

# 島根原子力発電所 2号炉 地震による損傷の防止 (コメント回答)

---

[地盤の液状化強度特性]

令和 2 年 3 月  
中国電力株式会社

| No.                           | 審査会合日   | コメント要旨  | 回答頁    |
|-------------------------------|---------|---|--------|
| 論点[Ⅱ]既工認と今回工認の手法の相違点の整理に基づく論点 |         |   |        |
| 10                            | H31.4.9 | <p>[論点Ⅱ－29：地盤の液状化強度特性]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・液状化評価対象設備の周辺地盤の土層については，防波壁周辺に限定せず全ての対象施設を包絡する敷地全体について，その分布状況や土質性状を網羅的に説明すること。その上で，抽出した液状化評価対象層の網羅性について説明すること。</li> <li>・地下水位設定の妥当性と合わせて，地下水位に基づく液状化評価対象設備の選定の考え方についても詳細に説明すること。</li> <li>・液状化強度特性について，液状化強度試験の選定箇所の代表性・網羅性，簡易設定法の適用性・信頼性等を踏まえて保守的な設定となっていることを説明すること。</li> <li>・取水管を支持する砕石等の液状化非対象層について，対象から除外した根拠をプロセスも含めて説明すること。</li> </ul> | P4～160 |

| No.                           | 審査会合日                           | コメント要旨  | 回答頁    |
|-------------------------------|---------------------------------|---|--------|
| 審査会合における指摘事項（第5条（津波による損傷の防止）） |                                 |   |        |
| 12※                           | H31.2.26<br>第5条<br>（津波による損傷の防止） | <p>[論点4：防波壁で囲まれた敷地における地下水位の設定及び液状化による影響]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・敷地の海岸線に敷地を取り囲むように防波壁を設置し，周辺地盤を地盤改良する等して地下水の海側への流れを遮断するため，敷地における地下水位が建設工認時から変わり得る可能性について説明すること。</li> <li>・また，敷地地盤は岩の掘削ズリ等による埋戻土や旧表土で構成されており，これらの液状化強度特性の設定の代表性，網羅性を説明するとともに，液状化による影響を考慮すべき施設とその設計方針についても説明すること。</li> <li>・この液状化及び地下水位について，先行炉との類似性があれば，その審査状況を踏まえて，液状化と地下水位の関係性及びそれらが及ぼす施設等への影響についても整理すること。</li> </ul> <p>（確認したい事項）</p> <p>[地下水位の設定]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・防波壁の設置，支持地盤及び周辺地盤の改良が敷地内の地下水位に与える影響</li> <li>・建物周辺の地下水ドレン設備の地下水位抑制効果の考慮の有無</li> </ul> <p>[液状化による影響]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・液状化による影響評価の前提となる条件設定の妥当性（地下水位の分布，液状化対象層の選定と分布等）</li> <li>・液状化強度特性の網羅性，代表性</li> <li>・液状化影響評価に基づく液状化による影響を考慮すべき施設の選定とその設計方針</li> </ul> | P4～160 |

※第5条（津波による損傷の防止）における指摘事項：No.4

| No.                                  | 審査会合日   | コメント要旨   | 回答頁    |
|--------------------------------------|---------|--|--------|
| <b>論点[Ⅱ]既工認と今回工認の手法の相違点の整理に基づく論点</b> |         |  |        |
| 15                                   | R1.6.18 | <p>[論点Ⅱ－29：地盤の液状化強度特性]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・敷地の岩盤上の被覆層については、埋戻土（掘削ズリ）、埋戻土（粘性土）、砂礫層のみであることを敷地の造成履歴の観点からも説明すること。</li> <li>・原位置の液状化強度を測定する方法については、他のサンプリング方法及び試験方法との比較を踏まえて、試験結果の信頼性向上を検討すること。</li> <li>・簡易設定法による設計用液状化強度特性について、試験結果との比較等により、島根2号炉の各土層に対する適用性及び妥当性があることを説明すること。</li> <li>・簡易設定法による液状化強度特性の設定について、防波壁の構造種別エリア毎に採用したN値の代表性・網羅性及び保守性について説明すること。</li> <li>・埋戻土（掘削ズリ）に対する液状化試験の位置及びデータ数について、現状の信頼できるデータ数では、液状化対象土層の平面と深さ方向の広がりに対する代表性・網羅性及び保守的な液状化強度設定の観点から不十分であるため、追加の液状化試験を検討すること。また、検討において、他サイトの審査実績及び審査状況を踏まえること。</li> <li>・砂礫層の液状化試験について、南方向へ広がる範囲のボーリング調査箇所と液状化試験箇所のN値、細粒分含有率及び相対密度等の比較を行い、代表性・網羅性を説明すること。</li> </ul> | P4～160 |



# 審査会合における指摘事項に対する回答【No. 10】

## ■ 指摘事項（第701回審査会合 平成31年4月9日）

### 【No. 10（論点Ⅱ－29）地盤の液状化強度特性】

- 液状化評価対象設備の周辺地盤の土層については、防波壁周辺に限定せず全ての対象施設を包絡する敷地全体について、その分布状況や土質性状を網羅的に説明すること。その上で、抽出した液状化評価対象層の網羅性について説明すること。
- 地下水位設定の妥当性と合わせて、地下水位に基づく液状化評価対象設備の選定の考え方についても詳細に説明すること。
- 液状化強度特性について、液状化強度試験の選定箇所の代表性・網羅性、簡易設定法の適用性・信頼性等を踏まえて保守的な設定となっていることを説明すること。
- 取水管を支持する砕石等の液状化非対象層について、対象から除外した根拠をプロセスも含めて説明すること。

## ■ 回答まとめ

- ・敷地全体について、液状化評価対象層（埋戻土（掘削ズリ）、砂礫層）及び購入地盤材料を含む液状化評価対象層以外の土層の分布状況や土質性状（粒度特性等）を網羅的に説明。また、道路橋示方書・同解説、港湾の施設の技術上の基準・同解説等に基づき、抽出した液状化対象層の網羅性について説明。（P12～P31）
- ・設計基準対象施設及び重大事故等対処施設の設置状況を考慮し、液状化の影響を検討する必要がある液状化検討対象候補施設を抽出。その中から、周辺地盤の状況及び浸透流解析を踏まえた地下水位に基づき、液状化検討対象施設を選定する考え方を詳細に説明。（P142～P148）
- ・液状化評価対象層（埋戻土（掘削ズリ）、砂礫層）の分布状況を踏まえ、液状化試験データの代表性・網羅性の確保及び保守的な液状化強度特性設定の観点から、埋戻土（掘削ズリ）については追加試料採取及び液状化試験を実施し、液状化試験データを拡充。液状化強度曲線（ロータリー式三重管サンプラー及び表層試料採取による液状化試験結果）の下側に位置する簡易設定法による液状化強度曲線に基づき、液状化強度特性を設定し、液状化検討対象施設への影響評価を実施することを説明。（P32～P139）
- ・取水管周辺の砕石、施設護岸の基礎捨石等の購入地盤材料について、寸法及び重量の規格を踏まえ、液状化非対象層と整理することを説明。（P25～P28）

# 審査会合における指摘事項に対する回答【No. 1 2】

## ■ 指摘事項（第686回審査会合 平成31年2月26日）

### 【No. 1 2（論点4）防波壁で囲まれた敷地における地下水位の設定及び液状化による影響】

- 敷地の海岸線に敷地を取り囲むように防波壁を設置し、周辺地盤を地盤改良する等して地下水の海側への流れを遮断するため、敷地における地下水位が建設工認時から変わり得る可能性について説明すること。
- また、敷地地盤は岩の掘削ズリ等による埋戻土や旧表土で構成されており、これらの液状化強度特性の設定の代表性、網羅性を説明するとともに、液状化による影響を考慮すべき施設とその設計方針についても説明すること。
- この液状化及び地下水位について、先行炉との類似性があれば、その審査状況を踏まえて、液状化と地下水位の関係性及びそれらが及ぼす施設等への影響についても整理すること。

#### （確認したい事項）

##### [地下水位の設定]

- ・防波壁の設置、支持地盤及び周辺地盤の改良が敷地内の地下水位に与える影響
- ・建物周辺の地下水ドレン設備の地下水位抑制効果の考慮の有無

##### [液状化による影響]

- ・液状化による影響評価の前提となる条件設定の妥当性（地下水位の分布、液状化対象層の選定と分布等）
- ・液状化強度特性の網羅性、代表性
- ・液状化影響評価に基づく液状化による影響を考慮すべき施設の選定とその設計方針

## ■ 回答まとめ

### [液状化による影響]

- ・敷地の被覆層のうち液状化評価対象層（埋戻土（掘削ズリ）、砂礫層）の分布状況を踏まえ、液状化試験データの代表性・網羅性の確保及び保守的な液状化強度特性設定の観点を考慮し、液状化試験試料を採取し、試験を実施。設計基準対象施設及び重大事故等対処施設の中から、周辺地盤状況を含む施設設置状況、及び浸透流解析を踏まえた地下水位に基づき、液状化による影響を考慮すべき施設として液状化検討対象施設を選定。液状化検討対象施設に対し、液状化強度曲線（ロータリー式三重管サンプラー及び表層試料採取による液状化試験結果）の下側に位置する簡易設定法による液状化強度曲線に基づく液状化強度特性を影響評価に使用する設計方針を説明。（P32～P139）
- ・液状化検討対象施設への液状化影響について、先行炉との類似性及び審査状況を踏まえ、施設周辺に改良地盤等がない場合、又は改良地盤等の周辺地盤の液状化等により悪影響を与える恐れがある場合は、液状化考慮と液状化非考慮で耐震安全性評価上どちらが保守的になるかを確認するため、一次元又は二次元の全応力及び有効応力による地震応答解析を実施する方針を説明。一方で、悪影響を与える恐れがない場合は、全応力解析を実施する方針を説明。（P140～148）

# 審査会合における指摘事項に対する回答【No. 15】

## ■ 指摘事項（第730回審査会合 令和元年6月18日）

### 【No. 15（論点Ⅱ－29）地盤の液状化強度特性】

- 敷地の岩盤上の被覆層については、埋戻土（掘削ズリ）、埋戻土（粘性土）、砂礫層のみであることを敷地の造成履歴の観点からも説明すること。
- 原位置の液状化強度を測定する方法については、他のサンプリング方法及び試験方法との比較を踏まえて、試験結果の信頼性向上を検討すること。
- 簡易設定法による設計用液状化強度特性について、試験結果との比較等により、島根2号炉の各土層に対する適用性及び妥当性があることを説明すること。
- 簡易設定法による液状化強度特性の設定について、防波壁の構造種別エリア毎に採用したN値の代表性・網羅性及び保守性について説明すること。
- 埋戻土（掘削ズリ）に対する液状化試験の位置及びデータ数について、現状の信頼できるデータ数では、液状化対象土層の平面と深さ方向の広がりに対する代表性・網羅性及び保守的な液状化強度設定の観点から不十分であるため、追加の液状化試験を検討すること。また、検討において、他サイトの審査実績及び審査状況を踏まえること。
- 砂礫層の液状化試験について、南方向へ広がる範囲のボーリング調査箇所と液状化試験箇所のN値、細粒分含有率及び相対密度等の比較を行い、代表性・網羅性を説明すること。

## ■ 回答まとめ

- ・埋戻土（掘削ズリ）、埋戻土（粘性土）及び砂礫層の分布範囲及び土層構成に基づき、敷地の岩盤上の被覆層は、埋戻土（掘削ズリ）、埋戻土（粘性土）及び砂礫層であることを造成履歴の観点から説明。（P17～21）
- ・液状化試験試料の採取方法として、ロータリー式三重管サンプラーによるサンプリング方法と他の方法について、特徴及び適用範囲の観点から整理・比較を実施し、従前、4供試体による液状化試験データに加え、試料採取可能であった表層試料から10体の供試体を作製し、保守的な試験データを拡充。（P32～43）
- ・兵庫県南部地震による港湾施設の被害考察において簡易設定法の適用実績のある神戸港の埋立土と島根原子力発電所の埋戻土（掘削ズリ）及び砂礫層について、土質性状（N値、粒度分布）の比較を踏まえ、島根2号炉への簡易設定法による液状化強度特性設定が適用性及び妥当性を有することを説明。（P134～135）
- ・簡易設定法による液状化強度特性について、防波壁の構造種別エリア毎に採用したN値に基づき構造種別毎に設定する方針を、液状化強度特性の代表性・網羅性の観点から、敷地全体のN値に基づき同一の液状化強度特性を設定する方針に見直し。（P127～132）
- ・埋戻土（掘削ズリ）に対する液状化試験の位置及びデータ数について、代表性・網羅性の確保及び保守的な液状化強度特性設定の観点から、これまで液状化試験データが得られていなかった位置において試料採取し、液状化試験を追加実施。なお、試料採取方法は、先行他サイトの審査実績及び審査状況を踏まえ、サンプリング方法を整理・比較し、従前、4供試体による液状化試験データに加え、試料採取可能であった表層試料から10体の供試体を作製し、保守的な試験データを拡充。（P32～P139）
- ・砂礫層について、液状化試験試料採取位置と南方向に広がる範囲を含め敷地全体における砂礫層とのN値と細粒分含有率の比較を行い、液状化試験データが代表性・網羅性を有することを説明。（P59、64～66）

1. 液状化評価の基本方針
2. 液状化評価対象層の抽出
3. 液状化強度特性の網羅性， 代表性
  - 3.1 液状化試験試料採取位置とその代表性
  - 3.2 液状化試験結果
  - 3.3 基準地震動 $S_s$ に対する液状化試験の妥当性確認
  - 3.4 簡易設定法
  - 3.5 液状化強度特性の設定方針
4. 液状化影響の評価方針
5. 参考文献

1. 液状化評価の基本方針
2. 液状化評価対象層の抽出
3. 液状化強度特性の網羅性，代表性
  - 3.1 液状化試験試料採取位置とその代表性
  - 3.2 液状化試験結果
  - 3.3 基準地震動 $S_s$ に対する液状化試験の妥当性確認
  - 3.4 簡易設定法
  - 3.5 液状化強度特性の設定方針
4. 液状化影響の評価方針
5. 参考文献

- 实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  
(設計基準対象施設の地盤)

第三条 設計基準対象施設は，次条第二項の規定により算定する地震力が作用した場合においても当該設計基準対象施設を十分に支持することができる地盤に設けなければならない。

2 耐震重要施設は，変形した場合においてもその安全機能が損なわれるおそれがない地盤に設けなければならない。

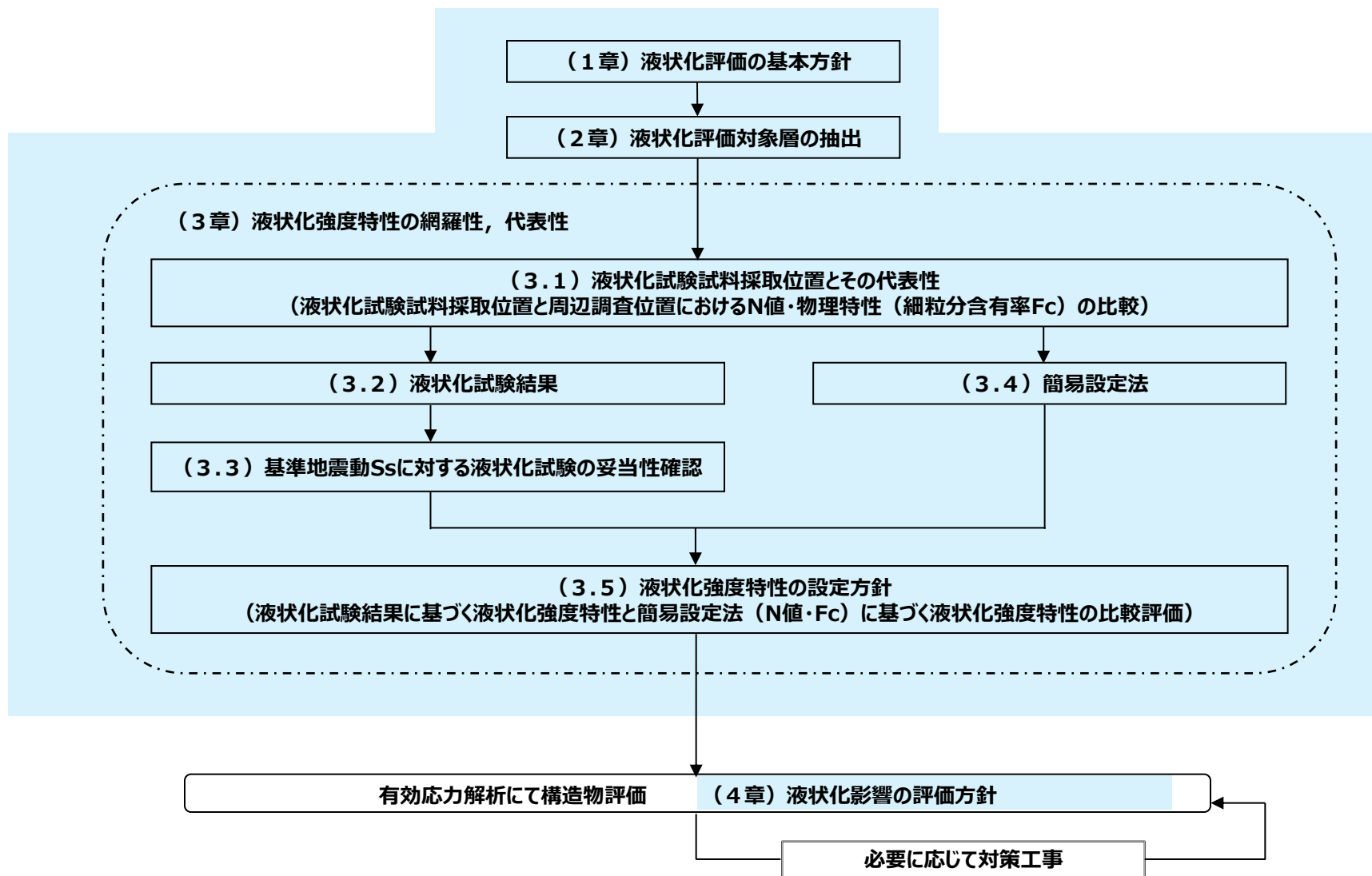
- 实用発電用原子炉及びその附属施設の位置，構造及び設備の基準に関する規則（別記1）

第3条（設計基準対象施設の地盤）

1 第3条第1項に規定する「設計基準対象施設を十分に支持することができる」とは，設計基準対象施設について，自重及び運転時の荷重等に加え，耐震重要度分類の各クラスに応じて算定する地震力が作用した場合においても，接地圧に対する十分な支持力を有する設計であることをいう。

2 第3条第2項に規定する「変形」とは，地震発生に伴う地殻変動によって生じる支持地盤の傾斜及び撓み並びに地震発生に伴う建物・構築物間の不等沈下，液状化及び揺すり込み沈下等の周辺地盤の変状をいう。





# 1. 液状化評価の基本方針

## 液状化評価の基本方針

- 液状化評価については、道路橋示方書・同解説（V耐震設計編）（（社）日本道路協会，H24.3）（以下、「道路橋示方書」という）に基づく液状化判定の対象となる土層に加え、液状化判定の対象外となる50%粒径が10mmを超過する、または、10mm以下であっても10%粒径が1mmを超過する土層については、粒径2mm未満の砂を含む場合は念のため液状化試験を実施し、液状化の有無を確認することで保守的な評価を実施し、粒径2mm未満の砂を含まない場合は土質性状等を踏まえて液状化の有無を確認する。また、島根原子力発電所の津波防護施設や護岸等は、港湾の施設の技術上の基準・同解説（（社）日本港湾協会，H19）（以下、「港湾基準」という）に基づき設計していることを踏まえ、港湾基準に基づいた液状化評価も行うが、土の粒径加積曲線が「液状化の可能性あり」の範囲内に含まれない土層については、粒径2mm未満の砂を含む場合は念のため液状化試験を実施し、液状化の有無を確認することで保守的な評価を実施し、粒径2mm未満の砂を含まない場合は土質性状等を踏まえて液状化の有無を確認する。なお、島根原子力発電所の設計基準対象施設及び重大事故等対処施設に該当する建物、構築物、屋外重要土木構造物及び津波防護施設は、堅固な地盤上に設置されていることから、液状化の影響検討を行う地盤は構造物の「周辺地盤」を対象とする。
- 液状化試験により、地震時の地盤の状態を判定し、それを踏まえた液状化強度特性の設定について検討を行う。
- 液状化強度特性は、港湾基準に基づく詳細な計算例をまとめた港湾構造物設計事例集（沿岸技術研究センター，H19）（以下、「設計事例集」という）に準拠し、有効応力解析（FLIP）の簡易パラメータ設定法（以下、「簡易設定法」という）により設定する。なお、液状化試験結果が繰返し軟化（サイクリックモビリティ含む）、若しくは非液状化となる土層も、念のため液状化強度特性を設定して保守的な構造物評価を実施する。また、簡易設定法より設定した液状化強度特性は、液状化試験結果による液状化強度特性よりも保守的であることを確認する。

### 液状化評価の基本方針

| 本検討の対象土層    |          |              | 道路橋示方書<br>及び港湾基準<br>における液状<br>化評価の対象 | 当社評価           |                                       |   |
|-------------|----------|--------------|--------------------------------------|----------------|---------------------------------------|---|
| 地層名         | 堆積年代     | 調査地点名<br>土層名 |                                      | 液状化試験<br>による判定 | 液状化強度特性<br>の設定の考え方                    | 液状化強度特性<br>の保守性   |
| 被<br>覆<br>層 | 盛土       | 完新世          | E-2～E-8, A～E<br>埋戻土<br>(掘削入り)        | ×<br>対象外       | 設計事例集に準拠<br>し、FLIPの簡易設<br>定法に基づき設定する。 | 簡易設定法に基づき設定<br>した液状化強度特性<br>が、液状化試験結果<br>による液状化強度特<br>性とは比べ保守的であ<br>ることを確認する。 |
|             | 崖錐・海底堆積物 | 完新世          | E-1, E-7, E-8<br>砂礫層                 | ○<br>対象        |                                       |   |



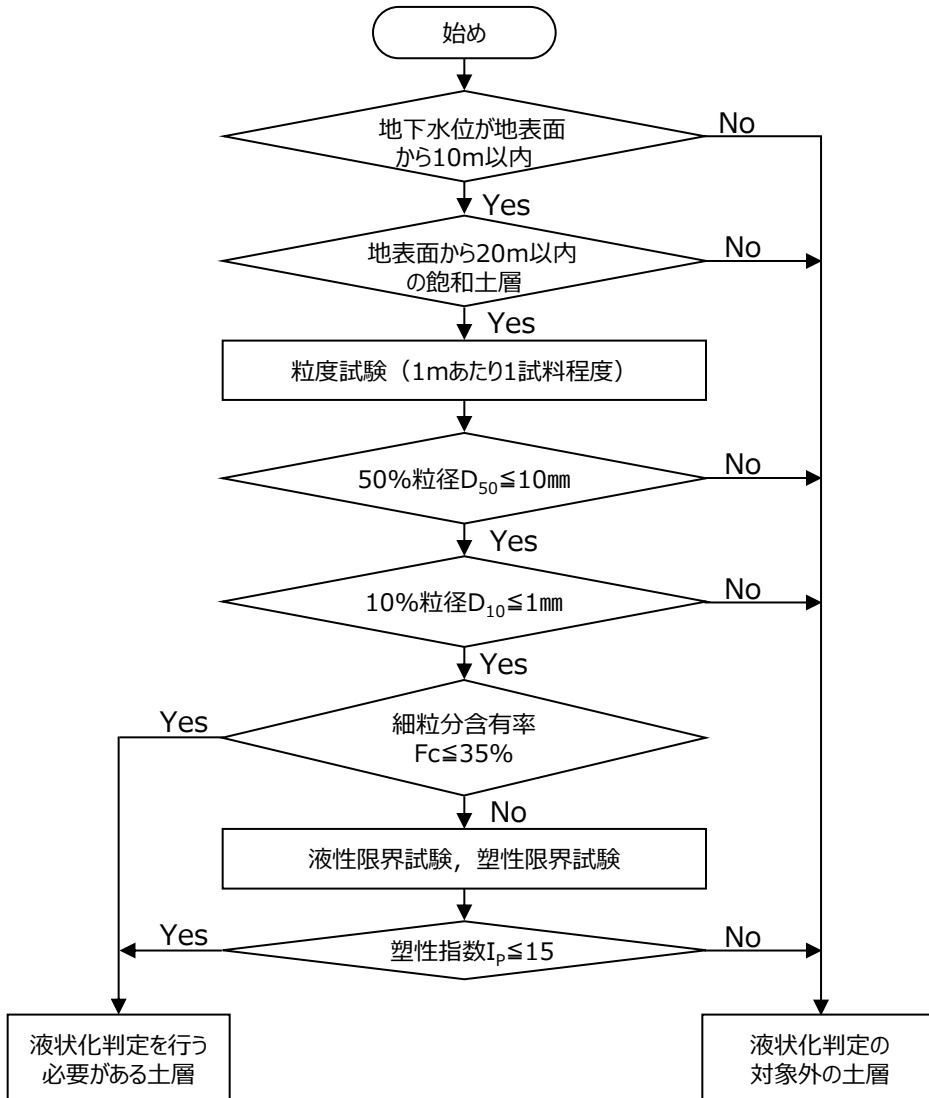
1. 液状化評価の基本方針
2. 液状化評価対象層の抽出
3. 液状化強度特性の網羅性，代表性
  - 3.1 液状化試験試料採取位置とその代表性
  - 3.2 液状化試験結果
  - 3.3 基準地震動 $S_s$ に対する液状化試験の妥当性確認
  - 3.4 簡易設定法
  - 3.5 液状化強度特性の設定方針
4. 液状化影響の評価方針
5. 参考文献

## 2. 液状化評価対象層の抽出 敷地の地質

- 敷地の地質は、新第三紀中新世の堆積岩類からなる成相寺層及び貫入岩類、並びにそれらを覆う被覆層から構成される。成相寺層は海成層で、下位より下部頁岩部層、火砕岩部層及び上部頁岩部層に区分される。
- 被覆層は、崖錐・海底堆積物及び盛土からなる。崖錐・海底堆積物は主に礫混り砂質土及び礫混り粘性土からなり、約2m～5mの厚さで、斜面中腹や裾部、あるいは谷部等の傾斜面に分布する。また、盛土は1号炉、2号炉及び3号炉建設時の埋立地等に分布する。

敷地の地質層序表

| 地質時代 |      | 地層名 |          | 主要構成地質        |                    |
|------|------|-----|----------|---------------|--------------------|
| 新生代  | 第四紀  | 完新世 | 被覆層      | 盛土            | 埋戻土(掘削ズリ)・埋戻土(粘性土) |
|      |      |     | 崖錐・海底堆積物 | 礫混り砂質土・礫混り粘性土 |                    |
|      | 新第三紀 | 中新世 | 成相寺層     | 貫入岩類          | ドレライト・安山岩          |
|      |      |     |          | 上部頁岩部層        | 黒色頁岩               |
|      |      |     |          | 火砕岩部層         | 凝灰岩・凝灰角礫岩          |
|      |      |     |          | 下部頁岩部層        | 黒色頁岩・凝灰質頁岩         |



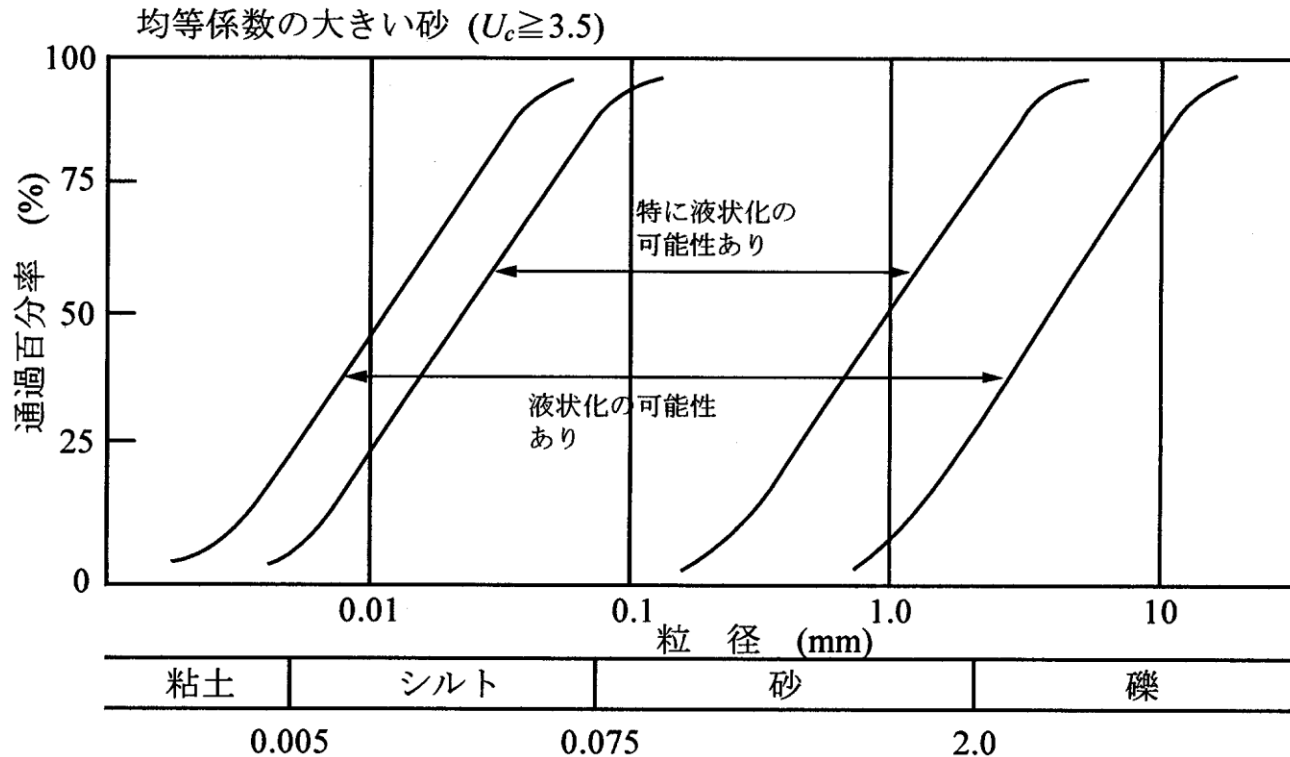
- 道路橋示方書に基づき、液状化評価対象層を抽出する（左図）。
- 道路橋示方書では、50%粒径が10mm以下で、かつ、10%粒径が1mm以下である土層について液状化評価対象層としている。

液状化評価対象層の抽出フロー

## 2. 液状化評価対象層の抽出

## 液状化評価対象層の抽出フロー

- 港湾基準に基づき、液状化評価対象層を抽出する（下図）。
- 港湾基準では、粒度による土の分類を行い、粒径加積曲線が「液状化の可能性あり」の範囲内に含まれる土を液状化評価対象層としている。

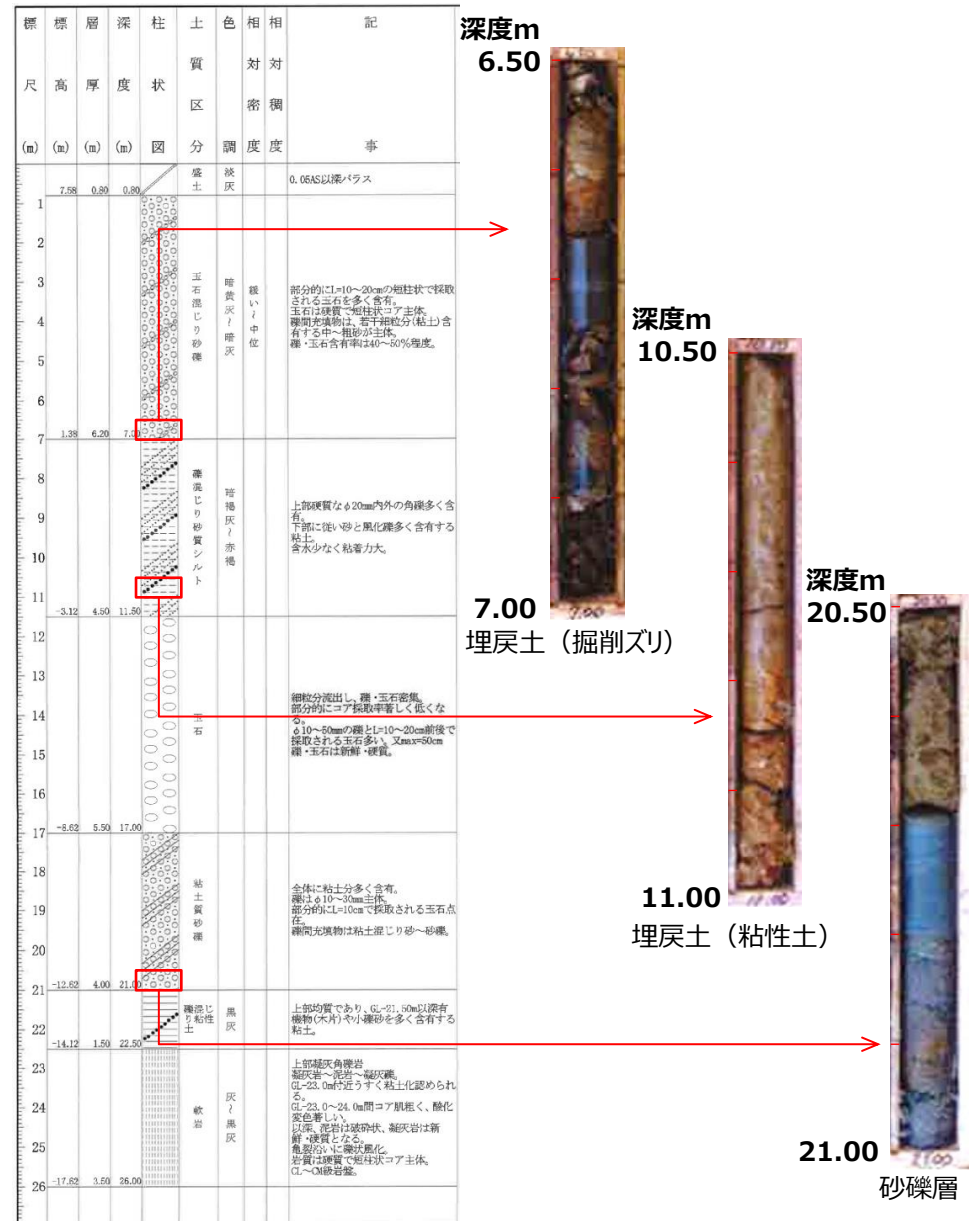


## 粒度による液状化判定

港湾の施設の技術上の基準・同解説（上巻）（（社）日本港湾協会，H19）

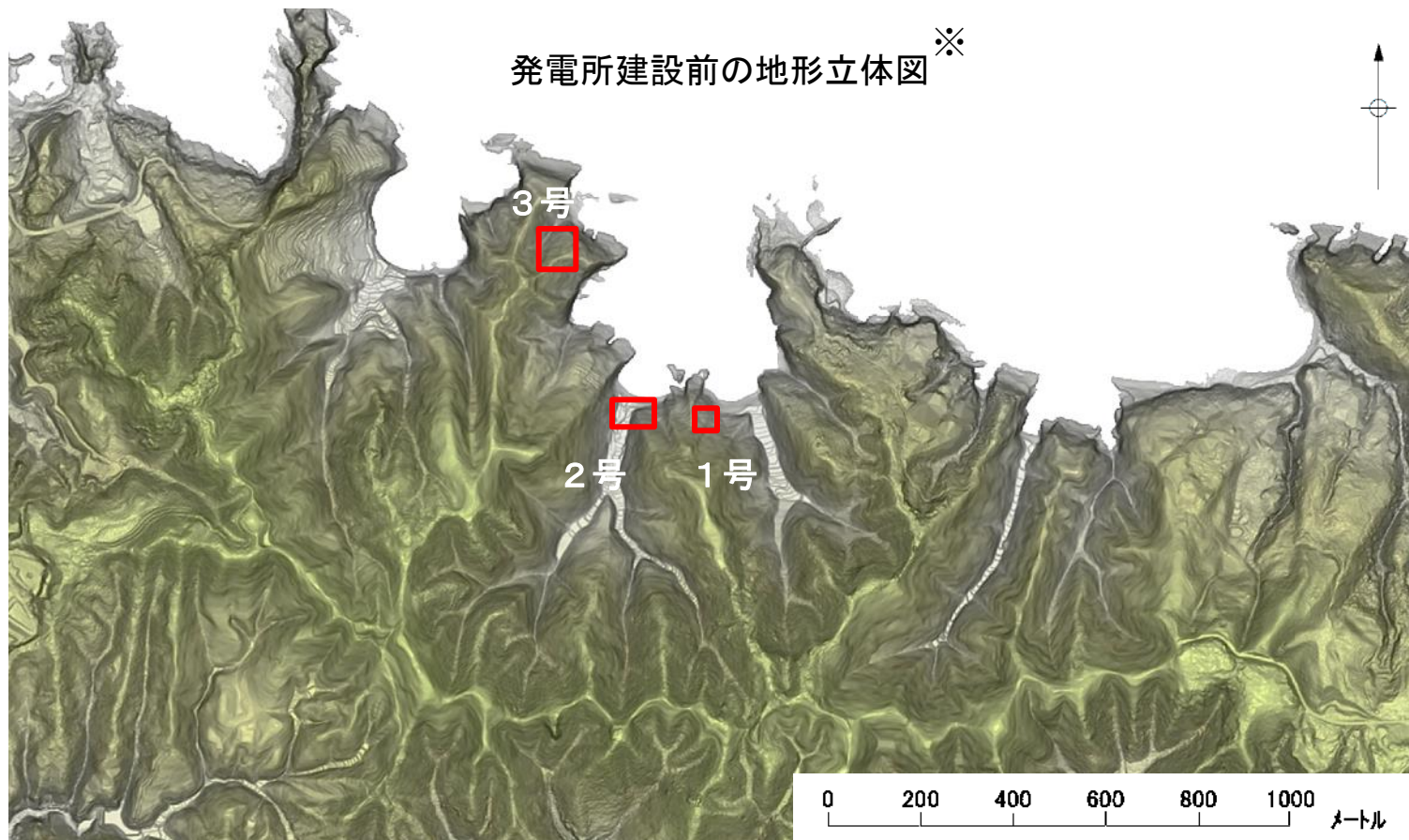
## 2. 液状化評価対象層の抽出 敷地の被覆層について

- 敷地の被覆層である盛土は、埋戻土（掘削ズリ）と埋戻土（粘性土）に分類している。埋戻土（掘削ズリ）は、発電所建設時の敷地造成において発生した新第三紀中新世の成相寺層の岩砕が主体となっており、広く分布する。埋戻土（粘性土）は、護岸建設時に、背面の止水性を担保するために幅20m程度にわたり裏込めしたものである。
- 敷地の被覆層である崖錐・海底堆積物は、砂礫層として分類している。
- 前記の被覆層が観察されるボーリング孔の柱状図及び代表的なコア写真を右図に示す。



## 2. 液状化評価対象層の抽出 敷地の地形について

- 発電所建設前の地形立体図を以下に示す。1号炉，2号炉及び3号炉の建設にあたり，周辺の山を掘削して敷地を造成し，原子炉建物，取水槽等の施設を岩盤上に設置した。
- 敷地の前面（北側）に護岸を設置し，敷地造成において発生した岩砕を主体とする埋戻土（掘削ズリ）により埋戻した。なお，護岸背面の止水性を担保するための埋戻土（粘性土）が1，2号炉北側に分布し，砂礫層として分類した崖錐・海底堆積物が1号炉東側，3号炉北側及び輪谷湾周辺において局所的に分布する。

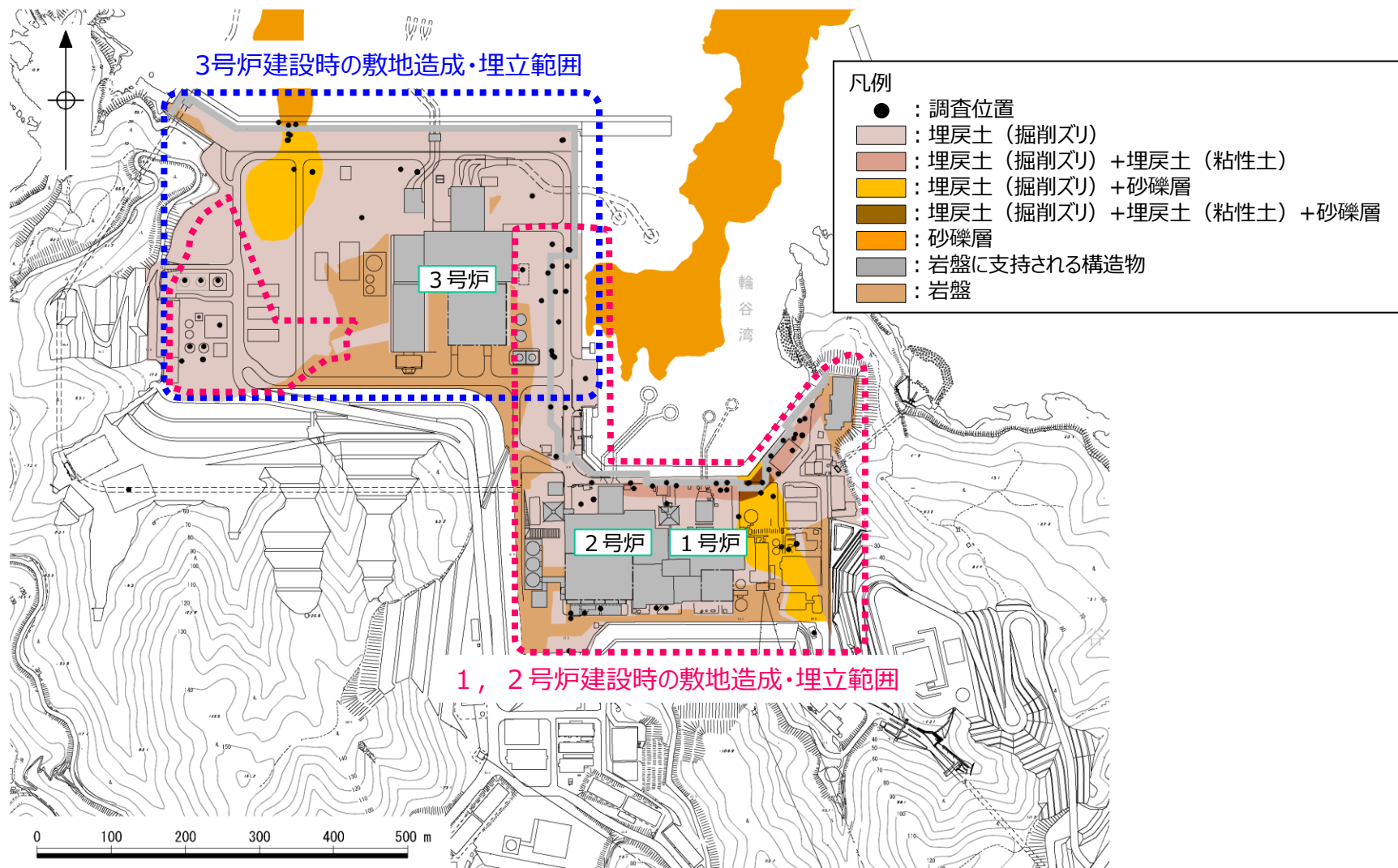


※航空レーザー測量で取得した2mメッシュのDEMデータに，空中写真により取得した旧地形のDEMデータを合成して作成したもの



## 2. 液状化評価対象層の抽出 敷地の地層分布状況について

- 敷地の被覆層の分布状況を以下に示す。EL+15m以下の敷地には、埋戻土（掘削ズリ）、埋戻土（粘性土）、及び砂礫層が分布する。

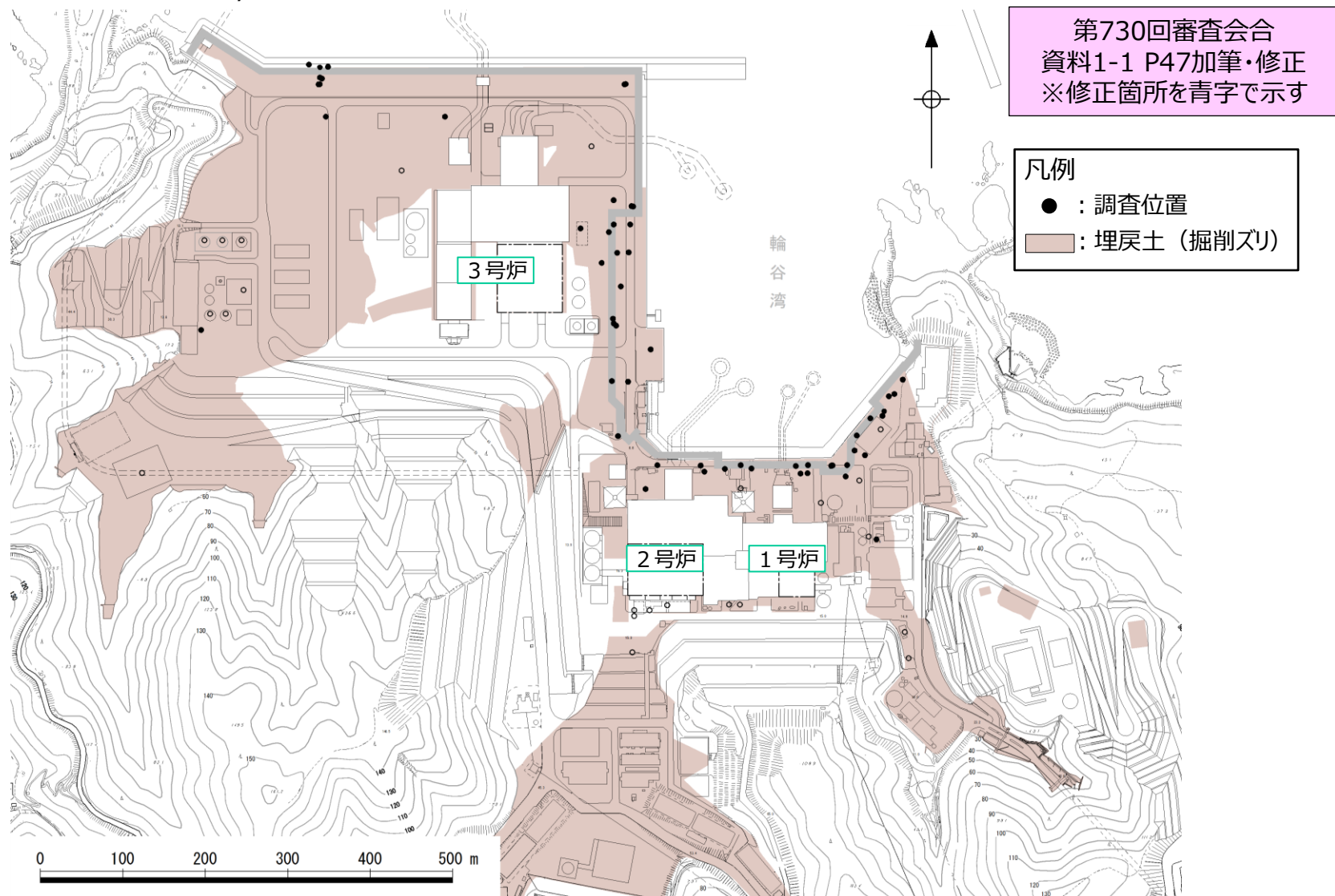


敷地の被覆層 分布図

## 2. 液状化評価対象層の抽出

## 敷地の地層分布状況について（埋戻土（掘削ズリ）分布図）

- 埋戻土（掘削ズリ）は、敷地**全体**において概ね全域にわたって広範囲に分布する。



埋戻土（掘削ズリ）分布図

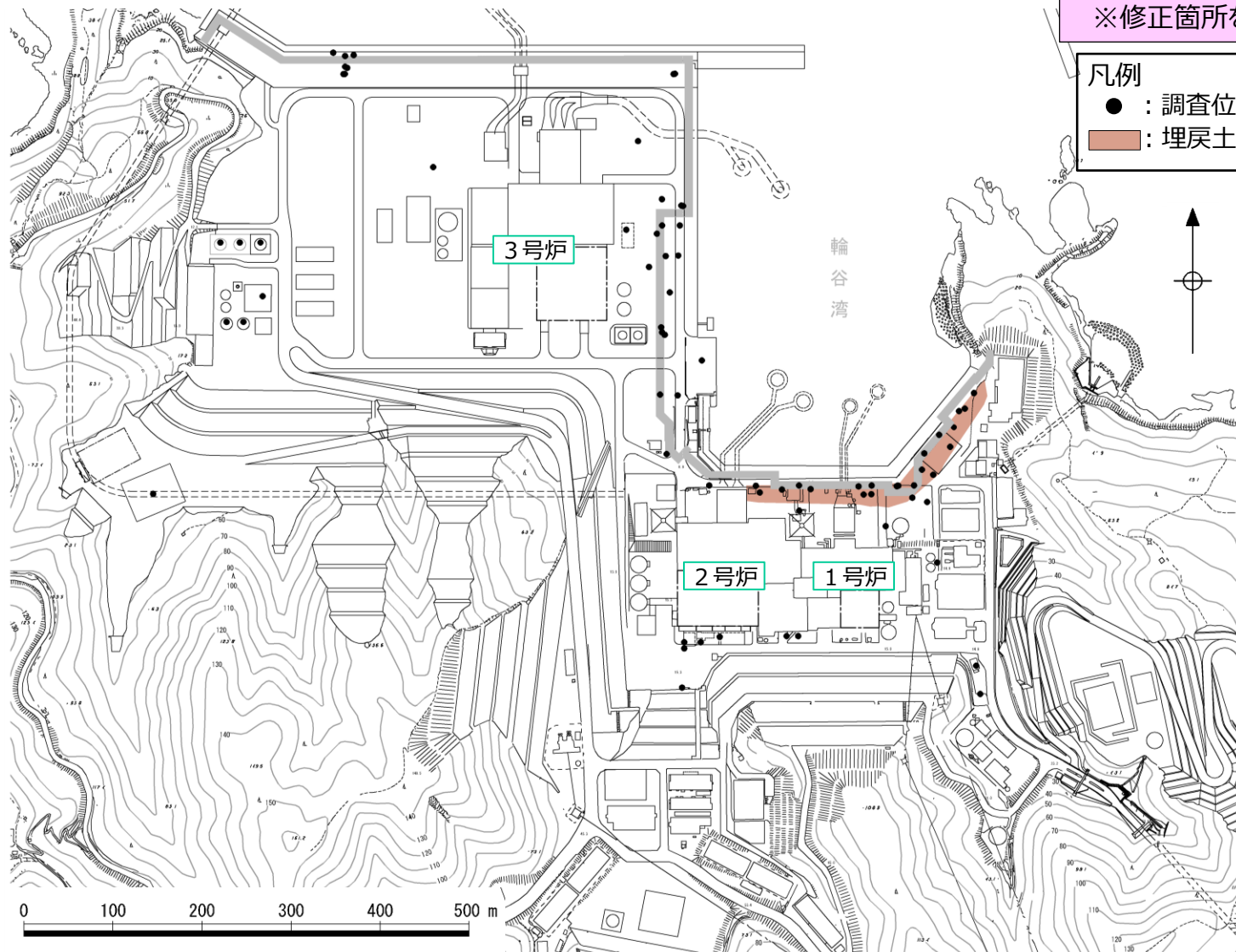


## 2. 液状化評価対象層の抽出

## 敷地の地層分布状況について（埋戻土（粘性土）分布図）

■埋戻土（粘性土）は、1，2号炉北側護岸背面にのみ分布する。

第730回審査会合  
資料1-1 P48加筆・修正  
※修正箇所を青字で示す

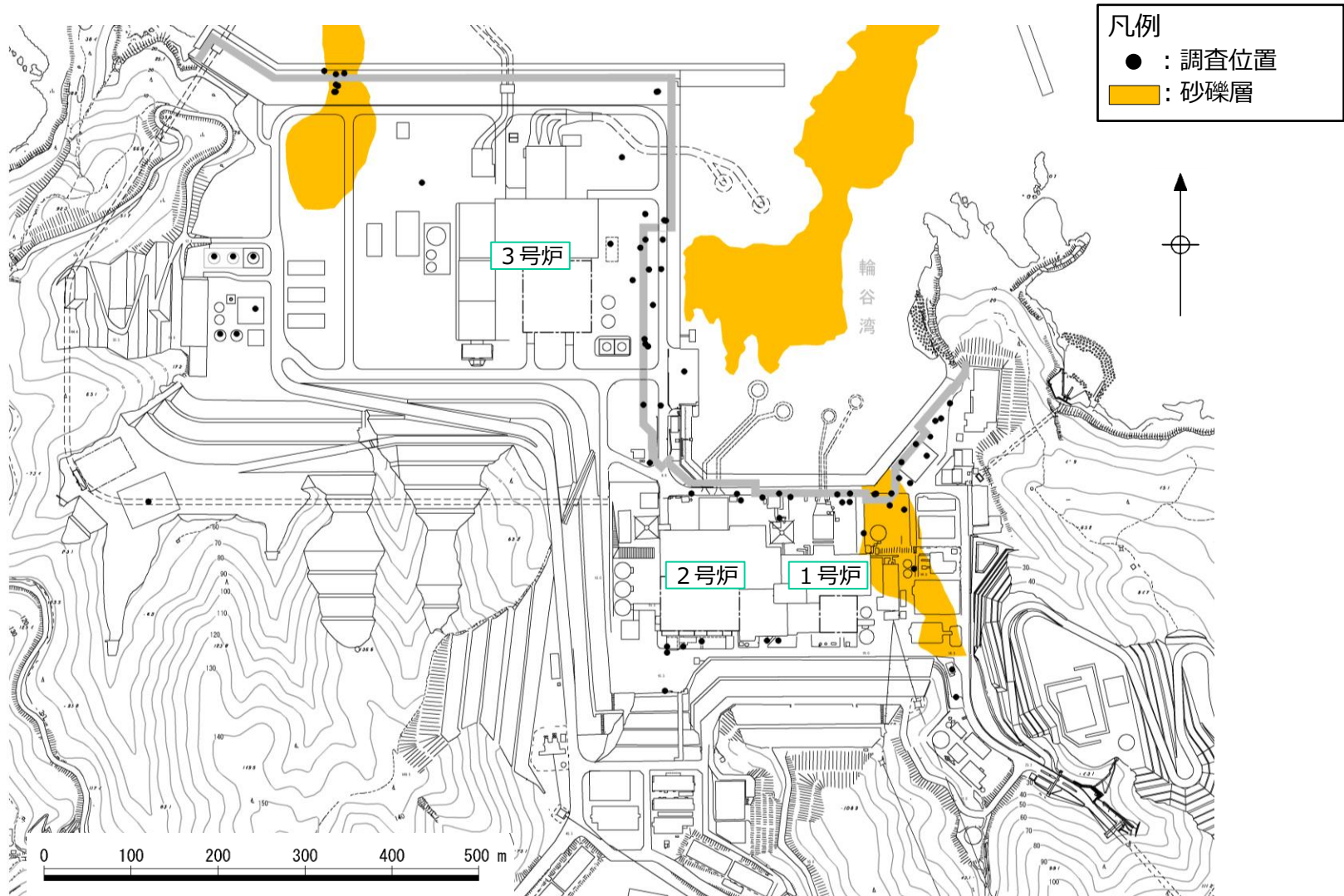


埋戻土（粘性土）分布図

## 2. 液状化評価対象層の抽出

### 敷地の地層分布状況について（砂礫層分布図）

- 砂礫層は、1号炉東側のEL+15m以下の敷地、3号炉北側のEL+8.5m以下の敷地及び輪谷湾周辺において局所的に分布する。

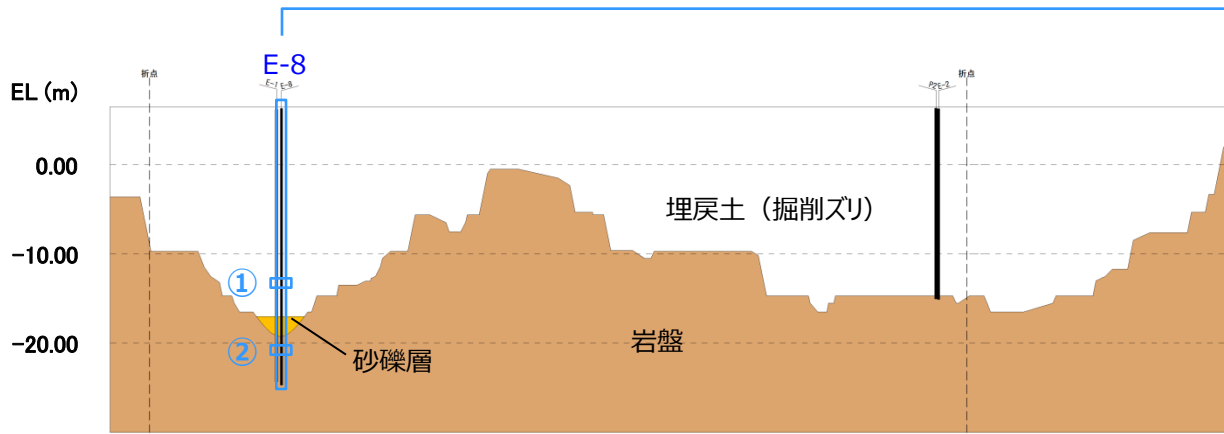


砂礫層分布図

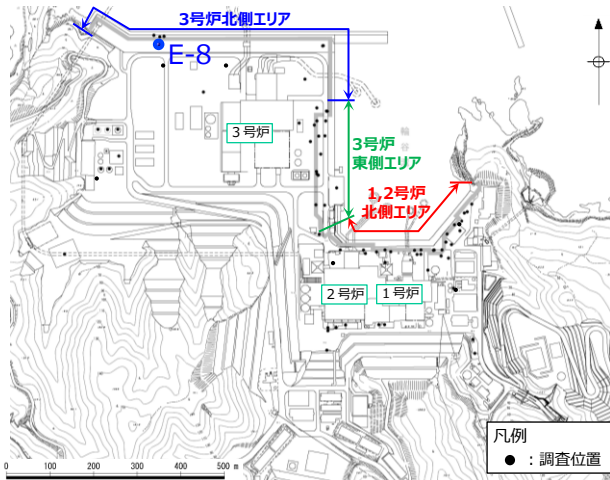
※輪谷湾周辺の砂礫層分布（自社調査（H7））

## 2. 液状化評価対象層の抽出 敷地の地層分布状況について（3号炉北側エリア）

- 防波壁（3号炉北側エリア）の地層の分布状況を下図に示す。埋戻土（掘削ズリ）が広範囲に分布しており、局所的に砂礫層が分布する。
- 本エリアのボーリング調査柱状図並びに埋戻土（掘削ズリ）及び砂礫層のコア写真を下図に示す。



地質断面図（3号炉北側エリア） H:V=1:5



敷地平面図

深度

20.50m

21.00m

①



埋戻土（掘削ズリ）

26.50m

27.00m

②



砂礫層

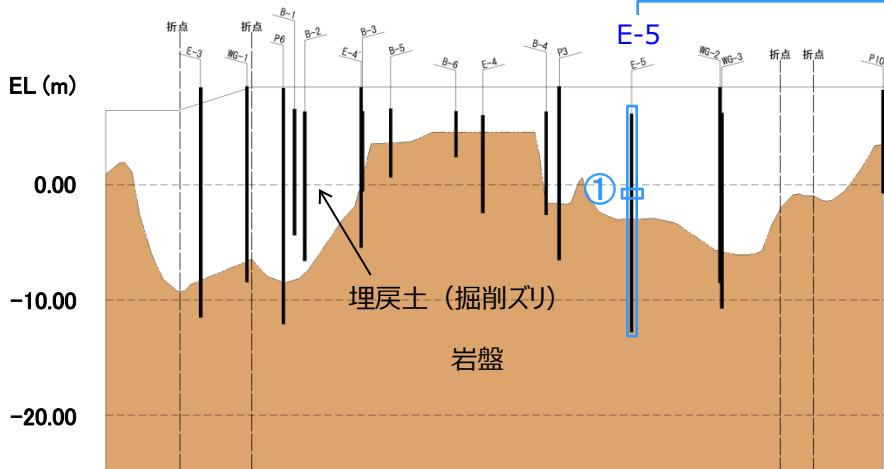
コア写真

| 標高 (m) | 層厚 (m) | 柱状図  | 土質区分  | 色相      | 相対密度 | 相対稠度 | 記   |
|--------|--------|------|-------|---------|------|------|---|
| 1      | 4.82   | 1.50 | 1.50  | 玉石混り砂質礫 | 暗褐色  |      | 試験区間の埋戻土。片状の玉石存在。φ70mmの片状～角礫状にて採取。礫はφ50mm以下の角礫。礫間には砂～細礫が充填。低含水。         |
| 2      |        |      |       | 玉石混り砂質礫 | 暗褐色  |      | 玉石を片状～角礫状にて採取。φ50mm～30mm以下の角礫土層に採取。礫間は粘土質からなり。礫比重にばらつきあり。一部風化礫層状。低含水。   |
| 3      |        |      |       | 玉石混り砂質礫 | 暗褐色  |      |   |
| 4      |        |      |       | 玉石混り砂質礫 | 暗褐色  |      | 中位～非常に密な  |
| 5      | 0.82   | 4.00 | 5.50  | コンクリート  | 灰    |      |   |
| 6      | 0.52   | 0.30 | 5.80  | 砂質礫     | 灰    |      | 田表面コンクリート   |
| 7      | -0.18  | 0.70 | 6.50  | 砂質礫     | 暗褐色  |      | 細礫～粗砂主体。含水中位。   |
| 8      |        |      |       | 礫質砂     | 暗褐色  |      | 粗砂～細礫主体。全般的に高含水で崩壊性に富む。   |
| 9      |        |      |       | 砂質礫     | 暗褐色  |      |   |
| 10     | -3.03  | 2.85 | 9.35  | シルト質礫   | 暗褐色  |      | 粗砂～細礫主体。一部φ50mm前後の片状礫。並角礫が混入する。埋戻土（掘削ズリ）にシルト混入。高含水で崩壊性に富む。              |
| 11     | -4.13  | 1.10 | 10.45 | 砂質礫     | 暗褐色  |      |   |
| 12     | -5.08  | 0.95 | 11.40 | 玉石      | 淡青灰色 |      | L=90cmの礫石。捨石。凝灰岩質でやや軟質。伏在亀裂で割れやすい。コア採取時に崩壊する。掘削でコア周囲は砂化し。               |
| 13     | -5.38  | 0.30 | 11.70 | 玉石混り砂質礫 | 暗褐色  |      |   |
| 14     | -7.38  | 2.00 | 13.70 | 玉石混り砂質礫 | 暗褐色  |      | L=10cmの玉石。φ50mm以下の角礫主体。礫間は細礫～粗砂。若干の細砂が混入。                               |
| 15     | -7.38  | 2.00 | 13.70 | 粘土質砂質礫  | 暗褐色  |      | φ30mm以下の重礫。細礫主体。礫間はやや粘土～シルト質。含水高い。                                      |
| 16     | -8.98  | 1.60 | 15.30 | 玉石混り砂質礫 | 暗褐色  |      |   |
| 17     |        |      |       | 玉石混り砂質礫 | 暗褐色  |      | L=10cm柱状～片状の玉石。φ50mm以下の角礫。礫間は細礫～粗砂。全体に細砂が混入。                            |
| 18     |        |      |       | 玉石混り砂質礫 | 暗褐色  |      |   |
| 19     |        |      |       | 玉石混り砂質礫 | 暗褐色  |      | L=10cm柱状～片状の玉石。φ50mm以下の角礫。礫間は細礫～粗砂。全体に細砂～細砂分質。                          |
| 20     | -13.68 | 4.70 | 20.00 | 玉石混り砂質礫 | 暗褐色  |      |   |
| 21     |        |      |       | 玉石混り砂質礫 | 暗褐色  |      | L=20cm柱状～片状の玉石。φ50mm以下の角礫。礫間は細礫～粗砂。全体に細砂～細砂分質。                          |
| 22     | -15.88 | 2.30 | 22.30 | 玉石混り砂質礫 | 暗褐色  |      |   |
| 23     | -17.03 | 1.15 | 23.35 | コンクリート  | 灰    |      | 基礎コンクリート。   |
| 24     | -17.48 | 0.45 | 23.80 | 粗砂      | 暗褐色  |      | 上層10cm弱部砂灰色の細砂。以降は平均角礫の砂。   |
| 25     | -18.68 | 1.20 | 25.00 | 粗砂      | 暗褐色  |      | 礫質粗砂。礫質粗砂。変状の玉石伴う。G <sub>L</sub> -2。礫は0.5m間にはG <sub>L</sub> -3～5cmの木片状。 |
| 26     | -19.18 | 0.50 | 25.50 | 粗砂      | 暗褐色  |      |   |
| 27     | -20.58 | 1.40 | 26.90 | 粗砂      | 暗褐色  |      | 高含水。φ20mm以下の礫。砂を混入。木片含む。  |
| 28     | -22.28 | 1.70 | 28.60 | 粗砂      | 暗褐色  |      |   |
| 29     |        |      |       | 粗砂      | 暗褐色  |      | φ20mm以下の礫～細礫主体。全体に粘土質。  |
| 30     |        |      |       | 粗砂      | 暗褐色  |      |   |
| 31     | -24.68 | 2.40 | 31.00 | 粗砂      | 暗褐色  |      | 基礎礫層。片状～20cm柱状の玉石が混入する。φ50mm以下の重礫主体。礫間は細礫～砂が充填。                         |
| 32     |        |      |       | 粗砂      | 暗褐色  |      |   |

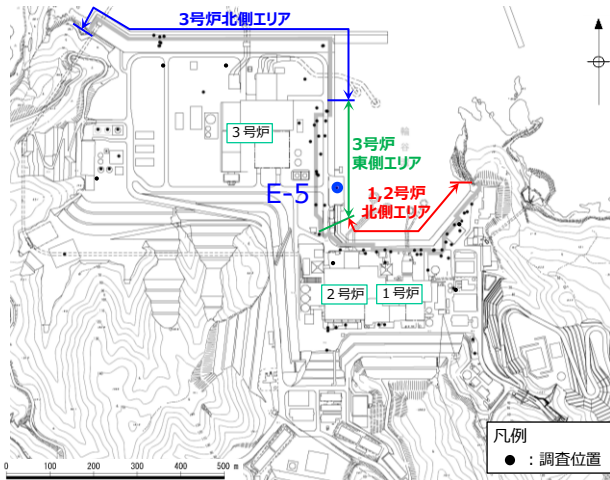


## 2. 液状化評価対象層の抽出 敷地の地層分布状況について（3号炉東側エリア）

- 防波壁（3号炉東側エリア）の地層の分布状況を下図に示す。埋戻土（掘削ズリ）が広範囲に分布する。
- 本エリアのボーリング調査柱状図及び埋戻土（掘削ズリ）のコア写真を下図に示す。



地質断面図（3号炉東側エリア） H:V=1:5



敷地平面図

深度 7.50m 8.00m

①



埋戻土（掘削ズリ）

コア写真

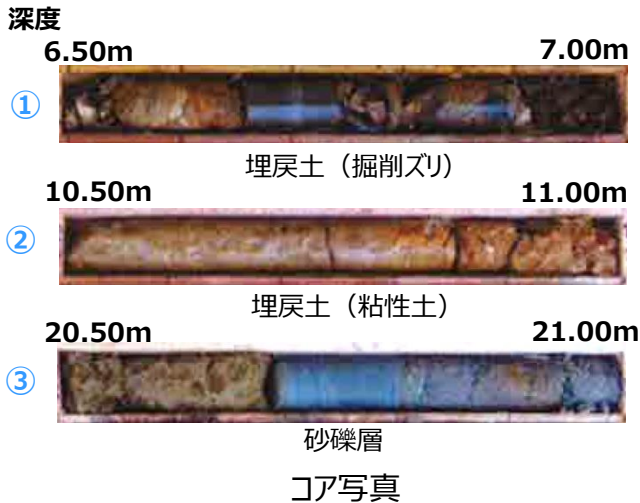
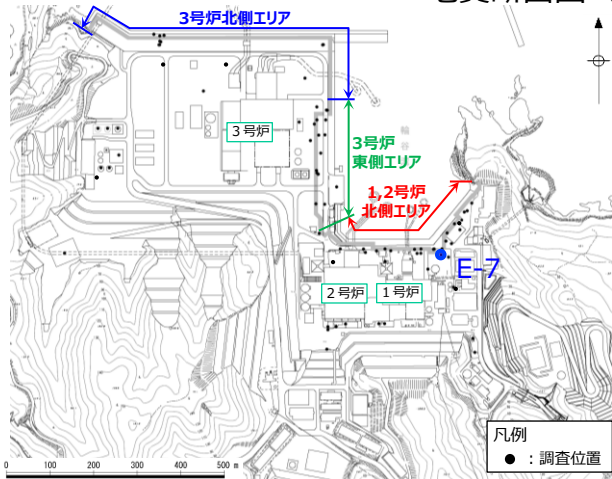
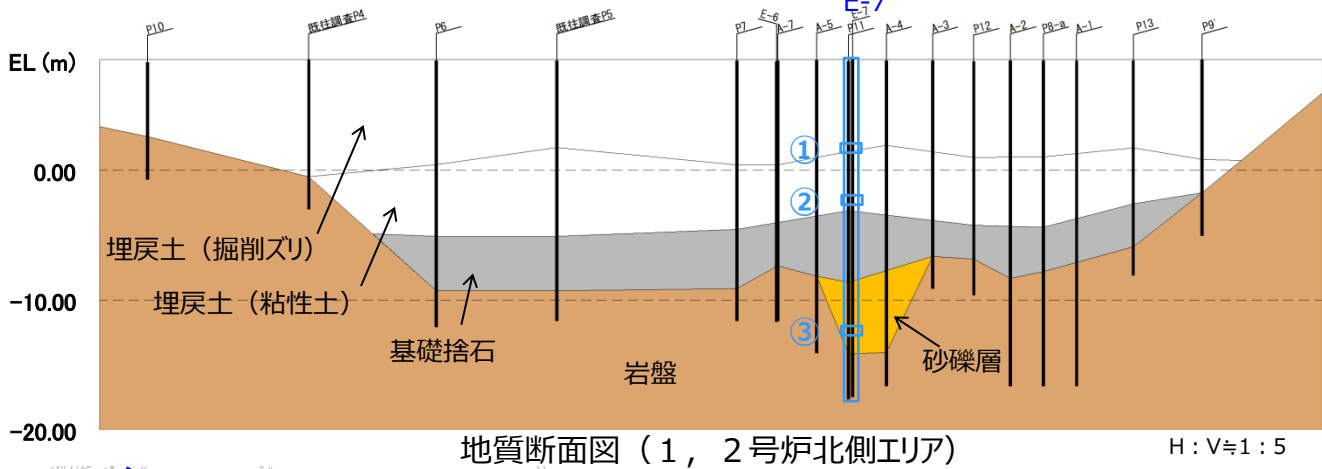
| 標尺 (m) | 層高 (m) | 層厚 (m) | 深度 (m) | 柱状図 | 土質区分     | 色相     | 相対密度 | 相対稠度 | 相対稠度 | 記   |
|--------|--------|--------|--------|-----|----------|--------|------|------|------|---|
| 1      | 4.69   | 1.50   | 1.50   |     | 砂質礫      | 暗褐色    |      |      |      | 試験区間の埋戻土。礫はφ50mm以下の砕石状の角礫、礫間は細礫、粗砂が充填、低含水。  |
| 2      |        |        |        |     |          |        |      |      |      |   |
| 3      |        |        |        |     |          |        |      |      |      |   |
| 4      |        |        |        |     |          |        |      |      |      |   |
| 5      |        |        |        |     |          |        |      |      |      |   |
| 6      |        |        |        |     |          |        |      |      |      |   |
| 7      |        |        |        |     | 玉石混り砂質礫  | 暗褐色    |      |      |      | 玉石を片状~30cm柱状にて採取。φ50mm~30mm以下の角礫混入する。礫間は細礫~粗砂質砂からなり、硬質土層にほゞつきあり、一部風化礫層状。全含水。                                |
| 8      |        |        |        |     |          |        |      |      |      |   |
| 9      |        |        |        |     |          |        |      |      |      |   |
| 10     |        |        |        |     |          |        |      |      |      |   |
| 11     |        |        |        |     |          |        |      |      |      |   |
| 12     |        |        |        |     |          |        |      |      |      |   |
| 13     |        |        |        |     |          |        |      |      |      |   |
| 14     | -7.31  | 12.00  | 13.50  |     | シルト・砂・玉石 | 淡褐色    |      |      |      | 緩い。非常に密な。l=500~800mm角石主体、一部の角石は表面で割れ目ありで固結粘土状に散在する。礫間は砂質で風化起泥のシルト質細粒土~貝殻細片が混入する海砂状のシルト混り中砂。φ10mm前後の小礫が混入する。 |
| 15     |        |        |        |     |          |        |      |      |      |   |
| 16     | -9.91  | 2.60   | 16.10  |     | 凝灰岩・軟岩   | 青灰・青褐色 |      |      |      | 基盤岩。円盤状~10cm柱状コア。全層にコアは脆く、深部に伴い硬質となる。gl=17m付近は白濁化して軟化する。  |
| 17     |        |        |        |     |          |        |      |      |      |   |
| 18     | -11.71 | 1.80   | 17.90  |     | 凝灰岩・軟岩   | 青褐色    |      |      |      | 縦亀裂が状在する100cm柱状コア。岩片は比較的硬質。伏在亀裂沿いへや脆く割れやすい。   |
| 19     | -12.81 | 1.10   | 19.00  |     |          |        |      |      |      |   |
| 20     |        |        |        |     |          |        |      |      |      |   |

埋戻土（掘削ズリ）

基盤岩

## 2. 液状化評価対象層の抽出 敷地の地層分布状況について（1, 2号炉北側エリア）

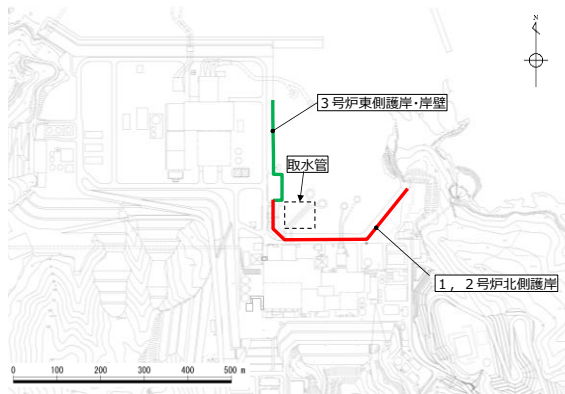
- 防波壁（1, 2号炉北側エリア）の地層の分布状況を下図に示す。埋戻土（掘削ズリ）及び埋戻土（粘性土）が広範囲に分布しており、局所的に砂礫層が分布する。また、混成護岸の基礎捨石が岩盤上に分布する。
- 本エリアのボーリング調査柱状図並びに埋戻土（掘削ズリ）、埋戻土（粘性土）及び砂礫層のコア写真を下図に示す。



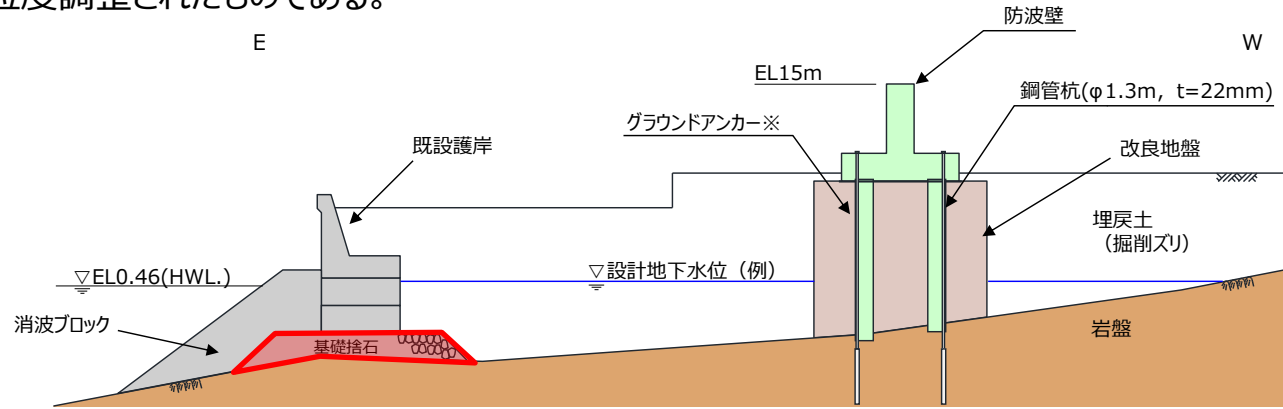
| 標高<br>尺 (m) | 層厚<br>度 (m) | 柱状<br>図 | 土質<br>区分              | 色相<br>対調<br>度 | 相対<br>密稠<br>度 | 相対<br>稠度 | 記<br>事   |
|-------------|-------------|---------|-----------------------|---------------|---------------|----------|--|
| 7.58        | 0.80        | 0.80    | 産土                    | 淡灰            |               |          | 0.06AS以泥プラス  |
| 1           |             |         | 玉石<br>混じり<br>砂礫       | 暗黄灰<br>暗灰     |               | 緩い<br>中位 | 部分的にL=10~20cmの柱状で採取される玉石が多く含有。玉石は球状で粘状コア主体。隙間充填物は、若干細粒分(粘土)を含む中~細砂が主体。細土含有率は40~60%程度。  |
| 1.38        | 0.80        | 1.18    | 混成護岸<br>掘削ズリ<br>砂質シルト | 暗黄灰<br>赤褐     |               |          | 上部硬質なφ20cm内外の角礫多く含有。下部に微細砂と風化礫多く含有する。粘土含有率少なく粘着力大。   |
| -3.12       | 4.50        | 11.50   | 玉石                    |               |               |          | 細粒分流出し、隙・玉石密集。部分的にコア採取率著しく低くなる。φ10~50mmの礫とL=10~20cm前後で採取される玉石多量。又max=50cm。礫・玉石は新鮮・硬質。  |
| -8.62       | 5.50        | 17.00   | 粘土質砂礫                 |               |               |          | 全層に粘土分多く含有。礫はφ10~30mm主体。部分的にL=10cmで採取される玉石点。隙間充填物は粘土混じり砂~砂礫。   |
| -12.62      | 4.00        | 21.00   | 混成護岸<br>立粘土           | 風灰            |               |          | 上部硬質であり、G <sub>L</sub> -21.50m以降有機物(木片)や小礫砂を多く含有する粘土。  |
| -14.12      | 1.50        | 22.50   | 軟岩                    | 灰<br>風灰       |               |          | 上部硬質角礫。混成護岸~産土~凝灰岩。G <sub>L</sub> -23.0m付近で土質確認される。G <sub>L</sub> -23.0~24.0m間コア脆く、融変変容著しい。以降、硬岩砕屑状、凝灰岩は新鮮・硬質となる。亀裂面に融変風化。若質は膠質で柱状コア主体。G <sub>L</sub> -23.0m層岩盤。 |
| -17.62      | 3.50        | 26.00   |                       |               |               |          |  |

