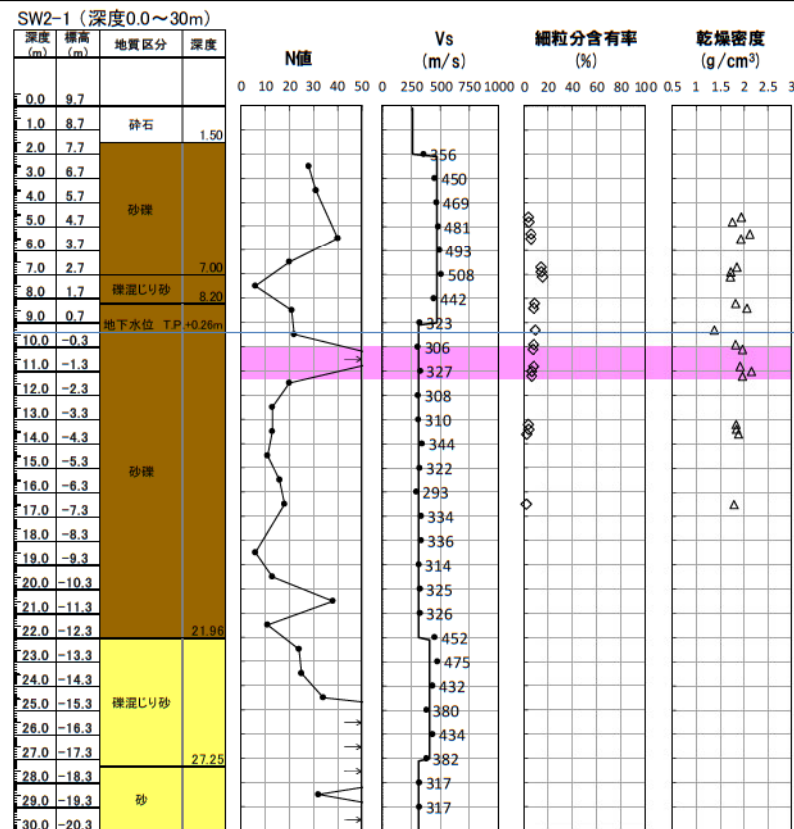
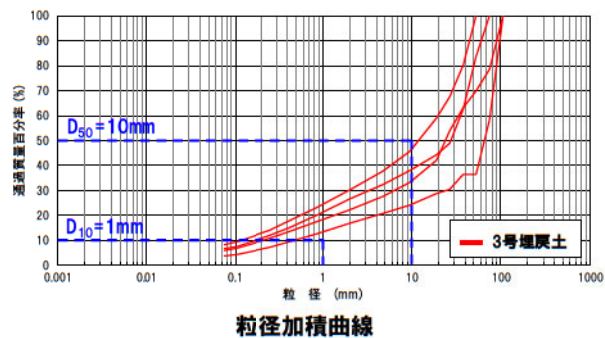
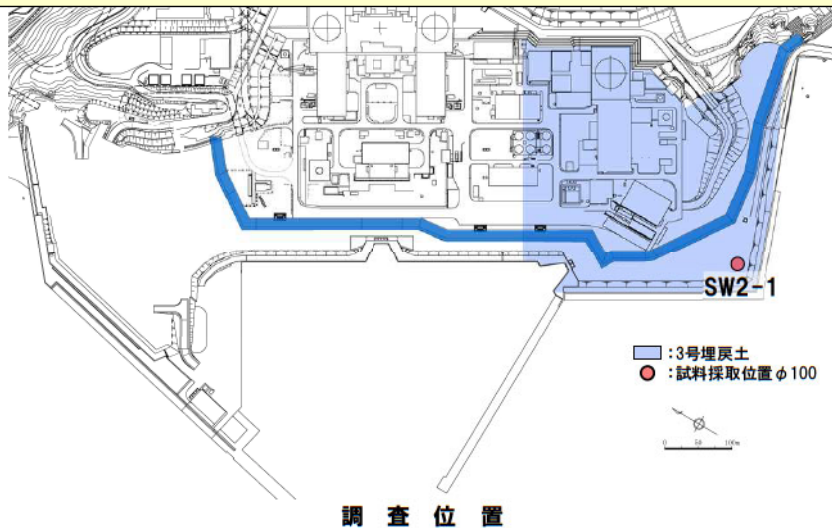


補足説明資料2 埋戻土・砂層の基本物性

試料採取位置 (SW2-1地点) の基本物性 <3号埋戻土>

- SW2-1地点の基本物性を以下に示す。
- N値は6~50以上とばらつきが認められる。
- 供試体の粒度分布は、 D_{50} は12.6~66.7mmで10mm以上であり、 D_{10} は0.12~0.51mmで1mm以下である。細粒分含有率は $F_c=6.4\sim 8.2\%$ である。せん断速度 V_s は $V_s=293\sim 508\text{m/s}$ である。

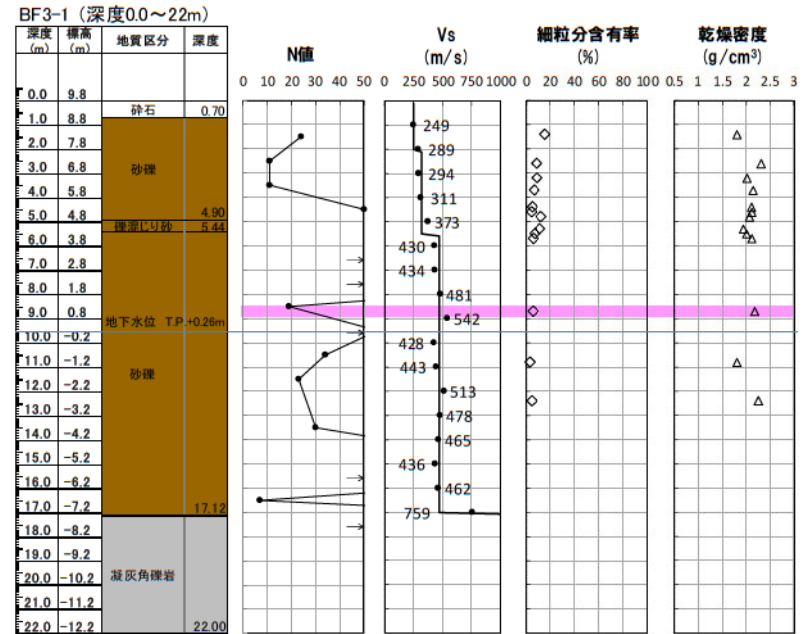
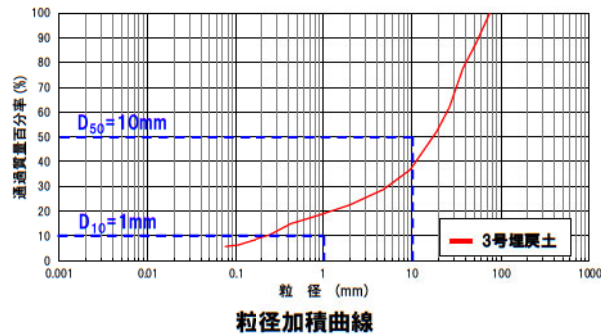
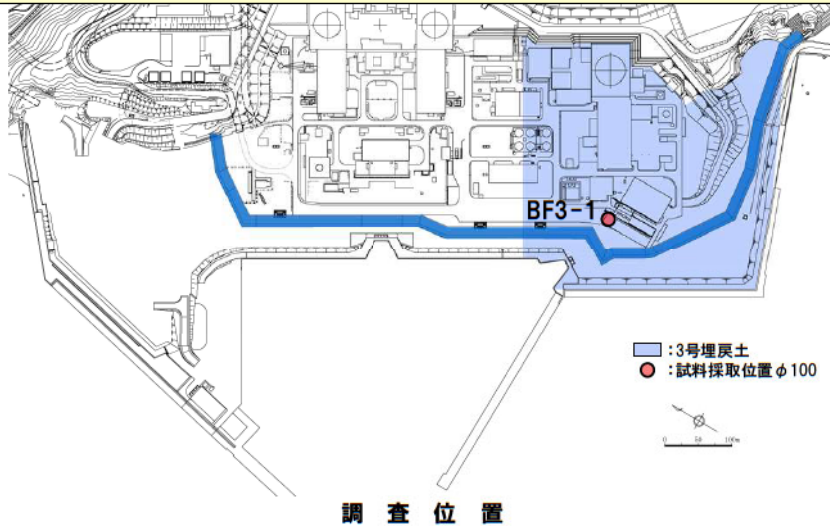


ボーリング柱状図及び原位置・室内試験結果

補足説明資料2 埋戻土・砂層の基本物性

試料採取位置 (BF3-1地点) の基本物性 <3号埋戻土>

- BF3-1地点の基本物性を以下に示す。
- N値は7~50以上とばらつきが認められる。
- 供試体の粒度分布は、 D_{50} は17.6mmで10mm以上であり、 D_{10} は0.23mmで1mm以下である。細粒分含有率は $F_c=5.8\%$ である。せん断速度 V_s は $V_s=294\sim 759\text{m/s}$ である。



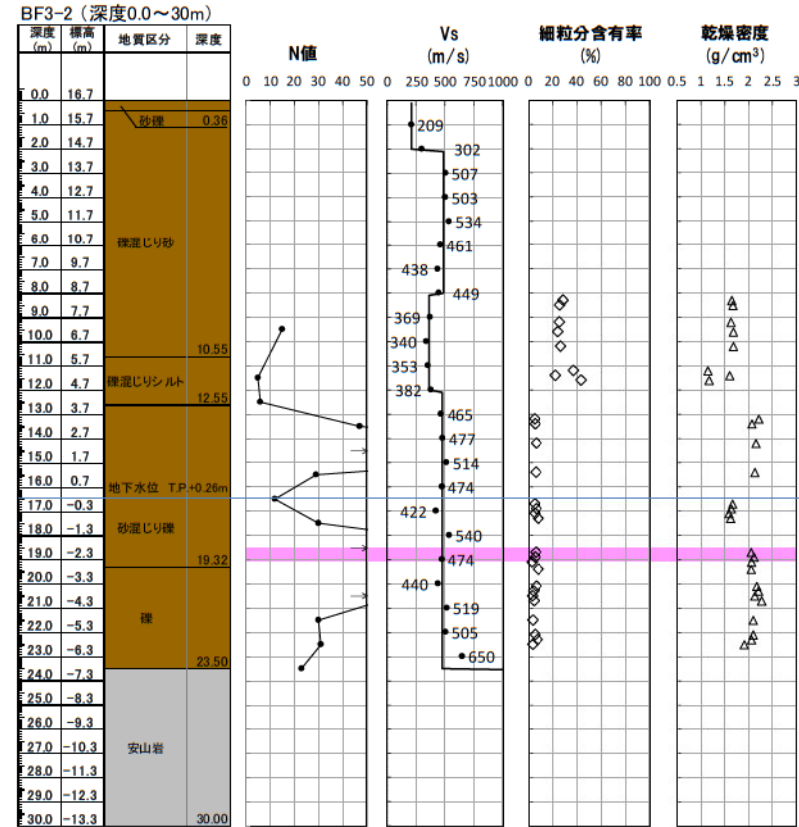
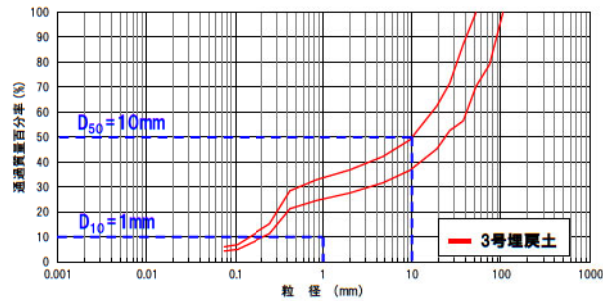
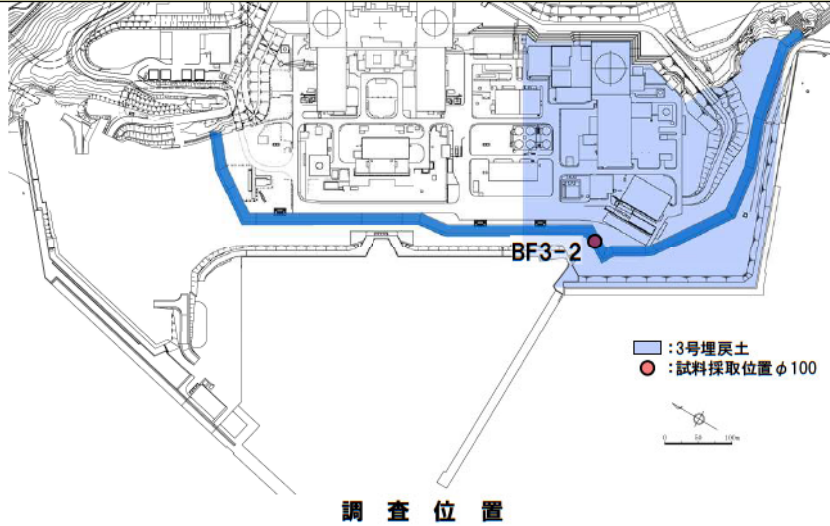
ボーリング柱状図及び原位置・室内試験結果

液状化強度試験位置

補足説明資料2 埋戻土・砂層の基本物性

試料採取位置 (BF3-2地点) の基本物性 <3号埋戻土>

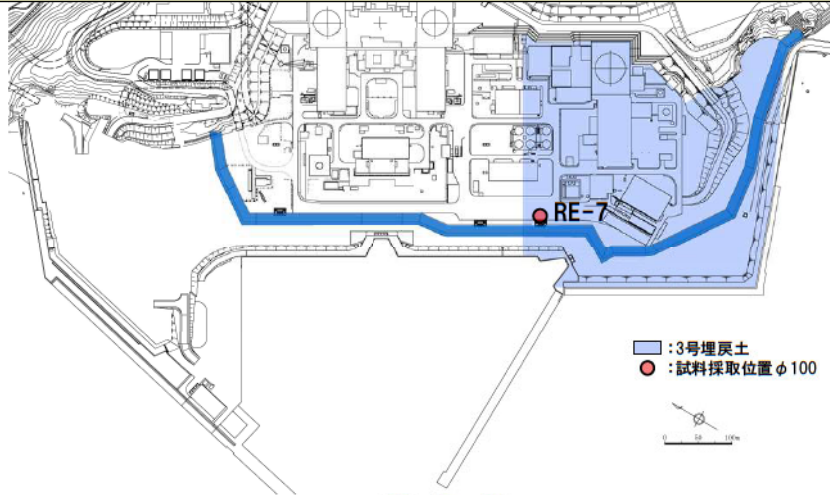
- BF3-2地点の基本物性を以下に示す。
- N値は5～50以上とばらつきが認められる。
- 供試体の粒度分布は、 D_{50} は10.2～23.8mmで10mm以上であり、 D_{10} は0.16～0.22mmで1mm以下である。細粒分含有率は $F_c=5.5\sim6.1\%$ である。せん断速度 V_s は $V_s=340\sim650\text{m/s}$ である。



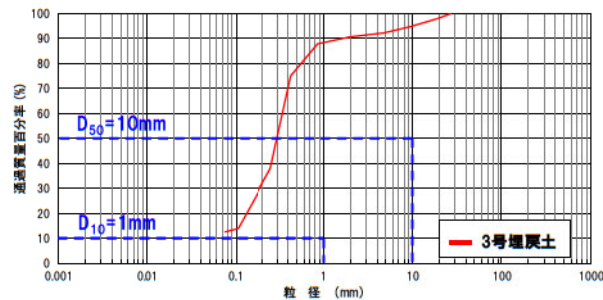
液状化強度試験位置

補足説明資料2 埋戻土・砂層の基本物性 試料採取位置 (RE-7地点) の基本物性 <3号埋戻土>

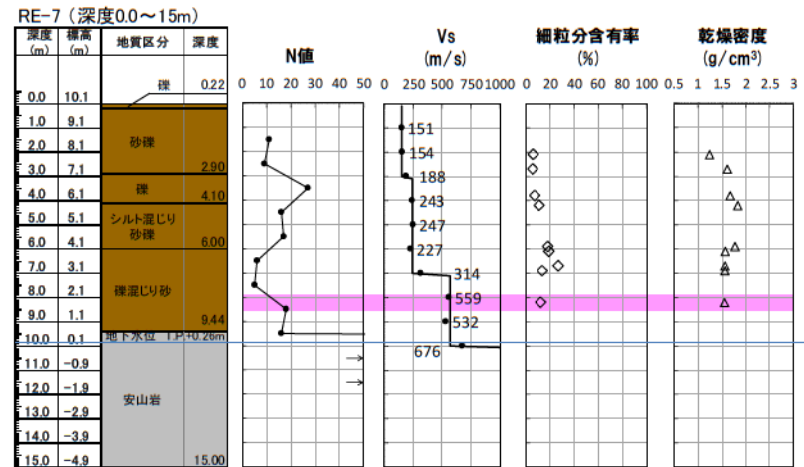
- RE-7地点の基本物性を以下に示す。
- N値は5~27以上とばらつきが認められる。
- 供試体の粒度分布は、 D_{50} は0.31mmで砂分が多くなっており、 D_{10} は0.075mm以下である。細粒分含有率は $F_c=12.6\%$ である。せん断速度 V_s は $V_s=227\sim 559\text{m/s}$ である。



調査位置



粒径加積曲線

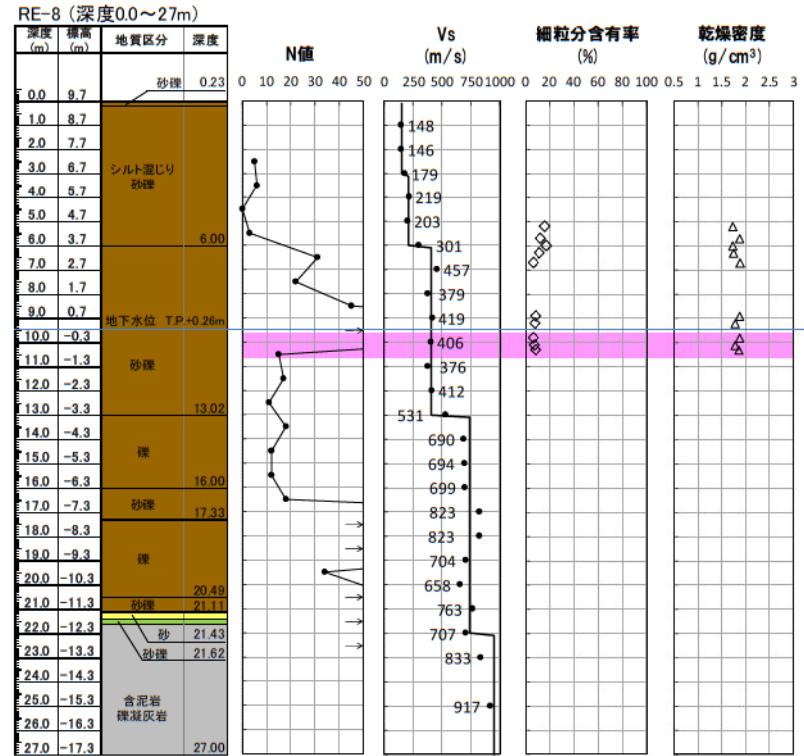
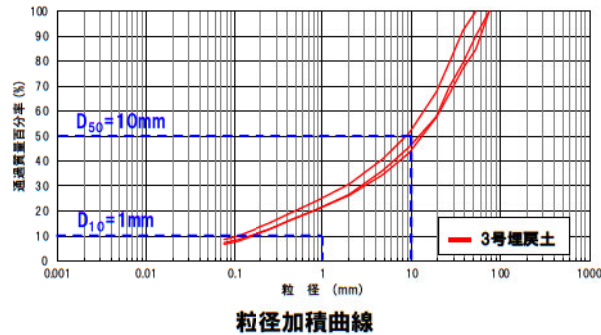
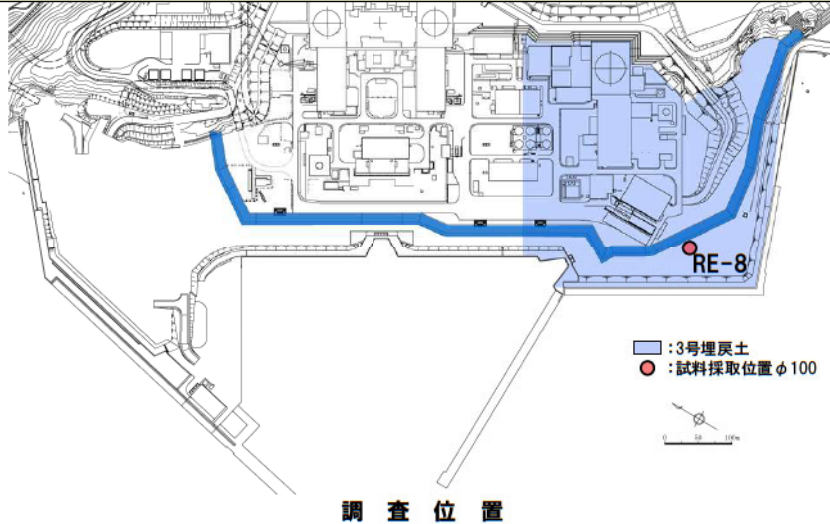


ボーリング柱状図及び原位置・室内試験結果

液化強度試験位置

補足説明資料2 埋戻土・砂層の基本物性 試料採取位置 (RE-8地点) の基本物性 <3号埋戻土>

- RE-8地点の基本物性を以下に示す。
- N値は0～50以上とばらつきが認められる。
- 供試体の粒度分布は、 D_{50} は8.92～13.92mmで2データ/3データが10mm以上であり、 D_{10} は0.11～0.17mmで1mm以下である。細粒分含有率は $F_c=6.6\sim 8.6\%$ である。せん断速度 V_s は $V_s=203\sim 823\text{m/s}$ である。

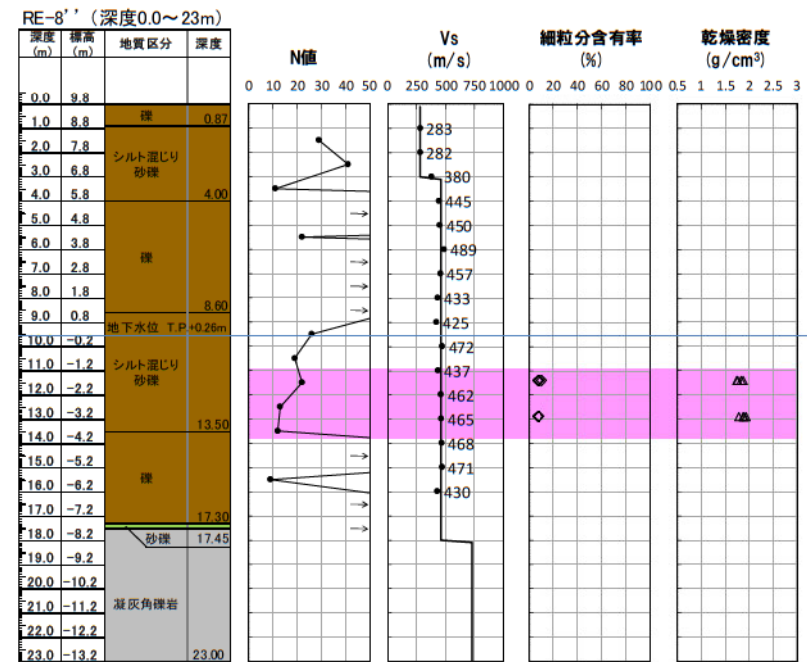
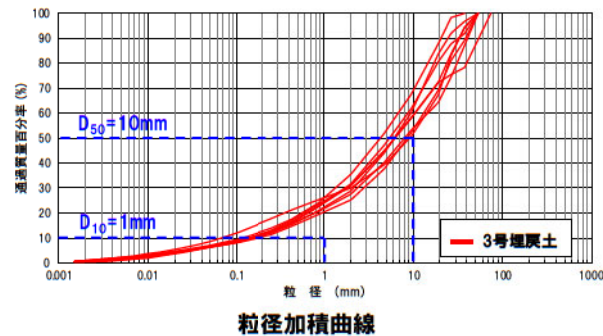
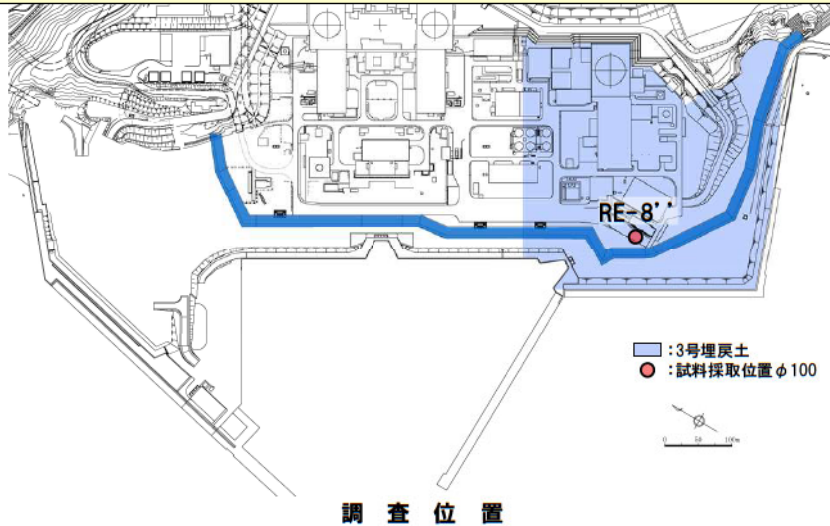


液状化強度試験位置

補足説明資料2 埋戻土・砂層の基本物性

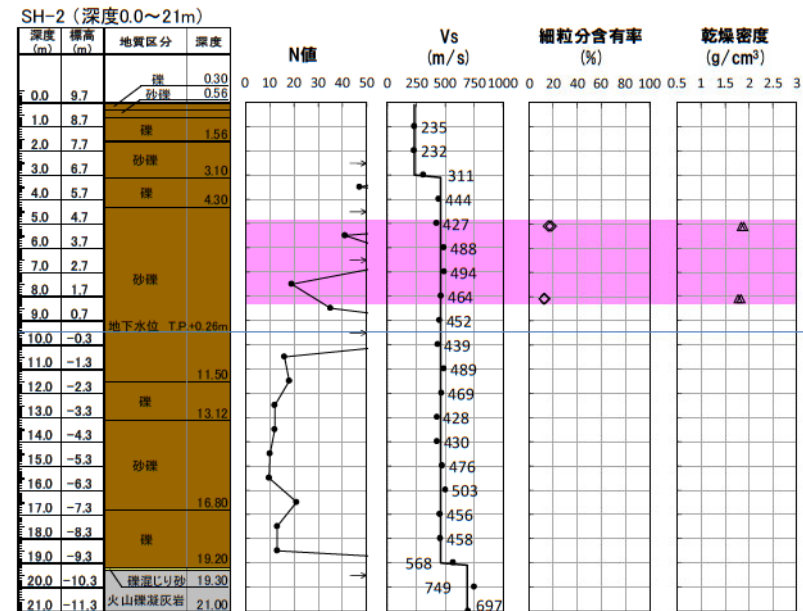
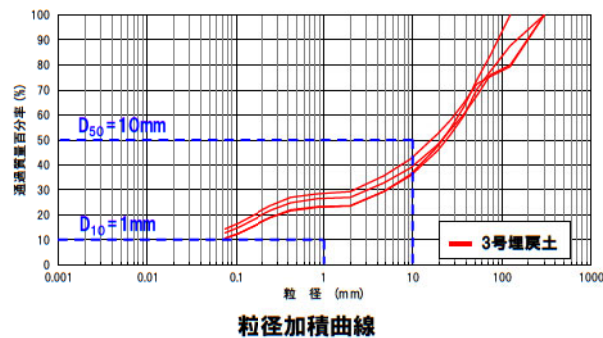
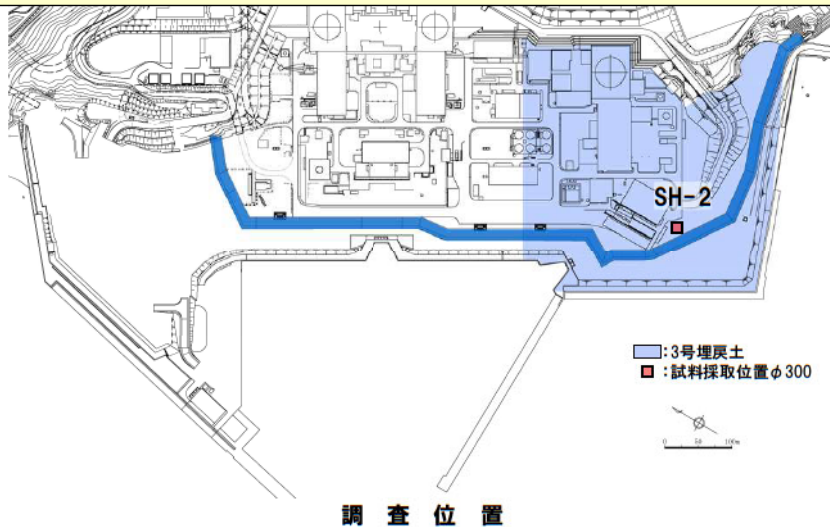
試料採取位置 (RE-8' 地点) の基本物性 <3号埋戻土>

- RE-8' 地点の基本物性を以下に示す。
- N値は9~50以上とばらつきが認められる。
- 供試体の粒度分布は、 D_{50} は4.43~9.24mmで10mm以上のデータはなく、 D_{10} は0.07~0.19mmで1mm以下である。細粒分含有率は $F_c=7.3\sim 10.5\%$ である。せん断速度 V_s は $V_s=425\sim 489\text{m/s}$ である。



補足説明資料2 埋戻土・砂層の基本物性 試料採取位置 (SH-2地点) の基本物性 <3号埋戻土>

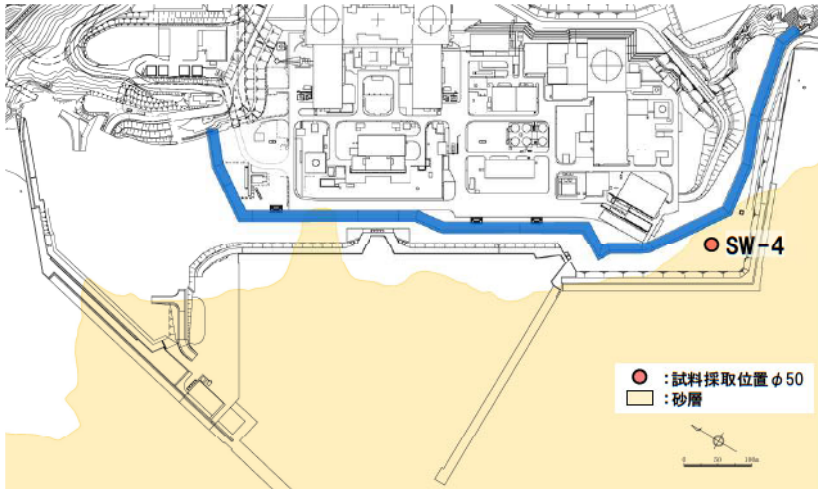
- SH-2地点の基本物性を以下に示す。
- N値は10～50以上とばらつきが認められる。
- 供試体の粒度分布は、 D_{50} は16.72～24.00mmで10mm以上であり、 D_{10} は0.075mm以下である。細粒分含有率は $F_c=12.7\sim18.8\%$ である。せん断速度 V_s は $V_s=428\sim568\text{m/s}$ である。



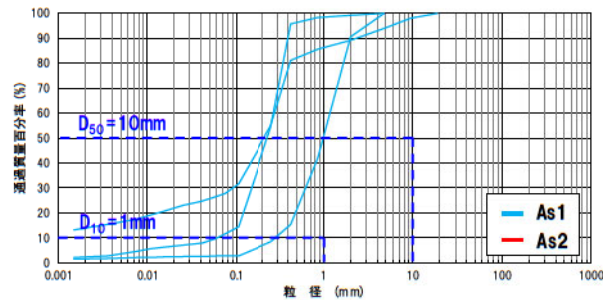
液状化強度試験位置

補足説明資料2 埋戻土・砂層の基本物性 試料採取位置 (SW-4地点) の基本物性 <砂層>

- SW-4地点の基本物性を以下に示す。
- N値は8~50以上とばらつきが認められる。
- 供試体の粒度分布は、D50は0.22~1.04mmで10mm以下であり、D10は0.15~0.29mmで1mm以下である。細粒分含有率はFc=2.8~27.9%である。せん断波速度VsはVs=244~338m/sである。

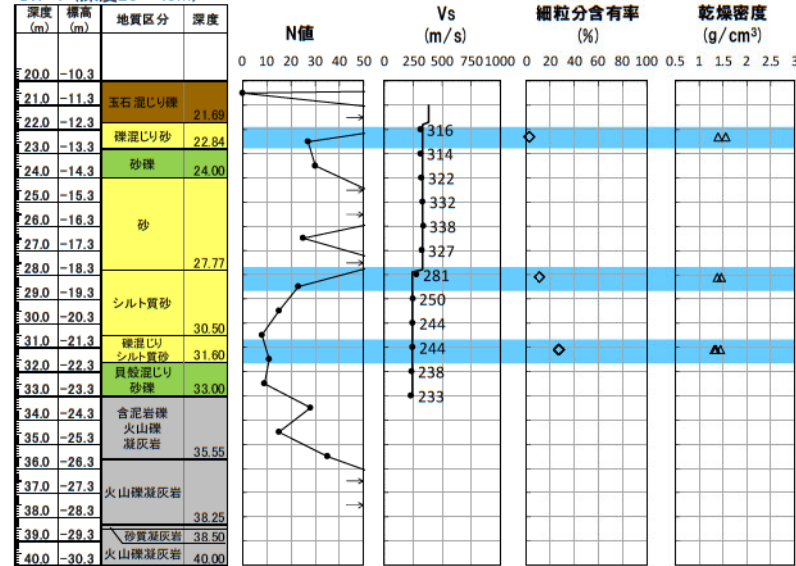


調査位置



粒径加積曲線

SW-4 (深度20~40m)



