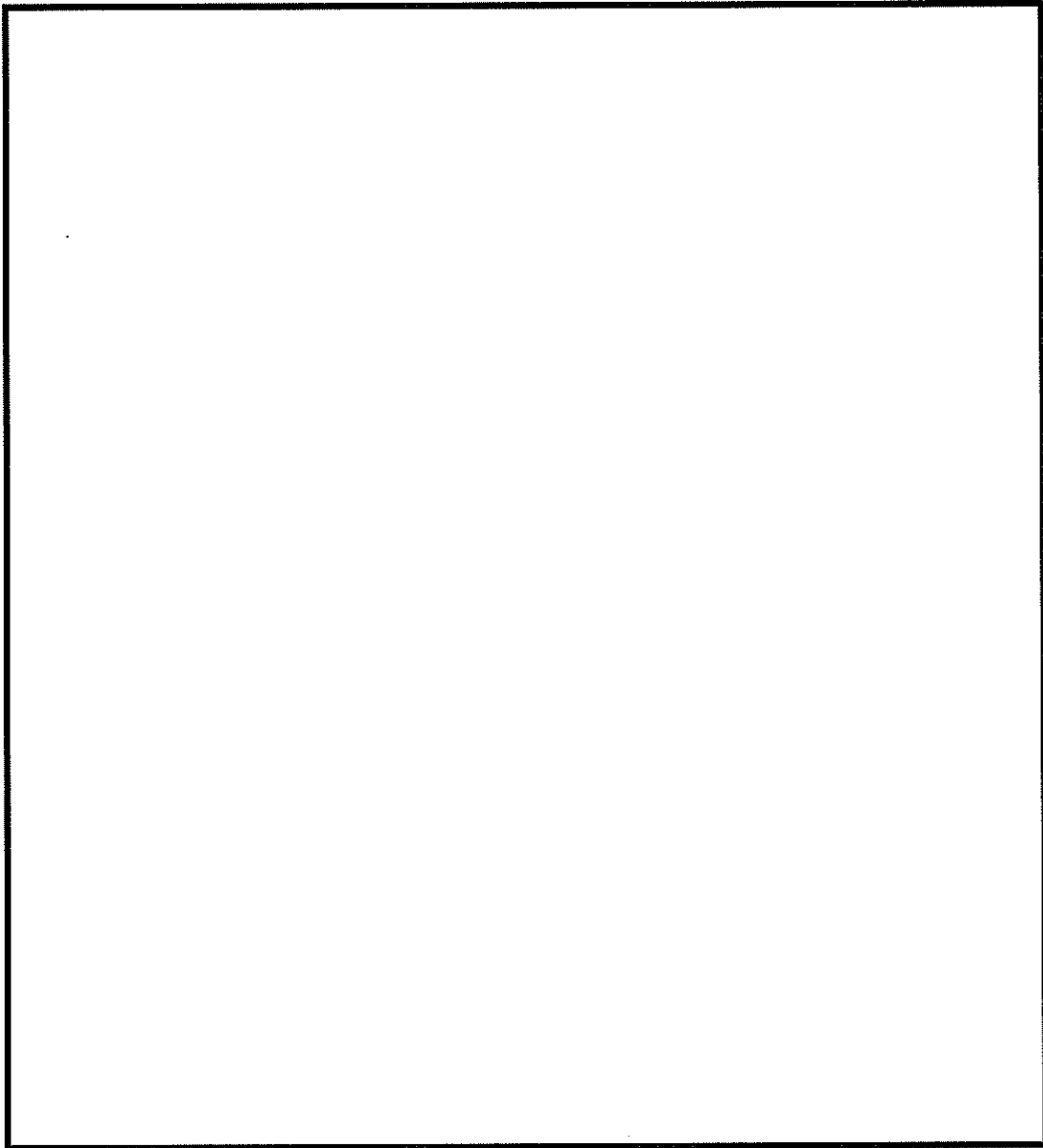


東海第二発電所 上位クラス施設への波及的影響調査 記録シート (2/2)

施設(機器)名称	エリア (B2-B)	施設(機器)番号	—
設置建屋	R/B	設置場所 (エリア)	B2F RCIC ポンプ室 (B2-B)

現場調査記録 (写真等)



原子力発電所における地震被害事例の要因整理

地震被害に関する NUC1A 情報の検討内容						
No.	対象地震 (発電所)	件名	号機	地震被害事象および発生要因の概要	地震被害発生要因	
地震被害発生要因 I					※下線は要因 I 相当箇所	
1	宮城県沖 (女川)	8・16 宮城地震による女川原子力発電所全プラント停止について	1号機 2号機 3号機	地震による安全上重要となる被害なし。以下の軽微な被害が発生。 ○女川1号機 ・主変圧器、起動用変圧器の過圧弁動作 ・サイトバンク建屋プールに水銀灯落下 ○女川2号機 ・主変圧器、起動用変圧器、補助ボイラー変圧器 (A) (B) の過圧弁動作 ○女川3号機 ・原子炉建屋内見学者用ギャラリー室のガラスのひび ・主変圧器の過圧弁動作 ○その他構内 ・覆板放射能測定センターの希硫酸 (5%濃度) 貯蔵施設が漏えいおよび苛性ソーダの一部漏下 ・建屋エレベータ停止 ・排気筒航空障害灯レンズカバー破損 ・構内道路アスファルト亀裂・沈下・浸水発生	Ⅰ, Ⅲ, Ⅴ	
2	中越沖 (柏崎)	【中越沖地震】HT r 3 B 火災発生	3号機	・変圧器と周期の基礎沈下により、沈下量に差が発生し、二次側接続部ダクトが変圧器側接続部より落下して変圧器二次ブッシング端子部に接触。 ・この際の衝撃及び二次側接続母線側構体の変位により変圧器ブッシング母管が損傷し漏油が発生。 ・二次側接続母線側ダクトが落下し、ブッシング端子部と接触し三相地絡・短絡を引き起こし、大電力のアーカ放電により変圧器火災が発生。 ・変圧器二次側と二次側接続母線側ダクトの接続部が損傷開口し、着火した絶縁油が基礎面上に流出し、延焼。	I	
3	中越沖 (柏崎)	【中越沖地震】スタックへのダクト配管ズレ	1号機	周辺地盤及びダクト基礎部の沈下による主排気ダクトのズレ (ペローズの変形)。	I	
4		【中越沖地震】スタックへのダクト配管ズレ	2号機			
5		【中越沖地震】スタックへのダクト配管ズレ	3号機			
6		【中越沖地震】スタックへのダクト配管ズレ	4号機			
7		【中越沖地震】スタックと主排気ダクトカバーのゆがみ確認	5号機			
8	中越沖 (柏崎)	【中越沖地震】K 3 励磁用変圧器基礎ボルト切断・相非分割母線沈下有り	3号機	地震の揺れによる変圧器及び励磁電源用変圧器の基礎ボルトの切断、相非分割母線基礎の沈下。	Ⅰ, Ⅲ	
9	中越沖 (柏崎)	【中越沖地震】C/S B 5 F 浸水及びMUWC全停	1号機	・建屋周辺の地盤沈下等の要因による地中埋設の消火配管の損傷、それに伴う深さ約40cmの浸水。 ・浸水によるMUWCの全停	I	
10	中越沖 (柏崎)	【中越沖地震】軽油タンク B 前の消火配管破断し水漏れ	1号機	不等沈下により消火配管が破断したことによる漏水。なお、当該不等沈下は液状化による影響を否定できない。	I	
11	中越沖 (柏崎)	【中越沖地震】IS/B 北側屋外消火配管が破断し漏水	その他			
12	中越沖 (柏崎)	【中越沖地震】消火設備 4 箇所配管損傷・漏水	その他			
13	中越沖 (柏崎)	【中越沖地震】軽油タンク前他屋外消火配管が破断し漏水	その他			
14	中越沖 (柏崎)	【中越沖地震】500kV新新潟線 2L しゃ断器付近のエアリーク	その他			地盤沈下により当該回線の現場操作盤の基礎が傾斜したことによるしゃ断器操作の配管からの空気漏れ。
15	中越沖 (柏崎)	【中越沖地震】取水設備スクリーン洗浄ポンプA吐出フランジ過熱漏下・配管サポート変形	5号機	地震の影響により地盤が変形したことによる配管及びサポートの変形。	I	
16	中越沖 (柏崎)	【中越沖地震】RW/B R/W制御室制御盤各系制御電源喪失	RW設備	・建屋周辺の地盤沈下等の要因による地中埋設の消火配管の損傷、それに伴う深さ約40cmの浸水。 ・浸水による低電圧変流装置等の制御電源喪失	I	
17	中越沖 (柏崎)	【中越沖地震】1号機 変圧器防油堤の沈下・傾き、コンクリートのひび割れ・はく離、目地部の開き	1号機	地震による変圧器防油堤の被害は以下のとおり。 ・1号機 沈下・傾き、コンクリートのひび割れ・はく離、目地部の開き ・2号機 沈下、傾き ・3号機 沈下、傾き、ひび割れ、段差発生 ・4号機 沈下、大きな傾斜 (一部目地部の開き) ・5号機 段差部のひび割れ、目地部の開き、陥没 ・7号機 沈下、外側への開き、目地部のズレ、目地部の開き、目地部の段差	I	
18	中越沖 (柏崎)	【中越沖地震】2号機 変圧器防油堤の沈下、傾き	2号機			
19	中越沖 (柏崎)	【中越沖地震】3号機 変圧器防油堤のひび割れ、段差	3号機			
20	中越沖 (柏崎)	【中越沖地震】4号機 変圧器防油堤の沈下、大きな傾斜 (一部目地部の開き)	4号機			
21	中越沖 (柏崎)	【中越沖地震】5号機 変圧器防油堤のひび割れ	5号機			
22	中越沖 (柏崎)	【中越沖地震】7号機 変圧器防油堤の沈下、外側への開き、目地部のズレ、目地部の開き、目地部の段差	7号機			
23	駿河湾 (浜岡)	【駿河湾の地震】取水槽まわりの地盤沈下等	1号機		地震により、取水槽まわりに地盤沈下 (30m×20m、最大15cm程度)、隆起 (35m×15m、最大20cm程度) および法面浸打ら (30m×5m、最大10cm程度) が発生。	Ⅰ, Ⅳ
24	駿河湾 (浜岡)	【駿河湾の地震】道路および法面のひび割れ	その他		地震により以下の被害が発生。 ① 5号機 歩道道路き裂 ② 5号機 歩道道路き裂 ③ 5号機 歩道道路き裂 ④ 5号機 歩道道路き裂 (第2種) 周辺よう壁 (ブロック積み) き裂 ⑤ 5号機 歩道道路き裂 (第2種) 周辺よう壁 (ブロック積み) および歩道のき裂 ⑥ 5号機 歩道道路き裂 (第2種) 周辺よう壁 (ブロック積み) および歩道のき裂 ⑦ 5号機 歩道道路き裂 (第2種) 周辺よう壁 (ブロック積み) および歩道のき裂	I, Ⅳ

地震被害発生要因: I: 地震の不等沈下による損傷 II: 建物間の相対変位による損傷 III: 地震の揺れによる施設の損傷・転倒・落下等 IV: 周辺斜面の崩落 V: 使用済燃料ピットスロッシングによる漏水 VI: その他 (地震の揺れによる警報発信等、施設の損傷を伴わない I~V 以外の要因等)

原子力発電所における地震被害事例の要因整理

地震被害に関するNUC J A情報の検討内容					
no.	対象地震 (発電所)	件名	号機	地震被害事象および発生要因の概要	地震被害 発生要因
25	駿河湾 (浜岡)	【駿河湾の地震】御前崎漁港の当社専用岸壁に段差 (40cm×2cm、最大3cm程度の段差)	その他	地震による岸壁の段差。	I
26	駿河湾 (浜岡)	【駿河湾の地震】タービン建屋の東側屋外エリアの 地盤沈下	5号機	地震によるタービン建屋の東側屋外エリアに地盤沈下 (15m×15m、10cm程度)。	I
27	東北地方 太平洋沖地震 (東海第二)	【東日本大震災関連】ランドリーボイラ重油タンク 油漏れ	—	地震によりランドリーボイラ重油タンクの基礎が沈下したことによる接続配管ユニオン 部からの油漏れ。	I

地震被害発生要因：I：地震の不等沈下による損傷 II：建物間の相対変位による損傷 III：地震の揺れによる施設の損傷・転倒・落下等 IV：周辺斜面の崩落
V：使用済燃料ピットスロッシングによる溢水 VI：その他（地震の揺れによる警報発信等、施設の損傷を伴わないI～V以外の要因等）

原子力発電所における地震被害事例の要因整理

地震被害に関するNUC1A情報の検討内容					
No.	対象地震 (発電所)	件名	号機	地震被害事象および発生要因の概要	地震被害 発生要因
地震被害発生要因II			下段は要因II相当箇所		
28	中越沖 (柏崎)	【中越沖地震】固体廃棄物貯蔵庫地下1階管理棟-第1棟接続配管通路部付近漏水	その他	地震により接続部エキスパンションとドレンピットが破損し、建屋内に漏水が発生。	II、III
29	中越沖 (柏崎)	【中越沖地震】柏崎刈羽原子力発電所1、3号機における排気筒モニタサンプリングラインの損傷について	1号機 3号機	・地震の揺れによる土排気筒放射線モニタサンプリング配管の破損。 ・地震の影響でモニタ棟屋と配管（屋外）の位置がずれたことによる当該配管接続部のズレ。	II、III
30	駿河湾 (浜岡)	【駿河湾の地震】補助建屋東側雨樋の亀裂	5号機	補助建屋と風除室屋上の地震による揺れの違いによる、補助建屋と風除室屋上で固定された雨樋の亀裂。	II

地震被害発生要因：I：地震の不等沈下による損傷 II：建物間の相対変位による損傷 III：地震の揺れによる施設の損傷・転倒・落下等 IV：周辺斜面の崩落
V：使用済燃料ピットスロッシングによる溢水 VI：その他（地震の揺れによる警報発信等、施設の損傷を伴わないI～V以外の要因等）

原子力発電所における地震被害事例の要因整理

地震被害に関するNUCIIA情報の検討内容					
No.	対象地震 (発電所)	件名	号機	地震被害事象および発生要因の概要	地震被害 発生要因
地震被害発生要因Ⅲ					※下線は要因Ⅲ相当箇所
31	宮城県沖 (女川)	8・16宮城地震による女川原子力発電所全プラント停止について	1号機 2号機 3号機	地震による安全上重要となる被害なし。以下の軽微な被害が発生。 ○女川1号機 ・主変圧器、起動用変圧器の過電圧動作 ・サイトパンカ建築プールに水銀灯落下 ○女川2号機 ・主変圧器、起動用変圧器、補助ボイラー変圧器(A)(B)の過電圧動作 ○女川3号機 ・原子炉建屋内且学者用ギャラリー室のガラスのひび ・主変圧器の過電圧動作 ○その他 ・環境放射線測定センターの希硫酸(5%濃度)貯蔵施設が漏えいおよび酸性ソーダの二酸化炭素発生 ・建屋エレベータ停止 ・排気筒熱交換器レンズカバー破損 ・構内道路アスファルト亀裂・液落ち・段差発生	I, III, VI
32	能登半島沖 (志賀)	能登半島地震に伴う低圧タービン組立て中のタービンロータの位置ずれ	2号機	地震による低圧タービンの被害は以下のとおり ・組立て中の低圧タービンロータを仮止めしていた治具の変形によるロータのわずかな位置ずれ。 ・動翼の微小な接触痕	III
33	能登半島沖 (志賀)	能登半島地震に伴う水銀灯の落下	1号機 2号機	地震時の振動による水銀灯の損傷・落下	III
34	中越沖 (柏崎)	【中越沖地震】R/Bオペフロ R/B天井クレーンユニバーサルジョイントに破損確認	6号機	走行車輪にブレーキが掛かった状態で、地震により強制的にクレーンの走行方向(東南方向)の方が発生したため、走行車輪と電動機間に位置するユニバーサルジョイントに過大なトルクが発生し、クロスピンが破損する事象が発生した。	III
35	中越沖 (柏崎)	【中越沖地震】所内変圧器1Aと相分離母線のずれによる基礎ボルトの切断	1号機	地震による振動により、所内変圧器と相分離母線接続部がずれしたことによる基礎ボルトの切断。	III
36	中越沖 (柏崎)	【中越沖地震】励磁変圧器からの油漏れ及び基礎ベースからのズレ	1号機	地震の振動により、一次プッシング端子が損傷したことによる漏油、地震の振動による変圧器本体の基礎ベースからのズレ。	III
37	中越沖 (柏崎)	【中越沖地震】主変圧器基礎ボルト折損及びクーラー母管と本体間からの油リーク	2号機	地震による振動により主変圧器基礎ボルトが折損し、クーラー母管と本体間が破損したことによる漏油。	III
38	中越沖 (柏崎)	【中越沖地震】励磁変圧器基礎部・バスダクト横ずれ	2号機	地震による振動による励磁変圧器の基礎部およびバスダクトの横ずれ。	III
39	中越沖 (柏崎)	【中越沖地震】K3励磁変圧器基礎ボルト切断・相非分割母線沈下有り	3号機	地震の揺れによる主変圧器及び励磁変圧器の基礎ボルトの切断、相非分割母線基礎の沈下。	I, III
40	中越沖 (柏崎)	【中越沖地震】No.4ろ過水タンク配管破断	5号機	地震の振動によりタンク配管の伸縮継手部の損傷。	III
41	中越沖 (柏崎)	【中越沖地震】R/B使用済燃料プール内ワーキングテーブル燃料上に落下	4号機	地震による使用済燃料プールの被害は以下のとおり。 ・4号機、7号機 使用済燃料貯蔵プール内に取り付けられている水中作業台が外れ、使用済燃料上に落下。 ・6号機 水中作業台の固定位置からの外れ。	III
42	中越沖 (柏崎)	【中越沖地震】R/B使用済燃料プール内ワーキングテーブルがラック上(燃料あり)に落下	7号機	地震による使用済燃料プールの被害は以下のとおり。 ・4号機、7号機 使用済燃料貯蔵プール内に取り付けられている水中作業台が外れ、使用済燃料上に落下。 ・6号機 水中作業台の固定位置からの外れ。	III
43	中越沖 (柏崎)	【中越沖地震】6号機 使用済燃料プール内の水中作業台の固定位置からの外れ	6号機	地震による使用済燃料プールの被害は以下のとおり。 ・4号機、7号機 使用済燃料貯蔵プール内に取り付けられている水中作業台が外れ、使用済燃料上に落下。 ・6号機 水中作業台の固定位置からの外れ。	III
44	中越沖 (柏崎)	【中越沖地震】C/S B1FL D/G-A 北側付近「R」固化エリア」扉SI-15Dから漏水	1号機	地震による屋外消火配管の損傷により発生した水が、原子炉復合建屋の電線管貫通口を経て流入したことによる漏水	III
45	中越沖 (柏崎)	【中越沖地震】T/B復水器水室B1-B2連絡弁フランジ部漏えい・エキスパンション電裂	4号機	地震による復水器水室間の過大な変位による伸縮継手の損傷・漏えい。	III
46	中越沖 (柏崎)	【中越沖地震】500kV南新出線2L黒相プッシング油漏れによる南新出線2L停止	その他	地震により送電線引込架線が上下に振れ、プッシング端子部のフランジ面が変形したことによる漏油。	III
47	中越沖 (柏崎)	【中越沖地震】Hx/B B1 F P P-40ラインから漏水	2号機	地震の振動により、熱交換器建屋の消火配管引き込み部ラバーブーツが損傷したことによる漏水	III
48	中越沖 (柏崎)	【中越沖地震】荒浜側避雷鉄塔の斜材が5本破断	その他	地震の振動による斜材の破断。	III
49	中越沖 (柏崎)	【中越沖地震】副体廃棄物貯蔵庫内のドラム缶数百本が転倒し、内数十本のドラム缶の蓋が開いていることを確認	その他	地震の影響によりドラム缶が転倒したことによる蓋の解放。	III
50	中越沖 (柏崎)	【中越沖地震】事務本館常用電源断、緊急時対策室電源等非常用電源より供給	その他	地震の影響により、常用系の高圧変電装置とチャンネルベースをとめているボルトが切断し、高圧変電装置が移動したため常用系電源が断となったことによる非常用電源への切替。	III
51	中越沖 (柏崎)	【中越沖地震】ヤード T/BサブドレンNo. 8 流入水油漏れおよびR1~4放水艇に微量の油膜確認について	1号機	地震の振動で変圧器防油堤が損傷したことによる、変圧器から絶縁油の流出。	III
52	中越沖 (柏崎)	【中越沖地震】7号原子炉ウエルライナーからの漏洩について	7号機	建設時に原子炉ウエルライナーの溶接余盛り部を平滑化するためにグラインドで除去していたため、残存板厚が薄くなっており、地震により残存板厚が薄くなっていった部分に過大な荷重がかかり貫通したことによる漏えい。	III, VI
53	中越沖 (柏崎)	【中越沖地震】T/Bブローアウトパネル破損	2号機		
54	中越沖 (柏崎)	【中越沖地震】R/Bブローアウトパネル破損	3号機	地震によるブローアウトパネルを固定する止め板の変形・外れ。	III
55	中越沖 (柏崎)	【中越沖地震】T/B浴衛・山間ブローアウトパネル外れ・脱落	3号機		
56	中越沖 (柏崎)	【中越沖地震】スクリーン起動不可	2号機	地震によりケーブルトレイが脱落し、ケーブルが損傷して地絡したことによる起動不可。	III
57	中越沖 (柏崎)	【中越沖地震】KI S/B環境モニタリングテレメータ等伝送不能	その他	地震時の振動により中央処理装置とディスクアレイを繋ぐケーブルコネクタに接触不良が発生したことによる中央処理装置の停止。	III
58	中越沖 (柏崎)	【中越沖地震】重油タンク防油堤での目地の開き(貫通)	その他	地震による目地の開き。	III
59	中越沖 (柏崎)	【中越沖地震】重油タンク用消火設備の現場盤損傷	その他	地震による現場盤の支柱と盤BOXの接合部分の破断。	III

地震被害発生要因: I: 地震の不等沈下による損傷 II: 建物間の相対変位による損傷 III: 地震の揺れによる施設の損傷・配管・落下等 IV: 周辺斜面の崩落 V: 使用済燃料ピットスロッシングによる溢水 VI: その他(地震の揺れによる管線破断等、施設の損傷を伴わないI~V以外の要因等)

原子力発電所における地震被害事例の要因整理

地震被害に関するNUC1A情報の検討内容					
No.	対象地震(発電所)	件名	号機	地震被害事象および発生要因の概要	地震被害発生要因
60	中越沖(柏崎)	【中越沖地震】A×/B B1F 北西側壁面亀裂部より雨水漏えい	その他	地震の影響により、連絡通路が建屋と衝突し、建屋の壁面に亀裂が生じたことによる雨水の流入。	Ⅲ
61	中越沖(柏崎)	【中越沖地震】固体廃棄物貯蔵庫 地下1階管理棟-第1棟接続部通路部付近漏水	その他	地震による接続部エキスパンションとドレンピットが破損し、建屋内に漏水が発生したことによる漏水。	Ⅱ, Ⅲ
62	中越沖(柏崎)	【中越沖地震】C/B 2F 中棟天井の地震による脱落・ひび割れ・非常灯ずれ・点検口開放を修理について	7号機	地震の振動による飾り照明的落下、天井化粧板の脱落・ひび、非常灯ズレ、点検口開放。	Ⅲ
63	中越沖(柏崎)	【中越沖地震】R/B オペフロ スタッドテンションナール除染パン内油漏れ・油圧制御ホース切断について	4号機	地震の揺れにより、スタッドテンションナールと構造フレームとの間に油圧ホースが挟まれ切断されたことによる油漏れ。	Ⅲ
64	中越沖(柏崎)	【中越沖地震】R/B 2F南東壁(SFP側)よりの水漏れ	7号機	地震による原子炉建屋管理区域2階のエレベーター付近の壁面の鉄筋コンクリート継ぎ目部に生じた微細なひびからの水のしみ出し。	ⅢまたはV
65	中越沖(柏崎)	【中越沖地震】R/B 3F I S I 試験片室前壁からの水漏れ	7号機	地震による原子炉建屋管理区域3階北側の床面コンクリート継ぎ目部からのわずかな水のしみ出し。	ⅢまたはV
66	中越沖(柏崎)	【中越沖地震】平均出力領域モニタ制御盤の電源装置の位置ずれについて	4号機	地震水平力による当該電源装置の位置ずれ	Ⅲ
67	中越沖(柏崎)	【中越沖地震】原子炉建屋 原子炉ウェルライニング面(ウェルカバー着座面)のすり傷について	7号機	地震によりウェルカバーが動いたことによる着座面のすり傷	Ⅲ
68	中越沖(柏崎)	【中越沖地震】柏崎町羽原子力発電所1、3号機における排気筒モニタサンプリングラインの損傷について	1号機 3号機	・地震の揺れによる主排気筒放射線モニタサンプリング配管の破損 ・地震の影響でモニタ建屋と配管(屋外)の位置がずれたことによる当該配管接続部のズレ。	Ⅰ, Ⅲ
69	中越沖(柏崎)	【中越沖地震】各サービス建屋退避モニタ故障について	全号機	地震の振動による各サービス建屋の退避モニタ検出器のズレ、および駆動部の故障	Ⅲ
70	中越沖(柏崎)	【中越沖地震】3号機原子炉建屋地下2階S L C系注入ライン配管(格納容器外側貫通部) 収金保温へこみについて	3号機	地震により点検機材(IS1用RPV模擬ノズル)が移動し、当該配管の板金保温材に接触したことによるへこみ	Ⅲ
71	中越沖(柏崎)	【中越沖地震】3号機原子炉圧力容器送へい体の地震による移動について	3号機	・スライド式送へい体が正戻位置に取り付けられておらず、地震により移動して接触したことによるRPV水位計配管の送へい体の変形。 ・スライド式送へい体のストッパカバーが取り付けられておらず、地震によりスライド式送へい体が移動して送へいブロックが崩れたことによるRPV水位計配管への接触。	Ⅲ, VI
72	駿河湾(浜岡)	【駿河湾の地震】原子炉建屋1階(放射線管理区域外)の扉の閉不能	1号機	地震の揺れにより扉枠が干渉したことによる閉止不能	Ⅲ
73	駿河湾(浜岡)	【駿河湾の地震】タービン建屋1階(放射線管理区域内)の原金具の落下(1箇所)	1号機	地震の揺れによるドアクローザー付属品の温度ヒューズの破損・落下。	Ⅲ
74	駿河湾(浜岡)	【駿河湾の地震】タービン建屋2階(放射線管理区域内)コンクリート片(程指大)確認	2号機	地震の揺れによるタービン建屋閣体とタービン建屋ベデスタル閣体間の境界部のコンクリートの表面破損。	Ⅲ
75	駿河湾(浜岡)	【駿河湾の地震】非常用ディーゼル発電機(A)排気消音器の吸音材カバー固定金具の外れ	2号機	地震の揺れによる非常用ディーゼル発電機(A)排気消音器の吸音材カバー固定金具の一部外れ。	Ⅲ
76	駿河湾(浜岡)	【駿河湾の地震】励磁機 励磁機マわりの構内配電線電柱の支線外れ(1箇所)	その他	地震により支線と支線アンカーを接続するターンバックルが破損したところによる支線の外れ。	Ⅲ
77	駿河湾(浜岡)	【駿河湾の地震】275kV開閉所壁面の鉄骨耐火被覆材のひび割れ	その他	地震の揺れによる275kV開閉所壁面の鉄骨耐火被覆材のひび割れ。	Ⅲ
78	駿河湾(浜岡)	【駿河湾の地震】275kV開閉所内の構内放送用スピーカの外れ	その他	地震の揺れにより留め具が破損したことによる構内放送用スピーカの外れ。	Ⅲ
79	駿河湾(浜岡)	【駿河湾の地震】非常用ディーゼル発電機の排気消音器の吸音材カバー固定金具の外れおよび台座シール材の劣化	3号機	屋外の被害環境による固定金具の腐食と地震の揺れによる影響により、非常用ディーゼル発電機(A)排気消音器の吸音材カバー固定金具の一部外れ、及び非常用ディーゼル発電機(B)の排気消音器台座シール材の劣化	Ⅲ, VI
80	駿河湾(浜岡)	【駿河湾の地震】タービン系配管の保温材のずれ	4号機	地震の揺れによるタービン系配管の保温材のずれ。	Ⅲ
81	駿河湾(浜岡)	【駿河湾の地震】低圧タービン軸の接触痕	4号機	地震の揺れによる低圧タービン(A)へc軸の軸受油切り部との接触痕。	Ⅲ
82	駿河湾(浜岡)	【駿河湾の地震】組合せ中間弁(C)室内の間仕切板の脱落	4号機	地震の揺れによるタービン建屋3階(放射線管理区域内)の組合せ中間弁(C)室内の間仕切板の一部脱落。	Ⅲ
83	駿河湾(浜岡)	【駿河湾の地震】発電機励磁電源用バスケット支持部材の接続板の亀裂	4号機	地震の揺れによるタービン建屋屋外(放射線管理区域外)の発電機励磁電源用バスケットの支持部材とバスケットをつなぐ接続板の亀裂。	Ⅲ
84	駿河湾(浜岡)	【駿河湾の地震】空調ダクトからの空気の微少な漏れ	4号機	地震の揺れによる空調ダクト(フランジ部)からの空気の微少な漏れ。	Ⅲ
85	駿河湾(浜岡)	【駿河湾の地震】発電機ブラシホルダの接触痕について	4号機	地震の揺れによる、発電機ブラシホルダの一部とコレクタリング(集電環)との軽微な接触痕、及びコレクタリング表面に茶色の変色。	Ⅲ
86	駿河湾(浜岡)	【駿河湾の地震】非常用ディーゼル発電機(A)排気消音器の吸音材カバー固定金具等の外れ	4号機	屋外の被害環境による固定金具の腐食と地震の揺れによる影響により、非常用ディーゼル発電機(A)排気消音器の吸音材カバー固定金具の一部外れ、及び一部カバーの外れ。	Ⅲ, VI
87	駿河湾(浜岡)	【駿河湾の地震】主タービンスラスト軸受摩耗トリップ警報点灯	5号機	地震の揺れによる主タービンの被害は以下のとおり。 ・タービン基礎の揺れに伴う中間軸受箱取付ボルトの損傷。 ・中間軸受箱取付ボルトの損傷による、中間軸受箱の軸方向固定キーの傾き及びキー溝の変形。 ・中間軸受箱の振動により、スラスト軸受の振動タービンロータの軸方向移動、及び低圧内部車室のスラストキー部の変形による動翼(回転体)とダイヤフラム(静止体)の接触、及びロータと油切り等の接触。 ・中間軸受箱の振動、及びタービンロータの軸受方向移動によるスラスト保護装置の動作(「主タービンスラスト軸受摩耗トリップ」信号発信)	Ⅲ
88	駿河湾(浜岡)	【駿河湾の地震】タービン建屋3階タービンスラスト装置まわりのデッキプレート取り付け用ネジ折損	5号機	地震の揺れによる、タービンスラスト保護装置まわりの作業床用デッキプレートの取り付け用ネジの折損。	Ⅲ
89	駿河湾(浜岡)	【駿河湾の地震】発電機回転数検出装置備車と検出器の接触による振動痕	5号機	地震の揺れによる、発電機回転数検出装置備車と検出器の接触による振動痕。	Ⅲ

地震被害発生要因：Ⅰ：地震の不等沈下による損傷 Ⅱ：建物間の相対変位による損傷 Ⅲ：地震の揺れによる施設の損傷・転倒・落下等 Ⅳ：周辺斜面の崩落 Ⅴ：使用済燃料ピットスロッシングによる漏水 Ⅵ：その他(地震の揺れによる警報発信等、施設の損傷を伴わないⅠ～Ⅴ以外の要因等)

原子力発電所における地震被害事例の要因整理

地震被害に関するNUC1A情報の検討内容					
No.	対象地震 (発電所)	件名	号機	地震被害事象および発生要因の概要	地震被害 発生要因
90	駿河湾 (浜岡)	【駿河湾の地震】原子炉格納容器の機器挿入口速へい扉の固定金具破損	5号機	地震の揺れによる、原子炉格納容器の機器挿入口に設置されている金属製速へい扉の固定用金具アンカー部(床面)の破損。	Ⅲ
91	駿河湾 (浜岡)	【駿河湾の地震】No.3脱塩タンク基礎部の防食テープの剥れ	5号機	地震によりタンク端部が一時的に浮き上がったことによる、タンク基礎部の防食テープの一部剥離。	Ⅲ
92	駿河湾 (浜岡)	【駿河湾の地震】タービン振動位相角計の損傷	5号機	地震の揺れの影響により、ロータが接触したことによる振動位相角計の先端の欠損。	Ⅲ
93	駿河湾 (浜岡)	【駿河湾の地震】原子炉建屋2階(放射線管理区域内)東側壁面の仕上げモルタルの剥がれと浮き(30cm×5cm程度)	5号機	地震の揺れによる仕上げモルタルの剥がれと浮き。	Ⅲ
94	駿河湾 (浜岡)	【駿河湾の地震】タービン建屋2階(放射線管理区域内)高圧第2ヒータまわり床面に、配管員通廊に詰められていた仕上げモルタルの一部の剥がれ(5cm×5cm程度)	5号機	地震の揺れによる仕上げモルタル表面の剥がれ。	Ⅲ
95	駿河湾 (浜岡)	【駿河湾の地震】化学分析室内の放射能測定装置の固定ボルトの浮き上がり	5号機	地震の揺れによる、化学分析室内に設置している放射能測定装置(波高分析装置)の固定用アンカーボルトの浮き上がり。	Ⅲ
96	駿河湾 (浜岡)	【駿河湾の地震】発電機ブラシホルダ等の接触値について	5号機	地震の揺れによる、発電機ブラシホルダの一部とコレクタリングとの軽微な接触値、コレクタリング表面の茶色の変色、及び回転子とコレクタハウジングとの軽微な接触痕。	Ⅲ
97	駿河湾 (浜岡)	【駿河湾の地震】タービン建屋内の蛍光灯不点について	5号機	地震による蛍光管とソケット部の接触不良。	Ⅲ
98	駿河湾 (浜岡)	【駿河湾の地震】非常用ディーゼル発電機(B)排気消音器の吸音材カバー固定金具等の外れ	5号機	屋外の有害環境による固定金具の腐食と地震の揺れによる影響による、非常用ディーゼル発電機(B)排気消音器の吸音材カバー固定金具の一部外れ、及び一部カバーのずれ。	Ⅲ、Ⅵ
99	駿河湾 (浜岡)	【駿河湾の地震】タービン建屋内でのビス(5個)の発見	5号機	地震の揺れによる、照明器具用電線管つなぎ部固定用及び配管保温材の外装取付のビスの落下。	Ⅲ
100	駿河湾 (浜岡)	【駿河湾の地震】変圧器消火配管建屋通廊のシール材の一部損傷	5号機	地震の揺れによる、屋外(放射線管理区域外)連絡ダクト貫通部付近の変圧器消火配管貫通部シール材の一部損傷、及びフランジ部からの微量なリーク。	Ⅲ
101	駿河湾 (浜岡)	【駿河湾の地震】原子炉格納容器内の点検結果	5号機	地震の揺れによる原子炉格納容器内(放射線管理区域内)の被害は以下のとおり。 ・主蒸気発生し安全弁排気管のバネ式支持構造物の動作(揺動)。 ・作業用ターンテーブルの車輪位置ずれ。 ・空調ダクト接合部の位置ずれ。	Ⅲ
102	駿河湾 (浜岡)	【駿河湾の地震】発電機固定子固定キーの隙間の拡大	5号機	地震による発電機の被害は以下のとおり。 ・発電機固定子固定キーの荷サイドの隙間の拡大。 ・ベースボルトの一部抜装剥がれ。 ・発電機固定子固定キーの軽微な傷。 ・発電機固定子固定キーとの接触による発電機本体脚部及びベースのへこみ・段差。	Ⅲ
103	駿河湾 (浜岡)	【駿河湾の地震】タービン開放点検の結果	5号機	地震の揺れによる主タービンの被害は以下のとおり。 ・タービン基礎の揺れに伴う中間軸受部取付ボルトの損傷。 ・中間軸受箱取付ボルトの損傷による、中間軸受箱の軸方向固定キーの傾き及びキー溝の歪み。 ・中間軸受箱の揺動により、スラスト軸受の揺動タービンロータの軸方向移動、及び低圧内部車室のスラストキー部の変形による動翼(回転子)とダイヤフラム(静止子)の接触、及びロータと油切り等の接触。	Ⅲ
104	駿河湾 (浜岡)	【駿河湾の地震】主要変圧器上部グレーチングと相分離母線箱との接触値	5号機	地震の揺れによる、屋外(放射線管理区域外)主要変圧器用の相分離母線箱と点検用のグレーチングの手すりボルト部分との接触値。	Ⅲ
105	駿河湾 (浜岡)	【駿河湾の地震】原子炉格納容器内作業用ターンテーブルの点検結果	5号機	地震の揺れによる、作業用ターンテーブルの車輪位置ずれ、車輪カバーの一部割れ、及び回転角検出装置取付車のレールからの外れ。	Ⅲ
106	駿河湾 (浜岡)	【駿河湾の地震】原子炉機器冷却水系の配管支持構造物の揺動値	5号機	地震の揺れによる、原子炉機器冷却水系配管(海水熱交換器建屋から原子炉機器冷却水系連絡ダクト間)の支持構造物の揺動値(塗装の剥離)。	Ⅲ
107	駿河湾 (浜岡)	【駿河湾の地震】タービン駆動給水ポンプデータベース部のライナシム変形	5号機	地震の揺れによる、タービン駆動給水ポンプ(A)(B)ポンプのベース部に取り付けられているライナシムの変形。	Ⅲ
108	駿河湾 (浜岡)	【駿河湾の地震】原子炉建屋内の主蒸気系配管、給水系配管および配管支持構造物の点検結果	5号機	地震の揺れによる原子炉建屋内の主蒸気系配管及び給水系配管の被害は以下のとおり。 ・配管支持構造物の配管自重受け部のわずかな隙間。 ・給水系配管の管束部の養生用のラバーブーツと保温外装材の一部ずれ。 ・主蒸気系配管の配管ラグの揺動値。	Ⅲ
109	駿河湾 (浜岡)	【駿河湾の地震】発電機シールリング油切りの揺動値	5号機	地震の揺れによる第9、10 軸受のシールリング油切りと発電機ロータの軽微な揺動値。	Ⅲ
110	東北地方 太平洋沖地震 (女川)	【東日本大震災関連】タービン建屋地下1階高圧電源盤火災	1号機	地震による揺動により、タービン建屋地下1階の高圧電源盤内のしゃ断器(吊り下げ設置型)が大きく揺れ、当該しゃ断器の断路部が破損し、高圧電源盤内で周知の構造物と接触して短絡等が生じ、ケーブルの絶縁被覆が溶けたことによる発煙。	Ⅲ
111	東北地方 太平洋沖地震 (女川)	【東日本大震災関連】社屋幹線2号線避雷器の一部損傷	その他	地震による大きな揺れにより、避雷器内部に部分放電が発生したことによる社屋幹線2号線避雷器の一部損傷。	Ⅲ
112	東北地方 太平洋沖地震 (女川)	【東日本大震災関連】社屋1号線避雷器の損傷	その他	地震による大きな揺れにより、避雷器内部に部分放電が発生したことによる社屋幹線1号線避雷器の一部損傷。	Ⅲ
113	東北地方 太平洋沖地震 (女川)	【東日本大震災関連】蒸気タービン中間軸受箱の浮き上がり	3号機	地震の揺れにより、タービン主軸が移動して中間軸受箱に力が加わったことによる、蒸気タービン中間軸受箱の浮き上がり、及び格付けボルトの変形。	Ⅲ
114	東北地方 太平洋沖地震 (女川)	【東日本大震災関連】蒸気タービン中間軸受基礎部の損傷	2号機	地震の揺れにより、タービン主軸が移動して中間軸受箱及びソールプレート(中間軸受箱を設置する平板)に力が加わり、ソールプレートが動いたことによる、蒸気タービン中間軸受箱の基礎部の損傷。	Ⅲ
115	東北地方 太平洋沖地震 (女川)	【東日本大震災関連】制御棒駆動系ハウジング支持金具サポーターのずれ	1号機 2号機 3号機	地震の影響による、制御棒駆動系ハウジングのハウジング支持金具(グリッド)のずれ。	Ⅲ
116	東北地方 太平洋沖地震 (女川)	【東日本大震災関連】使用済燃料プールにおけるゲート押さえの脱落	3号機	地震の揺れによる、使用済燃料プールのゲート押さえ金具のスイングボルトの外れ。	Ⅲ
117	東北地方 太平洋沖地震 (女川)	【東日本大震災関連】使用済燃料キャスクピットにおけるゲート押さえの一部脱落	3号機	地震の揺れによる、使用済燃料キャスクピットのゲート押さえ金具のスイングボルトの外れ。	Ⅲ
118	東北地方 太平洋沖地震 (女川)	【東日本大震災関連】当社モニタリングステーション(4局)の停電および伝送回線停止に伴う欠測	その他	地震・津波の影響により、社屋半島周辺の配電設備および伝送回線が損傷したことによる、モニタリングステーション(4局)の欠測。	Ⅲ、Ⅵ

地震被害発生要因：Ⅰ：地震の不等沈下による損傷 Ⅱ：建物間の相対変位による損傷 Ⅲ：地震の揺れによる施設の損傷・転倒・落下等 Ⅳ：周辺斜面の崩落
Ⅴ：使用済燃料ピットスロッシングによる溢水 Ⅵ：その他(地震の揺れによる警報発信等、施設の損傷を伴わないⅠ～Ⅴ以外の要因等)

原子力発電所における地震被害事例の要因整理

地震被害に関するNUC1A情報の検討内容					
No.	対象地震 (発電所)	件名	号機	地震被害事象および発生要因の概要	地震被害 発生要因
119	東北地方 太平洋沖地震 (女川)	【東日本大震災関連】 高圧電源盤しゃ断器の投入不可	1号機	地震の揺動により、高圧電源盤内のしゃ断器が傾いたことによる、インターロックローターの正常位置からの外れ。	Ⅲ
120	東北地方 太平洋沖地震 (女川)	【東日本大震災関連】 燃料交換機制御室内の地上操作装置落下	3号機	地震の影響による、燃料交換機制御室内の地上操作装置の机上から床面に落下したことによる、端子部の破損。	Ⅲ
121	東北地方 太平洋沖地震 (女川)	【東日本大震災関連】 燃料交換機の配線ケーブルの脱線	3号機	地震の揺れによる、燃料交換機ブリッジ給電装置のケーブル支持具のガードレールからの外れ。	Ⅲ
122	東北地方 太平洋沖地震 (女川)	【東日本大震災関連】 地下1階電動ステップバック遮へい扉の締結装置の破損	2号機	地震の影響による、電動ステップバック遮へい扉の締結装置の破損。	Ⅲ
123	東北地方 太平洋沖地震 (女川)	【東日本大震災関連】 モニタリングポスト(チャンネル6) 信号変換器の故障に伴う指示不良	その他	地震により、ケーブルコネクタのロック部分が破損してケーブルコネクタが緩んだことによる、モニタリングポストのチャンネル6 指示値の一時的変動。	Ⅲ
124	東北地方 太平洋沖地震 (女川)	【東日本大震災関連】 燃料交換機入出力装置の破損	1号機	地震により、燃料交換機入出力装置内の表示装置及びキーボード(各運転状態表示、手順データの入力および編集作業)がラックから落下したことによる、燃料交換機入出力装置の故障。	Ⅲ
125	東北地方 太平洋沖地震 (女川)	【東日本大震災関連】 主蒸気逃し安全弁(C)リミットスイッチの接点不良	1号機	地震の揺れによる、主蒸気逃し安全弁(C)の位置検出スイッチの位置ズレによる接点不良。	Ⅲ
126	東北地方 太平洋沖地震 (女川)	【東日本大震災関連】 原子炉格納容器内遮へい扉 留め具の外れ	1号機	地震の揺れにより、原子炉格納容器内原子炉遮へい開口部扉と遮へいカーテンの押さえ板が接触したことによる、遮へい材カーテンの押さえ板の変形。	Ⅲ
127	東北地方 太平洋沖地震 (女川)	【東日本大震災関連】 原子炉格納容器内遮へい扉 留め具の変形	2号機 3号機	地震の揺れにより、原子炉格納容器内原子炉遮へい開口部扉の留め具のバーとステーが接触したことによる、開口部扉の留め具の変形。	Ⅲ
128	東北地方 太平洋沖地震 (女川)	【東日本大震災関連】 補助ボイラー(A) 蒸気だめ基礎部の損傷	2号機	地震による荷重により、補助ボイラー(A)蒸気だめがわずかに移動したことによる、蒸気だめ基礎部の損傷。	Ⅲ
129	東北地方 太平洋沖地震 (女川)	【東日本大震災関連】 蒸気タービン中間軸受箱の基礎ボルト曲がり	2号機	地震の揺れにより、タービン主軸が移動して中間軸受箱及びソールプレート(中間軸受箱に設置する平板)に力が加わったことによる、ソールプレートの基礎ボルトの曲がり。	Ⅲ
130	東北地方 太平洋沖地震 (女川)	【東日本大震災関連】 起動用変圧器放熱器油漏れ	2号機	地震による、起動用変圧器放熱器の数ミリ程度のき裂による絶縁油の漏れ。	Ⅲ
131	東北地方 太平洋沖地震 (女川)	【東日本大震災関連】 大井クレーン運転席鋼材等の損傷	2号機	地震の影響により、原子炉建屋大井クレーンの運転席の鋼材溶接部の一部損傷。	Ⅲ
132	東北地方 太平洋沖地震 (女川)	【東日本大震災関連】 大井クレーン走行部等のすり傷	3号機	地震の影響により、原子炉建屋大井クレーンの走行レール上の車輪が滑れたことによる、走行レールと走行車輪の接触面の局部的なすり傷。	Ⅲ
133	東北地方 太平洋沖地震 (東海第二)	【東日本大震災関連】 原子炉格納容器機器ハッチ遮へい扉止め金具破損	—	地震による原子炉格納容器機器ハッチ遮へい扉の止め金具(スライド固定)の破損。	Ⅲ
134	東北地方 太平洋沖地震 (東海第二)	【東日本大震災関連】 格納容器雰囲気計測系サンプル昇圧ポンプ異常	—	地震による、格納容器雰囲気計測系(CAMS)のサンプル昇圧ポンプのモータとポンプの芯ずれ。	Ⅲ
135	東北地方 太平洋沖地震 (東海第二)	【東日本大震災関連】 使用済燃料プール小ゲート取付けボルトの位置ズレ	—	地震の揺れによる、使用済燃料プール小ゲートの取付けボルトの位置ズレ。	Ⅲ
136	東北地方 太平洋沖地震 (東海第二)	【東日本大震災関連】 地震による水処理建屋構造材の損傷	—	地震の影響による、水処理建屋のブレース(筋交い)の切断。	Ⅲ
137	東北地方 太平洋沖地震 (東海第二)	【東日本大震災関連】 津波による取水口電気室建屋の損傷	—	地震・津波による、取水口電気室の構具(窓、シャッター)の割れ・歪み。	Ⅲ、Ⅵ

地震被害発生要因：Ⅰ：地震の不等沈下による損傷 Ⅱ：建物間の相対変位による損傷 Ⅲ：地震の揺れによる施設の損傷・転倒・落下等 Ⅳ：周辺斜面の崩落
Ⅴ：使用済燃料ピットスロッシングによる漏水 Ⅵ：その他(地震の揺れによる警報発信等、施設の損傷を伴わないⅠ～Ⅴ以外の要因等)

原子力発電所における地震被害事例の要因整理

地震被害に関するNUC I A情報の検討内容					
No.	対象地震 (発電所)	件名	号機	地震被害事象および発生要因の概要	地震被害 発生要因
地震被害発生要因IV					※下線は要因IV相当箇所
138	中越沖 (柏崎)	【中越沖地震】土捨て場一部崩落（北側斜面）等	その他	地震の振動による土捨て場北側斜面の一部崩落。	IV
139	中越沖 (柏崎)	【中越沖地震】開閉所東側法面一部滑り出し	その他	地震の振動による開閉所東側法面の一部滑り出し、及び約10cmのひび割れ。	IV
140	駿河湾 (浜岡)	【中越沖地震】取水槽まわりの地盤沈下等	1号機	地震により、取水槽まわりに地盤沈下(30m×20m、最大15cm程度)、隆起(36m×15m、最大20cm程度)及び法面波打ち(30m×5m、最大10cm程度)が発生。	I、IV
141	駿河湾 (浜岡)	【駿河湾の地震】道路および法面のひび割れ	その他	地震により以下の被害が発生。 ①5号具積台道路き裂 ②片平山周辺よう壁目開き、道路き裂 ③平場ヤード舗装他き裂 ④6号放水口ロモニタ室東側よう壁(ブロック積み)き裂 ⑤固体廃棄物貯蔵庫(第2・4機)周辺よう壁(ブロック積み)および道路のき裂 ⑥発電所東側点検ヤード舗装き裂 ⑦発電所東側海岸道路き裂	I、IV

地震被害発生要因：I：地震の不等沈下による損傷 II：建物間の相対変位による損傷 III：地震の揺れによる施設の損傷・転倒・落下等 IV：周辺斜面の崩落
V：使用済燃料ピットスロッシングによる海水 VI：その他（地震の揺れによる警報発信等、施設の損傷を伴わないI～V以外の要因等）

原子力発電所における地震被害事例の要因整理

地震被害に関するNUC1A情報の検討内容					
No.	対象地震 (発電所)	件名	号機	地震被害事象および発生要因の概要	地震被害 発生要因
地震被害発生要因V					※下線は要因V相当箇所
142	中越沖 (柏崎)	【中越沖地震】R/B 3Fオベフロ全域水浸し	1号機	地震による使用済燃料プールのスロッシングによる溢水。	V
143		【中越沖地震】R/B使用済燃料プール水飛散	2号機		
144		【中越沖地震】R/Bオベフロ床への使用済燃料 プール水飛散	3号機		
145		【中越沖地震】R/B使用済燃料プール水散逸による R/Bオベフロ水浸し・SFP混濁不可視	4号機		
146		【中越沖地震】R/Bオベフロほぼ全域への使用済み燃料 プール水飛散	5号機		
147		【中越沖地震】R/B(管理)オベフロほぼ全域への使用 済燃料プール水飛散	6号機		
148		【中越沖地震】R/B 4Fオベフロ全域水たまり有り	7号機		
149	中越沖 (柏崎)	【中越沖地震】R/B3階、中3階の非管理区域への放射 能を含む水の漏えい・海への放射能放出	6号機	地震による使用済燃料プールのスロッシングによる被害は以下のとおり。 ・原子炉建屋4階オベレーティングフロア(管理区域)への溢水 ・上層排水が燃料交換機給排水ボックスへ流入し、設計上の考慮不足あるいは施工不良による当該給排水ボックス内電線貫通部のシール材の隙間を通り電線管へ流入。 ・当該電線管へ流入した水が原子炉建屋3階(非管理区域)への落下。 ・落下した水が床面の排水口を通過して原子炉建屋地下1階(非管理区域)の非放射能排水収集タンクに流入し排水ポンプにより海に放出。	V、VI
150	中越沖 (柏崎)	【中越沖地震】1号機 使用済燃料プールの水位低下による 運転上制限の逸脱及び復帰	1号機	地震によるスロッシングにより溢水したことによる使用済燃料プールの水位低下。	V
151	中越沖 (柏崎)	【中越沖地震】2号機 使用済燃料プールの水位低下による 運転上制限の逸脱及び復帰	2号機		
152	中越沖 (柏崎)	【中越沖地震】3号機 使用済燃料プールの水位低下による 運転上制限の逸脱及び復帰	3号機		
153	中越沖 (柏崎)	【中越沖地震】R/B2F南東壁(SFP側)よりの 水漏れ	7号機	地震による、原子炉建屋管理区域内2階のエレベータ付近の壁面の鉄筋コンクリートの 経年劣化に生じた微細なひびからの水のしみ出し。	IIIまたはV
154	中越沖 (柏崎)	【中越沖地震】R/B3FISI試験片前部からの 水漏れ	7号機	地震による、原子炉建屋管理区域内3階北側の床面コンクリート継ぎ目部からのわずかな 水のしみ出し。	IIIまたはV
155	東北地方 太平洋沖地震 (東海第二)	【東日本大震災関連】東海第二発電所 使用済燃料 プール水飛散	—	地震による使用済燃料プールのスロッシングにより、プール水が侵入して制御棒位置指示 系信号コネクタ部が絶縁低下したことによる、制御棒位置指示表示の不良。	V

地震被害発生要因：I：地震の不等沈下による損傷 II：建物間の相対変位による損傷 III：地震の揺れによる施設の損傷・転倒・落下等 IV：周辺斜面の崩落
V：使用済燃料ピットスロッシングによる溢水 VI：その他(地震の揺れによる警報発信等、施設の損傷を伴わないI～V以外の要因等)

原子力発電所における地震被害事例の要因整理

地震被害に関するNUC1A情報の検討内容					
No.	対象地震(発電所)	件名	号機	地震被害事象および発生要因の概要	地震被害発生要因
地震被害発生要因VI					※下線は要因VI相当箇所
156	宮城県沖(女川)	8・16宮城地震による女川原子力発電所全プラント停止について	1号機 2号機 3号機	地震による安全上必要となる被害なし。以下の軽微な被害が発生。 ○女川1号炉 ・主変圧器、起動用変圧器の過圧非動作 ・サイトバンク建屋プールに水が訂落下 ○女川2号炉 ・主変圧器、起動用変圧器、補助ボイラー変圧器(A)(B)の過圧非動作 ○女川3号炉 ・原子炉建屋内見学者用キャリヤー室のガラスひび ・主変圧器の過圧非動作 ○その他構内 ・環境放射能測定センターの希硫酸(5%濃度)貯蔵施設が揺れ及び時性ソーグの一部滴下 ・建屋エレベータ停止 ・排気筒航空障害等レンズカバー破損 ・構内道路アスファルトひび割れ、波打ち、段差発生	I, III, VI
157	能登半島沖(志賀)	能登半島地震観測データ波形記録の一部消失について	1号機	短時間に多くの余震を連続して記録したこと、及び地震観測用強度計の記録装置の容量が少なかったことから、一旦保存した本震記録等をサーバーに転送する前に、新たな余震記録により上書きされたもの。	VI
158	中越沖(柏崎)	【中越沖地震】R/B3階、中3階の非管理区域への放射能を含む水の漏えい・海への放射能放出	5号機	地震による使用済燃料プールのスロッシングによる被害は以下のとおり。 ・原子炉建屋4階オペレーティングフロア(管理区域)への漏水。 ・上記漏水が燃料交換機給電ボックスへ流入し、設計上の考慮不足あるいは施工不良による当該給電ボックス内電線貫通部のシール部の損傷を通り電線管へ流入。 ・当該電線管へ流入した水が原子炉建屋3階(非管理区域)へ滴下。 ・滴下した水が床面の排水口を通じて原子炉建屋地下1階(非管理区域)の非放射能排水取集タンクに流入し、排水ポンプにより海へ放出。	V, VI
159	中越沖(柏崎)	【中越沖地震】低起動変圧器3SD「放圧装置動作」及び放圧装置油リーク	3号機	地震の揺れにより放圧装置が動作したことによる噴油。	VI
160	中越沖(柏崎)	【中越沖地震】低起動変圧器6SB放圧装置油リークによる低起動変圧器6SB停止	6号機	地震の揺れにより放圧装置が動作したことによる噴油。	VI
161	中越沖(柏崎)	【中越沖地震】T/B RFP-T主油タンク(B)タンク室床に油たまり	2号機	地震の影響によりRFP-T(B)油ブースターポンプの電源が喪失したことによる、RFP-T(B)油タンクのオーバーフロー。	VI
162	中越沖(柏崎)	【中越沖地震】地震記録装置データ上書き	その他	短時間に多くの余震が連続して発生したこと等により、観測装置内に記録・保存されていた本震の記録等を転送する前に、新たな余震記録により本震記録が上書きされたもの。	VI
163	中越沖(柏崎)	【中越沖地震】主排気筒の定期測定(1回/週)においてヨウ素及び粒子状放射性物質(クロム51, コバルト60)の検出について	7号機	地震スクラム後の原子炉の冷温停止操作が複雑し、タービンランド蒸気排気機の手動停止操作が遅れたことによる、復水器内の放射性ヨウ素及び粒子状放射性物質の放出。	VI
164	中越沖(柏崎)	【中越沖地震】6号機R/Bより海に放出された放射線量の評価・通報連絡の遅延	6号機	管理区域に隣接する非管理区域における放射性物質を含む水の漏えいのリスクを考慮した放射線管理プロセスが構築されておらず、原子炉建屋非放射能スチームドレンサンプの起動阻止が遅れたことによる、サンプに流入した放射能を含む水の放出等。	VI
165	中越沖(柏崎)	【中越沖地震】7号原子炉ウエルライナーからの漏洩について	7号機	建設時に原子炉ウエルライナーの溶接余盛り部を平滑化するためにグラインディングで除去していたため、残存厚が薄くなっており、地震により残存厚が薄くなっていった部分に過大な荷重がかかり貫通したことによる漏えい。	III, VI
166	中越沖(柏崎)	【中越沖地震】R/B1F北西側二重電源喪失のため内外開放中	1号機	二重線の電源である「MCCSA-1」に漏えいした水がかかっていたため、当直員がMCCを停止させた等による、二重線動作不能。	VI
167	中越沖(柏崎)	【中越沖地震】R/Bオペフロ 原子炉ウエル内バルクヘッド上に赤靴を確認	1号機	使用済燃料プール及び原子炉ウエルから溢れた水による、ウエル開口部付近にあったC靴の移動。	VI
168	中越沖(柏崎)	【中越沖地震】「6号機の放射性物質の漏えいについて」における海に放出された放射線量の訂正について	6号機	放射線の測定結果を記録した検察において記載された合計値がすべての放射性核種の温度の合計値と相違したことから、海に放出された水の放射線量の計算の誤り。	VI
169	中越沖(柏崎)	【中越沖地震】T/B B2F T/BUCR管(B)・LPCP(A)～(C) 至る水流入	1号機	タービン建屋へ海水熱交換器建屋・補助ボイラー建屋・ランドリー建屋・ランドリー建屋ダクトで発生した漏水が近傍のファンネルへ大量に流入し、目詰まりを起して高電導度空液サンプに流入したことによるサンプからの漏水。	VI
170	中越沖(柏崎)	【中越沖地震】T/B T/B B1F (南側壁上部5m(ヤードH4T)奥(ノンセグ壁)より雨水流入	3号機	タービン建屋に隣接したピットに水がたまり、電線管貫通部を通過してタービン建屋内に流入。	VI
171	中越沖(柏崎)	【中越沖地震】5号機 燃料取扱機荷重異常発生に伴う自動除外	5号機	燃料交換機の不適切な設定原因により、燃料集合体の下部先端が燃料支持金具の外側に乗り上げた状態であったため、地震により燃料集合体が燃料支持金具からさらに外れたことによるもの。	VI
172	中越沖(柏崎)	【中越沖地震】3号機原子炉圧力容器器壁への地震による移動について	3号機	・スライド式遮へい体が正常位置に取り付けられておらず、地震により移動して接触したことによる、RPV水位計装置の保護材の変形。 ・スライド式遮へい体のスライダが取り付けられておらず、地震によりスライド式遮へい体が移動して遮へいブロックが崩れたことによる、遮へいブロックのRPV水位計装置への接触。	III, VI
173	駿河湾(浜岡)	【駿河湾の地震】廃棄物減容処理建屋「復水パッチタンク水位高」警報点灯	2号機	地震により復水パッチタンク水位が変動し、補給水系統からタンクへの自動補給が行われたことにより水位が上昇したことによる水位高警報の発信。	VI
174	駿河湾(浜岡)	【駿河湾の地震】原子炉建屋3階(放射線管理区域内)燃料プール冷却浄化系ポンプ室の放射線モニタ指示の上昇	2号機	地震の揺れにより、燃料集合体表面の放射性物質を含んだ鉄錆び等が燃料プールに遊離したことによる、燃料プールの放射能の上昇。	VI
175	駿河湾(浜岡)	【駿河湾の地震】非常用ディーゼル発電機の排気消音器の吸音材カバー固定金具の外れおよび台座シール材の劣化	3号機	屋外の塩害環境による固定金具の腐食と地震の揺れによる影響による、非常用ディーゼル発電機(A)排気消音器の吸音材カバー固定金具の一部外れ、及び非常用ディーゼル発電機(B)の排気消音器台座シール材の劣化。	III, VI
176	駿河湾(浜岡)	【駿河湾の地震】非常用ディーゼル発電機(A)排気消音器の吸音材カバー固定金具等の外れ	4号機	屋外の塩害環境による固定金具の腐食と地震の揺れによる影響による、非常用ディーゼル発電機(A)排気消音器の吸音材カバー固定金具の一部外れ、及び一部カバーずれ。	III, VI
177	駿河湾(浜岡)	【駿河湾の地震】補助変圧器過電流トリップ	5号機	地震の振動でトリップ接点が接触したことによる保護継電器の誤動作。	VI
178	駿河湾(浜岡)	【駿河湾の地震】制御棒駆動機構モータ制御ユニットの故障警報点灯について	5号機	上記、補助変圧器過電流トリップ事象により、制御棒駆動機構モータ制御装置が一時停止したことによる警報発信。	VI
179	駿河湾(浜岡)	【駿河湾の地震】原子炉建屋管理区域区分の変更	5号機	地震の揺れで原子炉建屋5階オペフロ高所に警備していた放射性物質が落下し、原子炉建屋全体に拡散したことによる、燃料交換エリア床面の放射性物質密度上昇に伴う放射線管理区分の変更。	VI

地震被害発生要因: I: 地震の不等沈下による損傷 II: 建物間の相対変位による損傷 III: 地震の揺れによる施設の損傷・転倒・落下等 IV: 周辺斜面の崩落 V: 使用済燃料ピットスロッシングによる溢水 VI: その他(地震の揺れによる警報発信等、施設の損傷を伴わないI~V以外の要因等)

原子力発電所における地震被害事例の要因整理

地震被害に関する NUC1A 情報の検討内容					
No.	対象地震 (発電所)	件名	号機	地震被害事象および発生要因の概要	地震被害 発生要因
180	駿河湾 (浜岡)	【駿河湾の地震】計測制御系定電圧定周波数電源装置のインバーター過電流による電源切替（通常予備）	5号機	地震により4, 5号炉が原子炉スクラムした瞬間の発電機出力低下を5号炉の系統安定化装置が検知し、発電機電圧を上昇させた際の過渡的な電圧上昇及び過電流による、計測制御系定電圧定周波数電源装置の電源切替。	VI
181	駿河湾 (浜岡)	【駿河湾の地震】原子炉建屋5階（放射線管理区域内）燃料交換エリア換気放射線モニタ指示の一時的な上昇	5号機		VI
182	駿河湾 (浜岡)	【駿河湾の地震】燃料プール水の放射能の上昇	5号機	地震の揺れにより、燃料集合体表面の放射性物質を含んだ鉄錆び等が燃料プール水に遊離したことによる、プール表面からの放射線量率の上昇。	VI
183	駿河湾 (浜岡)	【駿河湾の地震】原子炉建屋3階（放射線管理区域内）燃料プール冷却浄化系ポンプ室の放射線モニタ指示の上昇	5号機		VI
184	駿河湾 (浜岡)	【駿河湾の地震】非常用ガス処理系(B)放射線モニタ下限点灯	5号機	地震の振動による補助変圧器トリップに伴う、電圧の一時的な低下によるモニタ指示値の一時的な低下。	VI
185	駿河湾 (浜岡)	【駿河湾の地震】非常用ディーゼル発電機(B)排気消音器の吸音材カバー固定金具等の外れ	5号機	屋外の被害環境による固定金具の弛緩と地震の揺れによる影響による、非常用ディーゼル発電機(B)排気消音器の吸音材カバー固定金具の一部外れ、及び一部カバーのずれ。	III, VI
186	東北地方 太平洋沖地震 (女川)	【東日本大震災関連】屋外重油タンクの倒壊	1号機	津波の影響による、補助ボイラー用重油タンクの倒壊、重油移送ポンプの浸水及び油輸送管の損傷。	VI
187	東北地方 太平洋沖地震 (女川)	【東日本大震災関連】原子炉補機冷却水系熱交換器(B)室、高圧炉心スプレィ補機冷却水系熱交換器室および海水ポンプ室への浸水	2号機	津波の影響による、原子炉建屋地下3階の非管理区域のRCW熱交換器(A)(B)室、HPCW熱交換器室、エレベーターエリアにアクセスする階段室及び海水ポンプ室への海水の流入、RCWポンプ(B)、(D)及びHPCWポンプの浸水。	VI
188	東北地方 太平洋沖地震 (女川)	【東日本大震災関連】2, 3号機放水ロモニターの津波による浸水および破損	1号機 2号機 3号機	津波による、放水ロモニターの測定・データ伝送設備の浸水・破損。	VI
189	東北地方 太平洋沖地震 (女川)	【東日本大震災関連】当社モニタリングステーション(4局)の停電および伝送回線停止に伴う欠測	その他	地震・津波の影響により、社屋半島周辺の配電設備および伝送回線が損壊したことによる全局欠測。	III, VI
190	東北地方 太平洋沖地震 (女川)	【東日本大震災関連】海水温度モニタリング装置の津波による破損に伴う全局欠測	その他	津波により、海水温度モニタリング装置のデータ伝送設備が冠水し破損したことによる全局欠測。	VI
191	東北地方 太平洋沖地震 (女川)	【東日本大震災関連】母連しゃ断器の制御電源喪失	1号機	地震により火災が発生した高圧電源盤の制御電源回路の溶損による地絡及び短絡の影響により、母連しゃ断器用制御電源回路の電圧が変動したことによる、リレーの動作及び「制御電源喪失」警報発信。	VI
192	東北地方 太平洋沖地震 (女川)	【東日本大震災関連】変圧器遮断弁の油面変動に伴う動作	1号機	地震の揺れにより、主変圧器、起動変圧器及び所内変圧器内の絶縁油の油面が変動して内部圧力が上昇したことによる、遮断弁の動作。	VI
193	東北地方 太平洋沖地震 (女川)	【東日本大震災関連】燃料取扱エリア放射線モニタ(A)記録計の指示不良	3号機	指示不良による、燃料取扱エリア放射線モニタ(A)記録計の指示値の一時的な変動。	VI
194	東北地方 太平洋沖地震 (女川)	【東日本大震災関連】変圧器遮断弁の油面変動に伴う動作	3号機	地震の揺れにより、主変圧器及び所内変圧器内の絶縁油の油面が変動して内部圧力が上昇したことによる、遮断弁の動作。	VI
195	東北地方 太平洋沖地震 (女川)	【東日本大震災関連】125V直流母線盤の地絡(計2件発見)	1号機	火災により配線が地絡したことによる、125V直流分電盤の地絡警報発信。	VI
196	東北地方 太平洋沖地震 (女川)	【東日本大震災関連】125V直流母線盤の地絡(計4件発見)	3号機	津波により、除塵装置制御盤が浸水して地絡したことによる、125V直流電源設備の地絡警報発信。	VI
197	東北地方 太平洋沖地震 (女川)	【東日本大震災関連】ほう酸水貯蔵タンク水位指示回路不良	1号機	火災による高圧電源盤の地絡電流により、電源フェーズが断線して電源がなくなったことによる、ほう酸水貯蔵タンク水位指示計のスケールダウン。	VI
198	東北地方 太平洋沖地震 (女川)	【東日本大震災関連】変圧器遮断弁の油面変動に伴う動作(計7件発見)	2号機	地震の揺れにより、主変圧器、起動変圧器、所内変圧器及び補助ボイラー用変圧器内の絶縁油の油面が変動して内部圧力が上昇したことによる、遮断弁の動作。	VI
199	東北地方 太平洋沖地震 (女川)	【東日本大震災関連】125V直流母線盤の地絡	2号機	津波により、原子炉補機冷却系/原子炉補機冷却海水系(B)制御回路の電動弁、非放射性ドレン移送系のサンポンプ操作箱、及び除塵装置制御盤が浸水して地絡したことによる、125V直流電源設備の地絡警報発信。	VI
200	東北地方 太平洋沖地震 (女川)	【東日本大震災関連】非常用ディーゼル発電機(A)異音回路の損傷	1号機	火災により、同期検出継電器と接続している制御ケーブルが溶損して地絡し、地絡に伴いDG(A)しゃ断器が自動投入されたため昇圧電圧が生じたことによる、バリスタの損傷、断線及びグイオードの短絡。	VI
201	東北地方 太平洋沖地震 (女川)	【東日本大震災関連】高圧炉心スプレィ系圧力抑制室吸込弁の全開動作不能	3号機	地震により、高圧炉心スプレィ系圧力抑制室吸込弁の開閉指示を行うスイッチ等が損傷したことによる自動での全開動作不能。	VI
202	東北地方 太平洋沖地震 (東海第二)	【東日本大震災関連】非常用ディーゼル発電機2C用海水ポンプの自動停止について	—	波により、非常用ディーゼル発電機2C用海水ポンプ電動機が浸水したことによる、当該海水ポンプの自動停止。	VI
203	東北地方 太平洋沖地震 (東海第二)	【東日本大震災関連】125V蓄電池2B室における溢水について	—	充電池サンパ(管理区域内)と125V蓄電池2B室(非管理区域内)のドレンファンネルを接続する配管が存在していたこと、及び当該ファンネルに高低差がなく逆流防止装置が講じられていなかったことにより、当該サンパ水が当該ファンネルへ流入したことによる、125V蓄電池2B室における溢水。	VI
204	東北地方 太平洋沖地震 (東海第二)	【東日本大震災関連】東海第二発電所 固体廃棄物貯蔵用サイトバンカプール水飛散	—	地震による、廃棄物処理建屋固体廃棄物貯蔵用サイトバンカプールの溢水。	VI
205	東北地方 太平洋沖地震 (東海第二)	【東日本大震災関連】D/W床及び機器ドレンサンプレベルスイッチの地絡	—	流入水による、床ドレン及び機器ドレンサンプレベルスイッチが被水したことによる、当該サンプレベルスイッチ回路の地絡。	VI
206	東北地方 太平洋沖地震 (東海第二)	【東日本大震災関連】T/B機器ドレンサンパからの水漏れ	—	サンパ電源喪失中における、電動機駆動原子炉給水ポンプシール水の流入による、タービン建屋機器ドレンサンパ(B)からの水漏れ。	VI
207	東北地方 太平洋沖地震 (東海第二)	【東日本大震災関連】主変圧器、起動変圧器(2A, 2B)放圧管からの絶縁油漏えい	—	地震動により、主変圧器及び起動変圧器(2A, 2B)内の絶縁油の油面が変動して放圧管に漏れが生じたことによる、放圧管からの絶縁油の漏えい。	VI
208	東北地方 太平洋沖地震 (東海第二)	【東日本大震災関連】津波による屋外機器の被水(安置設備以外)	—	津波による、CWP 潤滑水ポンプ等の屋外機器の被水。	VI
209	東北地方 太平洋沖地震 (東海第二)	【東日本大震災関連】津波による取水口電気室建屋の損傷	—	地震・津波による、取水口電気室の建屋(窓、シャッター)の割れ・歪み。	III, VI

地震被害発生要因：Ⅰ：地震の不等沈下による損傷 Ⅱ：建物間の相対変位による損傷 Ⅲ：地震の揺れによる施設の損傷・転倒・落下等 Ⅳ：周辺斜面の崩落 Ⅴ：使用済燃料ピットスロッシングによる溢水 Ⅵ：その他（地震の揺れによる警報発信等、施設の損傷を伴わないⅠ～Ⅴ以外の要因等）

東海第二発電所における地震被害事例の要因整理

No.	件名	地震被害事象および発生要因の概要	地震被害発生要因
地震被害発生要因 I			
1	154kV開閉所 消火系配管架台ずれ	154kV開閉所 消火系配管架台ずれ エリア：屋外、海回り他	I
2	R/Wセメントドラム搬出入口建屋沈下	廃棄物処理施設セメントドラム搬出入口建屋沈下 エリア：屋外、海回り他	I
3	H2メーキャップ室建屋沈下	窒素供給建屋沈下 エリア：屋外、海回り他	I
4	土変圧器廻り通路地盤沈下	土変圧器廻り通路地盤沈下 エリア：屋外、海回り他	I
5	換薄小屋沈下	換薄小屋沈下 エリア：屋外、海回り他	I
6	ASWカルバート沈下	補助海水系カルバート沈下 エリア：屋外、海回り他	I
7	周辺防護区域内地盤沈下による建屋廻り段差、陥没	周辺防護区域内地盤沈下による建屋廻り段差、陥没 エリア：屋外、海回り他	I
8	CWP基礎及び仕切り壁基礎下部の地盤沈下	CWP基礎及び仕切り壁基礎下部の地盤沈下 エリア：屋外、海回り他	I
9	水処理 混合用空気貯槽 基礎部ずれ	水処理 混合用空気貯槽 基礎部ずれ エリア：屋外、海回り他	I
10	残留熱除去海水系放出配管(A系)芯ズレについて	残留熱除去海水系放出配管(A系)芯ズレについて エリア：屋外、海回り他	I
11	循環水配管下地盤沈下	循環水配管下地盤沈下 エリア：屋外	I

地震被害発生要因：I：地震の不等沈下による損傷 II：建物間の相対変位による損傷 III：地震の揺れによる施設の損傷・転倒・落下等 IV：周辺斜面の陥没
V：使用済燃料ピットスロッシングによる溢水 VI：その他（地震の揺れによる警報発信等、施設の損傷を伴わないI～V以外の要因等）

No.	件名	地震被害事象および発生要因の概要	地震被害発生要因
地震被害発生要因Ⅱ			
12	R/W・増強R/W連絡通路（1F、2F）接続部亀裂	R/W・増強R/W連絡通路（1F、2F）接続部亀裂 エリア：廃棄物処理増強建屋	Ⅱ

地震被害発生要因：Ⅰ：地震の不等沈下による損傷 Ⅱ：建物間の相対変位による損傷 Ⅲ：地震の揺れによる施設の損傷・転倒・落下等 Ⅳ：周辺斜面の崩落
Ⅴ：使用済燃料ピットスロッシングによる溢水 Ⅵ：その他（地震の揺れによる警報発信等、施設の損傷を伴わないⅠ～Ⅴ以外の要因等）

No.	件名	地震被害事象および発生要因の概要	地震被害発生要因
地震被害発生要因Ⅲ			
13	ほう酸水貯蔵タンク水位計オーバースケール	ほう酸水貯蔵タンク水位計オーバースケール エリア：原子炉建屋	Ⅲ
14	H13-P601 ポストアクシデントレコグB 指示不良	H13-P601 ポストアクシデントレコグB 指示不良 エリア：原子炉建屋	Ⅲ
15	制御棒54-43及び56-43位置指示不良	制御棒54-43及び56-43位置指示不良 エリア：原子炉建屋	Ⅲ
16	R/B 6F 機交台車制御室 窓ガラス一部破損	R/B 6F 機交台車制御室 窓ガラス一部破損 エリア：原子炉建屋	Ⅲ
17	R/B 2F 格納容器機器ハッチ留め金具破損	R/B 2F 格納容器機器ハッチ留め金具破損 エリア：原子炉建屋	Ⅲ
18	現場照明器具かき落下	現場照明器具かき落下 エリア：原子炉建屋、タービン建屋	Ⅲ
19	R/B B1F計装用空気入口配管RASH007フランジ部微少リーク	R/B B1F計装用空気入口配管RASH007フランジ部微少リーク エリア：原子炉建屋	Ⅲ
20	CMS(B)昇圧ポンプ異音	CMS(B)昇圧ポンプ異音 エリア：原子炉建屋	Ⅲ
21	T/B 3F OPERATING FLOOR壁面亀裂及び鉄板部歪み	T/B 3F OPERATING FLOOR壁面亀裂及び鉄板部歪み エリア：タービン建屋	Ⅲ
22	増強R/W凝固体減容処理設備 苛性ソーダポンプA 苛性ソーダ微少リーク(結晶)	増強R/W凝固体減容処理設備 苛性ソーダポンプA 苛性ソーダ微少リーク(結晶) エリア：廃棄物処理増強建屋	Ⅲ
23	T/B 3F C/S送風機室内壁面ブロック落下	T/B 3F C/S送風機室内壁面ブロック落下 エリア：タービン建屋	Ⅲ
24	制御棒50-47位置指示不良	制御棒50-47位置指示不良 エリア：原子炉建屋	Ⅲ
25	MCRバイパスフィルタファン E2-14B起動不調	MCRバイパスフィルタファン E2-14B起動不調 エリア：タービン建屋	Ⅲ
26	ASXストレーナA差圧計指示不良	ASXストレーナA差圧計指示不良 エリア：屋外、海回り他	Ⅲ
27	MCR H13-P602 「D/W FD SUMP LEVEL HIGH」 警報回路地絡	MCR H13-P602 「D/W FD SUMP LEVEL HIGH」 警報回路地絡 エリア：原子炉建屋	Ⅲ
28	原子炉建屋人物出入口扉(外側)ゆがみ	原子炉建屋人物出入口扉(外側)ゆがみ エリア：原子炉建屋	Ⅲ
29	R/W FDSaT・DISTSaT密着側雨水浸入	R/W FDSaT・DISTSaT密着側雨水浸入 エリア：屋外、海回り他	Ⅲ
30	T/B 1F MD RFP(B)付近 東側壁面からの雨濡れ	T/B 1F MD RFP(B)付近 東側壁面からの雨濡れ エリア：タービン建屋	Ⅲ
31	オフガस्पレヒータ(A)入口弁6-2 3 V 5 電磁弁連続排気	オフガस्पレヒータ(A)入口弁6-2 3 V 5 電磁弁連続排気 エリア：タービン建屋	Ⅲ
32	MCR H13-P601 ドライウェル真空破損弁2-2 6 V-4 1 表示灯両点	MCR H13-P601 ドライウェル真空破損弁2-2 6 V-4 1 表示灯両点 エリア：原子炉建屋	Ⅲ
33	MCR H13-P602 「FUEL POOL LEVEL HI/LO」 警報用レベルスイッチ不良	MCR H13-P602 「FUEL POOL LEVEL HI/LO」 警報用レベルスイッチ不良 エリア：原子炉建屋	Ⅲ
34	R/B 3F RPV SKIN TEMP記録計(B22-R006) 打点A 指示不良	R/B 3F RPV SKIN TEMP記録計(B22-R006) 打点A 指示不良 エリア：原子炉建屋	Ⅲ
35	CRD ドライブフィルタAイベント・ドレンラインユニオン緩ぎ手回りリーク	CRD ドライブフィルタAイベント・ドレンラインユニオン緩ぎ手回りリーク エリア：原子炉建屋	Ⅲ
36	L/B NO.3オイルサービスタンク出口配管ユニオン部リーク	L/B NO.3オイルサービスタンク出口配管ユニオン部リーク エリア：タービン建屋	Ⅲ
37	DG 2C SEA WATER PUMPトリップ	DG 2C SEA WATER PUMPトリップ エリア：屋外、海回り他	Ⅲ
38	プロセス計算機 タービンNo.10軸受温度指示不調	プロセス計算機 タービンNo.10軸受温度指示不調 エリア：タービン建屋	Ⅲ
39	水処理 NO.2活性炭ろ過器洗浄水出口配管リーク	水処理 NO.2活性炭ろ過器洗浄水出口配管リーク エリア：屋外、海回り他	Ⅲ
40	構内消火設備(屋外)からの漏えい	構内消火設備(屋外)からの漏えい エリア：屋外、海回り他	Ⅲ
41	東北関東大震災による保管鉄箱の転倒、落下	東北関東大震災による保管鉄箱の転倒、落下 エリア：屋外、海回り他	Ⅲ
42	SFP小ゲート取付けボルト不良	SFP小ゲート取付けボルト不良 エリア：原子炉建屋	Ⅲ
43	MCR CP-3 「IA PRESS LOW」 警報発報	MCR CP-3 「IA PRESS LOW」 警報発報 エリア：原子炉建屋	Ⅲ
44	MCR CP-31 「O/G CONDENSER A DISCH TEMP HIGH」 警報発報	MCR CP-31 「O/G CONDENSER A DISCH TEMP HIGH」 警報発報 エリア：原子炉建屋	Ⅲ
45	主復水器(B)エキスパンションジョイントシール漏洩	主復水器(B)エキスパンションジョイントシール漏洩 エリア：タービン建屋	Ⅲ
46	屋外発電機機内ガス系配管曲がり	屋外発電機機内ガス系配管曲がり エリア：屋外、海回り他	Ⅲ

地震被害発生要因：Ⅰ：地震の不等沈下による損傷 Ⅱ：建物間の相対変位による損傷 Ⅲ：地震の揺れによる施設の損傷・転倒・落下等 Ⅳ：周辺斜面の崩落
Ⅴ：使用済燃料ピットスロッシングによる溢水 Ⅵ：その他(地震の揺れによる警報発信等、施設の損傷を伴わないⅠ～Ⅴ以外の要因等)

No.	件名	地震被害事象および発生要因の概要	地震被害発生要因
47	増強R/W減容固化系循環ポンプB起動不可	増強R/W減容固化系循環ポンプB起動不可 エリア：廃棄物処理増強建屋	Ⅲ
48	T/B 北側壁面雨水配管接続部不良	T/B 北側壁面雨水配管接続部不良 エリア：タービン建屋	Ⅲ
49	主変圧器及び起動用変圧器放圧管からの漏油について	主変圧器及び起動用変圧器放圧管からの漏油について エリア：屋外、海回り他	Ⅲ
50	主変圧器消火系ノズル破損	主変圧器消火系ノズル破損 エリア：屋外、海回り他	Ⅲ
51	主変圧器作業用電源電線管外れ	主変圧器作業用電源電線管外れ エリア：屋外、海回り他	Ⅲ
52	構内一般洗却炉用電源の停止	構内一般洗却炉用電源の停止 エリア：屋外、海回り他	Ⅲ
53	チェックポイント建屋1階天井からの水滴落下	チェックポイント建屋1階天井からの水滴落下 エリア：屋外、海回り他	Ⅲ
54	東日本大震災によるランドリーボイラー不具合	東日本大震災によるランドリーボイラー不具合 エリア：サービス建屋	Ⅲ
55	L/Bオイルサービスタンク ペント管からの漏えい	L/Bオイルサービスタンク ペント管からの漏えい エリア：サービス建屋	Ⅲ
56	T/B機器ドレンサンプB漏洩	T/B機器ドレンサンプB漏洩 エリア：タービン建屋	Ⅲ
57	T/B 1F 電動駆動原子炉給水ポンプ(A)及び(B)シール部蒸気漏洩	T/B 1F 電動駆動原子炉給水ポンプ(A)及び(B)シール部蒸気漏洩 エリア：原子炉建屋	Ⅲ
58	HCU 50-47 スクラム弁(126) グランド部微少漏えい	HCU 50-47 スクラム弁(126) グランド部微少漏えい エリア：原子炉建屋	Ⅲ
59	オフガスリコンバイナA出口弁(A0-4-23V30)表示不良	オフガスリコンバイナA出口弁(A0-4-23V30)表示不良 エリア：タービン建屋	Ⅲ
60	増強R/W雑固体減容処理設備アンモニア噴霧ノズル供給弁からの滴下	増強R/W雑固体減容処理設備アンモニア噴霧ノズル供給弁からの滴下 エリア：廃棄物処理増強建屋	Ⅲ
61	R/B3F HCUスクラム弁126(加圧、流入側) グランド部微少リーク	R/B3F HCUスクラム弁126(加圧、流入側) グランド部微少リーク エリア：原子炉建屋	Ⅲ
62	T/B SD SUMP A LEVEL H1-H1 警報発報	T/B SD SUMP A LEVEL H1-H1 警報発報 エリア：タービン建屋	Ⅲ
63	屋外モルタル建屋 モルタル混和剤ポット吊ワイヤー切損	屋外モルタル建屋 モルタル混和剤ポット吊ワイヤー切損 エリア：屋外、海回り他	Ⅲ
64	R/W 2F SRVアクチュエータ転倒	R/W 2F SRVアクチュエータ転倒 エリア：原子炉建屋	Ⅲ
65	増強R/W B2F 減容固化体移送装置出入口遮蔽扉倒れ	増強R/W B2F 減容固化体移送装置出入口遮蔽扉倒れ エリア：廃棄物処理増強建屋	Ⅲ
66	増強R/W 建屋排気系フィルタユニットQ上部換気口ルーバー脱落	増強R/W 建屋排気系フィルタユニットQ上部換気口ルーバー脱落 エリア：廃棄物処理増強建屋	Ⅲ
67	SGTS HI-RANGE MON RAD HI (A系) 警報発報	SGTS HI-RANGE MON RAD HI (A系) 警報発報 エリア：原子炉建屋	Ⅲ
68	R/B 3F HCU 50-43 スクラム弁126(加圧、流入側) グランド部微少リーク	R/B 3F HCU 50-43 スクラム弁126(加圧、流入側) グランド部微少リーク エリア：原子炉建屋	Ⅲ
69	T/B 1F 及び B1F床面・壁面亀裂	T/B 1F 及び B1F床面・壁面亀裂 エリア：タービン建屋	Ⅲ
70	水処理前処理装置配管及びモノスコアフィルター底部からの漏えい	水処理前処理装置配管及びモノスコアフィルター底部からの漏えい エリア：屋外、海回り他	Ⅲ
71	プロセスコンピュータ ANNタイパ印字不良	プロセスコンピュータ ANNタイパ印字不良 エリア：原子炉建屋	Ⅲ
72	水処理 ポンプ及びタンク等の基礎コンクリートひび割れ	水処理 ポンプ及びタンク等の基礎コンクリートひび割れ エリア：屋外、海回り他	Ⅲ
73	水処理純水貯蔵タンク基礎防水加工部剥離	水処理純水貯蔵タンク基礎防水加工部剥離 エリア：屋外、海回り他	Ⅲ
74	水処理排水処理系第一PI調整槽PAC注入ライン配管サポート部損傷	水処理排水処理系第一PI調整槽PAC注入ライン配管サポート部損傷 エリア：屋外、海回り他	Ⅲ
75	水処理排水処理装置第一及び第二PI調整槽入口配管等破損	水処理排水処理装置第一及び第二PI調整槽入口配管等破損 エリア：屋外、海回り他	Ⅲ
76	屋外 発電機ガスボンベ庫前エリア配管サポート部等損傷	屋外 発電機ガスボンベ庫前エリア配管サポート部等損傷 エリア：屋外、海回り他	Ⅲ
77	O2注入系ボンベ室壁面破損	O2注入系ボンベ室壁面破損 エリア：屋外、海回り他	Ⅲ
78	水処理原水タンク基礎防水加工部ひび	水処理原水タンク基礎防水加工部ひび エリア：屋外、海回り他	Ⅲ
79	取水口潮位計カメラ動作不良	取水口潮位計カメラ動作不良 エリア：屋外、海回り他	Ⅲ
80	使用済燃料乾式貯蔵建屋 電気室カメラ動作不良	使用済燃料乾式貯蔵建屋 電気室カメラ動作不良 エリア：使用済燃料乾式貯蔵建屋	Ⅲ

地震被害発生要因：Ⅰ：地震の不等沈下による損傷 Ⅱ：建物間の相対変位による損傷 Ⅲ：地震の揺れによる施設の損傷・転倒・落下等 Ⅳ：周辺斜面の崩落
Ⅴ：使用済燃料乾式貯蔵建屋による溢水 Ⅵ：その他(地震の揺れによる警報発信等、施設の損傷を伴わないⅠ～Ⅴ以外の要因等)

No.	件名	地震被害事象および発生要因の概要	地震被害発生要因
81	CP-33 取水、放水温度記録計指示不良	CP-33 取水、放水温度記録計指示不良 エリア：屋外、海回り他	Ⅲ
82	水素酸発生装置電気品室 壁面剥離	水素酸発生装置電気品室 壁面剥離 エリア：屋外、海回り他	Ⅲ
83	屋外第二電気室 壁面亀裂・破損	屋外第二電気室 壁面亀裂・破損 エリア：屋外、海回り他	Ⅲ
84	増強R/W 雑固体減容処理設備投入容器自動倉庫内容器位置不良	増強R/W 雑固体減容処理設備投入容器自動倉庫内容器位置不良 エリア：廃棄物処理増強建屋	Ⅳ
85	プロセス計算機 RHRポンプA吐出圧力確立指示不良	プロセス計算機 RHRポンプA吐出圧力確立指示不良 エリア：原子炉建屋	Ⅲ
86	15kV開閉所入口フェンスずれ	15kV開閉所入口フェンスずれ エリア：屋外、海回り他	Ⅲ
87	放水口モニタ室入口扉キーシリング不調	放水口モニタ室入口扉キーシリング不調 エリア：屋外、海回り他	Ⅲ
88	SRM ch. D指示変動	SRM ch. D指示変動 エリア：原子炉建屋	Ⅲ
89	東海第二発電所 排気筒耐震性ダンパの変形について	東海第二発電所 排気筒耐震性ダンパの変形について エリア：屋外、海回り他	Ⅲ
90	CRD46-15フランジ部より滴下	CRD46-15フランジ部より滴下 エリア：原子炉建屋	Ⅲ
91	サービス建屋3階 A階段床面亀裂	サービス建屋3階 A階段床面亀裂 エリア：サービス建屋	Ⅲ
92	サービス給湯系統 W-V10上流側配管ピンホール	サービス給湯系統 W-V10上流側配管ピンホール エリア：サービス建屋	Ⅲ
93	放水口モニタ室行き飲料水配管微小リーク	放水口モニタ室行き飲料水配管微小リーク エリア：屋外、海回り他	Ⅲ
94	水処理NO. 1 MB-1P塔空気抜き配管破断	水処理NO. 1 MB-1P塔空気抜き配管破断 エリア：屋外、海回り他	Ⅲ
95	原子炉隔離時冷却系テストバイパス弁開動作不良	原子炉隔離時冷却系テストバイパス弁開動作不良 エリア：原子炉建屋	Ⅲ
96	S/B 3F MCR控室流し台排水配管接続部微小リーク	S/B 3F MCR控室流し台排水配管接続部微小リーク エリア：サービス建屋	Ⅲ
97	T/B B1F ヒータールーム照明器具かさ落下	T/B B1F ヒータールーム照明器具かさ落下 エリア：タービン建屋	Ⅲ
98	R/W 1F O/Gへパフィルター出口配管貫通部微小リーク	R/W 1F O/Gへパフィルター出口配管貫通部微小リーク エリア：原子炉建屋	Ⅲ
99	東北地方太平洋沖地震の影響に伴うPCV内機器保温材外れの件	東北地方太平洋沖地震の影響に伴うPCV内機器保温材外れの件 エリア：原子炉建屋	Ⅲ
100	増強R/W 4F 主排気系排風機室内 蛍光灯架台のフタ外れ	増強R/W 4F 主排気系排風機室内 蛍光灯架台のフタ外れ エリア：廃棄物処理増強建屋	Ⅲ
101	MCR視聴覚室開口床面破損	MCR視聴覚室開口床面破損 エリア：サービス建屋	Ⅲ
102	NR/W主排気系ダンパNR31-ID010シート不良	NR/W主排気系ダンパNR31-ID010シート不良 エリア：廃棄物処理増強建屋	Ⅲ
103	T/B 1F ヒータールーム 湿分分離器 (B) サポート折損	T/B 1F ヒータールーム 湿分分離器 (B) サポート折損 エリア：タービン建屋	Ⅲ
104	MCR CP-3「ASW PUMP DISCH HDR PRESS LOW」警報発報	MCR CP-3「ASW PUMP DISCH HDR PRESS LOW」警報発報 エリア：原子炉建屋	Ⅲ
105	D/G HPCS1-4Fのレンジャーピット境界部からの水漏れについて	D/G HPCS1-4Fのレンジャーピット境界部からの水漏れについて エリア：原子炉建屋	Ⅲ
106	メインスタック雨側外灯ガラス部破損	メインスタック雨側外灯ガラス部破損 エリア：屋外、海回り他	Ⅲ
107	ICOS WALL建屋 (西側) 北東外壁基礎部コンクリート剥離	ICOS WALL建屋 (西側) 北東外壁基礎部コンクリート剥離 エリア：屋外、海回り他	Ⅲ
108	屋内開閉所遮風壁ひび割れ	屋内開閉所遮風壁ひび割れ エリア：屋外、海回り他	Ⅲ
109	取水口構造物損傷	取水口構造物損傷 エリア：屋外、海回り他	Ⅲ
110	取水口電気室建屋損傷	取水口電気室建屋損傷 エリア：屋外、海回り他	Ⅲ
111	ドラムヤードB棟2階アクセスロープ段差	ドラムヤードB棟2階アクセスロープ段差 エリア：屋外、海回り他	Ⅲ
112	増強R/W雑固体減容処理設備 苛性ソーダポンプA 苛性ソーダ微小リーク	増強R/W雑固体減容処理設備 苛性ソーダポンプA 苛性ソーダ微小リーク エリア：廃棄物処理増強建屋	Ⅲ
113	T/B オペフロ天井照明かさ破損	T/B オペフロ天井照明かさ破損 エリア：タービン建屋	Ⅲ
114	Ex, HFG油切り損傷の件	Ex, HFG油切り損傷の件 エリア：タービン建屋	Ⅲ

地震被害発生要因：Ⅰ：地震の不等沈下による損傷 Ⅱ：建物間の相対変位による損傷 Ⅲ：地震の揺れによる施設の損傷・転倒・落下等 Ⅳ：周辺斜面の崩落
Ⅴ：使用済燃料ピットスロッシングによる溢水 Ⅵ：その他(地震の揺れによる警報発信等、施設の損傷を伴わないⅠ～Ⅴ以外の要因等)

No.	件名	地震被害事象および発生要因の概要	地震被害発生要因
115	給水処理建屋鉄骨筋交い破断	給水処理建屋鉄骨筋交い破断 エリア：屋外、海回り他	Ⅲ
116	監視計器（位相角検出器）損傷の件	監視計器（位相角検出器）損傷の件 エリア：タービン建屋	Ⅲ
117	制御棒42-47動作不良	制御棒42-47動作不良 エリア：原子炉建屋	Ⅲ
118	制御棒26-47引抜き動作不可	制御棒26-47引抜き動作不可 エリア：原子炉建屋	Ⅲ
119	低圧A・Cロータ 動翼損傷の件	低圧A・Cロータ 動翼損傷の件 エリア：タービン建屋	Ⅲ
120	タービン電気室入口扉前ページング・構内電話収納ボックス歪み	タービン電気室入口扉前ページング・構内電話収納ボックス歪み エリア：タービン建屋	Ⅲ
121	監視計器（スラスト摩耗検出器）撓動値の件	監視計器（スラスト摩耗検出器）撓動値の件 エリア：タービン建屋	Ⅲ
122	油切り（#2 GEN・#T-G間 TB・GEN側）	油切り（#2 GEN・#T-G間 TB・GEN側） エリア：タービン建屋	Ⅲ
123	非常用発電所2号配電盤変圧器 巻線支持材ズレ	非常用発電所2号配電盤変圧器 巻線支持材ズレ エリア：屋外、海回り他	Ⅲ
124	防波堤埋設ケーブルの断線	防波堤埋設ケーブルの断線 エリア：屋外、海回り他	Ⅲ
125	R/B建屋周りの湧水上昇	R/B建屋周りの湧水上昇 エリア：屋外、海回り他	Ⅲ
126	PLRポンプ用（B）電動機上部ブラケット機内側油切り寸法外れ	PLRポンプ用（B）電動機上部ブラケット機内側油切り寸法外れ エリア：原子炉建屋	Ⅲ
127	H/B プロパンボンベ歪み	H/B プロパンボンベ歪み エリア：屋外、海回り他	Ⅲ
128	原子炉建屋 1F大物搬入口内西側壁雨水侵入	原子炉建屋 1F大物搬入口内西側壁雨水侵入 エリア：原子炉建屋	Ⅲ
129	増強R/B建屋屋上外釘取付部劣化	増強R/B建屋屋上外釘取付部劣化 エリア：廃棄物処理増強建屋	Ⅲ
130	主タービンISV廻りLVDT鉄芯曲がりの件	主タービンISV廻りLVDT鉄芯曲がりの件 エリア：タービン建屋	Ⅲ

地震被害発生要因：Ⅰ：地震の不等沈下による損傷 Ⅱ：建物間の相対変位による損傷 Ⅲ：地震の揺れによる施設の損傷・転倒・落下等 Ⅳ：周辺斜面の崩落
Ⅴ：使用済燃料ピットスロッシングによる溢水 Ⅵ：その他（地震の揺れによる警報発信等、施設の損傷を伴わないⅠ～Ⅴ以外の要因等）

No.	件名	地震被害事象および発生要因の概要	地震被害発生要因
地震被害発生要因IV			
-	該当なし		

地震被害発生要因：Ⅰ：地震の不等沈下による損傷 Ⅱ：建物間の相対変位による損傷 Ⅲ：地震の揺れによる施設の損傷・転倒・落下等 Ⅳ：周辺斜面の崩落
Ⅴ：使用済燃料ピットスロッシングによる溢水 Ⅵ：その他（地震の揺れによる警報発信等、施設の損傷を伴わないⅠ～Ⅴ以外の要因等）

No.	件名	地震被害事象および発生要因の概要	地震被害発生要因
地震被害発生要因V			
131	R/B 6F 使用済燃料プールのスロッシングによる溢水	R/B 6F 使用済燃料プールのスロッシングによる溢水 エリア：原子炉建屋	V
132	増強R/W 2F 410トン貯蔵タンクのスロッシングによる溢水	増強R/W 2F 410トン貯蔵タンクのスロッシングによる溢水 エリア：廃棄物処理増強建屋	V
133	電気炉 トレーンX-104A他被水	電気炉 トレーンX-104A他被水 エリア：原子炉建屋	V

地震被害発生要因：I：地震の不等沈下による損傷 II：建物間の相対変位による損傷 III：地震の揺れによる施設の損傷・転倒・落下等 IV：周辺斜面の崩落
V：使用済燃料ピットスロッシングによる溢水 VI：その他（地震の揺れによる警報発信等、施設の損傷を伴わないI～V以外の要因等）

No.	件名	地震被害事象および発生要因の概要	地震被害発生要因
地震被害発生要因VI			
134	MCR H13-P603 「LPRM UPSCALE」警報発報	MCR H13-P603 「LPRM UPSCALE」警報発報 エリア：原子炉建屋	VI
135	125V蓄電池2B室ドレンファンネル逆流	125V蓄電池2B室ドレンファンネル逆流 エリア：原子炉建屋	VI
136	取水口除塵装置海水取水	取水口除塵装置海水取水 エリア：屋外、海回り他	VI
137	海水電解装置海水取水	海水電解装置海水取水 エリア：屋外、海回り他	VI
138	CWP潤滑水ポンプA、B海水取水	CWP潤滑水ポンプA、B海水取水 エリア：屋外、海回り他	VI
139	取水口薬液注入装置海水取水	取水口薬液注入装置海水取水 エリア：屋外、海回り他	VI
140	取水口潮位計設備海水取水	取水口潮位計設備海水取水 エリア：屋外、海回り他	VI
141	取水口電気室 P/C 2B-4取水	取水口電気室 P/C 2B-4取水 エリア：屋外、海回り他	VI
142	取水口エリア 海水系電動機 水没	取水口エリア 海水系電動機 水没 エリア：屋外、海回り他	VI
143	T/B B1F給水加熱器ドレンポンプ室床面水溜り	T/B B1F給水加熱器ドレンポンプ室床面水溜り エリア：タービン建屋	VI
144	T/B B1F低圧復水ポンプ室バルブ内水溜り	T/B B1F低圧復水ポンプ室バルブ内水溜り エリア：タービン建屋	VI
145	MCR H13-P602 「D/W ED SLIMP LEVEL HIGH」警報回路地絡	MCR H13-P602 「D/W ED SLIMP LEVEL HIGH」警報回路地絡 エリア：原子炉建屋	VI
146	放水口モニタ室取水	放水口モニタ室取水 エリア：屋外、海回り他	VI
147	取水口設備取水	取水口設備取水 エリア：屋外、海回り他	VI
148	増強R/W床ドレンサンプ溢水	増強R/W床ドレンサンプ溢水 エリア：廃棄物処理増強建屋	VI
149	PCV内サンプ設備浸水事象について	PCV内サンプ設備浸水事象について エリア：原子炉建屋	VI
150	増強R/W 減容固化容器移送装置制御盤 シーケンスコントローラ異常警報発報	増強R/W 減容固化容器移送装置制御盤 シーケンスコントローラ異常警報発報 エリア：廃棄物処理増強建屋	VI
151	スクリーン設備不具合について	スクリーン設備不具合について エリア：屋外、海回り他	VI
152	R/B大物搬入口底溜み	R/B大物搬入口底溜み エリア：原子炉建屋	VI
153	ASWストレーナB詰まり	ASWストレーナB詰まり エリア：屋外、海回り他	VI
154	ASWポンプ(A)性能低下	ASWポンプ(A)性能低下 エリア：屋外、海回り他	VI
155	RHRS(C)電動機浸水の件	RHRS(C)電動機浸水の件 エリア：屋外、海回り他	VI

地震被害発生要因：Ⅰ：地震の不等沈下による損傷 Ⅱ：建物間の相対変位による損傷 Ⅲ：地震の揺れによる施設の損傷・転倒・落下等 Ⅳ：周辺斜面の崩落
Ⅴ：使用済燃料ビットスロッシングによる溢水 Ⅵ：その他（地震の揺れによる警報発信等、施設の損傷を伴わないⅠ～Ⅴ以外の要因等）

設置予定施設に対する波及的影響評価手法について

設置予定施設における既設下位クラス施設から受ける波及的影響，及び既設上位クラス施設に与える波及的影響の手法については，以下のとおり実施するものとする。

1. 設置予定施設が上位クラス施設の場合

設置予定施設が上位クラス施設の場合には，当該施設に対して波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設を抽出した上で，影響評価を実施する。抽出された下位クラス施設については，「5. 下位クラス施設の抽出及び影響評価方法」に基づき，相対変位又は不等沈下による影響，接続部による影響，建屋内及び建屋外における損傷，転倒及び落下等による影響の観点から，設置予定施設が機能を損なうおそれの有無を確認する。

その結果，設置予定施設が波及的影響により機能を損なうおそれがある場合には，設置予定施設に対して配置の見直し，構造変更等の設計の見直しを行う。設置予定施設の設計にて波及的影響を回避できない場合には，波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設に対して耐震強化や移設等の対策を実施する。

2. 設置予定施設が下位クラス施設の場合

設置予定施設が下位クラス施設の場合には，1. 同様の観点から当該施設が既設上位クラス施設に対して波及的影響を及ぼすおそれの有無を確認する。

その結果，設置予定施設による波及的影響によって既設上位クラス施設の機能を損なうおそれがある場合には，設置予定施設に対して配置の見直し，耐震性の確保等の設計の見直しを行う。

原子炉建屋周辺に位置する波及的影響評価について

1. 上位クラス施設に隣接する下位クラス施設の設置状況について

1.1 概要

本資料では、上位クラス施設に隣接する下位クラス施設の支持地盤の状況及び原子炉建屋との離隔距離について確認を行う。

1.1.1 タービン建屋

タービン建屋と原子炉耐建屋との関係を図 1-1 に示す。

タービン建屋の平面規模は、NS 方向で約 70 m、EW 方向で約 105 m であり、最高屋根面 (EL. +40.45 m) の地表面 (EL. +8.00 m) からの高さは 32.45 m である。

タービン建屋は、地上 2 階、地下 1 階建てで、3 層の主要な床面を有する鉄筋コンクリート造（一部鉄骨造）の建造物である。

本建屋の基礎は、厚さ約 1.9 m の基礎スラブで場所打ちコンクリート杭及びケーソンを介して、砂質泥岩である久米層に支持される。

1.1.2 サービス建屋

サービス建屋と原子炉建屋との関係を図 1-2 に示す。

サービス建屋は、発電所建設時に設置した部分（以下「既設部」という。）及び、その後増設した部分（以下「増設部」という。）で構成され、既設部及び増設部並びに原子炉建屋は、それぞれ構造的に独立した建物である。

サービス建屋の平面規模は NS 方向で約 40 m、EW 方向で約 20 m であり、最高屋根面 (EL.) の地表面 (EL. +8.00 m) からの高さは 14.00 m である。

サービス建屋は、地上 4 層の主要な床面を有する鉄筋コンクリート造のラーメン構造である。

サービス建屋の基礎は、厚さ約 1.2 m の基礎スラブで場所打ちコンクリート杭を用いた杭基礎となっており、砂質泥岩である久米層に支持される。

1.1.3 ベーラ建屋

ベーラ建屋と原子炉建屋との関係を図 1-3 に示す。

ベーラ建屋は、原子炉建屋の東側に位置し、原子炉建屋外周に設けられた S.W. パイプトレンチ上部とエキスパンションジョイントにより構造的に独立したベーラ建屋が一体的に利用されている。

S.W. パイプトレンチの一部は原子炉建屋基礎スラブから立上るコンクリート基礎で支持され、ベーラ建屋は、500φ、L=12.0m の PC 杭で支持されている。1 階床下には S.W. パイプが通っており、地盤改良を行う。

1.1.4 サンプルタンク室

サンプルタンク室と原子炉建屋との関係を図 1-4 に示す。

サンプルタンク室は、原子炉建屋の東側に位置している。サンプルタンク室と原子炉建屋の外間距離は 2450mm、S.W. パイプトレンチとの距離は 450mm である。また、原子炉建屋 2F と接続し、自重の一部を負担する渡り廊下がある。原子炉建屋側にすべり面をもつエキスパンションジョイントのすべり面外縁と原子炉建屋外面との距離は 150mm である。

サンプルタンク室は、355.6φ、L=25.0m の鋼管杭で支持されている。

1.1.5 ヘパフィルター室

ヘパフィルター室と原子炉建屋との関係を図 1-5 に示す。

ヘパフィルター室は、原子炉建屋の東側に位置しており、壁構造の建屋の約半分が地下に埋まっている。ヘパフィルター室外壁面から原子炉建屋外壁面までの距離は 3500mm で、S.W. パイプトレンチまでの距離は 1500mm である。

ヘパフィルター室は、350φ、L=20.0m の PC 杭で支持されている。

1.1.6 大物搬入口建屋

大物搬入口建屋と原子炉建屋との関係を図 1-6 に示す。

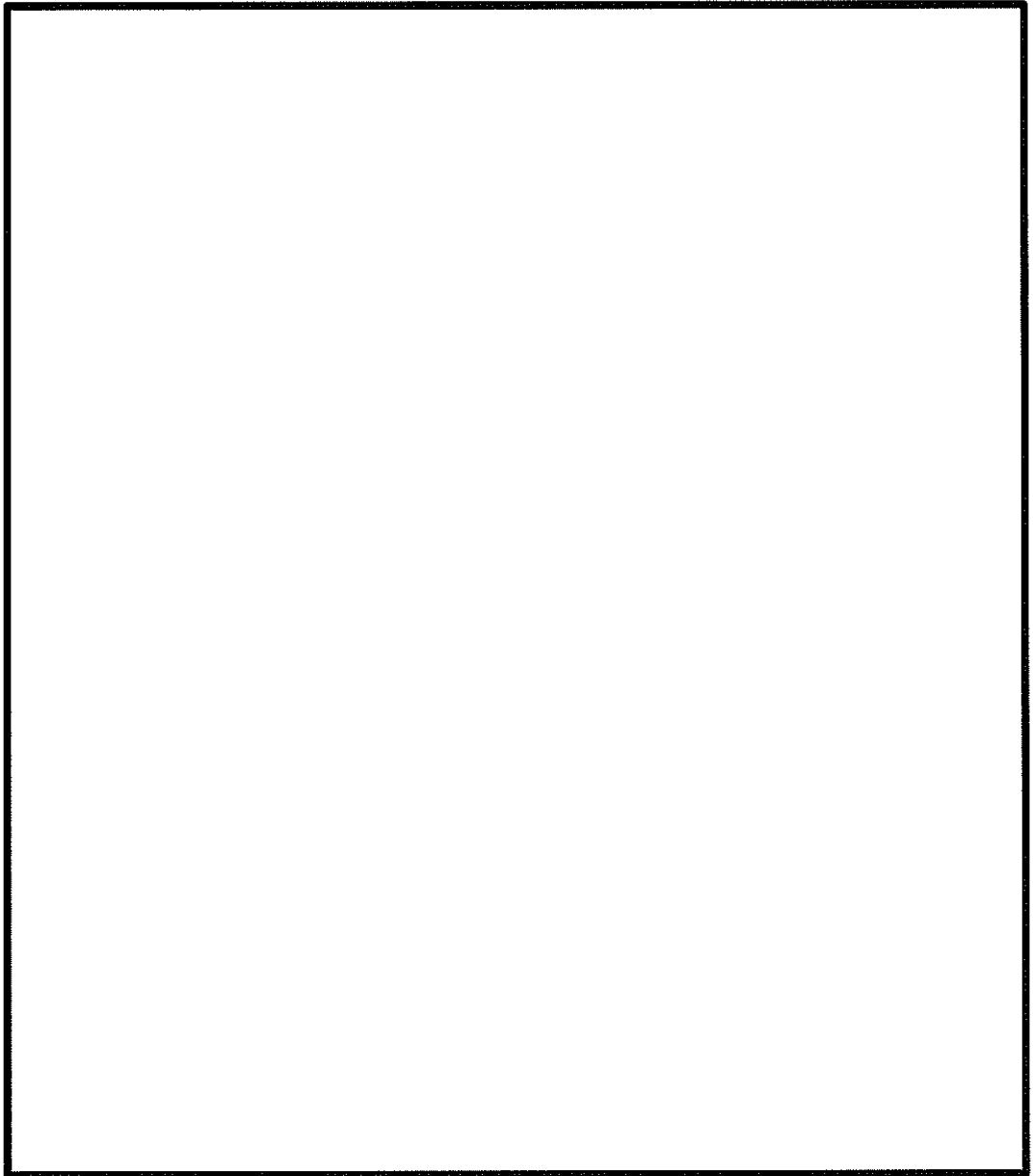
大物搬入口建屋は、原子炉建屋の南側に位置している。基礎の一部が原子炉建屋の S.W. パイプトレンチの上部にのり、基礎と原子炉建屋の外壁とのギャップは 50mm である。上屋では、露出柱脚の柱面と原子炉建屋の外壁とのギャップは 100mm である。

大物搬入口建屋は、600φ、L=19.0m~25m の鋼管杭で支持されている。

1.1.7 連絡通路（南側）

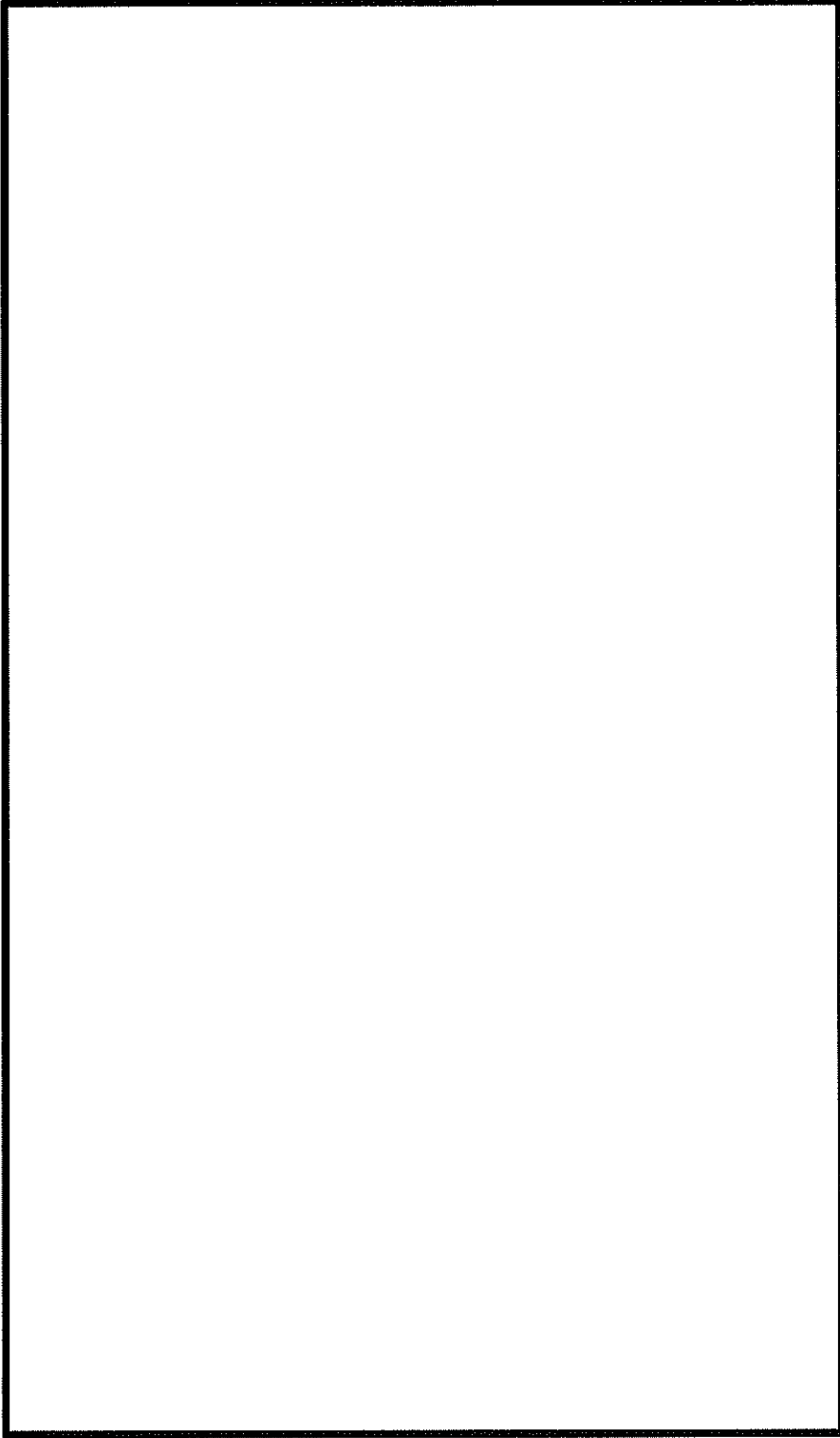
連絡通路と原子炉建屋との関係を図 1-7 に示す。

連絡通路（東側/2F）は、原子炉建屋とケミカルアンカーで連結しており、建屋間距離はゼロである。また、連絡通路（南側/1F）と原子炉建屋のギャップは 50mm である。