## 2. 液状化評価対象層の抽出 敷地の購入地盤材料について

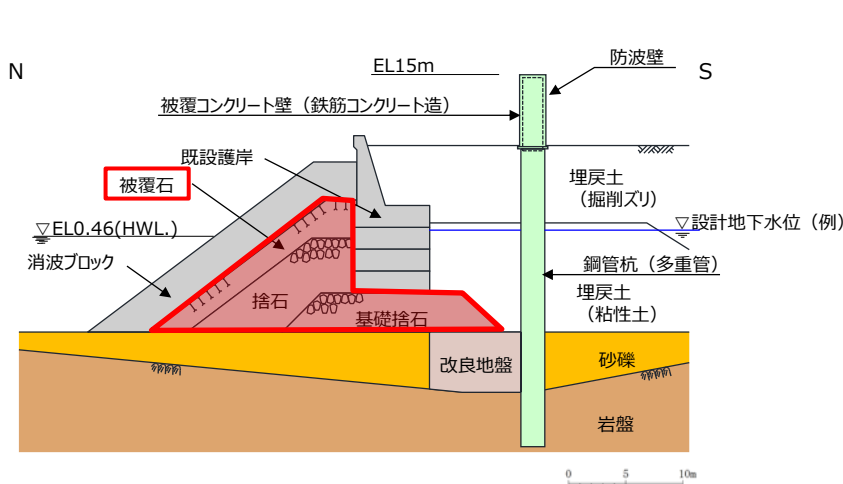
- 敷地内の購入地盤材料は、「砕石」、「基礎捨石」及び「被覆石」に分類される。
- 敷地内で購入地盤材料を使用して構築した構造物の平面位置を下図に示す。
- 購入地盤材料は、取水管、3号炉東側護岸、1、2号炉北側護岸、防波堤等において使用している。
- 購入地盤材料は天然石材であり、粒度調整されたものである。



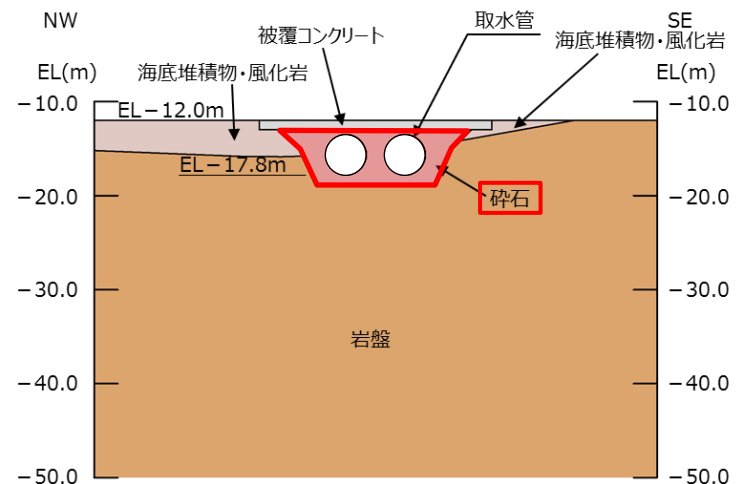
敷地平面図



3号炉東側護岸



1, 2号炉北側護岸



取水管

## 2. 液状化評価対象層の抽出

### 敷地の被覆層及び購入地盤材料について（まとめ）（1/3）

- 敷地内でEL+15m以下に分布する地盤材料（被覆層及び購入地盤材料）を以下に抽出する。

#### 地盤材料の液状化判定の要否

| 地盤材料                  | 規格                        | 分布場所・使用場所                                  | 液状化判定の要否  |
|-----------------------|---------------------------|--|---|
| 埋戻土<br>(掘削ズリ)         | —                         | ・概ね全域に分布                                   | 粒径2mm未満の砂を含むため、道路橋示方書に基づき液状化判定を実施する。                            |
| 埋戻土<br>(粘性土)          | —                         | ・1, 2号炉北側護岸<br>背面に分布                       | 粘土質であるため対象外とする（土の液性限界・塑性限界試験（JIS A 1205）結果： $I_p=27.3$ ）。       |
| 砂礫層<br>(崖錐・海底<br>堆積物) | —                         | ・1号炉東側に局所的に分布<br>・3号炉北側に局所的に分布<br>・輪谷湾内に分布 | 粒径2mm未満の砂を含むため、道路橋示方書に基づき液状化判定を実施する。                            |
| 碎石                    | 20~80mm<br>(底部のみ5~20mm)   | ・取水管                                       | 粒径の大きい地盤材料であるため港湾基準の「液状化の可能性あり」の範囲外であること、十分な透水性を有することから、対象外とする。 |
| 基礎捨石                  | 200~250mm程度<br>(30kg/個以上) | ・1, 2号炉北側護岸<br>・3号炉東側護岸・岸壁                 | 粒径の大きい地盤材料であるため港湾基準の「液状化の可能性あり」の範囲外であること、十分な透水性を有することから、対象外とする。 |
| 被覆石                   | 700~800mm程度<br>(1.5t/個)   | ・1, 2号炉北側護岸                                | 粒径の大きい地盤材料であるため港湾基準の「液状化の可能性あり」の範囲外であること、十分な透水性を有することから、対象外とする。 |

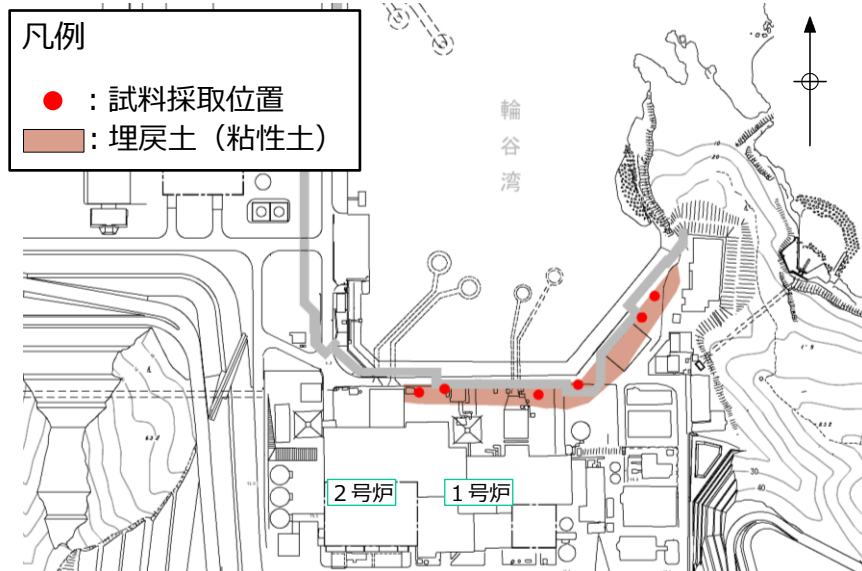
## 2. 液状化評価対象層の抽出

### 敷地の被覆層及び購入地盤材料について（まとめ）（2/3）

- 埋戻土（粘性土）は、護岸建設時に、背面の止水性を担保するために施工している。
- 埋戻土（粘性土）の分布状況及び試験に用いた試料の採取位置を下図に示す。
- 土の液性限界・塑性限界試験（JIS A 1205）より、低液性限界の粘土（CL）に分類される。A線を境に粘土又はシルトに分類され、埋戻土（粘性土）は塑性指数 $I_p$ が大きいいため粘土に分類される。

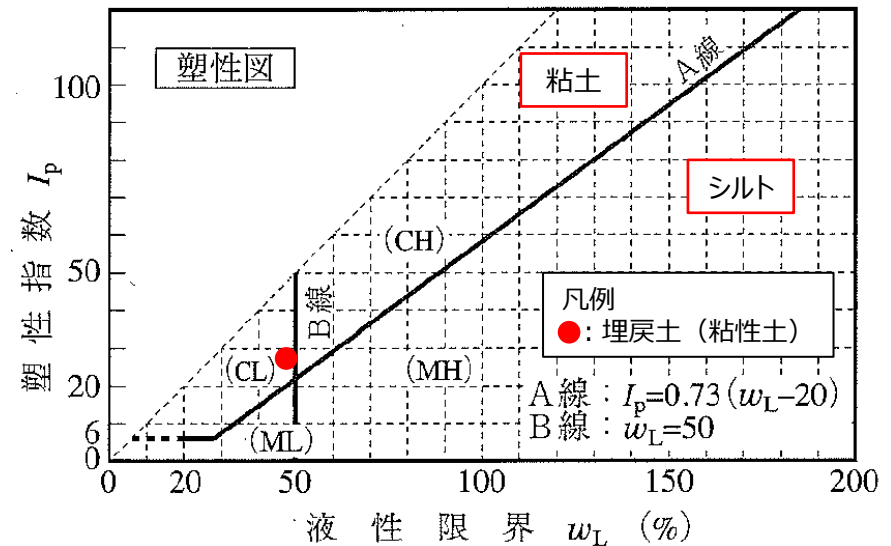


採取した埋戻土（粘性土）



埋戻土（粘性土）の分布状況及び試料採取位置

|                          | 液性限界<br>$w_L$ (%) | 塑性限界<br>$w_p$ (%) | 塑性指数<br>$I_p$ |
|--------------------------|-------------------|-------------------|---------------|
| 埋戻土（粘性土）<br>（平均値，試験数：22） | 48.5              | 21.2              | 27.3          |



※ 地盤工学会，H22：土質試験 基本と手引き に加筆

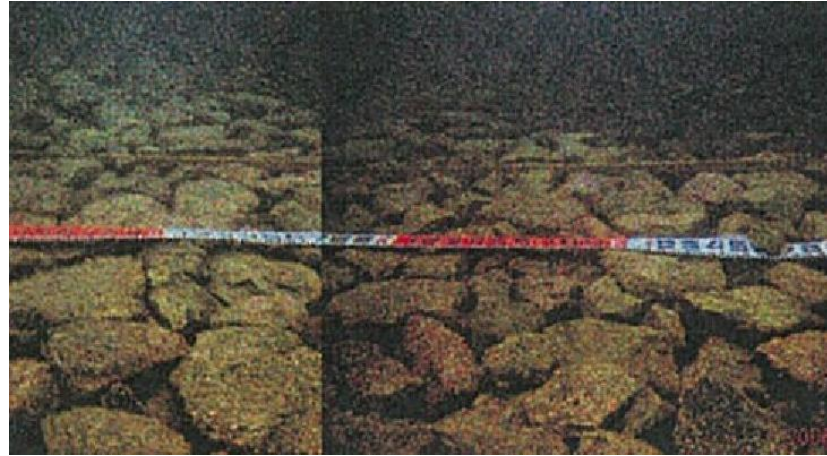
塑性図による粘性土の分類



## 2. 液状化評価対象層の抽出

### 敷地の被覆層及び購入地盤材料について（まとめ）（3/3）

- 基礎捨石は、寸法200mmから250mm程度の材料を使用しているため間隙が大きく、十分な透水性を有する。



基礎捨石設置状況（防波堤）

- 被覆石は、寸法700mmから800mm程度の材料を使用しているため間隙が大きく、十分な透水性を有する。



被覆石寸法（1, 2号炉北側護岸）

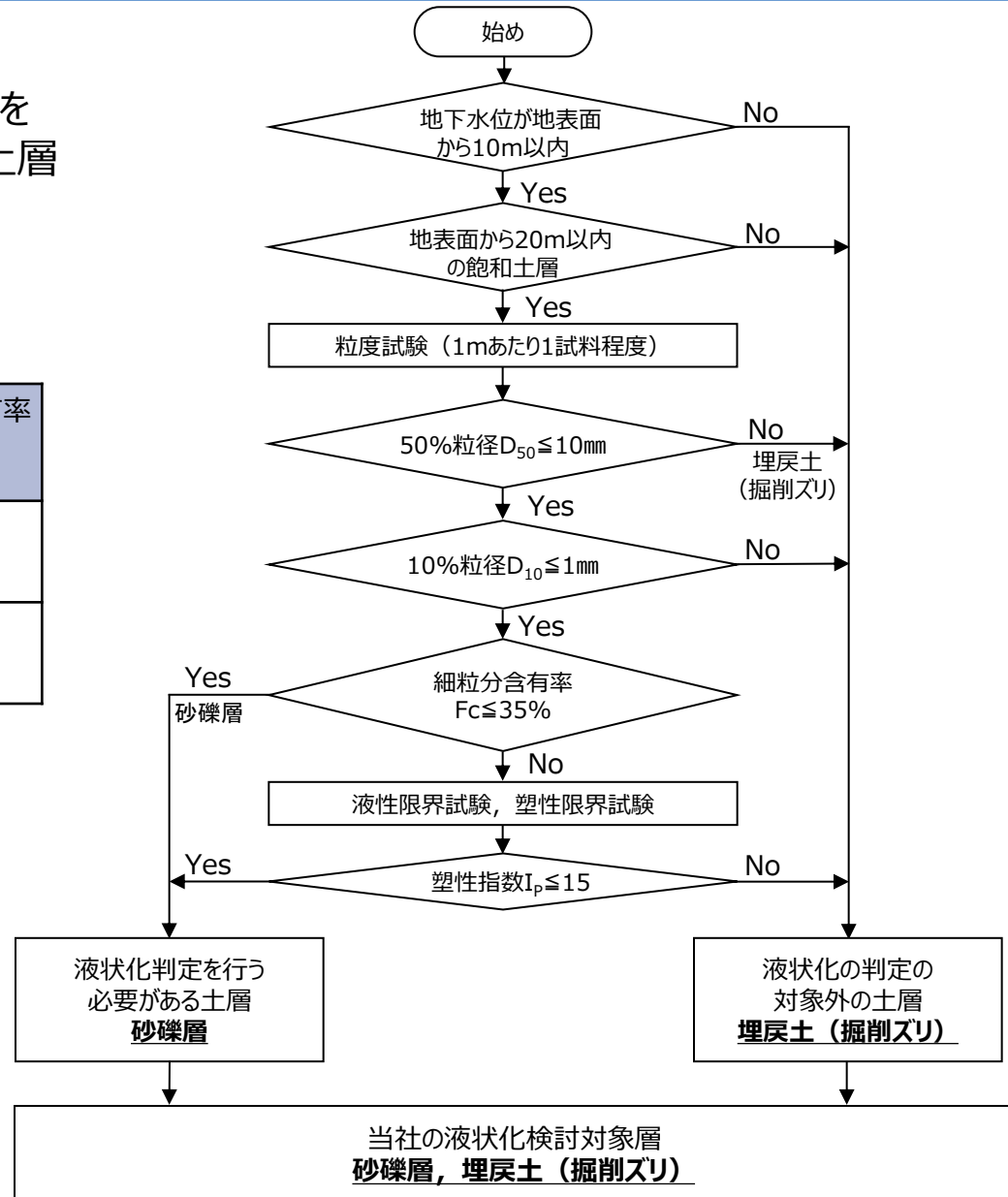


被覆石設置状況（1, 2号炉北側護岸）

## 2. 液状化評価対象層の抽出 道路橋示方書に基づく抽出結果

- 道路橋示方書に基づき液状化評価対象層を抽出した。液状化の判定を行う必要がある土層は砂礫層のみである。

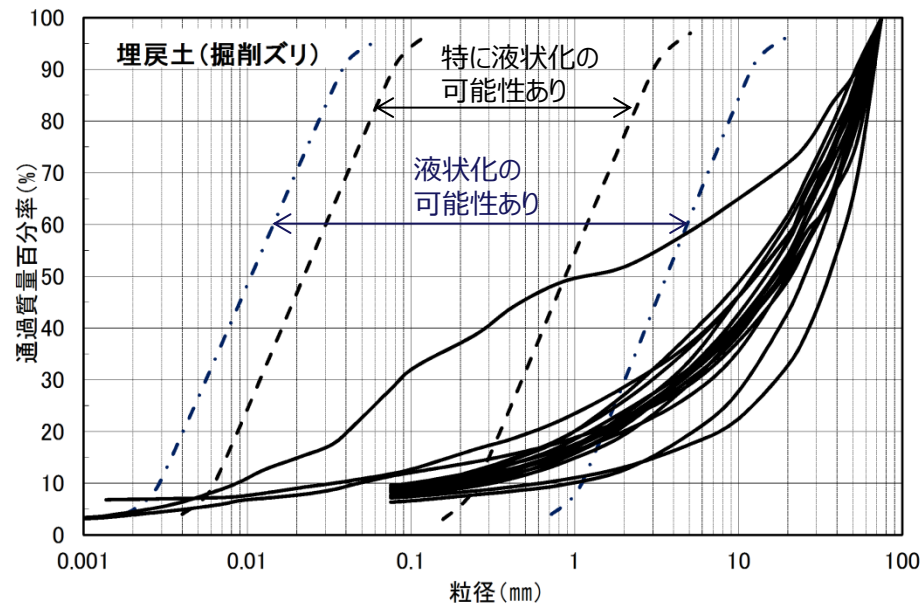
| 地層名           | 50%粒径<br>(平均)<br>(mm) | 10%粒径<br>(平均)<br>(mm) | 細粒分含有率<br>(平均)<br>(%) |
|---------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 埋戻土<br>(掘削ズリ) | 16.5                  | -                     | -                     |
| 砂礫層           | 9.1                   | 0.0651                | 15.6                  |



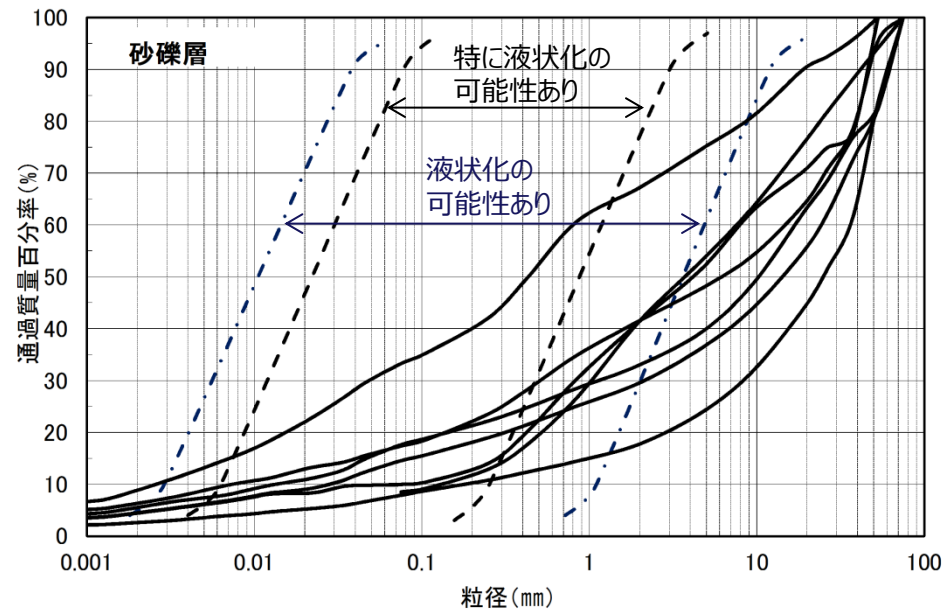
液状化評価の対象層の抽出結果  
道路橋示方書・同解説 (V 耐震設計編)  
( (社) 日本道路協会, H24.3)

## 2. 液状化評価対象層の抽出 港湾基準に基づく抽出結果

- 港湾基準に基づき液状化評価対象層を抽出した。粒径加積曲線が「液状化の可能性あり」の範囲内に含まれないため、液状化の判定を行う必要がある土層はない。



埋戻土（掘削ズリ）の粒度による液状化判定



砂礫層の粒度による液状化判定

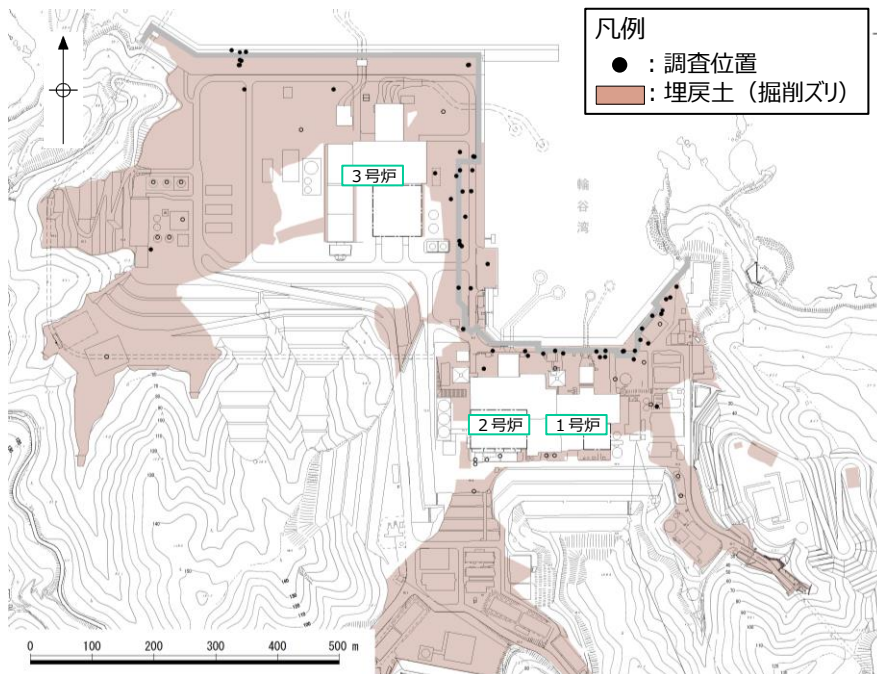


## 2. 液状化評価対象層の抽出 まとめ

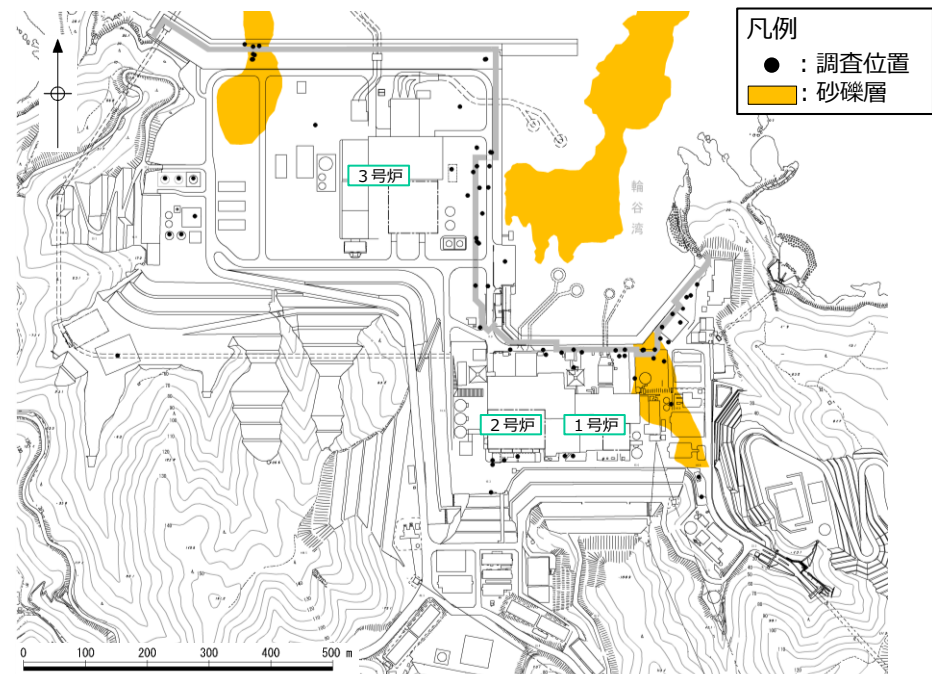
- 道路橋示方書では、50%粒径が10mm以下で、かつ、10%粒径が1mm以下である土層について液状化評価対象層としているが、本評価では50%粒径が10mmを超過する、または、50%粒径が10mm以下であっても10%粒径が1mmを超過する土層についても、同様に抽出対象とする。
- 港湾基準では、粒度による土の分類を行い、粒径加積曲線が「液状化の可能性あり」の範囲内に含まれる土を液状化評価対象層としているが、範囲以外に含まれる土についても同様に抽出対象とする。
- 被覆層の分布状況、道路橋示方書及び港湾基準に基づく液状化評価対象層の抽出結果を踏まえ、保守的に以下の土層を液状化評価対象層として考慮する。

①埋戻土（掘削ズリ）

②砂礫層



埋戻土（掘削ズリ）分布平面図



砂礫層分布平面図

1. 液状化評価の基本方針
2. 液状化評価対象層の抽出
3. 液状化強度特性の網羅性，代表性
  - 3.1 液状化試験試料採取位置とその代表性
  - 3.2 液状化試験結果
  - 3.3 基準地震動 $S_s$ に対する液状化試験の妥当性確認
  - 3.4 簡易設定法
  - 3.5 液状化強度特性の設定方針
4. 液状化影響の評価方針
5. 参考文献

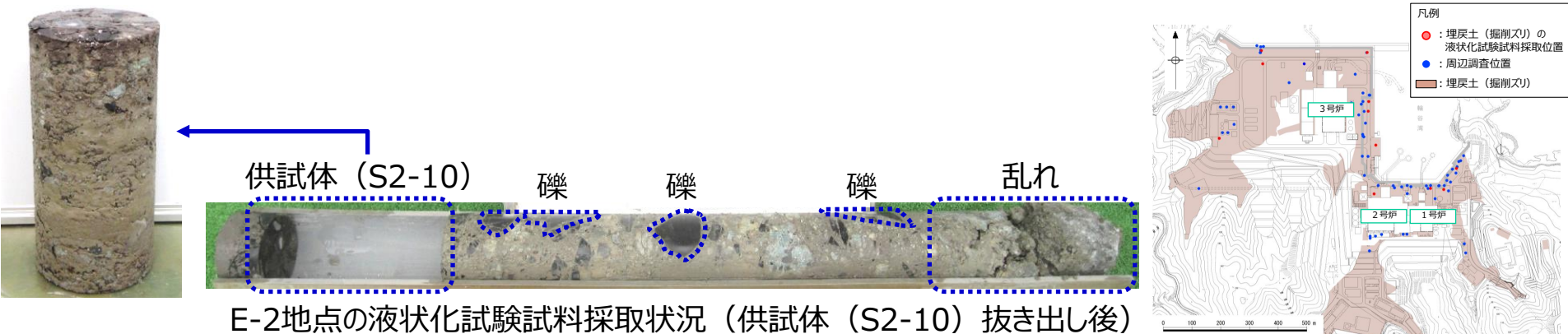
### 3.1 液状化試験試料採取位置とその代表性 3.1.1 液状化試験試料採取位置の選定

## 液状化試験試料採取方法（1）

液状化試験試料の採取方法としては、先行他サイトの審査実績及び審査状況を踏まえると、ロータリー式三重管サンプラー、GPサンプリング、凍結サンプリング及び表層試料採取の4種類（①～④）がある。各試料採取方法の概要及び試料採取結果等を以下に示す。

#### ① ロータリー式三重管サンプラー

- ロータリー式三重管サンプラーは、アウターチューブ、インナーチューブ及びライナーからなる三重管構造である。ボーリングロッドの回転がアウターチューブに伝わるがインナーチューブは回転しない機構を有しており、試料はインナーチューブ内側のライナーに収納される。乱れの少ない試料を採取できるサンプリング方法である。
- 埋戻土（掘削ズリ）の採取にあたり、ロータリー式三重管サンプラーにより試料採取（ $\Phi 88\text{mm}$ ）を実施した。採取した試料は、局所的に発生する乱れを除いて乱れの少ない試料であった。一方、埋戻土（掘削ズリ）は150mm程度の玉石を伴うため、土の三軸試験の供試体作製・設置方法（JGS 0520）、及び粗粒土の三軸試験の供試体作製・設置方法（JGS 0530）を踏まえると液状化試験に採用可能な区間は限定的であり、約110mの掘進長に対して供試体として使用可能なものは4体（約1m）であった。
- 土の三軸試験の供試体作製・設置方法（JGS 0520）、及び粗粒土の三軸試験の供試体作製・設置方法（JGS 0530）に基づき、供試体直径が $\Phi 300\text{mm}$ の場合、試料の最大粒径は60mm程度まで許容されるが、埋戻土（掘削ズリ）は150mm程度の玉石も含むことから、採取数（液状化試験に採用可能な供試体数）の改善は困難である。

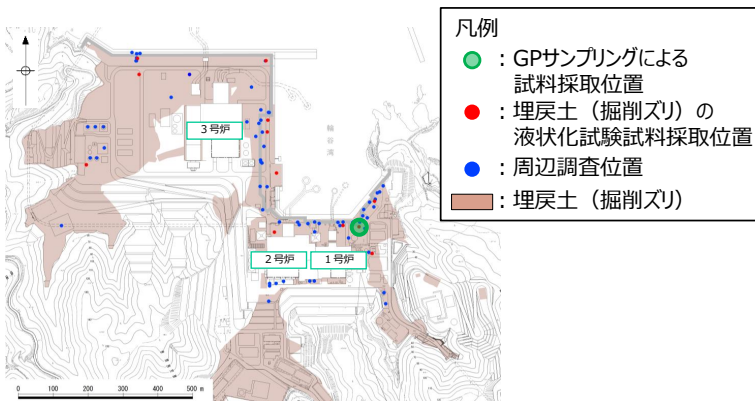


### 3.1 液状化試験試料採取位置とその代表性 3.1.1 液状化試験試料採取位置の選定

## 液状化試験試料採取方法（2）

#### ② GPサンプリング

- GPサンプリングは、コアチューブの中にポリマー溶液を内封する単管構造である。サンプリング時に取り込んだ試料がポリマー溶液をサンプラー先端から押し出すことによりポリマー溶液が潤滑剤の役割を果たし、乱れの原因である試料とコアチューブとの摩擦を低減することにより、乱れの少ない試料を採取できるサンプリング方法である。
- ロータリー式三重管サンプラーによる埋戻土（掘削ズリ）の採取に合わせ、1地点のみGPサンプリングにより試料採取（ $\Phi 100\text{mm}$ ）を実施したが、回転切削に伴う礫間の緩みによりコアが動いてコア詰まり（コアチューブ内のコアが自立せずに詰まる）を起こして掘進が不能となること、コアチューブ引き上げ時に掘削したコアがコアリフターをすり抜けて孔底に脱落することから、以降の試料採取を取り止めた。
- また、採取されたコアは、掘進時に発生した不連続面に沿って乱れているもの、自立しないもので占められていたことから、供試体として採用可能なものは得られなかった。また、埋戻土（掘削ズリ）は150mm程度の玉石を伴うため、土の三軸試験の供試体作製・設置方法（JGS 0520）、及び粗粒土の三軸試験の供試体作製・設置方法（JGS 0530）を踏まえると液状化試験に採用可能な区間は限定的であった。
- 土の三軸試験の供試体作製・設置方法（JGS 0520）、及び粗粒土の三軸試験の供試体作製・設置方法（JGS 0530）に基づき、供試体直径が $\Phi 300\text{mm}$ の場合、試料の最大粒径は60mm程度まで許容されるが、埋戻土（掘削ズリ）は150mm程度の玉石も含むことから、採取数（液状化試験に採用可能な供試体数）の改善は困難である。



GPサンプリングにより採取した埋戻土（掘削ズリ）



### 3.1 液状化試験試料採取位置とその代表性 3.1.1 液状化試験試料採取位置の選定

## 液状化試験試料採取方法（3）

#### ③ 凍結サンプリング

- 凍結サンプリングは、原位置で地盤を凍結させ、その状態で試料を採取する方法であるため、乱れの少ない試料を採取できるサンプリング方法である。
- 凍結サンプリングの適用地盤は凍結に必要な飽和度の高い地盤であることから、埋戻土（掘削ズリ）のうち地下水位以浅の採取には適用不可と判断した。
- 乱れの少ない試料を採取した場合、埋戻土（掘削ズリ）は150mm程度の玉石を伴うため、土の三軸試験の供試体作製・設置方法（JGS 0520）、及び粗粒土の三軸試験の供試体作製・設置方法（JGS 0530）に基づき、液状化試験に採用可能な区間は限定的である。

#### ④ 表層試料採取

- 表層試料採取は、地表付近の埋戻土（掘削ズリ）を対象として試料の採取を行う方法である。
- 採取した試料について、土の三軸試験の供試体作製・設置方法（JGS 0520）、及び粗粒土の三軸試験の供試体作製・設置方法（JGS 0530）に準拠し、供試体寸法に対して適合しない礫を除くことにより、試験基準を満足する供試体を作製可能である。
- 敷地の被覆層（埋戻土（掘削ズリ））は敷地造成において発生した岩砕を主体とする材料により埋戻した人工地盤であることから、既往の埋戻土（掘削ズリ）の粒径加積曲線となるよう粒度調整を行った。また、敷地の埋立工事における施工管理基準値となるよう密度調整を行った。
- 今回、既往のロータリー式三重管サンプラー及びGPサンプリングによる採取実績を踏まえ、液状化試験データ数を確実に増やす観点から、表層試料採取により追加試料を採取した。



### 3.1 液状化試験試料採取位置とその代表性 3.1.1 液状化試験試料採取位置の選定

## 液状化試験試料採取方法（4）

- 液状化試験試料採取方法及び採取結果を以下に示す。
- 液状化試験試料採取位置をP37に示す。また、ロータリー式三重管サンプラーによる液状化試験実施箇所をP38～P40に、表層採取試料による供試体作製方法をP41～43に示す。

液状化試験試料採取方法及び採取結果

|        | ① ロータリー式三重管サンプラー   | ② GPサンプリング  | ③ 凍結サンプリング                       | ④ 表層試料採取   |
|--------|--|---|----------------------------------|--|
| 構造     | 三重管  | 単管（GP-D）  | 凍結管による地盤凍結                       | —  |
| 特徴     | 乱れの少ない試料を採取可能。   | 乱れの少ない試料を採取可能。  | 乱れの少ない試料を採取可能。                   | 試料の寸法調整，粒度調整，密度調整が可能。  |
| 適用範囲   | 粘性土，砂質土，礫混り土   | 粘性土，砂質土，礫混り土  | 砂質土，礫混り土<br>※凍結に必要な飽和度の高い地盤に適する。 | 表層に分布する試料  |
| 実施有無   | ○  | ○   | ×<br>(適用不可のため実施しない)              | ○<br>(第730回審査会合以降，追加実施)  |
| 試料採取結果 | 約110mの掘進長に対して供試体として採用可能なものは4体（約1m）であった。<br>乱れの少ない試料を採取したが，埋戻土（掘削ズリ）は150mm程度の玉石も含むため試験に採用可能な区間は限定的であった。 | 掘進時にコア詰まり及びコアの脱落が発生した。<br>採取されたコアは，掘進時に発生した不連続面に沿って乱れているもの，自立しないもので占められていたことから，供試体として採用可能なものは得られなかった。 | —                                | 採取した試料の寸法調整により，試験基準に適合する供試体を作製した。<br>粒度調整，密度調整により，現地地盤を再現した供試体を作製した。 |
|        | 供試体：4体   | 供試体：0体  | —                                | 供試体：10体  |

### 3.1 液状化試験試料採取位置とその代表性

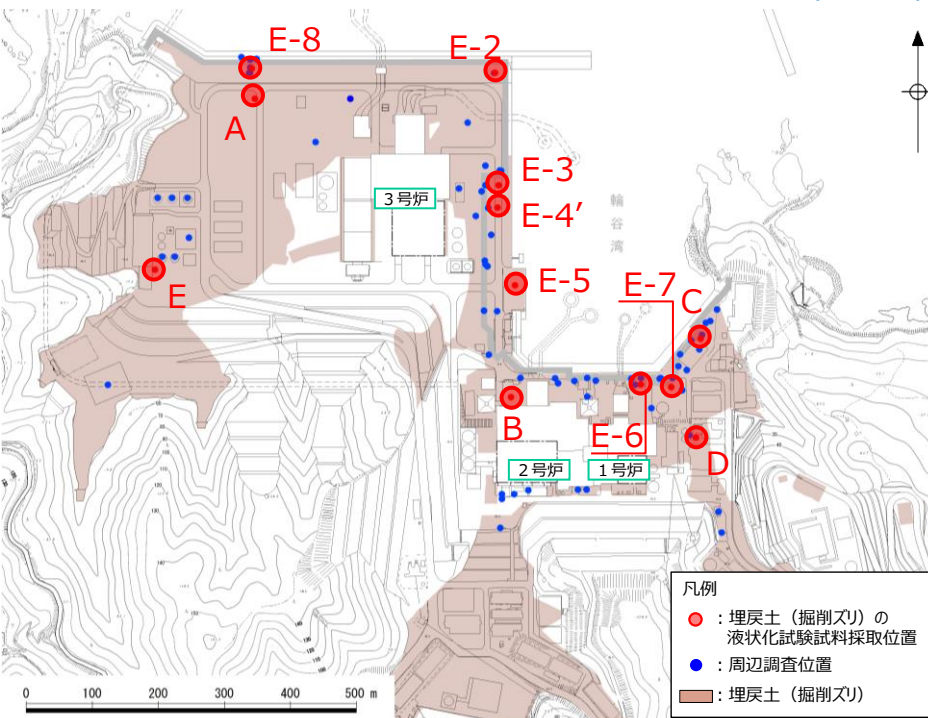
#### 3.1.1 液状化試験試料採取位置の選定

## 液状化試験試料採取位置

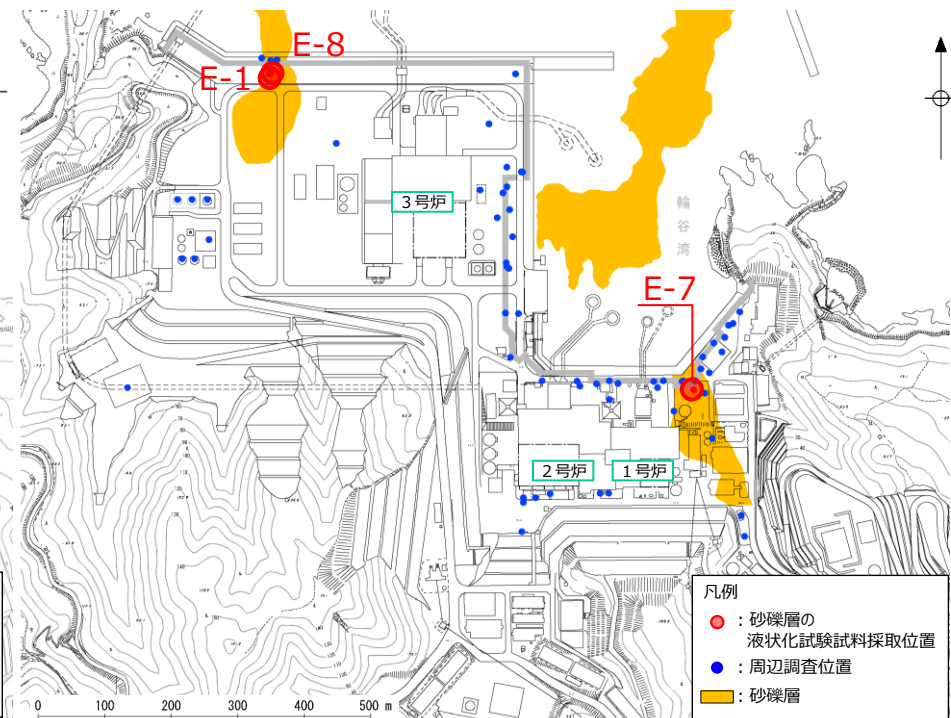
第730回審査会合

資料1-1 P61加筆・修正※修正箇所を青字で示す

- 液状化評価対象層として、埋戻土（掘削ズリ）及び砂礫層の分布状況から以下のとおり地点を選定し、試料を採取して液状化試験を実施する。
- 埋戻土（掘削ズリ）は3号炉西側から1,2号炉東側に広く分布している。このうち、地下水位以下で埋戻土（掘削ズリ）が厚く分布している護岸法線に沿った地点を広く範囲に選定し、ロータリー式三重管サンプラーにより試料採取した（E-2～E-8）。なお、埋戻土（掘削ズリ）に対する液状化試験の位置及びデータ数について、代表性・網羅性の確保及び保守的な液状化強度の設定の観点から、これまで液状化試験データが得られていない位置を選定し、表層試料採取を追加実施した（A～E）。
- 砂礫層は局所的に分布していることから、分布箇所である3号炉北側西端及び1,2号炉北側東端の地点を選定し、ロータリー式三重管サンプラーにより試料採取した（E-1, E-7, E-8）。



液状化試験試料採取位置（埋戻土（掘削ズリ））



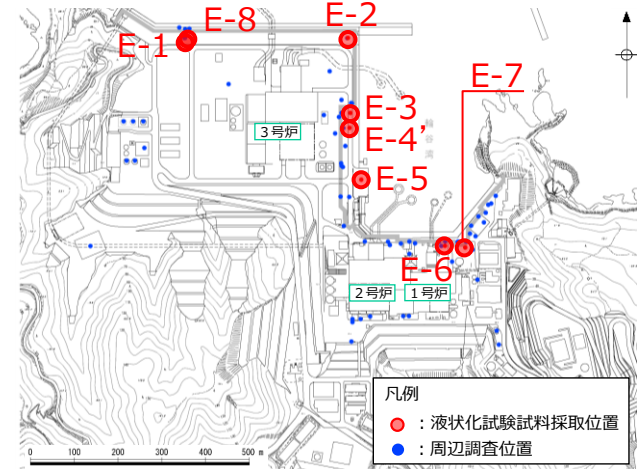
液状化試験試料採取位置（砂礫層）

### 3.1 液状化試験試料採取位置とその代表性 3.1.1 液状化試験試料採取位置の選定

## 液状化試験実施箇所（ロータリー式三重管サンプラー）（1/3）

第730回審査会合  
資料1-1 P62加筆・修正  
※修正箇所を青字で示す

- ロータリー式三重管サンプラーにより、地表から岩盤まで不攪乱試料の採取を実施した。供試体作製が可能な試料（巨礫の有無，必要高さ，自立性等）を確認し，液状化試験を実施した。併せて，近傍においてボーリング調査を実施し，標準貫入試験及び試料採取を実施した。
- 液状化試験実施箇所を以下に示す。



凡例

■ : 液状化試験実施箇所（埋戻土（掘削ズリ））

■ : 液状化試験実施箇所（砂礫層）

凡例

□ : 埋戻土（掘削ズリ）

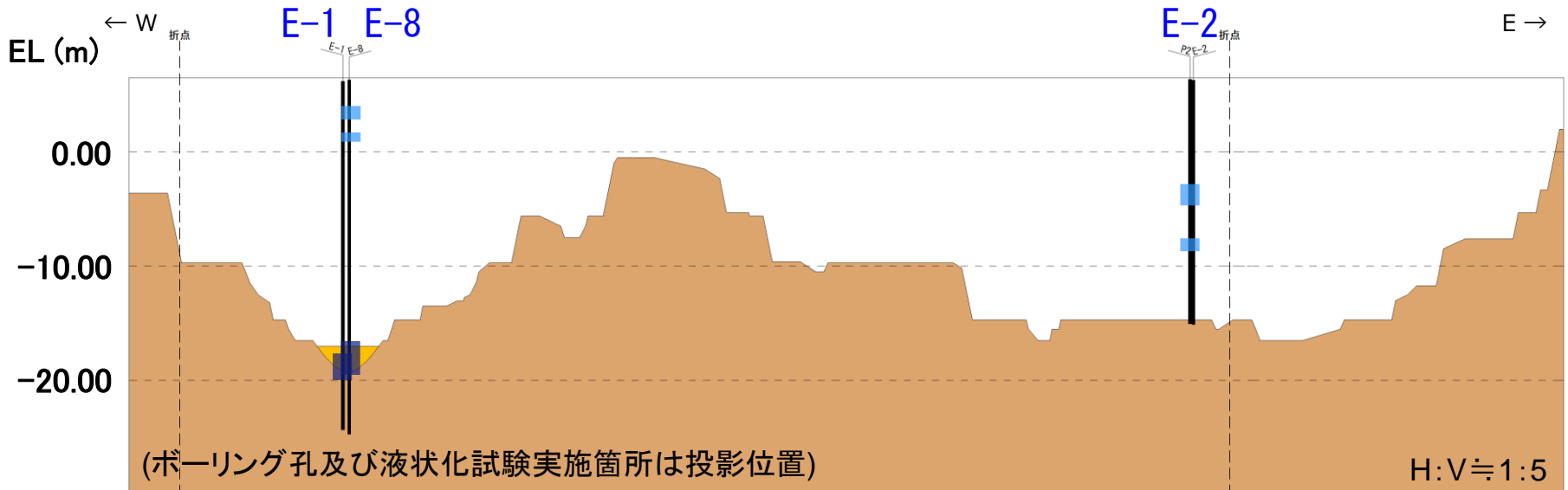
■ : 砂礫層

■ : 岩盤

凡例

● : 液状化試験試料採取位置

● : 周辺調査位置



(ボーリング孔及び液状化試験実施箇所は投影位置)

3号炉北側における液状化試験実施箇所

H:V ≒ 1:5

### 3.1 液状化試験試料採取位置とその代表性 3.1.1 液状化試験試料採取位置の選定

## 液状化試験実施箇所（ロータリー式三重管サンプラー）（2/3）

第730回審査会合  
資料1-1 P63加筆・修正  
※修正箇所を青字で示す

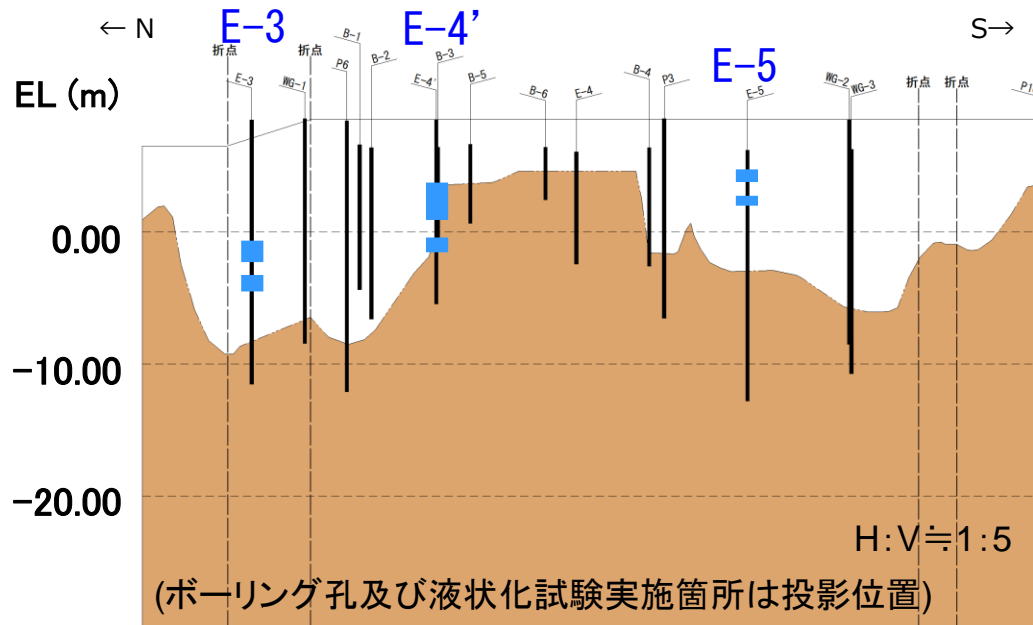
凡例

■ : 液状化試験実施箇所（埋戻土（掘削ズリ））

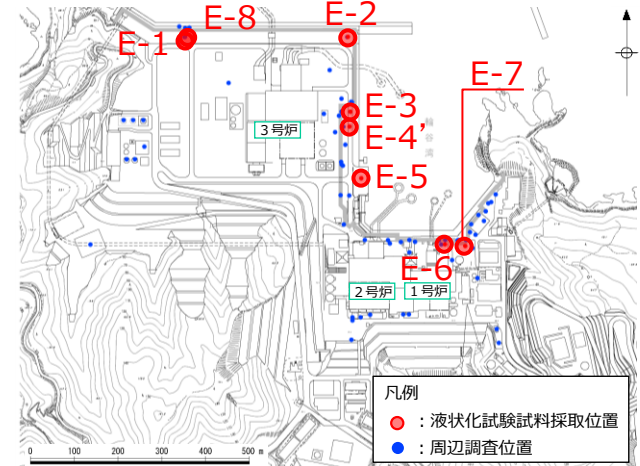
凡例

□ : 埋戻土（掘削ズリ）

■ : 岩盤

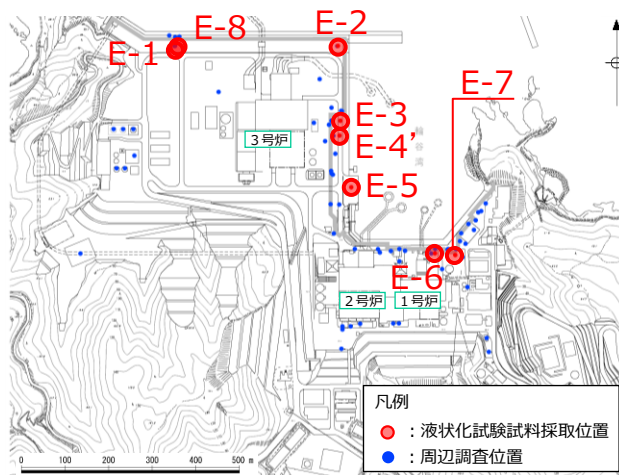
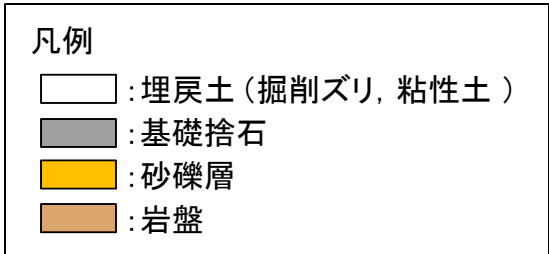
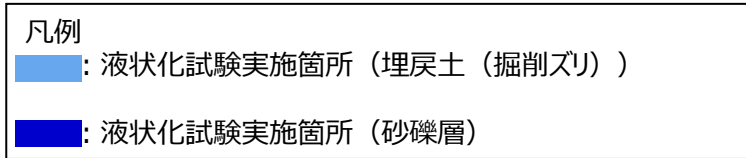


3号炉東側における液状化試験実施箇所

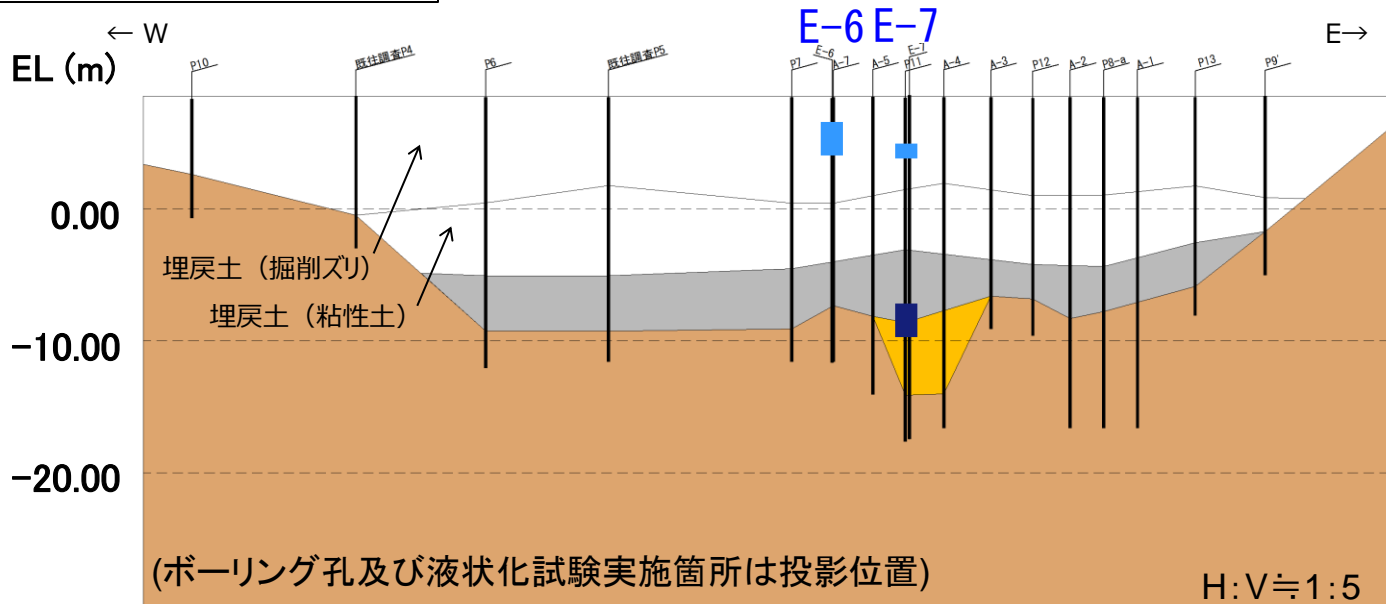


### 3.1 液状化試験試料採取位置とその代表性 3.1.1 液状化試験試料採取位置の選定

## 液状化試験実施箇所（ロータリー式三重管サンプラー）（3/3）



第730回審査会合  
資料1-1 P64加筆・修正  
※修正箇所を青字で示す



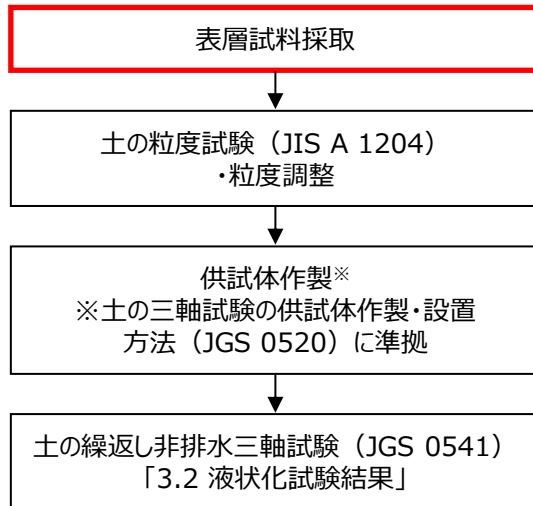
1,2号炉北側における液状化試験実施箇所



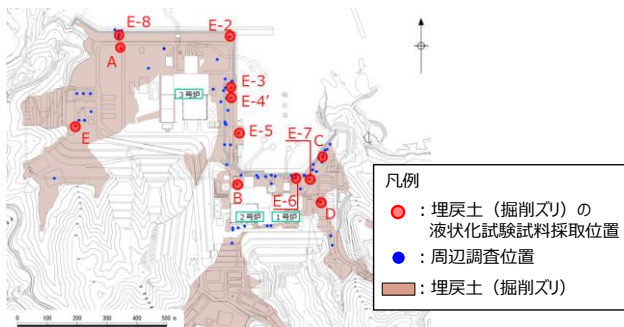
### 3.1 液状化試験試料採取位置とその代表性 3.1.1 液状化試験試料採取位置の選定

## 表層採取試料による供試体作製方法（表層試料採取）

- 敷地の被覆層（埋戻土（掘削ズリ））は敷地造成において発生した岩砕を主体とする材料により埋戻した人工地盤であることから、埋戻土（掘削ズリ）の粒径加積曲線となるように粒度調整を行い、敷地の埋立工事における施工管理基準値となるよう密度調整を行うことにより、人工地盤である敷地の被覆層（埋戻土（掘削ズリ））を再現した供試体を作製する。
- 路盤材以深の埋戻土（掘削ズリ）を対象として表層試料採取を実施した（A～E地点）。
- 表層試料採取にあたり、巨礫を除いて採取した。



表層採取試料による供試体作製方法



表層試料採取による液状化試験試料採取位置



採取試料状況（A地点）



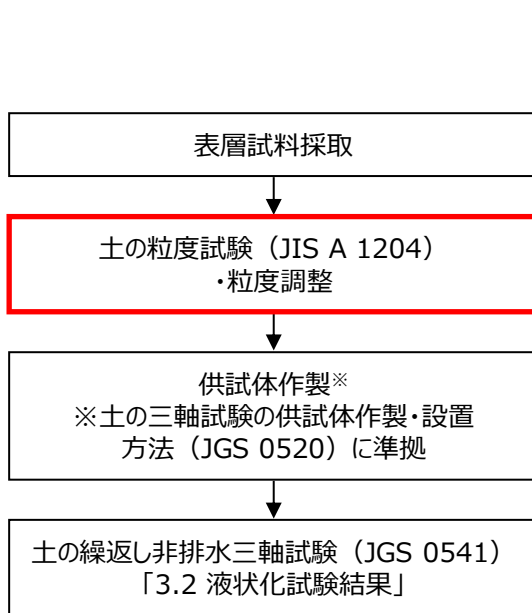
巨礫の例



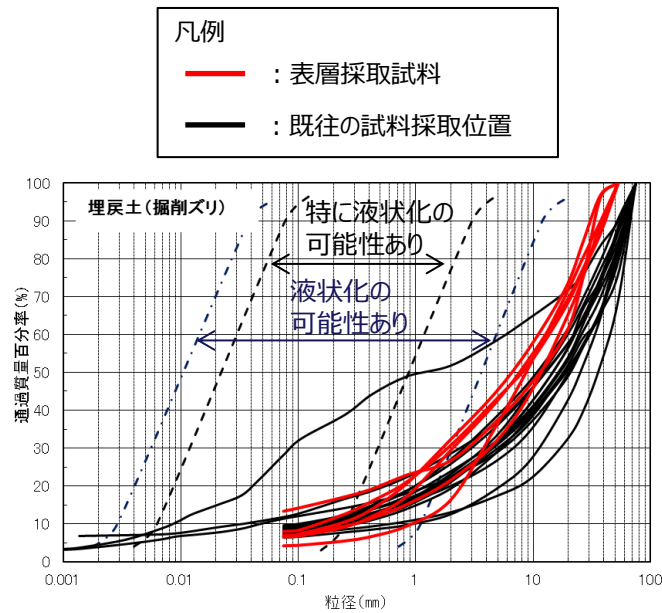
### 3.1 液状化試験試料採取位置とその代表性 3.1.1 液状化試験試料採取位置の選定

## 表層採取試料による供試体作製方法（土の粒度試験・粒度調整）

- 既往の試料採取位置の粒径加積曲線と同等になるよう、最大粒径53mmとして表層採取試料の粒度調整を実施した。粒度調整後の表層採取試料の粒径加積曲線を以下に示す。
- 表層採取試料の細粒分含有率を以下に示す。表層採取試料の細粒分含有率の平均値は、既往の試料採取位置の細粒分含有率の平均値及び平均値-1 $\sigma$ 値の範囲内である。
- 土の三軸試験の供試体作製・設置方法（JGS 0520）に基づき、表層採取試料による供試体を作製した。



表層採取試料による供試体作製方法



表層採取試料の粒径加積曲線

表層採取試料の細粒分含有率

|     | 細粒分含有率 (%) |
|-----|------------|
| A   | 6.6/6.5    |
| B   | 13.3       |
| C   | 4.2        |
| D   | 8.0        |
| E   | 6.9        |
| 平均値 | 7.6        |

既往の試料採取位置の細粒分含有率

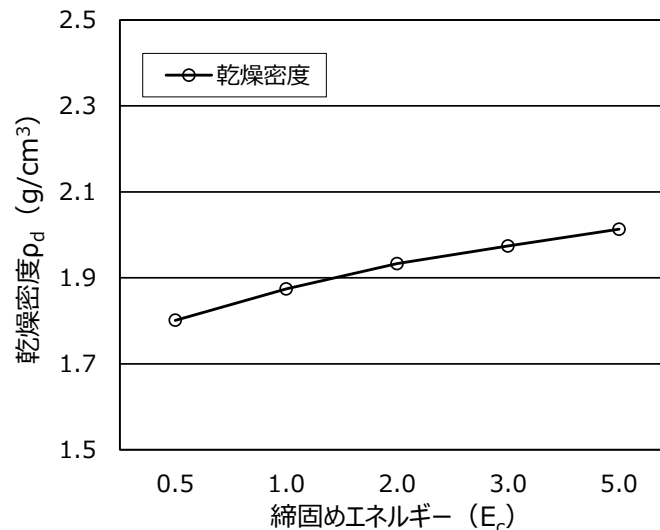
|               | 細粒分含有率 (%) |
|---------------|------------|
| 平均値           | 9.8        |
| 平均値- $\sigma$ | 4.7        |

### 3.1 液状化試験試料採取位置とその代表性 3.1.1 液状化試験試料採取位置の選定

## 表層採取試料による供試体作製方法（供試体作製）

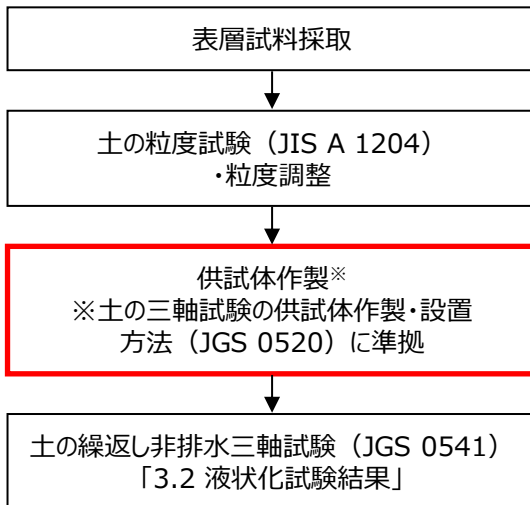
- 3号炉建設時の敷地の埋戻しにあたり、大型締固め試験により乾燥密度 $\rho_d$ を算出した（締固めエネルギー $1.0E_c$ の乾燥密度 $\rho_d = 1.874\text{g/cm}^3$ ）。乾燥密度 $\rho_d = 1.874\text{g/cm}^3$ を踏まえ、礫補正後乾燥密度 $\rho_d' = 1.95\text{g/cm}^3$ を算出し、施工管理基準値とした。
- 礫補正後乾燥密度とは、粒径53mm以下の材料を対象に実施した大型締固め試験結果に対し、53mm以上の礫を含む実際の埋戻土（掘削ズリ）の乾燥密度を算出するための補正である。したがって、表層採取試料の最大粒径は53mmであることから、表層採取試料による供試体作製にあたっては、乾燥密度 $\rho_d = 1.874\text{g/cm}^3$ を目標値とした。
- 供試体作製は、土の三軸試験の供試体作製・設置方法（JGS 0520）に準拠して実施した。試料を5層に分けてモールド（直径100mm）に入れ、静的締固め法により作製した。
- 以上の方法により表層採取試料による供試体を作製し、土の繰返し非排水三軸試験方法（JGS 0541）を実施した。

|                                   |       |       |       |       |       |
|-----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 締固めエネルギー ( $E_c$ )                | 0.5   | 1.0   | 2.0   | 3.0   | 5.0   |
| 乾燥密度 $\rho_d$ ( $\text{g/cm}^3$ ) | 1.801 | 1.874 | 1.933 | 1.974 | 2.013 |



表層採取試料による供試体の乾燥密度

|    | 乾燥密度 ( $\text{g/cm}^3$ ) |    | 乾燥密度 ( $\text{g/cm}^3$ ) |
|----|--------------------------|----|--------------------------|
| A① | 1.866                    | C② | 1.873                    |
| A② | 1.877                    | C③ | 1.873                    |
| B① | 1.868                    | C④ | 1.877                    |
| B② | 1.871                    | D① | 1.872                    |
| C① | 1.875                    | E① | 1.875                    |



表層採取試料による供試体作製方法

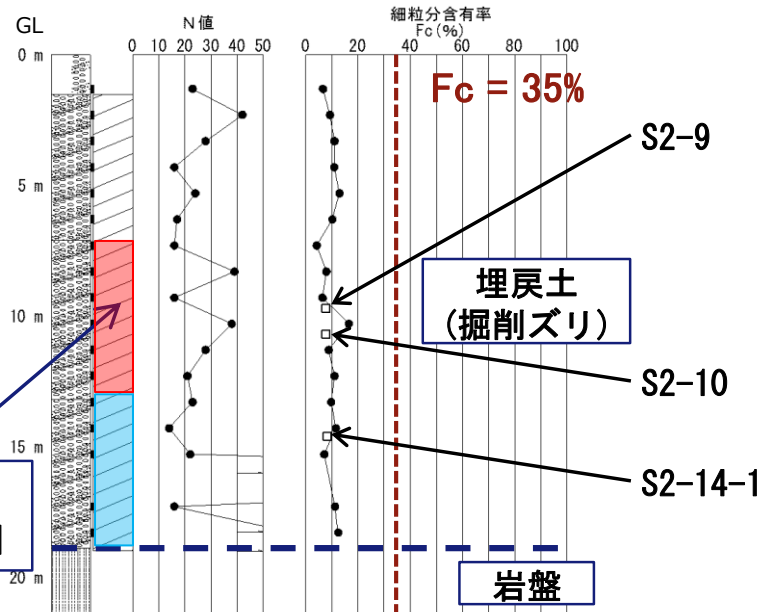
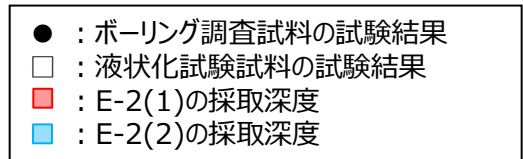
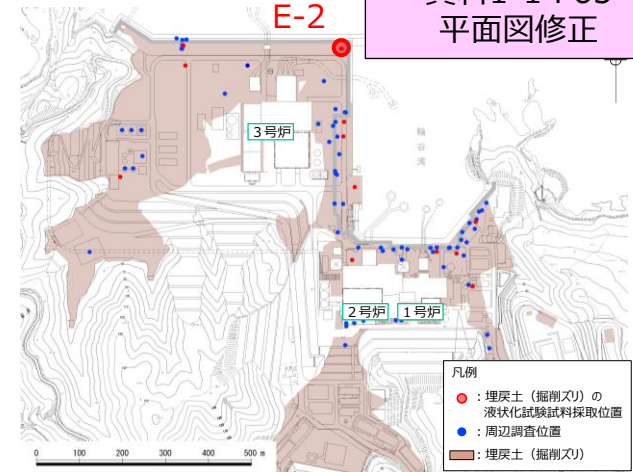
締固めエネルギーと乾燥密度の関係図

### 3.1 液状化試験試料採取位置とその代表性 3.1.2 液状化試験試料採取位置の代表性確認

## 液状化試験試料採取位置の基本物性（E-2の埋戻土（掘削ズリ））

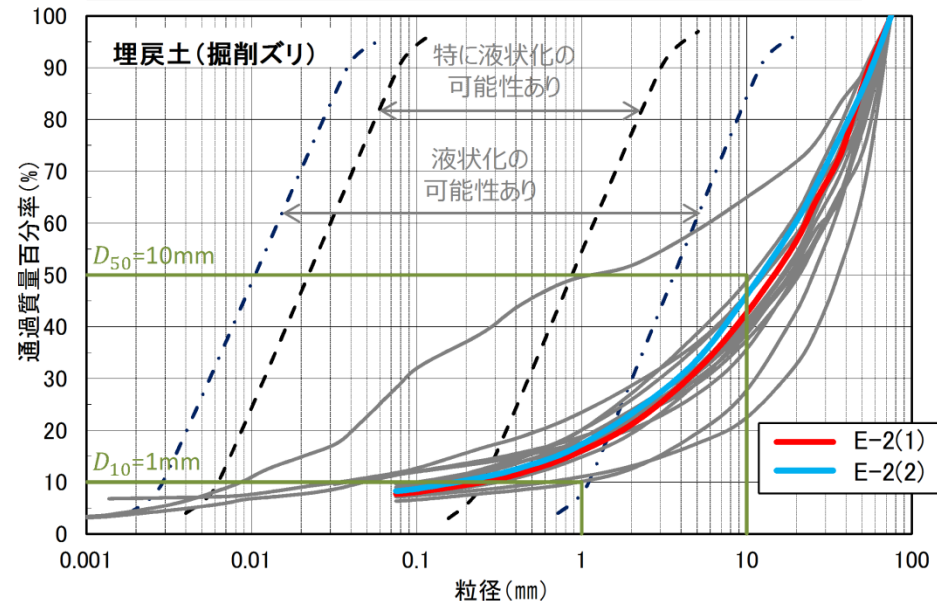
- E-2は3号炉北側エリアのEL+6.5m盤上の地点であり、地表面から岩盤（約EL-15m）まではすべて埋戻土（掘削ズリ）である。
- E-2の埋戻土（掘削ズリ）の粒度分布について、 $D_{50}$ は10mm以上となっており、道路橋示方書及び港湾基準のいずれにおいても液状化の判定を行う必要がある土層には該当しない。
- N値は概ね20程度である。また、細粒分含有率は概ね10%程度である。

第730回審査会合  
資料1-1 P65  
平面図修正



E-2地点のボーリング調査試料および液状化試験試料の試験結果

細粒分含有率：粒度0.075mm未満の土粒子の質量百分率



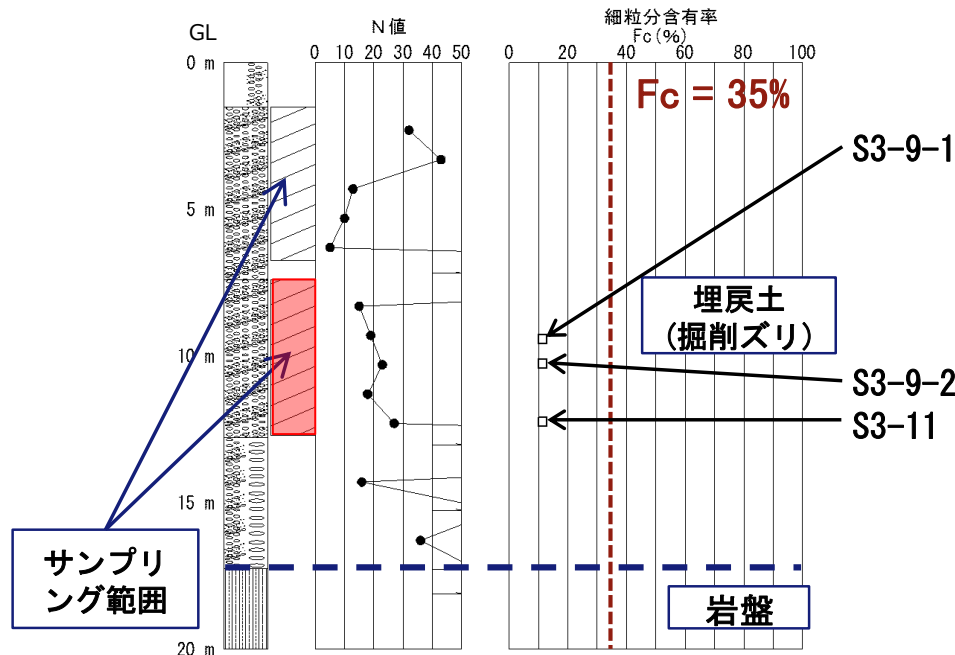
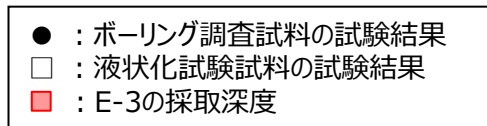
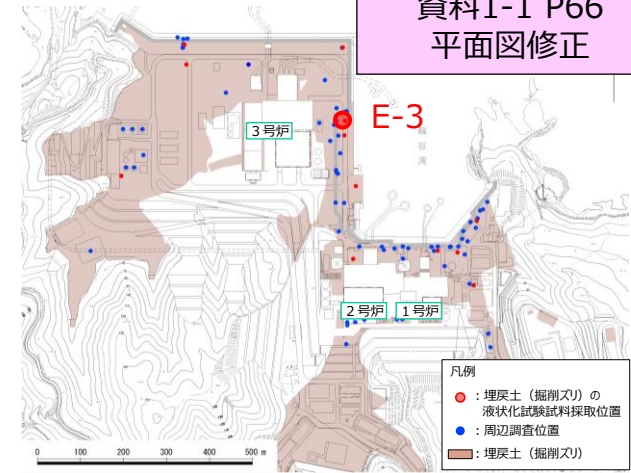
E-2地点の液状化試験試料の粒径加積曲線

### 3.1 液状化試験試料採取位置とその代表性 3.1.2 液状化試験試料採取位置の代表性確認

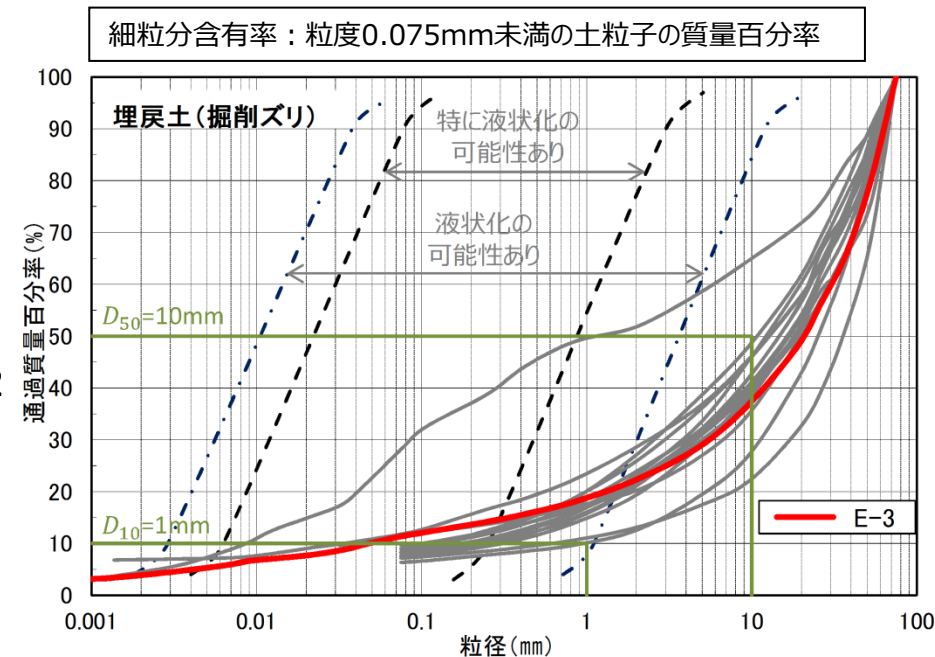
## 液状化試験試料採取位置の基本物性（E-3の埋戻土（掘削ズリ））

- E-3は3号炉東側エリアのEL+8.5m盤上の地点であり、地表面から岩盤（約EL-10m）まではすべて埋戻土（掘削ズリ）である。
- E-3の埋戻土（掘削ズリ）の粒度分布について、 $D_{50}$ は10mm以上となっており、道路橋示方書及び港湾基準のいずれにおいても液状化の判定を行う必要がある土層には該当しない。
- N値は概ね20程度である。また、細粒分含有率は概ね10%程度である。

第730回審査会合  
資料1-1 P66  
平面図修正



E-3地点のボーリング調査試料および液状化試験試料の試験結果



E-3地点の液状化試験試料の粒径加積曲線

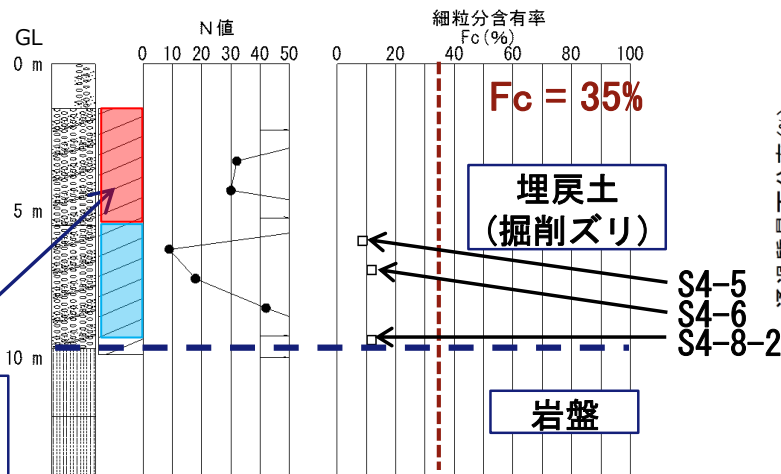
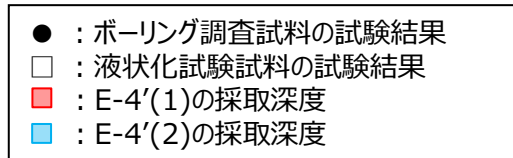
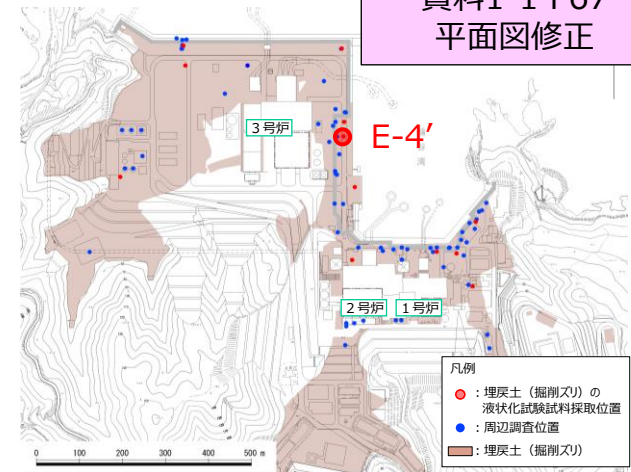