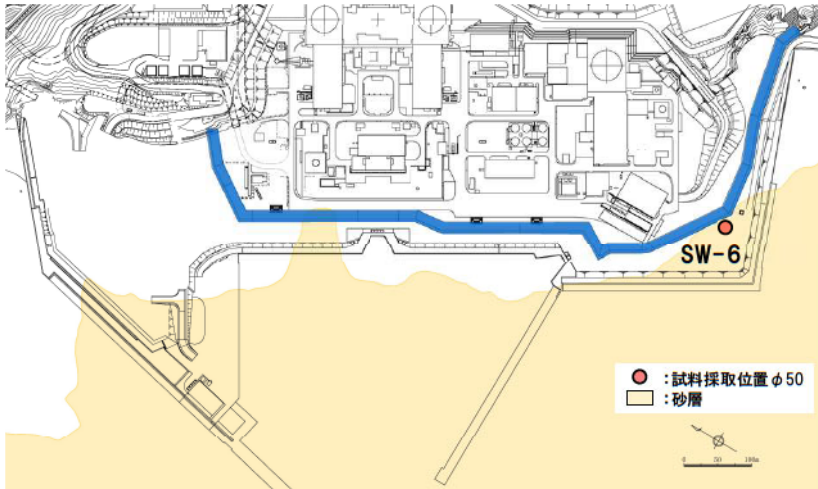
ボーリング柱状図及び原位置・室内試験結果

液状化強度試験位置
As1
As2

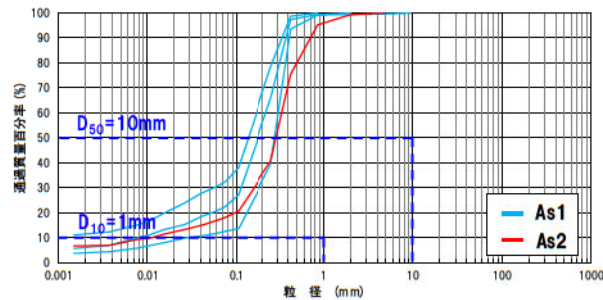
補足説明資料2 埋戻土・砂層の基本物性

試料採取位置 (SW-6地点) の基本物性 <砂層>

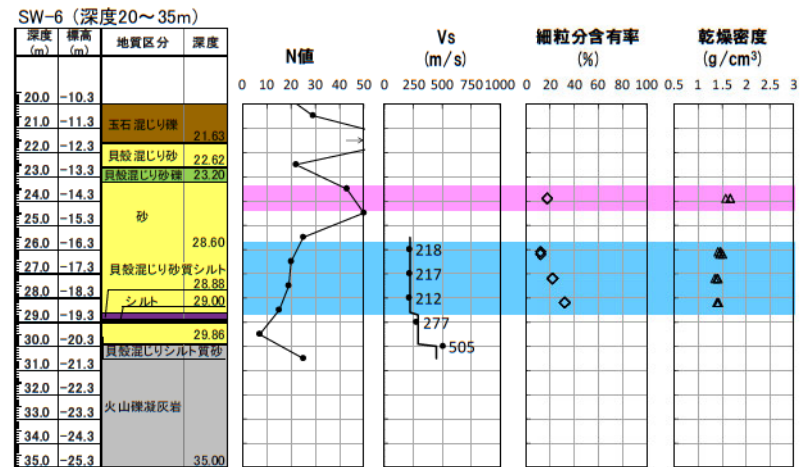
- SW-6地点の基本物性を以下に示す。
- N値は7~50以上とばらつきが認められる。
- 供試体の粒度分布は、 D_{50} は0.15~0.30mmで10mm以下であり、 D_{10} は0.01~0.03mmで1mm以下である。細粒分含有率は $F_c=12.4\sim32.3\%$ である。せん断波速度 V_s は $V_s=212\sim218\text{m/s}$ である。



調査位置



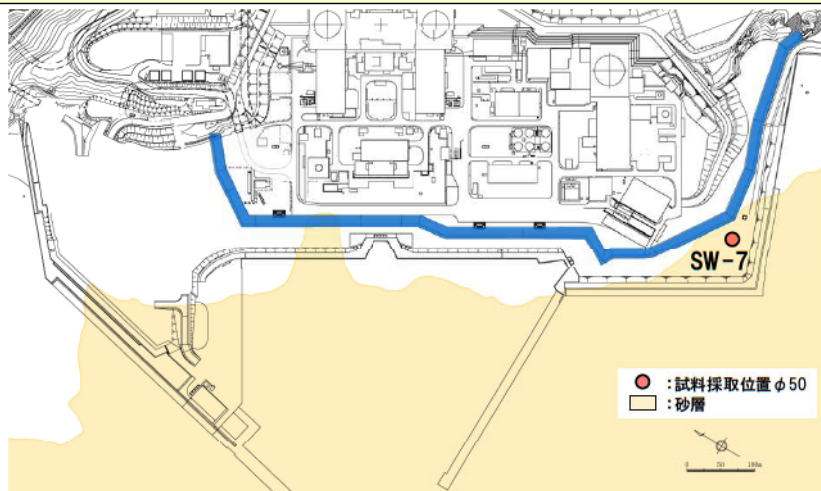
粒径加積曲線



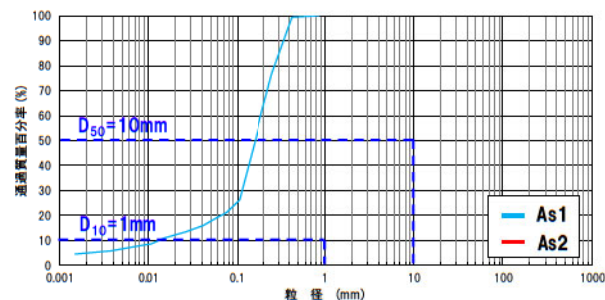
ボーリング柱状図及び原位置・室内試験結果

補足説明資料2 埋戻土・砂層の基本物性 試料採取位置 (SW-7地点) の基本物性 <砂層>

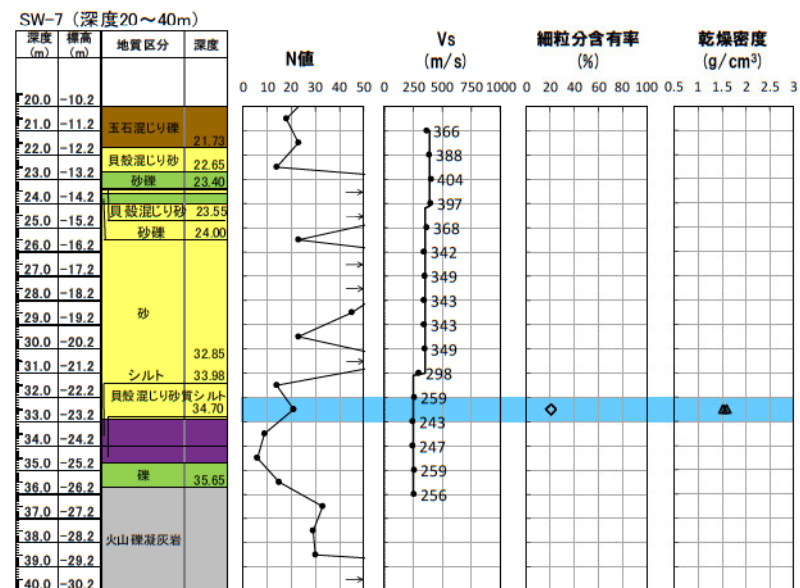
- SW-7地点の基本物性を以下に示す。
- N値は14~50以上とばらつきが認められる。
- 供試体の粒度分布は、 D_{50} は0.17mmで10mm以下であり、 D_{10} は0.01mmで1mm以下である。細粒分含有率は $F_c=21.1\%$ である。せん断波速度 V_s は $V_s=259\sim368\text{m/s}$ である。



調査位置



粒径加積曲線

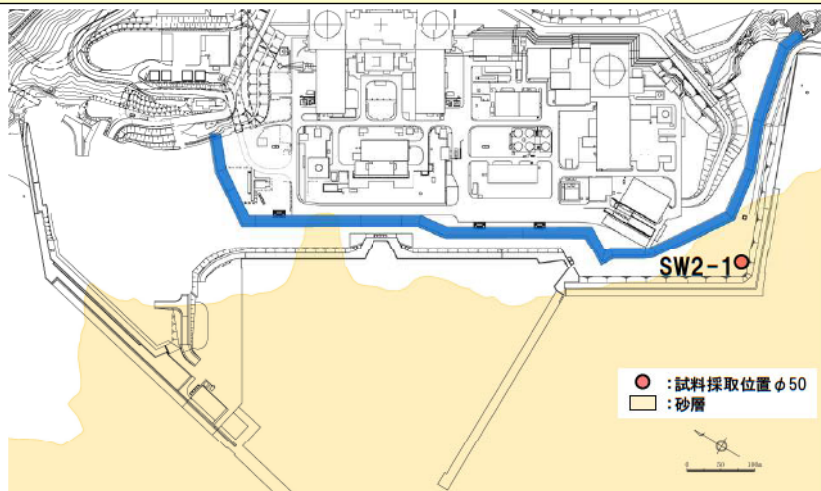


ボーリング柱状図及び原位置・室内試験結果

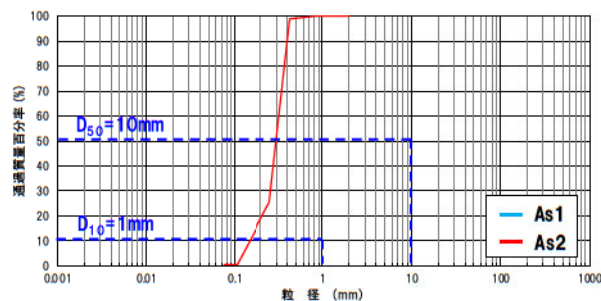
補足説明資料2 埋戻土・砂層の基本物性

試料採取位置 (SW2-1地点) の基本物性 <砂層>

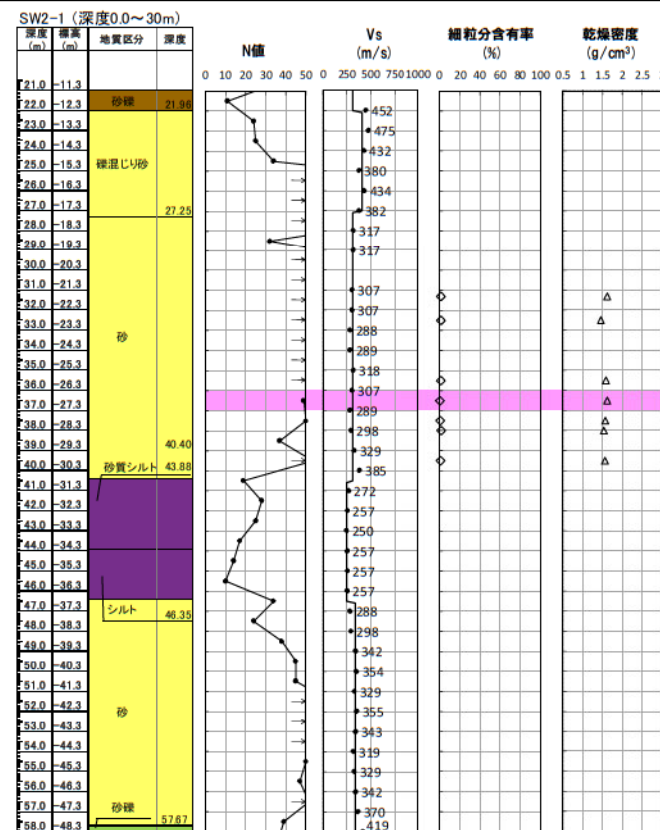
- SW2-1地点の基本物性を以下に示す。
- N値は19~50以上とばらつきが認められる。
- 供試体の粒度分布は、 D_{50} は0.31mmで10mm以下であり、 D_{10} は0.16mmで1mm以下である。細粒分含有率は $F_c=0.4\%$ である。せん断波速度 V_s は $V_s=288\sim 475\text{m/s}$ である。



調査位置



粒径加積曲線

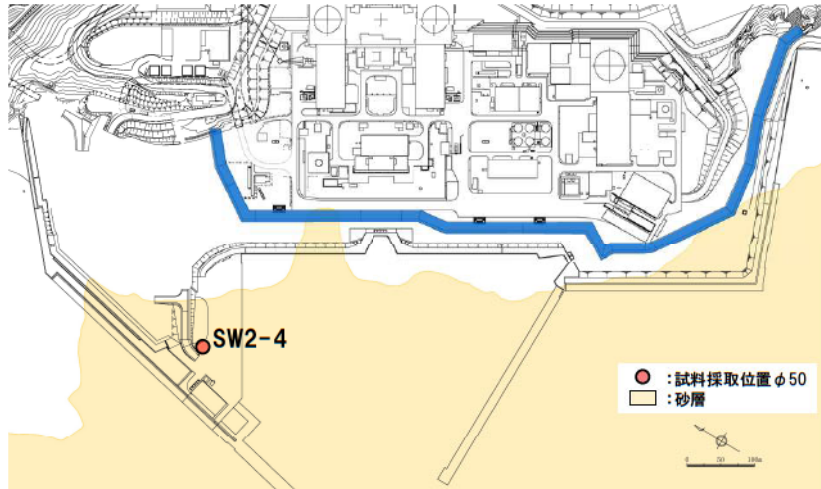


ボーリング柱状図及び原位置・室内試験結果

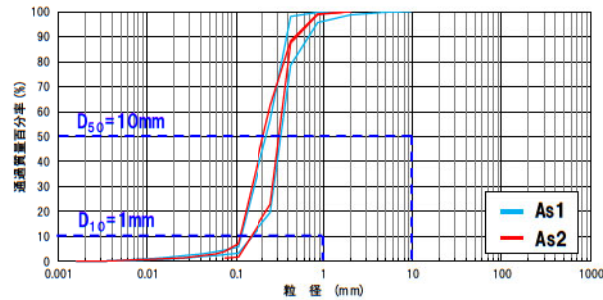
補足説明資料2 埋戻土・砂層の基本物性

試料採取位置 (SW2-4地点) の基本物性 <砂層>

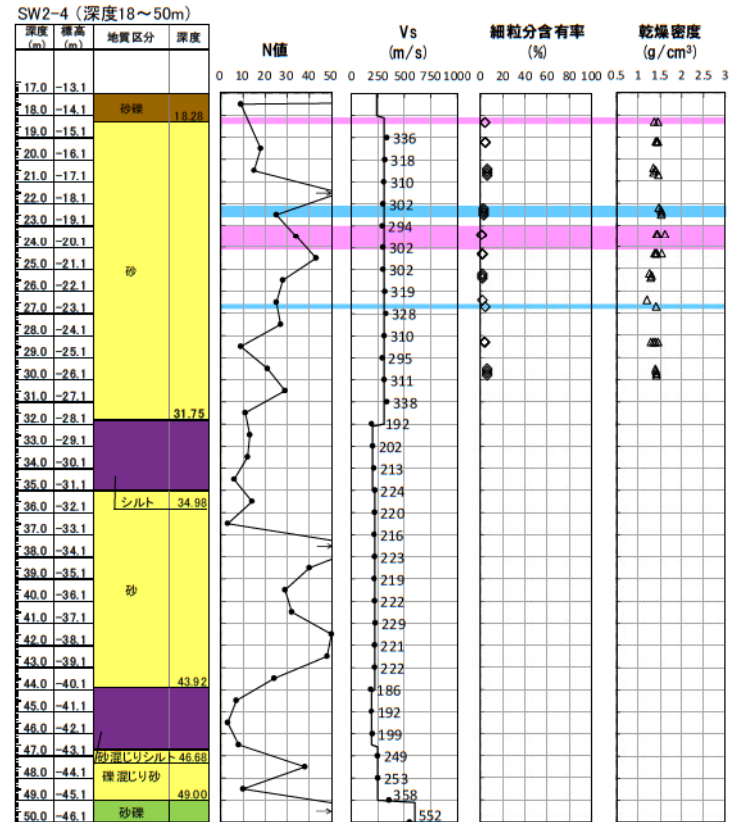
- SW2-4地点の基本物性を以下に示す。
- N値は3~50以上とばらつきが認められる。
- 供試体の粒度分布は、 D_{50} は0.22~0.34mmで10mm以下であり、 D_{10} は0.11~0.17mmで1mm以下である。細粒分含有率は $F_c=1.2\sim4.6\%$ である。せん断波速度 V_s は $V_s=216\sim358\text{m/s}$ である。



調査位置



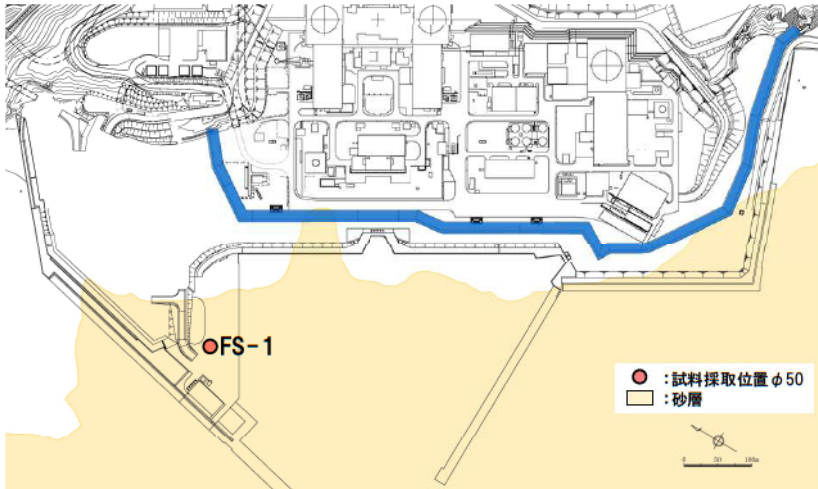
粒径加積曲線



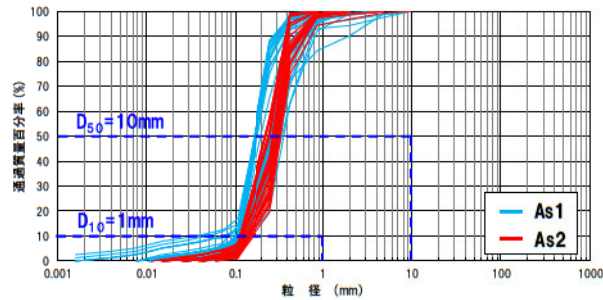
ボーリング柱状図及び原位置・室内試験結果

補足説明資料2 埋戻土・砂層の基本物性 試料採取位置 (FS-1地点) の基本物性 <砂層>

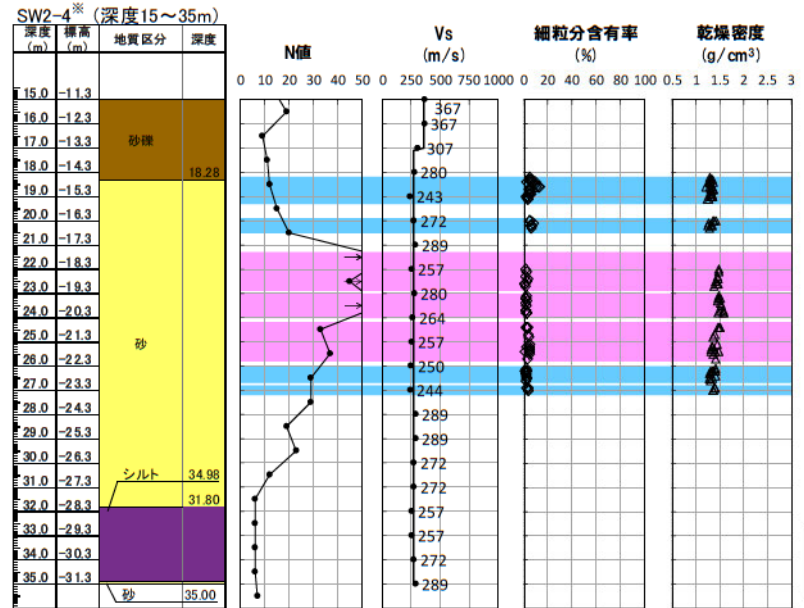
- FS-1地点の基本物性を以下に示す。
- N値は7~50以上とばらつきが認められる。
- 供試体の粒度分布は、 D_{50} は0.18~0.37mmで10mm以下であり、 D_{10} は0.04~0.17mmで1mm以下である。細粒分含有率は $F_c=0.5\sim12.8\%$ である。せん断波速度 V_s は $V_s=243\sim307\text{m/s}$ である。



調査位置



粒径加積曲線



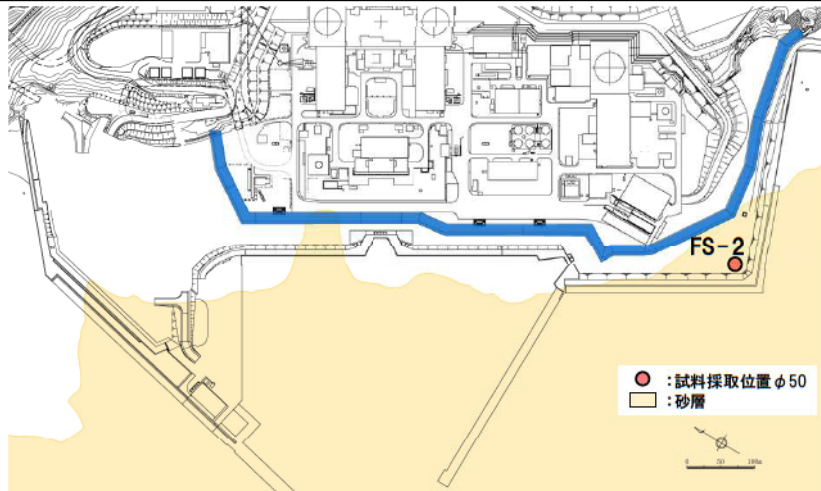
※地質区分は近傍のSW2-4を参照

ボーリング柱状図及び原位置・室内試験結果

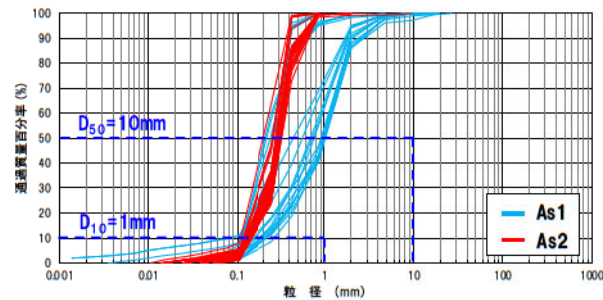
液状化強度試験位置
As1
As2

補足説明資料2 埋戻土・砂層の基本物性 試料採取位置 (FS-2地点) の基本物性 <砂層>

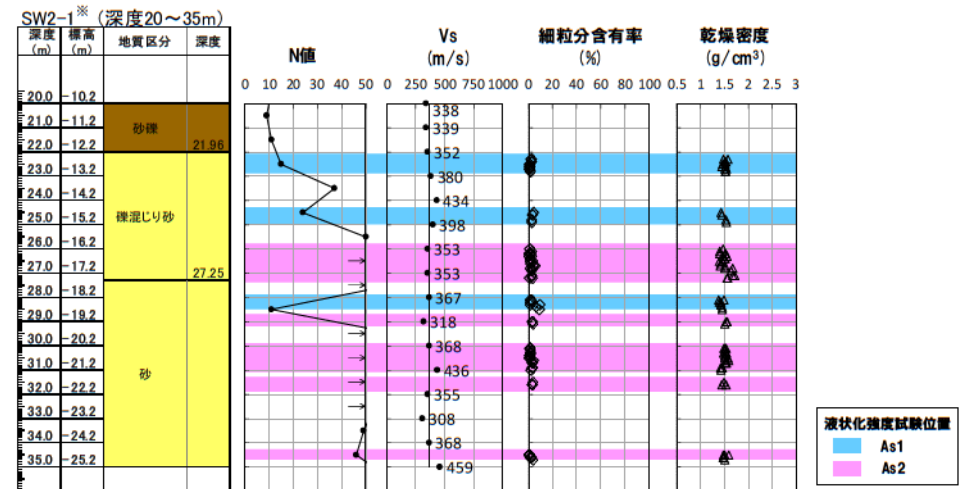
- FS-2地点の基本物性を以下に示す。
- N値は11~50以上とばらつきが認められる。
- 供試体の粒度分布は、 D_{50} は0.21mm~1.09mmで10mm以下であり、 D_{10} は0.08~0.29mmで1mm以下である。細粒分含有率は $F_c=0.4\sim9.9\%$ である。せん断波速度 V_s は $V_s=308\sim459\text{m/s}$ である。



調査位置



粒径加積曲線



※地質区分は近傍のSW2-1を参照

ボーリング柱状図及び原位置・室内試験結果

液状化強度試験位置
As1
As2

3 せん断波速度の代表性確認指標としての妥当性確認

補足説明資料3 せん断波速度の代表性確認指標としての妥当性確認 各種文献の収集結果(文献リスト)

○ 液状化強度とせん断波速度の関係を示す各種文献を以下のとおり収集し整理した。

【文献①】

地盤工学会(2004): 地盤工学・実務シリーズ18 液状化対策工法, pp.73-74.

【文献②】

Tokimatsu, K., Tamura, S. and Kuwayama, S. (1991): Liquefaction Potential Evaluation Based on Rayleigh Wave Investigation and Its Comparison with Field Behavior, International Conferences on Recent Advances in Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamics, 34, pp.357-364.

【文献③】

Andrus, R.D. and Kenneth, H. (2000): Liquefaction Resistance of Soils from Shear-Wave Velocity, Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, pp.1015-1025.

【文献④】

塚本登士・中島俊・山本正人・村田芳信(1997): 4.兵庫県南部地震における埋立地の液状化現象とS波速度を用いた液状化強度の評価例, 応用地質技術年報 兵庫県南部地震特集号, pp.215-235.

【文献⑤】

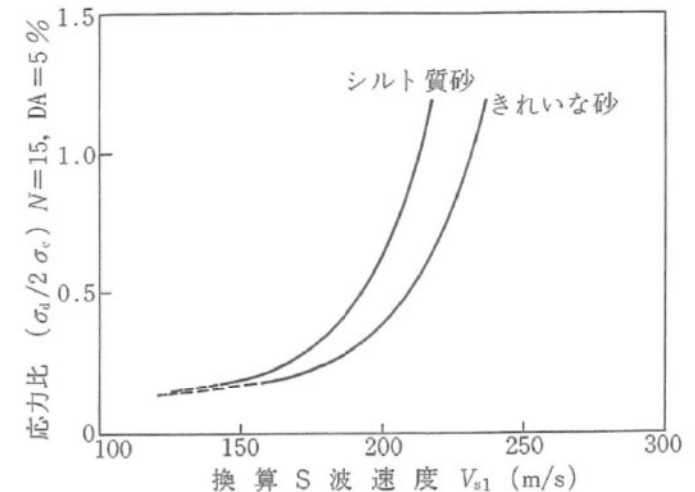
鉄道総合技術研究所(2012): 鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計 平成24年9月, 国土交通省鉄道局監修.

【文献⑥】

MUNENORI HATANAKA, AKIHIKO UCHIDA and YOSHIO SUZUKI (1997): CORRELATION BETWEEN UNDRAINED CYCLIC SHEAR STRENGTH AND SHEAR WAVE VELOCITY FOR GRAVELLY SOILS, Japanese Geotechnical Society, SOILS AND FOUNDATIONS Vol. 37, No. 4, 85-92, Dec. 1997.

補足説明資料3 せん断波速度の代表性確認指標としての妥当性確認 各種文献の整理結果(文献①)

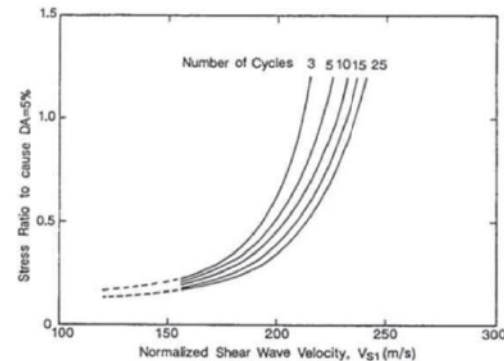
- 液状化予測のための調査・試験方法として、標準貫入試験以外の原位置試験を用いて液状化発生を予測する方法も提案されている。
- 最近の地震被害報告によれば、透水性が高く液状化しにくいと考えられていた礫質土が液状化した事例がいくつも報告されており、このような土に対しても液状化の可能性を検討することが望まれるとされている。
- 礫質土では、サンプラーが礫に当たり、地盤強度によらず貫入抵抗が急激に増加する場合があるため、N値に基づく簡便予測法を用いようとすると、液状化強度の過大評価につながる危険性があるとされている。
- 礫質土のN値について、補正方法や代用策が提案されているが、いずれもまだ信頼性に乏しいとされている。
- N値の信頼度が低下する砂礫地盤の液状化強度の指標として、礫地盤の調査においても信頼できる値が得られ、しかも液状化強度と相関のよいS波速度(または初期せん断剛性)を使用する可能性も研究されているとされている。
- S波速度と液状化強度の間に良い相関があれば、上記手法は砂質土に対しても適用できるとされている(S波速度と液状化強度の関係を示す参考図として、右図の種々の砂の繰返し三軸試験結果から得られた液状化強度と換算S波速度との関係図が示されている)。
- 右図のグラフは室内試験の結果であり、実被害との対応はまだ十分に確認されていないとされている。
- 室内試験から粒径の大きな礫の液状化強度を精度良くとらえようとするれば、乱さない大型の礫試料の採取と、これに対する室内試験が不可欠であるとされている。



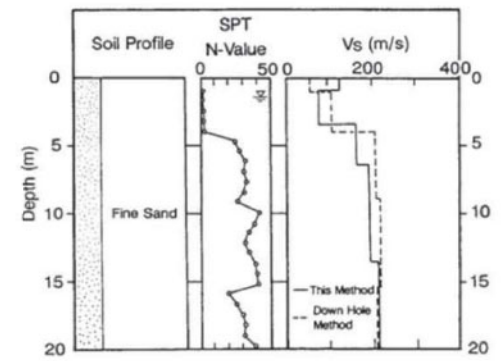
S波速度と液状化強度の関係
(地盤工学会(2004)より引用)

補足説明資料3 せん断波速度の代表性確認指標としての妥当性確認 各種文献の整理結果(文献②)

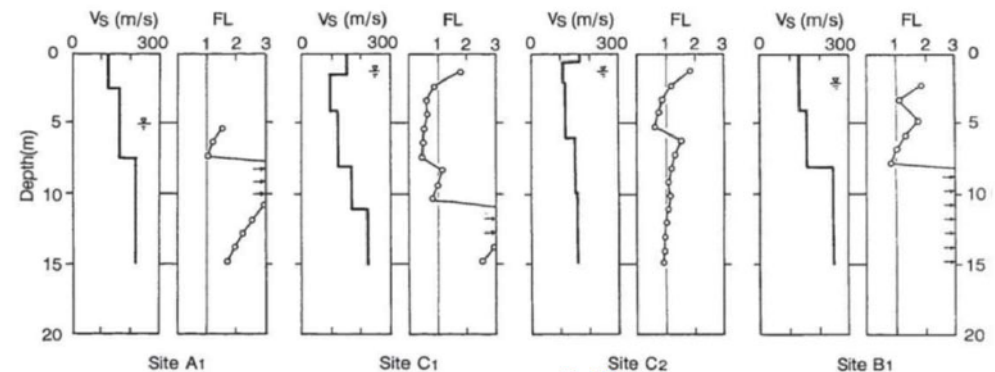
- Tokimatsu et al. (1991)では、液状化強度の推定方法としてせん断波速度を用いた既往の評価式と、新潟地震(M7.5)の液状化事例を検証し、評価式の妥当性を検証している。
- 既往の評価式ではきれいな砂、シルト質砂において、室内試験を実施し、液状化強度と正規化せん断波速度の関係を整理している。
- 砂の物性及び試験条件は以下の通りである。
 - 10%粒径 D_{10} は0.076~0.18mm。
 - 均等係数 U_c は1.5~2.2。
 - $\sigma_d/2\sigma_0$ は0.1~1.5程度(繰返し回数15回, グラフ読み取り)。
 - 試験供試体は再構成試料で一部凍結サンプリング試料を含む。
- 液状化強度(試験結果)と正規化せん断波速度(既往の算定式から換算)は相関があるとされている。
- 新潟地震で液状化による建物の被害が発生した地域において、表面波探査によるせん断波速度からFL値を算定し、被害事例と比較検討を行った。
- 対象土層(良質砂)の物性は以下の通りである。
 - N値は1程度と20~40程度の2層(グラフ読み取り)。
 - せん断波速度は80~250m/s程度(グラフ読み取り)。
- 表面波探査とPS検層によるせん断波速度は概ね整合している。
- FL値の算定結果と被害事例は概ね一致しているとされている。



きれいな砂の液状化強度と正規化せん断波速度の関係
(Tokimatsu et al. (1991) より引用)



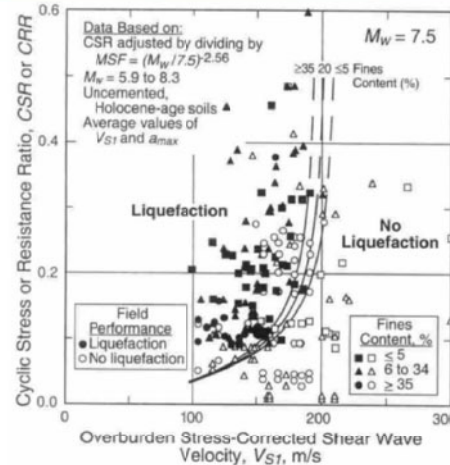
表面波探査とPS検層結果の比較
(Tokimatsu et al. (1991) より引用)



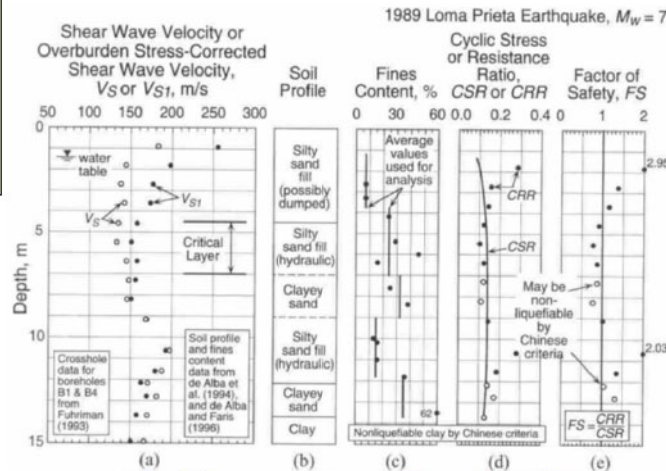
せん断波速度とFL値
(Tokimatsu et al. (1991) より引用)

補足説明資料3 せん断波速度の代表性確認指標としての妥当性確認 各種文献の整理結果(文献③)

- Andrus et al. (2000) では、せん断波速度を用いた液状化強度の評価手順を示し、実現象との検証を行っている。
- 液状化の推定に用いるCRR-Vs1曲線の設定において、検討対象の条件は以下の通りである。
 - 対象土層は砂質土、シルト、砂礫。
 - 砂質土の細粒分含有率は、 $F_c \leq 5\%$: 28試料, $6\% \leq F_c \leq 34\%$: 90試料, $F_c \geq 35\%$: 71試料。
 - 対象地震はアメリカ、日本、中国、台湾の26地震。
 - $\sigma_d / 2\sigma_0$ は最大で0.6程度。
 - せん断波速度はPS検層、SCPT試験などによる。
- ロマ・プリータ地震(M6.9)を対象に、評価手順と実現象との検証を行った。
- 対象土層(砂質土)の物性は以下の通りである。
 - S波速度は130~200m/s程度(グラフ読み取り)。
 - 細粒分含有率は7~62%程度(グラフ読み取り)。
- 評価手順による適用結果と実現象は概ね一致しているとされている。



CRR-Vs1曲線 (Andrus et al. (2000) より引用)



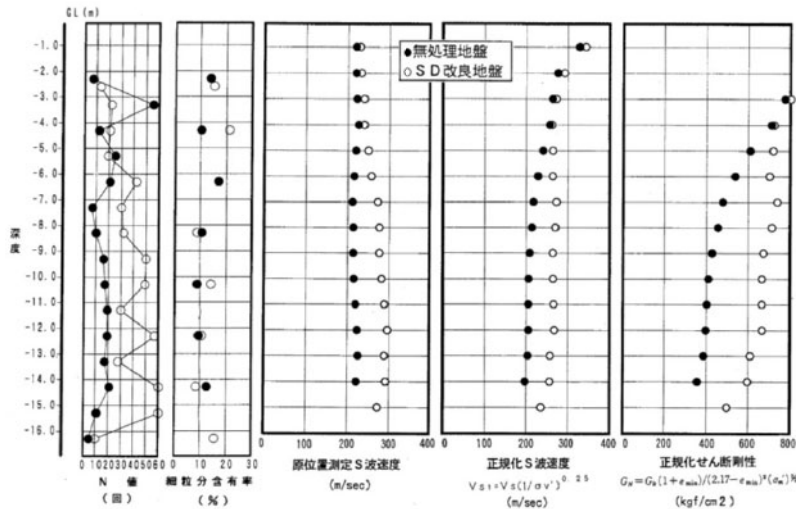
評価手順のロマ・プリータ地震への適用結果 (Andrus et al. (2000) より引用)

CRR-Vs1曲線の設定に使用した地震事例 (Andrus et al. (2000) より引用)