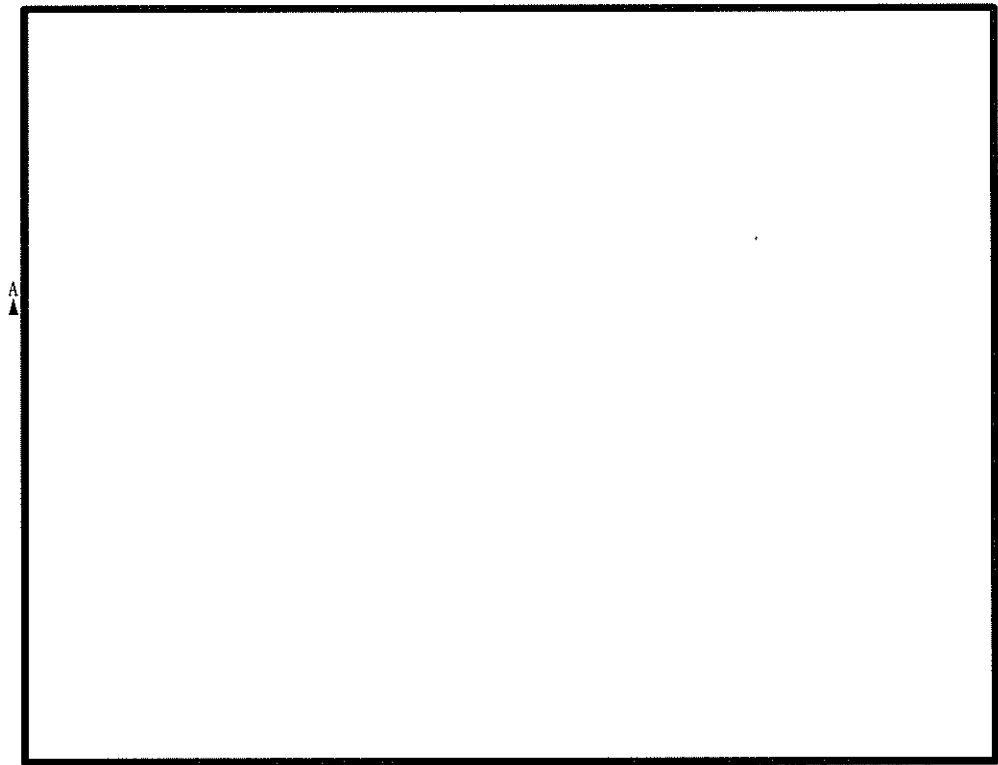
(a) 平面図

図 1-1 タービン建屋と原子炉建屋の位置関係 (1/2)

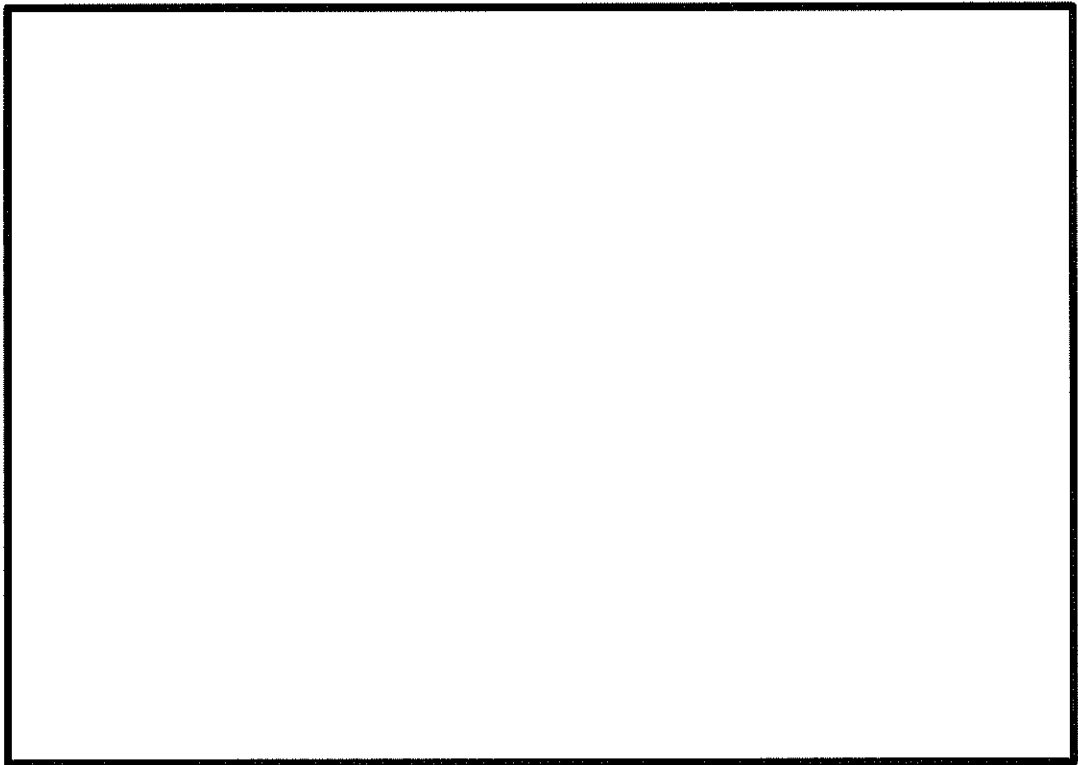


(b) NS方向断面図

図1-1 タービン建屋と原子炉建屋の位置関係 (2/2)

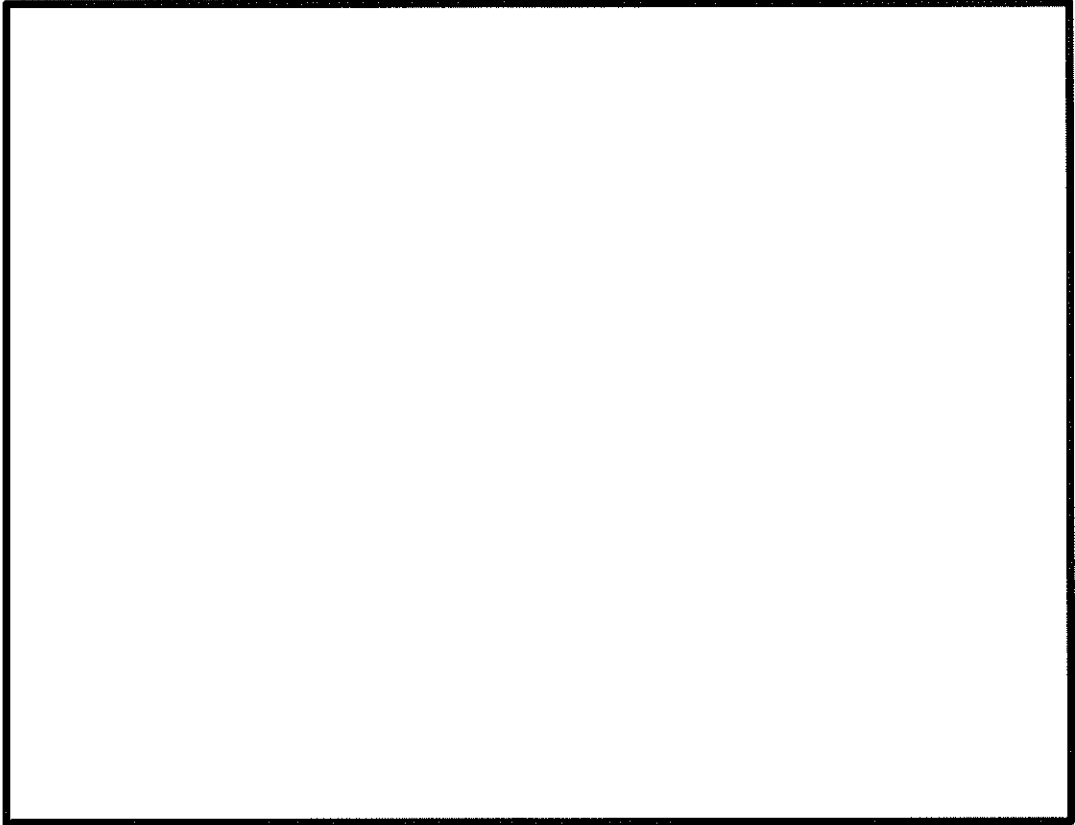


(a) 平面図

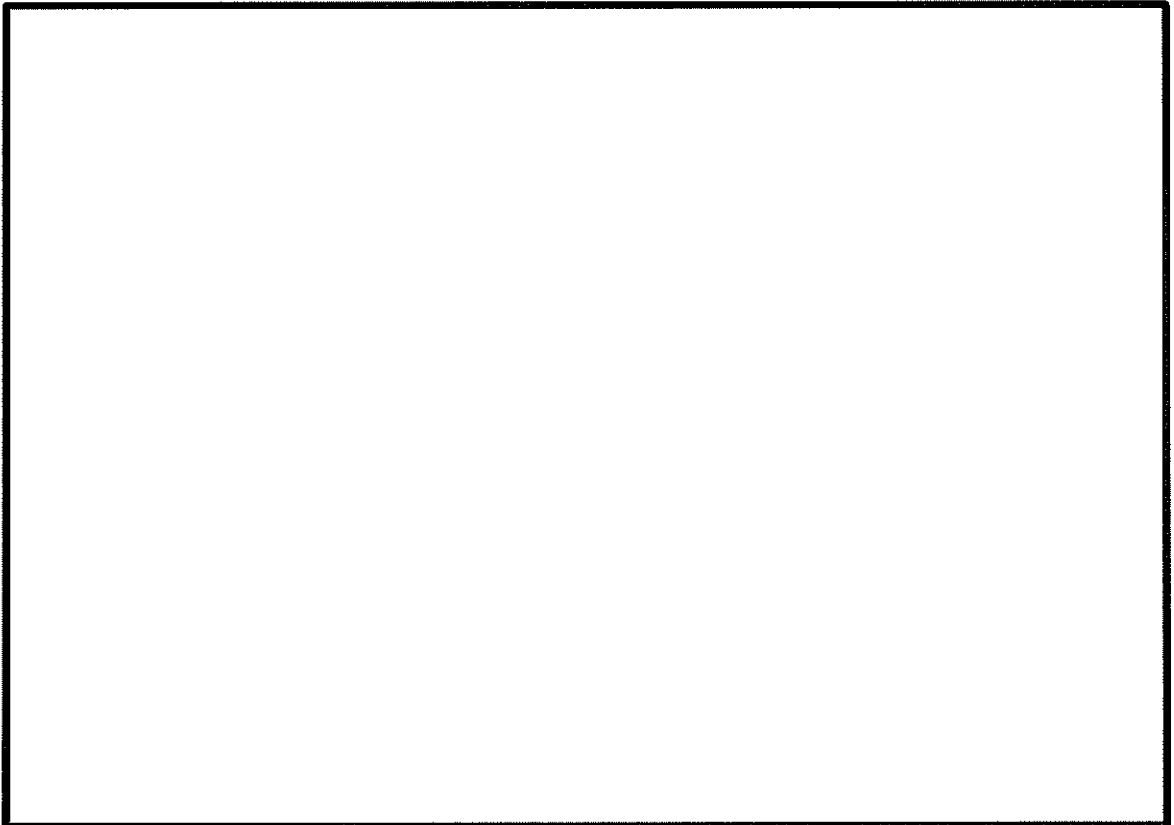


(b) EW 方向断面図

図 1-2 サービス建屋と原子炉建屋の位置関係

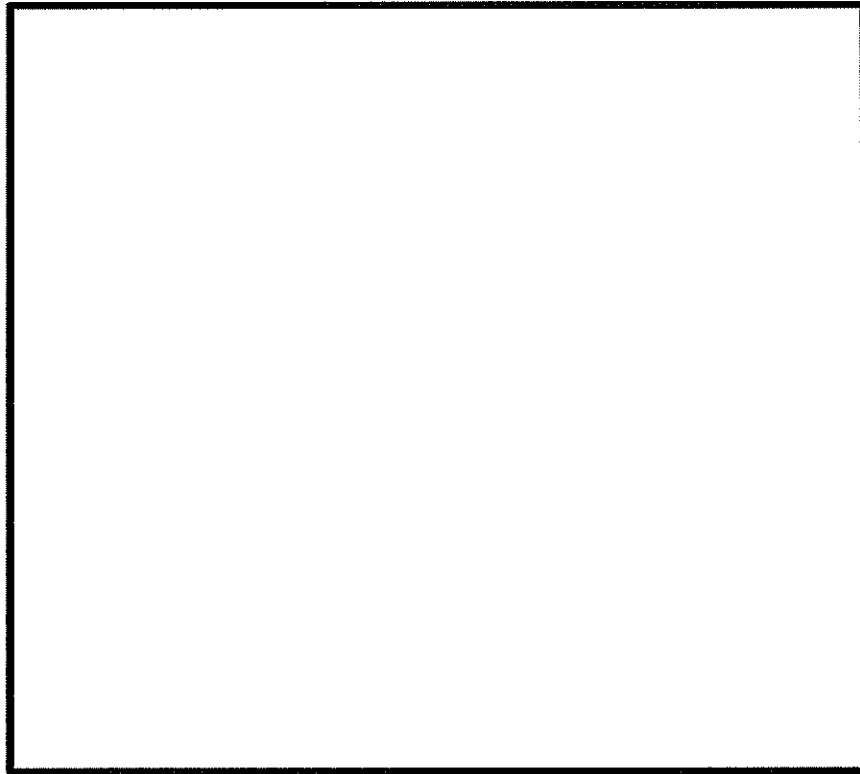


(a) 平面図

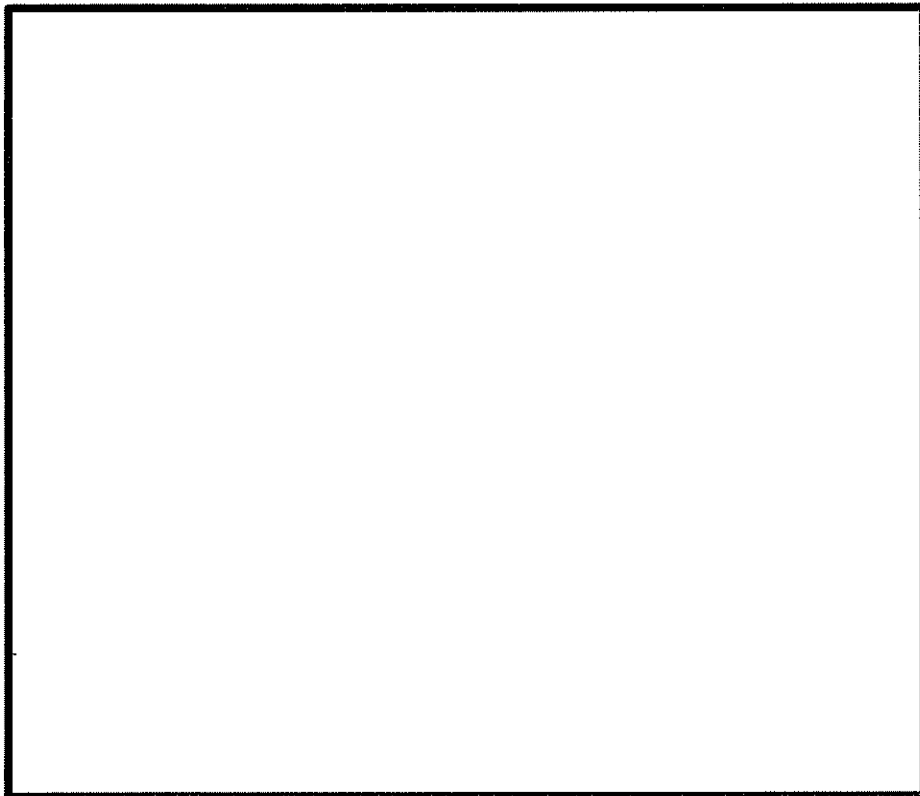


(b) EW 方向断面図

図 1-3 ベーラ建屋と原子炉建屋の位置関係

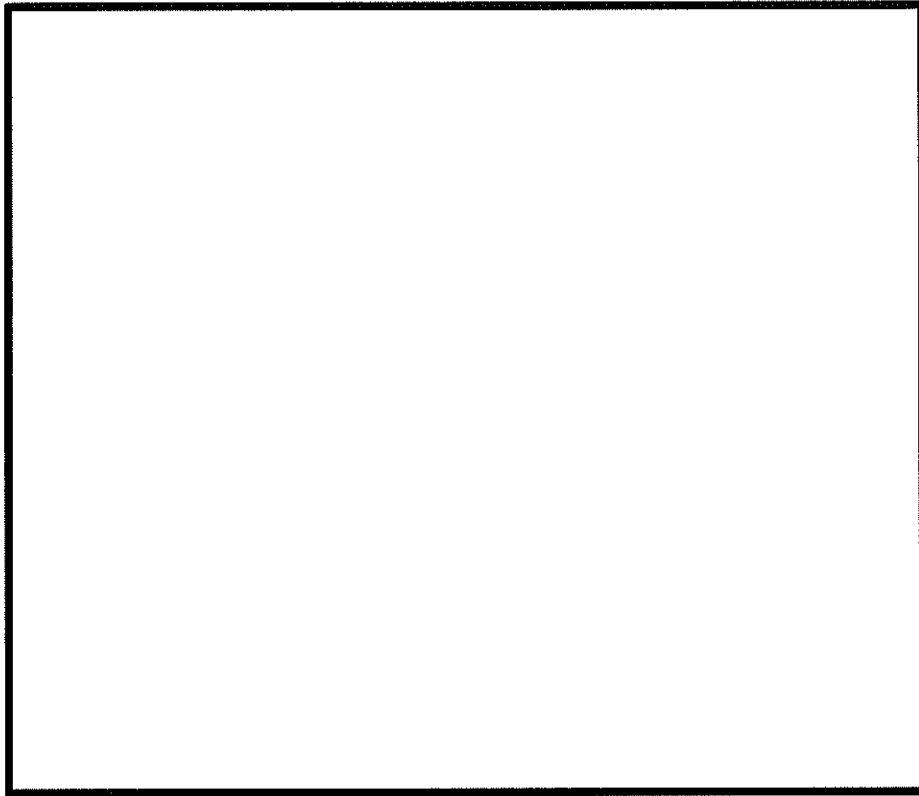


(a) 平面図

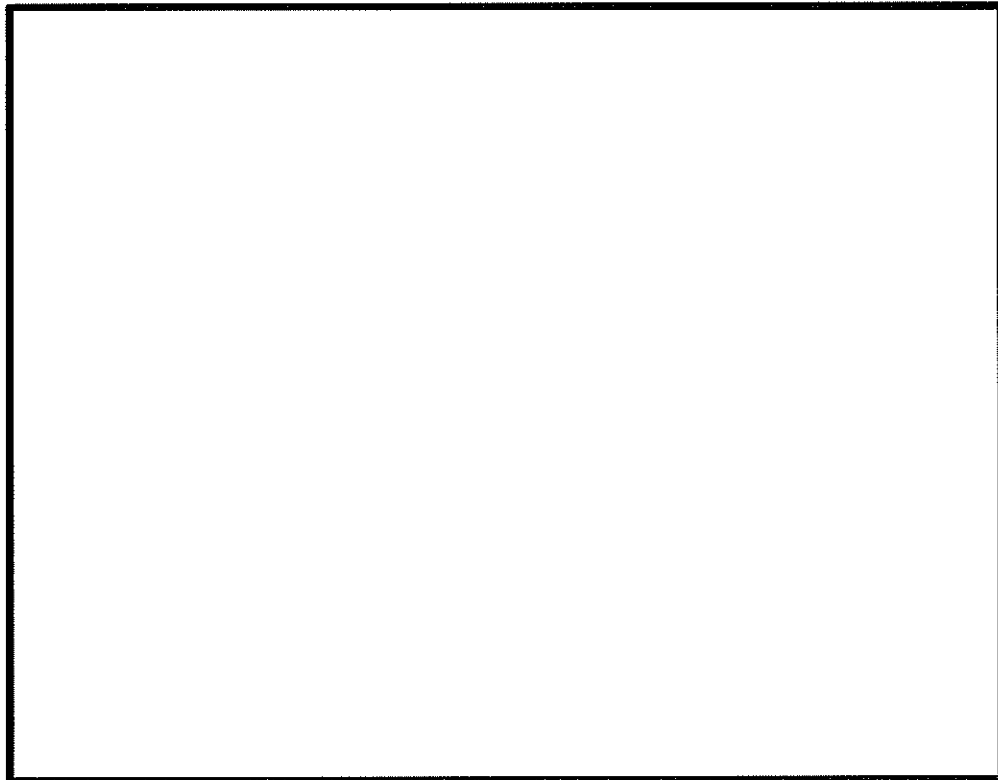


(b) EW 方向断面図

図 1-4 サンプルタンク室と原子炉建屋の位置関係

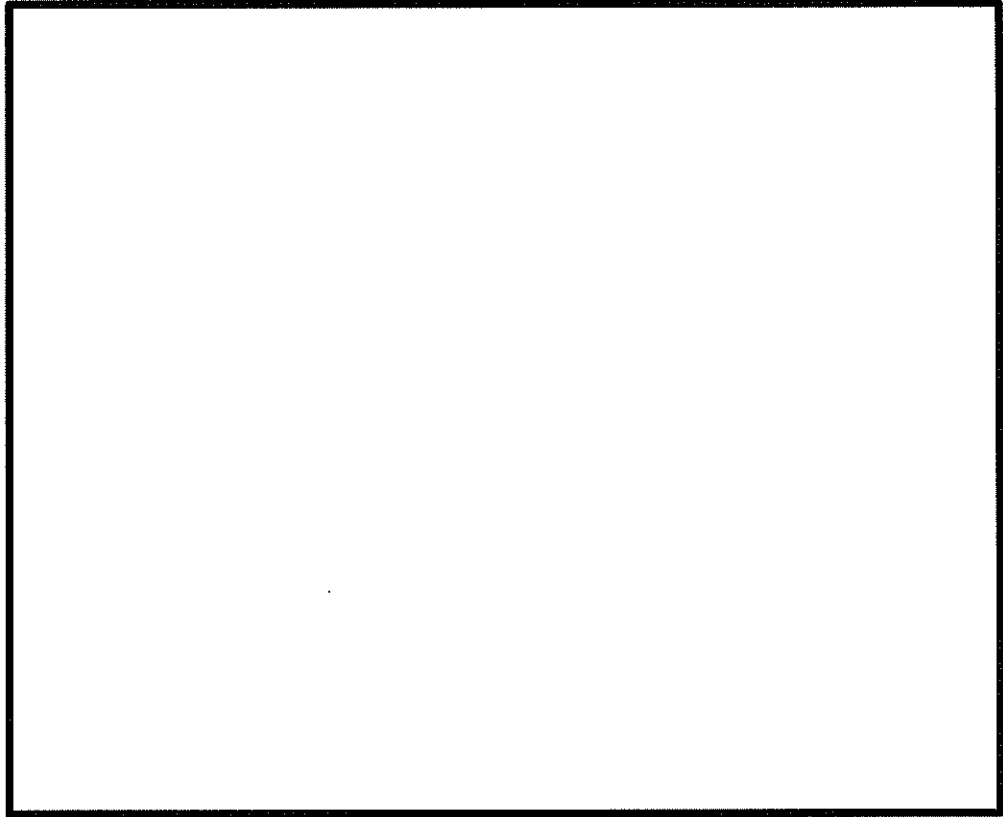


(a) 平面図

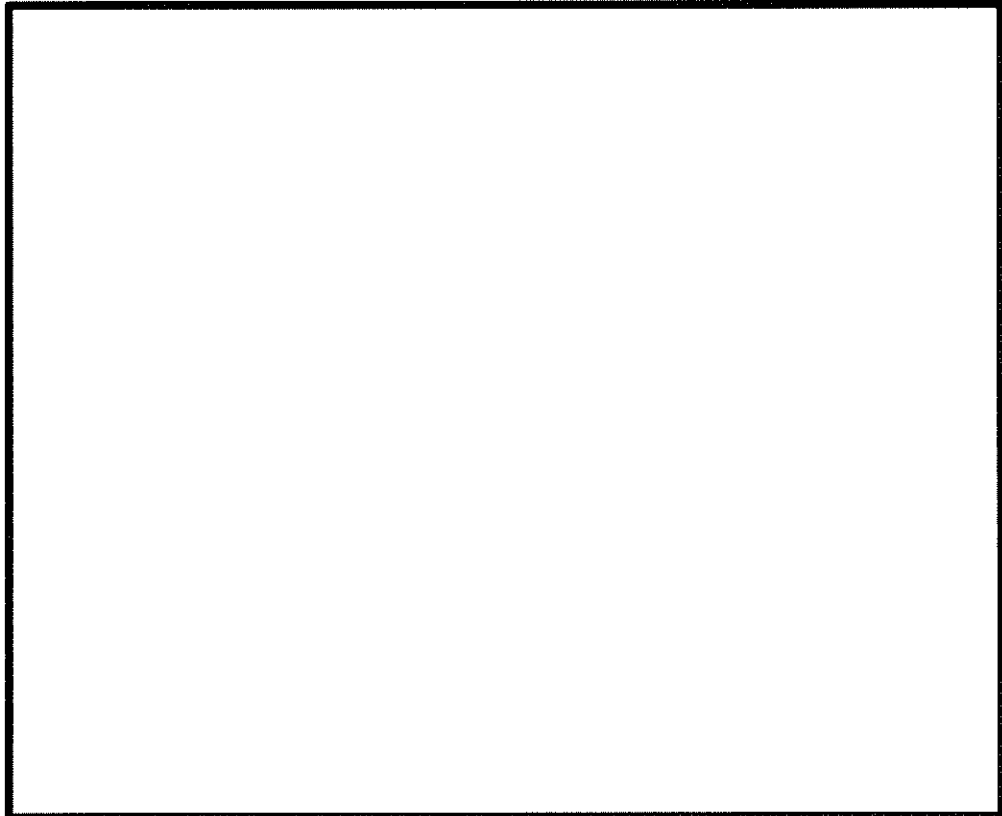


(b) 断面図

図 1-5 ヘパフィルター室と原子炉建屋の位置関係

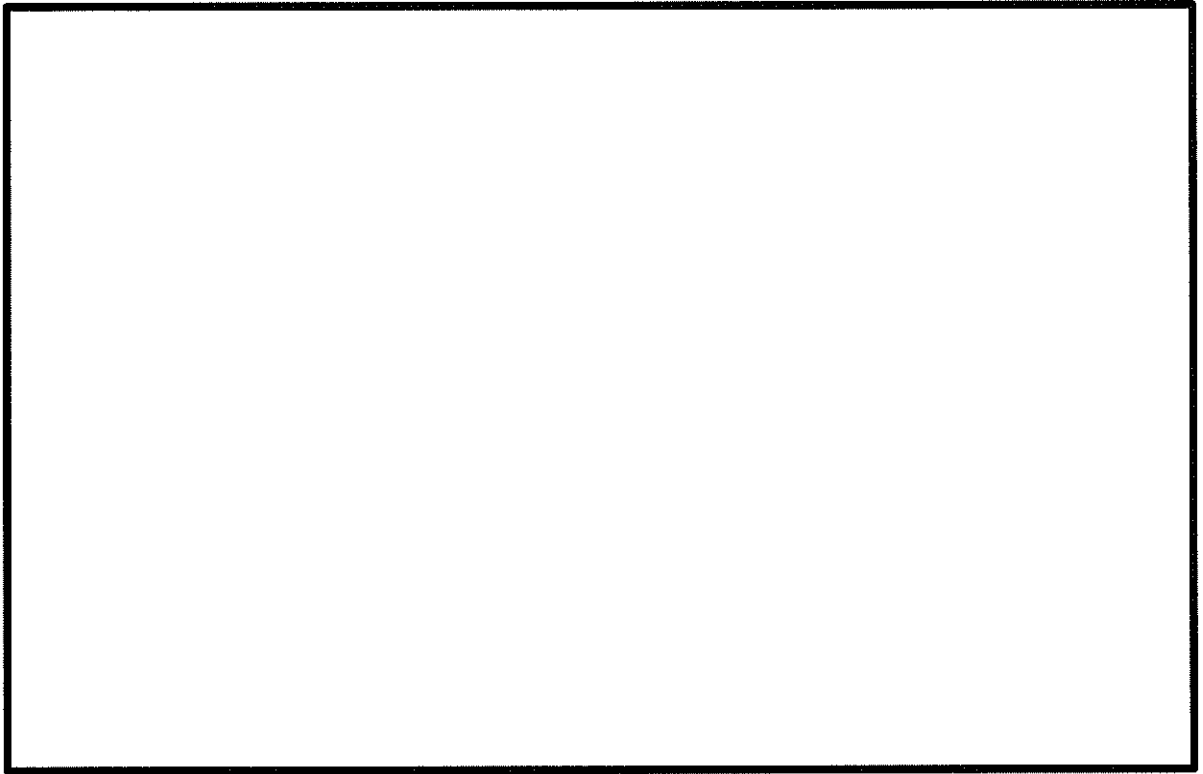


(a) 平面図



(b) 断面図

図 1-6 大物搬入口建屋と原子炉建屋の位置関係



(a) 平面図

図 1-7 連絡通路（南側）と原子炉建屋の位置関係

2. ヘパフィルター室の原子炉建屋に対する波及的影響について

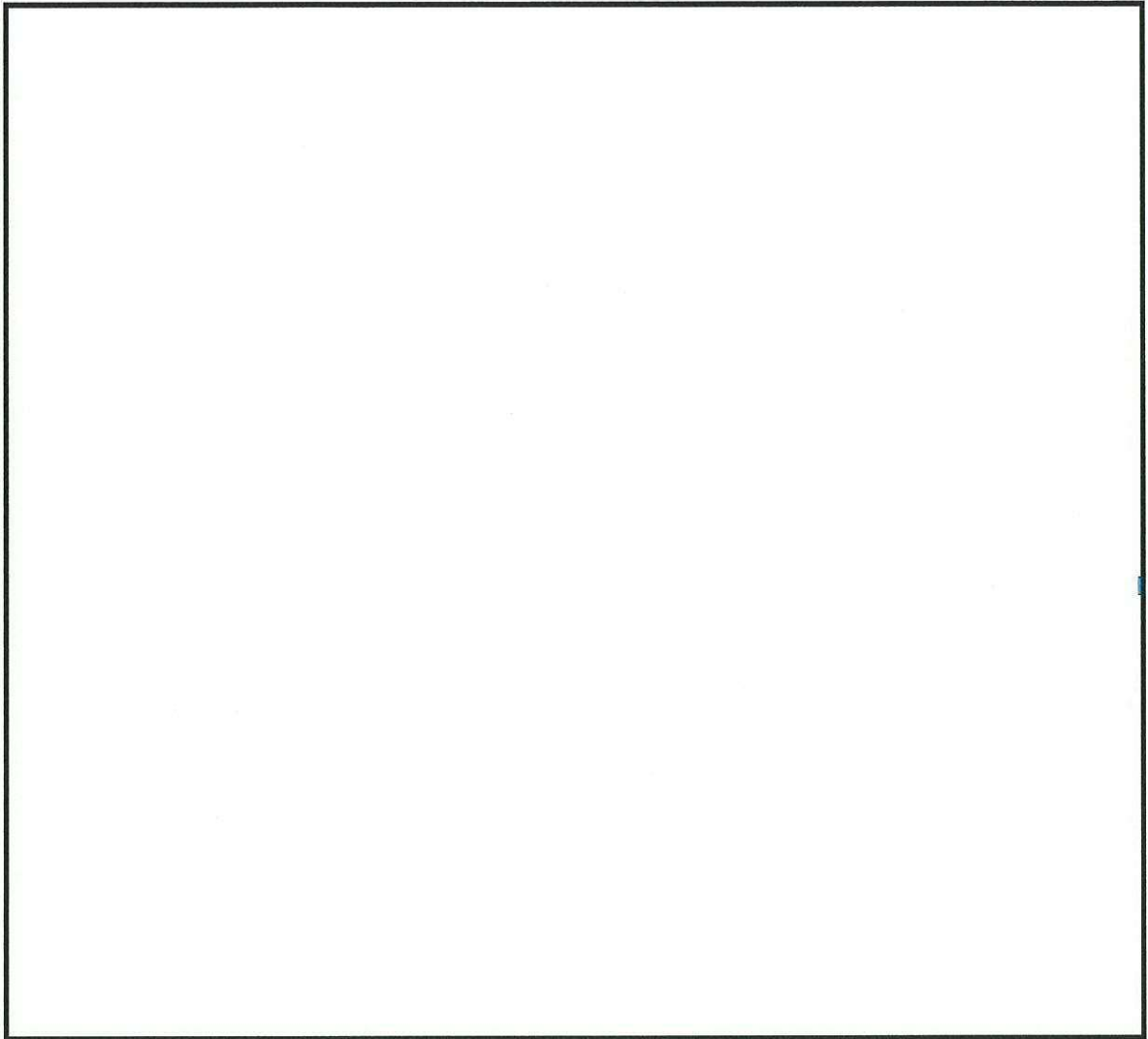
2.1 概要

原子炉建屋に対して波及的影響を及ぼす可能性のある下位クラス施設について、倒壊もしくは地震時の相対変位による衝突を起こした場合に原子炉建屋の健全性を損なうことがないことを確認する。全体の配置図を図 2-1 に、下位クラス施設と原子炉建屋内上位クラス設備の配置関係を図 2-2 に示す。原子炉建屋の外壁付近に上位クラス設備はない。

原子炉建屋に対して波及的影響を及ぼす可能性のある下位クラス施設の原子炉建屋への作用荷重、接触面積、単位面積当たりの作用荷重を表 2-1 に、下位クラス施設の衝突が想定される原子炉建屋外壁の壁厚及び配筋を表 2-2 示す。表 2-1 よりヘパフィルター室が原子炉建屋に対して波及的影響を及ぼす可能性のある下位クラス施設の中で最も単位幅面積当たりの作用荷重が大きい。また、表 2-2 よりヘパフィルター室の衝突が想定される原子炉建屋東側外壁の配筋は他の方向に比べ少ないことからヘパフィルター室を検討対象として選定する。

ヘパフィルター室が、基準地震動 S_0 によって健全性が損なわれ倒壊した場合に、隣接する上位クラス建屋である原子炉建屋への波及的影響が想定されることから、建屋規模の比較、層としての健全性及び局所的な影響の確認により原子炉建屋への影響を評価する。評価は、表 2-3 に示す基準地震動 S_0 時における地表面 (EL. 8.0 m) の最大応答加速度応答値を参考に、ヘパフィルター室が水平方向に加速度 1G で原子炉建屋に衝突すると想定して実施する。

ヘパフィルター室と原子炉建屋のクリアランスは 4.0 m である。ヘパフィルター室及び原子炉建屋の平面図及び断面図を図 2-3 及び図 2-4 に、ヘパフィルター室の平面図及び断面図を図 2-5 及び図 2-6 に示す。



注記 * : N2 ポンベ室波及的影響を及ぼさない位置へ
移転するため、波及的影響施設としての抽出は
不要とする。

■ : 上位クラス施設
■ : 波及的影響を及ぼす可能性のある
下位クラス施設

図 2-1 全体の配置図

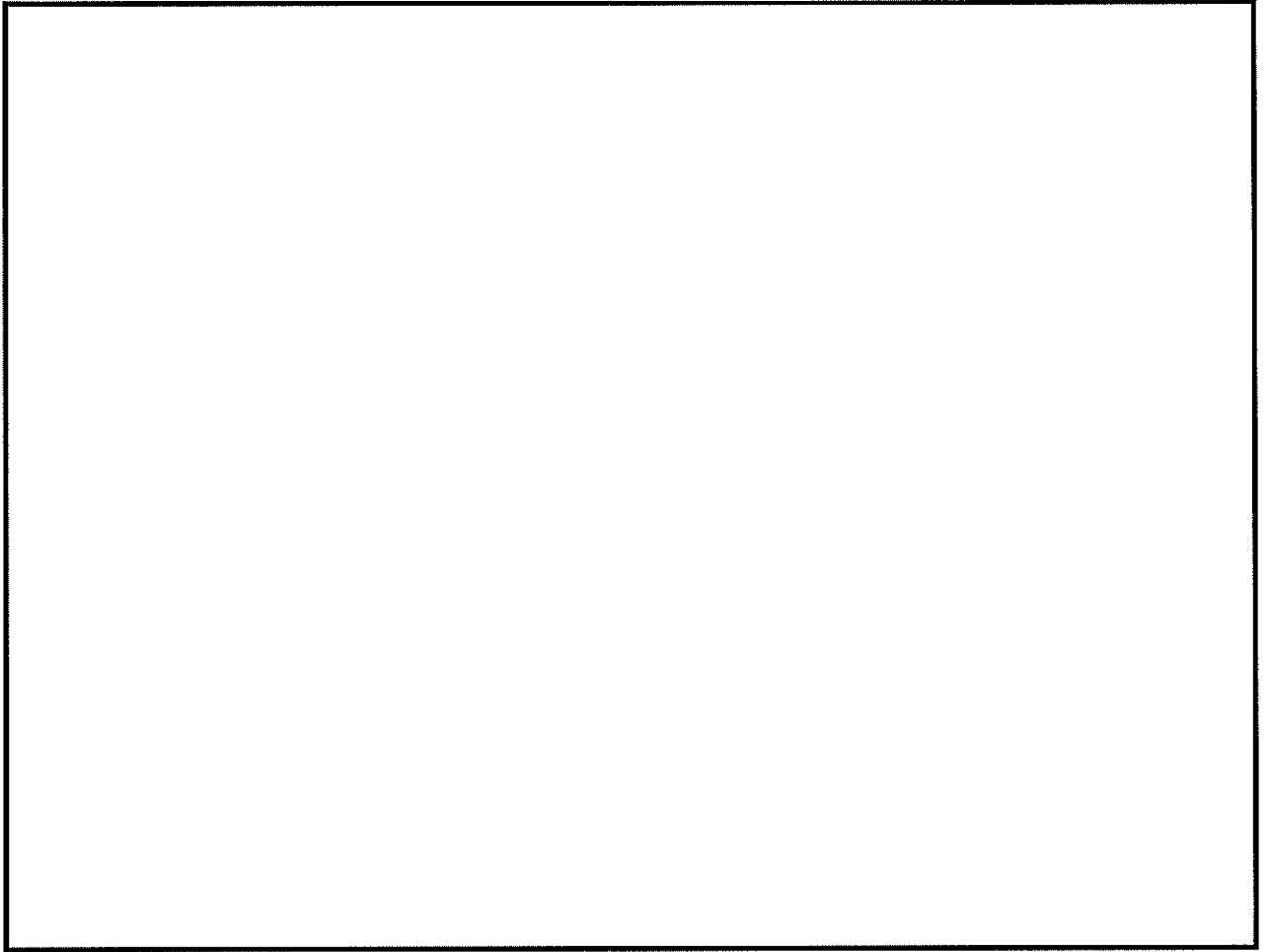


図 2-2 下位クラス施設と原子炉建屋内上位クラス設備の配置関係

表 2-1 原子炉建屋に対して波及的影響を及ぼす可能性のある下位クラス施設の
原子炉建屋への作用荷重，接触面積，単位面積当たりの作用荷重

下位クラス施設	作用荷重 (kN)	接触幅 (m)	単位幅面積当り の作用荷重 (kN/m)
ヘパフィルター室（地下部含む）	5550	8.00	694
ペーラ建屋（地上部のみ）	4130	16.9	244
サンプルタンク室（通路部除く）	735	19.0	38.7
大物搬入口建屋	829	8.50	97.5
連絡通路（NS 方向通路のみ）	523	2.80	187

※サービス建屋及びタービン建屋は別途検討を実施のため対象外とする。

表 2-2 下位クラス施設の衝突が想定される原子炉建屋外壁の配筋

位置	壁厚 (mm)	配筋	
		外側	内側
北壁※1	1500	D38 @200 (タテ, ヨコ共)	D38 @200 (タテ, ヨコ共)
南壁	1500	タテ：2-D38 @200 ヨコ：2-D35 @200	タテ：2-D38 @200 ヨコ：2-D35 @200
東壁	1500	D38 @200 (タテ, ヨコ共)	D38 @200 (タテ, ヨコ共)
西壁※2	1000	タテ：2-D32 @200 ヨコ：1-D35 @200	タテ：2-D32 @200 ヨコ：1-D35 @200

※サービス建屋及びタービン建屋は別途検討を実施のため対象外とする。

表 2-3 基準地震動 S_s 時における地表面 (EL. 8.0 m) の最大応答加速度
(原子炉建屋の地震応答解析時)

地震動	方向	最大応答加速度 (cm/s ²)		
		標準地盤	+σ 地盤	-σ 地盤
Ss-D1	水平	689	715	646
Ss-11	NS	524	—	—
	EW	455	—	—
Ss-12	NS	559	—	—
	EW	330	—	—
Ss-21	NS	547	946	767
	EW	352	693	523
Ss-22	NS	373	931	692
	EW	311	777	595
Ss-23	NS	886	—	—
	EW	635	—	—
Ss-24	NS	817	—	—
	EW	681	—	—
Ss-31	水平	738	717	760

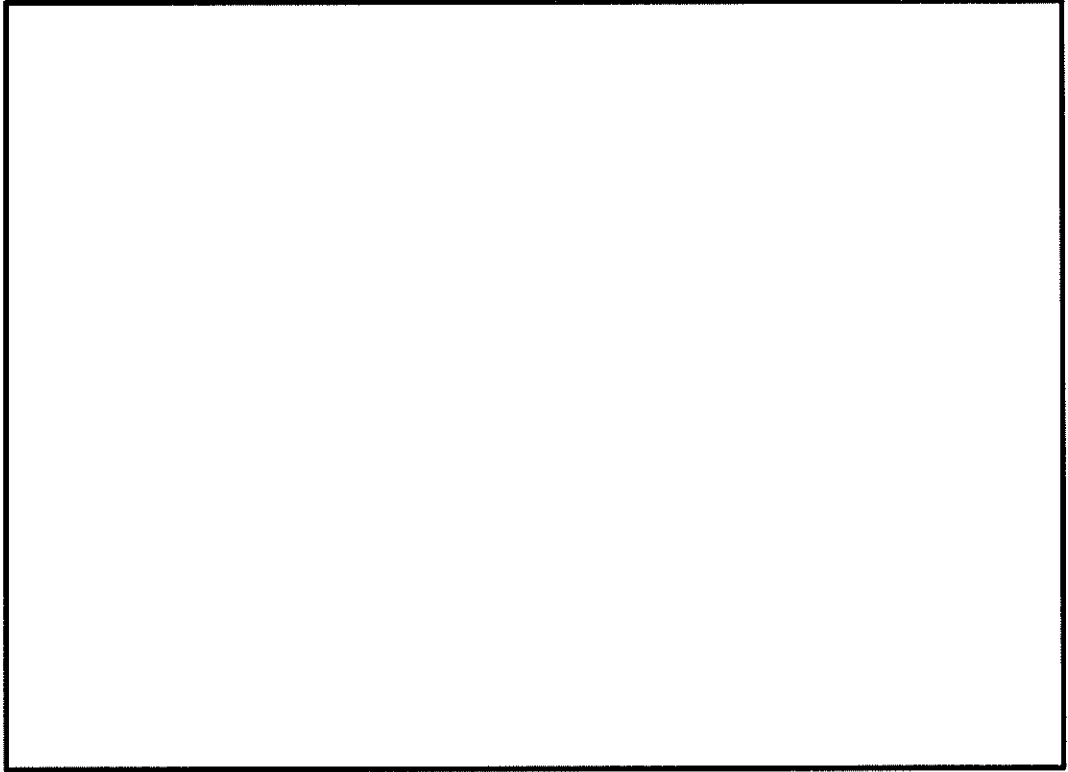


図 2-3 ヘパフィルター室及び原子炉建屋の平面図

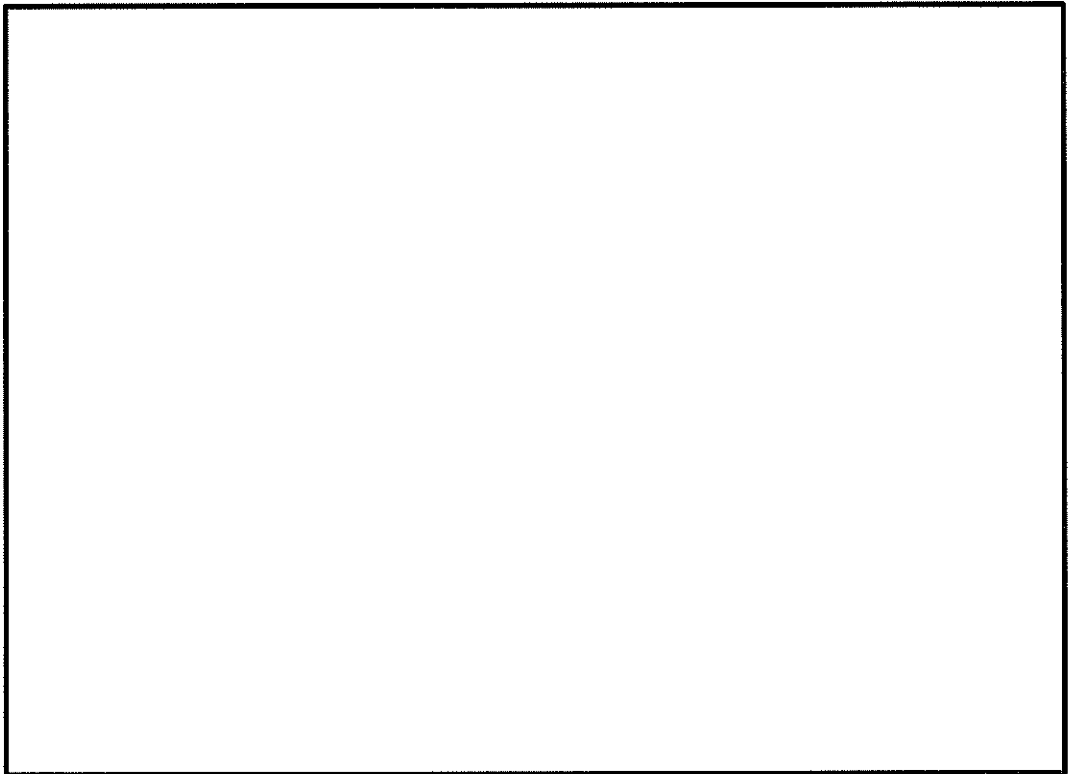


図 2-4 ヘパフィルター室及び原子炉建屋の断面図

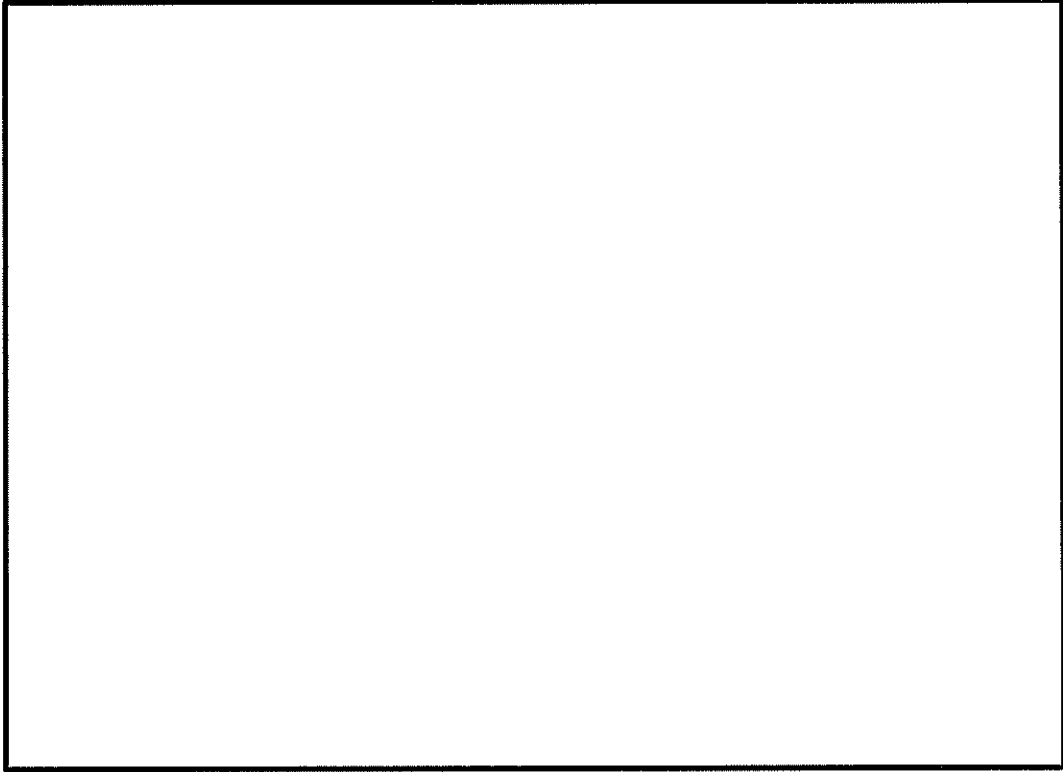


図 2-5 ヘパフィルター室の平面図

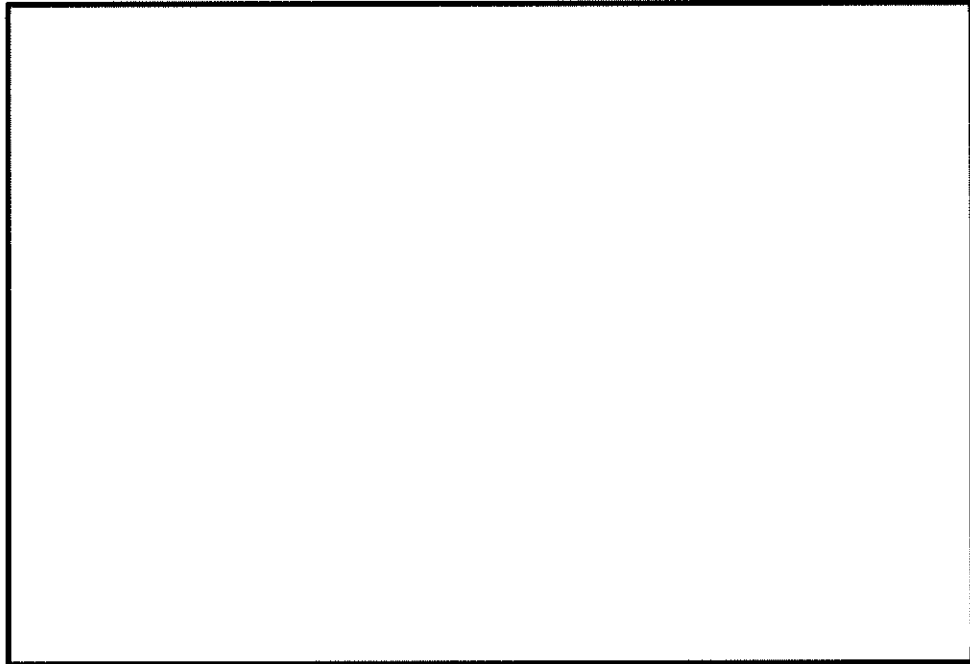


図 2-6 ヘパフィルター室の断面図 (EW 方向)

2.2 評価結果

2.2.1 建屋規模の比較

原子炉建屋とへパフィルター室の建屋規模の比較を表 2-4 に示す。

へパフィルター室の建屋規模は原子炉建屋と比べて小さいことから、へパフィルター室の倒壊による衝突によって原子炉建屋の健全性に及ぼす影響は小さい。

以上のことから、へパフィルター室が倒壊した場合でも、原子炉建屋に波及的影響を及ぼすことはない。

表 2-4 原子炉建屋とへパフィルター室の建屋規模の比較

建屋	構造	規模		重量 (kN)	原子炉建屋に対する比率
原子炉建屋	RC 造 地上 6 階 地下 2 階	建築面積 (m ²)	4675	234650 (EL. 14.0m : 8 質点)	—
へパフィルター室	RC 造 地上階 地下階	建築面積 (m ²)	78	5550 (565.52 tf)	面積比 : 1.7% 重量比 : 2.4%

2.2.2 原子炉建屋の層としての健全性評価

へパフィルター室の重量が、原子炉建屋の衝突位置に作用するものとして、原子炉建屋の層としての健全性を確認する。

へパフィルター室の原子炉建屋への作用荷重を表 2-5 に、S₃地震時の原子炉建屋の最大応答せん断力とへパフィルター室による作用荷重を足し合わせた最大応答せん断力を表 2-3 に、スケルトン曲線上の S₃地震時における最大応答値とへパフィルター室衝突時の原子炉建屋への作用荷重を足し合わせた最大応答値を図 2-7 に示す。

S₃地震時の最大応答せん断力にへパフィルター室の衝突による作用荷重を考慮しても、原子炉建屋の最大せん断ひずみ (0.31×10^{-3}) が 2.00×10^{-3} を超えないことを確認した。

よって、へパフィルター室が衝突したとしても原子炉建屋の層としての健全性への影響はない。

表 2-5 ヘパフィルター室の原子炉建屋への作用荷重

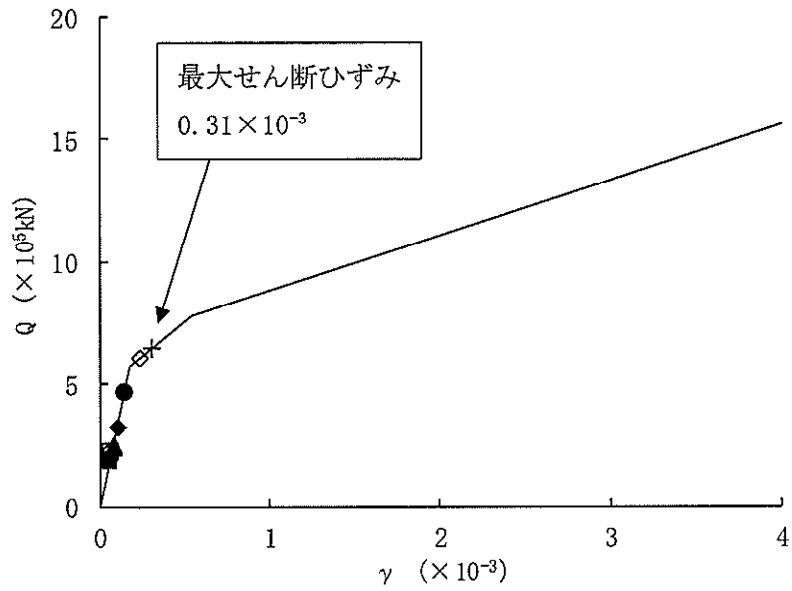
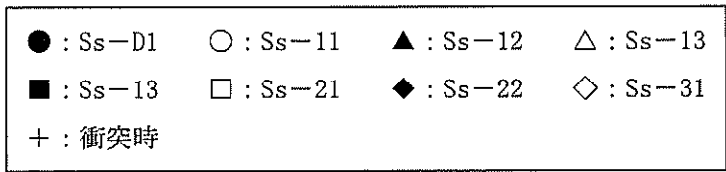
原子炉建屋への作用荷重 ($\times 10^4$ kN)
0.555

表 2-6 原子炉建屋の最大応答せん断力 (EW 方向)

要素 番号	最大応答せん断力 ($\times 10^4$ kN)							
	Ss-D1	Ss-11	Ss-12	Ss-13	Ss-14	Ss-21	Ss-22	Ss-31
8	46.7	21.1	24.9	25.6	18.9	22.4	33.1	61.3

要素 番号	最大応答せん断力 ($\times 10^4$ kN)	
	最大値 ^{※1}	ヘパフィルター室衝突時
8	64.3	64.9

※1: 最大値は地盤剛性のばらつきを考慮している。



要素番号 (8)

図 2-7 せん断スケルトン曲線上の最大応答値 (EW 方向)

2.2.3 局所的な影響の確認

ヘパフィルター室が衝突する原子炉建屋の地表面より上部の外壁（EL. 8.2m～EL. 14.0m）の健全性を確認する。

原子炉建屋の外壁の健全性評価部位を図 2-8 に示す。ヘパフィルター室の全重量が、原子炉建屋の衝突位置の中央に集中荷重として作用するものとし、原子炉建屋の外壁は幅 1,000 mm、厚さ 1,500 mm、長さ 5,800 mm の単純梁と仮定して耐力の検討を行う。耐力の検討に用いたヘパフィルター室衝突時の原子炉建屋への作用荷重、接触幅、単位幅当たりの作用荷重、原子炉建屋外壁の使用材料を表 2-7 に示す。また、表 2-8 に下位クラスの施設が衝突する可能性のある原子炉建屋の外壁（EL. 8.2m～14.0m）の壁厚及び配筋を示す。表 2-8 より、ヘパフィルター室の衝突が想定される東側外壁で検討することは妥当である。

表 2-9 に評価結果を示す。表 2-9 より、ヘパフィルター室衝突時に原子炉建屋の外壁に作用する曲げモーメントは、短期許容曲げモーメントに比べて小さく、発生するせん断応力度は、短期せん断応力度に比べ小さい。

以上から、ヘパフィルター建屋の衝突を考慮しても、原子炉建屋の外壁の健全性は維持される。

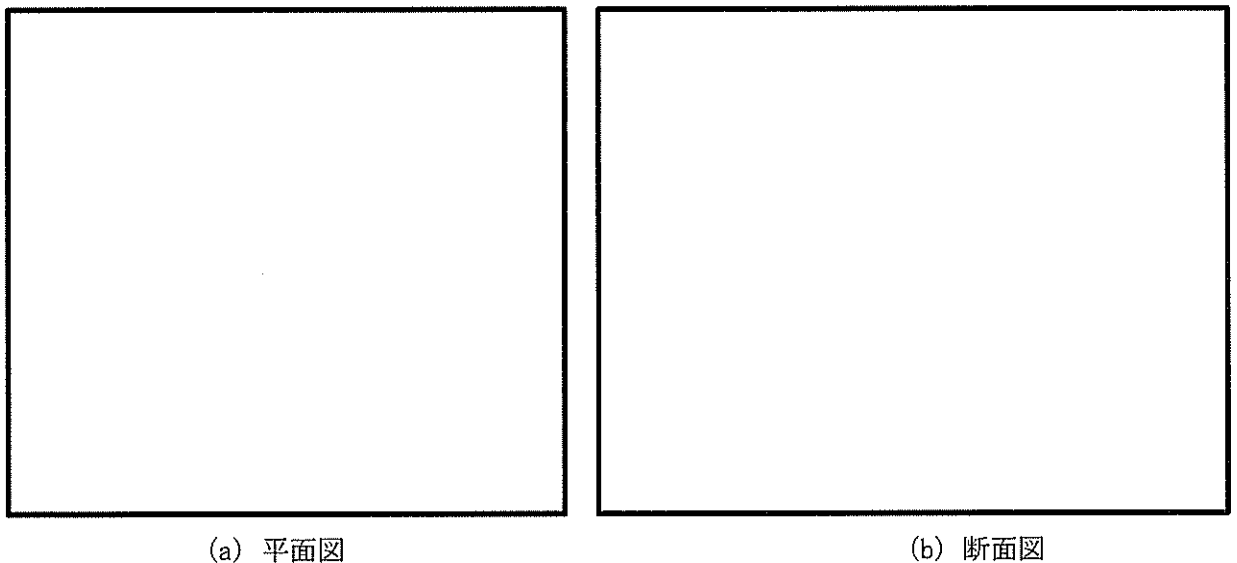


図 2-8

原子炉建屋の外壁の健全性評価部位（単位：mm）

表 2-7 ヘパフィルター室衝突時の原子炉建屋への作用荷重, 接触面積,
単位面積当たりの作用荷重, 原子炉建屋外壁の使用材料

作用荷重 (kN)	接触幅 (m)	単位幅面積当り の作用荷重 (kN/m)	原子炉建屋外壁の使用材料	
			鉄筋	コンクリート
5550	8.0	694	SD345※ D38@200	$F_c=22.1 \text{ N/mm}^2$

※建設当時の鉄筋の種類は SD35 であるが現在の規格 (SD345) に読み替えている。

表 2-8 下位クラス施設の衝突が想定される原子炉建屋外壁の配筋

位置	壁厚 (mm)	配筋	
		外側	内側
北壁※1	1500	D38 @200 (タテ, ヨコ共)	D38 @200 (タテ, ヨコ共)
南壁	1500	タテ: 2-D38 @200 ヨコ: 2-D35 @200	タテ: 2-D38 @200 ヨコ: 2-D35 @200
東壁	1500	D38 @200 (タテ, ヨコ共)	D38 @200 (タテ, ヨコ共)
西壁※2	1000	タテ: 2-D32 @200 ヨコ: 1-D35 @200	タテ: 2-D32 @200 ヨコ: 1-D35 @200

※1: タービン建屋以外がないため検討対象外とする。

※2: サービス建屋以外がないため検討対象外とする。

表 2-9 評価結果

評価対象	(a) 発生値	(b) 許容値	比率 (a/b)
曲げモーメント	1006 kN・m	2478 kN・m	0.41
せん断力	0.276 N/mm ²	1.08 N/mm ²	0.26

3. まとめ

ヘパフィルター室が倒壊し, 原子炉建屋に衝突したとしても, 原子炉建屋の構造安全性に影響はなく, ヘパフィルター室が波及的影響を及ぼさないことを確認した。

大物搬入口建屋に係る波及的影響評価

1. 概要

本資料では、大物搬入口建屋の損傷が原子炉建屋付属棟（以下「付属棟」という。）でのキャスクトレーラの移動の支障となることがないこと及び大物搬入口建屋の損傷により落下物が万一使用済燃料乾式貯蔵容器（以下「貯蔵容器」という。）に衝突したとしても、貯蔵容器の安全機能に影響ないこと示す。

2. 大物搬入口建屋の構造概要

大物搬入口建屋は、地上1階建で、平面が約14 m（南北方向）×約8.5 m（東西方向）、高さが約8 m（一部約6.5 m）の鉄骨造の建物であり、大物搬入口建屋と付属棟のクリアランスは約50 mmある。

大物搬入口建屋の屋根及び壁はPC鋼線入りのコンクリート板（厚さ100mm）で構成されており、柱、梁及びブレースの外側に取り付けられている。また、大物搬入口建屋の南側には扉の風除けのための壁を設置しており、この風除壁部は構造上独立している。

図1～図4に大物搬入口建屋の平面図、立面図、軸組図、天井伏図を示す。

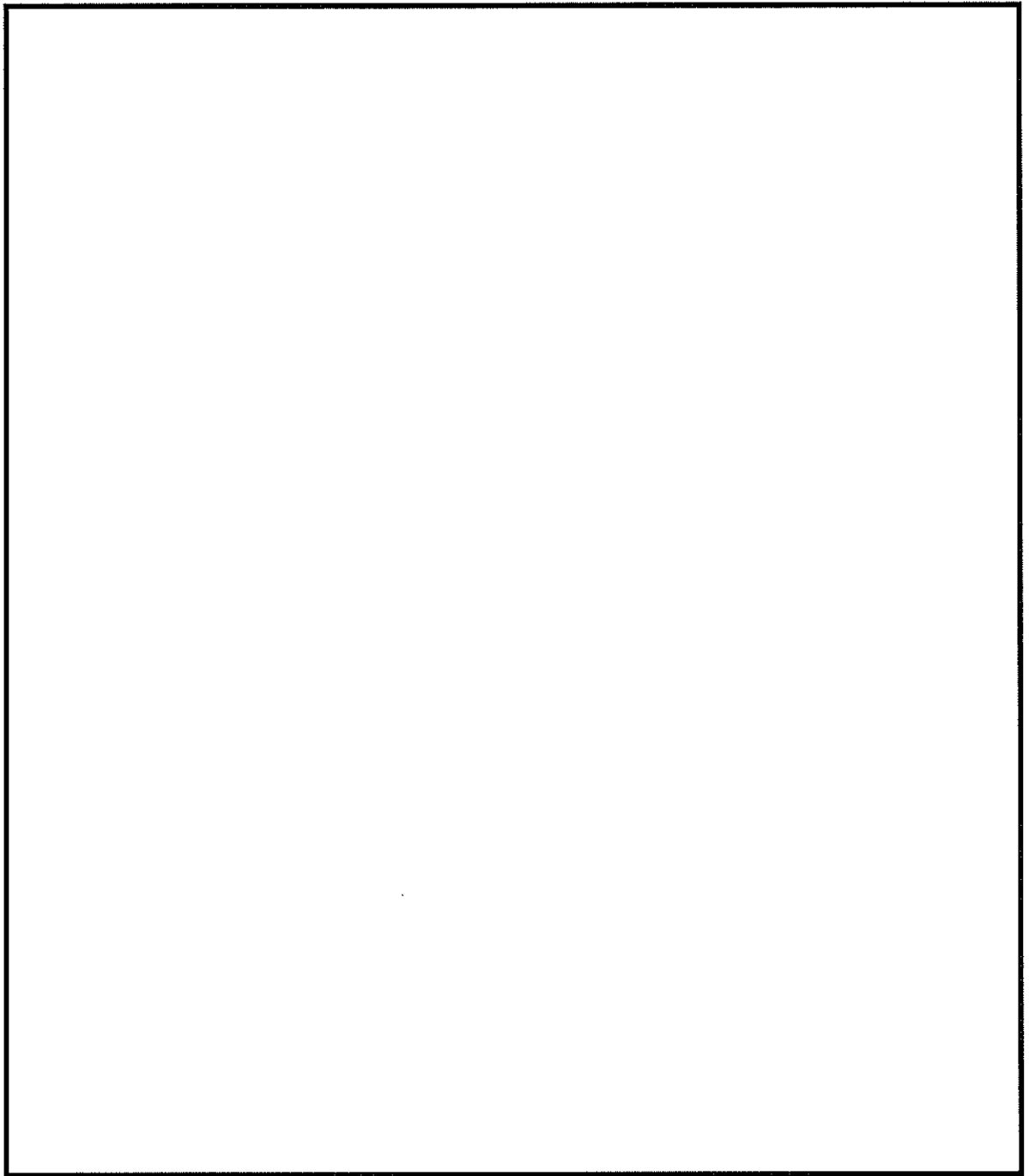


図 1 大物搬入口建屋の平面図

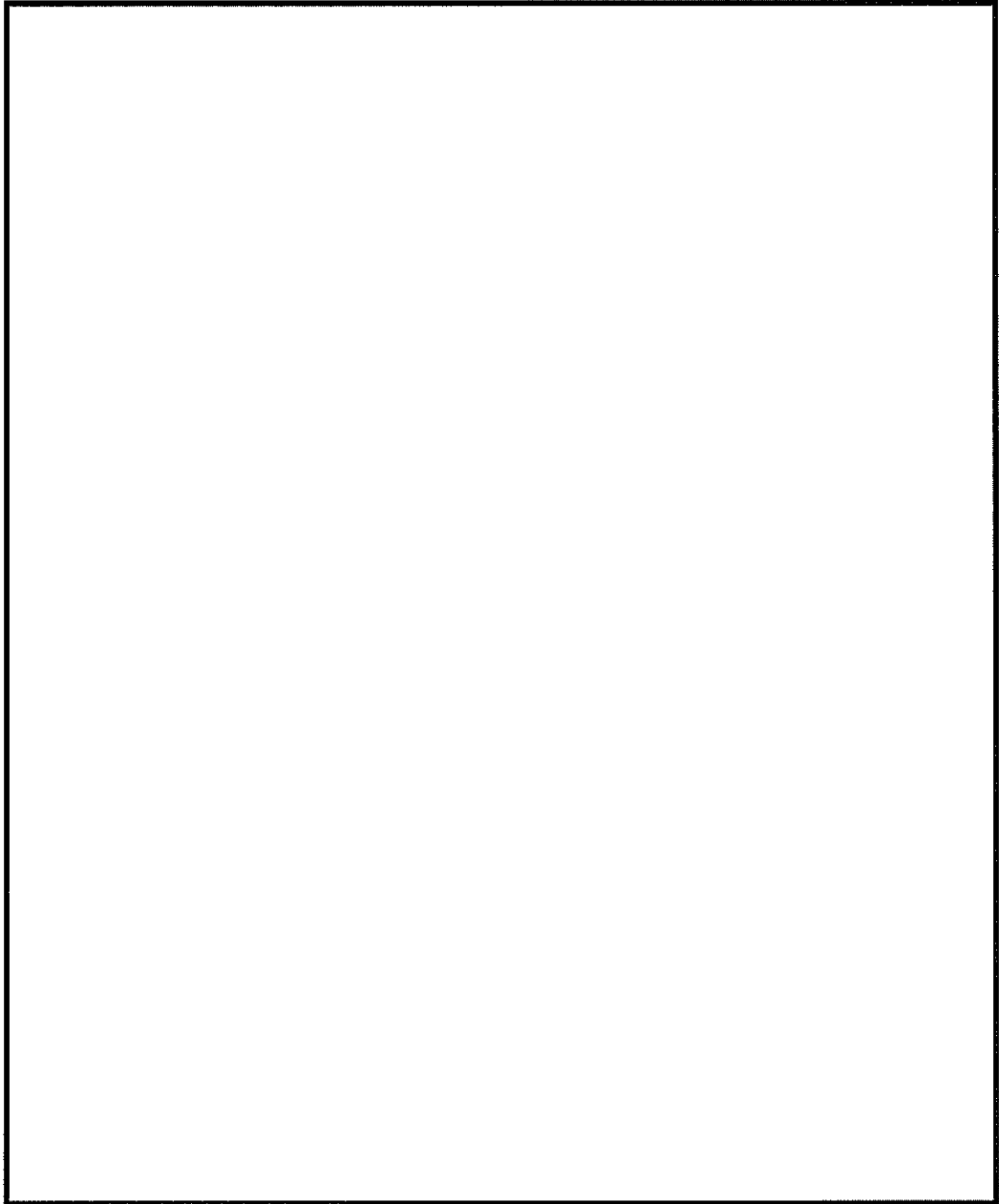


図 2 大物搬入口建屋の立面図

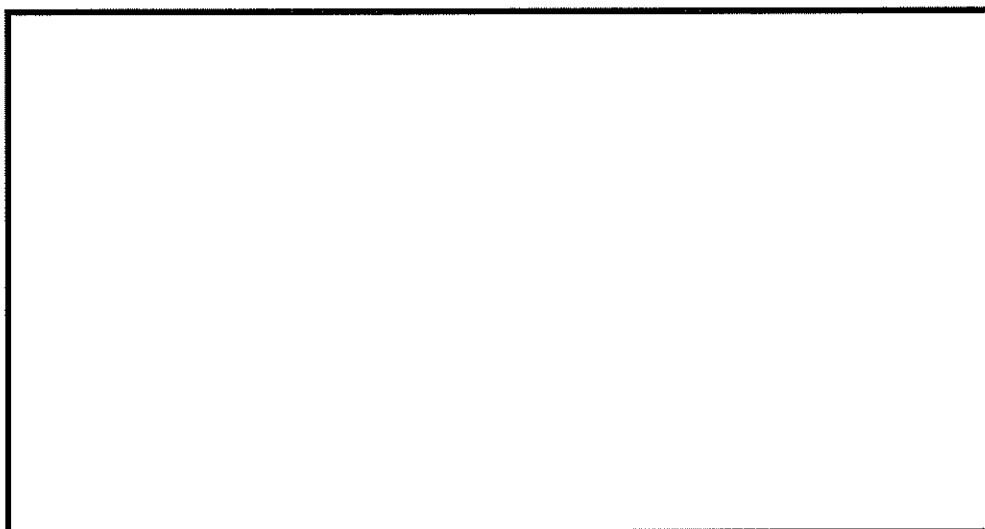


図 3 大物搬入口建屋の軸組図

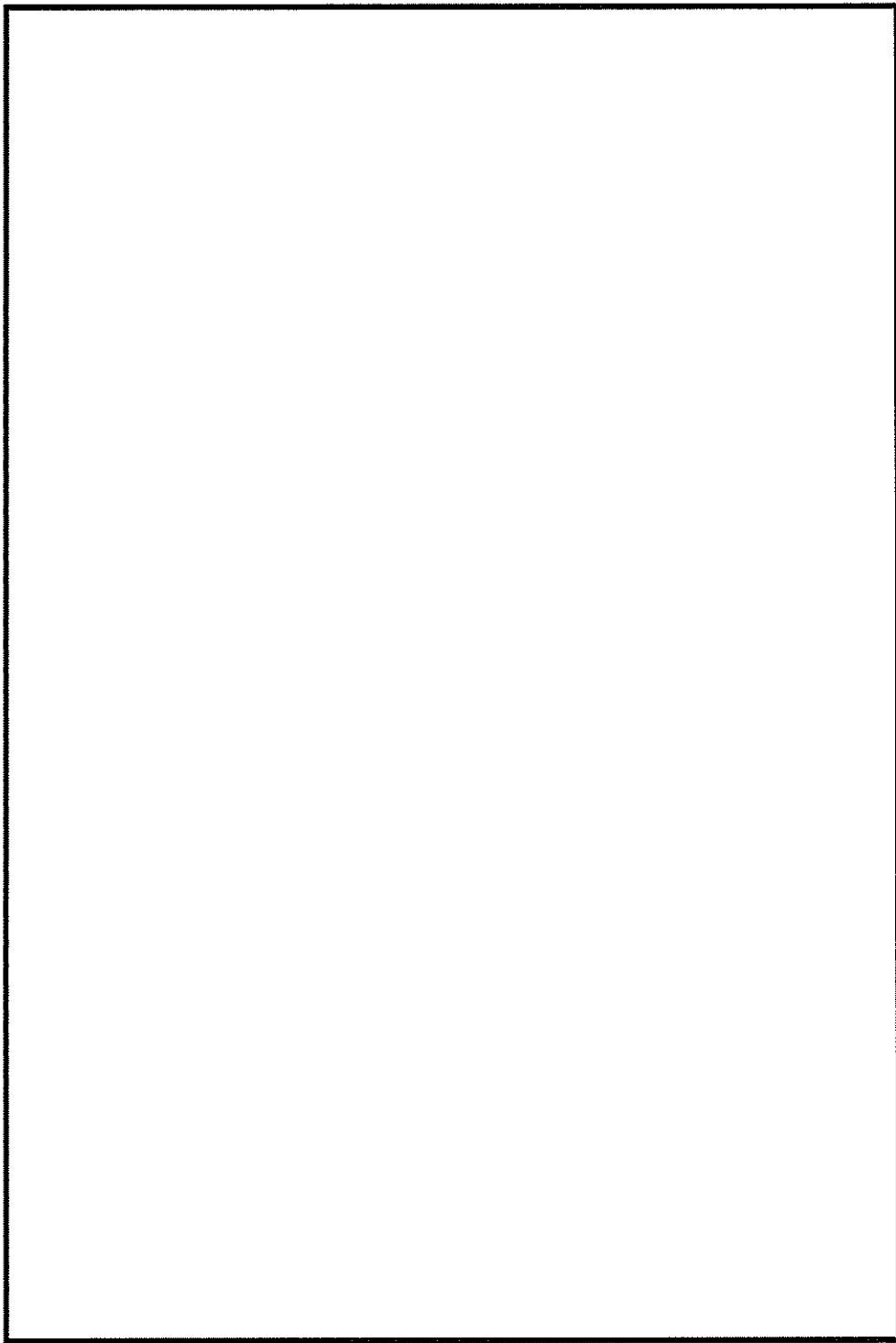


図 3 大物搬入口建屋の天井伏図

3. 大物搬入口建屋の損傷による付属棟内部への影響

3.1 地震発生後の内側扉閉止作業について

大物搬入口建屋内側扉の開放時に、大物搬入口建屋の気密性が損なわれる可能性のある地震又はLOCAのどちらか一方の事象が発生した場合には、速やかに内側扉の閉止作業を行う運用としている。万一、耐震Cクラスである大物搬入口建屋の損傷に至る基準地震動 S_s までの地震が発生した場合でも、大物搬入口建屋と内側扉の間は原子炉建屋付属棟であり基準地震動 S_s に対する健全性を有すること、大物搬入口建屋から内側扉までの離隔距離として13m有しており、大物搬入口建屋が地震で損傷した場合でも、その影響が内側扉に及ぶことはないことから、内側扉の機能は健全としている。図5のとおりキャスクトレーラを原子炉建屋付属棟側に移動することで、内側扉は閉止可能である。

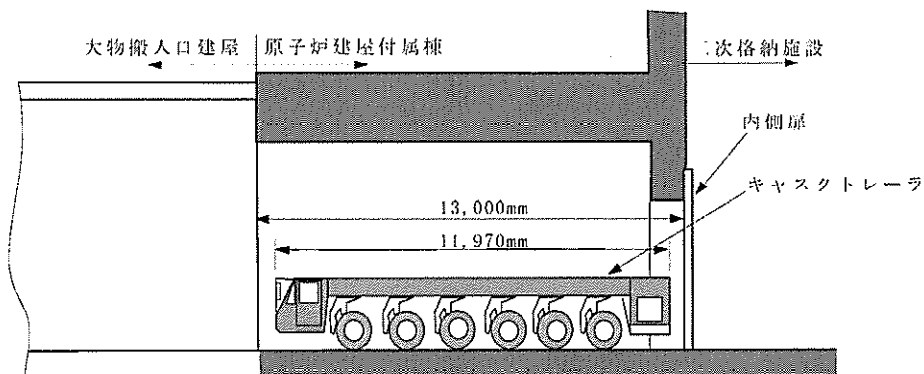


図5 キャスクトレーラと大物搬入口内寸法との関係

3.2 大物搬入口建屋の損傷によるキャスクトレーラ移動作業

大物搬入口建屋の損傷モードとして倒壊と部材（コンクリート板、ブレース等）の落下が想定される。東西南北の各方向の地震力に対して生じる各損傷モードについて、付属棟内部に及ぼす影響を整理し表1に示す。同表に示すとおり、各方向の地震力に対し、付属棟内部への大物搬入口建屋の倒壊及び部材の落下は想定されない。したがって、大物搬入口建屋の損傷が付属棟でのキャスクトレーラの移動の支障となることはない。

表1 大物搬入口建屋の地震時の損傷モード及び付属棟内部への影響
(1/2)

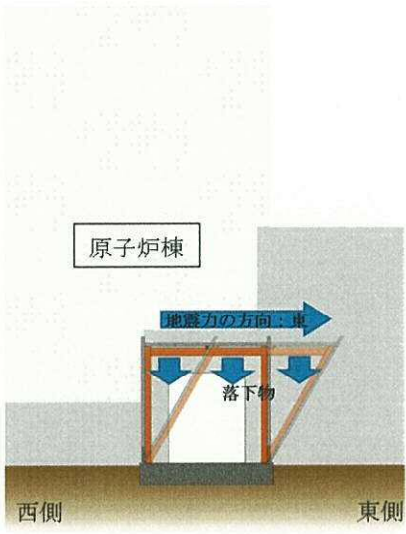
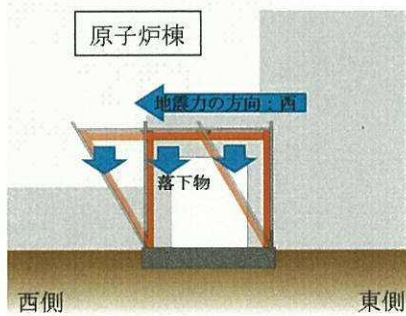
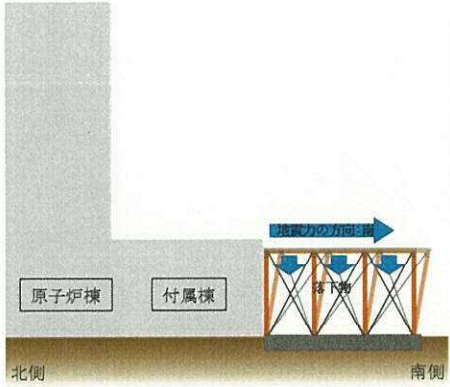
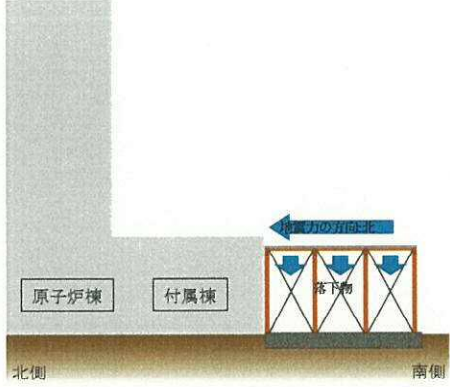
地震力の方向	大物搬入口建屋の損傷モード		付属棟内部への影響	
東向き	倒壊	東側に倒壊する。		影響はない。
	部材の落下	大物搬入口建屋内, 又は東側, 南側に落下する。		
西向き	倒壊	西側に倒壊する。		影響はない。
	部材の落下	大物搬入口建屋内, 又は西側, 南側に落下する。		

表2 大物搬入口建屋の地震時の損傷モード及び付属棟内部への影響
(2/2)

地震力の方向	大物搬入口建屋の損傷モード		付属棟内部への影響
南向き	倒壊	南側に倒壊する。	 <p data-bbox="1249 622 1342 712">影響はない。</p>
	部材の落下	大物搬入口建屋内、又は東側、西側、南側に落下する。	
北向き	倒壊	北側には付属棟の開口周囲の壁があるため、倒壊しない。※1	 <p data-bbox="1249 1243 1342 1332">影響はない。</p>
	部材の落下	大物搬入口建屋内、又は東側、西側、南側に落下する。	

※1：付属棟との取合部における大物搬入口建屋の架構は付属棟の開口寸法より大きいため、大物搬入口建屋が北側に変位すると付属棟の開口周囲の壁に接することとなり、それ以上の変位が制限されるため、北側に倒壊することはない。

4. 大物搬入口建屋の損傷による落下物に対する貯蔵容器の安全機能への影響

3. 項に示したとおり、大物搬入口建屋が損傷したとしても損傷モードにより原子炉建屋付属棟内への落下は想定されない。ここでは万一原子炉建屋付属棟内に大物搬入口の落下物が入り込み貯蔵容器（以下「貯蔵容器」という。）に衝突したとしても、貯蔵容器の安全機能に影響ないこと示す。

4.1 落下物の想定

大物搬入口建屋の屋根及び壁はPC鋼線入りのコンクリート板（厚さ 100mm）で構成されており、柱、梁及びブレースの外側に取り付けられている。柱、梁等の鉄骨構造材料は、鋼製材料であるためコンクリート構造物に比べても強度的に強く、落下物として付属棟内に入り込み可能性は低いと考えられる。一方コンクリート構造物についてもPC鋼線入りを適用しているため、それらが破損し落下物として原子炉建屋付属棟内に入り込み貯蔵容器に衝突する可能性は小さいが、鉄骨構造材料に比べて落下物として衝突する可能性が高いことコンクリート構造物を落下物として想定する。また、落下物の想定として、1m×1m×0.1mを想定する。

4.2 貯蔵容器への重量物落下の影響評価

貯蔵容器の蓋部及び胴部の衝突に関する評価は、貯蔵容器の設置時の工事計画認可申請（以下「設置工認」という。）で実施されている。設置工認では、以下のとおり評価されている。

転倒時衝突荷重：81kN（貯蔵容器総重量×衝突加速度）

影響評価は落下物による衝突荷重が上記の衝突荷重以下であることの確認を行う。コンクリート構造物の落下時の衝突荷重は、大物搬入口建屋高さから原子炉建屋付属棟床面までの距離を約 8m として自由落下による速度を算出し、当該速度にて貯蔵容器に衝突することで衝突荷重を算定した。表 3 に示すとおり衝突荷重は許容荷重以内であり、貯蔵容器の機能に影響を及ぼさないことを確認した。

表 3 重量物落下の影響評価

衝突荷重*1	許容荷重
19.5kN	81kN

*1 原子炉建屋付属棟 1 階面から大物搬入口建屋高さを 8.0m として落下速度 12.5m/s を算定し、コンクリート構造物の重量 250 kg（1m×1m×0.1m×2.45ton/m³ の計算結果を保守的に切り上げ）から算定

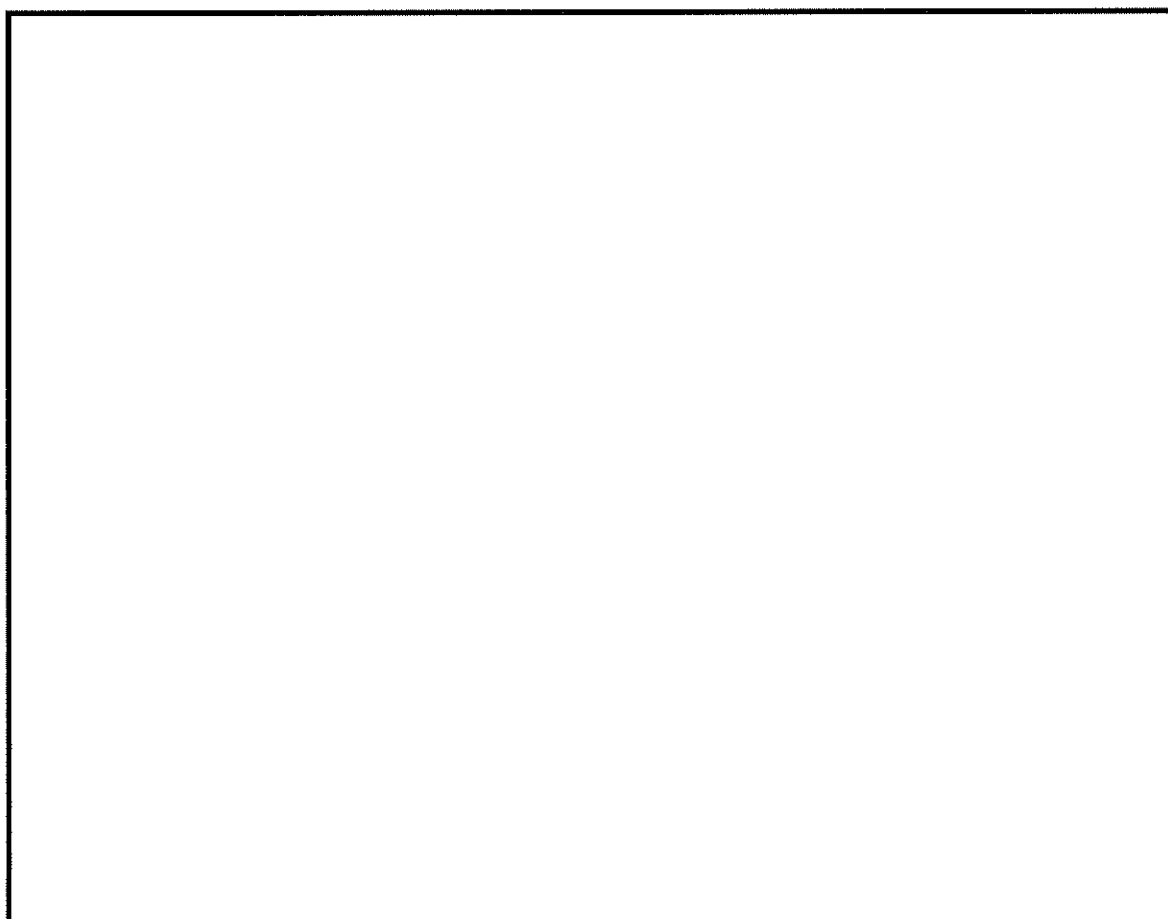
1. 概要

取水路には海生物、漂流物の除去のために、固定バースクリーン、回転レイキ付きバースクリーン及びトラベリングスクリーン（以下「スクリーン設備」という。）が設置されている。スクリーン設備の下流側には、上位クラス施設である残留熱除去系海水系ポンプ、非常用ディーゼル発電機非常用海水ポンプ及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ポンプ（以下「安全系海水ポンプ」という。）が設置されていることから、スクリーン設備の水中部が損傷したとしても取水機能に影響を与えないことを確認する必要がある。

本資料では、スクリーン設備の水中部について、地震による損傷を想定しても、安全系海水ポンプに対して十分な距離をとって配置し隔離による防護を講じており、波及的影響を与えないことを説明するものである。

2. 配置概要

スクリーン設備は、上位クラス施設である海水ポンプの上流に設置されている。位置関係を図1に示す。図1に示すとおり安全系海水ポンプに最も近接しているスクリーン設備は、トラベリングスクリーンであることから、トラベリングスクリーンを対象に安全系ポンプへの波及的影響を確認する。



A部詳細

図1 スクリーン設備の配置概要

3. 構造概要

トラベリングスクリーンはフレーム縦部材、フレーム横梁部材等の構成部材及び枠網本体を作動させるためのキャリングチェーンにて構成されている。

トラベリングスクリーンの構造概要及び主要な構造部材を図2に示す。

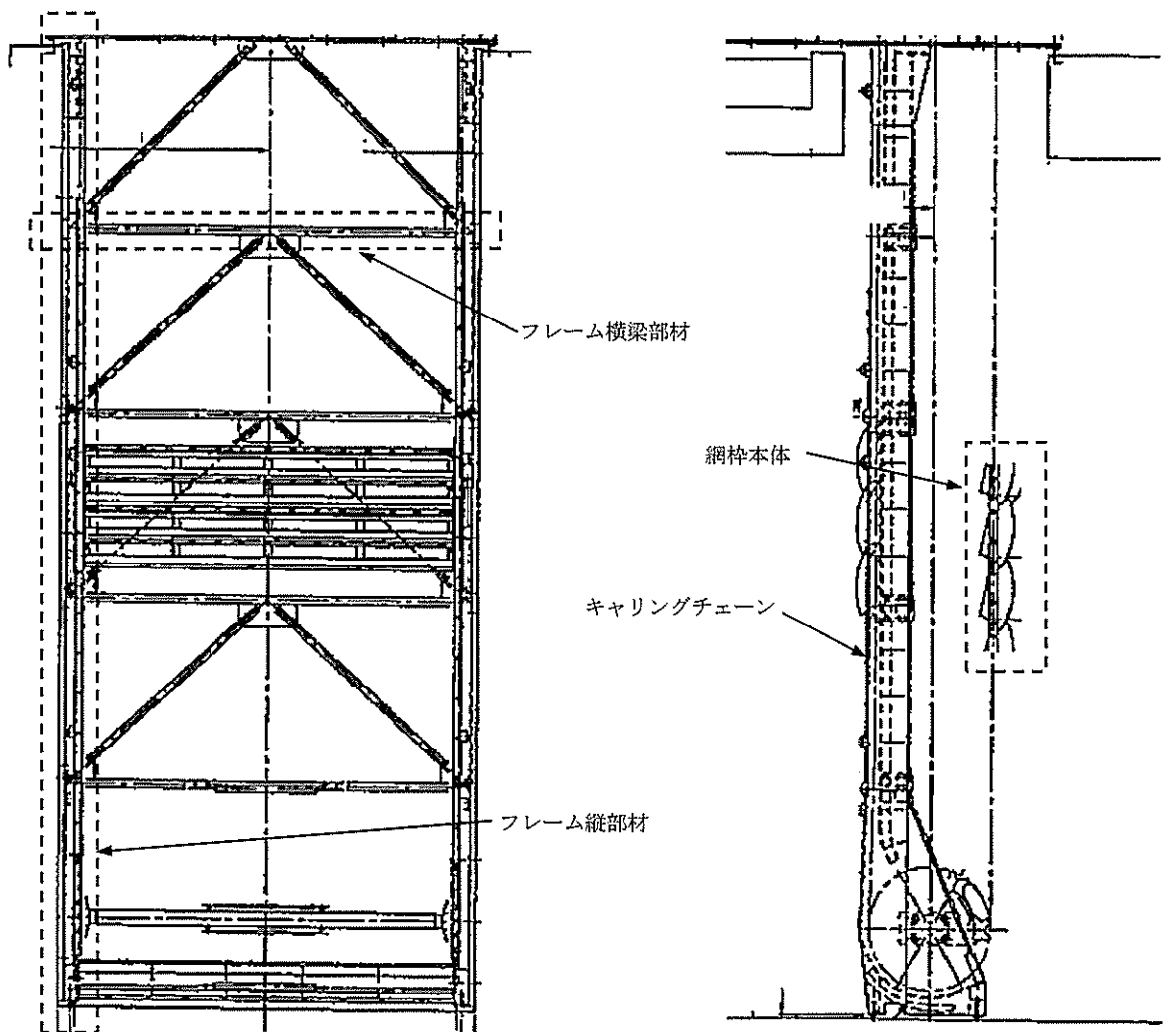


図2 トラベリングスクリーン構造概要及び主要な構造部材

4. 影響評価

4.1 評価方針

トラベリングスクリーンの中中部については、波及的影響を及ぼすことを防止するために隔離による防護を講じている。

よって、トラベリングスクリーンの中中部が地震により損傷し、損傷した部材が移送され、海水ポンプに影響しないよう、十分な距離をとって配置していることを確認する。

4.2 影響評価結果

トラベリングスクリーンについては、主要な構造部材のうち地震による損傷が考えられるものとして、溶接にて固定されたフレーム縦部材、フレーム横梁部材がある。これらの主要な構造部材は周囲を網枠によって囲まれていることから、下流に流されることは考えにくいですが、トラベリングスクリーンの構造部材が、下流へ流されると想定し評価を行う。

(1) 評価方法

地震によって損傷したトラベリングスクリーンの構造部材が、取水構造物の取水速度によって移送され、下流に設置された安全系海水ポンプまで到達しないことを確認する。

(2) 評価条件

損傷を想定する部材は、溶接にて固定されたフレーム縦部材及びフレーム横梁部材に加えて、枠網本体及びキャリングチェーンを考慮する。

評価は地震時における取水構造物内水路の流速が厳しくなる条件で行う。流速が厳しくなる条件として、循環水ポンプ、海水ポンプが定格容量にて運転している場合を考慮する。

(3) 許容限界

取水構造物水路内の流速により、損傷した部材が移送される角度を θ とする。また、損傷した部材が海水ポンプに到達する角度を θ_1 とする。

評価は、 θ と θ_1 を比較し、 $\theta > \theta_1$ となることを確認することにより行う。損傷した部材が移送される角度 θ と許容限界 θ_1 の関係を図3に示す。

θ_1 を図3より、以下のとおり算出する。

$$\theta_1 = \tan^{-1}(20.5/5.9) = 73.9^\circ$$

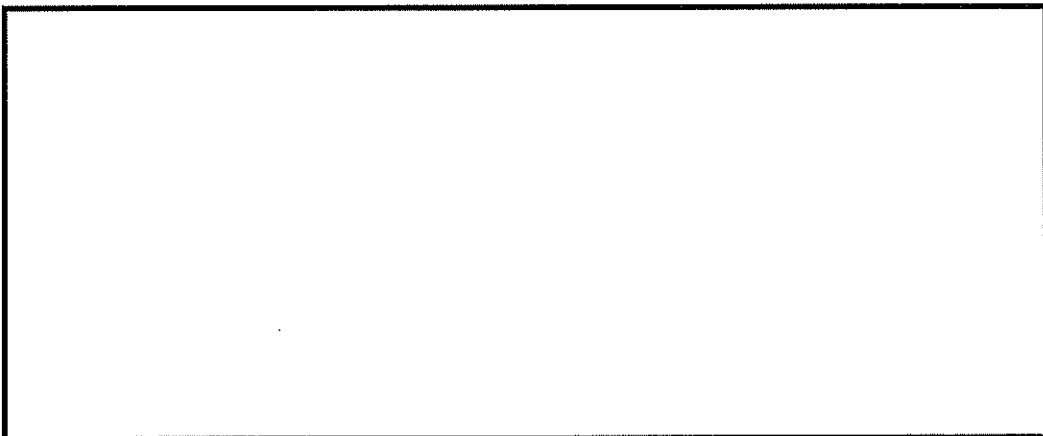


図3 損傷した部材の移送角度と許容限界

(4) 影響評価

影響評価を表 2 に示す。

トラベリングスクリーンの損傷した部材が移送された場合、許容限界を上回ることはなく、安全系海水ポンプに到達することはない。

表 2 影響評価結果

No.	主要な構造部材	受圧面積 (m ²)	質量 (kg)	移送角度 [※] (θ)	許容限界 (θ ₁)	評価 結果
1	フレーム縦部材	1.43	290	53.3	73.9	○
2	フレーム横梁部材	0.60	130	51.5		○
3	網枠本体	0.99	210	52.1		○
4	キャリングチェーン	0.06	16	45.9		○

※：移送角度θは、垂直方向に作用する力（自重－浮力）と流速方向抗力の関係より算出。

$\theta = \tan^{-1} (\text{抗力} / (\text{自重} - \text{浮力}))$ 、この時海水の比重を 1025kg/m³、主要な構造部材（SS400）の比重を 7850kg/m³とした。抗力係数は各構造部材の形状に応じて設定した。

廃棄物処理建屋の波及的影響評価

1. 概要

本資料は、添付書類「V-2-11-1 波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設の耐震評価方針」に基づき、廃棄物処理建屋が上位クラス施設である原子炉建屋、非常用ガス処理系配管等に対して波及的影響を及ぼさないことを説明するものである。その波及的影響の評価は、廃棄物処理建屋の損傷、転倒及び落下等による影響がないことを確認するために、下位クラス施設である廃棄物処理建屋の構造物全体としての変形性能の評価を行う。

2. 基本方針

2.1 位置

廃棄物処理建屋の設置位置を図 2-1 に示す。

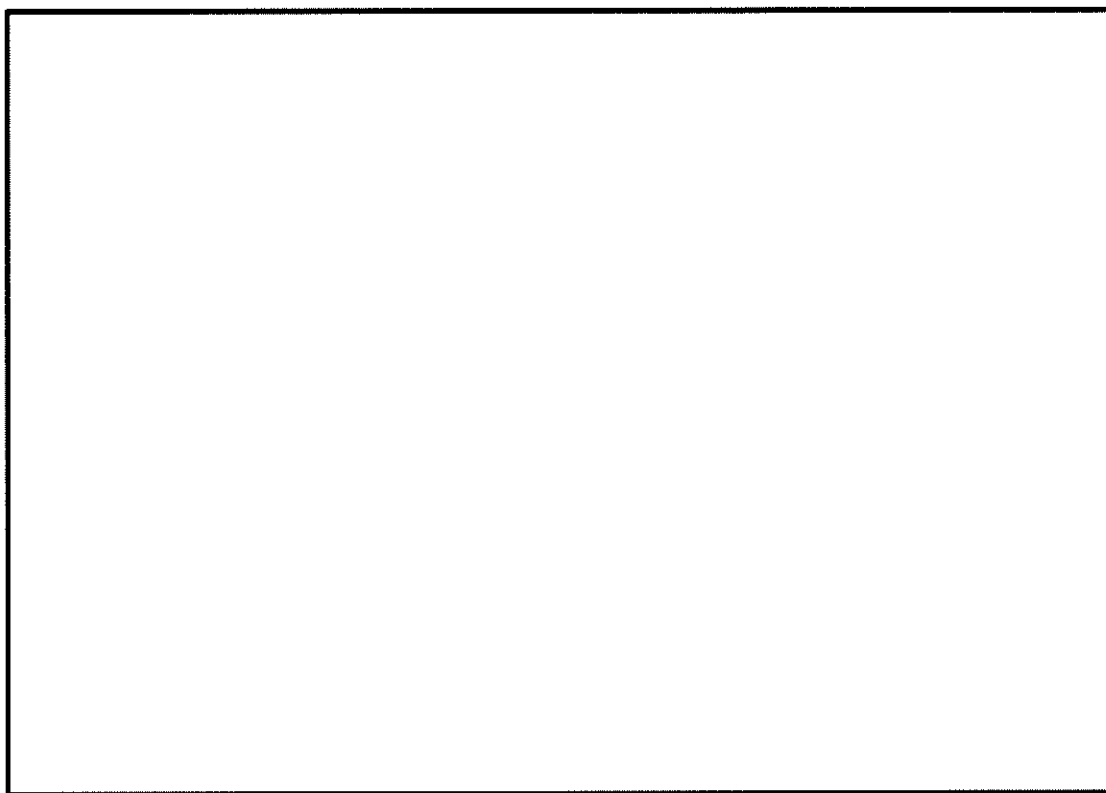


図 2-1 廃棄物処理建屋の設置位置

2.2 構造概要

廃棄物処理建屋は、原子炉建屋の南東側、排気塔の南側に設置されている建物である。廃棄物処理建屋の概略平面図を図 2-2 に、廃棄物処理建屋の概略断面図を図 2-3 に示す。建屋配置図を図 2-4 に示す。原子炉建屋と廃棄物処理増強処理建屋とは、8m 以上離れている。

廃棄物処理建屋の平面規模は、NS 方向で約 70.5 m、EW 方向で約 42.5 m であり、最高屋根面 (EL. +39.80 m) の基礎底面 (EL. -13.20 m) からの高さは、53.9 m である。

廃棄物処理建屋は、地上 4 階、地下 3 階建の鉄筋コンクリート造（一部鉄骨造）の構造物である。建屋は外壁と内壁及びフレーム部分で構成されている。1 階にはサイトバンカーがあり、一部に大空間を有する。

廃棄物処理建屋の基礎は、厚さ約 2.5 m の基礎スラブで、支持地盤である砂質泥岩上に人工岩盤を介して設置されている。

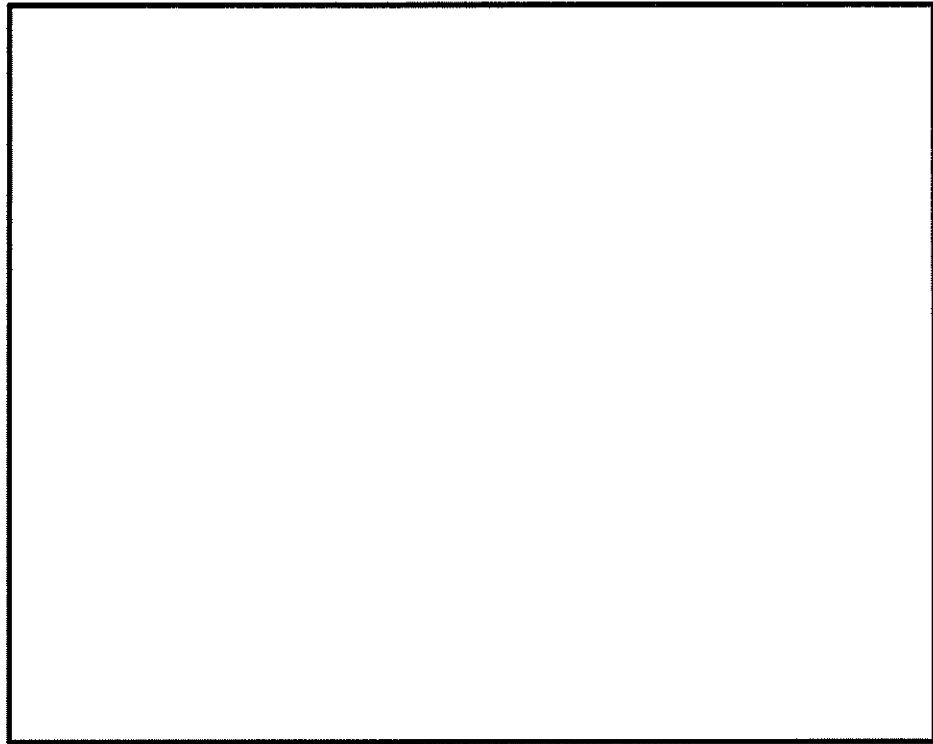


図 2-2 の概略平面図 (EL. -10.70 m)

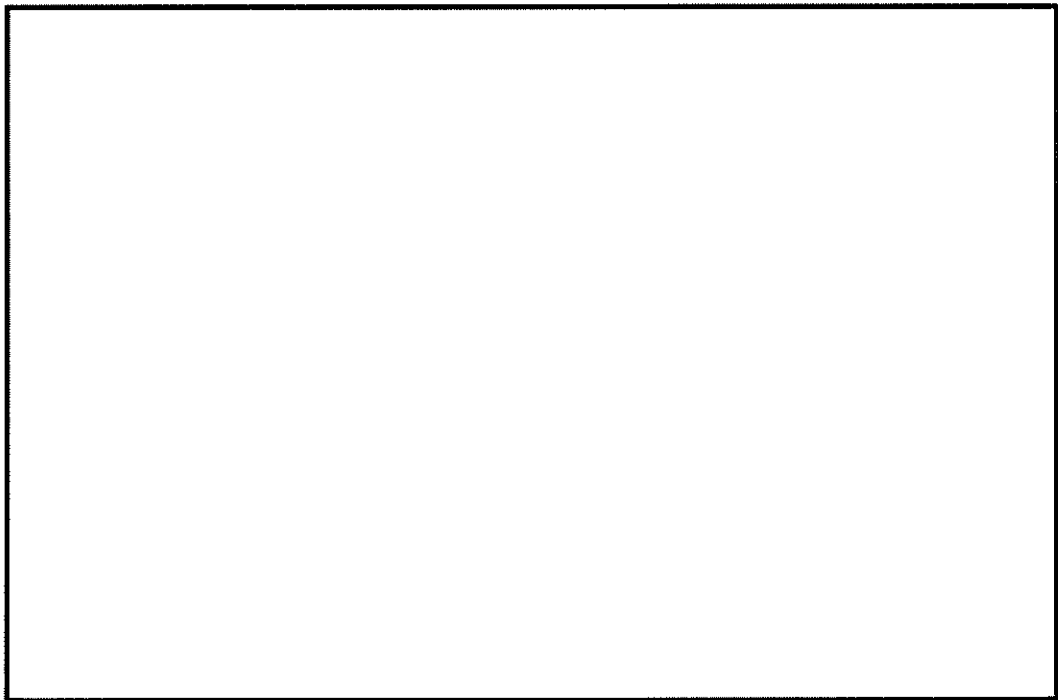


図 2-3 廃棄物処理建屋の概略断面図 (NS 方向 A-A 断面)

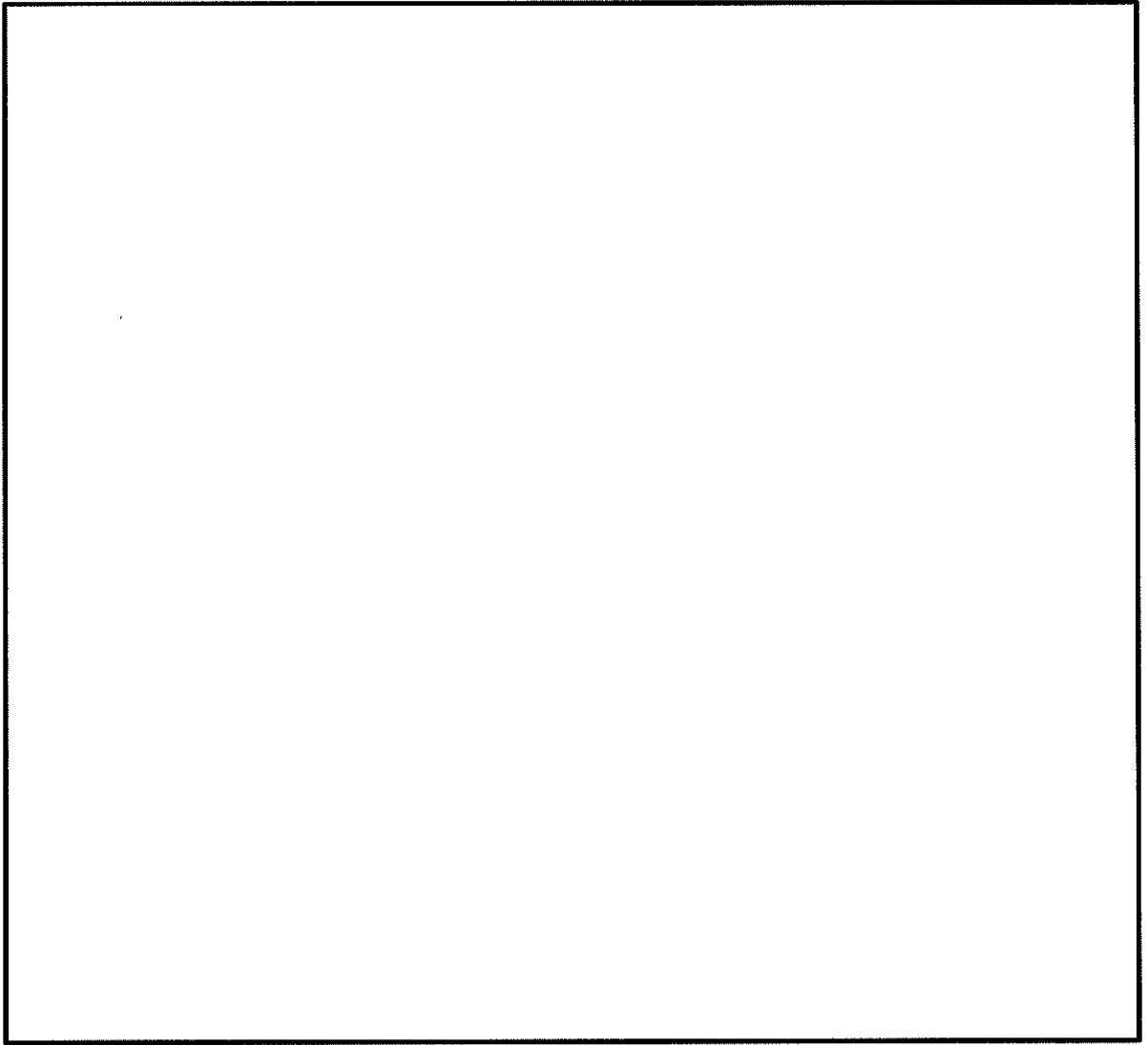


図 2-4 建屋配置図

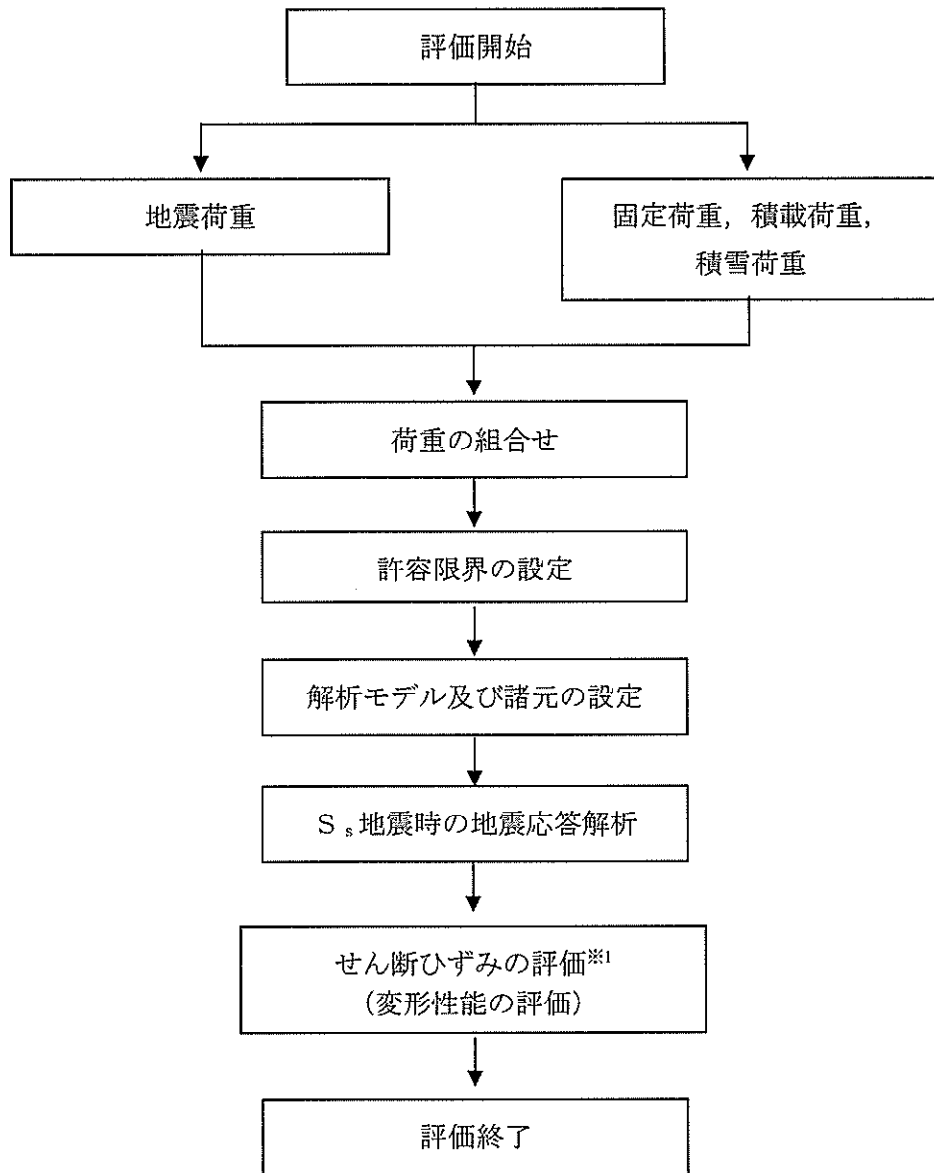
2.3 評価方針

廃棄物処理建屋は、原子炉建屋と同じ運転状態を想定することから、設計基準対象施設及び重大事故等対処施設に対する波及的影響の評価を行う。

廃棄物処理建屋の設計基準対象施設に対する波及的影響評価においては、基準地震動 S_s に対する評価（以下「 S_s 地震時に対する評価」という。）を行うこととする。廃棄物処理建屋の波及的影響評価は、添付書類「V-2-11-1 波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設の耐震評価方針」に基づき、地震応答解析による評価において、せん断ひずみの評価及び相対変位の評価を行う。廃棄物処理建屋は原子炉建屋と 8m以上離れており、廃棄物処理建屋が倒壊しない限り衝突・接触することはない。評価にあたっては、地盤物性のばらつきを考慮する。

また、重大事故等対処施設に対する波及的影響評価においては、 S_s 地震時に対する評価を行う。ここで、廃棄物処理建屋では、設計基準事故時及び重大事故等時の状態における圧力、温度等の条件に有意な差異がないことから、重大事故等対処施設に対する波及的影響評価は、設計基準対象施設に対する波及的影響評価と同一となる。

図 2-5 に波及的影響の評価フローを示す。



※1：地盤物性のばらつきを考慮する。

図 2-5 廃棄物処理建屋の波及的影響の評価フロー

2.4 適用規格・基準等

廃棄物処理建屋の波及的影響の評価を行う際に適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987 ((社) 日本電気協会) (以下「J E A G 4 6 0 1 -1987」という。)
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力度編 J E A G 4 6 0 1 -補-1984 ((社) 日本電気協会)
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版 ((社) 日本電気協会) (以下「J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版」という。)
- ・ 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 (日本建築学会, 1999)

3. 評価方法

3.1 評価対象部位及び評価方針

廃棄物処理建屋の評価対象部位は、耐震壁とし、以下の方針に基づき検討を行う。

S_e地震時に対する評価は、建屋全体について質点系モデルを用いた弾塑性時刻歴応答解析によることとし、地震力と地震力以外の荷重の組合せの結果、材料物性のばらつきを考慮した最大せん断ひずみが、「J E A G 4 6 0 1 -1987」に基づき設定した許容限界を超えないことにより、廃棄物処理建屋が倒壊しないことを確認する。

3.2 入力地震動

廃棄物処理建屋の地震応答解析に用いる入力地震動は、添付書類「V-2-1-2 基準地震動 S_e及び弾性設計用地震動 S_dの策定概要」に示す基準地震動 S_eを基に、地盤条件を考慮し、地盤の地震応答解析により建屋下端位置及び側面地盤ばねレベルで算定する。入力地震動の算定には、解析コード「SHAKE ver. 1.6.9」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「計算機プログラムの概要（解析コード）の概要・SHAKE」に示す。地盤物性を基本ケースとした場合の建屋下位置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図 3-1 及び図 3-2 に示す。

