

図 1-36(2) ボーリングコア写真 (28QB-7)
 (盛土：深度 0～3.90m, 旧表土：深度 3.90～9.20m)

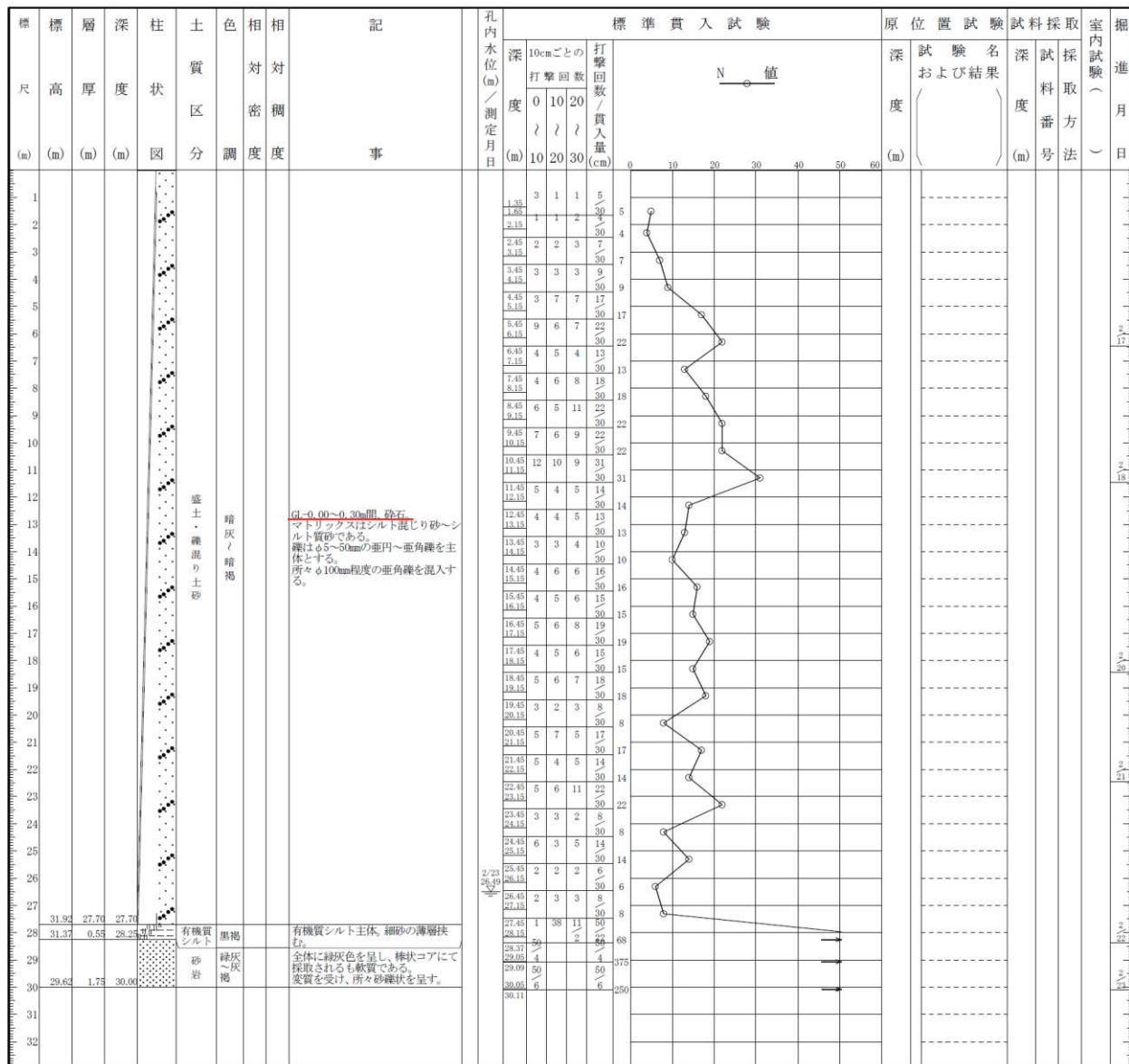


図 1-37(1) ボーリング柱状図 (28QB-8)
 (盛土：深度 0~27.70m, 旧表土：深度 27.70~28.25m)

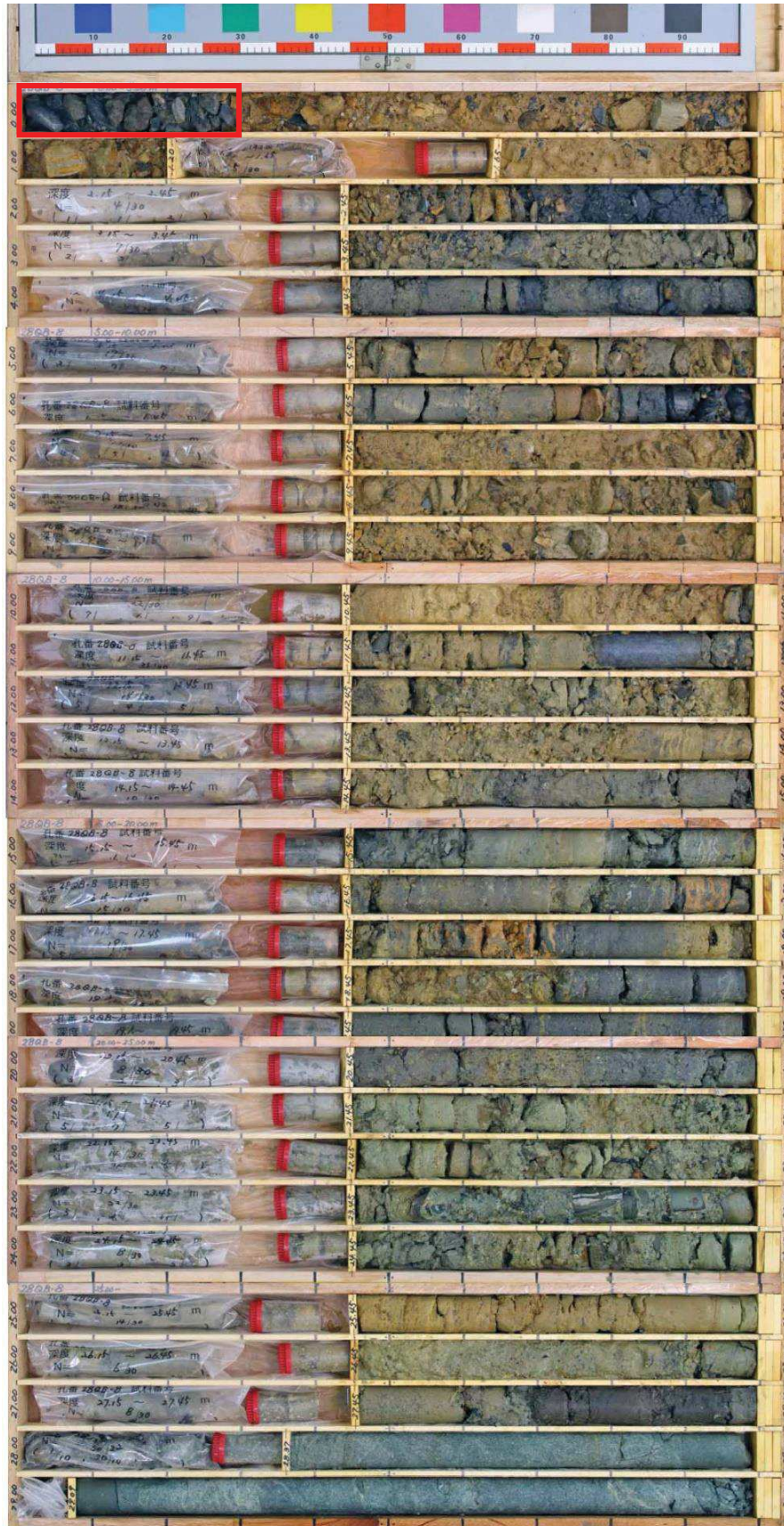


図 1-37(2) ボーリングコア写真 (28QB-8)
 (盛土：深度 0～27.70m, 旧表土：深度 27.70～28.25m)

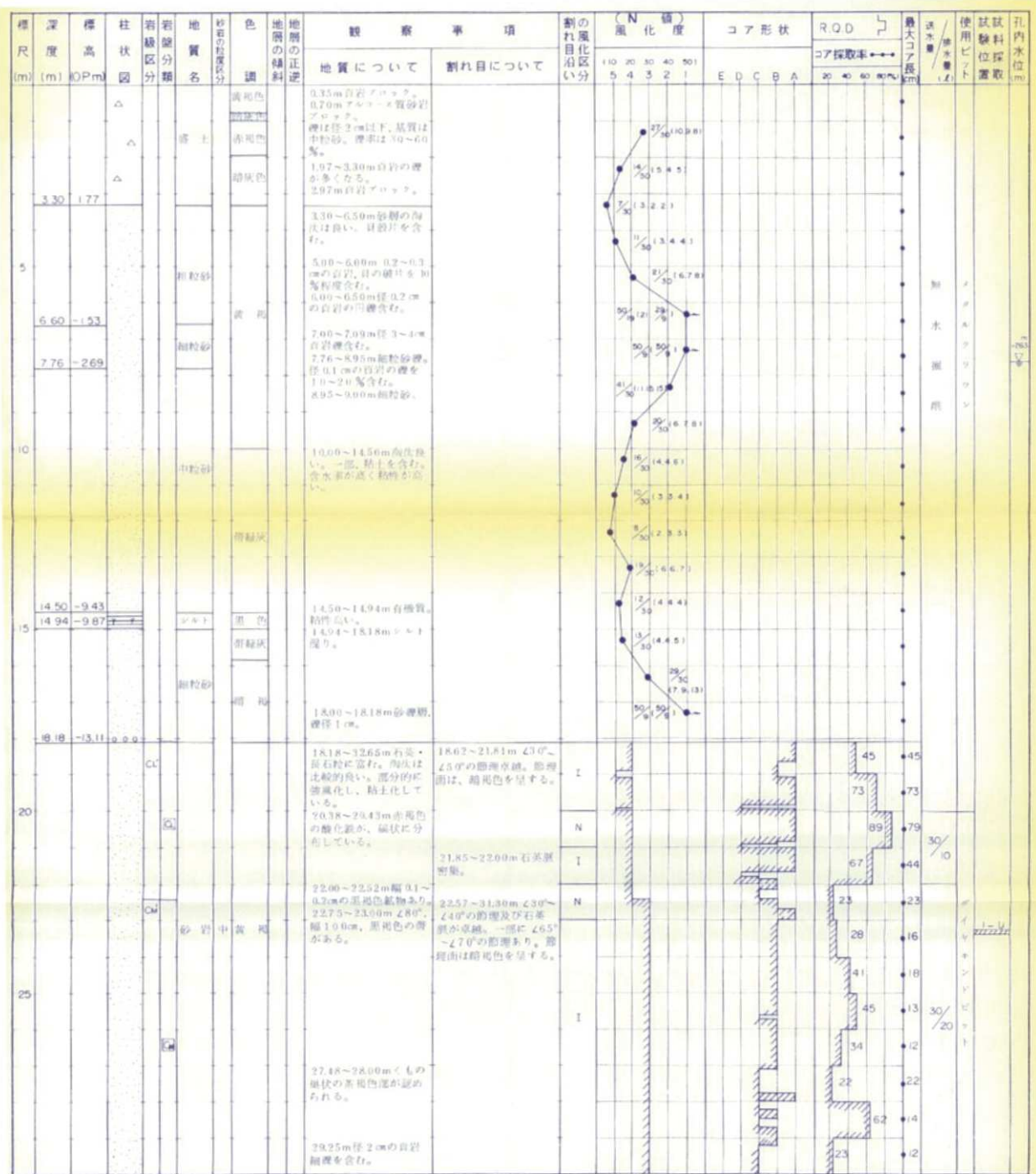


図 1-38(1) ボーリング柱状図 (P-3)
 (盛土: 深度 0~3.30m, 旧表土: 深度 3.30~18.18m)



図 1-38(2) ボーリングコア写真 (P-3)
 (盛土 : 深度 0~3.30m, 旧表土 : 深度 3.30~18.18m)

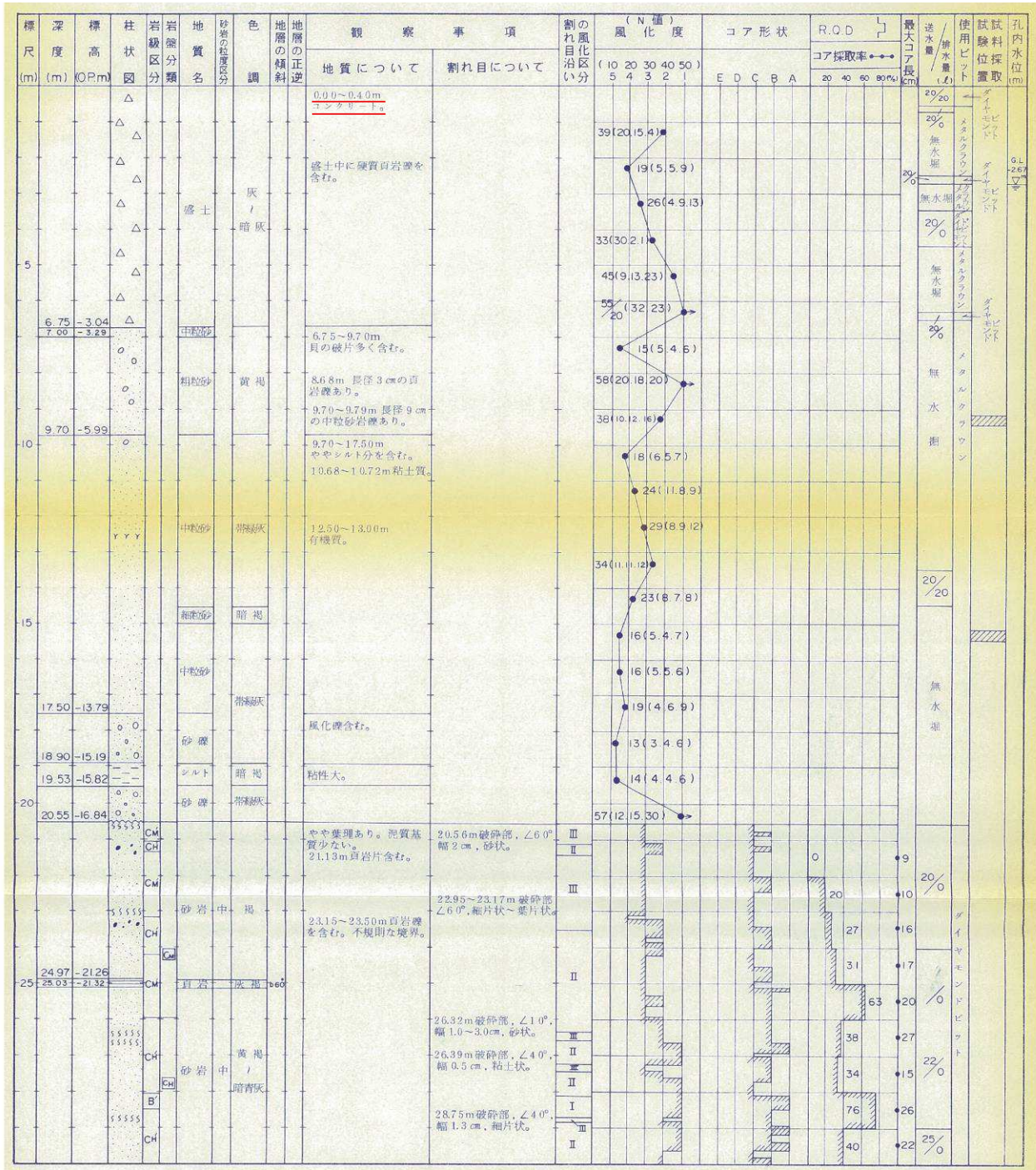


図 1-39(1) ボーリング柱状図 (P-6)
(盛土 : 深度 0~6.75m, 旧表土 : 深度 6.75~20.55m)



図 1-39(2) ボーリングコア写真 (P-6)
 (盛土 : 深度 0~6.75m, 旧表土 : 深度 6.75~20.55m)

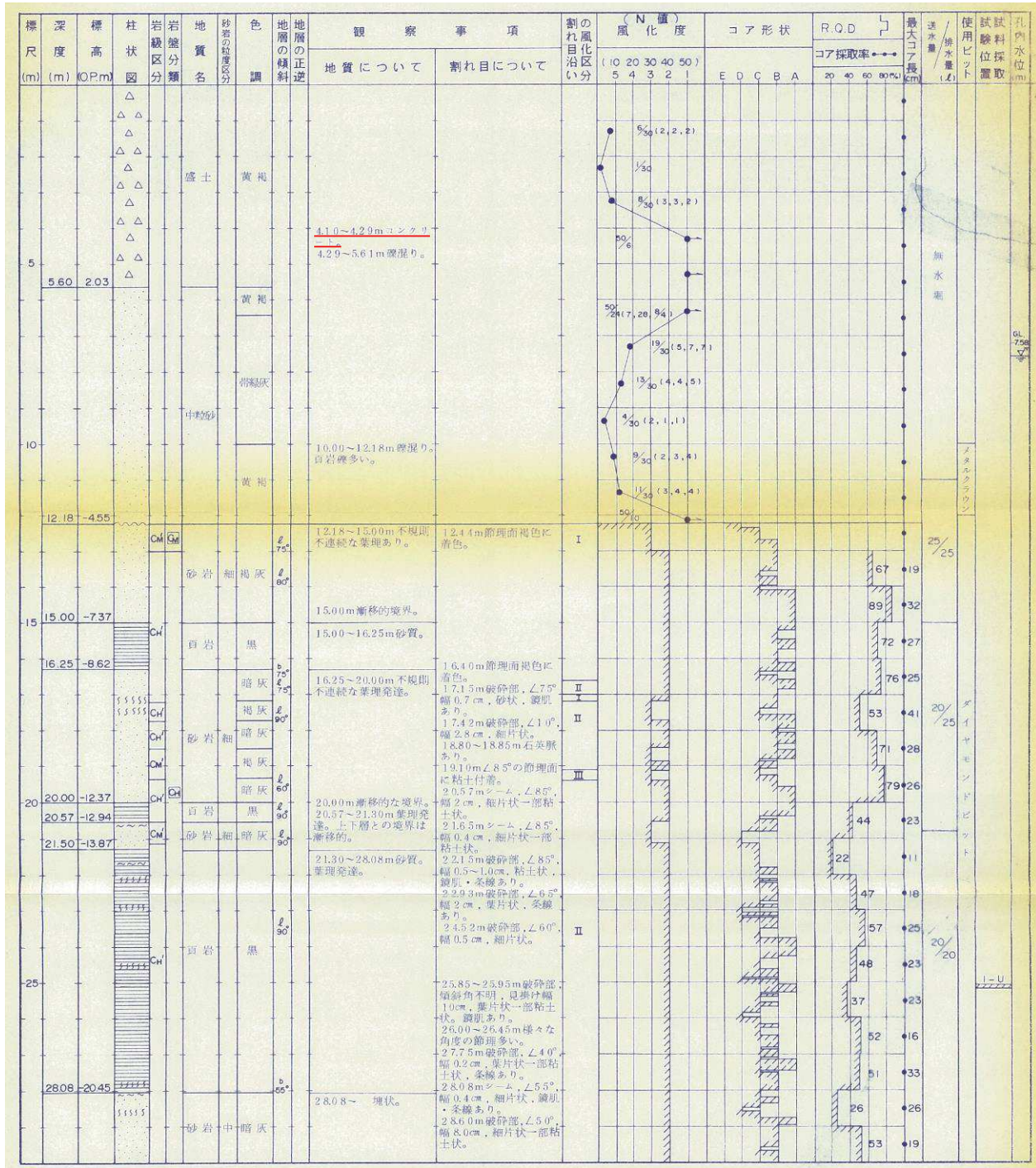


図 1-40(1) ボーリング柱状図 (SP-2)
(盛土 : 深度 0~5.60m, 旧表土 : 深度 5.60~12.18m)



図 1-40(2) ボーリングコア写真 (SP-2)
(盛土：深度 0～5.60m, 旧表土：深度 5.60～12.18m)

標尺 (m)	層高 (m)	層厚 (m)	深度 (m)	柱状図	土質区分	色調	相対密度	相対稠度	記事	標準貫入試験				原位置試験 深度 (m)	試験名 および結果	試料採取 深度 (m)	採取 方法	室内試験 番号	掘進 月日	
										深 度 (m)	10cm ごとの 打撃回数	打撃 回数 の 貫入量 (cm)	N 値							
1	2.18	1.50	1.50		炭茶				地盤以下0.55m区間粘土多量に 炭茶は10~20mm 粘土は全体に不均質に砂質分を混入 する マトリクス部極く孔壁崩壊する	1.15	3	4	4	11						
2	1.96	0.70	1.80		黒茶				層中に径50mm前後の塊を介在する もシルト部は軟弱である 高含水に近く孔壁崩壊する	1.45	2	4	3	9						
3					淡褐				粘土の粘性は低く砂質分混入は不均質 混入する塊の最大径は100mm 縦型、横型は雑多で比較的硬質である	2.15	2	4	3	9						
4					淡茶 / 青灰				砂は粗粒砂が主体全体に貝殻片、石 炭粒多量に混入する 所々シルト卓越部が見られ固結状を ていしている。	2.45	3	5	3	11						
5	-1.32	3.30	5.10		淡茶 / 青灰				砂は粗粒砂が主体でシルトの含有は 不均質 7.80~8.0m区間100mm前 後の塊混入 大径の貝殻片の混入もみられる 8.85m以深やシルト分卓越す る	3.15	3	5	3	11						
6					砂				粒径比較的均質な細粒砂層である 層上部若干のシルト以下の細粒分混 入する 高含水を呈すも孔壁比較的安定して いる 微粒な貝殻片、石英粒の混入が全体 に見られる	3.45	4	9	6	19						
7	-1.32	2.00	7.10		暗青灰					4.45	5	8	10	23						
8					有機質シルト					5.45	5	8	10	23						
9	-5.82	2.50	8.60		砂					6.15	9	11	12	32						
10					砂					8.45	9	11	12	32						
11					砂					7.15	7			7						
12					砂					7.22	7			7						
13	-3.22	3.40	13.00		砂					8.15	13	37		50						
14					砂					8.35	12	6	10	28						
15	-3.87	0.65	13.65		砂					9.15	12	6	10	28						
16					砂					9.45	10	14	13	37						
17					砂					10.15	10	14	13	37						
18					砂					10.45	10	12	12	34						
19					砂					11.15	10	12	12	34						
20					砂					11.45	13	12	13	38						
21					砂					12.15	13	12	13	38						
22	-18.32	8.45	22.10		砂					12.45	11	10	10	31						
23					砂					13.15	11	10	10	31						
					砂					13.45	15	20	15	50						
					砂					14.15	15	20	15	50						
					砂					14.39	50			50						
					砂					15.15	2			2						
					砂					15.17	50			50						
					砂					16.10	2			2						
					砂					16.12	50			50						
					砂					17.05	4			4						
					砂					17.09	4			4						

図 1-41(1) ボーリング柱状図 (Fs-1) (旧表土 : 深度 0~13.65m)



図 1-41(2) ボーリングコア写真 (Fs-1) (旧表土 : 深度 0~13.65m)

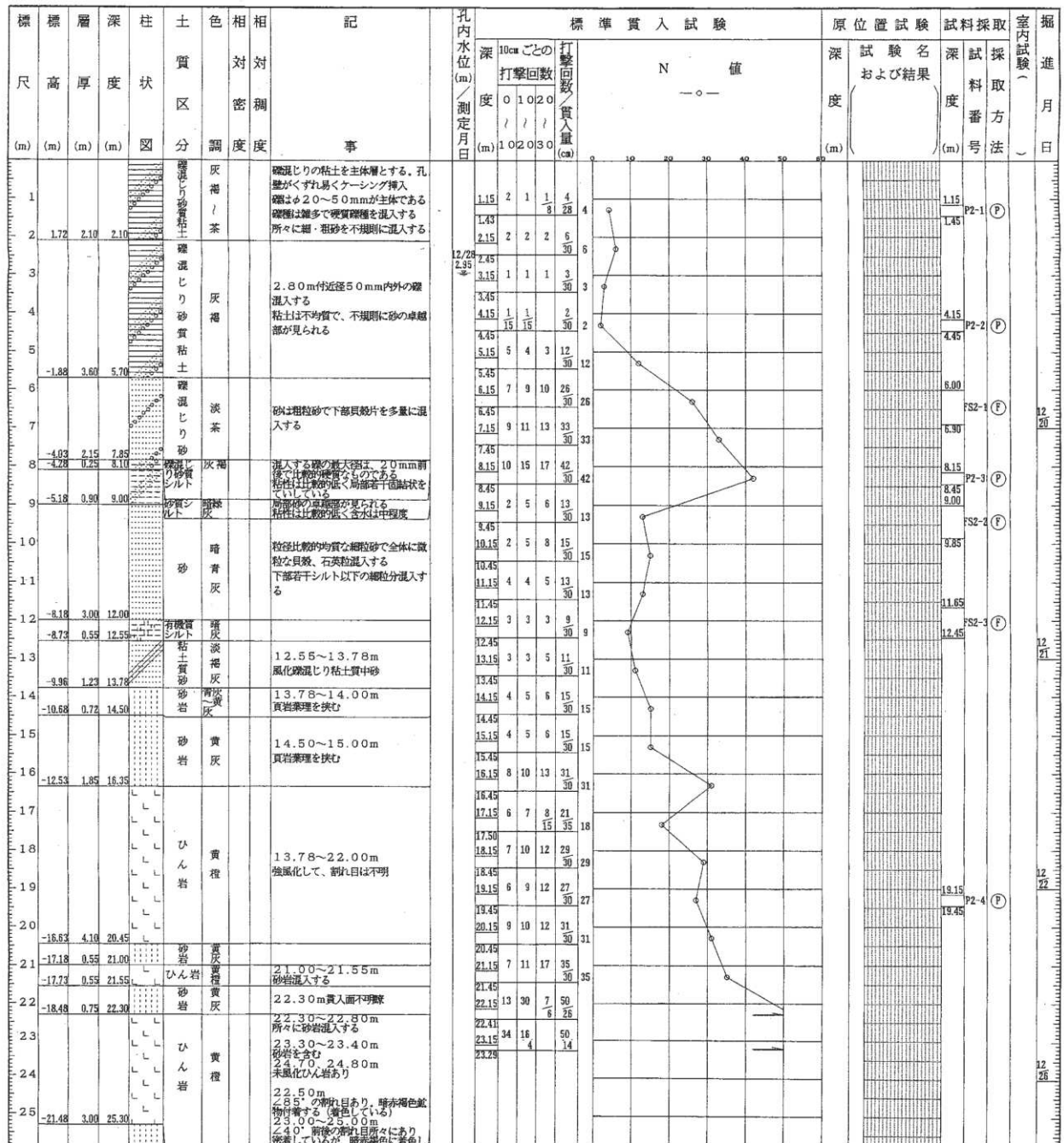


図 1-42(1) ボーリング柱状図 (Fs-2) (旧表土：深度 0~13.78m)



