す。

(mm)



第2-3図 燃料設備棟の概略平面図(EL.15.00m)

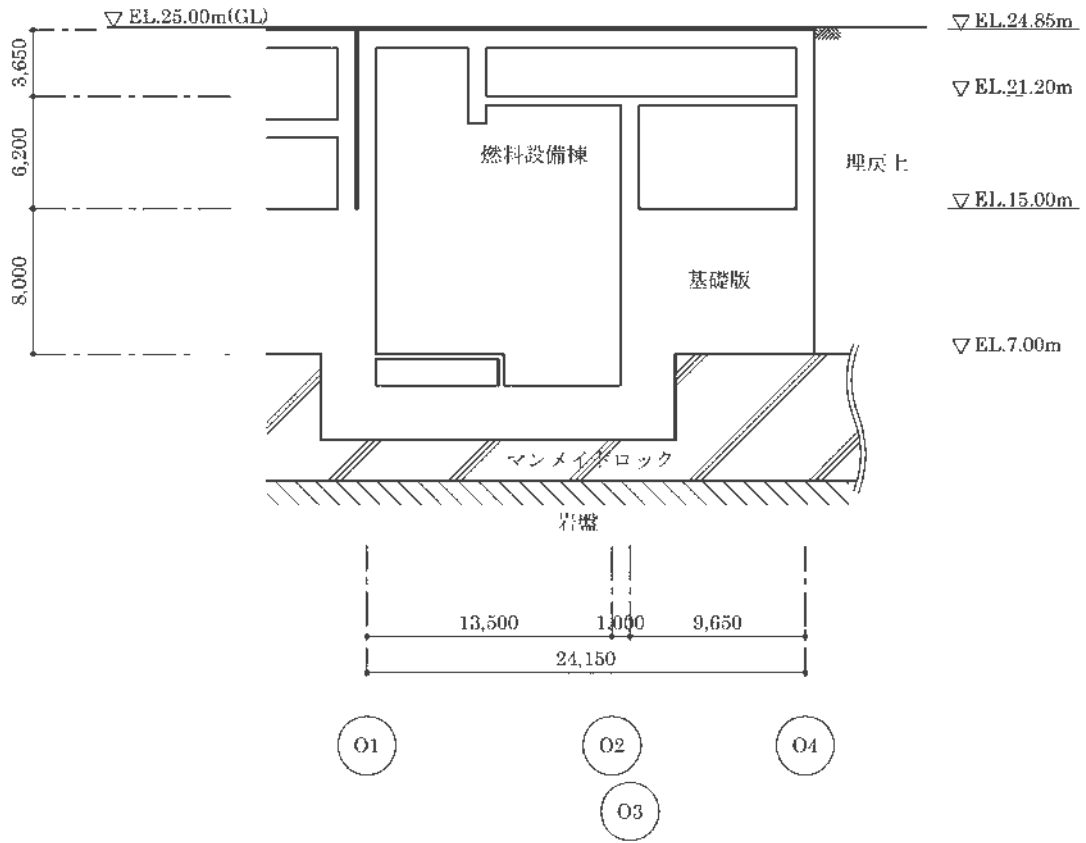
(mm)



(a) A-A 断面

第 2-4 図 燃料設備棟の概略断面図(1/2)

(mm)



(b) B-B断面

第2-4図 燃料設備棟の概略断面図(2/2)

2.3 評価方針

燃料設備棟は、重大事故等対処施設において、常設重大事故緩和設備の間接支持構造物に分類される。

燃料設備棟の評価は、重大事故等対処施設としての評価において、資料 12-16-1「緊急時対策棟、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）及び緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）の地震応答解析」による解析結果に基づき、構造物全体としての変形性能の評価及び保有水平耐力の評価並びに応力解析による評価を行う。また、基礎地盤の支持性能の評価及び基礎版の応力解析による評価については、資料 12-16-3「緊急時対策棟、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）及び緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）の基礎の耐震計算書」に示す。なお、燃料設備棟は、常時荷重が作用する状態（以下「常時」という。）に対する評価についても併せて行う。

さらに、耐震性向上の観点から、S クラス施設相当の静的地震力に対して、応力解析による評価を行う。

燃料設備棟の構造物全体としての変形性能の評価は、資料 12-16-1「緊急時対策棟、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）及び緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）の地震応答解析」による解析結果に基づき、基準地震動 S_s に対し、構造強度を確保すること及び支持機能を維持することを確認する。また、保有水平耐力の評価により、要求される構造強度を確保することを確認する。

燃料設備棟の応力解析による評価は、壁、床及び屋根を評価対象部位とする。

壁の応力解析による評価について、3次元 FEM モデルを用いて、基準地震動 S_s による地震力が作用する状態（以下「 S_s 地震時」という。）及び常時に対する弾性応力解析を行い、解析結果の応力を用いた断面の評価により、構造強度を確保することを確認する。

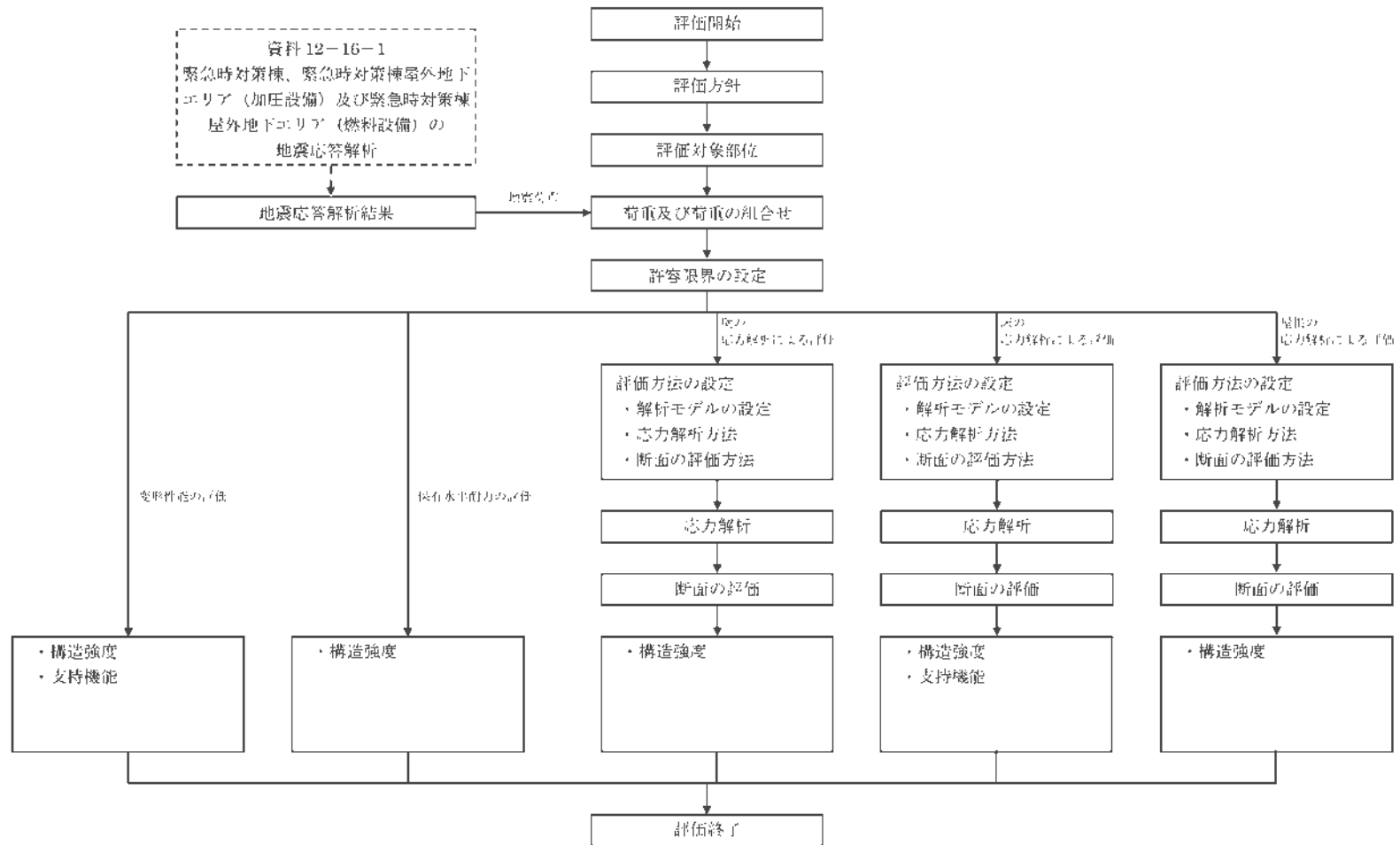
床の応力解析による評価について、3次元 FEM モデルを用いて、 S_s 地震時及び常時に対する弾性応力解析を行い、解析結果の応力を用いた断面の評価により、構造強度を確保すること及び支持機能を維持することを確認する。

屋根の応力解析による評価について、3次元 FEM モデルを用いて、 S_s 地震時及び常時に対する弾性応力解析を行い、解析結果の応力を用いた断面の評価により、構造強度を確保することを確認する。

また、応力解析による評価は、資料 12-16-1「緊急時対策棟、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）及び緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）の地震応答解析」による地盤定数を含む材料物性のばらつき及び減衰定数の設

定に起因する不確かさ（以下「材料物性のばらつき等」という。）を考慮した解析結果を用いる。

重大事故等対処施設としての燃料設備棟の評価フローを第 2-5 図に示す。



第 2-5 図 燃料設備棟の評価フロー

2.4 適用規格

燃料設備棟の評価において、適用する規格、基準等を以下に示す。

- 建築基準法・同施行令
- 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 ー許容応力度設計法ー ((社) 日本建築学会、1999 改定)
- 原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 ((社) 日本建築学会、2005 制定) (以下「RC-N 規準」という。)
- 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987 ((社) 日本電気協会)
- 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1991 追補版 ((社) 日本電気協会)

3. 地震応答解析による評価方法

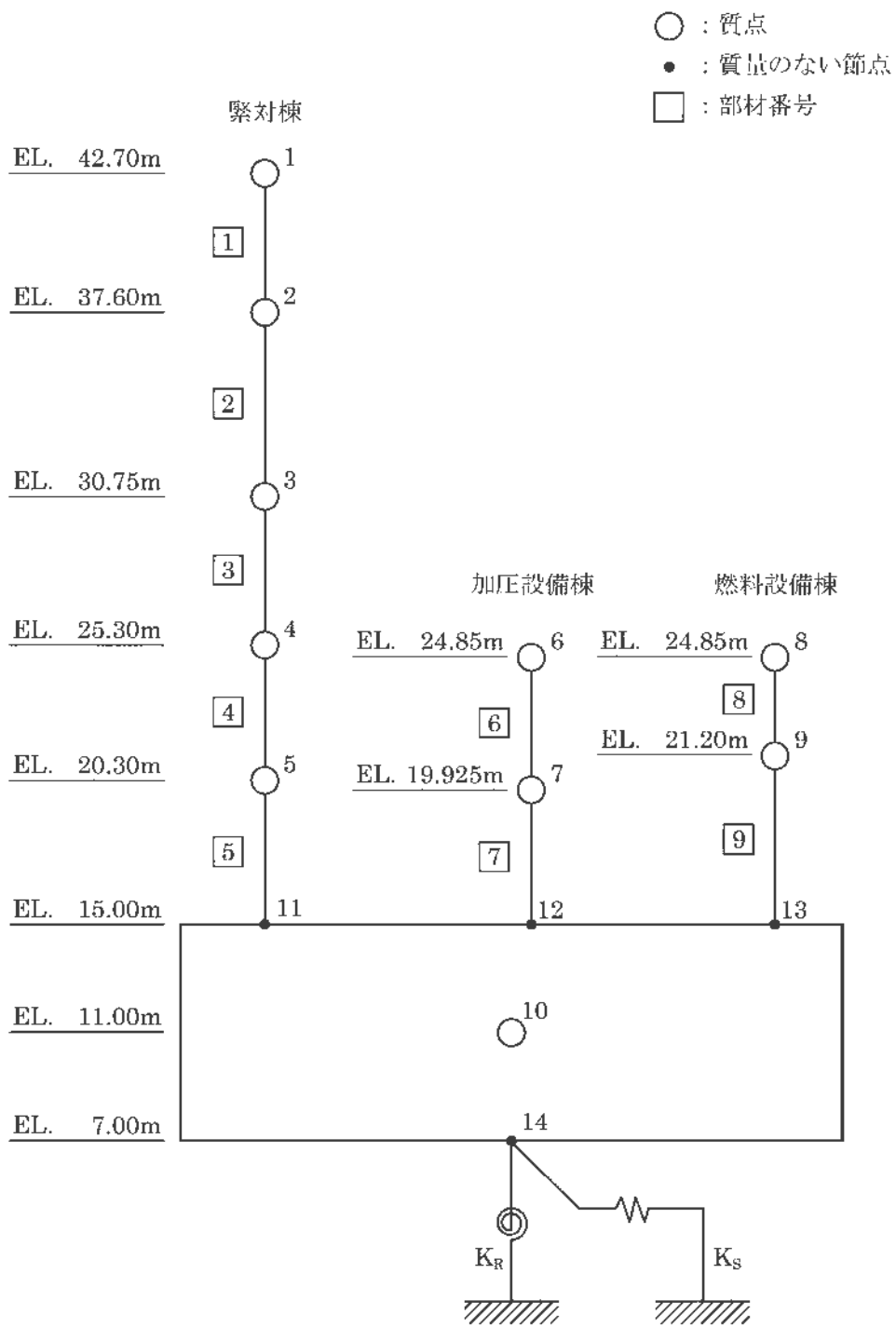
燃料設備棟の構造物全体としての変形性能の評価は、重大事故等対処施設としての評価において、資料 12-16-1「緊急時対策棟、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）及び緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）の地震応答解析」による解析結果に基づき行う。地震応答解析モデルを第 3-1 図及び第 3-2 図に示す。

構造強度を確保することの確認は、基準地震動 S_s に対して、最大せん断ひずみが許容限界を超えないこと及び最大接地圧が許容限界を十分下回ること、常時荷重に対して、最大接地圧が許容限界を超えないこと並びに保有水平耐力が必要保有水平耐力に対して、妥当な安全余裕を有することの確認により行う。支持機能を維持することの確認は、基準地震動 S_s に対して、最大せん断ひずみが許容限界を超えないことの確認により行う。

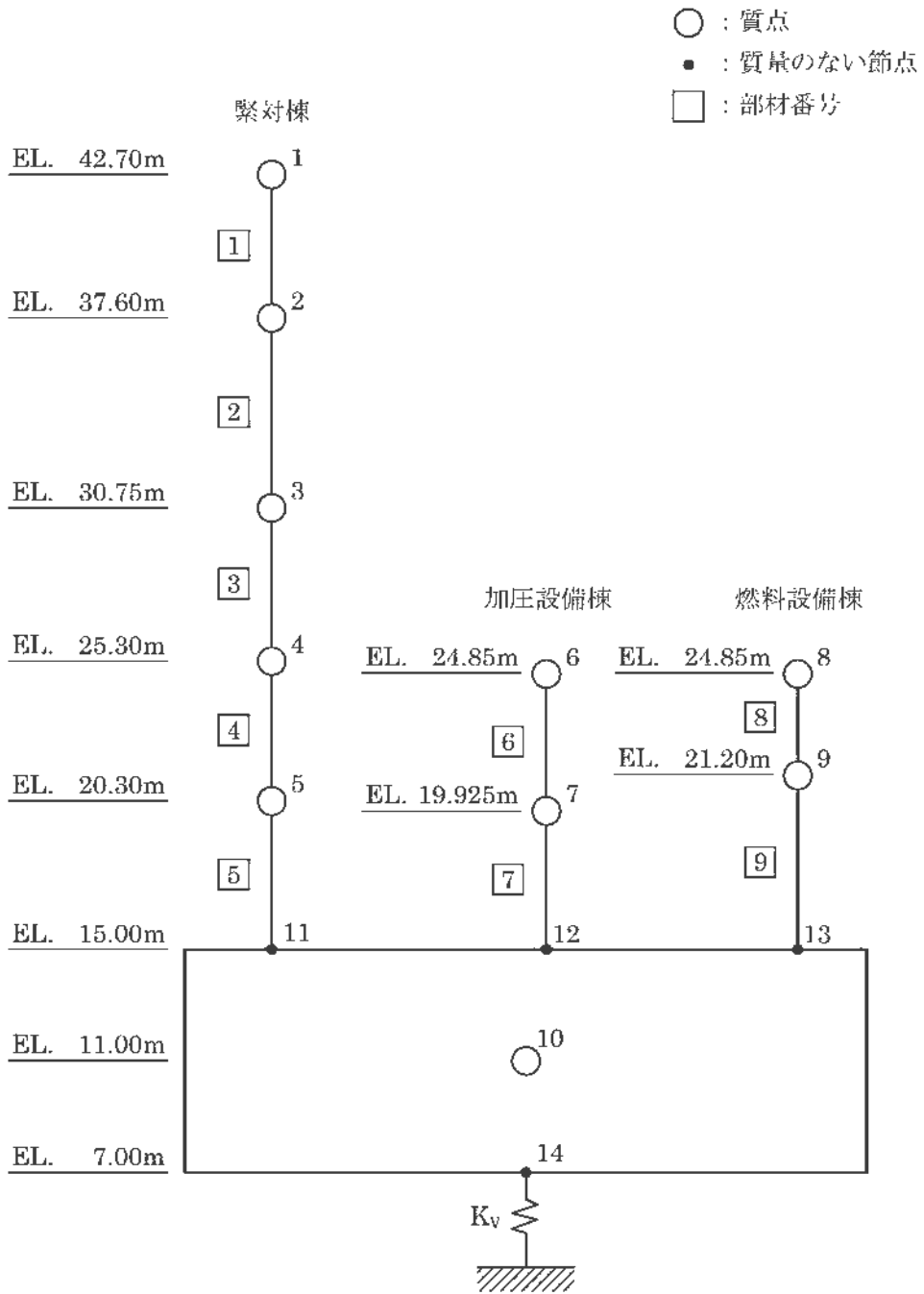
ここで、各層の保有水平耐力は、資料 12-16-1「緊急時対策棟、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）及び緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）の地震応答解析」におけるせん断スケルトンカーブの終局点のせん断応力度 τ_3 の値にせん断断面積を乗じた値とする。

基準地震動 S_s に対して、最大接地圧が許容限界を十分下回ることの確認及び常時荷重に対して、最大接地圧が許容限界を超えないことの確認は、資料 12-16-3「緊急時対策棟、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）及び緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）の基礎の耐震計算書」に示す。

燃料設備棟の地震応答解析による評価の許容限界は、資料 12-9「機能維持の基本方針」に示す、荷重の組合せ及び許容限界に基づき、第 3-1 表のとおり設定する。



第 3-1 図 地震応答解析モデル (水平方向)



第 3-2 図 地震応答解析モデル (鉛直方向)

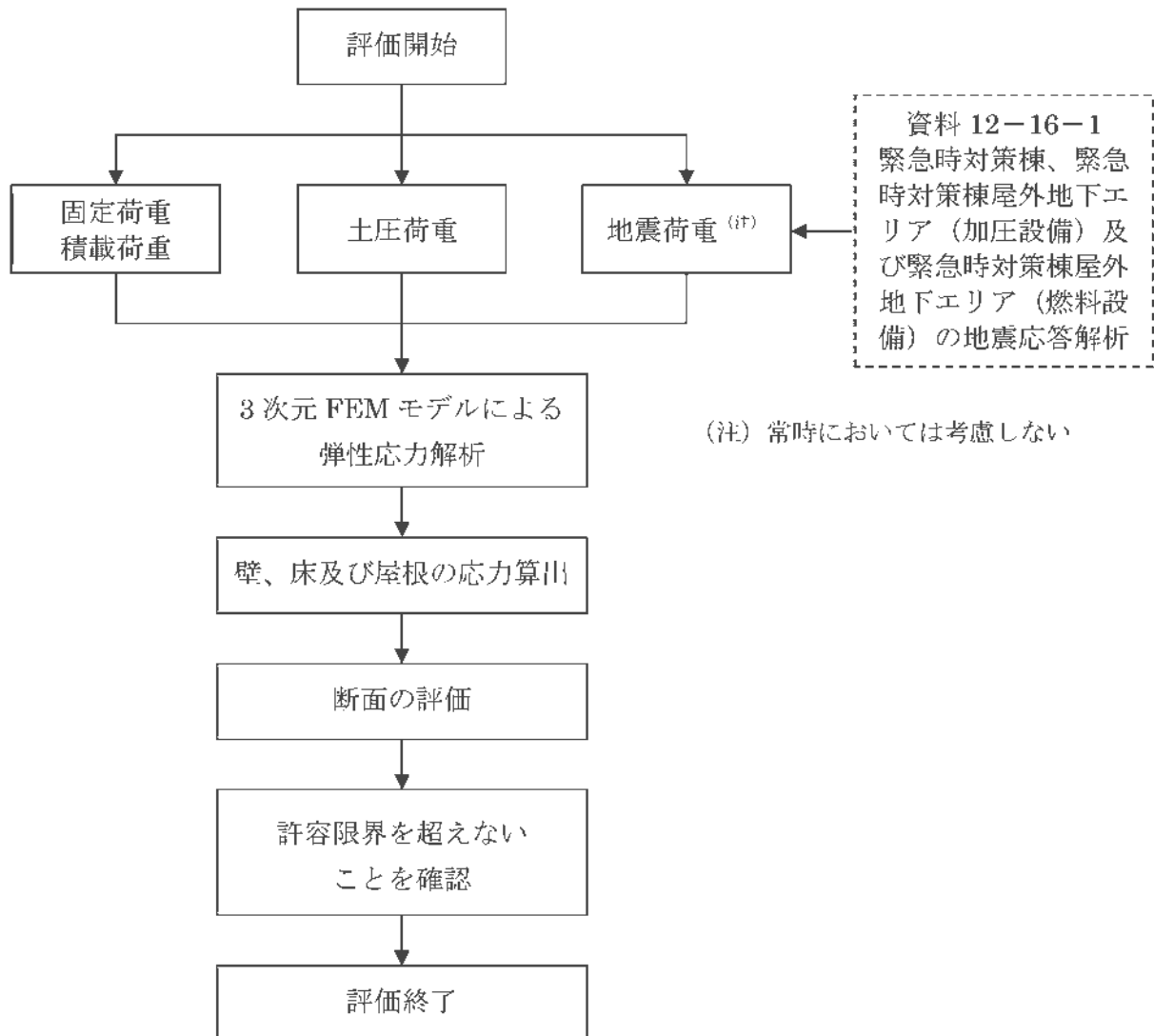
第 3-1 表 地震応答解析による評価の許容限界

要求機能	機能設計上の性能目標	地震力	部位	機能維持のための考え方	許容限界 (評価基準値)
構造強度	構造強度を確保すること	基準地震動 Ss	耐震壁	最大せん断ひずみが構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	最大せん断ひずみ 2.0×10^{-3}
		基準地震動 Ss	基礎地盤	最大接地圧が構造強度を確保するための許容限界を十分下回することを確認	極限支持力度 13.7N/mm^2
		— (常時荷重に対する検討)	(注)	最大接地圧が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	長期許容支持力度 4.56N/mm^2
		保有水平耐力	構造物全体	保有水平耐力が必要保有水平耐力に対して妥当な安全余裕を有することを確認	必要保有水平耐力
支持機能	設備を支持する機能を維持すること	基準地震動 Ss	耐震壁	最大せん断ひずみが支持機能を維持するための許容限界を超えないことを確認	最大せん断ひずみ 2.0×10^{-3}

(注) 基礎地盤の支持性能の評価は、資料 12-16-3「緊急時対策棟、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）及び緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）の基礎の耐震計算書」に示す。なお、資料 12-16-3「緊急時対策棟、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）及び緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）の基礎の耐震計算書」において、基準地震動 Ss については、最大接地圧が短期許容支持力度を超えないことを確認することで、極限支持力度を十分下回することを確認する。

4. 応力解析による評価方法

燃料設備棟の応力解析による評価は、重大事故等対処施設としての評価において、3次元 FEM モデルによる弾性応力解析に基づき、部材に生じる応力が許容限界を超えないことを確認する。応力解析のフローを第 4-1 図に示す。



第 4-1 図 応力解析のフロー（壁、床及び屋根）

4.1 評価対象部位

燃料設備棟の応力解析による評価における評価対象部位は、壁、床及び屋根とする。

4.2 荷重及び荷重の組合せ

荷重及び荷重の組合せは、資料 12-9「機能維持の基本方針」の荷重及び荷重の組合せを用いる。

4.2.1 荷 重

燃料設備棟は、資料 12-16-2「緊急時対策棟の耐震計算書」に示す固定荷重、積載荷重、常時土圧荷重及び地震荷重を考慮する。

地震荷重については、資料 12-16-1「緊急時対策棟、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）及び緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）の地震応答解析」による材料物性のばらつき等を考慮した基準地震動 S_s に対する地震応答解析結果に基づき設定する。材料物性のばらつき等は、地盤物性のばらつき及び減衰定数の設定に起因する不確かさを考慮する。材料物性のばらつき等を考慮した解析ケースを第 4-1 表に示す。

ここで、資料 12-16-2「緊急時対策棟の耐震計算書」において、静的地震力が S_s 地震荷重に包絡されることを確認していることから、 S_s 地震時に部材に生じる応力度が部材の短期許容応力度を超えないことを確認することで、静的地震力に対して部材に生じる応力度が部材の短期許容応力度を超えないことを確認する。

第 4-1 表 材料物性のばらつき等を考慮した解析ケース(1/4)

解析ケース	高さ (m)	速度層	地盤の せん断波速度 Vs (km/s)	ヤング係数 E (N/mm ²)	減衰定数 h (%)
基本ケース	EL.7.00～ EL.6.40	Ⅲ	0.75	3.80×10 ³	5
	EL.6.40～ EL.5.74	Ⅲ	0.75	3.34×10 ³	
	EL.5.74～ EL.4.92	Ⅲ	0.75	3.80×10 ³	
	EL.4.92～ EL.-215.00	Ⅳ	1.62	1.67×10 ⁴	

第 4-1 表 材料物性のばらつき等を考慮した解析ケース(2/4)

解析ケース	高さ (m)	速度層	地盤の せん断波速度 Vs (km/s)	ヤング係数 E (N/mm ²)	減衰定数 h (%)
地盤物性の ばらつき を考慮 (-1σ)	EL.7.00～ EL.6.40	Ⅲ	0.59	2.37×10 ³	5
	EL.6.40～ EL.5.74	Ⅲ	0.59	2.08×10 ³	
	EL.5.74～ EL.4.92	Ⅲ	0.59	2.37×10 ³	
	EL.4.92～ EL.-215.00	Ⅳ	1.54	1.52×10 ⁴	

第 4-1 表 材料物性のばらつき等を考慮した解析ケース(3/4)

解析ケース	高さ (m)	速度層	地盤の せん断波速度 Vs (km/s)	ヤング係数 E (N/mm ²)	減衰定数 h (%)
地盤物性の ばらつき を考慮 (+1σ)	EL.7.00～ EL.6.40	Ⅲ	0.91	5.54×10 ³	5
	EL.6.40～ EL.5.74	Ⅲ	0.91	4.86×10 ³	
	EL.5.74～ EL.4.92	Ⅲ	0.91	5.54×10 ³	
	EL.4.92～ EL.-215.00	Ⅳ	1.70	1.82×10 ⁴	

第 4-1 表 材料物性のばらつき等を考慮した解析ケース(4/4)

解析ケース	高さ (m)	速度層	地盤の せん断波速度 Vs (km/s)	ヤング係数 E (N/mm ²)	減衰定数 h (%)
減衰定数の 設定に起因 する不確か さを考慮	EL.7.00～ EL.6.40	Ⅲ	0.75	3.80×10 ³	3
	EL.6.40～ EL.5.74	Ⅲ	0.75	3.34×10 ³	
	EL.5.74～ EL.4.92	Ⅲ	0.75	3.80×10 ³	
	EL.4.92～ EL.-215.00	Ⅳ	1.62	1.67×10 ⁴	

4.2.2 荷重の組合せ

荷重の組合せは、資料 12-9「機能維持の基本方針」に基づき設定する。荷重の組合せを第 4-2 表に示す。

地震荷重及び風荷重の組合せについて、燃料設備棟はコンクリート構造物であり、自重の大きな施設であることから、風荷重の影響は小さいため、地震荷重及び風荷重の組合せは考慮しない。

また、積雪荷重は、地震荷重及び積載荷重の組合せで考慮される。

第 4-2 表 荷重の組合せ

外力の状態	荷重の組合せ
Ss 地震時	$D+L+E_0+K_s+E_s$
常時	$D+L+E_0$

D : 固定荷重

L : 積載荷重

E_0 : 常時土圧荷重

K_s : Ss 地震荷重

E_s : 地震時増分土圧荷重

4.3 許容限界

燃料設備棟の応力解析による評価の許容限界は、重大事故等対処施設としての評価において、資料 12-9「機能維持の基本方針」に示す、荷重の組合せ及び許容限界に基づき、第 4-3 表のとおり設定する。

コンクリート及び鉄筋の許容応力度を第 4-4 表及び第 4-5 表に示す。

第 4-3 表 応力解析による評価の許容限界

要求機能	機能設計上の性能目標	外力の状態	部位	機能維持のための考え方	許容限界 (評価基準値)
構造強度	構造強度を確保すること	Ss 地震時	壁 床 屋根	部材に生じる応力が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	RC-N 規準における終局強度に基づく許容値
		— (常時に対する検討)			RC-N 規準における長期許容応力度に基づく許容値
支持機能	設備を支持する機能を維持すること	Ss 地震時	床	部材に生じる応力が支持機能を維持するための許容限界を超えないことを確認	RC-N 規準における終局強度に基づく許容値

第4-4表 コンクリートの許容応力度

(単位：N/mm²)

部位	設計 基準強度 F _c	長期		短期		終局	
		圧縮	せん断	圧縮	せん断	圧縮	せん断
EL.15.00m より上部	30.0	10.0	0.790	20.0	1.18	30.0	1.18
EL.15.00m 以下 (ピット部分)	24.0	8.00	0.730	16.0	1.09	24.0	1.09

第4-5表 鉄筋の許容応力度

(単位：N/mm²)

鉄筋種類	長期		短期		終局	
	引張 圧縮	せん断	引張 圧縮	せん断	引張 圧縮	せん断
SD345	215(195) ^(注1)	195	345	345	379 ^(注2)	345

(注1) D29以上の太さの鉄筋に対しては()内の数値とする。

(注2) 終局強度に用いる数値は、建設省告示2464号に基づき、鉄筋の基準強度の1.1倍の数値とする。

4.4 評価方法

4.4.1 解析モデル

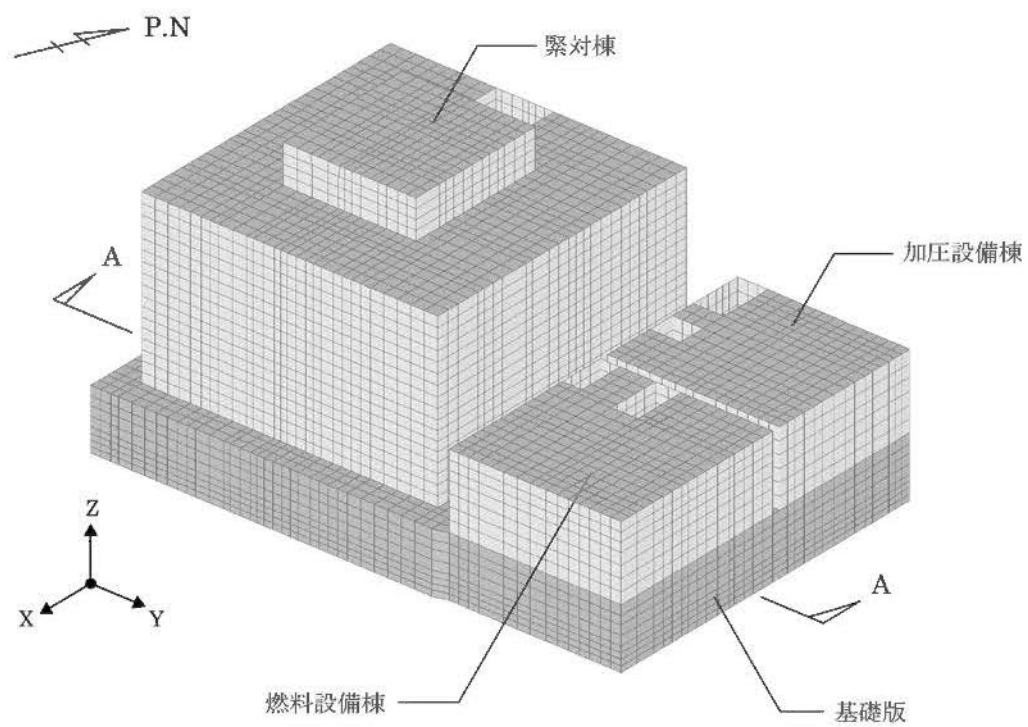
(1) モデル化の基本方針

応力解析は、3次元 FEM モデルを用いた弾性応力解析とする。

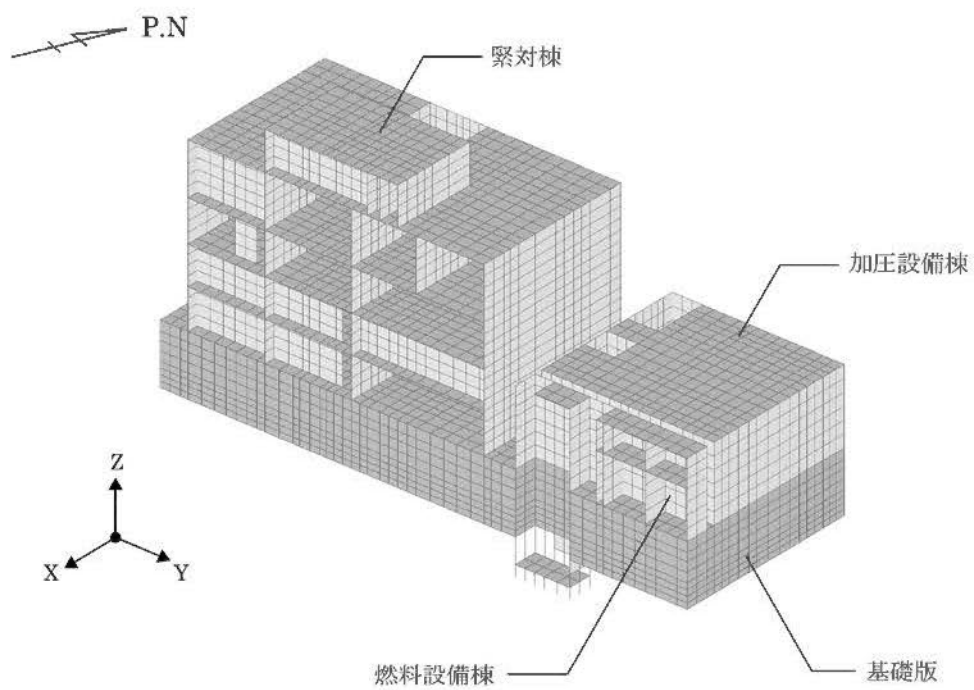
解析モデルについて、資料 12-16-2「緊急時対策棟の耐震計算書」に示す緊対棟、加圧設備棟、燃料設備棟及び基礎版全体の解析モデルを作成し、各荷重ケースに対して解析を行う。解析モデルを第 4-2 図に示す。

境界条件については、資料 12-16-2「緊急時対策棟の耐震計算書」に示す境界条件とする。

応力解析には、解析コード「MSC-NASTRAN」を用いる。解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。



(a) 全体



(b) A-A 断面

第 4-2 図 解析モデル (鳥瞰図)

4.4.2 解析諸元

使用材料の物性値について、コンクリート及び鉄筋の材料定数を第 4-6 表及び第 4-7 表に示す。

第 4-6 表 コンクリートの材料定数

部位		設計基準強度 Fc (N/mm ²)	ヤング係数 E (N/mm ²)	ポアソン比 ν
緊対棟	EL.15.00m より上部	30.0	2.44 × 10 ⁴	0.2
加圧設備棟	EL.15.00m より上部	30.0	2.44 × 10 ⁴	0.2
燃料設備棟	EL.15.00m より上部	30.0	2.44 × 10 ⁴	0.2
	EL.15.00m 以下 (ピット部分)	24.0	2.27 × 10 ⁴	0.2
基礎版		24.0	2.27 × 10 ⁴	0.2

第 4-7 表 鉄筋の材料定数

鉄筋種類	降伏強度 Fy (N/mm ²)	ヤング係数 E (N/mm ²)
SD345	345	2.05 × 10 ⁵

4.4.3 応力解析方法

燃料設備棟の壁、床及び屋根は、Ss 地震時及び常時に対して、3 次元 FEM モデルによる弾性応力解析を行う。

(1) 荷重ケース

Ss 地震時及び常時の応力は、以下に示す荷重ケースを組み合わせて求める。

D+L : 固定荷重+積載荷重

E_0 : 常時土圧荷重

K_{SX} : Ss 地震荷重 (X 方向)

