

女川原子力発電所第2号機 工事計画審査資料	
資料番号	O2-他-F-24-0004_改0
提出年月日	2021年3月24日

女川原子力発電所第2号機 地盤の液状化特性について

東北電力株式会社

目次

1. はじめに
2. 液状化影響評価の考え方
3. 液状化強度試験
4. 液状化強度特性の設定

1. はじめに

- 第952回原子力発電所の新規制基準適合性に係る審査会合(令和3年3月2日)において示した、地下水位の設定に係る今後の説明事項のうち『設計用地下水位を踏まえた各施設の解析手法及び地震応答解析断面の選定結果』について説明する。

3. 地下水位の設定に係る今後の説明事項

18

■ 地下水位低下設備の設備構成

- 浸透流解析による地下水流入量の評価^{*1}を踏まえた地下水位低下設備の設備構成(揚水ポンプ、配管、水位計等)を説明する。

*1 浸透流解析による地下水流入量の評価においては、水位評価モデルをベースとして、流入量が大きめに評価されるような条件を設定

■ 設計用地下水位を踏まえた各施設の解析手法及び地震応答解析断面の選定結果

- 屋外重要土木構造物等の耐震評価^{*2}を行うための評価対象断面の選定、地盤の液状化特性及びそれを踏まえた解析手法の選定の方針を説明する。

*2 設計用地下水位を高めに設定することを踏まえ、地下水位が設計用地下水位より低い場合の影響についても考慮

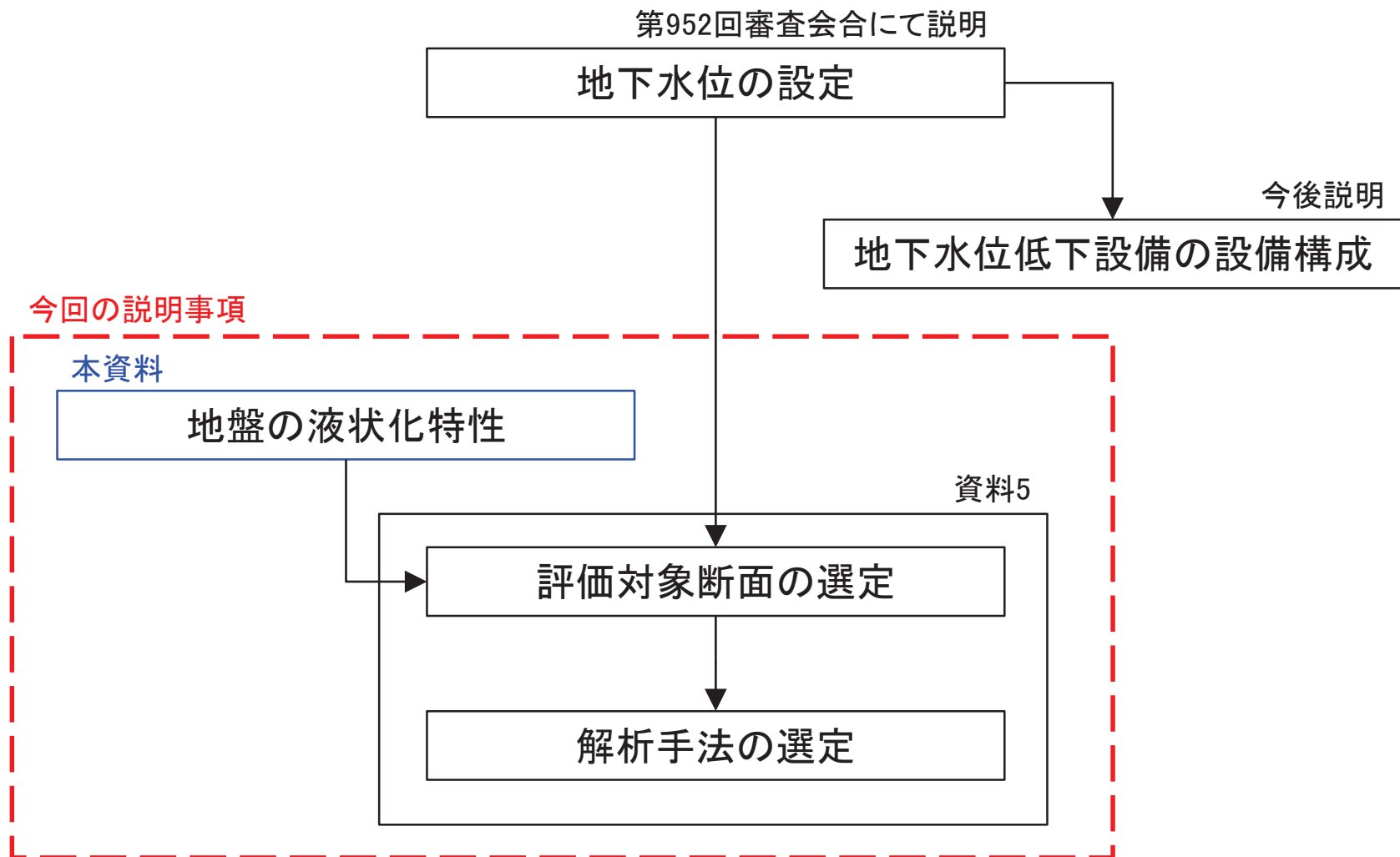
1. はじめに

【審査会合における指摘事項】

- 設計用地下水位を高めに設定していることを踏まえ、地下水位が低い場合の影響を整理して説明すること。
- 各施設の解析手法の選定について、液状化や浮き上がりの評価を踏まえて説明すること。
- 設置変更許可時からの設計進捗を踏まえて、地盤改良の効果を整理して説明すること。