図 1-42(2) ボーリングコア写真 (Fs-2) (旧表土：深度 0～13.78m)

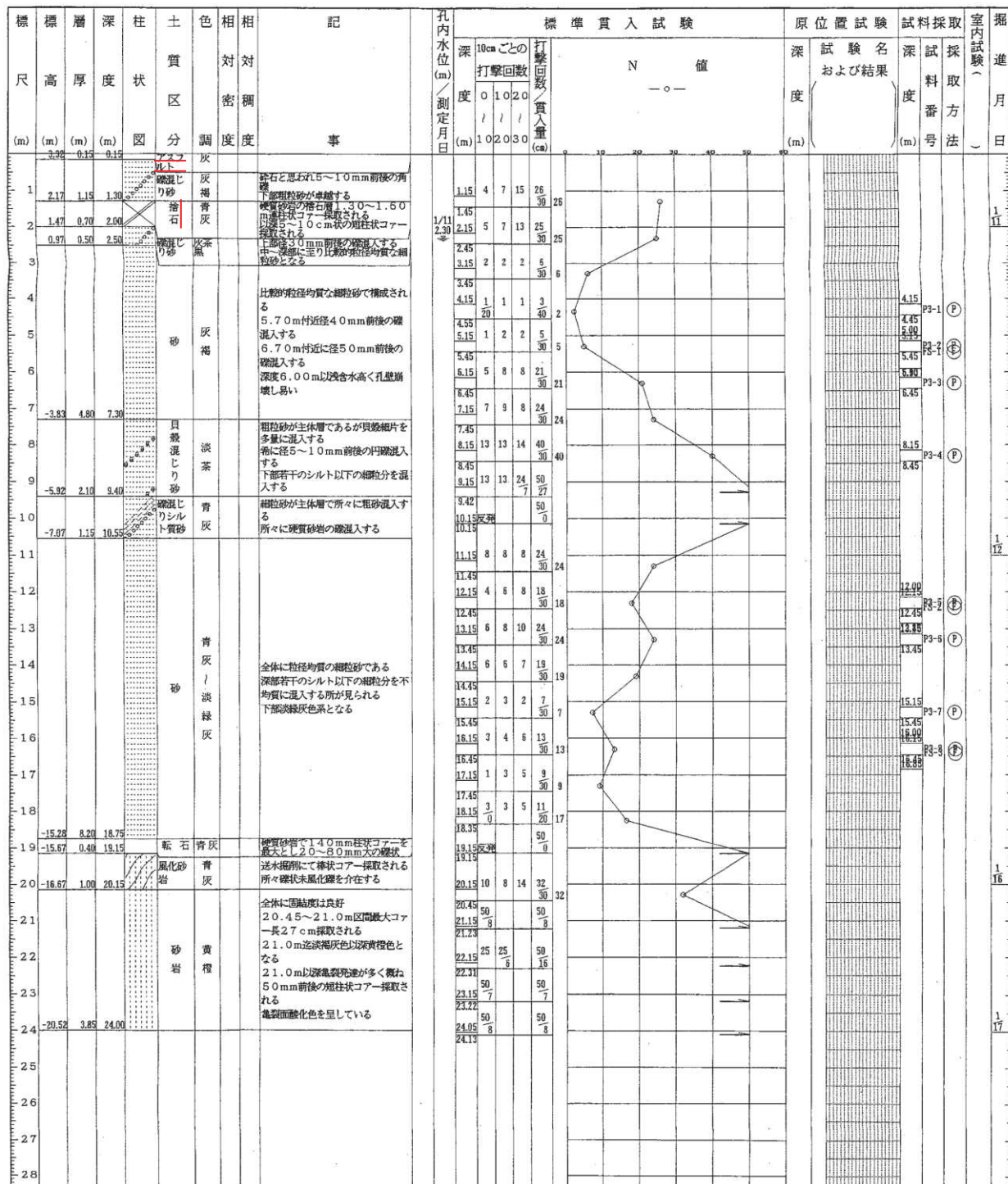


図 1-43(1) ボーリング柱状図 (Fs-3) (旧表土: 深度 0~19.15m)

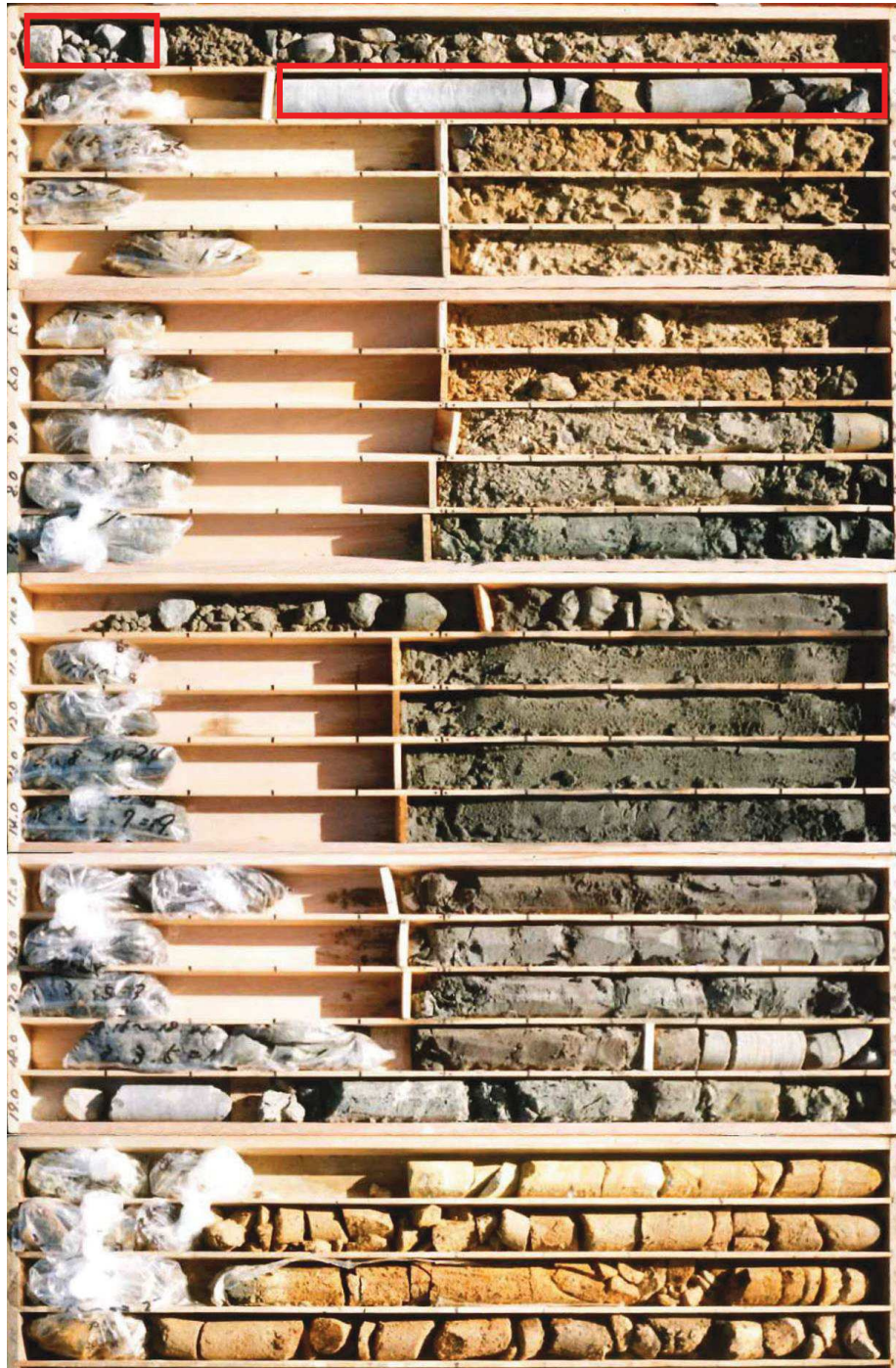


図 1-43(2) ボーリングコア写真 (Fs-3) (旧表土 : 深度 0~19.15m)

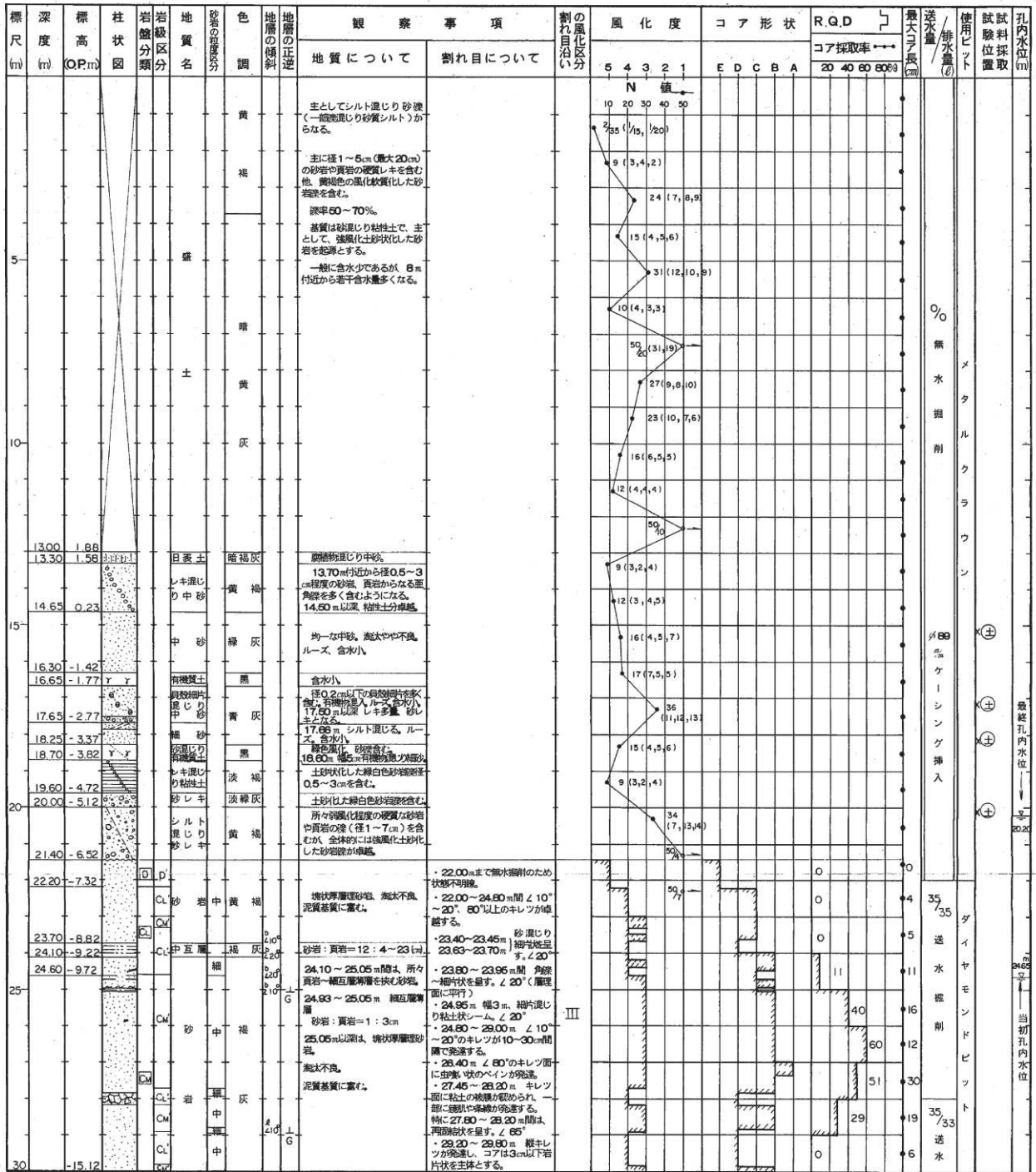


図 1-44(1) ボーリング柱状図 (D-1)

(盛土：深度 0~13.00m, 旧表土：深度 13.00~21.40m)



図1-44(2) ボーリングコア写真 (D-1)
(盛土：深度0～13.00m, 旧表土：深度13.00～21.40m)

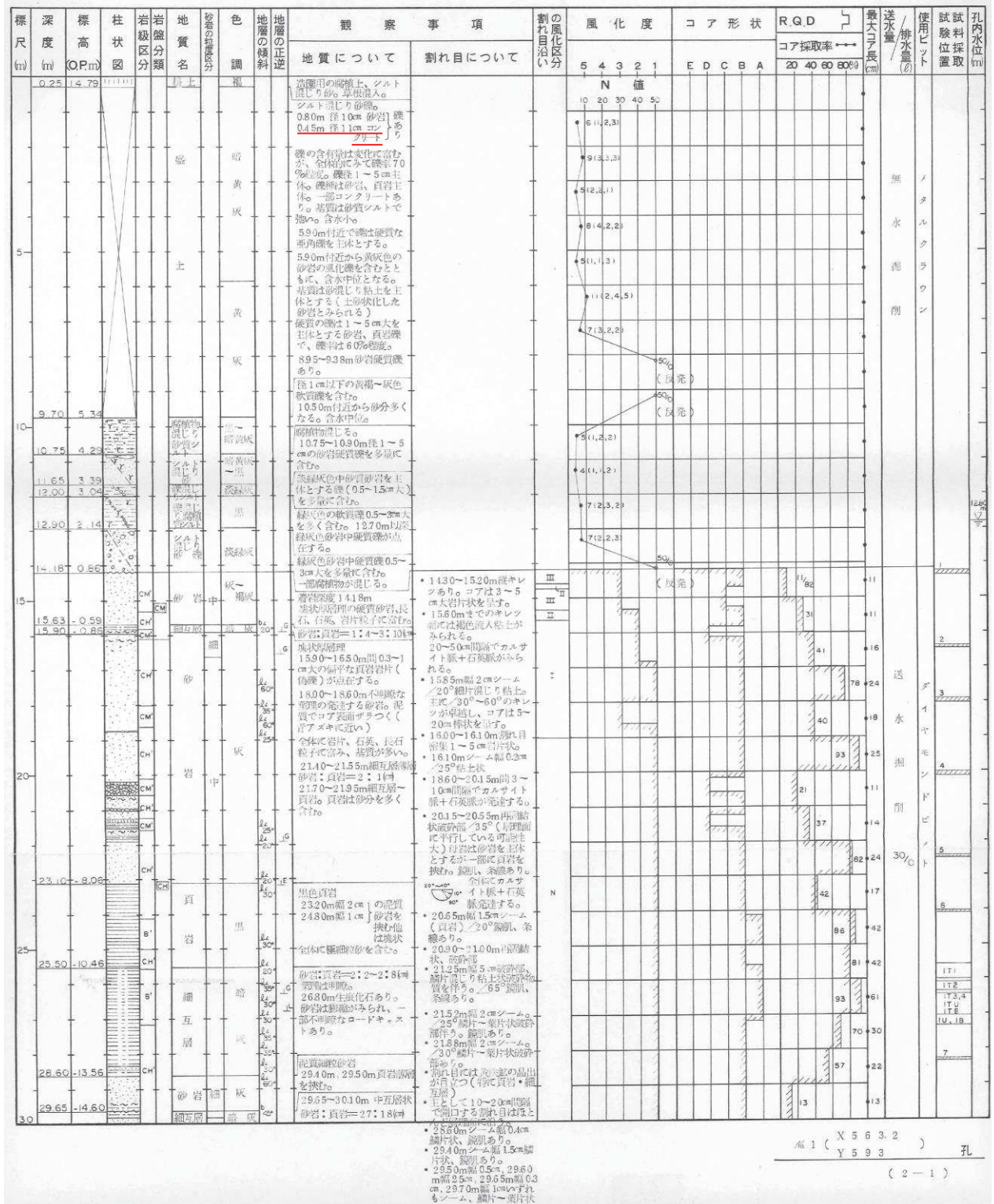


図1-45(1) ボーリング柱状図 (No. 1)
 (盛土: 深度 0~9.70m, 旧表土: 深度 9.70~14.18m)



図 1-45(2) ボーリングコア写真 (No. 1)
(盛土：深度 0～9.70m, 旧表土：深度 9.70～14.18m)

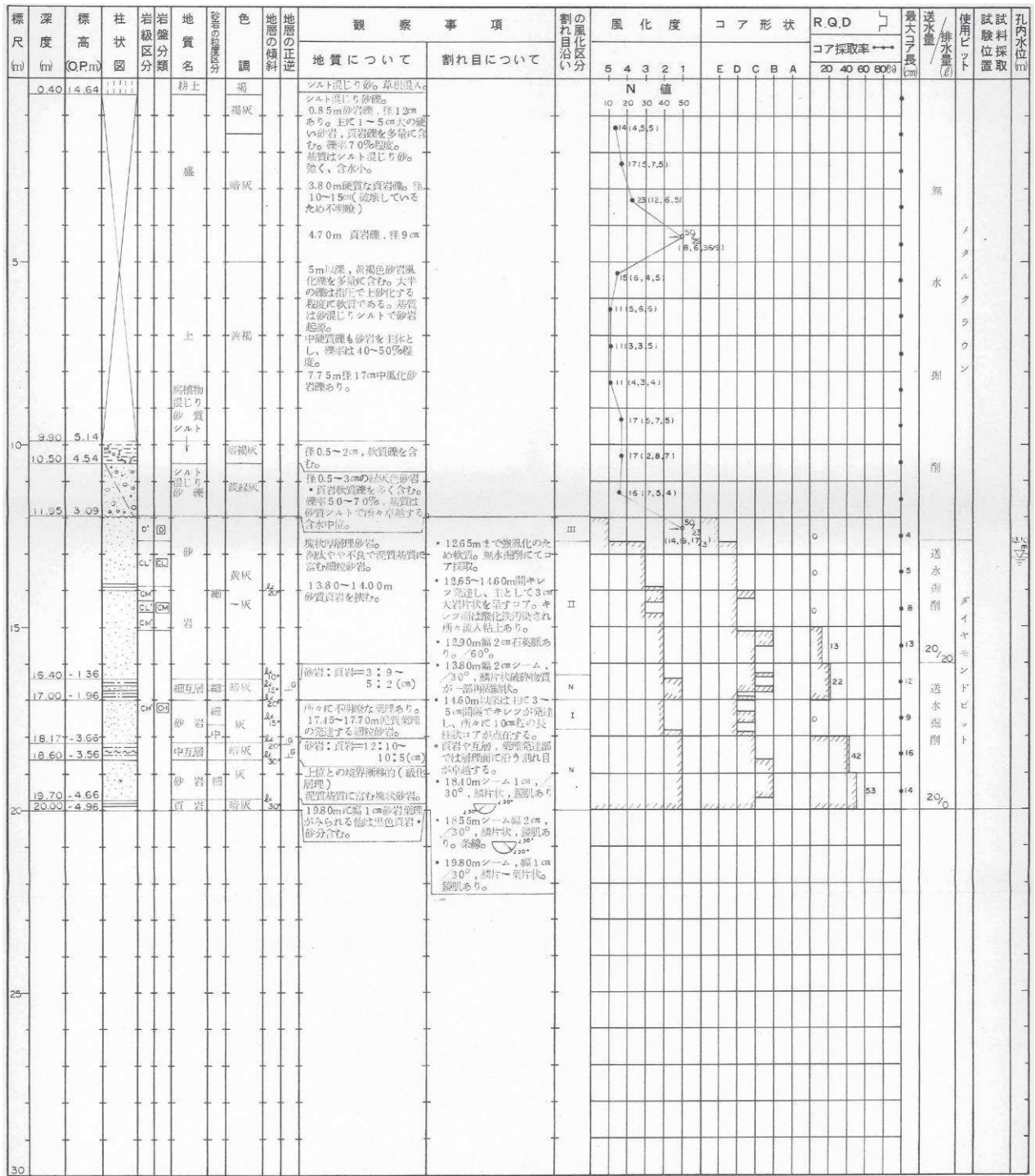


図 1-46(1) ボーリング柱状図 (No. 2)
 (盛土 : 深度 0~9.90m, 旧表土 : 深度 9.90~11.95m)



図 1-46(2) ボーリングコア写真 (No. 2)
(盛土 : 深度 0~9.90m, 旧表土 : 深度 9.90~11.95m)

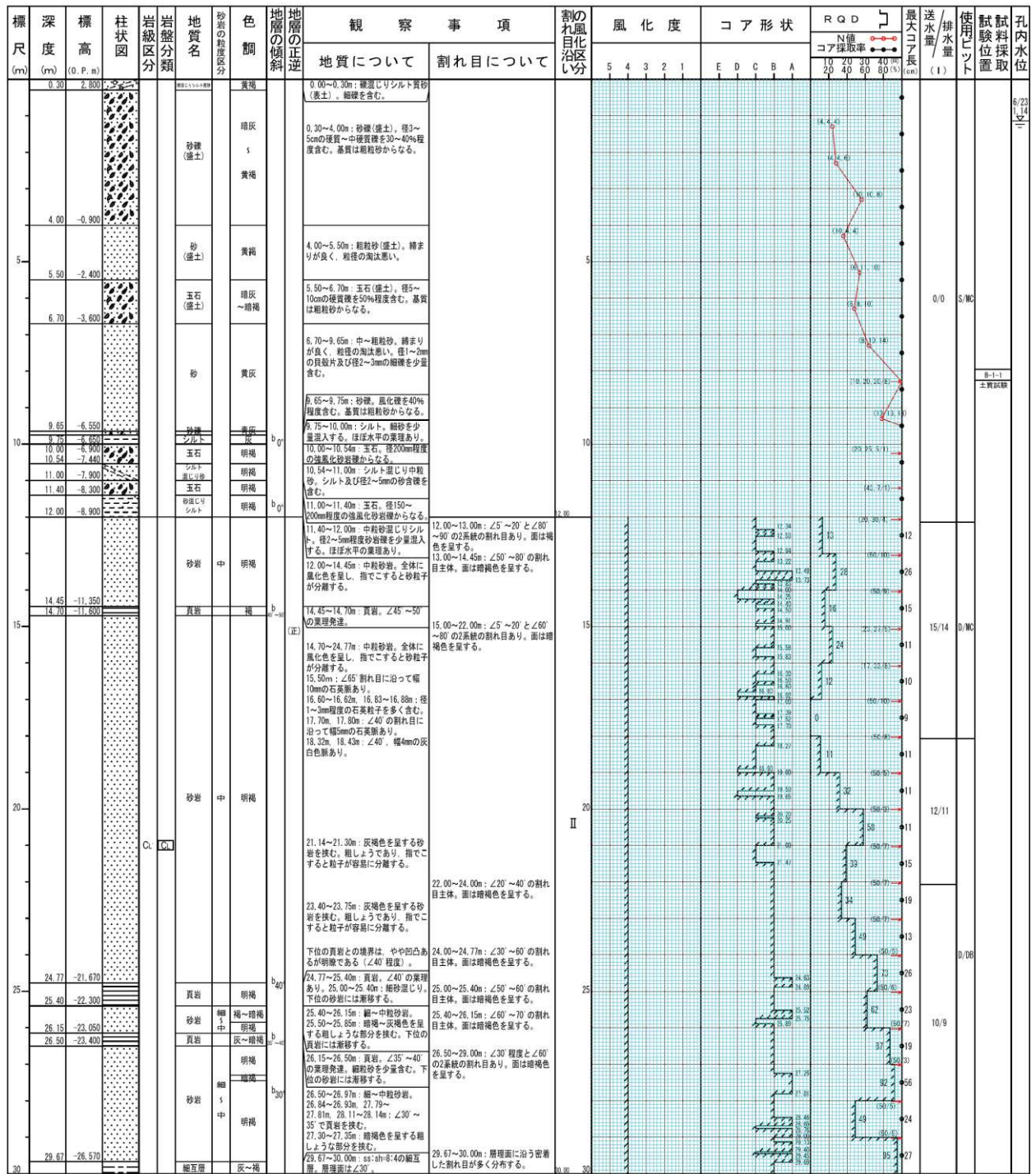


図 1-47(1) ボーリング柱状図 (23B-1)
(盛土: 深度 0~6.70m, 旧表土: 深度 6.70~12.00m)



図 1-47(2) ボーリングコア写真 (23B-1)
 (盛土：深度 0～6.70m, 旧表土：深度 6.70～12.00m)