K_{SY} : Ss 地震荷重 (Y 方向)

K_{SUD} : Ss 地震荷重 (鉛直方向)

E_{SX} : Ss 地震時増分土圧荷重 (X 方向)

E_{SY} : Ss 地震時増分土圧荷重 (Y 方向)

(2) 荷重の組合せケース

荷重の組合せケースは、組合せ係数法に基づいて設定する。但し、Ss 地震時において、鉛直方向の動的地震力に組合せ係数を乗じた荷重が静的地震力による荷重を超えない場合は、静的地震力による荷重とする。荷重の組合せケースを第 4-8 表に示す。荷重の組合せケースにおいて、地震荷重は、X 軸の+方向、Y 軸の+方向及び鉛直上向きを「+」、X 軸の-方向、Y 軸の-方向及び鉛直下向きを「-」とする。

第4-8表 荷重の組合せケース

	ケース No.	荷重の組合せケース
Ss 地震時	1	$D+L+E_0+1.0K_{SX}+0.4K_{SUD}+1.0E_{SX}$
	2	$D+L+E_0+1.0K_{SX}-0.4K_{SUD}+1.0E_{SX}$
	3	$D+L+E_0-1.0K_{SX}+0.4K_{SUD}+1.0E_{SX}$
	4	$D+L+E_0-1.0K_{SX}-0.4K_{SUD}+1.0E_{SX}$
	5	$D+L+E_0+1.0K_{SY}+0.4K_{SUD}+1.0E_{SY}$
	6	$D+L+E_0+1.0K_{SY}-0.4K_{SUD}+1.0E_{SY}$
	7	$D+L+E_0-1.0K_{SY}+0.4K_{SUD}+1.0E_{SY}$
	8	$D+L+E_0-1.0K_{SY}-0.4K_{SUD}+1.0E_{SY}$
	9	$D+L+E_0+0.4K_{SX}+1.0K_{SUD}+0.4E_{SX}$
	10	$D+L+E_0+0.4K_{SX}-1.0K_{SUD}+0.4E_{SX}$
	11	$D+L+E_0-0.4K_{SX}+1.0K_{SUD}+0.4E_{SX}$
	12	$D+L+E_0-0.4K_{SX}-1.0K_{SUD}+0.4E_{SX}$
	13	$D+L+E_0+0.4K_{SY}+1.0K_{SUD}+0.4E_{SY}$
	14	$D+L+E_0+0.4K_{SY}-1.0K_{SUD}+0.4E_{SY}$
	15	$D+L+E_0-0.4K_{SY}+1.0K_{SUD}+0.4E_{SY}$
	16	$D+L+E_0-0.4K_{SY}-1.0K_{SUD}+0.4E_{SY}$
常時	17	$D+L+E_0$

(3) 荷重の入力方法

固定荷重、積載荷重、地震荷重及び土圧荷重の入力方法は、資料 12-16-2「緊急時対策棟の耐震計算書」に示す方法とする。

4.4.4 断面の評価方法

RC-N 規準に基づき、壁、床及び屋根に生じる軸力及び曲げモーメント、面内せん断力並びに面外せん断力が、Ss 地震時において、短期許容応力度に基づく許容値を超えないことを確認することで、許容限界（終局強度に基づく許容値）を超えないことを確認する。また、壁、床、屋根及び基礎版に生じる軸力及び曲げモーメント、面内せん断力並びに面外せん断力が、常時において、長期許容応力度に基づく許容値を超えないことを確認する。

断面の評価には、解析コード「FEDM」を用いる。解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

(1) 軸力及び曲げモーメント並びに面内せん断力に対する断面の評価方法

軸力及び曲げモーメント並びに面内せん断力に対する断面の評価は、次の仮定に従い計算する。

- ・ ひずみは、中立軸からの距離に比例する。
- ・ コンクリートの圧縮応力度は、中立軸からの距離に比例する。
- ・ コンクリートの引張強度は無視する。

壁、床及び屋根の断面について、軸力及び曲げモーメントを受ける鉄筋コンクリート造長方形仮想柱として必要鉄筋量 a_s を算出する。

また、壁は、断面に生じる面内せん断力を鉄筋で全て負担するものとし、必要せん断補強筋比 p_s から必要鉄筋量 a_s を算出する。床及び屋根は、断面に生じる面内せん断力が、コンクリートの許容せん断力以上となる場合において、断面に生じる面内せん断力を鉄筋で全て負担するものとし、必要せん断補強筋比 p_s から必要鉄筋量 a_s を算出する。必要せん断補強筋比 p_s は、次式により算出する。

$$p_s = \frac{\tau}{f_t}$$

ここで、

p_s : 必要せん断補強筋比

f_t : 鉄筋のせん断補強用許容引張応力度(N/mm²)

τ : せん断応力度(=Q/A)(N/mm²)

Q : 設計用水平せん断力(N)

A : 断面積(mm²)

軸力及び曲げモーメント並びに面内せん断力により算出されたそれぞれの必要鉄筋量を次式のように加算した必要鉄筋量 a_g が、設計配筋量 a_g' を超えないことを確認する。壁は、縦筋方向及び横筋方向各々について、床及び屋根は、X方向及びY方向各々について算出する。

$$\text{必要鉄筋量 } a_g = a_t + a_s$$

(2) 面外せん断力に対する断面の評価方法

Ss 地震時において、壁、床及び屋根に生じる面外せん断応力度 τ が、短期許容せん断応力度を超えないことを確認する。また、常時において、壁、床及び屋根に生じる面外せん断応力度 τ が、長期許容せん断応力度を超えないことを確認する。許容せん断応力度 τ_A は、次式により算出する。

$$\tau_A = \frac{Q_A}{A}$$

$$Q_A = \alpha \cdot f_s \cdot b \cdot j$$

ここで、

τ_A : 許容せん断応力度(N/mm²)

Q_A : 許容せん断力(N)

A : 断面積(=b・j) (mm²)

α : 割増係数であり、次式により計算した値

($1 \leq \alpha \leq 2$ とする)

$$\alpha = \frac{4}{M/(Q \cdot d) + 1}$$

M : 曲げモーメント(N・mm)

Q : せん断力(N)

d : 断面の有効せい(mm)

f_s : コンクリートの許容せん断応力度(N/mm²)

b : 材の幅(mm)

j : 材の応力中心間距離($=\frac{7}{8}d$) (mm)

但し、Ss 地震時において、せん断補強筋を考慮する場合の許容せん断力 Q_A は、次式により算出する。

$$Q_A = b \cdot j \{ \alpha \cdot f_s + 0.5 \cdot {}_w f_t (p_w - 0.002) \}$$

ここで、

${}_w f_t$: せん断補強筋の許容引張応力度(N/mm²)

p_w : せん断補強筋比

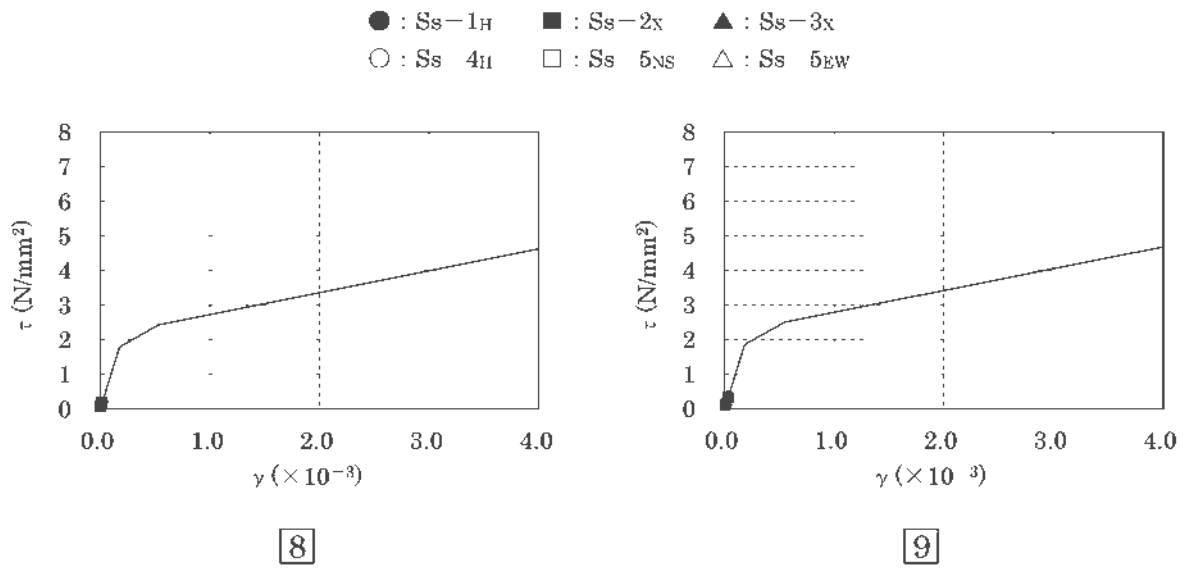
5. 評価結果

5.1 地震応答解析による評価結果

5.1.1 構造物全体としての変形性能

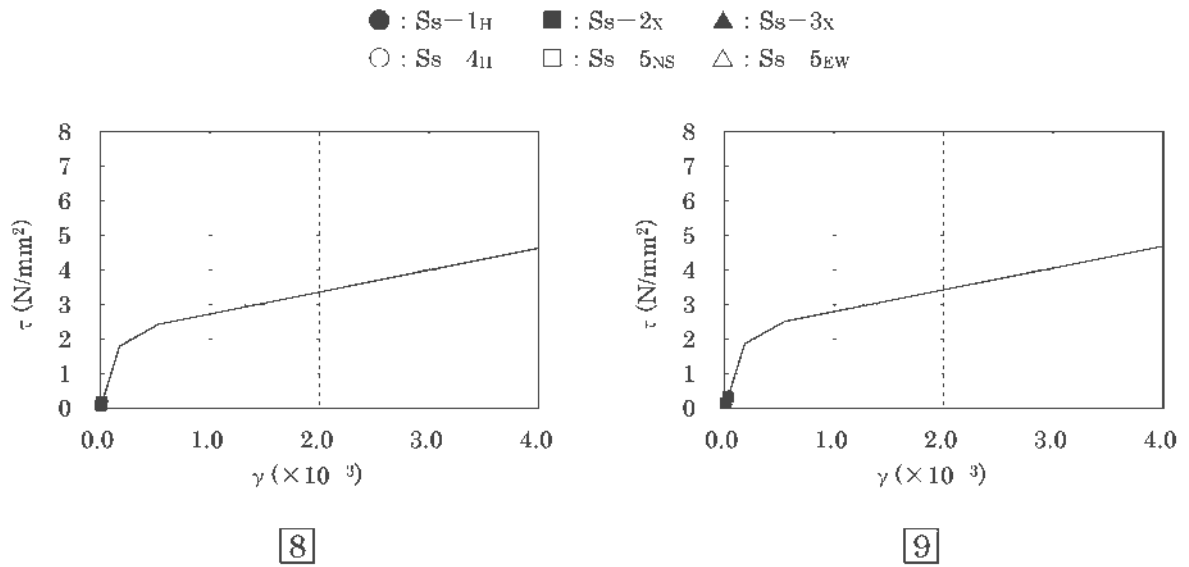
「3. 地震応答解析による評価方法」の解析結果から、基準地震動 S_s に対する材料物性のばらつき等を考慮した各ケースの最大応答値を第 5-1 図及び第 5-2 図の耐震壁のせん断スケルトンカーブ上にプロットして示す。

基準地震動 S_s に対する耐震壁のせん断ひずみは、重大事故等対処施設としての評価において、最大で 0.0627×10^{-3} (S_s-5_{EW} 、Y 方向、部材番号 9、減衰定数の設定に起因する不確かさを考慮) であり、許容限界(2.0×10^{-3})を超えないことを確認した。



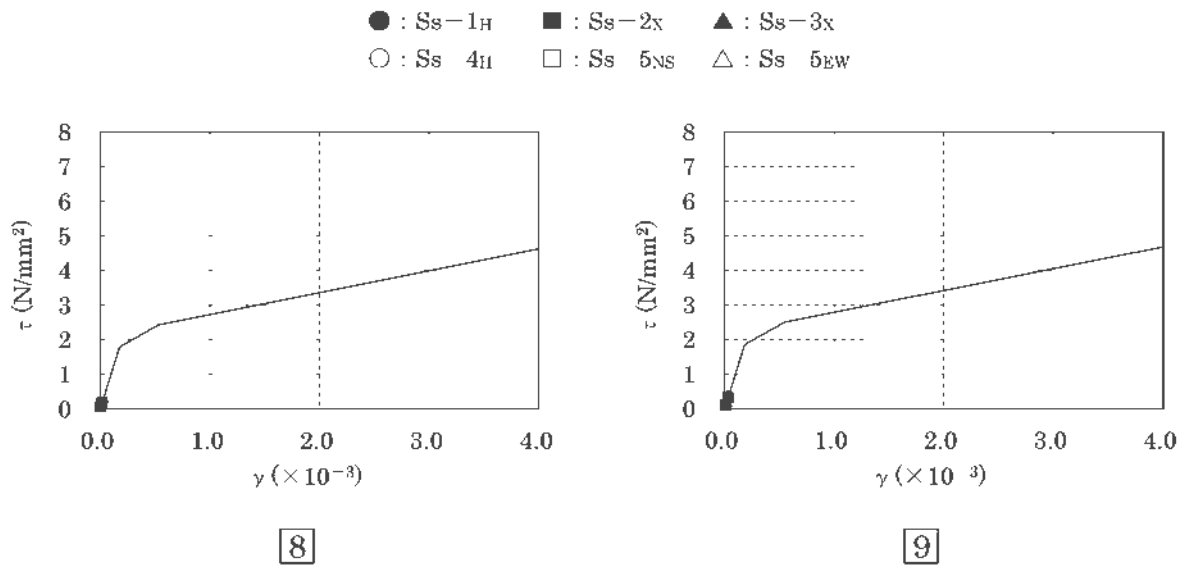
(a) 基本ケース

第5-1図 せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (X方向) (1/4)



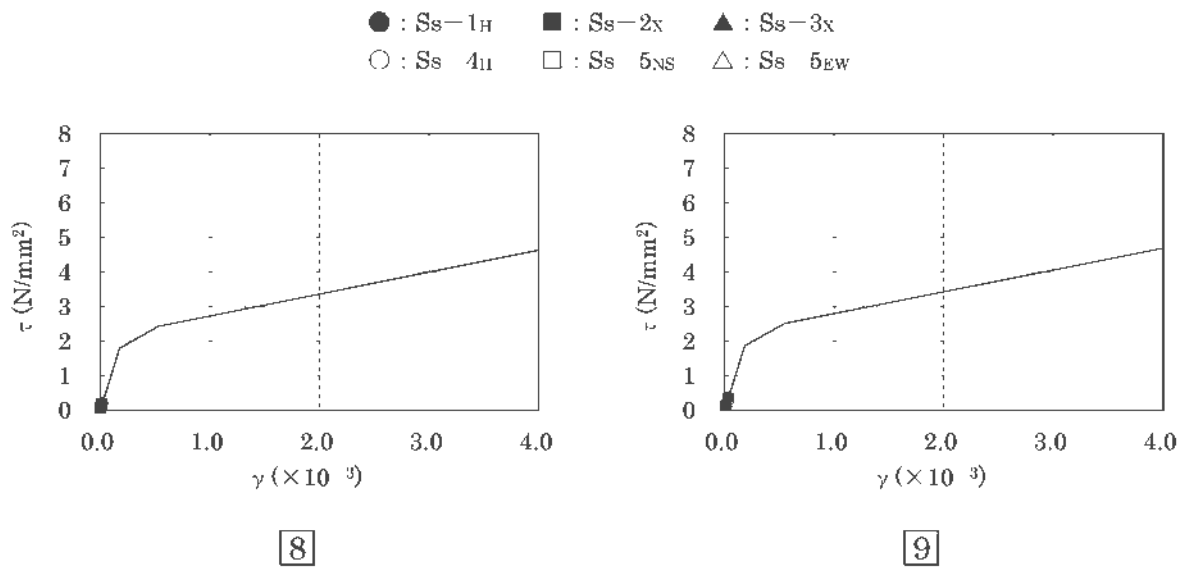
(b) 地盤物性のばらつき考慮 (-1σ)

第5-1図 せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (X方向) (2/4)



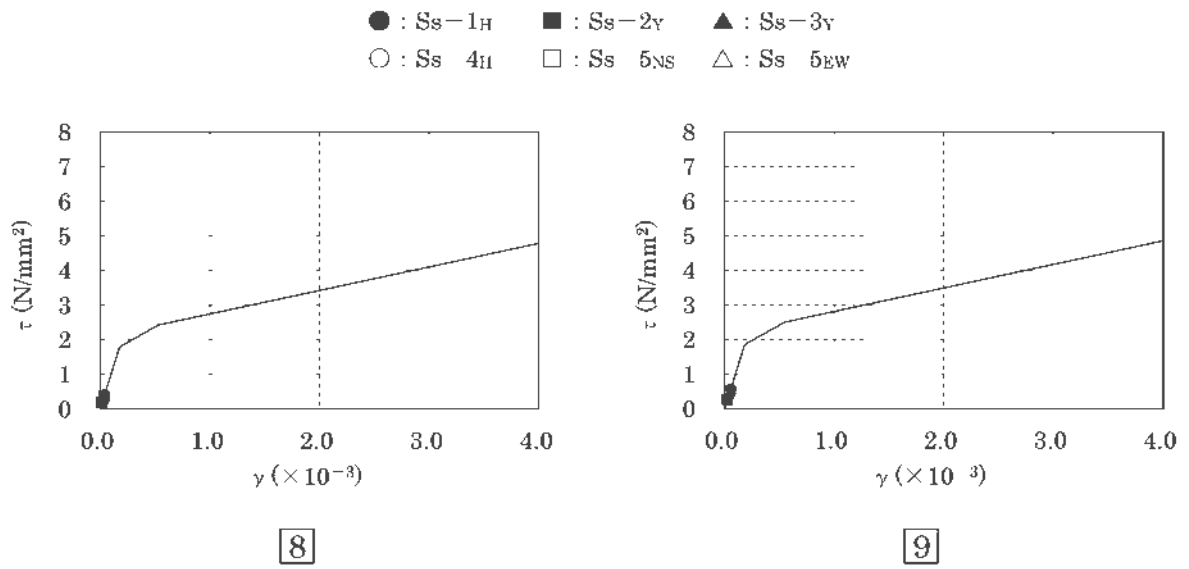
(c) 地盤物性のばらつき考慮 (+1σ)

第5-1図 せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (X方向) (3/4)



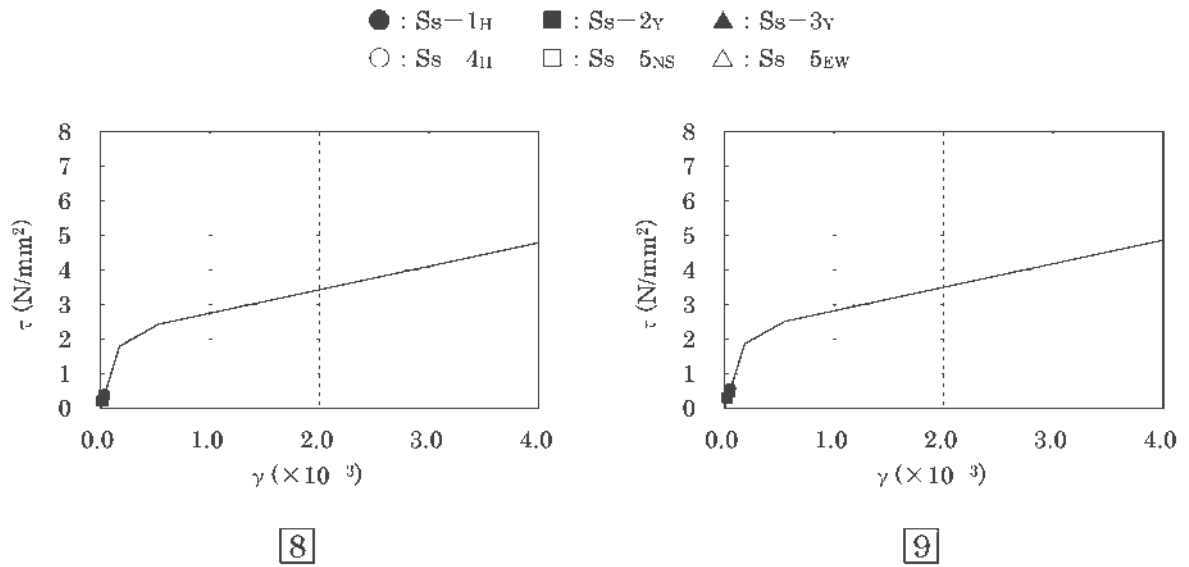
(d) 減衰定数の設定に起因する不確かさ考慮

第5-1図 せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (X方向) (4/4)



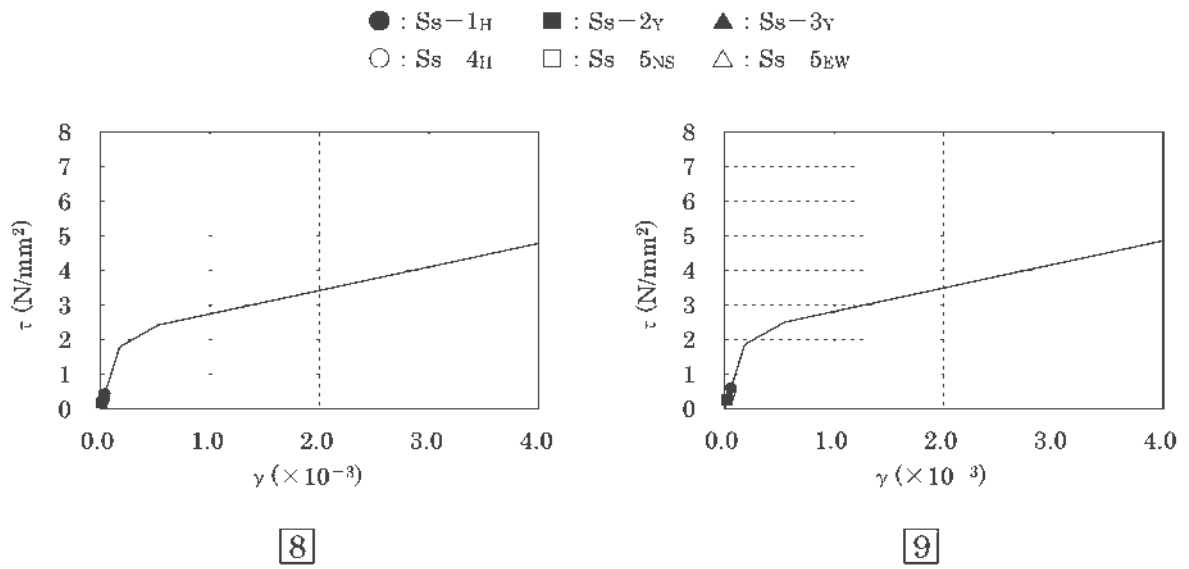
(a) 基本ケース

第5-2図 せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (Y方向) (1/4)



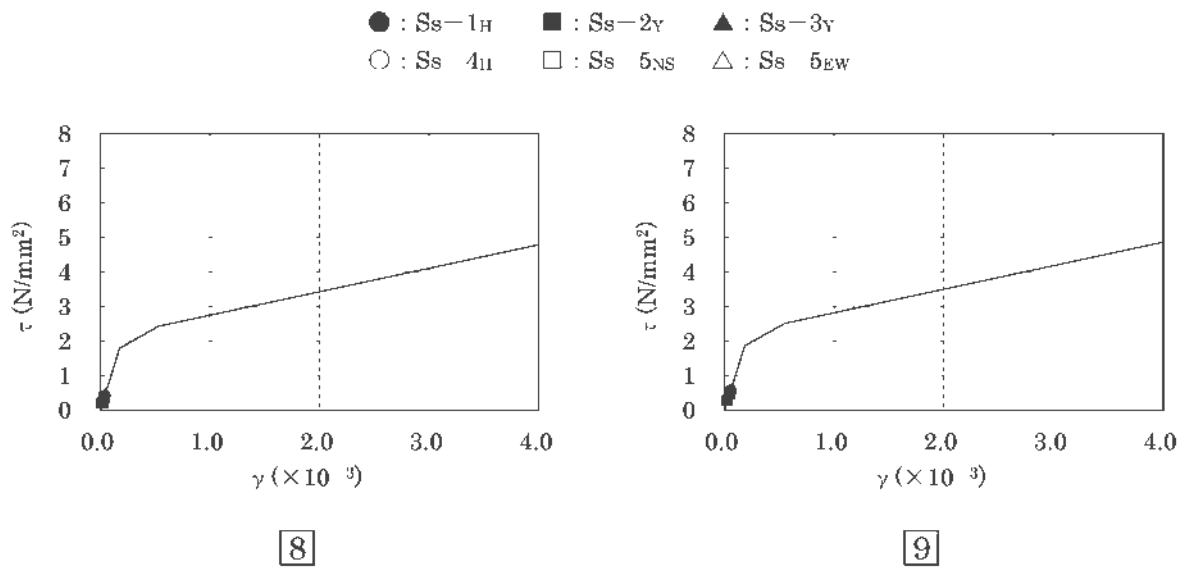
(b) 地盤物性のばらつき考慮 (-1σ)

第5-2図 せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (Y方向) (2/4)



(c) 地盤物性のばらつき考慮 (+1σ)

第5-2図 せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (Y方向) (3/4)



(d) 減衰定数の設定に起因する不確かさ考慮

第5-2図 せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (Y方向) (4/4)

5.1.2 保有水平耐力

「3. 地震応答解析による評価方法」に示す方法にて算出した必要保有水平耐力及び保有水平耐力の比較を第5-1表に示す。

各層の保有水平耐力は、重大事故等対処施設としての評価において、必要保有水平耐力に対して、妥当な安全余裕を有することを確認した。

第5-1表 必要保有水平耐力及び保有水平耐力の比較(1/2)

部材番号	高さ(m)	X方向				
		構造特性係数 D_s	形状特性係数 F_{cs}	必要保有水平耐力 Q_{un} (kN)	保有水平耐力 Q_u (kN)	Q_u/Q_{un}
8	EL.24.85～ EL.21.20	0.55	1.00	1.57×10^4	5.14×10^5	32.7
9	EL.21.20～ EL.15.00	0.55	1.00	2.87×10^4	5.49×10^5	19.1

第5-1表 必要保有水平耐力及び保有水平耐力の比較(2/2)

部材番号	高さ(m)	Y方向				
		構造特性係数 D_s	形状特性係数 F_{cs}	必要保有水平耐力 Q_{un} (kN)	保有水平耐力 Q_u (kN)	Q_u/Q_{un}
8	EL.24.85～ EL.21.20	0.55	1.00	1.63×10^4	3.03×10^5	18.5
9	EL.21.20～ EL.15.00	0.55	1.00	2.87×10^4	4.03×10^5	14.0

5.2 応力解析による評価結果

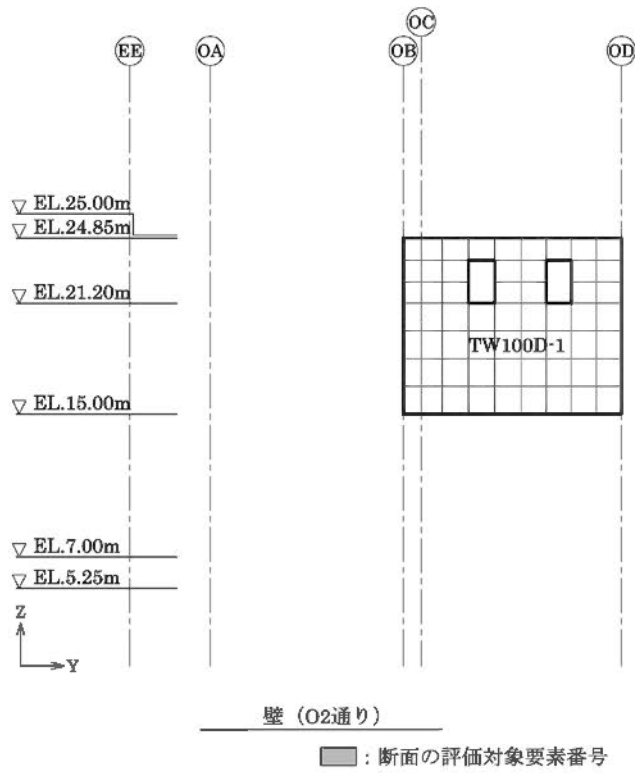
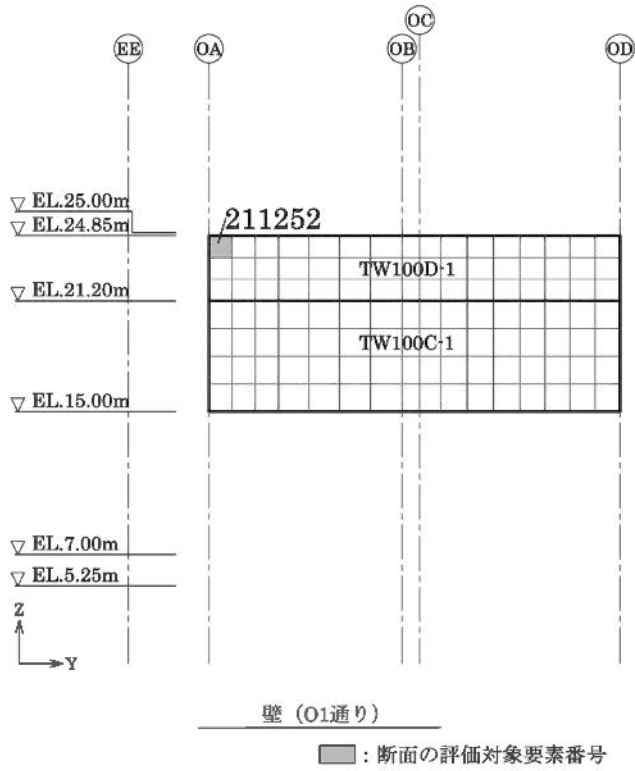
壁、床及び屋根について、「4. 応力解析による評価方法」に示す方法にて算出した S_s 地震時及び常時における応力解析結果を示す。また、壁、床及び屋根の FEM 要素を、厚さ、配筋及び設計基準強度ごとに分類し、第 4-8 表に示す荷重の組合せに基づいて組み合わせた応力に対して、断面の評価を行う。

断面の評価対象部位は、分類領域ごとに、軸力及び曲げモーメント並びに面内せん断力に対する検定値が最大となる要素、面外せん断力に対する検定値が最大となる要素をそれぞれ選定する。壁、床及び屋根の断面の評価対象要素番号を第 5-3 図、分類領域ごとの配筋を第 5-2 表に示す。

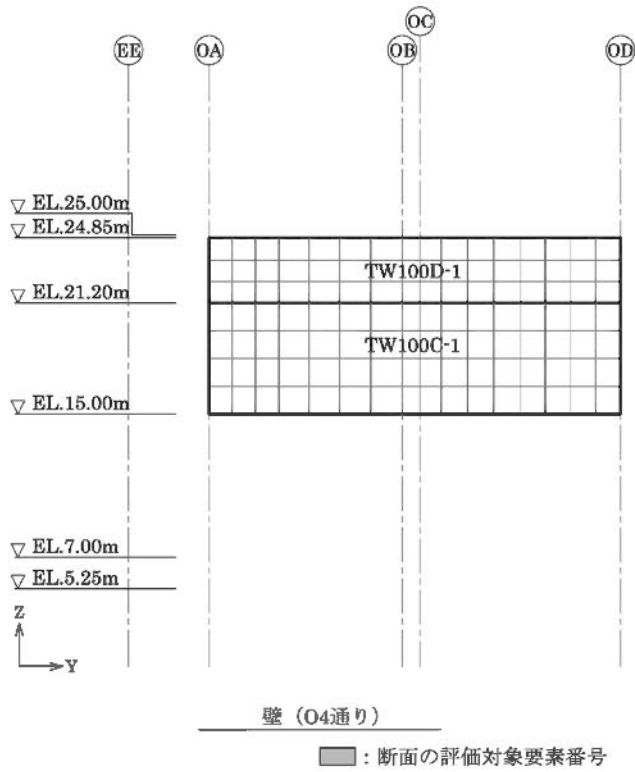
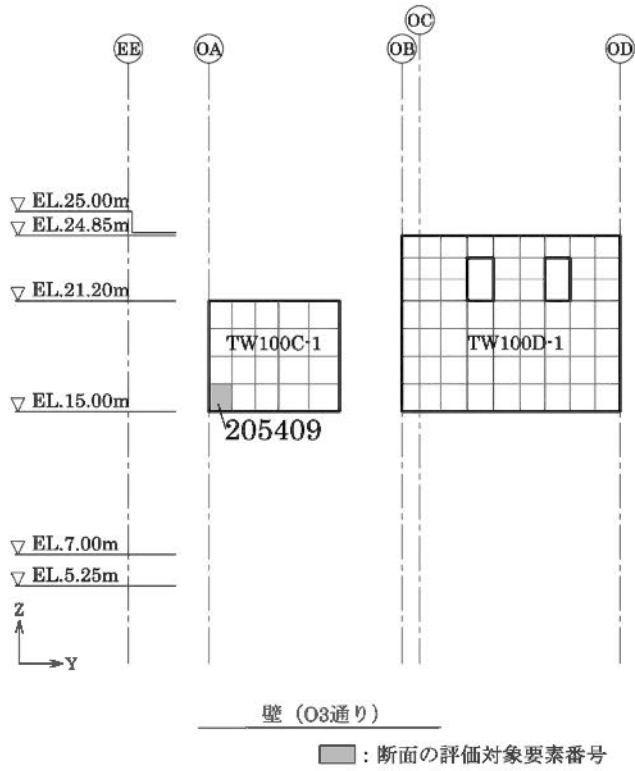
壁、床及び屋根の応力の方向を第 5-4 図、軸力及び曲げモーメント並びに面内せん断力に対する断面の評価結果を第 5-3 表、面外せん断力に対する断面の評価結果を第 5-4 表に示す。

S_s 地震時について、壁、床及び屋根に生じる各応力が、重大事故等対処施設としての評価において、短期許容応力度に基づく許容値を超えないことを確認したことで、許容限界（終局強度に基づく許容値）を超えないことを確認した。

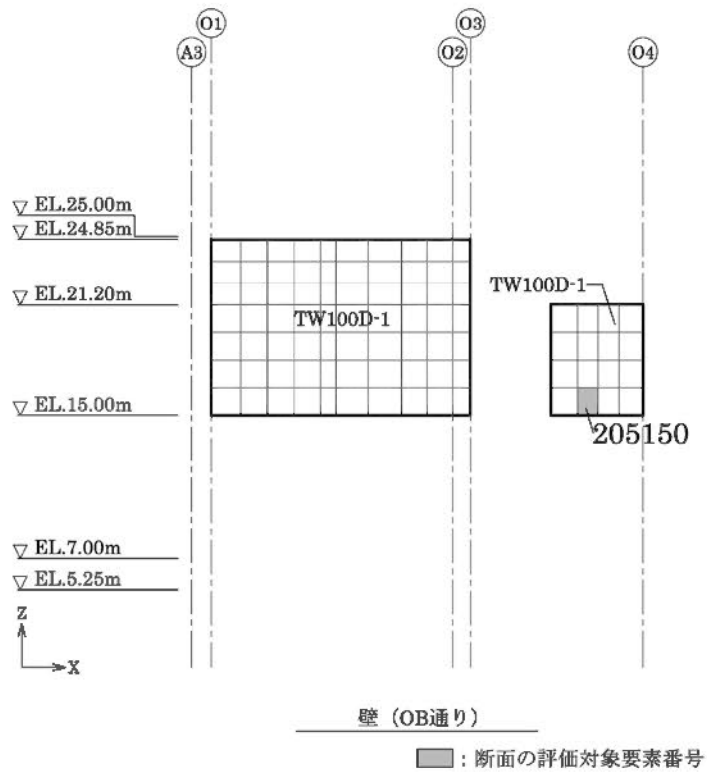
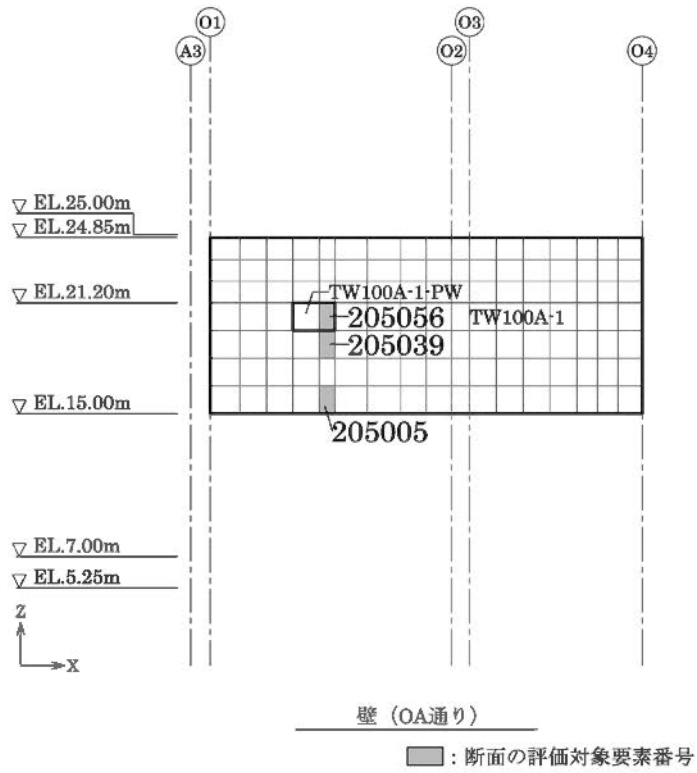
また、常時において、壁、床及び屋根に生じる各応力が許容限界を超えないことを確認した。