### 3.1 液状化試験試料採取位置とその代表性 3.1.2 液状化試験試料採取位置の代表性確認

## 液状化試験試料採取位置の基本物性（E-4'の埋戻土（掘削ズリ））

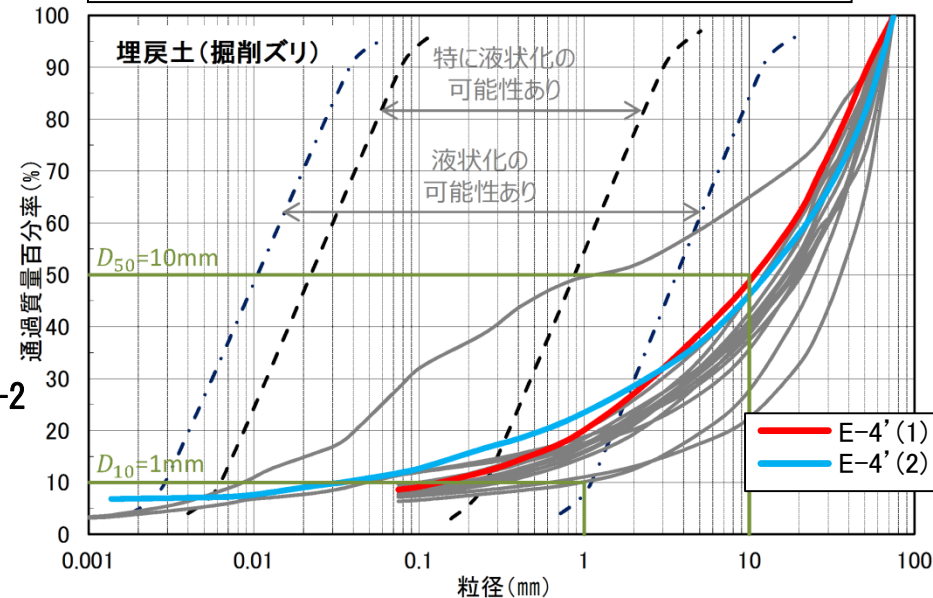
- E-4'は3号炉東側エリアのEL+8.5m盤上の地点であり、地表面から岩盤（約EL0m）まではすべて埋戻土（掘削ズリ）である。
- E-4'の埋戻土（掘削ズリ）の粒度分布は、 $D_{50}$ は10mm以上となっており、道路橋示方書及び港湾基準のいずれにおいても液状化の判定を行う必要がある土層には該当しない。
- N値は概ね30程度である。また、細粒分含有率は概ね10%程度である。

第730回審査会合  
資料1-1 P67  
平面図修正



サンプリング範囲

細粒分含有率：粒度0.075mm未満の土粒子の質量百分率



E-4'地点のボーリング調査試料および液状化試験試料の試験結果

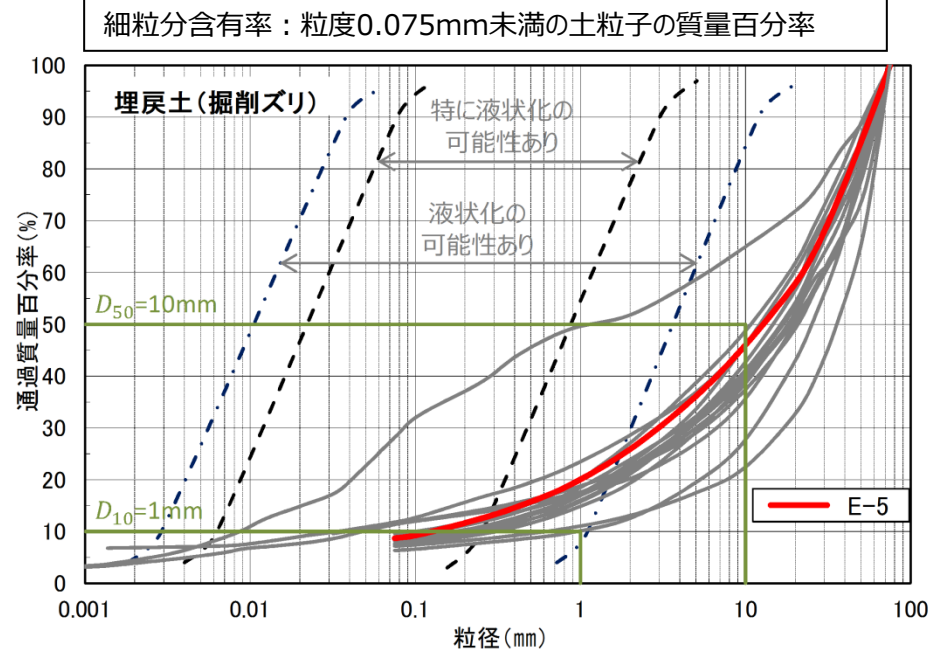
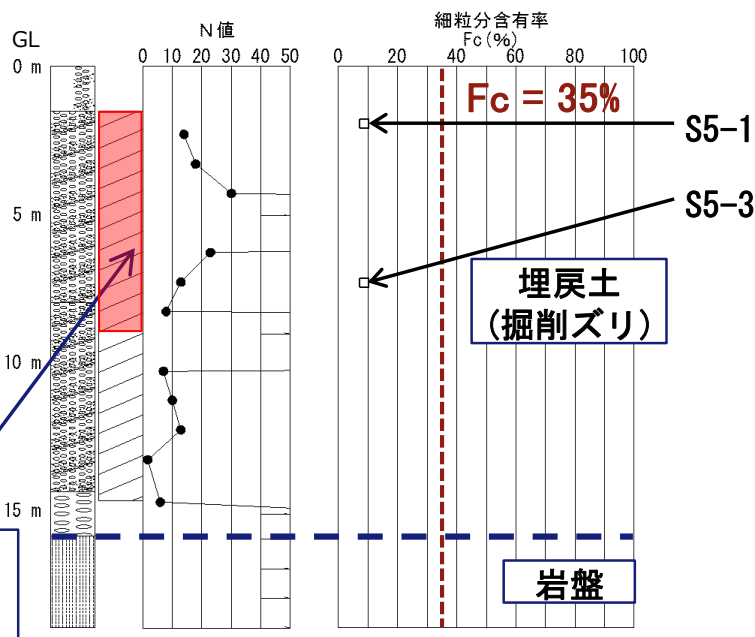
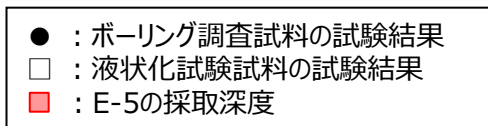
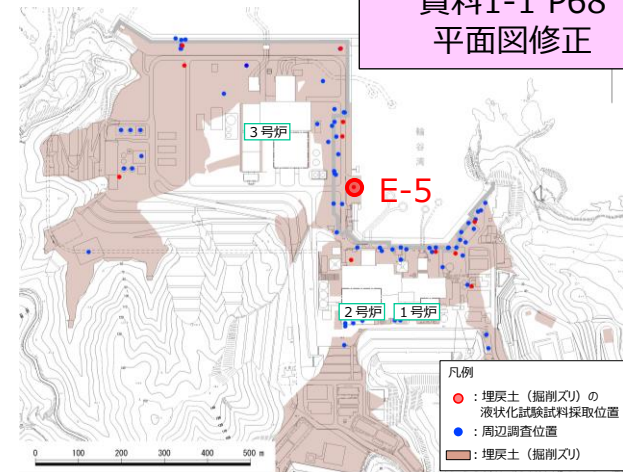
E-4'地点の液状化試験試料の粒径加積曲線

### 3.1 液状化試験試料採取位置とその代表性 3.1.2 液状化試験試料採取位置の代表性確認

## 液状化試験試料採取位置の基本物性（E-5の埋戻土（掘削ズリ））

- E-5は3号炉東側エリアのEL+6.0m盤上の地点であり、地表面から岩盤（約EL-3m）まではすべて埋戻土（掘削ズリ）である。
- E-5の埋戻土（掘削ズリ）の粒度分布は、 $D_{50}$ は10mm以上となっており、道路橋示方書及び港湾基準のいずれにおいても液状化の判定を行う必要がある土層には該当しない。
- N値は概ね10程度である。また、細粒分含有率は概ね10%程度である。

第730回審査会合  
資料1-1 P68  
平面図修正



E-5地点のボーリング調査試料および液状化試験試料の試験結果

E-5地点の液状化試験試料の粒径加積曲線

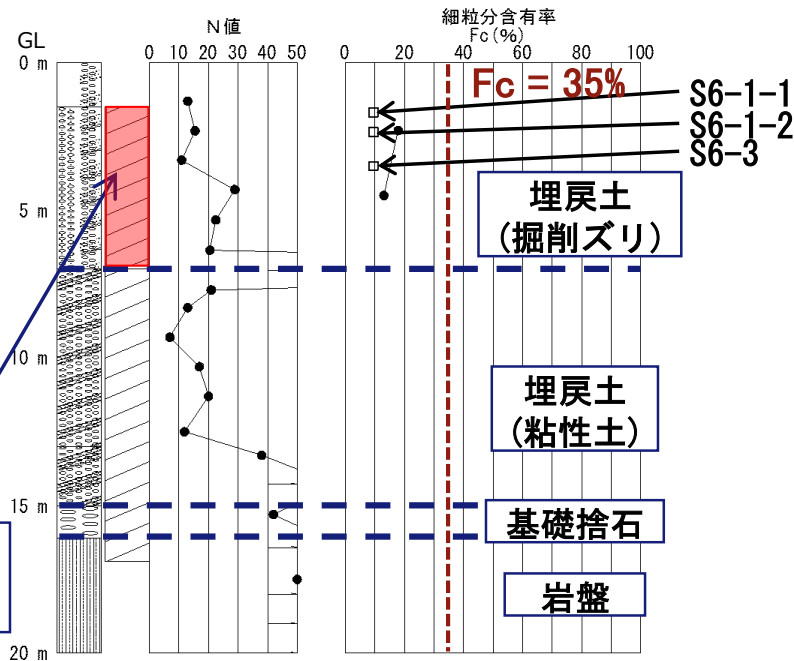
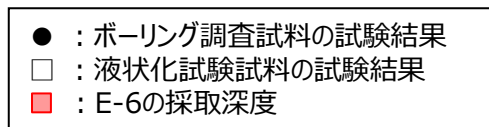
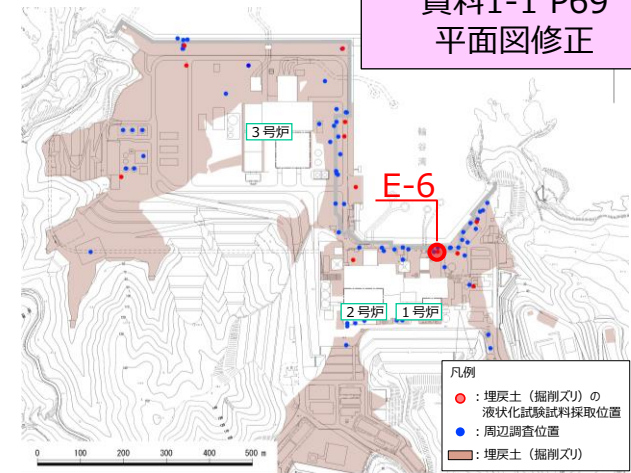


### 3.1 液状化試験試料採取位置とその代表性 3.1.2 液状化試験試料採取位置の代表性確認

## 液状化試験試料採取位置の基本物性（E-6の埋戻土（掘削ズリ））

- E-6は1, 2号炉北側エリアのEL+8.5m盤上の地点であり, 地表面から岩盤（約EL-10m）にかけて, 上から順に埋戻土（掘削ズリ）, 埋戻土（粘性土）, 基礎捨石が存在する。
- そのうち, E-6の埋戻土（掘削ズリ）の粒度分布は,  $D_{50}$ は10mm以上となっており, 道路橋示方書及び港湾基準のいずれにおいても液状化の判定を行う必要がある土層には該当しない。
- N値は概ね20程度である。また, 細粒分含有率は概ね10%程度である。

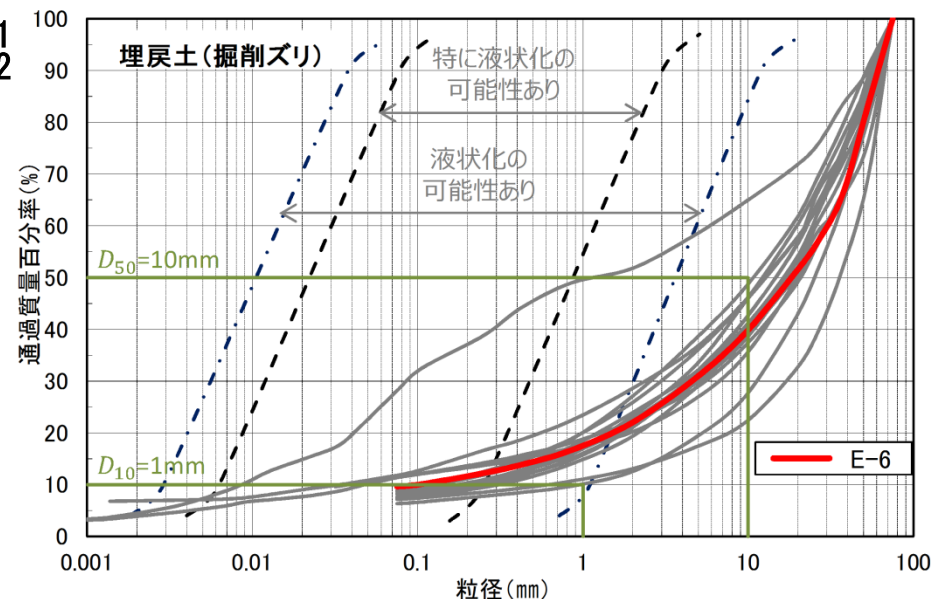
第730回審査会合  
資料1-1 P69  
平面図修正



サンプリング範囲

E-6地点のボーリング調査試料および液状化試験試料の試験結果

細粒分含有率：粒度0.075mm未満の土粒子の質量百分率



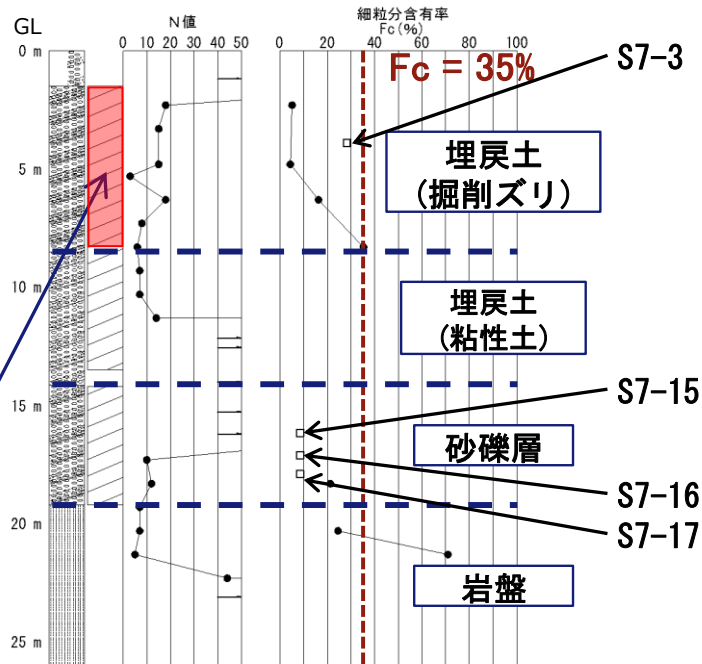
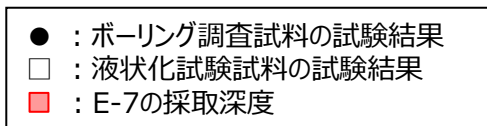
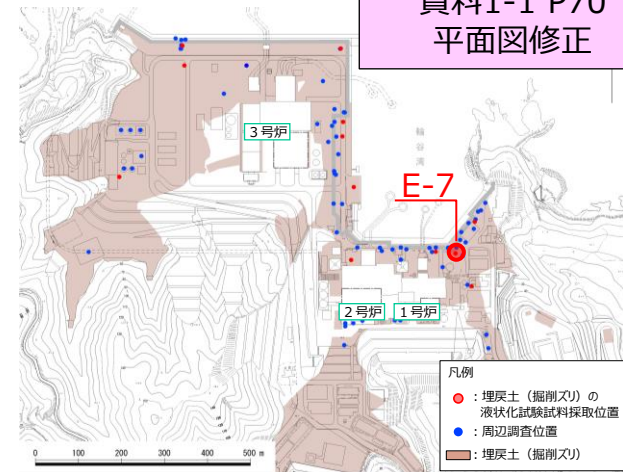
E-6地点の液状化試験試料の粒径加積曲線

### 3.1 液状化試験試料採取位置とその代表性 3.1.2 液状化試験試料採取位置の代表性確認

## 液状化試験試料採取位置の基本物性（E-7の埋戻土（掘削ズリ））

- E-7は1, 2号炉北側エリアのEL+8.5m盤上の地点であり, 地表面から岩盤（約EL-10m）にかけて, 上から順に埋戻土（掘削ズリ）, 埋戻土（粘性土）, 基礎捨石, 砂礫層が存在する。
- そのうち, E-7の埋戻土（掘削ズリ）の粒度分布は, 港湾基準において, 液状化の可能性のある土層には該当しない。また,  $D_{50}$ は10mm以下,  $D_{10}$ は1mm以下であるが,  $I_p$ が15以上であるため, 道路橋示方書において液状化の判定を行う必要がある土層には該当しない。
- N値は概ね10程度である。また, 細粒分含有率は概ね10%程度である。

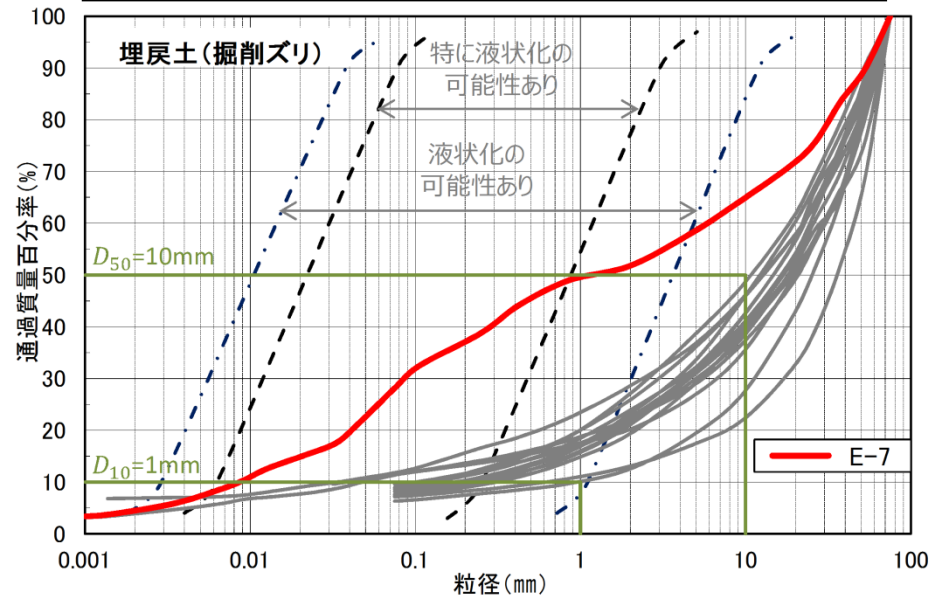
第730回審査会合  
資料1-1 P70  
平面図修正



サンプリング範囲

E-7地点のボーリング調査試料および液状化試験試料の試験結果

細粒分含有率：粒度0.075mm未満の土粒子の質量百分率

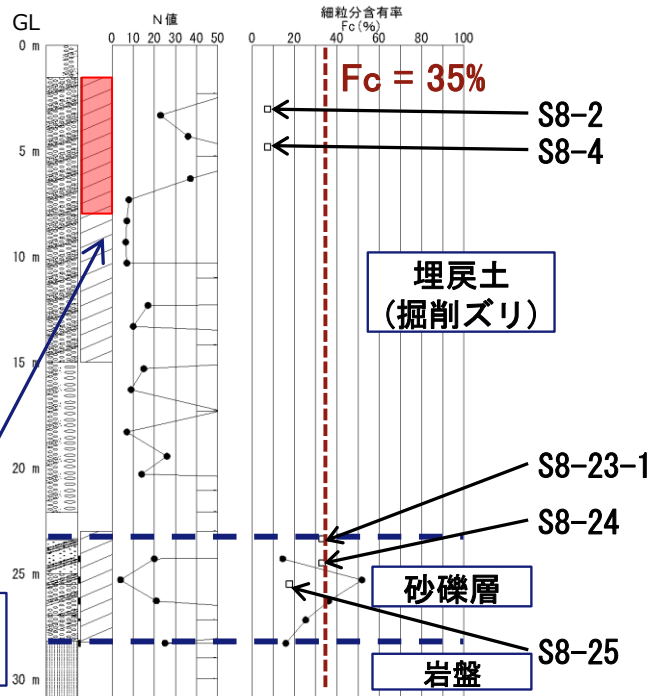
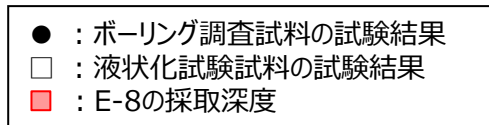


E-7地点の液状化試験試料の粒径加積曲線

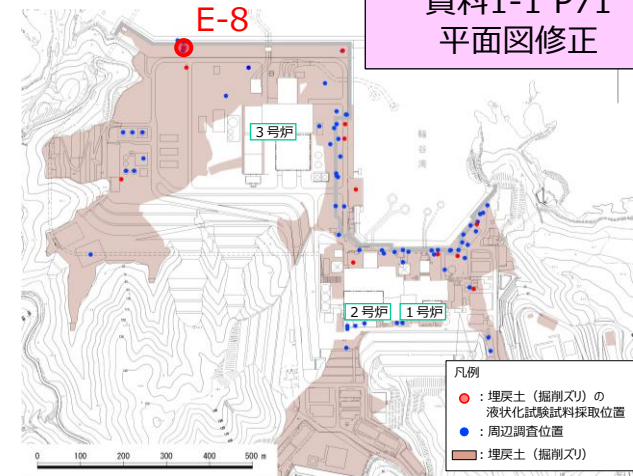
### 3.1 液状化試験試料採取位置とその代表性 3.1.2 液状化試験試料採取位置の代表性確認

## 液状化試験試料採取位置の基本物性（E-8の埋戻土（掘削ズリ））

- E-8は3号炉北側エリアのEL+6.5m盤上の地点であり、地表面から岩盤（約EL-20m）にかけて、上方に埋戻土（掘削ズリ）が存在し、岩盤上に厚さ最大5m程度の砂礫層が存在する。
- そのうち、E-8の埋戻土（掘削ズリ）の粒度分布は、 $D_{50}$ は10mm以上となっており、道路橋示方書及び港湾基準のいずれにおいても液状化の判定を行う必要がある土層には該当しない。
- N値は概ね20程度である。また、細粒分含有率は概ね10%程度である。

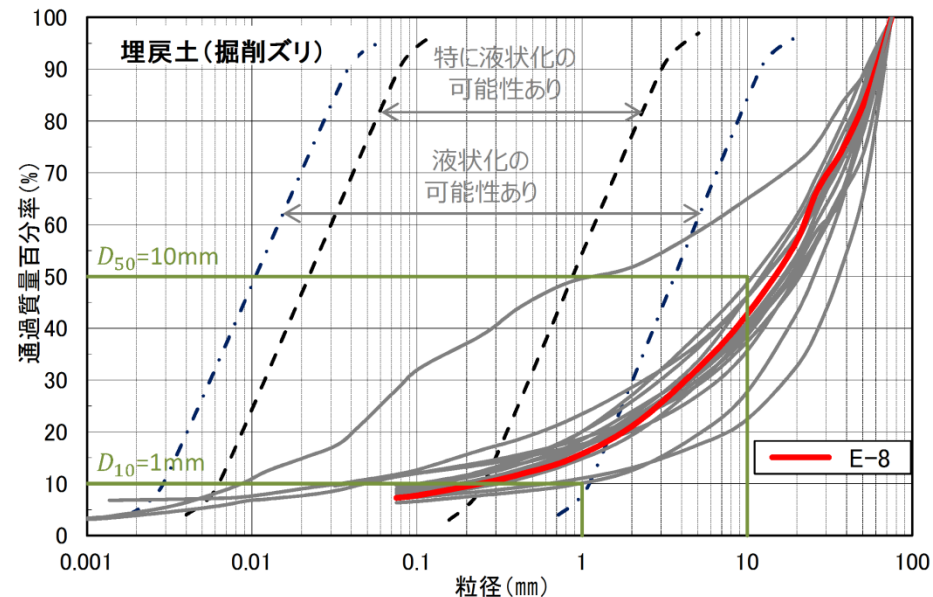


E-8地点のボーリング調査試料および液状化試験試料の試験結果



第730回審査会合  
資料1-1 P71  
平面図修正

細粒分含有率：粒度0.075mm未満の土粒子の質量百分率



E-8地点の液状化試験試料の粒径加積曲線

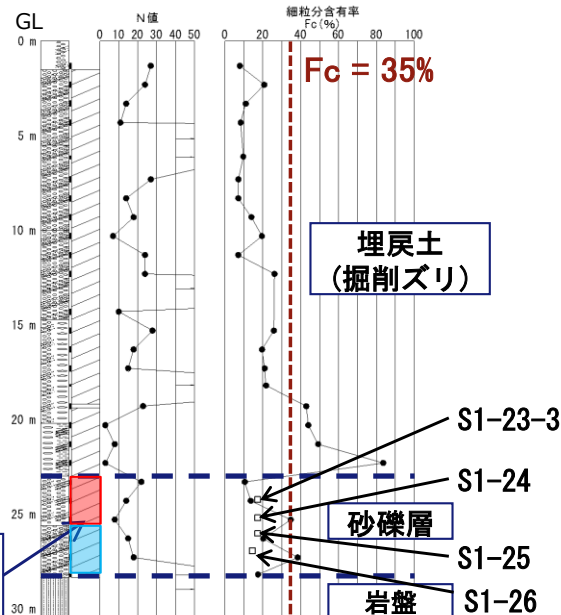


### 3.1 液状化試験試料採取位置とその代表性 3.1.2 液状化試験試料採取位置の代表性確認

## 液状化試験試料採取位置の基本物性（E-1の砂礫層）

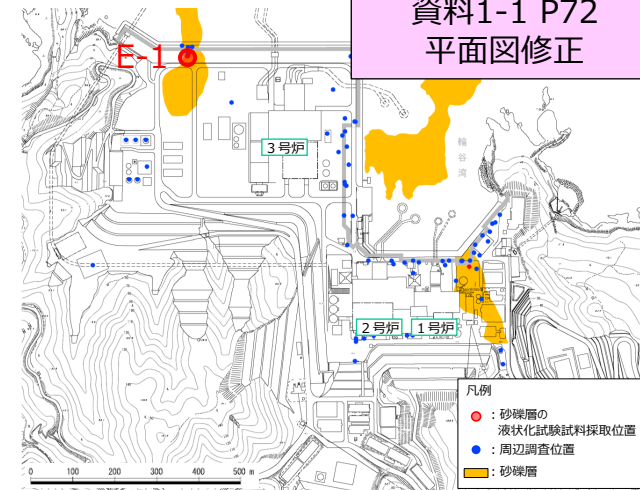
- E-1は3号炉北側エリアのEL+6.5m盤上の地点であり、地表面から岩盤（約EL-20m）にかけて、上方に埋戻土（掘削ズリ）が存在し、岩盤上に厚さ最大5m程度の砂礫層が存在する。
- そのうち、E-1の砂礫層の粒度分布は、港湾基準において、液状化の可能性がある土層には該当しない。また、 $D_{50}$ が10mm以下、 $D_{10}$ が1mm以下及び細粒分含有率が35%以下である試料があるため、道路橋示方書において液状化の判定を行う必要がある土層に該当する。
- N値は概ね20程度である。また、細粒分含有率は概ね20%程度である。

- : ボーリング調査試料の試験結果
- : 液状化試験試料の試験結果
- (赤) : E-1(1)の採取深度
- (青) : E-1(2)の採取深度

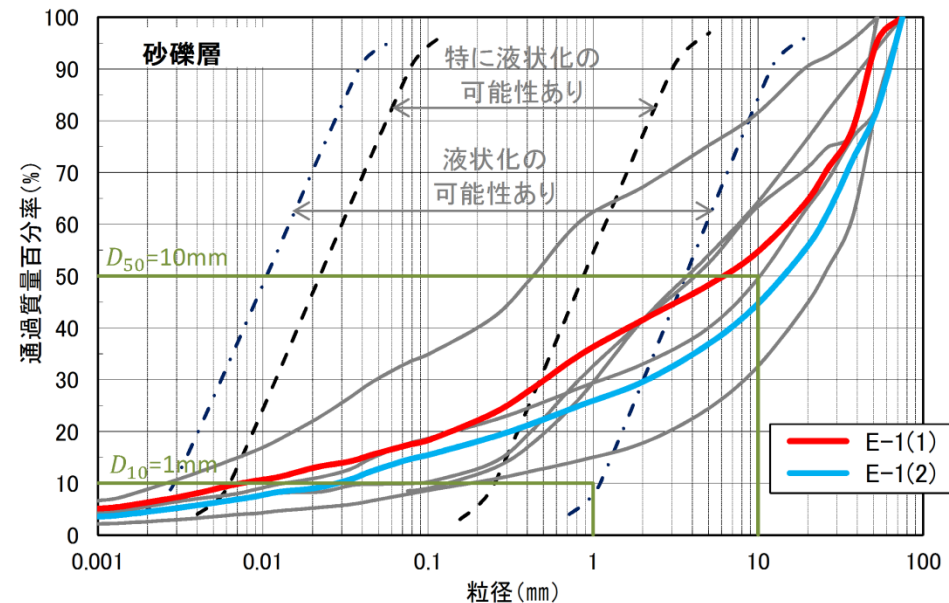


E-1地点のボーリング調査試料および液状化試験試料の試験結果

第730回審査会合  
資料1-1 P72  
平面図修正



細粒分含有率：粒度0.075mm未満の土粒子の質量百分率



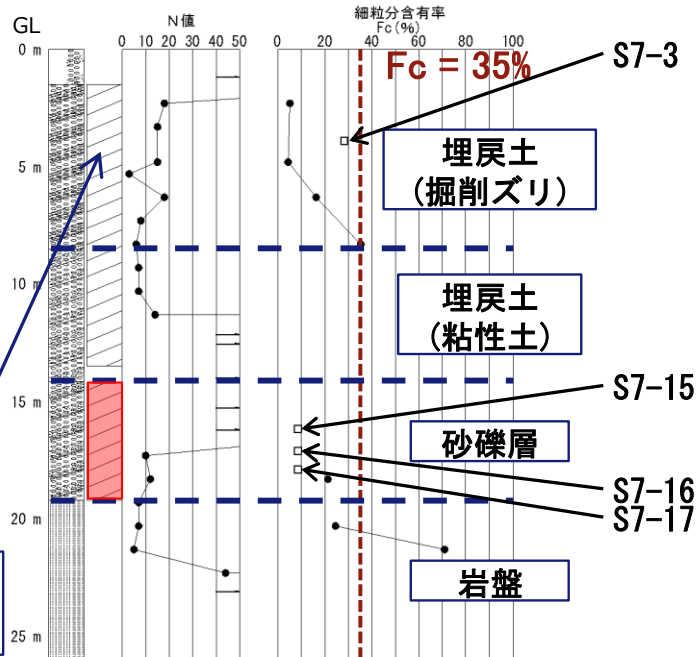
E-1地点の液状化試験試料の粒径加積曲線

### 3.1 液状化試験試料採取位置とその代表性 3.1.2 液状化試験試料採取位置の代表性確認

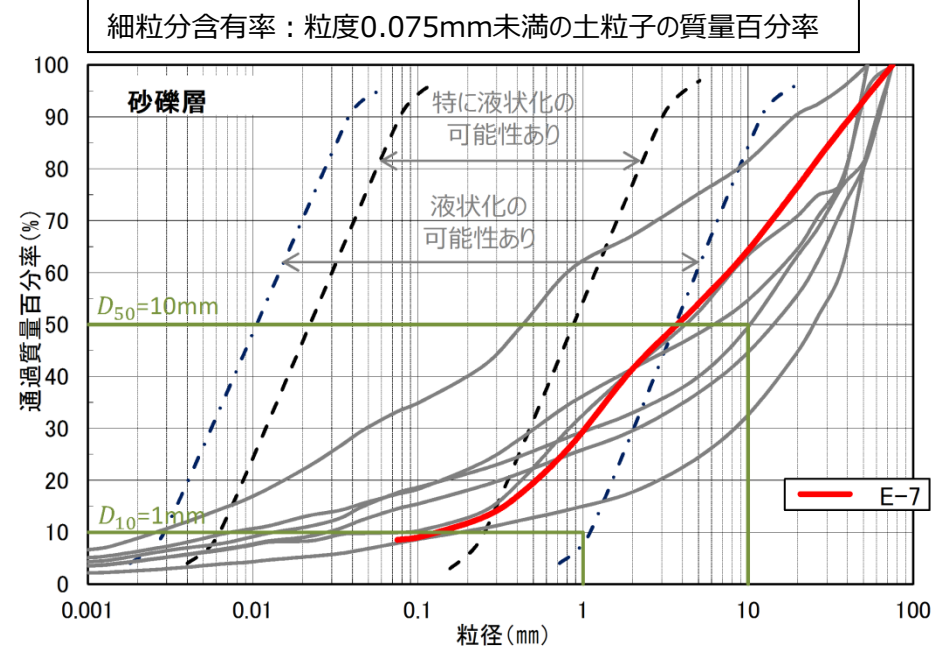
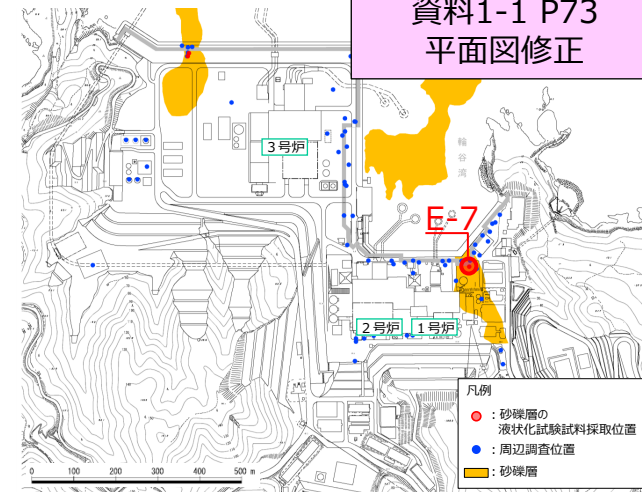
## 液状化試験試料採取位置の基本物性（E-7の砂礫層）

- E-7は1, 2号炉北側エリアのEL+8.5m盤上の地点であり, 地表面から岩盤(約EL-10m)にかけて, 上から順に埋戻土(掘削ズリ), 埋戻土(粘性土), 基礎捨石, 砂礫層が存在する。
- そのうち, E-7の砂礫層の粒度分布は, 港湾基準において, 液状化の可能性のある土層には該当しない。また,  $D_{50}$ が10mm以下,  $D_{10}$ が1mm以下及び細粒分含有率が35%以下である試料があるため, 道路橋示方書において液状化の判定を行う必要がある土層に該当する。
- N値は概ね10程度である。また, 細粒分含有率は概ね10%程度である。

- : ボーリング調査試料の試験結果
- : 液状化試験試料の試験結果
- : E-7の採取深度



E-7地点のボーリング調査試料および液状化試験試料の試験結果



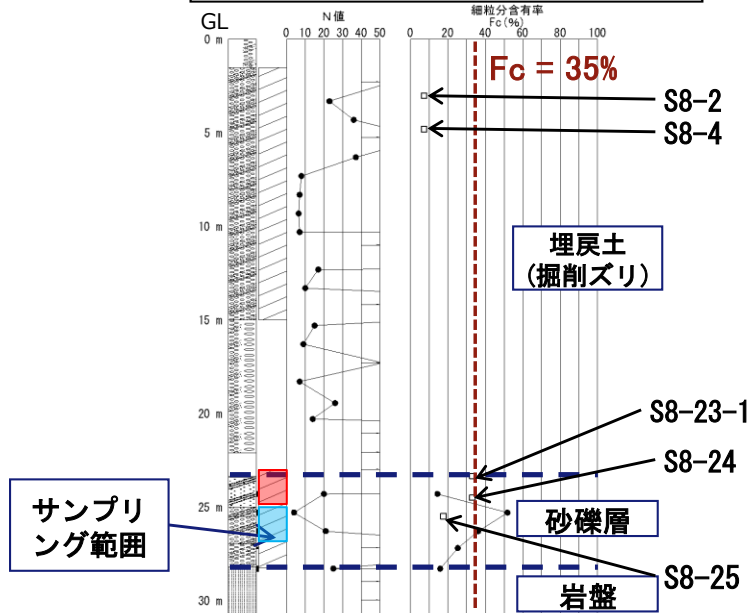
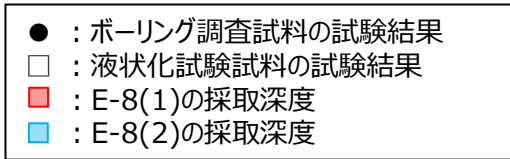
E-7地点の液状化試験試料の粒径加積曲線



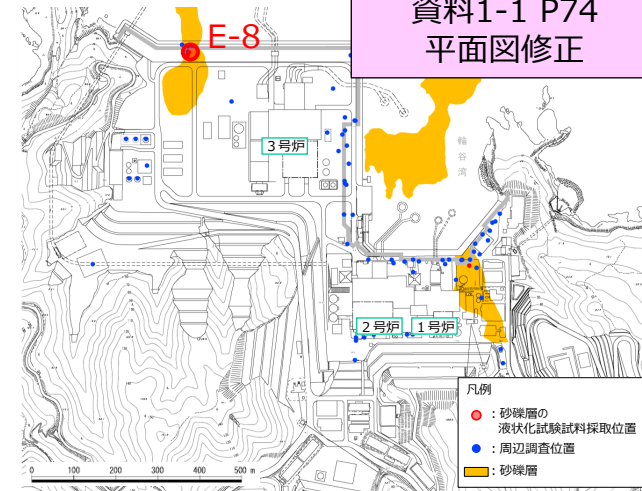
### 3.1 液状化試験試料採取位置とその代表性 3.1.2 液状化試験試料採取位置の代表性確認

## 液状化試験試料採取位置の基本物性（E-8の砂礫層）

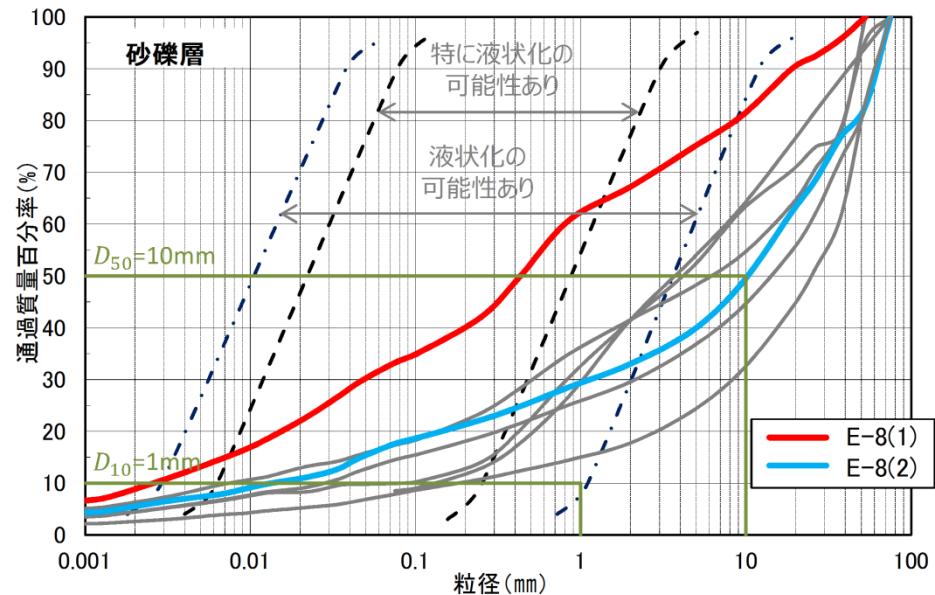
- E-8は3号炉北側エリアのEL+8.5m盤上の地点であり、地表面から岩盤（約EL-20m）にかけて、上方に埋戻土（掘削ズリ）が存在し、岩盤上に厚さ最大5m程度の砂礫層が存在する。
- そのうち、E-8の砂礫層の粒度分布は、港湾基準において、液状化の可能性のある土層には該当しない。また、 $D_{50}$ が10mm以下、 $D_{10}$ が1mm以下及び細粒分含有率が35%以下である試料があるため、道路橋示方書において液状化の判定を行う必要がある土層に該当する。
- N値は概ね20程度である。また、細粒分含有率は概ね20%程度とばらつきが大きい。



E-8地点のボーリング調査試料および液状化試験試料の試験結果



細粒分含有率：粒度0.075mm未満の土粒子の質量百分率



E-8地点の液状化試験試料の粒径加積曲線

### 3.1 液状化試験試料採取位置とその代表性 3.1.2 液状化試験試料採取位置の代表性確認

## 検討概要（１）比較指標について

第730回審査会合資料1-1 P75加筆・修正  
※修正箇所を青字で示す

- 液状化試験試料採取位置の代表性確認を目的に、液状化試験試料採取位置と周辺調査位置を含めた敷地全体との比較、検討を行う。
- 比較する指標としては、N値、細粒分含有率を選定する。
- N値は、各基準類の液状化判定における液状化強度比 $R_L$ の算定式がいずれもN値をパラメータとした式であり、また、有効応力解析（FLIP）の簡易設定法にN値がパラメータとして用いられており、液状化強度比 $R_L$ との相関が最も高いと考えられることから、指標として選定する。
- 細粒分含有率は、各基準類の液状化判定における液状化強度比 $R_L$ の算定式において、液状化強度比 $R_L$ を補正するパラメータとして用いられており、液状化強度比 $R_L$ との相関が高いと考えられることから、指標として選定する。

| 基準類名  | 液状化強度比 $R_L$ の算定に用いる主物性 | 液状化強度比 $R_L$ の補正に用いる物性        |
|---|-------------------------|-------------------------------|
| 道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編，日本道路協会，H24<br>(下水道施設の耐震対策指針と解説，日本下水道協会，H18)<br>(河川砂防技術基準（案）同解説 設計編，日本河川協会編，H9)<br>(高圧ガス設備等耐震設計指針，高圧ガス保安協会，H12) | N値<br>(有効上載圧を考慮した補正を行う) | 細粒分含有率 $F_c$                  |
| 港湾の施設の耐震設計に係る当面の措置（その2），日本港湾協会，H19<br>(部分改訂，H24)  |                         | 細粒分含有率 $F_c$                  |
| 建築基礎構造設計指針，日本建築学会，H13<br>(水道施設耐震工法指針・同解説，日本水道協会，H9)   |                         | 細粒分含有率 $F_c$                  |
| 鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計，（財）鉄道総合技術研究所，H24  |                         | 細粒分含有率 $F_c$<br>平均粒径 $D_{50}$ |
| 港湾の施設の技術上の基準・同解説，日本港湾協会，H19<br>埋立地の液状化対策ハンドブック（改訂版），運輸省港湾局監修，H9   |                         | 細粒分含有率 $F_c$                  |

### 3.1 液状化試験試料採取位置とその代表性 3.1.2 液状化試験試料採取位置の代表性確認

## (補足) 液状化判定法における液状化強度比とN値, 細粒分含有率の関係

#### ■ 液状化判定法 (道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編, 日本道路協会, H24)

第730回審査会合  
資料1-1 P76再掲

#### (3) 繰返し三軸強度比

繰返し三軸強度比  $R_L$  は式 (8.2.7) により算出する。

$$\left. \begin{aligned} R_L &= 0.0882 \sqrt{N_a/1.7} && (N_a < 14) \\ R_L &= 0.0882 \sqrt{N_a/1.7} + 1.6 \times 10^{-6} \cdot (N_a - 14)^{4.5} && (14 \leq N_a) \end{aligned} \right\} \dots\dots (8.2.7)$$

<砂質土の場合>

$$N_a = c_1 N_1 + c_2 \dots\dots\dots (8.2.8)$$

$$N_1 = 170N / (\sigma_{vb}' + 70) \dots\dots\dots (8.2.9)$$

$$\left. \begin{aligned} c_1 &= 1 && (0\% \leq FC < 10\%) \\ c_1 &= (FC + 40) / 50 && (10\% \leq FC < 60\%) \\ c_1 &= FC / 20 - 1 && (60\% \leq FC) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (8.2.10)$$

$$\left. \begin{aligned} c_2 &= 0 && (0\% \leq FC < 10\%) \\ c_2 &= (FC - 10) / 18 && (10\% \leq FC) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (8.2.11)$$

ここに,

$R_L$ : 繰返し三軸強度比

$N$ : 標準貫入試験から得られるN値

$N_1$ : 有効上載圧  $100\text{kN/m}^2$  相当に換算したN値

$N_a$ : 粒度の影響を考慮した補正N値

$\sigma_{vb}'$ : 標準貫入試験を行ったときの地表面からの深さにおける有効上載圧 ( $\text{kN/m}^2$ )

$c_1, c_2$ : 細粒分含有率によるN値の補正係数

$FC$ : 細粒分含有率 (%) (粒径  $75\mu\text{m}$  以下の土粒子の通過質量百分率)

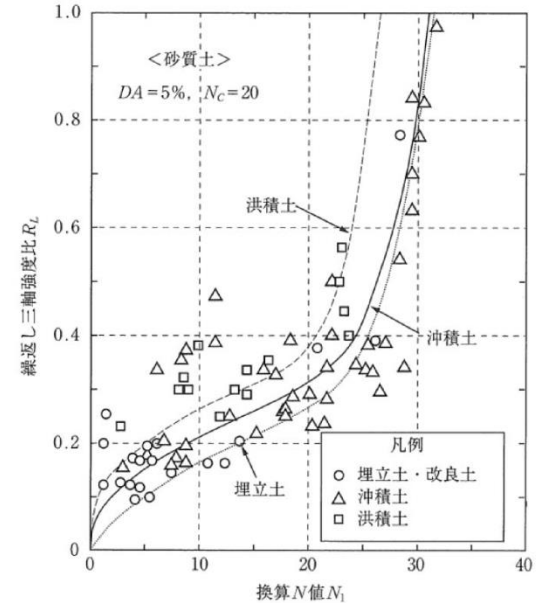


図-参6.6 砂質土の換算N値  $N_1$  と繰返し三軸強度比  $R_L$  の関係  
(道路橋示方書・同解説 V耐震設計編に関する参考資料, 日本道路協会, 2015)

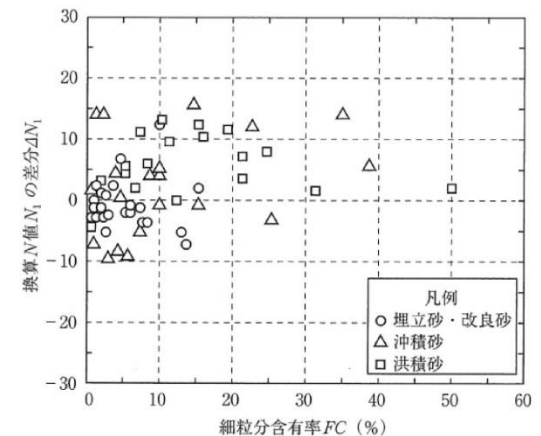


図-参6.7 砂質土の細粒分含有率と換算N値  $N_1$  の差分  $\Delta N_1$  の関係  
(道路橋示方書・同解説 V耐震設計編に関する参考資料, 日本道路協会, 2015)

### 3.1 液状化試験試料採取位置とその代表性 3.1.2 液状化試験試料採取位置の代表性確認

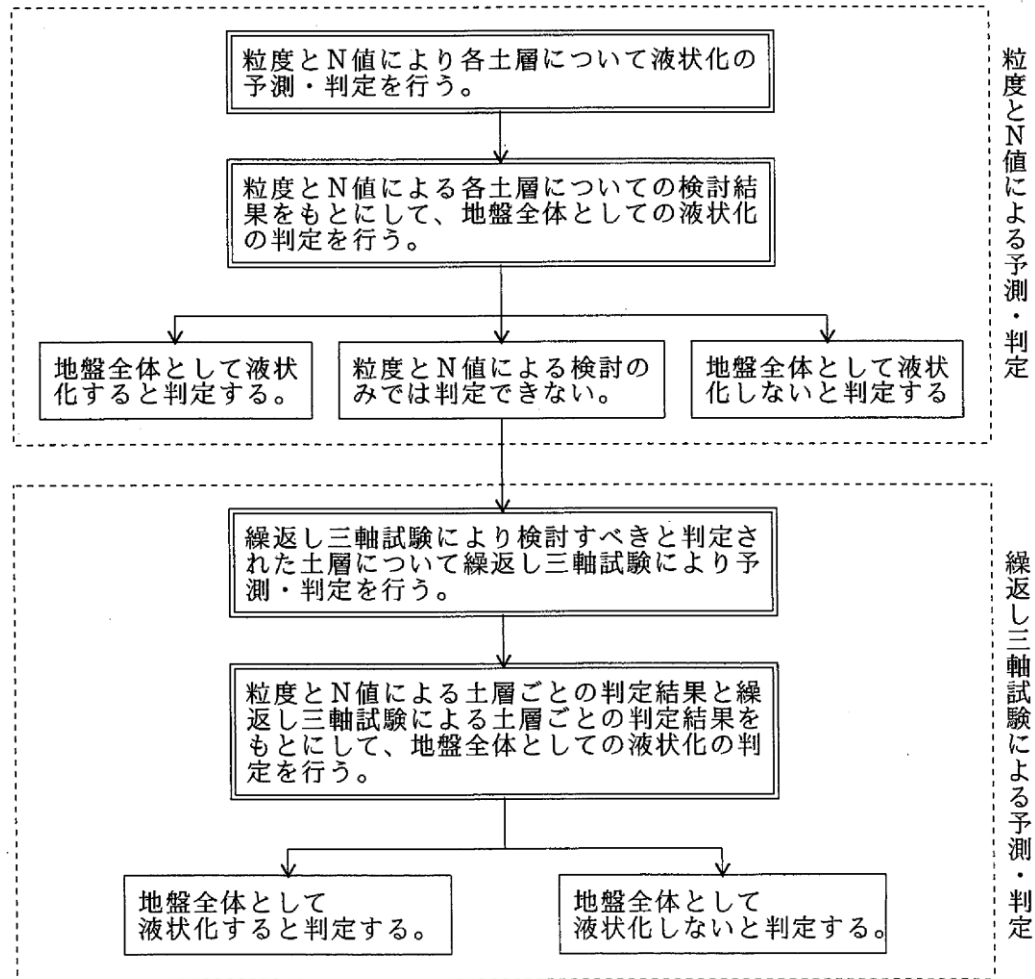
## (補足) 港湾基準・液状化対策ハンドブックにおける液状化の予測・判定

第730回審査会合  
資料1-1 P77再掲

#### ■ 液状化判定法

(港湾の施設の技術上の基準・同解説, 日本港湾協会, H19)

(埋立地の液状化対策ハンドブック (改訂版), 運輸省港湾局監修, H9)



### 3.1 液状化試験試料採取位置とその代表性 3.1.2 液状化試験試料採取位置の代表性確認

## 検討概要（2）ばらつきの考え方について

第730回審査会合資料1-1 P78加筆・修正  
※修正箇所を青字で示す

- 各基準における設計で設定する地盤物性値のばらつきに対する考え方は、「地盤工学会基準JGS4001：性能設計概念に基づいた基礎構造物等に関する設計原則（2006）」、「港湾基準」及び「道路橋示方書」によると、平均値を原則とし、ばらつきを考慮する場合は変動係数等に応じて設定するという考え方が示されている。
- 液状化試験試料採取位置と周辺調査位置を含めた敷地全体とのN値等の比較に際しては、各基準における地盤物性値のばらつきに対する考え方を参考に、「平均値」及び「平均値 - 1σ※(以下、-1σ値という)」について整理する。

| 基準類名               | 地盤物性値のばらつきに対する考え方  |
|--------------------|--|
| 地盤工学会基準<br>JGS4001 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・設計に用いる「特性値」の決定にあたっては、過去の経験にもとづき、地盤パラメータのばらつきや単純化したモデルの適用性に十分留意しなければならない。</li> <li>・この特性値は、<u>原則として導出値の平均値（期待値）</u>である。この平均値は単なる機械的な平均値ではなく、統計的な平均値の推定誤差を勘案したものでなければならない。</li> <li>・特性値を示すにあたっては、<u>地盤の特性を記述するために、特性値に加えて、導出値のばらつきの指標（たとえば標準誤差や変動係数）を含めることが望ましい。</u></li> </ul>                                   |
| 港湾基準               | <ul style="list-style-type: none"> <li>・性能照査に用いる地盤定数の設計用値は、<u>原則として地盤工学会基準JGS4001に基づき、推定する。</u></li> <li>・地盤定数の代表値である特性値は、データ数が十分かつ導出値のばらつきが小さい場合には、<u>原則として導出値の平均値をもって算定することができる。</u>ただし、データ数が不足している場合（10個未満）及び導出値のばらつきが大きい場合には、<u>導出値の平均値を補正した上で、特性値を設定する必要がある。</u></li> <li>・特性値は、<u>導出値のばらつきに関する補正係数b1を標準偏差として定義される変動係数に応じて設定することにする。</u></li> </ul> |
| 道路橋示方書             | <ul style="list-style-type: none"> <li>・地盤は複雑でばらつきの大きい材料であるが、設計に用いる地盤定数は、基礎に作用する荷重に対して、その条件下で最も高い確率で起こり得る基礎の挙動を推定するものである。したがって、地盤定数は、計算式の精度や特性を考慮したうえで、<u>当該地盤の平均的な値と考えられるものを求めることが原則である。</u></li> <li>・自然地盤から得られる計測データは多様で、しかもばらつきのがふつうである。データのばらつきだけでなく、データ数を合理的に評価して設計に用いる地盤定数を定める必要がある。</li> </ul>   |

※σ：標準偏差

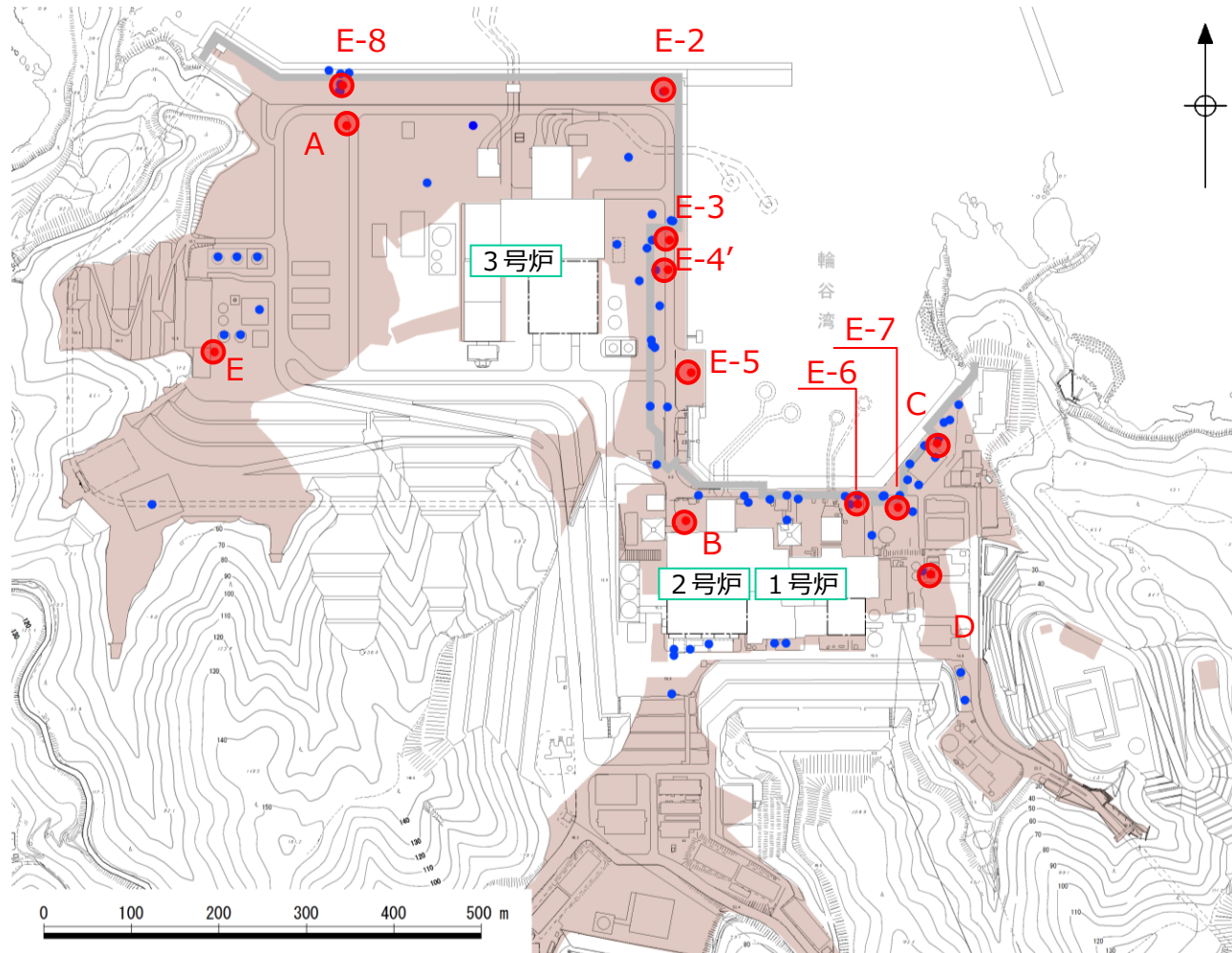


### 3.1 液状化試験試料採取位置とその代表性 3.1.2 液状化試験試料採取位置の代表性確認

## 液状化試験試料採取位置と敷地全体の基本物性比較（埋戻土(掘削ズリ)）

- 液状化試験を実施した箇所のうち、埋戻土（掘削ズリ）の液状化試験試料採取位置と敷地全体や防波壁近傍におけるN値や物理特性（細粒分含有率）の比較を行い、代表性を確認する。
- 各種試験は、JISに基づき実施する。

第730回審査会合  
資料1-1 P79加筆・修正  
※修正箇所を青字で示す



#### 凡例

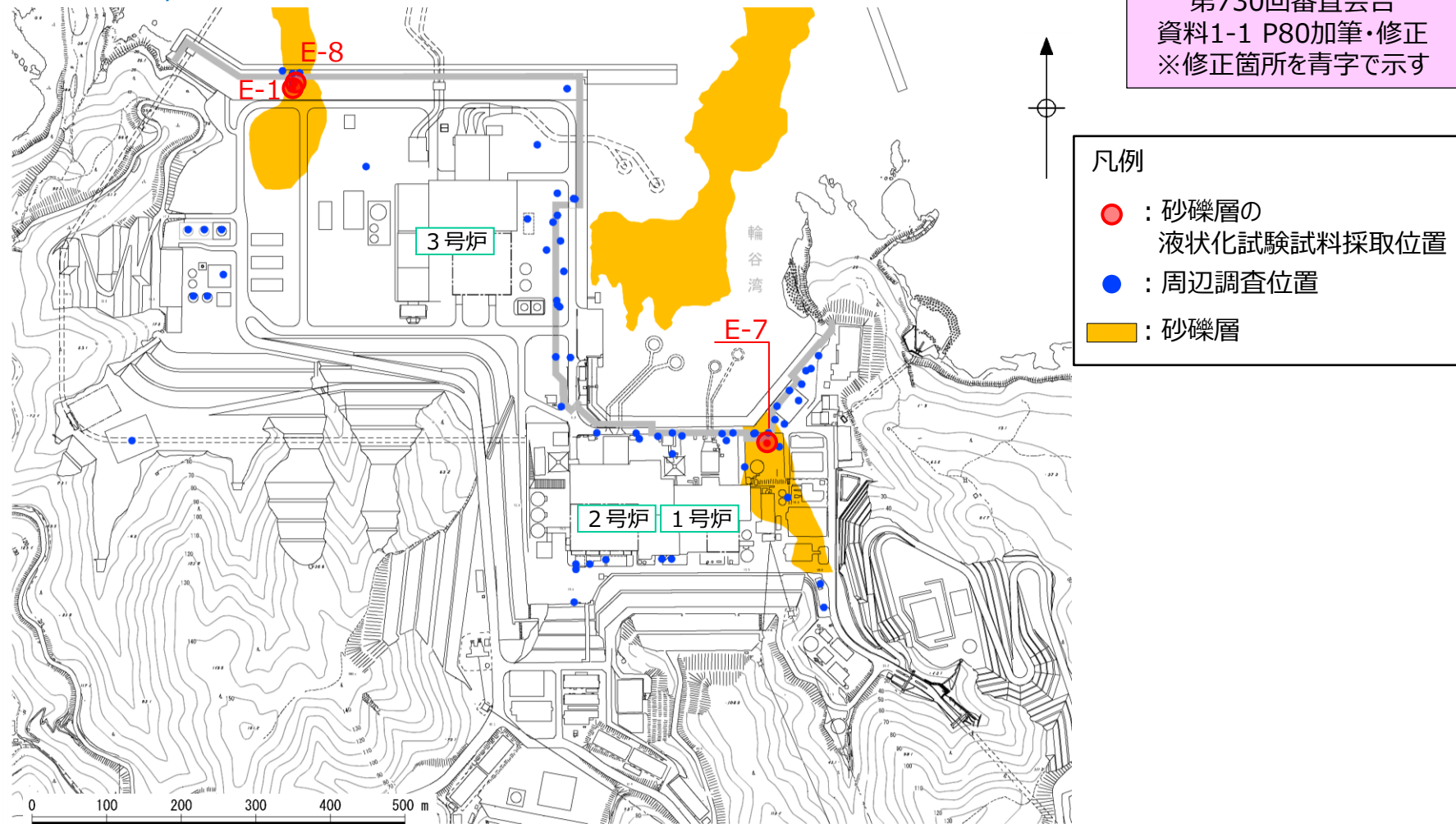
- : 埋戻土（掘削ズリ）の液状化試験試料採取位置
- : 周辺調査位置
- : 埋戻土（掘削ズリ）

比較対象位置図（埋戻土（掘削ズリ））

### 3.1 液状化試験試料採取位置とその代表性 3.1.2 液状化試験試料採取位置の代表性確認

## 液状化試験試料採取位置と敷地全体の基本物性比較（砂礫層）

- 液状化試験を実施した箇所のうち、砂礫層の液状化試験試料採取位置と敷地全体におけるN値や物理特性（細粒分含有率）の比較を行い、代表性を確認する。
- 各種試験は、JISに基づき実施する。



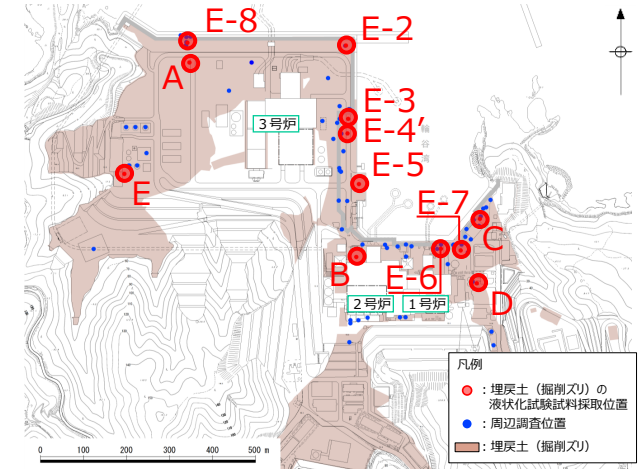
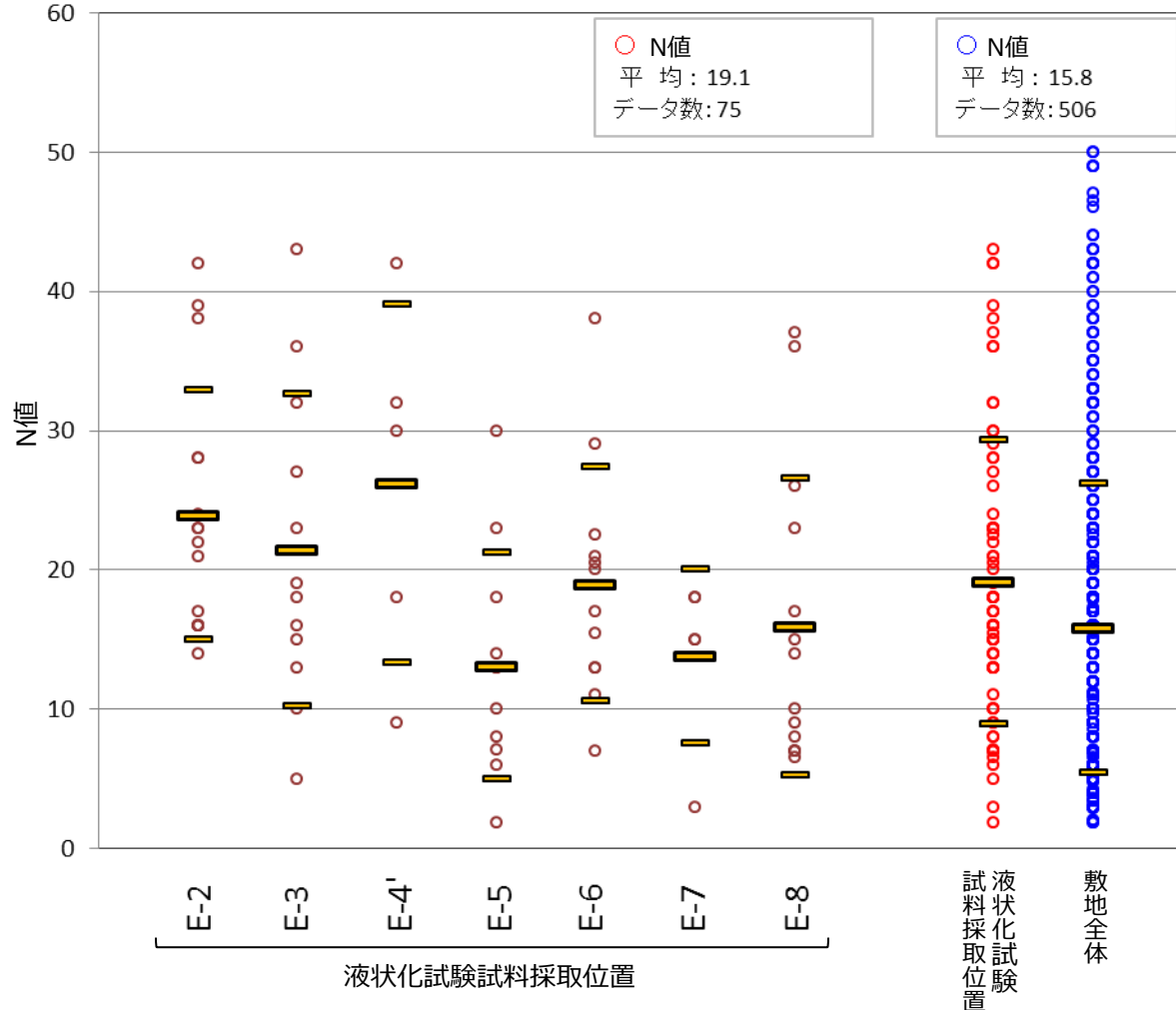
比較対象位置図（砂礫層）



### 3.1 液状化試験試料採取位置とその代表性 3.1.2 液状化試験試料採取位置の代表性確認

## 液状化試験試料採取位置と敷地全体の基本物性比較（埋戻土(掘削ズリ)）

- N値：埋戻土（掘削ズリ）に対する液状化試験試料採取位置の平均値及び-1 $\sigma$ 値は、周辺調査位置を含めた敷地全体（敷地全域における埋戻土（掘削ズリ）に対する調査位置）と同等である。

第730回審査会合  
資料1-1 P81加筆・修正  
※修正箇所を青字で示す



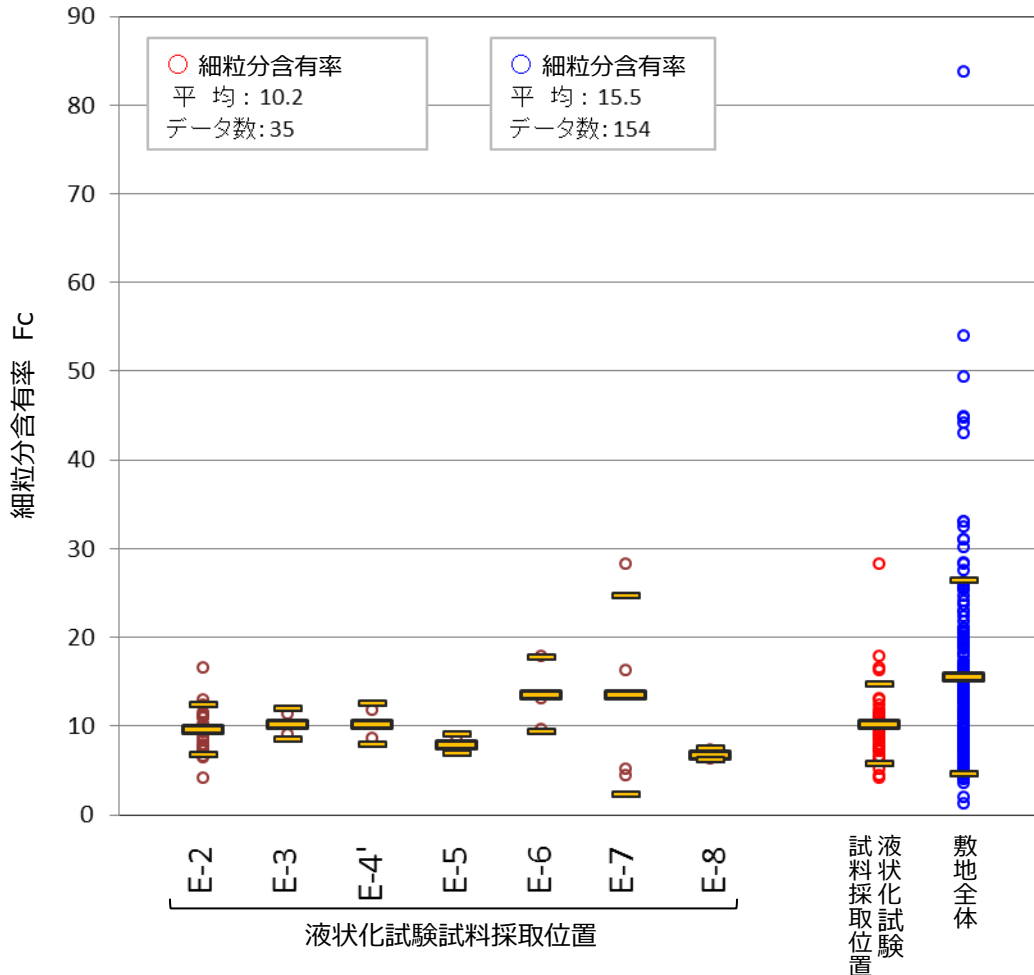
凡例  
 : 平均値  
 : 平均値±1 $\sigma$

N値の比較（埋戻土（掘削ズリ））

### 3.1 液状化試験試料採取位置とその代表性 3.1.2 液状化試験試料採取位置の代表性確認

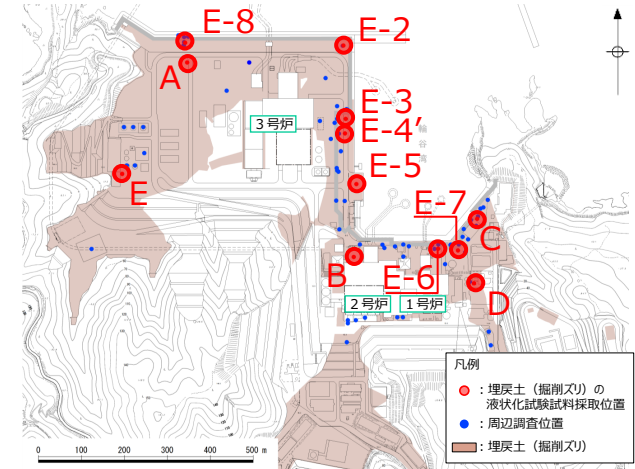
## 液状化試験試料採取位置と敷地全体の基本物性比較（埋戻土(掘削ズリ)）



- 細粒分含有率：埋戻土（掘削ズリ）に対する液状化試験試料採取位置の平均値及び-1 $\sigma$ 値は、周辺調査位置を含めた敷地全体（敷地全域における埋戻土（掘削ズリ）に対する調査位置）と同等である。



細粒分含有率の比較（埋戻土（掘削ズリ））

第730回審査会合  
資料1-1 P82加筆・修正  
※修正箇所を青字で示す

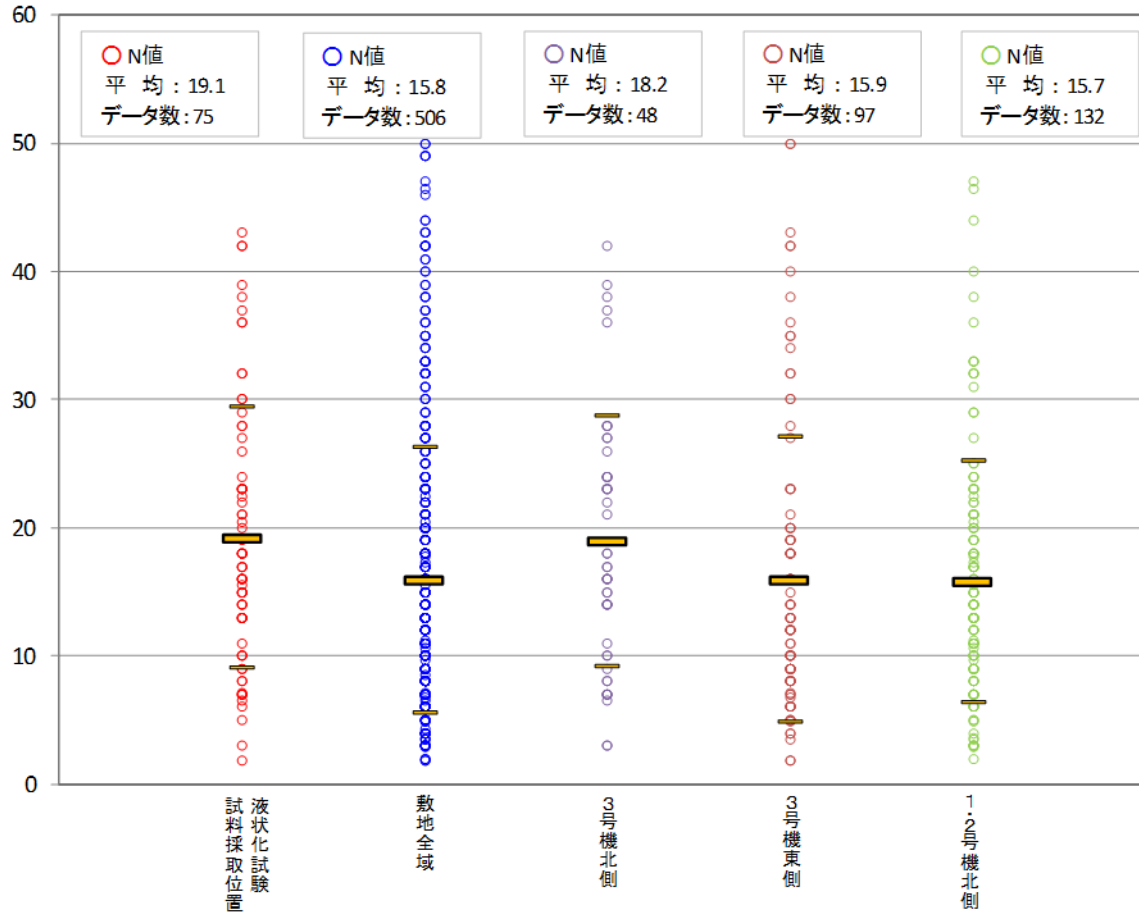


凡例  
 : 平均値  
 : 平均値±1 $\sigma$

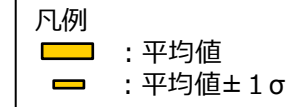
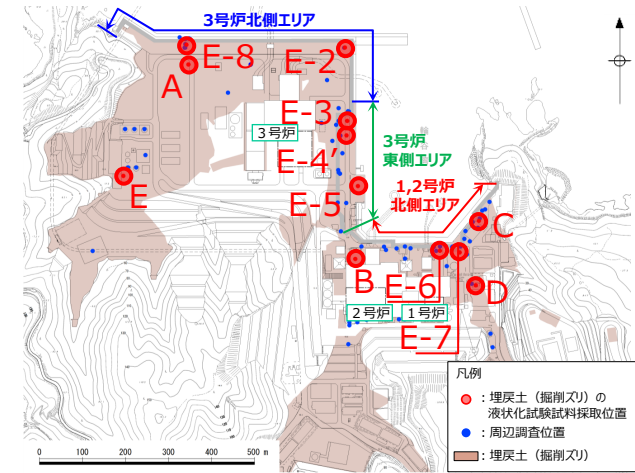
### 3.1 液状化試験試料採取位置とその代表性 3.1.2 液状化試験試料採取位置の代表性確認