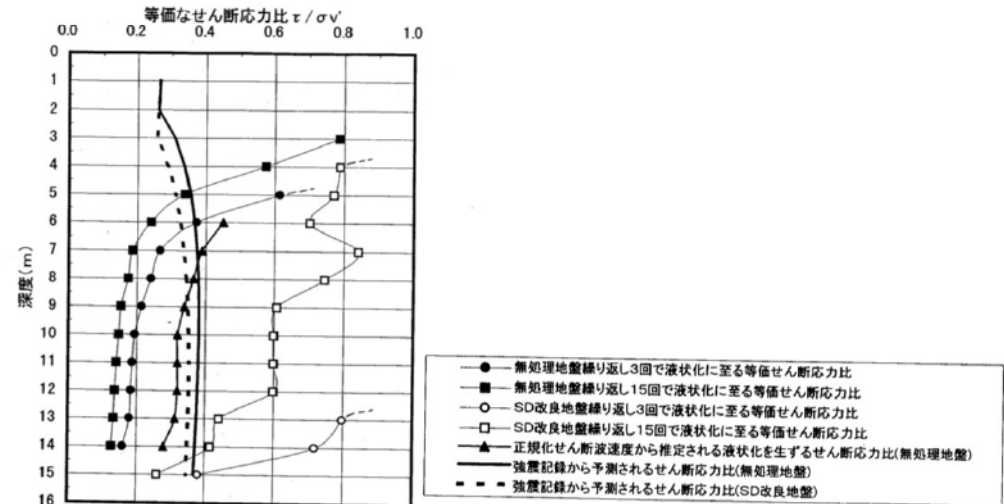
Earthquake (1)	M _w (2)	NUMBER OF CASE HISTORIES BY FINES CONTENT				
		Sands and Silts			Gravels	
		≤5% (3)	6-34% (4)	≥35% (5)	≤5% (6)	6-34% (7)
1906 San Francisco, Calif.	7.7	—	4	4	4	—
1957 Daly City, Calif.	5.3	3	2	—	—	—
1964 Niigata, Japan	7.5	4	—	—	—	—
1975 Haicheng, China	7.3	—	—	6	—	—
1979 Imperial Valley, Calif.	6.5	—	9	2	—	—
1980 Chiba-ibaragi, Japan	5.9	—	1	1	—	—
1981 Westmorland, Calif.	5.9	—	9	2	—	—
1983 Borah Peak, Idaho	6.9	—	—	—	17	1
1985 Chiba-ibaragi, Japan	6.0	—	1	1	—	—
1986 Event LSST2, Taiwan	5.3	—	—	4	—	—
1986 Event LSST3, Taiwan	5.5	—	—	4	—	—
1986 Event LSST4, Taiwan	6.6	—	—	4	—	—
1986 Event LSST6, Taiwan	5.4	—	—	4	—	—
1986 Event LSST7, Taiwan	6.6	—	—	4	—	—
1986 Event LSST8, Taiwan	6.2	—	—	4	—	—
1986 Event LSST12, Taiwan	6.2	—	—	4	—	—
1986 Event LSST13, Taiwan	6.2	—	—	4	—	—
1986 Event LSST16, Taiwan	7.6	—	—	4	—	—
1987 Chiba-toho-oki, Japan	6.5	—	1	—	—	—
1987 Elmore Ranch, Calif.	5.9	—	9	2	—	—
1987 Superstition Hills, Calif.	6.5	—	9	2	—	—
1989 Loma Prieta, Calif.	7.0	19	30	14	4	—
1993 Kushiro-oki, Japan	8.3	1	1	—	—	—
1993 Hokkaido-nansei, Japan	8.3	—	2	1	1	—
1994 Northridge, Calif.	8.3	—	3	—	—	—
1995 Hyogo-ken Nanbu, Japan	6.9	1	9	—	—	9

補足説明資料3 せん断波速度の代表性確認指標としての妥当性確認 各種文献の整理結果(文献④)

- 塚本ほか(1997)では、兵庫県南部地震(M7.3)において液状化が発生した、ポートアイランドの礫分を多く含むまさ土による埋立地において、S波トモグラフィを実施し、原位置で埋立地盤の平均的せん断波速度を測定し、その結果から既存推定式(文献②の提案式)を用いて液状化強度を評価している。
- 埋立土の物性は以下の通りである。
 - S波速度は無処理地盤でおおむね200~240m/s, 改良地盤で230~300m/s。
 - N値は無処理地盤で5~20程度(一部N=25.55の層がある), 改良地盤で10~60程度(グラフ読み取り)。
 - 細粒分含有率は無処理地盤で9~17%程度, 改良地盤で8~21%程度(グラフ読み取り)。
 - 湿潤密度は $\rho_t=2.0\text{g/cm}^3$, 最小間隙比 $e_{\min}=0.30$ と仮定。
- S波速度を用いた評価結果は、地震に伴って発生した液状化現象や地盤沈下などの液状化の応答とよく一致したとされている。
- サンプリングや従来の貫入試験の適用が難しい地盤において、S波速度を用いた液状化強度の評価が十分適用できることがわかったとされている。



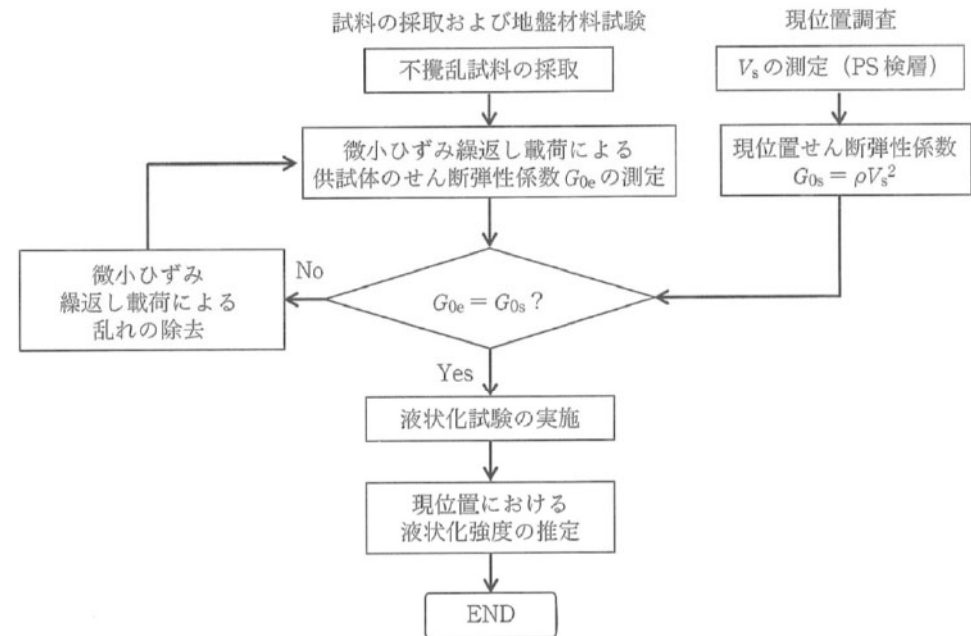
N値、細粒分含有率、原位置S波速度、正規化S波速度、正規化せん断剛性の深度分布図
(塚本ほか(1997)より引用)



S波速度から推定される等価せん断応力比と強震記録から予測されるせん断応力比の比較
(塚本ほか(1997)より引用)

補足説明資料3 せん断波速度の代表性確認指標としての妥当性確認 各種文献の整理結果(文献⑤)

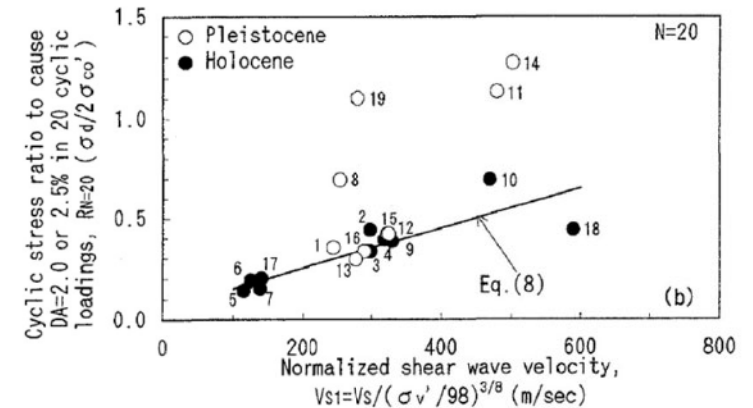
- 鉄道総合技術研究所(2012)では、L2地震動に対する液状化判定に用いる液状化強度比Rは、乱れの少ない試料を用いた室内土質試験結果から算定するものとされている。
- しかし、一般的にはサンプリング試料には乱れが生じることが多いため、サンプリング試料の乱れの補正方法として、以下の方法が提案されている。
 - 現在、サンプリング等による供試体の乱れを評価する普遍的な方法は確立されていないが、原位置でのせん断弾性波速度 V_s から得られるせん断弾性係数 G_{0s} と、室内地盤材料試験において得られるせん断弾性係数 G_{0e} を比較する方法がその一つとして挙げられる。
 - 供試体に微小せん断ひずみ履歴を与えて、せん断弾性係数 G_{0e} を原位置のPS検層から得られた当該地盤のせん断弾性係数 G_{0s} と同程度まで増加させた後、液状化試験を行うことで、乱れの影響を除去して液状化強度の算定が可能である。



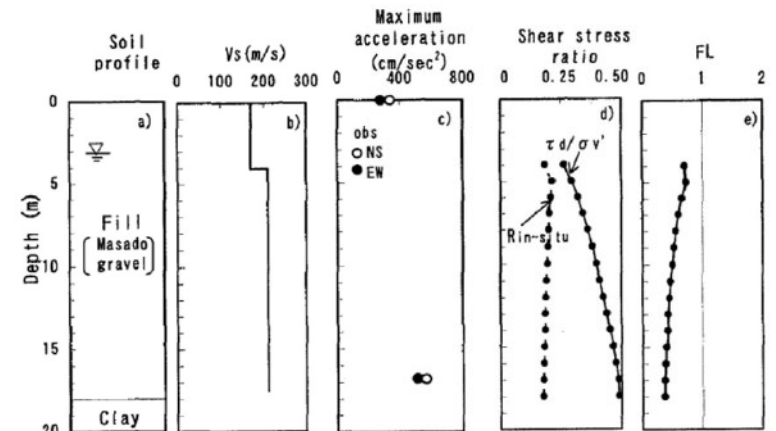
乱れの影響を補正した液状化試験の手順
(鉄道総合技術研究所(2012)より引用)

補足説明資料3 せん断波速度の代表性確認指標としての妥当性確認 各種文献の整理結果(文献⑥)

- HATANAKA et al. (1997)では、室内試験で得られた沖積層、洪積層(礫質土を主体)、まさ土の液状化強度を整理し、現地でのせん断波速度を用いた液状化強度の評価方法検討している。
- 評価式の算定に用いた試験の条件は以下の通りである。
 - 対象土層は沖積層、洪積層の礫質土及びまさ土。評価式は沖積層及びまさ土による。
 - 細粒分含有率 F_c は0.3~10%、乾燥密度 ρ_d は1.67~2.25g/cm³。
 - S波速度は60~590m/sで、PS検層(DH方式、SP方式)による。
 - $\sigma_d/2\sigma_0$ は0.2~0.89(DA=2%、繰返し回数5回)※沖積層の値。
- 沖積層と洪積層の試験結果はそれぞれの区分され、沖積層の試験結果で推定した液状化強度は、洪積層の下限値相当であるとされている。
- 液状化強度とせん断波速の間には良好な相関が見られるが、礫質土の物理特性の影響はほとんどないとされている。
- 兵庫県南部地震(M7.3)を対象に、評価手順と実現象との検証を行った。
- 検証を行った埋立土(まさ土)の物性は以下の通りである。
 - S波速度は200m/s前後(グラフ読み取り)で、PS検層(DH方式、SP方式)による。
- S波速度を用いたFL値の評価結果は、現地で発生した液状化による噴砂や地盤沈下とよく一致したとされている。



正規化せん断波速度と繰返しせん断応力の相関
(HATANAKA et al. (1997)より引用)



液状化強度の評価結果と兵庫県南部地震における実現象の比較
(HATANAKA et al. (1997)より引用)

補足説明資料3 せん断波速度の代表性確認指標としての妥当性確認 各種文献の整理結果(まとめ)

- 液状化強度とせん断波速度の関係を示す各種文献について、埋戻土への適用性に整理した結果を以下に示す。
 - 各種文献で対象としている土層や実験条件等を整理した結果、せん断波速度と液状化強度特性の良好な相関関係が認められる。
 - 埋戻土と各種文献で対象としている土層や実験条件等が完全に一致する文献は確認できないが、細粒分含有率やせん断波速度等で整合する項目もある(文献④⑥の細粒分含有率や文献③⑥のせん断波速度等は埋戻土と同等と考えられる。)
 - 各文献において提案している液状化強度の評価式は主に砂質土を対象に提案されているが、比較的粗粒分を多く含む「まさ土」を対象に大規模地震(兵庫県南部地震)における実現象との検証を行った結果でも液状化評価の再現性が示されている(文献④⑥における実現象との検証結果。)

	文献①	文献②	文献③	文献④	文献⑤	文献⑥	泊見電所		
							1・2号埋戻土	3号埋戻土	
主旨	詳細は文献②③による。	本文献提案の評価式と実現象を検証して評価式の妥当性を検証。	本文献提案の評価式と実現象を検証して評価式の妥当性を検証。	既存評価式(文献②)と実現象を検証して評価式の妥当性を検証。	乱れた試料の繰返し三軸試験時の補正方法を提示。	本文献提案の評価式と実現象を検証して評価式の妥当性を検証。			
実現象検証の対象	【本文献での主な記載内容】 ・礫質土では、N値に基づく予測法を用いようとする過大評価してしまう危険性がある。 ・礫質土のN値に対する補正方法や代用策が提案されているが、まだ信頼性に乏しい。 ・礫地盤の調査においても信頼できる値が得られ、液状化強度強度との相関のよいS波速度を使用する可能性も研究されている(文献②③)。 ・Vsと液状化強度の相関が良ければ、上記研究の考え方は、砂質土に対しても液状化強度を推定可能な方法である。	・新潟地震(M7.5) ・対象土層は良質砂 砂質土(きれいな砂、シルト質砂)	・ロマ・プリータ地震(M6.9) ・対象土層は砂質土 大部分が砂質土またはシルト	・兵庫県南部地震(M7.3) ・対象土層はまさ土盛土 砂質土(きれいな砂、シルト質砂) ※文献②より	—	・兵庫県南部地震(M7.3) ・対象土層はまさ土盛土 沖積層、洪積層、まさ土	大規模地震	大規模地震	
評価式検討の対象土層					乱れた試料		火砕岩主体の岩砕地盤	安山岩主体の岩砕地盤	
物性値	物理特性(粒度など)	【評価式検討の対象土】 ・ $D_{10}: 0.076 \sim 0.18$ ・ $U_c: 1.5 \sim 2.2$	【評価式検討の対象土】砂質土・シルト ・ $F_c \leq 5\%: 28$ 試料 ・ $6\% \leq F_c \leq 34\%: 90$ 試料 ・ $F_c \geq 35\%: 71$ 試料	【実現象検証の対象土】 ・ $F_c: 9 \sim 17\%$ (グラフ読み取り) ・湿潤密度 $\rho: 2.0g/cm^3$	—	【評価式検討の対象土】 ・ $F_c: 0.3 \sim 10.0\%$ ・ $\rho_d: 1.67 \sim 2.25$	・ F_c : 平均9.5%(1~25%) ・ ρ_d : 平均1.66(1.30~2.10)	・ F_c : 平均10.1%(5~18%) ・ ρ_d : 平均1.94(1.50~2.20)	
	繰返し応力振幅比	【評価式検討の対象土】 $\sigma_d/2\sigma_0 = 0.1 \sim 1.5$ 程度(グラフ読み取り)	【評価式検討の対象土】 最大 $\sigma_d/2\sigma_0 = 0.6$ 程度	—	—	【評価式検討の対象土】※沖積層 $\sigma_d/2\sigma_0 = 0.2 \sim 0.89$ ($DA=2\%$, $N=5$ 回)	$\sigma_d/2\sigma_0 = 0.2 \sim 0.9$ 程度 ($DA=5\%$, $N=20$ 回)	$\sigma_d/2\sigma_0 = 0.3 \sim 0.8$ 程度 ($DA=5\%$, $N=20$ 回)	
	せん断波速度	【実現象検証の対象土】 $V_s = 80 \sim 250m/s$ 程度(グラフ読み取り)	【実現象検証の対象土】 $V_s = 130 \sim 200m/s$ 程度(グラフ読み取り)	【実現象検証の対象土】 $V_s = 200 \sim 240m/s$	—	—	【実現象検証の対象土】 $V_s = 200m/s$ 前後(グラフ読み取り) 【評価式検討の対象土】 $V_s = 60 \sim 590m/s$	平均 $V_s = 402m/s$ ($V_s = 200 \sim 650m/s$)	平均 $V_s = 404m/s$ ($V_s = 300 \sim 560m/s$)
	N値	【実現象検証の対象土】 $N=1$ と $N=20 \sim 40$ の2層(グラフ読み取り)	—	【実現象検証の対象土】 概ね $N=5 \sim 20$ と一部 $N=25.55$ (グラフ読み取り)	—	—	—	平均 $N=21$ ($N=3 \sim 34$, $N=50$ 以上も多数)	平均 $N=24$ ($N=15 \sim 41$, $N=50$ 以上も多数)
試験条件等	・Vsは表面波探査 ・凍結サンプリング	・VsはPS検層、SCPT試験など	・VsはS波トモグラフィ解析	—	—	・VsはPS検層(DH方式、SP方式)	・VsはPS検層(ダウンホール方式) ・GPサンプリング	・VsはPS検層(ダウンホール方式) ・GPサンプリング	
備考	・実被害との検証が不十分。 ・礫質土では精度の高い試料採取、液状化強度試験の実施が必要。	・評価式と実現象は概ね一致。 ・表面波探査とPS検層の結果は概ね整合。	・評価式と実現象は概ね一致。	・評価式と実現象は概ね一致。	・室内試験の G_0 を原位置のVsから求める G_0 に補正して試験を実施。	・評価式と実現象は概ね一致。	—	—	
適用性※2	△	△	○	○	△	○			

※1 各文献の物性値については、各文献で記載のある項目と値を示している(例えば、文献②の粒度特性では細粒分含有率の記載がない等)。
 ※2 適用性の判定は、埋戻土の物性値の整合性や評価式と実現象との再現性等について適用性が高いと考えられる項目が複数ある文献を○と記した(着色部が適用性が高いと判断した内容を示す)。



- 埋戻土について、各種文献との適用性については一定の関係性は認められるものの完全に一致するものではないこと、液状化強度との相関はある程度確認できるもののデータのばらつきが大きいことから、せん断波速度を用いた代表性確認結果は参考値として扱う。
- また、追加の液状化試験結果を踏まえた試料採取位置の代表性確認については、設工認段階において改めて説明する。

補足説明資料3 せん断波速度の代表性確認指標としての妥当性確認 埋戻土の液状化強度とせん断波速度の相関について

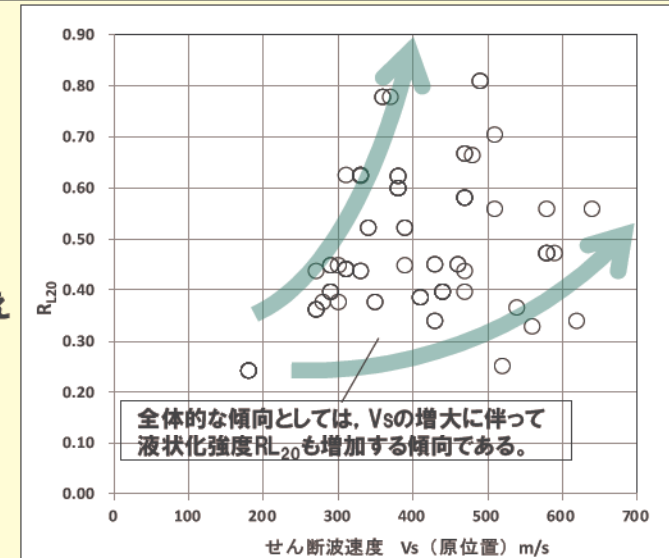
- 代表性確認指標としてせん断波速度を用いることの妥当性の確認を行った。
- 妥当性の確認に当たっては、以下の観点から整理した。

【各種文献の泊発電所埋戻土に対する適用性について】

- 液状化強度とせん断波速度の相関に関する各種文献と各種文献の記載内容を次頁以降に示す。
- 各種文献において、せん断波速度と液状化強度特性の良好な相関関係があることが示されている。
- 細粒分含有率やせん断波速度等において部分的に埋戻土と整合する項目もあり、粗粒分を含む「まさ土」を対象にした実現象との検証を行った結果でも液状化評価の再現性が示されている。
- 各種文献はせん断波速度を代表性確認指標として用いることの妥当性を示す参考資料にできるものと考えられるが、実現象との検証が限定された条件下で実施されたものであり、また、液状化強度評価式の対象土層や実験条件が埋戻土と完全に一致するものではない。

【埋戻土の液状化強度とせん断波速度の相関について】

- 埋戻土の液状化強度とせん断波速度の関係を示すグラフを右図に示す。
- 埋戻土の液状化強度とせん断波速度の相関は、全体的な傾向としてはせん断波速度 V_s の増大に伴って液状化強度 R_{L20} も増加する傾向を示している。
- 埋戻土のせん断波速度と液状化強度の相関について、ある程度の相関は確認できるものの、一般的に強い相関があるとされる傾向を示すにはデータのばらつきが大きい。



埋戻土のせん断波速度 V_s と液状化強度 R_{L20} の関係図
※上図に示すデータは、1,2号埋戻土及び3号埋戻土のすべてのデータを対象に作成したものである。



- 埋戻土について、各種文献の適用性については一定の関係性は認められるものの完全に一致するものではないこと、液状化強度との相関はある程度確認できるもののデータのばらつきが大きいことから、せん断波速度を用いた代表性確認結果は参考値として扱う。
- また、追加の液状化試験結果を踏まえた試料採取位置の代表性確認については、設工認段階において改めて説明する。

4 埋戻土のN値の取扱いについて

補足説明資料4 埋戻土のN値の取扱いについて

埋戻土のN値の取扱いについて

【埋戻土の試料採取位置の代表性確認のうちN値について】

- 試料採取位置の代表性確認指標としては、粒度分布のほか、液状化判定において参照するパラメータ（細粒分含有率、N値）を用いるのが一般的だと考えられるが、以下の理由により適正なN値の測定が難しいことから、指標としては採用しない。

【埋戻土のN値採用が難しい理由】

- 埋戻土として使用した岩砕は、礫を多く含む箇所があり、標準貫入試験を行った箇所に礫が存在した場合は、礫自体を打撃することによりN値が著しく大きくなる場合（以下、礫あたり）が考えられる。
- また、岩砕を主体として埋め戻した場合、施工時に礫のかみ合わせにより、空隙も生じていると考えられる。これらの空隙箇所も含めて試験を行った際には、空打ち状態となりN値を過小評価してしまうことが考えられる。
- このことから、N値が過大／過小となる範囲が出現するため、実際の地盤の性状をN値で代表できない可能性がある。

補足説明資料4 埋戻土のN値の取扱いについて

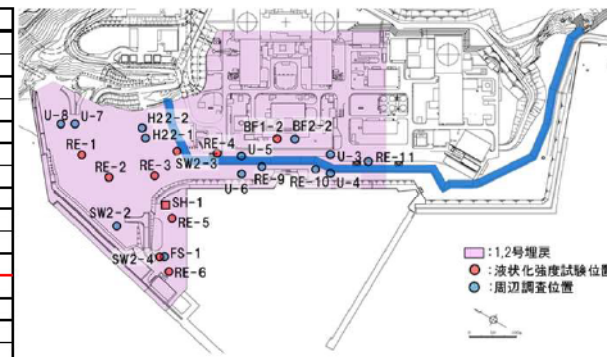
埋戻土のN値の取扱いについて(1,2号埋戻土)

- N値の小さい箇所は離散的に出現する傾向があり、深さ方向に不連続となっている。
- N値の深度方向のばらつきの程度は埋戻土のマトリクス(礫の混入程度)により異なり、局所的に小さいN値も存在する。N値50以上は礫あたりと考えられる。

1,2号埋戻土における深度方向のN値の分布

T.P.(m)	U-3	U-4	U-5	U-6	U-7	U-8	SW2-2	SW2-3	SW2-4	BF1-2	BF2-2	H22-1	H22-2	RE-1	RE-2	RE-3	RE-4	RE-5	RE-6	RE-9	RE-10	RE-11	SH-1	FS-1
11~10					5	15																		
10~9	17		32		50	17	31			14	25	23	30											
9~8	12	12	15	25	26	50	11	31		19	21	38	12	8	13					24	14			
8~7	50	45	18	26	33	50	14	14		10	17	50	9	13	8	9	14			14	6	2		
7~6	4	11	5	27	28	28	21	19		17	23	35	9	14	50	15	13			30	7	23		
6~5	40	50	10	20	32	22				10		30	42	50	7	20	27			7	6	26		
5~4	6	31	13	19	50	12		34		17	21	50	13	22	7	12	20			24	29	12		
4~3	6	50	43		25	29	21	30		7	25	28	11	12	50	6	17			15	18	9		
3~2	8	20	33	11	6	50	7	10	34	15	13	50	10	50	15	9	25	50		9	8	26	17	25
2~1	16	50	11	11		50	50	7		49	50	50	8	24	50	3	26	23	50	13	50	26	9	12
1~0	4	11	27	44			7	24	16	22		38	6	20	34	11	33	50	50	47	50	6	50	34
0~-1	7	0	15	16			13		23	11				10	21	16		11	23	13	50	29	28	
-1~-2	4	50	12	11			13	15	50	30				7	18	3		13	8	10		9	14	
-2~-3	5	50	23	7			9	14	16					50	17	50		20	6	8		8	12	
-3~-4			15	8			13	50	12					9	50	0		10	7	20		11	8	
-4~-5			8	28			8		7					13	3	40	50	12	11			9	25	
-5~-6			9	8					11					16	5		50	17	7			15	36	
-6~-7			11	44			24		12					50	50			9	11	13		6	7	
-7~-8				15				6						6				8	13	11		10	1	
-8~-9			17	10			29	7										3	20			6	21	
-9~-10				9			20											6	4			50	31	
-10~-11				5					12									5	8			50	13	
-11~-12							9											12	15				19	
-12~-13							29		50									8	16				9	
-13~-14							25		9									26	4				11	
-14~-15							19																	
-15~-16							13																	

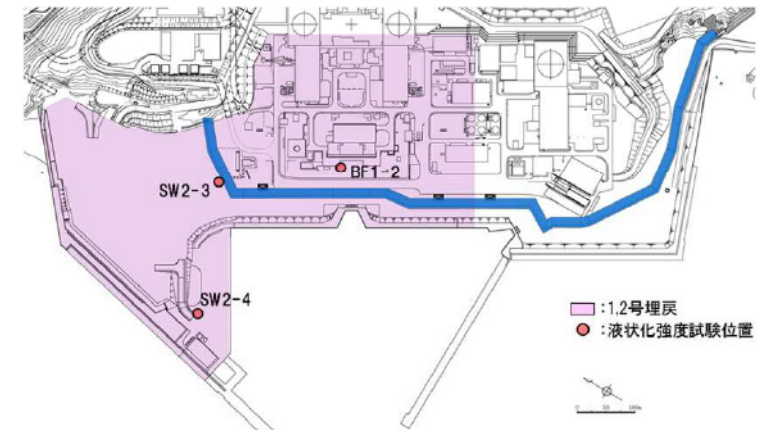
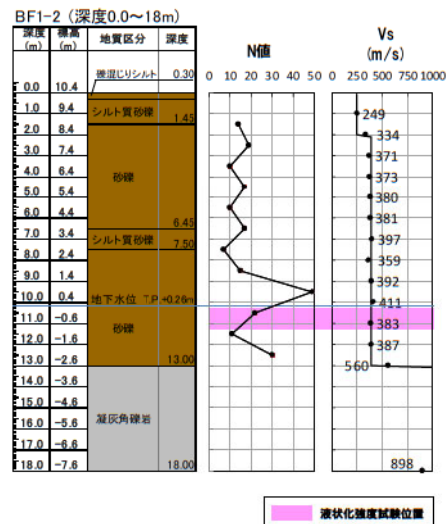
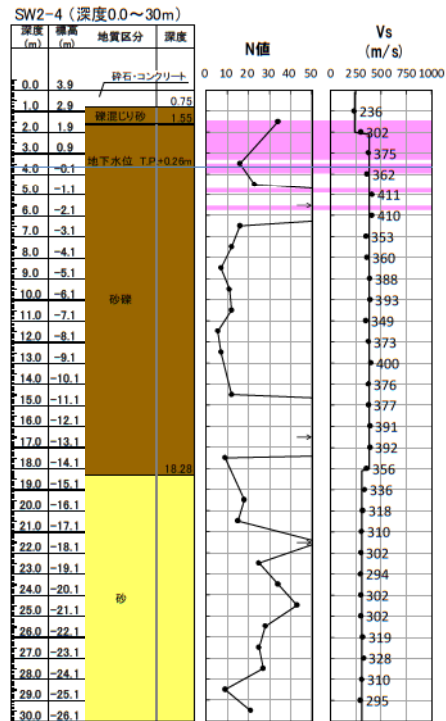
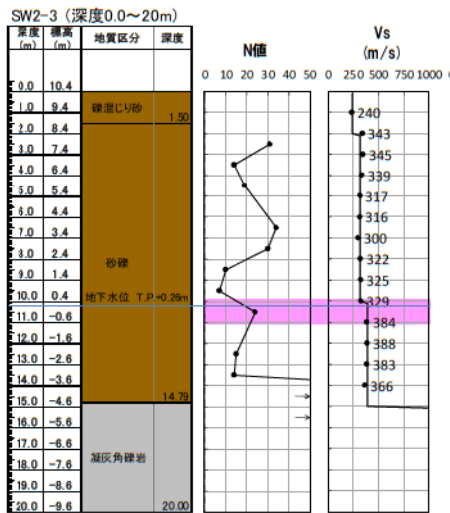
N ≦ 5
 N > 50 (礫あたり)
 地下水位



補足説明資料4 埋戻土のN値の取扱いについて

N値とせん断波速度の比較 (1,2号埋戻土) (1/4)

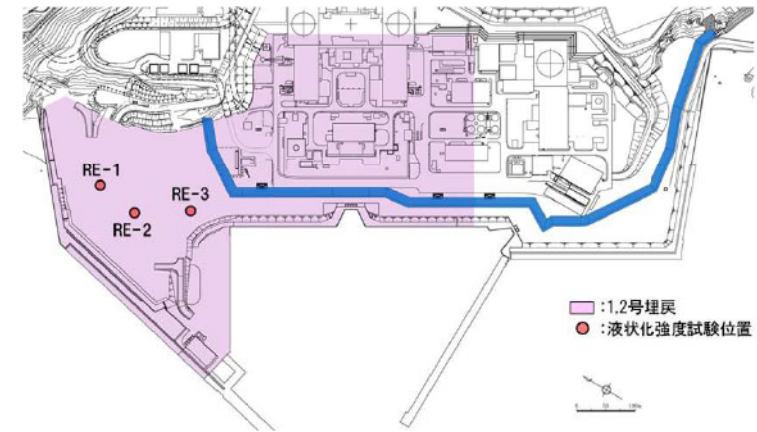
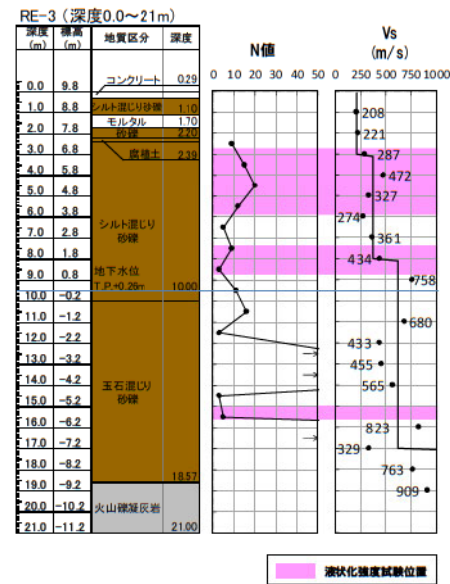
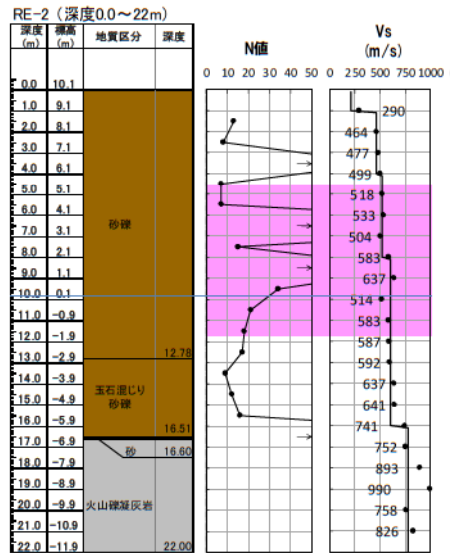
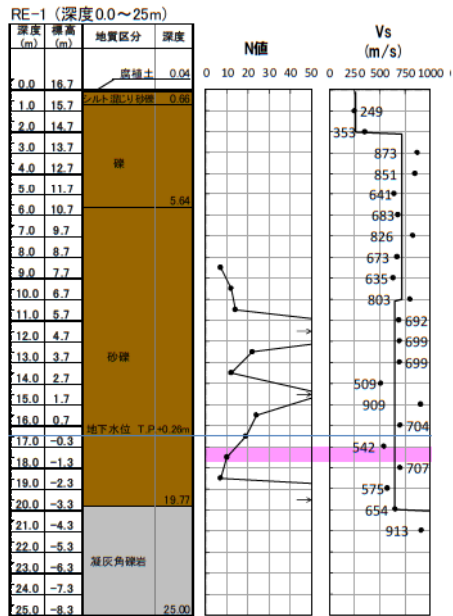
- 地盤性状 (応力状態や変形) を評価するのに必要な初期せん断弾性剛性 G_0 は、弾性論に基づきせん断波速度から求めることができるため、せん断波速度とN値を比較した。
- その結果、せん断波速度は深度方向に変わらない。また、N値は礫の存在により深度方向にばらついており、両者の相関はない。
- したがって、埋戻土のN値は、初期せん断弾性剛性 G_0 と関係が深いせん断波速度と傾向が異なることから、地盤性状を代表できないと考えられる。



補足説明資料4 埋戻土のN値の取扱いについて

N値とせん断波速度の比較 (1,2号埋戻土) (2/4)