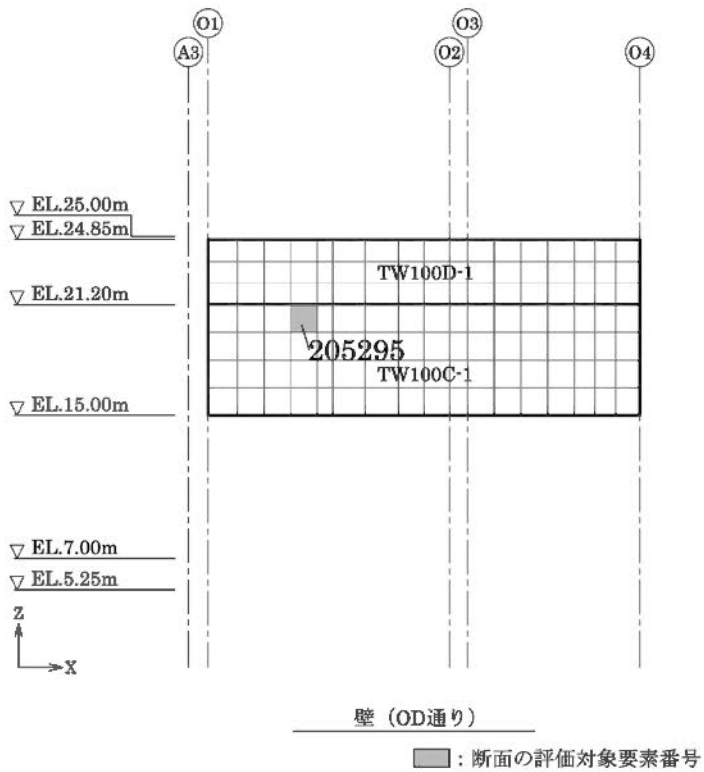
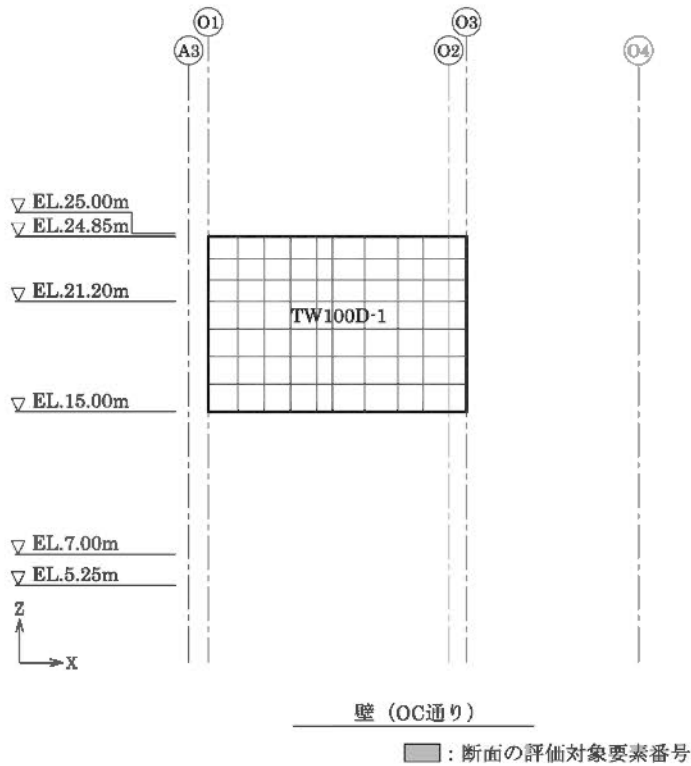
第 5-3 図 断面の評価対象要素番号(1/8)



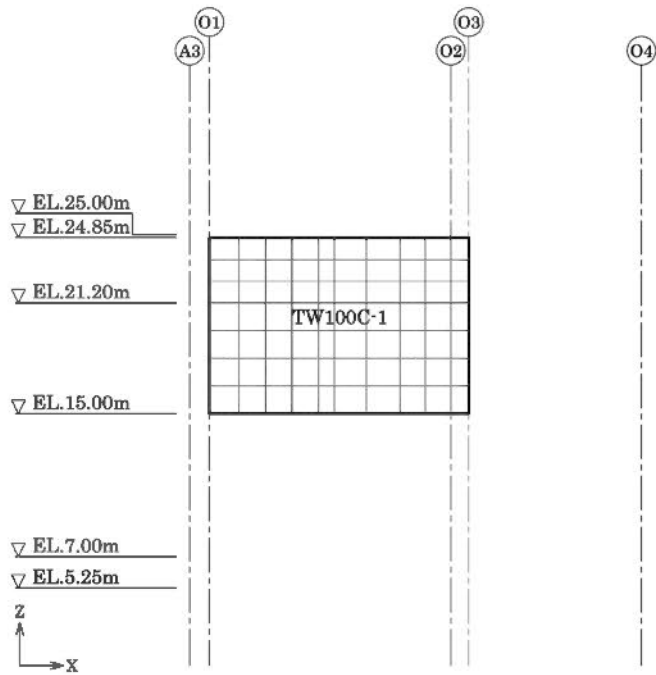
第 5-3 図 断面の評価対象要素番号(2/8)



第 5-3 図 断面の評価対象要素番号(3/8)

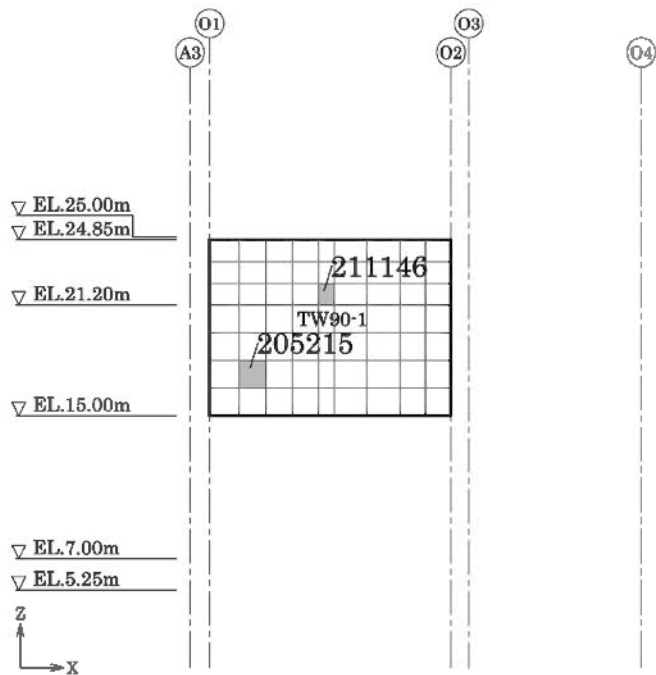


第 5-3 図 断面の評価対象要素番号(4/8)



壁 (OA通り+7300mm)

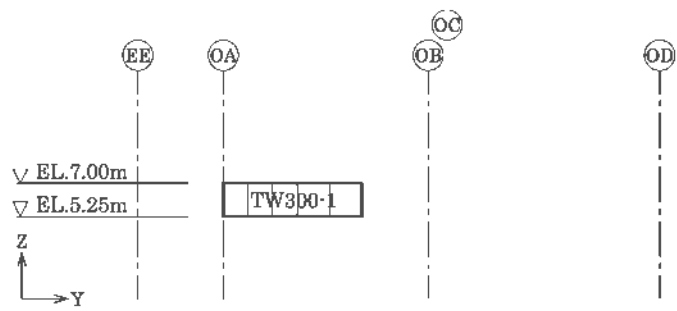
■ : 断面の評価対象要素番号



壁 (OC通り+5600mm)

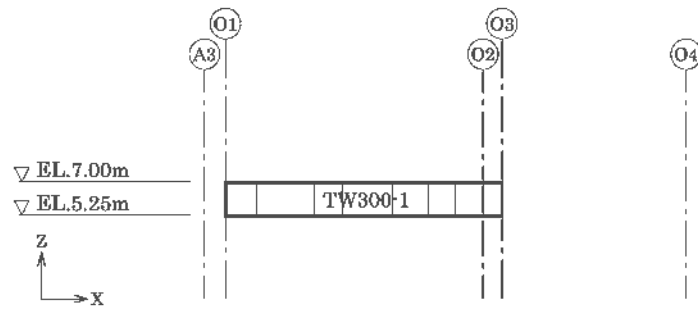
■ : 断面の評価対象要素番号

第 5-3 図 断面の評価対象要素番号(5/8)



壁 (O3通り)

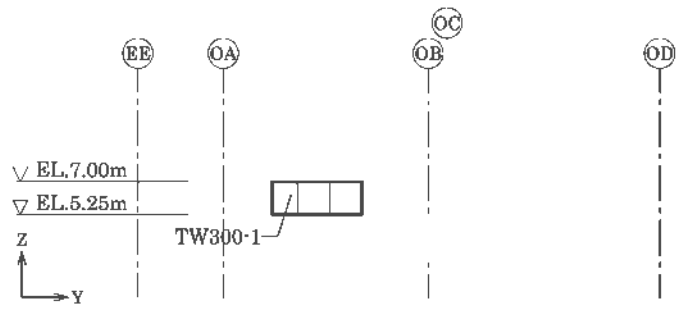
□ : 断面の評価対象要素番号



壁 (OA通り+730mm)

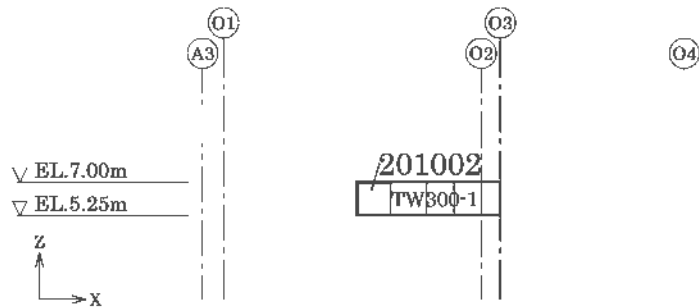
□ : 断面の評価対象要素番号

第5-3図 断面の評価対象要素番号(6/8)



壁 (O1通り)

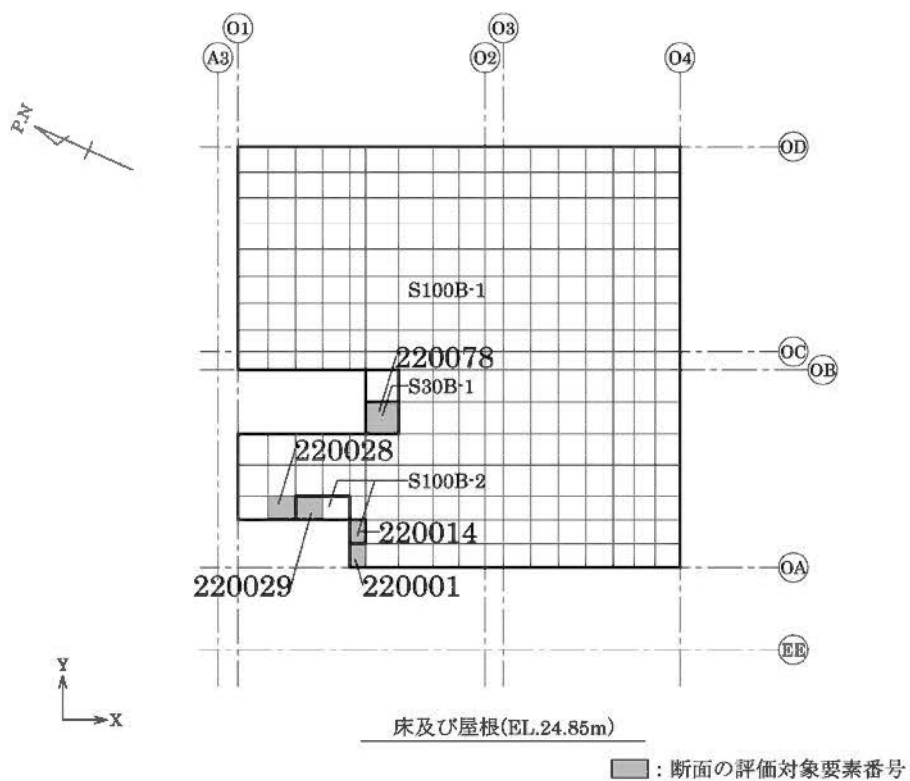
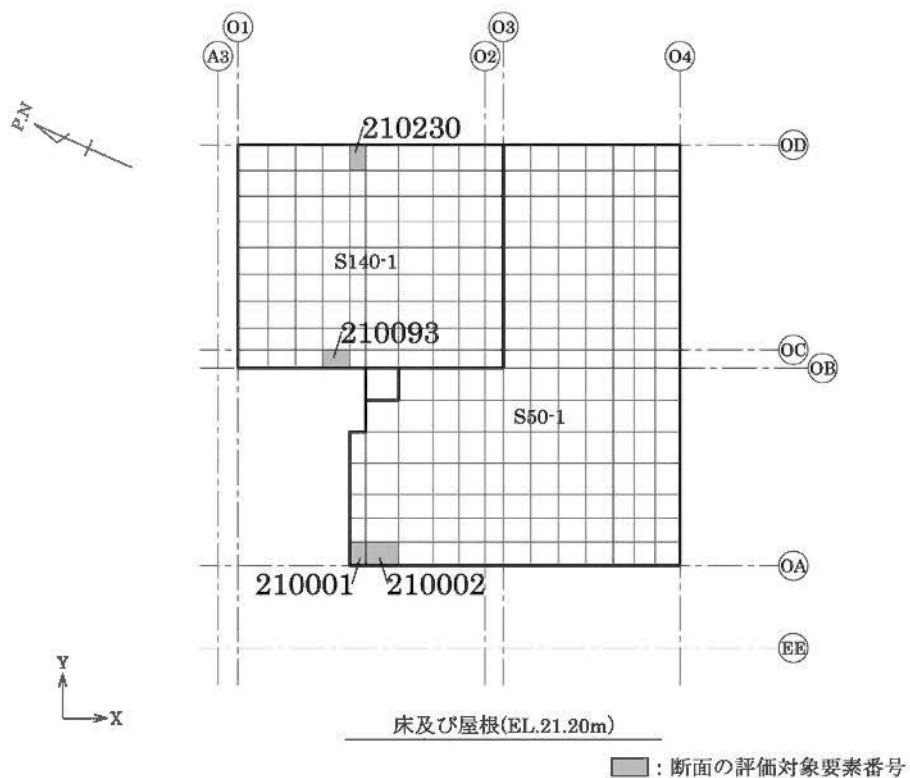
□ : 断面の評価対象要素番号



壁 (OA通り)

□ : 断面の評価対象要素番号

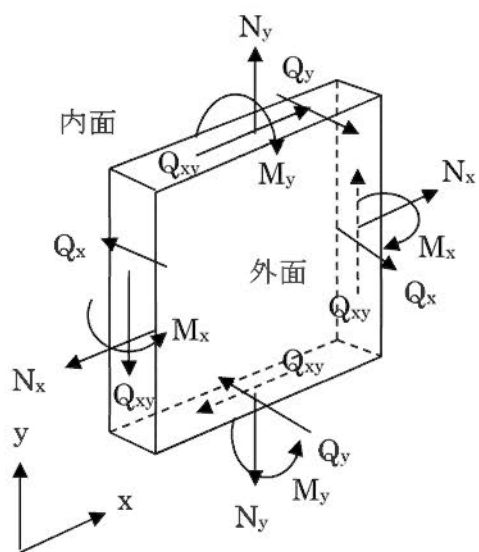
第5-3図 断面の評価対象要素番号(7/8)



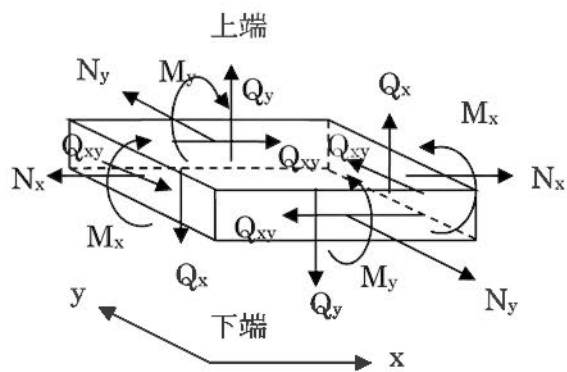
第5-3図 断面の評価対象要素番号(8/8)

第5-2表 分類領域ごとの配筋

部位	領域	厚さ (mm)	主筋 (SD345)			鉄筋量 (mm ² /m)	面外せん断 補強筋
			位置	方向			
壁	TW300-1	3,000	両側共	縦筋	2段 D38@200	11,400	—
				横筋	2段 D38@200	11,400	
	TW100A-1	1,000	両側共	縦筋	1.5段 D38@200	8,550	—
				横筋	1.5段 D38@200	8,550	
	TW100A-1 -PW	1,000	両側共	縦筋	1.5段 D38@200	8,550	D19 @400×@200
				横筋	1.5段 D38@200	8,550	
	TW100C-1	1,000	両側共	縦筋	1段 D38@200	5,700	—
				横筋	1段 D38@200	5,700	
	TW100D-1	1,000	両側共	縦筋	1段 D35@200	4,785	—
				横筋	1段 D35@200	4,785	
	TW90-1	900	両側共	縦筋	1段 D32@200	3,970	—
				横筋	1段 D32@200	3,970	
床 ・ 屋根	S140-1	1,400	上端、 下端共	X	1段 D29@200	3,210	—
				Y	1段 D29@200	3,210	
	S100B-1	1,000	上端、 下端共	X	1段 D29@200	3,210	—
				Y	1段 D29@200	3,210	
	S100B-2	1,000	上端、 下端共	X	1段 D29@200+ 1段 D29@200	6,420	—
				Y	1段 D29@200+ 1段 D29@200	6,420	
	S50-1	500	上端、 下端共	X	1段 D25@200	2,535	—
				Y	1段 D25@200	2,535	
	S30B-1	300	上端、 下端共	X	1段 D16@200	995	—
				Y	1段 D16@200	995	



(1) 壁



(2) 床及び屋根

N_x, N_y : 軸力 (引張 : +)

M_x, M_y : 曲げモーメント (内面引張、下端引張 : +)

Q_{xy} : 面内せん断力

Q_x, Q_y : 面外せん断力

(壁について、 x 方向は横筋方向、 y 方向は縦筋方向)

第 5-4 図 応力の方向

第5-3表 断面の評価結果（軸力及び曲げモーメント並びに面内せん断力）

部位	領域	要素 番号	方向	ケース No.	組合せ応力			必要 鉄筋量 a_g (mm ² /m)	設計 配筋量 a_g' (mm ² /m)	検定値	判定
					N (kN/m)	M (kN・m/m)	Q _{xy} (kN/m)				
壁	TW300-1	201002	縦筋	7	1,071	675	483	3,110	11,400	0.28	可
	TW100A-1	205039	縦筋	5	176	801	-324	4,226	8,550	0.50	可
	TW100A-1 -PW	205056	縦筋	5	51	-294	-437	1,899	8,550	0.23	可
	TW100C-1	205409	縦筋	6	320	-10	2,162	3,648	5,700	0.64	可
	TW100D-1	205150	横筋	4	-907	3	-1,566	2,270	4,785	0.48	可
	TW90-1	205215	横筋	3	-471	4	1,417	2,053	3,970	0.52	可
床 ・ 屋根	S140-1	210093	X	8	506	-32	-21	824	3,210	0.26	可
	S100B-1	220028	X	8	733	191	38	1,884	3,210	0.59	可
	S100B-2	220029	X	8	755	222	-34	2,036	6,420	0.32	可
	S50-1	210001	X	6	-373	31	-733	1,063	2,535	0.42	可
	S30B-1	220078	Y	4	118	-6	-6	280	995	0.29	可

第5-4表 断面の評価結果（面外せん断応力度）

部位	領域	要素 番号	方向	ケース No.	面外せん断 応力度 τ (N/mm ²)	許容せん断 応力度 τ_A (N/mm ²)	検定値	判定
壁	TW300-1	201002	縦筋	5	0.654	2.18	0.30	可
	TW100A-1	205005	縦筋	6	1.54	2.36	0.66	可
	TW100A-1 -PW	205056	縦筋	7	2.15	2.63	0.82	可
	TW100C-1	205295	縦筋	5	1.30	2.36	0.56	可
	TW100D-1	211252	横筋	5	0.658	1.45	0.46	可
	TW90-1	211146	縦筋	5	0.182	1.65	0.12	可
床・ 屋根	S140-1	210230	Y	6	0.290	1.89	0.16	可
	S100B-1	220001	Y	8	0.967	1.84	0.53	可
	S100B-2	220014	Y	8	0.834	2.36	0.36	可
	S50-1	210002	Y	8	0.510	1.31	0.39	可
	S30B-1	220078	Y	8	0.109	1.18	0.10	可

緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）の耐震計算書

設計及び工事計画認可申請添付資料 12-16-5

玄海原子力発電所第3号機

目 次

	頁
1. 概 要	12 (3) - 16 - 5 - 1
2. 基本方針	12 (3) - 16 - 5 - 2
2.1 位 置	12 (3) - 16 - 5 - 2
2.2 構造概要	12 (3) - 16 - 5 - 4
2.3 評価方針	12 (3) - 16 - 5 - 8
2.4 適用規格	12 (3) - 16 - 5 - 11
3. 地震応答解析による評価方法	12 (3) - 16 - 5 - 12
4. 応力解析による評価方法	12 (3) - 16 - 5 - 16
4.1 評価対象部位	12 (3) - 16 - 5 - 17
4.2 荷重及び荷重の組合せ	12 (3) - 16 - 5 - 17
4.3 許容限界	12 (3) - 16 - 5 - 21
4.4 評価方法	12 (3) - 16 - 5 - 23
5. 評価結果	12 (3) - 16 - 5 - 31
5.1 地震応答解析による評価結果	12 (3) - 16 - 5 - 31
5.2 応力解析による評価結果	12 (3) - 16 - 5 - 37

1. 概 要

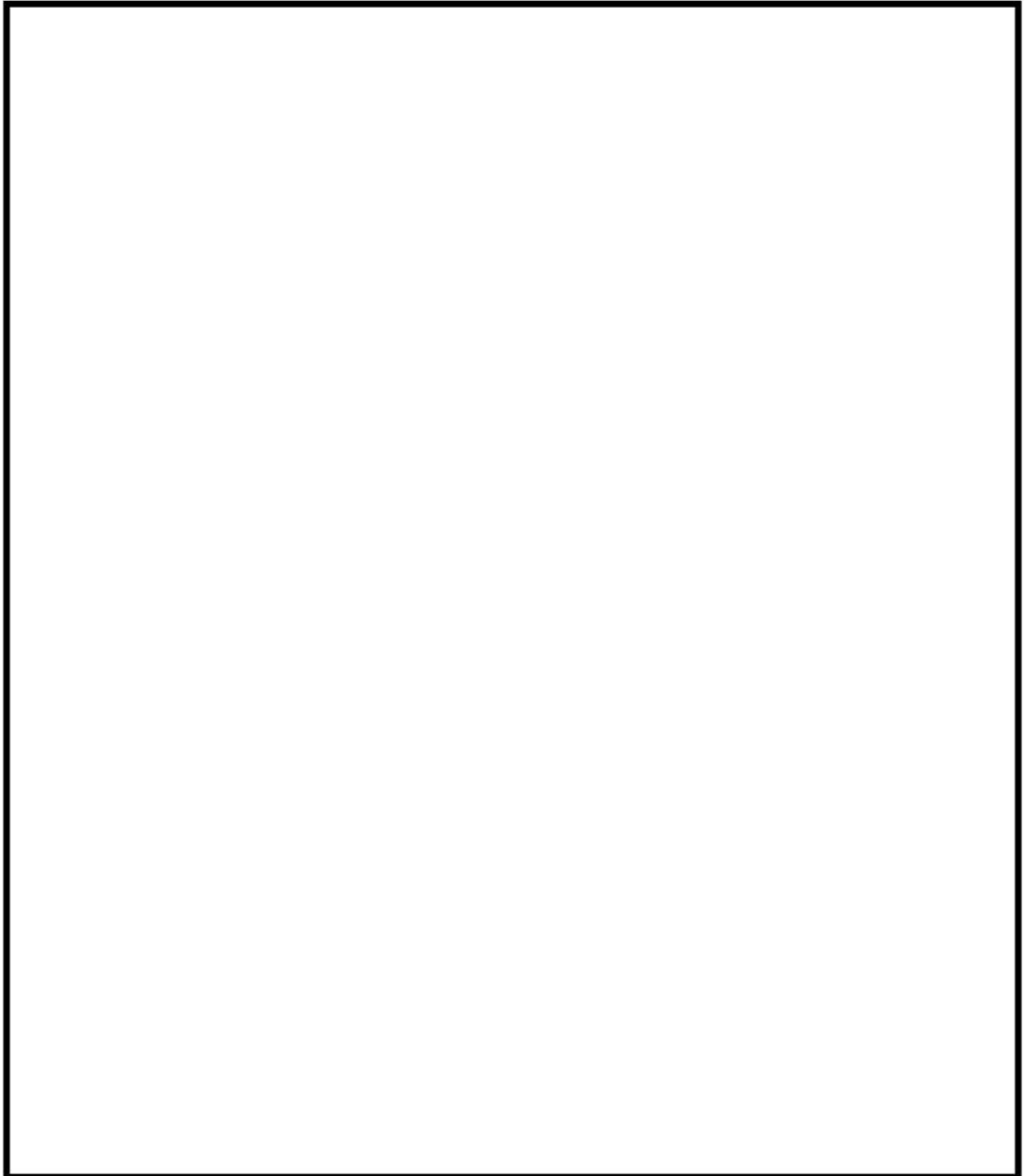
本資料は、資料 12-9「機能維持の基本方針」に基づき、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）の構造強度及び機能維持の確認について説明するものであり、その評価は、地震応答解析による評価及び応力解析による評価により行う。

緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）は、重大事故等対処施設において、常設重大事故緩和設備の間接支持構造物に分類される。以下、分類に応じた耐震評価を示す。

2. 基本方針

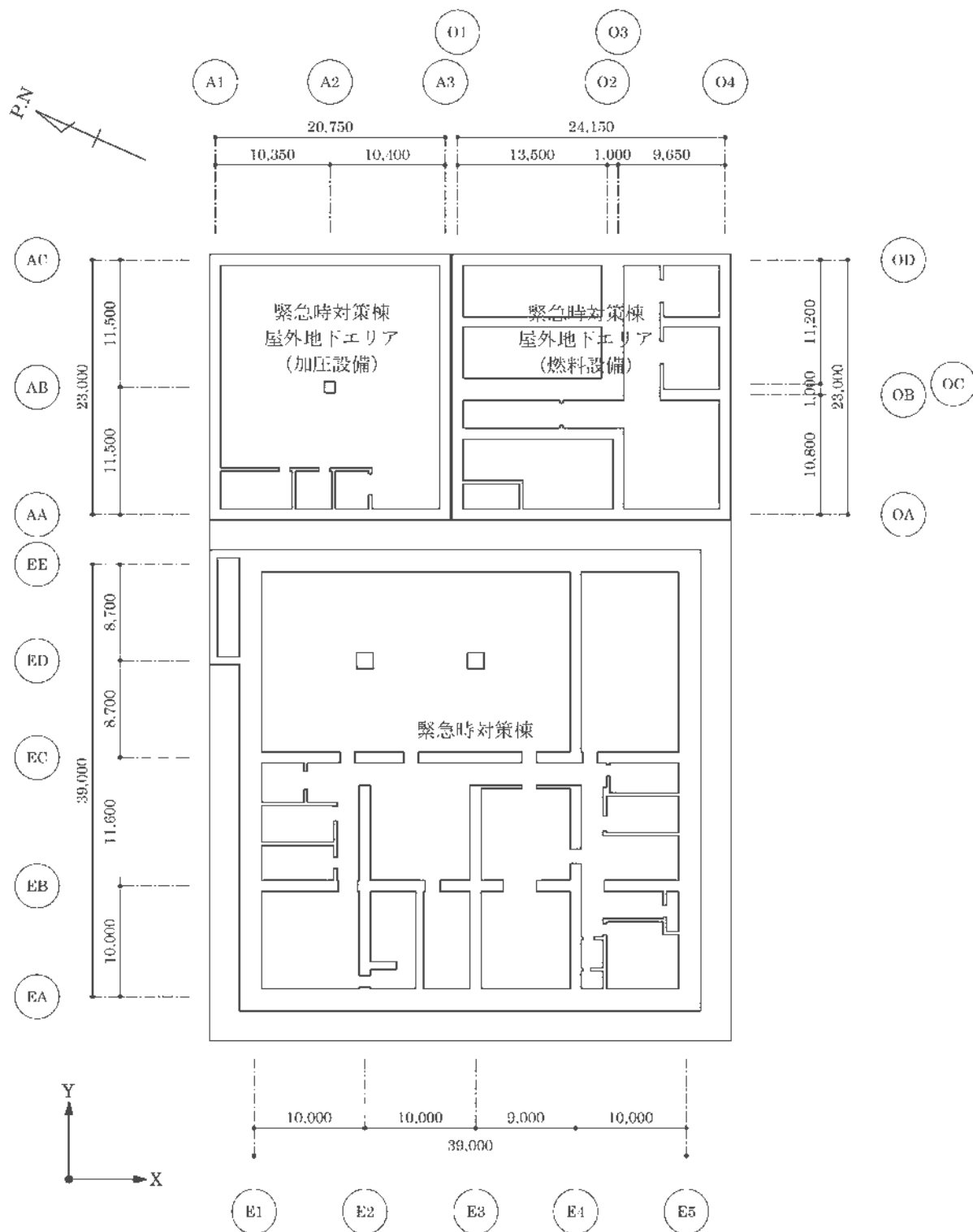
2.1 位 置

緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）の設置位置及び概略配置図を第 2-1 図及び第 2-2 図に示す。



第 2-1 図 緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）の設置位置

(mm)



第 2-2 図 緊急時対策棟屋外地下エリア (加圧設備) の概略配置図 (地下 2 階)

2.2 構造概要

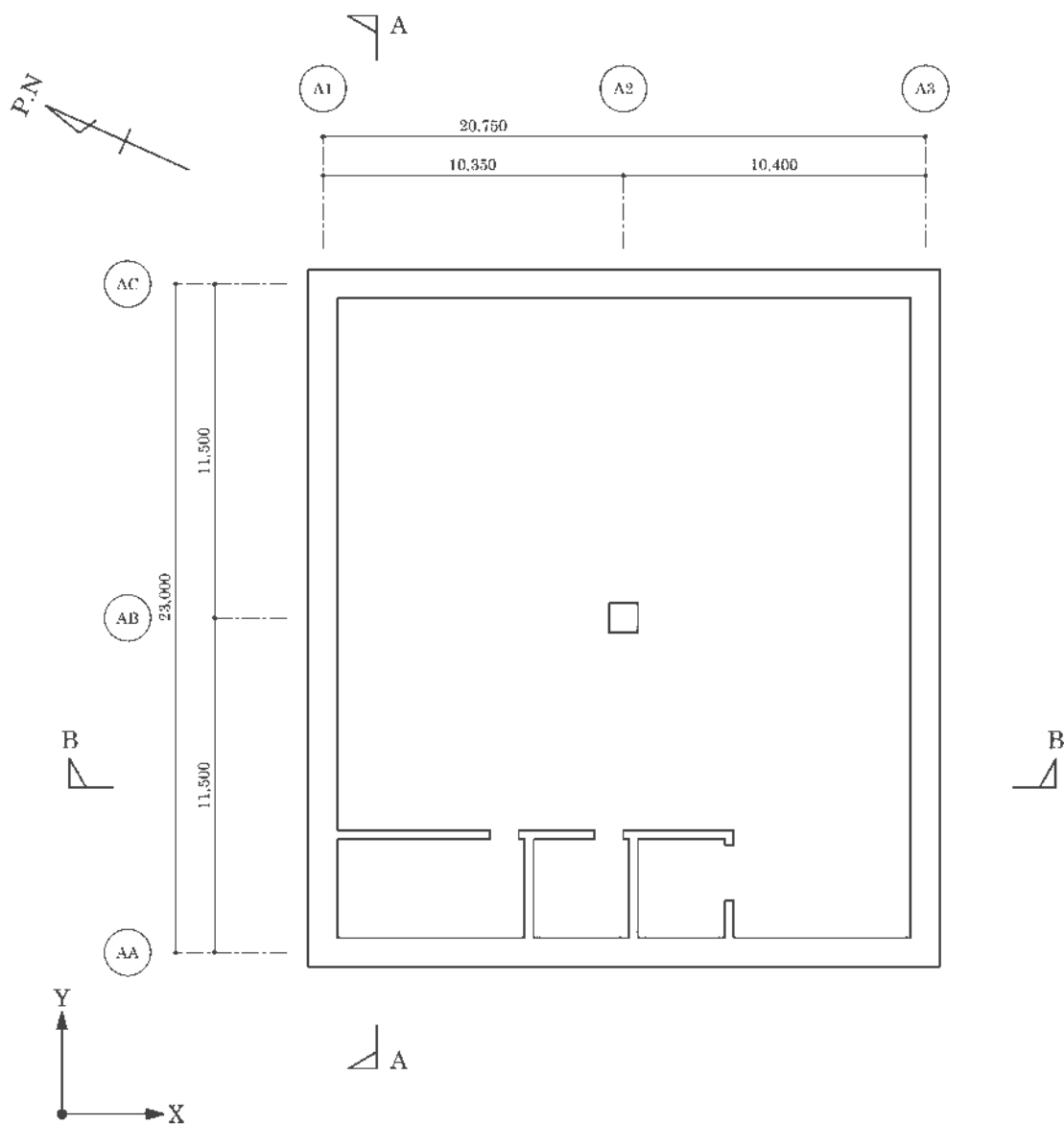
緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）（以下「加圧設備棟」という。）は、第 6 保管エリアに配置されており、緊急時対策棟（以下「緊対棟」という。）及び緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）（以下「燃料設備棟」という。）とともに、同一基礎版上に設置された建物である。

ここで、緊対棟、加圧設備棟及び燃料設備棟は、建屋の向きがプラントノースに対して東側に 65.8° 傾いているため、本耐震計算書においては、基礎版の短辺方向を X 方向、長辺方向を Y 方向と定義する。