## 液状化試験試料採取位置と防波壁近傍の基本物性比較（埋戻土(掘削ズリ)）

- N値：埋戻土（掘削ズリ）に対する液状化試験試料採取位置の平均値は、防波壁の各構造形式近傍調査位置と同等である。



N値の比較（埋戻土（掘削ズリ））

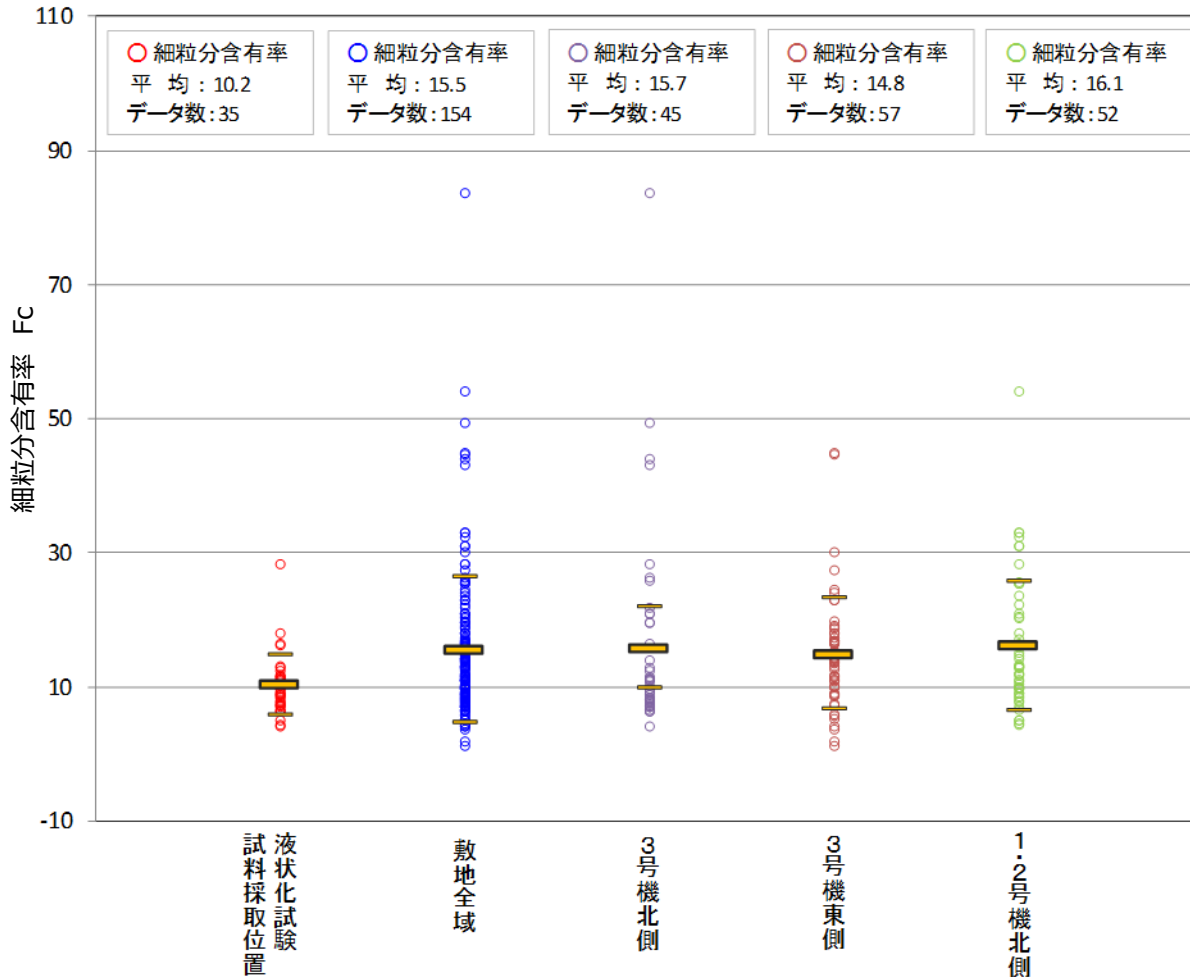




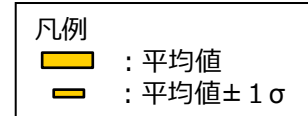
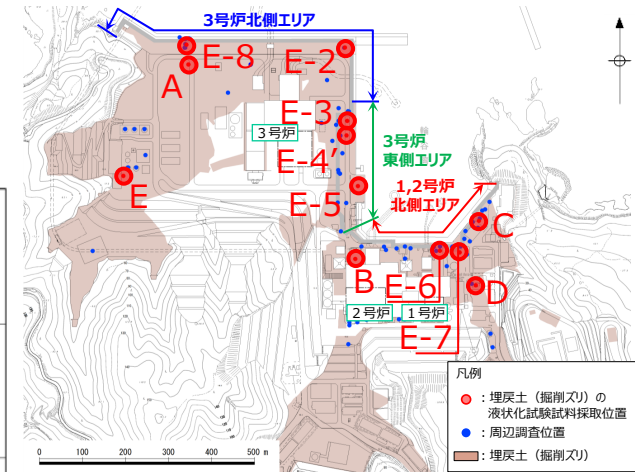
### 3.1 液状化試験試料採取位置とその代表性 3.1.2 液状化試験試料採取位置の代表性確認

## 液状化試験試料採取位置と防波壁近傍の基本物性比較（埋戻土(掘削ズリ)）

- 細粒分含有率：埋戻土（掘削ズリ）に対する液状化試験試料採取位置の平均値は，防波壁の各構造形式近傍調査位置と同等である。



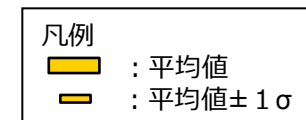
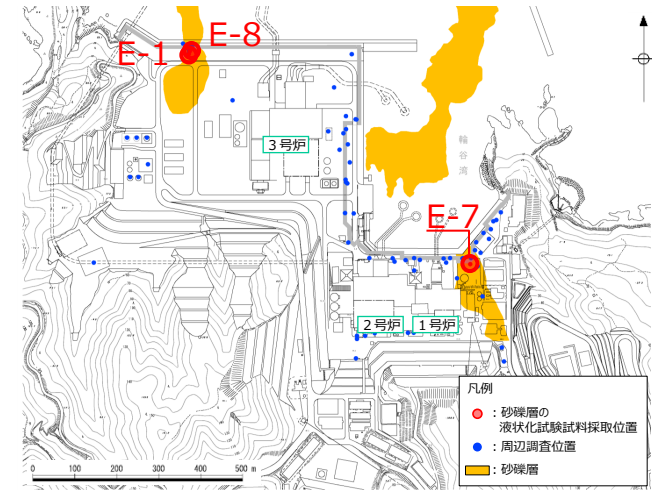
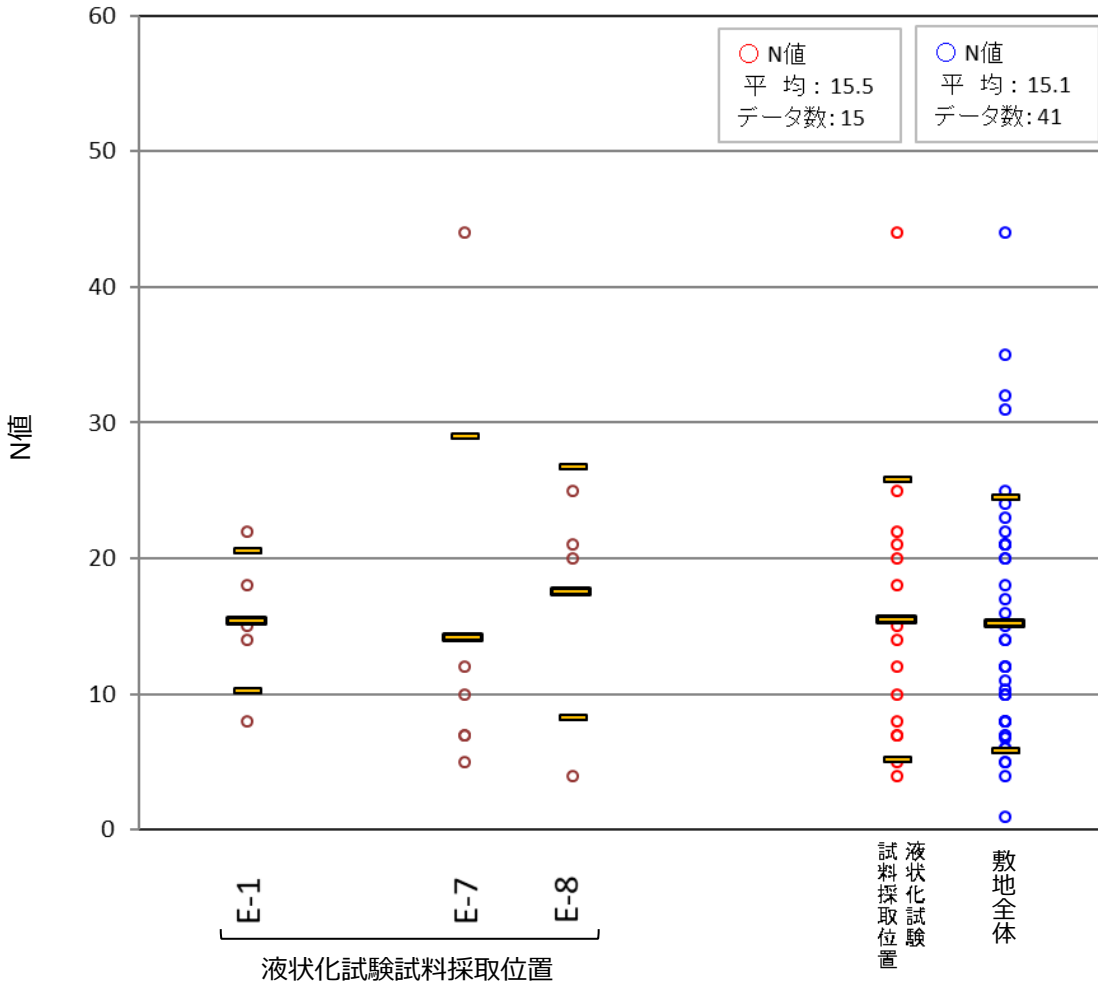
細粒分含有率の比較（埋戻土（掘削ズリ））



### 3.1 液状化試験試料採取位置とその代表性 3.1.2 液状化試験試料採取位置の代表性確認

## 液状化試験試料採取位置と敷地全体の基本物性比較（砂礫層）

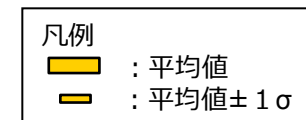
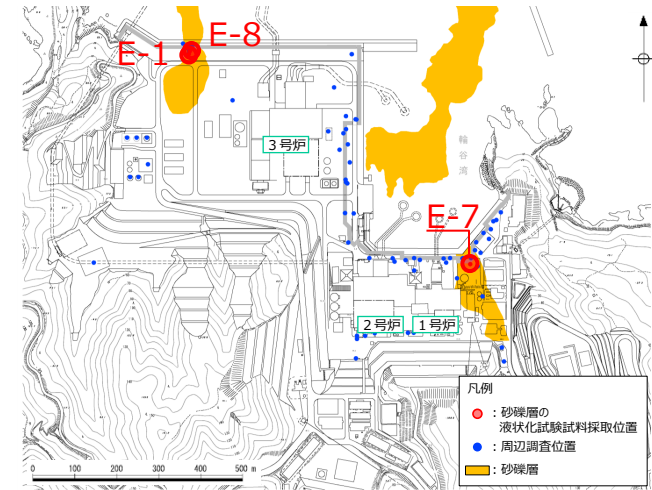
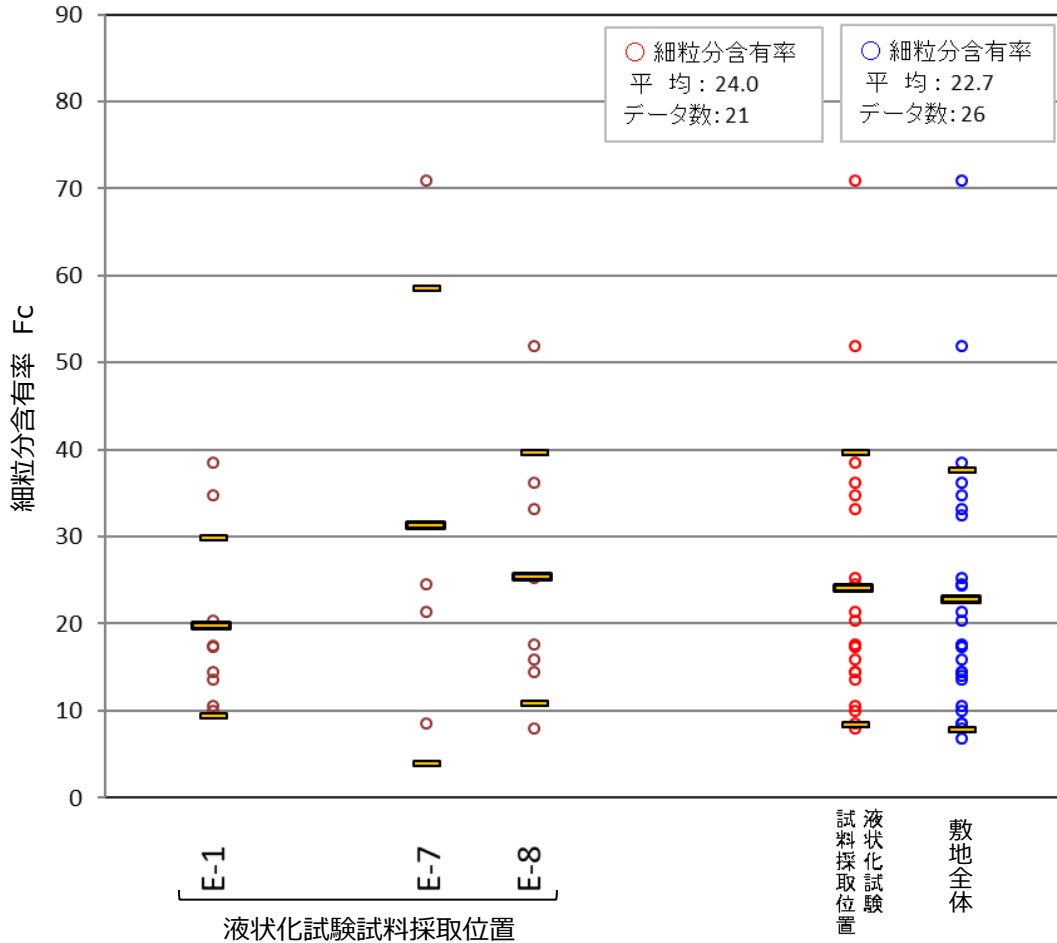
- N値：砂礫層に対する液状化試験試料採取位置の平均値及び-1 $\sigma$ 値は、周辺調査位置を含めた敷地全体（敷地全域における砂礫層に対する調査位置）と同等である。



### 3.1 液状化試験試料採取位置とその代表性 3.1.2 液状化試験試料採取位置の代表性確認

## 液状化試験試料採取位置と敷地全体の基本物性比較（砂礫層）

- 細粒分含有率：砂礫層に対する液状化試験試料採取位置の平均値及び-1 $\sigma$ 値は、周辺調査位置を含めた敷地全体（敷地全域における砂礫層に対する調査位置）と同等である。



細粒分含有率の比較（砂礫層）

### 3.1 液状化試験試料採取位置とその代表性

#### 3.1.2 液状化試験試料採取位置の代表性確認

## まとめ

第730回審査会合 資料1-1 P83加筆・修正  
※修正箇所を青字で示す

- E-2～E-8地点の埋戻土（掘削ズリ）は、**敷地全体**と比べて、N値及び細粒分含有率ともに、液状化試験試料採取位置の平均値及び-1 $\sigma$ 値が、**敷地全体**のばらつき（ $\pm 1\sigma$ ）の範囲内であることから、液状化試験試料採取位置は代表性を有していると評価した。
- 埋戻土（掘削ズリ）は敷地全体に分布するため、場所によって埋戻土（掘削ズリ）の性状が異なる懸念があることから、敷地の広範囲にわたって設置された防波壁に着目して、液状化試験試料採取位置と3つの構造形式の防波壁近傍の基本物性を比較したところ、N値及び細粒分含有率ともに、液状化試験試料採取位置の平均値が、防波壁近傍のばらつき（ $\pm 1\sigma$ ）の範囲内であることから、液状化試験試料採取位置は代表性を有していると評価した。
- E-1, E-7, E-8地点の砂礫層の細粒分含有率は、液状化試験試料採取位置の平均値及び-1 $\sigma$ 値が、敷地全体のばらつき（ $\pm 1\sigma$ ）の範囲内であった。また、N値は、液状化試験試料採取位置の平均値は敷地全体のばらつき（ $\pm 1\sigma$ ）の範囲内であり、液状化試験試料採取位置の-1 $\sigma$ 値は敷地全体のばらつき（ $\pm 1\sigma$ ）の範囲から僅かに外れているものの概ね一致していることから、液状化試験試料採取位置は代表性を有していると評価した。なお、砂礫層は敷地の局所的な範囲で確認されており、液状化試験試料採取位置と敷地全体の調査位置とは近接している。



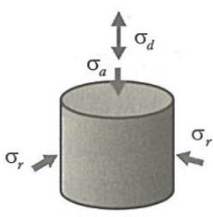
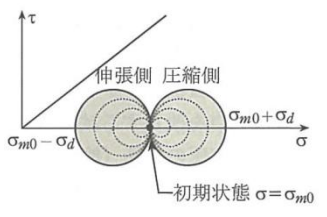
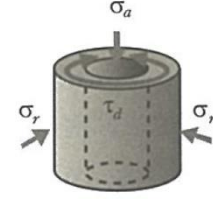
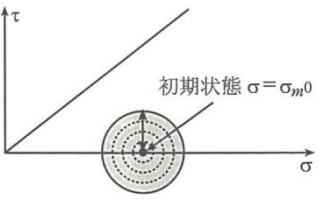
1. 液状化評価の基本方針
2. 液状化評価対象層の抽出
3. 液状化強度特性の網羅性，代表性
  - 3.1 液状化試験試料採取位置とその代表性
  - 3.2 液状化試験結果
  - 3.3 基準地震動 $S_s$ に対する液状化試験の妥当性確認
  - 3.4 簡易設定法
  - 3.5 液状化強度特性の設定方針
4. 液状化影響の評価方針
5. 参考文献

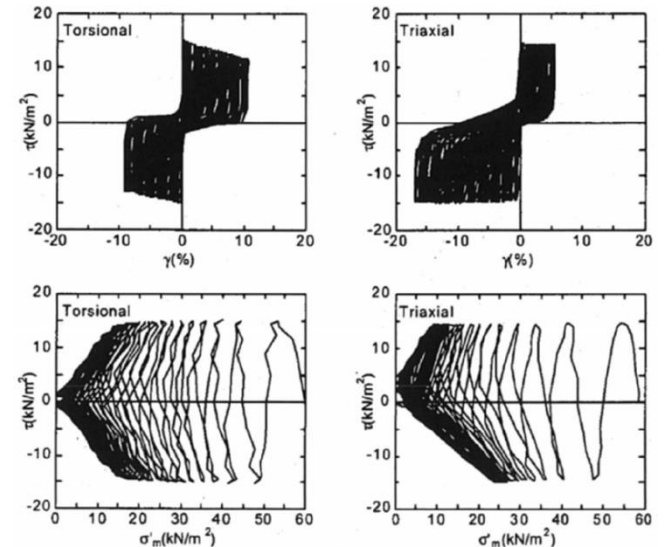
### 3.2 液状化試験結果 3.2.1 液状化試験方法

## 液状化試験について

- 地盤工学会では、地盤の液状化強度特性を求めるための繰返し非排水三軸試験方法（JGS 0541）（地盤工学会, H21）が規定されている。
- 実務的には、地盤の液状化強度特性を求める試験方法として、繰返し非排水三軸試験のほかに、中空円筒供試体による繰返しねじりせん断試験などが用いられる。（安田, H3）。
- 繰返し非排水三軸試験では、等方に拘束圧を掛けた状態で軸方向に外力を繰返し与えて液状化させるので、圧縮側と引張側で、応力経路やひずみの生じ方が異なる。一方、繰返しねじりせん断試験では、円周方向に回転させるように外力を加える。原地盤の拘束圧に近い異方応力状態での試験も可能である。また、応力経路も原地盤に近い挙動となる。
- ただし、実務では装置や操作が比較的容易であり、実績の多い繰返し非排水三軸試験が用いられることが多い。また、繰返しねじりせん断試験では中空の円筒状の供試体を用いるので、粒径が大きい試料には適用が困難である。
- 以上を踏まえ、埋戻土（掘削ズリ）及び砂礫層を対象とした液状化試験を実施するにあたり、繰返し非排水三軸試験を採用する。

一般的な液状化試験方法の例（吉田, H22）

|           | 荷重  | 応力状態の変化   |
|-----------|---|---|
| 繰返し三軸     |  <p><math>\sigma_d</math>: 軸差応力<br/><math>\sigma_a</math>: 拘束圧<br/><math>\sigma_r</math>: 拘束圧</p> |   |
| 繰返しねじりせん断 |  <p><math>\tau_d</math>: 軸差応力<br/><math>\sigma_a</math>: 拘束圧<br/><math>\sigma_r</math>: 拘束圧</p>  |  |



繰返しねじりせん断試験      繰返し非排水三軸試験

繰返しねじりせん断試験と繰返し非排水三軸試験の応力-ひずみ関係（上図）と応力経路（下図）（土木学会, H15）

## 3.2 液状化試験結果 3.2.1 液状化試験方法

### 試験の概要

第730回審査会合  
資料1-1 P86加筆・修正  
※修正箇所は青字で示す

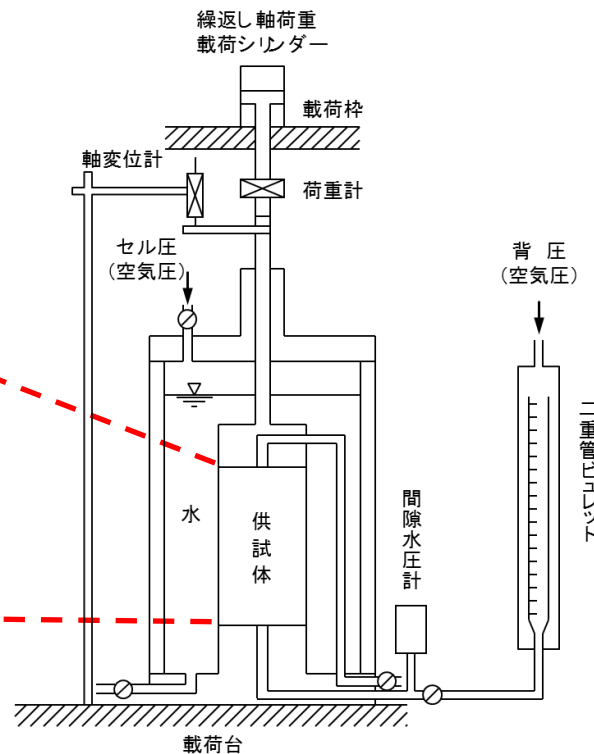
69

- 土の繰返し非排水三軸試験方法（JGS 0541 – 2009）を参考に実施。なお、供試体はロータリー式三重管サンプラー及び表層試料採取により採取した試料とした。

#### 【試験概要】

- ・供試体寸法：外径88mm，高さ176mm
- ・载荷波形：正弦波（0.1Hz）
- ・拘束圧：供試体平均深度の有効土被り圧を考慮して設定

- ・両振幅軸ひずみ10%に達するまで試験を実施する。
- ・所定の両振幅軸ひずみ（1，2，5，10%）及び過剰間隙水圧比0.95の繰返し回数を評価。



三軸試験の概要

## 3.2 液状化試験結果 3.2.2 液状化試験結果の分類に対する基本的考え方

### 本資料上の用語の定義

第730回審査会合  
資料1-1 P87再掲

70

- レベル2地震動による液状化研究小委員会活動成果報告書（土木学会，H15）では，地盤の液状化及びそれに関連する事象の定義として，以下のように記載されている。

#### 【液状化】

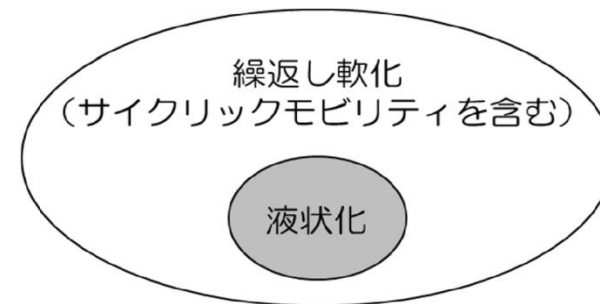
地震の繰返しせん断力などによって，飽和した砂や砂礫などの緩い非粘性土からなる地盤内での間隙水圧が上昇・蓄積し，有効応力がゼロまで低下し液体状となり，その後地盤の流動を伴う現象。

#### 【サイクリックモビリティ】

繰返し載荷において土が「繰返し軟化」する過程で，限られたひずみ範囲ではせん断抵抗が小さくなって，ひずみが大きく成長しようとする，正のダイレイタンシー特性のためにせん断抵抗が急激に作用し，せん断ひずみの成長に歯止めがかかる現象。主に，密な砂や礫質土，過圧密粘土のように正のダイレイタンシー特性が著しい土において顕著に現れる。

#### 【繰返し軟化】

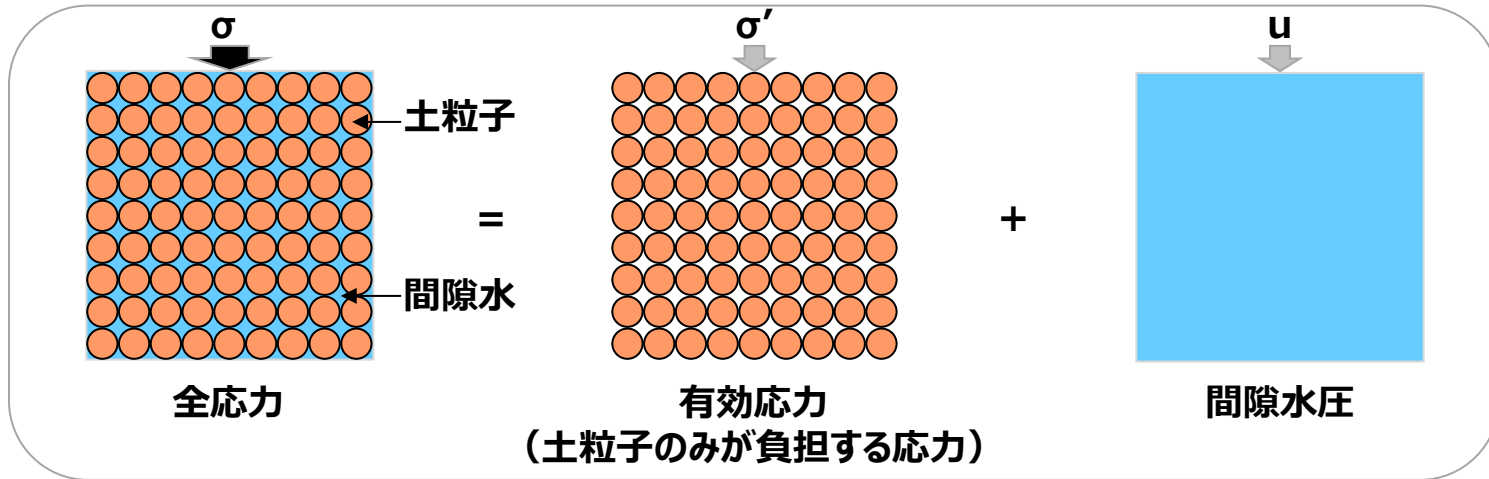
繰返し載荷による間隙水圧上昇と剛性低下によりせん断ひずみが発生し，それが繰返し回数とともに徐々に増大するが，土の持つダイレイタンシー特性や粘性のためにひずみは有限の大きさにとどまり，大きなひずみ範囲にいたるまでの流動は起きない。



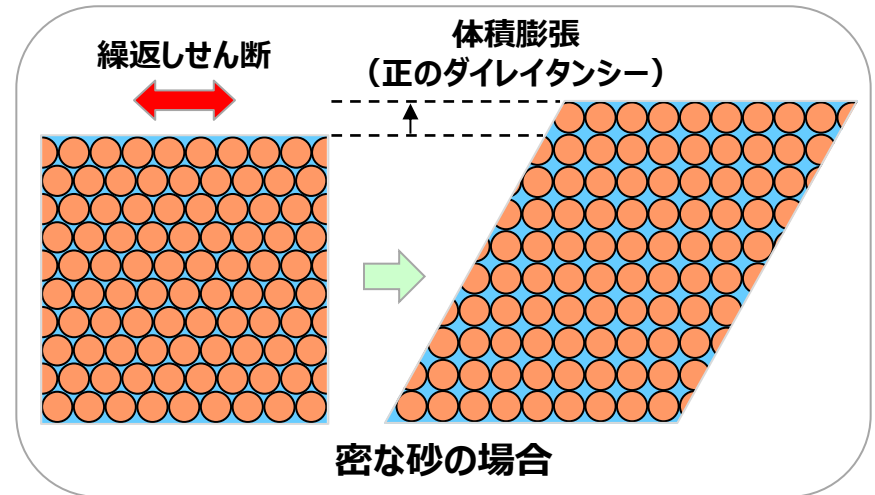
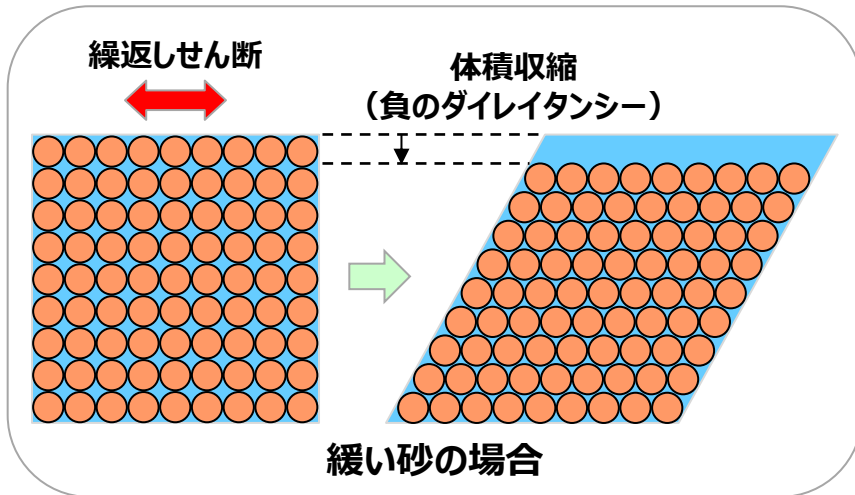
繰返し載荷による地盤の状態



3.2 液状化試験結果 3.2.2 液状化試験結果の分類に対する基本的考え方  
**地盤のダイレイタンシー特性の概要**



地盤の強度の概要



地盤のダイレイタンシー特性の概要

## 3.2 液状化試験結果 3.2.2 液状化試験結果の分類に対する基本的考え方 サイクリックモビリティについて

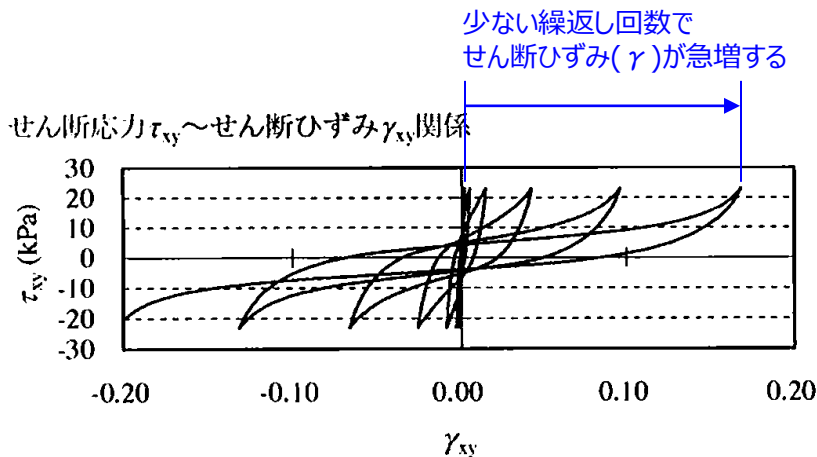
- サイクリックモビリティは、その現象の違いから一般的に液状化とは区別されている。
- サイクリックモビリティとは、砂などの繰返し载荷において、有効拘束圧がゼロに近づいてから、载荷時にせん断剛性の回復、除荷時に有効応力の減少を繰り返していくが、ひずみは有限の大きさにとどまる現象であり、液状化とは区別して用いられることがある。(地盤工学会, H18)
- 地盤の液状化は、ゆるい砂地盤が繰返しせん断を受け、せん断振幅が急増し、地盤全体が泥水状態となり、噴砂や噴水を伴うことが多いので、現象的にサイクリックモビリティとは異なる。(井合, H20)
- サイクリックモビリティにおいて、有効応力がゼロになるのは、せん断応力がゼロになる瞬間だけであり、せん断応力が作用している間は有効応力が存在するので、間隙水圧比が100%に達した後でも、繰返しせん断に対して相当な剛性を保持する。(吉見, H3)
- 密詰めの場合には大ひずみは生じない。一時的に有効拘束圧が0になっても、その後せん断力を加えると負の過剰間隙水圧が発生して有効拘束圧が増加(回復)し、有限の小さなひずみ振幅しか発生しない。この現象を“サイクリックモビリティ”と呼んで液状化と区別することもある。(安田, H3)

○ : 該当する × : 該当しない

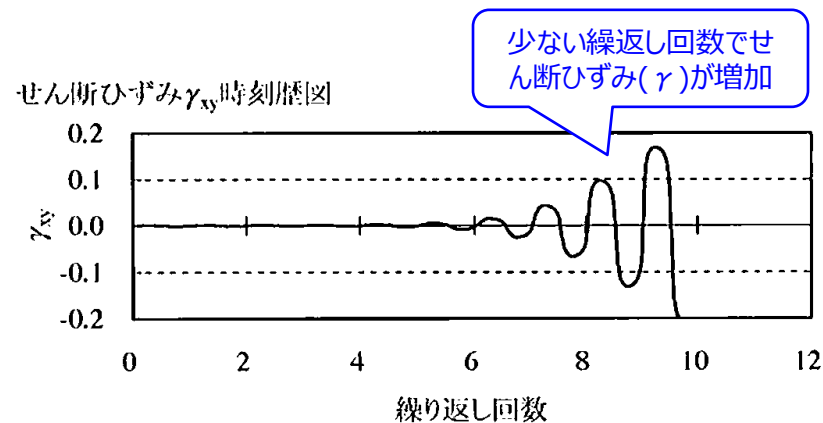
| 判定項目   | 液状化 | 繰返し軟化 |             | 非液状化 |
|--|-----|-------|-------------|------|
|  |     |       | サイクリックモビリティ |      |
| ・ 間隙水圧が上昇・蓄積する。<br>(過剰間隙水圧比95%を超える。)         | ○   | ○     | ○           | ×    |
| ・ 有効応力がゼロまで低下する。                             | ○   | ×     | ○           | ×    |
| ・ 液体状となり流動する。<br>(ひずみが急増する。)                 | ○   | ×     | ×           | ×    |
| ・ 正のダイレイタンスー特性によりせん断抵抗が作用する。<br>(有効応力が回復する。) | ×   | ○     | ○           | ○    |

## 3.2 液状化試験結果 3.2.2 液状化試験結果の分類に対する基本的考え方

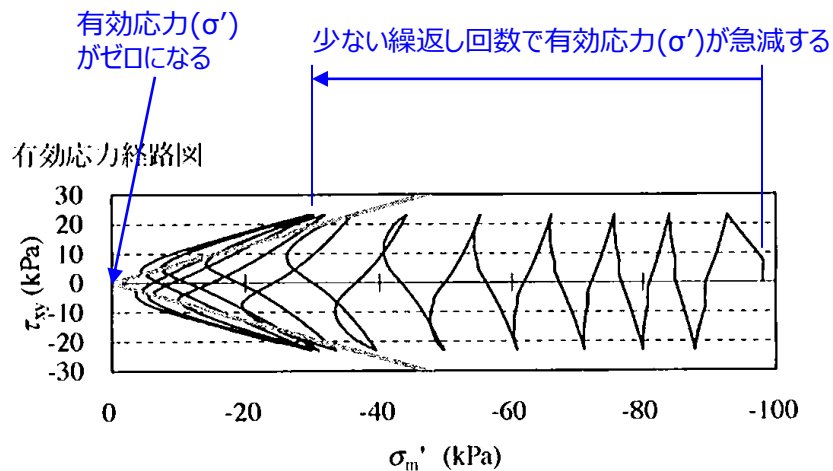
### 液状化試験のイメージ (1)



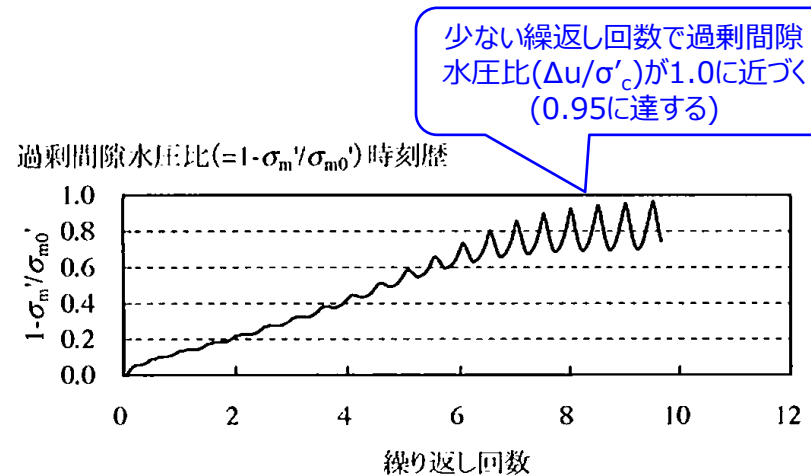
(a) せん断応力-せん断ひずみ関係



(c) せん断ひずみ



(b) 有効応力経路

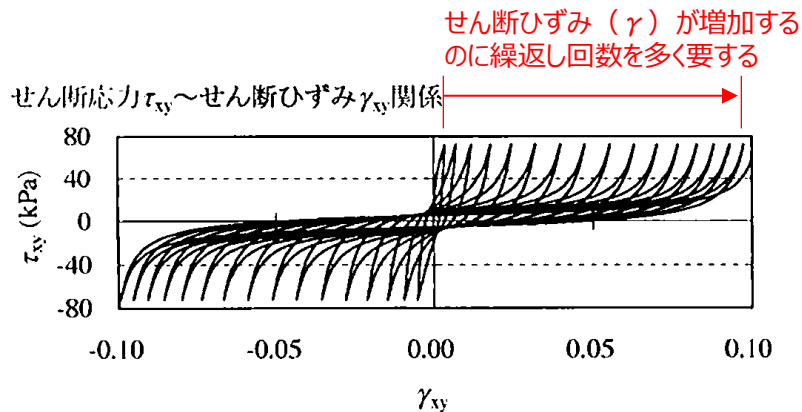


(d) 過剰間隙水圧比

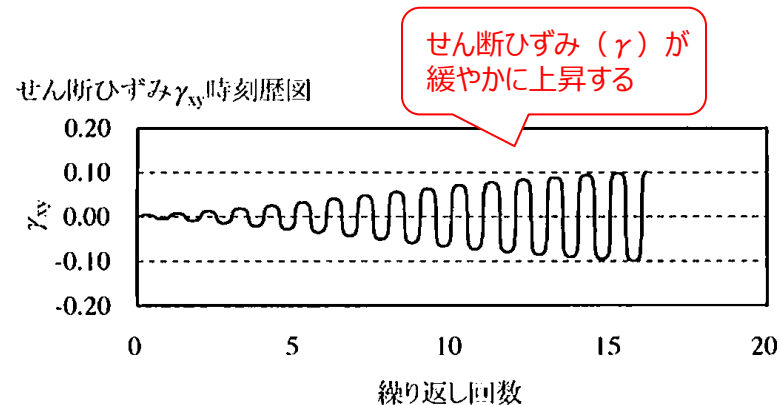
液状化試験の例 (液状化する場合)

### 3.2 液状化試験結果 3.2.2 液状化試験結果の分類に対する基本的考え方

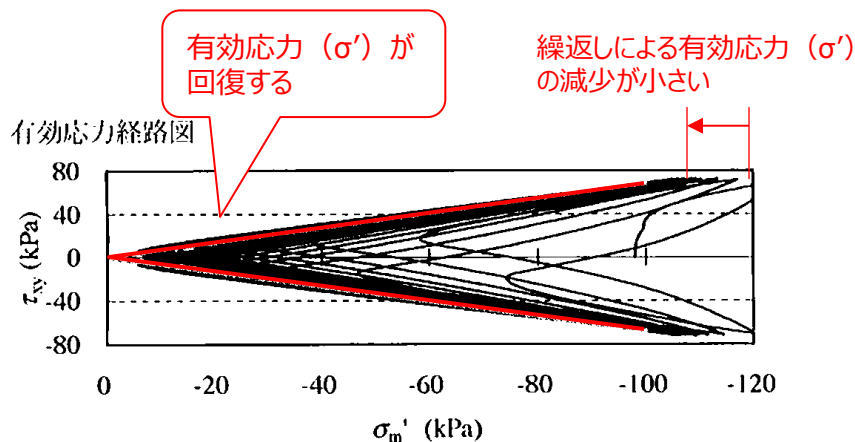
## 液状化試験のイメージ (2)



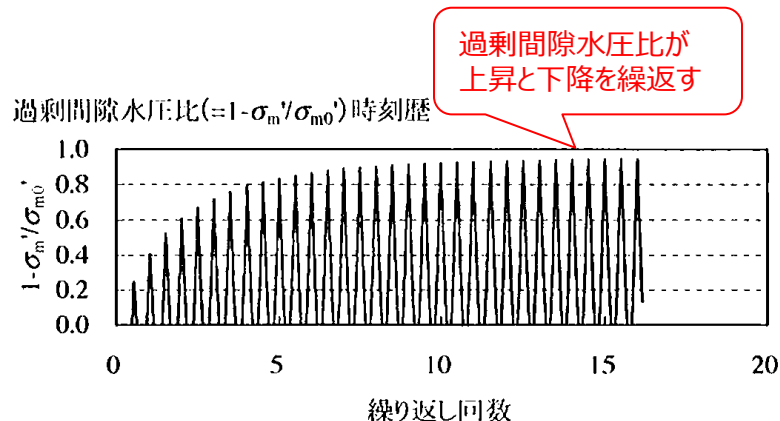
(a) せん断応力 - せん断ひずみ関係



(c) せん断ひずみ



(b) 有効応力経路



(d) 過剰間隙水圧比

液状化試験の例 (繰返し軟化 (サイクリックモビリティを含む) の場合)

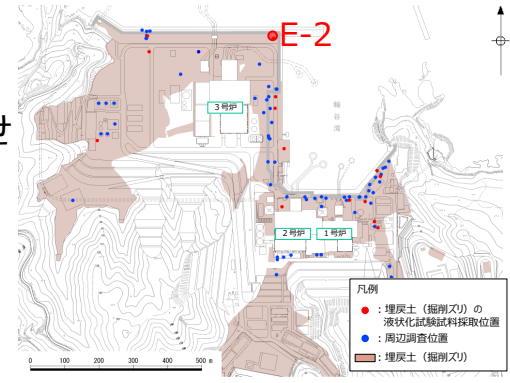
1)井合進, 飛田哲男, 小堤治: 砂の繰返し載荷時の挙動モデルとしてのひずみ空間多重モデルによるストレスダイレイタンスー関係, 京都大学防災研究所年報, 第51号



## 3.2 液状化試験結果 3.2.3 試験結果の分類

### 埋戻土（掘削ズリ） E-2地点

- E-2地点で採取した試料の結果を示す。
- いずれの試料においても、過剰間隙水圧比が上昇・下降を繰返し、上昇時に1.0に近づく（0.95を上回り）、せん断ひずみは緩やかに上昇した。また、有効応力は減少するがせん断変形時の正のダイレイタンス特性により回復した。



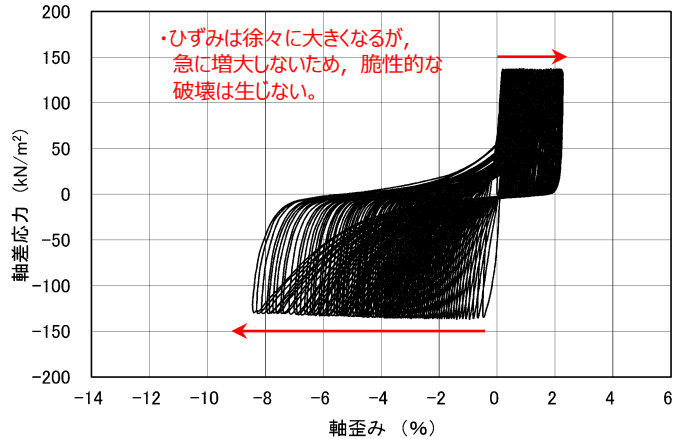
|                                       |                          |               |                    |             |     |
|---------------------------------------|--------------------------|---------------|--------------------|-------------|-----|
| 試料番号                                  |                          | S2-9          | <u>S2-10</u>       | S2-14-1     |     |
| 深度 (m)                                |                          | 9.20~10.20    | <u>10.20~11.20</u> | 14.12~15.12 |     |
| 土質材料                                  |                          | 埋戻土<br>(掘削ズリ) |                    |             |     |
| 供試体 No.                               |                          | 1             | <u>1</u>           | 1           |     |
| 土粒子の密度 $\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> )  |                          | 2.714         | <u>2.716</u>       | 2.723       |     |
| 圧密応力 $\sigma'_c$ (kN/m <sup>2</sup> ) |                          | 130           | <u>130</u>         | 130         |     |
| 繰返し応力振幅比 $\sigma_d / 2\sigma'_o$      |                          | 0.463         | <u>0.522</u>       | 0.551       |     |
| 繰返し回数                                 | 軸ひずみ<br>両振幅              | DA = 1%       | 1.5                | <u>2.5</u>  | 0.6 |
|                                       |                          | DA = 2%       | 2.5                | <u>9.5</u>  | 1.5 |
|                                       |                          | DA = 5%       | 6.0                | <u>37.6</u> | 5.0 |
|                                       |                          | DA = 10%      | -                  | <u>92.9</u> | 7.0 |
|                                       | 過剰間隙水圧比 95%<br>$N_{u95}$ | 3.0           | <u>7.0</u>         | 3.0         |     |

: 最大間隙水圧比が1.0に近づく（0.95を超えるもの）  
 : DA=5%の値を繰返し回数Nとする  
 下線 : 次ページに例示する試験結果

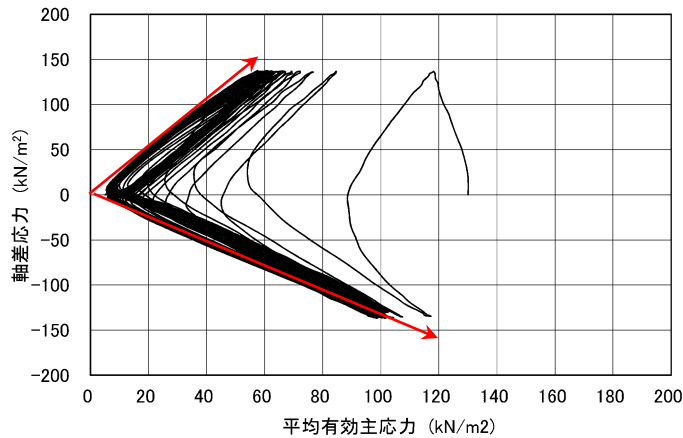
### 3.2 液状化試験結果 3.2.3 試験結果の分類

## 埋戻土（掘削ズリ） E-2地点

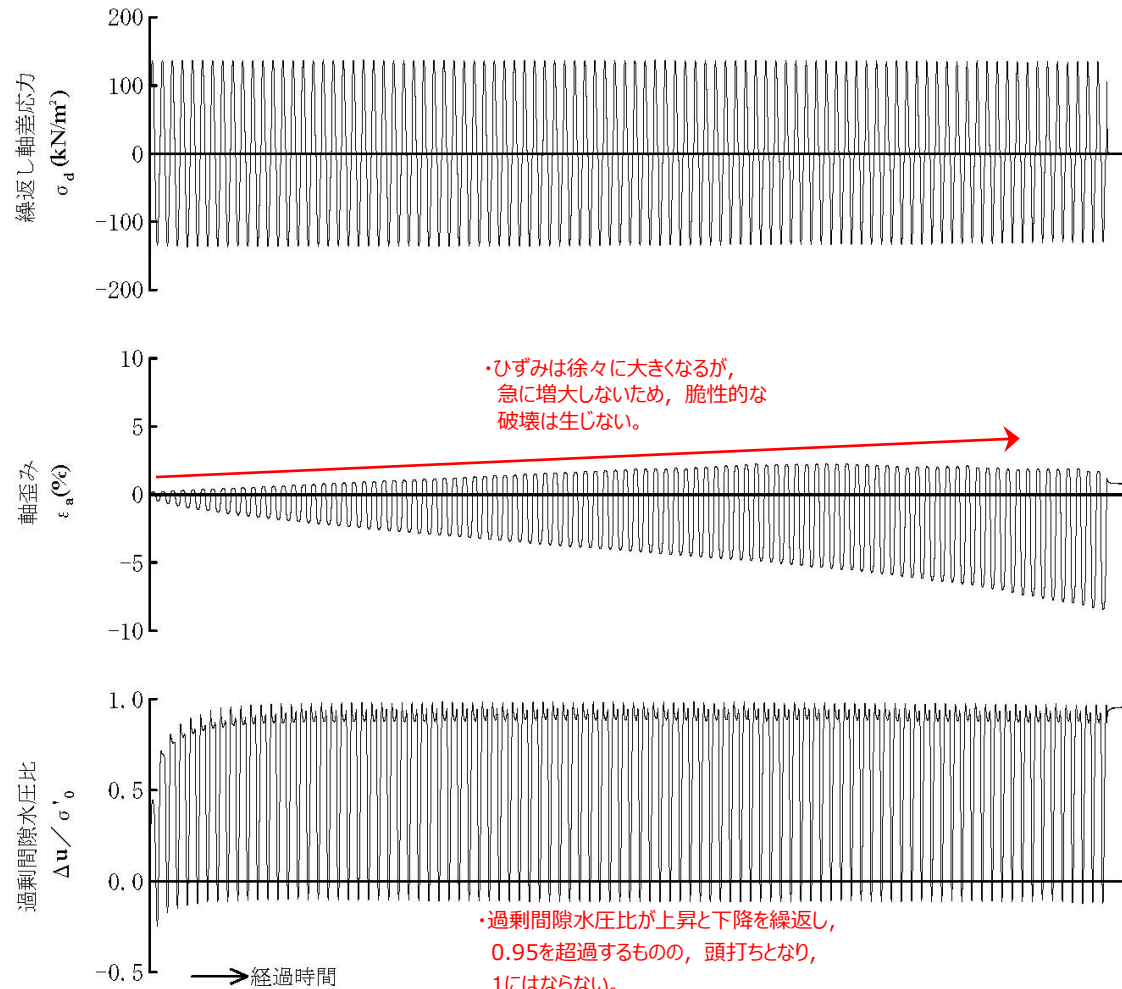
応力～歪み曲線



有効応力経路



・有効応力がほぼゼロまで低下するが、ダイレイタンシー特性により有効応力が回復する。



・過剰間隙水圧比が上昇と下降を繰り返し、0.95を超過するものの、頭打ちとなり、1にはならない。

## 3.2 液状化試験結果 3.2.3 試験結果の分類

### 埋戻土（掘削ズリ） E-3地点

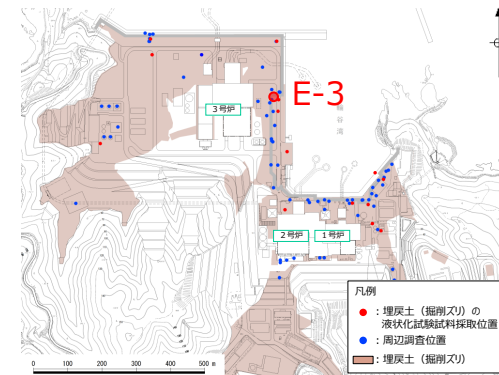
- E-3地点で採取した試料の結果を示す。
- いずれの試料においても、過剰間隙水圧比が上昇・下降を繰返し、上昇時に1.0に近づき（0.95を上回り）、せん断ひずみは緩やかに上昇した。また、有効応力は減少するがせん断変形時の正のダイレイタンスー特性や粘性により回復した。

|                                       |             |               |                   |             |      |
|---------------------------------------|-------------|---------------|-------------------|-------------|------|
| 試料番号                                  |             | S3-9-1        | <u>S3-9-2</u>     | S3-11       |      |
| 深度 (m)                                |             | 9.10~9.75     | <u>9.85~10.65</u> | 11.80~12.70 |      |
| 土質材料                                  |             | 埋戻土<br>(掘削ズリ) |                   |             |      |
| 供試体 No.                               |             | 1             | <u>1</u>          | 1           |      |
| 土粒子の密度 $\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> )  |             | 2.641         | <u>2.619</u>      | 2.685       |      |
| 圧密応力 $\sigma'_c$ (kN/m <sup>2</sup> ) |             | 180           | <u>180</u>        | 180         |      |
| 繰返し応力振幅比 $\sigma_d / 2\sigma'_0$      |             | 0.258         | <u>0.323</u>      | 0.357       |      |
| 繰返し回数                                 | 軸ひずみ<br>両振幅 | DA = 1%       | 20.9              | <u>4.5</u>  | 3.5  |
|                                       |             | DA = 2%       | 28.9              | <u>7.5</u>  | 5.5  |
|                                       |             | DA = 5%       | 49.8              | <u>14.1</u> | 10.0 |
|                                       |             | DA = 10%      | 97.9              | <u>26.9</u> | -    |
| 過剰間隙水圧比 95%<br>$N_{u95}$              |             | 40.0          | <u>12.0</u>       | 9.0         |      |

■ : 最大間隙水圧比が1.0に近づき（0.95を超えるもの）

■ : DA=5%の値を繰返し回数Nとする

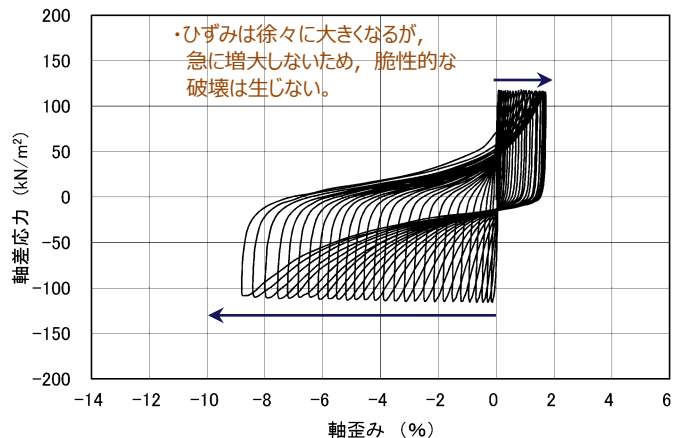
下線 : 次ページに例示する試験結果



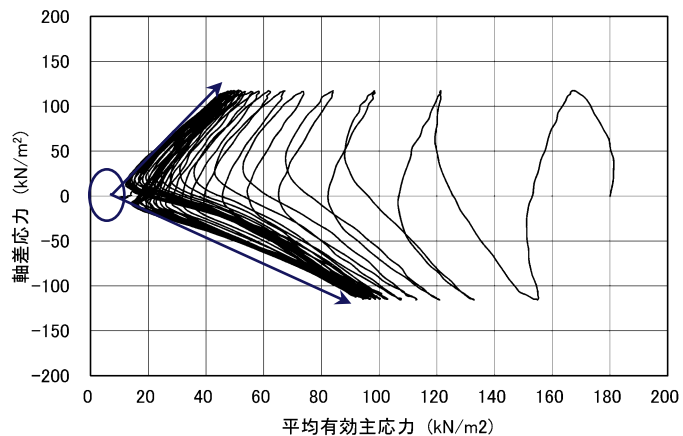
## 3.2 液状化試験結果 3.2.3 試験結果の分類

### 埋戻土（掘削ズリ） E-3地点

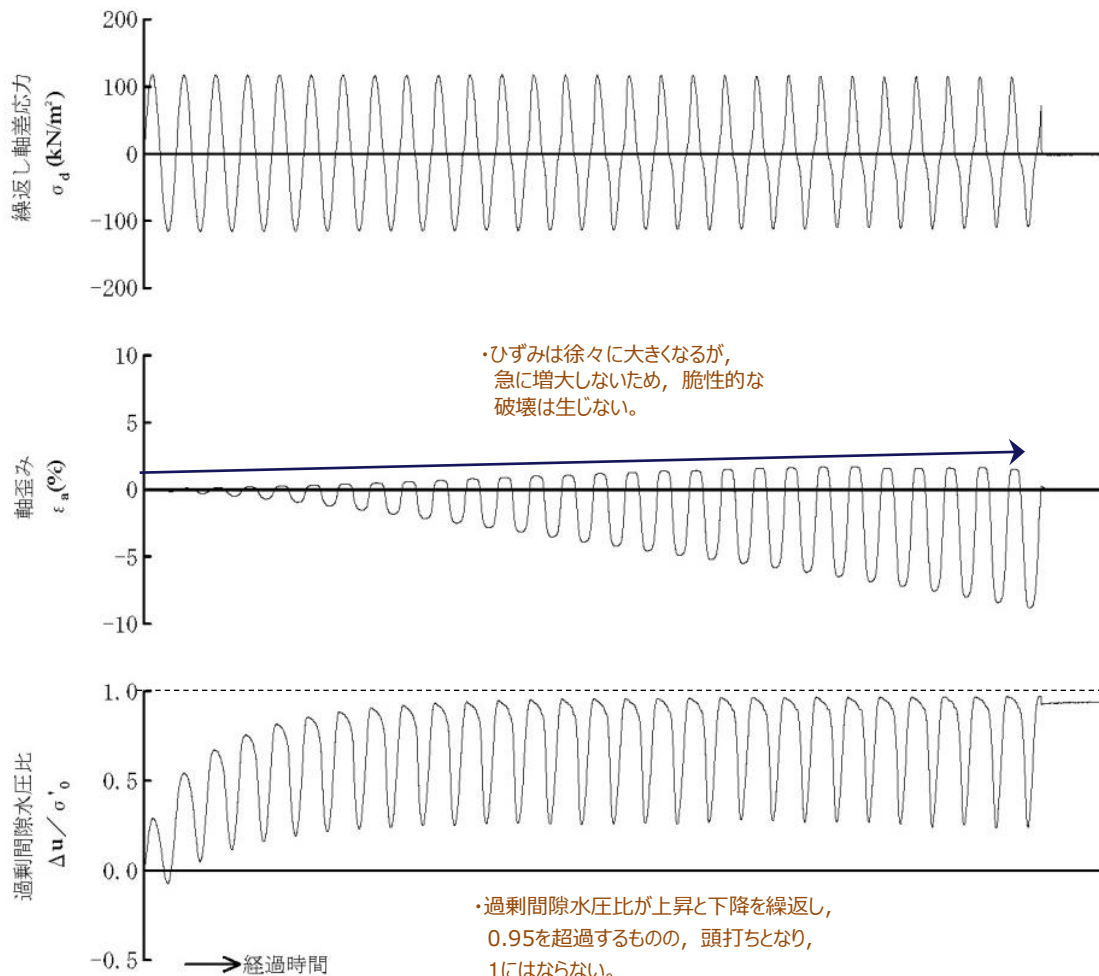
応力～歪み曲線



有効応力経路



・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、液状化になることはない。また、せん断応力（軸差応力）作用時に有効応力は回復し、粘り強い挙動を示す。

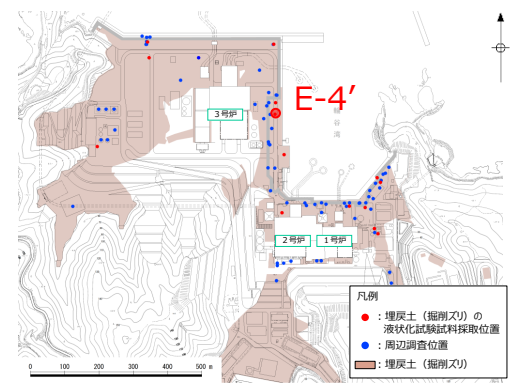


液状化試験結果の例（E-3地点の埋戻土(掘削ズリ)）

### 3.2 液状化試験結果 3.2.3 試験結果の分類

## 埋戻土（掘削ズリ） E-4'地点

- E-4'地点で採取した試料の結果を示す。
- S4-5は過剰間隙水圧比が上昇・下降を繰返し，上昇時に1.0に近づき（0.95を上回り），せん断ひずみは緩やかに上昇した。また，有効応力は減少するがせん断変形時の正のダイレイタンスー特性や粘性により回復した。
- S4-6，S4-8-2は過剰間隙水圧比が上昇・下降を繰返すが，0.95を上回らなかった。

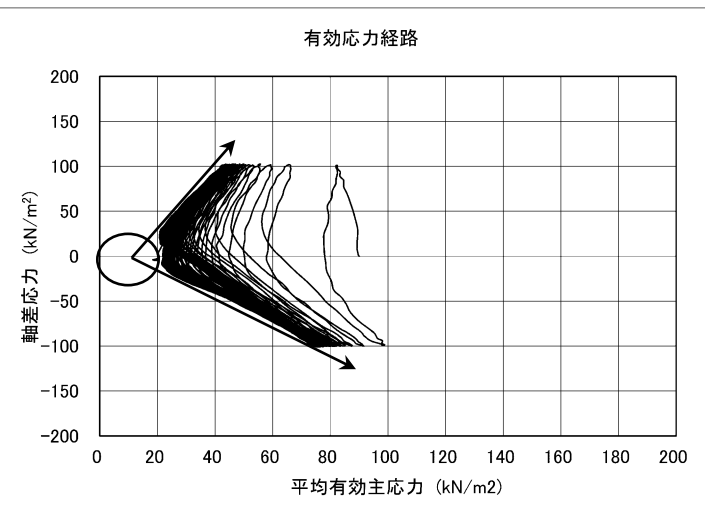
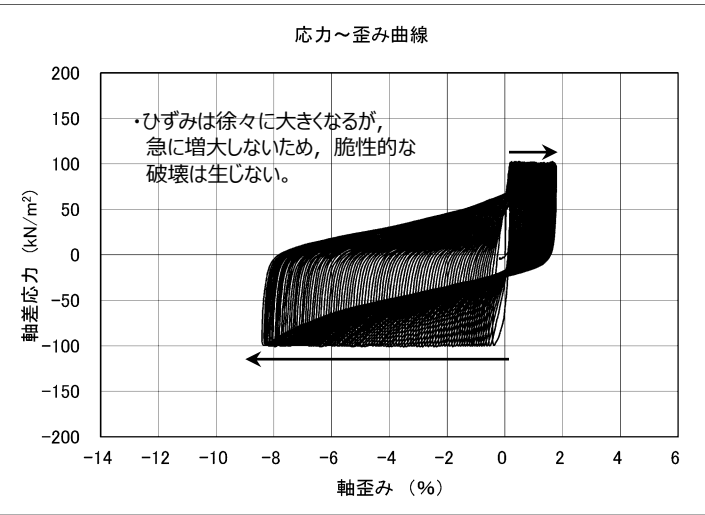


| 試料番号                                  |                          | S4-5          |       | S4-6      | S4-8-2    |     |
|---------------------------------------|--------------------------|---------------|-------|-----------|-----------|-----|
| 深度 (m)                                |                          | 5.50~6.50     |       | 6.50~7.50 | 8.90~9.90 |     |
| 土質材料                                  |                          | 埋戻土<br>(掘削ズリ) |       |           |           |     |
| 供試体 No.                               |                          | 1             | 2     | 1         | 1         |     |
| 土粒子の密度 $\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> )  |                          | 2.746         |       | 2.733     | 2.648     |     |
| 圧密応力 $\sigma'_c$ (kN/m <sup>2</sup> ) |                          | 90            |       | 90        | 90        |     |
| 繰返し応力振幅比 $\sigma_d / 2\sigma'_o$      |                          | 0.336         | 0.435 | 0.560     | 0.636     |     |
| 繰返し回数                                 | 軸ひずみ<br>両振幅              | DA = 1%       | 9.5   | 10.6      | 4.0       | 0.5 |
|                                       |                          | DA = 2%       | 14.9  | 21.2      | 13.6      | 0.9 |
|                                       |                          | DA = 5%       | 27.7  | 45.9      | 38.7      | 2.5 |
|                                       |                          | DA = 10%      | 49.8  | 90.4      | 94.7      | 5.5 |
|                                       | 過剰間隙水圧比 95%<br>$N_{u95}$ |               | 20.0  | 52.0      | =         | —   |

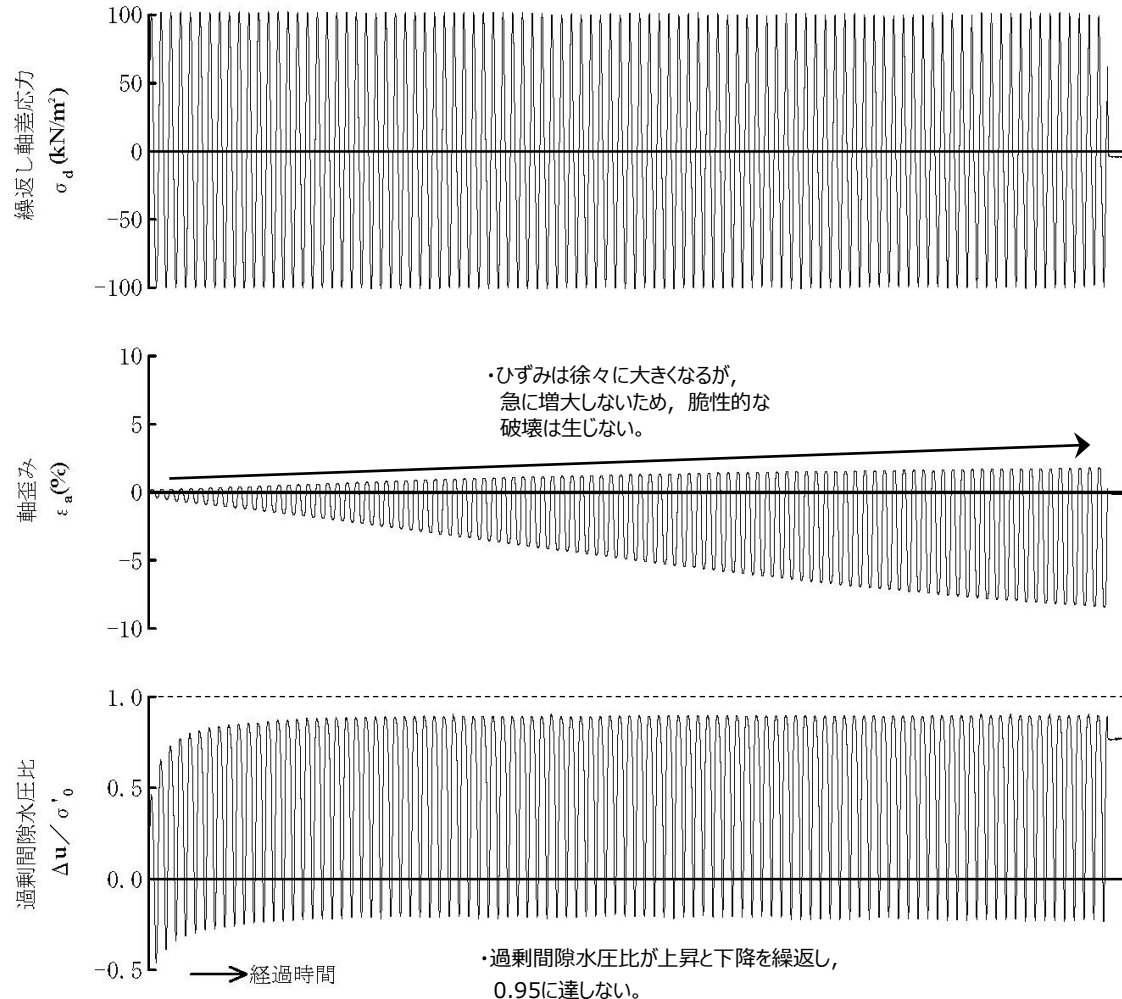
■ : 最大間隙水圧比が1.0に近く（0.95を超えるもの）  
 □ : DA=5%の値を繰返し回数Nとする  
 下線 : 次ページに例示する試験結果



### 3.2 液状化試験結果 3.2.3 試験結果の分類 埋戻土（掘削ズリ） E-4'地点



・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、液状化になることはない。



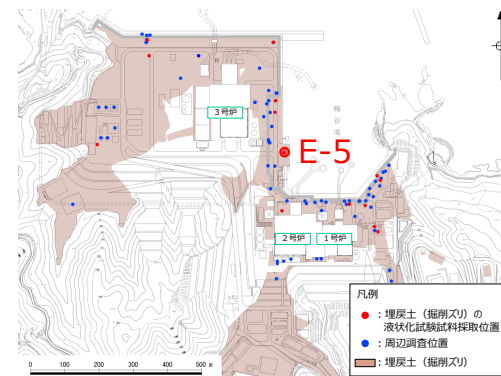
液状化試験結果の例 (E-4'地点の埋戻土(掘削ズリ))

## 3.2 液状化試験結果 3.2.3 試験結果の分類

### 埋戻土（掘削ズリ） E-5地点

第730回審査会合  
資料1-1 P98  
平面図修正

- E-5地点で採取した試料の結果を示す。
- 過剰間隙水圧比が上昇・下降を繰返し、上昇時に1.0に近づき（0.95を上回り）、せん断ひずみは緩やかに上昇した。また、有効応力は減少するがせん断変形時の正のダレイタンシー特性や粘性により回復した。



| 試料番号                                  |                          | S5-1          | S5-3      |       |
|---------------------------------------|--------------------------|---------------|-----------|-------|
| 深度 (m)                                |                          | 1.50~2.35     | 3.35~3.98 |       |
| 土質材料                                  |                          | 埋戻土<br>(掘削ズリ) |           |       |
| 供試体 No.                               |                          | 1             | 1         |       |
| 土粒子の密度 $\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> )  |                          | 2.687         | 2.705     |       |
| 圧密応力 $\sigma'_c$ (kN/m <sup>2</sup> ) |                          | 120           | 120       |       |
| 繰返し応力振幅比 $\sigma_d / 2\sigma'_o$      |                          | 0.426         | 0.647     |       |
| 繰返し回数                                 | 軸ひずみ<br>両振幅              | DA = 1%       | 66.9      | 15.8  |
|                                       |                          | DA = 2%       | 94.6      | 29.2  |
|                                       |                          | DA = 5%       | 121.6     | 62.2  |
|                                       |                          | DA = 10%      | 145.0     | 115.0 |
|                                       | 過剰間隙水圧比 95%<br>$N_{u95}$ | 91.0          | 41.0      |       |

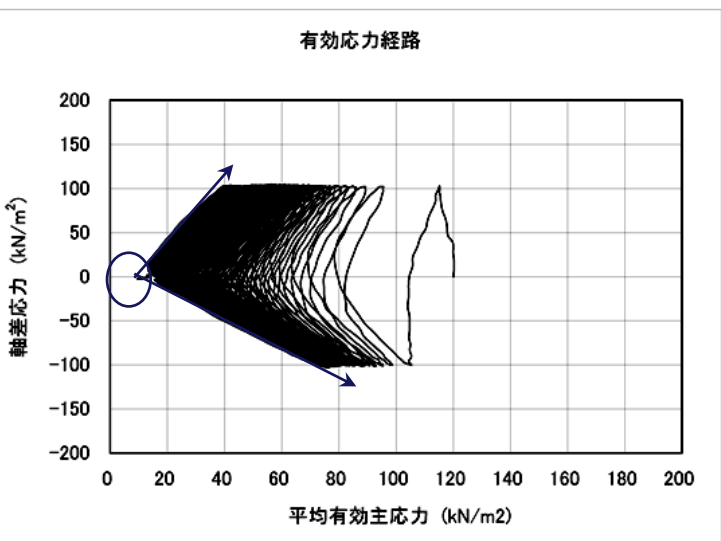
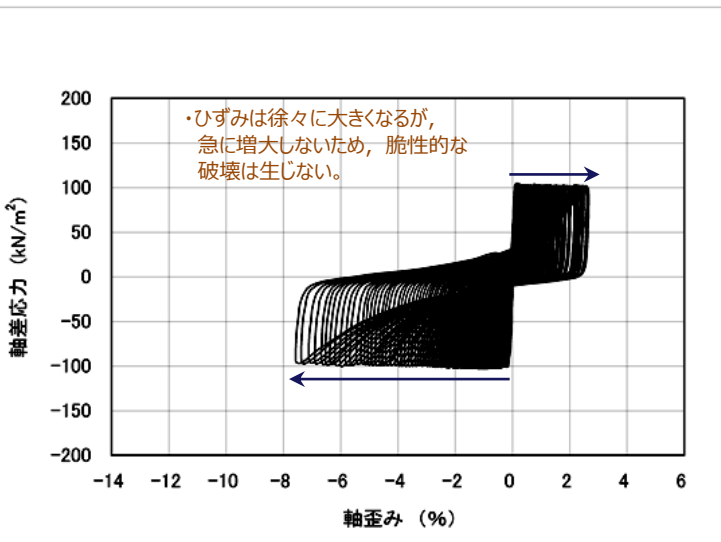
■ : 最大間隙水圧比が1.0に近く（0.95を超えるもの）

□ : DA=5%の値を繰返し回数Nとする

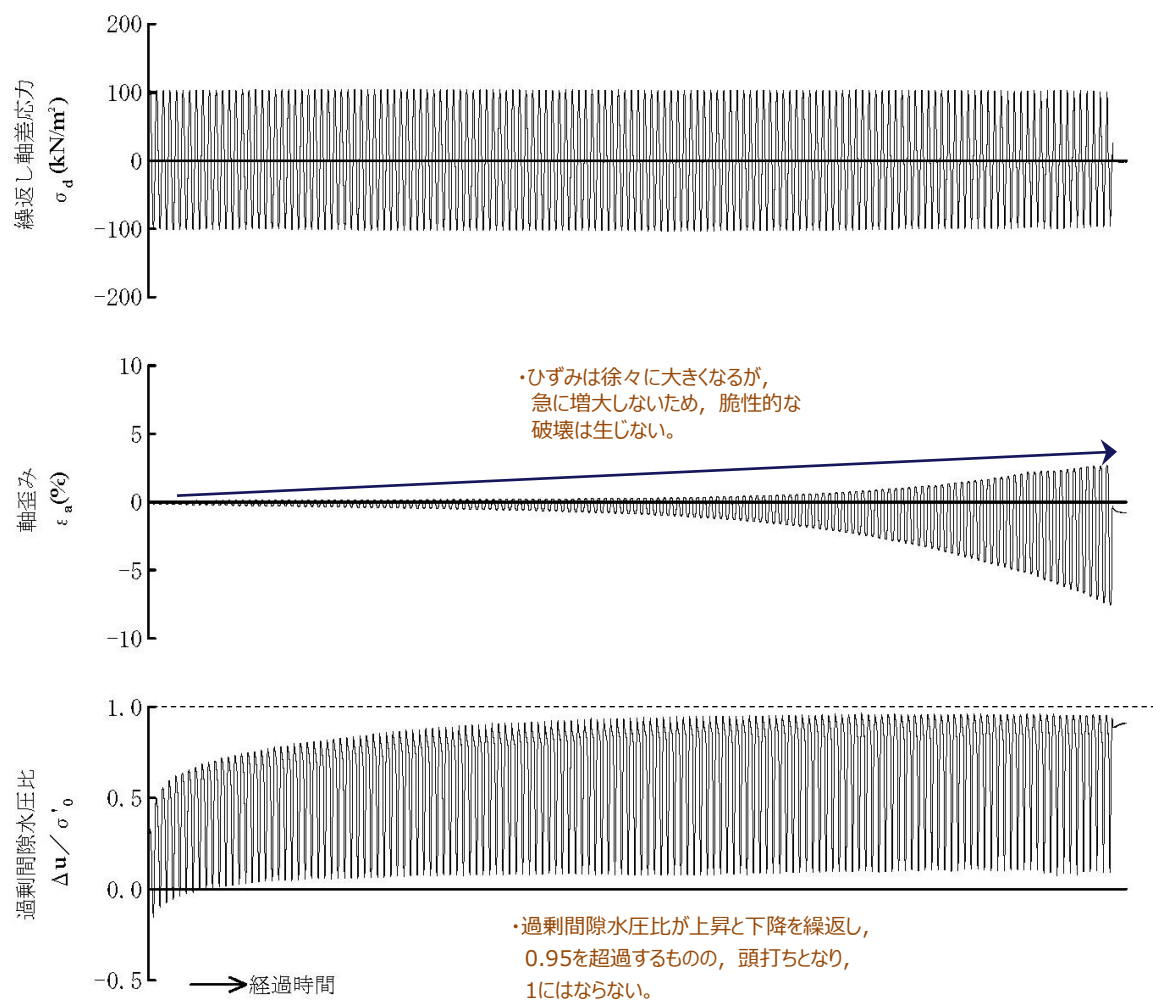
下線 : 次ページに例示する試験結果

## 3.2 液状化試験結果 3.2.3 試験結果の分類

### 埋戻土（掘削ズリ） E-5地点



・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、液状化にはならない。また、せん断応力（軸差応力）作用時に有効応力は回復し、粘り強い挙動を示す。