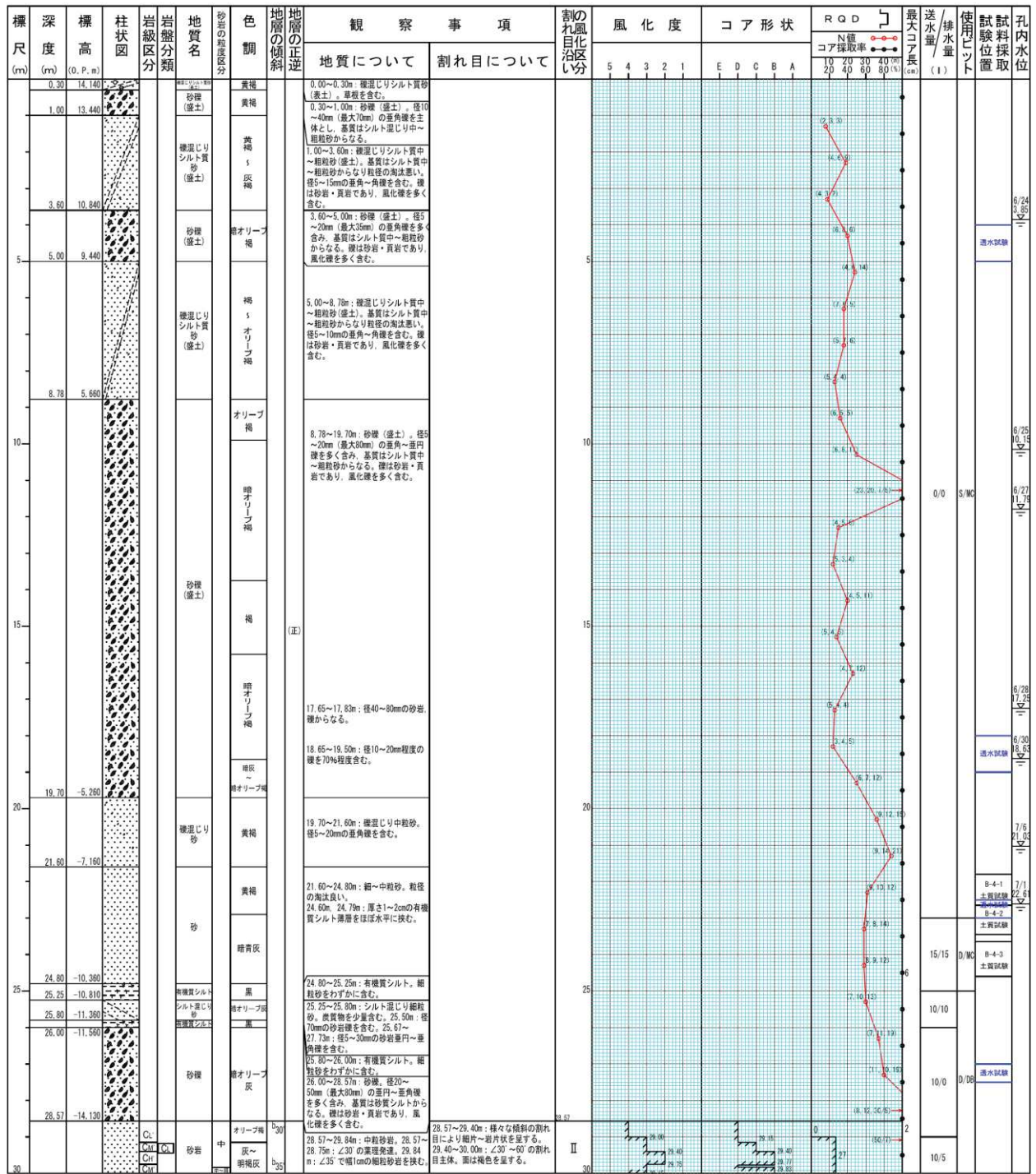


図 1-48(1) ボーリング柱状図 (23B-4)

(盛土: 深度 0~19.70m, 旧表土: 深度 19.70~28.57m)

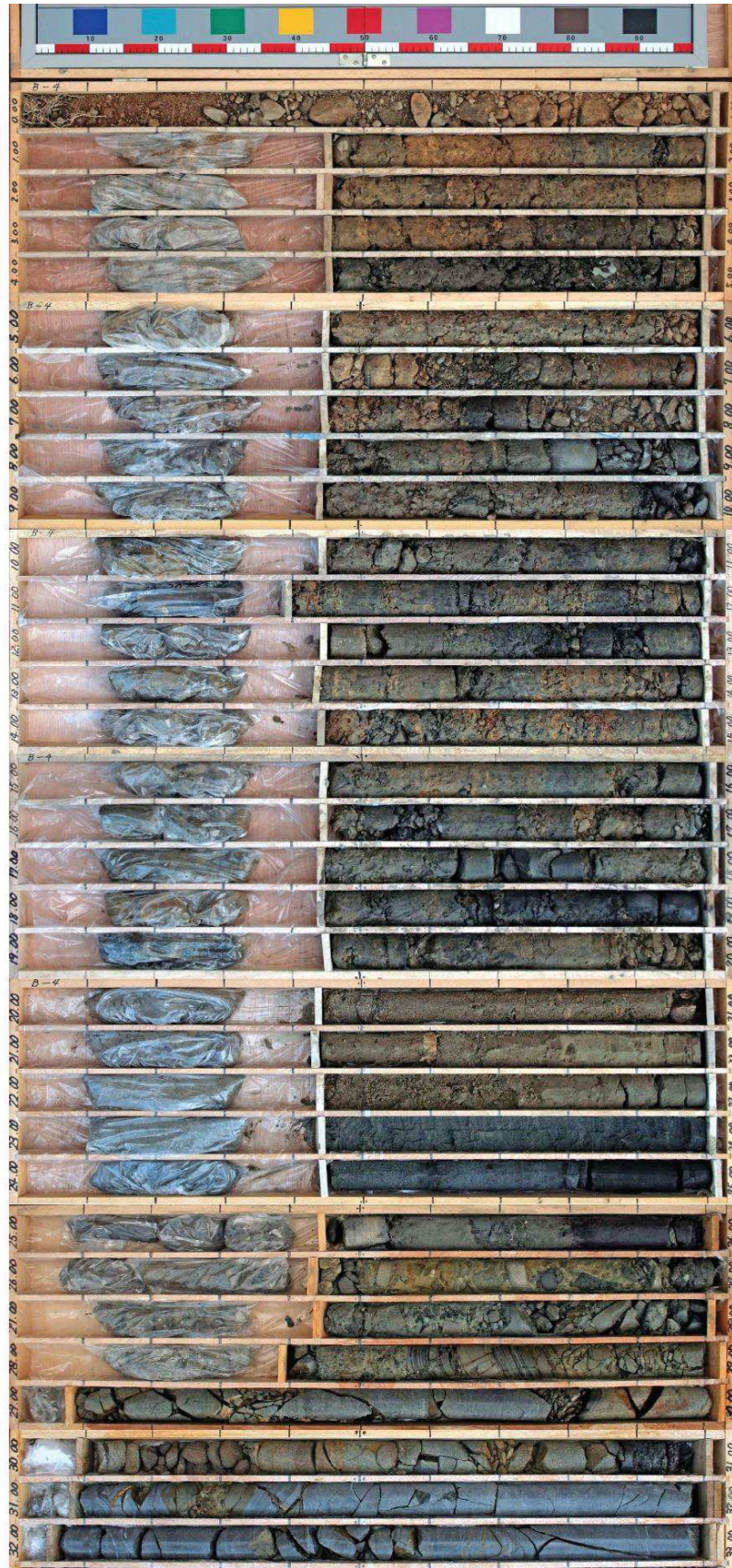


図 1-48(2) ボーリングコア写真 (23B-4)
 (盛土：深度 0～19.70m, 旧表土：深度 19.70～28.57m)

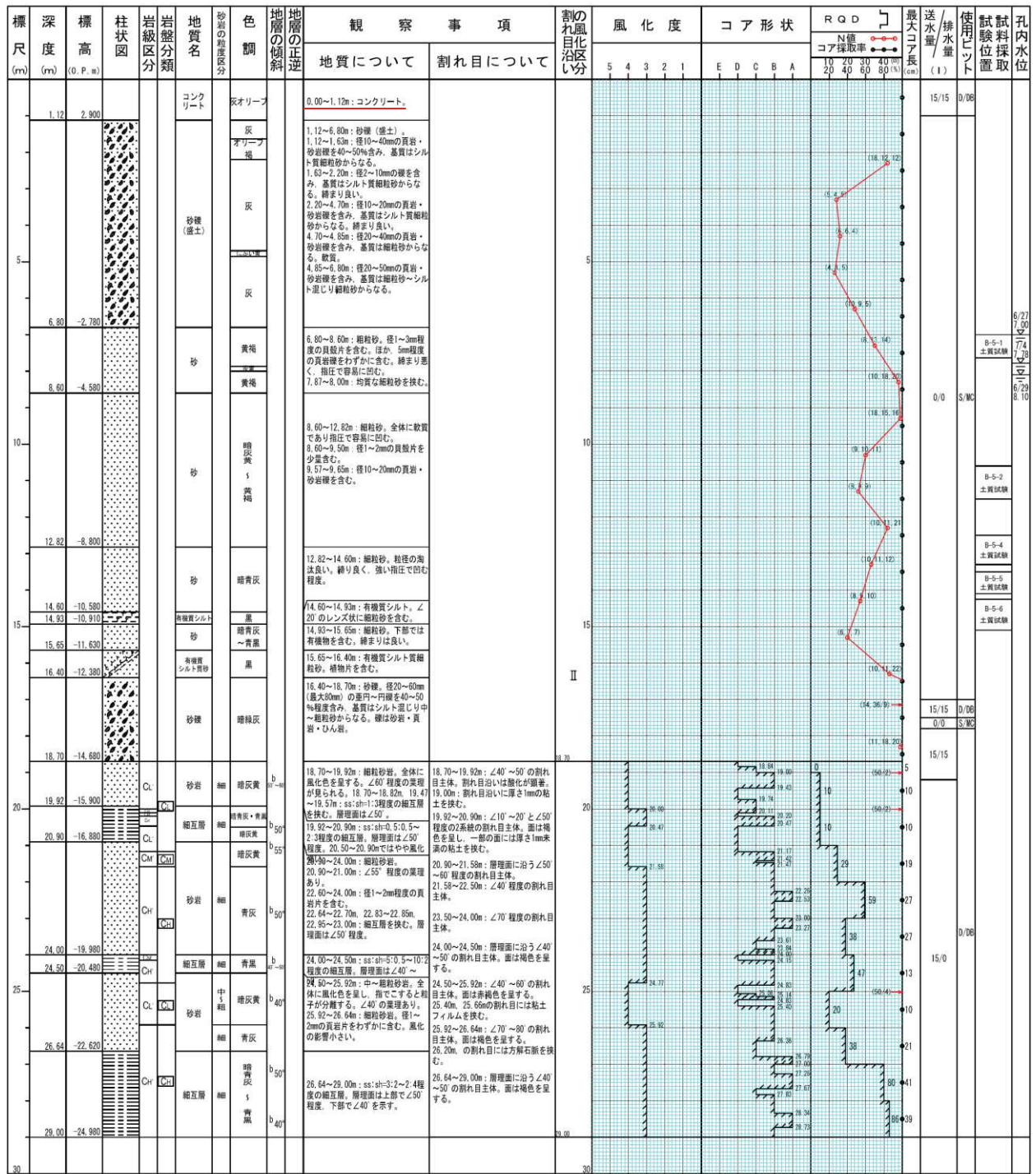


図 1-49(1) ボーリング柱状図 (23B-5)
(盛土: 深度 0~6.80m, 旧表土: 深度 6.80~18.70m)

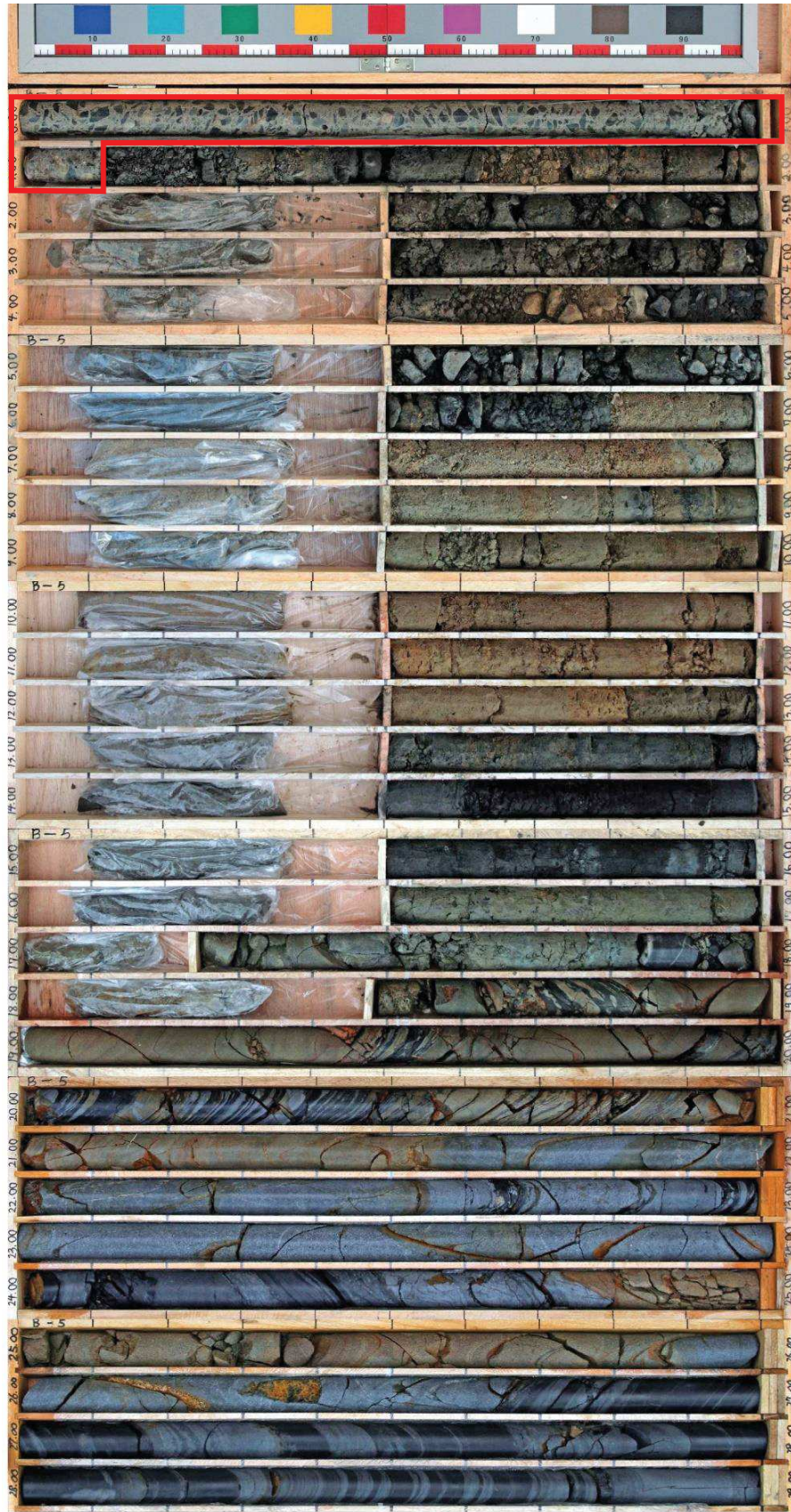
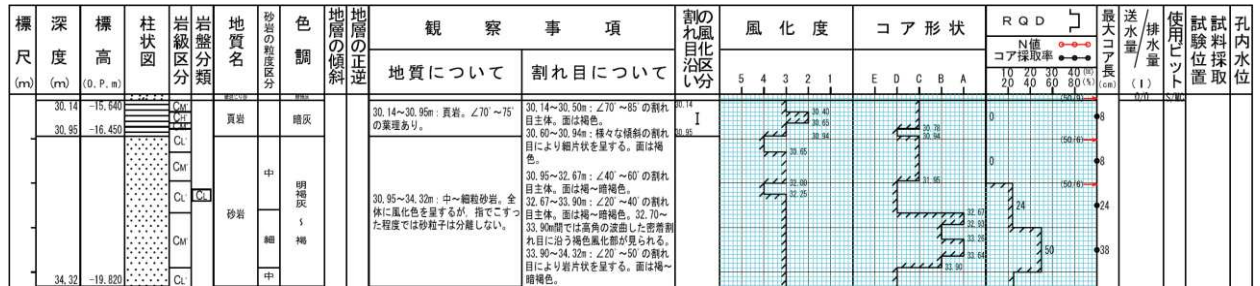
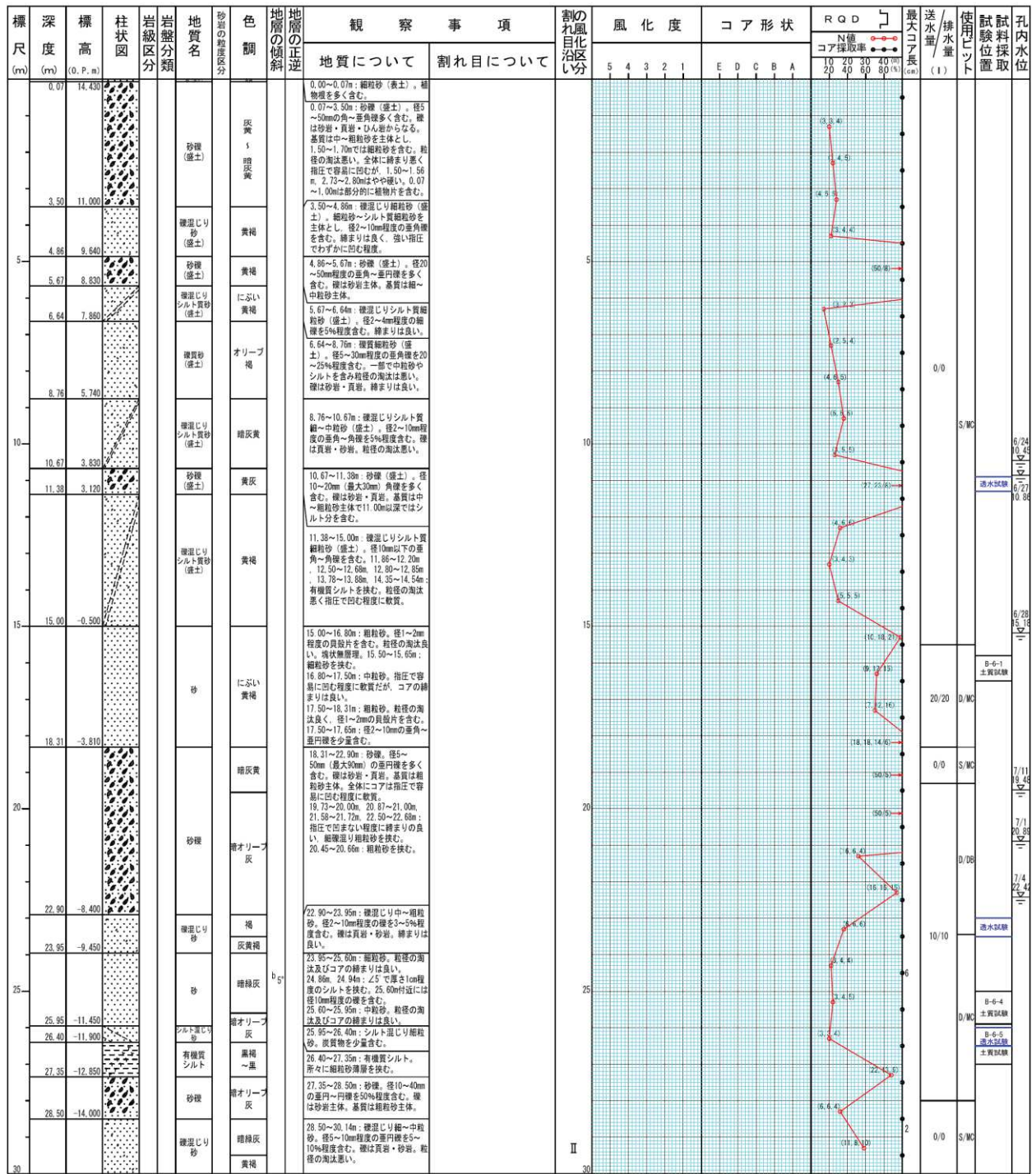


図 1-49(2) ボーリングコア写真 (23B-5)
 (盛土：深度 0～6.80m, 旧表土：深度 6.80～18.70m)



(深度 33m 以深には岩盤が連続しており、ここではこの区間の柱状図とコア写真を割愛)

図 1-50(1) ボーリング柱状図 (23B-6)

(盛土: 深度 0~15.00m, 旧表土: 深度 15.00~30.14m)

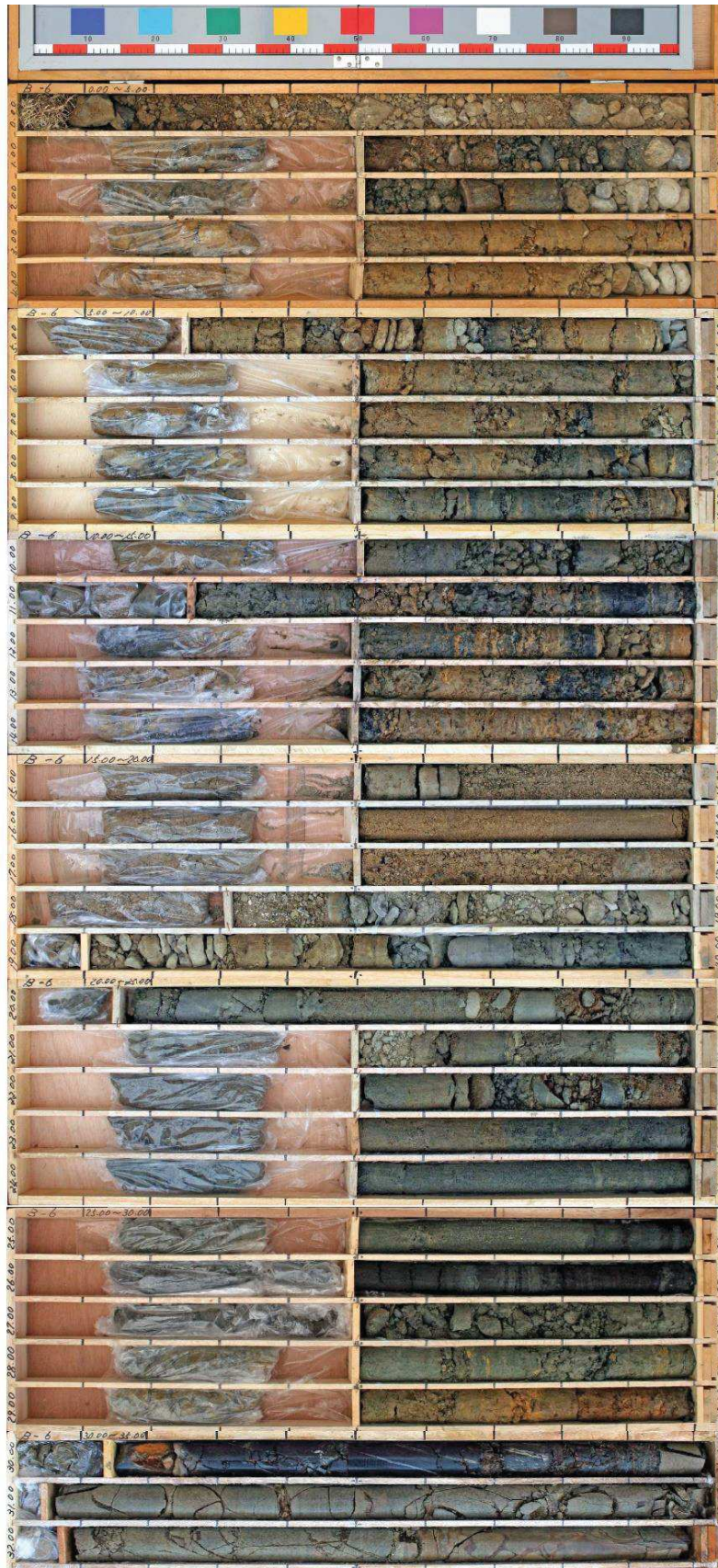


図 1-50(2) ボーリングコア写真 (23B-6)
 (盛土：深度 0～15.00m, 旧表土：深度 15.00～30.14m)

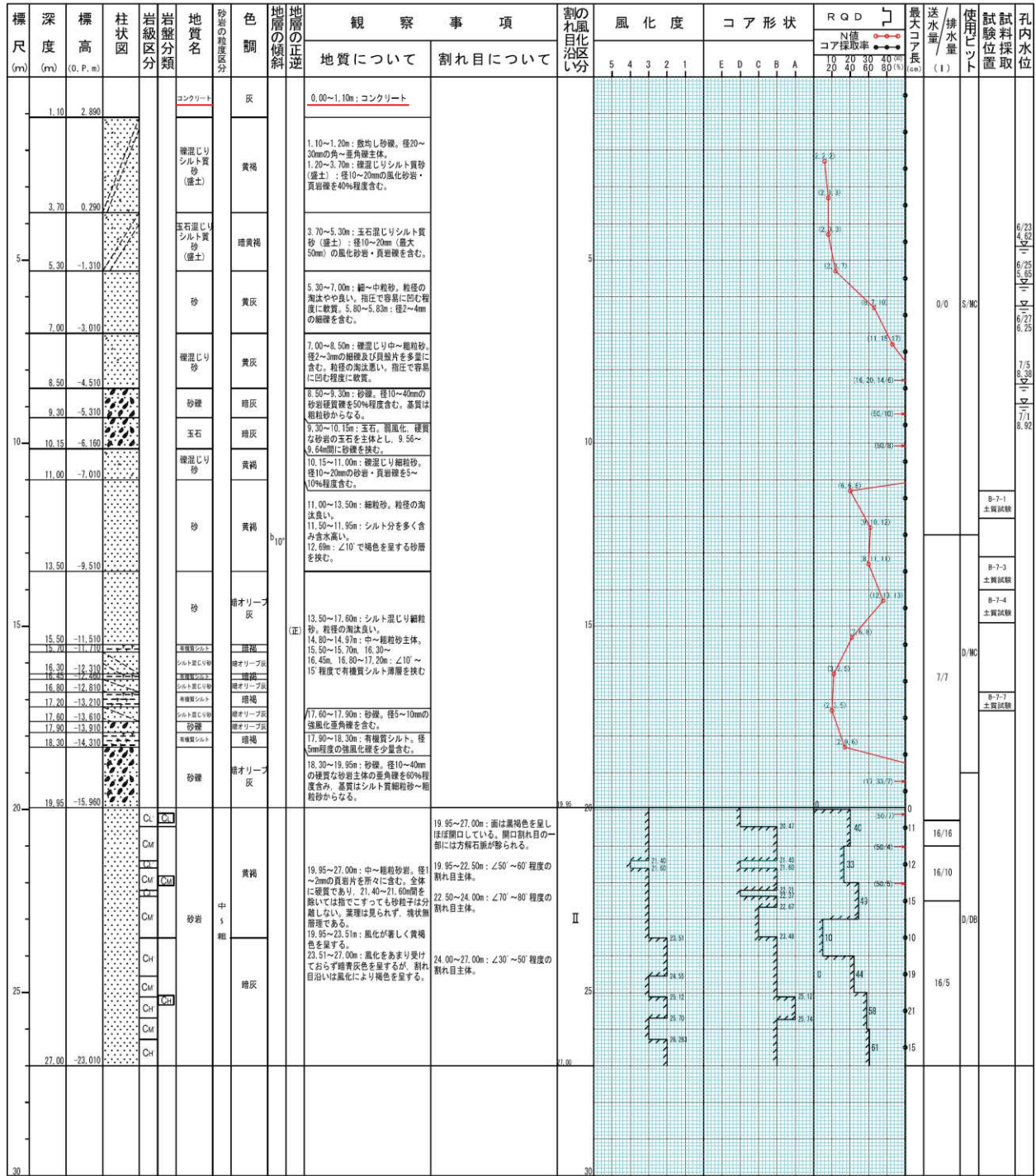


図 1-51(1) ボーリング柱状図 (23B-7)
 (盛土: 深度 0~5.30m, 旧表土: 深度 5.30~19.95m)