主要構造は、地下 2 階の鉄筋コンクリート造の壁式構造で、平面形状は、X 方向約 21m、Y 方向約 23m であり、埋込深さは約 18m である。

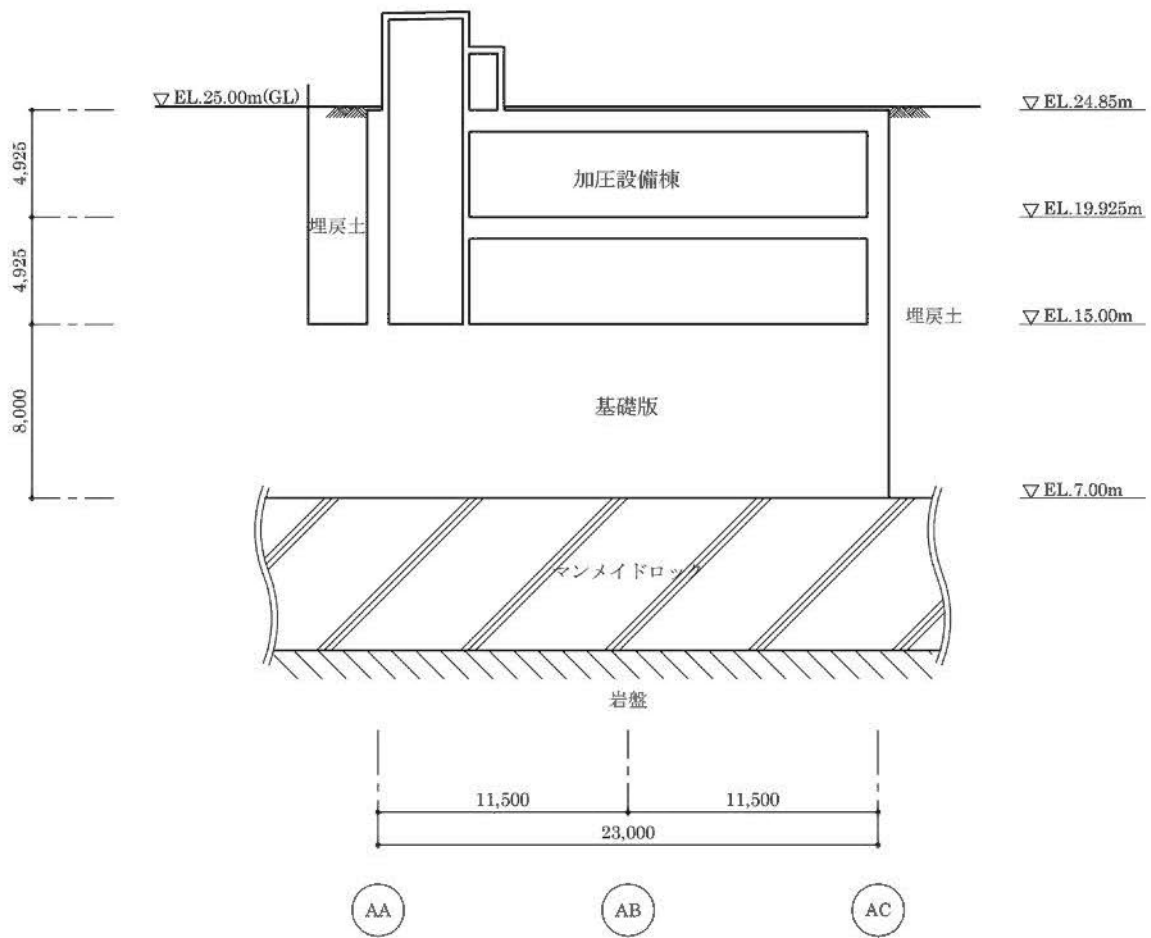
加圧設備棟の概略平面図及び概略断面図を第 2-3 図及び第 2-4 図に示す。

(mm)



第 2-3 図 加圧設備棟の概略平面図(EL.15.00m)

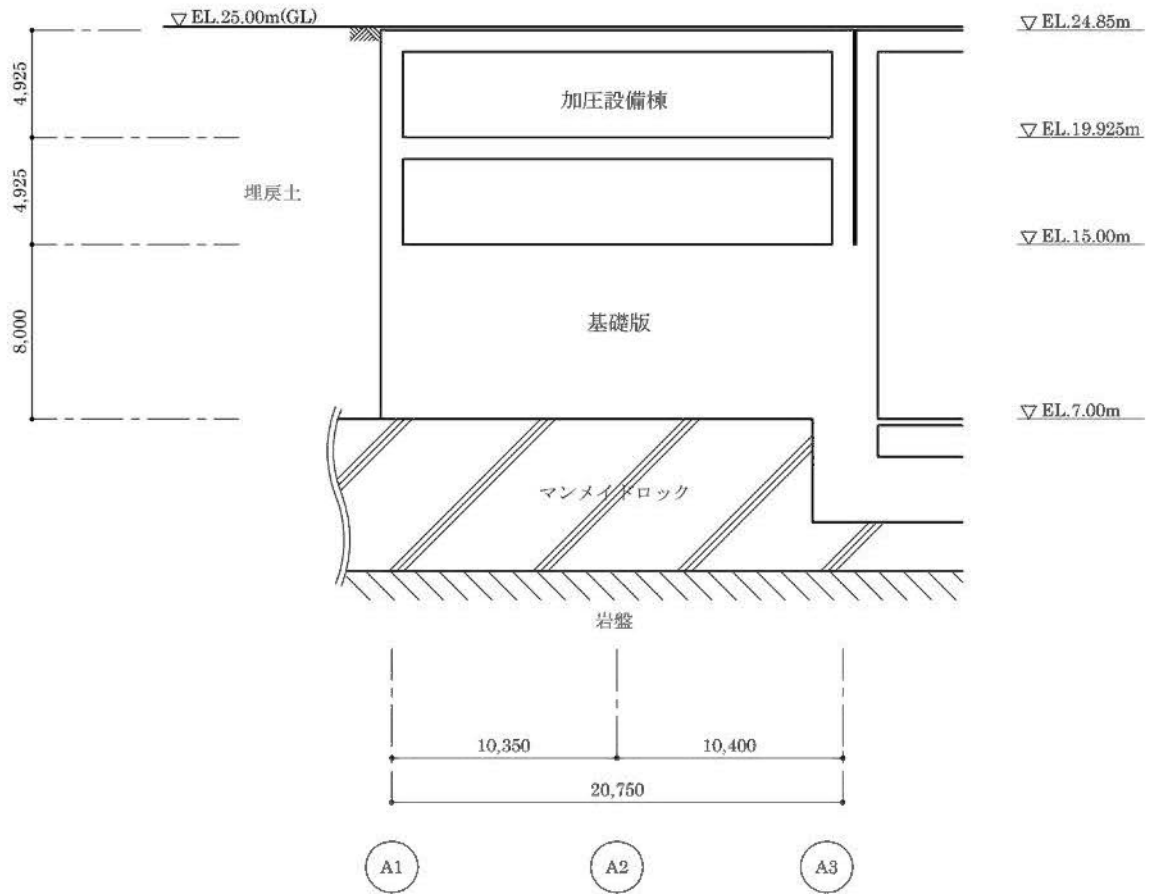
(mm)



(a) A-A 断面

第 2-4 図 加圧設備棟の概略断面図(1/2)

(mm)



(b) B-B 断面

第 2-4 図 加圧設備棟の概略断面図(2/2)

2.3 評価方針

加圧設備棟は、重大事故等対処施設において、常設重大事故緩和設備の間接支持構造物に分類される。

加圧設備棟の評価は、重大事故等対処施設としての評価において、資料 12-16-1「緊急時対策棟、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）及び緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）の地震応答解析」による解析結果に基づき、構造物全体としての変形性能の評価及び保有水平耐力の評価並びに応力解析による評価を行う。また、基礎地盤の支持性能の評価及び基礎版の応力解析による評価については、資料 12-16-3「緊急時対策棟、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）及び緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）の基礎の耐震計算書」に示す。なお、加圧設備棟は、常時荷重が作用する状態（以下「常時」という。）に対する評価についても併せて行う。

さらに、耐震性向上の観点から、S クラス施設相当の静的地震力に対して、応力解析による評価を行う。

加圧設備棟の構造物全体としての変形性能の評価は、資料 12-16-1「緊急時対策棟、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）及び緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）の地震応答解析」による解析結果に基づき、基準地震動 S_s に対し、構造強度を確保すること及び支持機能を維持することを確認する。また、保有水平耐力の評価により、要求される構造強度を確保することを確認する。

加圧設備棟の応力解析による評価は、壁、床及び屋根を評価対象部位とする。

壁の応力解析による評価について、3次元 FEM モデルを用いて、基準地震動 S_s による地震力が作用する状態（以下「 S_s 地震時」という。）及び常時に対する弾性応力解析を行い、解析結果の応力を用いた断面の評価により、構造強度を確保することを確認する。

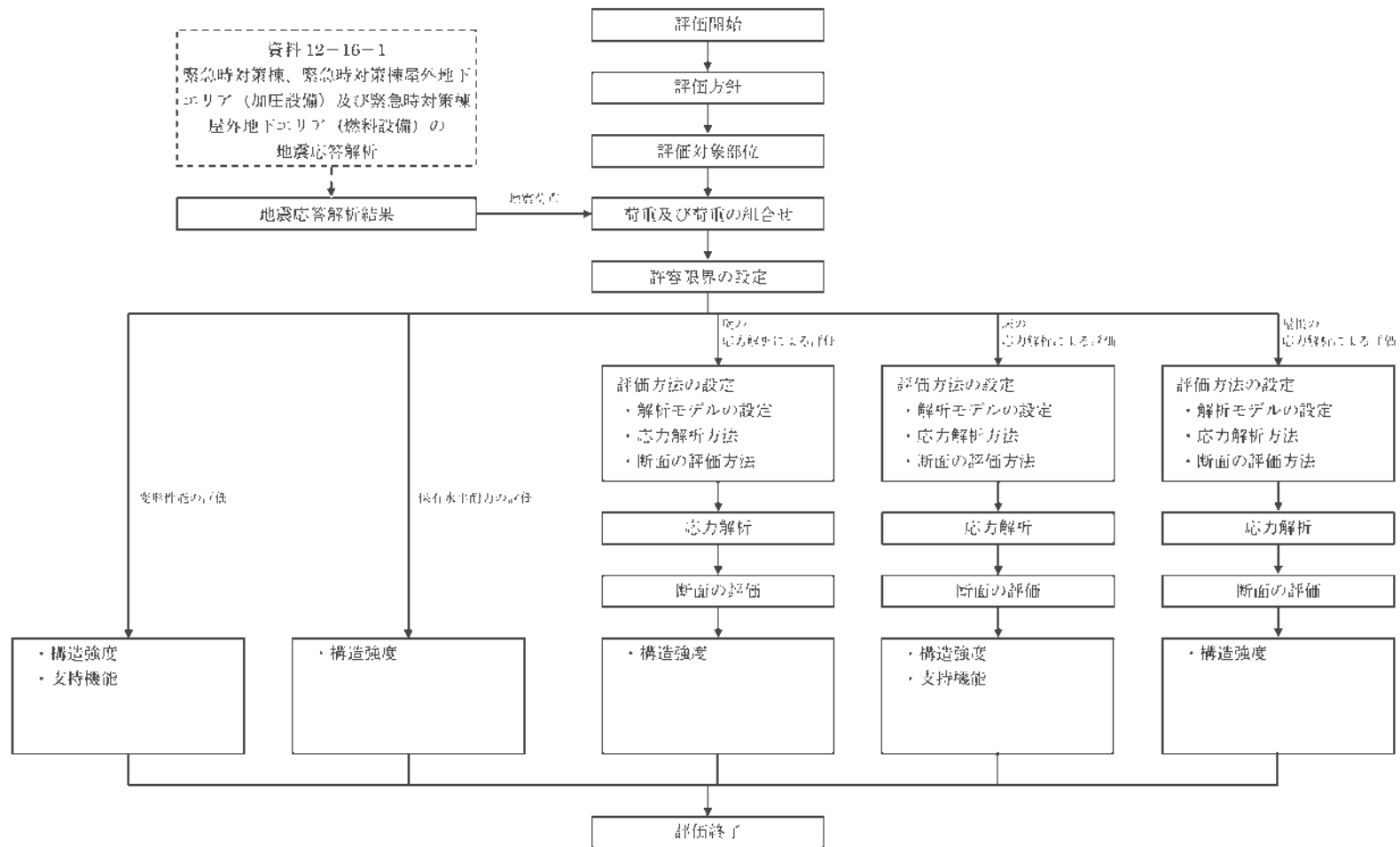
床の応力解析による評価について、3次元 FEM モデルを用いて、 S_s 地震時及び常時に対する弾性応力解析を行い、解析結果の応力を用いた断面の評価により、構造強度を確保すること及び支持機能を維持することを確認する。

屋根の応力解析による評価について、3次元 FEM モデルを用いて、 S_s 地震時及び常時に対する弾性応力解析を行い、解析結果の応力を用いた断面の評価により、構造強度を確保することを確認する。

また、応力解析による評価は、資料 12-16-1「緊急時対策棟、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）及び緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）の地震応答解析」による地盤定数を含む材料物性のばらつき及び減衰定数の設

定に起因する不確かさ（以下「材料物性のばらつき等」という。）を考慮した解析結果を用いる。

重大事故等対処施設としての加圧設備棟の評価フローを第 2-5 図に示す。



第 2-5 図 加圧設備棟の評価フロー

2.4 適用規格

加圧設備棟の評価において、適用する規格、基準等を以下に示す。

- 建築基準法・同施行令
- 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 ー許容応力度設計法ー ((社) 日本建築学会、1999 改定)
- 原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 ((社) 日本建築学会、2005 制定) (以下「RC-N 規準」という。)
- 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987 ((社) 日本電気協会)
- 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1991 追補版 ((社) 日本電気協会)

3. 地震応答解析による評価方法

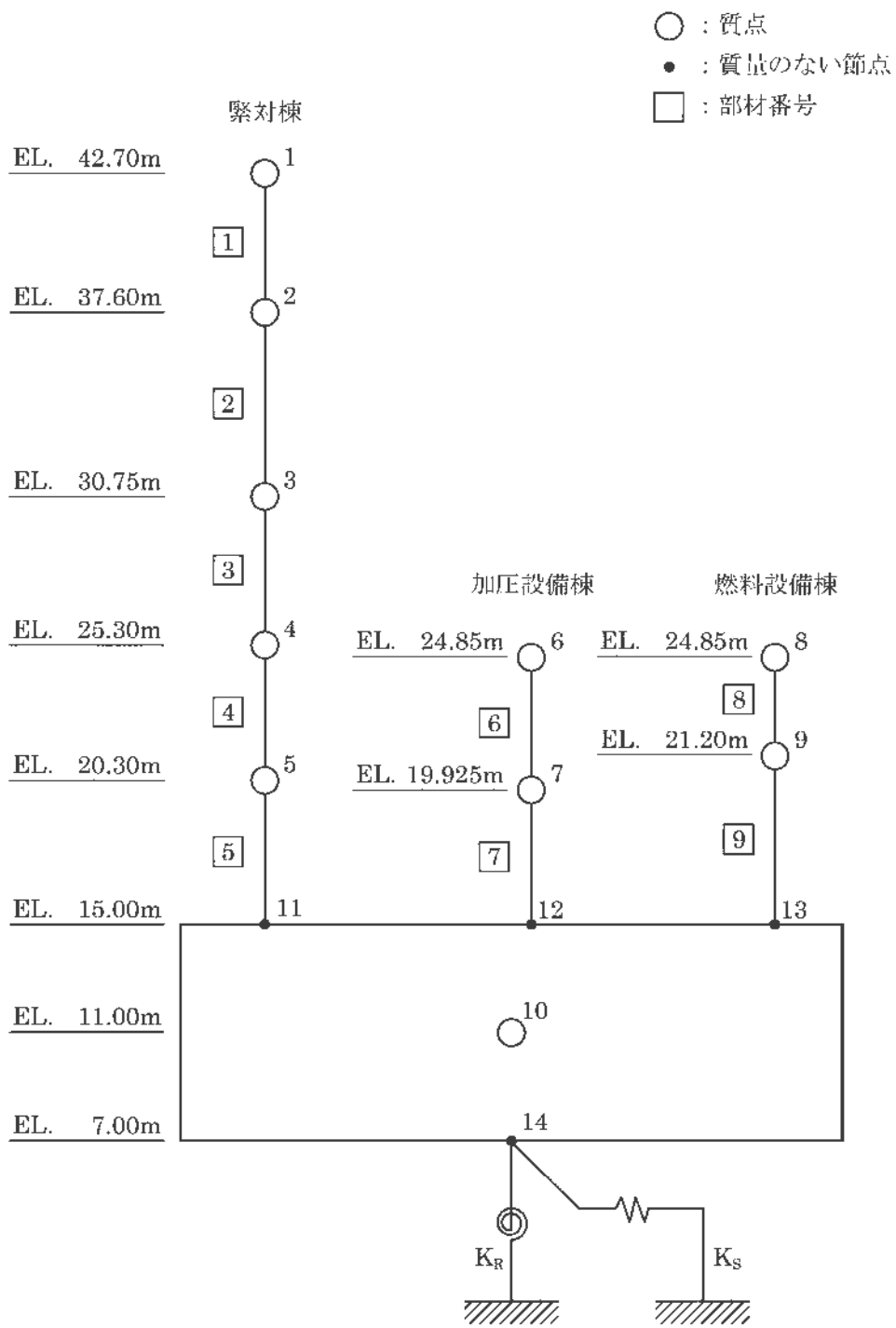
加圧設備棟の構造物全体としての変形性能の評価は、重大事故等対処施設としての評価において、資料 12-16-1「緊急時対策棟、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）及び緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）の地震応答解析」による解析結果に基づき行う。地震応答解析モデルを第 3-1 図及び第 3-2 図に示す。

構造強度を確保することの確認は、基準地震動 S_s に対して、最大せん断ひずみが許容限界を超えないこと及び最大接地圧が許容限界を十分下回ること、常時荷重に対して、最大接地圧が許容限界を超えないこと並びに保有水平耐力が必要保有水平耐力に対して、妥当な安全余裕を有することの確認により行う。支持機能を維持することの確認は、基準地震動 S_s に対して、最大せん断ひずみが許容限界を超えないことの確認により行う。

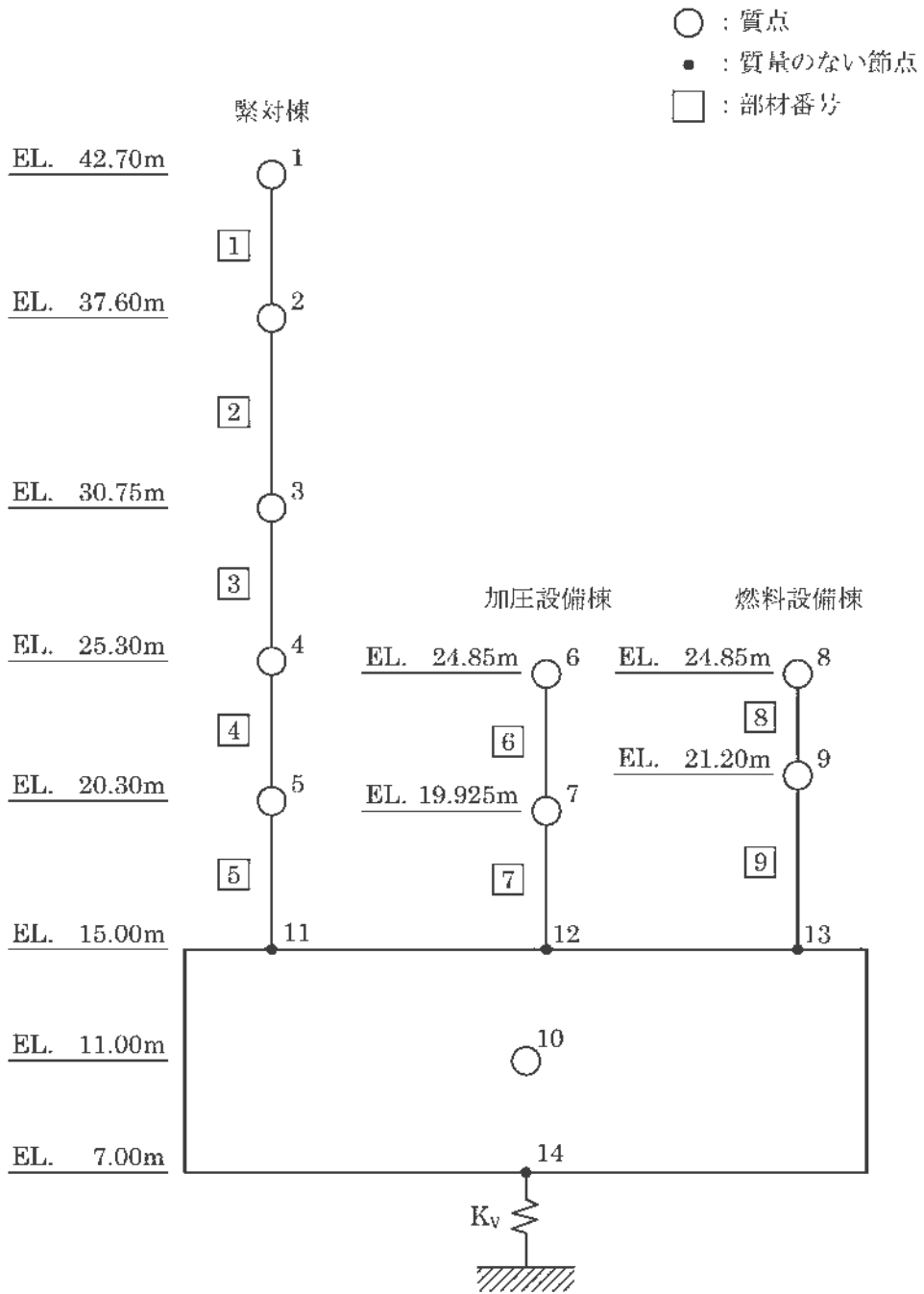
ここで、各層の保有水平耐力は、資料 12-16-1「緊急時対策棟、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）及び緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）の地震応答解析」におけるせん断スケルトンカーブの終局点のせん断応力度 τ_3 の値にせん断断面積を乗じた値とする。

基準地震動 S_s に対して、最大接地圧が許容限界を十分下回ることの確認及び常時荷重に対して、最大接地圧が許容限界を超えないことの確認は、資料 12-16-3「緊急時対策棟、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）及び緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）の基礎の耐震計算書」に示す。

加圧設備棟の地震応答解析による評価の許容限界は、資料 12-9「機能維持の基本方針」に示す、荷重の組合せ及び許容限界に基づき、第 3-1 表のとおり設定する。



第 3-1 図 地震応答解析モデル (水平方向)



第 3-2 図 地震応答解析モデル (鉛直方向)

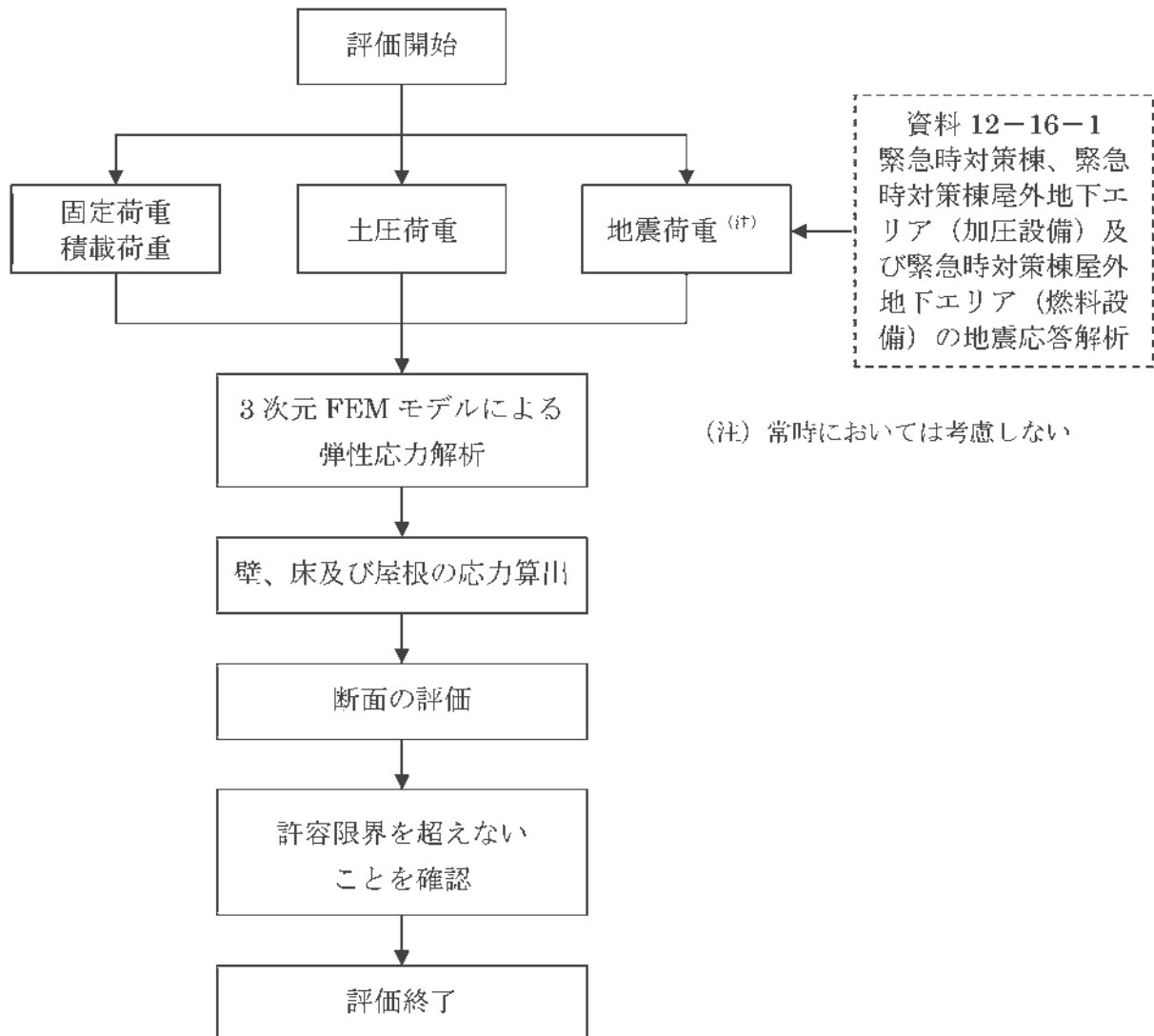
第3-1表 地震応答解析による評価の許容限界

要求機能	機能設計上の性能目標	地震力	部位	機能維持のための考え方	許容限界 (評価基準値)
構造強度	構造強度を確保すること	基準地震動 Ss	耐震壁	最大せん断ひずみが構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	最大せん断ひずみ 2.0×10^{-3}
		基準地震動 Ss	基礎地盤	最大接地圧が構造強度を確保するための許容限界を十分下回ることを確認	極限支持力度 13.7N/mm^2
		— (常時荷重に対する検討)	(注)	最大接地圧が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	長期許容支持力度 4.56N/mm^2
		保有水平耐力	構造物全体	保有水平耐力が必要保有水平耐力に対して妥当な安全余裕を有することを確認	必要保有水平耐力
支持機能	設備を支持する機能を維持すること	基準地震動 Ss	耐震壁	最大せん断ひずみが支持機能を維持するための許容限界を超えないことを確認	最大せん断ひずみ 2.0×10^{-3}

(注) 基礎地盤の支持性能の評価は、資料 12-16-3 「緊急時対策棟、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）及び緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）の基礎の耐震計算書」に示す。なお、資料 12-16-3 「緊急時対策棟、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）及び緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）の基礎の耐震計算書」において、基準地震動 Ss については、最大接地圧が短期許容支持力度を超えないことを確認することで、極限支持力度を十分下回ることを確認する。

4. 応力解析による評価方法

加圧設備棟の応力解析による評価は、重大事故等対処施設としての評価において、3次元 FEM モデルによる弾性応力解析に基づき、部材に生じる応力が許容限界を超えないことを確認する。応力解析のフローを第 4-1 図に示す。



第 4-1 図 応力解析のフロー（壁、床及び屋根）

4.1 評価対象部位

加圧設備棟の応力解析による評価における評価対象部位は、壁、床及び屋根とする。

4.2 荷重及び荷重の組合せ

荷重及び荷重の組合せは、資料 12-9「機能維持の基本方針」の荷重及び荷重の組合せを用いる。

4.2.1 荷 重

加圧設備棟は、資料 12-16-2「緊急時対策棟の耐震計算書」に示す固定荷重、積載荷重、常時土圧荷重及び地震荷重を考慮する。

地震荷重については、資料 12-16-1「緊急時対策棟、緊急時対策棟屋外地下エリア（加圧設備）及び緊急時対策棟屋外地下エリア（燃料設備）の地震応答解析」による材料物性のばらつき等を考慮した基準地震動 S_s に対する地震応答解析結果に基づき設定する。材料物性のばらつき等は、地盤物性のばらつき及び減衰定数の設定に起因する不確かさを考慮する。材料物性のばらつき等を考慮した解析ケースを第 4-1 表に示す。

ここで、資料 12-16-2「緊急時対策棟の耐震計算書」において、静的地震力が S_s 地震荷重に包絡されることを確認していることから、 S_s 地震時に部材に生じる応力度が部材の短期許容応力度を超えないことを確認することで、静的地震力に対して部材に生じる応力度が部材の短期許容応力度を超えないことを確認する。

第 4-1 表 材料物性のばらつき等を考慮した解析ケース(1/4)

解析ケース	高さ (m)	速度層	地盤の せん断波速度 Vs (km/s)	ヤング係数 E (N/mm ²)	減衰定数 h (%)
基本ケース	EL.7.00～ EL.6.40	Ⅲ	0.75	3.80×10 ³	5
	EL.6.40～ EL.5.74	Ⅲ	0.75	3.34×10 ³	
	EL.5.74～ EL.4.92	Ⅲ	0.75	3.80×10 ³	
	EL.4.92～ EL.-215.00	Ⅳ	1.62	1.67×10 ⁴	

第 4-1 表 材料物性のばらつき等を考慮した解析ケース(2/4)

解析ケース	高さ (m)	速度層	地盤の せん断波速度 Vs (km/s)	ヤング係数 E (N/mm ²)	減衰定数 h (%)
地盤物性の ばらつき を考慮 (-1σ)	EL.7.00～ EL.6.40	Ⅲ	0.59	2.37×10 ³	5
	EL.6.40～ EL.5.74	Ⅲ	0.59	2.08×10 ³	
	EL.5.74～ EL.4.92	Ⅲ	0.59	2.37×10 ³	
	EL.4.92～ EL.-215.00	Ⅳ	1.54	1.52×10 ⁴	

第 4-1 表 材料物性のばらつき等を考慮した解析ケース(3/4)

解析ケース	高さ (m)	速度層	地盤の せん断波速度 Vs (km/s)	ヤング係数 E (N/mm ²)	減衰定数 h (%)
地盤物性の ばらつき を考慮 (+1σ)	EL.7.00～ EL.6.40	Ⅲ	0.91	5.54×10 ³	5
	EL.6.40～ EL.5.74	Ⅲ	0.91	4.86×10 ³	
	EL.5.74～ EL.4.92	Ⅲ	0.91	5.54×10 ³	
	EL.4.92～ EL.-215.00	Ⅳ	1.70	1.82×10 ⁴	

第 4-1 表 材料物性のばらつき等を考慮した解析ケース(4/4)

解析ケース	高さ (m)	速度層	地盤の せん断波速度 Vs (km/s)	ヤング係数 E (N/mm ²)	減衰定数 h (%)
減衰定数の 設定に起因 する不確か さを考慮	EL.7.00～ EL.6.40	Ⅲ	0.75	3.80×10 ³	3
	EL.6.40～ EL.5.74	Ⅲ	0.75	3.34×10 ³	
	EL.5.74～ EL.4.92	Ⅲ	0.75	3.80×10 ³	
	EL.4.92～ EL.-215.00	Ⅳ	1.62	1.67×10 ⁴	

4.2.2 荷重の組合せ

荷重の組合せは、資料 12-9「機能維持の基本方針」に基づき設定する。荷重の組合せを第 4-2 表に示す。

地震荷重及び風荷重の組合せについて、加圧設備棟はコンクリート構造物であり、自重の大きな施設であることから、風荷重の影響は小さいため、地震荷重及び風荷重の組合せは考慮しない。

また、積雪荷重は、地震荷重及び積載荷重の組合せで考慮される。

第 4-2 表 荷重の組合せ

外力の状態	荷重の組合せ
S _s 地震時	D+L+E ₀ +K _s +E _s
常時	D+L+E ₀

D : 固定荷重

L : 積載荷重

E₀ : 常時土圧荷重

K_s : S_s 地震荷重

E_s : 地震時増分土圧荷重

4.3 許容限界

加圧設備棟の応力解析による評価の許容限界は、重大事故等対処施設としての評価において、資料 12-9「機能維持の基本方針」に示す、荷重の組合せ及び許容限界に基づき、第 4-3 表のとおり設定する。

コンクリート及び鉄筋の許容応力度を第 4-4 表及び第 4-5 表に示す。

第 4-3 表 応力解析による評価の許容限界（重大事故等対処施設）

要求機能	機能設計上の性能目標	外力の状態	部位	機能維持のための考え方	許容限界 (評価基準値)
構造強度	構造強度を確保すること	Ss 地震時	壁 床 屋根	部材に生じる応力が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	RC-N 規準における終局強度に基づく許容値
		— (常時に対する検討)			RC-N 規準における長期許容応力度に基づく許容値
支持機能	設備を支持する機能を維持すること	Ss 地震時	床	部材に生じる応力が支持機能を維持するための許容限界を超えないことを確認	RC-N 規準における終局強度に基づく許容値

第 4-4 表 コンクリートの許容応力度

(単位 : N/mm²)

部位	設計 基準強度 F _c	長期		短期		終局	
		圧縮	せん断	圧縮	せん断	圧縮	せん断
EL.15.00m より上部	30.0	10.0	0.790	20.0	1.18	30.0	1.18

第 4-5 表 鉄筋の許容応力度

(単位 : N/mm²)

鉄筋種類	長期		短期		終局	
	引張 圧縮	せん断	引張 圧縮	せん断	引張 圧縮	せん断
SD345	215(195) ^(注1)	195	345	345	379 ^(注2)	345

(注 1) D29 以上の太さの鉄筋に対しては () 内の数値とする。

(注 2) 終局強度に用いる数値は、建設省告示 2464 号に基づき、鉄筋の基準強度の 1.1 倍の数値とする。

4.4 評価方法

4.4.1 解析モデル

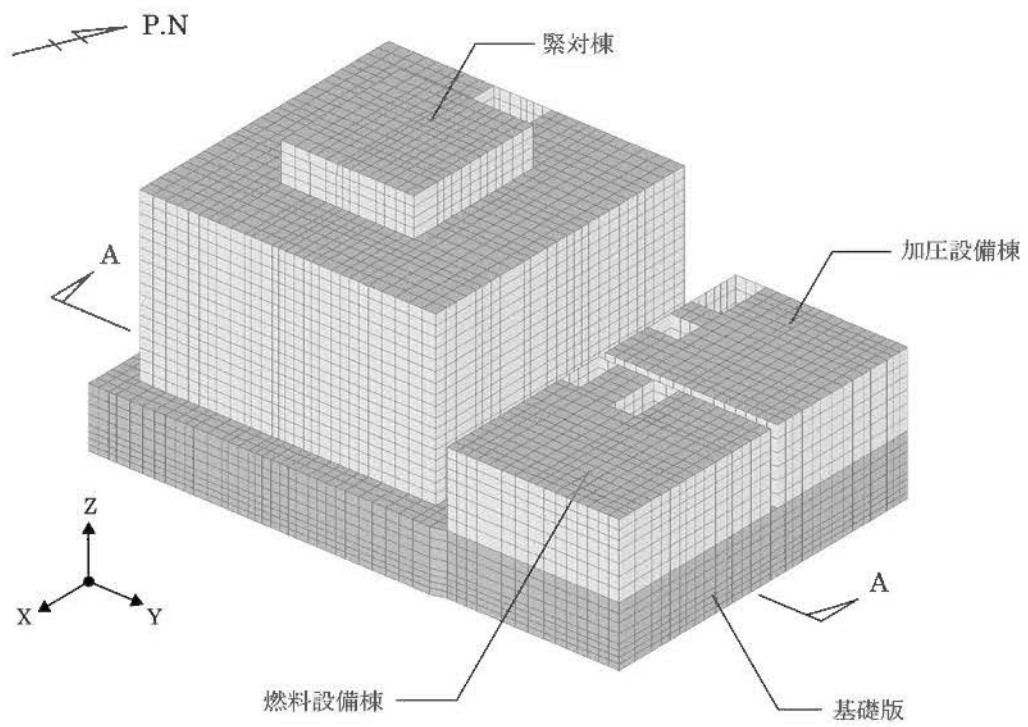
(1) モデル化の基本方針

応力解析は、3次元 FEM モデルを用いた弾性応力解析とする。

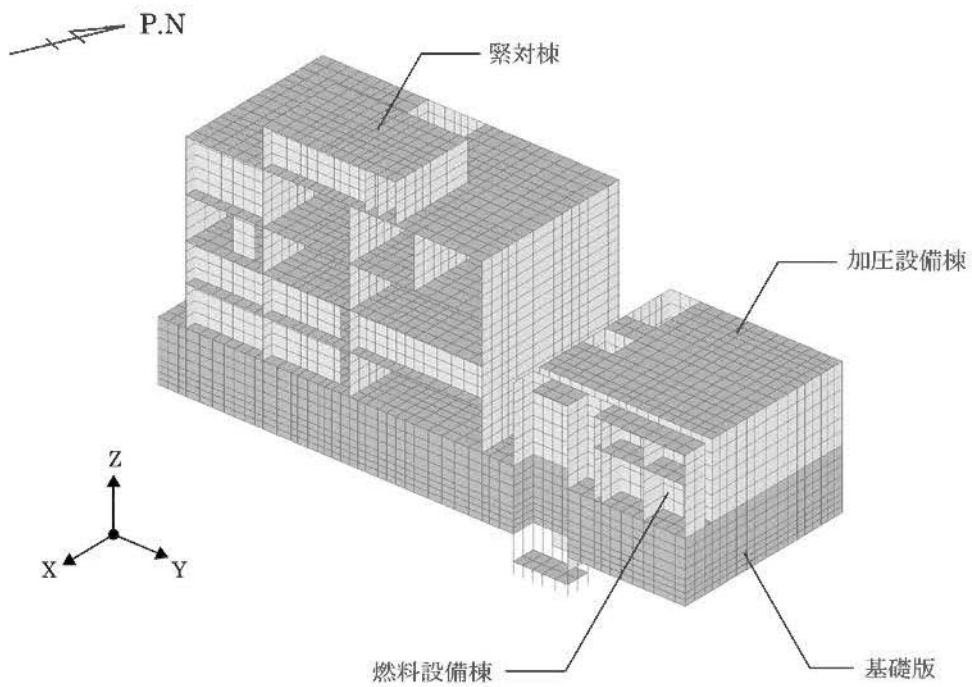
解析モデルについて、資料 12-16-2「緊急時対策棟の耐震計算書」に示す緊対棟、加圧設備棟、燃料設備棟及び基礎版全体の解析モデルを作成し、各荷重ケースに対して解析を行う。解析モデルを第 4-2 図に示す。

