

本資料のうち、枠囲みの内容は、機密事項に属しますので公開できません。

柏崎刈羽原子力発電所第7号機 工事計画審査資料	
資料番号	KK7補足-028-9 改2
提出年月日	2020年5月7日

可搬型重大事故等対処設備の耐震性に関する説明書に係る
補足説明資料

2020年5月

東京電力ホールディングス株式会社

目次

1. 概要	1
1.1 可搬型重大事故等対処設備の評価対象設備について	1
2. 可搬型重大事故等対処設備の保管場所における入力地震動	10
2.1 概要	10
2.2 可搬型重大事故等対処設備の保管場所	11
2.3 保管場所における入力地震動の算定	13
2.4 地震応答 FRS の算定	39
2.5 設計用 FRS の作成	39
2.6 加振台の FRS の妥当性確認	41
3. 車両型設備の耐震評価について	55
3.1 車両型設備の固縛装置について	55
3.2 評価手順	55
3.3 評価条件	57
3.4 加振試験	59
3.5 構造強度評価	68
3.6 機能維持評価	87
3.7 波及的影響評価	90
3.8 保守性及び不確実さの全体的な釣り合いについて	96
4. 地震時に固縛装置を展張させないためのたるみの設定方法について	109
4.1 概要	109
4.2 たるみの定義	109
4.3 たるみの設定	109
5. 車両型設備とアンカープレートとの位置関係について	110
5.1 概要	110
5.2 車両型設備とアンカープレートとの位置関係	110
6. 地震波の継続時間の差が車両型設備の耐震評価に与える影響について	111
6.1 概要	111
6.2 車両型設備の耐震評価	111
6.3 結論	112
7. 車両型設備及び固縛装置の仕様について	114
8. 加振試験における車両型設備の傾き角計測方法について	117
8.1 概要	117
8.2 計測方法	117
9. 設計用 FRS に対する車両型設備の加振試験における加振波 FRS の裕度について	118
9.1 概要	118
9.2 裕度の整理結果	118
10. その他設備の耐震評価について	123

10.1	その他設備の加振試験について	123
10.2	加振試験後の機能維持確認について	137
別紙 1	熱交換器ユニット 代替原子炉補機冷却系熱交換器の転倒防止対策について	148

(参考資料 1) 荒浜側高台保管場所における解析用物性値の設定について

(参考資料 2) 大湊側高台保管場所における解析用物性値の設定について

(参考資料 3) 5号機東側保管場所及び5号機東側第二保管場所の解析用物性値について

(参考資料 4) 地震応答解析における地下水位の設定について

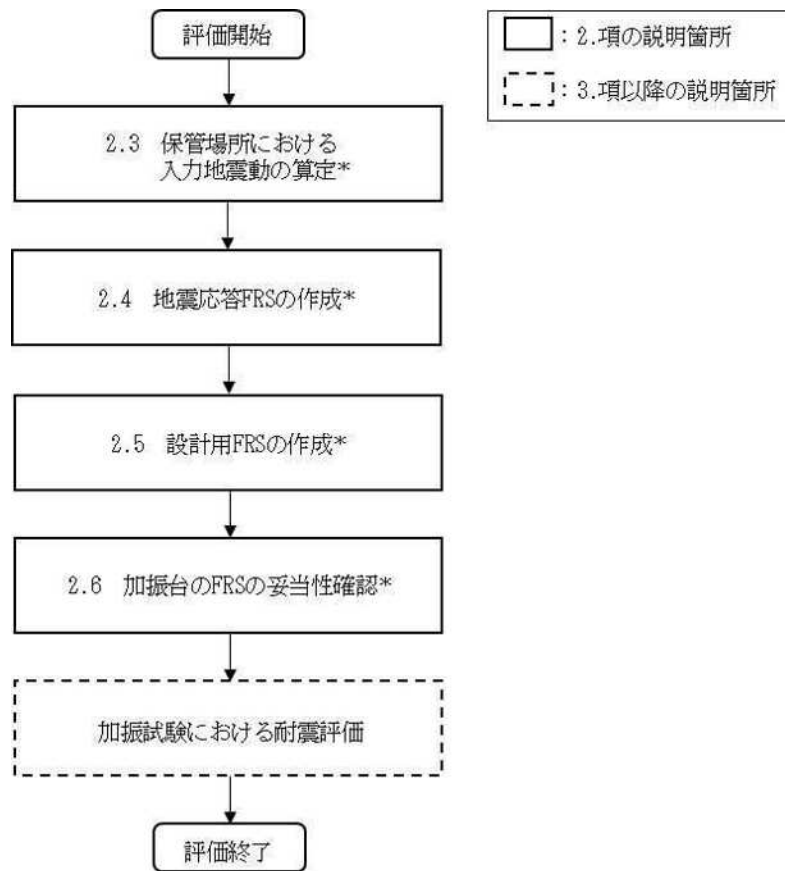
(参考資料 5) 高台保管場所における入力地震動について

2. 可搬型重大事故等対処設備の保管場所における入力地震動

2.1 概要

可搬型重大事故等対処設備の加振試験による耐震評価フローを図2-1に示す。

ここでは、加振試験における加振台の床応答曲線（以下「FRS」という。）の妥当性を確認するために、設計用FRS作成のための可搬型重大事故等対処設備の保管場所における地表面の入力地震動（以下「保管場所における入力地震動」という。）の算定、加速度応答スペクトル（以下「地震応答FRS」という。）及び設計用FRSの作成並びに加振台のFRSの妥当性について示す。



注記* : フロー中の番号は本資料での記載箇所

図2-1 可搬型重大事故等対処設備の加振試験による耐震評価フロー

2.2 可搬型重大事故等対処設備の保管場所

可搬型重大事故等対処設備の保管場所は、位置的分散を考慮し、以下に示す4地点とする。
可搬型重大事故等対処設備の保管場所の位置図を図2-2に示す。

- a. 荒浜側高台保管場所
- b. 大湊側高台保管場所
- c. 5号機東側保管場所
- d. 5号機東側第二保管場所

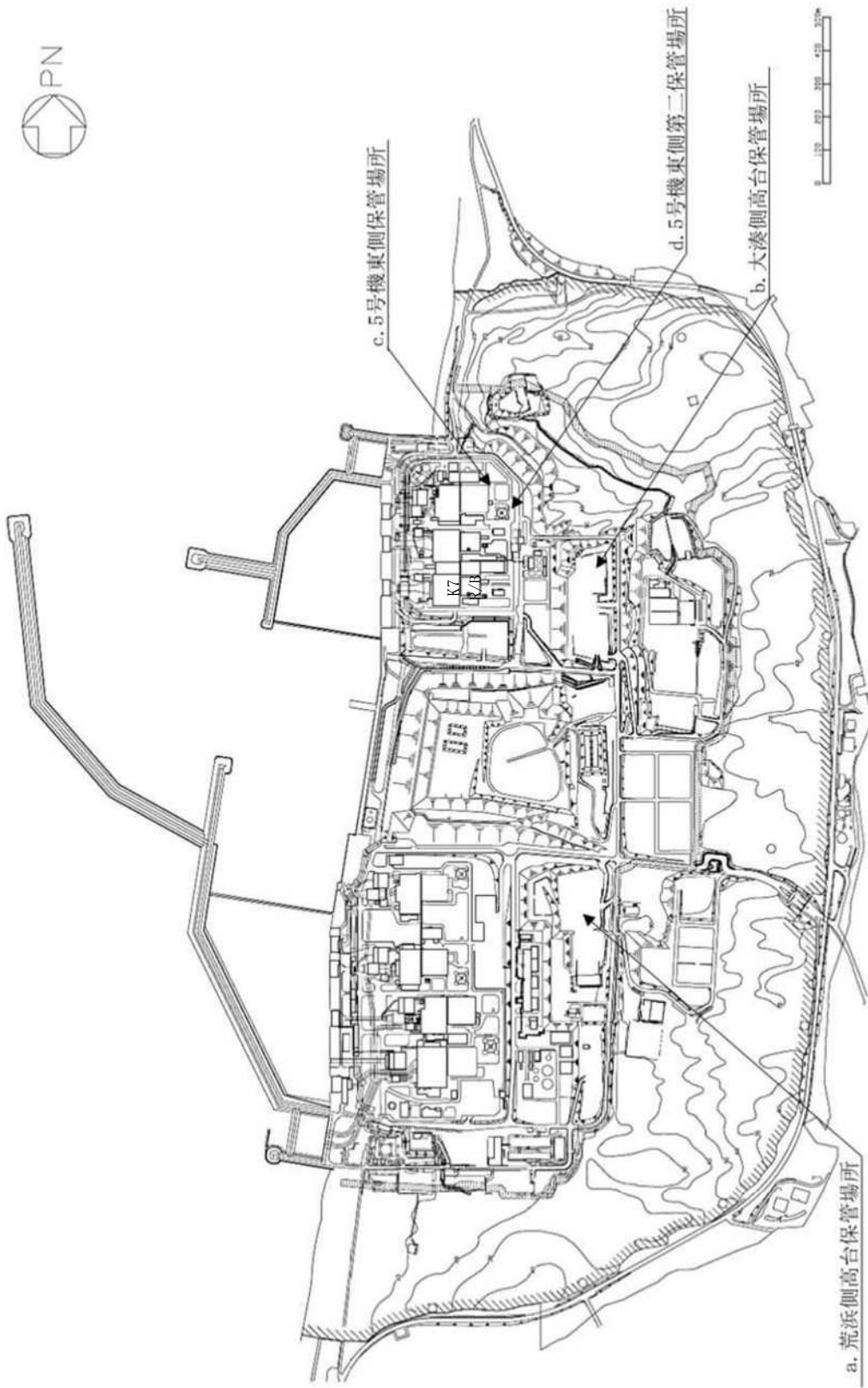


图 2-2 可搬型重大事故等対処設備保管場所 位置図

2.3 保管場所における入力地震動の算定

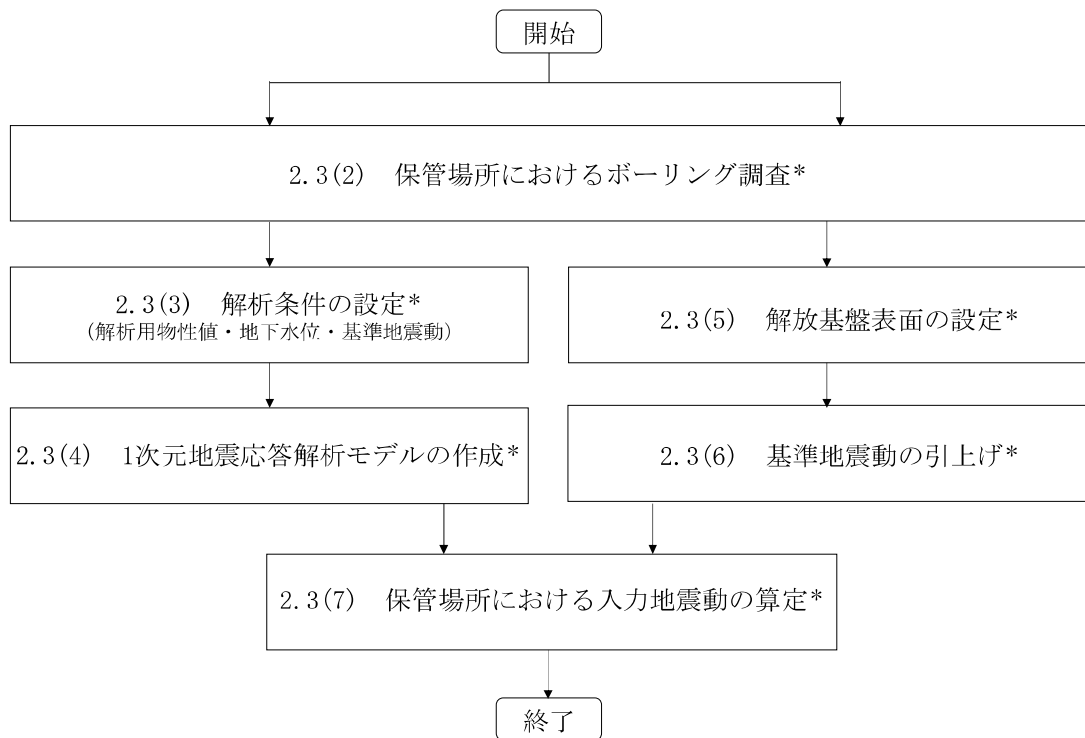
(1) 保管場所における入力地震動の算定方針

保管場所における入力地震動は、水平方向及び鉛直方向に対して、解放基盤表面で定義される基準地震動 S_s を基に、各保管場所での地盤条件を考慮し、地盤の地震応答解析により評価する。

解放基盤表面から1次元地震応答解析モデル底面までの地震動の引上げは、1次元波動論による応答計算を解析コード「S L O K」により行うものとし、1次元地震応答解析モデル底面から地表面までの地震動の引上げについては、1次元地震応答解析を解析コード「F L I P」により行うものとする。なお、解析コードの検証、妥当性確認等の概要については、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

保管場所における入力地震動の算定フローを図2-3に示す。

保管場所における入力地震動の算定にあたっては、各保管場所にて実施したボーリング調査に基づき、解析条件の設定、1次元地震応答解析モデルの作成及び解放基盤表面の設定を行う。



注記*：フロー中の番号は本資料での記載箇所

図2-3 保管場所における入力地震動の算定フロー

(2) 保管場所におけるボーリング調査

可搬型重大事故等対処設備の各保管場所におけるボーリング調査は、解析条件を設定するためのボーリングと、解放基盤表面を確認するためのボーリングの2種類を実施している。

各保管場所における解析条件設定用ボーリング調査位置図を図 2-4 に、解放基盤表面確認用ボーリング調査位置図を図 2-5 に示す。

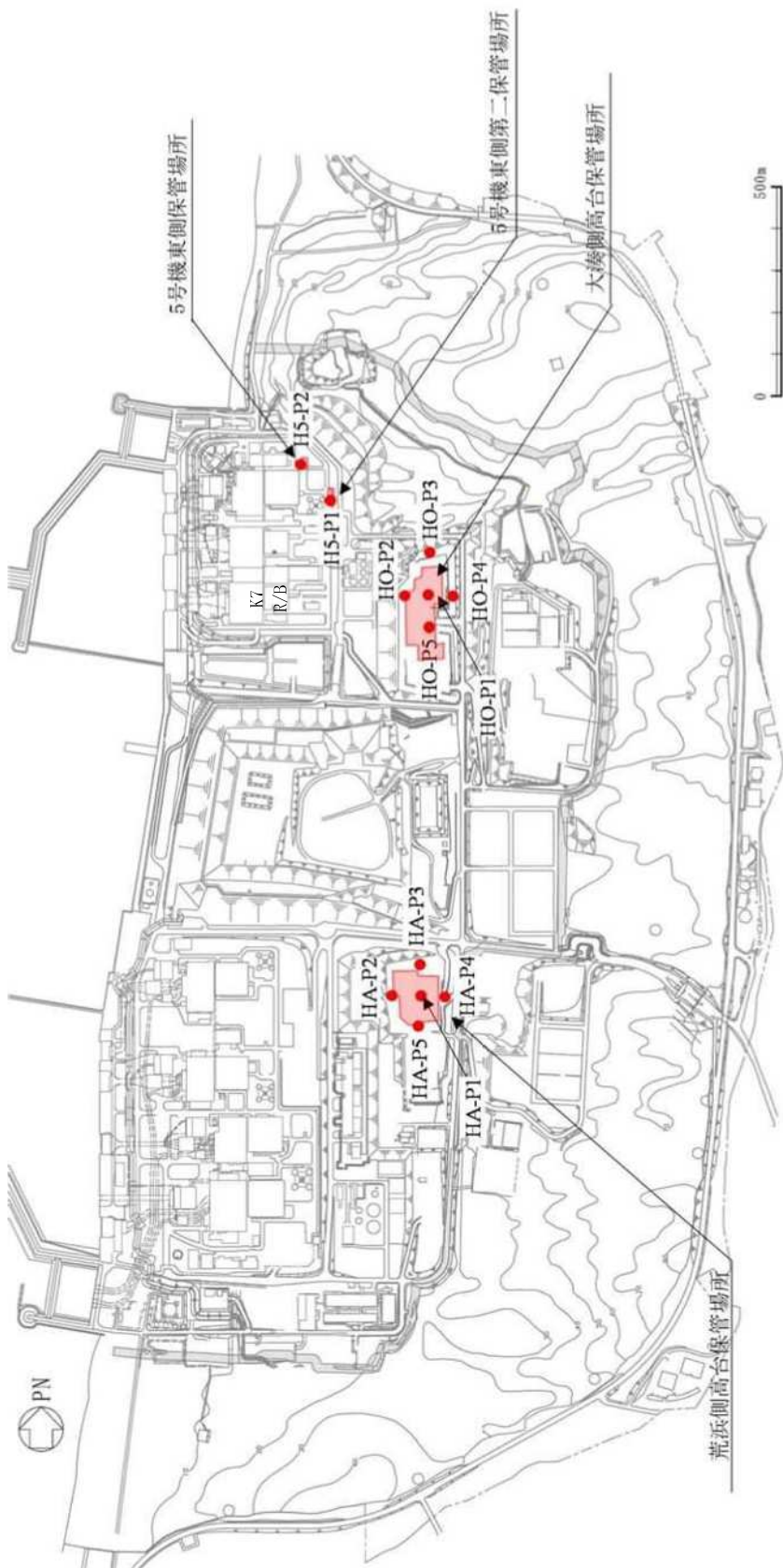


図2-4 解析条件設定用ボーリング調査位置図



図 2-5 解放基盤表面確認用ボーリング調査位置図

(3) 解析条件の設定

a. 解析用物性値

荒浜側高台保管場所及び大湊側高台保管場所を対象とした1次元地震応答解析に使用する地盤の物性値及び設定根拠は、図 2-4 にて示した解析条件設定用のボーリング調査位置での結果に基づくものであり、表 2-1～表 2-8 に示す。

解析用物性値の設定の詳細については、(参考資料 1)「荒浜側高台保管場所における解析用物性値の設定について」及び(参考資料 2)「大湊側高台保管場所における解析用物性値の設定について」に示す。

5号機東側保管場所及び5号機東側第二保管場所を対象とした1次元地震応答解析に使用する地盤の物性値及び設定根拠は、V-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に基づくものであり、表 2-9～表 2-12 に示す。

解析用物性値の設定の詳細については、(参考資料 3)「5号機東側保管場所及び5号機東側第二保管場所の解析用物性値について」に示す。

なお、本資料では、安田層下部層の MIS10～MIS7 と MIS6 の境界付近の堆積物を、『古安田層』と仮称する。

表 2-1 解析用物性値（荒浜側高台保管場所）（液化化検討対象層）

物性値		地質区分	新期砂層・沖積層		番神砂層 大湊砂層	古安田層		
			新期砂層	沖積層下部		A2s層	A3s層	A2s層（砂質）
物理特性	密度 ρ (g/cm ³)		2.02 (1.93)*	2.01	1.90	1.92	1.92	1.92
	間隙率 n		0.41	0.43	0.48	0.45	0.45	0.45
変形特性	動せん断弾性係数 G_{90} (kN/m ²)		2.03×10^5 (1.94×10^5)*	3.30×10^5	3.09×10^5	2.43×10^5	2.43×10^5	2.43×10^5
	基準平均有効拘束圧 σ_{vm}' (kN/m ²)		280	470	410	570	570	570
	ポアソン比 ν		0.33 (0.35)*	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33
	減衰定数の上限値 h_{max}		0.318	0.358	0.091	0.300	0.300	0.300
強度特性	粘着力 c' (kN/m ²)		0.0 (11.5)*	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	内部摩擦角 ϕ' (°)		37.0 (34.8)*	36.5	33.6	36.7	36.7	36.7
液化化特性	変相角 ϕ_p (°)		33.4	32.9	30.2	33.1	33.1	33.1
	液化化パラメータ	S_L	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
		w_L	7.50	8.80	7.95	43.0	43.0	43.0
		p_1	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
		p_p	0.70	0.65	0.70	0.80	0.80	0.80
		c_L	2.16	2.32	1.73	12.0	12.0	12.0

注記*：括弧内の数字は、地下水位以浅の数値を表す。

表 2-2 解析用物性値（荒浜側高台保管場所）（非液化化検討対象層）

物性値		地質区分	埋戻土	古安田層				西山層	
				A3c層	A3a1層	A2c層	A2a1層	西山層 (T.M.S.L.-96.57m以浅)	西山層 (T.M.S.L.-96.57m ~142.57m)
物理特性	密度 ρ (g/cm ³)		1.86	1.65	1.87	1.77	1.77	1.61	1.63
	間隙率 n		0.48	0.60	0.48	0.54	0.54	0.59	0.59
変形特性	動せん断弾性係数 G_{90} (kN/m ²)		7.97×10^4	8.58×10^4	1.99×10^5	1.55×10^5	1.56×10^5	3.26×10^5	5.11×10^5
	基準平均有効拘束圧 σ_{vm}' (kN/m ²)		140	360	450	500	480	98.0	98.0
	ポアソン比 ν		0.43	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33
	減衰定数の上限値 h_{max}		0.161	0.097	0.185	0.125	0.270	0.281	0.281
強度特性	粘着力 c' (kN/m ²)		15.2	261	57.7	466	44.9	830-5.60・Z*	830-5.60・Z*
	内部摩擦角 ϕ' (°)		29.8	9.8	32.2	1.6	20.7	0.0	0.0

注記*：Zは、T.M.S.L.(m)を示す。

表 2-3 解析用物性値 (大湊側高台保管場所) (液状化検討対象層)

物性値		地質区分	新期砂層・沖積層		番神砂層 大湊砂層	古安田層		
			新期砂層	沖積層下部		A2s層	A3s層	A2s層 (砂質)
物理 特性	密度 ρ (g/cm ³)		1.89 (1.71)*	2.00	1.94	1.83	1.83	1.83
	間隙率 n		0.49	0.43	0.47	0.50	0.50	0.50
変形 特性	動せん断弾性係数 G_{90} (kN/m ²)		1.12×10^5 (1.01×10^5)*	1.84×10^5	2.23×10^5	2.57×10^5	2.57×10^5	2.57×10^5
	基準平均有効拘束圧 σ_{vm}' (kN/m ²)		170	310	260	420	420	420
	ポアソン比 ν		0.33 (0.35)*	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33
	減衰定数の上限値 h_{max}		0.246	0.183	0.177	0.134	0.134	0.134
強度 特性	粘着力 c' (kN/m ²)		0.0 (16.9)*	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
	内部摩擦角 ϕ' (°)		35.7 (34.7)*	35.7	37.0	37.1	37.1	37.1
液状化 特性	変相角 ϕ_p (°)		32.2	32.2	33.4	33.5	33.5	33.5
	液状化パラメータ	S_L	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
		w_L	8.00	9.20	7.35	40.0	40.0	40.0
		p_1	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
		p_p	0.65	0.65	0.80	0.80	0.80	0.80
		c_1	2.02	1.86	1.80	8.25	8.25	8.25

注記*: 括弧内の数字は、地下水位以浅の数値を表す。

表 2-4 解析用物性値 (大湊側高台保管場所) (非液状化検討対象層)

物性値		地質区分	埋戻土	古安田層			西山層	
				A3c層	A3a1層	A2c層	西山層 (T.M.S.L.-75.98m以浅)	西山層 (T.M.S.L.-75.98m ~-129.98m)
物理 特性	密度 ρ (g/cm ³)		1.77	1.66	1.80	1.73	1.71	1.73
	間隙率 n		0.51	0.59	0.51	0.55	0.56	0.56
変形 特性	動せん断弾性係数 G_{90} (kN/m ²)		7.73×10^4	1.29×10^5	1.57×10^5	1.64×10^5	4.80×10^5	6.65×10^5
	基準平均有効拘束圧 σ_{vm}' (kN/m ²)		110	290	240	380	98.0	98.0
	ポアソン比 ν		0.40	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33
	減衰定数の上限値 h_{max}		0.180	0.121	0.135	0.106	0.257	0.257
強度 特性	粘着力 c' (kN/m ²)		9.1	136	77.9	200	1370-5.04·Z*	1370-5.04·Z*
	内部摩擦角 ϕ' (°)		31.5	24.0	30.1	22.0	0.0	0.0

注記*: Zは、T.M.S.L.(m)を示す。

表 2-5 解析用物性値の設定根拠（荒浜側高台保管場所）（液状化検討対象層）

物性値	地質区分		新期砂層・沖積層		番神砂層	古安田層		
	新期砂層	沖積層下部			大湊砂層	A2s層	A3s層	A2s層（砂質）
物理特性	密度 ρ (g/cm ³)	物理試験			物理試験	物理試験		
	間隙率 n	物理試験			物理試験	物理試験		
変形特性	動せん断弾性係数 G_{ms} (kN/m ²)	PS検層によるS波速度、密度に基づき設定			PS検層によるS波速度、密度に基づき設定	PS検層によるS波速度、密度に基づき設定		
	基準平均有効拘束圧 σ_{ms}' (kN/m ²)	G_{ms} に対応する値			G_{ms} に対応する値	G_{ms} に対応する値		
	ポアソン比 ν	慣用値 ^{#1} (PS検層) ^{#2}	慣用値 ^{#1}	慣用値 ^{#1}	慣用値 ^{#1}	慣用値 ^{#1}		
	減衰定数の上限値 h_{max}	動的変形特性に基づき設定			動的変形特性に基づき設定	動的変形特性に基づき設定		
強度特性	粘着力 c' (kN/m ²)	三軸圧縮試験			三軸圧縮試験	三軸圧縮試験		
	内部摩擦角 ϕ' (°)							
液状化特性	変相角 ϕ_F (°)							
	液状化パラメータ	S_1	液状化強度試験結果に基づく要素シミュレーション (試験結果はV-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に記載の新期砂層より代用)	液状化強度試験結果に基づく要素シミュレーション (試験結果はV-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に記載の沖積層下部より代用)	液状化強度試験結果に基づく要素シミュレーション (試験結果はV-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に記載の新期砂層より代用)	液状化強度試験結果に基づく要素シミュレーション (試験結果はV-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に記載のA2s層より代用)		
		w_1						
		D_1						
		D_2						
C_1								

注記*1：液状化による構造物被害予測プログラムFLIPにおいて必要な各種パラメータの簡易設定法（港湾技研資料No. 869）
（運輸省港湾技術研究所，平成9年6月）
*2：括弧内は，地下水位以浅の根拠を表す。

表 2-6 解析用物性値の設定根拠（荒浜側高台保管場所）（非液状化検討対象層）

物性値	地質区分	埋戻土	古安田層				西上層	
			A3s層	A3a1層	A2s層	A2a1層	西山層 (T.M.S.L.-56.57m以浅)	西山層 (T.M.S.L.-56.57m ～-142.57m)
物理特性	密度 ρ (g/cm ³)	物理試験	物理試験				物理試験	
	間隙率 n	物理試験	物理試験				物理試験	
変形特性	動せん断弾性係数 G_{ms} (kN/m ²)	PS検層によるS波速度、密度に基づき設定	PS検層によるS波速度、密度に基づき設定				PS検層によるS波速度、密度に基づき設定	
	基準平均有効拘束圧 σ_{ms}' (kN/m ²)	G_{ms} に対応する値	G_{ms} に対応する値				慣用値*	
	ポアソン比 ν	PS検層	慣用値*				慣用値*	
	減衰定数の上限値 h_{max}	動的変形特性に基づき設定	動的変形特性に基づき設定				動的変形特性に基づき設定	
強度特性	粘着力 c' (kN/m ²)	三軸圧縮試験	三軸圧縮試験				三軸圧縮試験	
	内部摩擦角 ϕ' (°)							

注記*：液状化による構造物被害予測プログラムFLIPにおいて必要な各種パラメータの簡易設定法（港湾技研資料No. 869）
（運輸省港湾技術研究所，平成9年6月）

表 2-7 解析用物性値の設定根拠（大湊側高台保管場所）（液状化検討対象層）

物性値	地質区分	新期砂層・沖積層		番砂層 大湊砂層	古安田層		
		新期砂層	沖積層下部		A2s層	A3s層	A2s層（砂質）
物理特性	密度 ρ (g/cm ³)	物理試験		物理試験	物理試験	A2s層で代用	
間隙率 n	物理試験		物理試験	物理試験			
変形特性	動せん断弾性係数 G_{ms} (kN/m ²)	PS検層によるS波速度、密度に基づき設定		PS検層によるS波速度、密度に基づき設定	PS検層によるS波速度、密度に基づき設定		
基準平均有効拘束圧 σ_{va}' (kN/m ²)	G_{ms} に対応する値		G_{ms} に対応する値	G_{ms} に対応する値			
ポアソン比 ν	慣用値 ^{*1} (PS検層) ^{*2}	慣用値 ^{*1}	慣用値 ^{*1}	慣用値 ^{*1}			
減衰定数の上限値 h_{max}	動的変形特性に基づき設定		動的変形特性に基づき設定	動的変形特性に基づき設定			
強度特性	粘着力 c' (kN/m ²)	三軸圧縮試験		三軸圧縮試験	三軸圧縮試験		
内部摩擦角 ϕ' (°)	三軸圧縮試験						
液状化特性	変相角 ϕ_F (°)						
	液状化パラメータ	S_1	液状化強度試験結果に基づく要素シミュレーション	液状化強度試験結果に基づく要素シミュレーション	液状化強度試験結果に基づく要素シミュレーション		
		w_1					
		D_1	(試験結果はV-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に記載の新期砂層より代用)	(試験結果はV-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に記載の沖積層下部より代用)	(試験結果はV-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に記載の新期砂層より代用)	(試験結果はV-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に記載のA2s層より代用)	
		D_2					
c_1							

注記*1：液状化による構造物被害予測プログラムFLIPにおいて必要な各種パラメータの簡易設定法（港湾技研資料No. 869）
（運輸省港湾技術研究所，平成9年6月）
*2：括弧内は，地下水位以浅の根拠を表す。

表 2-8 解析用物性値の設定根拠（大湊側高台保管場所）（非液状化検討対象層）

物性値	地質区分	埋戻し	古安田層			西山層	
			A3c層	A3a1層	A2c層	西山層 (T.M.S.L.=75.98m以浅)	西山層 (T.M.S.L.=75.98m ~129.98m)
物理特性	密度 ρ (g/cm ³)	物理試験	物理試験			物理試験	
間隙率 n	物理試験		物理試験			物理試験	
変形特性	動せん断弾性係数 G_{ms} (kN/m ²)	PS検層によるS波速度、密度に基づき設定	PS検層によるS波速度、密度に基づき設定			PS検層によるS波速度、密度に基づき設定	
基準平均有効拘束圧 σ_{va}' (kN/m ²)	G_{ms} に対応する値		G_{ms} に対応する値			慣用値*	
ポアソン比 ν	PS検層		慣用値*			慣用値*	
減衰定数の上限値 h_{max}	動的変形特性に基づき設定		動的変形特性に基づき設定			動的変形特性に基づき設定	
強度特性	粘着力 c' (kN/m ²)	二軸圧縮試験	二軸圧縮試験			二軸圧縮試験	
内部摩擦角 ϕ' (°)	二軸圧縮試験						

注記*：液状化による構造物被害予測プログラムFLIPにおいて必要な各種パラメータの簡易設定法（港湾技研資料No. 869）
（運輸省港湾技術研究所，平成9年6月）

表 2-9 解析用物性値

(5号機東側保管場所及び5号機東側第二保管場所)(液状化検討対象層)

物性値		地質区分	埋戻土	占安田層		
				A2s層	A3s層	
物理特性	密度 ρ (g/cm ³)		1.94	1.91	1.91	
	間隙率 n		0.45	0.45	0.45	
変形特性	動せん断弾性係数 G_{ms} (kN/m ²)		1.04×10^5	2.14×10^5	2.14×10^5	
	基準平均有効拘束圧 σ_{ms}' (kN/m ²)		98.0	200	200	
	ポアソン比 ν		0.33	0.33	0.33	
	減衰定数の上限値 h_{max}		0.225	0.157	0.157	
強度特性	粘着力 c' (kN/m ²)		0.0	0.0	0.00	
	内部摩擦角 ϕ' (°)		35.9	36.6	36.6	
液状化特性	変相角 ϕ_p (°)		32.0	32.0	32.0	
	液状化パラメータ	S_1		0.005	0.005	0.005
		w_1		5.50	25.0	25.0
		p_1		0.50	0.50	0.50
		p_z		1.00	0.80	0.80
		c_1		1.69	8.75	8.75

表 2-10 解析用物性値

(5号機東側保管場所及び5号機東側第二保管場所)(非液状化検討対象層)

物性値		地質区分	古安田層			西山層	
			A3a1層	A2c層	A2g層 (シルト質)	西山層 (T.M.S.L.-60m以浅)	西山層 (T.M.S.L.-60m~-100m)
物理特性	密度 ρ (g/cm ³)		1.81	1.80	1.80	1.70	1.75
	間隙率 n		0.52	0.52	0.52	0.56	0.56
変形特性	動せん断弾性係数 G_{ms} (kN/m ²)		9.57×10^4	1.39×10^5	1.39×10^5	4.09×10^5	5.50×10^5
	基準平均有効拘束圧 σ_{ms}' (kN/m ²)		94	140	140	98.0	98.0
	ポアソン比 ν		0.33	0.33	0.33	0.33	0.33
	減衰定数の上限値 h_{max}		0.162	0.110	0.110	0.130	0.130
強度特性	粘着力 c' (kN/m ²)		29.2	113	113	$1370-5.04 \cdot Z^*$	$1370-5.04 \cdot Z^*$
	内部摩擦角 ϕ' (°)		34.2	27.9	27.9	0.0	0.0

注記* : Z は, T.M.S.L. (m) を示す。

表 2-11 解析用物性値の設定根拠
(5号機東側保管場所及び5号機東側第二保管場所)(液状化検討対象層)

物性値		地質区分	埋戻土	古安田層	
				A2s層	A3s層
物理特性	密度 ρ (g/cm ³)		物理試験	物理試験	A2s層で代用.
	間隙率 n		物理試験	物理試験	
変形特性	動せん断弾性係数 G_{ms} (kN/m ²)		PS検層によるS波速度、密度に基づき設定	PS検層によるS波速度、密度に基づき設定	
	基準平均有効拘束圧 σ_{ms}' (kN/m ²)		G_{ms} に対応する値	G_{ms} に対応する値	
	ポアソン比 ν		慣用値*	慣用値*	
	減衰定数の上限値 h_{max}		動的変形特性に基づき設定	動的変形特性に基づき設定	
強度特性	粘着力 c' (kN/m ²)		三軸圧縮試験	三軸圧縮試験	
	内部摩擦角 ϕ' (°)				
液状化特性	変相角 ϕ_p (°)		液状化強度試験結果に基づく要素シミュレーション	液状化強度試験結果に基づく要素シミュレーション	
	液状化パラメータ	S_1			
		w_1			
		p_1			
		p_2			
	c_1				

注記* : 液状化による構造物被害予測プログラムFLIPにおいて必要な各種パラメータの簡易設定法 (港湾技研資料No. 869) (運輸省港湾技術研究所, 平成9年6月)

表 2-12 解析用物性値の設定根拠
(5号機東側保管場所及び5号機東側第二保管場所)(非液状化検討対象層)

物性値		地質区分	古安田層			西山層	
			A3a1層	A2c層	A2g層 (シルト質)	西山層 (T.M.S.L.-60m以浅)	西山層 (T.M.S.L.-60m~-100m)
物理特性	密度 ρ (g/cm ³)		物理試験			物理試験	
	間隙率 n		物理試験			物理試験	
変形特性	動せん断弾性係数 G_{ms} (kN/m ²)		PS検層によるS波速度、密度に基づき設定			PS検層によるS波速度、密度に基づき設定	
	基準平均有効拘束圧 σ_{ms}' (kN/m ²)		G_{ms} に対応する値			慣用値*	
	ポアソン比 ν		慣用値*			慣用値*	
	減衰定数の上限値 h_{max}		動的変形特性に基づき設定			動的変形特性に基づき設定	
強度特性	粘着力 c' (kN/m ²)		二軸圧縮試験			二軸圧縮試験	
	内部摩擦角 ϕ' (°)						

注記* : 液状化による構造物被害予測プログラムFLIPにおいて必要な各種パラメータの簡易設定法 (港湾技研資料No. 869) (運輸省港湾技術研究所, 平成9年6月)

b. 地下水位

保管場所の入力地震動の算定における地下水位は、各保管場所近傍に設置した地下水位観測孔の観測記録及びPS検層結果等に基づき設定する。

各保管場所における地下水の設定水位を表2-13に示す。

地下水位の設定の詳細については、(参考資料4)「地震応答解析における地下水位の設定について」に示す。

表2-13 各評価対象における設定水位一覧

評価対象	1次元地震応答解析 モデル位置	設定水位
荒浜側高台保管場所	HA-P1	T. M. S. L. 12.80m (新期砂層下端)
	HA-P2	T. M. S. L. 9.00m (新期砂層下端)
	HA-P3	T. M. S. L. 4.82m (新期砂層下端)
	HA-P4	T. M. S. L. 15.52m (新期砂層下端)
	HA-P5	T. M. S. L. 16.98m (埋戻土下端)
大湊側高台保管場所	HO-P1	T. M. S. L. 18.51m (埋戻土下端)
	HO-P2	T. M. S. L. 13.04m (埋戻土下端)
	HO-P3	T. M. S. L. 17.96m (新期砂層下端)
	HO-P4	T. M. S. L. 19.17m (新期砂層下端)
	HO-P5	T. M. S. L. 17.63m (新期砂層下端)
5号機東側保管場所	H5-P2	T. M. S. L. 12.00m (地表面)
5号機東側第二保管場所	H5-P1	T. M. S. L. 12.00m (地表面)

c. 基準地震動

保管場所に用いる基準地震動は、表 2-14 に示すとおりとする。

表 2-14 各評価対象に用いる基準地震動

評価対象	基準地震動
荒浜側高台保管場所	荒浜側の基準地震動 (Ss-1~7)
大湊側高台保管場所	荒浜側の基準地震動 (Ss-1~7)
5号機東側保管場所	大湊側の基準地震動 (Ss-1~8)
5号機東側第二保管場所	大湊側の基準地震動 (Ss-1~8)

