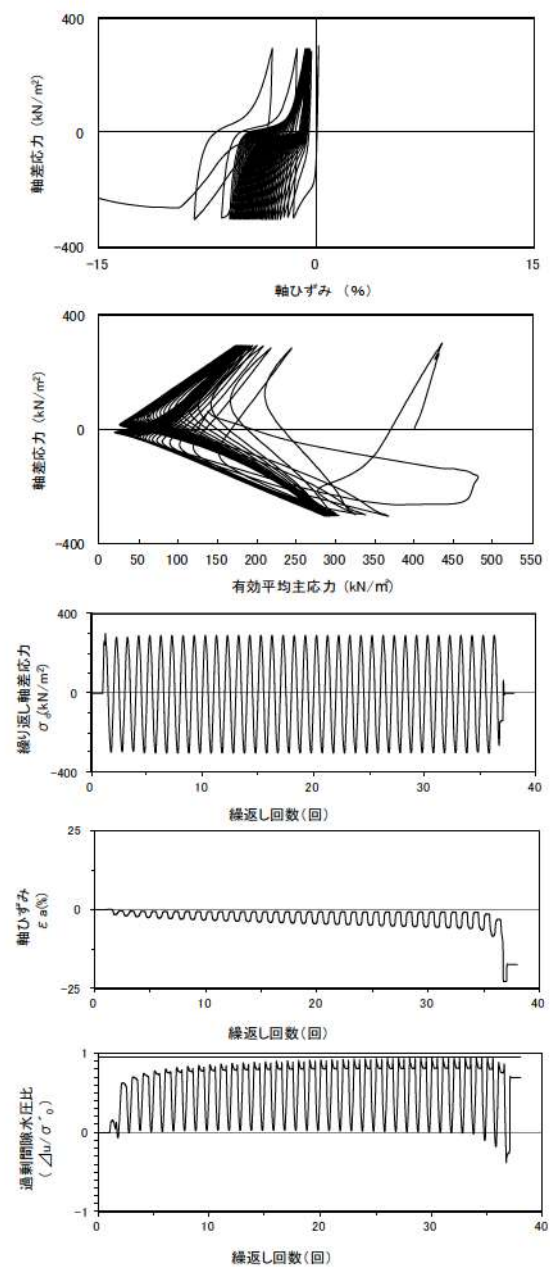


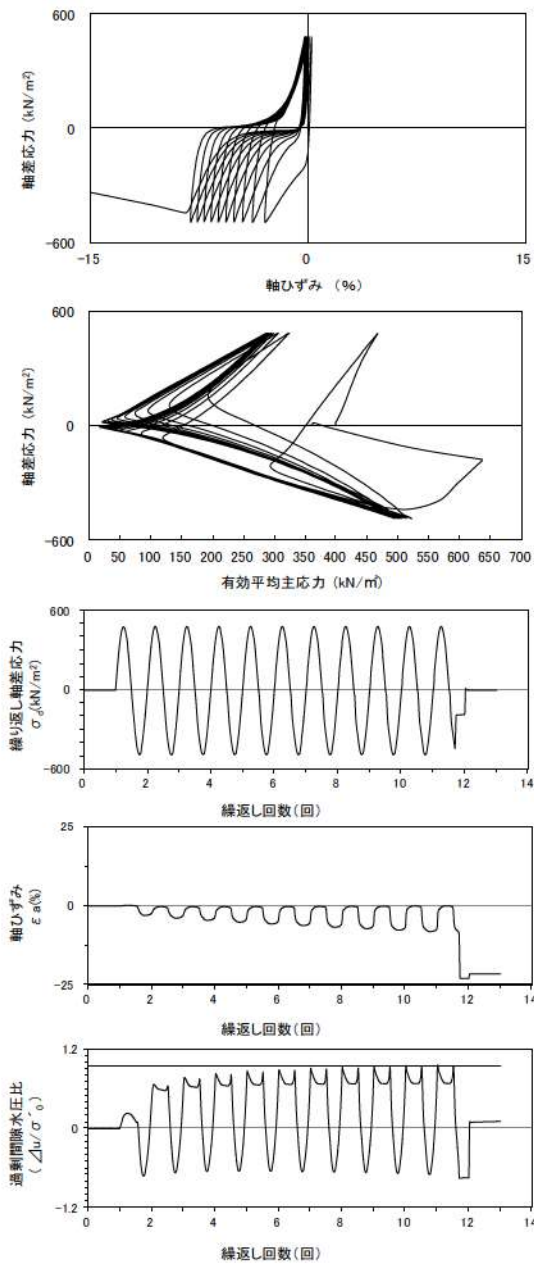
試験条件		液状化の判断	
供試体	No.3-43	×	非液状化
圧密応力 σ'_c (kN/m ²)	400		
繰返し応力振幅比 $\sigma_d/2\sigma'_0$	0.353		
試験結果		○	
間隙水圧が上昇・蓄積する。 (過剰間隙水圧比95%を超える。)	×	○	
有効応力がゼロまで低下する。	×		
液体状となり流動する。 (ひずみが急増する。)	×		
正のダイレイタンス特性によりせん断抵抗が作用する。 (有効応力が回復する。)	○		

添付 1-305 図 液状化強度試験結果
(FS-2-⑥(1) 三軸試料(供試体 No. 3-43))



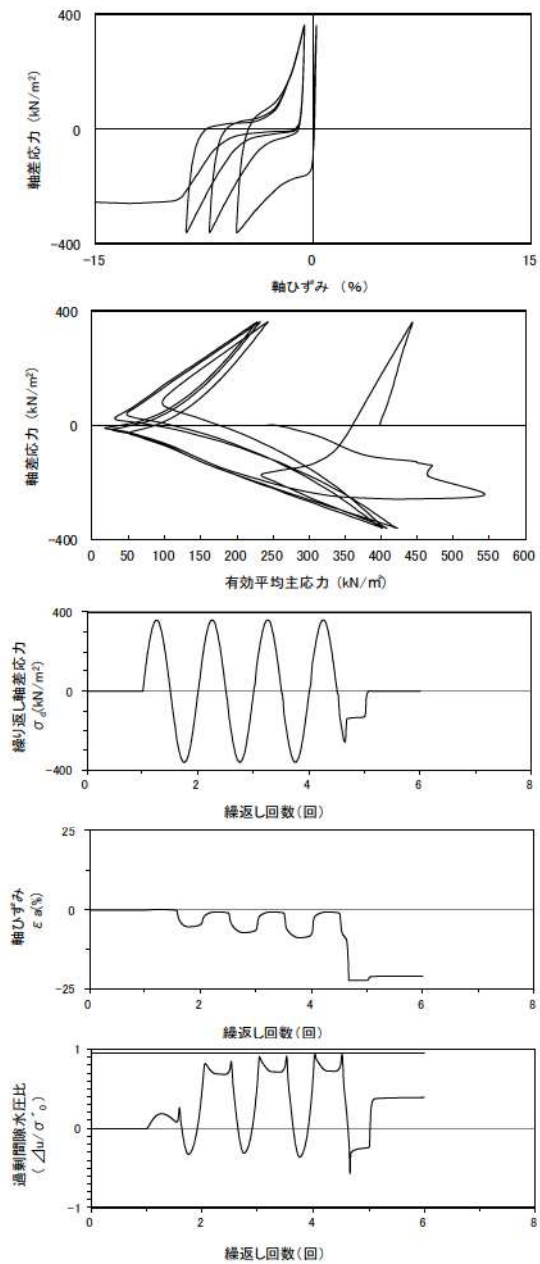
試験条件		液状化の判断	
供試体	No.1-48	×	非液状化
圧密応力 σ'_c (kN/m ²)	400		
繰返し応力振幅比 $\sigma_d/2\sigma'_0$	0.377		
試験結果		○	
間隙水圧が上昇・蓄積する。 (過剰間隙水圧比95%を超える。)	×	○	
有効応力がゼロまで低下する。	×		
液体状となり流動する。 (ひずみが急増する。)	×		
正のダイレイタンス特性によりせん断抵抗が作用する。 (有効応力が回復する。)	○		

添付 1-306 図 液状化強度試験結果
(FS-2-⑥(2) 三軸試料(供試体 No. 1-48))



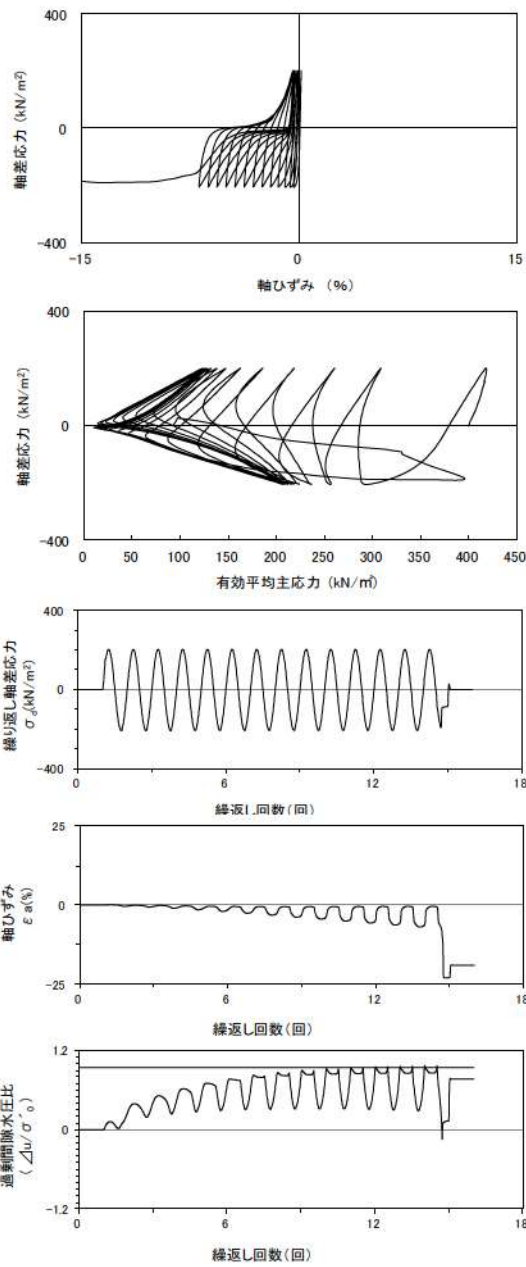
試験条件		液状化の判断	
供試体	No.3-44		
圧密応力 σ'_c (kN/m ²)	400		
繰返し応力振幅比 $\sigma_d/2\sigma'_0$	0.612		
試験結果		液状化の判断	
間隙水圧が上昇・蓄積する。 (過剰間隙水圧比95%を超える。)	○	繰返し軟化	
有効応力がゼロまで低下する。	×		
液体状となり流動する。 (ひずみが急増する。)	×		
正のダイレイタンス特性によりせん断抵抗が作用する。 (有効応力が回復する。)	○		

添付 1-307 図 液状化強度試験結果
(FS-2-⑥(2) 三軸試料(供試体 No. 3-44))



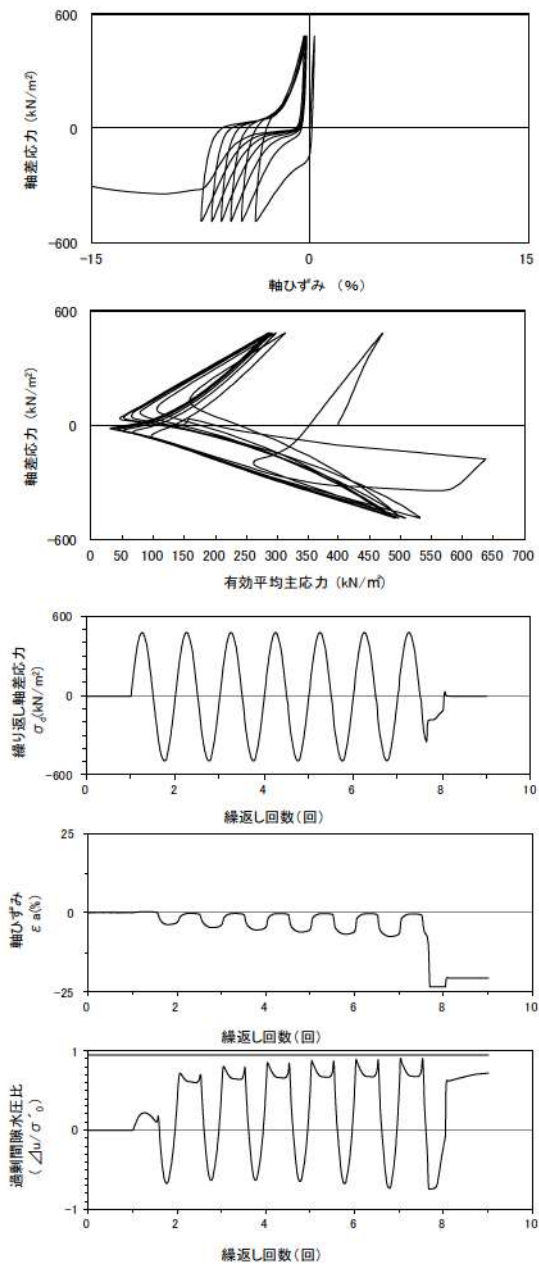
試験条件		液状化の判断	
供試体	No.3-45		
圧密応力 σ'_c (kN/m ²)	400		
繰返し応力振幅比 $\sigma_d/2\sigma'_0$	0.454		
試験結果		液状化の判断	
間隙水圧が上昇・蓄積する。 (過剰間隙水圧比95%を超える。)	×	非液状化	
有効応力がゼロまで低下する。	×		
液体状となり流動する。 (ひずみが急増する。)	×		
正のダイレイタンス特性によりせん断抵抗が作用する。 (有効応力が回復する。)	○		

添付 1-308 図 液状化強度試験結果
(FS-2-⑥(2) 三軸試料(供試体 No. 3-45))



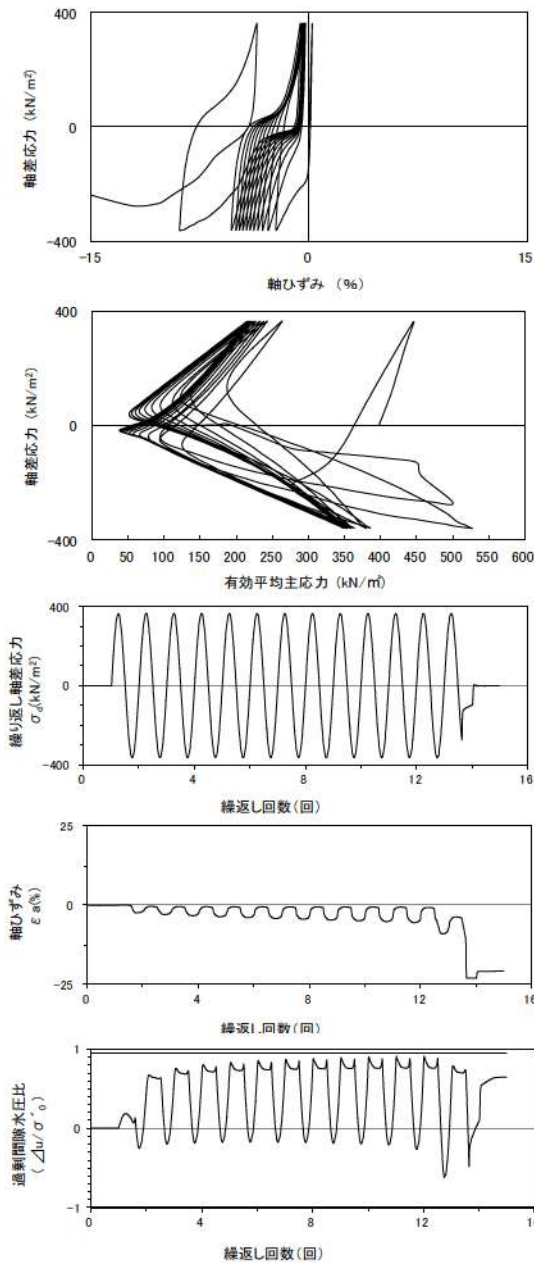
試験条件		液状化の判断	
供試体	No.1-49		
圧密応力 σ'_c (kN/m ²)	400		
繰返し応力振幅比 $\sigma_d/2\sigma'_c$	0.255		
試験結果		液状化の判断	
間隙水圧が上昇・蓄積する。 (過剰間隙水圧比95%を超える。)	○	繰返し軟化	
有効応力がゼロまで低下する。	×		
液体状となり流動する。 (ひずみが急増する。)	×		
正のダイレイタンス特性によりせん断抵抗が作用する。 (有効応力が回復する。)	○		

添付 1-309 図 液状化強度試験結果
(FS-2-⑥(3) 三軸試料(供試体 No. 1-49))



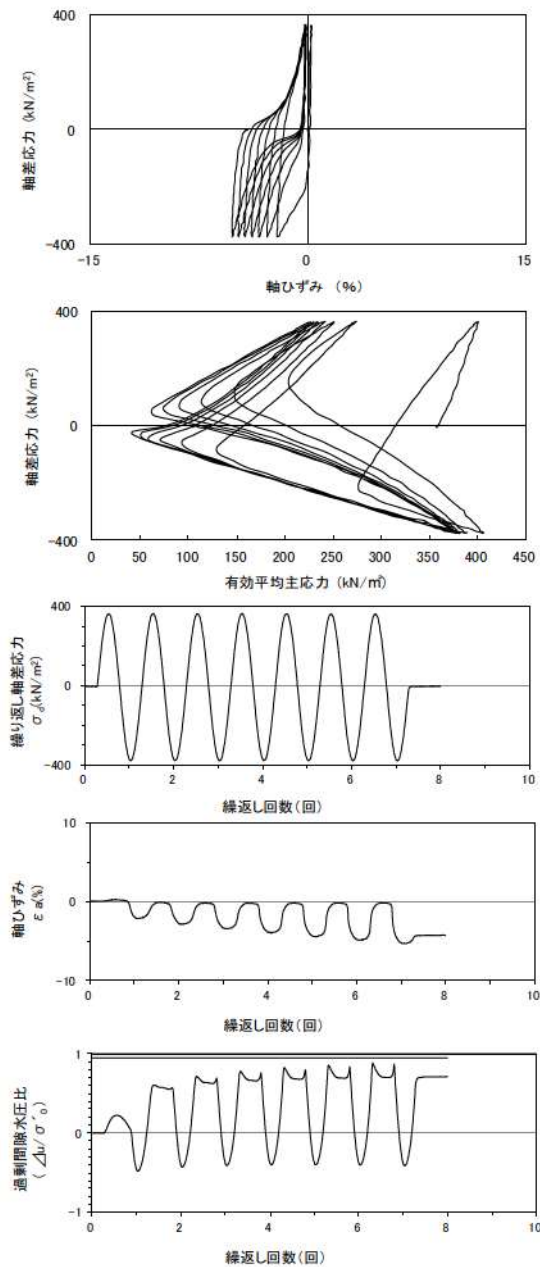
試験条件		液状化の判断	
供試体	No.3-46		
圧密応力 σ'_c (kN/m ²)	400		
繰返し応力振幅比 $\sigma_d/2\sigma'_c$	0.605		
試験結果		液状化の判断	
間隙水圧が上昇・蓄積する。 (過剰間隙水圧比95%を超える。)	×	非液状化	
有効応力がゼロまで低下する。	×		
液体状となり流動する。 (ひずみが急増する。)	×		
正のダイレイタンス特性によりせん断抵抗が作用する。 (有効応力が回復する。)	○		

添付 1-310 図 液状化強度試験結果
(FS-2-⑥(3) 三軸試料(供試体 No. 3-46))



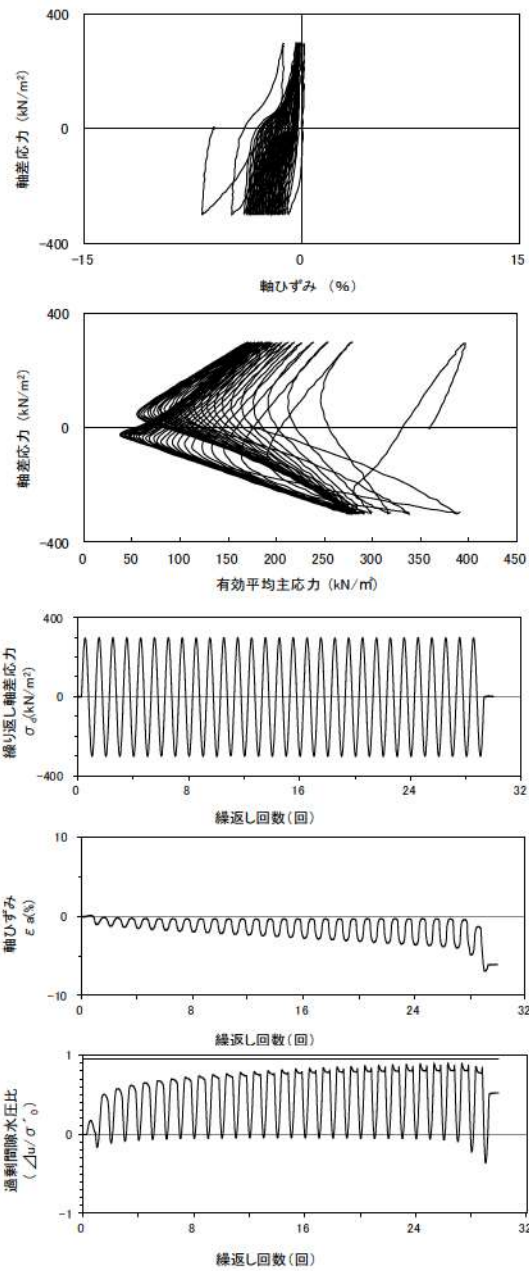
試験条件		
供試体	No.4-48	
圧密応力 σ'_c (kN/m ²)	400	
繰返し応力振幅比 $\sigma_d/2\sigma'_0$	0.451	
試験結果		液状化の判断
間隙水圧が上昇・蓄積する。 (過剰間隙水圧比95%を超える。)	×	非液状化
有効応力がゼロまで低下する。	×	
液体状となり流動する。 (ひずみが急増する。)	×	
正のダイレイタンス特性によりせん断抵抗が作用する。 (有効応力が回復する。)	○	

添付 1-311 図 液状化強度試験結果
(FS-2-⑥ (3) 三軸試料(供試体 No. 4-48))



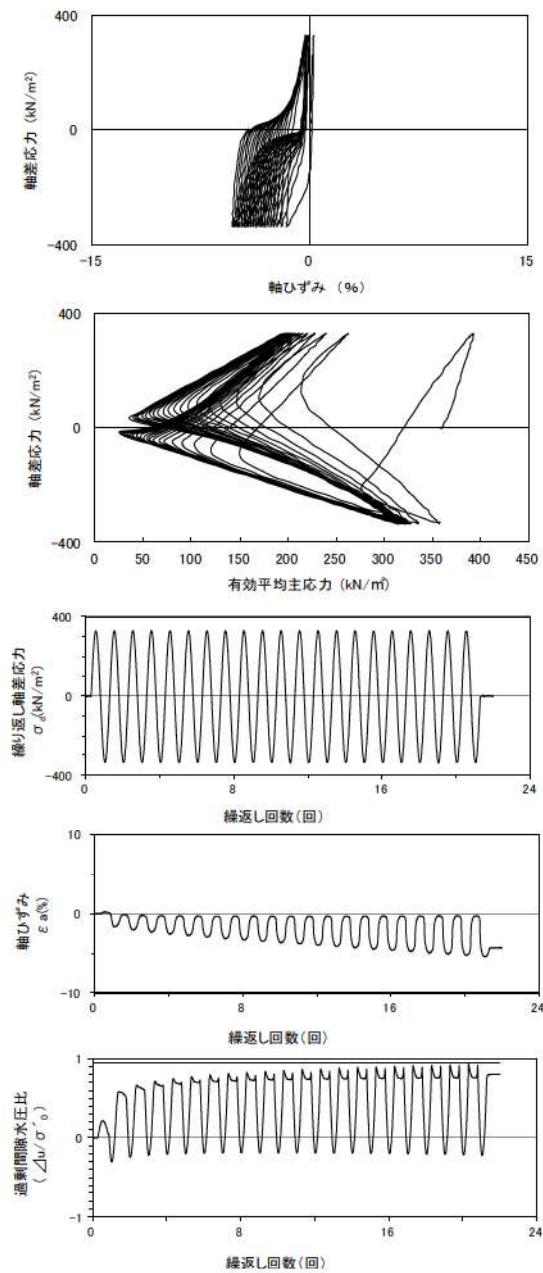
試験条件		
供試体	No.1-26	
圧密応力 σ'_c (kN/m ²)	360	
繰返し応力振幅比 $\sigma_d/2\sigma'_0$	0.511	
試験結果		液状化の判断
間隙水圧が上昇・蓄積する。 (過剰間隙水圧比95%を超える。)	×	非液状化
有効応力がゼロまで低下する。	×	
液体状となり流動する。 (ひずみが急増する。)	×	
正のダイレイタンス特性によりせん断抵抗が作用する。 (有効応力が回復する。)	○	

添付 1-312 図 液状化強度試験結果
(FS-2-④ A-1 三軸試料(供試体 No. 1-26))



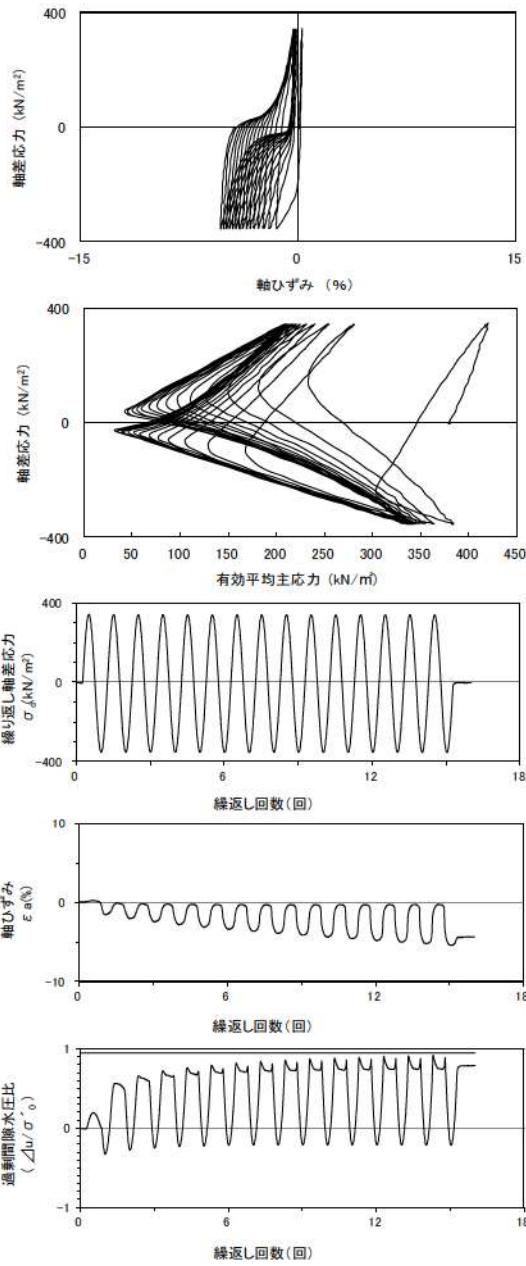
試験条件		液状化の判断
供試体	No.3-24	
圧密応力 σ'_c (kN/m ²)	360	
繰返し応力振幅比 $\sigma_d/2\sigma'_0$	0.414	
試験結果		非液状化
間隙水圧が上昇・蓄積する。 (過剰間隙水圧比95%を超える。)	×	
有効応力がゼロまで低下する。	×	
液体状となり流動する。 (ひずみが急増する。)	×	
正のダイレイタンス特性によりせん断抵抗が作用する。 (有効応力が回復する。)	○	

添付 1-313 図 液状化強度試験結果
(FS-2-④) A-1 三軸試料(供試体 No. 3-24)



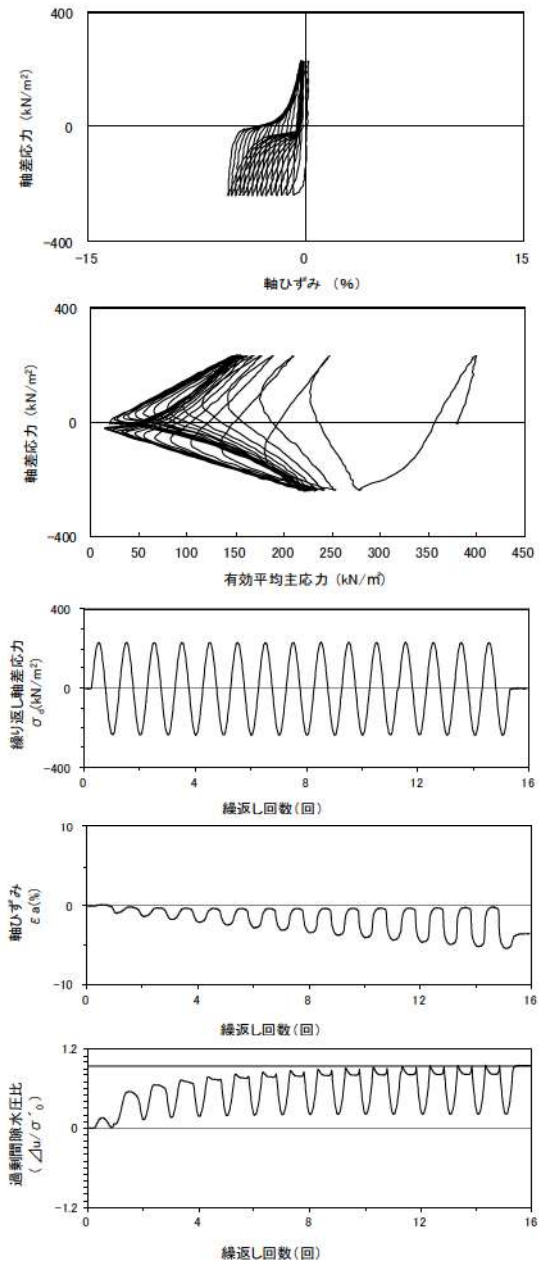
試験条件		液状化の判断
供試体	No.2-25	
圧密応力 σ'_c (kN/m ²)	360	
繰返し応力振幅比 $\sigma_d/2\sigma'_0$	0.462	
試験結果		非液状化
間隙水圧が上昇・蓄積する。 (過剰間隙水圧比95%を超える。)	×	
有効応力がゼロまで低下する。	×	
液体状となり流動する。 (ひずみが急増する。)	×	
正のダイレイタンス特性によりせん断抵抗が作用する。 (有効応力が回復する。)	○	

添付 1-314 図 液状化強度試験結果
(FS-2-④) A-1 三軸試料(供試体 No. 2-25)



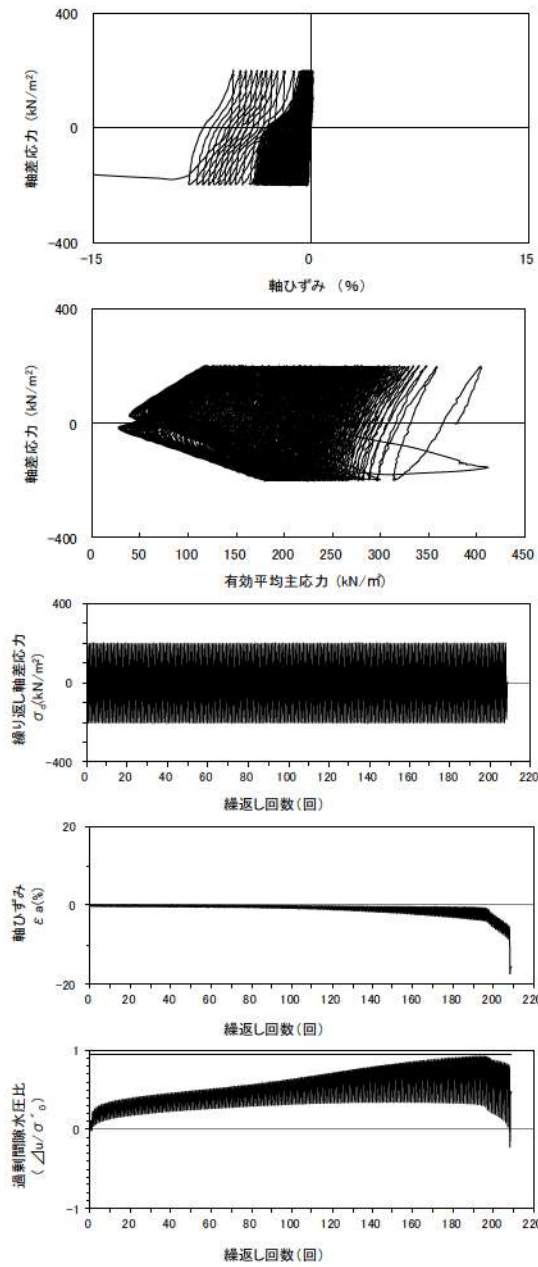
試験条件		液状化の判断
供試体	No.1-37	
圧密応力 σ'_c (kN/m ²)	380	
繰返し応力振幅比 $\sigma_d/2\sigma'_0$	0.461	非液状化
試験結果		
間隙水圧が上昇・蓄積する。 (過剰間隙水圧比95%を超える。)	×	
有効応力がゼロまで低下する。	×	
液体状となり流動する。 (ひずみが急増する。)	×	
正のダイレイタンス特性によりせん断抵抗が作用する。 (有効応力が回復する。)	○	

添付 1-315 図 液状化強度試験結果
(FS-2-⑤ A-1 三軸試料(供試体 No. 1-37))



試験条件		液状化の判断
供試体	No.3-35	
圧密応力 σ'_c (kN/m ²)	380	
繰返し応力振幅比 $\sigma_d/2\sigma'_0$	0.307	繰返し軟化
試験結果		
間隙水圧が上昇・蓄積する。 (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。 (ひずみが急増する。)	×	
正のダイレイタンス特性によりせん断抵抗が作用する。 (有効応力が回復する。)	○	

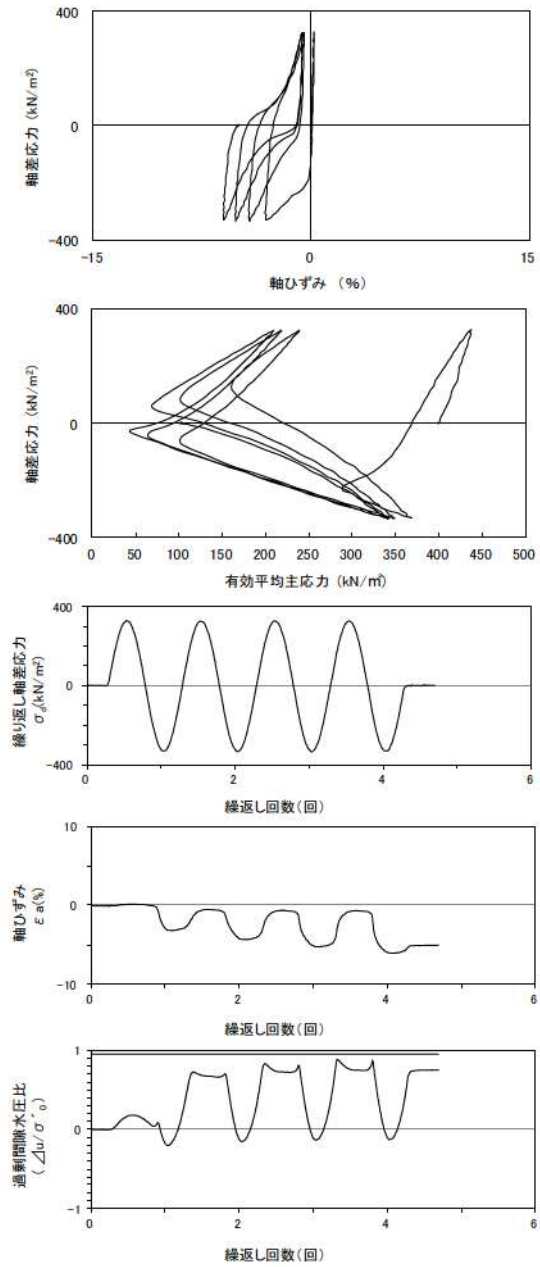
添付 1-316 図 液状化強度試験結果
(FS-2-⑤ A-1 三軸試料(供試体 No. 3-35))



試験条件		液状化の判断	
供試体	No.4-38		
圧密応力 σ'_c (kN/m ²)	380		
繰返し応力振幅比 $\sigma_d/2\sigma'_0$	0.262		
試験結果		液状化の判断	
間隙水圧が上昇・蓄積する。 (過剰間隙水圧比95%を超える。)	×	非液状化	
有効応力がゼロまで低下する。	×		
液体状となり流動する。 (ひずみが急増する。)	×		
正のダイレイタンス特性によりせん断抵抗が作用する。 (有効応力が回復する。)	○		

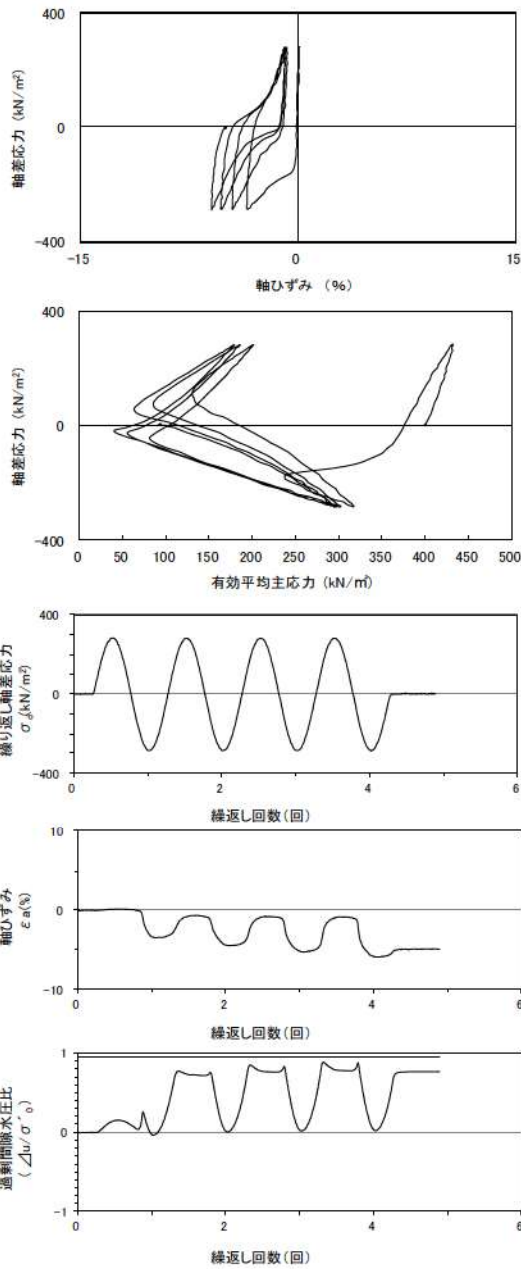
※繰返し回数 200 回で判定

添付 1-317 図 液状化強度試験結果
(FS-2-⑤ A-1 三軸試料(供試体 No. 4-38))



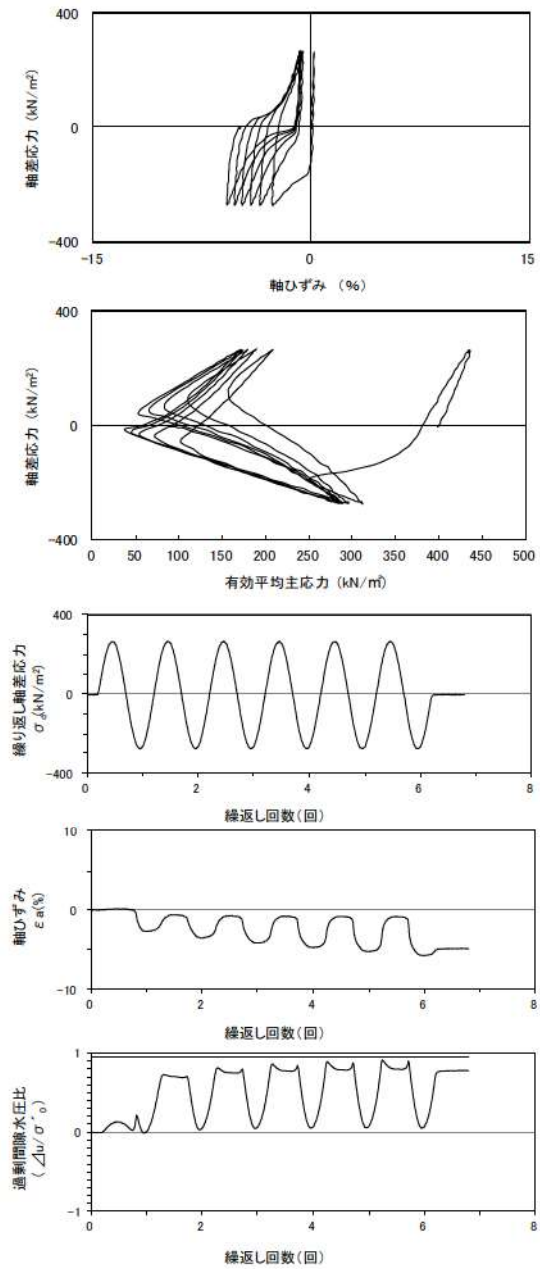
試験条件		液状化の判断	
供試体	No.4-50		
圧密応力 σ'_c (kN/m ²)	400		
繰返し応力振幅比 $\sigma_d/2\sigma'_0$	0.411		
試験結果		液状化の判断	
間隙水圧が上昇・蓄積する。 (過剰間隙水圧比95%を超える。)	×	非液状化	
有効応力がゼロまで低下する。	×		
液体状となり流動する。 (ひずみが急増する。)	×		
正のダイレイタンス特性によりせん断抵抗が作用する。 (有効応力が回復する。)	○		

添付 1-318 図 液状化強度試験結果
(FS-2-⑥ A-1 三軸試料(供試体 No. 4-50))



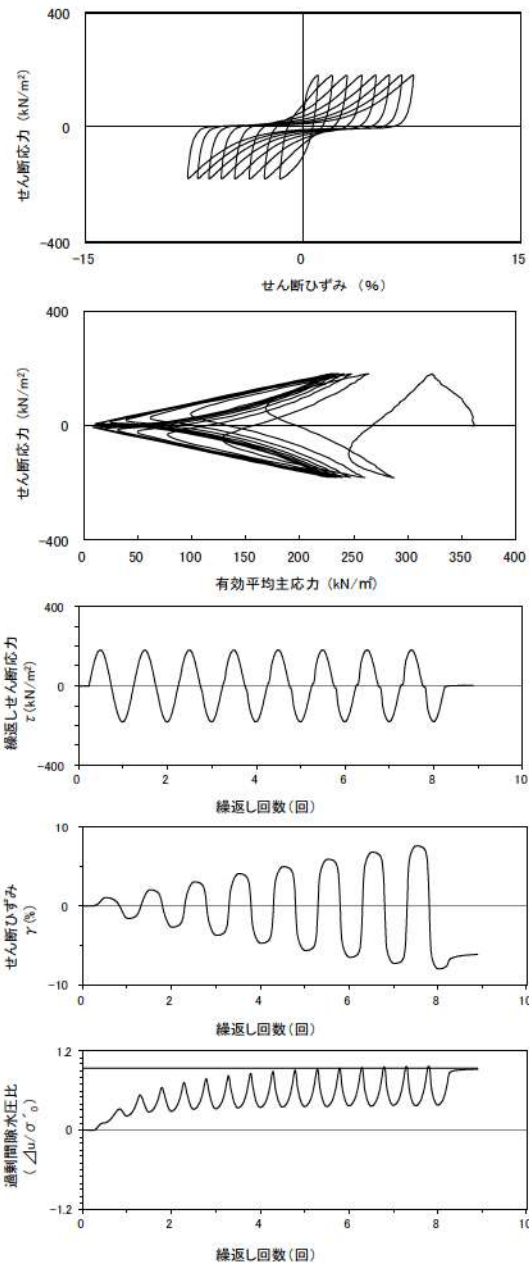
試験条件		
供試体	No.1-53	
圧密応力 σ'_c (kN/m ²)	400	
繰返し応力振幅比 $\sigma_d/2\sigma'_0$	0.356	
試験結果		液状化の判断
間隙水圧が上昇・蓄積する。 (過剰間隙水圧比95%を超える。)	×	非液状化
有効応力がゼロまで低下する。	×	
液体状となり流動する。 (ひずみが急増する。)	×	
正のダイレイタンス特性によりせん断抵抗が作用する。 (有効応力が回復する。)	○	

添付 1-319 図 液状化強度試験結果
(FS-2-⑥ A-1 三軸試料(供試体 No. 1-53))



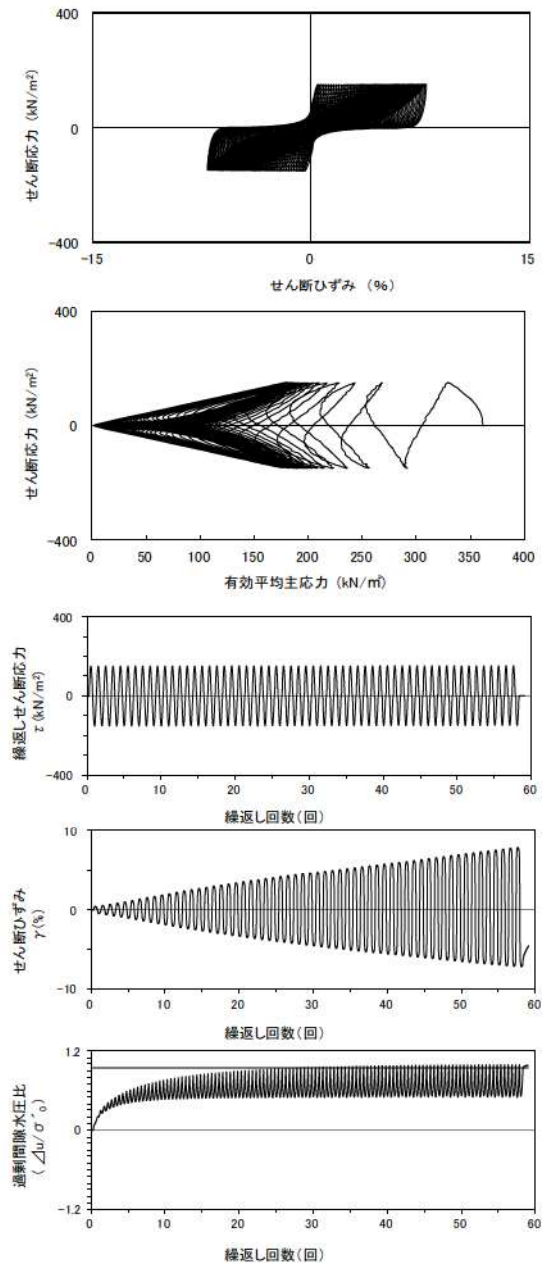
試験条件		
供試体	No.3-48	
圧密応力 σ'_c (kN/m ²)	400	
繰返し応力振幅比 $\sigma_d/2\sigma'_0$	0.336	
試験結果		液状化の判断
間隙水圧が上昇・蓄積する。 (過剰間隙水圧比95%を超える。)	×	非液状化
有効応力がゼロまで低下する。	×	
液体状となり流動する。 (ひずみが急増する。)	×	
正のダイレイタンス特性によりせん断抵抗が作用する。 (有効応力が回復する。)	○	

添付 1-320 図 液状化強度試験結果
(FS-2-⑥ A-1 三軸試料(供試体 No. 3-48))



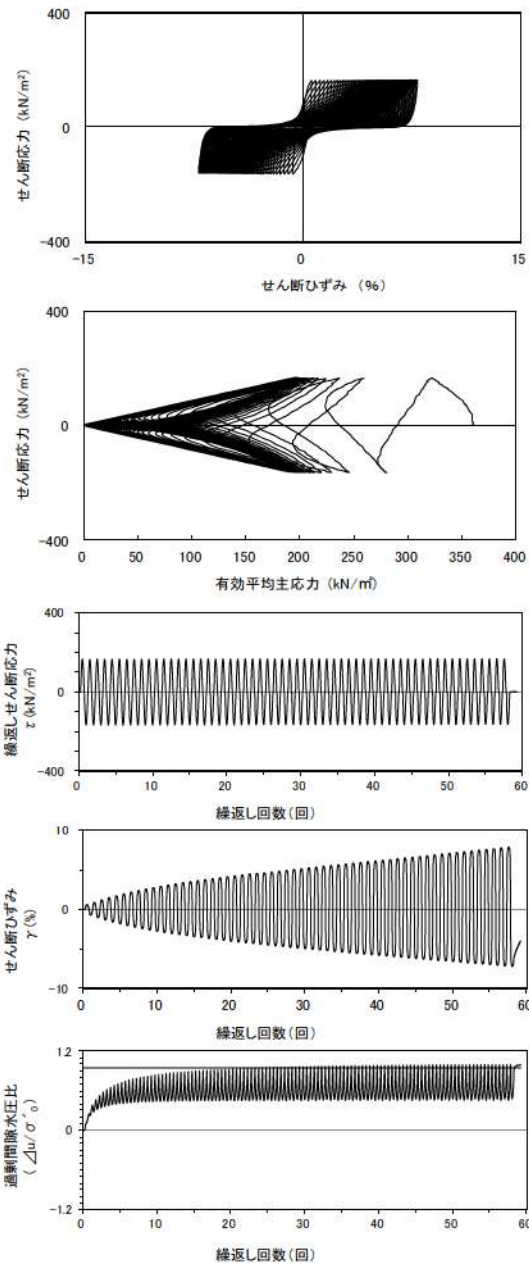
試験条件		
供試体	No.4-21	
圧密応力 σ'_c (kN/m ²)	360	
繰返し応力振幅比 $\sigma_d/2\sigma'_c$	0.503	
試験結果		液状化の判断
間隙水圧が上昇・蓄積する。 (過剰間隙水圧比95%を超える。)	○	繰返し軟化
有効応力がゼロまで低下する。	×	
液体状となり流動する。 (ひずみが急増する。)	×	
正のダイレイタンス特性によりせん断抵抗が作用する。 (有効応力が回復する。)	○	

添付 1-321 図 液状化強度試験結果
(FS-2-④(1)中空試料(供試体 No. 4-21))



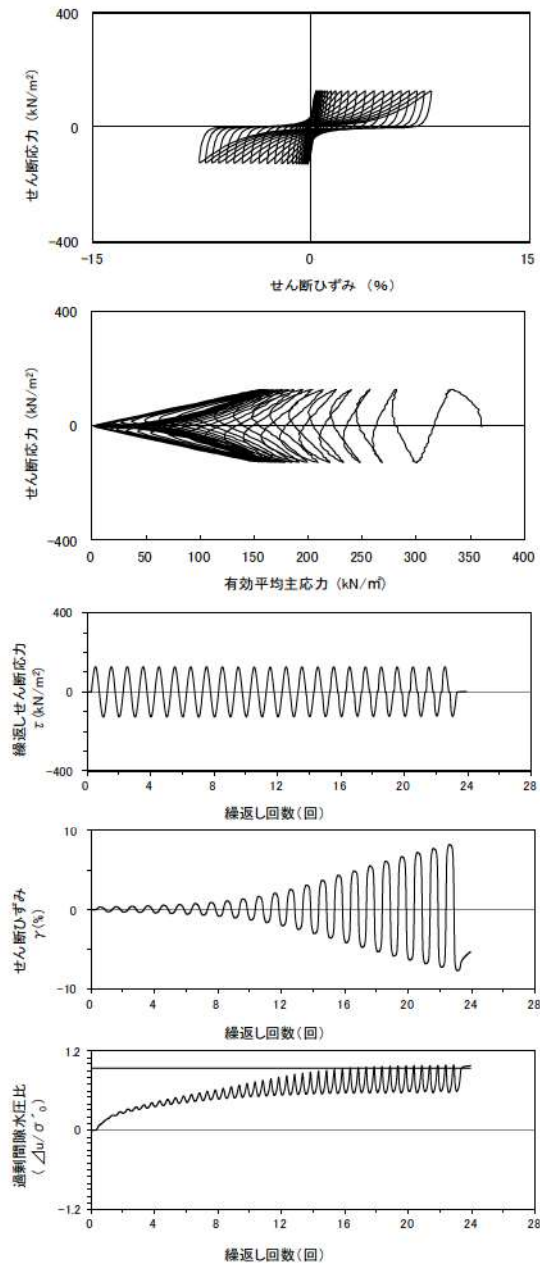
試験条件		
供試体	No.2-19	
圧密応力 σ'_c (kN/m ²)	360	
繰返し応力振幅比 $\sigma_d/2\sigma'_c$	0.415	
試験結果		液状化の判断
間隙水圧が上昇・蓄積する。 (過剰間隙水圧比95%を超える。)	○	繰返し軟化
有効応力がゼロまで低下する。	×	
液体状となり流動する。 (ひずみが急増する。)	×	
正のダイレイタンス特性によりせん断抵抗が作用する。 (有効応力が回復する。)	○	

添付 1-322 図 液状化強度試験結果
(FS-2-④(1)中空試料(供試体 No. 2-19))



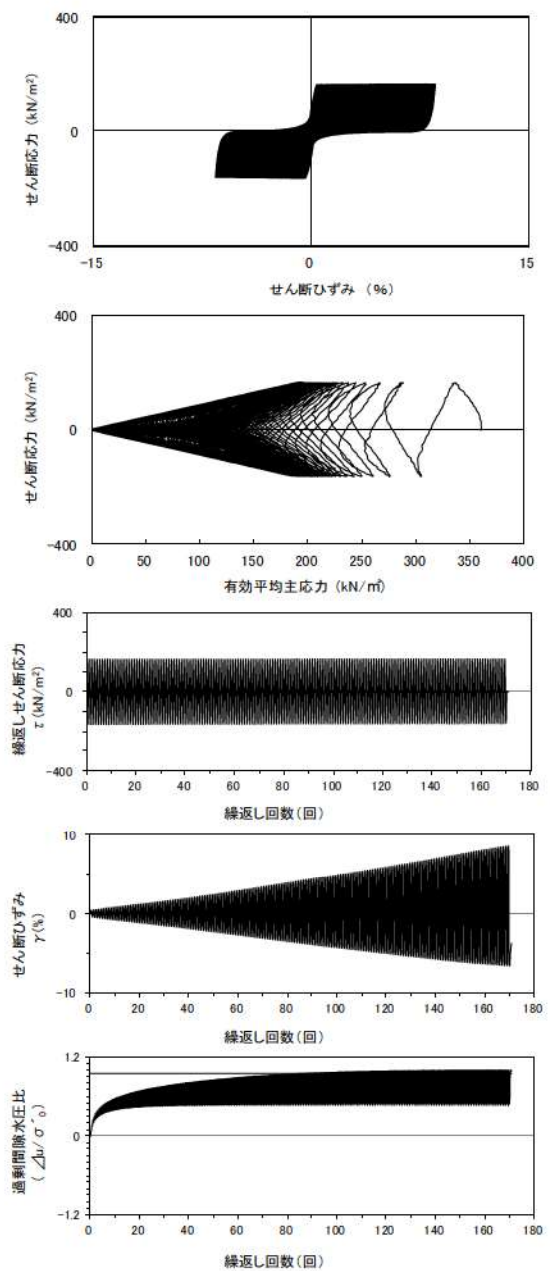
試験条件		液状化の判断	
供試体	No.3-18		繰返し軟化
圧密応力 σ'_c (kN/m ²)	360		
繰返し応力振幅比 $\sigma_d/2\sigma'_c$	0.457		
試験結果			
間隙水圧が上昇・蓄積する。 (過剰間隙水圧比95%を超える。)	○		
有効応力がゼロまで低下する。	×		
液体状となり流動する。 (ひずみが急増する。)	×		
正のダイレイタンス特性により せん断抵抗が作用する。 (有効応力が回復する。)	○		

添付 1-323 図 液状化強度試験結果
(FS-2-④(1)中空試料(供試体 No. 3-18))



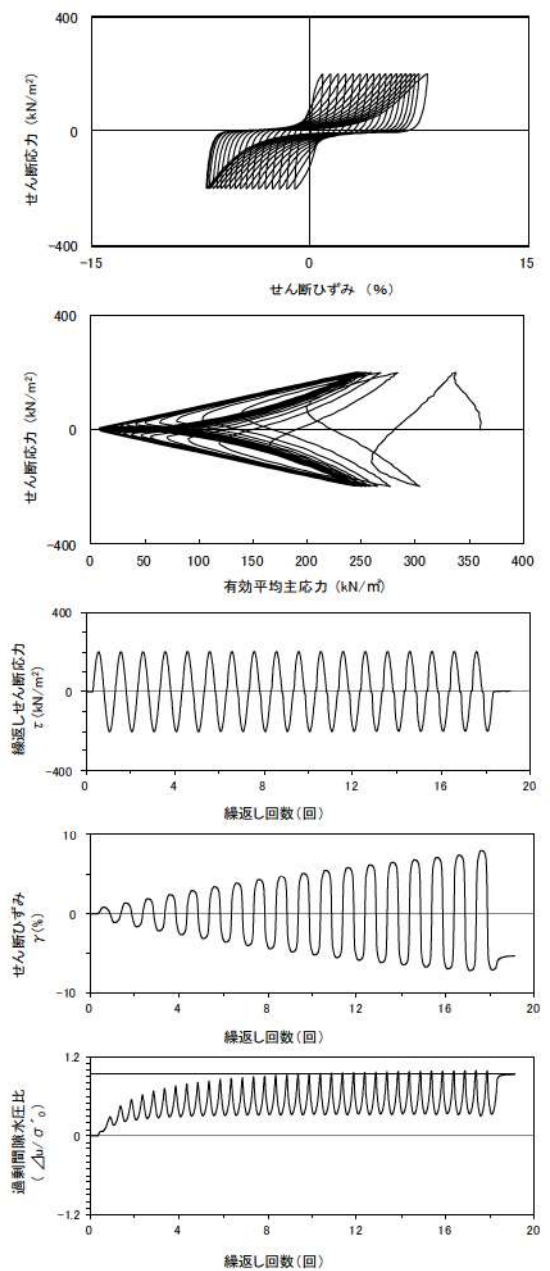
試験条件		液状化の判断	
供試体	No.1-20		繰返し軟化
圧密応力 σ'_c (kN/m ²)	360		
繰返し応力振幅比 $\sigma_d/2\sigma'_c$	0.353		
試験結果			
間隙水圧が上昇・蓄積する。 (過剰間隙水圧比95%を超える。)	○		
有効応力がゼロまで低下する。	×		
液体状となり流動する。 (ひずみが急増する。)	×		
正のダイレイタンス特性により せん断抵抗が作用する。 (有効応力が回復する。)	○		

添付 1-324 図 液状化強度試験結果
(FS-2-④(1)中空試料(供試体 No. 1-20))



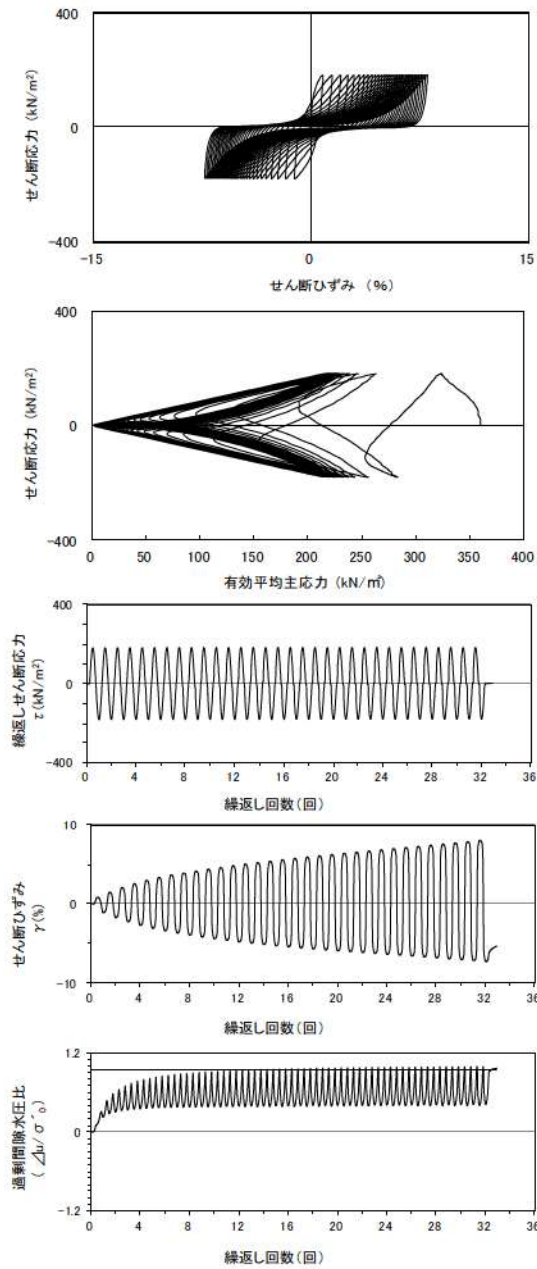
試験条件		液状化の判断	
供試体	No.4-22	○	繰返し軟化 (サイクリック モビリティ)
圧密応力 σ'_c (kN/m ²)	360		
繰返し応力振幅比 $\sigma_d/2\sigma'_c$	0.454		
試験結果			
間隙水圧が上昇・蓄積する。 (過剰間隙水圧比95%を超える。)	○	○	繰返し軟化 (サイクリック モビリティ)
有効応力がゼロまで低下する。	○		
液体状となり流動する。 (ひずみが急増する。)	×		
正のダイレイタンスー特性により せん断抵抗が作用する。 (有効応力が回復する。)	○		

添付 1-325 図 液状化強度試験結果
(FS-2-④(2)中空試料(供試体 No. 4-22))