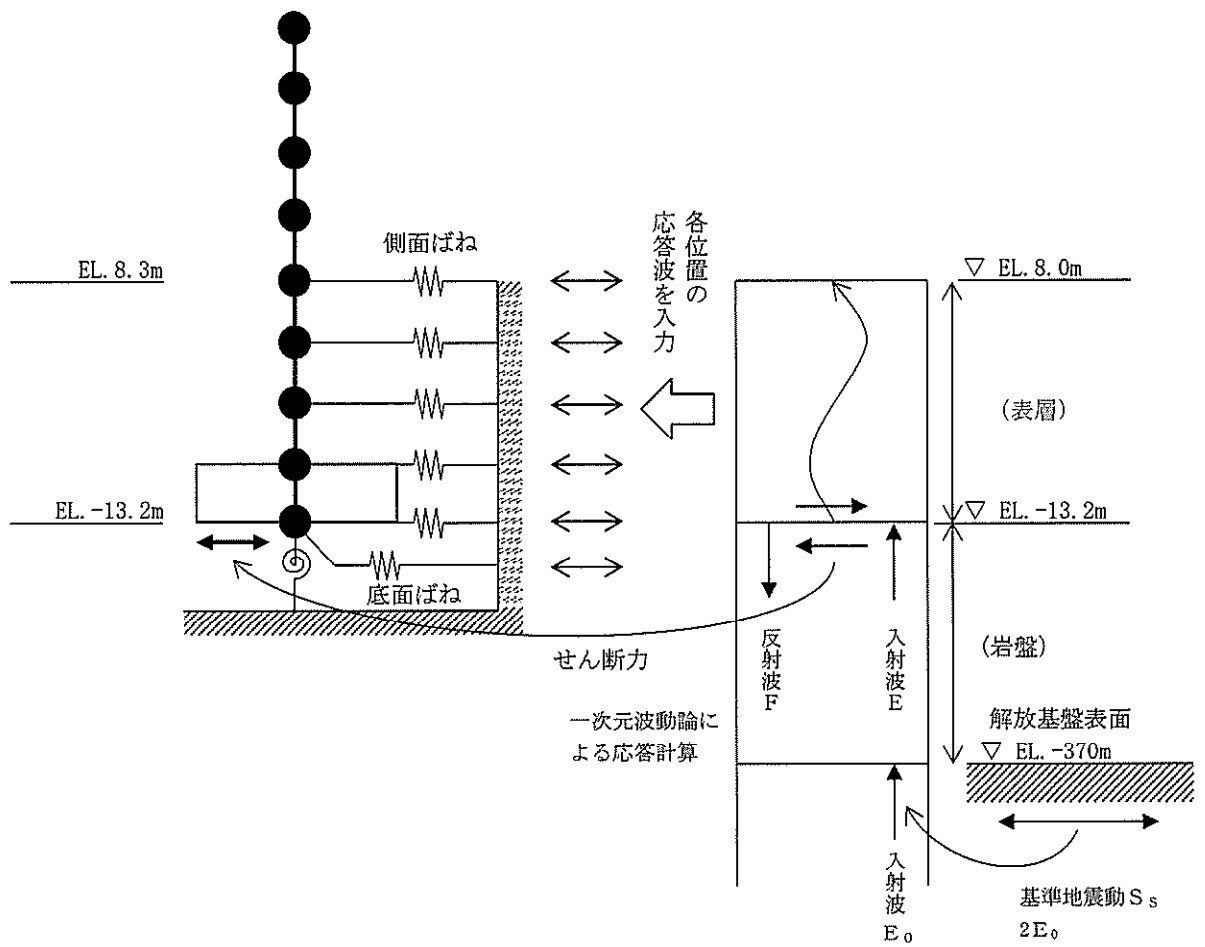
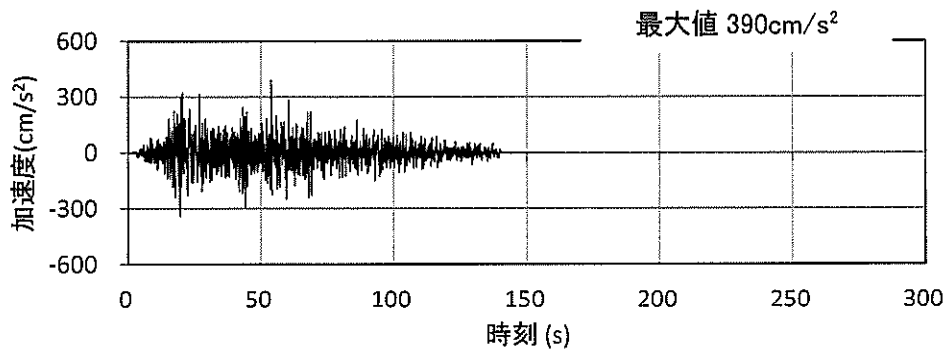
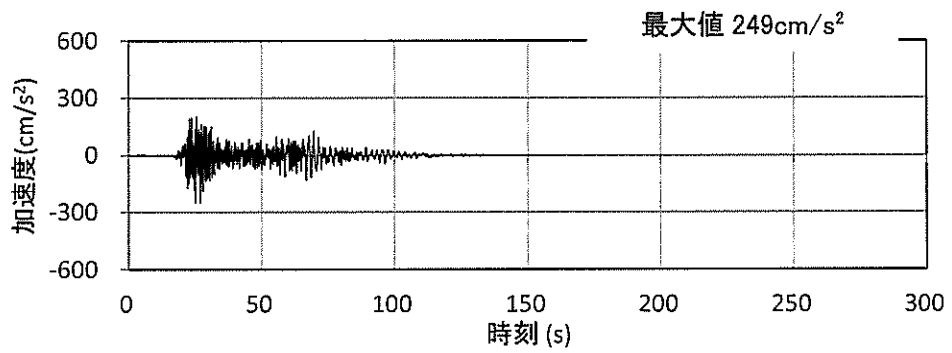


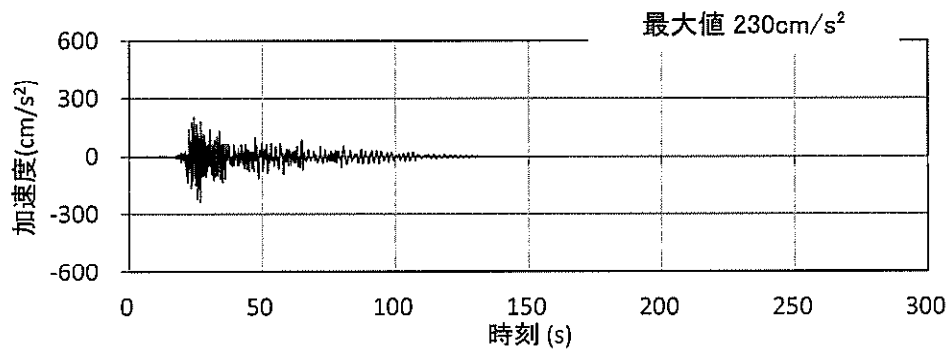
図 3-17 地震応答解析モデルに入力する地震動の概念図



(a) S_s-D1

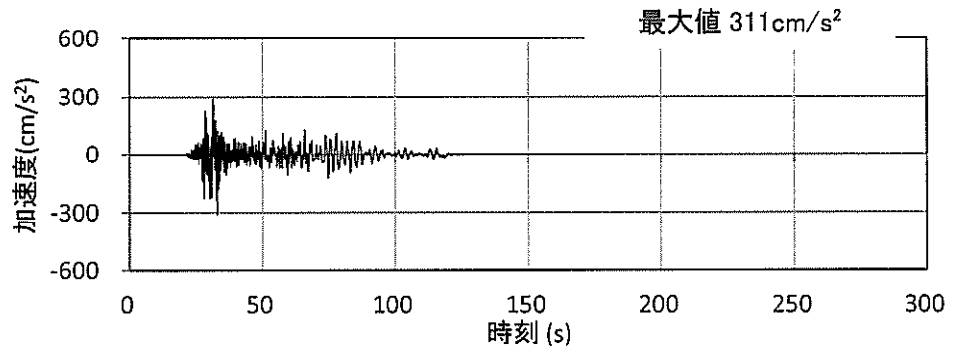


(b) S_s-11 NS

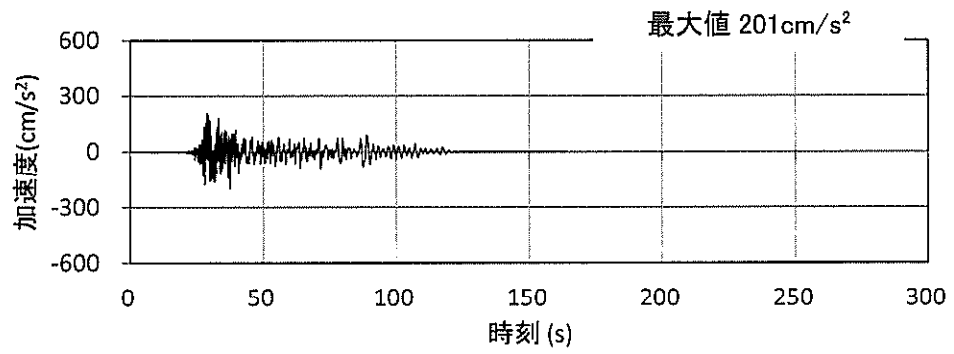


(c) S_s-11 EW

図 3-1 (1/6) 入力地震動の加速度時刻歴波形 (S_s, EL. -13.2m)

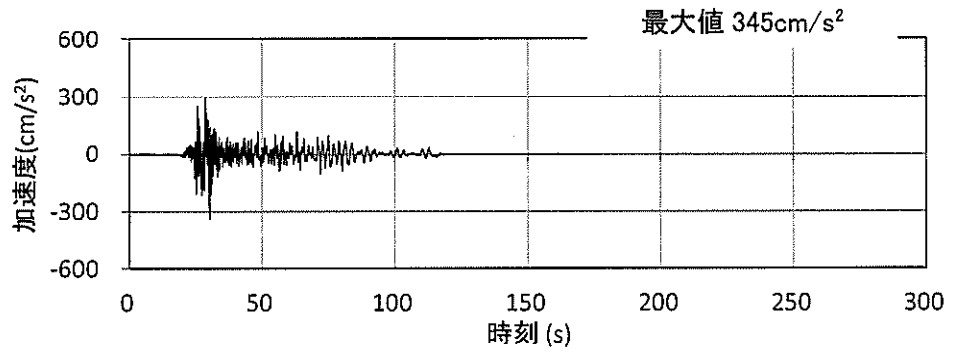


(a) S_s-12 NS

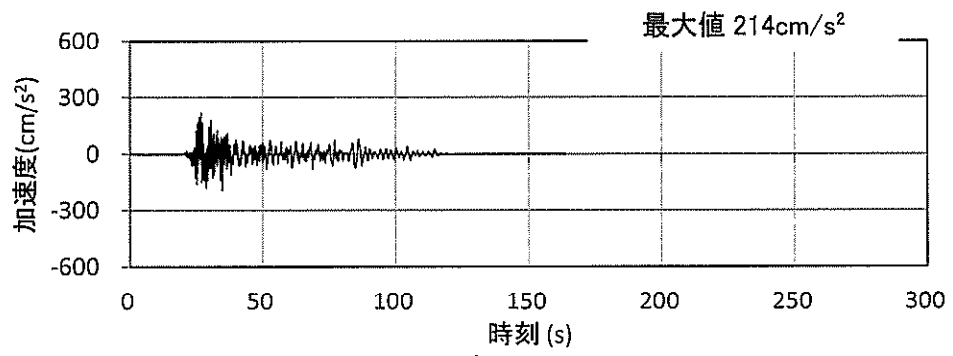


(b) S_s-12 EW

図 3-1 (2/6) 入力地震動の加速度時刻歴波形 (S_s, EL. -13.2m)

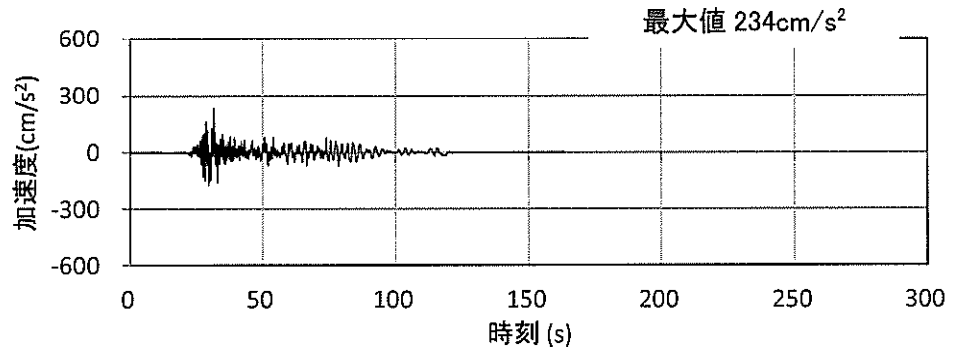


(a) S_s-13 NS

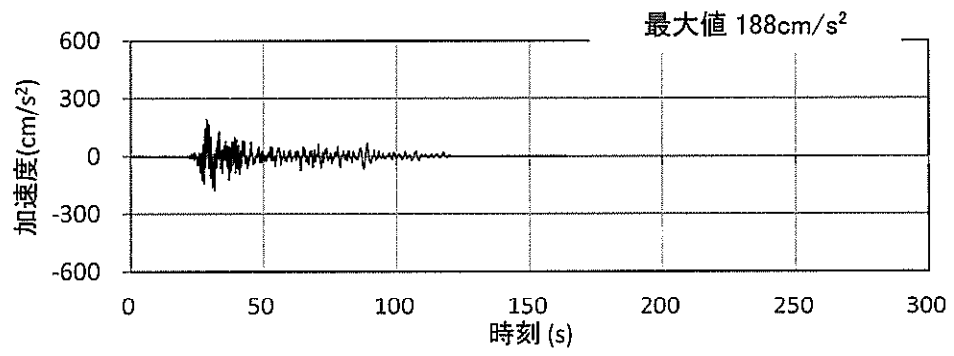


(b) S_s-13 EW

図 3-1 (3/6) 入力地震動の加速度時刻歴波形 (S_s, EL. -13.2m)

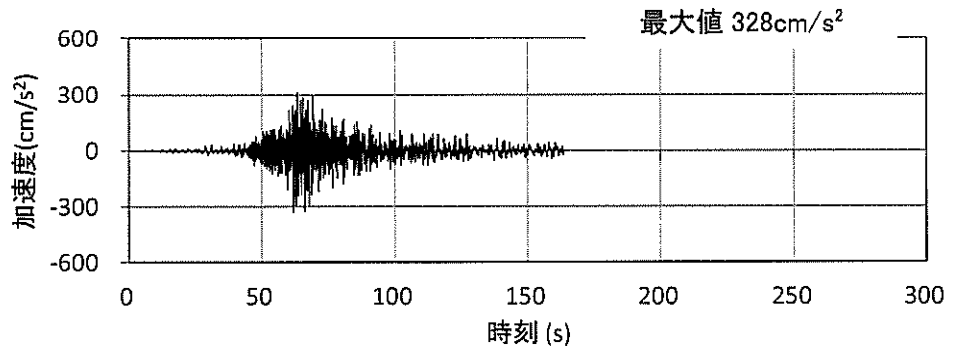


(a) S_s-14 NS

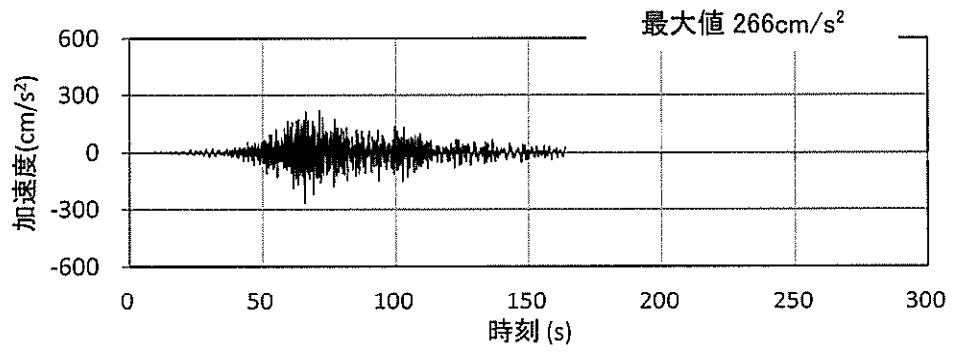


(b) S_s-14 EW

図 3-1 (4/6) 入力地震動の加速度時刻歴波形 (S_s, EL. -13.2m)

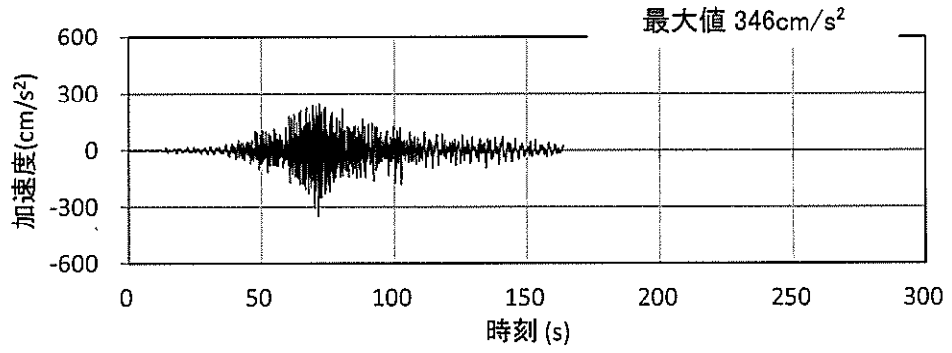


(a) S_s-21 NS

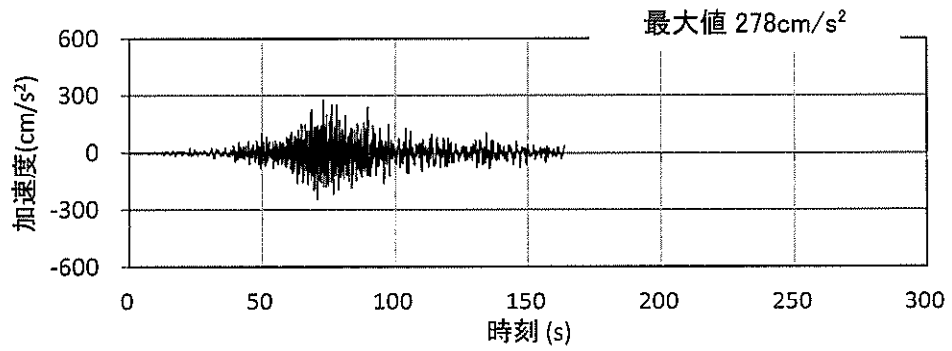


(b) S_s-21 EW

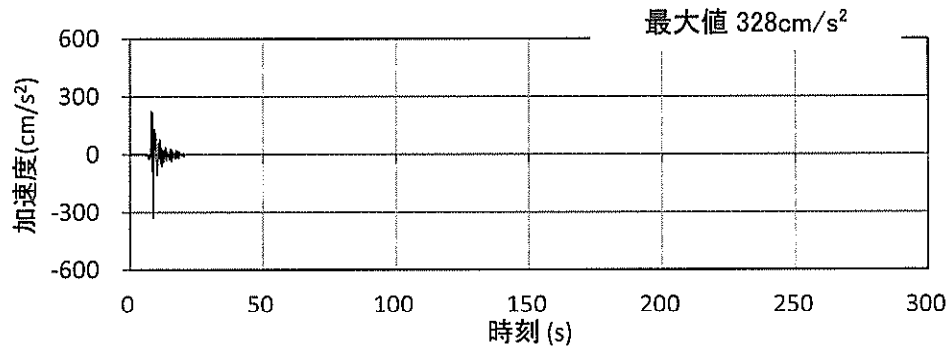
図 3-1 (5/6) 入力地震動の加速度時刻歴波形 (S_s, EL. -13.2m)



(a) S_s-22 NS

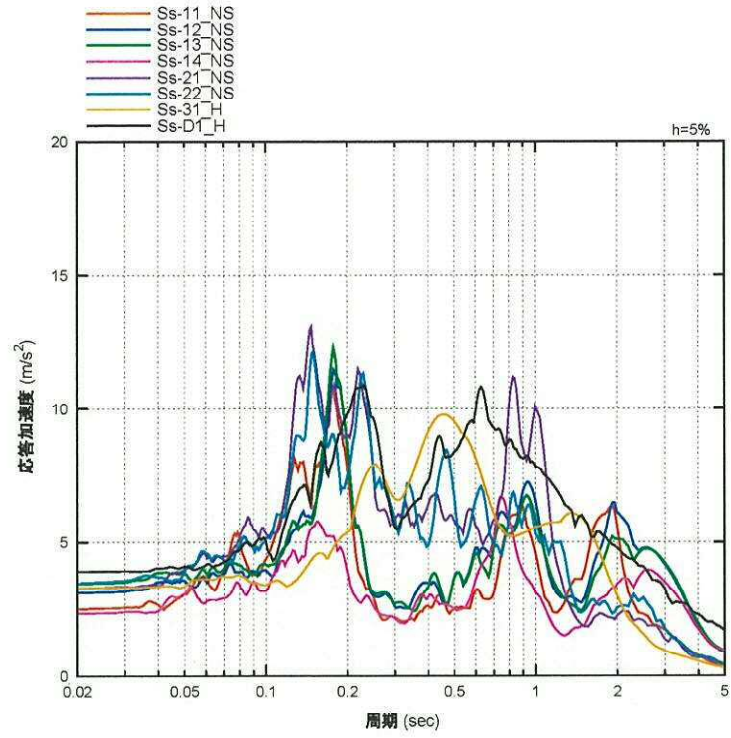


(b) S_s-22 EW

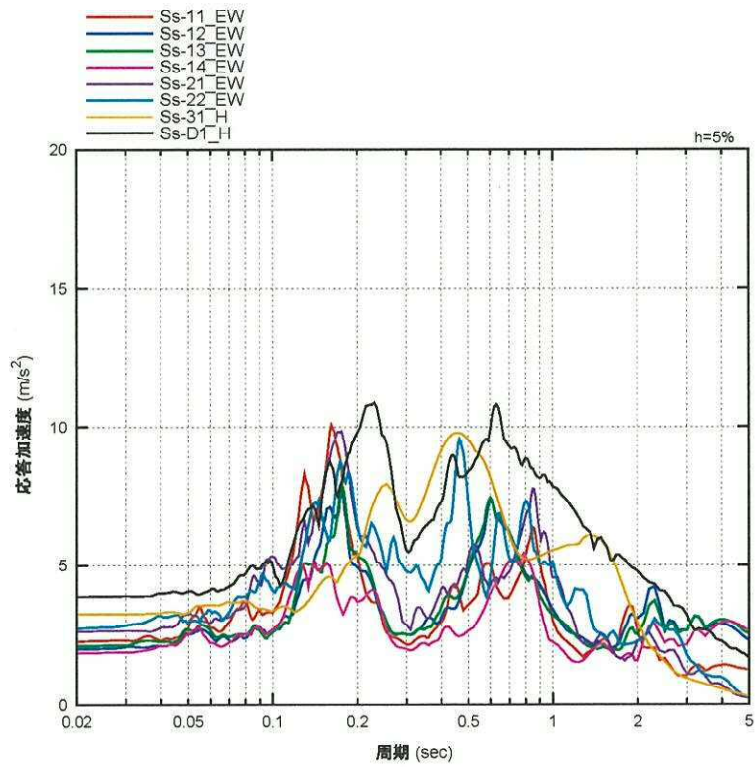


(c) S_s-31

図 3-1 (6/6) 入力地震動の加速度時刻歴波形 (S_s, EL. -13.2m)



(a) NS 方向



(b) EW 方向

図 3-2 入力地震動の加速度応答スペクトル (S_s, EL. -13.2m)

3.3 荷重及び荷重の組合せ

荷重及び荷重の組合せは、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している荷重及び荷重の組合せを用いる。

3.3.1 荷重

(1) 固定荷重 (G), 積載荷重 (P)

廃棄物処理建屋の固定荷重 (G) 及び積載荷重 (P) を表 3-1 に示す。

表 3-1 固定荷重 (G) 及び積載荷重 (P) (屋根及び床)

部位		スラブ厚さ (m)	固定荷重 G (kN/m ²)	積載荷重 P (kN/m ²)
屋根	EL. +39.80 m	0.25	6.2	4.7
床 (4F)	EL. +31.80 m	0.5	12.3	10.8
床 (3F)	EL. +23.30 m	0.5	12.3	10.8
床 (2F)	EL. +15.80 m	0.5	12.3	10.8
床 (1F)	EL. + 8.30 m	0.5	12.3	10.8
床 (B1F)	EL. + 1.80 m	0.8	19.6	10.8
床 (B2F)	EL. - 7.70 m	0.5	12.3	10.8
床 (B3F)	EL. -10.70 m	2.5	61.3	7.8

(2) 積雪荷重 (S)

積雪荷重は、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」に記載の地震力と積雪の組合せに基づき、表 3-2 のとおり設定する。ただし、積雪荷重は屋根面の積載荷重に含まれるものとする。

表 3-2 積雪荷重 (S)

荷重及び外力について想定する状態	積雪荷重
地震時荷重 (S _s 地震時)	210 N/m ²

(3) 地震荷重 (K_s)

廃棄物処理建屋の地震応答解析に用いる入力地震動は、「3.2 入力地震動」に示す基準地震動 S_s を用いる。

3.3.2 荷重の組合せ

荷重の組合せは、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき設定する。荷重組合せを表 3-3 に示す。

表 3-3 荷重の組合せ

外力の状態	荷重組合せ
S_s 地震時	$G+P+S_{地震時}+K_s$

- G : 固定荷重
- P : 積載荷重
- $S_{地震時}$: 積雪荷重
- K_s : S_s 地震荷重

3.4 許容限界

廃棄物処理建屋の原子炉建屋に対する波及的影響評価における許容限界は、添付書類「V-2-11-1 波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設の耐震評価方針」に記載の許容限界に基づき、表 3-4 及び表 3-5 のとおり設定する。

表 3-4 波及的影響評価における許容限界
(設計基準対象施設に対する評価)

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)
原子炉建屋に波及的影響を及ぼさない	基準地震動 S_s	耐震壁	最大せん断ひずみが波及的影響を及ぼさない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 4.0×10^{-3}

表 3-5 波及的影響評価における許容限界
(重大事故等対処施設に対する評価)

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)
原子炉建屋に波及的影響を及ぼさない	基準地震動 S_s	耐震壁	最大せん断ひずみが波及的影響を及ぼさない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 4.0×10^{-3}

3.5 解析方法

3.5.1 地震応答解析モデル

(1) 地震応答解析に用いる建屋モデルは、地盤との相互作用を考慮し、曲げ及びせん断剛性を考慮した質点系モデルとして、EW 方向及び NS 方向についてそれぞれ設定する。水平方向の地震応答解析モデルを図 3-9 に、解析モデルの諸元を表 3-2 に示す。

基礎底面の地盤ばね（水平ばね及び回転ばね）は、「J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版」により、成層補正を行ったのち、振動アドミッタンス理論に基づいて、スウェイ及びロッキングばね定数を近似法により評価する。基礎底面ばねの評価には解析コード「ADMI THF ver. 1.3.1」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、「計算機プログラム（解析コード）の概要・ADMI THF」に示す。また、基礎底面の地盤ばねには、「J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版」にもとづいて、基礎浮き上がりの影響を考慮する。建屋埋め込み部分の側面地盤ばねのばね定数については、「J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版」に基づいて Novak の方法により設定する。建屋側面ばねの評価には解析コード「NOVAK ver. 1.3.3」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、「計算機プログラム（解析コード）の概要・NOVAK」に示す。地盤ばねの算定に用いる地盤定数は地盤のひずみ依存特性を考慮して求めた等価物性値を用いる。初期地盤の物性値を表 3-3 に、ひずみ依存特性を図 3-10～図 3-13 に示す。また、基準地震動 S_s に対する地盤定数を表 3-4～表 3-19 に示す。また、地盤ばねの定数化の概要を図 3-14 に、地盤ばね定数及び減衰係数を表 3-20～表 3-35 に示す。

地震応答解析では、一部の上部構造物においてその応答が構造要素の弾性限度を超えることが予想されるため、復元力特性を設定する。復元力特性については、「3.4.1 建物・構築物の復元力特性」に示す。

表 3-6 建物・構築物の物性値

建物・構築物	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 (%)
廃棄物処理建屋	鉄筋コンクリート コンクリート： Fc=22.1 (N/mm ²) (Fc=225 (kgf/cm ²)) 鉄筋：SD35 (SD345 相当)	2.21×10 ⁴	9.21×10 ³	5

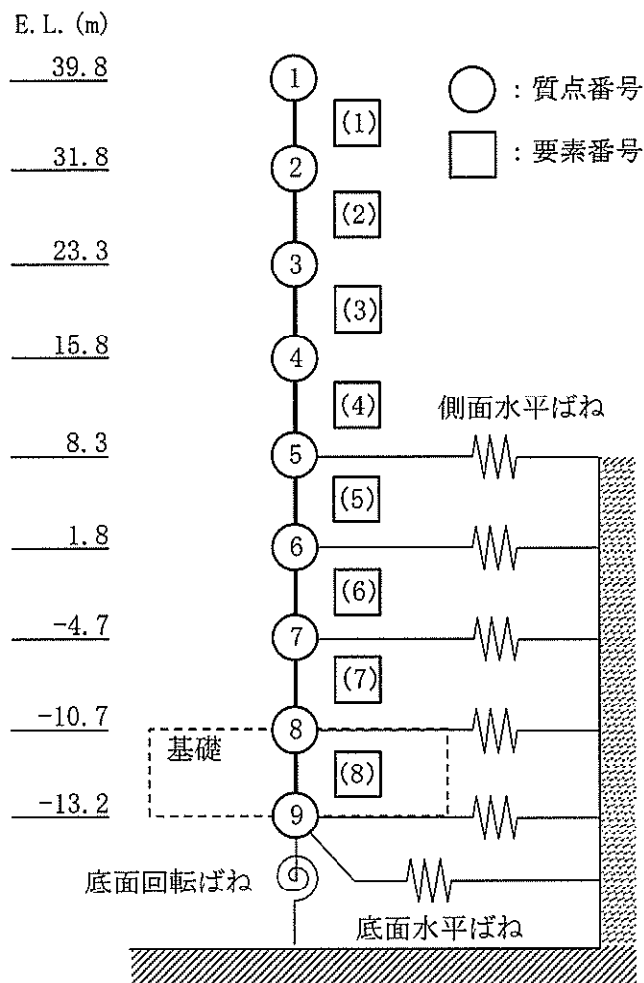
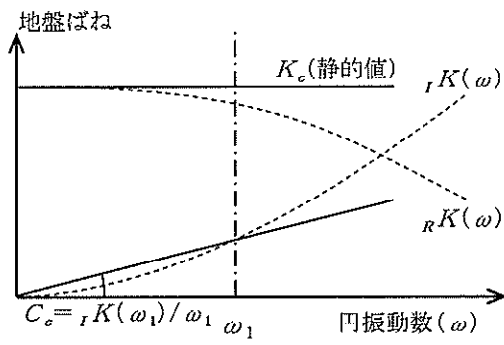


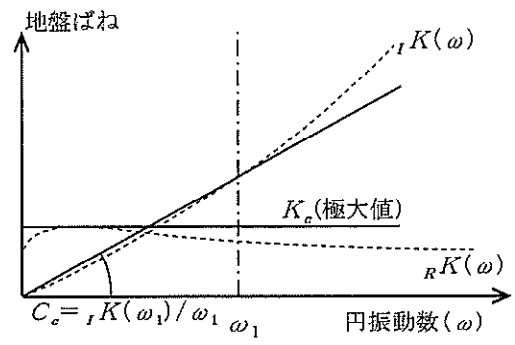
図 3-1 地震応答解析モデル (水平方向)

表 3-7 地震応答解析モデル諸元 (水平方向)

質点 番号	高さ	質点重量	回転慣性重量		要素 番号	高さ	せん断断面積		断面 2 次モーメント	
	m EL.		kN W	$\times 10^9 \text{N} \cdot \text{m}^2$ I_{GNS}		I_{GEF}	m EL.	m^2 A_{SNS}	A_{SEF}	m^4 I_{NS}
1	39.8	52890	8.0	8.3	(1)	39.8				
2	31.8	106980	16.2	33.8	(2)	31.8	53.6	53.5	11300	17100
3	23.3	111920	16.9	35.4	(3)	23.3	123	99.9	32100	62200
4	15.8	158300	24.0	50.0	(4)	15.8	141	149	53100	69600
5	8.3	187250	28.4	59.2	(5)	8.3	179	187	55200	96700
6	1.8	182200	27.6	75.6	(6)	1.8	243	231	84800	172000
7	-4.7	148020	22.4	61.4	(7)	-4.7	372	346	132000	263000
8	-10.7	205290	31.1	85.2	(8)	-10.7	407	378	140000	272000
9	-13.2	88150	13.3	36.6		-13.2	2996	2996	451000	1240000
10	-	-	-	-						
	総重量	1241000								



(a) 底面ばね



(b) 側面ばね

ばね定数：底面ばねは 0 Hz，側面ばねは理論解の極大値であるばね定数 K_e で定式化

減衰係数：地盤－建屋連成系の 1 次固有円振動数 ω_1 に対応する虚部の値と原点とを結ぶ直線の傾き C_e で定式化

図 3-2 地盤ばねの定数化の概要

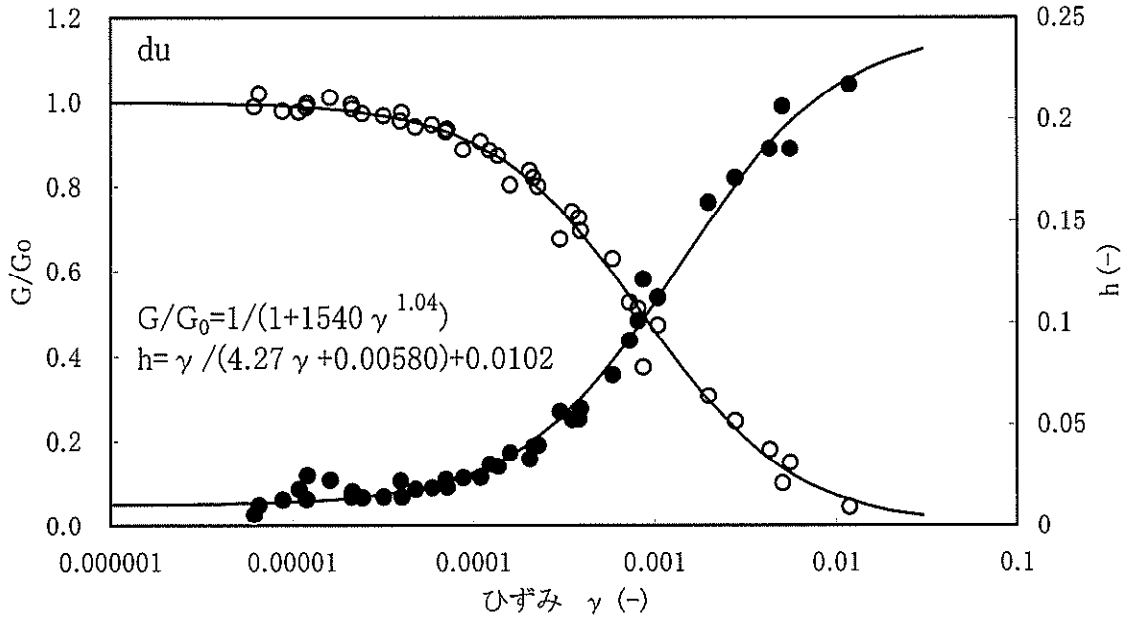


図 3-10 動せん断弾性係数及び減衰定数のひずみ依存性 (du 層)

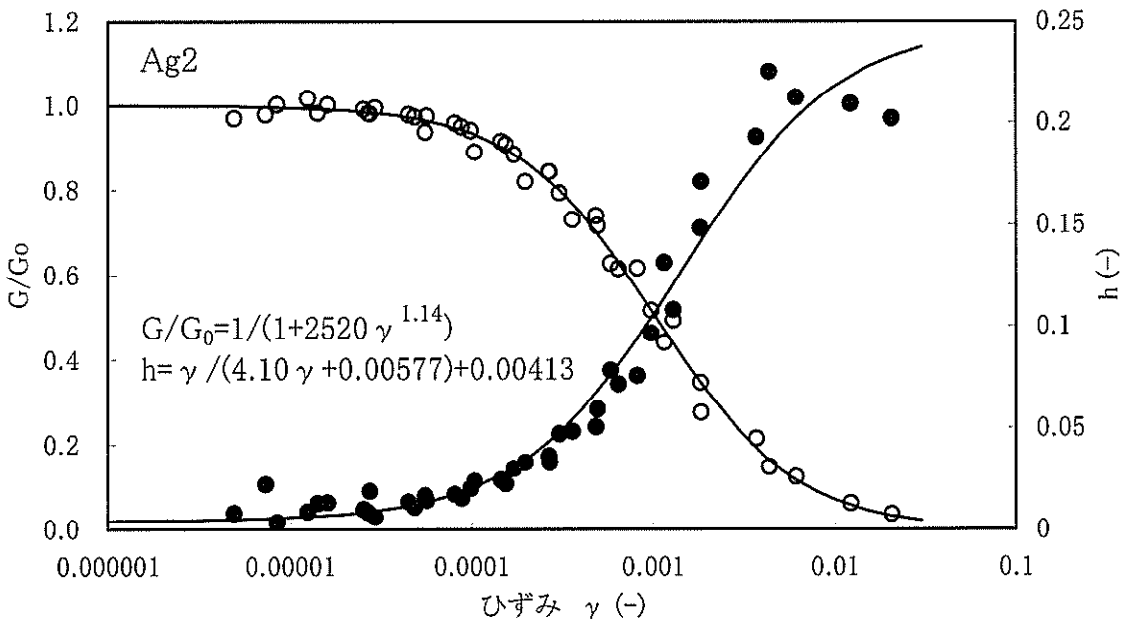


図 3-11 動せん断弾性係数及び減衰定数のひずみ依存性 (Ag2 層)

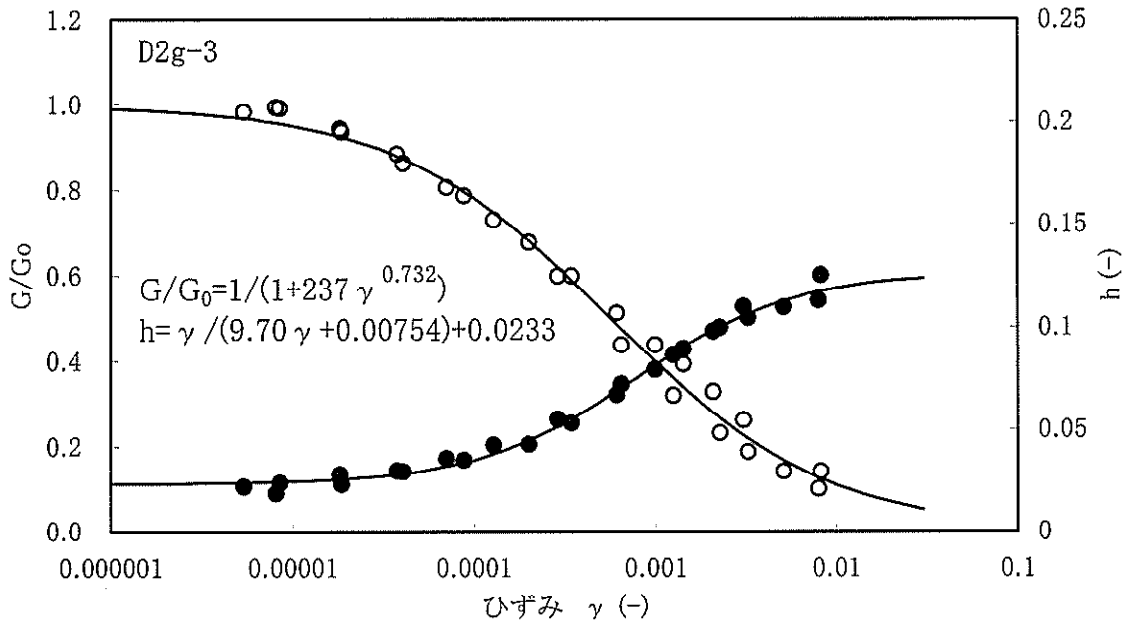


図 3-12 動せん断弾性係数及び減衰定数のひずみ依存性 (D2g-3 層)

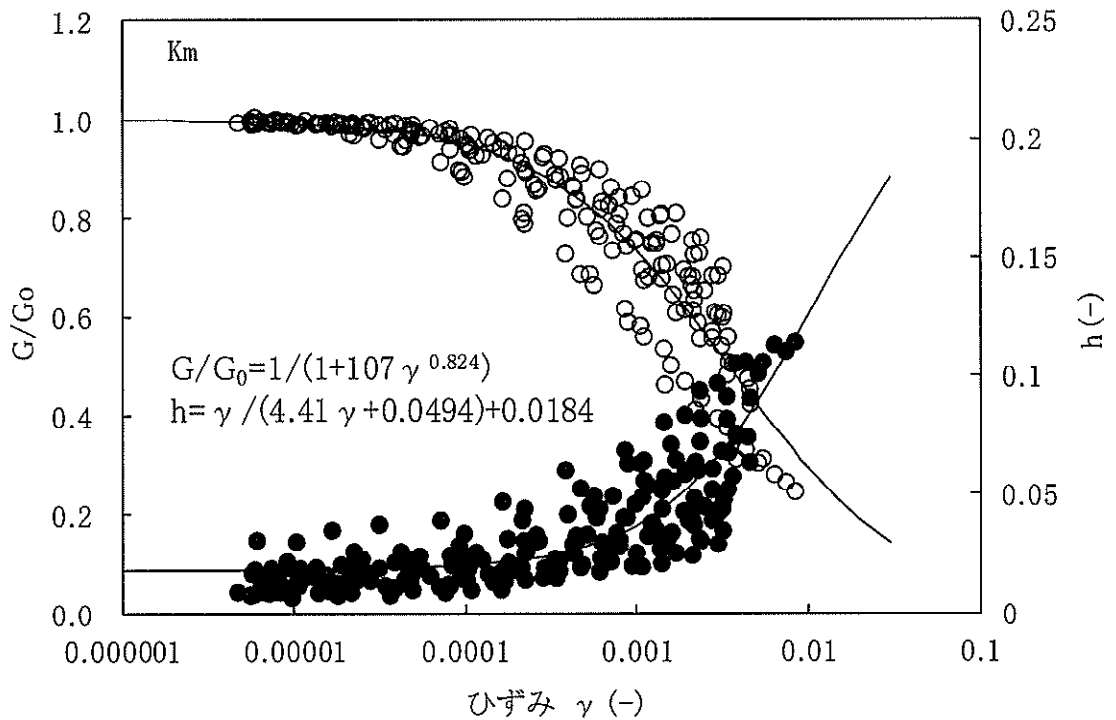


図 3-13 動せん断弾性係数及び減衰定数のひずみ依存性 (Km 層)

表 3-8 初期地盤の物性値

標高 EL. (m)	地層 区分	層厚 (m)	密度 (t/m ³)	等価 S波速度 (m/s)	ポアソン比
8.0	du	6.0	1.82	210	0.385
2.0	du	0.4	1.98	210	0.493
1.6	Ag2	5.6	2.01	240	0.491
-4.0	D2g-3	9.2	2.15	500	0.462
-13.2	Km-0	1.7	1.72	446	0.461
-14.9	Km-1	5.1	1.72	446	0.461
-20.0	Km-2	20.0	1.72	456	0.46
-40.0	Km-3	20.0	1.73	472	0.458
-60.0	Km-4	30.0	1.73	491	0.455
-90.0	Km-5	30.0	1.73	514	0.452
-120.0	Km-6	30.0	1.73	537	0.449
-150.0	Km-7	40.0	1.74	564	0.445
-190.0	Km-8	40.0	1.74	595	0.441
-230.0	Km-9	40.0	1.75	626	0.437
-270.0	Km-10	50.0	1.75	660	0.433
-320.0	Km-11	50.0	1.76	699	0.427
-370.0	解放基盤	-	1.76	718	0.425

表 3-9 地盤定数 (S_s-D 1 : 地盤は基本ケース)

標高 EL. (m)	地層 区分	層厚 (m)	密度 (t/m ³)	等価 減衰定数	等価 S波速度 (m/s)	等価 P波速度 (m/s)	ポアソン比
8.0	du	6.0	1.82	0.07	170	393	0.385
2.0	du	0.4	1.98	0.13	131	1777	0.497
1.6	Ag2	5.6	2.01	0.12	165	1798	0.496
-4.0	D2g-3	9.2	2.15	0.05	393	1849	0.476
-13.2	Km-0	1.7	1.72	0.03	410	1647	0.467
-14.9	Km-1	5.1	1.72	0.03	408	1647	0.467
-20.0	Km-2	20.0	1.72	0.03	411	1660	0.467
-40.0	Km-3	20.0	1.73	0.03	425	1678	0.466
-60.0	Km-4	30.0	1.73	0.03	442	1691	0.463
-90.0	Km-5	30.0	1.73	0.03	467	1719	0.460
-120.0	Km-6	30.0	1.73	0.03	487	1745	0.458
-150.0	Km-7	40.0	1.74	0.03	509	1771	0.455
-190.0	Km-8	40.0	1.74	0.03	541	1810	0.451
-230.0	Km-9	40.0	1.75	0.03	578	1850	0.446
-270.0	Km-10	50.0	1.75	0.03	612	1899	0.442
-320.0	Km-11	50.0	1.76	0.03	650	1935	0.436
-370.0	解放基盤	-	1.76	0.00	718	1988	0.425

表 3-10 地盤定数 (S_s-1 1 : 地盤は基本ケース)

標高 EL. (m)	地層 区分	層厚 (m)	密度 (t/m ³)	等価 減衰定数	等価 S波速度 (m/s)	等価 P波速度 (m/s)	ポアソン比
8.0	du	6.0	1.82	0.04	188	435	0.385
2.0	du	0.4	1.98	0.07	172	1782	0.495
1.6	Ag2	5.6	2.01	0.05	213	1805	0.493
-4.0	D2g-3	9.2	2.15	0.03	444	1864	0.470
-13.2	Km-0	1.7	1.72	0.02	428	1653	0.464
-14.9	Km-1	5.1	1.72	0.02	427	1653	0.464
-20.0	Km-2	20.0	1.72	0.02	433	1668	0.464
-40.0	Km-3	20.0	1.73	0.02	445	1685	0.463
-60.0	Km-4	30.0	1.73	0.02	461	1698	0.460
-90.0	Km-5	30.0	1.73	0.03	479	1723	0.458
-120.0	Km-6	30.0	1.73	0.03	500	1750	0.456
-150.0	Km-7	40.0	1.74	0.02	527	1778	0.452
-190.0	Km-8	40.0	1.74	0.02	559	1817	0.448
-230.0	Km-9	40.0	1.75	0.02	588	1854	0.444
-270.0	Km-10	50.0	1.75	0.02	618	1902	0.441
-320.0	Km-11	50.0	1.76	0.02	657	1938	0.435
-370.0	解放基盤	-	1.76	0.00	718	1988	0.425

表 3-11 地盤定数 (S_s-1 2 : 地盤は基本ケース)

標高 EL. (m)	地層 区分	層厚 (m)	密度 (t/m ³)	等価 減衰定数	等価 S波速度 (m/s)	等価 P波速度 (m/s)	ポアソン比
8.0	du	6.0	1.82	0.04	188	435	0.385
2.0	du	0.4	1.98	0.07	172	1782	0.495
1.6	Ag2	5.6	2.01	0.06	209	1804	0.493
-4.0	D2g-3	9.2	2.15	0.04	431	1860	0.472
-13.2	Km-0	1.7	1.72	0.02	423	1652	0.465
-14.9	Km-1	5.1	1.72	0.02	421	1651	0.465
-20.0	Km-2	20.0	1.72	0.02	427	1665	0.465
-40.0	Km-3	20.0	1.73	0.03	436	1682	0.464
-60.0	Km-4	30.0	1.73	0.03	449	1693	0.462
-90.0	Km-5	30.0	1.73	0.03	468	1719	0.460
-120.0	Km-6	30.0	1.73	0.03	489	1745	0.458
-150.0	Km-7	40.0	1.74	0.03	511	1771	0.455
-190.0	Km-8	40.0	1.74	0.03	538	1809	0.451
-230.0	Km-9	40.0	1.75	0.03	565	1845	0.448
-270.0	Km-10	50.0	1.75	0.03	594	1891	0.445
-320.0	Km-11	50.0	1.76	0.03	633	1927	0.440
-370.0	解放基盤	-	1.76	0.00	718	1988	0.425

表 3-12 地盤定数 (S_s-13 : 地盤は基本ケース)

標高 EL. (m)	地層 区分	層厚 (m)	密度 (t/m ³)	等価 減衰定数	等価 S波速度 (m/s)	等価 P波速度 (m/s)	ポアソン比
8.0	du	6.0	1.82	0.04	188	435	0.385
2.0	du	0.4	1.98	0.07	172	1782	0.495
1.6	Ag2	5.6	2.01	0.06	209	1804	0.493
-4.0	D2g-3	9.2	2.15	0.04	433	1860	0.471
-13.2	Km-0	1.7	1.72	0.02	424	1652	0.465
-14.9	Km-1	5.1	1.72	0.02	422	1652	0.465
-20.0	Km-2	20.0	1.72	0.02	428	1666	0.465
-40.0	Km-3	20.0	1.73	0.03	436	1682	0.464
-60.0	Km-4	30.0	1.73	0.03	449	1693	0.462
-90.0	Km-5	30.0	1.73	0.03	468	1719	0.460
-120.0	Km-6	30.0	1.73	0.03	487	1745	0.458
-150.0	Km-7	40.0	1.74	0.03	511	1771	0.455
-190.0	Km-8	40.0	1.74	0.03	538	1808	0.452
-230.0	Km-9	40.0	1.75	0.03	565	1845	0.448
-270.0	Km-10	50.0	1.75	0.03	593	1891	0.445
-320.0	Km-11	50.0	1.76	0.03	630	1926	0.440
-370.0	解放基盤	-	1.76	0.00	718	1988	0.425

表 3-13 地盤定数 (S_s-14 : 地盤は基本ケース)

標高 EL. (m)	地層 区分	層厚 (m)	密度 (t/m ³)	等価 減衰定数	等価 S波速度 (m/s)	等価 P波速度 (m/s)	ポアソン比
8.0	du	6.0	1.82	0.04	193	446	0.385
2.0	du	0.4	1.98	0.06	179	1783	0.495
1.6	Ag2	5.6	2.01	0.05	215	1805	0.493
-4.0	D2g-3	9.2	2.15	0.04	439	1862	0.471
-13.2	Km-0	1.7	1.72	0.02	425	1652	0.465
-14.9	Km-1	5.1	1.72	0.02	424	1652	0.465
-20.0	Km-2	20.0	1.72	0.02	430	1667	0.464
-40.0	Km-3	20.0	1.73	0.03	439	1683	0.463
-60.0	Km-4	30.0	1.73	0.03	452	1695	0.462
-90.0	Km-5	30.0	1.73	0.03	470	1720	0.460
-120.0	Km-6	30.0	1.73	0.03	489	1746	0.457
-150.0	Km-7	40.0	1.74	0.03	515	1773	0.454
-190.0	Km-8	40.0	1.74	0.03	543	1810	0.450
-230.0	Km-9	40.0	1.75	0.03	572	1848	0.447
-270.0	Km-10	50.0	1.75	0.03	602	1895	0.444
-320.0	Km-11	50.0	1.76	0.03	639	1930	0.438
-370.0	解放基盤	-	1.76	0.00	718	1988	0.425

表 3-14 地盤定数 (S_s-2 1 : 地盤は基本ケース)

標高 EL. (m)	地層 区分	層厚 (m)	密度 (t/m ³)	等価 減衰定数	等価 S波速度 (m/s)	等価 P波速度 (m/s)	ポアソン比
8.0	du	6.0	1.82	0.07	173	400	0.385
2.0	du	0.4	1.98	0.11	144	1779	0.497
1.6	Ag2	5.6	2.01	0.09	187	1801	0.495
-4.0	D2g-3	9.2	2.15	0.04	421	1857	0.473
-13.2	Km-0	1.7	1.72	0.02	421	1651	0.465
-14.9	Km-1	5.1	1.72	0.02	420	1651	0.465
-20.0	Km-2	20.0	1.72	0.03	426	1665	0.465
-40.0	Km-3	20.0	1.73	0.03	437	1682	0.464
-60.0	Km-4	30.0	1.73	0.03	451	1694	0.462
-90.0	Km-5	30.0	1.73	0.03	476	1722	0.459
-120.0	Km-6	30.0	1.73	0.03	501	1750	0.455
-150.0	Km-7	40.0	1.74	0.02	531	1779	0.451
-190.0	Km-8	40.0	1.74	0.02	562	1818	0.447
-230.0	Km-9	40.0	1.75	0.02	591	1856	0.444
-270.0	Km-10	50.0	1.75	0.02	620	1902	0.441
-320.0	Km-11	50.0	1.76	0.02	656	1938	0.435
-370.0	解放基盤	-	1.76	0.00	718	1988	0.425

表 3-15 地盤定数 (S_s-2 2 : 地盤は基本ケース)

標高 EL. (m)	地層 区分	層厚 (m)	密度 (t/m ³)	等価 減衰定数	等価 S波速度 (m/s)	等価 P波速度 (m/s)	ポアソン比
8.0	du	6.0	1.82	0.07	170	393	0.385
2.0	du	0.4	1.98	0.12	135	1778	0.497
1.6	Ag2	5.6	2.01	0.10	175	1799	0.495
-4.0	D2g-3	9.2	2.15	0.05	409	1853	0.474
-13.2	Km-0	1.7	1.72	0.02	419	1650	0.466
-14.9	Km-1	5.1	1.72	0.02	418	1650	0.466
-20.0	Km-2	20.0	1.72	0.03	426	1665	0.465
-40.0	Km-3	20.0	1.73	0.03	439	1683	0.464
-60.0	Km-4	30.0	1.73	0.03	455	1695	0.461
-90.0	Km-5	30.0	1.73	0.03	477	1722	0.458
-120.0	Km-6	30.0	1.73	0.03	500	1750	0.456
-150.0	Km-7	40.0	1.74	0.03	527	1778	0.452
-190.0	Km-8	40.0	1.74	0.02	557	1816	0.448
-230.0	Km-9	40.0	1.75	0.02	587	1854	0.444
-270.0	Km-10	50.0	1.75	0.02	620	1902	0.441
-320.0	Km-11	50.0	1.76	0.02	658	1939	0.435
-370.0	解放基盤	-	1.76	0.00	718	1988	0.425

表 3-16 地盤定数 (S_s-3 1 : 地盤は基本ケース)

標高 EL. (m)	地層 区分	層厚 (m)	密度 (t/m ³)	等価 減衰定数	等価 S波速度 (m/s)	等価 P波速度 (m/s)	ポアソン比
8.0	du	6.0	1.82	0.08	166	384	0.385
2.0	du	0.4	1.98	0.15	116	1776	0.498
1.6	Ag2	5.6	2.01	0.15	135	1795	0.497
-4.0	D2g-3	9.2	2.15	0.06	384	1846	0.477
-13.2	Km-0	1.7	1.72	0.03	409	1647	0.467
-14.9	Km-1	5.1	1.72	0.03	407	1646	0.467
-20.0	Km-2	20.0	1.72	0.03	412	1660	0.467
-40.0	Km-3	20.0	1.73	0.03	423	1677	0.466
-60.0	Km-4	30.0	1.73	0.03	439	1690	0.464
-90.0	Km-5	30.0	1.73	0.03	467	1719	0.460
-120.0	Km-6	30.0	1.73	0.03	490	1746	0.457
-150.0	Km-7	40.0	1.74	0.03	516	1773	0.454
-190.0	Km-8	40.0	1.74	0.03	546	1812	0.450
-230.0	Km-9	40.0	1.75	0.03	577	1850	0.446
-270.0	Km-10	50.0	1.75	0.03	611	1899	0.442
-320.0	Km-11	50.0	1.76	0.03	652	1936	0.436
-370.0	解放基盤	-	1.76	0.00	718	1988	0.425

表 3-17 地盤ばね定数と減衰係数 (S_s-D1 : 地盤は基本ケース)

方向	位置	ばね定数 K	減衰定数 C
		[N/m] [Nm/rad]	[Ns/m] [Nsm/rad]
NS 方向	側面ばね 質点 5	6.46×10^8	2.95×10^8
	側面ばね 質点 6	1.44×10^9	7.81×10^8
	側面ばね 質点 7	5.80×10^9	1.57×10^9
	側面ばね 質点 8	6.18×10^9	1.39×10^9
	側面ばね 質点 9	1.82×10^9	4.08×10^8
	底面水平ばね	5.29×10^{10}	2.32×10^9
	底面回転ばね	3.26×10^{13}	2.68×10^{11}
EW 方向	側面ばね 質点 5	6.46×10^8	2.96×10^8
	側面ばね 質点 6	1.44×10^9	7.99×10^8
	側面ばね 質点 7	5.80×10^9	1.58×10^9
	側面ばね 質点 8	6.18×10^9	1.39×10^9
	側面ばね 質点 9	1.82×10^9	4.09×10^8
	底面水平ばね	5.05×10^{10}	2.11×10^9
	底面回転ばね	6.91×10^{13}	1.07×10^{12}
UD 方向	底面鉛直ばね	8.49×10^{10}	5.18×10^9

表 3-18 地盤ばね定数と減衰係数 (S_s-11: 地盤は基本ケース)

方向	位置	ばね定数 K	減衰定数 C
		[N/m] [Nm/rad]	[Ns/m] [Nsm/rad]
NS 方向	側面ばね 質点 5	7.90×10^8	3.26×10^8
	側面ばね 質点 6	2.13×10^9	9.41×10^8
	側面ばね 質点 7	7.64×10^9	1.80×10^9
	側面ばね 質点 8	7.86×10^9	1.54×10^9
	側面ばね 質点 9	2.31×10^9	4.54×10^8
	底面水平ばね	5.79×10^{10}	2.43×10^9
	底面回転ばね	3.58×10^{13}	2.81×10^{11}
EW 方向	側面ばね 質点 5	7.90×10^8	3.27×10^8
	側面ばね 質点 6	2.13×10^9	9.59×10^8
	側面ばね 質点 7	7.64×10^9	1.81×10^9
	側面ばね 質点 8	7.86×10^9	1.54×10^9
	側面ばね 質点 9	2.31×10^9	4.54×10^8
	底面水平ばね	5.53×10^{10}	2.21×10^9
	底面回転ばね	7.54×10^{13}	1.11×10^{12}
UD 方向	底面鉛直ばね	9.17×10^{10}	5.37×10^9

表 3-19 地盤ばね定数と減衰係数 (S_s-1 2 : 地盤は基本ケース)

方向	位置	ばね定数 K	減衰定数 C
		[N/m] [Nm/rad]	[Ns/m] [Nsm/rad]
NS 方向	側面ばね 質点 5	7.90×10^8	3.25×10^8
	側面ばね 質点 6	2.08×10^9	9.31×10^8
	側面ばね 質点 7	7.24×10^9	1.76×10^9
	側面ばね 質点 8	7.42×10^9	1.51×10^9
	側面ばね 質点 9	2.18×10^9	4.43×10^8
	底面水平ばね	5.60×10^{10}	2.39×10^9
	底面回転ばね	3.47×10^{13}	2.79×10^{11}
EW 方向	側面ばね 質点 5	7.90×10^8	3.27×10^8
	側面ばね 質点 6	2.08×10^9	9.49×10^8
	側面ばね 質点 7	7.24×10^9	1.77×10^9
	側面ばね 質点 8	7.42×10^9	1.51×10^9
	側面ばね 質点 9	2.18×10^9	4.43×10^8
	底面水平ばね	5.35×10^{10}	2.17×10^9
	底面回転ばね	7.29×10^{13}	1.10×10^{12}
UD 方向	底面鉛直ばね	8.81×10^{10}	5.27×10^9

表 3-20 地盤ばね定数と減衰係数 (S_s-13 : 地盤は基本ケース)

方向	位置	ばね定数 K	減衰定数 C
		[N/m] [Nm/rad]	[Ns/m] [Nsm/rad]
NS 方向	側面ばね 質点 5	7.90×10^8	3.25×10^8
	側面ばね 質点 6	2.08×10^9	9.31×10^8
	側面ばね 質点 7	7.29×10^9	1.76×10^9
	側面ばね 質点 8	7.48×10^9	1.51×10^9
	側面ばね 質点 9	2.20×10^9	4.44×10^8
	底面水平ばね	5.62×10^{10}	2.39×10^9
	底面回転ばね	3.48×10^{13}	2.79×10^{11}
EW 方向	側面ばね 質点 5	7.90×10^8	3.27×10^8
	側面ばね 質点 6	2.08×10^9	9.49×10^8
	側面ばね 質点 7	7.29×10^9	1.77×10^9
	側面ばね 質点 8	7.48×10^9	1.51×10^9
	側面ばね 質点 9	2.20×10^9	4.44×10^8
	底面水平ばね	5.37×10^{10}	2.17×10^9
	底面回転ばね	7.31×10^{13}	1.10×10^{12}
UD 方向	底面鉛直ばね	8.81×10^{10}	5.26×10^9

表 3-21 地盤ばね定数と減衰係数 (S_s-14 : 地盤は基本ケース)

方向	位置	ばね定数 K	減衰定数 C
		[N/m] [Nm/rad]	[Ns/m] [Nsm/rad]
NS 方向	側面ばね 質点 5	8.32×10^8	3.34×10^8
	側面ばね 質点 6	2.20×10^9	9.55×10^8
	側面ばね 質点 7	7.53×10^9	1.79×10^9
	側面ばね 質点 8	7.69×10^9	1.53×10^9
	側面ばね 質点 9	2.26×10^9	4.50×10^8
	底面水平ばね	5.67×10^{10}	2.40×10^9
	底面回転ばね	3.51×10^{13}	2.80×10^{11}
EW 方向	側面ばね 質点 5	8.32×10^8	3.35×10^8
	側面ばね 質点 6	2.20×10^9	9.73×10^8
	側面ばね 質点 7	7.53×10^9	1.80×10^9
	側面ばね 質点 8	7.69×10^9	1.53×10^9
	側面ばね 質点 9	2.26×10^9	4.50×10^8
	底面水平ばね	5.42×10^{10}	2.18×10^9
	底面回転ばね	7.40×10^{13}	1.11×10^{12}
UD 方向	底面鉛直ばね	8.93×10^{10}	5.31×10^9

表 3-22 地盤ばね定数と減衰係数 (S_s-21: 地盤は基本ケース)

方向	位置	ばね定数 K	減衰定数 C
		[N/m] [Nm/rad]	[Ns/m] [Nsm/rad]
NS 方向	側面ばね 質点 5	6.69×10^8	3.00×10^8
	側面ばね 質点 6	1.69×10^9	8.43×10^8
	側面ばね 質点 7	6.73×10^9	1.69×10^9
	側面ばね 質点 8	7.08×10^9	1.47×10^9
	側面ばね 質点 9	2.08×10^9	4.34×10^8
	底面水平ばね	5.62×10^{10}	2.40×10^9
	底面回転ばね	3.47×10^{13}	2.76×10^{11}
EW 方向	側面ばね 質点 5	6.69×10^8	3.01×10^8
	側面ばね 質点 6	1.69×10^9	8.60×10^8
	側面ばね 質点 7	6.73×10^9	1.70×10^9
	側面ばね 質点 8	7.08×10^9	1.48×10^9
	側面ばね 質点 9	2.08×10^9	4.34×10^8
	底面水平ばね	5.37×10^{10}	2.18×10^9
	底面回転ばね	7.31×10^{13}	1.09×10^{12}
UD 方向	底面鉛直ばね	8.93×10^{10}	5.29×10^9

表 3-23 地盤ばね定数と減衰係数 (S_s-22 : 地盤は基本ケース)

方向	位置	ばね定数 K	減衰定数 C
		[N/m] [Nm/rad]	[Ns/m] [Nsm/rad]
NS 方向	側面ばね 質点 5	6.46×10^8	2.95×10^8
	側面ばね 質点 6	1.54×10^9	8.10×10^8
	側面ばね 質点 7	6.30×10^9	1.63×10^9
	側面ばね 質点 8	6.69×10^9	1.44×10^9
	側面ばね 質点 9	1.97×10^9	4.22×10^8
	底面水平ばね	5.61×10^{10}	2.39×10^9
	底面回転ばね	3.47×10^{13}	2.74×10^{11}
EW 方向	側面ばね 質点 5	6.46×10^8	2.96×10^8
	側面ばね 質点 6	1.54×10^9	8.29×10^8
	側面ばね 質点 7	6.30×10^9	1.65×10^9
	側面ばね 質点 8	6.69×10^9	1.44×10^9
	側面ばね 質点 9	1.97×10^9	4.23×10^8
	底面水平ばね	5.36×10^{10}	2.17×10^9
	底面回転ばね	7.35×10^{13}	1.09×10^{12}
UD 方向	底面鉛直ばね	8.99×10^{10}	5.32×10^9

表 3-24 地盤ばね定数と減衰係数 (S_s-31: 地盤は基本ケース)

方向	位置	ばね定数 K	減衰定数 C
		[N/m] [Nm/rad]	[Ns/m] [Nsm/rad]
NS 方向	側面ばね 質点 5	6.16×10^8	2.88×10^8
	側面ばね 質点 6	1.14×10^9	7.00×10^8
	側面ばね 質点 7	5.33×10^9	1.49×10^9
	側面ばね 質点 8	5.91×10^9	1.36×10^9
	側面ばね 質点 9	1.74×10^9	4.00×10^8
	底面水平ばね	5.29×10^{10}	2.32×10^9
	底面回転ばね	3.26×10^{13}	2.67×10^{11}
EW 方向	側面ばね 質点 5	6.16×10^8	2.89×10^8
	側面ばね 質点 6	1.14×10^9	7.19×10^8
	側面ばね 質点 7	5.33×10^9	1.50×10^9
	側面ばね 質点 8	5.91×10^9	1.36×10^9
	側面ばね 質点 9	1.74×10^9	4.01×10^8
	底面水平ばね	5.05×10^{10}	2.11×10^9
	底面回転ばね	6.89×10^{13}	1.06×10^{12}
UD 方向	底面鉛直ばね	8.49×10^{10}	5.18×10^9

3.5.2 解析方法

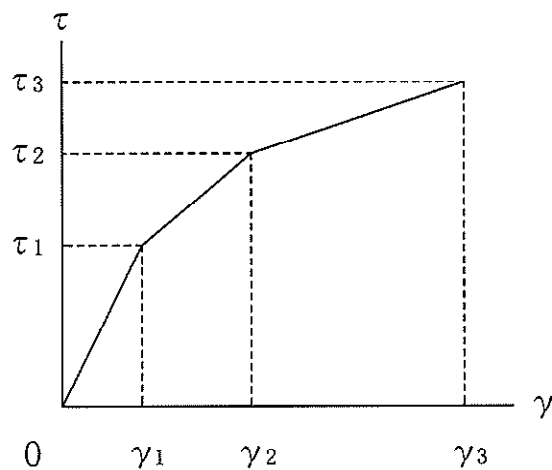
廃棄物処理建屋の地震応答解析には、解析コード「NUPP-IV」を用いる。また、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、「計算機プログラム（解析コード）の概要・NUPP-IV」に示す。

建屋の動的解析は、添付書類「V-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の解析方法に基づき、時刻歴応答解析により実施する。

3.5.3 解析条件

(1) 耐震壁のせん断応力度－せん断ひずみ関係（ τ － γ 関係）

耐震壁のせん断応力度－せん断ひずみ関係（ τ － γ 関係）は、「J E A G 4 6 0 1－1991 追補版」に基づき、トリリニア型スケルトン曲線とする。耐震壁のせん断応力度－せん断ひずみ関係を図3-3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

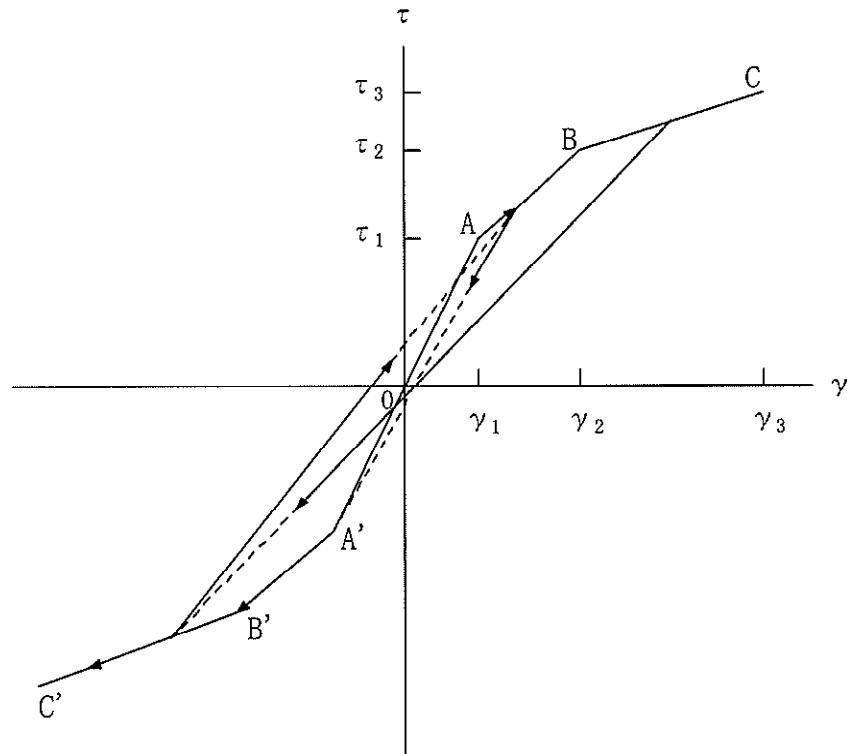
γ_2 ：第2折点のせん断ひずみ

γ_3 ：終局点のせん断ひずみ (4.0×10^{-3})

図3-3 耐震壁のせん断応力度－せん断ひずみ関係

(2) 耐震壁のせん断応力度—せん断ひずみ関係の履歴特性

耐震壁のせん断応力度—せん断ひずみ関係の履歴特性は、「J E A G 4 6 0 1—1991 追補版」に基づき、最大点指向形モデルとする。耐震壁のせん断応力度—せん断ひずみ関係の履歴特性を図 3—4 に示す。

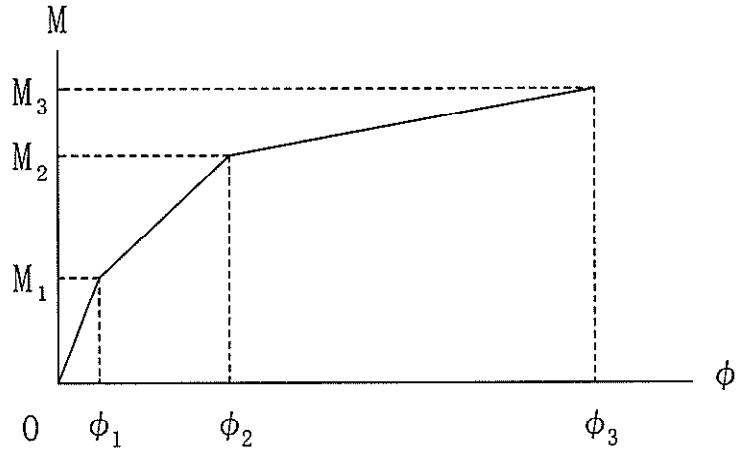


- a. 0—A 間 : 弾性範囲。
- b. A—B 間 : 負側スケルトンが経験した最大点に向う。ただし、負側最大点が第 1 折点を超えていなければ、負側第 1 折点に向う。
- c. B—C 間 : 負側最大点指向。
- d. 各最大点は、スケルトン上を移動することにより更新される。
- e. 安定ループは面積を持たない。

図 3—4 耐震壁のせん断応力度—せん断ひずみ関係の履歴特性

(3) 耐震壁の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, 「J E A G 4 6 0 1-1991 追補版」に基づき, トリリニア型スケルトン曲線とする。耐震壁の曲げモーメントー曲率関係を図 3-5 に示す。

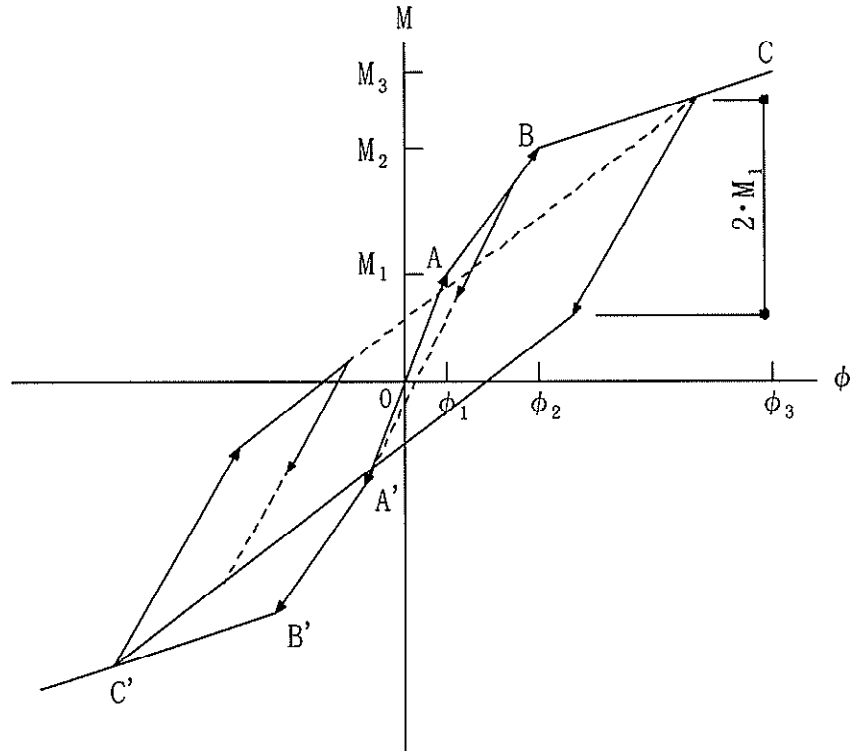


- M_1 : 第 1 折点の曲げモーメント
- M_2 : 第 2 折点の曲げモーメント
- M_3 : 終局点の曲げモーメント
- ϕ_1 : 第 1 折点の曲率
- ϕ_2 : 第 2 折点の曲率
- ϕ_3 : 終局点の曲率

図 3-5 耐震壁の曲げモーメントー曲率関係

(4) 耐震壁の曲げモーメントー曲率関係の履歴特性

耐震壁の曲げモーメントー曲率関係の履歴特性は、「J E A G 4 6 0 1 - 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。耐震壁の曲げモーメントー曲率関係の履歴特性を図 3-6 に示す。



- a. 0-A 間 : 弾性範囲。
- b. A-B 間 : 負側スケルトンが経験した最大点に向う。ただし、負側最大点が第 1 折点を過ぎていなければ、負側第 1 折点に向う。
- c. B-C 間 : 負側最大点指向型で、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 $2 \cdot M_1$ を減じた点とする。ただし、負側最大点が第 2 折点を過ぎていなければ、負側第 2 折点を最大点とする安定ループを形成する。また、安定ループ内部での繰り返しに用いる剛性は安定ループの戻り剛性に同じとする。
- d. 各最大点は、スケルトン上を移動することにより更新される。

図 3-6 耐震壁の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

廃棄物処理建屋の各部材について算出したせん断及び曲げのスケルトンカーブの諸数値を表 3-25 及び表 3-26 に示す。

表 3-25 せん断スケルトンカーブ ($\tau - \gamma$ 関係)

(a) NS 方向

要素 番号	せん断応力度			せん断変形角 ($\times 10^{-3}$)		
	第 1 折点	第 2 折点	終局点	$\gamma 1$	$\gamma 2$	$\gamma 3$
	$\tau 1$ (N/mm ²)	$\tau 2$ (N/mm ²)	τu (N/mm ²)			
(1)	1.68×10^0	2.28×10^0	4.57×10^0	1.83×10^{-1}	5.50×10^{-1}	4.00×10^0
(2)	1.78×10^0	2.41×10^0	4.71×10^0	1.94×10^{-1}	5.82×10^{-1}	4.00×10^0
(3)	1.88×10^0	2.53×10^0	4.83×10^0	2.04×10^{-1}	6.12×10^{-1}	4.00×10^0
(4)	1.97×10^0	2.66×10^0	4.55×10^0	2.14×10^{-1}	6.42×10^{-1}	4.00×10^0
(5)	2.02×10^0	2.74×10^0	4.78×10^0	2.20×10^{-1}	6.61×10^{-1}	4.00×10^0
(6)	1.96×10^0	2.65×10^0	4.38×10^0	2.13×10^{-1}	6.39×10^{-1}	4.00×10^0
(7)	2.00×10^0	2.70×10^0	4.34×10^0	2.17×10^{-1}	6.51×10^{-1}	4.00×10^0

(b) EW 方向

要素 番号	せん断応力度			せん断変形角 ($\times 10^{-3}$)		
	第 1 折点	第 2 折点	終局点	$\gamma 1$	$\gamma 2$	$\gamma 3$
	$\tau 1$ (N/mm ²)	$\tau 2$ (N/mm ²)	τu (N/mm ²)			
(1)	1.68×10^0	2.28×10^0	4.51×10^0	1.83×10^{-1}	5.50×10^{-1}	4.00×10^0
(2)	1.78×10^0	2.41×10^0	4.77×10^0	1.94×10^{-1}	5.82×10^{-1}	4.00×10^0
(3)	1.88×10^0	2.53×10^0	5.00×10^0	2.04×10^{-1}	6.12×10^{-1}	4.00×10^0
(4)	1.97×10^0	2.66×10^0	4.85×10^0	2.14×10^{-1}	6.42×10^{-1}	4.00×10^0
(5)	2.02×10^0	2.74×10^0	5.20×10^0	2.20×10^{-1}	6.61×10^{-1}	4.00×10^0
(6)	1.96×10^0	2.65×10^0	4.87×10^0	2.13×10^{-1}	6.39×10^{-1}	4.00×10^0
(7)	2.00×10^0	2.70×10^0	4.92×10^0	2.17×10^{-1}	6.51×10^{-1}	4.00×10^0

表 3-26 曲げスケルトンカーブ (M-φ 関係)

(a) NS 方向

要素 番号	曲げモーメント			曲げ曲率 ($\times 10^{-6} \text{m}^{-1}$)		
	第 1 折点	第 2 折点	終局点	$\phi 1$	$\phi 2$	$\phi 3$
	M1 (Nm)	M2 (Nm)	M3 (Nm)			
(1)	1.00×10^9	1.58×10^9	2.39×10^9	4.00×10^{-6}	4.51×10^{-5}	4.51×10^{-1}
(2)	3.93×10^9	7.01×10^9	9.80×10^9	5.53×10^{-6}	5.09×10^{-5}	1.01×10^{-3}
(3)	6.85×10^9	1.20×10^{10}	1.59×10^{10}	5.83×10^{-6}	4.85×10^{-5}	9.70×10^{-1}
(4)	7.82×10^9	1.40×10^{10}	1.86×10^{10}	6.40×10^{-6}	4.98×10^{-5}	9.97×10^{-1}
(5)	1.29×10^{10}	2.51×10^{10}	3.27×10^{10}	6.91×10^{-6}	5.17×10^{-5}	1.03×10^{-3}
(6)	1.86×10^{10}	3.28×10^{10}	4.29×10^{10}	6.36×10^{-6}	5.03×10^{-5}	1.00×10^{-3}
(7)	2.08×10^{10}	4.08×10^{10}	5.34×10^{10}	6.74×10^{-6}	5.17×10^{-5}	1.03×10^{-3}

(b) EW 方向

要素 番号	曲げモーメント			曲げ曲率 ($\times 10^{-6} \text{m}^{-1}$)		
	第 1 折点	第 2 折点	終局点	$\phi 1$	$\phi 2$	$\phi 3$
	M1 (Nm)	M2 (Nm)	M3 (Nm)			
(1)	1.73×10^9	2.54×10^9	3.39×10^9	4.57×10^{-6}	4.50×10^{-5}	9.00×10^{-1}
(2)	4.92×10^9	8.85×10^9	1.24×10^{10}	3.57×10^{-6}	3.37×10^{-5}	6.74×10^{-1}
(3)	5.62×10^9	1.22×10^{10}	1.87×10^{10}	3.65×10^{-6}	3.40×10^{-5}	6.81×10^{-1}
(4)	9.42×10^9	1.85×10^{10}	2.59×10^{10}	4.40×10^{-6}	3.55×10^{-5}	7.10×10^{-1}
(5)	1.49×10^{10}	3.21×10^{10}	4.53×10^{10}	3.92×10^{-6}	3.12×10^{-5}	4.43×10^{-1}
(6)	2.12×10^{10}	4.35×10^{10}	6.15×10^{10}	3.64×10^{-6}	3.07×10^{-5}	5.93×10^{-1}
(7)	2.26×10^{10}	5.20×10^{10}	7.40×10^{10}	3.76×10^{-6}	3.13×10^{-5}	4.46×10^{-1}

3.5.4 材料物性のばらつき

解析においては、「3.5.1 地震応答解析モデル」に示す物性値及び定数を基本ケースとし、材料物性のばらつきを考慮する。材料物性のばらつきを考慮した地震応答解析は、基準地震動 S_s については S_s-D1 、 S_s-21 、 S_s-22 及び S_s-31 、弾性設計用地震動 S_d については、 S_d-D1 、 S_d-21 、 S_d-22 及び S_d-31 に対して実施することとする。

材料物性のばらつきのうち、地盤物性については、地盤調査結果の平均値をもとに設定した数値を基本ケースとし、支持地盤のせん断波速度のばらつきは、 $\pm\sigma$ 相当として、変動係数 10 % を考慮する。また表層地盤についても同様に $\pm\sigma$ 相当として du 層は 5 %、Ag2 層は 10 %、D2g-3 層は 15 % の変動係数を考慮する。なお、建屋物性のばらつきについては、コンクリートの実強度は設計基準強度よりも大きくなること及び建屋剛性として考慮していない壁の建屋剛性への寄与については構造耐力の向上が見られることから、保守的に考慮しない。

材料物性のばらつきを考慮する地震応答解析ケースを表 3-27 に示す。

表 3-27 材料物性のばらつきを考慮する地震応答解析ケース

標高 EL. (m)	地層 区分	地盤のせん断波速度 (m/s)		
		基本ケース	$+\sigma$ 相当	$-\sigma$ 相当
8.0	du	210	221	199
2.0	du	210	221	199
1.6	Ag2	240	264	216
-4.0	D2g-3	500	575	425
-13.2	Km-0	446	491	401
-14.9	Km-1	446	491	401
-20.0	Km-2	456	502	410
-40.0	Km-3	472	520	424
-60.0	Km-4	491	541	441
-90.0	Km-5	514	566	462
-120.0	Km-6	537	591	483
-150.0	Km-7	564	621	507
-190.0	Km-8	595	655	535
-230.0	Km-9	626	689	563
-270.0	Km-10	660	726	594
-320.0	Km-11	699	769	629

3.6 評価方法

廃棄物処理建屋の波及的影響評価は、質点系モデルの地震応答解析に基づき、基準地震動 S_s に対して、廃棄物処理建屋の構造物全体としての変形性能の評価及び原子炉建屋への影響の評価を行う。

3.6.1 構造物全体としての変形性能の評価方法

廃棄物処理建屋の構造物全体としての変形性能の評価は、質点系モデルによる地震応答解析を行い、最大せん断ひずみを算出し、最大せん断ひずみが許容限界を超えないことを確認する。変形性能の評価にあたっては、地盤物性のばらつきを考慮する。

3.6.2 原子炉建屋への影響の評価方法

廃棄物処理建屋が構造全体としての変形性能の評価の結果、廃棄物処理建屋が倒壊しない場合、原子炉建屋との離間距離が十分大きいことから、原子炉建屋への波及的影響はないものとする。

4. 評価結果

4.1 構造物全体としての変形性能の評価結果

表 4-1～表 4-3 に最大応答せん断ひずみの一覧を示す。また、それらをスケルトンカーブ上にプロットし図 4-1～4-6 に示す。

地盤剛性のばらつきを考慮した最大応答せん断ひずみは、 0.25×10^{-3} (要素番号 (4), NS 方向, $+\sigma$ 相当)であり、許容限界 (4.00×10^{-3}) を超えないことを確認した。当該部分の $Q-\gamma$ 関係と最大応答値を図 4-3 示す。

表 4-1 最大応答せん断ひずみ一覧 (基本ケース)

(a) NS 方向

要素番号	最大応答せん断ひずみ ($\times 10^{-3}$)								第1折点	第2折点
	Ss-D1	Ss-11	Ss-12	Ss-13	Ss-14	Ss-21	Ss-22	Ss-31	γ_1 ($\times 10^{-3}$)	γ_2 ($\times 10^{-3}$)
(1)	0.11	0.04	0.05	0.05	0.04	0.12	0.12	0.13	0.183	0.548
(2)	0.13	0.04	0.06	0.06	0.05	0.13	0.14	0.15	0.194	0.583
(3)	0.17	0.05	0.08	0.08	0.06	0.17	0.18	0.19	0.205	0.616
(4)	0.19	0.06	0.09	0.09	0.06	0.18	0.19	0.22	0.214	0.644
(5)	0.15	0.05	0.07	0.07	0.06	0.13	0.14	0.19	0.220	0.662
(6)	0.13	0.05	0.06	0.07	0.05	0.11	0.11	0.15	0.214	0.640
(7)	0.13	0.05	0.06	0.06	0.05	0.10	0.10	0.13	0.217	0.638

(b) EW 方向

要素番号	最大応答せん断ひずみ ($\times 10^{-3}$)								第1折点	第2折点
	Ss-D1	Ss-11	Ss-12	Ss-13	Ss-14	Ss-21	Ss-22	Ss-31	γ_1 ($\times 10^{-3}$)	γ_2 ($\times 10^{-3}$)
(1)	0.09	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.09	0.10	0.183	0.551
(2)	0.13	0.05	0.06	0.06	0.05	0.07	0.13	0.15	0.193	0.587
(3)	0.13	0.06	0.06	0.06	0.06	0.08	0.12	0.16	0.204	0.613
(4)	0.15	0.07	0.07	0.08	0.07	0.08	0.13	0.18	0.215	0.642
(5)	0.17	0.07	0.08	0.08	0.07	0.08	0.14	0.22	0.221	0.663
(6)	0.16	0.07	0.07	0.07	0.05	0.07	0.13	0.21	0.213	0.640
(7)	0.16	0.07	0.07	0.07	0.06	0.07	0.12	0.20	0.217	0.649

表 4-2 最大応答せん断ひずみ一覧 (+σ相当)

(a) NS 方向

要素 番号	最大応答せん断ひずみ ($\times 10^{-3}$)								第 1 折点	第 2 折点
	S s - D 1	S s - 1 1	S s - 1 2	S s - 1 3	S s - 1 4	S s - 2 1	S s - 2 2	S s - 3 1	γ_1 ($\times 10^{-3}$)	γ_2 ($\times 10^{-3}$)
(1)	0.11	0.05	0.07	0.06	0.05	0.13	0.12	0.12	0.183	0.548
(2)	0.13	0.05	0.07	0.07	0.05	0.15	0.14	0.14	0.194	0.583
(3)	0.18	0.06	0.09	0.09	0.06	0.19	0.19	0.19	0.205	0.616
(4)	0.19	0.06	0.10	0.10	0.07	0.20	0.20	0.25	0.214	0.644
(5)	0.16	0.05	0.08	0.07	0.06	0.15	0.16	0.19	0.220	0.662
(6)	0.13	0.05	0.07	0.07	0.05	0.11	0.11	0.13	0.214	0.640
(7)	0.13	0.05	0.06	0.07	0.05	0.11	0.10	0.12	0.217	0.638

(b) EW 方向

要素 番号	最大応答せん断ひずみ ($\times 10^{-3}$)								第 1 折点	第 2 折点
	S s - D 1	S s - 1 1	S s - 1 2	S s - 1 3	S s - 1 4	S s - 2 1	S s - 2 2	S s - 3 1	γ_1 ($\times 10^{-3}$)	γ_2 ($\times 10^{-3}$)
(1)	0.09	0.05	0.04	0.05	0.04	0.07	0.10	0.11	0.183	0.551
(2)	0.13	0.06	0.06	0.06	0.06	0.09	0.14	0.16	0.193	0.587
(3)	0.14	0.06	0.07	0.07	0.06	0.09	0.14	0.17	0.204	0.613
(4)	0.16	0.07	0.08	0.08	0.08	0.09	0.14	0.20	0.215	0.642
(5)	0.18	0.08	0.09	0.09	0.08	0.09	0.16	0.22	0.221	0.663
(6)	0.16	0.07	0.07	0.07	0.06	0.08	0.14	0.19	0.213	0.640
(7)	0.16	0.07	0.07	0.07	0.06	0.07	0.13	0.18	0.217	0.649

表 4-2 最大応答せん断ひずみ一覧 ($-\sigma$ 相当)

(a) NS 方向

要素 番号	最大応答せん断ひずみ ($\times 10^{-3}$)								第 1 折点	第 2 折点
	S s - D 1	S s - 1 1	S s - 1 2	S s - 1 3	S s - 1 4	S s - 2 1	S s - 2 2	S s - 3 1	γ_1 ($\times 10^{-3}$)	γ_2 ($\times 10^{-3}$)
(1)	0.10	0.03	0.04	0.04	0.04	0.10	0.12	0.12	0.183	0.548
(2)	0.12	0.04	0.05	0.05	0.04	0.11	0.13	0.14	0.194	0.583
(3)	0.16	0.05	0.07	0.07	0.05	0.15	0.17	0.19	0.205	0.616
(4)	0.18	0.05	0.07	0.07	0.06	0.15	0.17	0.21	0.214	0.644
(5)	0.15	0.05	0.07	0.07	0.06	0.13	0.13	0.18	0.220	0.662
(6)	0.13	0.04	0.06	0.06	0.05	0.10	0.10	0.15	0.214	0.640
(7)	0.13	0.04	0.06	0.06	0.06	0.09	0.09	0.13	0.217	0.638

(b) EW 方向

要素 番号	最大応答せん断ひずみ ($\times 10^{-3}$)								第 1 折点	第 2 折点
	S s - D 1	S s - 1 1	S s - 1 2	S s - 1 3	S s - 1 4	S s - 2 1	S s - 2 2	S s - 3 1	γ_1 ($\times 10^{-3}$)	γ_2 ($\times 10^{-3}$)
(1)	0.08	0.03	0.04	0.04	0.03	0.04	0.08	0.10	0.183	0.551
(2)	0.12	0.05	0.05	0.06	0.05	0.06	0.11	0.14	0.193	0.587
(3)	0.13	0.05	0.06	0.06	0.05	0.06	0.10	0.15	0.204	0.613
(4)	0.14	0.06	0.07	0.07	0.06	0.07	0.11	0.17	0.215	0.642
(5)	0.17	0.07	0.07	0.08	0.06	0.07	0.12	0.21	0.221	0.663
(6)	0.16	0.07	0.07	0.06	0.05	0.07	0.12	0.21	0.213	0.640
(7)	0.16	0.07	0.07	0.07	0.06	0.06	0.11	0.20	0.217	0.649

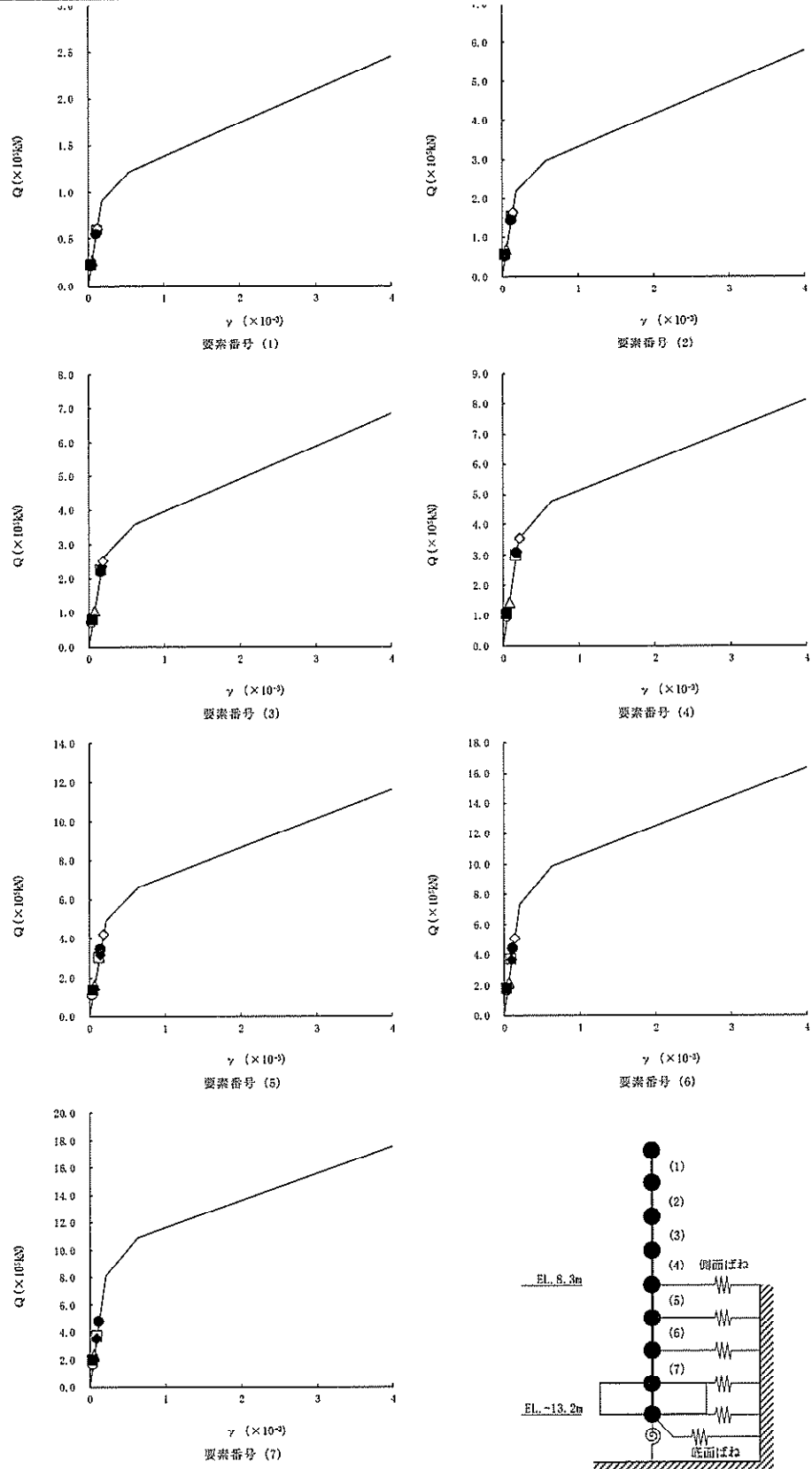
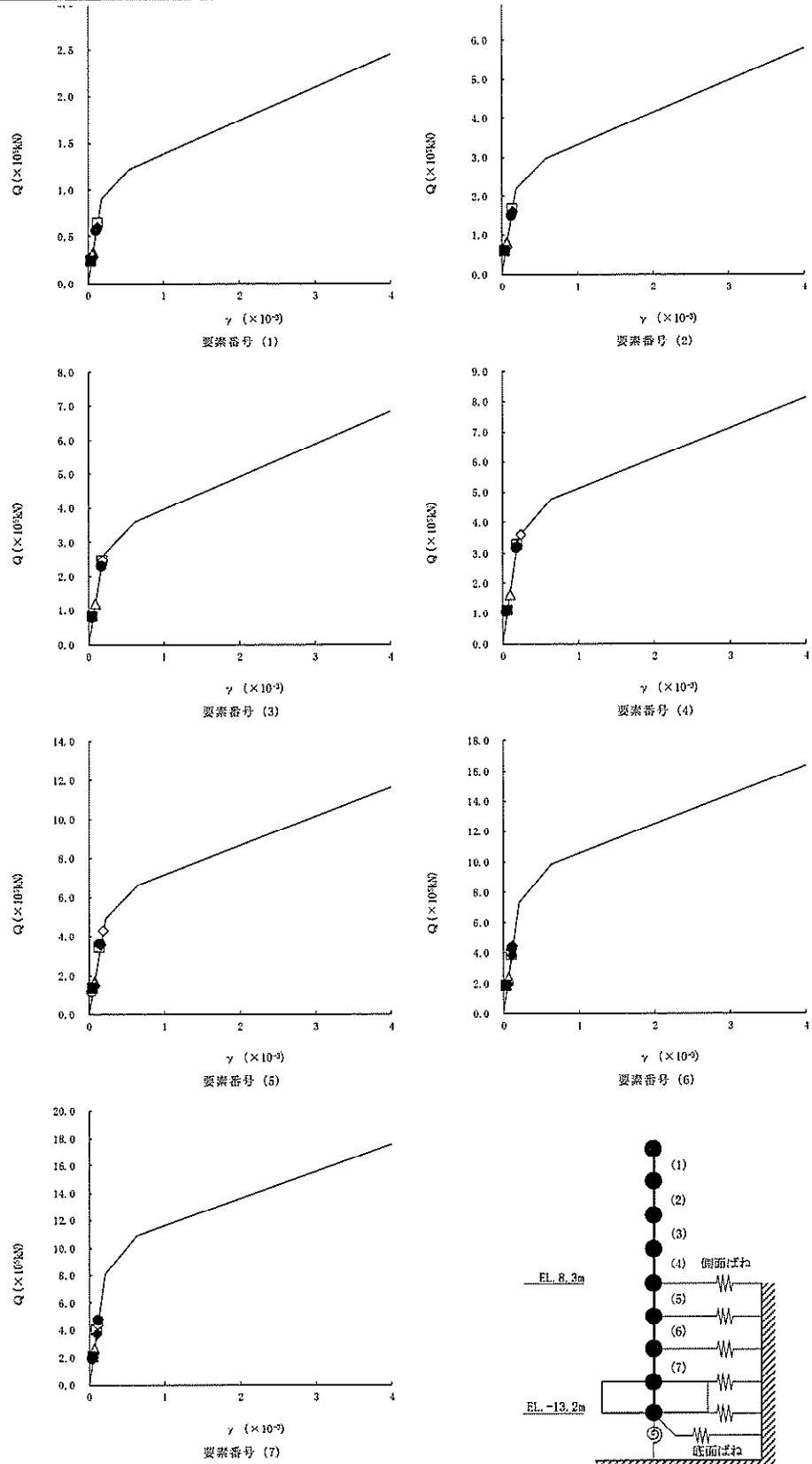
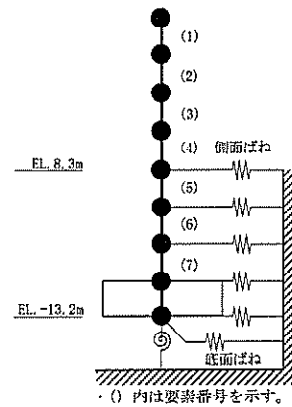


図 4-1 Q- γ 関係と最大応答値 (NS 方向)

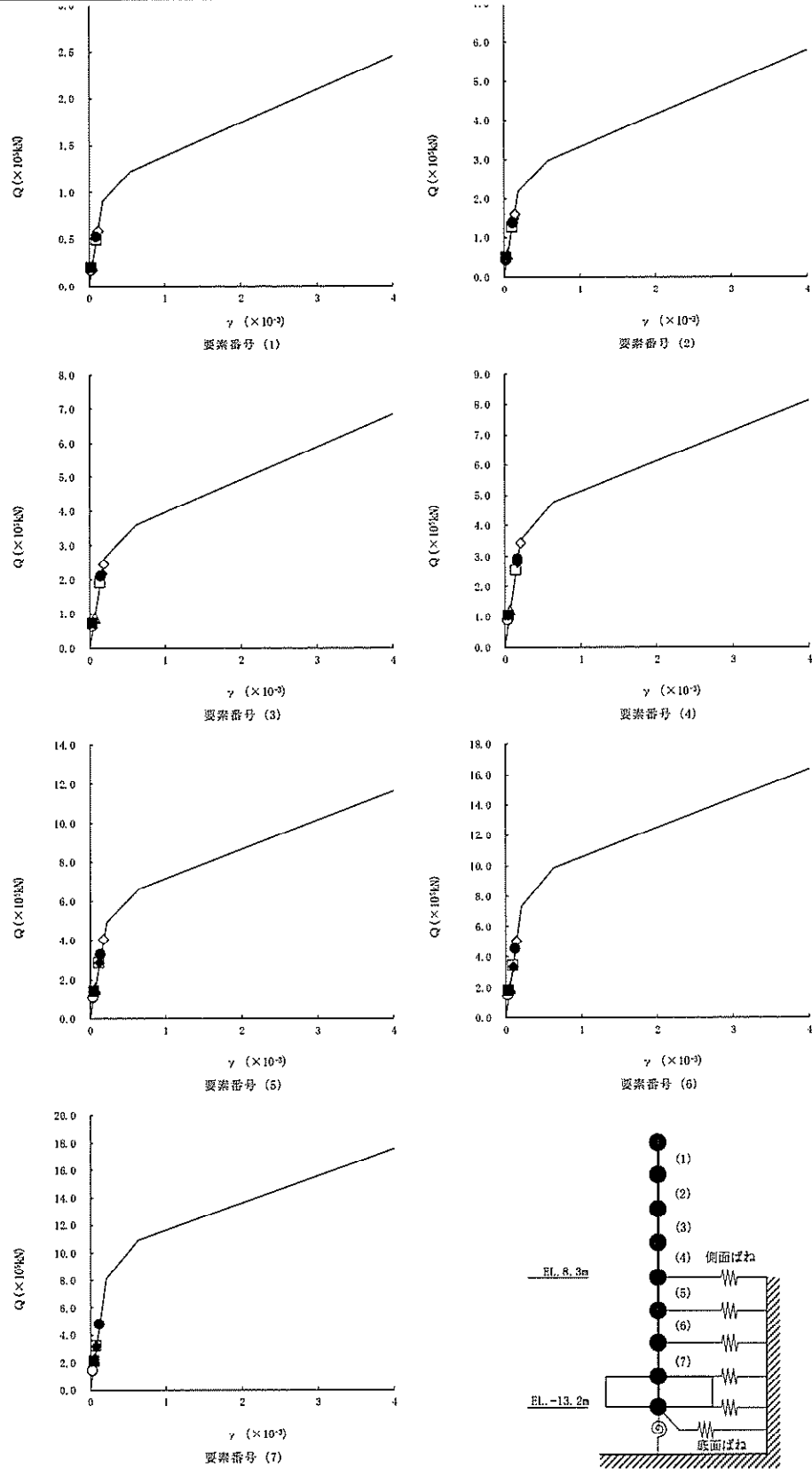
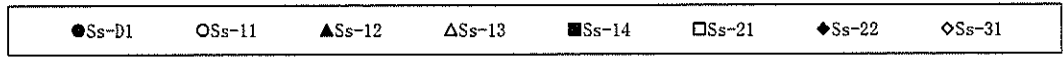


(+σ相当)



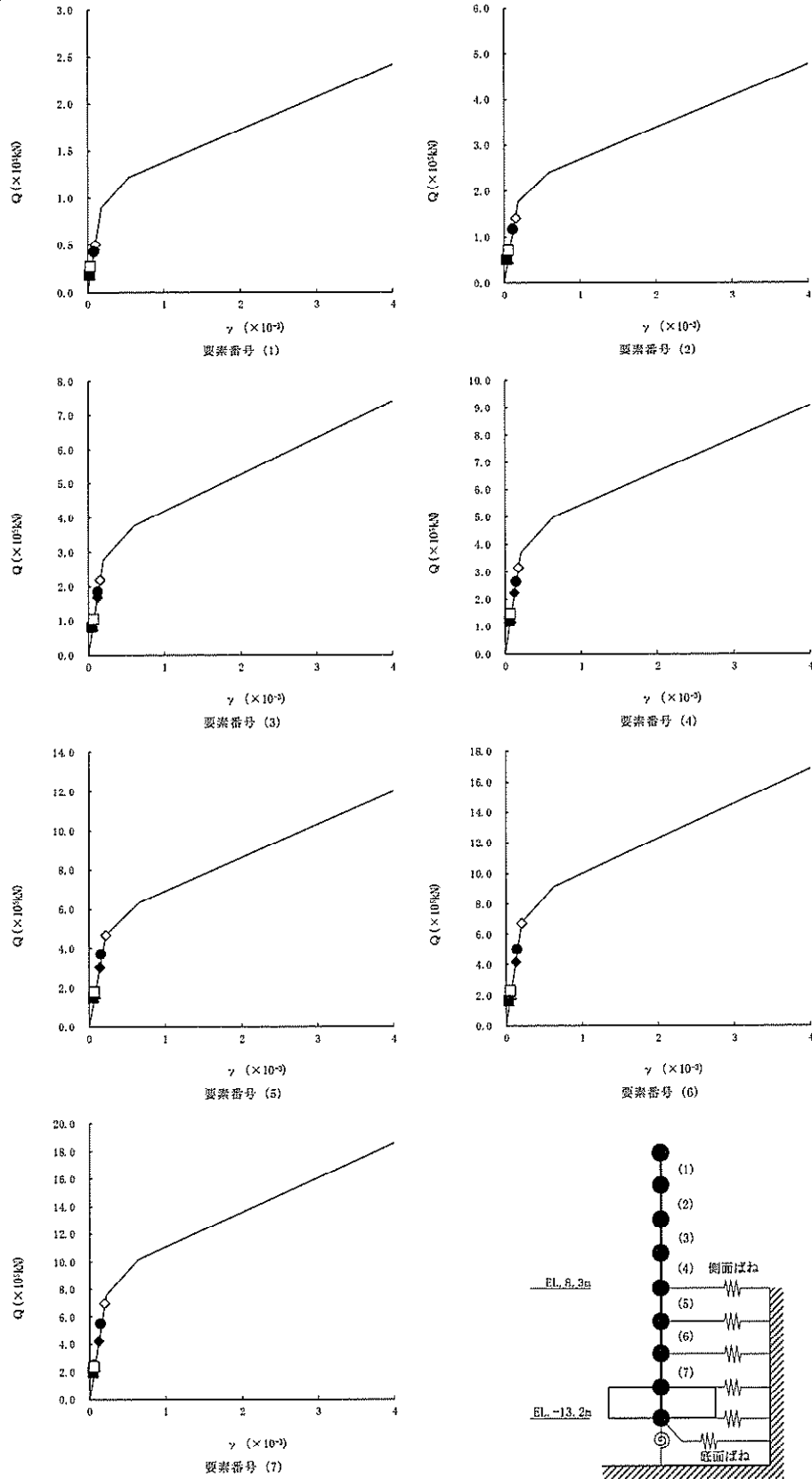
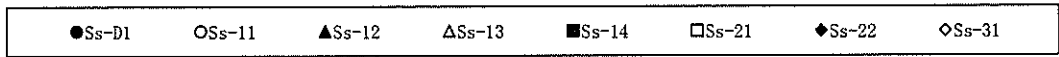
(1) 内は要素番号を示す。

図 4-2 Q- γ 関係と最大応答値 (NS 方向)



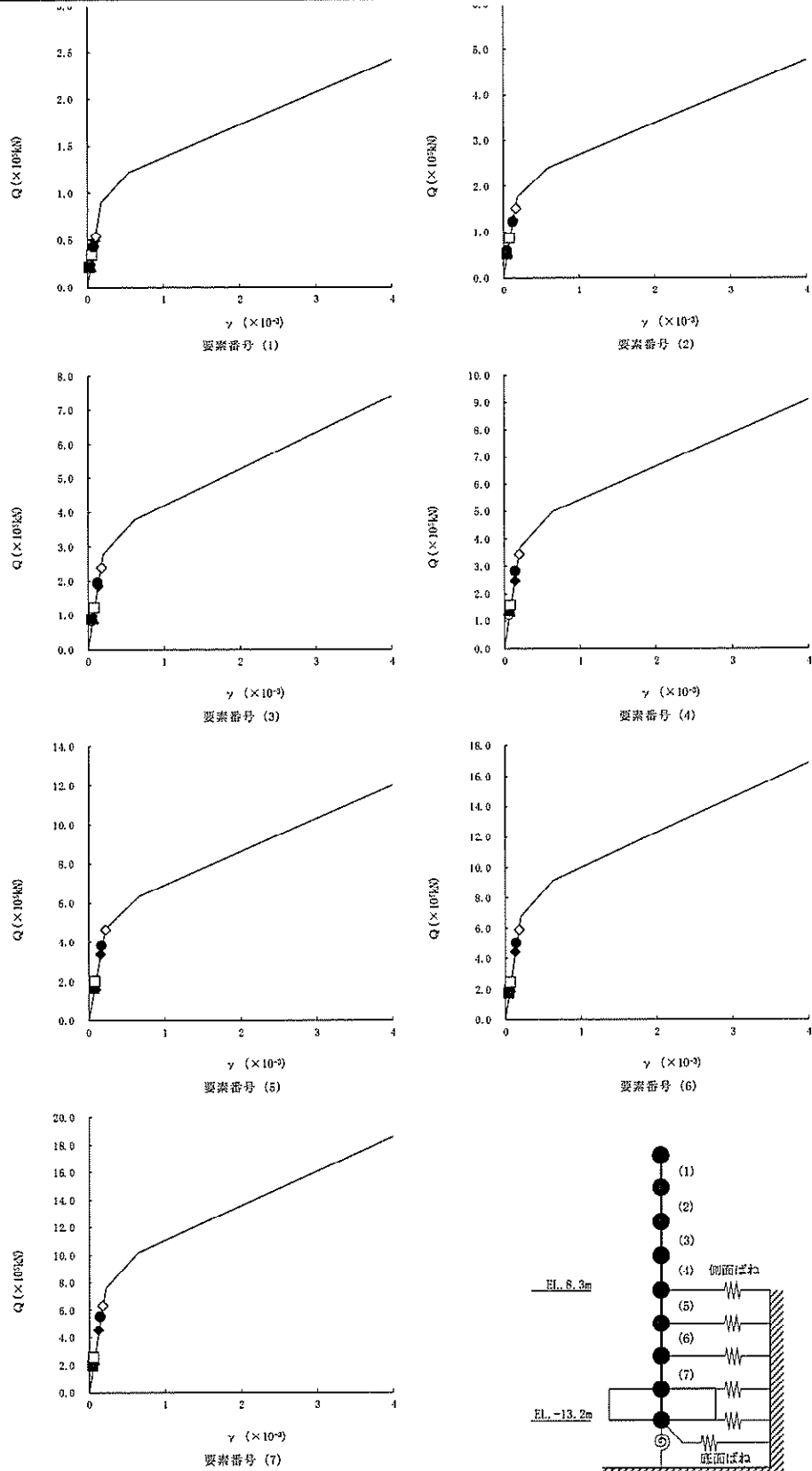
(-σ相当)

図 4-3 Q-γ 関係と最大応答値 (NS 方向)



(基本ケース)

図 4-4 Q- γ 関係と最大応答値 (EW 方向)



(+σ相当)

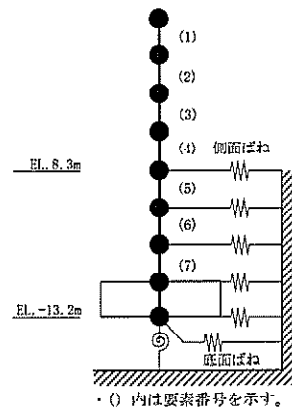
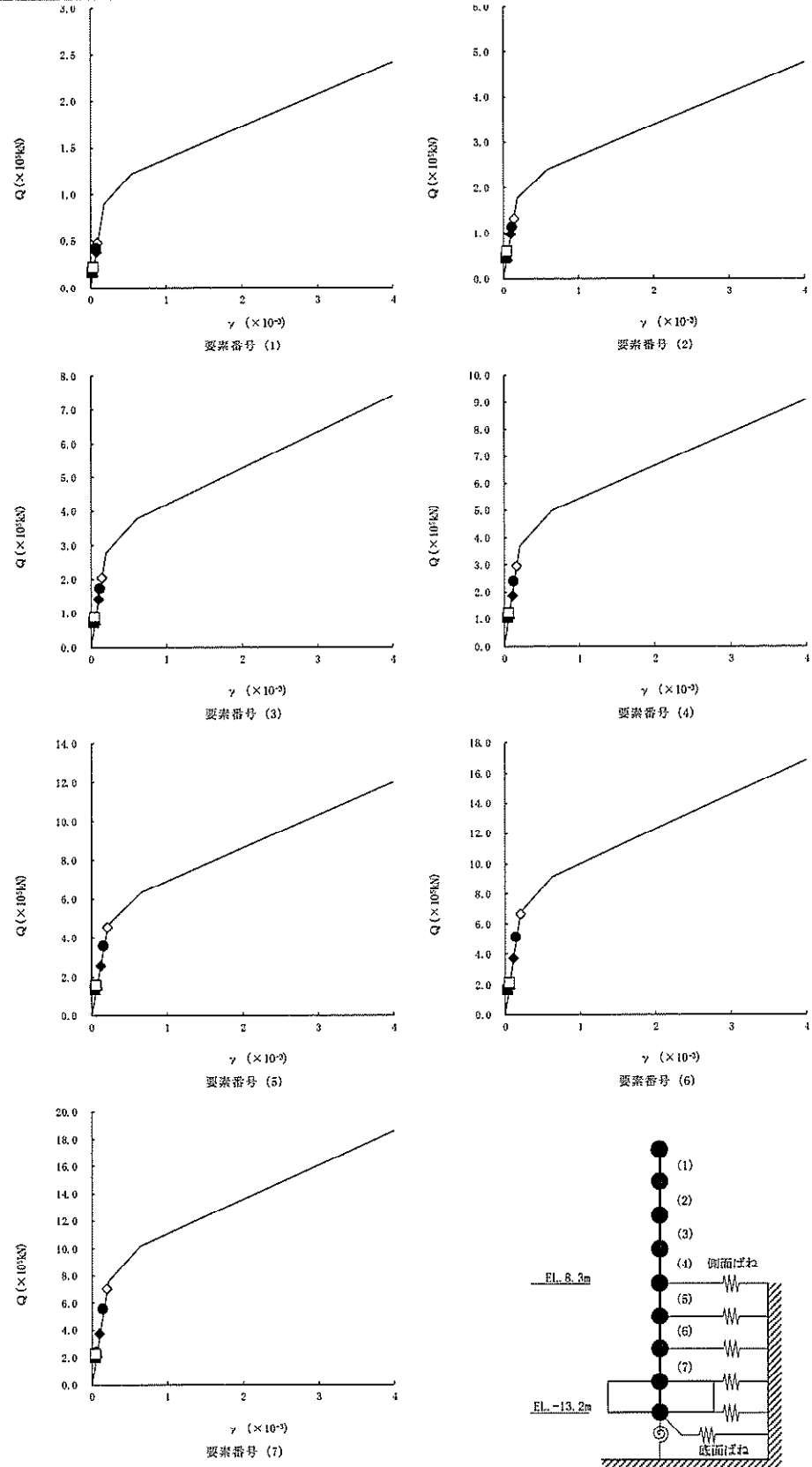
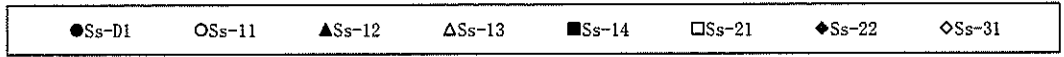


図 4-5 Q- γ 関係と最大応答値 (BW 方向)



(-σ相当)

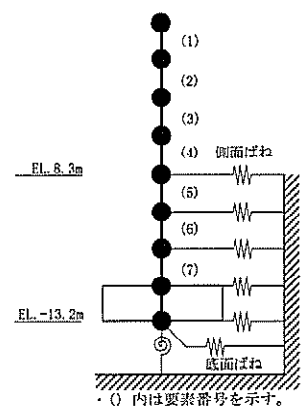


図 4-6 Q-γ 関係と最大応答値 (EW 方向)

4.2 原子炉建屋への影響の評価結果

廃棄物処理建屋の最大応答せん断ひずみが 4.0×10^{-3} 以下に収まっていることにより倒壊しないことを確認した。廃棄物処理建屋と原子炉建屋は十分な離間距離があるので、廃棄物処理建屋が原子炉建屋に及ぼす影響はない。