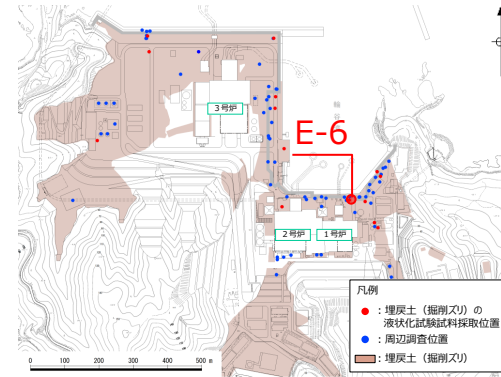


液状化試験結果の例（E-5地点の埋戻土(掘削ズリ)）

### 3.2 液状化試験結果 3.2.3 試験結果の分類

## 埋戻土（掘削ズリ） E-6地点

- E-6地点で採取した試料の結果を示す。
- S6-1-2は過剰間隙水圧比が上昇・下降を繰返し，上昇時に1.0に近づき（0.95を上回り），せん断ひずみは緩やかに上昇した。また，有効応力は減少するがせん断変形時の正のダイレイタンシー特性や粘性により回復した。
- S6-1-1，S6-3は過剰間隙水圧比が上昇・下降を繰返し，上昇時に1.0に近づき（0.95を上回り），せん断ひずみは緩やかに上昇した。また，有効応力は減少するがせん断変形時の正のダイレイタンシー特性により回復した。



| 試料番号                                  |                          | S6-1-1        | S6-1-2    | S6-3      |      |
|---------------------------------------|--------------------------|---------------|-----------|-----------|------|
| 深度 (m)                                |                          | 1.50~1.86     | 1.86~2.86 | 3.00~4.00 |      |
| 土質材料                                  |                          | 埋戻土<br>(掘削ズリ) |           |           |      |
| 供試体 No.                               |                          | 1             | 1         | 1         |      |
| 土粒子の密度 $\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> )  |                          | 2.663         | 2.685     | 2.695     |      |
| 圧密応力 $\sigma'_c$ (kN/m <sup>2</sup> ) |                          | 70            | 70        | 70        |      |
| 繰返し応力振幅比 $\sigma_d / 2\sigma'_o$      |                          | 0.276         | 0.461     | 0.345     |      |
| 繰返回数                                  | 軸ひずみ<br>両振幅              | DA = 1%       | 30.6      | 8.0       | 10.0 |
|                                       |                          | DA = 2%       | 41.9      | 17.8      | 16.9 |
|                                       |                          | DA = 5%       | 69.9      | 34.7      | 35.6 |
|                                       |                          | DA = 10%      | 118.7     | 47.9      | 54.0 |
|                                       | 過剰間隙水圧比 95%<br>$N_{U95}$ |               | 43.0      | 30.0      | 17.0 |

■ : 最大間隙水圧比が1.0に近く（0.95を超えるもの）

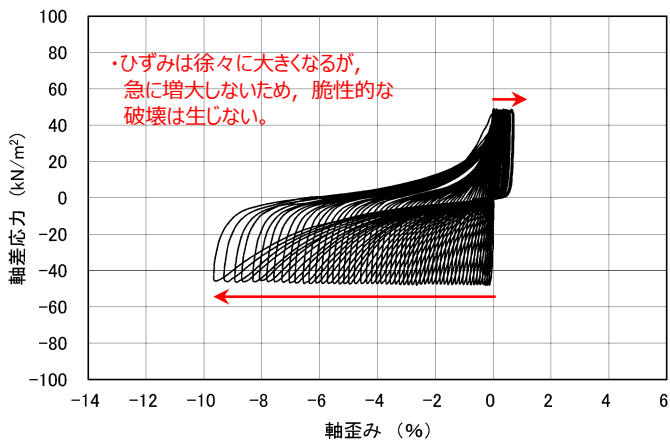
□ : DA=5%の値を繰返し回数Nとする

下線 : 次ページに例示する試験結果

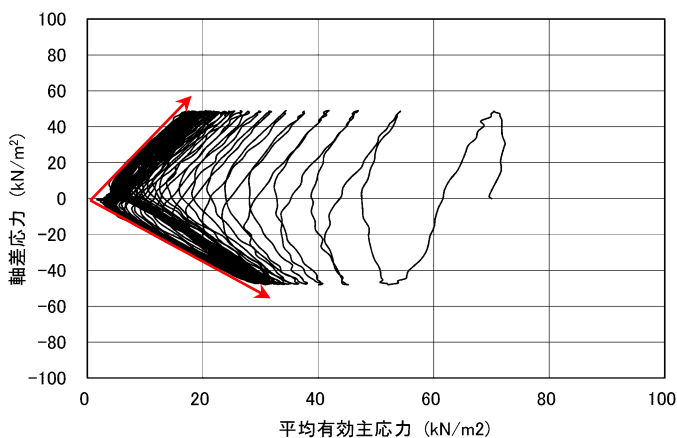
### 3.2 液状化試験結果 3.2.3 試験結果の分類

## 埋戻土（掘削ズリ） E-6地点

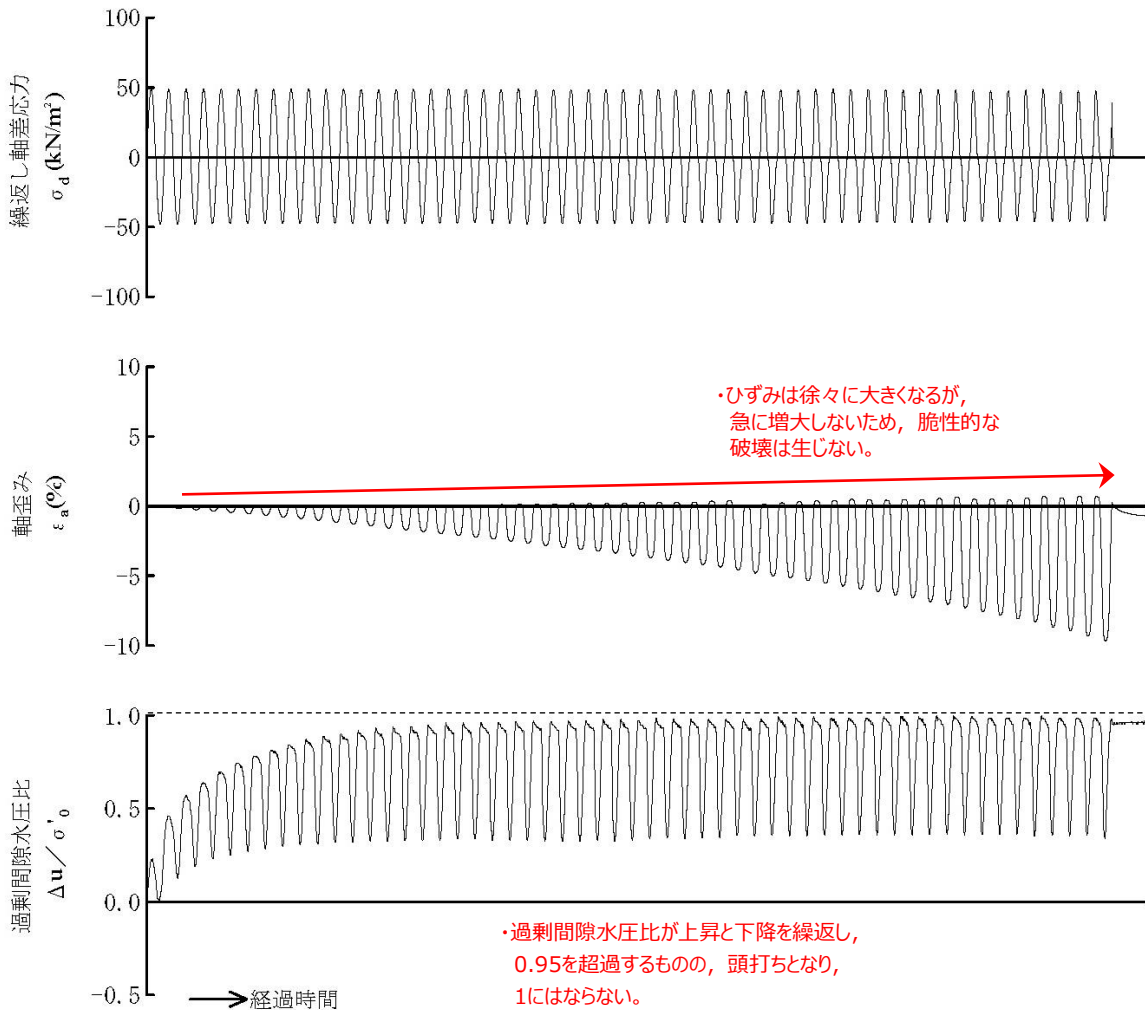
応力～歪み曲線



有効応力経路



・有効応力がほぼゼロまで低下するが、ダイレイタンスー特性により有効応力が回復する。



・過剰間隙水圧比が上昇と下降を繰返し、0.95を超過するものの、頭打ちとなり、1にはならない。

液状化試験結果の例 (E-6地点の埋戻土(掘削ズリ))

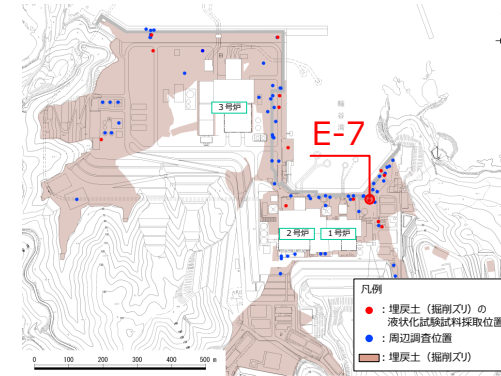


### 3.2 液状化試験結果 3.2.3 試験結果の分類

## 埋戻土（掘削ズリ） E-7地点

- E-7地点で採取した試料の結果を示す。
- 過剰間隙水圧比が上昇・下降を繰返し、上昇時に1.0に近づき（0.95を上回り），せん断ひずみは緩やかに上昇した。また，有効応力は減少するがせん断変形時の正のダイレイタンスー特性や粘性により回復した。

| 試料番号                                  |                          | S7-3          |           |           |      |
|---------------------------------------|--------------------------|---------------|-----------|-----------|------|
| 深度 (m)                                |                          | 3.40~4.40     | 3.40~4.40 | 3.40~4.40 |      |
| 土質材料                                  |                          | 埋戻土<br>(掘削ズリ) |           |           |      |
| 供試体 No.                               |                          | 1             | 3         | 4         |      |
| 土粒子の密度 $\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> )  |                          | 2.701         | 2.701     | 2.701     |      |
| 圧密応力 $\sigma'_c$ (kN/m <sup>2</sup> ) |                          | 80            | 80        | 80        |      |
| 繰返し応力振幅比 $\sigma_d / 2\sigma'_o$      |                          | 0.336         | 0.457     | 0.366     |      |
| 繰返し回数                                 | 軸両<br>ひずみ<br>振幅          | DA = 1%       | 96.6      | 0.8       | 9.0  |
|                                       |                          | DA = 2%       | 167.7     | 2.5       | 21.3 |
|                                       |                          | DA = 5%       | 252.8     | 10.9      | 52.9 |
|                                       |                          | DA = 10%      | 324.6     | 24.8      | 99.3 |
|                                       | 過剰間隙水圧比 95%<br>$N_{u95}$ |               | 127.0     | 14.0      | 38.0 |



■ : 最大間隙水圧比が1.0に近く（0.95を超えるもの）

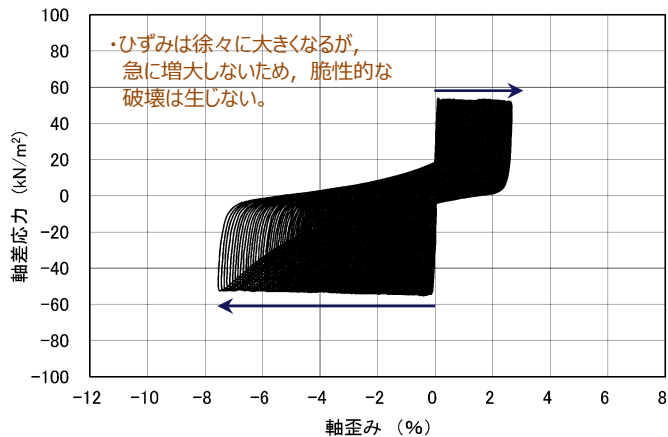
□ : DA=5%の値を繰返し回数Nとする

下線 : 次ページに例示する試験結果

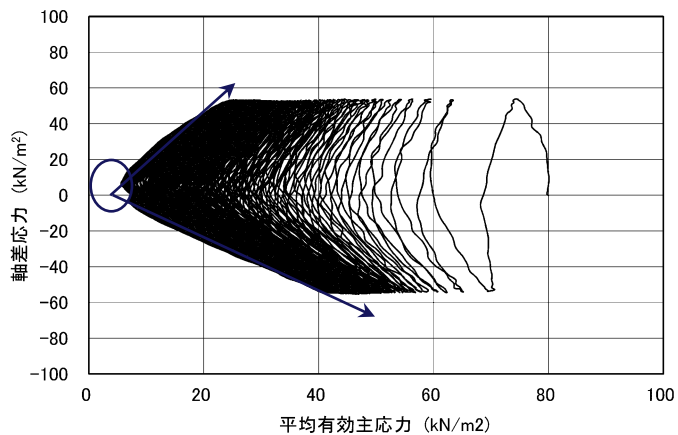
## 3.2 液状化試験結果 3.2.3 試験結果の分類

### 埋戻土（掘削ズリ） E-7地点

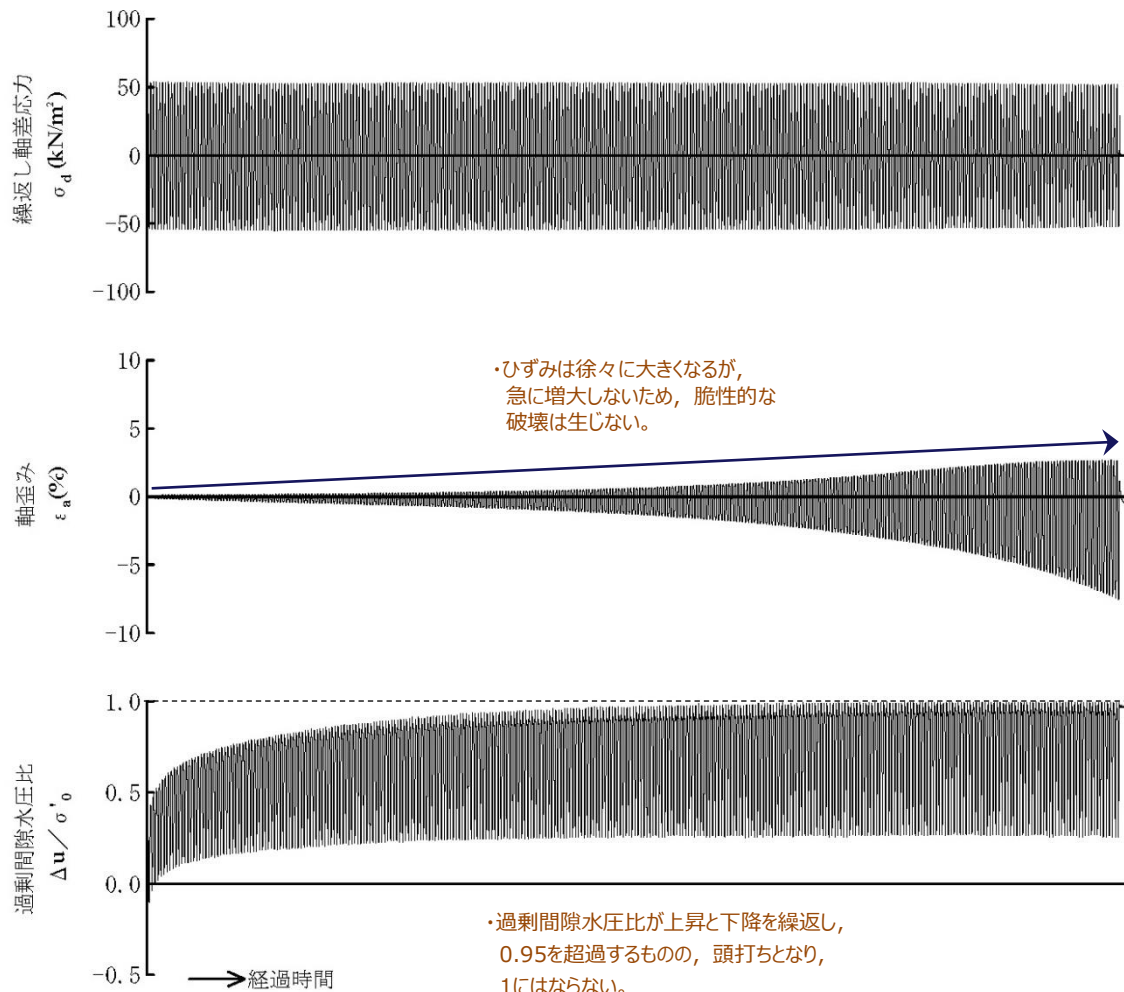
応力～歪み曲線



有効応力経路



・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、液状化になることはない。また、せん断応力（軸差応力）作用時に有効応力は回復し、粘り強い挙動を示す。



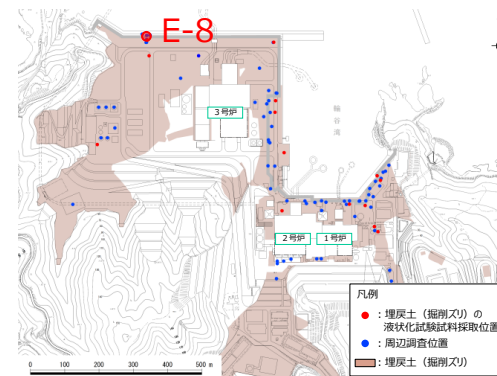
・過剰間隙水圧比が上昇と下降を繰返し、0.95を超過するものの、頭打ちとなり、1にはならない。

液状化試験結果の例（E-7地点の埋戻土(掘削ズリ)）

## 3.2 液状化試験結果 3.2.3 試験結果の分類

### 埋戻土（掘削ズリ） E-8地点

- E-8地点で採取した試料の結果を示す。
- S8-4 ③は過剰間隙水圧比が上昇・下降を繰返し，上昇時に1.0に近づき（0.95を上回り），せん断ひずみは緩やかに上昇した。また，有効応力は減少するがせん断変形時の正のダイレイタンスー特性や粘性により回復した。
- S8-2, S8-4 ④は過剰間隙水圧比が上昇・下降を繰返し，上昇時に1.0に近づき（0.95を上回り），せん断ひずみは緩やかに上昇した。また，有効応力は減少するがせん断変形時の正のダイレイタンスー特性により回復した。



| 試料番号                                  |                           | S8-2          | S8-4      |       |      |
|---------------------------------------|---------------------------|---------------|-----------|-------|------|
| 深度 (m)                                |                           | 2.50~3.50     | 4.50~5.00 |       |      |
| 土質材料                                  |                           | 埋戻土<br>(掘削ズリ) |           |       |      |
| 供試体 No.                               |                           | 2             | 3         | 4     |      |
| 土粒子の密度 $\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> )  |                           | 2.672         | 2.670     |       |      |
| 圧密応力 $\sigma'_c$ (kN/m <sup>2</sup> ) |                           | 170           | 170       |       |      |
| 繰返し応力振幅比 $\sigma_d / 2\sigma'_0$      |                           | 0.327         | 0.351     | 0.403 |      |
| 繰返回数                                  | 軸ひずみ<br>両振幅               | DA = 1%       | 9.5       | 5.5   | 2.0  |
|                                       |                           | DA = 2%       | 16.8      | 10.9  | 5.5  |
|                                       |                           | DA = 5%       | 31.6      | 23.6  | 22.8 |
|                                       |                           | DA = 10%      | 55.8      | 34.8  | 66.8 |
|                                       | 過剰間隙水圧比 95%<br>$N_{0.95}$ |               | 19.0      | 6.0   | 3.0  |

■ : 最大間隙水圧比が1.0に近づく（0.95を超えるもの）

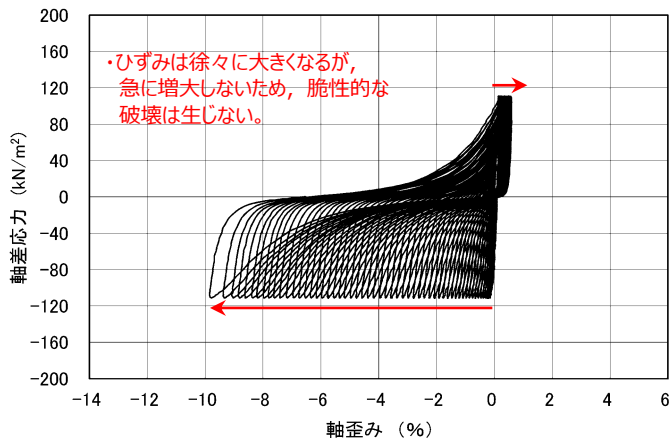
□ : DA=5%の値を繰返し回数Nとする

下線 : 次ページに例示する試験結果

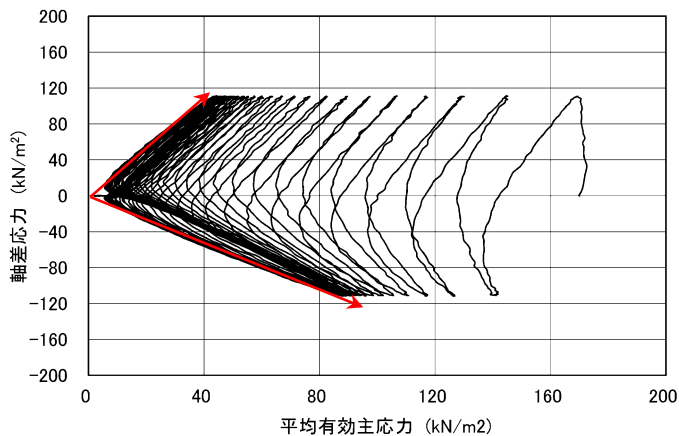
## 3.2 液状化試験結果 3.2.3 試験結果の分類

### 埋戻土（掘削ズリ） E-8地点

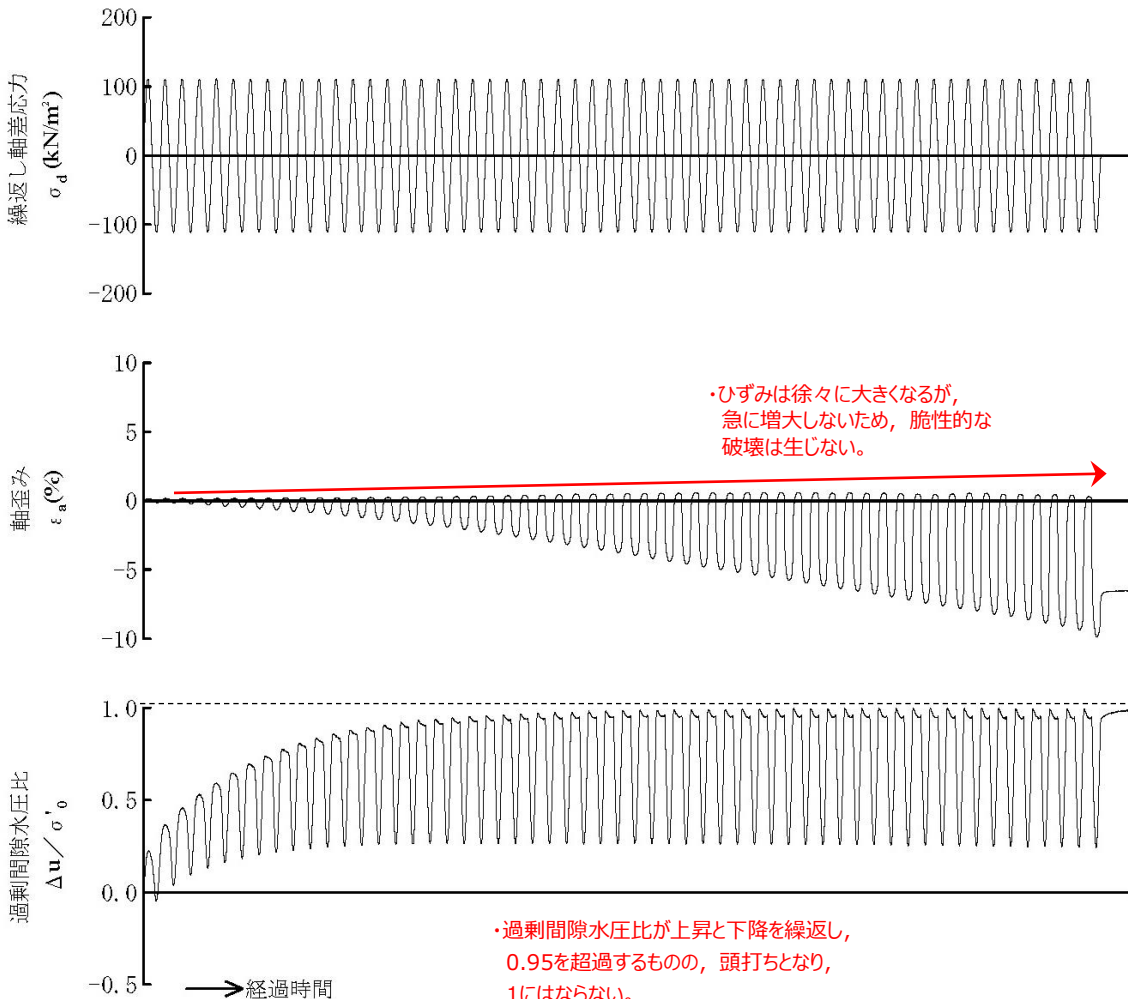
応力～歪み曲線



有効応力経路



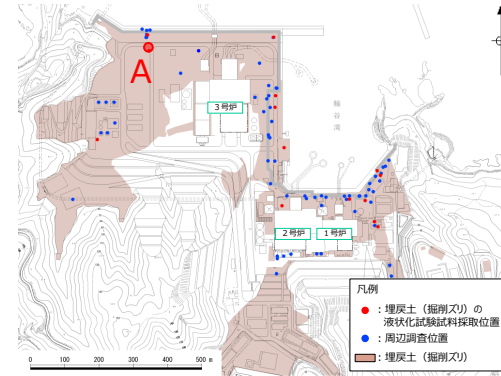
・有効応力がほぼゼロまで低下するが、ダイレイタンシー特性により有効応力が回復する。



## 3.2 液状化試験結果 3.2.3 試験結果の分類

### 埋戻土（掘削ズリ） A地点

- A地点で採取した試料の結果を示す。
- A①は過剰間隙水圧比が上昇・下降を繰返し、上昇時に1.0に近づき（0.95を上回り）、せん断ひずみは緩やかに上昇した。また、有効応力は減少するがせん断変形時の正のダイレイタンスー特性により回復した。
- A②は過剰間隙水圧比が0.95を上回る前に両振幅軸ひずみDAが10%を上回った。



| 試料番号                                  |                          | A             |           |      |
|---------------------------------------|--------------------------|---------------|-----------|------|
| 深度 (m)                                |                          | 0.30~0.70     | 0.30~0.70 |      |
| 土質材料                                  |                          | 埋戻土<br>(掘削ズリ) |           |      |
| 供試体 No.                               |                          | 1             | 2         |      |
| 土粒子の密度 $\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> )  |                          | 2.647         | 2.647     |      |
| 圧密応力 $\sigma'_c$ (kN/m <sup>2</sup> ) |                          | 80            | 80        |      |
| 繰返し応力振幅比 $\sigma_d/2\sigma'_0$        |                          | 0.395         | 0.498     |      |
| 繰返し回数                                 | 軸ひずみ<br>両振幅              | DA = 1%       | 14.9      | 7.0  |
|                                       |                          | DA = 2%       | 20.5      | 10.0 |
|                                       |                          | DA = 5%       | 26.2      | 13.0 |
|                                       |                          | DA = 10%      | 31.0      | 16.0 |
|                                       | 過剰間隙水圧比 95%<br>$N_{u95}$ |               | 22.0      | -    |

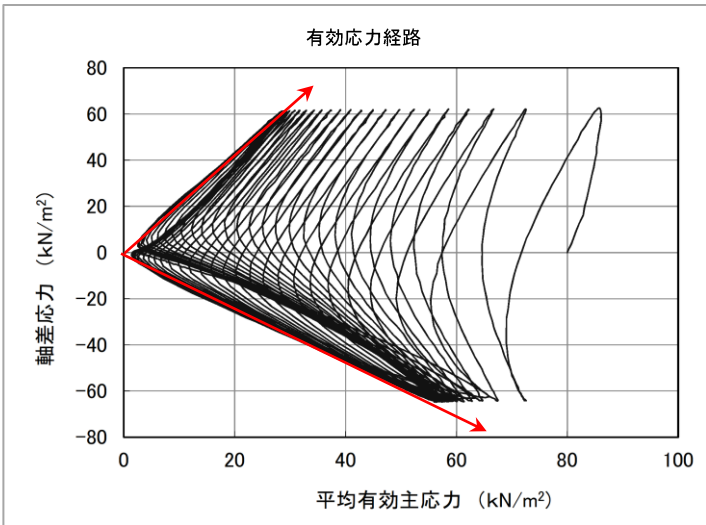
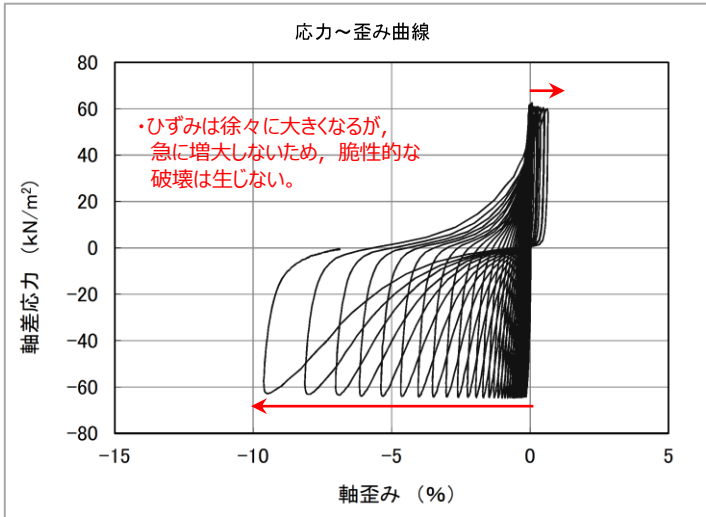
■ : 最大間隙水圧比が1.0に近づく（0.95を超えるもの）

□ : DA=5%の値を繰返し回数Nとする

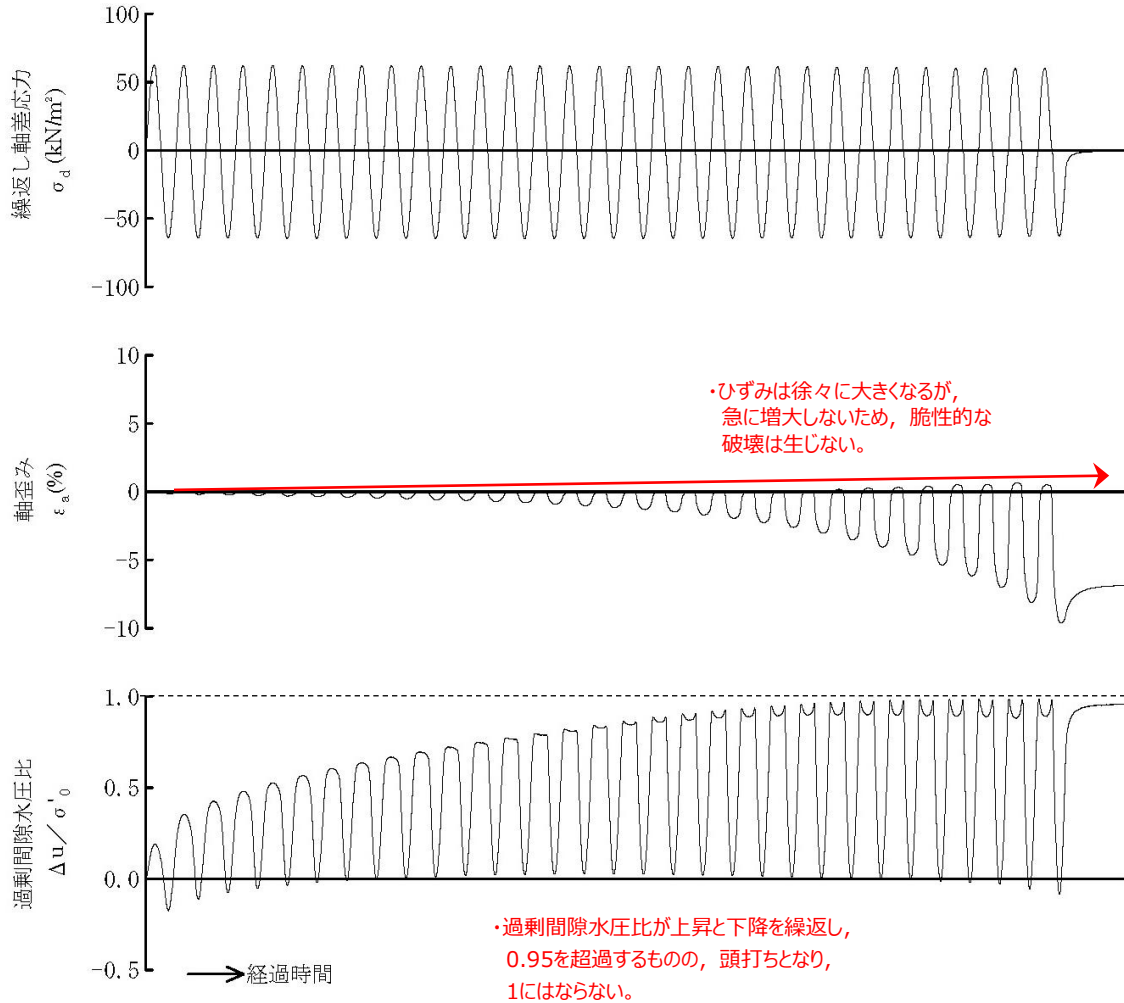
下線 : 次ページに例示する試験結果



### 3.2 液状化試験結果 3.2.3 試験結果の分類 埋戻土（掘削ズリ） A地点



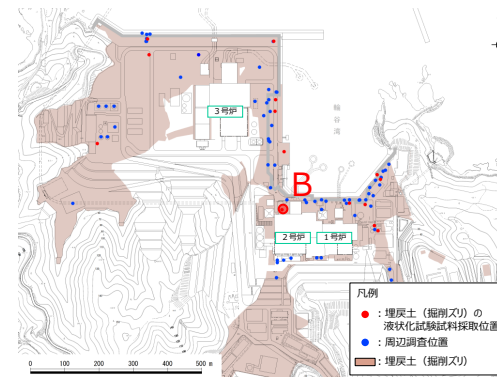
・有効応力がほぼゼロまで低下するが、ダイレイタンシー特性により有効応力が回復する。



## 3.2 液状化試験結果 3.2.3 試験結果の分類

### 埋戻土（掘削ズリ） B地点

- B地点で採取した試料の結果を示す。
- B①は過剰間隙水圧比が上昇・下降を繰返し、上昇時に1.0に近づき（0.95を上回り）、せん断ひずみは緩やかに上昇した。また、有効応力は減少するがせん断変形時の正のダイレイタンスー特性により回復した。
- B②は過剰間隙水圧比が上昇・下降を繰返すが、0.95を上回らなかった。



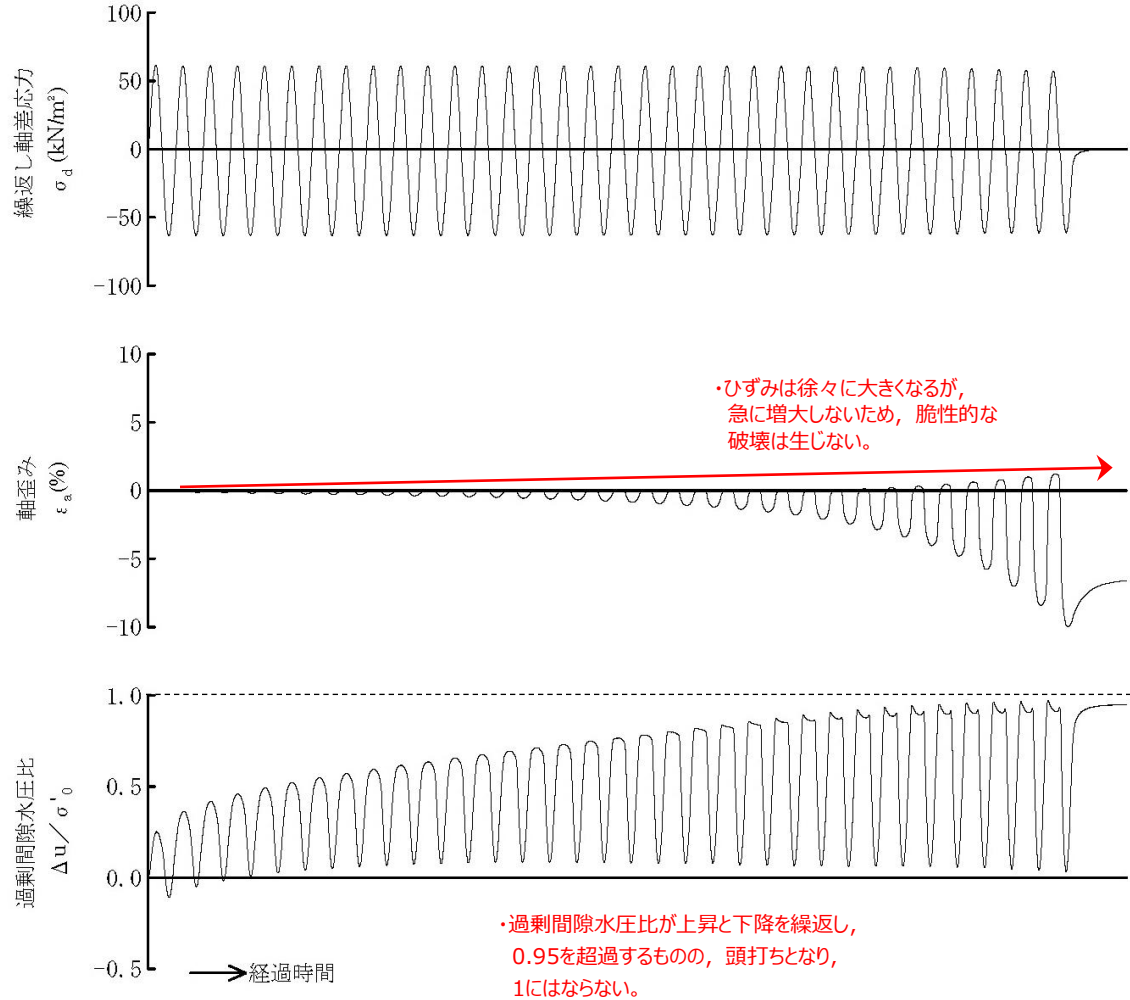
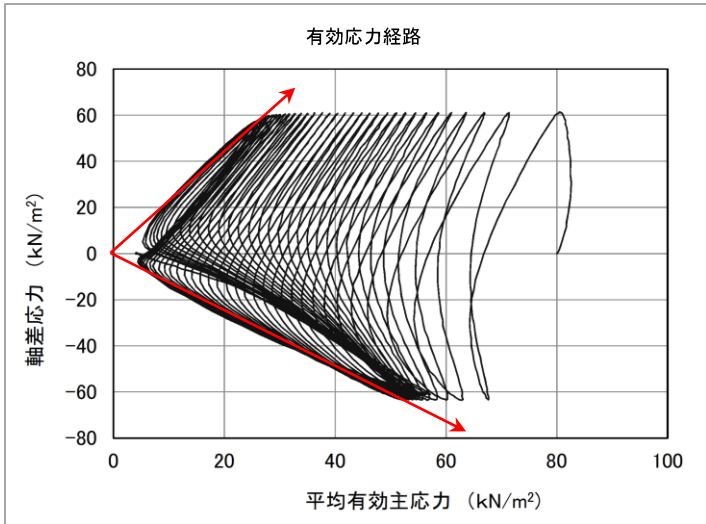
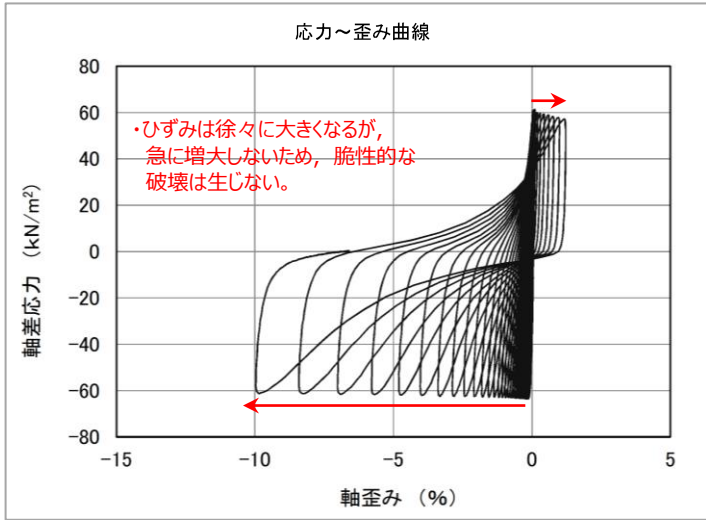
| 試料番号                                  |                          | B                |             |      |
|---------------------------------------|--------------------------|------------------|-------------|------|
| 深度 (m)                                |                          | <u>0.30~0.90</u> | 0.30~0.90   |      |
| 土質材料                                  |                          | 埋戻土<br>(掘削ズリ)    |             |      |
| 供試体 No.                               |                          | <u>1</u>         | 2           |      |
| 土粒子の密度 $\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> )  |                          | <u>2.684</u>     | 2.684       |      |
| 圧密応力 $\sigma'_c$ (kN/m <sup>2</sup> ) |                          | <u>80</u>        | 80          |      |
| 繰返し応力振幅比 $\sigma_d / 2\sigma'_o$      |                          | <u>0.388</u>     | 0.452       |      |
| 繰返し回数                                 | 軸ひずみ<br>両振幅              | DA = 1%          | <u>18.9</u> | 12.0 |
|                                       |                          | DA = 2%          | <u>24.7</u> | 15.0 |
|                                       |                          | DA = 5%          | <u>29.8</u> | 17.0 |
|                                       |                          | DA = 10%         | <u>33.6</u> | 19.0 |
|                                       | 過剰間隙水圧比 95%<br>$N_{u95}$ |                  | <u>29.0</u> | -    |

■ : 最大間隙水圧比が1.0に近づく（0.95を超えるもの）

□ : DA=5%の値を繰返し回数Nとする

下線 : 次ページに例示する試験結果

### 3.2 液状化試験結果 3.2.3 試験結果の分類 埋戻土（掘削ズリ） B地点



液状化試験結果の例 (B地点の埋戻土(掘削ズリ))

## 3.2 液状化試験結果 3.2.3 試験結果の分類

### 埋戻土（掘削ズリ） C地点

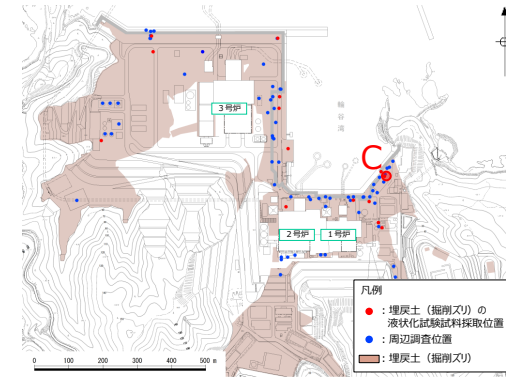
- C地点で採取した試料の結果を示す。
- C①～④は過剰間隙水圧比が上昇・下降を繰返し、上昇時に1.0に近づき（0.95を上回り）、せん断ひずみは緩やかに上昇した。また、有効応力は減少するがせん断変形時の正のダイレイタンシー特性により回復した。

| 試料番号                                  |                          | C             |                  |             |           |      |
|---------------------------------------|--------------------------|---------------|------------------|-------------|-----------|------|
| 深度 (m)                                |                          | 0.30～0.90     | <u>0.30～0.90</u> | 0.30～0.90   | 0.30～0.90 |      |
| 土質材料                                  |                          | 埋戻土<br>(掘削ズリ) |                  |             |           |      |
| 供試体 No.                               |                          | 1             | 2                | 3           | 4         |      |
| 土粒子の密度 $\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> )  |                          | 2.659         | <u>2.659</u>     | 2.659       | 2.659     |      |
| 圧密応力 $\sigma'_c$ (kN/m <sup>2</sup> ) |                          | 120           | <u>80</u>        | 80          | 80        |      |
| 繰返し応力振幅比 $\sigma_d/2\sigma'_o$        |                          | 0.350         | <u>0.391</u>     | 0.514       | 0.655     |      |
| 繰返し回数                                 | 軸ひずみ<br>両振幅              | DA = 1%       | 28.0             | <u>24.0</u> | 6.5       | 1.5  |
|                                       |                          | DA = 2%       | 36.0             | <u>33.0</u> | 11.0      | 4.5  |
|                                       |                          | DA = 5%       | 42.0             | <u>40.0</u> | 17.0      | 8.0  |
|                                       |                          | DA = 10%      | 47.0             | <u>46.0</u> | 21.0      | 10.0 |
|                                       | 過剰間隙水圧比 95%<br>$N_{u95}$ |               | 43.0             | <u>39.0</u> | 18.0      | 9.5  |

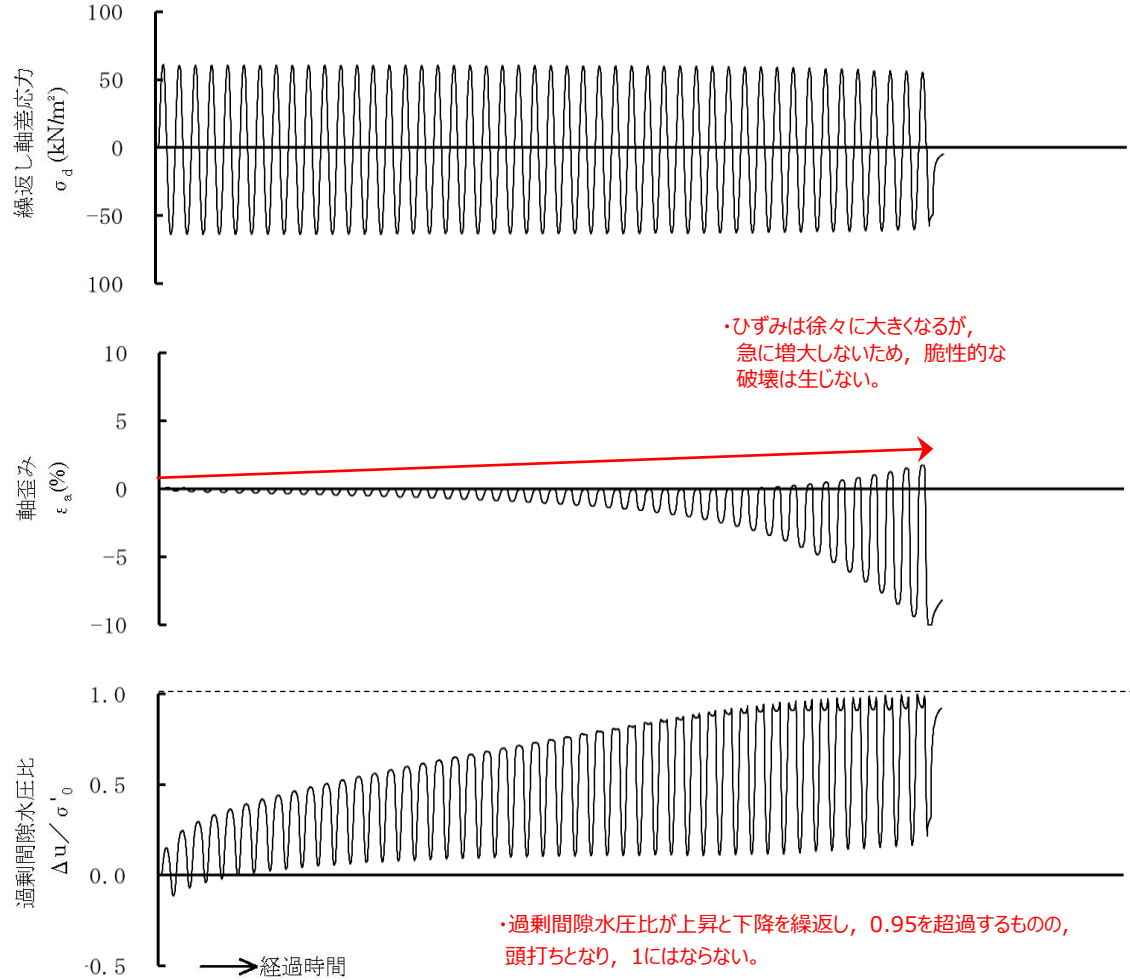
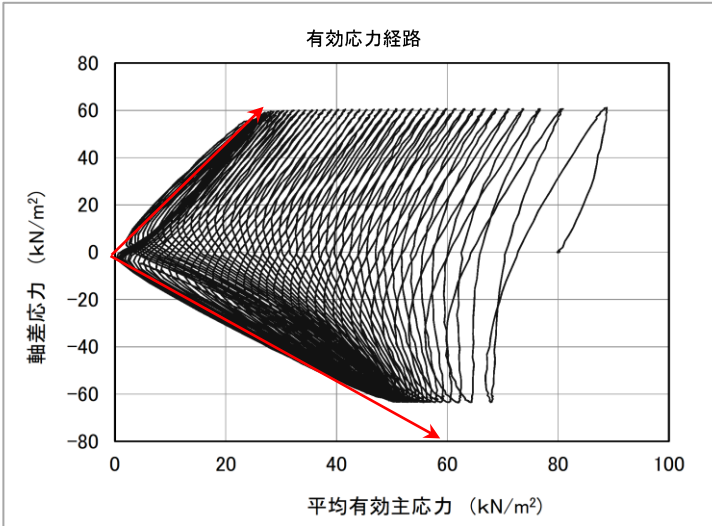
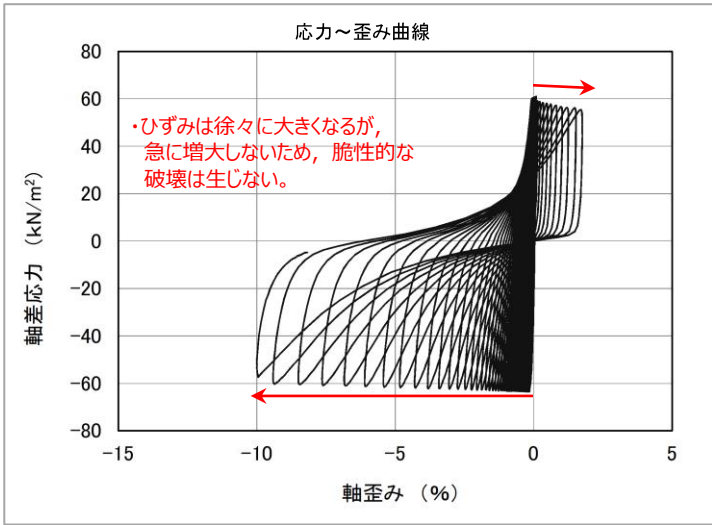
■ : 最大間隙水圧比が1.0に近づく（0.95を超えるもの）

□ : DA=5%の値を繰返し回数Nとする

下線 : 次ページに例示する試験結果



### 3.2 液状化試験結果 3.2.3 試験結果の分類 埋戻土（掘削ズリ） C地点



液状化試験結果の例 (C地点の埋戻土(掘削ズリ))



## 3.2 液状化試験結果 3.2.3 試験結果の分類

### 埋戻土（掘削ズリ） D地点

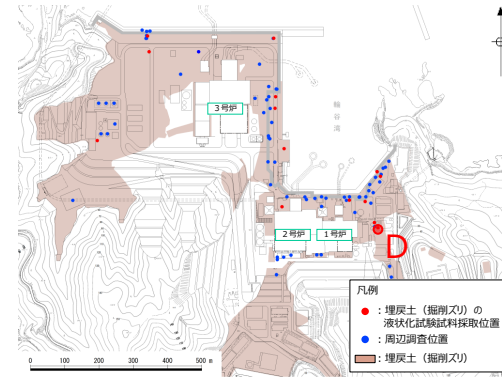
- D地点で採取した試料の結果を示す。
- D①は過剰間隙水圧比が上昇・下降を繰り返すが、0.95を上回らなかった。

|                                       |                                 |               |      |
|---------------------------------------|---------------------------------|---------------|------|
| 試料番号                                  |                                 | D             |      |
| 深度 (m)                                |                                 | 0.30~0.50     |      |
| 土質材料                                  |                                 | 埋戻土<br>(掘削ズリ) |      |
| 供試体 No.                               |                                 | 1             |      |
| 土粒子の密度 $\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> )  |                                 | 2.653         |      |
| 圧密応力 $\sigma'_c$ (kN/m <sup>2</sup> ) |                                 | 80            |      |
| 繰返し応力振幅比 $\sigma_d/2\sigma'_c$        |                                 | 0.446         |      |
| 繰返し回数                                 | 軸<br>ひ<br>ず<br>み<br>両<br>振<br>幅 | DA = 1%       | 8.5  |
|                                       |                                 | DA = 2%       | 11.0 |
|                                       |                                 | DA = 5%       | 13.0 |
|                                       |                                 | DA = 10%      | 15.0 |
|                                       | 過剰間隙水圧比 95%<br>$N_{u95}$        |               | -    |

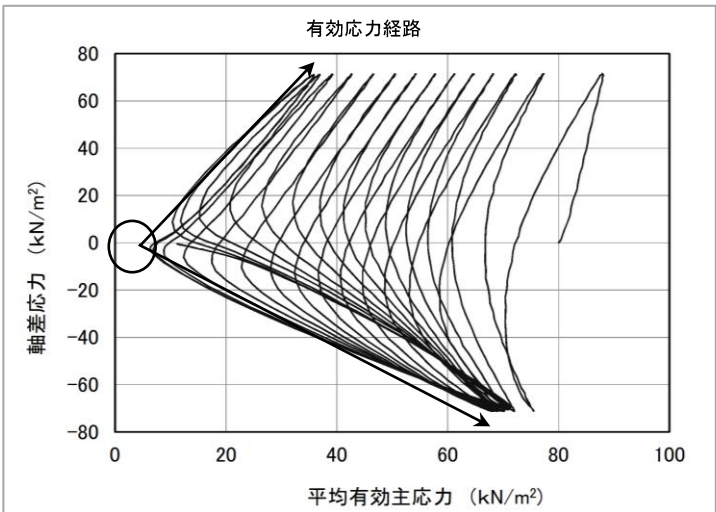
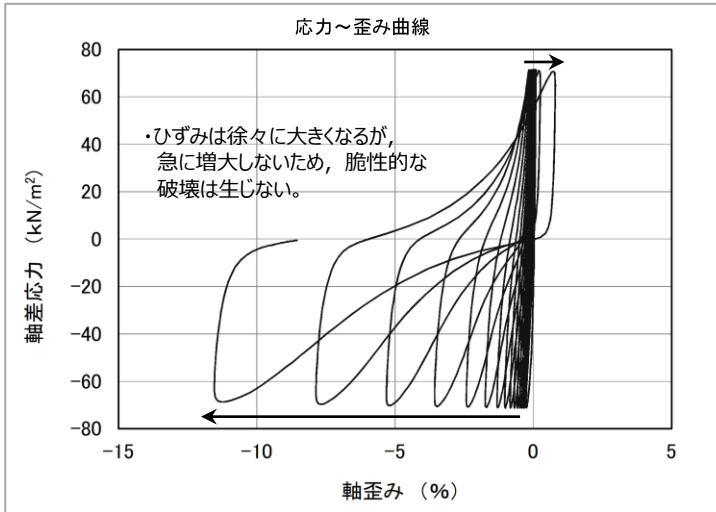
■ : 最大間隙水圧比が1.0に近づく (0.95を超えるもの)

□ : DA=5%の値を繰返し回数Nとする

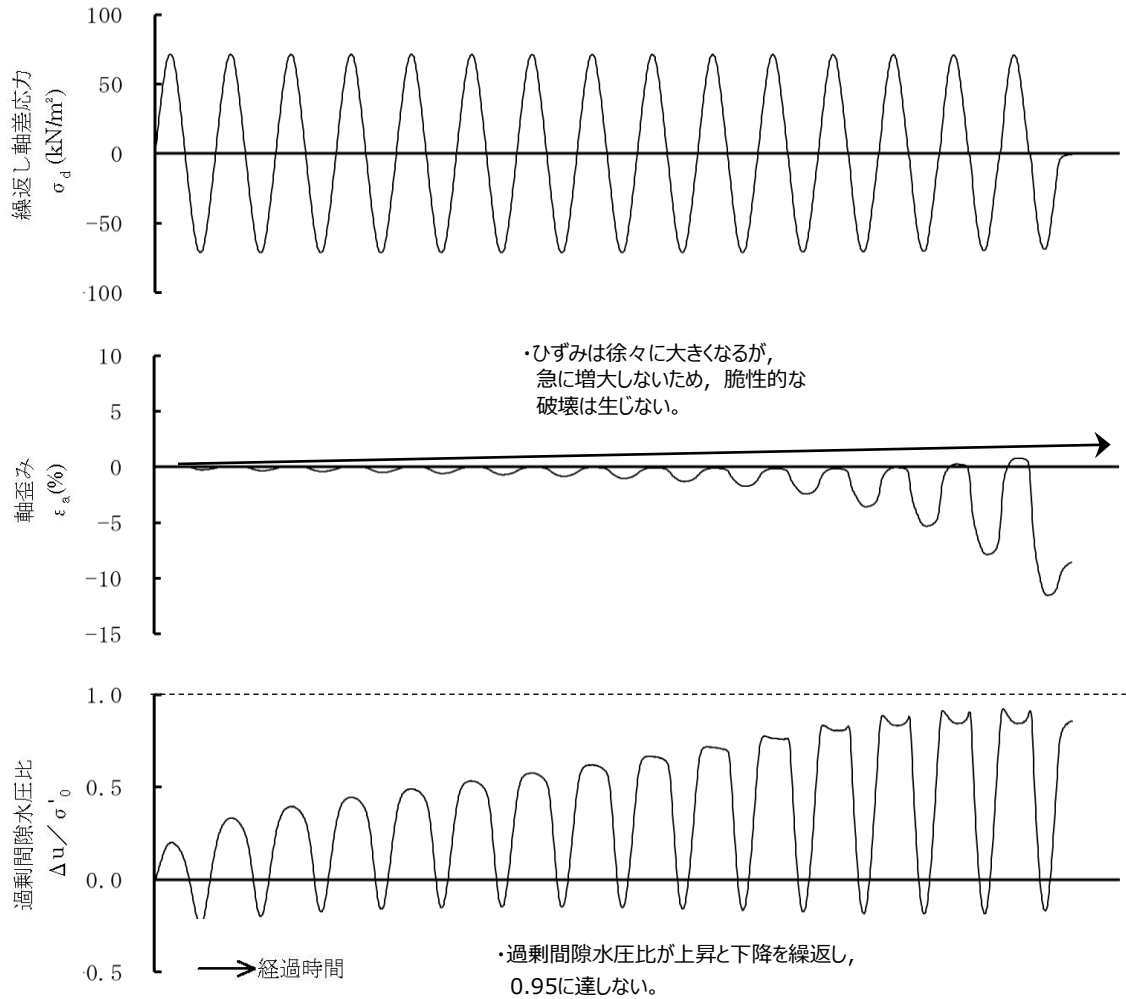
下線 : 次ページに例示する試験結果



### 3.2 液状化試験結果 3.2.3 試験結果の分類 埋戻土（掘削ズリ） D地点



・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、液状化になることはない。



液状化試験結果の例 (D地点の埋戻土(掘削ズリ))

## 3.2 液状化試験結果 3.2.3 試験結果の分類

### 埋戻土（掘削ズリ） E地点

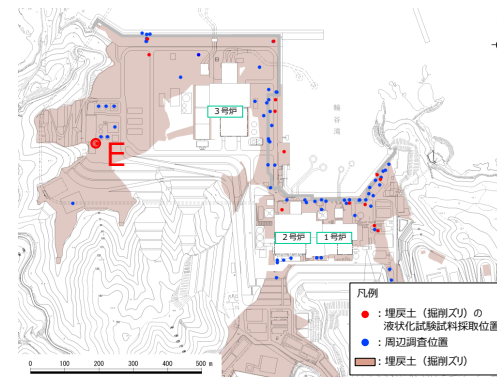
- E地点で採取した試料の結果を示す。
- E①は過剰間隙水圧比が上昇・下降を繰返し、上昇時に1.0に近づき（0.95を上回り）、せん断ひずみは緩やかに上昇した。また、有効応力は減少するがせん断変形時の正のダイレイタンスー特性や粘性により回復した。

|                                       |                          |               |       |
|---------------------------------------|--------------------------|---------------|-------|
| 試料番号                                  |                          | E             |       |
| 深度 (m)                                |                          | 0.30~0.70     |       |
| 土質材料                                  |                          | 埋戻土<br>(掘削ズリ) |       |
| 供試体 No.                               |                          | 1             |       |
| 土粒子の密度 $\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> )  |                          | 2.678         |       |
| 圧密応力 $\sigma'_c$ (kN/m <sup>2</sup> ) |                          | 80            |       |
| 繰返し応力振幅比 $\sigma_d/2\sigma'_o$        |                          | 0.317         |       |
| 繰返し回数                                 | 軸ひずみ<br>両振幅              | DA = 1%       | 84.0  |
|                                       |                          | DA = 2%       | 94.0  |
|                                       |                          | DA = 5%       | 104.0 |
|                                       |                          | DA = 10%      | 114.0 |
|                                       | 過剰間隙水圧比 95%<br>$N_{u95}$ |               | 100.0 |

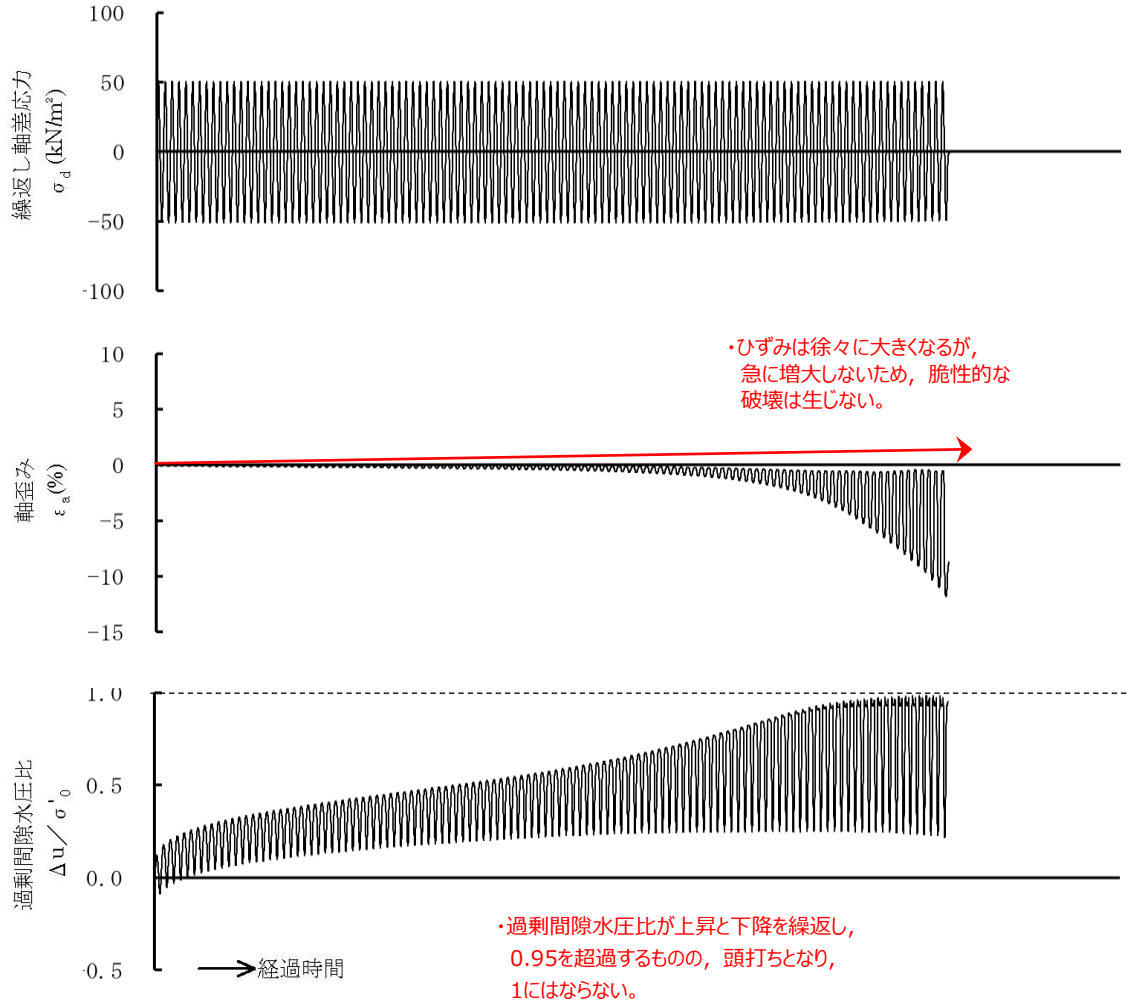
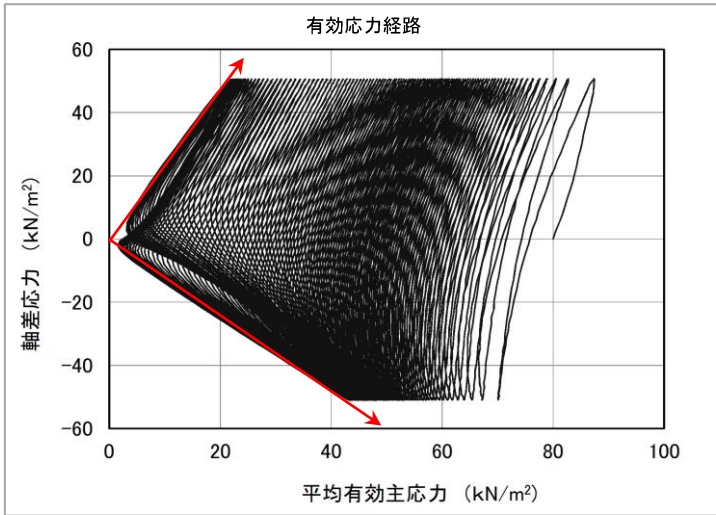
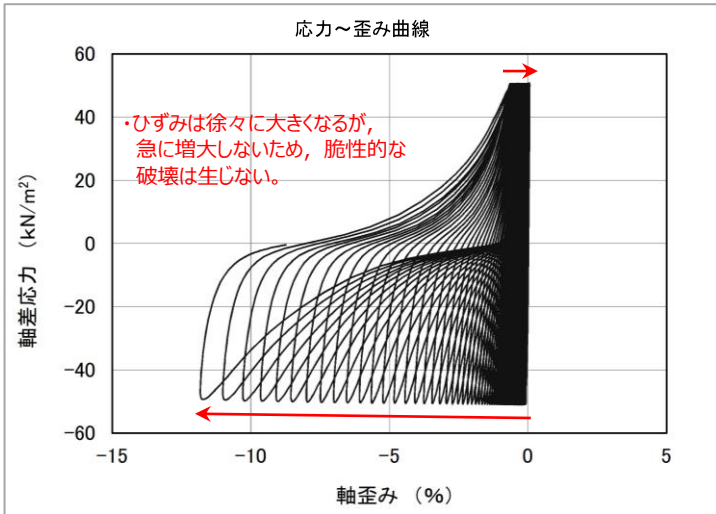
■ : 最大間隙水圧比が1.0に近づく（0.95を超えるもの）

□ : DA=5%の値を繰返し回数Nとする

下線 : 次ページに例示する試験結果



### 3.2 液状化試験結果 3.2.3 試験結果の分類 埋戻土（掘削ズリ） E地点

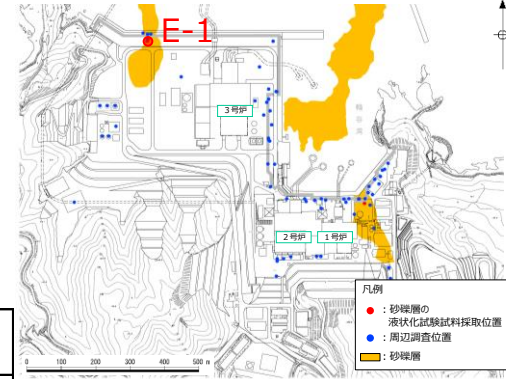


液状化試験結果の例 (E地点の埋戻土(掘削ズリ))

### 3.2 液状化試験結果 3.2.3 試験結果の分類

## 砂礫層 E-1地点

- E-1地点で採取した試料の結果を示す。
- S1-23-3, S1-24及びS1-25は過剰間隙水圧比が上昇・下降を繰返し, 上昇時に1.0に近づき(0.95を上回り), せん断ひずみは緩やかに上昇した。また, 有効応力は減少するがせん断変形時の正のダイレイタンスー特性や粘性により回復した。
- S1-26は過剰間隙水圧比が上昇・下降を繰返し, 上昇時に1.0に近づき(0.95を上回り), せん断ひずみは緩やかに上昇した。また, 有効応力は減少するがせん断変形時の正のダイレイタンスー特性により回復した。



| 試料番号                                  |                       | S1-23-3     | S1-24       | S1-25       | S1-26       |      |
|---------------------------------------|-----------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------|
| 深度 (m)                                |                       | 23.93~24.55 | 24.85~25.55 | 25.55~26.50 | 26.50~27.40 |      |
| 土質材料                                  |                       | 砂礫層         |             |             |             |      |
| 供試体 No.                               |                       | 1           | 2           | 1           | 1           |      |
| 土粒子の密度 $\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> )  |                       | 2.690       | 2.685       | 2.724       | 2.730       |      |
| 圧密応力 $\sigma'_c$ (kN/m <sup>2</sup> ) |                       | 350         | 350         | 350         | 350         |      |
| 繰返し応力振幅比 $\sigma_d / 2\sigma'_c$      |                       | 0.301       | 0.273       | 0.381       | 0.323       |      |
| 繰返回数                                  | 軸ひずみ両振幅               | DA = 1%     | 4.5         | 44.7        | 15.1        | 3.0  |
|                                       |                       | DA = 2%     | 9.5         | 66.7        | 4.5         | 5.0  |
|                                       |                       | DA = 5%     | 18.6        | 95.0        | 10.8        | 8.5  |
|                                       |                       | DA = 10%    | 30.6        | 122.8       | 19.5        | -    |
|                                       | 過剰間隙水圧比 95% $N_{U95}$ |             | 16.0        | 64.0        | 9.0         | 29.0 |

■ : 最大間隙水圧比が1.0に近く(0.95を超えるもの)

□ : DA=5%の値を繰返し回数Nとする

下線 : 次ページに例示する試験結果



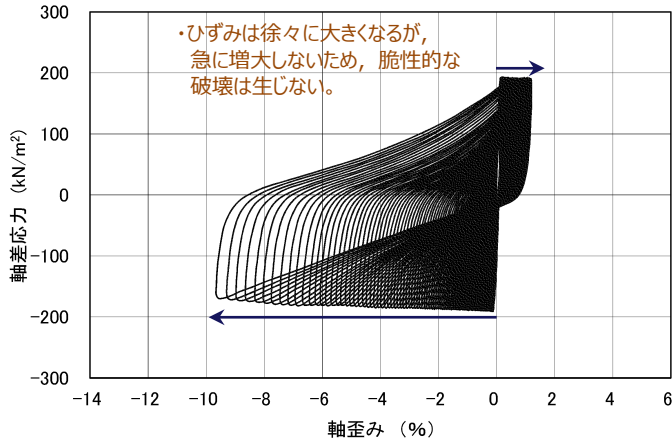
## 3.2 液状化試験結果 3.2.3 試験結果の分類

### 砂礫層 E-1地点

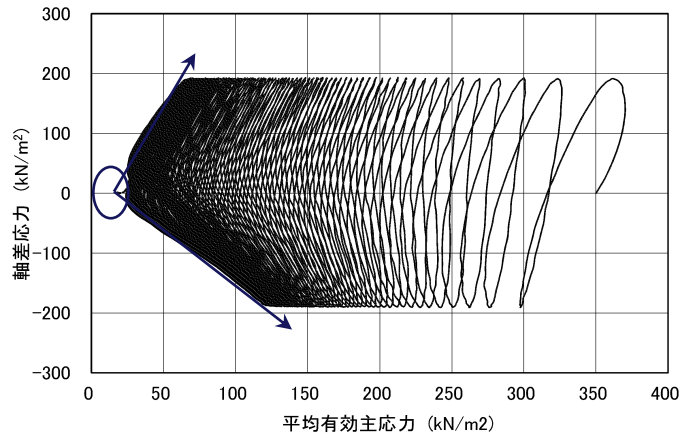
第730回審査会合  
資料1-1 P107再掲

100

応力～歪み曲線

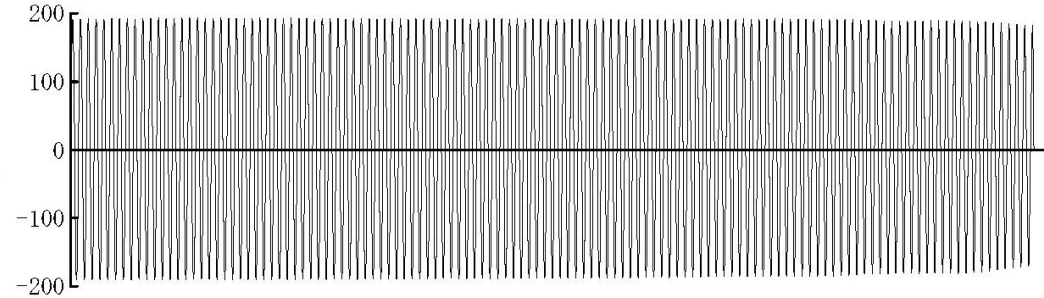


有効応力経路

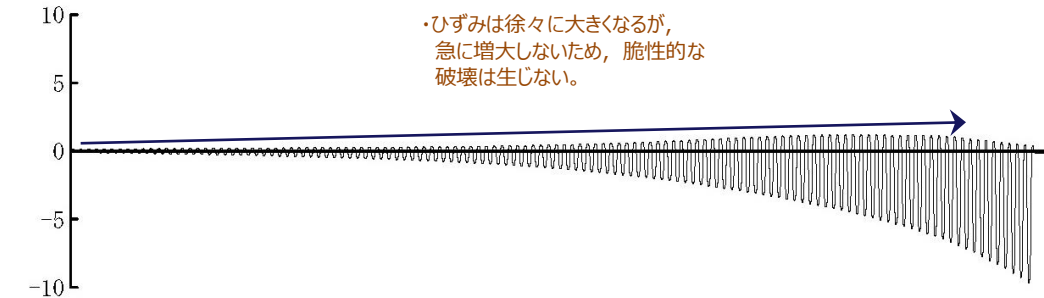


- ・繰返し荷重を載荷しても、有効応力がゼロになることはなく、液状化になることはない。また、せん断応力（軸差応力）作用時に有効応力は回復し、粘り強い挙動を示す。

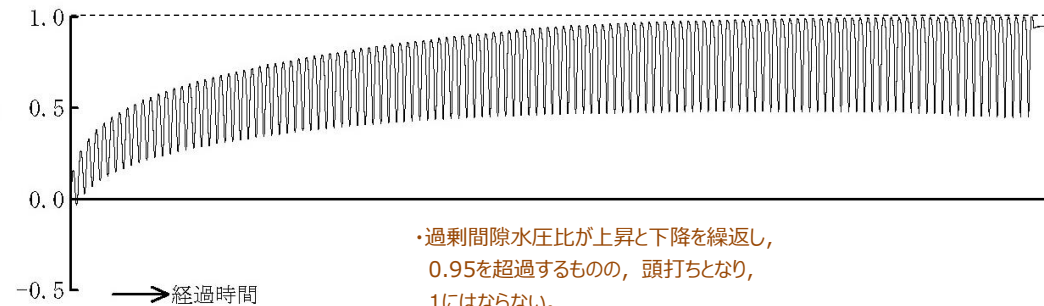
繰返し軸差応力  
 $\sigma_d$  (kN/m<sup>2</sup>)



軸歪み  
 $\varepsilon_a$  (‰)



過剰間隙水圧比  
 $\Delta u / \sigma'_0$



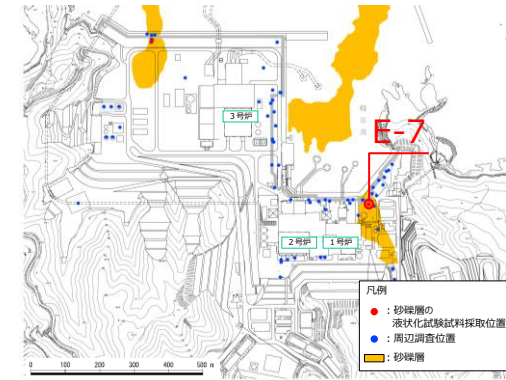
- ・過剰間隙水圧比が上昇と下降を繰返し、0.95を超過するものの、頭打ちとなり、1にはならない。