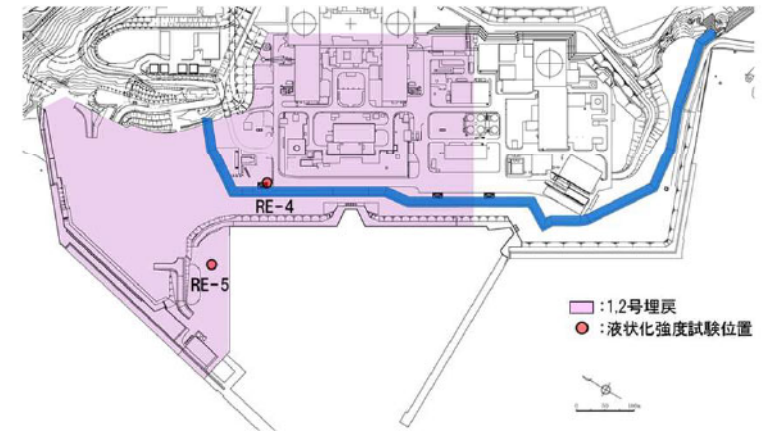
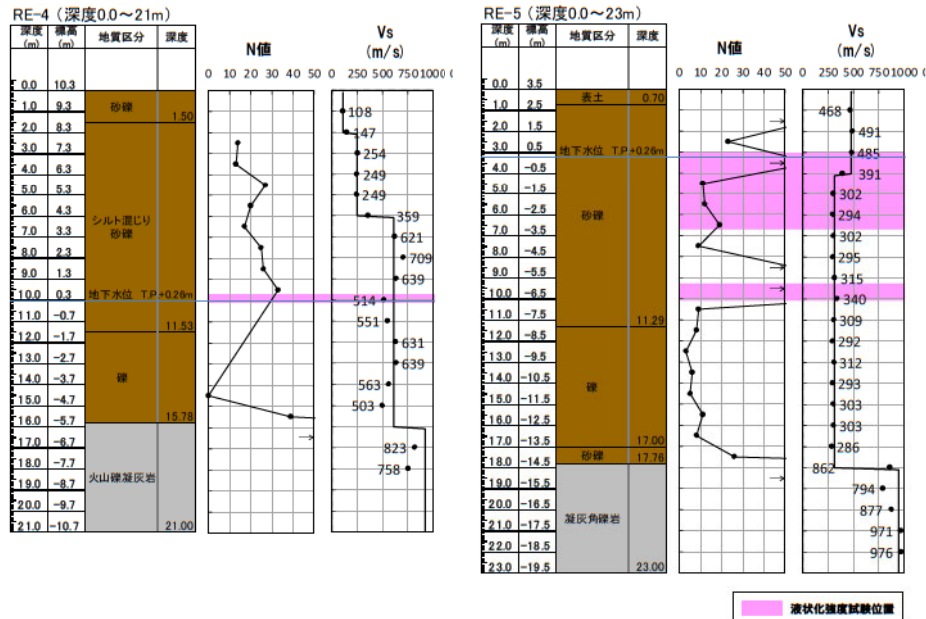
- 地盤性状 (応力状態や変形) を評価するのに必要な初期せん断弾性剛性 G_0 は、弾性論に基づきせん断波速度から求めることができるため、せん断波速度とN値を比較した。
- その結果、せん断波速度は深度方向に変わらない。また、N値は礫の存在により深度方向にばらついており、両者の相関はない。
- したがって、埋戻土のN値は、初期せん断弾性剛性 G_0 と関係が深いせん断波速度と傾向が異なることから、地盤性状を代表できないと考えられる。



補足説明資料4 埋戻土のN値の取扱いについて

N値とせん断波速度の比較 (1,2号埋戻土) (3/4)

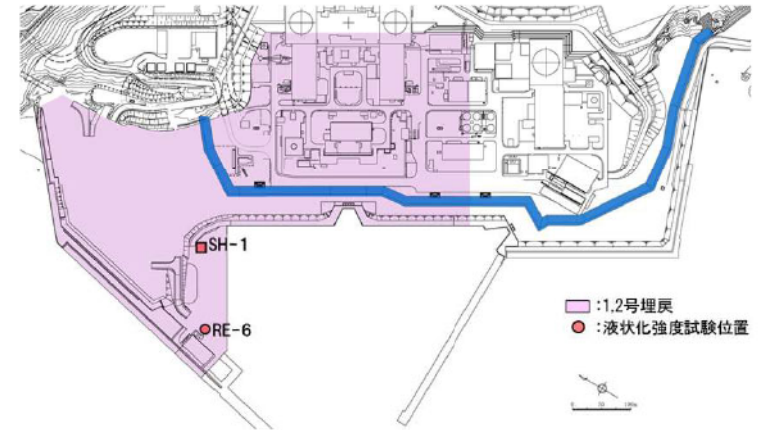
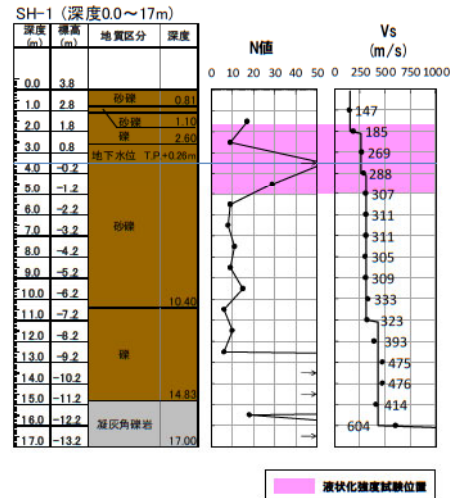
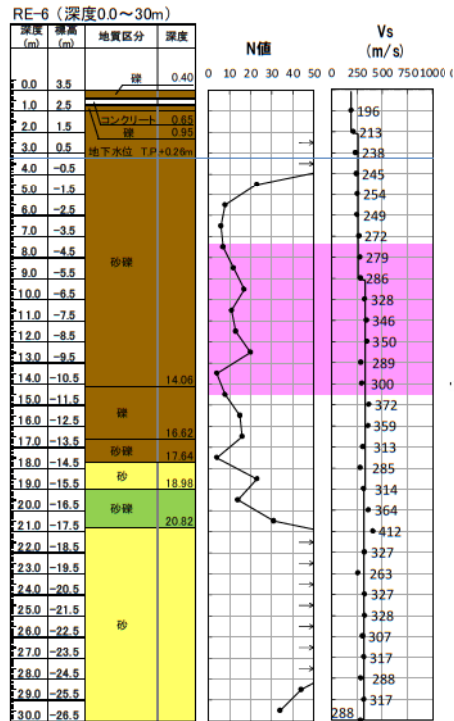
- 地盤性状 (応力状態や変形) を評価するのに必要な初期せん断弾性剛性 G_0 は、弾性論に基づきせん断波速度から求めることができるため、せん断波速度とN値を比較した。
- その結果、せん断波速度は深度方向に変わらない。また、N値は礫の存在により深度方向にばらついており、両者の相関はない。
- したがって、埋戻土のN値は、初期せん断弾性剛性 G_0 と関係が深いせん断波速度と傾向が異なることから、地盤性状を代表できないと考えられる。



補足説明資料4 埋戻土のN値の取扱いについて

N値とせん断波速度の比較 (1,2号埋戻土) (4/4)

- 地盤性状 (応力状態や変形) を評価するのに必要な初期せん断弾性剛性 G_0 は、弾性論に基づきせん断波速度から求めることができるため、せん断波速度とN値を比較した。
- その結果、せん断波速度は深度方向に変わらない。また、N値は礫の存在により深度方向にばらついており、両者の相関はない。
- したがって、埋戻土のN値は、初期せん断弾性剛性 G_0 と関係が深いせん断波速度と傾向が異なることから、地盤性状を代表できないと考えられる。



補足説明資料4 埋戻土のN値の取扱いについて

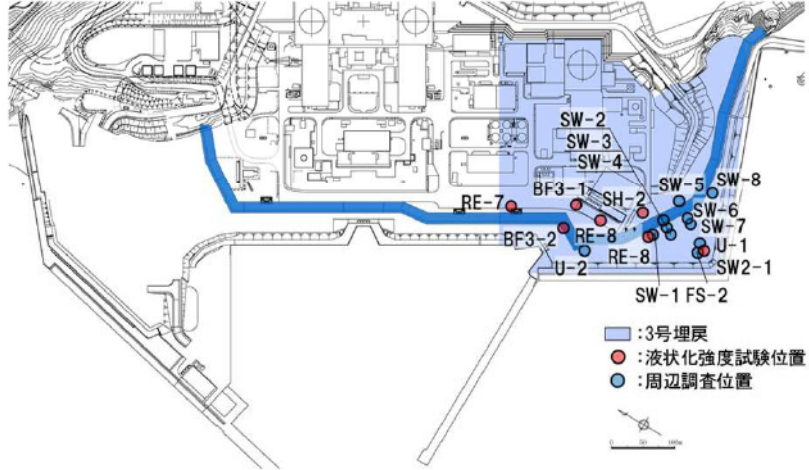
埋戻土のN値の取扱いについて(3号埋戻土)

- N値の小さい箇所は離散的に出現する傾向があり、深さ方向に不連続となっている。
- N値の深度方向のばらつきの程度は埋戻土のマトリクス(礫の混入程度)により異なり、局所的に小さいN値も存在する。N値50以上は礫あたりと考えられる。

3号埋戻土における深度方向のN値の分布

T.P.(m)	U-1	U-2	SW-1	SW-2	SW-3	SW-4	SW-5	SW-6	SW-7	SW-8	SW2-1	BF3-1	BF3-2	RE-7	RE-8	RE-8"	SH-2	FS-2
11~10																		
10~9				5														
9~8	6	4		17								24		11		29		
8~7	50	13	3	50	39	50	21	50	47	13	28	11	15	9	5	41	50	19
7~6	21	19	2	24	50	50	35	19	20	26	31	11		27	6	11	47	19
6~5	8	24	2	39	50	38	18	24	27	22		50	5	16	0	50	50	18
5~4	19	14	2	9	15	11	50	17	12	16	40		6	17	3	22	41	50
4~3	16	29	32	23	50	27	49	27	27	13	20	50	47	7	31	50	50	50
3~2	40	50	15	8	50	31	50	14	8	28	7	50	50	6	22	50	19	22
2~1	15	25	23	31	38	50	14	50	50	14	21	19	29	18	45	50	35	50
1~0	8	20	14	44	50	50	42	50	50	12	22	50	12	16	50	26	50	37
0~-1	27	13	14	15	21	21	15	13	14	18	50	34	30		15	19	16	27
-1~-2		9	11	19	22	13	12	14	12	11	20	23	50		17	22	18	15
-2~-3	14	9	16	9	13	23	12	19	12	17	13				11	14	12	19
-3~-4	13	8	22	14	13	10	15	46	12	15	13	30	50		18	12	12	26
-4~-5	13	33	14	8	18	49	9	26	11	11	11				12	50	10	19
-5~-6	14	3	18	12	20	50	19	30	17	14	16	50	31		12	9	10	11
-6~-7	12	1	36	15	30	12	10	50	48	41	18	7	23		18	50	21	13
-7~-8	9		50	11	13	19	14	12	15	9		50			50	50	13	11
-8~-9	35		50	6	50	23	33	30	13	10	6				50		13	18
-9~-10	8		4	0	50	50		15	28	12	13				34		50	11
-10~-11	50		50	50		0		29	18	6	38				50			9
-11~-12	50				40	50		50	23		11				50			
-12~-13																		
-13~-14																		
-14~-15																		
-15~-16																		

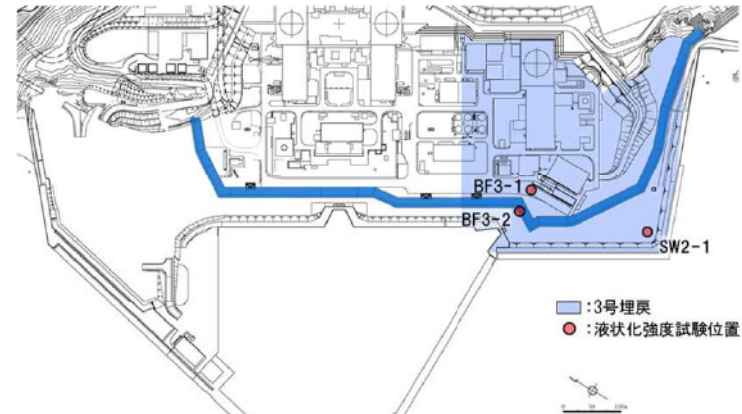
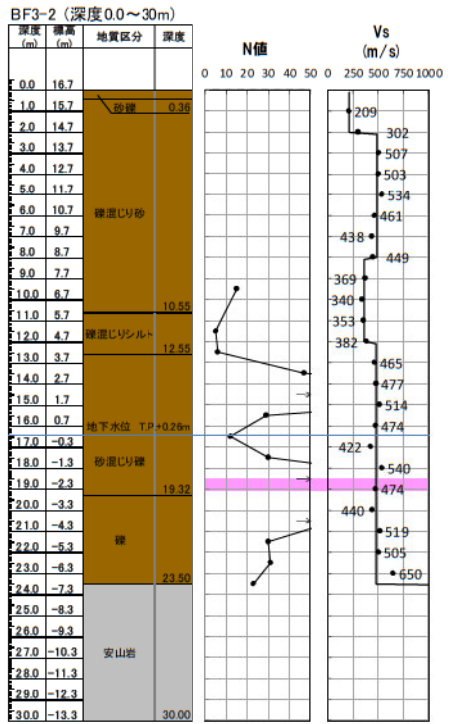
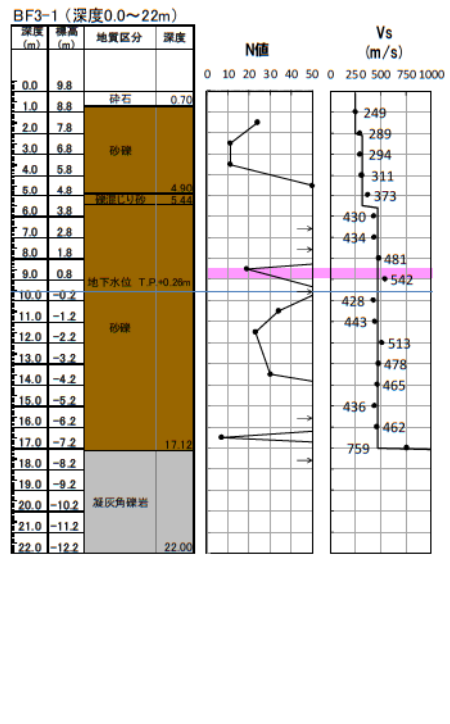
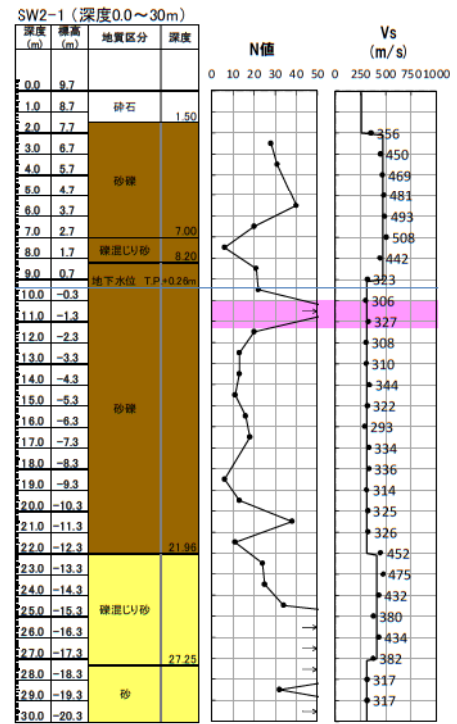
N ≦ 5
 N > 50 (礫あたり)
 地下水位



補足説明資料4 埋戻土のN値の取扱いについて

N値とせん断波速度の比較 (3号埋戻土) (1/3)

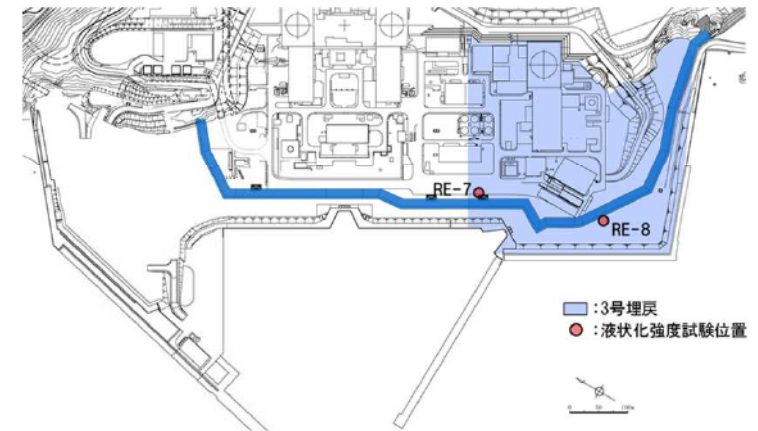
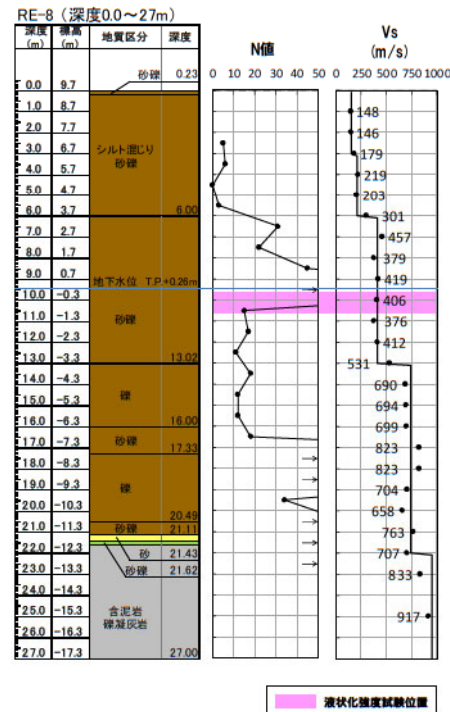
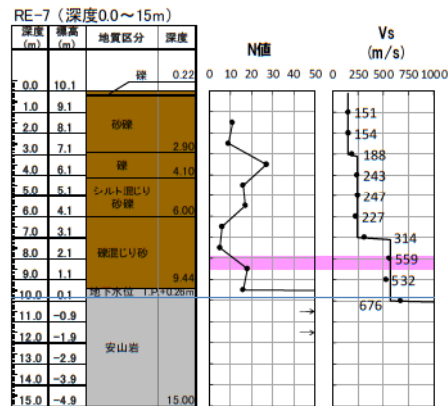
- 地盤性状 (応力状態や変形) を評価するのに必要な初期せん断弾性剛性 G_0 は、弾性論に基づきせん断波速度から求めることができるため、せん断波速度とN値を比較した。
- その結果、せん断波速度は深度方向に変わらない。また、N値は礫の存在により深度方向にばらついており、両者の相関はない。
- したがって、埋戻土のN値は、初期せん断弾性剛性 G_0 と関係が深いせん断波速度と傾向が異なることから、地盤性状を代表できないと考えられる。



液状化強度試験位置

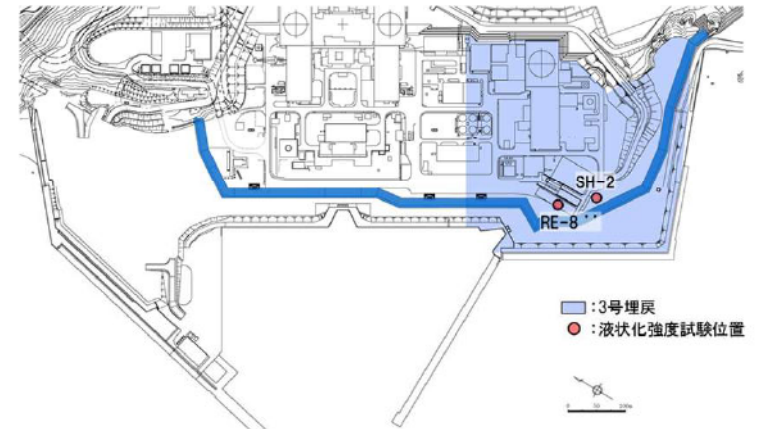
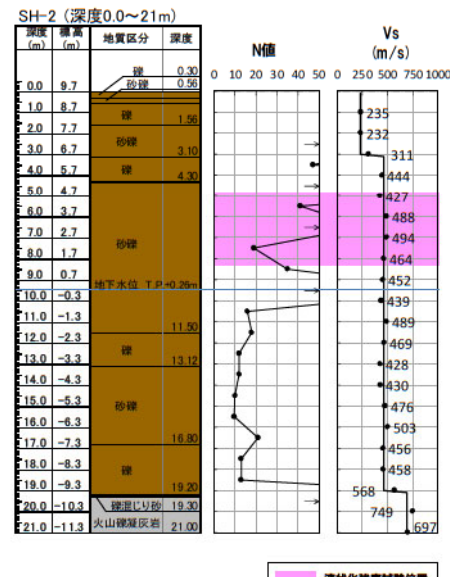
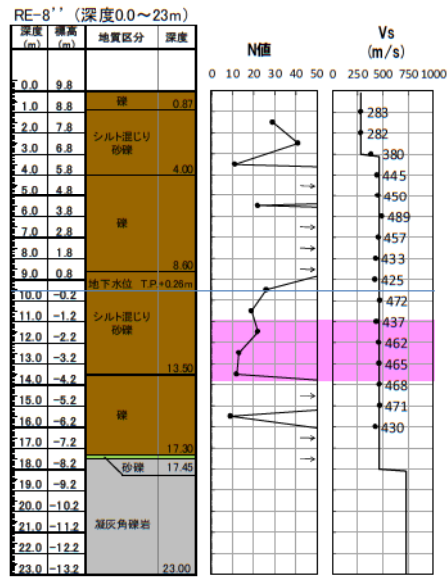
補足説明資料4 埋戻土のN値の取扱いについて N値とせん断波速度の比較 (3号埋戻土) (2/3)

- 地盤性状 (応力状態や変形) を評価するのに必要な初期せん断弾性剛性 G_0 は、弾性論に基づきせん断波速度から求めることができるため、せん断波速度とN値を比較した。
- その結果、せん断波速度は深度方向に変わらない。また、N値は礫の存在により深度方向にばらついており、両者の相関はない。
- したがって、埋戻土のN値は、初期せん断弾性剛性 G_0 と関係が深いせん断波速度と傾向が異なることから、地盤性状を代表できないと考えられる。



補足説明資料4 埋戻土のN値の取扱いについて N値とせん断波速度の比較 (3号埋戻土) (3/3)

- 地盤性状 (応力状態や変形) を評価するのに必要な初期せん断弾性剛性 G_0 は、弾性論に基づきせん断波速度から求めることができるため、せん断波速度とN値を比較した。
- その結果、せん断波速度は深度方向に変わらない。また、N値は礫の存在により深度方向にばらついており、両者の相関はない。
- したがって、埋戻土のN値は、初期せん断弾性剛性 G_0 と関係が深いせん断波速度と傾向が異なることから、地盤性状を代表できないと考えられる。

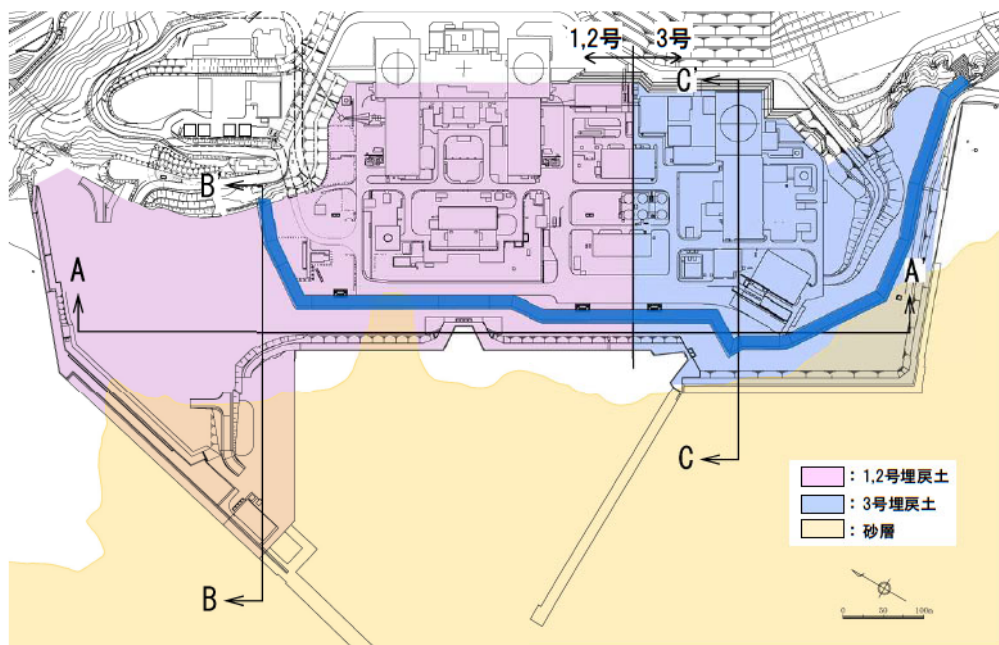


5 建設時における埋戻土の施工及び品質管理について

補足説明資料5 建設時における埋戻土の施工及び品質管理について

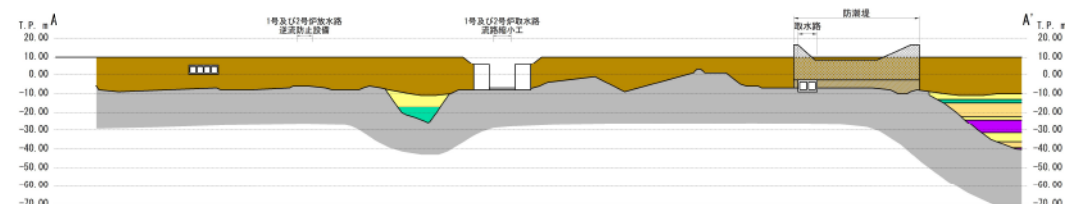
埋戻土の施工範囲

- 埋戻土の施工範囲を下図に示す。
- 埋戻土に係る液状化強度試験の試料採取位置の代表性確認に当たり、建設時における埋戻土の施工及び品質管理を示す。

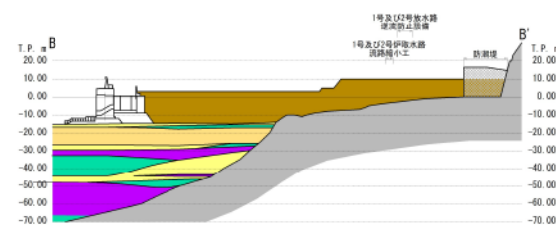


埋戻土の分布範囲

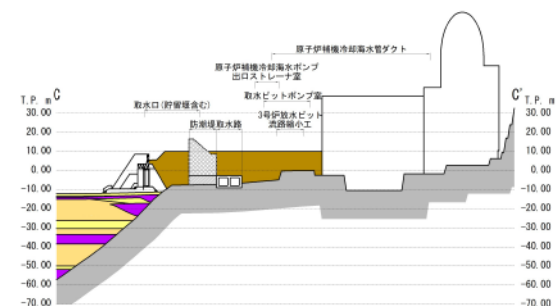
: 1,2号埋戻土
 : 3号埋戻土
 : 砂層



A-A' 断面図



B-B' 断面図

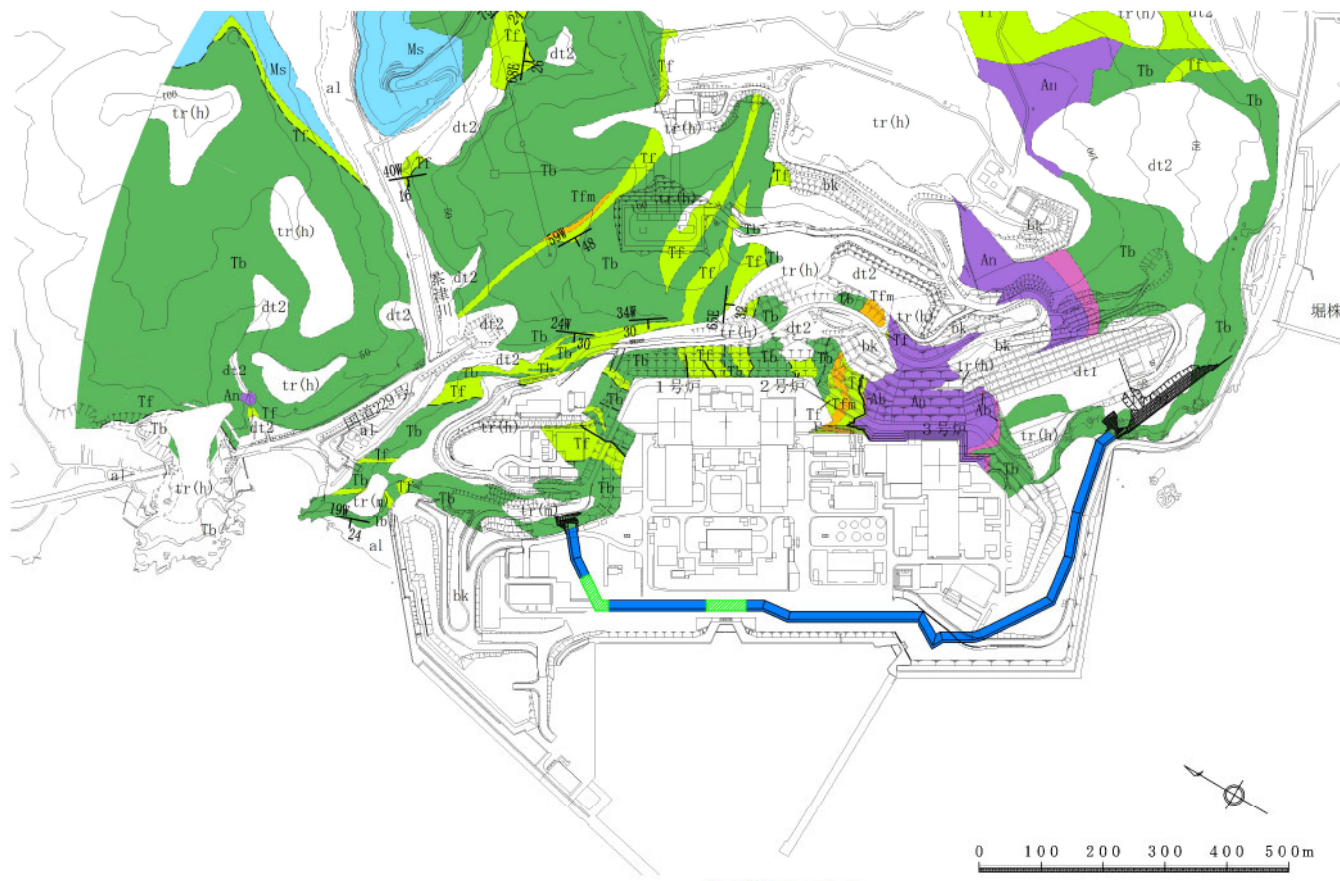


C-C' 断面図

- 凡例
- 防潮堤
 - 置換コンクリート
 - 埋戻土
 - 砂 (As1)
 - 砂 (As2)
 - 砂礫
 - 粘土・シルト
 - 岩盤

補足説明資料5 建設時における埋戻土の施工及び品質管理について 埋戻土の材料性状(1/2)

○ 埋戻土材料は、敷地に分布する硬岩（火砕岩及び安山岩が主体）であり、発電所建設時の敷地造成等で発生した岩砕である。



地質平面図

凡例

地質時代	地層名	記号	主な岩相	備考
第四紀	盛土	bk	礫・砂・粘土	
	沖積層	al	礫・砂・粘土	
	崖錐II堆積物	dt2	礫・砂・粘土	
	中位段丘堆積物	tr(m)		
更新世	崖錐I堆積物	dt1	礫・砂・粘土	
	高位段丘堆積物	tr(h)		
	岩内層		礫・砂	
新第三紀	神恵内層	Ab	角礫質安山岩	火砕岩
		An	安山岩	火山岩
		Tfm	含泥岩礫凝灰岩	
		Tf	凝灰岩	火砕岩
		Tb	凝灰角礫岩	
Ms	凝灰質泥岩	凝灰質泥岩		

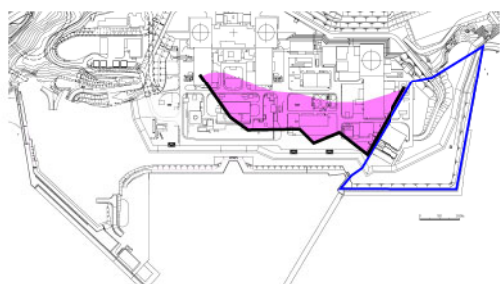
- 地質境界
- 部層境界
- 断層
- 50%
35 地層の走向傾斜

補足説明資料5 建設時における埋戻土の施工及び品質管理について 埋戻土の材料性状(2/2)

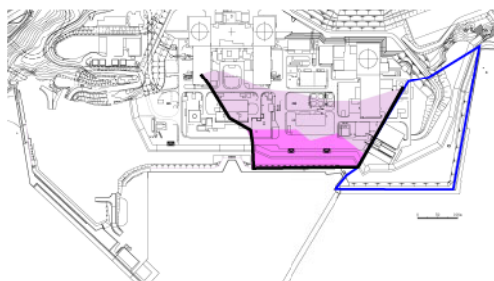
- 1,2号埋戻土の材料(岩砕)は、発電所の西斜面丘陵地の一部を切取、1,2号原子炉補助建屋、タービン建屋及びそれらに付帯する諸設備の敷地造成並びに基礎掘削から発生した岩砕である。
- 3号埋戻土の材料(岩砕)は、原子炉建屋、タービン建屋等及びそれらに付帯する諸設備の敷地造成並びに基礎掘削から発生した岩砕である。

補足説明資料5 建設時における埋戻土の施工及び品質管理について 1,2号埋戻土の施工及び品質管理の整理（埋立整地工事による範囲）

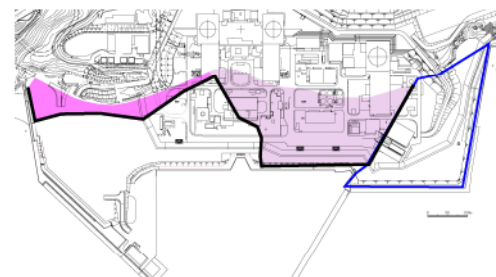
- 1,2号埋戻土及び3号埋戻土は、施工及び品質管理を踏まえると以下の2つに分けられる。
 - 発電所建設時に敷地の埋立及び整地のために埋戻された範囲（以下、「埋立整地工事の範囲」という。）
 - 取放水設備等を設置するために、埋立地盤を掘削し、取放水設備設置後に埋戻した範囲（以下、「取放水設備工事の範囲」という。）
- 埋立整地工事の範囲は、以下のとおり施工及び品質管理を行った。
 - 建設時の埋立整地工事は、埋立護岸・仮護岸を設置しながら下図の順に埋戻しを行った。
 - 施工は、岩砕をブルドーザにて押土・敷均し・転圧した。