(4) 1次元地震応答解析モデルの作成

1次元地震応答解析モデルは、各保管場所において周辺の地質構造を考慮し、図2-6に示す1次元地震応答解析モデル作成位置で実施したボーリング調査結果を用いて作成する。

1次元地震応答解析モデルを図2-7～図2-14に示す。



図2-6 1次元地震応答解析モデル作成位置

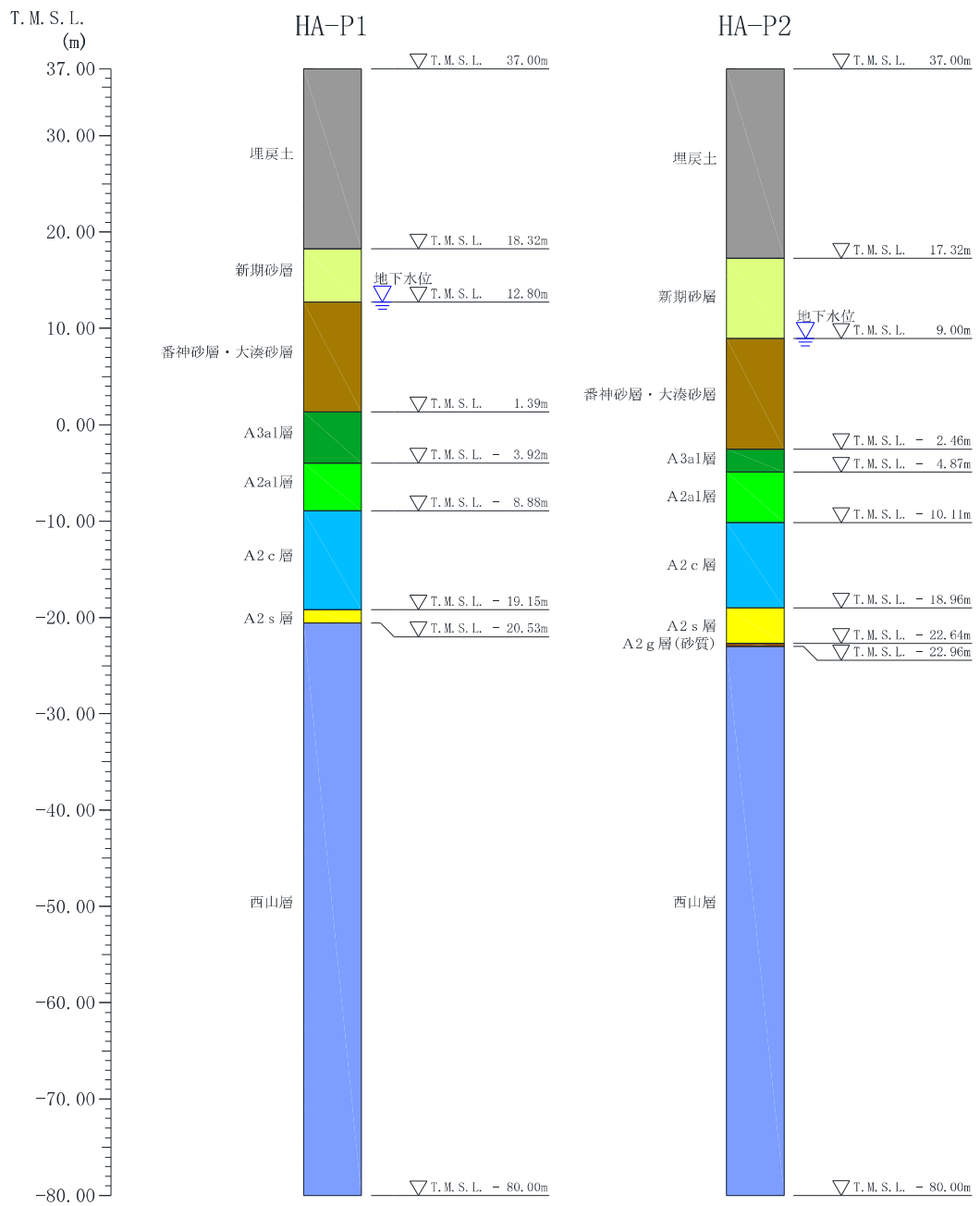


図 2-7 1次元地震応答解析モデル
 (可搬型重大事故等対処設備保管場所 (荒浜側高台保管場所)) (1/3)

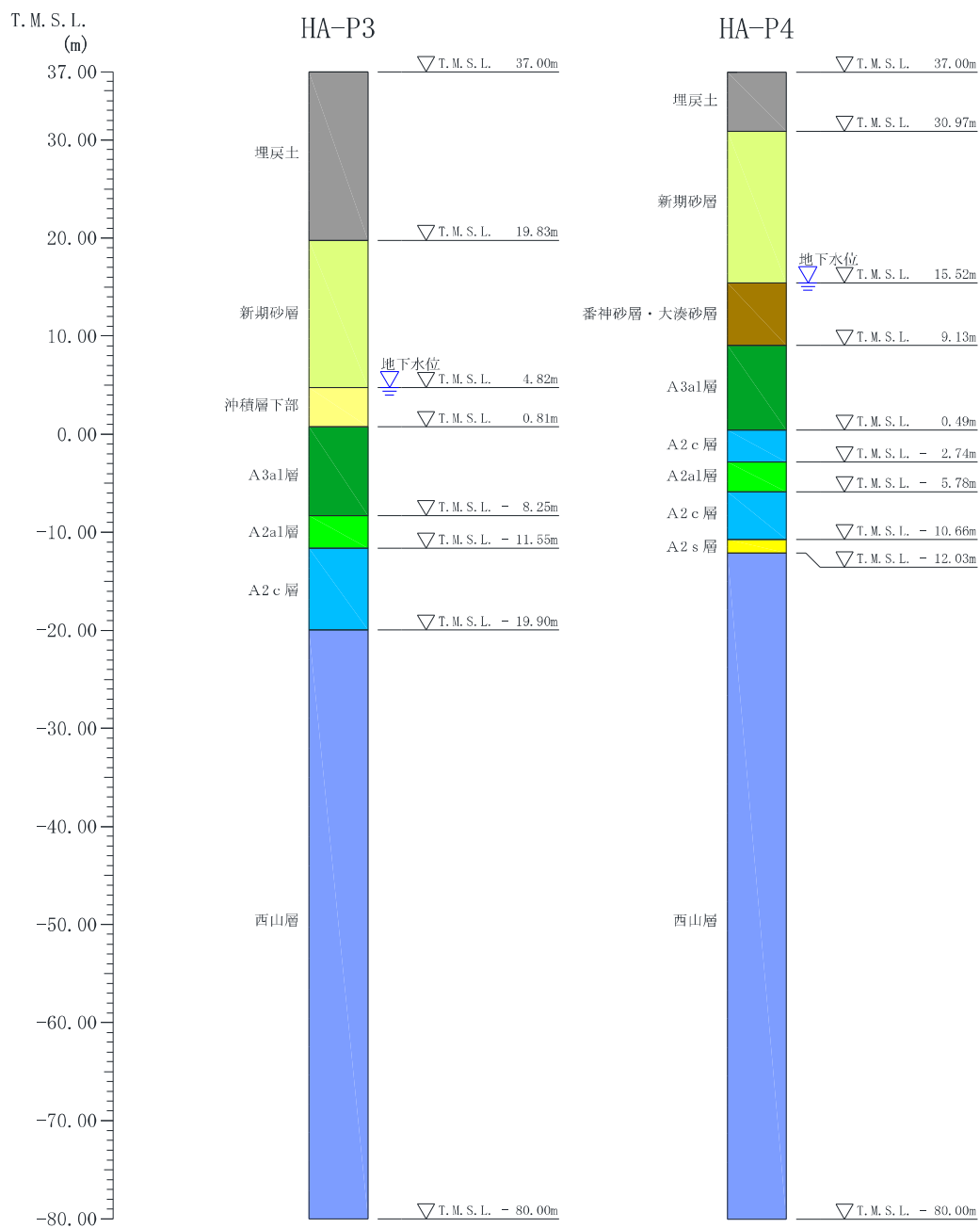


図 2-8 1次元地震応答解析モデル
 (可搬型重大事故等対処設備保管場所(荒浜側高台保管場所))(2/3)

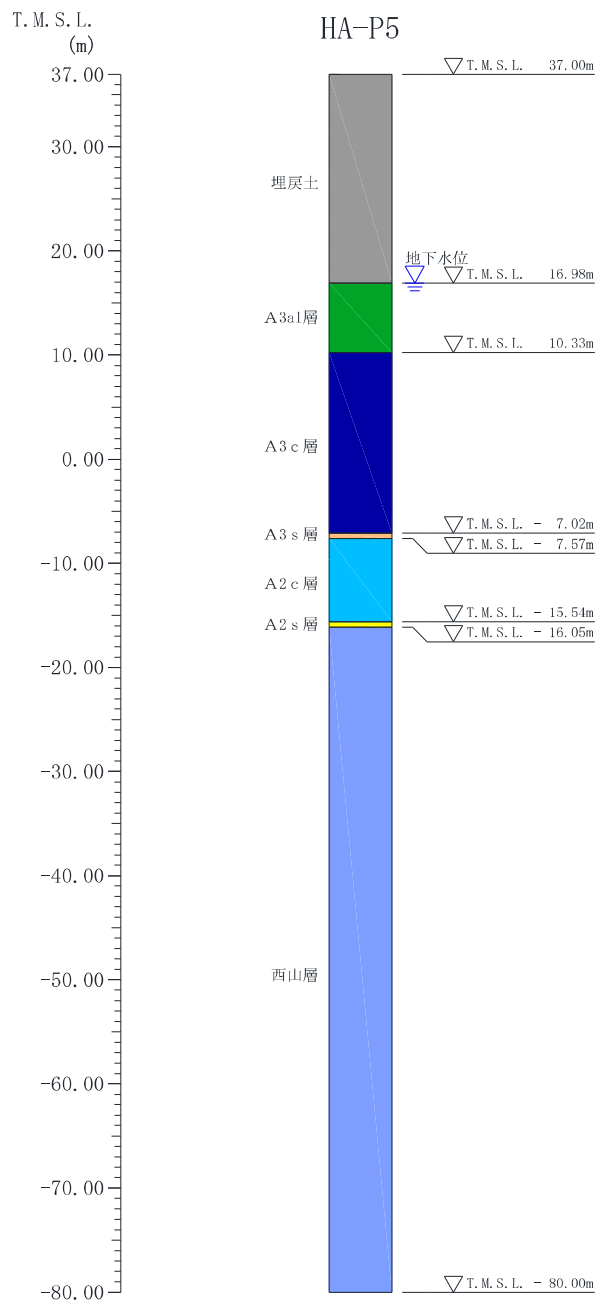


図 2-9 1次元地震応答解析モデル
 (可搬型重大事故等対処設備保管場所 (荒浜側高台保管場所)) (3/3)

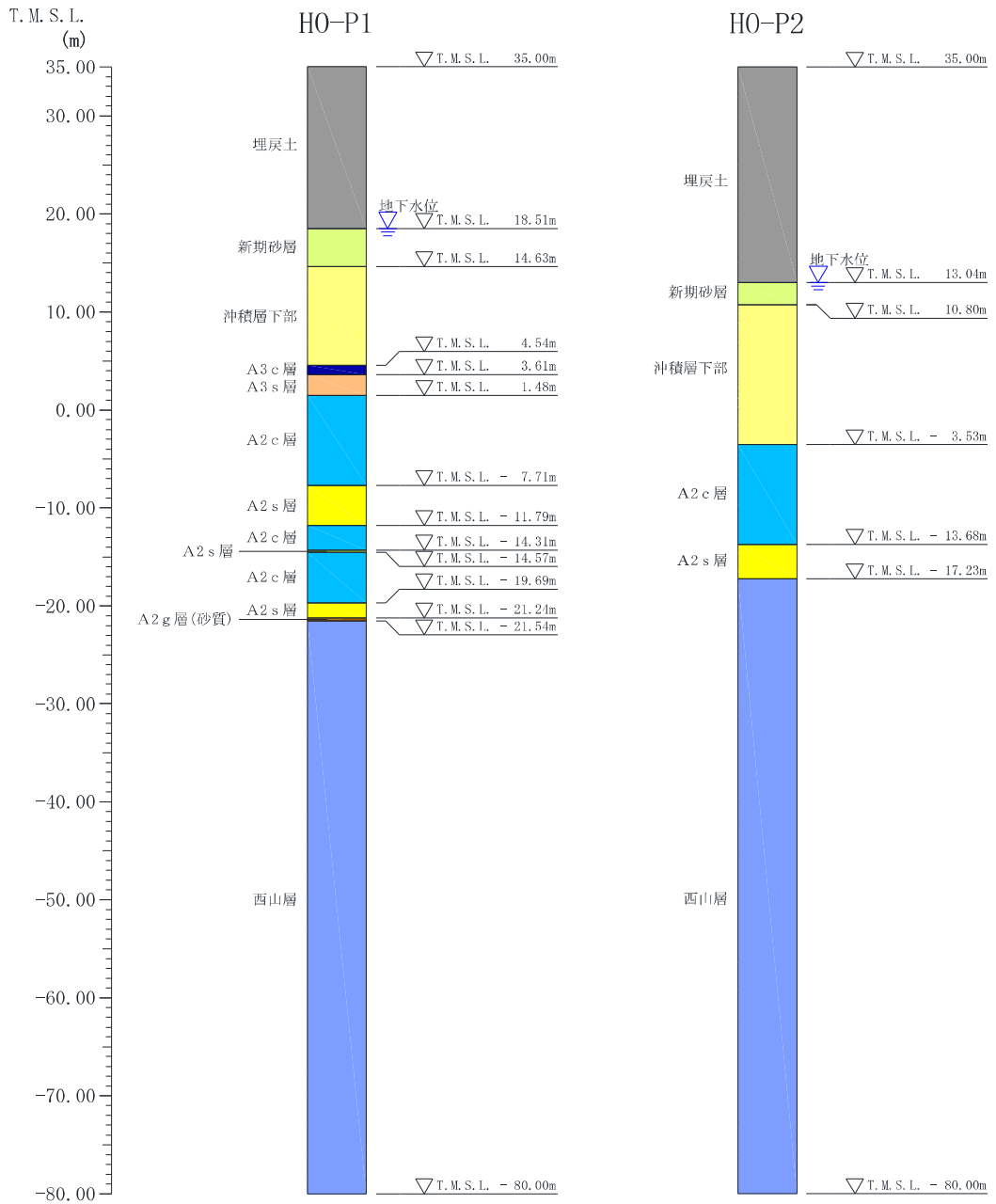


図 2-10 1次元地震応答解析モデル
 (可搬型重大事故等対処設備保管場所(大湊側高台保管場所))(1/3)

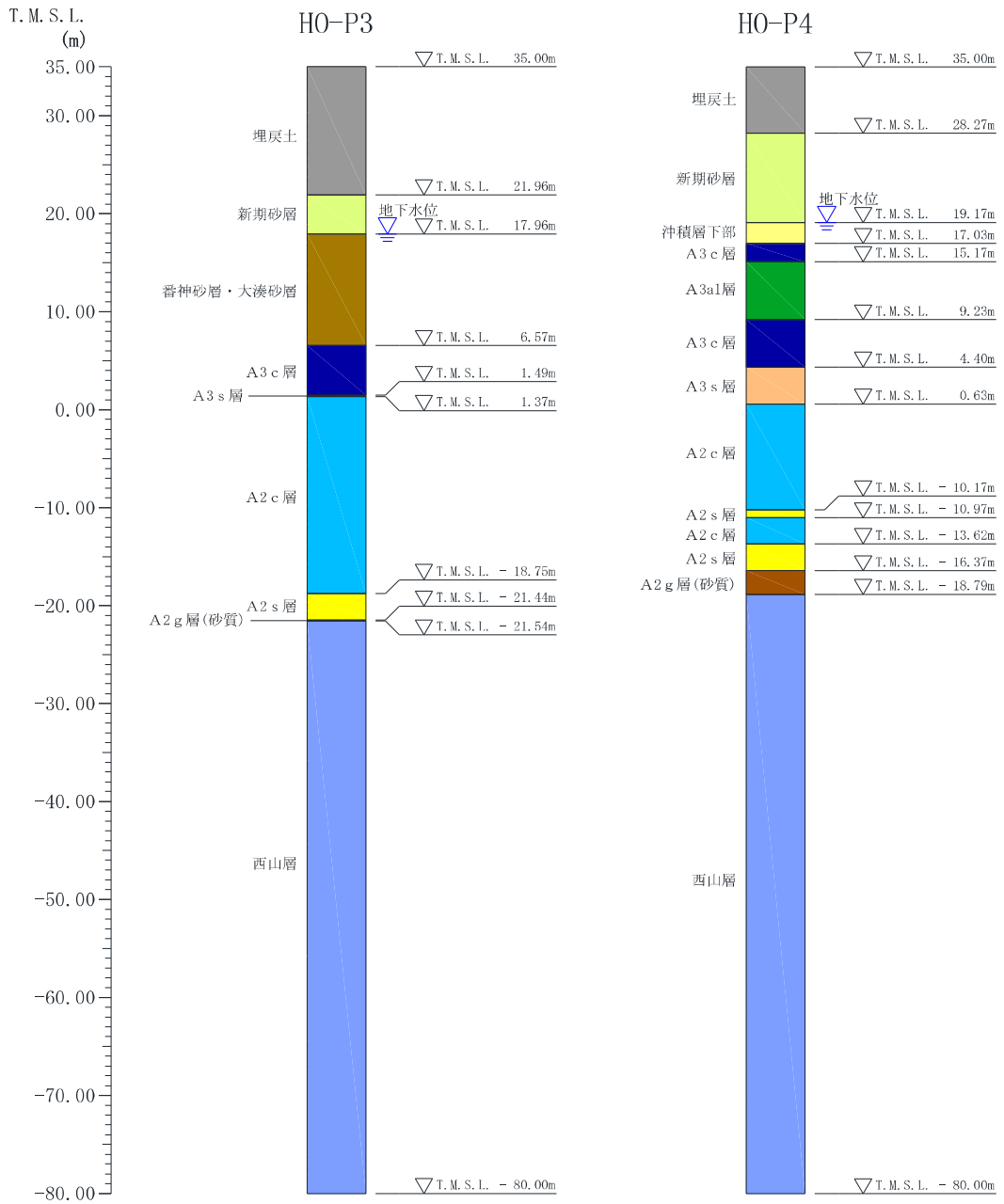


図 2-11 1次元地震応答解析モデル
 (可搬型重大事故等対処設備保管場所(大湊側高台保管場所))(2/3)

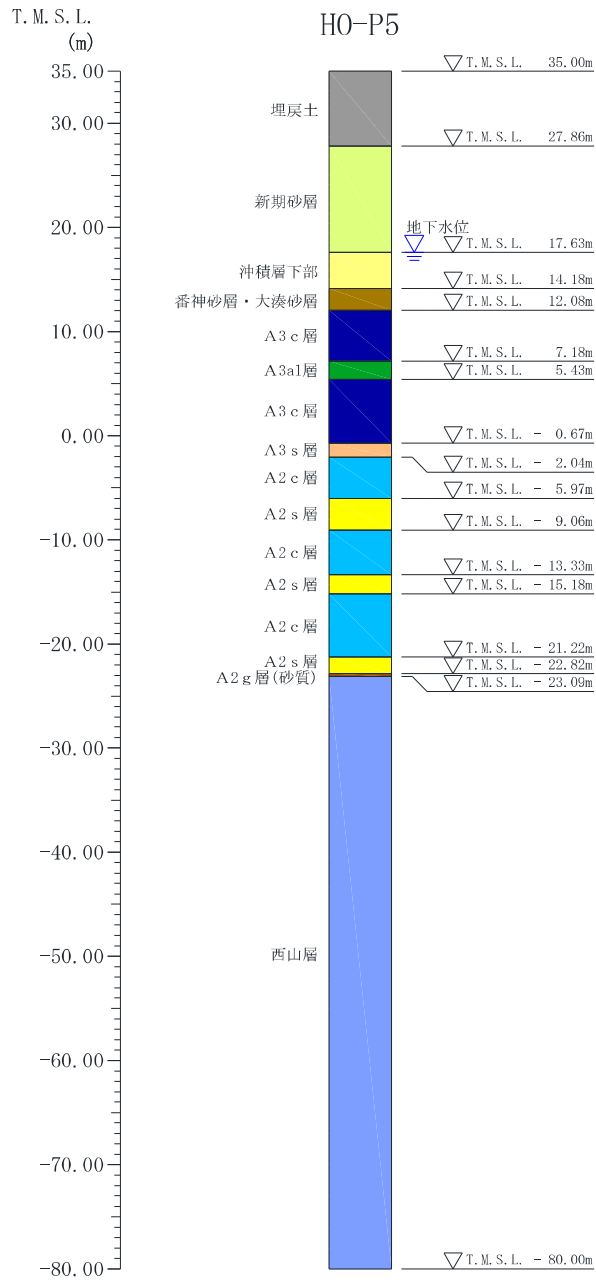


図 2-12 1次元地震応答解析モデル
 (可搬型重大事故等対処設備保管場所(大湊側高台保管場所))(3/3)

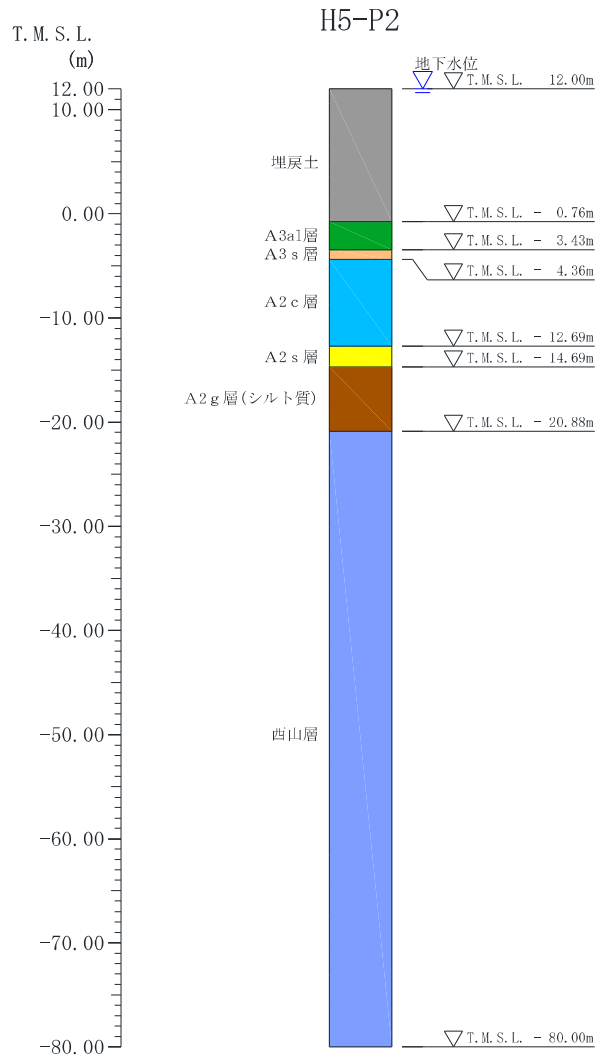


図 2-13 1次元地震応答解析モデル
 (可搬型重大事故等対処設備保管場所 (5号機東側保管場所))

H5-P1

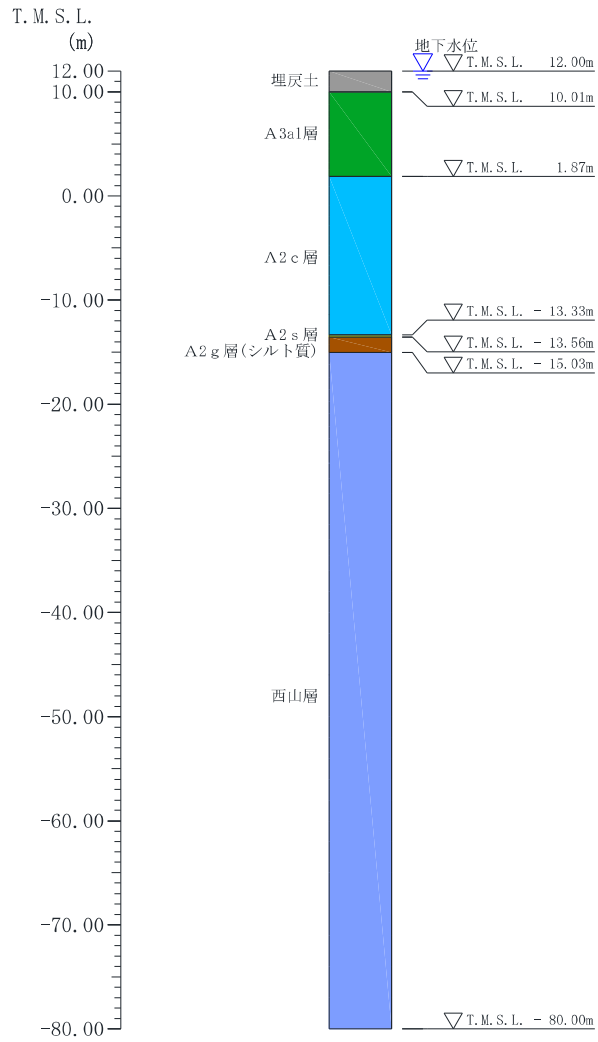


図 2-14 1次元地震応答解析モデル
(可搬型重大事故等対処設備保管場所 (5号機東側第二保管場所))

(5) 解放基盤表面の設定

荒浜側高台保管場所及び大湊側高台保管場所における解放基盤表面は、図 2-4 で示した、各保管場所で行った解放基盤表面確認用ボーリングの調査結果に基づき、S 波速度が 700m/s 以上で著しい高低差がなく広がりを持って分布している硬質地盤に設定する。

また、5 号機原子炉建屋周辺に設置される 5 号機東側保管場所及び 5 号機東側第二保管場所における解放基盤表面は、5 号機原子炉建屋位置で行ったボーリング調査結果に基づき、S 波速度が 700m/s 以上となる T. M. S. L. -134m の位置とする。

各保管場所における解放基盤表面の位置と設定根拠を表 2-15 に示す。

高台保管場所の解放基盤表面については、(参考資料 5)「高台保管場所における入力地震動について」に示す。

5 号機東側保管場所及び 5 号機東側第二保管場所の解放基盤表面については、KK7-004「入力地震動について」に示す。

表 2-15 各保管場所における解放基盤表面の位置と設定根拠

評価対象	解放基盤表面標高	設定根拠
荒浜側高台保管場所	T. M. S. L. -280m	保管場所ボーリングの PS 検層
大湊側高台保管場所	T. M. S. L. -154m	保管場所ボーリングの PS 検層
5 号機東側保管場所	T. M. S. L. -134m	5 号機原子炉建屋ボーリングの PS 検層
5 号機東側第二保管場所	T. M. S. L. -134m	5 号機原子炉建屋ボーリングの PS 検層

(6) 基準地震動の引上げ

解放基盤表面から解析モデル下端 (T. M. S. L. -80.0m) までの基準地震動の引上げは、1次元波動論による応答計算を解析コード「SLOK」により行う。

モデル下端の入力地震動算定の考え方を図2-15に示す。

荒浜側高台保管場所及び大湊側高台保管場所の解放基盤表面～入力地震動作成モデル上端 (T. M. S. L. -80.0m) までについては、設置変更許可申請書 (添付書類六) に記載した解析用物性値を用いる。なお、 V_p 及び V_s の速度構造については、原位置にて実施したボーリング調査に基づき設定した物性値を用いる。

5号機東側保管場所及び5号機東側第二保管場所の解放基盤表面～入力地震動作成モデル上端 (T. M. S. L. -80.0m) までについては、KK7-004「入力地震動について」に示すとおり、5号機原子炉建屋で設定された物性値を用いることで保守的な入力地震動となることを確認している。

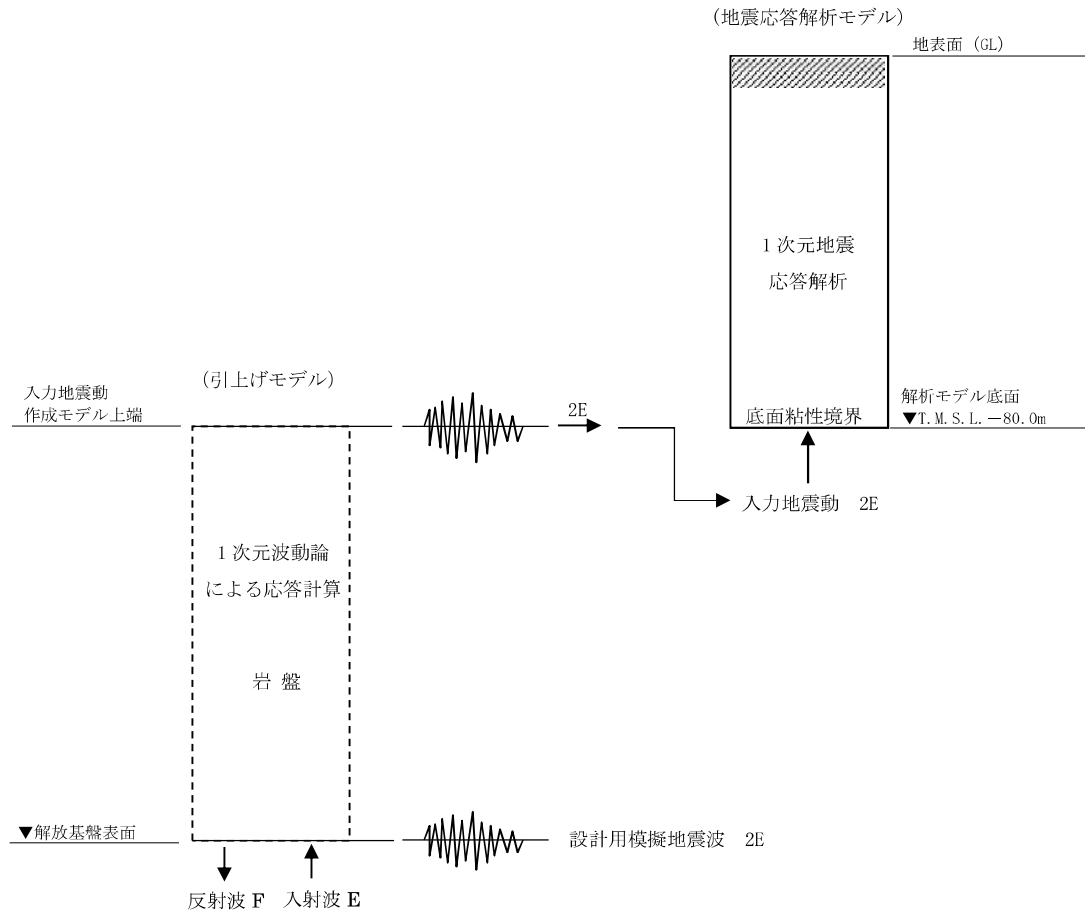


図2-15 モデル下端の入力地震動算定の考え方

(7) 保管場所における入力地震動の算定

保管場所における入力地震動の算定においては、初期せん断弾性係数 G_0 及び液化化強度特性のばらつきを考慮し、解析ケースを設定する。

a. 初期せん断弾性係数 G_0 のばらつき

地盤の剛性について、荒浜側高台保管場所及び大湊側高台保管場所では、各保管場所近傍のボーリング孔で実施したPS検層結果に基づくS波速度を基に設定している。5号機東側保管場所及び5号機東側第二保管場所では、V-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に基づき、保管場所を含む広域で実施したPS検層結果に基づくS波速度を基に設定している。

保管場所における入力地震動算定の地盤物性のばらつきについては、PS検層結果のばらつきを考慮し、埋戻土及び第四紀の地層に対し、初期せん断弾性係数 G_0 のばらつきを考慮した検討を行う。

b. 液化化強度特性のばらつき

地盤の液化化強度特性について、V-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に基づき、敷地の地盤における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。

地盤の液化化強度特性は、試験結果から得た液化化抵抗曲線に対し、最小二乗法による回帰曲線を設定し、その回帰係数の自由度を考慮した不偏分散に基づく標準偏差 σ を用いて、液化化抵抗曲線の「回帰曲線 -1σ 」にて設定する。解析上考慮する液化化抵抗曲線は、この「回帰曲線 -1σ 」に対して同等となるように設定することを基本とする。

c. 地盤剛性及び液化化強度特性のばらつきを考慮した解析ケース

地盤剛性のばらつき及び地盤の液化化強度特性のばらつきの影響を考慮するため、V-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき、表2-16に示す解析ケース(③～⑤)を設定する。

表2-16 耐震評価における解析ケース

	③	④	⑤
解析ケース	(ばらつきケース) 地盤物性のばらつき (-1σ)を考慮した 解析ケース	(基本ケース) 非液化化の条件を仮 定した解析ケース	(ばらつきケース) 地盤物性のばらつき ($+1\sigma$)を考慮して 非液化化の条件を仮 定した解析ケース
地盤剛性の 設定	地盤剛性 (-1σ)	地盤剛性 (平均値)	地盤剛性 ($+1\sigma$)
液化化強度 特性の設定	液化化強度 特性 (-1σ)	液化化パラメータを 非適用	液化化パラメータを 非適用

2.4 地震応答 FRS の算定

保管場所における入力地震動の解析ケースより、地震応答 FRS を作成する。

(1) 減衰定数

地震応答 FRS に用いる減衰定数は、各保管場所に保管する車両型設備の減衰定数を考慮し設定する。

車両型設備の減衰定数は、J E A G 4 6 0 1 に規定はなく、減衰機構が複雑であり、様々な文献に複数の減衰定数*に関する記載がある。これらの文献によると、車両構造の設備は、高い減衰が期待できる。

FRS は、高減衰になるほど滑らかになるとともに、車両全体の加速度が小さくなる傾向があるため、上述の文献を参考とし、保守的な評価となるよう車両型設備の減衰定数は8%としている。

注記*：自動車技術ハンドブックによると減衰定数は20%～80%

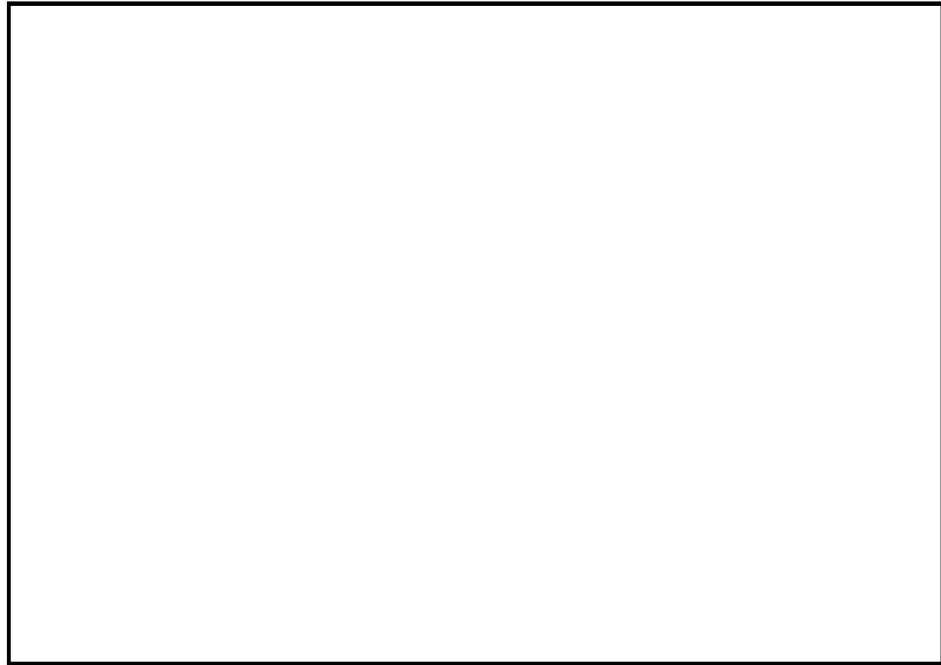
国土交通省の国土技術政策総合研究所資料第180号「大型車の振動特性が橋梁に及ぼす影響に関する研究（Ⅱ）」によると減衰定数は10%以上

2.5 設計用 FRS の作成

設計用 FRS は、荒浜側高台保管場所、大湊側高台保管場所、5号機東側保管場所及び5号機東側第二保管場所のボーリング調査位置に対し、地盤物性のばらつきを考慮し作成した地震応答 FRS を、水平方向及び鉛直方向について包絡させた FRS としている。

水平方向及び鉛直方向の地震応答 FRS と設計用 FRS（基本ケース、ばらつきケースの包絡）の関係を図2-16に示す。

なお、地震応答 FRS は、各保管場所の Ss-1～8 の地震動を包絡させたものを示している。



(水平方向)



(鉛直方向)