液状化試験結果の例（E-1地点の砂礫層）

### 3.2 液状化試験結果 3.2.3 試験結果の分類

## 砂礫層 E-7地点

- E-7地点で採取した試料の結果を示す。
- S7-15及びS7-17は過剰間隙水圧比が上昇・下降を繰返し，上昇時に1.0に近づき（0.95を上回り），せん断ひずみは緩やかに上昇した。また，有効応力は減少するがせん断変形時の正のダイレイタンスー特性や粘性により回復した。
- S7-16は過剰間隙水圧比が上昇・下降を繰返し，上昇時に1.0に近づき（0.95を上回り），せん断ひずみは緩やかに上昇した。また，有効応力は減少するがせん断変形時の正のダイレイタンスー特性により回復した。



| 試料番号                                  |                          | S7-15       | S7-16       |       | S7-17       |      |
|---------------------------------------|--------------------------|-------------|-------------|-------|-------------|------|
| 深度 (m)                                |                          | 15.70~16.60 | 16.00~16.80 |       | 17.60~18.60 |      |
| 土質材料                                  |                          | 砂礫層         |             |       |             |      |
| 供試体 No.                               |                          | 1           | 1           | 2     | 1           |      |
| 土粒子の密度 $\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> )  |                          | 2.702       | 2.707       |       | 2.709       |      |
| 圧密応力 $\sigma'_c$ (kN/m <sup>2</sup> ) |                          | 260         | 260         |       | 260         |      |
| 繰返し応力振幅比 $\sigma_d/2\sigma'_o$        |                          | 0.401       | 0.300       | 0.350 | 0.324       |      |
| 繰返し回数                                 | 軸ひずみ<br>両振幅              | DA = 1%     | 0.7         | 21.0  | 3.5         | 5.5  |
|                                       |                          | DA = 2%     | 2.0         | 28.7  | 6.0         | 8.0  |
|                                       |                          | DA = 5%     | 6.0         | 39.6  | 10.4        | 12.3 |
|                                       |                          | DA = 10%    | 11.8        | 48.6  | 14.4        | 16.4 |
|                                       | 過剰間隙水圧比 95%<br>$N_{U95}$ |             | 6.0         | 27.0  | 9.0         | 9.0  |

■ : 最大間隙水圧比が1.0に近づく（0.95を超えるもの）

□ : DA=5%の値を繰返し回数Nとする

下線 : 次ページに例示する試験結果

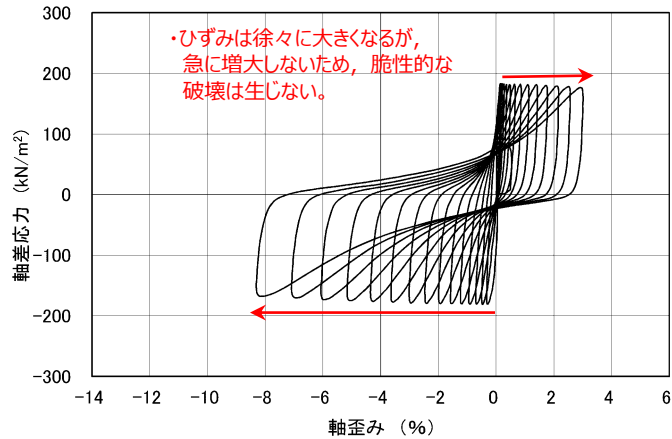
## 3.2 液状化試験結果 3.2.3 試験結果の分類

### 砂礫層 E-7地点

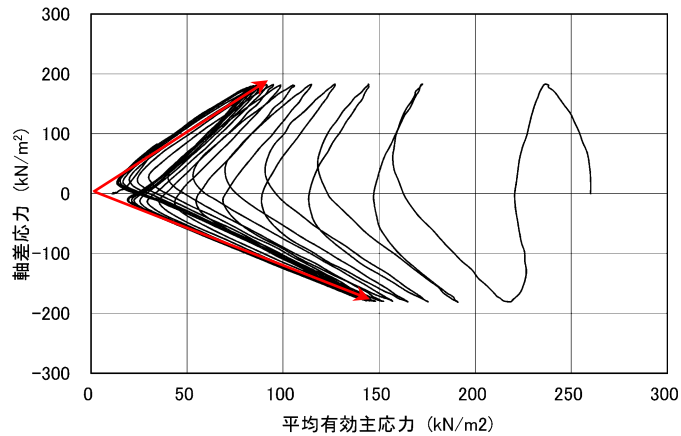
第730回審査会合  
資料1-1 P109再掲

102

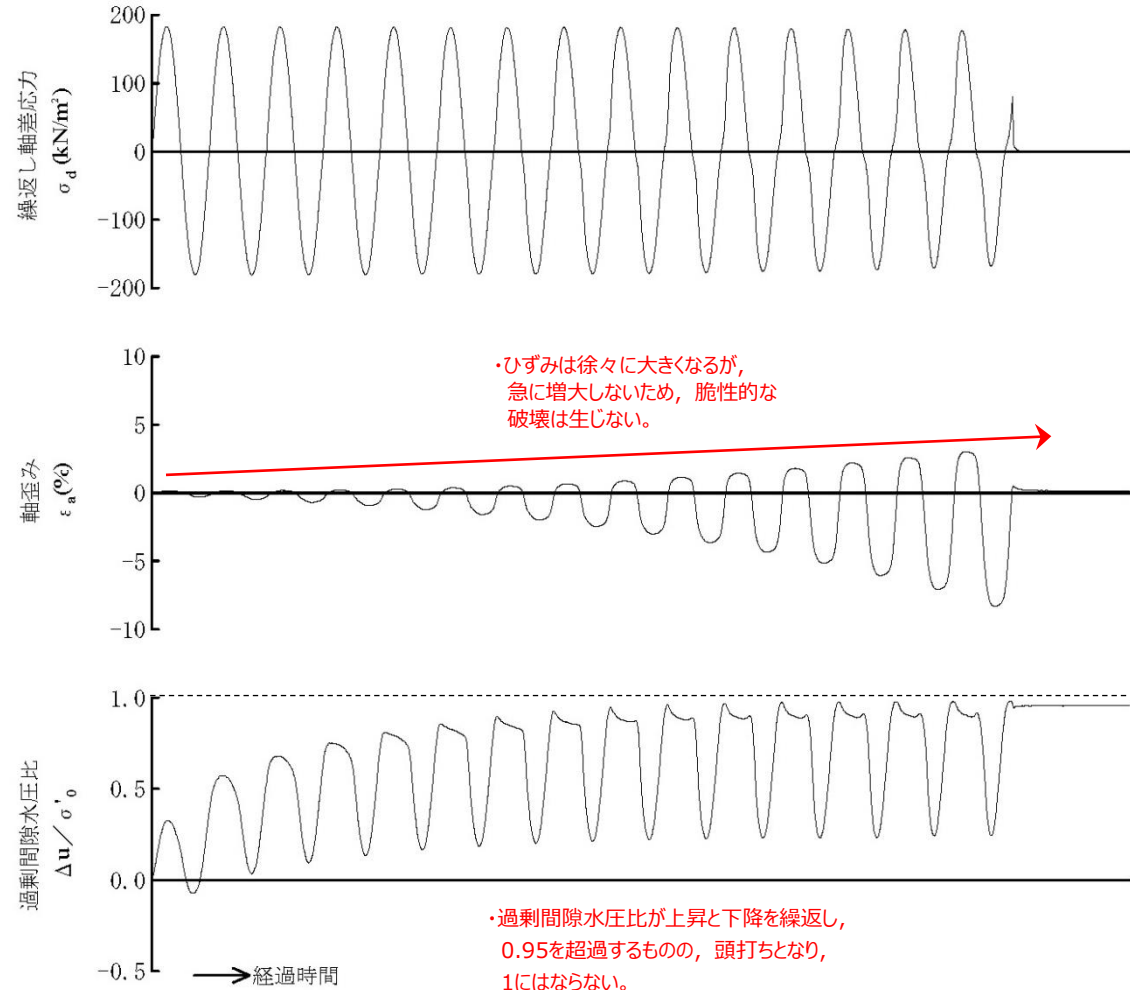
応力～歪み曲線



有効応力経路



・有効応力がほぼゼロまで低下するが、ダイレイタンスー特性により有効応力が回復する。

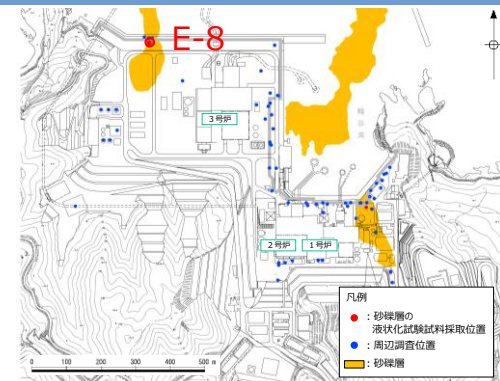


液状化試験結果の例 (E-7地点の砂礫層)

## 3.2 液状化試験結果 3.2.3 試験結果の分類

### 砂礫層 E-8地点

- E-8地点で採取した試料の結果を示す。
- S8-23-1及びS8-25は過剰間隙水圧比が上昇・下降を繰返し、上昇時に1.0に近づき（0.95を上回り）、せん断ひずみは緩やかに上昇した。また、有効応力は減少するがせん断変形時の正のダイレイタンシー特性や粘性により回復した。
- S8-24は過剰間隙水圧比が上昇・下降を繰返し、上昇時に1.0に近づき（0.95を上回り）、せん断ひずみは緩やかに上昇した。また、有効応力は減少するがせん断変形時の正のダイレイタンシー特性により回復した。



| 試料番号                                  |         | S8-23-1     | S8-24       |       | S8-25       |       |       |      |
|---------------------------------------|---------|-------------|-------------|-------|-------------|-------|-------|------|
| 深度 (m)                                |         | 23.00~23.70 | 24.00~25.00 |       | 25.00~26.00 |       |       |      |
| 土質材料                                  |         | 砂礫層         |             |       |             |       |       |      |
| 供試体 No.                               |         | 1           | 1           | 2     | 1           | 2     | 3     |      |
| 土粒子の密度 $\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> )  |         | 2.700       | 2.647       |       | 2.706       |       |       |      |
| 圧密応力 $\sigma'_c$ (kN/m <sup>2</sup> ) |         | 360         | 360         |       | 360         |       |       |      |
| 繰返し応力振幅比 $\sigma_d/2\sigma'_o$        |         | 0.302       | 0.314       | 0.276 | 0.301       | 0.352 | 0.251 |      |
| 繰返し回数                                 | 軸ひずみ両振幅 | DA = 1%     | 1.0         | 2.5   | 3.0         | 5.5   | 0.8   | 24.7 |
|                                       |         | DA = 2%     | 3.5         | 5.5   | 7.5         | 10.0  | 3.0   | 38.0 |
|                                       |         | DA = 5%     | 10.5        | 13.7  | 16.0        | 17.5  | 7.5   | 56.7 |
|                                       |         | DA = 10%    | 19.7        | 21.7  | 24.5        | 25.6  | 13.6  | 67.9 |
| 過剰間隙水圧比 95%<br>$N_{u95}$              |         | 12.0        | 5.0         | 11.0  | 9.0         | 5.0   | 34.0  |      |

■ : 最大間隙水圧比が1.0に近づく (0.95を超えるもの)  
 □ : DA=5%の値を繰返し回数Nとする  
 下線 : 次ページに例示する試験結果

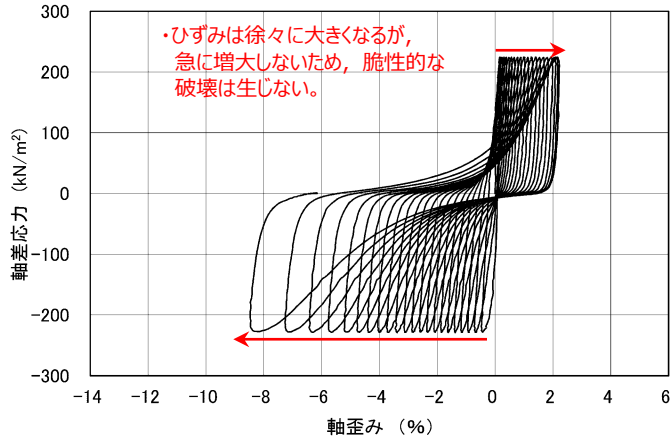
## 3.2 液状化試験結果 3.2.3 試験結果の分類

### 砂礫層 E-8地点

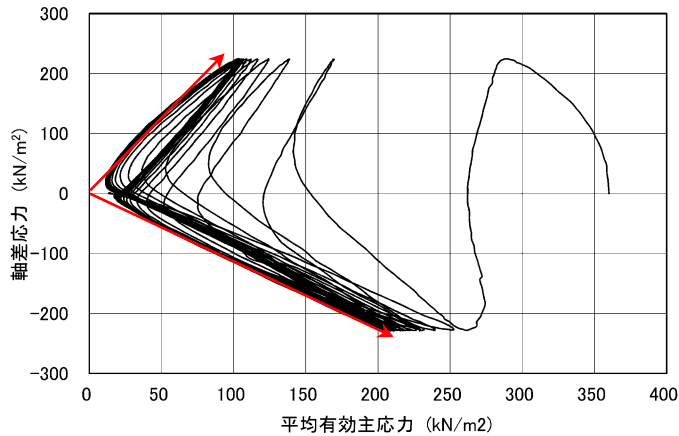
第730回審査会合  
資料1-1 P111再掲

104

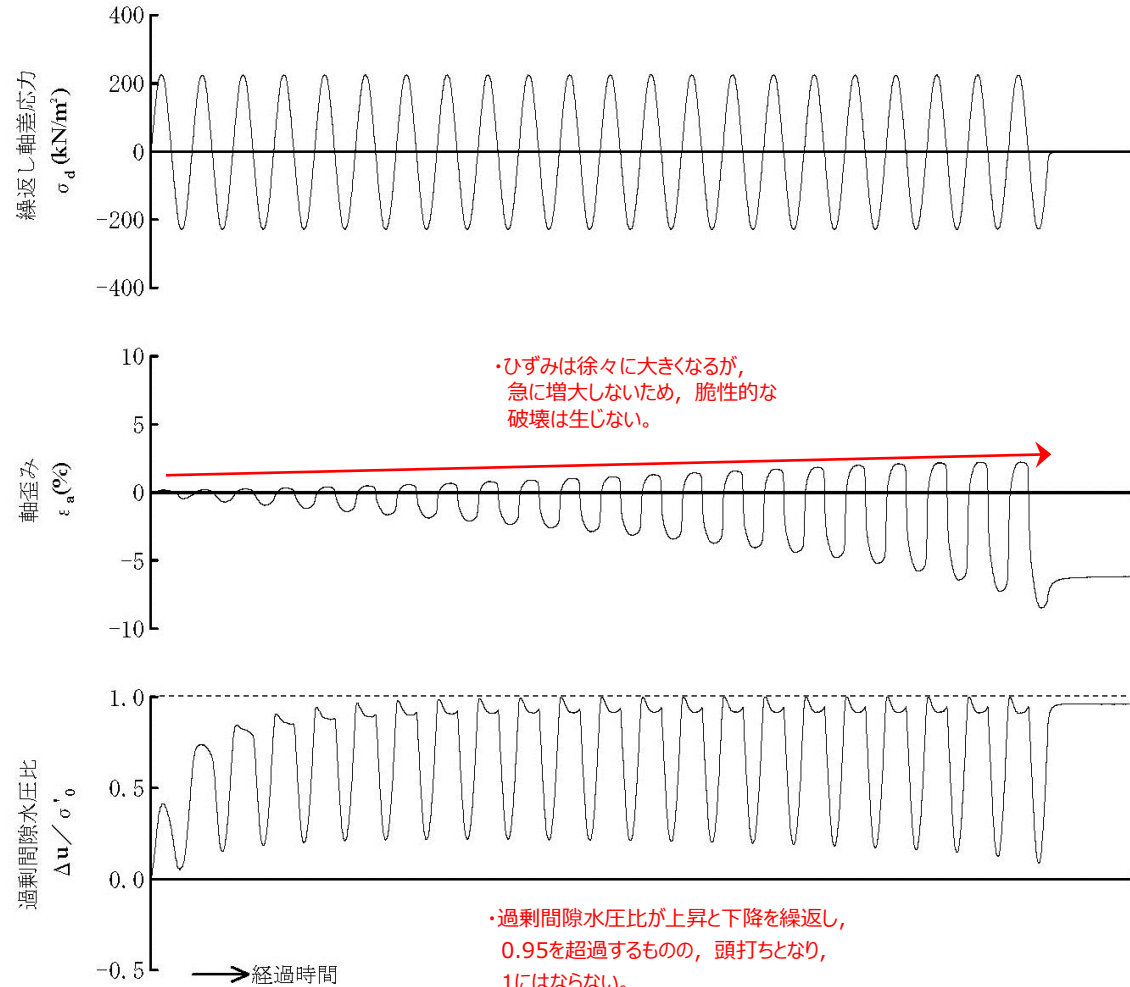
応力～歪み曲線



有効応力経路



・有効応力がほぼゼロまで低下するが、ダイレイタンスー特性により有効応力が回復する。



液状化試験結果の例 (E-8地点の砂礫層)



### 3.2 液状化試験結果 3.2.3 試験結果の分類

## 試験結果の整理と考察

- 埋戻土（掘削ズリ）の液状化試験は、土の繰返し非排水三軸試験方法（JGS 0541）に準拠し実施した。下表に液状化試験を行った試料の結果の一部を示す。
- 試験結果は過剰間隙水圧比が上昇・下降を繰返し、上昇時に1.0に近づき（0.95を上回り）、せん断ひずみは緩やかに上昇する。また、有効応力は保持している、若しくは減少するがせん断変形時の正のダイレイタンスー特性により回復した。一方、E-4'地点及びD地点では過剰間隙水圧比が0.95を上回らなかった。
- 供試体直径の1/5を超える礫を含む供試体については、土の三軸試験の供試体作製・設置方法（JGS 0520）を満足しないため、試験結果を参考値とし、以降の評価には採用しない。
- これらの状況から、埋戻土（掘削ズリ）は非液状化、または繰返し軟化（サイクリックモビリティ含む）であると判断した。

#### 液状化試験結果（埋戻土（掘削ズリ））

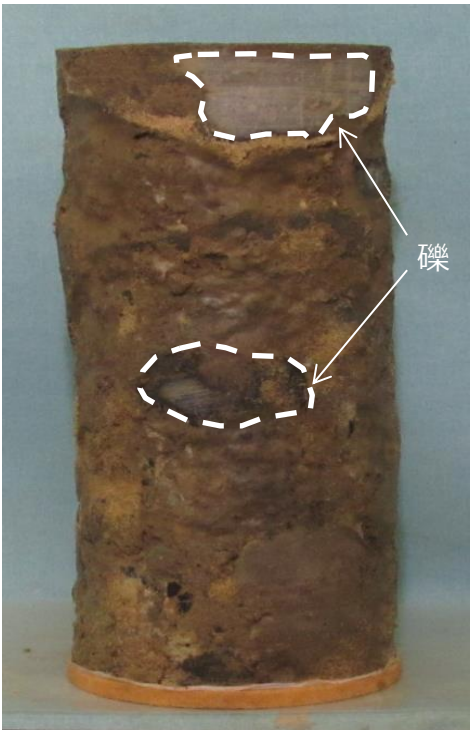
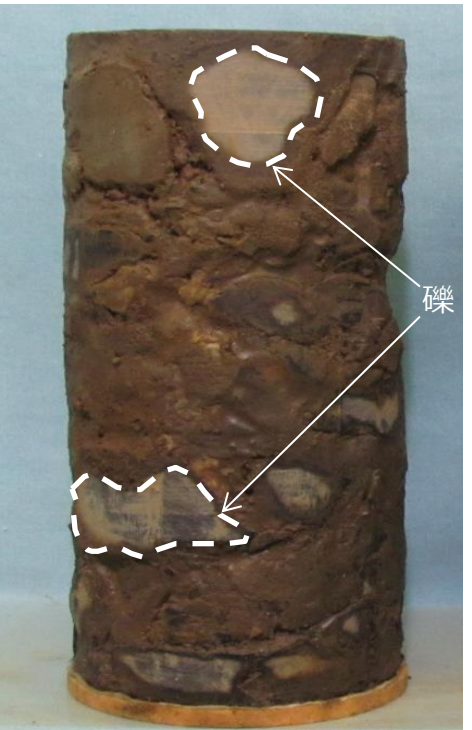

|  | E-2         | E-3      | E-4' | E-5   | E-6         | E-7   | E-8         | A           | B           | C           | D    | E           |
|--|-------------|----------|------|-------|-------------|-------|-------------|-------------|-------------|-------------|------|-------------|
|  | 埋戻土（掘削ズリ）   |          |      |       |             |       |             |             |             |             |      |             |
| 試料番号                                   | S2-10       | S3-9-2※2 | S4-6 | S5-1  | S6-3※2      | S7-3① | S8-2※2      | A①          | B①          | C②          | D①   | E①          |
| 過剰間隙水圧比95%を超えない。※1                     | ×           | ×        | ○    | ×     | ×           | ×     | ×           | ×           | ×           | ×           | ○    | ×           |
| 有効応力がゼロまで低下しない。                        | ×           | ○        | ○    | ○     | ×           | ○     | ×           | ×           | ×           | ×           | ○    | ×           |
| 液体状となり流動しない。（ひずみが急増しない。）               | ○           | ○        | ○    | ○     | ○           | ○     | ○           | ○           | ○           | ○           | ○    | ○           |
| 正のダイレイタンスー特性によりせん断抵抗が作用する。（有効応力が回復する。） | ○           | ○        | ○    | ○     | ○           | ○     | ○           | ○           | ○           | ○           | ○    | ○           |
| 現象の整理                                  | サイクリックモビリティ | 繰返し軟化    | 非液状化 | 繰返し軟化 | サイクリックモビリティ | 繰返し軟化 | サイクリックモビリティ | サイクリックモビリティ | サイクリックモビリティ | サイクリックモビリティ | 非液状化 | サイクリックモビリティ |

※1: JGS 0541-2009において過剰間隙水圧比0.95を液状化の目安としている。

※2: 供試体直径の1/5を超える礫を含む一部の供試体についても試験を実施し、液状化判定の参考とした。

### 3.2 液状化試験結果 3.2.3 試験結果の分類 (参考) 試験結果の整理と考察

■埋戻土（掘削ズリ）の液状化試験結果のうち、供試体直径の1/5を超える礫を含む供試体について、液状化試験後の写真を下表に示す。これらについては、試験結果を参考値として整理する。

|      | E-3  | E-6   | E-8  |
|------|--|---|--|
| 試料番号 | S3-9-2   | S6-3  | S8-2   |
| 写真   |  |  |  |

## 3.2 液状化試験結果 3.2.3 試験結果の分類

### 試験結果の整理と考察

- 砂礫層の液状化試験は、土の繰返し非排水三軸試験方法（JGS 0541）に準拠し実施した。下表に液状化試験を行った試料の結果の一部を示す。
- 試験結果は過剰間隙水圧比が上昇・下降を繰返し、上昇時に1.0に近づき（0.95を上回り）、せん断ひずみは緩やかに上昇する。また、有効応力は保持している、若しくは減少するがせん断変形時の正のダイレイタンシー特性により回復した。
- これらの状況から、砂礫層は繰返し軟化（サイクリックモビリティ含む）であると判断した。

液状化試験結果（砂礫層）

|  | E-1       | E-7             | E-8             |
|--|-----------|-----------------|-----------------|
|  | 砂礫層       |                 |                 |
| 試料番号                                   | S1-23-3②  | S7-16②          | S8-24①          |
| 過剰間隙水圧比95%を超えない。※1                     | ×         | ×               | ×               |
| 有効応力がゼロまで低下しない。                        | ○         | ×               | ×               |
| 液体状となり流動しない。（ひずみが急増しない。）               | ○         | ○               | ○               |
| 正のダイレイタンシー特性によりせん断抵抗が作用する。（有効応力が回復する。） | ○         | ○               | ○               |
| 現象の整理                                  | 繰返し<br>軟化 | サイクリック<br>モビリティ | サイクリック<br>モビリティ |

※1：JGS 0541-2009において過剰間隙水圧比0.95を液状化の目安としている。

### 3.2 液状化試験結果 3.2.3 試験結果の分類

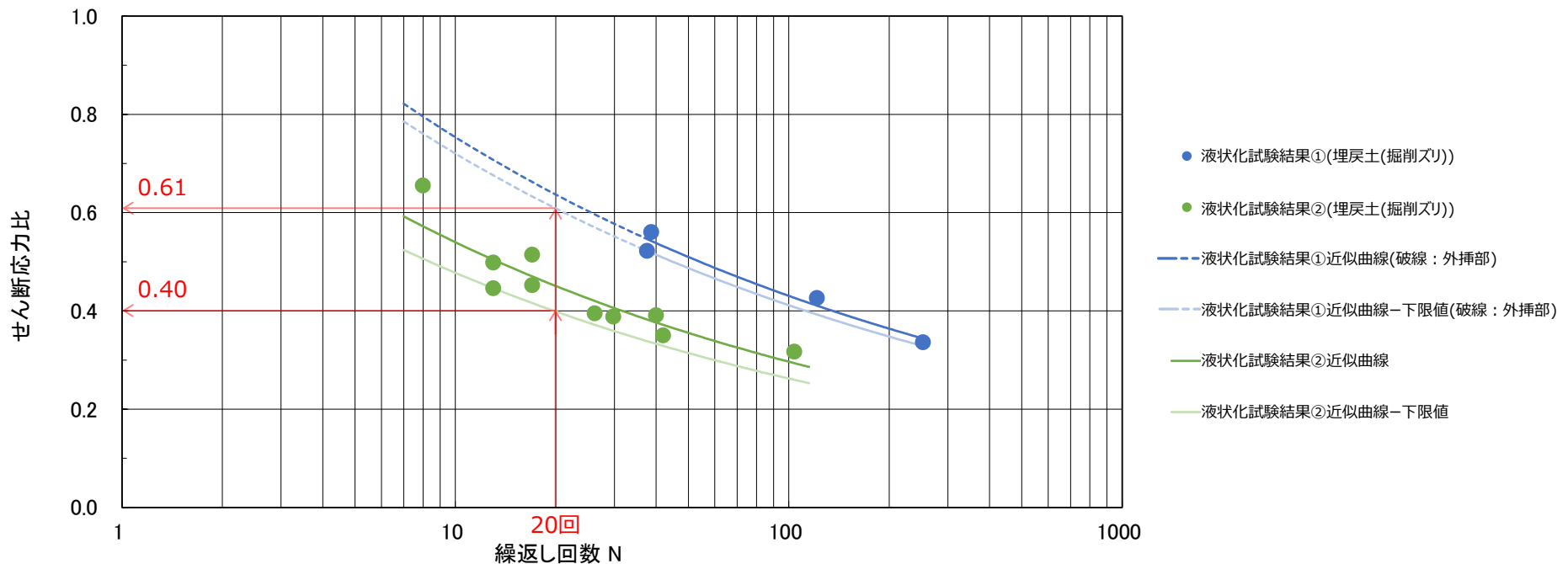
## 試験結果のまとめ

- すべての土層で、液状化試験結果は繰返し軟化（サイクリックモビリティ含む）あるいは非液状化を示し、液状化ではなかった。このことは、50%粒径が10mm超過、または、10%粒径が1mm超過である、粗粒で均等係数が低い礫質土では透水係数が高く液状化しにくいという道路橋示方書の記載に整合する。

| 対象層              | 埋戻土（掘削ズリ）  | 砂礫層   |
|------------------|--|---|
| 液状化試験の状況         | <ul style="list-style-type: none"> <li>過剰間隙水圧比が0.95を上回るが、有効応力は0にならない。</li> <li>なお、一部の供試体では、過剰間隙水圧比が0.95を下回る。</li> <li>有効応力は減少するが、回復する。</li> <li>ひずみが緩やかに上昇する。</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>過剰間隙水圧比が0.95を上回るが、有効応力は0にならない。</li> <li>有効応力は減少するが、回復する。</li> <li>ひずみが緩やかに上昇する。</li> </ul> |
| 試験結果の分類          | <ul style="list-style-type: none"> <li>試験結果は、非液状化または繰返し軟化（サイクリックモビリティ含む）であり、液状化ではない。</li> <li>有効応力は維持または回復するため、支持力が期待できる。</li> </ul>                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>試験結果は、繰返し軟化（サイクリックモビリティ含む）であり、液状化ではない。</li> <li>有効応力は維持または回復するため、支持力が期待できる。</li> </ul>     |
| 基準地震動Ssに対する液状化判定 | 基準地震動Ssに対する液状化試験の妥当性確認   |   |

## 3.2 液状化試験結果 3.2.3 試験結果の分類 試験結果のまとめ

- 液状化試験結果（埋戻土（掘削ズリ））による液状化強度曲線を以下に示す。
- 液状化強度曲線は，試験結果から得られる近似曲線が試験結果の下限値を通るように保守的に設定する。
- 表層採取試料による供試体は，人工地盤である敷地の被覆層（埋戻土（掘削ズリ））を再現するため粒度調整及び密度調整を行い作製した。一方，敷地の埋立工事から1，2号炉エリアで30年以上，3号炉エリアで10年以上経過しており，被覆層（埋戻土（掘削ズリ））は経年的な圧密を受けていることから，液状化試験結果①（ロータリー式三重管サンプラー）は液状化試験結果②（表層試料採取）の上側に位置する。

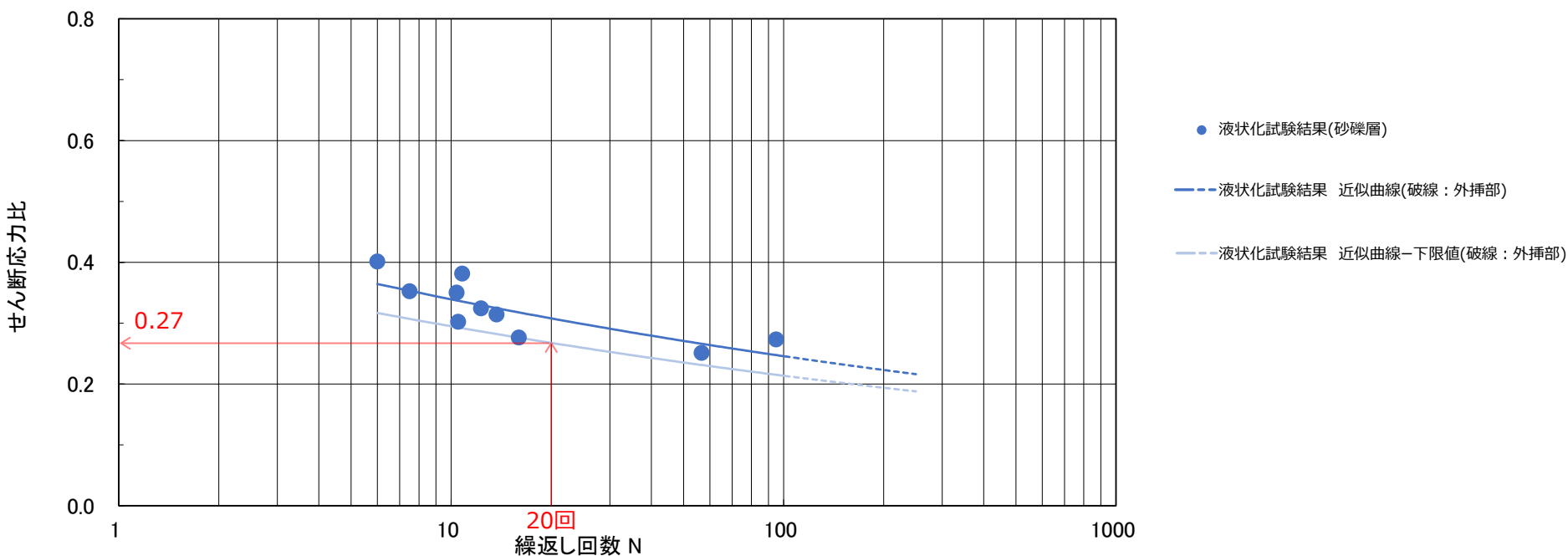


埋戻土（掘削ズリ）の液状化強度曲線



## 3.2 液状化試験結果 3.2.3 試験結果の分類 試験結果のまとめ

- 液状化試験結果（砂礫層）による液状化強度曲線を以下に示す。
- 液状化強度曲線は、試験結果から得られる近似曲線が試験結果の下限値を通るように保守的に設定する。

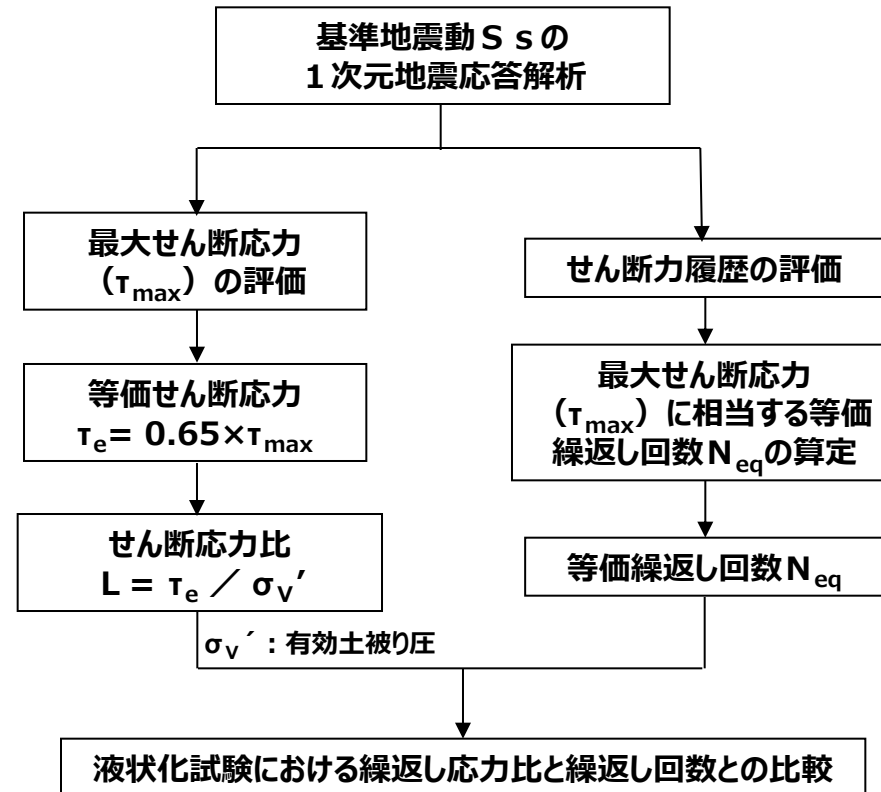


砂礫層の液状化強度曲線

1. 液状化評価の基本方針
2. 液状化評価対象層の抽出
3. 液状化強度特性の網羅性，代表性
  - 3.1 液状化試験試料採取位置とその代表性
  - 3.2 液状化試験結果
  - 3.3 基準地震動 $S_s$ に対する液状化試験の妥当性確認
  - 3.4 簡易設定法
  - 3.5 液状化強度特性の設定方針
4. 液状化影響の評価方針
5. 参考文献

### 3.3 基準地震動 $S_s$ に対する液状化試験の妥当性確認 検討フロー

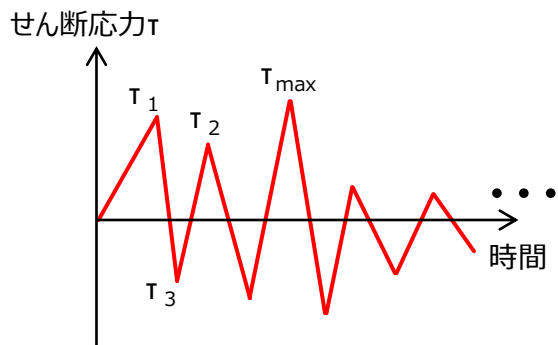
- 敷地内の埋戻土（掘削ズリ）及び砂礫層は、試験結果が液状化を示さず、道路橋示方書の液状化判定方法が適用できないと考えられる。このため、液状化試験実施箇所が多い埋戻土（掘削ズリ）について、液状化試験が基準地震動  $S_s$  相当の地盤の状態（繰返し応力及び繰返し回数）を模擬していることを確認する。
- 評価は下記の評価のフローに基づいて実施する。



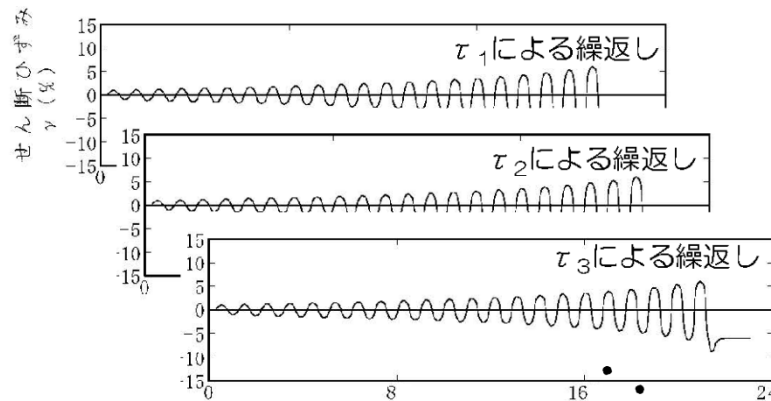
累積損傷度理論に基づく等価繰返し回数の評価のフロー

# 等価繰返し回数の評価方法：吉見（H3）を参考

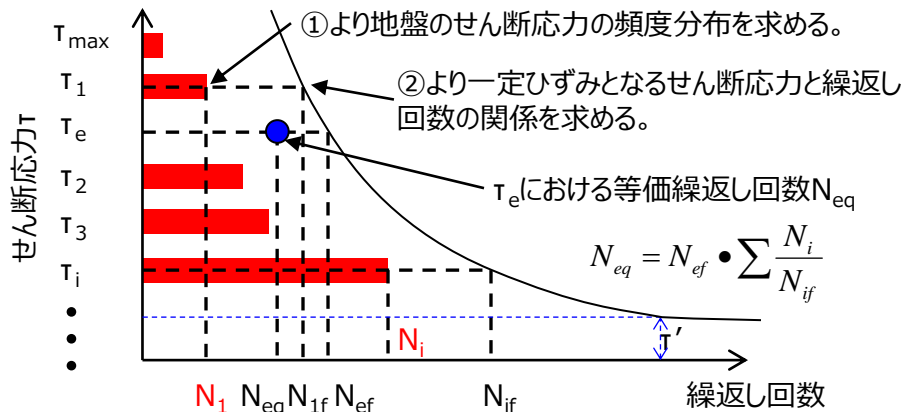
- 金属材料の疲労破壊の分野で提案された累積損傷度理論を応用して，不規則波である基準地震動  $S_s$  によって発生する地盤のせん断応力と等価な一定せん断応力及びその繰返し回数を求め，試験結果との比較を実施する。



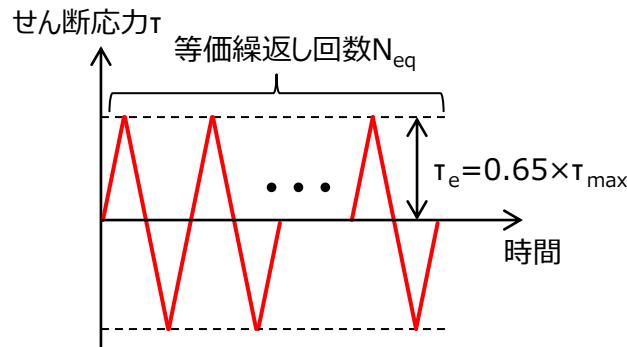
①対象地盤の地震応答解析におけるせん断応力履歴



②試験による一定せん断応力振幅時の繰返し回数とせん断ひずみ



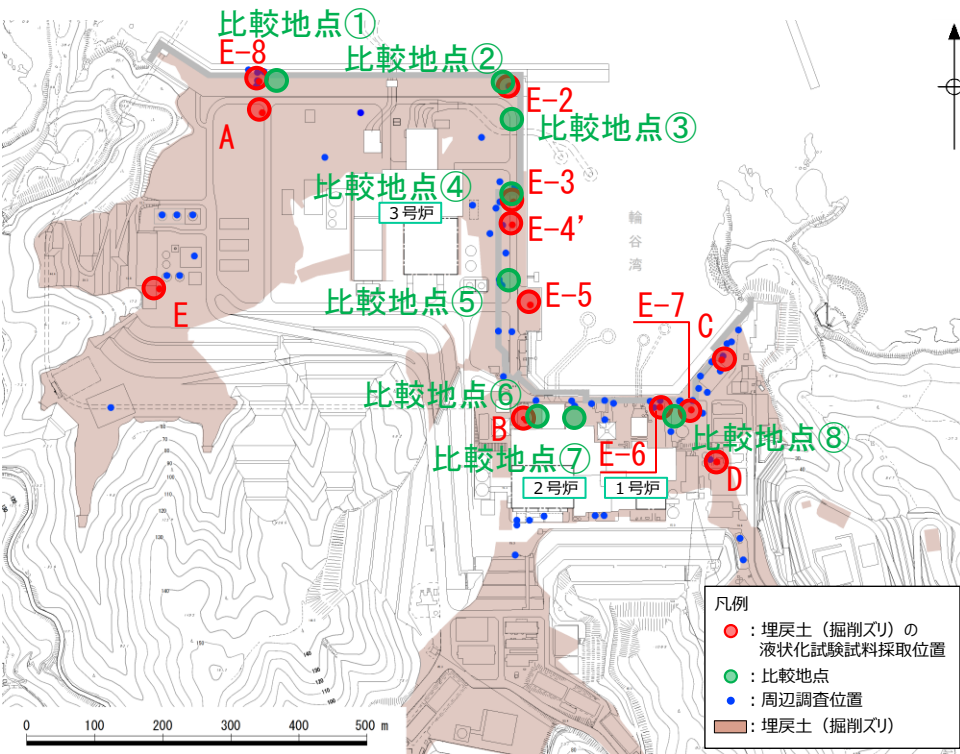
③累積損傷度理論に基づく等価繰返し回数の評価方法



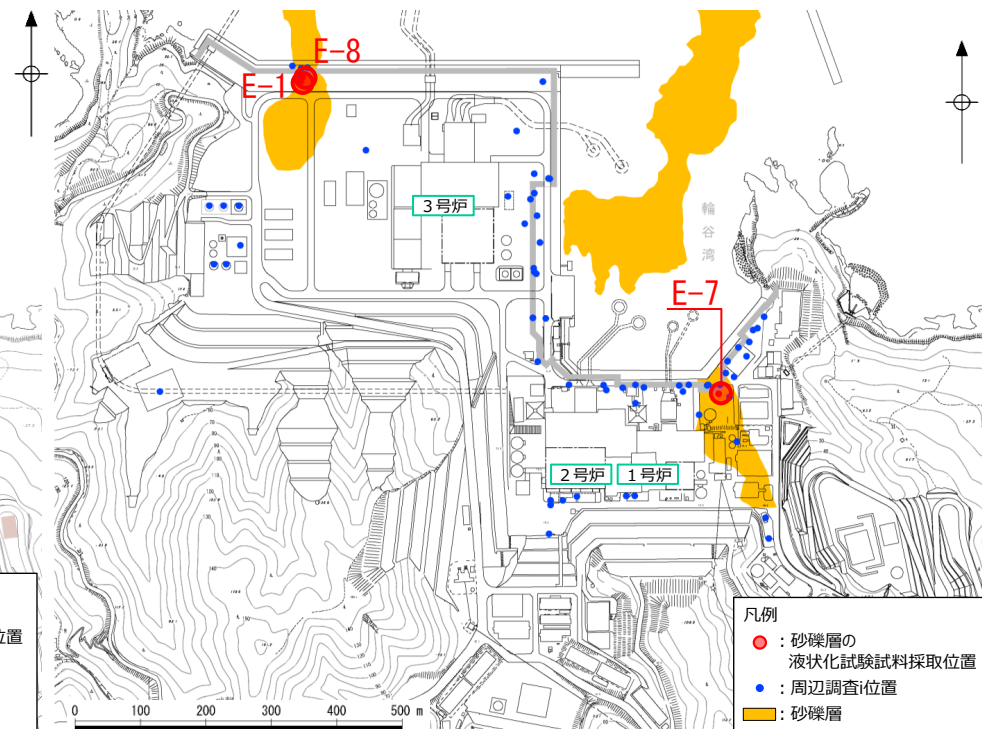
④対象地盤の地震応答解析と等価な一定せん断応力比と等価繰返し回数

### 3.3 基準地震動 $S_s$ に対する液状化試験の妥当性確認 液状化試験の妥当性確認対象層について

- 埋戻土（掘削ズリ）に対する液状化試験は、埋戻土（掘削ズリ）が3号機北側西端から1,2号機北側東端までの全域に分布していることから、網羅性を確保するため、広い範囲において実施した。一方、砂礫層に対する液状化試験は、砂礫層が局所的に分布していることから、分布箇所である3号機北側西端及び1,2号機北側東端の地点を選定し実施した。
- 液状化試験の妥当性確認に当たって、液状化試験箇所が多い埋戻土（掘削ズリ）に対して行った液状化試験を敷地全体の代表として、妥当性確認を行う。  
 なお、妥当性確認を行う地点として、防波壁沿い全線において比較地点①～⑧を選定する。



液状化試験試料採取位置（埋戻土（掘削ズリ））



液状化試験試料採取位置（砂礫層）



### 3.3 基準地震動 S s に対する液状化試験の妥当性確認 基準地震動 S s の 1次元地震応答解析

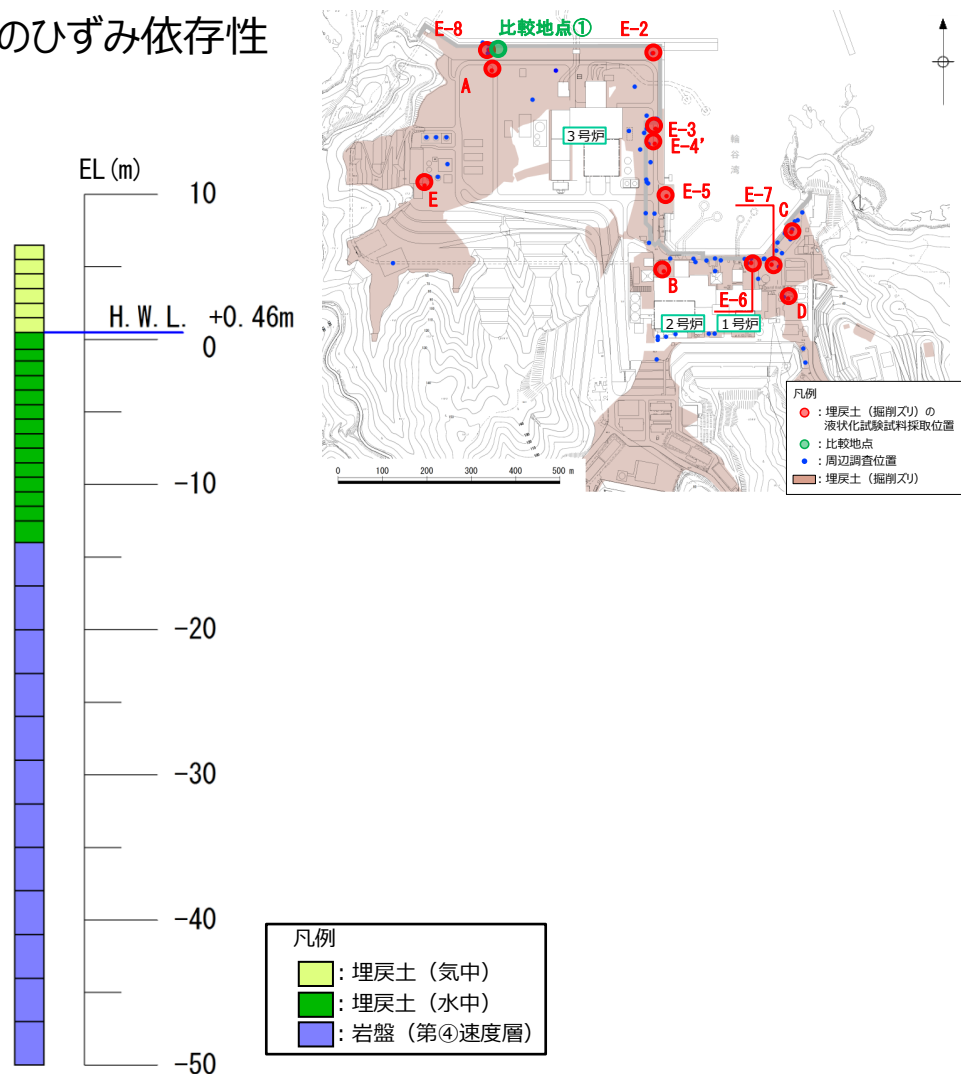
【解析条件：比較地点①】

- 下記の条件にて， 1次元時刻歴非線形解析を実施した。
- 埋戻土（掘削ズリ）については， 剛性及び減衰のひずみ依存性を考慮した。

地盤物性値

| 土層                | 標高<br>(EL m)      | 深度<br>(G.L.-m) | 有効上<br>載荷重<br>$\sigma_v'$<br>(kN/m <sup>2</sup> ) | 単位体積重量   |   | せん断<br>波速度<br>$V_s$<br>(m/s) | 初期<br>せん断<br>弾性係数<br>$G_0^{※1}$<br>(kN/m <sup>2</sup> ) |
|-------------------|-------------------|----------------|---|--|---|------------------------------|---|
|                   |                   |                |   | 飽和, 湿潤<br>$\gamma_{sat}, \gamma_t$<br>(kN/m <sup>3</sup> ) | 水中<br>$\gamma'$<br>(kN/m <sup>3</sup> ) |                              |   |
| 埋戻土(気中)           | 6.500 ~ 5.500     | 1.000          | 9.800   | 19.6   | —                                       | —                            | 35370   |
|                   | 5.500 ~ 4.500     | 2.000          | 29.400  | 19.6   | —                                       | —                            | 73050   |
|                   | 4.500 ~ 3.500     | 3.000          | 49.000  | 19.6   | —                                       | —                            | 102300  |
|                   | 3.500 ~ 2.500     | 4.000          | 68.600  | 19.6   | —                                       | —                            | 127800  |
|                   | 2.500 ~ 1.500     | 5.000          | 88.200  | 19.6   | —                                       | —                            | 150800  |
| 埋戻土(水中)           | 1.500 ~ 0.460     | 6.040          | 108.192   | 19.6   | —                                       | —                            | 172600  |
|                   | 0.460 ~ -0.700    | 7.200          | 124.532   | 20.7   | 10.6                                    | —                            | 189400  |
|                   | -0.700 ~ -1.500   | 8.000          | 134.920   | 20.7   | 10.6                                    | —                            | 199700  |
|                   | -1.500 ~ -2.500   | 9.000          | 144.460   | 20.7   | 10.6                                    | —                            | 208900  |
|                   | -2.500 ~ -3.500   | 10.000         | 155.060   | 20.7   | 10.6                                    | —                            | 218900  |
|                   | -3.500 ~ -4.500   | 11.000         | 165.660   | 20.7   | 10.6                                    | —                            | 228600  |
|                   | -4.500 ~ -5.500   | 12.000         | 176.260   | 20.7   | 10.6                                    | —                            | 238200  |
|                   | -5.500 ~ -6.500   | 13.000         | 186.860   | 20.7   | 10.6                                    | —                            | 247600  |
|                   | -6.500 ~ -7.500   | 14.000         | 197.460   | 20.7   | 10.6                                    | —                            | 256700  |
|                   | -7.500 ~ -8.500   | 15.000         | 208.060   | 20.7   | 10.6                                    | —                            | 265800  |
|                   | -8.500 ~ -9.500   | 16.000         | 218.660   | 20.7   | 10.6                                    | —                            | 274600  |
|                   | -9.500 ~ -10.500  | 17.000         | 229.260   | 20.7   | 10.6                                    | —                            | 283300  |
|                   | -10.500 ~ -11.500 | 18.000         | 239.860   | 20.7   | 10.6                                    | —                            | 291900  |
| -11.500 ~ -12.500 | 19.000            | 250.460        | 20.7  | 10.6   | —                                       | 300400                       |   |
| -12.500 ~ -14.000 | 20.500            | 263.710        | 20.7  | 10.6   | —                                       | 310800                       |   |
| 岩盤<br>(第④速度層)     | -14.000 ~ -17.000 | 23.500         | 293.260   | 24.5   | 14.4                                    | 1520                         | —   |
|                   | -17.000 ~ -20.000 | 26.500         | 336.460   | 24.5   | 14.4                                    | 1520                         | —   |
|                   | -20.000 ~ -23.000 | 29.500         | 379.660   | 24.5   | 14.4                                    | 1520                         | —   |
|                   | -23.000 ~ -26.000 | 32.500         | 422.860   | 24.5   | 14.4                                    | 1520                         | —   |
|                   | -26.000 ~ -29.000 | 35.500         | 466.060   | 24.5   | 14.4                                    | 1520                         | —   |
|                   | -29.000 ~ -32.000 | 38.500         | 509.260   | 24.5   | 14.4                                    | 1520                         | —   |
|                   | -32.000 ~ -35.000 | 41.500         | 552.460   | 24.5   | 14.4                                    | 1520                         | —   |
|                   | -35.000 ~ -38.000 | 44.500         | 595.660   | 24.5   | 14.4                                    | 1520                         | —   |
|                   | -38.000 ~ -41.000 | 47.500         | 638.860   | 24.5   | 14.4                                    | 1520                         | —   |
|                   | -41.000 ~ -44.000 | 50.500         | 682.060   | 24.5   | 14.4                                    | 1520                         | —   |
| -44.000 ~ -47.000 | 53.500            | 725.260        | 24.5  | 14.4   | 1520                                    | —                            |   |
| -47.000 ~ -50.000 | 56.500            | 768.460        | 24.5  | 14.4   | 1520                                    | —                            |   |

※1 掘削ズリ:  $G_0 = 749\sigma_v'^{0.66}$  (N/mm<sup>2</sup>)



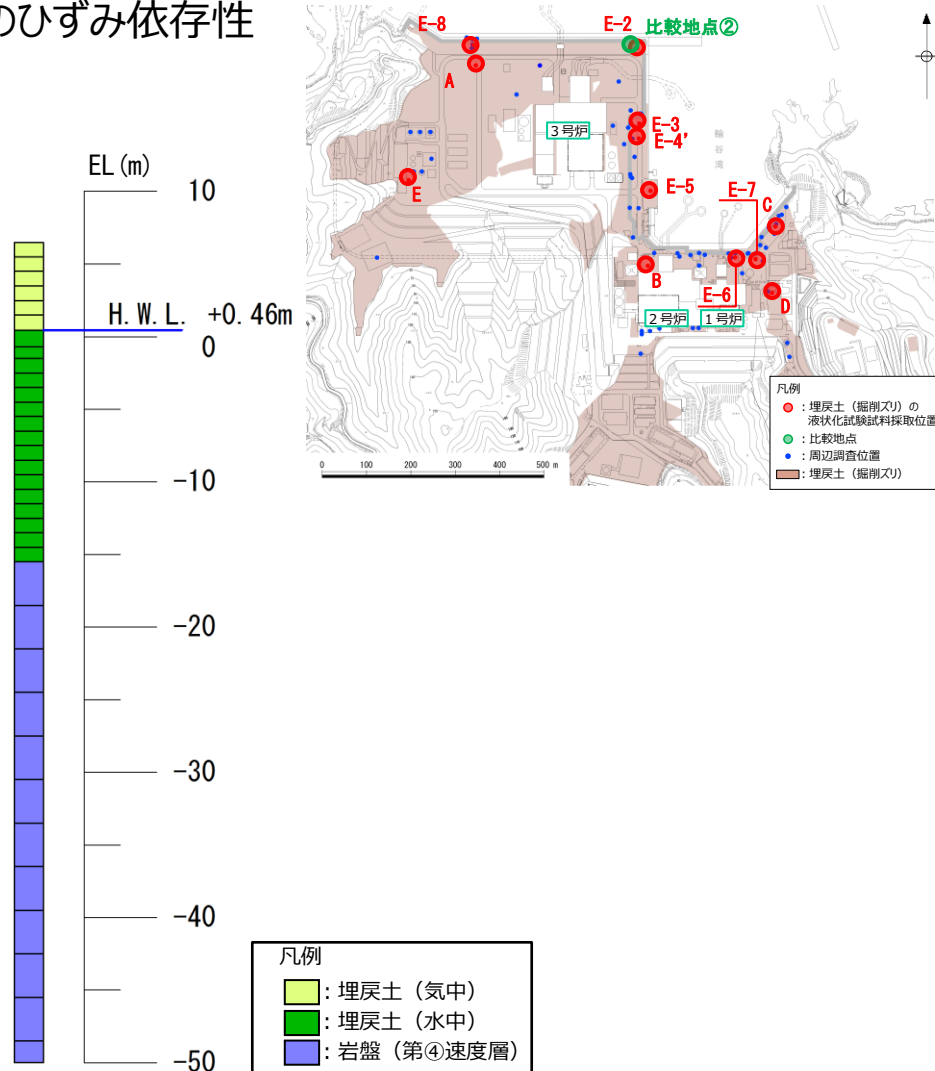
### 3.3 基準地震動 S s に対する液状化試験の妥当性確認 基準地震動 S s の 1次元地震応答解析

【解析条件：比較地点②】

- 下記の条件にて， 1次元時刻歴非線形解析を実施した。
- 埋戻土（掘削ズリ）については， 剛性及び減衰のひずみ依存性を考慮した。 地盤物性値

| 土層                | 標高<br>(EL m)      | 深度<br>(G.L.-m) | 有効上<br>載荷重<br>$\sigma'_v$<br>(kN/m <sup>2</sup> ) | 単位体積重量   |   | せん断<br>波速度<br>$V_s$<br>(m/s) | 初期<br>せん断<br>弾性係数<br>$G_0$<br>※1<br>(kN/m <sup>2</sup> ) |
|-------------------|-------------------|----------------|---|--|---|------------------------------|--|
|                   |                   |                |   | 飽和, 湿潤<br>$\gamma_{sat}, \gamma_t$<br>(kN/m <sup>3</sup> ) | 水中<br>$\gamma'$<br>(kN/m <sup>3</sup> ) |                              |  |
| 埋戻土(気中)           | 6.500 ~ 5.500     | 1.000          | 9.800   | 19.6   | —                                       | —                            | 35370  |
|                   | 5.500 ~ 4.500     | 2.000          | 29.400  | 19.6   | —                                       | —                            | 73050  |
|                   | 4.500 ~ 3.500     | 3.000          | 49.000  | 19.6   | —                                       | —                            | 102300   |
|                   | 3.500 ~ 2.500     | 4.000          | 68.600  | 19.6   | —                                       | —                            | 127800   |
|                   | 2.500 ~ 1.500     | 5.000          | 88.200  | 19.6   | —                                       | —                            | 150800   |
| 埋戻土(水中)           | 1.500 ~ 0.460     | 6.040          | 108.192   | 19.6   | —                                       | —                            | 172600   |
|                   | 0.460 ~ -0.700    | 7.200          | 124.532   | 20.7   | 10.6                                    | —                            | 189400   |
|                   | -0.700 ~ -1.500   | 8.000          | 134.920   | 20.7   | 10.6                                    | —                            | 199700   |
|                   | -1.500 ~ -2.500   | 9.000          | 144.460   | 20.7   | 10.6                                    | —                            | 208900   |
|                   | -2.500 ~ -3.500   | 10.000         | 155.060   | 20.7   | 10.6                                    | —                            | 218900   |
|                   | -3.500 ~ -4.500   | 11.000         | 165.660   | 20.7   | 10.6                                    | —                            | 228600   |
|                   | -4.500 ~ -5.500   | 12.000         | 176.260   | 20.7   | 10.6                                    | —                            | 238200   |
|                   | -5.500 ~ -6.500   | 13.000         | 186.860   | 20.7   | 10.6                                    | —                            | 247600   |
|                   | -6.500 ~ -7.500   | 14.000         | 197.460   | 20.7   | 10.6                                    | —                            | 256700   |
|                   | -7.500 ~ -8.500   | 15.000         | 208.060   | 20.7   | 10.6                                    | —                            | 265800   |
|                   | -8.500 ~ -9.500   | 16.000         | 218.660   | 20.7   | 10.6                                    | —                            | 274600   |
|                   | -9.500 ~ -10.500  | 17.000         | 229.260   | 20.7   | 10.6                                    | —                            | 283300   |
|                   | -10.500 ~ -11.500 | 18.000         | 239.860   | 20.7   | 10.6                                    | —                            | 291900   |
|                   | -11.500 ~ -12.500 | 19.000         | 250.460   | 20.7   | 10.6                                    | —                            | 300400   |
| -12.500 ~ -13.500 | 20.000            | 261.060        | 20.7  | 10.6   | —                                       | 308700                       |  |
| -13.500 ~ -14.500 | 21.000            | 271.660        | 20.7  | 10.6   | —                                       | 316900                       |  |
| -14.500 ~ -15.500 | 22.000            | 282.260        | 20.7  | 10.6   | —                                       | 325000                       |  |
| 岩盤<br>(第④速度層)     | -15.500 ~ -18.500 | 25.000         | 309.160   | 24.5   | 14.4                                    | 1520                         | —  |
|                   | -18.500 ~ -21.500 | 28.000         | 352.360   | 24.5   | 14.4                                    | 1520                         | —  |
|                   | -21.500 ~ -24.500 | 31.000         | 395.560   | 24.5   | 14.4                                    | 1520                         | —  |
|                   | -24.500 ~ -27.500 | 34.000         | 438.760   | 24.5   | 14.4                                    | 1520                         | —  |
|                   | -27.500 ~ -30.500 | 37.000         | 481.960   | 24.5   | 14.4                                    | 1520                         | —  |
|                   | -30.500 ~ -33.500 | 40.000         | 525.160   | 24.5   | 14.4                                    | 1520                         | —  |
|                   | -33.500 ~ -36.500 | 43.000         | 568.360   | 24.5   | 14.4                                    | 1520                         | —  |
|                   | -36.500 ~ -39.500 | 46.000         | 611.560   | 24.5   | 14.4                                    | 1520                         | —  |
|                   | -39.500 ~ -42.500 | 49.000         | 654.760   | 24.5   | 14.4                                    | 1520                         | —  |
|                   | -42.500 ~ -45.500 | 52.000         | 697.960   | 24.5   | 14.4                                    | 1520                         | —  |
| -45.500 ~ -48.500 | 55.000            | 741.160        | 24.5  | 14.4   | 1520                                    | —                            |  |
| -48.500 ~ -50.000 | 56.500            | 773.560        | 24.5  | 14.4   | 1520                                    | —                            |  |

※1 掘削ズリ:  $G_0 = 749\sigma_v^{0.66}$  (N/mm<sup>2</sup>)



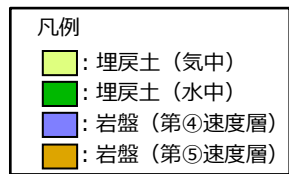
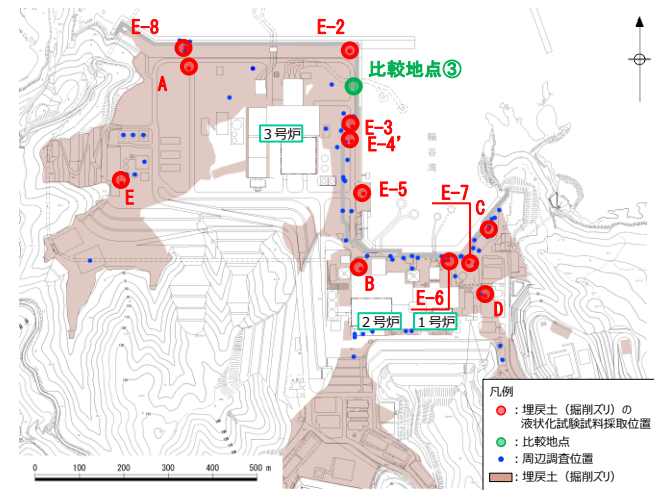
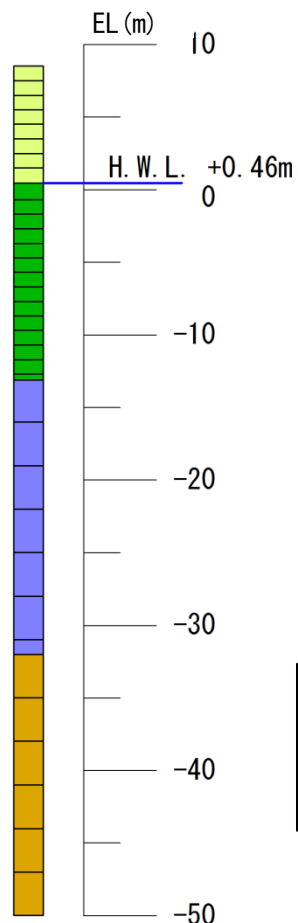
### 3.3 基準地震動 S s に対する液状化試験の妥当性確認 基準地震動 S s の 1次元地震応答解析

【解析条件：比較地点③】

- 下記の条件にて， 1次元時刻歴非線形解析を実施した。
- 埋戻土（掘削ズリ）については， 剛性及び減衰のひずみ依存性を考慮した。

#### 地盤物性値

| 土層                | 標高<br>(EL. m)     | 深度<br>(G.L.-m) | 有効上<br>載荷重<br>$\sigma_v'$<br>(kN/m <sup>2</sup> ) | 単位体積重量   |   | せん断<br>波速度<br>$V_s$<br>(m/s) | 初期<br>せん断<br>弾性係数<br>$G_0^{※1}$<br>(kN/m <sup>2</sup> ) |
|-------------------|-------------------|----------------|---|--|---|------------------------------|---|
|                   |                   |                |   | 飽和, 湿潤<br>$\gamma_{sat}, \gamma_t$<br>(kN/m <sup>3</sup> ) | 水中<br>$\gamma'$<br>(kN/m <sup>3</sup> ) |                              |   |
| 埋戻土(気中)           | 8.500 ~ 7.500     | 1.000          | 9.800   | 19.6   | —                                       | —                            | 35370   |
|                   | 7.500 ~ 6.500     | 2.000          | 29.400  | 19.6   | —                                       | —                            | 73050   |
|                   | 6.500 ~ 5.500     | 3.000          | 49.000  | 19.6   | —                                       | —                            | 102300  |
|                   | 5.500 ~ 4.500     | 4.000          | 68.600  | 19.6   | —                                       | —                            | 127800  |
|                   | 4.500 ~ 3.500     | 5.000          | 88.200  | 19.6   | —                                       | —                            | 150800  |
|                   | 3.500 ~ 2.500     | 6.000          | 107.800   | 19.6   | —                                       | —                            | 172200  |
|                   | 2.500 ~ 1.500     | 7.000          | 127.400   | 19.6   | —                                       | —                            | 192300  |
| 1.500 ~ 0.460     | 8.040             | 147.392        | 19.6  | —  | —                                       | 211700                       |   |
| 埋戻土(水中)           | 0.460 ~ -0.700    | 9.200          | 163.732   | 20.7   | 10.6                                    | —                            | 226900  |
|                   | -0.700 ~ -1.700   | 10.200         | 175.180   | 20.7   | 10.6                                    | —                            | 237200  |
|                   | -1.700 ~ -2.700   | 11.200         | 185.780   | 20.7   | 10.6                                    | —                            | 246600  |
|                   | -2.700 ~ -3.700   | 12.200         | 196.380   | 20.7   | 10.6                                    | —                            | 255800  |
|                   | -3.700 ~ -4.700   | 13.200         | 206.980   | 20.7   | 10.6                                    | —                            | 264800  |
|                   | -4.700 ~ -5.700   | 14.200         | 217.580   | 20.7   | 10.6                                    | —                            | 273700  |
|                   | -5.700 ~ -6.700   | 15.200         | 228.180   | 20.7   | 10.6                                    | —                            | 282500  |
|                   | -6.700 ~ -7.700   | 16.200         | 238.780   | 20.7   | 10.6                                    | —                            | 291000  |
|                   | -7.700 ~ -8.700   | 17.200         | 249.380   | 20.7   | 10.6                                    | —                            | 299500  |
|                   | -8.700 ~ -9.700   | 18.200         | 259.980   | 20.7   | 10.6                                    | —                            | 307900  |
|                   | -9.700 ~ -10.700  | 19.200         | 270.580   | 20.7   | 10.6                                    | —                            | 316100  |
|                   | -10.700 ~ -11.700 | 20.200         | 281.180   | 20.7   | 10.6                                    | —                            | 324200  |
| -11.700 ~ -12.700 | 21.200            | 291.780        | 20.7  | 10.6   | —                                       | 332200                       |   |
| -12.700 ~ -13.125 | 21.625            | 299.333        | 20.7  | 10.6   | —                                       | 337900                       |   |
| 岩盤<br>(第④速度層)     | -13.125 ~ -16.000 | 24.500         | 322.285   | 24.5   | 14.4                                    | 1520                         | —   |
|                   | -16.000 ~ -19.000 | 27.500         | 364.585   | 24.5   | 14.4                                    | 1520                         | —   |
|                   | -19.000 ~ -22.000 | 30.500         | 407.785   | 24.5   | 14.4                                    | 1520                         | —   |
|                   | -22.000 ~ -25.000 | 33.500         | 450.985   | 24.5   | 14.4                                    | 1520                         | —   |
|                   | -25.000 ~ -28.000 | 36.500         | 494.185   | 24.5   | 14.4                                    | 1520                         | —   |
|                   | -28.000 ~ -31.000 | 39.500         | 537.385   | 24.5   | 14.4                                    | 1520                         | —   |
| 岩盤<br>(第⑤速度層)     | -31.000 ~ -32.000 | 40.500         | 566.185   | 24.5   | 14.4                                    | 1520                         | —   |
|                   | -32.000 ~ -35.000 | 43.500         | 596.035   | 25.2   | 15.1                                    | 1900                         | —   |
|                   | -35.000 ~ -38.000 | 46.500         | 641.335   | 25.2   | 15.1                                    | 1900                         | —   |
|                   | -38.000 ~ -41.000 | 49.500         | 686.635   | 25.2   | 15.1                                    | 1900                         | —   |
|                   | -41.000 ~ -44.000 | 52.500         | 731.935   | 25.2   | 15.1                                    | 1900                         | —   |
|                   | -44.000 ~ -47.000 | 55.500         | 777.235   | 25.2   | 15.1                                    | 1900                         | —   |
| -47.000 ~ -50.000 | 58.500            | 822.535        | 25.2  | 15.1   | 1900                                    | —                            |   |



※1 掘削ズリ:  $G_0 = 749\sigma_v'^{0.66}$  (N/mm<sup>2</sup>)

### 3.3 基準地震動 S s に対する液状化試験の妥当性確認 基準地震動 S s の 1次元地震応答解析

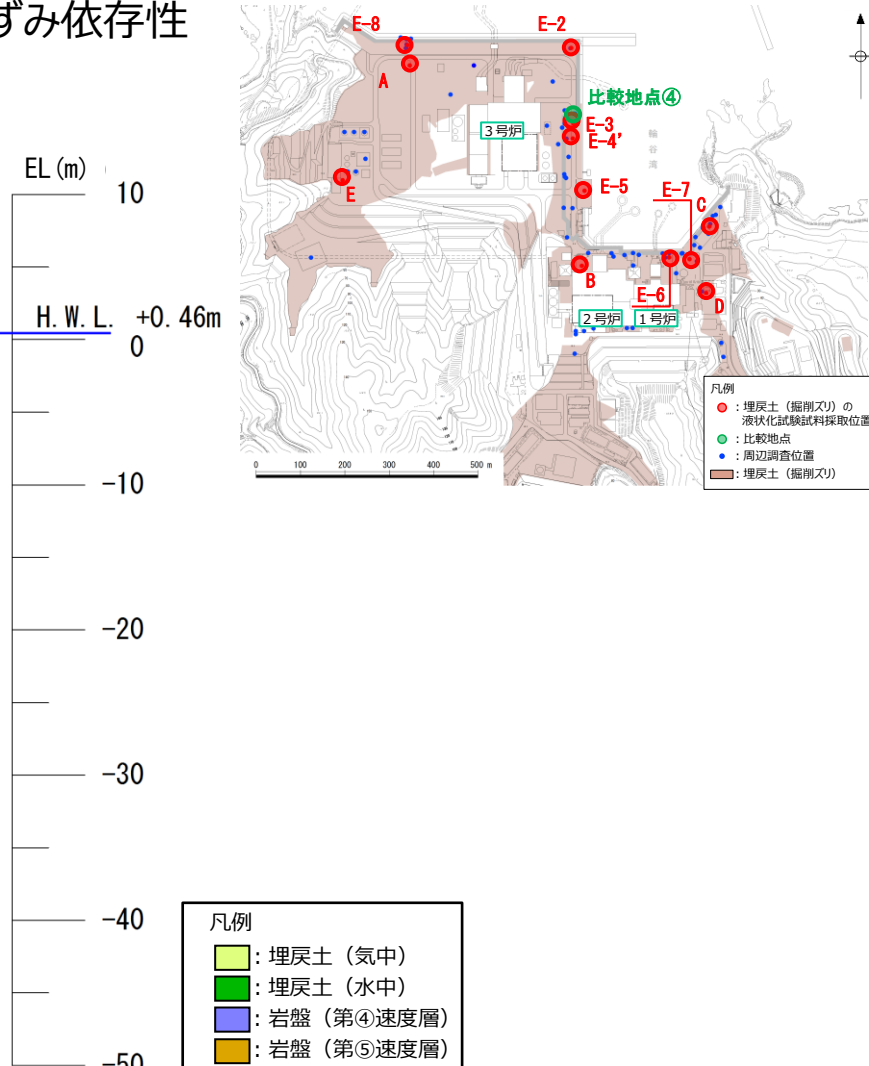
【解析条件：比較地点④】

- 下記の条件にて， 1次元時刻歴非線形解析を実施した。
- 埋戻土（掘削ズリ）については， 剛性及び減衰のひずみ依存性を考慮した。

地盤物性値

| 土層            | 標高<br>(EL m)      | 深度<br>(G.L.-m) | 有効上<br>載荷重<br>$\sigma_v'$<br>(kN/m <sup>2</sup> ) | 単位体積重量  |   | せん断<br>波速度<br>$V_s$<br>(m/s) | 初期<br>せん断<br>弾性係数<br>$G_0$<br>(kN/m <sup>2</sup> ) |
|---------------|-------------------|----------------|---|---|---|------------------------------|--|
|               |                   |                |   | 飽和、湿潤<br>$\gamma_{sat}, \gamma_t$<br>(kN/m <sup>3</sup> ) | 水中<br>$\gamma'$<br>(kN/m <sup>3</sup> ) |                              |  |
| 埋戻土(気中)       | 8.500 ~ 7.500     | 1.000          | 9.800   | 19.6  | —                                       | —                            | 35370  |
|               | 7.500 ~ 6.500     | 2.000          | 29.400  | 19.6  | —                                       | —                            | 73050  |
|               | 6.500 ~ 5.500     | 3.000          | 49.000  | 19.6  | —                                       | —                            | 102300   |
|               | 5.500 ~ 4.500     | 4.000          | 68.600  | 19.6  | —                                       | —                            | 127800   |
|               | 4.500 ~ 3.500     | 5.000          | 88.200  | 19.6  | —                                       | —                            | 150800   |
|               | 3.500 ~ 2.500     | 6.000          | 107.800   | 19.6  | —                                       | —                            | 172200   |
|               | 2.500 ~ 1.500     | 7.000          | 127.400   | 19.6  | —                                       | —                            | 192300   |
| 埋戻土(水中)       | 1.500 ~ 0.460     | 8.040          | 147.392   | 19.6  | —                                       | —                            | 211700   |
|               | 0.460 ~ -0.500    | 9.000          | 162.672   | 20.7  | 10.6                                    | —                            | 225900   |
|               | -0.500 ~ -1.500   | 10.000         | 173.060   | 20.7  | 10.6                                    | —                            | 235300   |
|               | -1.500 ~ -2.500   | 11.000         | 183.660   | 20.7  | 10.6                                    | —                            | 244800   |
|               | -2.500 ~ -3.500   | 12.000         | 194.260   | 20.7  | 10.6                                    | —                            | 254000   |
|               | -3.500 ~ -4.500   | 13.000         | 204.860   | 20.7  | 10.6                                    | —                            | 263100   |
|               | -4.500 ~ -5.500   | 14.000         | 215.460   | 20.7  | 10.6                                    | —                            | 272000   |
|               | -5.500 ~ -6.500   | 15.000         | 226.060   | 20.7  | 10.6                                    | —                            | 280700   |
|               | -6.500 ~ -7.500   | 16.000         | 236.660   | 20.7  | 10.6                                    | —                            | 289300   |
|               | -7.500 ~ -8.500   | 17.000         | 247.260   | 20.7  | 10.6                                    | —                            | 297800   |
| 岩盤<br>(第④速度層) | -8.500 ~ -9.500   | 18.000         | 257.860   | 20.7  | 10.6                                    | —                            | 306200   |
|               | -9.500 ~ -9.892   | 18.392         | 265.238   | 20.7  | 10.6                                    | —                            | 311900   |
|               | -9.892 ~ -12.500  | 21.000         | 286.093   | 24.5  | 14.4                                    | 1520                         | —  |
|               | -12.500 ~ -15.500 | 24.000         | 326.470   | 24.5  | 14.4                                    | 1520                         | —  |
|               | -15.500 ~ -18.500 | 27.000         | 369.670   | 24.5  | 14.4                                    | 1520                         | —  |
|               | -18.500 ~ -21.500 | 30.000         | 412.870   | 24.5  | 14.4                                    | 1520                         | —  |
|               | -21.500 ~ -24.500 | 33.000         | 456.070   | 24.5  | 14.4                                    | 1520                         | —  |
| 岩盤<br>(第⑤速度層) | -24.500 ~ -27.500 | 36.000         | 499.270   | 24.5  | 14.4                                    | 1520                         | —  |
|               | -27.500 ~ -30.500 | 39.000         | 542.470   | 24.5  | 14.4                                    | 1520                         | —  |
|               | -30.500 ~ -32.000 | 40.500         | 574.870   | 24.5  | 14.4                                    | 1520                         | —  |
|               | -32.000 ~ -35.000 | 43.500         | 608.320   | 25.2  | 15.1                                    | 1900                         | —  |
|               | -35.000 ~ -38.000 | 46.500         | 653.620   | 25.2  | 15.1                                    | 1900                         | —  |
|               | -38.000 ~ -41.000 | 49.500         | 698.920   | 25.2  | 15.1                                    | 1900                         | —  |
| 岩盤<br>(第⑤速度層) | -41.000 ~ -44.000 | 52.500         | 744.220   | 25.2  | 15.1                                    | 1900                         | —  |
|               | -44.000 ~ -47.000 | 55.500         | 789.520   | 25.2  | 15.1                                    | 1900                         | —  |
|               | -47.000 ~ -50.000 | 58.500         | 834.820   | 25.2  | 15.1                                    | 1900                         | —  |