土留鋼管矢板の耐震性についての計算書に関する補足資料

目次

1. 概要	3
2. 基本方針	4
2.1 位置	4
2.2 構造概要	5
2.3 評価方針	7
2.4 適用規格	9
3. 地震応答解析	10
3.1 評価対象断面	10
3.2 解析方法	12
3.2.1 地震応答解析手法	13
3.2.2 構造部材	14
3.2.3 地盤	14
3.2.4 減衰特性	14
3.3 荷重及び荷重の組合せ	15
3.3.1 耐震安全性評価上考慮する状態	15
3.3.2 荷重	16
3.3.3 荷重の組合せ	17
3.4 入力地震動	18
3.5 解析モデル及び諸元	35
3.5.1 解析モデルの設定	35
3.5.2 使用材料及び材料の物性値	47
3.5.3 地盤の物性値	48
3.5.4 地下水位	50
3.6 解析ケース	51
4. 耐震評価	53
4.1 評価対象部位	53
4.2 荷重及び荷重の組合せ	54
4.2.1 耐震安全性評価上考慮する状態	54
4.2.2 荷重	55
4.2.3 荷重の組合せ	56
4.3 許容限界	57
4.4 評価方法	59
4.5 解析モデル及び諸元	60

5. 評価結果	61
5.1 地震応答解析結果	61
5.2 耐震評価結果	114
5.3 まとめ	120

1. 概要

本資料は、V-2-11-1「波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設の耐震評価方針」に基づき、土留鋼管矢板が周辺に設置された上位クラス施設である貯留堰に対して、地震時に波及的影響を及ぼさないことを説明するものである。

基準地震動 S_0 に対して耐震計算を行い、土留鋼管矢板の安定性及び応力評価を実施することで、十分な構造強度を有することを確認する。

2. 基本方針

2.1 位置

土留鋼管矢板の平面配置図を図 2.1-1 に示す。

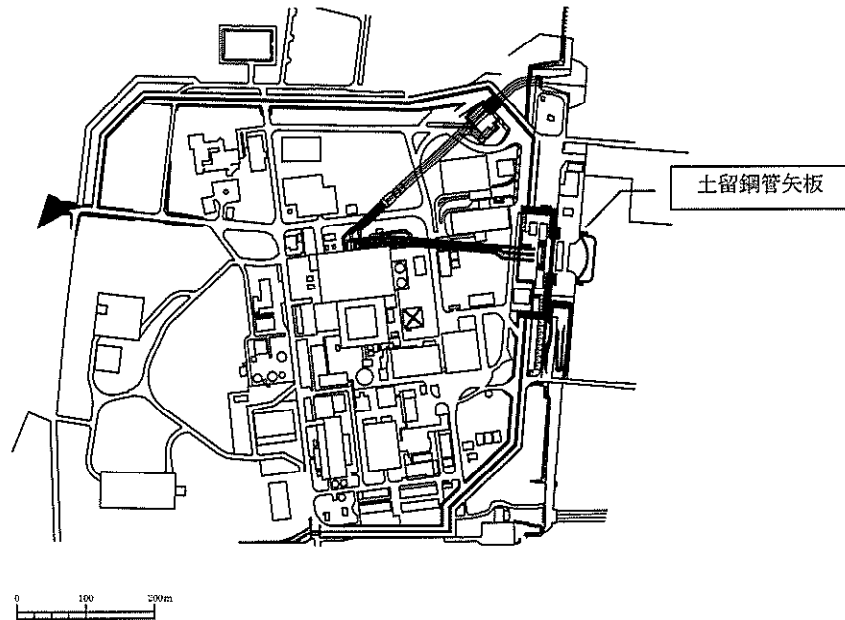


図 2.1-1 (1) 土留鋼管矢板の平面配置図 (全体図)

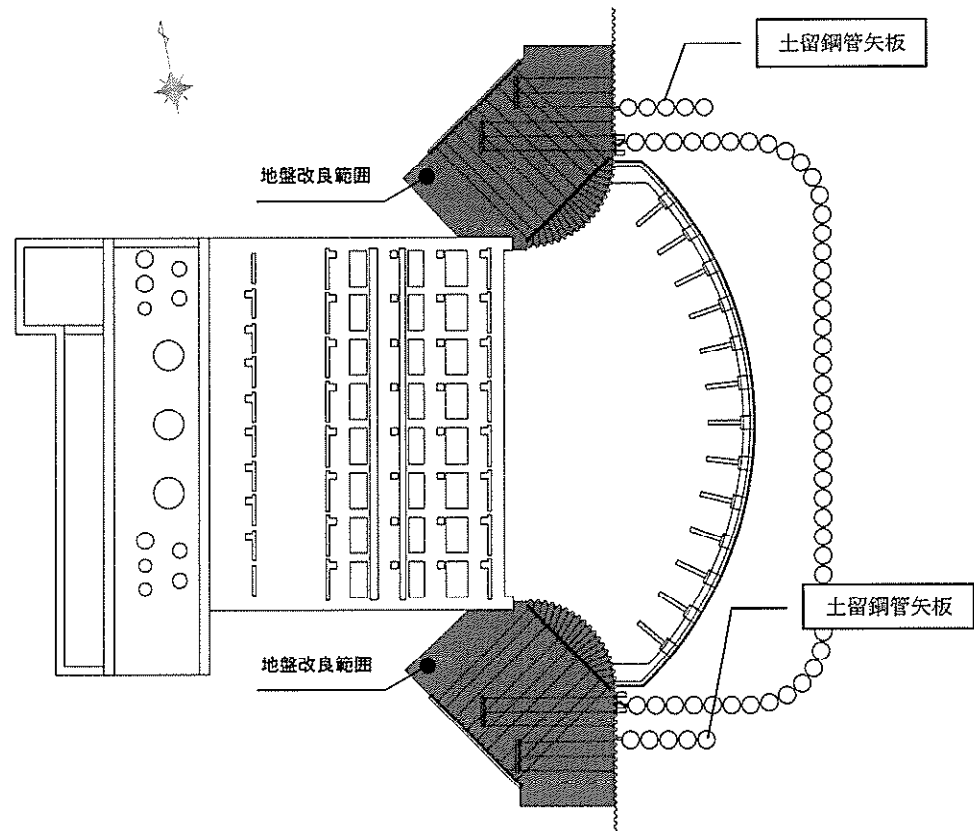


図 2.1-1 (2) 土留鋼管矢板の平面配置図 (拡大図)

2.2 構造概要

土留鋼管矢板は、地震時における捨石等の土砂の変形が貯留堰本体へ影響を与えないように、貯留堰の南北側に2 mの隔離をとって配置する。また、土留鋼管矢板には、海水による腐食防止のため、電気防食を施す。

土留鋼管矢板は、貯留堰の南北側にある捨石マウンドの土圧を受け持つ構造である。

土留鋼管矢板の平面図を図 2.2-1、断面図を図 2.2-2 に示す。

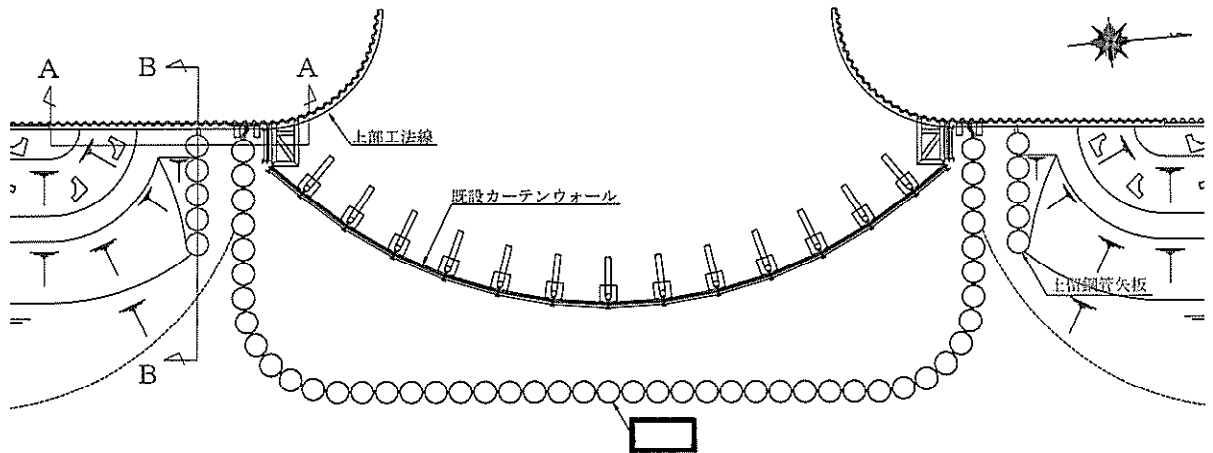
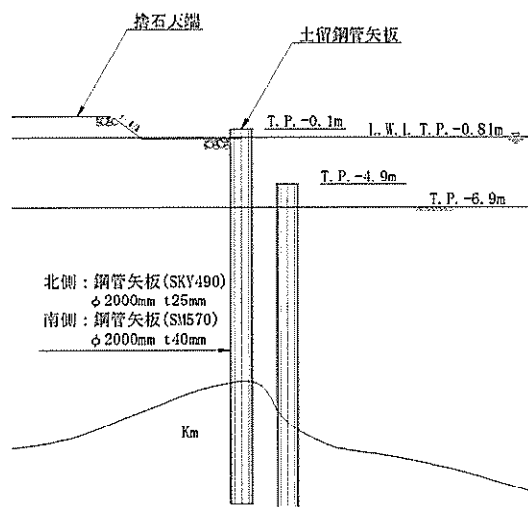
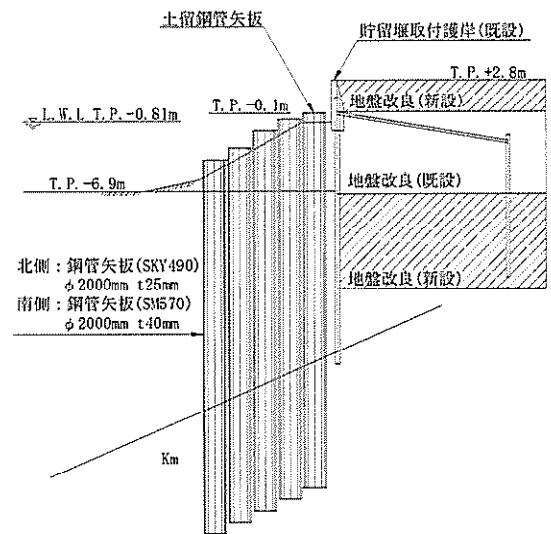


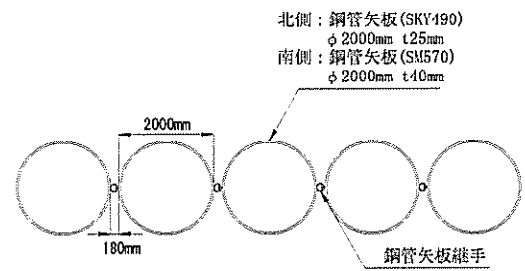
図 2.2-1 土留鋼管矢板の平面図



(a) A-A 断面図



(b) B-B 断面図



(c) 鋼管矢板継手平面図

図 2.2-2 土留鋼管矢板の標準図

2.3 評価方針

土留鋼管矢板は、貯留堰と同じ運転状態を想定することから、設計基準対象施設及び重大事故等対処施設として、波及的影響評価を行う。

土留鋼管矢板の地震応答解析においては、地震時の地盤の有効応力の変化に応じた影響を考慮できる有効応力解析を実施する。

有効応力解析に用いる液状化強度特性は、代表性及び網羅性を踏まえた上で保守性を考慮して設定する。

構造物への地盤変位に対する保守的な配慮として、地盤を強制的に液状化させることを仮定した影響を考慮する。その際は、原地盤よりも十分に小さい液状化強度特性（敷地に存在しない豊浦標準砂に基づく液状化強度特性）を仮定する。

構造物への加速度応答に対する保守的な配慮として、地盤の非液状化の影響を考慮する。その際は、原地盤において非液状化の条件を仮定した解析を実施する。

土留鋼管矢板の波及的影響評価は、「3. 地震応答解析」により得られた解析結果に基づき、設計基準対象施設及び重大事故等対処施設として、表 2.3-1 の土留鋼管矢板の評価項目に示すとおり、構造部材の健全性評価及び基礎地盤の支持性能評価を行う。

構造部材の健全性評価については、構造部材の発生応力が許容限界以下であることを確認する。

基礎地盤の支持性能評価については、基礎地盤に作用する接地圧が極限支持力に基づく許容限界以下であることを確認する。

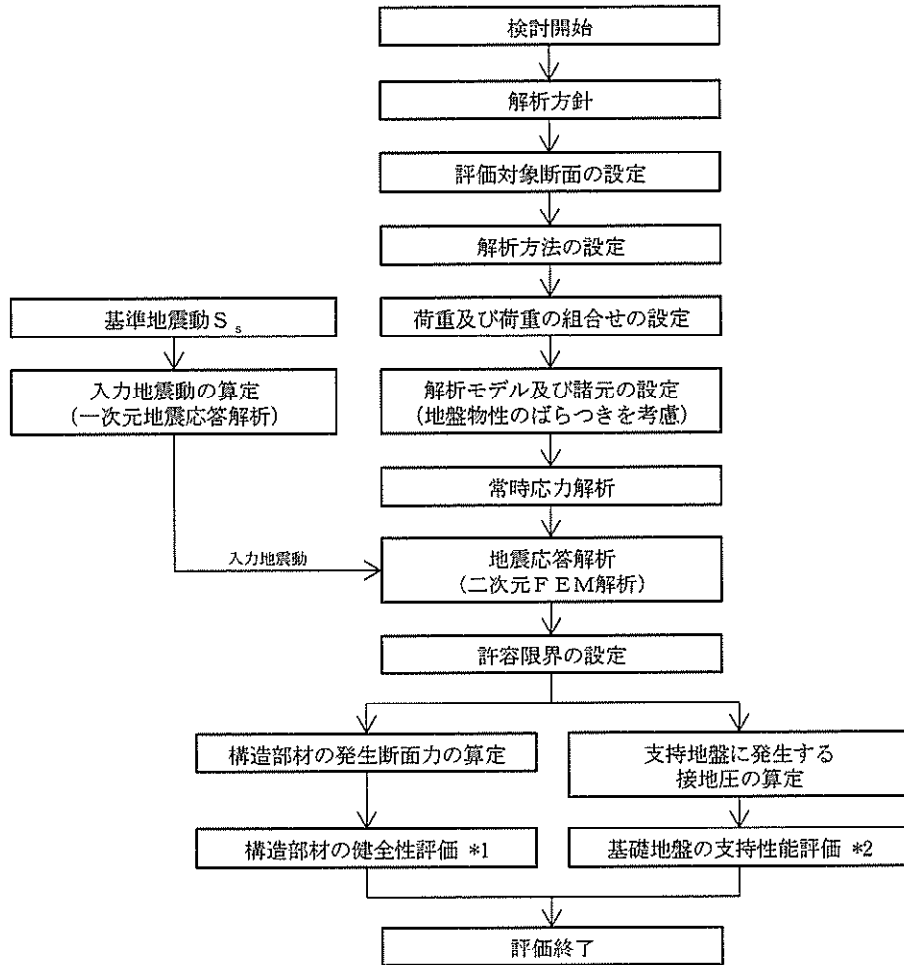
土留鋼管矢板の耐震評価フローを図 2.3-1 に示す。

ここで、土留鋼管矢板は、運転時、設計基準事故時及び重大事故時の状態における圧力、温度等について、波及的影響評価における手法及び条件に有意な差異はなく、評価は設計基準対象施設の評価結果に包括されることから、設計基準対象施設の評価結果を用いた重大事故等対処施設の評価を行う。

表 2.3-1 土留鋼管矢板の評価項目

評価方針	評価項目	部位	評価方法	許容限界
構造強度を有すること	構造部材の健全性	鋼管矢板	発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
	基礎地盤の支持性能	基礎地盤	接地圧が許容限界以下であることを確認	極限支持力*

注記 *：妥当な安全余裕を考慮する。



注記 *1：構造部材の健全性を評価することで、表 2.3-1 に示す「構造強度を有すること」を満足することを確認する。

*2：基礎地盤の支持性能評価を実施することで、表 2.3-1 に示す「構造強度を有すること」を満足することを確認する。

図 2.3-1 土留鋼管矢板の耐震評価フロー

2.4 適用規格

適用する規格，基準類を以下に示す。

- ・道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成14年3月）
- ・原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル（2005年）
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987（（社）日本電気協会）
- ・港湾の施設の技術上の基準・同解説（（社）日本港湾協会，平成19年7月）

表 2.4-1 適用する規格，基準類

項目	適用する規格，基準類	備考
使用材料及び材料定数	・道路橋示方書（Ⅳ下部構造編）・同解説（平成14年3月）	—
荷重及び荷重の組み合わせ	・原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル（2005年）	・永久荷重＋偶発荷重の適切な組合せを検討
許容限界	・道路橋示方書（Ⅳ下部構造編）・同解説（平成14年3月）	・曲げ軸力に対する照査は，発生応力度が，許容応力度以下であることを確認 ・せん断力に対する照査は，発生応力度が許容応力度以下であることを確認
評価方法	・港湾の施設の技術上の基準・同解説（平成19年7月）	・腐食代の設定
地震応答解析	・原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル（2005年） ・J E A G 4 6 0 1 -1987	・有限要素法による2次元モデルを用いた時刻歴非線形解析

3. 地震応答解析

3.1 評価対象断面

評価対象断面は、上位クラス施設である貯留堰への影響を評価するため、土留鋼管矢板背後の捨石マウンドの形状を踏まえ設定する。

図 3.1-1 に示す平面図より、土留鋼管矢板は護岸法線直角方向に連続する鋼管矢板で構成される。また、捨石マウンドは海側から既設護岸側へ向かって高くなっていることから、土留鋼管矢板高さも既設護岸側端部において最も高く設置される。

土留鋼管矢板の評価対象断面として、構造の安定性に支配的な弱軸方向断面のうち、土留鋼管矢板の高さが高くなり捨石による荷重が最も大きくなる NS-1 断面（図 3.1-2）を選定し、基準地震動 S_s による耐震評価を実施する。

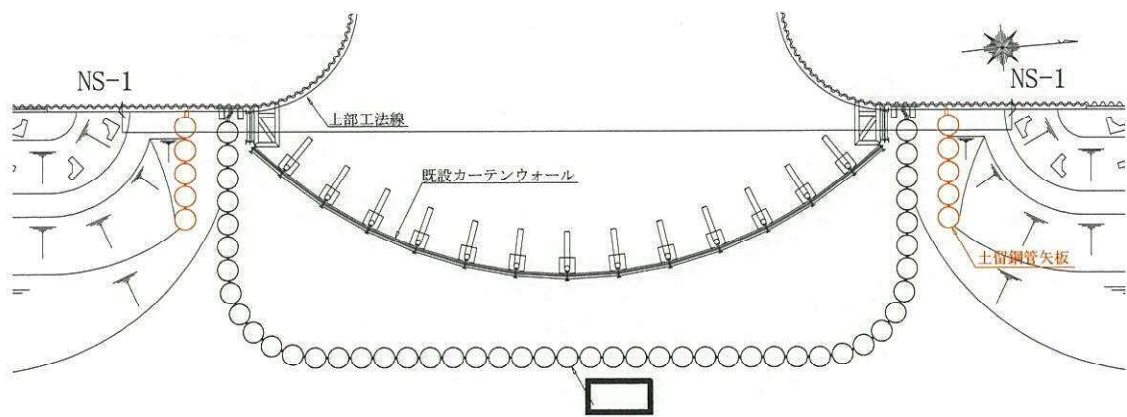


図 3.1-1 土留鋼管矢板の平面図

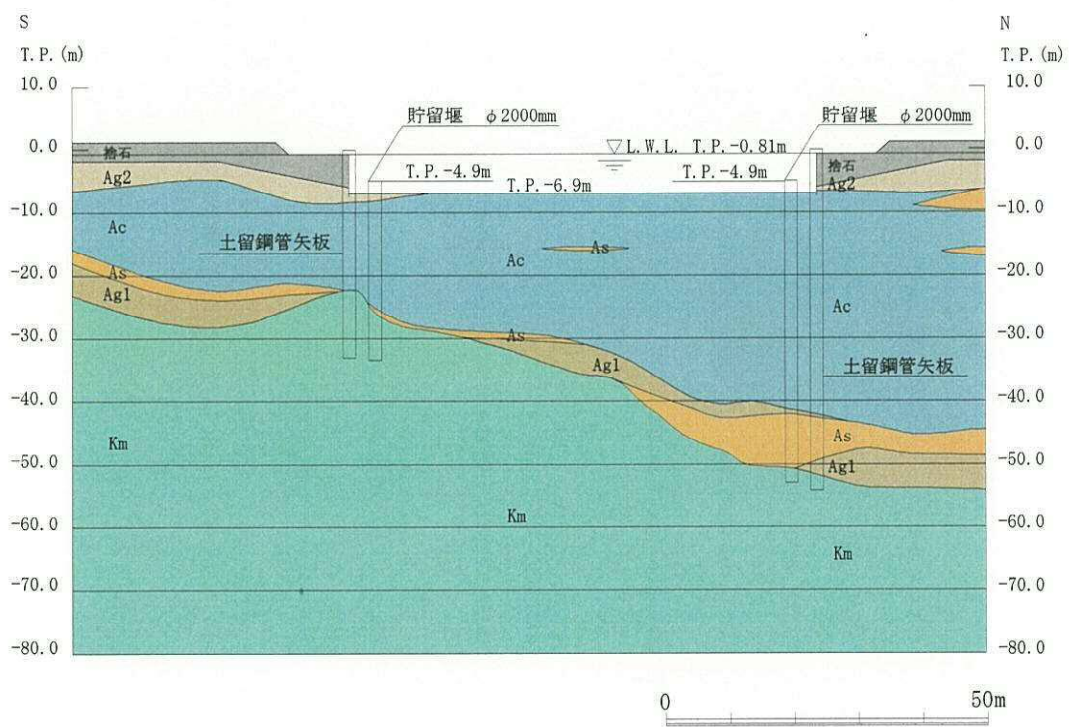


図 3.1-2 土留鋼管矢板の断面図 (NS-1)

3.2 解析方法

地震応答解析は、V-2-1-6「地震応答解析の基本方針」のうち、「2.3 屋外重要土木構造物」に示す解析方法及び解析モデルを踏まえて実施する。

地震応答解析では、地盤の有効応力の変化に応じた地震時挙動を考慮できる有効応力解析手法を用いる。

有効応力解析には、解析コード「FLIP Ver. 7.3.0_2」を使用する。なお、解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、V-5-10「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

3.2.1 地震応答解析手法

土留鋼管矢板の地震応答解析は、地盤と構造物の相互作用を考慮できる2次元有効応力解析を用いて、基準地震動に基づき設定した水平地震動と鉛直地震動の同時加振による逐次時間積分の時刻歴応答解析にて行う。土留鋼管矢板は、線形はり要素でモデル化する。地盤については、有効応力の変化に応じた地震時挙動を適切に考慮できるモデル化とする。地震応答解析手法の選定フローを図3.2-1に示す。

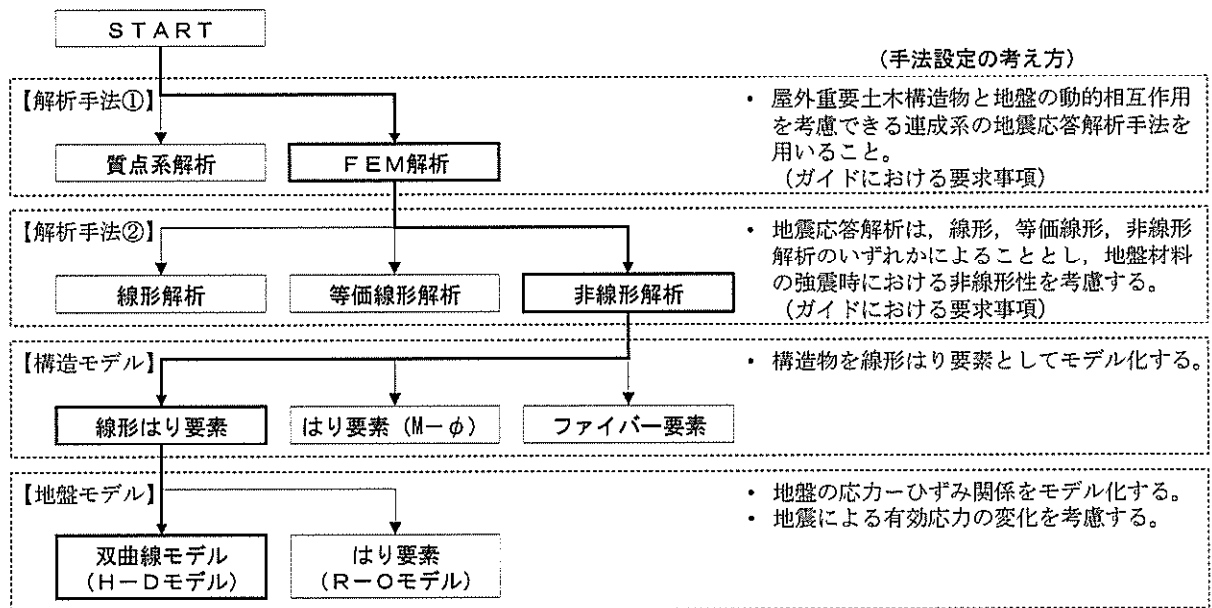


図 3.2-1 地震応答解析手法の選定フロー

地盤の繰返しせん断応力～せん断ひずみ関係の骨格曲線の構成則を有効応力解析へ適用する際は、地盤の繰返しせん断応力～せん断ひずみ関係の骨格曲線に関するせん断ひずみ及び有効応力の変化に応じた特徴を、適切に表現できるモデルを用いる必要がある。

一般に、地盤は荷重を与えることによりせん断ひずみを増加させていくと、地盤のせん断応力は上限値に達し、それ以上はせん断応力が増加しなくなる特徴がある。また、地盤のせん断応力の上限値は有効応力に応じて変化する特徴がある。

よって、耐震評価における有効応力解析では、地盤の繰返しせん断応力～せん断ひずみ関係の骨格曲線の構成則として、地盤の繰返しせん断応力～せん断ひずみ関係の骨格曲線に関するせん断ひずみ及び有効応力の変化に応じたこれら2つの特徴を表現できる双曲線モデル (H-Dモデル) を選定する。

3.2.2 構造部材

構造部材は、はり要素を適用し、線形部材としてモデル化する。

3.2.3 地盤

地盤は、マルチスプリング要素及び間隙水要素にてモデル化し、地震時の有効応力の変化に応じた非線形せん断応力～せん断ひずみ関係を考慮する。

3.2.4 減衰特性

時刻歴非線形解析における減衰特性については、固有値解析にて求められる固有振動数に基づく Rayleigh 減衰を考慮する。

3.3 荷重及び荷重の組合せ

荷重及び荷重の組合せは、V-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき設定する。

3.3.1 耐震安全性評価上考慮する状態

土留鋼管矢板の地震応答解析において、地震以外に考慮する状態を以下に示す。

(1) 運転時の状態

発電用原子炉施設が運転状態にあり、通常の条件下におかれている状態。ただし、運転時の異常な過渡変化時の影響を受けないことから考慮しない。

(2) 設計基準事故時の状態

設計基準事故時の影響を受けないことから考慮しない。

(3) 設計用自然条件

積雪荷重及び風荷重を考慮する。

(4) 重大事故等時の状態

重大事故等時の状態の影響を受けないことから考慮しない。

3.3.2 荷重

土留鋼管矢板の地震応答解析において、考慮する荷重を以下に示す。

(1) 常時考慮荷重 (G)

常時考慮荷重として、躯体自重を考慮する。

(2) 地震荷重 ($K_s s$)

基準地震動 S_s による荷重を考慮する。

(3) 積雪荷重 (P_s)

積雪荷重については、「建築基準法施行令第 86 条」及び「茨城県建築基準法施工細則 第 16 条の 4」に従って設定する。積雪の厚さ 1 cm 当たりの荷重を $20 \text{ N/m}^2/\text{cm}$ として、積雪量は 30 cm としていることから積雪荷重は 600 N/m^2 であるが、地震時短期荷重として積雪荷重の 0.35 倍である 0.21 kN/m^2 を考慮する。

積雪荷重は構造物上面に付加質量として考慮する。

(4) 風荷重 (P_k)

風荷重として、風速 30 m/s の風圧力を考慮する。

3.3.3 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 3.3-1 及び表 3.3-2 に示す。

表 3.3-1 荷重の組合せ

外力の状態	荷重の組合せ
地震時 (S_s)	$G + K_{S_s} + P_s + P_k$

G : 固定荷重

K_{S_s} : 地震荷重

P_s : 積雪荷重

P_k : 風荷重

表 3.3-2 荷重の組合せ

種別	荷重		算定方法
永久荷重	常時 考慮 荷重	躯体自重	○ ・設計図書に基づいて、対象構造物の体積に材料の密度を乗じて設定する。
		機器・配管自重	— ・機器・配管設備はないことから、考慮しない。
		土被り荷重	○ ・常時応力解析により設定する。
		上載荷重	— ・恒常的に配置された設備等はないことから、考慮しない。
	静止土圧		○ ・常時応力解析により設定する。
	外水圧		○ ・海水面に応じた静水圧として設定する。 ・海水の密度を考慮する。
	内水圧		— ・内水圧を考慮する構造形式ではないことから、考慮しない。
変動荷重	積雪荷重		○ ・積雪荷重を考慮する。
	風荷重		○ ・風荷重を考慮する。
	積雪荷重及び風荷重以外		— ・積雪荷重及び風荷重以外には発電所の立地特性及び構造物の配置状況を踏まえると、偶発荷重と組み合わせるべき変動荷重はない
偶発荷重	水平地震動	○	・基準地震動 S_s による水平・鉛直同時加振を考慮する。
	鉛直地震動	○	
	動水圧	○	・水位条件、密度は、永久荷重と同様とする。

3.4 入力地震動

入力地震動は、V-2-1-6「地震応答解析の基本方針」のうち、「2.3 屋外重要土木構造物」に示す入力地震動の設計方針を踏まえて設定する。

地震応答解析に用いる入力地震動は、解放基盤表面で定義される基準地震動 S_s を1次元波動論により地震応答解析モデル底面位置で評価したものをを用いる。入力地震動算定の概念図を図3.4-1に、基準地震動 S_s の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトルを図3.4-2に示す。

入力地震動の算定には、解析コード「k-SHAKE Ver. 6.2.0」を使用する。解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、V-5-25「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

なお、特定の方向性を有しない地震動については、位相を反転させた場合の影響も確認する。断層モデル波である $S_s-11 \sim S_s-22$ については、特定の方向性を有することから、構造物の評価対象断面方向を考慮し、方位補正を行う。具体的には南北方向及び東西方向の地震動について構造物の評価断面方向の成分を求め、各々を足し合わせることで方位補正した地震動を設定する。

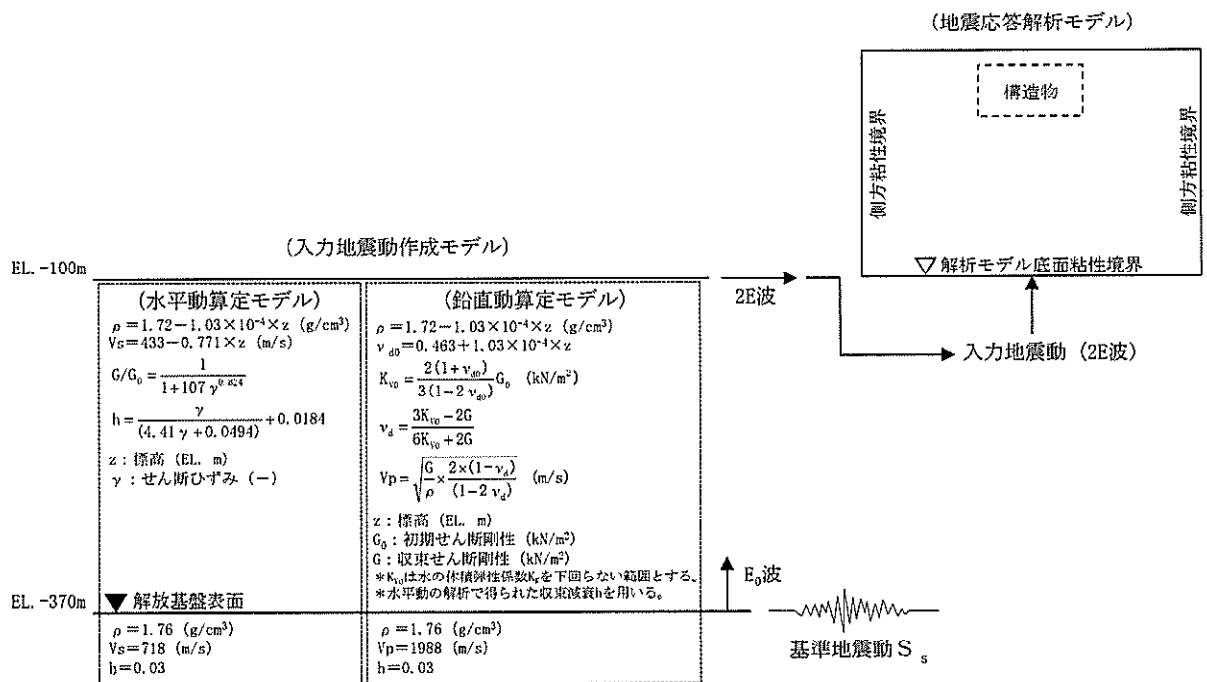
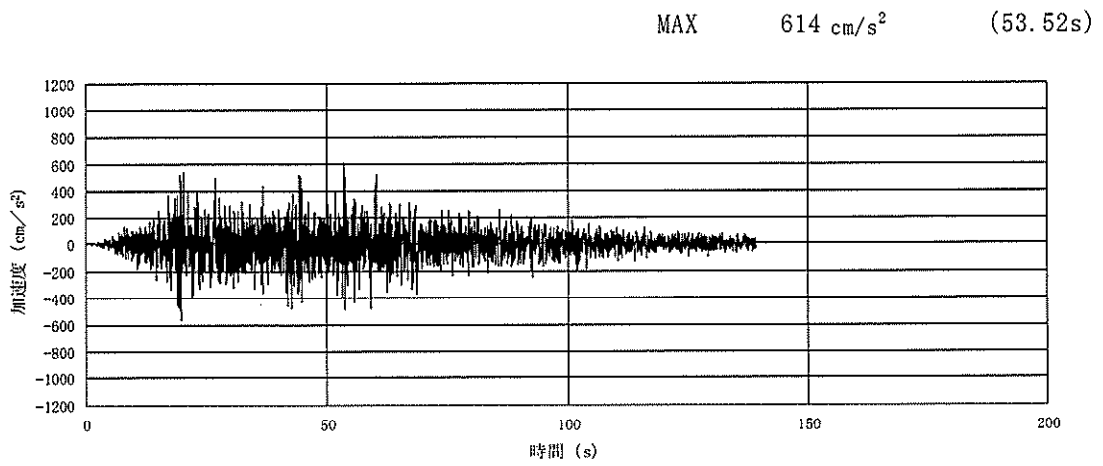
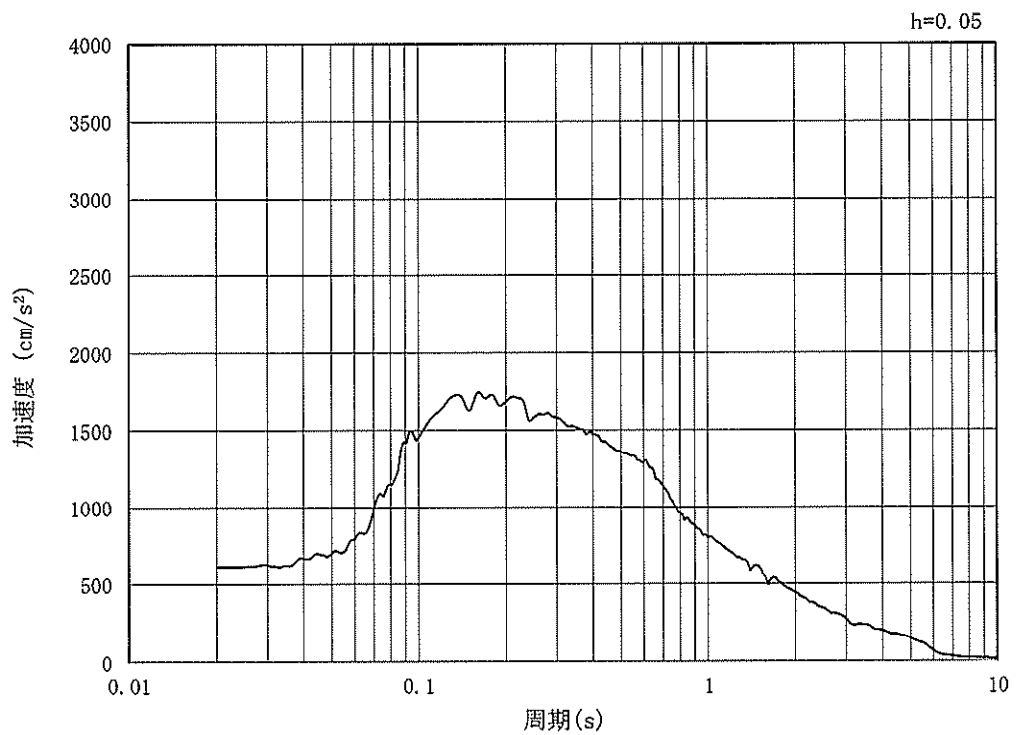


図 3.4-1 入力地震動算定の概念図



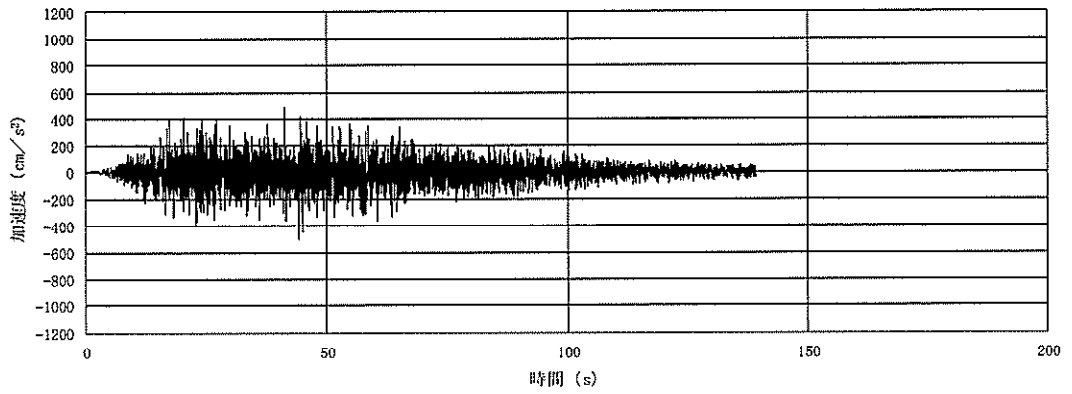
(a) 加速度時刻歴波形



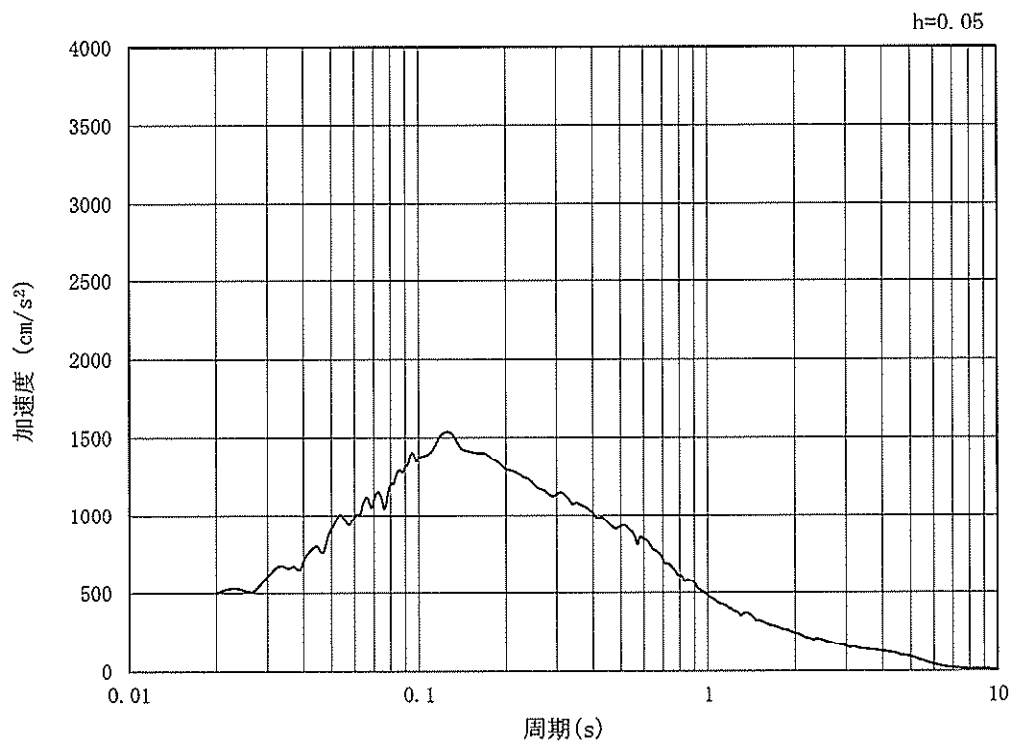
(b) 加速度応答スペクトル

図 3.4-2 (1) 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 (NS-1)
(水平方向 : S_s-D1)

MAX 499 cm/s² (44.24s)



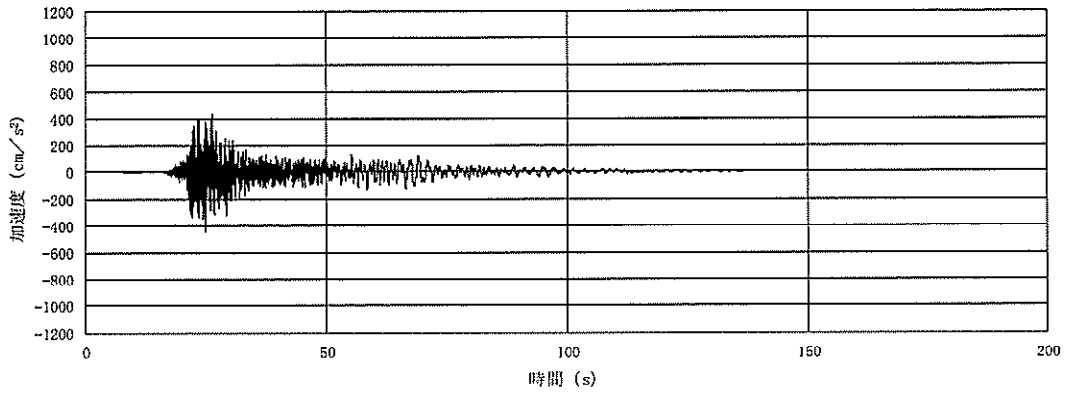
(a) 加速度時刻歴波形



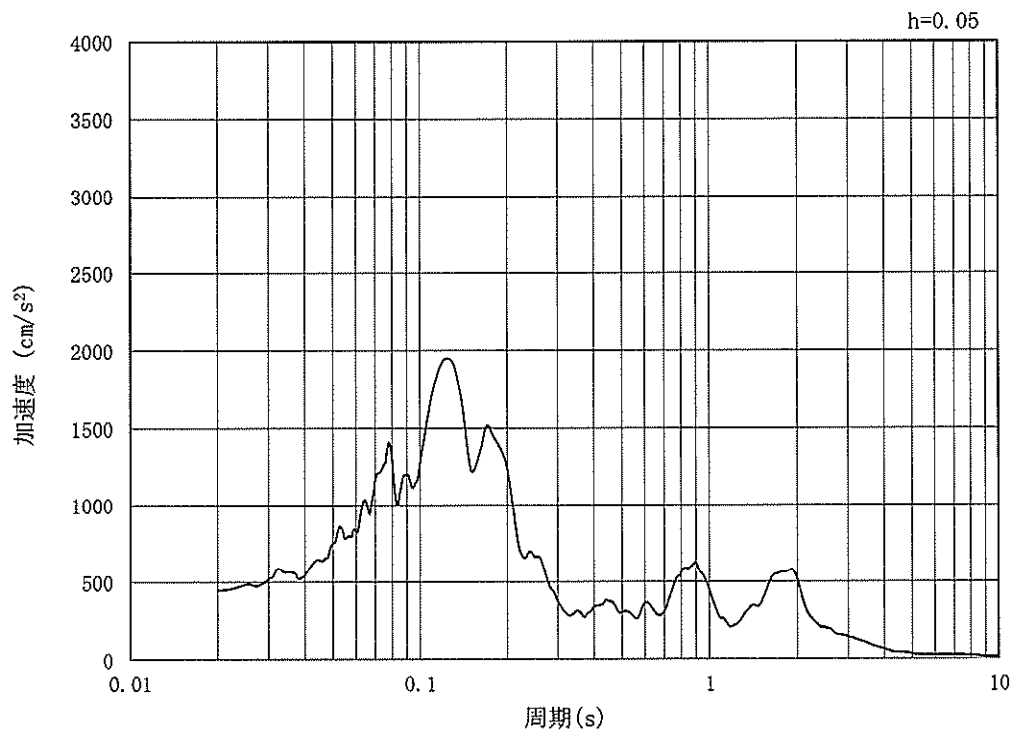
(b) 加速度応答スペクトル

図 3.4-2 (2) 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 (NS-1)
(鉛直方向: S_s-D1)

MAX 448 cm/s^2 (24.66s)

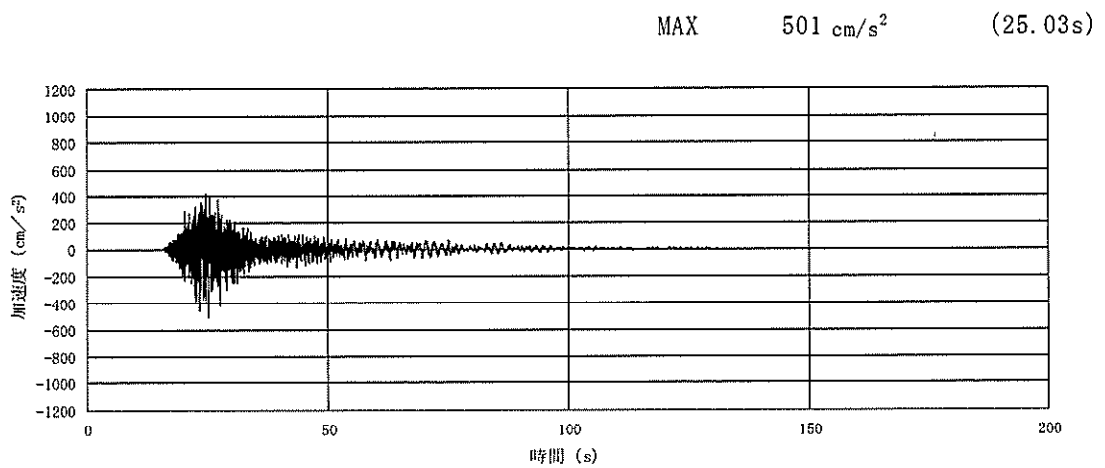


(a) 加速度時刻歴波形

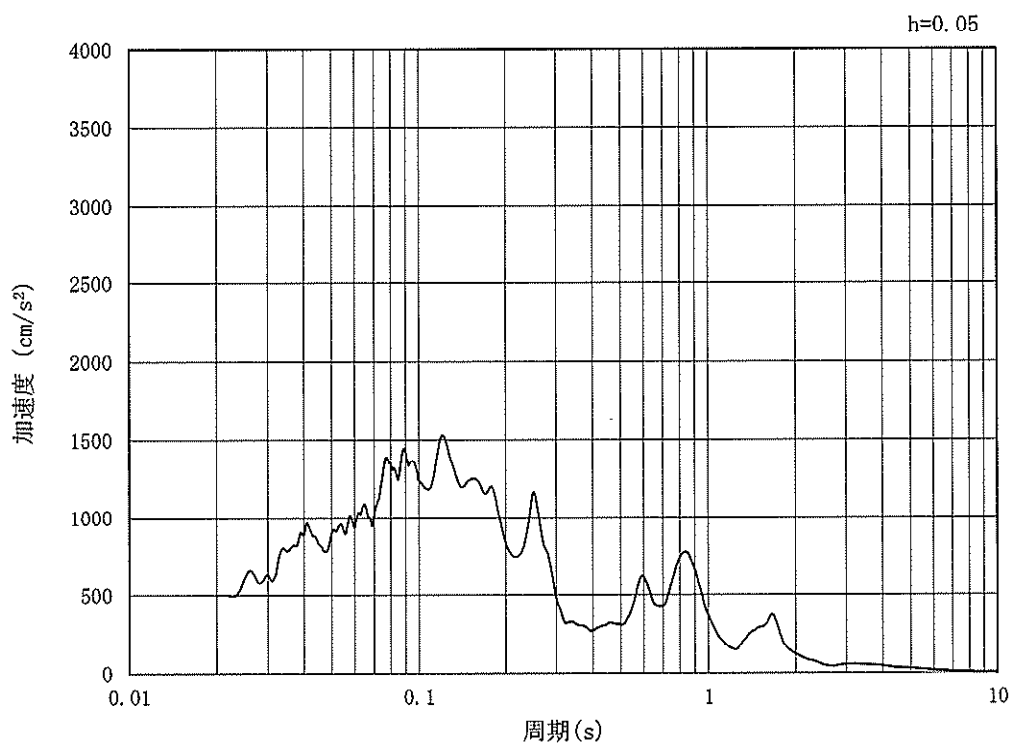


(b) 加速度応答スペクトル

図 3.4-2 (3) 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 (NS-1)
(水平方向: $S_s - 11$)



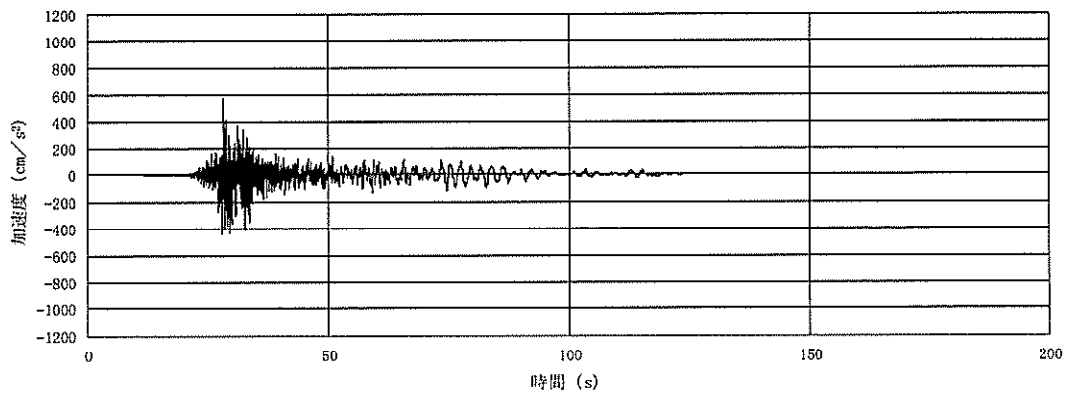
(a) 加速度時刻歴波形



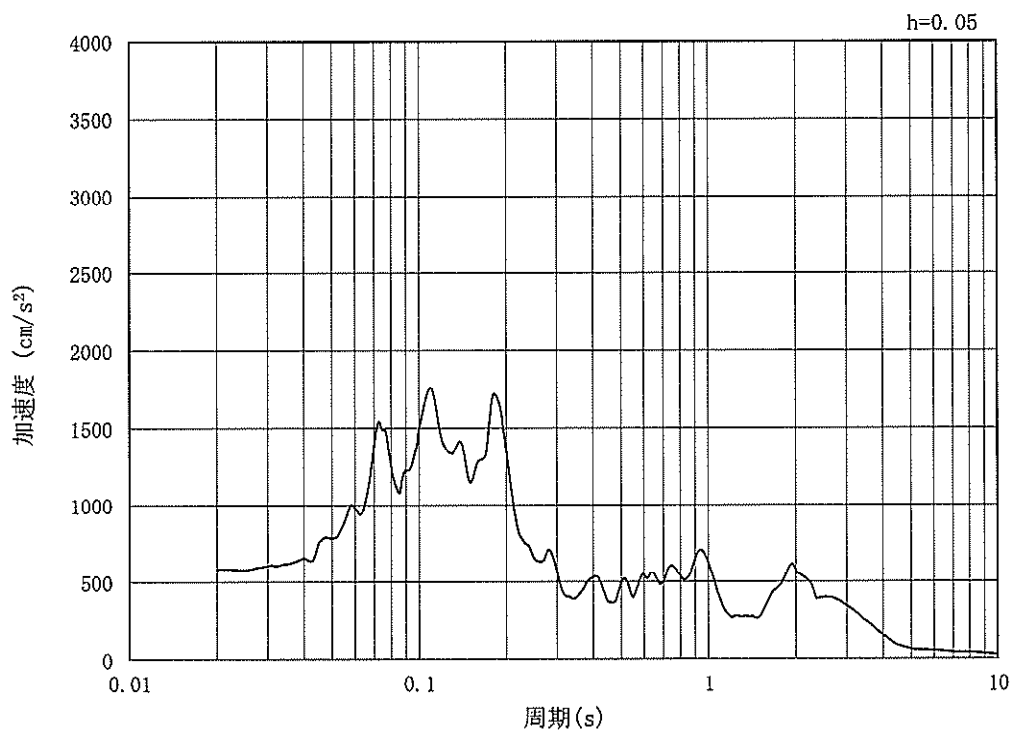
(b) 加速度応答スペクトル

図 3.4-2 (4) 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 (NS-1)
(鉛直方向: $S_s - 1.1$)

MAX 582 cm/s^2 (28.16s)



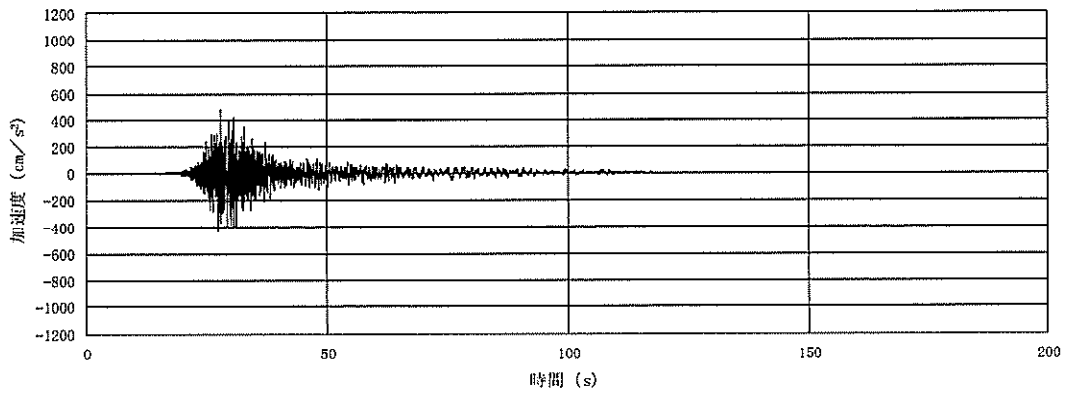
(a) 加速度時刻歴波形



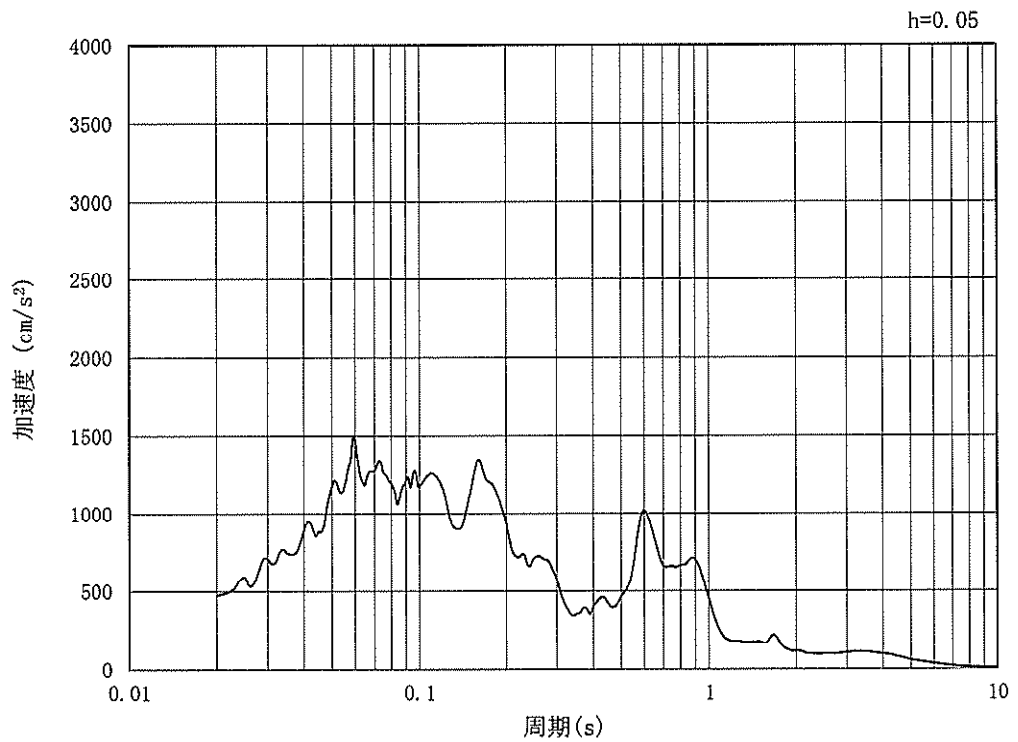
(b) 加速度応答スペクトル

図 3.4-2 (5) 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 (NS-1)
(水平方向 : $S_s - 1.2$)

MAX 475 cm/s² (27.83s)



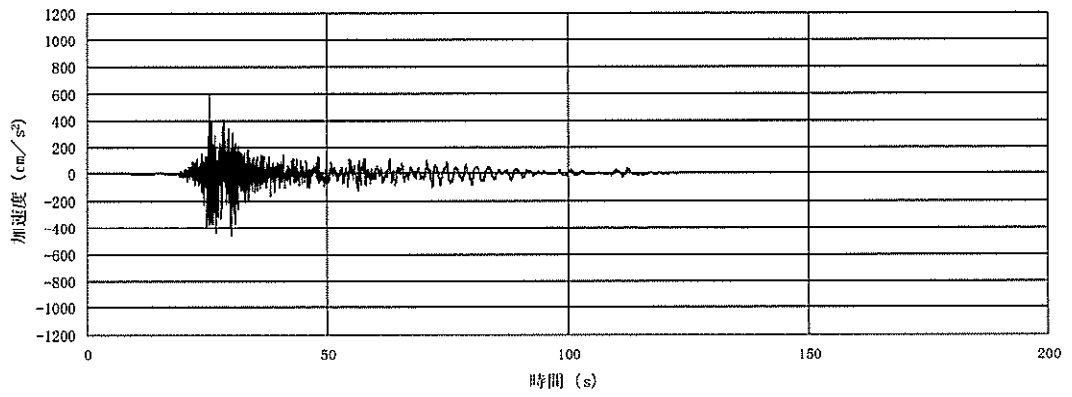
(a) 加速度時刻歴波形



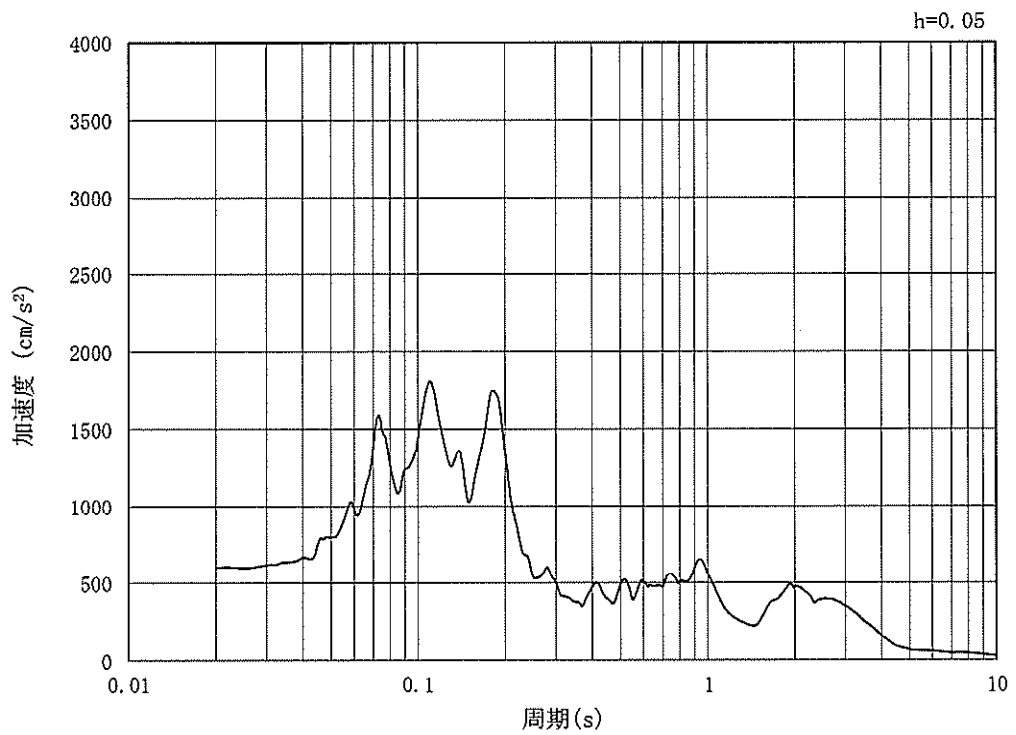
(b) 加速度応答スペクトル

図 3.4-2 (6) 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 (NS-1)
(鉛直方向: S_s-1 2)

MAX 601 cm/s² (25.38s)



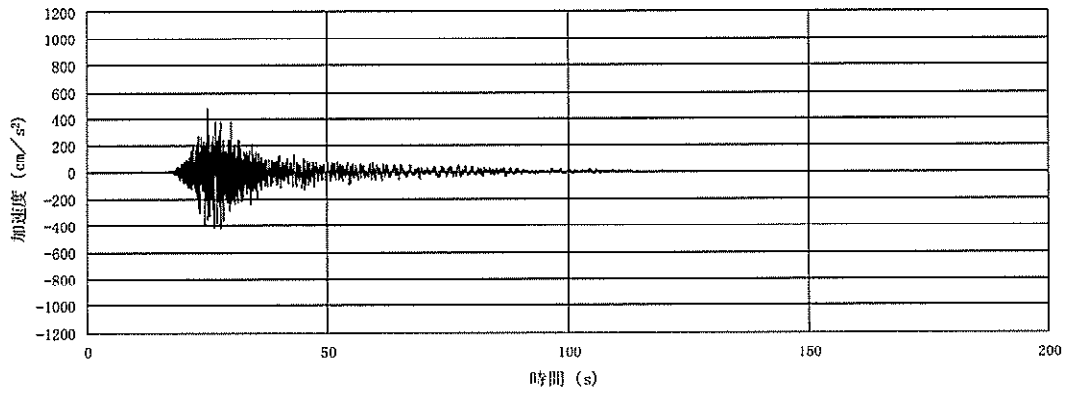
(a) 加速度時刻歴波形



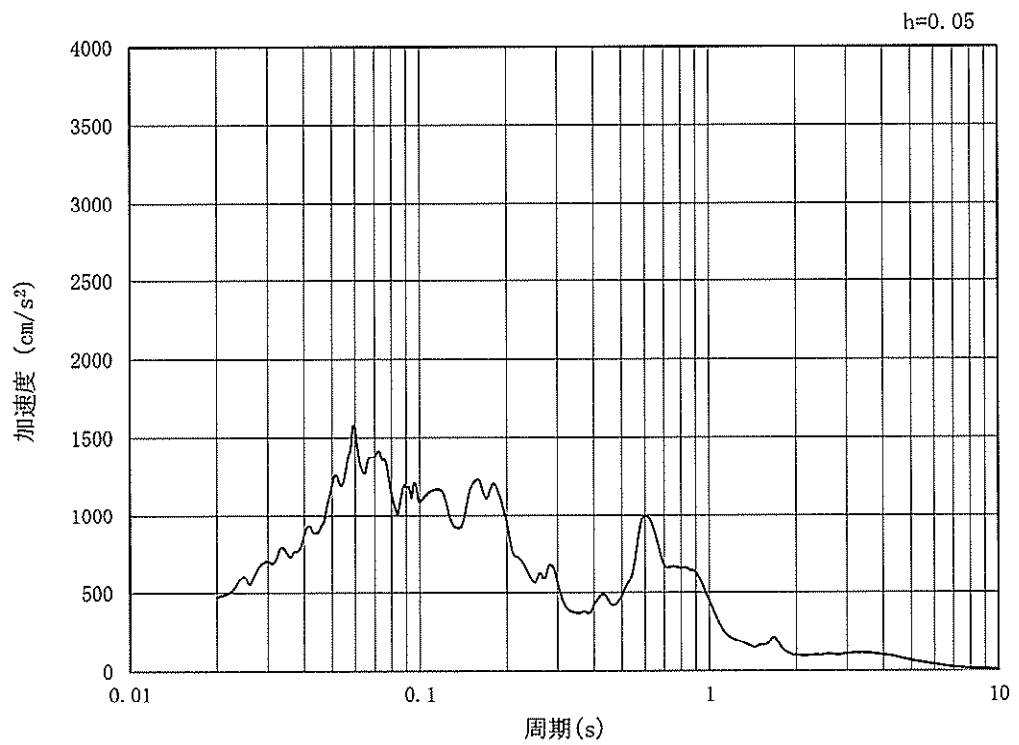
(b) 加速度応答スペクトル

図 3.4-2 (7) 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 (NS-1)
(水平方向 : S_s-13)

MAX 474 cm/s² (25.05s)



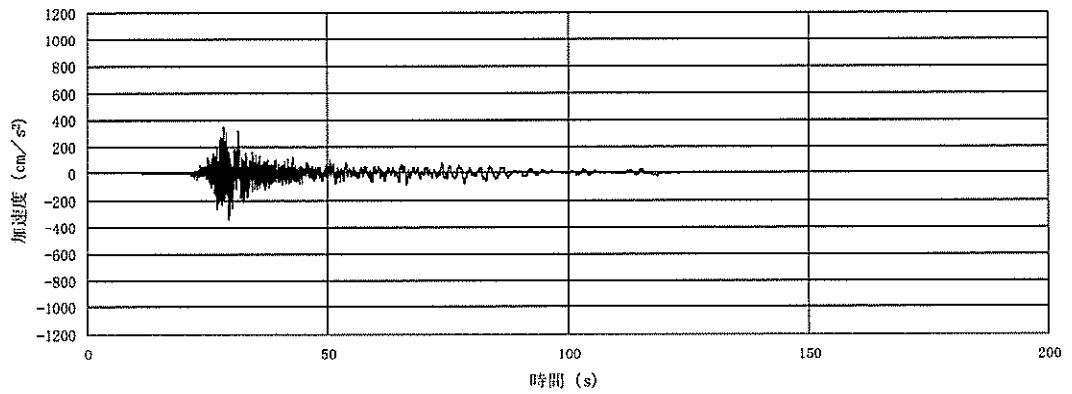
(a) 加速度時刻歴波形



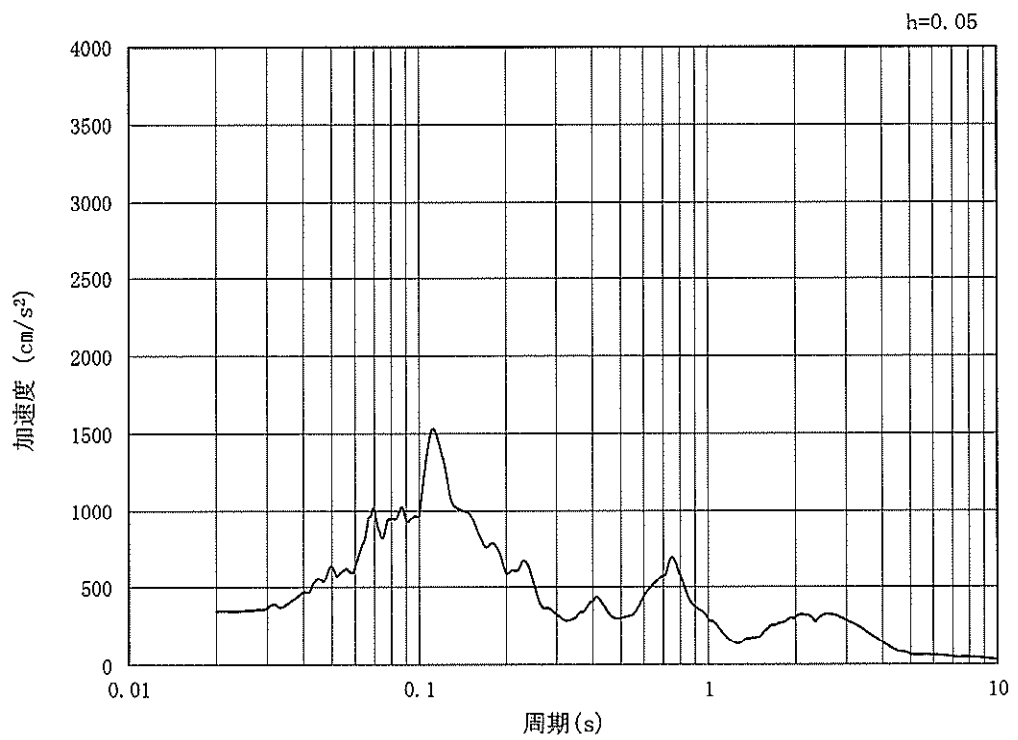
(b) 加速度応答スペクトル

図 3.4-2 (8) 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 (NS-1)
(鉛直方向: S_s-13)

MAX 348 cm/s² (28.27s)



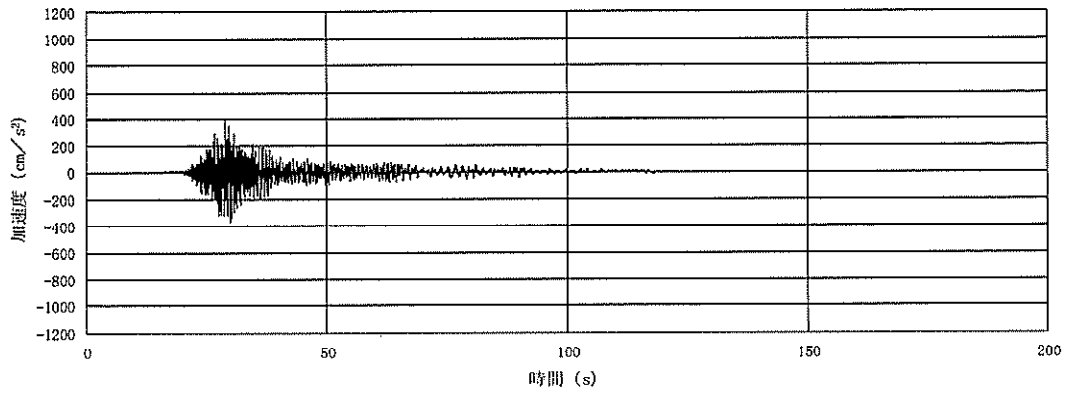
(a) 加速度時刻歴波形



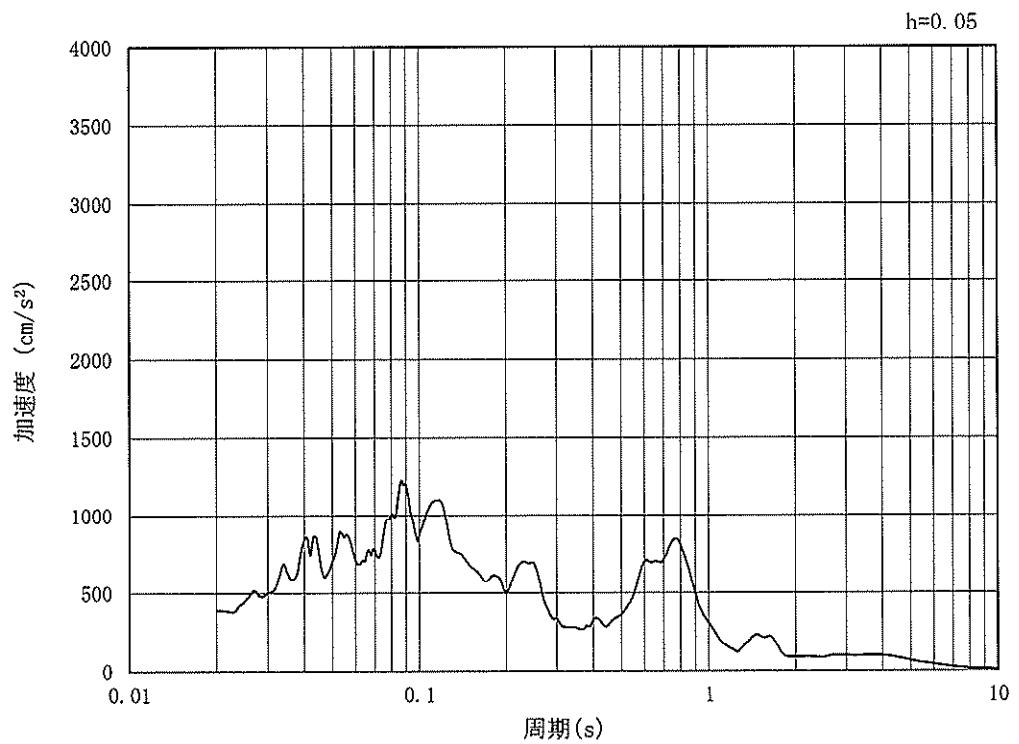
(b) 加速度応答スペクトル

図 3.4-2 (9) 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 (NS-1)
(水平方向: S_s-14)

MAX 392 cm/s² (28.99s)



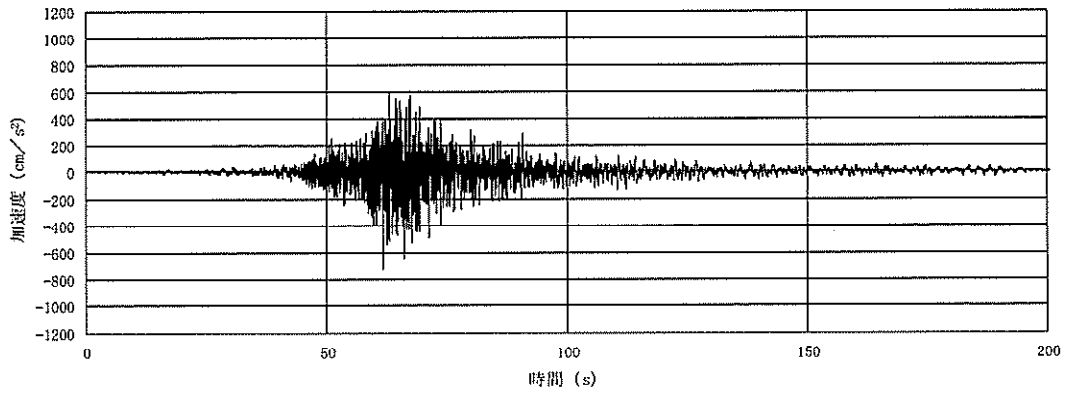
(a) 加速度時刻歴波形



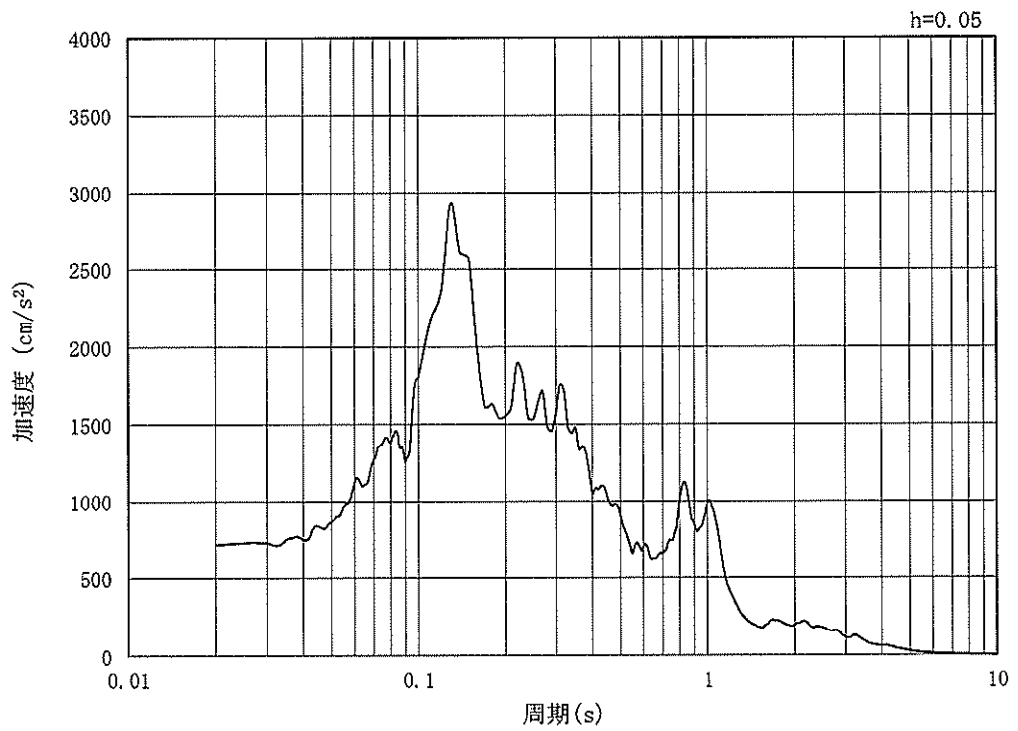
(b) 加速度応答スペクトル

図 3.4-2 (10) 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 (NS-1)
(鉛直方向: $S_s - 1.4$)

MAX 718 cm/s² (61.6s)



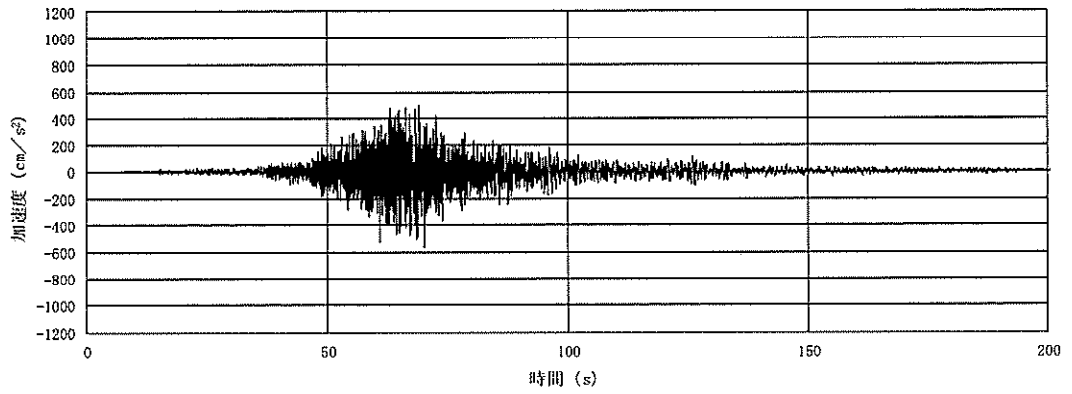
(a) 加速度時刻歴波形



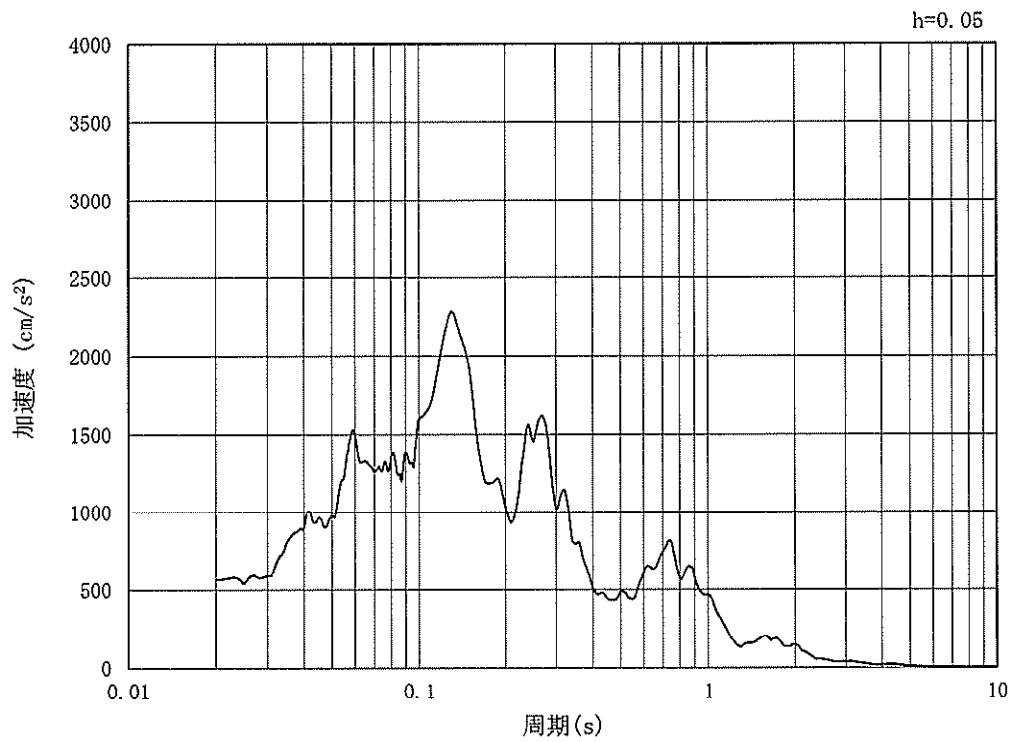
(b) 加速度応答スペクトル

図 3.4-2 (11) 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 (NS-1)
(水平方向: S_s-21)

MAX 563 cm/s^2 (70.18s)



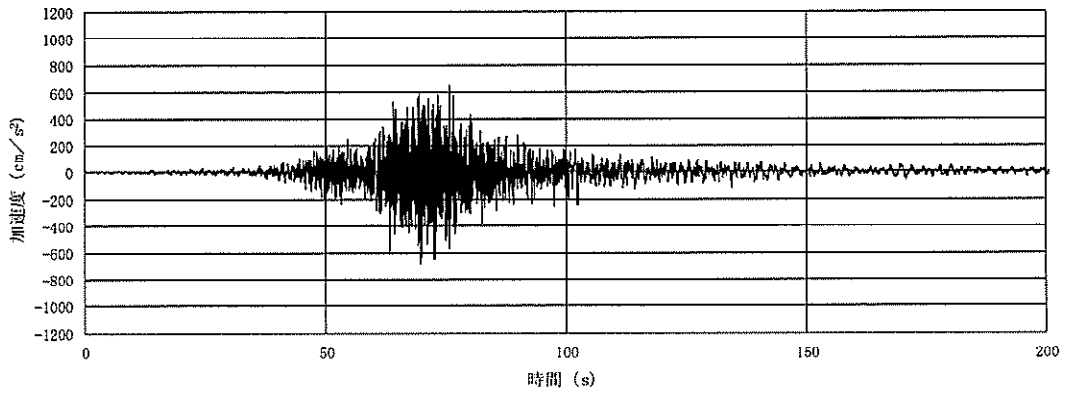
(a) 加速度時刻歴波形



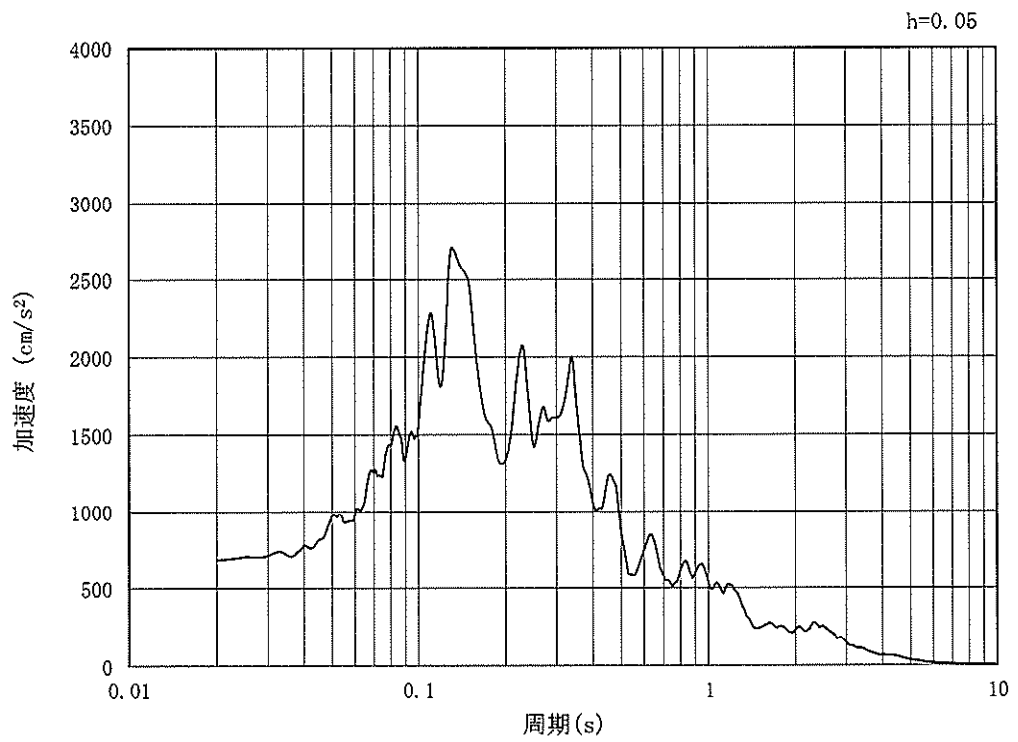
(b) 加速度応答スペクトル

図 3.4-2 (12) 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 (NS-1)
(鉛直方向: $S_s - 21$)

MAX 687 cm/s² (69.92s)



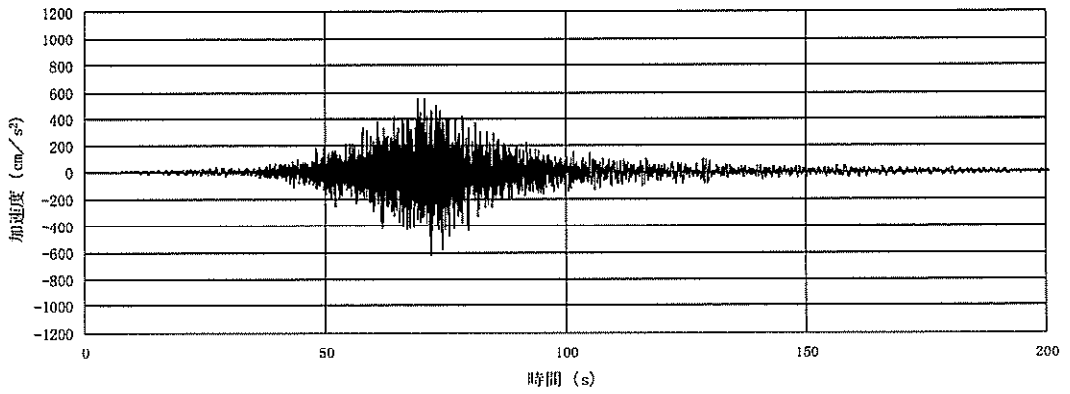
(a) 加速度時刻歴波形



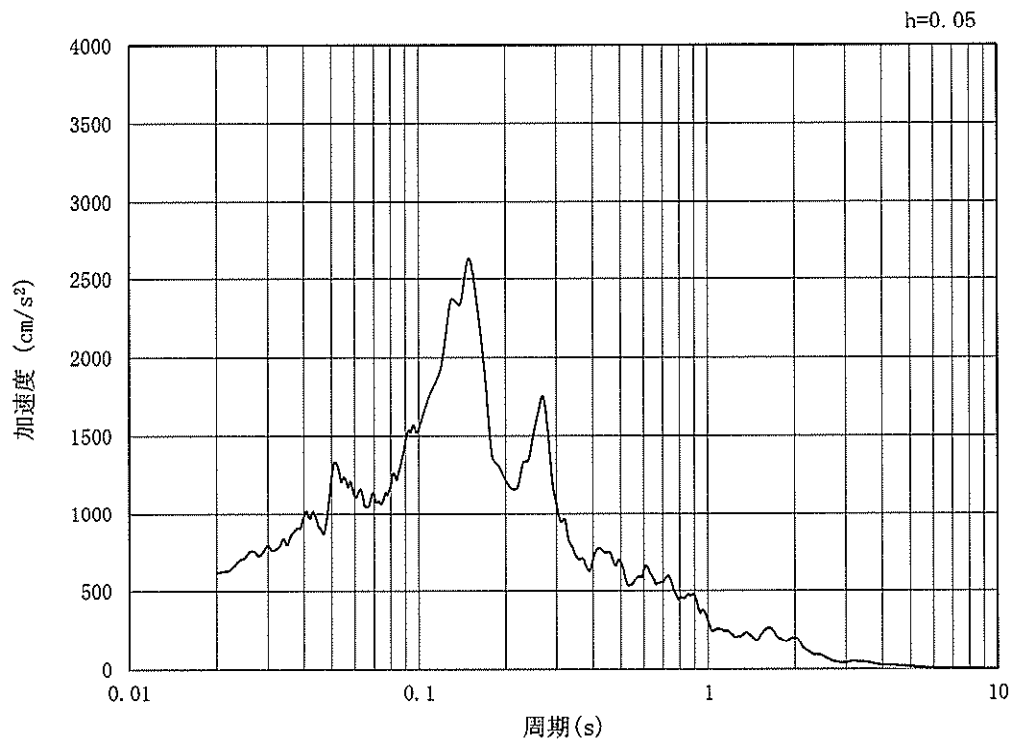
(b) 加速度応答スペクトル

図 3.4-2 (13) 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 (NS-1)
(水平方向: S_s-22)

MAX 622 cm/s² (72.1s)



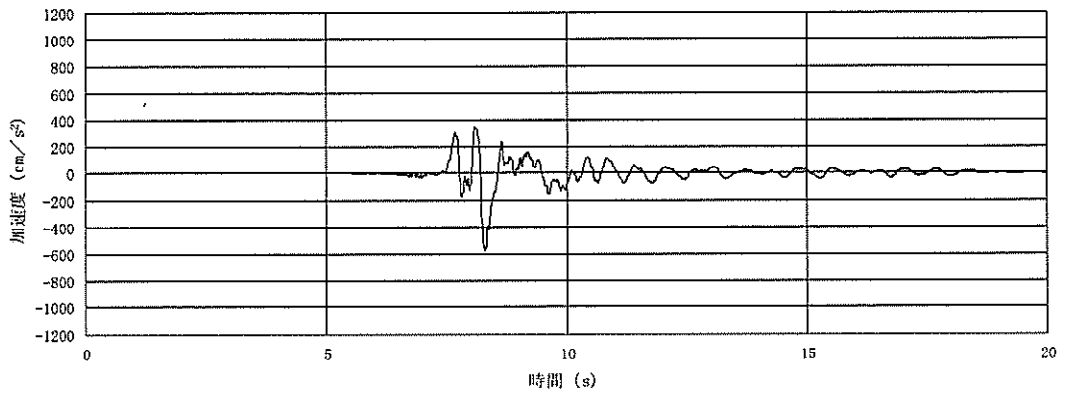
(a) 加速度時刻歴波形



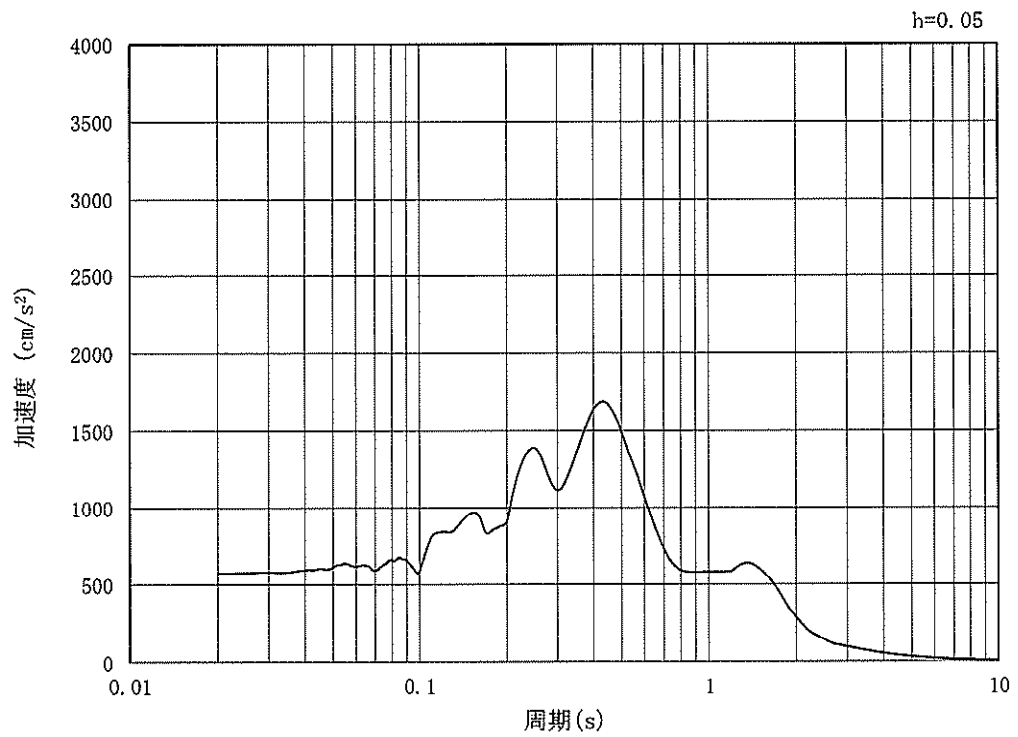
(b) 加速度応答スペクトル

図 3.4-2 (14) 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 (NS-1)
(鉛直方向: S_s-22)

MAX 574 cm/s² (8.32s)



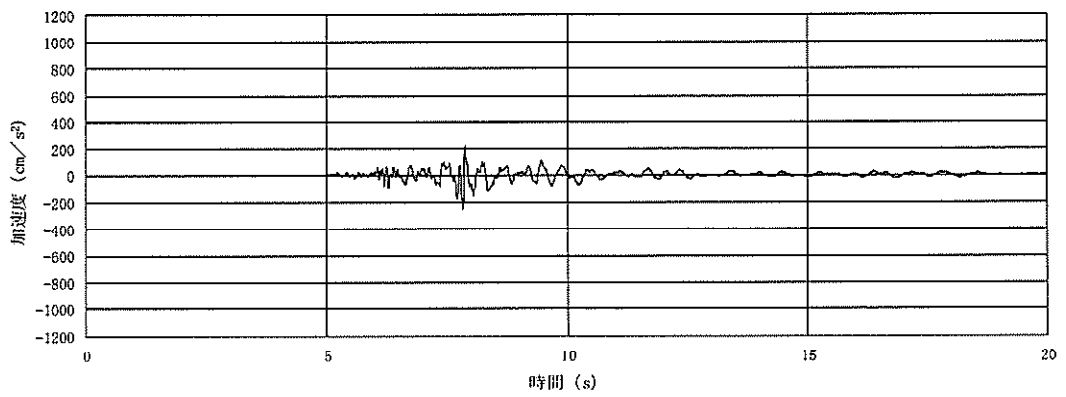
(a) 加速度時刻歴波形



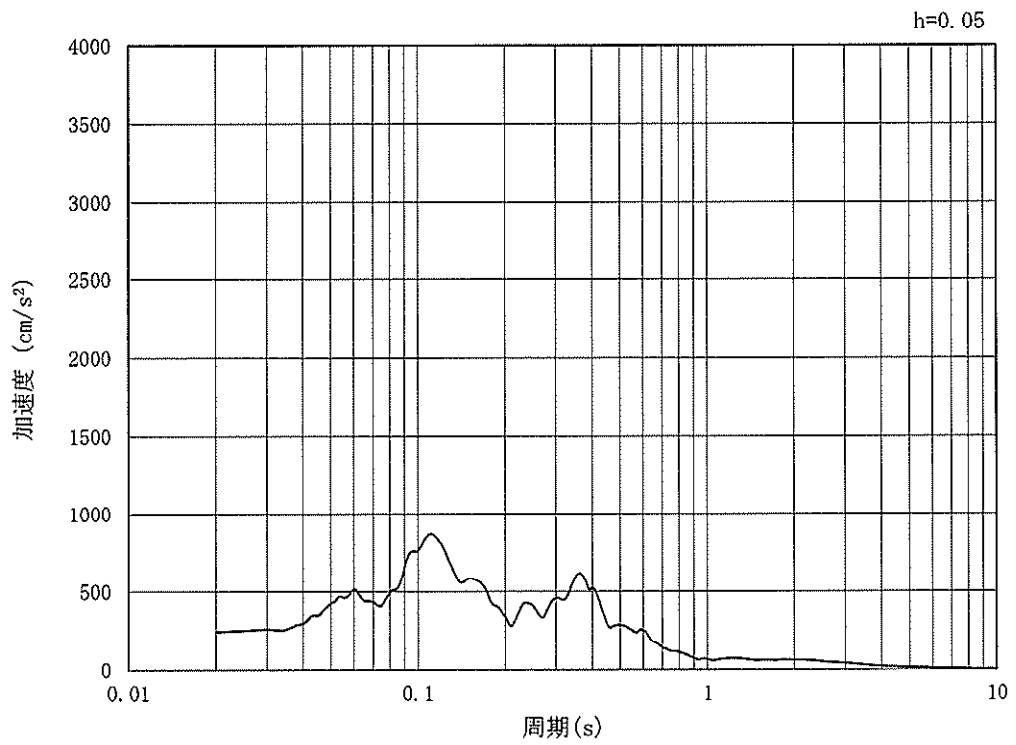
(b) 加速度応答スペクトル

図 3.4-2 (15) 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 (NS-1)
(水平方向: S_s-31)

MAX 245 cm/s² (7.83s)



(a) 加速度時刻歴波形



(b) 加速度応答スペクトル

図 3.4-2 (16) 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 (NS-1)
(鉛直方向: S_s-31)

3.5 解析モデル及び諸元

3.5.1 解析モデルの設定

(1) 解析モデル領域

地震応答解析モデルは、境界条件の影響が地盤及び構造物の応力状態に影響を及ぼさないよう、十分広い領域とする。具体的には、J E A G 4 6 0 1 - 1987 を適用し、図 3.5-1 に示すとおりモデル幅を構造物基礎幅の 5 倍以上、モデル高さを構造物基礎幅の 2 倍以上確保する。

地盤の要素分割については、地盤の波動をなめらかに表現するために、最大周波数 20 Hz 及びせん断波速度 V_s で算定される波長の 5 または 4 分割、すなわち $V_s/100$ または $V_s/80$ を考慮し、要素高さを 1 m 程度まで細分割して設定する。

構造物の要素分割については、「原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・同マニュアル」（土木学会原子力土木委員会、2002 年 5 月）に、線材モデルの要素分割については、要素長さを部材の断面厚さまたは有効高さの 2.0 倍以下とし、1.0 倍程度とするのが良い旨が示されていることを考慮し、部材の断面厚さまたは有効高さの 1.0 倍程度まで細分割して設定する。なお、杭の要素分割については、杭に接する地盤の要素分割に合わせて設定する。

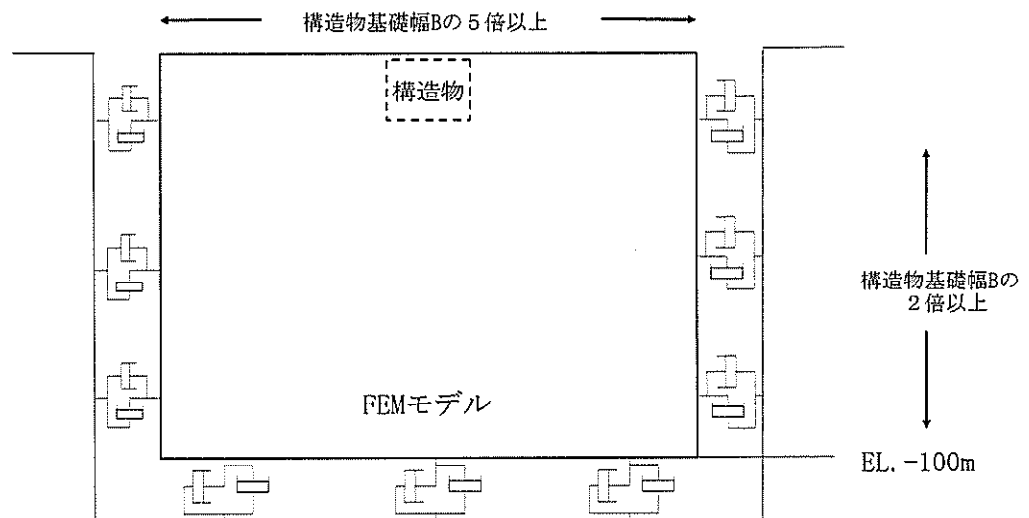


図 3.5-1 モデル範囲の考え方

2次元有効応力解析モデルは、検討対象構造物とその周辺地盤をモデル化した不整形地盤に加え、この不整形地盤の左右に広がる地盤をモデル化した自由地盤で構成される。この自由地盤は、不整形地盤の左右端と同じ地層構成を有する1次元地盤モデル（不整形地盤左右端のそれぞれ縦1列の要素列と同じ地層構成で、水平方向に連続することを表現するために循環境界条件を設定したモデル）である。2次元有効応力解析における自由地盤の初期応力解析から不整形地盤の地震応答解析までのフローを図3.5-2に示す。

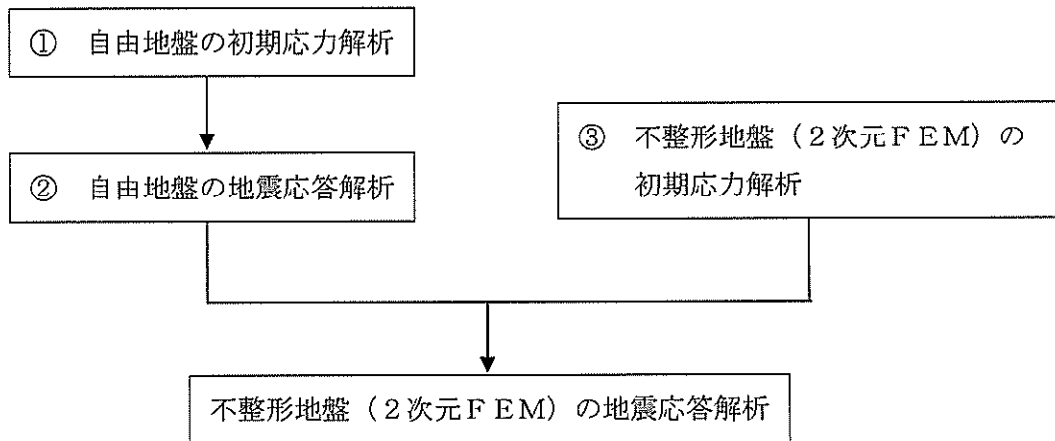


図 3.5-2 自由地盤の初期応力解析から不整形地盤（2次元FEM）の地震応答解析までのフロー

(2) 境界条件

a. 固有値解析時

固有値解析を実施する際の境界条件は、境界が構造物を含めた周辺地盤の振動特性に影響を与えないよう設定する。ここで、底面境界は地盤のせん断方向の卓越変形モードを把握するために固定とし、側面は実地盤が側方に連続していることを模擬するため水平ローラーとする。境界条件の概念図を図 3.5-3 に示す。

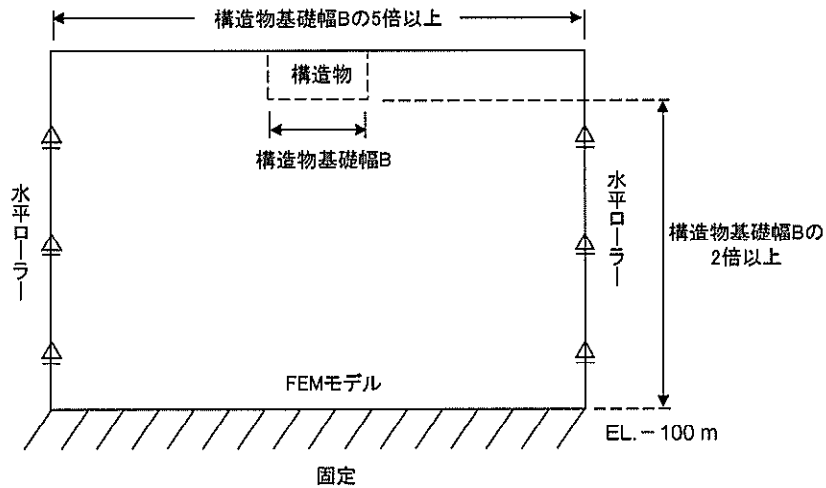


図 3.5-3 固有値解析における境界条件の概念図

b. 初期応力解析時

初期応力解析は、地盤や構造物の自重及び風荷重等の静的な荷重を載荷することによる常時の初期応力を算定するために行う。そこで、初期応力解析時の境界条件は底面固定とし、側方は自重による地盤の鉛直方向の変形を拘束しないよう鉛直ローラーとする。境界条件の概念図を図 3.5-4 に示す。

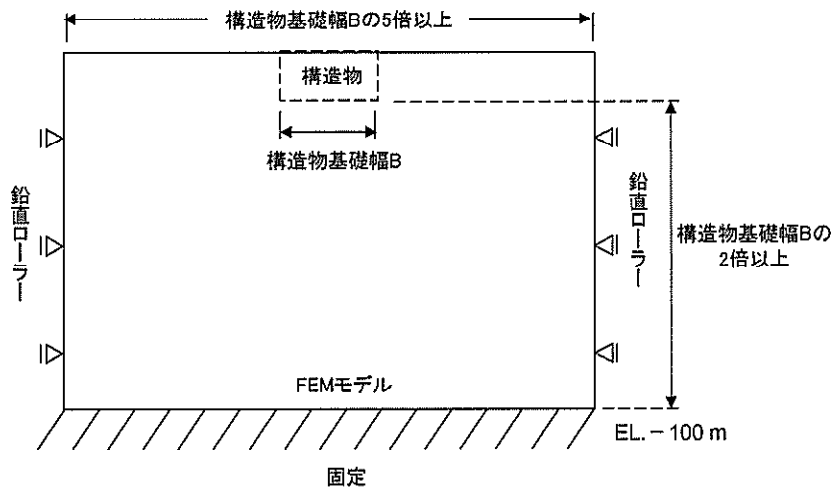


図 3.5-4 常時解析における境界条件の概念図

c. 地震応答解析時

地震応答解析時の境界条件については、有限要素解析における半無限地盤を模擬するため、粘性境界を設ける。底面の粘性境界については、地震動の下降波がモデル底面境界から半無限地盤へ通過していく状態を模擬するため、ダッシュポットを設定する。側方の粘性境界については、自由地盤の地盤振動と不整形地盤側方の地盤振動の差分が側方を通過していく状態を模擬するため、自由地盤の側方にダッシュポットを設定する。

(3) 構造物のモデル化

構造物は、線形はり要素によりモデル化する。構造物の要素分割については、「原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・同マニュアル」（土木学会原子力土木委員会、2002年5月）に、線材モデルの要素分割については、要素長さを部材の断面厚さまたは有効高さの2.0倍以下とし、1.0倍程度とするのが良い旨が示されていることを考慮し、部材の断面厚さまたは有効高さの1.0倍程度まで細分割して設定する。なお、杭の要素分割については、杭に接する地盤の要素分割に合わせて設定する。

(4) 地盤のモデル化

地盤は、マルチスプリング要素及び間隙水要素にてモデル化し、地震時の有効応力の変化に応じた非線形せん断応力～せん断ひずみ関係を考慮する。また、V-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に示す有効応力解析用地盤物性値に基づき、地盤の有効応力の変化に応じた地震時挙動を考慮できるモデルとする。

土留鋼管矢板の地震応答解析モデルを図3.5-5に示す。

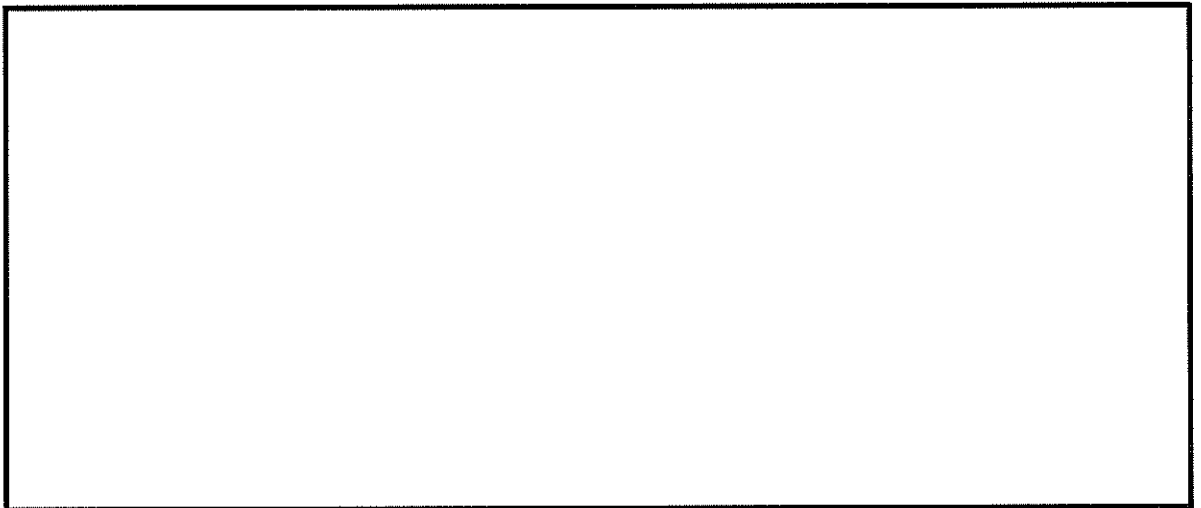


図 3.5-5 土留鋼管矢板の地震応答解析モデル (NS-1)

(5) ジョイント要素の設定

地盤と構造物の接合面にジョイント要素を設けることにより、強震時の地盤と構造物の接合面における剥離及びすべりを考慮する。

ジョイント要素は、地盤と構造物の接合面で法線方向及びせん断方向に対して設定する。法線方向については、常時状態以上の引張荷重が生じた場合、剛性及び応力をゼロとし、剥離を考慮する。せん断方向については、地盤と構造物の接合面におけるせん断抵抗力以上のせん断荷重が発生した場合、せん断剛性をゼロとし、すべりを考慮する。図 3.5-6 にジョイント要素の考え方を示す。

なお、せん断強度 τ_f は次式の Mohr-Coulomb 式により規定される。 c 、 ϕ は周辺地盤の c 、 ϕ とする。(表 3.5-1 参照)

$$\tau_f = c + \sigma' \tan \phi$$

ここで、

τ_f : せん断強度

c : 粘着力

ϕ : 内部摩擦角

表 3.5-1 周辺地盤及び隣接構造物との境界に用いる強度特性

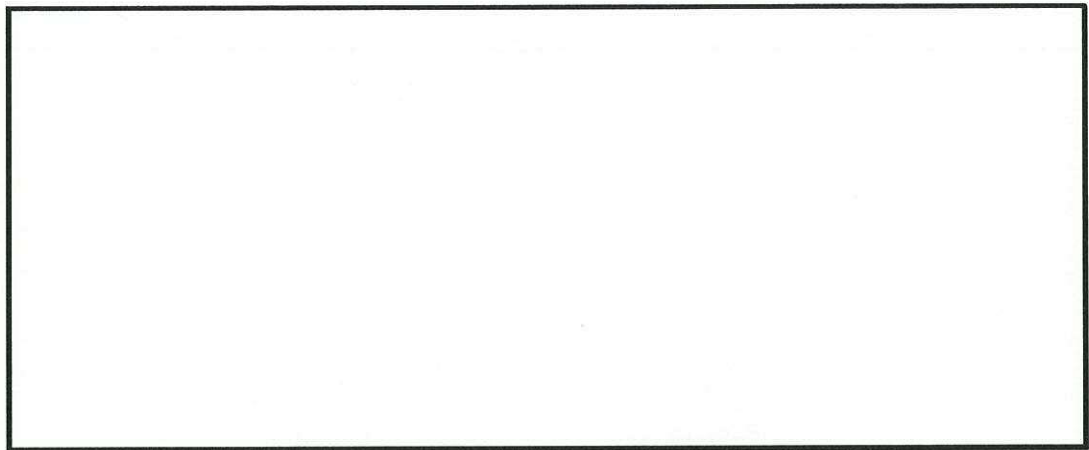
周辺の状況		粘着力 c (N/mm ²)	内部摩擦角 (度)	備考
第四紀層	du 層	0	37.3	—
	Ag2 層	0	37.4	—
	Ac 層	0.025	29.1	—
	As 層	0.012	41.0	—
	D2c-3 層	0.026	35.6	—
	D2g-3 層	0	44.4	—
新第三系	Km 層	$c = 0.358 - 0.00603 \cdot z$	$\phi = 23.2 + 0.0990 \cdot z$	—
捨石		0.02	35	—

z : 標高 (m)

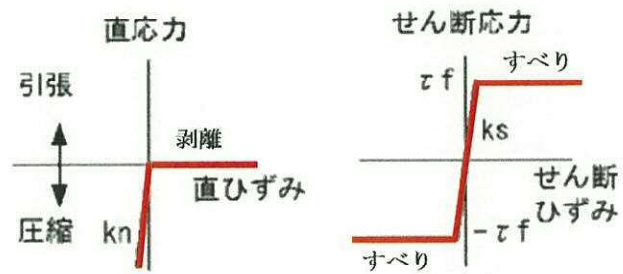
ジョイント要素のばね定数は、数値計算上不安定な挙動を起こさない程度に十分に大きい値として、港湾構造物設計事例集 (沿岸技術研究センター) に従い、表 3.5-2 のとおり設定する。

表 3.5-2 ジョイント要素のばね定数

	せん断剛性 k_s (kN/m ³)	圧縮剛性 k_n (kN/m ³)
側方及び底面	1.0×10^6	1.0×10^6



(a) ジョイント要素配置図



(b) ジョイント要素の力学的特性

図 3.5-6 ジョイント要素の考え方

(6) 杭下端ジョイントばねの設定

杭下端境界部に圧縮応力の上限値を有さないジョイントばねを設けることにより、杭下端における地盤と杭の相互作用を適切に考慮する。

杭下端の杭軸方向について設定するジョイントばねは、常時状態以上の引張荷重が生じた場合、剛性及び応力をゼロとし、剥離を考慮する。

杭下端ジョイントばねのばね定数は、数値解析上不安定な挙動を起こさない程度に十分大きい値として、表 3.5-3 のとおり設定する。図 3.5-7 に杭下端ジョイントばねの考え方を示す。

表 3.5-3 杭下端ジョイントばねのばね定数

	圧縮剛性 k_v (kN/m)
杭軸方向	1.0×10^6

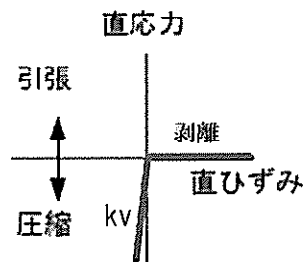


図 3.5-7 杭下端ジョイントばねの考え方

(7) 減衰特性

動的解析における地盤及び構造物の減衰については、固有値解析にて求まる固有周期及び減衰比に基づき、質量マトリックス及び剛性マトリックスの線形結合で表される以下のRayleigh減衰にて与える。なお、Rayleigh減衰を $\alpha=0$ となる剛性比例型減衰とする。

