

3.8 保守性及び不確実さの全体的な釣り合いについて

(1) 保守性及び不確実さの全体的な釣り合いの検討方針

車両型設備の耐震設計及び評価の各段階に含まれる保守性及び不確実さ(非保守性を含む。以下、同様。)の全体的な釣り合い(以下「トータルバランス」という。)の検討は、以下の手順により実施する。

- a. 保守性及び不確実さ要因の抽出
- b. 保守性及び不確実さ要因のスクリーニング
- c. 選定された各要因に関する保守性及び不確実さの分析
- d. 各要因の保守性及び不確実さの定量化
- e. 保守性及び不確実さのトータルバランスの検討

a. 保守性及び不確実さ要因の抽出

車両型設備の耐震設計及び評価の各段階に含まれる保守性及び不確実さの要因となり得る項目を抽出する。

基準地震動 S_s による地震力に対する車両型設備の機能維持の評価は、構造強度評価、転倒評価、機能維持評価及び波及的影響評価の各段階に分けて実施されるが、これらの評価は車両型設備の加振試験の結果を用いて実施される。

したがって、保守性及び不確実さ要因の抽出に当たっては、車両型設備の耐震設計及び評価を以下の各段階に分けて検討する。

- ① 加振試験
- ② 構造強度評価
- ③ 転倒評価
- ④ 機能維持評価
- ⑤ 波及的影響評価

なお、「① 加振試験」の検討対象範囲は、試験結果を出す段階までとし、これらの結果を用いた評価における評価手法そのものや評価条件の設定に含まれる保守性及び不確実さ要因はそれぞれ「② 構造強度評価」から「⑤ 波及的影響評価」の中で抽出する。

上記の各段階を基本的に以下の要素に分割し、要素ごとに試験及び評価結果へ影響を与える可能性のある要因、即ち、保守性及び不確実さ要因を抽出する。

- ・手法(試験方法、評価方法)
- ・入力条件(設計用地震力)
- ・評価モデル及び評価条件(試験体及び諸元、荷重の組合せ及び許容限界)

なお、各評価の特性を踏まえ、上記の要素分類にあてはまらない評価要素があれば必要に応じて当該要素を追加する。

b. 保守性及び不確実さ要因のスクリーニング

「a. 保守性及び不確実さ要因の抽出」により抽出された保守性及び不確実さの要因、特に不確実さに関連する要因について、他の設備の耐震評価における工認(今回工認にお

いて妥当性確認済みの項目を含む。) や J E A G 4 6 0 1 と同様の取り扱いを行っている場合は, 当該要因が評価結果に与える不確かさはないと考え, 以降の検討の対象外とする。

c. 選定された各要因に関する保守性及び不確かさの分析

「b. 保守性及び不確かさ要因のスクリーニング」までに抽出された保守性及び不確かさの各要因について, 保守性及び不確かさそれぞれの観点で車両型設備の耐震評価に及ぼす影響を定性的に分析する。

d. 各要因の保守性及び不確かさの定量化

保守性及び不確かさの各要因について, その保守性や不確かさが定量化可能なものについて, その定量化を行う。

e. 保守性及び不確かさのトータルバランスの検討

「構造強度評価」, 「転倒評価」, 「機能維持評価」及び「波及的影響評価」の評価ごとに, 評価に関連する不確かさ要因を抽出し, 不確かさ要因に対して, 同要因が有する保守性や他の要因の保守性により, 当該不確かさによる非保守性が包絡されることを確認する。

以上までの検討を基に, 「構造強度評価」, 「転倒評価」, 「機能維持評価」及び「波及的影響評価」の評価ごとに, 評価全体として保守性が確保されていることを確認する。

(2) 検討結果

a. 保守性及び不確実さ要因の抽出結果

保守性及び不確実さ要因の抽出結果を表3-5に示す。表3-5では、当該項目が保守性の要因と不確実さの要因のいずれに該当するかを併せて示している。

b. 保守性及び不確実さ要因のスクリーニング結果

「a. 保守性及び不確実さ要因の抽出結果」で抽出された項目の保守性及び不確実さ要因について、工認やJ E A G 4 6 0 1での適用実績の有無を表3-5に併せて示す。

また、「実績あり」(凡例：○)の場合は、下記「c. 選定された各要因に関する保守性及び不確実さの分析」以降の検討の対象外としたが、その場合であっても、車両型設備の耐震評価上において保守性や不確実さの観点で重要な場合や評価結果に影響が大きいと考えられる場合は、検討対象として追加した。

c. 選定された各要因に関する保守性及び不確実さの分析

「b. 保守性及び不確実さ要因のスクリーニング結果」までに抽出された保守性及び不確実さ要因に関し、その影響に対する定性的な検討を以下の要領で行った。

検討結果については、表3-6に示す。

- ・同じ保守性及び不確実さ要因であっても、その保守性や不確実さの影響は、耐震評価にて使用する応答値の項目(加速度・変位・すべり量)ごとに異なる。したがって、これらの項目ごとに、保守性や不確実さが与える影響を定性的に分析した。
- ・車両型設備の耐震評価は、「構造強度評価」、「転倒評価」、「機能維持評価」及び「波及的影響評価」に分けられる。各評価において使用する応答値の項目が異なるため、各評価で使用する応答値を整理した。
- ・以上の整理を踏まえて、保守性及び不確実さに関する各要因が各応答値に与える保守性や不確実さの内容を整理した。
- ・また、当該要因が評価上与える相対的な影響度を定性的に検討し、「相対的に影響が大きい」、「相対的に影響が小さい」及び「影響が有意でない」の3種類に分類した。

ここで、定量的あるいは定性的に評価結果に与える影響がおおむね10%を超えると判断される場合は「相対的に影響が大きい」に、影響がおおむね10%以下であると判断される場合は「相対的に影響が小さい」に分類した。また、影響が数%程度以下と判断される場合は「影響が有意でない」に分類した。なお、「影響が有意でない」項目については、以降の検討の対象外とした。

d. 保守性及び不確実さ要因の定量化

保守性及び不確実さ要因について、その影響が定量化可能なものは定量化し、その結果を上記「c. 選定された各要因に関する保守性及び不確実さの分析」の影響度合い分類結果に反映した。

e. 保守性及び不確実さのトータルバランスの検討

「構造強度評価」、「転倒評価」、「機能維持評価」及び「波及的影響評価」の評価ごとに、表 3-6 の検討結果を以下の要領で整理することにより各評価が全体として保守性を有していることを確認した。

まず、表 3-6 にて、保守性及び不確実さの影響度が「相対的に影響が大きい」（凡例：【○】）又は「相対的に影響が小さい」（凡例：【△】）要因を抽出した。

抽出した各要因を、その不確実さの内容と不確実さに対する対応から、「不確実さの残る要因」、「保守性の残る要因」及び「保守性と不確実さが同等である要因」に分類した。各分類の位置付けは以下のとおりである。

「不確実さの残る要因」：当該要因の不確実さが、当該要因自身の保守性若しくは当該要因の不確実さに直接的に関連する他の要因が有する保守性により完全に包絡できないもの。

「保守性の残る要因」：当該要因の保守性が、当該要因自身の不確実さ若しくは当該要因の保守性に直接的に関連する他の要因における不確実さを包絡し、その上で更に保守性が残存するもの。

「保守性と不確実さが同等である要因」：当該要因の不確実さと、当該要因自身の保守性若しくは当該要因の不確実さに直接的に関連する他の要因における保守性がほぼ同等で相殺し合うもの。

なお、「不確実さの残る要因」は、さらに「保守性を有する直接的な対応のない不確実さ要因」と「定性的な確認のみの不確実さ要因」に分類する。後者としては、定性的な検討において、不確実さの程度、保守性の程度あるいはその両者が不明確であるために不確実さの残存を否定できないものを抽出した。

「保守性の残る要因」は、「未適用の保守性要因」と「保守性の残存する保守性要因」に分類する。前者は、当該要因に不確実さがなく、かつ、当該要因に直接的に関連する他の要因における不確実さもないものである。後者は、当該要因自身の不確実さもしくは当該要因に直接的に関連する他の要因における不確実さを包絡し、その上でさらに保守性が残存するものである。

「保守性と不確実さが同等である要因」は、「設計にて対応済みの要因」と「定性的に確認した要因」に分類する。前者は、当該要因の不確実さに対し設計上の対応で保守性が担保されるものである。後者は、当該要因の不確実さに対して特段設計上の対応は行っていないが、当該要因の持つ性質から当該要因の不確実さに対する保守性が確認されるものである。

以上に基づく各評価に対する抽出及び分析結果を表 3-7～表 3-10 に示す。

上記各分類のうち、「不確実さの残る要因」と「保守性の残る要因」を総合的に分析することにより、各評価全体として保守性が確保されていることを確認した。確認結果を表 3-7～表 3-10 の「総合評価」欄に示す。

以上の検討の結果、車両型設備の耐震設計及び評価全体として、各種不確実さを包絡する適切な保守性を有することを確認した。

表 3-5 保守性及び不確実さ要因抽出結果 (1/2)

設計・評価段階	設計・評価要素	保守性・不確実さを有する項目	車両型設備の設計・評価での取扱いの概要	保守性の要因	不確実さの要因	工認及び JEAG での実績の有無 (○：実績あり，●：実績なし)	備考	
加振試験	試験方法	加振方向	水平 2 方向及び鉛直方向の 3 方向同時入力。 当該設備の保管場所全ての設計用 FRS を，車両型設備の固有周期で包絡させた加振波で 1 回加振。	—	—	○		
		加振試験回数		—	○	○		
	設計用地震力 (加速度・変位・すべり量)	加振試験入力波	当該設備の保管場所全ての設計用 FRS を，車両型設備の固有周期で包絡させたランダム波を使用。	○	○	○	実績はあるが，保守性の観点で重要であるため除外しない。	
		試験体 試験環境	実機と同一の車両型設備を使用。 実機保管場所と同等のアスファルト上に設置。	—	—	○		
	試験体及び諸元 荷重の組合せ及び許容限界	許容限界	J E A G 4 6 0 1 のその他の支持構造物の許容値を適用。	○	—	○		
		評価方法	J E A G 4 6 0 1 のポンプ等のボルト応力評価方法を適用。	○	—	○		
	構造強度評価	設計用地震力 (加速度)	ボルト応力評価方法	加振試験入力波作成の際に，振幅を考慮した FRS を用いている。	○	—	○	
			FRS 振幅		○	—	○	
			設置床での応答加速度	加振試験で得られた評価部位頂部での応答を設置床での応答としている。	○	—	○	実績はあるが，保守性の観点で重要であるため除外しない。
			設計用加速度	評価部位頂部の最大応答加速度に対し，更に 1.2 倍したものを設計用加速度としている。	○	—	○	実績はあるが，保守性の観点で重要であるため除外しない。
		誘発上下動	ローリング (走行軸回りの回転)・ロッキング (タイヤの浮上りを伴う走行軸回りの回転) 挙動により車両型設備端部で鉛直方向へ応答が発生し得るが，評価では評価部位頂部での応答を使用。	—	○	○	実績はあるが，不確実さの観点で重要であるため除外しない。	

表 3-5 保守性及び不確実さ要因抽出結果 (2/2)

設計・評価段階	設計・評価要素	保守性・不確実さを有する項目	車両型設備の設計・評価での取扱いの概要	保守性の要因	不確実さの要因	工認及び JEAG での実績の有無 (○：実績あり，●：実績なし)	備考
転倒評価	荷重の組合せ及び許容限界	(該当なし)	(加振試験にて直接的に転倒の有無を確認するため、荷重の組合せ及び許容限界の観点で保守性及び不確実さに該当する要素はない。)	—	—	—	
	評価方法	(該当なし)	(加振試験にて直接的に転倒の有無を確認するため、評価方法の観点で保守性及び不確実さに該当する要素はない。)	—	—	—	
	設計用地震力 (加速度)	(該当なし)	(上記「加振試験」での当該項目と同様であり、転倒評価として新規に該当する項目はない。)	—	—	—	
機能維持評価	荷重の組合せ及び許容限界	(該当なし)	(加振試験にて試験後に機能が維持されていることを直接的に確認するため、荷重の組合せ及び許容限界の観点で保守性及び不確実さに該当する要素はない。)	—	—	—	
	評価方法	(該当なし)	(加振試験にて試験後に機能が維持されていることを直接的に確認するため、評価方法の観点で保守性及び不確実さに該当する要素はない。)	—	—	—	
	設計用地震力 (加速度)	(該当なし)	(上記「加振試験」での当該項目と同様であり、機能維持評価として新規に該当する項目はない。)	—	—	—	
波及的影響評価	荷重の組合せ及び許容限界	(該当なし)	(発電所における敷地の制限、可搬型重大事故等対処設備の作業性及び運用性を踏まえ設定するため、荷重の組合せ及び許容限界の観点で保守性及び不確実さに該当する要素はない。)	—	—	—	
	評価方法	配置間隔の設定方法 最大変位量の算出方法	車両型設備の配置間隔として、隣り合う設備の離隔距離の合算値以上とする設計とする。 加振試験で得られたすべり量の最大値と傾きによる変位量の最大値を組み合わせた場合の影響評価を実施する。	○	—	○	実績はあるが、保守性の観点で重要であるため除外しない。
	設計用地震力 (変位・すべり量)			○	—	○	実績はあるが、保守性の観点で重要であるため除外しない。

表 3-6 保守性・不確実さ要因の分析及び影響が有意でない不確実さのスクリーニング (1/2)

設計・評価段階	設計・評価要素	保守性・不確実さ要因	影響項目	評価との対応				保守性 [凡例] 【○】：相対的に影響度大 【△】：相対的に影響度小 【-】：影響が有意でない	不確実さ [凡例] 【○】：相対的に影響度大 【△】：相対的に影響度小 【-】：影響が有意でない	影響が有意でない理由
				転倒評価	構造強度評価	機能維持評価	波及的影響評価			
加振試験	設計用地震力 (加速度・変位・すべり量)	a. 加振試験入力波	加速度	○	○	○	—	—	—	—
			変位 すべり量	—	—	—	○	○	—	—
構造強度評価	設計用地震力 (加速度)	b. 設置床での応答 加速度	加速度	—	○	—	—	—	—	—
			加速度	—	○	—	—	—	—	—
		c. 設計用加速度	—	○	—	—	—	—	—	—
		d. 誘発上下動	—	○	—	—	—	—	—	構造強度評価において、評価部位頂部で計測した加速度を用いて評価を実施していることから、影響は有意でない。
転倒評価	(該当なし)	—	—	—	—	—	—	—	—	
機能維持評価	(該当なし)	—	—	—	—	—	—	—	—	

表 3-6 保守性・不確かさ要因の分析及び影響が有意でない不確かさのスクリーニング (2/2)

設計・評価段階	設計・評価要素	保守性・不確かさ要因	影響項目	評価との対応				保守性 [凡例] 【○】：相対的に影響度大 【△】：相対的に影響度小	不確かさ [凡例] 【○】：相対的に影響度大 【△】：相対的に影響度小 【-】：影響が有意でない	影響が有意でない理由
				転倒評価	構造強度評価	機能維持評価	波及的影響評価			
波及的影響評価	評価方法	e. 配置間隔の設定方法	変位	—	—	—	○	—	—	
			すべり量	—	—	—	○			
	設計用地震力 (変位・すべり量)	f. 最大変位量の算出方法	変位	—	—	—	○	—	—	
			すべり量	—	—	—	○			

表 3-7 構造強度評価に関連する保守性・不確実さ要因

		保守性・不確実さ要因*1	不確実さ	不確実さに対する対応 (保守性) *2	備考
不確実さの残る要因	保守性を有する直接的な対応のない不確実さ要因	(該当なし)	—	—	
	定性的な確認のみの不確実さ要因	(該当なし)	—	—	
保守性の残る要因	未適用の保守性要因	a. 加振試験入力波	—	加振試験入力波は、設計用 FRS をおおむね上回るよう設定したものであり、地震により設備が受ける加速度よりも保守的な値 (設備の固有周期により異なるが、数%~20%程度) となる。 【○】	
		b. 設置床での応答加速度	—	加振試験で得られた評価部位頂部での最大応答加速度を、評価上は、より低い位置である設備設置床での応答と仮定することによる保守性がある。【△】	
		c. 設計用加速度	—	評価部位頂部の最大応答加速度に対し、更に 1.2 倍したものを設計用加速度としている。 【○】	
保守性と不確実さが同等である要因	保守性の残存する保守性要因 設計にて対応済みの要因 定性的に確認した要因	(該当なし)	—	—	
		(該当なし)	—	—	
		(該当なし)	—	—	
【総合評価】	構造強度評価は、評価に用いる設計用地震方 (加速度) として実機の加振試験での計測値を直接用いているため有意な不確実さはない。一方、未適用の保守性要因として「加振試験入力波」、「設置床での応答加速度」及び「設計用加速度」がある。以上より、加振試験結果に基づく構造強度評価について、評価全体として保守性が確保されている。				

注記*1 : 先頭の記号及び要因名称は、表 3-6 における「保守性・不確実さ要因」欄の記号及び要因名称と同じものを用いている。

*2 : 【】内の記号は、表 3-6 における「保守性」欄の記号を表している。

表 3-8 転倒評価に関連する保守性・不確実さ要因

保守性・不確実さ要因*1		不確実さ	不確実さに対する対応 (保守性) *2	備考
不確実さの残る 要因	保守性を有する 直接的な対応の ない不確実さ要 因	—	—	
	定性的な確認の みの不確実さ要 因	—	—	
保守性の残る 要因	未適用の保守性 要因	a. 加振試験入力波	加振試験入力波は、設計用 FRS をおおむね上回 るよう設定したものであり、地震により設備が 受ける加速度よりも保守的な値 (設備の固有周 期により異なるが、数%~20%程度) となる。 【○】	
	保守性の残存す る保守性要因	(該当なし)	—	
保守性と不確実 さが同等である 要因	設計にて対応済 みの要因	(該当なし)	—	
	定性的に確認し た要因	(該当なし)	—	
【総合評価】				
転倒評価は、評価に用いる設計用地震力 (加速度) として実機の加振試験での計測値を直接用いているため有意な不確実さはない。 一方、未適用の保守性要因として「加振試験入力波」がある。 以上より、加振試験結果に基づく転倒評価について、評価全体として保守性が確保されている。				

注記*1 : 先頭の記号及び要因名称は、表 3-6 における「保守性・不確実さ要因」欄の記号及び要因名称と同じものを用いている。

*2 : 【】 内の記号は、表 3-6 における「保守性」欄の記号を表している。

表 3-9 機能維持評価に関連する保守性・不確実さ要因

保守性・不確実さ要因*1		不確実さ	不確実さに対する対応 (保守性) *2	備考
不確実さの残る 要因	保守性を有する 直接的な対応の ない不確実さ要 因	—	—	
	定性的な確認の みの不確実さ要 因	—	—	
保守性の残る 要因	未適用の保守性 要因	a. 加振試験入力波	加振試験入力波は、設計用 FRS をおおむね上回 るよう設定したものであり、地震により設備が 受ける加速度よりも保守的な値 (設備の固有周 期により異なるが、数%~20%程度) となる。 【○】	
	保守性の残存す る保守性要因	(該当なし)	—	
保守性と不確実 さが同等である 要因	設計にて対応済 みの要因	(該当なし)	—	
	定性的に確認し た要因	(該当なし)	—	
【総合評価】 機能維持評価は、評価に用いる設計用地震力 (加速度) として実機の加振試験での計測値を直接用いているため有意な不確実さはない。 一方、未適用の保守性要因として「加振試験入力波」がある。 以上より、加振試験結果に基づき機能維持評価について、評価全体として保守性が確保されている。				

注記*1 : 先頭の記号及び要因名称は、表 3-6 における「保守性・不確実さ要因」欄の記号及び要因名称と同じものを用いている。

*2 : 【】内の記号は、表 3-6 における「保守性」欄の記号を表している。

表 3-10 波及的影響評価に関連する保守性・不確かさ要因

保守性・不確かさ要因*1		不確かさ	不確かさに対する対応 (保守性) *2	備考
不確かさの残る要因	保守性を有する直接的な対応のない不確かさ要因	—	—	
	定性的な確認のみの不確かさ要因	—	—	
保守性の残る要因	a. 加振試験入力波	—	加振試験入力波は、設計用 FRS をおおむね上回るよう設定したものであり、地震により設備が受ける加速度よりも保守的な値 (設備の固有周期により異なるが、数%~20%程度) となる。 【○】	
	e. 配置間隔の設定方法	—	車両型設備同士がぶつかる方向に同時にすべり及び傾きが発生することは考えにくいですが、車両型設備の実際の配置間隔として、隣り合う設備の離隔距離の合算値以上とする設計により保守性がある。【○】	
	f. 最大変位量の算出方法	—	加振試験で得られたすべり量の最大値と傾きによる変位量の最大値は、同時に発生する可能性は低く、その両方の値を用いて算出する最大変位量はある程度の保守性を有している。【△】	
保守性と不確かさが同等である要因	保守性の残存する保守性要因	—	—	
	設計にて対応済みの要因	—	—	
【総合評価】	定性的に確認した要因	—	—	
<p>波及的影響評価は、評価に用いる設計用地震力 (変位・すべり量) として実機の加振試験での計測値を直接用いているため有意な不確かさはない。一方、未適用の保守性要因として「加振試験入力波」、「配置間隔の設定方法」及び「最大変位量の算出方法」がある。以上より、加振試験結果に基づく波及的影響評価について、評価全体として保守性が確保されている。</p>				

注記*1 : 先頭の記号及び要因名称は、表 3-6 における「保守性・不確かさ要因」欄の記号及び要因名称と同じものを用いている。

*2 : 【】 内の記号は、表 3-6 における「保守性」欄の記号を表している。

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

4.1 概要

車両型設備の耐震計算においては、竜巻対策としての固縛装置を設置しない状態で加振試験を行った結果を用いて耐震評価をする車両型設備（タンクローリ（4kL）及び可搬型代替注水ポンプ（A-2級））がある。このため、当該設備については、加振試験の条件に合わせて、展張しない十分なたるみを有した固縛装置を設置する方針としている。ここでは、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説明する。

4.2 たるみの定義

固縛装置のたるみは、地震に伴う車両型設備のすべり及び傾きによる変位が生じた場合でも、固縛装置が展張しないたるみのことを示す。図4-1にタンクローリ（4kL）の固縛装置の構造概要を示す。

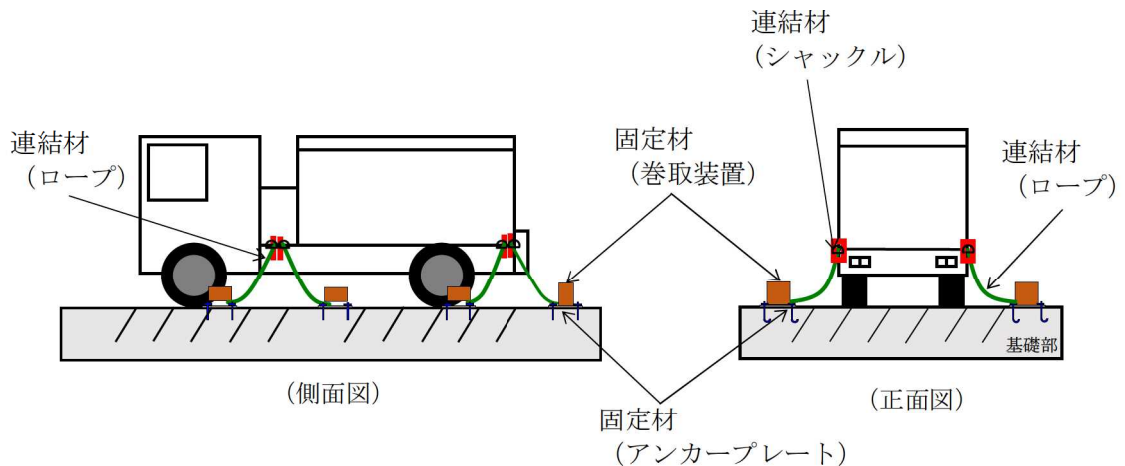


図4-1 固縛装置の構造概要（タンクローリ（4kL）の例）

4.3 たるみの設定

固縛装置のたるみは、加振試験を行った車両型設備の最大変位量を基に設定する。

なお、車両型設備の最大変位量は、加振試験で得られたすべり量と傾きによる変位量の最大値が、同時に発生する可能性は低いですが、その両方の単純和として算出しており、設定するたるみには保守性が含まれている。

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

5.1 概要

固縛装置を用いる車両型設備（タンクローリ（4kL）及び可搬型代替注水ポンプ（A-2級））については、固縛装置を取り付けずに加振試験を行っていることから、加振試験時の車両型設備の挙動と固縛装置の固定材（アンカープレート）との干渉の確認が取れていない。仮に干渉（タイヤとアンカープレートが接触）した場合においても設備の損傷は考えにくいものの、加振試験結果と実際の車両型設備設置位置におけるアンカープレートとの位置関係について説明する。

5.2 車両型設備とアンカープレートとの位置関係

車両型設備とアンカープレートとの間には離隔距離を設けており、車両型設備端部からアンカープレート端部までの距離（離隔距離）は、車両型設備の走行軸直角方向の最大すべり量以上となるように設定する。

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

6.1 概要

基準地震動 S_s による車両型設備の保管場所の地震応答波（以下「 S_s 地震波」という。）と加振試験における加振波（以下「加振波」という。）を比較すると、最大加速度は加振波の方が大きいですが、継続時間は S_s 地震波の方が長い結果となっている。加振波は、車両型設備の固有周期を考慮し、長周期側に卓越した地震波としており、加振台の能力制限により継続時間を短くせざるを得ないものであるため、 S_s 地震波と加振波の継続時間の差が、加振試験を基にした車両型設備の耐震評価に与える影響について検討し、評価に問題が無いことを確認する。

6.2 車両型設備の耐震評価

(1) 車両型設備に対する評価項目

車両型設備に対して実施した耐震評価の項目は以下のとおりである。

- ①構造強度評価
- ②転倒評価
- ③機能維持評価
- ④波及的影響評価

(2) 各評価項目に対する継続時間の影響有無の検討

加振試験については、車両型設備の保管場所の設計用 FRS をおおむね上回るように設定した入力地震動を用いて実施しており、車両型設備に対して S_s 地震波よりも保守的な加速度が付与された試験となっている。前項で整理した各評価項目はいずれも加速度に依存する評価項目であることから、加速度に着目した評価としては、保守的な結果となるものとする。一方、 S_s 地震波と加振波の継続時間の差の影響の有無については、評価項目によって異なるものとする。そこで、各評価項目に対して、以下のとおり継続時間の影響について検討した。なお、 S_s 地震波と加振波の継続時間については、表 6-1 のとおりである。

表 6-1 Ss 地震波と加振波の継続時間

保管場所	基準地震動	Ss 地震波 (s)	加振波 (s)
荒浜側高台保管場所 大湊側高台保管場所	Ss-1	約 31	12
	Ss-2	約 108	
	Ss-3	約 74	
	Ss-4	約 126	
	Ss-5	約 127	
	Ss-6	約 148	
	Ss-7	約 147	
5号機東側保管場所 5号機東側第二保管場所	Ss-1	約 31	
	Ss-2	約 108	
	Ss-3	約 74	
	Ss-4	約 126	
	Ss-5	約 127	
	Ss-6	約 148	
	Ss-7	約 148	
	Ss-8	約 20	

①構造強度評価は、加振試験で計測した車両型設備の最大応答加速度を用いた評価を行うものであり、**構造的な損傷は慣性力の影響が支配的となることから、継続時間の影響は無いと考える。**

②転倒評価は、計測した加振台の最大加速度が保管場所の最大応答加速度を上回っていることを確認するものであり、**転倒の有無は最大加速度の影響が支配的となることから、継続時間の影響は無いと考える。**

③機能維持評価は、計測した加振台の最大加速度が保管場所の最大応答加速度を上回っていることを確認するものであり、**機能維持に係る部位の強度は最大加速度の影響が支配的となることから、継続時間の影響は無いと考える。**

④波及的影響評価は、加振試験で計測した「すべり量」と「傾きによる変位量」の合算値から最大変位量を求め、許容限界に収まっていることを確認するものである。

このうち、「傾きによる変位量」については、加振試験時の加振力に関連が強く、継続時間の影響は無いと考えられる。「すべり量」についても、車両型設備にかかる加振力が、設置面との静止摩擦力以上になった場合の移動量であることから、加振力の大きさに依存すると考えられる。なお、「すべり量」については、地震時の車両型設備の移動量の蓄積によるものであるため、地震波の継続時間により差が生じる可能性はあるものの、地震荷重は交番荷重であり、同じ方向にすべり続けることは考えにくく、実際の加振試験においても車両型設備が行き来する挙動が確認されていることから、影響は小さいと考えられる。

加振試験において確認された車両型設備の挙動の例を図 6-1 に示す。

また、加振試験に用いた加振波（加振台上での計測データ）の加速度時刻歴波形の例を図6-2に示す。

図6-2より、「傾きによる変位量」の最大値は、鉛直上向きの最大加速度発生後、時間遅れで発生していることが確認でき、この時間遅れは、車両型設備が鉛直上向きの加振力により突き上げられ、傾きが最大となるまでに要する時間と考えられる。よって、「傾きによる変位量」は、加振力との関連が強いものであると考えられる。なお、車両型設備は、サスペンションのようなばね構造を有するものであり、設備ごとの機構の違いにより、「傾きによる変位量」と加振力の関連の強さは異なるものとする。また、「すべり量」と「傾きによる変位量」の最大値は、同時に発生していないことが確認できる。

加振試験で得られたすべり量と傾きによる変位量の最大値は、同時に発生する可能性は低いですが、その両方の単純和として最大変位量を算出しており、また、車両型設備がぶつかる方向に同時にすべり及び傾きが生じることは考えにくいですが、車両型設備の実際の配置間隔は、隣り合う設備の離隔距離（最大変位量に対し余裕をもった値）の合算値以上とした設計としていることから、波及的影響評価は保守性を有している。

以上のことから、地震波の継続時間の不確かさに対して、波及的影響評価が保守性を有していることから、Ss地震波と加振波の継続時間の差が耐震評価結果に与える影響は無いと考える。

6.3 結論

Ss地震波の継続時間が加振波に対して長いことから、地震波の継続時間が加振試験に基づく耐震評価に与える影響について検討した。その結果、Ss地震波と加振波の継続時間の差は、加振試験に基づく耐震評価に影響を与えないことを確認した。

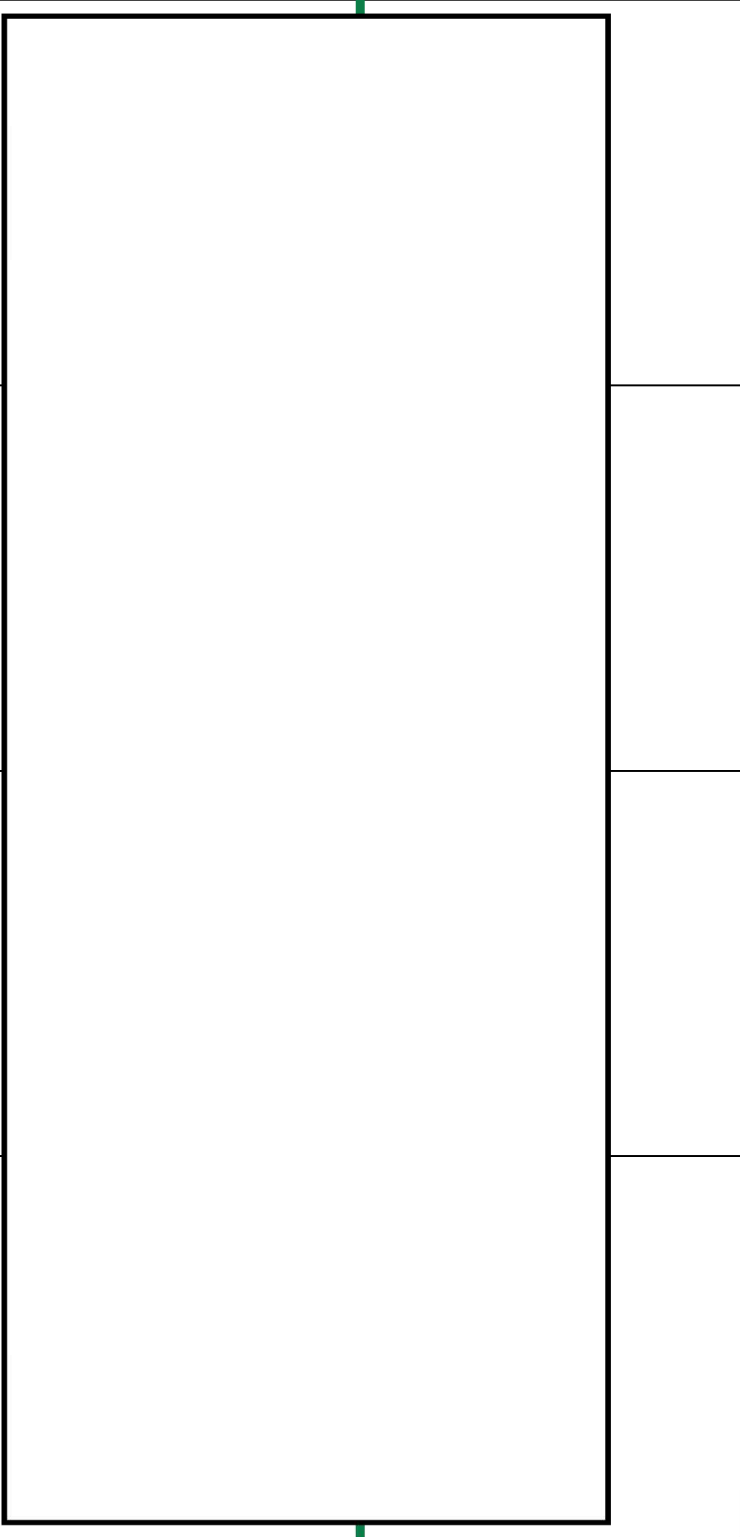
計測時刻	大容量送水車（熱交換器ユニット用）の加振試験の動画データ	
14:05:29 (加振開始)		
14:05:33		
14:05:37		
14:05:41 (加振終了)		

図 6-1 加振試験において確認された車両型設備の挙動の例

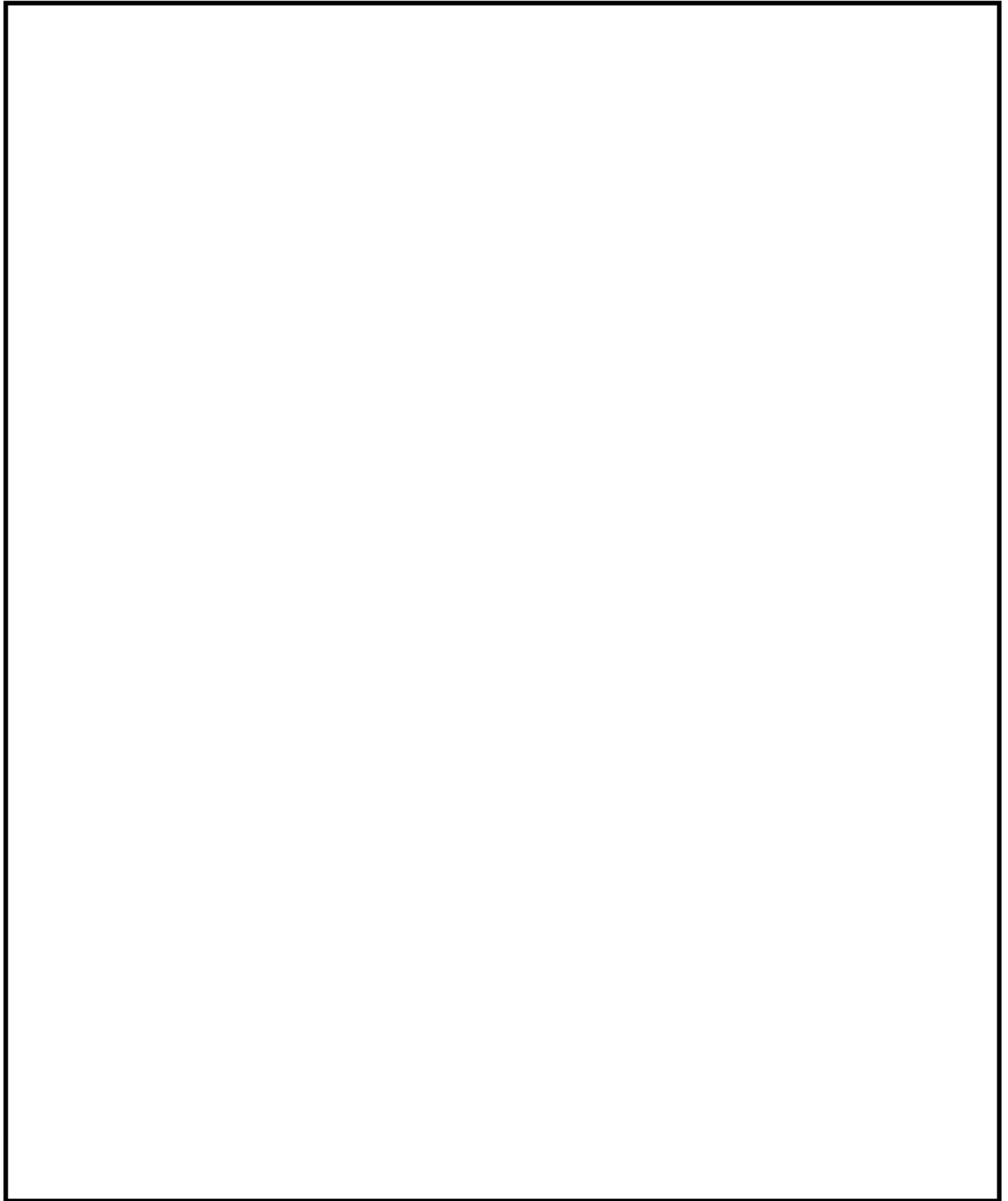


図 6-2 加振試験に用いた加振波（加振台上での計測データ）の加速度時刻歴波形の例

7. 車両型設備及び固縛装置の仕様について

加振試験に使用した車両型設備及び固縛装置の仕様を表7-1に示す。

表7-1 車両型設備及び固縛装置の仕様 (1/3)

設備名称	車両仕様*1	設備仕様	固縛装置仕様
タンクローリ (4kL) (6,7号機共用)	型式：トラック 全長：6185mm 全幅：2200mm 高さ：2400mm 重量：4340kg	タンク容量：4.0kL	—*2
タンクローリ (16kL) (6,7号機共用)	型式：トラック 全長：9270mm 全幅：2490mm 高さ：3010mm 重量：8600kg	タンク容量：16kL	—
可搬型代替注水ポンプ (A-2級) (6,7号機共用)	型式：トラック 全長：5480mm 全幅：1885mm 高さ：2600mm 重量：4180kg	容量：120m ³ /h 以上 吐出圧力：0.85MPa 以上	—*2
可搬型代替注水ポンプ (A-1級) (6,7号機共用)	型式：トラック 全長：7115mm 全幅：2280mm 高さ：2740mm 重量：6880kg	容量：168m ³ /h 以上 吐出圧力：0.85MPa 以上	—
電源車 (6,7号機共用)	型式：トラック 全長：6885mm 全幅：2200mm 高さ：3040mm 重量：7860kg	容量：500kVA 電圧：6900V 周波数：50Hz	—

注記*1：全長、全幅、高さ及び重量については、車両型設備ごとに個体差があるため、記載値は概略値を示す。

*2：固縛装置の連結材（ロープ）のたるみを十分に設けることにより地震時に作用させない設計とすることから、固縛装置を模擬しない条件で加振試験を実施。

表 7-1 車両型設備及び固縛装置の仕様 (2/3)

設備名称	車両仕様*1	設備仕様	固縛装置仕様
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) *2	型式：トラクタ・ トレーラ 全長：12200mm 全幅：2490mm 高さ：2900mm 重量：11890kg	容量： <input type="text"/>	—
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) *3	型式：トラクタ・ トレーラ 全長： <input type="text"/> 全幅： <input type="text"/> 高さ： <input type="text"/> 重量：14240kg	容量： <input type="text"/>	—
大容量送水車 (熱交 換器ユニット用) (6, 7 号機共用)	型式：トラック 全長：10920mm 全幅：2490mm 高さ：3580mm 重量：21750kg	容量：900m ³ /h 吐出圧力：1.25MPa	—
大容量送水車 (原子 炉建屋放水設備用) (6, 7 号機共用)	型式：トラック 全長：10920mm 全幅：2490mm 高さ：3580mm 重量：21750kg	容量：900m ³ /h 吐出圧力：1.25MPa	—
大容量送水車 (海水 取水用) (6, 7 号機共 用)	型式：トラック 全長：10920mm 全幅：2490mm 高さ：3580mm 重量：21750kg	容量：900m ³ /h 吐出圧力：1.25MPa	—
可搬型窒素供給装置 (6, 7 号機共用)	型式：トラック 全長：8670mm 全幅：2490mm 高さ：3570mm 重量：11890kg	容量：70Nm ³ /h (窒素純度 99%) 吐出圧力：0.5MPa	—

注記*1：全長，全幅，高さ及び重量については，車両型設備ごとに個体差があるため，記載値は概略値を示す。

*2：P27-D2000，P27-D3000，P27-D4000 を示す。

*3：P27-D1000，P27-D5000 を示す。

表 7-1 車両型設備及び固縛装置の仕様 (3/3)

設備名称	車両仕様*	設備仕様	固縛装置仕様
泡原液搬送車 (6, 7 号機共用)	型式：トラック 全長：6520mm 全幅：2320mm 高さ：2850mm 重量：6240kg	タンク容量： <input type="text"/>	—
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)	型式：トラック 全長：6750mm 全幅：2072mm 高さ：3452mm 重量：7800kg	容量：200kVA 電圧：440V 周波数：50Hz	—

注記*：全長，全幅，高さ及び重量については，車両型設備ごとに個体差があるため，記載値は概略値を示す。

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

8.1 概要

波及的影響評価に用いる車両型設備の傾き角の計測方法を、以下に整理する。

8.2 計測方法

波及的影響評価に用いる車両型設備の傾き角については、加振試験中の車両型設備の挙動を撮影した動画の中から、最大傾き角となる時刻の静止画像を取り出し、水平面からコンテナ下端までの角度を計測している。

車両型設備の傾き角を計測した例として、大容量送水車（熱交換器ユニット用）の最大傾き角の計測結果を図 8-1 に示す。



図 8-1 大容量送水車（熱交換器ユニット用）の最大傾き角の計測結果

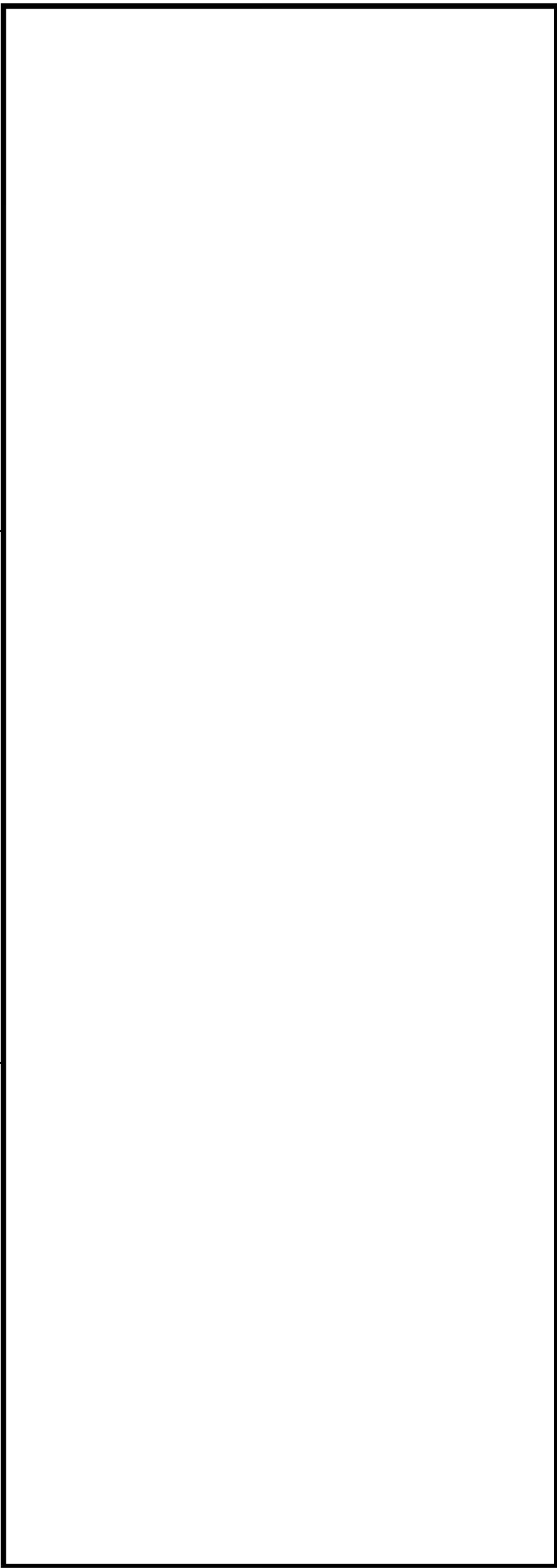
9. 設計用 FRS に対する車両型設備の加振試験における加振波 FRS の裕度について