図 1-51(2) ボーリングコア写真 (23B-7)
 (盛土：深度 0～5.30m, 旧表土：深度 5.30～19.95m)

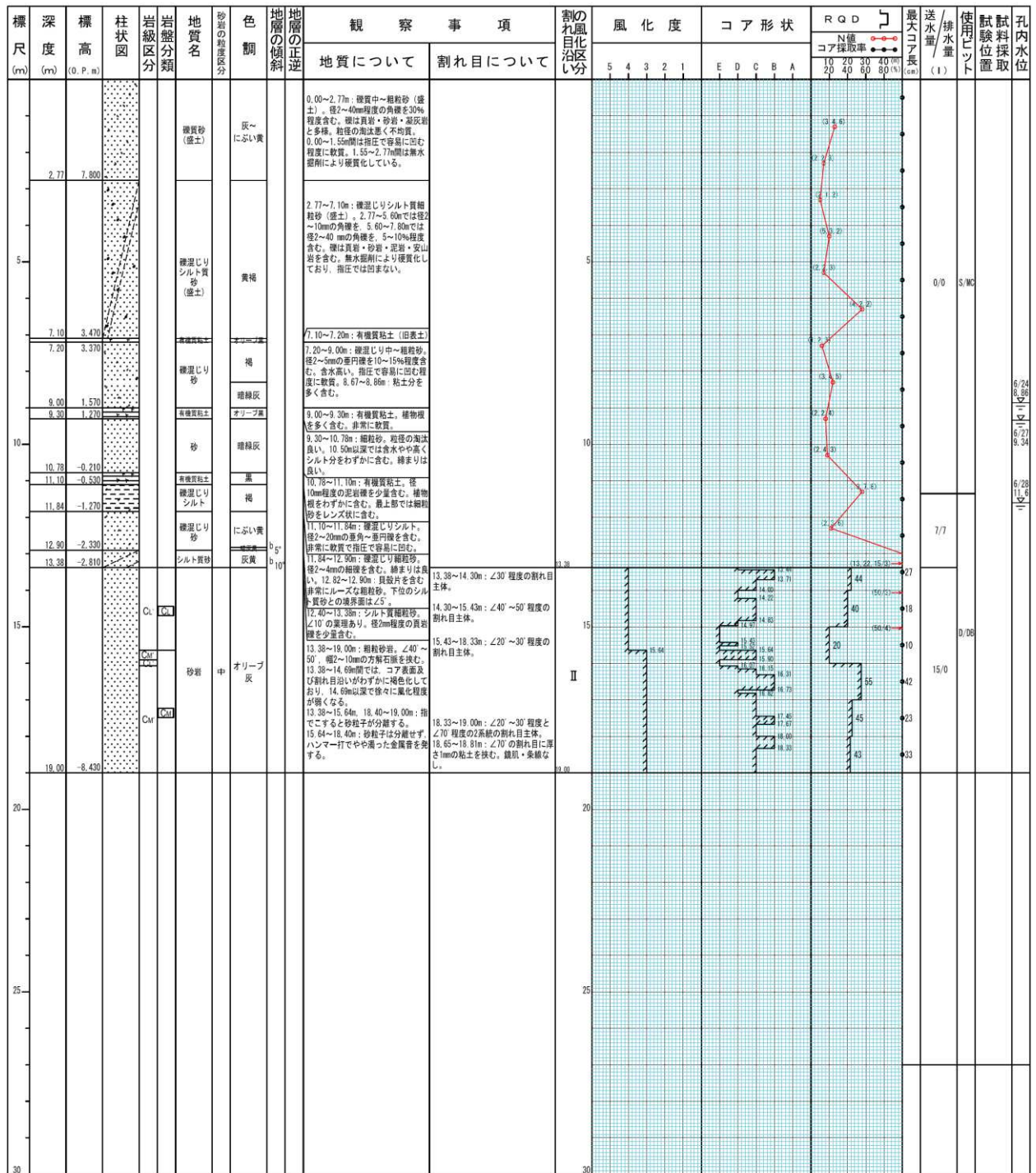


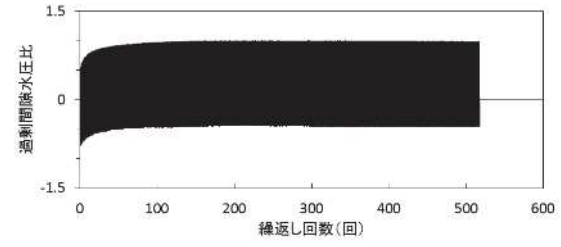
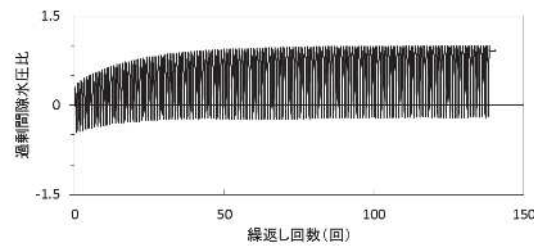
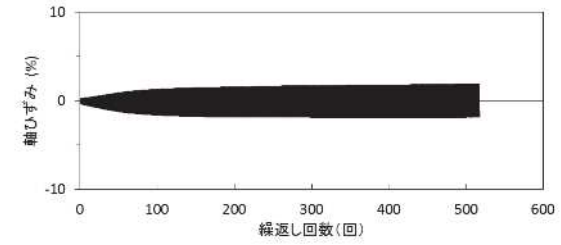
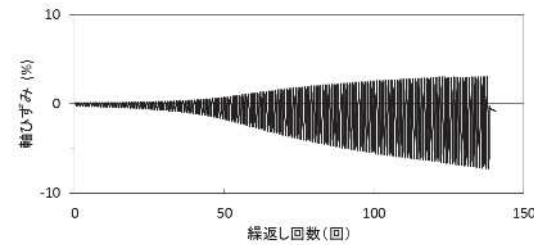
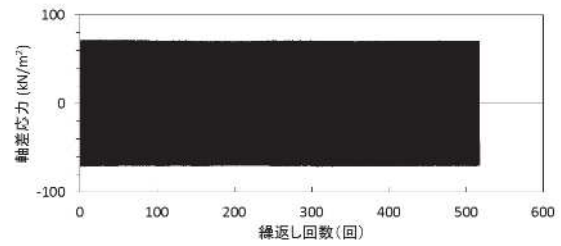
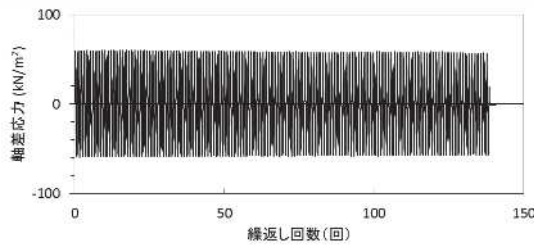
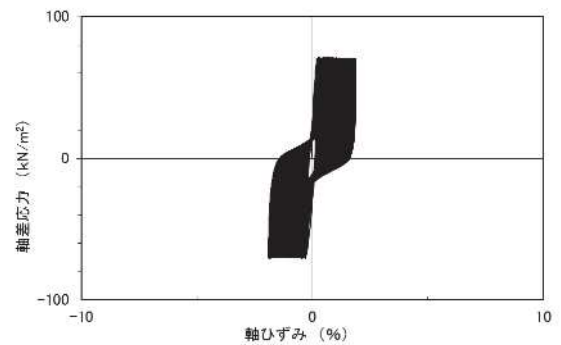
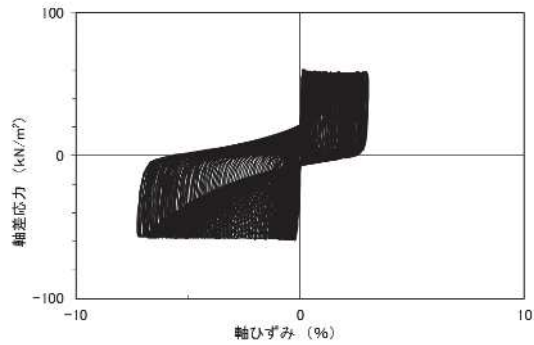
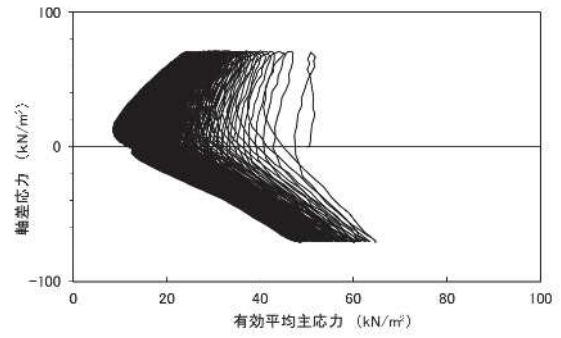
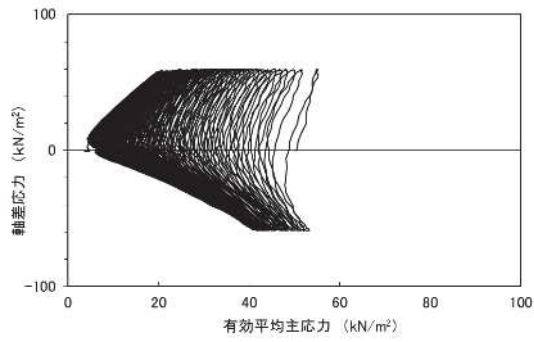
図 1-52(1) ボーリング柱状図 (23B-9)
 (盛土: 深度 0~7.10m, 旧表土: 深度 7.10~13.38m)



図 1-52(2) ボーリングコア写真 (23B-9)
(盛土 : 深度 0~7.10m, 旧表土 : 深度 7.10~13.38m)

2. 液状化強度試験結果

2.1 盛土の液状化強度試験結果

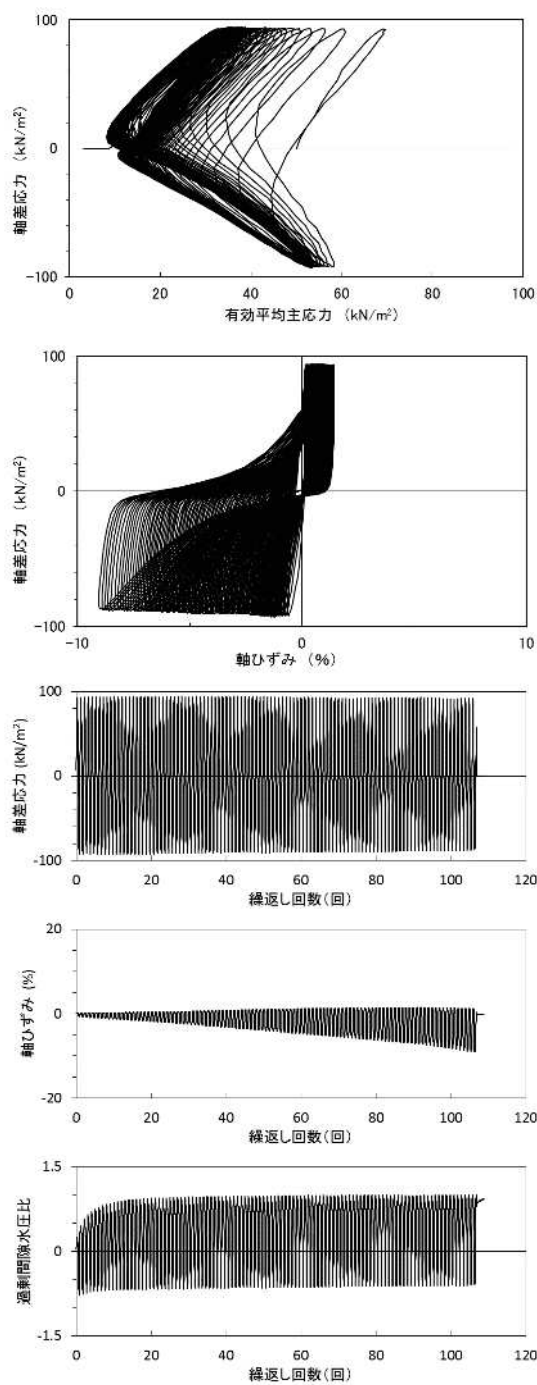


試験結果		液状化の判断
間隙水圧が上昇・蓄積する(95%)	○	繰返し軟化
有効応力がゼロまで低下する	×	
液体状となり流動する(ひずみ急増)	×	
ダイレイタンシー特性によりせん断抵抗が作用する(有効応力回復)	○	

試験結果		液状化の判断
間隙水圧が上昇・蓄積する(95%)	○	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(ひずみ急増)	×	
ダイレイタンシー特性によりせん断抵抗が作用する(有効応力回復)	○	

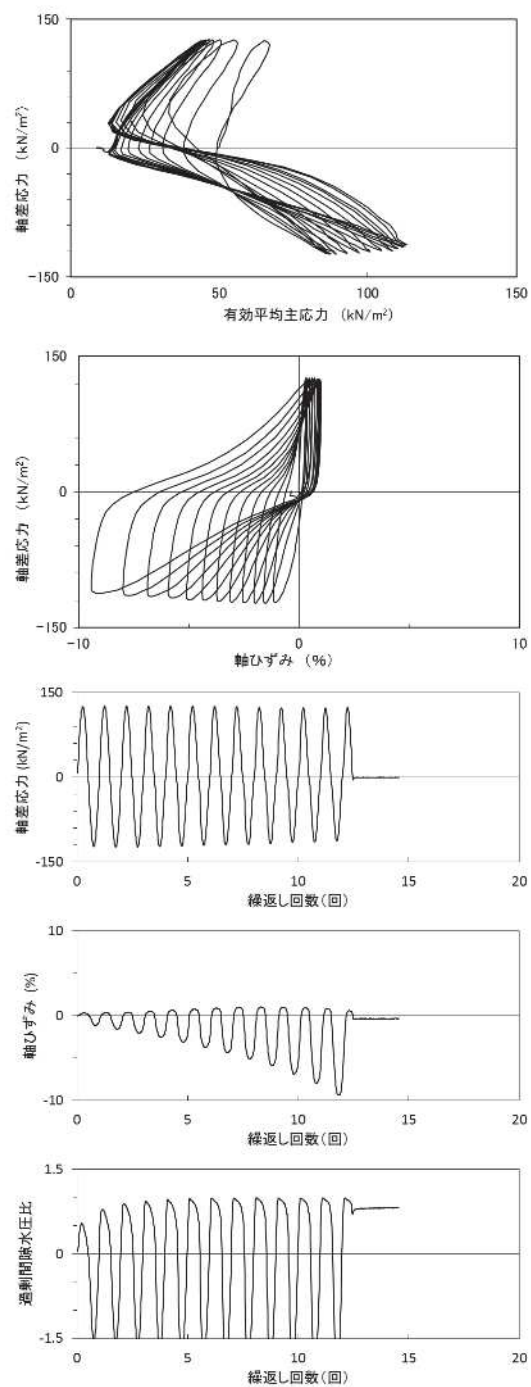
図 2. 1-1 液状化強度試験結果
(B-1-1 試料 (供試体 No. 1))

図 2. 1-2 液状化強度試験結果
(B-1-1 試料 (供試体 No. 2))



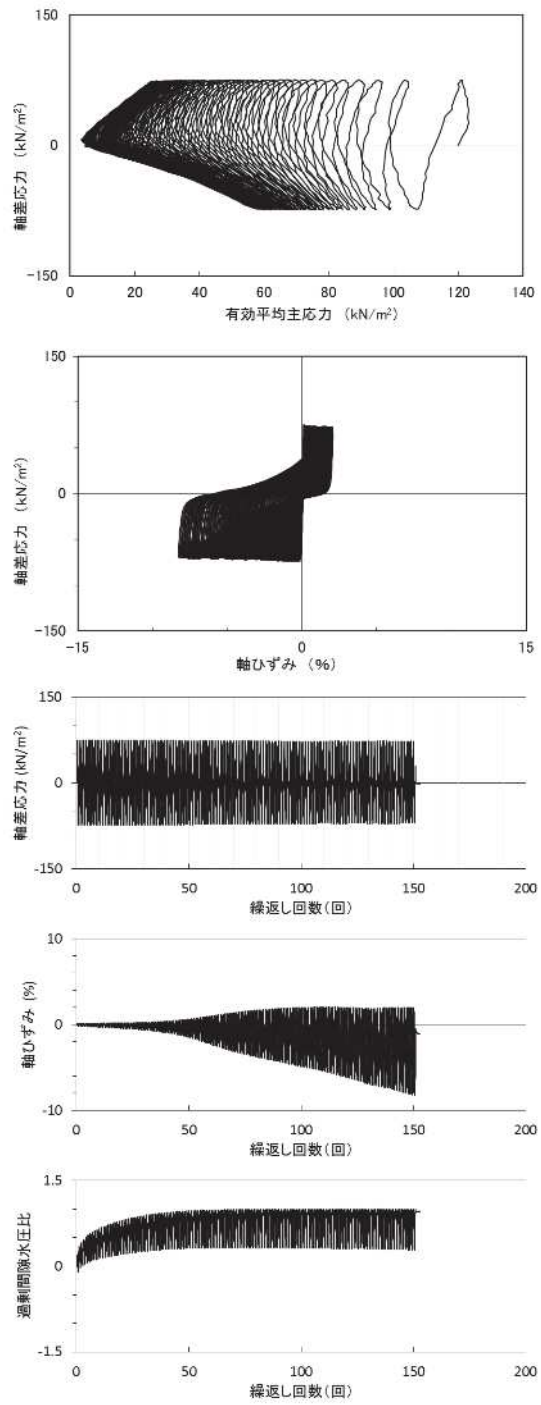
試験結果		液状化の判断
間隙水圧が上昇・蓄積する(95%)	○	繰返し軟化
有効応力がゼロまで低下する	×	
液体状となり流動する(ひずみ急増)	×	
ダイレイタンスー特性によりせん断抵抗が作用する(有効応力回復)	○	

図 2.1-3 液状化強度試験結果
(B-1-1 試料 (供試体 No. 3))



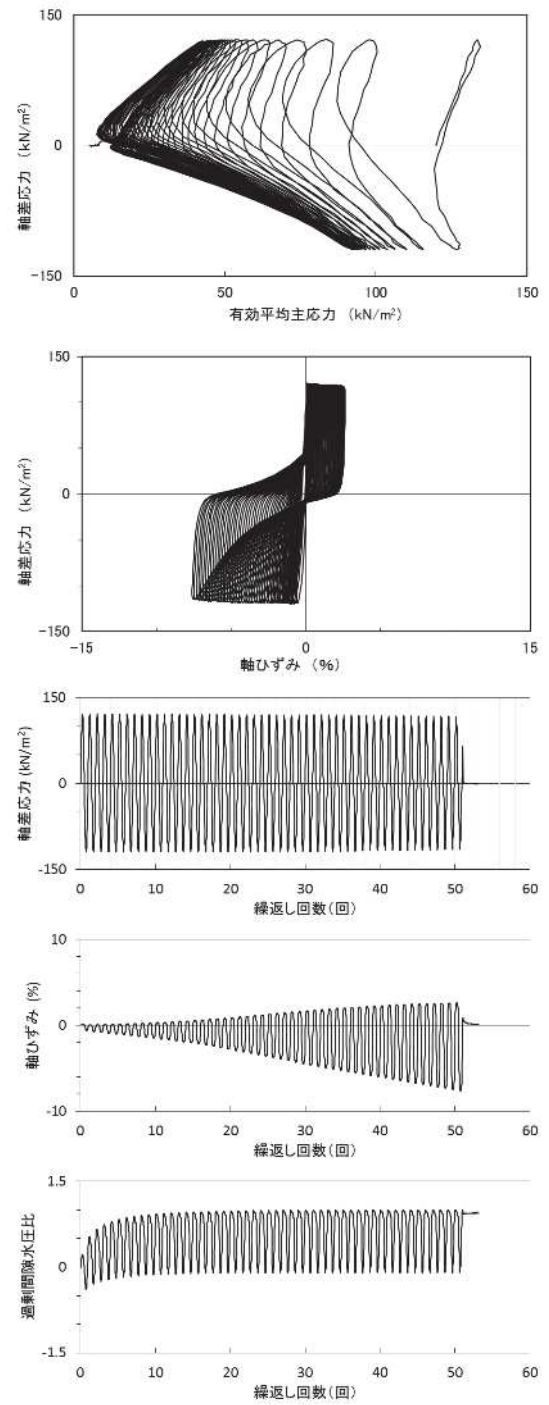
試験結果		液状化の判断
間隙水圧が上昇・蓄積する(95%)	○	繰返し軟化
有効応力がゼロまで低下する	×	
液体状となり流動する(ひずみ急増)	×	
ダイレイタンスー特性によりせん断抵抗が作用する(有効応力回復)	○	

図 2.1-4 液状化強度試験結果
(B-1-1 試料 (供試体 No. 4))



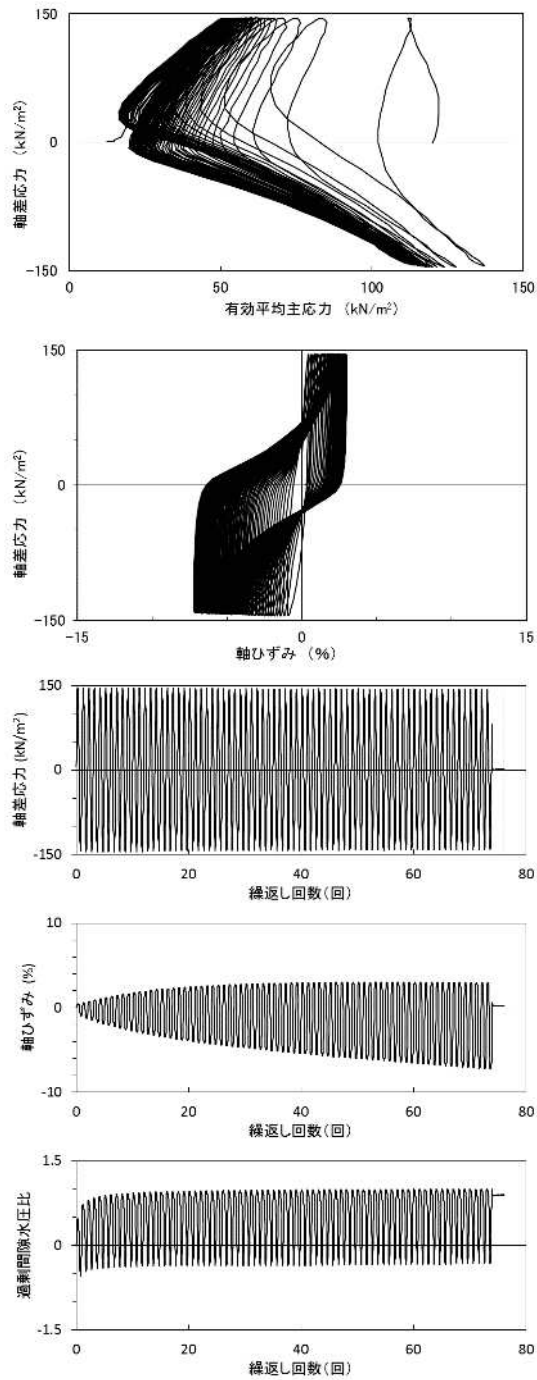
試験結果		液状化の判断
間隙水圧が上昇・蓄積する(95%)	○	繰返し軟化
有効応力がゼロまで低下する	×	
液体状となり流動する(ひずみ急増)	×	
ダイレイタンシー特性によりせん断抵抗が作用する(有効応力回復)	○	

図 2.1-5 液状化強度試験結果
(B-1-2 試料 (供試体 No. 1))



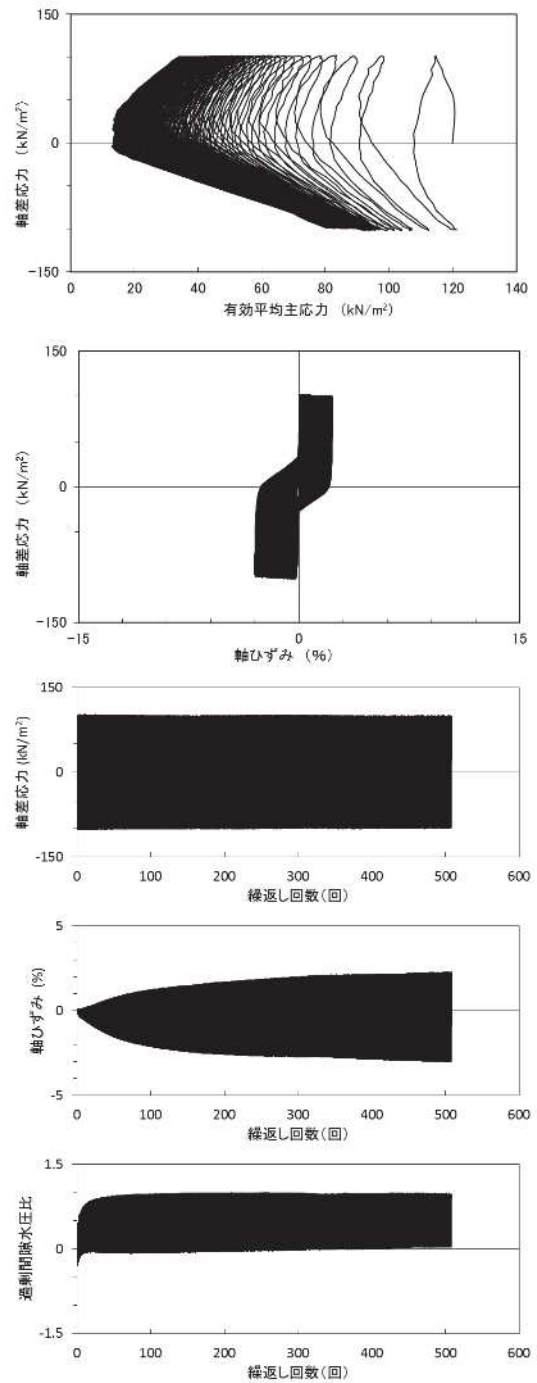
試験結果		液状化の判断
間隙水圧が上昇・蓄積する(95%)	○	繰返し軟化
有効応力がゼロまで低下する	×	
液体状となり流動する(ひずみ急増)	×	
ダイレイタンシー特性によりせん断抵抗が作用する(有効応力回復)	○	