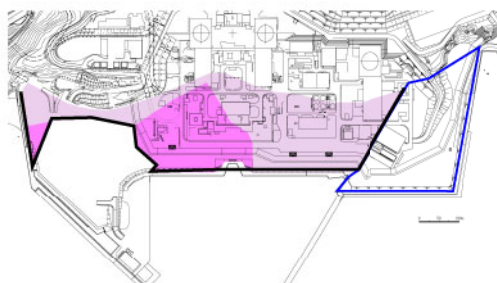
昭和58年7月



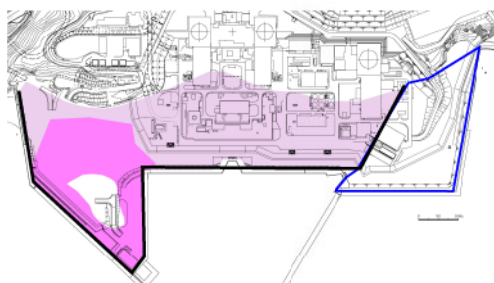
昭和58年9月



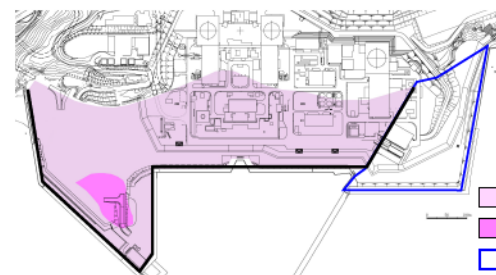
昭和59年5月



昭和59年8月



昭和59年9月



昭和59年11月

- : 埋戻土施工完了範囲
- : 当該時期埋戻土施工範囲
- : 3号炉埋立整地工事範囲
- : 埋立護岸・仮護岸

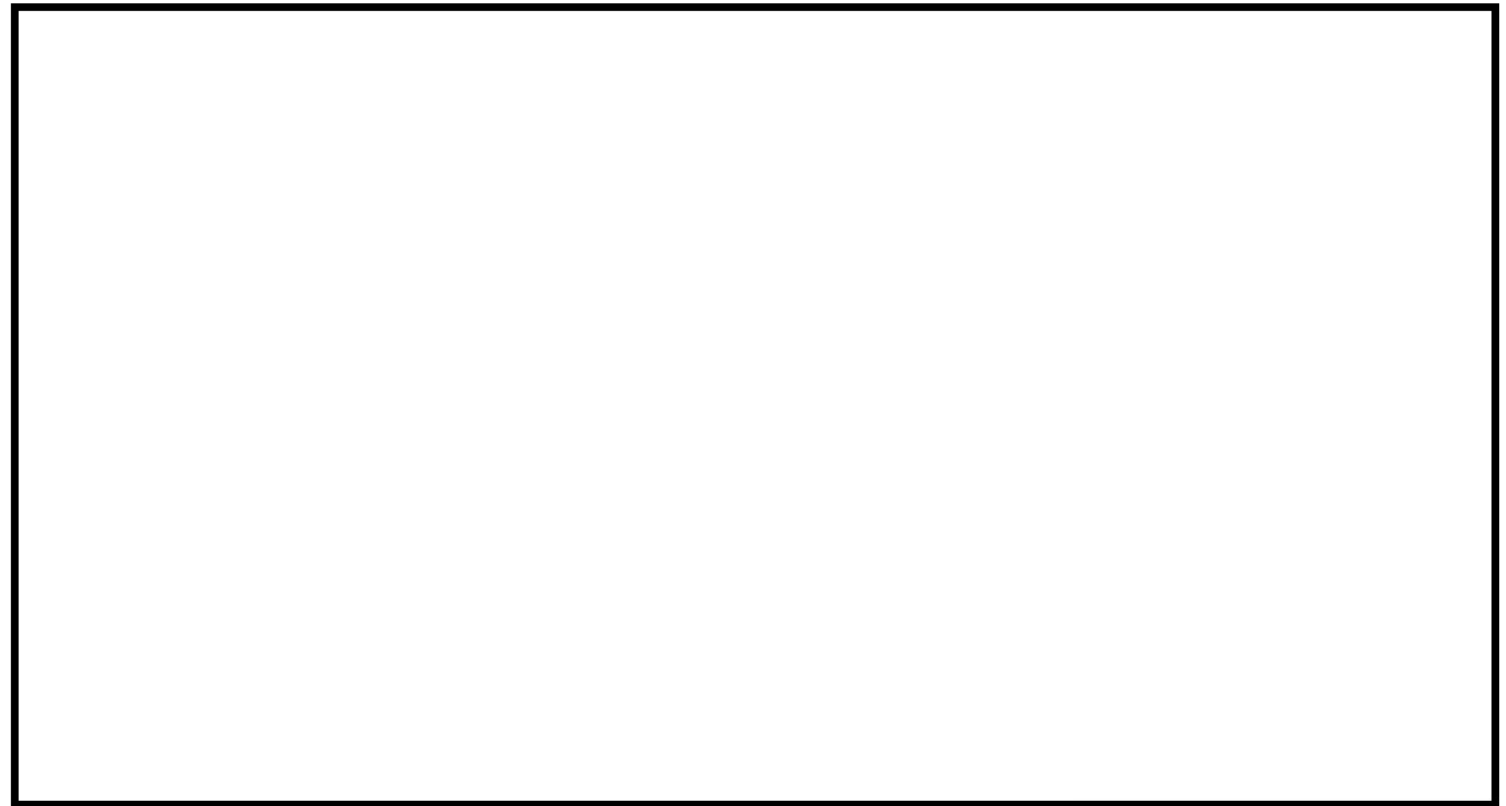
補足説明資料5 建設時における埋戻土の施工及び品質管理について

1,2号埋戻土の施工及び品質管理の整理（取放水設備工事による範囲）

- 取放水設備工事の範囲は、以下のとおり施工及び品質管理を行った。
 - 取放水設備の埋戻は、下図の範囲について、下表の埋戻仕様で振動ローラによる締固めを行った。

取放水設備工事の範囲の埋戻仕様

締固め機械	振動ローラ 4t～8t
まき出し厚	30cm
転圧回数	6回以上



施工範囲図

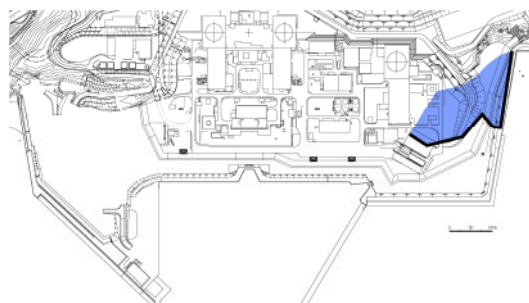
: 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

補足説明資料5 建設時における埋戻土の施工及び品質管理について 3号埋戻土の施工及び品質管理の整理（埋立整地工事による範囲）

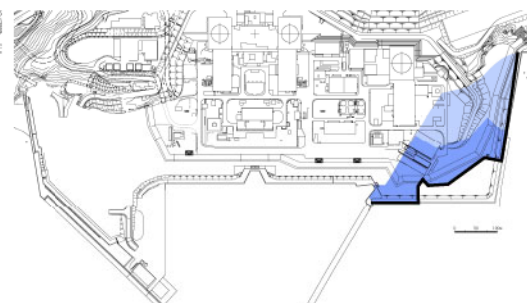
- 埋立整地工事の範囲は、以下のとおり施工及び品質管理を行った。
 - 建設時の埋立整地工事は、埋立護岸・仮護岸を設置しながら下図の順に埋戻しを行った。
 - 施工は、岩砕を下表の埋戻仕様でブルドーザにて押土・敷均し・転圧した。

埋立整地工事の範囲の埋戻仕様

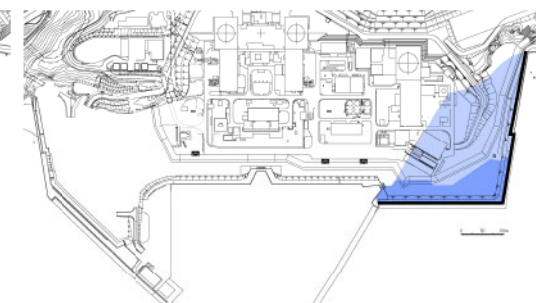
締固め機械	ブルドーザ
まき出し厚	50cm
転圧回数	3回以上



平成13年11月



平成14年8月



平成15年4月

- : 埋戻土施工完了範囲
- : 当該時期埋戻土施工範囲
- : 埋立護岸・仮護岸

補足説明資料5 建設時における埋戻土の施工及び品質管理について 3号埋戻土の施工及び品質管理の整理（取放水設備工事による範囲）

- 取放水設備工事の範囲の施工及び品質管理は、以下のとおり行った。
 - 取放水設備の埋戻は、下図の範囲について、下表の埋戻仕様で、振動ローラにより締固めを行った。
 - 品質管理は、施工試験で定めた下表の埋戻仕様に基づき行った。

取放水設備の範囲の埋戻仕様

施工箇所	一般部	狭隘部※
締固め機械	振動ローラ10t	振動ローラ1t
まき出し厚	30cm	30cm
転圧回数	6回以上	8回以上

※狭隘部とは大型の締固め機械が使用できない施工箇所を指す。



施工範囲図

: 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

補足説明資料5 建設時における埋戻土の施工及び品質管理について 埋戻土の施工及び品質管理の整理（まとめ）

○ 埋戻土の粒度分布について、施工及び品質管理の観点から以下のとおり整理した。

【1,2号埋戻土】

- 埋立整地工事の範囲について、施工はブルドーザによる押土・敷均し・転圧を行った。
- 取放水設備工事の範囲について、施工は埋戻仕様に基づき、振動ローラにより締固めを行った。

【3号埋戻土】

- 埋立整地工事の範囲について、施工は埋戻仕様に基づき、ブルドーザによる押土・敷均し・転圧を行った。
- 取放水設備工事の範囲について、施工は埋戻仕様に基づき、振動ローラにより締固めを行った。



○ 埋戻土は、施工及び品質管理の観点から整理を行った結果、以下の傾向があると考えられる。

【1,2号埋戻土】

- 埋立整地工事の範囲は、比較的大きな粒径の材料でも転圧可能なブルドーザにより埋戻しを行ったため、粒度のばらつきが大きい。
- 取放水設備工事の範囲は、埋戻仕様でまき出し厚を設定し、比較的小さい粒径の材料を用いて埋戻しを行ったことから、粒度のばらつきが小さい。

【3号埋戻土】

- 埋立整地工事の範囲は、埋戻仕様でまき出し厚を設定したものの、取放水設備による範囲と比較してまき出し厚を大きく設定したことから、粒度のばらつきが比較的大きい。
- 取放水設備工事の範囲は、埋戻仕様でまき出し厚を設定し、比較的小さい粒径の材料を用いて埋戻しを行ったことから、粒度のばらつきが小さい。

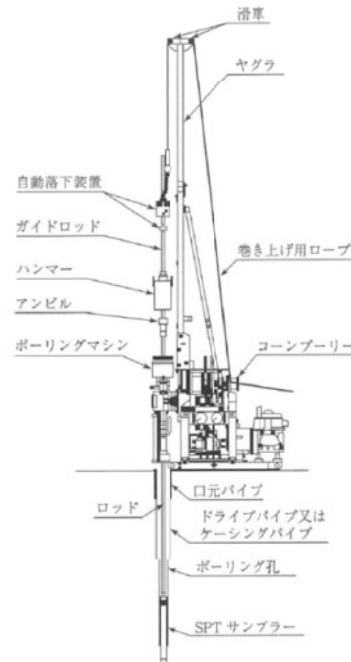
6 液状化に関連する基本物性の補足

補足説明資料6 液状化に関連する基本物性の補足 N値(標準貫入試験)

- N値とは、標準貫入試験において、SPTサンプラーを(自重及び予備うちによって貫入させた後)300mm打込むのに必要な打撃回数である。
- N値は、原位置における土の硬軟、締まり程度を知る指標となる。

【試験方法】

- ・標準貫入試験は、「標準貫入試験方法」(JIS A 1219:2013)に基づいて実施する。
- ・試験は、質量63.5kgのハンマーを760mmの高さからアンビルに落下させて、SPTサンプラーを打ち込む。
- ・本打ちの打撃回数は特に必要のない限り50回を限度とし、その時の累計貫入量を測定する。
- ・下図に、標準貫入試験装置の例を示す。



標準貫入試験装置の例

補足説明資料6 液状化に関連する基本物性の補足 細粒分含有率(Fc)

- 細粒分含有率とは、土中にある粒子のうち、75 μmふるいを通過した粒子の含有質量百分率をいい、Fcで表す。
- 地盤材料の工学的分類方法では、細粒土と粗粒土に分類するために用いられる。
- また、N値から液状化の判定を行う場合の対象土層の条件および砂質土の繰り返し三軸強度比を求める際の係数や、盛土の品質管理を規定するための材料区分にも使われる。

【試験方法】

- ・細粒分含有率は、「土の粒度試験方法」(JIS A 1204:2020)により算出する。
- ・試験は、粒径0.075mm以上の土粒子に適用されるふるい分析と、0.075mm未満の土粒子に適用される沈降分析に分けられる。
- 一般的な試験の順は下図に示す通りで、試料は、まず2mmふるいでふるい分けが行われ、その残留分に対しふるい分析が、また通過分に対し沈降分析が行われる。さらに沈降分析後の試料に対し、75 μmふるいでふるい分けが行われ、その残留分に対しふるい分析が行われる。
- ・細粒分含有率は、以下の式を用いて算出する。

$$F_c = \frac{m_s - m_{s0}}{m_s} \times 100$$

$$m_s = \frac{m}{1 + w/100}$$

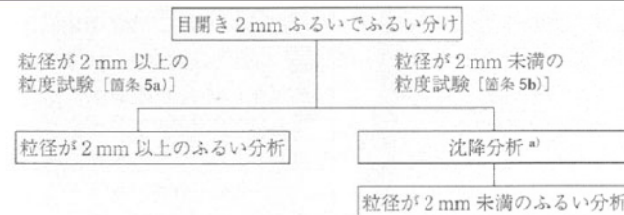
ここに、 F_c : 細粒分含有率 (%)

m : 試料の質量 (g)

m_s : 試料の炉乾燥質量 (g)

m_{s0} : 75 μmのふるいに残留した炉乾燥質量 (g)

w : 試料の含水比 (%)



注 a) 粒径が0.075 mm 未満の範囲の粒度を必要としない場合には、沈降分析を省略してもよい。

試験の順序

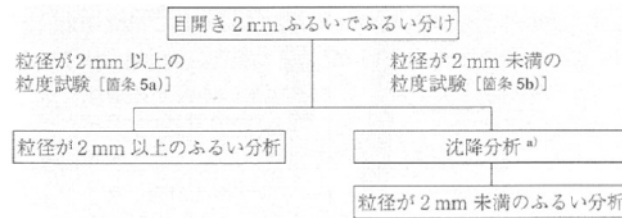
補足説明資料6 液状化に関連する基本物性の補足

粒径加積曲線

- 粒径加積曲線とは、土の粒度組成を表すために粒度試験の結果を図示したもので、横軸に粒径を対数目盛でとり、縦軸に各々の粒径より細かいものの質量百分率(通過質量百分率)をプロットした曲線をいう。
- 粒度試験の結果は、主として土の分類に使われ、粒径加積曲線の位置あるいは傾きから土の粒度特性を知ることができる。また、石分は施工に際しても問題となることが多く、特に施工方法や施工機械の選定などに関係することが多い。盛土施工に際して盛土材料に含まれる石分の最大粒径は盛土巻出し厚との関係で重要な問題となる。
- 粒径加積曲線の勾配がなだらかで、粒径の異なる粒子を広い範囲にわたり含む土を粒径幅が広いといい、その勾配が急で特定の粒径に集中する土を分級されたあるいは集中粒径の土という。

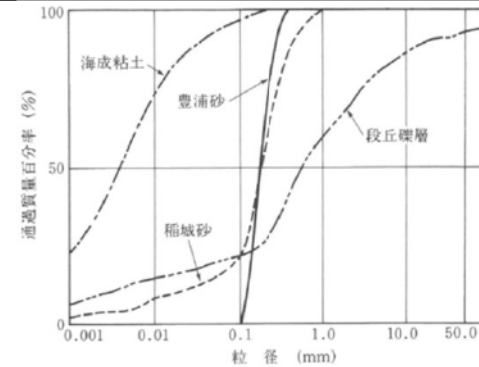
【試験方法】

- ・粒径加積曲線は、「土の粒度試験方法」(JIS A 1204:2020)および「石分を含む地盤材料の粒度試験方法」(JGS 0132-2020)により算出する。石分とは、粒径が75mm以上の土質材料をいう。
- ・「土の粒度試験方法」は、粒径0.075mm以上の土粒子に適用されるふるい分析と、0.075mm未満の土粒子に適用される沈降分析に分けられる。一般的な試験の順は下図に示す通りで、試料は、まず2mmふるいでふるい分けが行われ、その残留分に対しふるい分析が、また通過分に対し沈降分析が行われる。さらに沈降分析後の試料に対し、75 μ mふるいでふるい分けが行われ、その残留分に対しふるい分析が行われる。
- ・「石分を含む地盤材料の粒度試験方法」は、ふるいは目開き75mm, 125mm, 300mmのものとし、粒径が75mm未満の土質材料の粒度を求めるには「土の粒度試験方法」を適用する。



注*) 粒径が 0.075 mm 未満の範囲の粒度を必要としない場合には、沈降分析を省略してもよい。

試験の順序



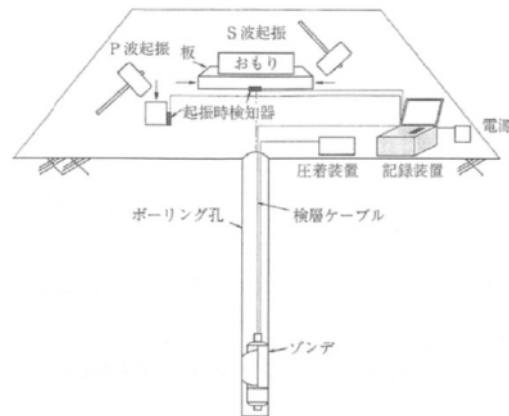
代表的な土の粒径加積曲線の例

補足説明資料6 液状化に関連する基本物性の補足 せん断波速度(V_s)

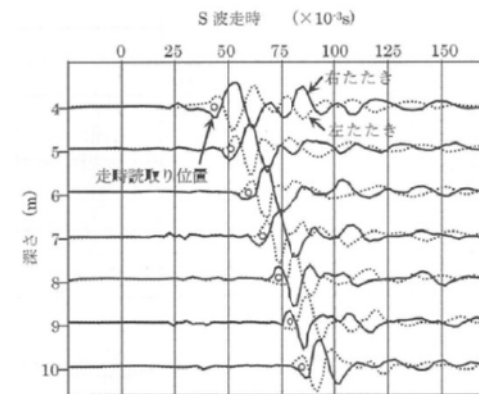
- せん断波速度 (V_s) は、無限に広がっている弾性体を伝わる弾性波のうち、波の伝播する方向と波の伝播に伴う媒質粒子の振動方向が直角な波である。
- 土質地盤の場合、S波速度は地層の変化や地盤の強度 (N値) に対して敏感に変化するため、工学的にはP波よりS波速度構造を求めることの方がより有効な情報を多く抽出することができる。

【試験方法】

- ・速度検層は、ボーリング孔を利用して弾性波速度の深さ方向の分布を測定する物理検層であり、「地盤の弾性波速度検層方法」(JGS 1122-2012) に準拠して実施する。
- ・測定は以下による。
 - ・所定の深さにゾンデを設置する。
 - ・起振装置を用いてP波及びS波を発生させ、所定の深さにおけるP波とS波の波形を測定し、記録する。
 - ・測定深さを変えて上記の操作を繰り返す。
 - ・深さごとにP波及びS波の走時を読み取る。S波の場合は起振時から初動までの時間を読み取るが、初動の判別が困難な場合は、波形の山または谷の位置の時間を読み取る。
 - ・読み取った走時を横軸にとり、深さを縦軸にとって両者の関係を表す走時曲線図を作成する。



ダウンホール方式の検層装置の例



(b) S波の例

走時の読み取り方法(ダウンホール方式) S波の例

7 1,2号埋戻土及び3号埋戻土の区分けについて

補足説明資料7 1,2号埋戻土及び3号埋戻土の区分けについて

- 泊発電所の敷地は、1,2号炉建設時と3号炉建設時に埋戻しされており、3号炉建設時の原子炉建屋、タービン建屋等の基礎掘削及び取放水設備の掘削範囲により埋戻土は区分される。
- 3号炉建設時の掘削範囲は、概ね直線的に区分される。

8 粒度分布の代表性確認指標としての妥当性確認

補足説明資料8 粒度分布の代表性確認指標としての妥当性確認

○埋戻土の液状化強度試験の試料採取位置における粒度分布の代表性確認指標としての妥当性確認フローを以下に示す。

試料の採取位置、標高及びボーリング柱状図における地質の整理 (P221～239)

埋戻土の施工及び品質管理の整理 (P240～244)

①液状化強度試験に用いた供試体の特徴の分析 (P245)

②液状化強度試験位置における粒径加積曲線の分布傾向の分析 (P246)

③液状化強度試験に用いた砂質土の供試体の分析 (P247)

④三角座標による分類と液状化強度試験の傾向分析 (P248)

粒度分布の代表性確認指標としての妥当性確認 (P249)

○粒度試験に用いた試料について液状化強度試験に用いた試料を区別した上で、採取位置、標高、ボーリング柱状図における地質及び地盤工学会JGS005 1に基づく地盤材料の工学的分類(以下、「三角座標による分類」という。)についてボーリング孔ごとに整理し、試料採取位置の平面分布、深度分布及び地質を確認する。

○1,2号埋戻土及び3号埋戻土において発電所建設時の埋立整地工事と取放水設備設置後の埋戻しの施工及び品質管理を整理し、埋戻土の粒度のばらつき等への影響を確認する。

○整理結果を踏まえて、液状化強度試験に用いた供試体の特徴の分析を行い、供試体の地質ごとの平面分布及び深度分布の傾向を確認し、ばらつきがある場合はばらつきの原因を確認する。

○粒度試験結果を1,2号埋戻土と3号埋戻土に分けて、粒径加積曲線の分布傾向の分析を行い、粒度分布のばらつき、液状化強度試験に用いた供試体の粒度分布が粒度試験結果全体の範囲に含まれているかを確認する。

○液状化強度試験に用いた供試体のうち砂質土の供試体について供試体写真を基に分析を行い、砂分等の構成を確認する。

○液状化強度試験結果について、三角座標による分類を踏まえた傾向分析を行い、地質ごとの傾向を確認する。

○上記の分析結果より、埋戻土の粒度分布と液状化強度の相関関係が、各基準類における粒度分布と液状化強度の相関関係に類似していることを確認する。

補足説明資料8 粒度分布の代表性確認指標としての妥当性確認 試料の採取位置図

- 埋戻土における液状化強度試験について、次頁より粒度試験に用いた試料の採取位置、標高及びボーリング柱状図における地質を整理する。
- 試料採取位置を下図に示す。



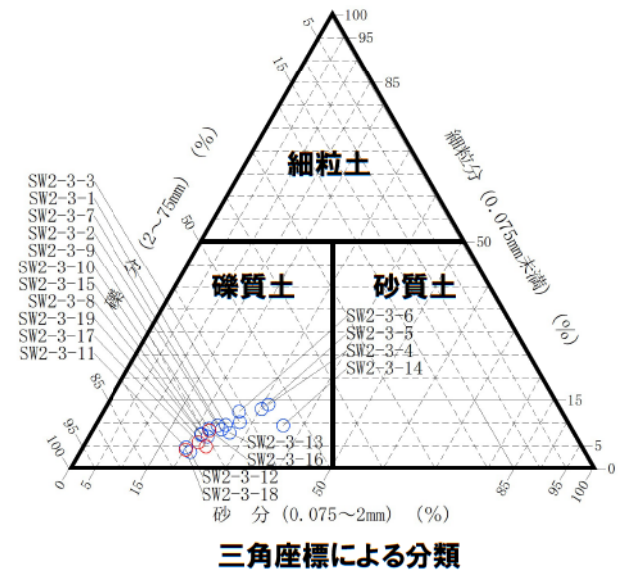
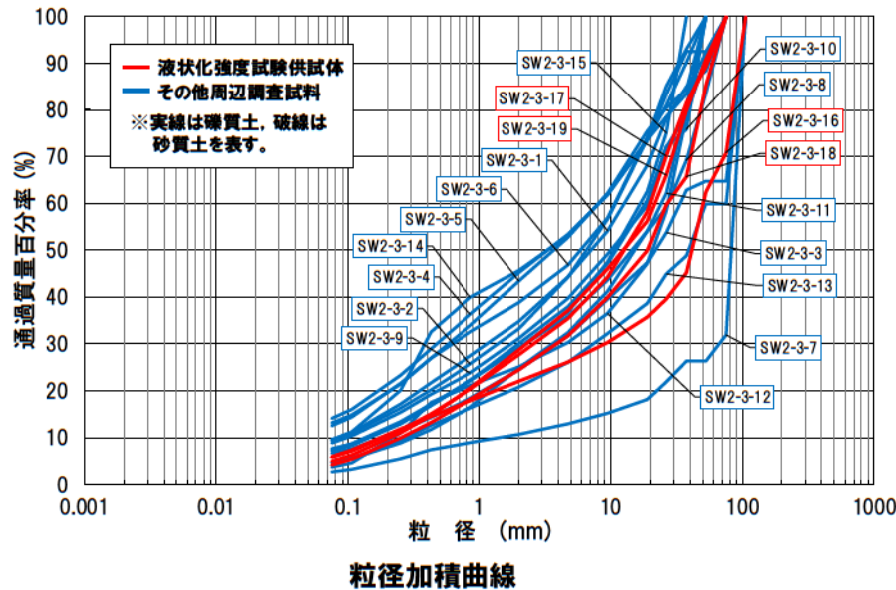
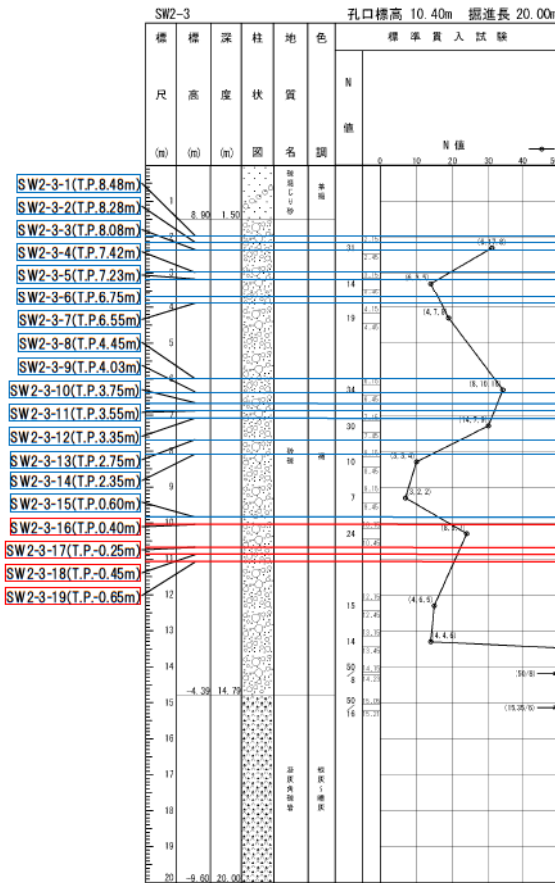
調査位置

:枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

補足説明資料8 粒度分布の代表性確認指標としての妥当性確認

試料の採取位置、標高及びボーリング柱状図における地質の整理 (SW2-3 (1,2号埋戻土))

- 粒度試験に用いた試料の採取位置、ボーリング柱状図における地質等を以下に示す。
 - 試料採取位置は1,2号炉の取放水設備工事により埋戻した範囲である。
 - 試料採取標高はT.P.8.48m～-0.65mで、液状化強度試験の供試体はT.P.0.40m～-0.65mで採取している。
 - 採取した試料の地質は、ボーリング柱状図では砂礫である。
 - 粒度特性は、粒径加積曲線のばらつきが小さいこと、三角座標による分類では礫質土のみで構成されていることを確認した。
 - 液状化強度試験の供試体は礫質土から採取しており、礫質土の粒度分布の範囲に含まれる。

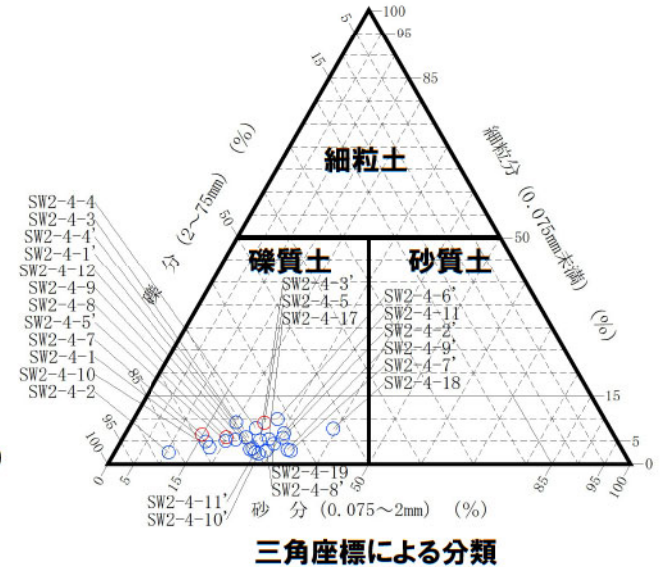
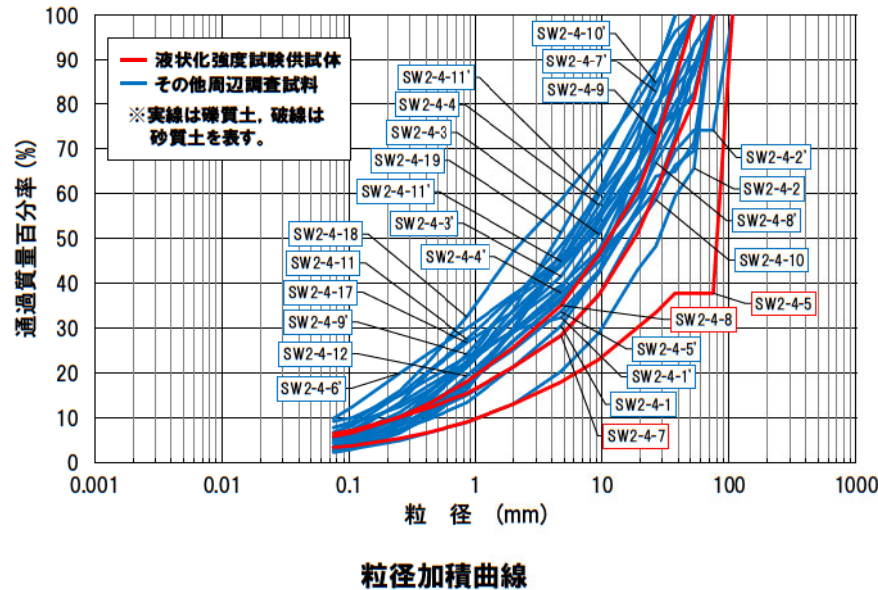
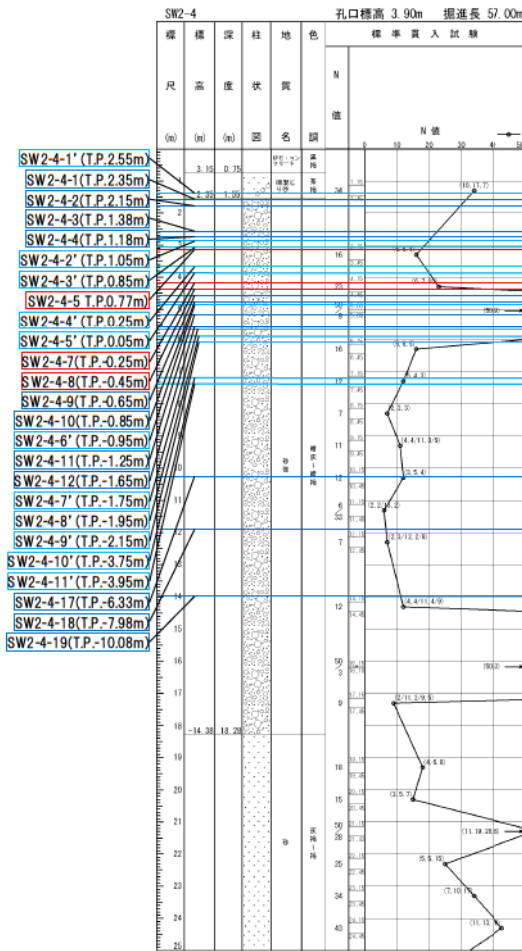


※なお、ボーリング柱状図の地質名は、コア採取時に観察者が肉眼で判断したものであり、地盤材料の工学的分類結果による地質名と異なる場合がある。

補足説明資料8 粒度分布の代表性確認指標としての妥当性確認

試料の採取位置、標高及びボーリング柱状図における地質の整理 (SW2-4 (1,2号埋戻土))

- 粒度試験に用いた試料の採取位置、ボーリング柱状図における地質等を以下に示す。
 - 試料採取位置は1,2号炉の埋立整地工事により埋戻した範囲である。
 - 試料採取標高はT.P.2.55m～-10.08mで、液状化強度試験の供試体はT.P.0.77m, T.P.-0.25m～-0.45mで採取している。
 - 採取した試料の地質は、ボーリング柱状図では砂礫である。
 - 粒度特性は、粒径加積曲線のばらつきが小さく、三角座標による分類では礫質土のみで構成されていることを確認した。
 - 液状化強度試験の供試体は礫質土から採取しており、1つの供試体で礫質土の粒度分布の範囲で最も高い粒度を示すものの、全体としては概ね他の礫質土の粒度分布と同じ範囲に含まれる。

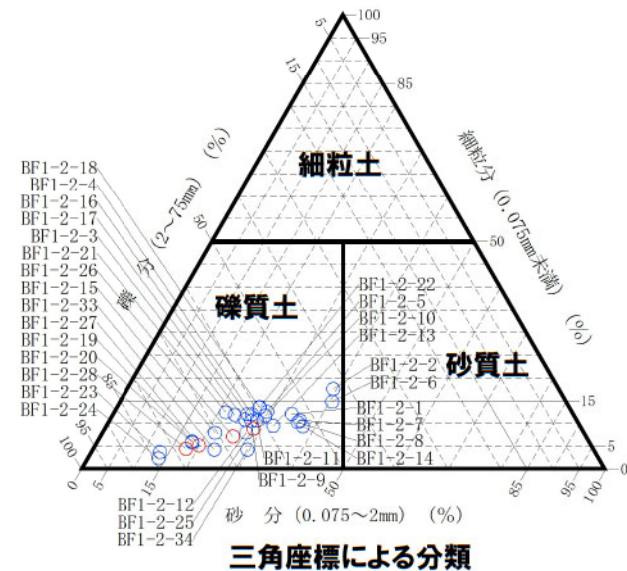
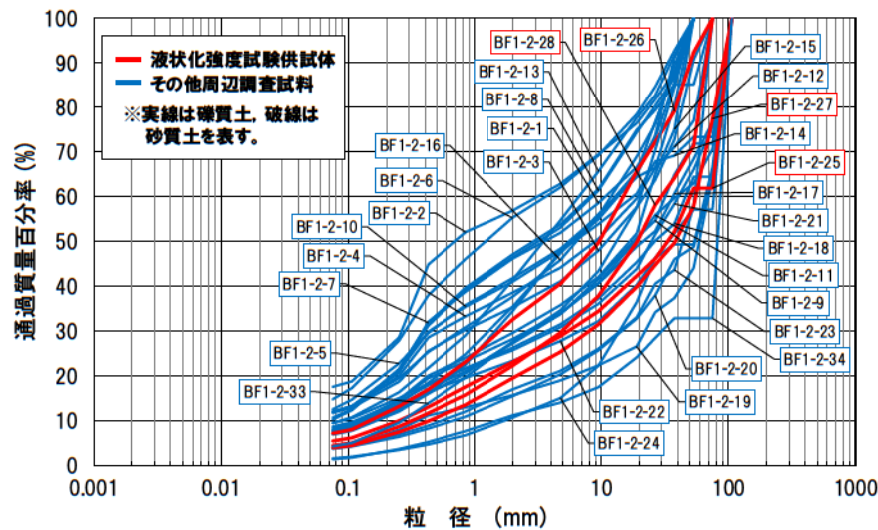
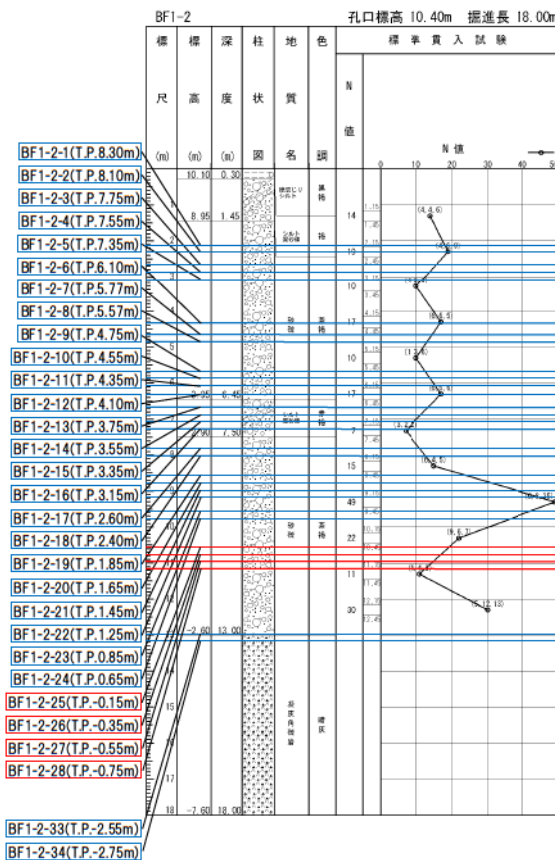