9.1 概要

「3.8 保守性及び不確実さの全体的な釣り合いについて」において、「加振試験入力波は、設計用 FRS をおおむね上回るよう設定したものであり、地震により設備が受ける加速度よりも保守的な値（設備の固有周期により異なるが、数%～20%程度）となる。」と記載している。ここでは、当該記載の根拠として、車両型設備の固有周期における設計用 FRS に対する加振波 FRS の裕度について、以下に示す。

9.2 裕度の整理結果

車両型設備の走行軸直角方向、走行軸方向及び鉛直方向について、車両型設備ごとの固有周期における設計用 FRS に対する加振波 FRS の裕度を図 9-1～図 9-13 に記載する。

方向	FRS		固有周期 (s)	裕度
走行軸直角方向 (X)				
走行軸方向 (Y)				
鉛直方向 (Z)				

注記*：タイヤが動いたため参考扱い。

図 9-1 タンクローリ (4kL)

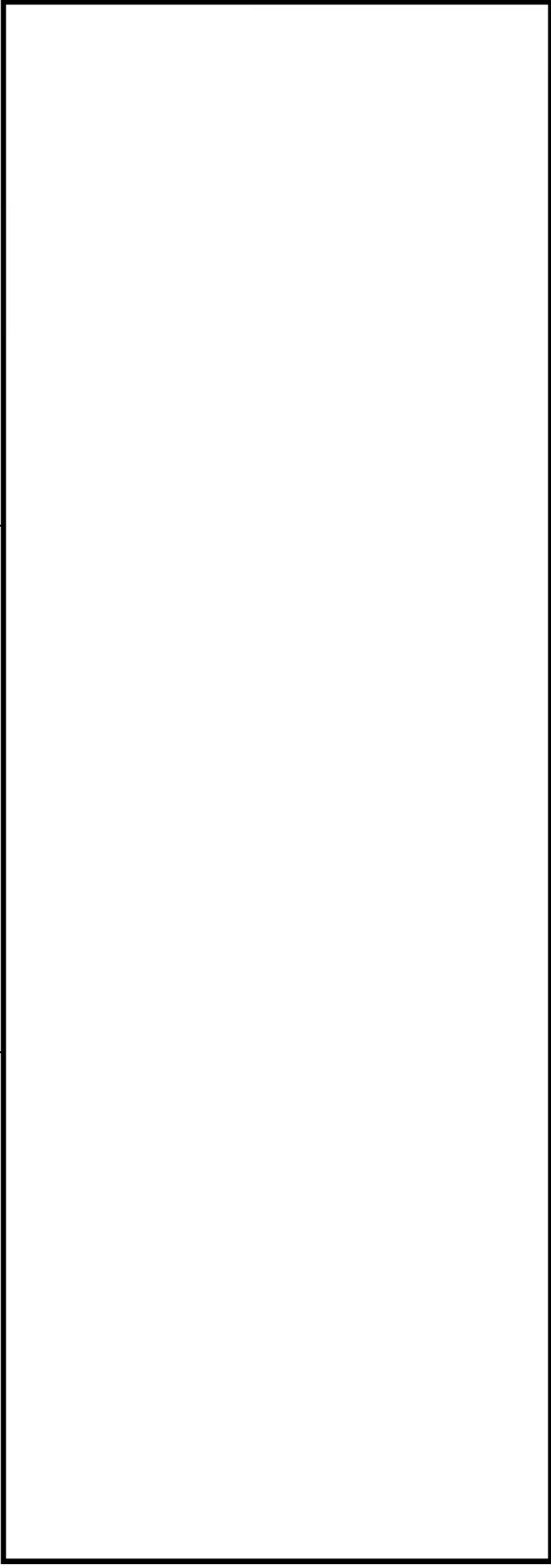
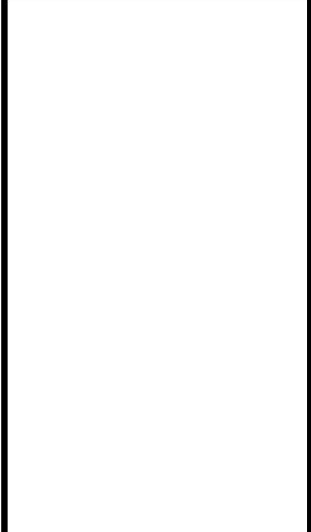
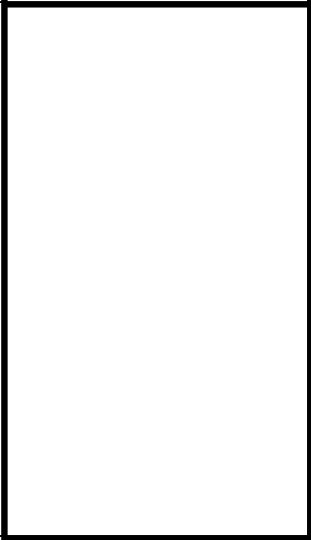
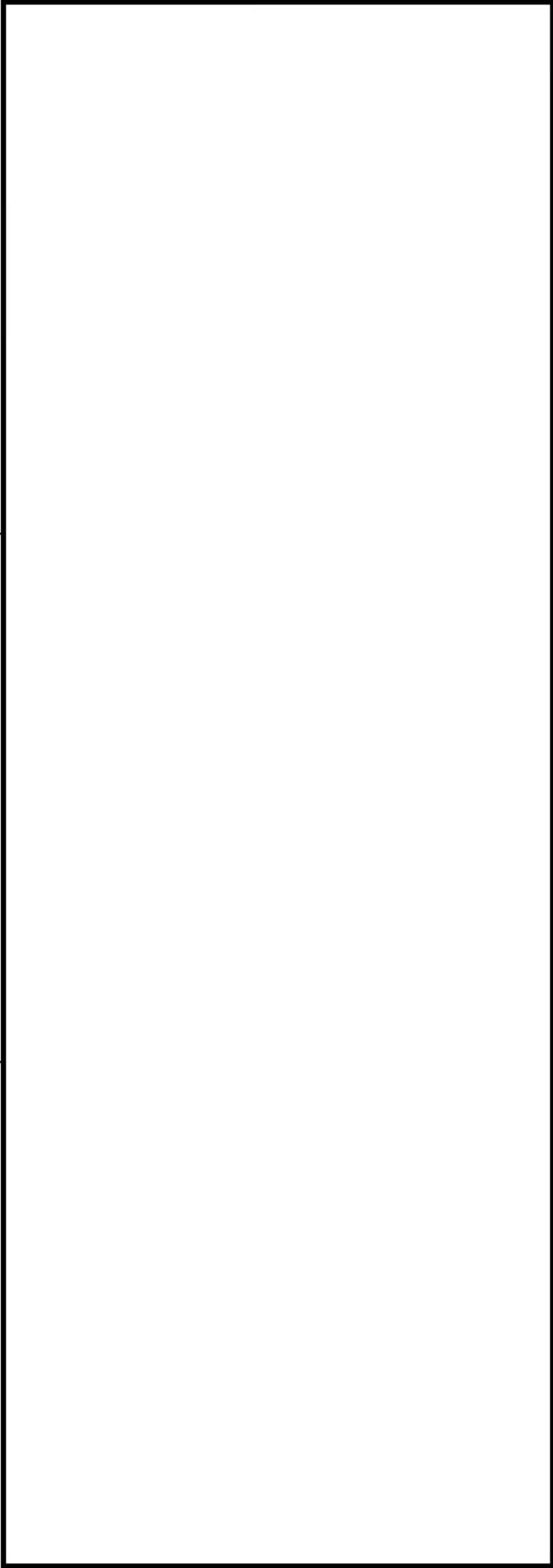
方向	FRS		固有周期 (s)	裕度		
走行軸直角方向 (X)						
走行軸方向 (Y)						
鉛直方向 (Z)						

図 9-2 タンクローリ (16kL)

方向	FRS		固有周期 (s)	裕度
走行軸直角方向 (X)				
走行軸方向 (Y)				
鉛直方向 (Z)				

注記* : タイヤが動いたため参考扱い。

図9-3 可搬型代替注水ポンプ (A-2 級)

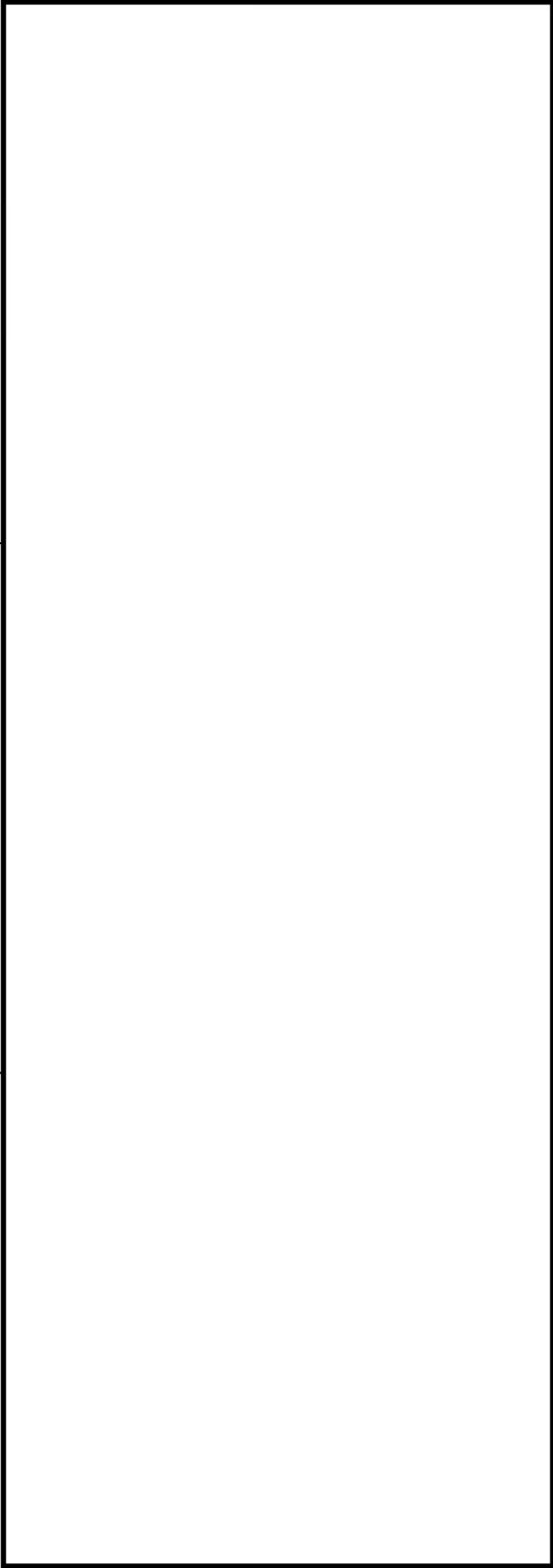
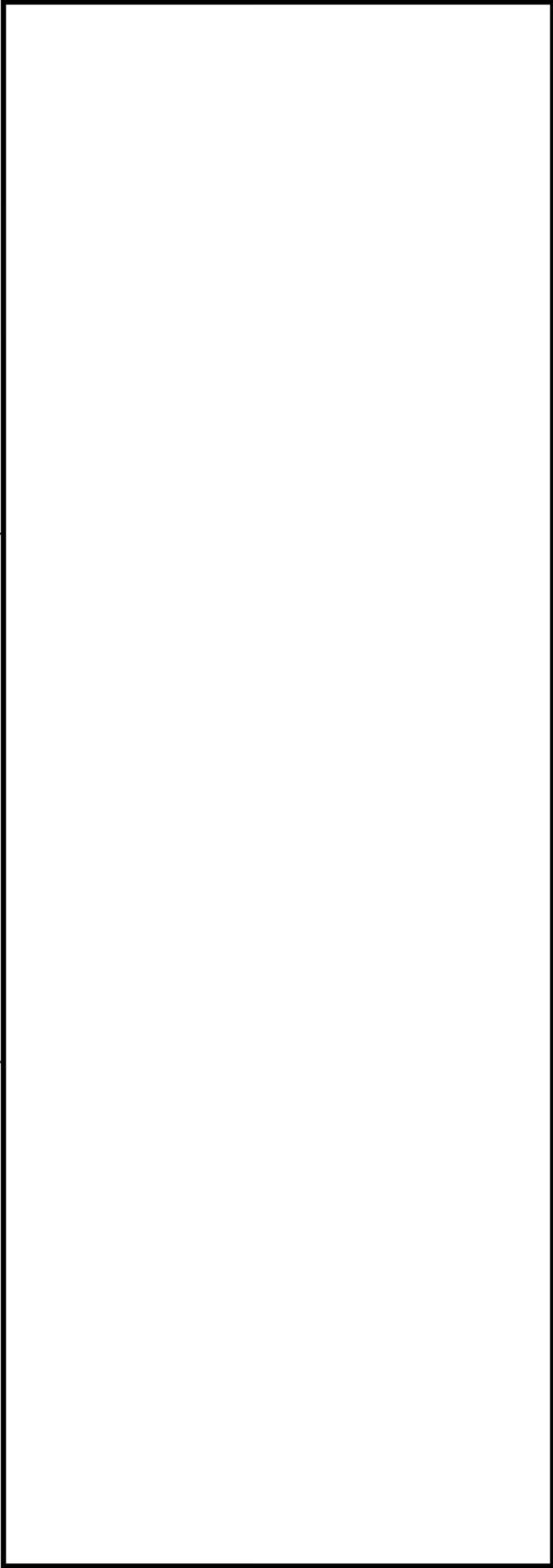
方向	FRS		固有周期 (s)	裕度
走行軸直角方向 (X)				
走行軸方向 (Y)				
鉛直方向 (Z)				

図9-4 可搬型代替注水ポンプ (A-1 級)

方向	FRS		固有周期 (s)	裕度
走行軸直角方向 (X)				
走行軸方向 (Y)				
鉛直方向 (Z)				

注記*：タイヤが動いたため参考扱い。

図 9-5 電源車

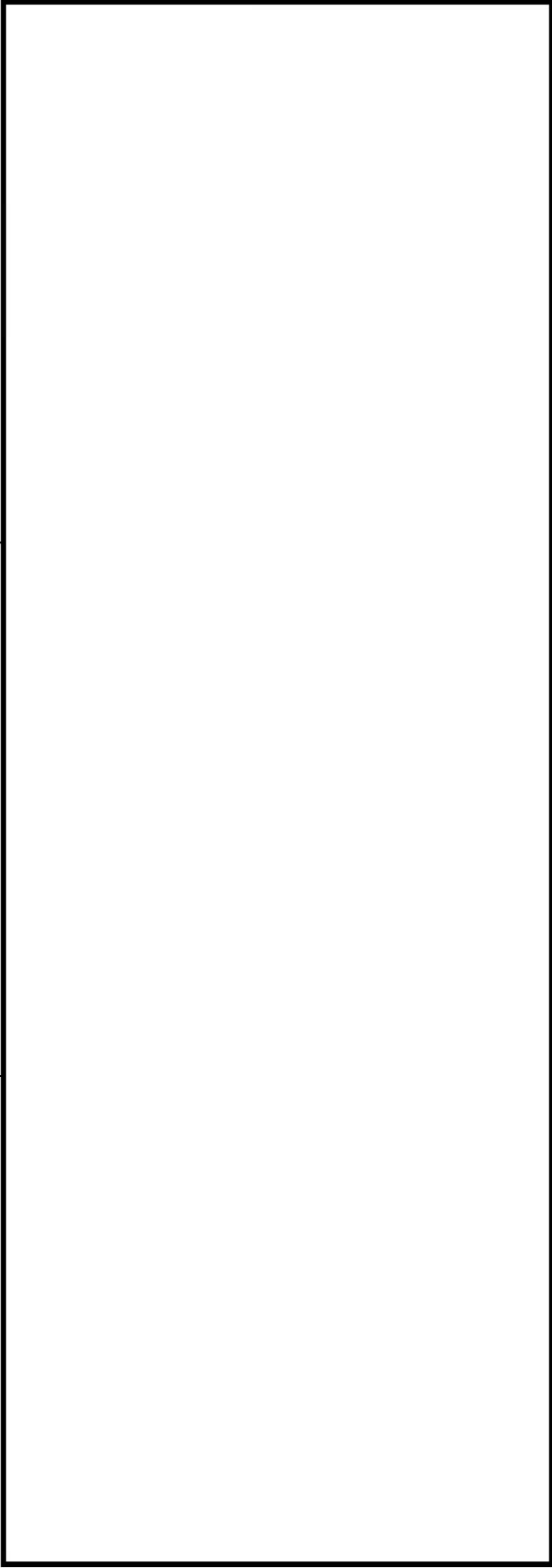
方向	FRS		固有周期 (s)	裕度
走行軸直角方向 (X)				
走行軸方向 (Y)				
鉛直方向 (Z)				

図 9-6 熱交換器ユニット 代替原子炉補機冷却系熱交換器
(P27-D2000, P27-D3000, P27-D4000)

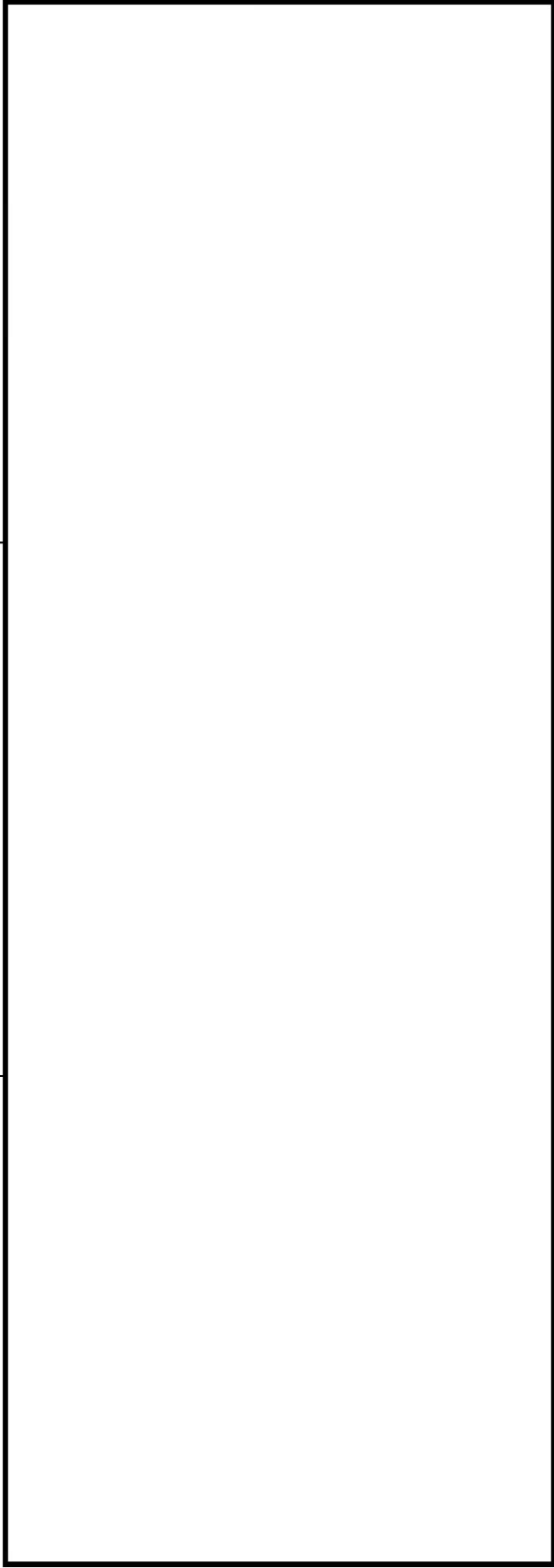
方向	FRS	固有周期 (s)	裕度
走行軸直角方向 (X)			
走行軸方向 (Y)			
鉛直方向 (Z)			

図 9-7 熱交換器ユニット 代替原子炉補機冷却系熱交換器
(P27-D1000, P27-D5000)

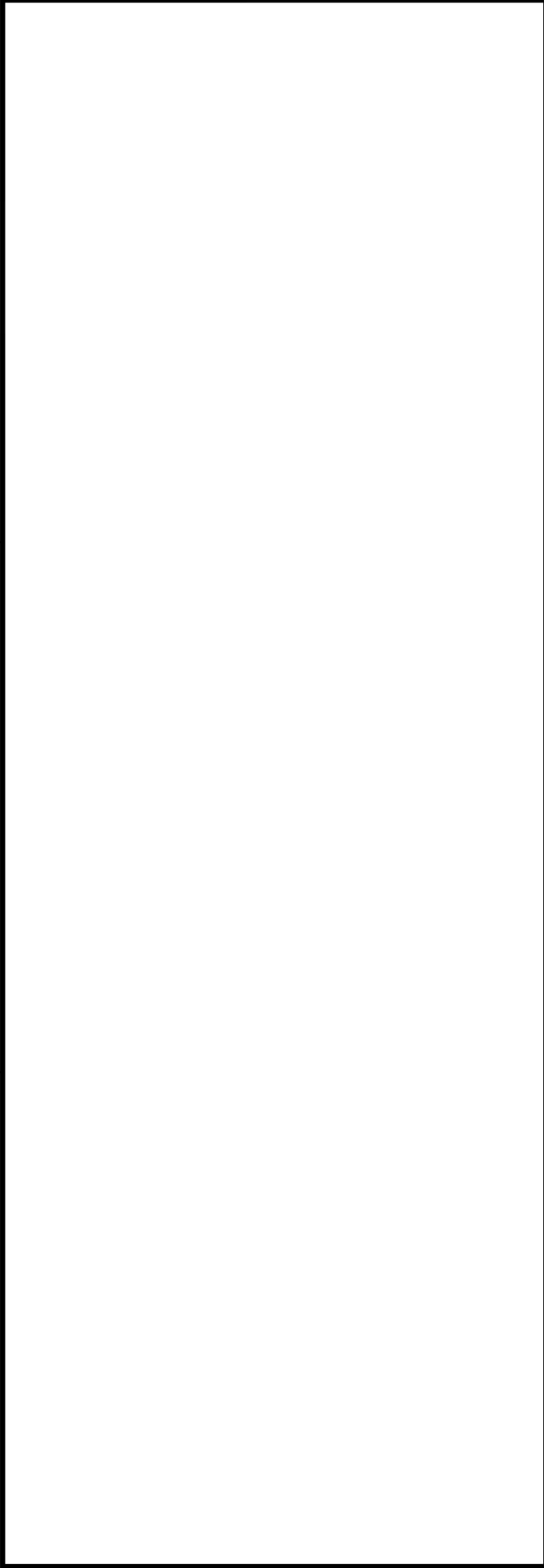
方向	FRS		固有周期 (s)	裕度
走行軸直角方向 (X)				
走行軸方向 (Y)				
鉛直方向 (Z)				

図9-8 大容量送水車（熱交換器ユニット用）

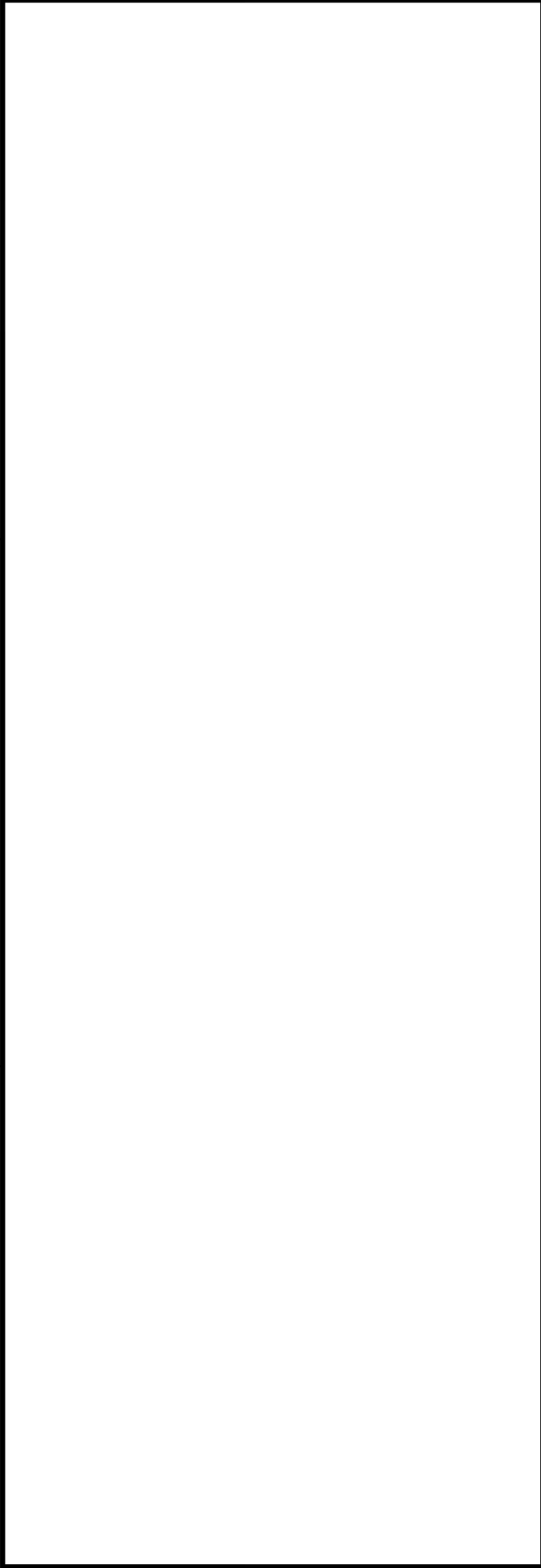
方向	FRS		固有周期 (s)	裕度
走行軸直角方向 (X)				
走行軸方向 (Y)				
鉛直方向 (Z)				

図 9-9 大容量送水車 (原子炉建屋放水設備用)

方向	FRS		固有周期 (s)	裕度
走行軸直角方向 (X)				
走行軸方向 (Y)				
鉛直方向 (Z)				

図 9-10 大容量送水車（海水取水用）

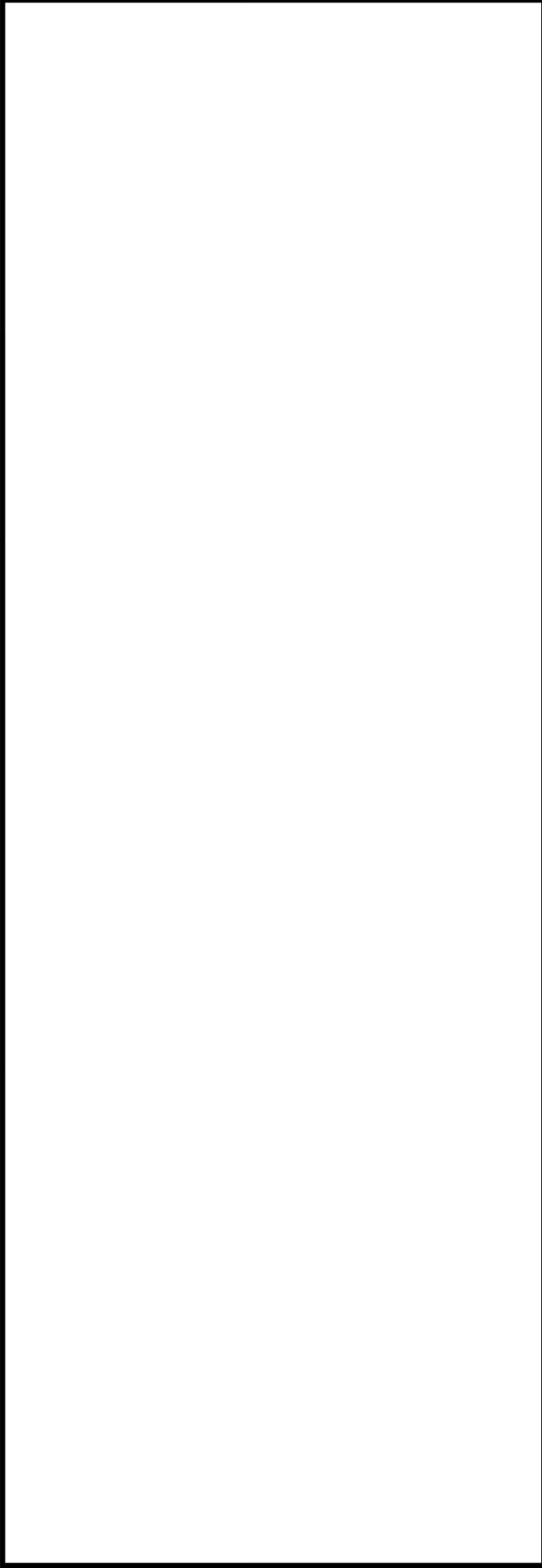
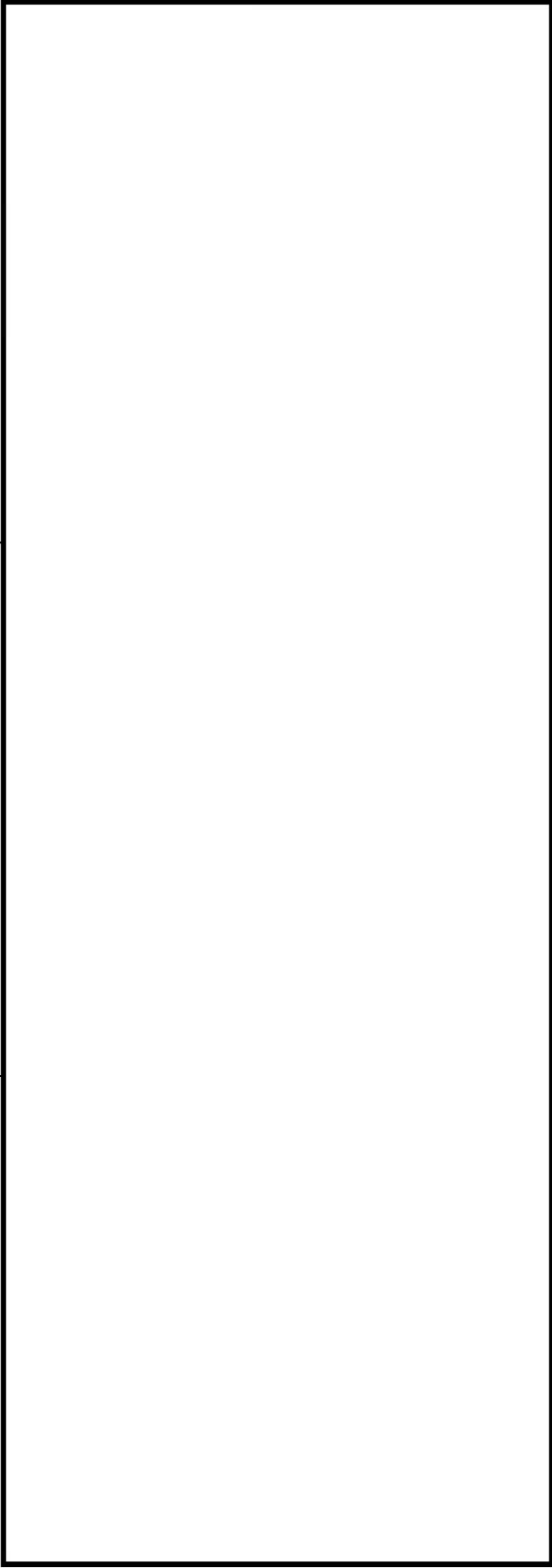
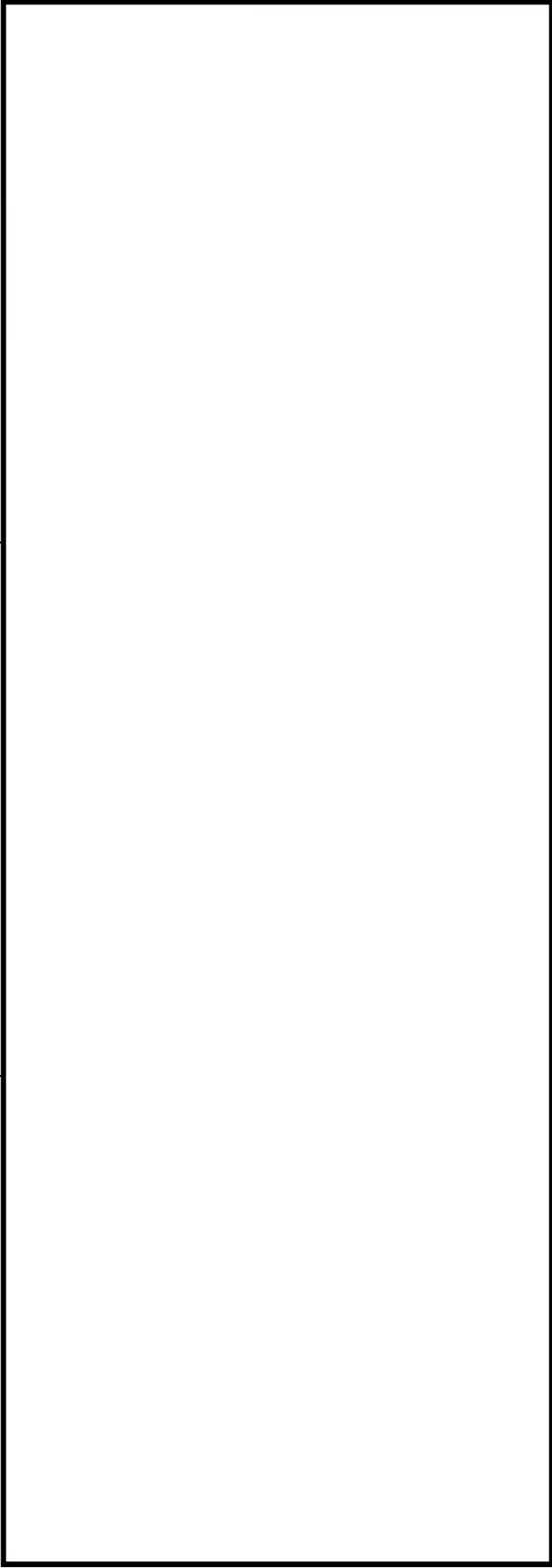
方向	FRS		固有周期 (s)	裕度
走行軸直角方向 (X)				
走行軸方向 (Y)				
鉛直方向 (Z)				

图 9-11 可搬型窒素供給装置

方向	FRS		固有周期 (s)	裕度
走行軸直角方向 (X)				
走行軸方向 (Y)				
鉛直方向 (Z)				

注記*：タイヤが動いたため参考扱い。

図 9-12 泡原液搬送車

方向	FRS		固有周期 (s)	裕度
走行軸直角方向 (X)				
走行軸方向 (Y)				
鉛直方向 (Z)				

注記*：タイヤが動いたため参考扱い。

図 9-13 5号機原子炉建屋内緊急時対策所用可搬型電源設備

10. その他設備の耐震評価について

10.1 その他設備の加振試験について

(1) 試験方法

その他設備を実際の保管状態を模擬した状態で加振台に設置し、以下に示す加振波による加振試験を行い、スリング等が健全であり加振試験後に転倒していないこと、加振台の最大加速度、その他設備の保管車両等の最大変位量を確認する。

逃がし安全弁用可搬型蓄電池を例として、保管状態及び試験状態を図 10-1 に示す。

- ・加振波：V-2-別添 3-2「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」に示す、荒浜側高台保管場所及び大湊側高台保管場所の $S_s-1\sim 7$ 並びに 5 号機東側保管場所及び 5 号機東側第二保管場所の $S_s-1\sim 8$ の地震動を用いて、V-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき作成する設計用床応答曲線をおおむね上回るよう作成したランダム波

ここで、加振波については、設備ごとの保管場所を考慮し、以下の2種類を作成した。

- ① 荒浜側高台保管場所 T. M. S. L. 37. 0m 及び大湊側高台保管場所 T. M. S. L. 35. 0m の設計用 FRS をおおむね上回るよう作成したランダム波（以下「加振波①」という。）
- ② 原子炉建屋 T. M. S. L. 4. 8m, コントロール建屋 T. M. S. L. 12. 3m, T. M. S. L. 17. 3m 及び 5 号機原子炉建屋 T. M. S. L. 27. 8m の設計用 FRS をおおむね上回るよう作成したランダム波（以下「加振波②」という。）

- ・加振方向：「水平（前後方向）＋鉛直」及び「水平（左右方向）＋鉛直」又は「水平（前後方向）＋水平（左右方向）＋鉛直」

加振波の最大加速度と加振台の制限加速度の関係上、2 軸加振及び 3 軸加振の使い分けを行うこととし、各対象設備の加振方向については、表 10-1 に示す。

(2) 減衰定数

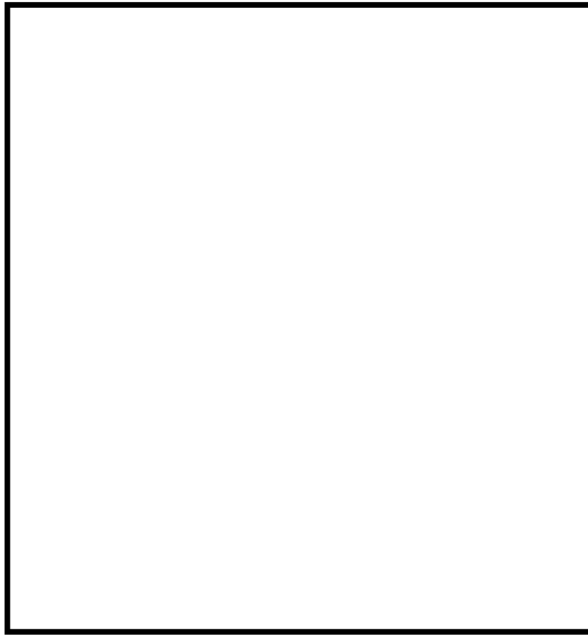
屋外に保管するその他設備の減衰定数は、加振試験結果より約 8% 前後であることから、8% と設定している。

また、屋内に保管するその他設備の減衰定数は、J E A G 4 6 0 1 に記載のある「ボルト及びリベット構造物」等を準用し水平及び鉛直ともに 1. 0% 又は 2. 0% と設定している。

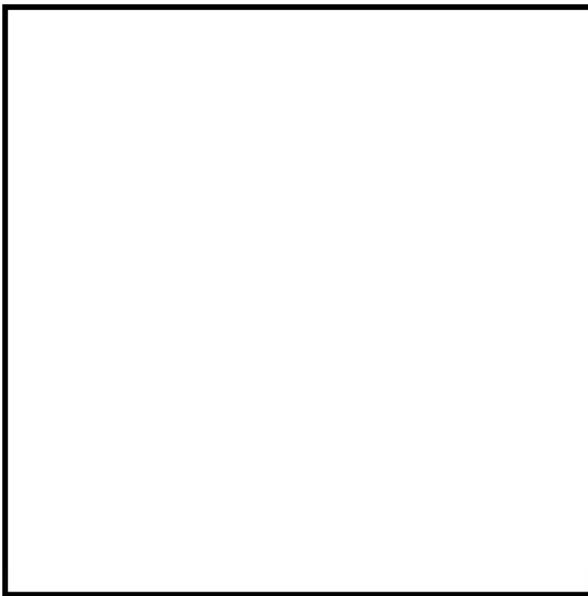
(3) 試験結果

対象設備、保管場所、加振波の種類及び加振方向について、表 10-1 に示すとともに、水平方向及び鉛直方向の加振台の FRS（出力）と保管場所における設計用 FRS（標準ケース、ばらつきケースの包絡）を比較した結果を、図 10-2～図 10-30 に示す。

なお、加振試験時における加振台上での積載重量の違いにより、加振台の FRS（出力）にばらつきは見られるものの、おおむね同様の形状の出力が得られ、設計用 FRS（標準ケース、ばらつきケースの包絡）をおおむね上回っていることを確認した。



(保管状態)



(試験状態)

図 10-1 逃がし安全弁用可搬型蓄電池の保管状態及び試験状態

表 10-1 対象設備, 保管場所, 加振波の種類及び加振方向 (1/5)

設備名称	保管場所	加振波の種類	加振方向	図
スクラバ水 pH制御設備用ポンプ (6, 7号機共用)	荒浜側高台保管場所 T. M. S. L. 37. 0m 大湊側高台保管場所 T. M. S. L. 35. 0m	加振波①	「水平 (前後方向) + 水平 (左右方向) + 鉛直」	図 10-2
水酸化ナトリウム水溶液 (6, 7号機共用)	荒浜側高台保管場所 T. M. S. L. 37. 0m 大湊側高台保管場所 T. M. S. L. 35. 0m	加振波①	「水平 (前後方向) + 水平 (左右方向) + 鉛直」	図 10-2
可搬型蓄電池内蔵型照明 (6, 7号機共用)	コントロール建屋 T. M. S. L. 17. 3m	加振波②	「水平 (前後方向) + 鉛直」 及び 「水平 (左右方向) + 鉛直」	図 10-3
中央制御室用乾電池内蔵型照明 (ランタンタイプ) (6, 7号機共用)	コントロール建屋 T. M. S. L. 17. 3m	加振波②	「水平 (前後方向) + 鉛直」 及び 「水平 (左右方向) + 鉛直」	図 10-4
5号機原子炉建屋内緊急時対策所用乾電池内蔵型照明 (ランタンタイプ) (6, 7号機共用)	5号機原子炉建屋 T. M. S. L. 27. 8m	加振波②	「水平 (前後方向) + 鉛直」 及び 「水平 (左右方向) + 鉛直」	図 10-4
可搬型計測器	コントロール建屋 T. M. S. L. 17. 3m	加振波②	「水平 (前後方向) + 鉛直」 及び 「水平 (左右方向) + 鉛直」	図 10-5
可搬型計測器 (6, 7号機共用) (予備)	5号機原子炉建屋 T. M. S. L. 27. 8m	加振波②	「水平 (前後方向) + 鉛直」 及び 「水平 (左右方向) + 鉛直」	図 10-5
放射線管理用計測装置 GM汚染サーベイメータ (6, 7号機共用)	コントロール建屋 T. M. S. L. 17. 3m 5号機原子炉建屋 T. M. S. L. 27. 8m	加振波②	「水平 (前後方向) + 鉛直」 及び 「水平 (左右方向) + 鉛直」	図 10-6

表 10-1 対象設備，保管場所，加振波の種類及び加振方向 (2/5)