図 2-16 水平方向及び鉛直方向の地震応答 FRS と設計用 FRS (基本ケース, ばらつきケースの包絡) の関係

2.6 加振台のFRSの妥当性確認

車両型設備について、加振台のFRSと保管場所における設計用FRS（基本ケース、ばらつきケースの包絡）の比較を図2-17に示す。

図2-17のとおり、加振台のFRSは、保管場所における設計用FRS（基本ケース、ばらつきケースの包絡）を全周期帯において包絡している、又は一部の周期帯で包絡できない範囲が存在するものの、各車両型設備の固有周期においては、加振台のFRSが保管場所における設計用FRS（基本ケース、ばらつきケースの包絡）を上回っていることを確認した。

設備名称：タンクローリ (4kL) (6,7号機共用)
 保管場所：荒浜側高台保管場所, 大湊側高台保管場所, 5号機東側第二保管場所

- 保管場所における設計用FRS (水平方向はX, Y包絡)
 (基本ケース, ばらつきケースの包絡)
- 加振台のFRS (出力)
- - - 計測された設備の固有周期

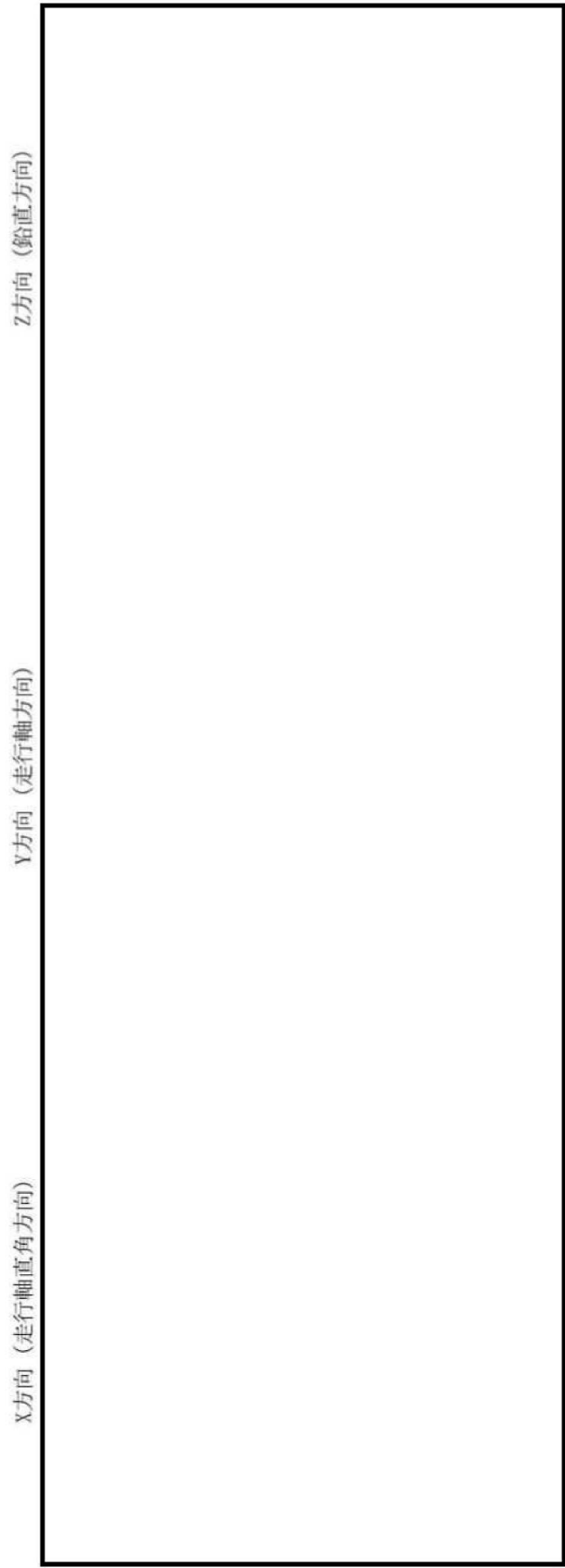
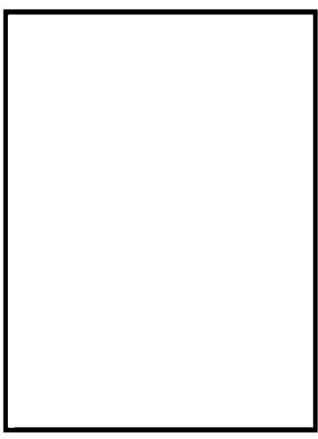
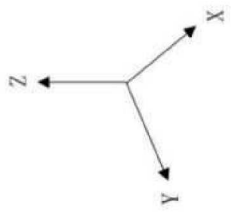
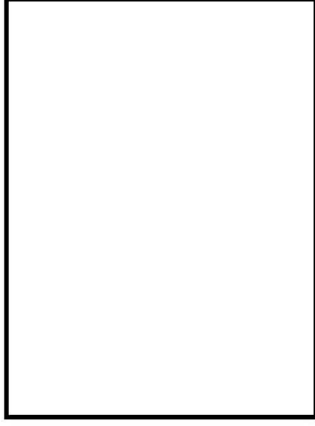
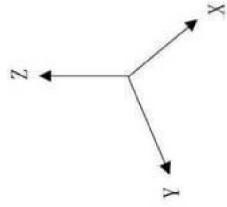


図 2-17 加振台の FRS と設計用 FRS との比較 (1/13)

設備名称：タンクローリ (16kL) (6, 7号機共用)
 保管場所：荒浜側高台保管場所, 大湊側高台保管場所



X方向 (走行軸直角方向)

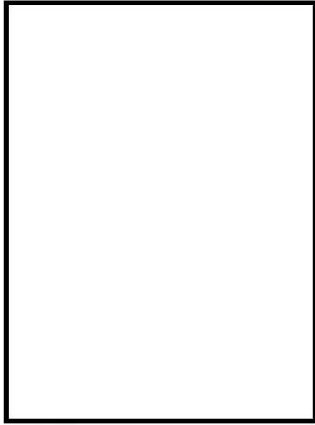
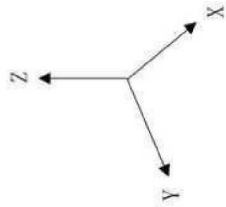
Y方向 (走行軸方向)

Z方向 (鉛直方向)



図 2-17 加振台の FRS と設計用 FRS との比較 (2/13)

設備名称：可搬型代替注水ポンプ (A-2級) (6,7号機共用)
 保管場所：荒浜側高台保管場所, 大湊側高台保管場所, 5号機東側第二保管場所



X方向 (走行軸直角方向)

Y方向 (走行軸方向)

Z方向 (鉛直方向)

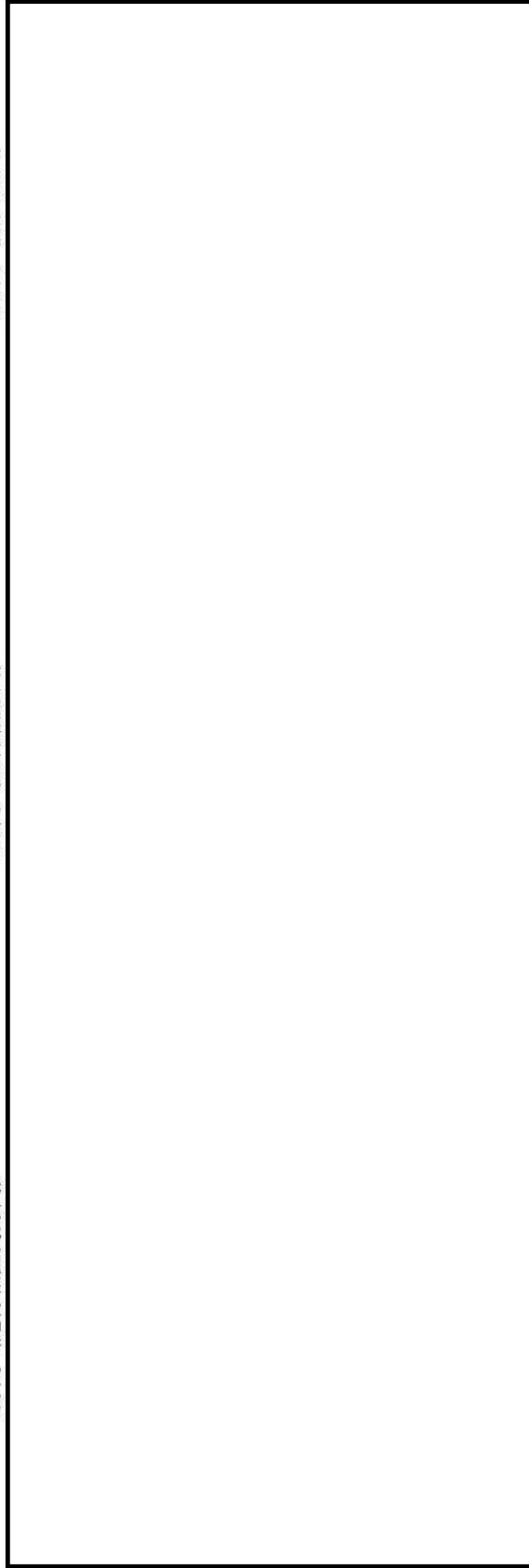
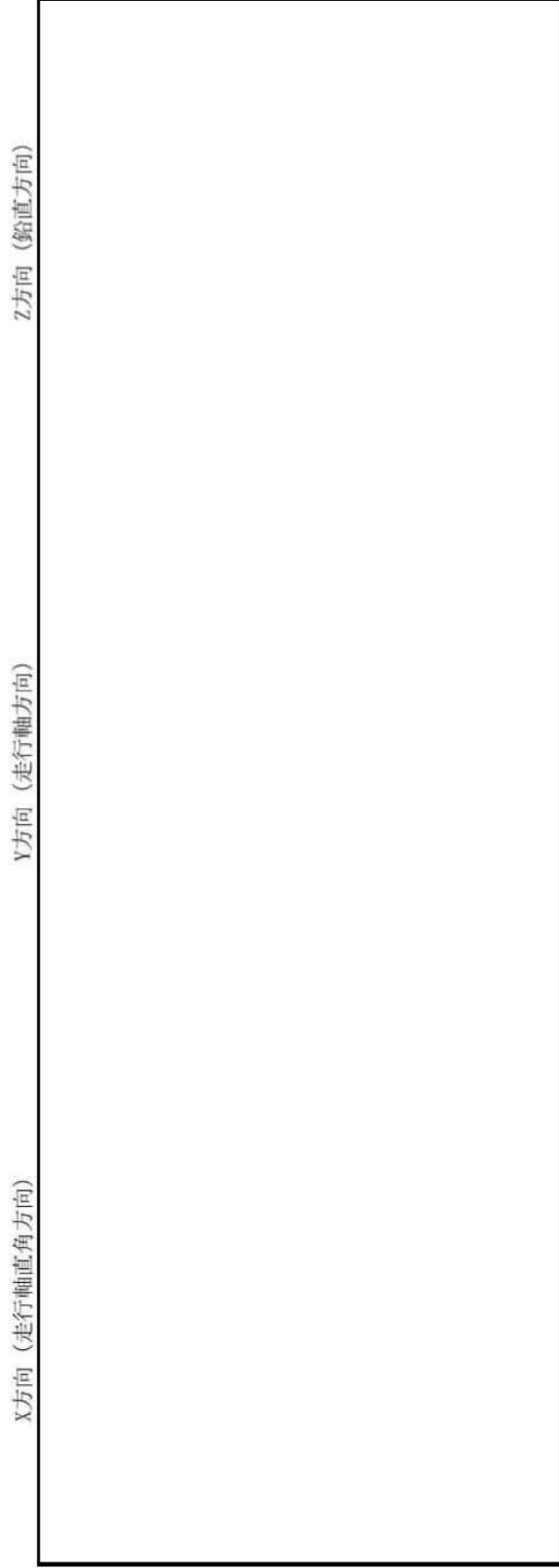
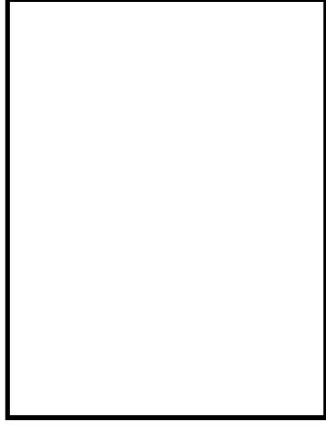
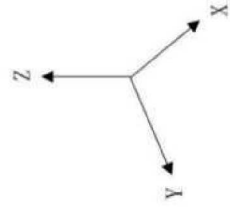


図 2-17 加振台の FRS と設計用 FRS との比較 (3/13)

設備名称：可搬型代替注水ポンプ（A-1級）（6,7号機共用）
 保管場所：荒浜側高台保管場所，大湊側高台保管場所



Z方向（鉛直方向）

Y方向（走行軸方向）

X方向（走行軸直角方向）

図 2-17 加振台の FRS と設計用 FRS との比較 (4/13)

設備名称：電源車 (6, 7号機共用)
 保管場所：荒浜側高台保管場所, 大湊側高台保管場所

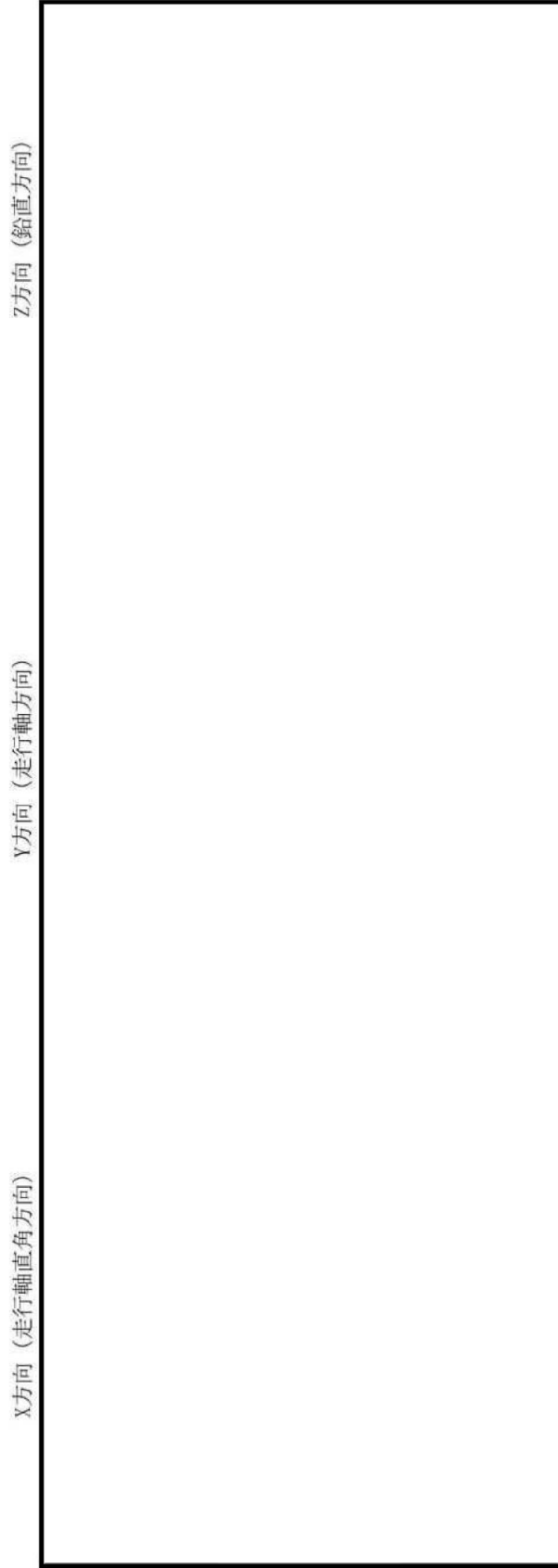
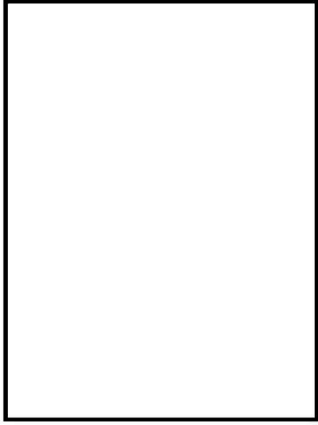
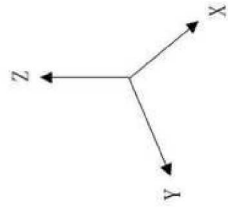
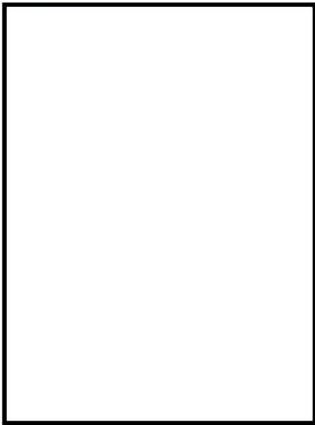
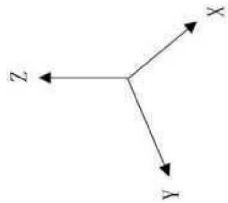


図 2-17 加振台の FRS と設計用 FRS との比較 (5/13)

設備名称：熱交換器ユニット 代替原子炉補機冷却系熱交換器 (6,7号機共用)
 (P27-D2000, P27-D3000, P27-D4000)

保管場所：荒浜側高台保管場所, 大湊側高台保管場所

- 保管場所における設計用FRS (水平方向はX, Y包絡)
 (基本ケース, ばらつきケースの包絡)
- 加振台のFRS (出力)
- - - 計測された設備の固有周期



X方向 (走行軸直角方向)

Y方向 (走行軸方向)

Z方向 (鉛直方向)

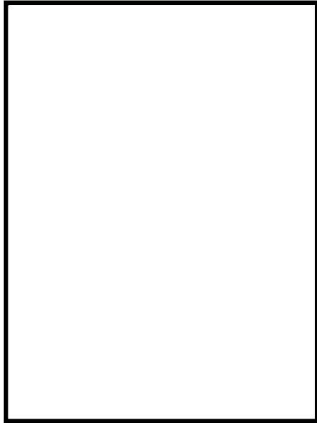
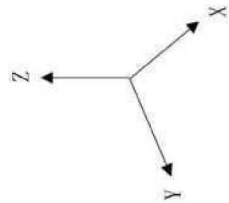


図 2-17 加振台の FRS と設計用 FRS との比較 (6/13)

設備名称：熱交換器ユニット 代替原子炉補機冷却系熱交換器 (6,7号機共用)
(P27-D1000, P27-D5000)

保管場所：荒浜側高台保管場所, 大湊側高台保管場所

- 保管場所における設計用FRS (水平方向はX, Y包絡)
(基本ケース, ばらつきケースの包絡)
- 加振台のFRS (出力)
- - - 計測された設備の固有周期



X方向 (走行軸直角方向)

Y方向 (走行軸方向)

Z方向 (鉛直方向)

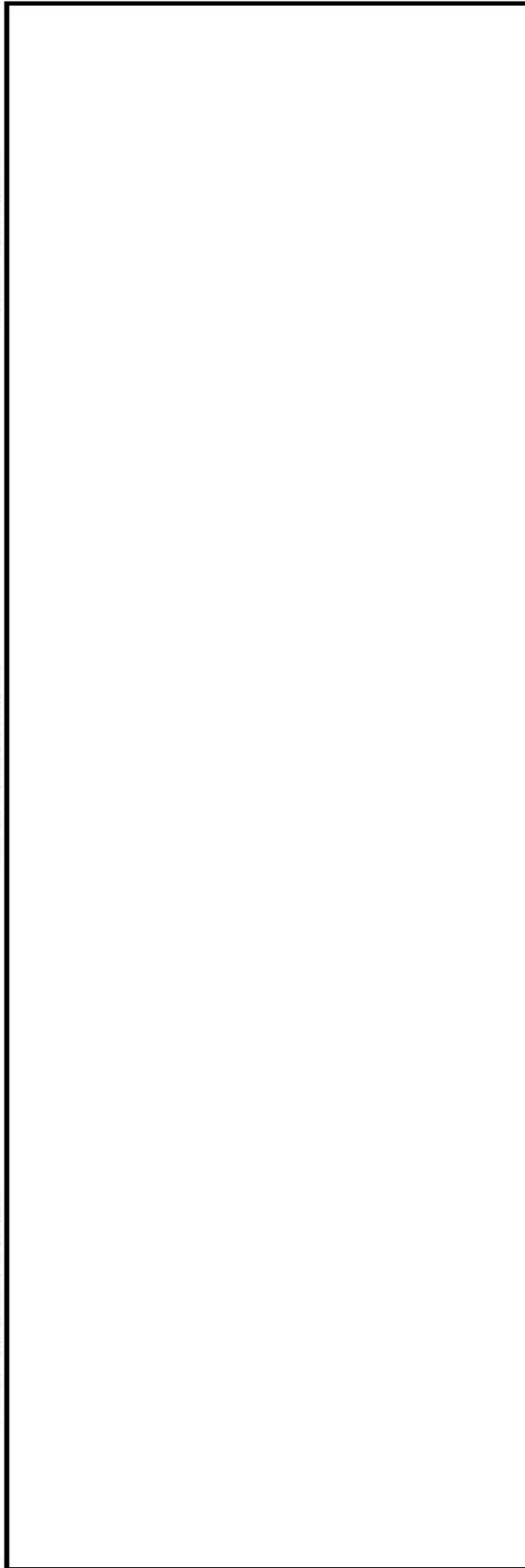
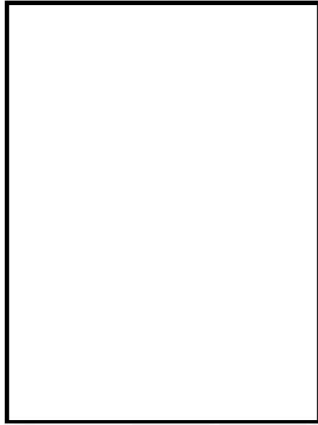
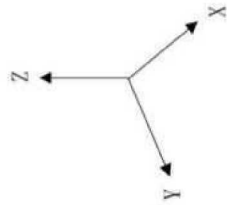


図 2-17 加振台の FRS と設計用 FRS との比較 (7/13)

設備名称：大容量送水車（熱交換器ユニット用）（6,7号機共用）
 保管場所：荒浜側高台保管場所，大湊側高台保管場所

- 保管場所における設計用FRS（水平方向はX, Y包絡）
 （基本ケース，ばらつきケースの包絡）
- 加振台のFRS（出力）
- - - 計測された設備の固有周期



X方向（走行軸直角方向）

Y方向（走行軸方向）

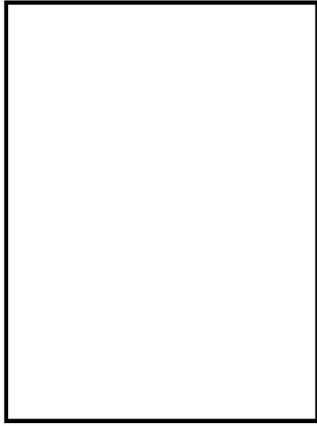
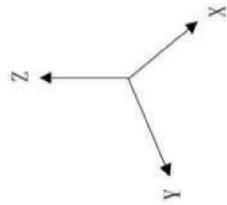
Z方向（鉛直方向）



図 2-17 加振台の FRS と設計用 FRS との比較 (8/13)

設備名称：大容量送水車（原子炉建屋放水設備用）（6,7号機共用）
 保管場所：荒浜側高台保管場所，大湊側高台保管場所

- 保管場所における設計用FRS（水平方向はX, Y包絡）
 （基本ケース，ばらつきケースの包絡）
- 加振台のFRS（出力）
- - - 計測された設備の固有周期



X方向（走行軸直角方向）

Y方向（走行軸方向）

Z方向（鉛直方向）

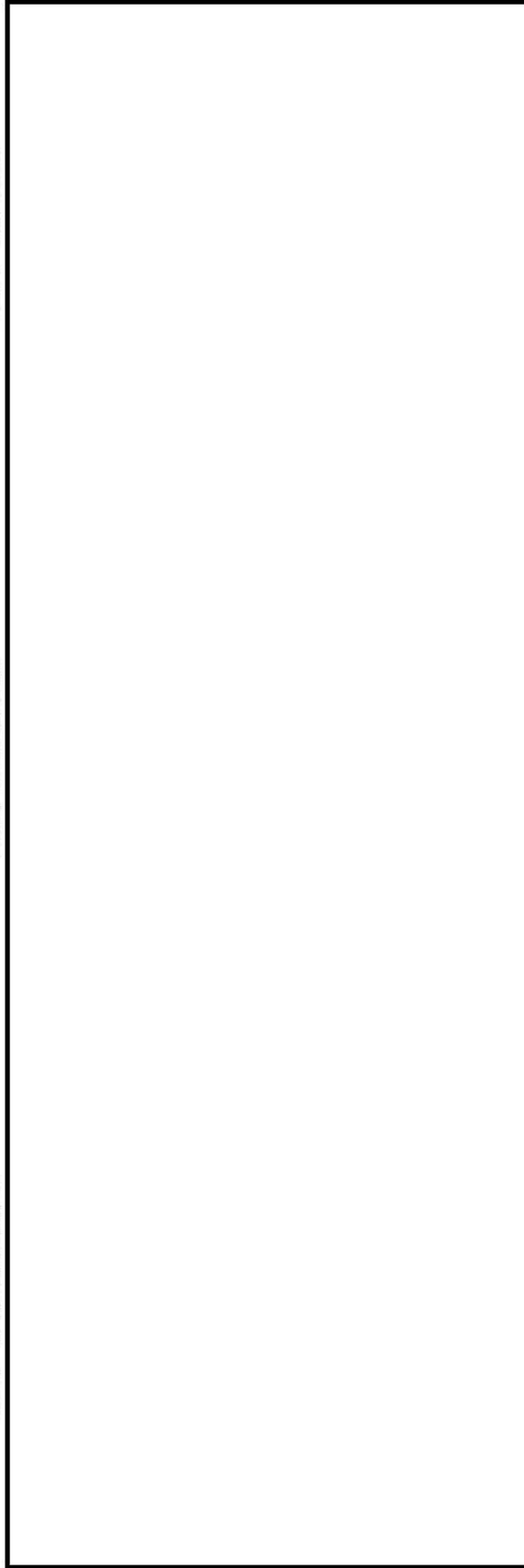
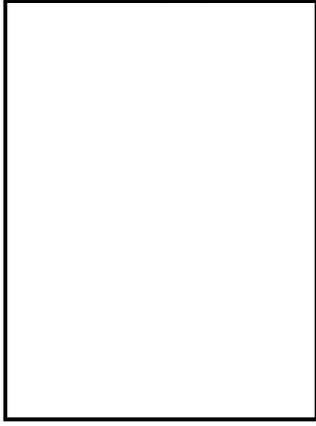
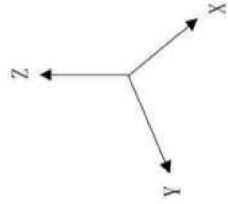


図 2-17 加振台の FRS と設計用 FRS との比較 (9/13)

設備名称：大容量送水車（海水取水用）（6,7号機共用）
 保管場所：荒浜側高台保管場所，大湊側高台保管場所

- 保管場所における設計用FRS（水平方向はX, Y包絡）
 （基本ケース，ばらつきケースの包絡）
- 加振台のFRS（出力）
- - - 計測された設備の固有周期



X方向（走行軸直角方向）

Y方向（走行軸方向）

Z方向（鉛直方向）

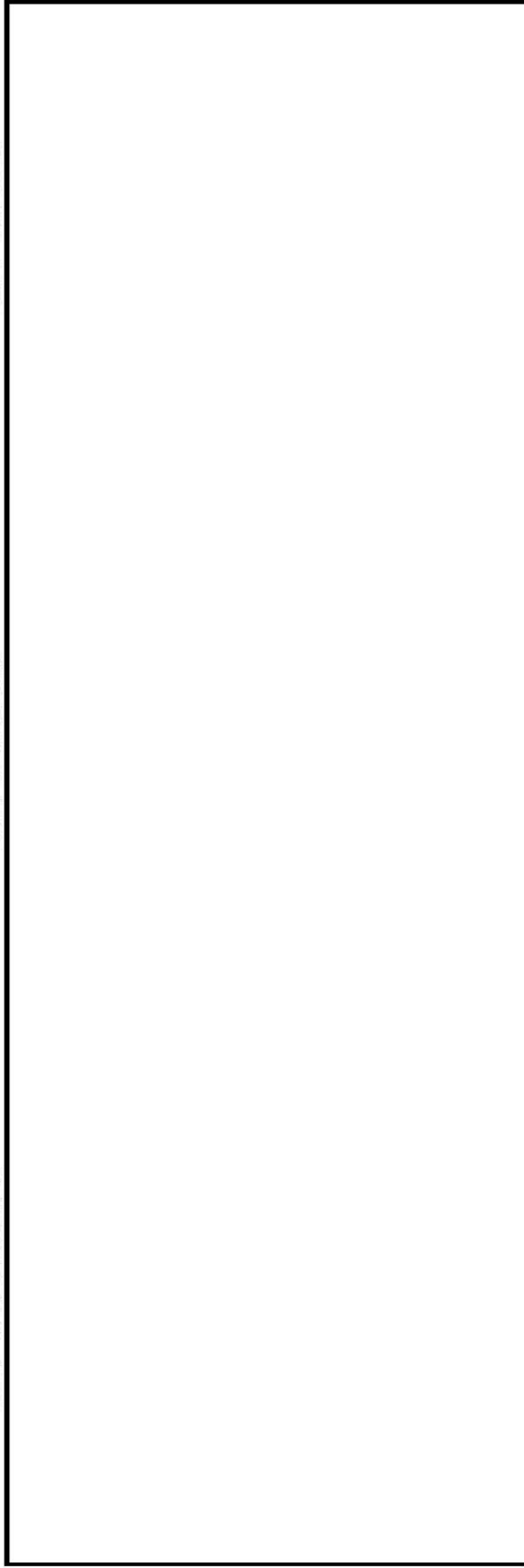
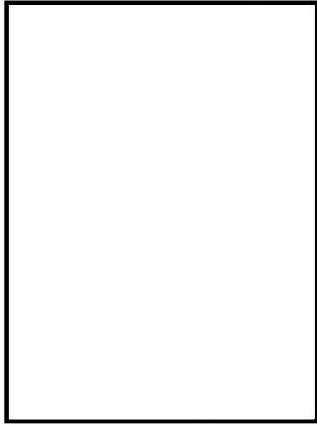
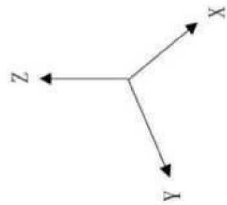


図 2-17 加振台のFRS と設計用FRS との比較（10/13）

設備名称：可搬型窒素供給装置 (6, 7号機共用)
 保管場所：荒浜側高台保管場所, 大湊側高台保管場所



X方向 (走行軸直角方向)

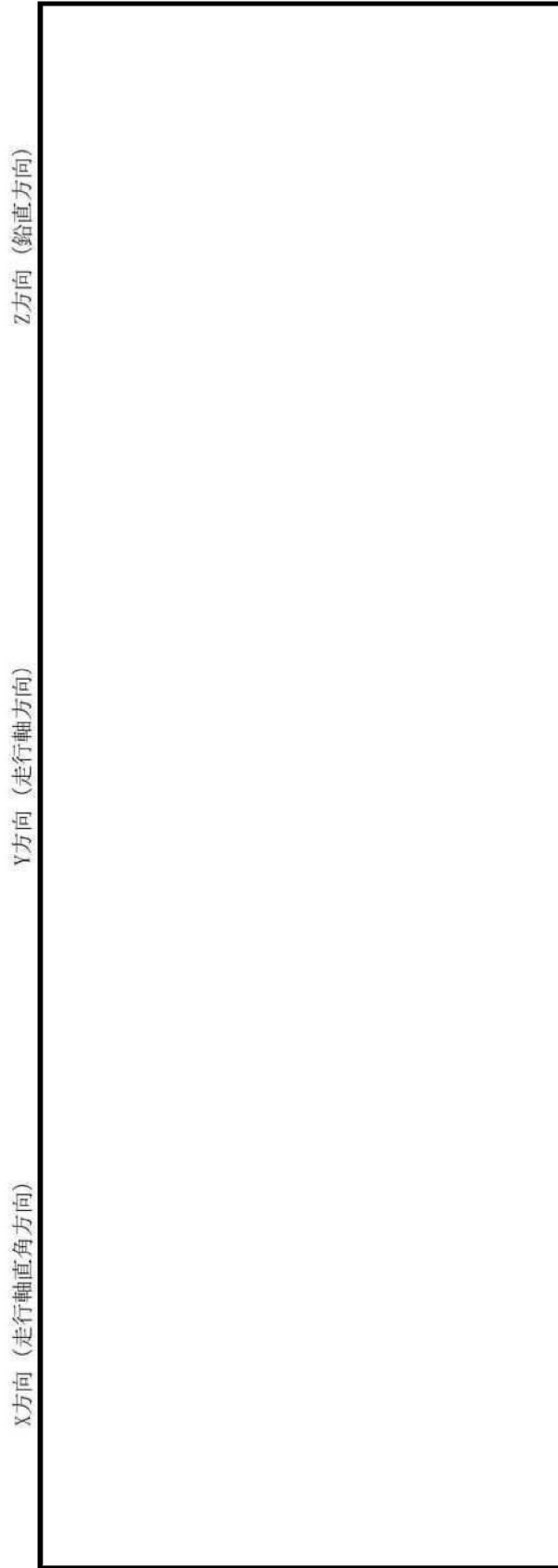
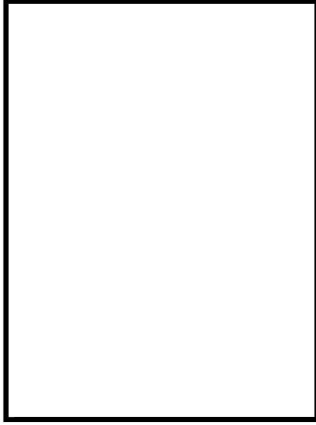
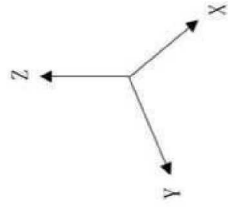
Y方向 (走行軸方向)

Z方向 (鉛直方向)



図 2-17 加振台の FRS と設計用 FRS との比較 (11/13)

設備名称：泡原液搬送車（6,7号機共用）
 保管場所：荒浜側高台保管場所，大湊側高台保管場所



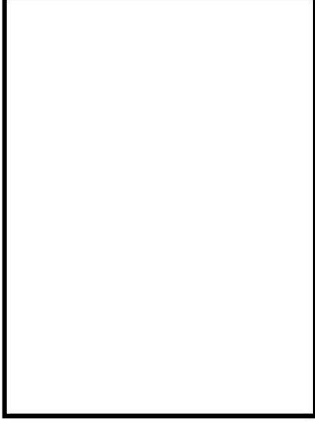
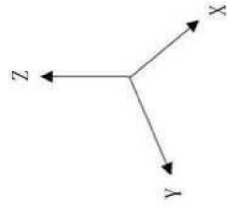
Z方向（鉛直方向）

Y方向（走行軸方向）

X方向（走行軸直角方向）

図 2-17 加振台のFRS と設計用FRS との比較（12/13）

設備名称：5号機原子炉建屋内緊急時対策所用可搬型電源設備（6,7号機共用）
 保管場所：大湊側高台保管場所, 5号機東側保管場所



X方向（走行軸直角方向） Y方向（走行軸方向） Z方向（鉛直方向）

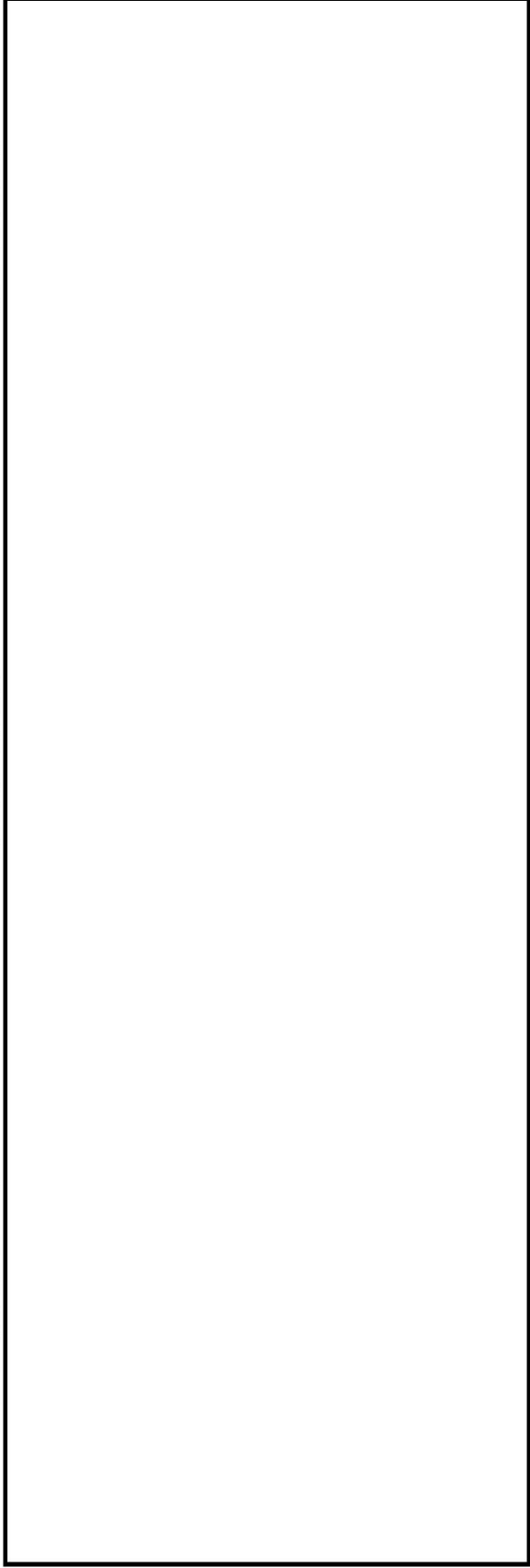


図 2-17 加振台のFRS と設計用FRS との比較（13/13）

可搬型重大事故等対処設備の耐震性に関する説明書に係る

補足説明資料の参考資料

目 次

- (参考資料 1) 荒浜側高台保管場所における解析用物性値の設定について・・・・・・・・・・(参考) 1-1
別紙 1 液状化強度試験結果を代用することの妥当性確認
別紙 2 沖積層下部における液状化強度特性代用の影響検討
- (参考資料 2) 大湊側高台保管場所における解析用物性値の設定について・・・・・・・・・・(参考) 2-1
別紙 1 液状化強度試験結果を代用することの妥当性確認
- (参考資料 3) 5号機東側保管場所及び5号機東側第二保管場所の解析用物性値について
・・・・・・・・・・(参考) 3-1
- (参考資料 4) 地震応答解析における地下水位の設定について・・・・・・・・・・(参考) 4-1
- (参考資料 5) 高台保管場所における入力地震動について・・・・・・・・・・(参考) 5-1
別紙 1 「高台保管場所における入力地震動について」の参考資料