※なお、ボーリング柱状図の地質名は、コア採取時に観察者が肉眼で判断したものであり、地盤材料の工学的分類結果による地質名と異なる場合がある。

補足説明資料8 粒度分布の代表性確認指標としての妥当性確認

試料の採取位置、標高及びボーリング柱状図における地質の整理 (BF1-2 (1,2号埋戻土))

- 粒度試験に用いた試料の採取位置、ボーリング柱状図における地質等を以下に示す。
 - 試料採取位置は1,2号炉の取放水設備工事により埋戻した範囲である。
 - 試料採取標高はT.P.8.30m～-0.75mで、液状化強度試験の供試体はT.P.-0.15m～-0.75mで採取している。
 - 採取した試料の地質は、ボーリング柱状図では砂礫、シルト質砂礫である。
 - 粒度特性は、粒径加積曲線のばらつきが小さいこと、三角座標による分類では礫質土のみで構成されていることを確認した。
 - 液状化強度試験の供試体は礫質土から採取しており、礫質土の粒度分布の範囲に含まれる。

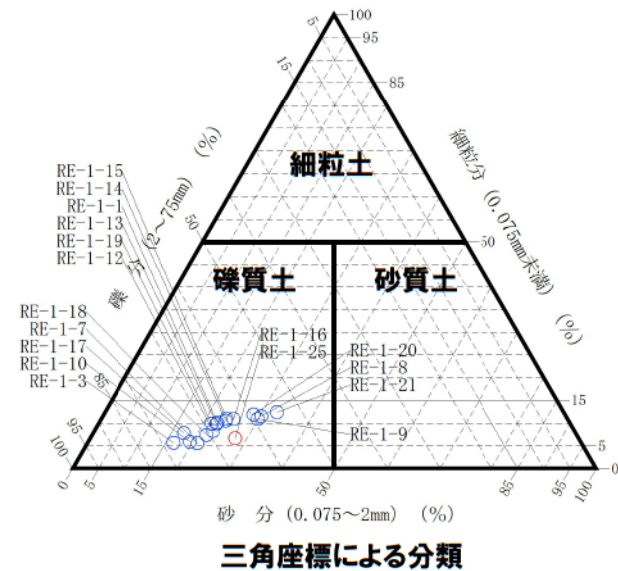
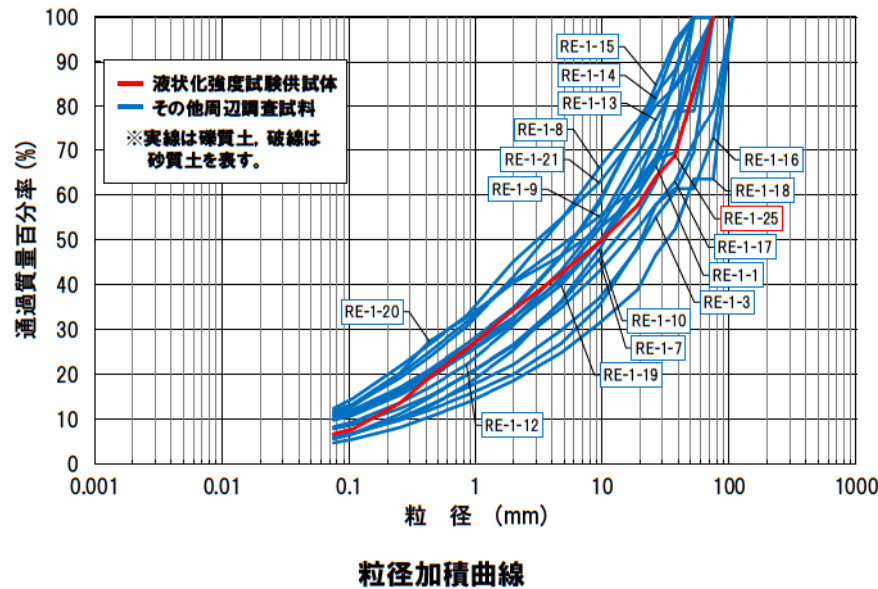
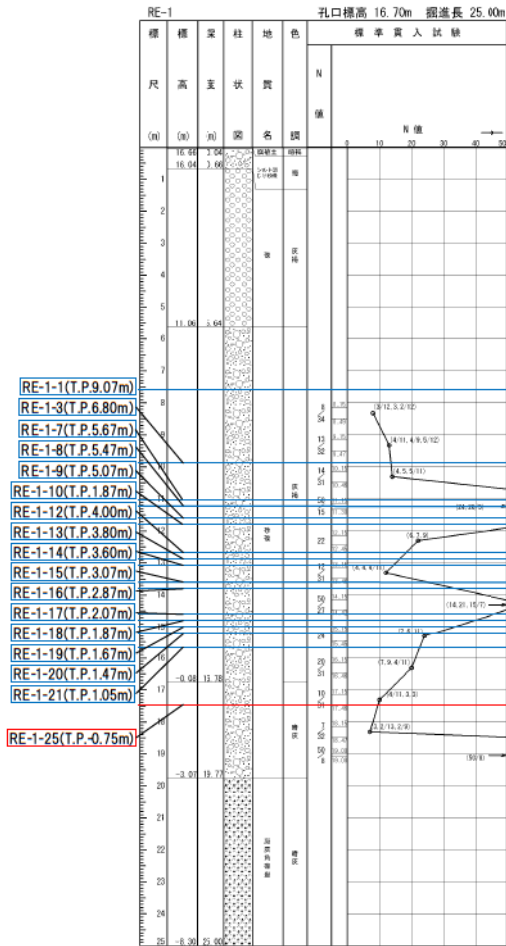


※なお、ボーリング柱状図の地質名は、コア採取時に観察者が肉眼で判断したものであり、地盤材料の工学的分類結果による地質名と異なる場合がある。

補足説明資料8 粒度分布の代表性確認指標としての妥当性確認

試料の採取位置、標高及びボーリング柱状図における地質の整理 (RE-1 (1,2号埋戻土))

- 粒度試験に用いた試料の採取位置、ボーリング柱状図における地質等を以下に示す。
 - 試料採取位置は1,2号炉の埋立整地工事により埋戻した範囲である。
 - 試料採取標高はT.P.9.07m~-0.75mで、液状化強度試験の供試体はT.P.-0.75mで採取している。
 - 採取した試料の地質は、ボーリング柱状図では砂礫である。
 - 粒度特性は、粒径加積曲線のばらつきが小さいこと、三角座標による分類では礫質土のみで構成されていることを確認した。
 - 液状化強度試験の供試体は礫質土から採取しており、礫質土の粒度分布の範囲に含まれる。

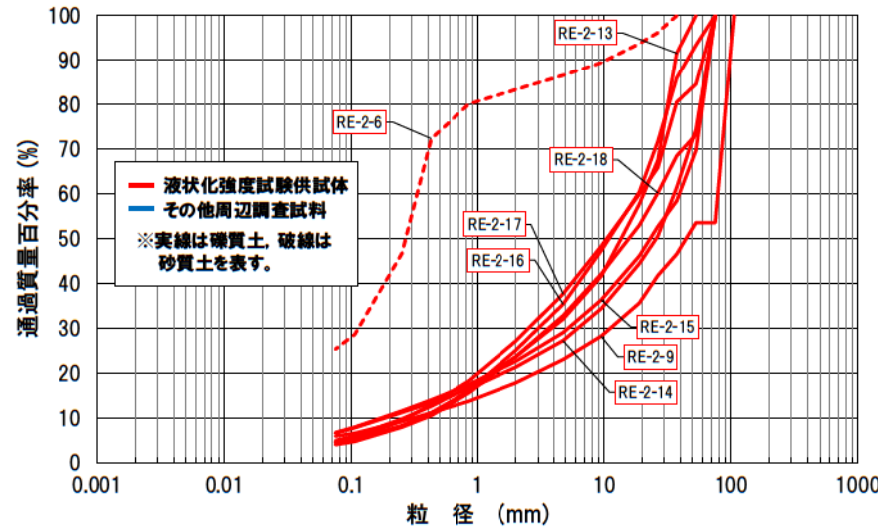
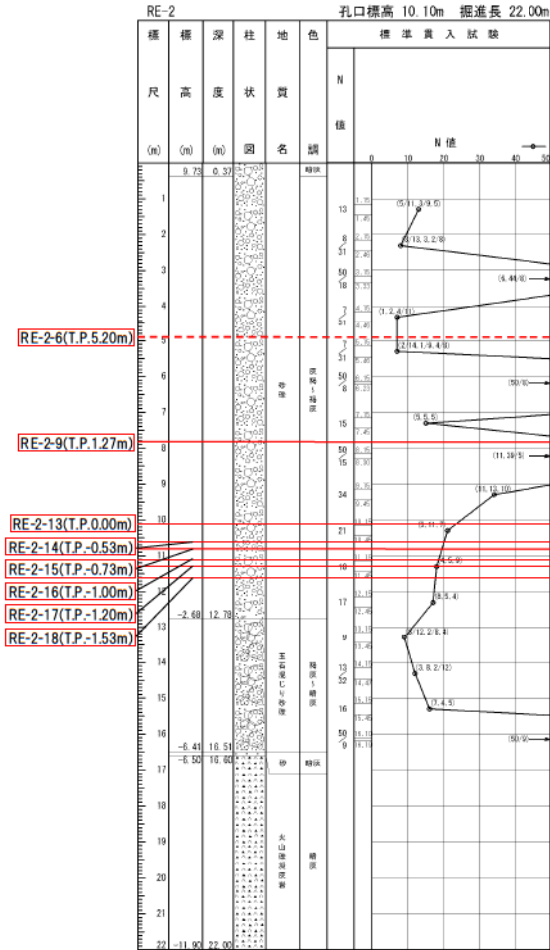


※なお、ボーリング柱状図の地質名は、コア採取時に観察者が肉眼で判断したものであり、地盤材料の工学的分類結果による地質名と異なる場合がある。

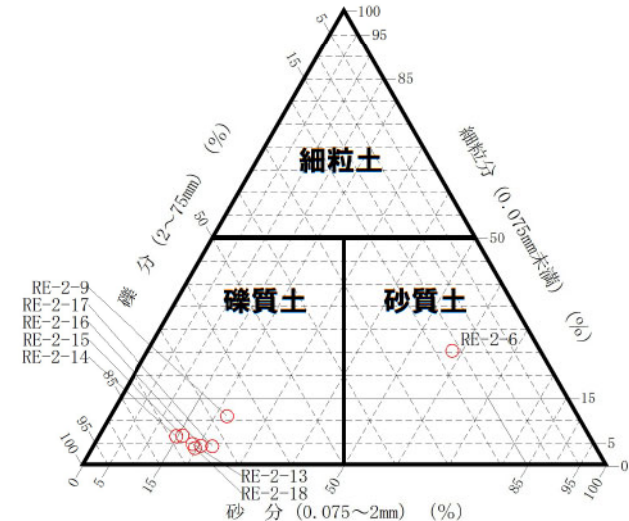
補足説明資料8 粒度分布の代表性確認指標としての妥当性確認

試料の採取位置、標高及びボーリング柱状図における地質の整理 (RE-2 (1,2号埋戻土))

- 粒度試験に用いた試料の採取位置、ボーリング柱状図における地質等を以下に示す。
 - 試料採取位置は1,2号炉の埋立整地工事により埋戻した範囲である。
 - 試料採取標高はT.P.5.20m～-1.53mで、液状化強度試験の供試体も粒度試験と同じ標高から採取している。
 - 採取した試料の地質は、ボーリング柱状図では礫である。
 - 粒度特性は、粒径加積曲線のばらつきが大きいこと、三角座標による分類では礫質土と砂質土で構成されていることを確認した。
 - 液状化強度試験の供試体は礫質土及び砂質土のそれぞれから採取している。



粒径加積曲線



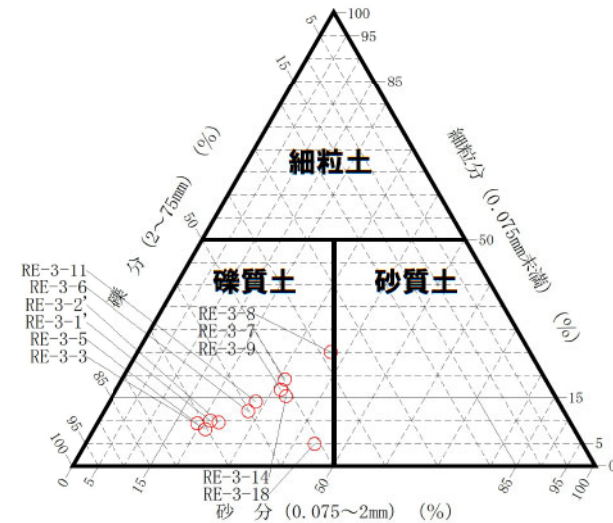
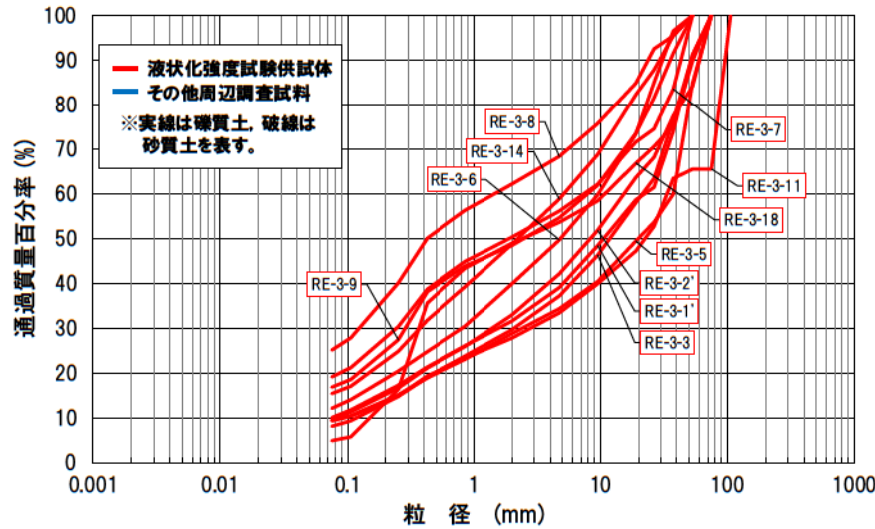
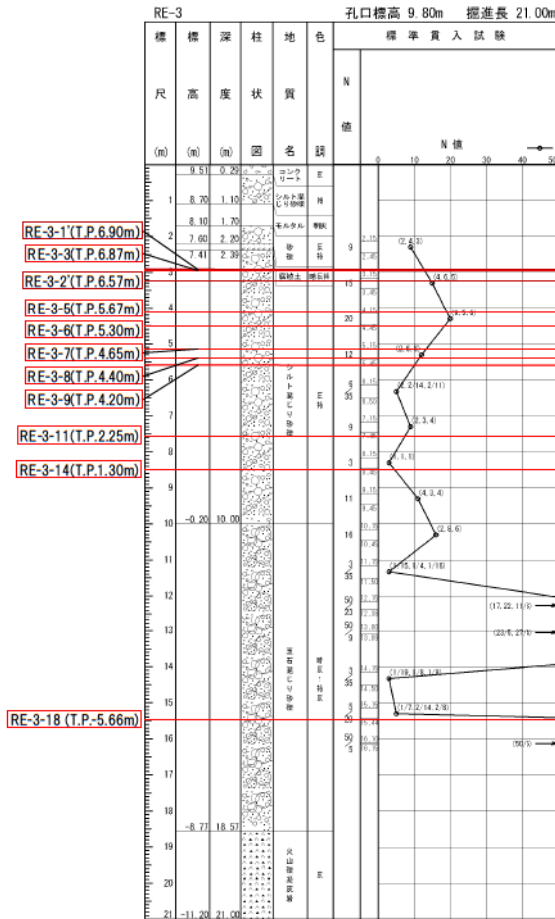
三角座標による分類

※なお、ボーリング柱状図の地質名は、コア採取時に観察者が肉眼で判断したものであり、地盤材料の工学的分類結果による地質名と異なる場合がある。

補足説明資料8 粒度分布の代表性確認指標としての妥当性確認

試料の採取位置、標高及びボーリング柱状図における地質の整理 (RE-3 (1,2号埋戻土))

- 粒度試験に用いた試料の採取位置、ボーリング柱状図における地質等を以下に示す。
 - 試料採取位置は1,2号炉の取放水設備工事により埋戻した範囲である。
 - 試料採取標高はT.P.6.90m～-5.66mで、液状化強度試験の供試体も粒度試験と同じ標高から採取している。
 - 採取した試料の地質は、ボーリング柱状図ではシルト混じり砂礫、玉石混じり砂礫である。
 - 粒度特性は、粒径加積曲線のばらつきが小さいこと、三角座標による分類では礫質土のみで構成されていることを確認した。
 - 液状化強度試験の供試体は礫質土から採取している。

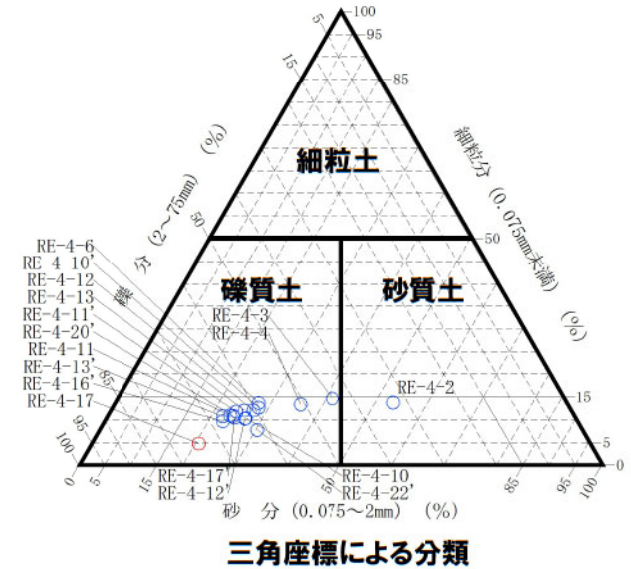
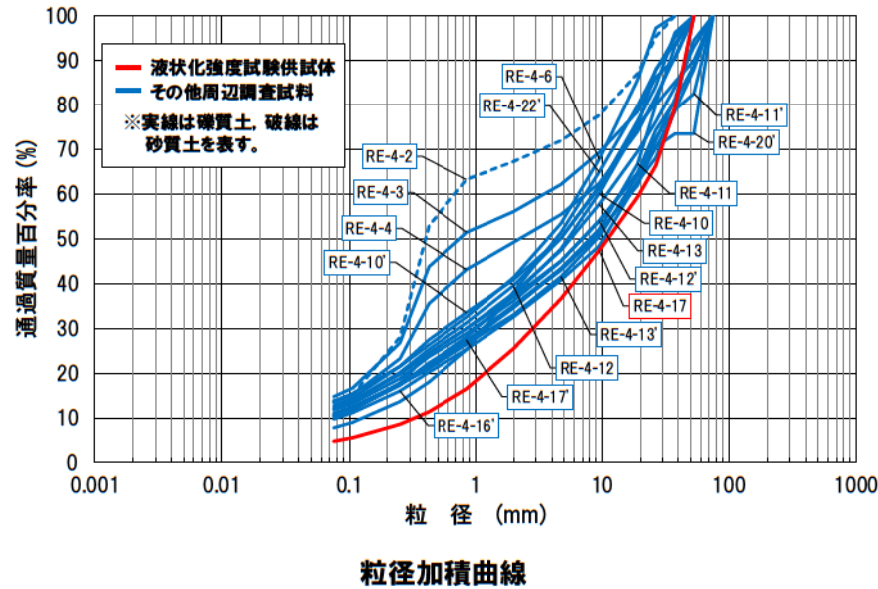
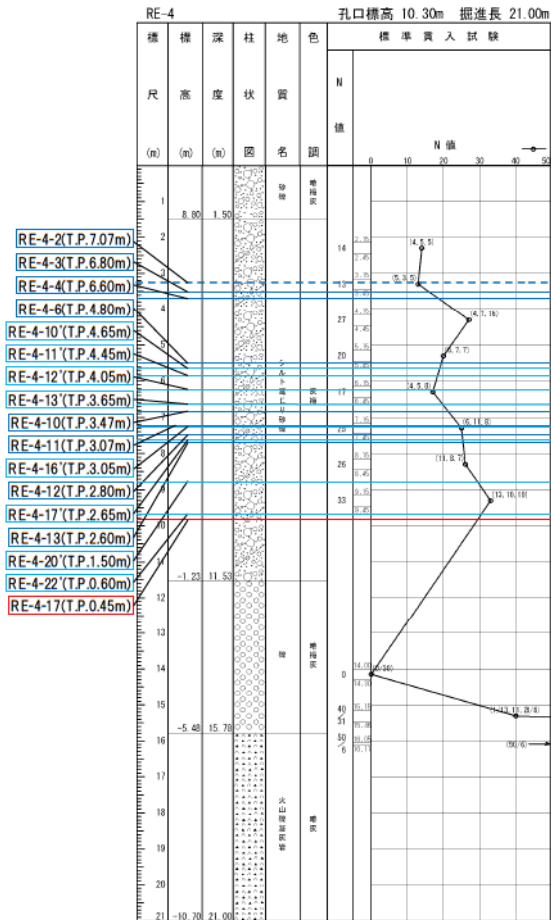


※なお、ボーリング柱状図の地質名は、コア採取時に観察者が肉眼で判断したものであり、地盤材料の工学的分類結果による地質名と異なる場合がある。

補足説明資料8 粒度分布の代表性確認指標としての妥当性確認

試料の採取位置、標高及びボーリング柱状図における地質の整理 (RE-4 (1,2号埋戻土))

- 粒度試験に用いた試料の採取位置、ボーリング柱状図における地質等を以下に示す。
 - 試料採取位置は1,2号炉の取放水設備工事により埋戻した範囲である。
 - 試料採取標高はT.P.7.07m~0.45mで、液状化強度試験の供試体はT.P.0.45mで採取している。
 - 採取した試料の地質は、ボーリング柱状図ではシルト混じり砂礫である。
 - 粒度特性は、粒径加積曲線のばらつきが大きいこと、三角座標による分類では礫質土と砂質土で構成されていることを確認した。
 - 液状化強度試験の供試体は礫質土から採取しており、概ね他の礫質土の粒度分布と同じ範囲に含まれる。

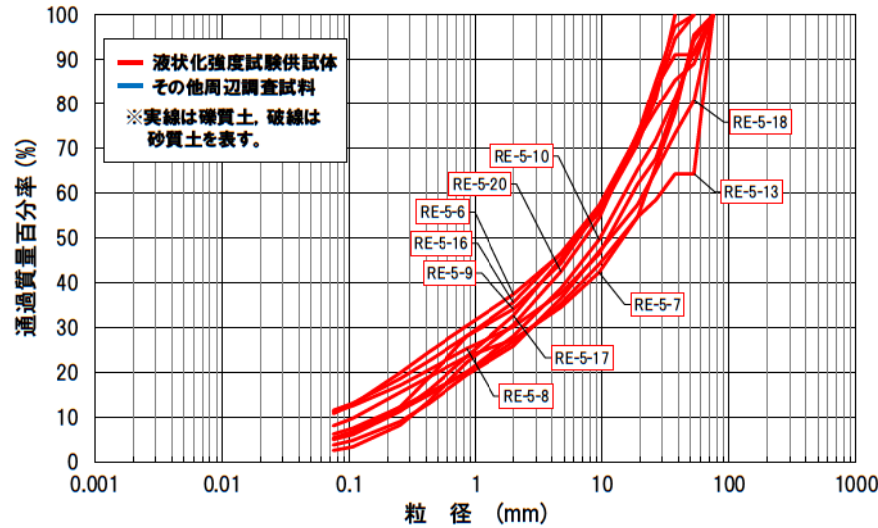
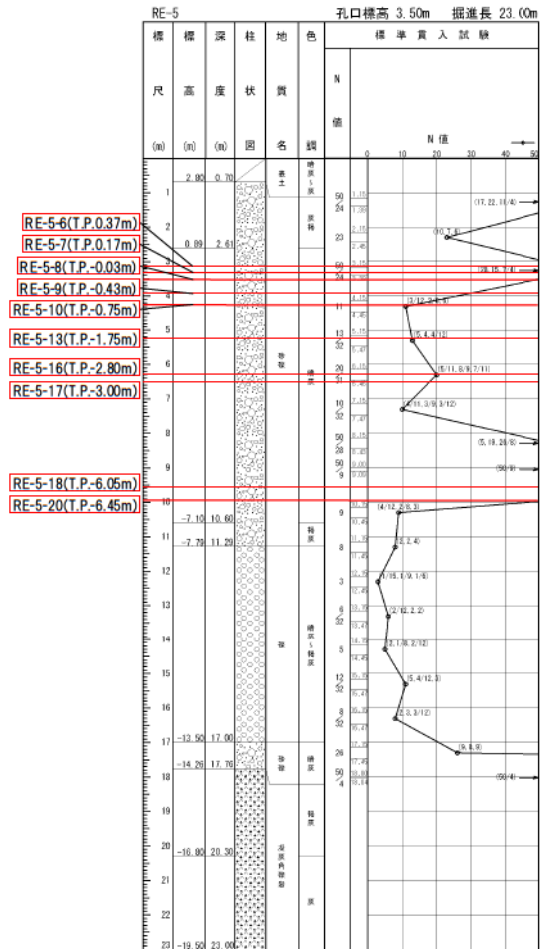


※なお、ボーリング柱状図の地質名は、コア採取時に観察者が肉眼で判断したものであり、地盤材料の工学的分類結果による地質名と異なる場合がある。

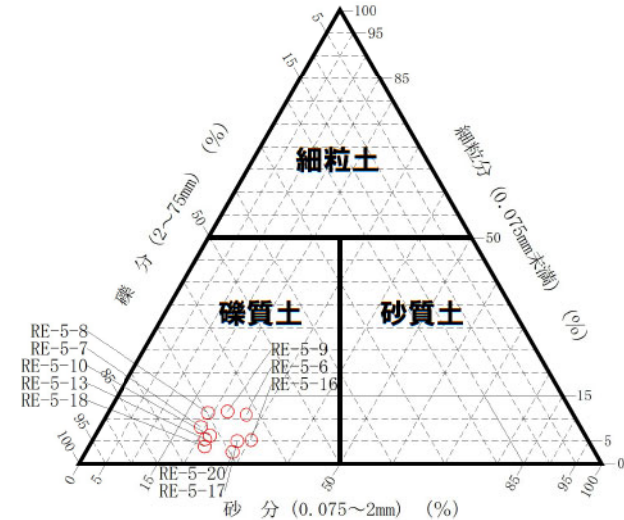
補足説明資料8 粒度分布の代表性確認指標としての妥当性確認

試料の採取位置、標高及びボーリング柱状図における地質の整理 (RE-5 (1,2号埋戻土))

- 粒度試験に用いた試料の採取位置、ボーリング柱状図における地質等を以下に示す。
 - 試料採取位置は1,2号炉の埋立整地工事により埋戻した範囲である。
 - 試料採取標高はT.P.0.37m～-6.45mで、液状化強度試験の供試体も粒度試験と同じ標高から採取している。
 - 採取した試料の地質は、ボーリング柱状図では砂礫である。
 - 粒度特性は、粒径加積曲線のばらつきが小さいこと、三角座標による分類では礫質土のみで構成されていることを確認した。
 - 液状化強度試験の供試体は礫質土から採取している。



粒径加積曲線



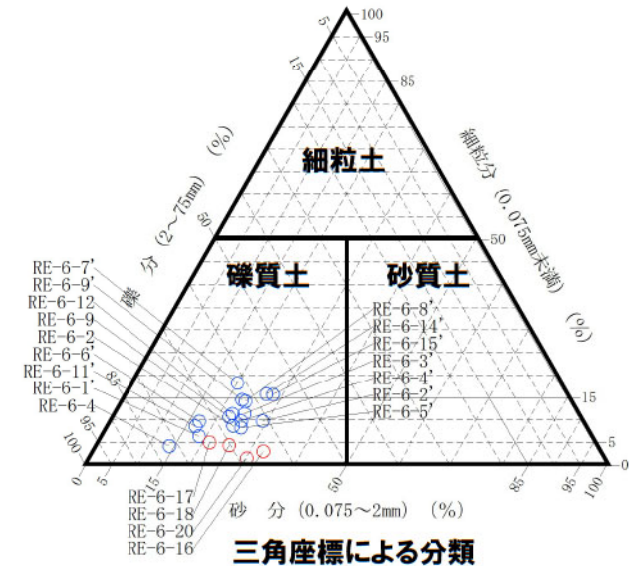
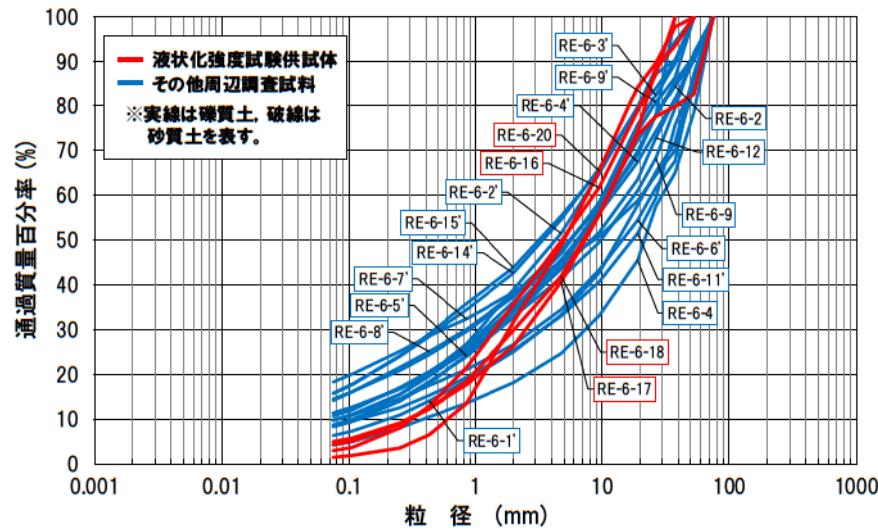
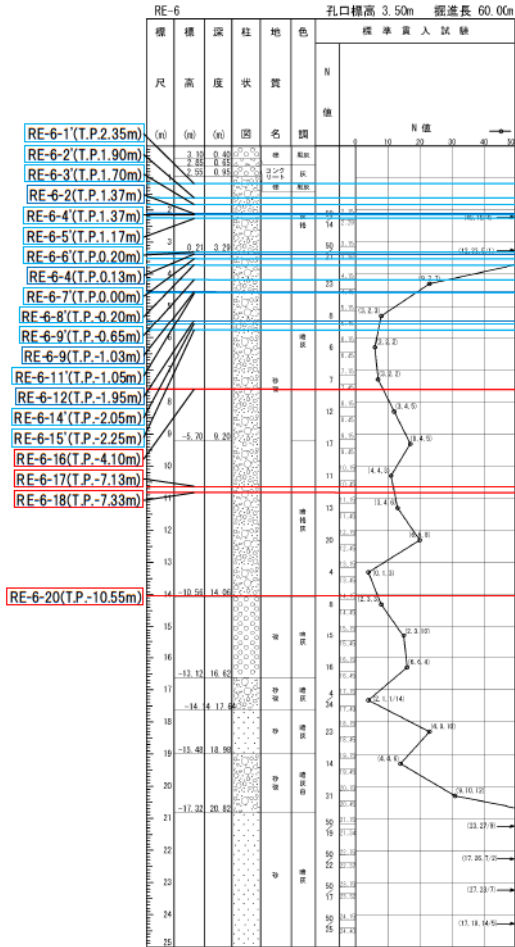
三角座標による分類

※なお、ボーリング柱状図の地質名は、コア採取時に観察者が肉眼で判断したものであり、地盤材料の工学的分類結果による地質名と異なる場合がある。

補足説明資料8 粒度分布の代表性確認指標としての妥当性確認

試料の採取位置、標高及びボーリング柱状図における地質の整理 (RE-6 (1,2号埋戻土))

- 粒度試験に用いた試料の採取位置、ボーリング柱状図における地質等を以下に示す。
 - 試料採取位置は1,2号炉の埋立整地工事により埋戻した範囲である。
 - 試料採取標高はT.P.2.35m～-10.55mで、液状化強度試験の供試体はT.P.-4.10m～-10.55mで採取している。
 - 採取した試料の地質は、ボーリング柱状図では砂礫である。
 - 粒度特性は、粒径加積曲線のばらつきが小さいこと、三角座標による分類では礫質土のみで構成されていることを確認した。
 - 液状化強度試験の供試体は礫質土から採取しており、礫質土の粒度分布の範囲に含まれる。

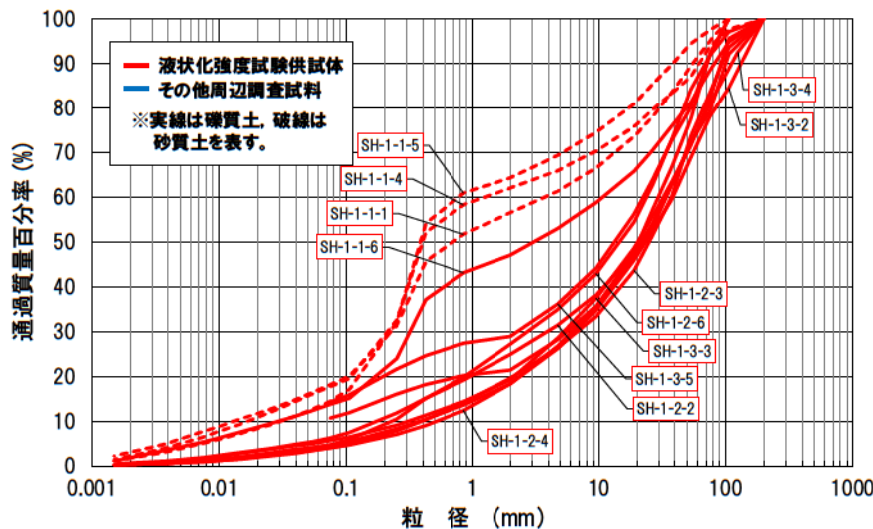
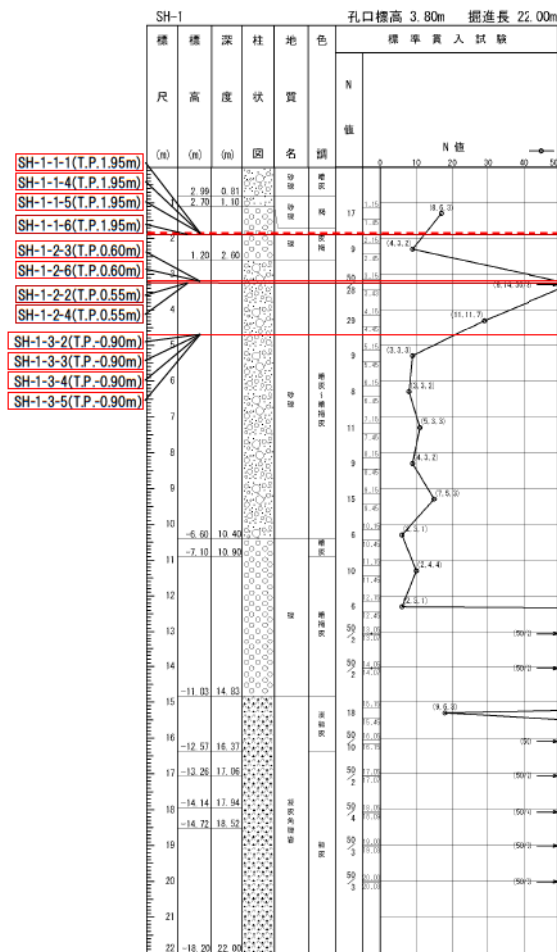