1. はじめに

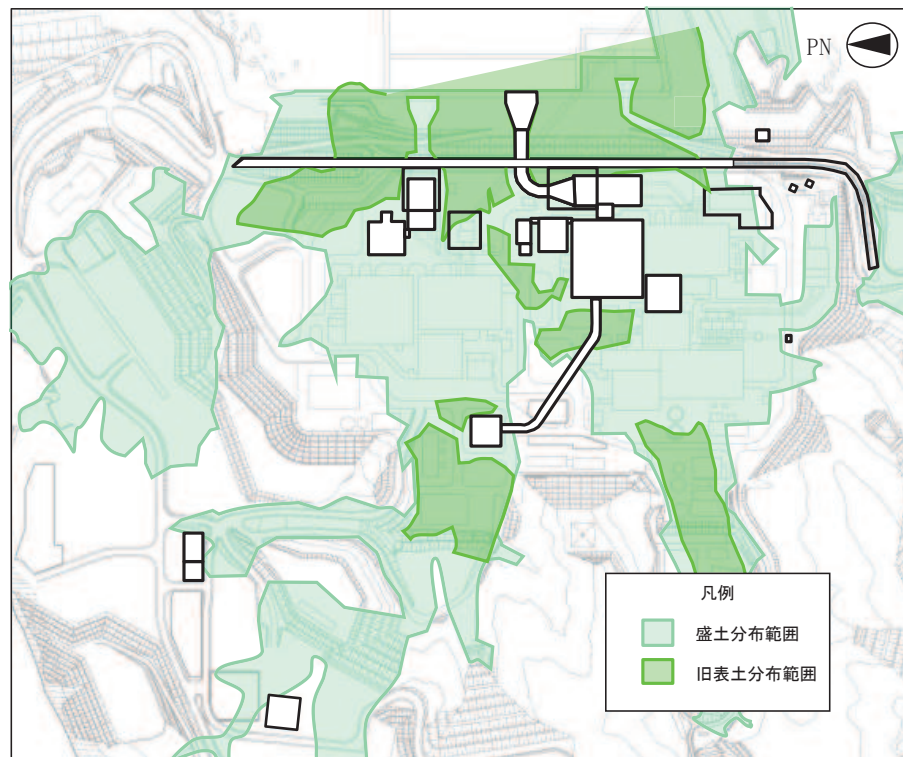
【地下水位に関連する説明事項】



2. 液状化影響評価の考え方

【敷地地盤の概要】

- 敷地の地盤は、岩盤、盛土及び旧表土に分類され、液状化の可能性を考慮すべき未固結の地盤は、盛土及び旧表土が該当。
- 旧表土は、発電所設置の際の掘削により、その多くが取り除かれており、現在は盛土下部の岩盤上面に分布しているのみ。
- 盛土は建設時に発生した岩砕を締固め管理した人工地盤であり、敷地の整地地盤のほぼ全域に分布。



盛土及び旧表土の分布範囲

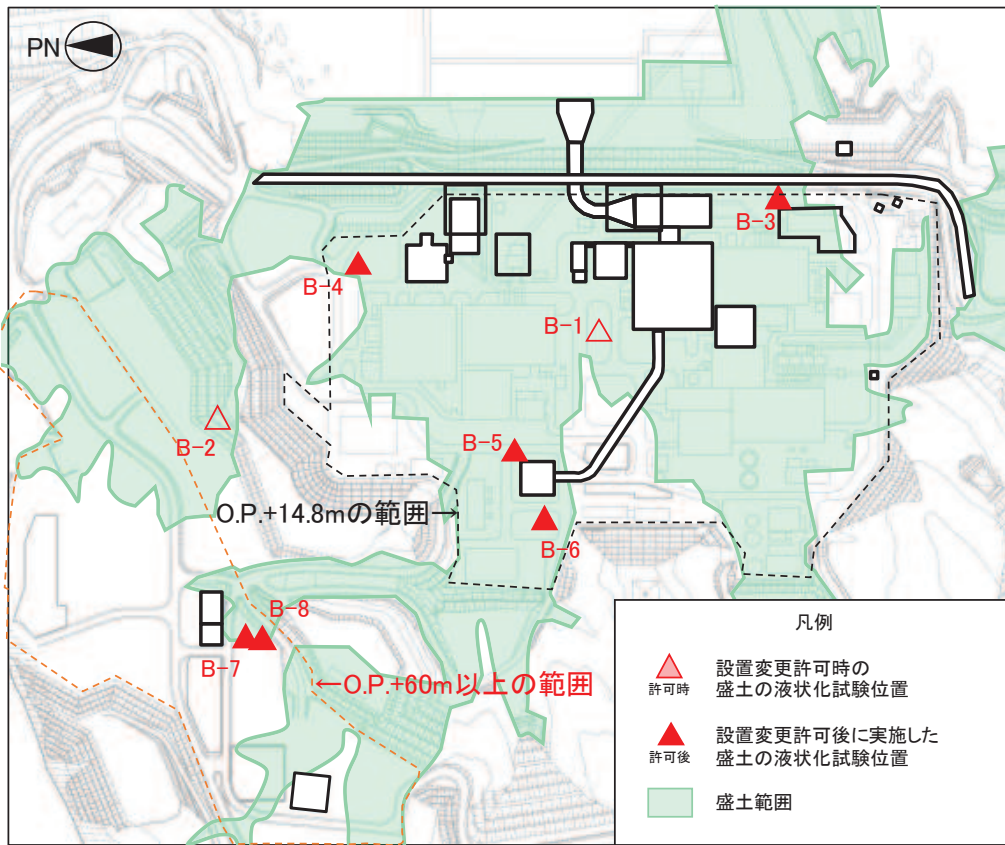
2. 液状化影響評価の考え方

【液状化影響評価の基本方針(設置変更許可時から変更無し)】

- 道路橋示方書・同解説(V耐震設計編)に基づき、液状化検討対象層を抽出。
- 保守的な配慮として、道路橋示方書Vでは液状化評価の対象外とされるG.L.-20m以深の飽和土層、細粒分含有率が35%以上の飽和土層及び平均粒径が10mm以上の飽和土層についても液状化検討対象層として抽出。
- その結果、地下水位以深の未固結の地盤(盛土及び旧表土)はすべて液状化検討対象層。
- これにより抽出した液状化検討対象層(盛土及び旧表土)の物理的性質及び力学的性質について、地質調査及び室内試験を実施し、有効応力解析に必要な物性値を設定して解析を行う。
- 液状化強度特性の設定に当たっては、物性のばらつきを考慮し、液状化強度試験結果の下限値に設定。

3. 液状化強度試験(盛土試験位置)

- 盛土について、設置変更許可では2箇所(B-1, B-2)から試料採取して液状化強度試験を行い、地質の連続性や土質材料の性状を比較し、代表性を確認した上で、液状化強度特性を設定。
- 工事計画認可においては、設置変更許可で示した調査・試験結果に加え、盛土のデータ拡充の観点から、追加液状化強度試験を実施。