(参考資料1) 荒浜側高台保管場所における解析用物性値の設定について

1. 基本方針

荒浜側高台保管場所の入力地震動の算定においては、地震時における地盤の有効応力の変化に応じた影響を考慮し、有効応力解析を実施する。

有効応力解析に用いる解析用物性値は、当該地点における調査結果に基づき設定することを基本とし、層厚が薄い一部の地層については、同等若しくは保守的な他の試験結果を代用する。また、有効応力解析に用いる液状化強度特性については、代用の妥当性を確認した上で、大湊側敷地の調査結果に基づくV-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」で示した液状化強度試験の結果より、目標とする回帰曲線を設定し、液状化パラメータを設定する。

ここで、地盤の物理特性及び力学特性は、日本工業規格（JIS）又は地盤工学会（JGS）の基準に基づいた試験の結果から設定する。

荒浜側高台保管場所における解析用物性値の設定フローを図1-1に示す。

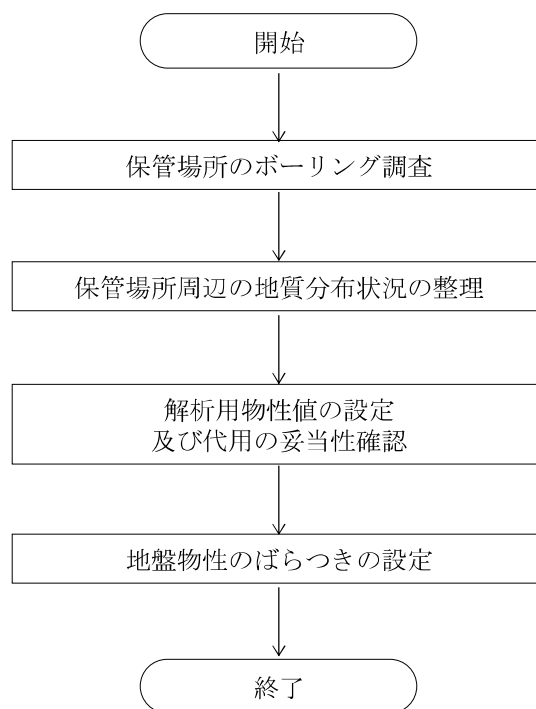


図1-1 荒浜側高台保管場所における解析用物性値の設定フロー

2. 保管場所の地盤調査

地盤モデル及び解析用物性値の設定に資するデータを取得するため、荒浜側高台保管場所位置において地盤調査を実施する。

荒浜側高台保管場所のボーリング調査位置図を図 2-1 に、地層構成を図 2-2 に示す。

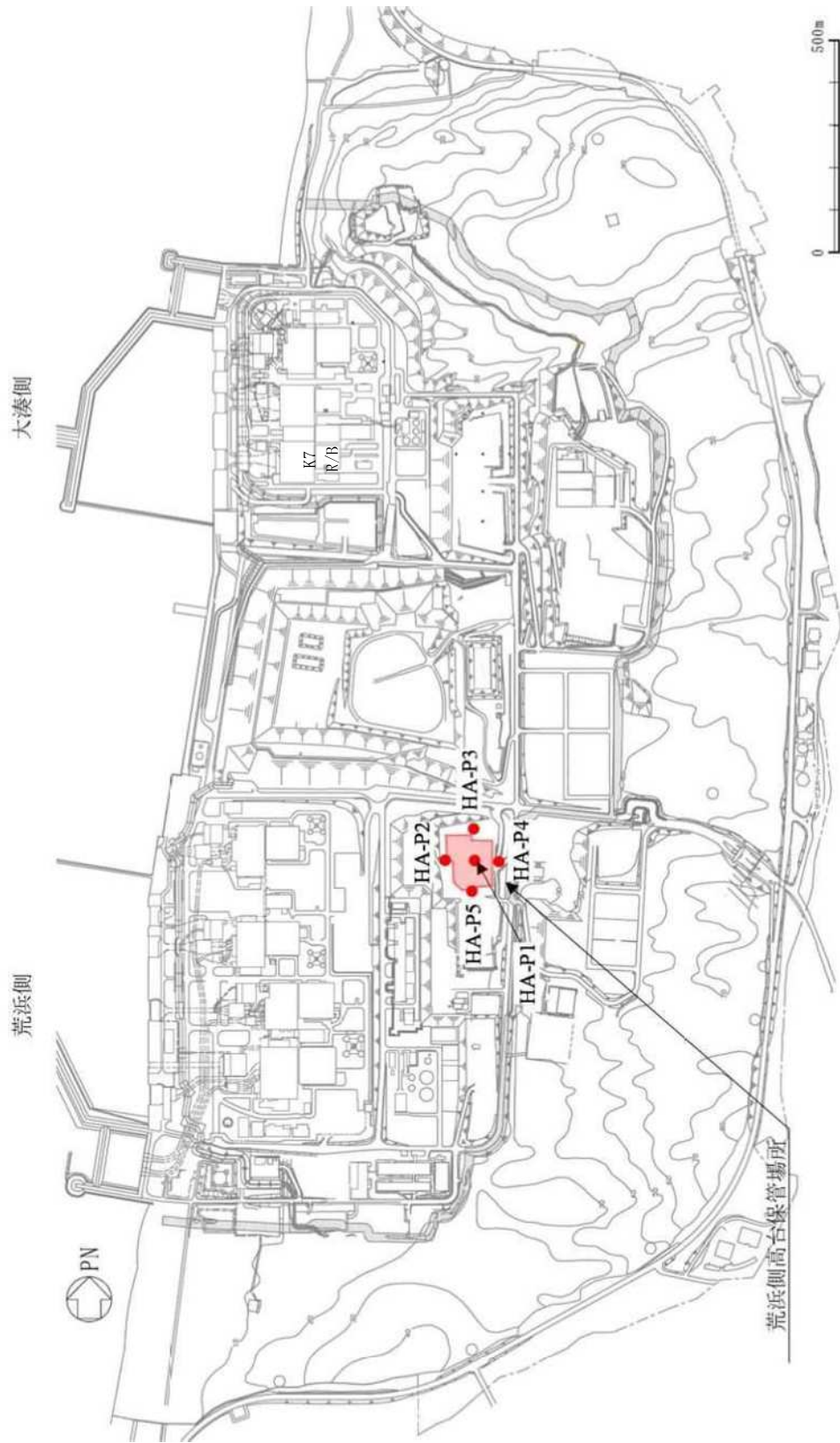


図 2-1 荒浜側高台保管場所のボーリング調査位置図

(参考) 1-3

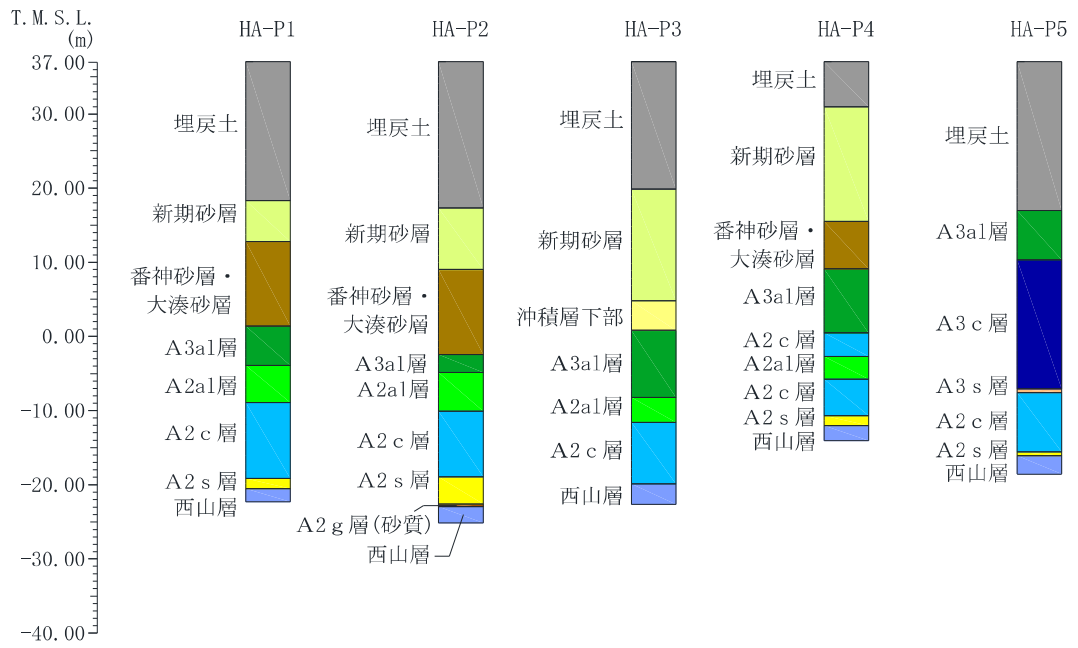


図 2-2 荒浜側高台保管場所の地層構成

4. 荒浜側高台保管場所の解析用物性値一覧

荒浜側高台保管場所の有効応力解析に用いる解析用物性値を表 4-1 に、設定根拠を表 4-2 に示す。

表 4-1 (1) 解析用物性値 (液状化検討対象層)
(荒浜側高台保管場所)

物性値		地質区分	新期砂層・沖積層		番沖砂層 大浜砂層	古安田層		
			新期砂層	沖積層下部		A2s層	A3s層	A2g層 (砂質)
物理特性	密度 ρ (g/cm ³)		2.02 (1.93)*	2.01	1.90	1.92	1.92	1.92
	間隙率 n		0.41	0.43	0.48	0.45	0.45	0.45
変形特性	動せん断弾性係数 G_{90} (kN/m ²)		2.03×10^5 (1.94×10^5)*	3.30×10^5	3.09×10^5	2.43×10^5	2.43×10^5	2.43×10^5
	基準平均有効拘束圧 σ_{vm}' (kN/m ²)		280	470	410	570	570	570
	ポアソン比 ν		0.33 (0.35)*	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33
	減衰定数の上限値 h_{max}		0.318	0.358	0.084	0.300	0.300	0.300
強度特性	粘着力 c' (kN/m ²)		0.0 (41.5)*	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	内部摩擦角 ϕ' (°)		37.0 (34.8)*	36.5	33.6	36.7	36.7	36.7
液状化特性	変相角 ϕ_p (°)		35.4	32.9	30.2	33.1	33.1	33.1
	液状化パラメータ	S_1	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
		w_1	7.50	8.80	7.95	43.0	43.0	43.0
		p_1	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
		p_2	0.70	0.65	0.70	0.80	0.80	0.80
		c_1	2.16	2.32	1.73	12.0	12.0	12.0

注記*：括弧内の数字は、地下水位以浅の数値を表す。

表 4-1 (2) 解析用物性値 (非液状化検討対象層)
(荒浜側高台保管場所)

物性値		地質区分	埋戻土	古安田層				西山層	
				A3c層	A3a1層	A2c層	A2a1層	西山層 (T.M.S.L. -56.57m以浅)	西山層 (T.M.S.L. -56.57m ~-142.57m)
物理特性	密度 ρ (g/cm ³)		1.85	1.65	1.87	1.77	1.77	1.61	1.63
	間隙率 n		0.48	0.60	0.48	0.54	0.54	0.59	0.59
変形特性	動せん断弾性係数 G_{90} (kN/m ²)		7.97×10^4	8.58×10^4	1.99×10^5	1.55×10^5	1.56×10^5	3.26×10^5	5.11×10^5
	基準平均有効拘束圧 σ_{vm}' (kN/m ²)		140	360	450	500	480	98.0	98.0
	ポアソン比 ν		0.43	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33
	減衰定数の上限値 h_{max}		0.161	0.097	0.185	0.125	0.270	0.281	0.281
強度特性	粘着力 c' (kN/m ²)		15.2	261	57.7	466	44.9	830-5.60・Z*	830-5.60・Z*
	内部摩擦角 ϕ' (°)		29.8	9.8	32.2	1.6	20.7	0.0	0.0

注記*：Zは、T.M.S.L. (m)を示す。

表 4-2 (1) 解析用物性値の設定根拠 (液状化検討対象層)
(荒浜側高台保管場所)

物性値		地質区分		新期砂層・沖積層		垂伸砂層 大湊砂層	古安田層							
		新期砂層	沖積層下部	新期砂層	沖積層下部		A2s層	A3s層	A2s層 (砂質)					
物理特性	密度 ρ (g/cm ³)	物理試験				物理試験	物理試験	A2s層で代用						
	間隙率 n	物理試験				物理試験	物理試験							
変形特性	動せん断弾性係数 G_{an} (kN/m ²)	PS検層によるS波速度、密度に基づき設定				PS検層によるS波速度、密度に基づき設定	PS検層によるS波速度、密度に基づき設定							
	基準平均有効拘束圧 σ_{vm}' (kN/m ²)	G_{an} に対応する値				G_{an} に対応する値	G_{an} に対応する値							
	ポアソン比 ν	慣用値*1 (PS検層)*2		慣用値*1		慣用値*1	慣用値*1							
	減衰定数の上限値 h_{max}	動的変形特性に基づき設定				動的変形特性に基づき設定	動的変形特性に基づき設定							
強度特性	粘着力 c' (kN/m ²)	三軸圧縮試験				三軸圧縮試験	三軸圧縮試験							
	内部摩擦角 ϕ' (°)													
液状化特性	液状化パラメータ	ϕ_p (°)	S_1	液状化強度試験結果に基づく要素シミュレーション (試験結果はV-2-I-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に記載の新期砂層より代用)	w_1	液状化強度試験結果に基づく要素シミュレーション (試験結果はV-2-I-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に記載の沖積層下部より代用)	p_1				液状化強度試験結果に基づく要素シミュレーション (試験結果はV-2-I-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に記載の新期砂層より代用)	p_2	液状化強度試験結果に基づく要素シミュレーション (試験結果はV-2-I-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に記載のA2s層より代用)	c_1

注記*1: 液状化による構造物被害予測プログラムFLIPにおいて必要な各種パラメータの簡易設定法 (港湾技研資料No. 869)
(運輸省港湾技術研究所, 平成9年6月)
*2: 括弧内は, 地下水位が浅い根拠を表す。

表 4-2 (2) 解析用物性値の設定根拠 (非液状化検討対象層)
(荒浜側高台保管場所)

物性値		地質区分		古安田層				西山層	
		埋戻土		A3c層	A3a1層	A2c層	A2a1層	西山層 (T.M.S.L.=56.57m以下)	西山層 (T.M.S.L.=56.57m ~142.57m)
物理特性	密度 ρ (g/cm ³)	物理試験		物理試験				物理試験	
	間隙率 n	物理試験		物理試験				物理試験	
変形特性	動せん断弾性係数 G_{an} (kN/m ²)	PS検層によるS波速度、密度に基づき設定		PS検層によるS波速度、密度に基づき設定				PS検層によるS波速度、密度に基づき設定	
	基準平均有効拘束圧 σ_{vm}' (kN/m ²)	G_{an} に対応する値		G_{an} に対応する値				慣用値*	
	ポアソン比 ν	PS検層		慣用値*				慣用値*	
	減衰定数の上限値 h_{max}	動的変形特性に基づき設定		動的変形特性に基づき設定				動的変形特性に基づき設定	
強度特性	粘着力 c' (kN/m ²)	三軸圧縮試験		三軸圧縮試験				三軸圧縮試験	
	内部摩擦角 ϕ' (°)			三軸圧縮試験				三軸圧縮試験	

注記*: 液状化による構造物被害予測プログラムFLIPにおいて必要な各種パラメータの簡易設定法 (港湾技研資料No. 869)
(運輸省港湾技術研究所, 平成9年6月)

5. 荒浜側高台保管場所の解析用物性値の設定及び代用の妥当性検討

5.1 基本方針

荒浜側高台保管場所の解析用物性値の設定及び代用の妥当性を検討する。

有効応力解析に用いる解析用物性値の設定にあたり、道路橋示方書（V耐震設計編）・同解説（（社）日本道路協会，H24.3）（以下，「道路橋示方書V」という）に基づき，液状化検討対象層を抽出する。また，保守的な配慮として，道路橋示方書Vでは液状化の判定を行う必要のある土層に該当しないとされている地表面から20m以深及び洪積層に該当する地質区分についても，液状化検討対象層の抽出を行う。これにより抽出した液状化検討対象層及び非液状化検討対象層について，地質調査及び室内試験を実施し，有効応力解析に必要な物性値を設定する。

有効応力解析に用いる解析用物性値は，原位置における調査結果に基づき設定することを基本とするが，分布範囲が狭いまたは層厚が薄い地層については，同等若しくは保守的な他の地層の試験結果により解析用物性値を代用する。また，液状化検討対象層の液状化特性については，代用の妥当性を確認した上で，V-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」で示した大湊側敷地の液状化強度試験の結果より，目標とする回帰曲線を設定し，液状化パラメータを設定する。

解析用物性値の検討フローを図5-1に示す。

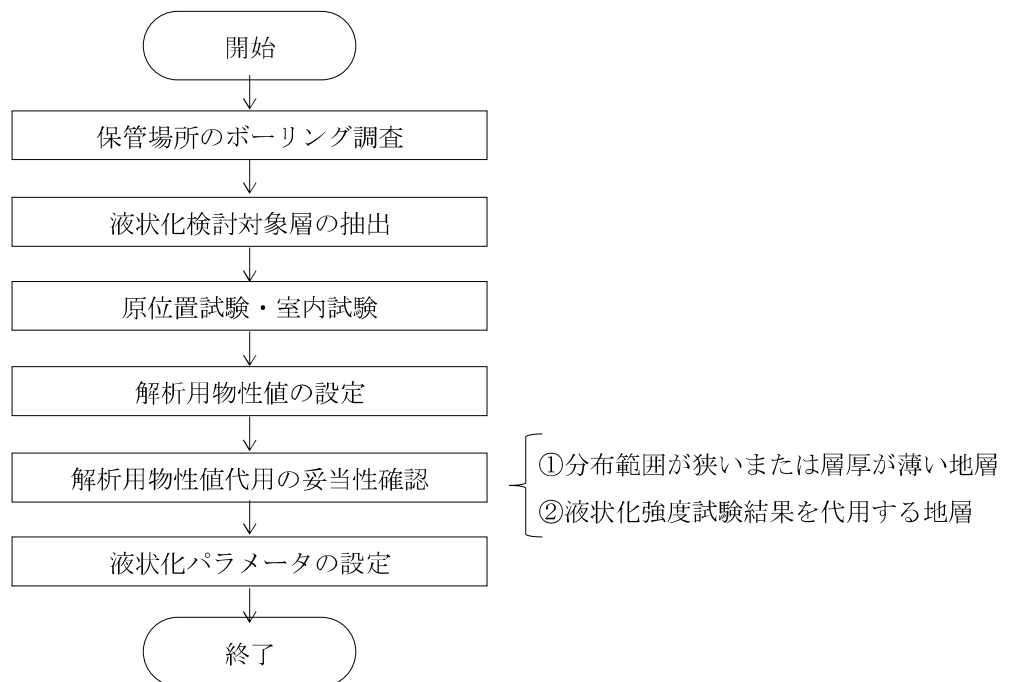


図 5-1 解析用物性値の検討フロー

5.2 液状化検討対象層の抽出

荒浜側高台保管場所の液状化検討対象層は、V-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」と同様に道路橋示方書Vの液状化判定フローに基づき保守的な評価を観点から設定する。

5.2.1 液状化検討対象層の抽出方針

道路橋示方書Vでは、図 5-2 に示すように、液状化の判定を行う必要がある土層（＝液状化検討対象層）を、「沖積層*」であり、1)～3)の条件全てに該当する土層と定めている。図 5-3 に道路橋示方書Vにおける液状化判定の評価フローを示す。

なお、道路橋示方書Vの条件は指針類（鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計編（平成 24 年 9 月）、港湾の施設の技術上の基準・同解説（平成 19 年））でほぼ共通している。

柏崎刈羽原子力発電所の液状化検討対象層の抽出では、道路橋示方書Vに基づき液状化検討対象層を抽出することを基本とする。

また、道路橋示方書Vにおける洪積層*の扱いは、図 5-4 に示すとおり、液状化の判定を行う土層に該当しないとされているが、基準地震動の規模の大きさを鑑み、本評価では念のために洪積層の砂層及び砂礫層についても、液状化検討対象層として抽出し、保守的な耐震評価を行う。加えて、道路橋示方書Vでは検討対象外とされている地表面から 20m 以深の土層についても、液状化検討対象層の抽出対象とする。

注記*：本資料では、道路橋示方書Vで用いられている『沖積層』及び『洪積層』という用語を使用する。なお、道路橋示方書Vでは、沖積層については、「第四紀のうち新しい地質時代（完新世）における堆積物及び埋立土による土層に概ね対応すると考えてよい」とされており、洪積層については、「第四紀のうち古い地質時代（更新世）における堆積物による土層に概ね対応すると考えてよい」とされている。

<p>沖積層の土層で次の3つの条件全てに該当する場合においては、地震時に橋に影響を与える液状化が生じる可能性があるため、(2)の規定によって液状化の判定を行わなければならない。</p> <ol style="list-style-type: none">1) 地下水位が地表面から10m以内にあり、かつ、地表面から20m以内の深さに存在する飽和土層2) 細粒分含有率FCが35%以下の土層、又は、FCが35%を超えても塑性指数I_pが15以下の土層3) 50%粒径D_{50}が10mm以下で、かつ、10%粒径D_{10}が1mm以下である土層

図 5-2 道路橋示方書Vにおける液状化の判定を行う必要がある土層
(引用：(社)日本道路協会，道路橋示方書（V耐震設計編）・同解説，H24.3（抜粋）)

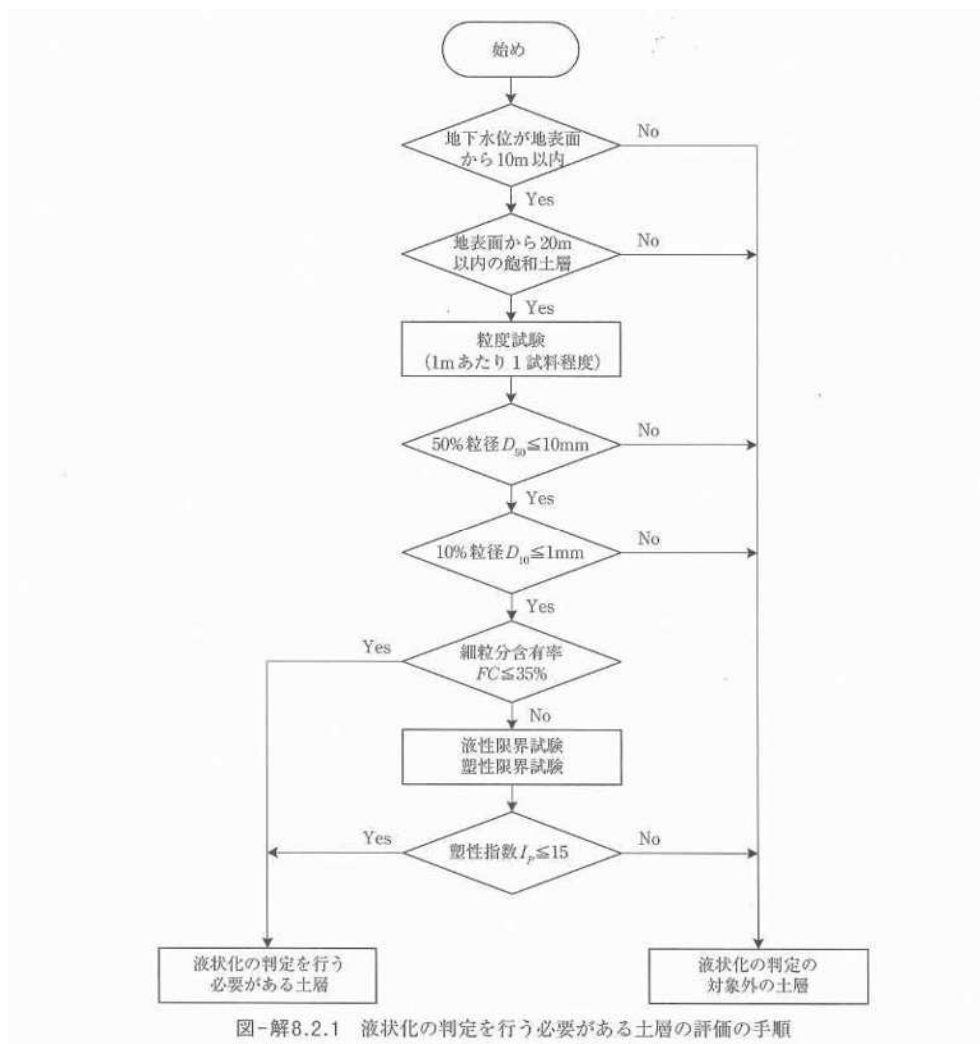


図 5-3 道路橋示方書Vに基づく液状化判定フロー

(引用：(社)日本道路協会，道路橋示方書（V耐震設計編）・同解説，H24.3（抜粋）)

洪積層は、東北地方太平洋沖地震や兵庫県南部地震を含む既往の地震において液状化したという事例は確認されていない。洪積層は一般に N 値が高く、また、続成作用により液状化に対する抵抗が高いため、一般には液状化の可能性は低い。このため、原則として洪積層は液状化の判定の対象とする必要はない。なお、ここでいう洪積層とは、第四紀のうち古い地質時代（更新世）における堆積物による土層に概ね対応すると考えてよい。

図 5-4 道路橋示方書Vにおける洪積層に関する記述

(引用：(社)日本道路協会，道路橋示方書（V耐震設計編）・同解説，H24.3（抜粋）)

5.2.2 液状化検討対象層の抽出結果

図 5-5 に液状化検討対象層の抽出フローを示す。

まず、道路橋示方書Vの液状化判定フローに基づき、沖積層における液状化検討対象層を抽出した[STEP①]。続いて、保守的な耐震評価を行う観点から洪積層（古安田層）の砂層及び砂礫層についても、液状化検討対象層として抽出した[STEP②]。

この結果、敷地における液状化検討対象層は、沖積層では「新期砂層」及び「沖積層下部」が抽出され、洪積層では「番神砂層・大湊砂層」，「A3s層」，「A2s層」及び「A2g層（砂質）」が抽出された。表 5-1 に荒浜側高台保管場所における液状化検討対象層の抽出結果を示す。

表 5-1 荒浜側高台保管場所における液状化検討対象層の抽出結果

地層区分	層相	道路橋示方書における 液状化検討対象層	当社における 液状化検討対象層	備考
埋戻土	—	—	—	地下水位以浅に分布する。
・新 沖期 砂層	新期砂層	●	●	
	沖積層下部	●	●	
番神砂層・大湊砂層		—	→ ○	洪積層であるが検討対象とする。
古 安田層 (洪積層)	A3c層	—	—	
	A3al層	—	—	
	A3s層	—	→ ○	洪積層であり、深度20m以深に分布するが検討対象とする。
	A2c層	—	—	
	A2al層	—	—	
	A2s層	—	→ ○	洪積層であり、深度20m以深に分布するが検討対象とする。
A2g層(砂質)		—	→ ○	洪積層であり、深度20m以深に分布するが検討対象とする。

凡例

- : 道路橋示方書の判定により、検討対象に該当するもの
- : 道路橋示方書では検討対象外と判定されるが、保守的な配慮として検討対象に加えるもの
- : 道路橋示方書の判定により、検討対象外となるもの
- : 液状化検討対象層に該当する地層

5.3 有効応力解析に用いる物性値の設定

5.3.1 物性値の設定方針

液状化検討対象層及び非液状化検討対象層の物理特性、動的変形特性及び液状化特性については、地層ごとに有効応力解析に必要な物性値を設定する。

なお、これらの物性値は、J I S（日本工業規格）又はJ G S（地盤工学会）の規格・基準に基づいた試験結果に基づき設定する。

表 5-2 に有効応力解析に用いる物性値とその試験方法を示す。

分布範囲が狭いまたは層厚が薄い地層については、代用の妥当性を確認した上で、適切な地質区分の荒浜側保管場所における解析用物性値を代用する。また、液状化特性については、V-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」で示した大湊側敷地の液状化強度試験の結果より、代用の妥当性を確認した上で目標とする回帰曲線を代用し、液状化パラメータを設定する。有効応力解析に用いる物性値を代用する地質区分を表 5-3 にまとめる。なお、代用することが妥当であると判断した地質区分については、ばらつきの評価も含めて代用する。

表 5-2 有効応力解析に用いる物性値とその試験方法

	試験により設定する物性値		試験方法	
	名称	記号	基準・規格名	規格・基準番号
物理特性	密度	ρ	土粒子の密度試験方法 土の湿潤密度試験方法	J I S A 1202 J I S A 1225
	間隙率	n	土粒子の密度，土の乾燥密度に基づき設定	J I S A 1202 J I S A 1225
動的変形特性	動せん断弾性係数	G_{ma}	地盤の弾性波速度検層方法 PS 検層の S 波速度，密度より算出	J G S 1122 (PS 検層)
	粘着力	c'	土の圧密非排水 (\bar{C}_U) 三軸圧縮試験方法	J G S 0523
	内部摩擦角	ϕ'		
最大減衰定数	h_{max}	地盤材料の変形特性を求めるための繰返し三軸試験方法	J G S 0542	
液状化特性	液状化抵抗曲線 (液状化パラメータ)	—	土の変形特性を求めるための中空円筒供試体による繰返しねじりせん断試験方法，及び土の繰返し非排水三軸試験方法を参考に設定	J G S 0543 J G S 0541

表 5-3 有効応力解析に用いる物性値を代用する地層の整理

地質区分 (荒浜側高台保管場所)	物理特性・変形特性	液状化強度特性
埋戻土	代用なし	(地下水以浅)
新期砂層		大湊側敷地の新期砂層 液状化試験結果*を代用
沖積層下部		大湊側敷地の沖積層下部 液状化試験結果*を代用
番神・大湊砂層		大湊側敷地の新期砂層 液状化試験結果*を代用
A3c 層		(非液状化検討対象層)
A3a1 層		(非液状化検討対象層)
A3s 層		A2s 層の解析用物性値を代用
A2c 層	代用なし	(非液状化検討対象層)
A2a1 層		(非液状化検討対象層)
A2s 層		大湊側敷地の A2s 層 液状化試験結果*を代用
A2g(砂質)層		A2s 層の解析用物性値を代用

* : V-2-1-3 「地盤の支持性能に係る基本方針」

5.3.2 現位置試験及び室内試験結果

荒浜側高台保管場所における現位置試験及び室内試験結果を示す。

(1) 物理特性

荒浜側高台保管場所の物理試験結果を表 5-4 に示す。

地下水位以浅の地層の密度は、湿潤密度より設定した。地下水位以深の地層の密度は、土粒子の密度及び間隙比に基づき算出した飽和密度より設定した。

表 5-4 物理試験結果

地質区分	土粒子の密度 ρ_s			湿潤密度 ρ_t			間隙比 e			飽和密度* ρ_{sat} (g/cm^3)
	平均値 (g/cm^3)	標準偏差 (g/cm^3)	数量	平均値 (g/cm^3)	標準偏差 (g/cm^3)	数量	平均値	標準偏差	数量	
埋戻土	2.677	0.046	80	1.86	0.07	21	0.924	0.133	21	1.87
・新 沖積砂 層層	2.740	0.036	45	1.93	0.06	9	0.707	0.125	9	2.02
	2.766	0.029	4	1.95	0.05	9	0.743	0.116	9	2.01
番神砂層・入湊砂層	2.717	0.028	28	1.82	0.09	9	0.905	0.160	9	1.90
古 安 田 層	2.643	0.034	18	1.67	0.01	5	1.530	0.032	5	1.65
	2.686	0.066	38	1.86	0.03	5	0.932	0.058	5	1.87
	2.652	0.048	43	1.79	0.09	6	1.156	0.264	6	1.77
	2.666	0.023	17	1.79	0.03	5	1.164	0.093	5	1.77
	2.660	0.035	12	1.84	0.08	9	0.806	0.181	9	1.92

注記* : 飽和密度は、土粒子の密度と間隙比の平均値より算出した。

(2) 動的変形特性

a. 初期せん断弾性係数

荒浜側高台保管場所における地盤の初期動せん断弾性係数は、表 5-5 に示すように PS 検層及び物理試験に基づき設定した。

表 5-5 初期動せん断弾性係数

地質区分		P波速度 V_p		S波速度 V_s		初期動せん断弾性係数 G_0 (kN/m^2)	測定数
		平均値 (m/s)	標準偏差 (m/s)	平均値 (m/s)	標準偏差 (m/s)		
埋戻土		590	104	207	37	7.97×10^4	54
・新 沖積砂層	新期砂層(地下水位以浅)	660	77	317	35	1.94×10^5	35
	新期砂層(地下水位以深)	1500	—			2.03×10^5	1
	沖積層下部	1609	20	405	26	3.30×10^5	3
番神砂層・大湊砂層		1704	78	403	50	3.09×10^5	17
古 安田層	A3c層	1512	9	228	10	8.58×10^4	15
	A3a1層	1626	66	326	54	1.99×10^5	21
	A2c層	1570	44	296	35	1.55×10^5	38
	A2a1層	1593	35	297	30	1.56×10^5	12
	A2s層	1623	67	356	43	2.43×10^5	3

b. ポアソン比

荒浜側高台保管場所における地下水位以浅の地層のポアソン比は、表 5-6 に示すように PS 検層による S 波速度及び P 波速度の平均値に基づき設定した。

表 5-6 地下水位以浅の地層のポアソン比

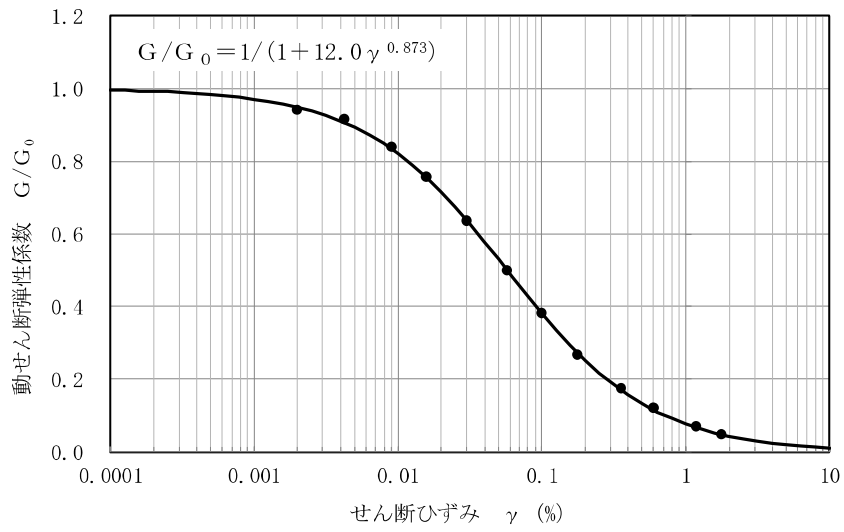
地質区分	P波速度 V_p		S波速度 V_s		ポアソン比* ν	測定数
	平均値 (m/s)	標準偏差 (m/s)	平均値 (m/s)	標準偏差 (m/s)		
埋戻土	590	104	207	37	0.43	54
新期砂層(地下水位以浅)	660	77	317	35	0.35	35