図 2.1-6 液状化強度試験結果
(B-1-2 試料 (供試体 No. 2))



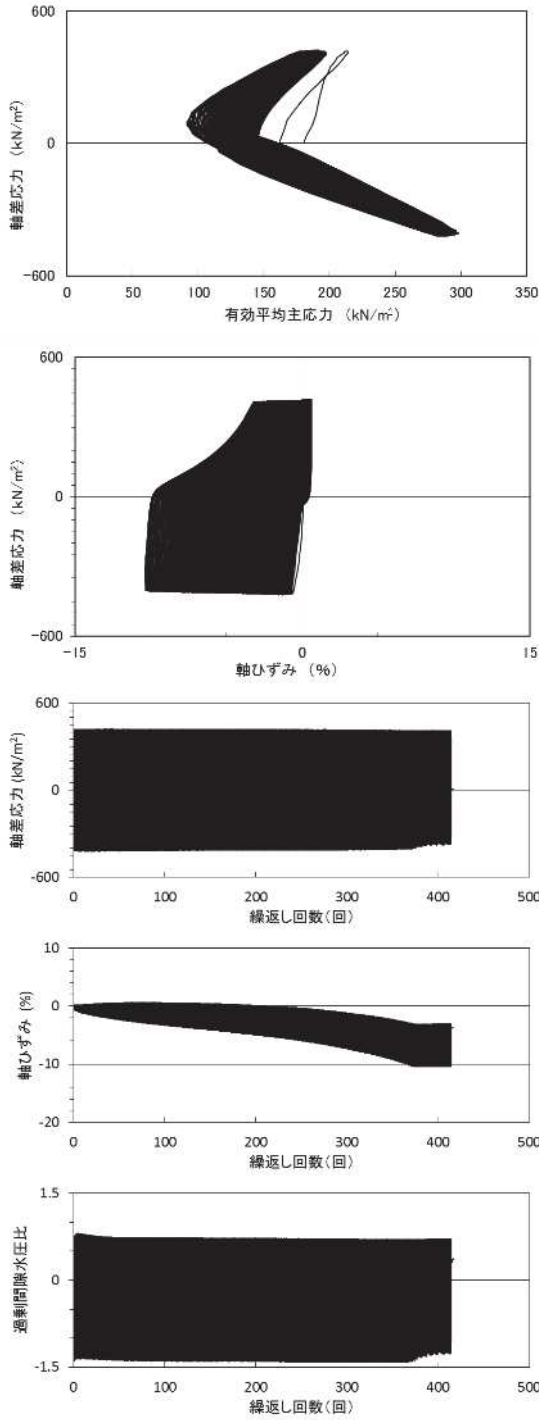
試験結果		液状化の判断
間隙水圧が上昇・蓄積する(95%)	○	繰返し軟化
有効応力がゼロまで低下する	×	
液体状となり流動する(ひずみ急増)	×	
ダイレイタンスー特性によりせん断抵抗が作用する(有効応力回復)	○	

図 2.1-7 液状化強度試験結果
(B-1-2 試料 (供試体 No. 3))



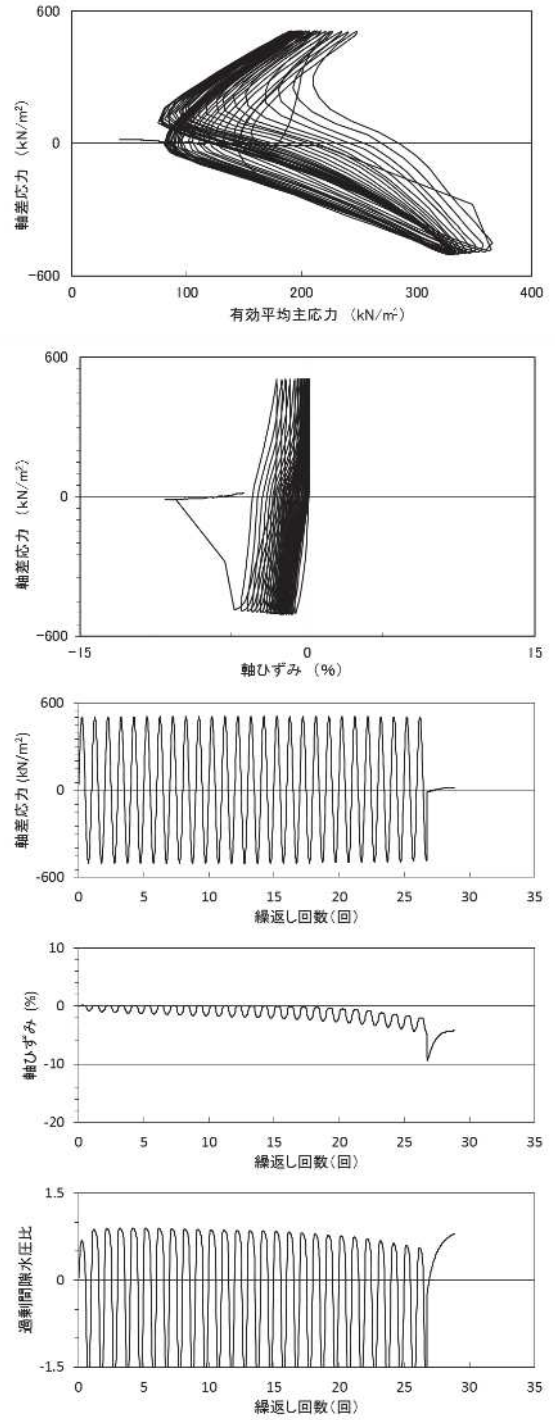
試験結果		液状化の判断
間隙水圧が上昇・蓄積する(95%)	○	繰返し軟化
有効応力がゼロまで低下する	×	
液体状となり流動する(ひずみ急増)	×	
ダイレイタンスー特性によりせん断抵抗が作用する(有効応力回復)	○	

図 2.1-8 液状化強度試験結果
(B-1-2 試料 (供試体 No. 4))



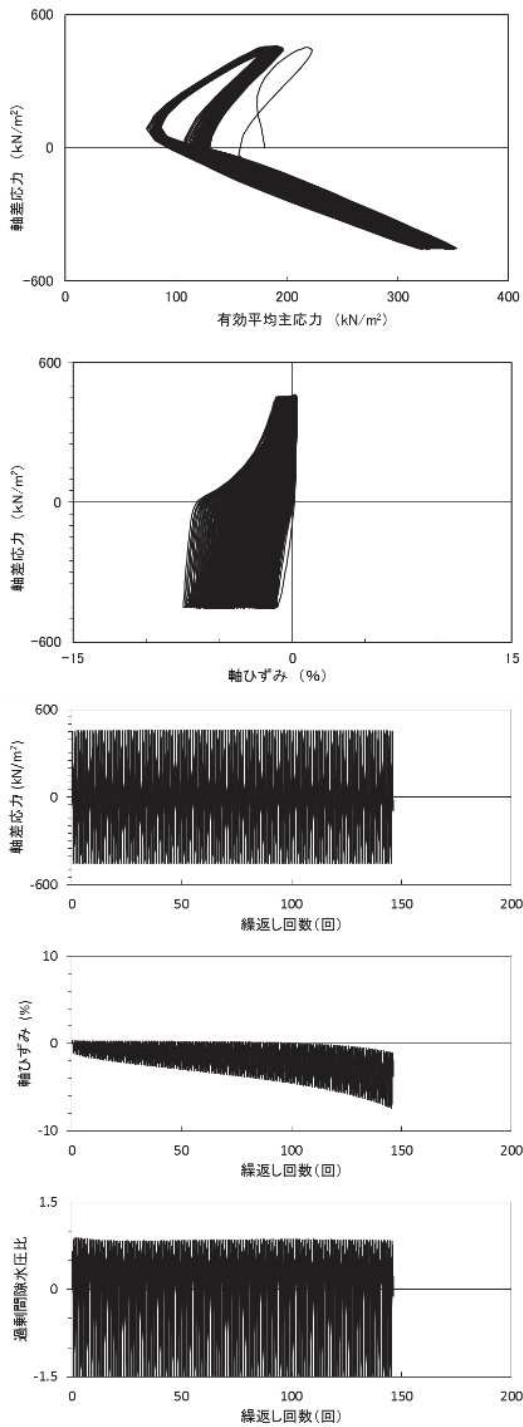
試験結果		液状化の判断
間隙水圧が上昇・蓄積する(95%)	×	非液状化
有効応力がゼロまで低下する	×	
液体状となり流動する(ひずみ急増)	×	
ダイレイタンスー特性によりせん断抵抗が作用する(有効応力回復)	○	

図 2.1-9 液状化強度試験結果
(B-1-3 試料 (供試体 No. 1))



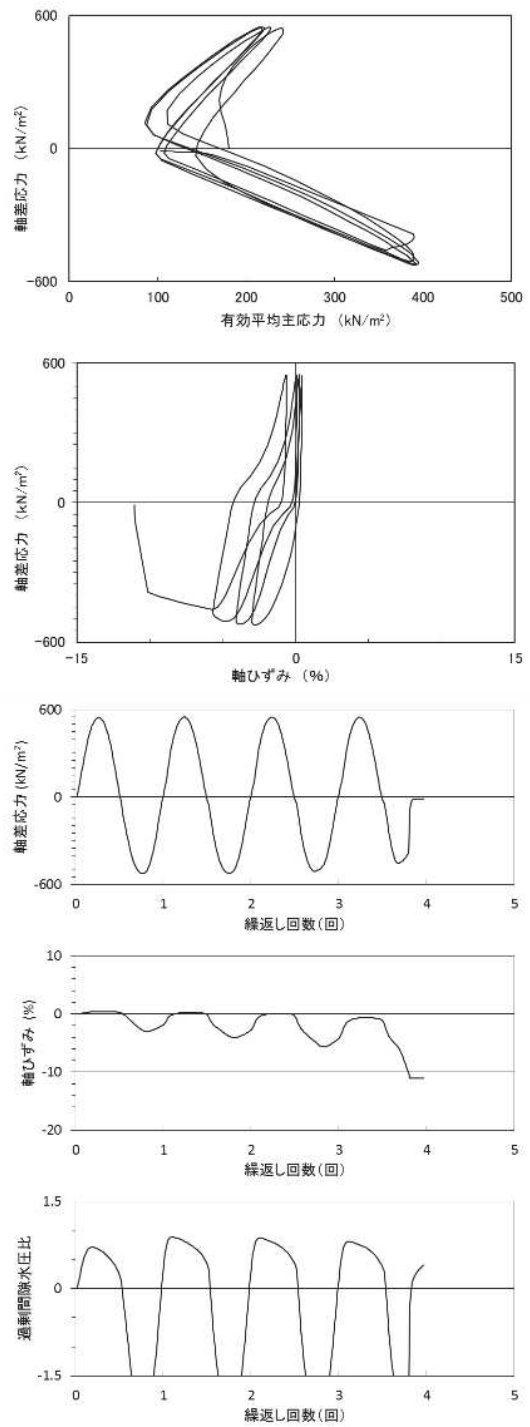
試験結果		液状化の判断
間隙水圧が上昇・蓄積する(95%)	×	非液状化
有効応力がゼロまで低下する	×	
液体状となり流動する(ひずみ急増)	×	
ダイレイタンスー特性によりせん断抵抗が作用する(有効応力回復)	○	

図 2.1-10 液状化強度試験結果
(B-1-3 試料 (供試体 No. 2))



試験結果		液状化の判断
間隙水圧が上昇・蓄積する(95%)	○	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(ひずみ急増)	×	
ダイレイタンスー特性によりせん断抵抗が作用する(有効応力回復)	○	

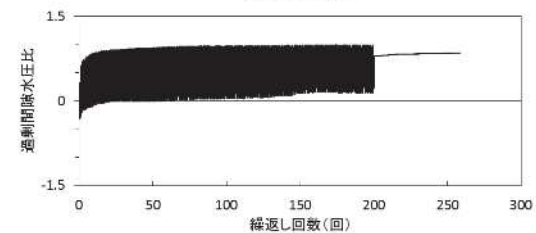
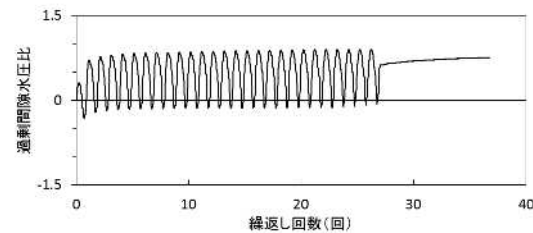
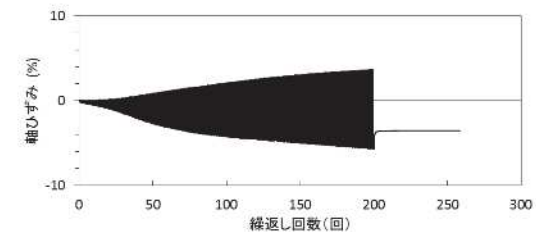
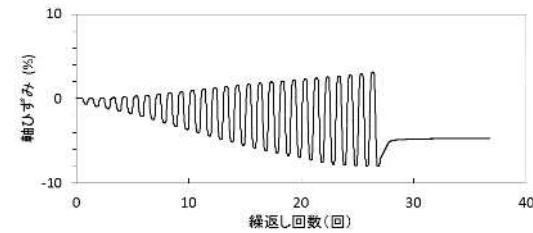
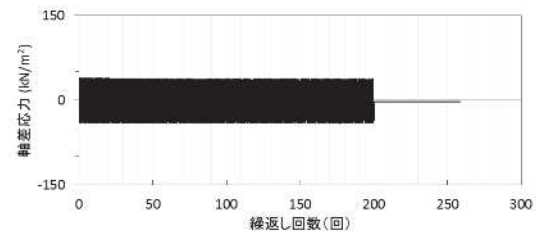
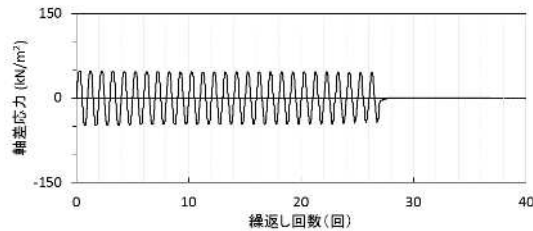
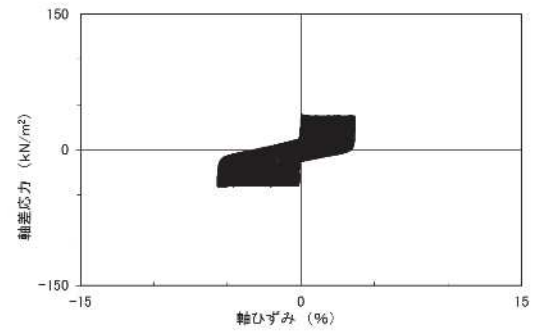
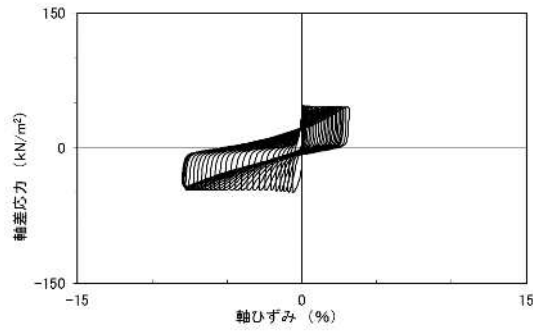
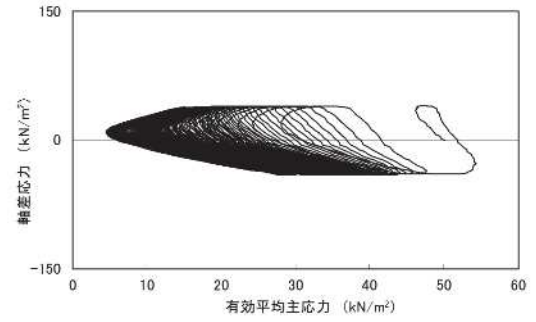
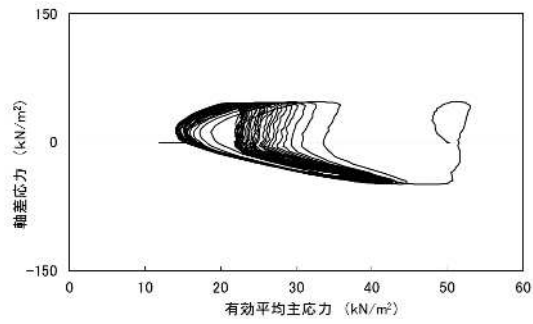
図 2.1-11 液状化強度試験結果
(B-1-3 試料 (供試体 No. 3))



試験結果		液状化の判断
間隙水圧が上昇・蓄積する(95%)	○	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(ひずみ急増)	×※	
ダイレイタンスー特性によりせん断抵抗が作用する(有効応力回復)	○	

※応力振幅が大きいことによるひずみ発生

図 2.1-12 液状化強度試験結果
(B-1-3 試料 (供試体 No. 4))

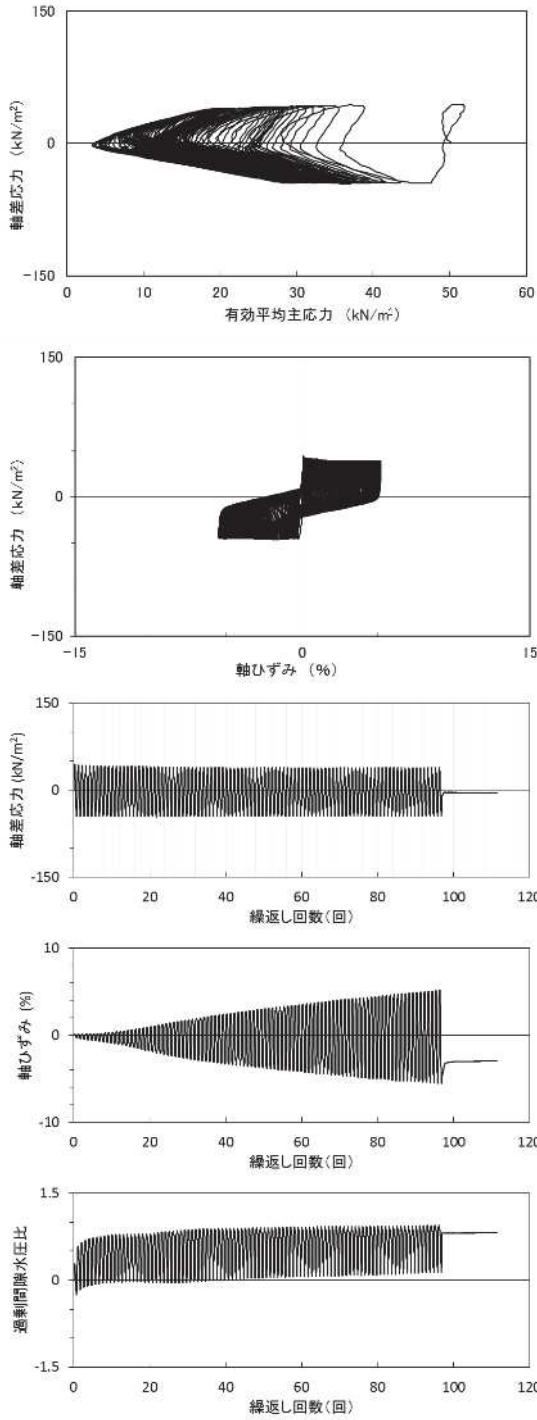


試験結果		液状化の判断
間隙水圧が上昇・蓄積する(95%)	×	非液状化
有効応力がゼロまで低下する	×	
液体状となり流動する(ひずみ急増)	×	
ダイレイタンスー特性によりせん断抵抗が作用する(有効応力回復)	○	

試験結果		液状化の判断
間隙水圧が上昇・蓄積する(95%)	○	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(ひずみ急増)	×	
ダイレイタンスー特性によりせん断抵抗が作用する(有効応力回復)	○	

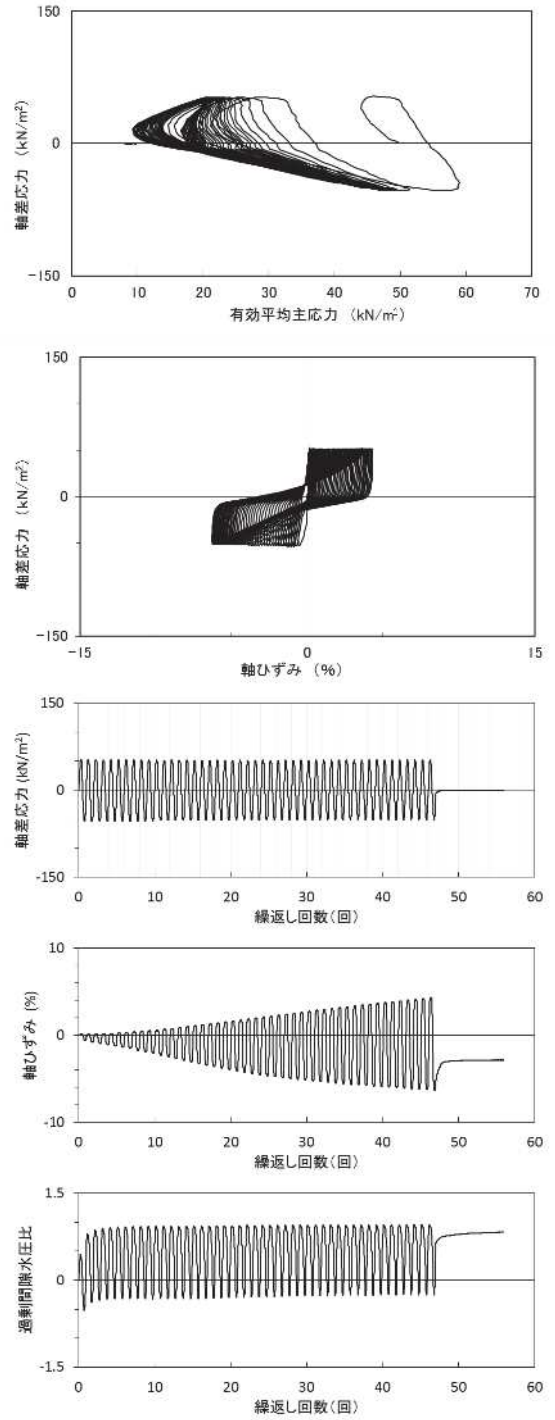
図 2.1-13 液状化強度試験結果
(B-1-4 試料 (供試体 No. 1))

図 2.1-14 液状化強度試験結果
(B-1-4 試料 (供試体 No. 2))



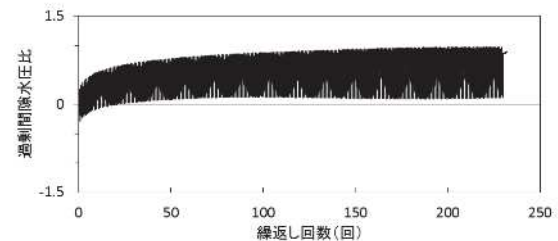
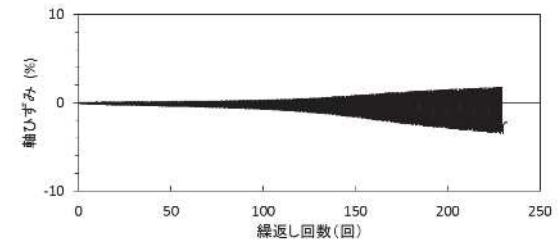
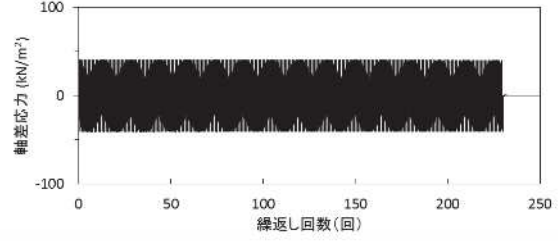
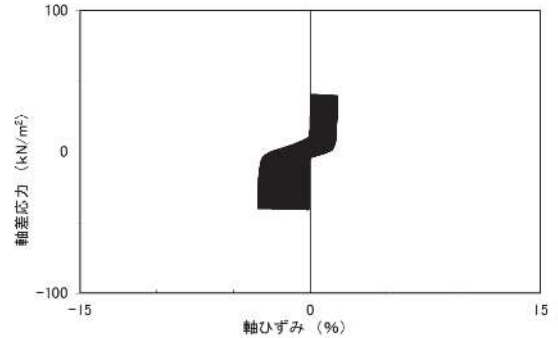
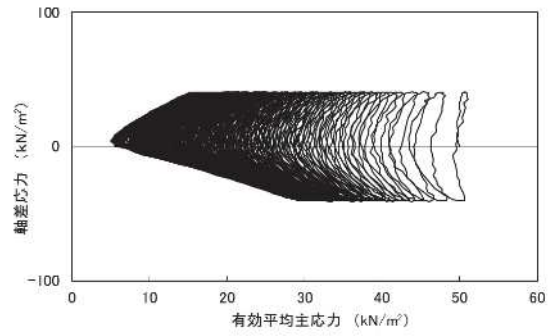
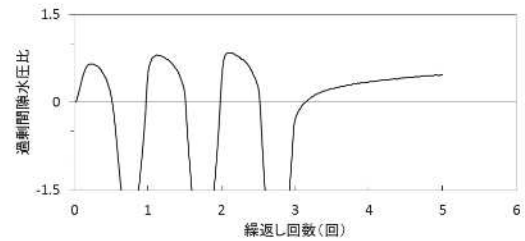
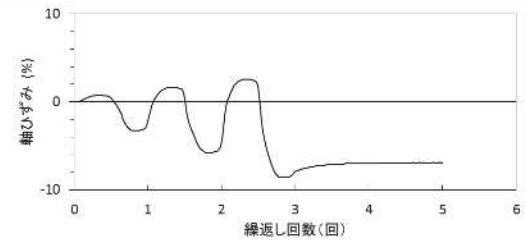
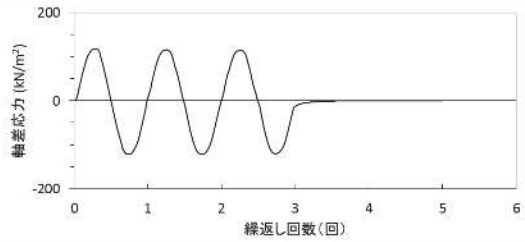
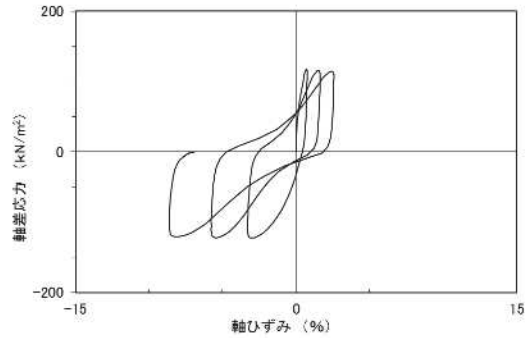
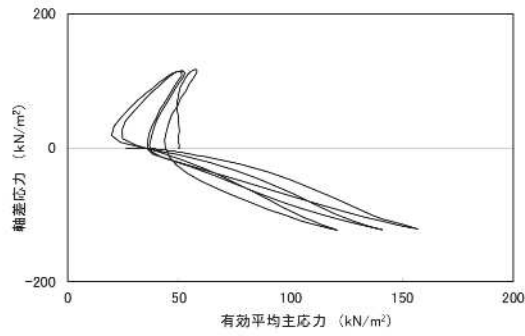
試験結果		液状化の判断
間隙水圧が上昇・蓄積する(95%)	×	非液状化
有効応力がゼロまで低下する	×	
液体状となり流動する(ひずみ急増)	×	
ダイレイタンスー特性によりせん断抵抗が作用する(有効応力回復)	○	