設備名称	保管場所	加振波の種類	加振方向	図
放射線管理用計測装置 NaI シンチレーションサ ーバイメータ (6, 7 号機共用)	コントロール建屋 T. M. S. L. 17. 3m 5 号機原子炉建屋 T. M. S. L. 27. 8m	加振波②	「水平 (前後方向) + 鉛直」 及び 「水平 (左右方向) + 鉛直」	図 10-7
放射線管理用計測装置 ZnS シンチレーションサ ーバイメータ (6, 7 号機共用)	コントロール建屋 T. M. S. L. 17. 3m 5 号機原子炉建屋 T. M. S. L. 27. 8m	加振波②	「水平 (前後方向) + 鉛直」 及び 「水平 (左右方向) + 鉛直」	図 10-8
放射線管理用計測装置 電離箱サーバイメータ (6, 7 号機共用)	コントロール建屋 T. M. S. L. 17. 3m 5 号機原子炉建屋 T. M. S. L. 27. 8m	加振波②	「水平 (前後方向) + 鉛直」 及び 「水平 (左右方向) + 鉛直」	図 10-9
放射線管理用計測装置 可搬型モニタリングボス ト (6, 7 号機共用)	荒浜側高台保管場所 T. M. S. L. 37. 0m 大湊側高台保管場所 T. M. S. L. 35. 0m	加振波①	「水平 (前後方向) + 水平 (左右方 向) + 鉛直」	図 10-10
	5 号機原子炉建屋 T. M. S. L. 27. 8m	加振波②	「水平 (前後方向) + 鉛直」 及び 「水平 (左右方向) + 鉛直」	図 10-11
可搬型気象観測装置 (6, 7 号機共用)	荒浜側高台保管場所 T. M. S. L. 37. 0m 大湊側高台保管場所 T. M. S. L. 35. 0m	加振波①	「水平 (前後方向) + 水平 (左右方 向) + 鉛直」	図 10-10

表 10-1 対象設備, 保管場所, 加振波の種類及び加振方向 (3/5)

設備名称	保管場所	加振波の種類	加振方向	図
5号機原子炉建屋内緊急時対策用差圧計 (6,7号機共用)	5号機原子炉建屋 T. M. S. L. 27. 8m	加振波②	「水平 (前後方向) + 水平 (左右方向) + 鉛直」	図 10-12
中央制御室用差圧計 (6,7号機共用)	コントロール建屋 T. M. S. L. 17. 3m	加振波②	「水平 (前後方向) + 水平 (左右方向) + 鉛直」	図 10-12
可搬型ダスト・よう素サンプラ (6,7号機共用)	コントロール建屋 T. M. S. L. 17. 3m 5号機原子炉建屋 T. M. S. L. 27. 8m	加振波②	「水平 (前後方向) + 鉛直」 及び 「水平 (左右方向) + 鉛直」	図 10-13
中央制御室可搬型陽圧化空調機 (ファン) (6,7号機共用)	コントロール建屋 T. M. S. L. 12. 3m	加振波②	「水平 (前後方向) + 鉛直」 及び 「水平 (左右方向) + 鉛直」	図 10-14
中央制御室可搬型陽圧化空調機 (フィルタユニット) (6,7号機共用)	コントロール建屋 T. M. S. L. 12. 3m	加振波②	「水平 (前後方向) + 鉛直」 及び 「水平 (左右方向) + 鉛直」	図 10-15
5号機原子炉建屋内緊急時対策所 (対策本部) 可搬型陽圧化空調機 (ファン) (6,7号機共用)	5号機原子炉建屋 T. M. S. L. 27. 8m	加振波②	「水平 (前後方向) + 鉛直」 及び 「水平 (左右方向) + 鉛直」	図 10-16
5号機原子炉建屋内緊急時対策所 (対策本部) 可搬型陽圧化空調機 (フィルタユニット) (6,7号機共用)	5号機原子炉建屋 T. M. S. L. 27. 8m	加振波②	「水平 (前後方向) + 鉛直」 及び 「水平 (左右方向) + 鉛直」	図 10-16
5号機原子炉建屋内緊急時対策所 (対策本部) 可搬型外気取入送風機 (6,7号機共用)	5号機原子炉建屋 T. M. S. L. 27. 8m	加振波②	「水平 (前後方向) + 鉛直」 及び 「水平 (左右方向) + 鉛直」	図 10-17
5号機原子炉建屋内緊急時対策所 (待機場所) 可搬型陽圧化空調機 (ファン) (6,7号機共用)	5号機原子炉建屋 T. M. S. L. 27. 8m	加振波②	「水平 (前後方向) + 鉛直」 及び 「水平 (左右方向) + 鉛直」	図 10-18

表 10-1 対象設備，保管場所，加振波の種類及び加振方向 (4/5)

設備名称	保管場所	加振波の種類	加振方向	図
5号機原子炉建屋内緊急時対策所(待機場所)可搬型陽圧化空調機(ファイルユニット)(6,7号機共用)	5号機原子炉建屋 T. M. S. L. 27. 8m	加振波②	「水平(前後方向) + 鉛直」及び 「水平(左右方向) + 鉛直」	図 10-18
可搬型エアモニタ(6,7号機共用)	5号機原子炉建屋 T. M. S. L. 27. 8m	加振波②	「水平(前後方向) + 鉛直」及び 「水平(左右方向) + 鉛直」	図 10-19
小型船舶(海上モニタリング用)(6,7号機共用)	荒浜側高台保管場所 T. M. S. L. 37. 0m 大湊側高台保管場所 T. M. S. L. 35. 0m	加振波①	「水平(前後方向) + 水平(左右方向) + 鉛直」	図 10-20
無線連絡設備(可搬型)(6,7号機共用)	5号機原子炉建屋 T. M. S. L. 27. 8m	加振波②	「水平(前後方向) + 鉛直」及び 「水平(左右方向) + 鉛直」	図 10-21
衛星電話設備(可搬型)(6,7号機共用)	5号機原子炉建屋 T. M. S. L. 27. 8m	加振波②	「水平(前後方向) + 鉛直」及び 「水平(左右方向) + 鉛直」	図 10-22
酸素濃度・二酸化炭素濃度計(6,7号機共用)	コントロール建屋 T. M. S. L. 17. 3m	加振波②	「水平(前後方向) + 水平(左右方向) + 鉛直」	図 10-23
酸素濃度計(6,7号機共用)	5号機原子炉建屋 T. M. S. L. 27. 8m	加振波②	「水平(前後方向) + 鉛直」及び 「水平(左右方向) + 鉛直」	図 10-24
二酸化炭素濃度計(6,7号機共用)	5号機原子炉建屋 T. M. S. L. 27. 8m	加振波②	「水平(前後方向) + 鉛直」及び 「水平(左右方向) + 鉛直」	図 10-25

表 10-1 対象設備, 保管場所, 加振波の種類及び加振方向 (5/5)

設備名称	保管場所	加振波の種類	加振方向	図
逃がし安全弁用可搬型蓄電池	原子炉建屋 T. M. S. L. 4. 8m	加振波②	「水平 (前後方向) + 鉛直」及び 「水平 (左右方向) + 鉛直」	図 10-26
逃がし安全弁用可搬型蓄電池 (予備)	原子炉建屋 T. M. S. L. 4. 8m	加振波②	「水平 (前後方向) + 鉛直」及び 「水平 (左右方向) + 鉛直」	図 10-26
携帯型音声呼出電話設備 (携帯型音声呼出電話機)	コントロール建屋 T. M. S. L. 17. 3m	加振波②	「水平 (前後方向) + 鉛直」及び 「水平 (左右方向) + 鉛直」	図 10-27
携帯型音声呼出電話設備 (携帯型音声呼出電話機) (6, 7号機共用)	5号機原子炉建屋 T. M. S. L. 27. 8m	加振波②	「水平 (前後方向) + 水平 (左右方向) + 鉛直」	図 10-28
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)	荒浜側高台保管場所 T. M. S. L. 37. 0m 大湊側高台保管場所 T. M. S. L. 35. 0m	加振波①	「水平 (前後方向) + 水平 (左右方向) + 鉛直」	図 10-29 図 10-30

対象設備	スクラバ水 pH 制御設備用ポンプ(6, 7 号機共用), 水酸化ナトリウム水溶液(6, 7 号機共用)	
保管場所	荒浜側高台保管場所 T. M. S. L. 37. 0m, 大湊側高台保管場所 T. M. S. L. 35. 0m	
方向	FRS	固有周期 (s)
X 方向		
Y 方向		
Z 方向		

注記* : 計測された設備の固有周期なし。

図 10-2 加振台の FRS と設計用 FRS との比較

対象設備	可搬型蓄電池内蔵型照明 (6, 7 号機共用)	
保管場所	コントロール建屋 T. M. S. L. 17. 3m	
方向	FRS	固有周期 (s)
X方向		
Y方向		
Z方向		

注記* : 計測された設備の固有周期なし。

図 10-3 加振台の FRS と設計用 FRS との比較

対象設備	中央制御室用乾電池内蔵型照明（ランタンタイプ）（6,7号機共用），5号機原子炉建屋内緊急時対策用乾電池内蔵型照明（ランタンタイプ）（6,7号機共用）	
保管場所	コントロール建屋 T. M. S. L. 17.3m, 5号機原子炉建屋 T. M. S. L. 27.8m	
方向	FRS	固有周期 (s)
X方向		
Y方向		
Z方向		

図 10-4 加振台の FRS と設計用 FRS との比較

対象設備	可搬型計測器, 可搬型計測器 (6, 7 号機共用) (予備)	
保管場所	コントロール建屋 T. M. S. L. 17. 3m, 5 号機原子炉建屋 T. M. S. L. 27. 8m	
方向	FRS	固有周期 (s)
X 方向		
Y 方向		
Z 方向		

図 10-5 加振台の FRS と設計用 FRS との比較

対象設備	放射線管理用計測装置 GM 汚染サーベイメータ (6, 7 号機共用)	
保管場所	コントロール建屋 T. M. S. L. 17. 3m, 5 号機原子炉建屋 T. M. S. L. 27. 8m	
方向	FRS	固有周期 (s)
X 方向		
Y 方向		
Z 方向		

図 10-6 加振台の FRS と設計用 FRS との比較

対象設備	放射線管理用計測装置 NaI シンチレーションサーベイメータ (6, 7 号機共用)	
保管場所	コントロール建屋 T. M. S. L. 17. 3m, 5 号機原子炉建屋 T. M. S. L. 27. 8m	
方向	FRS	固有周期 (s)
X 方向		
Y 方向		
Z 方向		

図 10-7 加振台の FRS と設計用 FRS との比較

対象設備	放射線管理用計測装置 ZnS シンチレーションサーバイメータ (6, 7 号機共用)	
保管場所	コントロール建屋 T. M. S. L. 17. 3m, 5 号機原子炉建屋 T. M. S. L. 27. 8m	
方向	FRS	固有周期 (s)
X 方向		
Y 方向		
Z 方向		

図 10-8 加振台の FRS と設計用 FRS との比較

対象設備	放射線管理用計測装置 電離箱サーベイメータ (6, 7 号機共用)	
保管場所	コントロール建屋 T. M. S. L. 17. 3m, 5 号機原子炉建屋 T. M. S. L. 27. 8m	
方向	FRS	固有周期 (s)
X 方向		
Y 方向		
Z 方向		

注記* : 計測された設備の固有周期なし。

図 10-9 加振台の FRS と設計用 FRS との比較

対象設備	放射線管理用計測装置 可搬型モニタリングポスト (6, 7 号機共用), 可搬型気象観測装置 (6, 7 号機共用)	
保管場所	荒浜側高台保管場所 T. M. S. L. 37. 0m, 大湊側高台保管場所 T. M. S. L. 35. 0m	
方向	FRS	固有周期 (s)
X 方向		
Y 方向		
Z 方向		

注記* : 保管車両のタイヤが動いたため参考扱い。

図 10-10 加振台の FRS と設計用 FRS との比較

対象設備	放射線管理用計測装置 可搬型モニタリングポスト (6, 7号機共用)	
保管場所	5号機原子炉建屋 T.M.S.L. 27.8m	
方向	FRS	固有周期 (s)
X方向		
Y方向		
Z方向		

図 10-11 加振台の FRS と設計用 FRS との比較

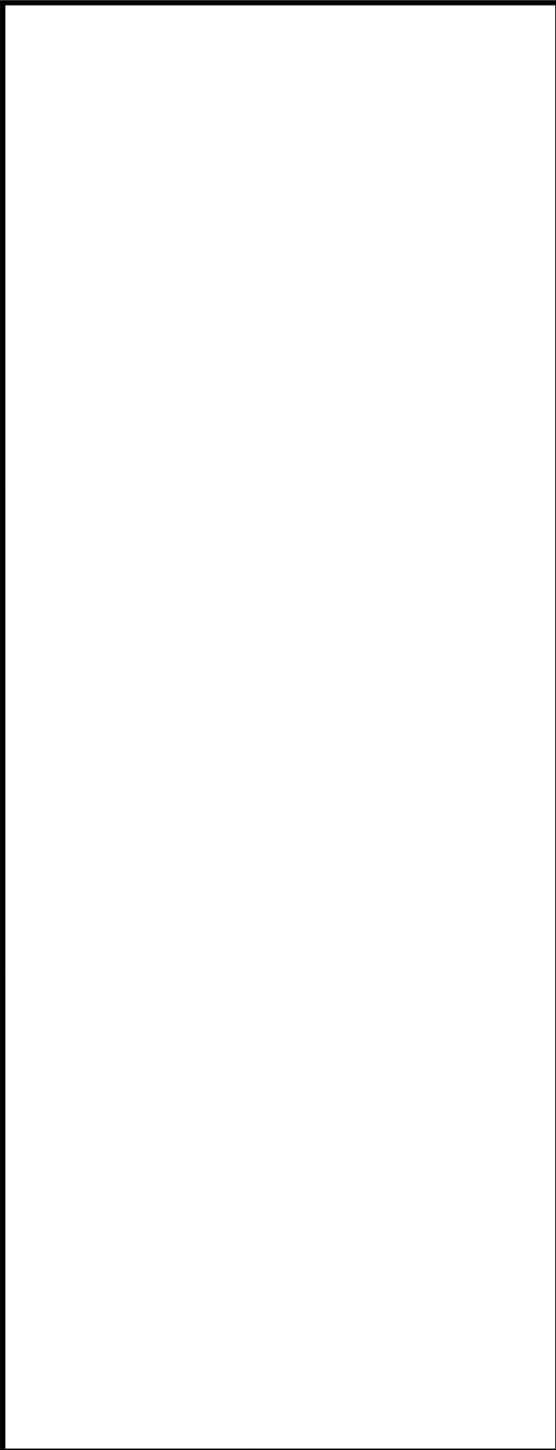
対象設備	5号機原子炉建屋内緊急時対策所用差圧計(6,7号機共用), 中央制御室用差圧計(6,7号機共用)	
保管場所	コントロール建屋 T.M.S.L. 17.3m, 5号機原子炉建屋 T.M.S.L. 27.8m	
方向	FRS	固有周期 (s)
X方向		
Y方向		
Z方向		

図 10-12 加振台の FRS と設計用 FRS との比較

対象設備	可搬型ダスト・よう素サンプラ (6, 7 号機共用)	
保管場所	コントロール建屋 T. M. S. L. 17. 3m, 5 号機原子炉建屋 T. M. S. L. 27. 8m	
方向	FRS	固有周期 (s)
X 方向		
Y 方向		
Z 方向		

図 10-13 加振台の FRS と設計用 FRS との比較

対象設備	中央制御室可搬型陽圧化空調機（ファン）（6,7号機共用）	
保管場所	コントロール建屋 T. M. S. L. 12.3m	
方向	FRS	固有周期 (s)
X方向		
Y方向		
Z方向		

図 10-14 加振台の FRS と設計用 FRS との比較

対象設備	中央制御室可搬型陽圧化空調機（フィルタユニット）（6,7号機共用）	
保管場所	コントロール建屋 T. M. S. L. 12.3m	
方向	FRS	固有周期 (s)
X方向		
Y方向		
Z方向		

図 10-15 加振台の FRS と設計用 FRS との比較

対象設備	5号機原子炉建屋内緊急時対策所（対策本部）可搬型陽圧化空調機（ファン） （6,7号機共用）、5号機原子炉建屋内緊急時対策所（対策本部）可搬型陽圧化 空調機（フィルタユニット）（6,7号機共用）	
保管場所	5号機原子炉建屋 T.M.S.L. 27.8m	
方向	FRS	固有周期 (s)
X方向		
Y方向		
Z方向		

注記*：計測された設備の固有周期なし。

図 10-16 加振台の FRS と設計用 FRS との比較

対象設備	5号機原子炉建屋内緊急時対策所（対策本部）可搬型外気取入送風機（6,7号機共用）	
保管場所	5号機原子炉建屋 T.M.S.L. 27.8m	
方向	FRS	固有周期 (s)
X方向		
Y方向		
Z方向		

注記*：計測された設備の固有周期なし。

図 10-17 加振台の FRS と設計用 FRS との比較

対象設備	5号機原子炉建屋内緊急時対策所（待機場所）可搬型陽圧化空調機（ファン） （6,7号機共用）、5号機原子炉建屋内緊急時対策所（待機場所）可搬型陽圧化 空調機（フィルタユニット）（6,7号機共用）	
保管場所	5号機原子炉建屋 T.M.S.L. 27.8m	
方向	FRS	固有周期 (s)
X方向		
Y方向		
Z方向		

注記*：計測された設備の固有周期なし。

図 10-18 加振台の FRS と設計用 FRS との比較

対象設備	可搬型エリアモニタ (6, 7 号機共用)	
保管場所	5 号機原子炉建屋 T. M. S. L. 27. 8m	
方向	FRS	固有周期 (s)
X 方向		
Y 方向		
Z 方向		

注記* : 計測された設備の固有周期なし。

図 10-19 加振台の FRS と設計用 FRS との比較

対象設備	小型船舶（海上モニタリング用）（6, 7号機共用）	
保管場所	荒浜側高台保管場所 T. M. S. L. 37. 0m, 大湊側高台保管場所 T. M. S. L. 35. 0m	
方向	FRS	固有周期 (s)
X方向		
Y方向		
Z方向		

図 10-20 加振台の FRS と設計用 FRS との比較

対象設備	無線連絡設備（可搬型）（6, 7 号機共用）	
保管場所	5 号機原子炉建屋 T. M. S. L. 27. 8m	
方向	FRS	固有周期 (s)
X 方向		
Y 方向		
Z 方向		

図 10-21 加振台の FRS と設計用 FRS との比較

対象設備	衛星電話設備（可搬型）（6, 7号機共用）	
保管場所	5号機原子炉建屋 T. M. S. L. 27. 8m	
方向	FRS	固有周期 (s)
X方向		
Y方向		
Z方向		

図 10-22 加振台の FRS と設計用 FRS との比較

対象設備	酸素濃度・二酸化炭素濃度計 (6, 7 号機共用)	
保管場所	コントロール建屋 T. M. S. L. 17. 3m	
方向	FRS	固有周期 (s)
X 方向		
Y 方向		
Z 方向		

図 10-23 加振台の FRS と設計用 FRS との比較

対象設備	酸素濃度計 (6, 7 号機共用)	
保管場所	5 号機原子炉建屋 T. M. S. L. 27. 8m	
方向	FRS	固有周期 (s)
X 方向		
Y 方向		
Z 方向		

図 10-24 加振台の FRS と設計用 FRS との比較

対象設備	二酸化炭素濃度計 (6, 7 号機共用)	
保管場所	5 号機原子炉建屋 T. M. S. L. 27. 8m	
方向	FRS	固有周期 (s)
X 方向		
Y 方向		
Z 方向		

図 10-25 加振台の FRS と設計用 FRS との比較

対象設備	逃がし安全弁用可搬型蓄電池, 逃がし安全弁用可搬型蓄電池 (6, 7 号機共用) (予備)	
保管場所	原子炉建屋 T. M. S. L. 4. 8m	
方向	FRS	固有周期 (s)
X方向		
Y方向		
Z方向		

注記* : 計測された設備の固有周期なし。

図 10-26 加振台の FRS と設計用 FRS との比較

対象設備	携帯型音声呼出電話設備（携帯型音声呼出電話機）	
保管場所	コントロール建屋 T. M. S. L. 17. 3m	
方向	FRS	固有周期 (s)
X方向		
Y方向		
Z方向		

図 10-27 加振台の FRS と設計用 FRS との比較

対象設備	携帯型音声呼出電話設備（携帯型音声呼出電話機）（6, 7号機共用）	
保管場所	5号機原子炉建屋 T. M. S. L. 27. 8m	
方向	FRS	固有周期 (s)
X方向		
Y方向		
Z方向		

図 10-28 加振台の FRS と設計用 FRS との比較

対象設備	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 T. M. S. L. 37. 0m, 大湊側高台保管場所 T. M. S. L. 35. 0m	
方向	FRS	固有周期 (s)
X 方向		
Y 方向		
Z 方向		

図 10-29 加振台の FRS と設計用 FRS との比較

対象設備	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 T. M. S. L. 37. 0m, 大湊側高台保管場所 T. M. S. L. 35. 0m	
方向	FRS	固有周期 (s)
X 方向		
Y 方向		
Z 方向		

図 10-30 加振台の FRS と設計用 FRS との比較

10.2 加振試験後の機能維持確認について

可搬型重大事故等対処設備のうちその他設備は、加振試験後の機能維持確認として、各設備の機能に応じた試験を実施し、設備が問題なく動作することを確認している。

加振試験後の機能維持確認方法と結果を、表 10-2 に示す。

表 10-2 加振試験後の機能維持確認方法と結果 (1/10)

設備名称	保管方法	確認事項
スクラバ水 pH 制御設備用ポンプ (6, 7 号機共用)	コンテナ内拘束保管	<ul style="list-style-type: none"> ・加振試験により、コンテナ及び拘束に使用している取付ボルトが健全であり、転倒していないことを確認した。 ・外観点検により、設備に要求される機能に影響を及ぼす損傷が無いことを確認した。 ・起動試験により、送水機能に問題が無いことを確認した。
水酸化ナトリウム水溶液 (6, 7 号機共用)	コンテナ内拘束保管	<ul style="list-style-type: none"> ・加振試験により、コンテナ及び拘束に使用しているスリングが健全であり、転倒していないことを確認した。 ・外観点検により、設備に要求される機能に影響を及ぼす損傷が無いことを確認した。
可搬型蓄電池内蔵型照明 (6, 7 号機共用)	架台拘束保管	<ul style="list-style-type: none"> ・加振試験により、架台及び拘束に使用している取付ボルトが健全であり、転倒していないことを確認した。 ・外観点検により、設備に要求される機能に影響を及ぼす損傷が無いことを確認した。 ・起動試験により、照明機能に問題が無いことを確認した。
中央制御室用乾電池内蔵型照明 (ランタンタイプ) (6, 7 号機共用)	収納箱拘束保管	<ul style="list-style-type: none"> ・加振試験により、収納箱及び拘束に使用している基礎ボルトが健全であり、転倒していないことを確認した。 ・外観点検により、設備に要求される機能に影響を及ぼす損傷が無いことを確認した。 ・起動試験により、照明機能に問題が無いことを確認した。

表 10-2 加振試験後の機能維持確認方法と結果 (2/10)

設備名称	保管方法	確認事項
5号機原子炉建屋内緊急時対策所用乾電池内蔵型照明（ランタンタイプ）（6,7号機共用）	収納箱拘束保管	<ul style="list-style-type: none"> ・加振試験により、収納箱及び拘束に使用している基礎ボルトが健全であり、転倒していないことを確認した。 ・外観点検により、設備に要求される機能に影響を及ぼす損傷が無いことを確認した。 ・起動試験により、照明機能に問題が無いことを確認した。
可搬型計測器	収納箱拘束保管	<ul style="list-style-type: none"> ・加振試験により、収納箱及び拘束に使用している基礎ボルトが健全であり、転倒していないことを確認した。 ・外観点検により、設備に要求される機能に影響を及ぼす損傷が無いことを確認した。 ・起動試験により、計測機能に問題が無いことを確認した。
可搬型計測器（6,7号機共用）（予備）	収納箱拘束保管	<ul style="list-style-type: none"> ・加振試験により、収納箱及び拘束に使用している基礎ボルトが健全であり、転倒していないことを確認した。 ・外観点検により、設備に要求される機能に影響を及ぼす損傷が無いことを確認した。 ・起動試験により、計測機能に問題が無いことを確認した。
放射線管理用計測装置 GM汚染サーベイメータ（6,7号機共用）	収納箱拘束保管	<ul style="list-style-type: none"> ・加振試験により、収納箱及び拘束に使用している基礎ボルトが健全であり、転倒していないことを確認した。 ・外観点検により、設備に要求される機能に影響を及ぼす損傷が無いことを確認した。 ・起動試験により、計測機能に問題が無いことを確認した。

表 10-2 加振試験後の機能維持確認方法と結果 (3/10)

設備名称	保管方法	確認事項
放射線管理用計測装置 NaI シンチレーションサーベイメータ (6, 7号機共用)	収納箱拘束保管	<ul style="list-style-type: none"> ・加振試験により、収納箱及び拘束に使用している基礎ボルトが健全であり、転倒していないことを確認した。 ・外観点検により、設備に要求される機能に影響を及ぼす損傷が無いことを確認した。 ・起動試験により、計測機能に問題が無いことを確認した。
放射線管理用計測装置 ZnS シンチレーションサーベイメータ (6, 7号機共用)	収納箱拘束保管	<ul style="list-style-type: none"> ・加振試験により、収納箱及び拘束に使用している基礎ボルトが健全であり、転倒していないことを確認した。 ・外観点検により、設備に要求される機能に影響を及ぼす損傷が無いことを確認した。 ・起動試験により、計測機能に問題が無いことを確認した。
放射線管理用計測装置 電離箱サーベイメータ (6, 7号機共用)	収納箱拘束保管	<ul style="list-style-type: none"> ・加振試験により、収納箱及び拘束に使用している基礎ボルトが健全であり、転倒していないことを確認した。 ・外観点検により、設備に要求される機能に影響を及ぼす損傷が無いことを確認した。 ・起動試験により、計測機能に問題が無いことを確認した。
放射線管理用計測装置 可搬型モニタリングポスト (6, 7号機共用)	車両拘束保管	<ul style="list-style-type: none"> ・加振試験により、車両及び拘束に使用しているスリングが健全であり、転倒していないことを確認した。 ・外観点検により、設備に要求される機能に影響を及ぼす損傷が無いことを確認した。 ・起動試験により、計測機能に問題が無いことを確認した。

表 10-2 加振試験後の機能維持確認方法と結果 (4/10)

設備名称	保管方法	確認事項
放射線管理用計測装置 可搬型モニタリングポスト (6, 7 号機共用)	収納箱拘束保管	<ul style="list-style-type: none"> ・加振試験により、収納箱及び拘束に使用している基礎ボルトが健全であり、転倒していないことを確認した。 ・外観点検により、設備に要求される機能に影響を及ぼす損傷が無いことを確認した。 ・起動試験により、計測機能に問題が無いことを確認した。
可搬型気象観測装置 (6, 7 号機共用)	車両拘束保管	<ul style="list-style-type: none"> ・加振試験により、車両及び拘束に使用しているスリングが健全であり、転倒していないことを確認した。 ・外観点検により、設備に要求される機能に影響を及ぼす損傷が無いことを確認した。 ・起動試験により、計測機能に問題が無いことを確認した。
5 号機原子炉建屋内緊急時対策所用差圧計 (6, 7 号機共用)	本体拘束保管	<ul style="list-style-type: none"> ・加振試験により、拘束に使用している基礎ボルトが健全であり、転倒していないことを確認した。 ・外観点検により、設備に要求される機能に影響を及ぼす損傷が無いことを確認した。 ・起動試験により、計測機能に問題が無いことを確認した。
中央制御室用差圧計 (6, 7 号機共用)	本体拘束保管	<ul style="list-style-type: none"> ・加振試験により、拘束に使用している基礎ボルトが健全であり、転倒していないことを確認した。 ・外観点検により、設備に要求される機能に影響を及ぼす損傷が無いことを確認した。 ・起動試験により、計測機能に問題が無いことを確認した。

表 10-2 加振試験後の機能維持確認方法と結果 (5/10)

設備名称	保管方法	確認事項
可搬型ダスト・よう素サンプラ (6,7号機共用)	収納箱拘束保管	<ul style="list-style-type: none"> ・加振試験により、収納箱及び拘束に使用している基礎ボルトが健全であり、転倒していないことを確認した。 ・外観点検により、設備に要求される機能に影響を及ぼす損傷が無いことを確認した。 ・起動試験により、計測機能に問題が無いことを確認した。
中央制御室可搬型陽圧化空調機 (ファン) (6,7号機共用)	架台拘束保管	<ul style="list-style-type: none"> ・加振試験により、架台及び拘束に使用している基礎ボルトが健全であり、転倒していないことを確認した。 ・外観点検により、設備に要求される機能に影響を及ぼす損傷が無いことを確認した。 ・起動試験により、送風機能に問題が無いことを確認した。
中央制御室可搬型陽圧化空調機 (フィルタユニット) (6,7号機共用)	架台拘束保管	<ul style="list-style-type: none"> ・加振試験により、架台及び拘束に使用している基礎ボルトが健全であり、転倒していないことを確認した。 ・外観点検により、設備に要求される機能に影響を及ぼす損傷が無いことを確認した。
5号機原子炉建屋内緊急時対策所 (対策本部) 可搬型陽圧化空調機 (ファン) (6,7号機共用)	架台拘束保管	<ul style="list-style-type: none"> ・加振試験により、架台及び拘束に使用している基礎ボルトが健全であり、転倒していないことを確認した。 ・外観点検により、設備に要求される機能に影響を及ぼす損傷が無いことを確認した。 ・起動試験により、送風機能に問題が無いことを確認した。

表 10-2 加振試験後の機能維持確認方法と結果 (6/10)

設備名称	保管方法	確認事項
5号機原子炉建屋内緊急時対策所 (対策本部) 可搬型陽圧化空調機 (フィルタユニット) (6,7号機共用)	架台拘束保管	<ul style="list-style-type: none"> ・加振試験により、架台及び拘束に使用している基礎ボルトが健全であり、転倒していないことを確認した。 ・外観点検により、設備に要求される機能に影響を及ぼす損傷が無いことを確認した。
5号機原子炉建屋内緊急時対策所 (対策本部) 可搬型外気取入送風機 (6,7号機共用)	架台拘束保管	<ul style="list-style-type: none"> ・加振試験により、架台及び拘束に使用している基礎ボルトが健全であり、転倒していないことを確認した。 ・外観点検により、設備に要求される機能に影響を及ぼす損傷が無いことを確認した。 ・起動試験により、送風機能に問題が無いことを確認した。
5号機原子炉建屋内緊急時対策所 (待機場所) 可搬型陽圧化空調機 (ファン)	架台拘束保管	<ul style="list-style-type: none"> ・加振試験により、架台及び拘束に使用している基礎ボルトが健全であり、転倒していないことを確認した。 ・外観点検により、設備に要求される機能に影響を及ぼす損傷が無いことを確認した。 ・起動試験により、送風機能に問題が無いことを確認した。
5号機原子炉建屋内緊急時対策所 (待機場所) 可搬型陽圧化空調機 (フィルタユニット)	架台拘束保管	<ul style="list-style-type: none"> ・加振試験により、架台及び拘束に使用している基礎ボルトが健全であり、転倒していないことを確認した。 ・外観点検により、設備に要求される機能に影響を及ぼす損傷が無いことを確認した。

表 10-2 加振試験後の機能維持確認方法と結果 (7/10)

設備名称	保管方法	確認事項
可搬型エリアモニタ (6, 7 号機共用)	収納箱拘束保管	<ul style="list-style-type: none"> ・加振試験により、収納箱及び拘束に使用している基礎ボルトが健全であり、転倒していないことを確認した。 ・外観点検により、設備に要求される機能に影響を及ぼす損傷が無いことを確認した。 ・起動試験により、計測機能に問題が無いことを確認した。
小型船舶 (海上モニタリング用) (6, 7 号機共用)	本体拘束保管	<ul style="list-style-type: none"> ・加振試験により、拘束に使用しているスリングが健全であり、転倒していないことを確認した。 ・外観点検により、設備に要求される機能に影響を及ぼす損傷が無いことを確認した。 ・起動試験により、走行機能に問題が無いことを確認した。
無線連絡設備 (可搬型) (6, 7 号機共用)	収納箱拘束保管	<ul style="list-style-type: none"> ・加振試験により、収納箱及び拘束に使用している基礎ボルトが健全であり、転倒していないことを確認した。 ・外観点検により、設備に要求される機能に影響を及ぼす損傷が無いことを確認した。 ・起動試験により、通信機能に問題が無いことを確認した。
衛星電話設備 (可搬型) (6, 7 号機共用)	収納箱拘束保管	<ul style="list-style-type: none"> ・加振試験により、収納箱及び拘束に使用している基礎ボルトが健全であり、転倒していないことを確認した。 ・外観点検により、設備に要求される機能に影響を及ぼす損傷が無いことを確認した。 ・起動試験により、通信機能に問題が無いことを確認した。

表 10-2 加振試験後の機能維持確認方法と結果 (8/10)

設備名称	保管方法	確認事項
酸素濃度・二酸化炭素濃度計 (6, 7号機共用)	収納箱拘束保管	<ul style="list-style-type: none"> ・加振試験により、収納箱及び拘束に使用している基礎ボルトが健全であり、転倒していないことを確認した。 ・外観点検により、設備に要求される機能に影響を及ぼす損傷が無いことを確認した。 ・起動試験により、計測機能に問題が無いことを確認した。
酸素濃度計 (6, 7号機共用)	収納箱拘束保管	<ul style="list-style-type: none"> ・加振試験により、収納箱及び拘束に使用している基礎ボルトが健全であり、転倒していないことを確認した。 ・外観点検により、設備に要求される機能に影響を及ぼす損傷が無いことを確認した。 ・起動試験により、計測機能に問題が無いことを確認した。
二酸化炭素濃度計 (6, 7号機共用)	収納箱拘束保管	<ul style="list-style-type: none"> ・加振試験により、収納箱及び拘束に使用している基礎ボルトが健全であり、転倒していないことを確認した。 ・外観点検により、設備に要求される機能に影響を及ぼす損傷が無いことを確認した。 ・起動試験により、計測機能に問題が無いことを確認した。
逃がし安全弁用可搬型蓄電池	本体拘束保管	<ul style="list-style-type: none"> ・加振試験により、拘束に使用している基礎ボルトが健全であり、転倒していないことを確認した。 ・外観点検により、設備に要求される機能に影響を及ぼす損傷が無いことを確認した。 ・起動試験により、発電機能に問題が無いことを確認した。

表 10-2 加振試験後の機能維持確認方法と結果 (9/10)

設備名称	保管方法	確認事項
逃がし安全弁用可搬型蓄電池 (6, 7 号機共用) (予備)	本体拘束保管	<ul style="list-style-type: none"> ・加振試験により、拘束に使用している基礎ボルトが健全であり、転倒していないことを確認した。 ・外観点検により、設備に要求される機能に影響を及ぼす損傷が無いことを確認した。 ・起動試験により、発電機能に問題が無いことを確認した。
携帯型音声呼出電話設備 (携帯型音声呼出電話機)	収納箱拘束保管	<ul style="list-style-type: none"> ・加振試験により、収納箱及び拘束に使用している基礎ボルトが健全であり、転倒していないことを確認した。 ・外観点検により、設備に要求される機能に影響を及ぼす損傷が無いことを確認した。 ・起動試験により、通信機能に問題が無いことを確認した。
携帯型音声呼出電話設備 (携帯型音声呼出電話機) (6, 7 号機共用)	収納箱拘束保管	<ul style="list-style-type: none"> ・加振試験により、収納箱及び拘束に使用している基礎ボルトが健全であり、転倒していないことを確認した。 ・外観点検により、設備に要求される機能に影響を及ぼす損傷が無いことを確認した。 ・起動試験により、通信機能に問題が無いことを確認した。

表 10-2 加振試験後の機能維持確認方法と結果 (10/10)

設備名称	保管方法	確認事項
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) *	架台拘束保管	<ul style="list-style-type: none"> • 加振試験により、架台及び拘束に使用している基礎ボルトが健全であり、転倒していないことを確認した。 • 外観点検により、設備に要求される機能に影響を及ぼす損傷が無いことを確認した。 • 起動試験により、除熱機能に問題が無いことを確認した。

注記*：熱交換器ユニット 代替原子炉補機冷却系熱交換器の熱交換器，ポンプ，ストレーナ等を内装するコンテナをその他設備として分類。

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

1. 概要

熱交換器ユニット 代替原子炉補機冷却系熱交換器は、保管時に限り、熱交換器、ポンプ、ストレーナ等を内装するコンテナを車両から取外し、コンテナを専用架台に取付け、地面に固定せずに保管するものである。ここでは、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説明する。

2. 転倒防止対策

熱交換器ユニット 代替原子炉補機冷却系熱交換器は、設計基準事故対処設備が有する最終ヒートシンクへ熱を輸送する機能が喪失した場合等に使用するための可搬型重大事故等対処設備であり、その耐震性については加振試験を実施することで確認することとしている。

熱交換器ユニット 代替原子炉補機冷却系熱交換器は、重大事故等時に、トラクタにて連結したトレーラ（コンテナ積載）を牽引して使用するものであるが、地震時において、基準地震動 S_s による地震力に対し、コンテナを車両に積載した保管状態における設備の耐震性を確認した結果、転倒するリスクをより小さくするため、保管時に限りコンテナを車両から取外し、コンテナを専用架台に取付け、地面に固定せずに保管することで転倒防止対策を図る設計としている。

図 1 にコンテナを車両に積載した状態での試験構成を、図 2 にコンテナを車両から取外した状態での試験構成を示す。また、図 3 に示すとおり、転倒防止対策実施後においても、代替原子炉補機冷却系による補機冷却水確保手順に対する影響がないことについて確認している。



図 1 コンテナを車両に積載した状態での試験構成



図 2 コンテナを車両から取外した状態での試験構成

手順の項目	要員(数)	経過時間(時間)										備考								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10									
代替原子炉補機冷却系による補機冷却水確保 9時間																				
代替原子炉補機冷却系による補機冷却水確保	中央制御室運転員A, B	2	通信連絡設備準備, 系統構成																	
	現場運転員C, D	2	移動, 電源確保																	
	緊急時対策要員	13		大容量送水車(熱交換器ユニット用), 熱交換器ユニット 代替原子炉補機冷却系熱交換器移動																
																				主配管(可搬型)等の接続 補機冷却水の供給, 流量調整

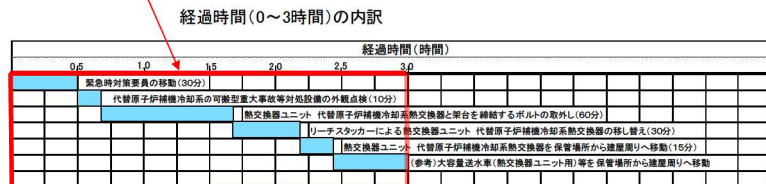


図3 転倒防止対策を考慮したタイムチャート(代替原子炉補機冷却系による補機冷却水確保)の内訳*

注記*: 架台製作期間中に実施した訓練実績に基づくものであり, 一部想定時間を含む。

熱交換器ユニット 代替原子炉補機冷却系熱交換器の熱交換器, ポンプ, ストレーナ等を内装するコンテナは, 重大事故等時に, リーチスタッカーにより架台から車両への移し替えを実施することから, リーチスタッカーに対し, 基準地震動 S_s による地震力に対する耐震性について, 加振試験を実施することで確認している。

試験方法として, リーチスタッカーを図4に示すように加振台に設置し, 以下に示す加振波による加振試験を行い, 加振試験後に転倒していないこと及び加振台の最大加速度を確認する。

- ・加振波: V-2-別添 3-2「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」に示す, 荒浜側高台保管場所及び大湊側高台保管場所の S_s -1~7 並びに 5号機東側保管場所及び5号機東側第二保管場所の S_s -1~8 の地震動を用いて, V-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき作成する設計用床応答曲線をおおむね上回るよう作成したランダム波
- ・加振方向: 水平(走行軸方向) + 水平(走行軸直角方向) + 鉛直

表1に加振試験後の機能維持確認方法と結果を示す。

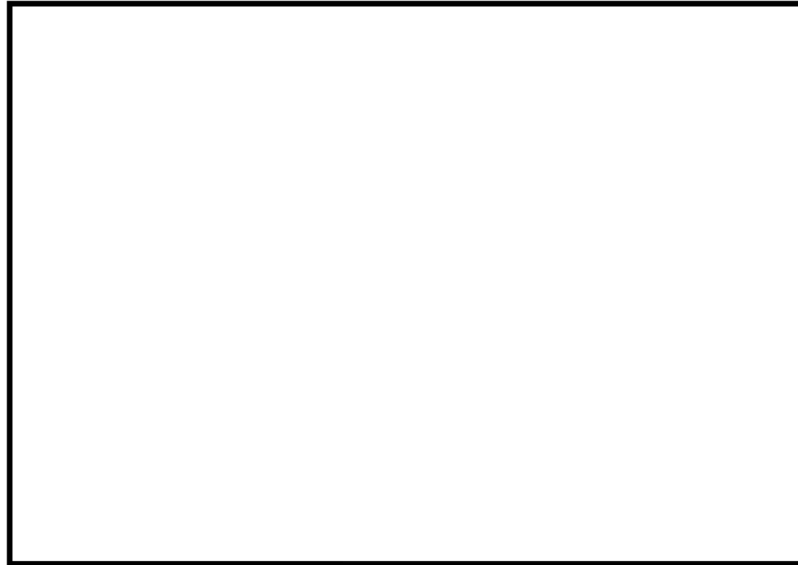


図4 試験構成

表1 加振試験後の機能維持確認方法と結果

確認事項
<ul style="list-style-type: none">・加振試験により、転倒していないことを確認した。・外観点検により、設備に要求される機能に影響を及ぼす損傷、燃料漏えい等の異常が無いことを確認した。・起動試験により、荷役機能に問題が無いことを確認した。・走行試験により、自走機能に問題が無いことを確認した。

風荷重及び積雪荷重の設定について

1. 概要

重大事故等対処設備の機能要求時の環境条件については、自然現象を考慮に入れた適切な規模を想定する必要がある。重大事故等については、設計基準では発生しないとしているため、発生要因は特定せずにランダムで発生している状況を考慮する。

可搬型重大事故等対処設備は、地震、風及び積雪の影響による荷重を考慮し、機能を損なわない設計としており、ここでは、風荷重及び積雪荷重の設定について説明する。



2. 環境条件で想定する規模

想定する規模としては、重大事故等がランダムに発生した際の環境条件であることから、日常的な規模からある程度の保守性を持った値を設定すべきと考えられる。また、重大事故等が収束するまでの短期荷重について想定する。具体的な規模としては、年最大値の平均値を参照するものとする。

また、「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。）」第6条での自然現象/人為事象の重畳検討において、設計基準規模の主事象に対して重畳する副事象として年超過確率 10^{-2} 規模を想定していることから、設計基準よりも低頻度と考えられる重大事故等に対する環境条件としては、年超過確率 10^{-1} 規模についても参照し、年最大値の平均値及び年超過確率 10^{-1} 規模のうち厳しい値を保守的に採用するものとする。

環境条件で想定する規模を表1に示す。

表1 環境条件で想定する規模

	事象①	事象②
設置許可基準規則第6条（その他自然現象）重畳の考え方	設計基準の自然現象（主事象） 	年超過確率 10^{-2} 規模（副事象） 
設置許可基準規則第43条 環境条件	重大事故等（設計基準より低頻度）	年最大値の平均値及び年超過確率 10^{-1} 規模のうち厳しい値を採用

事象①×事象②で同程度の頻度を考慮する。

3. 荷重の設定

「2. 環境条件で想定する規模」のとおり，重大事故等に対する環境条件としては，年最大値の平均値と年超過確率 10^{-1} 規模のうち厳しい値を保守的に採用するものとする。

3.1 風荷重

最大風速（地上高 10m，10 分間平均風速の日最大風速）の年最大値の平均値及び年超過確率 10^{-1} 規模を表 2 に示す。

表 2 年最大値の平均値及び年超過確率 10^{-1} 値

(単位：m/s)

年最大値の平均値	年超過確率 10^{-1} 値
18.2	22.2

表 2 より，風荷重は，最大風速の年超過確率 10^{-1} 規模の 22.2m/s を使用する。

3.2 積雪荷重

1 日当たりの積雪量の年最大値の平均値及び年超過確率 10^{-1} 規模を表 3 に示す。

表 3 年最大値の平均値及び年超過確率 10^{-1} 値

(単位：cm)