注記 * : ポアソン比は、P波速度とS波速度の平均値より算出した。

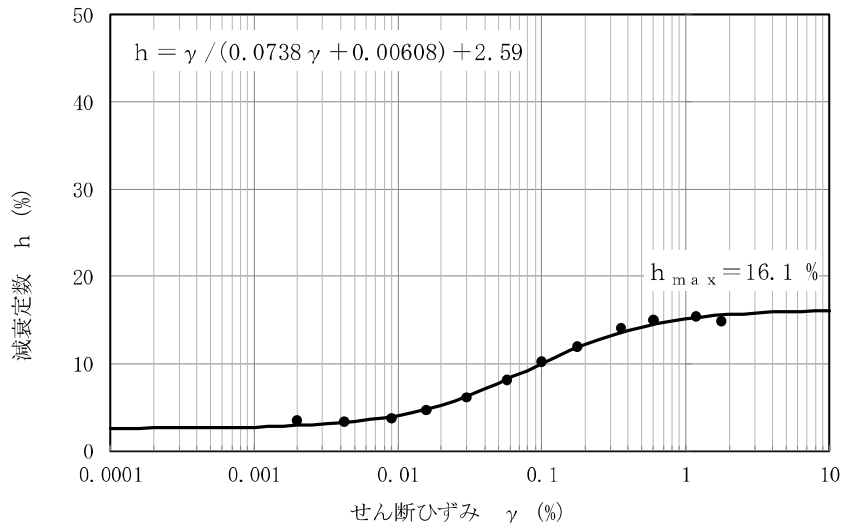
c. 最大減衰定数

地盤の最大減衰定数は、動的変形試験に基づき設定した。

荒浜側高台保管場所における各地層の動せん断弾性係数及び減衰定数のひずみ依存特性を図 5-6～図 5-14 に示す。

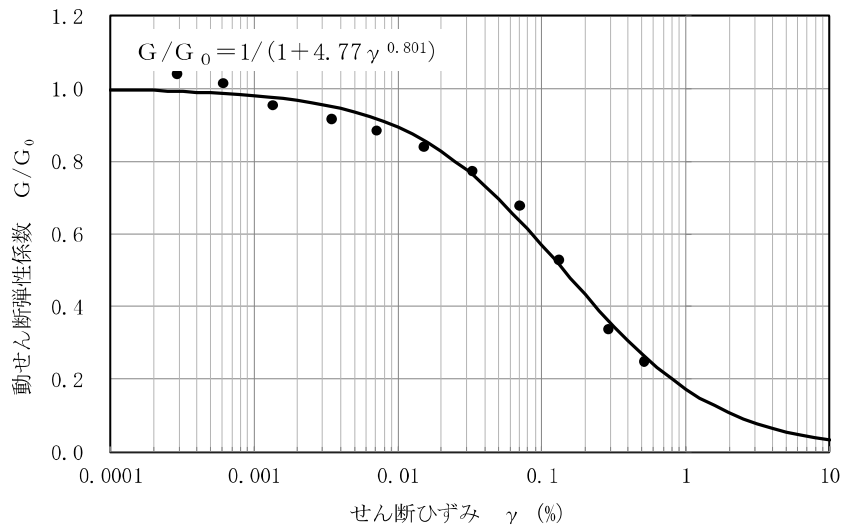


(a) 動せん断弾性係数のひずみ依存特性

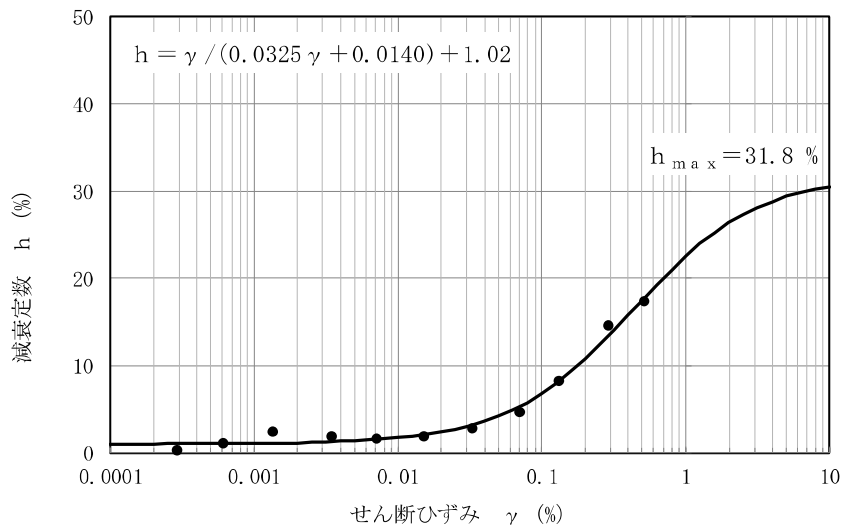


(b) 減衰定数のひずみ依存特性

図 5-6 埋戻土の動せん断弾性係数及び減衰定数のひずみ依存特性

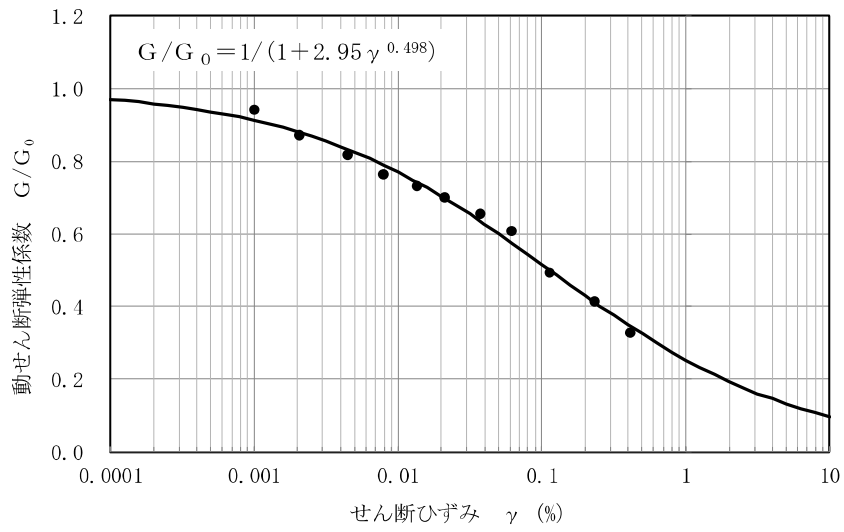


(a) 動せん断弾性係数のひずみ依存特性

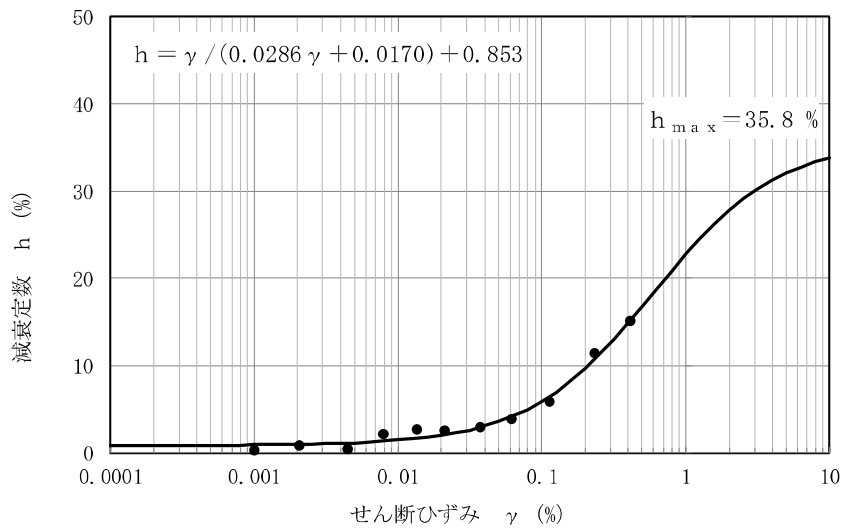


(b) 減衰定数のひずみ依存特性

図 5-7 新期砂層の動せん断弾性係数及び減衰定数のひずみ依存特性

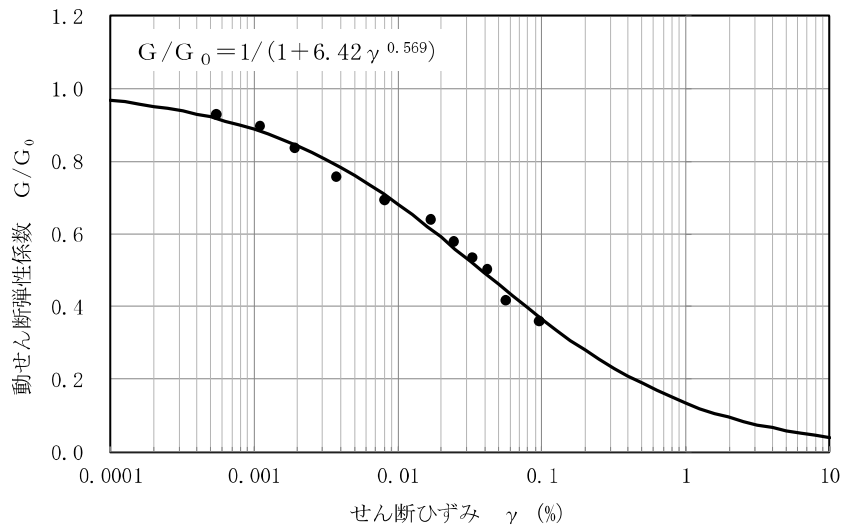


(a) 動せん断弾性係数のひずみ依存特性

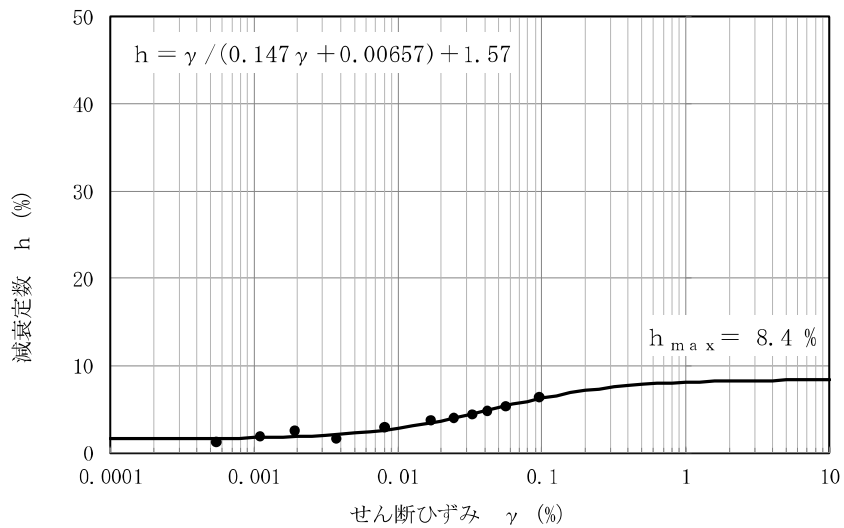


(b) 減衰定数のひずみ依存特性

図 5-8 沖積層下部の動せん断弾性係数及び減衰定数のひずみ依存特性

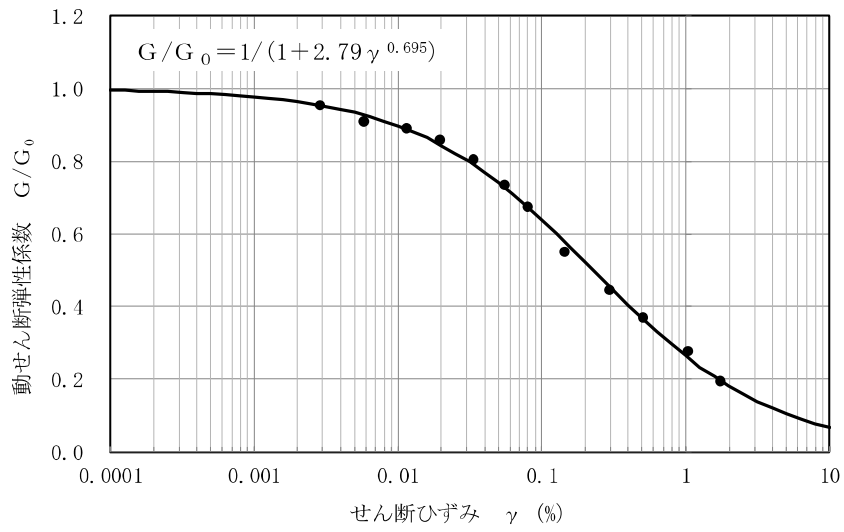


(a) 動せん断弾性係数のひずみ依存特性

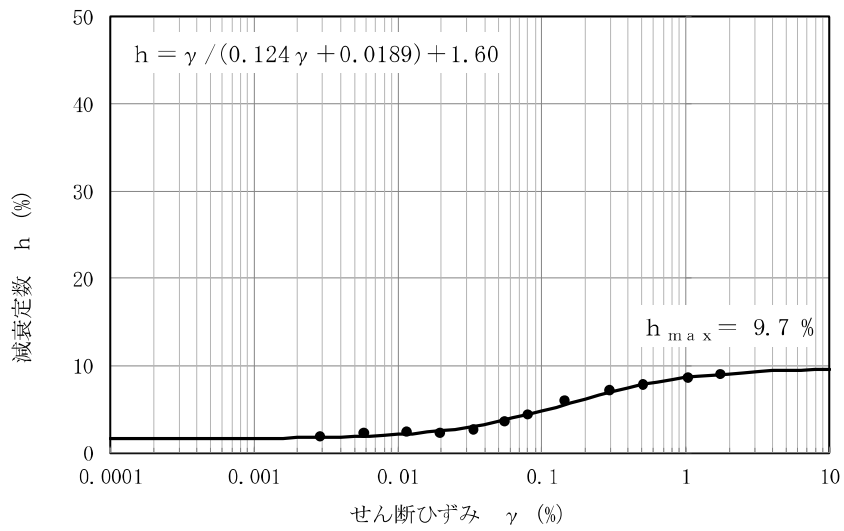


(b) 減衰定数のひずみ依存特性

図 5-9 番神砂層・大湊砂層の動せん断弾性係数及び減衰定数のひずみ依存特性

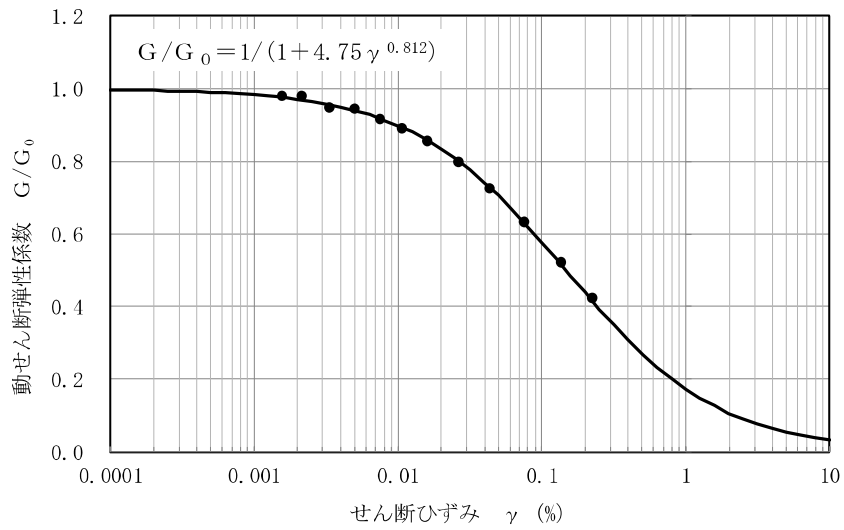


(a) 動せん断弾性係数のひずみ依存特性

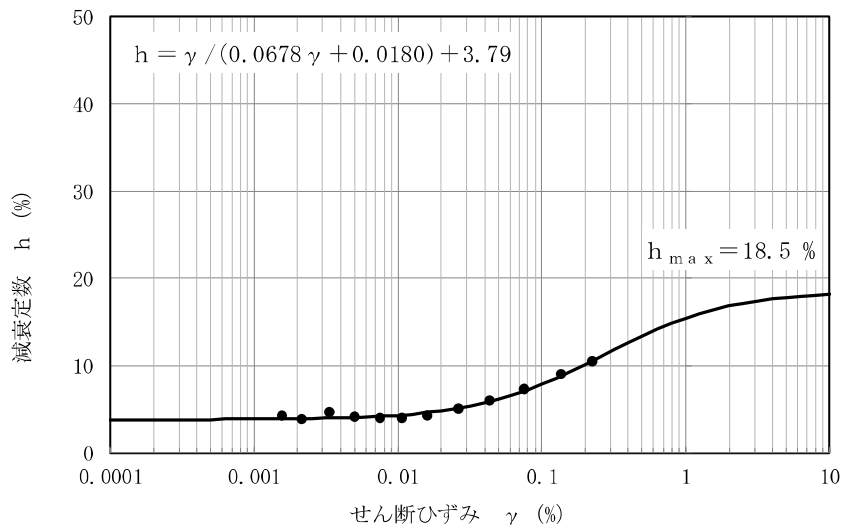


(b) 減衰定数のひずみ依存特性

図 5-10 A3c 層の動せん断弾性係数及び減衰定数のひずみ依存特性

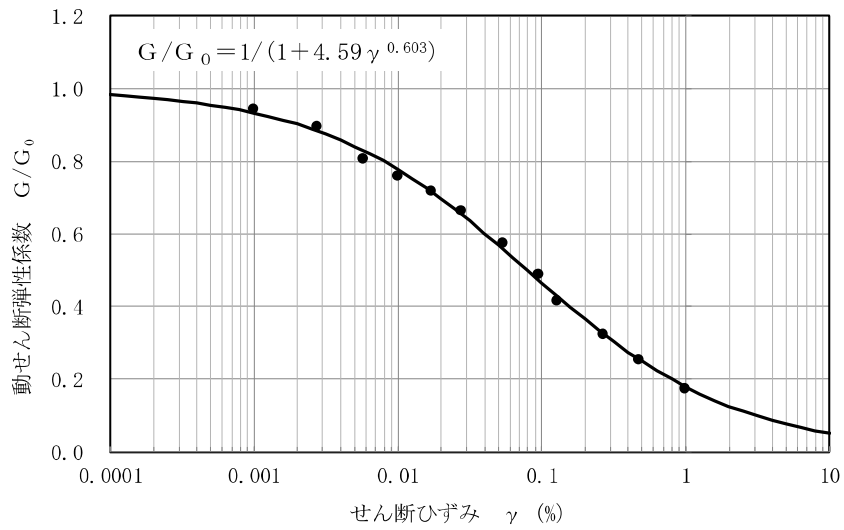


(a) 動せん断弾性係数のひずみ依存特性

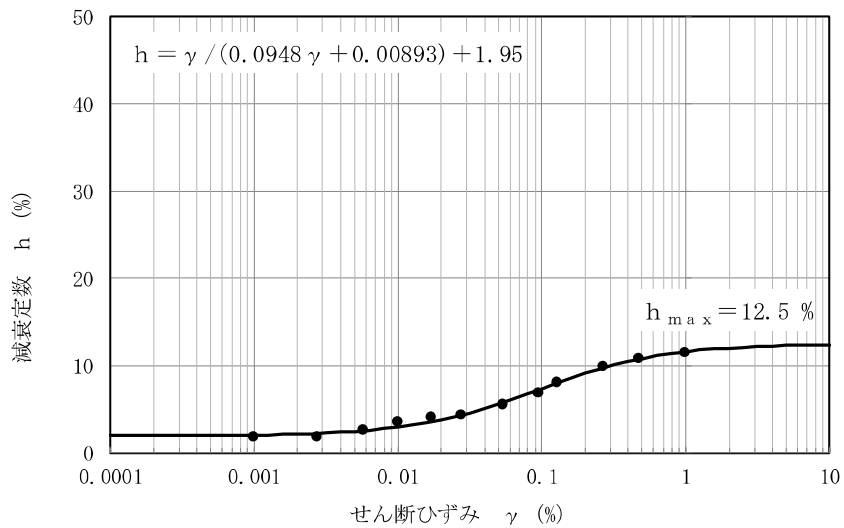


(b) 減衰定数のひずみ依存特性

図 5-11 A3a1 層の動せん断弾性係数及び減衰定数のひずみ依存特性

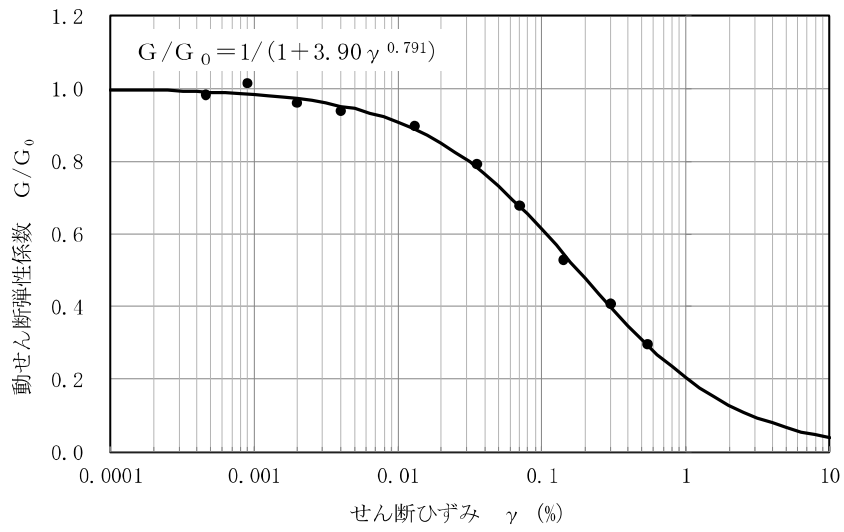


(a) 動せん断弾性係数のひずみ依存特性

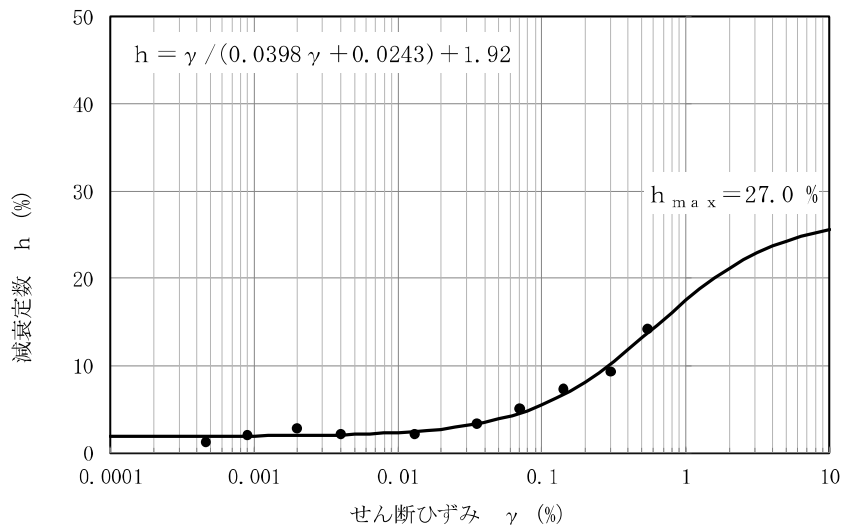


(b) 減衰定数のひずみ依存特性

図 5-12 A2c 層の動せん断弾性係数及び減衰定数のひずみ依存特性

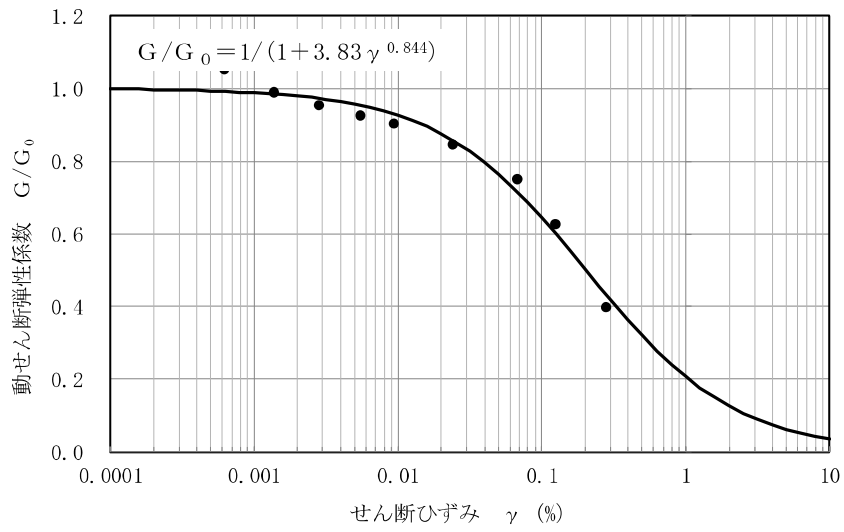


(a) 動せん断弾性係数のひずみ依存特性

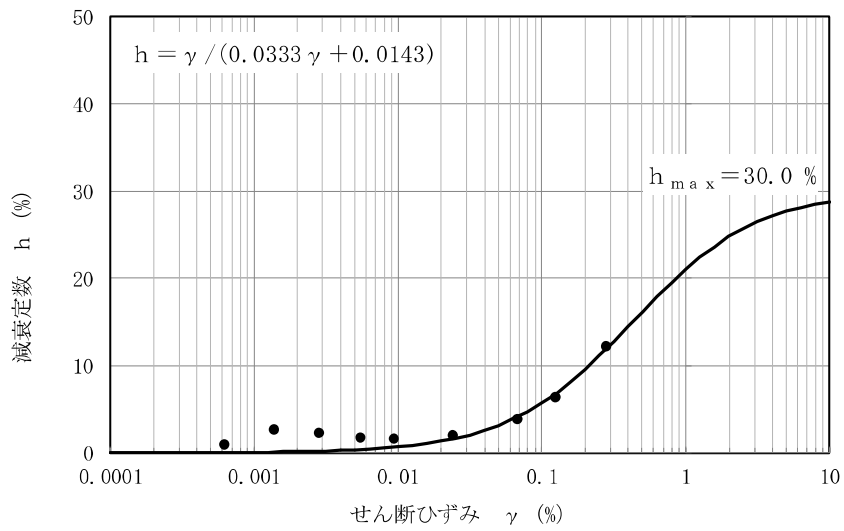


(b) 減衰定数のひずみ依存特性

図 5-13 A2a1 層の動せん断弾性係数及び減衰定数のひずみ依存特性



(a) 動せん断弾性係数のひずみ依存特性



(b) 減衰定数のひずみ依存特性

図 5-14 A2s 層の動せん断弾性係数及び減衰定数のひずみ依存特性

d. 強度定数

荒浜側高台保管場所における地盤の強度特性は、三軸圧縮試験（CU条件）に基づき設定した。なお、液状化検討対象層のうち地下水位以深の地層については、有効応力解析に用いる解析コードFLIPにおいては、粘着力 c' を0として、内部摩擦角 ϕ' を設定する。

荒浜側高台保管場所における各地層の三軸圧縮試験結果及び強度定数を図 5-15～図 5-23 に示す。

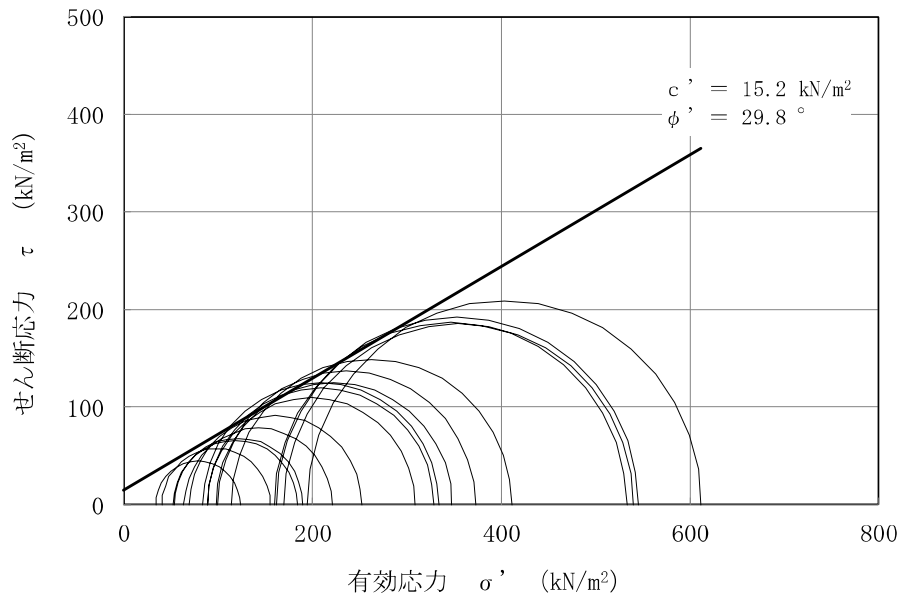


図 5-15 埋戻土の三軸圧縮試験結果及び強度定数

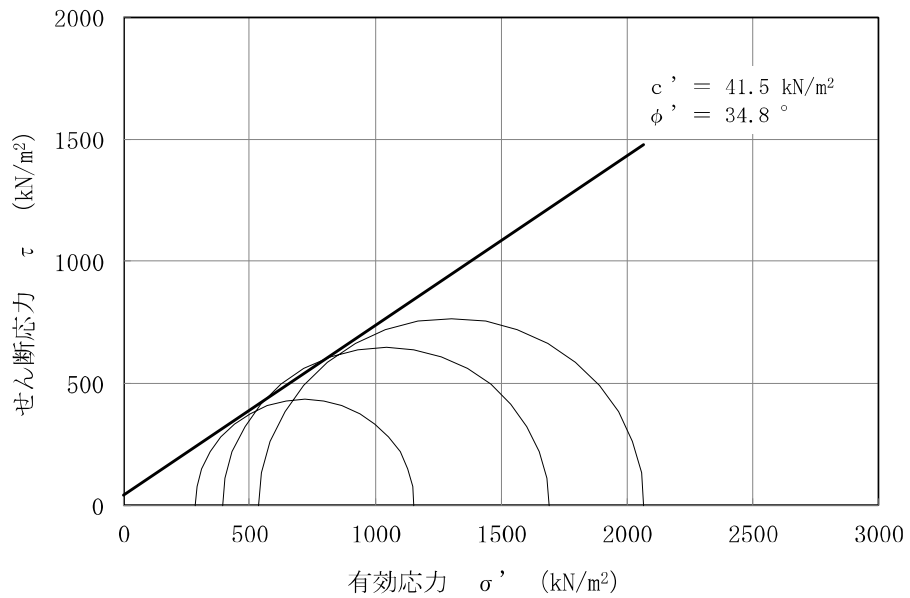


図 5-16 新期砂層の三軸圧縮試験結果及び強度定数

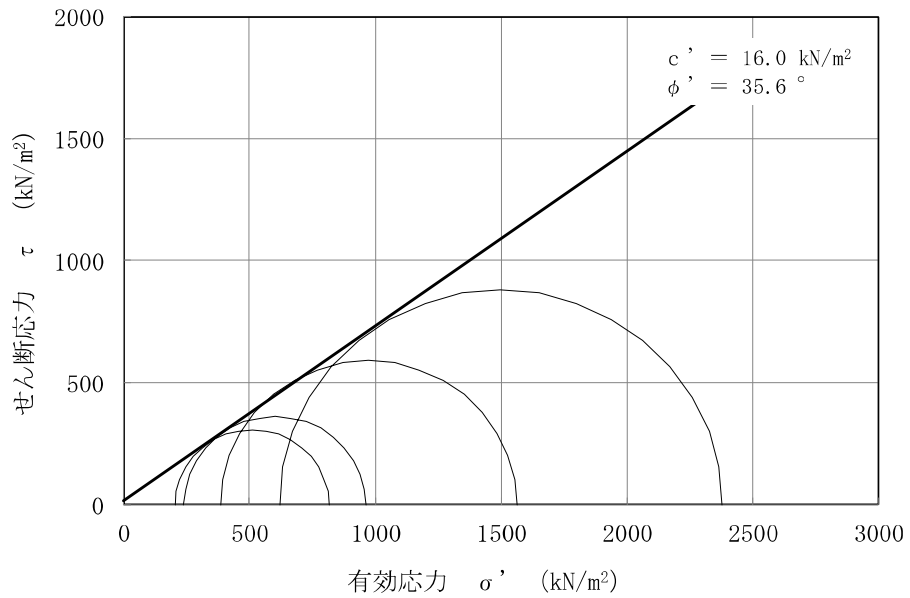


図 5-17 沖積層下部の三軸圧縮試験結果及び強度定数

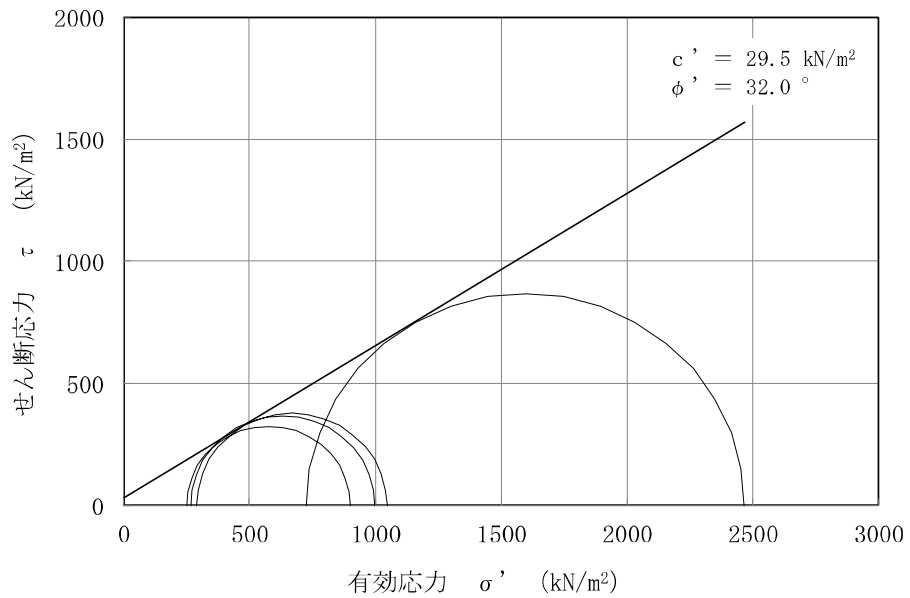


図 5-18 番神砂層・大湊砂層の三軸圧縮試験結果及び強度定数

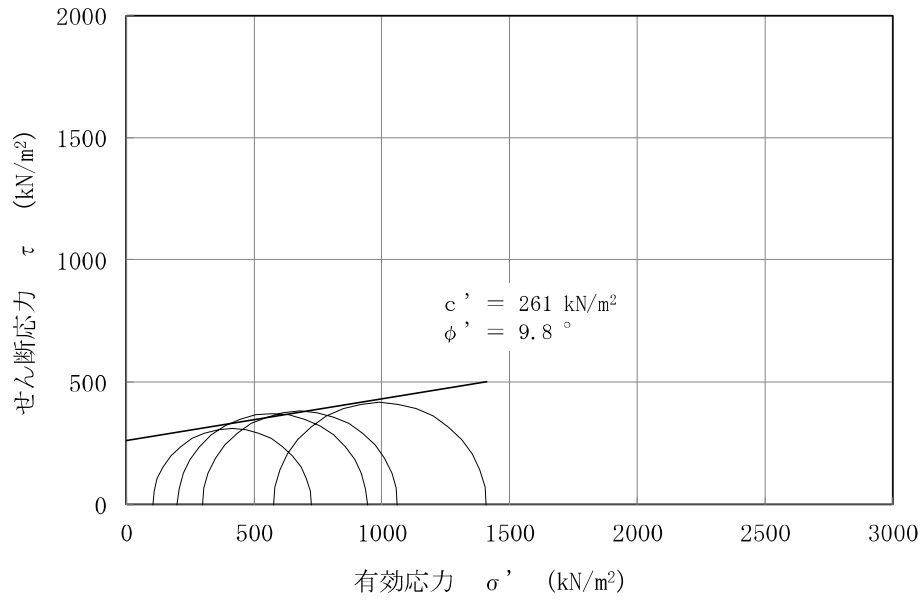


図 5-19 A3c 層の三軸圧縮試験結果及び強度定数

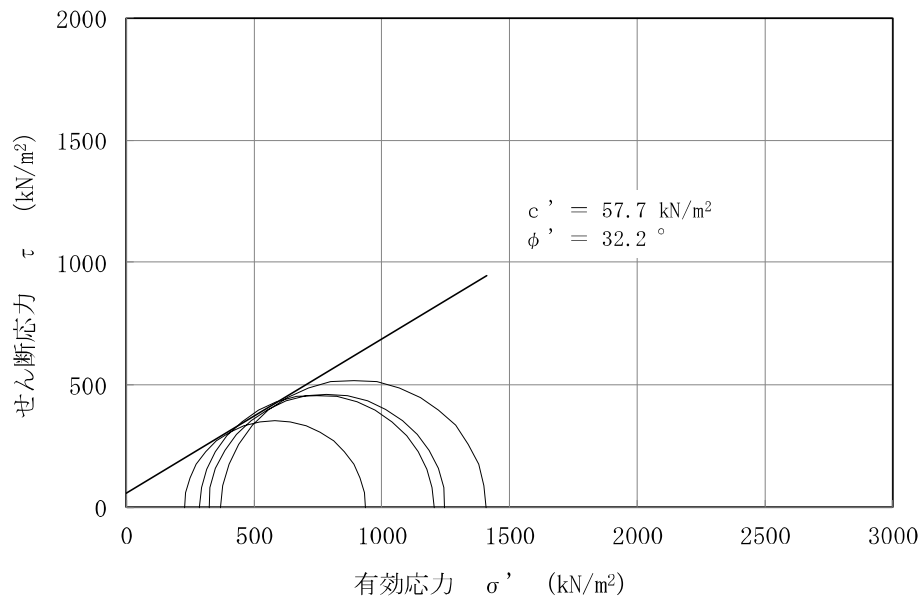


図 5-20 A3a1 層の三軸圧縮試験結果及び強度定数

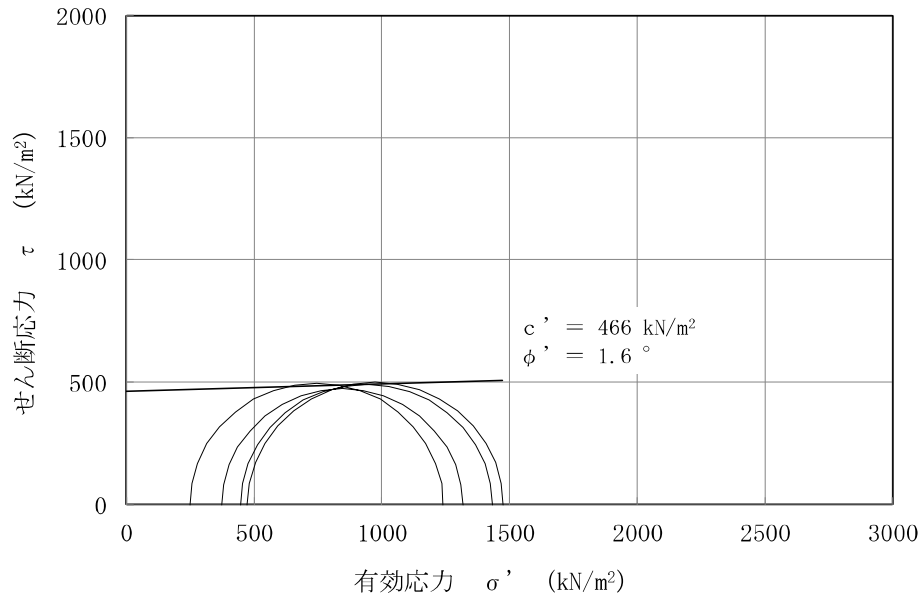


図 5-21 A2c 層の三軸圧縮試験結果及び強度定数

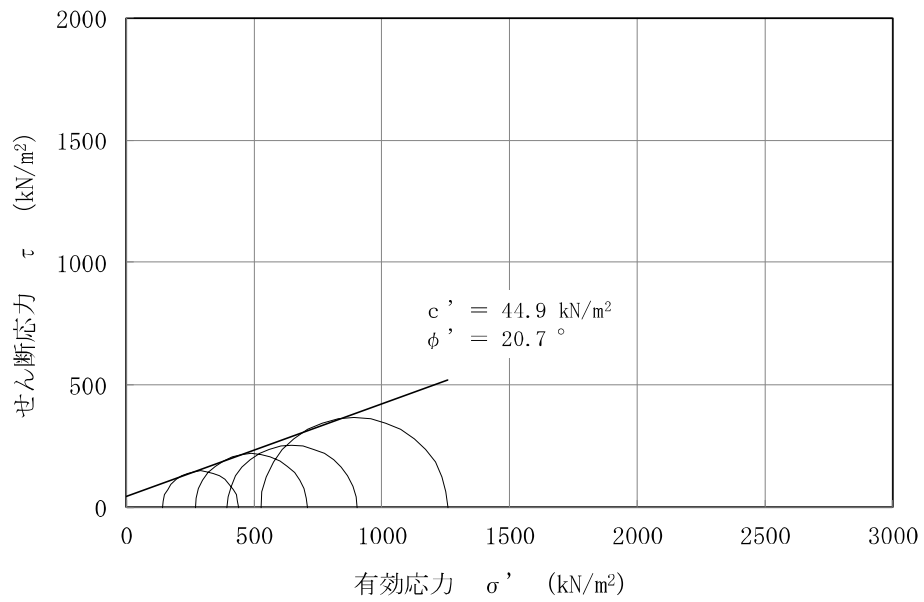


図 5-22 A2a1 層の三軸圧縮試験結果及び強度定数

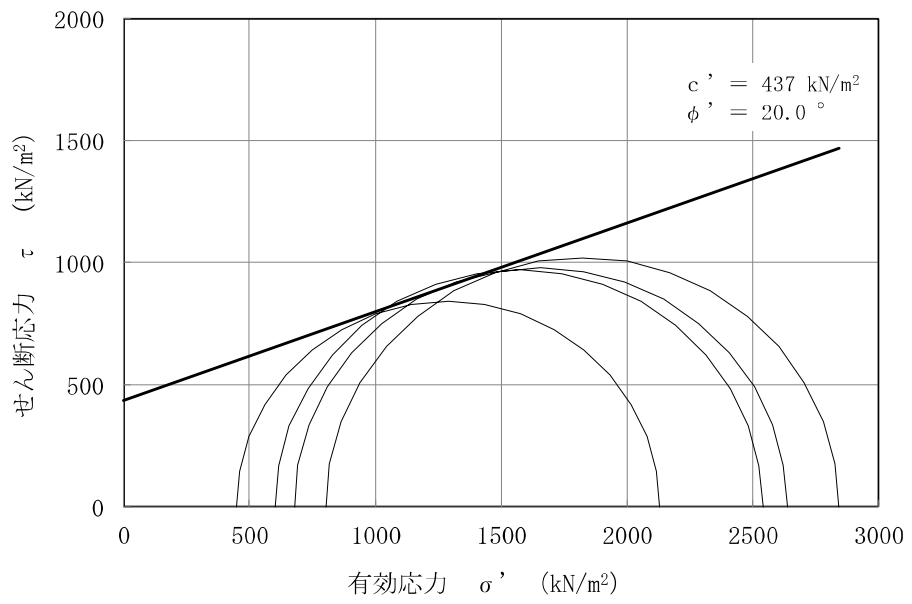


図 5-23 A2s 層の三軸圧縮試験結果及び強度定数

5.4 解析用物性値の代用の妥当性確認

有効応力解析に用いる解析用物性値のうち、物理特性及び変形特性については、荒浜側高台保管場所における調査結果に基づき設定することを基本とする。

分布範囲が狭いまたは層厚が薄い地層については、代用の妥当性を確認した上で、適切な地質区分の荒浜側保管場所における解析用物性値を代用する。また、液状化特性については、V-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」で示した大湊側敷地の液状化強度試験の結果より、代用の妥当性を確認した上で目標とする回帰曲線を代用し、液状化パラメータを設定する。有効応力解析に用いる物性値を代用する地質区分を表 5-3 にまとめる。