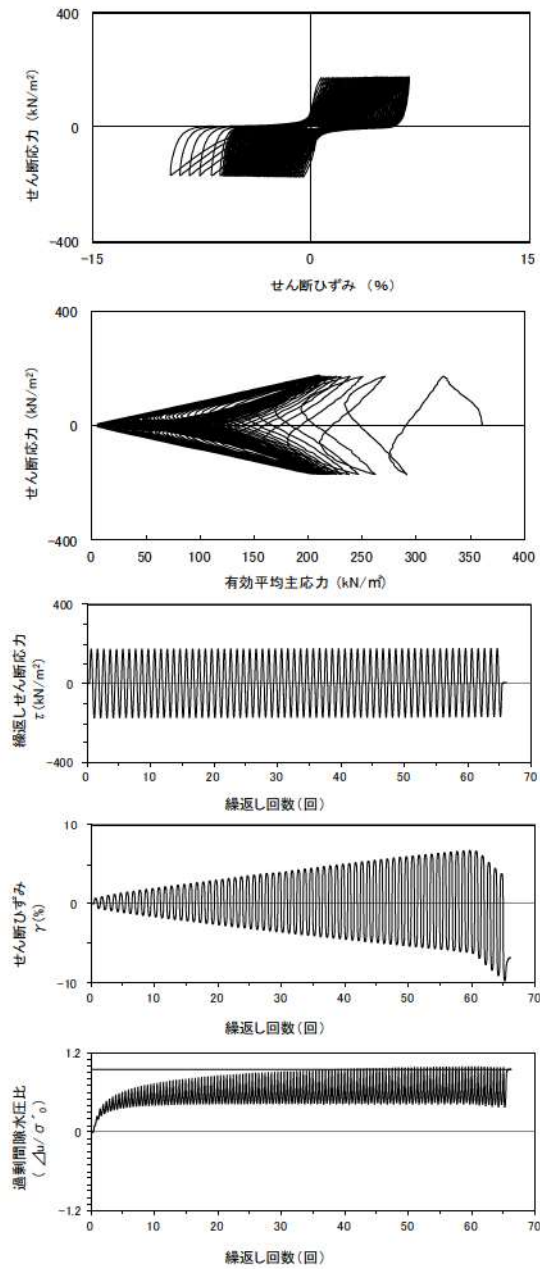
試験条件		液状化の判断	
供試体	No.2-20	○	繰返し軟化
圧密応力 σ'_c (kN/m ²)	360		
繰返し応力振幅比 $\sigma_d/2\sigma'_c$	0.555		
試験結果			
間隙水圧が上昇・蓄積する。 (過剰間隙水圧比95%を超える。)	○	○	繰返し軟化
有効応力がゼロまで低下する。	×		
液体状となり流動する。 (ひずみが急増する。)	×		
正のダイレイタンスー特性により せん断抵抗が作用する。 (有効応力が回復する。)	○		

添付 1-326 図 液状化強度試験結果
(FS-2-④(2)中空試料(供試体 No. 2-20))



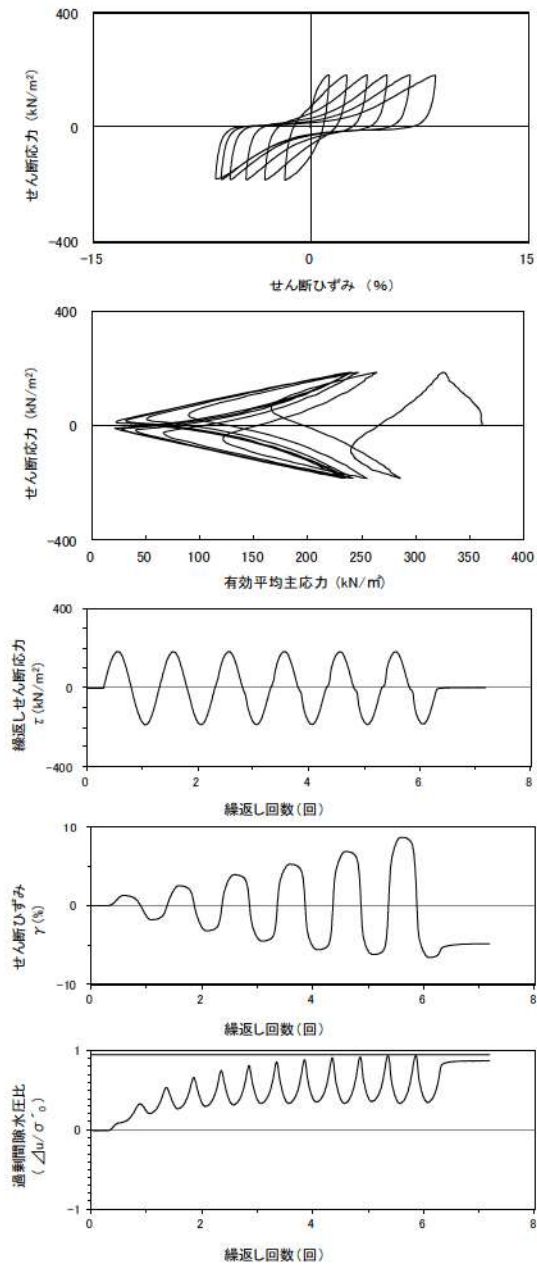
試験条件		
供試体	No.1-21	
圧密応力 σ'_c (kN/m ²)	360	
繰返し応力振幅比 $\sigma_d/2\sigma'_c$	0.507	
試験結果		液状化の判断
間隙水圧が上昇・蓄積する。 (過剰間隙水圧比95%を超える。)	○	繰返し軟化
有効応力がゼロまで低下する。	×	
液体状となり流動する。 (ひずみが急増する。)	×	
正のダイレイタンス特性により せん断抵抗が作用する。 (有効応力が回復する。)	○	

添付 1-327 図 液状化強度試験結果
(FS-2-④(2)中空試料(供試体 No. 1-21))



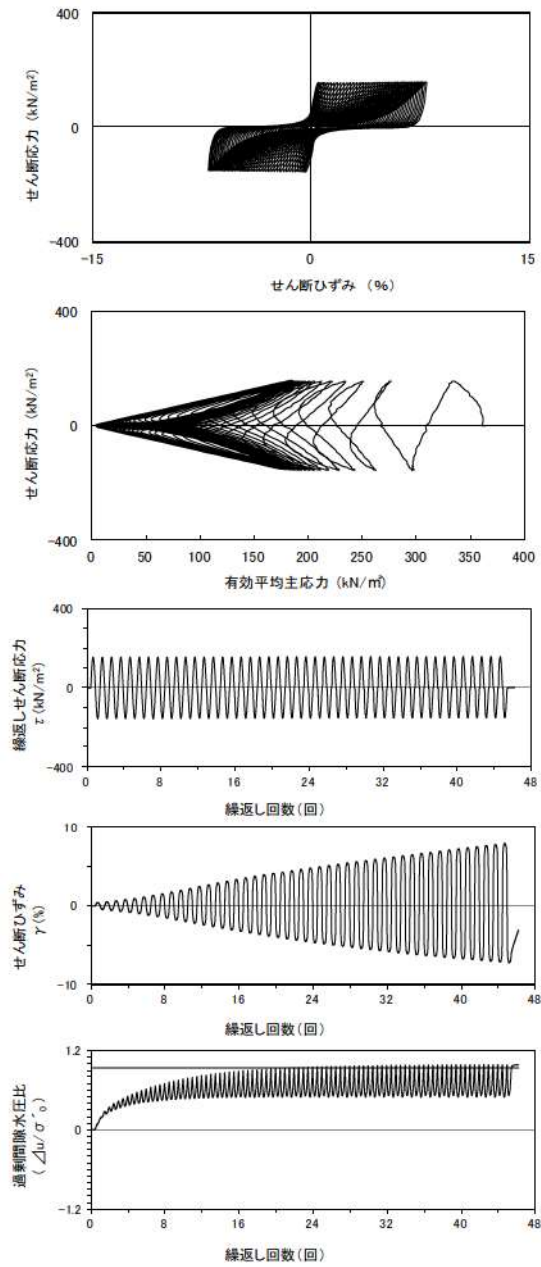
試験条件		
供試体	No.3-19	
圧密応力 σ'_c (kN/m ²)	360	
繰返し応力振幅比 $\sigma_d/2\sigma'_c$	0.478	
試験結果		液状化の判断
間隙水圧が上昇・蓄積する。 (過剰間隙水圧比95%を超える。)	○	繰返し軟化
有効応力がゼロまで低下する。	×	
液体状となり流動する。 (ひずみが急増する。)	×	
正のダイレイタンス特性により せん断抵抗が作用する。 (有効応力が回復する。)	○	

添付 1-328 図 液状化強度試験結果
(FS-2-④(2)中空試料(供試体 No. 3-19))



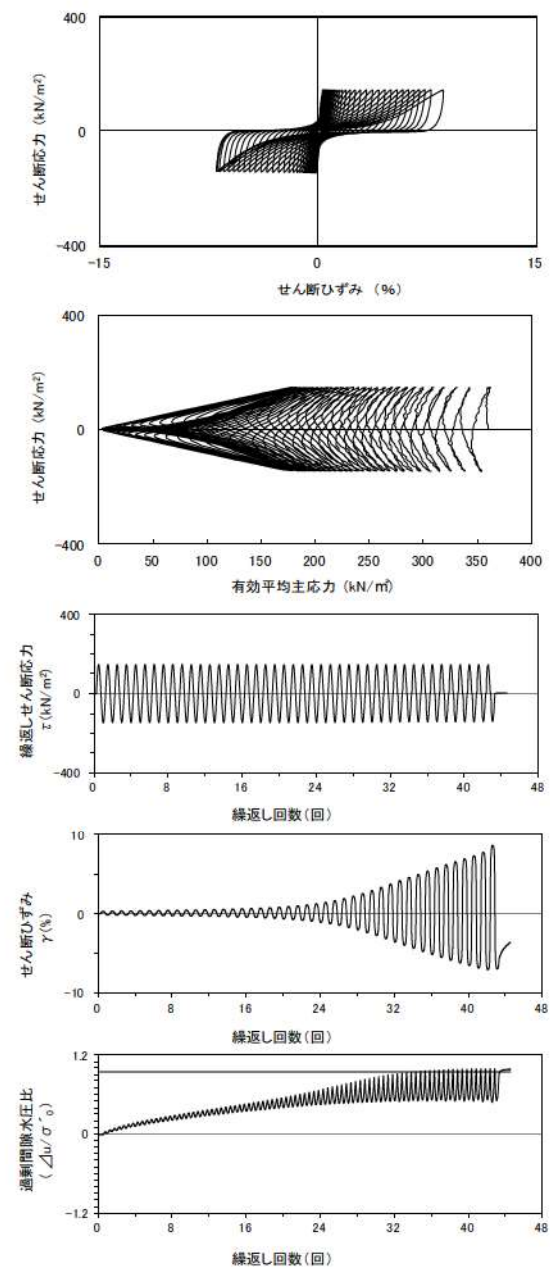
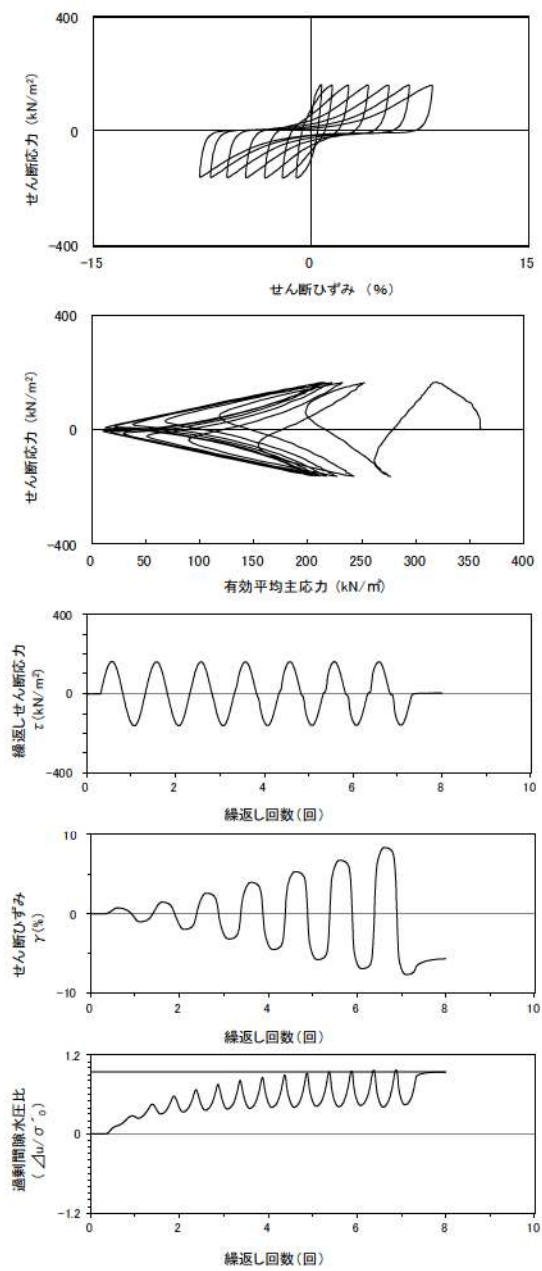
試験条件		液状化の判断	
供試体	No.2-21		
圧密応力 σ'_c (kN/m ²)	360		
繰返し応力振幅比 $\sigma_d/2\sigma'_0$	0.512		
試験結果		液状化の判断	
間隙水圧が上昇・蓄積する。 (過剰間隙水圧比95%を超える。)	×	非液状化	
有効応力がゼロまで低下する。	×		
液体状となり流動する。 (ひずみが急増する。)	×		
正のダイレイタンス特性によりせん断抵抗が作用する。 (有効応力が回復する。)	○		

添付 1-329 図 液状化強度試験結果
(FS-2-④(3)中空試料(供試体 No. 2-21))



試験条件		液状化の判断	
供試体	No.3-17		
圧密応力 σ'_c (kN/m ²)	360		
繰返し応力振幅比 $\sigma_d/2\sigma'_0$	0.427		
試験結果		液状化の判断	
間隙水圧が上昇・蓄積する。 (過剰間隙水圧比95%を超える。)	○	繰返し軟化	
有効応力がゼロまで低下する。	×		
液体状となり流動する。 (ひずみが急増する。)	×		
正のダイレイタンス特性によりせん断抵抗が作用する。 (有効応力が回復する。)	○		

添付 1-330 図 液状化強度試験結果
(FS-2-④(3)中空試料(供試体 No. 3-17))

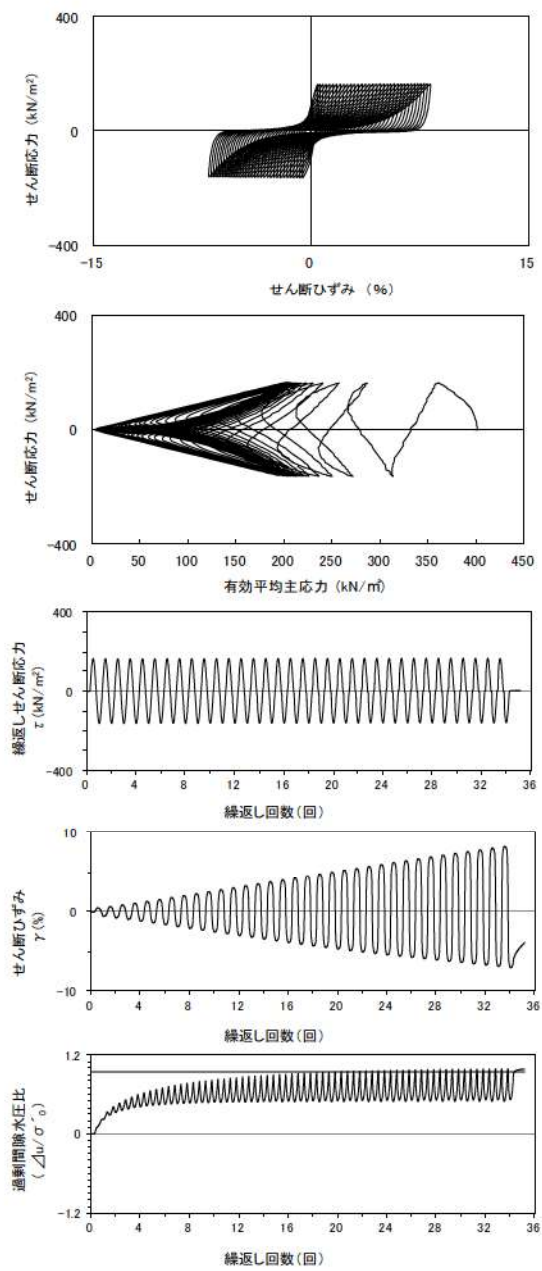


試験条件		液状化の判断
供試体	No.4-23	
圧密応力 σ'_c (kN/m ²)	360	
繰返し応力振幅比 $\sigma_d/2\sigma'_c$	0.455	
試験結果		繰返し軟化
間隙水圧が上昇・蓄積する。 (過剰間隙水圧比95%を超える。)	○	
有効応力がゼロまで低下する。	×	
液体状となり流動する。 (ひずみが急増する。)	×	
正のダイレイタンス特性によりせん断抵抗が作用する。 (有効応力が回復する。)	○	

試験条件		液状化の判断
供試体	No.3-20	
圧密応力 σ'_c (kN/m ²)	360	
繰返し応力振幅比 $\sigma_d/2\sigma'_c$	0.405	
試験結果		繰返し軟化
間隙水圧が上昇・蓄積する。 (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。 (ひずみが急増する。)	×	
正のダイレイタンス特性によりせん断抵抗が作用する。 (有効応力が回復する。)	○	

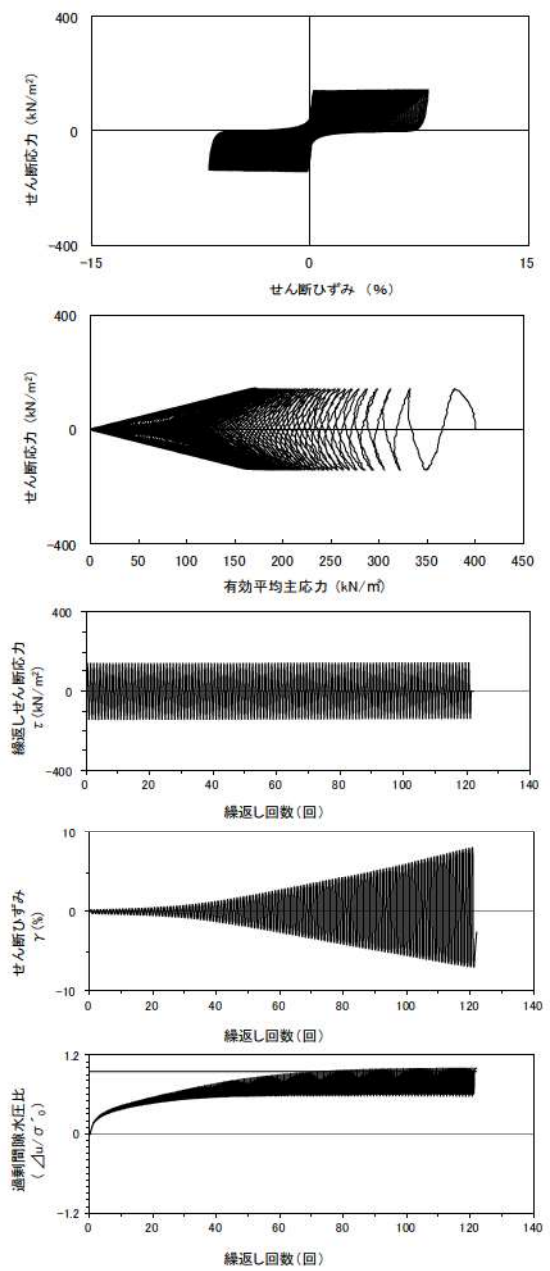
添付 1-331 図 液状化強度試験結果
(FS-2-④(3)中空試料(供試体 No. 4-23))

添付 1-332 図 液状化強度試験結果
(FS-2-④(3)中空試料(供試体 No. 3-20))



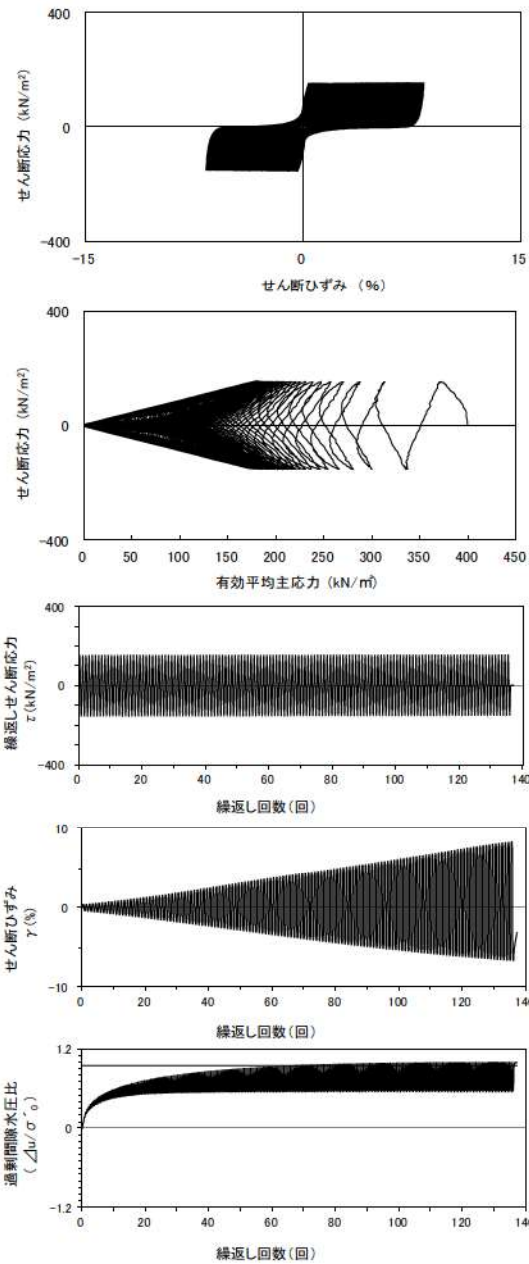
試験条件		液状化の判断	
供試体	No.1-44	○	繰返し軟化
圧密応力 σ'_c (kN/m ²)	400		
繰返し応力振幅比 $\sigma_d/2\sigma'_c$	0.407		
試験結果			
間隙水圧が上昇・蓄積する。 (過剰間隙水圧比95%を超える。)	○	○	繰返し軟化
有効応力がゼロまで低下する。	×		
液体状となり流動する。 (ひずみが急増する。)	×		
正のダイレイタンス特性によりせん断抵抗が作用する。 (有効応力が回復する。)	○		

添付 1-333 図 液状化強度試験結果
(FS-2-⑥(1)中空試料(供試体 No. 1-44))



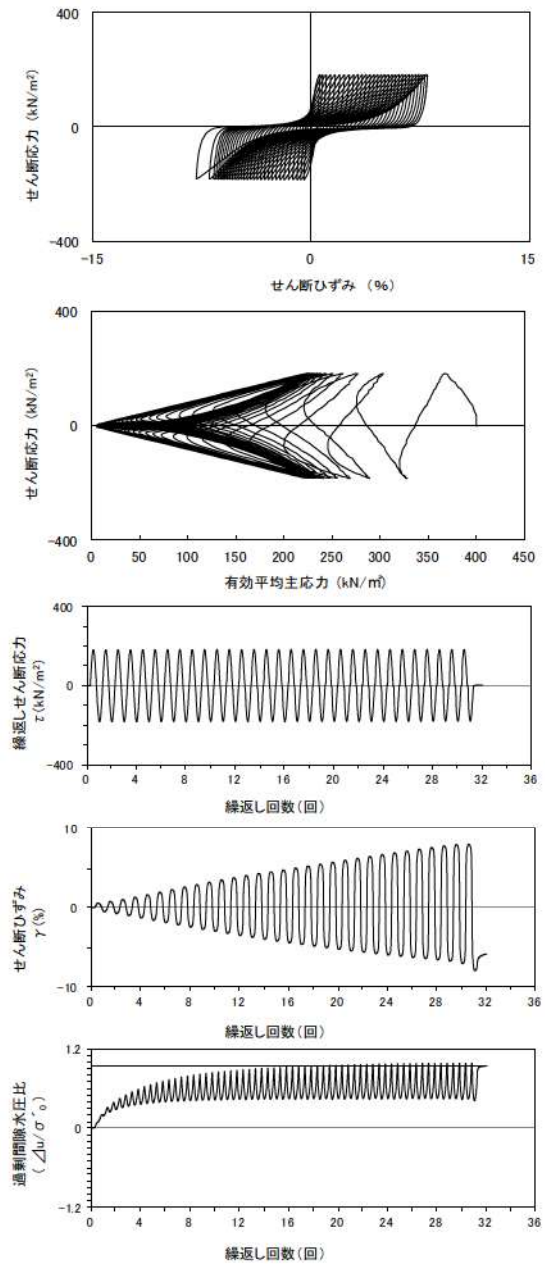
試験条件		液状化の判断	
供試体	No.3-40	○	繰返し軟化
圧密応力 σ'_c (kN/m ²)	400		
繰返し応力振幅比 $\sigma_d/2\sigma'_c$	0.353		
試験結果			
間隙水圧が上昇・蓄積する。 (過剰間隙水圧比95%を超える。)	○	○	繰返し軟化
有効応力がゼロまで低下する。	×		
液体状となり流動する。 (ひずみが急増する。)	×		
正のダイレイタンス特性によりせん断抵抗が作用する。 (有効応力が回復する。)	○		

添付 1-334 図 液状化強度試験結果
(FS-2-⑥(1)中空試料(供試体 No. 3-40))



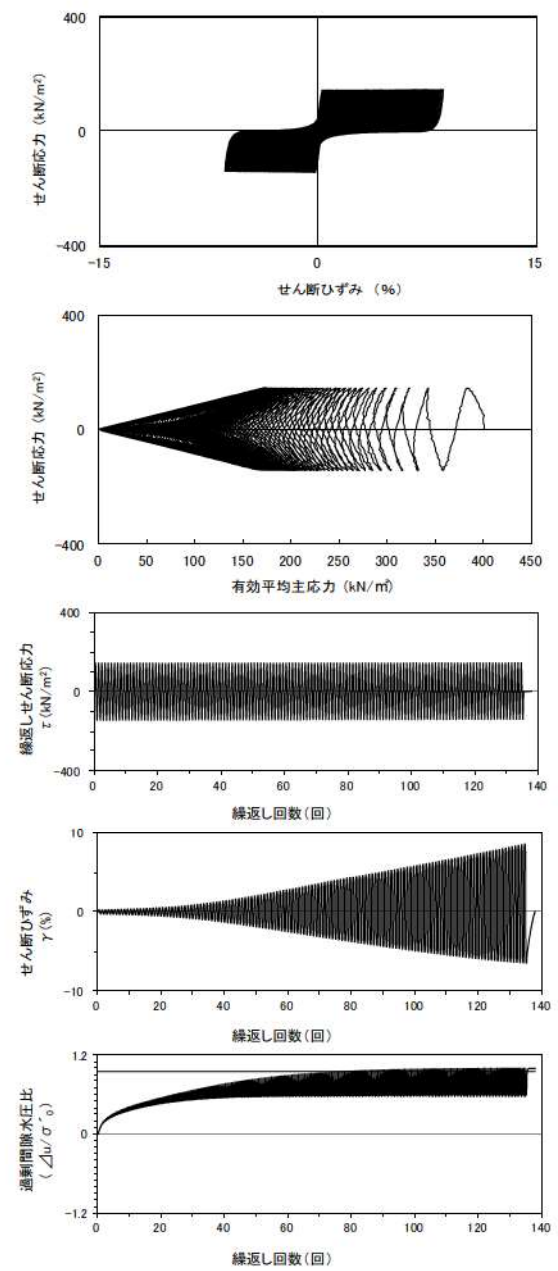
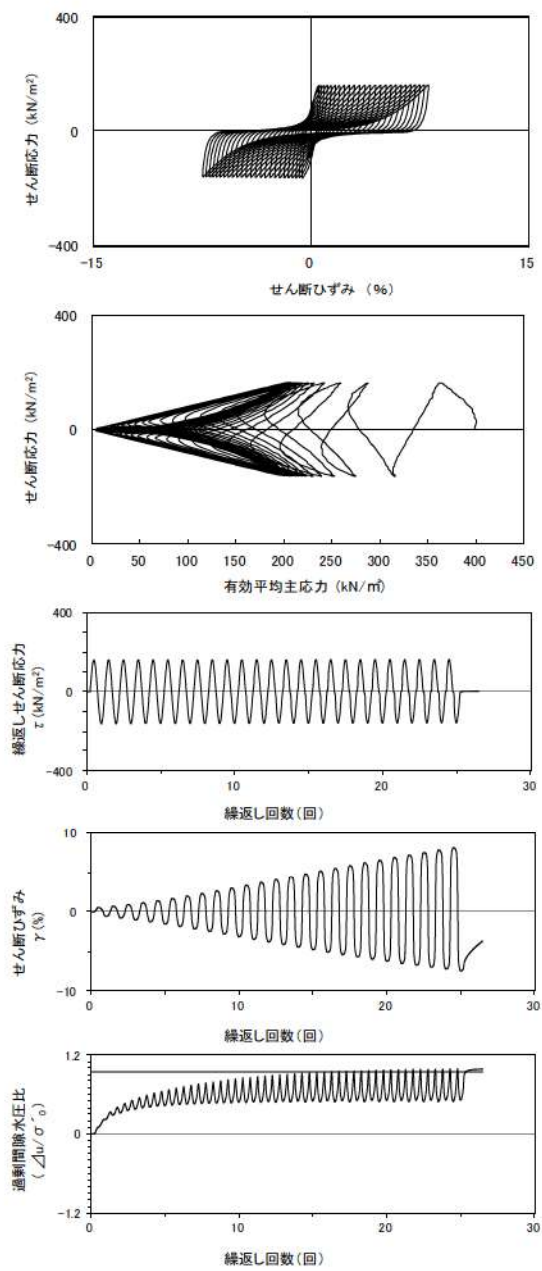
試験条件		
供試体	No.4-44	
圧密応力 σ'_c (kN/m ²)	400	
繰返し応力振幅比 $\sigma_d/2\sigma'_c$	0.383	
試験結果		液状化の判断
間隙水圧が上昇・蓄積する。 (過剰間隙水圧比95%を超える。)	○	繰返し軟化 (サイクリック モビリティ)
有効応力がゼロまで低下する。	○	
液体状となり流動する。 (ひずみが急増する。)	×	
正のダイレイタンス特性により せん断抵抗が作用する。 (有効応力が回復する。)	○	

添付 1-335 図 液状化強度試験結果
(FS-2-⑥(1)中空試料(供試体 No. 4-44))



試験条件		
供試体	No.2-43	
圧密応力 σ'_c (kN/m ²)	400	
繰返し応力振幅比 $\sigma_d/2\sigma'_c$	0.456	
試験結果		液状化の判断
間隙水圧が上昇・蓄積する。 (過剰間隙水圧比95%を超える。)	○	繰返し軟化
有効応力がゼロまで低下する。	×	
液体状となり流動する。 (ひずみが急増する。)	×	
正のダイレイタンス特性により せん断抵抗が作用する。 (有効応力が回復する。)	○	

添付 1-336 図 液状化強度試験結果
(FS-2-⑥(1)中空試料(供試体 No. 2-43))

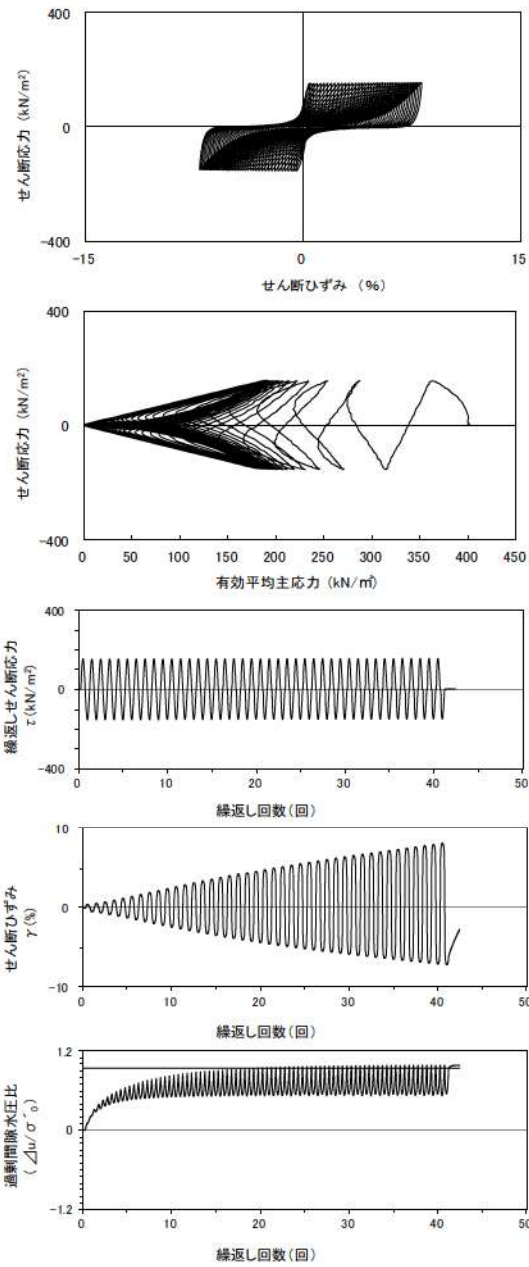


試験条件		液状化の判断
供試体	No.1-45	
圧密応力 σ'_c (kN/m ²)	400	
繰返し応力振幅比 $\sigma_d/2\sigma'_0$	0.405	繰返し軟化
試験結果		
間隙水圧が上昇・蓄積する。 (過剰間隙水圧比95%を超える。)	○	
有効応力がゼロまで低下する。	×	
液体状となり流動する。 (ひずみが急増する。)	×	
正のダイレイタンス特性によりせん断抵抗が作用する。 (有効応力が回復する。)	○	

試験条件		液状化の判断
供試体	No.3-41	
圧密応力 σ'_c (kN/m ²)	400	
繰返し応力振幅比 $\sigma_d/2\sigma'_0$	0.358	繰返し軟化
試験結果		
間隙水圧が上昇・蓄積する。 (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。 (ひずみが急増する。)	×	
正のダイレイタンス特性によりせん断抵抗が作用する。 (有効応力が回復する。)	○	

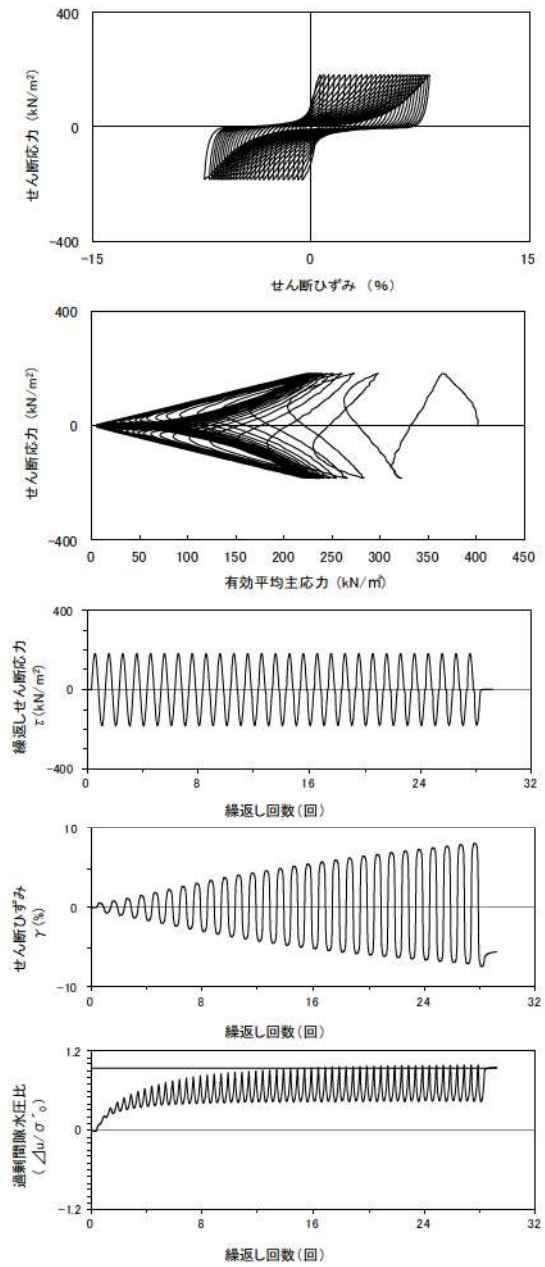
添付 1-337 図 液状化強度試験結果
(FS-2-⑥(2)中空試料(供試体 No. 1-45))

添付 1-338 図 液状化強度試験結果
(FS-2-⑥(2)中空試料(供試体 No. 3-41))



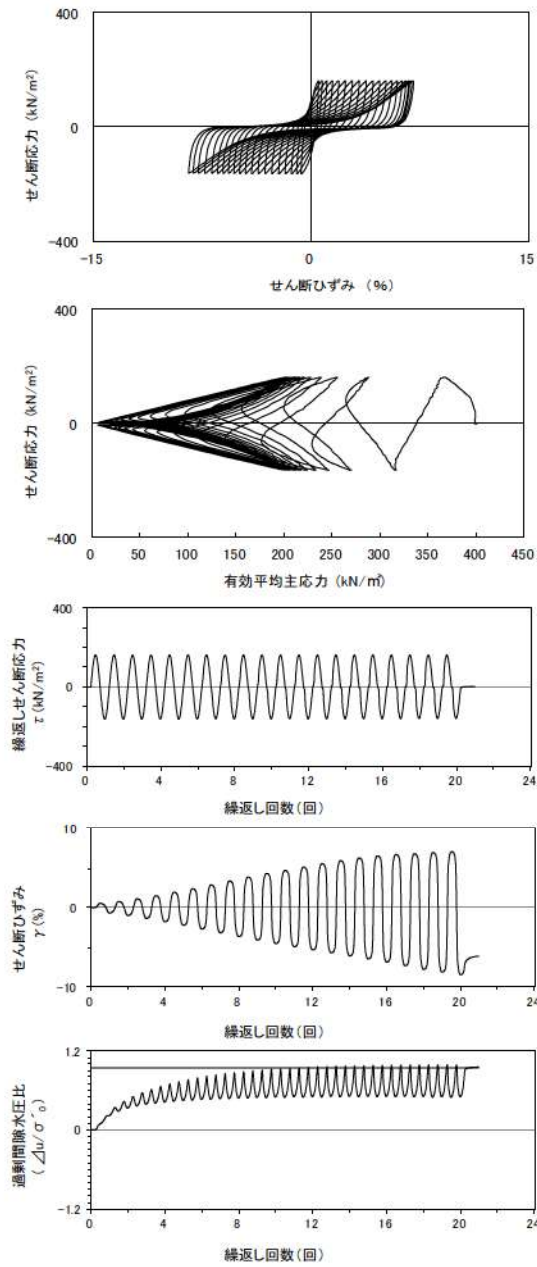
試験条件		
供試体	No.4-45	
圧密応力 σ'_c (kN/m ²)	400	
繰返し応力振幅比 $\sigma_d/2\sigma'_c$	0.385	
試験結果		液状化の判断
間隙水圧が上昇・蓄積する。 (過剰間隙水圧比95%を超える。)	○	繰返し軟化
有効応力がゼロまで低下する。	×	
液体状となり流動する。 (ひずみが急増する。)	×	
正のダイレイタンス特性によりせん断抵抗が作用する。 (有効応力が回復する。)	○	

添付 1-339 図 液状化強度試験結果
(FS-2-⑥(2)中空試料(供試体 No. 4-45))



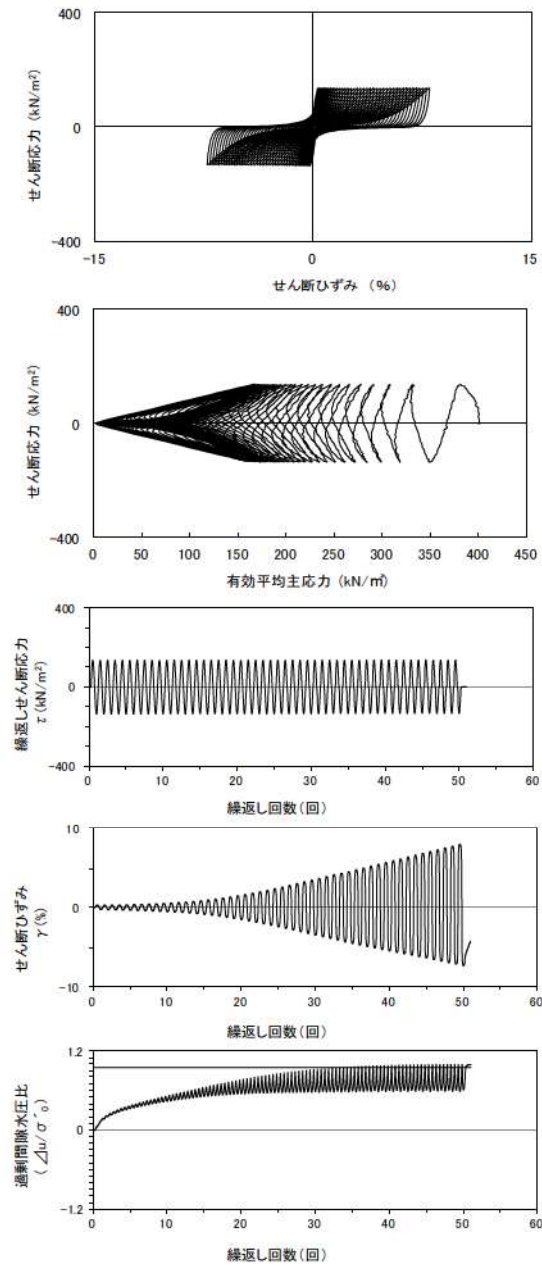
試験条件		
供試体	No.2-44	
圧密応力 σ'_c (kN/m ²)	400	
繰返し応力振幅比 $\sigma_d/2\sigma'_c$	0.459	
試験結果		液状化の判断
間隙水圧が上昇・蓄積する。 (過剰間隙水圧比95%を超える。)	○	繰返し軟化
有効応力がゼロまで低下する。	×	
液体状となり流動する。 (ひずみが急増する。)	×	
正のダイレイタンス特性によりせん断抵抗が作用する。 (有効応力が回復する。)	○	

添付 1-340 図 液状化強度試験結果
(FS-2-⑥(2)中空試料(供試体 No. 2-44))



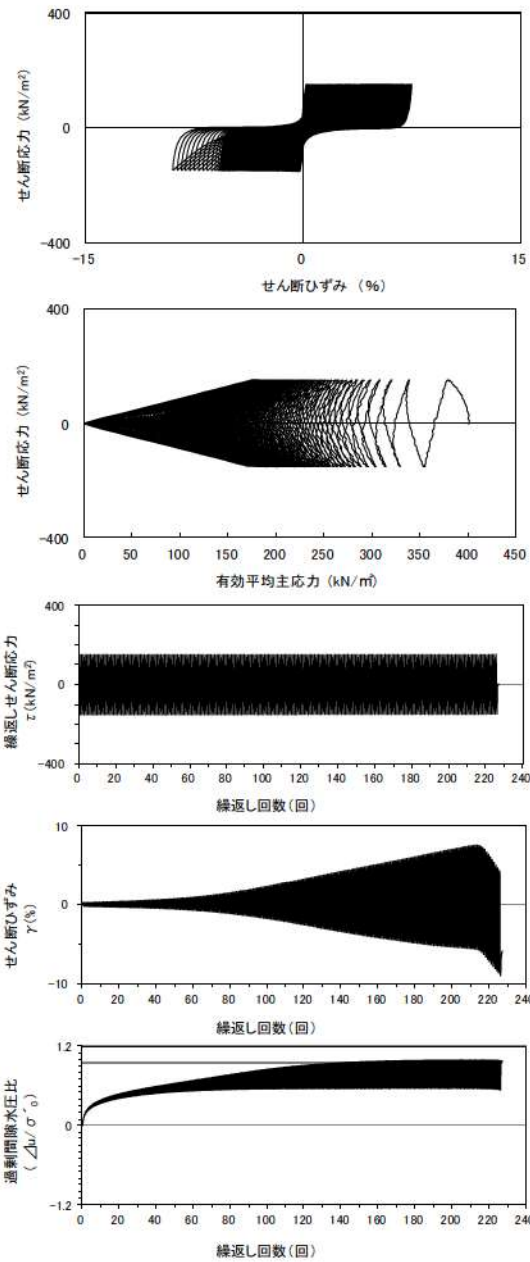
試験条件		
供試体	No.1-46	
圧密応力 σ'_c (kN/m ²)	400	
繰返し応力振幅比 $\sigma'_d/2\sigma'_c$	0.406	
試験結果		液状化の判断
間隙水圧が上昇・蓄積する。 (過剰間隙水圧比95%を超える。)	○	繰返し軟化
有効応力がゼロまで低下する。	×	
液体状となり流動する。 (ひずみが急増する。)	×	
正のダイレイタンス特性によりせん断抵抗が作用する。 (有効応力が回復する。)	○	

添付 1-341 図 液状化強度試験結果
(FS-2-⑥(3)中空試料(供試体 No. 1-46))



試験条件		
供試体	No.3-42	
圧密応力 σ'_c (kN/m ²)	400	
繰返し応力振幅比 $\sigma'_d/2\sigma'_c$	0.338	
試験結果		液状化の判断
間隙水圧が上昇・蓄積する。 (過剰間隙水圧比95%を超える。)	○	繰返し軟化
有効応力がゼロまで低下する。	×	
液体状となり流動する。 (ひずみが急増する。)	×	
正のダイレイタンス特性によりせん断抵抗が作用する。 (有効応力が回復する。)	○	

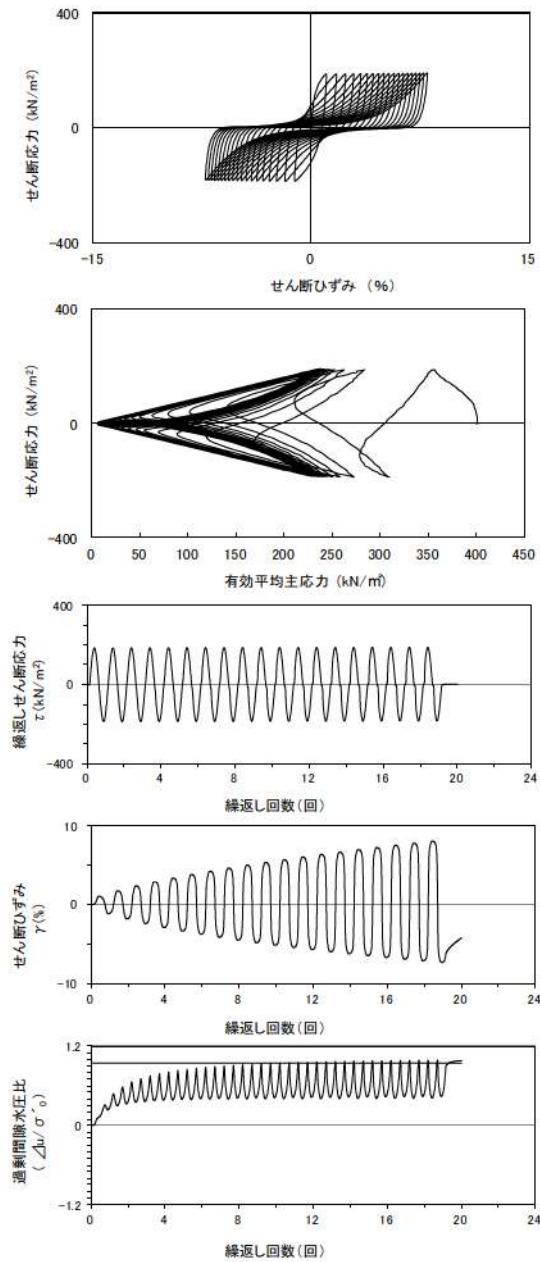
添付 1-342 図 液状化強度試験結果
(FS-2-⑥(3)中空試料(供試体 No. 3-42))



試験条件		液状化の判断	
供試体	No.2-45		
圧密応力 σ'_c (kN/m ²)	400		
繰返し応力振幅比 $\sigma_d/2\sigma'_0$	0.377		
試験結果		液状化の判断	
間隙水圧が上昇・蓄積する。 (過剰間隙水圧比95%を超える。)	○	繰返し軟化	
有効応力がゼロまで低下する。	×		
液体状となり流動する。 (ひずみが急増する。)	×		
正のダイレイタンス特性によりせん断抵抗が作用する。 (有効応力が回復する。)	○		

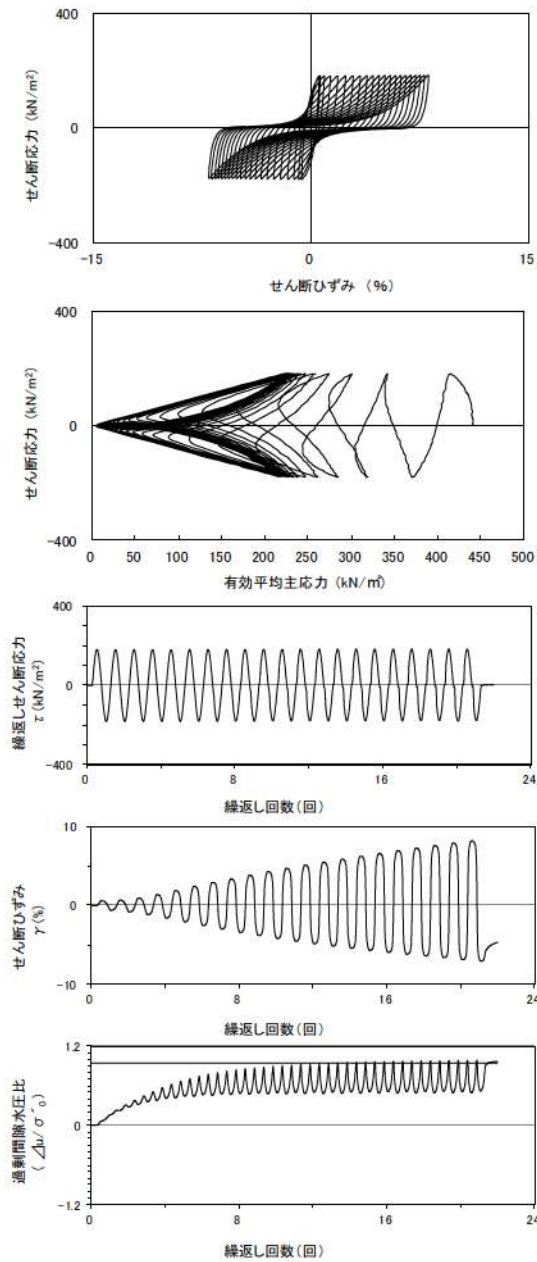
※繰返し回数 200 回で判定

添付 1-343 図 液状化強度試験結果
(FS-2-⑥(3) 中空試料(供試体 No. 2-45))



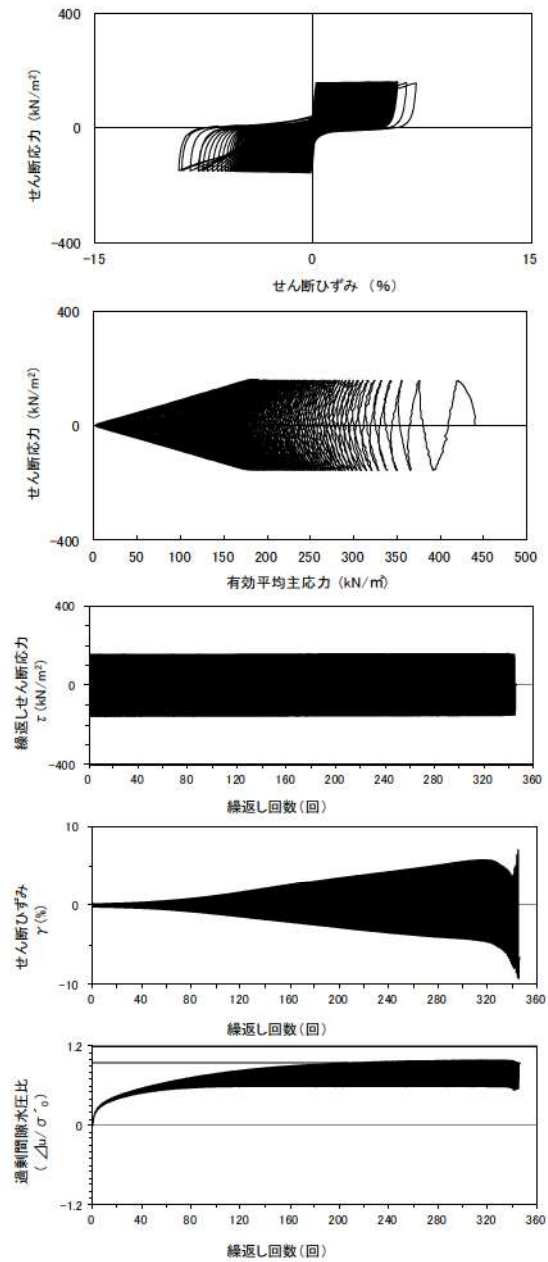
試験条件		液状化の判断	
供試体	No.4-46		
圧密応力 σ'_c (kN/m ²)	400		
繰返し応力振幅比 $\sigma_d/2\sigma'_0$	0.467		
試験結果		液状化の判断	
間隙水圧が上昇・蓄積する。 (過剰間隙水圧比95%を超える。)	○	繰返し軟化	
有効応力がゼロまで低下する。	×		
液体状となり流動する。 (ひずみが急増する。)	×		
正のダイレイタンス特性によりせん断抵抗が作用する。 (有効応力が回復する。)	○		

添付 1-344 図 液状化強度試験結果
(FS-2-⑥(3) 中空試料(供試体 No. 4-46))



試験条件		液状化の判断	
供試体	No.4-68	○	繰返し軟化
圧密応力 σ'_c (kN/m ²)	440		
繰返し応力振幅比 $\sigma_d/2\sigma'_0$	0.411		
試験結果			
間隙水圧が上昇・蓄積する。 (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。 (ひずみが急増する。)	×		
正のダイレイタンス特性により せん断抵抗が作用する。 (有効応力が回復する。)	○		

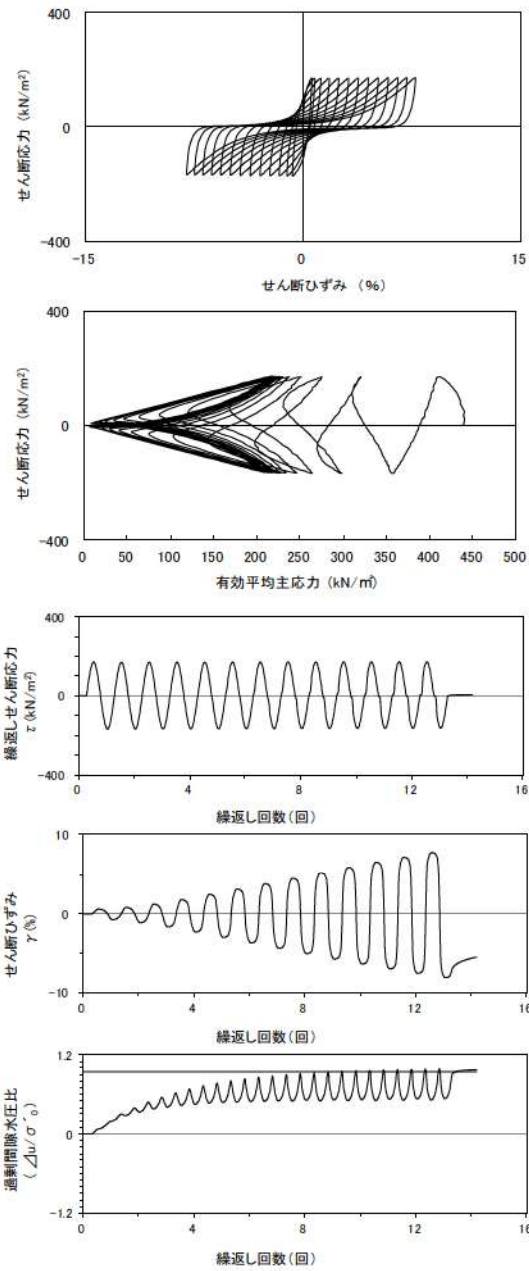
添付 1-345 図 液状化強度試験結果
(FS-2-⑥(4)中空試料(供試体 No. 4-68))



試験条件		液状化の判断	
供試体	No.2-70	○	繰返し軟化
圧密応力 σ'_c (kN/m ²)	440		
繰返し応力振幅比 $\sigma_d/2\sigma'_0$	0.357		
試験結果			
間隙水圧が上昇・蓄積する。 (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。 (ひずみが急増する。)	×		
正のダイレイタンス特性により せん断抵抗が作用する。 (有効応力が回復する。)	○		

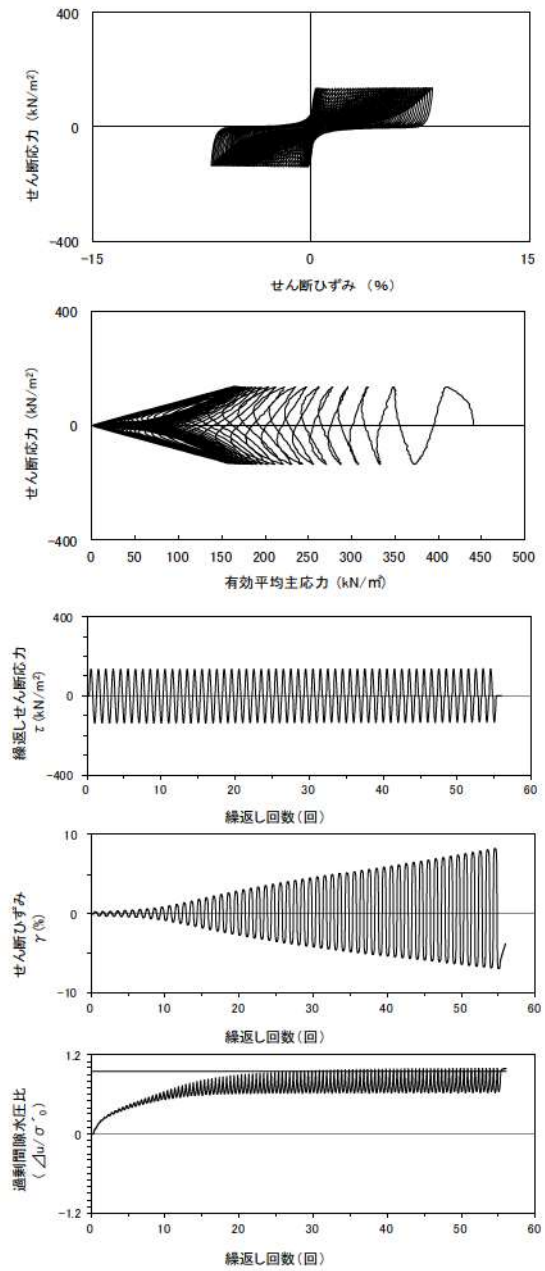
※繰返し回数 200 回で判定

添付 1-346 図 液状化強度試験結果
(FS-2-⑥(4)中空試料(供試体 No. 2-70))



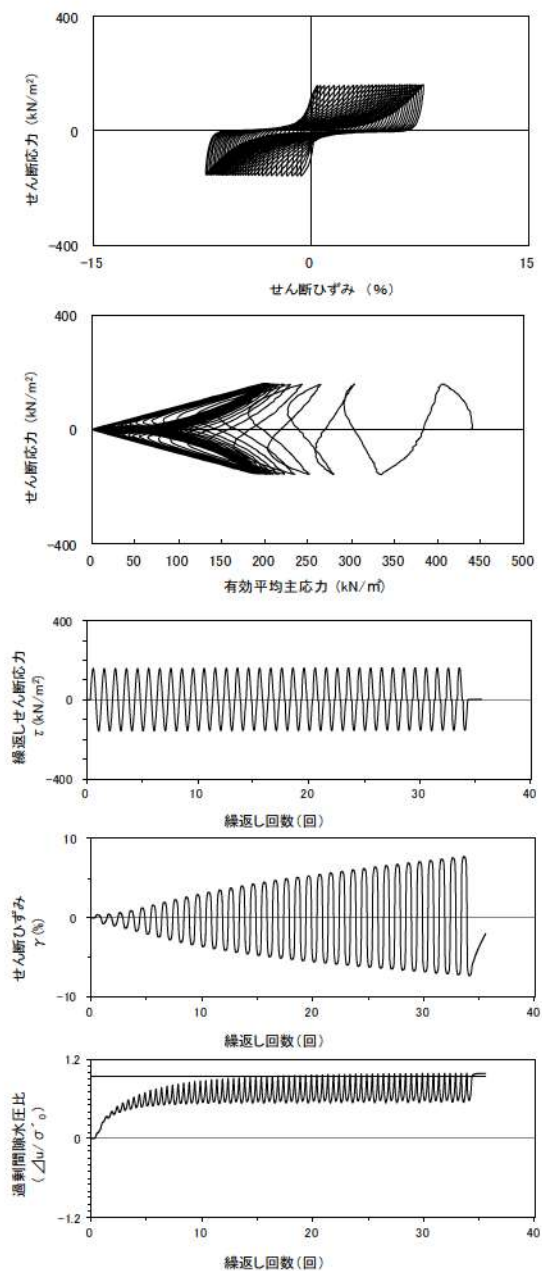
試験条件		
供試体	No.3-66	
圧密応力 σ'_c (kN/m ²)	440	
繰返し応力振幅比 $\sigma_d/2\sigma'_c$	0.384	
試験結果		液状化の判断
間隙水圧が上昇・蓄積する。 (過剰間隙水圧比95%を超える。)	○	繰返し軟化
有効応力がゼロまで低下する。	×	
液体状となり流動する。 (ひずみが急増する。)	×	
正のダイレイタンス特性によりせん断抵抗が作用する。 (有効応力が回復する。)	○	

添付 1-347 図 液状化強度試験結果
(FS-2-⑥(4)中空試料(供試体 No. 3-66))



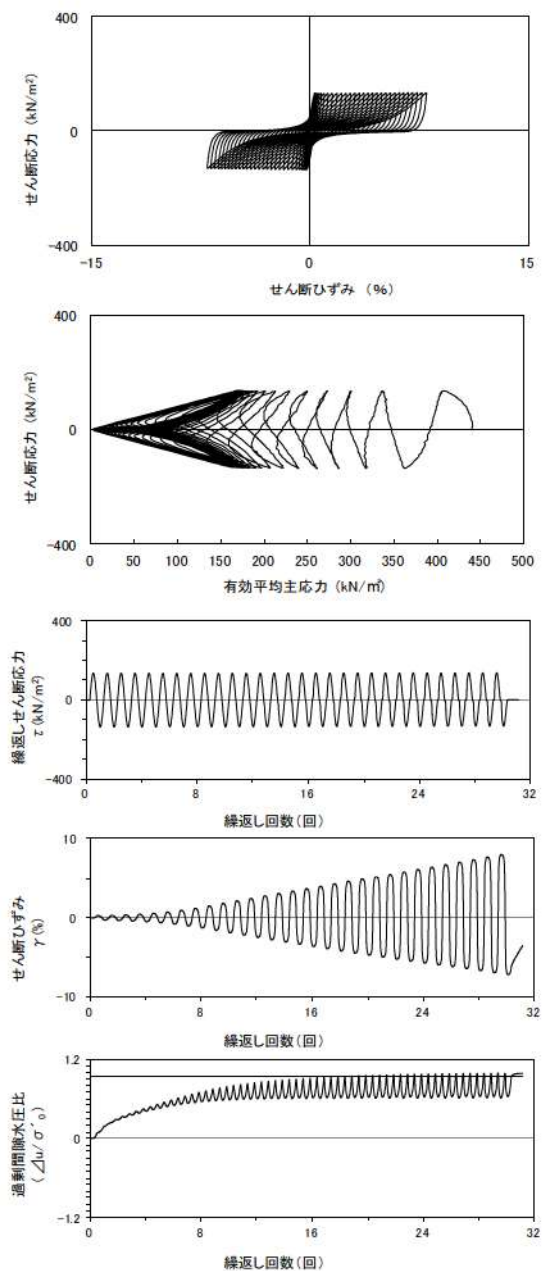
試験条件		
供試体	No.1-71	
圧密応力 σ'_c (kN/m ²)	440	
繰返し応力振幅比 $\sigma_d/2\sigma'_c$	0.309	
試験結果		液状化の判断
間隙水圧が上昇・蓄積する。 (過剰間隙水圧比95%を超える。)	○	繰返し軟化
有効応力がゼロまで低下する。	×	
液体状となり流動する。 (ひずみが急増する。)	×	
正のダイレイタンス特性によりせん断抵抗が作用する。 (有効応力が回復する。)	○	