※1 掘削ズリ:  $G_0=749\sigma_v'^{0.66}$  (N/mm<sup>2</sup>)



- 凡例
- 埋戻土 (気中)
  - 埋戻土 (水中)
  - 岩盤 (第④速度層)
  - 岩盤 (第⑤速度層)

### 3.3 基準地震動 $S_s$ に対する液状化試験の妥当性確認 基準地震動 $S_s$ の1次元地震応答解析

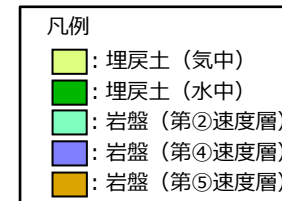
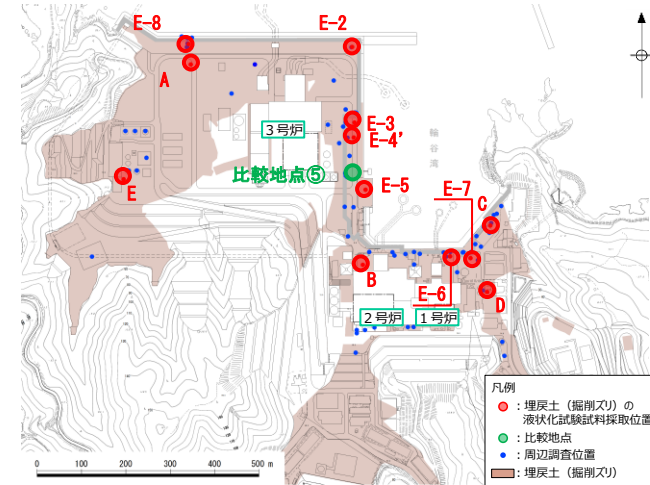
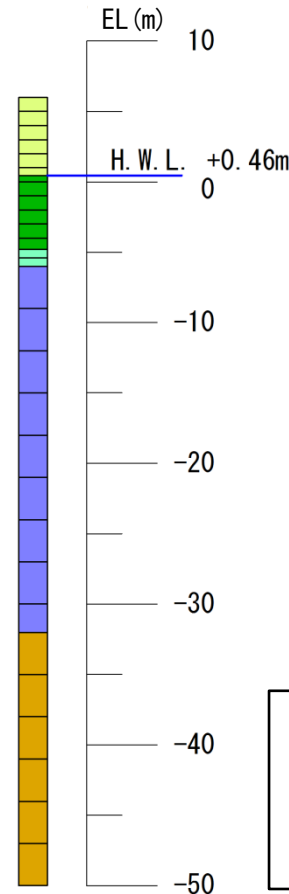
【解析条件：比較地点⑤】

- 下記の条件にて，1次元時刻歴非線形解析を実施した。
- 埋戻土（掘削ズリ）については，剛性及び減衰のひずみ依存性を考慮した。

地盤物性値

| 土層            | 標高<br>(EL m)      | 深度<br>(G.L.-m) | 有効上<br>載荷重<br>$\sigma'_v$<br>(kN/m <sup>2</sup> ) | 単位体積重量   |   | せん断<br>波速度<br>$V_s$<br>(m/s) | 初期<br>せん断<br>弾性係数<br>$G_0^{※1}$<br>(kN/m <sup>2</sup> ) |
|---------------|-------------------|----------------|---|--|---|------------------------------|---|
|               |                   |                |   | 飽和, 湿潤<br>$\gamma_{sat}, \gamma_t$<br>(kN/m <sup>3</sup> ) | 水中<br>$\gamma'$<br>(kN/m <sup>3</sup> ) |                              |   |
| 埋戻土(気中)       | 6.000 ~ 5.000     | 1.000          | 9.800   | 19.6   | —                                       | —                            | 35370   |
|               | 5.000 ~ 4.000     | 2.000          | 29.400  | 19.6   | —                                       | —                            | 73050   |
|               | 4.000 ~ 3.000     | 3.000          | 49.000  | 19.6   | —                                       | —                            | 102300  |
|               | 3.000 ~ 2.000     | 4.000          | 68.600  | 19.6   | —                                       | —                            | 127800  |
|               | 2.000 ~ 1.000     | 5.000          | 88.200  | 19.6   | —                                       | —                            | 150800  |
| 埋戻土(水中)       | 1.000 ~ 0.460     | 5.540          | 103.292   | 19.6   | —                                       | —                            | 167400  |
|               | 0.460 ~ 0.000     | 6.000          | 111.022   | 20.7   | 10.6                                    | —                            | 175600  |
|               | 0.000 ~ -1.000    | 7.000          | 118.760   | 20.7   | 10.6                                    | —                            | 183600  |
|               | -1.000 ~ -2.000   | 8.000          | 129.360   | 20.7   | 10.6                                    | —                            | 194200  |
|               | -2.000 ~ -3.000   | 9.000          | 139.960   | 20.7   | 10.6                                    | —                            | 204600  |
| 岩盤<br>(第②速度層) | -3.000 ~ -4.000   | 10.000         | 150.560   | 20.7   | 10.6                                    | —                            | 214700  |
|               | -4.000 ~ -4.804   | 10.804         | 160.121   | 20.7   | 10.6                                    | —                            | 223600  |
|               | -4.804 ~ -5.400   | 11.400         | 168.316   | 23.3   | 13.2                                    | 620                          | —   |
|               | -5.400 ~ -6.000   | 12.000         | 176.210   | 23.3   | 13.2                                    | 620                          | —   |
|               | -6.000 ~ -9.000   | 15.000         | 201.770   | 24.5   | 14.4                                    | 1520                         | —   |
| 岩盤<br>(第④速度層) | -9.000 ~ -12.000  | 18.000         | 244.970   | 24.5   | 14.4                                    | 1520                         | —   |
|               | -12.000 ~ -15.000 | 21.000         | 288.170   | 24.5   | 14.4                                    | 1520                         | —   |
|               | -15.000 ~ -18.000 | 24.000         | 331.370   | 24.5   | 14.4                                    | 1520                         | —   |
|               | -18.000 ~ -21.000 | 27.000         | 374.570   | 24.5   | 14.4                                    | 1520                         | —   |
|               | -21.000 ~ -24.000 | 30.000         | 417.770   | 24.5   | 14.4                                    | 1520                         | —   |
| 岩盤<br>(第⑤速度層) | -24.000 ~ -27.000 | 33.000         | 460.970   | 24.5   | 14.4                                    | 1520                         | —   |
|               | -27.000 ~ -30.000 | 36.000         | 504.170   | 24.5   | 14.4                                    | 1520                         | —   |
|               | -30.000 ~ -32.000 | 38.000         | 540.170   | 24.5   | 14.4                                    | 1520                         | —   |
|               | -32.000 ~ -35.000 | 41.000         | 577.220   | 25.2   | 15.1                                    | 1900                         | —   |
|               | -35.000 ~ -38.000 | 44.000         | 622.520   | 25.2   | 15.1                                    | 1900                         | —   |
| 岩盤<br>(第⑤速度層) | -38.000 ~ -41.000 | 47.000         | 667.820   | 25.2   | 15.1                                    | 1900                         | —   |
|               | -41.000 ~ -44.000 | 50.000         | 713.120   | 25.2   | 15.1                                    | 1900                         | —   |
|               | -44.000 ~ -47.000 | 53.000         | 758.420   | 25.2   | 15.1                                    | 1900                         | —   |
|               | -47.000 ~ -50.000 | 56.000         | 803.720   | 25.2   | 15.1                                    | 1900                         | —   |

※1 掘削ズリ:  $G_0 = 749\sigma_v^{-0.66}$  (N/mm<sup>2</sup>)





### 3.3 基準地震動 S s に対する液状化試験の妥当性確認 基準地震動 S s の 1次元地震応答解析

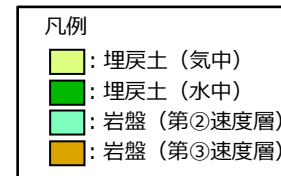
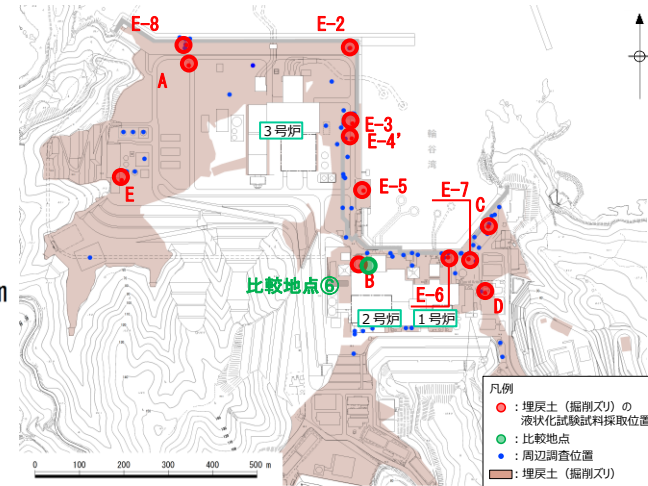
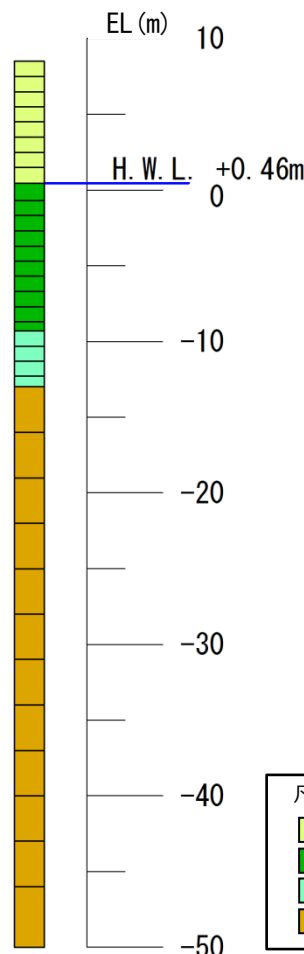
【解析条件：比較地点⑥】

- 下記の条件にて， 1次元時刻歴非線形解析を実施した。
- 埋戻土（掘削ズリ）については， 剛性及び減衰のひずみ依存性を考慮した。

#### 地盤物性値

| 土層                | 標高<br>(EL m)      | 深度<br>(G.L.-m) | 有効上<br>載荷重<br>$\sigma'_v$<br>(kN/m <sup>2</sup> ) | 単位体積重量   |   | せん断<br>波速度<br>$V_s$<br>(m/s) | 初期<br>せん断<br>弾性係数<br>$G_0^{※1}$<br>(kN/m <sup>2</sup> ) |
|-------------------|-------------------|----------------|---|--|---|------------------------------|---|
|                   |                   |                |   | 飽和, 湿潤<br>$\gamma_{sat}, \gamma_t$<br>(kN/m <sup>3</sup> ) | 水中<br>$\gamma'$<br>(kN/m <sup>3</sup> ) |                              |   |
| 埋戻土(気中)           | 8.500 ~ 7.500     | 1.000          | 9.800   | 19.6   | —                                       | —                            | 35370   |
|                   | 7.500 ~ 6.500     | 2.000          | 29.400  | 19.6   | —                                       | —                            | 73050   |
|                   | 6.500 ~ 5.500     | 3.000          | 49.000  | 19.6   | —                                       | —                            | 102300  |
|                   | 5.500 ~ 4.500     | 4.000          | 68.600  | 19.6   | —                                       | —                            | 127800  |
|                   | 4.500 ~ 3.500     | 5.000          | 88.200  | 19.6   | —                                       | —                            | 150800  |
|                   | 3.500 ~ 2.500     | 6.000          | 107.800   | 19.6   | —                                       | —                            | 172200  |
|                   | 2.500 ~ 1.500     | 7.000          | 127.400   | 19.6   | —                                       | —                            | 192300  |
| 埋戻土(水中)           | 1.500 ~ 0.460     | 8.040          | 147.392   | 19.6   | —                                       | —                            | 211700  |
|                   | 0.460 ~ -0.700    | 9.200          | 163.732   | 20.7   | 10.6                                    | —                            | 226900  |
|                   | -0.700 ~ -1.700   | 10.200         | 175.180   | 20.7   | 10.6                                    | —                            | 237200  |
|                   | -1.700 ~ -2.700   | 11.200         | 185.780   | 20.7   | 10.6                                    | —                            | 246600  |
|                   | -2.700 ~ -3.700   | 12.200         | 196.380   | 20.7   | 10.6                                    | —                            | 255800  |
|                   | -3.700 ~ -4.700   | 13.200         | 206.980   | 20.7   | 10.6                                    | —                            | 264800  |
|                   | -4.700 ~ -5.700   | 14.200         | 217.580   | 20.7   | 10.6                                    | —                            | 273700  |
|                   | -5.700 ~ -6.700   | 15.200         | 228.180   | 20.7   | 10.6                                    | —                            | 282500  |
|                   | -6.700 ~ -7.700   | 16.200         | 238.780   | 20.7 <td 10.6  | —                                       | 291000                       |   |
|                   | -7.700 ~ -8.700   | 17.200         | 249.380   | 20.7   | 10.6                                    | —                            | 299500  |
| 岩盤<br>(第②速度層)     | -8.700 ~ -9.300   | 17.800         | 257.860   | 20.7   | 10.6                                    | —                            | 306200  |
|                   | -9.300 ~ -10.300  | 18.800         | 267.490   | 23.0   | 12.9                                    | 900                          | —   |
|                   | -10.300 ~ -11.300 | 19.800         | 280.390   | 23.0   | 12.9                                    | 900                          | —   |
|                   | -11.300 ~ -12.300 | 20.800         | 293.290   | 23.0   | 12.9                                    | 900                          | —   |
| 岩盤<br>(第③速度層)     | -12.300 ~ -13.000 | 21.500         | 304.255   | 23.0   | 12.9                                    | 900                          | —   |
|                   | -13.000 ~ -16.000 | 24.500         | 330.370   | 24.5   | 14.4                                    | 1600                         | —   |
|                   | -16.000 ~ -19.000 | 27.500         | 373.570   | 24.5   | 14.4                                    | 1600                         | —   |
|                   | -19.000 ~ -22.000 | 30.500         | 416.770   | 24.5   | 14.4                                    | 1600                         | —   |
|                   | -22.000 ~ -25.000 | 33.500         | 459.970   | 24.5   | 14.4                                    | 1600                         | —   |
|                   | -25.000 ~ -28.000 | 36.500         | 503.170   | 24.5   | 14.4                                    | 1600                         | —   |
|                   | -28.000 ~ -31.000 | 39.500         | 546.370   | 24.5   | 14.4                                    | 1600                         | —   |
|                   | -31.000 ~ -34.000 | 42.500         | 589.570   | 24.5   | 14.4                                    | 1600                         | —   |
|                   | -34.000 ~ -37.000 | 45.500         | 632.770   | 24.5   | 14.4                                    | 1600                         | —   |
|                   | -37.000 ~ -40.000 | 48.500         | 675.970   | 24.5   | 14.4                                    | 1600                         | —   |
|                   | -40.000 ~ -43.000 | 51.500         | 719.170   | 24.5   | 14.4                                    | 1600                         | —   |
| -43.000 ~ -46.000 | 54.500            | 762.370        | 24.5  | 14.4   | 1600                                    | —                            |   |
| -46.000 ~ -50.000 | 58.500            | 812.770        | 24.5  | 14.4   | 1600                                    | —                            |   |

※1 掘削ズリ:  $G_0 = 749\sigma_v^{0.66}$  (N/mm<sup>2</sup>)



### 3.3 基準地震動 S s に対する液状化試験の妥当性確認 基準地震動 S s の 1次元地震応答解析

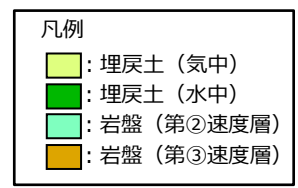
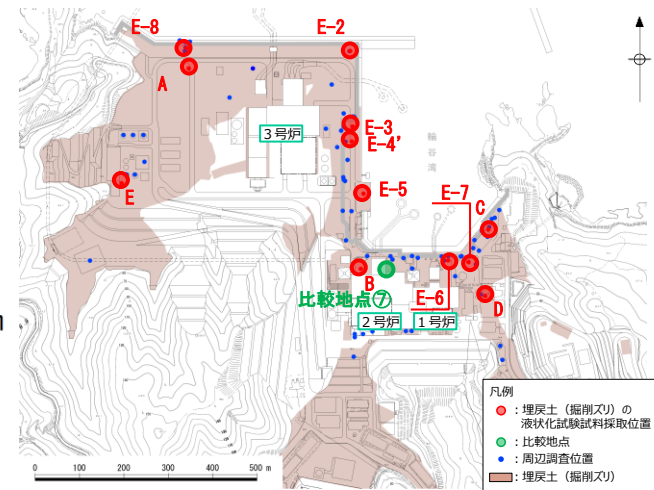
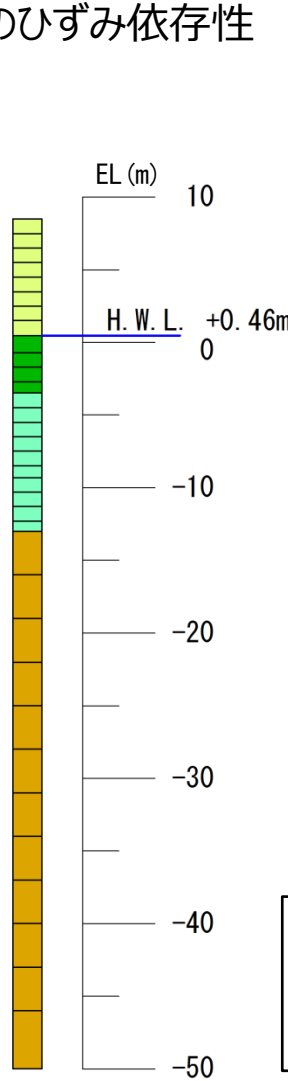
【解析条件：比較地点⑦】

- 下記の条件にて， 1次元時刻歴非線形解析を実施した。
- 埋戻土（掘削ズリ）については， 剛性及び減衰のひずみ依存性を考慮した。

地盤物性値

| 土層            | 標高<br>(EL m)      | 深度<br>(G.L.-m) | 有効上<br>載荷重<br>$\sigma_v'$<br>(kN/m <sup>2</sup> ) | 単位体積重量   |   | せん断<br>波速度<br>$V_s$<br>(m/s) | 初期<br>せん断<br>弾性係数<br>$G_0$ ※1<br>(kN/m <sup>2</sup> ) |
|---------------|-------------------|----------------|---|--|---|------------------------------|---|
|               |                   |                |   | 飽和, 湿潤<br>$\gamma_{sat}, \gamma_t$<br>(kN/m <sup>3</sup> ) | 水中<br>$\gamma'$<br>(kN/m <sup>3</sup> ) |                              |   |
| 埋戻土(気中)       | 8.500 ~ 7.500     | 1.000          | 9.800   | 19.6   | —                                       | —                            | 35370   |
|               | 7.500 ~ 6.500     | 2.000          | 29.400  | 19.6   | —                                       | —                            | 73050   |
|               | 6.500 ~ 5.500     | 3.000          | 49.000  | 19.6   | —                                       | —                            | 102300  |
|               | 5.500 ~ 4.500     | 4.000          | 68.600  | 19.6   | —                                       | —                            | 127800  |
|               | 4.500 ~ 3.500     | 5.000          | 88.200  | 19.6   | —                                       | —                            | 150800  |
|               | 3.500 ~ 2.500     | 6.000          | 107.800   | 19.6   | —                                       | —                            | 172200  |
|               | 2.500 ~ 1.500     | 7.000          | 127.400   | 19.6   | —                                       | —                            | 192300  |
| 埋戻土(水中)       | 1.500 ~ 0.460     | 8.040          | 147.392   | 19.6   | —                                       | —                            | 211700  |
|               | 0.460 ~ -0.700    | 9.200          | 163.732   | 20.7   | 10.6                                    | —                            | 226900  |
|               | -0.700 ~ -1.700   | 10.200         | 175.180   | 20.7   | 10.6                                    | —                            | 237200  |
|               | -1.700 ~ -2.700   | 11.200         | 185.780   | 20.7   | 10.6                                    | —                            | 246600  |
| 岩盤<br>(第②速度層) | -2.700 ~ -3.498   | 11.998         | 195.309   | 20.7   | 10.6                                    | —                            | 254900  |
|               | -3.498 ~ -4.500   | 13.000         | 206.002   | 23.0   | 12.9                                    | 900                          | —   |
|               | -4.500 ~ -5.500   | 14.000         | 218.915   | 23.0   | 12.9                                    | 900                          | —   |
|               | -5.500 ~ -6.500   | 15.000         | 231.815   | 23.0   | 12.9                                    | 900                          | —   |
|               | -6.500 ~ -7.500   | 16.000         | 244.715   | 23.0   | 12.9                                    | 900                          | —   |
|               | -7.500 ~ -8.500   | 17.000         | 257.615   | 23.0   | 12.9                                    | 900                          | —   |
|               | -8.500 ~ -9.300   | 17.800         | 269.225   | 23.0   | 12.9                                    | 900                          | —   |
|               | -9.300 ~ -10.300  | 18.800         | 280.835   | 23.0   | 12.9                                    | 900                          | —   |
|               | -10.300 ~ -11.300 | 19.800         | 293.735   | 23.0   | 12.9                                    | 900                          | —   |
|               | -11.300 ~ -12.300 | 20.800         | 306.635   | 23.0   | 12.9                                    | 900                          | —   |
| 岩盤<br>(第③速度層) | -12.300 ~ -13.000 | 21.500         | 317.600   | 23.0   | 12.9                                    | 900                          | —   |
|               | -13.000 ~ -16.000 | 24.500         | 343.715   | 24.5   | 14.4                                    | 1600                         | —   |
|               | -16.000 ~ -19.000 | 27.500         | 386.915   | 24.5   | 14.4                                    | 1600                         | —   |
|               | -19.000 ~ -22.000 | 30.500         | 430.115   | 24.5   | 14.4                                    | 1600                         | —   |
|               | -22.000 ~ -25.000 | 33.500         | 473.315   | 24.5   | 14.4                                    | 1600                         | —   |
|               | -25.000 ~ -28.000 | 36.500         | 516.515   | 24.5   | 14.4                                    | 1600                         | —   |
|               | -28.000 ~ -31.000 | 39.500         | 559.715   | 24.5   | 14.4                                    | 1600                         | —   |
|               | -31.000 ~ -34.000 | 42.500         | 602.915   | 24.5   | 14.4                                    | 1600                         | —   |
|               | -34.000 ~ -37.000 | 45.500         | 646.115   | 24.5   | 14.4                                    | 1600                         | —   |
|               | -37.000 ~ -40.000 | 48.500         | 689.315   | 24.5   | 14.4                                    | 1600                         | —   |
|               | -40.000 ~ -43.000 | 51.500         | 732.515   | 24.5   | 14.4                                    | 1600                         | —   |
|               | -43.000 ~ -46.000 | 54.500         | 775.715   | 24.5   | 14.4                                    | 1600                         | —   |
|               | -46.000 ~ -50.000 | 58.500         | 826.115   | 24.5   | 14.4                                    | 1600                         | —   |

※1 掘削ズリ:  $G_0 = 749\sigma_v'^{0.66}$  (N/mm<sup>2</sup>)



### 3.3 基準地震動 S s に対する液状化試験の妥当性確認 基準地震動 S s の 1次元地震応答解析

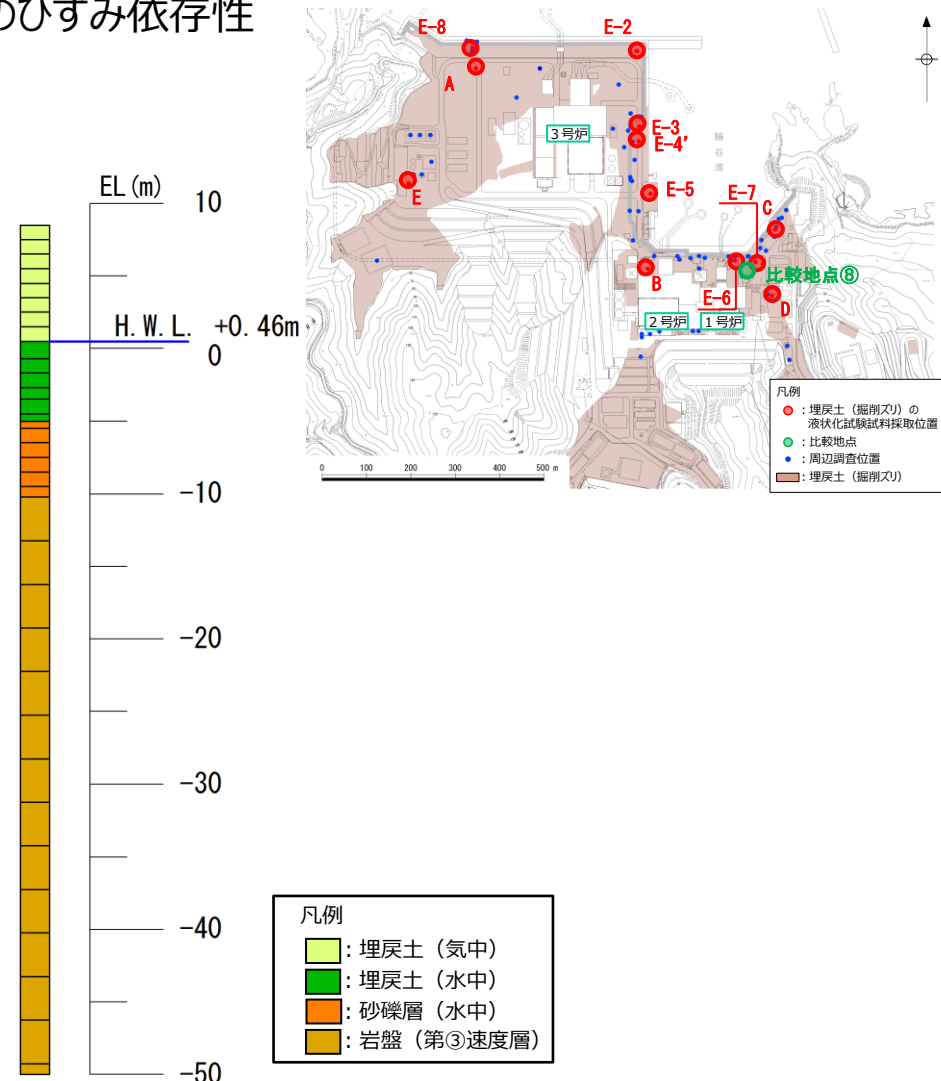
【解析条件：比較地点⑧】

- 下記の条件にて， 1次元時刻歴非線形解析を実施した。
- 埋戻土（掘削ズリ）については， 剛性及び減衰のひずみ依存性を考慮した。

地盤物性値

| 土層                | 標高<br>(EL m)      | 深度<br>(G.L.-m) | 有効上<br>載荷重<br>$\sigma'_v$<br>(kN/m <sup>2</sup> ) | 単位体積重量  |   | せん断<br>波速度<br>$V_s$<br>(m/s) | 初期<br>せん断<br>弾性係数<br>$G_0$ ※1<br>(kN/m <sup>2</sup> ) |
|-------------------|-------------------|----------------|---|---|---|------------------------------|---|
|                   |                   |                |   | 飽和, 湿潤<br>$\gamma_{sat} \cdot \gamma_t$<br>(kN/m <sup>3</sup> ) | 水中<br>$\gamma'$<br>(kN/m <sup>3</sup> ) |                              |   |
| 埋戻土 (気中)          | 8.500 ~ 7.500     | 1.000          | 9.800   | 19.6  | —                                       | —                            | 35370   |
|                   | 7.500 ~ 6.500     | 2.000          | 29.400  | 19.6  | —                                       | —                            | 73050   |
|                   | 6.500 ~ 5.500     | 3.000          | 49.000  | 19.6  | —                                       | —                            | 102300  |
|                   | 5.500 ~ 4.500     | 4.000          | 68.600  | 19.6  | —                                       | —                            | 127800  |
|                   | 4.500 ~ 3.500     | 5.000          | 88.200  | 19.6  | —                                       | —                            | 150800  |
|                   | 3.500 ~ 2.500     | 6.000          | 107.800   | 19.6  | —                                       | —                            | 172200  |
|                   | 2.500 ~ 1.500     | 7.000          | 127.400   | 19.6  | —                                       | —                            | 192300  |
| 埋戻土 (水中)          | 1.500 ~ 0.460     | 8.040          | 147.392   | 19.6  | —                                       | —                            | 211700  |
|                   | 0.460 ~ -0.700    | 9.200          | 163.732   | 20.7  | 10.6                                    | —                            | 226900  |
|                   | -0.700 ~ -1.700   | 10.200         | 175.180   | 20.7  | 10.6                                    | —                            | 237200  |
|                   | -1.700 ~ -2.700   | 11.200         | 185.780   | 20.7  | 10.6                                    | —                            | 246600  |
|                   | -2.700 ~ -3.500   | 12.000         | 195.320   | 20.7  | 10.6                                    | —                            | 254900  |
| 砂礫層 (水中)          | -3.500 ~ -4.500   | 13.000         | 204.860   | 20.7  | 10.6                                    | —                            | 263100  |
|                   | -4.500 ~ -5.012   | 13.512         | 212.874   | 20.7  | 10.6                                    | —                            | 269800  |
|                   | -5.012 ~ -5.500   | 14.000         | 218.174   | 20.7  | 10.6                                    | —                            | 94820   |
|                   | -5.500 ~ -6.500   | 15.000         | 226.060   | 20.7  | 10.6                                    | —                            | 96890   |
|                   | -6.500 ~ -7.500   | 16.000         | 236.660   | 20.7  | 10.6                                    | —                            | 99640   |
| 岩盤<br>(第③速度層)     | -7.500 ~ -8.500   | 17.000         | 247.260   | 20.7  | 10.6                                    | —                            | 102300  |
|                   | -8.500 ~ -9.500   | 18.000         | 257.860   | 20.7  | 10.6                                    | —                            | 105000  |
|                   | -9.500 ~ -10.249  | 18.749         | 267.130   | 20.7  | 10.6                                    | —                            | 107300  |
|                   | -10.249 ~ -13.249 | 21.749         | 292.699   | 24.5  | 14.4                                    | 1600                         | —   |
|                   | -13.249 ~ -16.249 | 24.749         | 335.899   | 24.5  | 14.4                                    | 1600                         | —   |
|                   | -16.249 ~ -19.249 | 27.749         | 379.099   | 24.5  | 14.4                                    | 1600                         | —   |
|                   | -19.249 ~ -22.249 | 30.749         | 422.299   | 24.5  | 14.4                                    | 1600                         | —   |
|                   | -22.249 ~ -25.249 | 33.749         | 465.499   | 24.5  | 14.4                                    | 1600                         | —   |
|                   | -25.249 ~ -28.249 | 36.749         | 508.699   | 24.5  | 14.4                                    | 1600                         | —   |
|                   | -28.249 ~ -31.249 | 39.749         | 551.899   | 24.5  | 14.4                                    | 1600                         | —   |
|                   | -31.249 ~ -34.249 | 42.749         | 595.099   | 24.5  | 14.4                                    | 1600                         | —   |
| -34.249 ~ -37.249 | 45.749            | 638.299        | 24.5  | 14.4  | 1600                                    | —                            |   |
| -37.249 ~ -40.249 | 48.749            | 681.499        | 24.5  | 14.4  | 1600                                    | —                            |   |
| -40.249 ~ -43.249 | 51.749            | 724.699        | 24.5  | 14.4  | 1600                                    | —                            |   |
| -43.249 ~ -46.249 | 54.749            | 767.899        | 24.5  | 14.4  | 1600                                    | —                            |   |
| -46.249 ~ -49.249 | 57.749            | 811.099        | 24.5  | 14.4  | 1600                                    | —                            |   |
| -49.249 ~ -50.000 | 58.500            | 838.107        | 24.5  | 14.4  | 1600                                    | —                            |   |

※1 掘削ズリ:  $G_0 = 749\sigma_v^{0.66}$  (N/mm<sup>2</sup>), 砂礫:  $G_0 = 240\sigma_v^{0.61}$  (N/mm<sup>2</sup>)



凡例

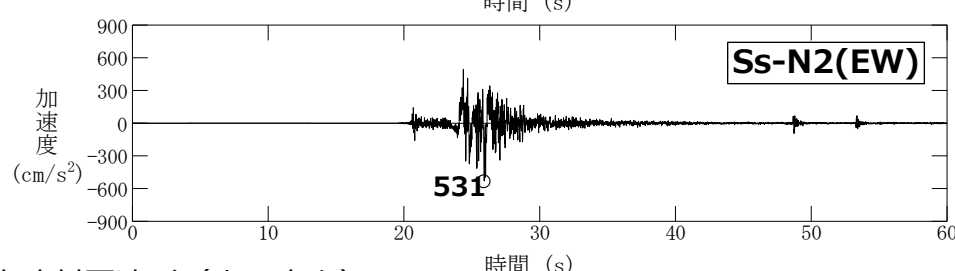
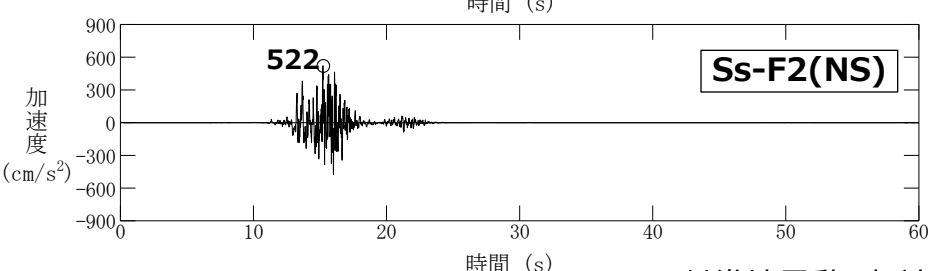
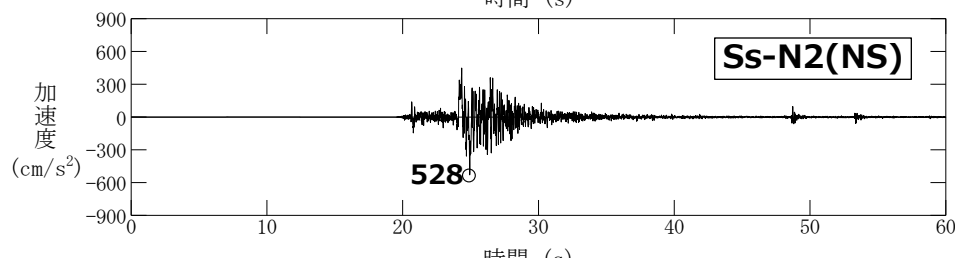
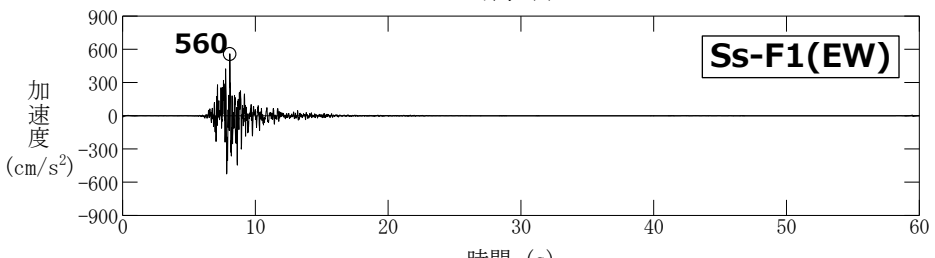
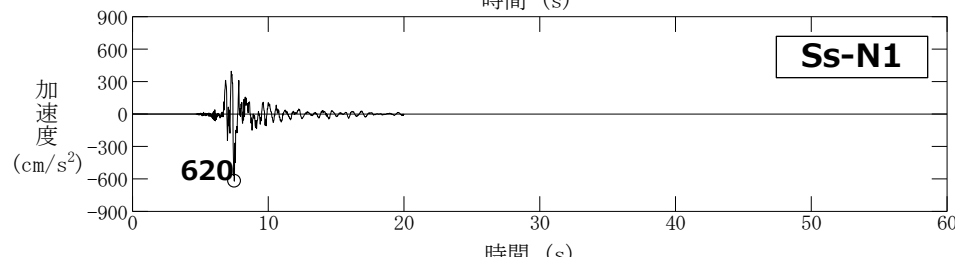
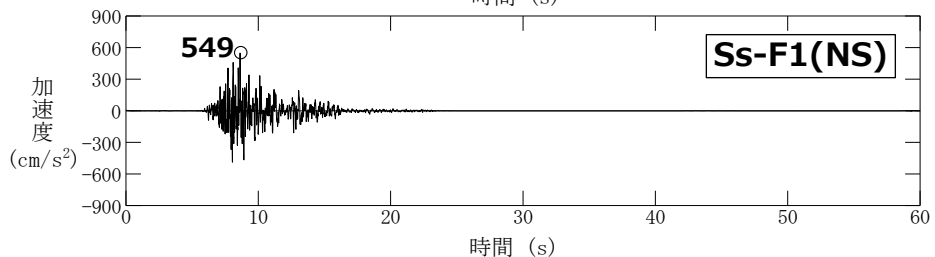
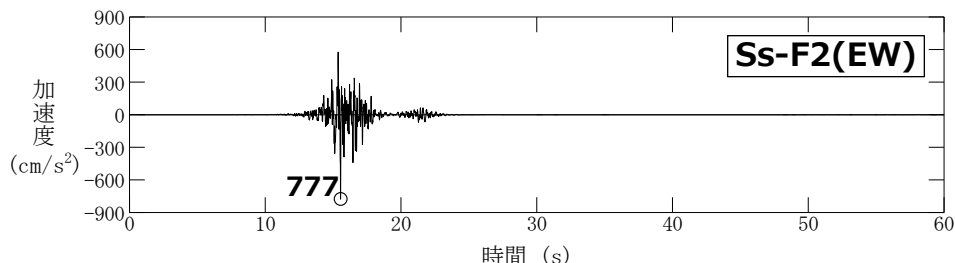
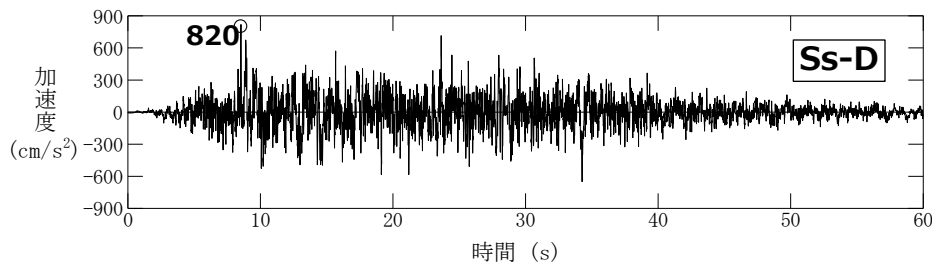
- 埋戻土 (気中)
- 埋戻土 (水中)
- 砂礫層 (水中)
- 岩盤 (第③速度層)

凡例

- 埋戻土 (掘削ズリ) の液状化試験試料採取位置
- 比較地点
- 周辺調査位置
- 埋戻土 (掘削ズリ)

## 基準地震動 Ss の選定

- 液状化試験が基準地震動 Ss 相当の地盤の状態（繰返し応力及び繰返し回数）を模擬していることについて、地震応答解析によって確認するに当たり、以下の地震動を使用する。
- なお、敷地ごとに震源を特定して策定する地震動による基準地震動（Ss-D, Ss-F1, Ss-F2）においては、繰返し応力及び繰返し回数に着目し、水平最大加速度が大きく、継続時間が長い地震動が液状化評価において最も厳しいと考えられることから、Ss-Dを選定する。



基準地震動の加速度時刻歴波形（水平方向）

○・・・最大値

### 3.3 基準地震動 S s に対する液状化試験の妥当性確認 解析結果

- 地震応答解析の結果，埋戻土（掘削ズリ）について，以下のとおりの結果を得た。

地震応答解析における最大せん断応力と等価繰返し回数（埋戻土（掘削ズリ））

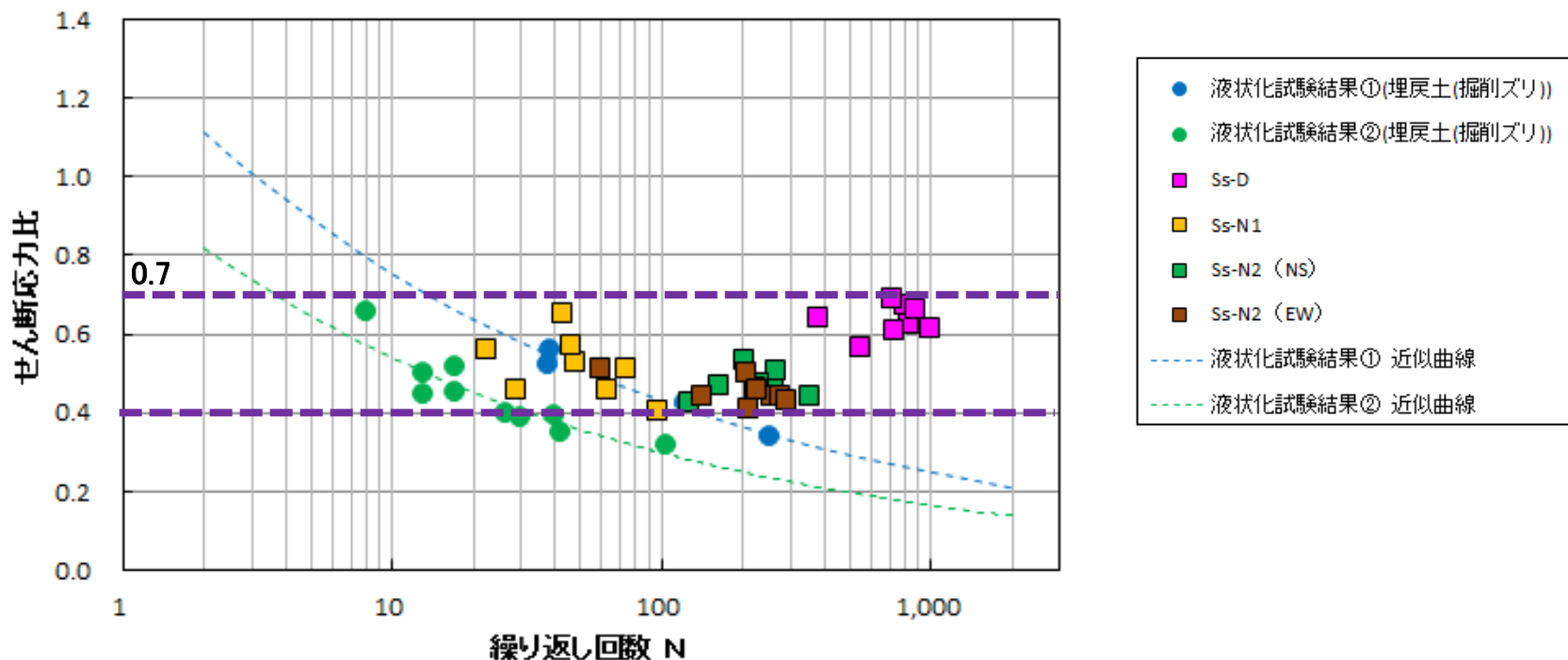
| 基準地震動 S s | Ss-D |                 | Ss-N1 |                 | Ss-N2(NS) |                 | Ss-N2(EW) |                 |
|-----------|------|-----------------|-------|-----------------|-----------|-----------------|-----------|-----------------|
|           | L    | N <sub>eq</sub> | L     | N <sub>eq</sub> | L         | N <sub>eq</sub> | L         | N <sub>eq</sub> |
| 比較地点①     | 0.67 | 801.1           | 0.51  | 73.2            | 0.51      | 266.5           | 0.44      | 256.1           |
| 比較地点②     | 0.69 | 713.1           | 0.53  | 48.1            | 0.53      | 202.6           | 0.44      | 278.3           |
| 比較地点③     | 0.63 | 834.0           | 0.40  | 96.9            | 0.46      | 260.8           | 0.43      | 290.9           |
| 比較地点④     | 0.64 | 384.5           | 0.46  | 28.7            | 0.47      | 164.1           | 0.44      | 142.7           |
| 比較地点⑤     | 0.66 | 879.2           | 0.65  | 42.9            | 0.47      | 230.9           | 0.50      | 205.4           |
| 比較地点⑥     | 0.61 | 728.6           | 0.46  | 62.7            | 0.46      | 223.4           | 0.41      | 210.9           |
| 比較地点⑦     | 0.62 | 998.0           | 0.57  | 45.9            | 0.44      | 356.9           | 0.46      | 225.7           |
| 比較地点⑧     | 0.57 | 544.4           | 0.56  | 22.4            | 0.42      | 127.2           | 0.51      | 59.4            |

最大せん断応力比： $L = \tau_e / \sigma_v'$   
 $\tau_e$ ：等価せん断応力（ $= 0.65 \times \tau_{max}$ ）  
 $\sigma_v'$ ：有効土被り圧  
 $N_{eq}$ ：等価繰返し回数



### 3.3 基準地震動 S s に対する液状化試験の妥当性確認 比較評価

- 液状化評価対象層のうち埋戻土（掘削ズリ）について、液状化試験結果①（ロータリー式三重管サンプラー）および液状化試験結果②（表層試料採取）から各せん断応力比に対して所定のせん断ひずみとなる繰返し回数を整理し、一次元時刻歴非線形解析の結果を累積損傷度理論に基づいて整理したせん断応力比及び等価繰返し回数と比較した。
- 基準地震動 Ss-D, Ss-N1, Ss-N2による最大せん断応力比は0.4～0.7程度であり、また、等価繰返し回数は地震動継続時間の長い Ss-Dを除き数10～300回程度であり、液状化試験と同程度であることから、今回実施した液状化試験は、当該地盤の基準地震動 Ss相当が作用した状態を概ね再現できていると判断した。
- なお、Ss-Dによる等価繰返し回数は地震動継続時間が長いため500～1,000回程度となるが、一方で液状化試験において Ss-Dによるせん断応力比を作用させた場合、両振幅ひずみが5%となる繰返し回数は、近似曲線から5～30回程度となる。埋戻土（掘削ズリ）は液状化試験結果から、非液状化または繰返し軟化（サイクリックモビリティ含む）を示すため、繰返し回数による直接的な比較が難しい材料であるが、Ss-Dのせん断応力比に相当する試験を実施していることから概ね再現できていると判断した。



累積損傷度理論に基づく評価結果（埋戻土（掘削ズリ））

### 3.3 基準地震動 $S_s$ に対する液状化試験の妥当性確認 まとめ

- 液状化評価対象層のうち、埋戻土（掘削ズリ）における液状化試験の結果について、液状化試験の妥当性確認を行ったところ、基準地震動  $S_s$  による最大せん断応力比は0.4～0.7程度であり、液状化試験せん断応力比と同程度である。
- よって、今回実施した液状化試験は、当該地盤の基準地震動  $S_s$  相当が作用した状態を概ね再現できていると判断した。

1. 液状化評価の基本方針
2. 液状化評価対象層の抽出
3. 液状化強度特性の網羅性，代表性
  - 3.1 液状化試験試料採取位置とその代表性
  - 3.2 液状化試験結果
  - 3.3 基準地震動 $S_s$ に対する液状化試験の妥当性確認
  - 3.4 簡易設定法
  - 3.5 液状化強度特性の設定方針
4. 液状化影響の評価方針
5. 参考文献

- 港湾基準では、有効応力解析（FLIP）に使用する地盤の物性に関するパラメータの設定方法について、原位置で行われた詳細な土質データを用いて検討することを基本としているが、簡易設定法による方法も明記されている。
- 簡易設定法は、港湾基準に基づく詳細な計算例をまとめた設計事例集に準拠し、液状化強度比 $R_L$ と相関が高い $N$ 値、有効上載圧及び細粒分含有率を用いて、有効応力解析（FLIP）の解析理論に則った液状化強度特性を設定することができる。
- 有効応力解析（FLIP）は、解析において土粒子と間隙水の両方を取り扱うことによって、過剰間隙水圧の上昇を模擬できるとともに、過剰間隙水圧の上昇に伴う土要素の剛性及び強度の低下、すなわち液状化現象を模擬することができる解析コードである。さらに、地盤の液状化に伴う構造物の変形等、地盤と構造物の相互作用を模擬することができる。
- 有効応力解析（FLIP）で用いる有効応力モデルのパラメータのうち、液状化特性（過剰間隙水圧の発生）を設定するパラメータを以下に示す。

| 分類    | モデルパラメータ |                       |
|-------|----------|-----------------------|
| 液状化特性 | $\Phi_p$ | 変相角                   |
|       | $w_1$    | 過剰間隙水圧上昇の全体を規定するパラメータ |
|       | $p_1$    | 過剰間隙水圧上昇の前半を規定するパラメータ |
|       | $p_2$    | 過剰間隙水圧上昇の後半を規定するパラメータ |
|       | $c_1$    | 液状化強度の下限値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    |

- 液状化特性を設定するパラメータは、繰返し非排水三軸試験結果を踏まえ、FLIPで試行的な繰返し計算を行い、全てのせん断応力比における整合性を確認して設定する方法が標準的とされている。
- 一方、簡易設定法は標準的な液状化パラメータ設定法を基に、これらのパラメータを、通常的地盤調査で比較的手しやすい標準貫入試験の $N$ 値等と関連付けて設定する方法である。

### 3.4 簡易設定法 基本方針(2/3)

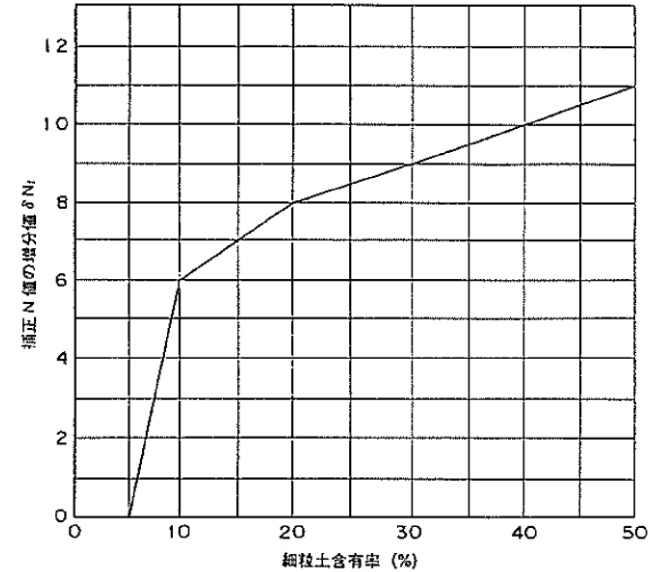
- 簡易設定法では、原位置のN値及び有効上載圧より求まる等価N値をもとに簡易的に求めた液状化強度曲線が、FLIPを用いた繰返し三軸試験のシミュレーション結果に合うように求める。その液状化パラメータのうち $p_2$ については、以下の式で算出する。 $w_1$ 、 $c_1$ については、最新の研究成果に基づき下図から算出する。なお、変相角 $\phi_p=28$ 度、 $p_1=0.5$ 、 $s_1=0.005$ については、「液状化による構造物被害予測プログラムFLIPにおいて必要な各種パラメータの簡易設定法（森田ら）」に基づき固定値とする。
- 今回、保守的に液状化強度特性を設定するため、標準貫入試験で求めたN値については、次頁のとおり取り扱う。
- 以下の式等で求まる液状化パラメータに基づき、FLIPにおいて各せん断応力比に対する繰返し回数を計算すると、P131～P132に示す簡易設定法に基づく液状化強度曲線が設定される。なお、敷地全体としての評価を行うことにより代表性・網羅性を確保する観点から、埋戻土（掘削ズリ）及び砂礫層のN値及び細粒分含有率については、敷地全体の平均値を用いる。

$$(N)_{0.66} = (N - 1.828(\sigma_v' - 0.66)) / (0.399(\sigma_v' - 0.66) + 1)$$

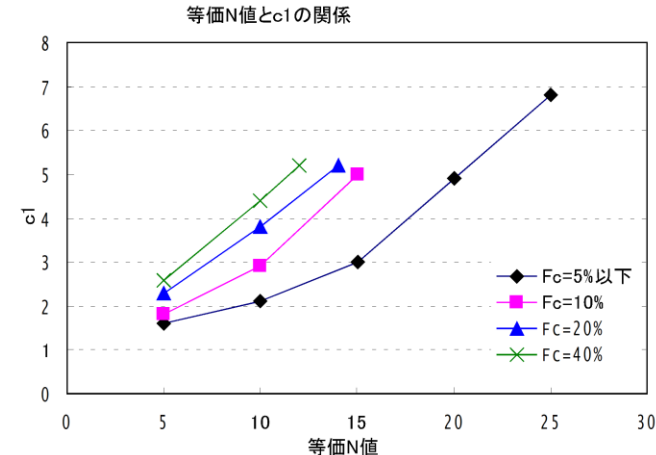
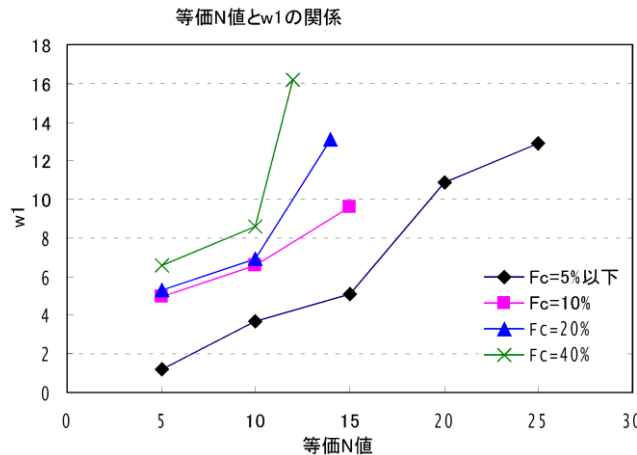
$$N_a = (1 / 0.66)^{0.5} \times (N)_{0.66} + dNt \quad \text{※dNtは森田ら(1997)の右図から求める}$$

ここに、 $(N)_{0.66}$  : 等価N値  
 $\sigma_v'$  : 有効上載圧

$$p_2 = -0.0166N_a + 1.215$$



細粒分含有率に応じた補正N値の増分値

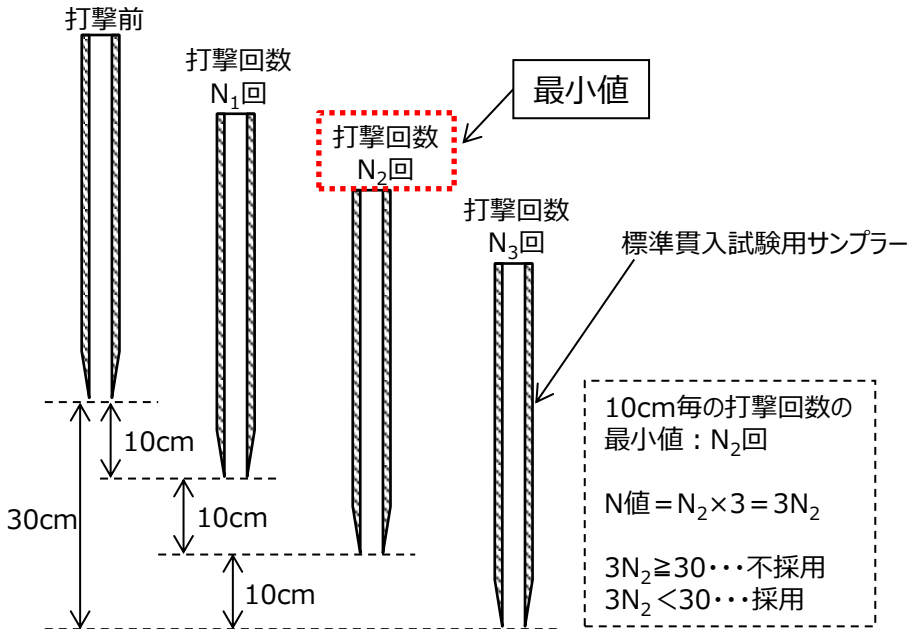




### 3.4 簡易設定法 基本方針(3/3)

■ 標準貫入試験 (JIS A 1219) ※により得られたN値については、今回、保守的に液状化強度特性を設定するため、簡易設定法において以下のとおり扱う。

- ① N値=50以上：非常に密な地盤であるため、液状化強度特性の設定に使用しない。
- ② N値=30以上：密な地盤であるため、保守的に補正し、以下のとおり扱う。
  - ・10cm毎の打撃回数の最小値を3倍した値とし、その値が30以上の場合、結果を液状化強度特性の設定に使用しない。
  - ・10cm毎の打撃回数の最小値を3倍した値とし、その値が30未満の場合、結果を液状化強度特性の設定に使用する。
- ③ N値=30未満：液状化強度特性の設定にそのまま使用する。



N値の評価概要図 (②N値=30以上)

簡易設定法におけるN値の考え方

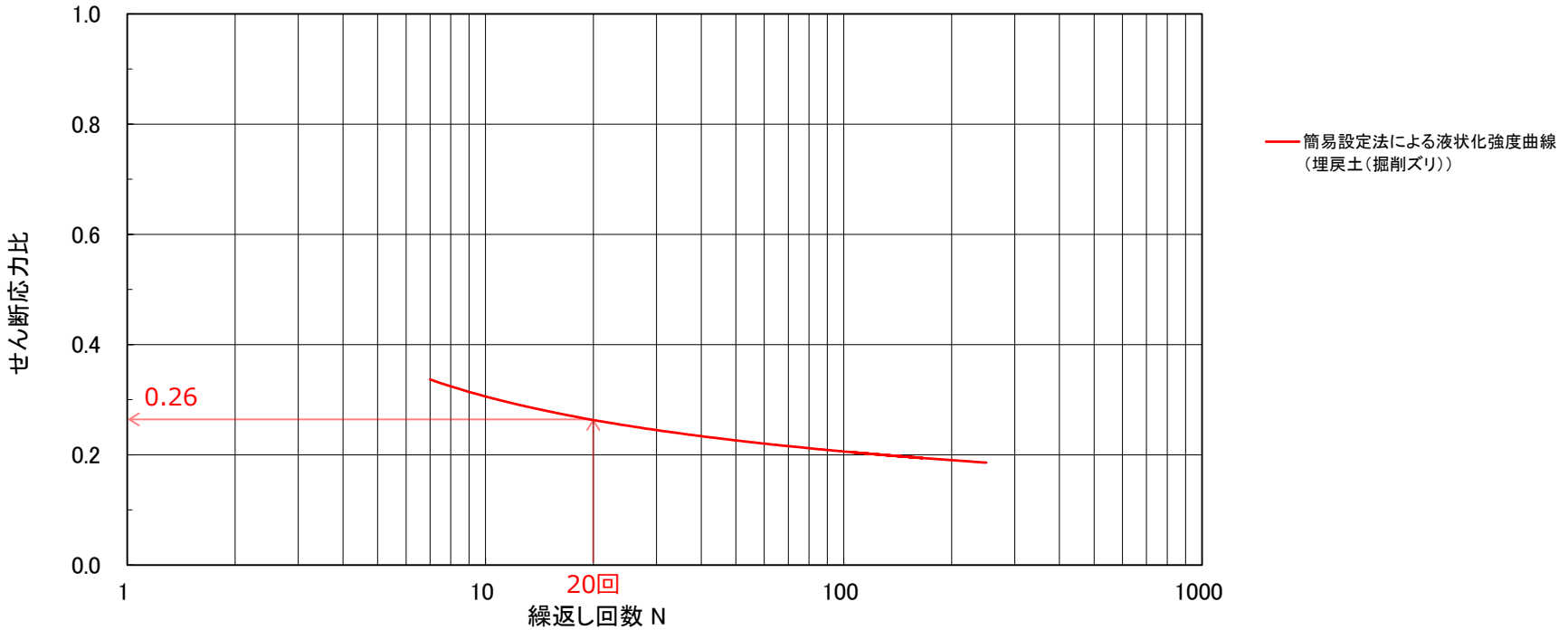
|   | 打撃回数  |       |       | N値<br>(JIS A 1219)<br>( $N_1 + N_2 + N_3$ ) | N値 (補正)<br>(最小値の3倍) | 評価結果<br>(今回) |
|---|-------|-------|-------|---|---------------------|--------------|
|   | $N_1$ | $N_2$ | $N_3$ |   |                     |              |
| ① | 50    | -     | -     | 50  | -                   | 使用しない        |
|   | 17    | 33    | -     | 50  | -                   | 使用しない        |
|   | 17    | 11    | 22    | 50  | -                   | 使用しない        |
| ② | 15    | 12    | 18    | 45  | 36                  | 使用しない        |
|   | 15    | 9     | 18    | 42  | 27                  | 27           |
| ③ | 8     | 10    | 5     | 23  | -                   | 23           |

※標準貫入試験 (JIS A 1219) は、標準貫入試験用サンプラーを動的貫入することによって原位置における地盤の硬軟、締まり具合または土層の構成を判定するためのN値を得るために行う。試験は、質量63.5kgのハンマーを76cmの高さから自由落下させ、標準貫入試験用サンプラーを打ち込む。N値は、標準貫入試験用サンプラーを30cm打ち込むために必要な打撃回数である。

### 3.4 簡易設定法

## 液状化強度曲線（埋戻土（掘削ズリ））

■ 簡易設定法による液状化パラメータで計算した液状化強度曲線（埋戻土（掘削ズリ））を以下に示す。

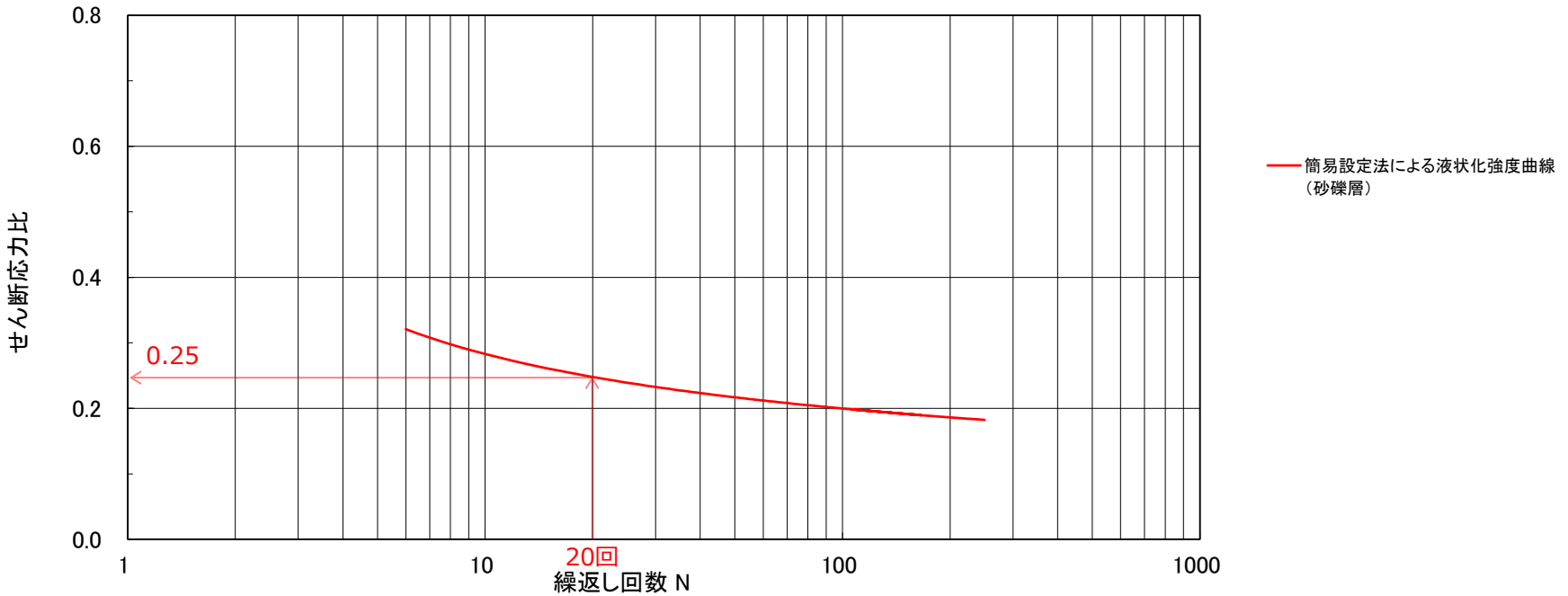


簡易設定法による液状化強度曲線（埋戻土（掘削ズリ））

### 3.4 簡易設定法

## 液状化強度曲線（砂礫層）

■ 簡易設定法による液状化パラメータで計算した液状化強度曲線（砂礫層）を以下に示す。



簡易設定法による液状化強度曲線（砂礫層）

- 「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（森田ら）」では、FLIPを用いて解析を行う場合の種々のパラメタの設定方法として標準貫入試験のN値から簡易的に設定する方法が示されており、この検討で用いられているせん断応力比は、0.2～0.9程度（ $F_c=10\sim 20\%$ ）と幅の広い値としている。
- 島根2号炉における埋戻土（掘削ズリ）の累積損傷度理論に基づく評価において、基準地震動  $S_s$  での最大せん断応力比は0.4～0.7程度である。
- 島根2号炉における埋戻土（掘削ズリ）の最大せん断応力比は、森田らの検討で使用されているせん断応力比に包含されていることから、簡易設定法が適用できると考えられる。

表-6 等価N値( $N_{e66}$ )に対するせん断応力比  $\tau_1/\sigma_m'$ （細粒分含有率  $F_c \geq 10\%$  の場合）(a)  $F_c = 10\%$  の場合

| (N) <sub>e66</sub> | N <sub>a</sub> | 10回  | 15回  | 26回                |
|--------------------|----------------|------|------|--------------------|
| 5                  | 12             | 0.24 | 0.22 | 0.21 <sup>最小</sup> |
| 10                 | 18             | 0.35 | 0.31 | 0.28               |
| 15                 | 24             | 0.69 | 0.54 | 0.43               |

(b)  $F_c = 20\%$  の場合

| (N) <sub>e66</sub> | N <sub>a</sub> | 10回                | 15回  | 26回  |
|--------------------|----------------|--------------------|------|------|
| 5                  | 14             | 0.26               | 0.24 | 0.22 |
| 10                 | 20             | 0.41               | 0.36 | 0.32 |
| 14                 | 25             | 0.85 <sup>最大</sup> | 0.66 | 0.51 |

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（森田ら）より引用

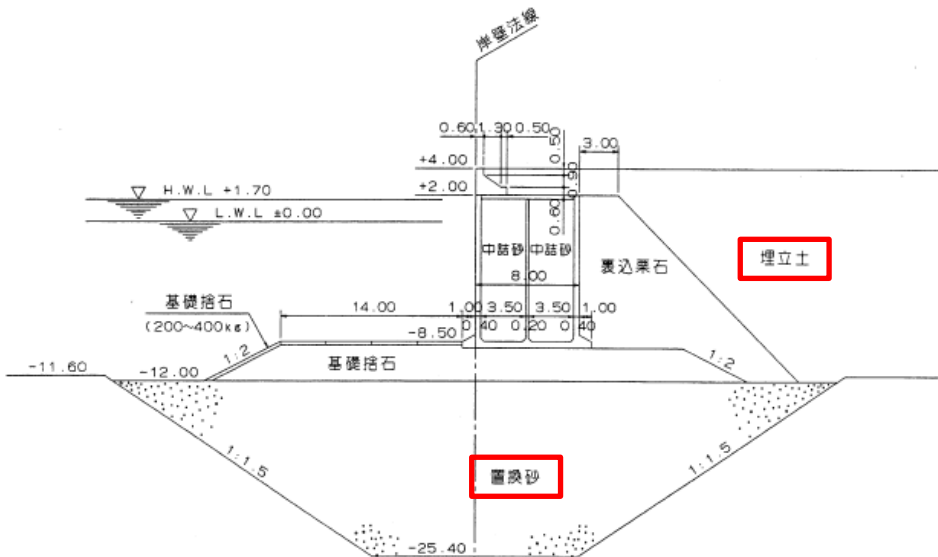
### 3.4 簡易設定法 (補足) 簡易設定法の実績 (1)

- 「液状化解析プログラムFLIPによる動的解析の実務（財団法人沿岸技術研究センター）」では、兵庫県南部地震における神戸RF3岸壁及び神戸港T栈橋の被災状況に対して、簡易設定法により液状化パラメータを設定した再現解析にて検証を行った実績が示されている。
- 「神戸RF3岸壁」は重力式構造物を、「神戸港T栈橋」は杭式構造物を対象としており、「神戸RF3岸壁」においては、埋立土及び置換砂の液状化パラメータを簡易設定法で設定し、概ね被災状況を再現できている。
- 以上の実績を踏まえ、島根2号炉における防波壁等に対する液状化影響評価において簡易設定法が適用できると判断した。

液状化パラメータの簡易設定法の実績

| 地震名                 | 対象施設        | 被災状況             | 再現解析          |
|---------------------|-------------|------------------|---------------|
| 平成7年<br>兵庫県南部<br>地震 | 神戸<br>RF3岸壁 | 水平変位<br>3.7m     | 水平変位<br>3.09m |
|                     | 神戸港<br>T栈橋  | 水平変位<br>1.4~1.5m | 水平変位<br>2.01m |

液状化解析プログラムFLIPによる動的解析の実務（財団法人沿岸技術研究センター）より引用



神戸RF3岸壁 標準断面図





1. 液状化評価の基本方針
2. 液状化評価対象層の抽出
3. 液状化強度特性の網羅性，代表性
  - 3.1 液状化試験試料採取位置とその代表性
  - 3.2 液状化試験結果
  - 3.3 基準地震動 $S_s$ に対する液状化試験の妥当性確認
  - 3.4 簡易設定法
  - 3.5 液状化強度特性の設定方針
4. 液状化影響の評価方針
5. 参考文献

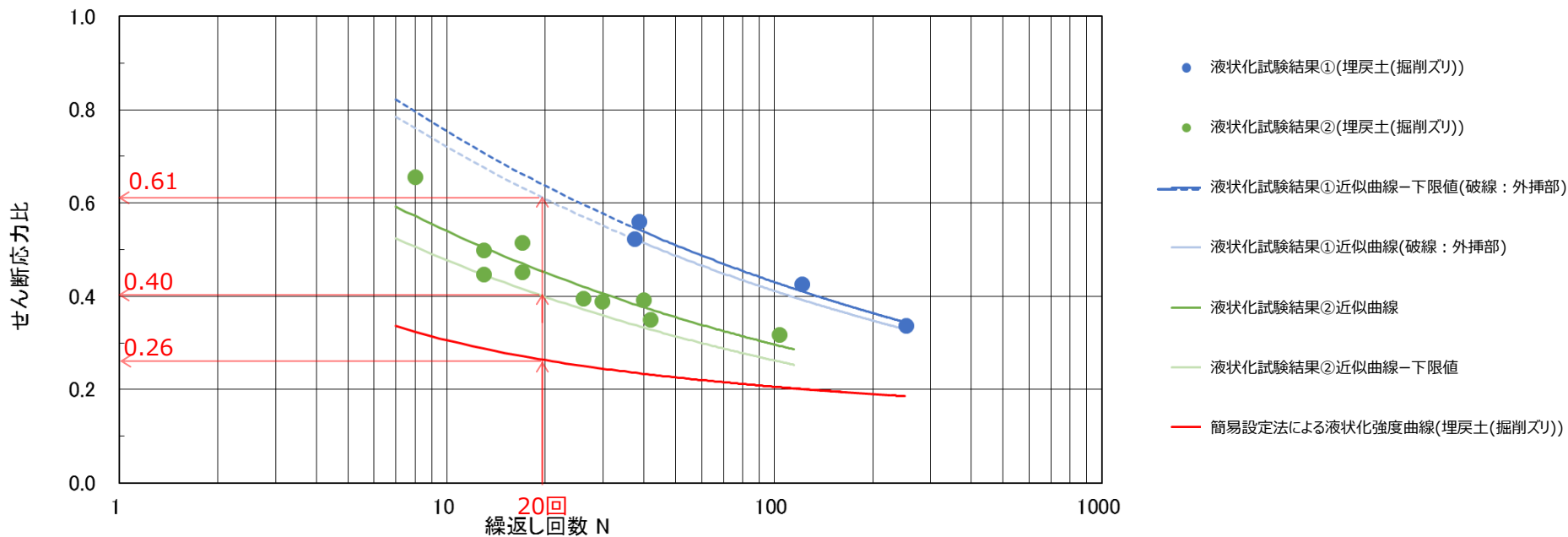
### 3.5 液状化強度特性の設定方針

## 基本方針

- 液状化試験結果より、液状化を示す土層はないが、繰返し軟化（サイクリックモビリティ含む）、若しくは非液状化となる土層（埋戻土（掘削ズリ）、砂礫層）については、念のため液状化強度特性を設定し、保守的に構造物への影響評価を実施する。
- 各土層での液状化強度特性は、液状化試験を踏まえ、港湾基準に基づく詳細な計算例をまとめた設計事例集に準拠し、有効応力解析（FLIP）の簡易設定法により設定する。（簡易設定法は、液状化強度比 $R_L$ と相関が高いN値、有効上載圧及び細粒分含有率を用いて有効応力解析（FLIP）の解析理論に則った液状化強度特性を設定することができる。）
- 簡易設定法により設定された液状化強度特性は、液状化試験結果下限値の液状化強度特性よりも保守的であることを確認する。

### 3.5 液状化強度特性の設定方針 比較評価（埋戻土（掘削ズリ））

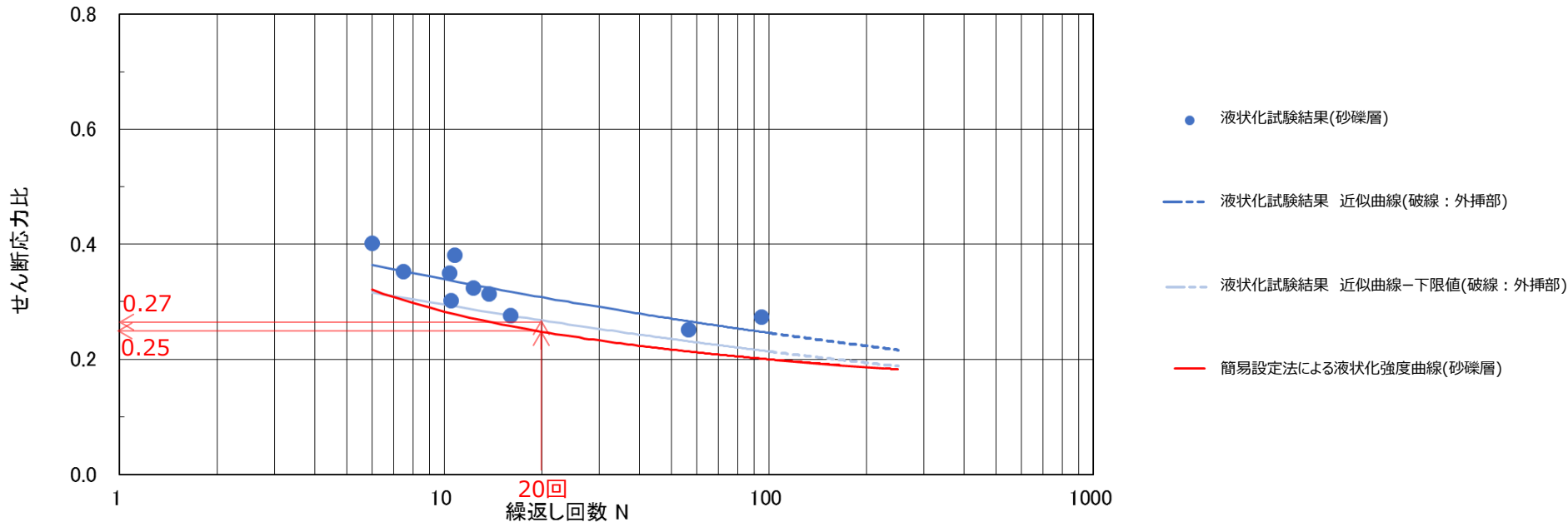
- 簡易設定法により設定した液状化強度曲線（埋戻土（掘削ズリ））は、液状化試験結果①（ロータリー式三重管サンプラー）及び液状化試験結果②（表層試料採取）による液状化強度曲線の下側に位置する。そのため、簡易設定法による液状化強度比 $R_L$ （0.26）は、液状化試験結果①（ロータリー式三重管サンプラー）による液状化強度比 $R_L$ （0.61）及び液状化試験結果②（表層試料採取）による液状化強度比 $R_L$ （0.40）を下回り、保守的であることを確認した。