境界条件については、資料 12-16-2「緊急時対策棟の耐震計算書」に示す境界条件とする。

応力解析には、解析コード「MSC-NASTRAN」を用いる。解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。



(a) 全体



(b) A-A 断面

第 4-2 図 解析モデル (鳥瞰図)

4.4.2 解析諸元

使用材料の物性値について、コンクリート及び鉄筋の材料定数を第 4-6 表及び第 4-7 表に示す。

第 4-6 表 コンクリートの材料定数

部位		設計基準強度 Fc (N/mm ²)	ヤング係数 E (N/mm ²)	ポアソン比 ν
緊対棟	EL.15.00m より上部	30.0	2.44 × 10 ⁴	0.2
加圧設備棟	EL.15.00m より上部	30.0	2.44 × 10 ⁴	0.2
燃料設備棟	EL.15.00m より上部	30.0	2.44 × 10 ⁴	0.2
	EL.15.00m 以下 (ピット部分)	24.0	2.27 × 10 ⁴	0.2
基礎版		24.0	2.27 × 10 ⁴	0.2

第 4-7 表 鉄筋の材料定数

鉄筋種類	降伏強度 Fy (N/mm ²)	ヤング係数 E (N/mm ²)
SD345	345	2.05 × 10 ⁵

4.4.3 応力解析方法

加圧設備棟の壁、床及び屋根は、Ss 地震時及び常時に対して、3 次元 FEM モデルによる弾性応力解析を行う。

(1) 荷重ケース

Ss 地震時及び常時の応力は、以下に示す荷重ケースを組み合わせて求める。

D+L : 固定荷重+積載荷重

E_0 : 常時土圧荷重

K_{SX} : Ss 地震荷重 (X 方向)

K_{SY} : Ss 地震荷重 (Y 方向)

K_{SUD} : Ss 地震荷重 (鉛直方向)

E_{SX} : Ss 地震時増分土圧荷重 (X 方向)

E_{SY} : Ss 地震時増分土圧荷重 (Y 方向)

(2) 荷重の組合せケース

荷重の組合せケースは、組合せ係数法に基づいて設定する。但し、Ss 地震時において、鉛直方向の動的地震力に組合せ係数を乗じた荷重が静的地震力による荷重を超えない場合は、静的地震力による荷重とする。荷重の組合せケースを第 4-8 表に示す。荷重の組合せケースにおいて、地震荷重は、X 軸の+方向、Y 軸の+方向及び鉛直上向きを「+」、X 軸の-方向、Y 軸の-方向及び鉛直下向きを「-」とする。

第 4-8 表 荷重の組合せケース

	ケース No.	荷重の組合せケース
Ss 地震時	1	$D + L + E_0 + 1.0K_{SX} + 0.4K_{SUD} + 1.0E_{SX}$
	2	$D + L + E_0 + 1.0K_{SX} - 0.4K_{SUD} + 1.0E_{SX}$
	3	$D + L + E_0 - 1.0K_{SX} + 0.4K_{SUD} + 1.0E_{SX}$
	4	$D + L + E_0 - 1.0K_{SX} - 0.4K_{SUD} + 1.0E_{SX}$
	5	$D + L + E_0 + 1.0K_{SY} + 0.4K_{SUD} + 1.0E_{SY}$
	6	$D + L + E_0 + 1.0K_{SY} - 0.4K_{SUD} + 1.0E_{SY}$
	7	$D + L + E_0 - 1.0K_{SY} + 0.4K_{SUD} + 1.0E_{SY}$
	8	$D + L + E_0 - 1.0K_{SY} - 0.4K_{SUD} + 1.0E_{SY}$
	9	$D + L + E_0 + 0.4K_{SX} + 1.0K_{SUD} + 0.4E_{SX}$
	10	$D + L + E_0 + 0.4K_{SX} - 1.0K_{SUD} + 0.4E_{SX}$
	11	$D + L + E_0 - 0.4K_{SX} + 1.0K_{SUD} + 0.4E_{SX}$
	12	$D + L + E_0 - 0.4K_{SX} - 1.0K_{SUD} + 0.4E_{SX}$
	13	$D + L + E_0 + 0.4K_{SY} + 1.0K_{SUD} + 0.4E_{SY}$
	14	$D + L + E_0 + 0.4K_{SY} - 1.0K_{SUD} + 0.4E_{SY}$
	15	$D + L + E_0 - 0.4K_{SY} + 1.0K_{SUD} + 0.4E_{SY}$
	16	$D + L + E_0 - 0.4K_{SY} - 1.0K_{SUD} + 0.4E_{SY}$
常時	17	$D + L + E_0$

(3) 荷重の入力方法

固定荷重、積載荷重、地震荷重及び土圧荷重の入力方法は、資料 12-16-2「緊急時対策棟の耐震計算書」に示す方法とする。

4.4.4 断面の評価方法

RC-N 規準に基づき、壁、床及び屋根に生じる軸力及び曲げモーメント、面内せん断力並びに面外せん断力が、Ss 地震時において、短期許容応力度に基づく許容値を超えないことを確認することで、許容限界（終局強度に基づく許容値）を超えないことを確認する。また、壁、床、屋根及び基礎版に生じる軸力及び曲げモーメント、面内せん断力並びに面外せん断力が、常時において、長期許容応力度に基づく許容値を超えないことを確認する。

断面の評価には、解析コード「FEDM」を用いる。解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

(1) 軸力及び曲げモーメント並びに面内せん断力に対する断面の評価方法

軸力及び曲げモーメント並びに面内せん断力に対する断面の評価は、次の仮定に従い計算する。

- ・ ひずみは、中立軸からの距離に比例する。
- ・ コンクリートの圧縮応力度は、中立軸からの距離に比例する。
- ・ コンクリートの引張強度は無視する。

壁、床及び屋根の断面について、軸力及び曲げモーメントを受ける鉄筋コンクリート造長方形仮想柱として必要鉄筋量 a_s を算出する。

また、壁は、断面に生じる面内せん断力を鉄筋で全て負担するものとし、必要せん断補強筋比 p_s から必要鉄筋量 a_s を算出する。床及び屋根は、断面に生じる面内せん断力が、コンクリートの許容せん断力以上となる場合において、断面に生じる面内せん断力を鉄筋で全て負担するものとし、必要せん断補強筋比 p_s から必要鉄筋量 a_s を算出する。必要せん断補強筋比 p_s は、次式により算出する。

$$p_s = \frac{\tau}{f_{st}}$$

ここで、

p_s : 必要せん断補強筋比

f_{st} : 鉄筋のせん断補強用許容引張応力度(N/mm²)

τ : せん断応力度(=Q/A)(N/mm²)

Q : 設計用水平せん断力(N)

A : 断面積(mm²)

軸力及び曲げモーメント並びに面内せん断力により算出されたそれぞれの必要鉄筋量を次式のように加算した必要鉄筋量 a_g が、設計配筋量 a_g' を超えないことを確認する。壁は、縦筋方向及び横筋方向各々について、床及び屋根は、X方向及びY方向各々について算出する。

$$\text{必要鉄筋量 } a_g = a_t + a_s$$

(2) 面外せん断力に対する断面の評価方法

Ss 地震時において、壁、床及び屋根に生じる面外せん断応力度 τ が、短期許容せん断応力度を超えないことを確認する。また、常時において、壁、床及び屋根に生じる面外せん断応力度 τ が、長期許容せん断応力度を超えないことを確認する。許容せん断応力度 τ_A は、次式により算出する。

$$\tau_A = \frac{Q_A}{A}$$

$$Q_A = \alpha \cdot f_s \cdot b \cdot j$$

ここで、

τ_A : 許容せん断応力度(N/mm²)

Q_A : 許容せん断力(N)

A : 断面積(=b・j) (mm²)

α : 割増係数であり、次式により計算した値

($1 \leq \alpha \leq 2$ とする)

$$\alpha = \frac{4}{M/(Q \cdot d) + 1}$$

M : 曲げモーメント(N・mm)

Q : せん断力(N)

d : 断面の有効せい(mm)

f_s : コンクリートの許容せん断応力度(N/mm²)

b : 材の幅(mm)

j : 材の応力中心間距離(= $\frac{7}{8}d$) (mm)

但し、Ss 地震時において、せん断補強筋を考慮する場合の許容せん断力 Q_A は、次式により算出する。

$$Q_A = b \cdot j \{ \alpha \cdot f_s + 0.5 \cdot {}_w f_t (p_w - 0.002) \}$$

ここで、

${}_w f_t$: せん断補強筋の許容引張応力度(N/mm²)

p_w : せん断補強筋比

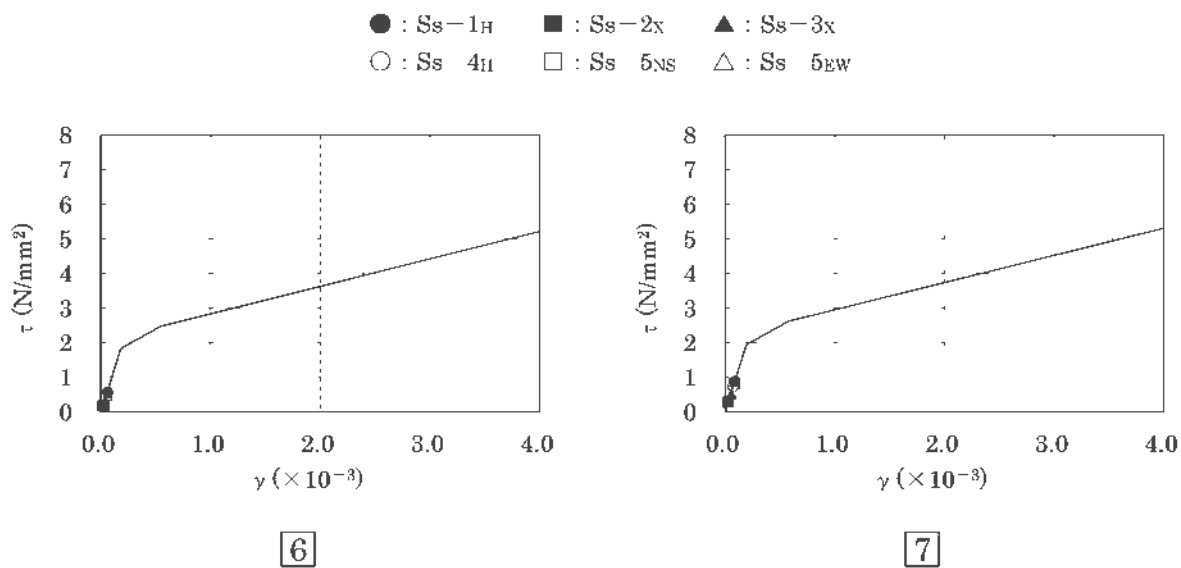
5. 評価結果

5.1 地震応答解析による評価結果

5.1.1 構造物全体としての変形性能

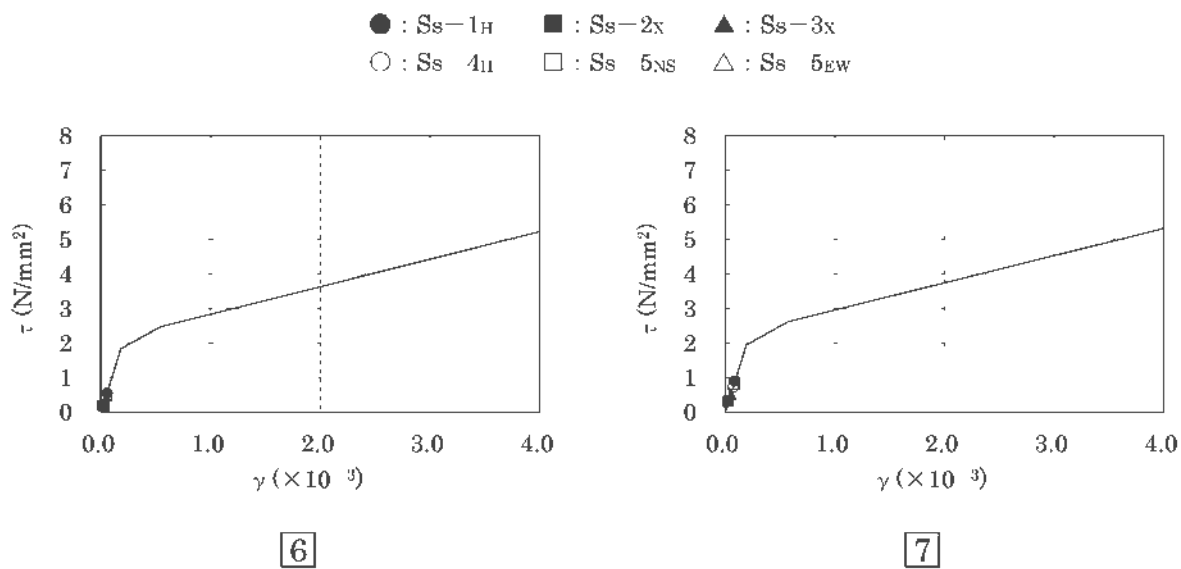
「3. 地震応答解析による評価方法」の解析結果から、基準地震動 S_s に対する材料物性のばらつき等を考慮した各ケースの最大応答値を第 5-1 図及び第 5-2 図の耐震壁のせん断スケルトンカーブ上にプロットして示す。

基準地震動 S_s に対する耐震壁のせん断ひずみは、重大事故等対処施設としての評価において、最大で 0.0965×10^{-3} (S_s-1H 、X 方向、部材番号 7、減衰定数の設定に起因する不確かさを考慮) であり、許容限界(2.0×10^{-3})を超えないことを確認した。



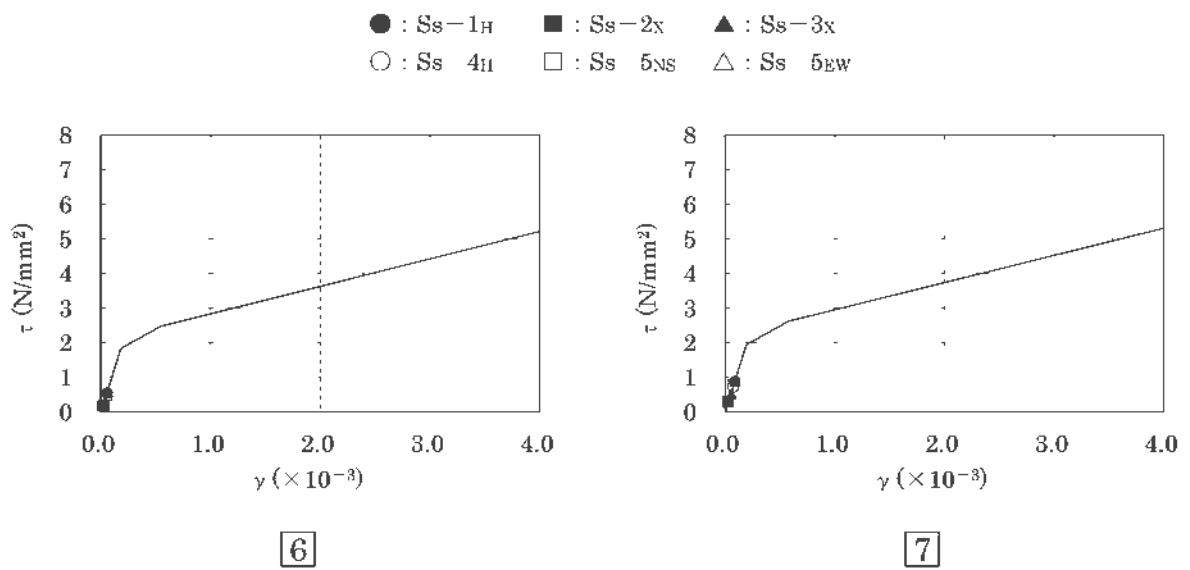
(a) 基本ケース

第5-1図 せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (X方向) (1/4)



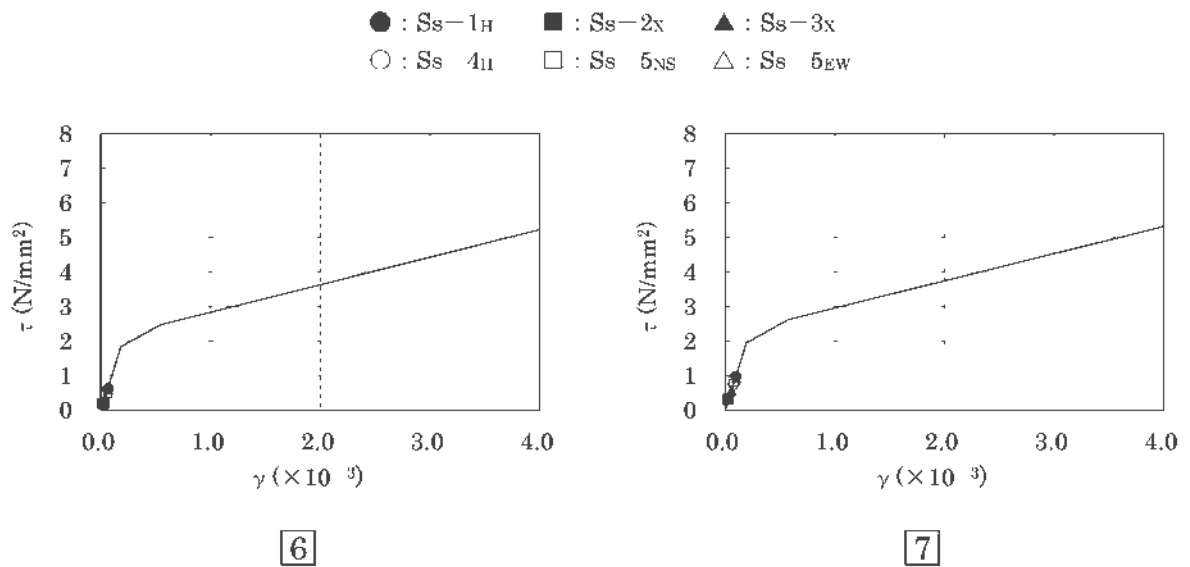
(b) 地盤物性のばらつき考慮 (-1σ)

第5-1図 せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (X方向) (2/4)



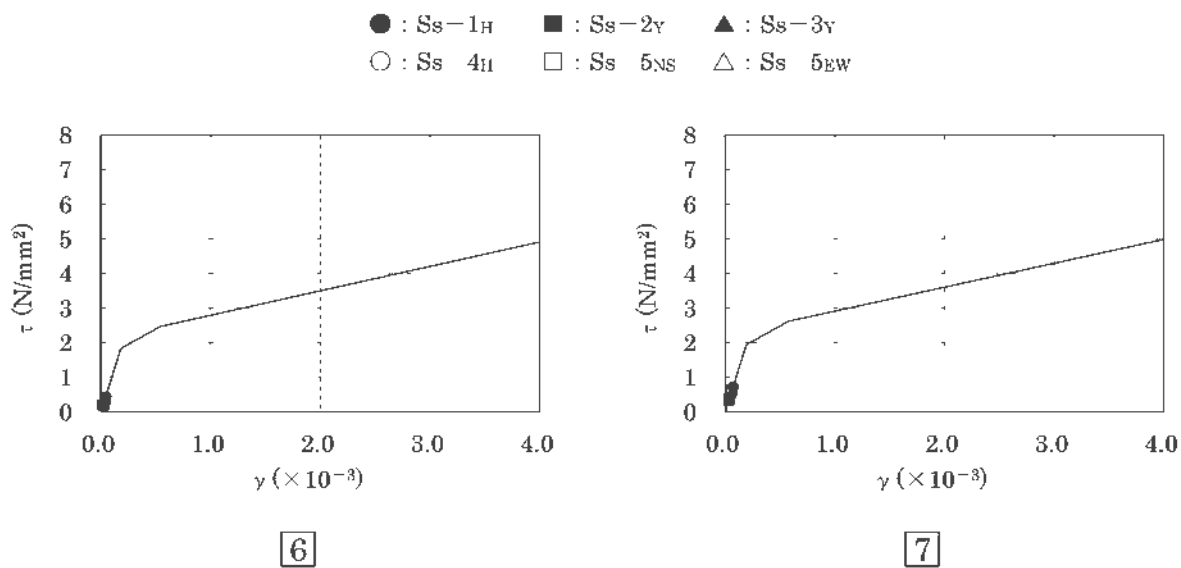
(c) 地盤物性のばらつき考慮 (+1σ)

第5-1図 せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (X方向) (3/4)



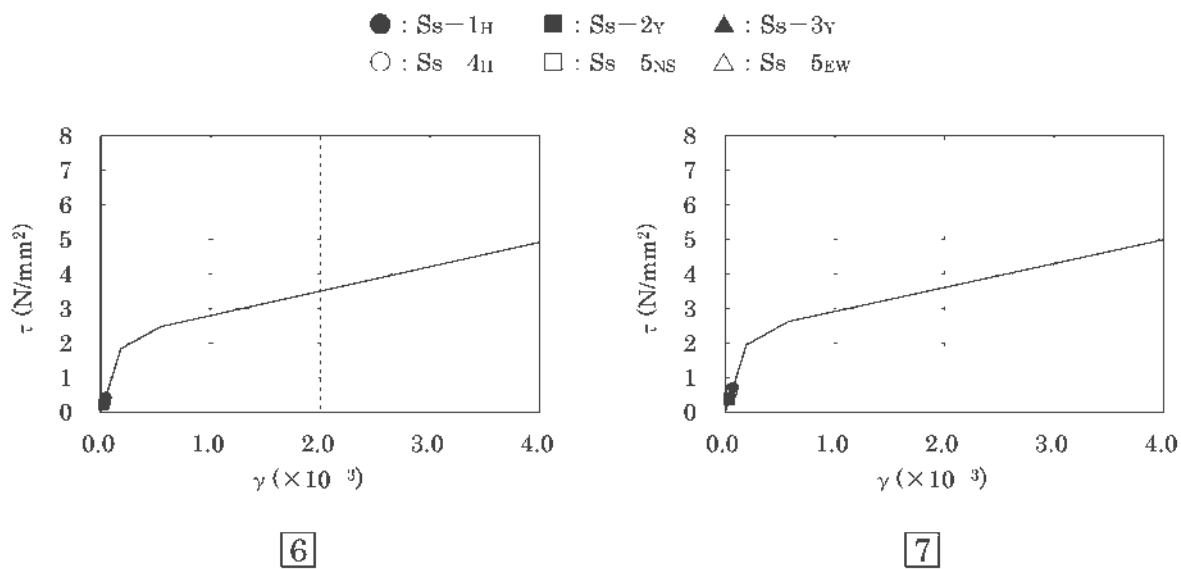
(d) 減衰定数の設定に起因する不確かさ考慮

第5-1図 せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (X方向) (4/4)



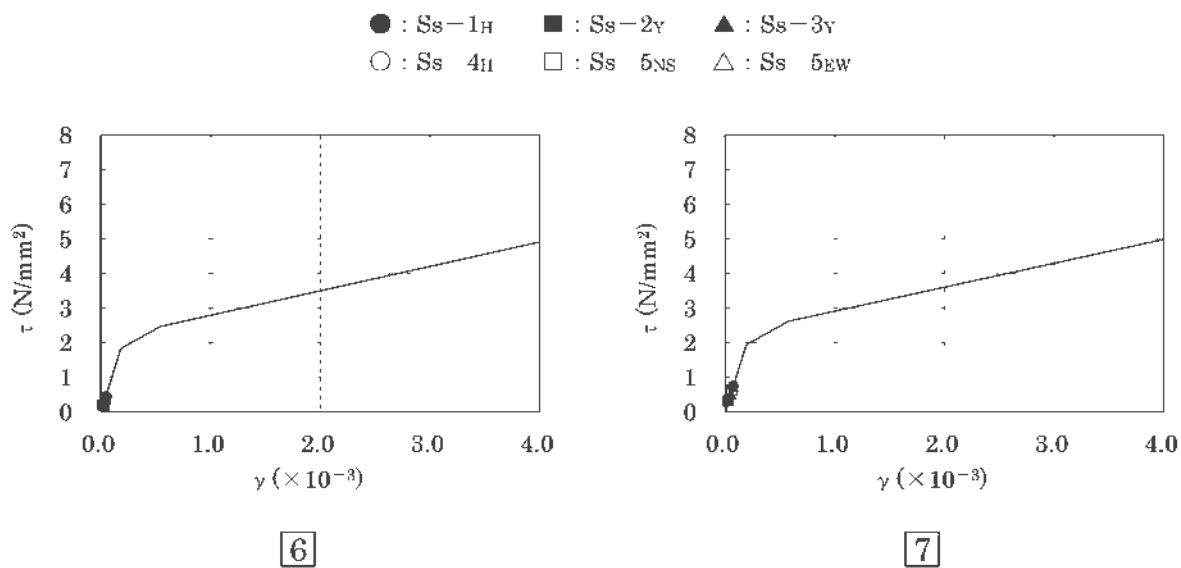
(a) 基本ケース

第 5-2 図 せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (Y 方向) (1/4)



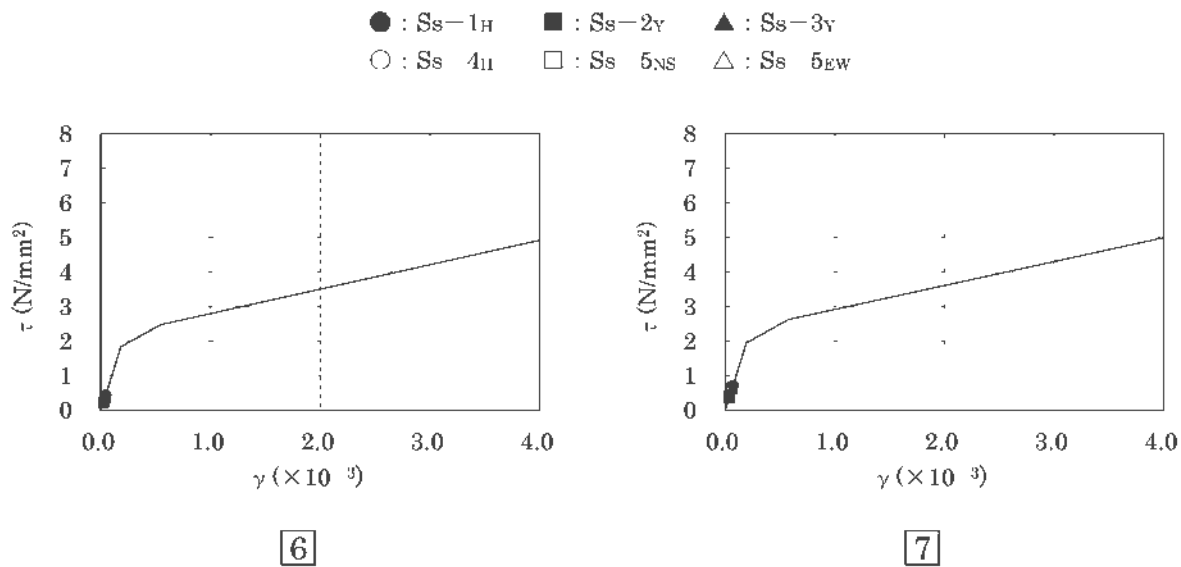
(b) 地盤物性のばらつき考慮 (-1σ)

第 5-2 図 せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (Y 方向) (2/4)



(c) 地盤物性のばらつき考慮 (+1σ)

第5-2図 せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (Y方向) (3/4)



(d) 減衰定数の設定に起因する不確かさ考慮

第5-2図 せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (Y方向) (4/4)

5.1.2 保有水平耐力

「3. 地震応答解析による評価方法」に示す方法にて算出した必要保有水平耐力及び保有水平耐力の比較を第5-1表に示す。

各層の保有水平耐力は、重大事故等対処施設としての評価において、必要保有水平耐力に対して、妥当な安全余裕を有することを確認した。

第5-1表 必要保有水平耐力及び保有水平耐力の比較(1/2)

部材 番号	高さ (m)	X 方向				
		構造特性 係数 D_s	形状特性 係数 F_{es}	必要保有 水平耐力 Q_{un} (kN)	保有 水平耐力 Q_u (kN)	Q_u/Q_{un}
⑥	EL.24.85～ EL.19.925	0.55	1.00	1.45×10^4	2.48×10^5	17.1
⑦	EL.19.925～ EL.15.00	0.55	1.00	2.21×10^4	2.52×10^5	11.4

第5-1表 必要保有水平耐力及び保有水平耐力の比較(2/2)

部材 番号	高さ (m)	Y 方向				
		構造特性 係数 D_s	形状特性 係数 F_{es}	必要保有 水平耐力 Q_{un} (kN)	保有 水平耐力 Q_u (kN)	Q_u/Q_{un}
⑥	EL.24.85～ EL.19.925	0.55	1.00	1.39×10^4	2.54×10^5	18.2
⑦	EL.19.925～ EL.15.00	0.55	1.00	2.21×10^4	2.58×10^5	11.6

5.2 応力解析による評価結果

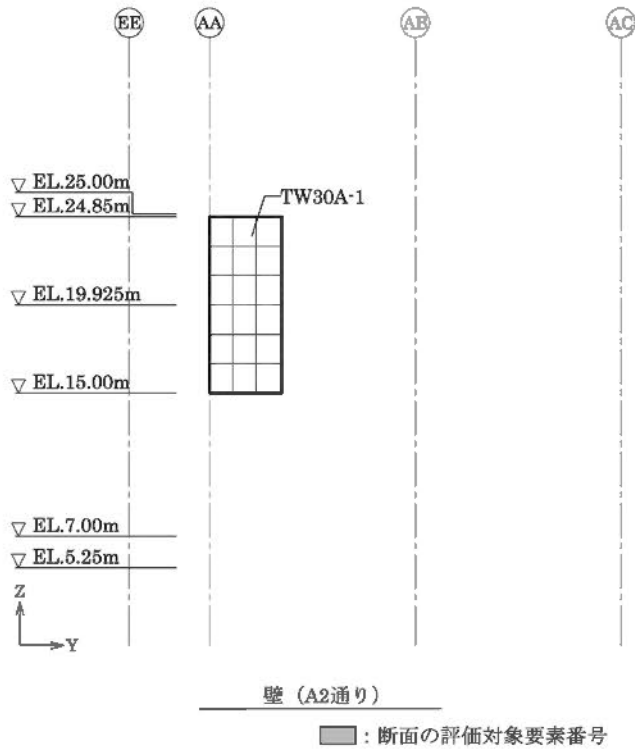
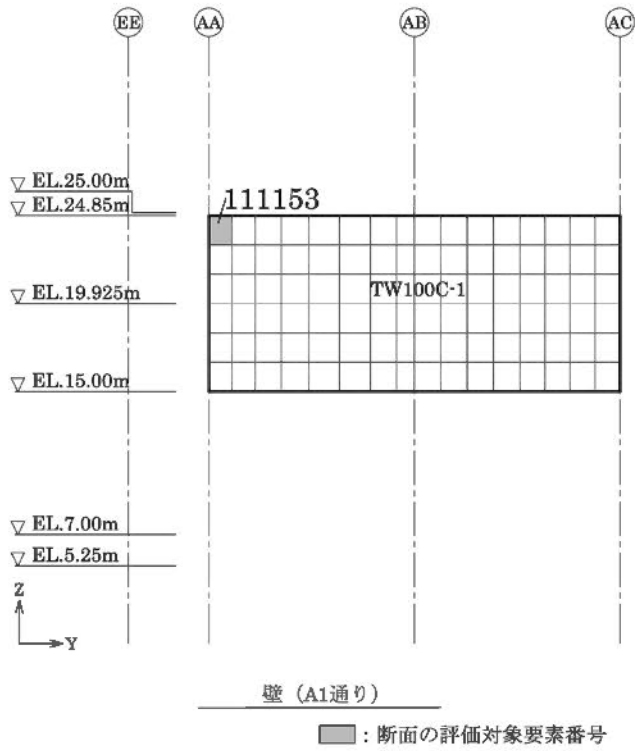
壁、床及び屋根について、「4. 応力解析による評価方法」に示す方法にて算出した Ss 地震時及び常時における応力解析結果を示す。また、壁、床及び屋根の FEM 要素を、厚さ及び配筋ごとに分類し、第 4-8 表に示す荷重の組合せに基づいて組み合わせた応力に対して、断面の評価を行う。

断面の評価対象部位は、分類領域ごとに、軸力及び曲げモーメント並びに面内せん断力に対する検定値が最大となる要素、面外せん断力に対する検定値が最大となる要素をそれぞれ選定する。壁、床及び屋根の断面の評価対象要素番号を第 5-3 図、分類領域ごとの配筋を第 5-2 表に示す。

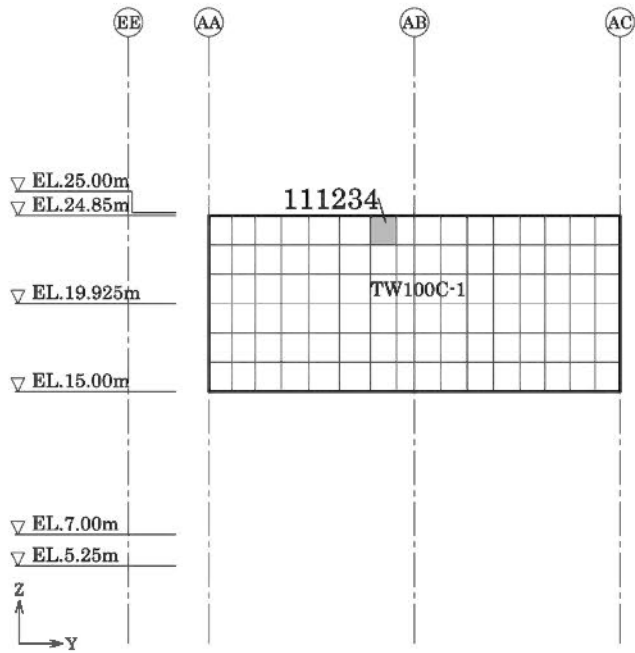
壁、床及び屋根の応力の方向を第 5-4 図、軸力及び曲げモーメント並びに面内せん断力に対する断面の評価結果を第 5-3 表、面外せん断力に対する断面の評価結果を第 5-4 表に示す。

Ss 地震時について、壁、床及び屋根に生じる各応力が、重大事故等対処施設としての評価において、短期許容応力度に基づく許容値を超えないことを確認したことで、許容限界（終局強度に基づく許容値）を超えないことを確認した。

また、常時において、壁、床及び屋根に生じる各応力が許容限界を超えないことを確認した。

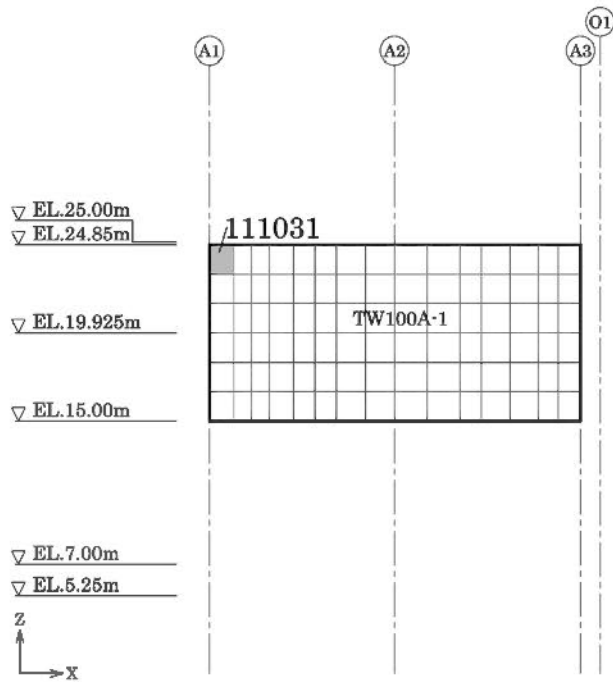


第 5-3 図 断面の評価対象要素番号(1/5)