盛土の液状化強度試験箇所

【盛土の試料採取箇所選定方針】

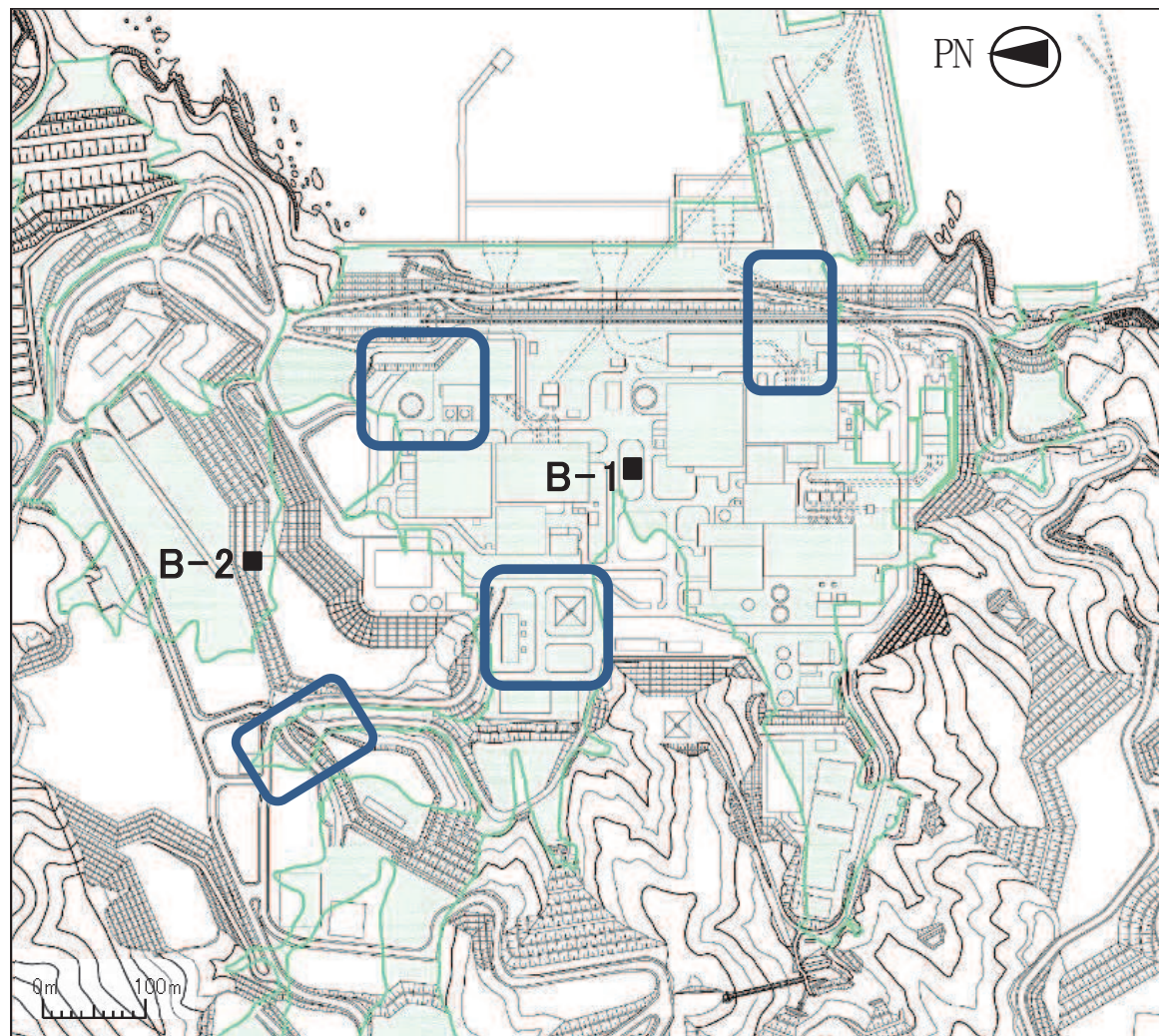
各施設・設備は、O.P.+14.8m以下の範囲とO.P.+60.0m以上の範囲の2つのエリアに分散して設置されていることを踏まえ、各施設・設備を網羅できるように選定する。






追加液状化強度試験: 6箇所

3. 液状化強度試験(盛土試験位置)

- 設置変更許可段階では、下図のとおり盛土の追加液状化強度試験の位置を計画しており、工事計画認可段階で実施した試験位置(前頁)は計画どおりとなっている。

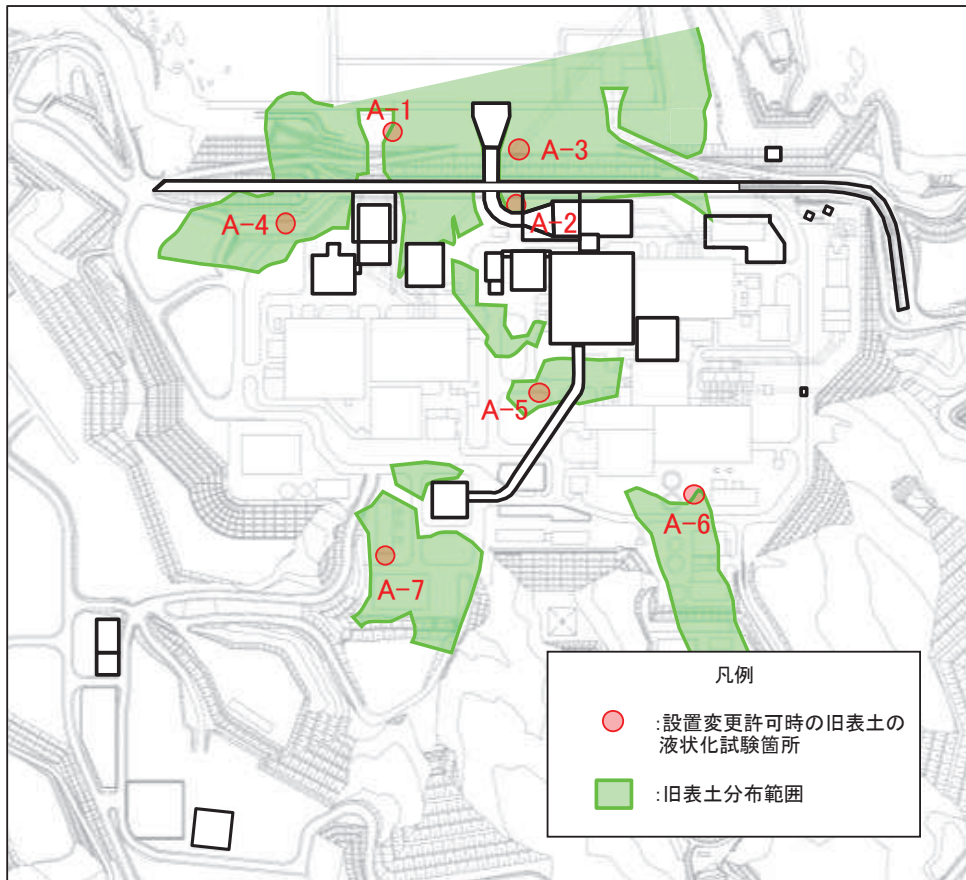


凡例	
	盛土分布範囲
	盛土試料採取位置(実施済)
	盛土試料採取位置(追加)

盛土の追加液状化強度試験試料採取位置(計画)

3. 液状化強度試験(旧表土試験位置)

- 旧表土は、発電所設置の際の掘削により、その多くが取り除かれており、現在は盛土下部の岩盤上面に分布しているのみである。
- 上記の分布状況を踏まえ、旧表土が多く残る海側を中心に、各分布範囲から網羅的に試料採取して液状化強度試験を行い、液状化強度特性を設定(設置変更許可時から変更無し)。



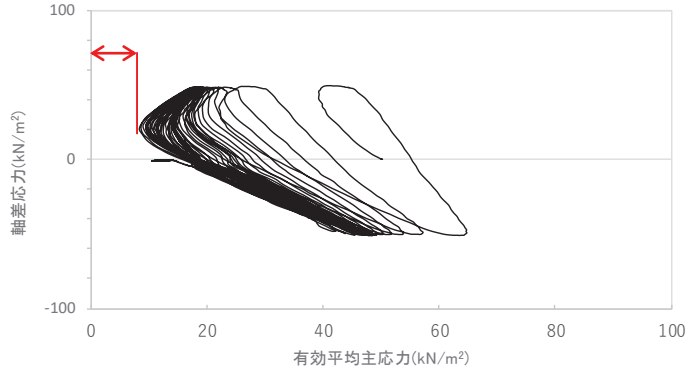
【旧表土の試料採取箇所選定方針】
分布範囲が限られていることを踏まえ、旧表土が多く残る海側を中心に、各分布範囲から網羅的に選定する。