図 2.1-15 液状化強度試験結果
(B-1-4 試料 (供試体 No. 3))



試験結果		液状化の判断
間隙水圧が上昇・蓄積する(95%)	○	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(ひずみ急増)	×	
ダイレイタンスー特性によりせん断抵抗が作用する(有効応力回復)	○	

図 2.1-16 液状化強度試験結果
(B-1-4 試料 (供試体 No. 4))

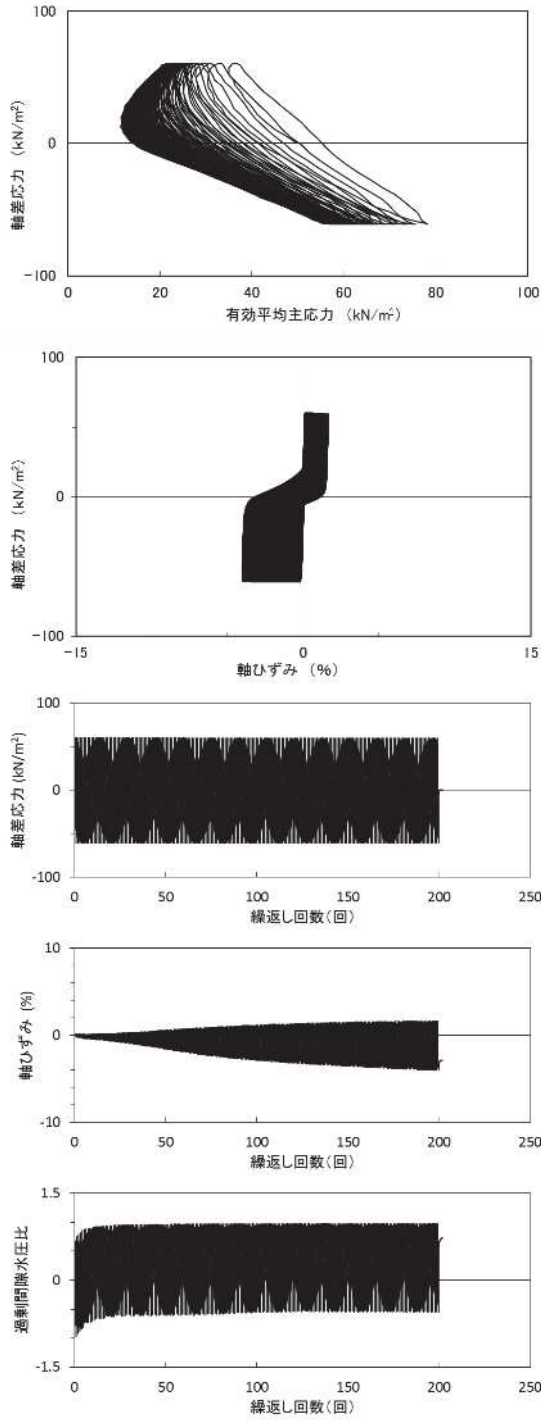


試験結果		液状化の判断
間隙水圧が上昇・蓄積する(95%)	×	非液状化
有効応力がゼロまで低下する	×	
液体状となり流動する(ひずみ急増)	×	
ダイレイタンスー特性によりせん断抵抗が作用する(有効応力回復)	○	

図 2.1-17 液状化強度試験結果
(B-2-1 試料 (供試体 No. 1))

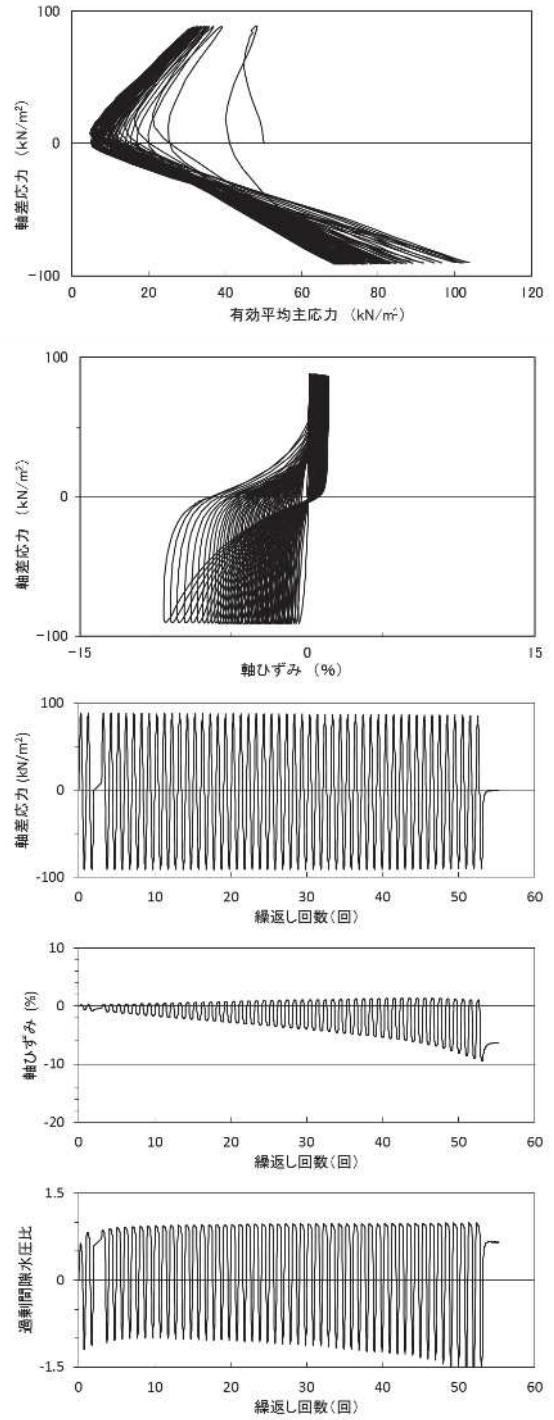
試験結果		液状化の判断
間隙水圧が上昇・蓄積する(95%)	○	繰返し軟化
有効応力がゼロまで低下する	×	
液体状となり流動する(ひずみ急増)	×	
ダイレイタンスー特性によりせん断抵抗が作用する(有効応力回復)	○	

図 2.1-18 液状化強度試験結果
(B-2-1 試料 (供試体 No. 2))



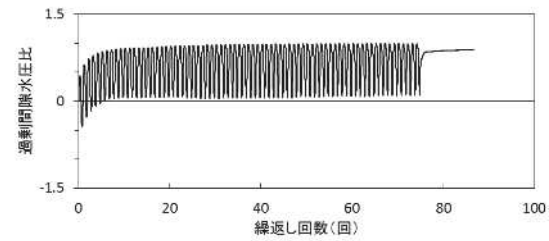
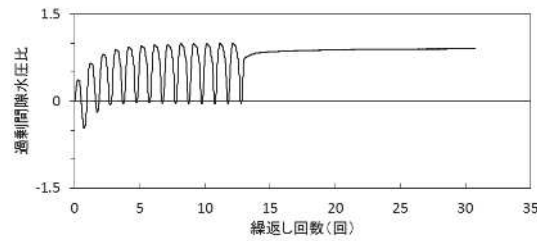
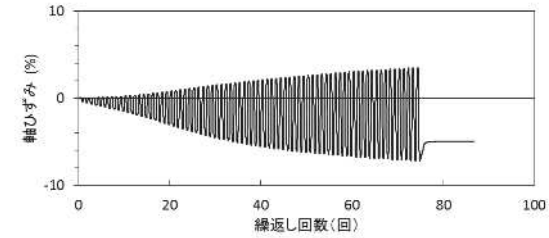
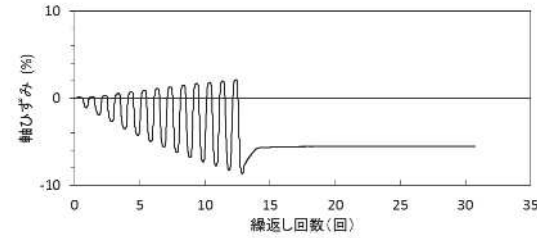
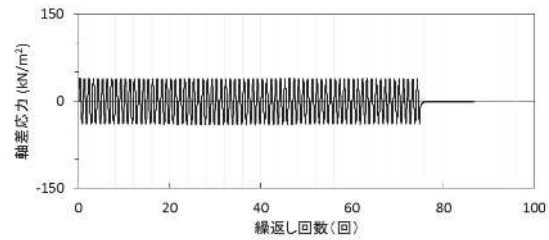
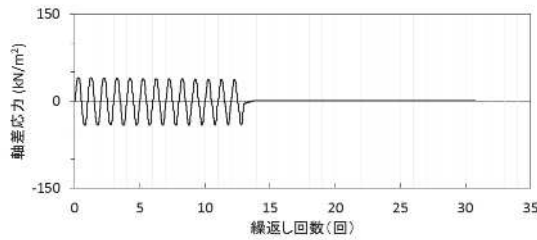
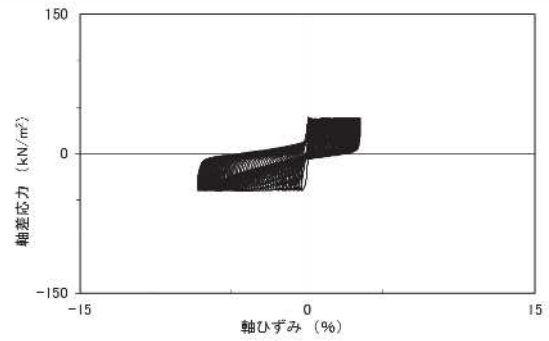
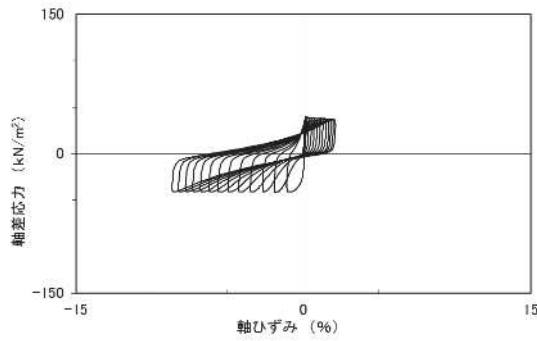
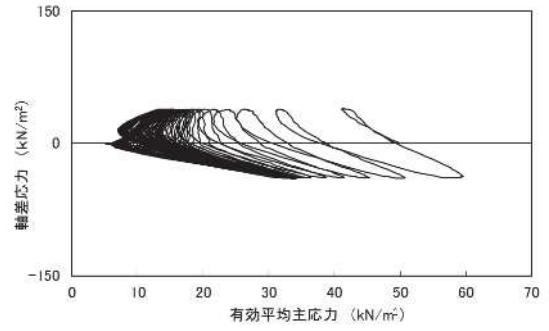
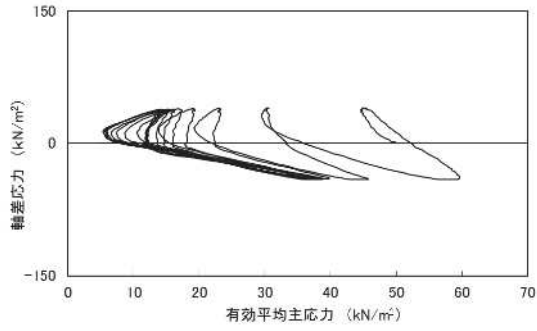
試験結果		液状化の判断
間隙水圧が上昇・蓄積する (95%)	○	繰返し軟化
有効応力がゼロまで低下する	×	
液体状となり流動する (ひずみ急増)	×	
ダイレイタンスー特性によりせん断抵抗が作用する (有効応力回復)	○	

図 2.1-19 液状化強度試験結果
(B-2-1 試料 (供試体 No. 3))



試験結果		液状化の判断
間隙水圧が上昇・蓄積する (95%)	○	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 (ひずみ急増)	×	
ダイレイタンスー特性によりせん断抵抗が作用する (有効応力回復)	○	

図 2.1-20 液状化強度試験結果
(B-2-1 試料 (供試体 No. 4))

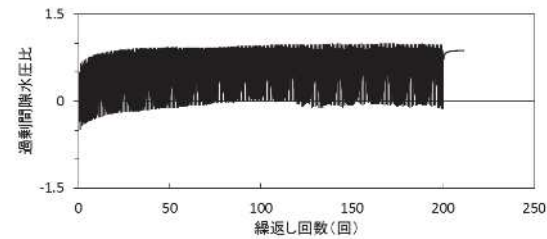
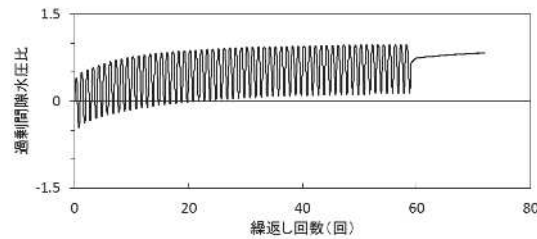
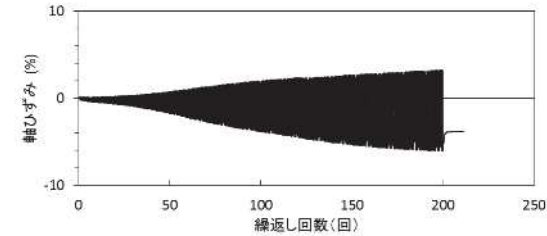
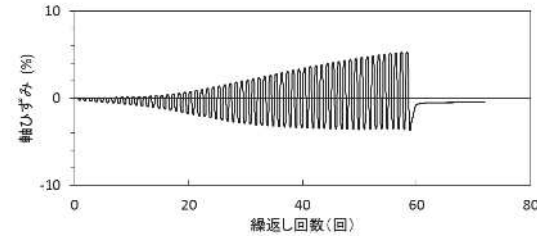
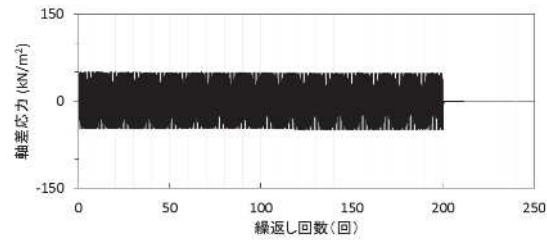
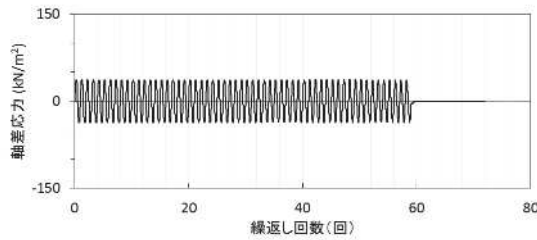
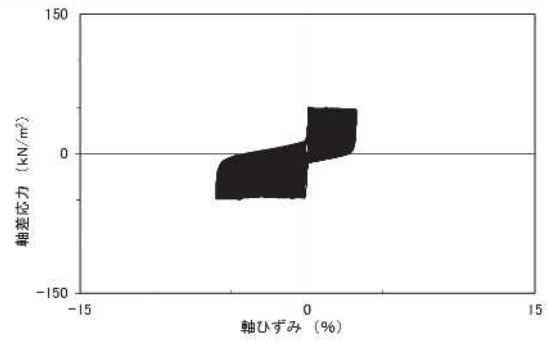
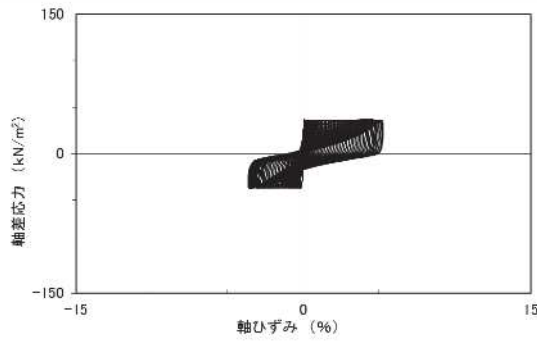
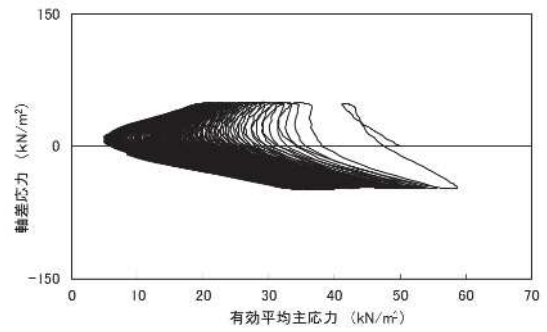
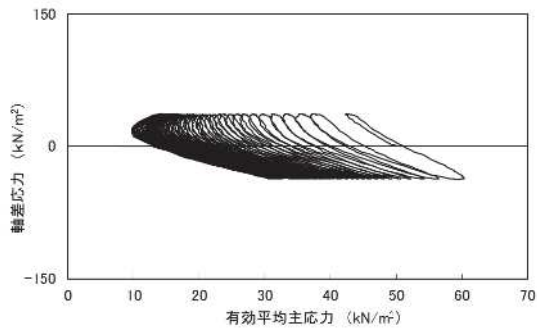


試験結果		液状化の判断
間隙水圧が上昇・蓄積する(95%)	○	繰返し軟化
有効応力がゼロまで低下する	×	
液体状となり流動する(ひずみ急増)	×	
ダイレイタンスー特性によりせん断抵抗が作用する(有効応力回復)	○	

試験結果		液状化の判断
間隙水圧が上昇・蓄積する(95%)	○	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(ひずみ急増)	×	
ダイレイタンスー特性によりせん断抵抗が作用する(有効応力回復)	○	

図 2.1-21 液状化強度試験結果
(B-2-2 試料 (供試体 No. 1))

図 2.1-22 液状化強度試験結果
(B-2-2 試料 (供試体 No. 2))

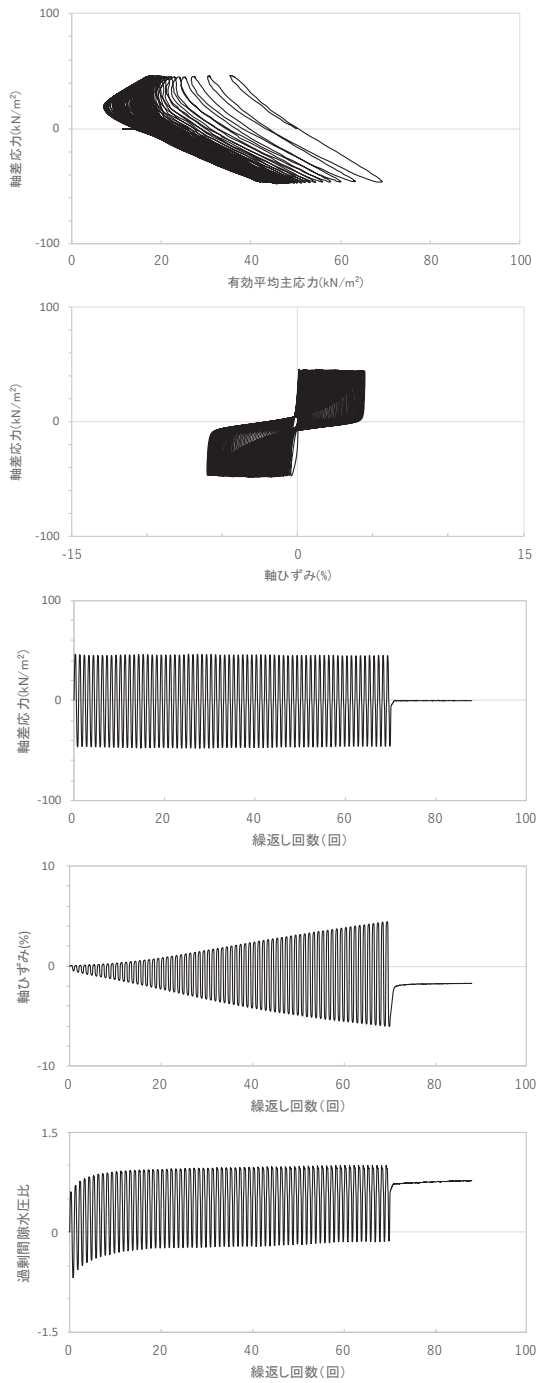


試験結果		液状化の判断
間隙水圧が上昇・蓄積する (95%)	○	繰返し軟化
有効応力がゼロまで低下する	×	
液体状となり流動する (ひずみ急増)	×	
ダイレイタンスー特性によりせん断抵抗が作用する (有効応力回復)	○	

試験結果		液状化の判断
間隙水圧が上昇・蓄積する (95%)	○	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 (ひずみ急増)	×	
ダイレイタンスー特性によりせん断抵抗が作用する (有効応力回復)	○	

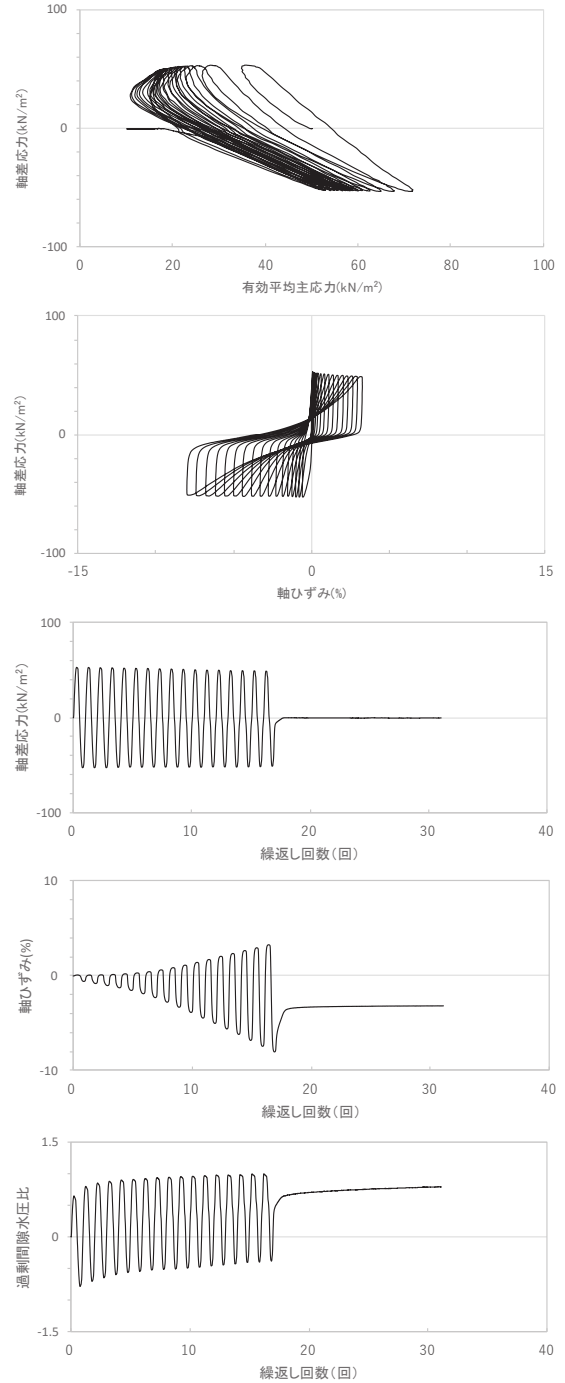
図 2.1-23 液状化強度試験結果
(B-2-2 試料 (供試体 No. 3))

図 2.1-24 液状化強度試験結果
(B-2-2 試料 (供試体 No. 4))



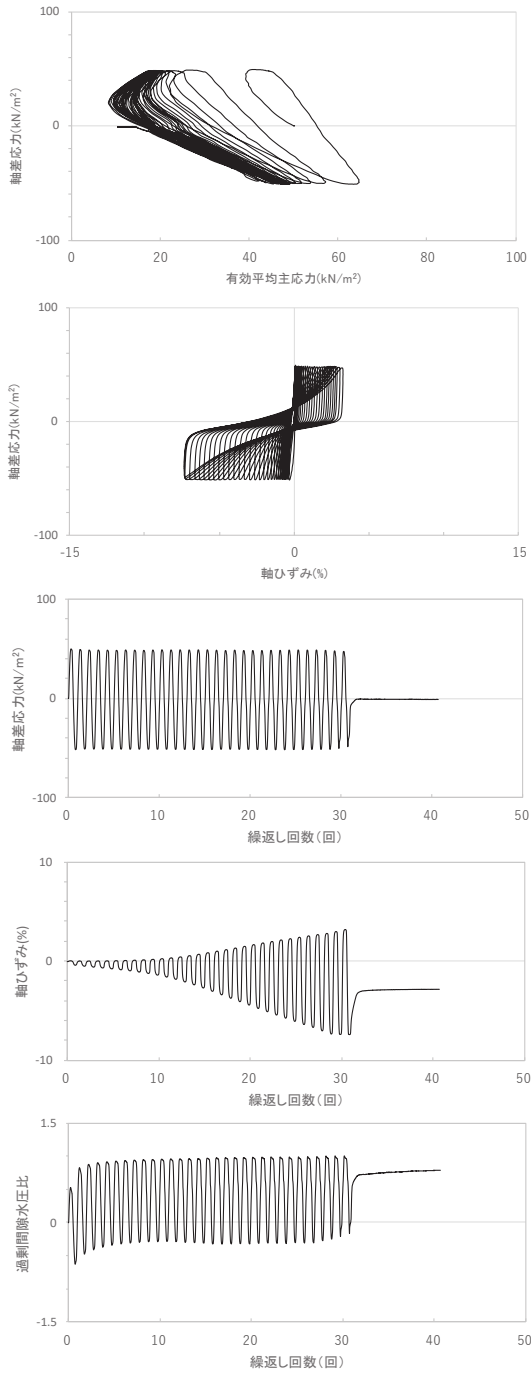
試験結果		液状化の判断
間隙水圧が上昇・蓄積する (95%)	○	繰返し軟化
有効応力がゼロまで低下する	×	
液体状となり流動する (ひずみ急増)	×	
ダイレイタンスー特性によりせん断抵抗が作用する (有効応力回復)	○	