年最大値の平均値	年超過確率 10^{-1} 値
39.3	58.0

表 3 より，積雪荷重は，1 日当たりの積雪量の年超過確率 10^{-1} 規模の値 58.0cm を使用する。
ただし，1 日当たりの積雪量であることから，それ以前に積もった積雪分を考慮していないため，過去の観測記録から，日最深積雪量の平均値 (31.1cm) を加えた値を積雪量として用いることとする。

したがって，積雪量を以下のとおり設定した。

$$\begin{aligned} \text{積雪量} &= 1 \text{ 日当たりの積雪量の年超過確率 } 10^{-1} \text{ 規模の値 (58.0cm)} \\ &\quad + \text{日最深積雪量の平均値 (31.1cm)} \\ &= 89.1 \text{ (cm)} \end{aligned}$$

なお，日最深積雪量の平均値 (31.1cm) の算出は以下のとおり。

日最深積雪量の平均値 (31.1cm) は，柏崎市の気象庁地域気象観測システムの観測記録から積雪が確認された日数 (N) と，その日の最深積雪量 (S_{Ni}) から算出する。

$$\text{日最深積雪量の平均値} = \frac{1}{N} \sum_i S_{Ni}$$

上式は、積雪が確認された場合の平均的な積雪量を与える式となる。

柏崎市の気象庁地域気象観測システムの記録から、日最深積雪量の平均値を計算すると以下のとおりとなる。

$$\text{日最深積雪量の平均値} = \frac{59766}{1925} = 31.1 \text{ (cm)}$$

ここで、

観測期間：1980年11月～2013年3月

積雪が確認された日数(N)：1925(日)

最深積雪量の合計：59766(cm)

積雪荷重は、新潟県建築基準法施行細則*により、積雪量1cmごとに29.4N/m²の積雪荷重が作用することを考慮し、積雪面積を乗じて算定する。

注記*：新潟県建築基準法施行細則の記載は以下のとおり。

(多雪区域の指定)

第14条 政令第86条第2項ただし書の規定により、佐渡市及び岩船郡粟島浦村を除く全区域を多雪区域として指定する。

2 前項の多雪区域における積雪の単位荷重は、積雪量1センチメートルごとに1平方メートルにつき29.4ニュートン以上とする。

建築基準法施行令の記載は以下のとおり。

(積雪荷重)

第八十六条 積雪荷重は、積雪の単位荷重に屋根の水平投影面積及びその地方における垂直積雪量を乗じて計算しなければならない。

2 前項に規定する積雪の単位荷重は、積雪量一センチメートルごとに一平方メートルにつき二十ニュートン以上としなければならない。ただし、特定行政庁は、規則で、国土交通大臣が定める基準に基づいて多雪区域を指定し、その区域につきこれと異なる定めをすることができる。

固有振動数の算出方法について

1. 概要

車両型設備の固有振動数は、対象となる車両型設備を加振し、入力及び出力（加振台上加速度及び車両型設備の応答加速度）を同時に計測して、伝達関数（入力と出力の関係を示す関数）を算出することで求めることができる。ここでは、車両型設備の固有振動数の算出方法について説明する。

2. 固有振動数の算出方法

車両型設備を実際の保管状態を模擬した状態で加振台に設置し、ランダム波を加振台に入力することで、加振台上加速度及び車両型設備の応答加速度を計測する。計測された加振台上加速度及び車両型設備の応答加速度をフーリエ変換し、それらの比をとり伝達関数を算出する。その結果を用いて、車両型設備の固有振動数を求める。固有振動数の算出イメージを図1に示す。

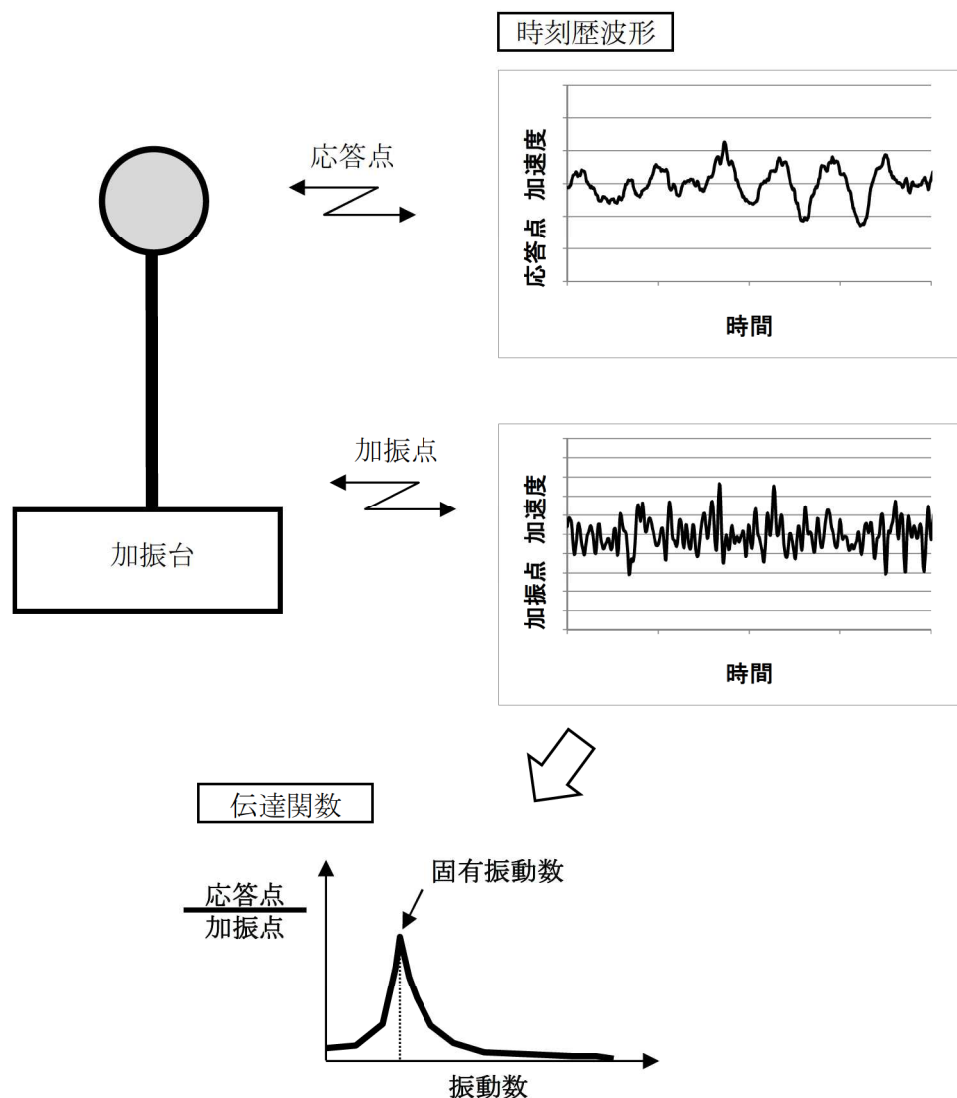


図1 固有振動数算出の概念図

減衰定数の算出方法について

1. 概要

車両型設備の減衰定数は、対象となる車両型設備を加振し、入力及び出力（加振台上加速度及び車両型設備の応答加速度）を同時に計測して得られる伝達関数（入力と出力の関係を示す関数）からハーフパワー法にて求めることができる。ここでは、車両型設備の減衰定数の算出方法について説明する。

2. 減衰定数の算出方法

ハーフパワー法とは、応答曲線のピークに着目して振動系の減衰を近似的に求める方法であり、最大応答点 A_{\max} を示す振動数を f_n 、 $A_{\max}/\sqrt{2}$ を示す振動数を f_1 、 f_2 とすると、減衰定数 h は、以下の式のとおり f_n と 2 点 (f_1 , f_2) の振動数幅 Δf で示される。

$$h = \frac{1}{2} \cdot \frac{\Delta f}{f_n} = \frac{1}{2} \cdot \frac{f_2 - f_1}{f_n}$$

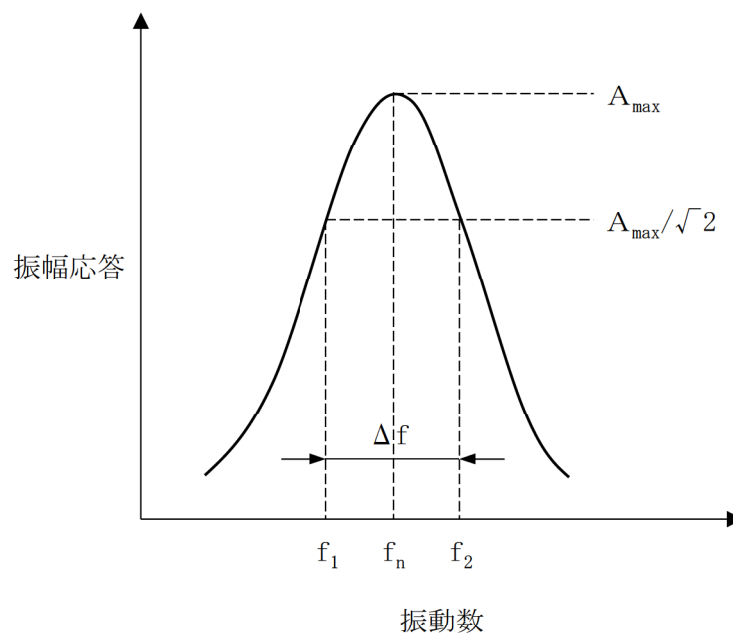


図 1 ハーフパワー法

3. 車両型設備の減衰定数

車両型設備のうちタンクローリ（16kL）を例として、減衰定数 h を算出すると、以下のとおり約 14% と算出される。また、加振試験により得られた振動特性結果を図 2 に示す。

$$h = \frac{1}{2} \cdot \frac{\Delta f}{f_n} = \frac{1}{2} \cdot \frac{f_2 - f_1}{f_n} = \frac{1}{2} \cdot \frac{\boxed{}}{\boxed{}} = 0.14 \text{ (約 14\%)}$$



図 2 振動特性結果 (タンクローリ (16kL))

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（J I S）又は地盤工学会（J G S）の規格・基準に基づいた試験の結果から設定する。

解析用物性値の設定フローを図 1-1 に示す。

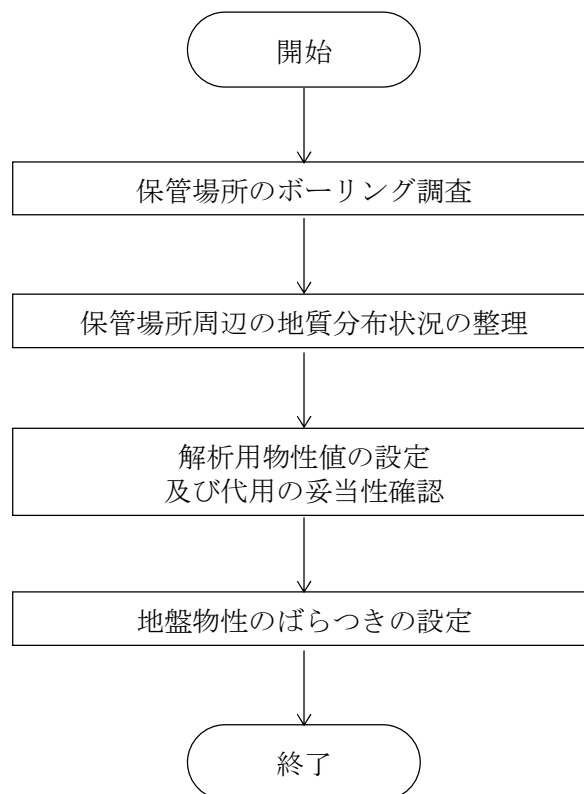


図 1-1 解析用物性値の設定フロー

2. 保管場所のボーリング調査

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。

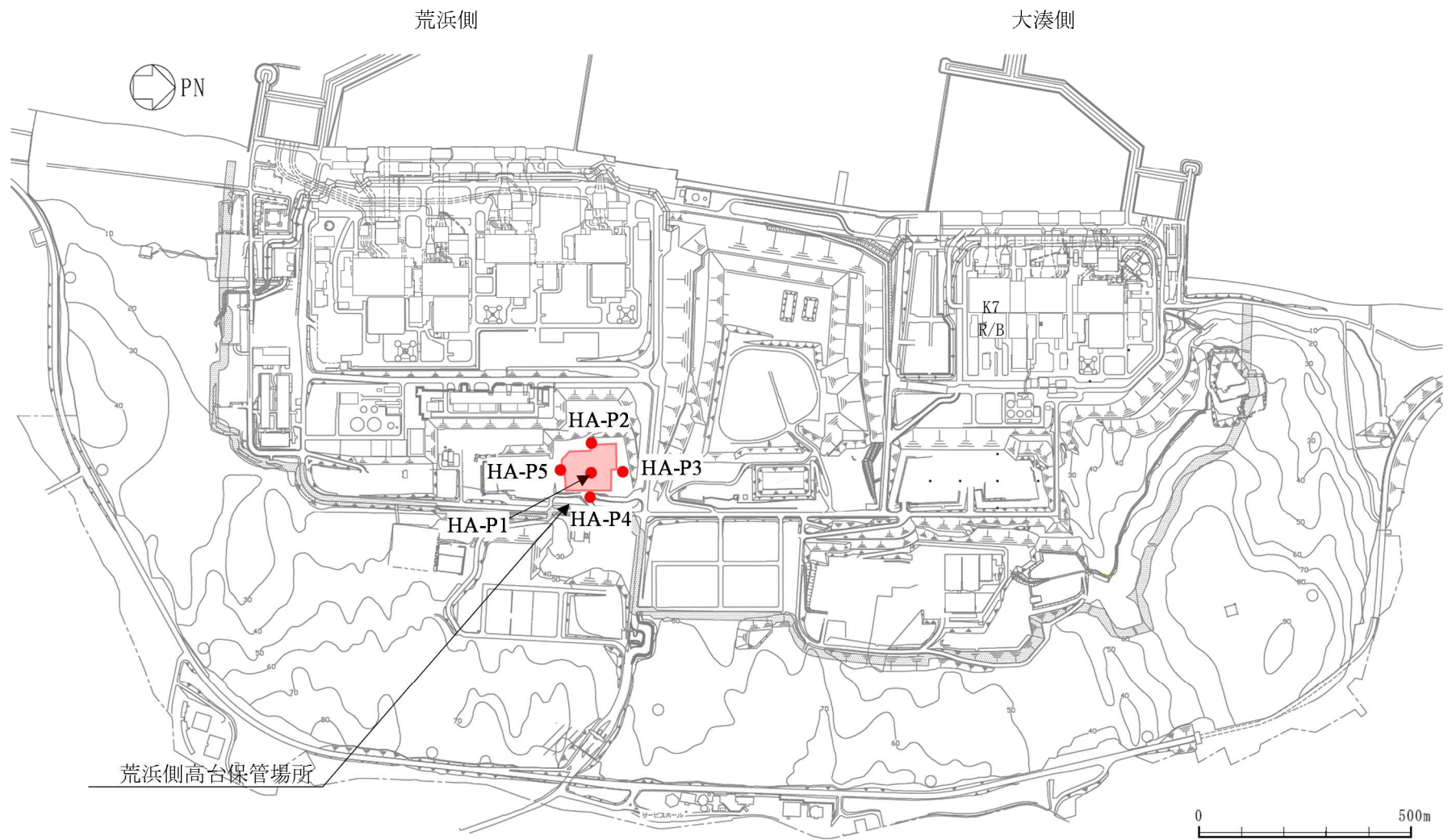


図 2-1 荒浜側高台保管場所のボーリング調査位置

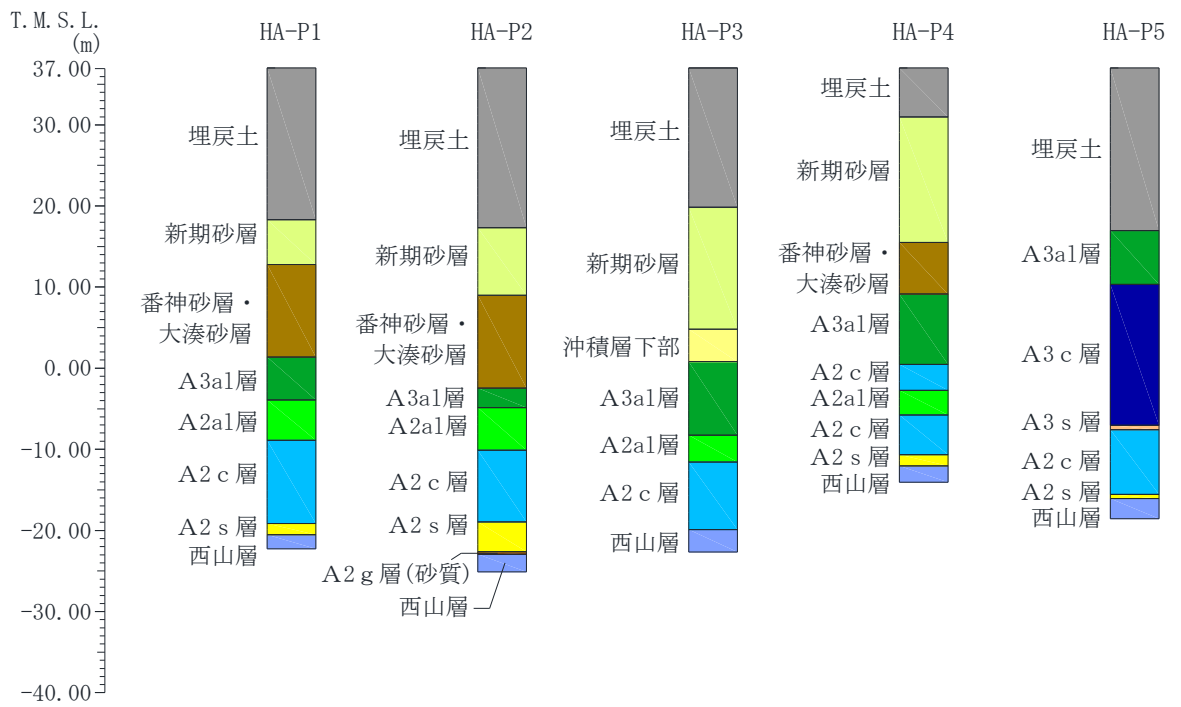


図 2-2 荒浜側高台保管場所の地層構成

3. 荒浜側高台保管場所周辺における地質分布状況の整理

荒浜側高台保管場所周辺の地質分布一覧を表 3-1 に示す。なお、ここに示す地質区分は、V-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」と同様の考え方に基づき、地質学的見地・工学的見地から細分化したものを示している。

表 3-1 地質分布一覧（荒浜側高台保管場所）

対象施設		時代・地層名		地質区分	・荒浜側 高台保管場所
第四紀	新期砂層 ・沖積層	新期砂層		●	
		沖積層下部		●	
		番神砂層・大湊砂層		●	
	古安田層	A3c層		●	
		A3a1層		●	
		A3s層		●	
		A2c層		●	
		A2a1層		●	
		A2s層		●	
	A2g層	シルト質		—	
砂質		●			
新第三紀	西山層		●		
	椎谷層		●		

凡例 ●：施設直下に分布している地質
—：施設直下には分布していない地質

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		番神砂層 ・ 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_{ms} (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_{ms}' (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 (°)		33.4	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)		1.86	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_{ms} (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_{ms}' (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		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	A2g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		
	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_p (°)							
	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	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						
		p_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)		
		p_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以後)	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)

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解析用物性値を設定する。

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、分布範囲が狭い又は層厚が薄い地層については、同等若しくは保守的なほか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。

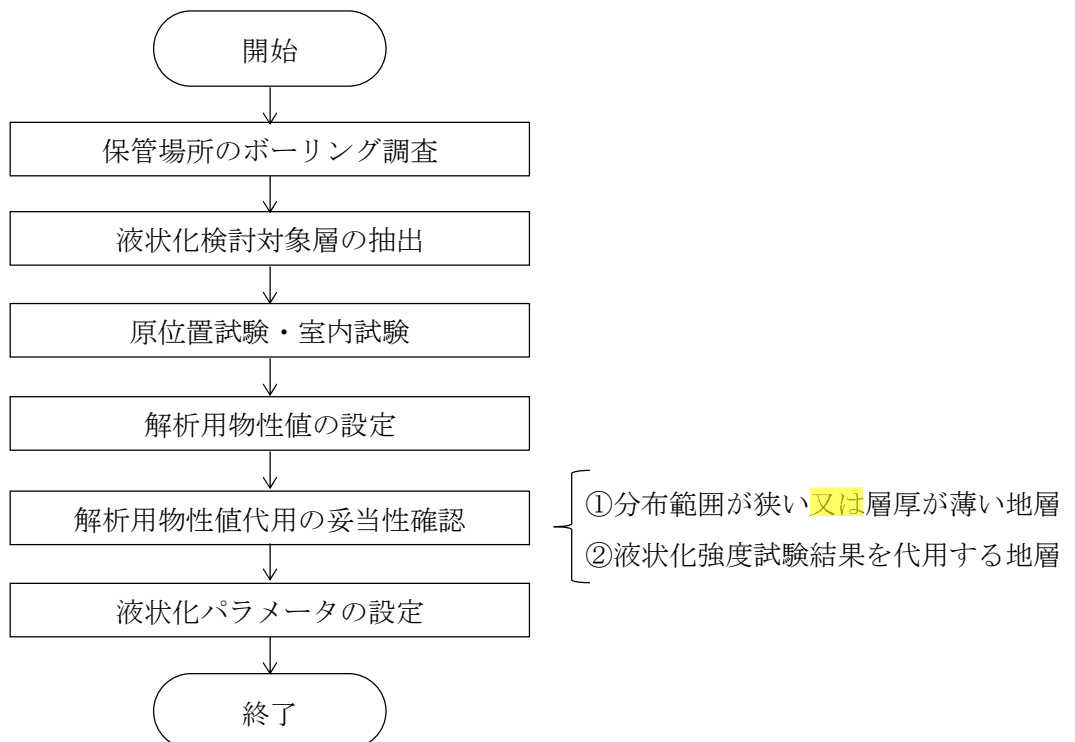


図5-1 解析用物性値の検討フロー

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））で概ね共通している。

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。

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。

- 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））

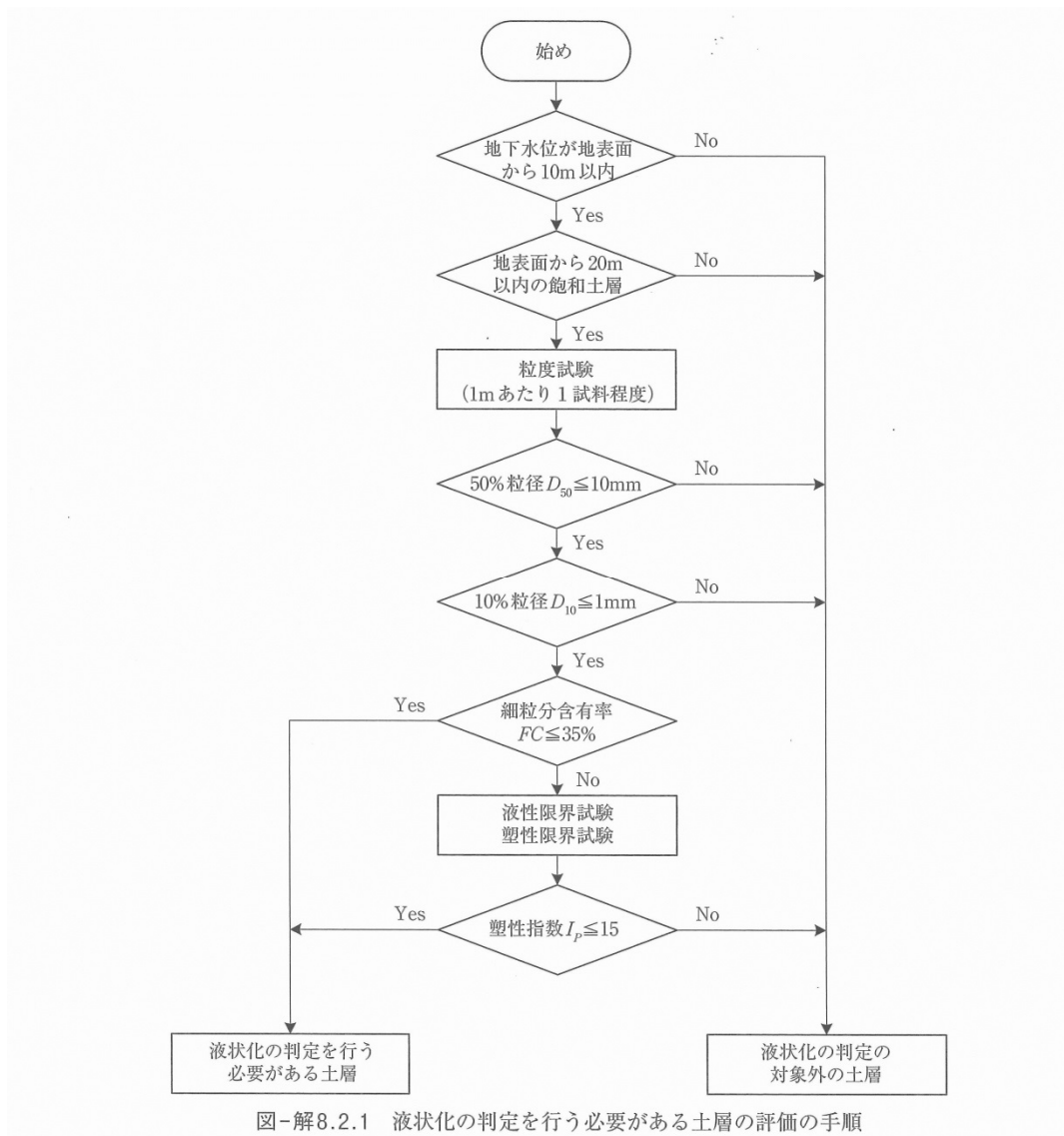


図 5-3 道路橋示方書Vに基づく液状化判定の評価フロー

(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 に荒浜側高台保管場所における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。

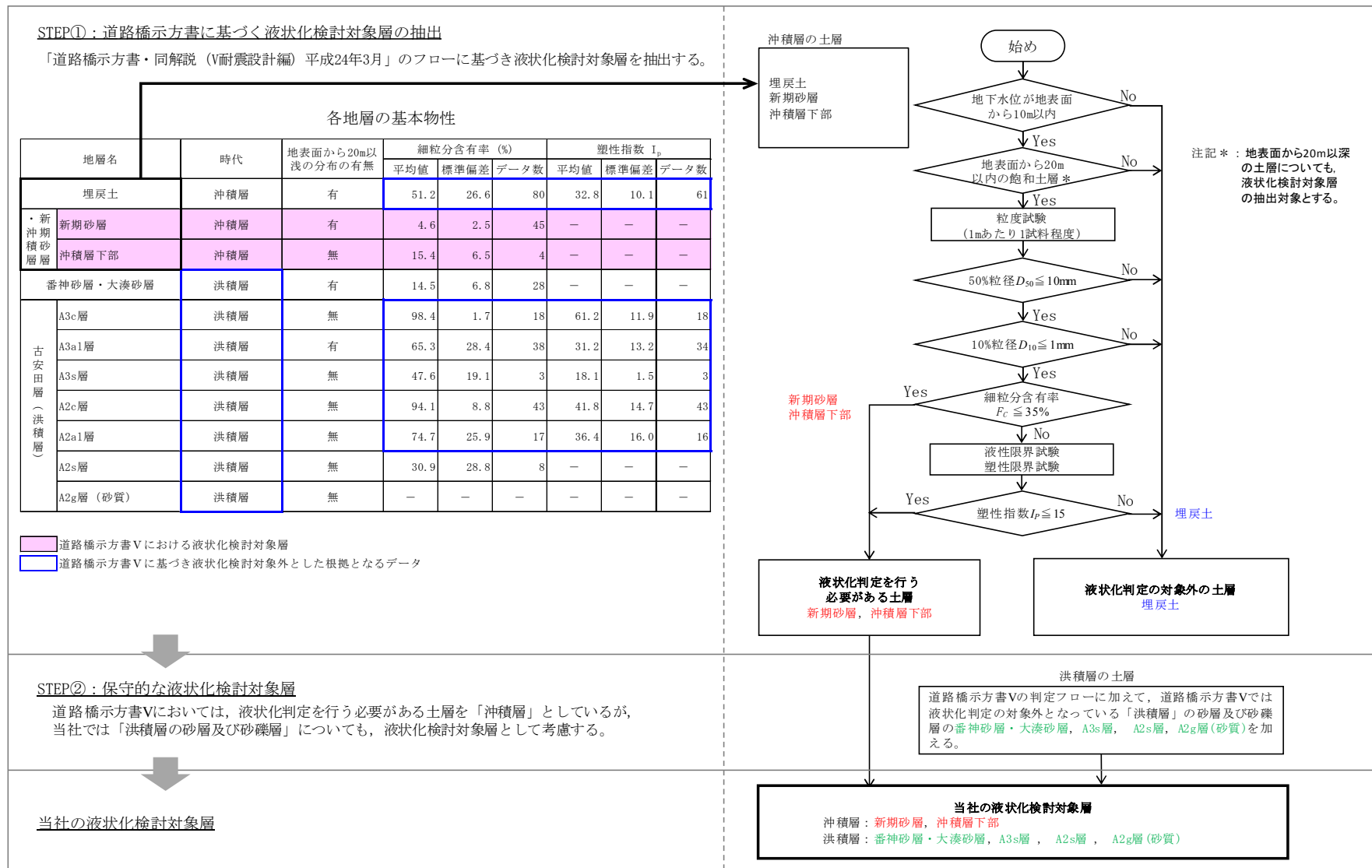


図 5-5 荒浜側高台保管場所における液状化検討対象層の抽出フロー

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 積 砂 層	新期砂層	砂	●	●	
	沖積層下部	砂	●	●	
番神砂層・大湊砂層		砂	— →	○	洪積層であるが検討対象とする。
古 安 田 層 (洪 積 層)	A3c層	シルト	—	—	
	A3al層	砂・シルト 互層	—	—	
	A3s層	砂	— →	○	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	シルト	—	—	
	A2al層	砂・シルト 互層	—	—	
	A2s層	砂	— →	○	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)		砂礫	— →	○	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解析用物性値の設定

5.3.1 解析用物性値の設定方針

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解析用物性値を設定する。

なお、これらの物性値は、日本工業規格（JIS）又は地盤工学会（JGS）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解析用物性値とその試験方法を示す。

分布範囲が狭い又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高台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解析用物性値を代用する地層の整理を表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解析用物性値とその試験方法

	試験により設定する 解析用物性値		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（CU）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解析用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	(地下水位以浅)
新期砂層		大湊側敷地の新期砂層 液状化強度試験結果*を代用
沖積層下部		大湊側敷地の沖積層下部 液状化強度試験結果*を代用
番神砂層・大湊砂層		大湊側敷地の新期砂層 液状化強度試験結果*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 液状化強度試験結果*を代用
A2g 層 (砂質)	A2s 層の解析用物性値を代用	

注記* : 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（荒浜側高台保管場所）

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	新期砂層	2.740	0.036	45	1.93	0.06	9	0.707	0.125	9	2.02
	沖積層下部	2.766	0.029	4	1.95	0.05	9	0.743	0.116	9	2.01
番神砂層・大湊砂層		2.717	0.028	28	1.82	0.09	9	0.905	0.160	9	1.90
古 安 田 層	A3c層	2.643	0.034	18	1.67	0.01	5	1.530	0.032	5	1.65
	A3a1層	2.686	0.066	38	1.86	0.03	5	0.932	0.058	5	1.87
	A2c層	2.652	0.048	43	1.79	0.09	6	1.156	0.264	6	1.77
	A2a1層	2.666	0.023	17	1.79	0.03	5	1.164	0.093	5	1.77
	A2s層	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 初期せん断弾性係数 (荒浜側高台保管場所)

地質区分		P 波速度 V_p		S 波速度 V_s		初期せん断弾性係数 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 P 波速度及び S 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 (荒浜側高台保管場所)

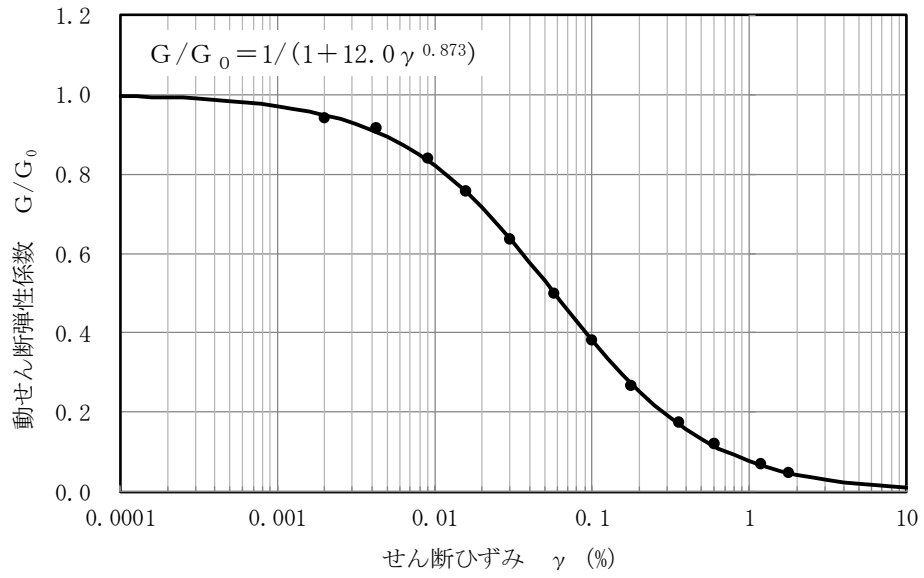
地質区分	P 波速度 V_p		S 波速度 V_s		ポアソン比* ν	測定数
	平均値 (m/s)	標準偏差 (m/s)	平均値 (m/s)	標準偏差 (m/s)		
埋戻土	590	104	207	37	0.43	54
新期砂層(地下水位以浅)	660	77	317	35	0.35	35

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。

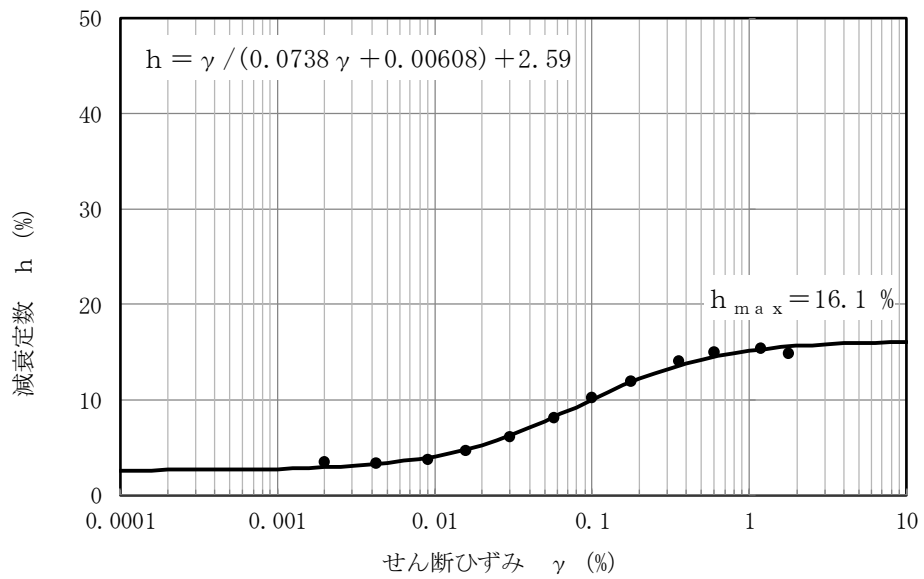
c. 最大減衰定数

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。

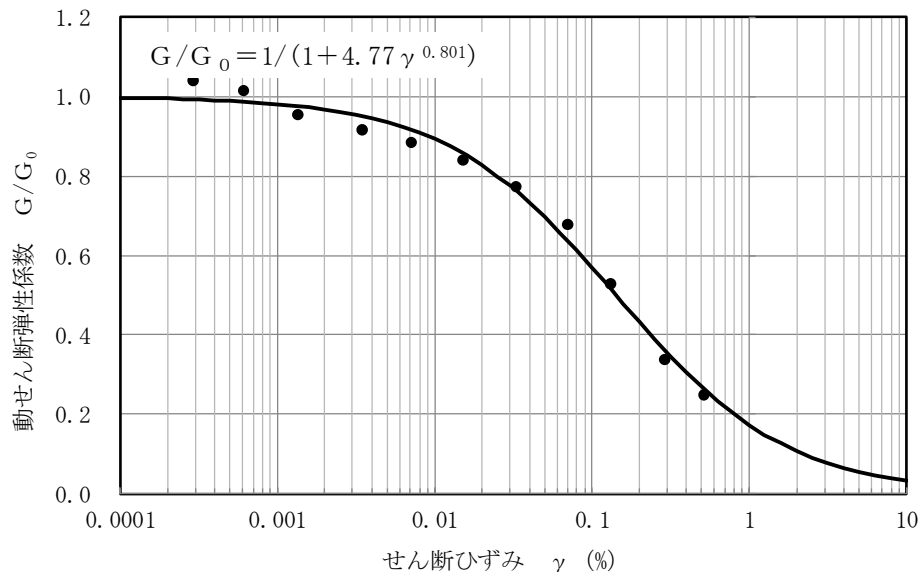


(a) 動せん断弾性係数のひずみ依存特性

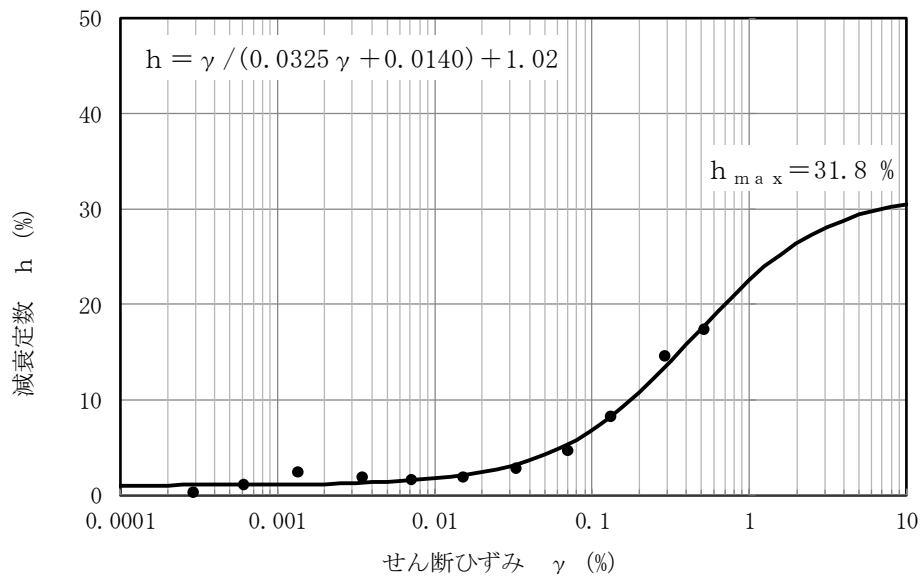


(b) 減衰定数のひずみ依存特性

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
(荒浜側高台保管場所)

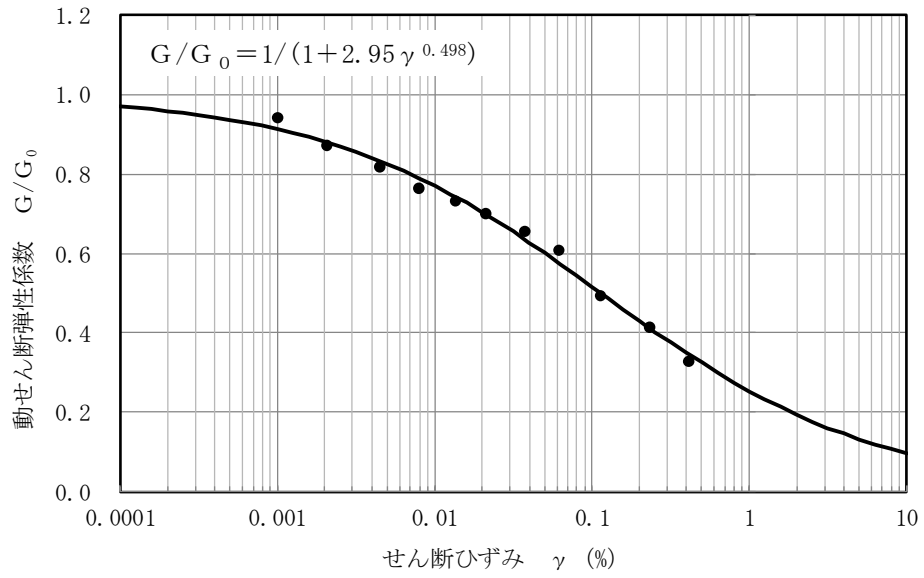


(a) 動せん断弾性係数のひずみ依存特性

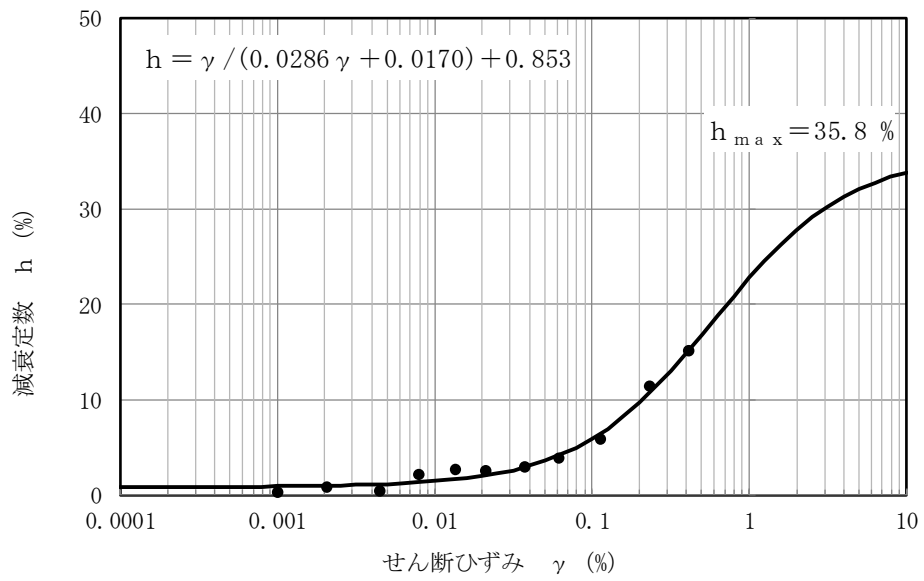


(b) 減衰定数のひずみ依存特性

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
(荒浜側高台保管場所)