有効応力解析では、時系列で地盤の1次固有振動数が低振動数側へシフトして行くことから、Rayleigh減衰の係数 α 、 β の両方を用いると、質量比例項の減衰 α [M]の影響により、有効応力解析における減衰定数が低振動数帯で過減衰となる場合がある。

一方、有効応力解析における低振動数帯で減衰 α [M]の影響がない剛性比例型減衰では、地盤の1次固有振動数が時系列で低振動数側へシフトしていくのに伴い、1次固有振動モードに対する減衰定数が初期減衰定数より保守的に小さい側へ変化していくことを考慮できる。

ゆえに、有効応力解析では、地震力による時系列での地盤剛性の軟化に伴う1次固有振動数の低振動数側へのシフトに応じて、1次固有振動モードに対する減衰定数として、初期減衰定数よりも保守的に小さい側のモード減衰定数を適用し、地盤応答の適切な評価が行えるように、低振動数帯で減衰 α [M]の影響がない剛性比例型減衰を採用した。

$$[C] = \alpha [M] + \beta [K]$$

ここで、

[C] : 減衰係数マトリックス

[M] : 質量マトリックス

[K] : 剛性マトリックス

α, β : 係数

係数 α 、 β は以下のように求めている。

$$\alpha = 0$$

$$\beta = \frac{h}{\pi f}$$

ここで、

f : 固有値解析により求められた1次固有振動数

h : 各材料の減衰定数

地盤の減衰定数は1%（解析における減衰は、ひずみが大きい領域では履歴減衰が支配的となる。このため、解析上の安定のためになるべく小さい値として1%を採用している）とする。また、線形材料としてモデル化する鋼材の減衰定数は3%（道路橋示方書（V耐震設計編）・同解説（平成14年3月））とする。

図3.5-8にRayleigh減衰の設定フローを、表3.5-4に固有値解析結果を示す。

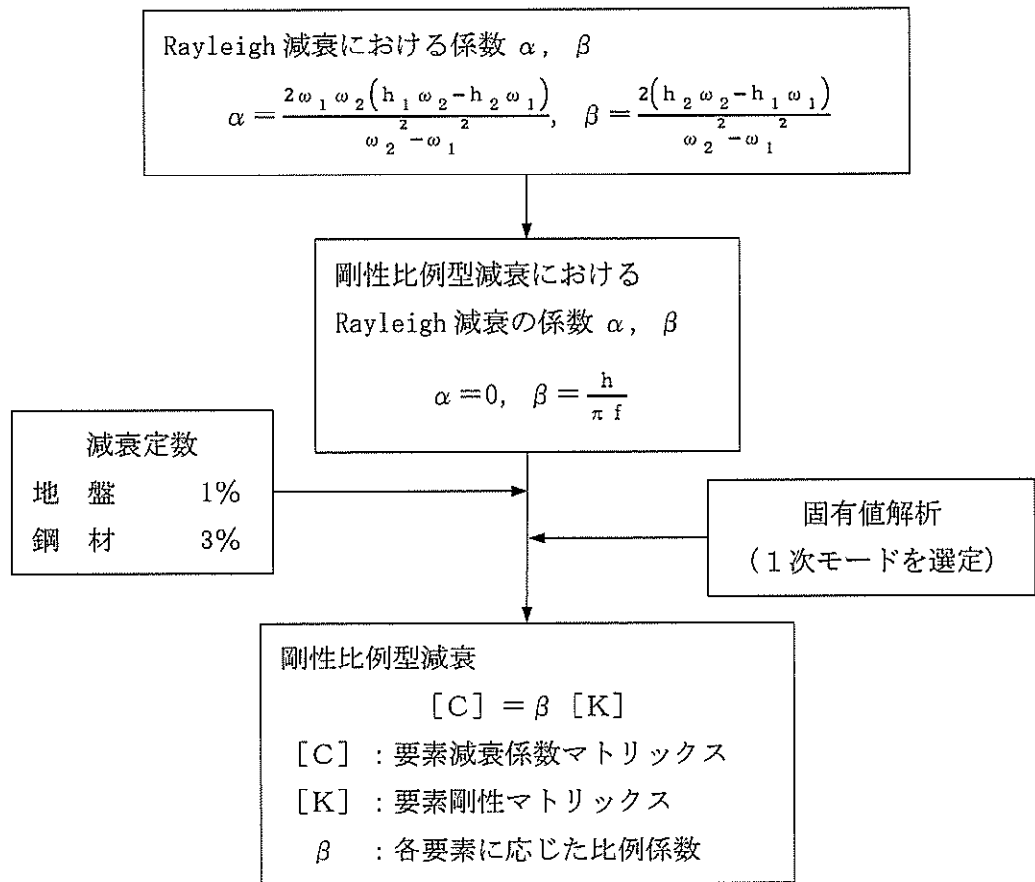


図 3.5-8 Rayleigh 減衰の設定フロー

表 3.5-4 (1) 固有値解析結果

(NS-1 断面 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

モード次数	固有振動数 (Hz)	刺激係数	備考
1	0.638	117.17	地盤の1次として採用
2	0.853	90.21	—
3	0.933	-59.06	—
4	1.159	90.32	構造物の1次として採用
5	1.206	50.13	—
6	1.387	-47.64	—
7	1.425	-13.55	—
8	1.518	-28.32	—
9	1.597	-14.63	—

表 3.5-4 (2) 固有値解析結果

(NS-1 断面 検討ケース②：地盤物性のばらつきを考慮 (+1 σ) した解析ケース)

モード次数	固有振動数 (Hz)	刺激係数	備考
1	0.689	125.63	地盤の1次として採用
2	0.911	103.50	—
3	1.011	-50.35	—
4	1.215	-84.50	構造物の1次として採用
5	1.309	29.36	—
6	1.462	-32.86	—
7	1.521	-20.51	—
8	1.605	-38.65	—
9	1.741	11.94	—

表 3.5-4 (3) 固有値解析結果

(NS-1 断面 検討ケース③：地盤物性のばらつきを考慮 (-1σ) した解析ケース)

モード次数	固有振動数 (Hz)	刺激係数	備考
1	0.582	109.05	地盤の1次として採用
2	0.783	-76.39	—
3	0.855	-71.80	—
4	1.076	-34.52	—
5	1.116	-99.46	構造物の1次として採用
6	1.274	-21.08	—
7	1.308	-56.21	—
8	1.421	12.07	—
9	1.445	15.76	—

表 3.5-4 (4) 固有値解析結果

(NS-1 断面 検討ケース④：敷地に存在しない豊浦標準砂に基づく液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)

モード次数	固有振動数 (Hz)	刺激係数	備考
1	0.609	112.95	地盤の1次として採用
2	0.817	-93.33	—
3	0.908	-65.40	—
4	1.137	69.31	構造物の1次として採用
5	1.156	71.94	—
6	1.284	12.84	—
7	1.329	49.99	—
8	1.428	12.72	—
9	1.472	17.83	—

3.5.2 使用材料及び材料の物性値

使用材料を表 3.5-5 に、材料の物性値を表 3.5-6 に示す。

表 3.5-5 使用材料

諸元		
鋼管矢板	土留鋼管矢板	北側：φ 2000 mm×t25 mm ^{*1} (SKY490) 南側：φ 2000 mm×t40 mm ^{*1} (SM570)
	貯留堰	φ 2000 mm×t40 mm ^{*1} (SM570)

注記 *1：外側 1 mm の腐食代を考慮する。内側は中詰コンクリートを充填するため腐食代を考慮しない。

表 3.5-6 材料の物性値

材料	単位体積重量 (kN/m ³)	ヤング係数 (N/mm ²)	ポアソン比	減衰定数 (%)
鋼管矢板	77.0 ^{*1}	2.0×10 ⁵ ^{*1}	0.3 ^{*1}	3 ^{*2}

注記 *1：道路橋示方書（Ⅱ鋼橋編）・同解説（（社）日本道路協会，平成 14 年 3 月）

*2：道路橋示方書（Ⅴ耐震設計編）・同解説（（社）日本道路協会，平成 14 年 3 月）

3.5.3 地盤の物性値

地盤の物性値は、V-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」にて設定している物性値を用いる。なお、地盤については、有効応力の変化に応じた地震時挙動を適切に考慮できるモデル化とする。地盤の物性値を表 3.5-7 に示す。

表 3.5-7 (1) 地盤の解析用物性値一覧（液状化検討対象層）

パラメータ				原地盤							豊浦標準砂	
				埋戻土		第四系（液状化検討対象層）						
				f1	du	Ag2	As	Ag1	D2s-3	D2g-3		D1g-1
物理特性	密度 () は地下水位以浅	ρ	g/cm ³	1.98 (1.82)	1.98 (1.82)	2.01 (1.89)	1.74	2.01 (1.89)	1.92	2.15 (2.11)	2.01 (1.89)	1.958
	間隙比	e	—	0.75	0.75	0.67	1.2	0.67	0.79	0.43	0.67	0.702
変形特性	ポアソン比	ν_{CD}	—	0.26	0.26	0.25	0.26	0.25	0.19	0.26	0.25	0.333
	基準平均有効主応力 () は地下水位以浅	σ'_{sa}	kN/m ²	358 (312)	358 (312)	497 (299)	378	814 (814)	966	1167 (1167)	1695 (1710)	12.6
	基準初期せん断剛性 () は地下水位以浅	G_{na}	kN/m ²	253529 (220739)	253529 (220739)	278087 (167137)	143284	392073 (392073)	650611	1362035 (1362035)	947946 (956776)	18975
	最大履歴減衰率	h_{max}	—	0.220	0.220	0.233	0.216	0.221	0.192	0.130	0.233	0.287
強度特性	粘着力	C_{CD}	N/mm ²	0	0	0	0.012	0	0.01	0	0	0
	内部摩擦角	ϕ_{CD}	度	37.3	37.3	37.4	41	37.4	35.8	44.4	37.4	30
液状化特性	液状化パラメータ	ϕ_p	—	34.8	34.8	34.9	38.3	34.9	33.4	41.4	34.9	28
	液状化パラメータ	S_l	—	0.047	0.047	0.028	0.046	0.029	0.048	0.030	0.020	0.005
	液状化パラメータ	W_l	—	6.5	6.5	56.5	6.9	51.6	17.6	45.2	10.5	5.06
	液状化パラメータ	P_l	—	1.26	1.26	9.00	1.00	12.00	4.80	8.00	7.00	0.57
	液状化パラメータ	P_2	—	0.80	0.80	0.60	0.75	0.60	0.96	0.60	0.50	0.80
液状化パラメータ	C_l	—	2.00	2.00	3.40	2.27	3.35	3.15	3.82	2.83	1.44	

表 3.5-7 (2) 地盤の解析用物性値一覧（非液状化層）

パラメータ				原地盤					捨石
				第四系（非液状化層）				新第三系	
				Ac	D2c-3	lm	D1c-1	Km	
物理特性	密度 () は地下水位以浅	ρ	g/cm ³	1.65	1.77	1.47 (1.43)	1.77	$1.72-1.03 \times 10^{-4} \cdot z$	2.04 (1.84)
	間隙比	e	—	1.59	1.09	2.8	1.09	1.16	0.82
変形特性	ポアソン比	ν_{CD}	—	0.10	0.22	0.14	0.22	$0.16+0.00025 \cdot z$	0.33
	基準平均有効主応力 () は地下水位以浅	σ'_{sa}	kN/m ²	480	696	249 (223)	696	動的変形特性に基づき z (標高) 毎に物性値を 設定	98
	基準初期せん断剛性 () は地下水位以浅	G_{na}	kN/m ²	121829	285223	38926 (35783)	285223		180000
	最大履歴減衰率	h_{max}	—	0.200	0.186	0.151	0.186		0.24
強度特性	粘着力	C_{CD}	N/mm ²	0.025	0.026	0.042	0.026		$0.358-0.00603 \cdot z$
	内部摩擦角	ϕ_{CD}	度	29.1	35.6	27.3	35.6	$23.2+0.0990 \cdot z$	35

z : 標高 (m)

表 3.5-7 (3) 地盤の解析用物性値一覧 (新第三系 Km 層)

区分 番号	設定深度 TP(m) Z	適用深度 TP(m)	密度 ρ (g/cm ³)	鉛直アソソ比 ν_{vb}	粘着力 C_{te} (kN/m ²)	内部摩擦角 ϕ_{te} (°)	せん断波 速度Vs (m/s)	基準初期 せん断特性値 G _{max} (kN/m ²)	基準体積 弾性係数 K _{max} (kN/m ²)	基準平均有効 主応力 σ'_{vm} (kN/m ²)	拘束圧 依存係数 mg, mK	最大履歴 減衰率 hmax(-)	鉛直アソソ比 $\nu_{\%}$	繰返し 速度Vp (m/s)	1000*Vp
1	10	9.5 ~ 10.5	1.72	0.16	298	24.2	426	310,675	353,317	504	0.0	0.105	0.464	1,640	1,640,000
2	9	8.5 ~ 9.5	1.72	0.16	304	24.1	426	312,139	354,982	504	0.0	0.105	0.464	1,644	1,644,000
3	8	7.5 ~ 8.5	1.72	0.16	310	24.0	427	313,606	356,650	504	0.0	0.105	0.464	1,648	1,648,000
4	7	6.5 ~ 7.5	1.72	0.16	316	23.9	428	315,076	358,322	504	0.0	0.105	0.464	1,651	1,651,000
5	6	5.5 ~ 6.5	1.72	0.16	322	23.8	429	316,546	359,998	504	0.0	0.106	0.464	1,651	1,651,000
6	5	4.5 ~ 5.5	1.72	0.16	328	23.7	429	318,029	361,679	504	0.0	0.106	0.463	1,658	1,658,000
7	4	3.5 ~ 4.5	1.72	0.16	334	23.6	430	319,509	363,363	504	0.0	0.107	0.463	1,642	1,642,000
8	3	2.5 ~ 3.5	1.72	0.16	340	23.5	431	319,509	363,363	504	0.0	0.107	0.463	1,642	1,642,000
9	2	1.5 ~ 2.5	1.72	0.16	346	23.4	431	319,509	363,363	504	0.0	0.107	0.463	1,642	1,642,000
10	1	0.5 ~ 1.5	1.72	0.16	352	23.3	432	320,993	365,051	504	0.0	0.107	0.463	1,646	1,646,000
11	0	-0.5 ~ 0.5	1.72	0.16	358	23.2	433	322,481	366,743	504	0.0	0.107	0.463	1,650	1,650,000
12	-1	-1.5 ~ -0.5	1.72	0.16	364	23.1	434	323,972	368,439	504	0.0	0.105	0.463	1,653	1,653,000
13	-2	-2.5 ~ -1.5	1.72	0.16	370	23.0	435	325,467	370,139	504	0.0	0.108	0.463	1,657	1,657,000
14	-3	-3.5 ~ -2.5	1.72	0.16	376	22.9	435	325,467	370,139	504	0.0	0.109	0.463	1,657	1,657,000
15	-4	-4.5 ~ -3.5	1.72	0.16	382	22.8	436	326,965	371,843	504	0.0	0.108	0.463	1,661	1,661,000
16	-5	-5.5 ~ -4.5	1.72	0.16	388	22.7	437	328,467	373,551	504	0.0	0.109	0.462	1,644	1,644,000
17	-6	-6.5 ~ -5.5	1.72	0.16	394	22.6	438	329,972	375,262	504	0.0	0.109	0.462	1,648	1,648,000
18	-7	-7.5 ~ -6.5	1.72	0.16	400	22.5	438	329,972	375,262	504	0.0	0.109	0.462	1,648	1,648,000
19	-8	-8.5 ~ -7.5	1.72	0.16	406	22.4	439	331,480	376,977	504	0.0	0.109	0.462	1,652	1,652,000
20	-9	-9.5 ~ -8.5	1.72	0.16	412	22.3	440	332,992	378,697	504	0.0	0.110	0.462	1,656	1,656,000
21	-10	-11 ~ -9.5	1.72	0.16	418	22.2	441	334,507	380,420	504	0.0	0.110	0.462	1,659	1,659,000
22	-12	-13 ~ -11	1.72	0.16	430	22.0	442	336,026	382,147	504	0.0	0.110	0.462	1,663	1,663,000
23	-14	-15 ~ -13	1.72	0.16	442	21.8	444	339,074	385,614	504	0.0	0.111	0.462	1,671	1,671,000
24	-16	-17 ~ -15	1.72	0.16	454	21.6	445	340,603	387,352	504	0.0	0.111	0.461	1,674	1,674,000
25	-18	-19 ~ -17	1.72	0.16	467	21.4	447	343,671	390,842	504	0.0	0.112	0.461	1,682	1,682,000
26	-20	-21 ~ -19	1.72	0.16	479	21.2	448	345,211	392,593	504	0.0	0.112	0.461	1,685	1,685,000
27	-22	-23 ~ -21	1.72	0.15	491	21.0	450	348,309	391,371	498	0.0	0.112	0.461	1,673	1,673,000
28	-24	-25 ~ -23	1.72	0.15	503	20.8	452	351,403	384,870	498	0.0	0.113	0.461	1,680	1,680,000
29	-26	-27 ~ -25	1.72	0.15	515	20.6	453	352,959	386,574	498	0.0	0.113	0.460	1,684	1,684,000
30	-28	-29 ~ -27	1.72	0.15	527	20.4	455	356,083	389,896	498	0.0	0.114	0.460	1,672	1,672,000
31	-30	-31 ~ -29	1.72	0.15	539	20.2	456	357,650	391,712	498	0.0	0.114	0.460	1,675	1,675,000
32	-32	-33 ~ -31	1.72	0.16	551	20.0	458	360,794	395,155	498	0.0	0.115	0.460	1,683	1,683,000
33	-34	-35 ~ -33	1.72	0.15	563	19.8	459	362,371	396,883	498	0.0	0.115	0.459	1,667	1,667,000
34	-36	-37 ~ -35	1.72	0.15	575	19.6	461	365,536	400,349	498	0.0	0.115	0.459	1,675	1,675,000
35	-38	-39 ~ -37	1.72	0.15	587	19.4	462	367,124	402,088	498	0.0	0.116	0.459	1,678	1,678,000
36	-40	-41 ~ -39	1.72	0.15	599	19.2	464	370,309	405,577	498	0.0	0.116	0.459	1,685	1,685,000
37	-42	-43 ~ -41	1.72	0.15	611	19.0	465	371,907	407,327	498	0.0	0.117	0.459	1,689	1,689,000
38	-44	-45 ~ -43	1.72	0.15	623	18.8	467	375,113	410,838	498	0.0	0.117	0.458	1,678	1,678,000
39	-46	-47 ~ -45	1.72	0.15	635	18.6	468	376,721	412,599	498	0.0	0.117	0.458	1,681	1,681,000
40	-48	-49 ~ -47	1.72	0.15	647	18.4	470	379,948	416,134	498	0.0	0.118	0.458	1,688	1,688,000
41	-50	-51 ~ -49	1.73	0.15	660	18.3	472	385,416	422,122	498	0.0	0.116	0.458	1,696	1,696,000
42	-52	-53 ~ -51	1.73	0.15	672	18.1	473	387,051	423,913	498	0.0	0.118	0.458	1,699	1,699,000
43	-54	-55 ~ -53	1.73	0.15	684	17.9	475	390,331	427,505	498	0.0	0.118	0.457	1,698	1,698,000
44	-56	-57 ~ -55	1.73	0.15	696	17.7	476	391,976	429,307	498	0.0	0.119	0.457	1,692	1,692,000
45	-58	-59 ~ -57	1.73	0.15	708	17.5	478	395,277	432,922	498	0.0	0.119	0.457	1,699	1,699,000
46	-60	-61 ~ -59	1.73	0.15	720	17.3	479	396,933	434,736	498	0.0	0.120	0.457	1,702	1,702,000
47	-62	-63 ~ -61	1.73	0.14	732	17.1	481	400,255	432,491	492	0.0	0.120	0.457	1,709	1,709,000
48	-64	-65 ~ -63	1.73	0.14	744	16.9	482	401,921	434,250	492	0.0	0.120	0.456	1,695	1,695,000
49	-66	-67 ~ -65	1.73	0.14	756	16.7	484	405,263	432,778	492	0.0	0.120	0.456	1,702	1,702,000
50	-68	-69 ~ -67	1.73	0.14	768	16.5	485	406,939	434,547	492	0.0	0.121	0.456	1,705	1,705,000
51	-70	-71 ~ -69	1.73	0.14	780	16.3	487	410,302	433,097	492	0.0	0.121	0.456	1,712	1,712,000
52	-72	-73 ~ -71	1.73	0.14	792	16.1	489	413,679	436,681	492	0.0	0.121	0.456	1,719	1,719,000
53	-74	-75 ~ -73	1.73	0.14	804	15.9	490	415,373	438,449	492	0.0	0.122	0.455	1,705	1,705,000
54	-76	-77 ~ -75	1.73	0.14	816	15.7	492	418,771	442,036	492	0.0	0.122	0.455	1,712	1,712,000
55	-78	-79 ~ -77	1.73	0.14	828	15.5	493	420,475	443,835	492	0.0	0.122	0.455	1,716	1,716,000
56	-80	-81 ~ -79	1.73	0.14	840	15.3	495	423,893	447,443	492	0.0	0.122	0.455	1,723	1,723,000
57	-82	-83 ~ -81	1.73	0.14	852	15.1	496	425,605	449,233	492	0.0	0.123	0.455	1,726	1,726,000
58	-88	-89 ~ -87	1.73	0.14	889	14.5	501	434,232	458,356	492	0.0	0.124	0.454	1,726	1,726,000
59	-92	-93 ~ -91	1.73	0.14	913	14.1	504	439,448	463,862	492	0.0	0.124	0.454	1,736	1,736,000
60	-98	-101 ~ -95	1.73	0.14	949	13.5	509	448,210	473,111	492	0.0	0.125	0.453	1,736	1,736,000
61	-104	-108 ~ -101	1.73	0.13	985	12.9	513	452,282	463,485	486	0.0	0.126	0.452	1,733	1,733,000
62	-112	-115 ~ -109	1.73	0.13	1,033	12.1	519	465,995	474,391	486	0.0	0.127	0.451	1,737	1,737,000
63	-116	-122 ~ -115	1.73	0.13	1,070	11.5	524	475,016	483,575	485	0.0	0.127	0.451	1,754	1,754,000
64	-126	-130 ~ -122	1.73	0.13	1,118	10.7	530	485,957	494,713	485	0.0	0.128	0.450	1,768	1,768,000

3.5.4 地下水位

土留鋼管矢板背後の捨石マウンドの透水性を考慮し，地下水位は海水面（L.W.L. T.P. -0.81 m）として設定する。

3.6 解析ケース

土留鋼管矢板の耐震評価における検討ケースを表 3.6-1 に示す。

耐震評価においては、全ての基準地震動 S_s に対して実施する①の検討ケース（基本ケース）において、せん断力照査及び曲げ軸力照査をはじめとした全ての照査項目について、各照査値が最も厳しい（許容限界に対する余裕が最も小さい）地震動を用い、②～⑥の中から追加検討ケースを実施する。最も厳しい地震動の選定は、照査値 1.0 に対して 2 倍の余裕となる照査値 0.5 以上を相対的に厳しい地震動の選定の目安として実施する。

②～⑥より追加検討ケースを実施する地震動の選定フローを図 3.6-1 に示す

表 3.6-1 土留鋼管矢板の耐震評価における検討ケース

検討ケース		①	②	③	④	⑤	⑥
液状化強度特性の設定		原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース(基本ケース)	地盤物性のばらつきを考慮(+1 σ)した解析ケース	地盤物性のばらつきを考慮(-1 σ)した解析ケース	地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース	原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース	地盤物性のばらつきを考慮(+1 σ)して非液状化の条件を仮定した解析ケース
地震波(位相)		原地盤に基づく液状化強度特性(標準偏差を考慮)	原地盤に基づく液状化強度特性(標準偏差を考慮)	原地盤に基づく液状化強度特性(標準偏差を考慮)	敷地に存在しない豊浦標準砂に基づく液状化強度特性	液状化パラメータを非適用	液状化パラメータを非適用
地震波(位相)	S_s-D1	(H+V+)	実施				
		(H+V-)	実施				
		(H-V+)	実施				
		(H-V-)	実施				
	S_s-11		実施				
	S_s-12		実施				
	S_s-13		実施				
	S_s-14		実施				
	S_s-21		実施				
	S_s-22		実施				
S_s-31	(H+V+)	実施					
	(H-V+)	実施					

全ての基準地震動 S_s に対して実施する①の検討ケース（基本ケース）において、せん断力照査及び曲げ軸力照査をはじめとした全ての照査項目について、各照査値が最も厳しい（許容限界に対する余裕が最も小さい）地震動を用い、②～⑥より追加検討ケースを実施する。

構築物間の相対変位の算定を行う場合は、上記の実施ケースにおいて変位量が厳しいケースで行う。

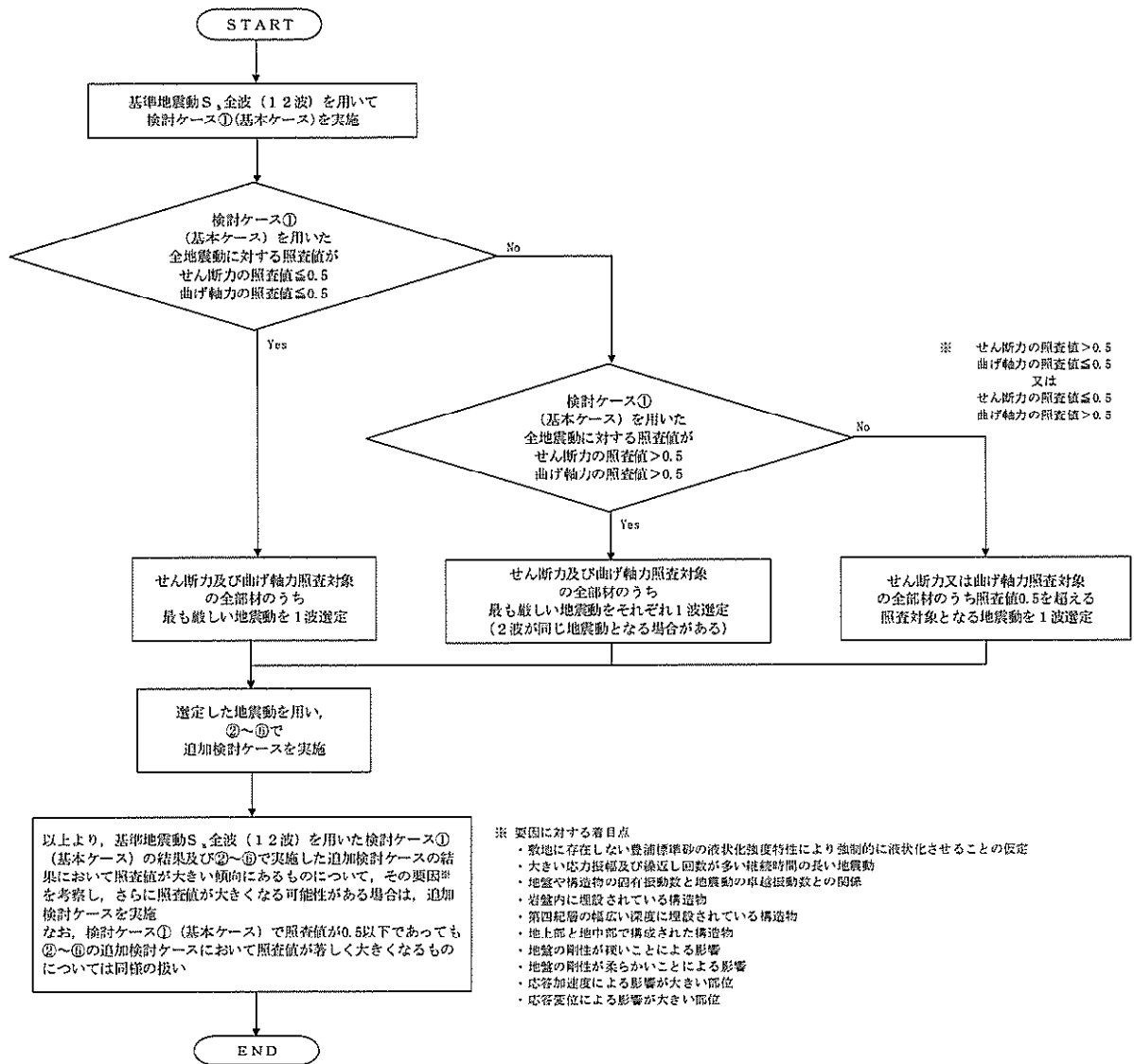


図 3.6-1 ②～⑥より追加検討ケースを実施する地震動の選定フロー

4. 耐震評価

4.1 評価対象部位

評価対象部位は、土留鋼管矢板の構造上の特徴を踏まえ設定する。

(1) 鋼管矢板

構造部材の健全性が要求される鋼管矢板を評価対象部位とする。

(2) 基礎地盤

鋼管矢板を支持する基礎地盤を評価対象部位とする。

4.2 荷重及び荷重の組合せ

荷重及び荷重の組合せは、V-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき設定する。

4.2.1 耐震安全性評価上考慮する状態

土留鋼管矢板の地震応答解析において、地震以外に考慮する状態を以下に示す。

(1) 運転時の状態

発電用原子炉施設が運転状態にあり、通常の条件下におかれている状態。ただし、運転時の異常な過渡変化時の影響を受けないことから考慮しない。

(2) 設計基準事故時の状態

設計基準事故時の影響を受けないことから考慮しない。

(3) 設計用自然条件

積雪荷重及び風荷重を考慮する。

(4) 重大事故等時の状態

重大事故等時の状態の影響を受けないことから考慮しない。

4.2.2 荷重

土留鋼管矢板の地震応答解析において、考慮する荷重を以下に示す。

(1) 常時考慮荷重 (G)

常時考慮荷重として、躯体自重を考慮する。

(2) 地震荷重 (K_{S_s})

基準地震動 S_s による荷重を考慮する。

(3) 積雪荷重 (P_s)

積雪荷重については、「建築基準法施行令第 86 条」及び「茨城県建築基準法施工細則 第 16 条の 4」に従って設定する。積雪の厚さ 1 cm 当たりの荷重を $20 \text{ N/m}^2/\text{cm}$ として、積雪量は 30 cm としていることから積雪荷重は 600 N/m^2 であるが、地震時短期荷重として積雪荷重の 0.35 倍である 0.21 kN/m^2 を考慮する。

積雪荷重は構造物上面に付加質量として考慮する。

(4) 風荷重 (P_k)

風荷重として、風速 30 m/s の風圧力を考慮し、「5.11 浸水防護施設の評価における衝突荷重、風荷重及び積雪荷重について」に示す道路橋示方書 (I 共通編)・同解説 ((社) 日本道路協会, 平成 14 年 3 月) 」の式により、 1.7 kN/m^2 とする。

4.2.3 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 3.3-1 及び表 3.3-2 に示す。

表 4.2-1 荷重の組合せ

外力の状態	荷重の組合せ
地震時 (S_s)	$G + K_{S_s} + P_s + P_k$

G : 固定荷重

K_{S_s} : 地震荷重

P_s : 積雪荷重

P_k : 風荷重

表 4.2-2 荷重の組合せ

種別	荷重	算定方法
永久荷重	躯体自重	○ ・設計図書に基づいて、対象構造物の体積に材料の密度を乗じて設定する。
	機器・配管自重	— ・機器・配管設備はないことから、考慮しない。
	土被り荷重	○ ・常時応力解析により設定する。
	上載荷重	— ・恒常的に配置された設備等はないことから、考慮しない。
	静止土圧	○ ・常時応力解析により設定する。
	外水圧	○ ・海水面に応じた静水圧として設定する。 ・海水の密度を考慮する。
	内水圧	— ・内水圧を考慮する構造形式ではないことから、考慮しない。
変動荷重	積雪荷重	○ ・積雪荷重を考慮する。
	風荷重	○ ・風荷重を考慮する。
	積雪荷重及び風荷重以外	— ・積雪荷重及び風荷重以外には発電所の立地特性及び構造物の配置状況を踏まえると、偶発荷重と組み合わせるべき変動荷重はない
偶発荷重	水平地震動	○ ・基準地震動 S_s による水平・鉛直同時加振を考慮する。
	鉛直地震動	○ ・躯体の慣性力、動土圧を考慮する。
	動水圧	○ ・水位条件、密度は、永久荷重と同様とする。

4.3 許容限界

許容限界は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき設定する。

(1) 構造部材に対する許容限界

構造部材に対する許容限界は、「道路橋示方書（I 共通編・IV 下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成 14 年 3 月）」に基づき，鋼管矢板の許容応力度に対して割増係数 1.5 を考慮し，表 4.3-1 のとおり設定する。

表 4.3-1 鋼管矢板の短期許容応力度

評価項目			短期許容応力度 (N/mm ²)	
南側	鋼管矢板 φ 2000	SM570	許容曲げ応力度 σ_{sa}	382.5
			許容せん断応力度 τ_{sa}	217.5
北側	鋼管矢板 φ 2000	SKY490	許容曲げ応力度 σ_{sa}	277.5
			許容せん断応力度 τ_{sa}	157.5

(2) 基礎地盤の支持力に対する許容限界

極限支持力は、V-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に基づき、道路橋示方書（I 共通編・IV 下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会、平成 14 年 3 月）により設定する。

道路橋示方書による杭基礎（打込み工法）の支持力算定式を以下に、基礎地盤の支持性能に対する許容限界を表 4.3-2 に示す。

$$R_u = P_u + U \sum L_i f_i$$

R_u : 地盤から決まる杭の極限支持力 (kN)

P_u : 杭先端の極限支持力 (kN) (打込み工法)

$$P_u = 440 \cdot q_u^{1/2} \cdot A_t^{2/5} \cdot A_i^{1/3}$$

q_u : 支持岩盤の一軸圧縮強度 (kN/m²)

* $c_{\text{cut}} = q_u / 2$ より、 $q_u = c_{\text{cut}} \times 2$ 。ここで、 c_{cut} は「補足-340-1 地盤の支持性能について」の表 4.1-1 における K_m 層の非排水せん断強度

A_t : 鋼管杭の先端純断面積 (m²)

A_i : 鋼管杭の先端閉塞面積 (m²)

U : 杭の周長 (m)

L_i : 周面摩擦力を考慮する層の層厚 (m)

f_i : 周面摩擦力を考慮する層の最大周面摩擦力度 (kN/m²)

表 4.3-2 基礎地盤の支持性能に対する許容限界

項目	算定結果		備考
	土留鋼管矢板 (南側)	土留鋼管矢板 (北側)	
極限支持力 R_u (kN)	—	—	
杭先端の極限支持力 P_u (kN)	15463	13384	$440 \cdot q_u^{1/2} \cdot A_t^{2/5} \cdot A_i^{1/3}$
杭先端の極限支持力度 P_u' (kN/m ²)	4932	4269	P_u/A
一軸圧縮強度 q_u (kN/m ²)	1904	2048	非排水せん断強度×2
杭先端純断面積 A_t (m ²)	0.24	0.149	
杭先端閉塞面積 A_i (m ²)	2.895	2.986	
杭先端面積 A (m ²)	3.135	3.135	$A_t + A_i$
杭先端標高 T.P. (m)	-33.1	-54.1	
杭の周長 U (m)	—	—	
周面摩擦を考慮する層厚 L_i (m)	—	—	
最大周面摩擦力度 (kN/m ²)	—		

4.4 評価方法

「3. 地震応答解析」により得られる照査用応答値が「4.2 許容限界」で設定した許容限界以下であることを確認する。

(1) 構造部材

構造部材の評価は、鋼管矢板の曲げモーメント及び軸力より算定される応力、せん断力より算定されるせん断応力が許容限界以下であることを確認する。

a. 曲げモーメント及び軸力に対する照査

鋼管矢板に発生する曲げモーメント及び軸力を用いて次式により算定される応力が許容限界以下であることを確認する。

$$\sigma = \frac{N}{A} \pm \frac{M}{Z}$$

ここで、

σ : 鋼管杭の曲げモーメント及び軸力より算定される応力 (N/mm²)

M : 最大曲げモーメント (N・mm)

Z : 断面係数 (mm³)

N : 軸力 (N)

A : 有効断面積 (mm²)

b. せん断力に対する照査

鋼管矢板に発生するせん断力を用いて次式により算定されるせん断応力がせん断強度に基づく許容限界以下であることを確認する。

$$\tau = \kappa \frac{S}{A}$$

ここで、

τ : 鋼管杭のせん断力より算定されるせん断応力 (N/mm²)

S : せん断力 (N)

A : 有効断面積 (mm²)

κ : せん断応力の分布係数 (2.0)

(2) 基礎地盤の支持力

基礎地盤の支持性能評価においては、基礎地盤に作用する接地圧が極限支持力に基づく許容限界以下であることを確認する。

4.5 解析モデル及び諸元

土留鋼管矢板は、線形はり要素によりモデル化する。構造物の要素分割については、「原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・同マニュアル」（土木学会原子力土木委員会，2002年5月）に、線材モデルの要素分割については、要素長さを部材の断面厚さまたは有効高さの2.0倍以下とし、1.0倍程度とするのが良い旨が示されていることを考慮し、部材の断面厚さまたは有効高さの1.0倍程度まで細分割して設定する。なお、杭の要素分割については、杭に接する地盤の要素分割に合わせて設定する。

5. 評価結果

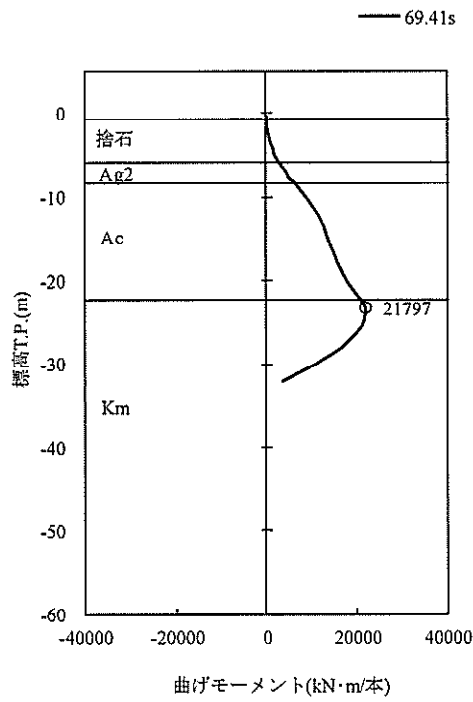
5.1 地震応答解析結果

地震応答解析結果として「断面力分布」，「最大せん断ひずみ分布」，「過剰間隙水圧比分布」及び「最大加速度分布」を示す。

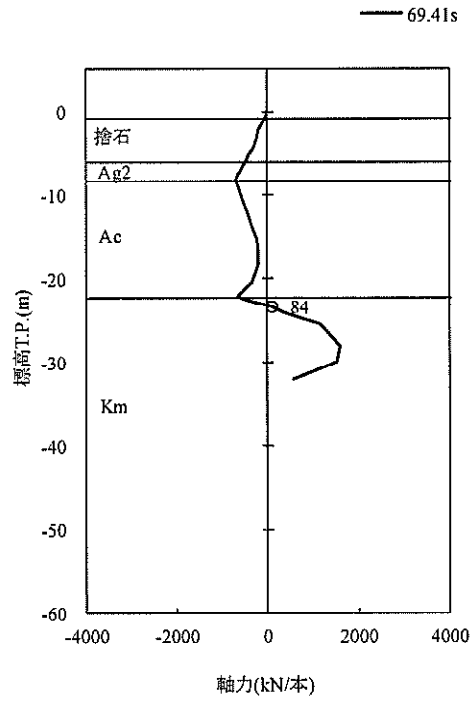
(1) 断面力分布

NS-1 における基準地震動 S_s による土留鋼管矢板に発生する断面力（曲げモーメント，軸力，せん断力）の分布を図 5.1-1 に示す。本図は鋼管矢板の曲げ軸力照査及びせん断力照査において照査値が最も厳しくなる時刻における断面力分布を示したものである。

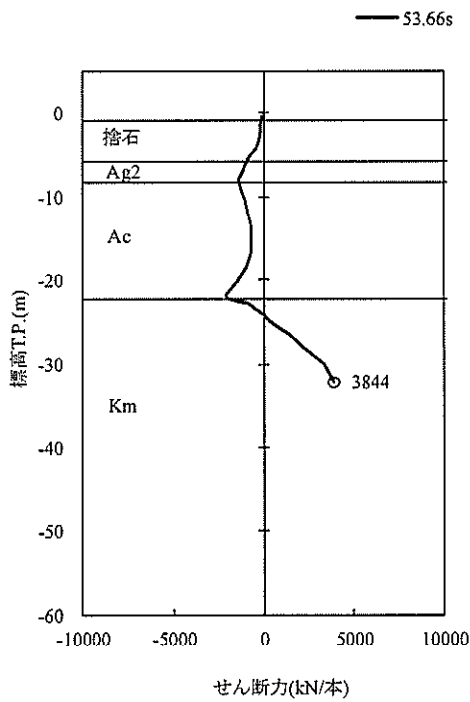
土留壁鋼管矢板(南側)



土留壁鋼管矢板(南側)



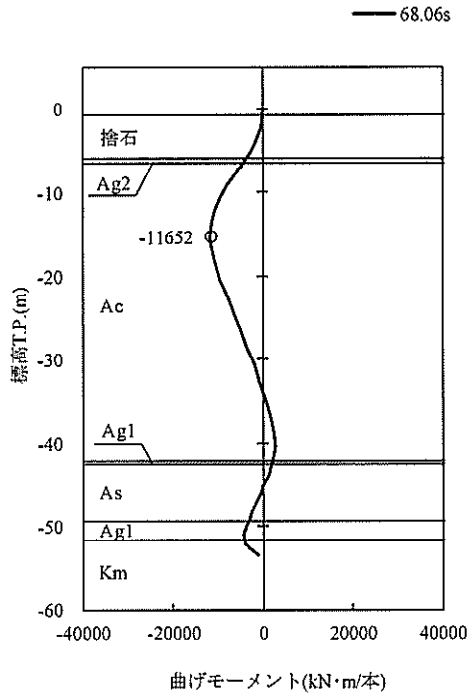
土留壁鋼管矢板(南側)



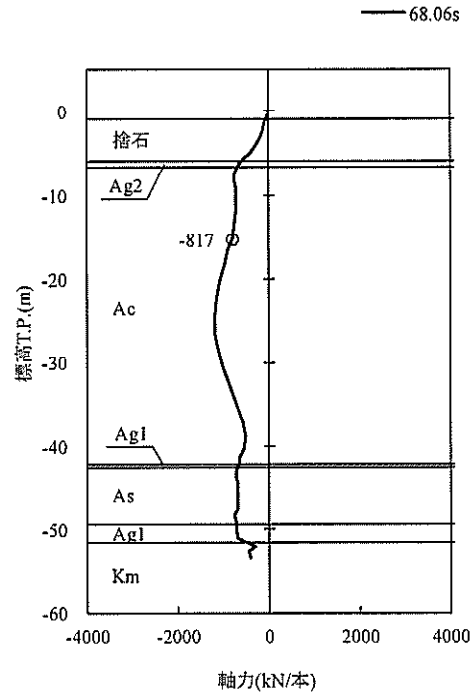
(a) 土留鋼管矢板(南側)

図 5.1-1 (1) 最も厳しい照査値となる時刻の断面力 ($S_s - D1 [H+, V+]$) (1/2)
 (NS-1 検討ケース①: 原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

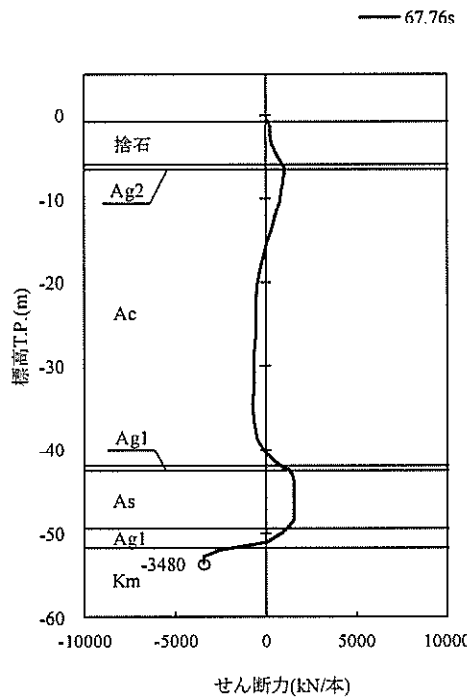
土留壁鋼管矢板(北側)



土留壁鋼管矢板(北側)



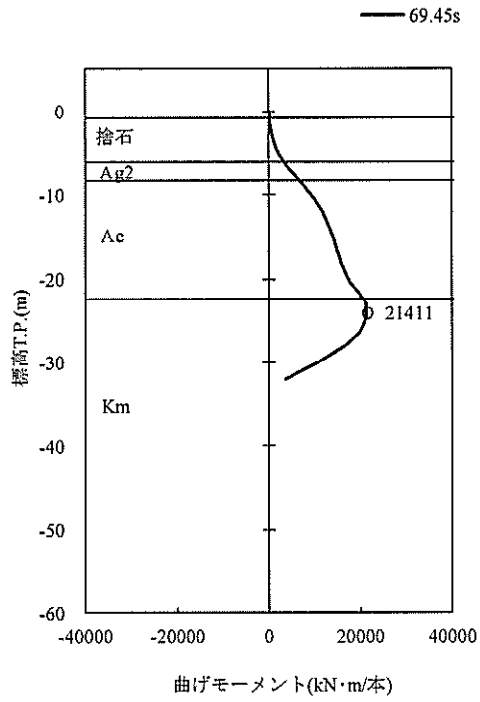
土留壁鋼管矢板(北側)



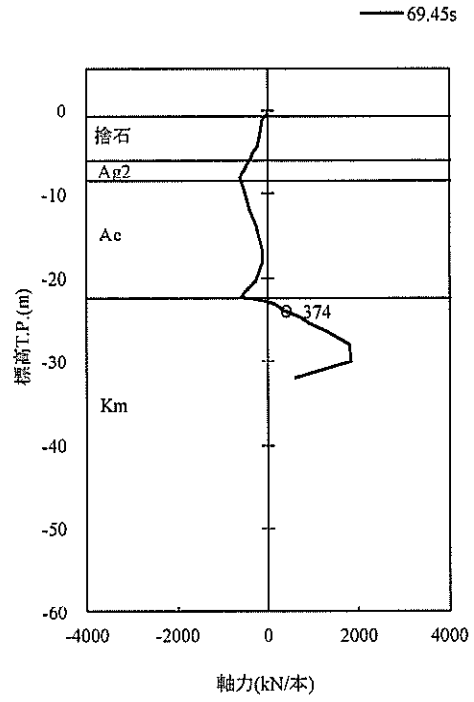
(b) 土留鋼管矢板 (北側)

図 5.1-1 (1) 最も厳しい照査値となる時刻の断面力 ($S_s - D1 [H+, V+]$) (2/2)
(NS-1 検討ケース①: 原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

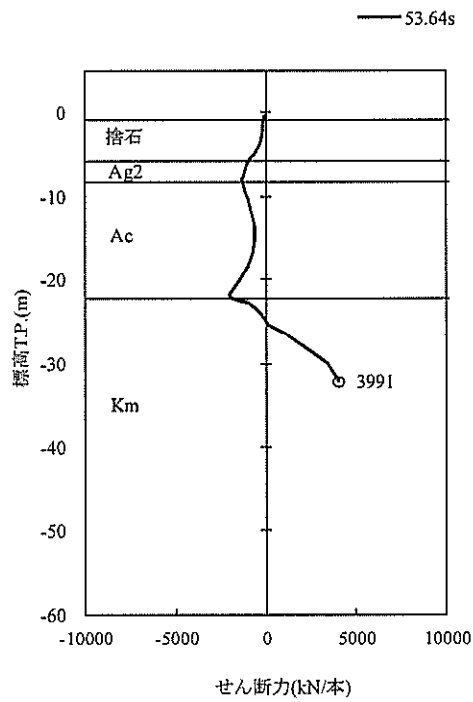
土留壁鋼管矢板(南側)



土留壁鋼管矢板(南側)



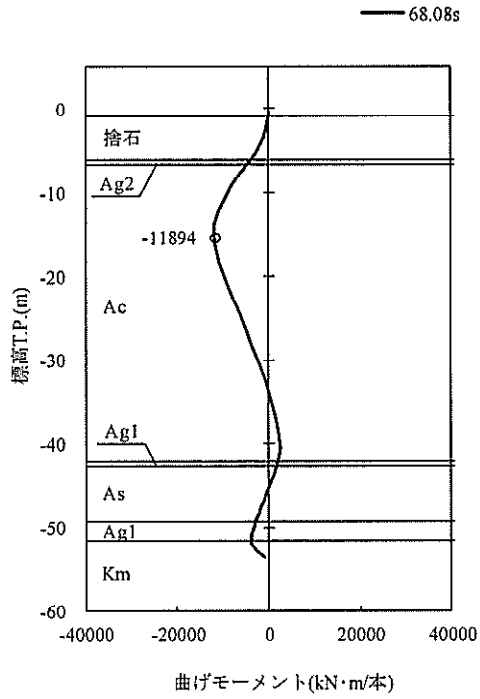
土留壁鋼管矢板(南側)



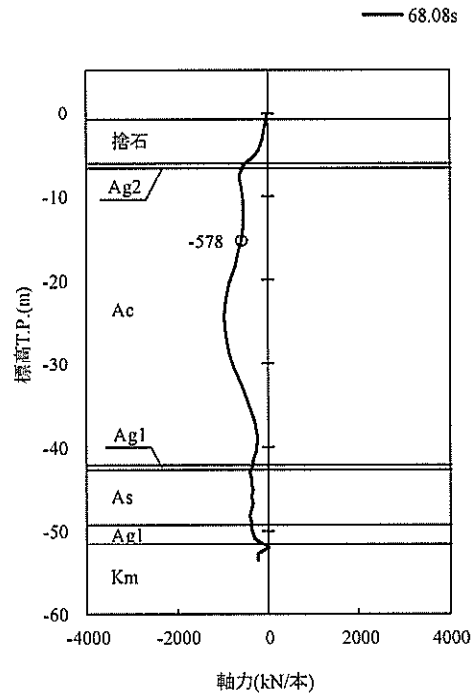
(a) 土留鋼管矢板 (南側)

図 5.1-1 (2) 最も厳しい照査値となる時刻の断面力 ($S_s - D1 [H+, V-]$) (1/2)
 (NS-1 検討ケース①: 原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

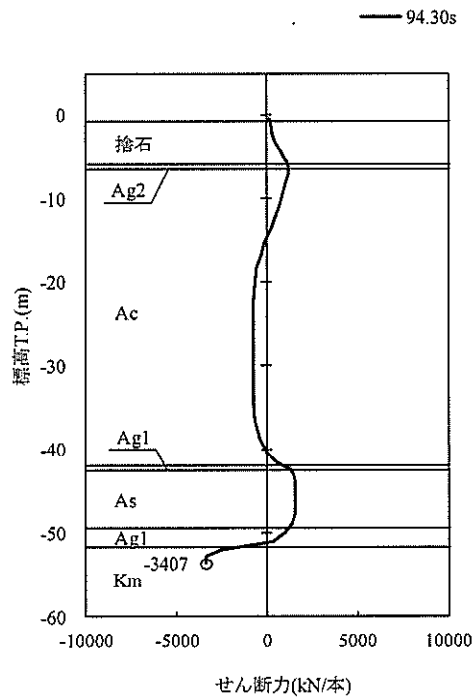
土留壁鋼管矢板(北側)



土留壁鋼管矢板(北側)



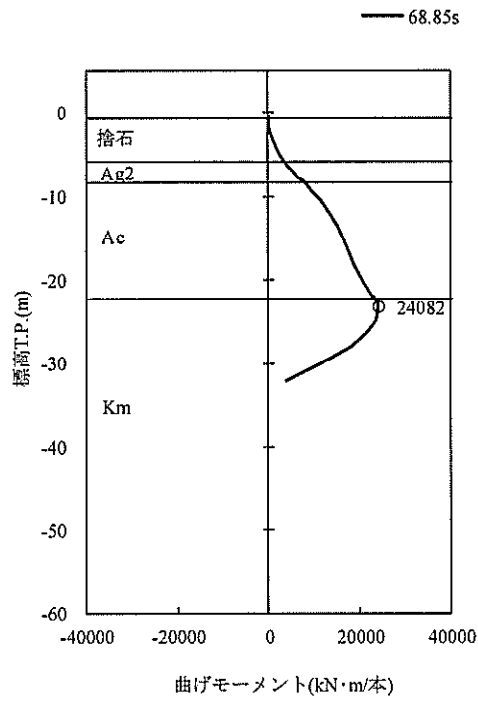
土留壁鋼管矢板(北側)



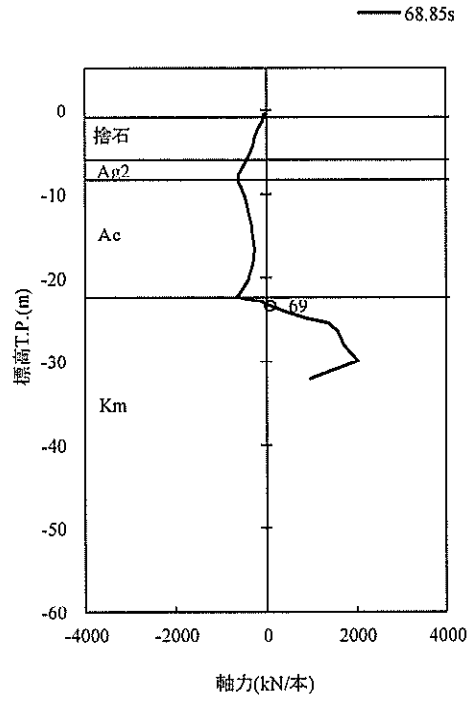
(b) 土留鋼管矢板(北側)

図 5.1-1 (2) 最も厳しい照査値となる時刻の断面力 ($S_s - D1 [H+, V-]$) (2/2)
 (NS-1 検討ケース①: 原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

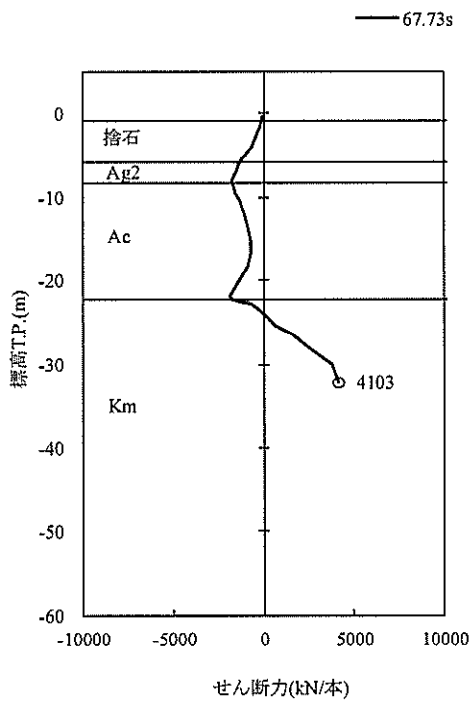
土留壁鋼管矢板(南側)



土留壁鋼管矢板(南側)



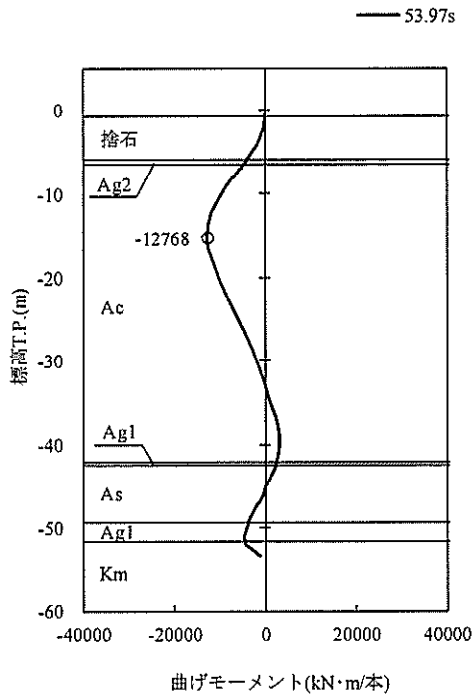
土留壁鋼管矢板(南側)



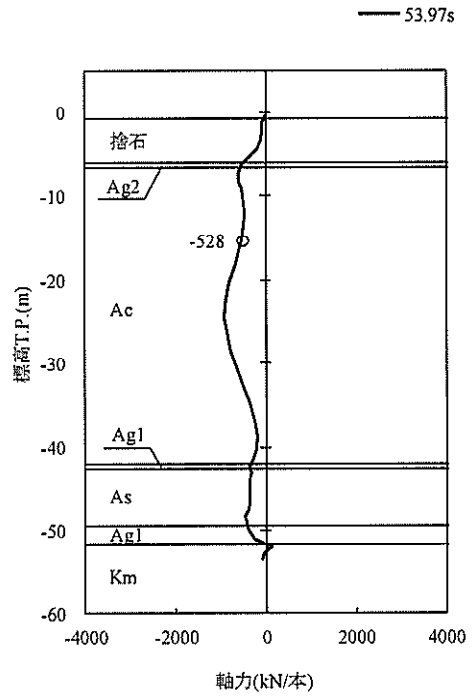
(a) 土留鋼管矢板 (南側)

図 5.1-1 (3) 最も厳しい照査値となる時刻の断面力 ($S_s - D1 [H-, V+]$) (1/2)
 (NS-1 検討ケース①: 原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

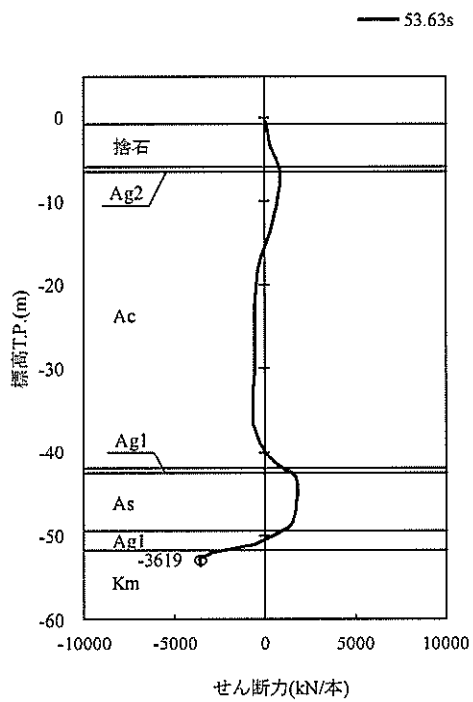
土留壁鋼管矢板(北側)



土留壁鋼管矢板(北側)



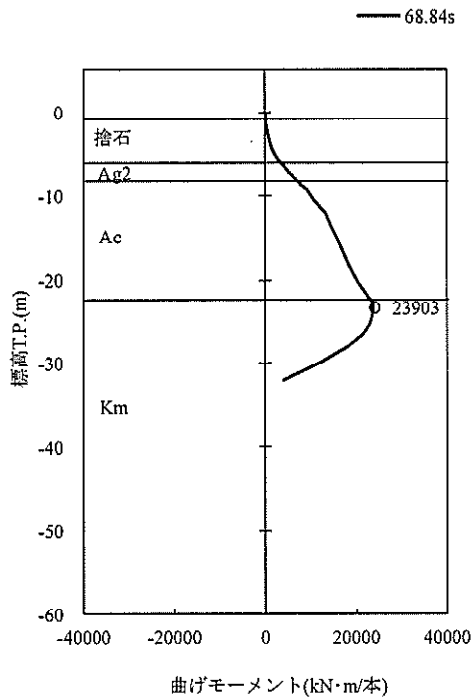
土留壁鋼管矢板(北側)



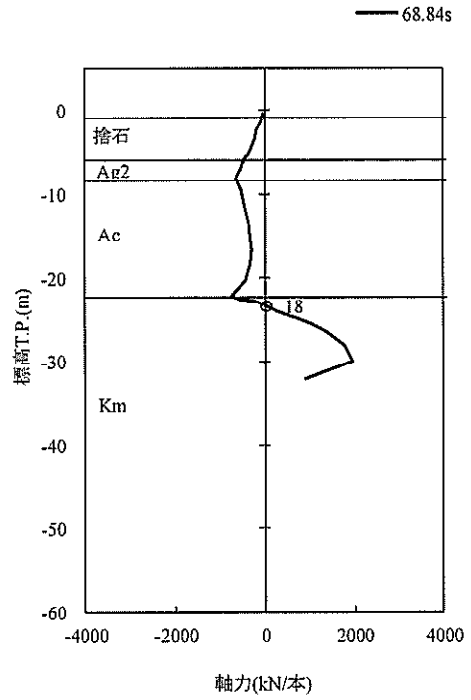
(b) 土留鋼管矢板 (北側)

図 5.1-1 (3) 最も厳しい照査値となる時刻の断面力 ($S_s - D1 [H-, V+]$) (2/2)
(NS-1 検討ケース①: 原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

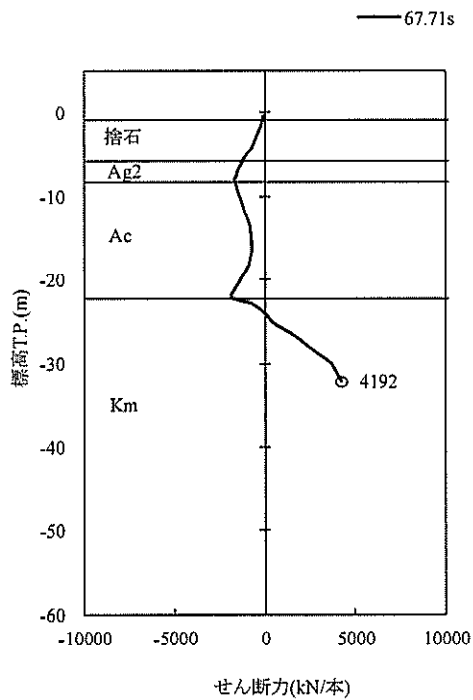
土留壁鋼管矢板(南側)



土留壁鋼管矢板(南側)



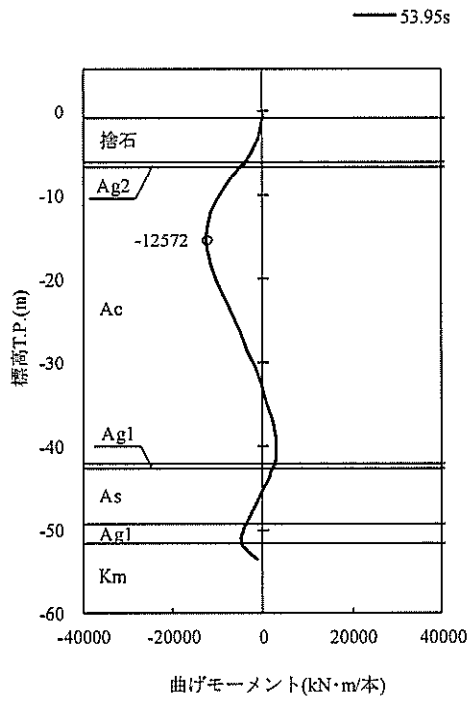
土留壁鋼管矢板(南側)



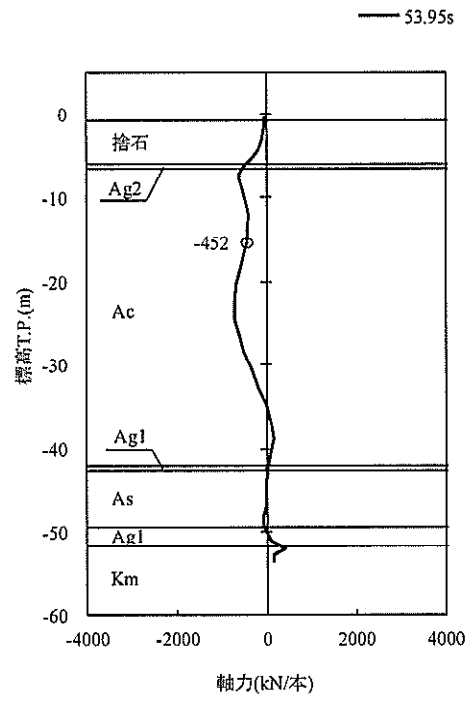
(a) 土留鋼管矢板(南側)

図 5.1-1 (4) 最も厳しい照査値となる時刻の断面力 ($S_s - D1$ [H-, V-]) (1/2)
 (NS-1 検討ケース①: 原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

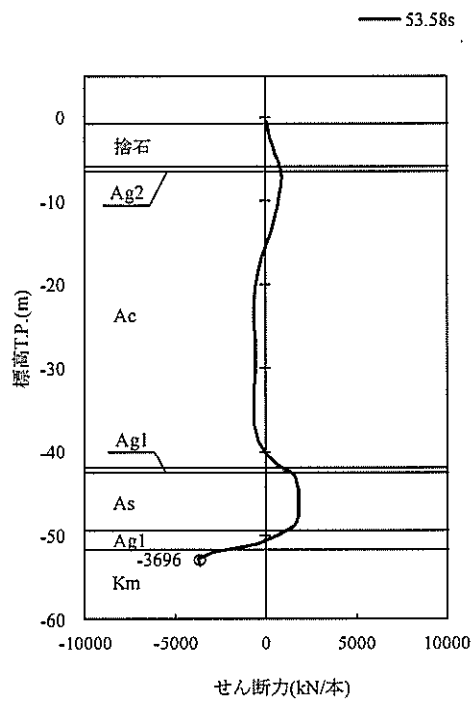
土留壁鋼管矢板(北側)



土留壁鋼管矢板(北側)



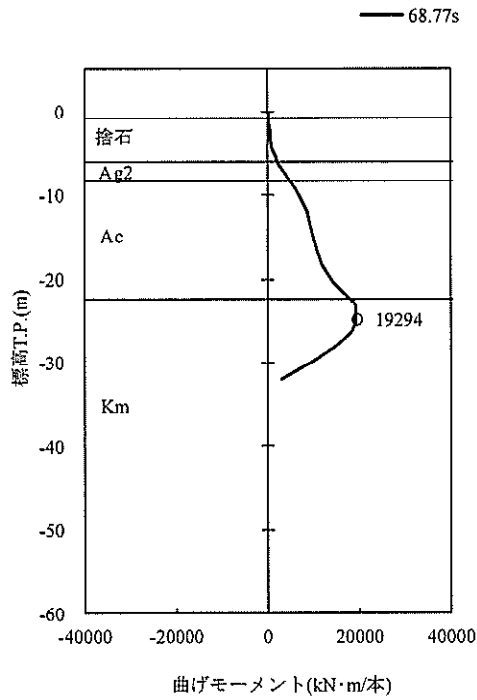
土留壁鋼管矢板(北側)



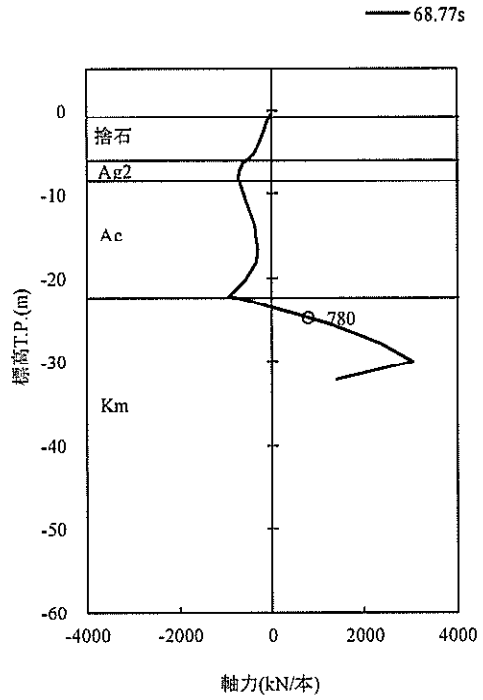
(b) 土留鋼管矢板(北側)

図 5.1-1 (4) 最も厳しい照査値となる時刻の断面力 ($S_s - D1 [H-, V-]$) (2/2)
(NS-1 検討ケース①: 原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

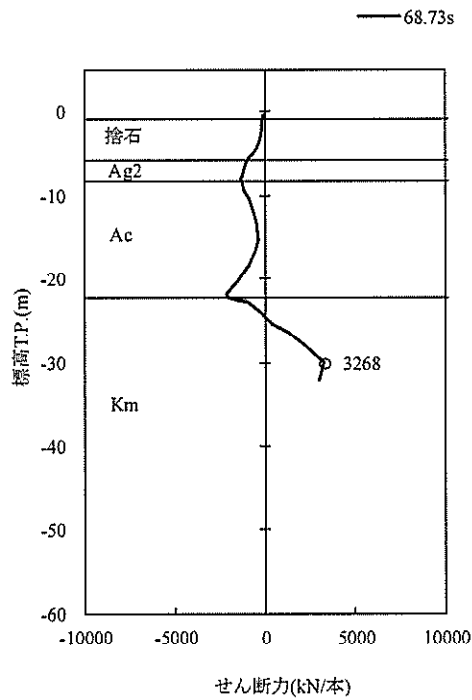
土留壁鋼管矢板(南側)



土留壁鋼管矢板(南側)



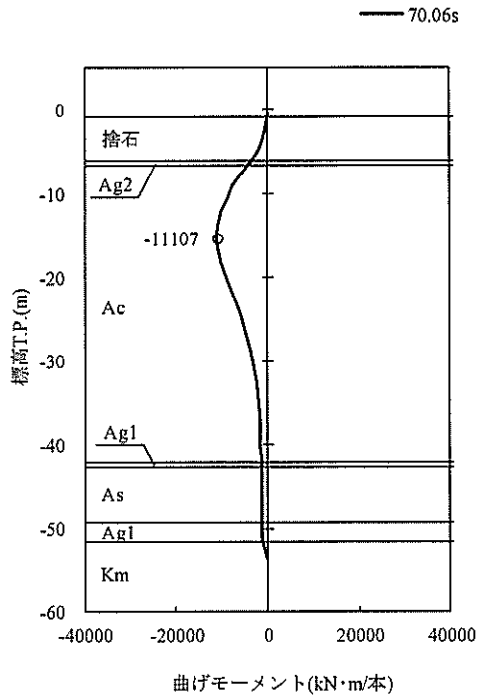
土留壁鋼管矢板(南側)



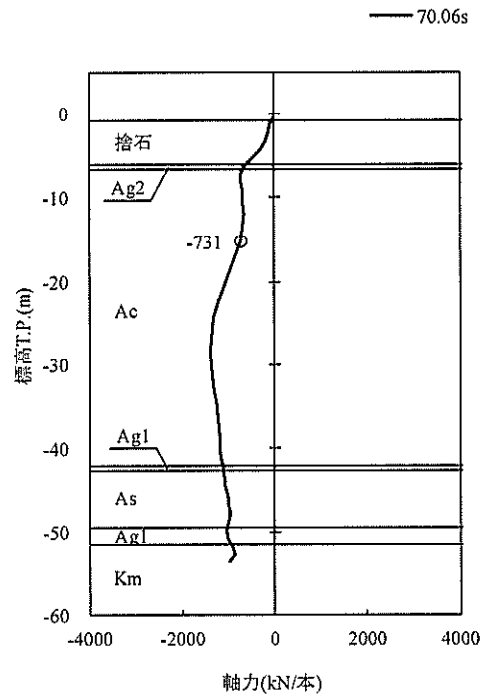
(a) 土留鋼管矢板 (南側)

図 5.1-1 (5) 最も厳しい照査値となる時刻の断面力 (S_s-11) (1/2)
 (NS-1 検討ケース①: 原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

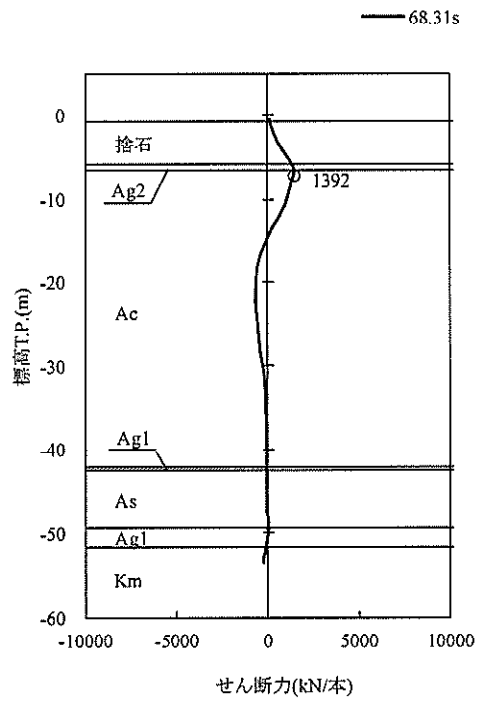
土留壁鋼管矢板(北側)



土留壁鋼管矢板(北側)



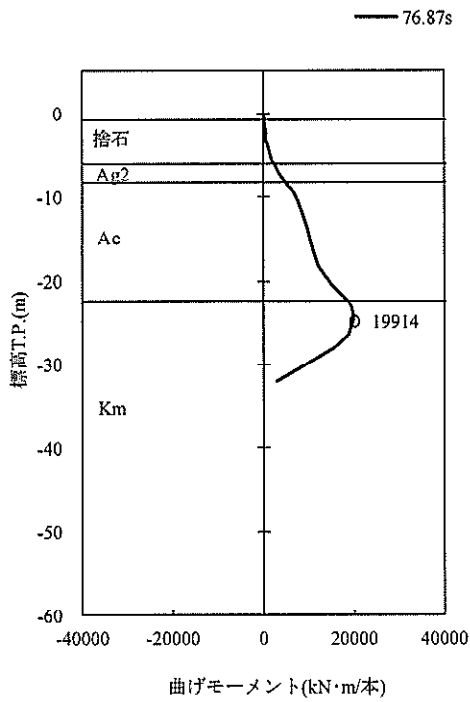
土留壁鋼管矢板(北側)



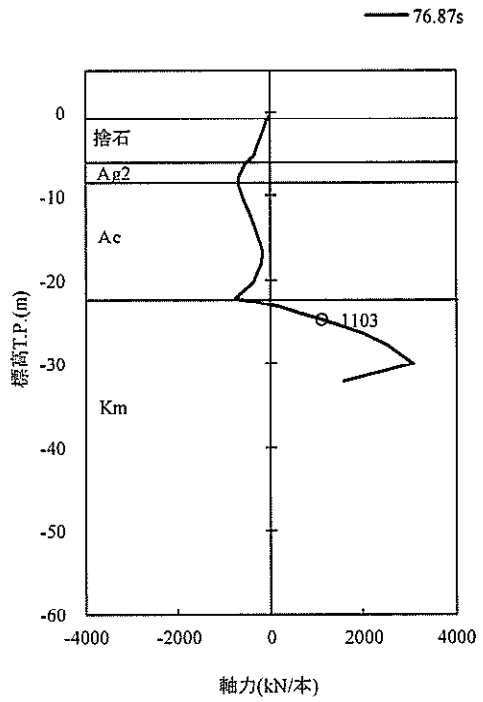
(b) 土留鋼管矢板 (北側)

図 5.1-1 (5) 最も厳しい照査値となる時刻の断面力 ($S_s - 11$) (2/2)
 (NS-1 検討ケース①: 原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

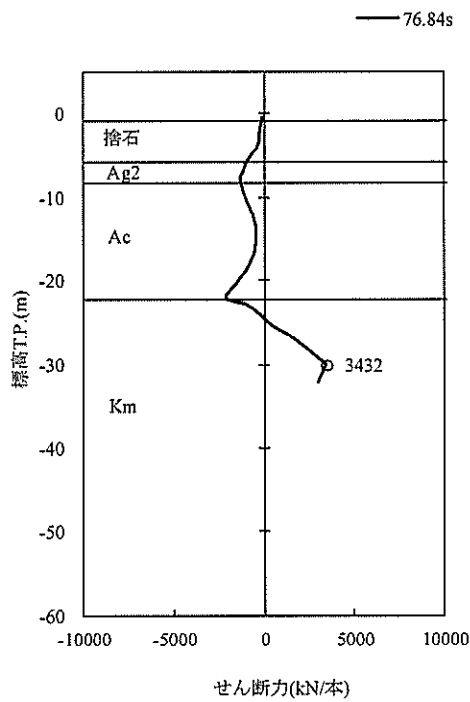
土留壁鋼管矢板(南側)



土留壁鋼管矢板(南側)



土留壁鋼管矢板(南側)

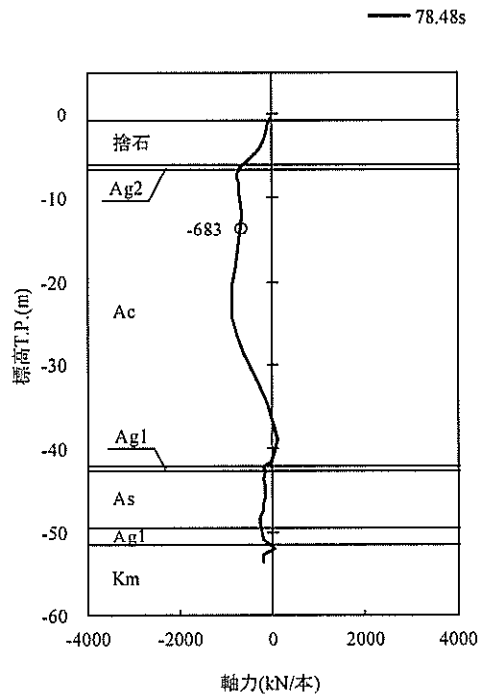
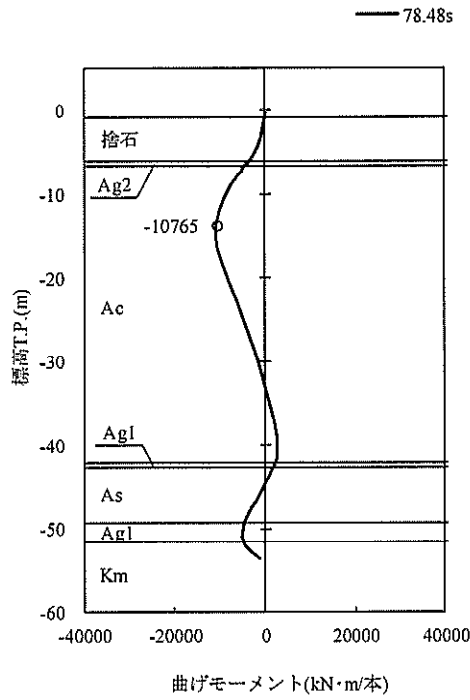


(a) 土留鋼管矢板 (南側)

図 5.1-1 (6) 最も厳しい照査値となる時刻の断面力 (S_s-12) (1/2)
 (NS-1 検討ケース①: 原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

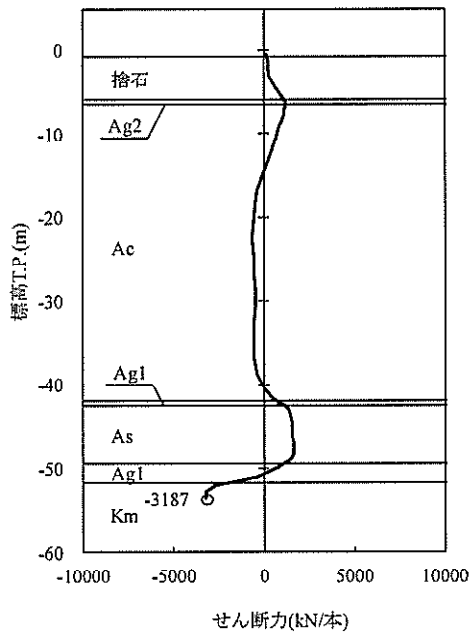
土留壁鋼管矢板(北側)

土留壁鋼管矢板(北側)



土留壁鋼管矢板(北側)

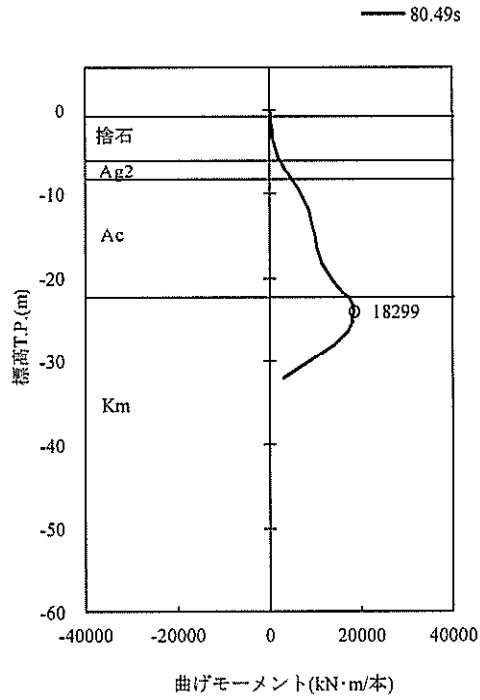
78.10s



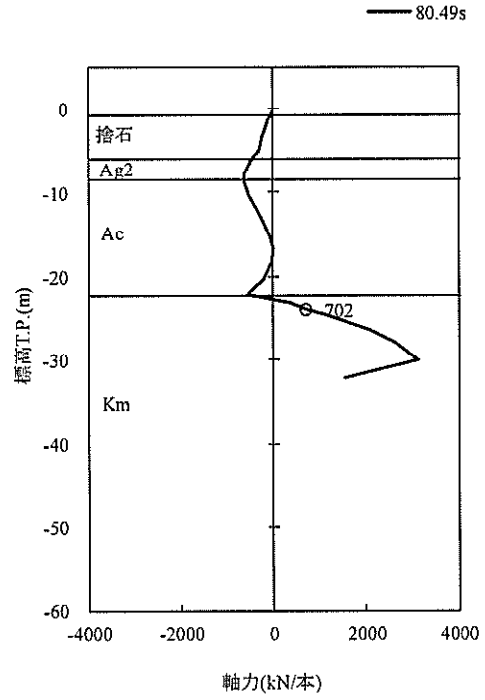
(b) 土留鋼管矢板 (北側)

図 5.1-1 (6) 最も厳しい照査値となる時刻の断面力 (S_s-12) (2/2)
(NS-1 検討ケース①: 原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

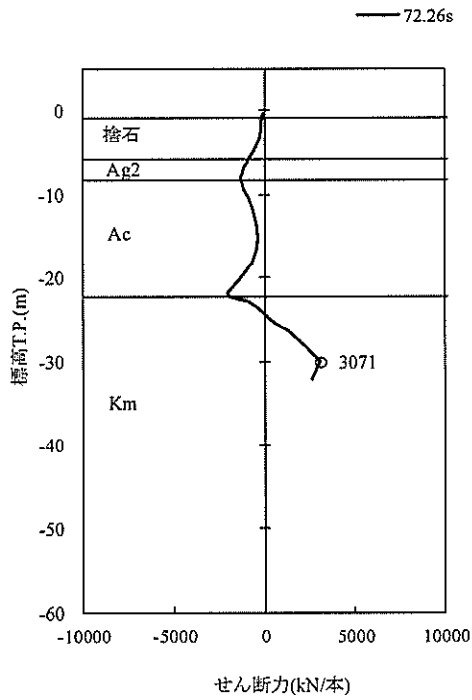
土留壁鋼管矢板(南側)



土留壁鋼管矢板(南側)



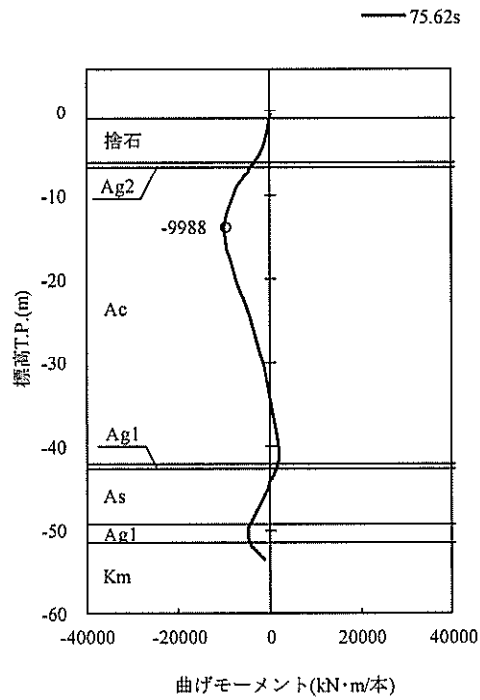
土留壁鋼管矢板(南側)



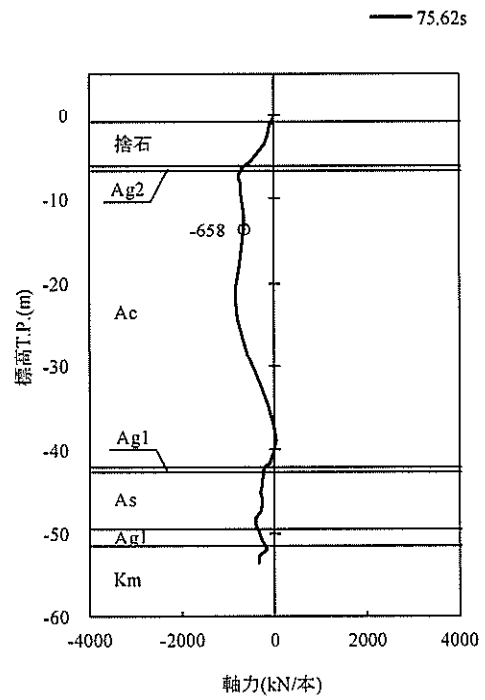
(a) 土留鋼管矢板(南側)

図 5.1-1 (7) 最も厳しい照査値となる時刻の断面力 (S_s-13) (1/2)
 (NS-1 検討ケース①: 原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

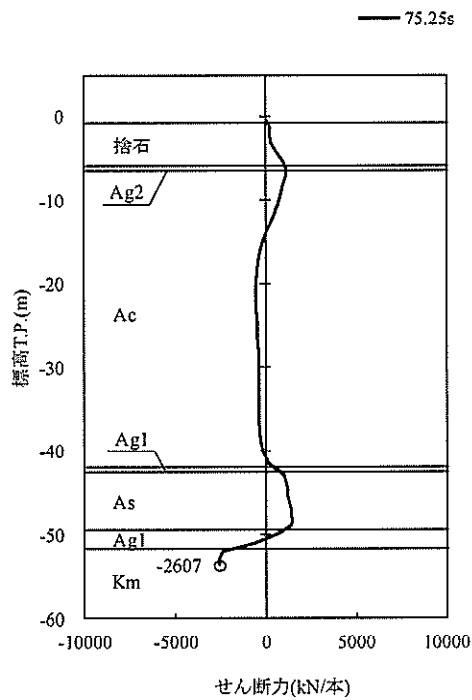
土留壁鋼管矢板(北側)



土留壁鋼管矢板(北側)



土留壁鋼管矢板(北側)

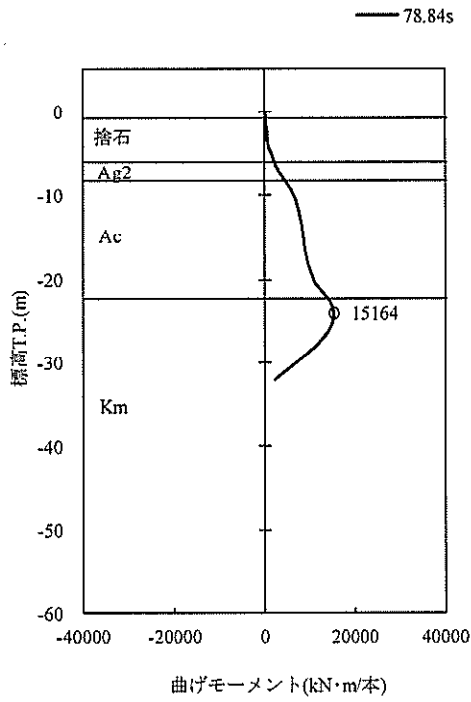


(b) 土留鋼管矢板(北側)

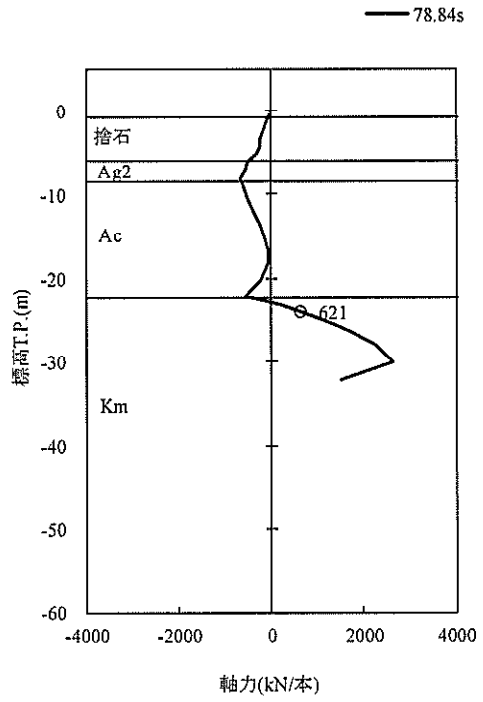
図 5.1-1 (7) 最も厳しい照査値となる時刻の断面力 (S_s-13) (2/2)

(NS-1 検討ケース①: 原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

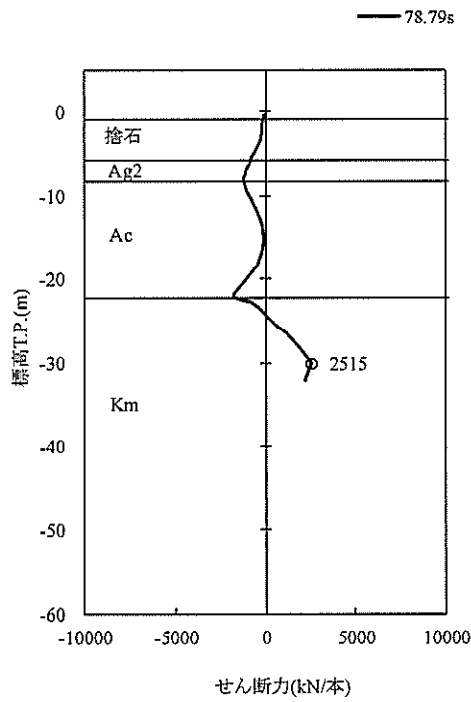
土留壁鋼管矢板(南側)



土留壁鋼管矢板(南側)



土留壁鋼管矢板(南側)

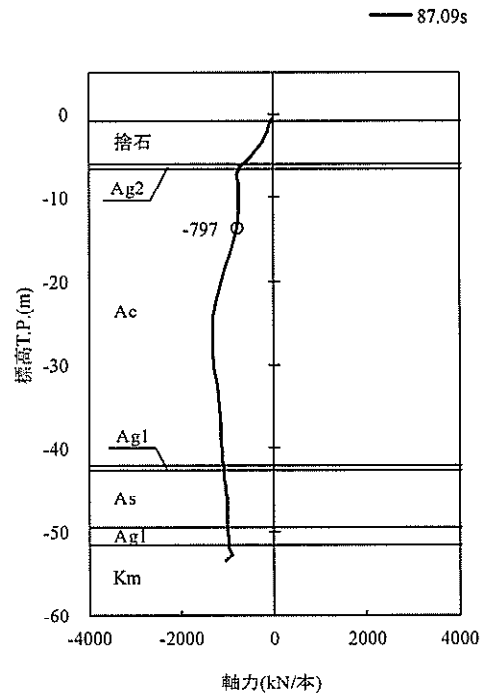
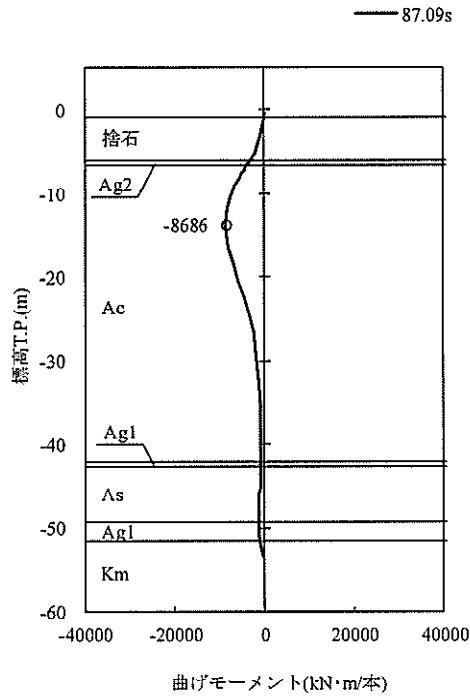


(a) 土留鋼管矢板(南側)

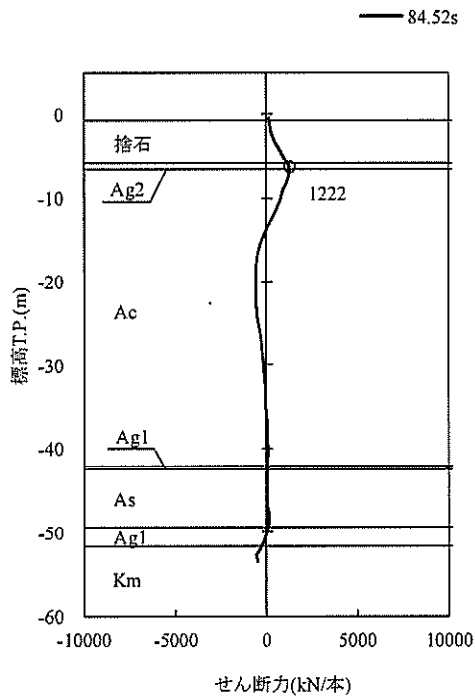
図 5.1-1 (8) 最も厳しい照査値となる時刻の断面力 (S_s-14) (1/2)
 (NS-1 検討ケース①: 原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

土留壁鋼管矢板(北側)

土留壁鋼管矢板(北側)



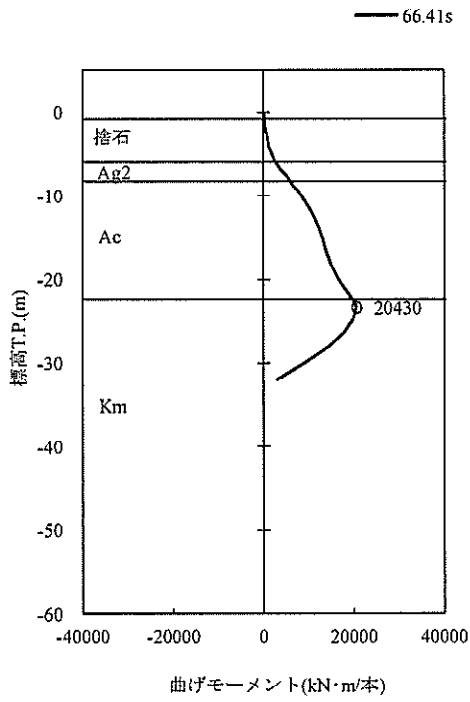
土留壁鋼管矢板(北側)



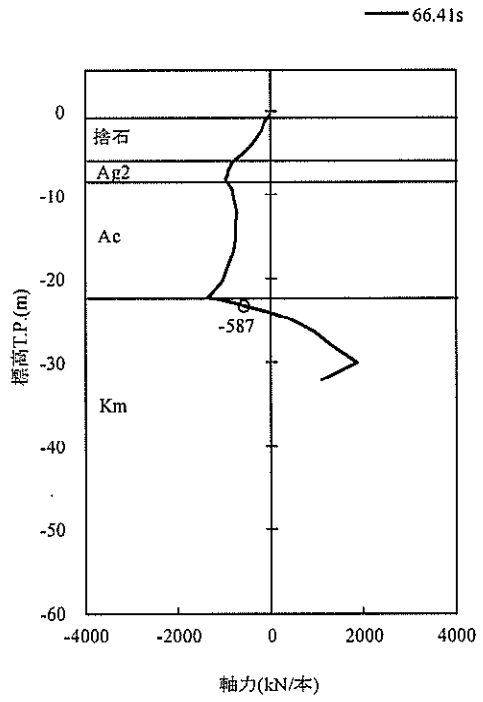
(b) 土留鋼管矢板(北側)

図 5.1-1 (8) 最も厳しい照査値となる時刻の断面力 (S_s-14) (2/2)
 (NS-1 検討ケース①: 原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

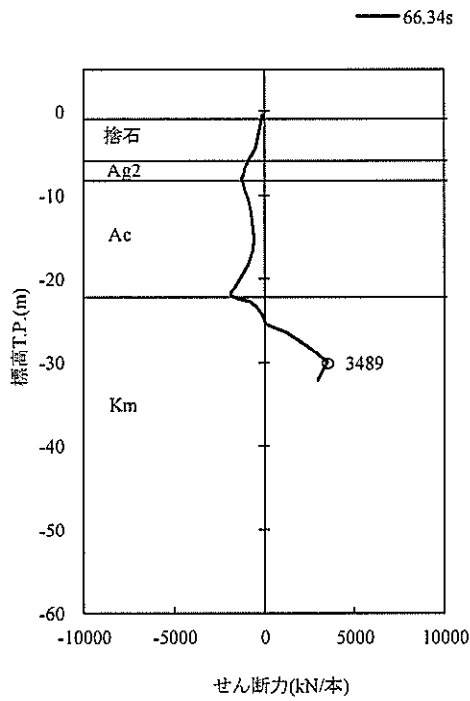
土留壁鋼管矢板(南側)



土留壁鋼管矢板(南側)



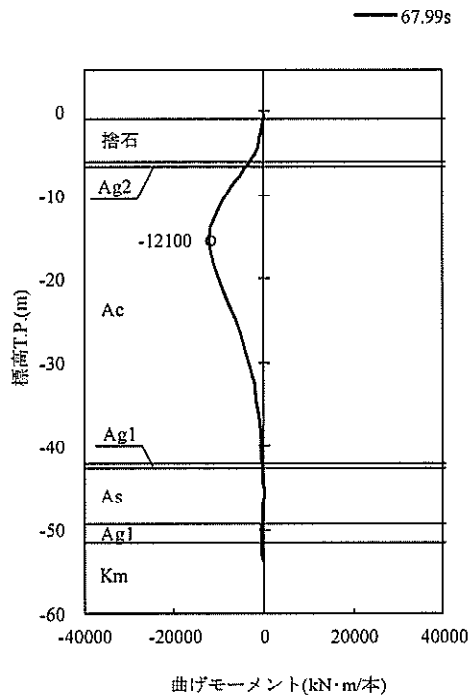
土留壁鋼管矢板(南側)



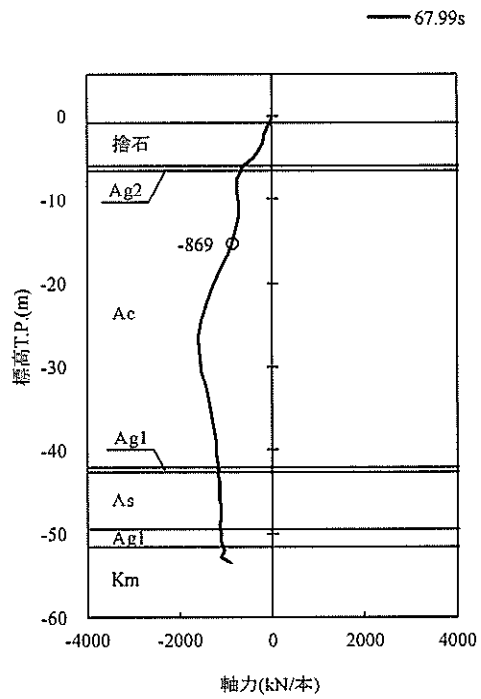
(a) 土留鋼管矢板 (南側)

図 5.1-1 (9) 最も厳しい照査値となる時刻の断面力 (S_s-21) (1/2)
(NS-1 検討ケース①: 原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

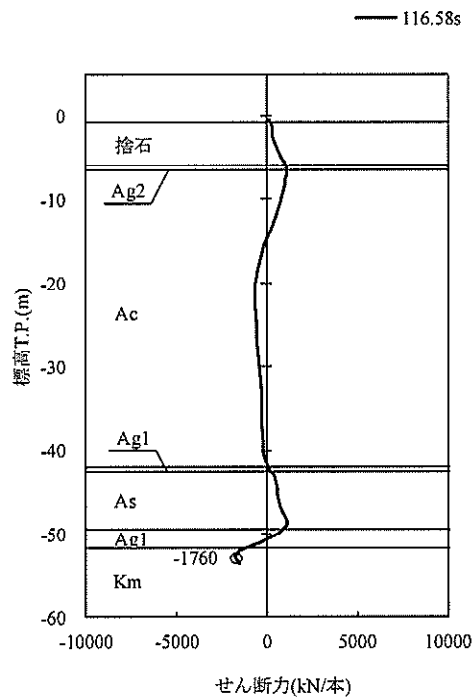
土留壁鋼管矢板(北側)



土留壁鋼管矢板(北側)



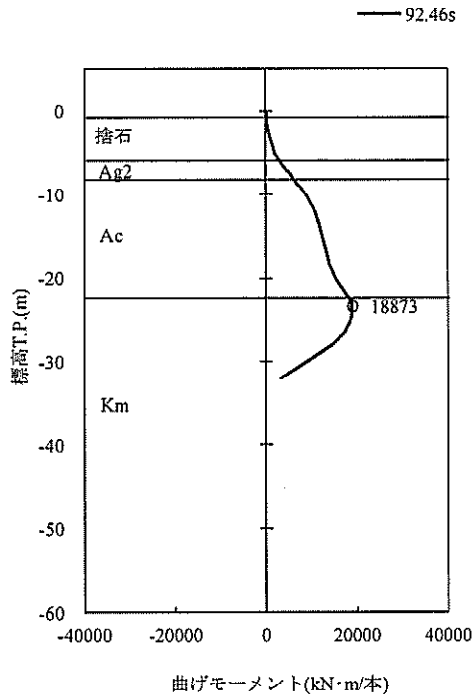
土留壁鋼管矢板(北側)



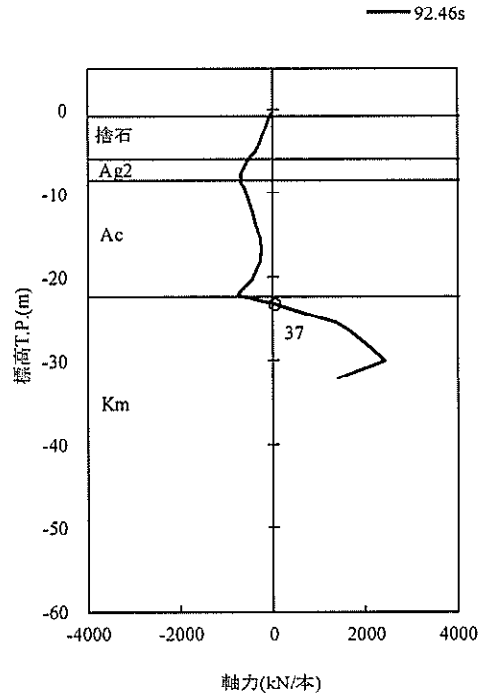
(b) 土留鋼管矢板 (北側)

図 5.1-1 (9) 最も厳しい照査値となる時刻の断面力 (S_s-21) (2/2)
 (NS-1 検討ケース①: 原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

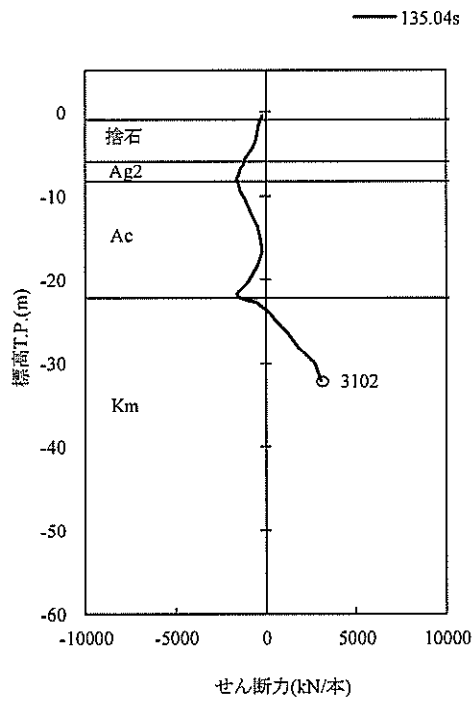
土留壁鋼管矢板(南側)



土留壁鋼管矢板(南側)



土留壁鋼管矢板(南側)

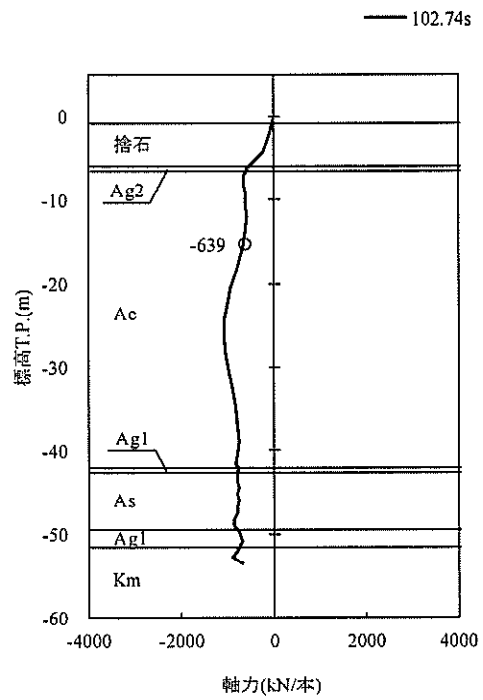
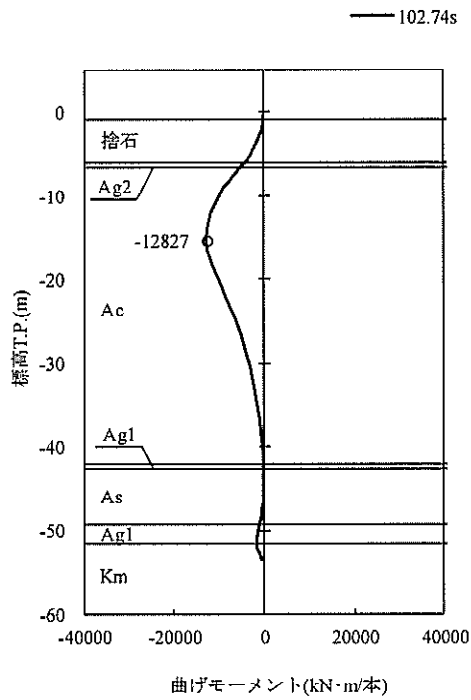


(a) 土留鋼管矢板 (南側)

図 5.1-1 (10) 最も厳しい照査値となる時刻の断面力 (S_s-22) (1/2)
(NS-1 検討ケース①: 原地盤に基づく液化化強度特性を用いた解析ケース)

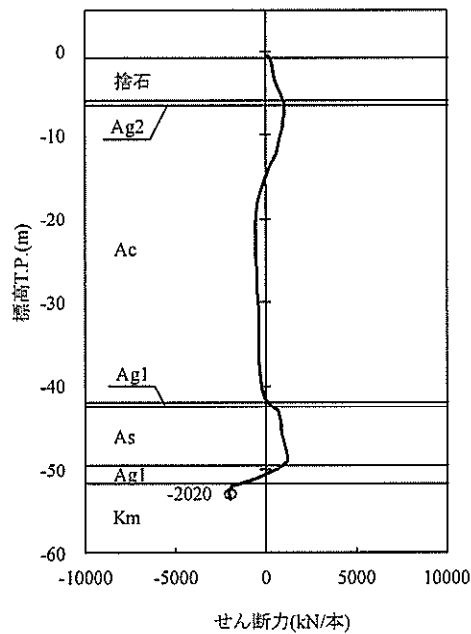
土留壁鋼管矢板(北側)

土留壁鋼管矢板(北側)



土留壁鋼管矢板(北側)

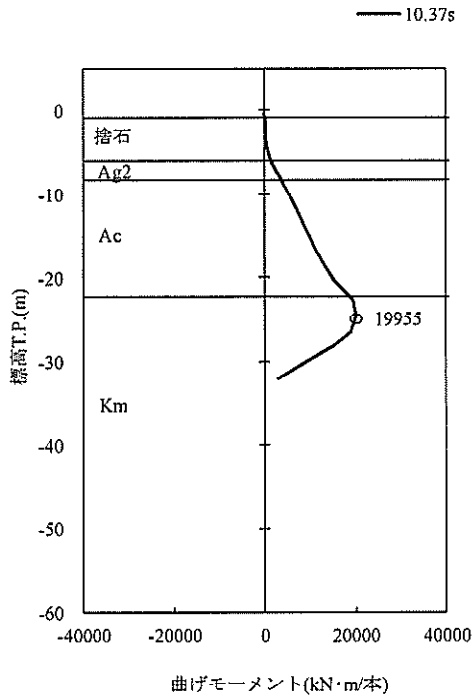
— 111.66s



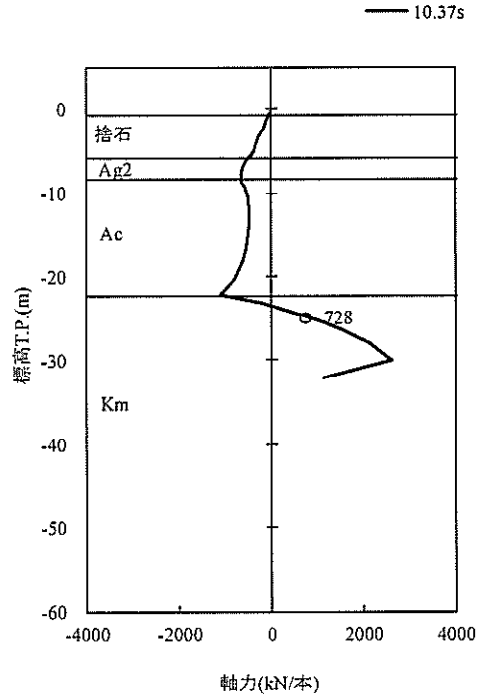
(b) 土留鋼管矢板 (北側)

図 5.1-1 (10) 最も厳しい照査値となる時刻の断面力 ($S_s - 22$) (2/2)
 (NS-1 検討ケース①: 原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

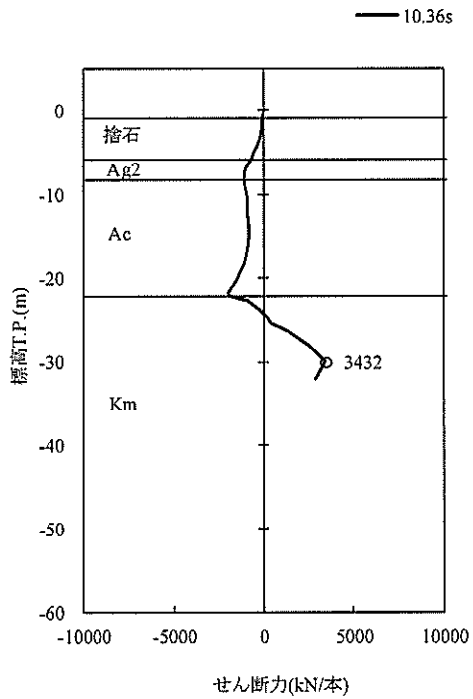
土留壁鋼管矢板(南側)



土留壁鋼管矢板(南側)



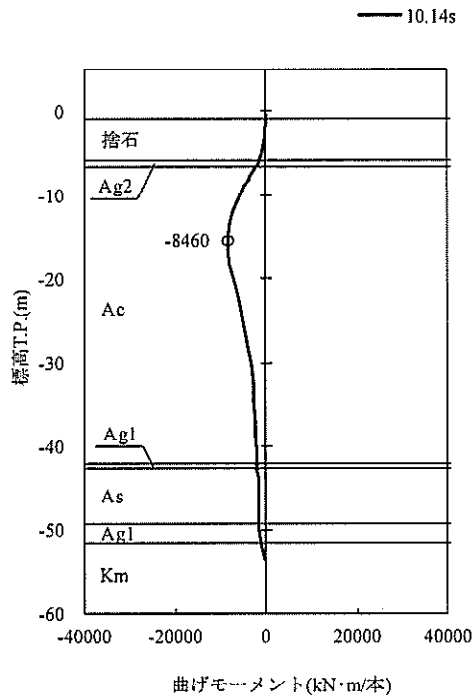
土留壁鋼管矢板(南側)



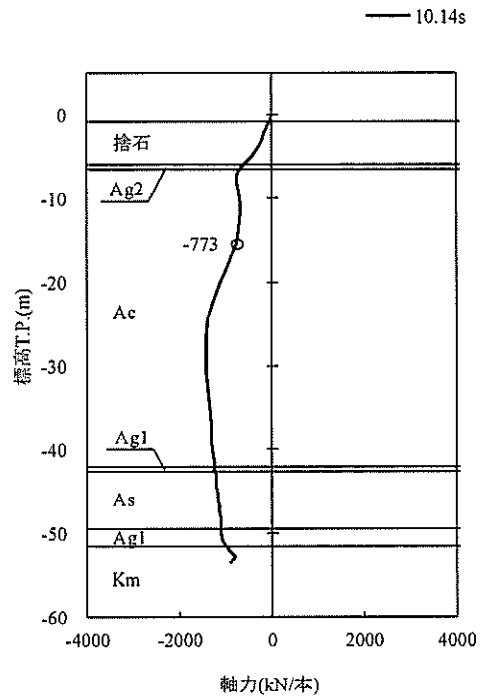
(a) 土留鋼管矢板 (南側)

図 5.1-1 (11) 最も厳しい照査値となる時刻の断面力 ($S_s - 31 [H+, V+]$) (1/2)
 (NS-1 検討ケース①: 原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

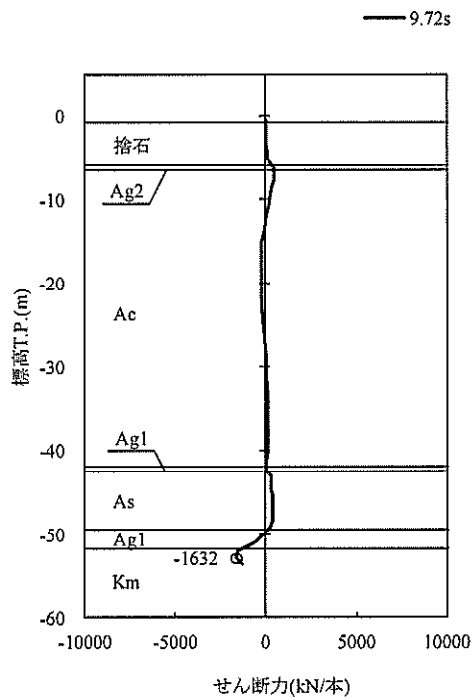
土留壁鋼管矢板(北側)



土留壁鋼管矢板(北側)



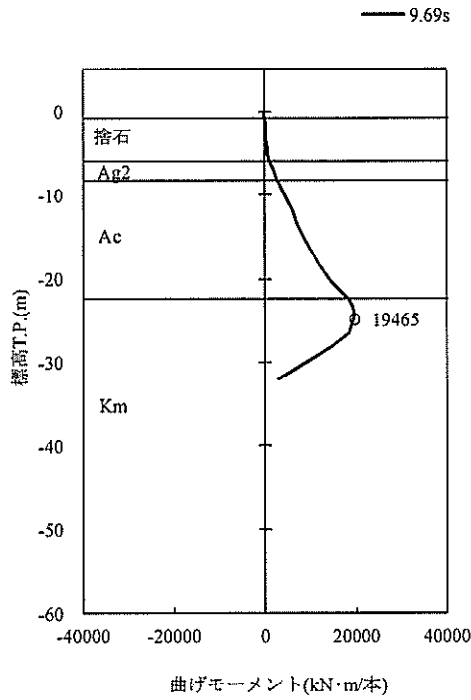
土留壁鋼管矢板(北側)