※なお、ボーリング柱状図の地質名は、コア採取時に観察者が肉眼で判断したものであり、地盤材料の工学的分類結果による地質名と異なる場合がある。

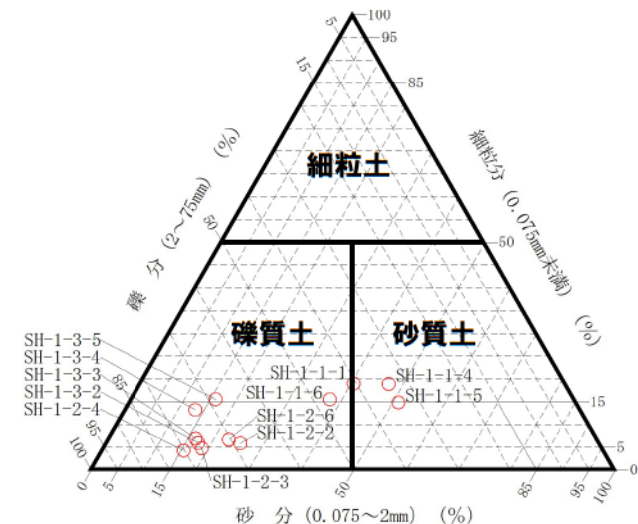
補足説明資料8 粒度分布の代表性確認指標としての妥当性確認

試料の採取位置、標高及びボーリング柱状図における地質の整理 (SH-1 (1,2号埋戻土))

- 粒度試験に用いた試料の採取位置、ボーリング柱状図における地質等を以下に示す。
 - 試料採取位置は1,2号炉の埋立整地工事により埋戻した範囲である。
 - 試料採取標高はT.P.1.95m～-0.90mで、液状化強度試験の供試体も粒度試験と同じ標高から採取している。
 - 採取した試料の地質は、ボーリング柱状図では礫、砂礫が認められる。
 - 粒度特性は、粒径加積曲線のばらつきが大きいこと、三角座標による分類では礫質土と砂質土で構成されていることを確認した。
 - 液状化強度試験の供試体は礫質土及び砂質土のそれぞれから採取している。



粒径加積曲線



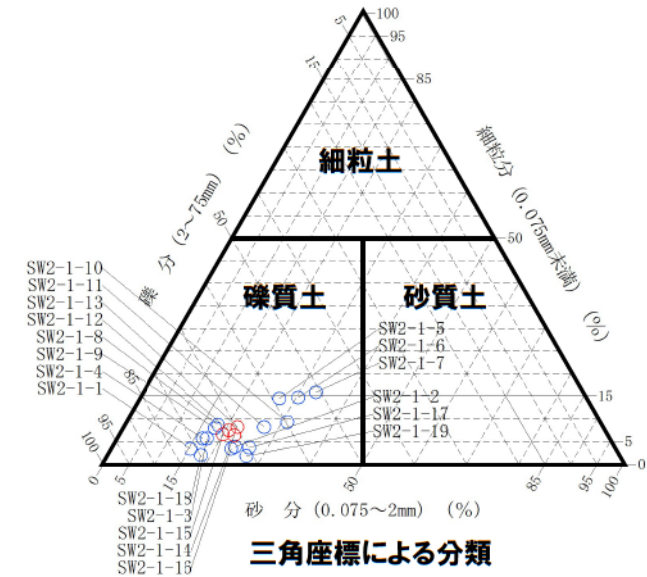
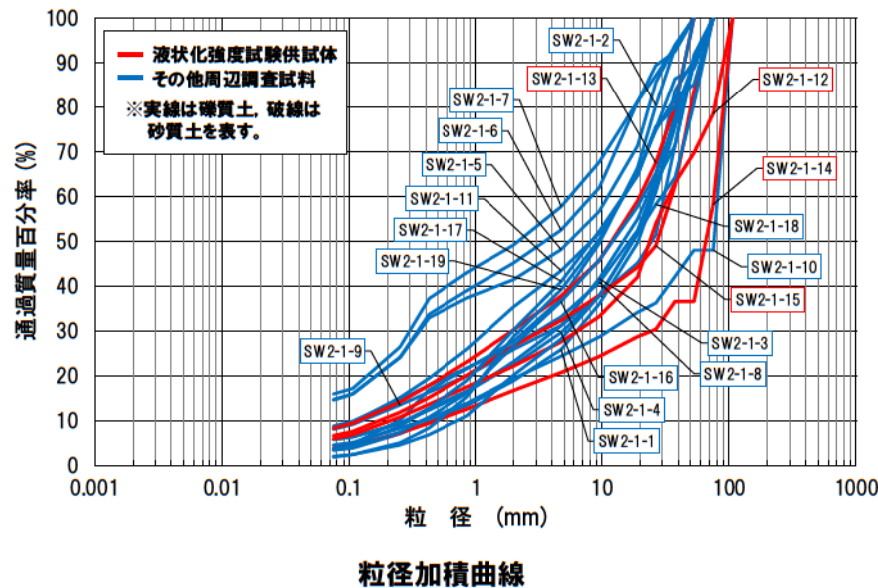
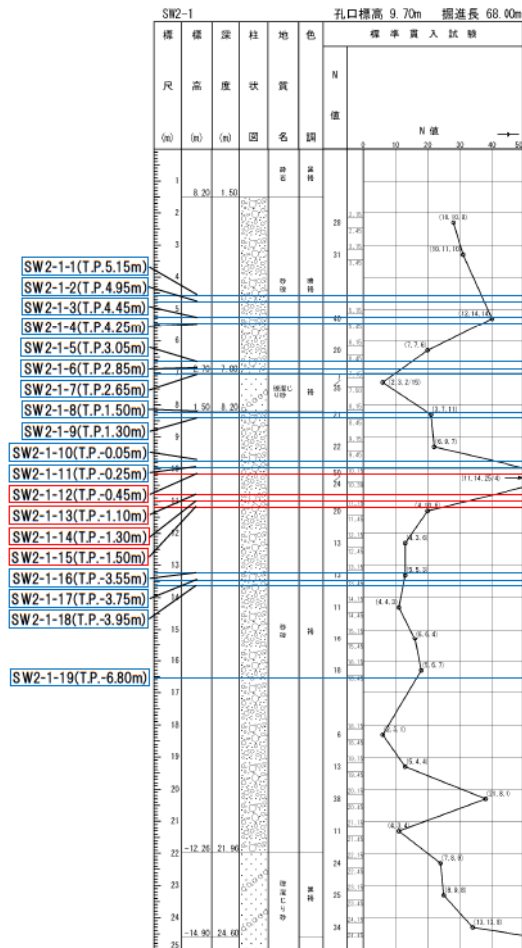
三角座標による分類

※なお、ボーリング柱状図の地質名は、コア採取時に観察者が肉眼で判断したものであり、地盤材料の工学的分類結果による地質名と異なる場合がある。

補足説明資料8 粒度分布の代表性確認指標としての妥当性確認

試料の採取位置、標高及びボーリング柱状図における地質の整理 (SW2-1 (3号埋戻土))

- 粒度試験に用いた試料の採取位置、ボーリング柱状図における地質等を以下に示す。
 - 試料採取位置は3号炉の埋立整地工事により埋戻した範囲である。
 - 試料採取標高はT.P.5.15m～-6.80mで、液状化強度試験の供試体はT.P.-0.45m～-1.50mで採取している。
 - 採取した試料の地質は、ボーリング柱状図では砂礫、礫混じり砂である。
 - 粒度特性は、粒径加積曲線のばらつきが小さいこと、三角座標による分類では礫質土のみで構成されていることを確認した。
 - 液状化強度試験の供試体は礫質土から採取しており、概ね他の礫質土の粒度分布と同じ範囲に含まれる。

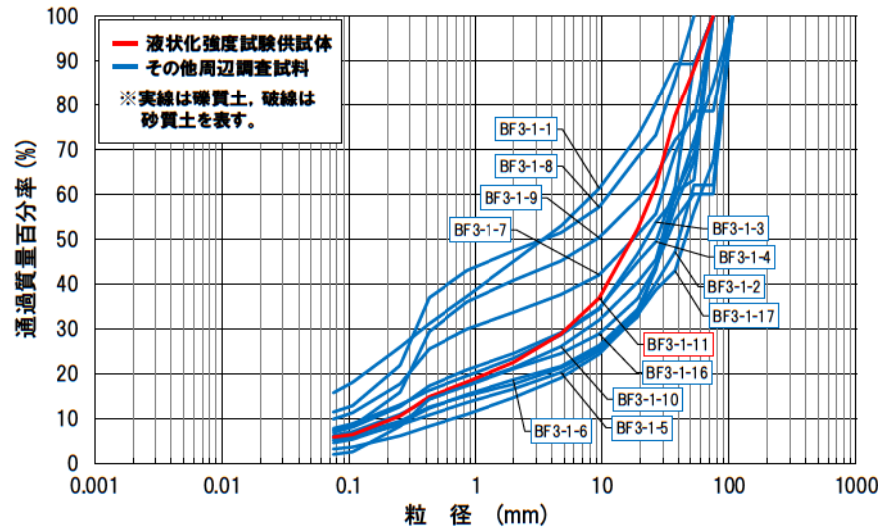
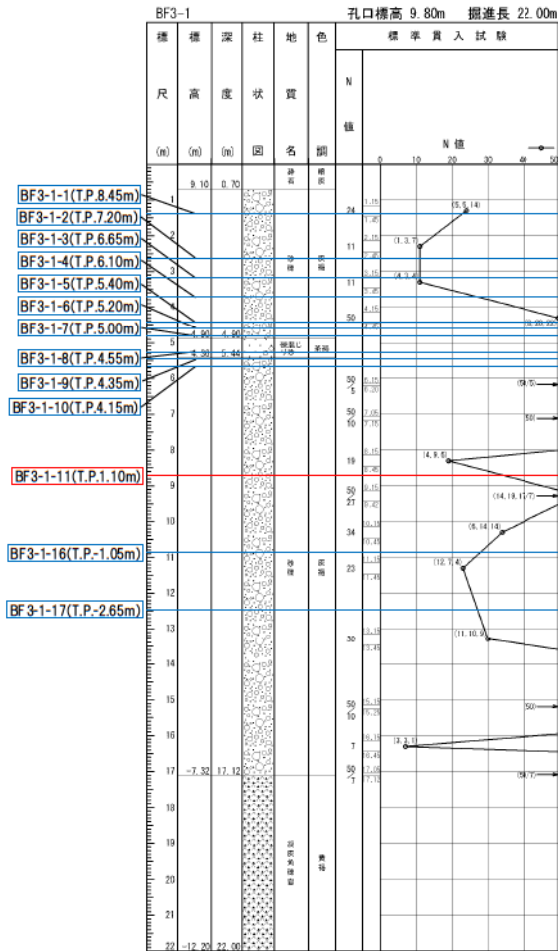


※なお、ボーリング柱状図の地質名は、コア採取時に観察者が肉眼で判断したものであり、地盤材料の工学的分類結果による地質名と異なる場合がある。

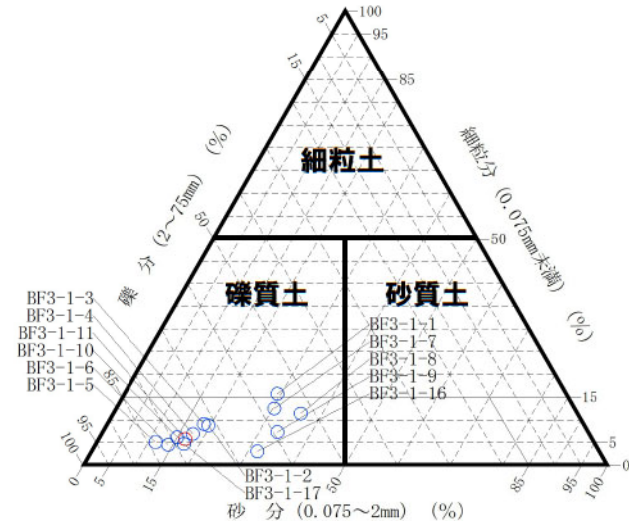
補足説明資料8 粒度分布の代表性確認指標としての妥当性確認

試料の採取位置、標高及びボーリング柱状図における地質の整理 (BF3-1 (3号埋戻土))

- 粒度試験に用いた試料の採取位置、ボーリング柱状図における地質等を以下に示す。
 - 試料採取位置は3号炉の取放水設備工事により埋戻した範囲である。
 - 試料採取標高はT.P.8.45m～-2.65mで、液状化強度試験の供試体はT.P.1.10mで採取している。
 - 採取した試料の地質は、ボーリング柱状図では砂礫、礫混じり砂である。
 - 粒度特性は、粒径加積曲線のばらつきが小さいこと、三角座標による分類では礫質土のみで構成されていることを確認した。
 - 液状化強度試験の供試体は礫質土から採取しており、礫質土の粒度分布の範囲に含まれる。



粒径加積曲線



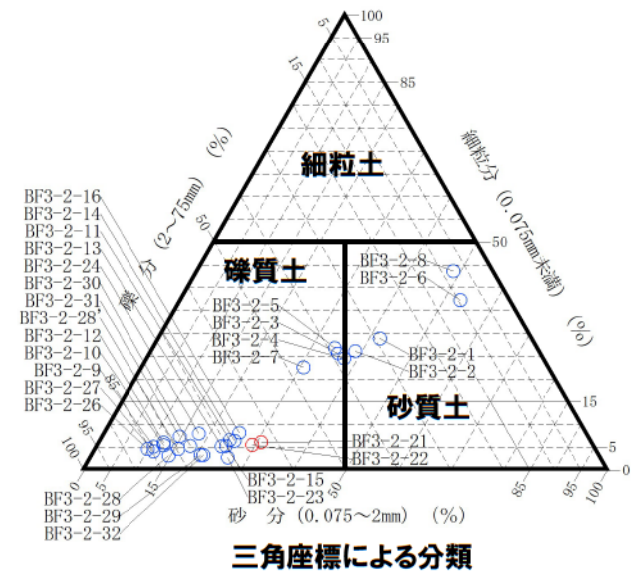
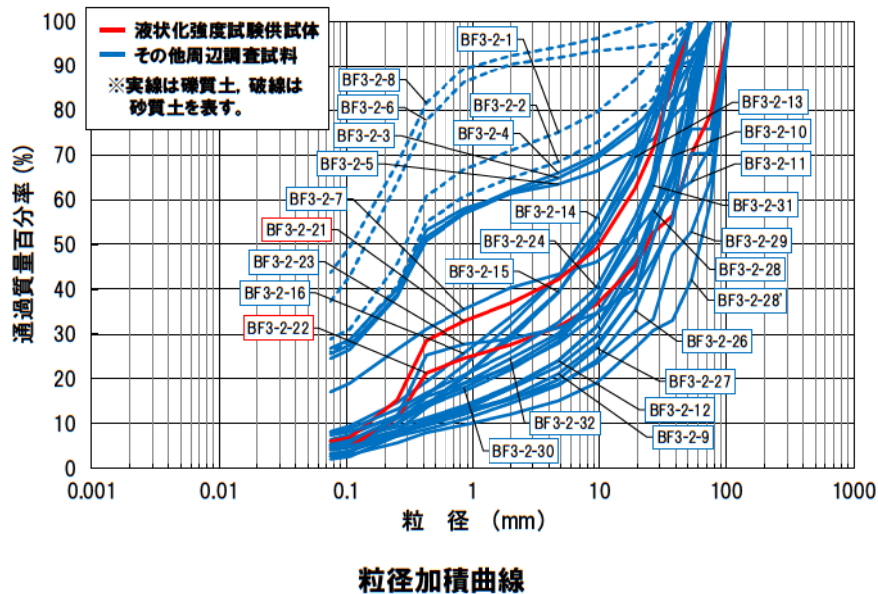
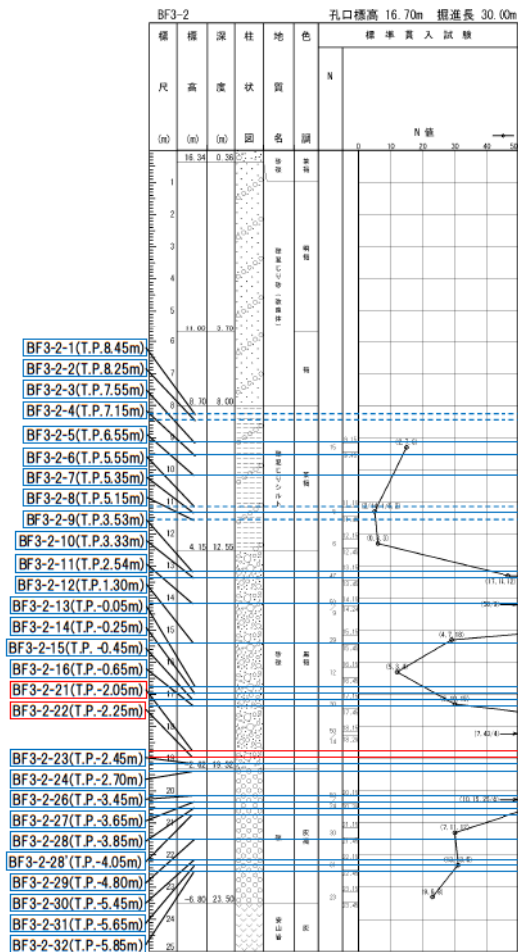
三角座標による分類

※なお、ボーリング柱状図の地質名は、コア採取時に観察者が肉眼で判断したものであり、地盤材料の工学的分類結果による地質名と異なる場合がある。

補足説明資料8 粒度分布の代表性確認指標としての妥当性確認

試料の採取位置、標高及びボーリング柱状図における地質の整理 (BF3-2 (3号埋戻土))

- 粒度試験に用いた試料の採取位置、ボーリング柱状図における地質等を以下に示す。
 - 試料採取位置は3号炉の取放水設備工事により埋戻した範囲である。
 - 試料採取標高はT.P.8.45m～-5.85mで、液状化強度試験の供試体はT.P.2.05m～2.25mで採取している。
 - 採取した試料の地質は、ボーリング柱状図では礫、砂礫、礫混じりシルトである。
 - 粒度特性は、粒径加積曲線のばらつきが大きいこと、三角座標による分類では礫質土と砂質土で構成されていることを確認した。
 - 液状化強度試験の供試体は礫質土から採取しており、礫質土の粒度分布の範囲に含まれる。

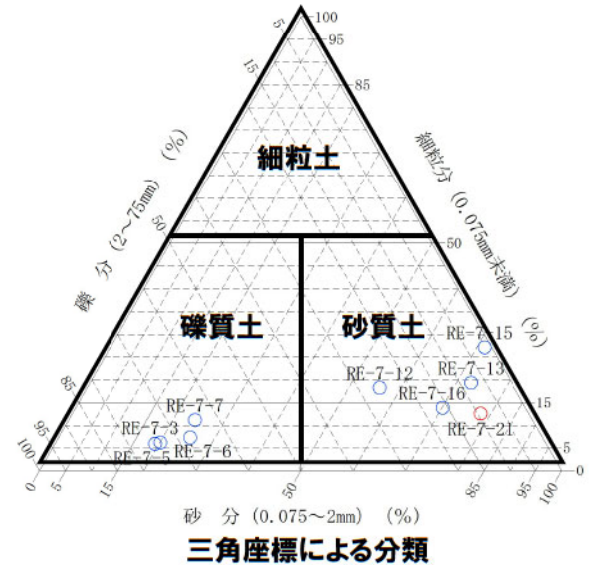
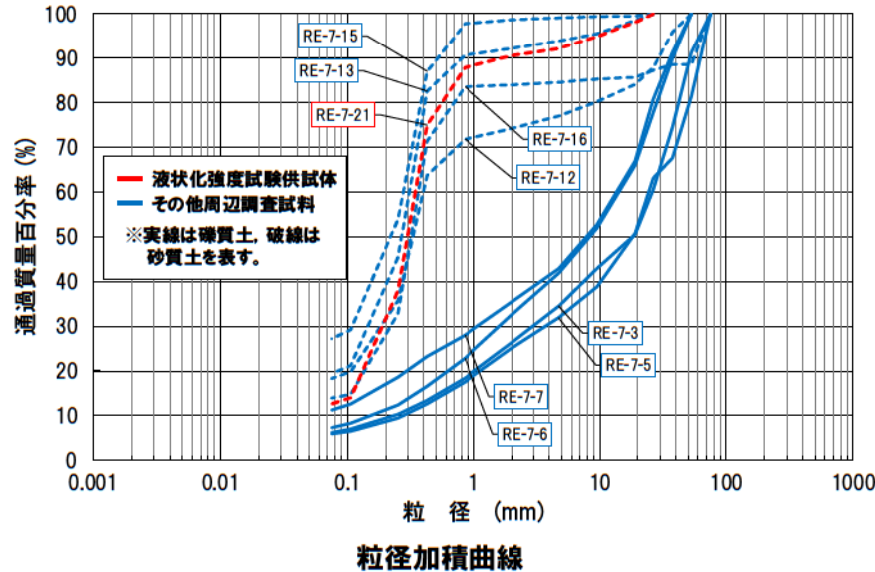
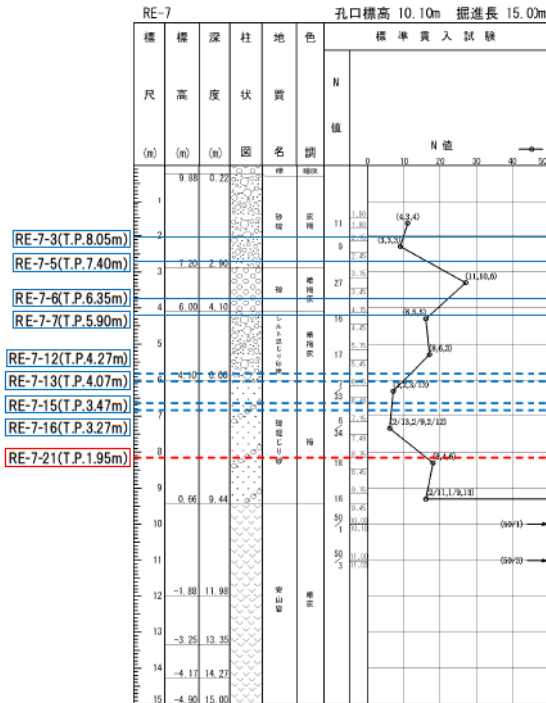


※なお、ボーリング柱状図の地質名は、コア採取時に観察者が肉眼で判断したものであり、地盤材料の工学的分類結果による地質名と異なる場合がある。

補足説明資料8 粒度分布の代表性確認指標としての妥当性確認

試料の採取位置、標高及びボーリング柱状図における地質の整理 (RE-7 (3号埋戻土))

- 粒度試験に用いた試料の採取位置、ボーリング柱状図における地質等を以下に示す。
 - 試料採取位置はT.P.5.50m程度以深が1,2号炉の埋立整地工事により埋戻した範囲であり、それ以浅は3号炉の取放水設備工事により埋戻した範囲である。
 - 試料採取標高はT.P.8.05m~1.95mで、液状化強度試験の供試体はT.P.1.95mで採取している。
 - 採取した試料の地質は、ボーリング柱状図では礫、砂礫、シルト混じり砂礫、礫混じり砂である。
 - 粒度特性は、粒径加積曲線のばらつきが大きいこと、三角座標による分類では礫質土と砂質土で構成されていることを確認した。
 - 液状化強度試験の供試体は砂質土から採取しており、砂質土の粒度分布の範囲に含まれる。

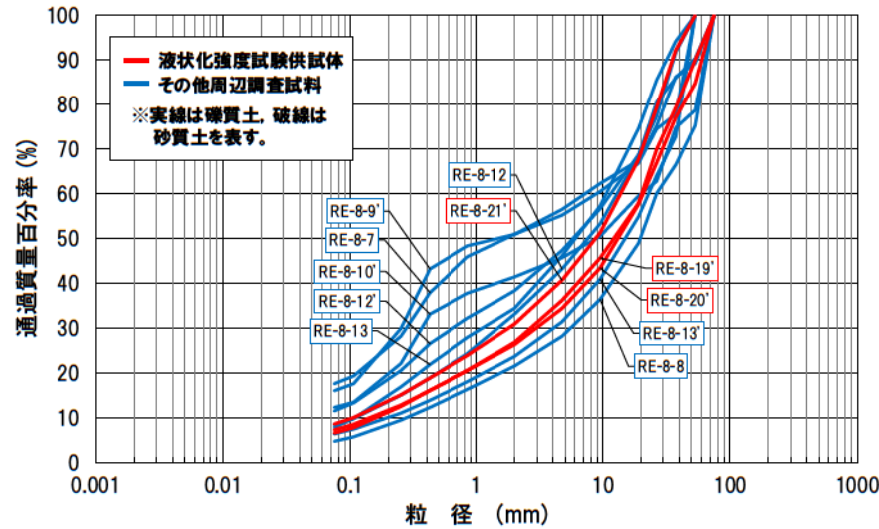
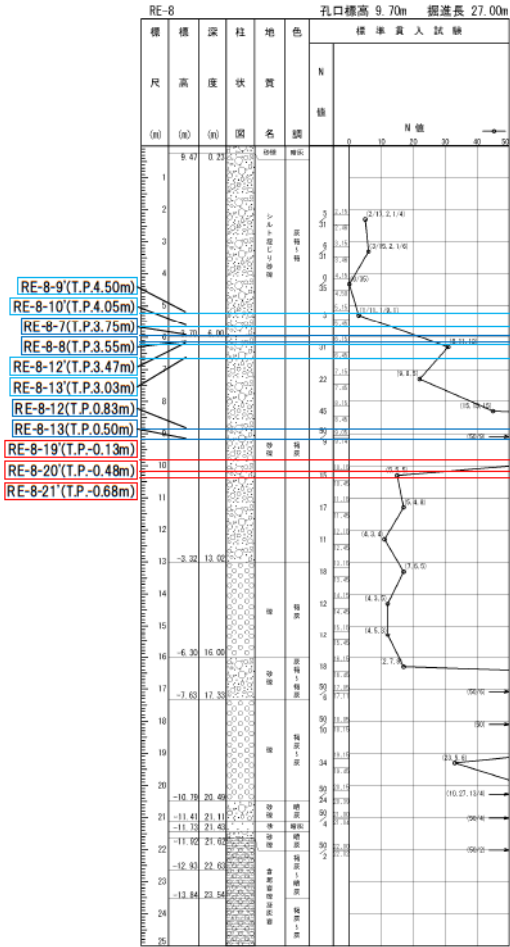


※なお、ボーリング柱状図の地質名は、コア採取時に観察者が肉眼で判断したものであり、地盤材料の工学的分類結果による地質名と異なる場合がある。

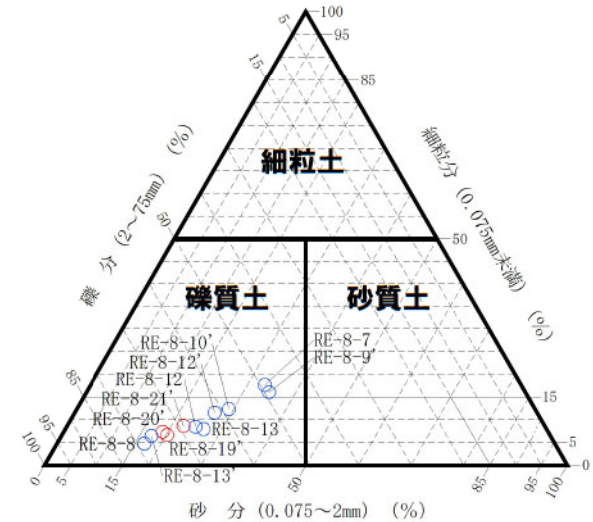
補足説明資料8 粒度分布の代表性確認指標としての妥当性確認

試料の採取位置、標高及びボーリング柱状図における地質の整理 (RE-8 (3号埋戻土))

- 粒度試験に用いた試料の採取位置、ボーリング柱状図における地質等を以下に示す。
 - 試料採取位置は3号炉の埋立整地工事により埋戻した範囲である。
 - 試料採取標高はT.P.4.50m~-0.68mで、液状化強度試験の供試体はT.P.-0.13~-0.68mで採取している。
 - 採取した試料の地質は、ボーリング柱状図では砂礫、シルト混じり砂礫である。
 - 粒度特性は、粒径加積曲線のばらつきが小さいこと、三角座標による分類では礫質土のみで構成されていることを確認した。
 - 液状化強度試験の供試体は礫質土から採取しており、礫質土の粒度分布の範囲に含まれる。



粒径加積曲線



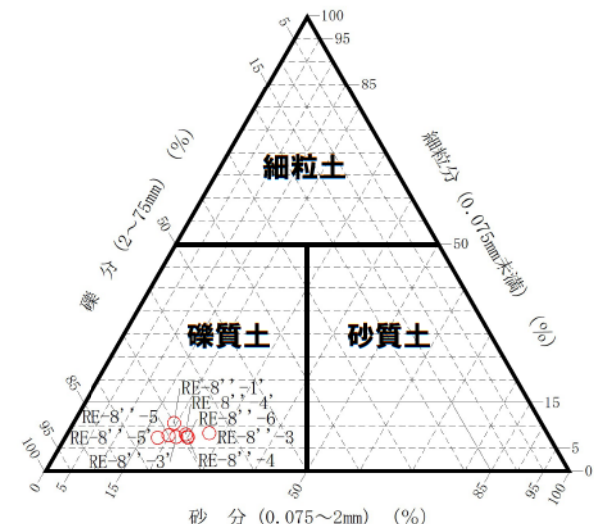
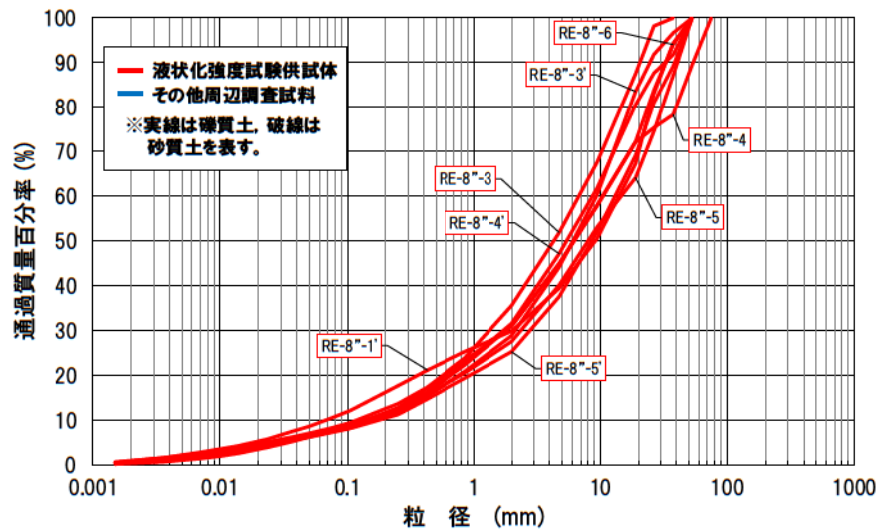
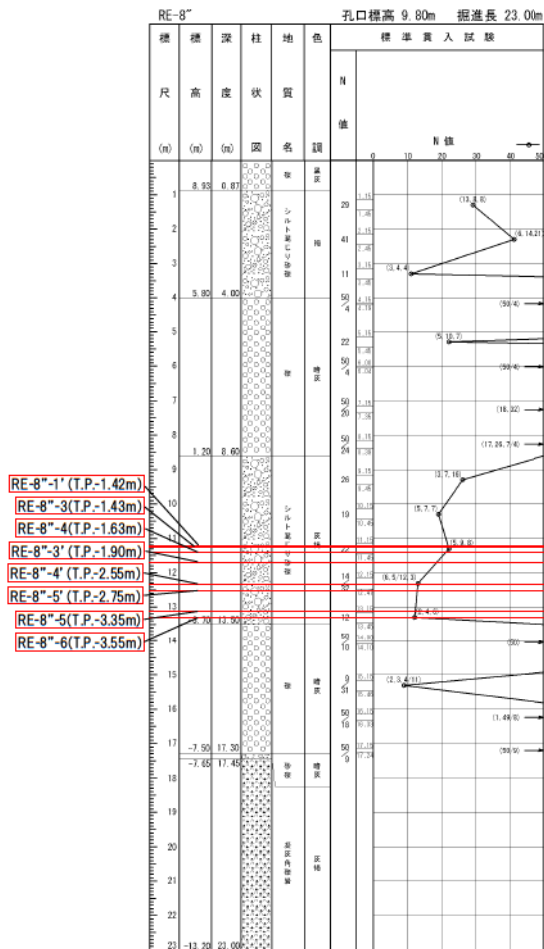
三角座標による分類

※なお、ボーリング柱状図の地質名は、コア採取時に観察者が肉眼で判断したものであり、地盤材料の工学的分類結果による地質名と異なる場合がある。

補足説明資料8 粒度分布の代表性確認指標としての妥当性確認

試料の採取位置、標高及びボーリング柱状図における地質の整理 (RE-8" (3号埋戻土))

- 粒度試験に用いた試料の採取位置、ボーリング柱状図における地質等を以下に示す。
 - 試料採取位置は3号炉の取放水設備工事により埋戻した範囲である。
 - 試料採取標高はT.P.-1.42m~-3.55mで、液状化強度試験の供試体も粒度試験と同じ標高から採取している。
 - 採取した試料の地質は、ボーリング柱状図ではシルト混じり砂礫である。
 - 粒度特性は、粒径加積曲線のばらつきが小さいこと、三角座標による分類では礫質土のみで構成されていることを確認した。
 - 液状化強度試験の供試体は礫質土から採取している。

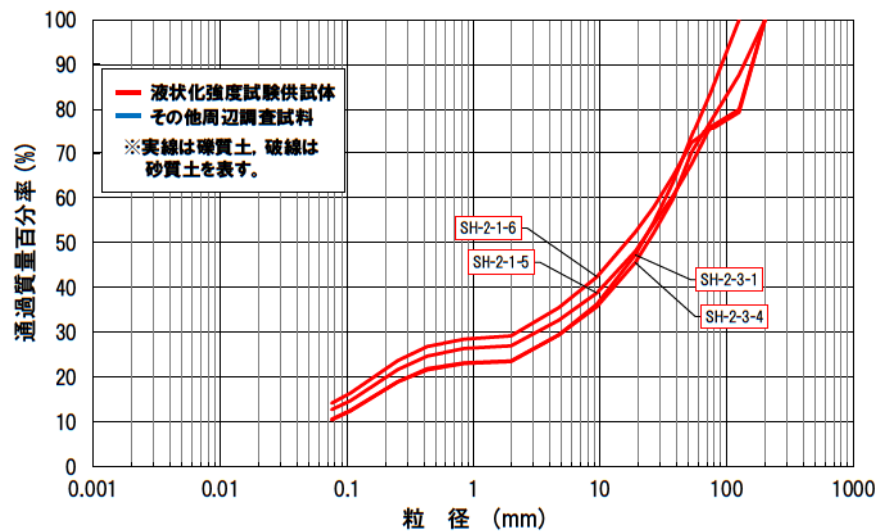
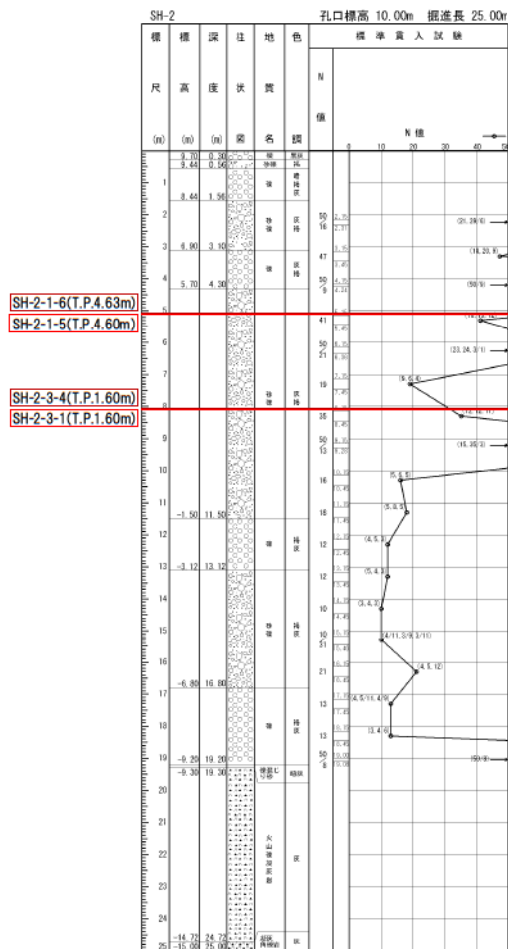