添付 1-348 図 液状化強度試験結果
(FS-2-⑥(4)中空試料(供試体 No. 1-71))



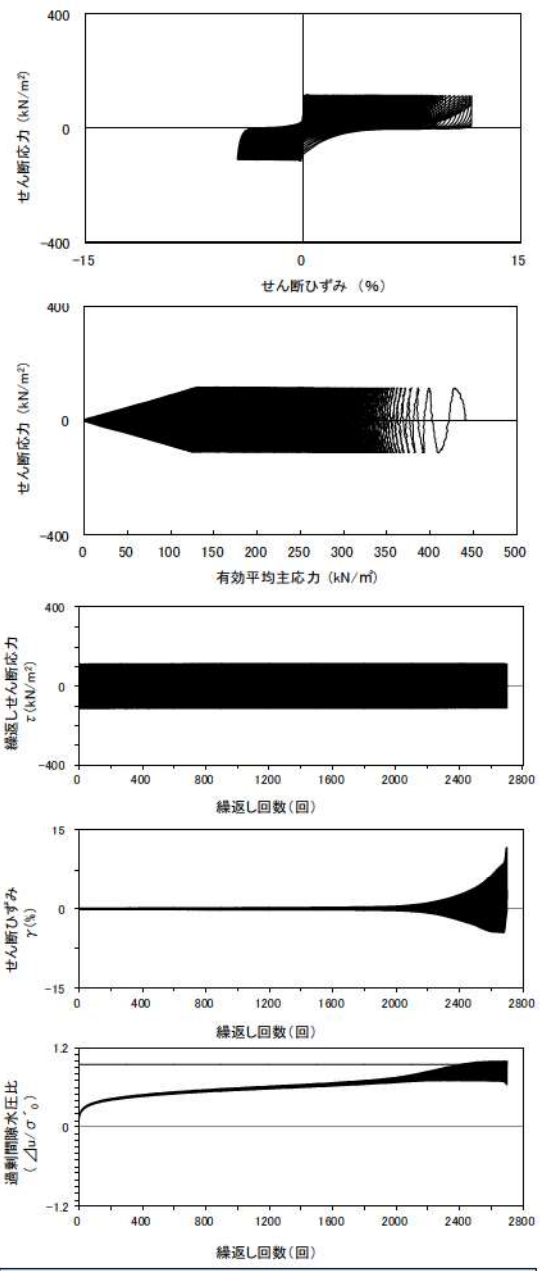
試験条件		
供試体	No.4-69	
圧密応力 σ'_c (kN/m ²)	440	
繰返し応力振幅比 $\sigma_d/2\sigma'_c$	0.357	
試験結果		液状化の判断
間隙水圧が上昇・蓄積する。 (過剰間隙水圧比95%を超える。)	○	繰返し軟化
有効応力がゼロまで低下する。	×	
液体状となり流動する。 (ひずみが急増する。)	×	
正のダイレイタンス特性により せん断抵抗が作用する。 (有効応力が回復する。)	○	

添付 1-349 図 液状化強度試験結果
(FS-2-⑥(5)中空試料(供試体 No. 4-69))



試験条件		
供試体	No.2-71	
圧密応力 σ'_c (kN/m ²)	440	
繰返し応力振幅比 $\sigma_d/2\sigma'_c$	0.305	
試験結果		液状化の判断
間隙水圧が上昇・蓄積する。 (過剰間隙水圧比95%を超える。)	○	繰返し軟化
有効応力がゼロまで低下する。	×	
液体状となり流動する。 (ひずみが急増する。)	×	
正のダイレイタンス特性により せん断抵抗が作用する。 (有効応力が回復する。)	○	

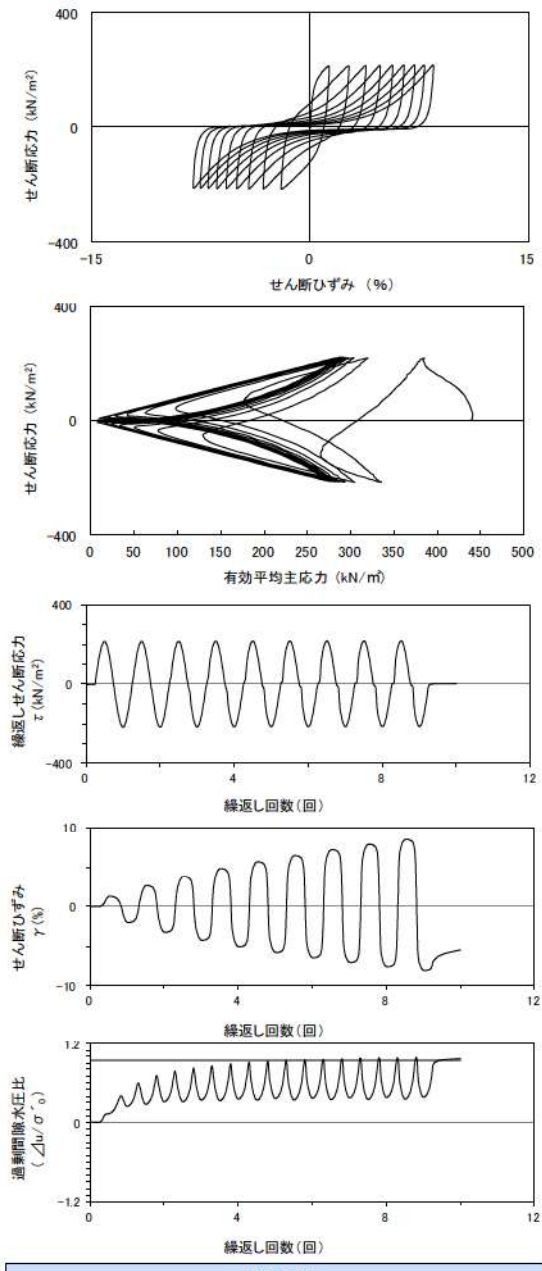
添付 1-350 図 液状化強度試験結果
(FS-2-⑥(5)中空試料(供試体 No. 2-71))



試験条件		液状化の判断	
供試体	No.3-67		
圧密応力 σ'_c (kN/m ²)	440		
繰返し応力振幅比 $\sigma_d/2\sigma'_0$	0.256		
試験結果		液状化の判断	
間隙水圧が上昇・蓄積する。 (過剰間隙水圧比95%を超える。)	×	非液状化	
有効応力がゼロまで低下する。	×		
液体状となり流動する。 (ひずみが急増する。)	×		
正のダイレイタンス特性によりせん断抵抗が作用する。 (有効応力が回復する。)	○		

※繰返し回数 200 回で判定

添付 1-351 図 液状化強度試験結果
(FS-2-⑥(5)中空試料(供試体 No. 3-67))













試験条件		液状化の判断	
供試体	No.1-72		
圧密応力 σ'_c (kN/m ²)	440		
繰返し応力振幅比 $\sigma_d/2\sigma'_0$	0.491		
試験結果		液状化の判断	
間隙水圧が上昇・蓄積する。 (過剰間隙水圧比95%を超える。)	○	繰返し軟化	
有効応力がゼロまで低下する。	×		
液体状となり流動する。 (ひずみが急増する。)	×		
正のダイレイタンス特性によりせん断抵抗が作用する。 (有効応力が回復する。)	○		











添付 1-352 図 液状化強度試験結果
(FS-2-⑥(5)中空試料(供試体 No. 1-72))

2. 液状化強度試験結果











(5) 液状化強度試験供試体写真

	試験前	試験後
SW2-3		
SW2-4		
BF1-2		
RE-1		
RE-2 (1)		







添付 1-353 図 液状化強度試験供試体写真① (1, 2 号埋戻土)

	試験前	試験後
RE-2 (2)		
RE-2 (3)		
RE-3 (1)		
RE-3 (2)		
RE-3 (3)		

添付 1-354 図 液状化強度試験供試体写真② (1, 2 号埋戻土)

	試験前	試験後
RE-4		
RE-5 (1)		
RE-5 (2)		
RE-5 (3)		
RE-6		







添付 1-355 図 液状化強度試験供試体写真③ (1, 2 号埋戻土)

	試験前	試験後
SH-1 (1)		
SH-1 (2)		
SH-1 (3)		










添付 1-356 図 液状化強度試験供試体写真④ (1, 2 号埋戻土)

	試験前	試験後
SW2-1		
BF3-1		
BF3-2		
RE-7		
RE-8		











添付 1-357 図 液状化強度試験供試体写真⑤ (3号埋戻土)

	試験前	試験後
RE-8” (1)		
RE-8” (2)		
SH-2		











添付 1-358 図 液状化強度試験供試体写真⑥ (3号埋戻土)

	試験前	試験後
SW-4-1		※試験により破壊
SW-4-7		
SW-4-10		
SW-6-5		
SW-6-6		


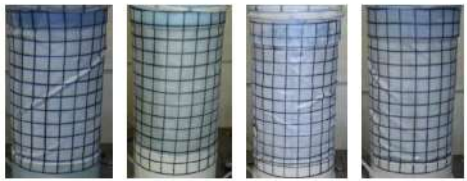

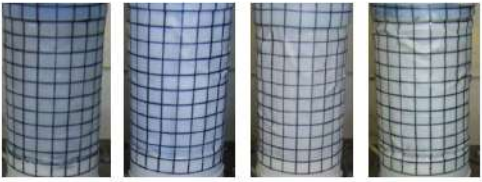

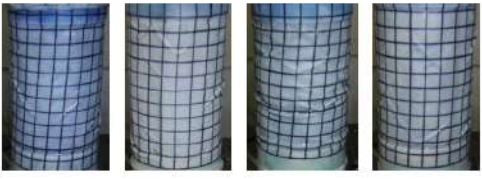

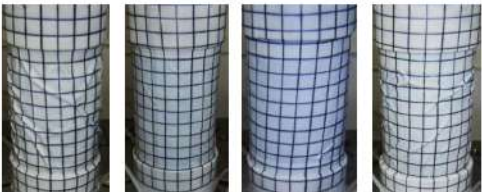

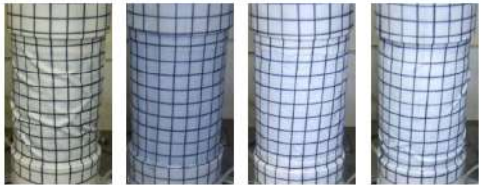
添付 1-359 図 液状化強度試験供試体写真⑦ (As1 層)

	試験前	試験後
SW-6-7		
SW-7-10		
SW2-4 (2)		
SW2-4 (4)		
FS-1-② (1) 三軸		


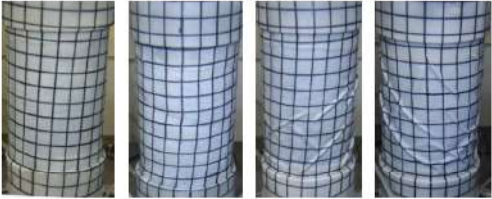







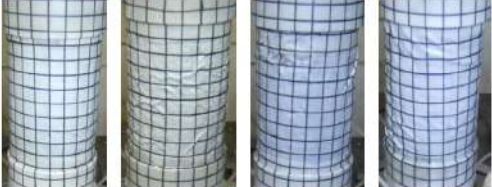
添付 1-360 図 液状化強度試験供試体写真⑧ (As1 層)

	試験前	試験後
FS-1-② (2) 三軸		
FS-1-② (3) 三軸		
FS-1-② (A-1) 三軸		
FS-1-② (A-2) 三軸		
FS-1-④ (A-2) 三軸		


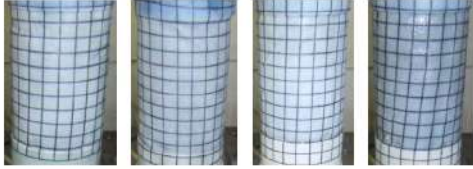

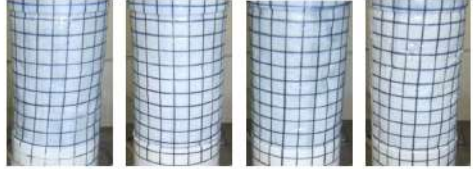
添付 1-361 図 液状化強度試験供試体写真⑨ (As1 層)

	試験前	試験後
FS-1-② (1) 中空		
FS-1-② (2) 中空		
FS-1-② (3) 中空		
FS-1-④ (1) 中空		
FS-1-④ (2) 中空		











添付 1-362 図 液状化強度試験供試体写真⑩ (As1 層)

	試験前	試験後
FS-1-④ (3) 中空		
FS-2-③ (1) 三軸		
FS-2-③ (2) 三軸		
FS-2-③ (3) 三軸		
FS-2-③ (1) 中空		






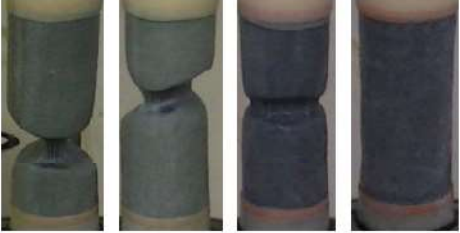




添付 1-363 図 液状化強度試験供試体写真① (As1 層)

	試験前	試験後
FS-2-⑤ (1) 中空		
FS-2-⑤ (2) 中空		




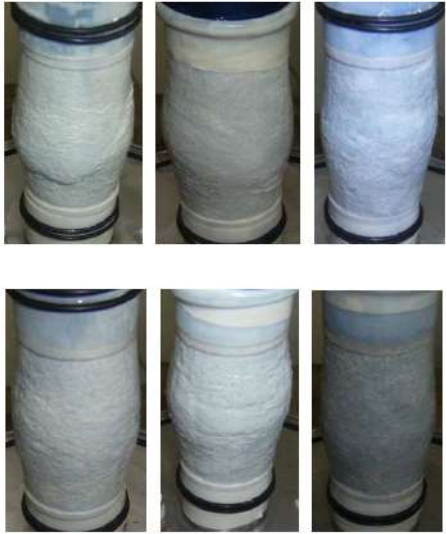

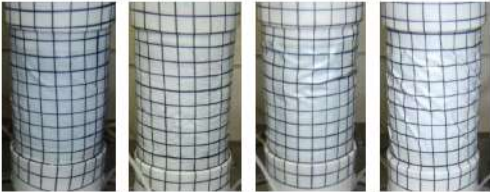

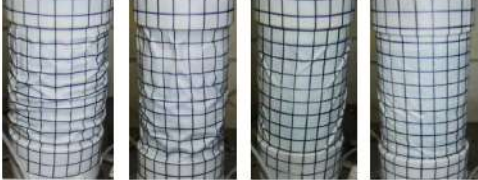
添付 1-364 図 液状化強度試験供試体写真⑫ (As1 層)

	試験前	試験後
SW-6-2		
SW2-1 (T5)		
SW2-4 (1)		
SW2-4 (3)		
FS-1-③ (1) 三軸		


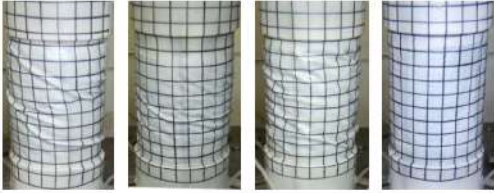








添付 1-365 図 液状化強度試験供試体写真⑬ (As2 層)

	試験前	試験後
FS-1-③ (2) 三軸		
FS-1-③ (3) 三軸		
FS-1-④ (1) 三軸		
FS-1-④ (2) 三軸		
FS-1-④ (3) 三軸		











添付 1-366 図 液状化強度試験供試体写真⑭ (As2 層)

	試験前	試験後
FS-1-③ (A-1) 三軸		
FS-1-④ (A-1) 三軸		
FS-1-③ (1) 中空		
FS-1-③ (2) 中空		




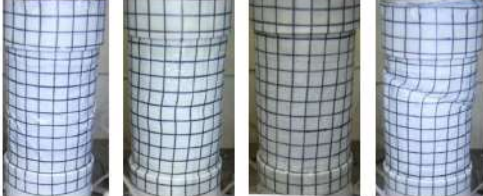

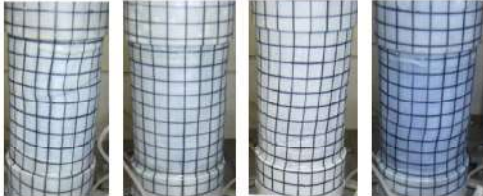

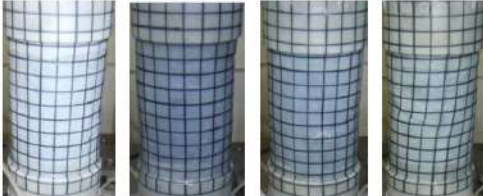

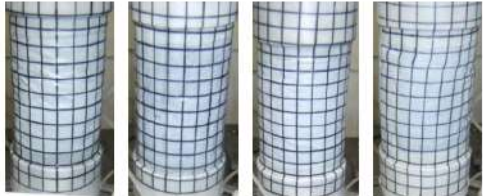
添付 1-367 図 液状化強度試験供試体写真⑮ (As2 層)

	試験前	試験後
FS-1-③ (3) 中空		
FS-2-④ (1) 三軸		
FS-2-④ (2) 三軸		
FS-2-④ (3) 三軸		
FS-2-⑥ (1) 三軸		


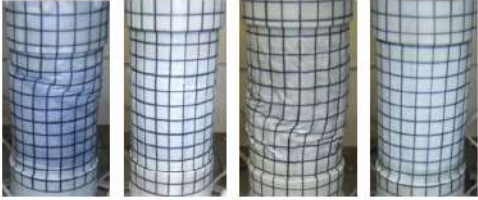

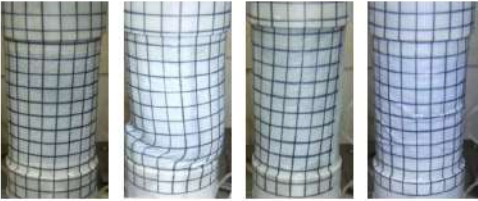

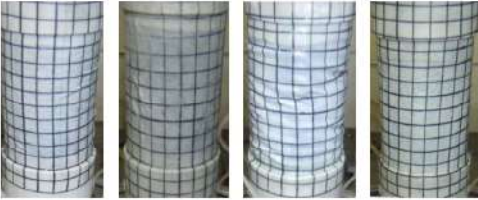
添付 1-368 図 液状化強度試験供試体写真⑩ (As2 層)

	試験前	試験後
FS-2-⑥ (2) 三軸		
FS-2-⑥ (3) 三軸		
FS-2-④ (A-1) 三軸		
FS-2-⑤ (A-1) 三軸		
FS-2-⑥ (A-1) 三軸		

添付 1-369 図 液状化強度試験供試体写真⑰ (As2 層)

	試験前	試験後
FS-2-④ (1) 中空		
FS-2-④ (2) 中空		
FS-2-④ (3) 中空		
FS-2-⑥ (1) 中空		
FS-2-⑥ (2) 中空		

添付 1-370 図 液状化強度試験供試体写真[Ⓔ] (As2 層)

	試験前	試験後
FS-2-⑥ (3) 中空		
FS-2-⑥ (4) 中空		
FS-2-⑥ (5) 中空		

添付 1-371 図 液状化強度試験供試体写真⑬ (As2 層)

添付資料 2 液状化検討対象層の選定について(Ac 層)

1. 液状化検討対象層の選定について(Ac 層)

敷地の埋立地盤である埋戻土と沖積層に相当する砂層(As1, As2), 砂礫層(Ag), 粘土・シルト層(Ac)について, 道路橋示方書・同解説(V耐震設計編)に基づき, 液状化検討対象層を抽出する。

道路橋示方書では, 地震時に影響を与える液状化が生じる可能性がある液状化検討対象層として, 次の3つの条件すべてに該当する土層と定めている。

- 1) 地下水位が地表面から10m以内にあり, かつ, 地表面から20m以内の深さに存在する飽和土層
- 2) 細粒分含有率FCが35%以下の土層, 又は, FCが35%を超えても塑性指数IPが15以下の土層
- 3) 50%粒径 D_{50} が10mm以下で, かつ, 10%粒径 D_{10} が1mm以下である土層

添付2-2図に示すとおり, 粘土・シルト層(Ac)については, 「細粒分含有率 $F_c > 35\%$, かつ塑性指数 $I_p > 15$ 」を満足しているため液状化検討の対象外とした。

また, 建築基礎構造設計指針(2019)及び鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計(2012)において, 粘土分含有率 P_c を液状化判定の指標としていることから, Ac層の粘土分含有率 P_c についても確認した。

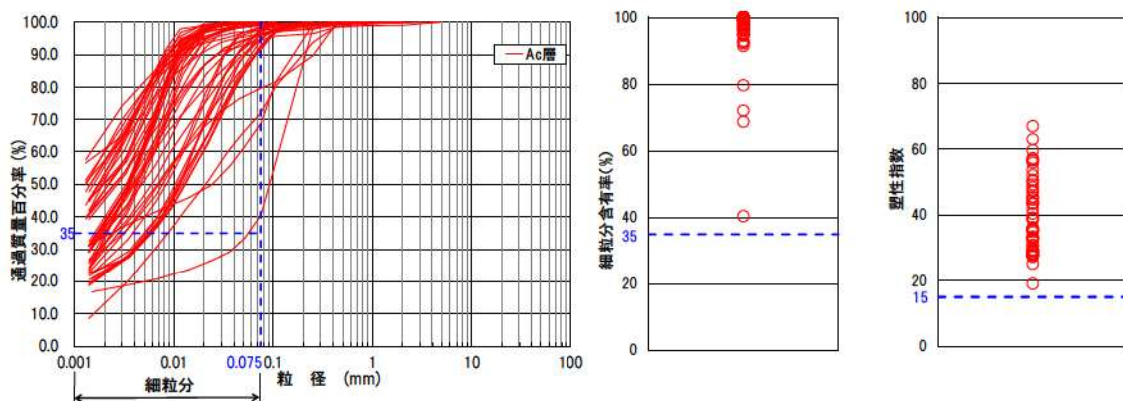
建築基礎構造設計指針では, 「粘土分(0.005mm以下の粒径を持つ土粒子)含有率が10%以下, 又は塑性指数が15以下の埋立地盤あるいは盛土地盤については液状化の検討を行う。」とされている。

鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計では, 「細粒分含有率 F_c が35%を越えても粘土分含有率 P_c が15%以下の土層は液状化の判定を行う。」とされている。

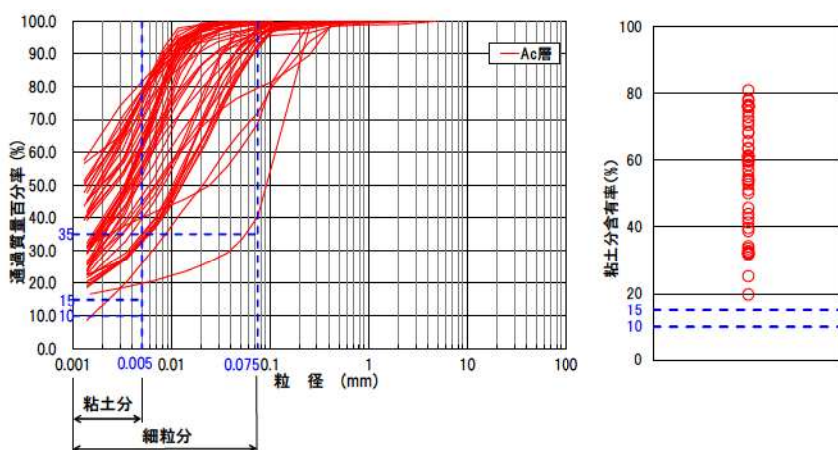
添付2-3図に示すとおり, Ac層の粘土分含有率 P_c はすべて15%以上であり, 液状化検討の対象外となる。



添付2-1図 Ac層試料採取位置図



添付 2-2 図 Ac 層の粒度分布，細粒分含有率，塑性指数



添付 2-3 図 Ac 層の粒度分布，粘土分含有率

添付 2-1 表 液状化検討対象層の判定基準

文献名	細粒分含有率 F_c	塑性指数 I_p	粘土分含有率 P_c
道路橋示方書 (2012)	35%以下	15 以下	
日本建築学会 (2019)	35%以下	15 以下	10%以下
鉄道総合技術研究所 (2012)	35%以下		15%以下

※各指標について、いずれかの判定基準に該当する土層は液状化検討対象とする。

※日本建築学会(2019)の塑性指数及び粘土分含有率については造成地盤を対象とした判定基準として扱われている。

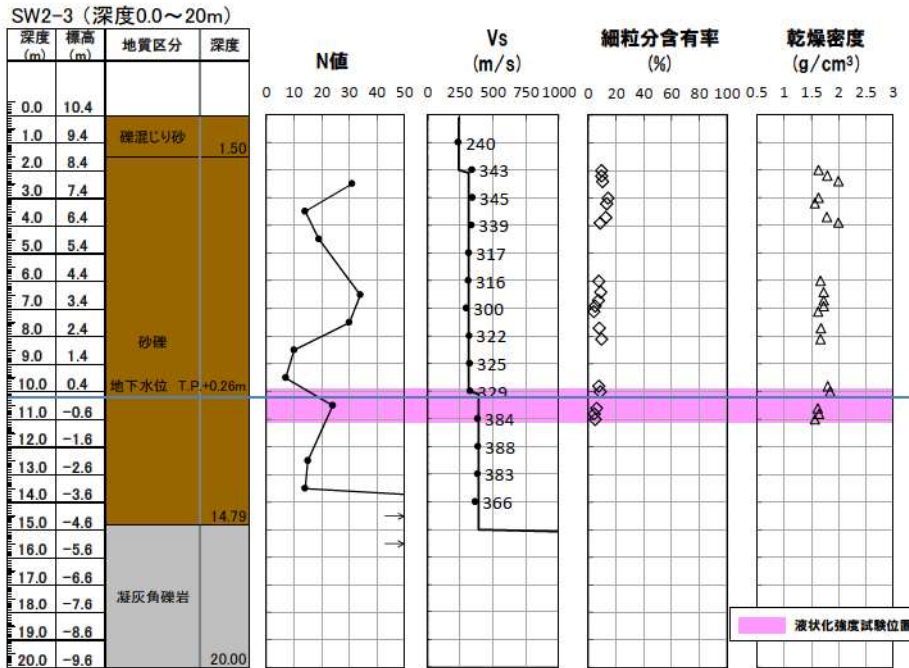
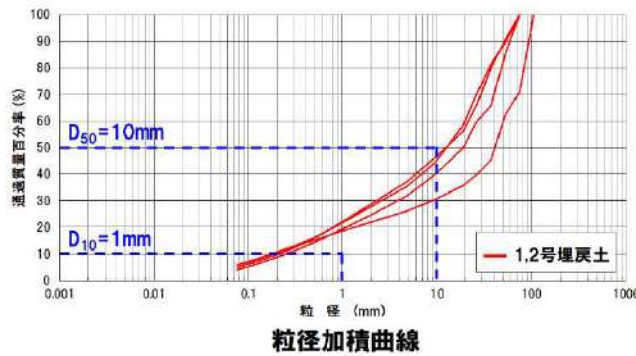
添付資料 3 埋戻土・砂層の基本物性

1. 埋戻土の基本物性

埋戻土の基本物性に関する評価は以下のとおり。

【SW2-3 地点(1, 2号埋戻土)】

- N値は7~50以上とばらつきが認められるが、せん断波速度 Vs は平均 340m/s 程度で深度によらずほぼ一定である。
- 供試体の粒度分布は、D₅₀は13.3~41.8mmで10mm以上であり、D₁₀は0.19~0.26mmで1mm以下である。細粒分含有率はFc=4.2~8.4%である。

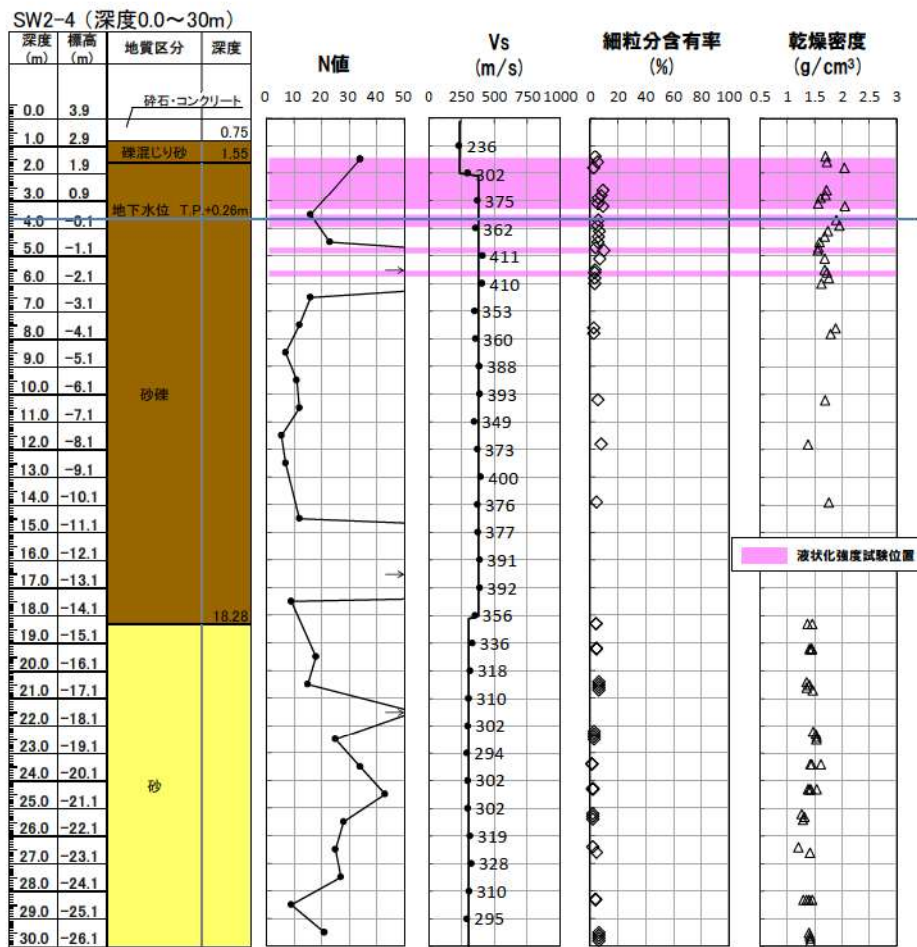
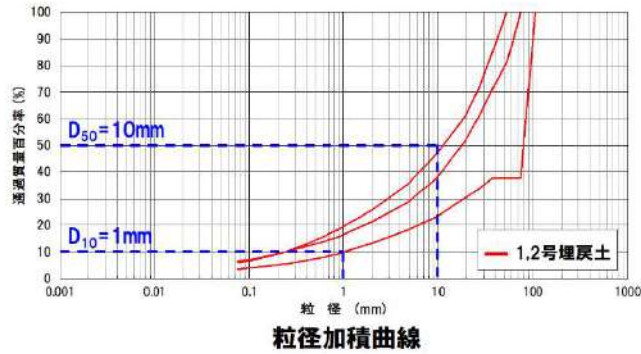


ボーリング柱状図及び原位置・室内試験結果

添付 3-1 図 液状化強度試験試料採取位置における基本物性(SW2-3 地点(1, 2号埋戻土))

【SW2-4 地点(1, 2号埋戻土)】

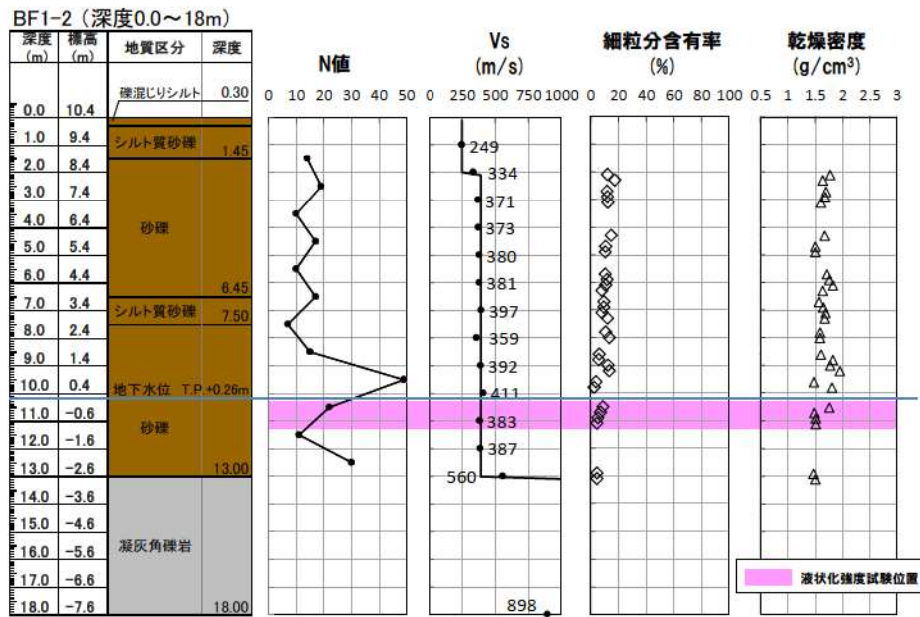
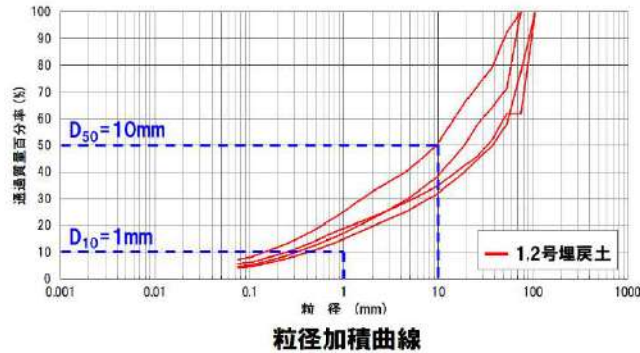
- N 値は 5~50 以上とばらつきが認められるが、せん断波速度 V_s は平均 370m/s 程度で深度によらずほぼ一定である。
- 供試体の粒度分布は、 D_{50} は 11.8~81.1mm で 10mm 以上であり、 D_{10} は 0.24~1.11mm で 1mm 以上となる 1 データを含んでいる。細粒分含有率は $F_c=5.9\sim 9.1\%$ である。



添付 3-2 図 液状化強度試験試料採取位置における基本物性(SW2-4 地点(1, 2号埋戻土))

【BF1-2 地点(1, 2号埋戻土)】

- N 値は 7~49 とばらつきが認められるが、せん断波速度 V_s は平均 370m/s 程度で深度によらずほぼ一定である。
- 供試体の粒度分布は、 D_{50} は 9.7~38.1mm で 1 データを除き 10mm 以上であり、 D_{10} は 0.16~0.44mm で 1mm 以下である。細粒分含有率は $F_c=4.5\sim 8.9\%$ である

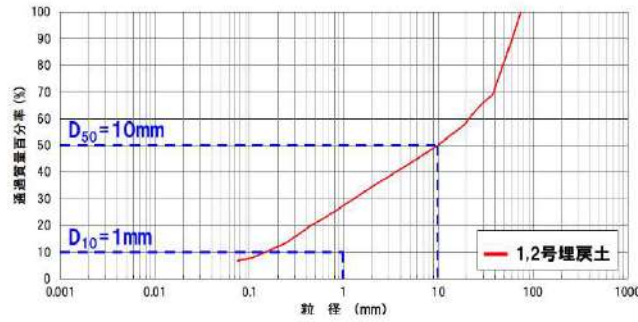


ボーリング柱状図及び原位置・室内試験結果

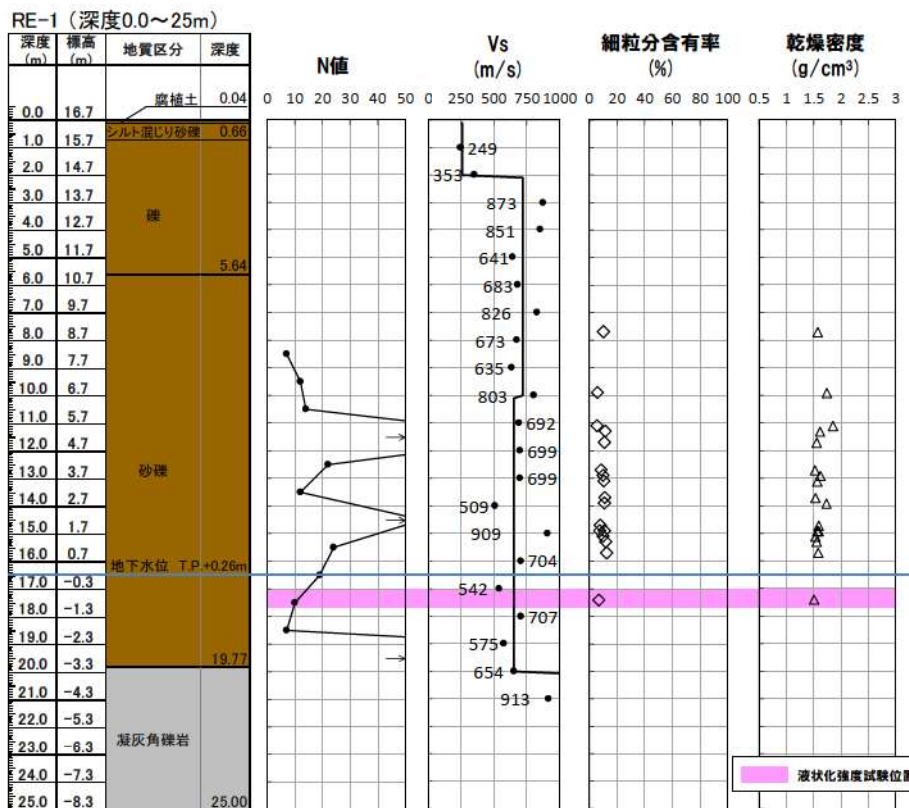
添付 3-3 図 液状化強度試験試料採取位置における基本物性(BF1-2 地点(1, 2号埋戻土))

【RE-1 地点(1, 2号埋戻土)】

- N値は7~50以上とばらつきが認められるが、せん断波速度 V_s は平均 680m/s 程度で深度によらずほぼ一定である。
- 供試体の粒度分布は、 D_{50} は 10.08mm で 10mm 以上であり、 D_{10} は 0.16mm で 1mm 以下である。細粒分含有率は $F_c=6.7\%$ である。



粒径加積曲線

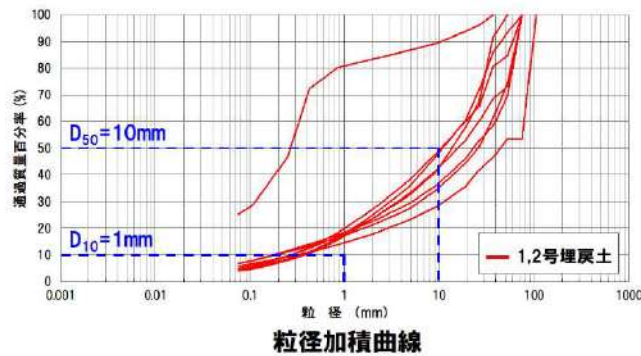


ボーリング柱状図及び原位置・室内試験結果

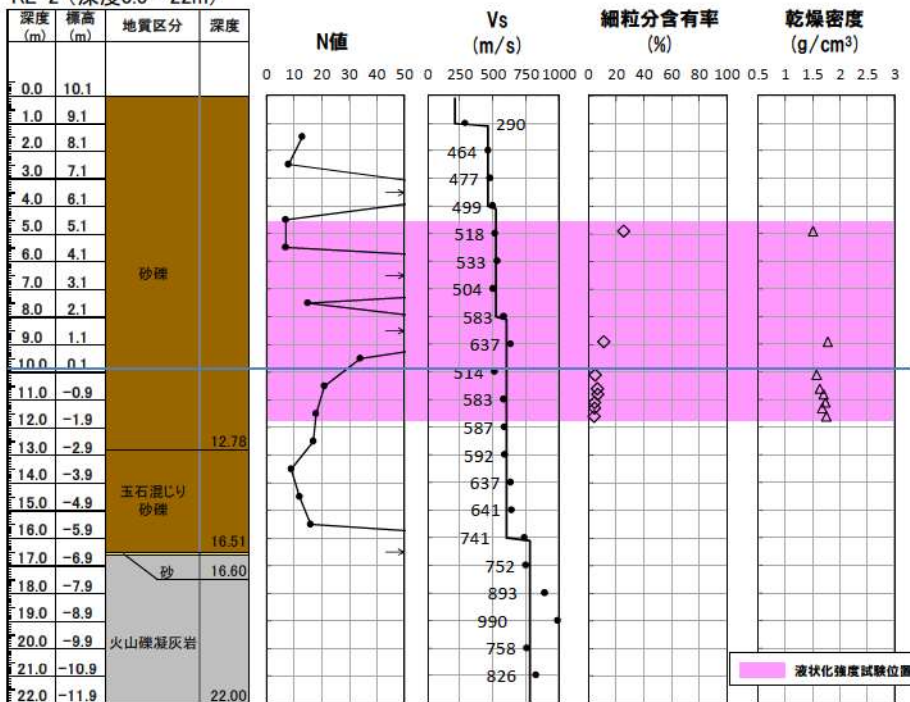
添付 3-4 図 液状化強度試験試料採取位置における基本物性(RE-1 地点(1, 2号埋戻土))

【RE-2 地点(1, 2号埋戻土)】

- ・N値は7~50以上とばらつきが認められるが、せん断波速度Vsは平均550m/s程度で深度によらずほぼ一定である。
- ・供試体の粒度分布は、D₅₀は0.27~45.25mmで7データ/8データが10mm以上であり、D₁₀は0.19~0.39mmで1mm以下である。細粒分・砂分が多い1データは、T.P.4.9mの浅い位置のデータである。細粒分含有率はFc=4.0~25.3%である。



RE-2 (深度0.0~22m)

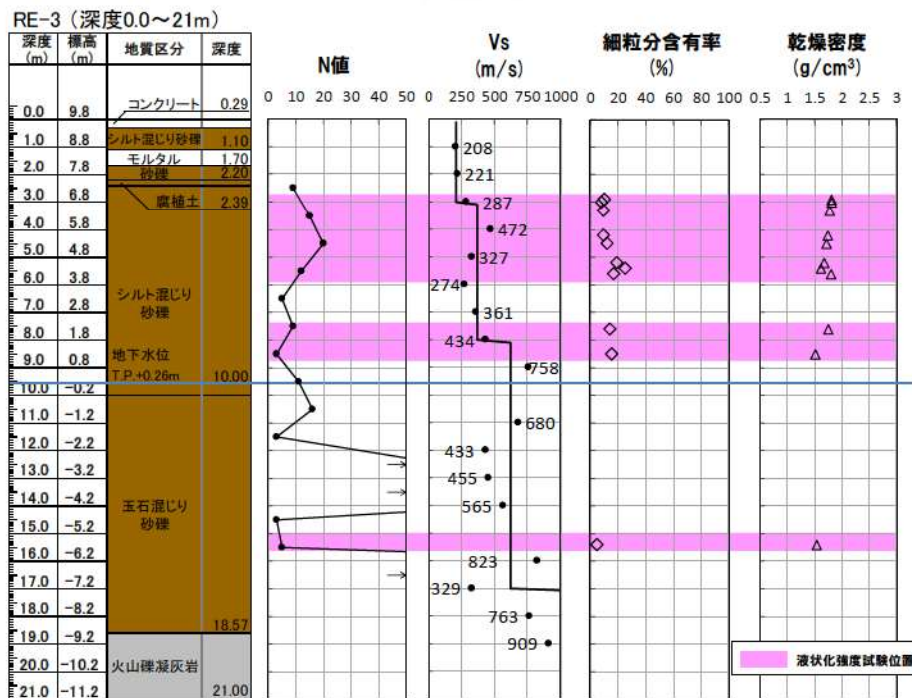
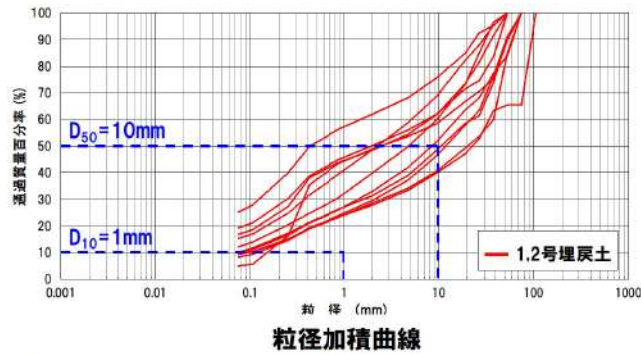


ボーリング柱状図及び原位置・室内試験結果

添付 3-5 図 液状化強度試験試料採取位置における基本物性(RE-2 地点(1, 2号埋戻土))

【RE-3 地点(1, 2号埋戻土)】

- ・ N 値は 3~50 以上とばらつきが認められるが、せん断波速度 V_s は平均 440m/s 程度で深度によらずほぼ一定である。
- ・ 供試体の粒度分布は、 D_{50} は 0.43~22.82mm で 4 データ/11 データが 10mm 以上であり、 D_{10} は 0.08mm~0.16mm で 1mm 以下である。細粒分含有率は $F_c=4.9\sim 25.1\%$ である。

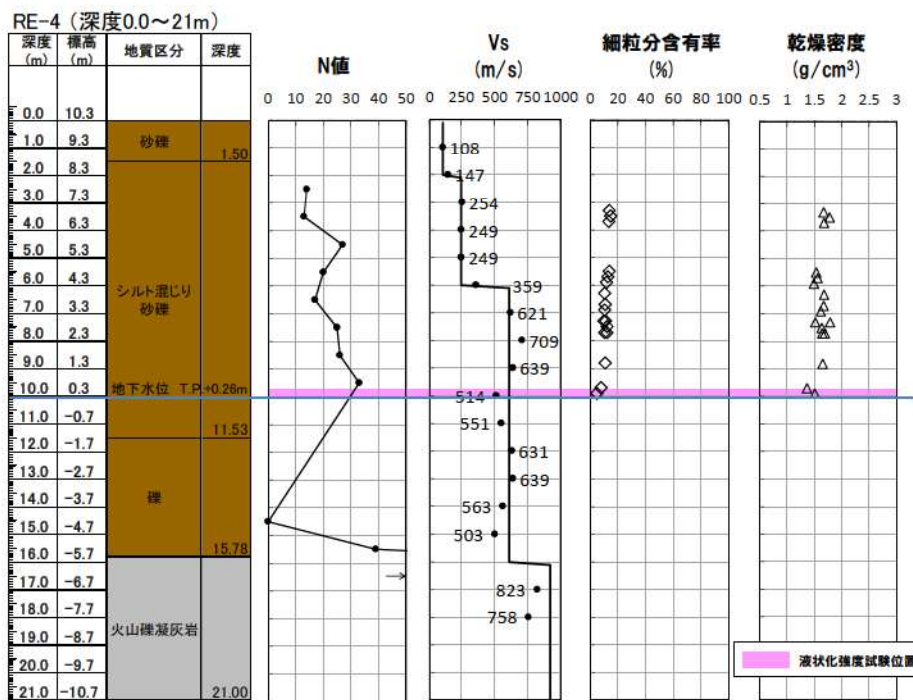
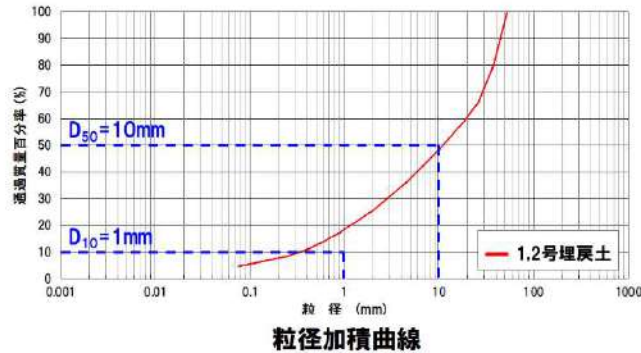


ボーリング柱状図及び原位置・室内試験結果

添付 3-6 図 液状化強度試験試料採取位置における基本物性(RE-3 地点(1, 2号埋戻土))

【RE-4 地点(1, 2号埋戻土)】

- N 値は 0~39 とばらつきが認められるが、せん断波速度 V_s は平均 450m/s 程度で深度によらずほぼ一定である。
- 供試体の粒度分布は、 D_{50} は 11.64 で 10mm 以上であり、 D_{10} は 0.34mm で 1mm 以下である。細粒分含有率は $F_c=4.8\%$ である。

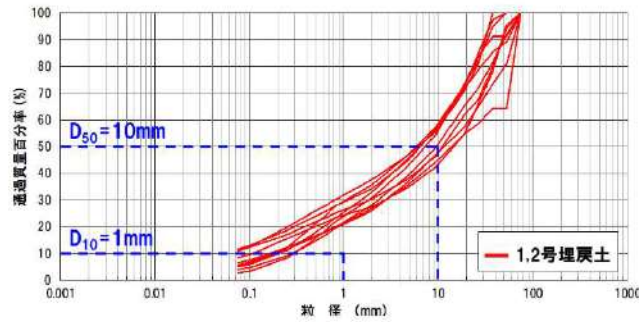


ボーリング柱状図及び原位置・室内試験結果

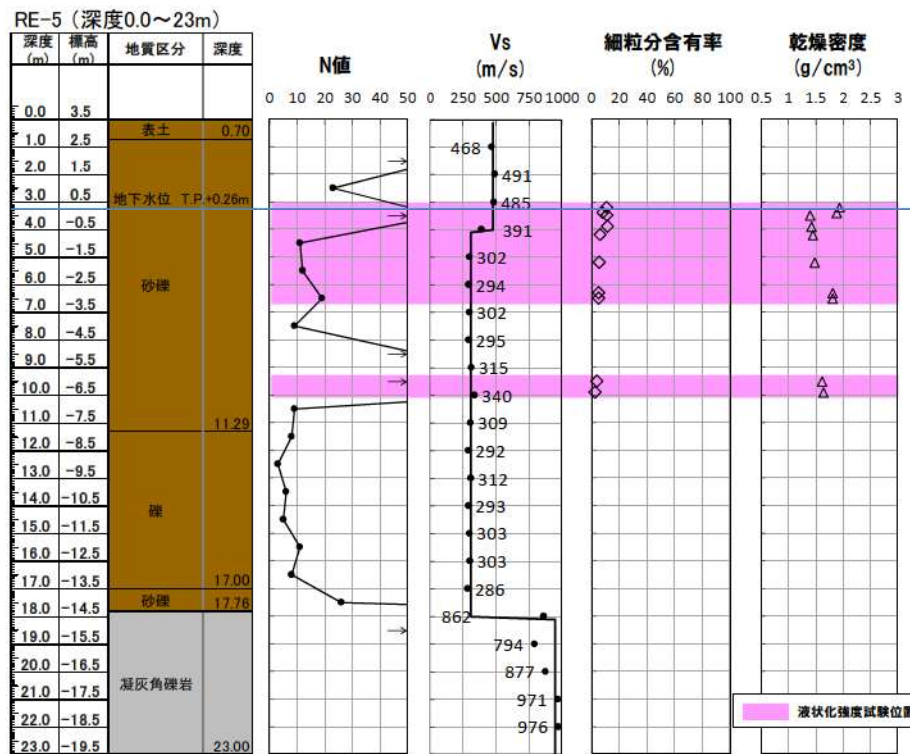
添付 3-7 図 液状化強度試験試料採取位置における基本物性(RE-4 地点(1, 2号埋戻土))

【RE-5 地点(1, 2号埋戻土)】

- N 値は 3~50 以上とばらつきが認められるが、せん断波速度 V_s は平均 340m/s 程度で深度によらずほぼ一定である。
- 供試体の粒度分布は、 D_{50} は 6.26~15.40mm で 4 データ/10 データが 10mm 以上であり、 D_{10} は 0.11~0.31mm で 1mm 以下である。細粒分含有率は $F_c=2.6\sim11.5\%$ である。



粒径加積曲線

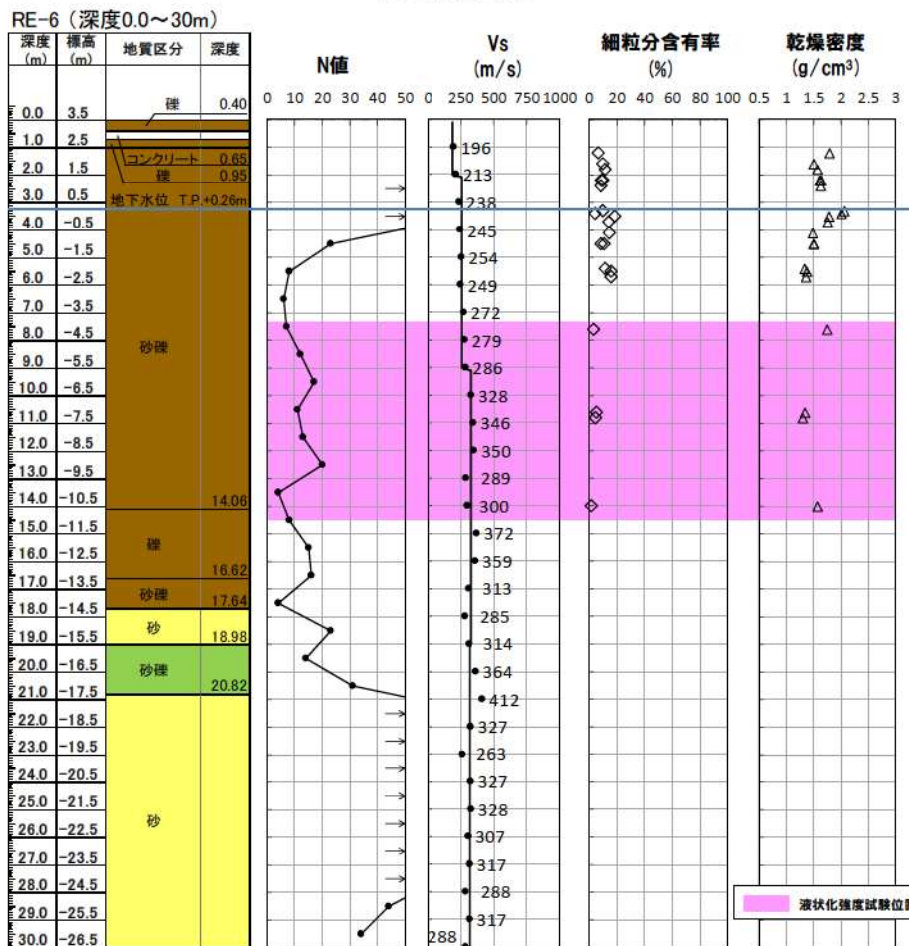
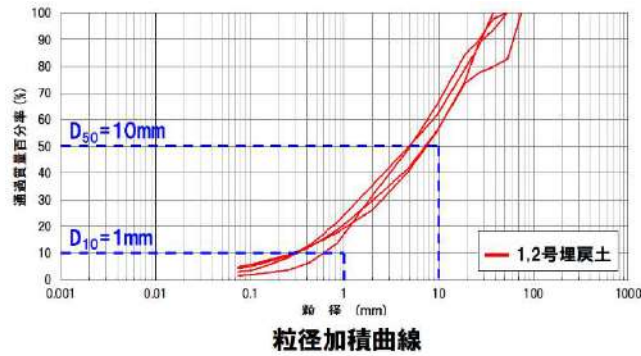


ボーリング柱状図及び原位置・室内試験結果

添付 3-8 図 液状化強度試験試料採取位置における基本物性(RE-5 地点(1, 2号埋戻土))

【RE-6 地点(1, 2号埋戻土)】

- N 値は 4~50 以上とばらつきが認められるが、せん断波速度 V_s は平均 290m/s 程度で深度によらずほぼ一定である。
- 供試体の粒度分布は、 D_{50} は 4.87~7.73mm で 10mm 以上のデータはなく、 D_{10} は 0.29~0.64mm で 1mm 以下である。細粒分含有率は $F_c=1.5\sim 5.0\%$ である。

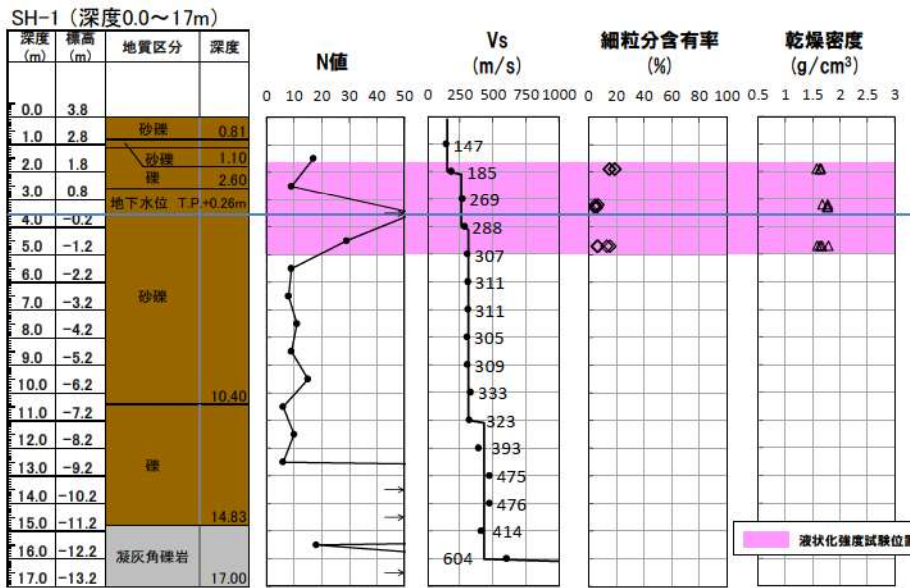
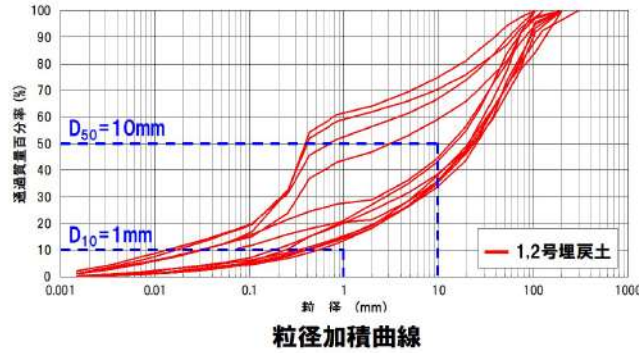


ボーリング柱状図及び原位置・室内試験結果

添付 3-9 図 液状化強度試験試料採取位置における基本物性(RE-6 地点(1, 2号埋戻土))

【SH-1 地点(1, 2号埋戻土)】

- N 値は 6~50 以上とばらつきが認められるが、せん断波速度 V_s は平均 320m/s 程度で深度によらずほぼ一定である。
- 供試体の粒度分布は、 D_{50} は 0.39~25.08mm で 8 データ/12 データが 10mm 以上であり、 D_{10} は 0.01~0.55mm で 1mm 以下である。細粒分含有率は $F_c=4.3\sim19\%$ である。

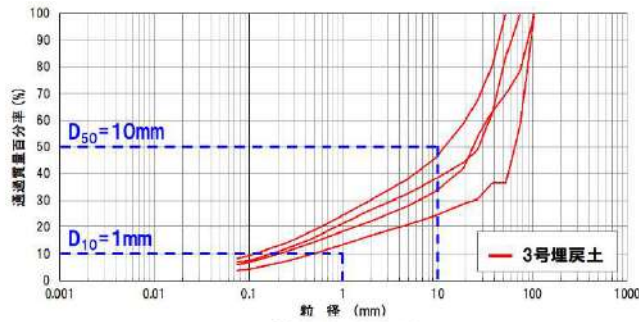


ボーリング柱状図及び原位置・室内試験結果

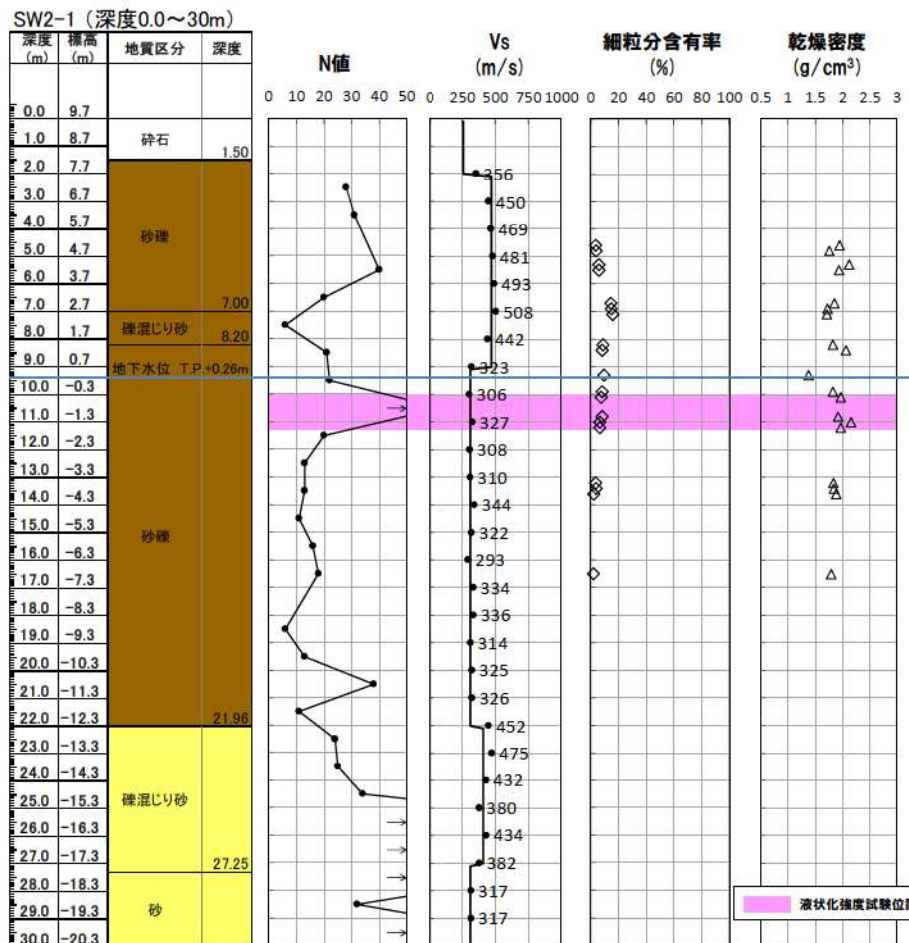
添付 3-10 図 液状化強度試験試料採取位置における基本物性(SH-1 地点(1, 2号埋戻土))