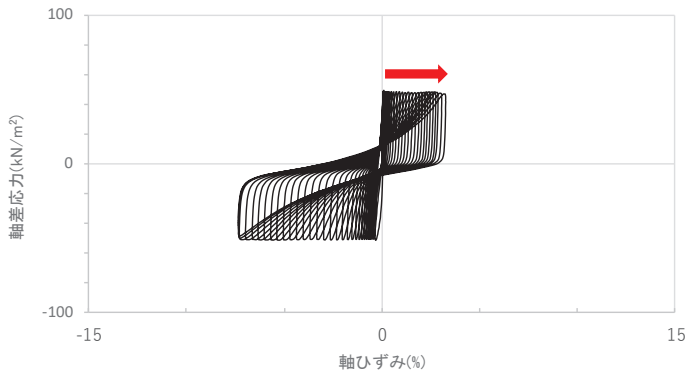
液状化強度試験:7箇所

3. 液状化強度試験(盛土試験結果)

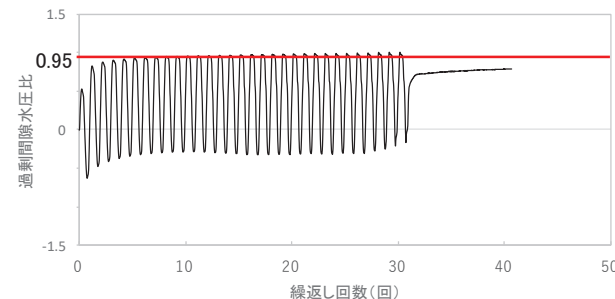
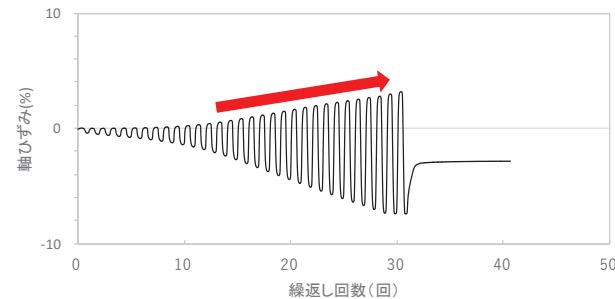
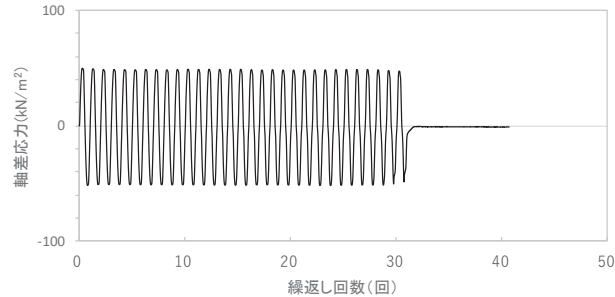
- 盛土の追加液状化試験結果の例を示す(B-3試料, 供試体No.3: ϕ 300mm, 深度地表から1.50~2.50m)。
- 有効応力がゼロになることはなく, ねばり強い挙動を示すことを確認(設置変更許可時の試験結果と同様)。



繰返し荷重を载荷しても, 有効応力がゼロになることはなく, 液体状になることはない。また, せん断応力(軸差応力)作用時に, 有効応力は回復し, ねばり強い挙動を示す。



ひずみは徐々に大きくなるが, 急に増大しないため, 脆性的な破壊は生じず, ねばり強い挙動を示す。



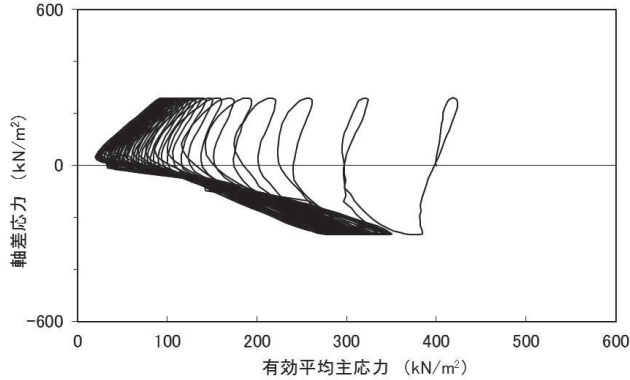
供試体が試験前後とも自立するほどの強度がある。

ひずみは徐々に大きくなるが, 急に増大しないため, 脆性的な破壊は生じず, ねばり強い挙動を示す。

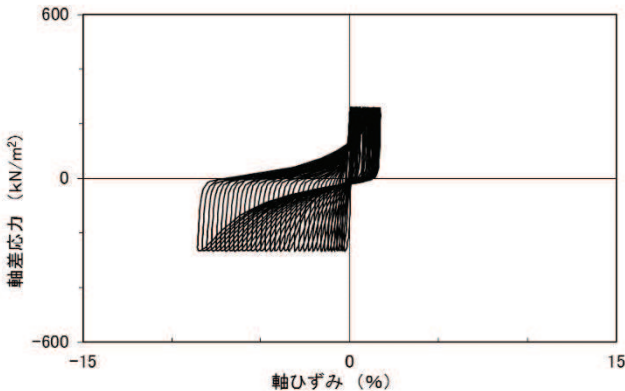
過剰間隙水圧比は95%を超過するものの, 頭打ちとなり, 100%にはならず, せん断応力作用時には, 正のダイレイタンス効果により, 過剰間隙水圧は低下し(さらに負になる), 有効応力が回復する。

3. 液状化強度試験(旧表土試験結果)

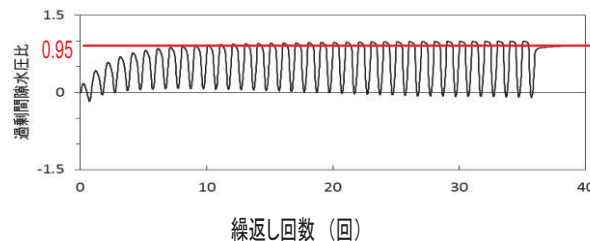
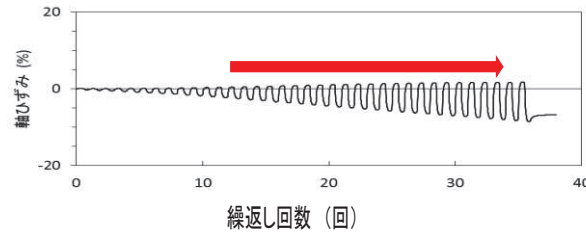
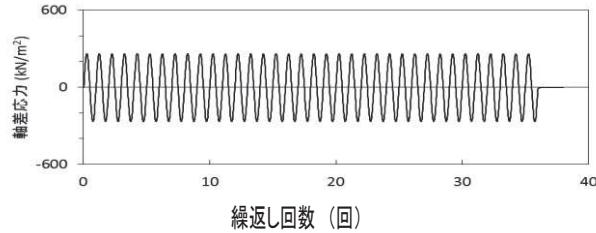
- 旧表土の液状化試験結果の例を示す(A-2試料, 供試体No.4; ϕ 100mm, 深度地表から18.00~20.95m)。
- 有効応力がゼロになることはなく, ねばり強い挙動を示すことを確認(設置変更許可時から変更無し)。



繰返し荷重を載荷しても, 有効応力がゼロになることはなく, 液体状になることはない。また, せん断応力(軸差応力)作用時に, 有効応力は回復し, ねばり強い挙動を示す。