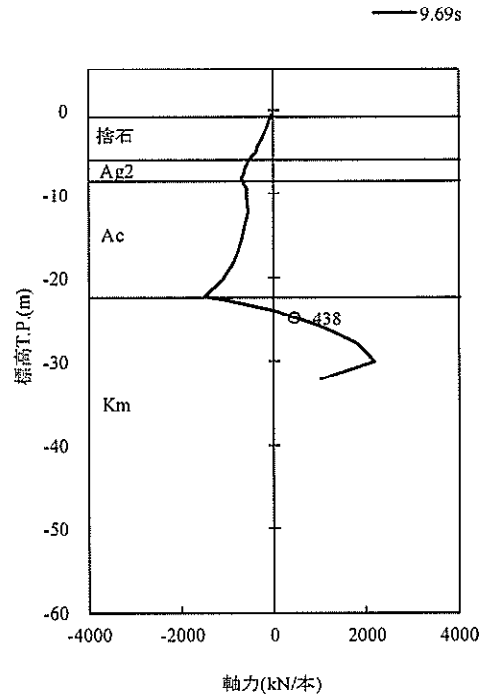
(b) 土留鋼管矢板(北側)

図 5.1-1 (11) 最も厳しい照査値となる時刻の断面力 ($S_s - 31$ [H+, V+]) (2/2)
 (NS-1 検討ケース①: 原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

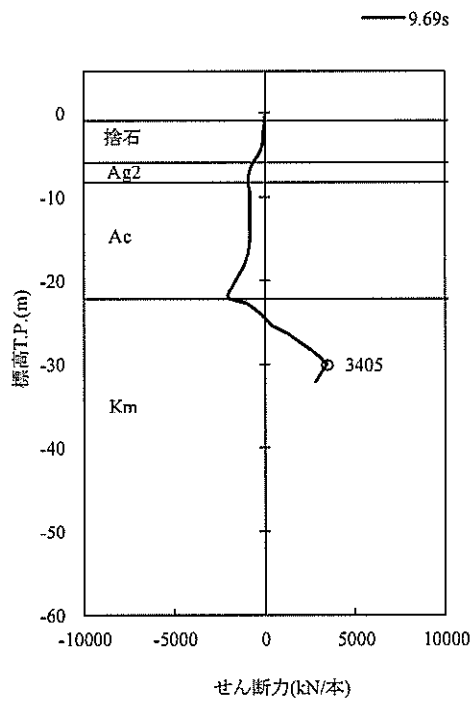
土留壁鋼管矢板 (南側)



土留壁鋼管矢板 (南側)



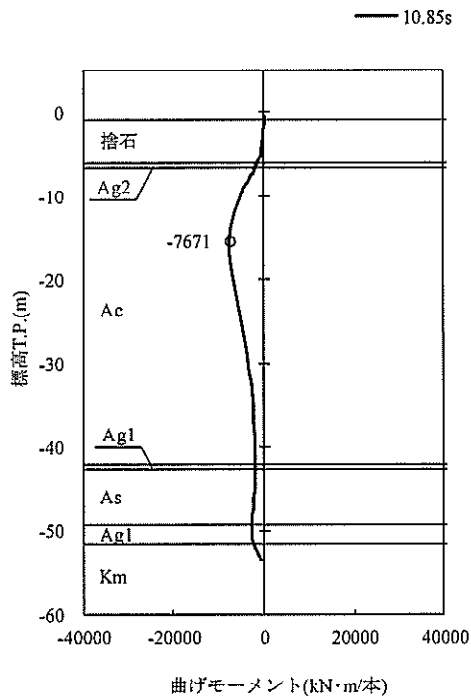
土留壁鋼管矢板 (南側)



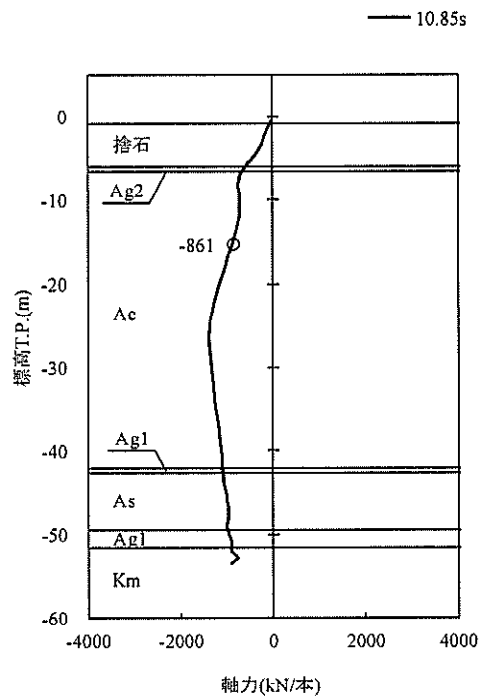
(a) 土留鋼管矢板 (南側)

図 5.1-1 (12) 最も厳しい照査値となる時刻の断面力 ($S_s - 31$ [H-, V+]) (1/2)
 (NS-1 検討ケース①: 原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

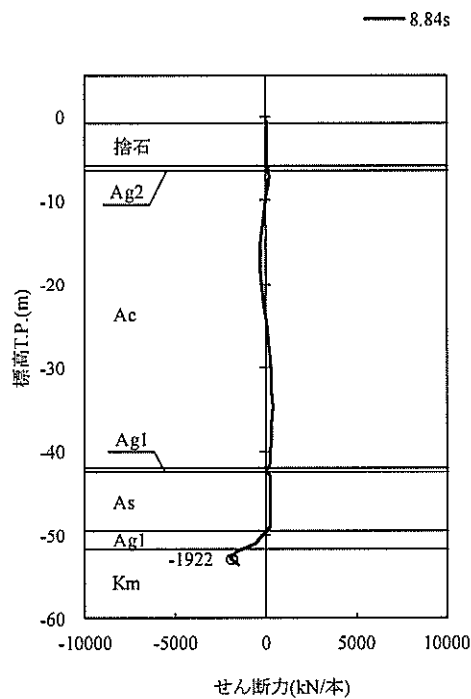
土留壁鋼管矢板(北側)



土留壁鋼管矢板(北側)



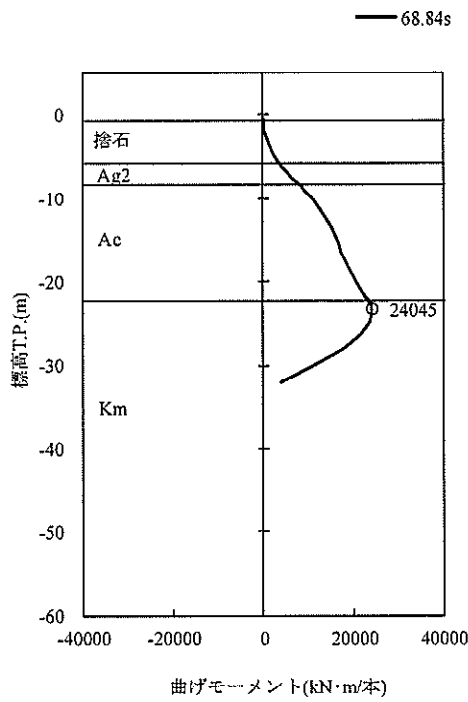
土留壁鋼管矢板(北側)



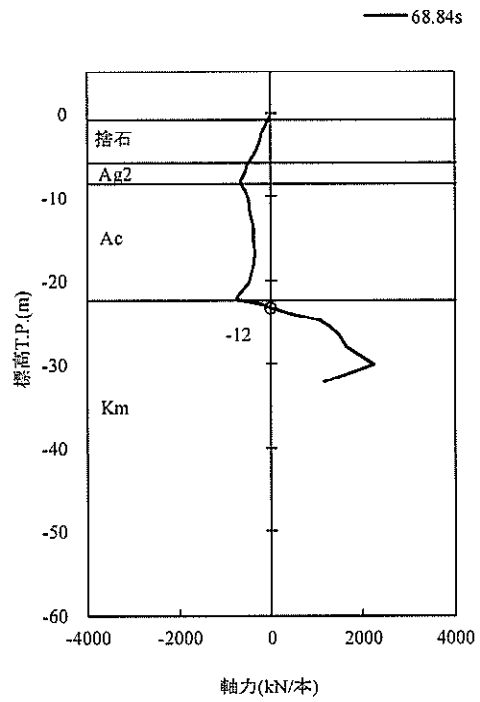
(b) 土留鋼管矢板(北側)

図 5.1-1 (12) 最も厳しい照査値となる時刻の断面力 ($S_s - 31$ [H-, V+]) (2/2)
 (NS-1 検討ケース①: 原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

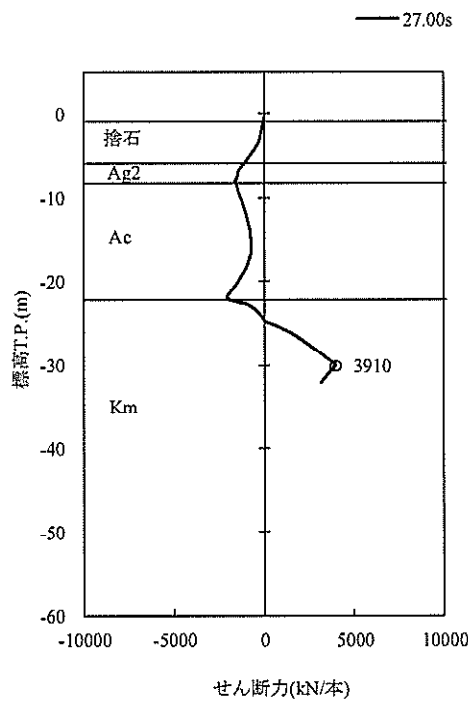
土留壁鋼管矢板 (南側)



土留壁鋼管矢板 (南側)



土留壁鋼管矢板 (南側)

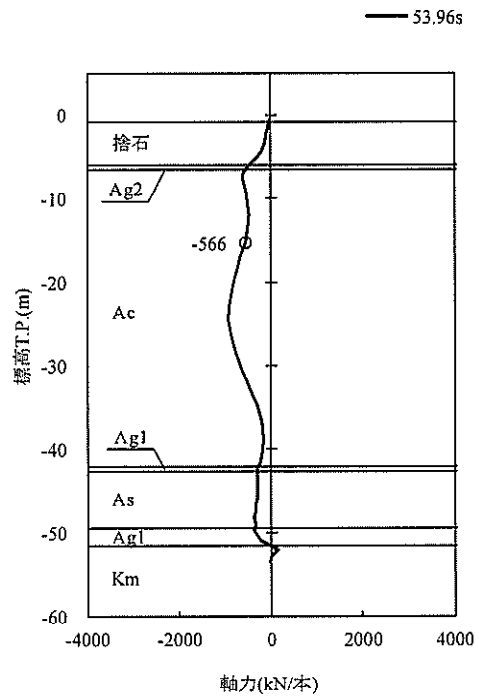
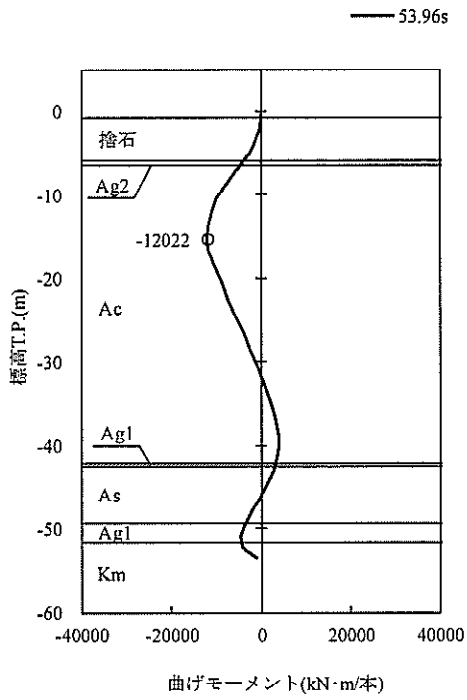


(a) 土留鋼管矢板 (南側)

図 5.1-1 (13) 最も厳しい照査値となる時刻の断面力 ($S_s - D1$ [H-, V+]) (1/2)
 (NS-1 検討ケース②: 地盤物性のばらつきを考慮 (+1 σ) した解析ケース)

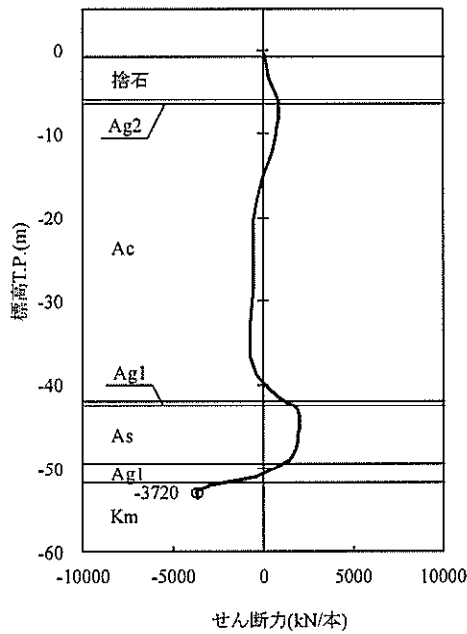
土留壁鋼管矢板(北側)

土留壁鋼管矢板(北側)



土留壁鋼管矢板(北側)

53.63s

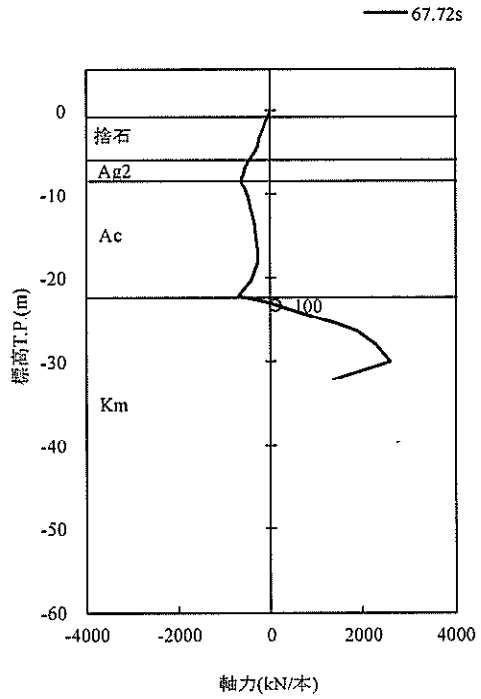
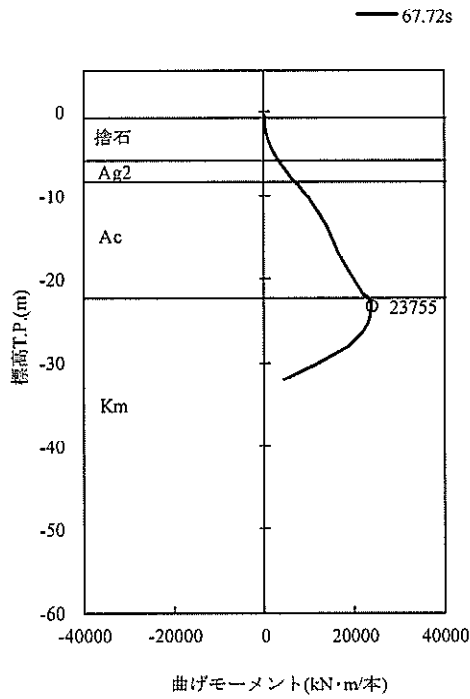


(b) 土留鋼管矢板(北側)

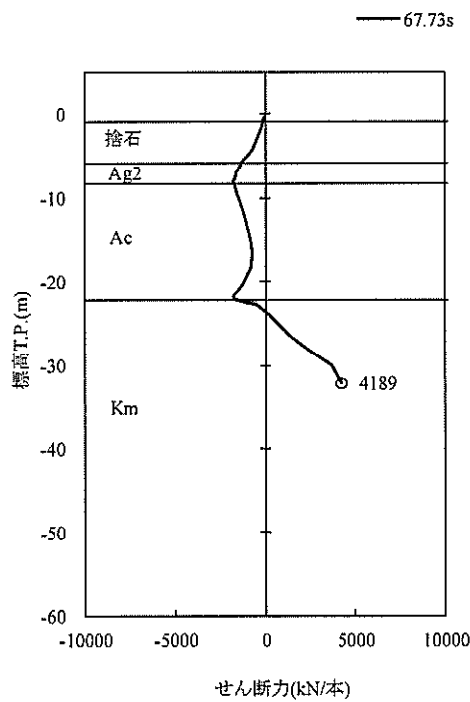
図 5.1-1 (13) 最も厳しい照査値となる時刻の断面力 ($S_s - D1 (H-, V+)$) (2/2)
(NS-1 検討ケース②: 地盤物性のばらつきを考慮 (+1 σ) した解析ケース)

土留壁鋼管矢板 (南側)

土留壁鋼管矢板 (南側)



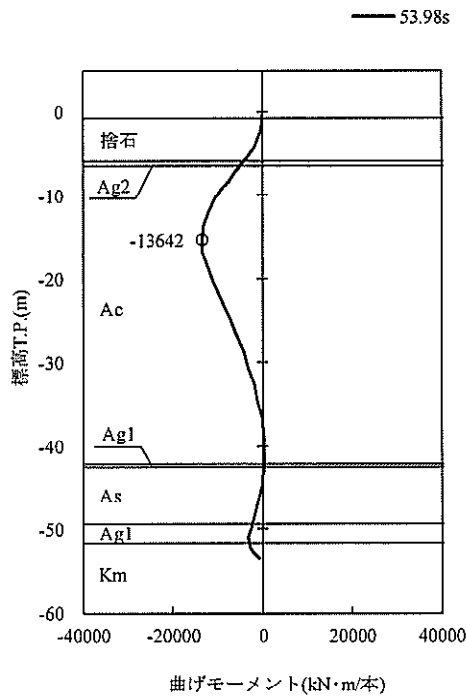
土留壁鋼管矢板 (南側)



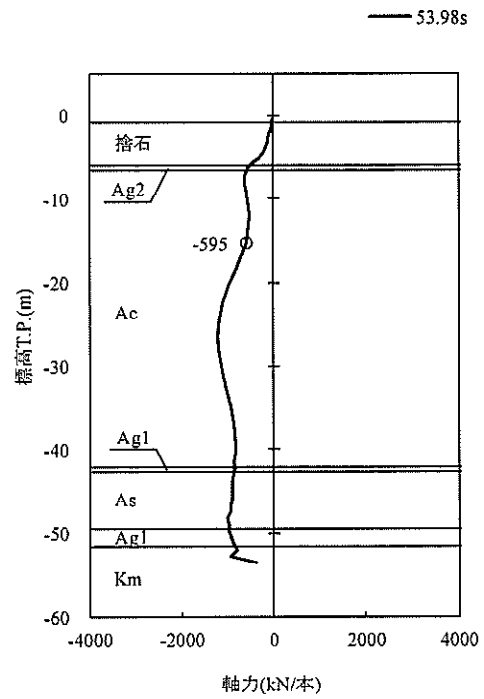
(a) 土留鋼管矢板 (南側)

図 5.1-1 (14) 最も厳しい照査値となる時刻の断面力 ($S_s - D1 [H-, V+]$) (1/2)
(NS-1 検討ケース③: 地盤物性のばらつきを考慮 (-1σ) した解析ケース)

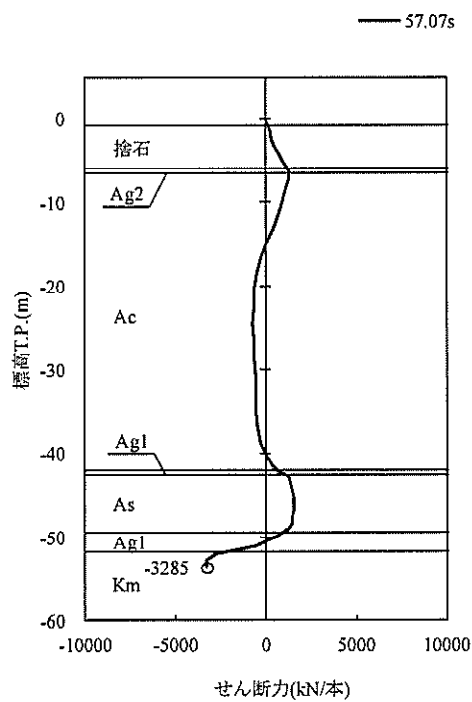
土留壁鋼管矢板(北側)



土留壁鋼管矢板(北側)



土留壁鋼管矢板(北側)

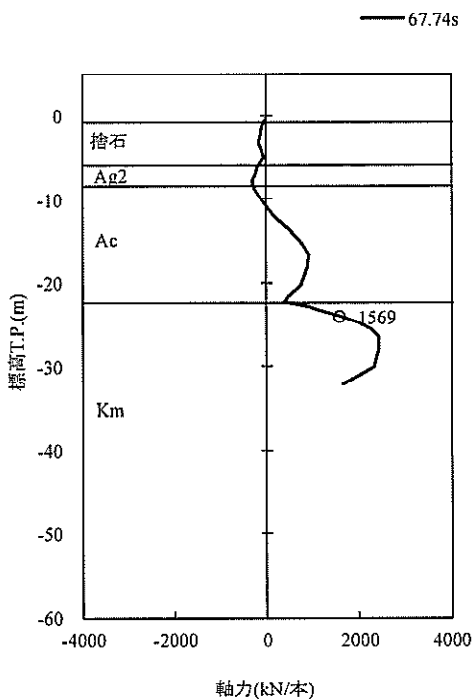
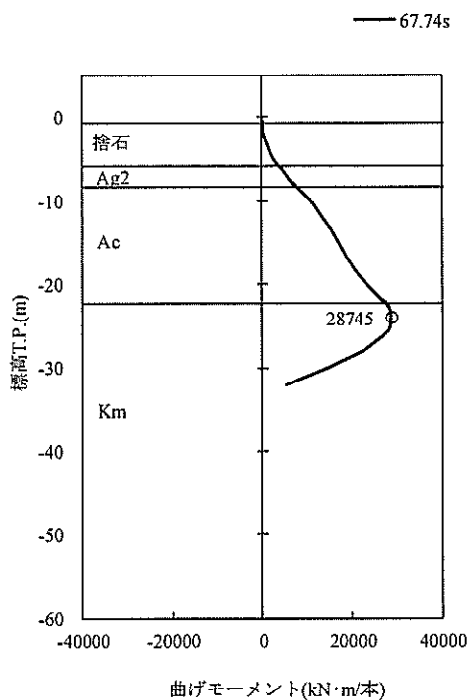


(b) 土留鋼管矢板 (北側)

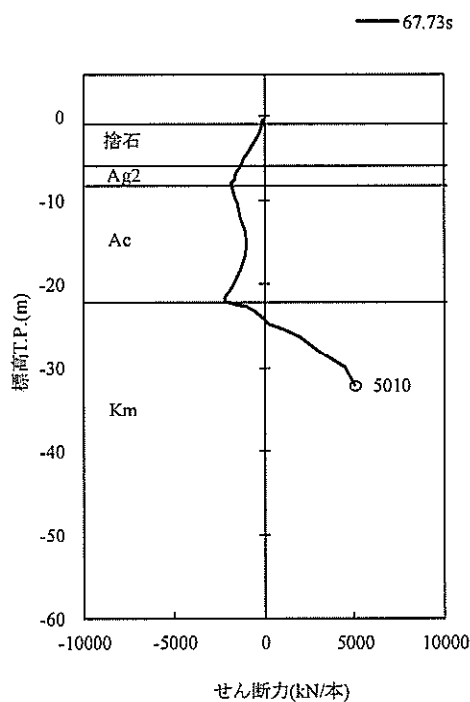
図 5.1-1 (14) 最も厳しい照査値となる時刻の断面力 ($S_s - D1$ [H-, V+]) (2/2)
(NS-1 検討ケース③: 地盤物性のばらつきを考慮 (-1 σ) した解析ケース)

土留壁鋼管矢板 (南側)

土留壁鋼管矢板 (南側)



土留壁鋼管矢板 (南側)

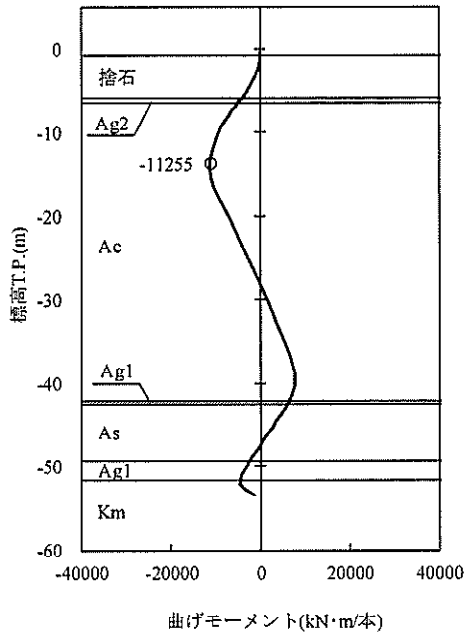


(a) 土留鋼管矢板 (南側)

図 5. 1-1 (15) 最も厳しい照査値となる時刻の断面力 ($S_s - D1 [H-, V+]$) (1/2)
 (NS-1 検討ケース④: 敷地に存在しない豊浦標準砂に基づく液状化強度特性により
 地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)

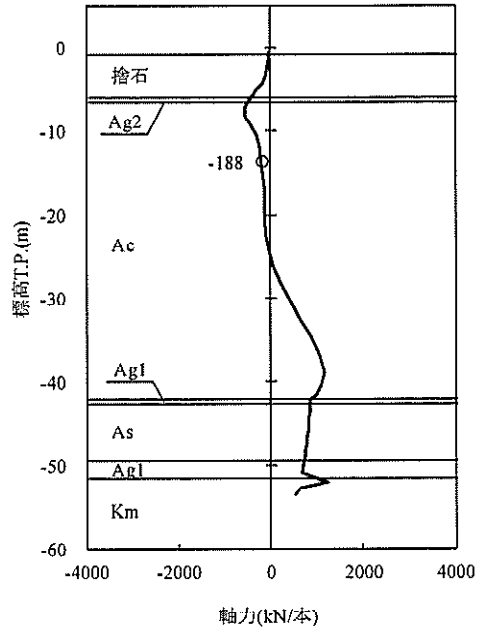
土留壁鋼管矢板(北側)

— 53.98s



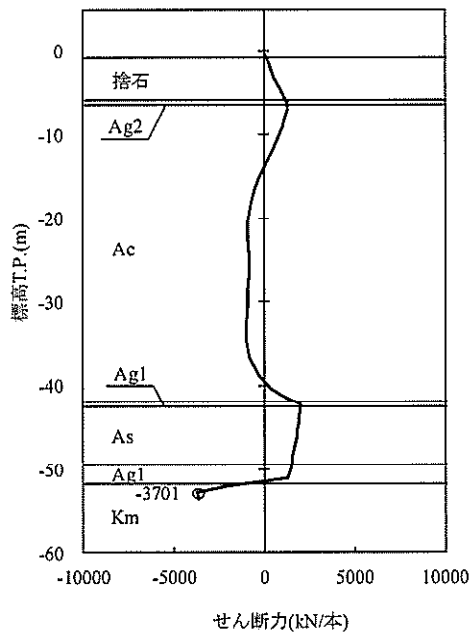
土留壁鋼管矢板(北側)

— 53.98s



土留壁鋼管矢板(北側)

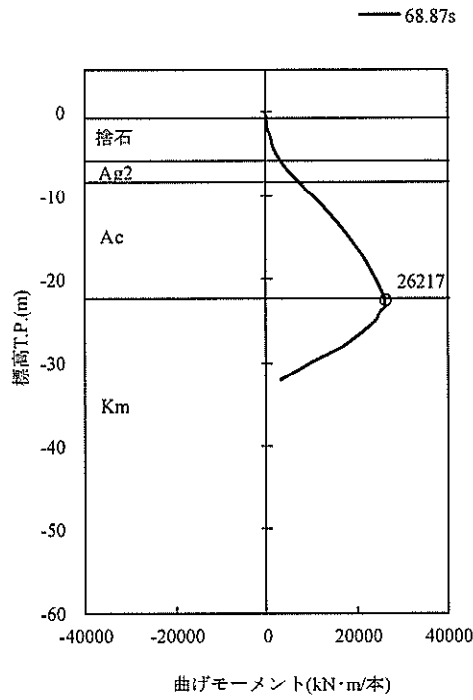
— 57.33s



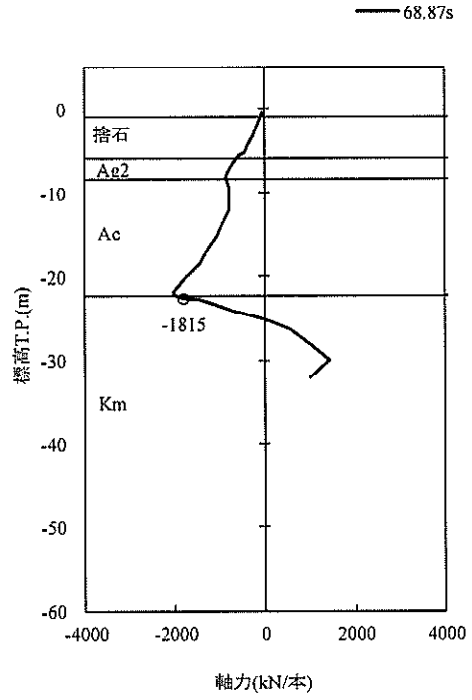
(b) 土留鋼管矢板 (北側)

図 5.1-1 (15) 最も厳しい照査値となる時刻の断面力 (S_s-D1 [H-, V+]) (2/2)
 (NS-1 検討ケース④: 敷地に存在しない豊浦標準砂に基づく液状化強度特性により
 地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)

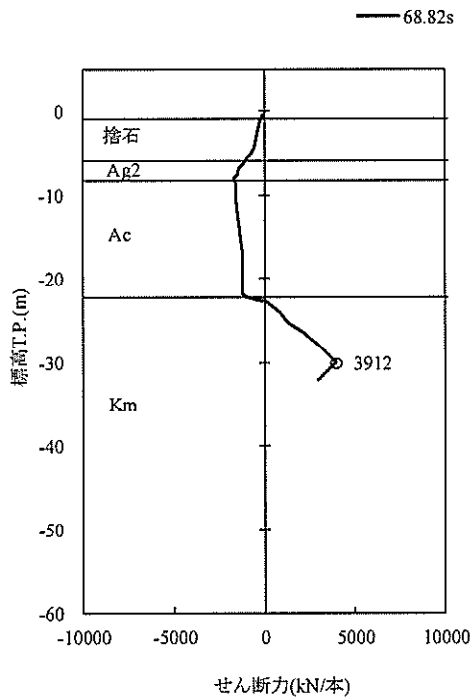
土留壁鋼管矢板(南側)



土留壁鋼管矢板(南側)



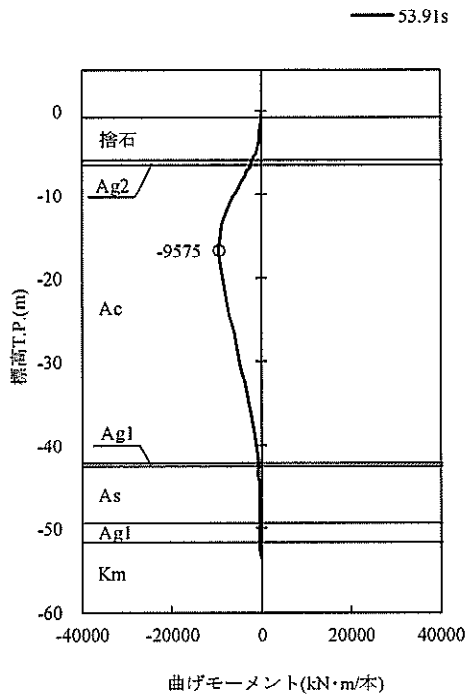
土留壁鋼管矢板(南側)



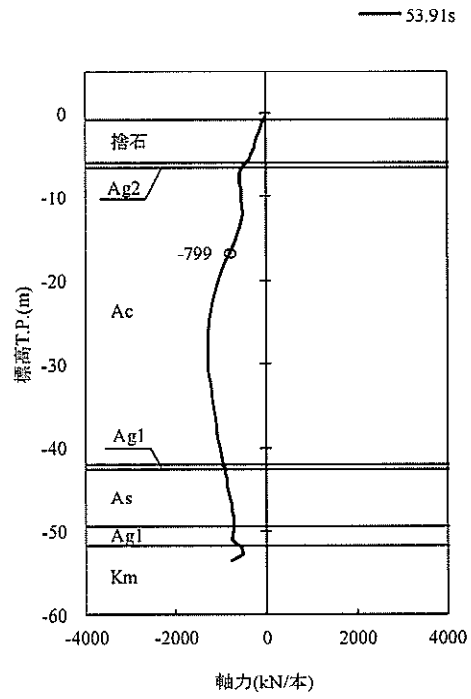
(a) 土留鋼管矢板 (南側)

図 5.1-1 (16) 最も厳しい照査値となる時刻の断面力 (S_s-D1 [H-,V+]) (1/2)
(NS-1 検討ケース⑤: 原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース)

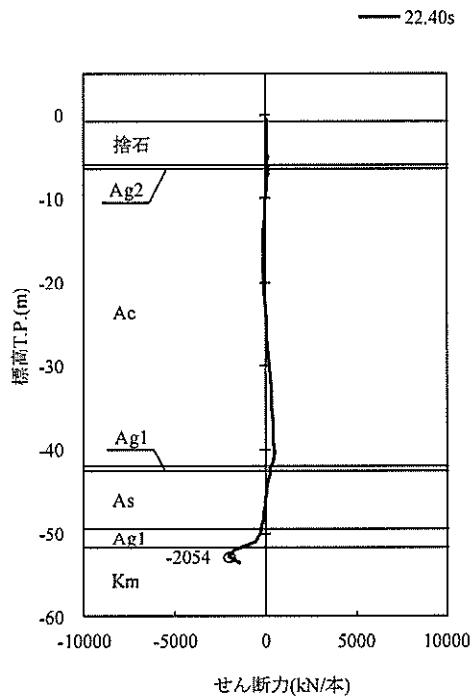
土留壁鋼管矢板(北側)



土留壁鋼管矢板(北側)



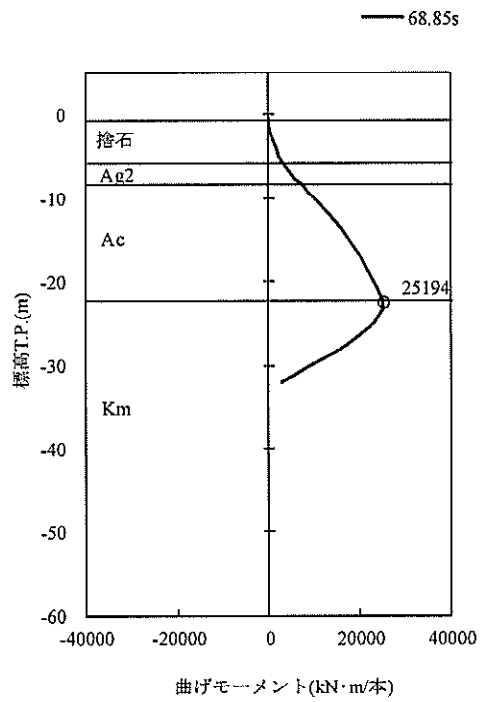
土留壁鋼管矢板(北側)



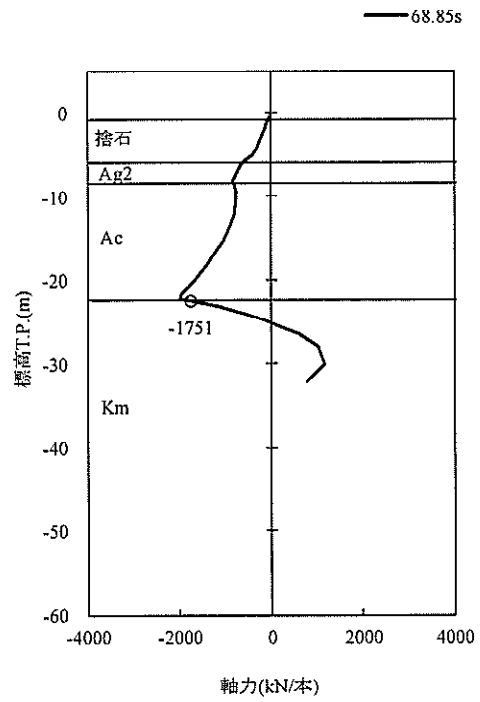
(b) 土留鋼管矢板(北側)

図 5.1-1 (16) 最も厳しい照査値となる時刻の断面力 ($S_s - D1 [H-, V+]$) (2/2)
 (NS-1 検討ケース⑤: 原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース)

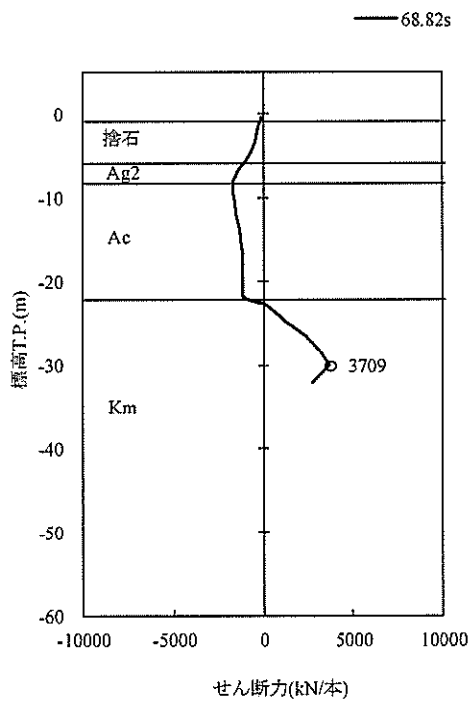
土留壁鋼管矢板(南側)



土留壁鋼管矢板(南側)



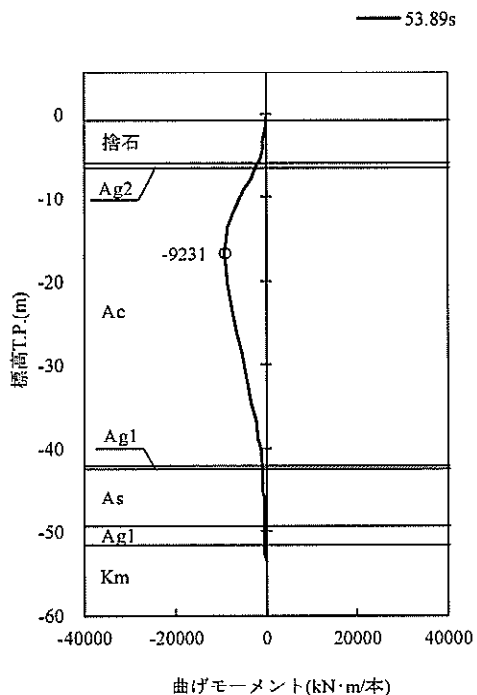
土留壁鋼管矢板(南側)



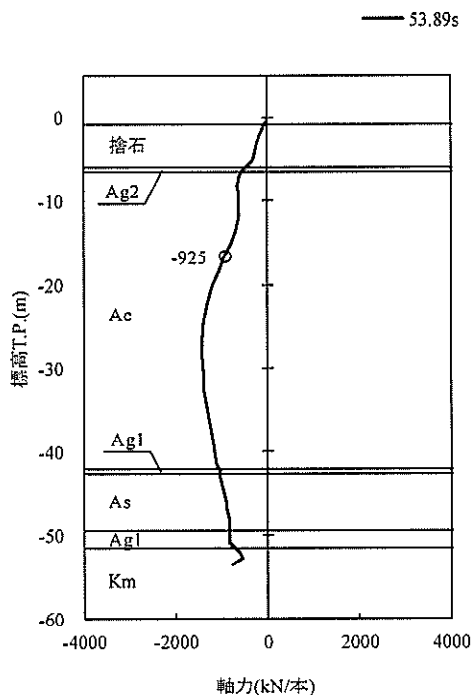
(a) 土留鋼管矢板 (南側)

図 5.1-1 (17) 最も厳しい照査値となる時刻の断面力 (S_s-D1 [II-,V+]) (1/2)
 (NS-1 検討ケース⑥: 地盤物性のばらつきを考慮 (+1 σ) して非液状化の条件を
 仮定した解析ケース)

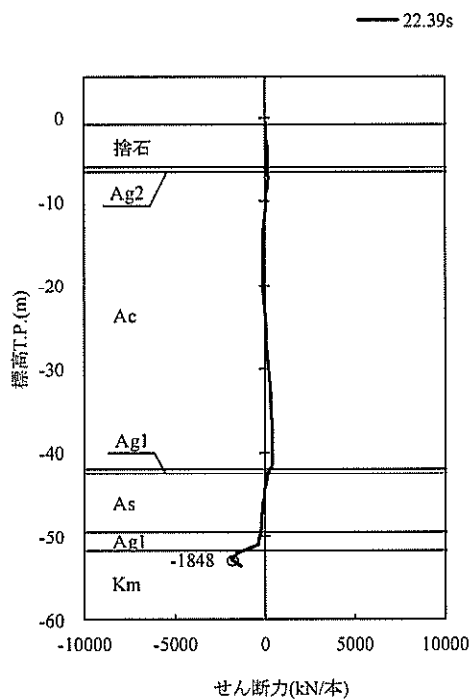
土留壁鋼管矢板(北側)



土留壁鋼管矢板(北側)



土留壁鋼管矢板(北側)



(b) 土留鋼管矢板(北側)

図 5.1-1 (17) 最も厳しい照査値となる時刻の断面力 ($S_s - D1$ [II-, V+]) (2/2)
 (NS-1 検討ケース⑥: 地盤物性のばらつきを考慮 (+1 σ) して非液状化の条件を
 仮定した解析ケース)

(2) 最大せん断ひずみ分布

各要素に発生した最大せん断ひずみを確認するため、地震応答解析の全時刻における最大せん断ひずみの分布を図 5.1-2 に示す。

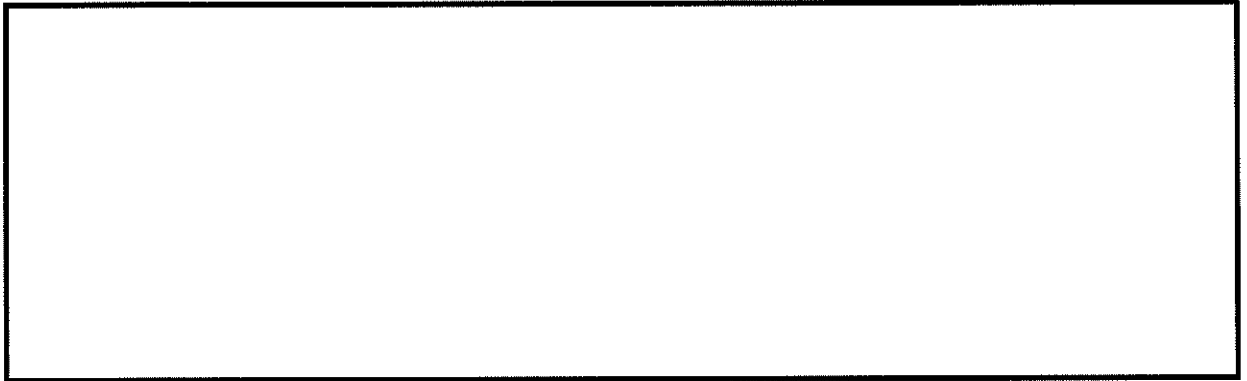


図 5.1-2 (1) 最大せん断ひずみ分布 ($S_s-D 1 [H+, V+]$)

(NS-1 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

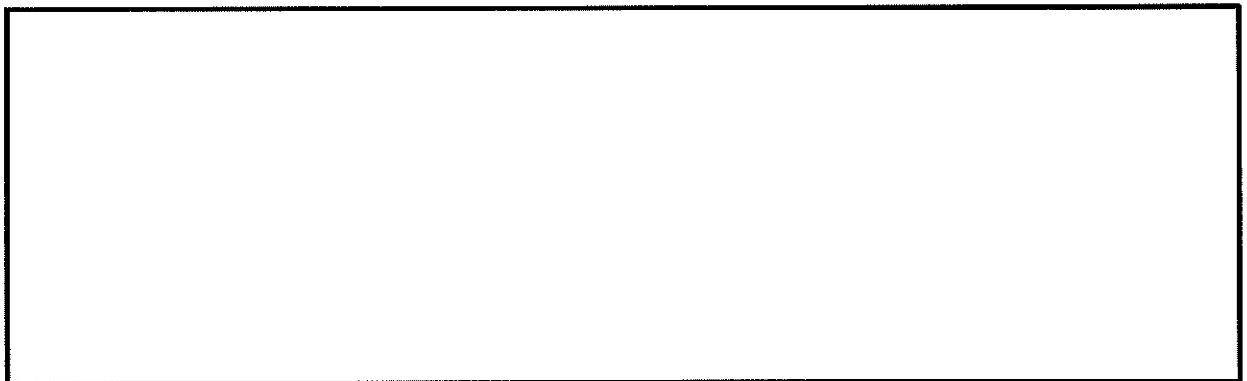


図 5.1-2 (2) 最大せん断ひずみ分布 ($S_s-D 1 [H+, V-]$)

(NS-1 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

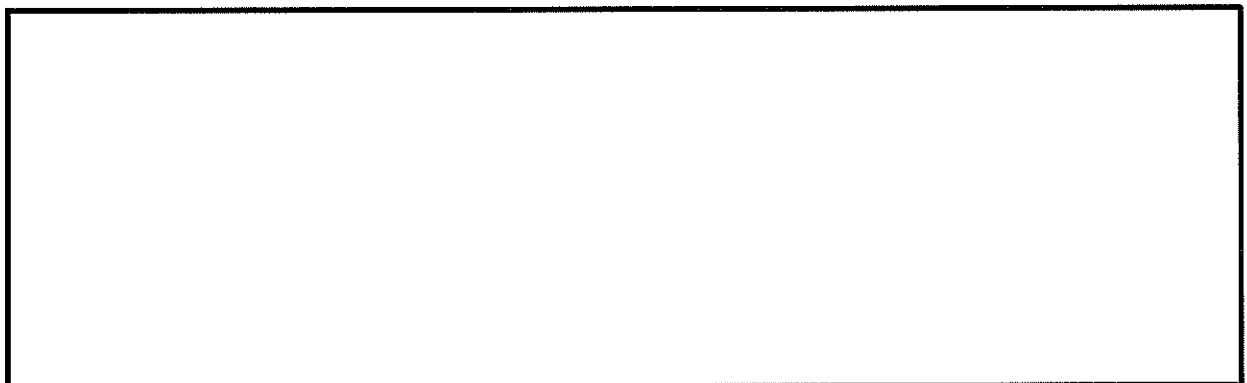


図 5.1-2 (3) 最大せん断ひずみ分布 ($S_s-D 1 [H-, V+]$)

(NS-1 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

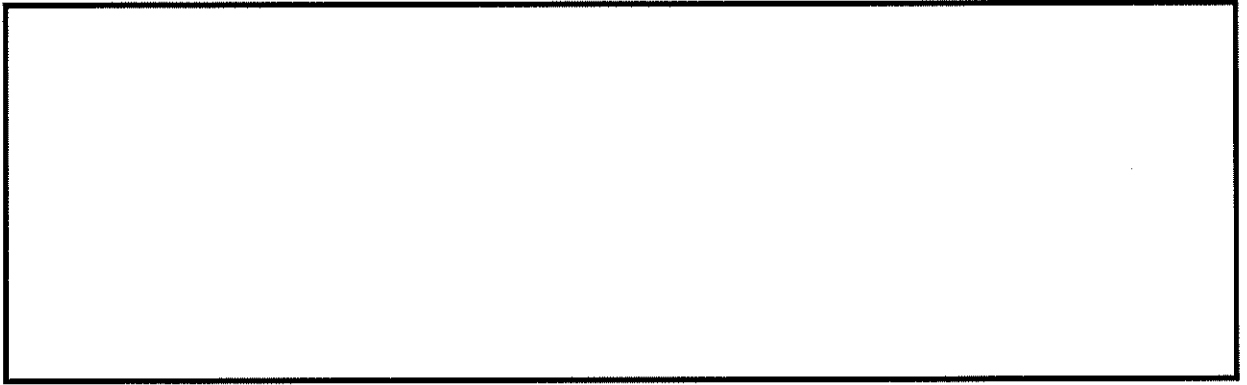


図 5.1-2 (4) 最大せん断ひずみ分布 ($S_s - D 1$ [H-, V-])
(NS-1 検討ケース①: 原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

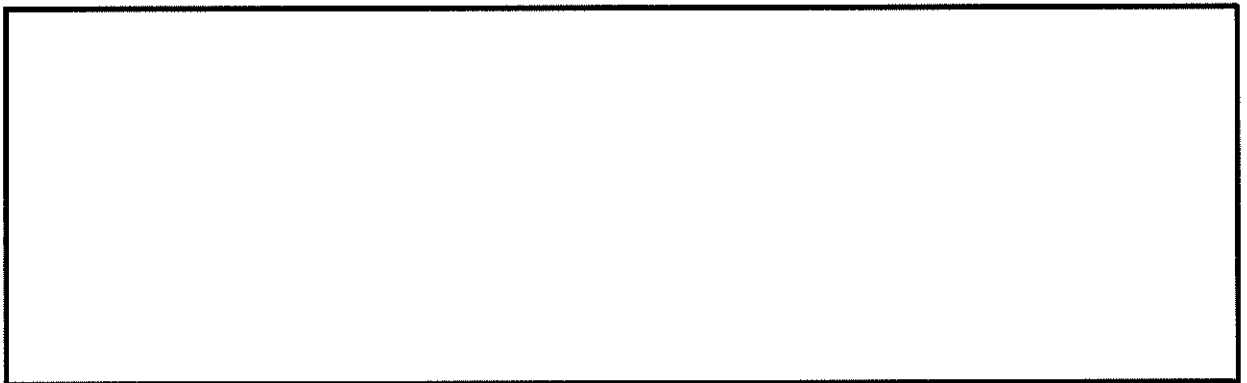


図 5.1-2 (5) 最大せん断ひずみ分布 ($S_s - 1 1$)
(NS-1 検討ケース①: 原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

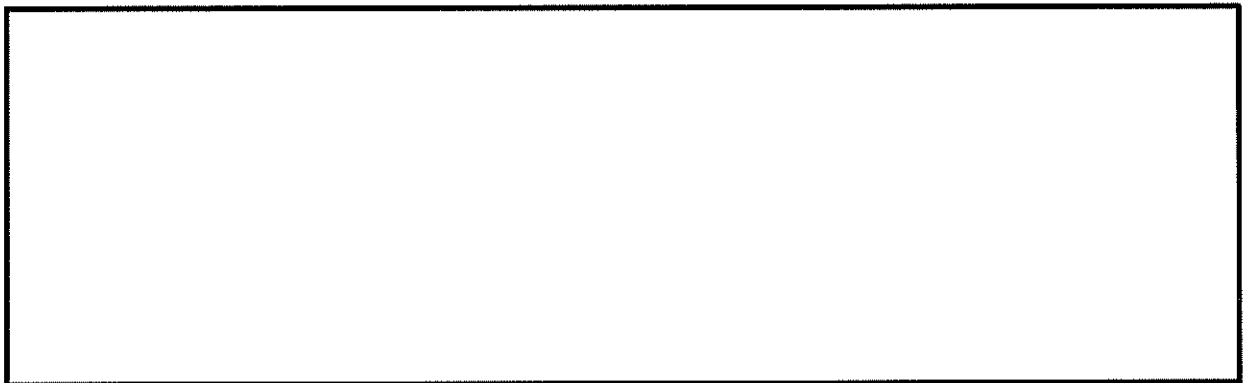


図 5.1-2 (6) 最大せん断ひずみ分布 ($S_s - 1 2$)
(NS-1 検討ケース①: 原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

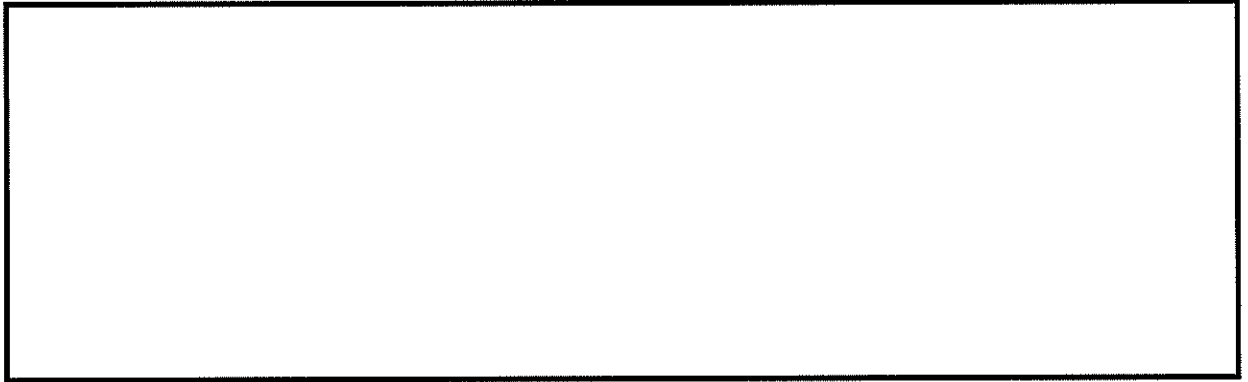


図 5.1-2 (7) 最大せん断ひずみ分布 ($S_s - 1 3$)
(NS-1 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

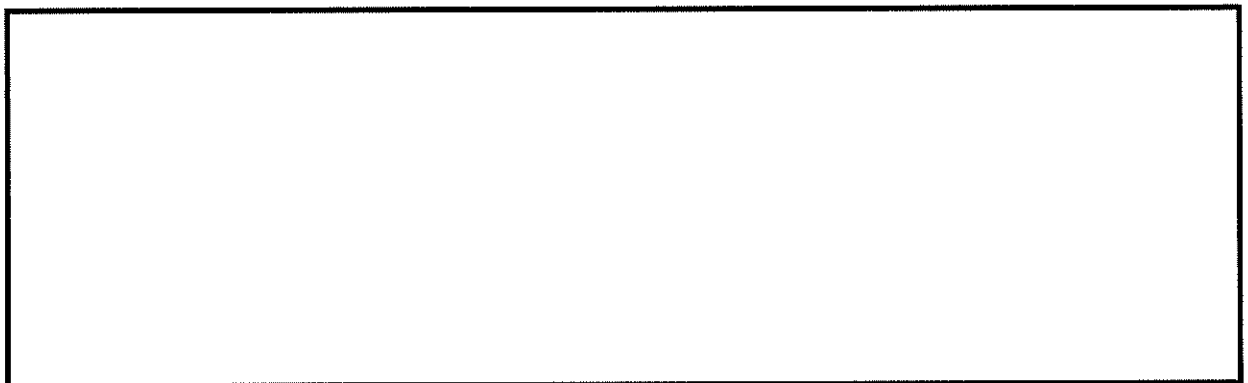


図 5.1-2 (8) 最大せん断ひずみ分布 ($S_s - 1 4$)
(NS-1 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

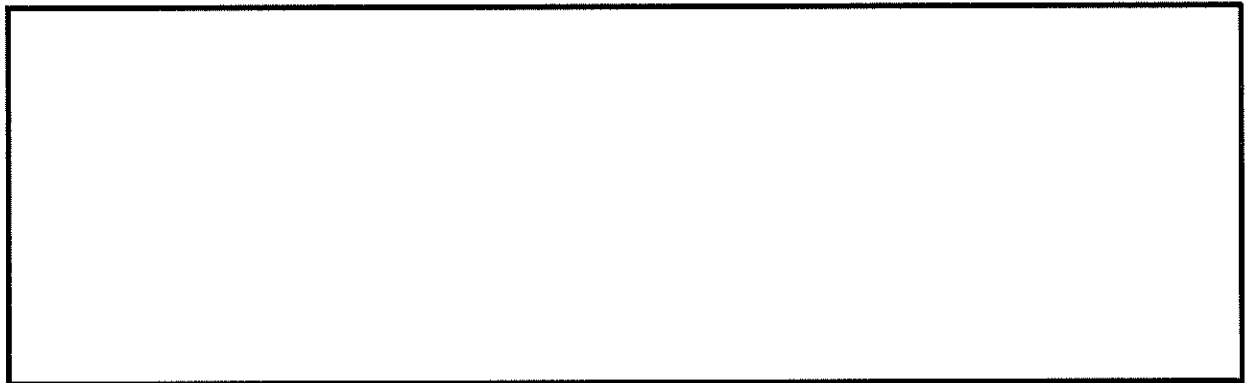


図 5.1-2 (9) 最大せん断ひずみ分布 ($S_s - 2 1$)
(NS-1 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

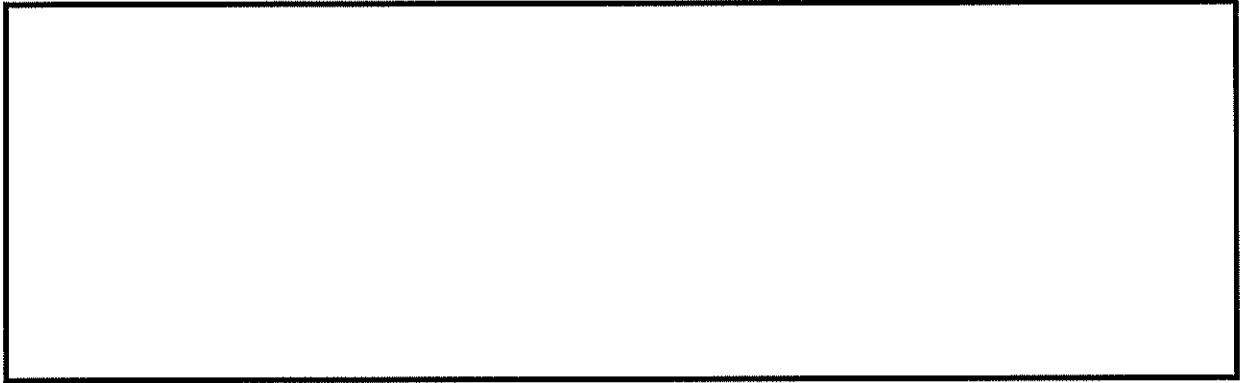


図 5.1-2 (10) 最大せん断ひずみ分布 ($S_s - 2 2$)
(NS-1 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

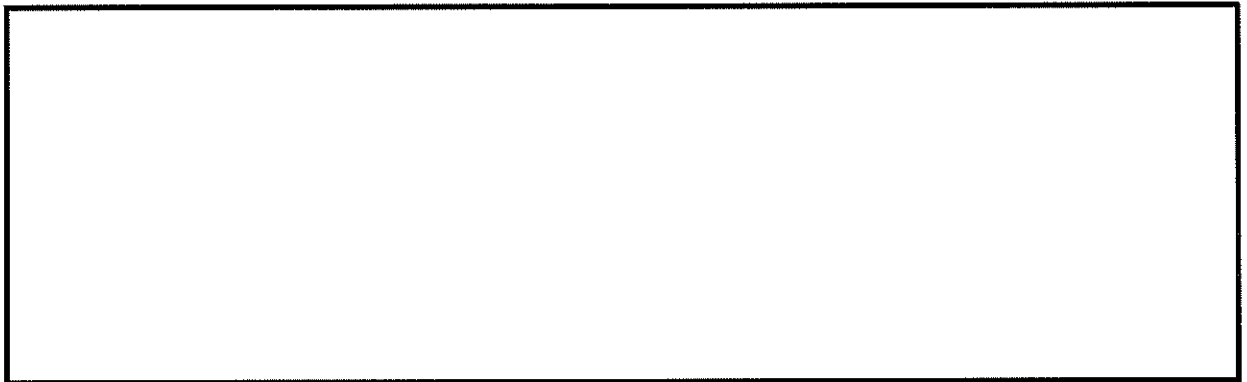


図 5.1-2 (11) 最大せん断ひずみ分布 ($S_s - 3 1 [H+, V+]$)
(NS-1 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

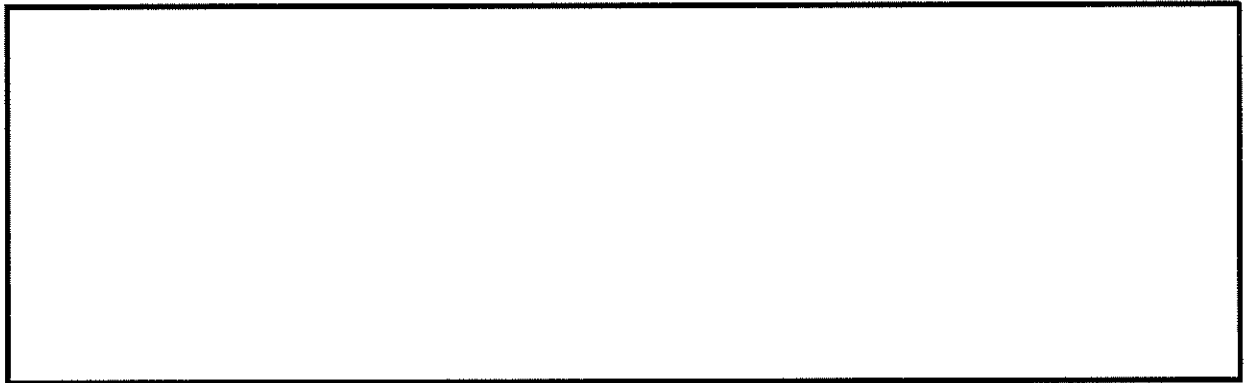


図 5.1-2 (12) 最大せん断ひずみ分布 ($S_s - 3 1 [H-, V+]$)
(NS-1 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

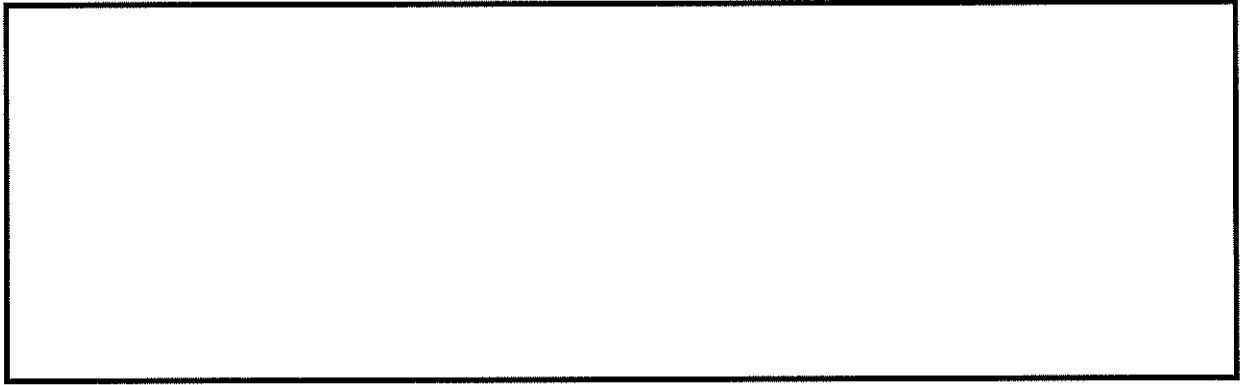


図 5.1-2 (13) 最大せん断ひずみ分布 ($S_s - D 1 [H-, V+]$)
(NS-1 検討ケース②: 地盤物性のばらつきを考慮 (+1 σ) した解析ケース)

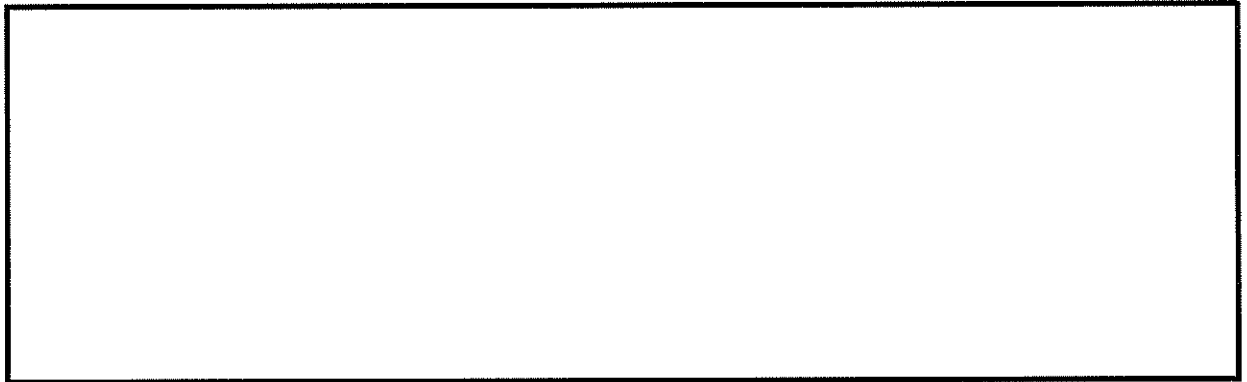


図 5.1-2 (14) 最大せん断ひずみ分布 ($S_s - D 1 [H-, V+]$)
(NS-1 検討ケース③: 地盤物性のばらつきを考慮 (-1 σ) した解析ケース)

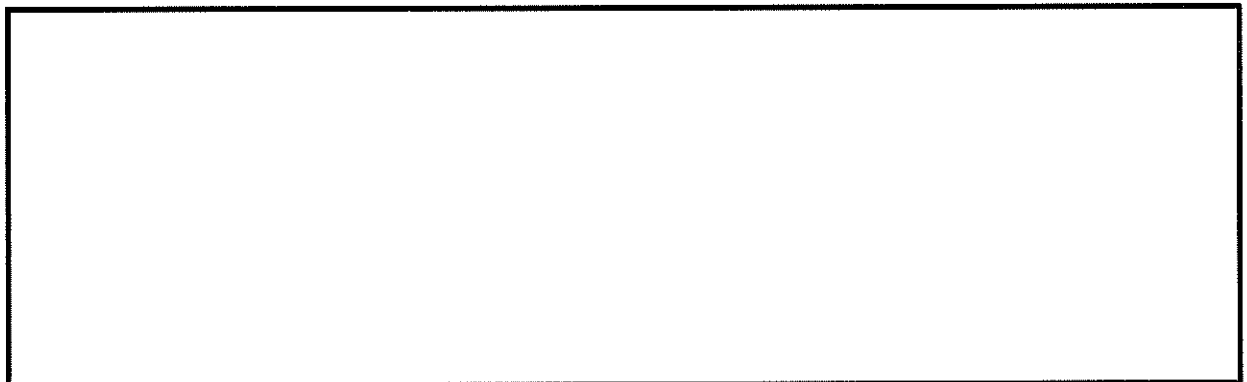


図 5.1-2 (15) 最大せん断ひずみ分布 ($S_s - D 1 [H-, V+]$)
(NS-1 検討ケース④: 敷地に存在しない豊浦標準砂に基づく液状化強度特性により
地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)

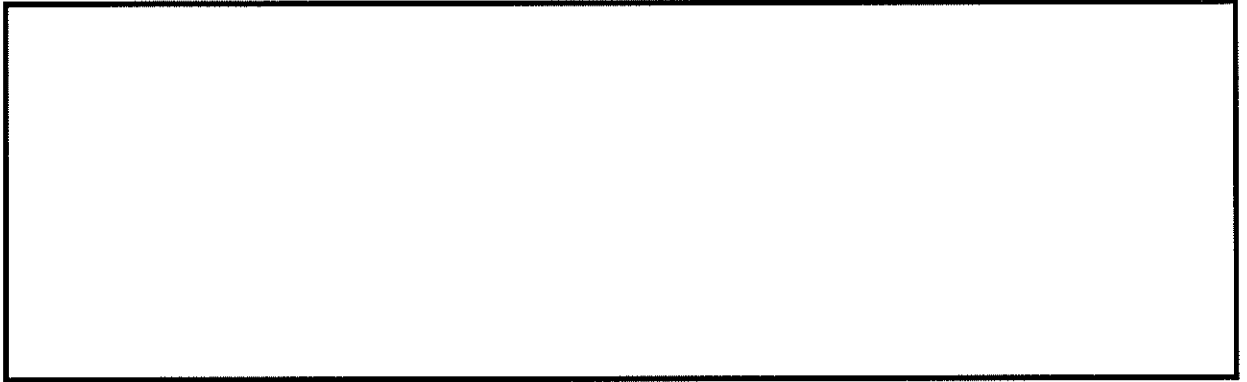


図 5.1-2 (16) 最大せん断ひずみ分布 ($S_s - D 1 [H-, V+]$)
(NS-1 検討ケース⑤: 原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース)

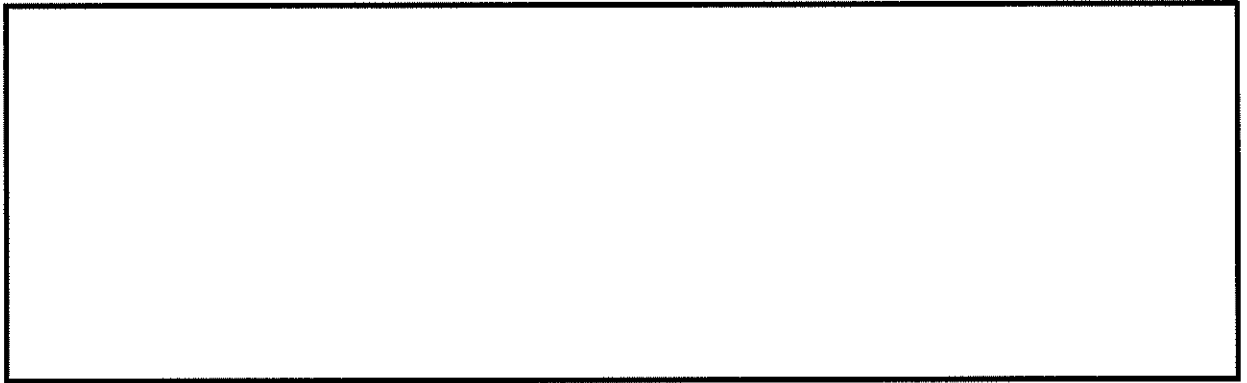


図 5.1-2 (17) 最大せん断ひずみ分布 ($S_s - D 1 [H-, V+]$)
(NS-1 検討ケース⑥: 地盤物性のばらつきを考慮 (+1 σ) して非液状化の条件を
仮定した解析ケース)

(3) 過剰間隙水圧比分布

各要素に発生した過剰間隙水圧比を確認するため、地震応答解析の全時刻における過剰間隙水圧比の分布を図 5.1-3 に示す。

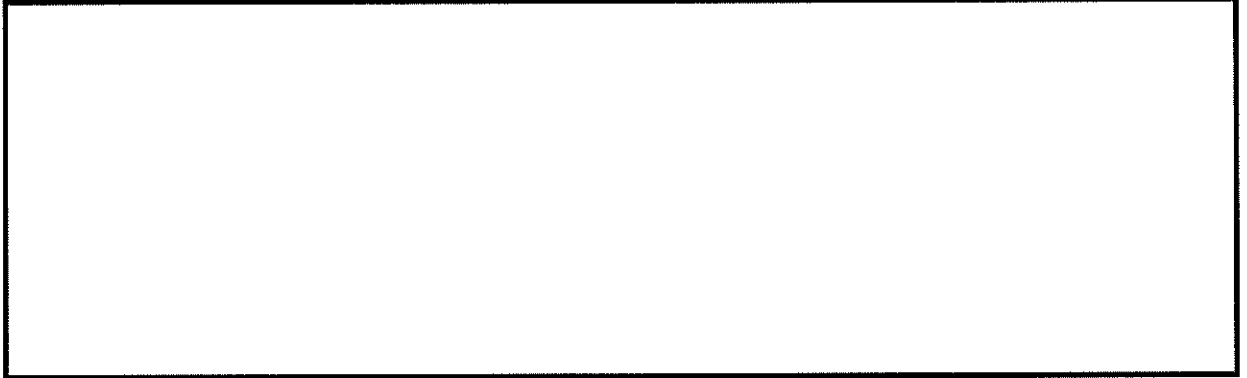


図 5.1-3 (1) 過剰間隙水圧比分布 ($S_w - D1$ [H+, V+])

(NS-1 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

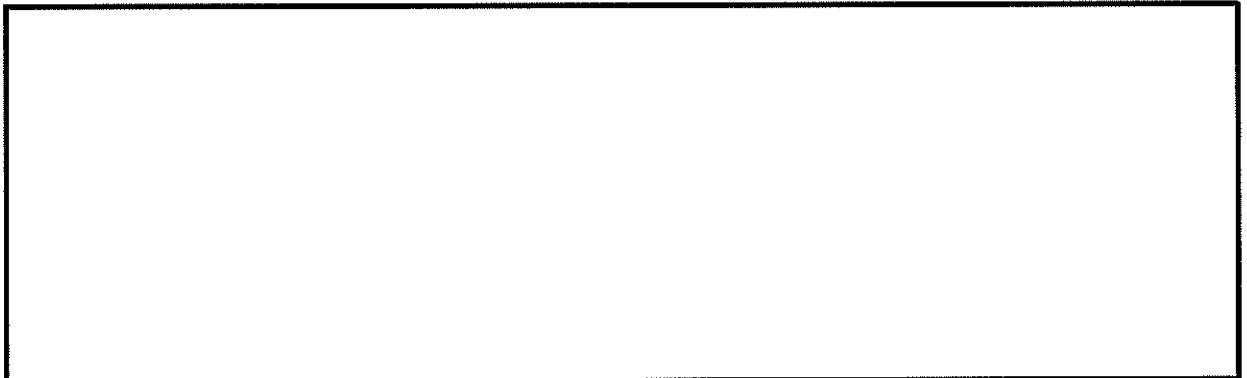


図 5.1-3 (2) 過剰間隙水圧比分布 ($S_w - D1$ [H+, V-])

(NS-1 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

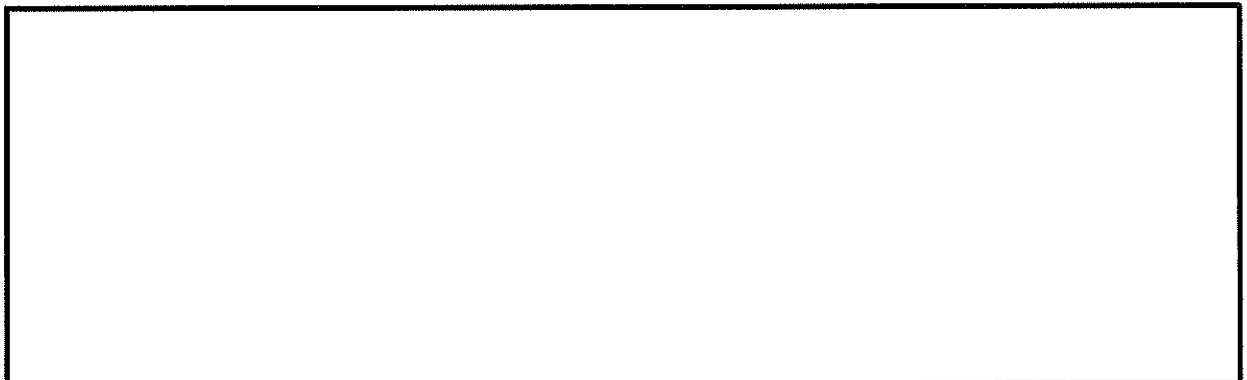


図 5.1-3 (3) 過剰間隙水圧比分布 ($S_w - D1$ [H-, V+])

(NS-1 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

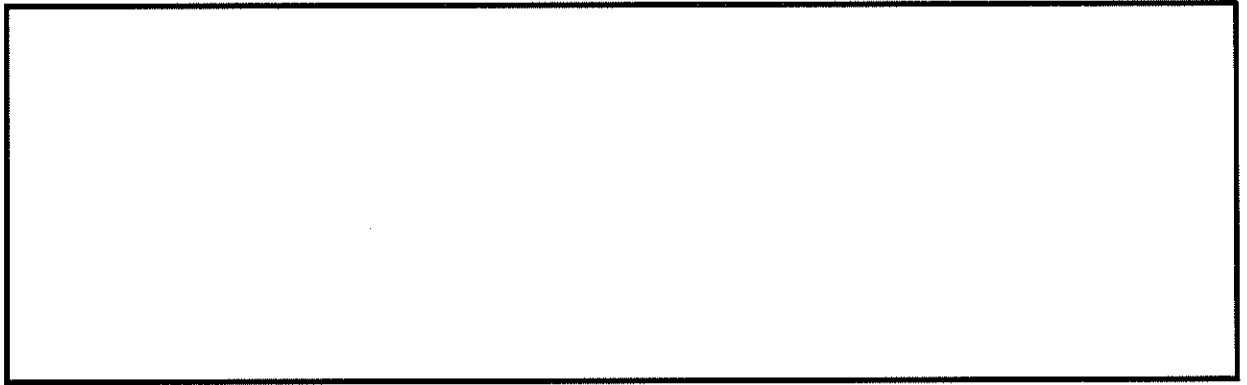


図 5.1-3 (4) 過剰間隙水圧比分布 ($S_s - D 1 [H-, V-]$)
(NS-1 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

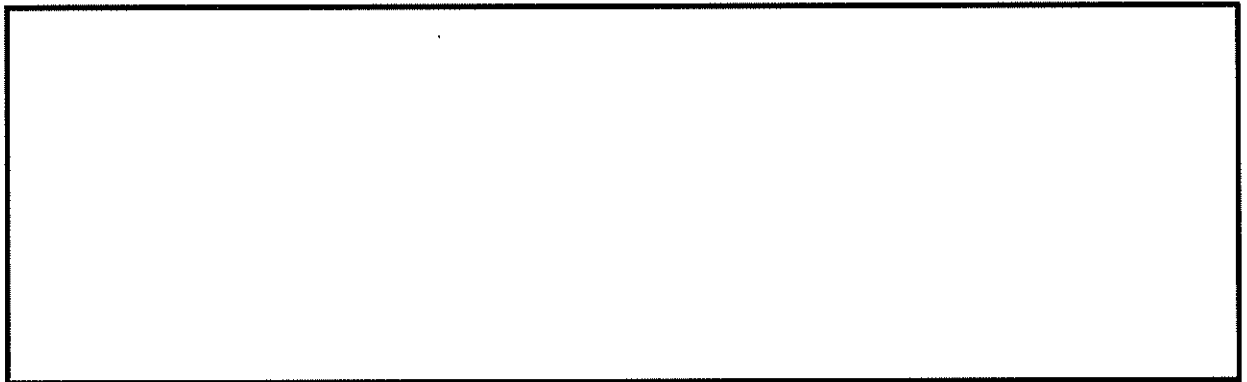


図 5.1-3 (5) 過剰間隙水圧比分布 ($S_s - 1 1$)
(NS-1 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

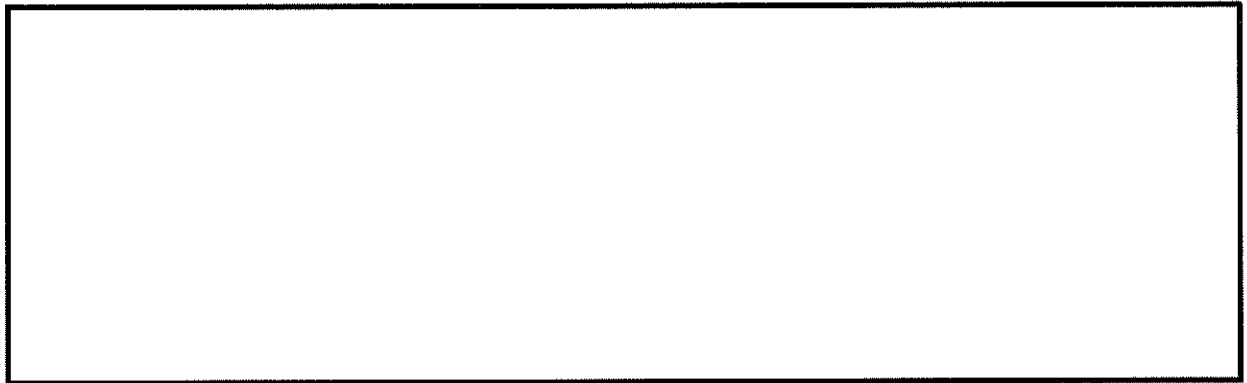


図 5.1-3 (6) 過剰間隙水圧比分布 ($S_s - 1 2$)
(NS-1 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

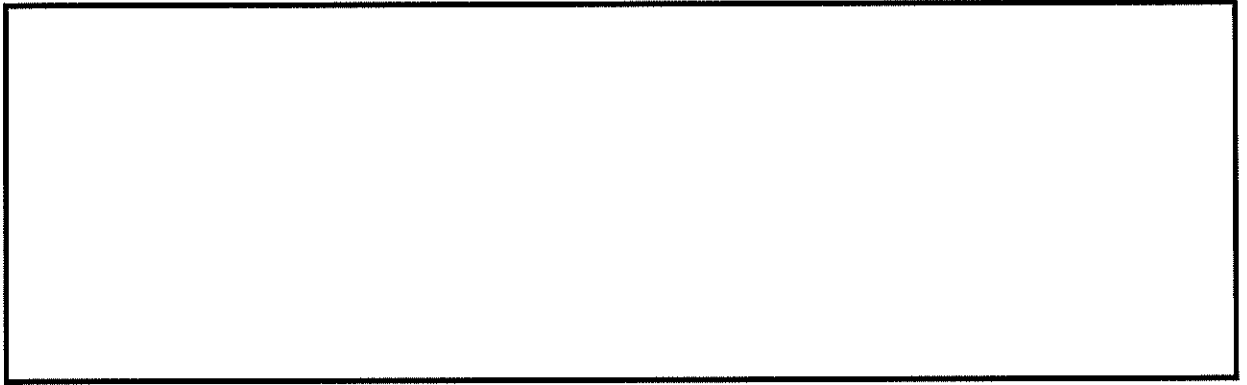


図 5.1-3 (7) 過剰間隙水圧比分布 ($S_s - 1 3$)

(NS-1 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

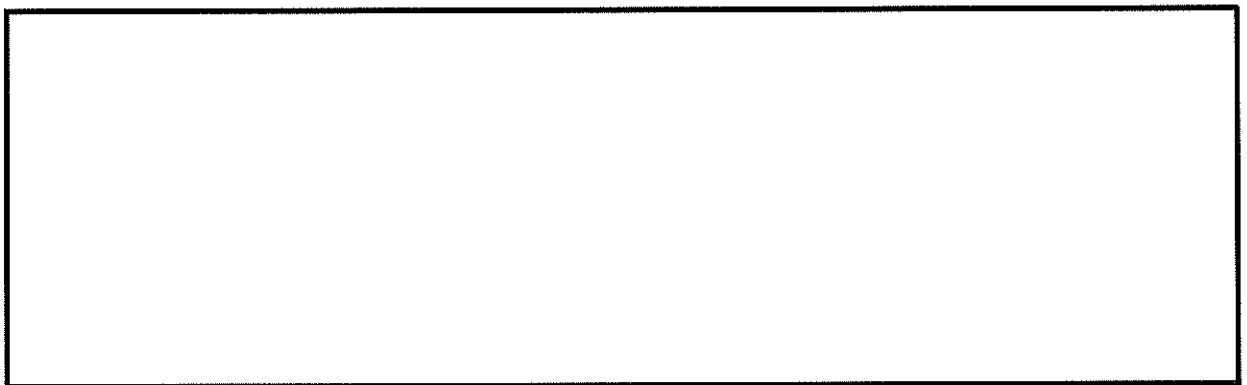


図 5.1-3 (8) 過剰間隙水圧比分布 ($S_s - 1 4$)

(NS-1 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

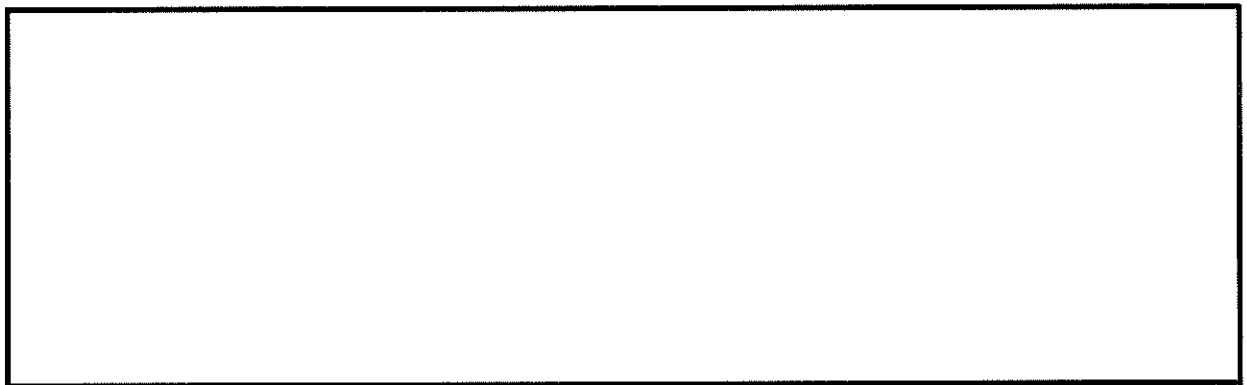


図 5.1-3 (9) 過剰間隙水圧比分布 ($S_s - 2 1$)

(NS-1 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

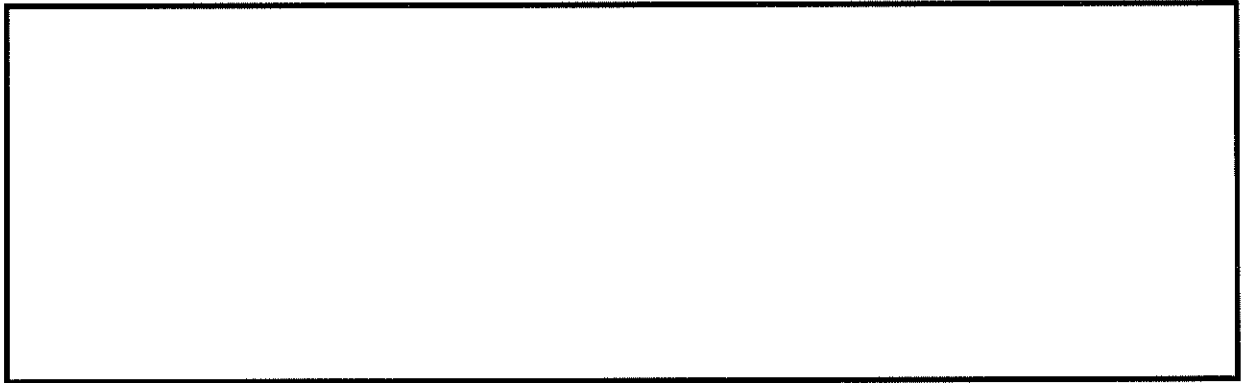


図 5.1-3 (10) 過剰間隙水圧比分布 ($S_s - 2 2$)

(NS-1 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

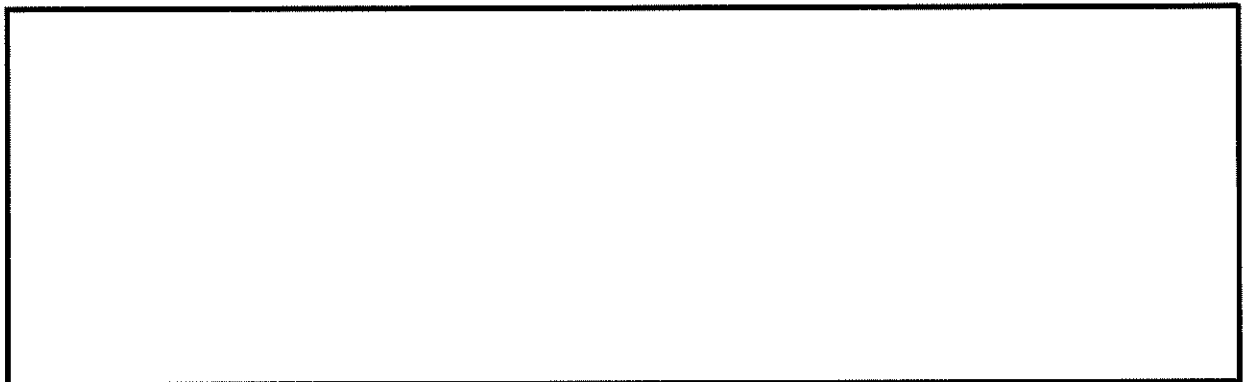


図 5.1-3 (11) 過剰間隙水圧比分布 ($S_s - 3 1 [H+, V+]$)

(NS-1 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

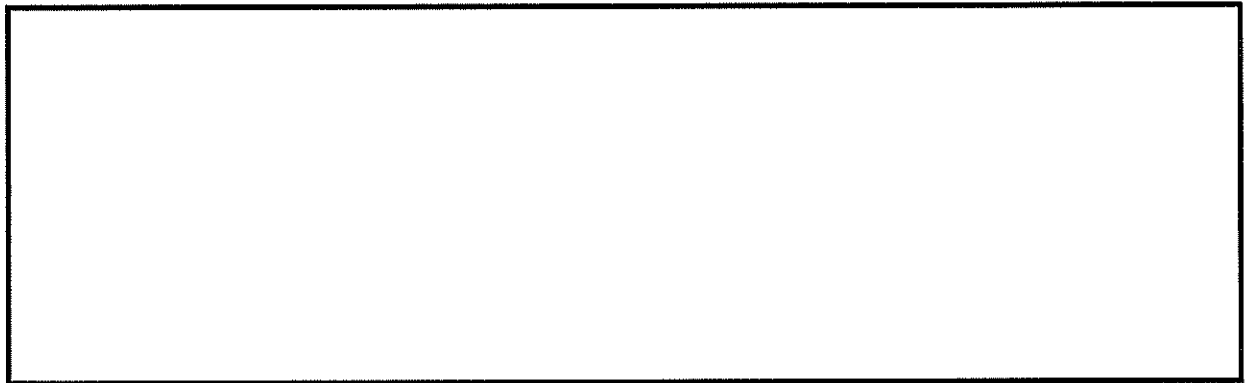


図 5.1-3 (12) 過剰間隙水圧比分布 ($S_s - 3 1 [H-, V+]$)

(NS-1 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

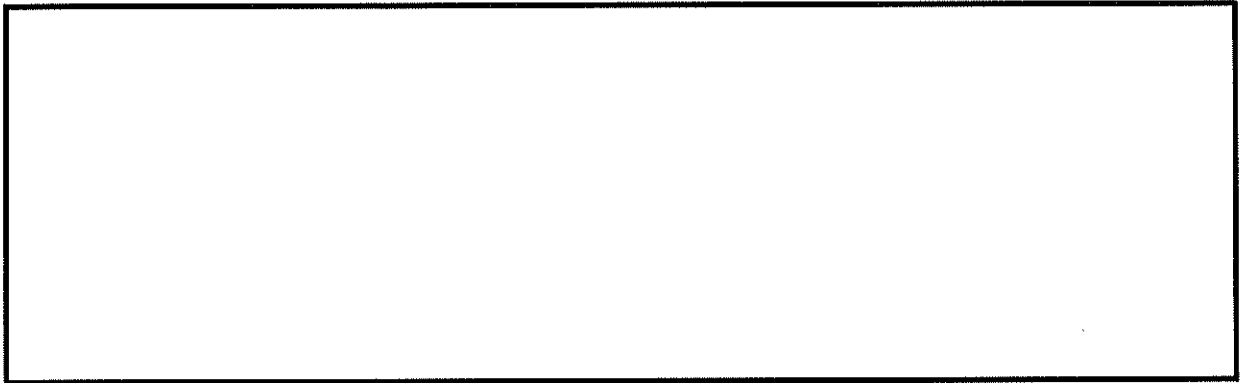


図 5.1-3 (13) 過剰間隙水圧比分布 ($S_s - D 1 [H-, V+]$)
(NS-1 検討ケース②: 地盤物性のばらつきを考慮 (+1 σ) した解析ケース)

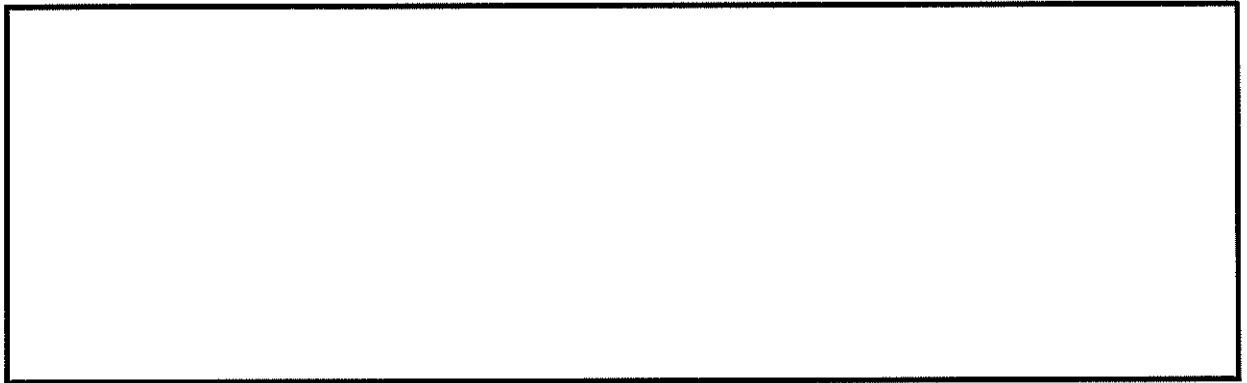


図 5.1-3 (14) 過剰間隙水圧比分布 ($S_s - D 1 [H-, V+]$)
(NS-1 検討ケース③: 地盤物性のばらつきを考慮 (-1 σ) した解析ケース)

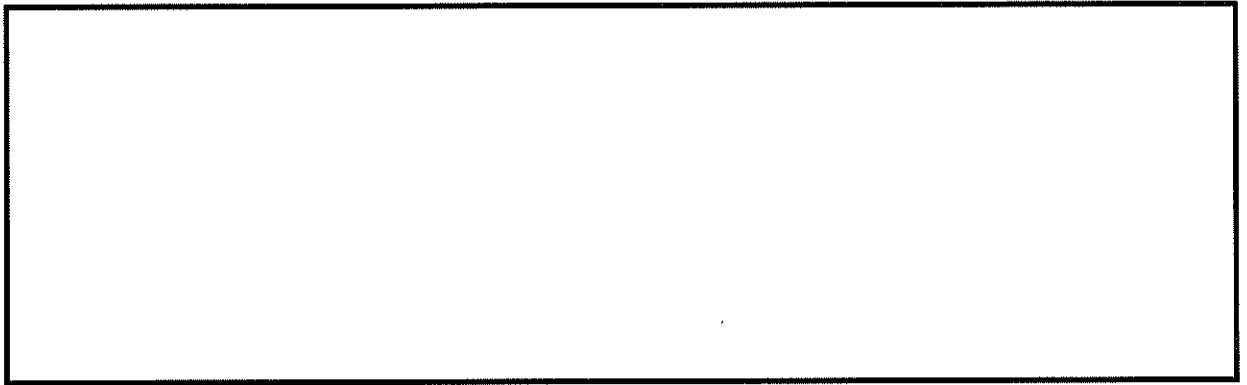


図 5.1-3 (15) 過剰間隙水圧比分布 ($S_s - D 1 [H-, V+]$)
(NS-1 検討ケース④: 敷地に存在しない豊浦標準砂に基づく液状化強度特性により
地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)

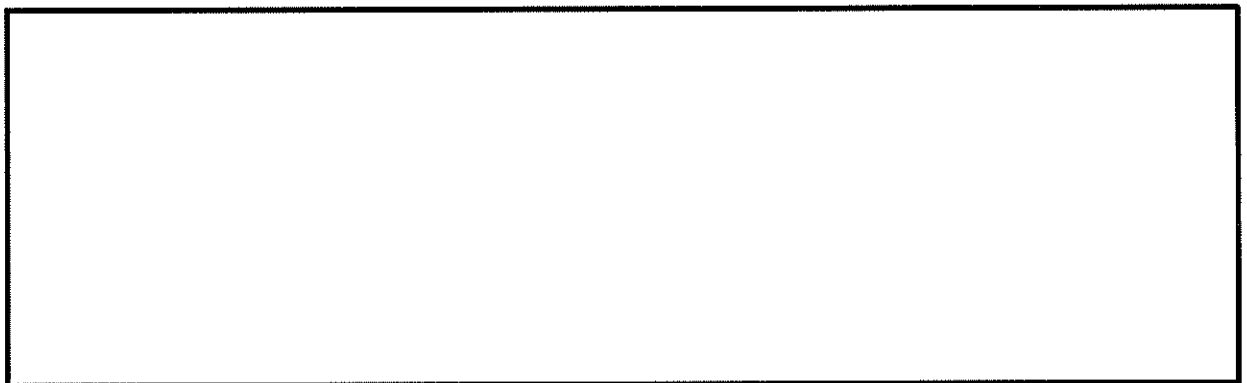


図 5.1-3 (16) 過剰間隙水圧比分布 ($S_s - D 1 [H-, V+]$)
(NS-1 検討ケース⑤: 原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース)

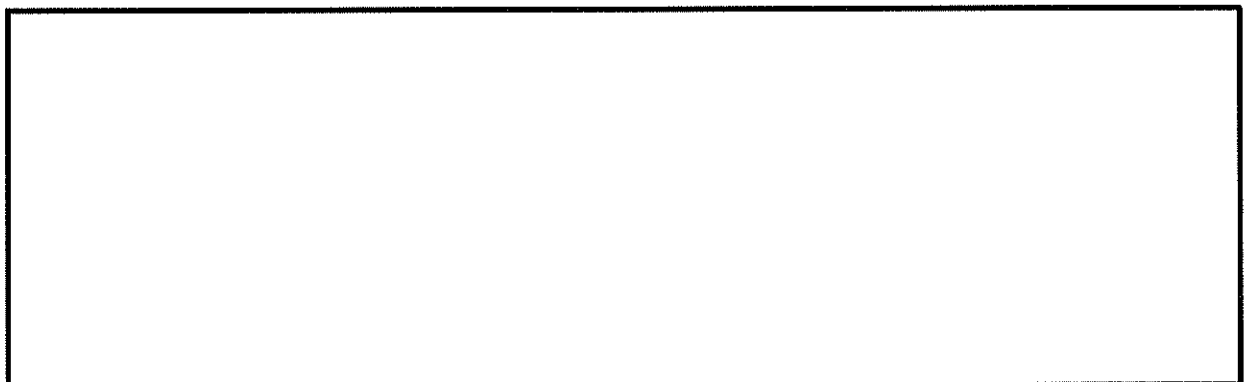


図 5.1-3 (17) 過剰間隙水圧比分布 ($S_s - D 1 [H-, V+]$)
(NS-1 検討ケース⑥: 地盤物性のばらつきを考慮 (+1 σ) して非液状化の条件を
仮定した解析ケース)

(4) 最大加速度分布

各要素に発生した水平方向の加速度応答分布を確認するため、地震応答解析の全時刻における最大加速度の分布を図 5.1-4 に示す。

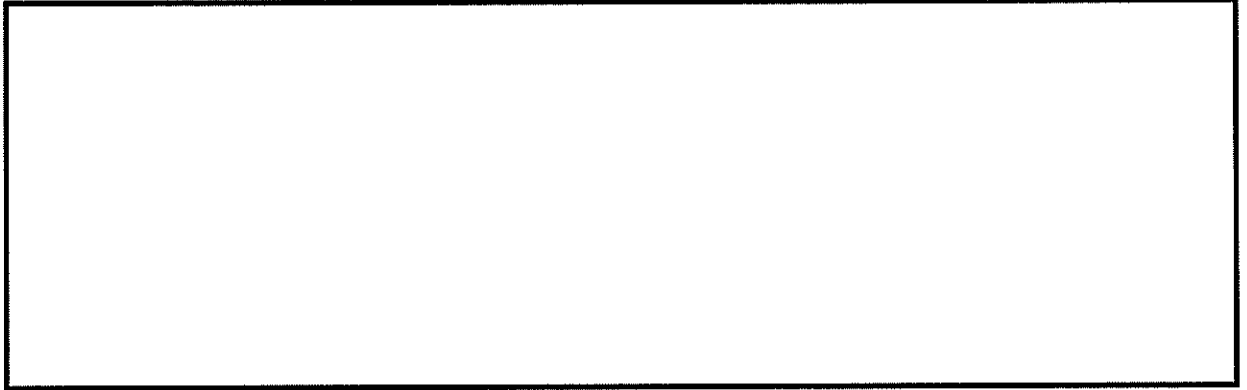


図 5.1-4 (1) 最大加速度分布 ($S_s-D 1 [H+, V+]$)

(NS-1 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

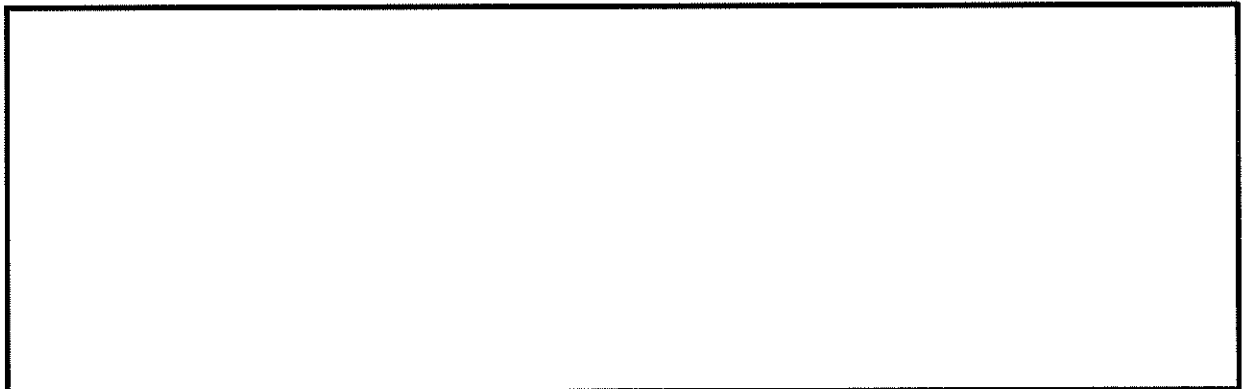


図 5.1-4 (2) 最大加速度分布 ($S_s-D 1 [H+, V-]$)

(NS-1 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

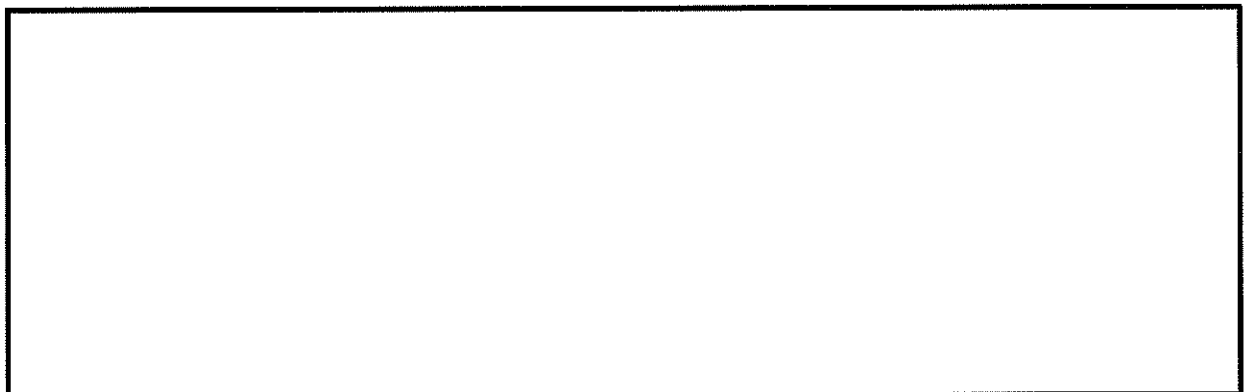


図 5.1-4 (3) 最大加速度分布 ($S_s-D 1 [H-, V+]$)

(NS-1 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

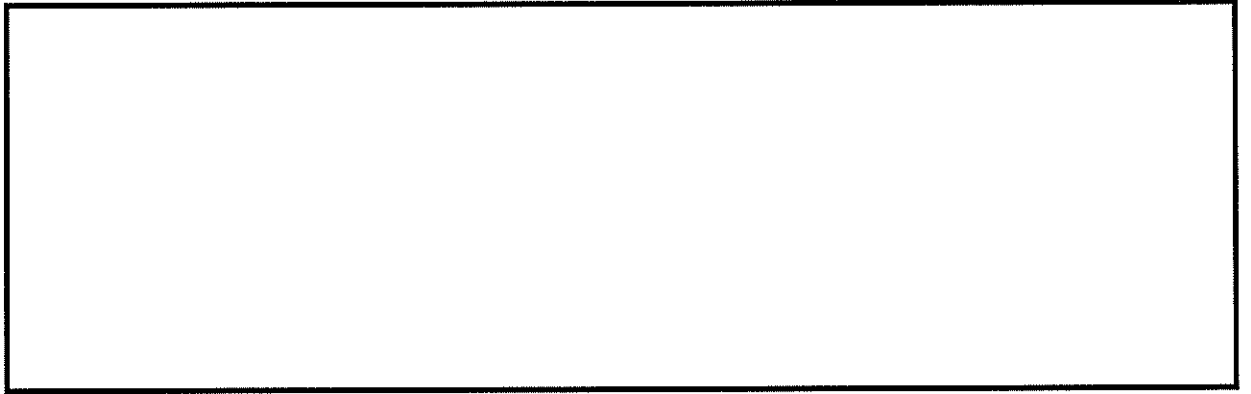


図 5.1-4 (4) 最大加速度分布 (S_s-D1 [H-,V-])
(NS-1 検討ケース①: 原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

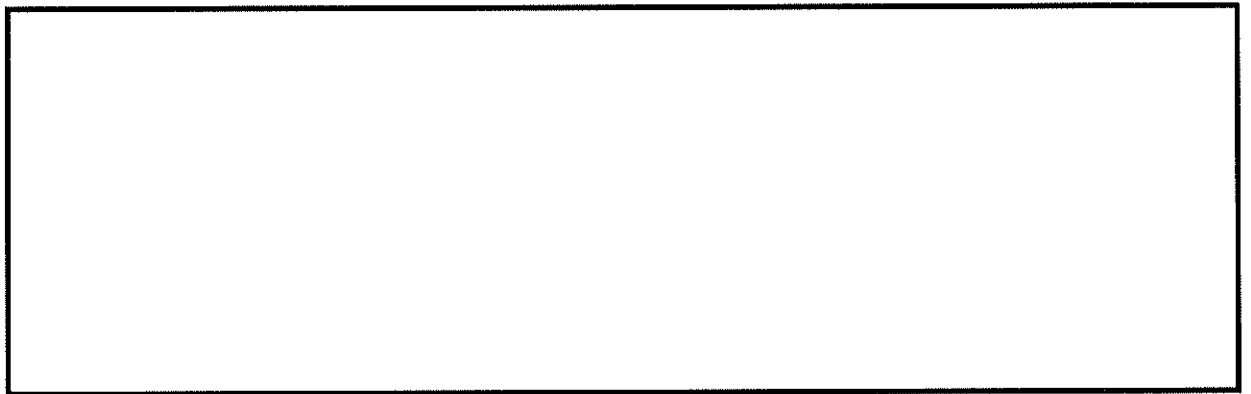


図 5.1-4 (5) 最大加速度分布 (S_s-11)
(NS-1 検討ケース①: 原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

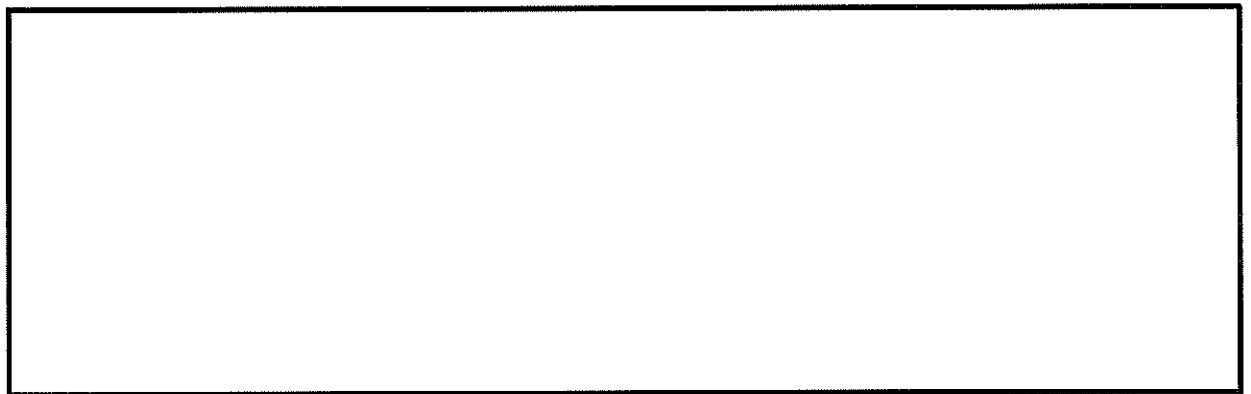


図 5.1-4 (6) 最大加速度分布 (S_s-12)
(NS-1 検討ケース①: 原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

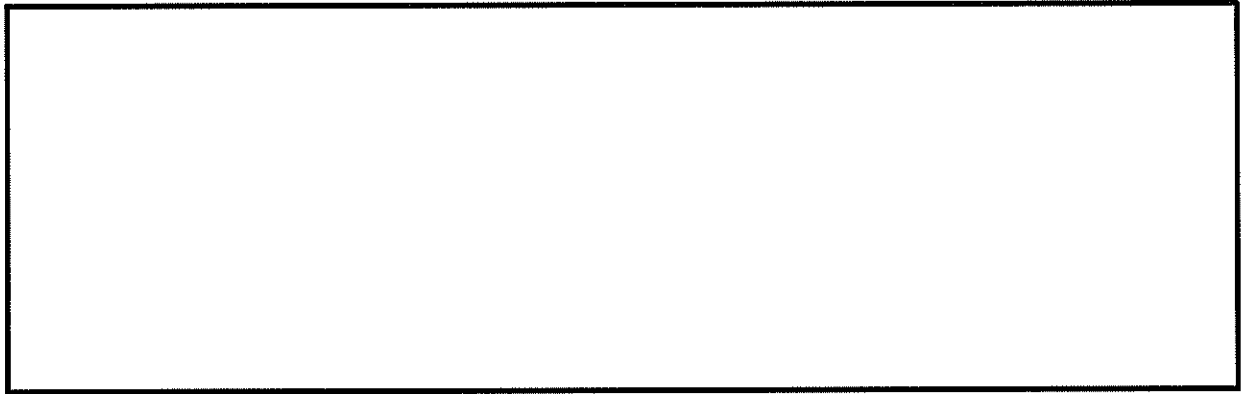


図 5.1-4 (7) 最大加速度分布 (S_s-13)

(NS-1 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

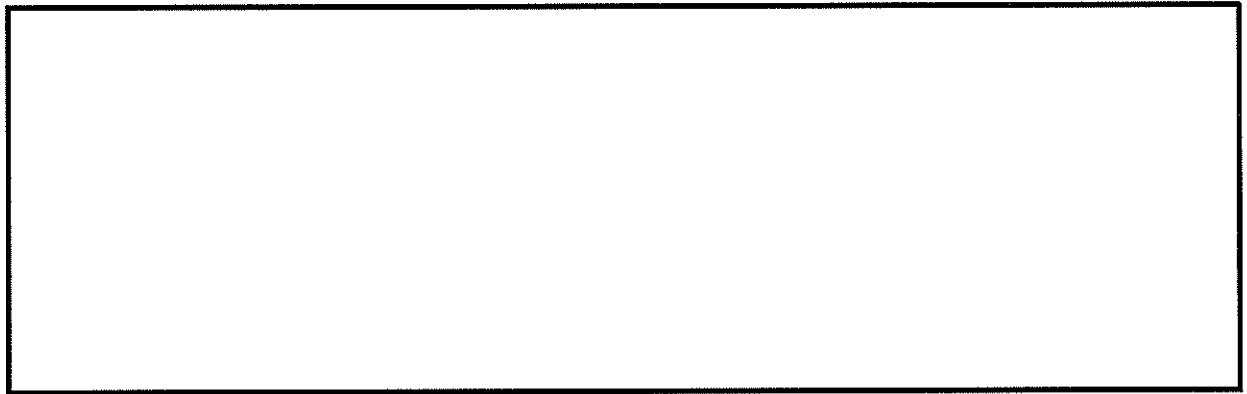


図 5.1-4 (8) 最大加速度分布 (S_s-14)

(NS-1 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

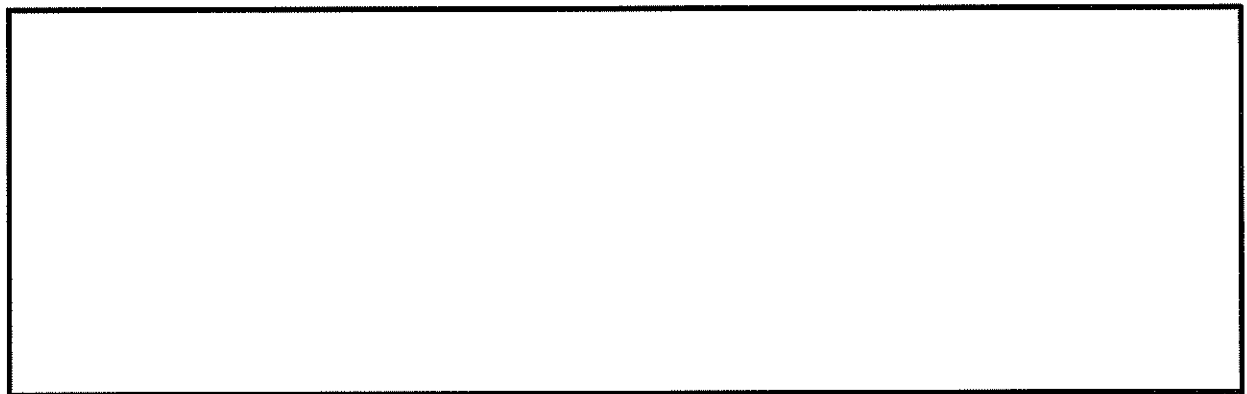


図 5.1-4 (9) 最大加速度分布 (S_s-21)

(NS-1 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

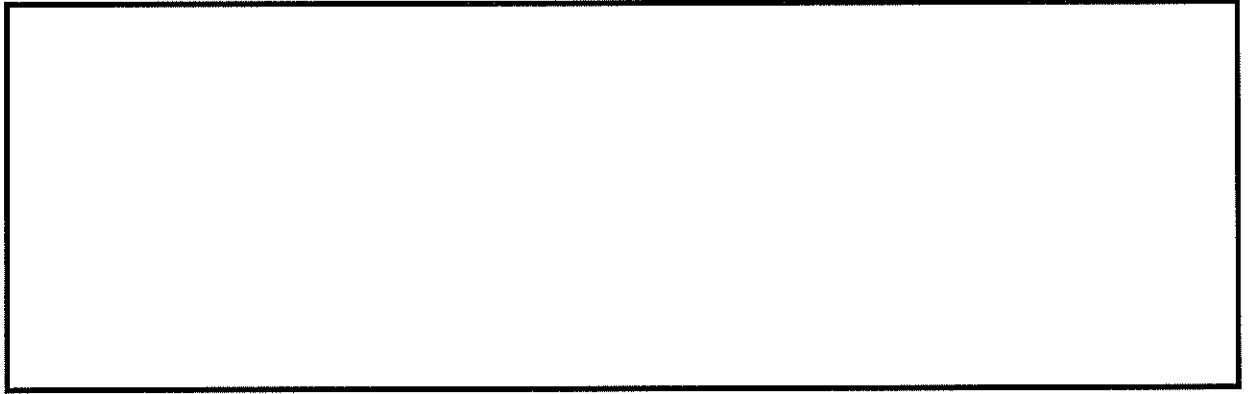


図 5.1-4 (10) 最大加速度分布 ($S_s - 2 2$)