【SW2-1 地点(3号埋戻土)】

- N値は6~50以上とばらつきが認められるが、せん断波速度 V_s は平均 370m/s 程度で深度によらずほぼ一定である。
- 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。



粒径加積曲線

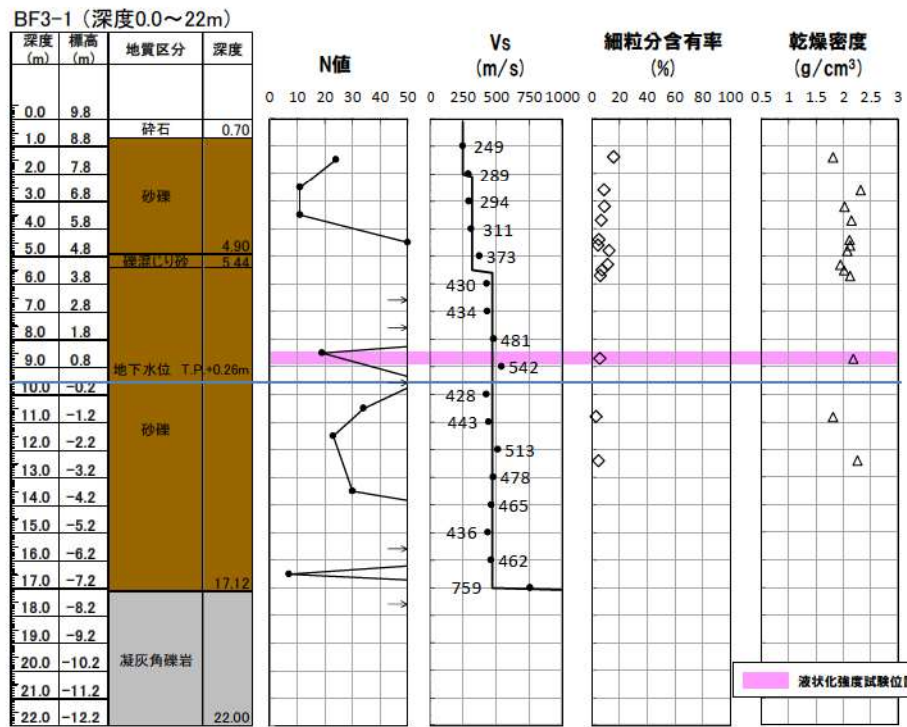
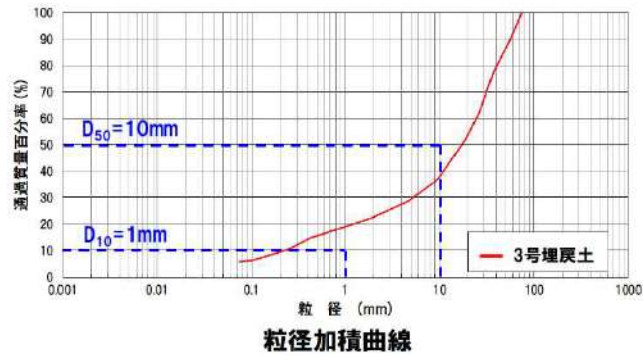


ボーリング柱状図及び原位置・室内試験結果

添付 3-11 図 液状化強度試験試料採取位置における基本物性(SW2-1 地点(3号埋戻土))

【BF3-1 地点(3号埋戻土)】

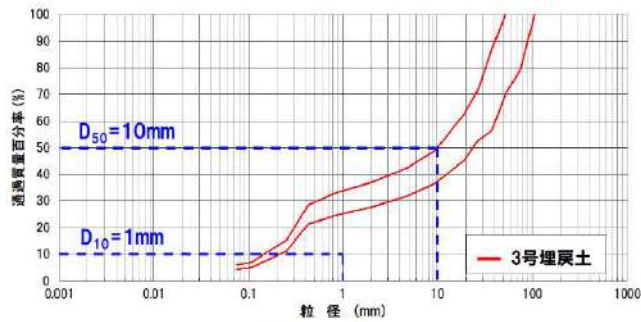
- N 値は 7~50 以上とばらつきが認められるが、せん断波速度 V_s は平均 410m/s 程度で深度によらずほぼ一定である。
- 供試体の粒度分布は、 D_{50} は 17.6mm で 10mm 以上であり、 D_{10} は 0.23mm で 1mm 以下である。細粒分含有率は $F_c=5.8\%$ である。



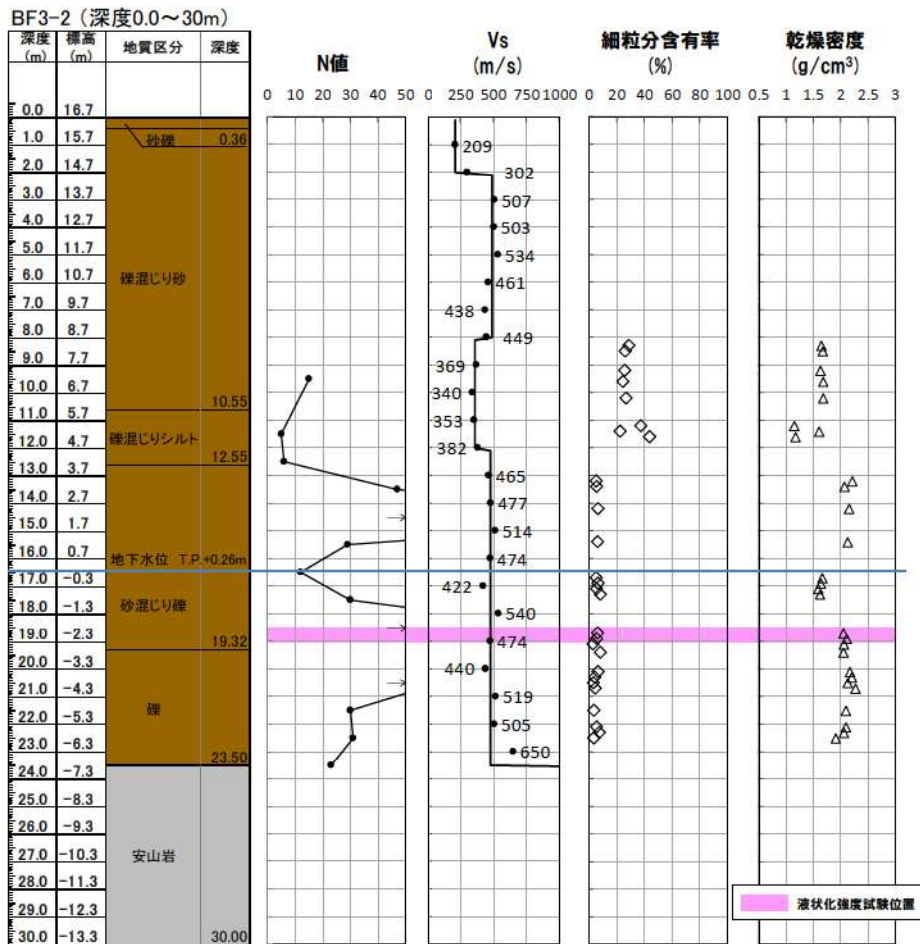
添付 3-12 図 液状化強度試験試料採取位置における基本物性(BF3-1 地点(3号埋戻土))

【BF3-2 地点(3号埋戻土)】

- N値は5~50以上とばらつきが認められるが、せん断波速度 V_s は平均 460m/s 程度で深度によらずほぼ一定である。
- 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。



粒径加積曲線

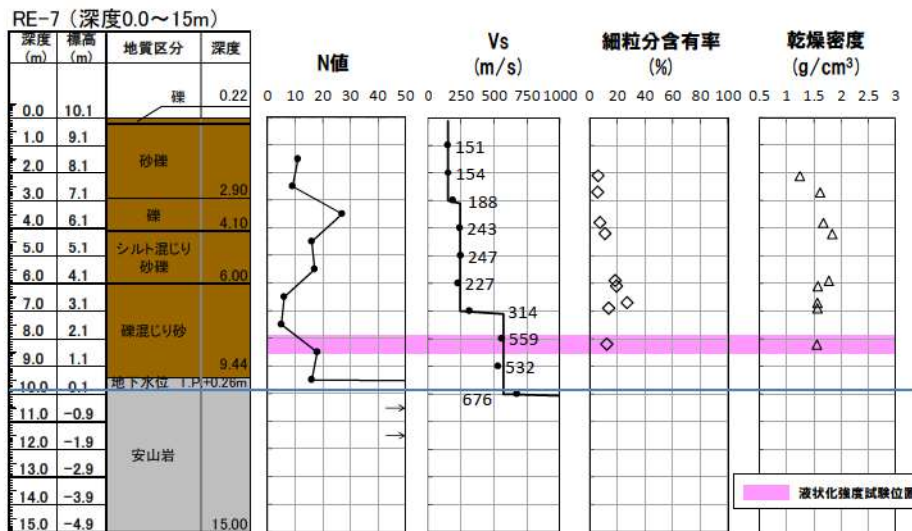
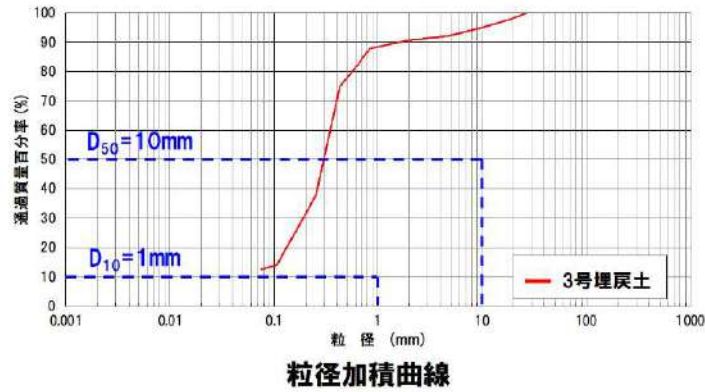


ボーリング柱状図及び原位置・室内試験結果

添付 3-13 図 液状化強度試験試料採取位置における基本物性(BF3-2 地点(3号埋戻土))

【RE-7 地点(3号埋戻土)】

- ・N値は5~27以上とばらつきが認められるが、せん断波速度 V_s は平均 290m/s 程度で深度によらずほぼ一定である。
- ・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

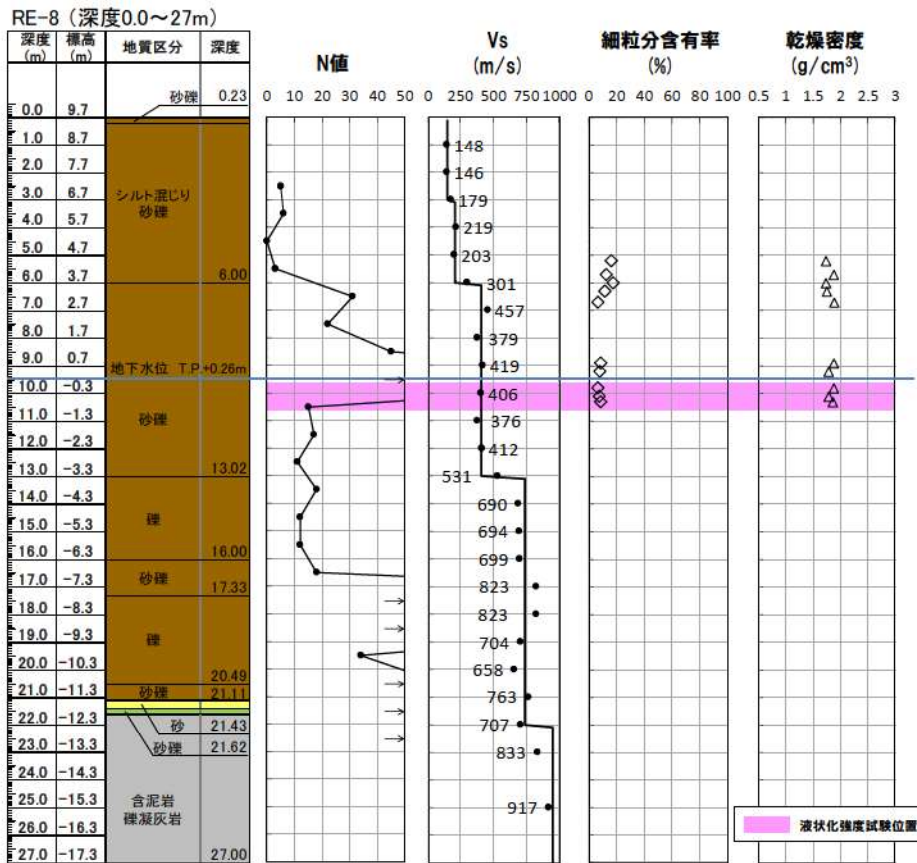
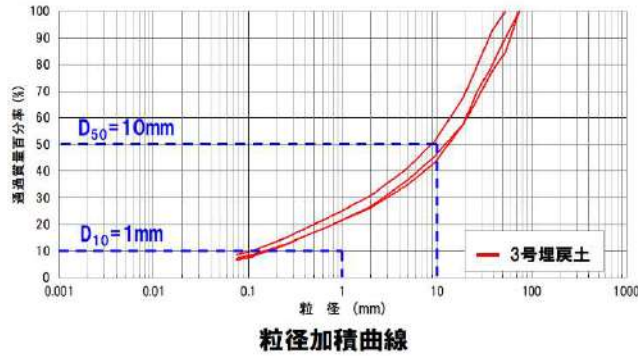


ボーリング柱状図及び原位置・室内試験結果

添付 3-14 図 液状化強度試験試料採取位置における基本物性(RE-7 地点(3号埋戻土))

【RE-8 地点(3号埋戻土)】

- ・ N 値は 0~50 以上とばらつきが認められるが、せん断波速度 V_s は平均 480m/s 程度で深度によらずほぼ一定である。
- ・ 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。

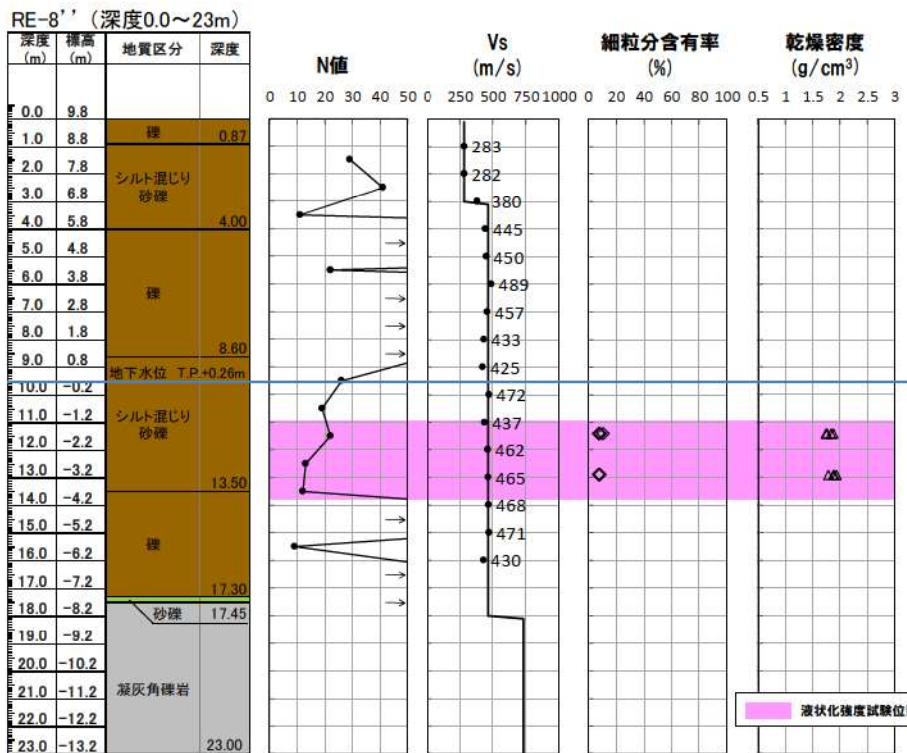
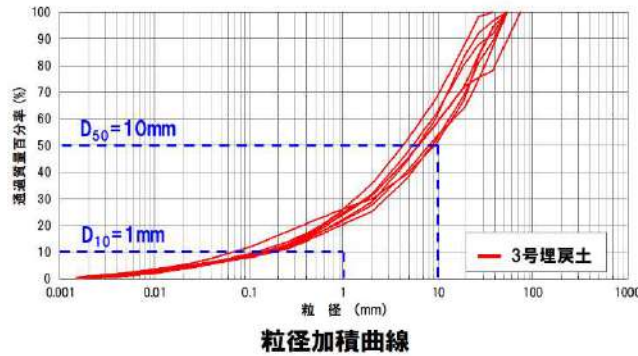


ボーリング柱状図及び原位置・室内試験結果

添付 3-15 図 液状化強度試験試料採取位置における基本物性 (RE-8 地点(3号埋戻土))

【RE-8” 地点(3号埋戻土)】

- N 値は 9~50 以上とばらつきが認められるが、せん断波速度 V_s は平均 430m/s 程度で深度によらずほぼ一定である。
- 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。

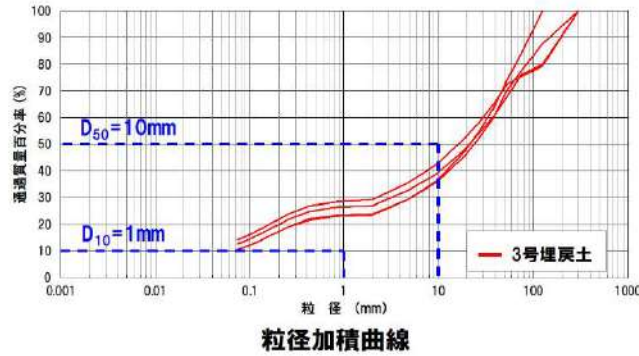


ボーリング柱状図及び原位置・室内試験結果

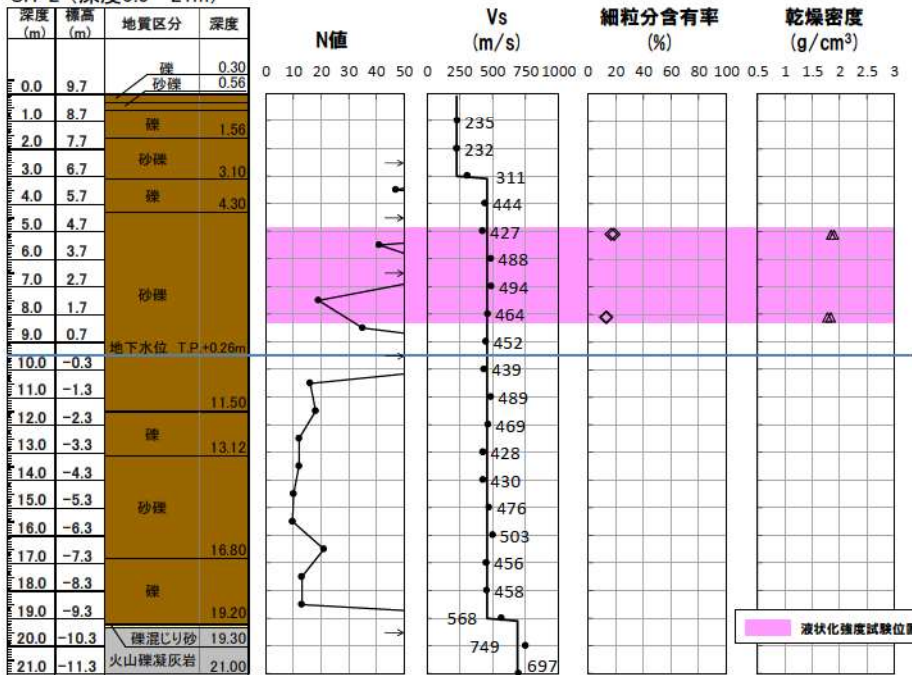
添付 3-16 図 液状化強度試験試料採取位置における基本物性(RE-8” 地点(3号埋戻土))

【SH-2 地点(3号埋戻土)】

- N 値は 10~50 以上とばらつきが認められるが、せん断波速度 V_s は平均 440m/s 程度で深度によらずほぼ一定である。
- 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。



SH-2 (深度0.0~21m)



ボーリング柱状図及び原位置・室内試験結果

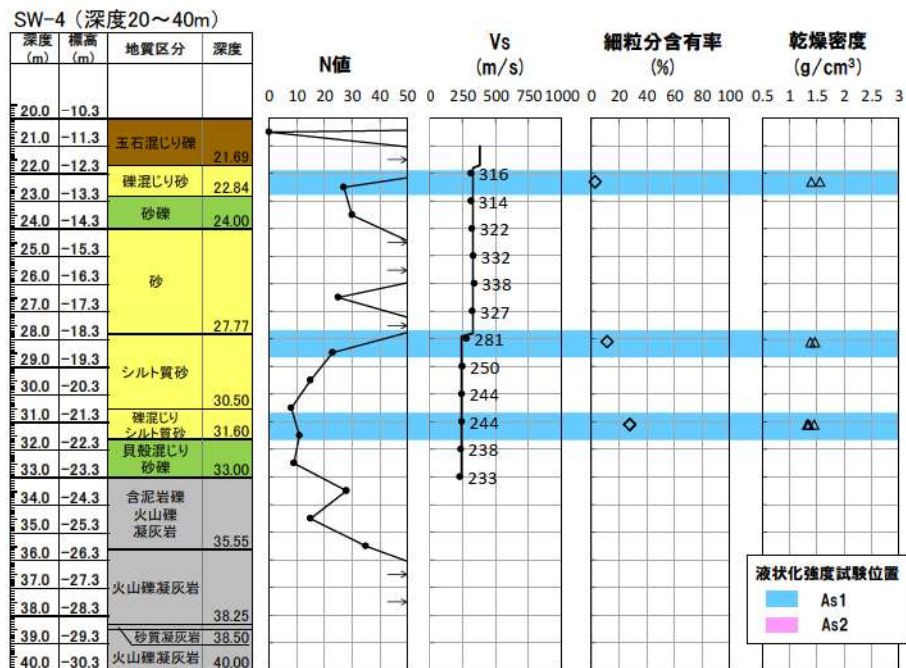
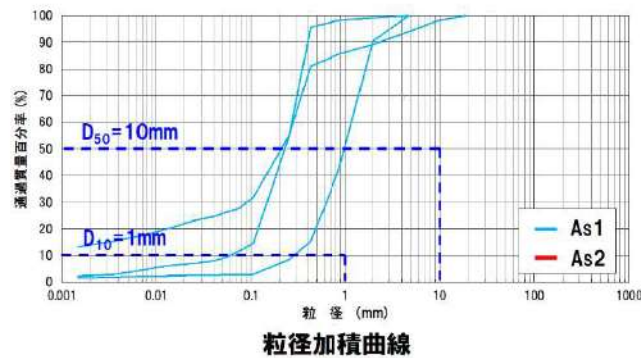
添付 3-17 図 液状化強度試験試料採取位置における基本物性 (SH-2 地点(3号埋戻土))

2. 砂層の基本物性

砂層の基本物性に関する評価は以下のとおり。

【SW-4 地点(砂層)】

- ・ N 値は 8~50 以上とばらつきが認められるが、S 波速度は平均 300m/s 程度で深度によらずほぼ一定である。
- ・ 供試体の粒度分布は、 D_{50} は 0.22~1.04mm であり、細粒分含有率は $F_c=2.8\sim27.9\%$ である。

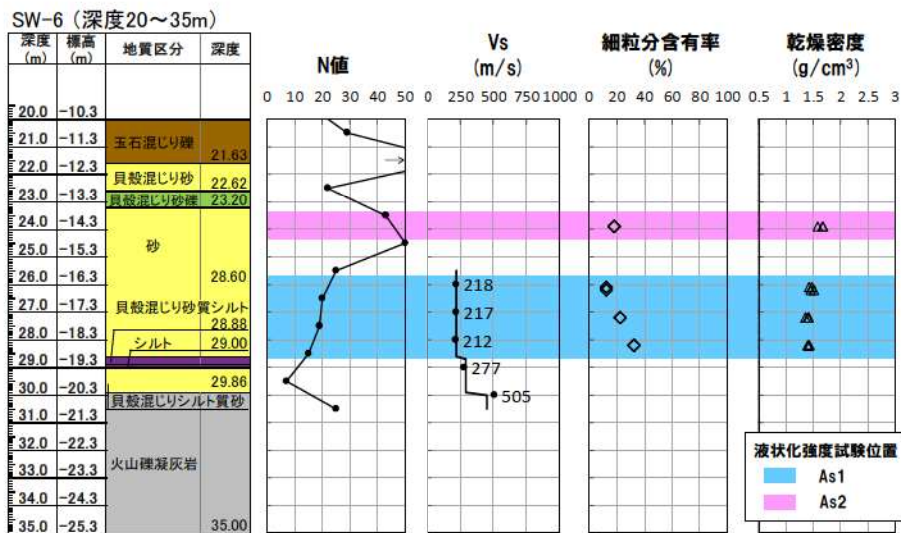
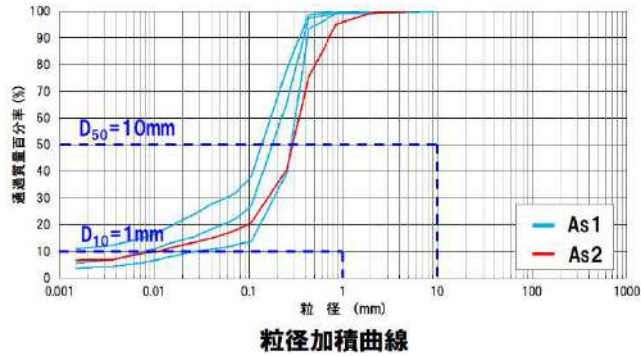


ボーリング柱状図及び原位置・室内試験結果

添付 3-18 図 液状化強度試験試料採取位置における基本物性(SW-4 地点(砂層))

【SW-6 地点(砂層)】

- ・ N 値は 7~50 以上とばらつきが認められるが、S 波速度は平均 230m/s 程度で深度によらずほぼ一定である。
- ・ 供試体の粒度分布は、 D_{50} は 0.15~0.30mm であり、細粒分含有率は $F_c=12.4\sim32.3\%$ である。

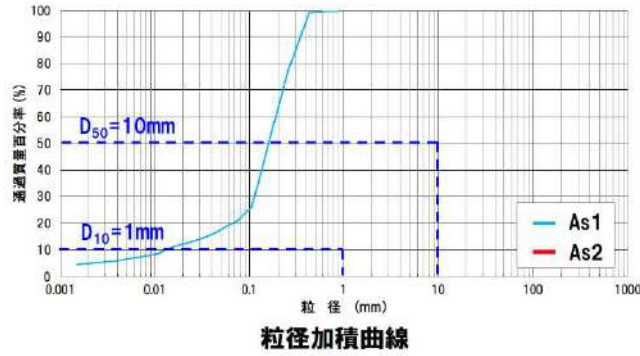


ボーリング柱状図及び原位置・室内試験結果

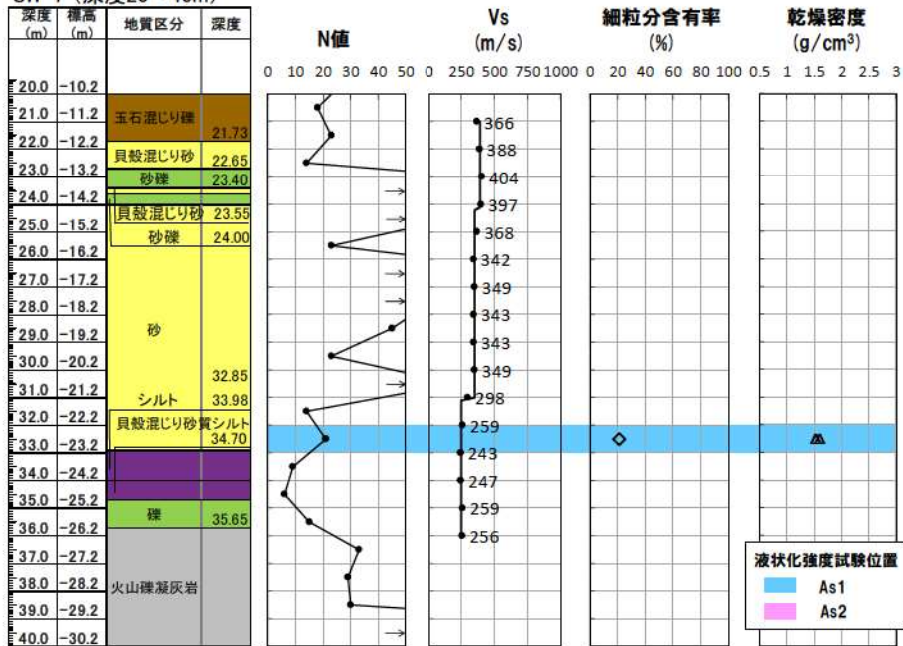
添付 3-19 図 液状化強度試験試料採取位置における基本物性(SW-6 地点(砂層))

【SW-7 地点(砂層)】

- ・ N 値は 14~50 以上とばらつきが認められるが、 S 波速度は平均 340m/s 程度で深度によらずほぼ一定である。
- ・ 供試体の粒度分布は、 D_{50} は 0.17mm であり、細粒分含有率は $F_c=21.1\%$ である。



SW-7 (深度20~40m)

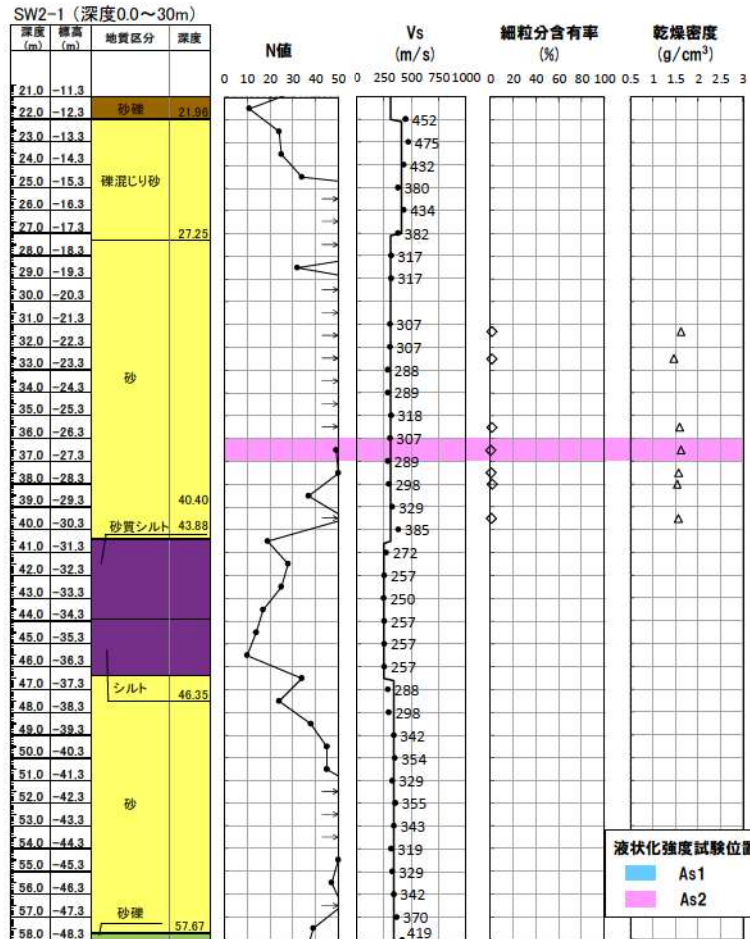
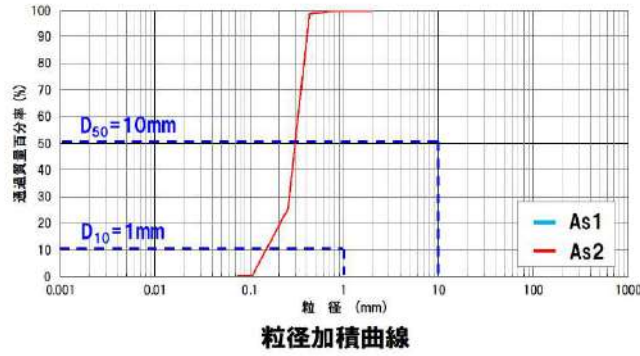


ボーリング柱状図及び原位置・室内試験結果

添付 3-20 図 液状化強度試験試料採取位置における基本物性(SW-7 地点(砂層))

【SW2-1 地点(砂層)】

- ・ N 値は 19~50 以上とばらつきが認められるが、 S 波速度は平均 340m/s 程度で深度によらずほぼ一定である。
- ・ 供試体の粒度分布は、 D_{50} は 0.31mm であり、細粒分含有率は $F_c=0.4\%$ である。

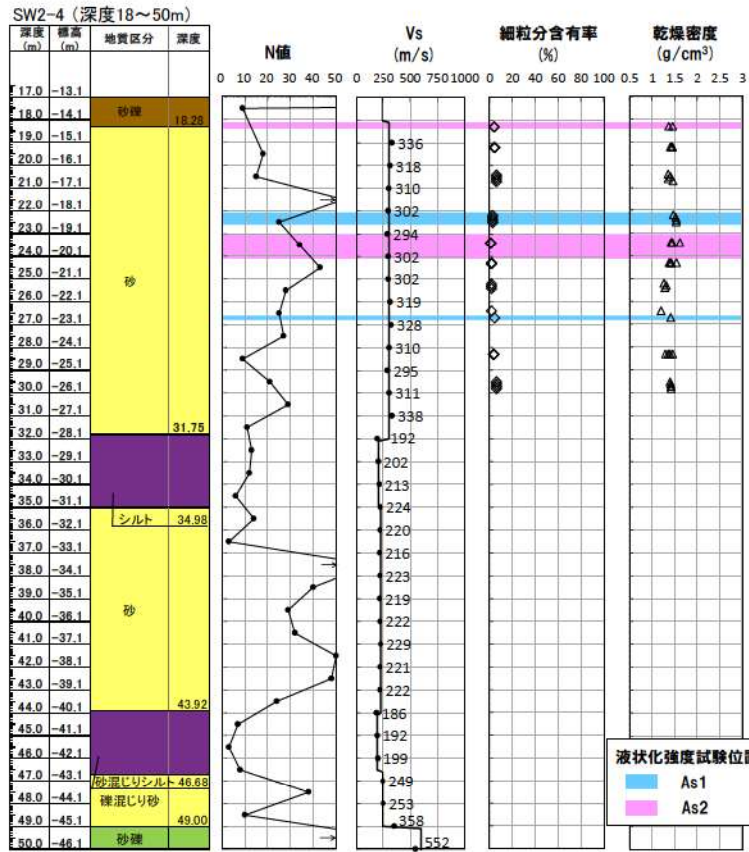
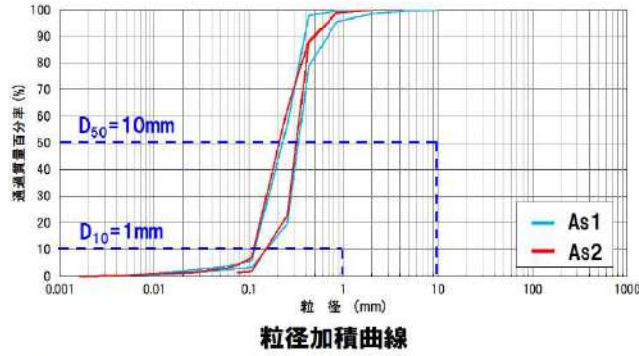


ボーリング柱状図及び原位置・室内試験結果

添付 3-21 図 液状化強度試験試料採取位置における基本物性 (SW2-1 地点(砂層))

【SW2-4 地点(砂層)】

- ・ N 値は 3~50 以上とばらつきが認められるが、 S 波速度は平均 270m/s 程度で深度によらずほぼ一定である。
- ・ 供試体の粒度分布は、 D_{50} は 0.22~0.34mm であり、細粒分含有率は $F_c=1.2\sim4.6\%$ である。

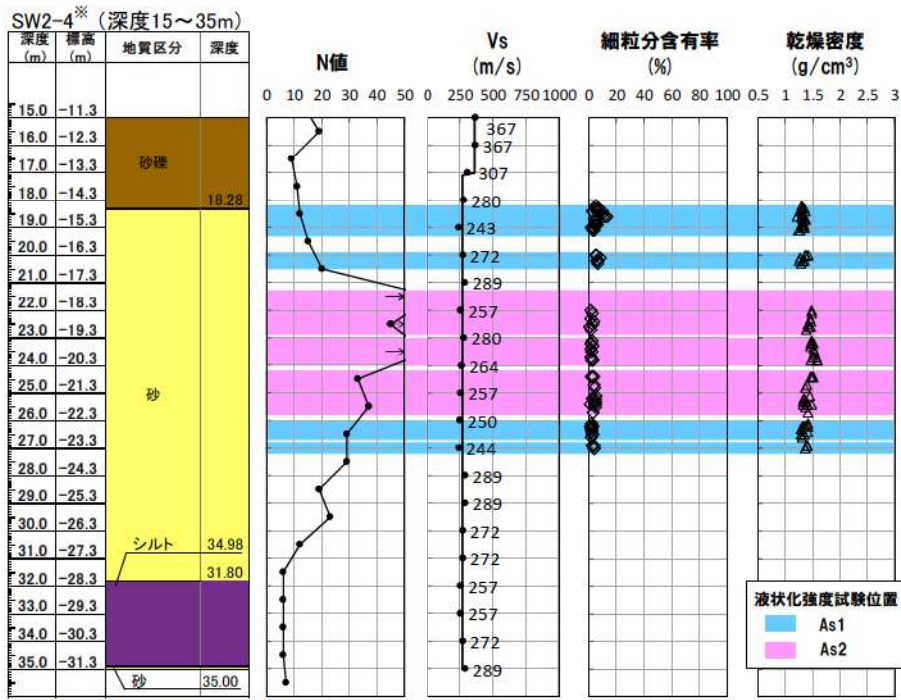
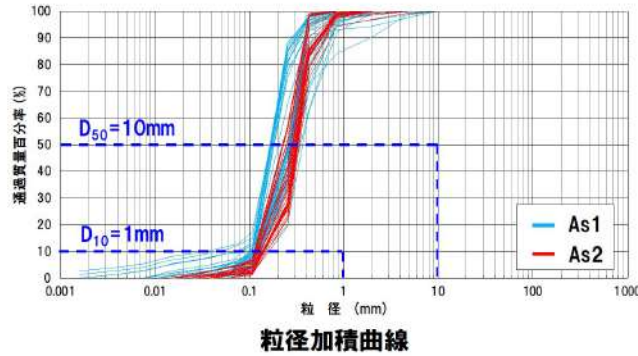


ボーリング柱状図及び原位置・室内試験結果

添付 3-22 図 液状化強度試験試料採取位置における基本物性 (SW2-4 地点(砂層))

【FS-1 地点(砂層)】

- ・ N 値は 7~50 以上とばらつきが認められるが、S 波速度は平均 270m/s 程度で深度によらずほぼ一定である。
- ・ 供試体の粒度分布より、平均粒径は D_{50} は 0.18~0.37mm、細粒分含有率は $F_c=0.5\sim12.8\%$ である。



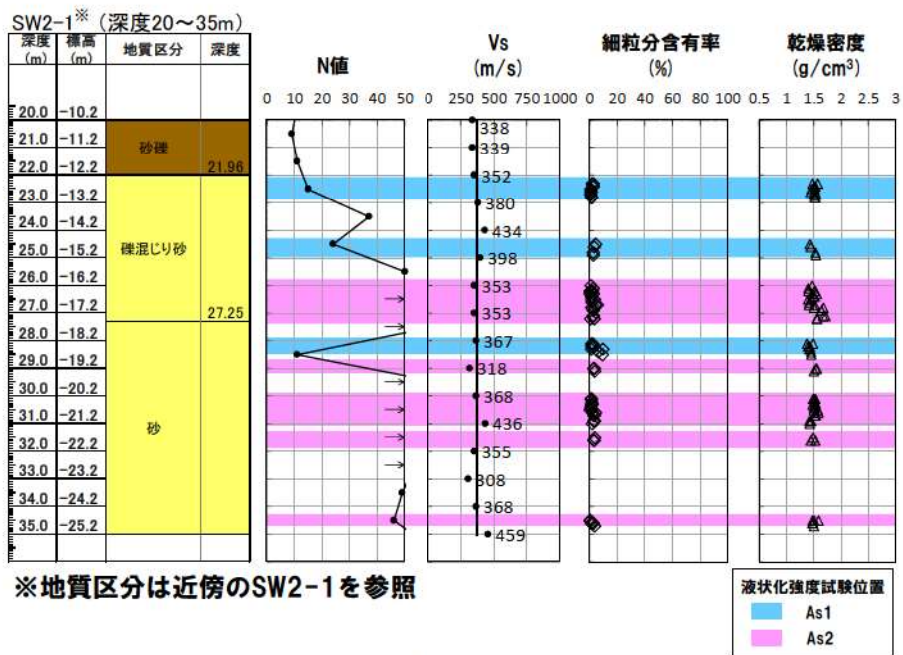
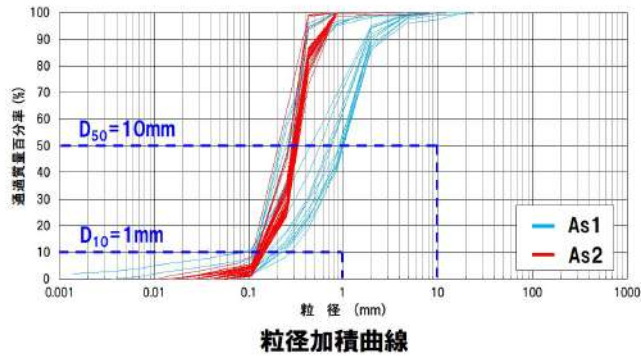
※地質区分は近傍のSW2-4を参照

ボーリング柱状図及び原位置・室内試験結果

添付 3-23 図 液状化強度試験試料採取位置における基本物性(FS-1 地点(砂層))

【FS-2 地点(砂層)】

- ・ N 値は 11~50 以上とばらつきが認められるが、 S 波速度は平均 380m/s 程度で深度によらずほぼ一定である。
- ・ 供試体の粒度分布より、平均粒径は D_{50} は 0.21mm~1.09mm, 細粒分含有率は $F_c=0.4\sim9.9\%$ である。



ボーリング柱状図及び原位置・室内試験結果

添付 3-24 図 液状化強度試験試料採取位置における基本物性(FS-2 地点(砂層))

添付資料4 埋戻土のN値について

1. 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。
- ・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、空隙が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。

2. 埋戻土のN値について

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。

また、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。

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。せん断波速度とN値を比較すると、せん断波速度は深度方向に変わらない。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。

埋戻土における深度方向のN値の分布を添付4-1表、添付4-2表に、N値とせん断波速度の比較を添付4-1図～添付4-17図に示す。

添付4-1表 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	BFT-2	H2Z-1	H2Z-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	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	14			14	6	2		
7~6	4	11	5	27	28	28	21	19		17	23	35	9	14	50	13			30	7	23		
6~5	40	50	10	20	32	22				10		42	50	7	20	27			7	6	26		
5~4	6	31	13	19	50	12	34			17	21	50	13	22	7	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	25	50		9	8	26	17	25
2~1	16	50	11	11		50	50	7	49	49	50	50	8	24	50	3	26	23	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	11	13			29	
-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	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	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			9		12								5	8				50	13
-11~-12							29										12	15					19
-12~-13							25		50								8	16					9
-13~-14							19		9								26	4					11
-14~-15							13																
-15~-16							50																

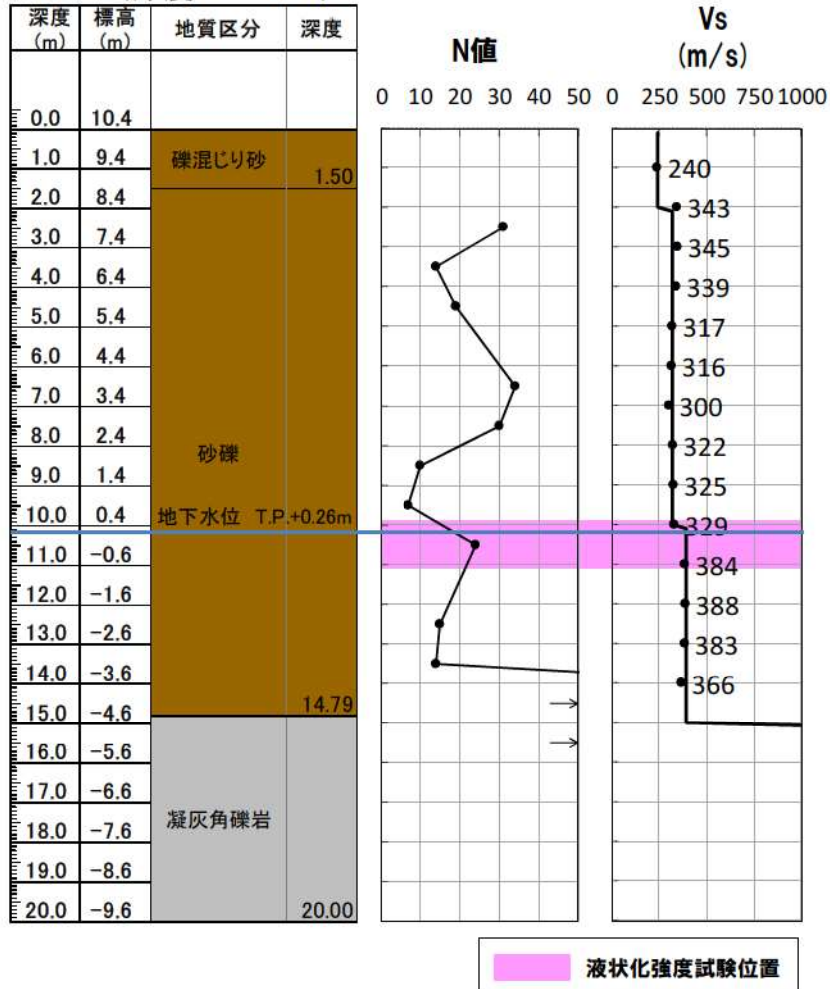
N ≦ 5
 N > 50 (雑めたり)
 地下水水位

添付 4-2 表 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	18	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	5	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		30		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	0.5	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	28	12	13				34		50	11	
-10~-11	50		50	50		0	29	18	18	6	38				50			9	
-11~-12	50				40	50	50	23			11				50				
-12~-13																			
-13~-14																			
-14~-15																			
-15~-16																			

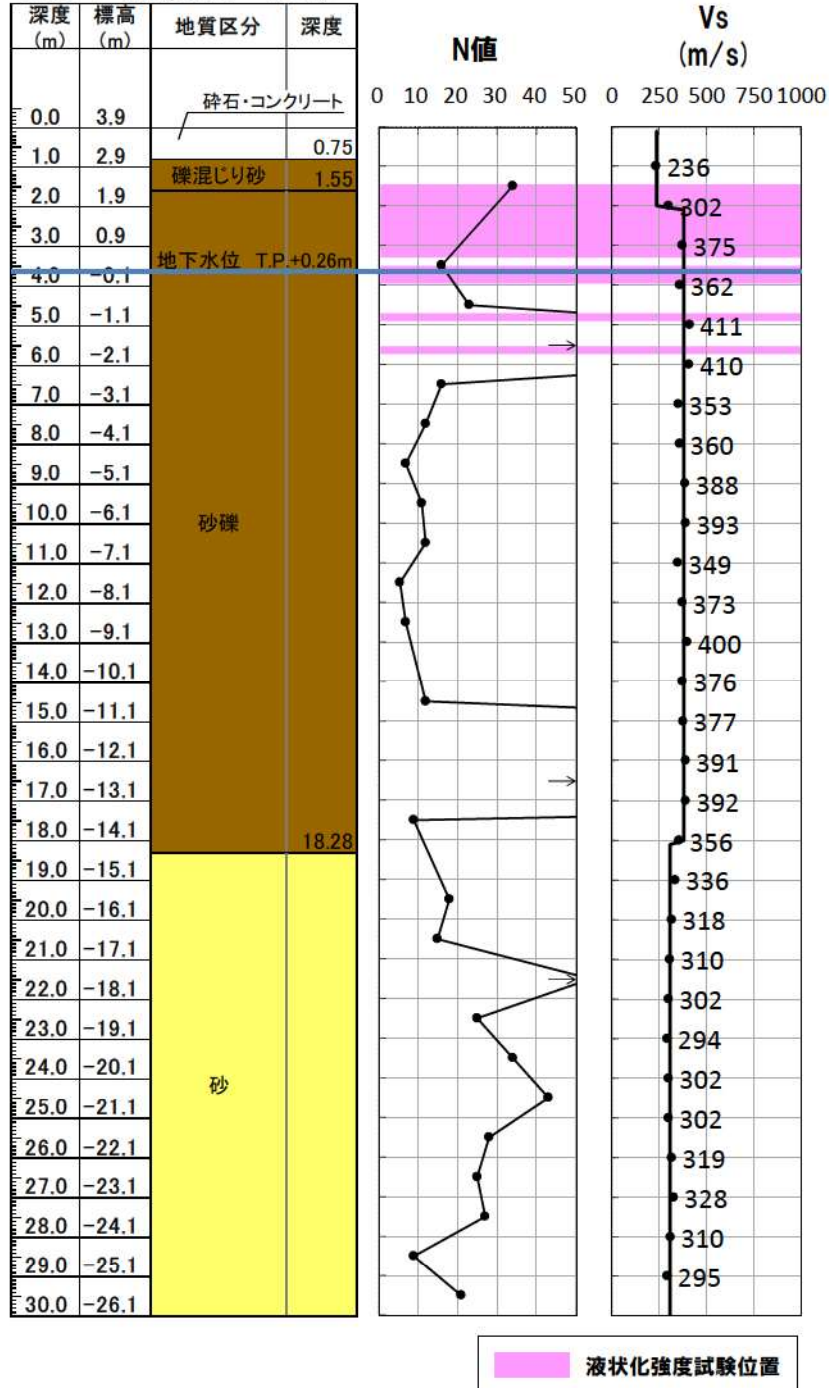
N ≦ 5
 N > 50 (雑あたり)
 地下水位

SW2-3 (深度0.0~20m)



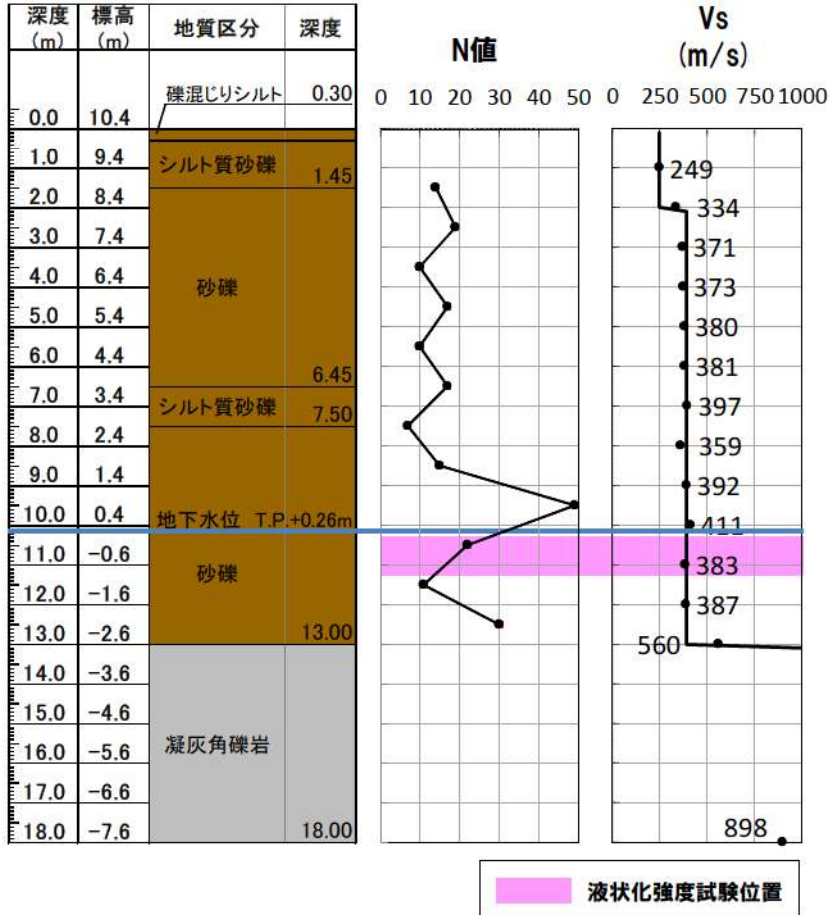
添付 4-1 図 N 値とせん断波速度の比較 (SW2-3 地点 (1, 2 号埋戻土))

SW2-4 (深度0.0~30m)



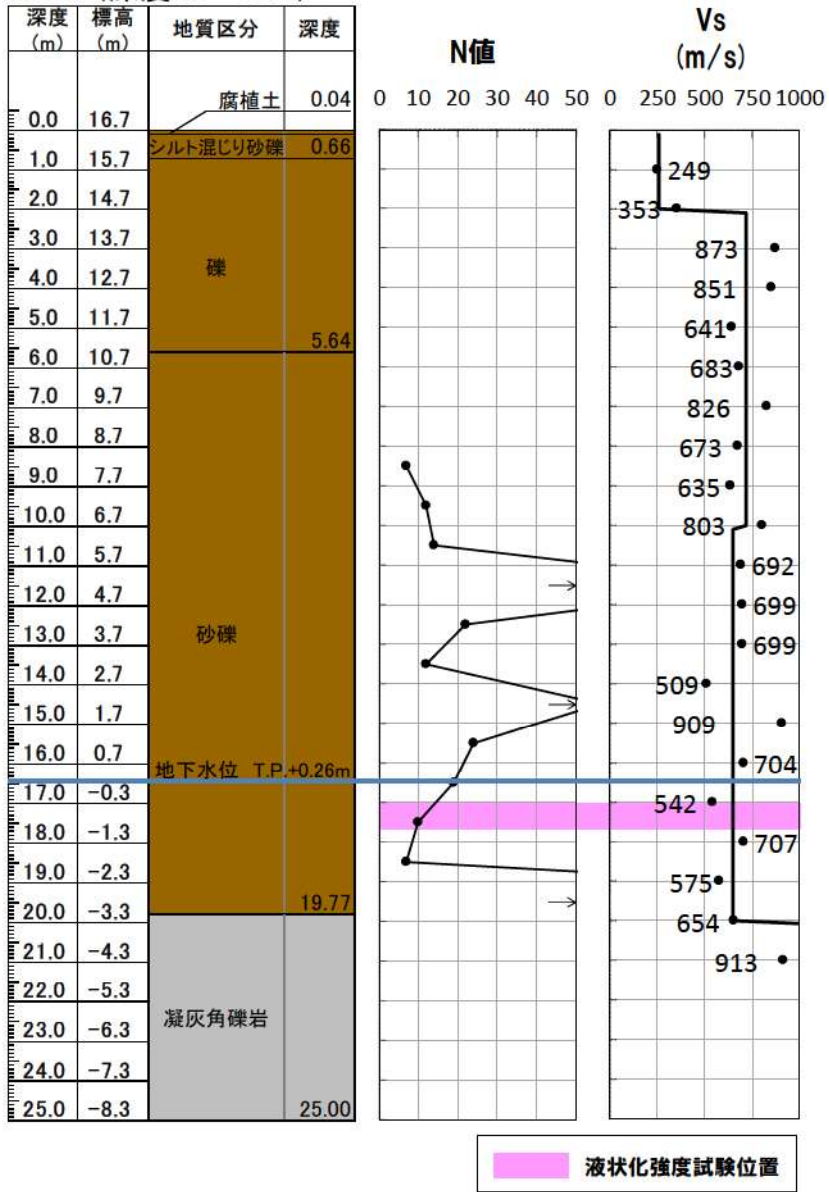
添付 4-2 図 N 値とせん断波速度の比較 (SW2-4 地点 (1, 2 号埋戻土))

BF1-2 (深度0.0~18m)



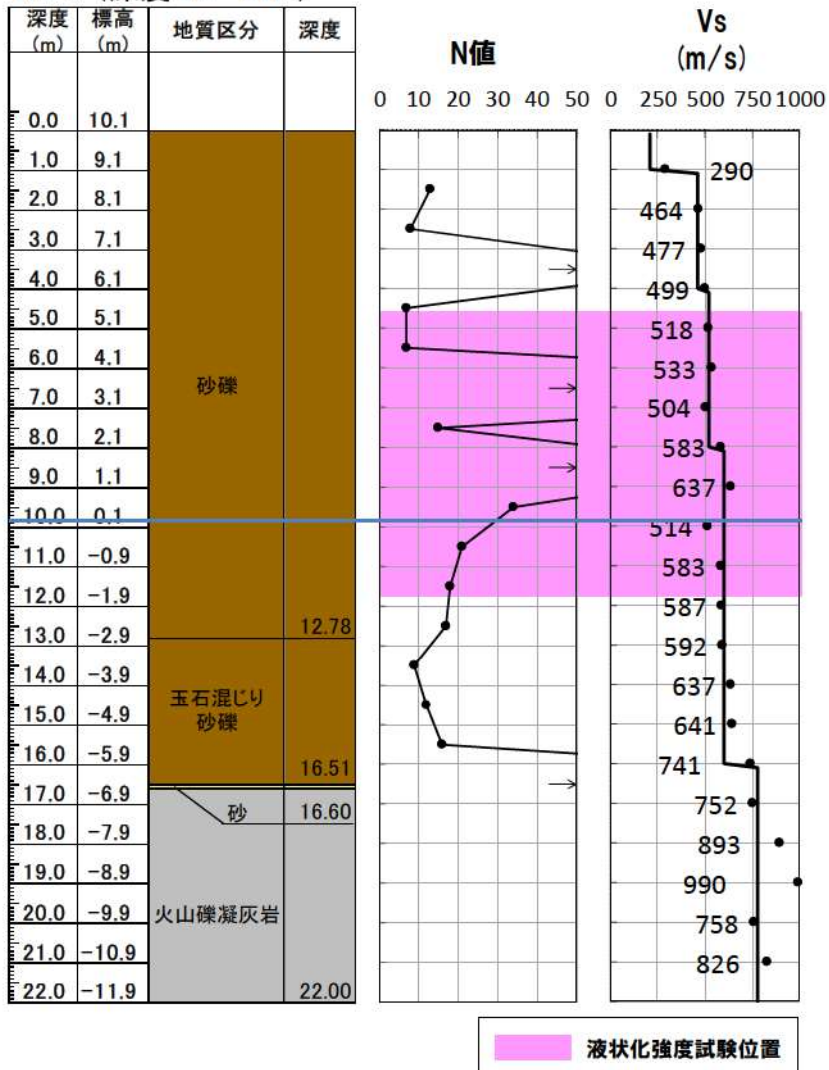
添付 4-3 図 N 値とせん断波速度の比較 (BF1-2 地点 (1, 2 号埋戻土))

RE-1 (深度0.0~25m)



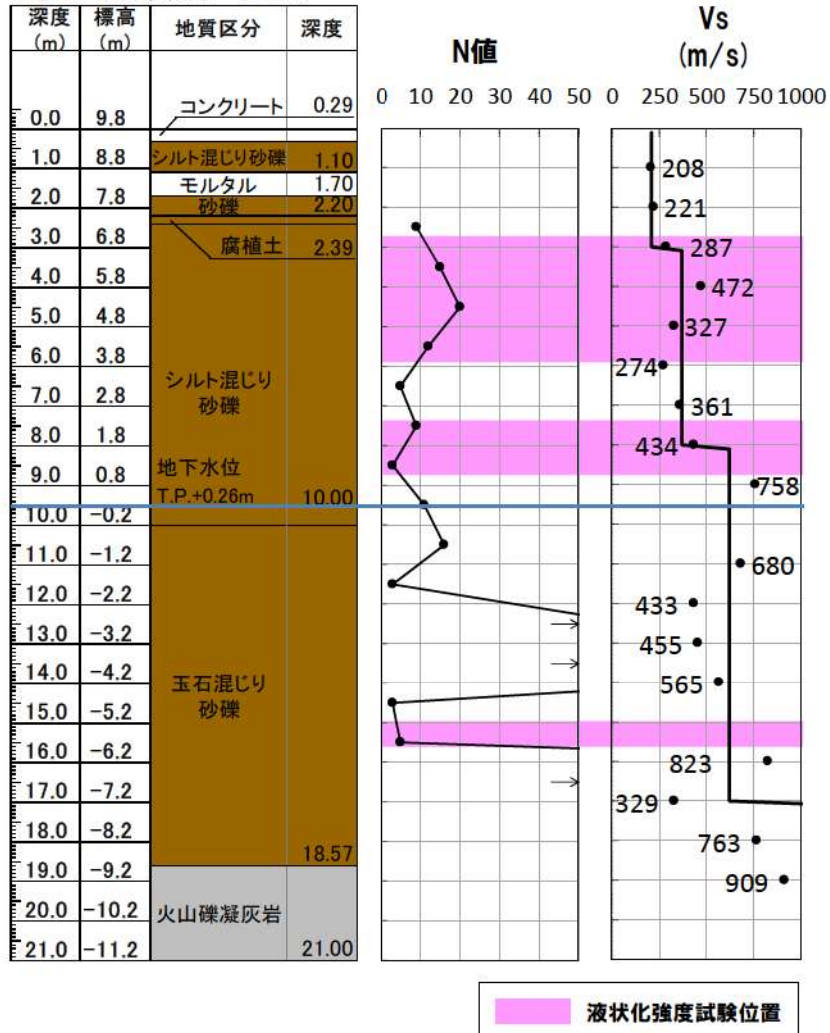
添付 4-4 図 N 値とせん断波速度の比較 (RE-1 地点 (1, 2 号埋戻土))

RE-2 (深度0.0~22m)