ひずみは徐々に大きくなるが, 急に増大しないため, 脆性的な破壊は生じず, ねばり強い挙動を示す。



試験後の供試体

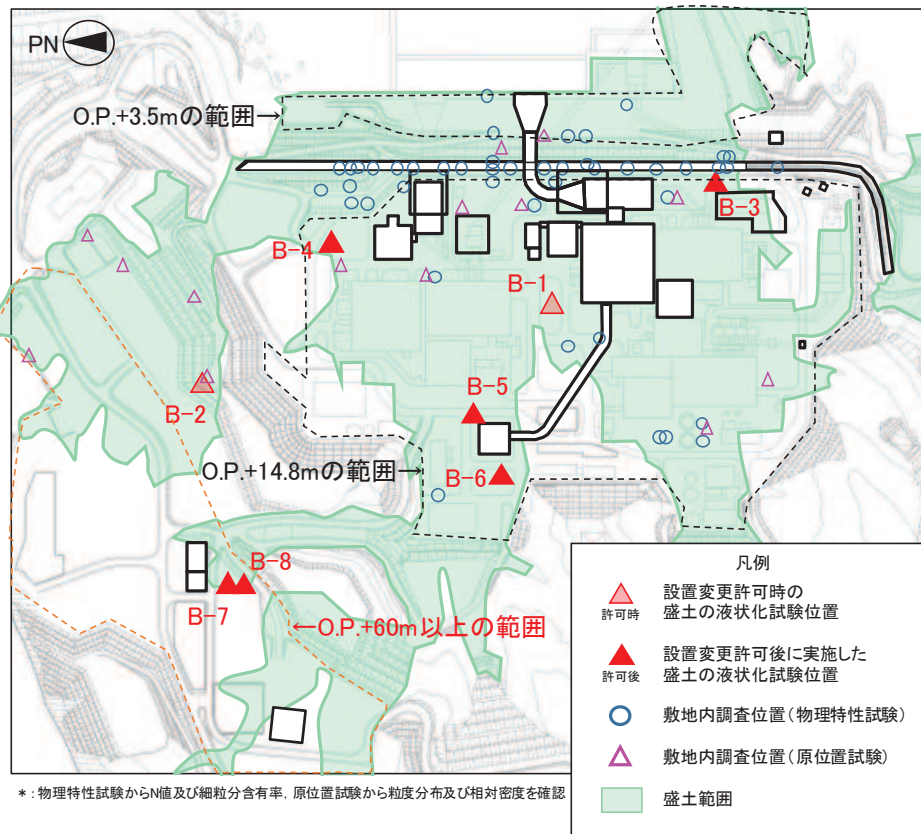
供試体が試験前後とも自立するほどの強度がある。

ひずみは徐々に大きくなるが, 急に増大しないため, 脆性的な破壊は生じず, ねばり強い挙動を示す。

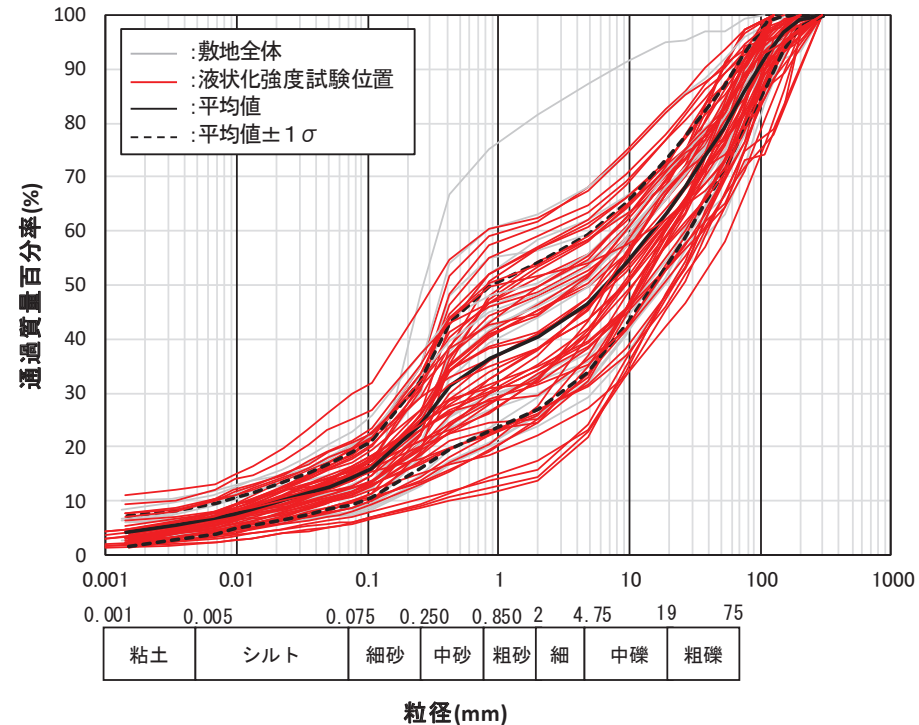
過剰間隙水圧比は95%を超過するものの, 頭打ちとなり, 100%にはならない。せん断応力作用時には, 正のダイレイタンス効果により, 過剰間隙水圧は低下し(さらに負になる。), 有効応力が回復する。

3. 液状化強度試験(盛土試験位置の代表性)

- 追加で実施した試験を含め、盛土の液状化試験に用いた供試体と、敷地全体から採取した盛土の粒度分布、細粒分含有率、相対密度及びN値を比較することにより、液状化強度試験の代表性及び網羅性を確認(設置変更許可時から変更無し)。
- 粒度分布については、液状化強度試験に用いた供試体は敷地全体から採取した盛土の供試体のばらつきの範囲内にあることを確認。