図 2.1-25 液状化強度試験結果
(B-3 試料 (供試体 No. 1))



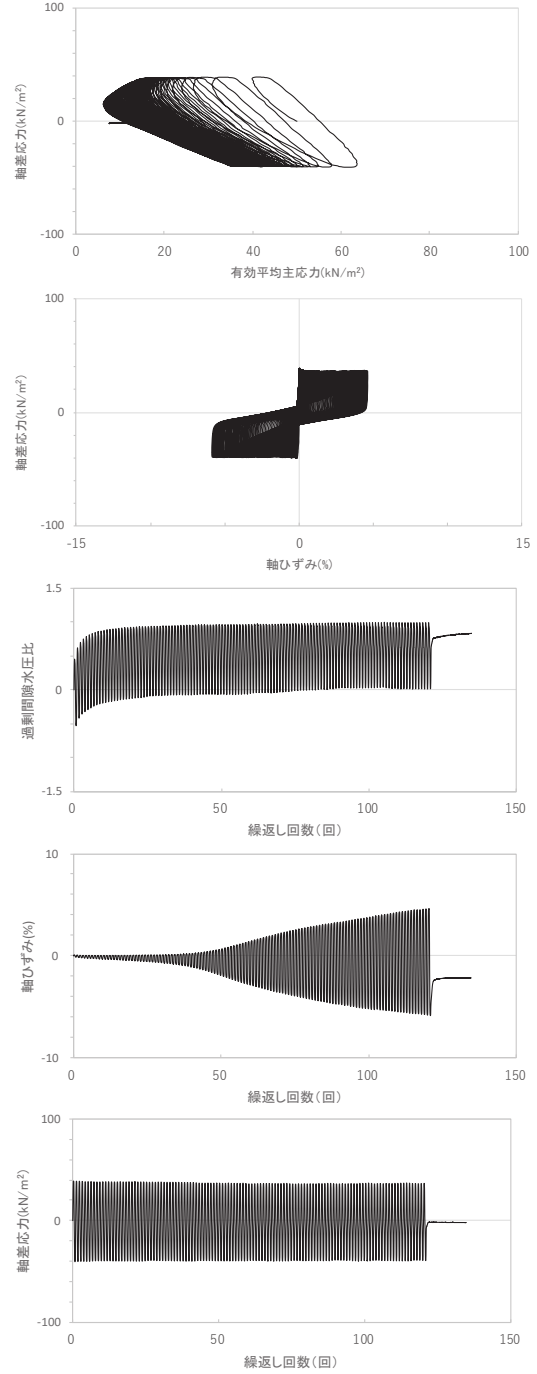
試験結果		液状化の判断
間隙水圧が上昇・蓄積する (95%)	○	繰返し軟化
有効応力がゼロまで低下する	×	
液体状となり流動する (ひずみ急増)	×	
ダイレイタンスー特性によりせん断抵抗が作用する (有効応力回復)	○	

図 2.1-26 液状化強度試験結果
(B-3 試料 (供試体 No. 2))



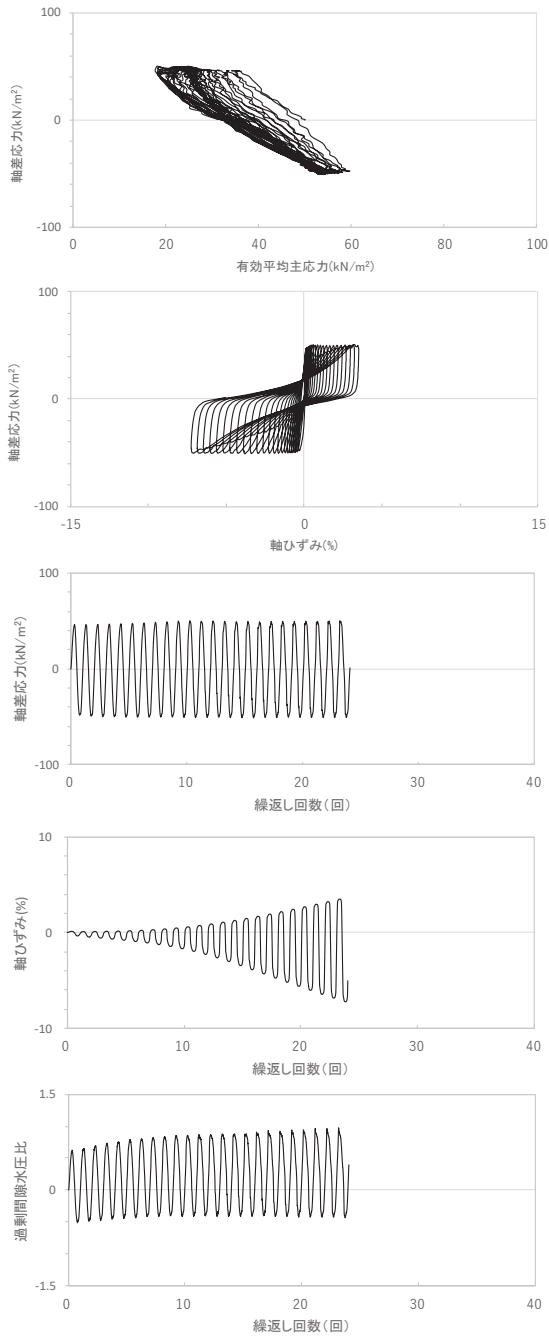
試験結果		液状化の判断
間隙水圧が上昇・蓄積する (95%)	○	繰返し軟化
有効応力がゼロまで低下する	×	
液体状となり流動する (ひずみ急増)	×	
ダイレイタンスー特性によりせん断抵抗が作用する (有効応力回復)	○	

図 2.1-27 液状化強度試験結果
(B-3 試料 (供試体 No. 3))



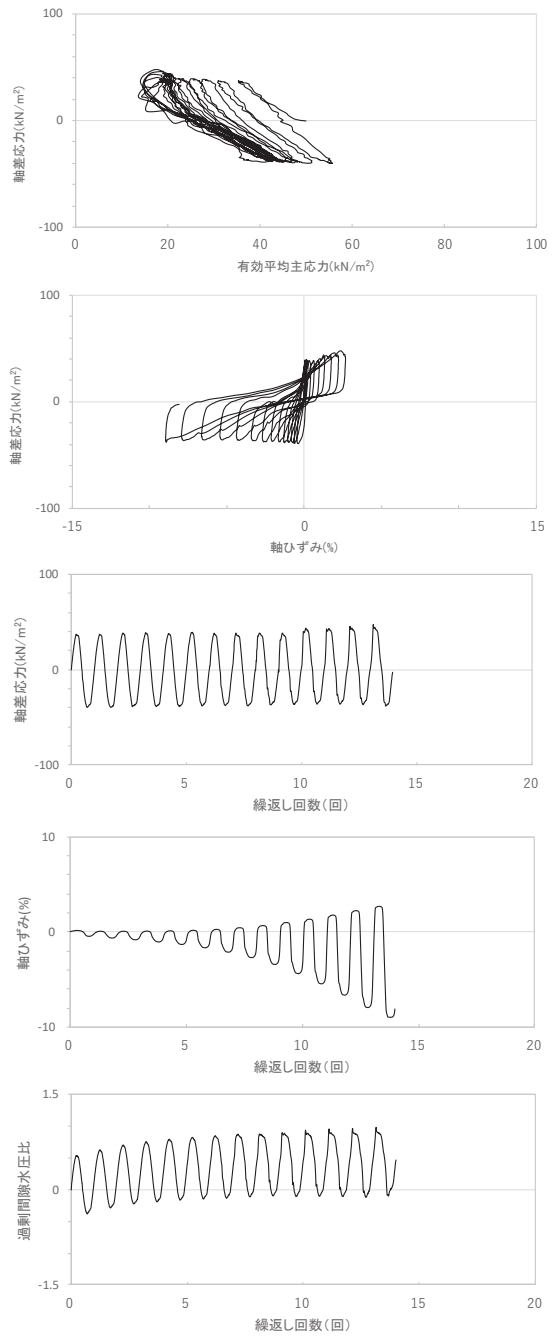
試験結果		液状化の判断
間隙水圧が上昇・蓄積する (95%)	○	繰返し軟化
有効応力がゼロまで低下する	×	
液体状となり流動する (ひずみ急増)	×	
ダイレイタンスー特性によりせん断抵抗が作用する (有効応力回復)	○	

図 2.1-28 液状化強度試験結果
(B-3 試料 (供試体 No. 4))



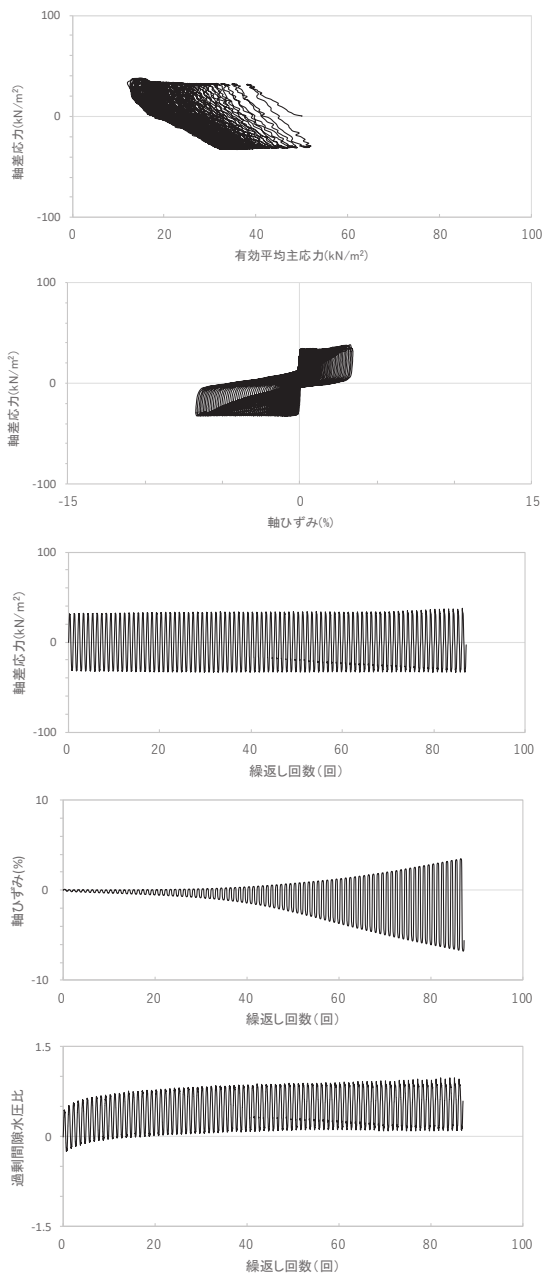
試験結果		液状化の判断
間隙水圧が上昇・蓄積する (95%)	○	繰返し軟化
有効応力がゼロまで低下する	×	
液体状となり流動する (ひずみ急増)	×	
ダイレイタンスー特性によりせん断抵抗が作用する (有効応力回復)	○	

図 2.1-29 液状化強度試験結果
(B-4 試料 (供試体 No. 1))



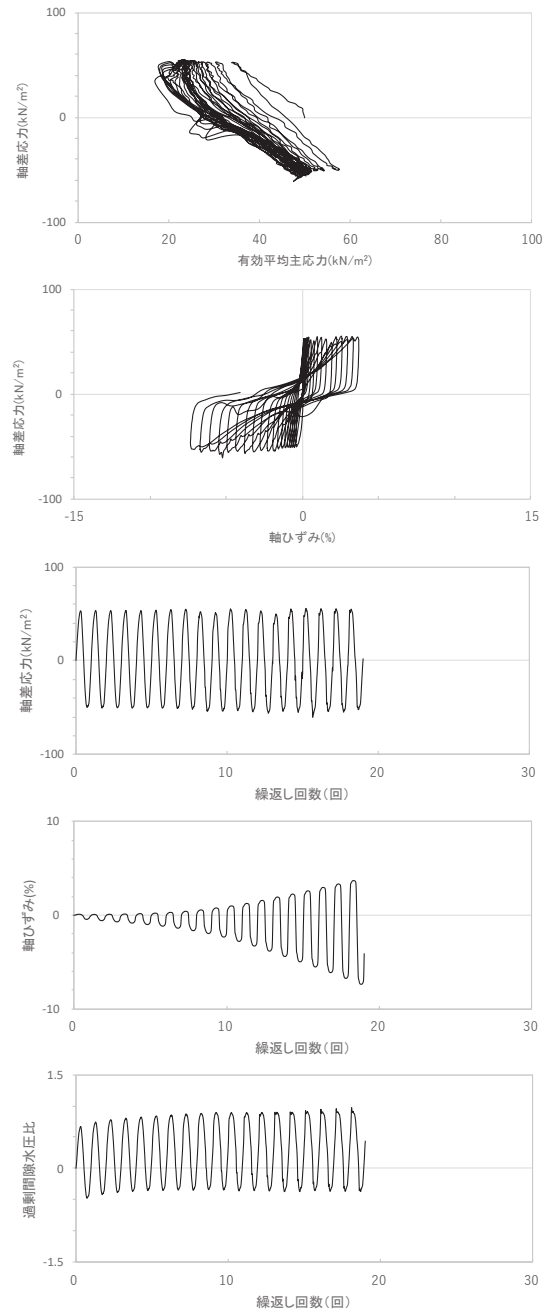
試験結果		液状化の判断
間隙水圧が上昇・蓄積する (95%)	○	繰返し軟化
有効応力がゼロまで低下する	×	
液体状となり流動する (ひずみ急増)	×	
ダイレイタンスー特性によりせん断抵抗が作用する (有効応力回復)	○	

図 2.1-30 液状化強度試験結果
(B-4 試料 (供試体 No. 2))



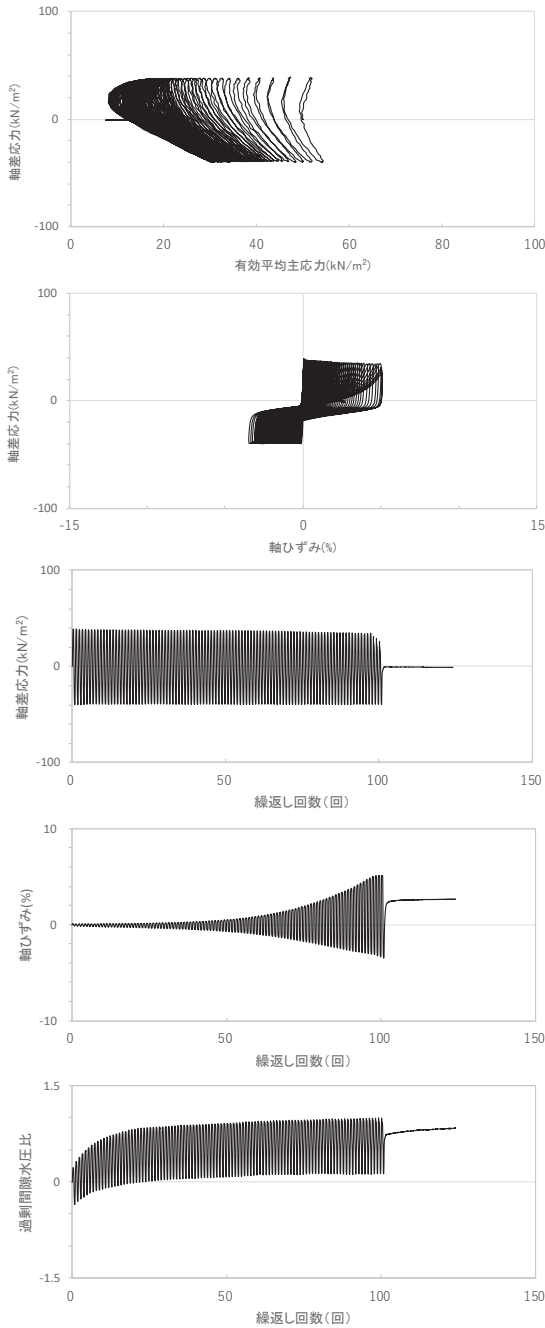
試験結果		液状化の判断
間隙水圧が上昇・蓄積する(95%)	○	繰返し軟化
有効応力がゼロまで低下する	×	
液体状となり流動する(ひずみ急増)	×	
ダイレイタンスー特性によりせん断抵抗が作用する(有効応力回復)	○	

図 2.1-31 液状化強度試験結果
(B-4 試料 (供試体 No. 3))



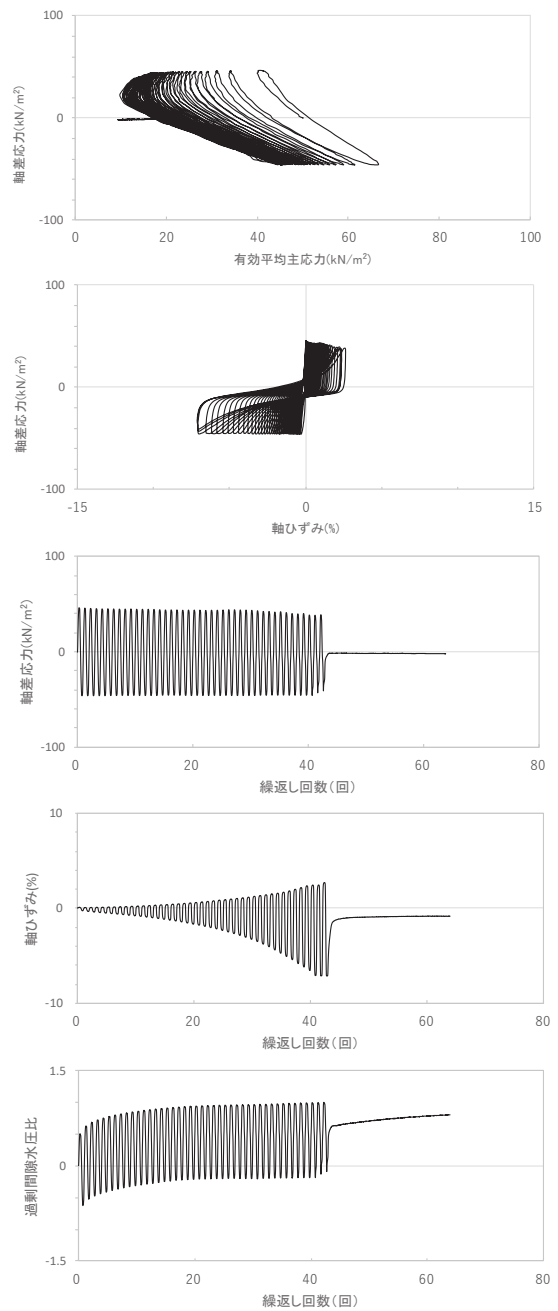
試験結果		液状化の判断
間隙水圧が上昇・蓄積する(95%)	○	繰返し軟化
有効応力がゼロまで低下する	×	
液体状となり流動する(ひずみ急増)	×	
ダイレイタンスー特性によりせん断抵抗が作用する(有効応力回復)	○	

図 2.1-32 液状化強度試験結果
(B-4 試料 (供試体 No. 4))



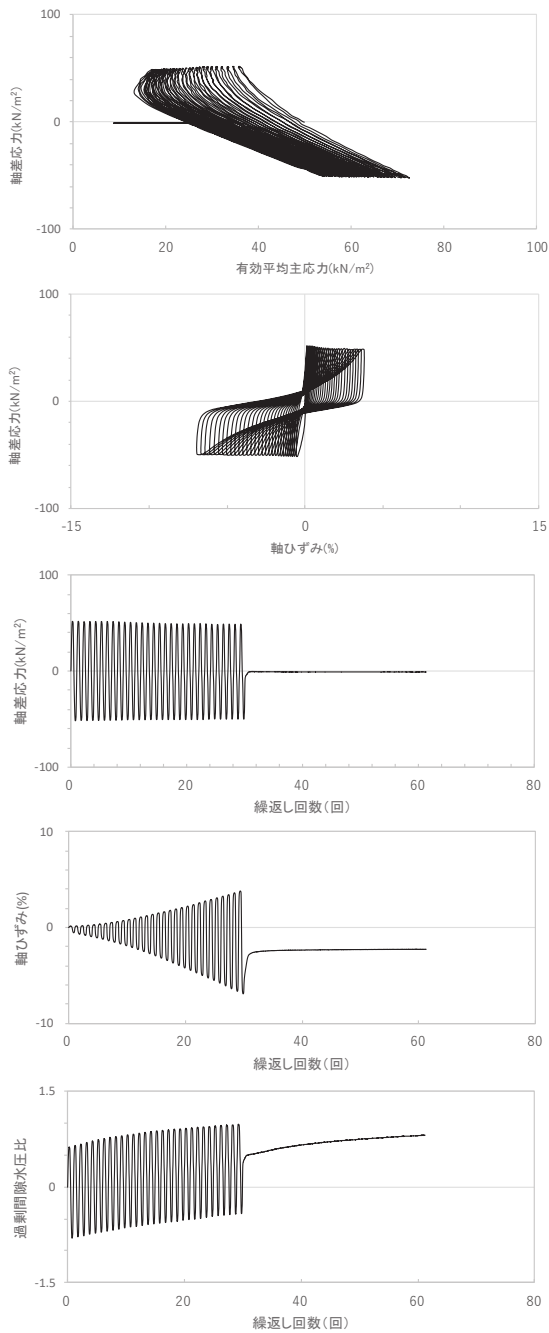
試験結果		液状化の判断
間隙水圧が上昇・蓄積する(95%)	○	繰返し軟化
有効応力がゼロまで低下する	×	
液体状となり流動する(ひずみ急増)	×	
ダイレイタンスー特性によりせん断抵抗が作用する(有効応力回復)	○	

図 2.1-33 液状化強度試験結果
(B-5 試料 (供試体 No. 1))



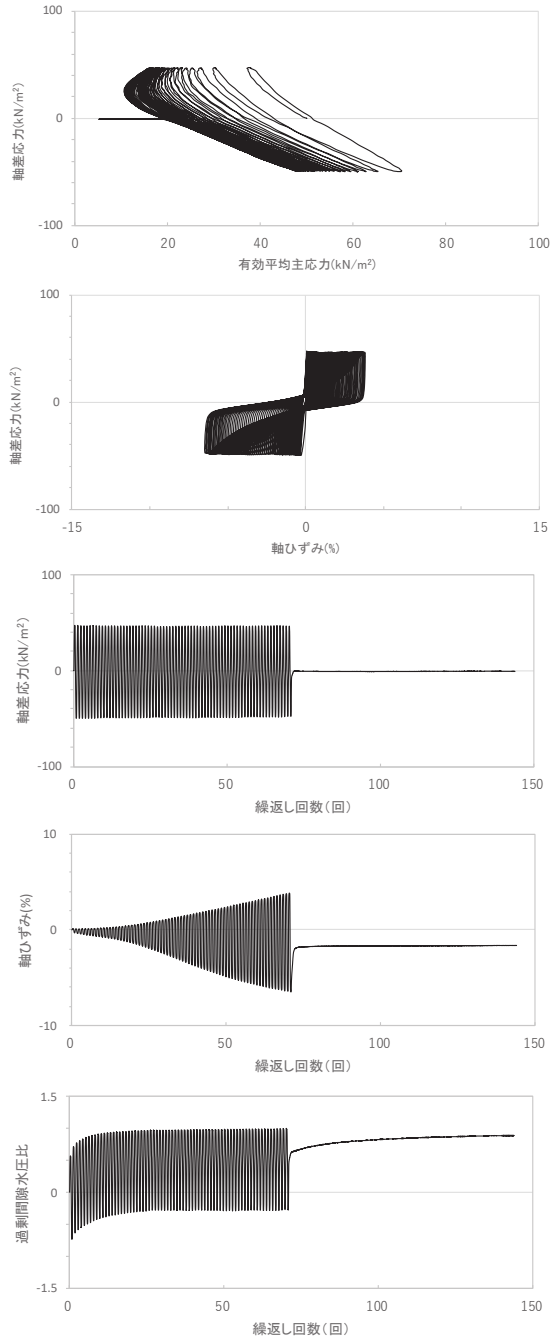
試験結果		液状化の判断
間隙水圧が上昇・蓄積する(95%)	○	繰返し軟化
有効応力がゼロまで低下する	×	
液体状となり流動する(ひずみ急増)	×	
ダイレイタンスー特性によりせん断抵抗が作用する(有効応力回復)	○	

図 2.1-34 液状化強度試験結果
(B-5 試料 (供試体 No. 2))



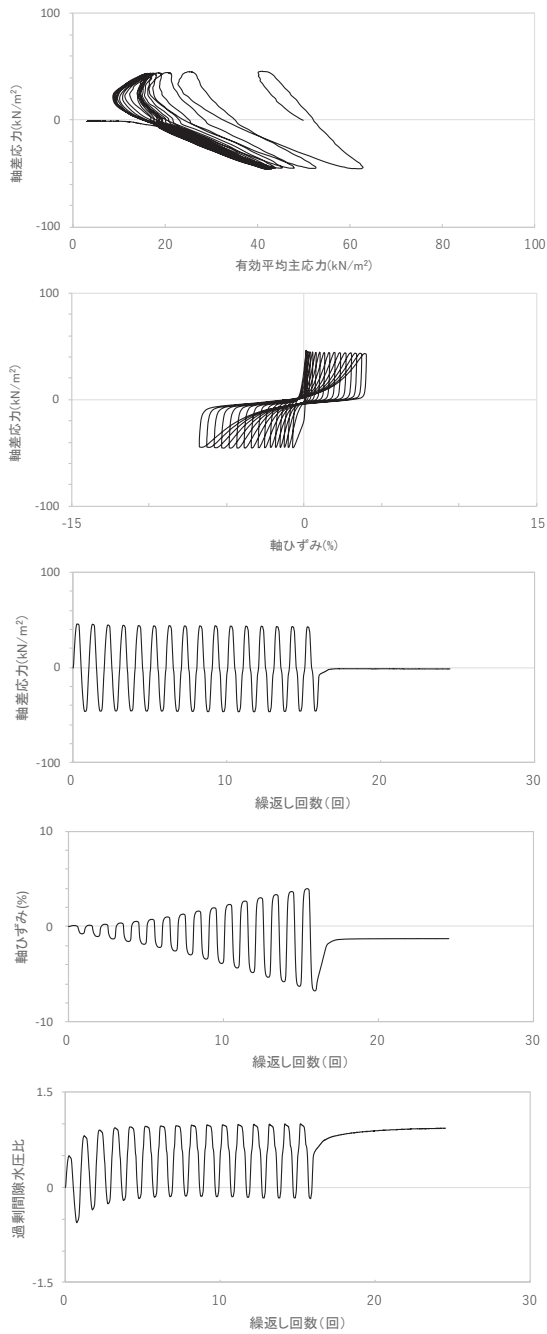
試験結果		液状化の判断
間隙水圧が上昇・蓄積する (95%)	○	繰返し軟化
有効応力がゼロまで低下する	×	
液体状となり流動する (ひずみ急増)	×	
ダイレイタンスー特性によりせん断抵抗が作用する (有効応力回復)	○	