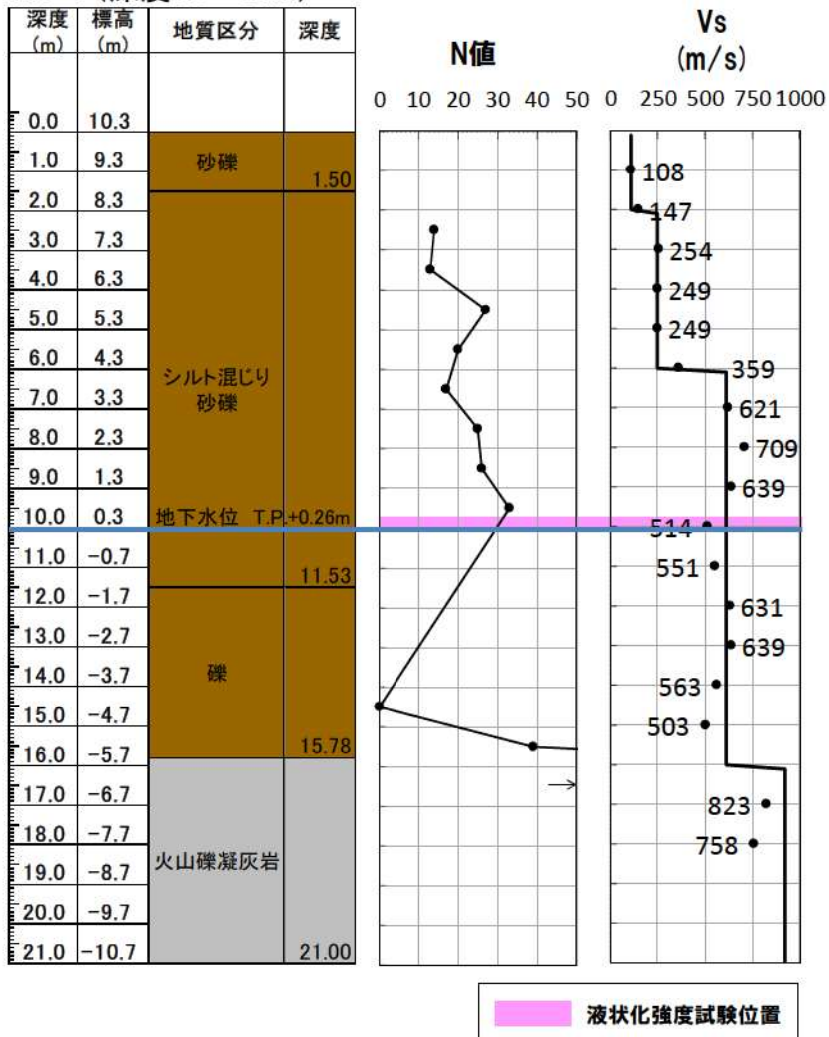
添付 4-5 図 N 値とせん断波速度の比較 (RE-2 地点 (1, 2 号埋戻土))

RE-3 (深度0.0~21m)



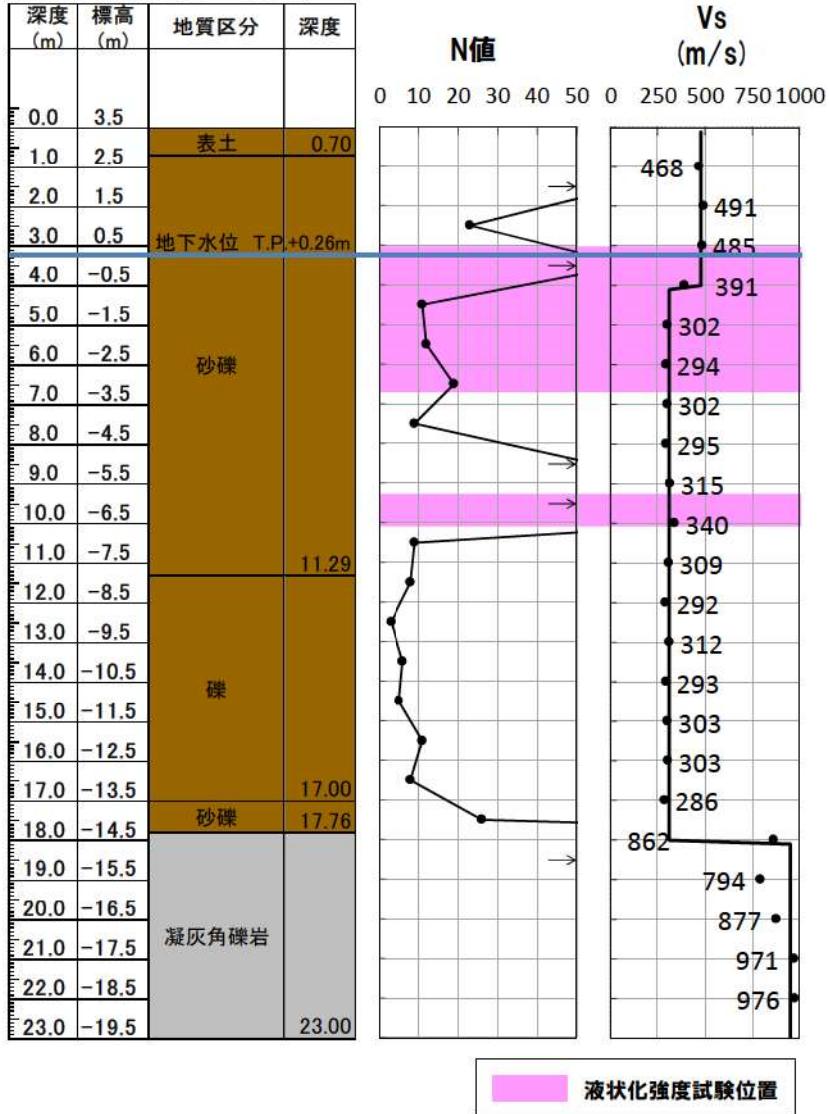
添付 4-6 図 N 値とせん断波速度の比較 (RE-3 地点 (1, 2 号埋戻土))

RE-4 (深度0.0~21m)



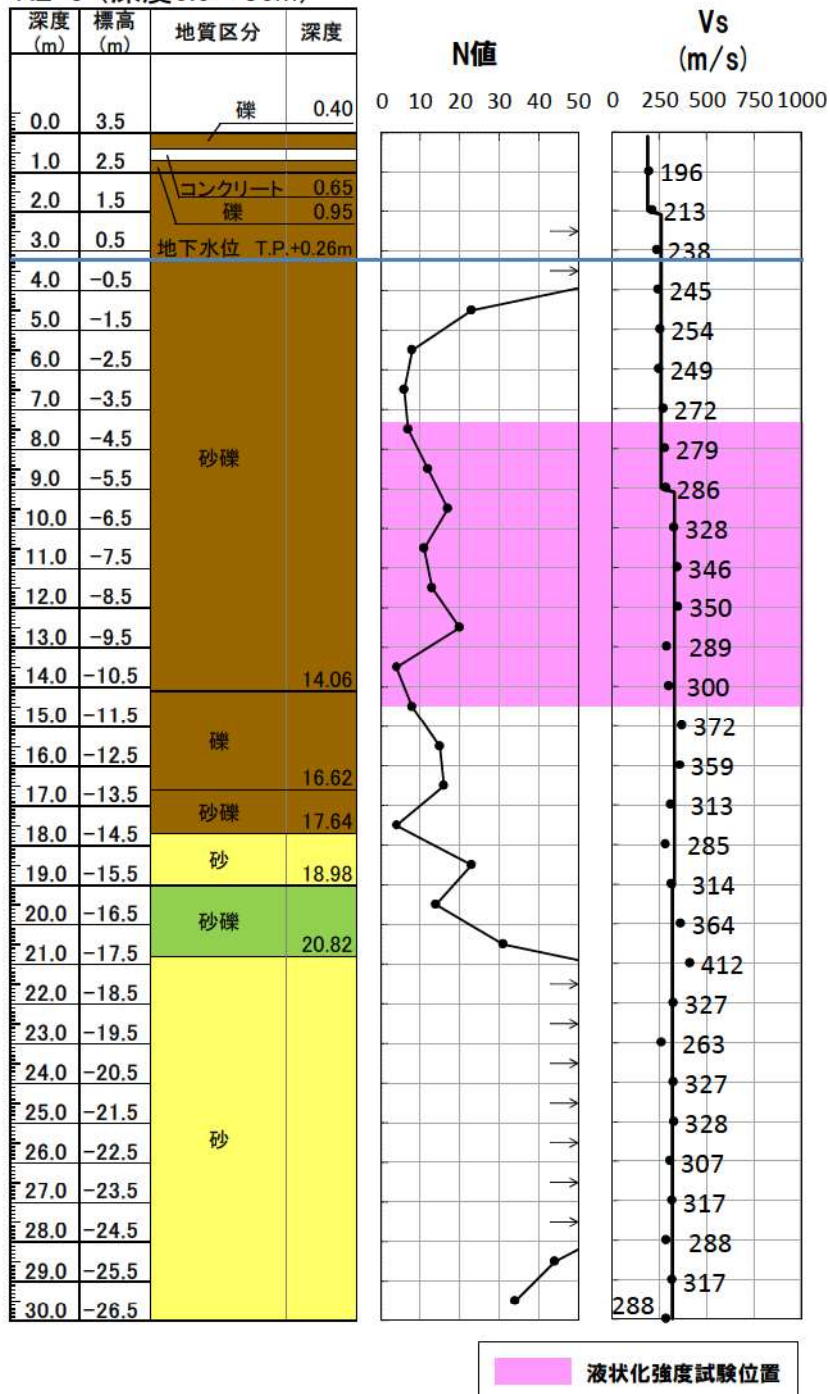
添付 4-7 図 N 値とせん断波速度の比較(RE-4 地点(1, 2 号埋戻土))

RE-5 (深度0.0~23m)



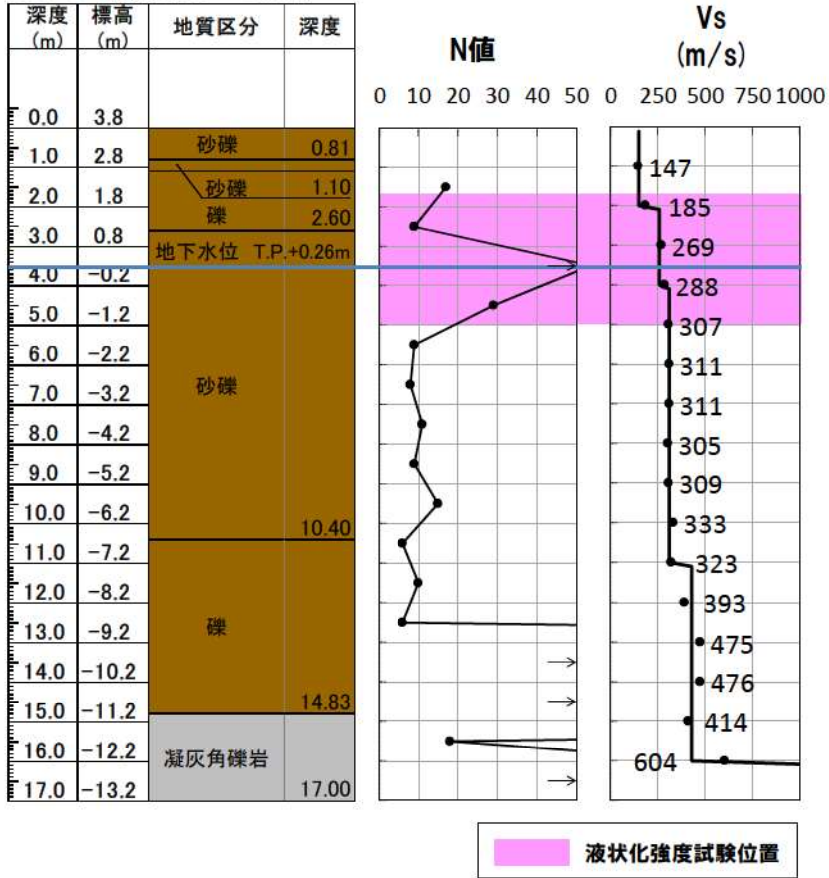
添付 4-8 図 N 値とせん断波速度の比較(RE-5 地点(1, 2 号埋戻土))

RE-6 (深度0.0~30m)



添付 4-9 図 N 値とせん断波速度の比較 (RE-6 地点 (1, 2 号埋戻土))

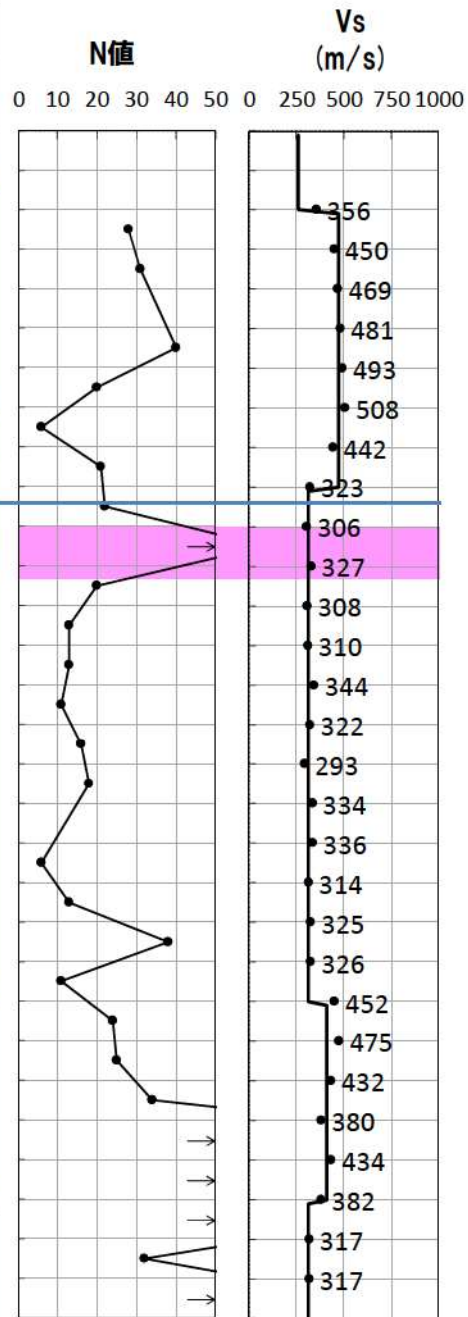
SH-1 (深度0.0~17m)



添付 4-10 図 N 値とせん断波速度の比較 (SH-1 地点 (1, 2 号埋戻土))

SW2-1 (深度0.0~30m)

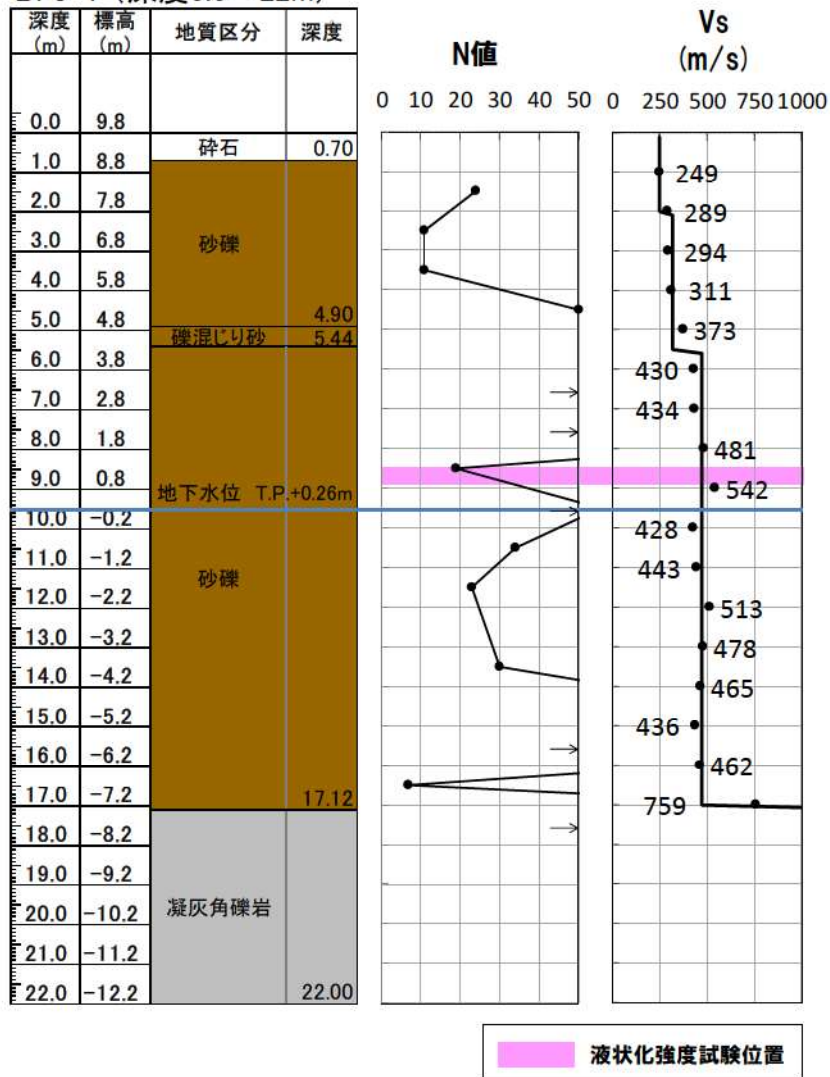
深度 (m)	標高 (m)	地質区分	深度
0.0	9.7		
1.0	8.7	碎石	1.50
2.0	7.7		
3.0	6.7	砂礫	7.00
4.0	5.7		
5.0	4.7		
6.0	3.7		
7.0	2.7		
8.0	1.7	礫混じり砂	8.20
9.0	0.7	地下水位 T.P.+0.26m	
10.0	-0.3	砂礫	21.96
11.0	-1.3		
12.0	-2.3		
13.0	-3.3		
14.0	-4.3		
15.0	-5.3		
16.0	-6.3		
17.0	-7.3		
18.0	-8.3		
19.0	-9.3		
20.0	-10.3		
21.0	-11.3		
22.0	-12.3		
23.0	-13.3		
24.0	-14.3		
25.0	-15.3	砂	
26.0	-16.3		
27.0	-17.3		
28.0	-18.3		
29.0	-19.3		
30.0	-20.3		



液状化強度試験位置

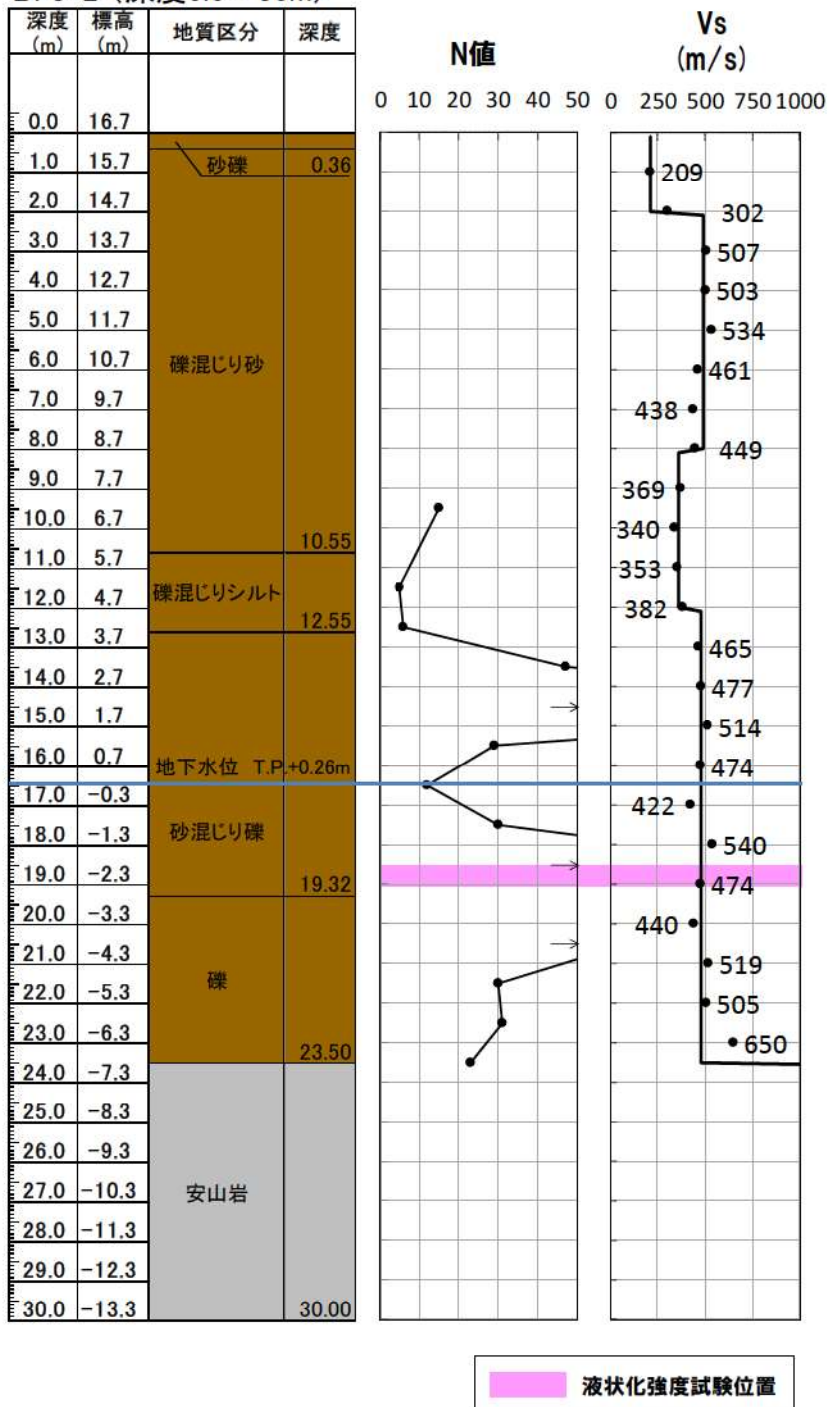
添付 4-11 図 N 値とせん断波速度の比較(SW2-1 地点(3 号埋戻土))

BF3-1 (深度0.0~22m)



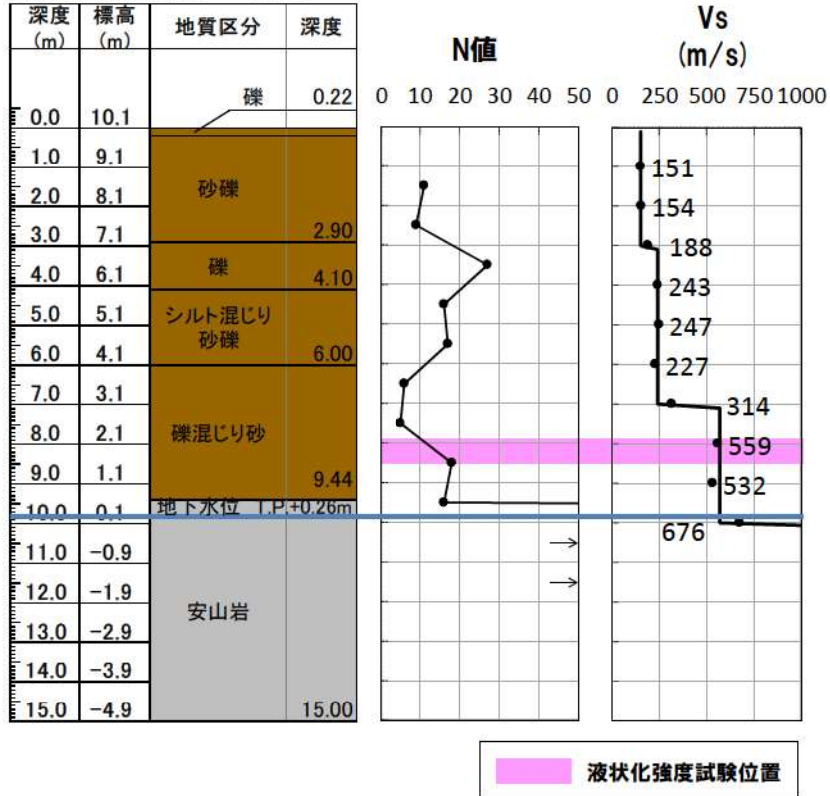
添付 4-12 図 N 値とせん断波速度の比較(BF3-1 地点(3 号埋戻土))

BF3-2 (深度0.0~30m)



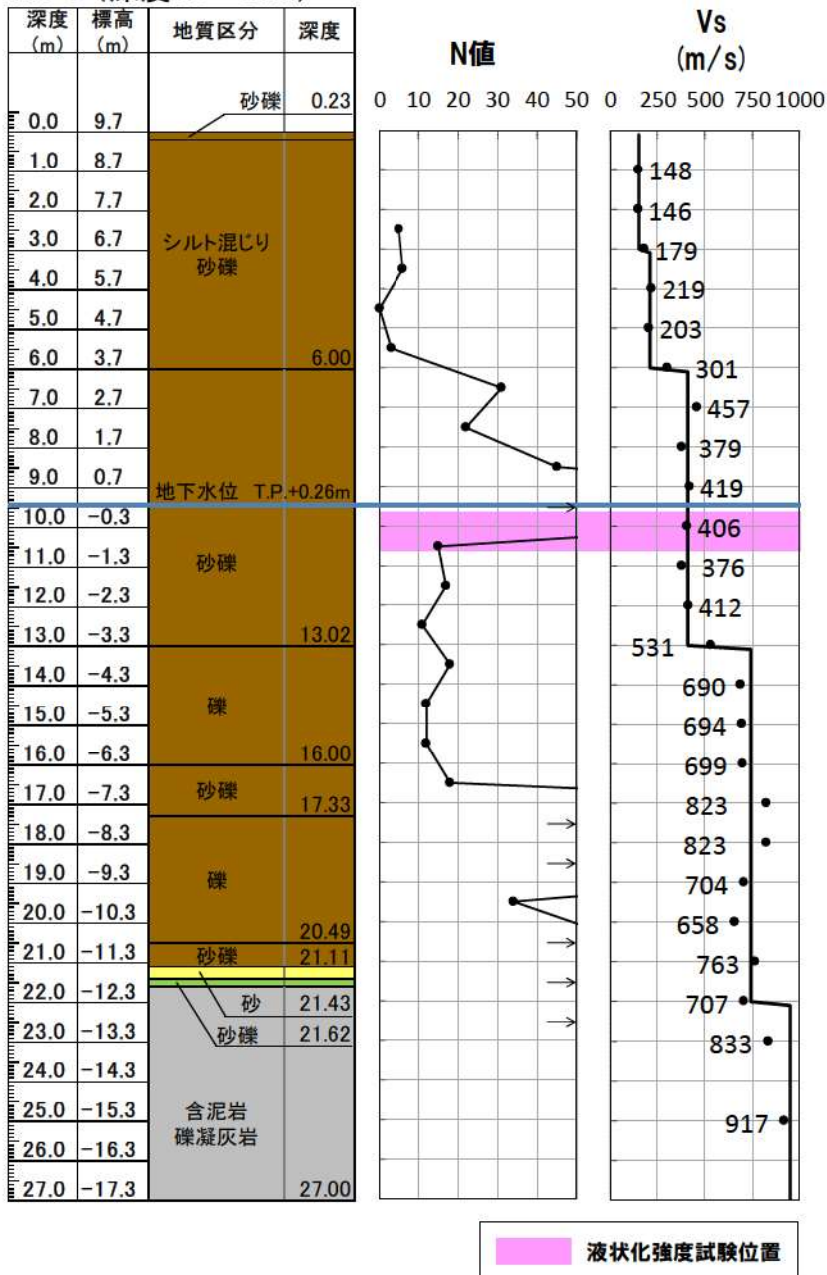
添付 4-13 図 N 値とせん断波速度の比較(BF3-2 地点(3号埋戻土))

RE-7 (深度0.0~15m)



添付 4-14 図 N 値とせん断波速度の比較 (RE-7 地点 (3 号埋戻土))

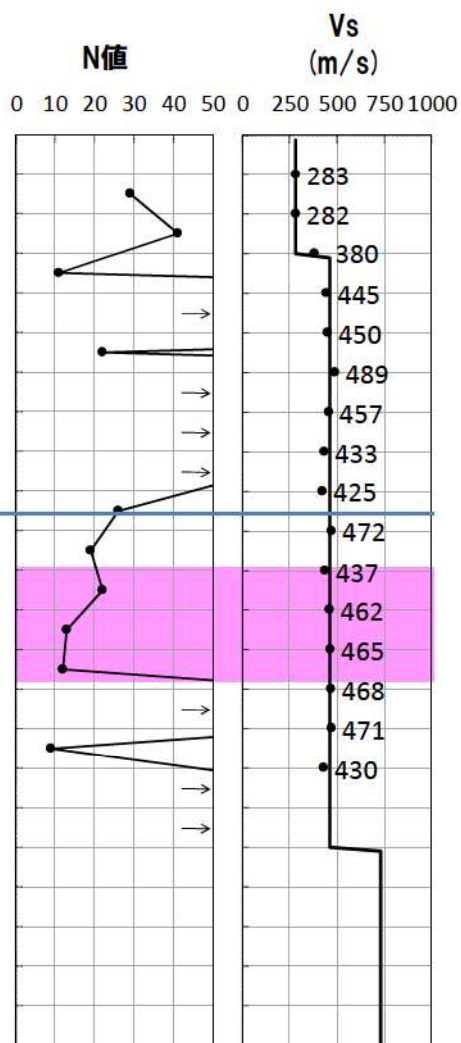
RE-8 (深度0.0~27m)



添付 4-15 図 N 値とせん断波速度の比較 (RE-8 地点 (3 号埋戻土))

RE-8'' (深度0.0~23m)

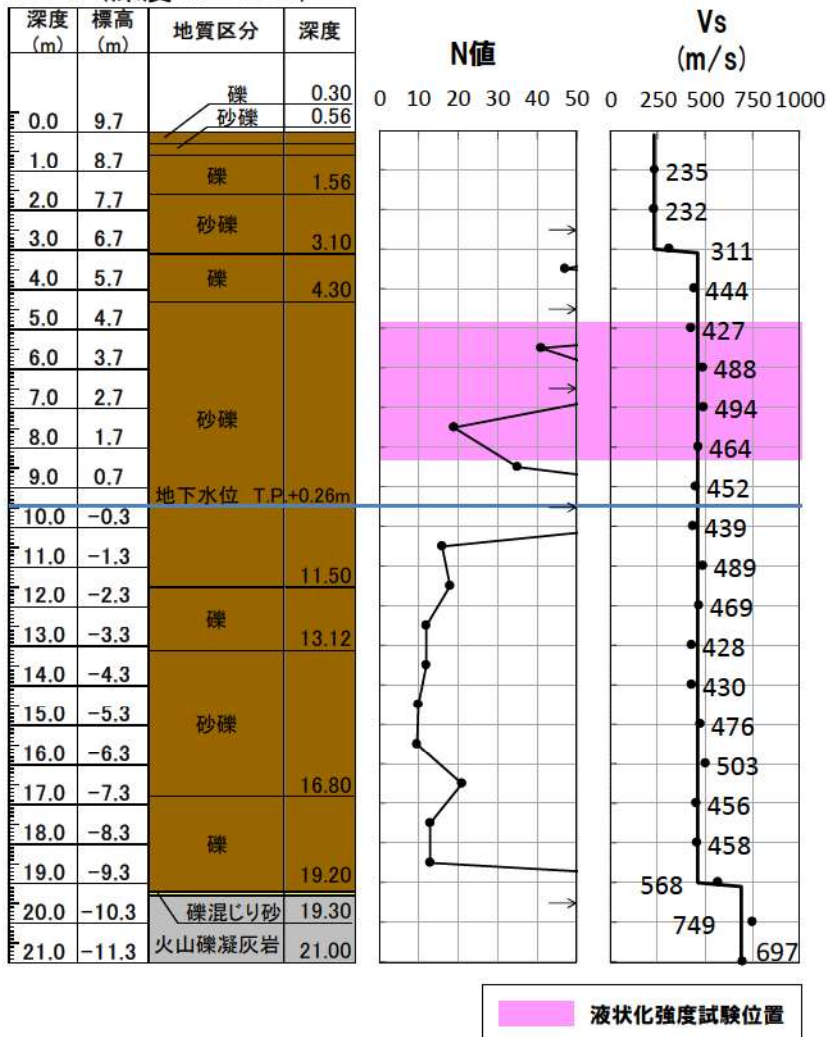
深度 (m)	標高 (m)	地質区分	深度
0.0	9.8		
1.0	8.8	礫	0.87
2.0	7.8	シルト混じり砂礫	4.00
3.0	6.8		
4.0	5.8		
5.0	4.8	礫	8.60
6.0	3.8		
7.0	2.8		
8.0	1.8		
9.0	0.8		
地下水位 T.P.+0.26m			
10.0	-0.2		
11.0	-1.2	シルト混じり砂礫	13.50
12.0	-2.2		
13.0	-3.2		
14.0	-4.2	礫	17.30
15.0	-5.2		
16.0	-6.2		
17.0	-7.2		
18.0	-8.2	砂礫	17.45
19.0	-9.2		
20.0	-10.2		
21.0	-11.2	凝灰角礫岩	23.00
22.0	-12.2		
23.0	-13.2		



液状化強度試験位置

添付 4-16 図 N 値とせん断波速度の比較 (RE-8'' 地点 (3 号埋戻土))

SH-2 (深度0.0~21m)



添付 4-17 図 N 値とせん断波速度の比較 (SH-2 地点 (3 号埋戻土))

添付資料5 せん断波速度の代表性確認指標としての
妥当性確認

1. 液状化強度試験位置の代表性確認における指標の適用性

埋戻土の液状化強度試験位置の代表性確認については、液状化強度比 R_L と相関性のある粒度分布、細粒分含有率、せん断波速度を指標としている。そのうち、せん断波速度について、代表性確認指標として妥当性があるかについて確認を行った。

妥当性の確認に当たっては、指標として適用可能としている各種文献が泊発電所の埋戻土に対して適用性、埋戻土の液状化強度とせん断波速度の相関の観点から整理した。

2. 添付文献の適用性

(1) 既往知見の整理

せん断波速度と液状化強度の相関に関する各種文献を収集し整理した。

各種文献における記載内容を添付 5-1 表に示す。

添付 5-1 表 各種文献の整理結果

文献・論文名	液状化強度との相関に関する記載
【文献①】 地盤工学・実務シリーズ 18 液状化対策工法, (社)地盤工学会, 2004 年	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。
【文献②】 Liquefaction Potential Evaluation Based on Rayleigh Wave Investigation and Its Comparison with Field Behavior, Tokimatsu, K., Tamura, S., Kuwayama, S., 1991	貫入試験は信頼性のある評価が常に得られるとは限らず、全ての深度や全ての土質で簡便に行うことができないので、できれば SPT(標準貫入試験)に基づく関係とは別の異なる方法があることが望ましい。せん断波速度は液状化抵抗の増加とともに増えることから、この目的に適う指標である(日本語訳)。
【文献③】 Liquefaction Resistance of Soils from Shear-Wave Velocity, Andrus, R.D. and Kenneth, H., 2000	V_s と液状化抵抗の両方とも、多くの同じ要因(例えば、間隙比、応力状態、応力履歴、地質年代)によって同様に影響を受けるということから、液状化抵抗の指標として V_s を用いることには根拠がある(日本語訳)。
【文献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, 塚本登士・中島俊・山本正人・村田芳信, 1997 年	まさ土のように礫を多く混入する地盤では、地盤の平均的な S 波速度を求める方法が良いと考えられる。(中略)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分かった。
【文献⑤】 鉄道構造物等設計標準・同解説-耐震設計-, (公財)鉄道総合技術研究所, 平成 24 年 9 月	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。
【文献⑥】 CORRELATION BETWEEN UNDRAINED CYCLIC SHEAR STRENGTH AND SHEAR WAVE VELOCITY FOR GRAVELLY SOILS, MUNENORI HATANAKA, AKIHIKO UCHIDA and YOSHIO SUZUKI, 1997	沖積層の礫の場合、非排水繰返しせん断強さとせん断波速度との間には、せん断波速度の増加に伴って非排水繰返しせん断強さが増加するという、かなり良好な相関関係が認められた(日本語訳)。

(2) 泊発電所の埋戻土に対する適用性について

せん断波速度と液状化強度の関係を示す各種文献について、各種文献の対象土と埋戻土の物性値や検討条件等の比較を行い、せん断速度を代表性確認指標として用いることの適用性を整理し考察する。

考察結果は以下のとおりであり、各種文献の物性値や検討条件等の比較表を添付 5-2 表に示す。

【適用性に関する考察】

- ・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。)
- ・各種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。)
- ・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なると考えられるが、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ること、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。

添付 5-2 表 セン断波速度と液化強度の関係に関する各種文献の比較

	文献①	文献②	文献③	文献④	文献⑤	文献⑥	泊発電所 1・2号埋戻土	3号埋戻土
主旨	・詳細は文献②③による 【本文献での主な記載】 ・隣土では、N値に基づき予測法を用いようとすると過大評価してしまう危険性がある。 ・隣土の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。 ・隣土盤の調査においても信頼できる値が得られ、液化強度と速度との相関のよいVS速度を使用する可能性も研究されている(文献②③)。 ・Vsと液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化強度を推定可能な方法である。	本論文提案の評価式と実現象を検証して評価式の妥当性を評価。 ・新島地震(M7.5) ・対象土層は良質砂	本論文提案の評価式と実現象を検証して評価式の妥当性を評価。 ・ロマ・フリータ地震(M6.9) ・対象土層は砂質土	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評価。 ・兵庫県南部地震(M7.3) ・対象土層はまさ土盛土	乱れた試験の繰返し三軸試験時の補正方法を提示。	本論文提案の評価式と実現象を検証して評価式の妥当性を評価。 ・兵庫県南部地震(M7.3) ・対象土層はまさ土盛土	大規模地震	大規模地震
推奨式検討の対象土層	砂質土(きれいな砂、シルト質砂)	砂質土(きれいな砂、シルト質砂)	大部分が砂質土またはシルト	砂質土(きれいな砂、シルト質砂) ※文献②より	乱れた試験	沖積層、洪積層、まさ土	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】 ・D10:0.076~0.18 ・Lc:1.5~2.2	【評価式検討の対象土】 砂質土・シルト ・Fc≤5%・28試験 ・6%≤Fc≤34%・90試験 ・Fc≥35%・71試験	【実現象検証の対象土】 ・Fc:9~17%(グラフ読み取り) ・湿潤密度 ρ:2.0g/cm ³	—	【評価式検討の対象土】 ・Fc:0.3~10.0% ・ρ d:1.67~2.25	・Fc:平均10.1%(5~18%) ・ρ d:平均1.66(1.30~2.10)	・Fc: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】 σ _v /2σ _o =0.1~1.5程度(グラフ読み取り)	【評価式検討の対象土】 最大σ _v /2σ _o =0.6程度	【実現象検証の対象土】 σ _v /2σ _o =0.2~0.89 ※神積層(DA=2%, N=5回)	—	【評価式検討の対象土】 σ _v /2σ _o =0.2~0.9程度(DA=5%, N=20回)	σ _v /2σ _o =0.3~0.8程度(DA=5%, N=20回)	
せん断波速度	せん断波速度	【実現象検証の対象土】 Vs=80~250m/s程度(グラフ読み取り)	【実現象検証の対象土】 Vs=130~200m/s程度(グラフ読み取り)	【実現象検証の対象土】 Vs=200~240m/s	—	【実現象検証の対象土】 Vs=200m/s前後(グラフ読み取り) 【評価式検討の対象土】 Vs=60~590m/s	平均Vs=404m/s (Vs=300~560m/s)	
	N値	【実現象検証の対象土】 N=1とN=20~40の2層(グラフ読み取り) ・Vsは表面波探査 ・凍結サンプリング	—	【実現象検証の対象土】 概ねN=5~20と一部N=25,55(グラフ読み取り) ・VsはS波トモグラフィ解析	—	平均N=21 (N=3~34, N=50以上も多数)	平均N=24 (N=15~41, N=50以上も多数)	
試験条件等	・提案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。	・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	・提案式と実現象は概ね一致。	—	・VsはPS検層(DH方式、SP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。 ・隣土では精度の高い試験採取、液化強度試験の実施が必要。	・提案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。	・提案式と実現象は概ね一致。	・提案式と実現象は概ね一致。	—	—	—	
適用性	△	△	○	○	△	○	△	△

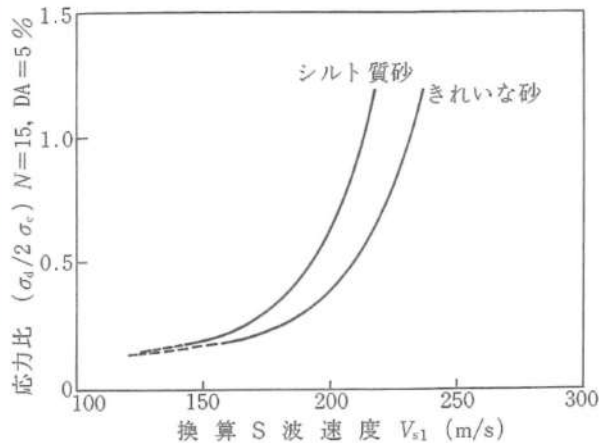
※1 各文献の物性値については、各文献で記載のある項目と値を示している(例えば、文献②の粒度特性では細粒分含有率の記載がない等)。
 ※2 適用性の判定は、埋戻土の物性値の整合性や評価式と実現象との再現性等について適用性が高いと考える項目が複数ある文献を○と記した(着色部が適用性が高いと判断した内容を示す)。

(3)各文献の概要整理

【文献①】地盤工学・実務シリーズ 18 液状化対策工法, (社)地盤工学会, 2004 年

- 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(又は初期せん断剛性)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は、下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)。

- 下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)

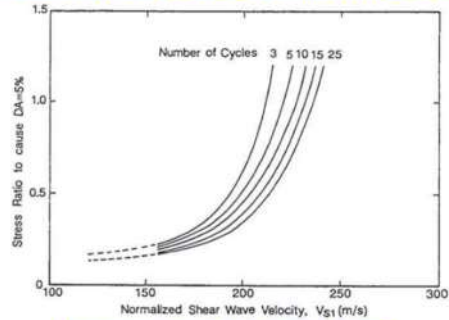
【文献②】 Liquefaction Potential Evaluation Based on Rayleigh Wave Investigation and Its Comparison with Field Behavior, Tokimatsu, K., Tamura, S., Kuwayama, S., 1991

○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とおりである。

- ・ 10%粒径 D10 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ルリング試料を含む。



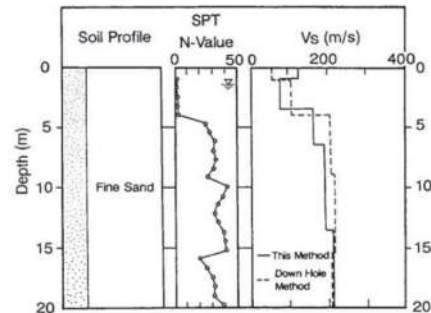
きれいな砂の液状化強度と正規化せん断波速度の関係 (Tokimatsu et al. (1991)より引用)

○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) の物性は以下のとおりである。

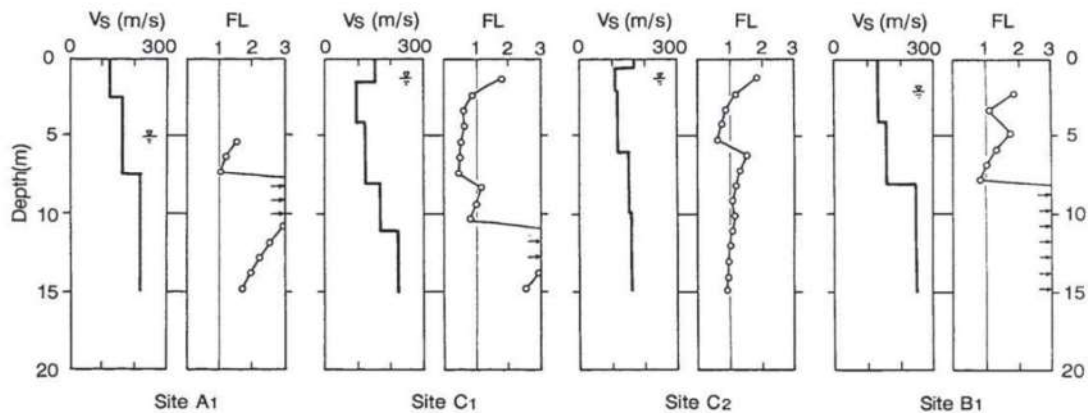
- ・ N 値は 1 程度と 20~40 程度の 2 層 (グラフ読み取り)。
- ・ せん断波速度は 80~250m/s 程度 (グラフ読み取り)。



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

○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。



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

【文献③】 Liquefaction Resistance of Soils from Shear-Wave Velocity, Andrus, R. D. and Kenneth, H. , 2000

○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、検討対象となる条件は以下のとおりである。

- ・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。

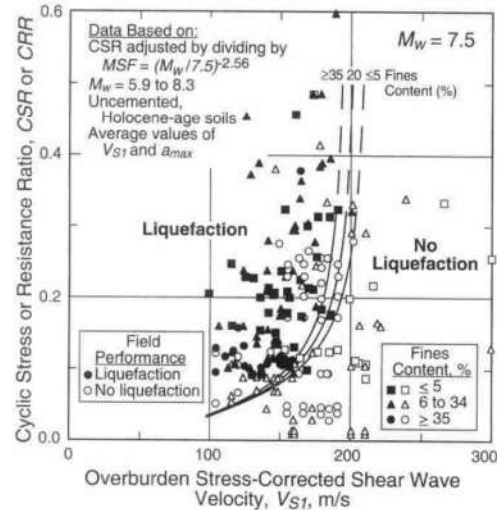
- ・ $\sigma_d/2\sigma_0$ は最大で 0.6 程度。
- ・せん断波速度は PS 検層、SCPT 試験等による。

○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)の物性は以下のとおりである。

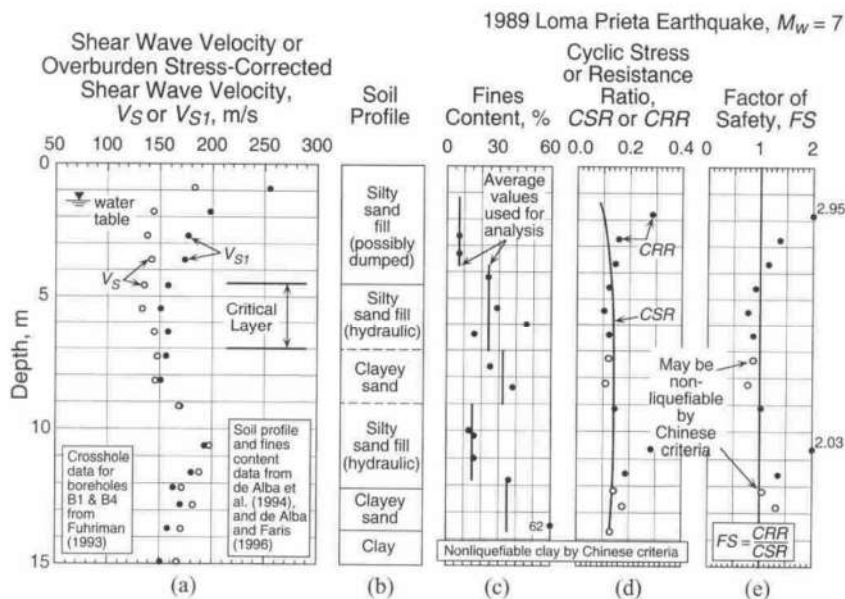
- ・S 波速度は 130~200m/s 程度(グラフ読み取り)。
- ・細粒分含有率は 7~62%程度(グラフ読み取り)。

○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)

Earthquake (1)	M_w (2)	NUMBER OF CASE HISTORIES BY FINES CONTENT				
		Sands and Silts			Gravels	
		$\leq 5\%$ (3)	6-34% (4)	$\geq 35\%$ (5)	$\leq 5\%$ (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

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

【文献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，塚本登士・中島俊・山本正人・村田芳信，1997 年

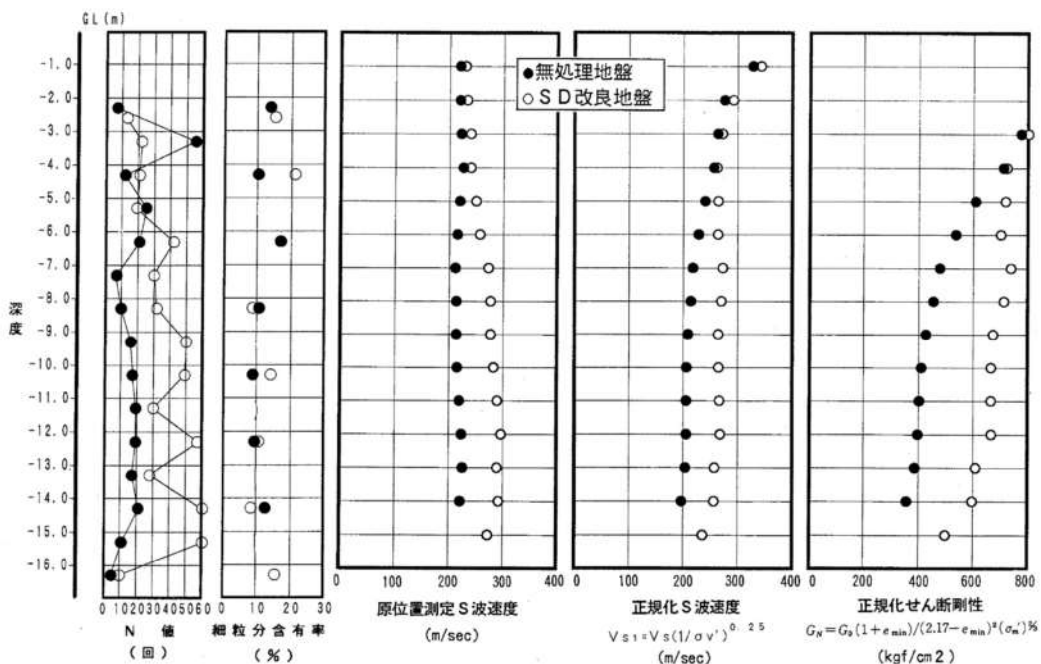
○塚本ほか(1997)では，兵庫県南部地震(M7.3)において液状化が発生した，ポートアイランドの礫分を多く含むまさ土による埋立地において，S 波トモグラフィーを実施し，原位置で埋立地盤の平均的せん断波速度を測定し，その結果から既存推定式(文献②の提案式)を用いて液状化強度を評価している。

○埋立土の物性は以下のとおりである。

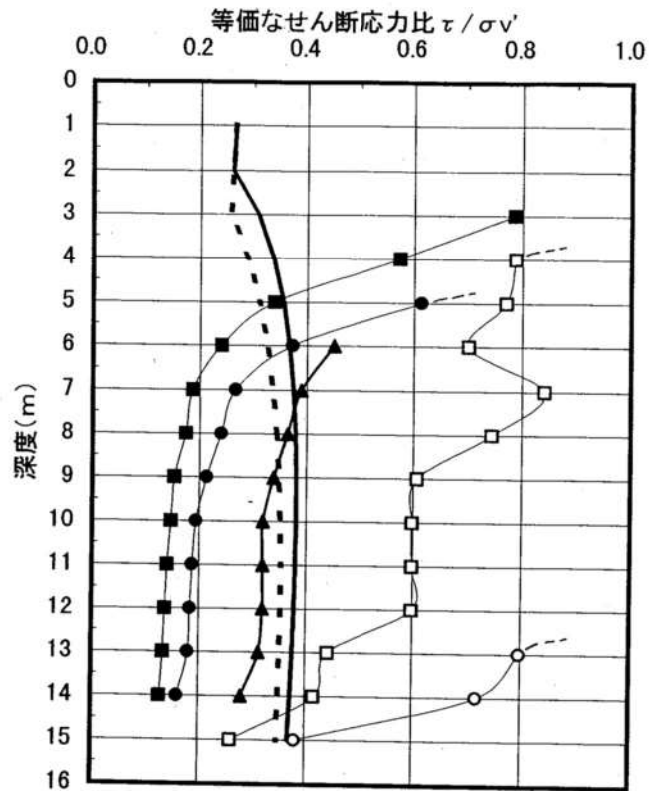
- ・ S 波速度は無処理地盤でおおむね 200~240m/s，改良地盤で 230~300m/s。
- ・ N 値は無処理地盤で 5~20 程度(一部 N=25, 55 の層がある)，改良地盤で 10~60 程度(グラフ読み取り)。
- ・ 細粒分含有率は無処理地盤で 9~17%程度，改良地盤で 8~21%程度(グラフ読み取り)。
- ・ 湿潤密度は $\rho_t=2.0\text{g/cm}^3$ ，最小間隙比 $e_{\min}=0.30$ と仮定。

○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等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)



- 無処理地盤繰り返し3回で液状化に至る等価せん断応力比
- 無処理地盤繰り返し15回で液状化に至る等価せん断応力比
- SD改良地盤繰り返し3回で液状化に至る等価せん断応力比
- SD改良地盤繰り返し15回で液状化に至る等価せん断応力比
- ▲ 正規化せん断波速度から推定される液状化を生ずるせん断応力比(無処理地盤)
- 強震記録から予測されるせん断応力比(無処理地盤)
- - 強震記録から予測されるせん断応力比(SD改良地盤)

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)

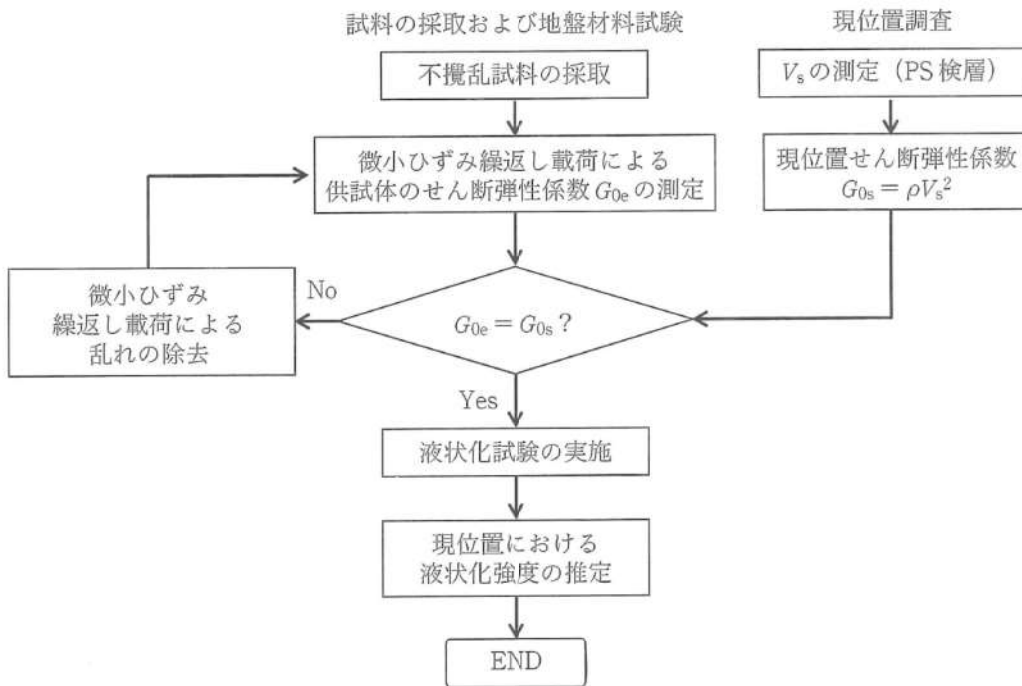
【文献⑤】鉄道構造物等設計標準・同解説-耐震設計-, (公財)鉄道総合技術研究所, 平成24年9月

○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_L 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ことが基本であるとされている。

○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, 供試体の乱れの影響の補正方法として, 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)

【文献⑥】CORRELATION BETWEEN UNDRAINED CYCLIC SHEAR STRENGTH AND SHEAR WAVE VELOCITY FOR GRAVELLY SOILS, MUNENORI HATANAKA, AKIHIKO UCHIDA and YOSHIO SUZUKI, 1997

○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とおりである。

- ・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、洪積層の下限值相当であるとされている。

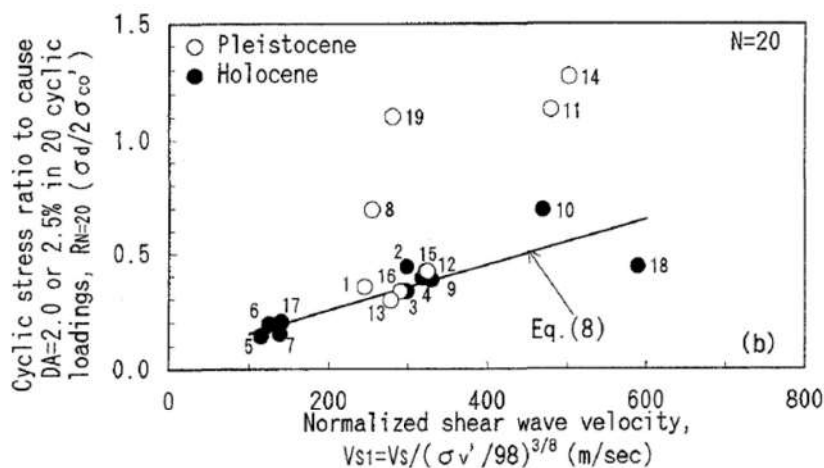
○液状化強度とせん断波速の間には良好な相関が見られるが、礫質土の物理特性の影響はほとんどないとされている。

○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。

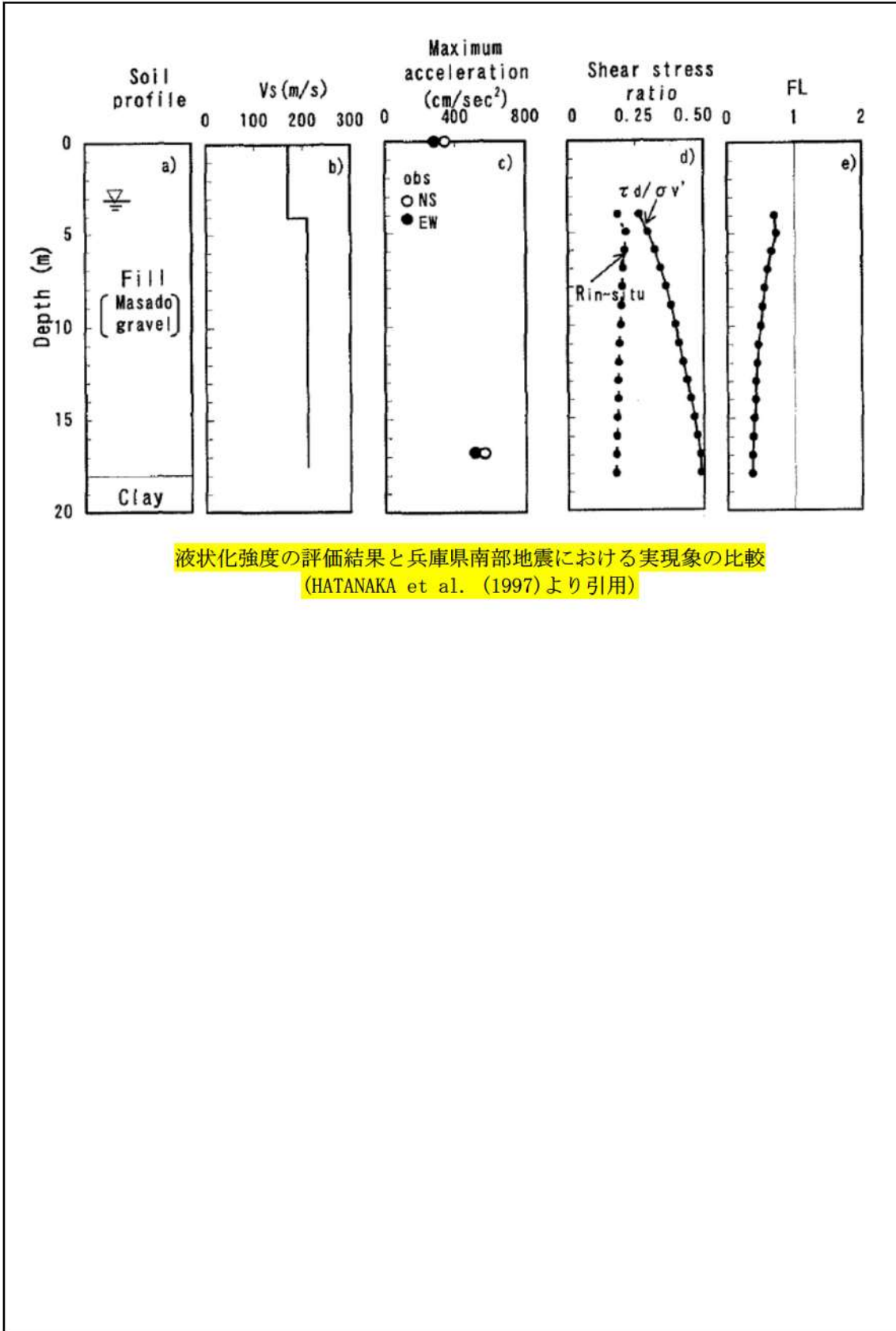
○検証を行った埋立土(まさ土)の物性は以下のとおりである。

- ・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)