代用した地層について、代用の妥当性を確認する。

表 5-3 有効応力解析に用いる物性値を代用する地層の整理 (再掲)

地質区分 (荒浜側高台保管場所)	物理特性・変形特性	液状化強度特性
埋戻土	代用なし	(地下水以浅)
新期砂層		大湊側敷地の新期砂層 液状化試験結果*を代用
沖積層下部		大湊側敷地の沖積層下部 液状化試験結果*を代用
番神・大湊砂層		大湊側敷地の新期砂層 液状化試験結果*を代用
A3c 層		(非液状化検討対象層)
A3a1 層		(非液状化検討対象層)
A3s 層		A2s 層の解析用物性値を代用
A2c 層	代用なし	(非液状化検討対象層)
A2a1 層		(非液状化検討対象層)
A2s 層		大湊側敷地の A2s 層 液状化試験結果*を代用
A2g(砂質)層	A2s 層の解析用物性値を代用	

* : V-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」

5.4.1 分布範囲が狭いまたは層厚が薄い地層の代用の妥当性確認

荒浜側高台保管場所における解析用物性値のうち、分布範囲が狭いまたは層厚が薄い地層については、荒浜側保管場所から適切な地質区分の解析用物性値を代用する。

荒浜側高台保管場所の解析用物性値を代用する地層と代用に用いる地層の関係を表 5-7 に示す。

これらの地層について、物理特性に関する試験結果を代用する地層と比較することにより、代用の妥当性を確認する。物理特性で着目する比較指標とその選定理由を表 5-8 に示す。

表 5-7 分布範囲が狭いまたは層厚が薄い地層であるため物性値を代用する地層

地質区分 (荒浜側高台保管場所)	物理特性・変形特性	液状化強度特性
A3s 層	A2s 層の解析用物性値を代用	
A2g(砂質)層	A2s 層の解析用物性値を代用	

表 5-8 解析用物性値の代用における比較指標と選定理由

特性	比較指標	選定理由
物理特性	粒度分布, 湿潤密度, 含水比, 間隙比, 塑性指数	地盤材料の基本的な特性値を示すパラメータであることから選定した。

(1) A3s 層の解析用地盤物性値

a. 解析用物性値の代用方針

A3s 層は、泥岩礫を含む砂を主体とする更新世の砂質土層であり、HA-P5 孔にのみ分布し、層厚も薄い。荒浜側高台保管場所における A3s 層の分布範囲を図 5-24 に示す。

荒浜側高台保管場所における A3s 層の有効応力解析に用いる解析用地盤物性値は、同じ古安田層で荒浜側高台保管場所に比較的広く分布し、同時代に堆積した A2s 層にて代用する方針とする。

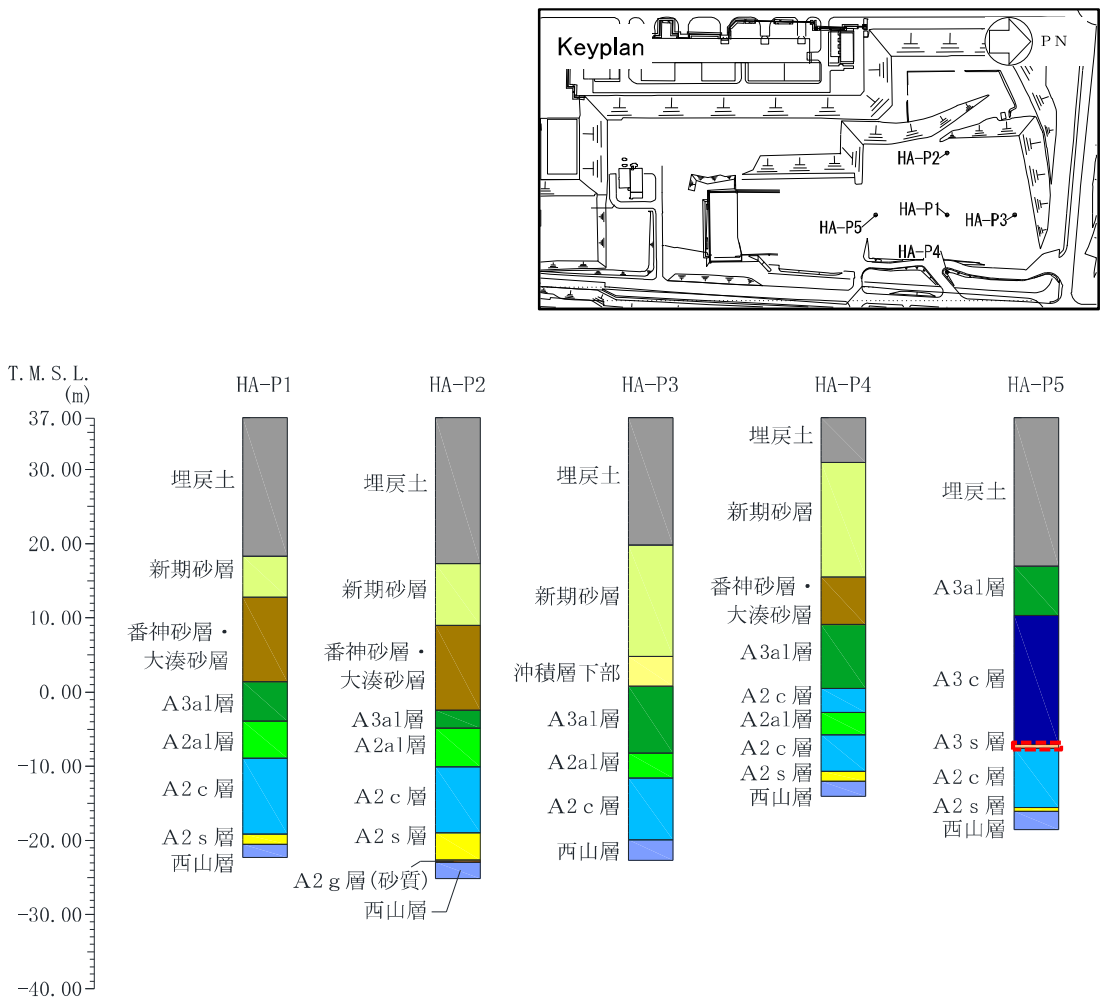


図 5-24 荒浜側高台保管場所における A3s 層の分布範囲

b. 解析用物性値の代用の妥当性

荒浜側高台保管場所における A3s 層は、層厚が薄く分布範囲が限定されている。そのため、荒浜側高台保管場所の A3s 層の解析用物性値を同地点の A2s 層で代用する妥当性を確認するため、両層の基本的な特性値である物理特性について比較する。

両層の粒径加積曲線を図 5-25 に、物理特性を表 5-9 に示す。両層の物理特性は、概ね同等であることを確認した。細粒分に着目すると、荒浜側高台保管場所の A3s 層が 47.6%、代用する A2s 層が 30.9%であり、代用する A2s 層の方が少ない。また、砂分に着目すると、荒浜側高台保管場所の A3s 層が 52.4%、代用する A2s 層が 61.4%であり、代用する A2s 層の方が多い。したがって、代用する A2s 層は荒浜側高台保管場所の A3s 層と比較して、細粒分が少なく砂分を多く含む砂層であり、より液状化しやすい性状の地層であることがわかる。

以上より、荒浜側高台保管場所の A3s 層の解析用地盤物性値を同地点の A2s 層で代用することは妥当である。

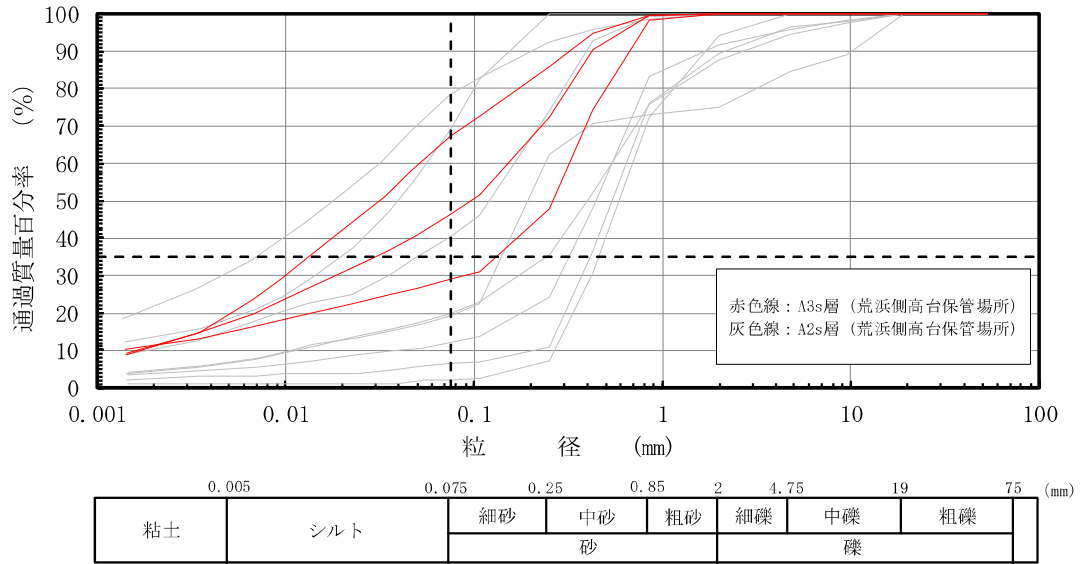


図 5-25 荒浜側高台保管場所における A3s 層と A2s 層の粒径加積曲線

表 5-9 荒浜側高台保管場所における A3s 層と A2s 層の基礎物理特性

地層	湿潤密度 ρ_w (g/cm^3)		含水比 w (%)		間隙比 e		塑性指数 I_p	
	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
A3s 層 (荒浜側高台保管場所)	1.92	0.06	25.7	4.2	0.797	0.085	18.1	1.5
A2s 層 (荒浜側高台保管場所)	1.84	0.08	23.0	8.6	0.806	0.181	26.6	9.8

(参考) 粒度組成

地層	礫分 (%)	砂分 (%)	シルト分 (%)	粘土分 (%)	細粒分 (%)	数量
	平均値	平均値	平均値	平均値	平均値	
A3s 層 (荒浜側高台保管場所)	0.0	52.4	30.4	17.2	47.6	3
A2s 層 (荒浜側高台保管場所)	7.7	61.4	20.0	10.9	30.9	8

(2) A2g 層 (砂質) の解析用地盤物性値

A2g 層 (砂質) は、砂礫からなる更新世の礫層であり、HA-P2 孔のみに分布する。荒浜側高台保管場所における A2g 層 (砂質) の分布範囲を図 5-26 に示す。

荒浜側高台保管場所における A2g 層 (砂質) は、HA-P2 孔での堆積厚さが 0.32m と層厚が薄く分布範囲が限定され、物理特性に関する試験を実施することができない。

荒浜側高台保管場所における A2g 層 (砂質) の有効応力解析に用いる解析用地盤物性値は、直上に堆積している同じ古安田層の砂層である A2s 層にて代用する方針とする。

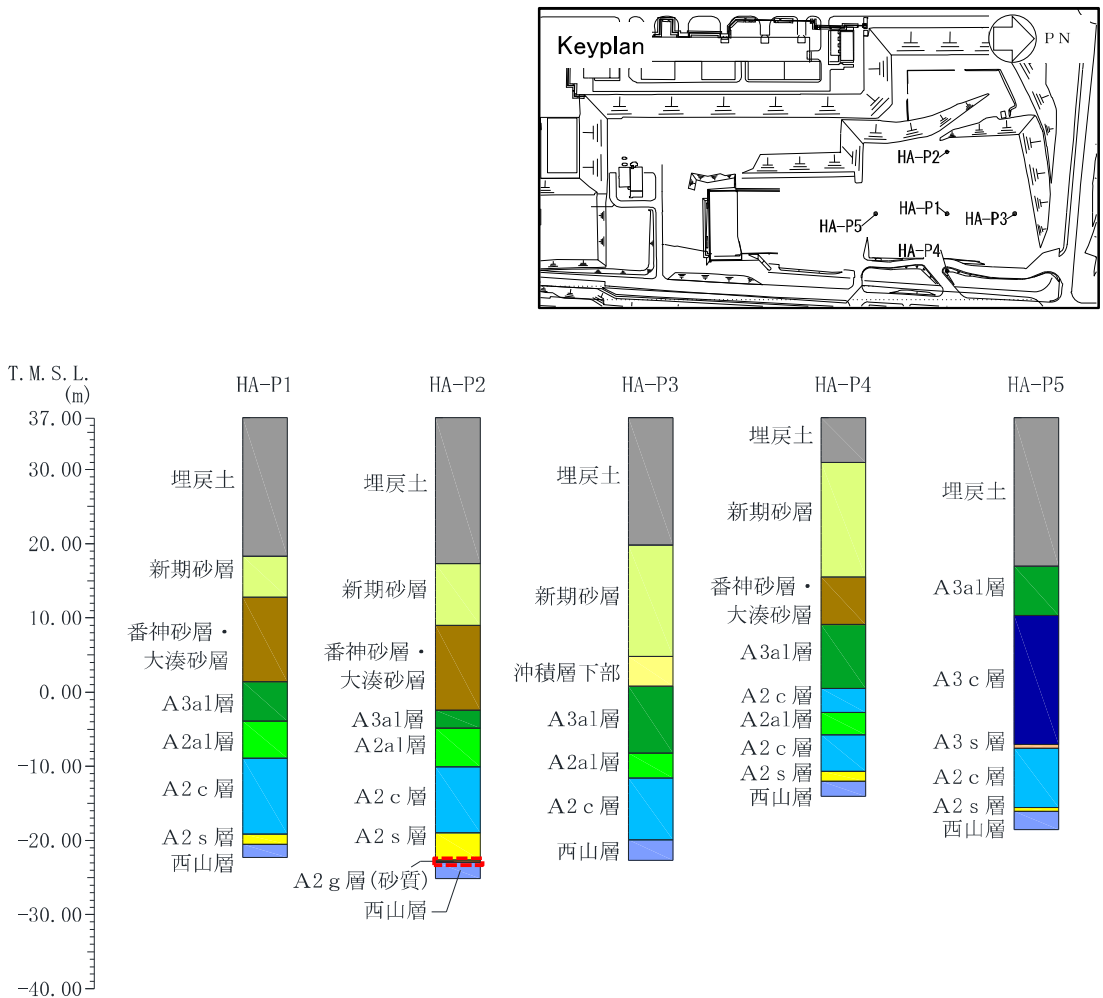


図 5-26 荒浜側高台保管場所における A2g 層 (砂質) の分布範囲

5.4.2 液状化強度試験結果を代用する地層の妥当性確認

荒浜側高台保管場所における解析用物性値のうち、液状化検討対象層の液状化特性については、代用の妥当性を確認した上で、V-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」で示した大湊側敷地の液状化強度試験の結果より、目標とする回帰曲線を代用し、液状化パラメータを設定する。荒浜側高台保管場所において、液状化強度試験結果を代用する地層と代用に用いる地層の関係を表 5-10 に示す。

これらの地層について、大湊側敷地における液状化強度試験結果を代用することの妥当性を検討するため、物理特性を比較することで代用の妥当性を確認する。物理特性で着目する比較指標とその選定理由を表 5-11 に示す。

表 5-10 液状化強度試験結果を代用する地層

地質区分 (荒浜側高台保管場所)	液状化強度特性
新期砂層	大湊側敷地の新期砂層 液状化試験結果*を代用
沖積層下部	大湊側敷地の沖積層下部 液状化試験結果*を代用
番神・大湊砂層	大湊側敷地の新期砂層 液状化試験結果*を代用
A2s 層	大湊側敷地の A2s 層 液状化試験結果*を代用

* : V-2-1-3 「地盤の支持性能に係る基本方針」

表 5-11 解析用物性値の代用における比較指標と選定理由

特性	比較指標	選定理由
物理特性	粒度分布, 湿潤密度, 含水比, 間隙比, 塑性指数	地盤材料の基本的な特性値を示すパラメータであることから選定した。

(1) 新期砂層

a. 解析用物性値の代用方針

新期砂層は、砂を主体とする完新世の砂質土層であり、HA-P5 孔を除く 4 孔の調査孔に分布する。荒浜側高台保管場所における新期砂層の分布範囲を図 5-27 に示す。

荒浜側高台保管場所における新期砂層の液状化強度特性に関する試験結果は、大湊側敷地内の同じ地質区分である V-2-1-3 「地盤の支持性能に係る基本方針」に記載の新期砂層の試験結果にて代用する方針とする。

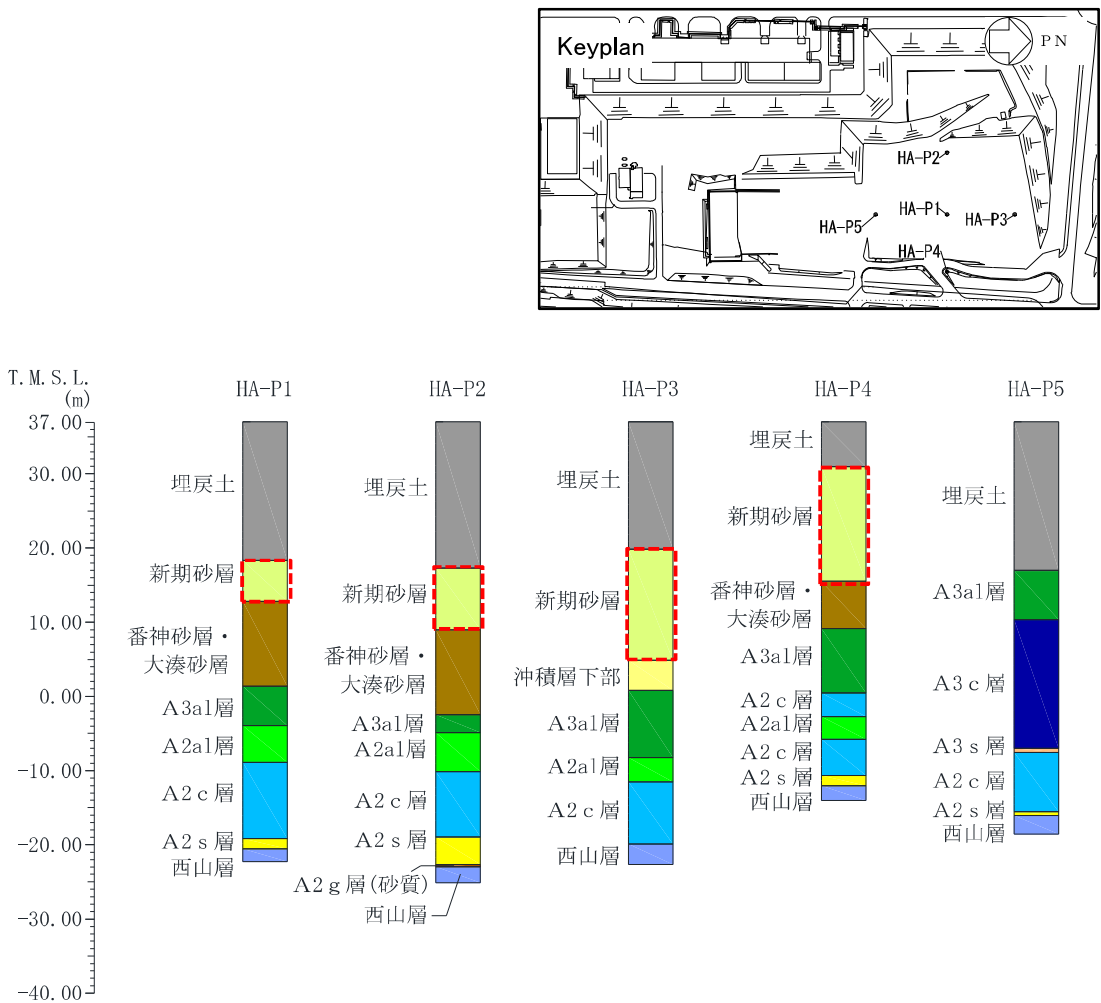


図 5-27 荒浜側高台保管場所における新期砂層の分布範囲

b. 解析用物性値の代用の妥当性

荒浜側高台保管場所における新期砂層の液状化強度特性に関する試験結果をV-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に記載の新期砂層の試験結果で代用する妥当性を確認するため、両層の基本的な特性値である物理特性について比較する。

両層の粒径加積曲線を図 5-28 に、両層の物理特性を表 5-12 に示す。両層の物理特性は、概ね同等であることを確認した。

以上より、荒浜側高台保管場所における新期砂層の液状化強度特性に関わる試験結果をV-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に記載の新期砂層の液状化強度特性に関わる試験結果で代用することは妥当である。

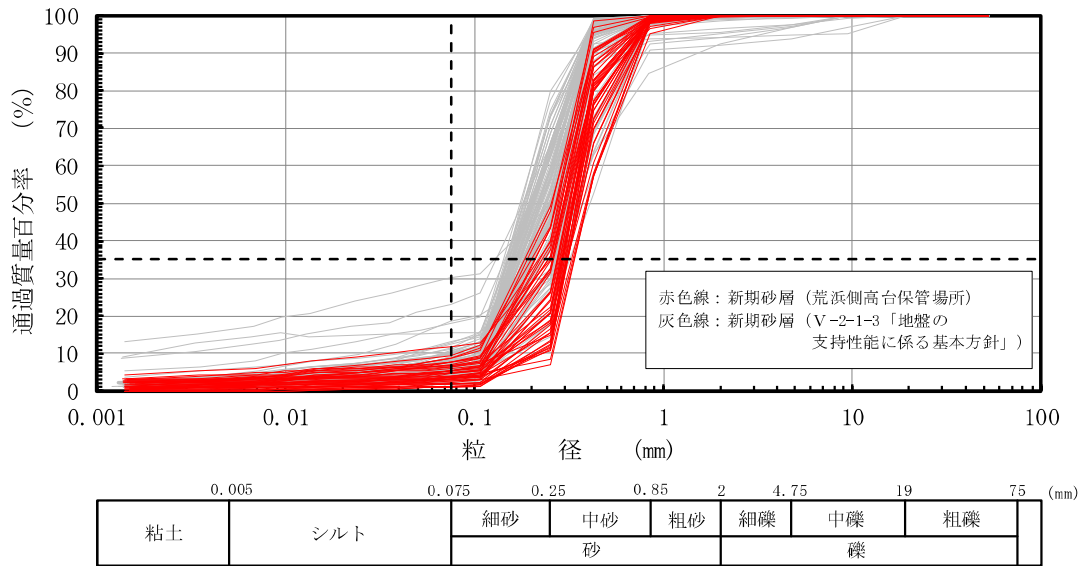


図 5-28 荒浜側高台保管場所及びV-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」における新期砂層の粒径加積曲線

表 5-12 荒浜側高台保管場所及びV-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」における新期砂層の基礎物理特性

地層	湿潤密度 ρ_t (g/cm^3)		含水比 w (%)		間隙比 e		塑性指数 I_p	
	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
新期砂層 (荒浜側高台保管場所)	1.93	0.06	19.8	3.3	0.707	0.125	NP	—
新期砂層 (V-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」)	2.00	0.10	21.6	5.0	0.787	0.126	NP	—

(参考) 粒度組成

地層	礫分 (%)	砂分 (%)	シルト分 (%)	粘土分 (%)	細粒分 (%)	数量
	平均値	平均値	平均値	平均値	平均値	
新期砂層 (荒浜側高台保管場所)	0.0	95.3	2.6	2.0	4.6	45
新期砂層 (V-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」)	0.5	92.3	4.6	2.8	7.2	90

(2) 沖積層下部の解析用地盤物性値

a. 解析用物性値の代用方針

沖積層下部は、腐植混じり砂を主体とする完新世の砂質土層であり、HA-P3 孔にのみ分布する。荒浜側高台保管場所における沖積層下部の分布範囲を図 5-29 に示す。

荒浜側高台保管場所における沖積層下部の液状化強度特性に関する試験結果は、大湊側敷地内の同じ地質区分である V-2-1-3 「地盤の支持性能に係る基本方針」に記載の沖積層下部の試験結果にて代用する方針とする。

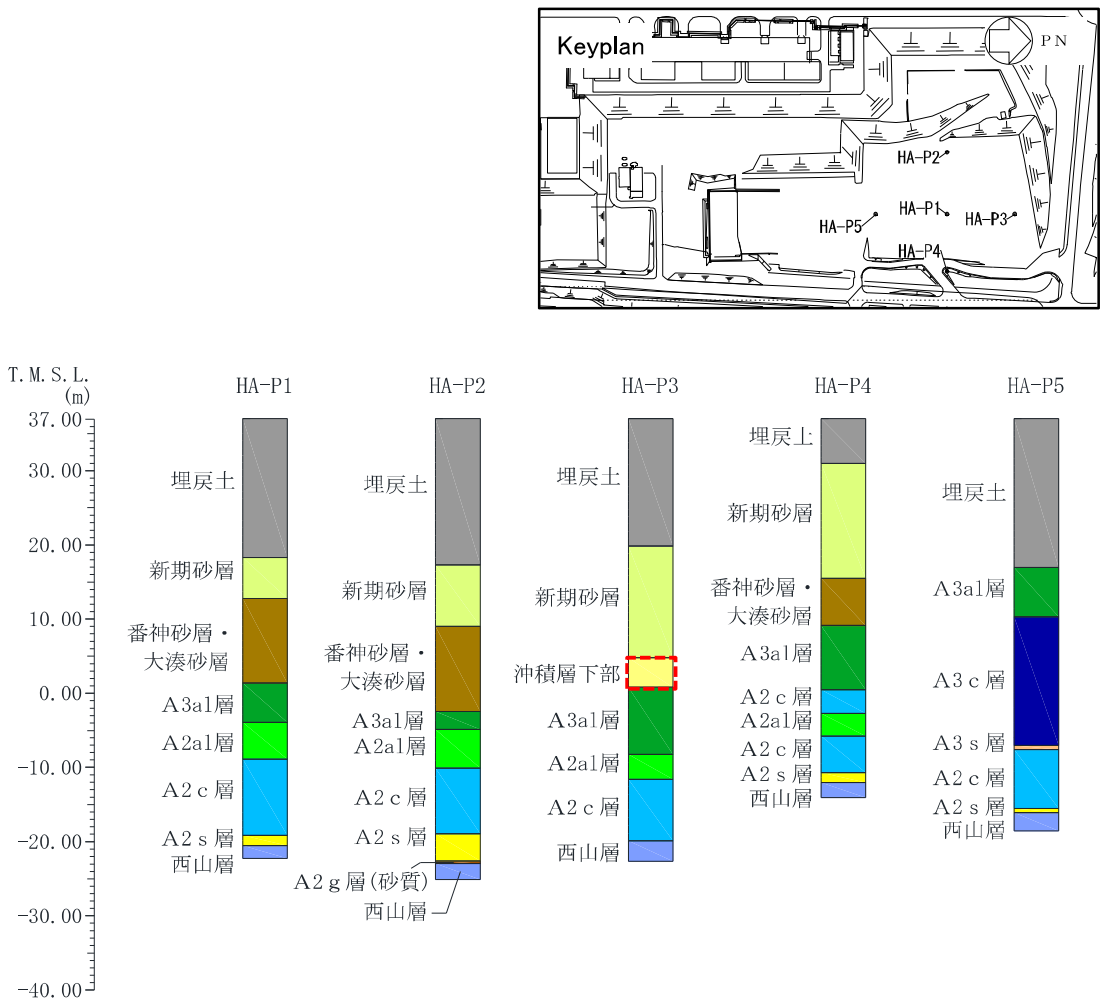


図 5-29 荒浜側高台保管場所における沖積層下部の分布範囲

b. 解析用物性値の代用の妥当性

荒浜側高台保管場所における沖積層下部の液状化強度特性に関する試験結果をV-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に記載の沖積層下部の試験結果で代用する妥当性を確認するため、両層の基本的な特性値である物理特性について比較する。

両層の粒径加積曲線を図 5-30 に、両層の物理特性を表 5-13 に示す。両層の物理特性は、概ね同等であることを確認した。

以上より、荒浜側高台保管場所における沖積層下部の液状化強度特性に関わる試験結果をV-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に記載の沖積層下部の液状化強度特性に関わる試験結果で代用することは妥当である。

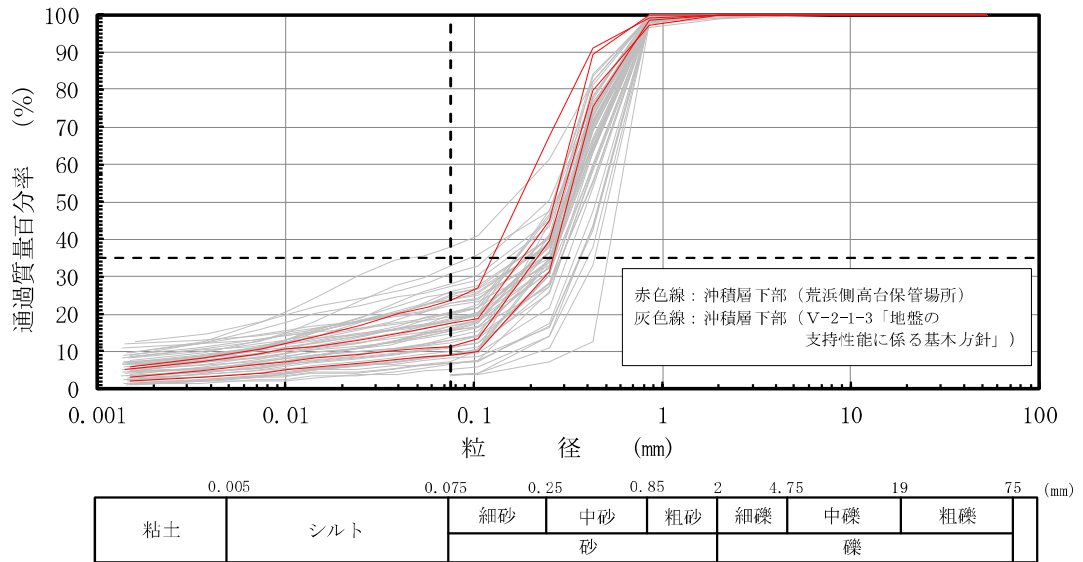


図 5-30 荒浜側高台保管場所及びV-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」における沖積層下部の粒径加積曲線

表 5-13 荒浜側高台保管場所及びV-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」における沖積層下部の基礎物理特性

地層	湿潤密度 ρ_t (g/cm^3)		含水比 w (%)		間隙比 e		塑性指数 I_p	
	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
沖積層下部 (荒浜側高台保管場所)	1.95	0.05	21.7	5.2	0.743	0.116	5.7	0.4
沖積層下部 (V-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」)	1.94	0.07	22.5	3.1	0.734	0.076	—	—

(参考) 粒度組成

地層	礫分 (%)	砂分 (%)	シルト分 (%)	粘土分 (%)	細粒分 (%)	数量
	平均値	平均値	平均値	平均値	平均値	
沖積層下部 (荒浜側高台保管場所)	0.0	84.6	8.7	6.7	15.4	4
沖積層下部 (V-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」)	0.1	83.5	9.4	7.6	16.4	54

(3) 番神砂層・大湊砂層の解析用地盤物性値

a. 解析用物性値の代用方針

番神砂層・大湊砂層は、砂及びシルト混り砂を主体とする更新世の砂質土層であり、HA-P1 孔、HA-P2 孔及びHA-P4 孔に分布する。荒浜側高台保管場所における番神砂層・大湊砂層の分布範囲を図 5-31 に示す。

荒浜側高台保管場所における番神砂層・大湊砂層の液状化強度特性に関する試験結果は、より新しい時代の堆積物で浅部に堆積したV-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に記載の新时期砂層の試験結果にて代用する方針とする。