壁 (A3通り)

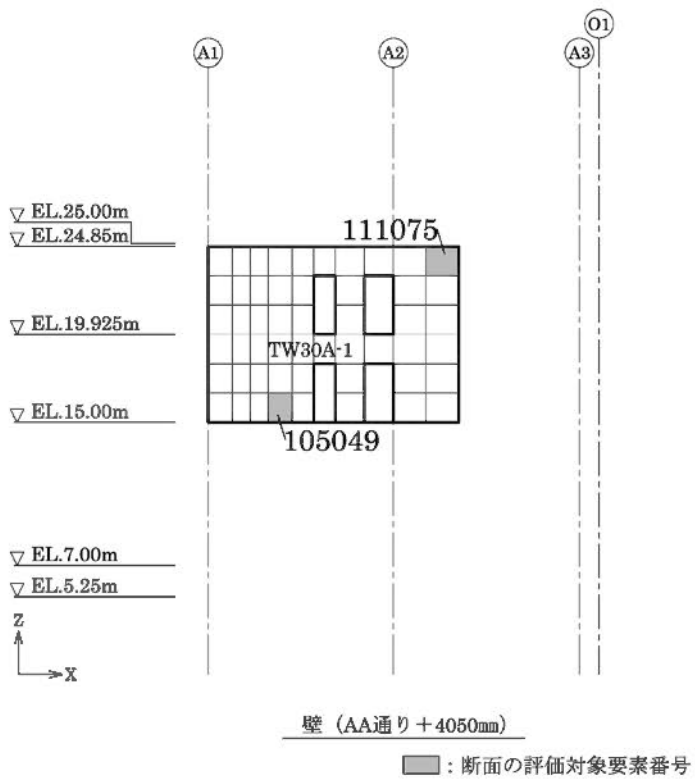
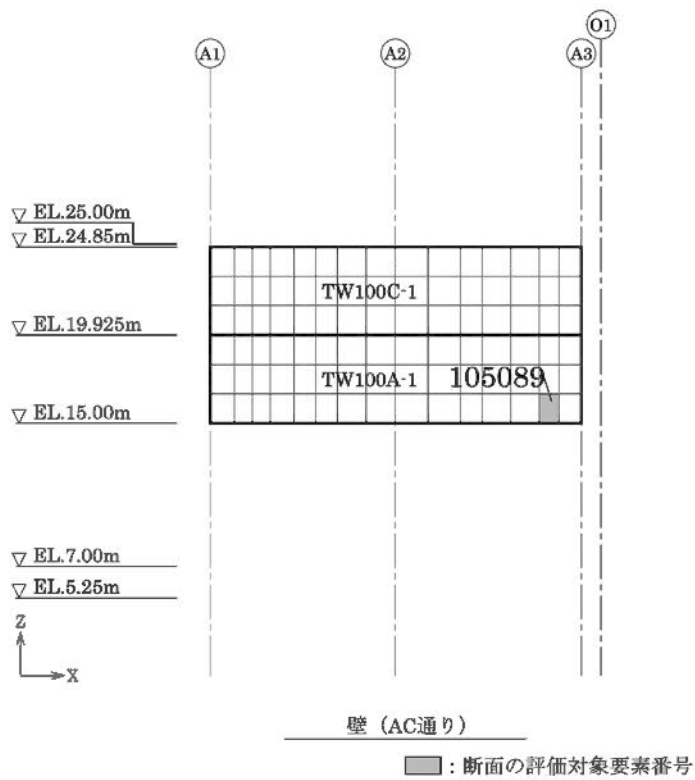
■ : 断面の評価対象要素番号



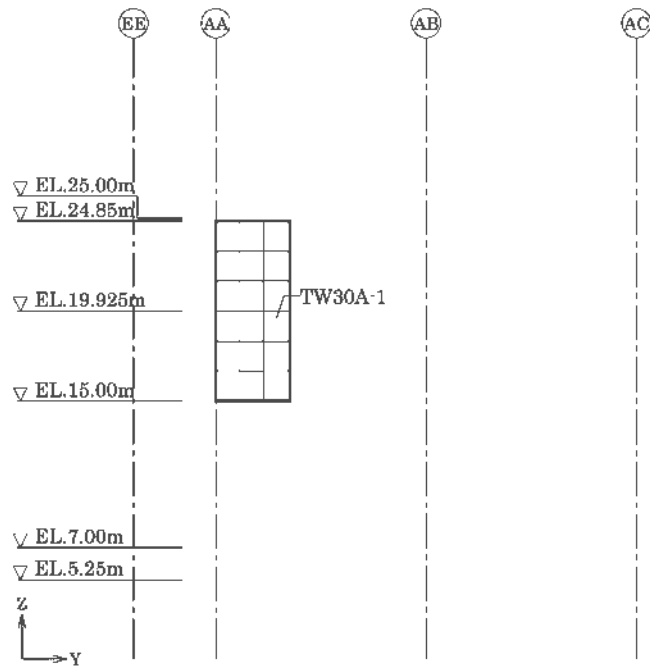
壁 (AA通り)

■ : 断面の評価対象要素番号

第 5-3 図 断面の評価対象要素番号(2/5)

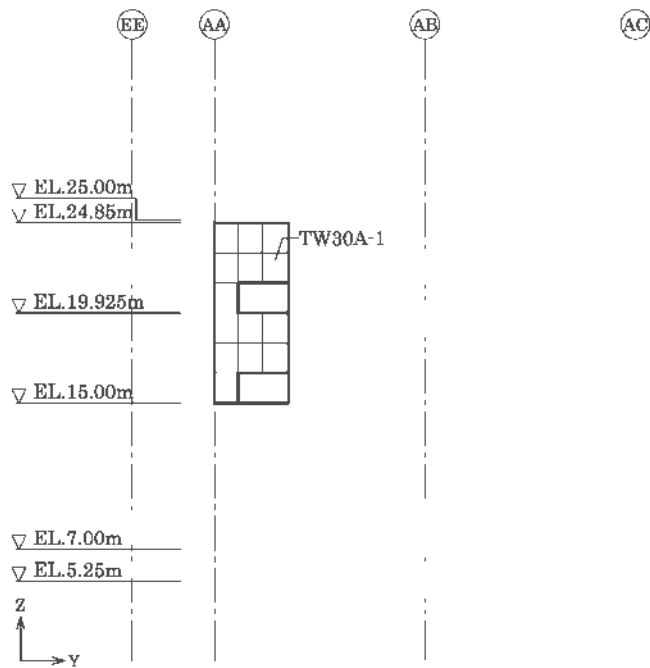


第 5-3 図 断面の評価対象要素番号(3/5)



壁 (A1通り + 7100mm)

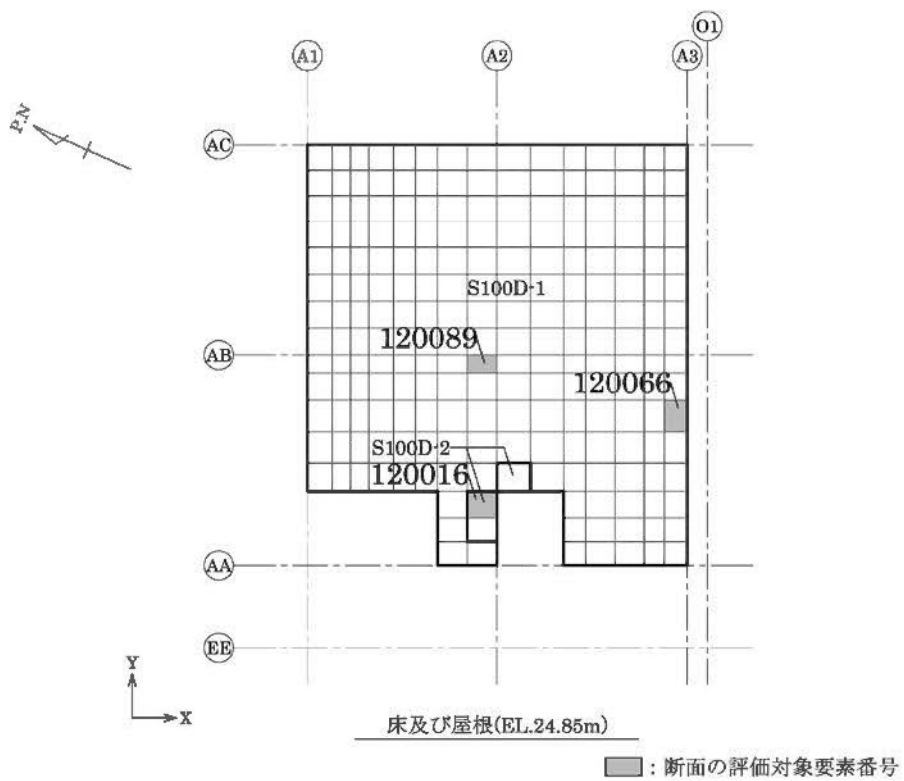
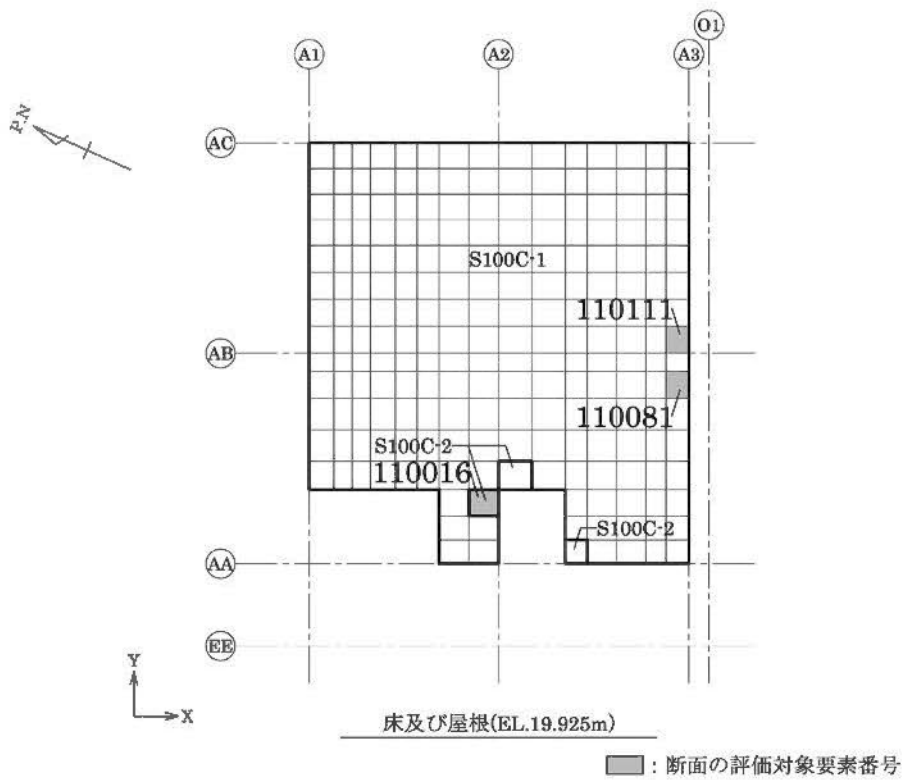
□ : 断面の評価対象要素番号



壁 (A2通り + 3650mm)

□ : 断面の評価対象要素番号

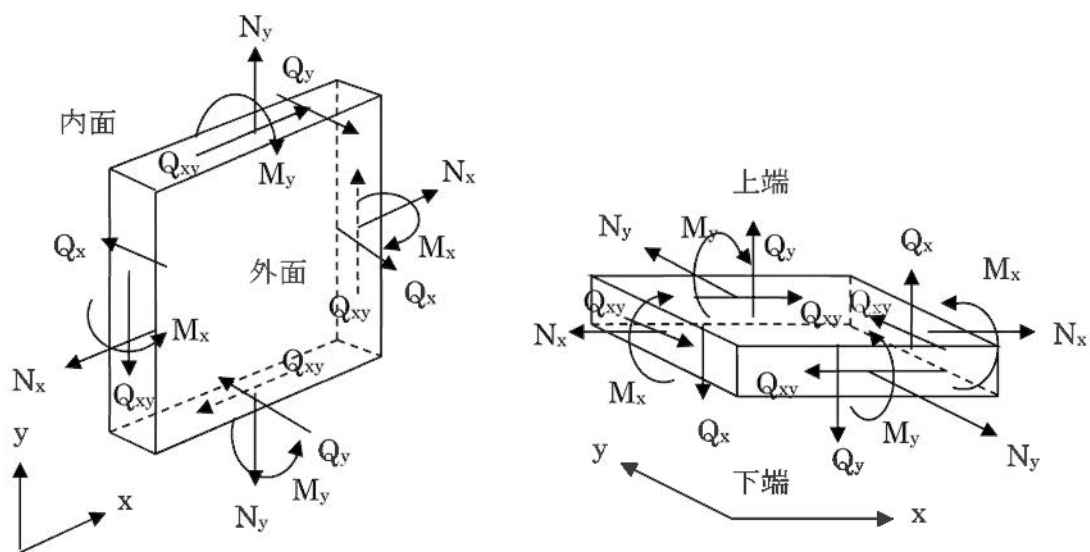
第 5-3 図 断面の評価対象要素番号(4/5)



第5-3図 断面の評価対象要素番号(5/5)

第5-2表 分類領域ごとの配筋

部位	領域	厚さ (mm)	主筋 (SD345)		鉄筋量 (mm ² /m)	面外せん断 補強筋	
			位置	方向			
壁	TW100A-1	1,000	両側共	縦筋	1.5 段 D38@200	8,550	—
				横筋	1.5 段 D38@200	8,550	
	TW100C-1	1,000	両側共	縦筋	1 段 D38@200	5,700	—
				横筋	1 段 D38@200	5,700	
	TW30A-1	300	両側共	縦筋	1 段 D25@200	2,535	—
				横筋	1 段 D25@200	2,535	
床 ・ 屋根	S100C-1	1,000	上端、 下端共	X	1 段 D32@200	3,970	—
				Y	1 段 D32@200	3,970	
	S100C-2	1,000	上端、 下端共	X	1 段 D32@200	3,970	—
				Y	1 段 D32@200+ 1 段 D32@200	7,940	
	S100D-1	1,000	上端、 下端共	X	1 段 D35@200	4,785	—
				Y	1 段 D35@200	4,785	
	S100D-2	1,000	上端、 下端共	X	1 段 D35@200	4,785	—
				Y	1 段 D35@200+ 1 段 D35@200	9,570	



(1) 壁

(2) 床及び屋根

N_x, N_y : 軸力 (引張 : +)

M_x, M_y : 曲げモーメント (内面引張、下端引張 : +)

Q_{xy} : 面内せん断力

Q_x, Q_y : 面外せん断力

(壁について、 x 方向は横筋方向、 y 方向は縦筋方向)

第 5-4 図 応力の方向

第5-3表 断面の評価結果（軸力及び曲げモーメント並びに面内せん断力）

部位	領域	要素番号	方向	ケースNo.	組合せ応力			必要鉄筋量 a_g (mm ² /m)	設計配筋量 a_g' (mm ² /m)	検定値	判定
					N (kN/m)	M (kN・m/m)	Q _{xy} (kN/m)				
壁	TW100A-1	105089	横筋	1	-1,595	-48	-3,281	4,754	8,550	0.56	可
	TW100C-1	111234	横筋	1	1,790	-141	302	3,739	5,700	0.66	可
	TW30A-1	105049	横筋	2	-367	0	1,375	1,993	2,535	0.79	可
床・屋根	S100C-1	110111	X	2	-25	-752	-221	2,889	3,970	0.73	可
	S100C-2	110016	Y	2	944	-276	955	2,570	7,940	0.33	可
	S100D-1	120066	Y	2	1,797	-103	-227	3,069	4,785	0.65	可
	S100D-2	120016	Y	2	1,861	-366	1,326	6,275	9,570	0.66	可

第5-4表 断面の評価結果（面外せん断応力度）

部位	領域	要素番号	方向	ケースNo.	面外せん断 応力度 τ (N/mm ²)	許容せん断 応力度 τ_A (N/mm ²)	検定値	判定
壁	TW100A-1	111031	横筋	5	1.70	2.36	0.73	可
	TW100C-1	111153	横筋	5	0.596	1.18	0.51	可
	TW30A-1	111075	縦筋	8	0.379	1.22	0.32	可
床・屋根	S100C-1	110081	X	2	0.441	1.22	0.37	可
	S100C-2	110016	Y	8	0.374	2.01	0.19	可
	S100D-1	120089	X	14	0.996	2.36	0.43	可
	S100D-2	120016	Y	16	0.506	1.76	0.29	可

申請設備の耐震計算書

設計及び工事計画認可申請添付資料 12-17

玄海原子力発電所第3号機

計測制御系統施設の耐震計算書

設計及び工事計画認可申請添付資料 12-17-1

玄海原子力発電所第3号機

衛星携帯電話設備の耐震計算書

設計及び工事計画認可申請添付資料 12-17-1-1

玄海原子力発電所第3号機

衛星携帯電話の耐震計算書

設計及び工事計画認可申請添付資料 12-17-1-1-1

玄海原子力発電所第3号機

目 次

	頁
1. 概 要	12 (3) - 17 - 1 - 1 - 1 - 1
2. 基本方針	12 (3) - 17 - 1 - 1 - 1 - 1
2.1 構造の説明	12 (3) - 17 - 1 - 1 - 1 - 1
2.2 評価方針	12 (3) - 17 - 1 - 1 - 1 - 2
3. 加振試験	12 (3) - 17 - 1 - 1 - 1 - 3
3.1 基本事項	12 (3) - 17 - 1 - 1 - 1 - 3
3.2 設計用地震力	12 (3) - 17 - 1 - 1 - 1 - 3
4. 機能維持評価	12 (3) - 17 - 1 - 1 - 1 - 4
4.1 機能維持評価方法	12 (3) - 17 - 1 - 1 - 1 - 4
5. 評価結果	12 (3) - 17 - 1 - 1 - 1 - 4
5.1 重大事故等対処施設としての評価結果	12 (3) - 17 - 1 - 1 - 1 - 4

1. 概要

本資料は、資料 12-9「機能維持の基本方針」にて設定している機能維持の設計方針に基づき、衛星携帯電話が設計用地震力に対して十分な電氣的機能を有していることを説明するものである。その耐震評価は機能維持評価により行う。

衛星携帯電話は、設計基準対象施設においては C クラス施設に、重大事故等対処施設においては常設重大事故緩和設備に分類される。以下、資料 12-1「耐震設計の基本方針」の「2.1 基本方針」に示す常設重大事故緩和設備が設置される重大事故等対処施設の耐震評価を示す。

2. 基本方針

2.1 構造の説明

衛星携帯電話の構造計画を第 2-1 表に示す。

第 2-1 表 衛星携帯電話の構造計画

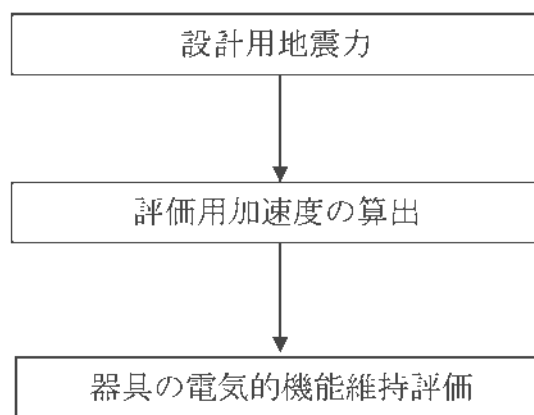
設備名称	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
衛星携帯電話 (固定金物)	固定電話機	固定電話機を固定金物にて机に固定する。 また、机を固定板及び取付ボルトにて架台に固定し、架台を基礎ボルトにて床に据え付ける。	
衛星携帯電話 (電話台)	固定電話機	固定電話機を電話台に固定し、電話台を机に固定する。 また、机を固定板及び取付ボルトにて架台に固定し、架台を基礎ボルトにて床に据え付ける。	

2.2 評価方針

衛星携帯電話の機能維持評価は、資料 12-9「機能維持の基本方針」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、地震時の応答加速度が電氣的機能確認済加速度以下であることを、「3. 加振試験」及び「4. 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「5. 評価結果」に示す。

衛星携帯電話の耐震評価の手順は、平成 29 年 8 月 25 日付け原規規発第 1708253 号にて認可された工事計画の実績に基づき実施する。

衛星携帯電話の耐震評価フローを第 2-1 図に示す。



第 2-1 図 衛星携帯電話の耐震評価フロー

3. 加振試験

3.1 基本事項

衛星携帯電話について、設置状態を模擬して加振試験を行い、基準地震動 S_s による地震力に対して、要求される機能が維持されることを確認する。

3.2 設計用地震力

以下の加振波の最大床加速度を上回る加速度で加振を行う。

- ・加振波 : 対象機器設置床における基準地震動(S_s-1 から S_s-5)に対する設計用床応答曲線を上回るように設定
- ・加振方向 : 水平 (前後) + 水平 (左右) + 鉛直の 3 方向同時

建屋及び床面高さ(m)	加振方向		最大床加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)
緊急時対策棟 EL.25.30	水平	前後	0.86
		左右	0.86
	鉛直		0.61

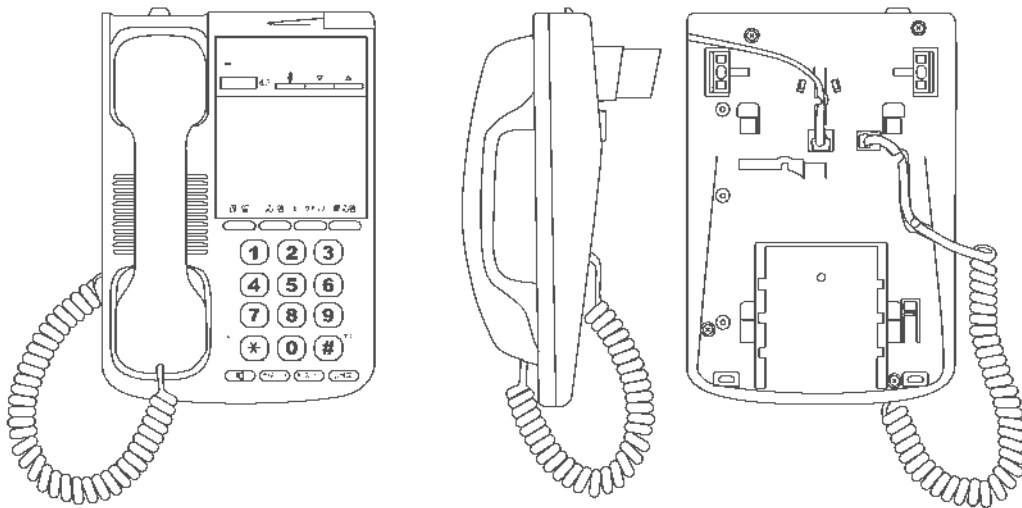
4. 機能維持評価

衛星携帯電話の地震時及び地震後の電氣的機能維持評価について、以下に示す。

4.1 機能維持評価方法

衛星携帯電話の機能維持評価方法は、対象機器設置床における最大床加速度が、機能確認済加速度以下であることを確認する。機能確認済加速度には、加振試験後に電氣的機能が維持されていることを通信試験により確認した加振波の最大加速度を適用する。評価する器具の外形図を第 4-1 図に示す。

なお、評価用加速度は最大床加速度を使用する。



第 4-1 図 衛星携帯電話 外形図

5. 評価結果

5.1 重大事故等対処施設としての評価結果

衛星携帯電話の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。評価用加速度は機能確認済加速度を満足しており、耐震性を有することを確認した。

電氣的機能維持評価結果を第 5-1 表に示す。

第5-1表 電氣的機能維持評価結果（重大事故等対処施設）

評価対象設備		加速度 確認部位	加振 方向		機能確認済加速度との比較		詳細 評価	
					評価用加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)	機能確認済加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)		
計測 制御 系統 施設	その他	衛星携帯電話 (固定金物)	加振台	水平	前後	0.86	1.82	-
				左右	0.86	1.82		
			鉛直		0.61	1.48		
		衛星携帯電話 (電話台)	加振台	水平	前後	0.86	2.04	-
				左右	0.86	2.04		
			鉛直		0.61	1.48		

通信機器収容盤(1)、(2)、(3)の耐震計算書

設計及び工事計画認可申請添付資料 12-17-1-1-2

玄海原子力発電所第3号機

目 次

	頁
1. 概 要	12 (3) - 17 - 1 - 1 - 2 - 1
2. 基本方針	12 (3) - 17 - 1 - 1 - 2 - 1
2.1 構造の説明	12 (3) - 17 - 1 - 1 - 2 - 1
2.2 評価方針	12 (3) - 17 - 1 - 1 - 2 - 2
3. 耐震評価箇所	12 (3) - 17 - 1 - 1 - 2 - 3
4. 地震応答解析及び応力評価	12 (3) - 17 - 1 - 1 - 2 - 3
4.1 基本方針	12 (3) - 17 - 1 - 1 - 2 - 3
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	12 (3) - 17 - 1 - 1 - 2 - 4
4.3 設計用地震力	12 (3) - 17 - 1 - 1 - 2 - 7
4.4 解析モデル及び諸元	12 (3) - 17 - 1 - 1 - 2 - 10
4.5 固有値	12 (3) - 17 - 1 - 1 - 2 - 12
4.6 応力評価方法	12 (3) - 17 - 1 - 1 - 2 - 14
4.7 応力評価条件	12 (3) - 17 - 1 - 1 - 2 - 19
5. 機能維持評価	12 (3) - 17 - 1 - 1 - 2 - 20
5.1 機能維持評価方法	12 (3) - 17 - 1 - 1 - 2 - 20
6. 評価結果	12 (3) - 17 - 1 - 1 - 2 - 22
6.1 重大事故等対処施設としての評価結果	12 (3) - 17 - 1 - 1 - 2 - 22

1. 概要

本資料は、資料 12-9 「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、通信機器收容盤(1)、(2)、(3)が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを説明するものである。その耐震評価は地震応答解析、応力評価及び機能維持評価により行う。

通信機器收容盤(1)、(2)、(3)は、設計基準対象施設においては C クラス施設に、重大事故等対処施設においては常設重大事故緩和設備に分類される。以下、資料 12-1 「耐震設計の基本方針」の「2.1 基本方針」に示す常設重大事故緩和設備が設置される重大事故等対処施設の耐震評価を示す。

2. 基本方針

2.1 構造の説明

資料 12-11 「機器・配管の耐震支持方針」にて設定した電気計測制御装置の支持方針に基づき設計した通信機器收容盤(1)、(2)、(3)の構造計画を第 2-1 表に示す。なお、通信機器收容盤(1)、(2)、(3)は 3 面列盤となるため、3 面列盤構造で耐震評価を実施する。

第 2-1 表 通信機器收容盤(1)、(2)、(3)の構造計画

設備名称	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
通信機器收容盤(1)、(2)、(3)	垂直自立型 ^(注)	盤を取付ボルトにてチャンネルベースに取り付ける。また、チャンネルベースと溶接された架台は建屋の床面に埋め込まれた埋込金物に溶接にて固定される。	

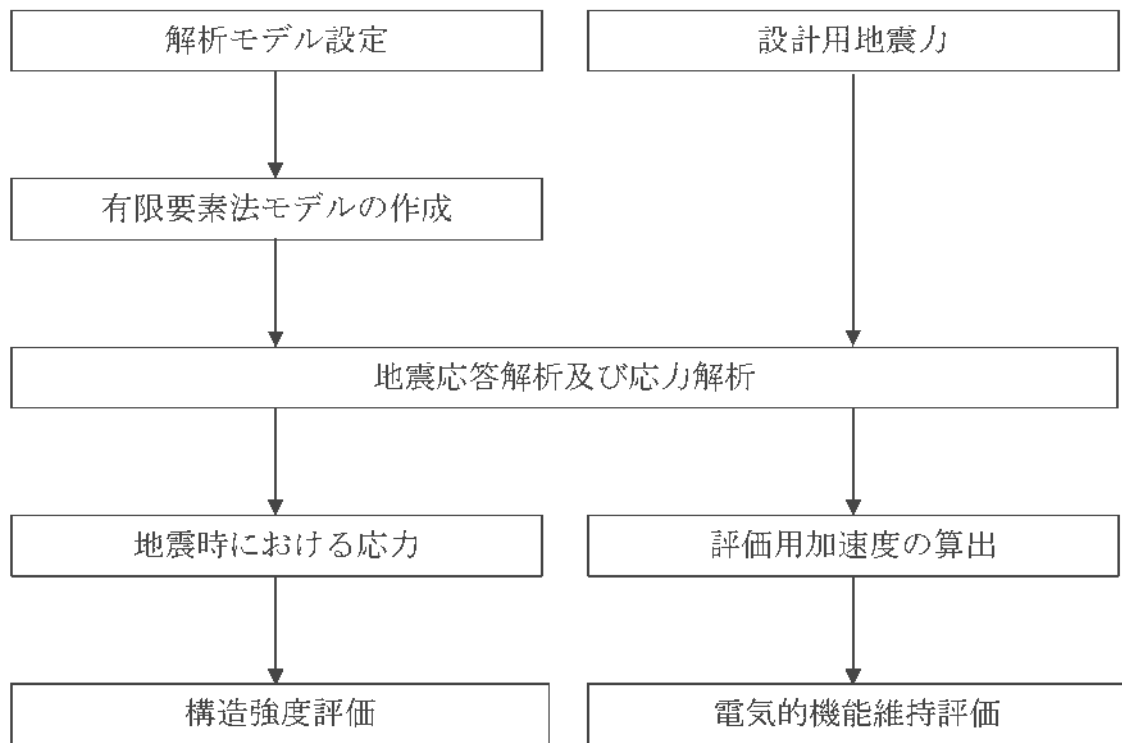
(注) 機能維持評価を行う、メディアコンバータ、レイヤ 3 スイッチ(L3SW)、開閉器、IDU、スイッチングハブ、衛星用ルータ、衛星携帯電話機（アンテナ給電装置含む）及び分電ユニットを内装する盤。

2.2 評価方針

通信機器収容盤(1)、(2)、(3)の応力評価は、資料 12-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.1 構造の説明」にて示す通信機器収容盤(1)、(2)、(3)の部位を踏まえ、「3. 耐震評価箇所」にて設定する箇所に作用する応力等が許容限界内に収まることを、「4. 地震応答解析及び応力評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また、通信機器収容盤(1)、(2)、(3)の機能維持評価は、資料 12-9「機能維持の基本方針」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、地震時の応答加速度が電氣的機能確認済加速度以下であることを、「5. 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「6. 評価結果」に示す。

通信機器収容盤(1)、(2)、(3)の耐震評価の手順は、平成 29 年 8 月 25 日付け原規規発第 1708253 号にて認可された工事計画の実績に基づき実施する。

通信機器収容盤(1)、(2)、(3)の耐震評価フローを第 2-1 図に示す。



第 2-1 図 通信機器収容盤(1)、(2)、(3)の耐震評価フロー

3. 耐震評価箇所

通信機器収容盤(1)、(2)、(3)の耐震評価は、耐震評価上厳しくなる盤フレーム、架台フレーム及び取付ボルトを選定して実施する。通信機器収容盤(1)、(2)、(3)の耐震評価箇所について、第 2-1 表の説明図に示す。

4. 地震応答解析及び応力評価

4.1 基本方針

(1) 通信機器収容盤(1)、(2)、(3)の固有振動数、応力及び荷重を算定するための地震応答解析には、平成 29 年 8 月 25 日付け原規規発第 1708253 号にて認可された工事計画にて実績のある 3 次元 FEM モデルによる解析手法を適用する。

(2) 盤を構成する鋼材をはり要素、鋼板をシェル要素としてモデル化し、固有振動数が 30Hz 以上である場合は最大床加速度の 1.2 倍を用いた静解析を、20Hz 以上 30Hz 未満である場合はスペクトルモーダル解析及び最大床加速度の 1.2 倍を用いた静解析を、20Hz 未満である場合はスペクトルモーダル解析を実施する。

(3) 解析コードは「MSC NASTRAN Ver.2008.0.4」を使用する。なお、評価に用いる解析コード「MSC NASTRAN Ver.2008.0.4」の検証及び妥当性確認等の概要については、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

(4) 境界条件として、基礎溶接部で固定し盤のフレームとパネル間及びチャンネルベースと架台間は剛体接続、盤とチャンネルベース間は取付ボルトを弾性体としてモデル化し接続する。

(5) 取付器具の質量は筐体との取付ボルト位置に付加し、扉の質量は筐体のヒンジ位置に付加する。金具、ケーブル類の質量は等分布としてモデル全体に付加する。

3 面列盤における総質量は 1800kg である。また、盤と架台を締結するためのチャンネルベースの総質量は 105kg、基礎とチャンネルベースを締結するための架台の総質量は 185kg である。

(6) 許容応力について JSME S NJ1-2012 の Part3 を用いて計算する際に、温度が図表記載値の中間の値の場合は、比例法を用いて計算する。

但し、比例法を用いる場合の端数処理は、有効 3 桁以下を切り捨てた値を用いるものとする。

(7) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

通信機器収容盤(1)、(2)、(3)の荷重の組合せ及び許容応力状態を第 4-1 表に示す。

4.2.2 許容応力

通信機器収容盤(1)、(2)、(3)の許容応力を第 4-2 表に示す。

4.2.3 使用材料の許容応力

通信機器収容盤(1)、(2)、(3)の使用材料の許容応力を第 4-3 表に示す。

第4-1表 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処施設）

施設区分		機器名称	設備分類	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	その他	通信機器収容盤(1)、 (2)、(3) <small>(注1)</small>	常設重大事故緩 和設備	$D + P_D + M_D + S_s$ <small>(注2)</small>	IVAS
				$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	

(注1) その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

(注2) 「 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$ 」の評価に包絡されるため、評価結果の記載を省略する。

第4-2表 許容応力（その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界 ^{(注1)(注2)} (ボルト以外)				許容限界 ^(注2) (ボルト等)	
	一次応力				一次応力	
	引張	せん断	圧縮	曲げ	引張	せん断
IV _{AS}	1.5f _t *	1.5f _s *	1.5f _c *	1.5f _b *	1.5f _t *	1.5f _s *

(注1) 「鋼構造設計規準 SI 単位版」(2002年日本建築学会)等の幅厚比の制限を満足させる。

(注2) 応力の組合せが考えられる場合には、組合せ応力に対しても評価を行う。

第4-3表 使用材料の許容応力（重大事故等対処施設）

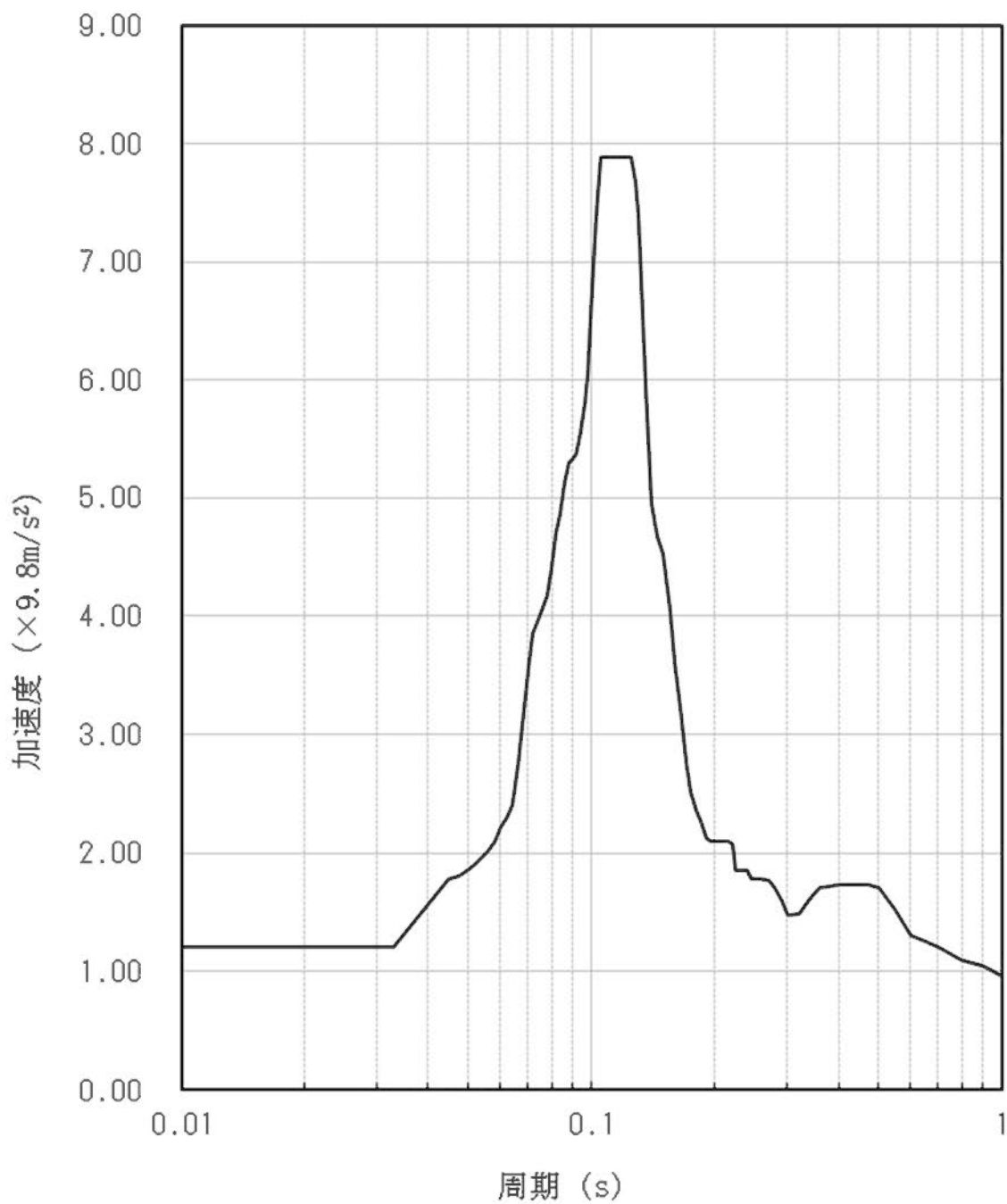
評価部位	材 料	温度条件 (°C)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F* (MPa)	摘 要
盤フレーム	SS400	40 (雰囲気温度)	245	400	280	—
架台フレーム						
取付ボルト						呼径 M16