2. 埋戻土の液状化強度とせん断波速度の相関について

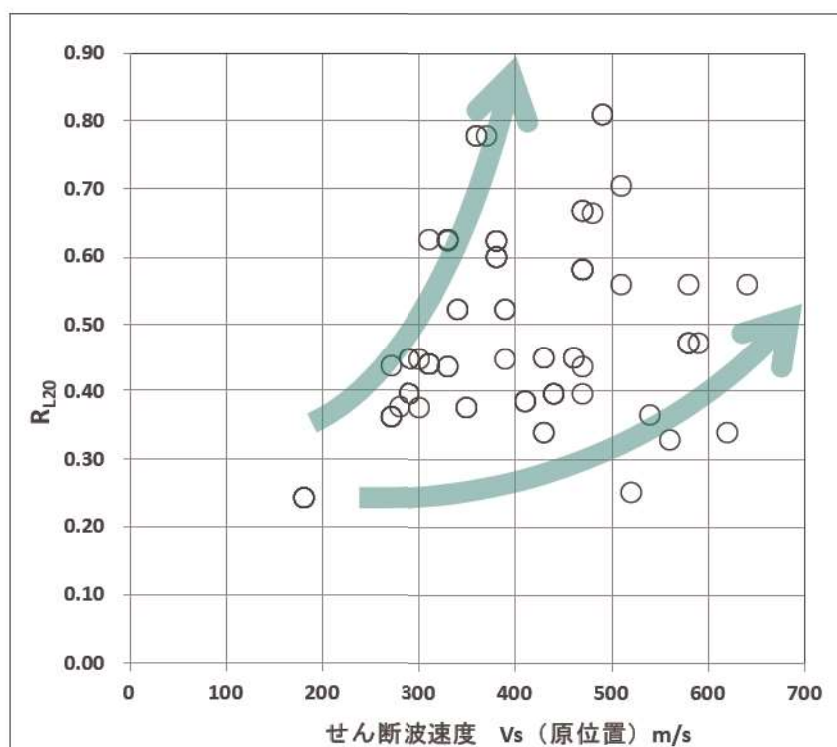
埋戻土について、液状化強度とせん断波速度が相関関係にあるかを確認した。

液状化強度とせん断波速度の相関に関する確認結果は、以下のとおりである。

【液状化強度とせん断波速度の相関に関する考察】

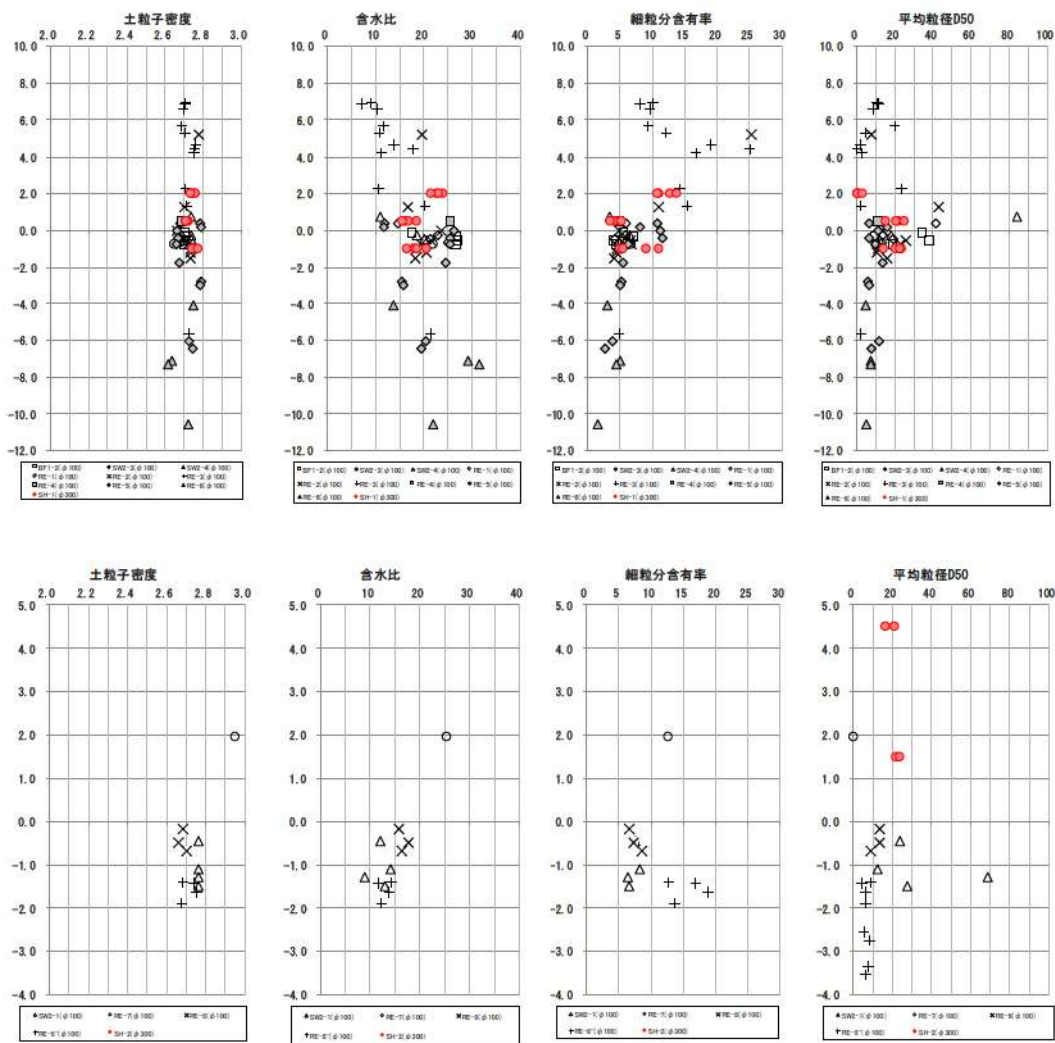
・埋戻土の液状化強度とせん断波速度の関係は添付 5-1 図に示すとおりであり、全体的な傾向としてはせん断波速度 V_s の増大に伴って液状化強度 R_{L20} も増加する傾向を示している。

・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。



※上図に示すデータは1,2号埋戻土と3号埋戻土すべての埋戻土のデータを対象に作成したものである。なお、1,2号埋戻土と3号埋戻土の含水比や細粒分含有率等の物性値に大きな違いはないことを確認しており、両者を区別なく用いることは妥当であると判断した(添付 5-2 図参照)。

添付 5-1 図 埋戻土の液状化強度とせん断波速度の関係図



添付 5-2 図 1, 2 号埋戻土と 3 号埋戻土の物性値の比較

(上段: 1, 2 号埋戻土 下段: 3 号埋戻土)

3. まとめ

埋戻土のせん断波速度を用いた液状化強度試験位置の代表性確認結果は、以下の検討結果より参考値扱いとして整理する。

また、今後、追加の液状化強度試験を行うことから、追加の試験結果も踏まえた試料採取位置の代表性確認指標について、設工認段階で改めて説明する。

(1) 泊発電所の埋戻土への適用性について

- ・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するが、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。

(2) 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。

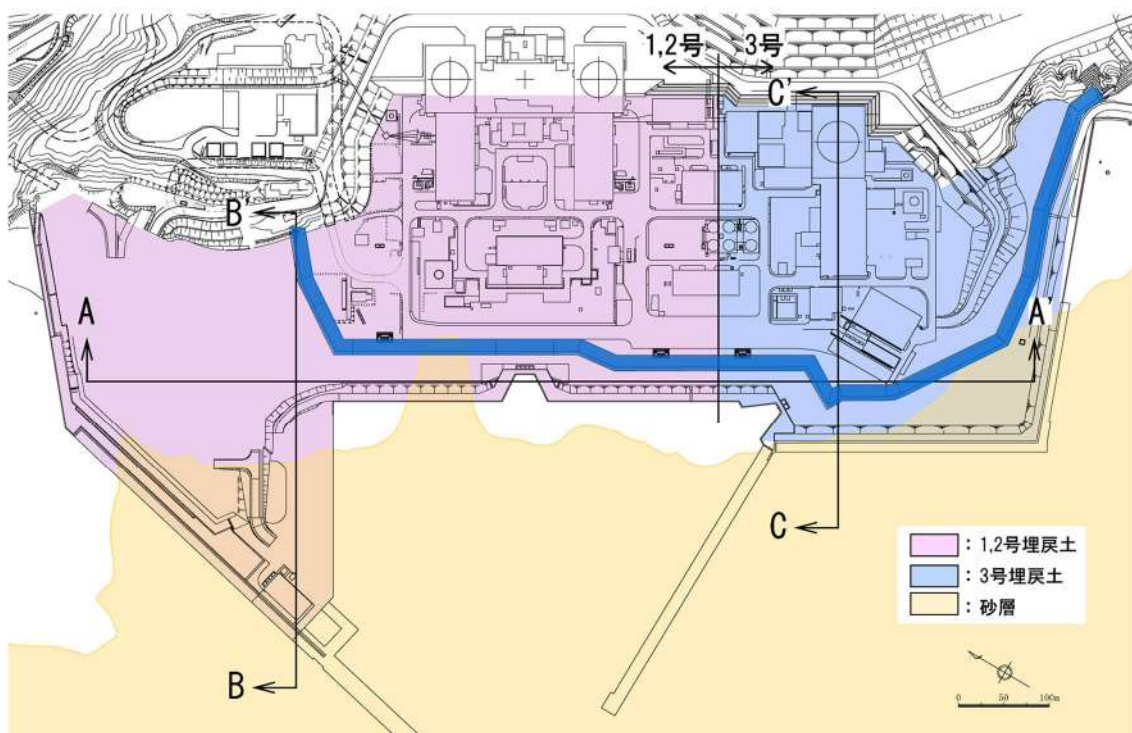
添付資料 6 建設時における埋戻土の
施工及び品質管理について

1. 概要

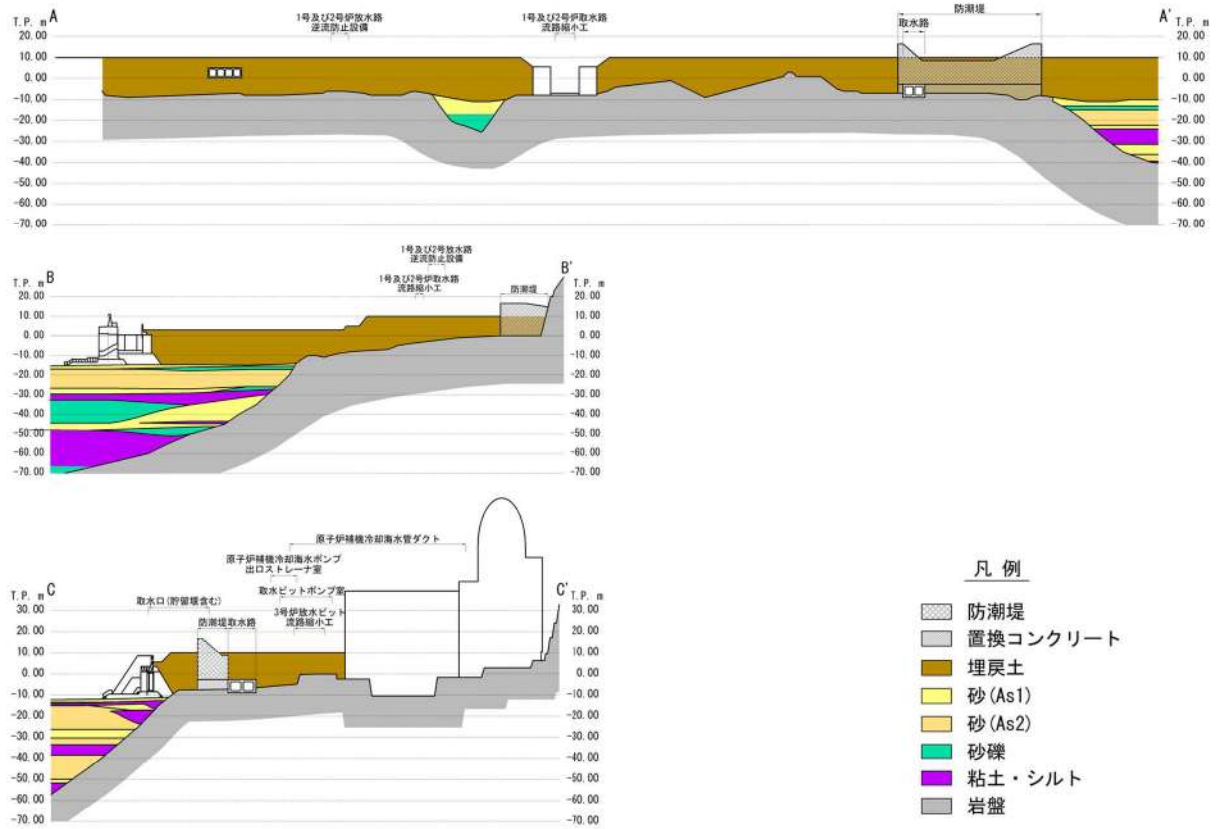
発電所の埋立地盤については、敷地造成時に発生した掘削岩砕からなる埋立地盤(人工地盤)が主体であり、施工時期、材料により1,2号埋戻土, 3号埋戻土に区分される。1,2号埋戻土は、1,2号建設時の埋戻土で火砕岩主体の岩砕地盤であり、3号埋戻土は、3号建設時の埋戻土で安山岩主体の岩砕地盤である。

本資料では、建設時における埋戻土の施工及び品質管理について示す。

1,2号埋戻土及び3号埋戻土の範囲を、添付6-1図, 添付6-2図に示す。



添付 6-1 図 埋戻土の範囲(平面図)



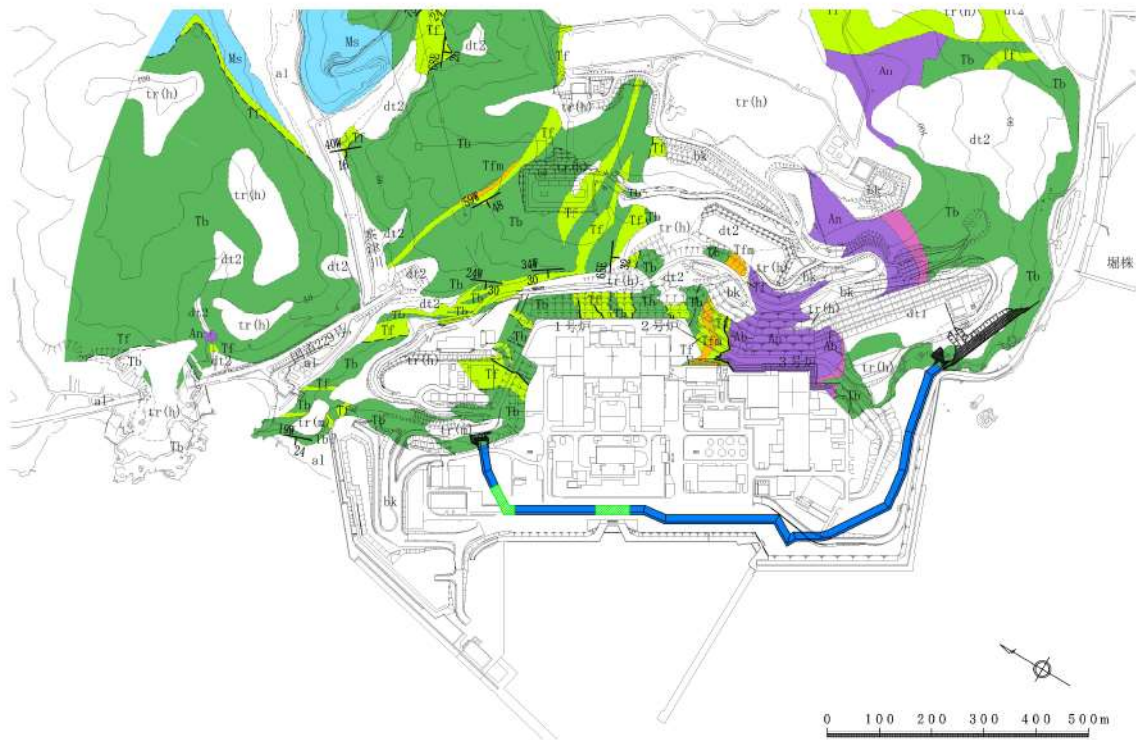
添付 6-2 図 埋戻土の範囲(断面図)

2. 埋戻土の材料

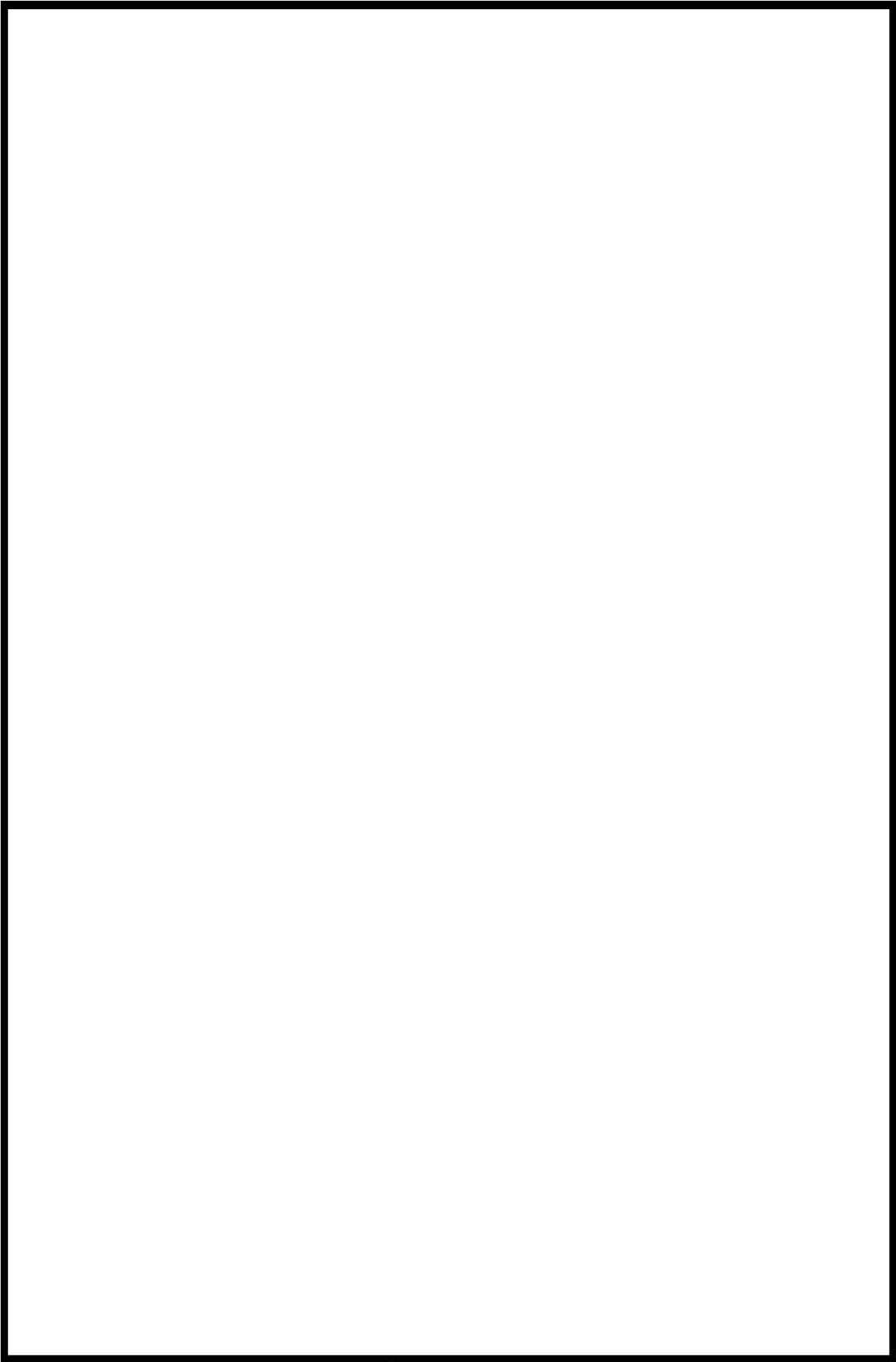
1, 2 号埋戻土の材料(岩砕)は、火砕岩主体であり、発電所の西斜面丘陵地の一部、1, 2 号原子炉補助建屋、タービン建屋及びそれらに付帯する諸設備の敷地造成並びに基礎掘削から発生したものである。

3 号埋戻土の材料(岩砕)は、安山岩主体であり、3 号原子炉建屋、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ものである。

3 号炉建設時の掘削状況を添付 6-4 図に示す。



添付 6-3 図 敷地の地質平面図



: 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。

添付 6-4 図 3 号炉取水設備の掘削状況

3. 埋戻土の施工及び品質管理

3.1 施工及び品質管理を踏まえた埋戻土の範囲

1, 2 号埋戻土及び 3 号埋戻土は、建設当時の施工及び品質管理の状況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、「埋立整地工事による範囲」という。)

- ・取放水設備等を設置するために、埋立整地工事による埋戻土を掘削し、取放水設備設置後に埋戻仕様に基つき埋戻された範囲(以下、「取放水設備工事による範囲」という。)

1, 2 号埋戻土及び 3 号埋戻土の埋立整地工事による範囲及び取放水設備工事による範囲における 1, 2 号埋戻土及び 3 号埋戻土の施工及び品質管理について以下のとおり整理した。

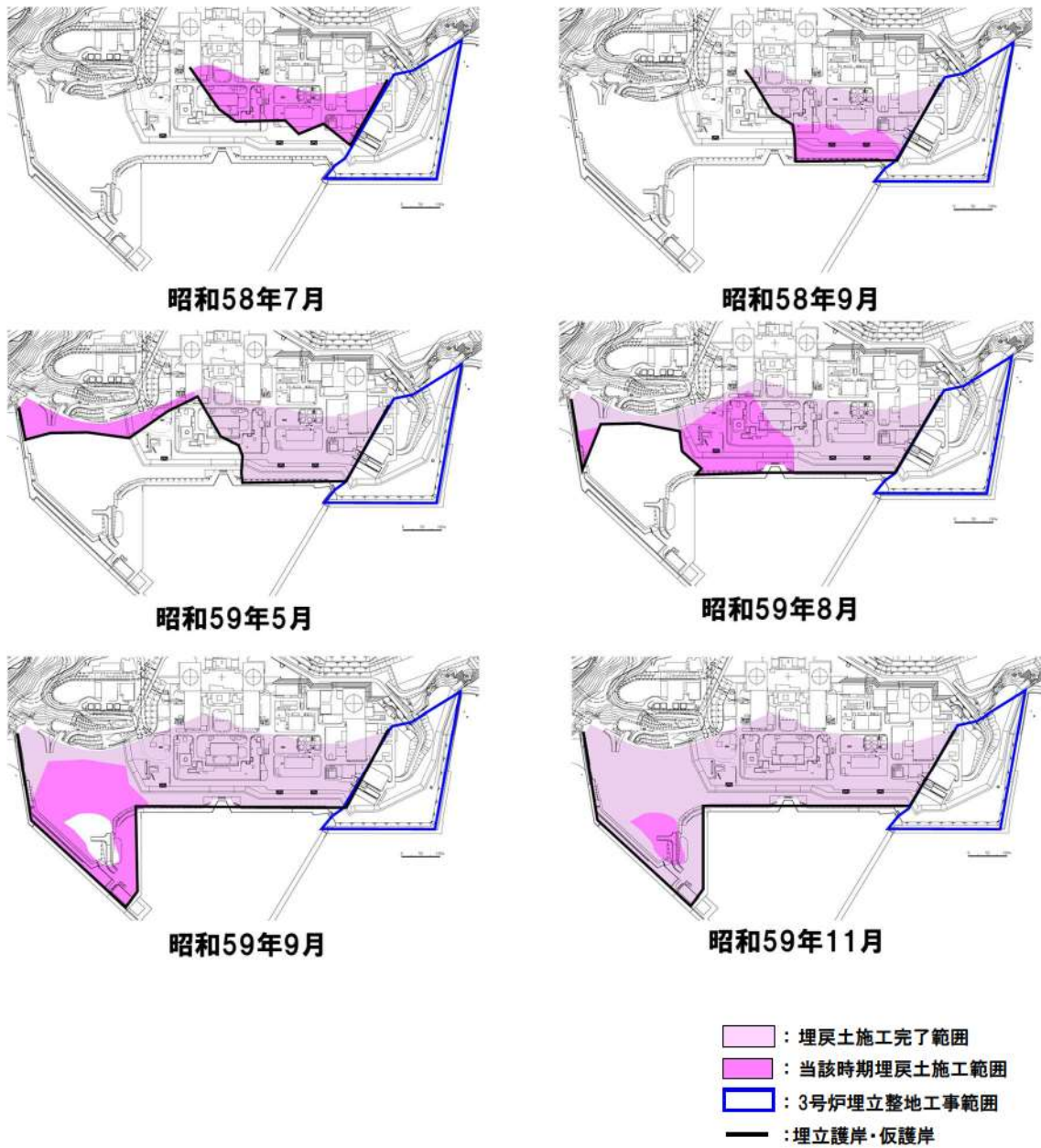
(1) 1, 2 号埋戻土の施工及び品質管理

a. 埋立整地工事による範囲

埋立整地工事は、埋立護岸・仮護岸を設置した範囲から順に施工を行い、所定の形状と高さに仕上げた。

施工は、昭和 58 年 5 月から昭和 60 年 5 月まで行われ、発電所建設時の敷地造成等で発生した岩砕の埋戻土の押土・敷均し・転圧はブルドーザにより行った。

1, 2 号埋戻土の埋立整地工事による施工状況を添付 6-5 図に示す。



添付 6-5 図 1, 2号埋戻土の埋立整地工事による施工時期及び施工範囲

b. 取放水設備工事による範囲

取放水設備工事における埋戻は、構造物の構築後に、コンクリートが設計基準強度以上となったことを確認してから行った。

施工は、埋戻仕様にに基づきブルドーザによるまき出し後に、振動ローラによる締固めを行った。

1, 2号埋戻土の取放水設備工事による範囲の埋戻仕様を添付 6-1 表に、1, 2号取放水設備施工範囲を添付 6-6 図に示す。

添付 6-1 表 1, 2号埋戻土の取放水設備工事による範囲の埋戻仕様

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



: 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。

添付 6-6 図 1, 2号埋戻土の取放水設備工事による施工範囲

(2) 3号埋戻土の施工及び品質管理

a. 埋立整地工事による範囲

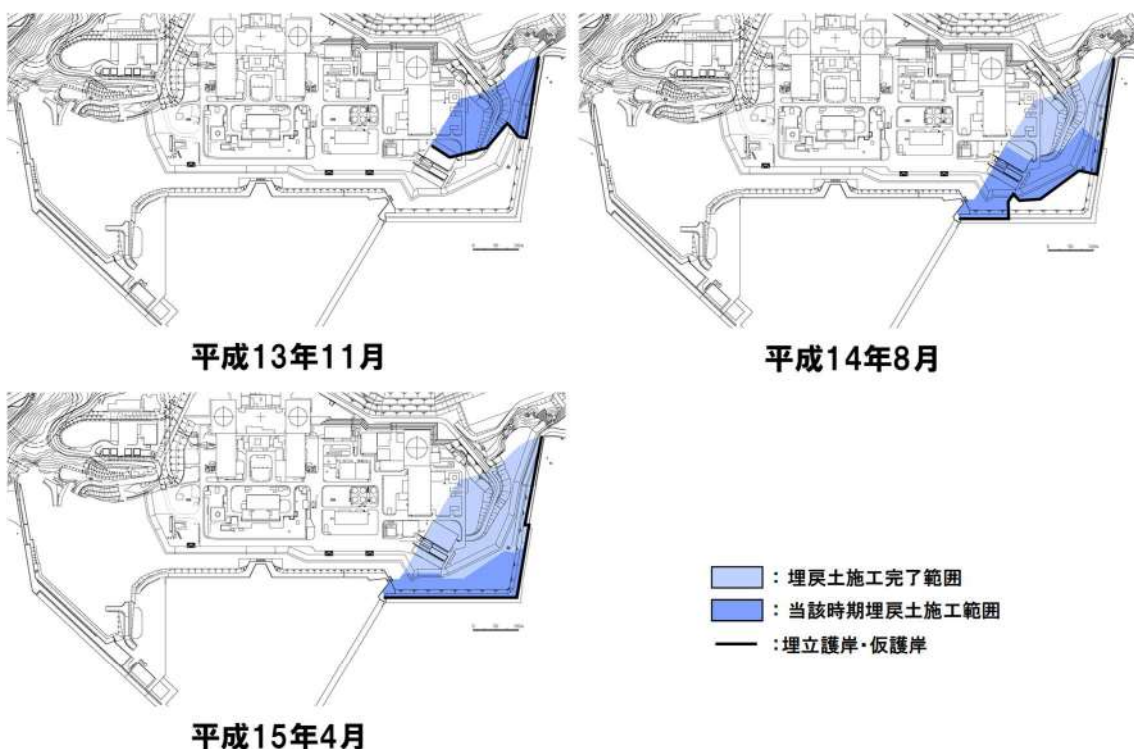
埋立整地工事は、埋立護岸・仮護岸を設置した範囲から順に施工を行い、所定の形状と高さに仕上げた。

施工は、平成13年6月から平成15年4月まで行われ、埋戻仕様に基づきブルドーザにより押土・敷均し・転圧を行った。

3号埋戻土の埋立整地工事による範囲の埋戻仕様を添付6-2表、施工状況を添付6-7図に示す。

添付6-2表 3号埋戻土の埋立整地工事による範囲の埋戻仕様

締固め機械	ブルドーザ
まき出し厚	50cm
転圧回数	3回以上



添付6-7図 3号埋戻土の埋立整地工事による施工時期及び施工範囲

b. 取放水設備工事による範囲

取放水設備工事における埋戻は、構造物の構築後に、コンクリートが設計基準強度以上となったことを確認してから行った。

施工は、埋戻仕様にに基づきブルドーザによるまき出し後に、振動ローラによる締固めを行った。

3号埋戻土の取放水設備工事による範囲の埋戻仕様を添付6-3表に、3号取放水設備施工範囲を添付6-8図に示す。

添付6-3表 3号埋戻土の取放水設備工事による範囲の埋戻仕様

施工箇所	一般部	狹隘部
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



: 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。

添付6-8図 3号埋戻土の取放水設備工事による施工範囲

3.2 まとめ

埋戻土の施工及び品質管理の整理結果を踏まえ、埋戻土の粒度のばらつきの傾向について以下に取りまとめる。

a. 1,2号埋戻土

埋立整地工事による範囲は、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。

取放水設備工事による範囲は、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う必要があったことから、粒度のばらつきが小さい。

b. 3号埋戻土

埋立整地工事による範囲は、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。

取放水設備工事による範囲は、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う必要があったことから、粒度のばらつきが小さい。

添付資料 7 液状化に関する基本物性の補足

1. 液状化に関連する基本物性の補足

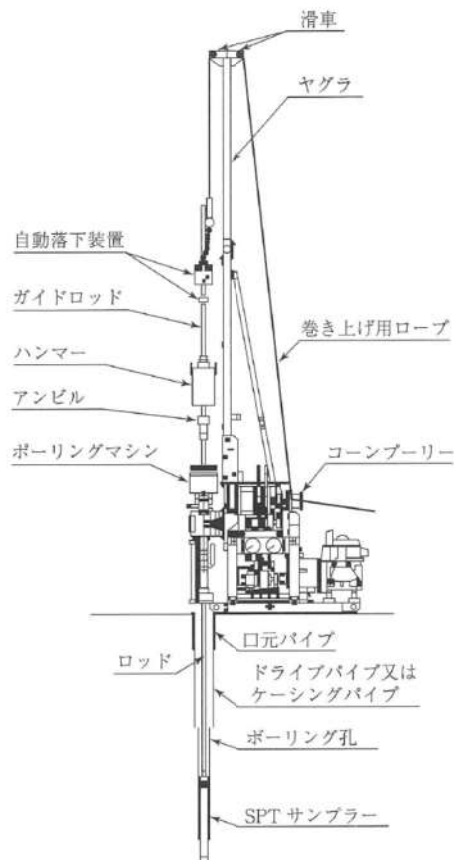
液状化に関連する基本物性に関して、N 値(標準貫入試験)、細粒分含有率(F_c)、粒径加積曲線、せん断波速度(V_s)について以下に示す。

(1) 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。



添付 7-1 図 標準貫入試験の概要

(2) 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 μ m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及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とおりで、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。
- ・細粒分含有率は、以下の式を用いて算出する。

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

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

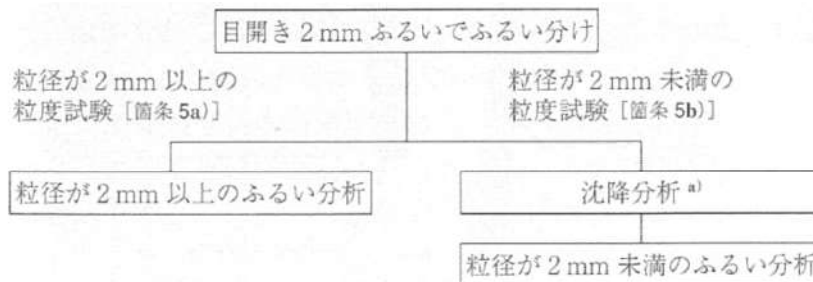
ここに、Fc : 細粒分含有率(%)

m : 試料の質量(g)

m_s : 試料の炉乾燥質量(g)

m_{s0} : 75 μ mのふるいに残留した炉乾燥質量(g)

w : 試料の含水比(%)



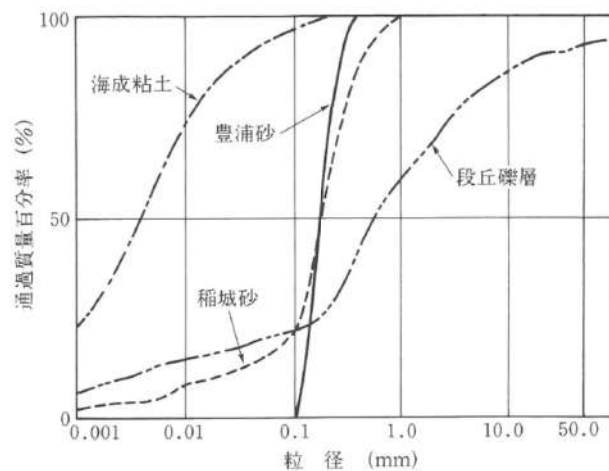
添付 7-2 図 粒度試験の順序

(3) 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等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)及び「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添付7-2図に示すとおりで、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、ふるいの目開きは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。



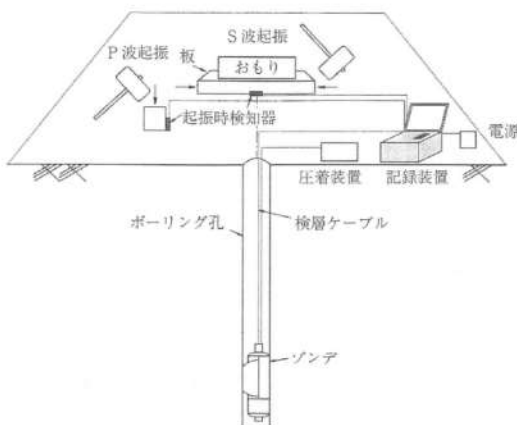
添付 7-3 図 粒径加積曲線の例

(4) せん断波速度 (V_s)

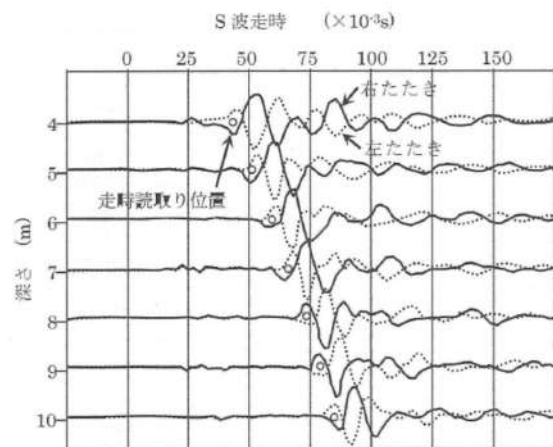
- ・せん断波速度 (V_s)は、無限に広がっている弾性体を伝わる弾性波のうち、波の伝播する方向と波の伝播に伴う媒質粒子の振動方向が直角な波である。
- ・土質地盤の場合、S波速度は地層の変化や地盤の強度(N値)に対して敏感に変化するため、工学的にはP波よりS波速度構造を求めることの方がより有効な情報を多く抽出することができる。

【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。
 - ①所定の深さにゾンデを設置する。
 - ②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。
 - ③測定深さを変えて上記の操作を繰り返す。
 - ④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、波形の山又は谷の位置の時間を読み取る。
 - ⑤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。



添付 7-4 図 ダウンホール方式の
検層装置の例



(b) S波の例
添付 7-5 図 走時の読み取り方法(ダウン
ホール方式) S波の例

添付資料8 1,2号埋戻土及び3号埋戻土の
区分けについて

1. 1, 2 号埋戻土及び 3 号埋戻土の区分けについて

発電所の埋立地盤については、敷地造成時に発生した掘削岩砕からなる埋立地盤（人工地盤）が主体であり、施工時期、材料により 1, 2 号埋戻土、3 号埋戻土に区分される。

範囲の区分けについては、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から 1, 2 号埋戻土及び 3 号埋戻土の区分けをした。

3 号炉建設時の掘削範囲は、概ね直線的に区分けされる。

3 号炉建設時の掘削範囲図を添付 8-1 図に示す。



: 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。

添付 8-1 図 3 号炉建設時の掘削範囲図

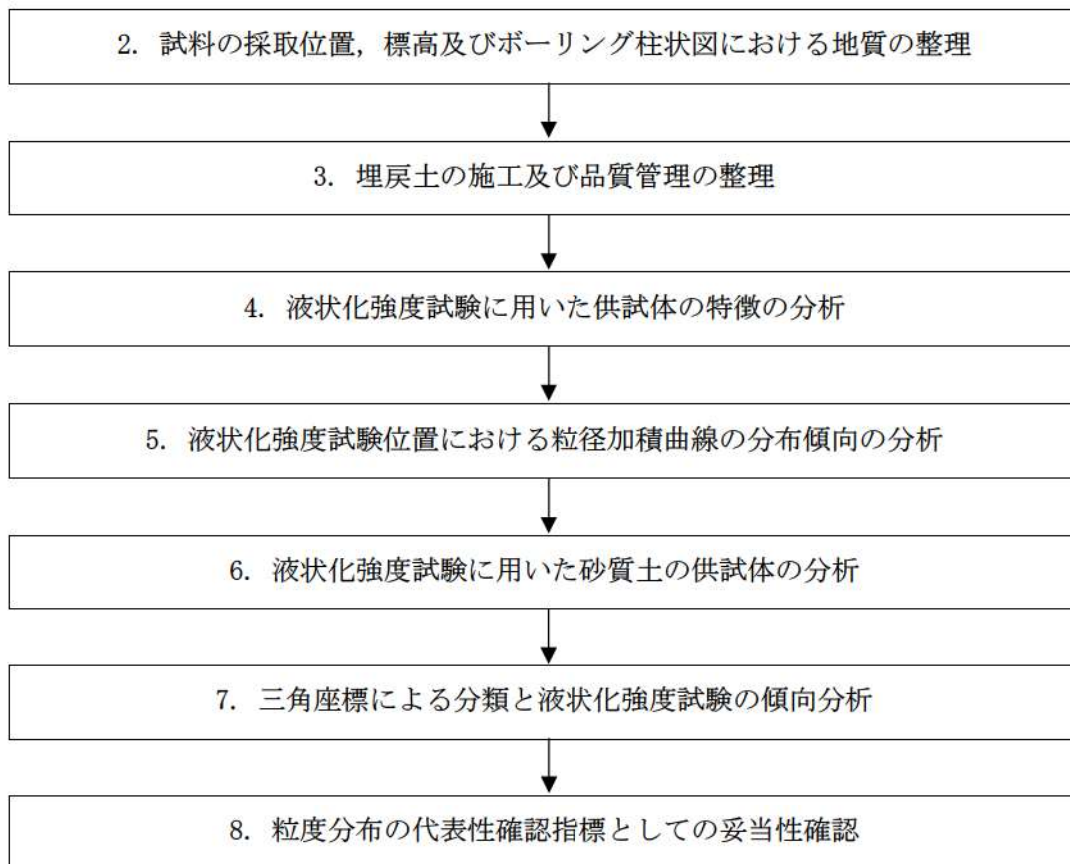
添付資料 9 粒度分布の代表性確認指標としての

妥当性確認

1. 粒度分布の代表性確認指標としての妥当性確認フロー

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について以下のとおり検討する。また、妥当性確認フローを添付 9-1 図に示す。

- ・ 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 JGS0051 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(2. 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)。
- ・ 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(3. 埋戻土の施工及び品質管理の整理)。
- ・ 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(4. 液状化強度試験に用いた供試体の特徴の分析)。
- ・ 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(5. 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(6. 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(7. 三角座標による分類と液状化強度試験の傾向分析)。
- ・ 分析結果を踏まえ、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(8. 粒度分布の代表性確認指標としての妥当性確認)。



添付 9-1 図 粒度分布の代表性確認指標としての妥当性確認フロー

2. 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

2.1 ボーリング孔ごとの整理

粒度分布の代表性確認指標としての妥当性検討を行うための基礎資料として、ボーリング孔ごとに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等について整理する。

(1) SW2-3(1, 2号埋戻土)

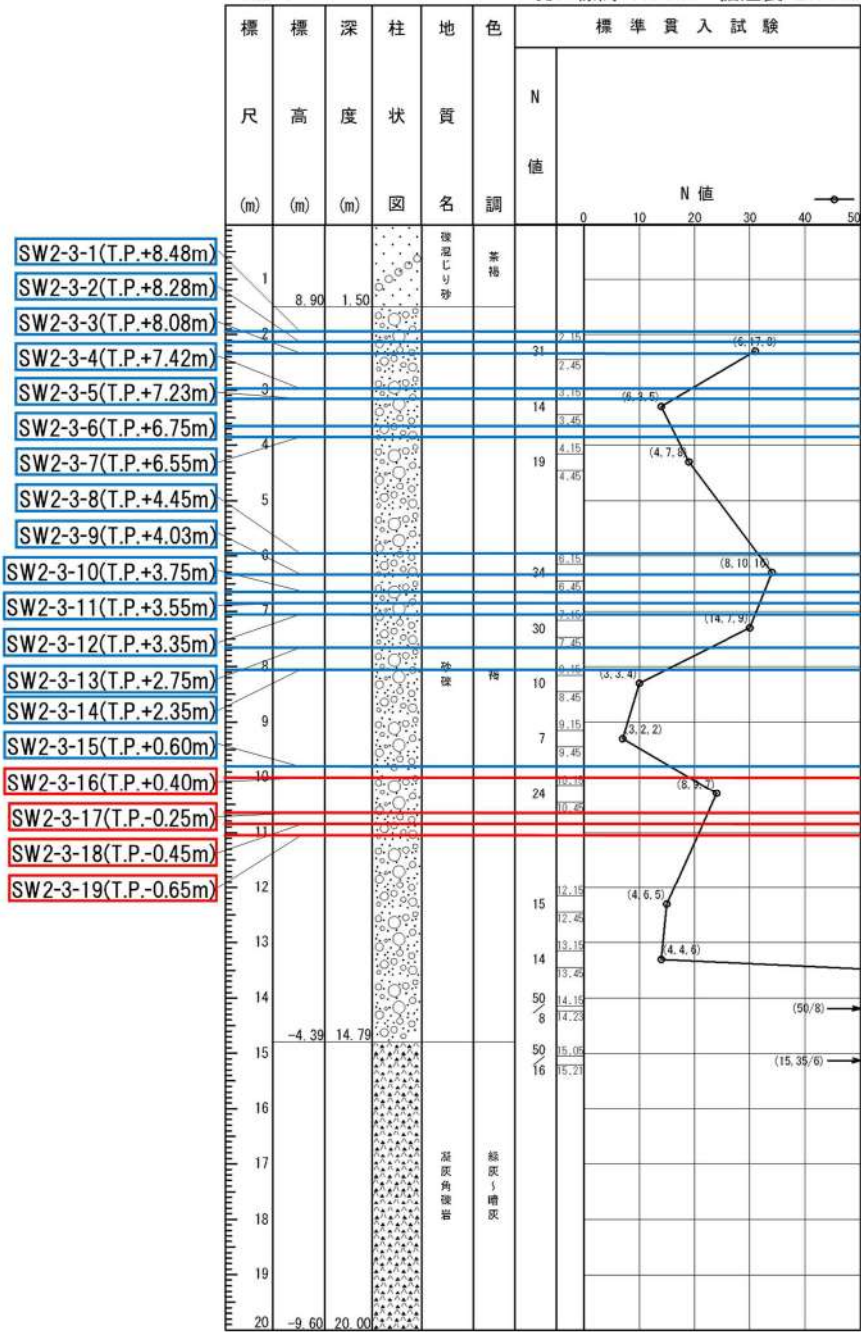
本ボーリングにおける粒度試験の試料の採取位置、標高及びボーリング柱状図における地質とともに液状化強度試験の供試体について以下のとおり整理した。

本ボーリングにおける柱状図、粒径加積曲線及び三角座標による分類(地盤工学会 JGS0051 に基づく地盤材料の工学的分類)をそれぞれ添付 9-2 図、添付 9-3 図及び添付 9-4 図に示す。

【粒度試験に用いた試料の採取位置等について】

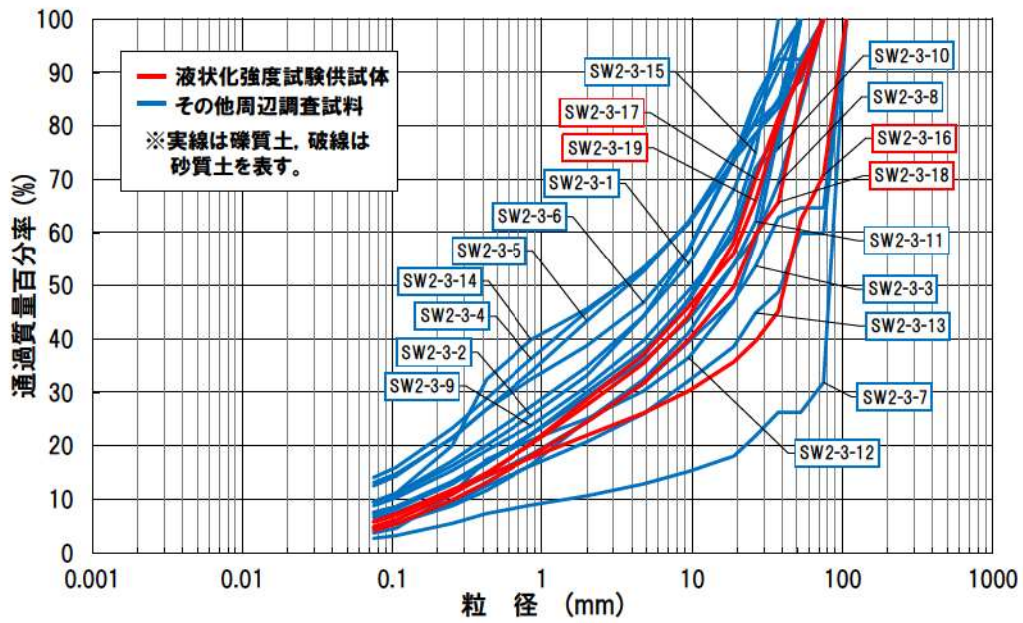
- ・ 試料採取位置は 1, 2 号炉の取放水設備工事により埋戻しされた範囲である。
- ・ 試料採取標高は T.P. 8.48m \sim -0.65m で、液状化強度試験の供試体は T.P. 0.40m \sim -0.65m で採取している。
- ・ ボーリング柱状図における粒度試験を実施した範囲の地質は砂礫である。
- ・ 粒度特性は、粒径加積曲線のばらつきが小さいこと、地盤工学会 JGS0051 に基づく地盤材料の工学的分類(以下、「三角座標による分類」という。)では礫質土のみで構成されていることを確認した。
- ・ 液状化強度試験の供試体は礫質土から採取しており、その粒度分布は他の礫質土の粒度分布の範囲に含まれる。

SW2-3 孔口標高 10.40m 掘進長 20.00m

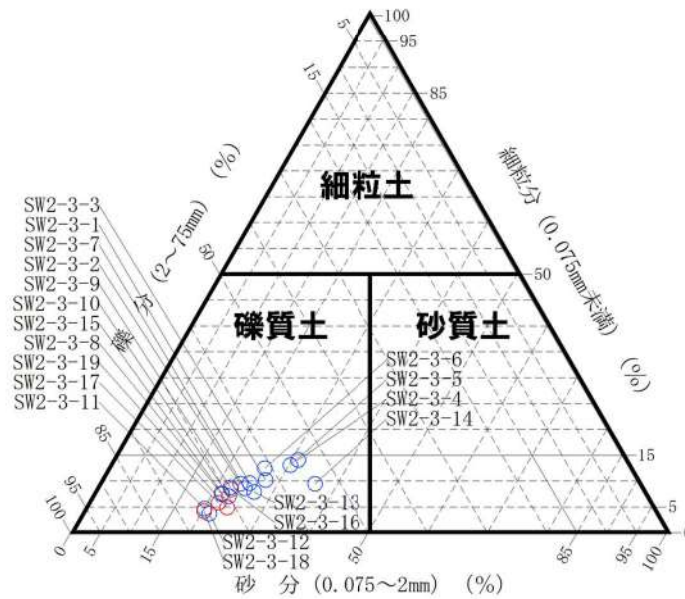


※ボーリング柱状図の地質名は、コア採取時に観察者が肉眼で判断したものであり、地盤材料の工学的分類結果による地質名と異なる場合がある。

添付 9-2 図 ボーリング柱状図 (SW2-3)



添付 9-3 図 粒径加積曲線 (SW2-3)



添付 9-4 図 三角座標による分類 (SW2-3)

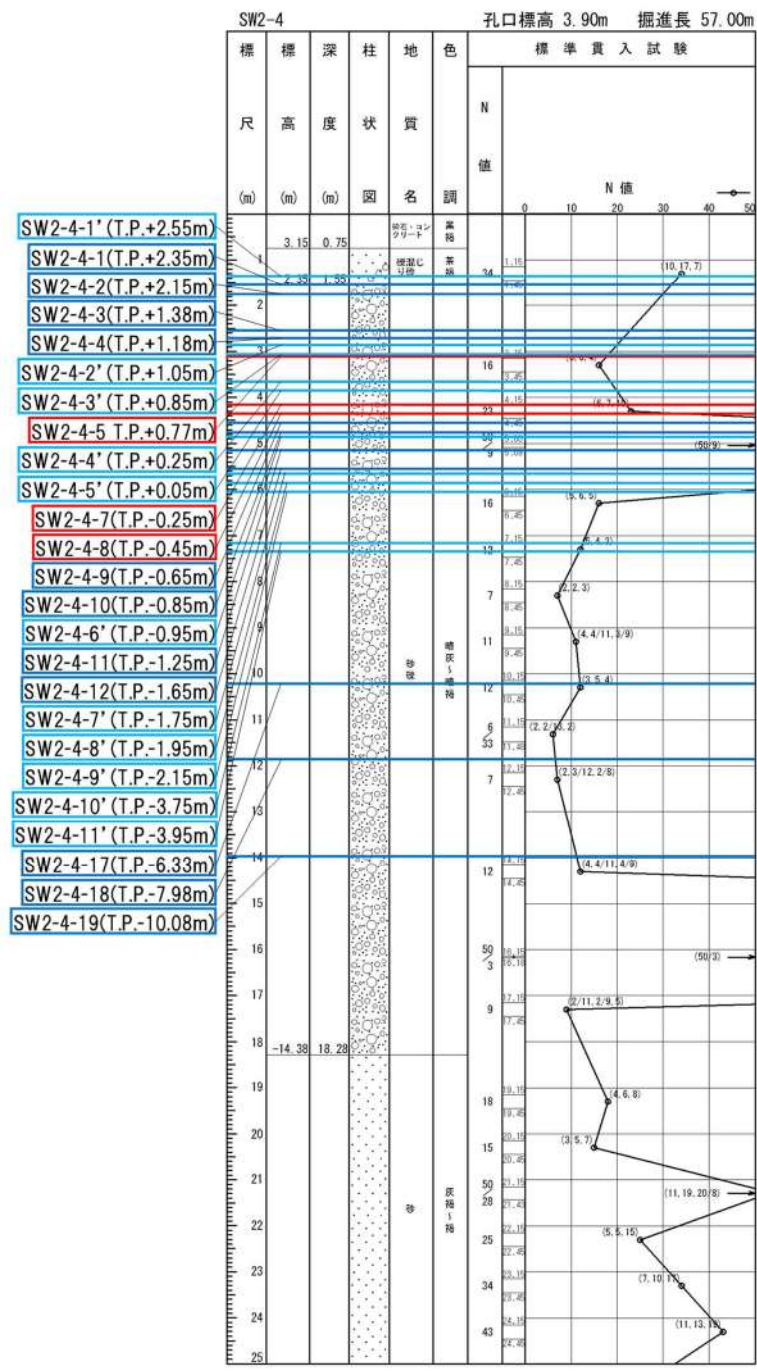
(2) SW2-4(1, 2号埋戻土)

本ボーリングにおける粒度試験の試料の採取位置、標高及びボーリング柱状図における地質とともに液状化強度試験の供試体について以下のとおり整理した。

本ボーリングにおける柱状図、粒径加積曲線及び三角座標による分類(地盤工学会 JGS0051 に基づく地盤材料の工学的分類)をそれぞれ添付 9-5 図、添付 9-6 図及び添付 9-7 図に示す。

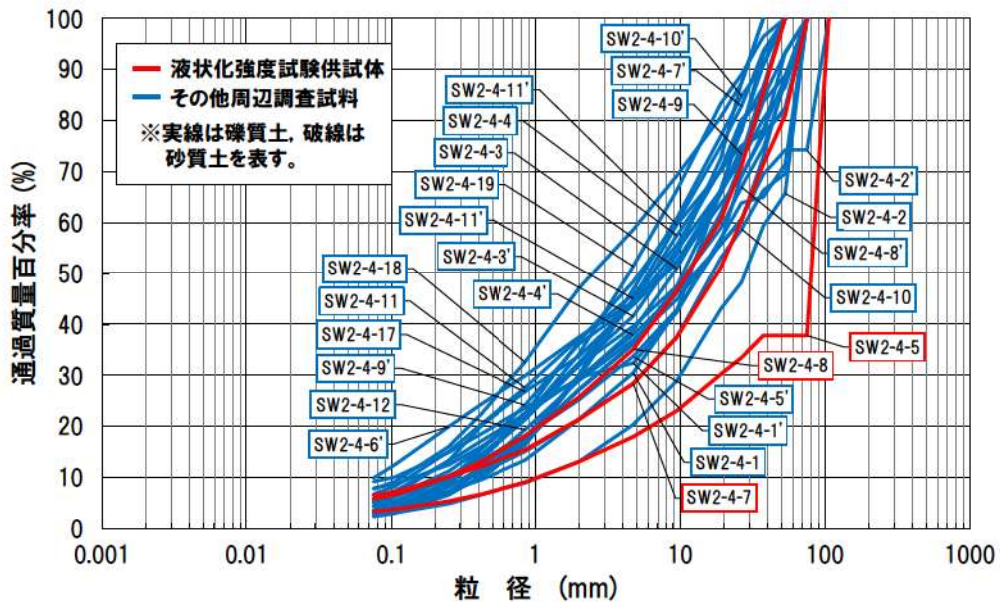
【粒度試験に用いた試料の採取位置等について】

- ・ 試料採取位置は 1, 2 号炉の埋立整地工事により埋戻された範囲である。
- ・ 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。
- ・ ボーリング柱状図における粒度試験を実施した範囲の地質は砂礫である。
- ・ 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。

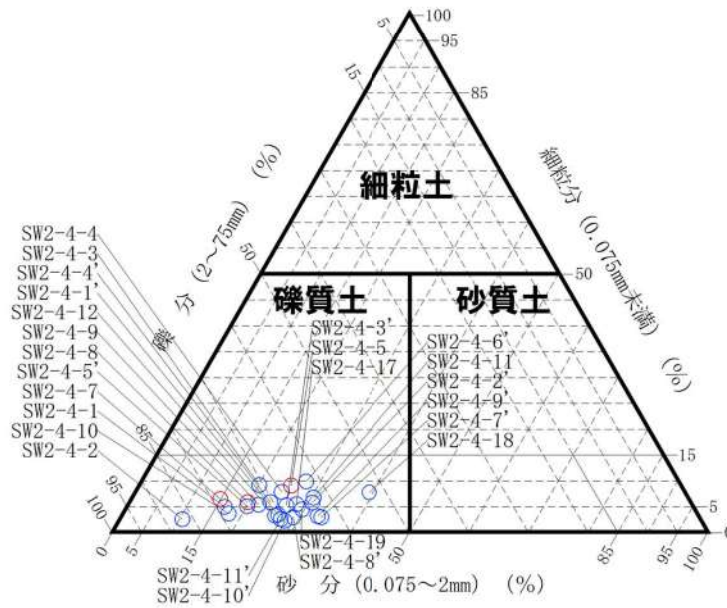


※ボーリング柱状図の地質名は、コア採取時に観察者が肉眼で判断したものであり、地盤材料の工学的分類結果による地質名と異なる場合がある。

添付 9-5 図 ボーリング柱状図(SW2-4)



添付 9-6 図 粒径加積曲線 (SW2-4)



添付 9-7 図 三角座標による分類 (SW2-4)

(3) BF1-2(1, 2号埋戻土)

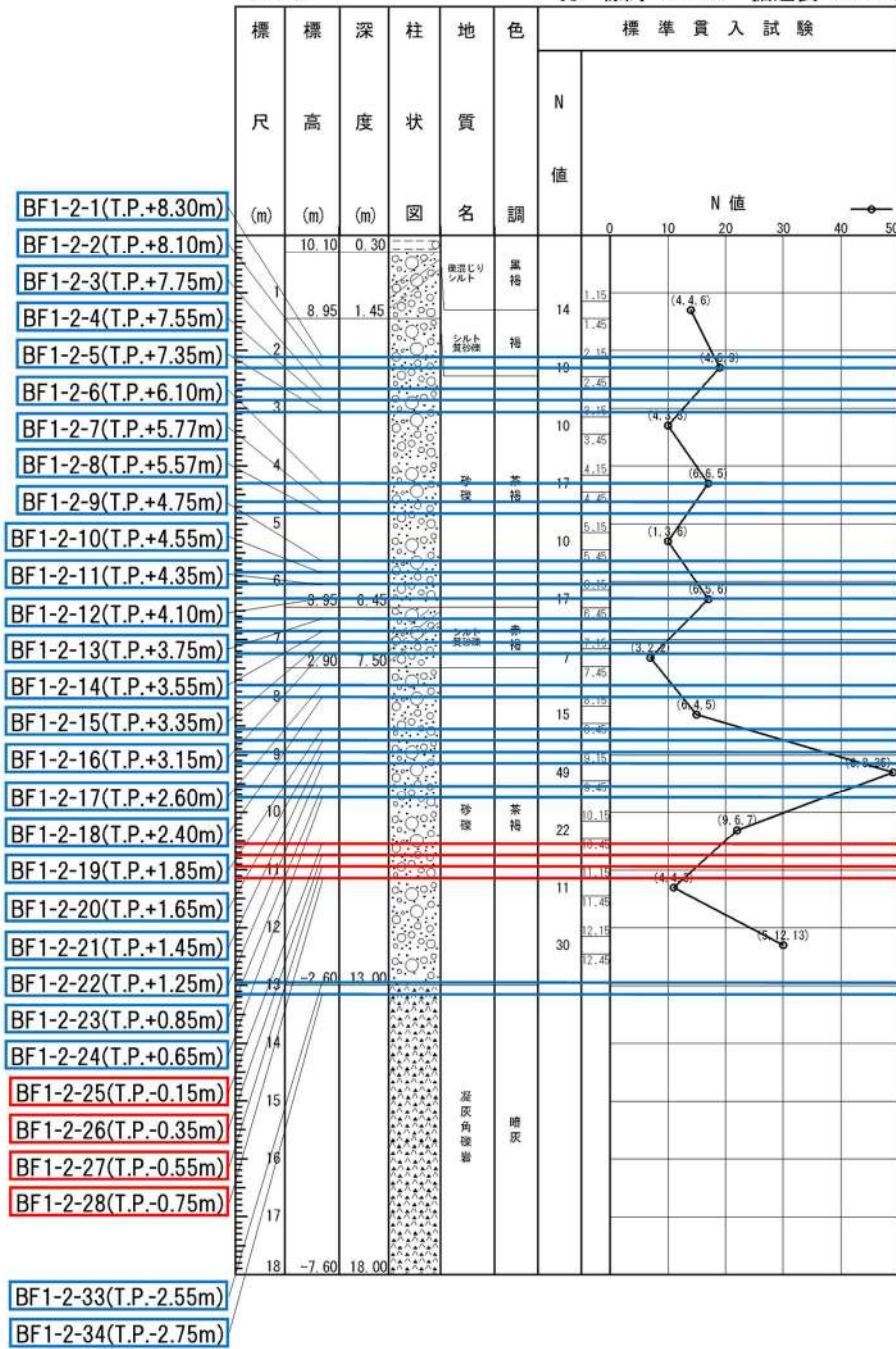
本ボーリングにおける粒度試験の試料の採取位置、標高及びボーリング柱状図における地質とともに液状化強度試験の供試体について以下のとおり整理した。

本ボーリングにおける柱状図、粒径加積曲線及び三角座標による分類(地盤工学会 JGS0051 に基づく地盤材料の工学的分類)をそれぞれ添付 9-8 図、添付 9-9 図及び添付 9-10 図に示す。

【粒度試験に用いた試料の採取位置等について】

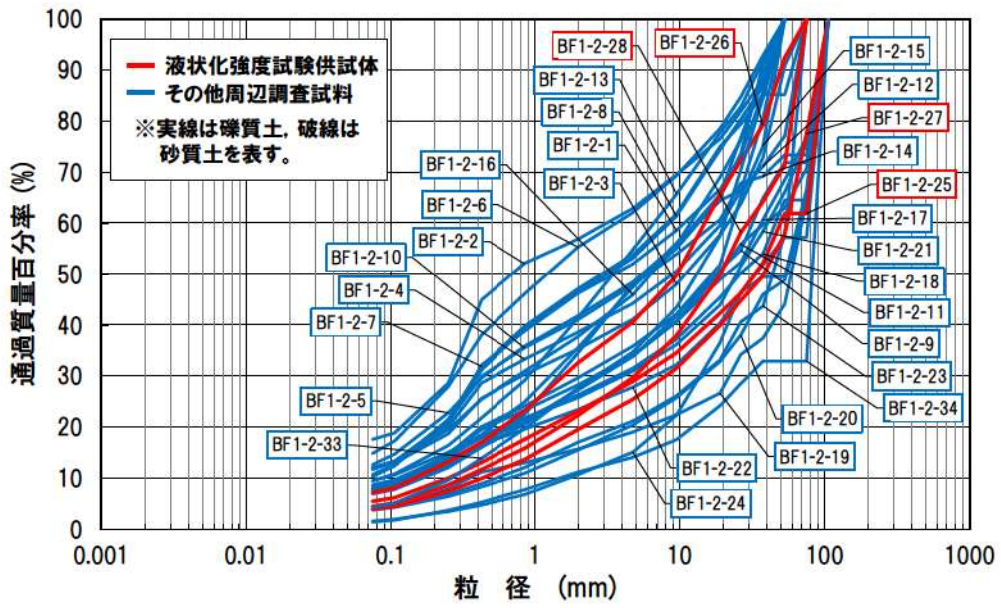
- ・ 試料採取位置は 1, 2 号炉の取放水設備工事により埋戻された範囲である。
- ・ 試料採取標高は T.P. 8.30m \sim -0.75m で、液状化強度試験の供試体は T.P. -0.15m \sim -0.75m で採取している。
- ・ ボーリング柱状図における粒度試験を実施した範囲の地質は砂礫及びシルト質砂礫である。
- ・ 粒度特性は、粒径加積曲線のばらつきが小さいこと、三角座標による分類では礫質土のみで構成されていることを確認した。
- ・ 液状化強度試験の供試体は礫質土から採取しており、その粒度分布は他の礫質土の粒度分布の範囲に含まれる。