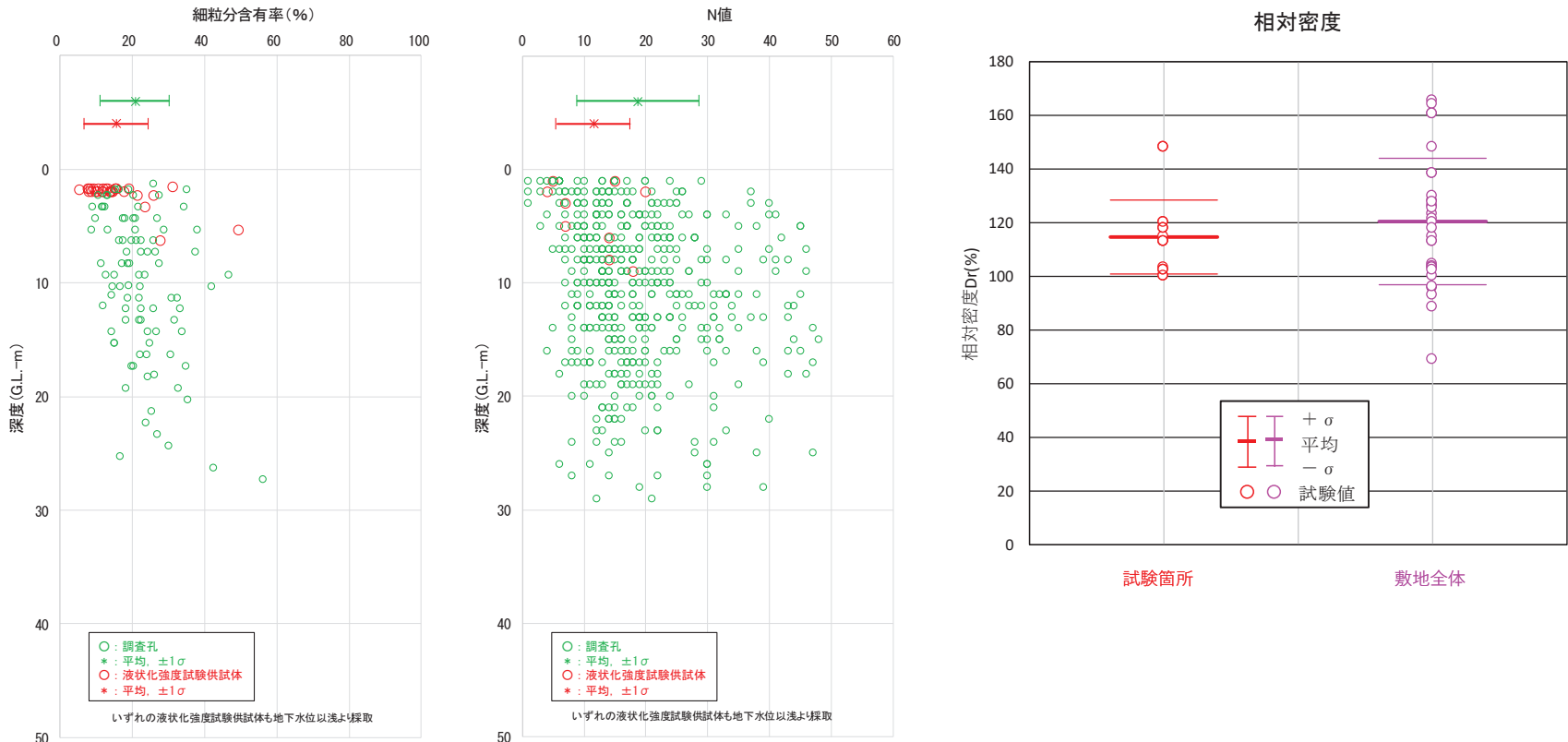
盛土の液状化強度試験の試料採取位置



粒度分布の確認結果

3. 液状化強度試験(盛土試験位置の代表性)

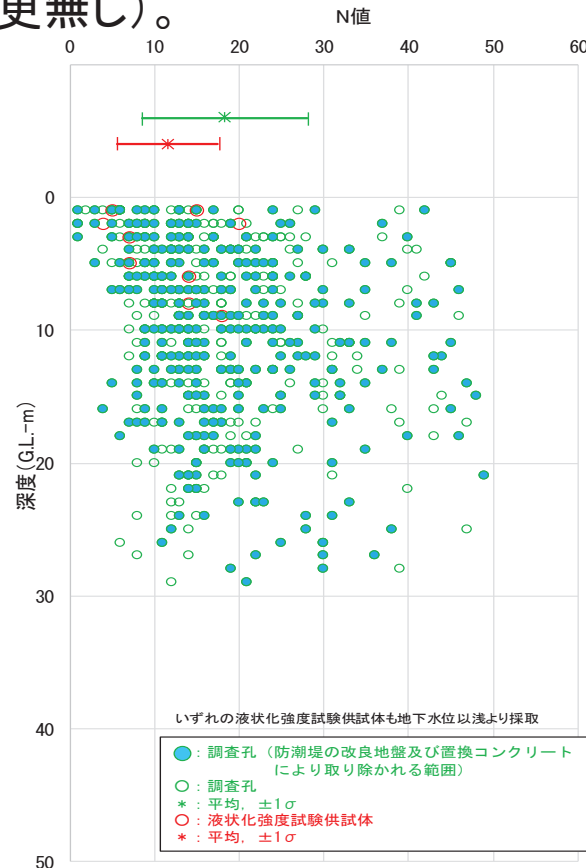
- 細粒分含有率, N値及び相対密度については, 液状化強度試験に用いた盛土の供試体は敷地全体から採取した盛土の供試体よりも低い範囲にあることを確認。
- これらの結果は, 敷地全体から採取した盛土の供試体に比べ, 液状化強度試験に用いた盛土の供試体が同程度あるいはやや液状化しやすい傾向があることを示す。
- 以上から, 液状化強度試験に用いた盛土の供試体は, 追加実施した液状化強度試験の結果を含めても敷地内の盛土に対して代表性及び網羅性を有すると判断できる。



細粒分含有率, N値及び相対密度の確認結果

3. 液状化強度試験(盛土試験位置の代表性)

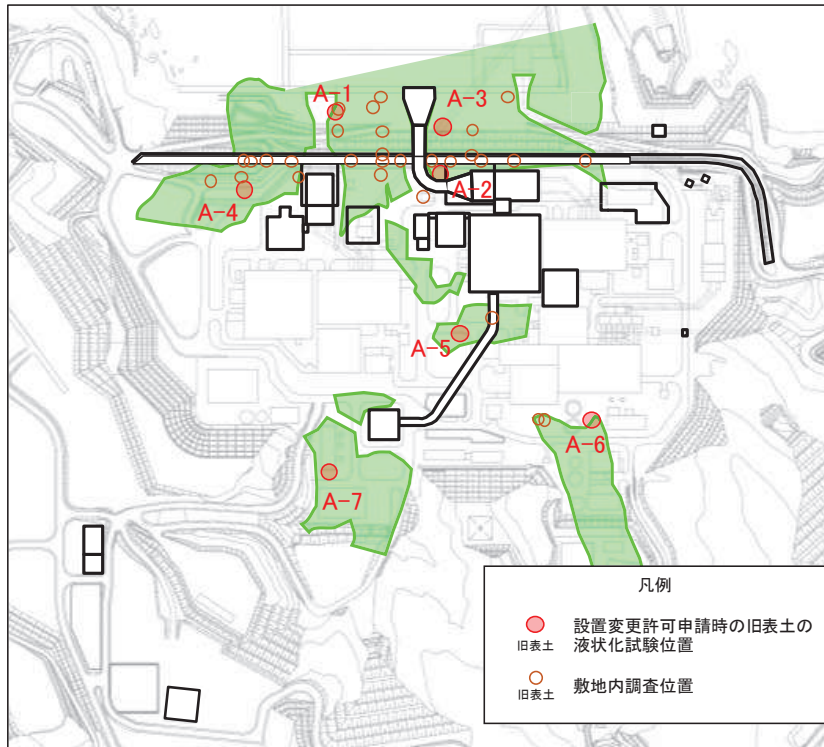
- 前頁の図のうちN値について、液状化試験位置のN値よりも低い箇所が確認されているが、これらは下図に示すように、採取位置が浅部で地下水位以浅であること及び防潮堤設置に伴い取り除かれる箇所であることを確認。
- 盛土の液状化強度特性の設定に当たっては下限値にて設定することにより保守性を考慮(設置変更許可時から変更無し)。