4.3 設計用地震力

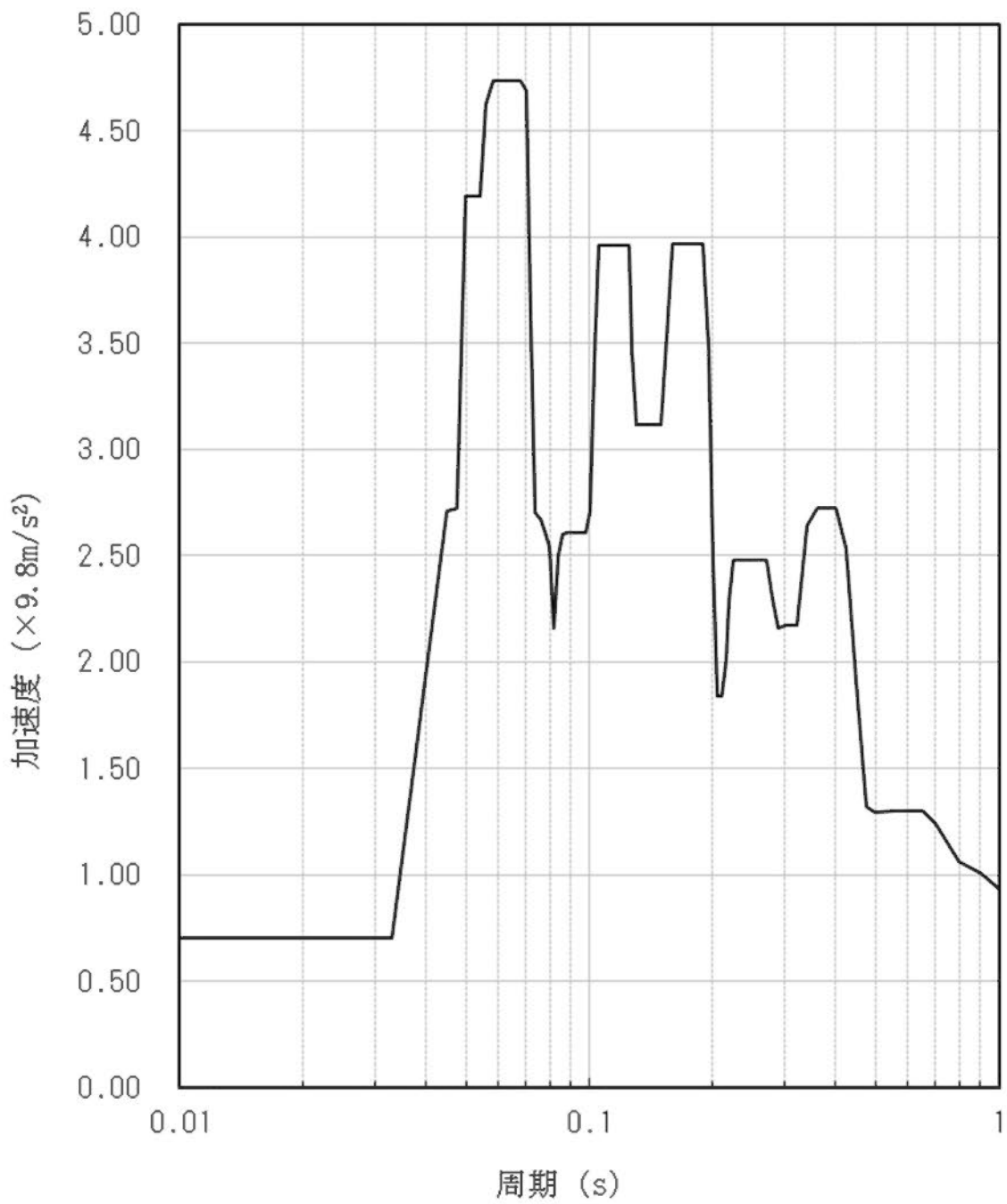
耐震計算に用いる入力地震力には、資料 12-7「設計用床応答曲線の作成方針」にて設定した床応答の作成方針に基づき、第 4-4 表にて示す条件を用いて作成した第 4-1 図に示す設計用床応答曲線を用いる。また、減衰定数は資料 12-6「地震応答解析の基本方針」第 3-1 表に記載の減衰定数を用いる。

第 4-4 表 設計用地震力

地震動	設置場所 及び 床面高さ (m)	設計用床応答曲線			備 考
		建屋 及び高さ(m)	方向	減衰定数 (%)	
基準 地震動 S _s	緊急時対策棟 EL.30.75	緊急時対策棟 EL.30.75	水平	4.0	水平方向は、S _s -1～ 5 の X 方向及び Y 方 向の包絡曲線を用い る。 鉛直方向は、S _s -1～ 5 の包絡曲線を用い る。
			鉛直	1.0	



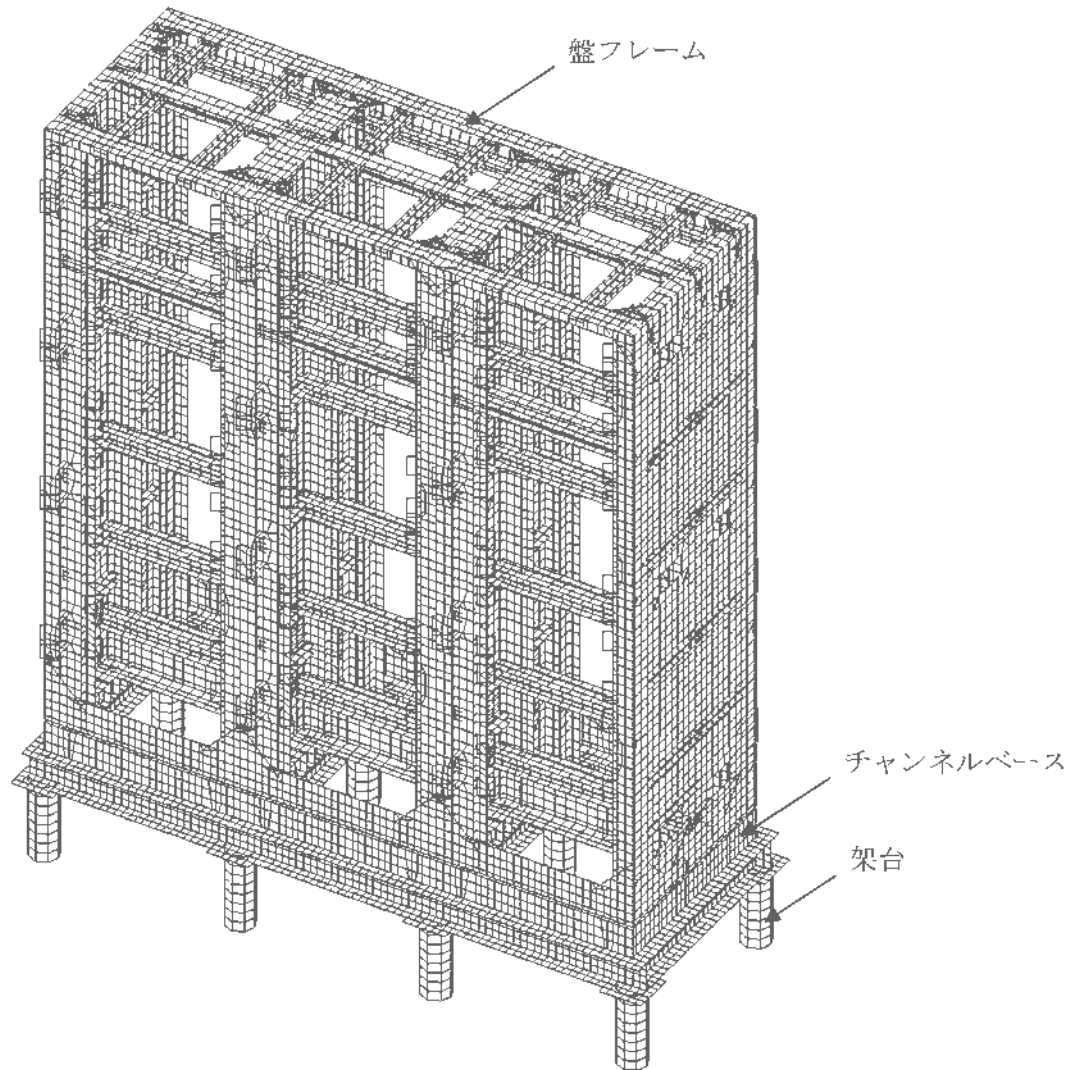
第 4-1 図(1/2) 基準地震動 Ss
 (緊急時対策棟 EL.30.75m 減衰定数 4.0%
 Ss-1~5 包絡 水平方向)



第 4-1 図(2/2) 基準地震動 Ss
 (緊急時対策棟 EL.30.75m 減衰定数 1.0%
 Ss-1~5 包絡 鉛直方向)

4.4 解析モデル及び諸元

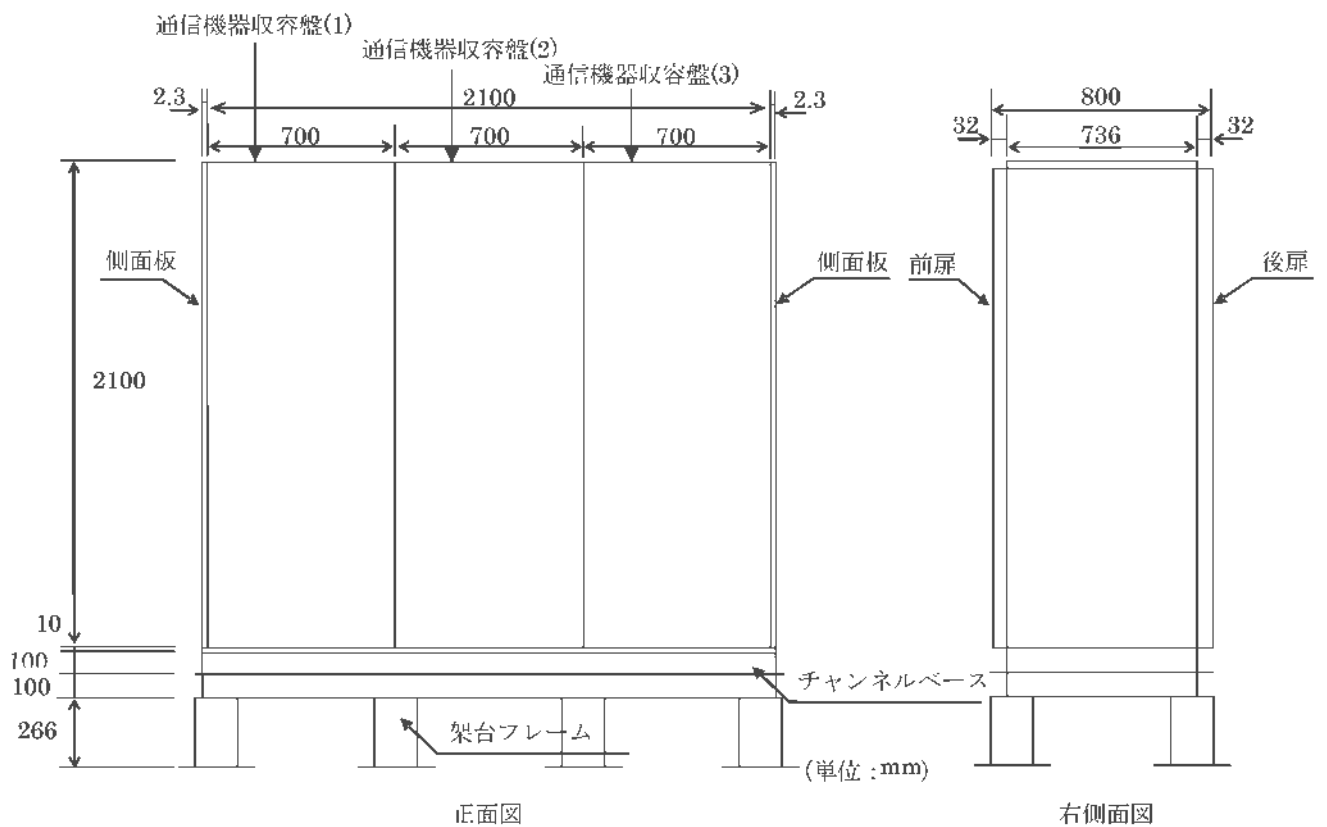
解析モデルは、盤を構成する鋼材をはり要素、鋼板、チャンネルベース及び架台をシェル要素としてモデル化した 3 次元 FEM モデルである。解析モデルを第 4-2 図に、解析モデルの諸元を第 4-5 表に示す。



第 4-2 図 解析モデル

第4-5表 解析モデルの諸元

項目		記号	単位	数値等
材質	盤	—	—	SS400
	架台	—	—	SS400
	取付ボルト	—	—	SS400
温度条件 (雰囲気温度)		T	℃	40
縦弾性係数		E	MPa	2.01000×10^5
ポアソン比		ν	—	0.3
寸法	盤	—	—	第4-3図
	取付ボルト	—	—	M16×90mm×42本
要素数		—	個	29,674
節点数		—	個	27,467



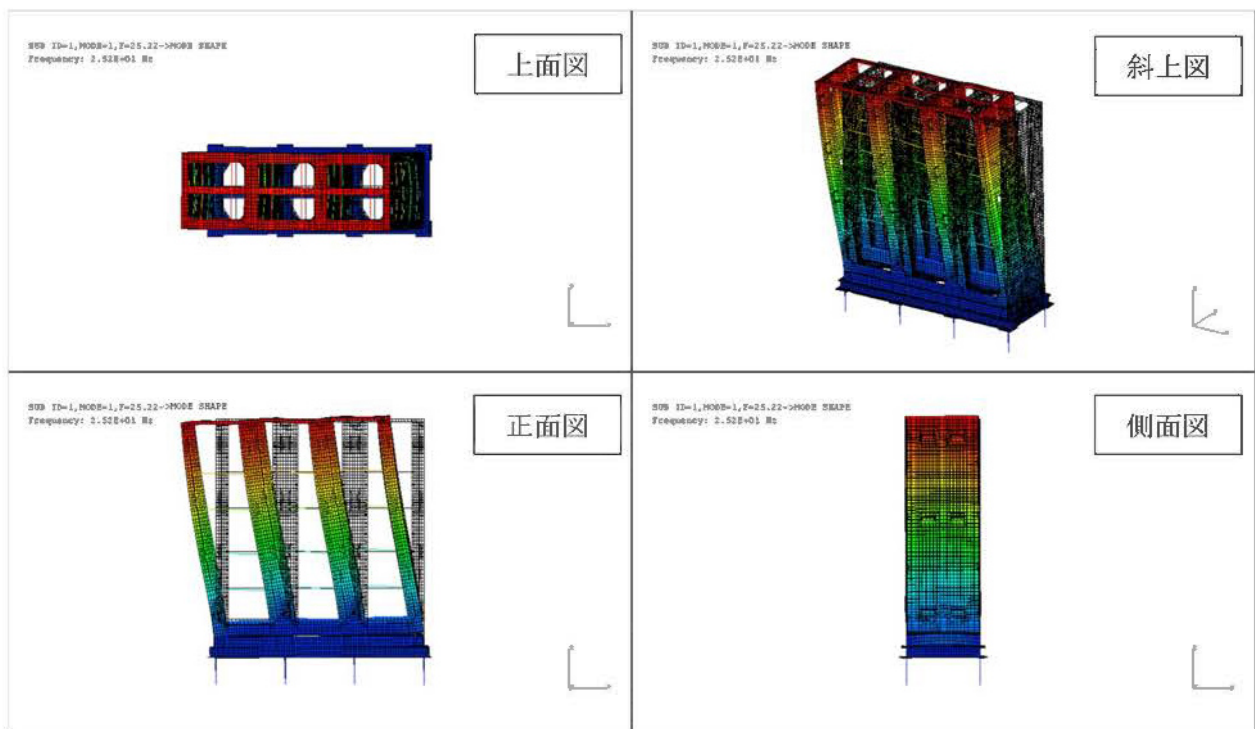
第4-3図 通信機器收容盤(1)、(2)、(3) 外形図

4.5 固有値

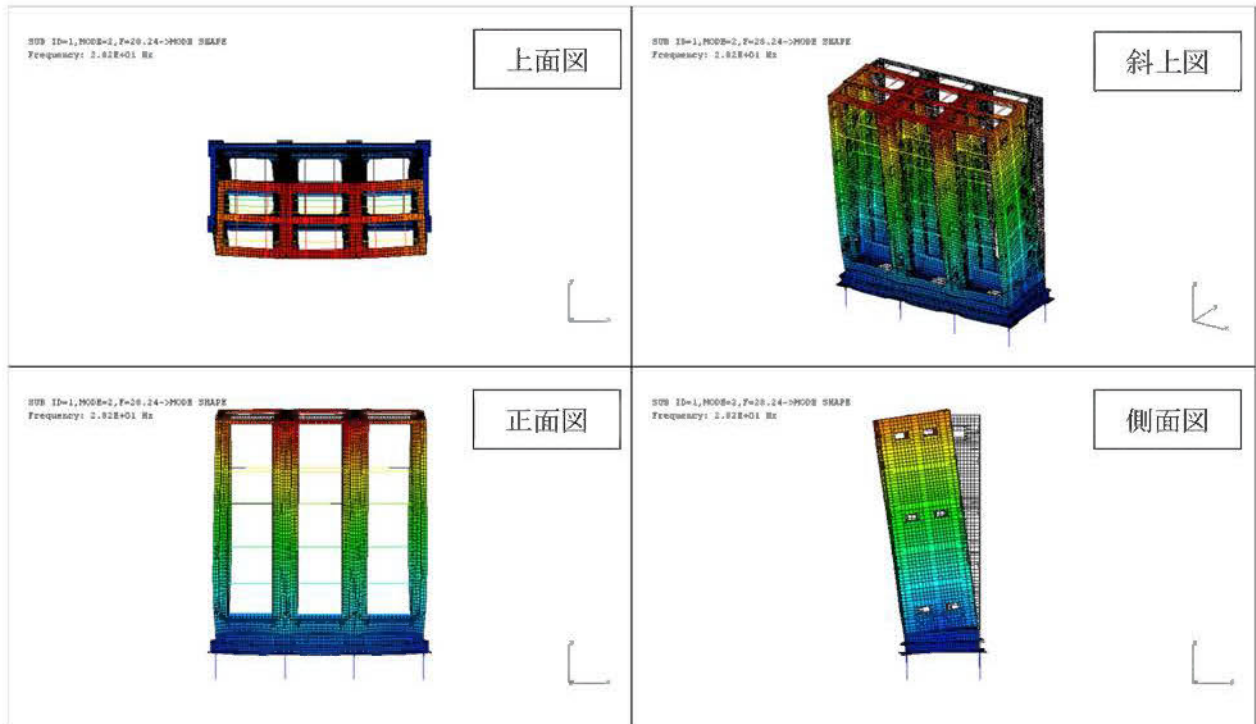
固有振動数を第 4-6 表に、振動モード図を第 4-4 図～第 4-6 図に示す。

第 4-6 表 固有振動数

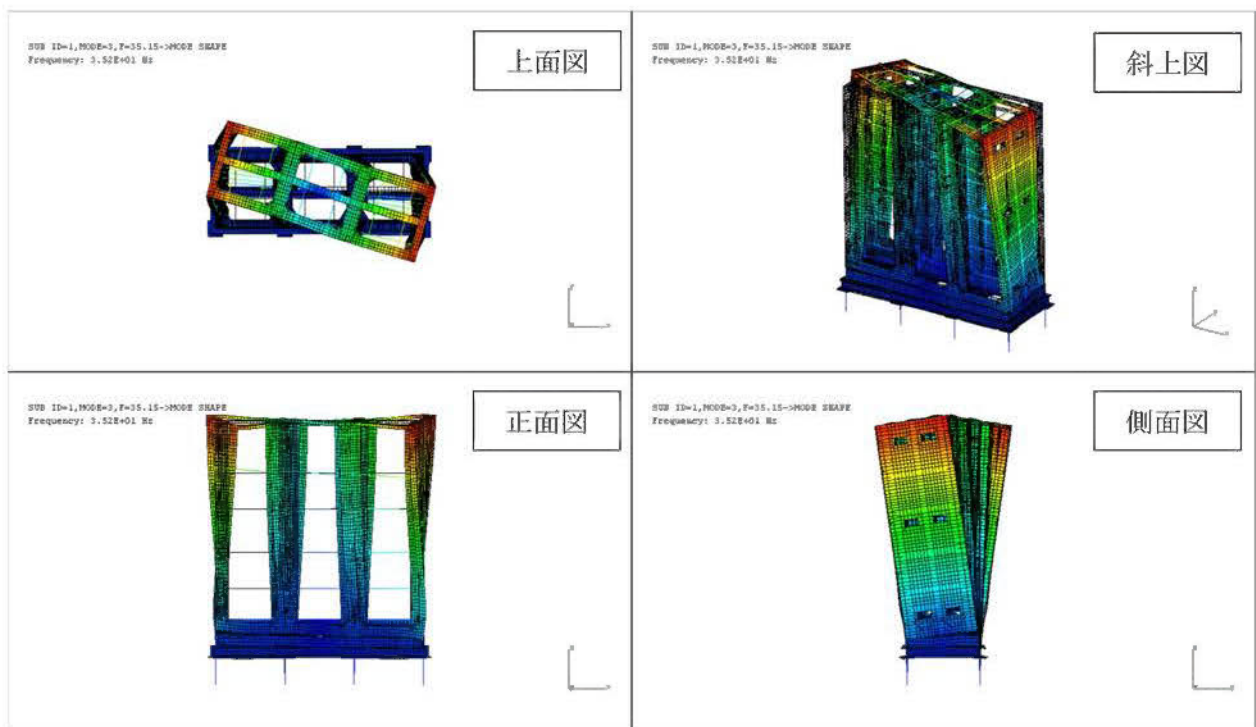
次数	固有振動数 (Hz)	刺激係数			卓越相当部材
		X 方向	Y 方向	Z 方向	
1	25.22	-1.1215	-0.0362	-0.0005	盤フレーム
2	28.24	0.0347	-1.1557	-0.0283	盤フレーム
3	35.15	0.0175	-0.0078	0.0237	盤フレーム



第 4-4 図 振動モード (1 次モード)



第 4-5 図 振動モード (2 次モード)



第 4-6 図 振動モード (3 次モード)

4.6 応力評価方法

4.6.1 盤フレーム、架台フレーム

FEM 解析の結果から得られるフレーム部分のはり要素の荷重、モーメントを用いて、以下の式により最大応力及び組合せ応力を計算する。

応力の種類		単 位	応力計算式
引張応力 σ_t		MPa	$\frac{F_x}{A}$
圧縮応力 σ_c		MPa	$\frac{F_x}{A}$
曲げ応力 σ_b		MPa	$\frac{M_y}{Z_y} + \frac{M_z}{Z_z}$
せん断応力 τ		MPa	$\frac{F_y}{A_y} + \frac{F_z}{A_z} + \frac{hT}{J}$
組合せ 応力	引張+曲げ	—	$\frac{\sigma_t + \sigma_b}{1.5f_t^*}$
	圧縮+曲げ	—	$\frac{\sigma_c}{1.5f_c^*} + \frac{\sigma_b}{1.5f_b^*}$

ここで、

盤フレーム

記号	記号の説明	単位	応力分類	数値
F_x	はりに作用する 引張、圧縮力	N	引張	1722.0
			圧縮	3264.6
			組合せ (引張+曲げ)	36.1
			組合せ (圧縮+曲げ)	3264.6
F_y	はりに作用する Y 軸方向のせん断力	N	—	582.6
F_z	はりに作用する Z 軸方向のせん断力	N	—	60.3

記号	記号の説明	単位	応力分類	数値
M_y	はりに作用する Y軸周りの曲げ モーメント	N・mm	曲げ	14544.5
			組合せ (引張+曲げ)	
			組合せ (圧縮+曲げ)	4393.6
M_z	はりに作用する Z軸周りの曲げ モーメント	N・mm	曲げ	113452.3
			組合せ (引張+曲げ)	
			組合せ (圧縮+曲げ)	237872.6
T	はりに作用する ねじりモーメント	N・mm	—	4294.5
A	はりの断面積	mm ²	引張	347.5
			圧縮	856.3
			組合せ (引張+曲げ)	570.2
			組合せ (圧縮+曲げ)	856.3
A_y	はりの有効せん断 断面積 (Y軸方向)	mm ²	—	83.2
A_z	はりの有効せん断 断面積 (Z軸方向)	mm ²	—	128.0

記号	記号の説明	単位	応力分類	数値
Z_y	はりの Y 軸まわりの 断面係数	mm^3	曲げ	4420.0
			組合せ (引張+曲げ)	
			組合せ (圧縮+曲げ)	11940.0
Z_z	はりの Z 軸まわりの 断面係数	mm^3	曲げ	4570.0
			組合せ (引張+曲げ)	
			組合せ (圧縮+曲げ)	20800.0
J	はりのねじり剛性	mm^4	—	650.0
h	はりの板厚	mm	—	3.2

架台フレーム

記号	記号の説明	単位	応力分類	数値
F_x	はりに作用する 引張、圧縮力	N	引張	11669.9
			圧縮	17886.0
			組合せ (引張+曲げ)	9303.1
			組合せ (圧縮+曲げ)	17724.6
F_y	はりに作用する Y 軸方向のせん断力	N	—	4270.0
F_z	はりに作用する Z 軸方向のせん断力	N	—	342.6

記号	記号の説明	単位	応力分類	数値
M_y	はりに作用する Y 軸周りの曲げ モーメント	N・mm	曲げ	1095468.3
			組合せ (引張+曲げ)	293075.9
			組合せ (圧縮+曲げ)	83157.4
M_z	はりに作用する Z 軸周りの曲げ モーメント	N・mm	曲げ	22150.5
			組合せ (引張+曲げ)	794776.4
			組合せ (圧縮+曲げ)	938722.2
T	はりに作用する ねじりモーメント	N・mm	—	5250.1
A	はりの断面積	mm ²	—	3067.0
A_y	はりの有効せん断 断面積 (Y 軸方向)	mm ²	—	1800.0
A_z	はりの有効せん断 断面積 (Z 軸方向)	mm ²	—	1800.0
Z_y	はりの Y 軸まわりの 断面係数	mm ³	—	81600.0
Z_z	はりの Z 軸まわりの 断面係数	mm ³	—	81600.0
J	はりのねじり剛性	mm ⁴	—	6782130.0
h	はりの板厚	mm	—	9.0

4.6.2 取付ボルト

FEM 解析の結果から得られる取付ボルト部の最大荷重を用いて、以下の式により最大応力及び組合せ応力を計算する。

応力の種類	単 位	応力計算式
引張応力 σ_{bt}	MPa	$\frac{F_x}{A_b}$
せん断応力 τ_b	MPa	$\frac{F_y}{A_b} + \frac{F_z}{A_b} + \frac{hT}{J}$
組合せ応力	MPa	$\frac{F_x}{A_b}$

ここで、

記号	記号の説明	単位	応力分類	数値
F_x	ボルト 1 本あたりに作用する引張力	N	取付ボルト	5655.0
F_y	ボルト 1 本あたりに作用する Y 軸方向のせん断力	N	取付ボルト	2200.3
F_z	ボルト 1 本あたりに作用する Z 軸方向のせん断力	N	取付ボルト	2435.9
T	ボルト 1 本あたりに作用するねじりモーメント	N・mm	取付ボルト	2.1

記号	記号の説明	単位	応力分類	数値
A_b	ボルト 1 本あたりの 断面積	mm²	取付ボルト	157
J	ボルト 1 本あたりの ねじり剛性	mm⁴	取付ボルト	4585.4
h	ボルト 1 本あたりの 半径	mm	取付ボルト	7.3

4.7 応力評価条件

(1) 応力計算条件

	項目	記号	単位	数値等
材質	盤フレーム	—	—	SS400
	架台フレーム	—	—	SS400
	取付ボルト	—	—	SS400
寸法	盤	—	—	第 4-3 図
	取付ボルト	—	—	M16×42 本

5. 機能維持評価

通信機器収容盤(1)、(2)、(3)の地震時及び地震後の電氣的機能維持評価について、以下に示す。

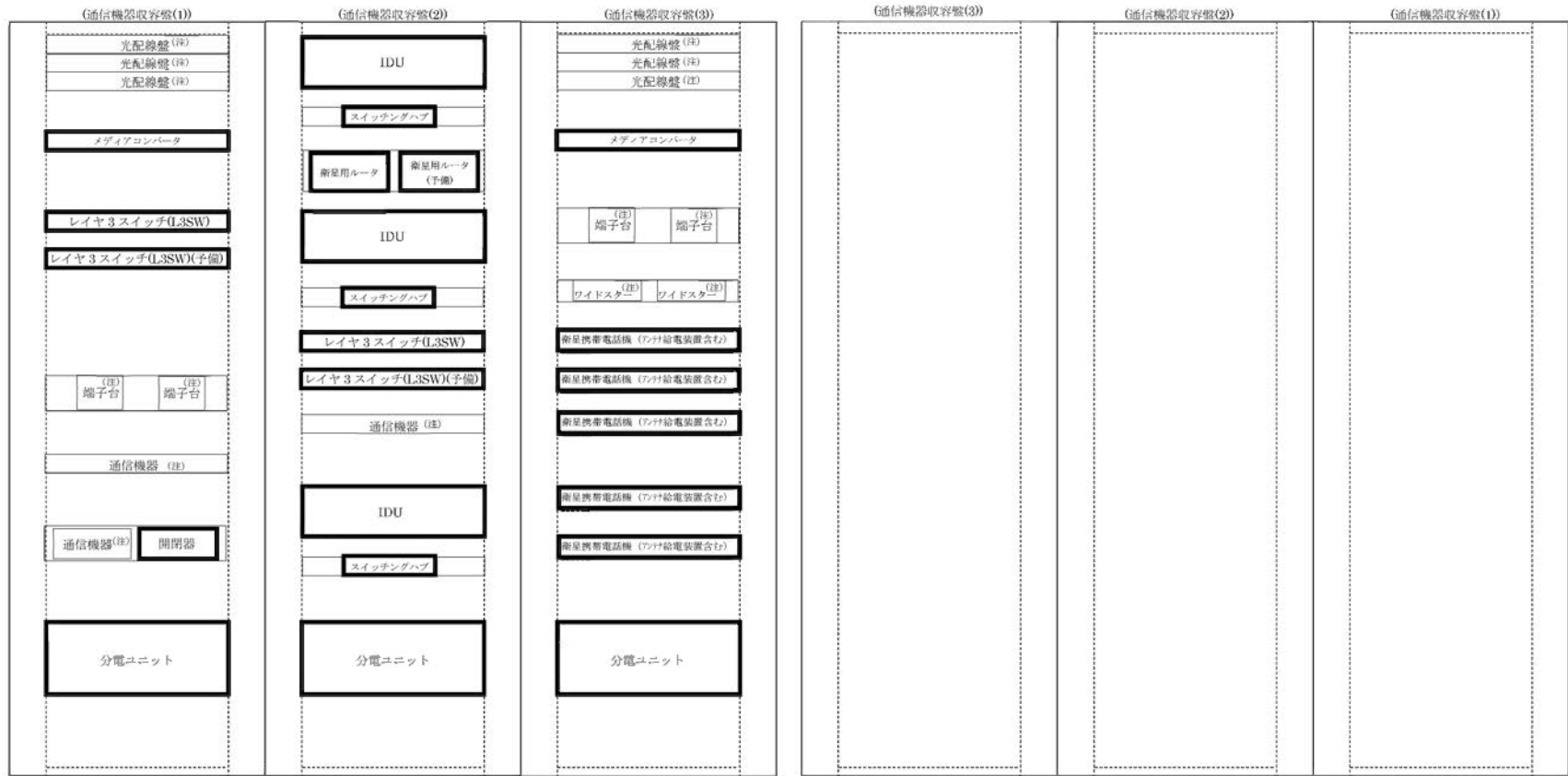
5.1 機能維持評価方法

通信機器収容盤(1)、(2)、(3)の評価用加速度が機能確認済加速度以下であることを確認する。機能確認済加速度には、器具単体の正弦波加振試験（掃引試験及びビート試験）において、電氣的機能の健全性を確認した加振波の最大加速度を適用する。機能確認済加速度を第5-1表に示す。また、評価する器具の実装図を第5-1図に示す。

なお、評価用加速度には、地震応答解析により得られた器具取付位置における応答加速度の最大値を用いる。

第5-1表 機能確認済加速度

器具名称	方 向	機能確認済加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)
メディアコンバータ	水平	10.0
	鉛直	10.0
レイヤ3スイッチ(L3SW)	水平	10.0
	鉛直	10.0
開閉器	水平	10.0
	鉛直	10.0
IDU	水平	10.0
	鉛直	5.0
スイッチングハブ	水平	10.0
	鉛直	10.0
衛星用ルータ	水平	10.0
	鉛直	10.0
衛星携帯電話機 (アンテナ給電装置含む)	水平	10.0
	鉛直	5.0
分電ユニット	水平	6.0
	鉛直	2.0



前面

後面

第5-1図 器具の実装図

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処施設としての評価結果

通信機器収容盤(1)、(2)、(3)の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は評価基準値を満足しており、耐震性を有することを確認した。

基準地震動 S_s に対する応力評価結果を第 6-1 表に、電気的機能維持評価結果を第 6-2 表に示す。また、最大応力発生箇所を第 6-1 図～第 6-3 図に示す。

第6-1表 基準地震動 S_s による評価結果 ($D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$) (1/2)

評価対象設備		評価部位	応力分類		発生値	評価基準値	
					MPa	MPa	
計測制御系統施設	その他	通信機器収容盤 (1)、(2)、(3)	盤フレーム	引張応力		5	279
				せん断応力		29	160
				圧縮応力		4	61
				曲げ応力		29	279
			組合せ 応力	引張+曲げ	0.11 ^(注1)	1 ^(注1)	
				圧縮+曲げ	0.11 ^(注1)		
			架台 フレーム	引張応力		4	279
				せん断応力		3	160
				圧縮応力		6	277
				曲げ応力		14	279
組合せ 応力	引張+曲げ	0.07 ^(注1)		1 ^(注1)			
	圧縮+曲げ	0.07 ^(注1)					

第6-1表 基準地震動 S_s による評価結果 ($D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$) (2/2)