BF1-2 孔口標高 10.40m 掘進長 18.00m

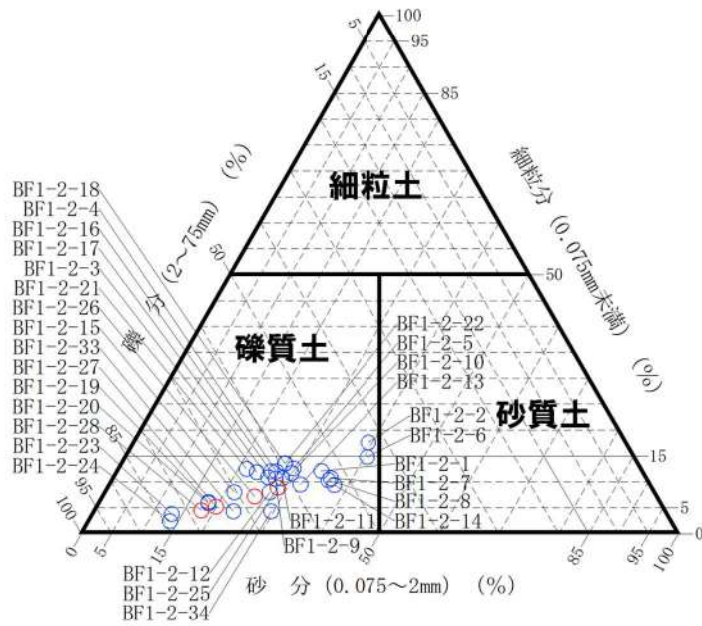


※ボーリング柱状図の地質名は、コア採取時に観察者が肉眼で判断したものであり、地盤材料の工学的分類結果による地質名と異なる場合がある。

添付 9-8 図 ボーリング柱状図 (BF1-2)



添付 9-9 図 粒径加積曲線 (BF1-2)



添付 9-10 図 三角座標による分類 (BF1-2)

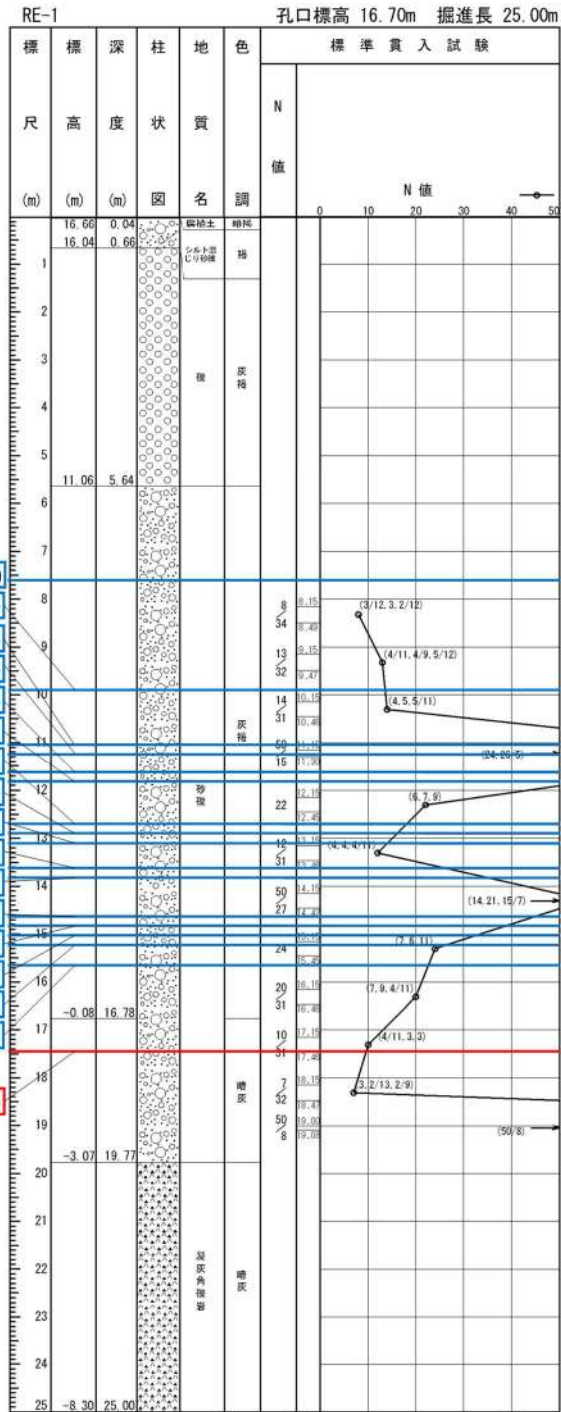
(4) RE-1(1, 2号埋戻土)

本ボーリングにおける粒度試験の試料の採取位置、標高及びボーリング柱状図における地質とともに液状化強度試験の供試体について以下のとおり整理した。

本ボーリングにおける柱状図、粒径加積曲線及び三角座標による分類(地盤工学会 JGS0051 に基づく地盤材料の工学的分類)をそれぞれ添付 9-11 図、添付 9-12 図及び添付 9-13 図に示す。

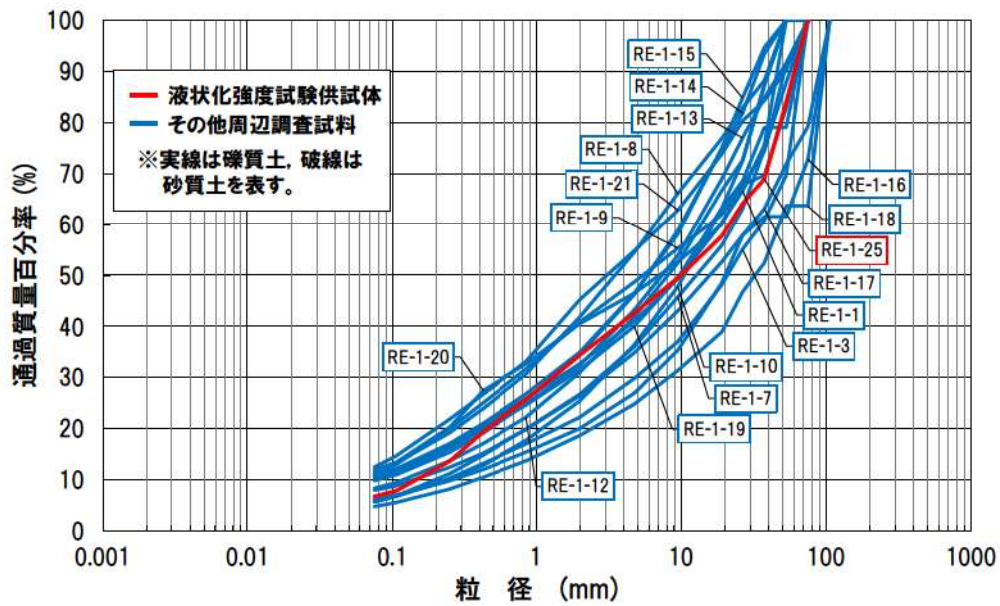
【粒度試験に用いた試料の採取位置等について】

- ・ 試料採取位置は 1, 2 号炉の埋立整地工事により埋戻された範囲である。
- ・ 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。
- ・ ボーリング柱状図における粒度試験を実施した範囲の地質は砂礫である。
- ・ 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、その粒度分布は他の礫質土の粒度分布の範囲に含まれる。

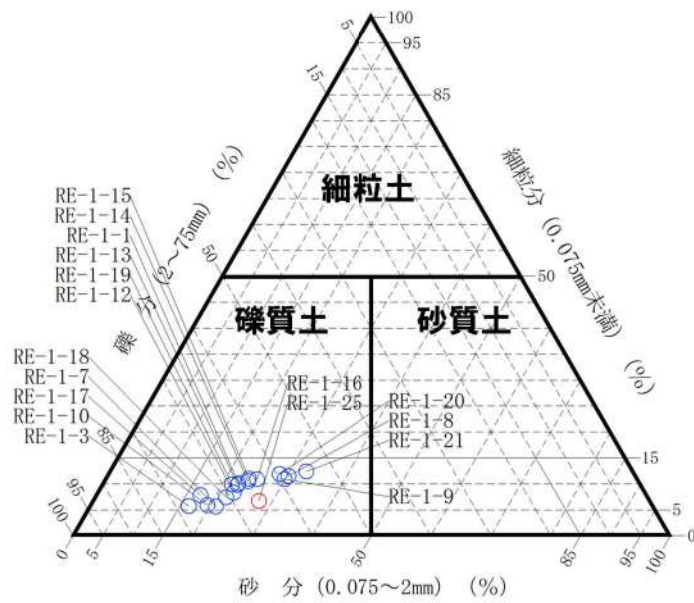


※ボーリング柱状図の地質名は、コア採取時に観察者が肉眼で判断したものであり、地盤材料の工学的分類結果による地質名と異なる場合がある。

添付 9-11 図 ボーリング柱状図(RE-1)



添付 9-12 図 粒径加積曲線 (RE-1)



添付 9-13 図 三角座標による分類 (RE-1)

(5) RE-2(1, 2号埋戻土)

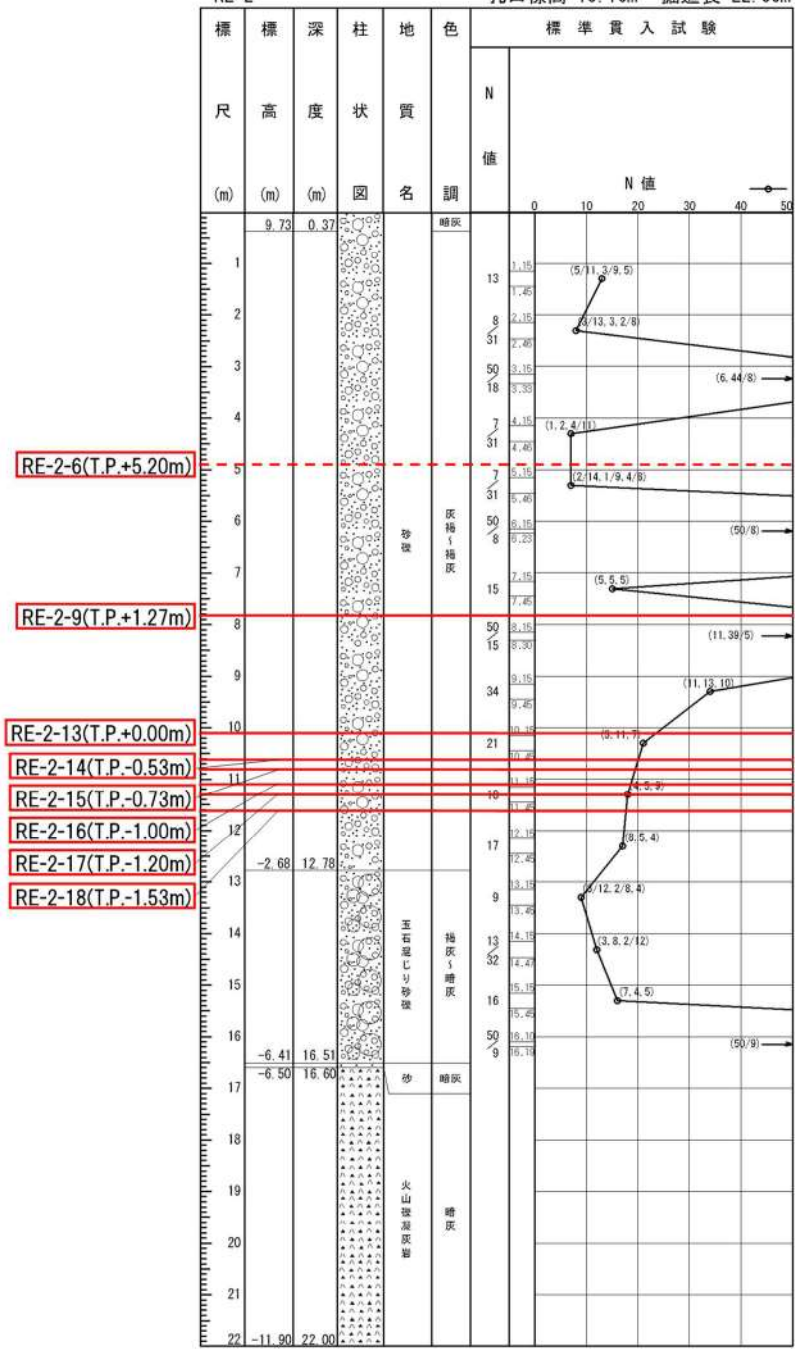
本ボーリングにおける粒度試験の試料の採取位置、標高及びボーリング柱状図における地質とともに液状化強度試験の供試体について以下のとおり整理した。

本ボーリングにおける柱状図、粒径加積曲線及び三角座標による分類(地盤工学会 JGS0051 に基づく地盤材料の工学的分類)をそれぞれ添付 9-14 図、添付 9-15 図及び添付 9-16 図に示す。

【粒度試験に用いた試料の採取位置等について】

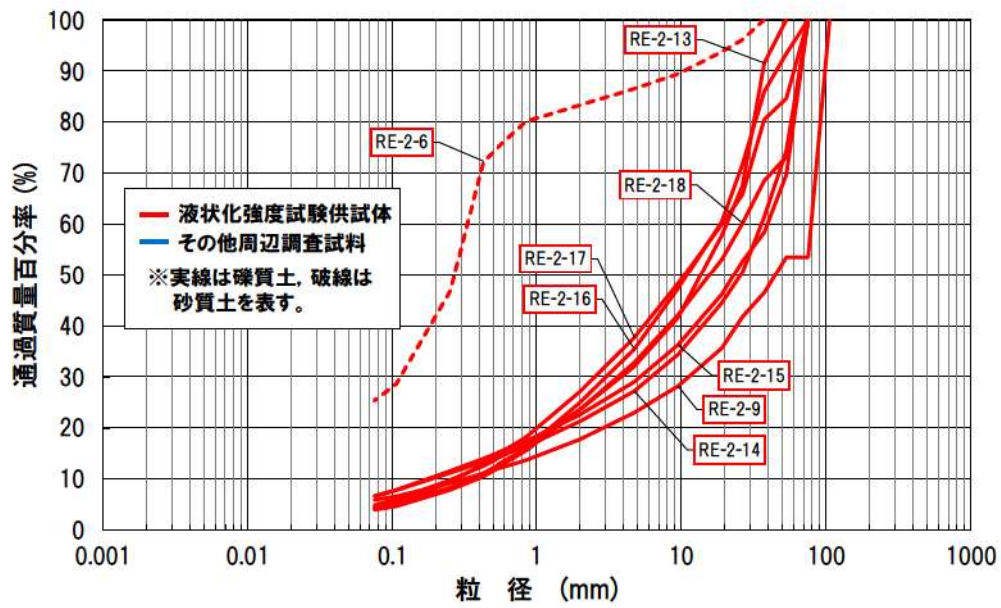
- ・ 試料採取位置は 1, 2 号炉の埋立整地工事により埋戻された範囲である。
- ・ 試料採取標高は T.P. 5. 20m～-1. 53m で、液状化強度試験の供試体も粒度試験と同じ標高から採取している。
- ・ ボーリング柱状図における粒度試験を実施した範囲の地質は礫である。
- ・ 粒度特性は、粒径加積曲線のばらつきが大きいこと、三角座標による分類では礫質土と砂質土で構成されていることを確認した。
- ・ 液状化強度試験の供試体は礫質土及び砂質土のそれぞれから採取している。

RE-2 孔口標高 10.10m 掘進長 22.00m

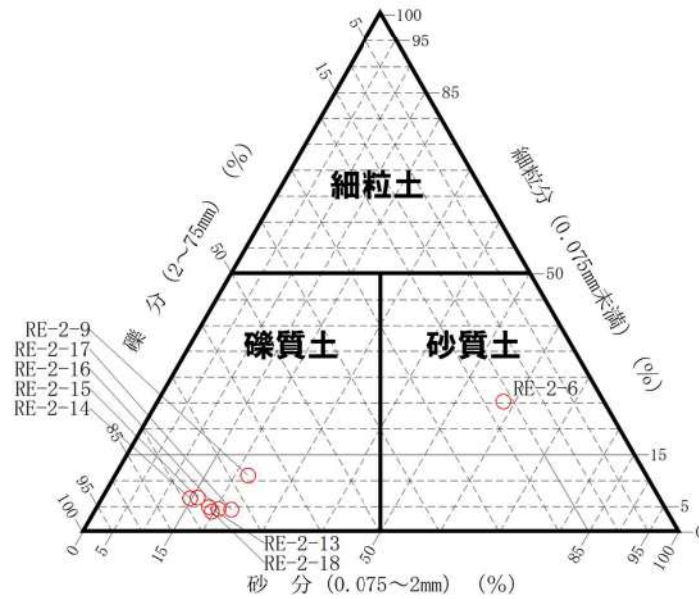


※ボーリング柱状図の地質名は、コア採取時に観察者が肉眼で判断したものであり、地盤材料の工学的分類結果による地質名と異なる場合がある。

添付 9-14 図 ボーリング柱状図 (RE-2)



添付 9-15 図 粒径加積曲線 (RE-2)



添付 9-16 図 三角座標による分類 (RE-2)

(6) RE-3(1, 2号埋戻土)

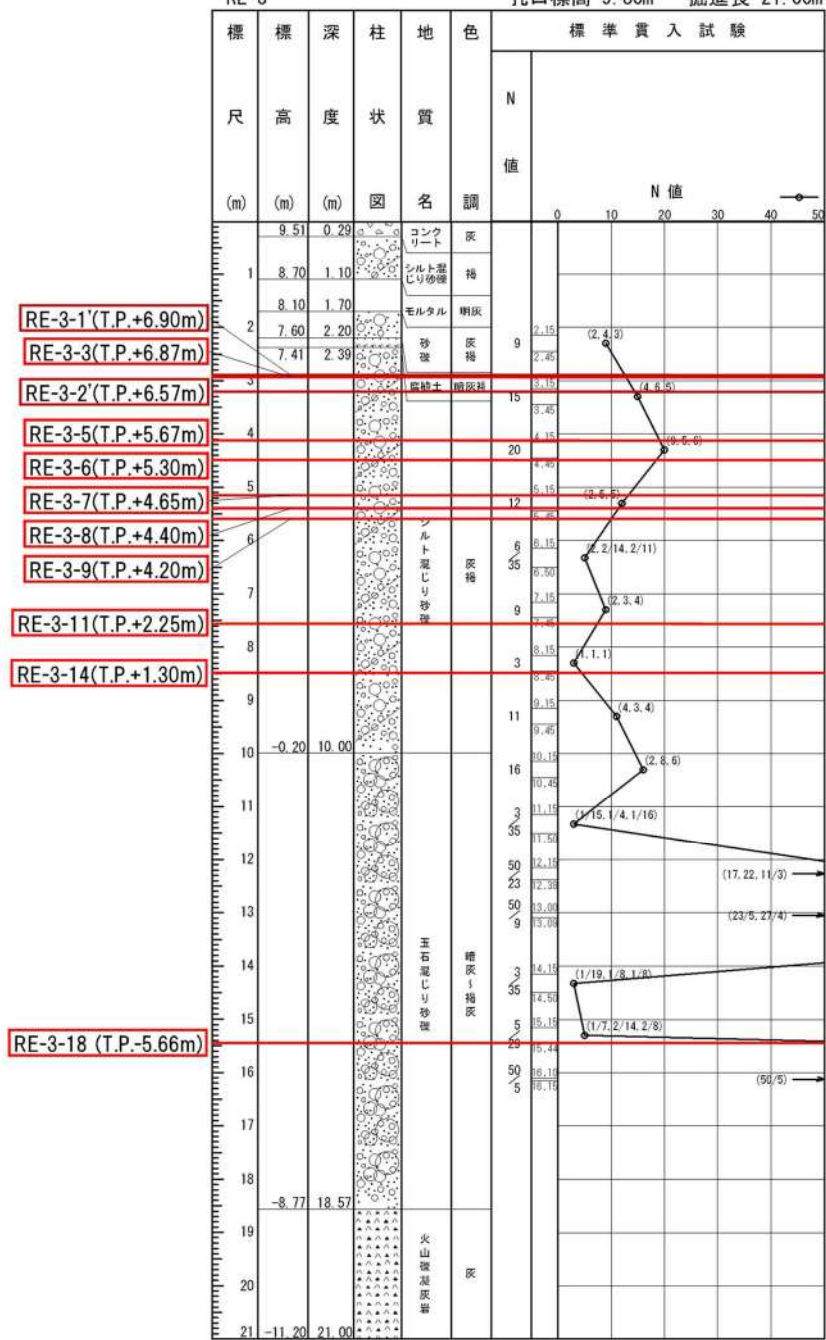
本ボーリングにおける粒度試験の試料の採取位置、標高及びボーリング柱状図における地質とともに液状化強度試験の供試体について以下のとおり整理した。

本ボーリングにおける柱状図、粒径加積曲線及び三角座標による分類(地盤工学会 JGS0051 に基づく地盤材料の工学的分類)をそれぞれ添付 9-17 図、添付 9-18 図及び添付 9-19 図に示す。

【粒度試験に用いた試料の採取位置等について】

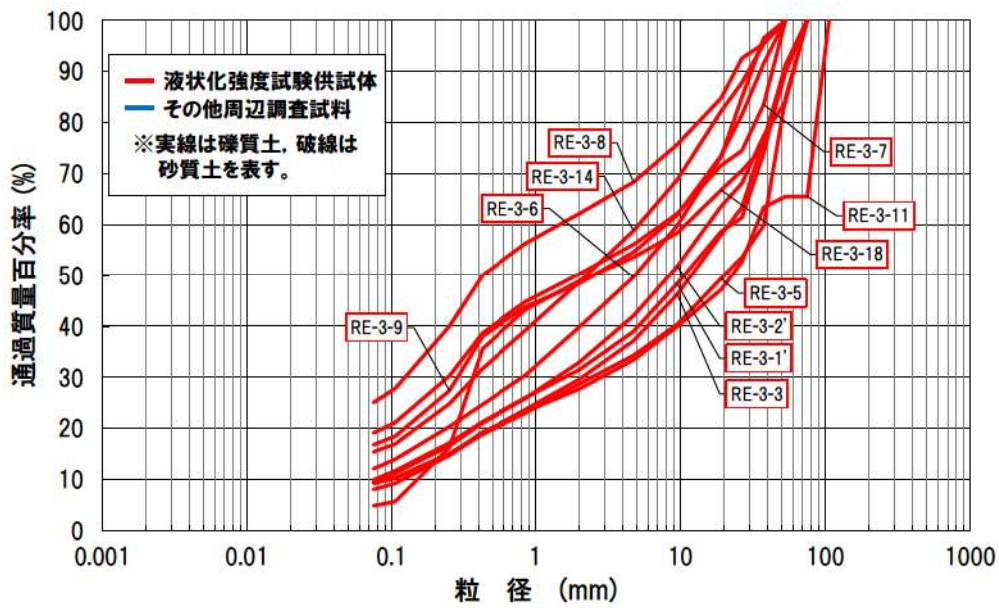
- ・ 試料採取位置は 1, 2 号炉の取放水設備工事により埋戻された範囲である。
- ・ 試料採取標高は T.P. 6.90m~-5.66m で、液状化強度試験の供試体も粒度試験と同じ標高から採取している。
- ・ ボーリング柱状図における粒度試験を実施した範囲の地質はシルト混じり砂礫及び玉石混じり砂礫である。
- ・ 粒度特性は、粒径加積曲線のばらつきが小さいこと、三角座標による分類では礫質土のみで構成されていることを確認した。
- ・ 液状化強度試験の供試体は礫質土から採取している。

RE-3 孔口標高 9.80m 掘進長 21.00m

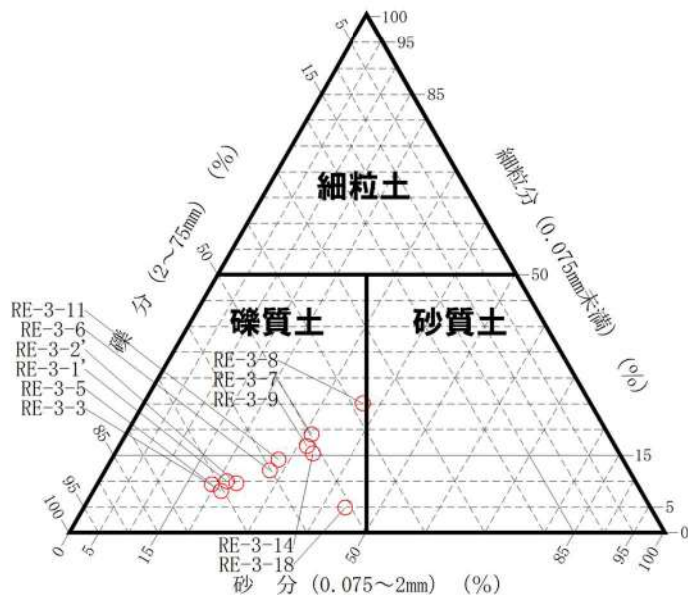


※ボーリング柱状図の地質名は、コア採取時に観察者が肉眼で判断したものであり、地盤材料の工学的分類結果による地質名と異なる場合がある。

添付 9-17 図 ボーリング柱状図 (RE-3)



添付 9-18 図 粒径加積曲線 (RE-3)



添付 9-19 図 三角座標による分類 (RE-3)

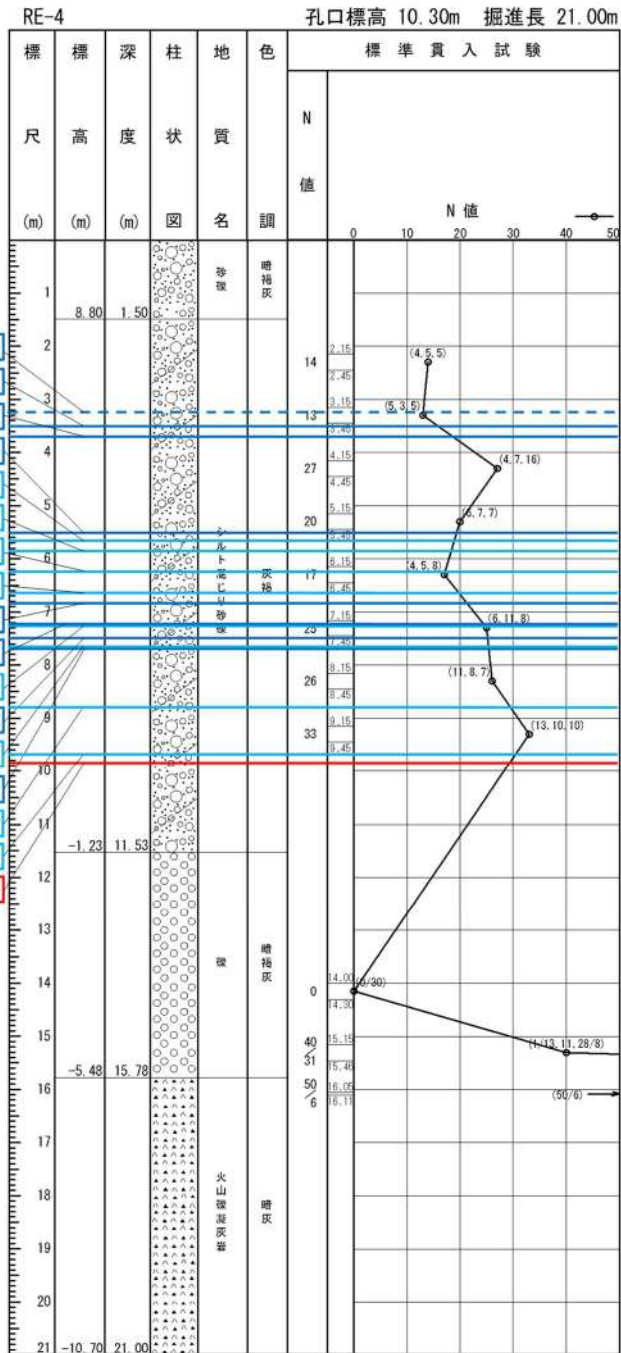
(7) RE-4(1, 2号埋戻土)

本ボーリングにおける粒度試験の試料の採取位置, 標高及びボーリング柱状図における地質とともに液状化強度試験の供試体について以下のとおり整理した。

本ボーリングにおける柱状図, 粒径加積曲線及び三角座標による分類(地盤工学会 JGS0051 に基づく地盤材料の工学的分類)をそれぞれ添付 9-20 図, 添付 9-21 図及び添付 9-22 図に示す。

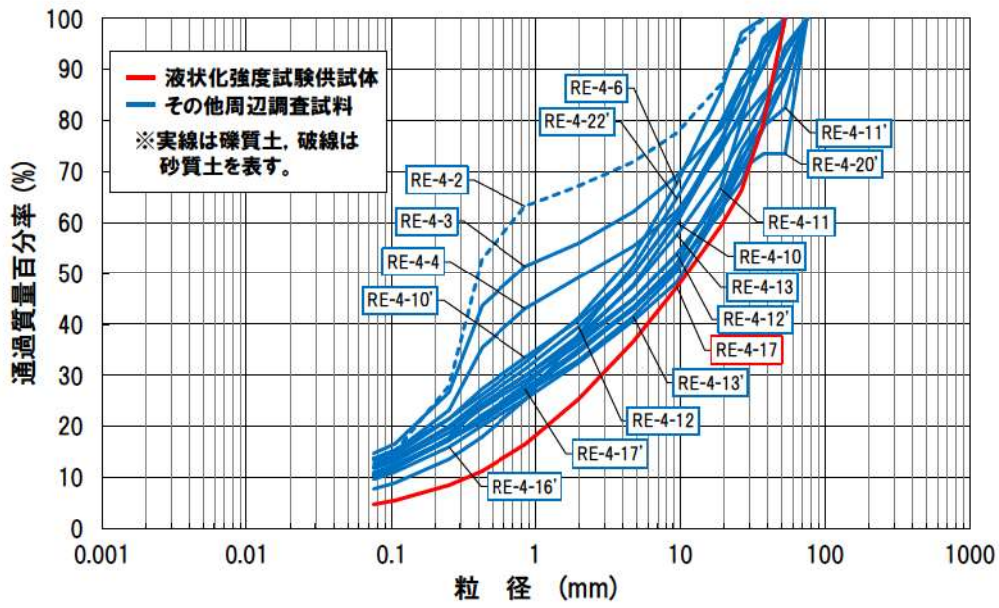
【粒度試験に用いた試料の採取位置等について】

- ・ 試料採取位置は 1, 2 号炉の取放水設備工事により埋戻された範囲である。
- ・ 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。
- ・ ボーリング柱状図における粒度試験を実施した範囲の地質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。

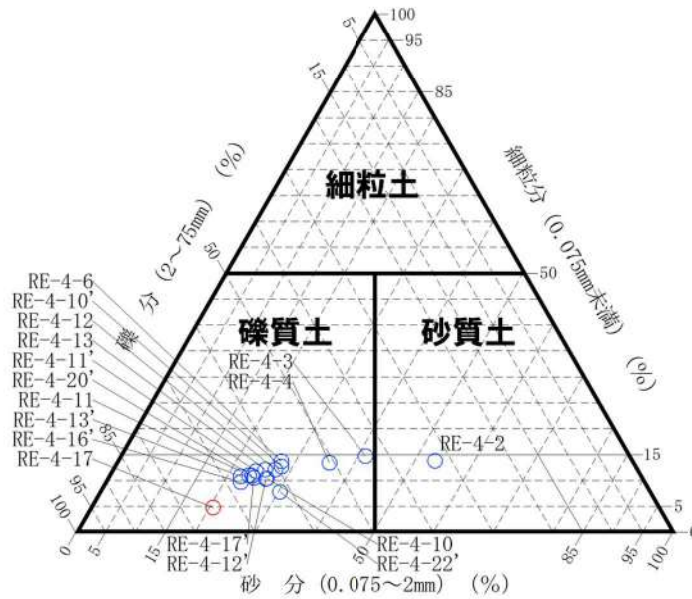


※ボーリング柱状図の地質名は、コア採取時に観察者が肉眼で判断したものであり、地盤材料の工学的分類結果による地質名と異なる場合がある。

添付 9-20 図 ボーリング柱状図(RE-4)



添付 9-21 図 粒径加積曲線 (RE-4)



添付 9-22 図 三角座標による分類 (RE-4)

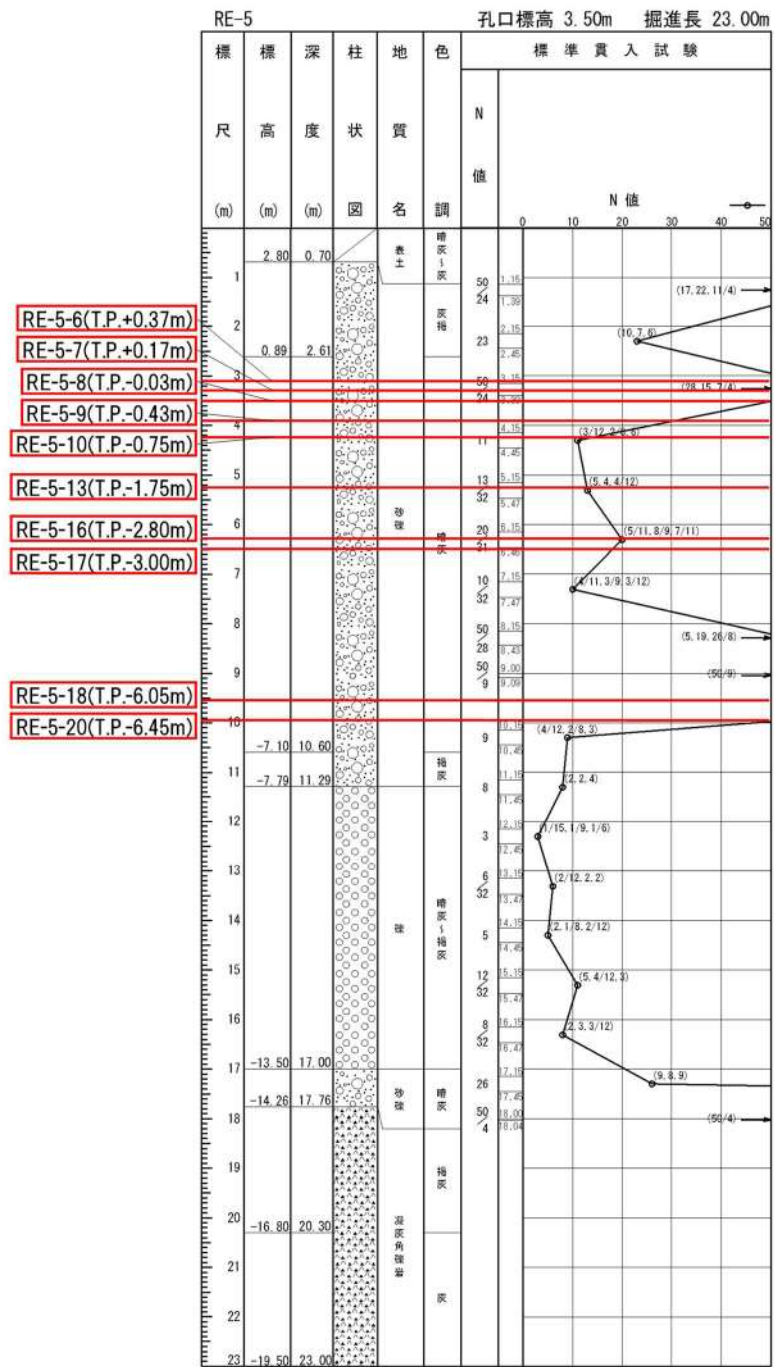
(8) RE-5(1, 2号埋戻土)

本ボーリングにおける粒度試験の試料の採取位置、標高及びボーリング柱状図における地質とともに液状化強度試験の供試体について以下のとおり整理した。

本ボーリングにおける柱状図、粒径加積曲線及び三角座標による分類(地盤工学会 JGS0051 に基づく地盤材料の工学的分類)をそれぞれ添付 9-23 図、添付 9-24 図及び添付 9-25 図に示す。

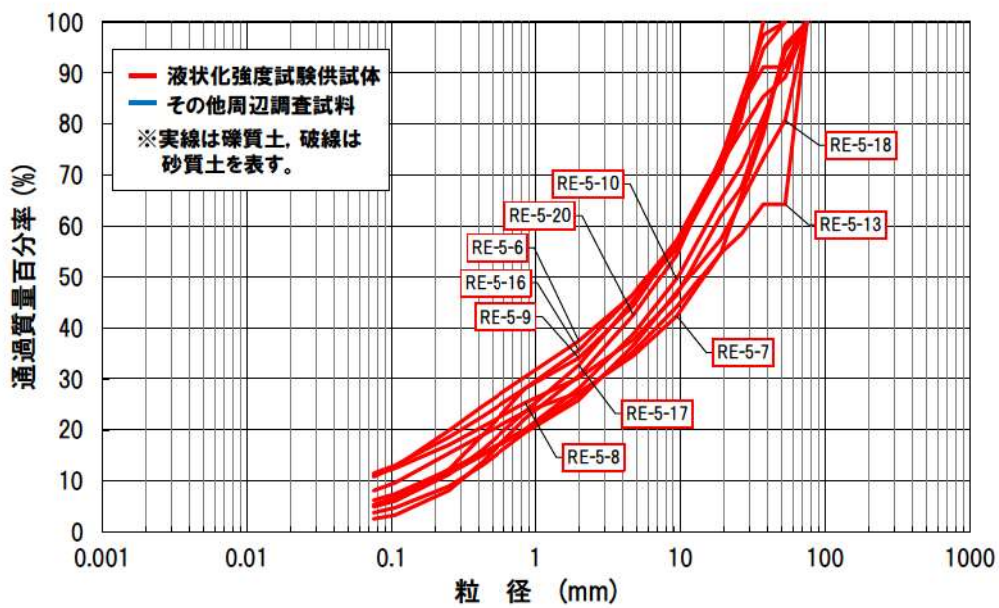
【粒度試験に用いた試料の採取位置等について】

- ・ 試料採取位置は 1, 2 号炉の埋立整地工事により埋戻された範囲である。
- ・ 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。
- ・ ボーリング柱状図における粒度試験を実施した範囲の地質は砂礫である。
- ・ 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。

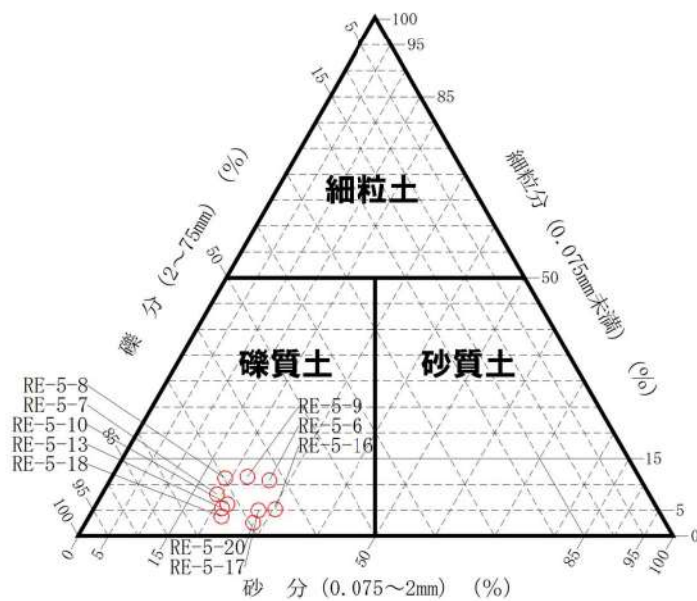


※ボーリング柱状図の地質名は、コア採取時に観察者が肉眼で判断したものであり、地盤材料の工学的分類結果による地質名と異なる場合がある。

添付 9-23 図 ボーリング柱状図(RE-5)



添付 9-24 図 粒径加積曲線 (RE-5)



添付 9-25 図 三角座標による分類 (RE-5)

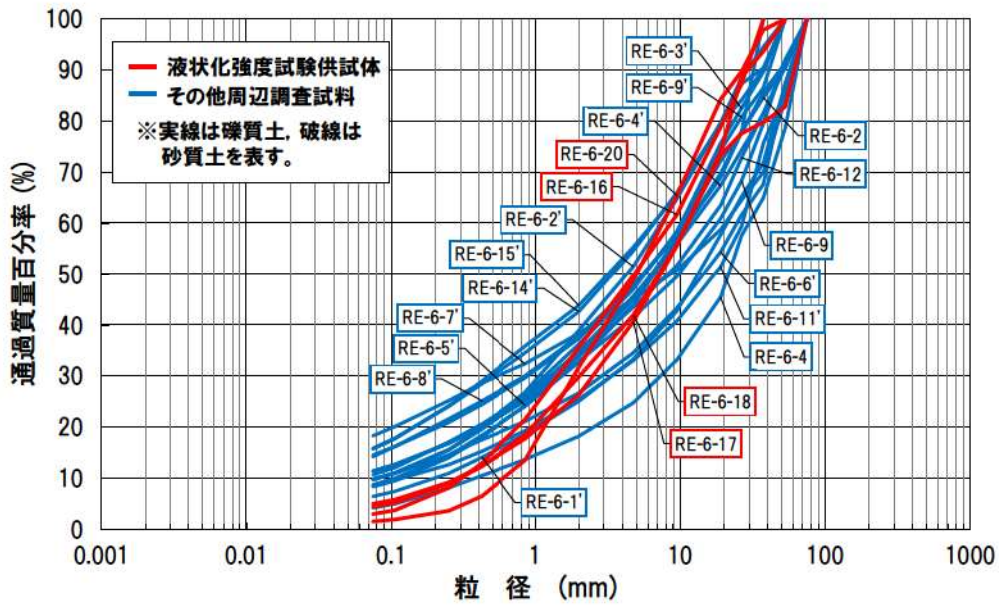
(9) RE-6(1, 2号埋戻土)

本ボーリングにおける粒度試験の試料の採取位置, 標高及びボーリング柱状図における地質とともに液状化強度試験の供試体について以下のとおり整理した。

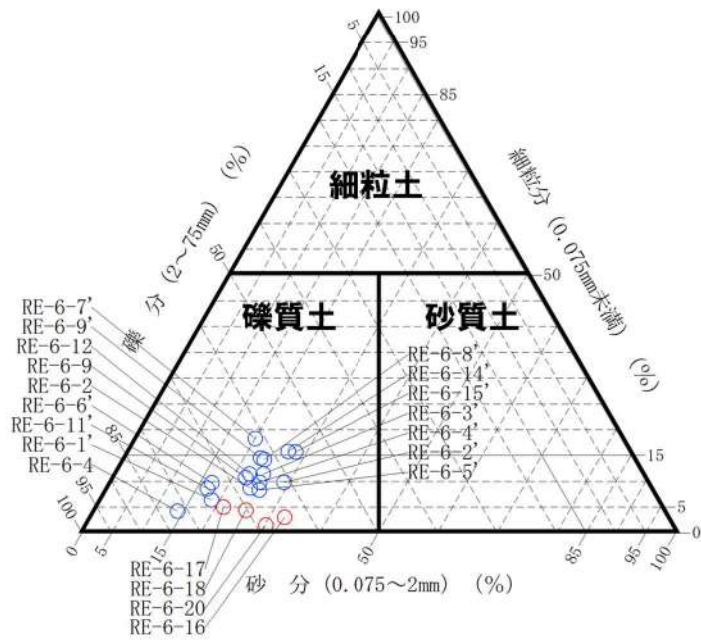
本ボーリングにおける柱状図, 粒径加積曲線及び三角座標による分類(地盤工学会 JGS0051 に基づく地盤材料の工学的分類)をそれぞれ添付 9-26 図, 添付 9-27 図及び添付 9-28 図に示す。

【粒度試験に用いた試料の採取位置等について】

- ・ 試料採取位置は 1, 2 号炉の埋立整地工事により埋戻された範囲である。
- ・ 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。
- ・ ボーリング柱状図における粒度試験を実施した範囲の地質は砂礫である。
- ・ 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, その粒度分布は他の礫質土の粒度分布の範囲に含まれる。



添付 9-27 図 粒径加積曲線 (RE-6)



添付 9-28 図 三角座標による分類 (RE-6)

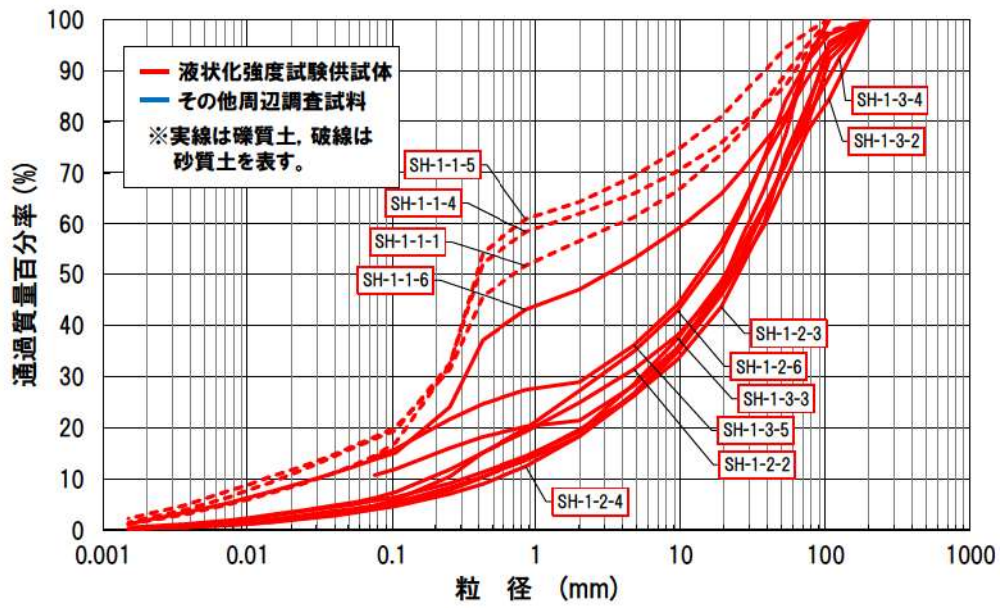
(10) SH-1(1, 2号埋戻土)

本ボーリングにおける粒度試験の試料の採取位置、標高及びボーリング柱状図における地質とともに液状化強度試験の供試体について以下のとおり整理した。

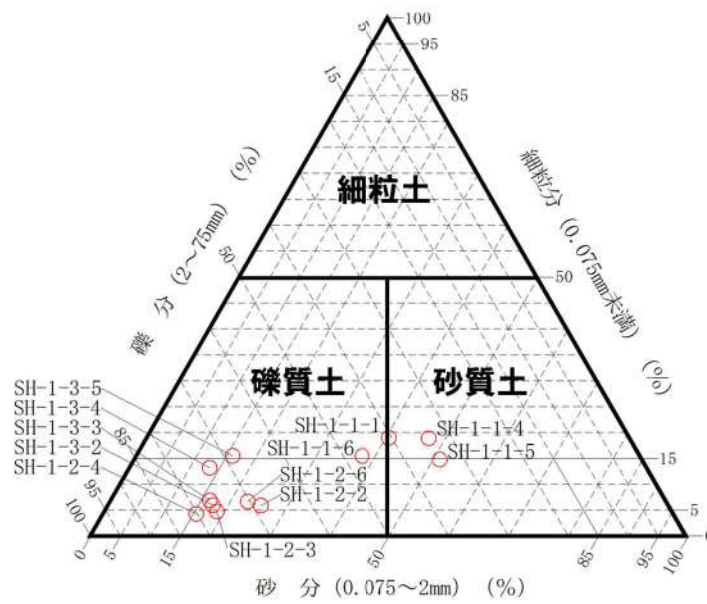
本ボーリングにおける柱状図、粒径加積曲線及び三角座標による分類(地盤工学会 JGS0051 に基づく地盤材料の工学的分類)をそれぞれ添付 9-29 図、添付 9-30 図及び添付 9-31 図に示す。

【粒度試験に用いた試料の採取位置等について】

- ・ 試料採取位置は 1, 2 号炉の埋立整地工事により埋戻された範囲である。
- ・ 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。
- ・ ボーリング柱状図における粒度試験を実施した範囲の地質は礫及び砂礫である。
- ・ 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及び砂質土のそれぞれから採取している。



添付 9-30 図 粒径加積曲線 (SH-1)



添付 9-31 図 三角座標による分類 (SH-1)

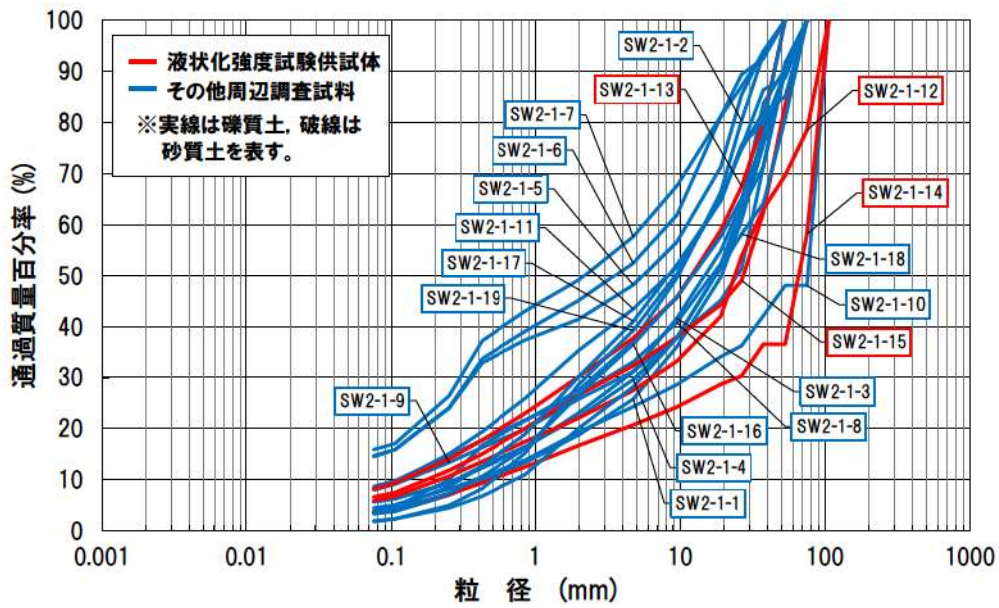
(11) SW2-1(3号埋戻土)

本ボーリングにおける粒度試験の試料の採取位置、標高及びボーリング柱状図における地質とともに液状化強度試験の供試体について以下のとおり整理した。

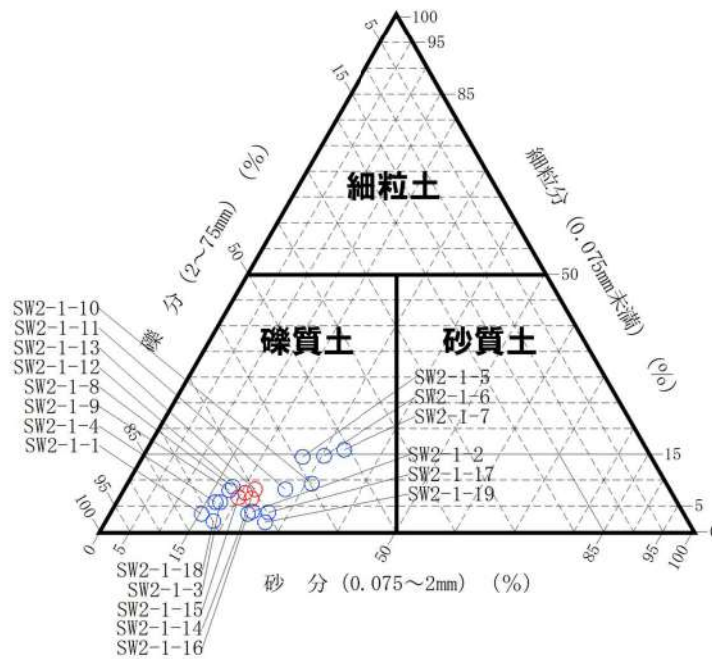
本ボーリングにおける柱状図、粒径加積曲線及び三角座標による分類(地盤工学会 JGS0051 に基づく地盤材料の工学的分類)をそれぞれ添付 9-32 図、添付 9-33 図及び添付 96-34 図に示す。

【粒度試験に用いた試料の採取位置等について】

- ・ 試料採取位置は 3 号炉の埋立整地工事により埋戻された範囲である。
- ・ 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。
- ・ ボーリング柱状図における粒度試験を実施した範囲の地質は砂礫及び礫混じり砂である。
- ・ 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。



添付 9-33 図 粒径加積曲線 (SW2-1)



添付 9-34 図 三角座標による分類 (SW2-1)

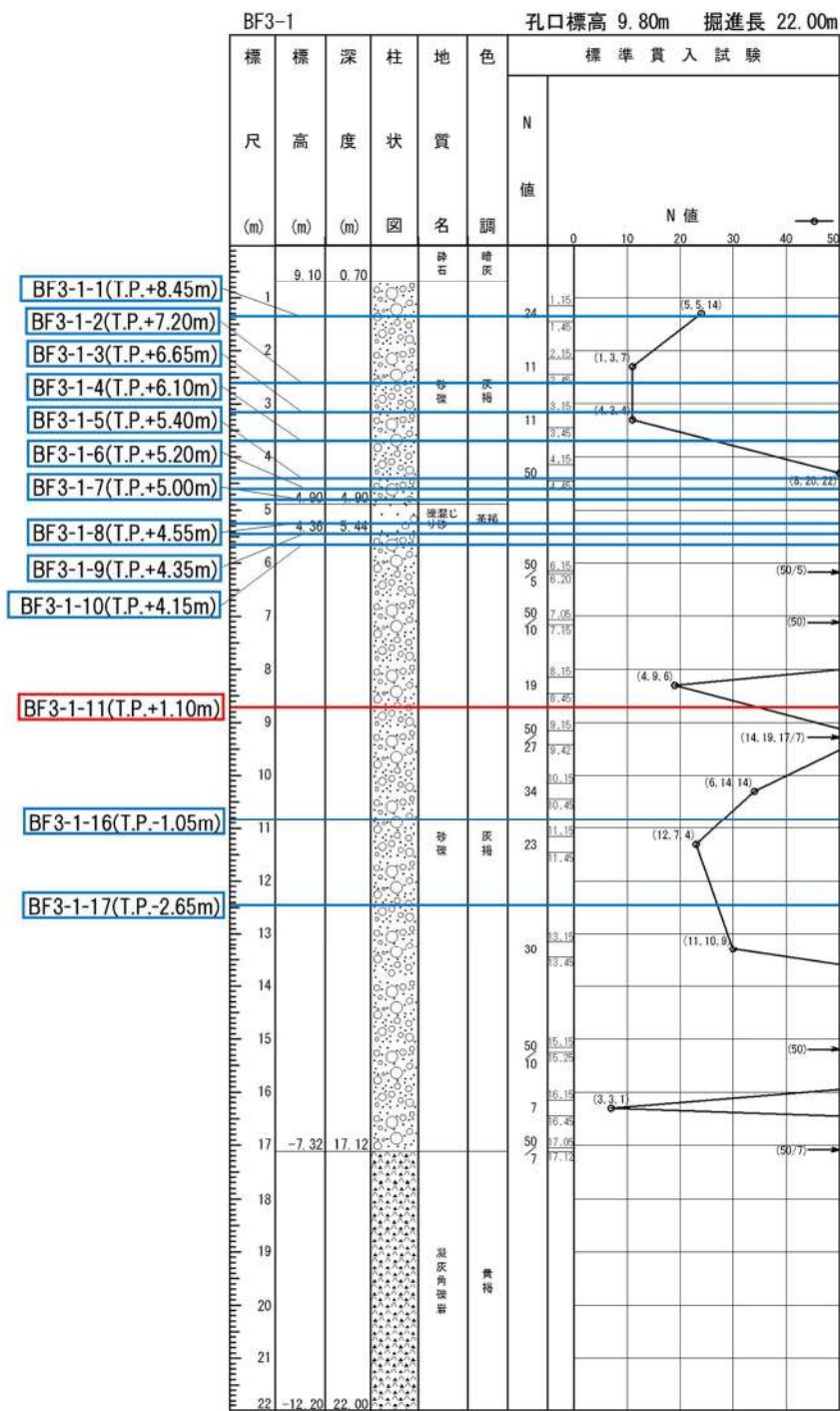
(12) BF3-1(3号埋戻土)

本ボーリングにおける粒度試験の試料の採取位置、標高及びボーリング柱状図における地質とともに液状化強度試験の供試体について以下のとおり整理した。

本ボーリングにおける柱状図、粒径加積曲線及び三角座標による分類(地盤工学会 JGS0051 に基づく地盤材料の工学的分類)をそれぞれ添付 9-35 図、添付 9-36 図及び添付 9-37 図に示す。

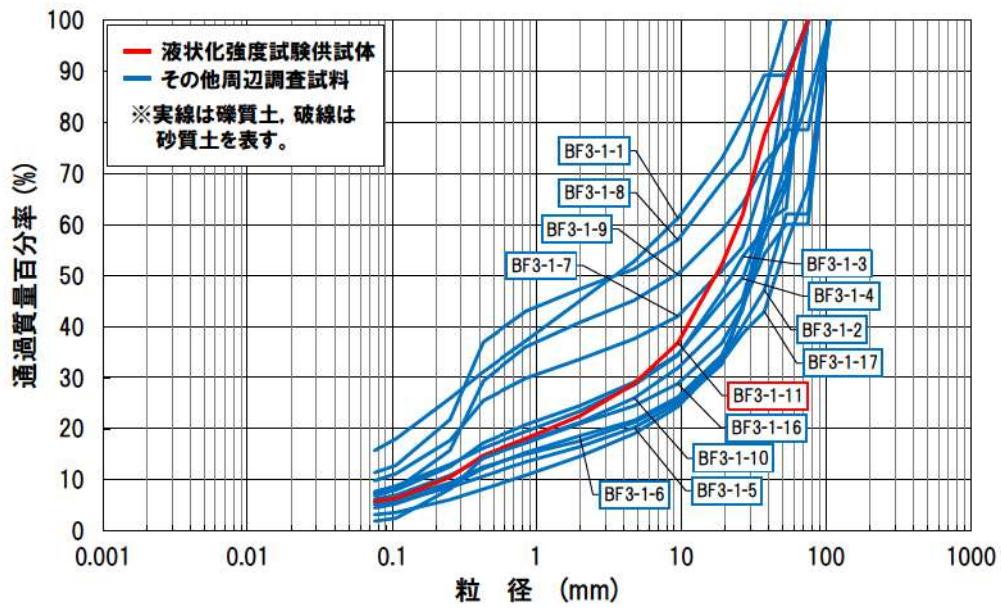
【粒度試験に用いた試料の採取位置等について】

- ・ 試料採取位置は 3 号炉の取放水設備工事により埋戻された範囲である。
- ・ 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。
- ・ ボーリング柱状図における粒度試験を実施した範囲の地質は砂礫及び礫混じり砂である。
- ・ 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、その粒度分布は他の礫質土の粒度分布の範囲に含まれる。

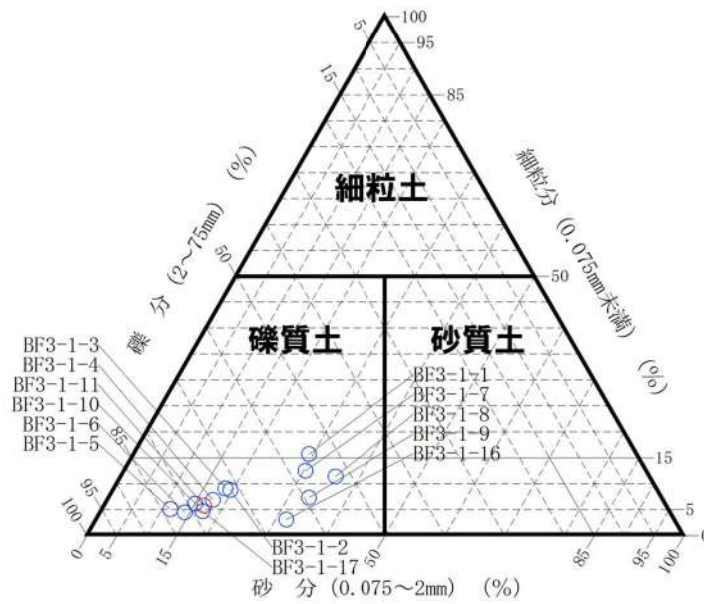


※ボーリング柱状図の地質名は、コア採取時に観察者が肉眼で判断したものであり、地盤材料の工学的分類結果による地質名と異なる場合がある。

添付 9-35 図 ボーリング柱状図 (BF3-1)



添付 9-36 図 粒径加積曲線 (BF3-1)



添付 9-37 図 三角座標による分類 (BF3-1)

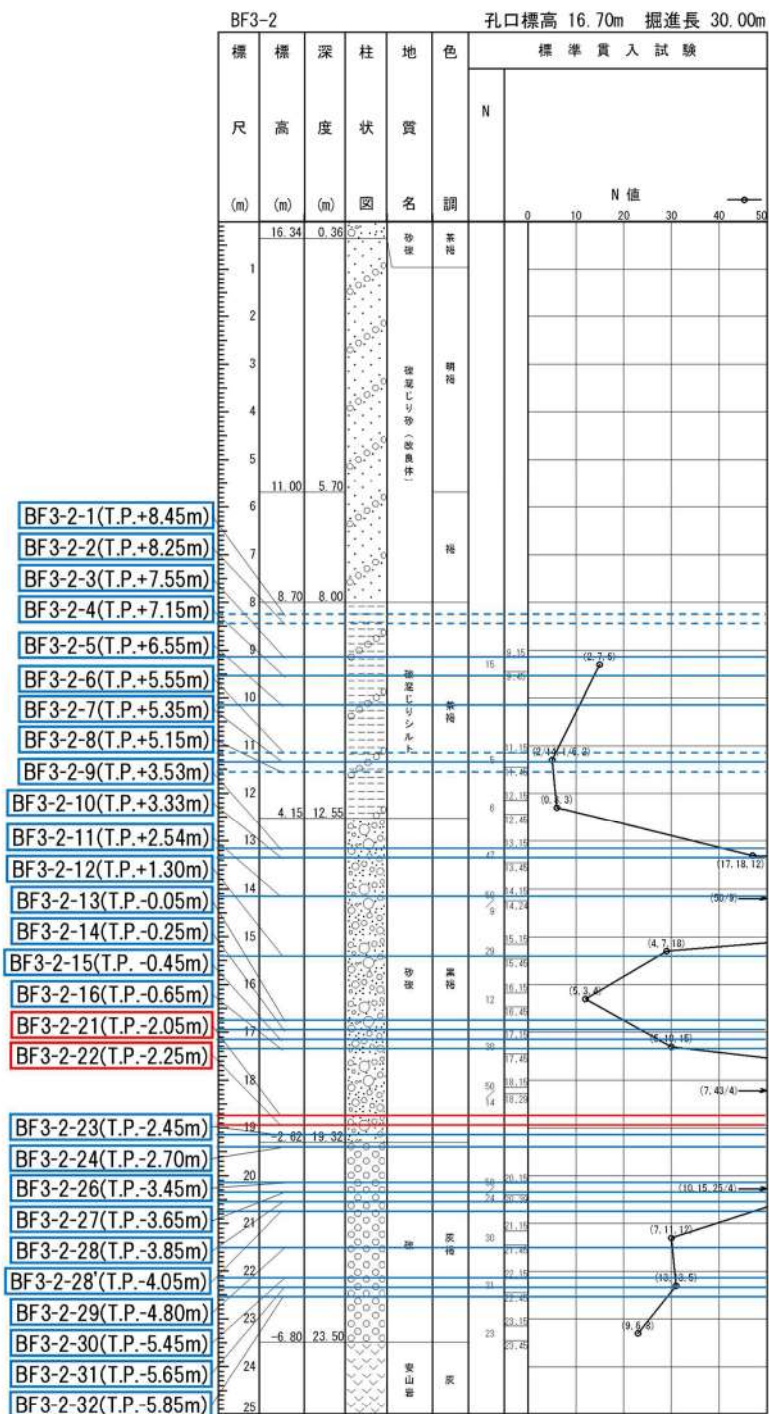
(13) BF3-2(3号埋戻土)