(NS-1 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

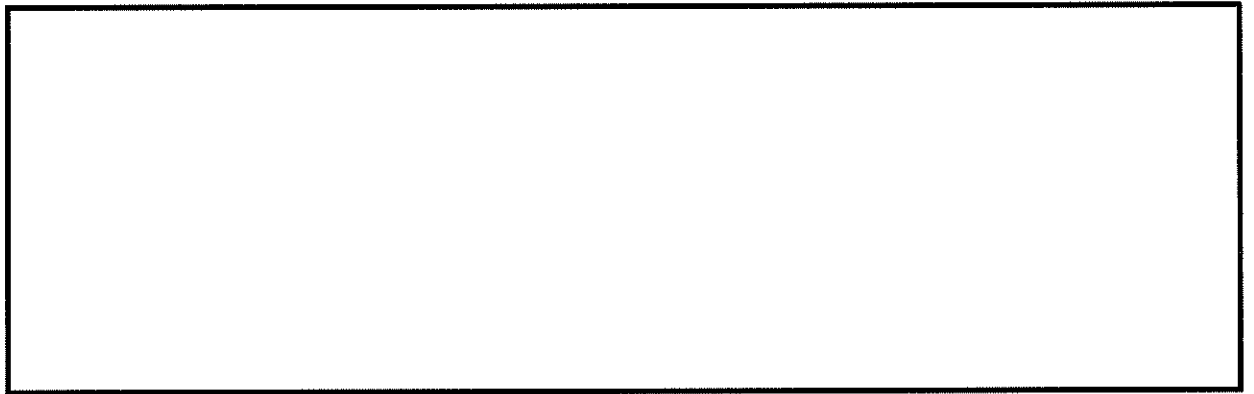


図 5.1-4 (11) 最大加速度分布 ($S_s - 3 1 [H+, V+]$)

(NS-1 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

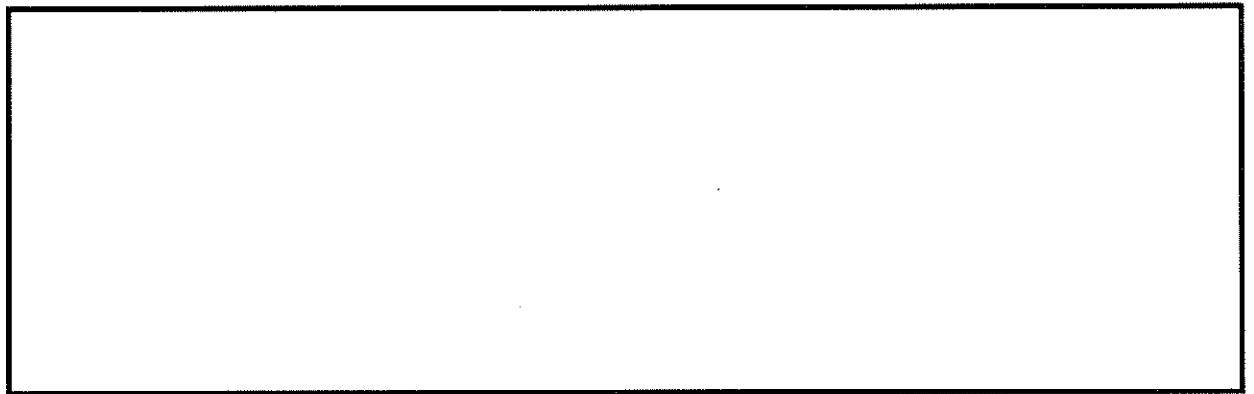


図 5.1-4 (12) 最大加速度分布 ($S_s - 3 1 [H-, V+]$)

(NS-1 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

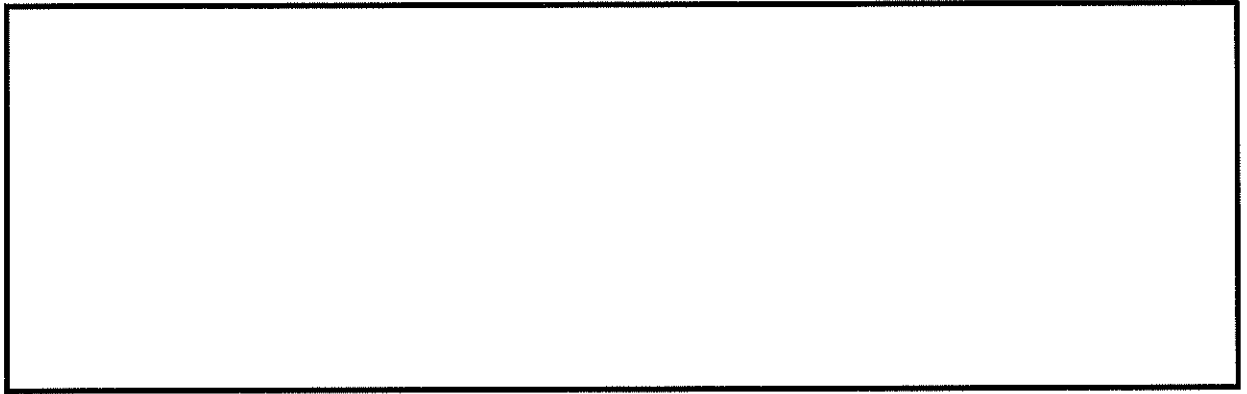


図 5.1-4 (13) 最大加速度分布 ($S_s - D 1 [H-, V+]$)
(NS-1 検討ケース②: 地盤物性のばらつきを考慮 (+1 σ) した解析ケース)

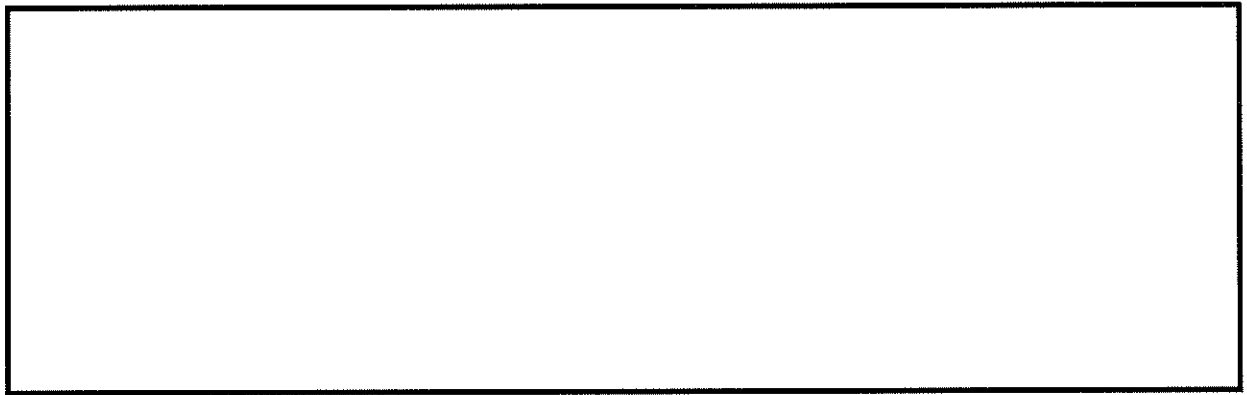


図 5.1-4 (14) 最大加速度分布 ($S_s - D 1 [H-, V+]$)
(NS-1 検討ケース③: 地盤物性のばらつきを考慮 (-1 σ) した解析ケース)

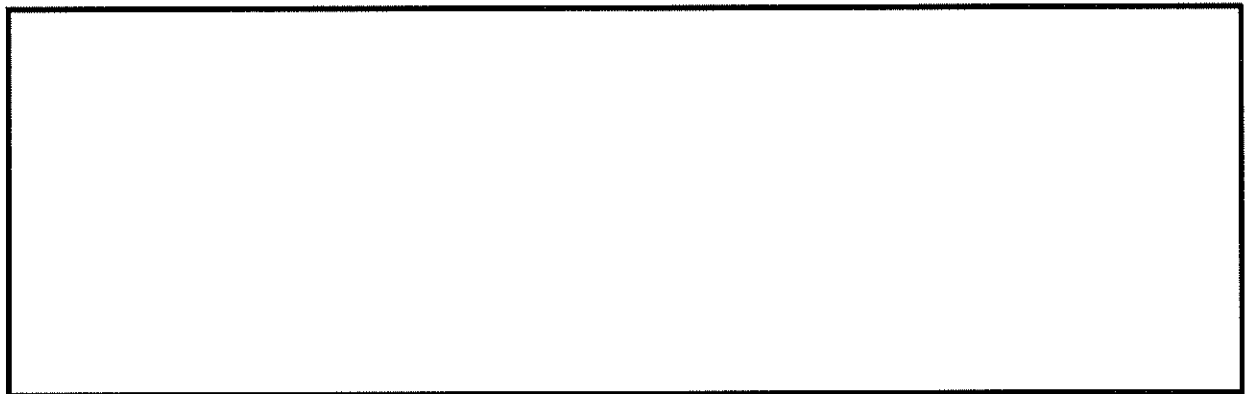


図 5.1-4 (15) 最大加速度分布 ($S_s - D 1 [H-, V+]$)
(NS-1 検討ケース④: 敷地に存在しない豊浦標準砂に基づく液状化強度特性により
地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)

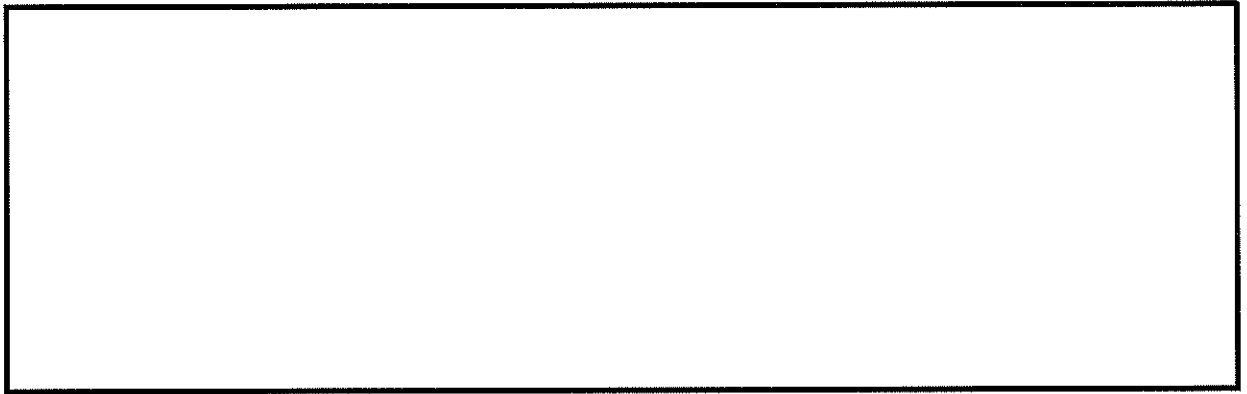


図 5.1-4 (16) 最大加速度分布 ($S_s - D 1 [H-, V+]$)
(NS-1 検討ケース⑤: 原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース)

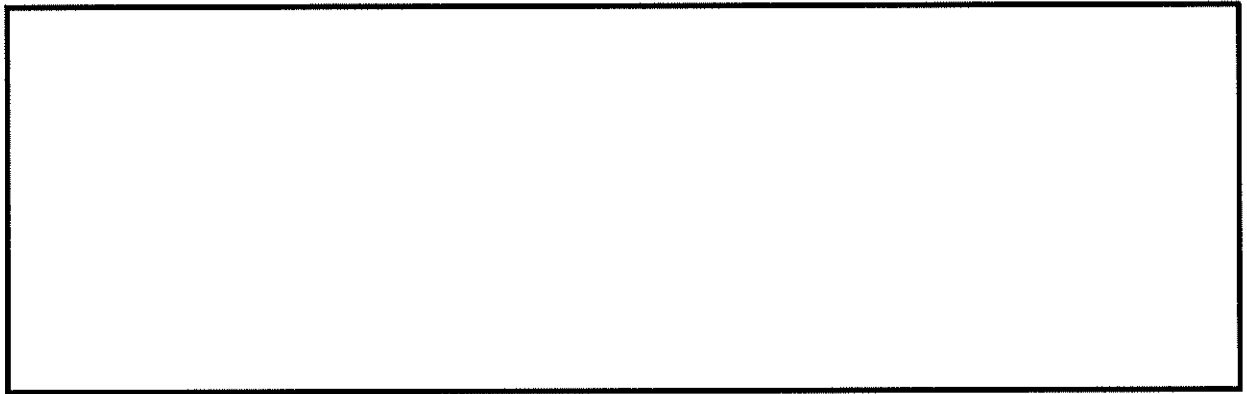


図 5.1-4 (17) 最大加速度分布 ($S_s - D 1 [H-, V+]$)
(NS-1 検討ケース⑥: 地盤物性のばらつきを考慮 ($+1\sigma$) して非液状化の条件を
仮定した解析ケース)

5.2 耐震評価結果

(1) 鋼管矢板の評価結果

a. 曲げ軸力に対する照査

曲げ軸力に対する照査結果を表 5.2-1 に示す。鋼管矢板に対して許容応力度法による照査を行った結果、発生曲げ応力度が短期許容応力度以下であることを確認した。なお、発生曲げ応力度は各地震動において最大となる値を示している。

表 5.2-1 (1) 曲げ軸力に対する照査結果 (NS-1 土留鋼管矢板 (南側))

地盤	地震動	曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)	発生曲げ 応力度 (N/mm ²)	短期許容 応力度 (N/mm ²)	照査値
平均剛性	S _s -D1++	21797	84	190	382.5	0.50
	S _s -D1+-	21411	374	188	382.5	0.50
	S _s -D1-+	24082	69	210	382.5	0.55
	S _s -D1--	23903	18	208	382.5	0.55
	S _s -11	19294	780	171	382.5	0.45
	S _s -12	19914	1103	178	382.5	0.47
	S _s -13	18299	702	162	382.5	0.43
	S _s -14	15164	621	134	382.5	0.36
	S _s -21	20430	-587	180	382.5	0.48
	S _s -22	18873	37	164	382.5	0.43
	S _s -31++	19955	728	177	382.5	0.47
	S _s -31-+	19465	438	171	382.5	0.45
V _s +1σ 剛性	S _s -D1-+	24045	-12	209	382.5	0.55
V _s -1σ 剛性	S _s -D1-+	23755	100	207	382.5	0.55
豊浦標準砂	S _s -D1-+	28745	1569	257	382.5	0.68
平均剛性 (非液状化)	S _s -D1-+	26217	-1815	236	382.5	0.62
V _s +1σ 剛性 (非液状化)	S _s -D1-+	25194	-1751	226	382.5	0.60

表 5.2-1 (2) 曲げ軸力に対する照査結果 (NS-1 土留鋼管矢板 (北側))

地盤	地震動	曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)	発生曲げ 応力度 (N/mm ²)	短期許容 応力度 (N/mm ²)	照査値
平均剛性	S _s -D1++	-11652	-817	165	277.5	0.60
	S _s -D1+-	-11894	-578	167	277.5	0.61
	S _s -D1-+	-12768	-528	179	277.5	0.65
	S _s -D1--	-12572	-452	175	277.5	0.64
	S _s -11	-11107	-731	157	277.5	0.57
	S _s -12	-10765	-683	152	277.5	0.55
	S _s -13	-9988	-658	141	277.5	0.51
	S _s -14	-8686	-797	124	277.5	0.45
	S _s -21	-12100	-869	172	277.5	0.62
	S _s -22	-12827	-639	180	277.5	0.65
	S _s -31++	-8460	-773	121	277.5	0.44
	S _s -31-+	-7671	-861	111	277.5	0.40
V _s +1σ 剛性	S _s -D1-+	-12022	-566	169	277.5	0.61
V _s -1σ 剛性	S _s -D1-+	-13642	-595	191	277.5	0.69
豊浦標準砂	S _s -D1-+	-11255	-188	155	277.5	0.57
平均剛性 (非液状化)	S _s -D1-+	-9575	-799	137	277.5	0.50
V _s +1σ 剛性 (非液状化)	S _s -D1-+	-9231	-925	133	277.5	0.48

b. せん断力に対する照査

せん断力に対する照査結果を表 5.2-2 に示す。鋼管矢板に対して許容応力度法による照査を行った結果、発生せん断応力度が短期許容応力度以下であることを確認した。なお、発生せん断応力度は各地震動において最大となる値を示している。

表 5.2-2 (1) せん断力に対する照査結果 (NS-1 土留鋼管矢板 (南側))

地盤	地震動	せん断力 (kN)	発生せん断 応力度 (N/mm ²)	短期許容 応力度 (N/mm ²)	照査値
平均剛性	S _s -D 1 ++	3844	32	217.5	0.15
	S _s -D 1 +-	3991	33	217.5	0.16
	S _s -D 1 -+	4103	34	217.5	0.16
	S _s -D 1 --	4192	35	217.5	0.17
	S _s -1 1	3268	27	217.5	0.13
	S _s -1 2	3432	29	217.5	0.14
	S _s -1 3	3071	26	217.5	0.12
	S _s -1 4	2515	21	217.5	0.10
	S _s -2 1	3489	29	217.5	0.14
	S _s -2 2	3102	26	217.5	0.12
	S _s -3 1 ++	3432	29	217.5	0.14
	S _s -3 1 -+	3405	28	217.5	0.14
V _s +1σ 剛性	S _s -D 1 -+	3910	33	217.5	0.15
V _s -1σ 剛性	S _s -D 1 -+	4189	35	217.5	0.17
豊浦標準砂	S _s -D 1 -+	5010	42	217.5	0.20
平均剛性 (非液状化)	S _s -D 1 -+	3912	33	217.5	0.15
V _s +1σ 剛性 (非液状化)	S _s -D 1 -+	3709	31	217.5	0.15

表 5.2-2 (2) せん断力に対する照査結果 (NS-1 土留鋼管矢板 (北側))

地盤	地震動	せん断力 (kN)	発生せん断 応力度 (N/mm ²)	短期許容 応力度 (N/mm ²)	照査値
平均剛性	S _s -D 1 ++	-3480	47	157.5	0.30
	S _s -D 1 +-	-3407	46	157.5	0.30
	S _s -D 1 -+	-3619	49	157.5	0.31
	S _s -D 1 --	-3696	50	157.5	0.32
	S _s -1 1	1392	19	157.5	0.12
	S _s -1 2	-3187	43	157.5	0.28
	S _s -1 3	-2607	35	157.5	0.23
	S _s -1 4	1222	16	157.5	0.11
	S _s -2 1	-1760	24	157.5	0.15
	S _s -2 2	-2020	27	157.5	0.18
	S _s -3 1 ++	-1632	22	157.5	0.14
	S _s -3 1 -+	-1922	26	157.5	0.17
V _s +1σ 剛性	S _s -D 1 -+	-3720	50	157.5	0.32
V _s -1σ 剛性	S _s -D 1 -+	-3285	44	157.5	0.29
豊浦標準砂	S _s -D 1 -+	-3701	50	157.5	0.32
平均剛性 (非液状化)	S _s -D 1 -+	-2054	28	157.5	0.18
V _s +1σ 剛性 (非液状化)	S _s -D 1 -+	-1848	25	157.5	0.16

(2) 基礎地盤の支持力に対する評価結果

基礎地盤の支持力に対する照査結果を表 5.2-3 に示す。基礎地盤の支持力に対する照査を行った結果、接地圧が極限支持力以下であることを確認した。

表 5.2-3 (1) 極限支持力に対する照査結果 (NS-1 土留鋼管矢板 (南側))

地盤	地震動	最大 接地圧 (kN/m ²)	極限 支持力度 (kN/m ²)
平均剛性	S _s -D 1 ++	707	4932
	S _s -D 1 +-	673	4932
	S _s -D 1 -+	694	4932
	S _s -D 1 --	712	4932
	S _s -1 1	627	4932
	S _s -1 2	663	4932
	S _s -1 3	662	4932
	S _s -1 4	598	4932
	S _s -2 1	660	4932
	S _s -2 2	656	4932
	S _s -3 1 ++	487	4932
	S _s -3 1 -+	488	4932
V _s +1σ 剛性	S _s -D 1 -+	642	4932
V _s -1σ 剛性	S _s -D 1 -+	712	4932
豊浦標準砂	S _s -D 1 -+	830	4932
平均剛性 (非液状化)	S _s -D 1 -+	686	4932
V _s +1σ 剛性 (非液状化)	S _s -D 1 -+	686	4932

表 5.2-3 (2) 極限支持力に対する照査結果 (NS-1 土留鋼管矢板 (北側))

地盤	地震動	最大 接地圧 (kN/m ²)	極限 支持力度 (kN/m ²)
平均剛性	S _s -D 1 ++	1156	4269
	S _s -D 1 +-	1262	4269
	S _s -D 1 -+	1252	4269
	S _s -D 1 --	1357	4269
	S _s -1 1	1048	4269
	S _s -1 2	1114	4269
	S _s -1 3	1094	4269
	S _s -1 4	985	4269
	S _s -2 1	1087	4269
	S _s -2 2	1183	4269
	S _s -3 1 ++	1087	4269
	S _s -3 1 -+	1036	4269
V _s +1σ 剛性	S _s -D 1 -+	1249	4269
V _s -1σ 剛性	S _s -D 1 -+	1224	4269
豊浦標準砂	S _s -D 1 -+	1164	4269
平均剛性 (非液状化)	S _s -D 1 -+	1257	4269
V _s +1σ 剛性 (非液状化)	S _s -D 1 -+	1232	4269

5.3 まとめ

土留鋼管矢板について、基準地震動 S_0 による地震力に対し、構造物に発生する曲げ軸力及びせん断力、並びに接地圧が許容限界以下であることを確認した。

以上のことから、土留鋼管矢板は、基準地震動 S_0 による地震力に対して、要求機能を維持できる。

土留鋼管矢板の耐震性についての計算書に関する参考資料

(参考) 減衰の設定について

地震応答解析における減衰については、固有値解析にて求まる固有周期及び減衰比に基づき、質量マトリックス及び剛性マトリックスの線形結合で表される以下の Rayleigh 減衰にて与える。なお、Rayleigh 減衰を $\alpha=0$ とする剛性比例型減衰とする。Rayleigh 減衰の設定は、地盤の低次のモードの変形が特に支配的となる地中埋設構造物のような地盤及び構造系全体に対して、その特定の振動モードの影響が大きいことを考慮し、かつ、振動モードの影響が全体系に占める割合の観点から、刺激係数に着目し行う。

固有値解析による刺激係数及びモード図を図 1-1 に示す。また、設定した Rayleigh 減衰を図 1-2 に示す。

1 次の基準モードについては、地盤及び構造系全体がせん断変形しているモードを選定している。

構造物の 1 次モードについては、刺激係数を勘案し構造系がせん断変形しているモードに着目することにより選定している。

なお、初期減衰定数は、地盤については 1% (解析における減衰は、ひずみが大きい領域では履歴減衰が支配的となる。そのため、解析上の安定のためになるべく小さい値として 1%を採用している。) とする。また、線形材料としてモデル化する鋼材については 3% (道路橋示方書 (V耐震設計編) 同解説 (平成 14 年 3 月)) とする。

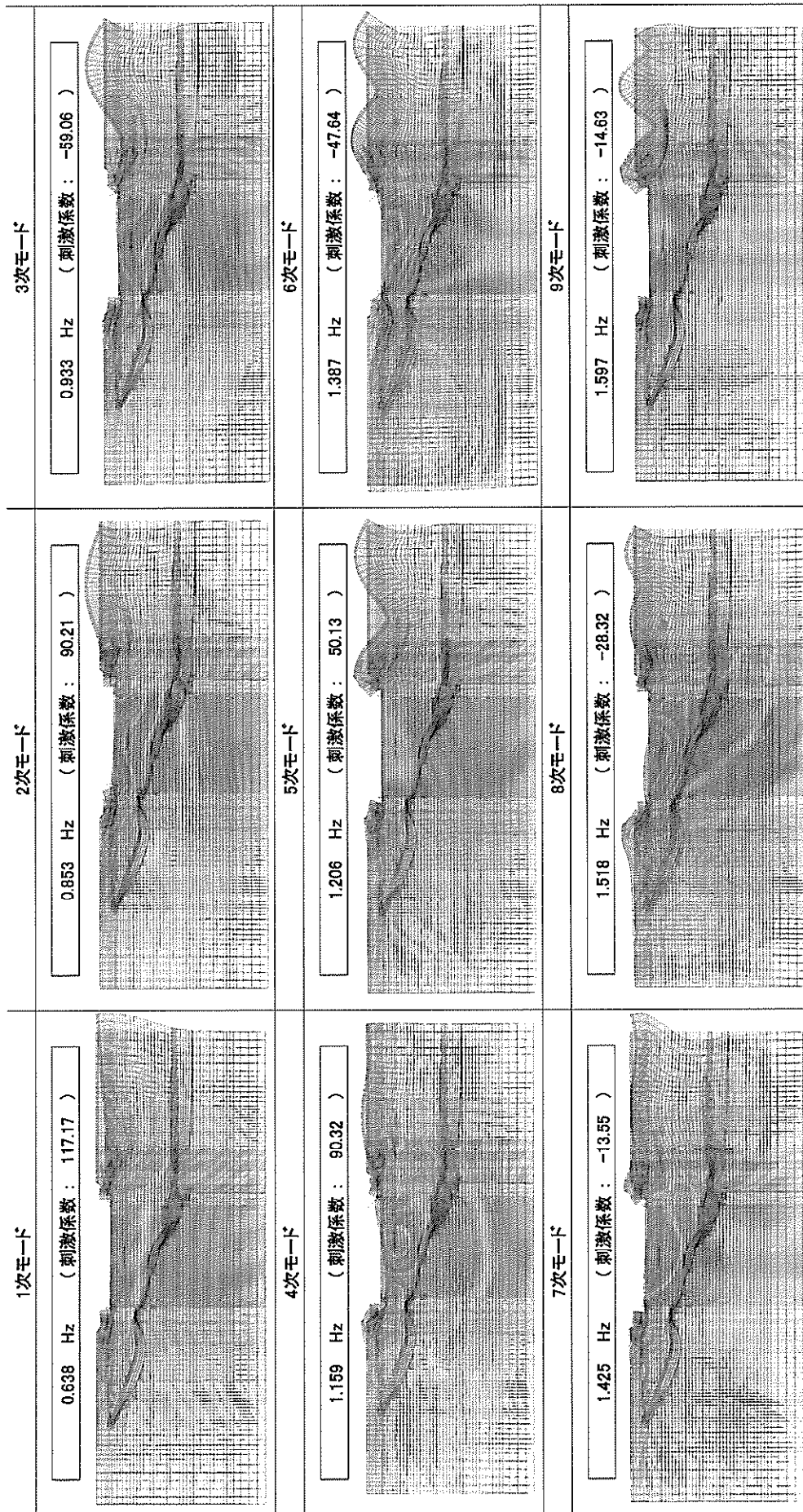


図 1-1 (1) 貯留堰の固有値解析結果
(NS-1 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

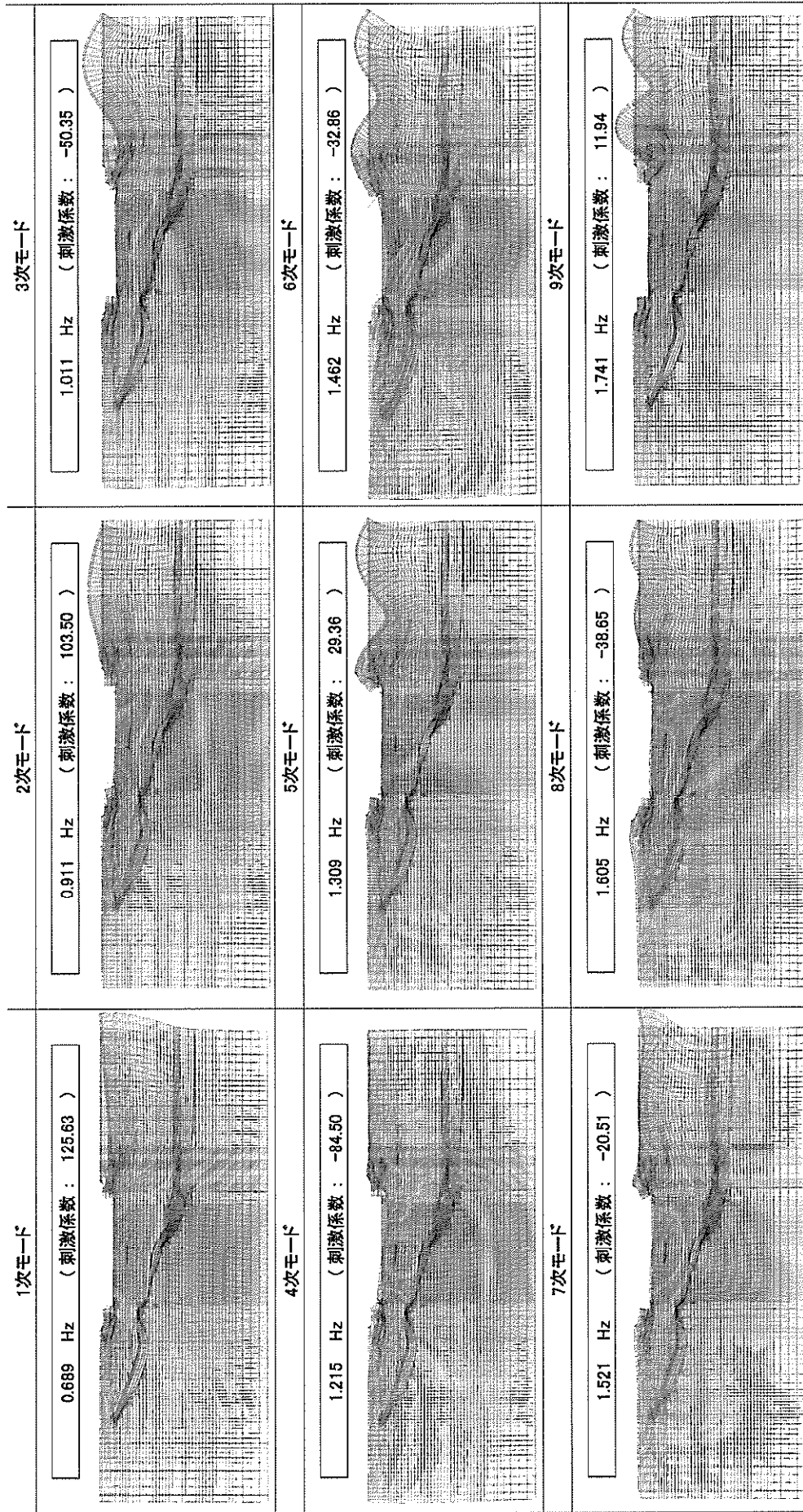


図 1-1 (2) 貯留堰の固有値解析結果
 (NS-1 検討ケース②) : 地盤物性のばらつきを考慮 (+1σ) した解析ケース

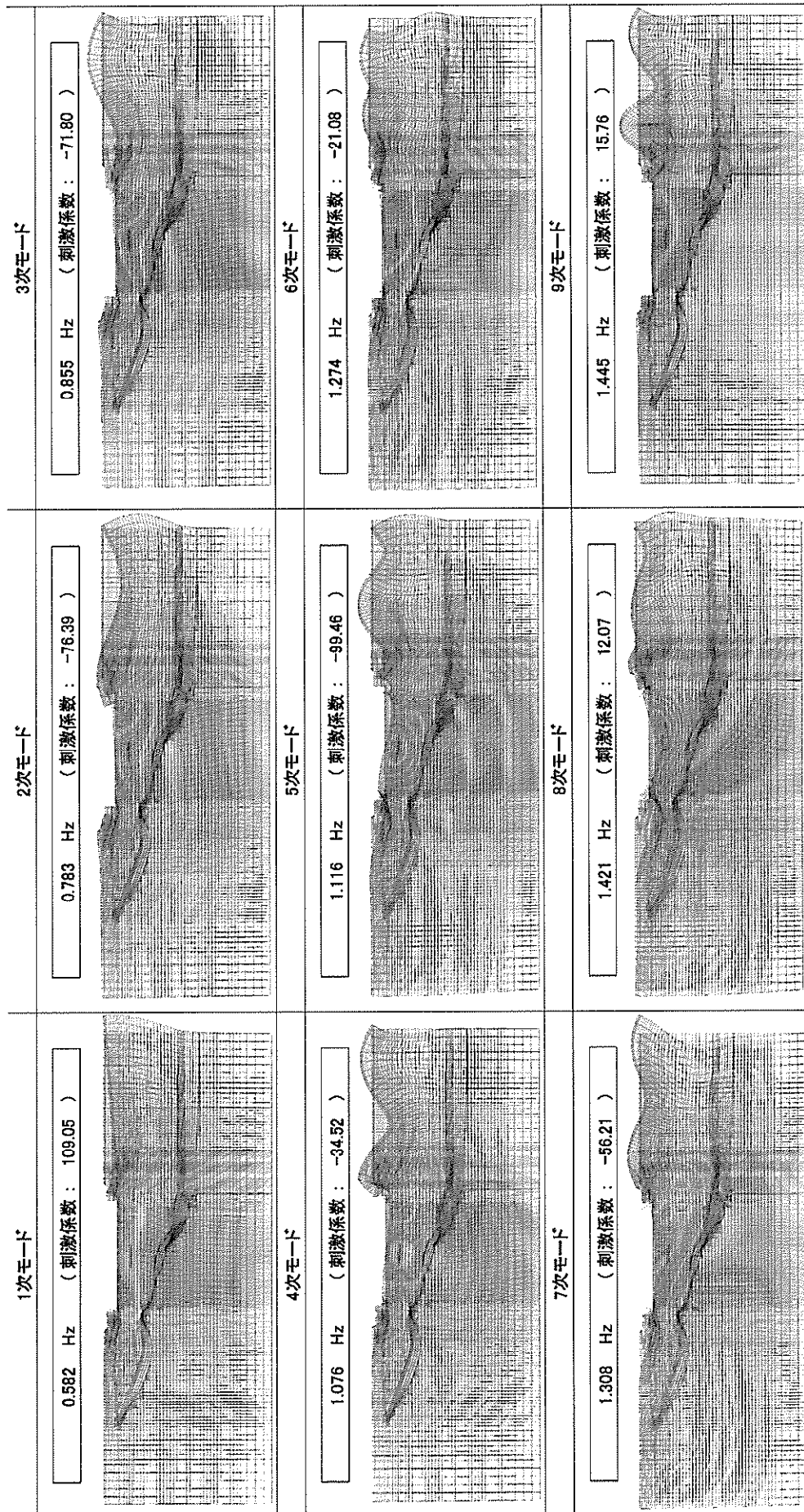


図 1-1 (3) 貯留堰の固有値解析結果
 (NS-1 検討ケース③ : 地盤物性のばらつきを考慮 (-1σ) した解析ケース)

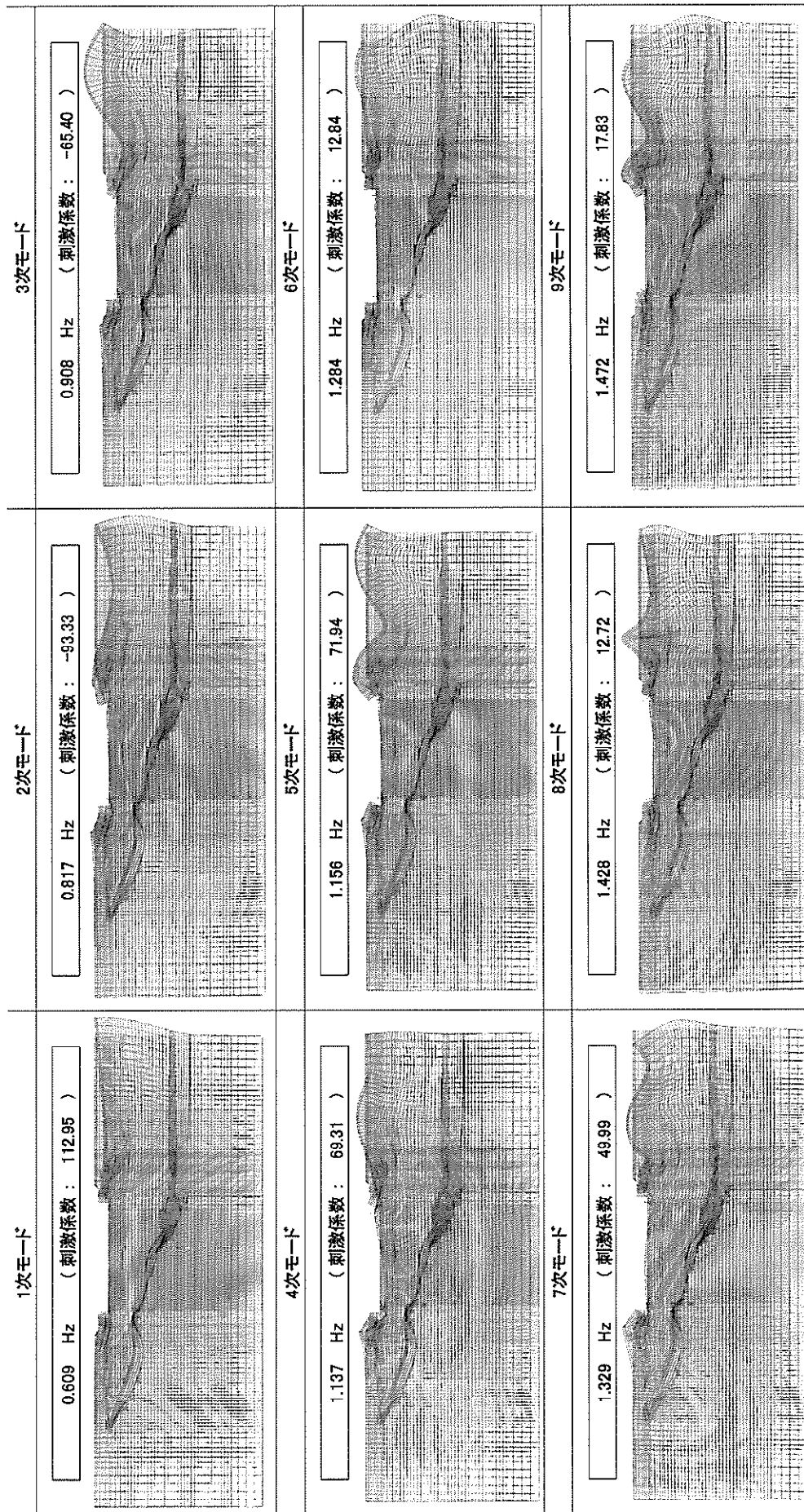


図 1-1 (4) 貯留堰の固有値解析結果

(NS-1 検討ケース④)：敷地に存在しない豊浦標準砂に基づく液化強度特性により地盤を強制的に液化させたことを仮定した解析ケース)

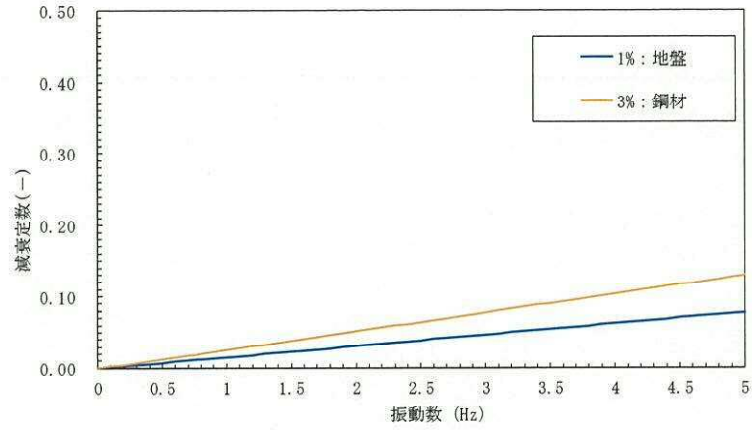


図 1-2 (1) 設定した Rayleigh 減衰

(NS-1 検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

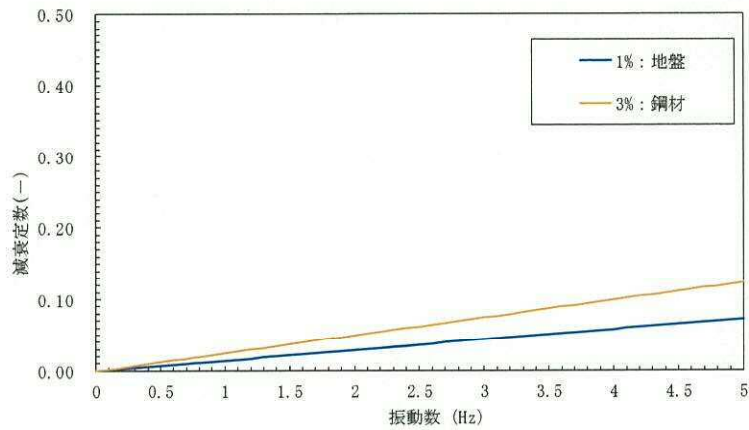


図 1-2 (2) 設定した Rayleigh 減衰

(NS-1 検討ケース②：地盤物性のばらつきを考慮 (+1σ) した解析ケース)

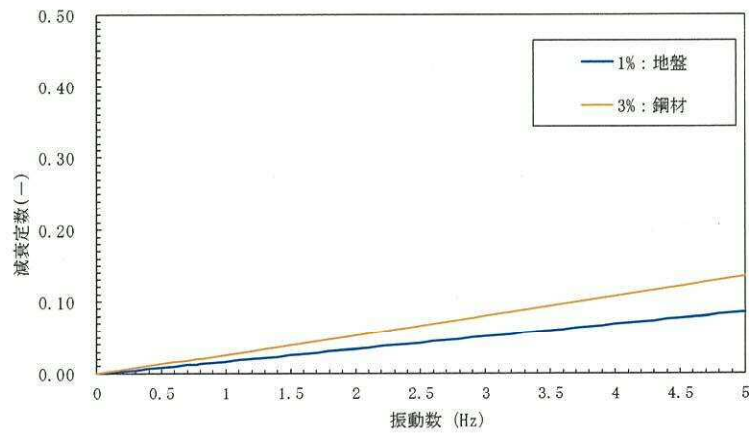


図 1-2 (3) 設定した Rayleigh 減衰

(NS-1 検討ケース③：地盤物性のばらつきを考慮 (-1σ) した解析ケース)

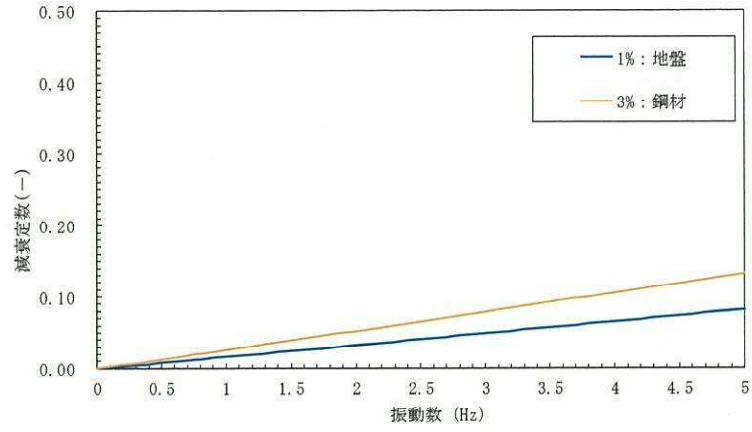


図 1-2 (4) 設定した Rayleigh 減衰

(NS-1 検討ケース④) : 敷地に存在しない豊浦標準砂に基づく液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)

燃料取替機の耐震性についての計算書に関する補足資料

燃料取替機は、使用済燃料プール上に移動可能であることから、地震時における波及的影響の観点から基準地震動 S_s により上位クラス施設に波及的影響を与えないことを耐震計算により確認している。波及的影響評価の観点から実施する燃料取替機の耐震計算に加えて、以下資料において、使用済燃料プールのスロッシングによる影響、燃料取替機の大型構成品の落下に対する検討及び地震時における滑り量の算定結果を示す。

1. 燃料取替機の大型構成品の落下評価に対する検討
2. 燃料取替機のスロッシングによる影響評価
3. 燃料取替機の地震時における滑り量

1. 燃料取替機の大型構成品の落下評価に対する検討

1. 目的

使用済燃料プールへの重量物落下に対する使用済燃料プールの健全性について、燃料取替機に積載される大型構成品の落下評価に対する検討を行う。

2. 検討内容

図1に、落下評価に対する健全性評価フローを示す。

概要は下記(1)～(4)の流れであり、これは、新規制基準への適合性が確認されている先行PWRプラントを参考とした。

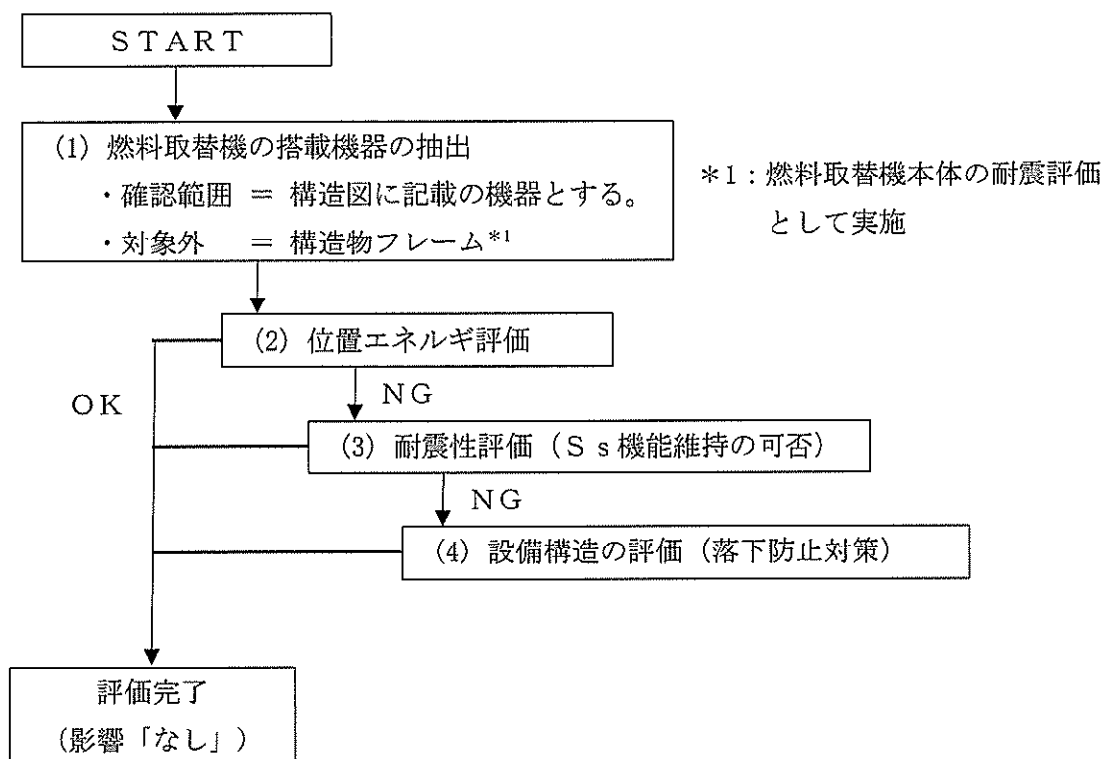


図1 落下評価に対する健全性評価フロー

2.1 落下物のスクリーニング

(1) 燃料取替機の搭載機器の抽出

燃料取替機に搭載機器については、本体構造図等より設置レベルごとに整理・抽出する。整理・抽出結果を表1及び図1に示す。なお、燃料取替機本体（構造物フレーム）及び吊荷（吊具）については耐震評価済であるためここでは評価対象外とする。

(2) 位置エネルギー評価

上記(1)項で抽出した機器について、使用済燃料プールの健全性が確認されている位置エネルギー（310 kg×5.1 m、空中落下）を基準として各機器の位置エネルギーを算出し、判定基準を満たす機器については仮に使用済燃料プールへ落下したとしても使用済燃料プールの健全性に影響を及ぼさないと判断し、その時点で評価対象外とする。判定基準を満たさない機器については次ステップで評価する。

なお、位置エネルギーの算出に際しては、使用済燃料プールの最深位置であるEL mmへの落下（空中落下）を想定する。

判定基準は以下とする。

位置エネルギーが15.5 kJ（310 kg×5.1 m×9.8 m/s²）以下である → 「影響なし」

2.2 耐震性評価

位置エネルギー評価で次ステップとなった機器に関して、使用済燃料プールへの落下防止の観点にて強度評価を行う。

評価部位は基本的に機器の取付ボルトとし、判定基準についてはJ E A G 4601に基づく許容応力状態IV_sとする。なお、今回の耐震評価では基準地震動S_sによる地震条件*を用いる。

* 基本ケース及びばらつきケースを考慮した設備評価用床応答曲線

2.3 設備構造評価

2.2項までの評価で落下の可能性を否定できない機器については、固縛等の追加設備による落下防止措置を実施検討する。

3. 検討結果

3.1 落下物のスクリーニング

表1に、燃料取替機の搭載機器に対する落下物のスクリーニング結果を示す。

位置エネルギー評価の結果、以下の燃料取替機搭載機器においては、使用済燃料プールへ落下した場合に影響を与える可能性が考えられる。

- ・ブリッジ側 ： テンプレートスイッチ，機上電源盤等
- ・ホイストフレーム側 ： トロリホイスト，ケーブルベア等

- ・ トロリ側1F : トロリ電動機（横行），機上操作盤等
- ・ // 2F : 主ホイスト，回転ジブクレーン等

3.2 耐震性評価

落下物のスクリーニング結果を受け，次ステップとして評価対象機器の強度評価を実施する。但し，全ての評価対象機器に対して実施するのではなく，以下の考え方に沿って評価対象を絞り込んでいる。

- ①燃料取替機本体（構造物フレーム）の健全性が確認されていることを前提に，それらフレームが障害物となって使用済燃料プール落下の可能性が低いと考えられる機器は除く。
- ②搭載機器が連続体であり支持点も多く，仮に一部が損傷したとしても直ちに使用済燃料プール落下に至る可能性が低いと考えられる機器は除く。
- ③ボルト評価の観点から，位置エネルギーやモーメントによる引抜き力が相対的に低いと考えられる機器は除く。

表2に，強度評価対象機器の選定結果を示す。①～③の考え方より，強度評価を実施する対象は，「機上操作盤」，「振れ止め装置」，「主ホイスト」，「回転ジブクレーン」を代表機器として選定した。

表3に，代表機器として選定した搭載機器の耐震性評価結果一覧を示す。代表機器として選定した「機上操作盤」，「振れ止め装置」，「主ホイスト」，「回転ジブクレーン」について発生応力は許容応力を満足していることを確認した。

3.3 設備構造評価

上述の強度評価結果を受け，健全性評価が必要と考えられる燃料取替機搭載機器は全て落下しない見通しが得られたことから，追加設備（チェーンによる固縛等）による落下防止対策の検討は不要である。

4. まとめ

表4に，重量物落下評価のまとめを示す。

燃料取替機の搭載機器について健全性評価フローに基づき，使用済燃料プール落下の可能性及び使用済燃料プールの健全性に影響を及ぼす可能性が高い機器の強度評価結果から耐震成立性の確認が得られた。

従って，成立性確認を今回省略している機器を含め，燃料取替機搭載機器は使用済燃料プール落下には至らない。

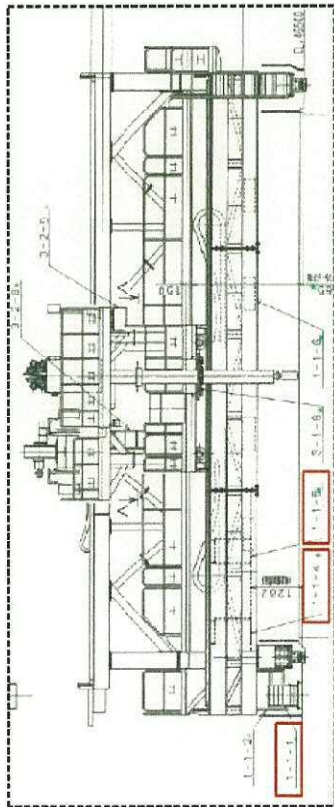
表 1 (1/5) 落下物のスクリーニング <搭載機器, ブリッジ側 (ガーダ, サドル)>

No.	搭載位置	機器名称	位置エネルギー評価				判定*2
			質量 [kg]	高さ [m]	評価値*1 [kJ]	許容値 [kJ]	
1	—	ブリッジ	—	—	—	15.5	—
1-1	—	ガーダ	—	—	—		—
1-1-1	ガーダ	ケーブルベア (走行)	—	11.8	—		(×)
1-1-2		ケーブルベア (走行) (取付サポート)	88	11.8	10.2		○
1-1-3		テンプレートスイッチ	495	13.3	64.7		×
1-1-4		機上電源盤 1	200	13.1	25.7		×
1-1-5		機上電源盤 2	200	13.1	25.7		×
1-1-6		台車下照明	50	13.3	6.5		○
1-1-7(1)		階段(1)	126	14.1	17.4		×
1-1-7(2)		階段(2)	194	14.1	26.8		×
1-1-7(3)		階段(3)	48	14.7	6.9		○
1-1-7(4)		階段(4)	101	14.7	14.6		○
1-1-8(1)		手すり(1)	9	14.1	1.3		○
1-1-8(2)		手すり(2)	15		2.2		○
1-1-8(3)		手すり(3)	17		2.3		○
1-1-8(4)		手すり(4)	17		2.3		○
1-1-8(5)		手すり(5)	17		2.3		○
1-1-8(6)		手すり(6)	14		1.9		○
1-1-8(7)		手すり(7)	8		1.1		○
1-1-8(8)	手すり(8)	8	1.1			○	
1-1-8(9)	手すり(9)	8	1.1			○	
1-2	—	サドル	—	—	—		—
1-2-1	ガーダ/ サドル	走行ピニオン歯車装置	16	13.3	2.1		○
1-2-2		走行位置検出用 ギアボックス	86		11.2		○

注記 *1: 評価値 = 質量 × 加速度 (9.8 m/s²) × 高さ / 1000

*2: ○ : 評価完了 (評価値 ≤ 許容値)

× : 次ステップ (評価値 > 許容値)



ブリッジ (ガード, サドル)

ブリッジ (ガード, サドル)

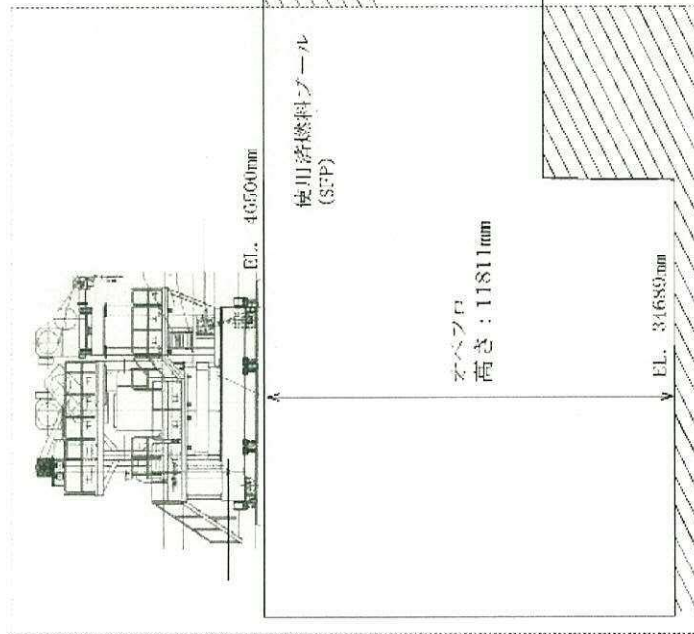
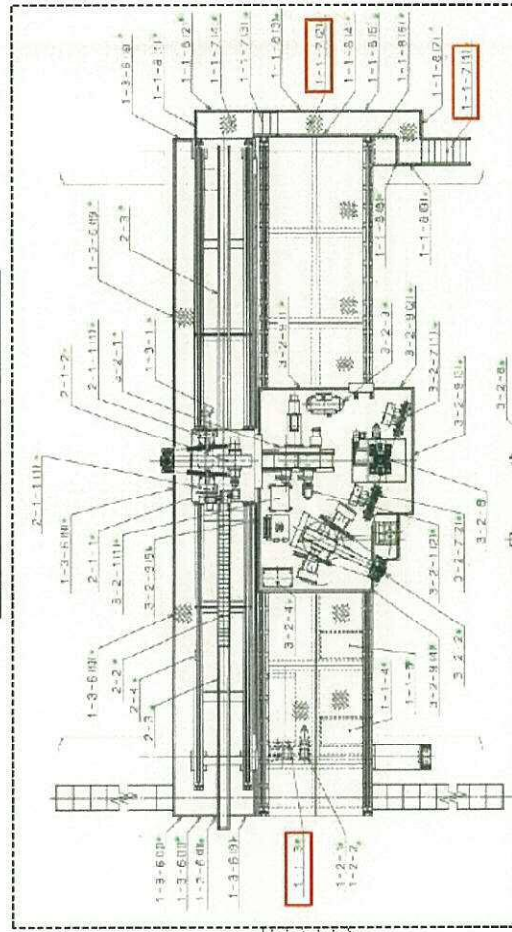


図1 落下物のスクリーニングく搭載機器, ブリッジ側 (ガード, サドル) 配置図

表 1 (2/5) 落下物のスクリーニング〈搭載機器, ブリッジ側 (ギャラリ)〉

No.	搭載位置	機器名称	位置エネルギー評価				判定*2
			質量 [kg]	高さ [m]	評価値*1 [kJ]	許容値 [kJ]	
1	—	ブリッジ	—	—	—	15.5	
1-3	—	ギャラリ	—	—	—		
1-3-1	ギャラリ	ブリッジ駆動用電動機 (走行)	665	13.0	84.8		×
1-3-2(1)		ブリッジ駆動部	959	13.4	126.2		×
1-3-2(2)		駆動取付用ベース	211	13.0	26.9		×
1-3-3		走行駆動軸部	238	12.4	28.8		×
1-3-4		ケーブルベア (横行)	—	13.8	—		(×)
1-3-5		ケーブルベア (横行) (ガイド部品等)	528		71.5		×
1-3-6(1)		手すり (1)	12	14.7	1.7		○
1-3-6(2)		手すり (2)	8		1.2		○
1-3-6(3)		手すり (3)	50		7.2		○
1-3-6(4)		手すり (4)	8		1.2		○
1-3-6(5)		手すり (5)	24		3.5		○
1-3-6(6)		手すり (6)	8		1.2		○
1-3-6(7)		手すり (7)	12		1.7		○
1-3-6(8)		手すり (8)	10		1.4		○
1-3-6(9)		手すり (9)	7		1.0		○
1-3-6(10)		手すり (10)	17		2.5		○
1-3-6(11)	手すり (11)	6	0.9			○	
1-3-6(12)	手すり (12)	8	1.2			○	
1-3-6(13)	手すり (13)	59	8.5			○	
1-3-6(14)	手すり (14)	8	1.2			○	
1-3-6(15)	手すり (15)	59	8.5			○	
1-3-6(16)	手すり (16)	8	1.2			○	

注記 *1 : 評価値 = 質量 × 加速度 (9.8 m/s²) × 高さ / 1000

*2 : ○ : 評価完了 (評価値 ≤ 許容値), × : 次ステップ (評価値 > 許容値)

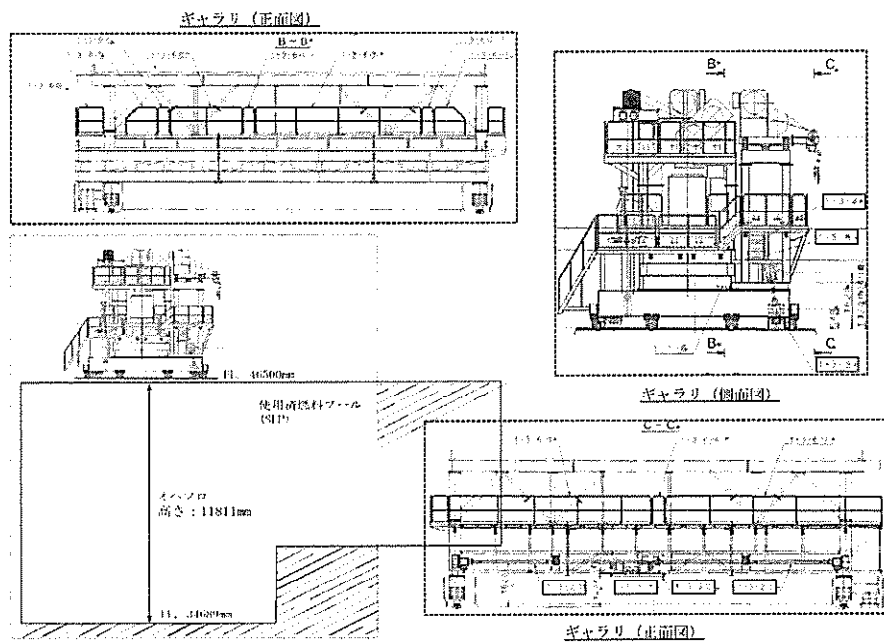
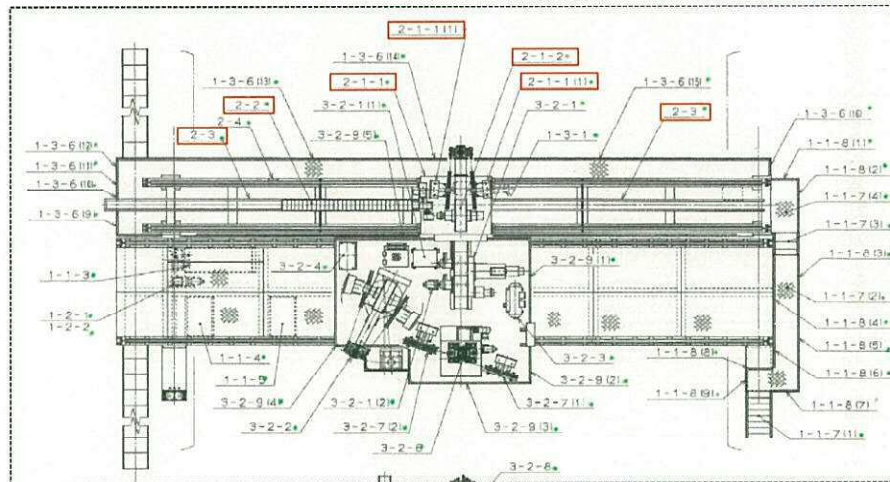


表1 (3/5) 落下物のスクリーニング〈搭載機器, ホイストフレーム側〉

No.	搭載位置	機器名称	位置エネルギー評価				判定*2
			質量 [kg]	高さ [m]	評価値*1 [kJ]	許容値 [kJ]	
2	—	ホイストフレーム	—	—	—	15.5	—
2-1	—	トロリホイスト	1917	17.1	321.6	15.5	×
2-1-1	トロリホイスト	台車	1297	17.1	217.6		×
2-1-1(1)		ホースリール×2	120	17.4	20.5		×
2-1-2		トロリホイスト	620	17.4	105.8		×
2-2		ケーブルベア (トロリホイスト用)	—	17.0	—		(×)
2-3	ケーブルベアレール	370	17.0	61.7	×		
2-4	コンセント	10	14.7	1.4	○		

注記 *1: 評価値=質量×加速度(9.8 m/s²)×高さ/1000

*2: ○: 評価完了(評価値≤許容値), ×: 次ステップ(評価値>許容値)



ホイストフレーム

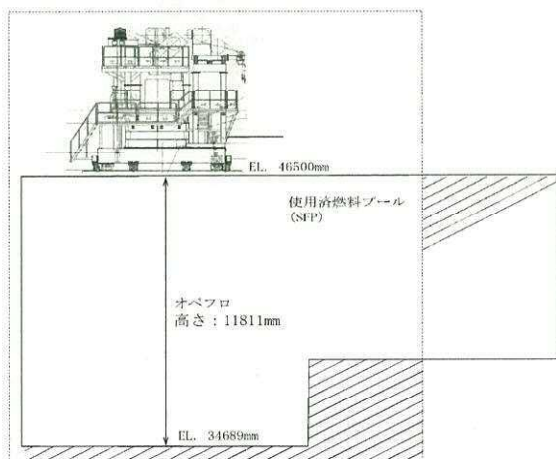
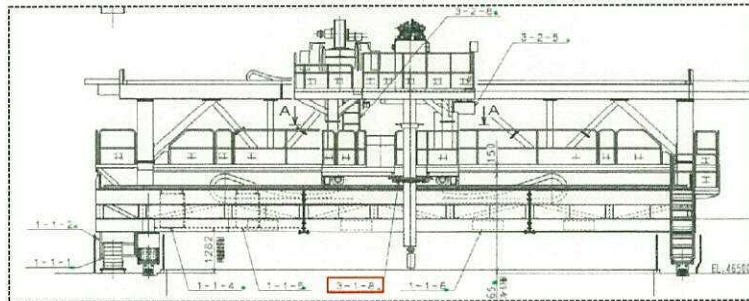


表1 (4/5) 落下物のスクリーニング〈搭載機器, トロリ側 1F〉

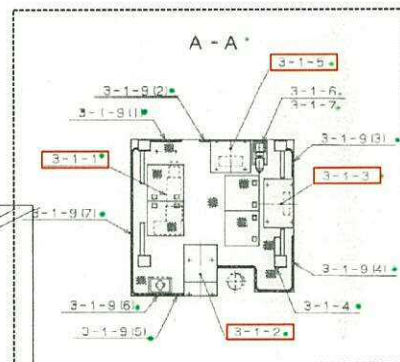
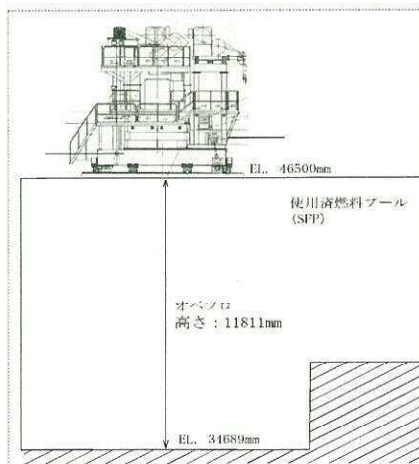
No.	搭載位置	機器名称	位置エネルギー評価				
			質量 [kg]	高さ [m]	評価値*1 [kJ]	許容値 [kJ]	判定*2
3	—	トロリ	—	—	—	15.5	—
3-1	—	トロリ 1F	—	—	—		—
3-1-1	トロリ 1F	トロリ電動機 (横行)	525	14.7	75.8		×
3-1-2		機上操作盤	200		28.9	×	
3-1-3		機上補助盤	300		43.3	×	
3-1-4		コンセント	10		1.4	○	
3-1-5		デジタル位置検出盤	300		43.3	×	
3-1-6		横行ピニオン歯車装置	16		2.3	○	
3-1-7		横行検出用ギアボックス	86		12.4	○	
3-1-8		振れ止め装置 (ショックアブソーバ)	111		14.6	15.9	×
3-1-9(1)		手すり (1)	11	14.7	1.6		○
3-1-9(2)		手すり (2)	7		1.0	○	
3-1-9(3)		手すり (3)	11		1.6	○	
3-1-9(4)		手すり (4)	35		5.1	○	
3-1-9(5)		手すり (5)	7		1.1	○	
3-1-9(6)		手すり (6)	8		1.2	○	
3-1-9(7)		手すり (7)	36		5.2	○	

注記 *1: 評価値 = 質量 × 加速度 (9.8 m/s²) × 高さ / 1000

*2: ○: 評価完了 (評価値 ≤ 許容値), ×: 次ステップ (評価値 > 許容値)



トロリ 1F



トロリ 1F

表1 (5/5) 落下物のスクリーニング〈搭載機器, トロリ側 2F〉

No.	搭載位置	機器名称	位置エネルギー評価				判定*2
			質量 [kg]	高さ [m]	評価値*1 [kJ]	許容値 [kJ]	
3	—	トロリ 2F	—	—	—	15.5	
3-2	—	トロリ	—	—	—		
3-2-1	トロリ 2F	主ホイスト	2000	16.8	329.8		×
3-2-1(1)		ギヤードリミットスイッチ	65		10.7		×
3-2-1(2)		シンクロ発信機	50		8.2		×
3-2-2		回転ジブクレーン	1845		304.2		×
3-2-2(1)		┌回転式補助ホイスト	1225		202.0		×
3-2-2(2)		└ホイスト	620		102.2		×
3-2-3		空気圧縮機	78		12.9		○
3-2-4		荷重検出器盤	200		33.0		×
3-2-5		スポットクーラー	36	16.6	5.9		○
3-2-6		ガイド機構	1838	16.8	303.1		×
3-2-7(1)		ホースリール (一連用)	110		18.1		×
3-2-7(2)		ホースリール (二連用)	140		23.1		×
3-2-8		梯子	21		3.5		○
3-2-9(1)		手すり(1)	35		5.8		○
3-2-9(2)		手すり(2)	16		2.6		○
3-2-9(3)		手すり(3)	38		6.3		○
3-2-9(4)		手すり(4)	40		6.6		○
3-2-9(5)		手すり(5)	29		4.8		○

注記 *1: 評価値 = 質量 × 加速度 (9.8 m/s²) × 高さ / 1000

*2: ○: 評価完了 (評価値 ≤ 許容値), ×: 次ステップ (評価値 > 許容値)

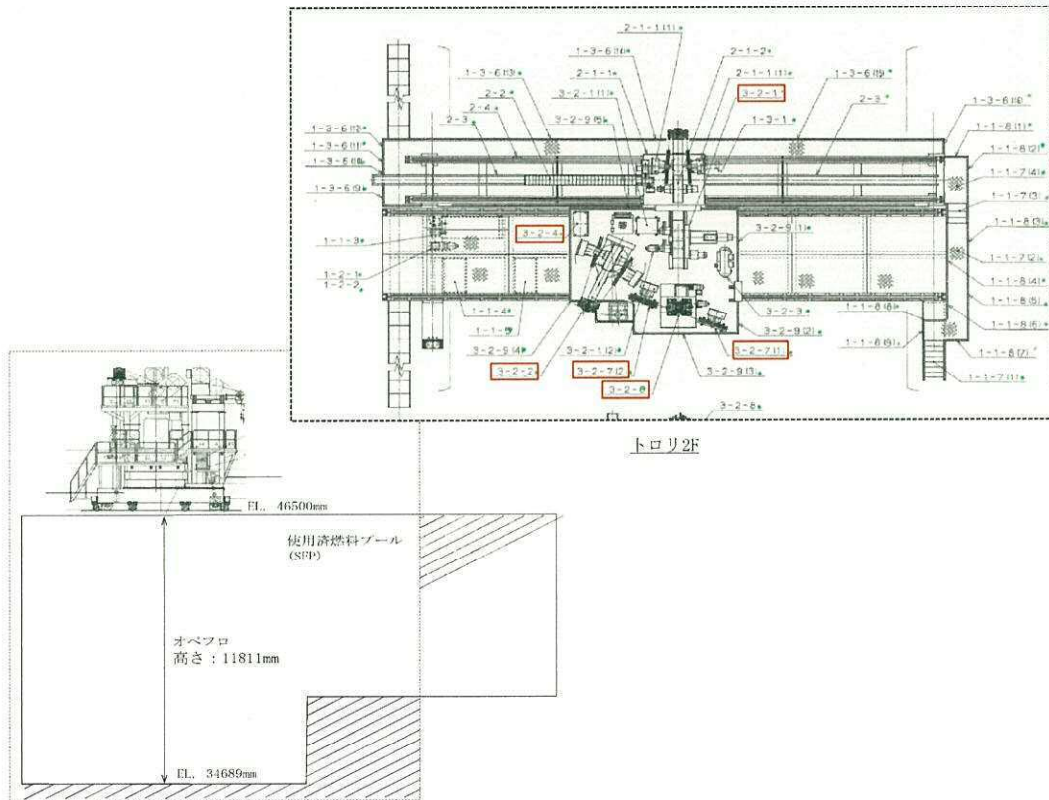


表 2 強度評価対象機器 選定結果

No.	搭載位置	機器名称	代表機器選定				選定内容
			①	②	③	判定	
1-1-1	ガーダ	ケーブルベア (走行)	◇			○	◆代表機器選定① 燃料取替機本体 (構造物フレーム) の健全性が確認されていることを前提に、フレームが障害物となって使用済燃料プール落下の可能性が低いと考えられる機器は除く。
1-1-3		テンプレートスイッチ	◇			○	
1-1-4		機上電源盤 1	◇			○	
1-1-5		機上電源盤 2	◇			○	
1-1-6		台車下照明		◇		○	
1-1-7(1)		階段(1)		◇		○	
1-1-7(2)		階段(2)		◇		○	
1-3-1		ギャラリ	ブリッジ駆動用電動機 (走行)		◇		
1-3-2(1)	ブリッジ駆動部			◇		○	
1-3-2(2)	駆動取付用ベース			◇		○	
1-3-3	走行駆動軸部			◇		○	
1-3-4	ケーブルベア (横行)		◇			○	
1-3-5	ケーブルベア (横行) (ガイド部品等)		◇			○	
2-1	トロリ ホイスト	トロリホイスト	◇			○	◆代表機器選定③ ボルト評価の観点から、位置エネルギーやモーメントによる引抜き力が相対的に低いと考えられる機器は除く。
2-1-1		台車	◇			○	
2-1-1(1)		ホースリール×2	◇			○	
2-1-2		トロリホイスト	◇			○	
2-2		ケーブルベア (トロリホイスト用)	◇			○	
2-3		ケーブルベアレール	◇			○	
3-1-1		トロリ 1F	トロリ電動機 (横行)	◇			
3-1-2	機上操作盤					×	
3-1-3	機上補助盤		◇			○	
3-1-5	デジタル位置検出盤		◇			○	
3-1-8	振れ止め装置 (ショックアブソーバ)					×	
3-2-1	トロリ 2F	主ホイスト				×	
3-2-2		回転ジブクレーン				×	
3-2-2(1)		└回転式補助ホイスト				×	
3-2-2(2)		└ホイスト				×	
3-2-4		荷重検出器盤	◇			○	
3-2-6		ガイド機構			◇	○	
3-2-7(1)		ホースリール (一連用)			◇	○	
3-2-7(2)		ホースリール (二連用)			◇	○	

注記 * : 表 1 (1/5) ~ (5/5) で、NGとなる機器を整理。

位置エネルギー評価が○ : 評価OK (落下しない) , × : 評価NG (落下する)

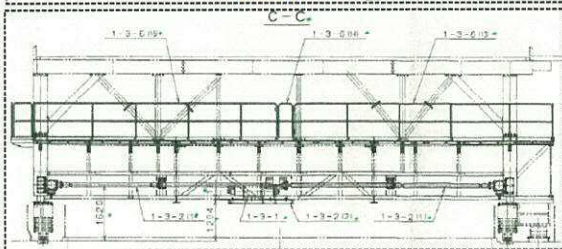
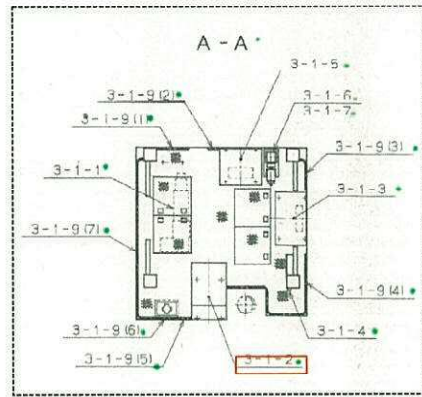
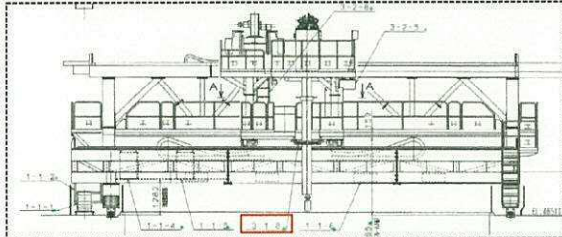
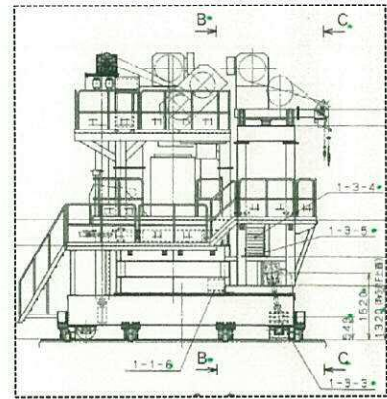
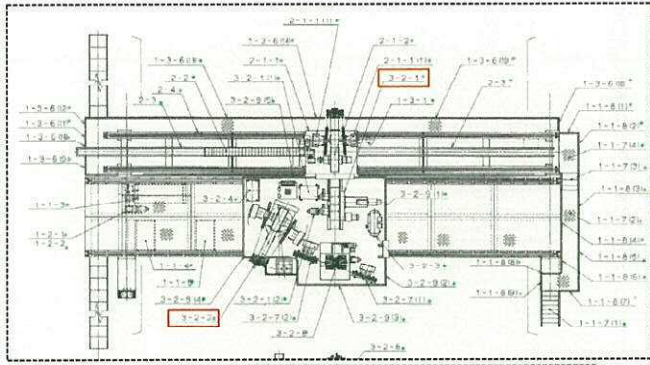


表3 耐震性評価結果一覧〈強度評価（搭載機器）〉

No.	搭載位置	機器名称	応力分類	ボルトの強度*1		
				評価値 [MPa]	許容値 [MPa]	判定
3-1-2	トロリ 2F	機上操作盤	引張り	14	189*1	○
			せん断	1	146	○
3-1-8		振れ止め装置 (ショックアブソーバ)	引張り	13	189*1	○
			せん断	1	146	○
3-2-1	トロリ 2F	主ホイスト	引張り	32	189*1	○
せん断			2	146	○	
3-2-2		回転ジブクレーン	引張り	59	189*1	○
			せん断	1	146	○

注記 *1：引張とせん断の組合せに対する評価とする。

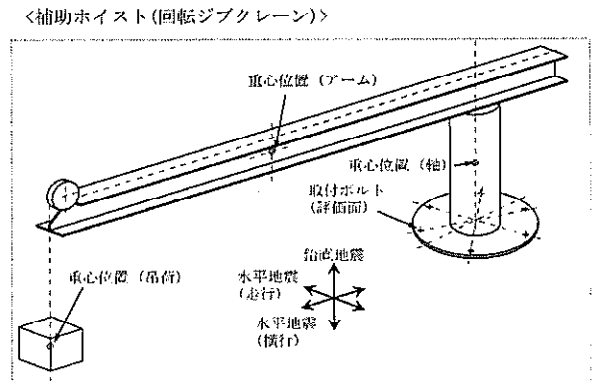
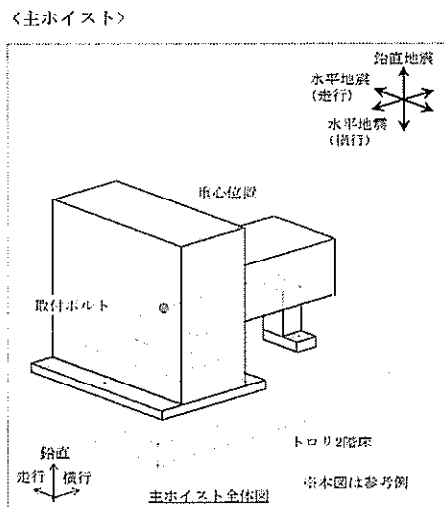
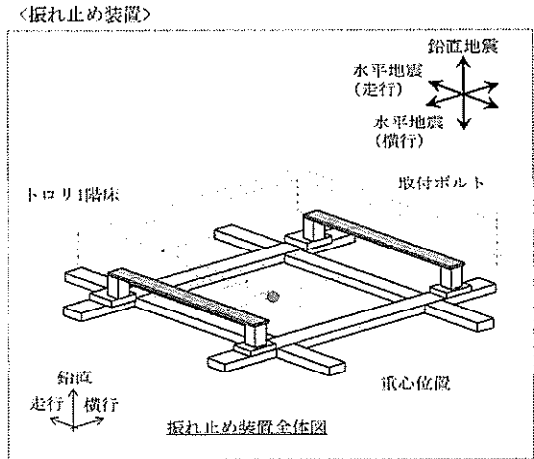
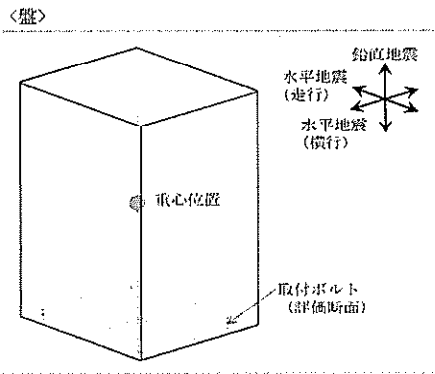


表 4 (1/3) 重量物落下評価まとめ <搭載機器>

No.	搭載位置	機器名称	評価項目			最終結果
			位置エネルギー評価	耐震性評価		
				機器選定	強度評価	
1	—	ブリッジ	—	—	—	—
1-1	—	ガーダ	—	—	—	—
1-1-1	ガーダ	ケーブルベア (走行)	(×)	(○)		○
1-1-2		ケーブルベア (走行) (取付サポート)	○			○
1-1-3		テンプレートスイッチ	×	(○)		○
1-1-4		機上電源盤 1	×	(○)		○
1-1-5		機上電源盤 2	×	(○)		○
1-1-6		台車下照明	○			○
1-1-7(1)		階段 (1)	×	(○)		○
1-1-7(2)		階段 (2)	×	(○)		○
1-1-7(3)		階段 (3)	○			○
1-1-7(4)		階段 (4)	○			○
1-1-8(1)		手すり (1)	○			○
1-1-8(2)		手すり (2)	○			○
1-1-8(3)		手すり (3)	○			○
1-1-8(4)		手すり (4)	○			○
1-1-8(5)		手すり (5)	○			○
1-1-8(6)		手すり (6)	○			○
1-1-8(7)		手すり (7)	○			○
1-1-8(8)		手すり (8)	○			○
1-1-8(9)		手すり (9)	○			○
1-2		—	サドル	—		
1-2-1	ガーダ/ サドル	走行ピニオン歯車装置	○			○
1-2-2		走行位置検出用 ギアボックス	○			○
1-3	—	ギャラリー	—			—
1-3-1	ギャラリー	ブリッジ駆動用電動機 (走行)	×	(○)		○
1-3-2(1)		ブリッジ駆動部	×	(○)		○
1-3-2(2)		駆動取付用ベース	×	(○)		○
1-3-3		走行駆動軸部	×	(○)		○
1-3-4		ケーブルベア (横行)	(×)	(○)		○
1-3-5		ケーブルベア (横行)	×	(○)		○

No.	搭載位置	機器名称	評価項目			最終結果
			位置エネルギー評価	耐震性評価		
				機器選定	強度評価	
		(ガイド部品等)				
	1-3-6(1)	手すり(1)	○			○
	1-3-6(2)	手すり(2)	○			○
	1-3-6(3)	手すり(3)	○			○
	1-3-6(4)	手すり(4)	○			○
	1-3-6(5)	手すり(5)	○			○
	1-3-6(6)	手すり(6)	○			○
	1-3-6(7)	手すり(7)	○			○
	1-3-6(8)	手すり(8)	○			○
	1-3-6(9)	手すり(9)	○			○
	1-3-6(10)	手すり(10)	○			○

○ : 成立 (使用済燃料プール健全性に影響なし)

(○) : " (代表機器の観点より)

× : 不成立 (使用済燃料プール健全性に影響を及ぼす可能性あり)

(×) : " (判定困難であり「次ステップ」とする)

表 4 (2/3) 重量物落下評価まとめ〈搭載機器〉

No.	搭載位置	機器名称	評価項目			最終結果
			位置エネルギー評価	耐震性評価		
				機器選定	強度評価	
	1-3-6 (11)		手すり (11)	○		○
	1-3-6 (12)		手すり (12)	○		○
	1-3-6 (13)		手すり (13)	○		○
	1-3-6 (14)		手すり (14)	○		○
	1-3-6 (15)		手すり (15)	○		○
	1-3-6 (16)		手すり (16)	○		○
2	—	—	ホイストフレーム	—		—
2-1	—	—	トロリホイスト	×	(○)	○
2-1-1	トロリ ホイスト	台車	×	(○)		○
2-1-1 (1)		ホースリール×2	×	(○)		○
2-1-2		トロリホイスト	×	(○)		○
2-2		ケーブルベア	(×)	(○)		○
2-3	—	—	ケーブルベアレール	×	(○)	○
2-4	—	—	コンセント	○		○
3	—	—	トロリ	—		—
3-1	—	—	トロリ 1F	—		—
3-1-1	トロリ 1F	トロリ電動機 (横行)	×	(○)		○
3-1-2		機上操作盤	×	×	○	○
3-1-3		機上補助盤	×	(○)		○
3-1-4		コンセント	○			○
3-1-5		デジタル位置検出盤	×	(○)		○
3-1-6		横行ピニオン歯車装置	○			○
3-1-7		横行検出用ギアボックス	○			○
3-1-8		振れ止め装置 (ショックアブソーバ)	×	×	○	○
3-1-9 (1)		手すり (1)	○			○
3-1-9 (2)		手すり (2)	○			○
3-1-9 (3)		手すり (3)	○			○
3-1-9 (4)		手すり (4)	○			○
3-1-9 (5)		手すり (5)	○			○
3-1-9 (6)		手すり (6)	○			○
3-1-9 (7)		手すり (7)	○			○

No.	搭載位置	機器名称	評価項目			最終結果
			位置エネルギー評価	耐震性評価		
				機器選定	強度評価	
3-2	—	トロリ 2F	—			—
3-2-1	トロリ 2F	主ホイスト	×	×	○	○
3-2-1(1)		ギヤードリミットスイッチ	○			○
3-2-1(2)		シンクロ発信機	○			○
3-2-2		回転ジブクレーン				○
3-2-2(1)		└回転式補助ホイスト	×	×	○	○
3-2-2(2)		└ホイスト				○
3-2-3		空気圧縮機	○			○
3-2-4		荷重検出器盤	×	(○)		○
3-2-5		スポットクーラー	○			○
3-2-6		ガイド機構	×	(○)		○

○ : 成立 (使用済燃料プール健全性に影響なし)

(○) : // (代表機器の観点より)

× : 不成立 (使用済燃料プール健全性に影響を及ぼす可能性あり)

(×) : // (判定困難であり「次ステップ」とする)

表 4 (3/3) 重量物落下評価まとめ <搭載機器>

No.	搭載位置	機器名称	評価項目			最終結果
			位置エネルギー評価	耐震性評価		
				機器選定	強度評価	
	3-2-7(1)	ホースリール (一連用)	×	(○)		○
	3-2-7(2)	ホースリール (二連用)	×	(○)		○
	3-2-8	梯子	○			○
	3-2-9(1)	手すり(1)	○			○
	3-2-9(2)	手すり(2)	○			○
	3-2-9(3)	手すり(3)	○			○
	3-2-9(4)	手すり(4)	○			○
	3-2-9(5)	手すり(5)	○			○

○ : 成立 (使用済燃料プール健全性に影響なし)

(○) : " (代表機器の観点より)

×

(×) : " (判定困難であり「次ステップ」とする)

2. 燃料取替機のスロッシングによる波及的影響評価

地震により使用済燃料プールによる液面揺動（以下「スロッシング」という。）が発生した場合における燃料取替機の影響評価結果を示す。

1. 評価条件

燃料取替機に対するスロッシング評価では、以下の内容を条件とする。

(1) 検討対象地震動及び評価用波高

燃料取替機に発生する使用済燃料プールスロッシングの波高は、添付書類「V-1-1-8-3 溢水評価条件の設定」に記載された使用済燃料プールスロッシングの三次元流動解析による結果を用いる。表1に各基準地震動 S_s による三次元流動解析結果を記載するとともに、検討対象とする地震動について選定した。

検討対象地震動は、表1より波高が最大となる S_s-13 とする。

表1 三次元流動解析結果及び検討対象地震動の選定

	波高 (m)
S_s-D1	2.12
S_s-11	1.15
S_s-12	2.45
S_s-13	<u>2.49</u>
S_s-14	2.38
S_s-21	0.99
S_s-22	1.18
S_s-31	1.14

図1に波高と燃料取替機構造の関係を示す。上記波高を燃料取替機設置レベルに合わせると、燃料取替機のブリッジガード部まで波が到達する。このため、燃料取替機はスロッシングの影響を受けるものとして検討する。

圧力については、下記(2)項により鉛直方向の圧力のみを考慮する。

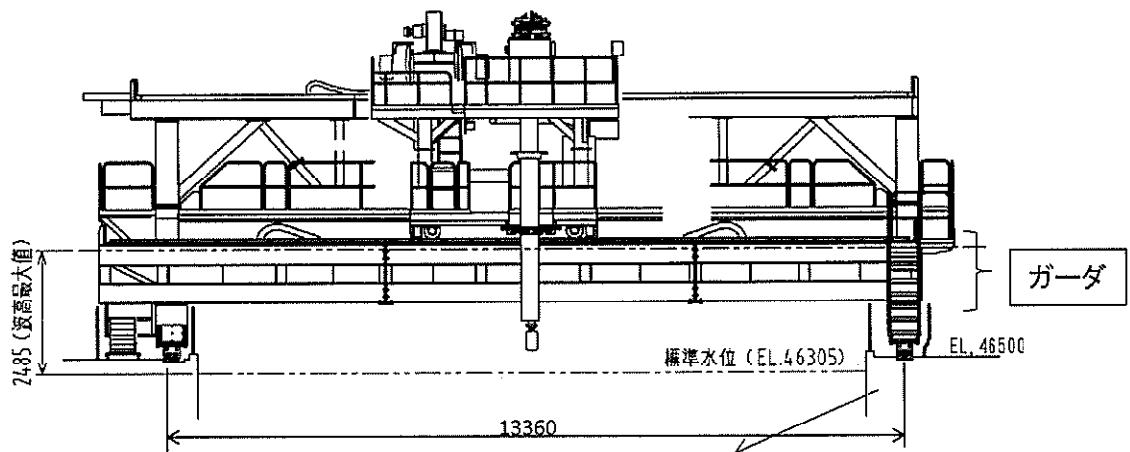


図 1 使用済燃料プールのスロッシング時の波高と燃料取替機設置位置との関係

(2) スロッシング波の方向

スロッシングの波の方向は、水平方向、鉛直方向が考えられる。このうち、スロッシングの水平方向による波は、燃料取替機の走行方向から燃料取替機の正面に向かって接触する。この時の水平荷重は、燃料取替機の車輪の走行レールとの摩擦係数以上の荷重になると燃料取替機が滑るため、耐震計算において水平方向で考慮している荷重以上 (0.15 G 以上) は発生しない。

したがって、スロッシングによる影響を評価する荷重については、燃料取替機の下方から上昇した水面が燃料取替機を押し上げることによる鉛直上向きの圧力を評価対象とする。

鉛直上向きの圧力は、最大波高時の使用済燃料プール標準水位以下での鉛直方向の流速が、保守的に燃料取替機のブリッジガーダ部高さまで重力による減速がなかったと仮定し、一様流体中での構造物に作用する動水圧として以下のとおり計算する。

$$P_t = 1/2 \times C_d \times \rho \times v^2$$

ここで、 P_t は動水圧荷重 (N/m^2)、 C_d は抗力係数 (2.0 (平板))、 ρ は水密度 (kg/cm^3)、 v は流速 (m/s) である。

(3) 燃料取替機本体評価対象部位

燃料取替機本体評価対象部位は、以下の観点からブリッジガーダと脱線防止ラグとする。

ブリッジガーダ : 波高の接触する部分の燃料取替機の主要構造であるため

脱線防止ラグ : 上向き荷重を受けた場合に、脱線を防止する構造のため

(4) 荷重の重ね合わせ

スロッシングは地震が発生した時に同時に発生し得るものであるため、影響評価では地震による発生応力又は発生荷重にスロッシングによる応力や荷重が足し合わされるものとし、この時の許容値に対する裕度の確認を行う。

2. 評価方法

2.1 ブリッジガーダ評価方法

(1) 荷重の重ね合わせ

ブリッジガーダの耐震評価では、地震による荷重、自重による発生応力を足し合わせている。スロッシングでは、この地震応力にスロッシング応力を足し合わせ、このブリッジガーダ応力を許容応力と比較する。

ブリッジガーダ応力＝地震による荷重＋自重による荷重＋スロッシング荷重

(2) スロッシング荷重

スロッシングによって発生する荷重は、使用済燃料プール上に存在する燃料取替機ブリッジ部の投影面積を燃料取替機受圧面積として上記 1. (2) の圧力をかけたものとする。

図 2 に燃料取替機受圧面を示す。

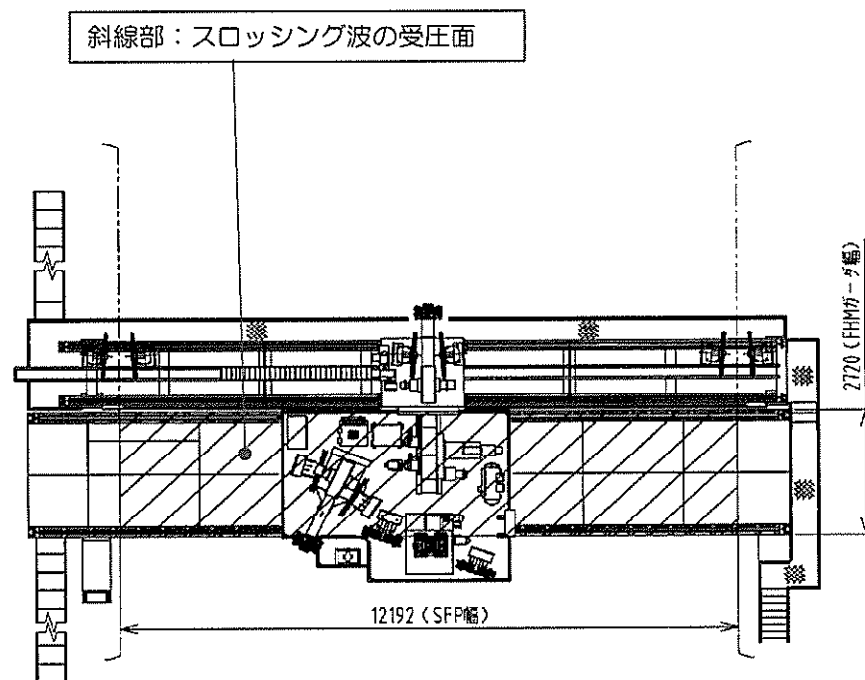


図 2 燃料取替機受圧面 (S s - 1 3 の波高 2.49m の例)

(3) スロッシング応力

スロッシング荷重はガーダとガーダの内部骨格に分散してかかるが、保守的に応力評価では上記(2)のスロッシング荷重が全てガーダの梁に等分布荷重としてレール間スパン全体にかかるものとする。

ガーダは、一様の両端固定梁として、この時の梁の最大応力をスロッシング応力とする。

2.2 脱線防止ラグ評価方法

(1) 荷重の重ね合わせ

脱線防止ラグの評価に用いる荷重は、地震により発生する脱線防止ラグへの荷重にスロッシングによる鉛直上向きによる荷重を足し合わせる。

この脱線防止ラグに発生する荷重に対し、脱線防止ラグの断面性状に基づいた応力評価を行い、許容応力と比較する。

脱線防止ラグ応力評価荷重＝地震動による荷重＋スロッシングによる荷重

3. 評価結果

ブリッジガーダ及び脱線防止ラグの評価結果を表 2 に示す。ブリッジガーダ及び脱線防止ラグともにスロッシングを考慮した発生応力は許容応力を下回っていることを確認した。

表 2 ブリッジガーダ及び脱線防止ラグの評価結果

	応力分類	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
ブリッジガーダ	曲げ応力	223	235
	せん断応力	22	135
	組合せ	227	235
脱線防止ラグ	曲げ応力	137	232
	せん断応力	41	134
	組合せ	155	232

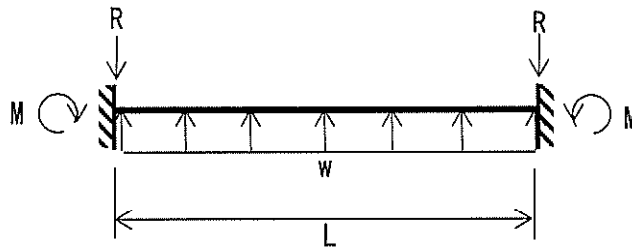
以上のとおり、地震によりスロッシングが発生した場合においても、燃料取替機は健全性が保たれ燃料取替機が落下することはない。

燃料取替機におけるブリッジガーダ，脱線防止ラグのスロッシング評価

1. ブリッジガーダのスロッシング評価

1.1 ガーダのスロッシング応力評価

スロッシング荷重をガーダにかかる等分布荷重とみなし，ガーダを両端固定梁モデルとして応力評価する。ガーダの両端固定梁モデルを添付図 1 に示す。



添付図 1 ガーダの両端固定梁モデル

添付図 1 において，最大曲げモーメント $M = w \cdot L^2 / 12$ [Nmm] ，反力 $R = w \cdot L / 2$ [N] である。

ただし， w ：ガーダ等分布荷重 ($w = P / (N \cdot L)$) [N/mm]

L ：レール間スパン [mm]

N ：ガーダ本数 [本]

P ：スロッシング荷重（燃料取替機全体， $P = p \cdot S$) [N]

p ：スロッシングによる波の圧力 [MPa]

S ：燃料取替機受圧面積 ($S = a \cdot b$) [mm²]

a ：ガーダ幅 [mm]

b ：使用済燃料プール幅 [mm]

ここで， Z ：ガーダ断面係数 [mm³] ， A ：ガーダ断面積 [mm²] とすると，スロッシング曲げ応力 $\sigma_{SB} = M / Z$ [MPa] であり，スロッシングせん断応力 $\tau_{SS} = R / A$ である。

1.2 地震による評価結果とスロッシングによる評価結果の重ね合わせ

地震とスロッシングの同時発生を考慮し，評価結果を足し合わせる。

地震による曲げ応力 σ_E [MPa] ，地震によるせん断応力 τ_E [MPa] とすると，地震とスロッシングの組合せ応力 σ_C を下式より算出する

$$\sigma_C = \sqrt{(\sigma_E + \sigma_{SB})^2 + 3 \cdot (\tau_E + \tau_{SS})^2}$$

2. 燃料取替機脱線防止ラグのスロッシング評価

2.1 燃料取替機脱線防止ラグへのスロッシング荷重

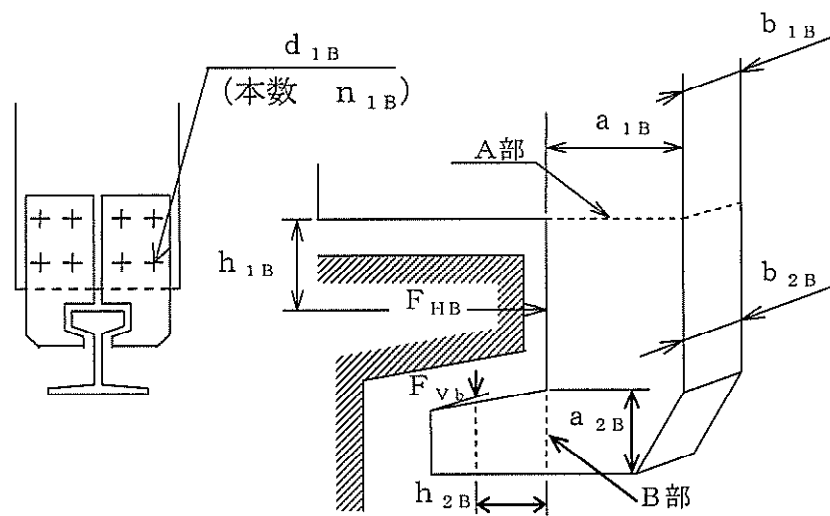
脱線防止ラグへのスロッシング荷重 F は、燃料取替機が受けるスロッシング荷重を脱線防止ラグの個数 N_L で等分したものとする。

$$F = P/N_L \text{ [N]}$$

P : スロッシング荷重 (ブリッジガーダに用いる値と同じ)

2.2 地震荷重とスロッシング荷重の足し合わせ

脱線防止ラグの評価では、添付図 2 の断面 B を評価する。



添付図 2 脱線防止ラグの概略構造図

地震とスロッシングの合成荷重 F_{vb} は、地震による荷重 F_1 とスロッシング荷重 F_2 の和であり、

$$F_{vb} = F_1 + F_2 \text{ [N]}$$

となる。地震とスロッシングの合成曲げモーメント M は、モーメントアーム長 h_{2B} と F_{vb} より、

$$M = F_{vb} \cdot h_{2B} \text{ [Nmm]}$$

となる。地震とスロッシングの曲げ応力 σ は、地震とスロッシングの合成曲げモーメント M と断面係数 Z_2 により、

$$\sigma = M/Z_2 \text{ [MPa]}$$

となる。地震とスロッシングのせん断応力 τ は、地震とスロッシングの合成せん断力 Q とツメ部断面積 A_2 により、

$$\tau = F_{vb}/A_2 \text{ [MPa]}$$

となる。地震とスロッシングの組合せ応力を σ_c とすると、

$$\sigma_c = \sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot \tau^2} \quad [\text{MPa}]$$

燃料取替機伸縮管のスロッシング影響について

燃料取替機伸縮管（以下「伸縮管」という。）の第1管についてスロッシングによる横方向荷重を受けた場合の影響評価について示す。

1. 伸縮管第1管の構造概要

図1に伸縮管周辺部(FHMトロリフレームへの固定部)の概略図を示す。

ここで、伸縮管第1管のトロリとの結合部は図1に示すとおり、ジンバル機構(構造)にて接合されている。この構造のため、伸縮管は横方向のいずれの方向から荷重が作用しても、当該ジンバル機構部を支点に傾くことにより荷重を逃がす構造としている。

ただし、伸縮管は通常運用における移送時の過度の振れを抑制するため、伸縮管第1管周囲に振れ止め装置を設けている。この振れ止め装置フレームは燃料取替機トロリフレームに固定されているものであり、過度に伸縮管が振れた際には、この振れ止め装置フレームと伸縮管第1管が干渉する。

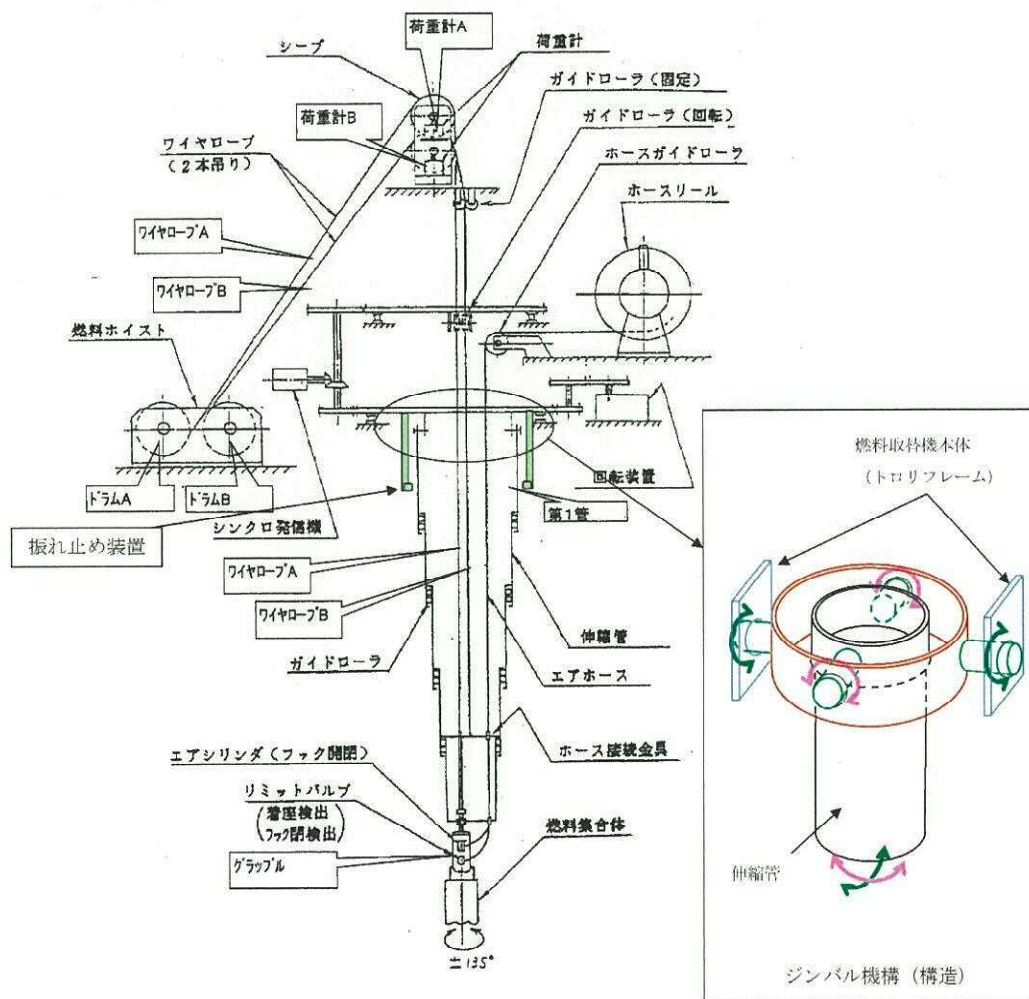


図1 伸縮管周辺部の概略図

2. 構造を踏まえた評価用荷重

2.1 水平方向荷重

水平方向荷重については、使用済燃料プール水の動水圧による荷重及びFHMの地震動水平方向加速度による荷重を考慮する。

(1) 使用済燃料プール水の動水圧による荷重

使用済燃料プール水の動水圧による荷重は、使用済燃料プール水の横方向動水圧と、伸縮管の投影面積の積とする。このときの動水圧は、使用済燃料プールのスロッシングの三次元流動解析による結果に基づく使用済燃料プールの速度を用いる。

(2) FHMの地震時水平方向加速度による荷重

FHM本体に車輪とレール部の摩擦力以上の水平方向加速度により、FHM本体はレール上を滑り始めるが、その場に留まろうとする伸縮管はジンバル機構を介してFHM本体から荷重を受ける。したがって、FHMがすべり出す直前の状態において、伸縮管のジンバル機構部にFHM本体の摩擦力相当の加速度と伸縮管質量に応じた反力が発生すると考える。

一方、FHM本体がすべり始めると、伸縮管のジンバル機構部と、FHM本体がともに動くことになるため、ジンバル機構部には反力は発生しない。

(3) 水平方向荷重の選定

スロッシングと地震動による影響を考慮する場合、水平方向の評価用荷重は以下とする。

$$\begin{aligned} \text{水平方向荷重} &= \text{スロッシング波の速度による荷重 } F_s \\ &+ \text{FHMの水平方向加速度による荷重 } F_f \end{aligned}$$

(4) 水平方向荷重の算定

水平方向荷重の算定では、伸縮管が最大で伸びている状態において、動水圧をもっとも大きく受けるものとする。このため伸縮管投影面積の各管の長さは、伸縮管の運用時の最大ストローク時に、スロッシング最大波高が接触する範囲とする。

また、燃料集合体の横方向荷重は、燃料集合体の投影面積分を考慮するものとする。

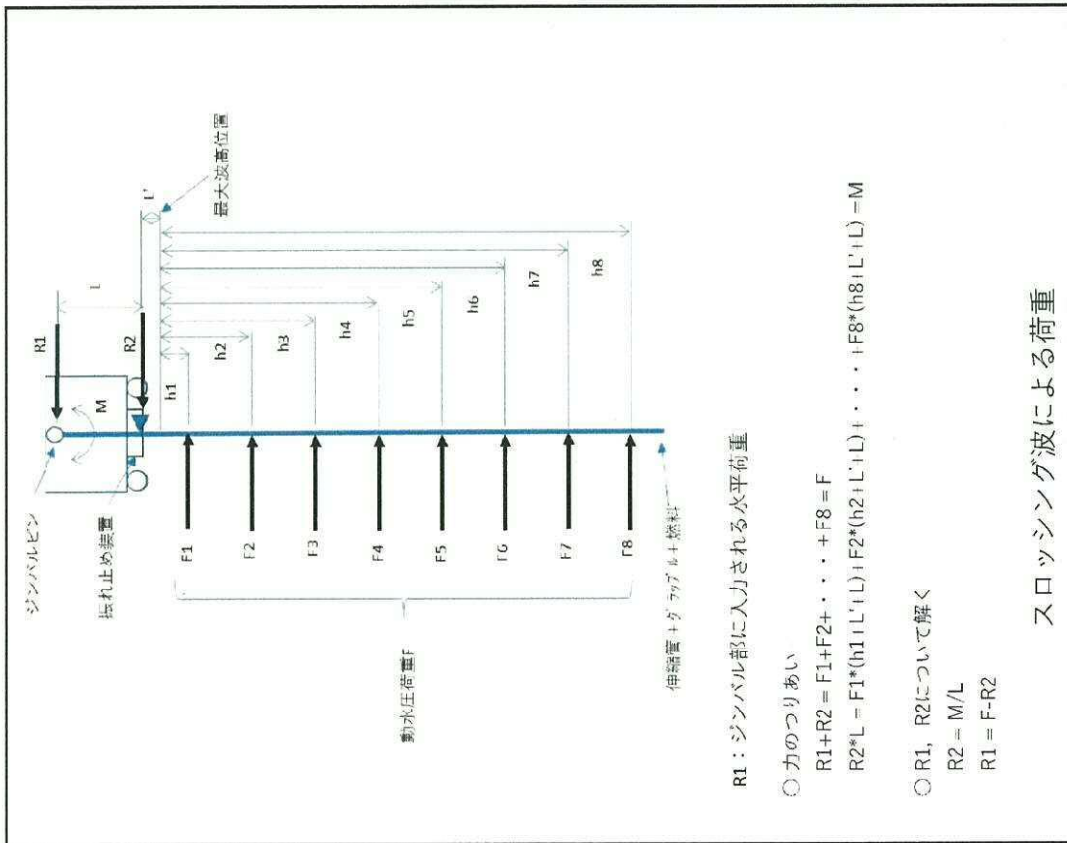
2.2 鉛直方向荷重

鉛直方向荷重は、伸縮管の第1管から第6管までの質量に対し、自重分と鉛直地

震動による震度（FHM卓越固有周期の震度）を考慮したものとする。吊荷の鉛直方向荷重は、ジンバル機構（構造）に荷重が掛からないため、評価荷重には含めないものとする。

※ 伸縮管第1管のジンバル機構部はFHM本体に取り付けられ、鉛直方向には拘束されていることから、鉛直方向の地震動に対して伸縮管はFHM本体と同じ挙動をとることとなる。このため、FHM卓越固有周期の震度を用いるものとする。

図2に、評価荷重の模式図を示す。



スロッシング波による荷重

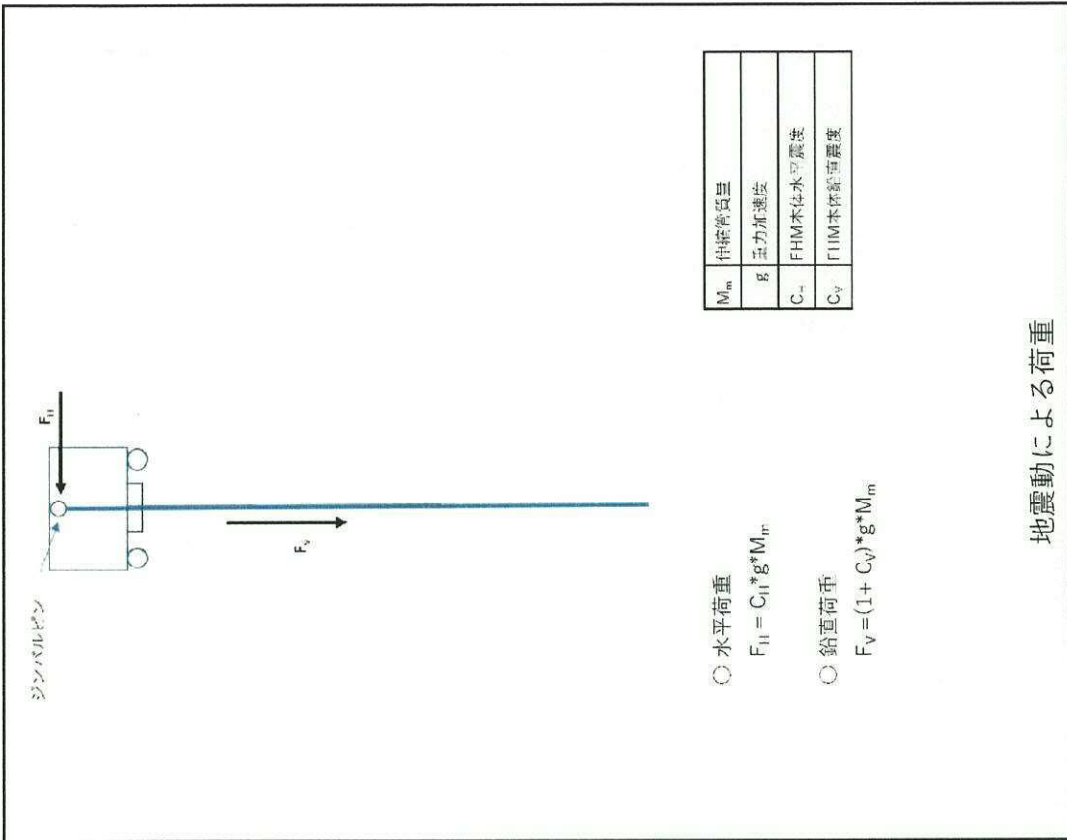


図2 伸縮管ジンバル部に発生する荷重の模式図

3. 評価対象部位

図3に評価対象部位を示す。

評価対象は、伸縮管第1管のジンバル機構（構造）において荷重伝達経路となる以下3部品とする。

- ・ ジンバルピン
- ・ リング
- ・ ハンガー

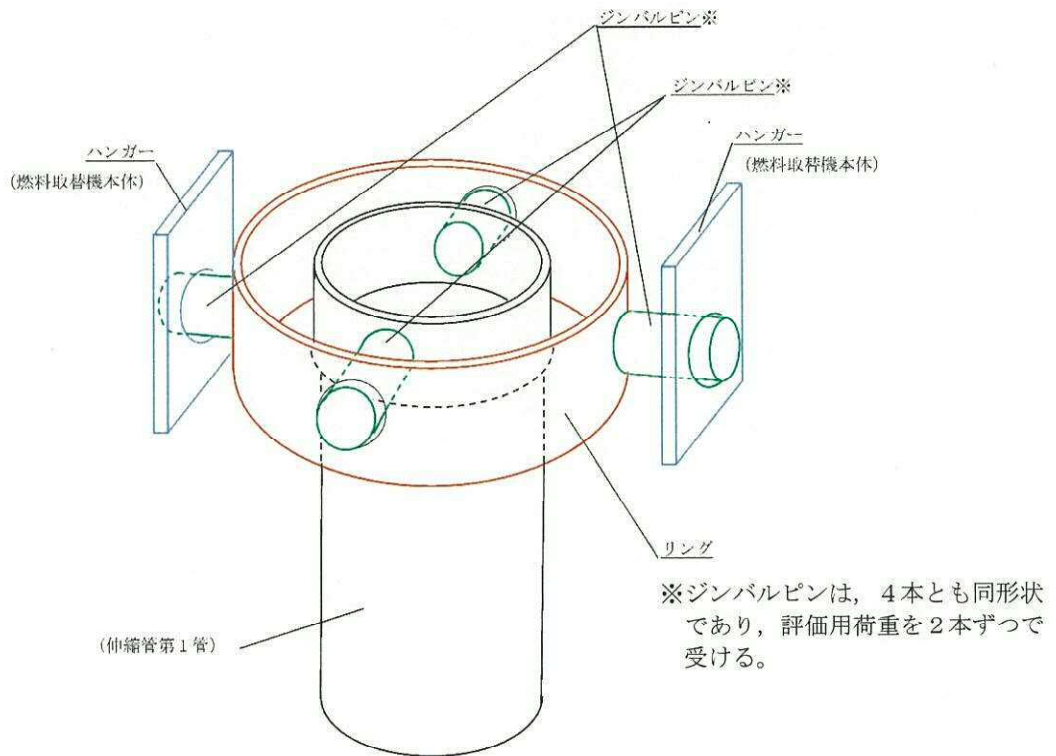


図3 評価対象部位

4. 評価結果

表2に評価結果を示す。

すべての部品において、発生応力は、引張り強さを基にした許容値 ($0.7Su$, $0.7Su/\sqrt{}$)
3) 未満であり、裕度が確保されている。

これにより、伸縮管第1管はスロッシング荷重を受けても、破断して落下することはないと考える。

表2 評価結果

部位	材質	評価応力	発生応力 [MPa]	許容値 [MPa]
ジンバルピン	SUS630	曲げ応力	580	917
		せん断応力	112	529
		組合せ	612	917
リング	SUS304	曲げ応力	123	364
		せん断応力	37	210
		組合せ	138	364
ハンガー	S45C	引張応力	253	399
		せん断応力	16	230
		組合せ	254	399