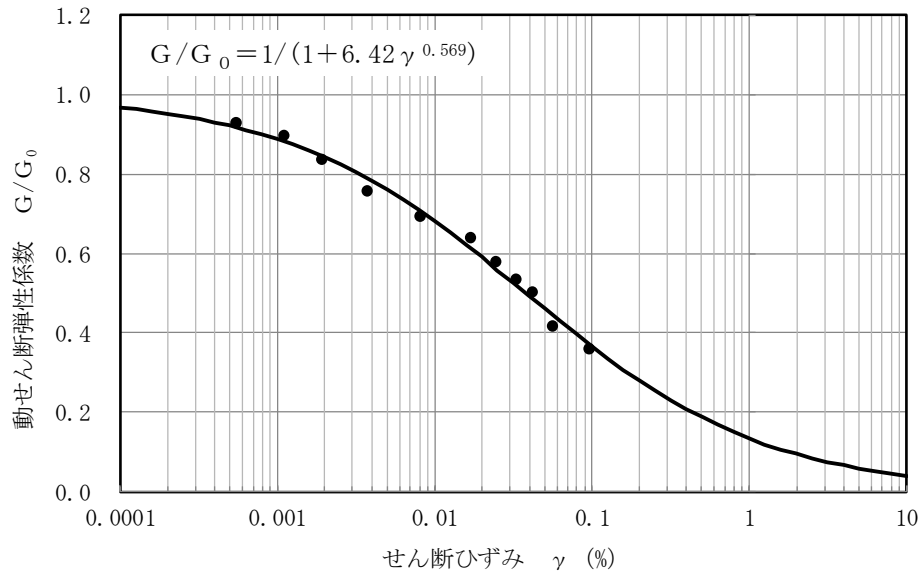


(a) 動せん断弾性係数のひずみ依存特性

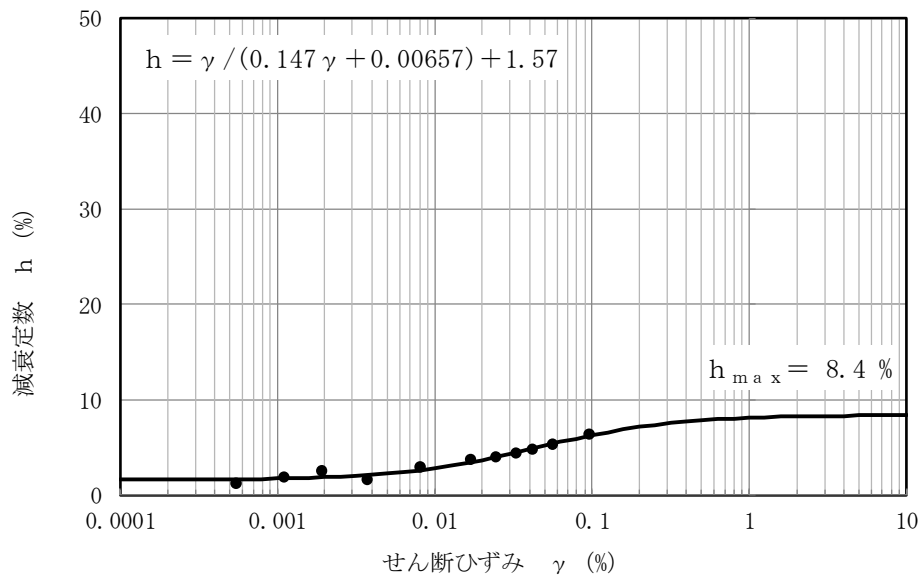


(b) 減衰定数のひずみ依存特性

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
(荒浜側高台保管場所)

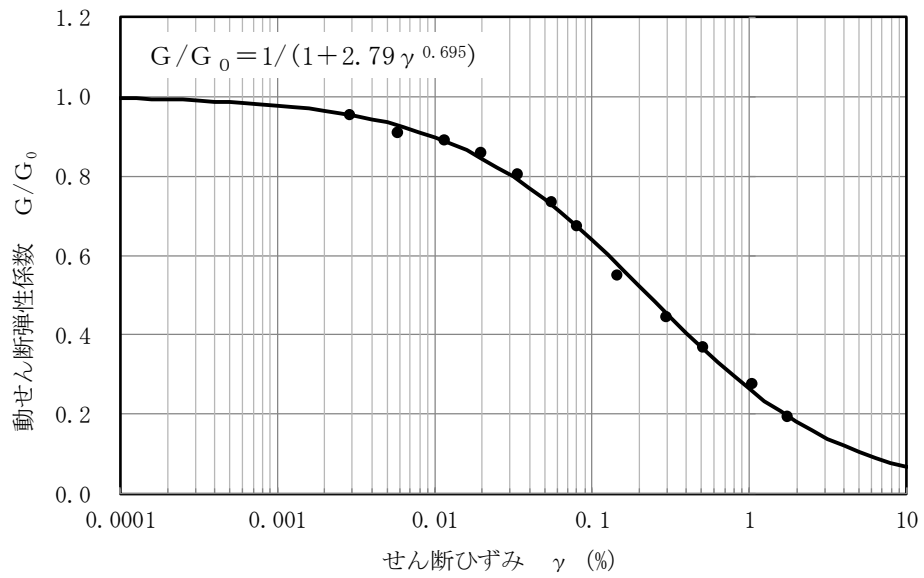


(a) 動せん断弾性係数のひずみ依存特性

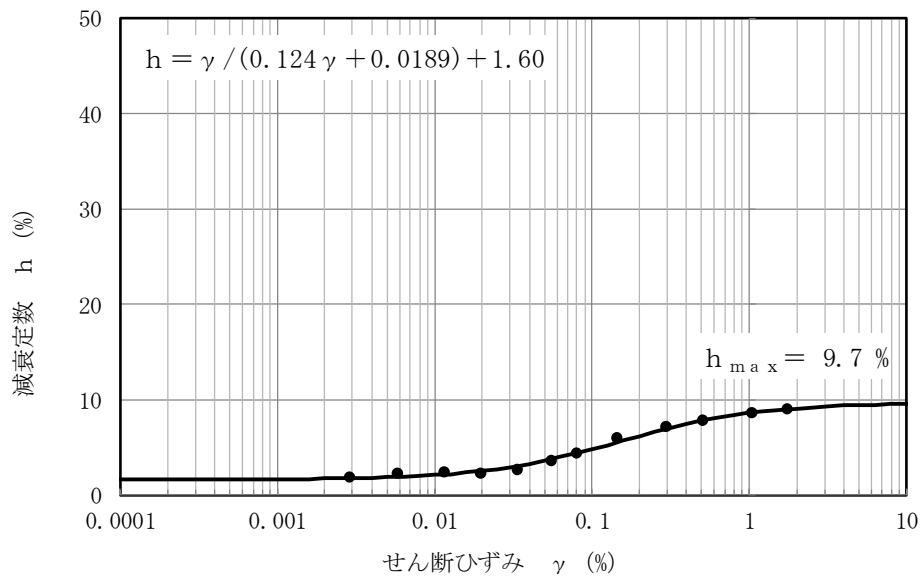


(b) 減衰定数のひずみ依存特性

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
(荒浜側高台保管場所)

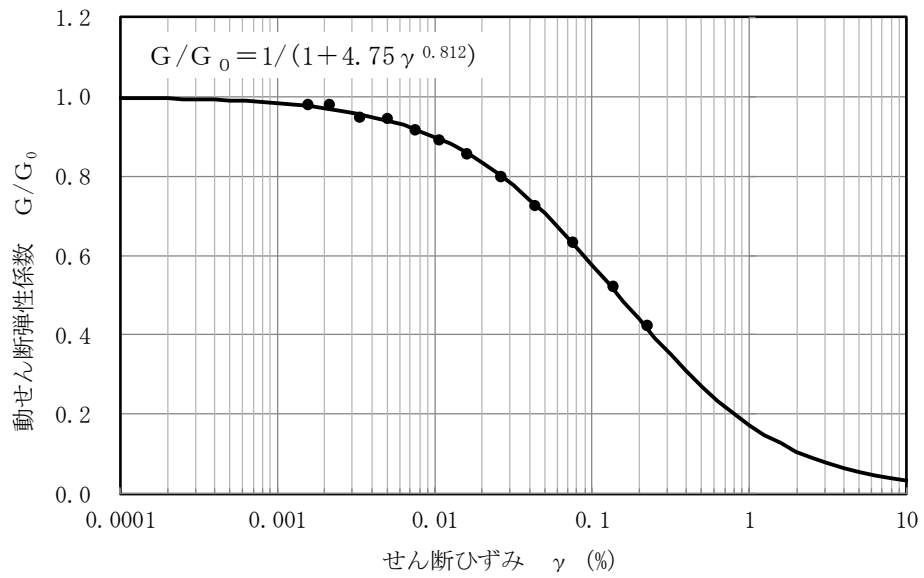


(a) 動せん断弾性係数のひずみ依存特性

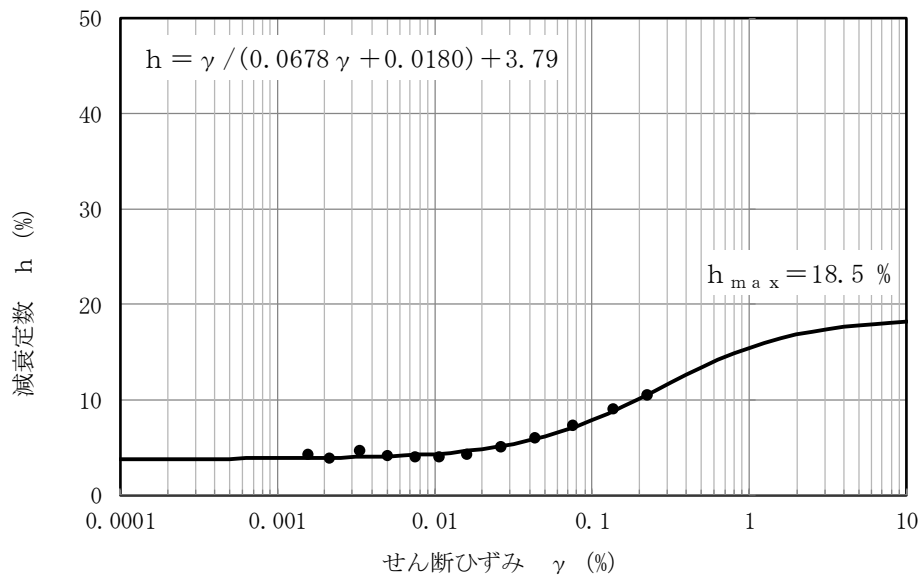


(b) 減衰定数のひずみ依存特性

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
(荒浜側高台保管場所)

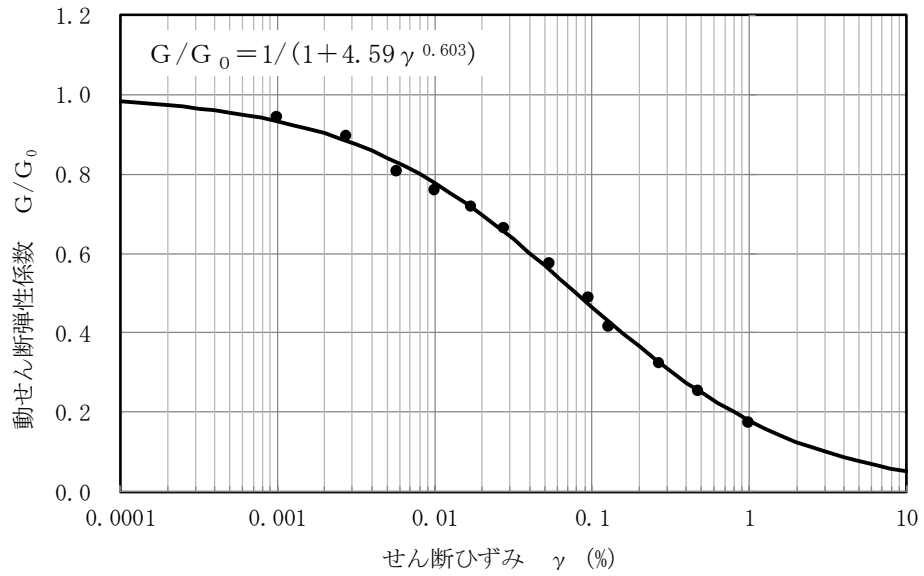


(a) 動せん断弾性係数のひずみ依存特性

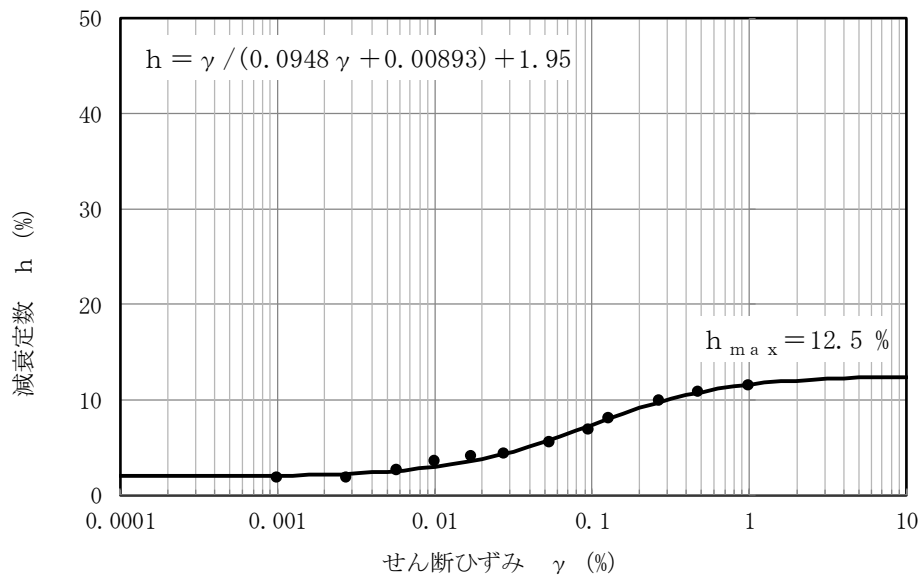


(b) 減衰定数のひずみ依存特性

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
(荒浜側高台保管場所)

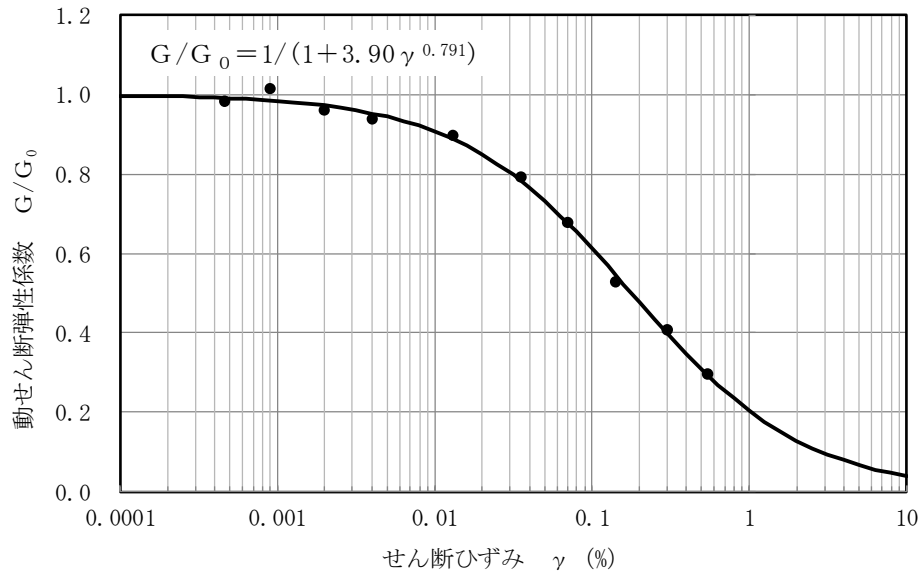


(a) 動せん断弾性係数のひずみ依存特性

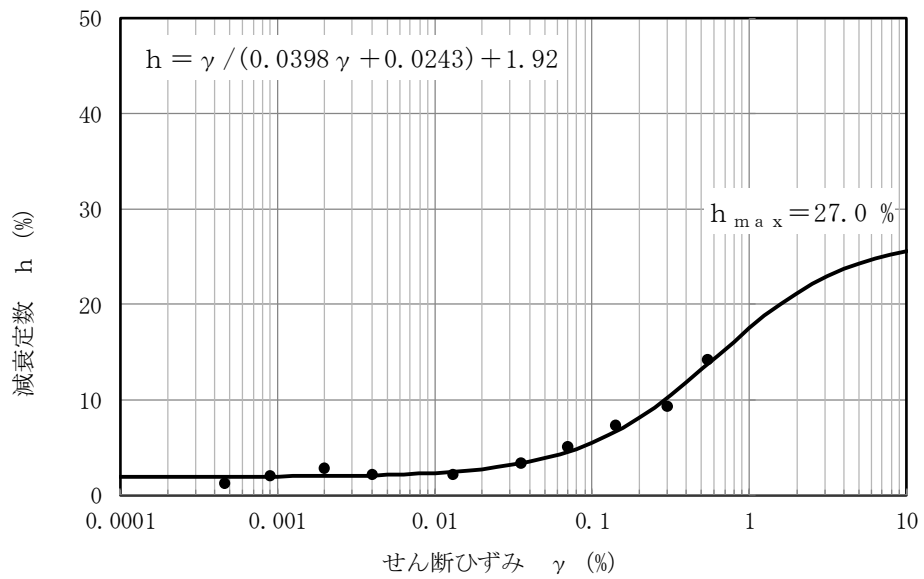


(b) 減衰定数のひずみ依存特性

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
(荒浜側高台保管場所)

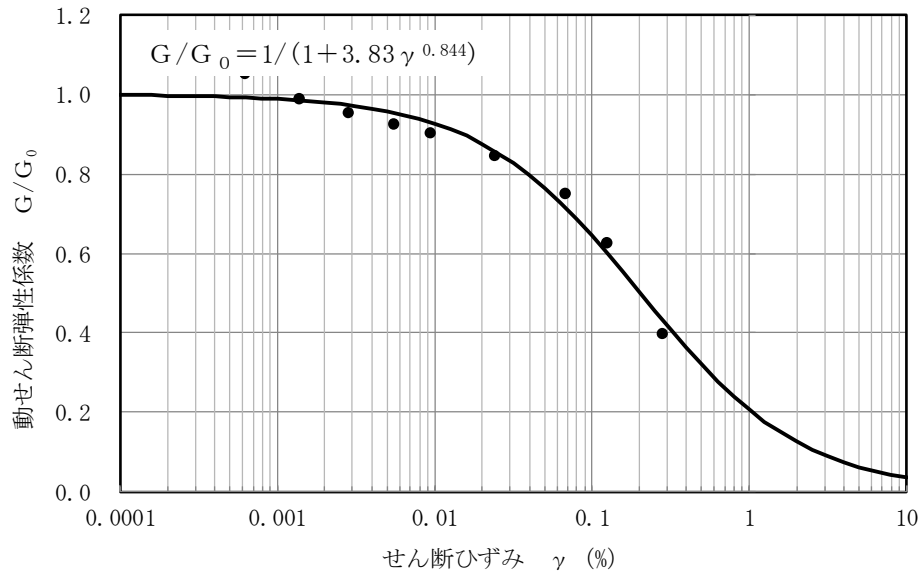


(a) 動せん断弾性係数のひずみ依存特性

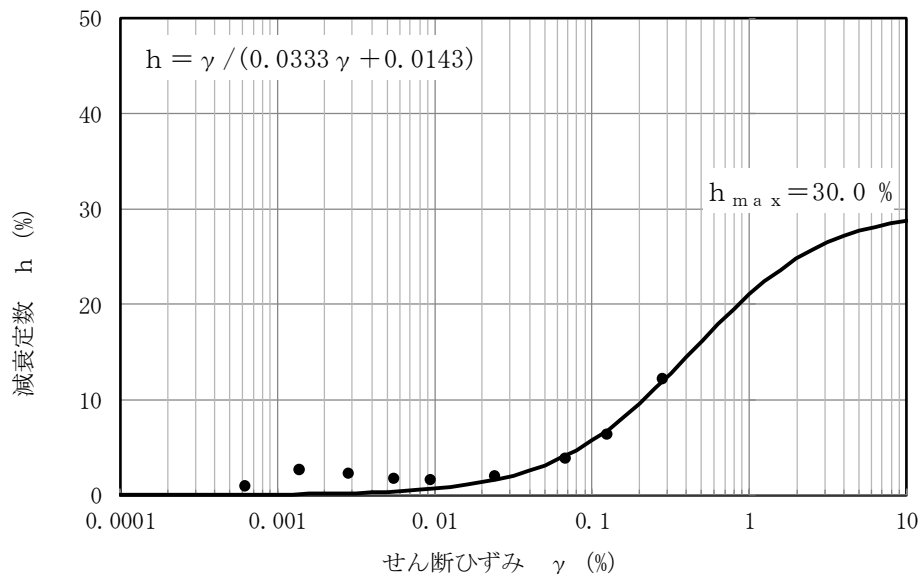


(b) 減衰定数のひずみ依存特性

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
(荒浜側高台保管場所)



(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
(荒浜側高台保管場所)

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、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。

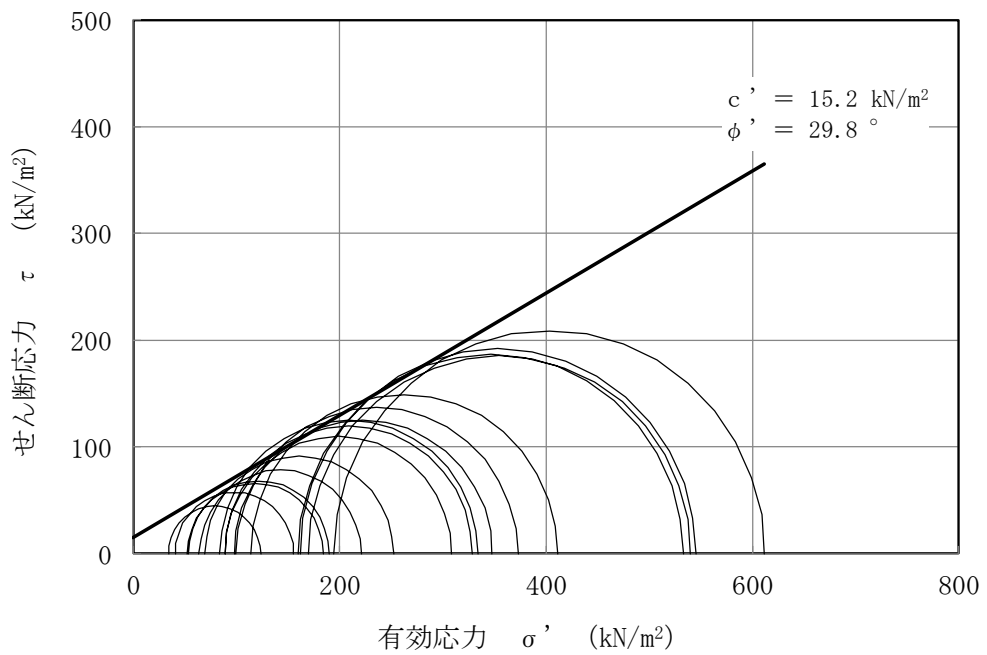


図 5-15 埋戻土の三軸圧縮試験結果及び強度定数
 (荒浜側高台保管場所)

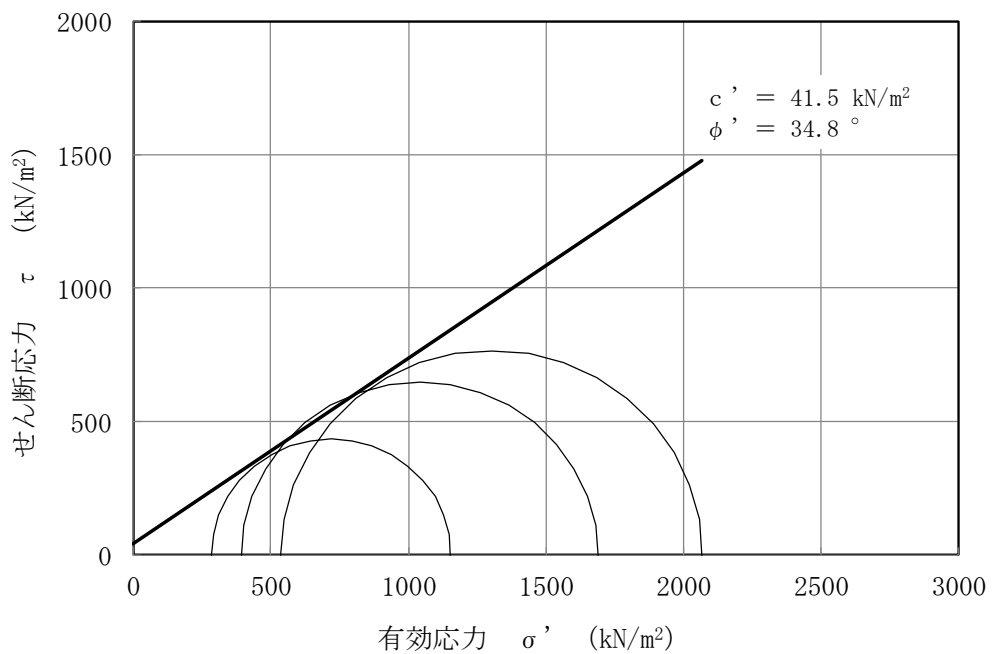


図 5-16 新期砂層の三軸圧縮試験結果及び強度定数
 (荒浜側高台保管場所)

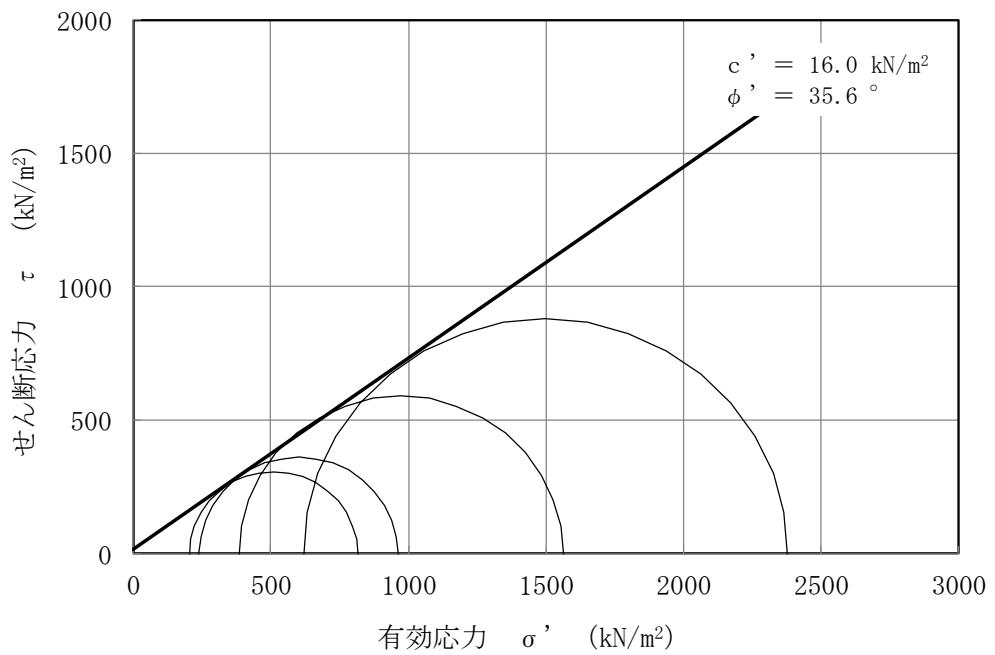


図 5-17 沖積層下部の三軸圧縮試験結果及び強度定数
(荒浜側高台保管場所)

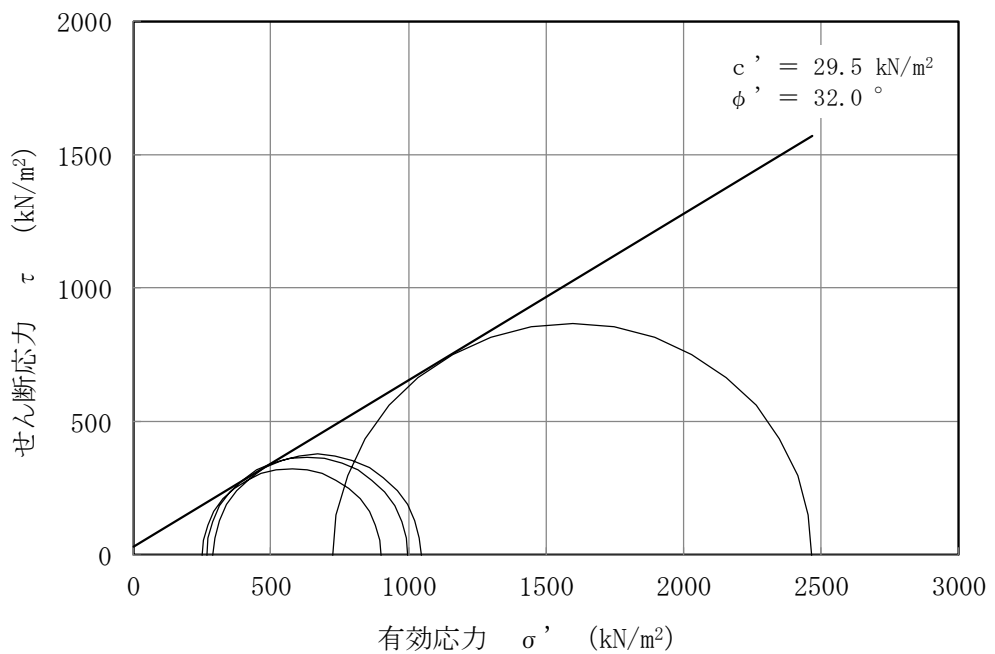


図 5-18 番神砂層・大湊砂層の三軸圧縮試験結果及び強度定数
(荒浜側高台保管場所)

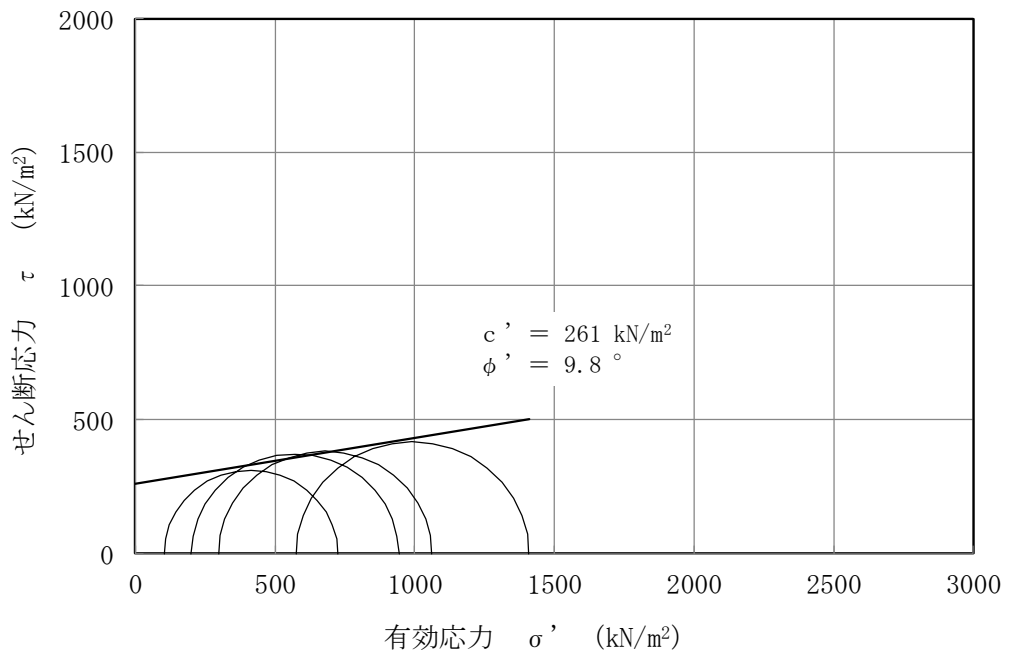


図 5-19 A3c 層の三軸圧縮試験結果及び強度定数
 (荒浜側高台保管場所)

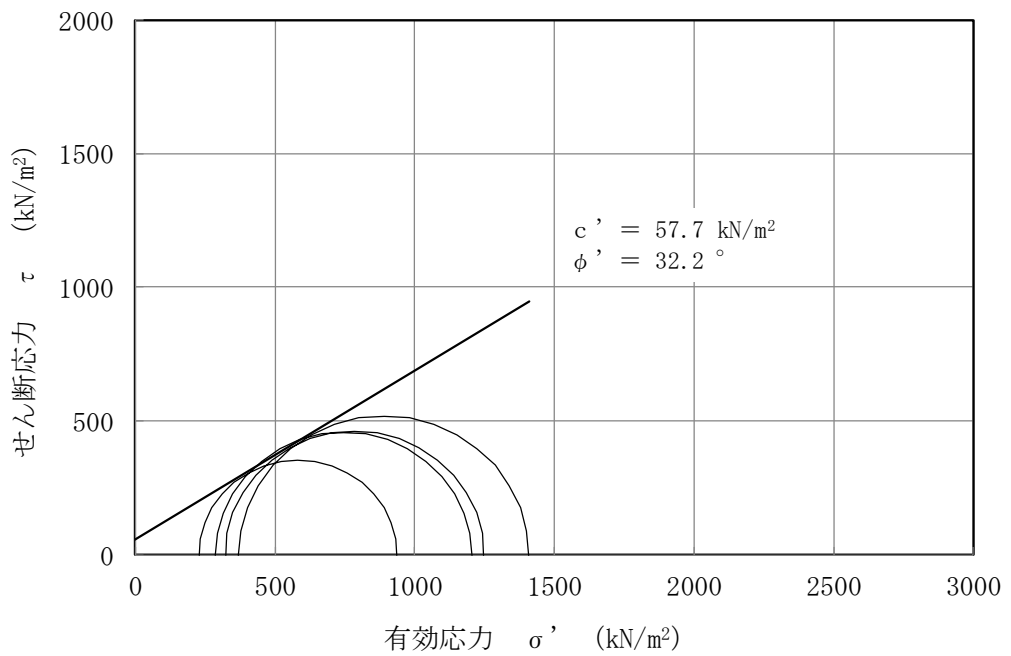


図 5-20 A3a1 層の三軸圧縮試験結果及び強度定数
 (荒浜側高台保管場所)

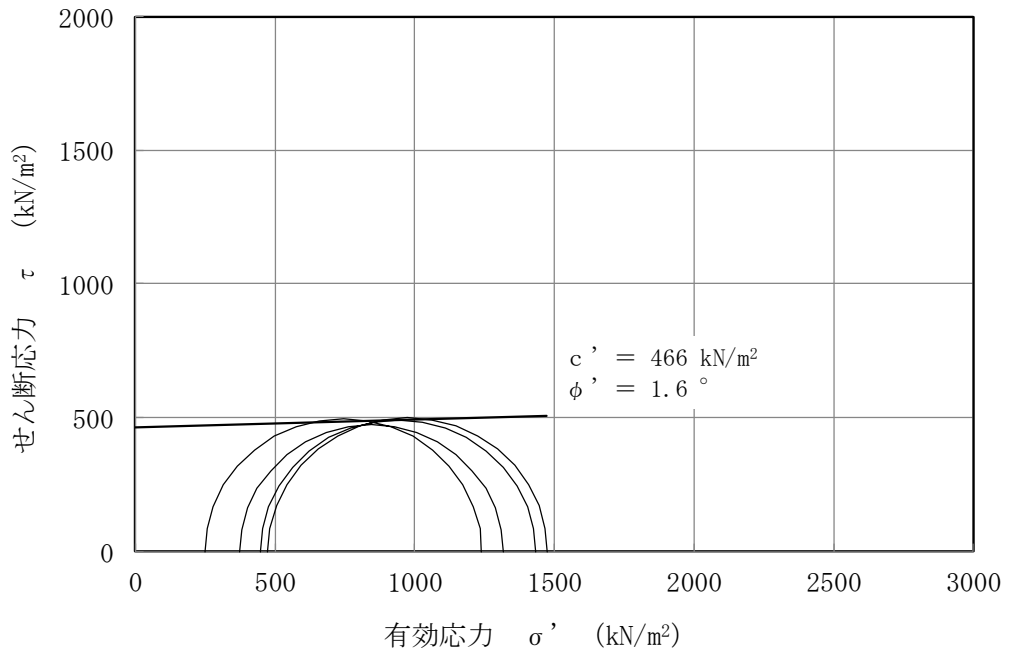


図 5-21 A2c 層の三軸圧縮試験結果及び強度定数
(荒浜側高台保管場所)

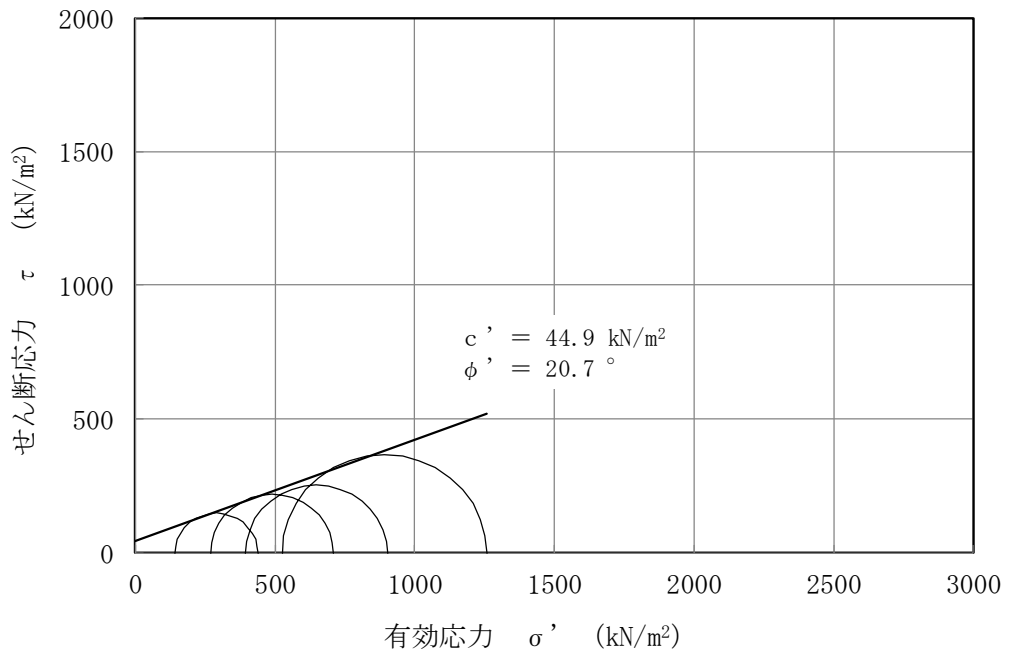


図 5-22 A2a1 層の三軸圧縮試験結果及び強度定数
(荒浜側高台保管場所)

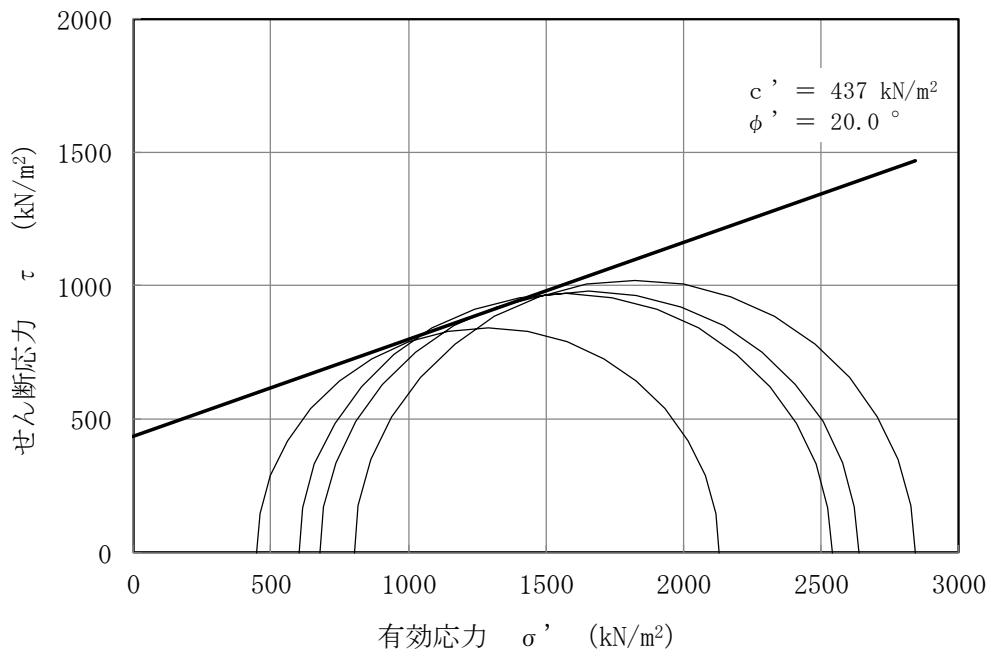


図 5-23 A2s 層の三軸圧縮試験結果及び強度定数
(荒浜側高台保管場所)

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。

分布範囲が狭い又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高台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解析用物性値を代用する地層の整理を表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解析用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	(地下水位以浅)
新期砂層		大湊側敷地の新期砂層 液状化強度試験結果*を代用
沖積層下部		大湊側敷地の沖積層下部 液状化強度試験結果*を代用
番神砂層・大湊砂層		大湊側敷地の新期砂層 液状化強度試験結果*を代用
A3c 層		(非液状化検討対象層)
A3al 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)
A2al 層		(非液状化検討対象層)
A2s 層		大湊側敷地の A2s 層 液状化強度試験結果*を代用
A2g 層 (砂質)		A2s 層の解析用物性値を代用

注記* : V-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」

5.4.1 分布範囲が狭い又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、分布範囲が狭い又は層厚が薄い地層については、荒浜側高台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分布範囲が狭いまたは層厚が薄い地層であるため解析用物性値を代用する地層を表 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。解析用物性値の代用における比較指標と選定理由を表 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解析用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 層 (砂質)	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。

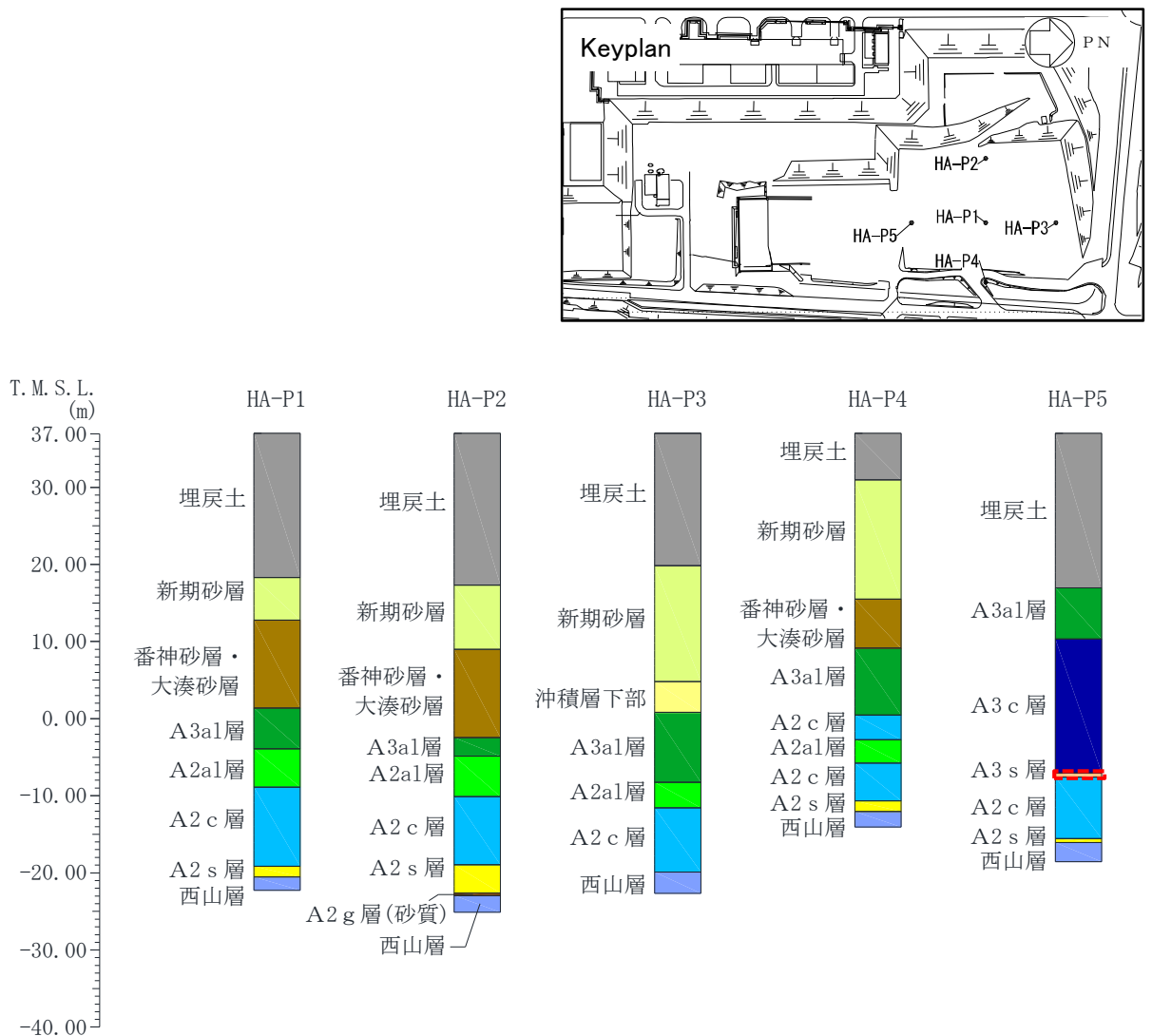


図 5-24 荒浜側高台保管場所における A3s 層の分布範囲

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。

荒浜側高台保管場所における A3s 層と A2s 層の粒径加積曲線を図 5-25 に、基礎物理特性を表 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。