本ボーリングにおける粒度試験の試料の採取位置、標高及びボーリング柱状図における地質とともに液状化強度試験の供試体について以下のとおり整理した。

本ボーリングにおける柱状図、粒径加積曲線及び三角座標による分類(地盤工学会 JGS0051 に基づく地盤材料の工学的分類)をそれぞれ添付 9-38 図、添付 9-39 図及び添付 9-40 図に示す。

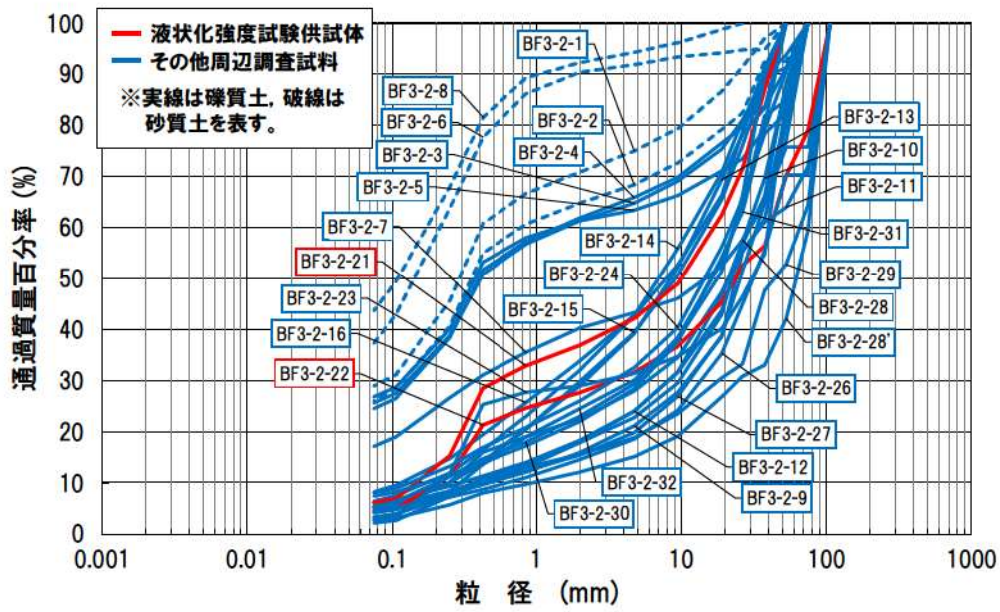
【粒度試験に用いた試料の採取位置等について】

- ・ 試料採取位置は 3 号炉の取放水設備工事により埋戻された範囲である。
- ・ 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。
- ・ ボーリング柱状図における粒度試験を実施した範囲の地質は礫、砂礫及び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、その粒度分布は他の礫質土の粒度分布の範囲に含まれる。

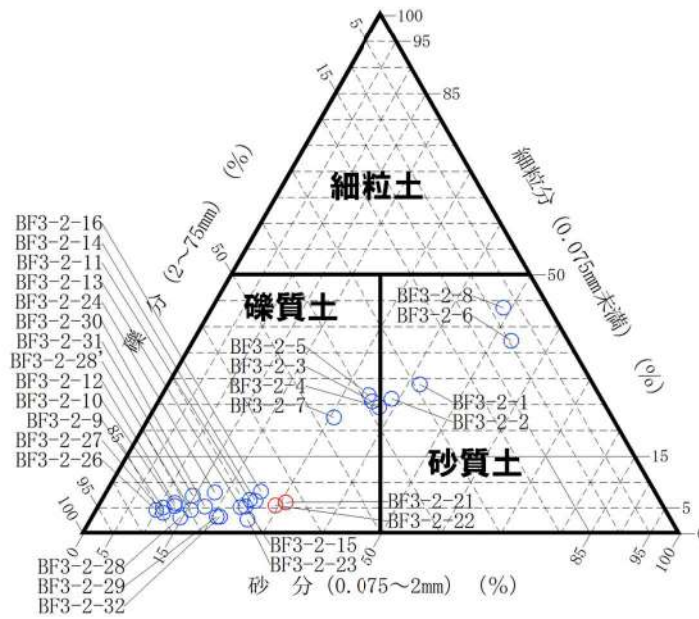


※ボーリング柱状図の地質名は、コア採取時に観察者が肉眼で判断したものであり、地盤材料の工学的分類結果による地質名と異なる場合がある。

添付 9-38 図 ボーリング柱状図 (BF3-2)



添付 9-39 図 粒径加積曲線 (BF3-2)



添付 9-40 図 三角座標による分類 (BF3-2)

(14) RE-7(3号埋戻土)

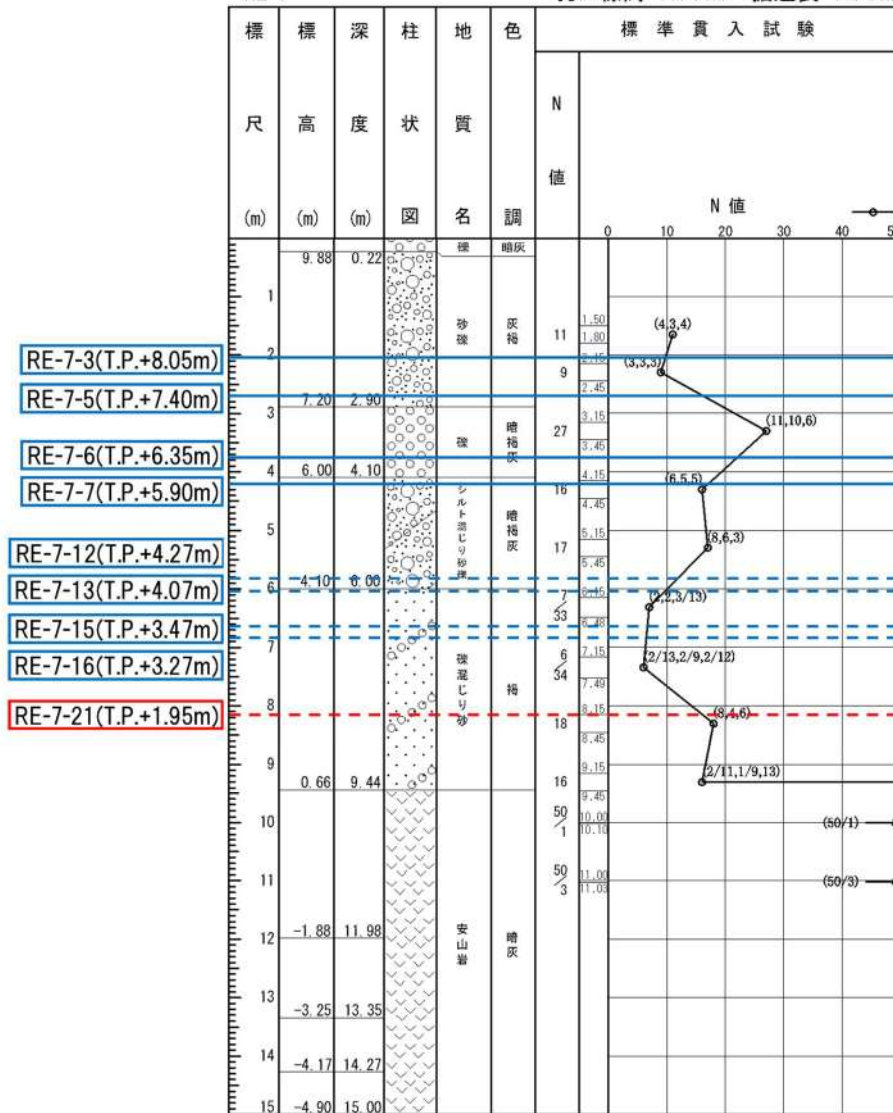
本ボーリングにおける粒度試験の試料の採取位置、標高及びボーリング柱状図における地質とともに液状化強度試験の供試体について以下のとおり整理した。

本ボーリングにおける柱状図、粒径加積曲線及び三角座標による分類(地盤工学会 JGS0051 に基づく地盤材料の工学的分類)をそれぞれ添付 9-41 図、添付 9-42 図及び添付 9-43 図に示す。

【粒度試験に用いた試料の採取位置等について】

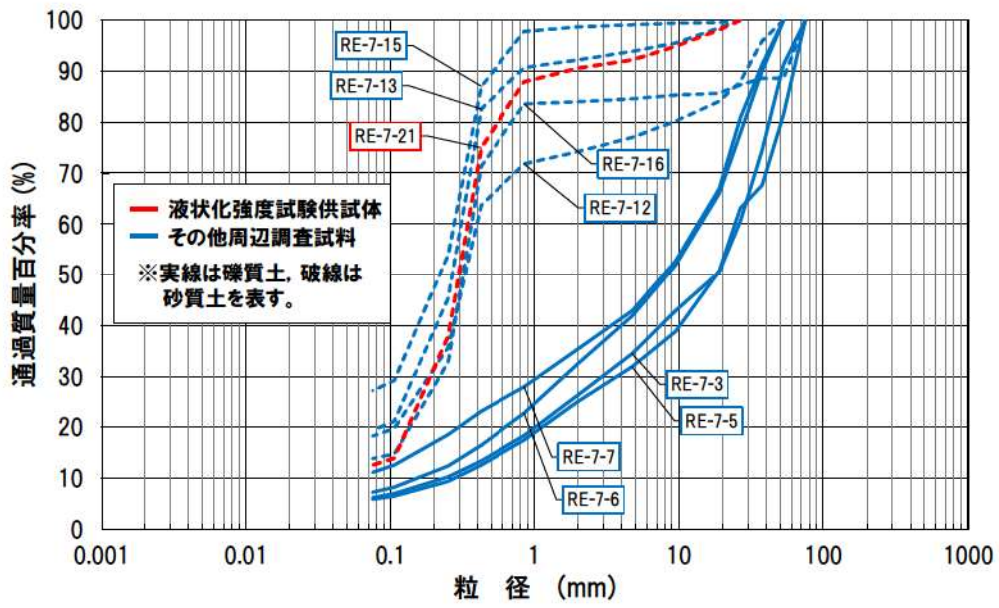
- ・ 試料採取位置は T.P. 5.50m 程度以深が 1,2 号炉の埋立整地工事により埋戻された範囲であり、それ以浅は 3 号炉の取放水設備工事により埋戻された範囲である。
- ・ 試料採取標高は T.P. 8.05m~1.95m で、液状化強度試験の供試体は T.P. 1.95m で採取している。
- ・ ボーリング柱状図における粒度試験を実施した範囲の地質は礫、砂礫、シルト混じり砂礫及び礫混じり砂である。
- ・ 粒度特性は、粒径加積曲線のばらつきが大きいこと、三角座標による分類では礫質土と砂質土で構成されていることを確認した。
- ・ 液状化強度試験の供試体は砂質土から採取しており、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

RE-7 孔口標高 10.10m 掘進長 15.00m

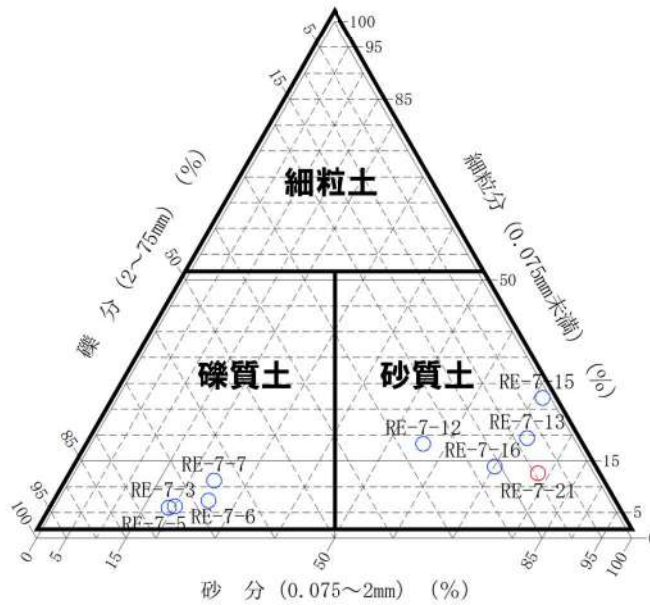


※ボーリング柱状図の地質名は、コア採取時に観察者が肉眼で判断したものであり、地盤材料の工学的分類結果による地質名と異なる場合がある。

添付 9-41 図 ボーリング柱状図(RE-7)



添付 9-42 図 粒径加積曲線 (RE-7)



添付 9-43 図 三角座標による分類 (RE-7)

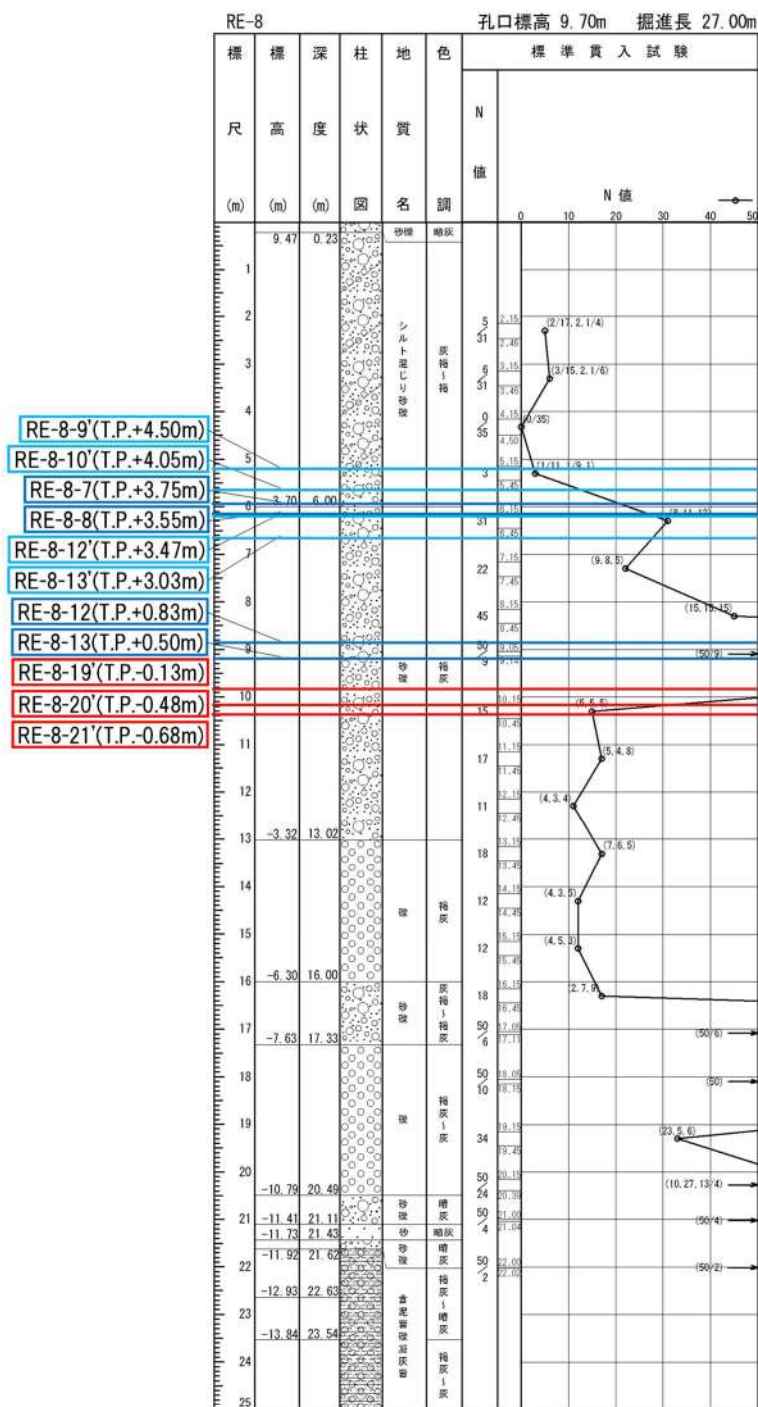
(15) RE-8(3号埋戻土)

本ボーリングにおける粒度試験の試料の採取位置、標高及びボーリング柱状図における地質とともに液状化強度試験の供試体について以下のとおり整理した。

本ボーリングにおける柱状図、粒径加積曲線及び三角座標による分類(地盤工学会 JGS0051 に基づく地盤材料の工学的分類)をそれぞれ添付 9-44 図、添付 9-45 図及び添付 9-46 図に示す。

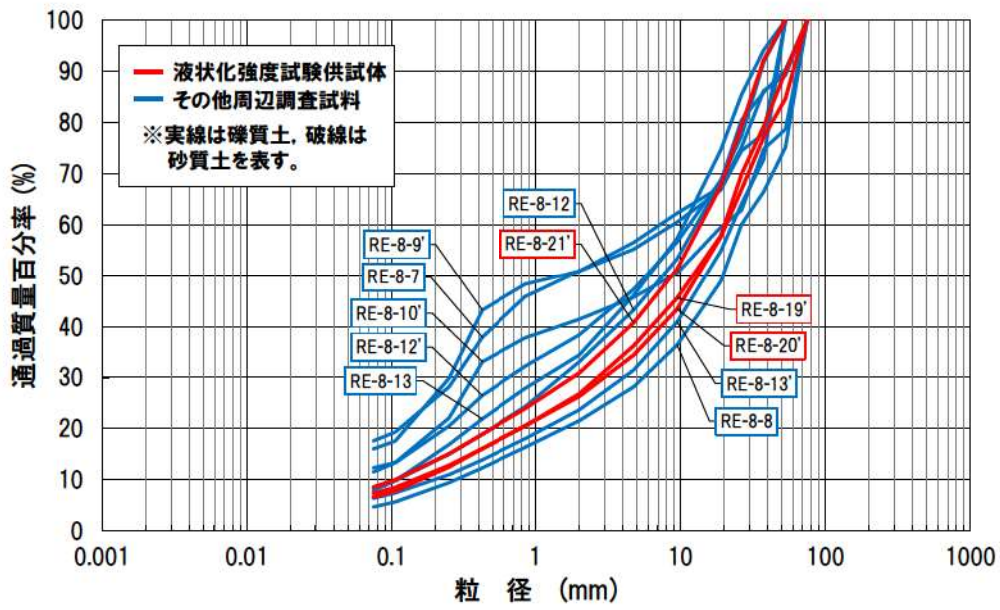
【粒度試験に用いた試料の採取位置等について】

- ・ 試料採取位置は 3 号炉の埋立整地工事により埋戻された範囲である。
- ・ 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。
- ・ ボーリング柱状図における粒度試験を実施した範囲の地質は砂礫及び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、その粒度分布は他の礫質土の粒度分布の範囲に含まれる。

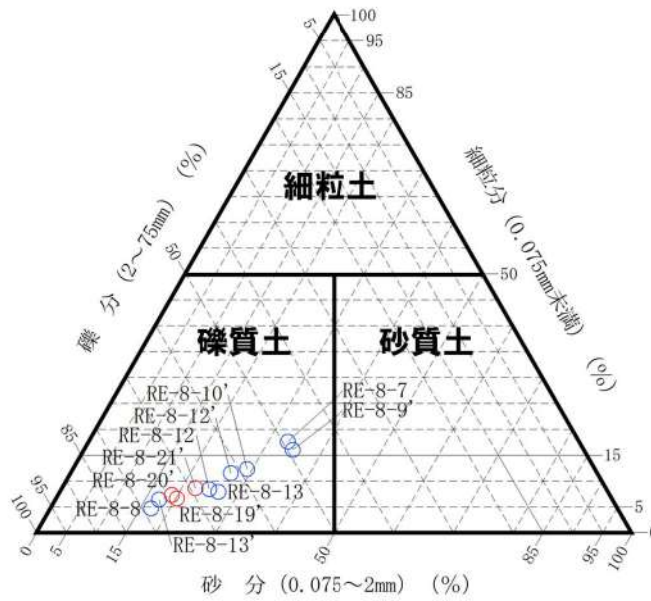


※ボーリング柱状図の地質名は、コア採取時に観察者が肉眼で判断したものであり、地盤材料の工学的分類結果による地質名と異なる場合がある。

添付 9-44 図 ボーリング柱状図(RE-8)



添付 9-45 図 粒径加積曲線 (RE-8)



添付 9-46 図 三角座標による分類 (RE-8)

(16) RE-8” (3号埋戻土)

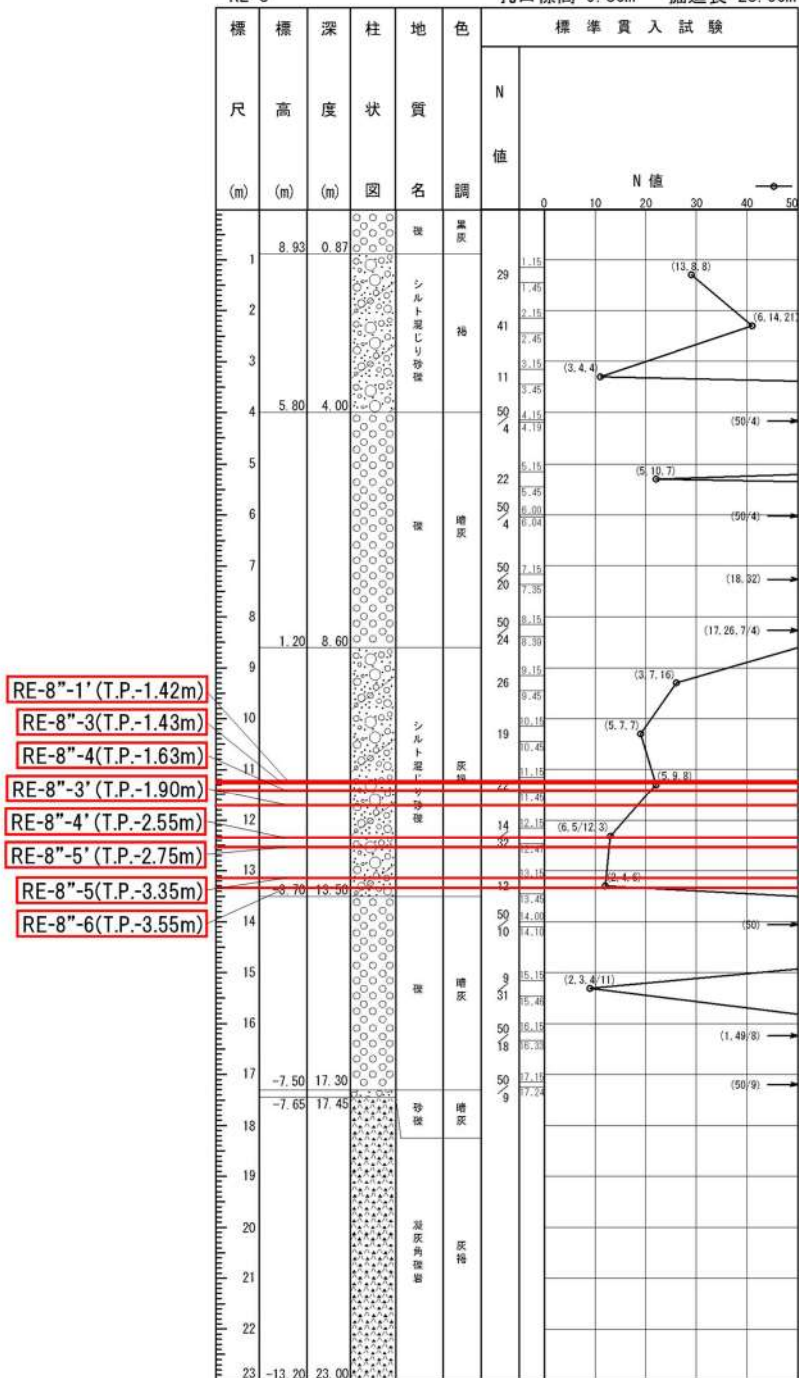
本ボーリングにおける粒度試験の試料の採取位置、標高及びボーリング柱状図における地質とともに液状化強度試験の供試体について以下のとおり整理した。

本ボーリングにおける柱状図、粒径加積曲線及び三角座標による分類(地盤工学会 JGS0051 に基づく地盤材料の工学的分類)をそれぞれ添付 9-47 図、添付 9-48 図及び添付 9-49 図に示す。

【粒度試験に用いた試料の採取位置等について】

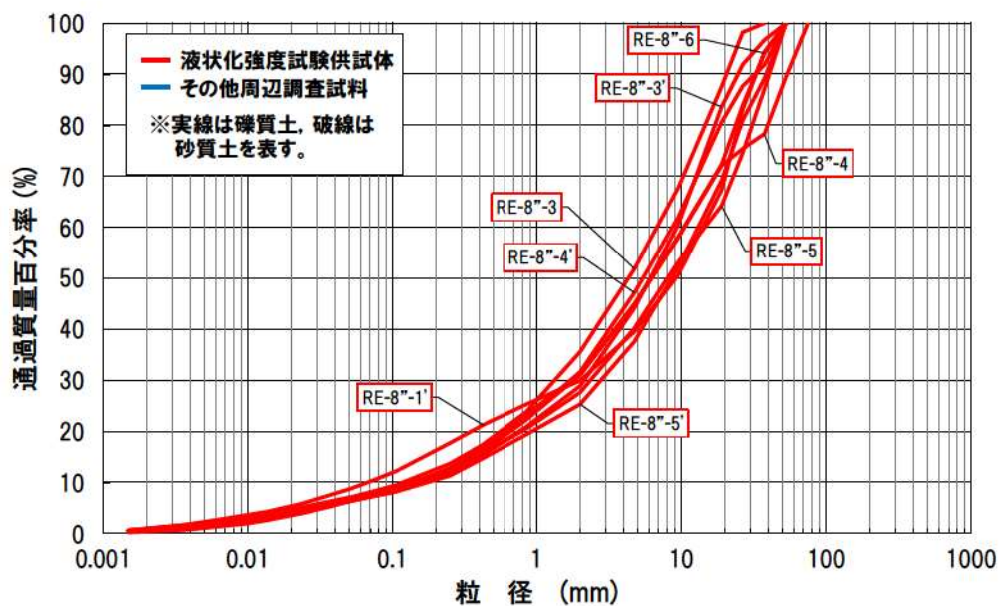
- ・ 試料採取位置は 3 号炉の取放水設備工事により埋戻された範囲である。
- ・ 試料採取標高は T.P. -1.42m~-3.55m で、液状化強度試験の供試体も粒度試験と同じ標高から採取している。
- ・ ボーリング柱状図における粒度試験を実施した範囲の地質はシルト混じり砂礫である。
- ・ 粒度特性は、粒径加積曲線のばらつきが小さいこと、三角座標による分類では礫質土のみで構成されていることを確認した。
- ・ 液状化強度試験の供試体は礫質土から採取している。

RE-8'' 孔口標高 9.80m 掘進長 23.00m

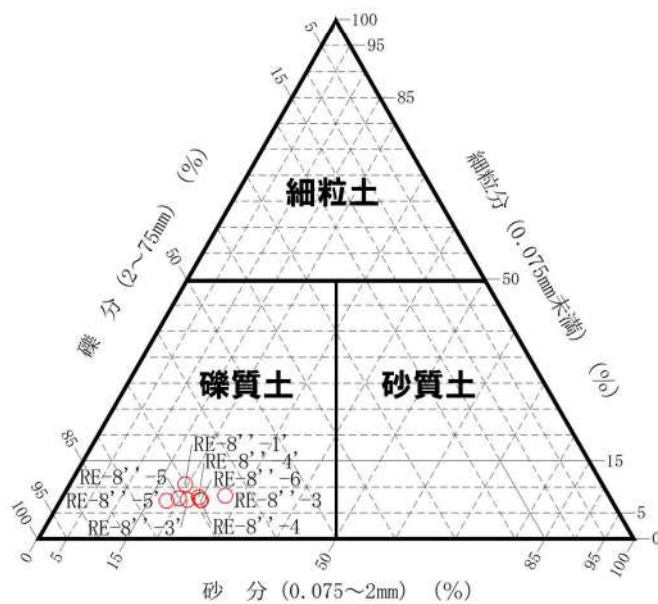


※ボーリング柱状図の地質名は、コア採取時に観察者が肉眼で判断したものであり、地盤材料の工学的分類結果による地質名と異なる場合がある。

添付 9-47 図 ボーリング柱状図 (RE-8'')



添付 9-48 図 粒径加積曲線 (RE-8")



添付 9-49 図 三角座標による分類 (RE-8")

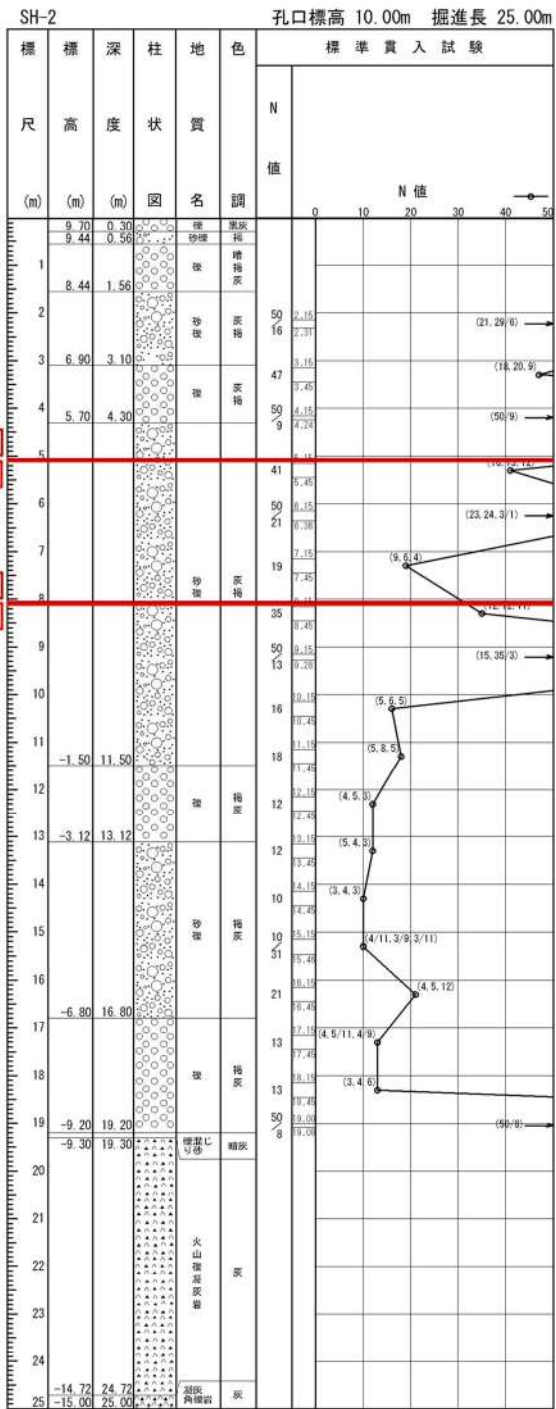
(17) SH-2(3号埋戻土)

本ボーリングにおける粒度試験の試料の採取位置、標高及びボーリング柱状図における地質とともに液状化強度試験の供試体について以下のとおり整理した。

本ボーリングにおける柱状図、粒径加積曲線及び三角座標による分類(地盤工学会 JGS0051 に基づく地盤材料の工学的分類)をそれぞれ添付 9-50 図、添付 9-51 図及び添付 9-52 図に示す。

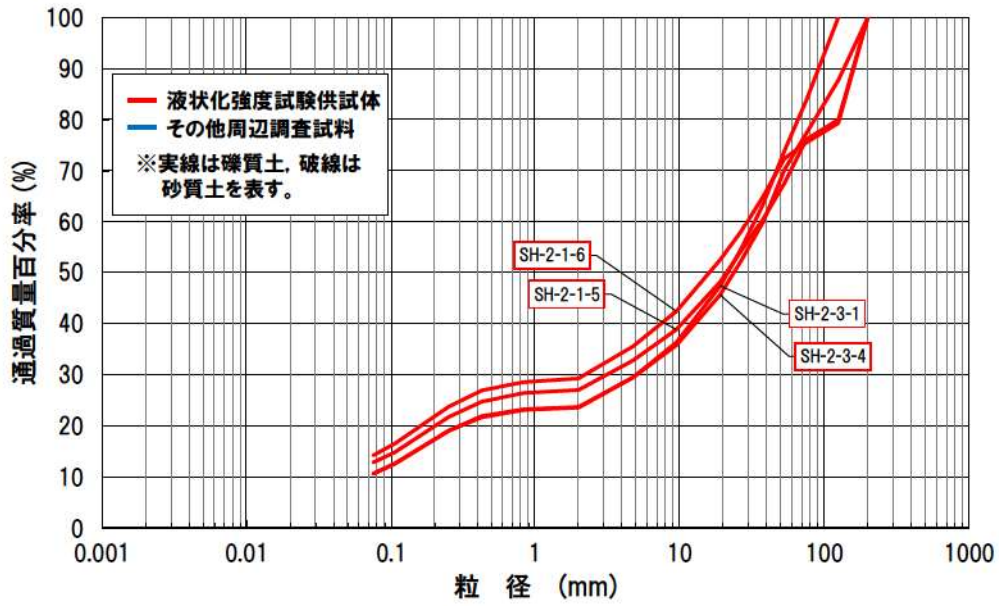
【粒度試験に用いた試料の採取位置等について】

- ・ 試料採取位置は 3 号炉の埋立整地工事により埋戻された範囲である。
- ・ 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。
- ・ ボーリング柱状図における粒度試験を実施した範囲の地質は砂礫である。
- ・ 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。

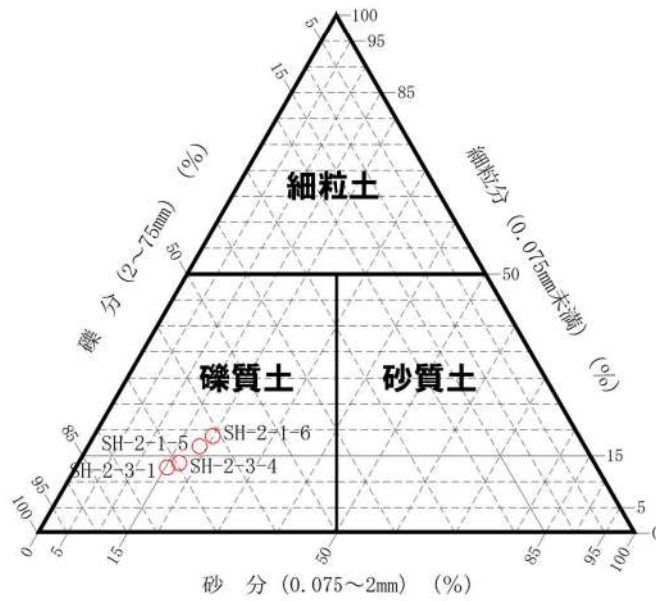


※ボーリング柱状図の地質名は、コア採取時に観察者が肉眼で判断したものであり、地盤材料の工学的分類結果による地質名と異なる場合がある。

添付 9-50 図 ボーリング柱状図(SH-2)



添付 9-51 図 粒径加積曲線 (SH-2)



添付 9-52 図 三角座標による分類 (SH-2)

2.2 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)

(1) まとめ

発電所敷地内における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。

a. 試料の採取位置及び標高について

- ・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。

b. ボーリング柱状図における地質及び粒度特性について

- ・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、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。

c. 液状化強度試験の供試体について

- ・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おり、一部で砂質土からも採取している。

(2) 考察

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ことを確認した。

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ことを確認した。

3. 埋戻土の施工及び品質管理の整理

「2. 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」と同様に粒度分布の代表性確認指標としての妥当性検討を行うための基礎資料として，埋戻土の施工及び品質管理について整理を行う。

3. 1 施工及び品質管理を踏まえた埋戻土の範囲

1, 2 号埋戻土及び 3 号埋戻土は，建設当時の施工及び品質管理の状況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，「埋立整地工事による範囲」という。)

- ・取放水設備等の設置に伴い，埋立整地工事による埋戻土を掘削し，取放水設備設置後に埋戻仕様にに基づき埋戻された範囲(以下，「取放水設備工事による範囲」という。)

1, 2 号埋戻土及び 3 号埋戻土の埋立整地工事による範囲及び取放水設備工事による範囲における 1, 2 号埋戻土及び 3 号埋戻土の施工及び品質管理について以下のとおり整理した。

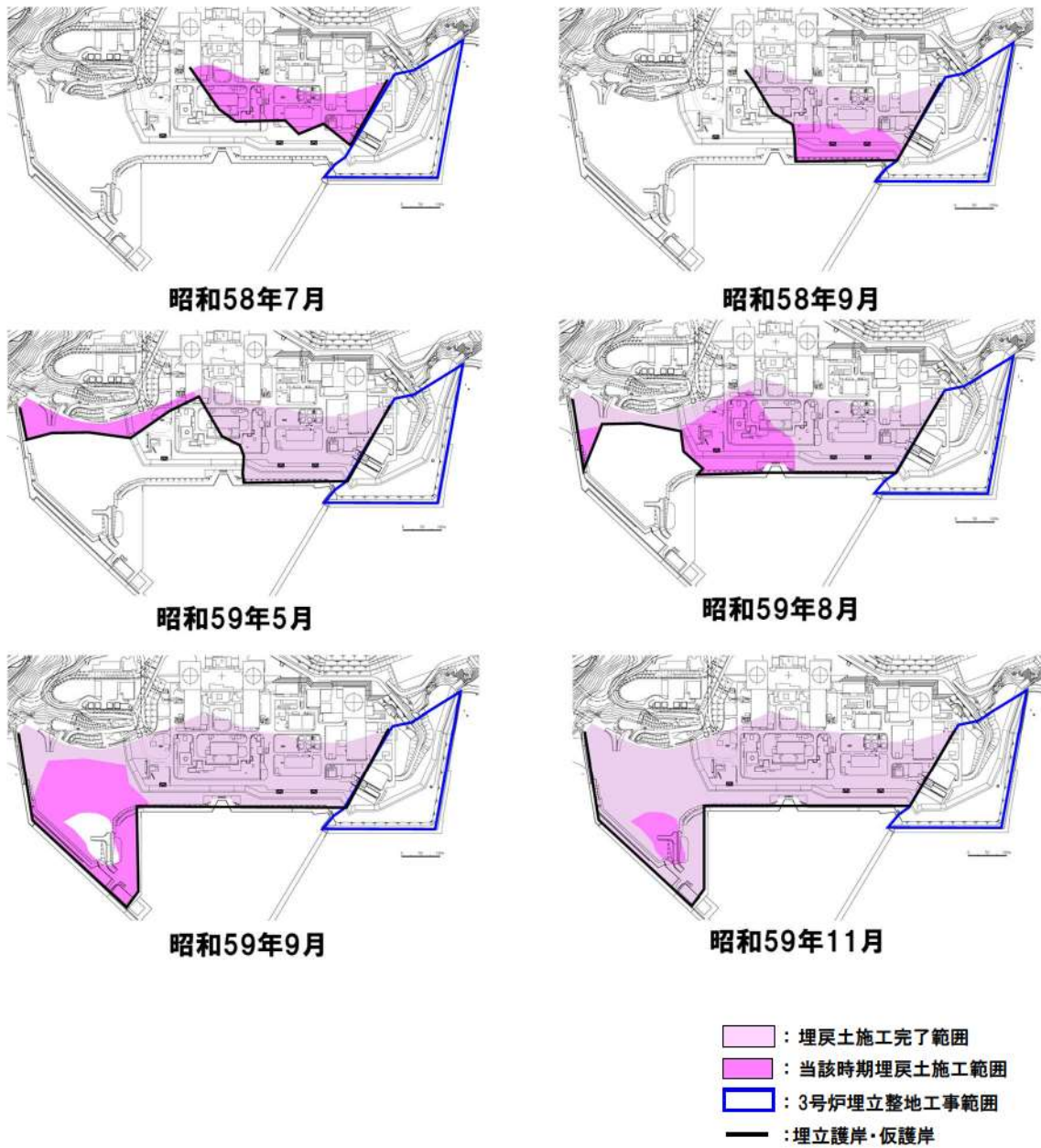
(1) 1, 2 号埋戻土の施工及び品質管理

a. 埋立整地工事による範囲

埋立整地工事は，埋立護岸・仮護岸を設置した範囲から順に施工を行い，所定の形状と高さに仕上げた。

施工は，昭和 58 年 5 月から昭和 60 年 5 月まで行われ，発電所建設時の敷地造成等で発生した岩砕の埋戻土の押土・敷均し・転圧はブルドーザにより行った。

1, 2 号埋戻土の埋立整地工事による施工状況を添付 9-53 図に示す。



添付 9-53 図 1, 2 号埋戻土の埋立整地工事による施工時期及び施工範囲

b. 取放水設備工事による範囲

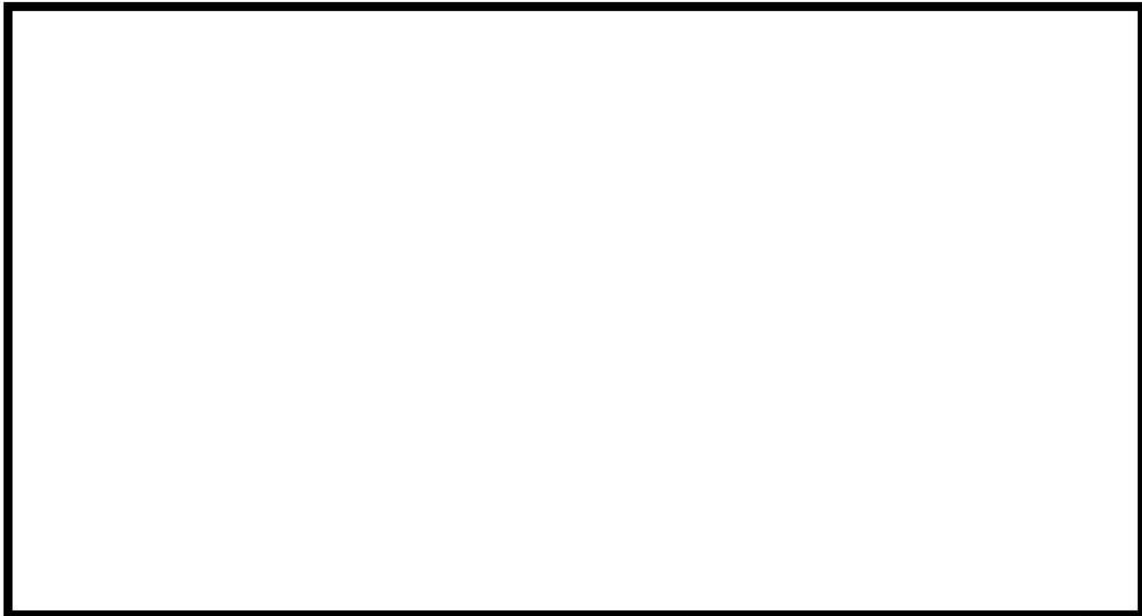
取放水設備工事における埋戻は、構造物の構築後に、コンクリートが設計基準強度以上となったことを確認してから行った。

施工は、埋戻仕様にに基づきブルドーザによるまき出し後に、振動ローラによる締固めを行った。

1, 2号埋戻土の取放水設備工事による範囲の埋戻仕様を添付 9-1 表に、1, 2号取放水設備施工範囲を添付 9-54 図に示す。

添付 9-1 表 1, 2号埋戻土の取放水設備工事による範囲の埋戻仕様

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



: 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。

添付 9-54 図 1, 2号埋戻土の取放水設備工事による施工範囲

(2) 3号埋戻土の施工及び品質管理

a. 埋立整地工事による範囲

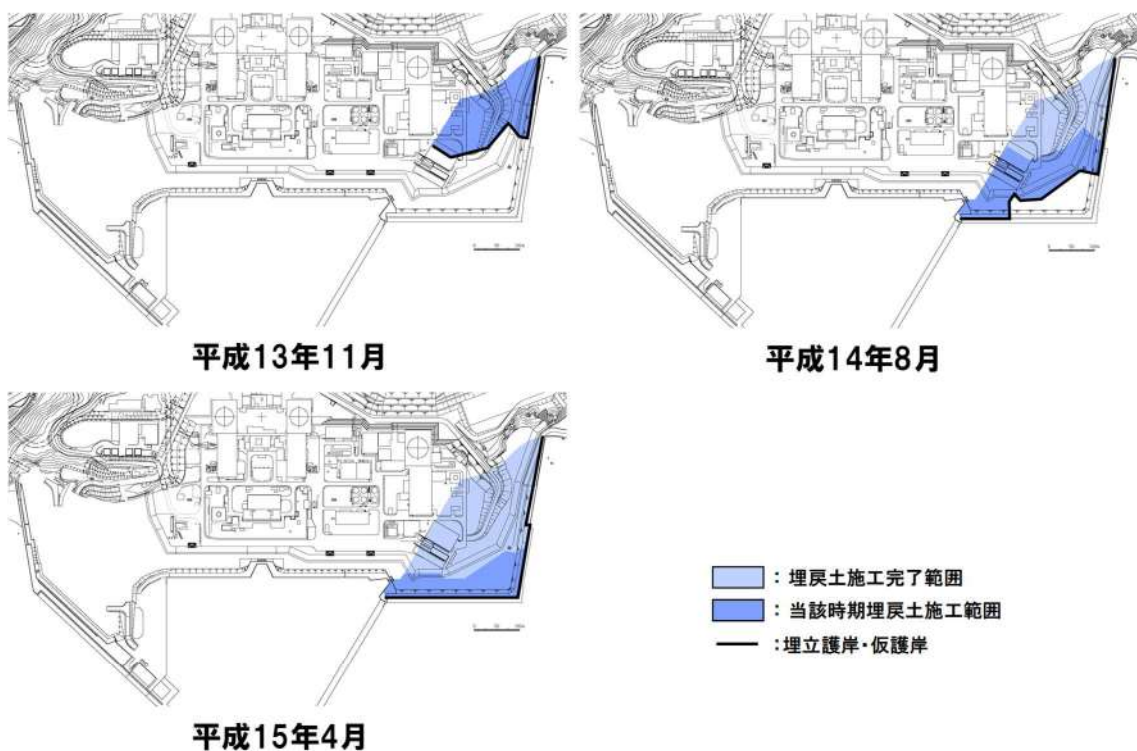
埋立整地工事は、埋立護岸・仮護岸を設置した範囲から順に施工を行い、所定の形状と高さに仕上げた。

施工は、平成13年6月から平成15年4月まで行われ、埋戻仕様に基づきブルドーザにより押土・敷均し・転圧を行った。

3号埋戻土の埋立整地工事による範囲の埋戻仕様を添付9-2表、施工状況を添付9-7図に示す。

添付9-2表 3号埋戻土の埋立整地工事による範囲の埋戻仕様

締固め機械	ブルドーザ
まき出し厚	50cm
転圧回数	3回以上



添付9-55図 3号埋戻土の埋立整地工事による施工時期及び施工範囲

b. 取放水設備工事による範囲

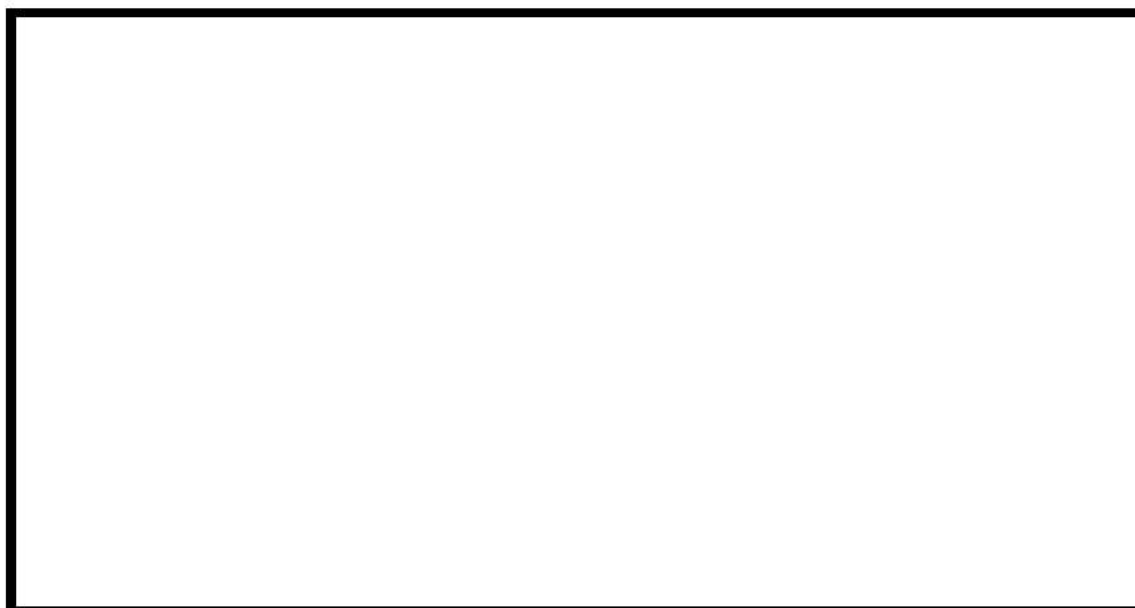
取放水設備工事における埋戻は、構造物の構築後に、コンクリートが設計基準強度以上となったことを確認してから行った。

施工は、埋戻仕様にに基づきブルドーザによるまき出し後に、振動ローラによる締固めを行った。

3号埋戻土の取放水設備工事による範囲の埋戻仕様を添付9-3表に、3号取放水設備施工範囲を添付9-56図に示す。

添付9-3表 3号埋戻土の取放水設備工事による範囲の埋戻仕様

施工箇所	一般部	狹隘部
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



: 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。

添付9-56図 3号埋戻土の取放水設備工事による施工範囲

3.2 埋戻土の施工及び品質管理(まとめ)

埋戻土の施工及び品質管理の整理結果を踏まえ、埋戻土の粒度のばらつきの傾向について以下に取りまとめる。

a. 1,2号埋戻土

埋立整地工事による範囲は、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。

取放水設備工事による範囲は、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う必要があったことから、粒度のばらつきが小さい。

b. 3号埋戻土

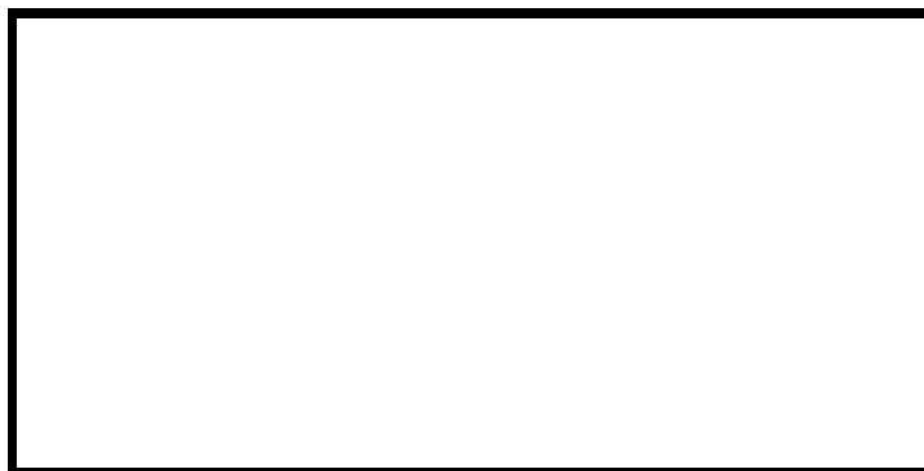
埋立整地工事による範囲は、埋戻仕様でまき出し厚を設定したものの、取放水設備による範囲と比較してまき出し厚を大きく設定したことから、粒度のばらつきが比較的大きい。

取放水設備工事による範囲は、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う必要があったことから、粒度のばらつきが小さい。

4. 液状化強度試験に用いた供試体の特徴の分析

「2. 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」及び「3. 埋戻土の施工及び品質管理の整理」の結果より、液状化強度試験に用いた供試体の特徴は以下のとおりである。

- ・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(添付 9-57 図に液状化強度試験の供試体に砂質土が確認されたボーリング調査位置を示す。)
- ・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。
- ・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。



: 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。

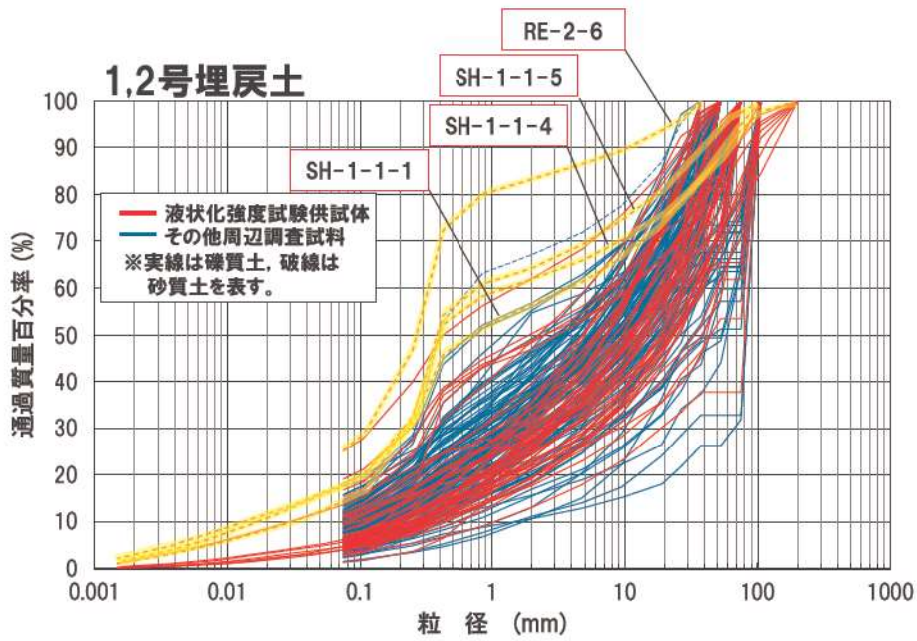
添付 9-57 図 液状化強度試験の供試体に砂質土が確認されたボーリング調査位置

5. 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

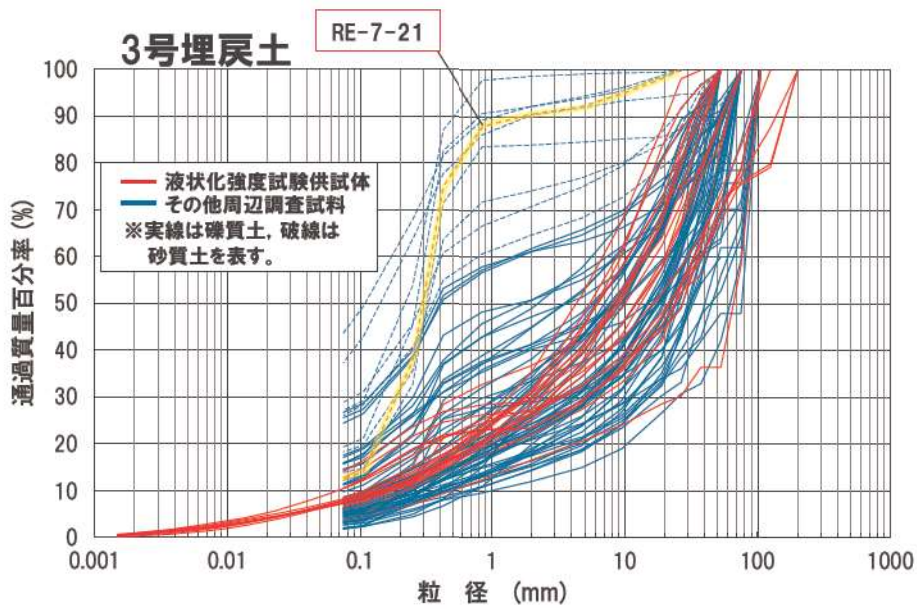
発電所敷地内で実施した1,2号埋戻土及び3号埋戻土の全粒度試験結果を添付9-58図及び添付9-59図に示す。同図において液状化強度試験を実施した供試体の粒度を赤線で示し、このうち砂質土に分類された供試体の粒度分布を黄色線で示している。

粒径加積曲線における液状化強度試験の供試体の分布傾向は以下のとおりである。

- ・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。



添付 9-58 図 粒径加積曲線(1, 2号埋戻土)








添付 9-59 図 粒径加積曲線(3号埋戻土)

6. 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に分類される供試体について、供試体写真により基質や粒径等を確認した結果、砂質土に分類される供試体は、比較的粒径の小さい砂分を主体とする材料で構成されている。

添付 9-4 表に供試体写真と各供試体の基質及び粒径等を示す。

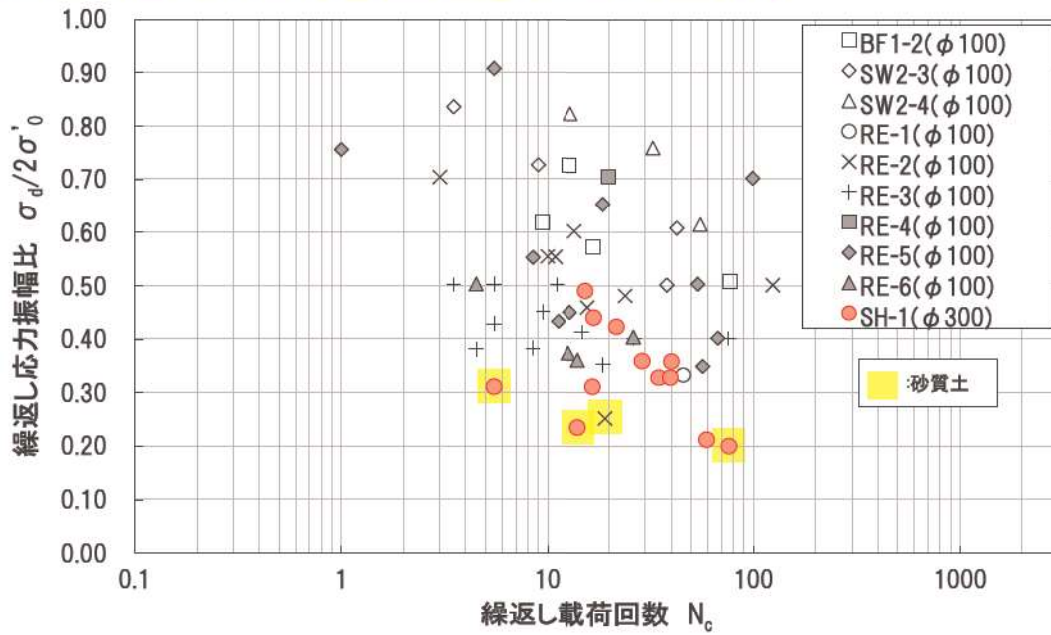
添付 9-4 表 供試体写真と各供試体の基質及び粒径等

試料採取位置	供試体 No.	供試体写真	基質及び粒径等
1, 2 号 埋 戻 土	RE-2	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 50 mm程度)の亜角礫が散在する。
	SH-1	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 100 mm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 200 mm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 100 mm程度)の亜角礫が散在する。
3 号 埋 戻 土	RE-7	RE-7-21	 基質は中砂主体に細砂が混じる。礫は 20 mm以下の中礫主体(最大 30 mm程度)の円～角礫が点在する。

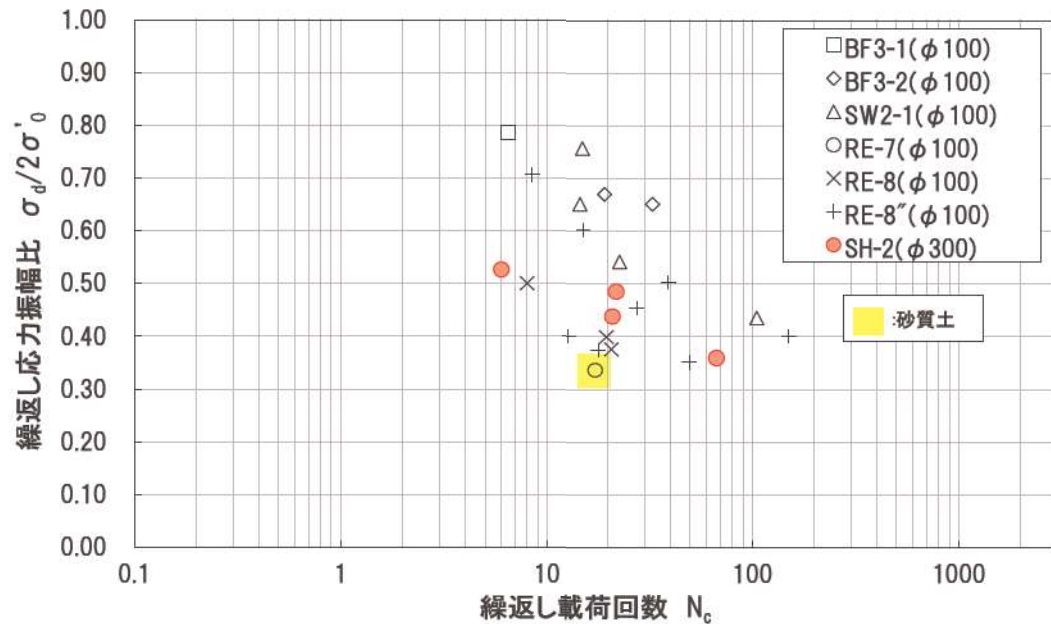
7. 三角座標による分類と液状化強度試験結果の傾向分析

1, 2号及び3号埋戻土の液状化強度試験結果を添付9-60図及び添付9-61図に示す。

液状化強度試験結果について、三角座標による分類(礫質土及び砂質土)を踏まえた傾向の分析結果として、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。



添付9-60図 液状化強度試験結果(1, 2号埋戻土)



添付9-61図 液状化強度試験結果(3号埋戻土)

8. 粒度分布の代表性確認指標としての妥当性確認

各種の技術基準類において、液状化強度を評価する際、平均粒径や 10%粒径が用いられ、一般的に、粒度特性と液状化強度には相関が高いことが言われている。

そこで今回は、埋戻土の粒度特性と液状化強度の相関について検討し、一定の相関関係が認められることから、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が妥当であることを確認する。

前述の「4. 整理結果に基づく各種分析」の結果より、埋戻土の粒度分布と液状化強度試験について以下のことが確認できる。

- ・埋戻土の粒度分布は敷地全体でばらついている。
- ・液状化強度試験は粒度分布のばらつきを網羅して実施している。
- ・液状化強度試験の結果は、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。