簡易設定法及び液状化試験結果による液状化強度曲線の比較（埋戻土（掘削ズリ））

### 3.5 液状化強度特性の設定方針 比較評価 (砂礫層)

■ 簡易設定法により設定した液状化強度曲線 (砂礫層) は液状化試験結果による液状化強度曲線の下側に位置し、簡易設定法による液状化強度比 $R_L$  (0.25) は液状化試験による液状化強度比 $R_L$  (0.27) を下回り、保守的であることを確認した。



簡易設定法及び液状化試験結果による液状化強度曲線の比較 (砂礫層)



1. 液状化評価の基本方針
2. 液状化評価対象層の抽出
3. 液状化強度特性の網羅性，代表性
  - 3.1 液状化試験試料採取位置とその代表性
  - 3.2 液状化試験結果
  - 3.3 基準地震動 $S_s$ に対する液状化試験の妥当性確認
  - 3.4 簡易設定法
  - 3.5 液状化強度特性の設定方針
4. 液状化影響の評価方針
5. 参考文献

## 4. 液状化影響の評価方針

### 液状化影響の検討方針

- 液状化影響の評価対象層については、道路橋示方書に基づく液状化判定の対象となる砂礫層に加えて、液状化判定の対象外となる埋戻土（掘削ズリ）も抽出して液状化試験を実施した。
- 液状化試験結果によると、地震時の地盤の状態は『繰返し軟化（サイクリックモビリティ含む）』、若しくは『非液状化』の判定となるが、砂礫層に加え、試験結果の一部で『非液状化』となる埋戻土（掘削ズリ）についても液状化強度特性を設定した。
- 液状化強度特性は、港湾基準に基づく詳細な計算例をまとめた設計事例集に準拠した有効応力解析（FLIP）の簡易設定法に基づき設定した。
- 簡易設定法に基づき設定した液状化強度特性は、液状化試験結果下限値の液状化強度特性よりも保守的であることを確認した。また、簡易設定法で用いるN値は保守的な設定値とした。
- 以上を踏まえ、有効応力解析（FLIP）の実施に当たっては、簡易設定法に基づき設定した液状化強度特性を適用する。

### 液状化評価の基本方針

| 本検討の対象土層    |          |              | 道路橋示方書<br>及び港湾基準<br>における液状<br>化評価の対象 | 当社評価           |                                       |   |
|-------------|----------|--------------|--------------------------------------|----------------|---------------------------------------|---|
| 地層名         | 堆積年代     | 調査地点名<br>土層名 |                                      | 液状化試験<br>による判定 | 液状化強度特性<br>の設定の考え方                    | 液状化強度特性<br>の保守性   |
| 被<br>覆<br>層 | 盛土       | 完新世          | E-2～E-8, A～E<br>埋戻土<br>(掘削ズリ)        | ×<br>対象外       | 設計事例集に準拠<br>し、FLIPの簡易設<br>定法に基づき設定する。 | 簡易設定法に基づき設定<br>した液状化強度特性<br>が、液状化試験結果<br>による液状化強度特<br>性とは比べ保守的であ<br>ることを確認する。 |
|             | 崖錐・海底堆積物 | 完新世          | E-1, E-7, E-8<br>砂礫層                 | ○<br>対象        |                                       |   |

## 4. 液状化影響の評価方針

## 液状化検討対象施設の選定及び解析手法選定の観点（1）

- 設計基準対象施設及び重大事故等対処施設の設置状況を考慮し、液状化の影響を検討する必要がある液状化検討対象候補施設を抽出する。抽出に当たっては、設計基準対象施設（建物、構築物、屋外重要土木構造物及び津波防護施設）及び重大事故等対処施設を対象に検討する。なお、取水口、取水管及び1号放水連絡通路防波扉については、周囲に液状化評価対象層が分布しないことから、抽出対象外とする。
- 可搬型重大事故等対処設備による重大事故等への対応に必要なアクセスルートは、地震時の液状化に伴う地中埋設構造物の浮き上がりの影響を受けることなく通行性を確保する設計とする。
- ここでは、液状化検討対象施設の選定の考え方を示し、詳細設計段階において、設定した設計用地下水位に基づき液状化検討対象施設の選定を行う。

液状化検討対象候補施設 一覧

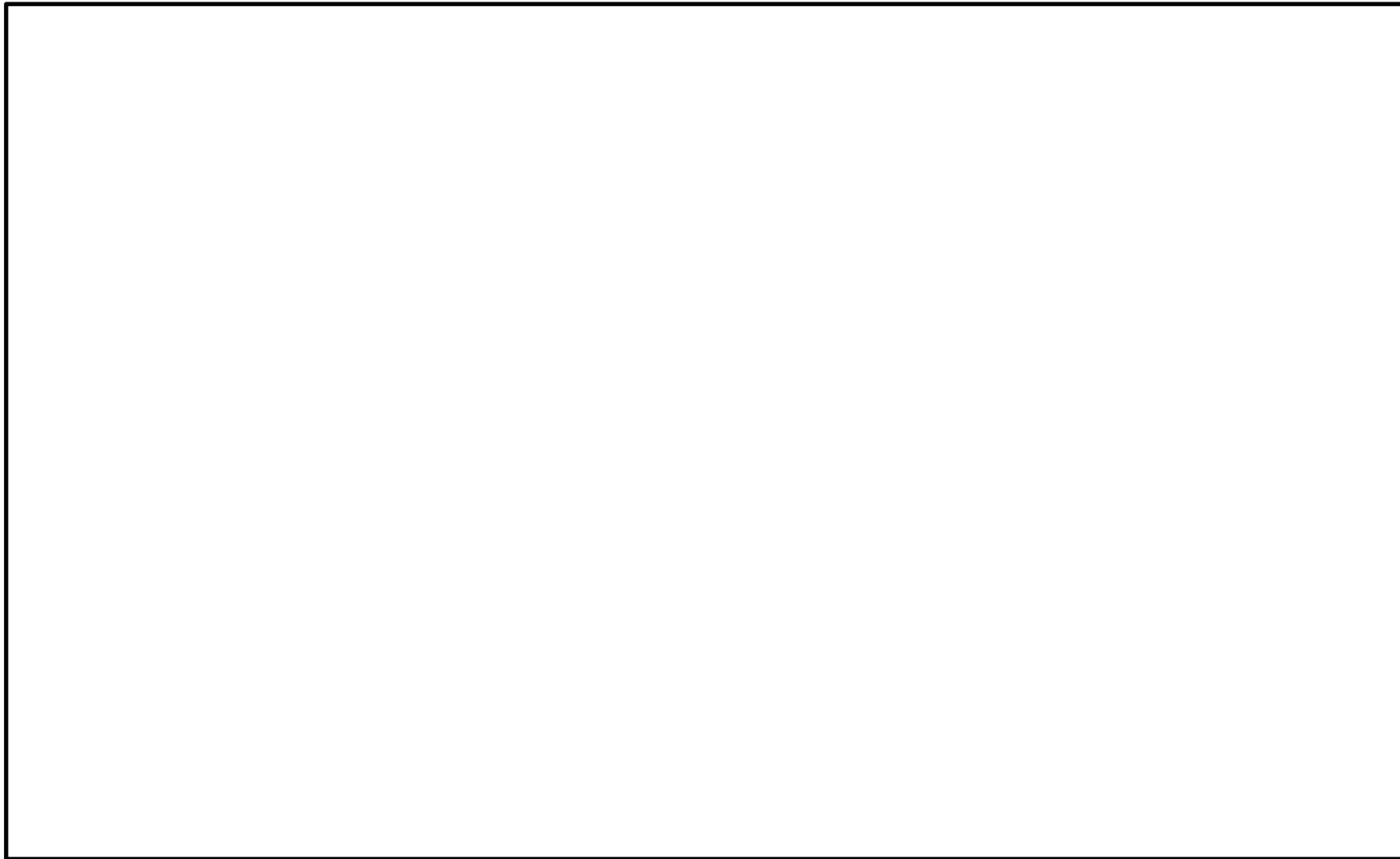
| 施設分類      | 施設名称                               | 基礎形式                   | 支持層  | 基礎下端高さ <sup>※1</sup><br>(EL m) | 地下水位の設定方針 |                                 |
|-----------|------------------------------------|------------------------|------|--------------------------------|-----------|---------------------------------|
| 設計基準対象施設  | 建物、構築物                             | 原子炉建物                  | 直接基礎 | 岩盤                             | -4.7      | 地下水位低下設備の効果に期待して、設計地下水位を設定する    |
|           |                                    | タービン建物                 | 直接基礎 | 岩盤                             | 0.0       |                                 |
|           |                                    | 廃棄物処理建物                | 直接基礎 | 岩盤                             | 0.0       |                                 |
|           |                                    | 制御室建物                  | 直接基礎 | 岩盤                             | +0.1      |                                 |
|           |                                    | 排気筒                    | 直接基礎 | 岩盤                             | +2.0      |                                 |
|           | 屋外重要土木構造物                          | 取水槽                    | 直接基礎 | 岩盤                             | -11.7     | 自然水位 <sup>※2</sup> より保守的に設定した水位 |
|           |                                    | 屋外配管ダクト（タービン建物～排気筒）    | 直接基礎 | 岩盤                             | +4.9      |                                 |
|           |                                    | ディーゼル燃料貯蔵タンク基礎         | 直接基礎 | 岩盤                             | +8.35     |                                 |
|           |                                    | 燃料移送系配管ダクト             | 直接基礎 | 岩盤                             | +10.4     |                                 |
|           |                                    | 屋外配管ダクト（復水貯蔵タンク～原子炉建物） | 直接基礎 | 岩盤                             | +10.4     |                                 |
|           | 津波防護施設                             | 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）          | 杭基礎  | 岩盤                             | -19.1     |                                 |
|           |                                    | 防波壁（鋼管杭式逆T擁壁）          | 杭基礎  | 岩盤                             | -10.65    |                                 |
|           |                                    | 防波壁（波返重力擁壁）            | 直接基礎 | 岩盤・改良地盤                        | -13.0     |                                 |
|           |                                    | 1号炉取水槽流路縮小工            | 直接基礎 | 岩盤                             | -7.1      |                                 |
|           |                                    | 防波扉（防波壁通路防波扉）          | 杭基礎  | 岩盤                             | -15.9     |                                 |
| 重大事故等対処施設 | 第1バントフィルタ格納槽                       | 直接基礎                   | 岩盤   | +0.7                           |           |                                 |
|           | 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽                    | 直接基礎                   | 岩盤   | -1.3                           |           |                                 |
|           | 緊急時対策所建物 <sup>※3</sup>             | 直接基礎                   | 岩盤   | +48.25                         |           |                                 |
|           | 緊急時対策所用燃料地下タンク                     | 直接基礎                   | 岩盤   | +46.6                          |           |                                 |
|           | ガスタービン発電機建物 <sup>※3</sup>          | 直接基礎                   | 岩盤   | +44.0                          |           |                                 |
|           | ガスタービン発電機用軽油タンク基礎                  | 直接基礎                   | 岩盤   | +45.8                          |           |                                 |
|           | 屋外配管ダクト（ガスタービン発電機用軽油タンク～ガスタービン発電機） | 直接基礎                   | 岩盤   | +45.45                         |           |                                 |

※1 各施設の代表的な基礎下端高さを示す。 ※2 地下水位低下設備を考慮しない場合の地下水位 ※3 重大事故等対処施設のうち建物、構築物

#### 4. 液状化影響の評価方針

### 液状化検討対象施設の選定及び解析手法選定の観点（2）

- 設計基準対象施設，重大事故等対処施設，可搬型重大事故等対処設備保管場所及びアクセスルートの配置図を以下に示す。

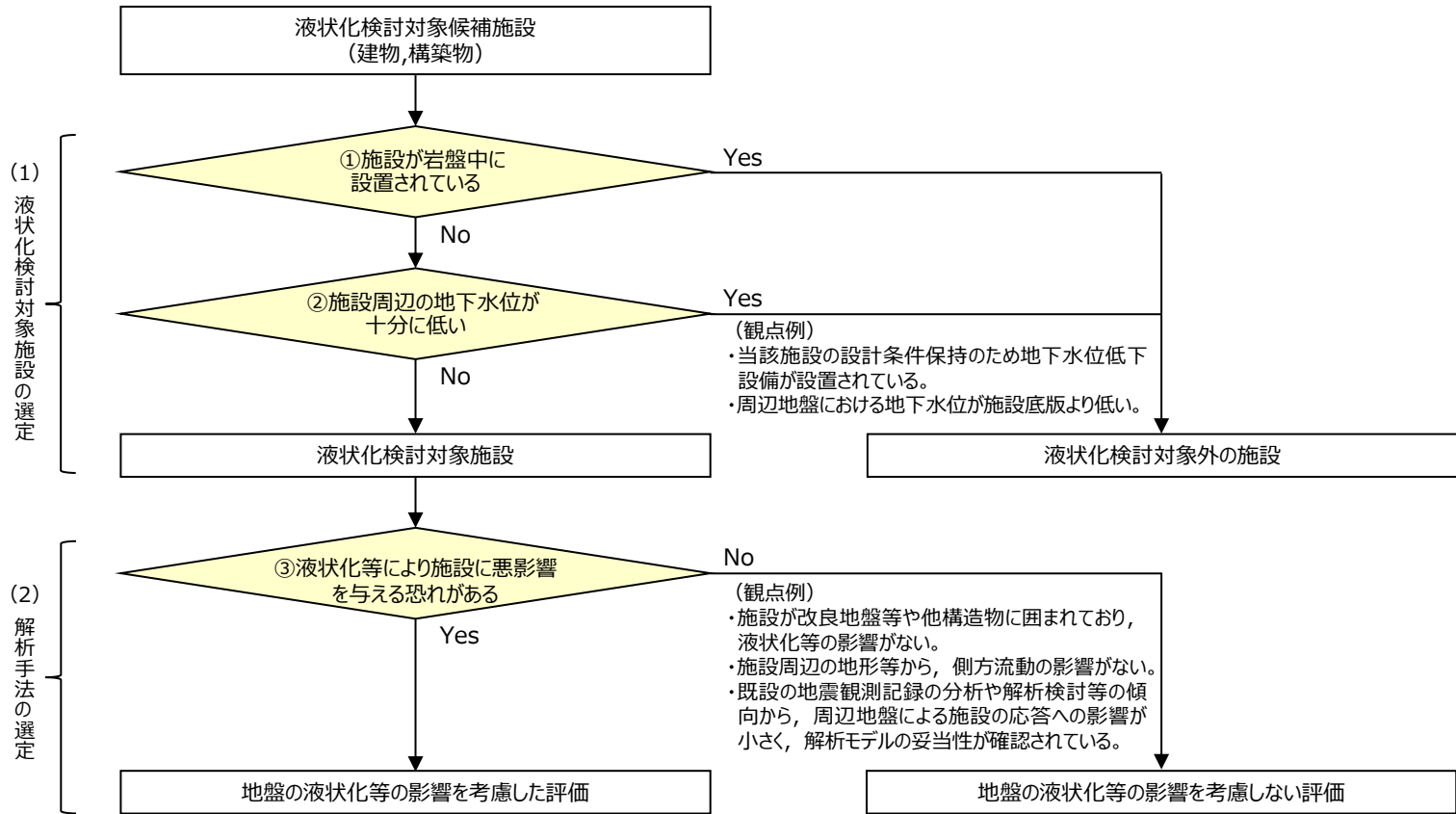


設計基準対象施設，重大事故等対処施設，可搬型重大事故等対処設備保管場所及びアクセスルート 配置図

#### 4. 液状化影響の評価方針

### 液状化検討対象施設の選定及び解析手法選定の観点（3）

■ 液状化検討対象候補施設（建物,構築物）について，液状化検討対象施設の選定及び解析手法選定フローを以下に示す。



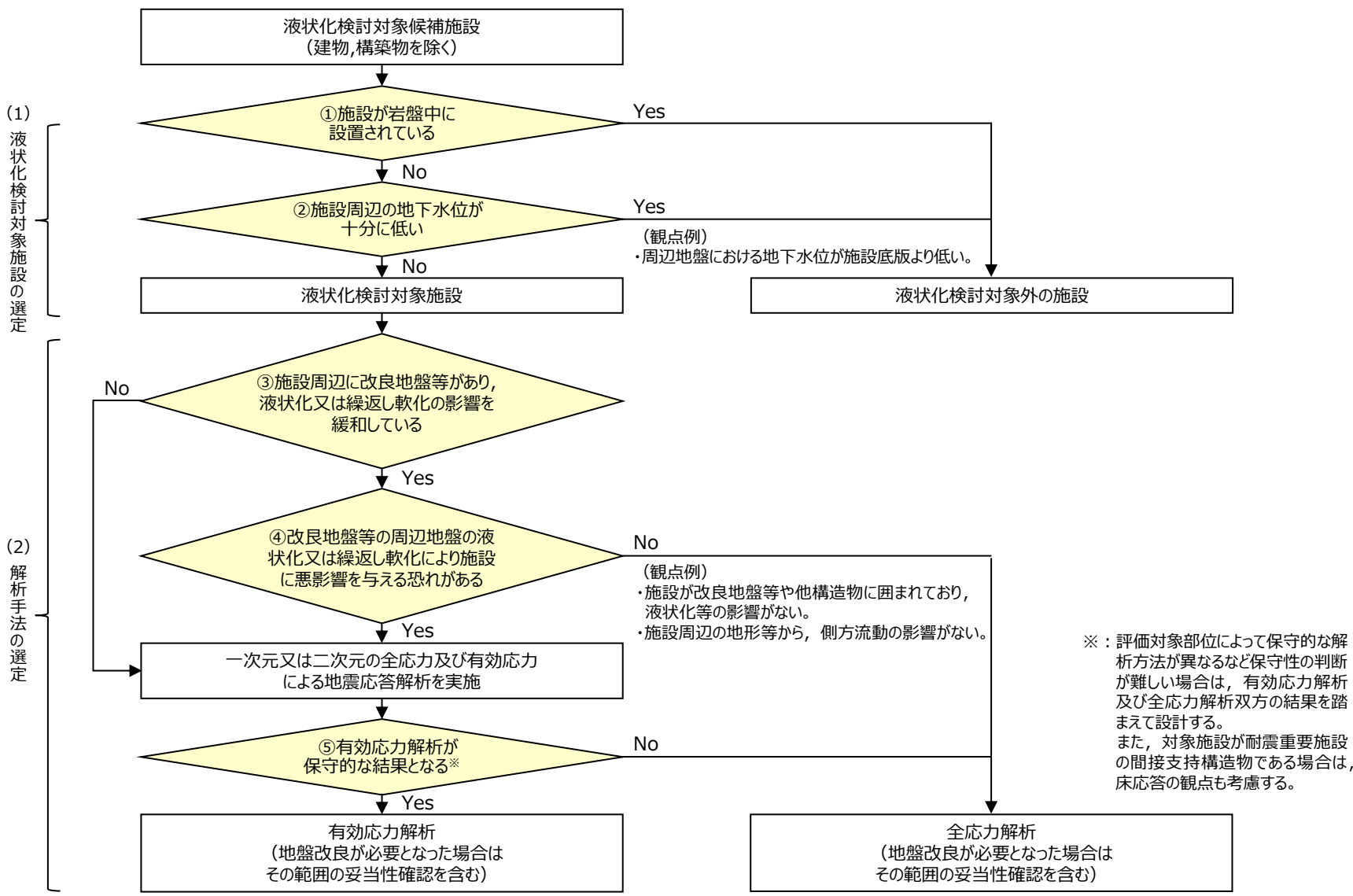
液状化検討対象施設の選定及び解析手法選定フロー（建物,構築物）



### 4. 液状化影響の評価方針

## 液状化検討対象施設の選定及び解析手法選定の観点（４）

■ 液状化検討対象候補施設（建物、構築物を除く）について、液状化検討対象施設の選定及び解析手法選定フローを以下に示す。

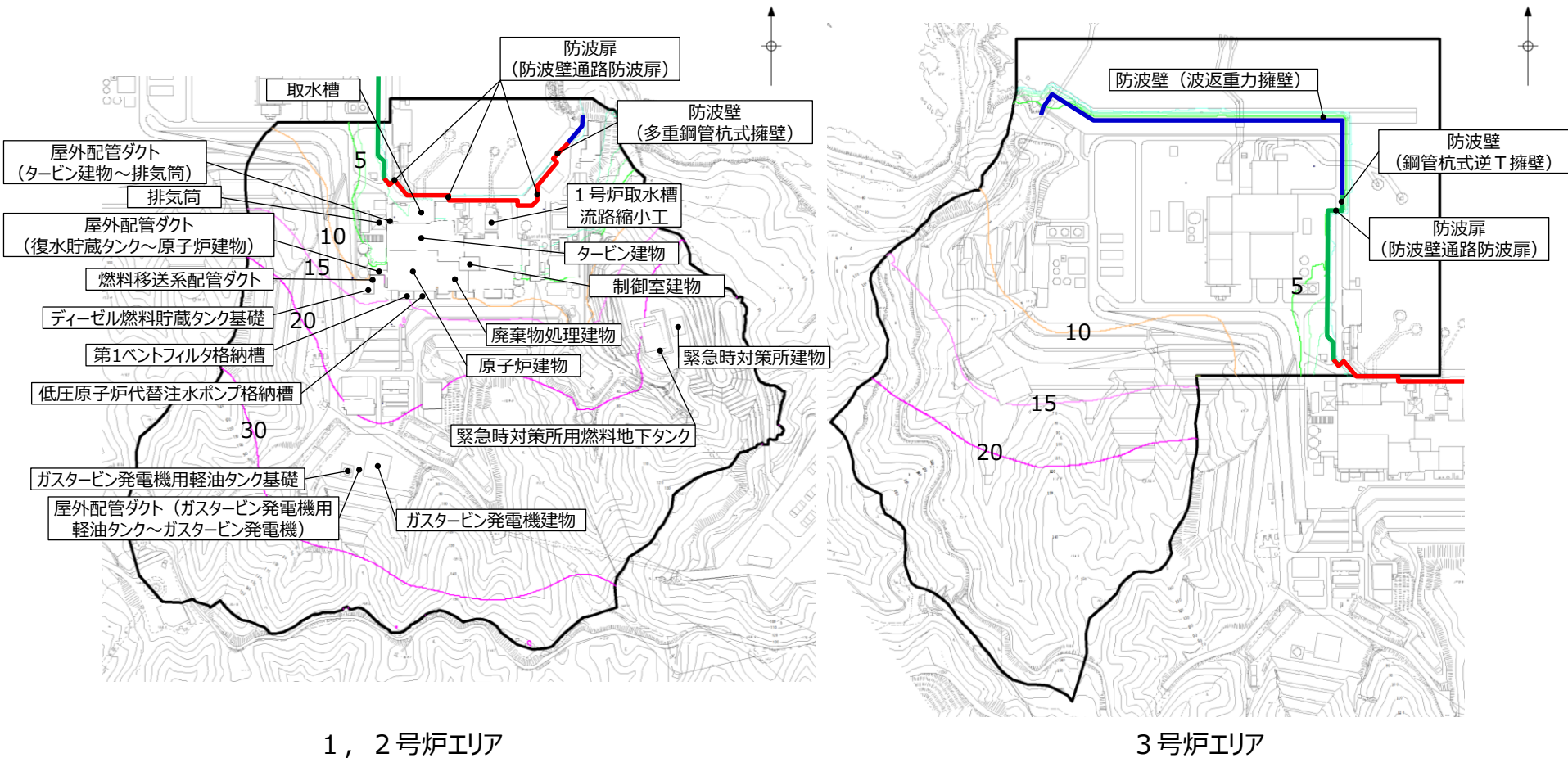


液状化検討対象施設の選定及び解析手法選定フロー（建物、構築物を除く）

## 4. 液状化影響の評価方針

### 液状化検討対象施設の選定及び解析手法選定の観点（5）

- 詳細設計段階で設定する設計用地下水位に対する液状化検討対象施設の選定等に当たって、以下に示す地下水位低下設備が機能しない状態が継続した場合の定常的な地下水位分布を予測した浸透流解析の結果を使用する。なお、原子炉建物等の建物、構築物については、地下水位低下設備の効果に期待した浸透流解析の結果を使用する。
- 地下水位の設定方針において、自然水位（地下水位低下設備を考慮しない場合の地下水位）より保守的に設定した水位とする施設については、以下に示す浸透流解析の結果を踏まえ、液状化検討対象施設の選定フローのうち「②施設周辺の地下水位が十分に低い」の判定を行う。



地下水位低下設備が機能しない場合の地下水位分布算定結果（例）

## 4. 液状化影響の評価方針

## 液状化検討対象施設の選定及び解析手法選定の観点（6）

■ 液状化検討対象施設を選定した結果（例）を以下に示す。

液状化検討対象施設の選定結果（例）

| 施設分類                               | 施設名称      | 項目                     |                  |                        | 液状化検討対象施設※<br>○：対象<br>×：対象外                 |   |
|------------------------------------|-----------|------------------------|------------------|------------------------|---|---|
|                                    |           | ①施設が岩盤中に設置されている        | ②施設周辺の地下水位が十分に低い |                        |   |   |
| 設計基準対象施設                           | 建物、構築物    | 原子炉建物                  | No               | Yes                    | 設計条件保持のため地下水位低下設備を設置することから、施設周辺の地下水位が十分に低い。 | × |
|                                    |           | タービン建物                 | No               | Yes                    | 設計条件保持のため地下水位低下設備を設置することから、施設周辺の地下水位が十分に低い。 | × |
|                                    |           | 廃棄物処理建物                | No               | Yes                    | 設計条件保持のため地下水位低下設備を設置することから、施設周辺の地下水位が十分に低い。 | × |
|                                    |           | 制御室建物                  | No               | Yes                    | 設計条件保持のため地下水位低下設備を設置することから、施設周辺の地下水位が十分に低い。 | × |
|                                    |           | 排気筒                    | No               | Yes                    | 設計条件保持のため地下水位低下設備を設置することから、施設周辺の地下水位が十分に低い。 | × |
|                                    | 屋外重要土木構築物 | 取水槽                    | No               | No                     | 施設に接する高さに地下水位を設定する。                         | ○ |
|                                    |           | 屋外配管ダクト（タービン建物～排気筒）    | No               | No                     | 施設に接する高さに地下水位を設定する。                         | ○ |
|                                    |           | ディーゼル燃料貯蔵タンク基礎         | No               | No                     | 施設に接する高さに地下水位を設定する。                         | ○ |
|                                    |           | 燃料移送系配管ダクト             | No               | No                     | 施設に接する高さに地下水位を設定する。                         | ○ |
|                                    |           | 屋外配管ダクト（復水貯蔵タンク～原子炉建物） | No               | No                     | 施設に接する高さに地下水位を設定する。                         | ○ |
|                                    | 津波防護施設    | 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）          | No               | No                     | 施設に接する高さに地下水位を設定する。                         | ○ |
|                                    |           | 防波壁（鋼管杭式逆T擁壁）          | No               | No                     | 施設に接する高さに地下水位を設定する。                         | ○ |
|                                    |           | 防波壁（波返重力擁壁）            | No               | No                     | 施設に接する高さに地下水位を設定する。                         | ○ |
|                                    |           | 1号炉取水槽流路縮小工            | No               | No                     | 施設に接する高さに地下水位を設定する。                         | ○ |
|                                    |           | 防波扉（防波壁通路防波扉）          | No               | No                     | 施設に接する高さに地下水位を設定する。                         | ○ |
|                                    | 重大事故等対処施設 | 第1バントフィルタ格納槽           | No               | No                     | 施設に接する高さに地下水位を設定する。                         | ○ |
|                                    |           | 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽        | No               | No                     | 施設に接する高さに地下水位を設定する。                         | ○ |
|                                    |           | 緊急時対策所建物               | No               | Yes                    | 周辺地盤における地下水位が施設底版より低い。                      | × |
| 緊急時対策所用燃料地下タンク                     |           | No                     | Yes              | 周辺地盤における地下水位が施設底版より低い。 | ×   |   |
| ガスタービン発電機建物                        |           | No                     | Yes              | 周辺地盤における地下水位が施設底版より低い。 | ×   |   |
| ガスタービン発電機用軽油タンク基礎                  |           | No                     | Yes              | 周辺地盤における地下水位が施設底版より低い。 | ×   |   |
| 屋外配管ダクト（ガスタービン発電機用軽油タンク～ガスタービン発電機） |           | No                     | Yes              | 周辺地盤における地下水位が施設底版より低い。 | ×   |   |

※ 詳細設計段階で実施する地下水位低下設備を考慮した浸透流解析の結果を踏まえ、改めて液状化検討対象施設の選定を行う。

## 4. 液状化影響の評価方針

## 液状化検討対象施設の選定及び解析手法選定の観点（7）

- 選定した液状化検討対象施設（例）に対し、設計基準対象施設・重大事故等対処施設の解析手法を選定した結果（例）を以下に示す。
- ③で施設周辺に改良地盤等がない場合、又は④で悪影響を与える恐れがある場合は、液状化考慮と液状化非考慮で耐震安全性評価上どちらが保守的になるかを確認するため、一次元又は二次元の全応力及び有効応力による地震応答解析を実施した上で、保守的となる解析手法を選定する。④で悪影響を与える恐れがない場合は、全応力解析を実施する。
- 液状化検討対象施設の選定結果（例）において対象とした施設の設置状況を次頁以降に示す。

液状化検討対象施設の解析手法選定結果（例）

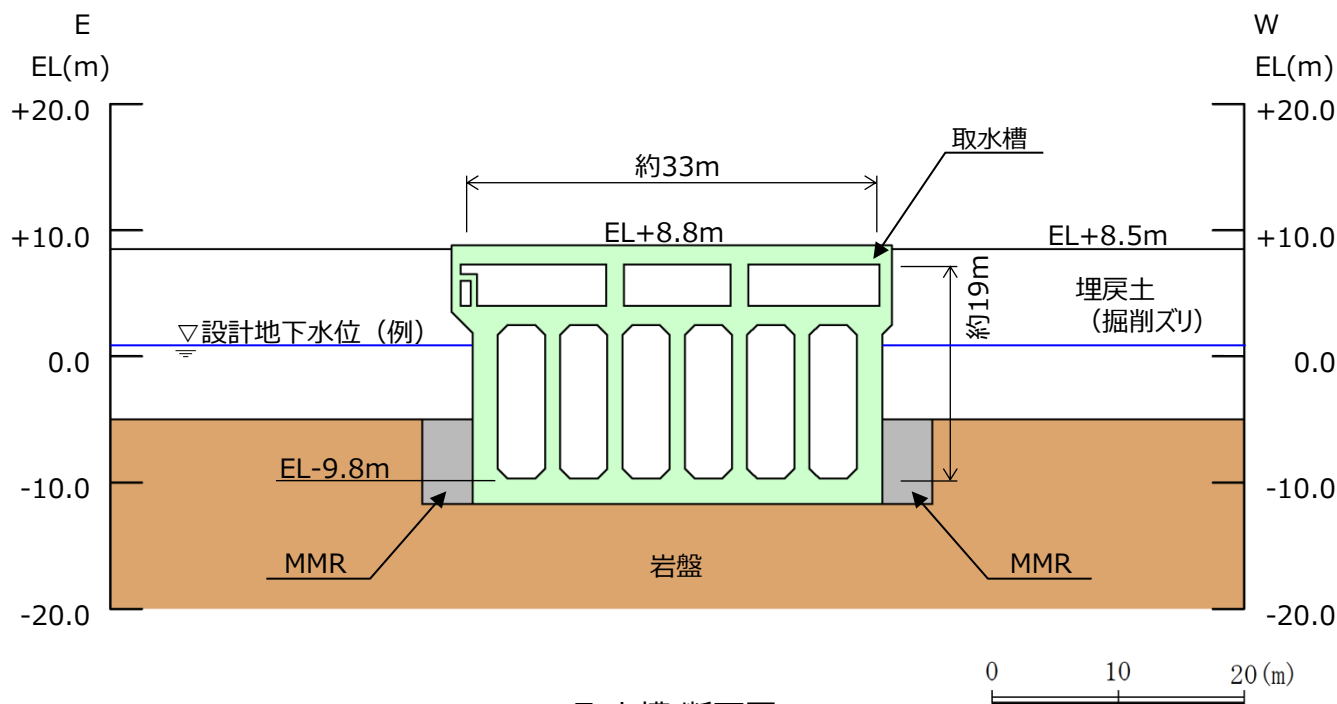
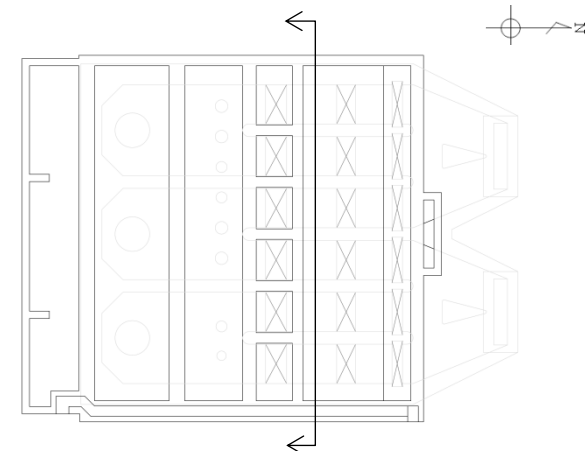
| 施設分類      | 施設名称            | 項目                     |  |  | 一次元又は二次元の全応力及び有効応力による地震応答解析を実施し、解析手法を選定※<br>○：対象<br>×：対象外      |   |   |
|-----------|-----------------|------------------------|--|--|--|---|---|
|           |                 | ③施設周辺に改良地盤等がある         | ④改良地盤等の周辺地盤の液状化又は繰返し軟化により施設に悪影響を与える恐れがある |  |  |   |   |
| 設計基準対象施設  | 屋外重要土木構造物       | 取水槽                    | No                                       | -  |  | ○ |   |
|           |                 | 屋外配管ダクト（タービン建物～排気筒）    | No                                       | -  |  | ○ |   |
|           |                 | ディーゼル燃料貯蔵タンク基礎         | Yes                                      | No   | 施設が改良地盤等に囲まれ、その外側に液状化検討対象層がないことから、液状化の影響はない。                   |   | × |
|           |                 | 燃料移送系配管ダクト             | Yes                                      | No   | 施設が改良地盤等に囲まれ、その外側に液状化検討対象層がないことから、液状化の影響はない。                   |   | × |
|           |                 | 屋外配管ダクト（復水貯蔵タンク～原子炉建物） | Yes                                      | Yes  | 施設側方に改良地盤等があるが、液状化検討対象層とも接している。また、改良地盤等の外側の液状化検討対象層の影響を無視できない。 |   | ○ |
|           | 津波防護施設          | 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）          | No                                       | -  |  | ○ |   |
|           |                 | 防波壁（鋼管杭式逆T擁壁）          | Yes                                      | Yes  | 施設下部は改良地盤等に囲まれるが、その外側の液状化検討対象層の影響を無視できない。                      |   | ○ |
|           |                 | 防波壁（波返重力擁壁）            | No                                       | -  |  | ○ |   |
|           |                 | 1号炉取水槽流路縮小工            | No                                       | -  |  | ○ |   |
|           |                 | 防波扉（防波壁通路防波扉）          | Yes                                      | Yes  | 施設下部は改良地盤等に囲まれるが、その外側の液状化検討対象層の影響を無視できない。                      |   | ○ |
| 重大事故等対処施設 | 第1ベントフィルタ格納槽    | Yes                    | Yes                                      | 施設は改良地盤等に囲まれるが、その外側の液状化検討対象層の影響を無視できない。      |  | ○ |   |
|           | 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽 | Yes                    | No                                       | 施設が改良地盤等に囲まれ、その外側に液状化検討対象層がないことから、液状化の影響はない。 |  | × |   |

※ 詳細設計段階で実施する地下水位低下設備を考慮した浸透流解析の結果を踏まえ、改めて液状化検討対象施設を選定した上で解析手法の選定を行う。

#### 4. 液状化影響の評価方針

### 液状化検討対象施設【取水槽】

- 取水槽の設置状況を以下に示す。
- 取水槽は岩盤上に設置されており、周辺はMMR及び埋戻土（掘削ズリ）が分布している。



取水槽 断面図

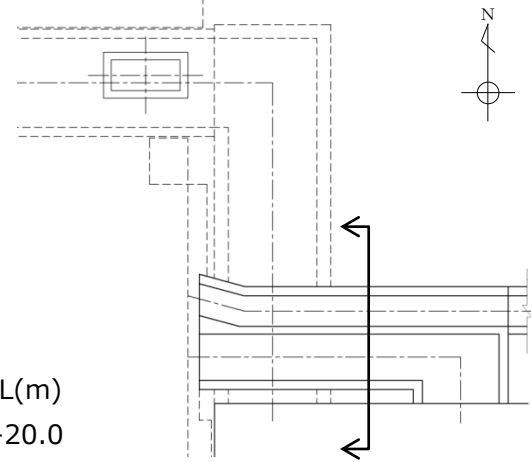
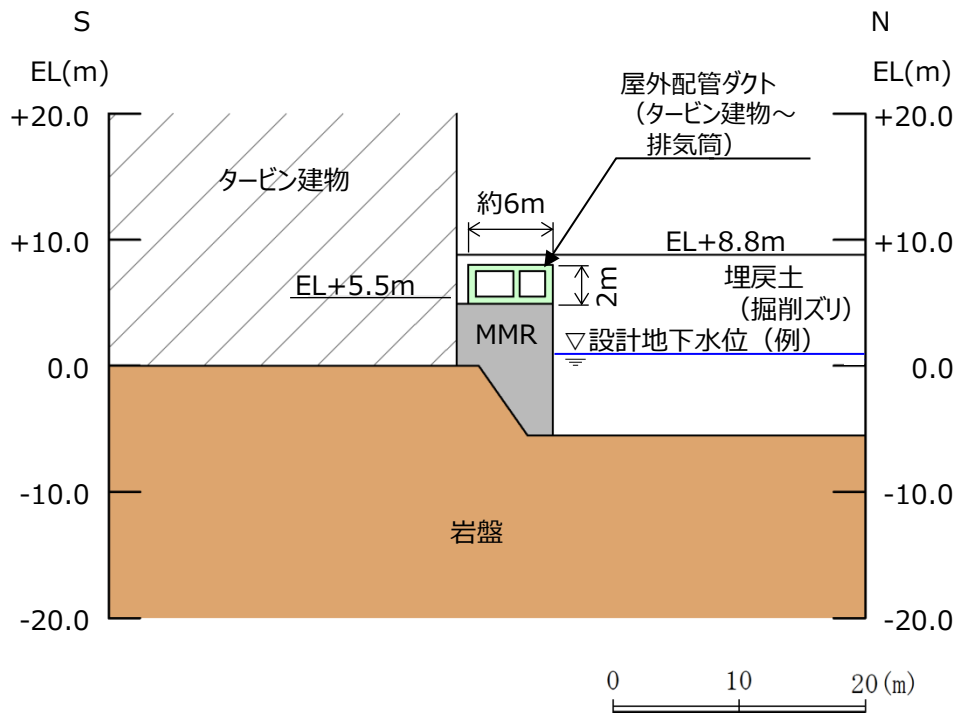


### 4. 液状化影響の評価方針

## 液状化検討対象施設【屋外配管ダクト（タービン建物～排気筒）】

- 屋外配管ダクト（タービン建物～排気筒）の設置状況を以下に示す。
- 屋外配管ダクト（タービン建物～排気筒）はMMRを介して岩盤上に設置されており、周辺は埋戻土（掘削ズリ）が分布している。

第730回審査会合  
資料1-1 P160加筆・修正  
※修正箇所を青字で示す



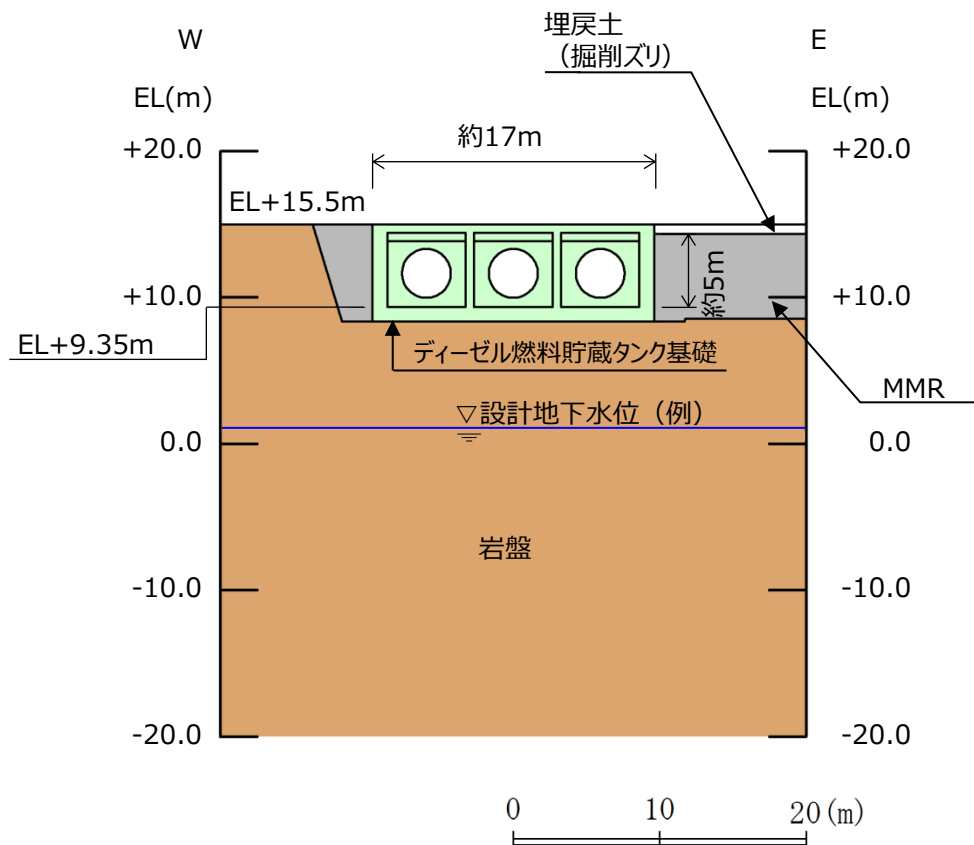
屋外配管ダクト（タービン建物～排気筒）断面図

#### 4. 液状化影響の評価方針

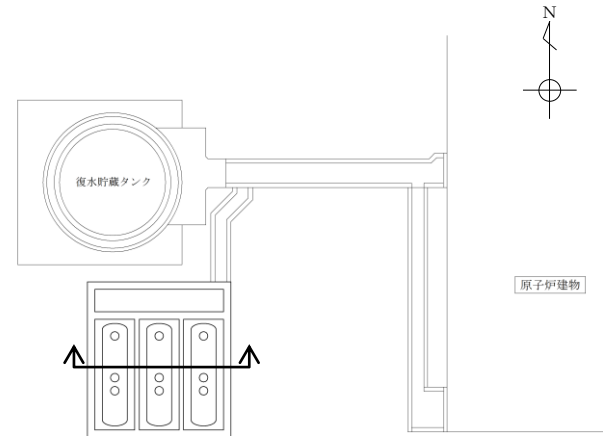
### 液状化検討対象施設【ディーゼル燃料貯蔵タンク基礎】

第730回審査会合  
資料1-1 P161加筆・修正  
※修正箇所を青字で示す

- ディーゼル燃料貯蔵タンク基礎の設置状況を以下に示す。
- ディーゼル燃料貯蔵タンク基礎は岩盤上に設置されており、周辺はMMRが分布している。



ディーゼル燃料貯蔵タンク基礎 断面図

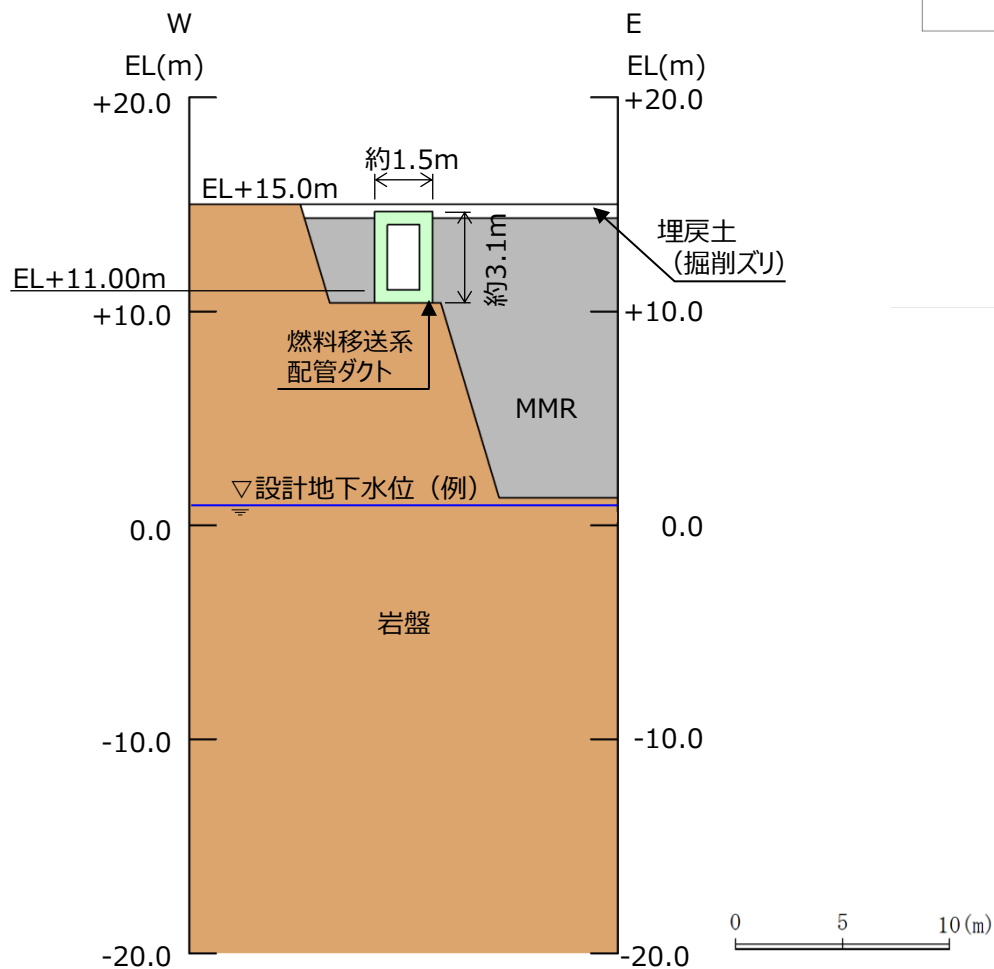


#### 4. 液状化影響の評価方針

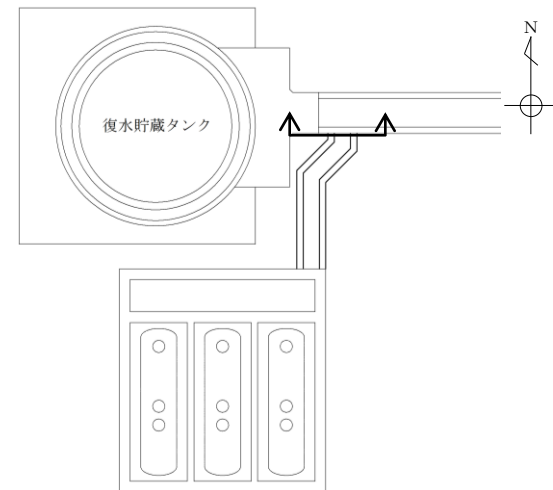
### 液状化検討対象施設【燃料移送系配管ダクト】

第730回審査会合  
資料1-1 P162加筆・修正  
※修正箇所を青字で示す

- 燃料移送系配管ダクトの設置状況を以下に示す。
- 燃料移送系配管ダクトは岩盤上に設置されており、周辺はMMRが分布している。



燃料移送系配管ダクト 断面図

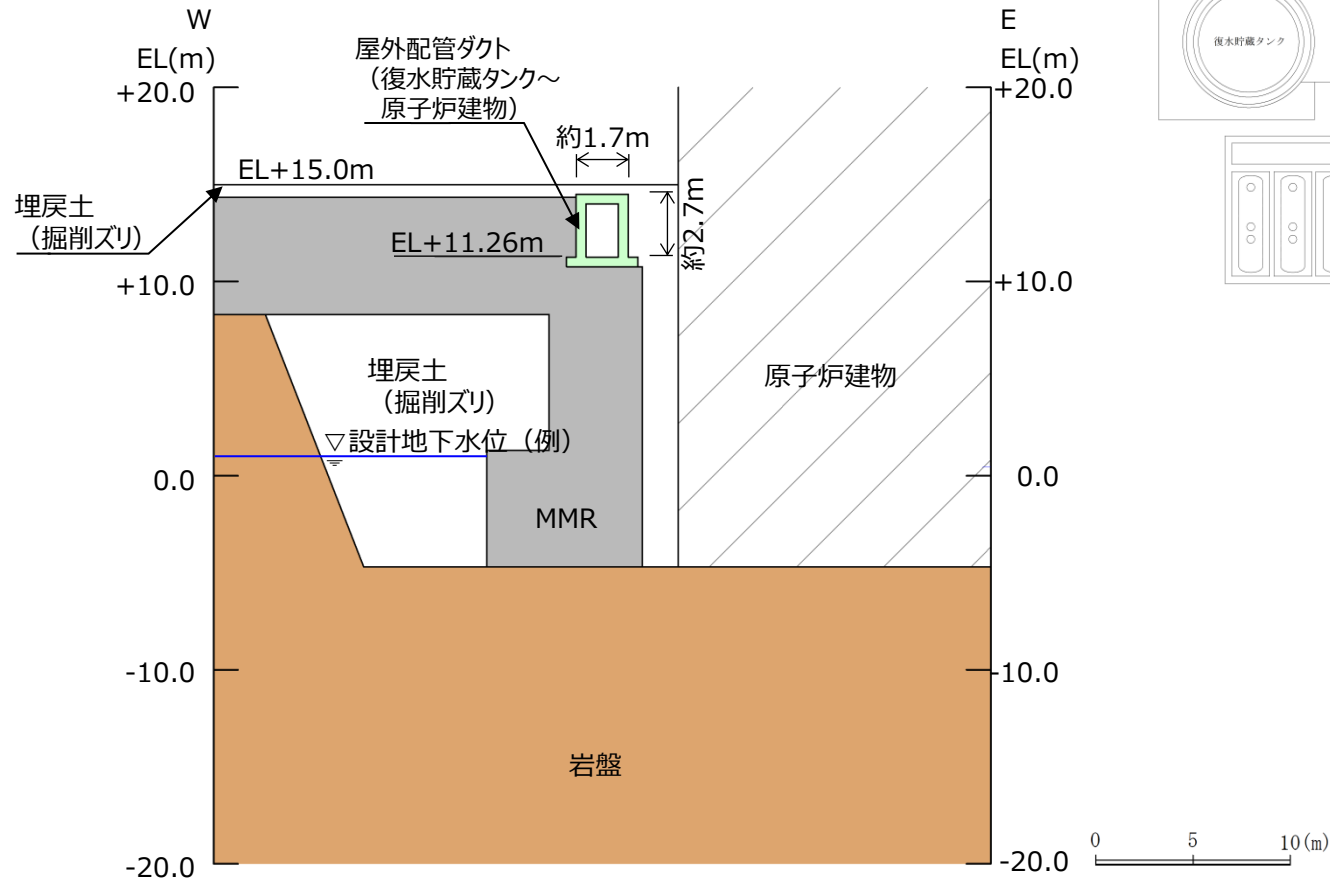


## 4. 液状化影響の評価方針

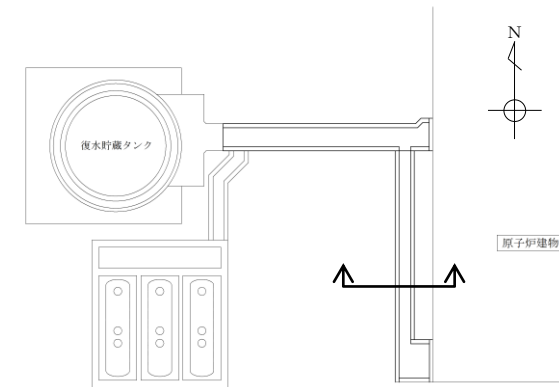
## 液状化検討対象施設【屋外配管ダクト（復水貯蔵タンク～原子炉建物）】

- 屋外配管ダクト（復水貯蔵タンク～原子炉建物）の設置状況を以下に示す。
- 屋外配管ダクト（復水貯蔵タンク～原子炉建物）はMMRを介して岩盤上に設置されており，周辺はMMR及び埋戻土（掘削ズリ）が分布している。

第730回審査会合  
資料1-1 P163加筆・修正  
※修正箇所を青字で示す



屋外配管ダクト（復水貯蔵タンク～原子炉建物）断面図

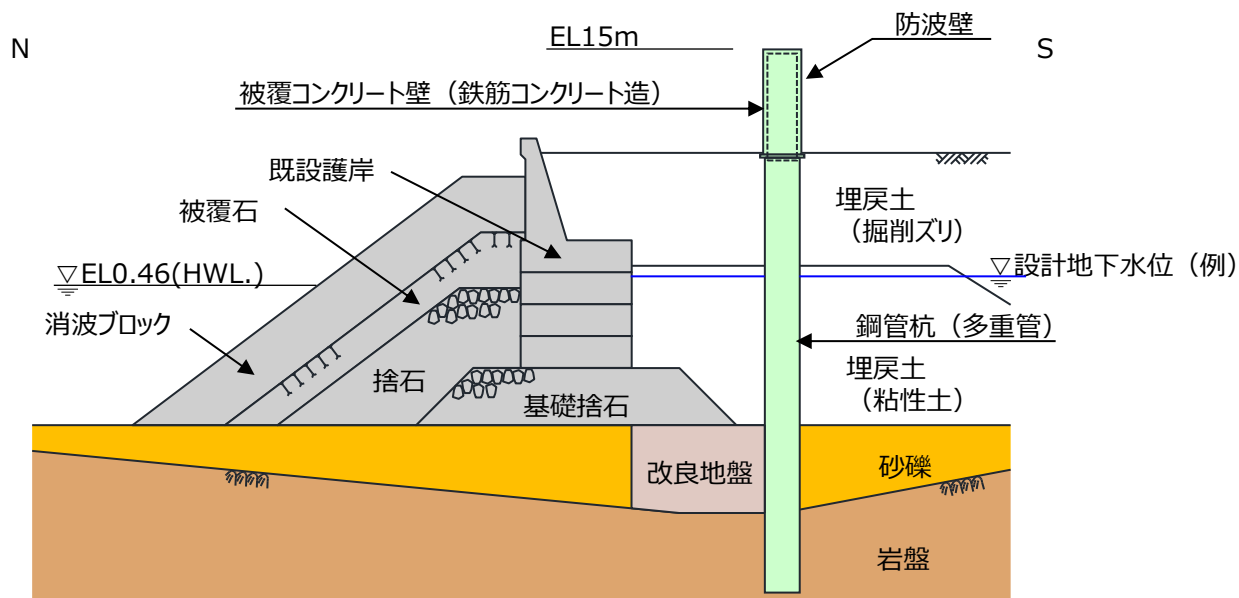
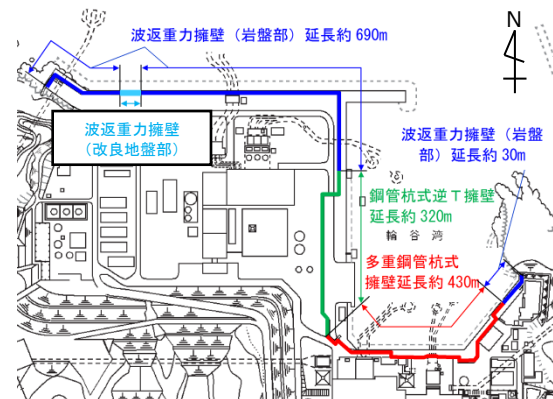


#### 4. 液状化影響の評価方針

### 液状化検討対象施設【防波壁（多重鋼管杭式擁壁）】

第730回審査会合  
資料1-1 P164加筆・修正  
※修正箇所を青字で示す

- 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）における地下水位・設備の設置状況を以下に示す。
- 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）は鋼管杭（多重管）により岩盤支持されており、周辺は埋戻土（掘削ズリ）、埋戻土（粘性土）及び砂礫層が分布している。



防波壁（多重鋼管杭式擁壁）断面図

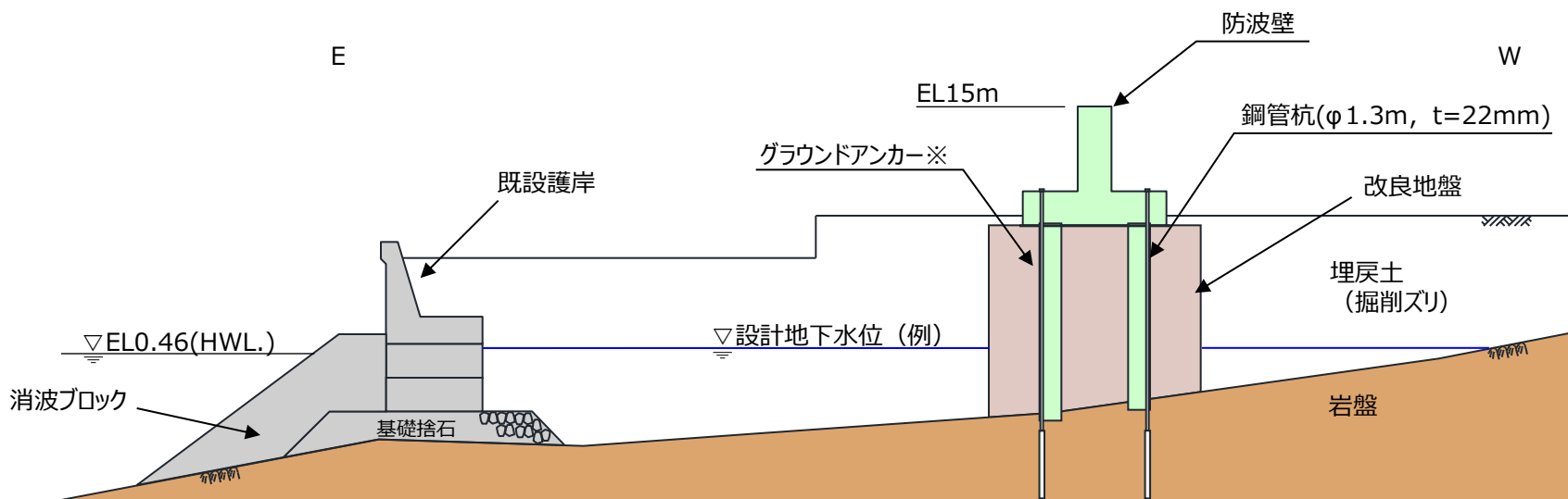
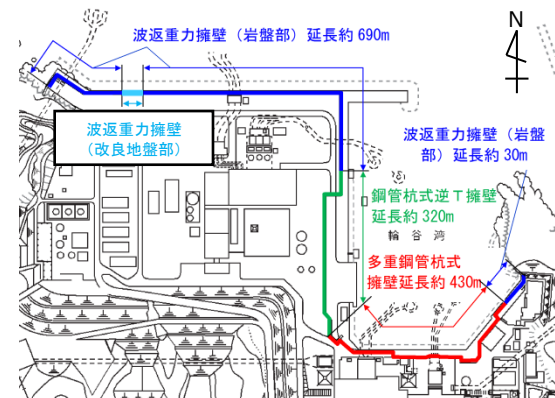


#### 4. 液状化影響の評価方針

### 液状化検討対象施設【防波壁（鋼管杭式逆T擁壁）】

第730回審査会合  
資料1-1 P165加筆・修正  
※修正箇所を青字で示す

- 防波壁（鋼管杭式逆T擁壁）の設置状況を以下に示す。
- 防波壁（鋼管杭式逆T擁壁）は鋼管杭により岩盤支持されており，周辺は改良地盤及び埋戻土（掘削ズリ）が分布している。



※グラウンドアンカーの効果を期待しなくても，耐震・耐津波安全性を担保している。

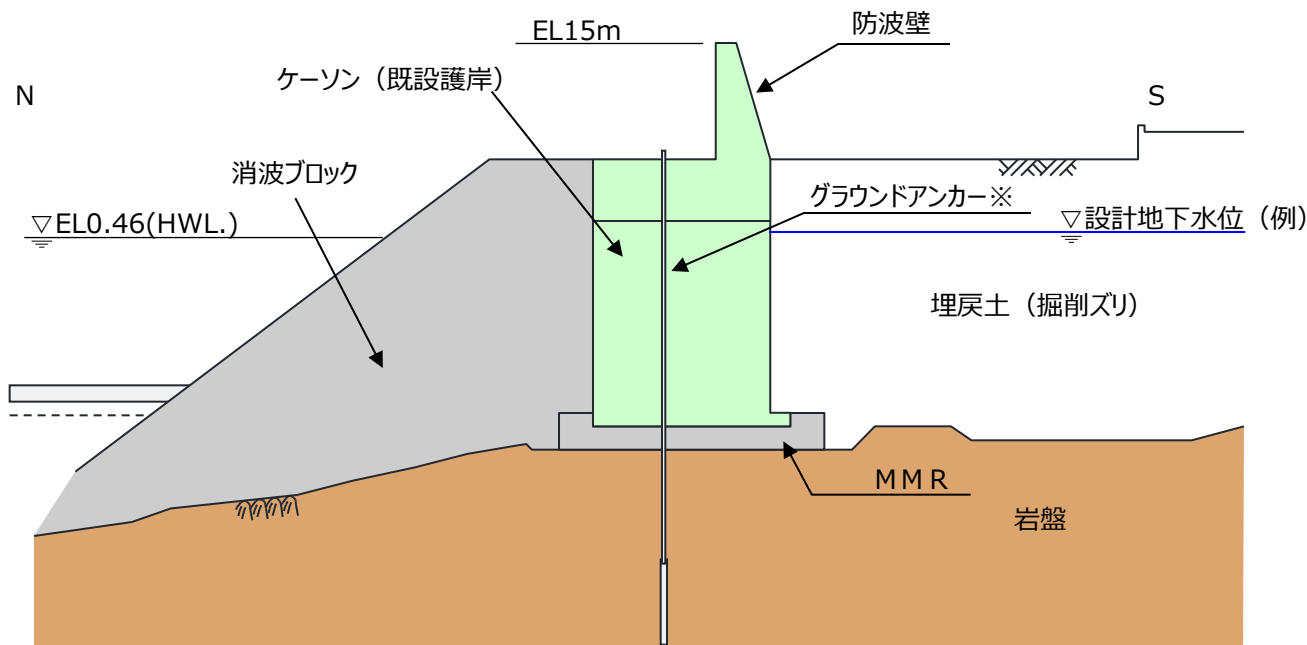
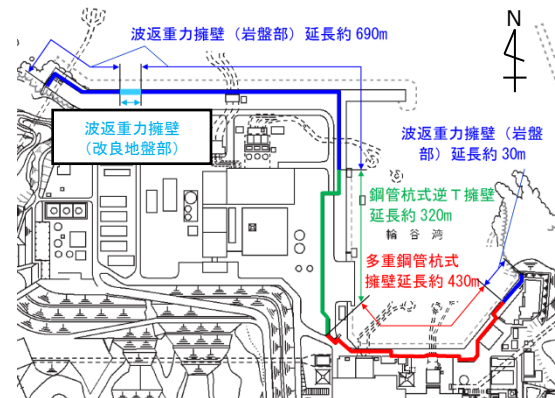
防波壁（鋼管杭式逆T擁壁）断面図

#### 4. 液状化影響の評価方針

### 液状化検討対象施設【防波壁（波返重力擁壁）】

第730回審査会合  
資料1-1 P166加筆・修正  
※修正箇所を青字で示す

- 防波壁（波返重力擁壁）の設置状況を以下に示す。
- 防波壁（波返重力擁壁）はMMRを介して岩盤上に設置されており、周辺は埋戻土（掘削ズリ）が分布している。



※グラウンドアンカーの効果을期待しなくても、耐震・耐津波安全性を担保している。

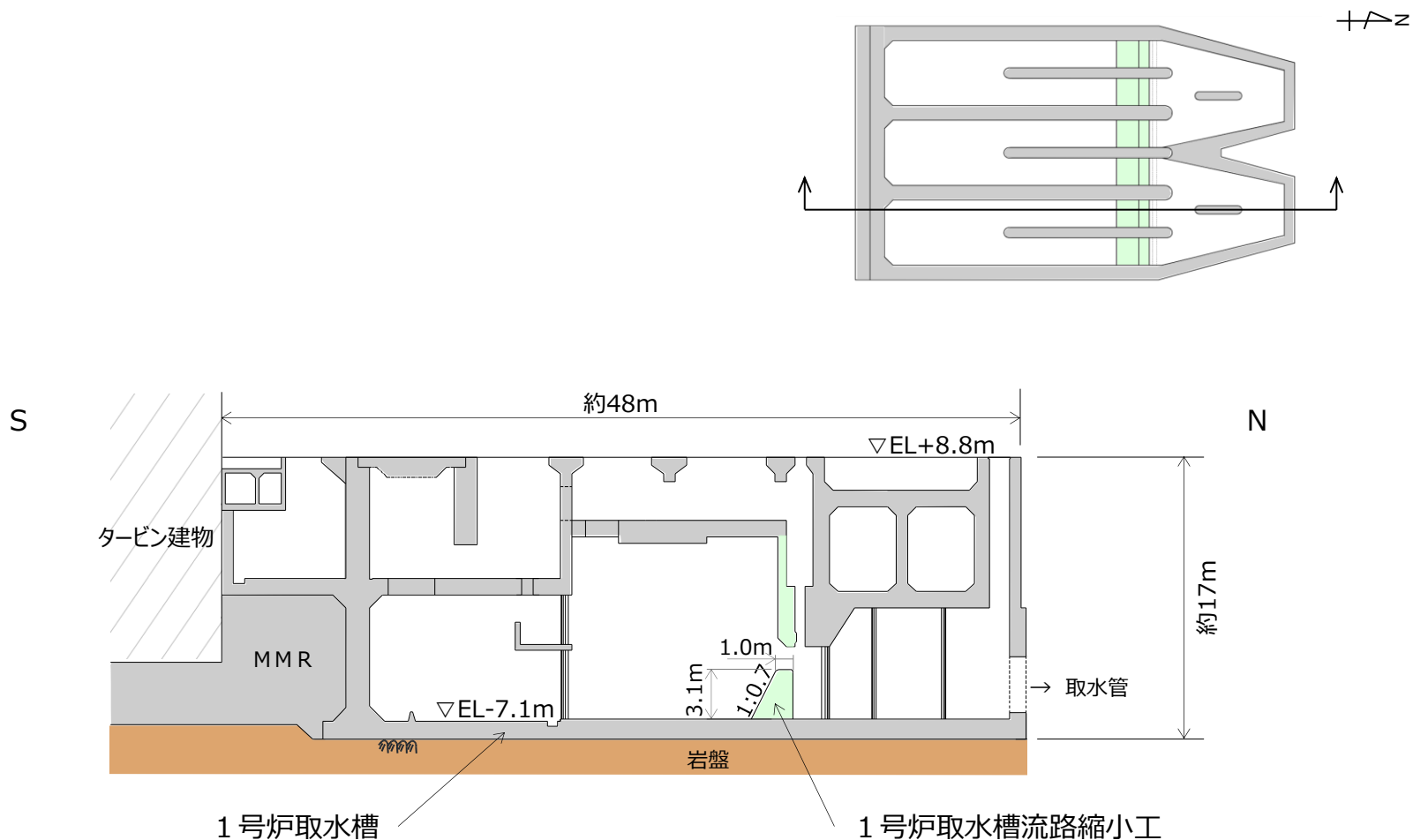
防波壁（波返重力擁壁（岩盤部））断面図

0 5 10m

## 4. 液状化影響の評価方針

## 液状化検討対象施設【1号炉取水槽流路縮小工】

- 1号炉取水槽流路縮小工の設置状況を以下に示す。
- 1号炉取水槽流路縮小工は1号炉取水槽を介して岩盤上に設置されており、周辺はMMR、埋戻土（掘削ズリ）及び埋戻土（粘性土）が分布している。



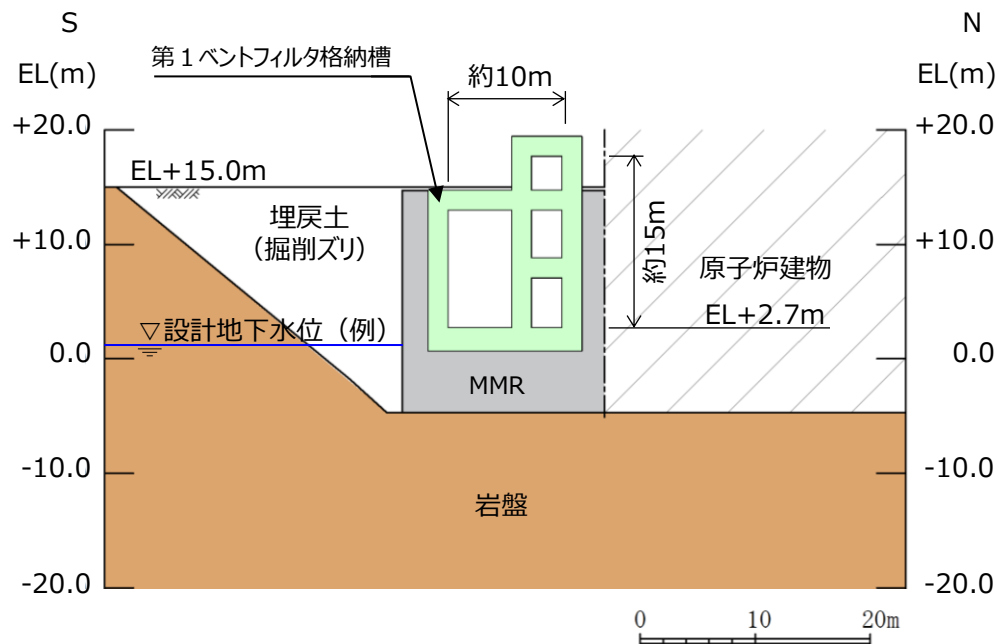
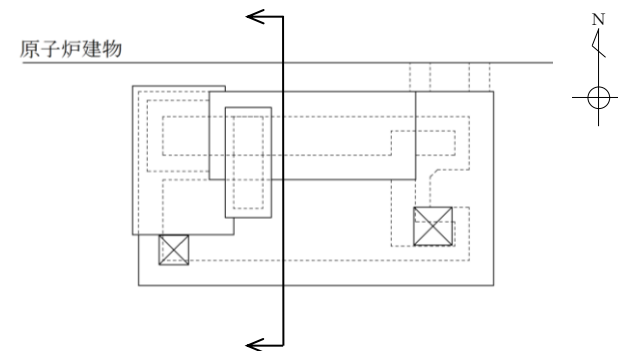
1号炉取水槽流路縮小工 断面図



## 4. 液状化影響の評価方針

## 液状化検討対象施設【第1ベントフィルタ格納槽】

- 第1ベントフィルタ格納槽の設置状況を以下に示す。
- 第1ベントフィルタ格納槽はMMRを介して岩盤上に設置されており、周辺はMMR（マンメイドロック）及び埋戻土（掘削ズリ）が分布している。

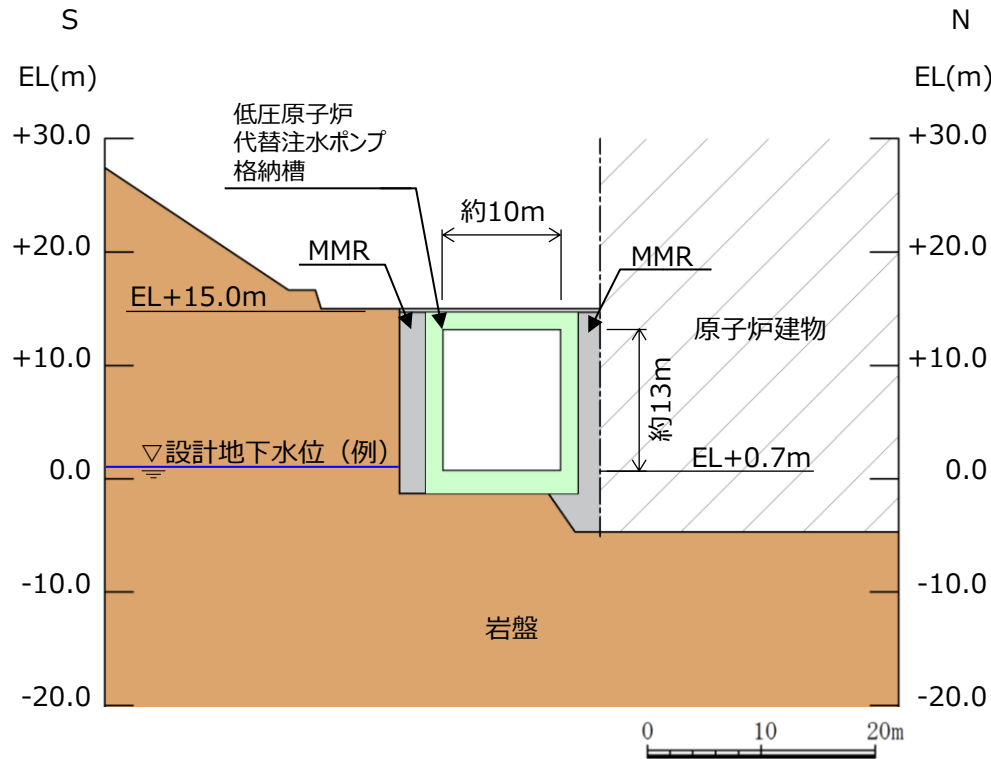
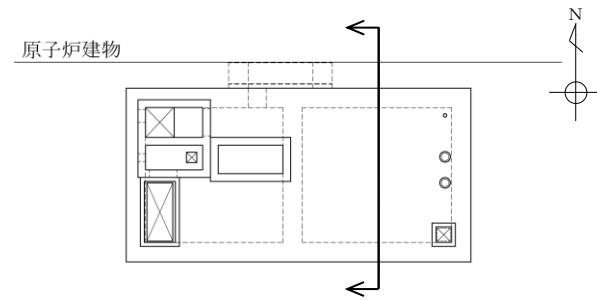


第1ベントフィルタ格納槽 断面図

#### 4. 液状化影響の評価方針

### 液状化検討対象施設【低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽】

- 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽の設置状況を以下に示す。
- 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽は岩盤上に設置されており、周辺はMMR（マンメイドロック）及び埋戻土（掘削ズリ）が分布している。



低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽 断面図



1. 液状化評価の基本方針
2. 液状化評価対象層の抽出
3. 液状化強度特性の網羅性，代表性
  - 3.1 液状化試験試料採取位置とその代表性
  - 3.2 液状化試験結果
  - 3.3 基準地震動 $S_s$ に対する液状化試験の妥当性確認
  - 3.4 簡易設定法
  - 3.5 液状化強度特性の設定方針
4. 液状化影響の評価方針
5. 参考文献

## 5. 参考文献

- 道路橋示方書：道路橋示方書・同解説（V耐震設計編），（社）日本道路協会，H24.3
- 港湾基準：港湾の施設の技術上の基準・同解説，（社）日本港湾協会，H19年版
- 港湾構造物設計事例集，沿岸技術研究センター，H19年版
- 地盤工学会基準JGS4001：性能設計概念に基づいた基礎構造物等に関する設計原則（H18）
- 地盤工学会，H21：地盤材料試験の方法と解説，平成21年11月
- 安田，H3：液状化の調査から対策工まで，安田進，鹿島出版会，H3.5
- 吉田，H22：地盤の地震応答解析，吉田望，鹿島出版会，H22.10
- 土木学会，H15：過剰間隙水圧の発生過程が地盤の地震応答に与える影響，土木学会地震工学委員会レベル2地震動による液状化研究小委員会 レベル2地震動による液状化に関するシンポジウム論文集，pp397-400，H15.6
- 地盤工学会，H18：地盤工学用語辞典，pp219-220，H18.3
- 井合進，H20：サイクリックモビリティCyclic Mobility，地盤工学会誌，56-8，H20.3
- 吉見吉昭，H3：砂地盤の液状化（第二版），技報堂出版，H3.5
- 井合進，飛田哲男，小堤治（H20）：砂の繰返し載荷時の挙動モデルとしてのひずみ空間多重モデルにおけるストレスダイレイタンスー関係，京都大学防災研究所年報，第51号，pp.291-304，H20
- 鉄道総合技術研究所（H24）：鉄道構造物等設計標準・同解説，H24.9
- Iai, S., Matsunaga, Y. and Kameoka, T. (1992): STRAIN SPACE PLASTICITY MODEL FOR CYCLIC MOBILITY, SOILS AND FOUNDATIONS, Vol,32, No. 2, pp.1-15.
- Iai, S., Morita, T., Kameoka, T., Matsunaga, Y. and Abiko, K. (1995): RESPONSE OF A DENSE SAND DEPOSIT DURING 1993 KUSHIRO-OKI EARTHQUAKE, SOILS AND FOUNDATIONS, Vol,35, No.1, pp.115-131.
- コンクリート標準示方書[構造性能照査編]，（社）土木学会，H14年制定
- 建築物荷重指針・同解説，日本建築学会，H16年版
- 建築物の構造関係技術基準解説書，国土交通省住宅局建築指導課，国土交通省国土技術政策総合研究所，独立行政法人建築研究所，日本建築行政会議 監修，H19.8
- 森田ら，H9：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，運輸省港湾技術研究所，港湾技研資料，No.869，H9.6
- 第四期FLIP研究会14年間のまとめWG，H23：液状化解析プログラムFLIPによる動的解析の実務，財団法人沿岸技術研究センター，H23.8
- 土質試験 基本と手引き：地盤工学会，H22
- 兵庫県南部地震による港湾施設の被害考察：運輸省港湾技術研究所，港湾技研資料，No.813，H7