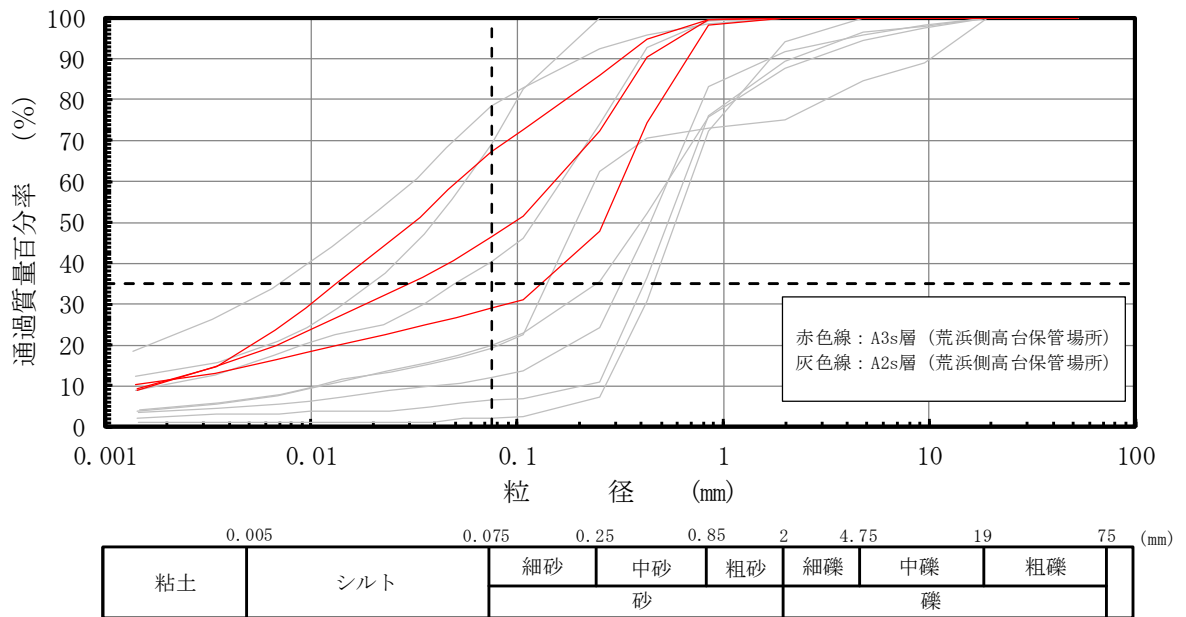


図 5-25 荒浜側高台保管場所における A3s 層と A2s 層の粒径加積曲線

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_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
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。

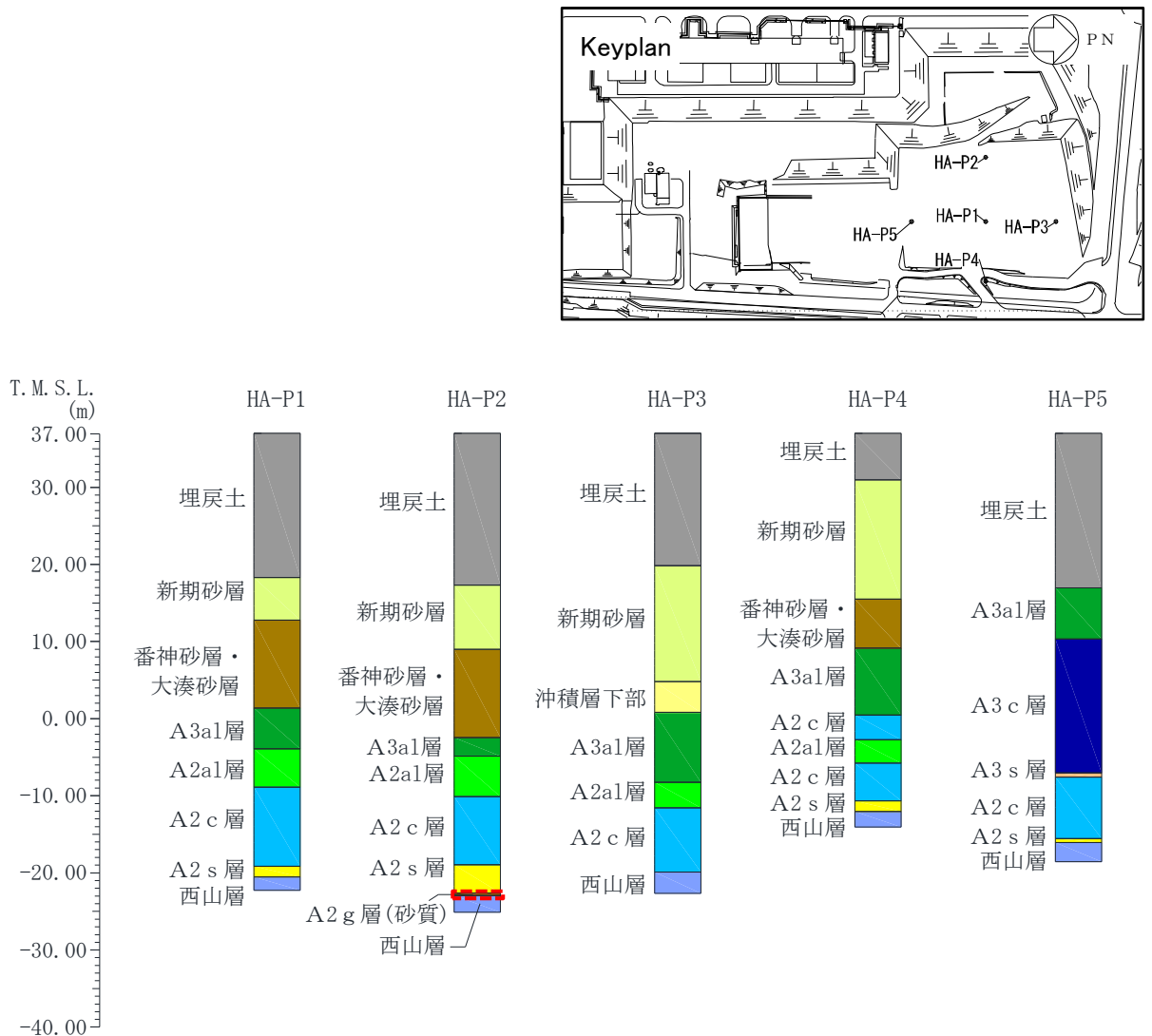


図 5-26 荒浜側高台保管場所における A2g 層（砂質）の分布範囲

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、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。解析用物性値の代用における比較指標と選定理由を表5-11に示す。

表5-10 液状化強度試験結果を代用する地層と代用に用いる地層の関係

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 液状化強度試験結果*を代用
沖積層下部	大湊側敷地の沖積層下部 液状化強度試験結果*を代用
番神砂層・大湊砂層	大湊側敷地の新期砂層 液状化強度試験結果*を代用
A2s層	大湊側敷地のA2s層 液状化強度試験結果*を代用

注記*：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、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」に示した大湊側敷地の新期砂層の試験結果にて代用する方針とする。

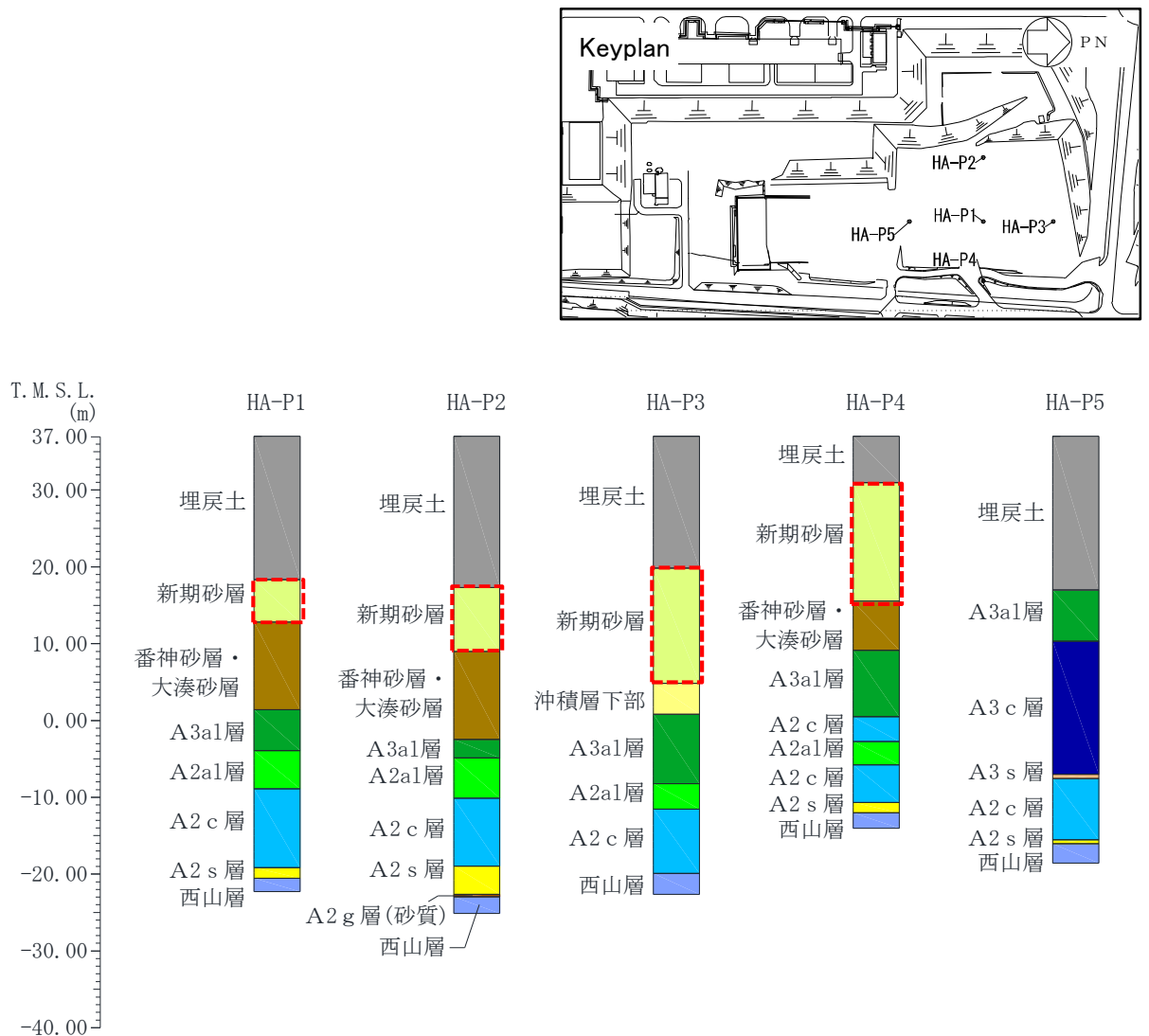


図 5-27 荒浜側高台保管場所における新期砂層の分布範囲

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」に示した大湊側敷地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。

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」に示した大湊側敷地の新期砂層の粒径加積曲線を図5-28に、基礎物理特性を表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」に示した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。

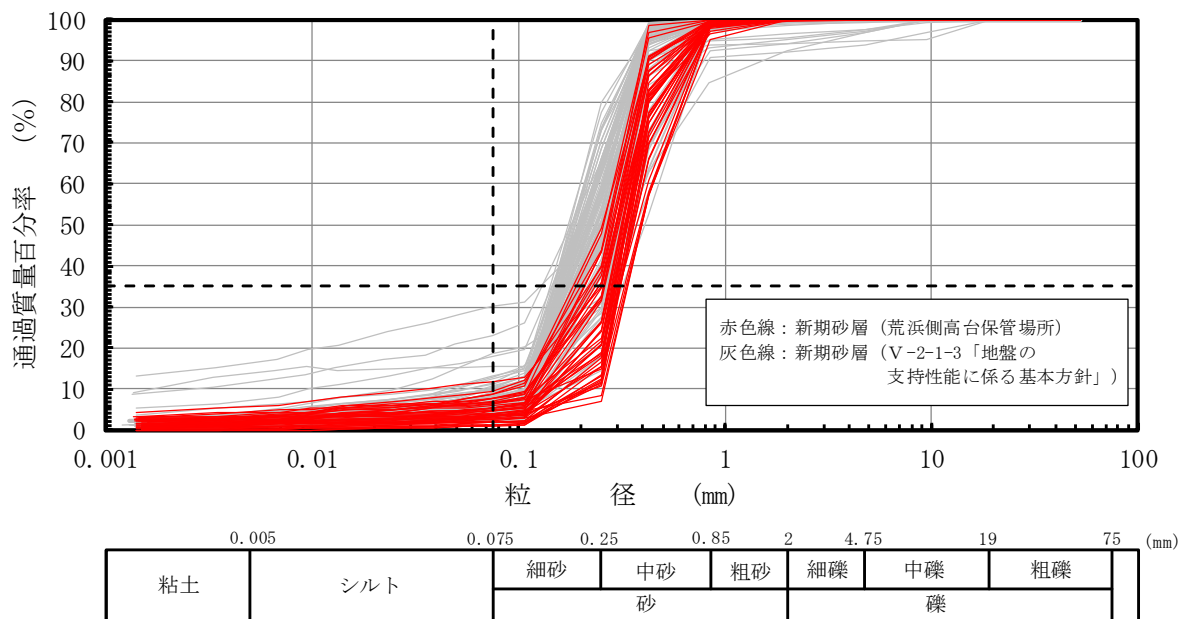


図 5-28 荒浜側高台保管場所及びV-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に示した大湊側敷地の新期砂層の粒径加積曲線

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」に示した大湊側敷地の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、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」に示した大湊側敷地の沖積層下部の試験結果にて代用する方針とする。

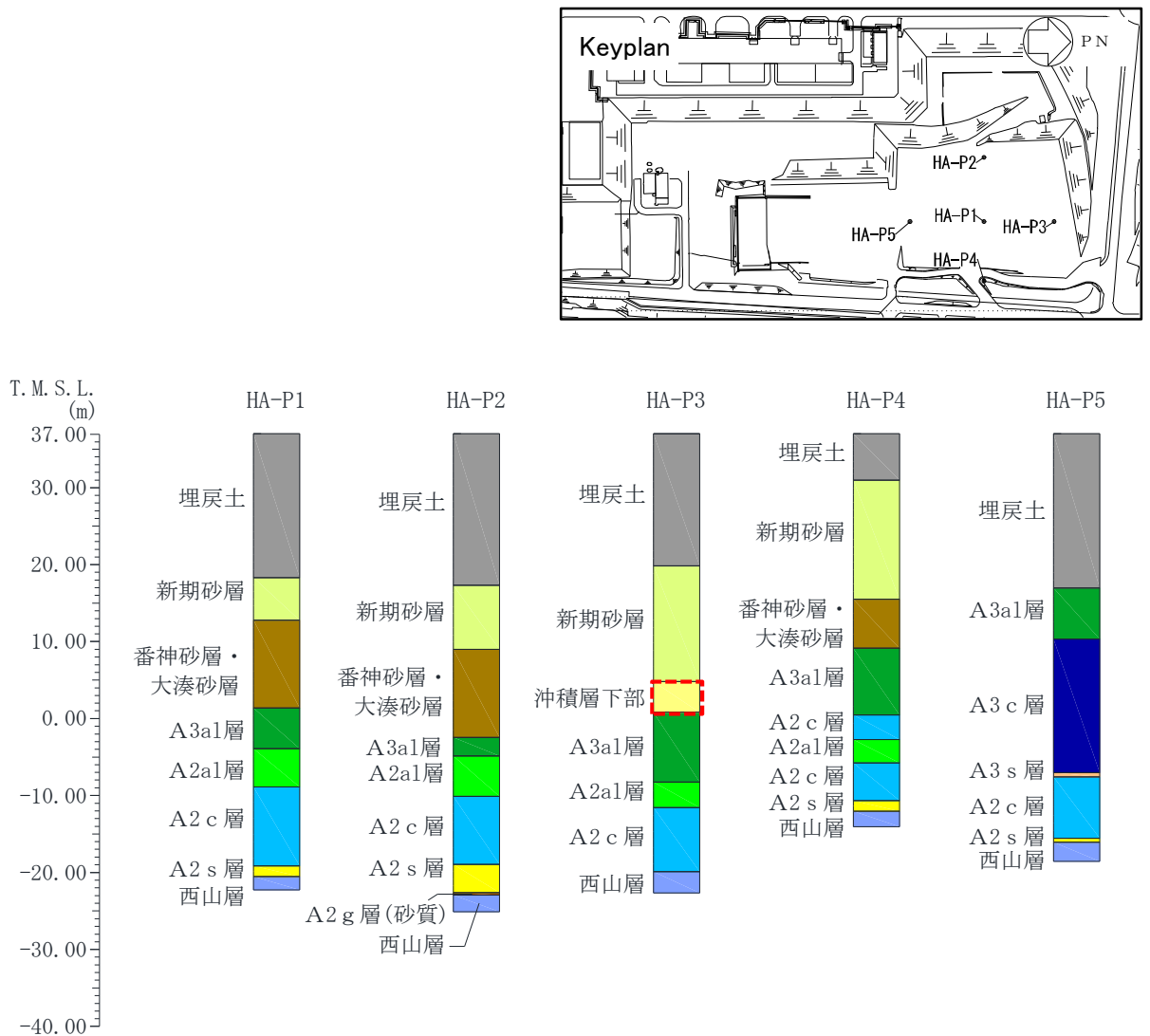


図5-29 荒浜側高台保管場所における沖積層下部の分布範囲

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」に示した大湊側敷地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。

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」に示した大湊側敷地の沖積層下部の粒径加積曲線を図5-30に、基礎物理特性を表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」に示した大湊側敷地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。

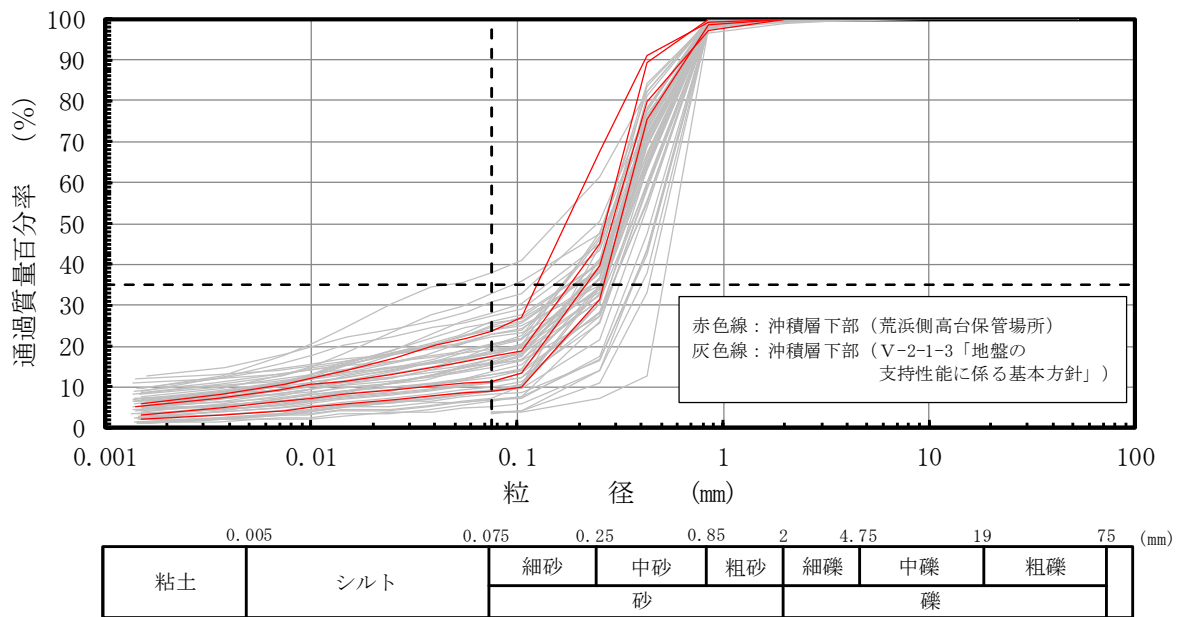


図 5-30 荒浜側高台保管場所及びV-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に示した大湊側敷地の沖積層下部の粒径加積曲線

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」に示した大湊側敷地の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」に示した大湊側敷地の新期砂層の試験結果にて代用する方針とする。

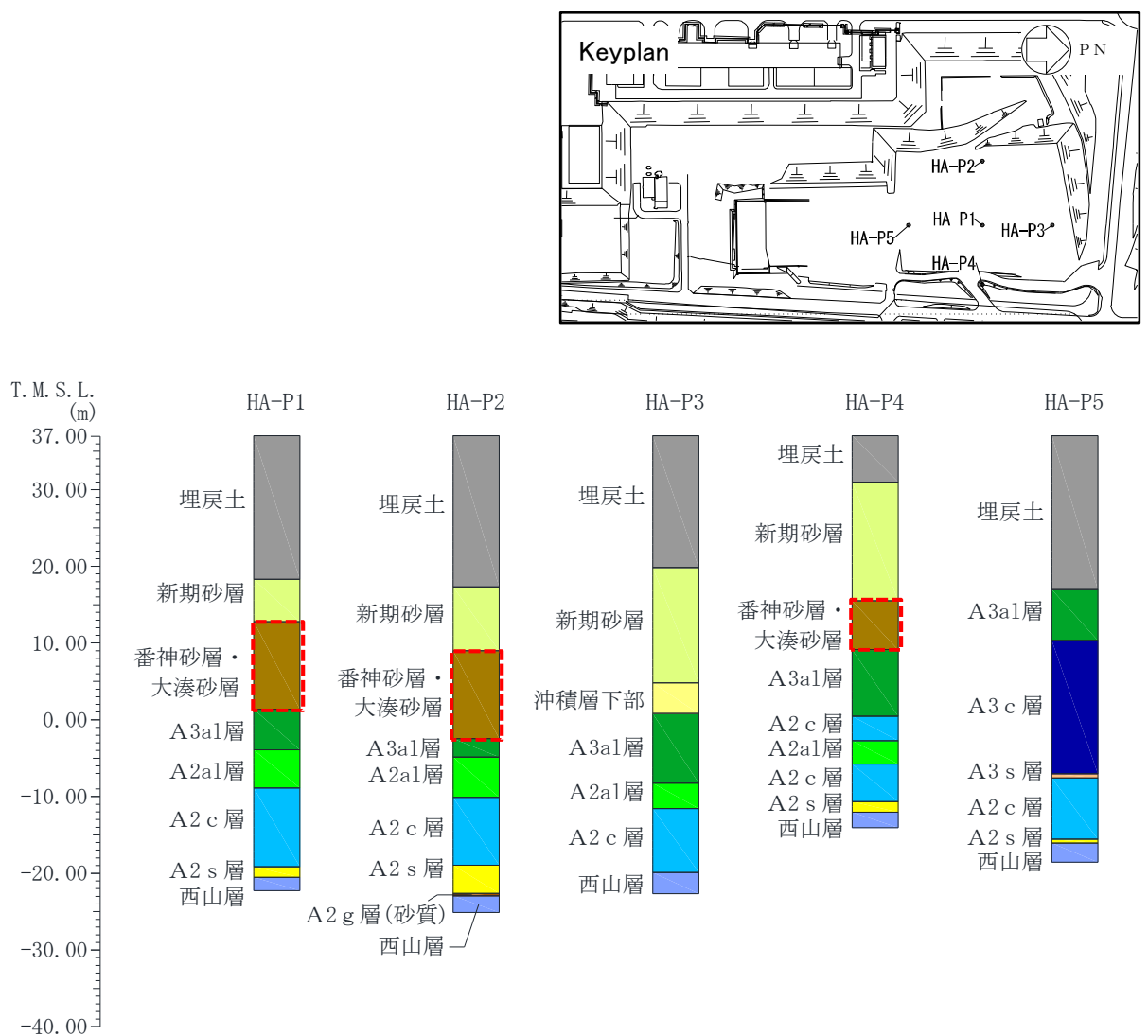


図 5-31 荒浜側高台保管場所における番神砂層・大湊砂層の分布範囲

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」に示した大湊側敷地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。

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」に示した大湊側敷地の新期砂層の粒径加積曲線を図5-32に、基礎物理特性を表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」に示した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。

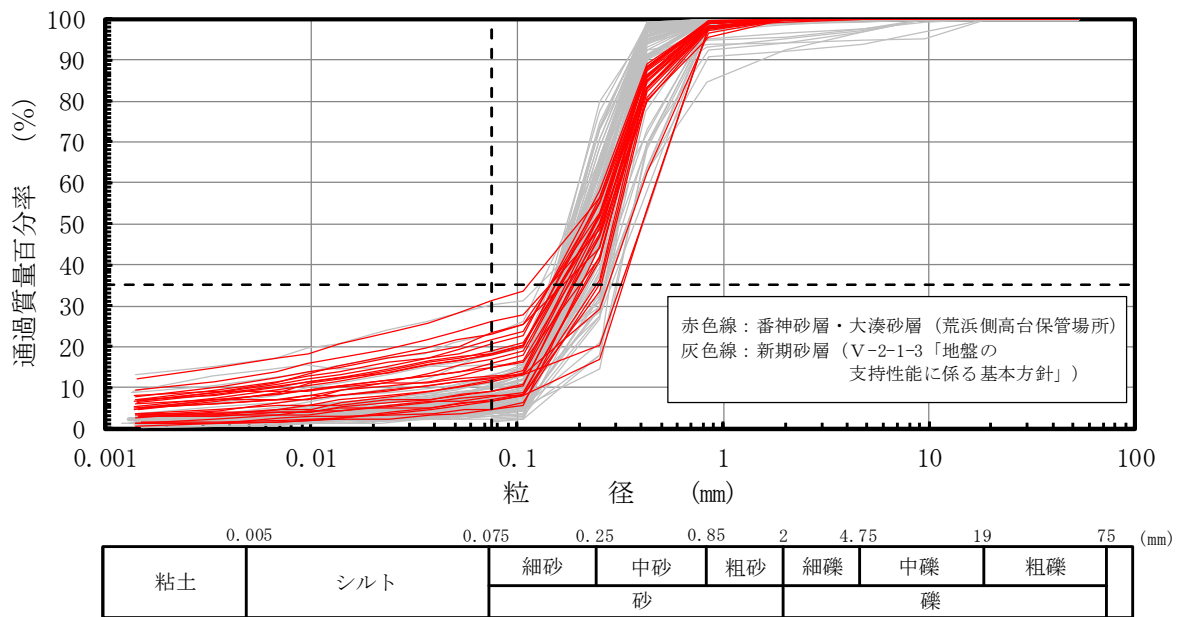


図 5-32 荒浜側高台保管場所における番神砂層・大湊砂層及び V-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に示した大湊側敷地の新期砂層の粒径加積曲線

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」に示した大湊側敷地の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」に示した大湊側敷地の A2s 層の試験結果にて代用する方針とする。

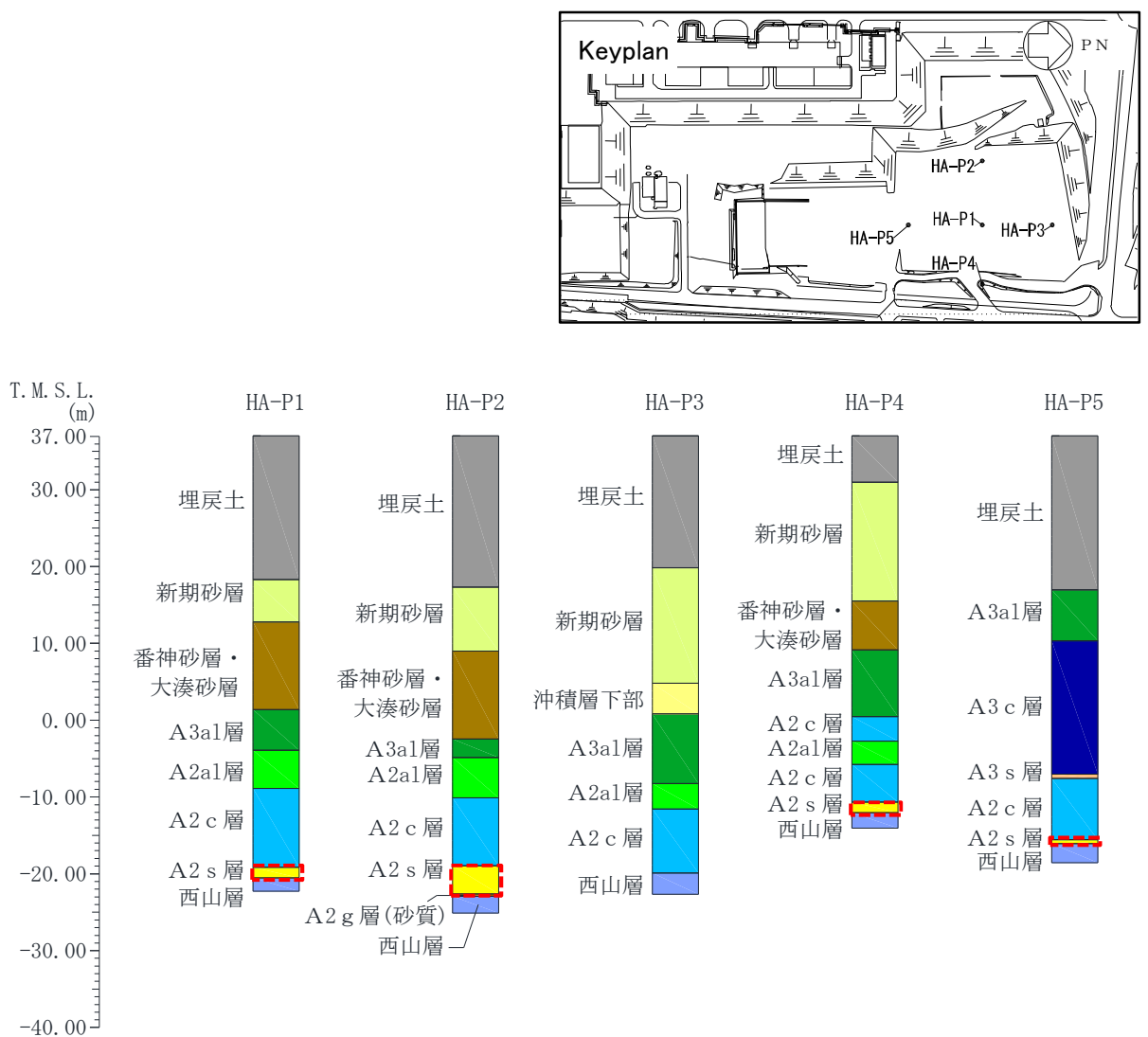


図 5-33 荒浜側高台保管場所における A2s 層の分布範囲

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」に示した大湊側敷地の 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。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」に示した大湊側敷地の A2s 層の粒径加積曲線を図 5-34 に、基礎物理特性を表 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」に示した大湊側敷地の 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%（液状化強度試験供試体：16.0%）であり、液状化強度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%（液状化強度試験供試体：77.2%）であり、液状化強度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強度試験を実施した V-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に示した大湊側敷地の A2s 層の液状化強度試験結果を代用することは妥当であると判断した。

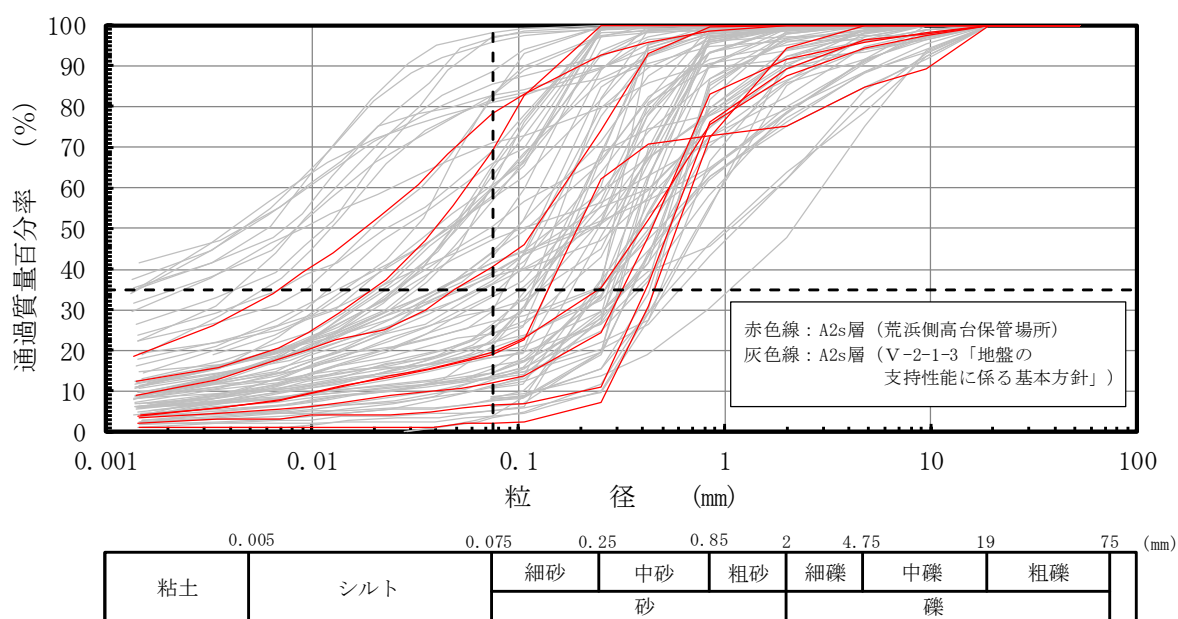


図 5-34 荒浜側高台保管場所における A2s 層及び V-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に示した大湊側敷地の A2s 層の粒径加積曲線

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」に示した大湊側敷地の A2s 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
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 (-)*

注記* : ()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)*

注記* : ()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

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。解析コード「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ばねの作用があるものとし、これらのせん断ばねの作用により、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、このせん断ばねの特性によって種々の表現が可能であるが、解析コード「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。

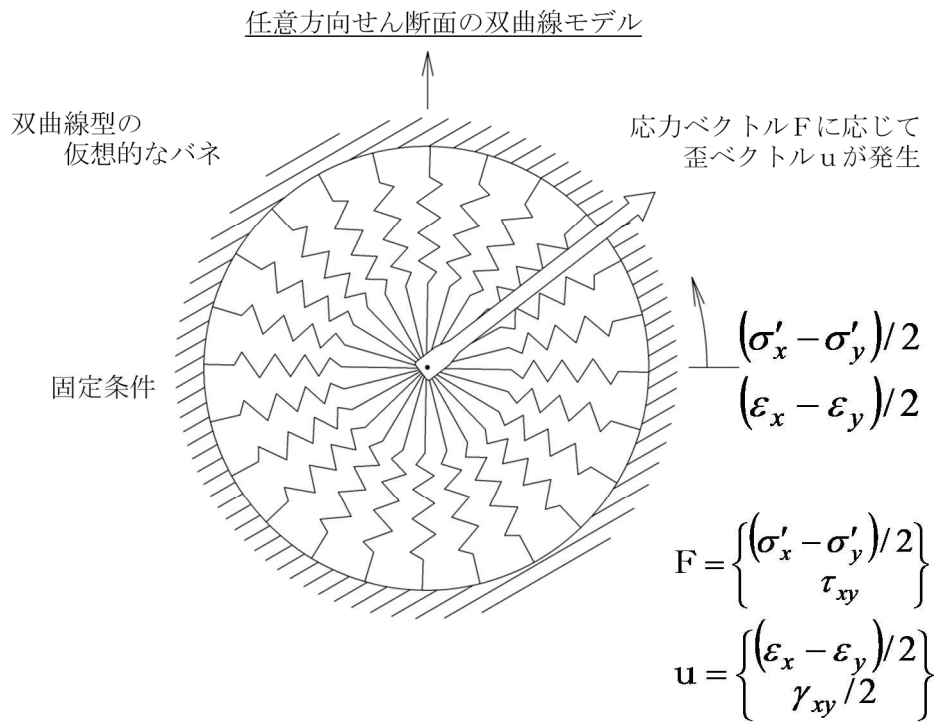


図 5-35 多重せん断モデルの概念図 (港湾技研資料 No869) *

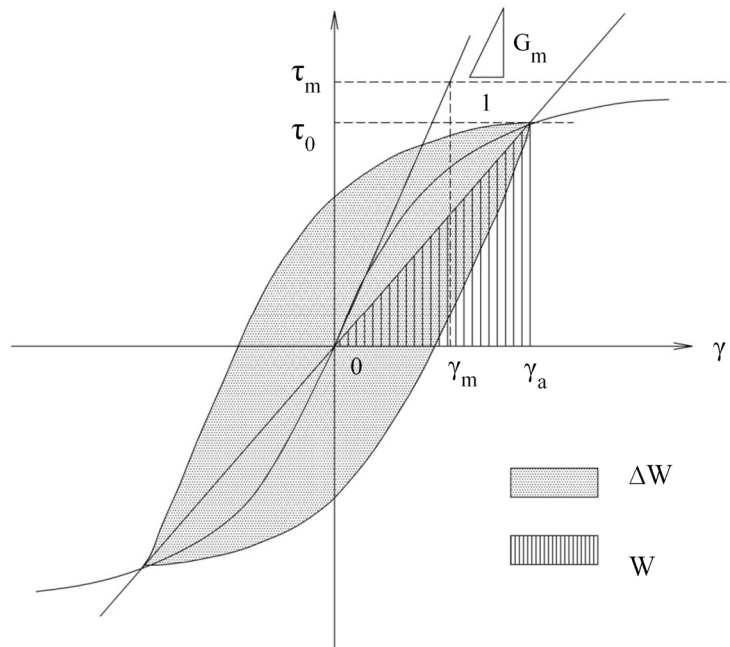


図 5-36 排水条件での土の応力-ひずみ関係の概念図 (港湾技研資料 No869) *

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

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）。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、解析コード「FLIP」における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 解析コード「FLIP」における解析パラメータ

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_p	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