3. 燃料取替機の地震時における滑り量

1. 目的

燃料取替機の地震時における滑り量を水平方向加速度時刻歴波から算出する。

2. 算出概要

2.1 算出方針

燃料取替機の滑り量と、燃料取替機が走行方向の水平地震動によって受ける力が、自重による摩擦力を上回ることにより、燃料取替機自体が走行レール上でずれ、このずれ量が地震継続中に累積されたものとする。

滑り量の算出では、燃料取替機の走行方向の地震動の加速度時刻歴波が、燃料取替機の摩擦力相当の加速度以上となる時刻の間は、燃料取替機が滑るものとする。

燃料取替機が滑るときに受ける加速度は、建屋との相対加速度となり、時刻歴加速度から摩擦力相当の加速度を引いた値となる。一方、時刻歴加速度が摩擦力相当の加速度未満のときは、燃料取替機は滑らないので、加速度は零とする。

ここでは燃料取替機が滑っている時刻間は、上記の加速度により等加速度運動をしているものとみなす。各時刻間での等加速度運動時の移動距離（ずれ量）を算出し、時刻歴波の終了時刻まで、ずれ量を逐次積算していく。このずれ量の逐次積算値の中で、最大となるものを、燃料取替機の滑り量とする。

2.2 移動量の算出

(1) 検討用の地震動

評価に使用する水平方向地震動時刻歴波は、以下とし、各々の地震動に対して滑り量を算出する。なお、鉛直地震動は走行方向の滑り量に与える影響は小さいため、対象外とする。

- ・地震動：基本ケース 8波 (Ss-D1, Ss-11, Ss-12, Ss-13, Ss-14, Ss-21, Ss-22, Ss-31)
- ・方向：NS方向
- ・標高：EL 57.000m

(2) 要目

算出に使用する要目を次表に示す。

記号	名称	単位	数値	説明
g	重力加速度	m/s ²	9.80665	—
μc	車輪とレールの摩擦係数	—	0.15	燃料取替機の走行車輪は4個のうち2個は駆動輪、他の2個が従動輪である。また最大静止摩擦係数を $\mu = 0.3$ から算出した値とする。 $\mu c = \mu \times 2 / 4 = 0.15$
dt	微小時間 (時間刻み)	s	0.01	加速度時刻歴波の時間刻みとする。

(3) 算出方法

図1に滑り量算出方法概略を示す。

(a) 時刻歴波の交番に対する扱い

加速度時刻歴波は正負に交番するものであり、それに伴い燃料取替機のずれもレール長手方向に対して、行き/戻りが発生する。ここでは正負の影響を考慮し、正值のみ、負値のみの積算とはしないものとする。

(b) 計算方法

時刻歴波の各時刻の加速度を確認し、燃料取替機の摩擦力に相当する加速度以上となる時刻を、時刻歴データより選定する。選定された時刻の加速度は、その加速度から燃料取替機の摩擦相当の加速度を引いた値とする。

速度は、時刻歴波の時間刻み間隔に上記の加速度を乗じた値と、前時刻の速度の和とする。(燃料取替機は摩擦相当の加速度未満では滑らないため、加速度が摩擦相当の加速度未満となる時点で前時刻の速度は零となるものとする。)

この加速度および速度から、等加速度運動による移動距離を求める。得られる各時刻の移動量を、地震継続中において逐次積算し、この積算値の中で絶対値の最大となるものを当該時刻歴波での滑り量とする。

すべての時刻歴波に対してこの計算を行い、最大となる滑り量を燃料取替機の滑り量とする。

3. 滑り量算出結果

表1に滑り量算出結果を示す。図1より燃料取替機の滑り量は、S s - D 1で150 mmとなる。

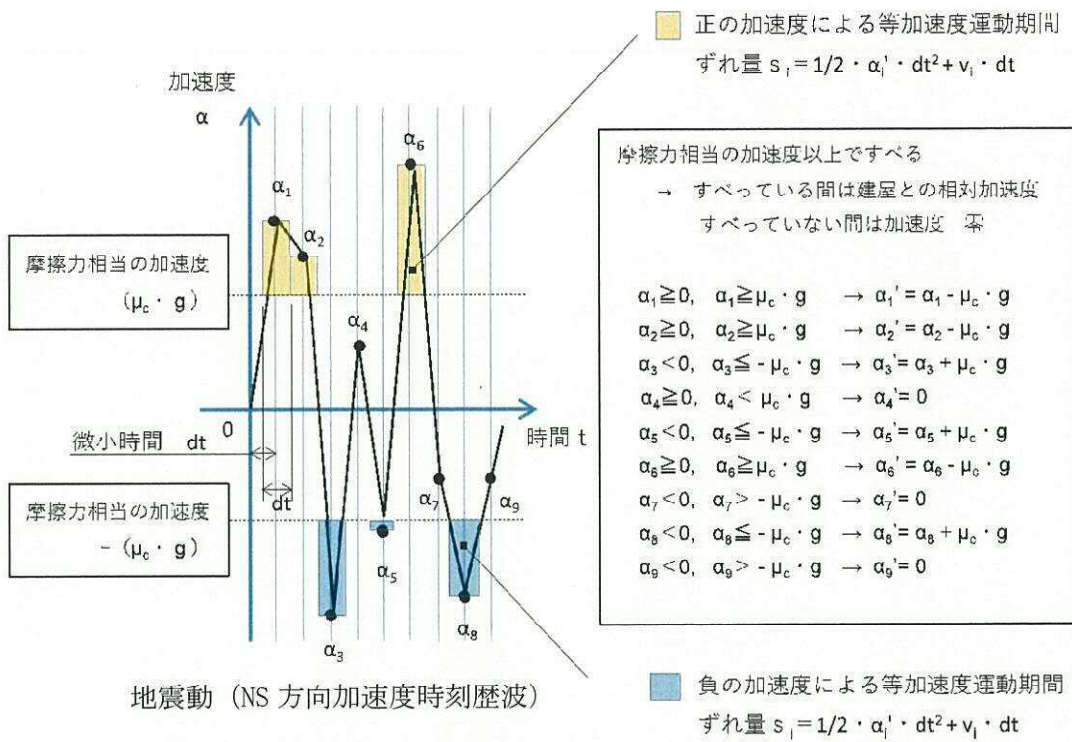


図1 滑り量算出方法概略

表 1 燃料取替機滑り量算出結果

地震動	滑り量 [mm]	最大
Ss-D1	150	○
Ss-11	5	
Ss-12	25	
Ss-13	29	
Ss-14	10	
Ss-21	81	
Ss-22	121	
Ss-31	93	

循環水ポンプ等点検用移動式クレーンにおける波及的影響評価

1. 概要

循環水ポンプ並びに残留熱除去系海水系ポンプ、非常用ディーゼル発電機非常用海水ポンプ及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ポンプ（以下「安全系海水ポンプ」という。）の点検には、移動式クレーンによりポンプ等を点検する計画としている。

本資料では、循環水ポンプ等点検用の移動式クレーンが安全系海水ポンプに波及的影響を及ぼさないことを説明する。

2. 配置概要

循環水ポンプ及び安全系海水ポンプの配置図を図1に示す。図1に示すとおり安全系海水ポンプは、循環水ポンプの隣りに挟むように分離した配置（トレン分離）としている。

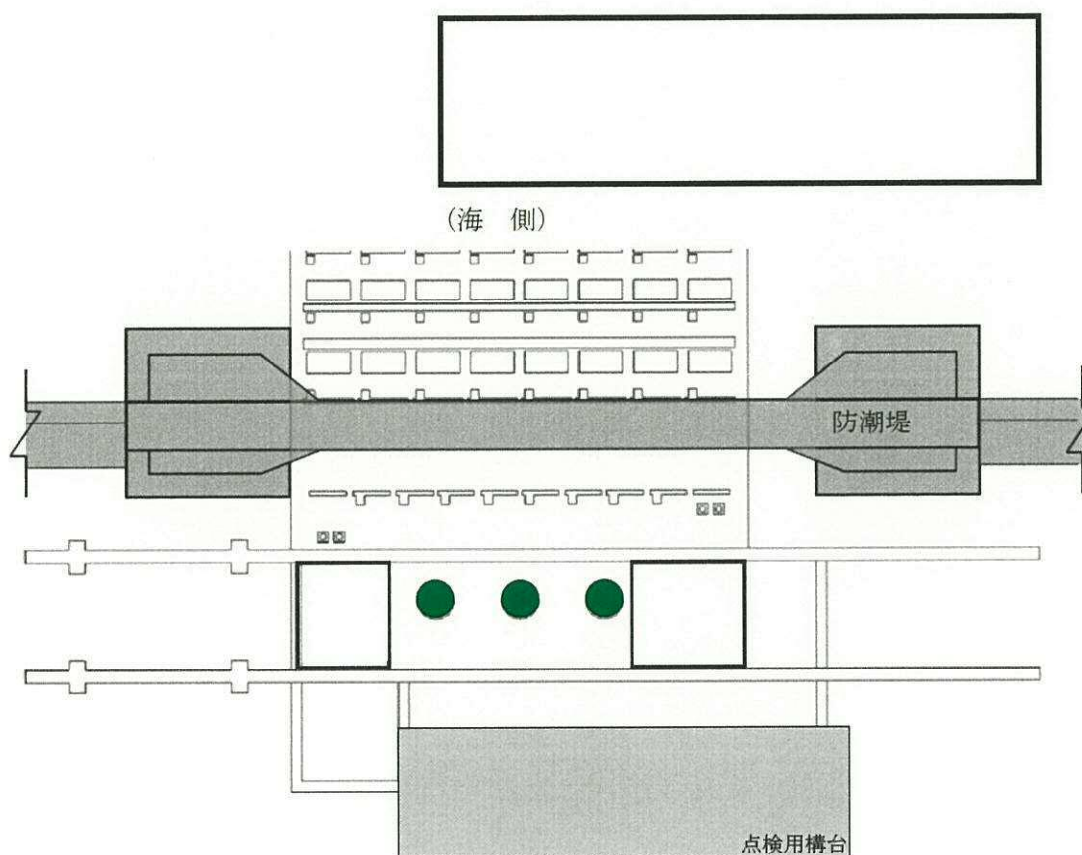


図1 循環水ポンプ及び安全系海水ポンプの配置図

3. プラント停止時の点検方法の概要

循環水ポンプ及び安全系海水ポンプは、プラント停止時に点検を行うことになる。点検方法の概要については下記のとおり。

- (1) 循環水ポンプ及び安全系海水ポンプの点検は移動式クレーンにより行う。
- (2) 移動式クレーンは、取水路下流側に点検用構台に配置し、点検用構台から各ポンプの吊り上げ、吊り下げを行う。
- (3) 安全系海水ポンプは配置上分離されており、片トレン毎に点検を行う。一方の海水ポンプ室に配置された安全系海水ポンプが点検中においては、もう一方の海水ポンプ室に配置された安全系ポンプは待機中となる。

4. 移動式クレーンにおける波及的影響の検討

4.1 循環水ポンプ点検時における波及的影響の検討

3. 項 で示した移動式クレーンを用いた点検方法を踏まえて、移動式クレーンにより循環水ポンプ点検時における安全系海水ポンプへの波及的影響に対する検討を実施した。

移動式クレーンによる循環水ポンプ点検時の配置状況を図 2 に示す。プラント停止時には、一方の海水ポンプ室に配置された安全系海水ポンプも同様に点検を実施することになる。循環水ポンプ吊り上げ時における対応として、吊荷を待機中の安全系海水ポンプの上部を通過しないことでクレーンアームの折損等による吊荷落下に対する波及的影響は防止できる。また、移動式クレーン本体転倒時に対する波及的影響防止の観点から、吊荷を吊るためのクレーンアームの位置を移動式クレーン本体よりも点検中のポンプ室とすることで、万一の転倒時も待機中の安全系海水ポンプ側に転倒することなく波及的影響を防止できる。

4.2 安全系海水ポンプ点検時における波及的影響の検討

一方の海水ポンプ室に配置された安全系海水ポンプ点検時に、もう一方に設置された待機中の安全系海水ポンプへの波及的影響に対する検討を実施した。

移動式クレーンによる安全系海水ポンプ点検時の配置状況を図 3 に示す。点検中と待機中となる各々の安全系海水ポンプは、循環水ポンプを挟み込むように隔離をもって配置されていることから、待機中の安全系海水ポンプに波及的影響を及ぼす可能性がなく点検対象の安全系海水ポンプの作業は可能である。

5. まとめ

移動式クレーンによる循環水ポンプ及び安全系海水ポンプの点検時における波及的影響の検討を実施した。各ポンプ点検時には、ポンプ等を吊り上げ時において待機中の安全系海水ポンプを避けた方向へのクレーンアームの旋回、吊荷を吊るためのクレーンアームの位置の配置上の考慮といった運用上の対応が必要であるものの、万一のクレーンアームの折損による落下、移動式クレーン本体の転倒に伴う波及的影響を防止できることを確認した。

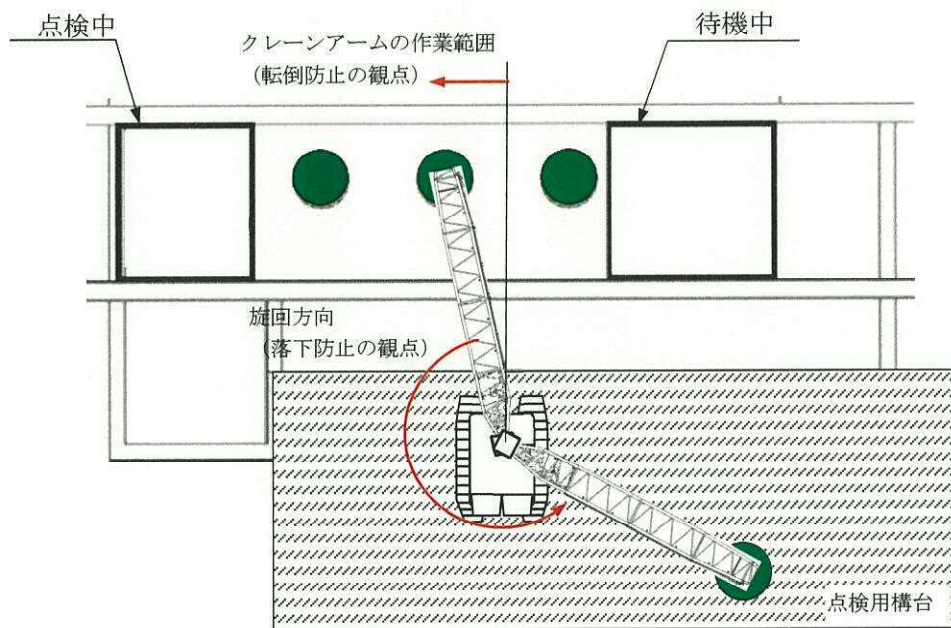
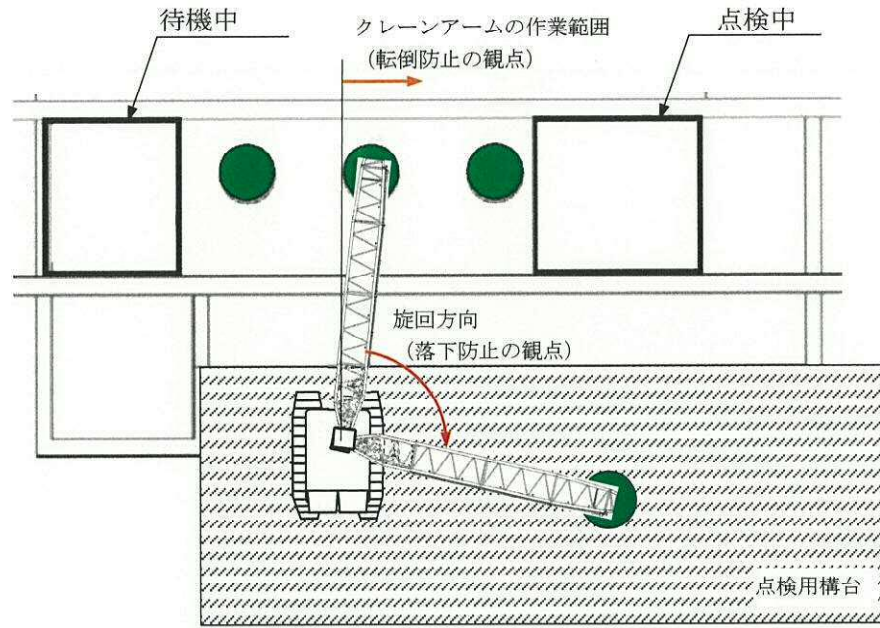


図2 移動式クレーンによる循環水ポンプ点検時の波及的影響検討

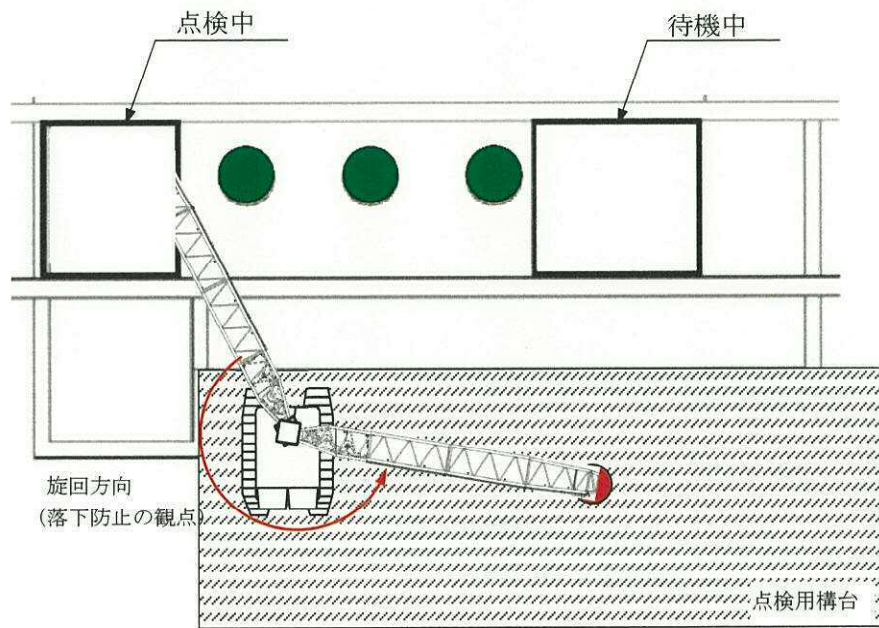
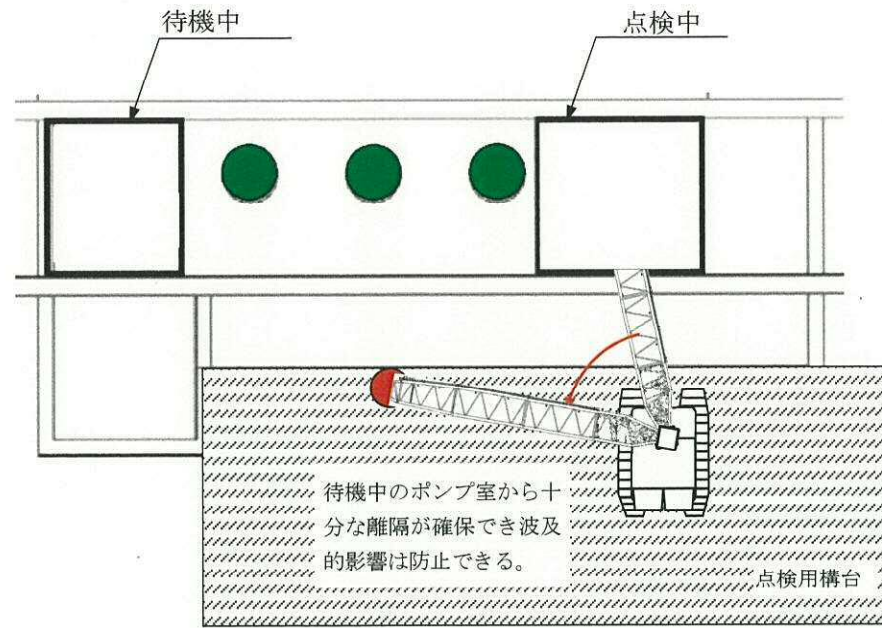


図3 移動式クレーンによる安全系海水ポンプ点検時の波及的影響検討

補足-340-5【地震時荷重と事故時荷重との組合せ
について】

目次

	頁
1. はじめに.....	1
2. 基準類における要求.....	2
2.1 新規制基準における要求.....	2
2.2 J E A G 4601・補-1984 における要求.....	4
3. 既工認及び今回の評価内容.....	15
3.1 荷重の組合せ及び対応する許容応力状態.....	16
3.1.1 記号の説明.....	16
3.1.2 第一種（クラス1）の評価.....	18
3.1.3 第二種容器（クラスMC）の評価.....	19
3.1.4 第三種，第四種（クラス2，3）（ECCS機器）の評価.....	21
3.1.5 第三種，第四種，第五種（クラス2，3，4）（ECCS機器以外）の評価.....	22
3.1.6 残留熱除去系ストレーナ，低圧炉心スプレイ系ストレーナ，高圧炉心スプレイ系 ストレーナの評価.....	23
3.2 今回評価で用いた圧力荷重及び機械的荷重.....	24

1. はじめに

耐震設計においては、通常運転時、運転時の異常な過渡変化時及び事故時に生じるそれぞれの荷重と地震力を組み合わせた荷重条件に対して、機能を保持することとしている。本資料では、技術基準規則第5条（設置許可基準規則第4条を読み込み）に基づく地震荷重とDB条件におけるその他の荷重との組合せについて説明する。

2. 基準類における要求

2.1 新規制基準における要求

新規制基準のうち「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置，構造及び設備の基準に関する規則(以下「設置許可基準規則」という。)の解釈」の別記2のうち，該当部を下記に示す。

設置許可基準規則の解釈 (別記2)

第4条(地震による損傷の防止)

3 第4条第1項に規定する「地震力に十分に耐えること」を満たすために，耐震重要度分類の各クラスに属する設計基準対象施設の耐震設計に当たっては，以下の方針によること。

一 Sクラス(津波防護施設，浸水防止設備及び津波監視設備を除く。)

(省略)

・機器・配管系については，通常運転時，運転時の異常な過渡変化時及び事故時に生じるそれぞれの荷重と，弾性設計用地震動による地震力又は静的地震力を組み合わせた荷重条件に対して，応答が全体的におおむね弾性状態に留まること。

6 第4条第3項に規定する「安全機能が損なわれるおそれがないものでなければならない」ことを満たすために，基準地震動に対する設計基準対象施設の設計に当たっては，以下の方針によること。

一 耐震重要施設のうち，二以外のもの

(省略)

・機器・配管系については，通常運転時，運転時の異常な過渡変化時及び事故時に生じるそれぞれの荷重と基準地震動による地震力を組み合わせた荷重条件に対して，その施設に要求される機能を保持すること。なお，上記により求められる荷重により塑性ひずみが生じる場合であっても，その量が小さなレベルに留まって破断延性限界に十分な余裕を有し，その施設に要求される機能に影響を及ぼさないこと。

なお，上記の「運転時の異常な過渡変化時及び事故時に生じるそれぞれの荷重」に

については、地震によって引き起こされるおそれのある事象によって作用する荷重及び地震によって引き起こされるおそれのない事象であっても、いったん事故が発生した場合、長時間継続する事象による荷重は、その事故事象の発生確率、継続時間及び地震動の超過確率の関係を踏まえ、適切な地震力と組み合わせて考慮すること。

2.2 J E A G 4601・補-1984 における要求

前項において、新規制基準における要求として設置許可基準規則を示したが、具体的な考え方は原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4601・補-1984（以下、「J E A G 4601・補-1984」という。）に記載されている。

J E A G 4601・補-1984では、運転状態 I ~IVと S₁及び S₂との組合せに対して、許容応力状態 III_AS 及び IV_AS の許容限界を適用した評価が求められている。

ここで、運転状態 IV (L) と S₁との組合せにおいて、^①原子炉冷却材バウンダリ (ECCS系以外) については許容応力状態 IV_AS の許容限界を適用し、^②原子炉冷却材バウンダリ (ECCS系) 及び^③原子炉格納容器については許容応力状態 III_AS の許容限界を適用する。ECCS機器に対して、許容応力状態 III_AS の許容限界を適用するのは、これらの設備については、本来運転状態 IV (L) を設計条件としており、この状態が運転状態 I に相当するとし、運転状態 I と S₁との組合せに対して適用される許容応力状態 III_AS の許容限界を適用した評価が求められているためである。また、^④原子炉格納容器については、LOCA後の最終障壁となることから、構造全体としての安全裕度を確認する意味で、LOCA後最大内圧と S₁との組合せにおいて、許容応力状態 IV_AS の許容限界を適用することが求められている。

上記の運転状態と地震の組合せについて、地震の従属事象は、地震時の状態と、事象によって引き起こされるおそれのあるプラントの状態とは組合せが必要であり、地震の独立事象は、事象の発生確率、継続時間及び地震動の発生確率の関係を踏まえ組合せを検討するとの考え方が示されている。（図2参照）この考え方を、検討整理した結果、運転状態 I ~IVの各事象における圧力、温度、機械的荷重と基準地震動 S₁、S₂との組合せについて、考慮すべき組合せの考え方が示されている（図1参照）。この中で、発生頻度が低い独立事象である LOCA（運転状態IV）については、S₂との組合せを要しないが、LOCA後長時間継続する荷重（運転状態IV (L)）は、S₁との組合せが必要となると規定されている。

付 録 2

地震荷重と他の荷重との組合せ及び対応する許容応力状態

本参考資料での検討と J E A G 4601・補-1984「原子力発電所耐震設計技術指針-許容応力編」での検討を踏まえた結果、地震荷重と他の荷重との組合せ及び対応する許容応力状態は次のとおりである。

耐震クラス	種 別 荷重の組合せ	第1種	第2種	第3種	第4種	第5種	炉心支持構造物	そ の 他		
		機支持構造物	容支持構造物	機支持構造物	容管器	管		ポンプ・弁	炉内構造物	支持構造物
① A _s	D + P + M + S ₁	Ⅲ _A S	Ⅲ _A S	-	-	-	Ⅲ _A S	-	-	-
	D + P _D + M _D + S ₁	-	-	Ⅲ _A S	Ⅲ _A S	-	-	Ⅲ _A S	Ⅲ _A S	Ⅲ _A S
	D + P _L + M _L + S ₁	Ⅳ _A S ⁽²⁾	Ⅲ _A S ⁽³⁾	-	-	-	Ⅳ _A S	-	-	-
	D + P + M + S ₂	Ⅳ _A S	Ⅳ _A S	-	-	-	Ⅳ _A S	-	-	-
	D + P _D + M _D + S ₂	-	-	Ⅳ _A S	Ⅳ _A S	-	-	Ⅳ _A S	Ⅳ _A S	Ⅳ _A S
A	D + P _D + M _D + S ₁	-	-	Ⅲ _A S	Ⅲ _A S	Ⅲ _A S	-	Ⅲ _A S	Ⅲ _A S	Ⅲ _A S
B	D + P _d + M _d + S _B	-	-	B _A S	B _A S	B _A S	-	B _A S	-	B _A S
C	D + P _d + M _d + S _C	-	-	-	C _A S	C _A S	-	C _A S	-	C _A S

注：(1) 各設備の種別は、原則として告示に基づくものとする。

告示で規定されない容器・管にあっては以下による。

1) 耐震 A 又は A_s クラスに分類される非常用予備発電装置に付属する容器・管については第3種の規定を準用する。

2) 第5種管に分類されないダクトについても、第5種管の規定を準用する。

3) 上記1), 2)以外で告示で規定されない容器・管にあっては第4種の規定を準用する。

(2) なお、ECCS及びそれに関連し、事故時に運転を必要とするものについてはⅢ_ASとする。

(3) 1) 第2種容器、許容応力状態Ⅲ_ASの荷重の組合せ (D + P_r + M_r + S₁) の P_r は、LOCA 後 10⁻¹年後の原子炉格納容器内圧を用いる。

2) 原子炉格納容器は、LOCA 後の最終障壁となることから、構造体全体としての安全裕度を確認する意味で LOCA 後の最大内圧と S₁地震動 (又は静的地震力) との組合せを考慮する。

この場合の評価は、許容応力状態Ⅳ_ASの許容限界を用いて行う。

図1 J E A G 4601・補-1984の許容応力状態と荷重の組合せの考え方

表 1-1 運転状態と地震動との組合せの確率的評価

発生確率		1	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}	10^{-9}
運転状態の発生確率 (1/年)		I	II	III	IV						
基準地震動の発生確率 (1/年)				S_1	S_2						
基準地震動 S_1 との組合せ	従属事象			S_1 従属							
	1分以内									S_1+II	
	1時間以内								S_1+II	S_1+III	
	1日以内								S_1+II	S_1+III	S_1+IV
	1年以内					S_1+II	S_1+III		S_1+IV		
基準地震動 S_2 との組合せ	従属事象			S_2 従属							
	1分以内			(S_2+II) は 10^{-9} 以下となる							
	1時間以内									S_2+II	S_2+III
	1日以内								S_2+II	S_2+III	
	1年以内					S_2+II	S_2+III		S_2+IV		

注：(1) 発生確率から見て
 ← 組合せが必要なもの。
 +----+ 発生確率が 10^{-7} 以下となり組合せが不要となるもの。
 (2) 基準地震動 S_2 の発生確率は $10^{-4} \sim 10^{-5}$ / サイト・年と規定されるが、ここでは $5 \times 10^{-4} \sim 10^{-5}$ / サイト・年を用いた。
 (3) 表に示す発生確率は現在の知見によるものである。

基準地震動 S_2 の発生確率
 : 5×10^{-4} / 年 \sim 10^{-5} / 年

基準地震動 S_1 の発生確率
 : 10^{-2} / 年 \sim 5×10^{-4} / 年

JEAG4601・補-1984 の考え方

- 耐震上想定すべき運転状態と地震動の組合せは、事象の発生頻度及びその状態の継続時間との関連により決定
- 独立事象と組み合わせた発生確率 10^{-7} / 年以上を目安に組合せを考慮
- JEAG4601・補-1984 においては、 S_1 の発生確率は 10^{-2} / 年 \sim 5×10^{-4} / 年、 S_2 の発生確率は 5×10^{-4} / 年 \sim 10^{-5} / 年とし、組合せを考慮

図2 運転状態と荷重の組合せの考え方

今回の評価

今回の評価については、JEAG4601・補-1984にて想定している S_1 及び S_2 発生確率よりも東海第二発電所における S_d 及び S_s の年超過確率が小さいこと (JEAG4601・補-1984については発生確率で示されているのに対し、東海第二発電所については年超過確率で示しているが、発生確率より年超過確率が大きくなる)、また S_d については S_1 を下回らないように設定していることを踏まえたうえで、JEAG4601・補-1984の S_1 及び S_2 を S_d 及び S_s に置き換えて評価を実施しているものである。(参考1, 参考2参照)

(参考1) 東海第二発電所における S_d の年超過確率

東海第二発電所における S_d の年超過確率は図3及び図4より概ね $10^{-3}/\text{年} \sim 10^{-5}/\text{年}$ である。また、機器・配管系の固有周期については、主に周期1秒より短周期側にあることを考慮した場合の年超過確率は概ね $10^{-3}/\text{年} \sim 10^{-4}/\text{年}$ である。いずれにおいても J E A G 4601・補-1984に想定している S_1 の発生確率 ($10^{-2}/\text{年} \sim 5 \times 10^{-4}/\text{年}$) より小さい。

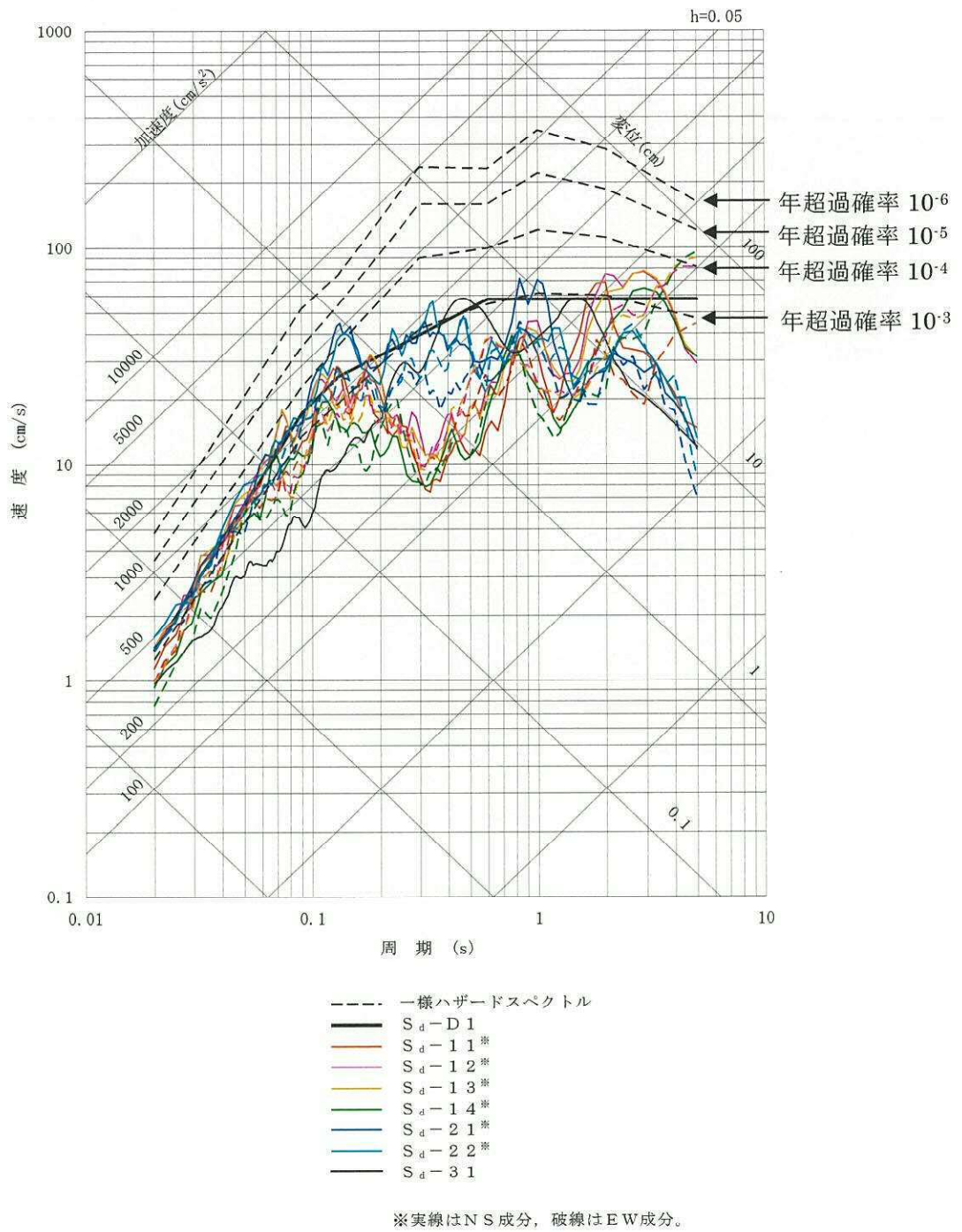


図3 一様ハザードスペクトルと弾性設計用地震動 S_a の応答スペクトルの比較 (水平成分)

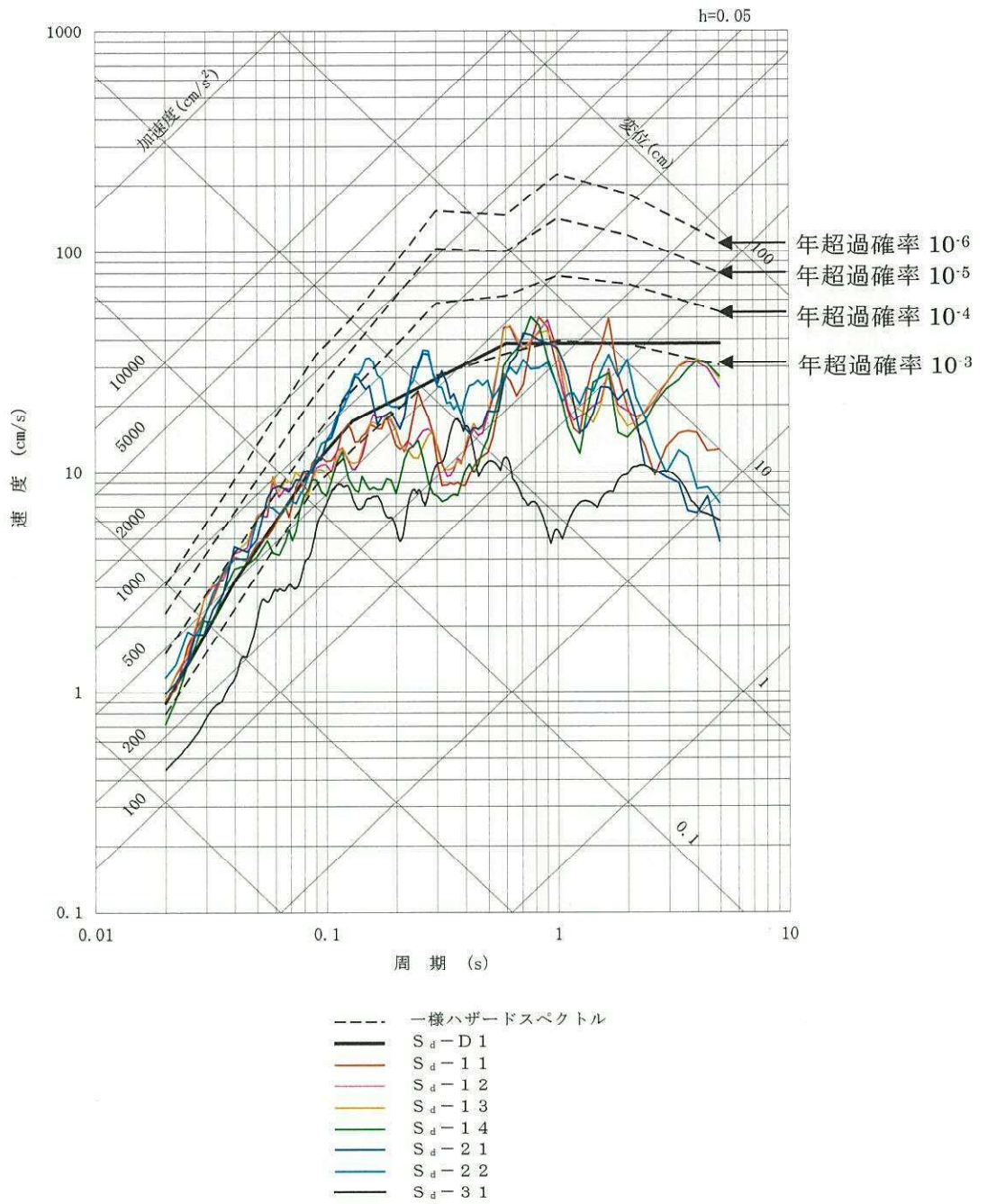
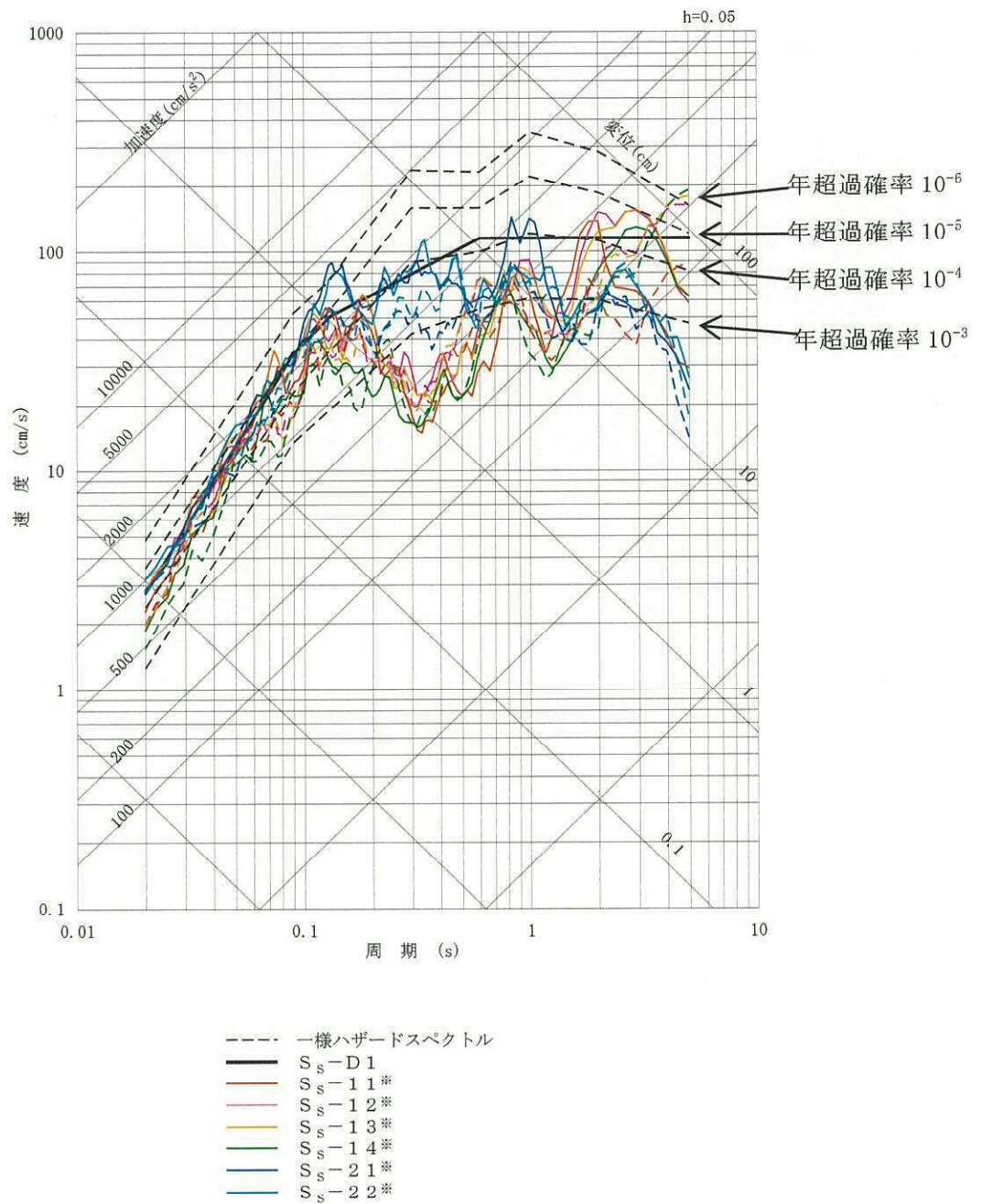


図4 一様ハザードスペクトルと弾性設計用地震動 S_d の応答スペクトルの比較 (鉛直成分)

(参考2) 東海第二発電所における S_3 の年超過確率

東海第二発電所における S_3 の年超過確率は、図5、図6、図7及び図8より概ね 10^{-4} /年 $\sim 10^{-6}$ /年である。また、機器・配管系の固有周期については、主に周期1秒より短周期側にあることを考慮した場合の年超過確率は概ね 10^{-4} /年 $\sim 10^{-5}$ /年である。いずれにおいても J E A G 4601・補-1984 に想定している S_2 の発生確率 (5×10^{-4} /年 $\sim 10^{-5}$ /年) より小さい。



※実線はNS成分，破線はEW成分。

図5 一様ハザードスペクトルと基準地震動 S_s-D1 ， S_s-11 ～ S_s-22 の応答スペクトルの比較（水平成分）

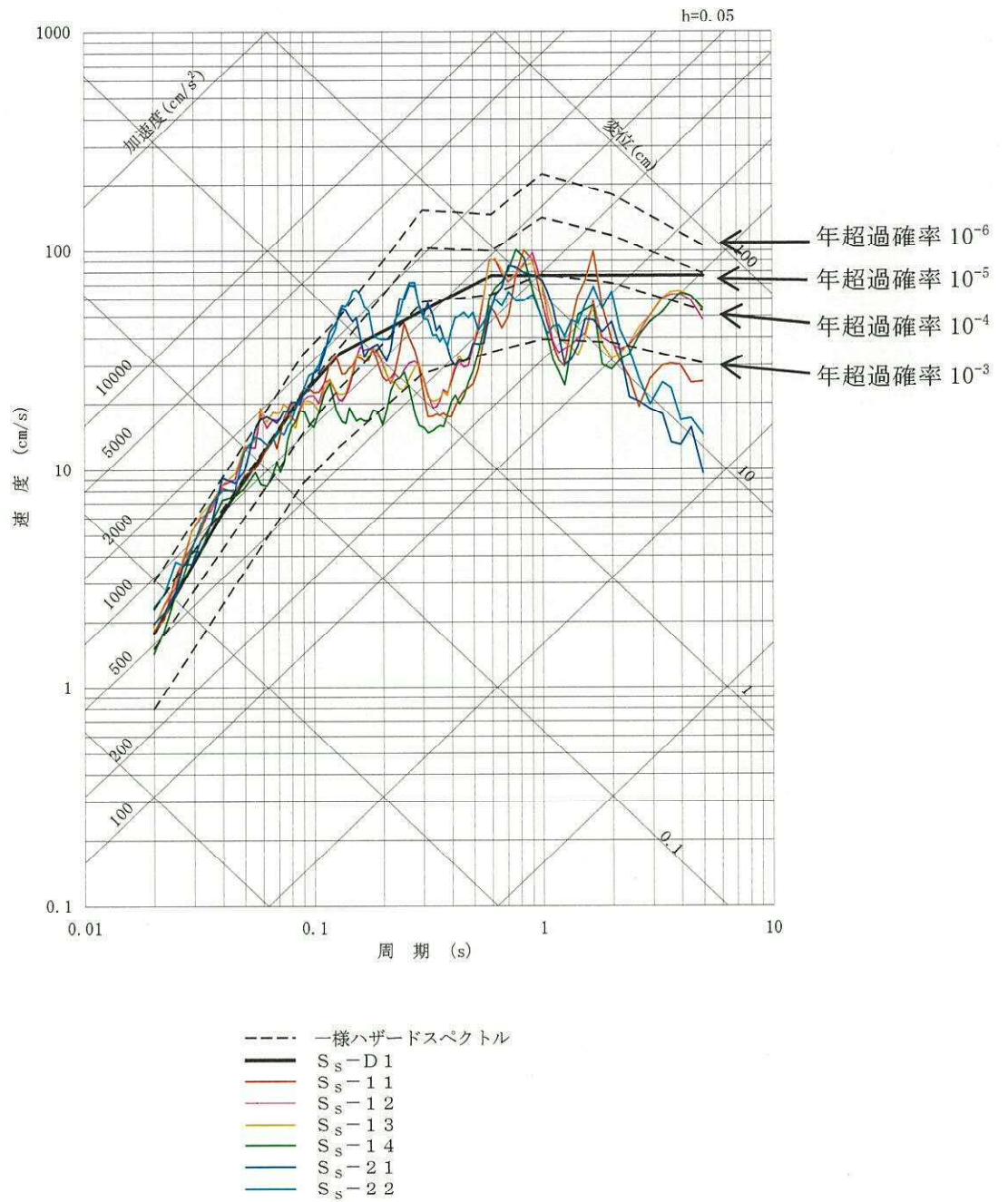


図6 一様ハザードスペクトルと基準地震動S_s-D1, S_s-11~S_s-22の応答スペクトルの比較 (鉛直成分)

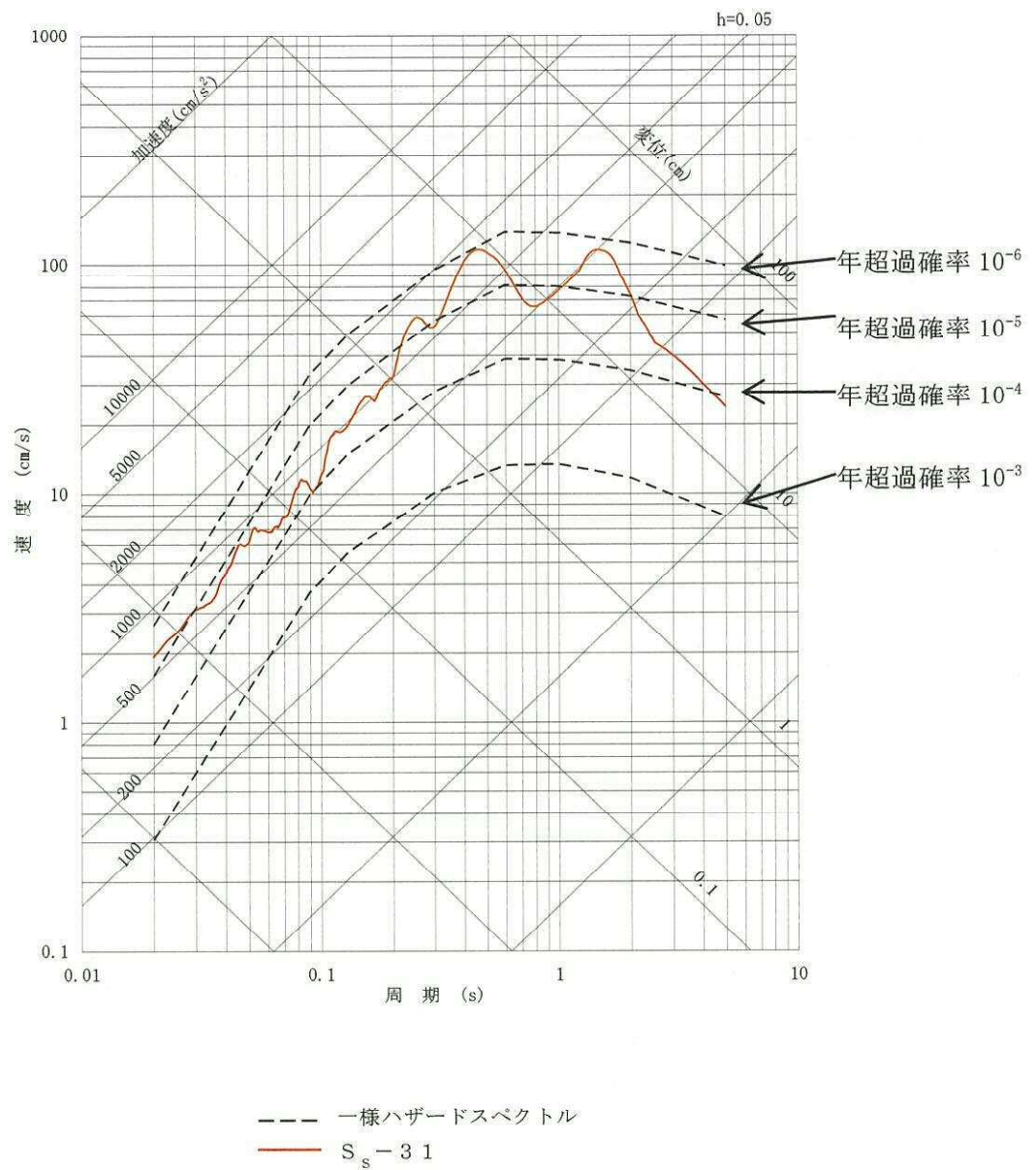


図7 内陸地殻内地震の領域震源モデルによる一様ハザードスペクトルと基準地震動 S_s-31 の応答スペクトルの比較 (水平成分)

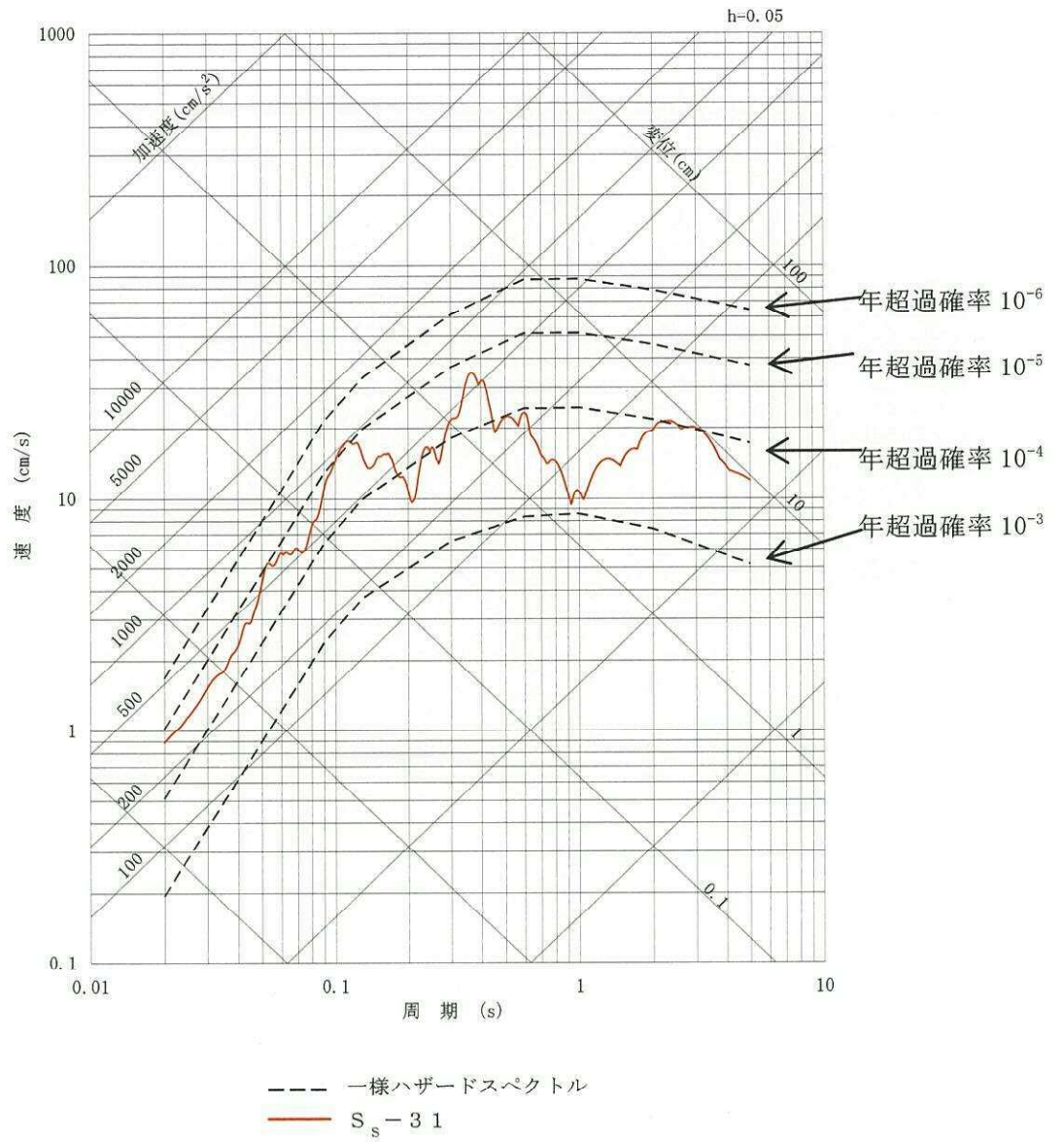


図 8 内陸地殻内地震の領域震源モデルによる一様ハザードスペクトルと基準地震動 $S_s - 3 1$ の応答スペクトルの比較 (鉛直成分)

3. 既工認及び今回の評価内容

既工認では、当時の指針等の考え方に基づき、各運転状態の事象と S_1 及び S_2 地震動とを組み合わせた評価を実施している。

今回の評価ではJ E A G 4601・補-1984の考え方に基づき、各運転状態 I ~IVの各事象と弾性設計用地震動 S_d 及び基準地震動 S_s とを組み合わせた評価を実施している。なお、弾性設計用地震動 S_d は基準地震動 S_s の係数倍にて定義していることから、設備の基準地震動 S_s による発生値が、弾性設計用地震動 S_d の評価時に用いる評価基準値（許容応力状態Ⅲ_AS）以下であれば、弾性設計用地震動 S_d による発生値についても、評価基準値（許容応力状態Ⅲ_AS）以下となる。そのため、今回の評価における弾性設計用地震動 S_d による評価については、基準地震動 S_s における地震力を用いて評価（ S_s による発生値と評価基準値（許容応力状態Ⅲ_AS）による比較）し、評価基準値を満足することを確認した部位については、弾性設計用地震動 S_d における地震力の評価を省略することを可能としている。

3.1 荷重の組合せ及び対応する許容応力状態

3.1.1 記号の説明

(建設工認)

- D : 死荷重
- O : 運転荷重
(LOCAを除く全ての運転条件を含む)
- O' : 通常運転荷重
- L : 冷却材喪失事故時の荷重
- S₁ : 設計地震荷重
- S₂ : 0.27G地震時

(改造工認及び今回の評価)

- D : 死荷重
- P : 地震と組み合わせすべきプラントの運転状態（地震との組合せが独立な運転状態Ⅳ、Ⅴは除く）における圧力荷重
- P_D : 地震と組み合わせすべきプラントの運転状態Ⅰ及びⅡ（運転状態Ⅲ及び地震従属事象として運転状態Ⅳに包絡する状態がある場合にはこれを含む）、又は当該設備に設計上定められた最高使用圧力による荷重
- P_L : 地震との組合せが独立な運転状態Ⅳの事故直後を除き、その後に生じている圧力荷重
- P_L* : 冷却材喪失事故後最大内圧（クラスMC）
- M : 地震及び死荷重以外で地震と組み合わせべきプラントの運転状態で（地震との組合せが独立な運転状態Ⅳ、Ⅴは除く）設備に作用している機械的荷重
- M_D : 地震と組み合わせべきプラントの運転状態Ⅰ及びⅡ（運転状態Ⅲ及び地震従属事象として運転状態Ⅳに包絡する状態がある場合にはこれを含む）、又は当該設備に設計上定められた荷重
- M_L : 地震との組合せが独立な運転状態Ⅳの事故直後を除き、その後に生じている死荷重及び地震荷重以外の機械的荷重
- S₁* : 水平地震力は、基盤入力最大加速振幅180 Galによる動的解析結果から得ら

- れた地震力と静的震度から得られた地震力のうち大きい方の値とし、鉛直地震力は鉛直震度より定まる値
- S_2 : 水平地震力は、基盤入力最大加速振幅180 Galの1.5倍による動的解析結果から得られた地震力とし、鉛直地震力は鉛直震度より定まる値
- S_d^* : 弾性設計用地震動 S_d により定まる地震力又はSクラス設備に適用される静的地震力
- S_s : 基準地震動 S_s により定まる地震力
- III_AS : 発電用原子力設備規格（設計・建設規格（2005年版（2007追補版含む。））J S M E S N C 1 - 2005/2007）（日本機械学会 2007年9月）（以下「設計・建設規格」という。）の供用状態C相当の許容応力を基準として、それに地震により生じる応力に対する特別な応力の制限を加えた許容応力状態。
- IV_AS : 設計・建設規格の供用状態D相当の許容応力を基準として、それに地震により生じる応力に対する特別な応力の制限を加えた許容応力状態。

3.1.2 第一種 (クラス I) の評価

第一種 (クラス I)												
評価 ケース	(1) J E A G 4601・補-1984			(2) 既工認			(3) 今回の評価					
	荷重の組合せ	許容 応力 状態	備 考	荷重の組合せ	許容 応力 状態	備 考	荷重の組合せ	許容 応力 状態	備 考			
①	D + P + M + S ₁	Ⅲ _A S	—	D + O + S ₁	—	—	D + P + M + S ₁ *	Ⅲ _A S	—	D + P + M + S _d *	Ⅲ _A S	—
②	D + P _L + M _L + S ₁	Ⅳ _A S ^{※1}	—	—	—	—	D + P _L + M _L + S ₁ *	Ⅲ _A S	—	D + P _L + M _L + S _d *	Ⅳ _A S ^{※1}	—
③	D + P + M + S ₂	Ⅳ _A S	—	D + O + S ₂	—	—	D + P + M + S ₂	Ⅳ _A S	—	D + P + M + S _s	Ⅳ _A S	—

※1: E C C S 及びそれに関連し、事故時に運転を必要とするものにあつてはⅢ_A S とする。

(1) J E A G 4601・補-1984における要求

J E A G 4601・補-1984においては、ケース①～③の3ケースについての考慮が求められている。

(2) 既工認での評価

建設工認において、ケース①、③の2ケースについて評価を実施している。なお、ケース③についてはA_sクラス申請設備のみ評価を実施している。

改造工認においては、ケース①～③の3ケースについて評価を実施している。

(3) 今回の評価

今回の評価においては、ケース①～③の3ケースについて評価を実施している。なお、ケース②の許容応力状態についてはE C C S系においてはⅢ_A S、E C C S系以外についてはⅣ_A Sを考慮する必要があるが、P > P_L、M = M_Lであることから、E C C S系 (Ⅲ_A S) についてはケース①に包絡される。また、ケース②のうちE C C S系以外 (Ⅳ_A S) については、ケース③に包絡される。

3.1.3 第二種容器(クラスMCの評価)

第二種 (クラスMC)									
評価 ケース	(1) J E A G 4601・補-1984			(2) 既工認 建設工認			(3) 今回の評価		
	荷重の組合せ	許容 応力 状態	荷重の組合せ	許容 応力 状態	荷重の組合せ	許容 応力 状態	荷重の組合せ	許容 応力 状態	備考
①	D+P+M+S ₁	Ⅲ _A S	D+O'+S ₁	—	D+P+M+S _d *	Ⅲ _A S			
②	D+P _L +M _L +S ₁ * ¹	Ⅲ _A S	—	—	D+P _L +M _L +S _d * ¹	Ⅲ _A S			
③	D+P _L *+M _L +S ₁	Ⅳ _A S* ²	D+O+L+S ₁	—	D+P _L *+M _L +S _d *	Ⅳ _A S* ²			
④	D+P+M+S ₂	Ⅳ _A S	D+O+S ₂	—	D+P+M+S _s	Ⅳ _A S			

※1: P_Lは、LOCA後10⁴年後の原子炉格納容器内圧を用いる。

※2: LOCA後最大内圧 (P_L*) との組合せについてはⅣ_ASで評価を行う。

(1) J E A G 4601・補-1984における要求

J E A G 4601・補-1984においては、ケース①～④の4ケースについての考慮が求められている。

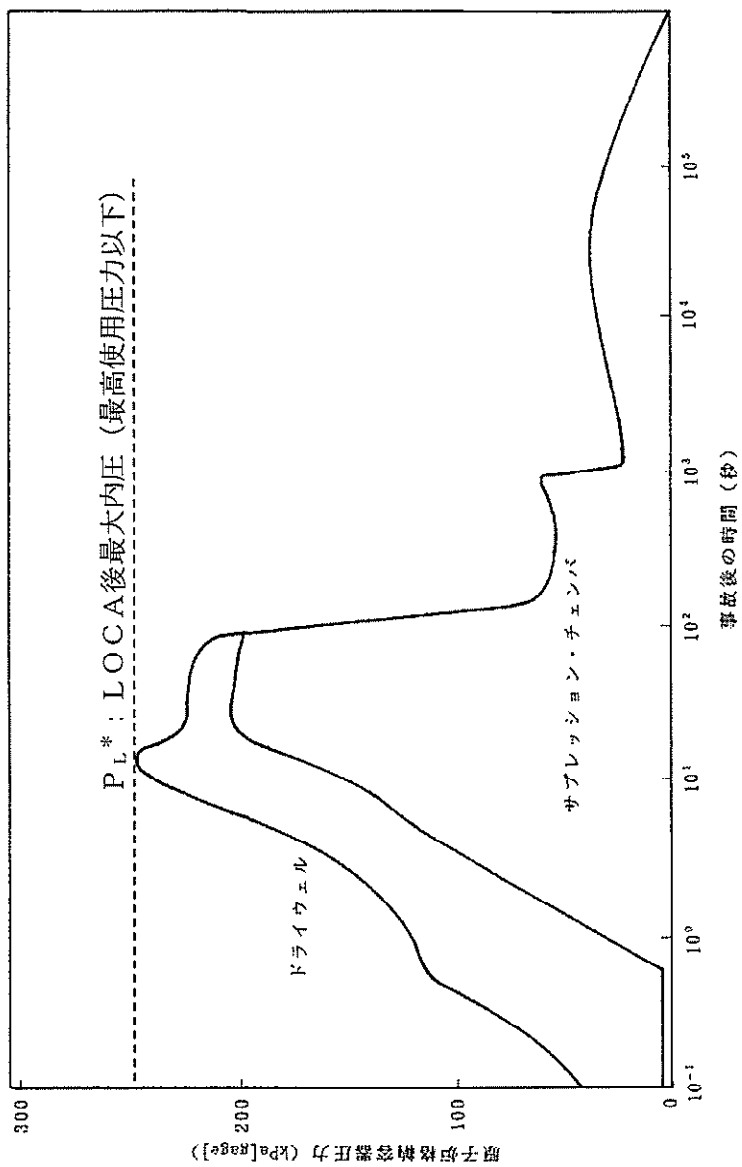
(2) 既工認(建設工認)での評価

建設工認においては、ケース①、③及び④の3ケースについて評価を実施している。

(3) 今回の評価

今回の評価においては、ケース①、③及び④の3ケースについて評価を実施している。②については、P_L<P、M_L<Mであることから、ケース②については、ケース①に包絡される。

また今回の評価において、工認にはケース③及びケース④のうち、発生値の大きい方を記載している。



P_L : LOCA後 10^{-1} 年後
(約 3×10^6 秒後) の圧力

3.1.4 第三種, 第四種 (クラス2, 3) (ECCS機器) の評価

第三種, 第四種, (クラス2, 3) (ECCS機器)									
評価 ケース	(1) 既工認								
	建設工認			改造工認			(3) 今回の評価		
	許容 応力 状態	荷重の組合せ	備考	許容 応力 状態	荷重の組合せ	備考	許容 応力 状態	荷重の組合せ	備考
①	III _A S	D+O+S ₁	—	III _A S	D+P _D +M _D +S ₁ *	—	III _A S	D+P _D +M _D +S _d *	III _A S
②	—	D+O+S ₂	※1	—	—	—	—	D+P _D +M _D +S _s	IV _A S

※1: A s クラスとして分類されている機器について評価を実施している。

(1) J E A G 4601・補-1984における要求

第三種及び第四種設備のうちECCS機器は, J E A G 4601・補-1984においてAクラスの「(i) 原子炉冷却材圧力バウンダリ破損事故後, 炉心から崩壊熱を除去するために必要な設備」として分類されており, ケース①のIケースについての考慮が求められる。

○事故(運転状態IV (L) との荷重の組合せの考え方

ECCS機器は, 運転状態IVにおいて機能を要求される設備であり, 運転状態IVが設計条件となることから, 運転状態IVにより定められる最高圧力 (P_D) 及び設計機械的荷重 (M_D) を用いた評価を実施している。

(2) 既工認での評価

建設工認においては, ケース①, ②の評価を実施している。なお, ケース②については建設工認において, A s クラスとして分類されている機器について評価を実施している。

(3) 今回の評価

耐震指針の改定により, 従来のA s, A クラスはSクラスに一本化されたことから, ECCS機器についてはケース①及び②の2ケースについて評価を実施している。

3.1.5 第三種, 第四種, 第五種(クラス2, 3, 4) (ECCS機器以外) の評価

第三種, 第四種, 第五種 (クラス2, 3, 4) (ECCS機器以外)																				
評価 ケース	(1) J E A G 4601・補-1984 荷重の組合せ		建設工認				(1)既工認				改造工認				(3)今回の評価					
			許容 応力 状態		荷重の組合せ		許容 応力 状態		荷重の組合せ		許容 応力 状態		荷重の組合せ		許容 応力 状態		荷重の組合せ		許容 応力 状態	
			III _A S		D+O+S ₁		D+O+S ₁		D+P _D +M _D +S ₁ *		D+P _D +M _D +S ₁ *		III _A S		D+P _D +M _D +S _d *		III _A S		D+P _D +M _D +S _s	
①	D+P _D +M _D +S ₁		D+O+S ₁		D+O+S ₁		D+P _D +M _D +S ₁ *		D+P _D +M _D +S ₁ *		III _A S		D+P _D +M _D +S _d *		III _A S		D+P _D +M _D +S _s		III _A S	
②	D+P _D +M _D +S ₂		D+O+S ₂		D+O+S ₂		—		—		—		—		—		※2		IV _A S	

※1: A sクラスとして分類されている機器について評価を実施している。

※2: Aクラスのため未実施

(1) J E A G 4601・補-1984における要求

J E A G 4601・補-1984において第三種, 第四種設備は, ケース①, ②の2ケースについての考慮が求められており, 第五種設備についてはケース①の評価が求められている。なお, ケース②の組合せについてはA sクラスの場合に考慮する。

(2) 既工認での評価

建設工認については, ケース①, ②の2ケースの評価を実施している。なお, ケース②の組合せについてはA sクラスの場合に評価を実施している。

(3) 今回の評価

今回の評価においては, 耐震指針の改定により, 従来のA s, AクラスはSクラスに一本化されたことから, ケース①, ②の2ケースについて評価を実施している。

3.1.6 残留熱除去系ストレーナ, 低圧炉心スプレイストレーナ, 高圧炉心スプレイストレーナの評価

評価 ケース		クラス2						
		(1) J E A G 4601・補-1984		(1) 既工認		(3) 今回の評価		
				改造工認				
荷重の組合せ		許容 応力 状態	荷重の組合せ	許容 応力 状態	備考	荷重の組合せ	許容 応力 状態	備考
①	$D + P_D + M_D + S_1$	III _A S	$D + P_D + M_D + S_1^*$	III _A S		$D + P_D + M_D + S_d$	III _A S	
②	—	—	—	—		$D + P_L^{*1} + M_L^{*2} + S_d$	III _A S	
③	$D + P_D + M_D + S_2$	IV _A S	$D + P_D + M_D + S_2$	IV _A S		$D + P_D + M_D + S_s$	IV _A S	

※1：差圧荷重を荷重の組合せ時に考慮する。

※2：異物荷重を荷重の組合せ時に考慮する。

(1) J E A G 4601・補-1984における要求

J E A G 4601・補-1984においてクラス2設備については、ケース①及び③の2ケースについての考慮が要求されている。

(2) 既工認での評価

改造工認においては、ケース①及び③の2ケースについて評価を実施している。

(3) 今回の評価

J E A G 4601・補-1984に加えて、「非常用炉心冷却設備又は格納容器熱除去設備に係るろ過装置の性能評価等について（内規）」（平成20・02・12原院第5号）に基づき、①、②、③の3ケースについて評価を実施している。

3.2 今回評価で用いた圧力荷重及び機械的荷重

荷重の組合せ評価に用いる圧力荷重（P等）及び機械的荷重（M等）については、J E A G 4601・補-1984において、各設備種別ごとに整理されている。（下記J E A G 4601・補-1984抜粋参照のこと。）

整理表に第一種（クラス1）及び第二種（クラスMC）については、圧力荷重（P、P_L）及び機械的荷重（M、M_L）を考慮し、第三種、第四種、第五種（クラス2、3、4）については最高使用圧力（P_d）及び設計機械荷重（M_d）を考慮した評価を実施することが記載されており、それに基づき適切に評価を実施している。次項以降に、第一種（クラス1）及び第二種（クラスMC）の評価に用いた設備種別ごとの具体的な荷重一覧表を示す。なお、第三、四、五種については、運転状態によらず最高使用圧力及び設計機械荷重を用いていることから、ここでの記載は省略する。

種 別	型式		BWR	PWR
	荷重			
第 1 種	P		タービントリップ又は全給水流量喪失により生じている最高圧力による荷重	負荷喪失又は外部電源喪失により生じている最高圧力による荷重
	M		○安全弁吹出時の反力荷重 ○ボルト締付力 ○スクラム反力等	○安全弁吹出時の反力荷重 ○ボルト締付力等
	P _L		冷却材喪失事故直後を除き、その後生じている圧力荷重及び機械的荷重	同 左
	M _L			
第 2 種	P		地震と重ね合わせる必要のある事象における最大圧力荷重	地震と重ね合わせる必要のある事象における最大圧力荷重
	M		逃し安全弁開により生じる空気泡振動による荷重	特になし
	P _L		冷却材喪失事故直後を除き、その後生じている圧力荷重及び機械的荷重	同 左
	M _L			
第 3 ・ 5 ・ 4 種	P _d		最 高 使 用 圧 力	
	M _d		設 計 機 械 荷 重	
炉 心 支 持 構 造 物	P		地震と組み合わせる必要のある事象における最大差圧	
	M		地震と組み合わせる必要のある事象における機械的荷重	
	P _L		冷却材喪失事故直後を除き、その後生じている圧力荷重及び機械的荷重	
	M _L			
そ の 支 持 内 の 他 の 構 造 物 ・ ポ ン プ	P _d		最 高 使 用 圧 力	
	M _d		設 計 機 械 荷 重	

● クラス 1

今回クラス 1 容器の評価に用いた数値

・ P = 8.14MPa (領域 A, B), 8.31MPa (領域 C) M = 2628kN[※] (運転状態 II : スクラム (原子炉給水ポンプ停止))

運転状態	事象	設計過渡条件 (圧力)		地震と事象の組合せを独立事象とした場合 ⁽¹⁾ 適用の有無	地震の従属事象としての適用の有無 ⁽¹⁾	備考
		初期圧力 (MPa)	ピーク時変動圧力 (MPa)			
I 及び II	ボルト締付け	0.0	+0.0	-	-	
	耐圧試験 (最高使用圧力以下)	0.0	Ⓐ+7.63 Ⓑ+7.83 Ⓒ+7.97	-	-	
	起動 (昇温)	0.0	Ⓐ+7.24 Ⓑ+7.41 Ⓒ+7.41	S _d ○ S _s ○	×	事象の継続時間は数時間程度。
	起動 (タービン起動)	Ⓐ7.24 Ⓑ7.41 Ⓒ7.41	+0.0	S _d ○ S _s ○	×	事象の継続時間は数時間程度。
	夜間低出力運転 (出力75%)	Ⓐ7.24 Ⓑ7.41 Ⓒ7.41	+0.0	S _d ○ S _s ○	×	
	週末低出力運転 (出力50%)	Ⓐ7.24 Ⓑ7.41 Ⓒ7.41	+0.0	S _d ○ S _s ○	×	
	制御棒パターン変更	Ⓐ7.24 Ⓑ7.41 Ⓒ7.41	+0.0	S _d ○ S _s ○	×	
	給水加熱機能喪失 (発電機トリップ)	Ⓐ7.24 Ⓑ7.41 Ⓒ7.41	+0.0	S _d × S _s ×	○	事象の継続時間は数分程度。
	給水加熱機能喪失 (給水加熱器部分パイプス)	Ⓐ7.24 Ⓑ7.41 Ⓒ7.41	+0.0	S _d × S _s ×	○	事象の継続時間は数分程度。
	スクラム (タービントリップ)	Ⓐ7.24 Ⓑ7.41 Ⓒ7.41	+0.85	S _d ○ S _s ×	○	最大圧力は1分以内。その後の状態は他の事象で考慮される。
	スクラム (その他のスクラム)	Ⓐ7.24 Ⓑ7.41 Ⓒ7.41	+0.0	S _d × S _s ×	○	事象の継続時間は1分以内。
	定格出力運転	Ⓐ7.24 Ⓑ7.41 Ⓒ7.41	+0.0	S _d ○ S _s ○	×	
	停止 (タービン停止)	Ⓐ7.24 Ⓑ7.41 Ⓒ7.41	+0.0	S _d ○ S _s ○	×	
	停止 (高温待機)	Ⓐ7.24 Ⓑ7.41 Ⓒ7.41	+0.0	S _d ○ S _s ○	×	
	停止 (冷却)		+0.0	S _d ○ S _s ○	×	事象の継続時間は数時間程度。
停止 (容器満水)	Ⓐ7.24 Ⓑ7.41 Ⓒ7.41	+0.0	S _d ○ S _s ○	×		
停止 (満水後冷却)		+0.0	S _d ○ S _s ○	×	事象の継続時間は数時間程度。	
ボルト取外し		0.0	-	-		
燃料交換		大気圧	+0.0	S _d ○ S _s ○	×	
スクラム (原子炉給水ポンプ停止)	Ⓐ7.24 Ⓑ7.41 Ⓒ7.41	+0.9	S _d ○ S _s ×	○	最大圧力は1分以内。その後の状態は他の事象で考慮される。	
スクラム (逃がし安全弁誤作動)	Ⓐ7.24 Ⓑ7.41 Ⓒ7.41	+0.0	S _d × S _s ×	×	圧力は低下する。	
スクラム (過大圧力)	Ⓐ7.24 Ⓑ7.41 Ⓒ7.41	+2.07	S _d × S _s ×	×	事象の継続時間は1分以内。	
冷却材再循環系仕切弁誤作動 (冷状態)	Ⓐ7.24 Ⓑ7.41 Ⓒ7.41	+0.0	S _d × S _s ×	×	事象の継続時間は1分以内。	
再循環系ポンプ誤起動 (冷状態)	Ⓐ7.24 Ⓑ7.41 Ⓒ7.41	+0.0	S _d × S _s ×	×	事象の継続時間は1分以内。	
冷却材喪失事故	Ⓐ7.24 Ⓑ7.41 Ⓒ7.41	+0.0	S _d ○ S _s ×	×	長時間継続するもの。 (*10 ⁻¹ 年以上)	
試験状態	耐圧試験 (最高使用圧力を超えるもの)	0.0	Ⓐ+10.79 Ⓑ+10.99 Ⓒ+11.13	-	-	

・ P_L = 7.24MPa (領域 A, B), 7.41MPa (領域 C), M_L = 0kN (運転状態 IV : 冷却材喪失事故)

(※クラス 1 のうち原子炉圧力容器の下鏡に作用するスクラム反力。)

● クラスマC

今回評価で用いた数値

運転状態	事象	地震と事象の組合せを独立事象とした場合 ⁽¹⁾		地震の従属事象としての適用の有無 ⁽¹⁾	備考
		適用の有無	説明		
I	ボルト締付け	-		×	
	耐圧試験 (最高使用圧力以下)				
	起動 (昇温)				
	起動 (タービン起動)				
	夜間底出力運転 (出力75%)				
	週末底出力運転 (出力50%)				
	制御棒パターン変更				
	給水加熱機能喪失 (発電機トリップ)				
	給水加熱機能喪失 (給水加熱器部分バイパス)				
	スクラム (タービントリップ)				
II	スクラム (その他のスクラム)	主蒸気逃がし安全弁作動時の動荷重の考慮	○		
	定格出力運転				
	停止 (タービン停止)				
	停止 (高温待機)				
	停止 (冷却)				
	停止 (容器満水)				
	停止 (満水後冷却)				
	ボルト取外し				
	燃料交換				
	スクラム (原子炉給水ポンプ停止)				
III	スクラム (過大圧力)	主蒸気逃がし安全弁作動時の動荷重の考慮	○		
	冷却材再循環系仕切弁誤作動 (冷状態)				
	再循環系ポンプ誤起動 (冷状態)				
IV	冷却材喪失事故	-		長時間・継続するもの。 (*10 ⁻¹ 年以上)	

・ P = 0.014MPa, M = 0 kN (運転状態 I)

・ P_L = 0.255 MPa (ドライウエール), 0.196MPa (サブプレッション・チェンバ), M_L = 0 kN (運転状態 IV : 冷却材喪失事故)

※ : 格納容器貫通部に関しては、貫通部における配管の設計荷重を考慮している。

(1) 地震と組み合わせた評価の要否について、J E A G 4601・補-1984記載内容を示している。

○ : 地震と組み合わせた評価が必要なもの。(他の事象で代表され地震と組み合わせた評価が不要なものも含む。)

× : 地震と組み合わせた評価が不要なもの。

補足-340-7 【水平 2 方向及び鉛直方向の適切な組合せに
関する検討について】

目次

1. 検討の目的	1
2. 水平2方向及び鉛直方向地震力による影響評価に用いる地震動	2
2.1 東海第二発電所の基準地震動	2
2.2 水平2方向及び鉛直方向地震力による影響評価に用いる地震動	6
3. 各施設における水平2方向及び鉛直方向地震力の影響評価	7
3.1 建物・構築物	7
3.2 機器・配管系	74
3.3 屋外重要土木構造物	96
3.4 津波防護施設, 浸水防止設備及び津波監視設備	141

別紙1 評価部位の抽出に関する説明資料

別紙2 3次元FEMモデルを用いた精査

別紙3 3次元FEMモデルによる地震応答解析

別紙4 機器・配管系に関する説明資料

参考資料 方向性を考慮していない水平方向地震動における模擬地震波の作成方針

1. 検討の目的

平成 25 年に制定された「実用発電用原子炉及びその付属施設の技術基準に関する規則（平成 25 年 6 月 28 日原子力規制委員会規則第 6 号）」（以下「技術基準」という。）は、従前の耐震設計審査指針から充実が図られている。

そのうち、新たに要求された水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せについて、耐震設計に係る工認審査ガイドにおいて、以下の内容が示されている。

耐震設計に係る工認審査ガイド（抜粋）

3.5.2 水平方向及び鉛直方向地震力の組合せ（4.4.2 及び 5.5.2 も同様）

水平方向及び鉛直方向地震力の組合せを適切に行っていることを確認する。

(1) 動的な地震力の組合せ

水平 2 方向及び鉛直方向の地震力による応力の組合せを簡易的に行う際には、各方向の入力地震動の位相特性や建物・構築物の構造、応答特性に留意し、非安全側の評価にならない組合せ方法を適用していること。

なお、各方向の入力地震動の位相特性や建物・構築物の二次元応答特性により応答の同時性を考慮する必要がある場合は、各方向の各時刻歴での応答を逐次重ね合わせる等の方法により、応答の同時性を考慮していること。

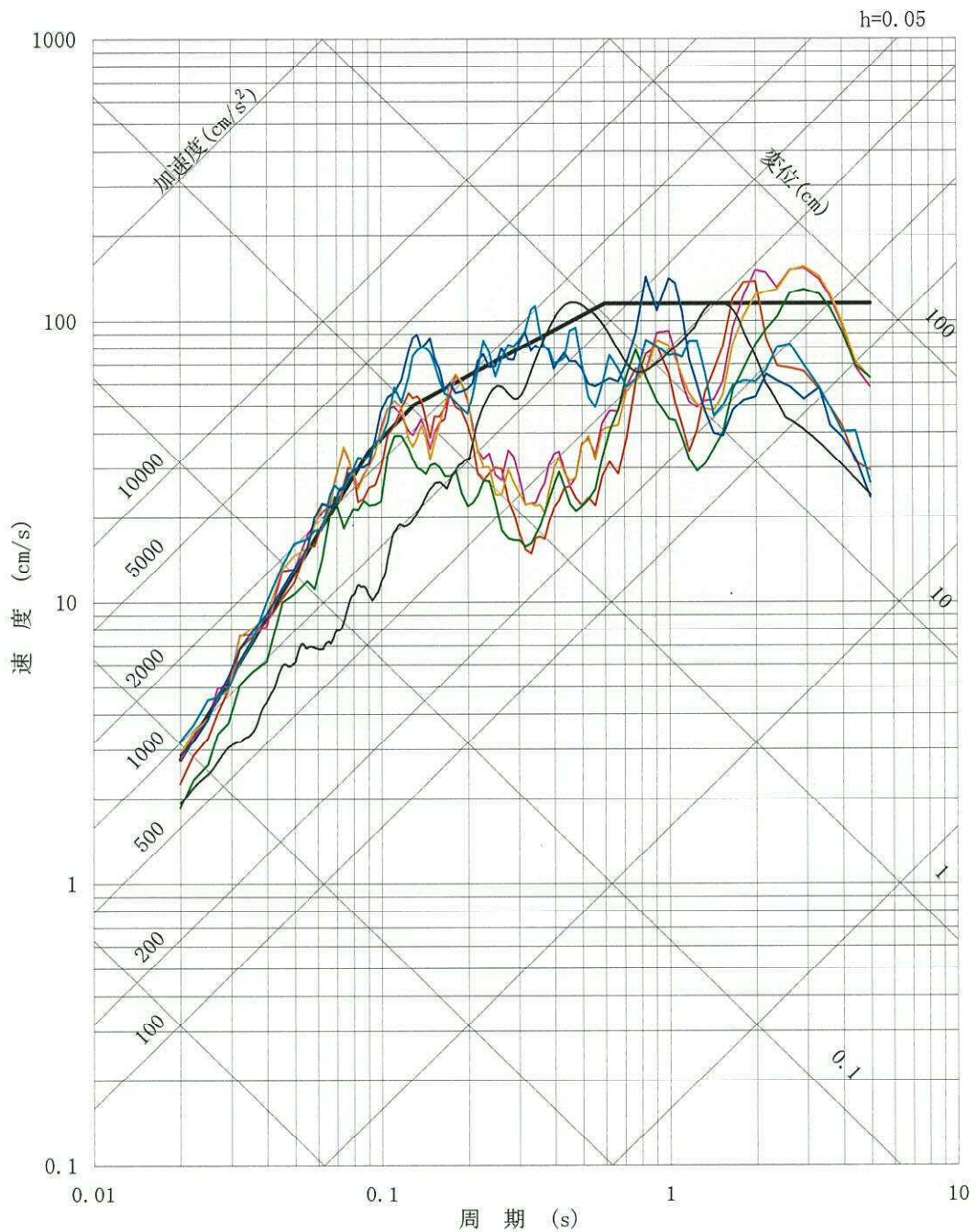
上記審査ガイドを踏まえ、従来の設計手法における水平 1 方向及び鉛直方向地震力を組み合わせた耐震計算に対して、施設の構造特性から水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響の可能性のあるものを抽出し、施設が有する耐震性に及ぼす影響を評価する。

2. 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価に用いる地震動

2.1 東海第二発電所の基準地震動

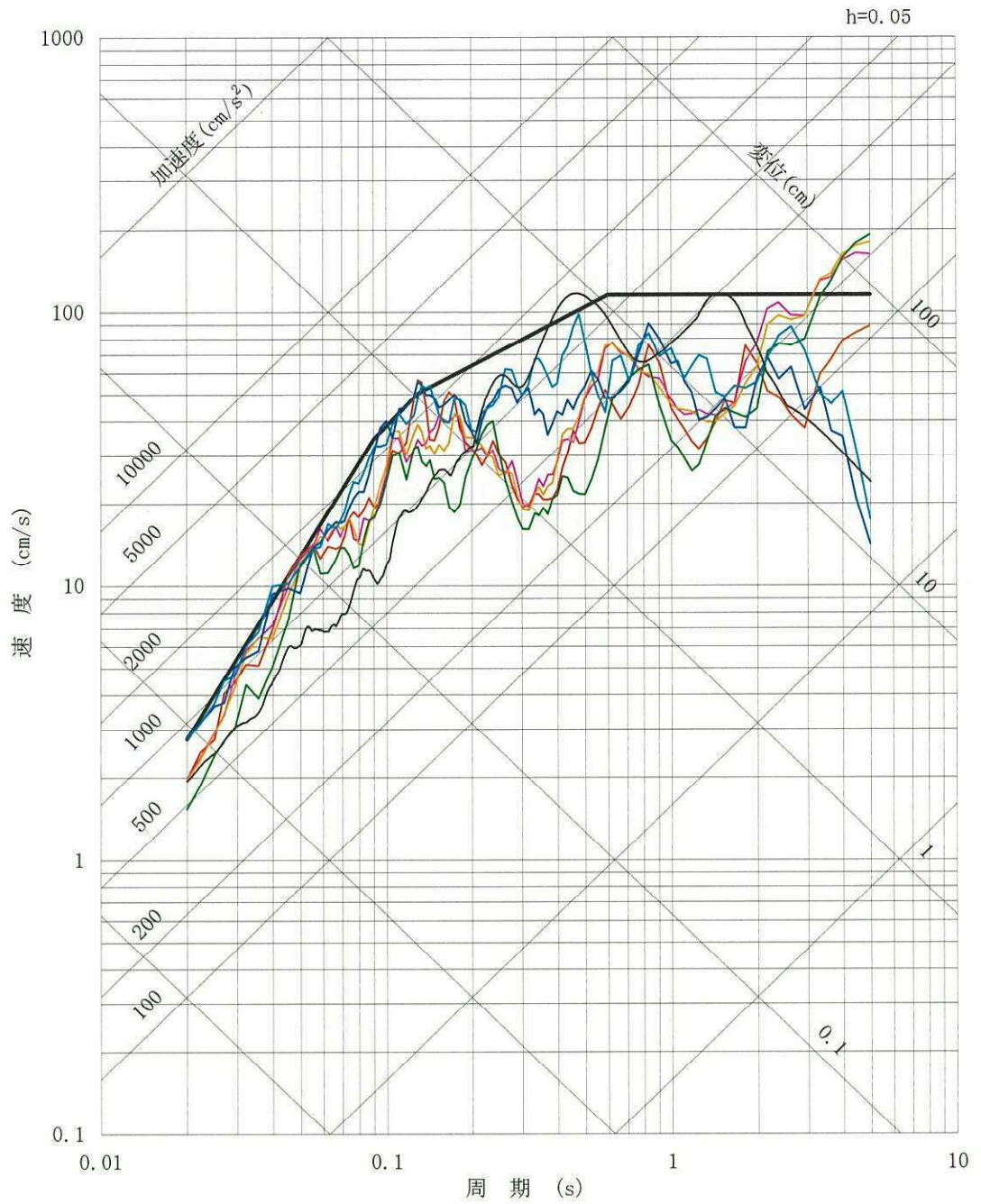
東海第二発電所の基準地震動 S_s は、「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」及び「震源を特定せず策定する地震動」を評価して、これらの評価結果に基づき策定している。「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」としては、応答スペクトルに基づく地震動評価及び断層モデルを用いた手法による地震動評価を実施し、その結果を踏まえ、応答スペクトルに基づく地震動として基準地震動 S_{s-D1} 、断層モデルを用いた地震動として $S_{s-11} \sim S_{s-14}$ 、 S_{s-21} 、 S_{s-22} を策定している。また、「震源を特定せず策定する地震動」として基準地震動 S_{s-31} を策定している。

基準地震動 S_s のスペクトルを図 2-1 に示す。



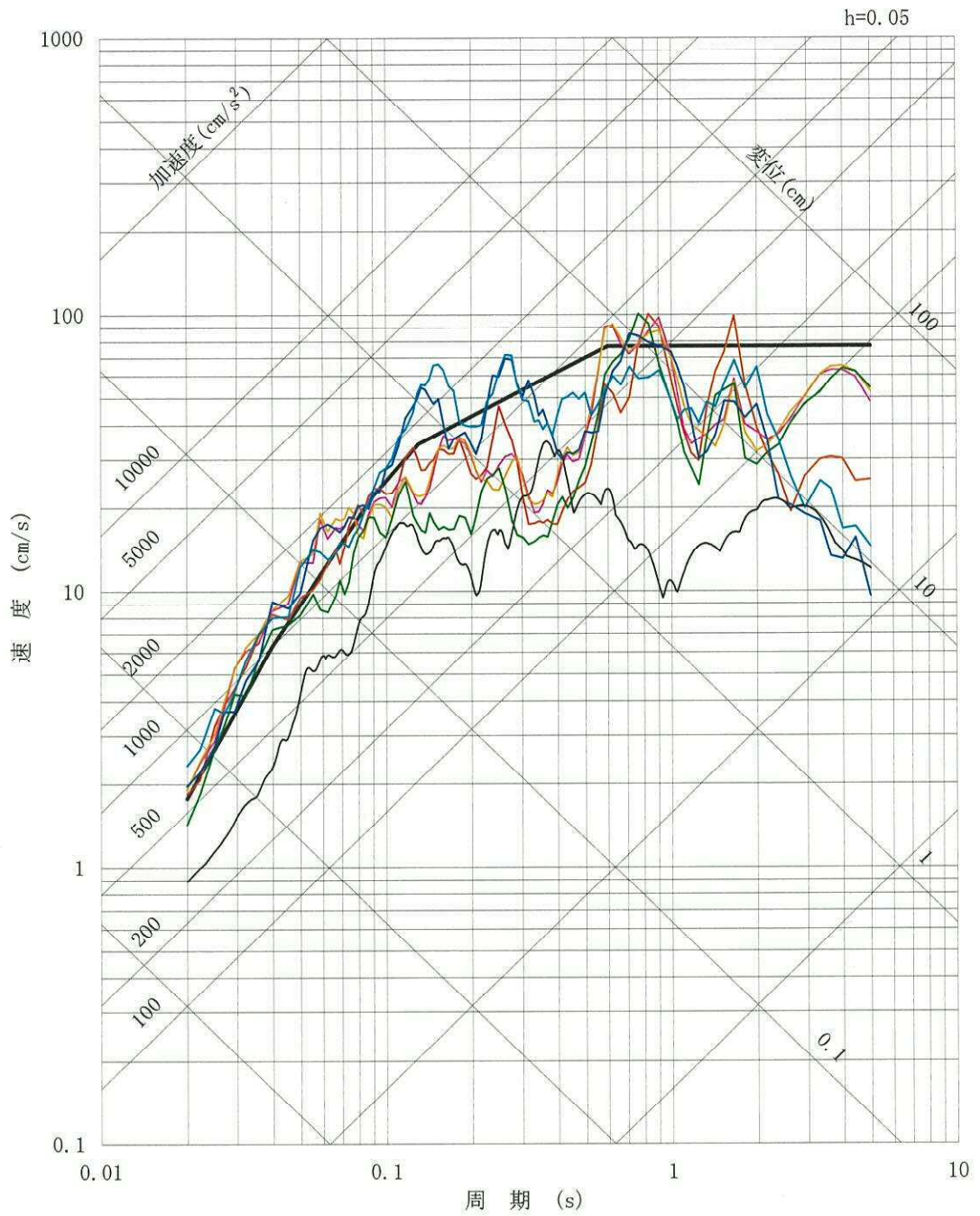
- S_s-D 1
- S_s-1 1 F 1断層～北方陸域の断層～塩ノ平地震断層による地震 (短周期レベルの不確かさ, 破壊開始点 1)
- S_s-1 2 F 1断層～北方陸域の断層～塩ノ平地震断層による地震 (短周期レベルの不確かさ, 破壊開始点 2)
- S_s-1 3 F 1断層～北方陸域の断層～塩ノ平地震断層による地震 (短周期レベルの不確かさ, 破壊開始点 3)
- S_s-1 4 F 1断層～北方陸域の断層～塩ノ平地震断層による地震 (断層傾斜角の不確かさ, 破壊開始点 2)
- S_s-2 1 2011年東北地方太平洋沖型地震 (短周期レベルの不確かさ)
- S_s-2 2 2011年東北地方太平洋沖型地震 (SMGA位置と短周期レベルの不確かさの重畳)
- S_s-3 1 2004年北海道留萌支庁南部地震の検討結果に保守性を考慮した地震動

図 2-1 (1/3) 基準地震動 S_s の応答スペクトル (NS 方向)



- S_s-D1
- $S_s-1.1$ F1断層～北方陸域の断層～塩ノ平地震断層による地震 (短周期レベルの不確かさ, 破壊開始点1)
- $S_s-1.2$ F1断層～北方陸域の断層～塩ノ平地震断層による地震 (短周期レベルの不確かさ, 破壊開始点2)
- $S_s-1.3$ F1断層～北方陸域の断層～塩ノ平地震断層による地震 (短周期レベルの不確かさ, 破壊開始点3)
- $S_s-1.4$ F1断層～北方陸域の断層～塩ノ平地震断層による地震 (断層傾斜角の不確かさ, 破壊開始点2)
- $S_s-2.1$ 2011年東北地方太平洋沖型地震 (短周期レベルの不確かさ)
- $S_s-2.2$ 2011年東北地方太平洋沖型地震 (SMGA位置と短周期レベルの不確かさの重量)
- $S_s-3.1$ 2004年北海道留萌支庁南部地震の検討結果に保守性を考慮した地震動

図 2-1 (2/3) 基準地震動 S_s の応答スペクトル (EW 方向)



- S_s-D1
- S_s-11 F1断層～北方陸域の断層～塩ノ平地震断層による地震（短周期レベルの不確かさ，破壊開始点1）
- S_s-12 F1断層～北方陸域の断層～塩ノ平地震断層による地震（短周期レベルの不確かさ，破壊開始点2）
- S_s-13 F1断層～北方陸域の断層～塩ノ平地震断層による地震（短周期レベルの不確かさ，破壊開始点3）
- S_s-14 F1断層～北方陸域の断層～塩ノ平地震断層による地震（断層傾斜角の不確かさ，破壊開始点2）
- S_s-21 2011年東北地方太平洋沖型地震（短周期レベルの不確かさ）
- S_s-22 2011年東北地方太平洋沖型地震（SMGA位置と短周期レベルの不確かさの重畳）
- S_s-31 2004年北海道留萌支庁南部地震の検討結果に保守性を考慮した地震動

図 2-1 (3/3) 基準地震動 S_s の応答スペクトル (UD 方向)

2.2 水平 2 方向及び鉛直方向地震力による影響評価に用いる地震動

水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価に用いる基準地震動は、複数の基準地震動 S_0 における地震動の特性及び包絡関係と施設の特性による影響も考慮した上で選定し、本影響評価に用いる。

3. 各施設における水平2方向及び鉛直方向地震力の影響評価

3.1 建物・構築物

3.1.1 水平方向及び鉛直方向地震力の組合せによる従来設計手法の考え方

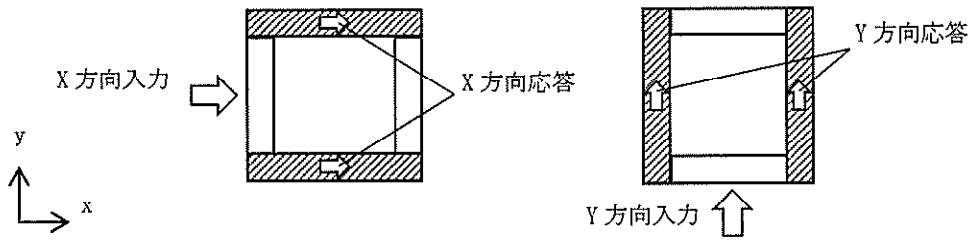
従来の設計手法では、建物・構築物の地震応答解析において、水平方向及び鉛直方向の地震動を質点系モデルに方向ごとに入力し、解析を行っている。また、原子炉施設における建物・構築物は、全体形状及び平面レイアウトから、地震力を主に耐震壁で負担する構造であり、剛性の高い設計としている。

水平方向の地震力に対しては、せん断力について評価することを基本とし、建物・構築物に生じるせん断力に対して、地震時の力の流れが明解となるように、直交する2方向に釣合いよく配置された鉄筋コンクリート造耐震壁を主な耐震要素として構造計画を行う。地震応答解析は、水平2方向の耐震壁に対して、それぞれ剛性を評価し、各水平方向に対して解析を実施している。従って、建物・構築物に対し、水平2方向の入力がある場合、各方向から作用するせん断力を負担する部位が異なるため、水平2方向の入力がある場合の評価は、水平1方向にのみ入力がある場合と同等な評価となる。

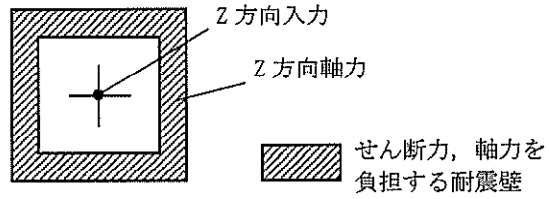
鉛直方向の地震力に対しては、軸力について評価することを基本としている。建物・構築物に作用する軸力は、鉄筋コンクリート造耐震壁を主な耐震要素として構造計画を行う。

入力方向ごとの耐震要素について、図3-1-1及び図3-1-2に示す。

また、添付書類「V-2-2 耐震設計上重要な設備を設置する施設の耐震性についての計算書」、V-2-3～V-2-10の申請設備の耐震計算書及び添付書類「V-2-11 波及的影響を及ぼすおそれのある施設の耐震性についての計算書」のうち建物・構築物の応力解析による評価は、上記の考え方を踏まえた地震応答解析により算出された応答を、水平1方向及び鉛直方向に組み合わせて行っている。

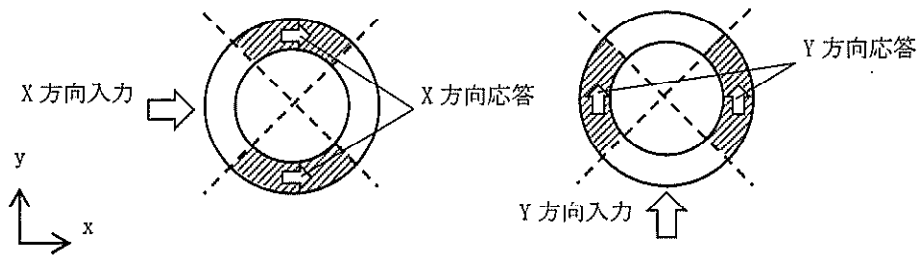


(a) 水平方向

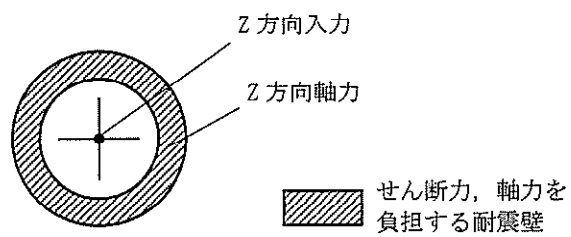


(b) 鉛直方向

図 3-1-1 入力方向ごとの耐震要素 (矩形)



(a) 水平方向



(b) 鉛直方向

図 3-1-2 入力方向ごとの耐震要素 (円筒形)

3.1.2 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価方法

建物・構築物において、従来設計手法に対して水平2方向及び鉛直方向地震力を考慮した場合に影響を受ける可能性がある部位の評価を行う。

評価対象は、耐震重要施設及びその間接支持構造物、常設耐震重要重大事故防止設備又は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並びにこれらの施設への波及的影響防止のために耐震評価を実施する部位とする。

対象とする部位について、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響が想定される応答特性から、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響を受ける可能性のある部位を抽出する。

応答特性から抽出された水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響を受ける可能性のある部位は、既往の評価結果の荷重又は応力の算出結果等を水平2方向及び鉛直方向に組み合わせ、各部位に発生する荷重や応力を算出し、各部位が有する耐震性への影響を確認する。

各部位が有する耐震性への影響があると確認された場合は、詳細な手法を用いた検討等、新たに設計上の対応策を講じる。

影響評価のフローを図3-1-3に示す。

(1) 耐震評価上の構成部位の整理

建物・構築物の耐震評価上の構成部位を整理し、各建屋において、該当する耐震評価上の構成部位を網羅的に確認する。

(2) 応答特性の整理

建物・構築物における耐震評価上の構成部位について、水平2方向及び鉛直方向地震力の影響が想定される応答特性を整理する。応答特性は、荷重の組合せによる影響が想定されるもの及び3次元的な建屋挙動から影響が想定されるものに分けて整理する。

なお、隣接する上位クラス建物・構築物への波及的影響防止のための建物・構築物の評価は、上位クラスの建物・構築物との相対変位による衝突可否判断が基本となる。そのため、せん断及び曲げ変形評価を行うこととなり、耐震壁を主たる評価対象部位としている。また、波及的影響評価において杭及びケーソンについては損傷を想定した評価をしている。そのため、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに対しても、耐震評価への影響が想定される部位として抽出対象に該当しない。

(3) 荷重の組合せによる応答特性が想定される部位の抽出

整理した耐震評価上の構成部位について、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響が想定される応答特性のうち、荷重の組合せによる応答特性により、耐震性への影響が想定される部位を抽出する。

(4) 3次元的な応答特性が想定される部位の抽出

荷重の組合せによる応答特性が想定される部位として抽出されなかった部位について、

水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに対し、3 次元的な応答特性により、耐震性への影響が想定される部位を抽出する。

(5) 3 次元 F E Mモデルによる精査

3 次元的な応答特性が想定される部位として抽出された部位について、3 次元 F E Mモデルを用いた精査を実施し、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せにより、耐震性への影響が想定される部位を抽出する。

また、3 次元的な応答特性が想定される部位として抽出されなかった部位についても、局所応答の観点から、3 次元 F E Mモデルによる精査を実施し、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せにより、耐震性への影響が想定される部位を抽出する。

局所応答に対する 3 次元 F E Mモデルによる精査を行う建物・構築物は、その重要性、規模、構造特性及び機器評価確認への適用性を考慮し、原子炉建屋について、地震応答解析を行う。

原子炉建屋の 3 次元 F E Mモデルの概要図を図 3-1-4 に示す。

(6) 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価

水平 2 方向及び鉛直方向同時入力による評価を行わない部位における水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価においては、水平 1 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる局部評価の荷重又は応力の算出結果を用い、水平 2 方向及び鉛直方向地震力を組合せる方法として、米国 REGULATORY GUIDE 1.92 (注) の「2. Combining Effects Caused by Three Spatial Components of an Earthquake」を参考として、組合せ係数法 (1.0 : 0.4 : 0.4) に基づいて地震力を設定する。

評価対象として抽出した耐震評価上の構成部位について、構造部材の発生応力を適切に組み合わせることで、各部位の設計上の許容値に対する評価を実施し、各部位の耐震性への影響を評価する。

注 : REGULATORY GUIDE (RG) 1.92 “COMBINING MODAL RESPONSES AND SPATIAL COMPONENTS IN SEISMIC RESPONSE ANALYSIS”

(7) 機器・配管系への影響検討

(3) 及び (5) にて、施設が有する耐震性への影響が想定され、評価対象として抽出された部位が、耐震重要施設、常設耐震重要重大事故防止設備又は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機器・配管系の間接支持機能を有する場合には、機器・配管系に対し、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる応答値への影響を確認する。

水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる応答値への影響が確認された場合、機器・配管系の影響評価に反映する。

なお、(5) の精査にて、建物・構築物の影響の観点から抽出されなかった部位であっても、3 次元 F E Mモデルによる地震応答解析結果から、機器・配管系への影響の可能性が想定される部位について検討対象として抽出する。

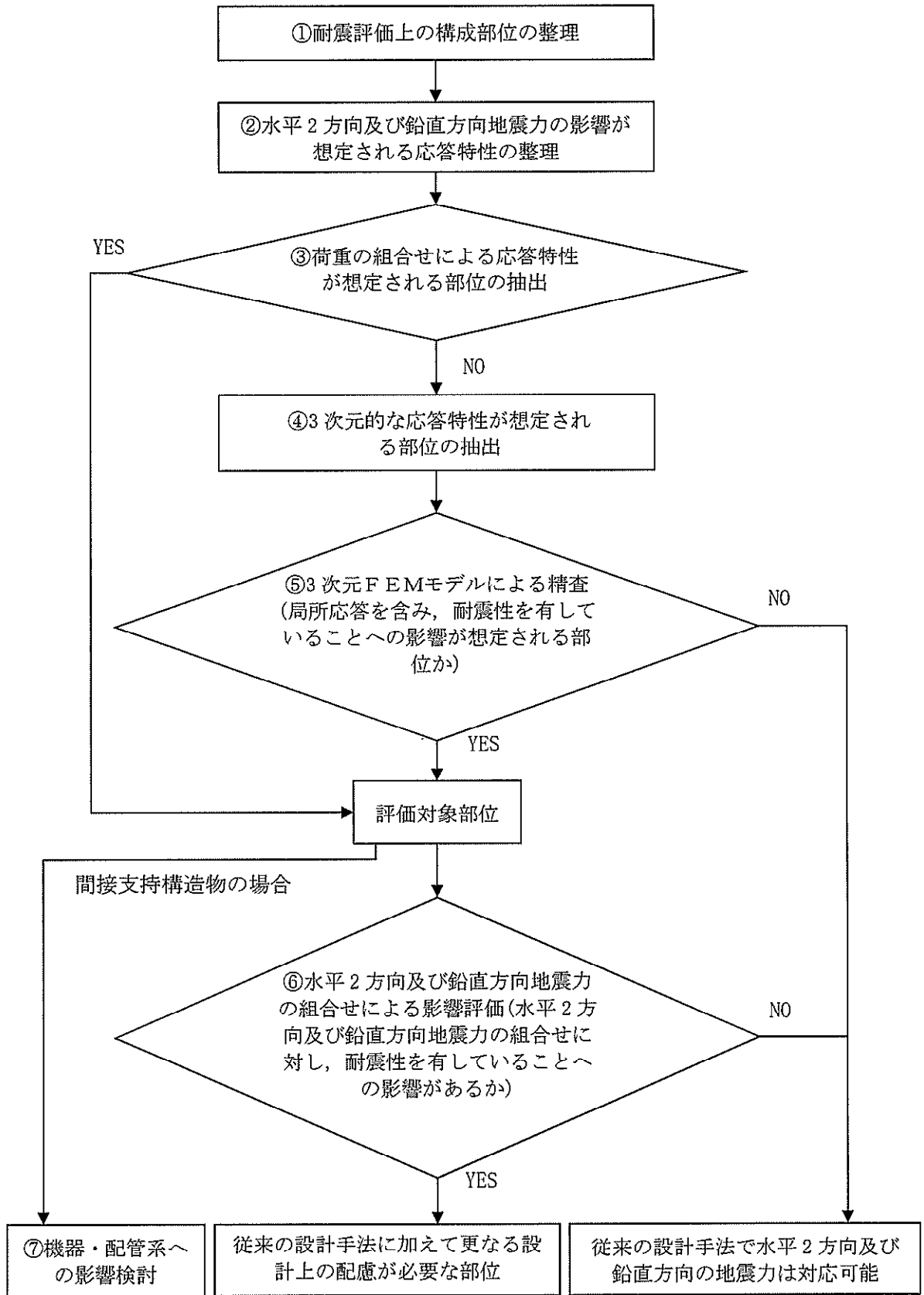


図 3-1-3 水平2方向及び鉛直方向地震力による影響評価のフロー

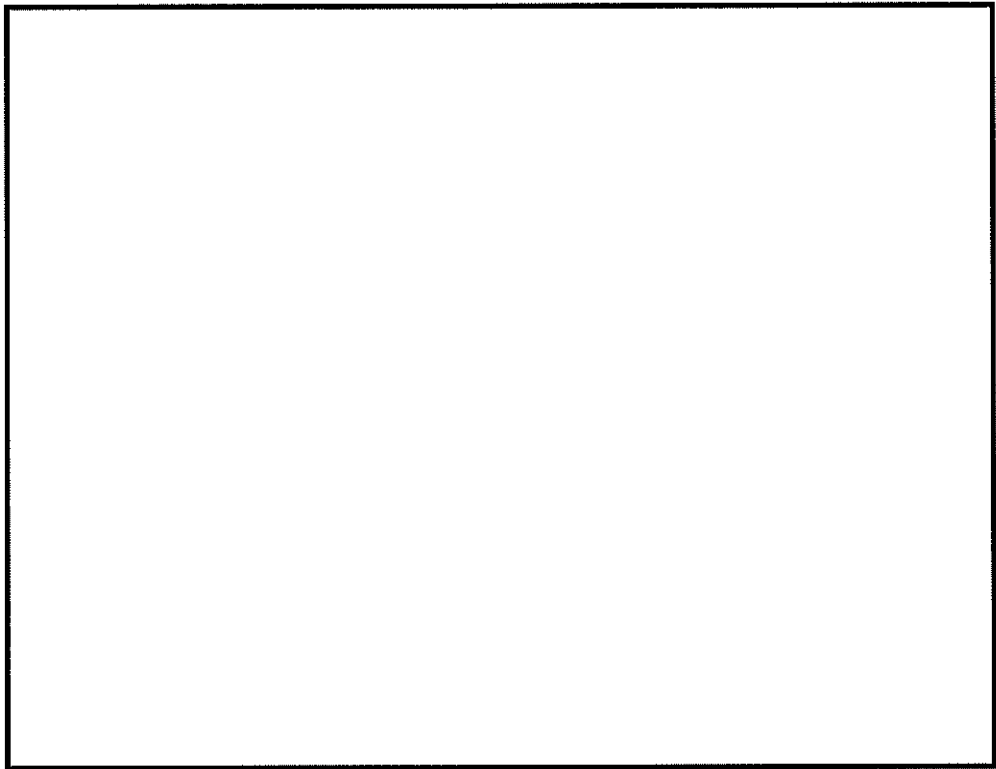


図 3-1-4 原子炉建屋の 3 次元モデルの概要図

3.1.3 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価部位の抽出

対象とする部位について、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響が想定される応答特性から、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響を受ける可能性のある部位を抽出する。影響評価部位の抽出の詳細については別紙1に示す。

(1) 耐震評価上の構成部位の整理

建物・構築物の耐震評価上の構成部位を整理し、各建屋において、該当する耐震評価上の構成部位を網羅的に確認した。確認した結果を表3-1-1に示す。

表 3-1-1 建物・構築物における耐震評価上の構成部材の整理

耐震性評価部位	原子炉建屋	主排気筒	非常用ガス 処理系配管 支持架構	使用済燃料 乾式貯蔵 建屋	格納容器 圧力逃がし 装置格納槽	緊急時 対策所建屋	タービン 建屋	サービス 建屋
	RC造 及びS造	S造	S造	RC造 及びS造	RC造	RC造	RC造 及びS造	RC造 及びS造
柱	一般部	-	-	○	-	○	○	○
	隅部	○	○	○	-	○	○	○
	地下部	○	-	-	-	-	○	-
	筒身	-	○	-	-	-	-	-
梁	一般部	○	○	○	-	○	○	○
	地下部	○	-	-	-	-	○	-
	鉄骨トラス	○	-	-	○	-	○	-
壁	一般部	○	-	-	○	○	○	○
	地下部	○	-	-	-	-	○	-
	鉄骨ブレース	-	○	○	-	-	-	○
床 屋根	一般部	○	-	-	○	○	○	○
	基礎スラブ	○	-	○	○	○	○	-
基礎	ケーン	-	-	-	-	-	○	-
	基礎梁	-	○	-	-	-	-	○
	杭	-	○	○	○	-	○	○

凡例 ○：対象の構造部材有り， -：対象の部材なし

(2) 応答特性の整理

建物・構築物における耐震評価上の構成部位について、水平2方向及び鉛直方向地震力の影響が想定される応答特性を整理した。応答特性は、荷重の組合せによる影響が想定されるもの及び3次元的な建屋挙動から影響が想定されるものに分けて整理した。整理した結果を表3-1-2及び表3-1-3に示す。また、応答特性を踏まえ、耐震評価上の構成部位に対する水平2方向入力のお考え方を表3-1-4に示す。