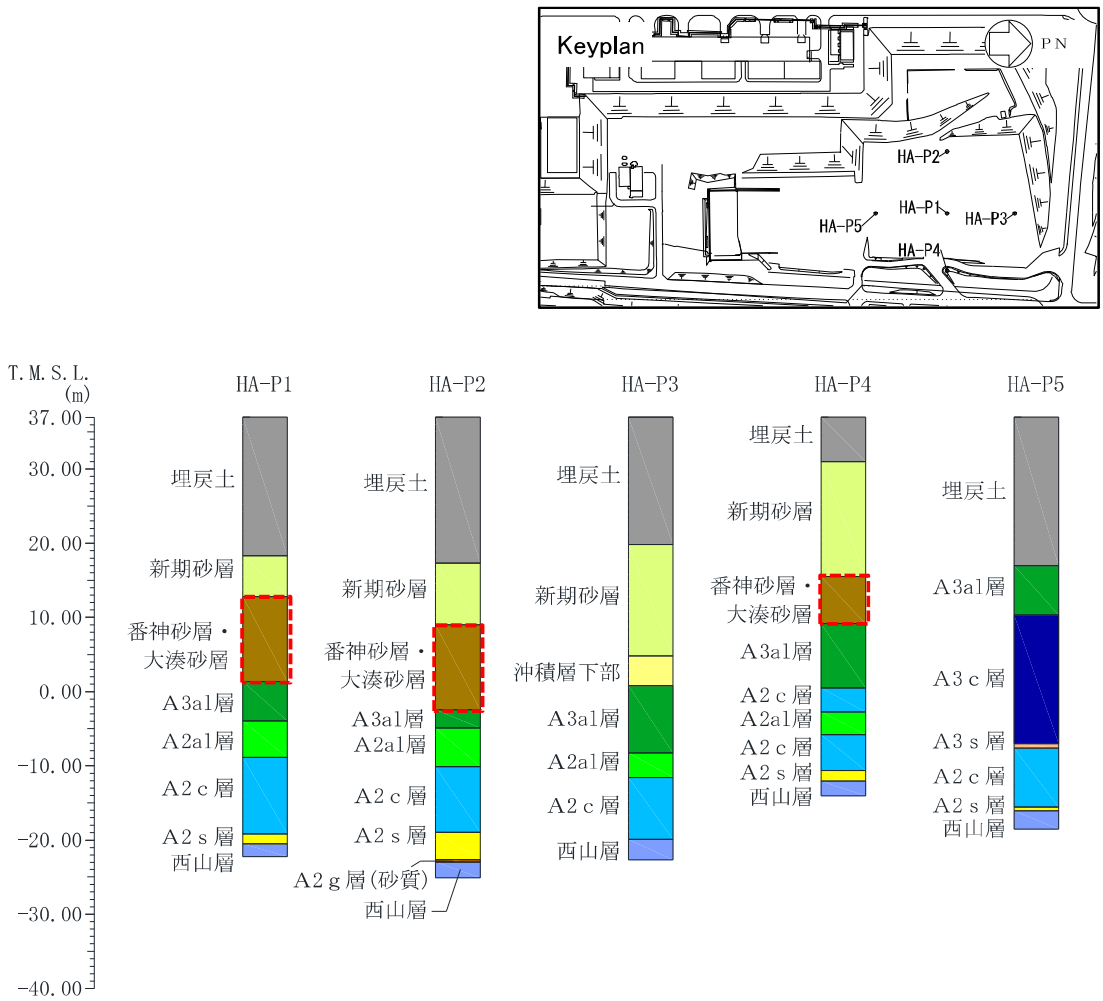


図 5-31 荒浜側高台保管場所における番神砂層・大湊砂層の分布範囲

b. 解析用物性値の代用の妥当性

荒浜側高台保管場所における番神砂層・大湊砂層の液状化強度特性に関する試験結果をV-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に記載の新期砂層の試験結果で代用する妥当性を確認するため、両層の基本的な特性値である物理特性について比較する。

両層の粒径加積曲線を図 5-32 に、両層の物理特性を表 5-14 に示す。荒浜側高台保管場所の番神砂層・大湊砂層は代用する新期砂層と比較して、湿潤密度は小さく、含水比は大きく、塑性指数は両層とも NP となった。これは、荒浜側高台保管場所の番神砂層・大湊砂層の細粒分含有率の平均値が 14.5%であるのに対し、代用する新期砂層の細粒分含有率の平均値が 7.2%となっており、比較的細粒分を多く含むためだと考えられる。したがって、代用する新期砂層は荒浜側高台保管場所の番神砂層・大湊砂層と比較して、細粒分が少なく、より液状化しやすい性状の地層であることがわかる。

以上より、荒浜側高台保管場所の番神砂層・大湊砂層の液状化強度特性に関わる試験結果をV-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に記載の新期砂層の液状化強度特性に関わる試験結果で代用することは妥当である。

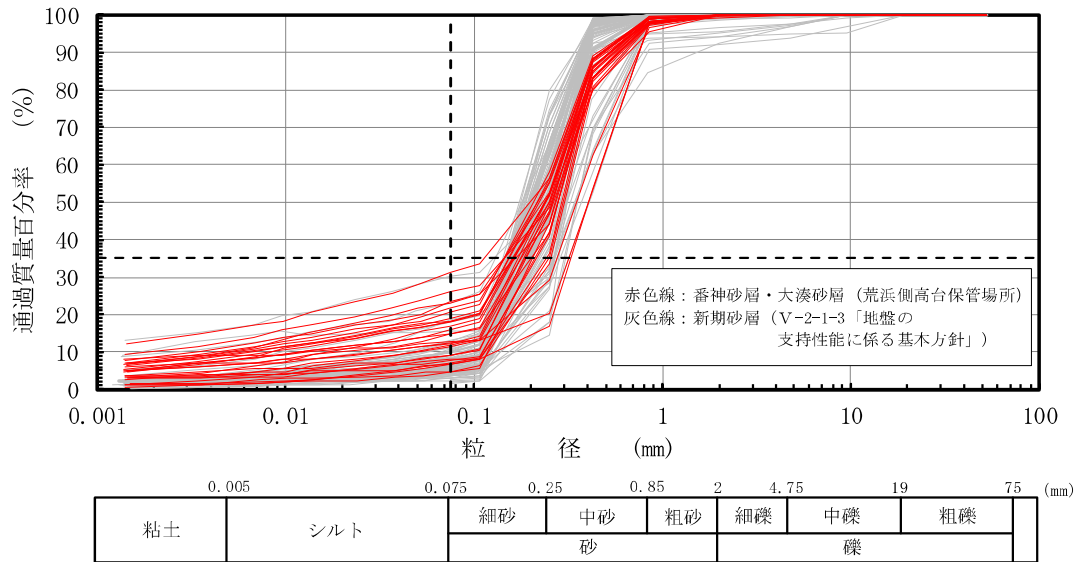


図 5-32 荒浜側高台保管場所における番神砂層・大湊砂層及び V-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」における新期砂層の粒径加積曲線

表 5-14 荒浜側高台保管場所における番神砂層・大湊砂層及び V-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」における新期砂層の基礎物理特性

地層	湿潤密度 ρ_t (g/cm ³)		含水比 w (%)		間隙比 e		塑性指数 I_p	
	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
番神砂層・大湊砂層 (荒浜側高台保管場所)	1.82	0.09	27.2	4.1	0.905	0.16	NP	—
新期砂層 (V-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」)	2.00	0.10	21.6	5.0	0.787	0.126	NP	—

(参考) 粒度組成

地層	礫分 (%)	砂分 (%)	シルト分 (%)	粘土分 (%)	細粒分 (%)	数量
	平均値	平均値	平均値	平均値	平均値	
番神砂層・大湊砂層 (荒浜側高台保管場所)	0.0	85.5	7.7	6.8	14.5	28
新期砂層 (V-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」)	0.5	92.3	4.6	2.8	7.2	90

(4) A2s 層の解析用地盤物性値

a. 解析用物性値の代用方針

A2s 層は、シルト混じり砂を主体とする更新世の砂質土層であり、HA-P3 孔を除く 4 孔の調査孔に分布する。荒浜側高台保管場所における A2s 層の分布範囲を図 5-33 に示す。

荒浜側高台保管場所における A2s 層の液状化強度特性に関する試験結果は、同時代に堆積した敷地内の同じ地質区分である V-2-1-3 「地盤の支持性能に係る基本方針」に記載の A2s 層の試験結果にて代用する方針とする。

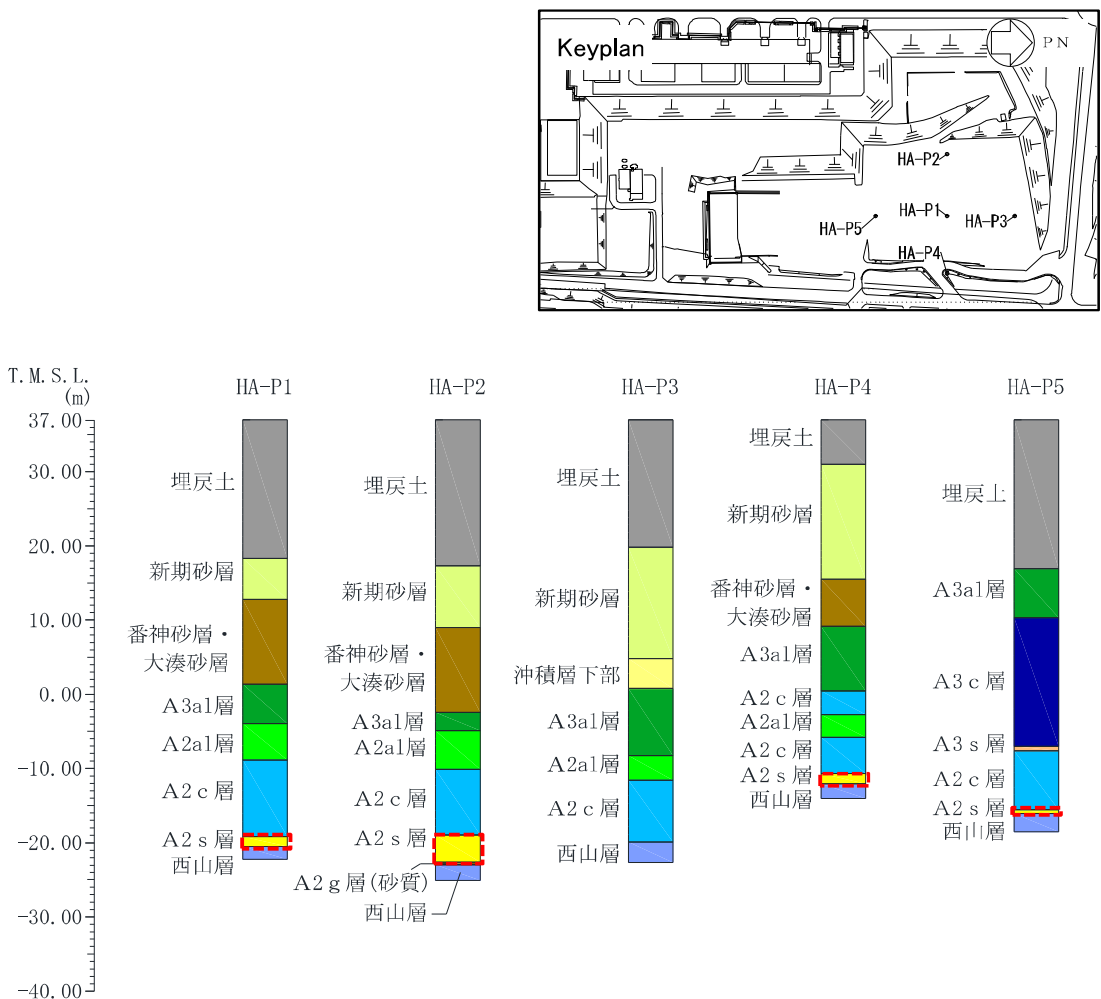


図 5-33 荒浜側高台保管場所における A2s 層の分布範囲

b. 解析用物性値の代用の妥当性

荒浜側高台保管場所における A2s 層の液状化強度特性に関する解析用物性値を V-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に記載の A2s 層で代用する妥当性を確認するため、両層の基本的な特性値である「物理特性」について比較する。

「物理特性」については、粒度分布、湿潤密度、含水比、間隙比及び塑性指数について比較した。両層の粒径加積曲線を図 5-34 に、両層の物理特性を表 5-15 に示す。荒浜側高台保管場所の A2s 層は、V-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に記載の大湊側敷地の A2s 層と比べて、湿潤密度、含水比及び間隙比はほぼ同等となっている。細粒分含有率に着目すると、荒浜側高台保管場所の A2s 層 30.9%に対して、大湊側敷地の A2s 層 37.7%（液状化試験供試体：16.0%）であり、液状化試験供試体に用いた大湊側敷地の A2s 層の方が細粒分含有率は低い。砂分（粒径：0.075～2.0mm）に着目すると、荒浜側高台保管場所の A2s 層は 61.4%であるのに対し、大湊側敷地の A2s 層は 55.9%（液状化試験供試体：77.2%）であり、液状化試験は砂分が多く液状化し易い供試体を用いて実施していることがわかる。

以上より、荒浜側高台保管場所の A2s 層は、代用する大湊側敷地の A2s 層と概ね同等の物理特性を有しており、A2s 層の中でも液状化しやすい箇所を選定して液状化試験を実施した V-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」の大湊側敷地の A2s 層の液状化試験結果を代用することは妥当であると判断した。

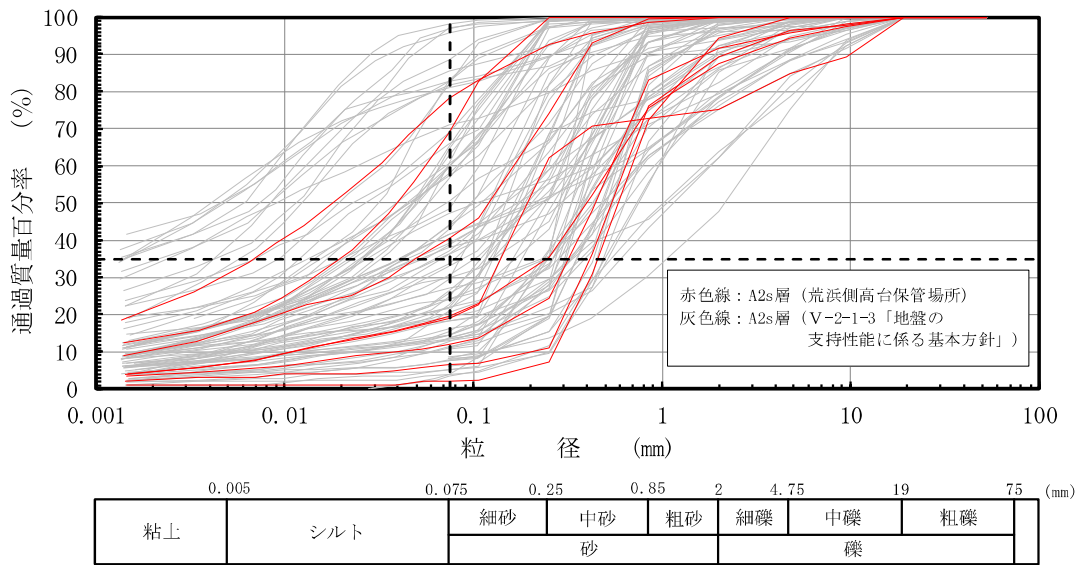


図 5-34 荒浜側高台保管場所における A2s 層及び
V-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」における A2s 層の粒径加積曲線

表 5-15 荒浜側高台保管場所における A2s 層及び
V-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」における A2s 層の基礎物理特性

地層	湿潤密度 ρ_w (g/cm^3)		含水比 w (%)		間隙比 e		塑性指数 I_p	
	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
A2s 層 (荒浜側高台保管場所)	1.84	0.08	23.0	8.6	0.806	0.181	26.6	9.8
A2s 層 (V-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」)	1.88 (1.85)	0.08 (0.06)	29.3 (31.3)	6.3 (5.3)	0.829 (0.899)	0.116 (0.139)	31.6 (NP)	14.7 (-)

注：()内の数値は、液状化強度試験供試体の値を示す。

(参考) 粒度組成

地層	礫分 (%)	砂分 (%)	シルト分 (%)	粘土分 (%)	細粒分 (%)	数量
	平均値	平均値	平均値	平均値	平均値	
A2s 層 (荒浜側高台保管場所)	7.7	61.4	20.0	10.9	30.9	8
A2s 層 (V-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」)	6.4 (6.8)	55.9 (77.2)	22.7 (10.7)	16.9 (6.3)	37.7 (16.0)	87 (19)

注：()内の数値は、液状化強度試験供試体の値を示す。

5.5 液状化パラメータの設定

5.5.1 有効応力解析の液状化パラメータの設定方針

有効応力解析コード「FLIP (Finite element analysis of Liquefaction Program)」は、1988年に運輸省港湾技術研究所（現、（国研）港湾空港技術研究所）において開発された平面ひずみ状態を対象とする有効応力解析法に基づく2次元地震応答解析プログラムである。FLIPの主な特徴として、以下の5点が挙げられる。

- ① 有限要素法に基づくプログラムである。
- ② 平面ひずみ状態を解析対象とする。
- ③ 地盤の有効応力の変化を考慮した地震応答解析を行い、部材の断面力や変形量を計算する。
- ④ 土の応力-ひずみモデルとして多重せん断モデルを採用している。
- ⑤ 有効応力の変化は有効応力法により考慮する。そのために必要な過剰間隙水圧算定モデルとして井合モデルを用いている。

砂の変形特性を規定する多重せん断モデルは、任意方向のせん断面において仮想的な単純せん断バネの作用があるものとし、これらのせん断バネの作用により、土全体のせん断抵抗が発揮されるものである。土の応力-ひずみ関係は、このせん断バネの特性によって種々の表現が可能であるが、「FLIP」では双曲線(Hardin-Drnevich)型モデルを適用している。また、履歴ループについては、その大きさを任意に調整可能なように拡張したMasing則を用いている。図 5-35 に多重せん断モデルの概念図を、図 5-36 に排水条件での土の応力-ひずみ関係の概念図を示す。

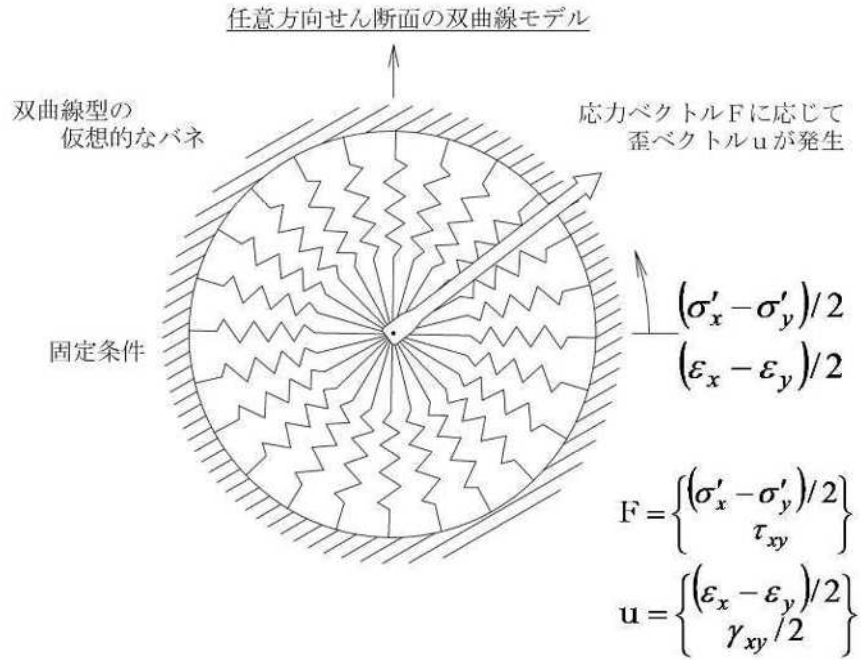


図 5-35 多重せん断モデルの概念図 (港湾技研資料 No869) *

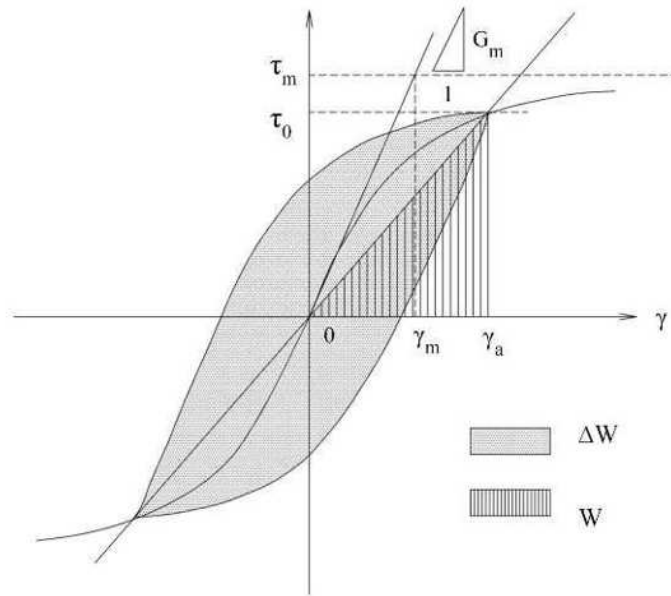


図 5-36 排水条件での土の応力-ひずみ関係の概念図 (港湾技研資料 No869) *

注記* : 森田年一, 井合進, HanlongLiu, 一井康二, 佐藤幸博: 液状化による構造物被害予測プログラムFLIP
 において必要な各種パラメータの簡易設定法, 港湾技術研究所資料, No. 869, 1997.

5.5.2 解析パラメータの設定方針

有効応力解析コードFLIPでは、動的変形特性を規定するパラメータと、過剰間隙水圧の発生を規定するパラメータを設定する必要がある（本資料では液状化特性を規定するパラメータを『液状化パラメータ』という）。有効応力解析コードFLIPにおける解析パラメータを表5-16に示す。このうち、液状化パラメータは、液状化検討対象層にのみ設定する。

液状化パラメータは、要素シミュレーションを実施し、これより得られる解析上の液状化抵抗曲線が、液状化強度試験から得た液状化抵抗曲線（回帰曲線 -1σ ）に対して同等になるように設定する。図5-37に、液状化パラメータの設定フローを示す。なお、ここでの液状化強度試験は、V-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」で示した大湊側敷地の液状化強度試験の結果を使用する（5.4.2参照）。

表 5-16 FLIPにおいて必要となる解析パラメータ

分類	解析パラメータ	
動的変形特性	G_{ma}	動せん断弾性係数 ($\sigma_m' = \sigma_{ma}'$ における値)
	K_{ma}	体積弾性係数 ($\sigma_m' = \sigma_{ma}'$ における値)
	ϕ_f	内部摩擦角
	h_{max}	履歴減衰の上限値
液状化特性	ϕ_D	変相角
	w_1	液状化特性全体を規定するパラメータ
	p_1	液状化特性の前半を規定するパラメータ
	p_2	液状化特性の後半を規定するパラメータ
	c_1	液状化発生の下限值を規定するパラメータ
S_1	液状化の終局状態を規定するパラメータ	

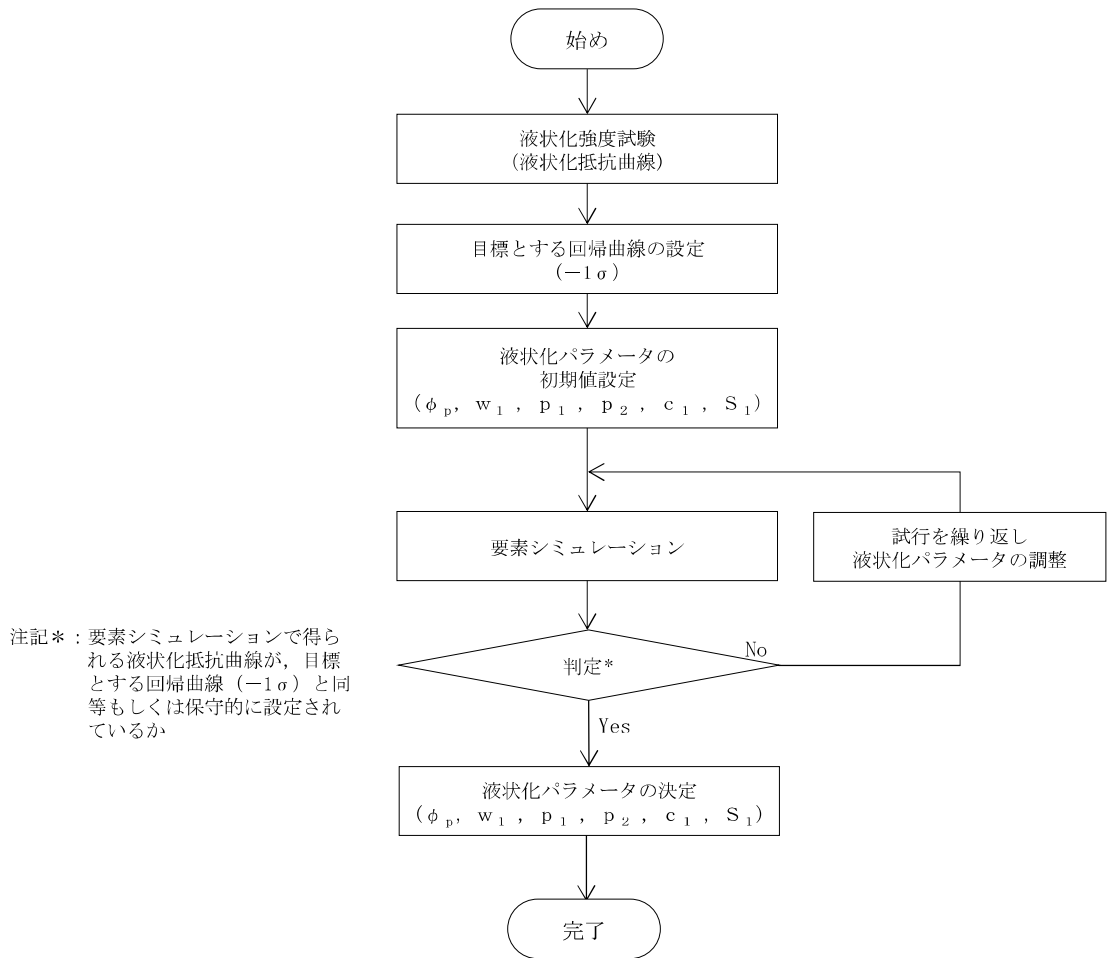


図 5-37 有効応力解析コードFLIPにおける液化パラメータの設定フロー

5.5.3 液状化パラメータの設定結果

荒浜側高台保管場所における地層ごとに設定した要素シミュレーション上の液状化抵抗曲線を図 5-38～図 5-41 に示す。

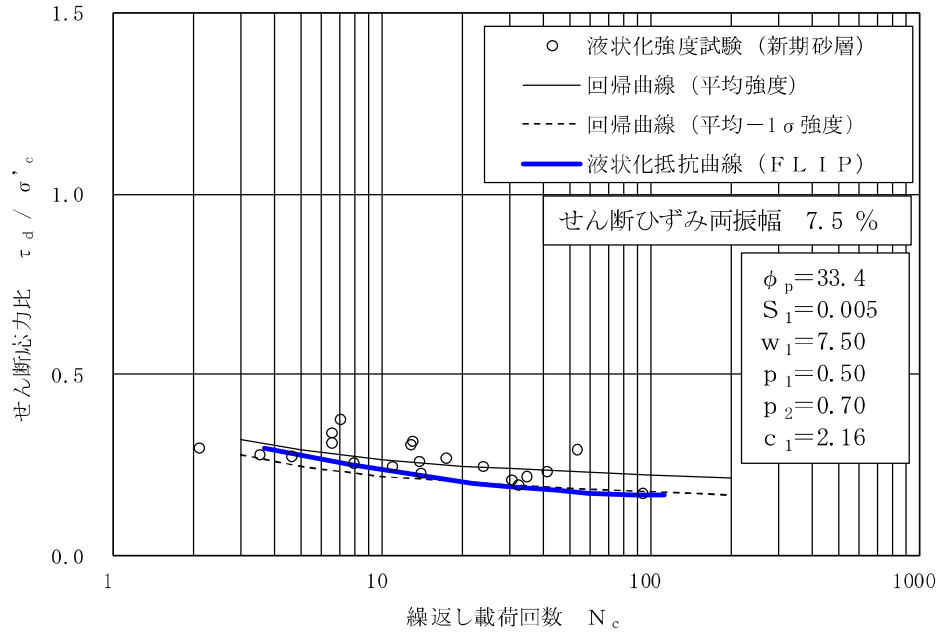


図 5-38 液状化抵抗曲線（新期砂層）

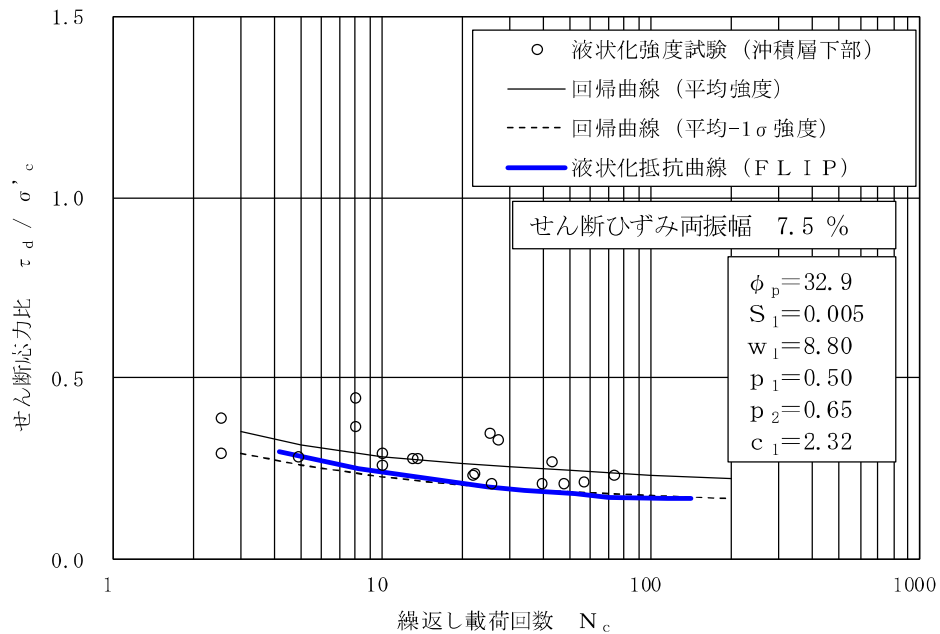


図 5-39 液状化抵抗曲線（沖積層下部）

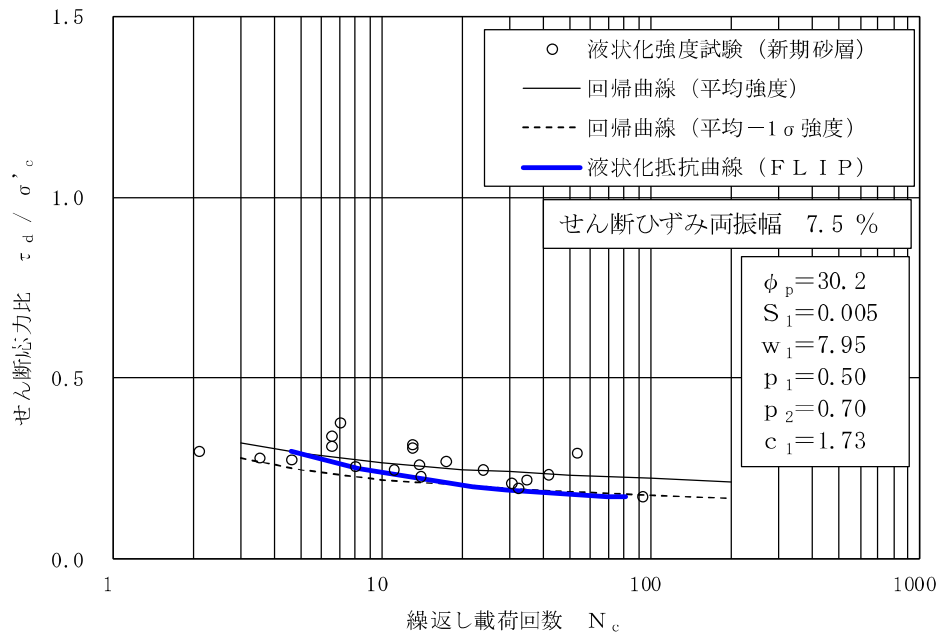


図 5-40 液状化抵抗曲線 (番神砂層・大湊砂層)

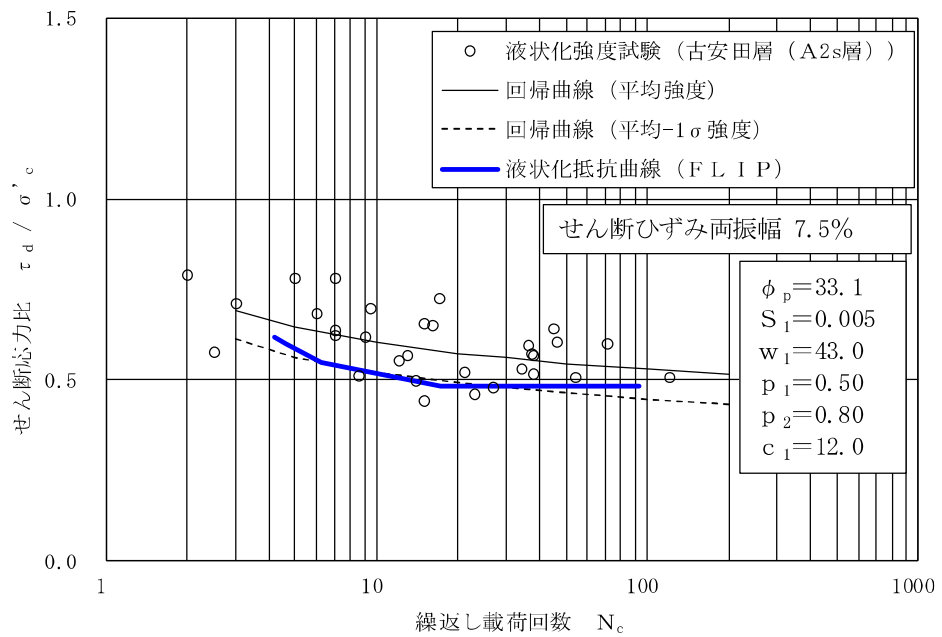


図 5-41 液状化抵抗曲線 (古安田層 (A2s層))

6. 荒浜側高台保管場所における地盤物性値のばらつきの設定
保管場所の入力地震動の算定においては地盤の物性のばらつきを考慮している。

6.1 初期せん断弾性係数 G_0 のばらつき

6.1.1 F L I Pにおける初期せん断弾性係数 G_0 の考え方

土木構造物の耐震評価に用いる解析コードF L I Pでは、 G_0 は（式1）のように定義される。

$$G_0 = G_{ma} \cdot (\sigma_m' / \sigma_{ma}')^m \quad (\text{式1})$$

ここで、

σ_{ma}' : 基準平均有効拘束圧

σ_m' : 有効拘束圧

G_{ma} : 基準初期せん断弾性係数（ $\sigma_m' = \sigma_{ma}'$ における値）

m : 初期せん断弾性係数 G_0 の有効応力依存性を示す係数

6.1.2 初期せん断弾性係数 G_0 のばらつきの算定方法

G_0 のばらつきは、PS 検層の実測値に基づき、せん断波速度 V_s の σ に基づき算定する。なお、 ρ は飽和密度とする。

地下水位以深の飽和土層における、PS 検層の実測値に基づく G_0 のばらつきの設定方法を以下に示す。

- ① PS 検層から得られた各地層のせん断波速度 V_{sj} のデータ数を K 個 ($j=1, 2, \dots, K$) とすると、 V_{sj} の σ は(式2)で求められる。

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{K-1} \sum_{j=1}^K \{V_{sj} - V_{s \text{ 平均値}}\}^2} \quad (\text{式 2})$$

ここで、

- K : 各地層のせん断波速度 V_s のデータ数
 V_{sj} : 各深度のせん断波速度 V_s
 $V_{s \text{ 平均値}}$: 各地層のせん断波速度 V_s の平均値

- ② V_s のばらつきを考慮した係数 G_{ma} は(式3)より求められる。

$$G_{ma} = \rho \cdot (V_s \pm 1\sigma)^2 \quad (\text{式 3})$$

- ③ 係数 σ_{ma}' には、各地層の基準平均有効拘束圧(地層中心の有効拘束圧の平均値)を用いる。なお、係数 m については、文献*を参考に一般値の0.5とした。

注記* : 森田年一, 井合進, Hanlong Liu, 一井康二, 佐藤幸博: 液状化による構造物被害予測プログラム FLIP において必要な各種パラメタの簡易設定法, 港湾技研資料 No. 869, 1997.