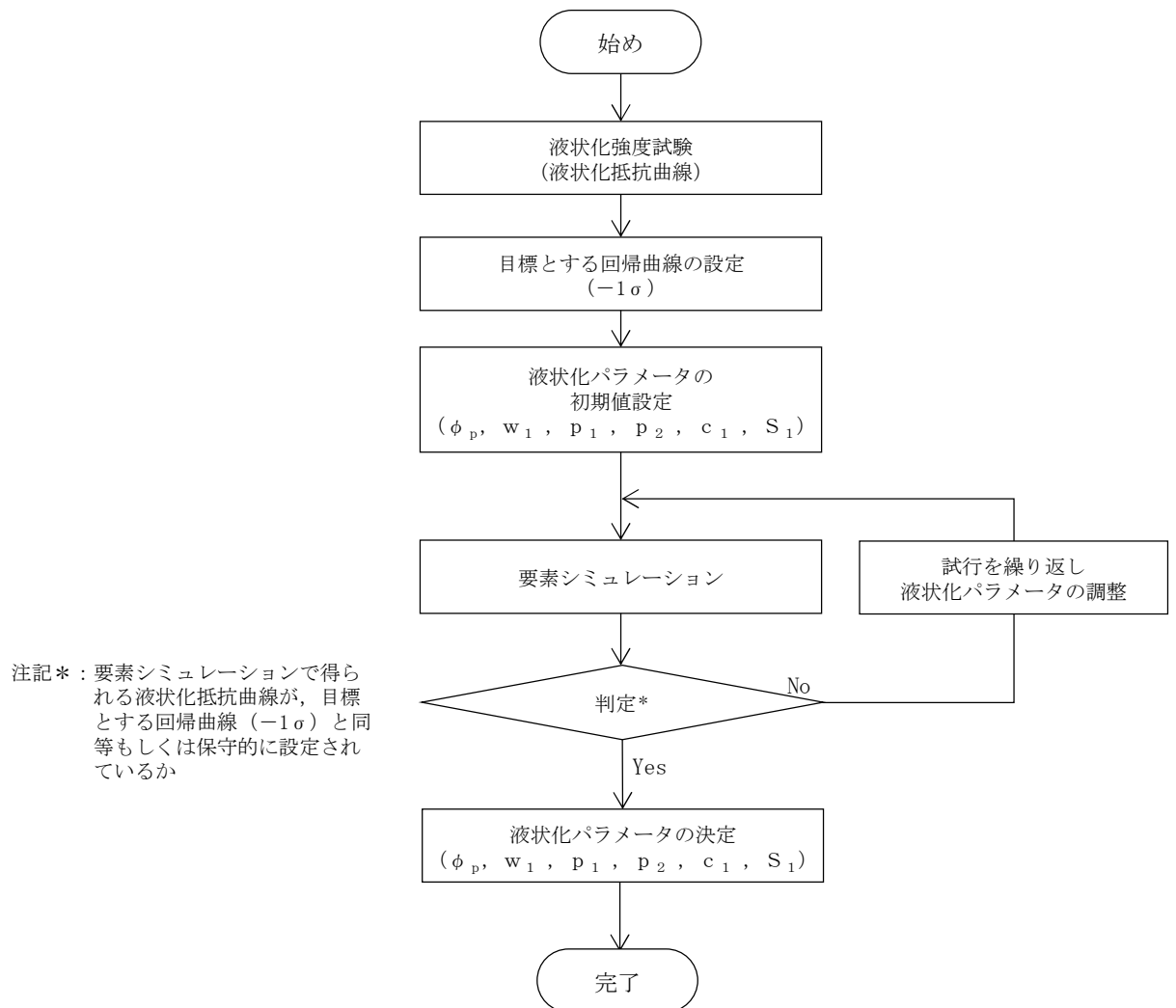


図 5-37 解析コード「FLIP」における液化パラメータの設定フロー

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。

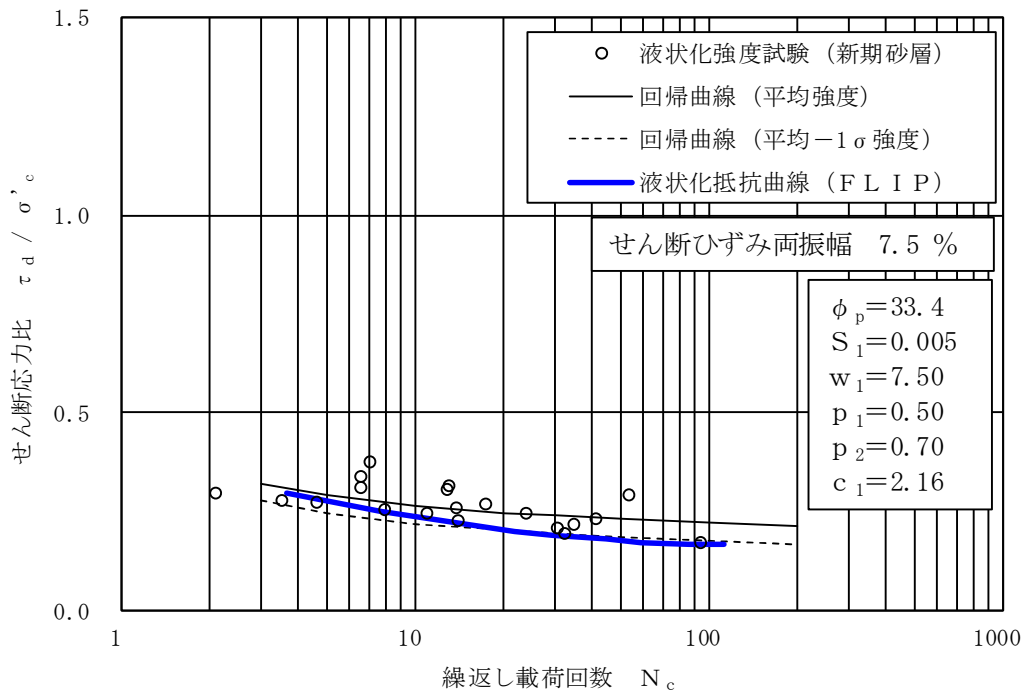


図5-38 新期砂層の液状化抵抗曲線（荒浜側高台保管場所）

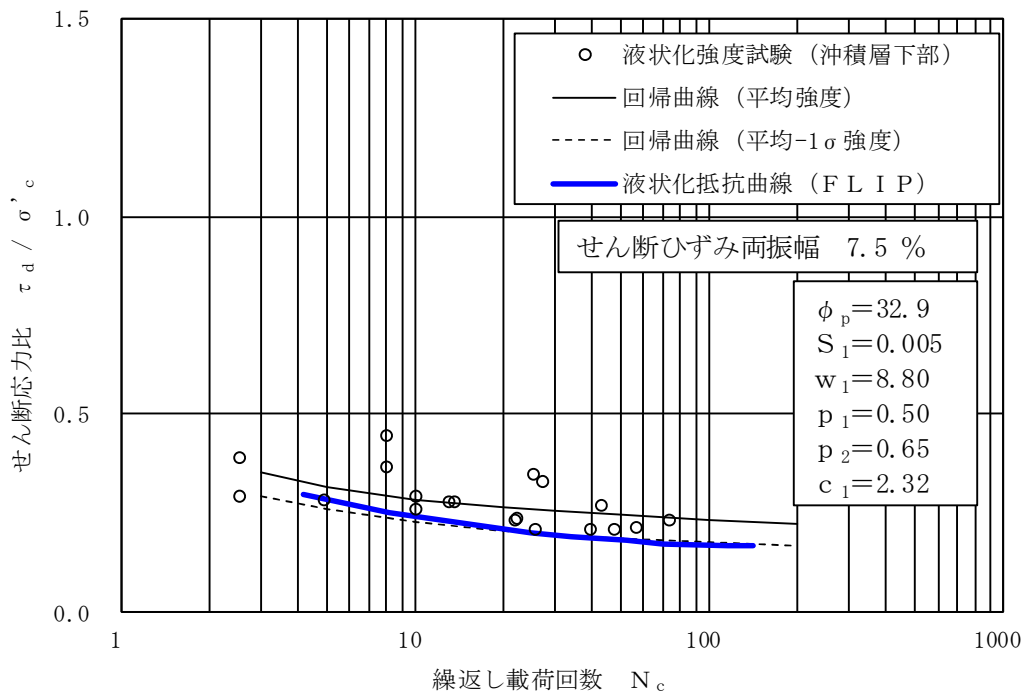


図5-39 沖積層下部の液状化抵抗曲線（荒浜側高台保管場所）

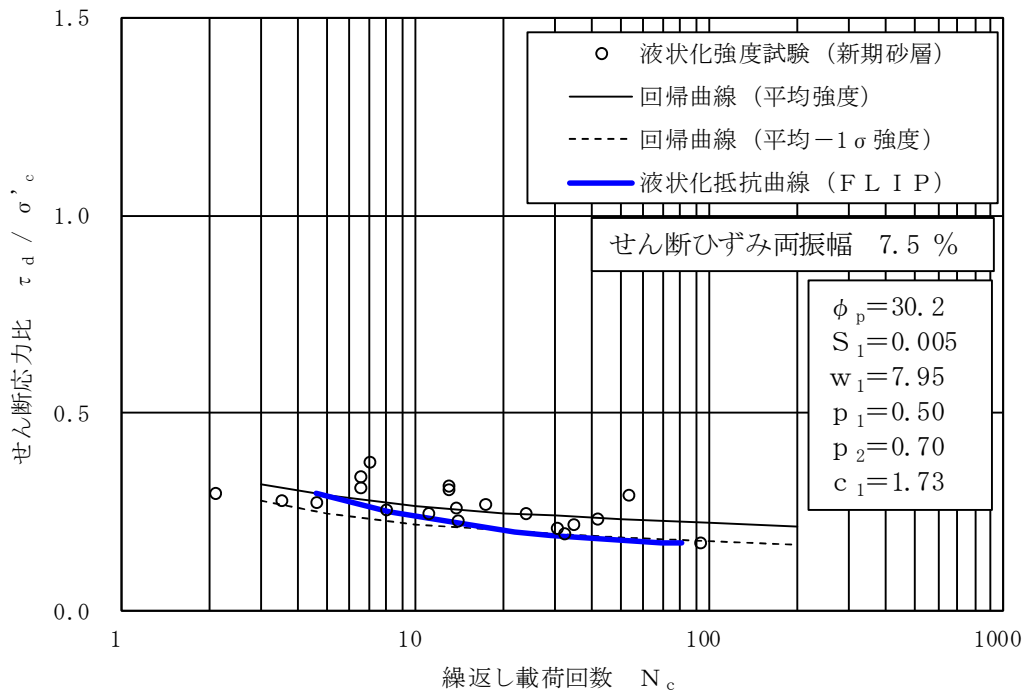


図 5-40 番神砂層・大湊砂層の液状化抵抗曲線（荒浜側高台保管場所）

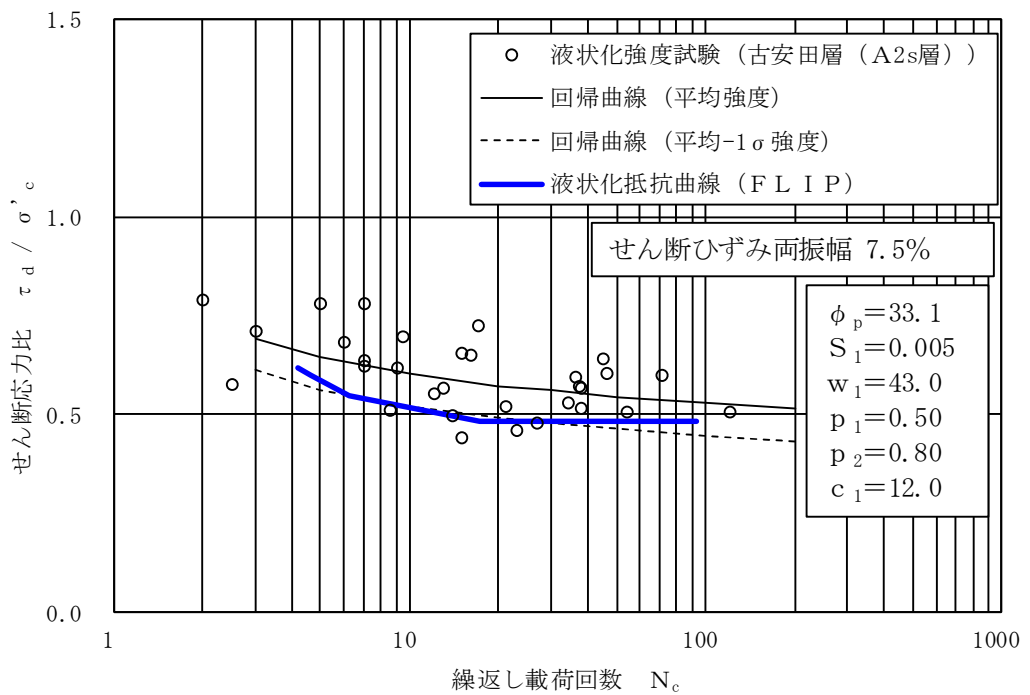


図 5-41 古安田層 (A2s 層) の液状化抵抗曲線（荒浜側高台保管場所）

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 解析コード「FLIP」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「FLIP」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に荒浜側高台保管場所における 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 G_0 のばらつきの算定結果

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

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

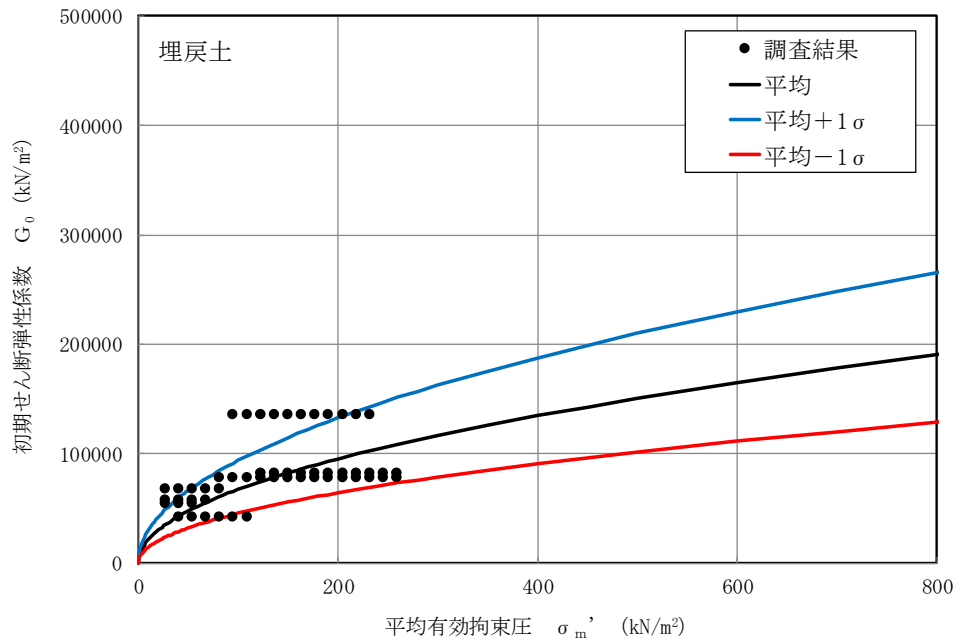


図 6-1 埋戻土の σ_m' 依存式 (荒浜側高台保管場所)

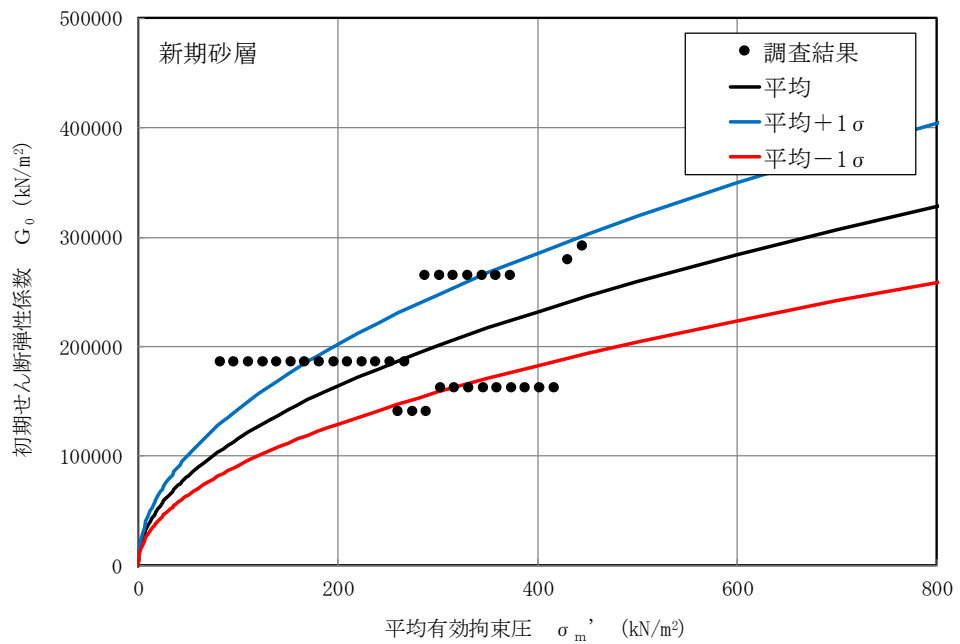


図 6-2 新期砂層の σ_m' 依存式 (荒浜側高台保管場所)

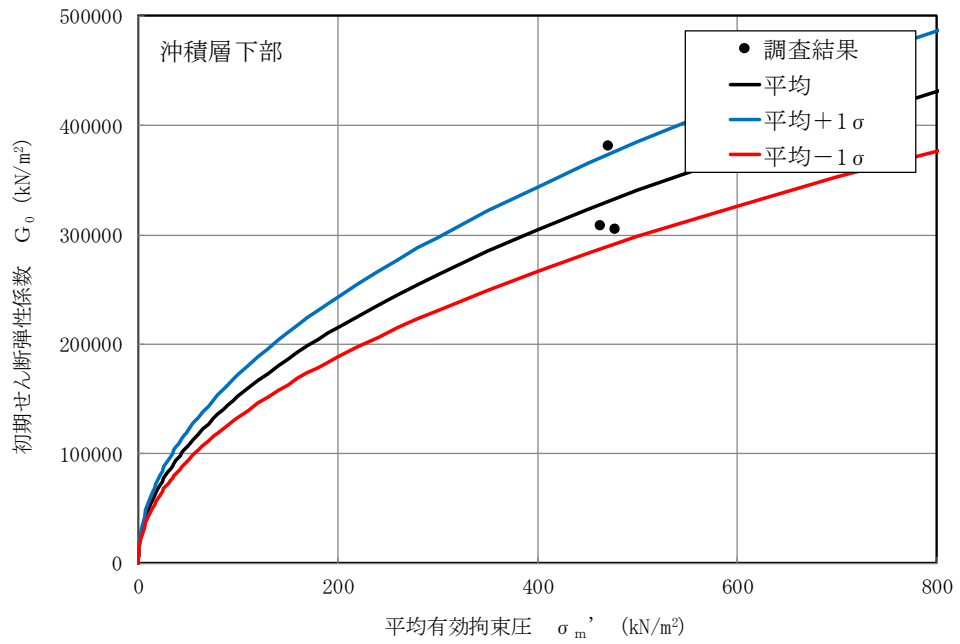


図 6-3 沖積層下部の σ'_m 依存式 (荒浜側高台保管場所)

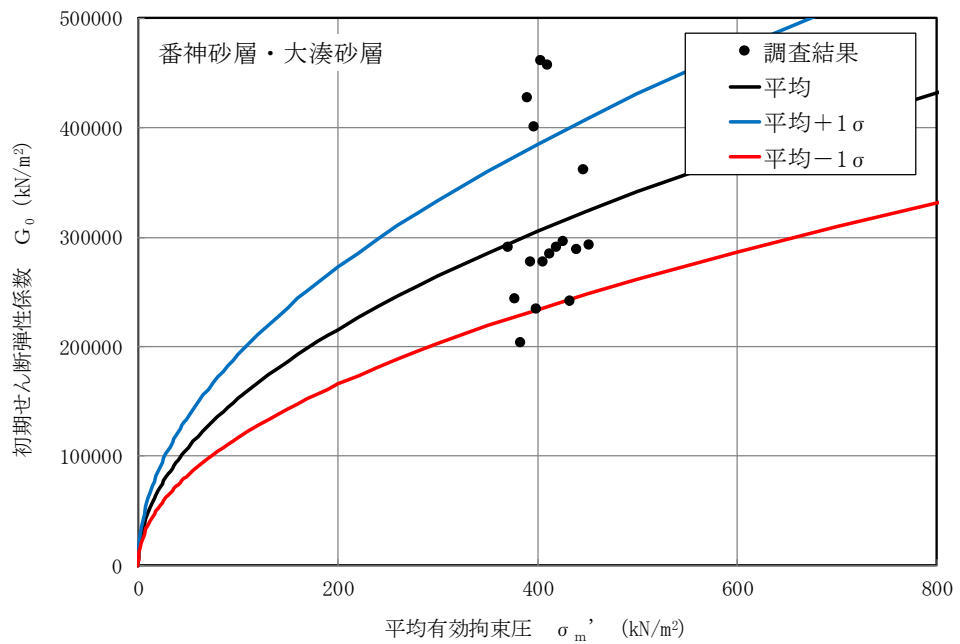


図 6-4 番神砂層・大湊砂層の σ'_m 依存式 (荒浜側高台保管場所)

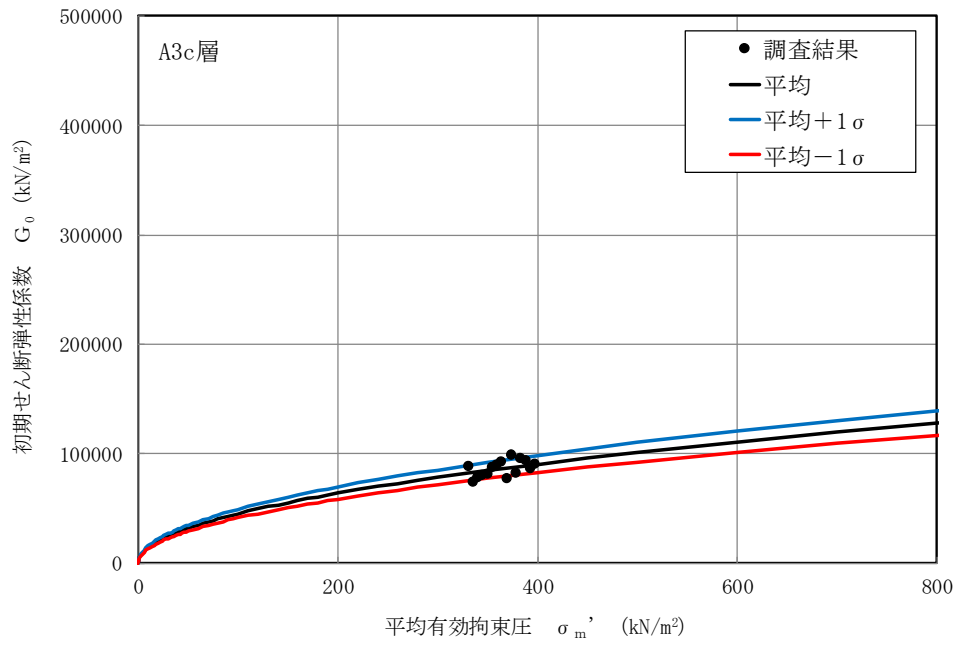


図 6-5 A3c 層の σ_m' 依存式 (荒浜側高台保管場所)

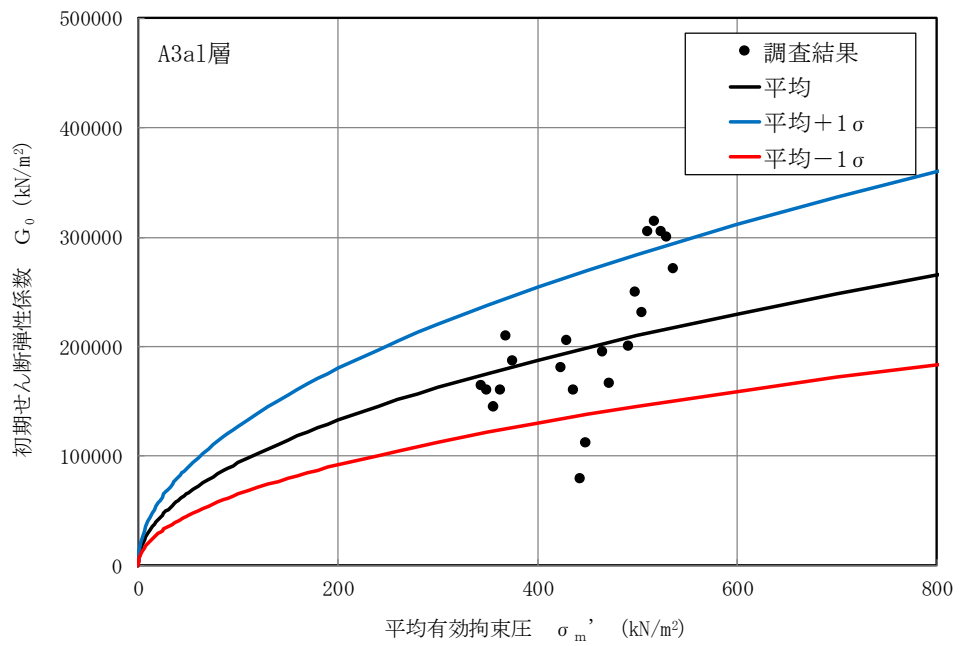


図 6-6 A3a1 層の σ_m' 依存式 (荒浜側高台保管場所)

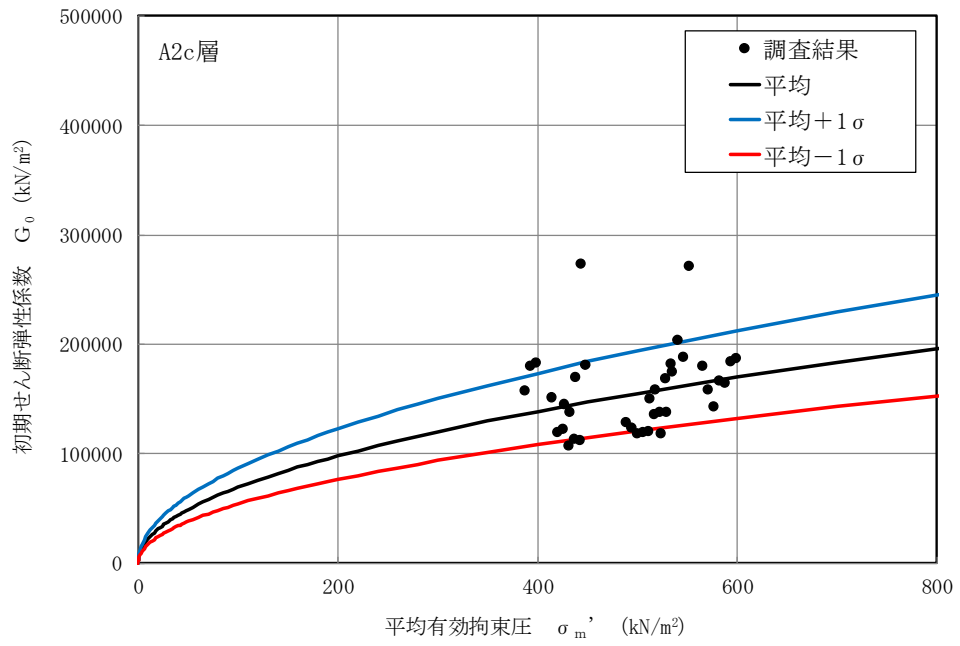


図 6-7 A2c 層の σ_m' 依存式 (荒浜側高台保管場所)

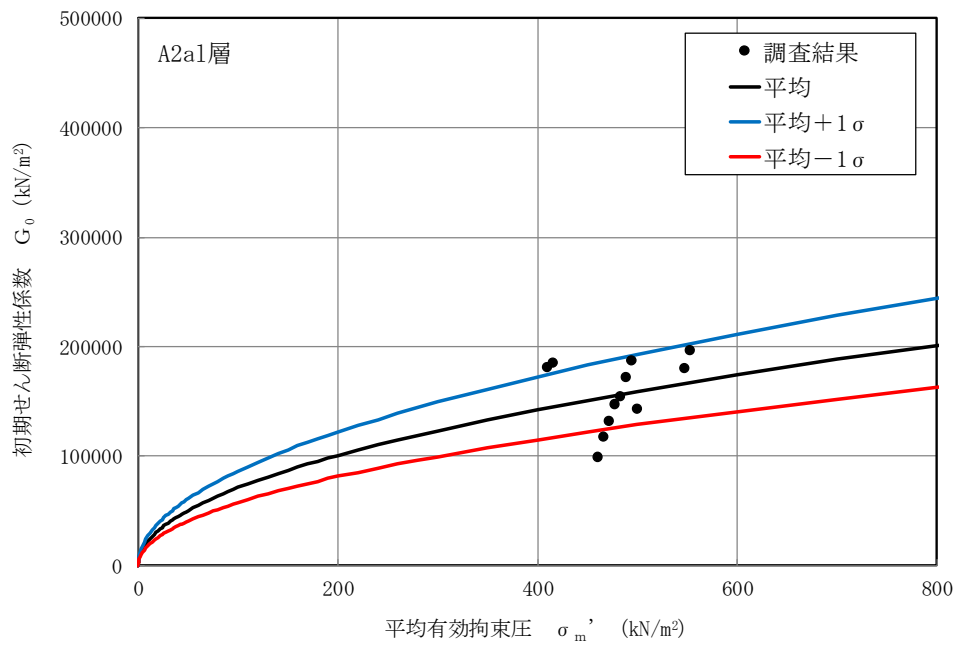


図 6-8 A2a1 層の σ_m' 依存式 (荒浜側高台保管場所)

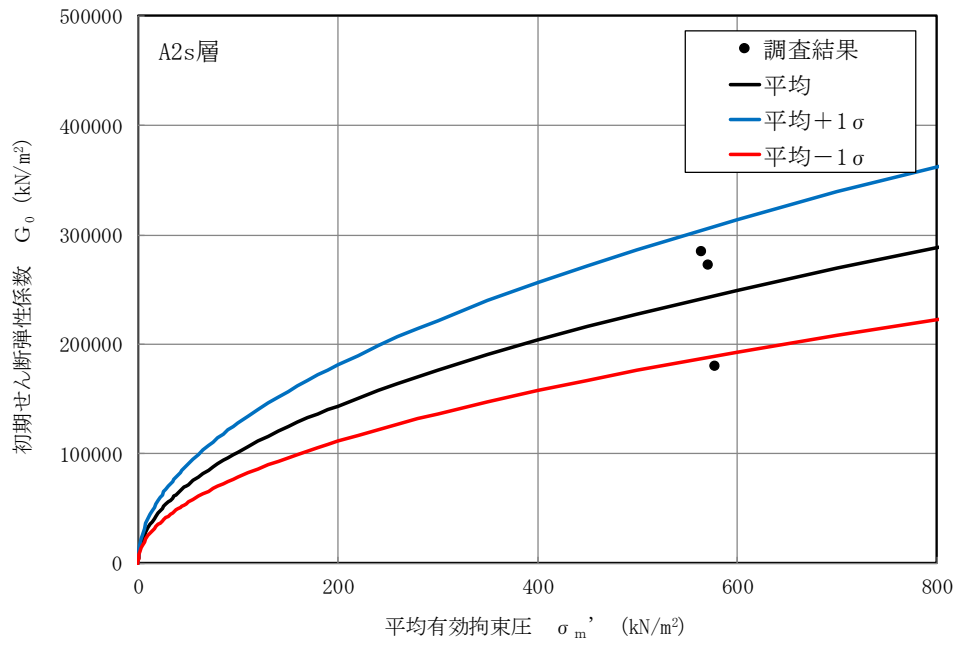


図 6-9 A2s 層の σ'_m 依存式 (荒浜側高台保管場所)

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応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、**地表に設置される**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、補足「(参考資料1) 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。

ここでは、荒浜側高台保管場所の液状化強度試験結果と代用し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」に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及び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新期砂層の液状化強度試験結果比較を図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にあることを確認した。

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」に示した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できる。

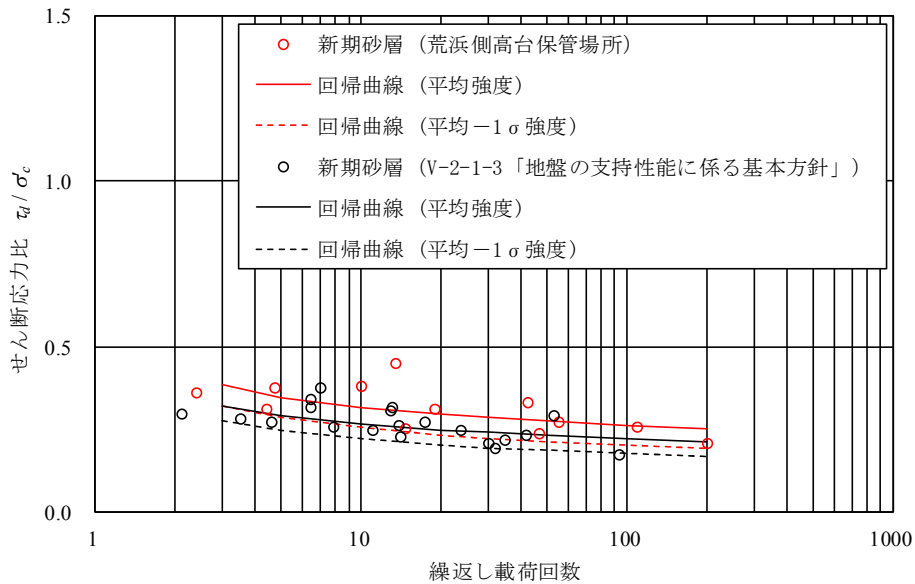


図1 荒浜側高台保管場所及びV-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に示した大湊側敷地の新期砂層の液状化強度試験結果の比較

3.2 沖積層下部

荒浜側高台保管場所及び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沖積層下部の液状化強度試験結果の比較を図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」に示した大湊側敷地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。

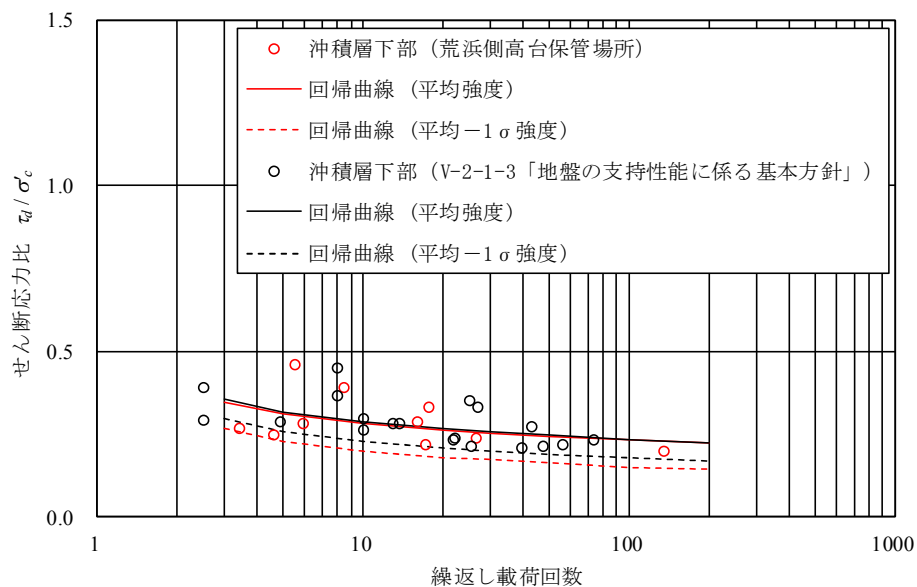


図2 荒浜側高台保管場所及びV-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に示した大湊側敷地の沖積層下部の液状化強度試験結果の比較

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・大湊砂層及び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新期砂層の液状化強度試験結果の比較を図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」に示した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²⁾と判断できる。

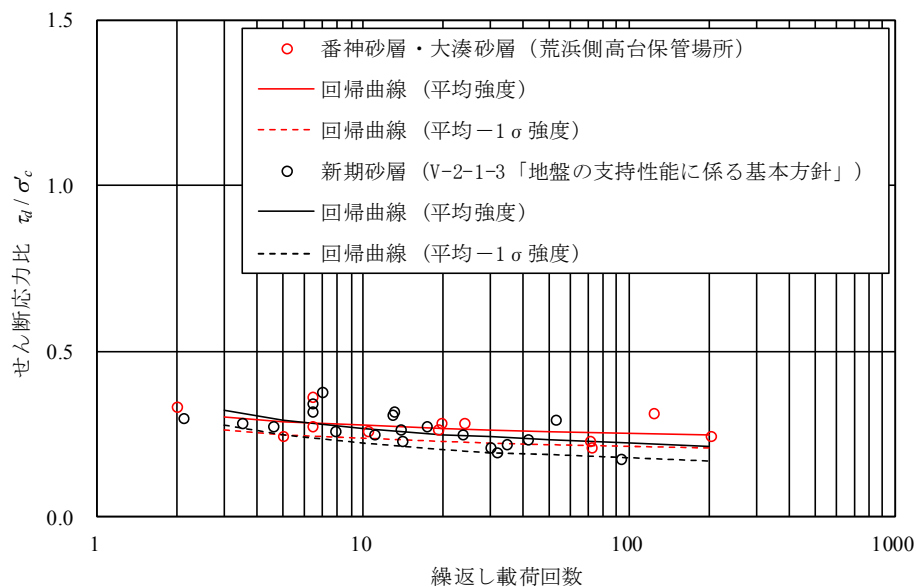


図3 荒浜側高台保管場所における番神砂層・大湊砂層及びV-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に示した大湊側敷地の新期砂層の液状化強度試験結果の比較

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した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、代用し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」に示した大湊側敷地の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、補足「(参考資料1) 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)。

基本ケース及び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算定と同様に、荒浜側の基準地震動 $Ss-1\sim 7$ 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1に示すとおり、保管場所における入力地震動の算定と同様とする。

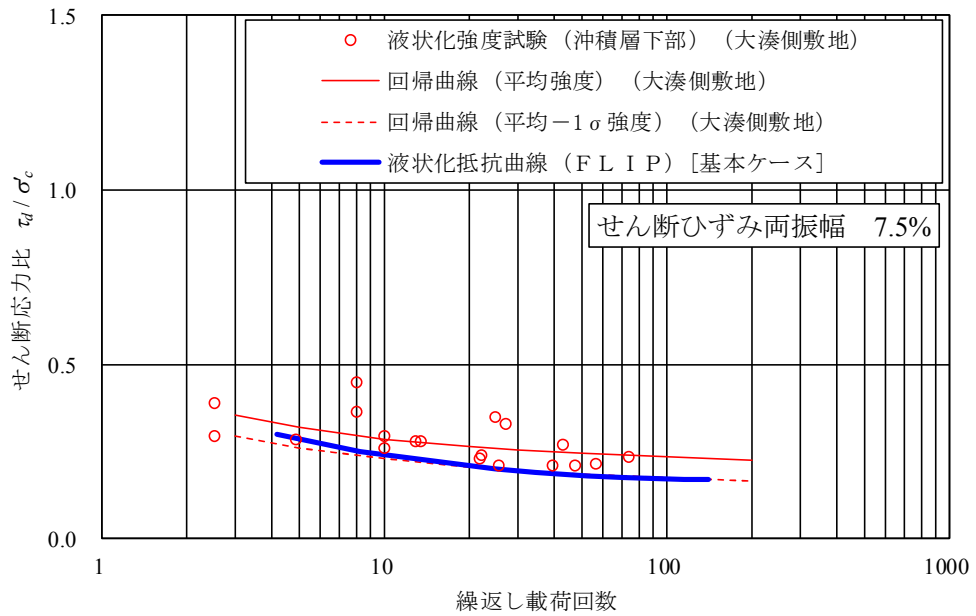


図 1 沖積層下部の液状化強度特性の設定結果（荒浜側高台保管場所）「基本ケース」

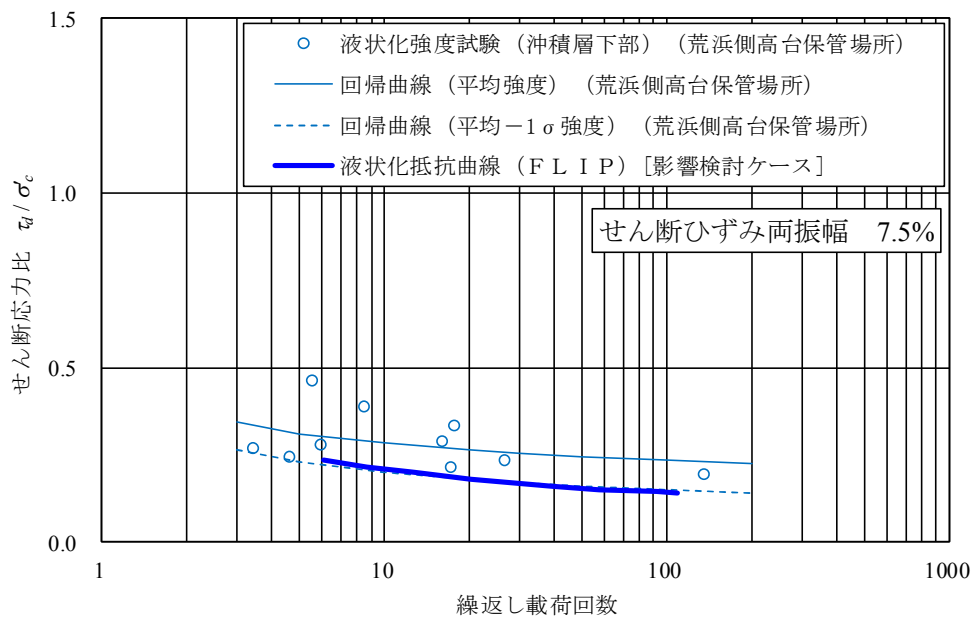


図 2 沖積層下部の液状化強度特性の設定結果（荒浜側高台保管場所）「影響検討ケース」

表 1 解析ケース

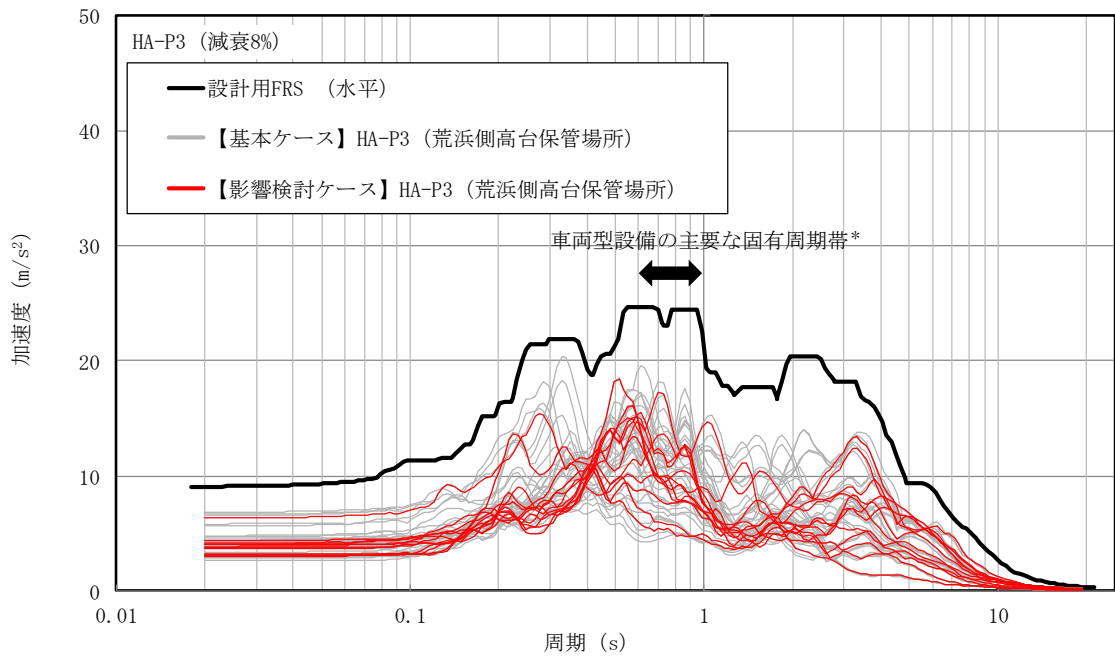
解析ケース	③	④	⑤
	地盤物性のばらつき (-1σ)を考慮した解 析ケース	地盤剛性 (-1σ)	非液状化の条件を仮定 した解析ケース
地盤剛性の 設定	地盤剛性 (-1σ)	地盤剛性 (平均値)	地盤剛性 ($+1\sigma$)
液状化強度 特性の設定	液状化強度 特性 (-1σ)	液状化パラメータを非 適用	液状化パラメータを非 適用

3. 影響検討結果とまとめ

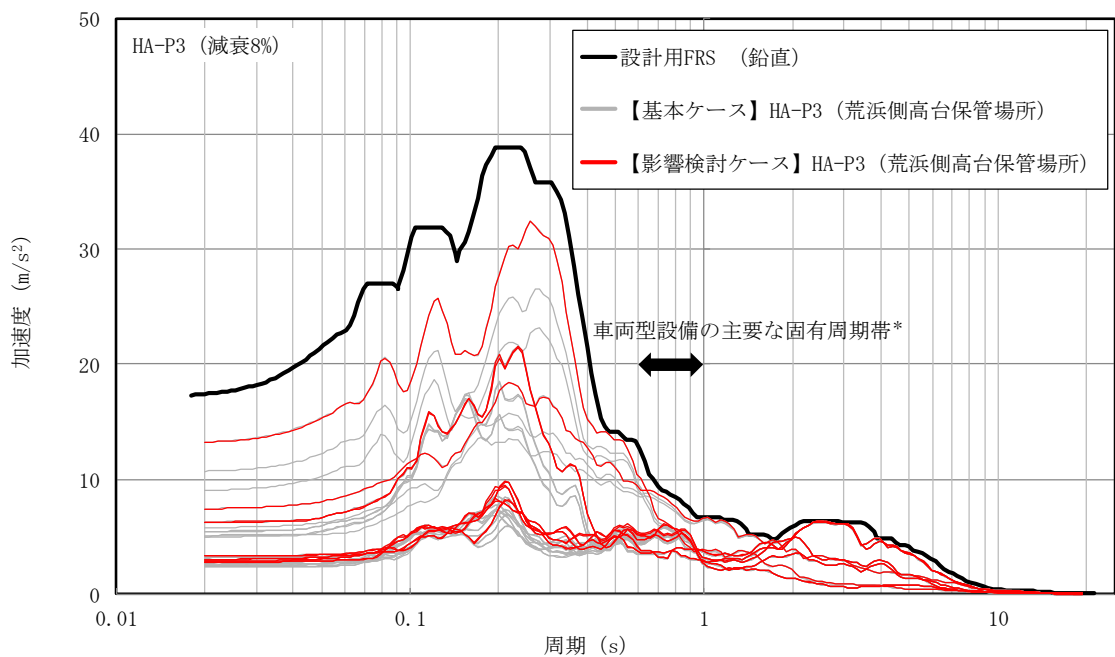
荒浜側高台保管場所における沖積層下部の液状化強度特性について、大湊側敷地の液状化強度試験結果を代用した基本ケースと、当該箇所を取得した試料を用いた液状化試験結果を適用した影響検討ケースで地表面の加速度応答スペクトルを解析、比較した。図 3 に荒浜側高台保管場所 HA-P3 孔における加速度応答スペクトルの比較結果を示す。

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、荒浜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

注記*：補足「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」より、車両型設備の主要な固有周期帯を示している。

図 3 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の比較結果（地表面）

(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

1. 基本方針

大湊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（J I S）又は地盤工学会（J G S）の規格・基準に基づいた試験の結果から設定する。