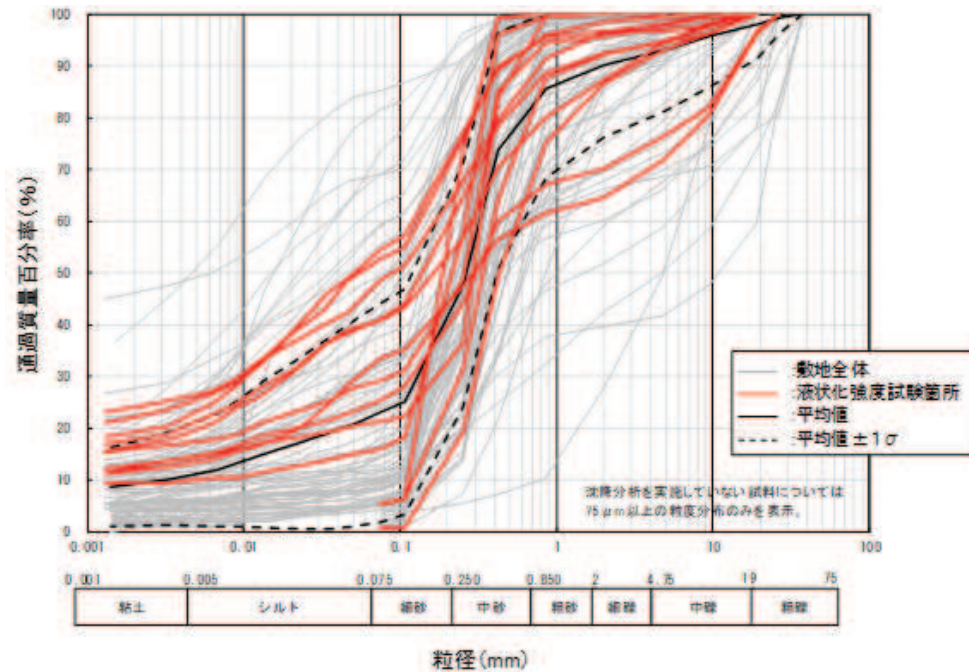
盛土の液状化強度試験供試体と敷地内調査個所のN値
(防潮堤設置に伴い取り除かれるデータ)

3. 液状化強度試験(旧表土試験位置の代表性)

- 旧表土の液状化試験に用いた供試体と、敷地全体から採取した旧表土土の粒度分布、細粒分含有率及びN値を比較することにより、液状化強度試験の代表性及び網羅性を確認(設置変更許可時から変更無し)。
- 粒度分布については、液状化強度試験に用いた供試体は敷地全体から採取した旧表土土の供試体のばらつきの範囲内にあることを確認。



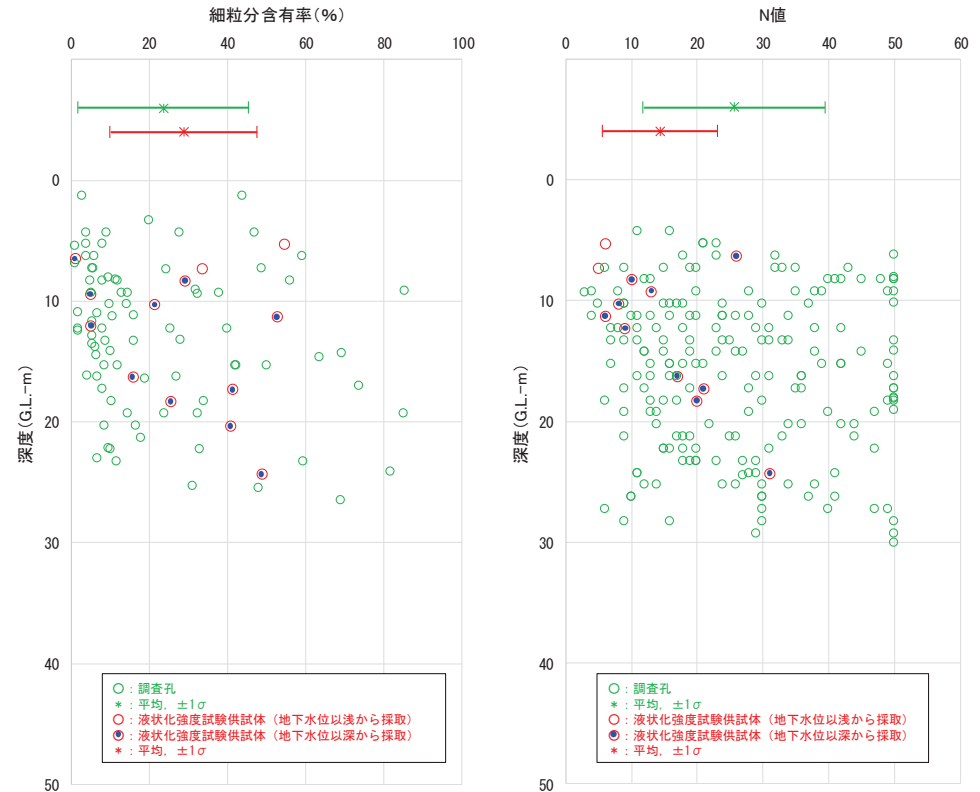
盛土の液状化強度試験の試料採取位置



粒度分布の確認結果

3. 液状化強度試験(旧表土試験位置の代表性)

- 細粒分含有率及びN値については、液状化強度試験に用いた旧表土の供試体は敷地全体から採取した旧表土の供試体よりも低い範囲にあることを確認。
- これらの結果は、敷地全体から採取した旧表土の供試体に比べ、液状化強度試験に用いた旧表土の供試体が同程度あるいはやや液状化しやすい傾向があることを示す。
- 以上から、液状化強度試験に用いた旧表土の供試体は、敷地内の旧表土に対して代表性及び網羅性を有すると判断できる。
- 旧表土の液状化強度特性の設定に当たっては下限値にて設定することにより保守性を考慮(設置変更許可時から変更無し)。