※なお、ボーリング柱状図の地質名は、コア採取時に観察者が肉眼で判断したものであり、地盤材料の工学的分類結果による地質名と異なる場合がある。

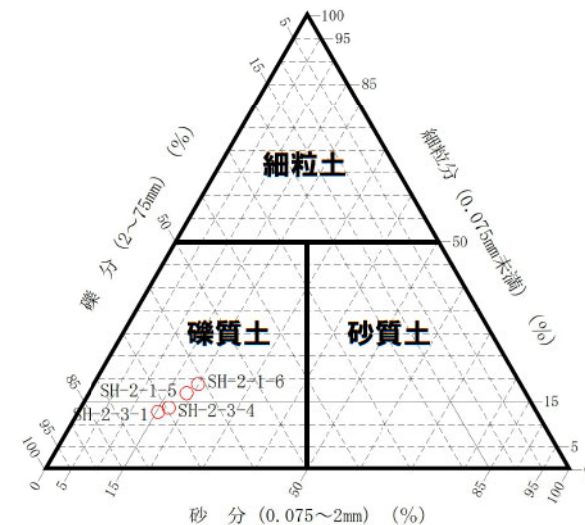
補足説明資料8 粒度分布の代表性確認指標としての妥当性確認

試料の採取位置、標高及びボーリング柱状図における地質の整理 (SH-2 (3号埋戻土))

- 粒度試験に用いた試料の採取位置、ボーリング柱状図における地質等を以下に示す。
 - 試料採取位置は3号炉の埋立整地工事により埋戻した範囲である。
 - 試料採取標高はT.P.4.63m~1.60mで、液状化強度試験の供試体も粒度試験と同じ標高から採取している。
 - 採取した試料の地質は、ボーリング柱状図では砂礫である。
 - 粒度特性は、粒径加積曲線のばらつきが小さいこと、三角座標による分類では礫質土のみで構成されていることを確認した。
 - 液状化強度試験の供試体は礫質土から採取している。



粒径加積曲線



三角座標による分類

※なお、ボーリング柱状図の地質名は、コア採取時に観察者が肉眼で判断したものであり、地盤材料の工学的分類結果による地質名と異なる場合がある。

補足説明資料8 粒度分布の代表性確認指標としての妥当性確認

試料の採取位置、標高及びボーリング柱状図における地質の整理 (まとめ)

○ 埋戻土の粒度試験に用いた試料の採取位置、標高及びボーリング柱状図における地質は以下のとおりである。

【試料の採取位置及び標高】

- 試料採取位置は1,2号及び3号埋戻土の平面的に広範囲に分布している。
- 試料採取標高はT.P.9.07m～T.P.-10.55mであり、埋戻土の深度方向に広範囲に分布している。

【ボーリング柱状図における地質及び粒度特性】

- ボーリング柱状図において粒度試験を実施した深度の地質は礫、砂礫、シルト混じり砂礫等の礫質土が多くを占めるが、一部で礫混じり砂や礫混じりシルト等が認められる。
- 三角座標による分類及び粒径加積曲線において、埋戻土の地質は多くを占める礫質土と一部の砂質土で構成されていることを確認した。

【液状化強度試験の供試体】

- 液状化強度試験の試料採取標高はT.P.6.90m～T.P.-10.55mであり、埋戻土の深度方向に広範囲に分布している。
- 液状化強度試験の供試体は大部分を礫質土から採取しているが、一部で砂質土から採取している。



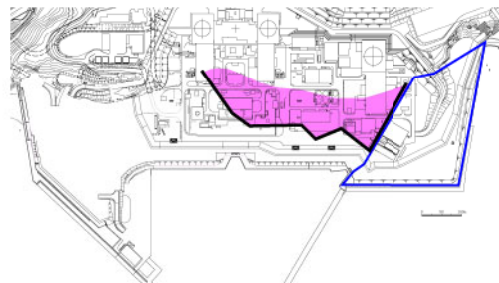
○ 埋戻土の粒度試験に用いた試料採取位置の平面分布及び深度分布は広範囲である。

○ ボーリング柱状図における地質及び粒度分布より、埋戻土は礫質土が主体であり、一部で砂質土が含まれる。

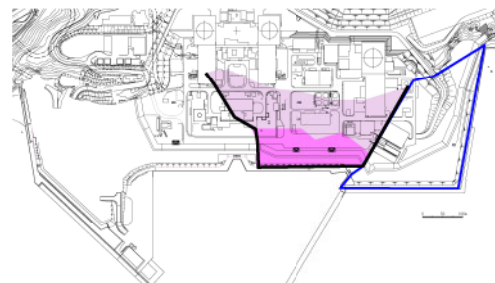
○ 液状化強度試験の供試体の試料採取位置の平面分布及び深度分布は、粒度試験に用いた試料と同様に、礫質土と一部の砂質土から採取している。

補足説明資料8 粒度分布の代表性確認指標としての妥当性確認 1,2号埋戻土の施工及び品質管理の整理 (埋立整地工事による範囲)

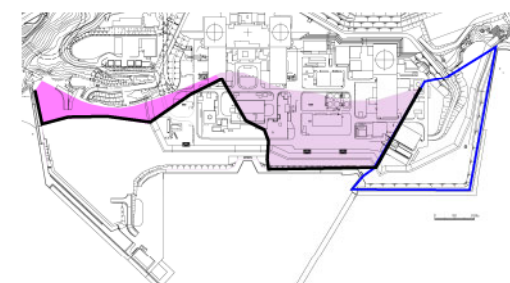
- 1,2号埋戻土及び3号埋戻土は、施工及び品質管理を踏まえると以下の2つに分けられる。
 - 発電所建設時に敷地の埋れた範囲(以下、「埋立整地工事の範囲」という。)
 - 取放水設備等を設置するために、埋立地盤を掘削し、取放水設備設置後に埋戻した範囲(以下、「取放水設備工事の範囲」という。)
- 埋立整地工事の範囲は、以下のとおり施工及び品質管理を行った。
 - 建設時の埋立整地工事は、埋立護岸・仮護岸を設置しながら下図の順に埋戻しを行った。
 - 施工は、岩砕をブルドーザにて押土・敷均し・転圧した。



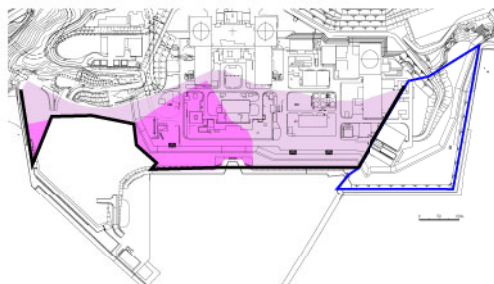
昭和58年7月



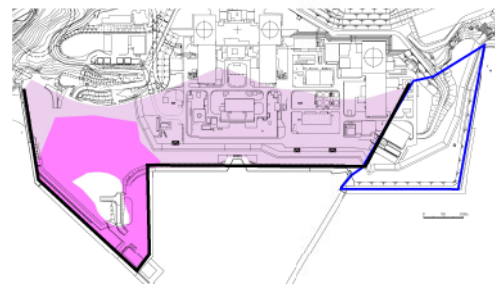
昭和58年9月



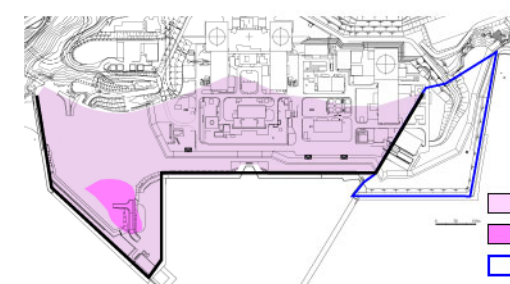
昭和59年5月



昭和59年8月



昭和59年9月



昭和59年11月

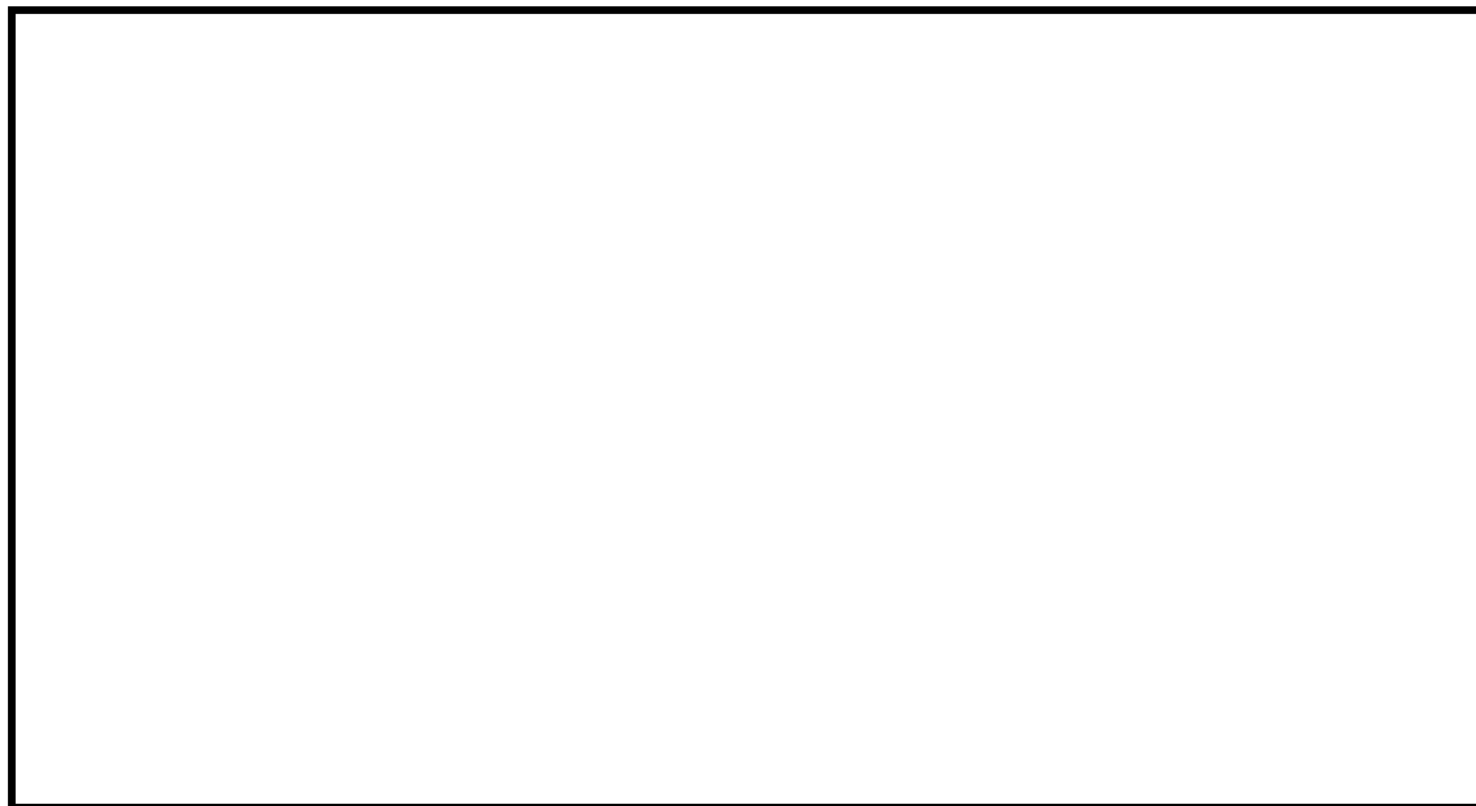
- : 埋戻土施工完了範囲
- : 当該時期埋戻土施工範囲
- : 3号炉埋立整地工事範囲
- : 埋立護岸・仮護岸

補足説明資料8 粒度分布の代表性確認指標としての妥当性確認 1,2号埋戻土の施工及び品質管理の整理（取放水設備工事による範囲）

- 取放水設備工事の範囲は、以下のとおり施工及び品質管理を行った。
 - 取放水設備の埋戻は、下図の範囲について、下表の埋戻仕様で振動ローラによる締固めを行った。

取放水設備工事の範囲の埋戻仕様

締固め機械	振動ローラ 4t～8t
まき出し厚	30cm
転圧回数	6回以上



施工範囲図

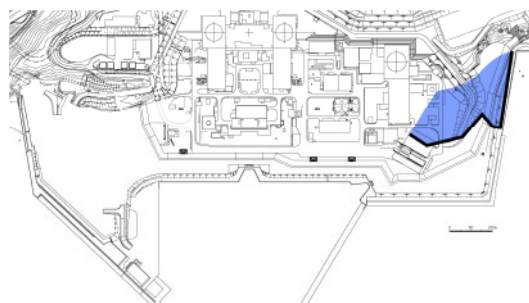
: 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

補足説明資料8 粒度分布の代表性確認指標としての妥当性確認 3号埋戻土の施工及び品質管理の整理（埋立整地工事による範囲）

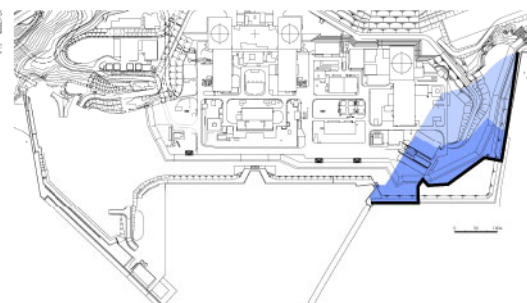
- 埋立整地工事の範囲は、以下のとおり施工及び品質管理を行った。
 - 建設時の埋立整地工事は、埋立護岸・仮護岸を設置しながら下図の順に埋戻しを行った。
 - 施工は、岩砕を下表の埋戻仕様でブルドーザにて押土・敷均し・転圧した。

埋立整地工事の範囲の埋戻仕様

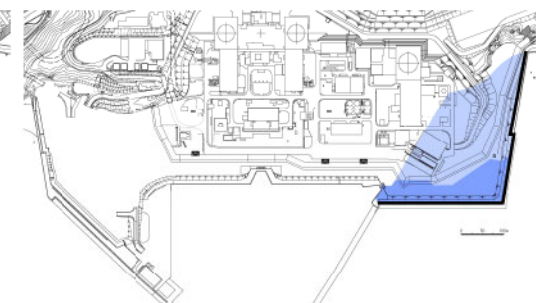
締固め機械	ブルドーザ
まき出し厚	50cm
転圧回数	3回以上



平成13年11月



平成14年8月



平成15年4月

- : 埋戻土施工完了範囲
- : 当該時期埋戻土施工範囲
- : 埋立護岸・仮護岸

補足説明資料8 粒度分布の代表性確認指標としての妥当性確認 3号埋戻土の施工及び品質管理の整理（取放水設備工事による範囲）

- 取放水設備工事の範囲の施工及び品質管理は、以下のとおり行った。
 - 取放水設備の埋戻は、下図の範囲について、下表の埋戻仕様で、振動ローラにより締固めを行った。
 - 品質管理は、施工試験で定めた下表の埋戻仕様に基づき行った。

取放水設備の範囲の埋戻仕様

施工箇所	一般部	狭隘部※
締固め機械	振動ローラ10t	振動ローラ1t
まき出し厚	30cm	30cm
転圧回数	6回以上	8回以上

※狭隘部とは大型の締固め機械が使用できない施工箇所を指す。



施工範囲図

: 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

補足説明資料8 粒度分布の代表性確認指標としての妥当性確認 埋戻土の施工及び品質管理の整理（まとめ）

○ 埋戻土の粒度分布について、施工及び品質管理の観点から以下のとおり整理した。

【1,2号埋戻土】

- 埋立整地工事の範囲について、施工はブルドーザによる押土・敷均し・転圧を行った。
- 取放水設備工事の範囲について、施工は埋戻仕様に基づき、振動ローラにより締固めを行った。

【3号埋戻土】

- 埋立整地工事の範囲について、施工は埋戻仕様に基づき、ブルドーザによる押土・敷均し・転圧を行った。
- 取放水設備工事の範囲について、施工は埋戻仕様に基づき、振動ローラにより締固めを行った。



○ 埋戻土は、施工及び品質管理の観点から整理を行った結果、以下の傾向があると考えられる。

【1,2号埋戻土】

- 埋立整地工事の範囲は、比較的大きな粒径の材料でも転圧可能なブルドーザにより埋戻しを行ったため、粒度のばらつきが大きい。
- 取放水設備工事の範囲は、埋戻仕様でまき出し厚を設定し、比較的小さい粒径の材料を用いて埋戻しを行ったことから、粒度のばらつきが小さい。

【3号埋戻土】

- 埋立整地工事の範囲は、埋戻仕様でまき出し厚を設定したものの、取放水設備による範囲と比較してまき出し厚を大きく設定したことから、粒度のばらつきが比較的大きい。
- 取放水設備工事の範囲は、埋戻仕様でまき出し厚を設定し、比較的小さい粒径の材料を用いて埋戻しを行ったことから、粒度のばらつきが小さい。

補足説明資料8 粒度分布の代表性確認指標としての妥当性確認

①液状化強度試験に用いた供試体の特徴の分析

- 液状化強度試験に用いた供試体の特徴は、「試料の採取位置、標高及びボーリング柱状図における地質の整理」(P31参照)及び「埋戻土の施工及び品質管理の整理」(P36参照)結果を踏まえて整理した。



- 礫質土の供試体が多くを占め、一部に砂質土の供試体があり、砂質土の供試体採取位置の平面分布及び深度分布に一定の傾向は認められない。
- 砂質土の供試体採取位置は1,2号炉の埋立整地工事の範囲から採取したものであり、ブルドーザにより埋戻したことから、粒度のばらつきが大きい。各供試体の採取深度において砂質土が多く含まれていたと考えられる(詳細は【砂質土の供試体を採取した要因分析】を参照。)



調査位置

: 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

【砂質土の供試体を採取した要因分析】

- ・ RE-2の採取位置は1,2号炉の埋立整地工事で埋戻した範囲であり、ブルドーザにより埋戻したことから、粒度のばらつきが大きい。採取深度T.P.5.20mは砂質土が多く含まれていたと考えられる。
- ・ SH-1の採取位置は1,2号炉の埋立整地工事で埋戻した範囲であり、ブルドーザにより埋戻したことから、粒度のばらつきが大きい。採取深度T.P.1.95mは砂質土が多く含まれていたと考えられる。
- ・ RE-7の採取位置はT.P.5.50m程度以深が1,2号炉の埋立整地工事で埋戻した範囲であり、それ以浅は3号炉の取放水設備工事で埋戻した。1,2号炉の埋立整地工事で埋戻した範囲はRE-2及びSH-1と同様にブルドーザにより埋戻したことから、ばらつきが大きい。採取深度T.P.1.95mは砂質土が多く含まれていたと考えられる。

補足説明資料8 粒度分布の代表性確認指標としての妥当性確認

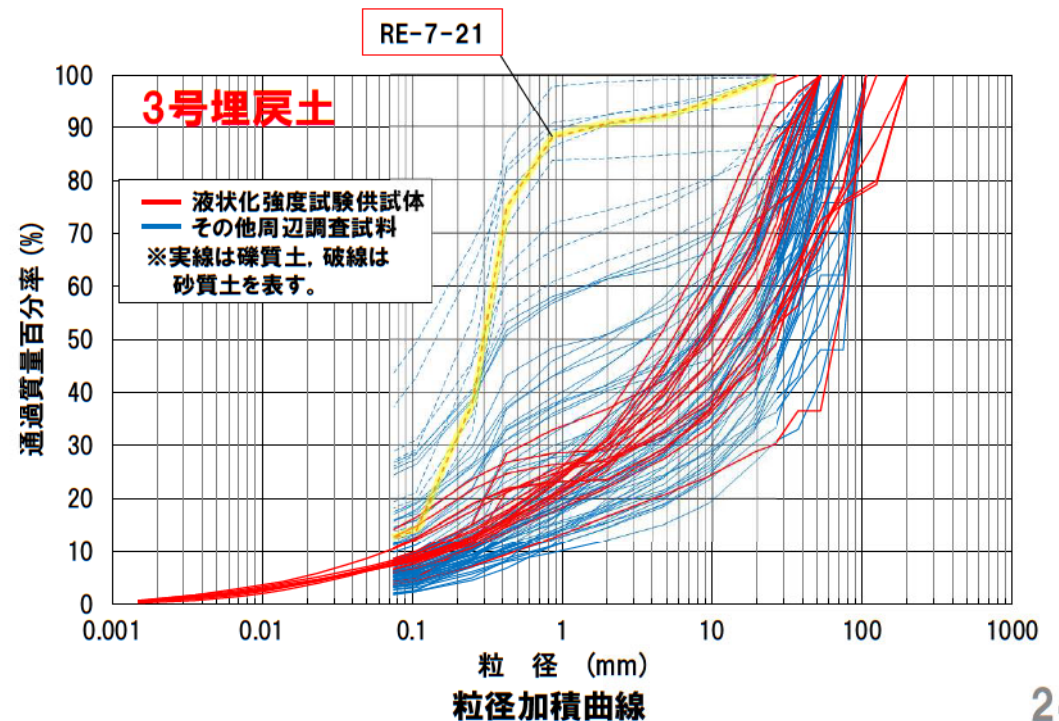
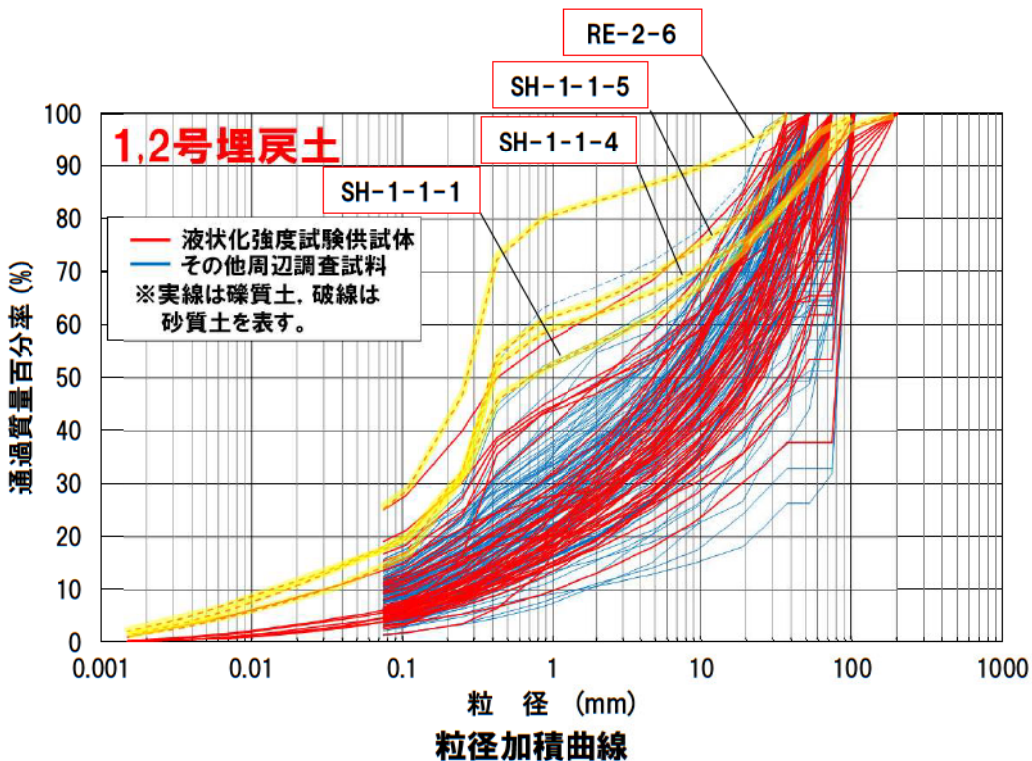
②液状化強度試験位置における粒径加積曲線の分布傾向の分析

○ 液状化強度試験位置における粒径加積曲線の分布傾向を分析した。



○ 液状化強度試験の供試体の粒径加積曲線は、礫質土が多くを占め、一部砂質土が存在する。

○ 液状化強度試験の供試体の粒度分布はばらつきがあるものの、礫質土及び砂質土ともに概ね粒度試験結果全体の範囲に含まれている。



補足説明資料8 粒度分布の代表性確認指標としての妥当性確認

③液状化強度試験に用いた砂質土の供試体の分析

○ 液状化強度試験に用いた砂質土の供試体の特徴を以下に示す。

【1,2号埋戻土】

- RE-2-6 : 基質はシルト質な細～中砂主体で、礫は中礫粒径以下(最大50mm程度)の亜角礫が散在する。
- SH-1-1-1: 基質はシルト質な細～中砂主体で、礫は中～粗礫粒径(最大100mm程度)の亜角～亜円礫が散在する。
- SH-1-1-4: 基質はシルト質な細～中砂主体で、礫は中～粗礫粒径(最大200mm程度)の亜角礫が点在する。
- SH-1-1-5: 基質はシルトが混じる細～中砂主体で、礫は中～粗礫粒径(最大100mm程度)の亜角礫が散在する。

【3号埋戻土】

- RE-7-21 : 基質は中砂主体に細砂が混じる。礫は20mm以下の中礫主体(最大30mm程度)の円～角礫が点在する。



○ 供試体は、比較的粒径の小さい砂分主体で構成されている。

試料採取位置	1,2号埋戻土				3号埋戻土
	RE-2	SH-1			RE-7
供試体No.	RE-2-6	SH-1-1-1	SH-1-1-4	SH-1-1-5	RE-7-21
供試体写真					

補足説明資料8 粒度分布の代表性確認指標としての妥当性確認

④ 三角座標による分類と液状化強度試験の傾向分析

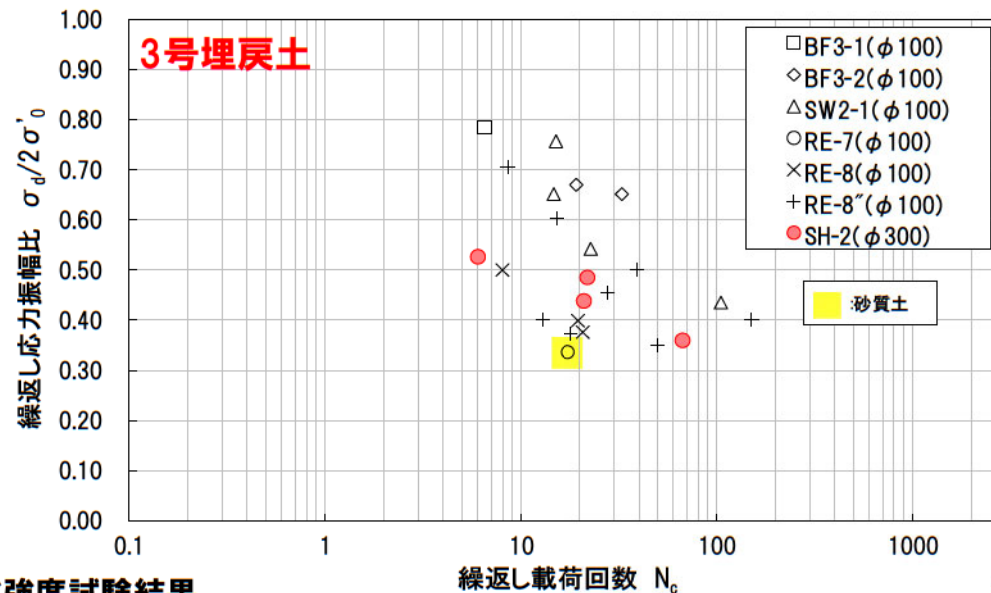
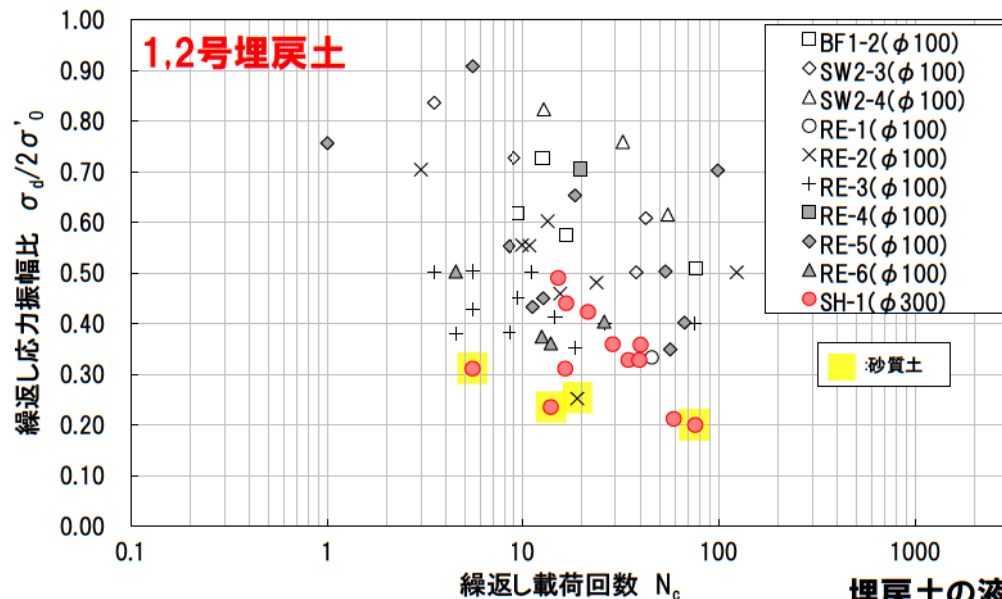
○ 液状化強度試験結果について、三角座標による分類を踏まえた傾向の分析結果を以下に示す。

【1,2号埋戻土及び3号埋戻土】

- 礫質土の液状化強度は、広範囲に分布し、0.3~0.9程度の範囲である。
- 砂質土の液状化強度は、狭い範囲に分布、0.2~0.35程度の範囲である。



○ 砂質土の液状化強度はばらつきが小さく低い傾向があり、礫質土の液状化強度は砂質土と比較するとばらつきが大きく高い傾向がある。



補足説明資料8 粒度分布の代表性確認指標としての妥当性確認 粒度分布の代表性確認指標としての妥当性確認(まとめ)

○ 埋戻土の複数の粒径加積曲線の敷地内における分布の傾向を分析した結果を以下に示す。

項目	分析結果
① 液状化強度試験に用いた供試体の特徴の分析	○ 礫質土の供試体が多くを占め、一部に砂質土の供試体があり、砂質土の供試体採取位置の平面分布及び深度分布に一定の傾向は認められない。 ○ 砂質土の供試体採取位置は1,2号炉の埋立整地工事の範囲から採取したものであり、ブルドーザにより埋戻したことから、粒度のばらつきが大きい。各供試体の採取深度において砂質土が多く含まれていたと考えられる。
② 液状化強度試験位置における粒径加積曲線の分布傾向	○ 液状化強度試験の供試体の粒径加積曲線は、礫質土が多くを占め、一部砂質土が存在する。 ○ 液状化強度試験の供試体の粒度分布はばらつきがあるものの、礫質土及び砂質土ともに概ね粒度試験結果全体の範囲に含まれている。
③ 液状化強度試験に用いた砂質土の供試体の分析	○ 砂質土の供試体は、比較的粒径の小さい砂分主体で構成されている。
④ 三角座標による分類と液状化強度試験の傾向分析	○ 砂質土の液状化強度はばらつきが小さく低い傾向があり、礫質土の液状化強度は砂質土と比較するとばらつきが大きく高い傾向がある。



- 埋戻土の粒度分布は敷地全体でばらついており、液状化強度試験位置の粒度分布はばらつきがあり敷地全体を網羅している。
- 液状化強度試験結果について、砂質土は液状化強度が低い傾向があり、礫質土は液状化強度が砂質土と比較して高い傾向がある。
- 埋戻土の礫質土と砂質土における粒度分布と液状化強度の相関関係は、各基準類における粒度分布と液状化強度の相関関係に類似している。
- 以上より、埋戻土における粒度分布を試料採取位置の代表性確認の指標として用いることは妥当であると考えられる。

本日の説明主旨	2
審査会合における指摘事項に対する回答	4
1. 液状化評価の基本方針	51
2. 液状化検討対象層の抽出	54
3. 液状化検討対象施設の抽出	61
4. 液状化強度試験 試料採取位置選定とその代表性	84
5. 液状化強度試験結果と液状化強度特性の設定	113
6. 液状化の評価方針	148
7. 全体のまとめ	150
補足説明資料	153
補足説明資料1 液状化検討対象層の選定について (Ac層)	154
補足説明資料2 埋戻土・砂層の基本物性	157
補足説明資料3 せん断波速度の代表性確認指標としての妥当性確認	182
補足説明資料4 埋戻土のN値の取扱いについて	192
補足説明資料5 建設時における埋戻土の施工及び品質管理について	203
補足説明資料6 液状化に関連する基本物性の補足	212
補足説明資料7 1,2号埋戻土及び3号埋戻土の区分けについて	217
補足説明資料8 粒度分布の代表性確認指標としての妥当性確認	219
参考文献	250

- (1) 日本道路協会 (2012) : 道路橋示方書・同解説 IV下部構造編 平成24年3月.
- (2) 地盤工学会 (1998) : 地盤調査・土質試験結果の解釈と適用例, p328.
- (3) 日本道路協会 (2002) : 道路橋示方書・同解説 V耐震設計編 平成14年3月.
- (4) 日本道路協会 (2012) : 道路橋示方書・同解説 V耐震設計編 平成24年3月.
- (5) 地盤工学会 (2004) : 地盤工学・実務シリーズ18 液状化対策工法, pp.73-74.
- (6) Tokimatsu, K., Tamura, S. and Kuwayama, S. (1991) : Liquefaction Potential Evaluation Based on Rayleigh Wave Investigation and Its Comparison with Field Behavior, International Conferences on Recent Advances in Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamics, 34, pp.357-364.
- (7) Andrus, R.D. and Kenneth, H. (2000) : Liquefaction Resistance of Soils from Shear-Wave Velocity, Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, pp.1015-1025.
- (8) 塚本登士・中島俊・山本正人・村田芳信 (1997) : 4.兵庫県南部地震における埋立地の液状化現象とS波速度を用いた液状化強度の評価例, 応用地質技術年報 兵庫県南部地震特集号, pp.215-235.
- (9) 鉄道総合技術研究所 (2012) : 鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計 平成24年9月, 国土交通省鉄道局監修.
- (10) MUNENORI HATANAKA, AKIHIKO UCHIDA and YOSHIO SUZUKI (1997) : CORRELATION BETWEEN UNDRAINED CYCLIC SHEAR STRENGTH AND SHEAR WAVE VELOCITY FOR GRAVELLY SOILS, Japanese Geotechnical Society, SOILS AND FOUNDATIONS Vol. 37, No. 4, 85-92, Dec. 1997.
- (11) 土木学会地震工学委員会 (2003) : 「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.
- (12) 地盤工学会 (2009) : 地盤材料試験の方法と解説.
- (13) 井合進 (2008) : サイクリックモビリティ Cyclic Mobility, 地盤工学会誌, pp.56-58.
- (14) 土質工学用語辞典編集委員会 (編集) (1985) : 土質工学用語辞典, p140.
- (15) 地盤工学会 (2006) : 地盤工学用語辞典, p219.
- (16) 安田進 (1991) : 液状化の調査から対策工まで, p77.
- (17) 石原研而 (2017) : 地盤の液状化 発生原理と予測・影響・対策.
- (18) 吉見吉昭 (1991) : 砂地盤の液状化 (第2版), pp.54-59.
- (19) 日本建築学会 (2019) : 建築基礎構造設計指針, pp.54-55.
- (20) 日本港湾協会 (2007) : 港湾の施設の技術上の基準・同解説 平成19年7月