解析用物性値の設定フローを図 1-1 に示す。

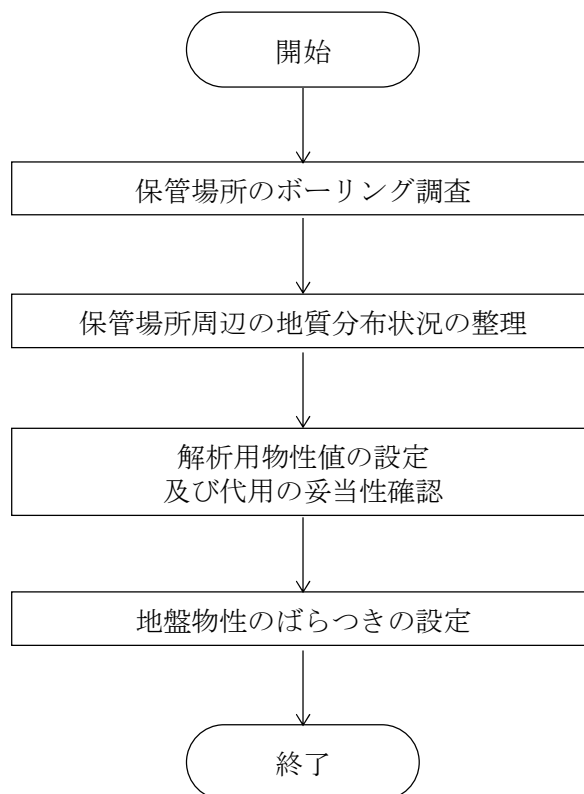


図 1-1 解析用物性値の設定フロー

2. 保管場所のボーリング調査

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、大湊側高台保管場所位置において地盤調査を実施する。

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



図 2-1 大湊側高台保管場所のボーリング調査位置

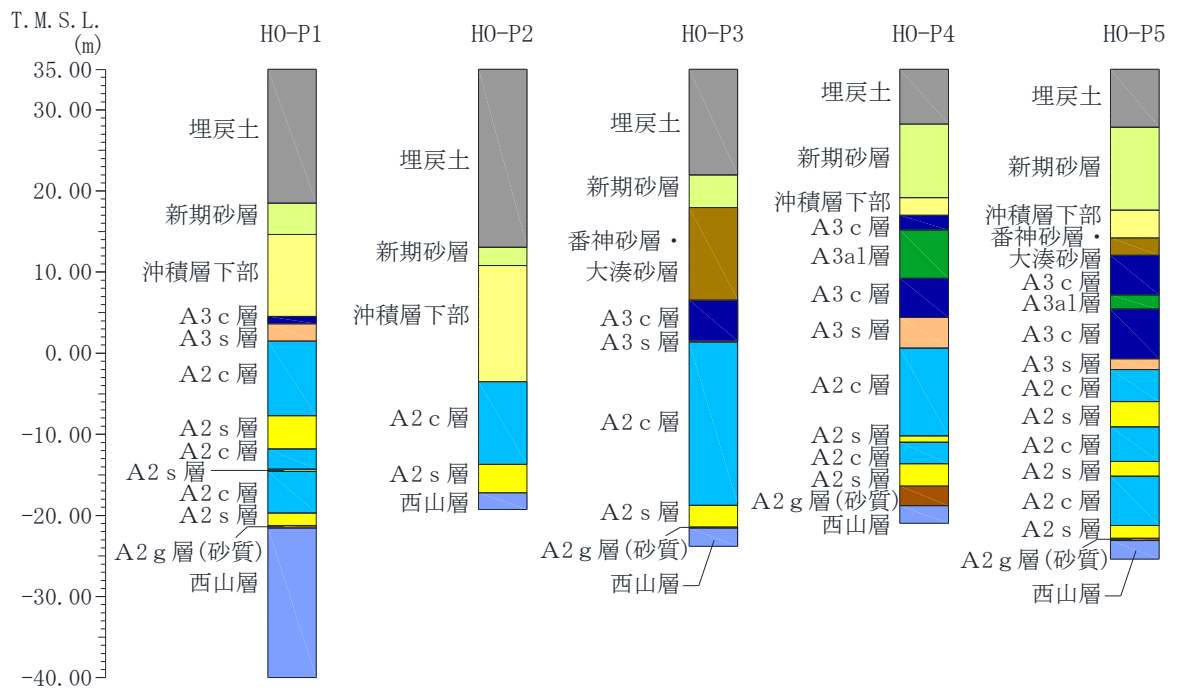


図 2-2 大湊側高台保管場所の地層構成

3. 大湊側高台保管場所周辺における地質分布状況の整理

大湊側高台保管場所周辺の地質分布一覧を表 3-1 に示す。なお、ここに示す地質区分は、V-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」と同様の考え方に基づき、地質学的見地・工学的見地から細分化したものを示している。

表 3-1 地質分布一覧（大湊側高台保管場所）

対象施設 時代・地層名		地質区分	● 大湊側 高台保管場所
第四紀	新期砂層 ・沖積層	新期砂層	●
		沖積層下部	●
	番神砂層・大湊砂層		●
	古安田層	A3c層	●
		A3a1層	●
		A3s層	●
		A2c層	●
		A2a1層	—
		A2s層	●
	A2g層	シルト質	—
砂質		●	
新第三紀	西山層		●
	椎谷層		●

凡例 ●：施設直下に分布している地質
—：施設直下には分布していない地質

4. 大湊側高台保管場所の解析用物性値一覧

大湊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)
(大湊側高台保管場所)

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	A2g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_{ms} (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_{ms}' (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	0.0	0.0
	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_1	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
		w_1	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_2	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4-1 (2) 解析用物性値 (非液状化検討対象層)
(大湊側高台保管場所)

物性値		地質区分	埋戻土	古安田層			西山層	
				A3c層	A3a1層	A2c層	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_{ms} (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_{ms}' (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 4-2 (1) 解析用物性値の設定根拠 (液状化検討対象層)
(大湊側高台保管場所)

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		A2g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						
物理特性	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							
	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_p (°)	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)	
	液状化パラメータ													
								w_1						
								p_1						
								p_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 4-2 (2) 解析用物性値の設定根拠 (非液状化検討対象層)
(大湊側高台保管場所)

物性値		地質区分		古安田層			西山層	
		埋戻土	A3c層	A3a1層	A2c層	西山層 (T.M.S.L.-75.98a)以浅	西山層 (T.M.S.L.-75.98a ~-129.98a)	
物理特性	密度 ρ (g/cm ³)	物理試験	物理試験				物理試験	
物理特性	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)

5. 大湊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

大湊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解析用物性値を設定する。

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、分布範囲が狭い又は層厚が薄い地層については、同等若しくは保守的なほか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。

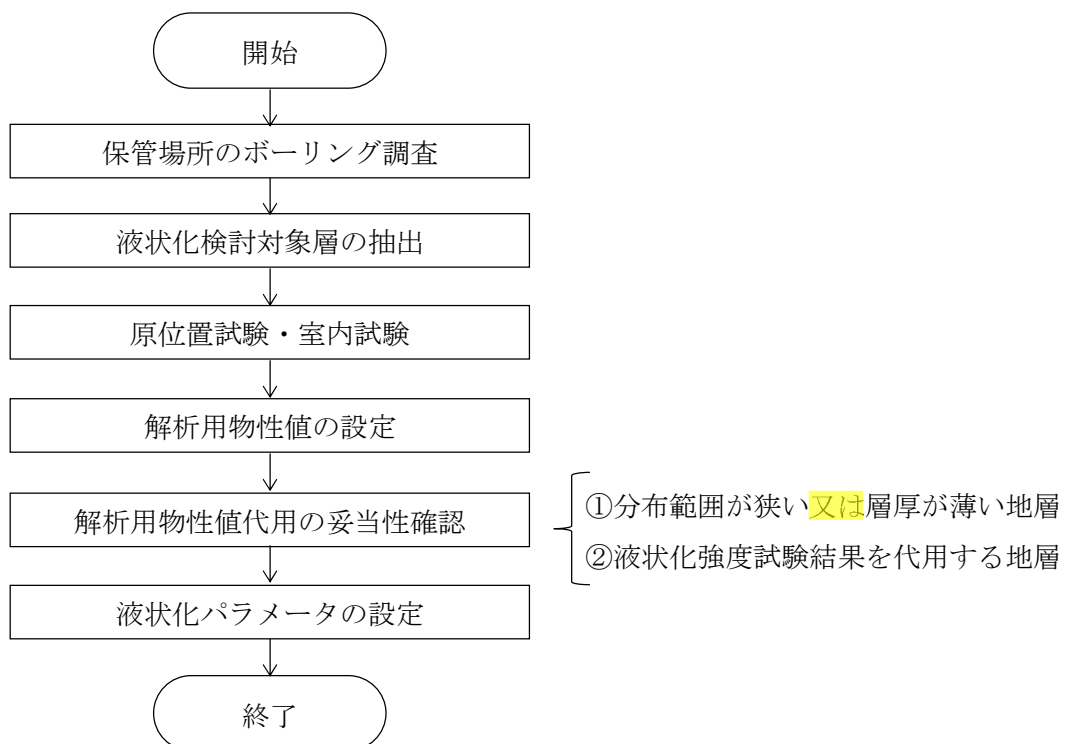


図5-1 解析用物性値の検討フロー

5.2 液状化検討対象層の抽出

大湊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に基づく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））で概ね共通している。

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。

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。

- 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））

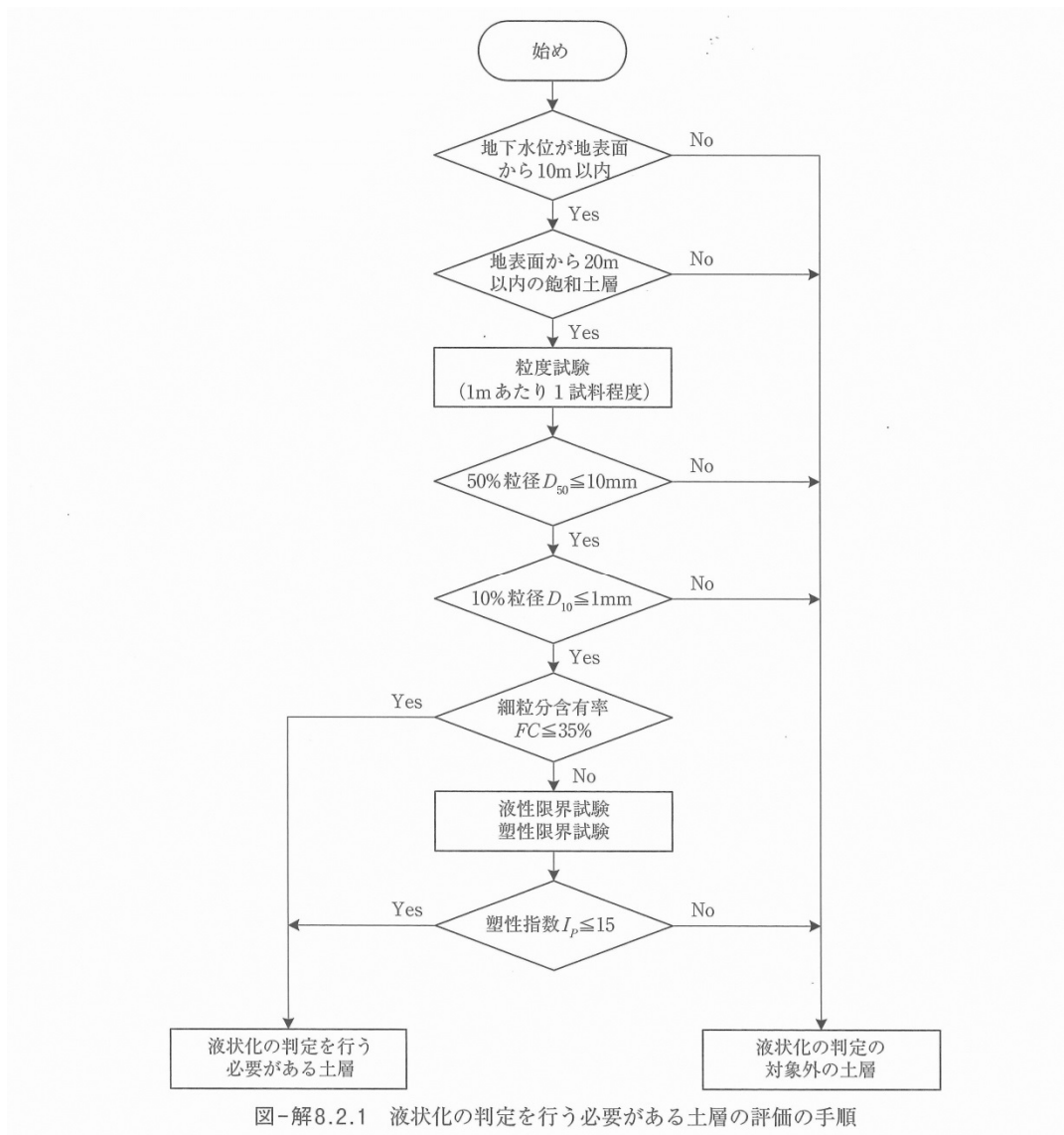


図 5-3 道路橋示方書Vに基づく液状化判定の評価フロー

(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 に大湊側高台保管場所における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 に大湊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。

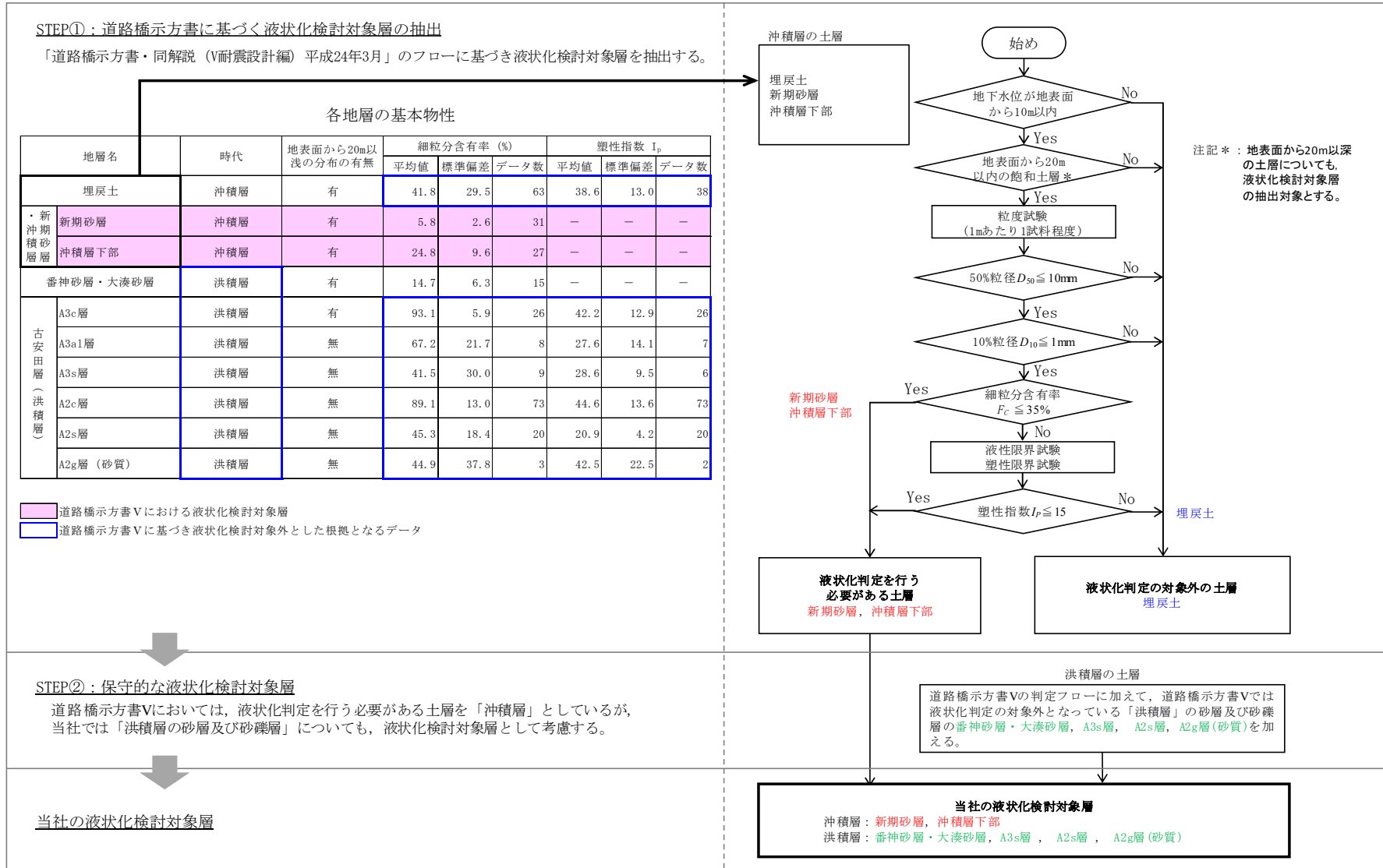


図 5-5 大湊側高台保管場所における液状化検討対象層の抽出フロー

表 5-1 大湊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 積 砂 層	新期砂層	砂	●	●	
	沖積層下部	砂	●	●	
番神砂層・大湊砂層		砂	—	→ ○	洪積層であるが検討対象とする。
古 安 田 層 (洪 積 層)	A3c層	シルト	—	—	
	A3al層	砂・シルト 互層	—	—	
	A3s層	砂	—	→ ○	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	シルト	—	—	
	A2s層	砂	—	→ ○	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)		砂礫	—	→ ○	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解析用物性値の設定

5.3.1 解析用物性値の設定方針

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解析用物性値を設定する。

なお、これらの物性値は、日本工業規格（JIS）又は地盤工学会（JGS）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解析用物性値とその試験方法を示す。

分布範囲が狭い又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、適切な地質区分の大湊側高台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解析用物性値を代用する地層の整理を表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解析用物性値とその試験方法

	試験により設定する 解析用物性値		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（CU）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解析用物性値を代用する地層の整理

地質区分 (大湊側高台保管場所)	物理特性・変形特性	液状化強度特性
埋戻土	代用なし	(地下水位以浅)
新期砂層		大湊側敷地の新期砂層 液状化強度試験結果*を代用
沖積層下部		大湊側敷地の沖積層下部 液状化強度試験結果*を代用
番神砂層・大湊砂層		大湊側敷地の新期砂層 液状化強度試験結果*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)
A2s 層		大湊側敷地の A2s 層 液状化強度試験結果*を代用
A2g 層 (砂質)	A2s 層の解析用物性値を代用	

注記* : 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

大湊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

大湊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（大湊側高台保管場所）

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*
		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	ρ_{sat} (g/cm^3)
埋戻土		2.695	0.062	63	1.77	0.07	21	1.051	0.158	21	1.83
・新 沖 積 砂 層 層	新期砂層	2.739	0.030	31	1.71	0.06	9	0.964	0.021	9	1.89
	沖積層下部	2.763	0.051	27	1.93	0.06	9	0.761	0.099	9	2.00
番神砂層・大湊砂層		2.769	0.070	15	1.88	0.06	9	0.885	0.077	9	1.94
古 安 田 層	A3c層	2.592	0.043	26	1.64	0.03	5	1.430	0.088	5	1.66
	A3a1層	2.630	0.035	8	1.83	0.04	5	1.037	0.097	5	1.80
	A2c層	2.633	0.049	73	1.76	0.01	5	1.224	0.044	5	1.73
	A2s層	2.656	0.026	24	1.79	0.05	9	0.991	0.101	9	1.83

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

大湊側高台保管場所における地盤の初期せん断弾性係数は、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 初期せん断弾性係数 (大湊側高台保管場所)

地質区分		P 波速度 V_p		S 波速度 V_s		初期せん断弾性係数 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		519	60	209	26	7.73×10^4	55
・新 沖 積 砂 層	新期砂層(地下水位以浅)	510	82	243	21	1.01×10^5	20
	新期砂層(地下水位以深)	1145	210			1.12×10^5	4
	沖積層下部	1499	62	303	43	1.84×10^5	24
番神砂層・大湊砂層		1682	93	339	68	2.23×10^5	13
古 安 田 層	A3c層	1593	34	279	31	1.29×10^5	16
	A3a1層	1611	17	295	17	1.57×10^5	6
	A2c層	1579	53	308	34	1.64×10^5	66
	A2s層	1672	68	375	29	2.57×10^5	12

b. ポアソン比

大湊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 P 波速度及び S 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 (大湊側高台保管場所)

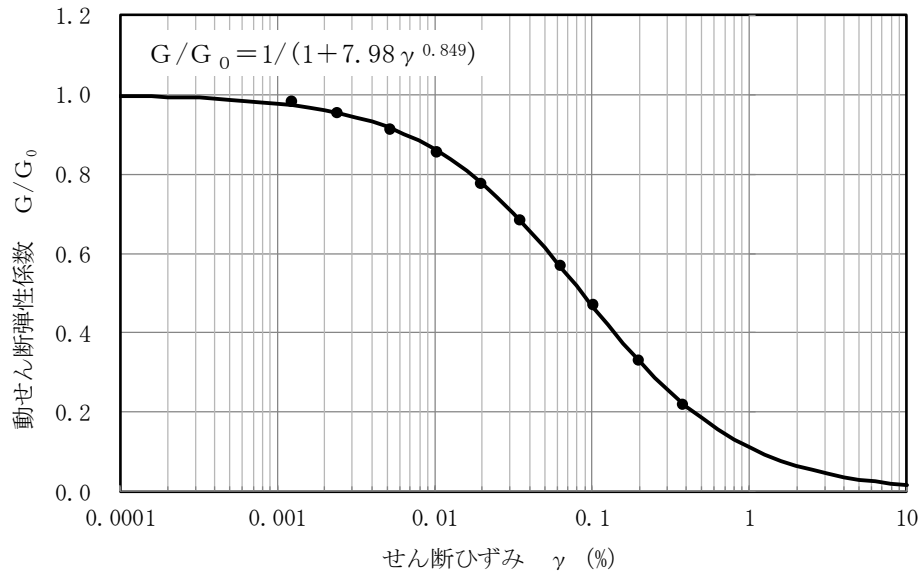
地質区分	P 波速度 V_p		S 波速度 V_s		ポアソン比* ν	測定数
	平均値 (m/s)	標準偏差 (m/s)	平均値 (m/s)	標準偏差 (m/s)		
埋戻土	519	60	209	26	0.40	55
新期砂層(地下水位以浅)	510	82	243	21	0.35	20

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。

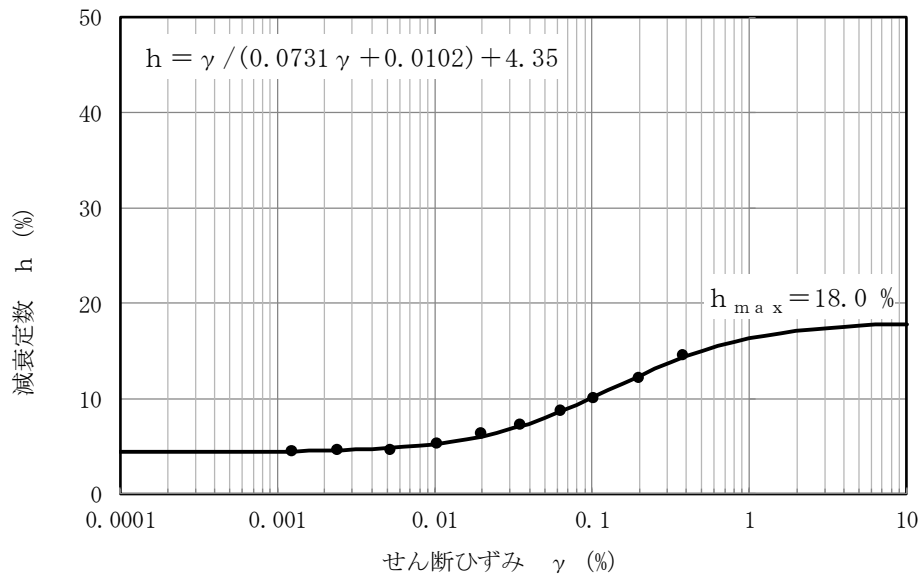
c. 最大減衰定数

地盤の最大減衰定数は、動的変形試験に基づき設定した。

大湊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 5-13 に示す。

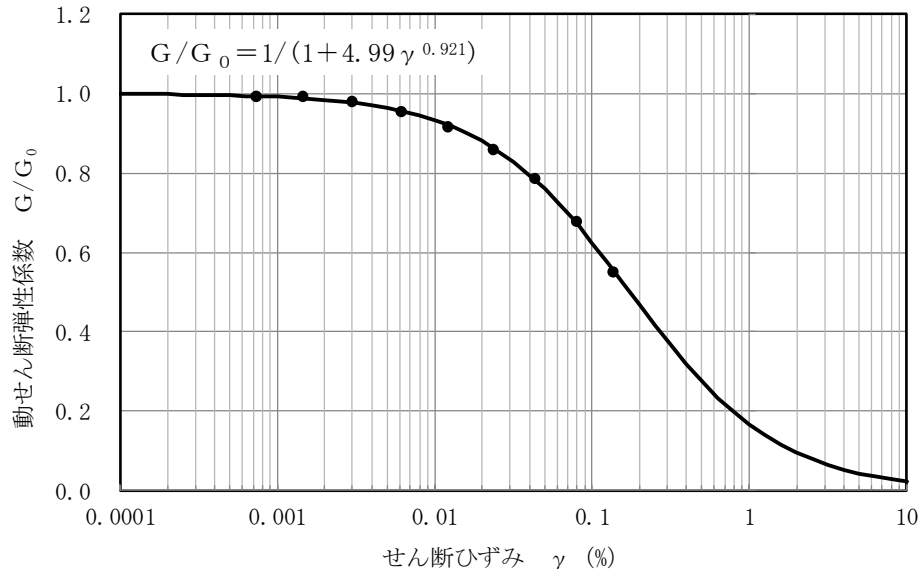


(a) 動せん断弾性係数のひずみ依存特性

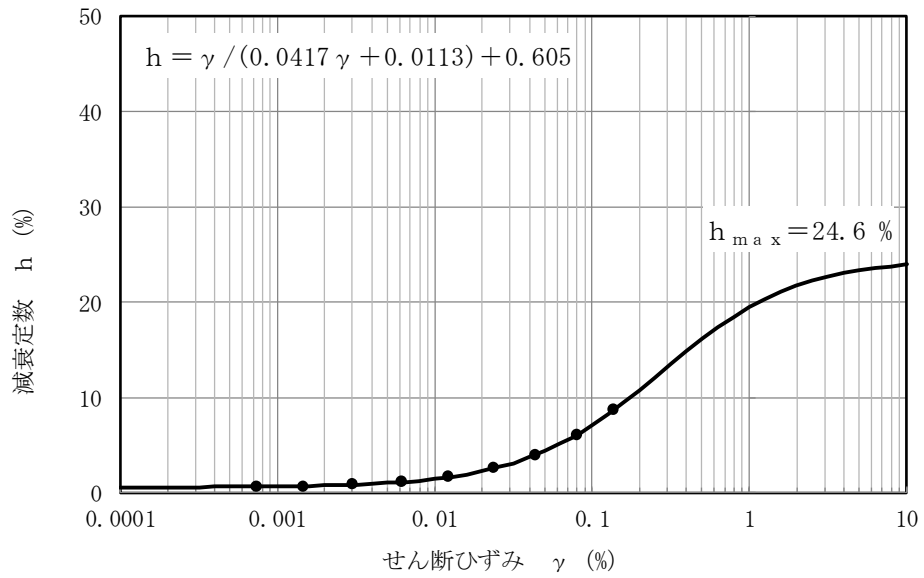


(b) 減衰定数のひずみ依存特性

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
(大湊側高台保管場所)

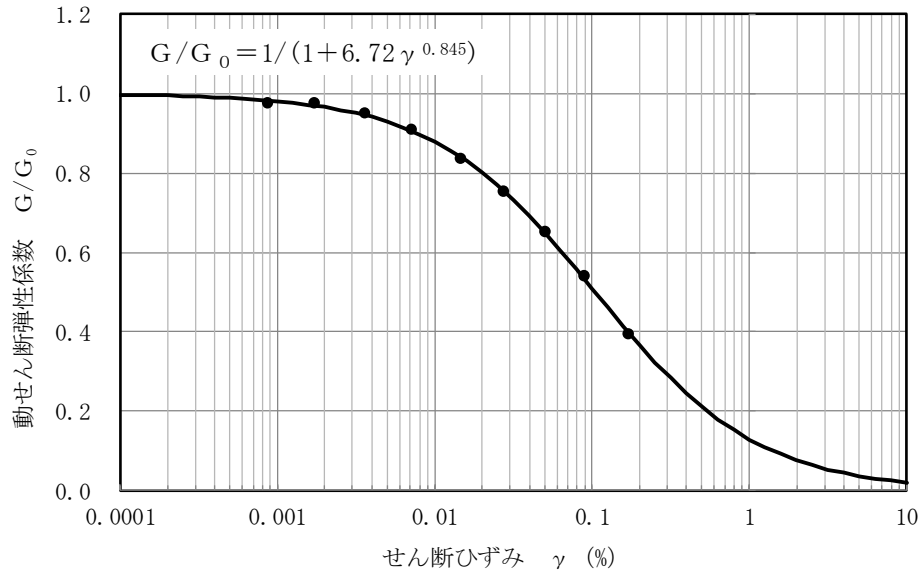


(a) 動せん断弾性係数のひずみ依存特性

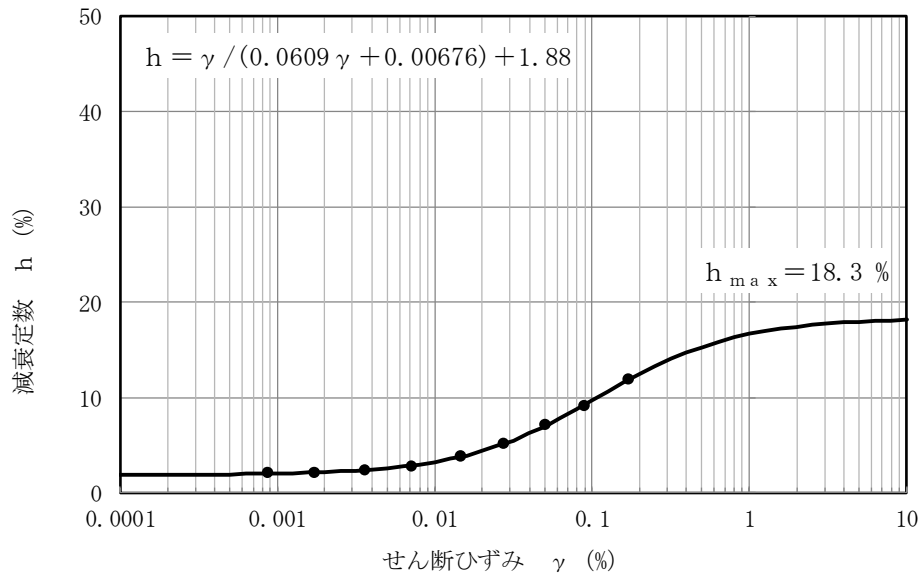


(b) 減衰定数のひずみ依存特性

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
(大湊側高台保管場所)

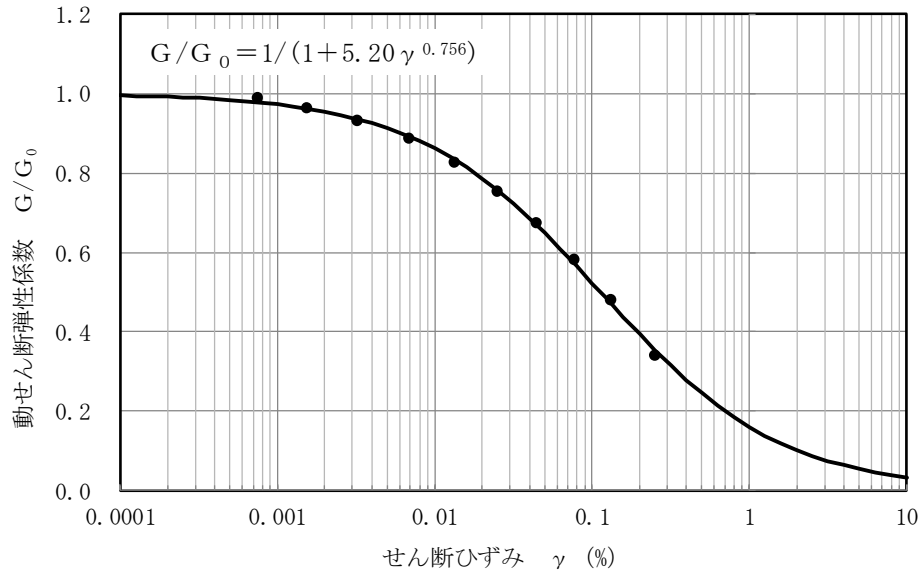


(a) 動せん断弾性係数のひずみ依存特性

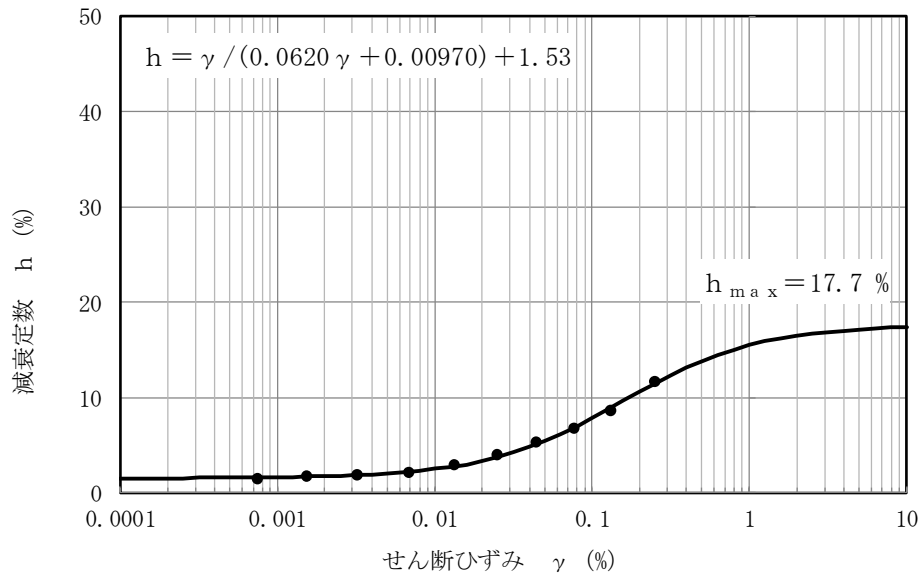


(b) 減衰定数のひずみ依存特性

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
(大湊側高台保管場所)

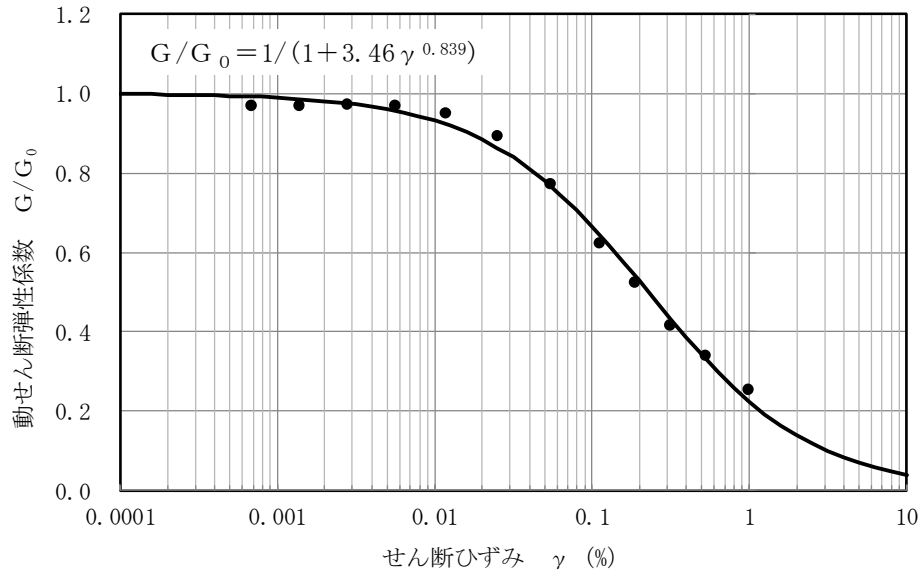


(a) 動せん断弾性係数のひずみ依存特性

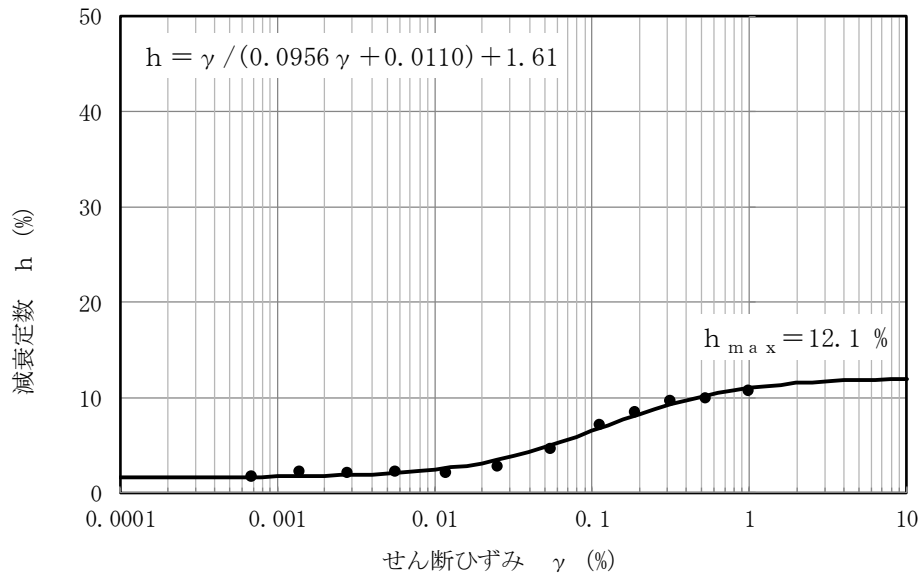


(b) 減衰定数のひずみ依存特性

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
(大湊側高台保管場所)

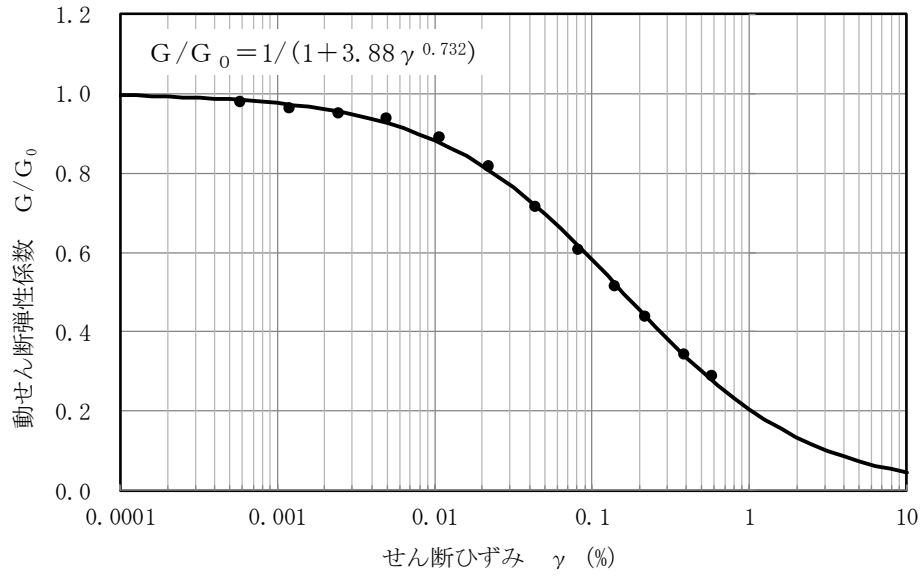


(a) 動せん断弾性係数のひずみ依存特性

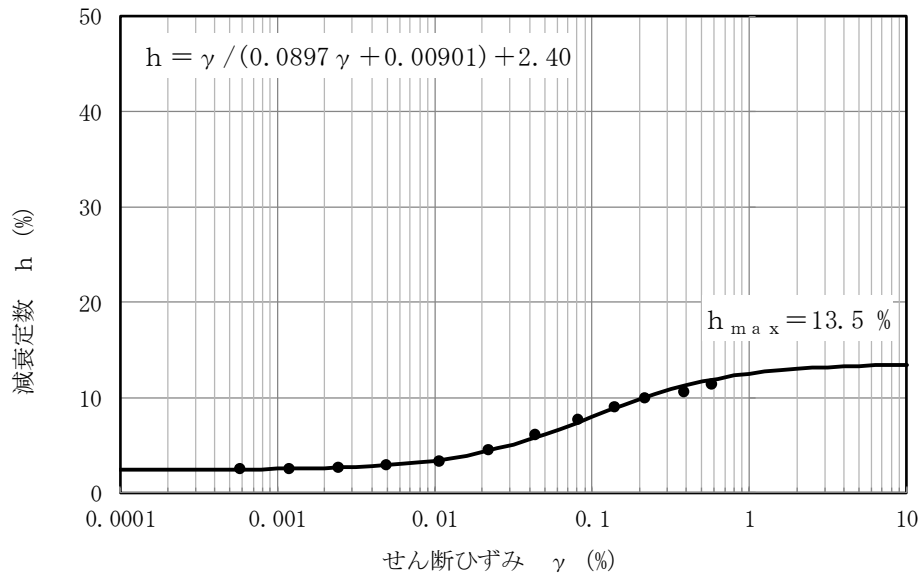


(b) 減衰定数のひずみ依存特性

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
(大湊側高台保管場所)

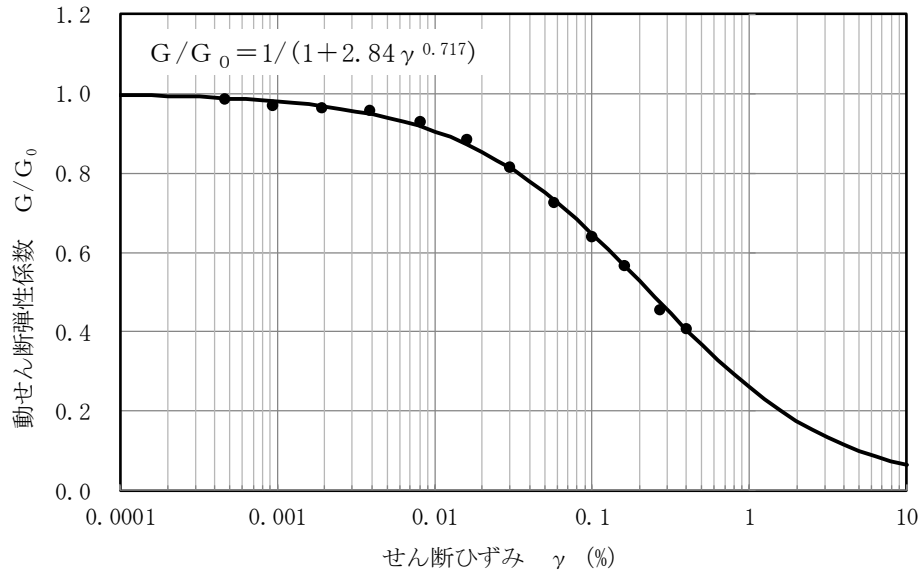


(a) 動せん断弾性係数のひずみ依存特性

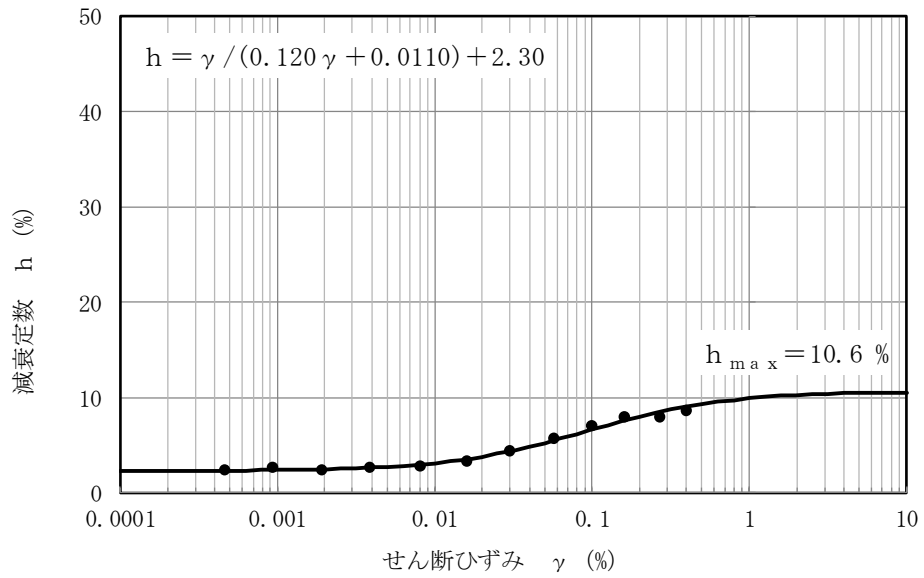


(b) 減衰定数のひずみ依存特性

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
(大湊側高台保管場所)



(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
(大湊側高台保管場所)