6.1.3 初期せん断弾性係数 G_0 のばらつきの設定結果

表6-1に G_0 のばらつきの算定結果を示す。また、図6-1～図6-9に、各地層のPS検層結果と G_0 の深度分布に応じた σ_m' 依存式（平均及び $\pm 1\sigma$ ）を示す。

表6-1 荒浜側高台保管場所におけるばらつきを考慮した G_0 の係数

地層名	密度 ρ (g/cm ³)	基準平均 有効拘束圧 σ_{ma}' (kN/m ²)	G_0 の σ_m' に対する依存式 $G_0 = G_{ma} \times (\sigma_m' / \sigma_{ma}')^m$ (kN/m ²)				
			係数 G_{ma} (平均)	係数 G_{ma} (平均+1 σ)	係数 G_{ma} (平均-1 σ)	係数 m	
埋戻土	不飽和	1.86	140	79700	111000	53800	0.50
新期砂層	不飽和	1.93	280	194000	239000	153000	0.50
	飽和	2.02		203000	250000	161000	
沖積層下部	飽和	2.01	470	330000	373000	289000	0.50
番神砂層・大湊砂層	飽和	1.90	410	309000	390000	237000	0.50
A3c層	飽和	1.65	360	85800	93500	78400	0.50
A3a1層	飽和	1.87	450	199000	270000	138000	0.50
A2c層	飽和	1.77	500	155000	194000	121000	0.50
A2a1層	飽和	1.77	480	156000	189000	126000	0.50
A2s層	飽和	1.92	570	243000	306000	188000	0.50

* 「5.3.1 物性値の設定方針」の通り、A3s層、A2g(砂質)については、A2sのばらつきを適用する

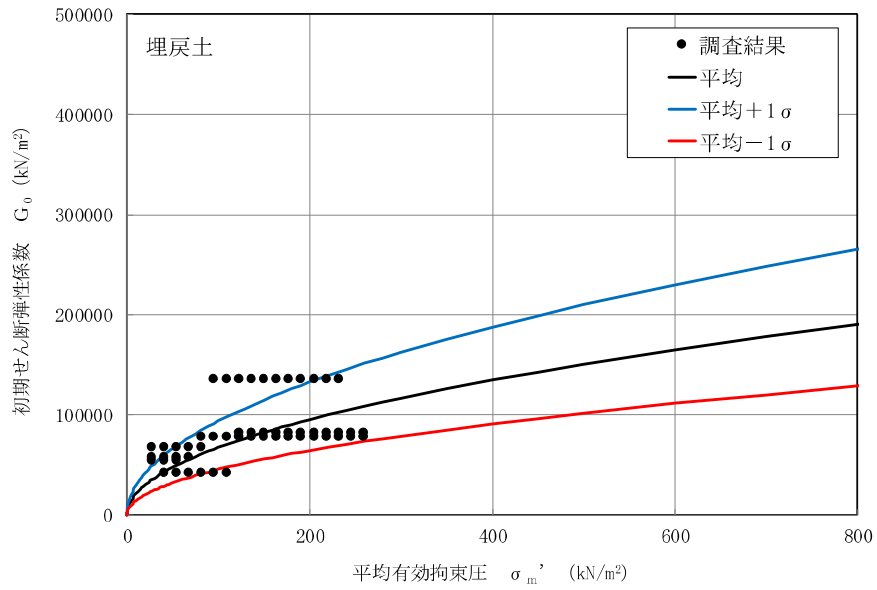


図 6-1 G_0 の σ'_m 依存式 (埋戻土, 荒浜側高台保管場所)

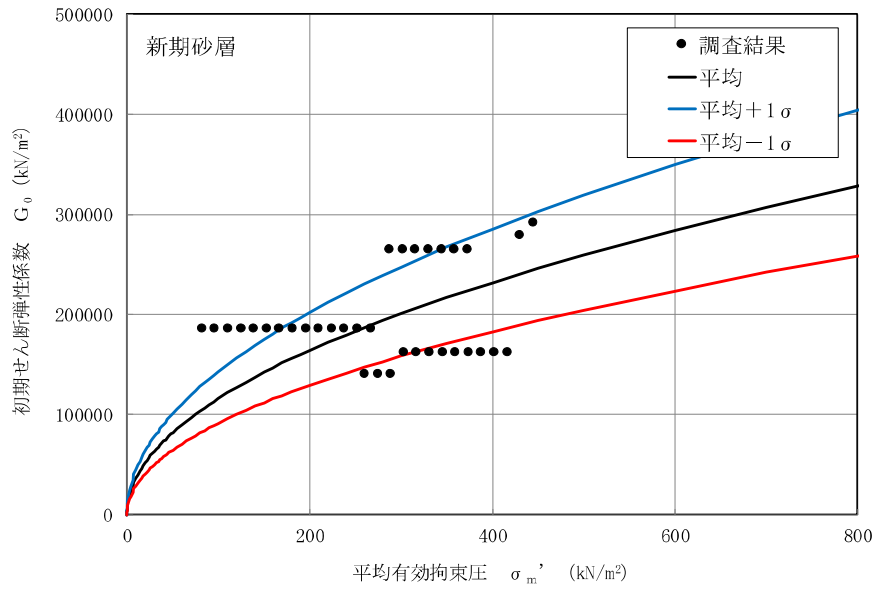


図 6-2 G_0 の σ'_m 依存式 (新期砂層, 荒浜側高台保管場所)

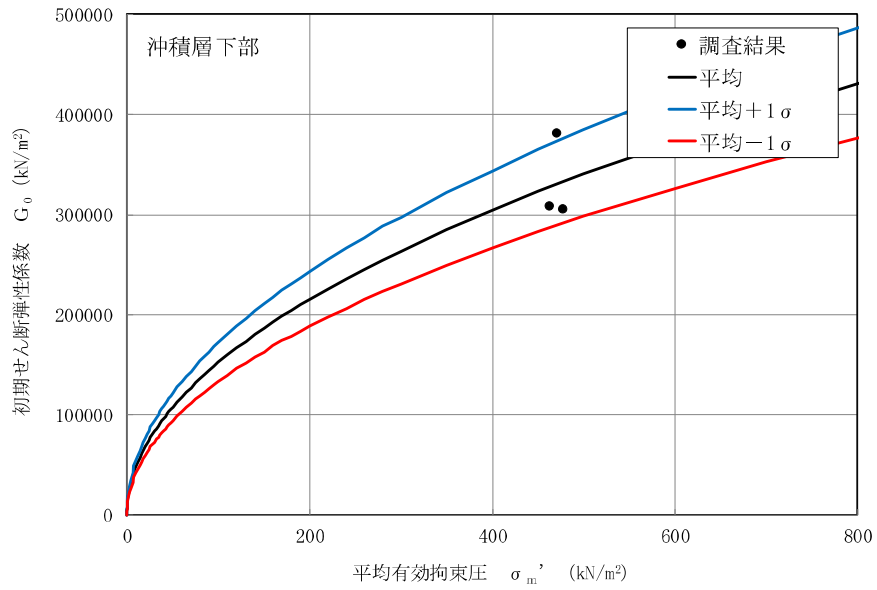


図 6-3 G_0 の σ'_m 依存式 (沖積層下部, 荒浜側高台保管場所)

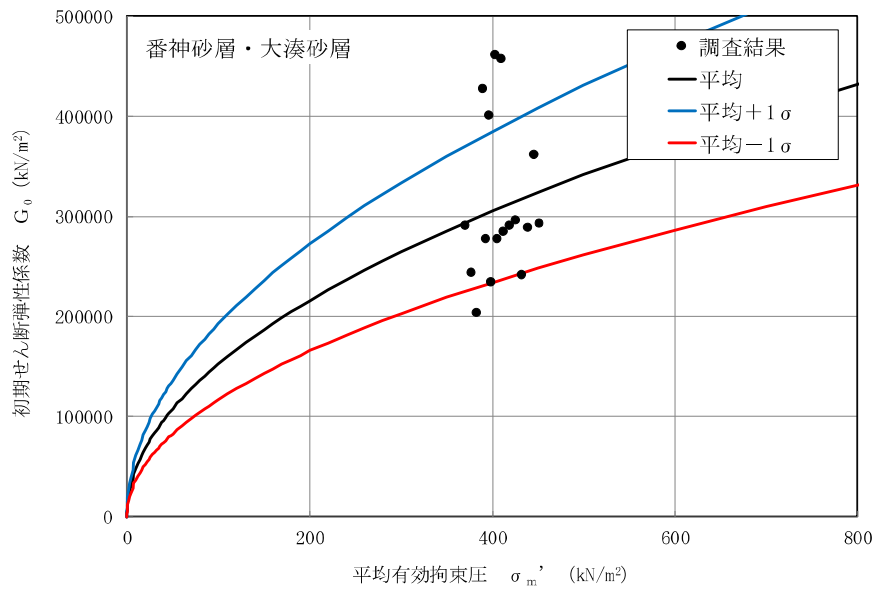


図 6-4 G_0 の σ'_m 依存式 (番神砂層・大湊砂層, 荒浜側高台保管場所)

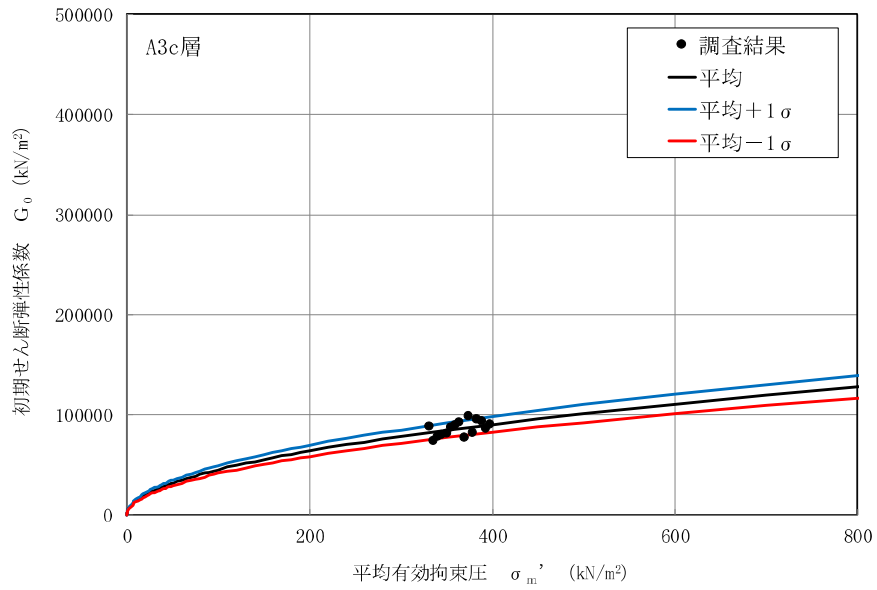


図 6-5 G_0 の σ'_m 依存式 (A3c 層, 荒浜側高台保管場所)

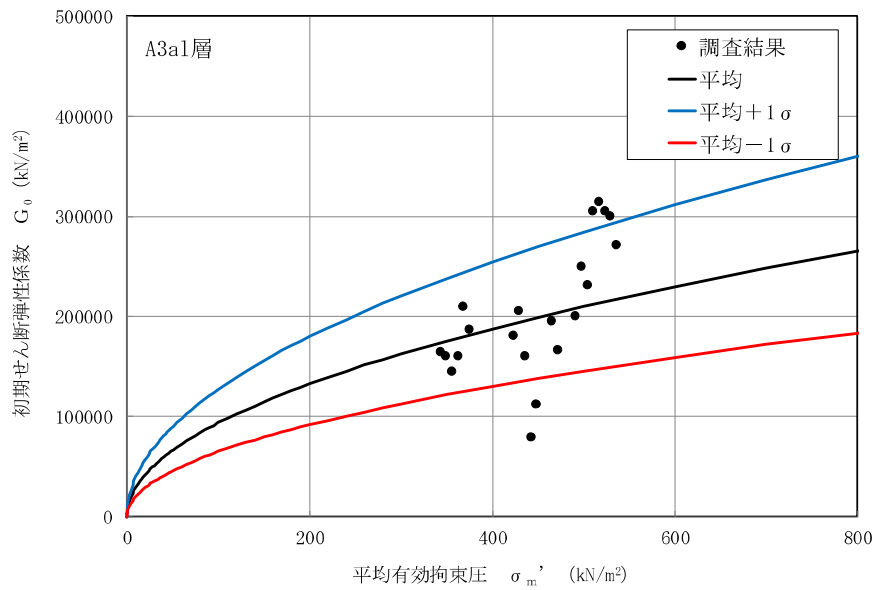


図 6-6 G_0 の σ'_m 依存式 (A3a1 層, 荒浜側高台保管場所)

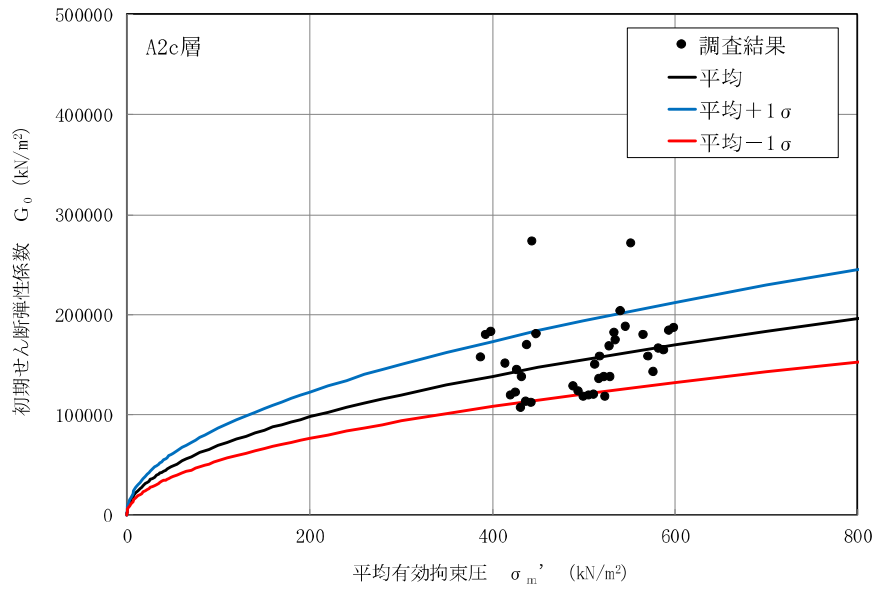


図 6-7 G_0 の σ'_m 依存式 (A2c 層, 荒浜側高台保管場所)

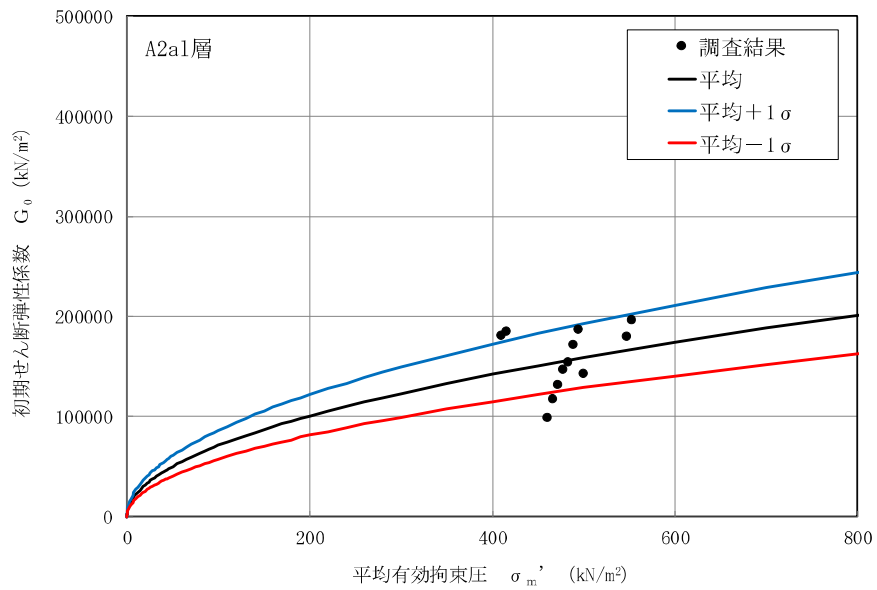


図 6-8 G_0 の σ'_m 依存式 (A2a1 層, 荒浜側高台保管場所)

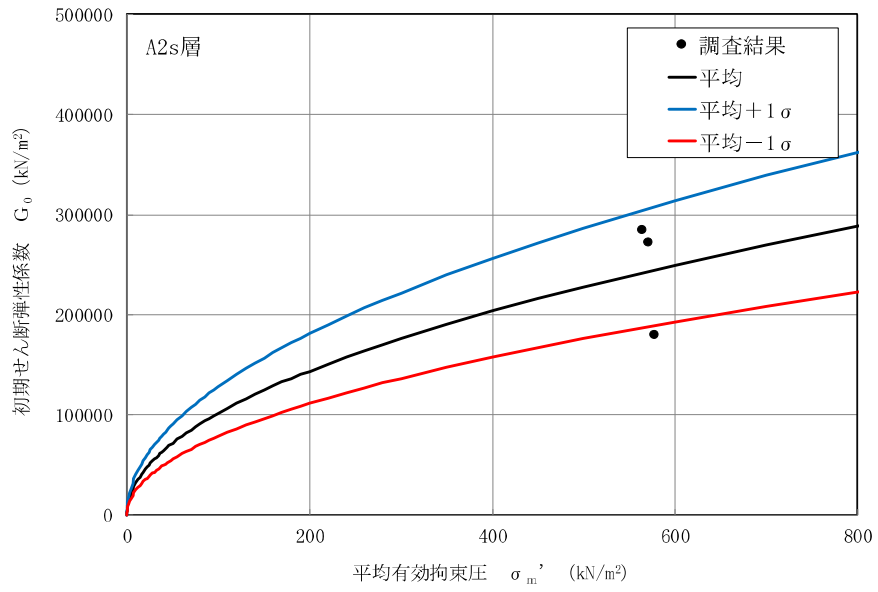


図 6-9 G_0 の σ_m' 依存式 (A2s 層, 荒浜側高台保管場所)

6.2 液状化強度特性のばらつき

土木構造物の耐震評価にあたっては、地震時の有効応力の変化に応じた影響を適切に評価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、敷地の地盤における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。なお、建物・構築物において有効力解析を実施する場合の液状化強度特性のばらつきの考え方も同様である。

6.2.1 液状化強度試験データの回帰式の設定

設定する液状化強度特性は、試験データのばらつきを考慮し、液状化強度試験データの最小二乗法による回帰曲線と、その回帰係数の自由度を考慮した不偏分散に基づく標準偏差を用いた「回帰曲線 -1σ 」について整理する。

液状化強度試験データの回帰式として、回帰係数 a, b を用いた常用片対数の指数関数を (式 4) に示す。

$$R_L(N) = a \cdot (\log_{10} N)^b \quad (\text{式 4})$$

ここで、

$R_L(N)$: 繰り返し載荷回数 N におけるせん断応力比

N : 繰り返し載荷回数

液状化強度試験のせん断応力比 τ / σ'_m ($= R_L$) と繰り返し載荷回数 N の関係のデータは、 K 個の繰り返し載荷回数 N_j ($j=1, 2, \dots, K$) に対応して与えられるものとし、これらの実測値を $R_L(N_j)_{\text{experiment}}$ と表記し、最小二乗法により係数 a, b の値が定められた (式 4) の液状化強度回帰式の出力を $R_L(N_j)$ と表記すると、各土質材料の液状化強度特性の標準偏差 σ は (式 5) で求められる。

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{K-2} \sum_{j=1}^K \left\{ R_L(N_j) - R_L(N_j)_{\text{experiment}} \right\}^2} \quad (\text{式 5})$$

(式 4) , (式 5) より、各土質材料の液状化強度試験データのばらつきを考慮した保守側の液状化強度近似曲線は、(式 6) により求められる。

$$R_L(N)_{-1\sigma} = a \cdot (\log_{10} N)^b - 1\sigma \quad (\text{式 6})$$

ここで、

$R_L(N)_{-1\sigma}$: 液状化強度回帰式 (-1σ) に対応する繰り返し載荷回数 N におけるせん断応力比

6.2.2 有効応力解析に用いる地盤の液状化強度特性のばらつき

土木構造物の耐震評価においては、(式6)による地盤の液状化強度特性 (-1σ) を考慮した有効応力解析を実施することを基本とする。

また、上部土木構造物及び機器・配管系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場合は、非液状化の条件 (最も液状化強度が大きい場合に相当) を仮定した解析を実施する。

液状化強度試験結果を代用することの妥当性確認

1. 概要

荒浜側高台保管場所における液状化検討対象層の液状化強度特性は、V-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に示した大湊側敷地の液状化強度試験の結果より、目標とする回帰曲線を代用して設定している。代用の妥当性については、「5.4 解析用物性値の代用の妥当性確認」において、物理特性の比較により確認しているが、データ拡充の観点から荒浜側高台保管場所における試料を用いた液状化強度試験を追加している。

本資料では、荒浜側高台保管場所の液状化強度試験結果と代用に用いた大湊側敷地の液状化強度試験結果を比較し、V-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に示した液状化強度試験結果を用いたことの妥当性を確認する。

2. 検討方法

荒浜側高台保管場所における回帰曲線と、V-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」で示した大湊側敷地の回帰曲線を比較し、荒浜側高台保管場所の液状化強度特性が大湊側敷地における液状化強度特性と概ね整合していることを確認する。

3. 検討結果

3.1 新期砂層

荒浜側高台保管場所における新期砂層の液状化強度試験と、V-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」で示した大湊側敷地の液状化強度試験の結果の比較を図1に示す。荒浜側高台保管場所の新期砂層の液状化強度特性は、代用する新期砂層の液状化強度特性をわずかに上回る傾向がある。

そのため、荒浜側高台保管場所における新期砂層に対して、V-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に記載の大湊側敷地の新期砂層の液状化強度特性に関わる試験結果を代用することは妥当であると判断した。

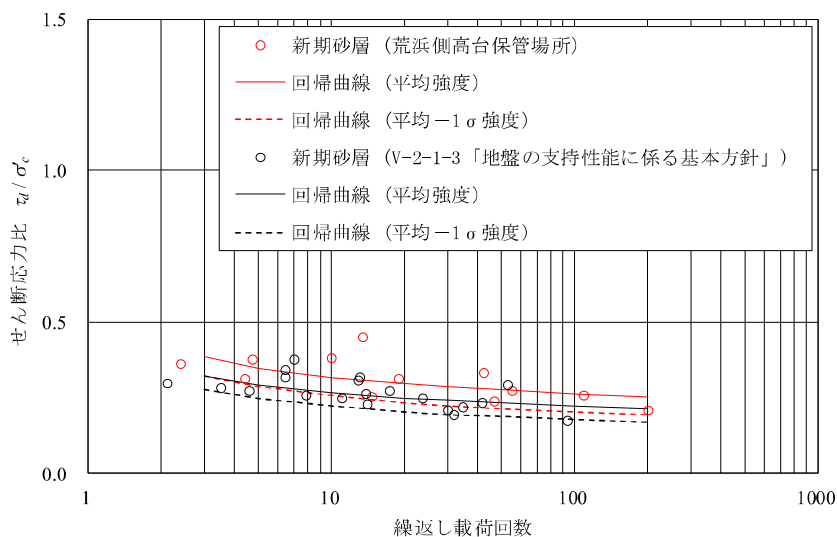


図1 荒浜側高台保管場所及びV-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」における新期砂層の液状化強度試験結果の比較

3.2 沖積層下部

荒浜側高台保管場所における沖積層下部の液状化強度試験と、V-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」で示した大湊側敷地の液状化強度試験の結果の比較を図2に示す。荒浜側高台保管場所の沖積層下部の液状化強度特性は、代用する沖積層下部の液状化強度特性をわずかに下回るものの概ね整合的である。

そのため、荒浜側高台保管場所における沖積層下部に対して、V-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に記載の沖積層下部の液状化強度特性に関わる試験結果を代用することは妥当であると判断できる。

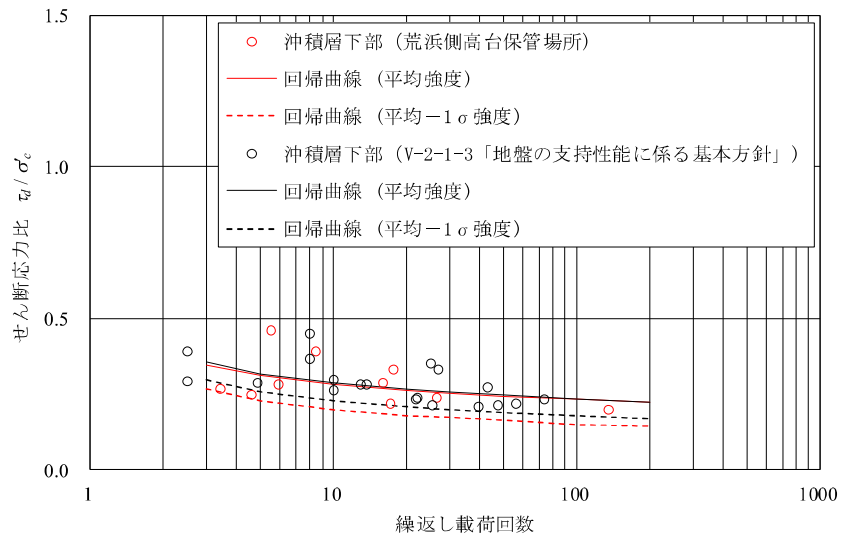


図2 荒浜側高台保管場所及びV-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」における沖積層下部の液状化強度試験結果の比較

3.3 番神砂層・大湊砂層

荒浜側高台保管場所における番神砂層・大湊砂層の液状化強度試験と、V-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」で示した大湊側敷地の液状化強度試験の結果の比較を図3に示す。荒浜側高台保管場所の番神砂層・大湊砂層の液状化強度特性は、代用する新期砂層の液状化強度特性と比較して概ね整合していることを確認した。

そのため、荒浜側高台保管場所における番神砂層・大湊砂層に対して、V-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に記載の大湊側敷地の新期砂層の液状化強度特性に関わる試験結果を代用することは妥当と判断できる。

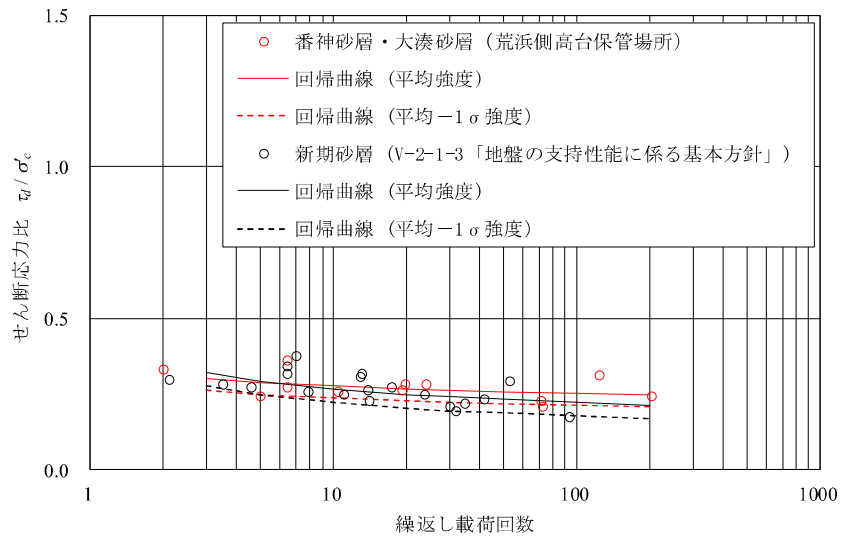


図3 荒浜側高台保管場所における番神砂層・大湊砂層及びV-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」における新期砂層の液状化強度試験結果の比較

4. まとめ

荒浜側高台保管場所の液状化強度試験結果と代用に用いた、V-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に示した液状化強度試験結果を比較した。

その結果、荒浜側高台保管場所の液状化強度特性が、代用に用いた大湊側敷地の液状化強度特性と概ね整合していることを確認し、V-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に示した液状化強度試験結果を用いたことの妥当性を確認した。

沖積層下部における液状化強度特性代用の影響検討

1. 概要

荒浜側高台保管場所における液状化検討対象層の液状化強度特性は、V-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に示した大湊側敷地の液状化強度試験の結果より、目標とする回帰曲線を代用して設定している。代用の妥当性については、「5.4 解析用物性値の代用の妥当性確認」において、物理特性の比較により確認しているが、データ拡充の観点から荒浜側高台保管場所における試料を用いた液状化強度試験を追加している（別紙 1）。

荒浜側高台保管場所における試料を用いた液状化強度試験の結果は、代用した液状化強度特性と概ね同等あるいは上回る傾向にあるが、HA-P3 孔のみで観察される沖積層下部の液状化強度回帰曲線（平均値 -1σ ）については代用した大湊側敷地の液状化強度特性をわずかに下回った。

そこで、荒浜側高台保管場所における液状化強度試験結果を用いて設定した液状化パラメータにより加速度応答スペクトルを算出、比較することで、影響検討を行う。

2. 検討方法

荒浜側高台保管場所における液状化検討対象層の液状化強度特性は、V-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に示した大湊側敷地の液状化強度試験の結果より、目標とする回帰曲線（平均値 -1σ ）を代用して設定しており、以下これを「基本ケース」という（図 2-1）。荒浜側高台保管場所における液状化強度試験結果の回帰曲線（平均値 -1σ ）を目標として設定した液状化パラメータを「影響検討ケース」とする（図 2-2）。

基本ケース、影響検討ケースのそれぞれについて加速度応答スペクトルを算出、比較することで、液状化強度特性による影響を確認する。影響検討の対象は、沖積層下部が存在する HA-P3 孔とする。

地震応答解析（解析コード「FLIP」）は、保管場所における入力地震動の策定と同様に、荒浜側の基準地震動 Ss1~7 を用いた 1 次元地震応答解析モデルにより行うものとする。なお、地震応答解析の解析ケースについても、表 2-1 に示すとおり、保管場所における入力地震動の策定と同様とする。

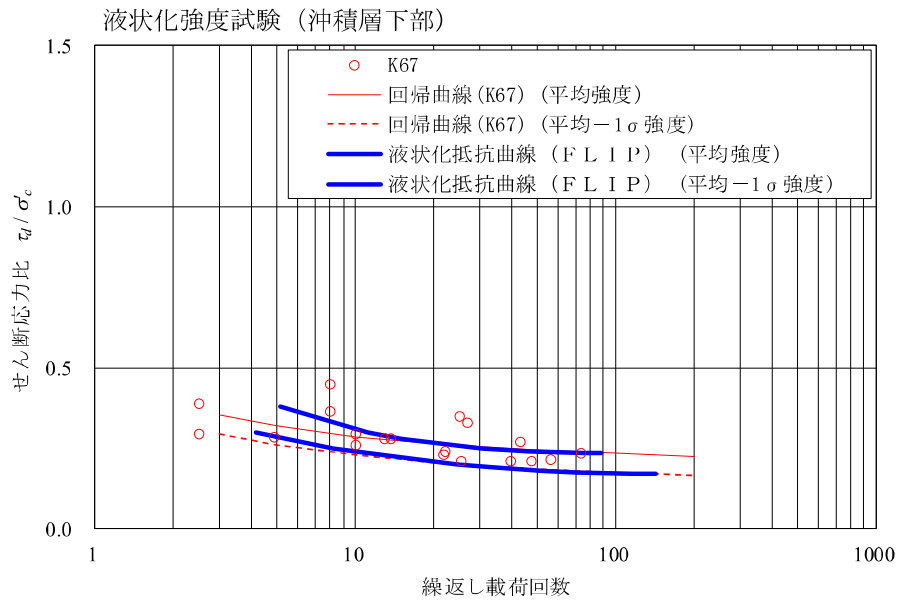


図 2-1 沖積層下部の液状化強度特性の設定結果（荒浜側高台保管場所）「基本ケース」

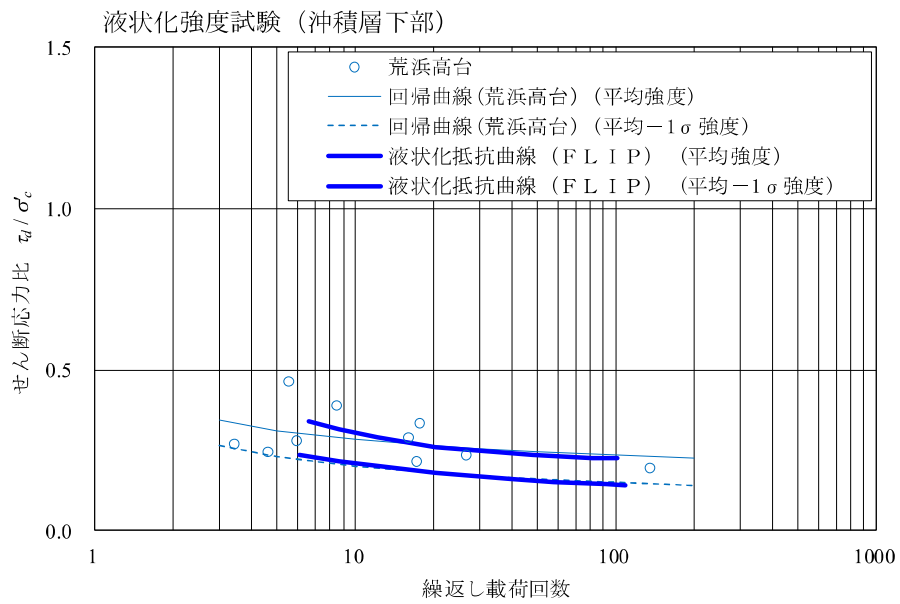


図 2-2 沖積層下部の液状化強度特性の設定結果（荒浜側高台保管場所）「影響検討ケース」

表 2-1 解析ケース

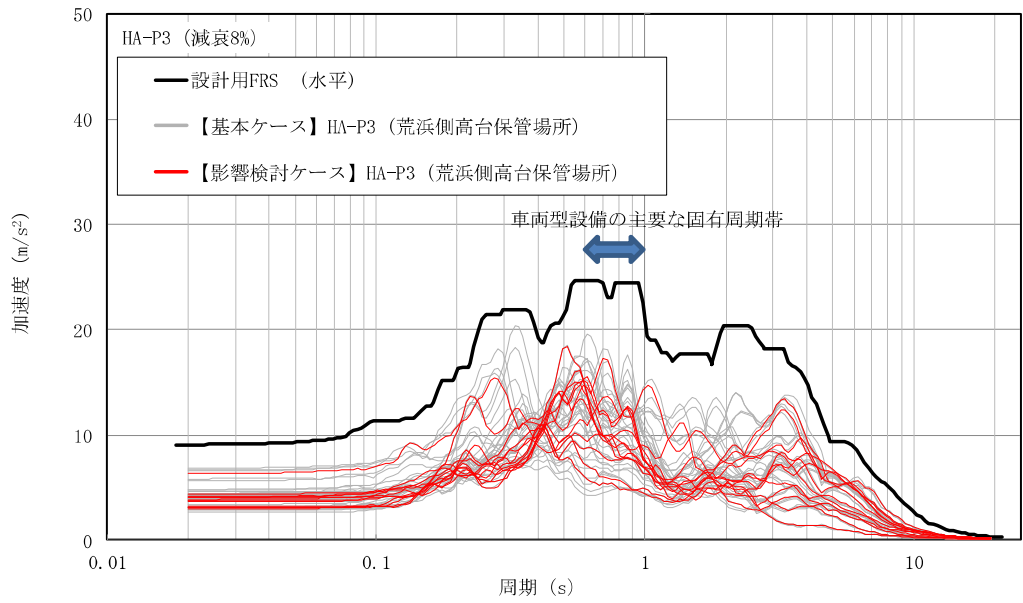
解析ケース	③	④	⑤
	地盤物性のばらつき (-1σ)を考慮した解 析ケース		非液状化の条件を仮定 した解析ケース
地盤剛性の 設定	地盤剛性 (-1σ)	地盤剛性 (平均値)	地盤剛性 ($+1\sigma$)
液状化強度 特性の設定	液状化強度 特性 (-1σ)	液状化パラメータを非 適用	液状化パラメータを非 適用

3. 影響検討結果とまとめ

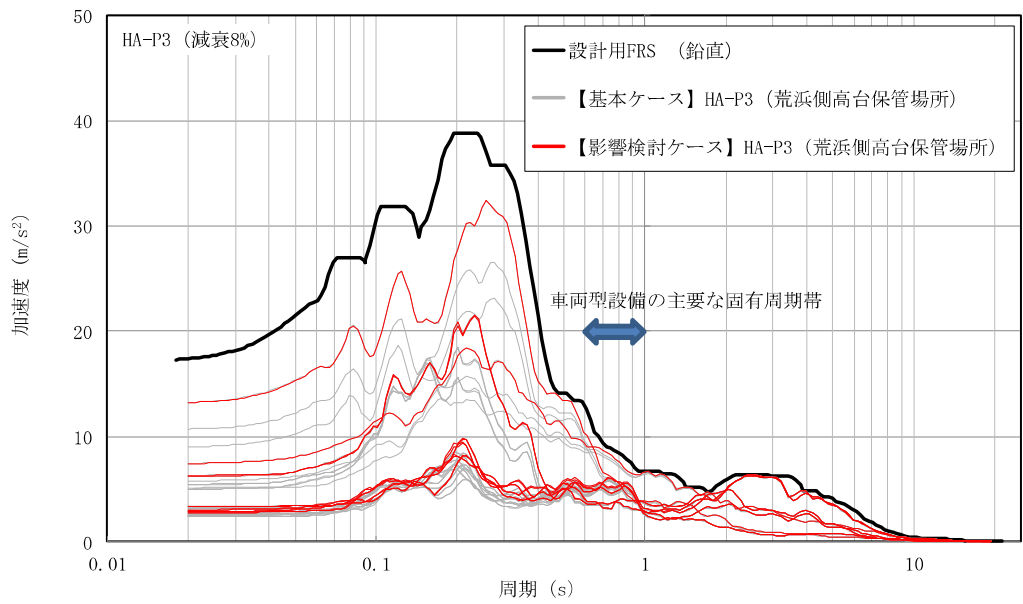
荒浜側高台保管場所における沖積層下部の液状化強度特性について、大湊側敷地の液状化強度試験結果を代用した基本ケースと、当該箇所にて取得した試料を用いた液状化試験結果を適用した影響検討ケースで地表面の加速度応答スペクトルを解析、比較した結果を図 3-1 に示す。

影響検討ケースの加速度応答スペクトルは、基本ケースの結果を大きく上回ることがなく、そのばらつきに包含されていることから、液状化試験結果の差異による影響は軽微である。設計用 FRS と比較しても、保守的な結果となっていることが確認できた。

以上より、大湊側高台保管場所において、V-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に示した大湊側敷地の液状化強度試験の結果を代用して液状化強度特性を設定していることは妥当であると判断した。



a) 水平方向



b) 鉛直方向

図 3-1 荒浜側高台保管場所 HA-P3 孔における加速度応答スペクトル (地表面)
(基本ケース, 影響検討ケース (荒浜側高台保管場所 沖積層下部の液状化試験結果適用))