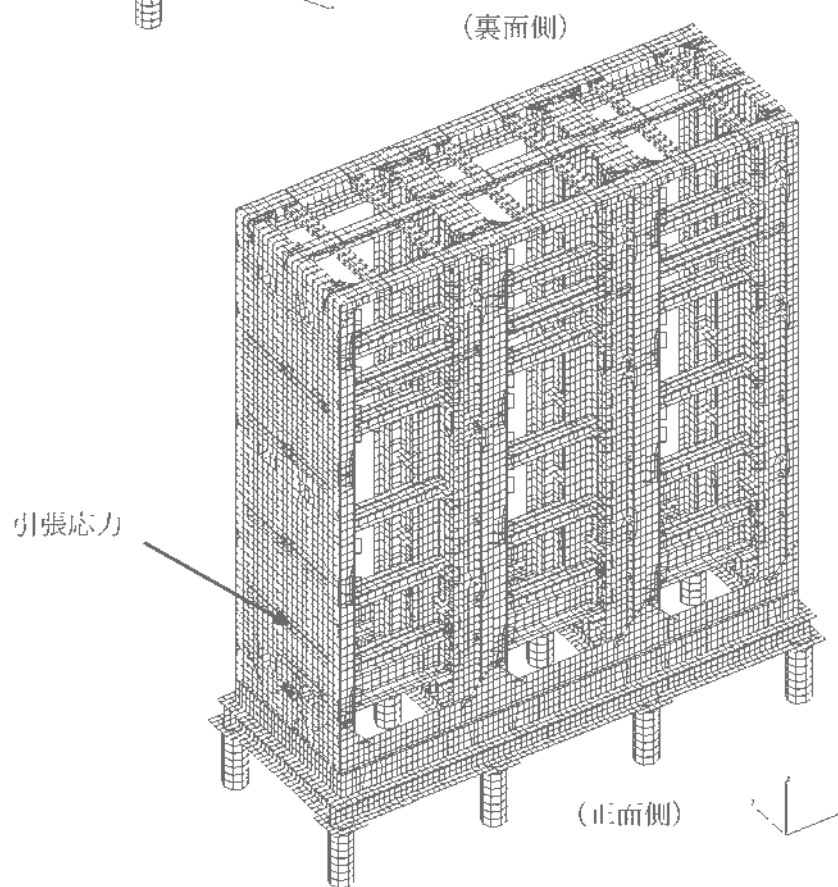
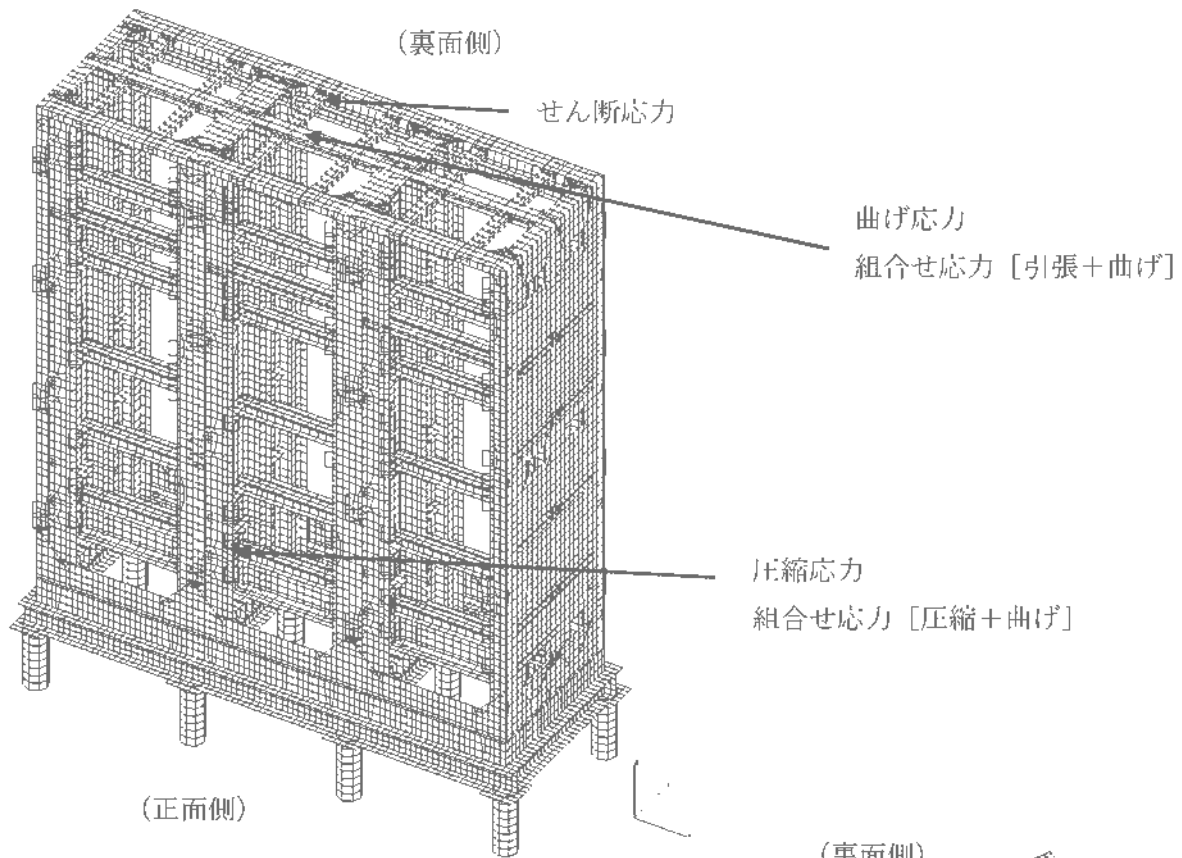
評価対象設備			評価部位	応力分類	発生値	評価基準値
					MPa	MPa
計測制御系統施設	その他	通信機器収容盤 (1)、(2)、(3)	取付 ボルト	引張応力	37	279
				せん断応力	30	160
				組合せ応力	37	279 ^(注2)

(注1) 単位なし

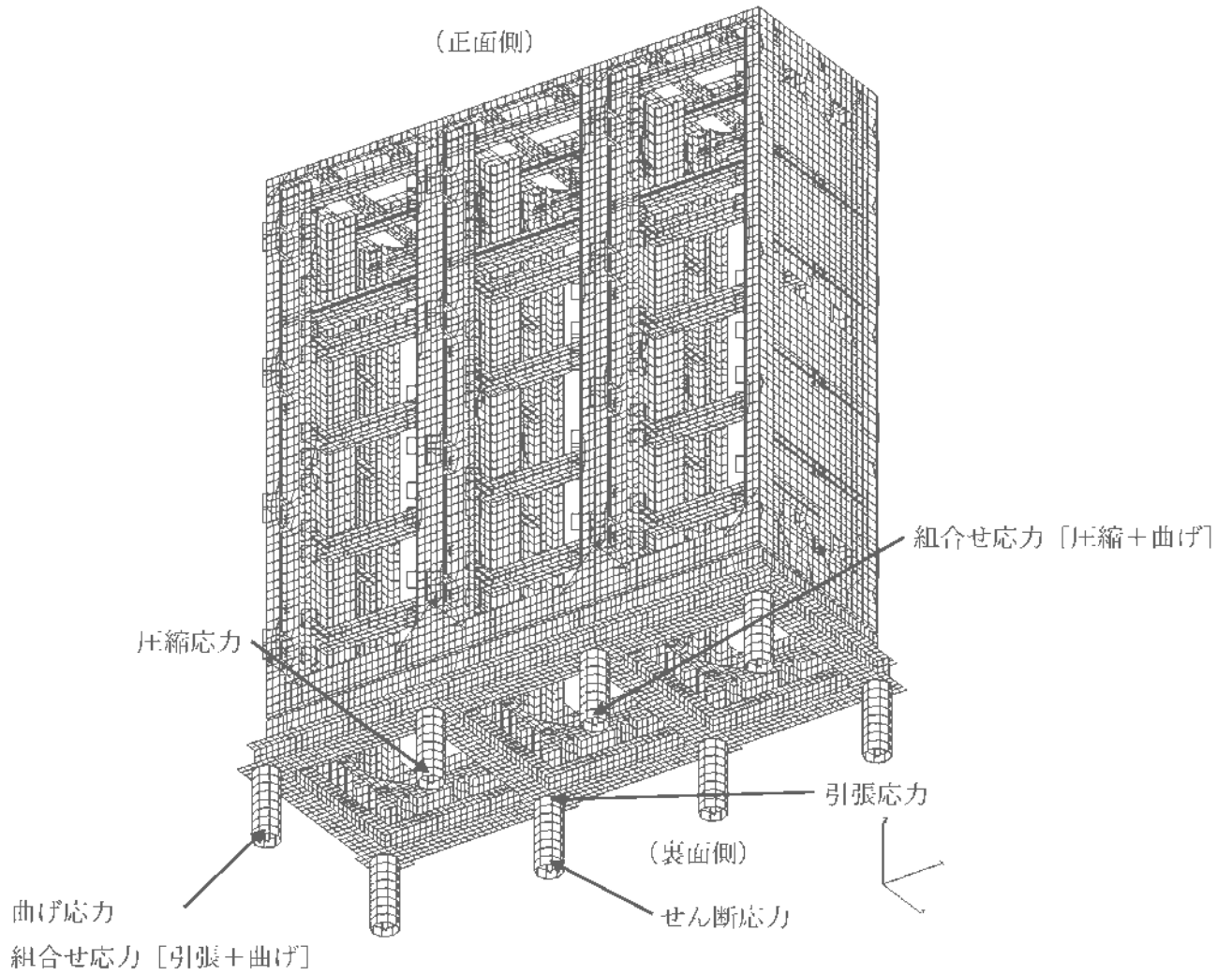
(注2) 引張応力(σ_b)とせん断応力(τ_b)との組合せ応力の評価基準値は $\text{Min}(1.4 \cdot 1.5f_t^* - 1.6\tau_b, 1.5f_t^*)$ とする。

第6-2表 電氣的機能維持評価結果（重大事故等対処施設）

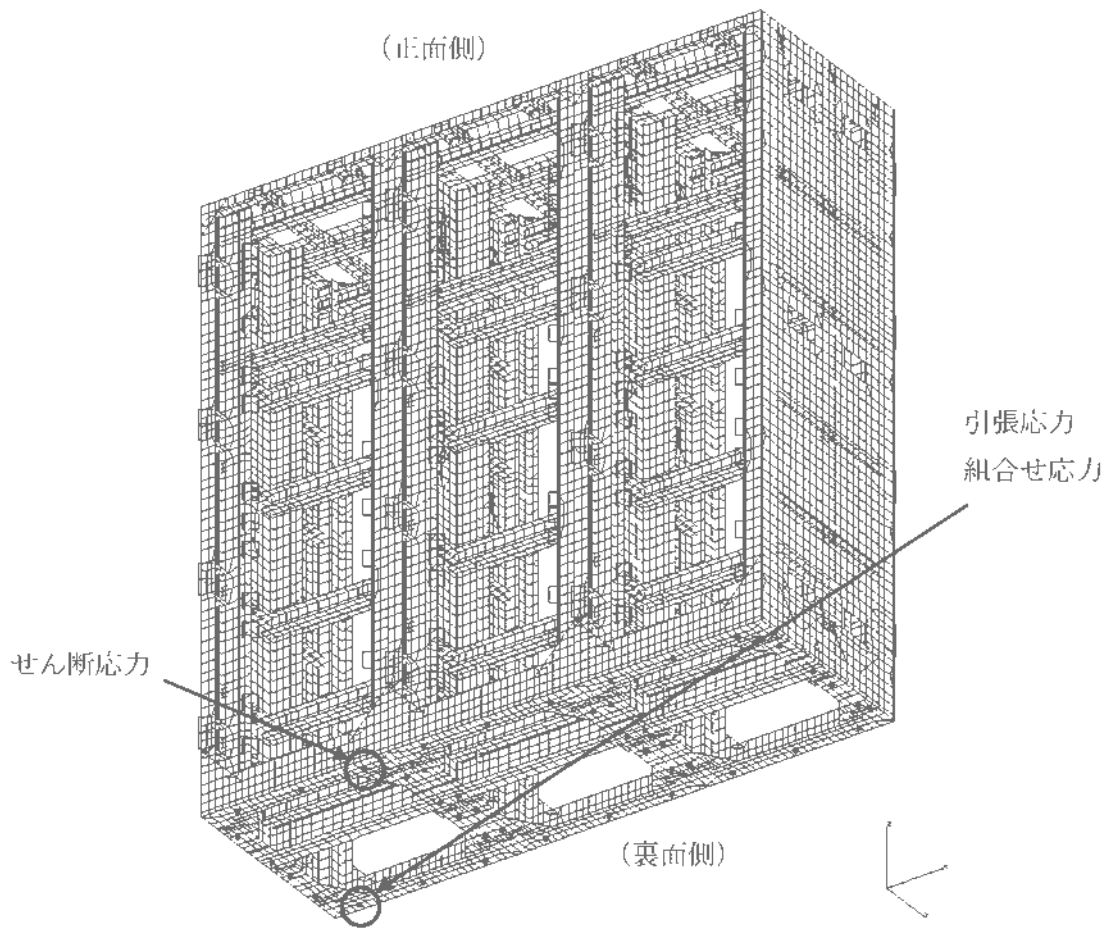
評価対象設備				機能確認済加速度との比較					詳細評価
				加速度 確認部位	水平加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)		鉛直加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)		
					評価用 加速度	機能確認済 加速度	評価用 加速度	機能確認済 加速度	
計測制御系統施設	その他	通信機器収容盤 (1)、(2)、(3)	メディアコンバータ	—	3.6	10.0	0.8	10.0	—
			レイヤ3スイッチ(L3SW)	—	3.5	10.0	0.8	10.0	—
			開閉器	—	2.1	10.0	0.8	10.0	—
			IDU	—	2.5	10.0	0.8	5.0	—
			スイッチングハブ	—	2.0	10.0	0.8	10.0	—
			衛星用ルータ	—	1.9	10.0	0.8	10.0	—
			衛星携帯電話機 (アンテナ給電装置含む)	—	6.3	10.0	0.8	5.0	—
			分電ユニット	—	1.7	6.0	0.8	2.0	—



第6-1図 盤フレームの最大応力発生箇所



第6-2図 架台脚部の最大応力発生箇所



第6-3図 盤 チャンネルベース間締結ボルトの最大応力発生箇所

衛星携帯電話用アンテナの耐震計算書

設計及び工事計画認可申請添付資料 12-17-1-1-3

玄海原子力発電所第3号機

目 次

	頁
1. 概 要	12 (3) - 17 - 1 - 1 - 3 - 1
2. 基本方針	12 (3) - 17 - 1 - 1 - 3 - 2
2.1 構造の説明	12 (3) - 17 - 1 - 1 - 3 - 2
2.2 評価方針	12 (3) - 17 - 1 - 1 - 3 - 3
3. 耐震評価箇所	12 (3) - 17 - 1 - 1 - 3 - 4
4. 地震応答解析及び応力評価	12 (3) - 17 - 1 - 1 - 3 - 5
4.1 基本方針	12 (3) - 17 - 1 - 1 - 3 - 5
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	12 (3) - 17 - 1 - 1 - 3 - 6
4.3 設計用地震力	12 (3) - 17 - 1 - 1 - 3 - 9
4.4 解析モデル及び諸元	12 (3) - 17 - 1 - 1 - 3 - 10
4.5 固有値	12 (3) - 17 - 1 - 1 - 3 - 15
4.6 応力評価方法	12 (3) - 17 - 1 - 1 - 3 - 17
4.7 応力評価条件	12 (3) - 17 - 1 - 1 - 3 - 18
5. 機能維持評価	12 (3) - 17 - 1 - 1 - 3 - 19
5.1 機能維持評価方法	12 (3) - 17 - 1 - 1 - 3 - 19
6. 評価結果	12 (3) - 17 - 1 - 1 - 3 - 20
6.1 重大事故等対処施設としての評価結果	12 (3) - 17 - 1 - 1 - 3 - 20

1. 概 要

本資料は、資料 12-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、衛星携帯電話用アンテナが設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを説明するものである。その耐震評価は地震応答解析、応力評価及び機能維持評価により行う。

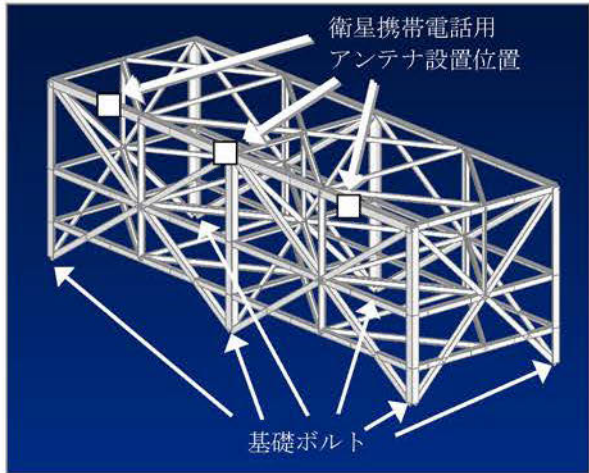
衛星携帯電話用アンテナは、設計基準対象施設においては C クラス施設に、重大事故等対処施設においては常設重大事故緩和設備に分類される。以下、資料 12-1「耐震設計の基本方針」の「2.1 基本方針」に示す常設重大事故緩和設備が設置される重大事故等対処施設の耐震評価を示す。

2. 基本方針

2.1 構造の説明

資料 12-11「機器・配管の耐震支持方針」にて設定した電気計測制御装置の支持方針に基づき設計した衛星携帯電話用アンテナの構造計画を第 2-1 表に示す。

第 2-1 表 衛星携帯電話用アンテナの構造計画

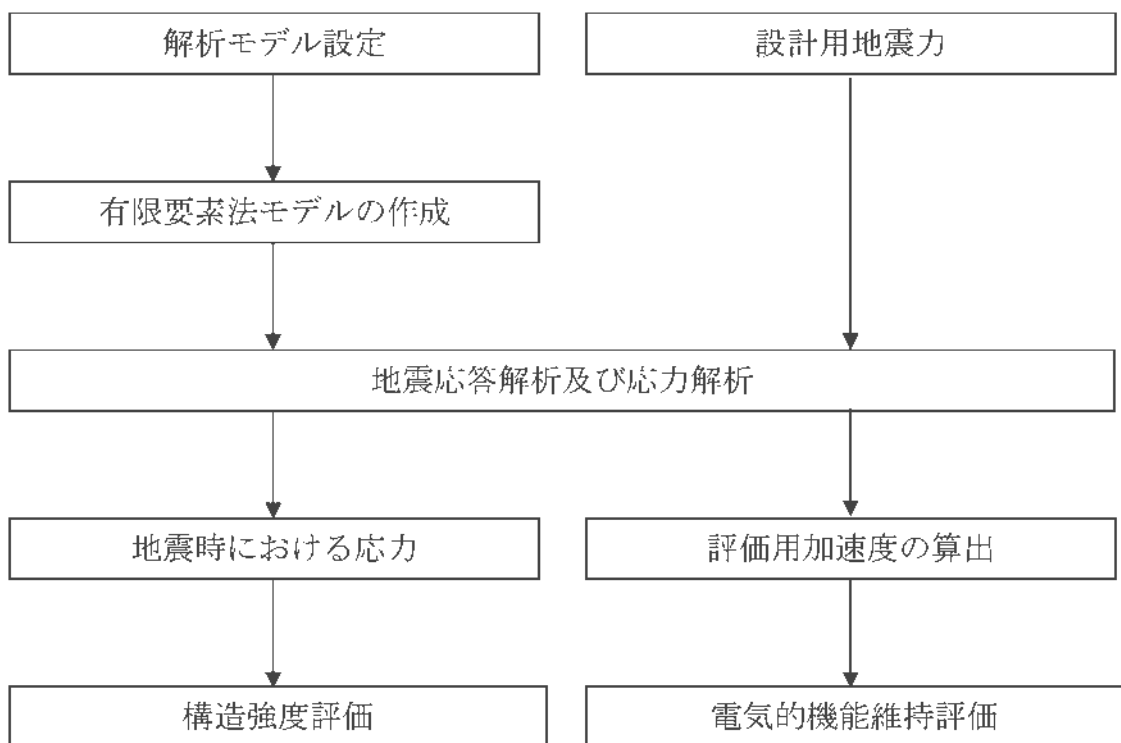
設備名称	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
衛星携帯電話用アンテナ	垂直自立型	衛星携帯電話用アンテナを取付金具にてアンテナポールに取り付ける。 また、アンテナポールを取付ボルトにて架台に固定し、架台を基礎ボルトにて基礎面に据え付ける。	 <p>衛星携帯電話用アンテナ</p> <p>衛星携帯電話用アンテナ設置位置</p> <p>基礎ボルト</p> <p>架台概要図</p> <p>衛星携帯電話用アンテナ</p> <p>取付金具</p> <p>架台</p> <p>取付ボルト</p> <p>基礎ボルト</p> <p>アンテナポール</p> <p>基礎</p> <p>側面図</p> <p>正面図</p> <p>衛星携帯電話用アンテナ取付け概要図</p>

2.2 評価方針

衛星携帯電話用アンテナの応力評価は、資料 12-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.1 構造の説明」にて示す衛星携帯電話用アンテナの部位を踏まえ、「3. 耐震評価箇所」にて設定する箇所に作用する応力等が許容限界内に収まることを、「4. 地震応答解析及び応力評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また、衛星携帯電話用アンテナの機能維持評価は、資料 12-9「機能維持の基本方針」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、地震時の応答加速度が電氣的機能確認済加速度以下であることを、「5. 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「6. 評価結果」に示す。

衛星携帯電話用アンテナの耐震評価の手順は、平成 29 年 8 月 25 日付け原規規発第 1708253 号にて認可された工事計画の実績に基づき実施する。

衛星携帯電話用アンテナの耐震評価フローを第 2-1 図に示す。



第 2-1 図 衛星携帯電話用アンテナの耐震評価フロー

3. 耐震評価箇所

衛星携帯電話用アンテナの耐震評価は、耐震評価上厳しくなる基礎ボルト、取付ボルトを選定して実施する。衛星携帯電話用アンテナの耐震評価箇所については、第2-1表の説明図に示す。

4. 地震応答解析及び応力評価

4.1 基本方針

- (1) 衛星携帯電話用アンテナの固有振動数、応力及び荷重を算定するための地震応答解析には、平成 29 年 8 月 25 日付け原規規発第 1708253 号にて認可された工事計画にて実績のある 3 次元 FEM モデルによる解析手法を適用する。
- (2) 架台及びアンテナポールを構成する鋼材をはり要素としてモデル化し、固有振動数が 30Hz 以上である場合は最大床加速度の 1.2 倍を用いた静解析を、20Hz 以上 30Hz 未満である場合はスペクトルモーダル解析及び最大床加速度の 1.2 倍を用いた静解析を、20Hz 未満である場合はスペクトルモーダル解析を実施する。
- (3) 解析コードは「FEMAP with NX Nastran」を使用する。なお、評価に用いる解析コード「FEMAP with NX Nastran」の検証及び妥当性確認等の概要については、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。
- (4) 境界条件として、架台は基礎ボルトを弾性体としてモデル化し第 4-1 図の△の節点について床側端部を完全拘束する。衛星携帯電話用アンテナは取付ボルトで固定された第 4-3 図の△の節点について 3 成分の変位を拘束し、最下の取付ボルト位置の節点は鉛直軸回りの回転も拘束する。
- (5) 取付器具は、取付位置に質量要素として付加する。
- (6) 許容応力について JSME S NC1-2005/2007 の付録材料図表を用いて計算する際に、温度が付録材料図表記載値の中間の値の場合は、比例法を用いて計算する。
但し、付録材料図表で比例法を用いる場合の端数処理は、小数第 1 位以下を切り捨てた値を用いるものとする。なお同表に記載が無く建築基準法に記載されている材料は建築基準法の値を用いる。
- (7) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

衛星携帯電話用アンテナの荷重の組合せ及び許容応力状態を第 4-1 表に示す。

4.2.2 許容応力

衛星携帯電話用アンテナの許容応力を第 4-2 表に示す。

4.2.3 使用材料の許容応力

衛星携帯電話用アンテナの使用材料の許容応力を第 4-3 表に示す。

第4-1表 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処施設）

施設区分		機器名称	設備分類	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 システム施設	その他	衛星携帯電話用アンテナ ^(注1)	常設重大事故 緩和設備	$D + P_D + M_D + S_s + P_k + P_s$ ^(注2)	IV _A S
				$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s + P_k + P_s$	

(注1) その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

(注2) 「 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s + P_k + P_s$ 」の評価に包絡されるため、評価結果の記載を省略する。

第4-2表 許容応力（その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界 ^(注1) ^(注2) (ボルト以外)				許容限界 ^(注2) (ボルト等)	
	一次応力				一次応力	
	引張	せん断	圧縮	曲げ	引張	せん断
IV _Δ S	1.5f _t *	1.5f _s *	1.5f _c *	1.5f _b *	1.5f _t *	1.5f _s *

(注1) 「鋼構造設計規準 SI 単位版」(2002年日本建築学会)等の幅厚比の制限を満足させる。

(注2) 応力の組合せが考えられる場合には、組合せ応力に対しても評価を行う。

第4-3表 使用材料の許容応力（重事故等対処施設）

評価部位	材 料	温度条件 (°C)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F* (MPa)	摘 要
基礎ボルト	SD345	40 (雰囲気温度)	345	490	343	呼径 M16
取付ボルト	SS400		245	400	280	呼径 M12

4.3 設計用地震力

耐震計算に用いる入力地震力には、資料 12-7「設計用床応答曲線の作成方針」にて設定した床応答の作成方針に基づき、第 4-4 表にて示す条件を用いて作成した設計用床応答曲線を用いる。また、減衰定数は資料 12-6「地震応答解析の基本方針」第 3-1 表に記載の減衰定数を用いる。

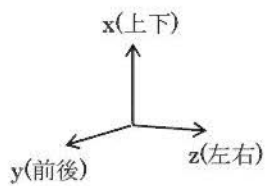
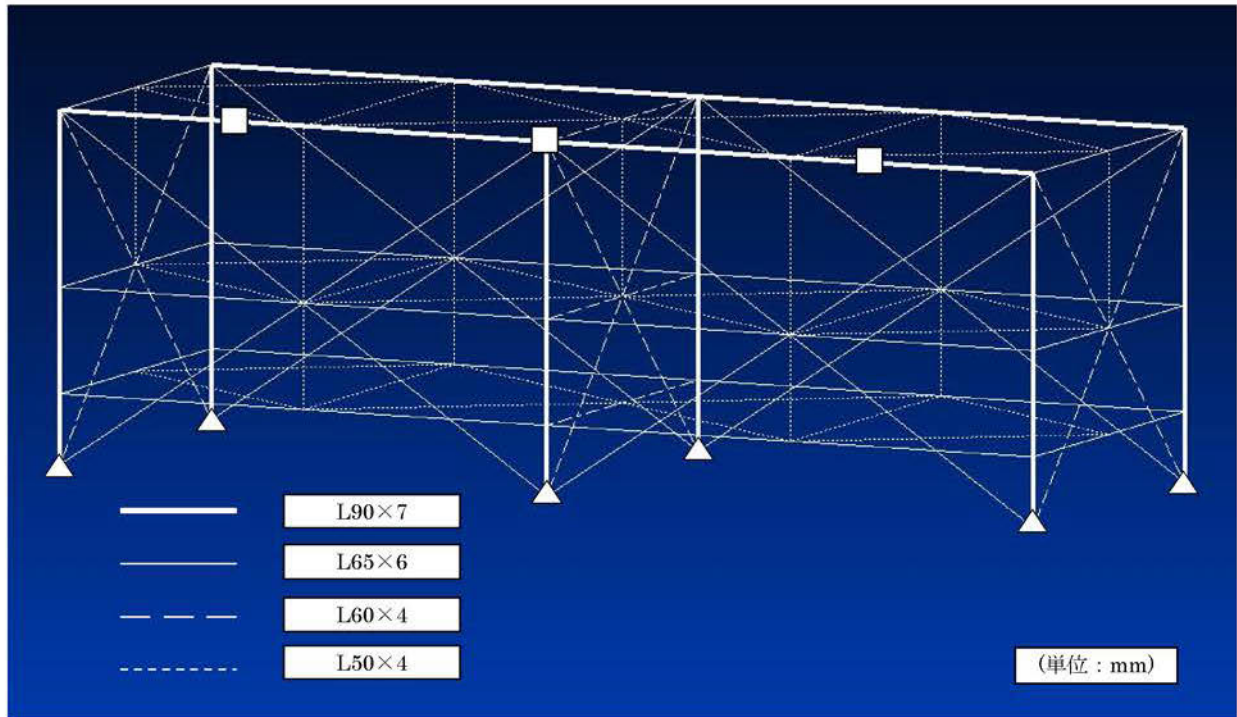
第 4-4 表 設計用地震力

地震動	設置場所 及び 床面高さ (m)	設計用床応答曲線			備 考
		建屋 及び高さ (m)	方 向	減衰定数 (%)	
基準 地震動 Ss	緊急時 対策棟 EL.42.70	緊急時 対策棟 EL.42.70	水平	1.0	水平方向は Ss-1 及び Ss-5 並びに各々の X 方向及び Y 方向の包絡曲線を用いる。鉛直方向は Ss-1 及び Ss-5 の包絡曲線を用いる。
			鉛直	1.0	

4.4 解析モデル及び諸元

(1) 架台

解析モデルは、架台を構成する鋼材をはり要素として、衛星携帯電話用アンテナ、アンテナポール及び取付金具の質量を質量要素としてモデル化した 3 次元 FEM モデルである。解析モデルを第 4-1 図に、解析モデルの諸元を第 4-5 表に示す。

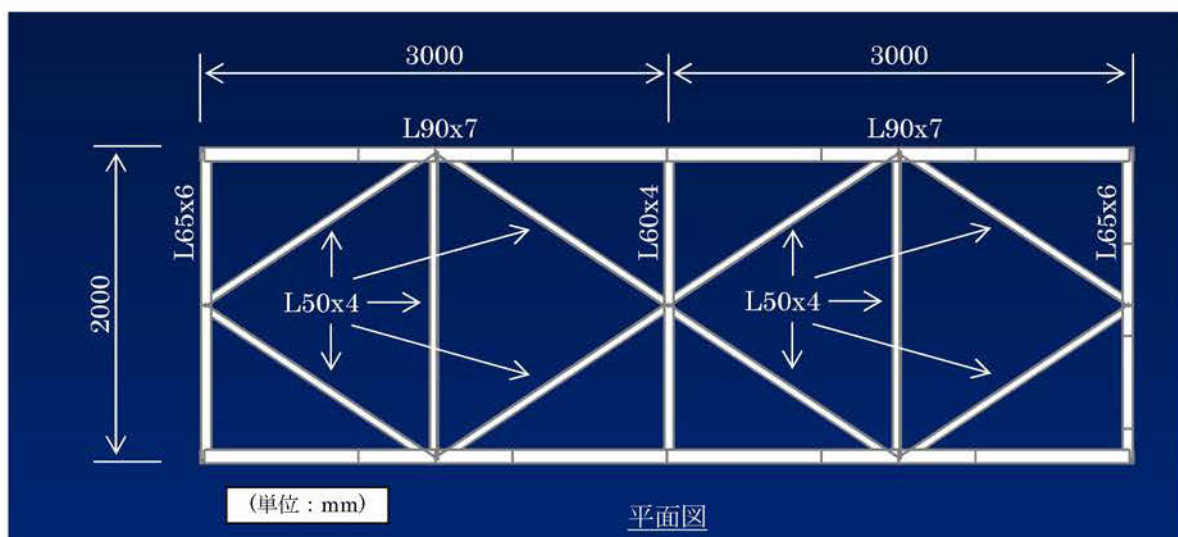
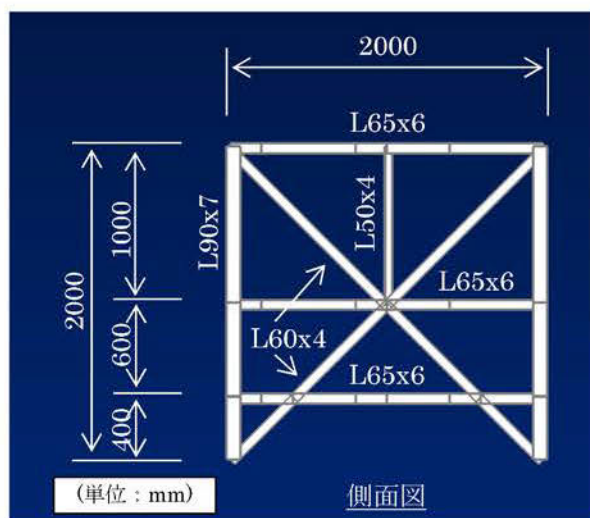
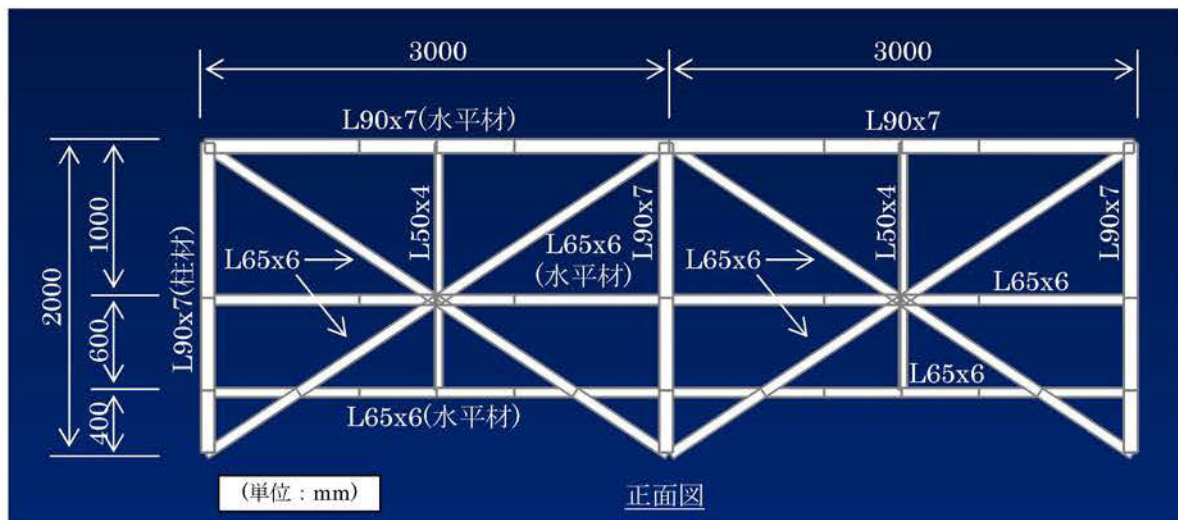


(注) 図中の△は拘束節点を示し、□は衛星携帯電話用アンテナと取付金具の質量付加位置を表す。

第 4-1 図 架台の解析モデル

第 4-5 表 架台の解析モデルの諸元

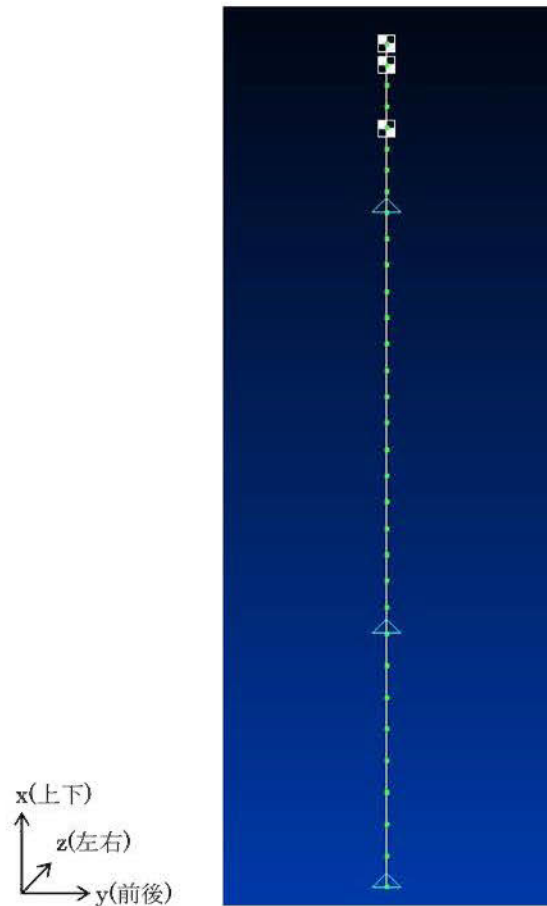
項目		記号	単位	数値等
材質	等辺山形鋼	—	—	SS400
	基礎ボルト	—	—	SD345
温度条件（雰囲気温度）		T	℃	40
縦弾性係数		E	MPa	2.017×10^5
ポアソン比		ν	—	0.3
寸法	架台	—	—	第 4-2 図
	基礎ボルト	—	—	M16×300mm×4 本/脚
要素数		—	—	190
節点数		—	—	92



第 4-2 图 架台 外形图

(2) アンテナポール

解析モデルは、アンテナポールをはり要素、衛星携帯電話用アンテナ及び取付金具を質量要素にてモデル化した、3次元 FEM モデルである。解析モデルを第 4-3 図に、解析モデルの諸元を第 4-6 表に示す。



(注) 図中の△は拘束節点を示し、□は衛星携帯電話用アンテナと取付金具の質量付加位置を表す。

第 4-3 図 アンテナポールの解析モデル