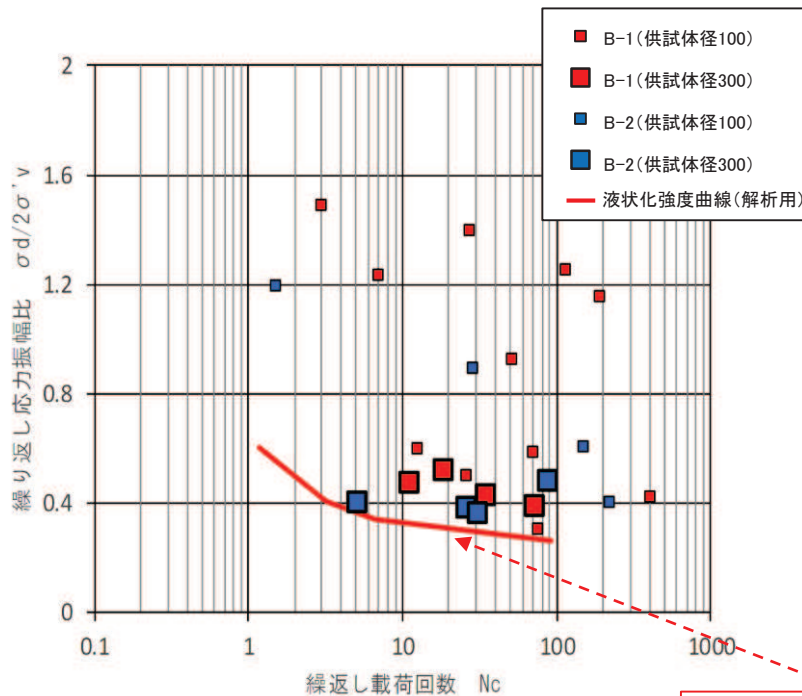


細粒分含有率及びN値の確認結果

4. 液状化強度特性の設定

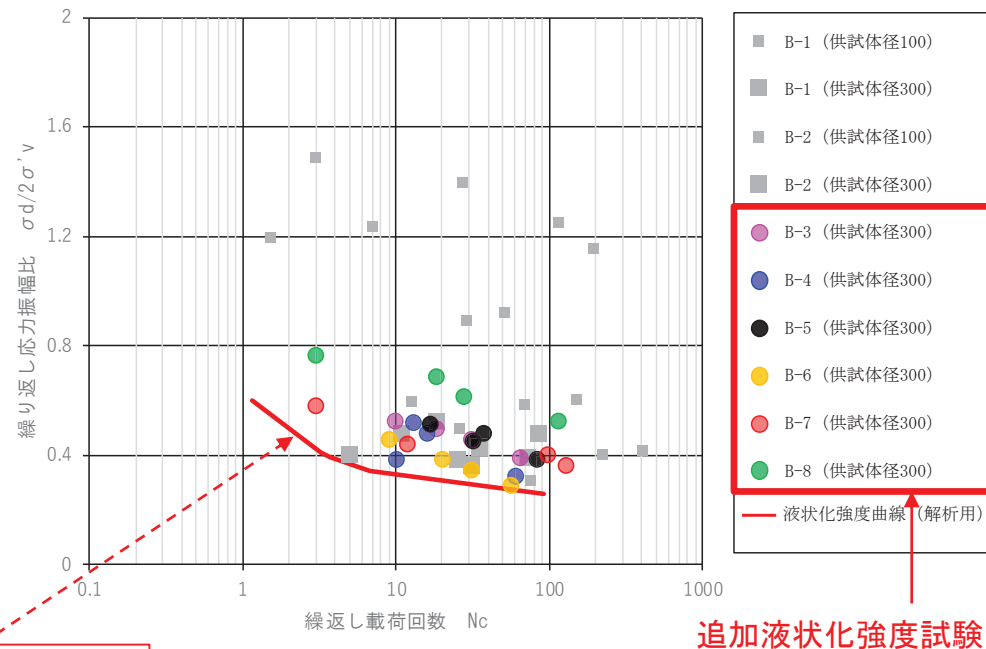
【盛土の液状化強度特性の設定】

- 設置変更許可の液状化強度特性は，得られた液状化強度試験結果の下限値に設定。
- 工事計画認可の液状化強度特性は，設置変更許可の設定方針と同様に，追加の液状化強度試験を含めた盛土の液状化強度試験結果の下限値に設定。
- その結果，追加実施した盛土の液状化強度試験結果を考慮しても，設置変更許可の液状化強度特性から変更がないことを確認。



盛土の液状化強度特性
(設置変更許可)

変更がないことを確認



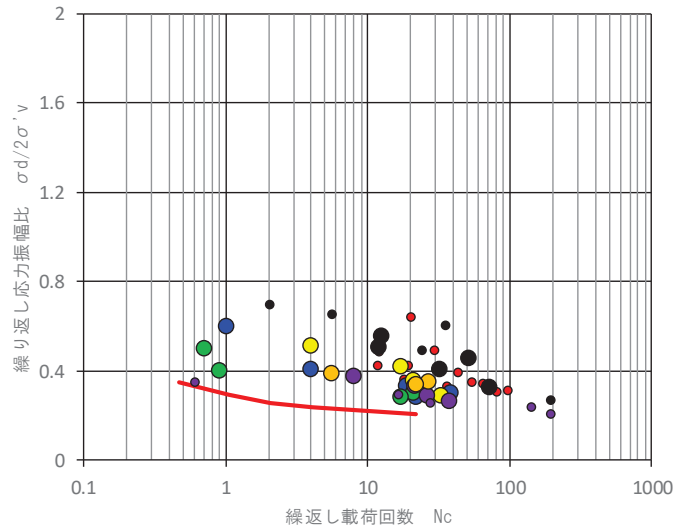
追加液状化強度試験

盛土の液状化強度特性
(工事計画認可)

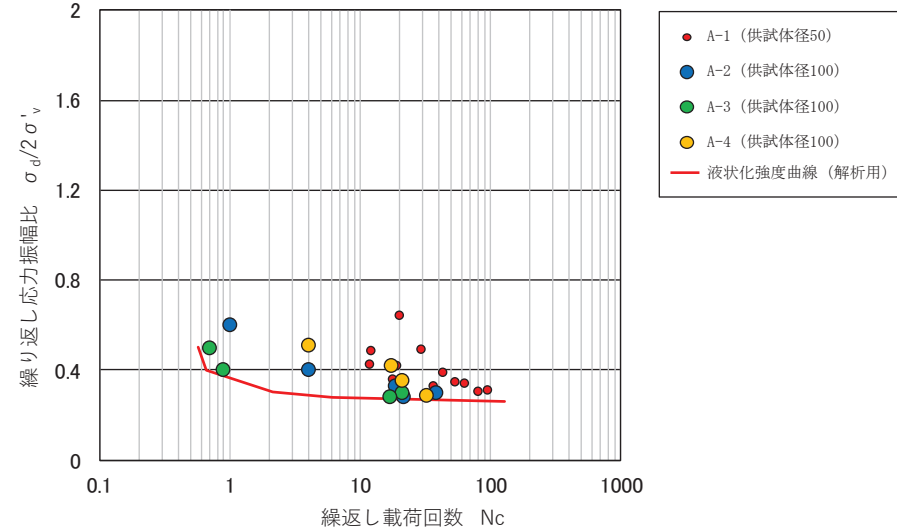
4. 液状化強度特性の設定

【旧表土の液状化強度特性の設定】

- 液状化強度特性は，得られた液状化強度試験結果の下限値に設定（設置変更許可時から変更無し）。
- 防潮堤における旧表土の液状化強度特性については，施設近傍に液状化強度試験結果があるため，その試験結果の下限値に設定（設置変更許可時から変更無し）。



旧表土の液状化強度特性



旧表土の液状化強度特性
(防潮堤)

4. 液状化強度特性の設定

- 以上の検討を踏まえ、液状化強度特性を設定（設置変更許可時から変更無し）。

液状化検討対象層の液状化強度特性

	ϕ_p (°)	W1	p1	p2	c1	s1
旧表土	28	1.0	1.4	1.5	2.0	0.005
旧表土 (防潮堤)	28	1.3	1.2	0.8	2.75	0.005
盛土	28	14	1.0	0.6	2.8	0.005

(まとめ)

【液状化影響評価の考え方】

- 設置変更許可時と同様に，工事計画認可においては，道路橋示方書等に基づき，保守的に液状化検討対象層を抽出し，有効応力解析に必要な物性値を設定し，解析を行う。
- 液状化検討対象層は未固結の地盤すべて(盛土及び旧表土)とする。

【液状化強度試験】

- 工事計画認可においては，設置変更許可時点でお示した調査・試験結果に加え，データ拡充の観点から，設置変更許可時の計画どおり，盛土において追加調査を実施。
- 追加調査を含めて試験箇所の実験性を確認。

【液状化強度特性の設定】

- 液状化強度特性は，設置変更許可時と同様，液状化強度の下限値に設定。
- その結果，設置変更許可時に設定した液状化強度特性から変更ないことを確認。