図 2.1-35 液状化強度試験結果
(B-5 試料 (供試体 No. 3))



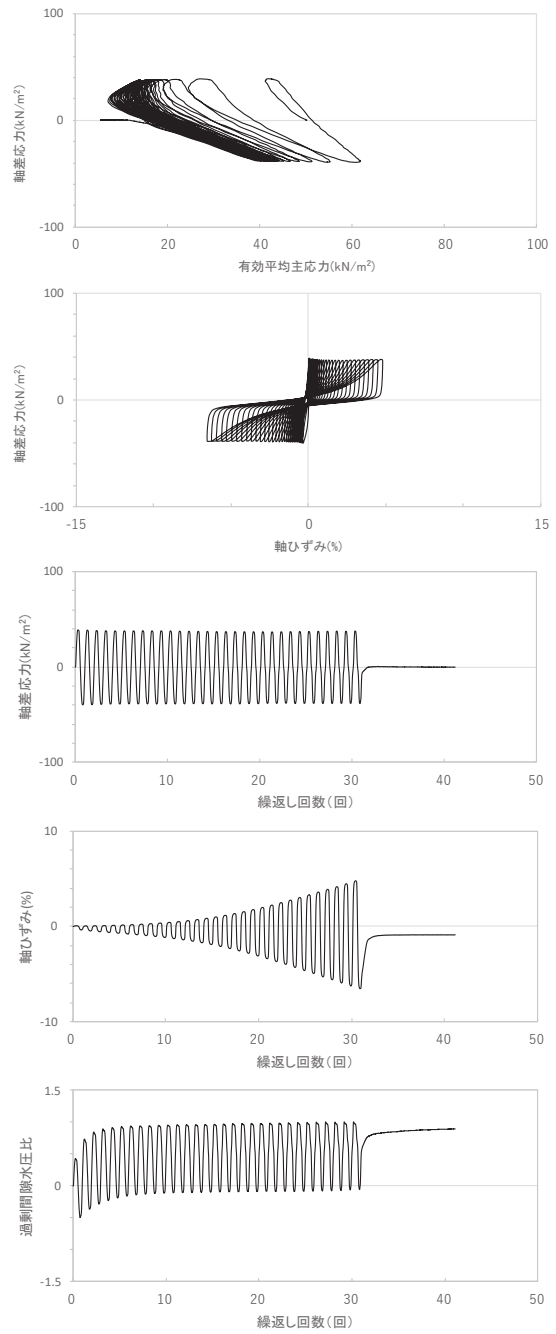
試験結果		液状化の判断
間隙水圧が上昇・蓄積する (95%)	○	繰返し軟化
有効応力がゼロまで低下する	×	
液体状となり流動する (ひずみ急増)	×	
ダイレイタンスー特性によりせん断抵抗が作用する (有効応力回復)	○	

図 2.1-36 液状化強度試験結果
(B-5 試料 (供試体 No. 4))



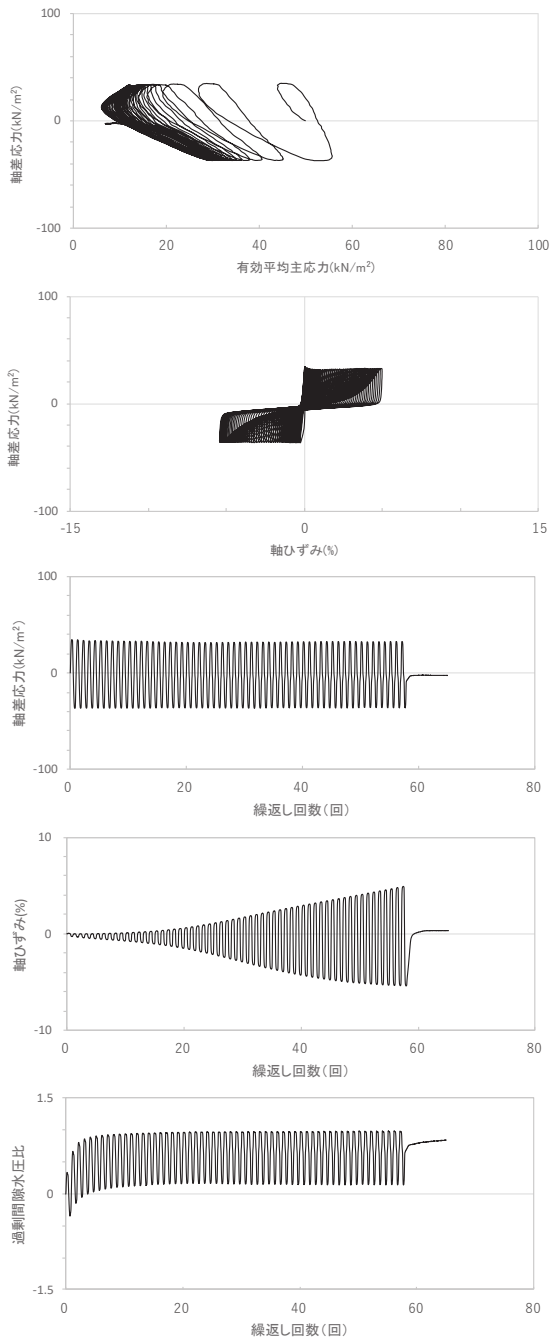
試験結果		液状化の判断
間隙水圧が上昇・蓄積する (95%)	○	繰返し軟化
有効応力がゼロまで低下する	×	
液体状となり流動する (ひずみ急増)	×	
ダイレイタンスー特性によりせん断抵抗が作用する (有効応力回復)	○	

図 2.1-37 液状化強度試験結果
(B-6 試料 (供試体 No. 1))



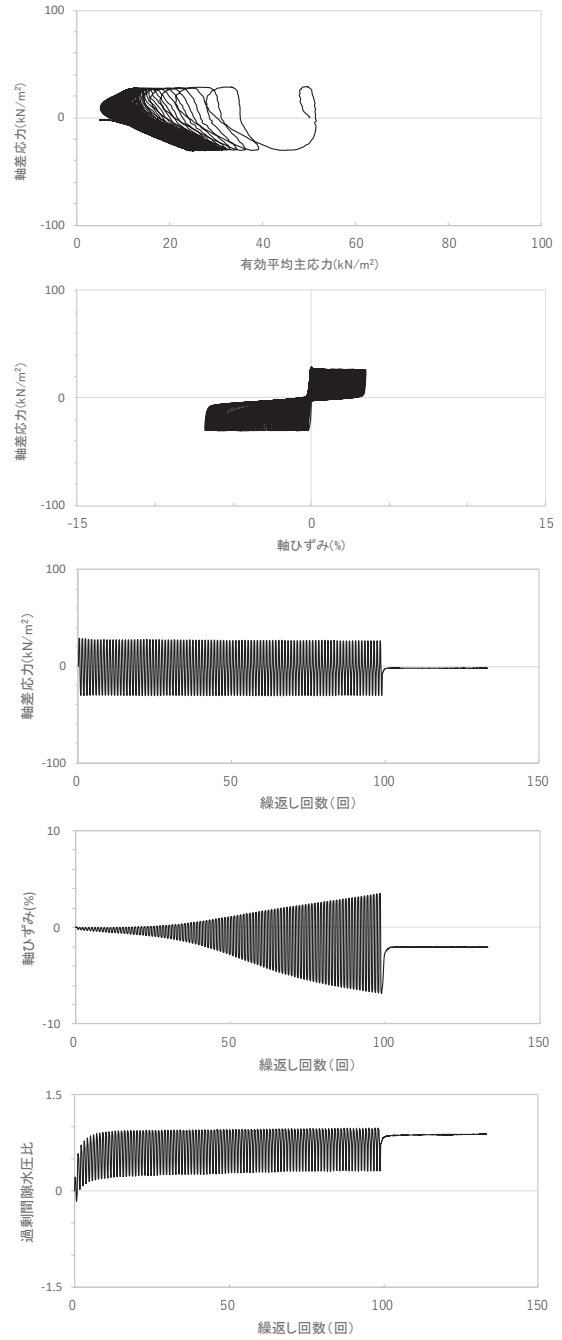
試験結果		液状化の判断
間隙水圧が上昇・蓄積する (95%)	○	繰返し軟化
有効応力がゼロまで低下する	×	
液体状となり流動する (ひずみ急増)	×	
ダイレイタンスー特性によりせん断抵抗が作用する (有効応力回復)	○	

図 2.1-38 液状化強度試験結果
(B-6 試料 (供試体 No. 2))



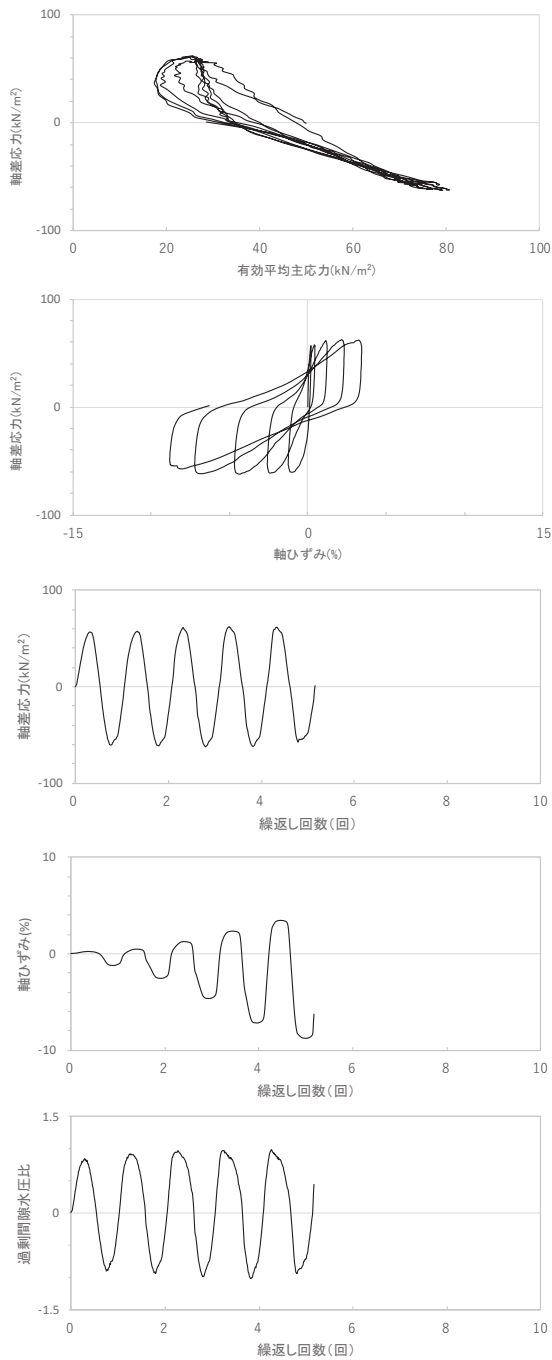
試験結果		液状化の判断
間隙水圧が上昇・蓄積する(95%)	○	繰返し軟化
有効応力がゼロまで低下する	×	
液体状となり流動する(ひずみ急増)	×	
ダイレイタンスー特性によりせん断抵抗が作用する(有効応力回復)	○	

図 2.1-39 液状化強度試験結果
(B-6 試料 (供試体 No. 3))



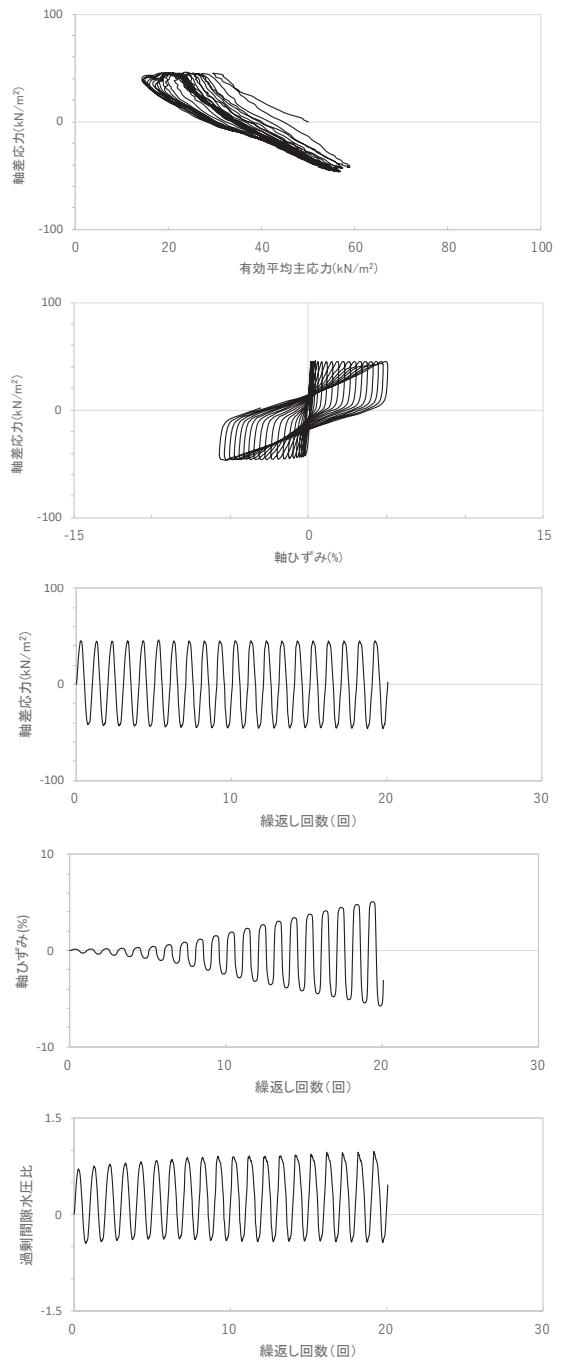
試験結果		液状化の判断
間隙水圧が上昇・蓄積する(95%)	○	繰返し軟化
有効応力がゼロまで低下する	×	
液体状となり流動する(ひずみ急増)	×	
ダイレイタンスー特性によりせん断抵抗が作用する(有効応力回復)	○	

図 2.1-40 液状化強度試験結果
(B-6 試料 (供試体 No. 4))



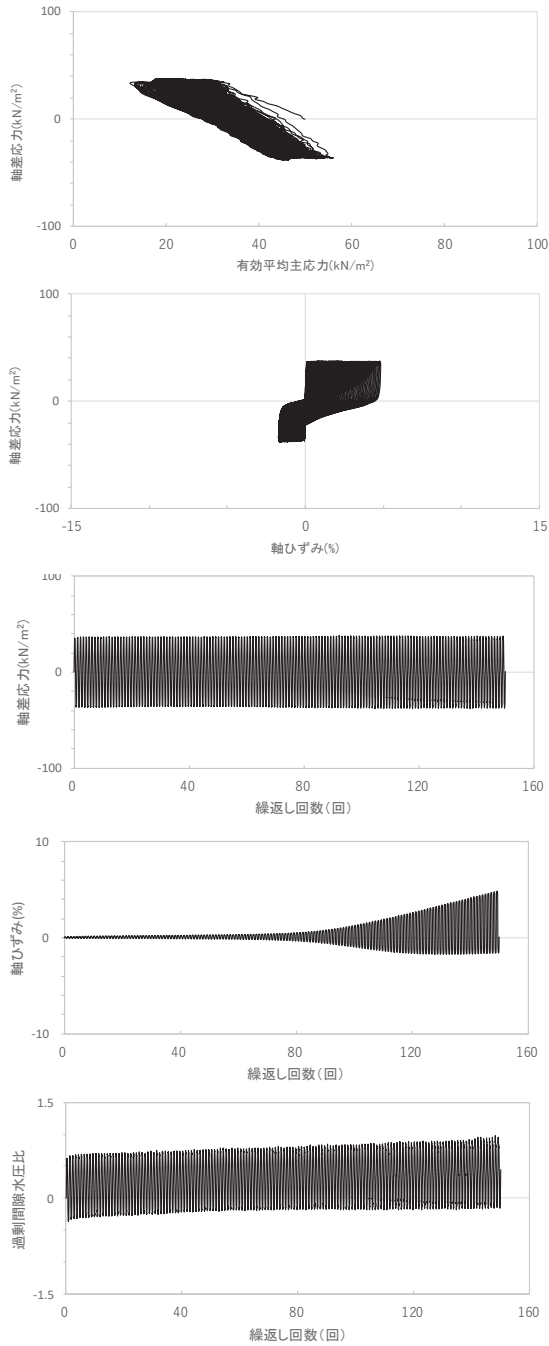
試験結果		液状化の判断
間隙水圧が上昇・蓄積する(95%)	○	繰返し軟化
有効応力がゼロまで低下する	×	
液体状となり流動する(ひずみ急増)	×	
ダイレイタンスー特性によりせん断抵抗が作用する(有効応力回復)	○	

図 2.1-41 液状化強度試験結果
(B-7 試料 (供試体 No. 1))



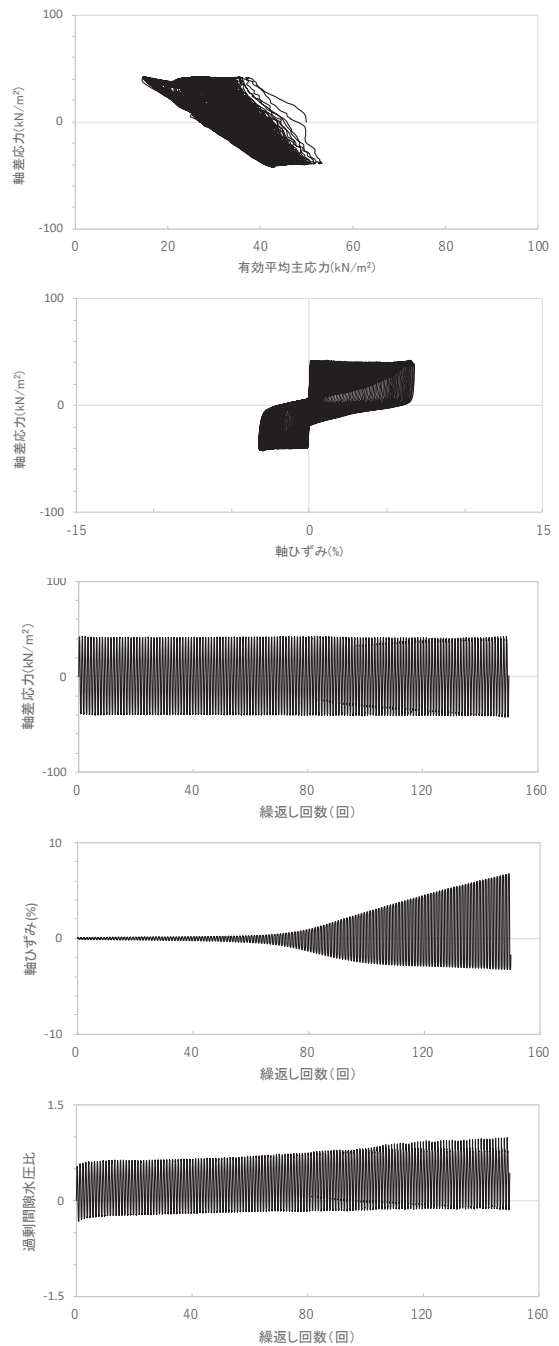
試験結果		液状化の判断
間隙水圧が上昇・蓄積する(95%)	○	繰返し軟化
有効応力がゼロまで低下する	×	
液体状となり流動する(ひずみ急増)	×	
ダイレイタンスー特性によりせん断抵抗が作用する(有効応力回復)	○	

図 2.1-42 液状化強度試験結果
(B-7 試料 (供試体 No. 2))



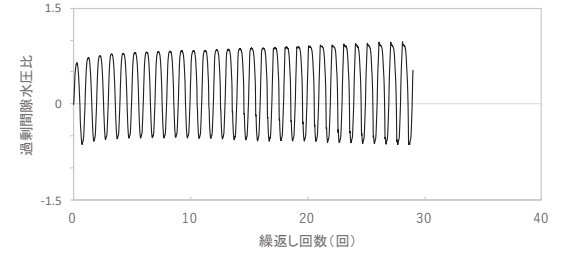
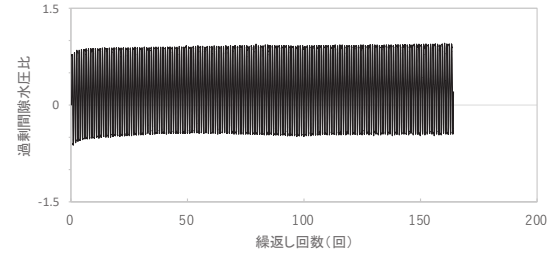
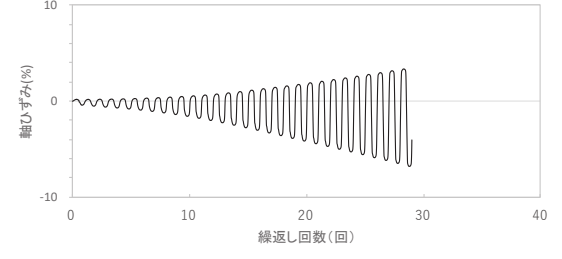
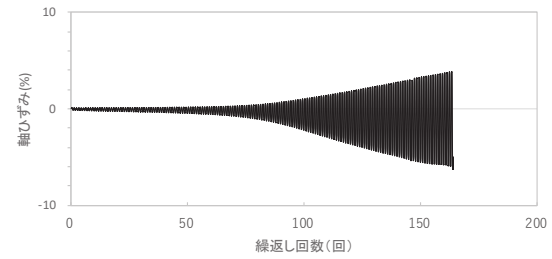
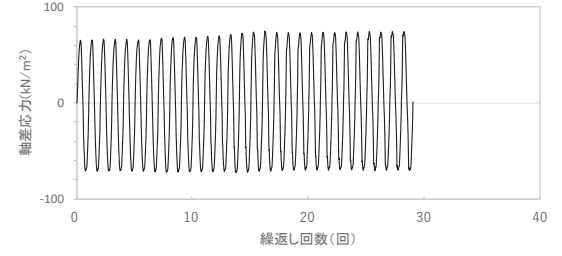
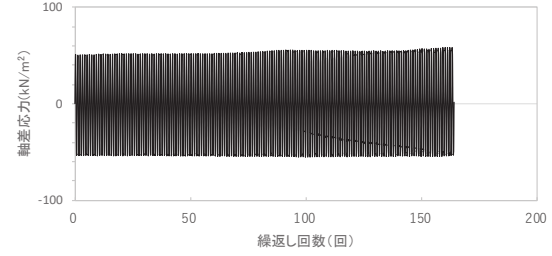
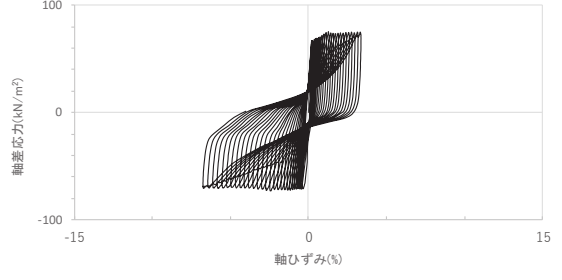
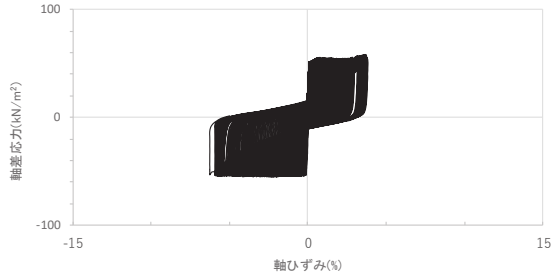
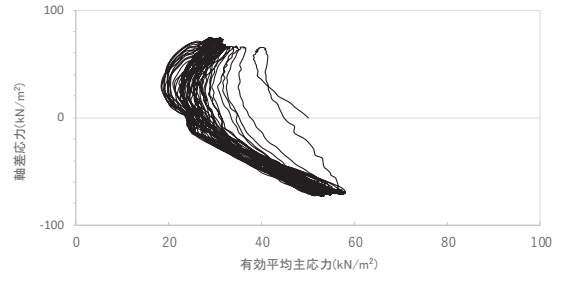
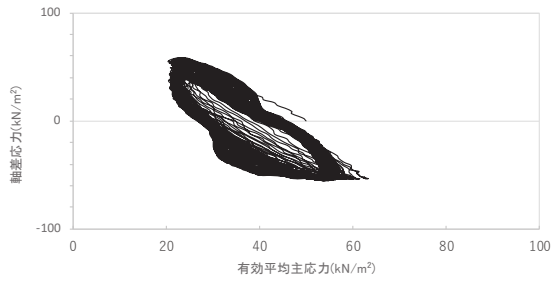
試験結果		液状化の判断
間隙水圧が上昇・蓄積する(95%)	○	繰返し軟化
有効応力がゼロまで低下する	×	
液体状となり流動する(ひずみ急増)	×	
ダイレイタンスー特性によりせん断抵抗が作用する(有効応力回復)	○	

図 2.1-43 液状化強度試験結果
(B-7 試料 (供試体 No. 3))



試験結果		液状化の判断
間隙水圧が上昇・蓄積する(95%)	○	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(ひずみ急増)	×	
ダイレイタンスー特性によりせん断抵抗が作用する(有効応力回復)	○	

図 2.1-44 液状化強度試験結果
(B-7 試料 (供試体 No. 4))

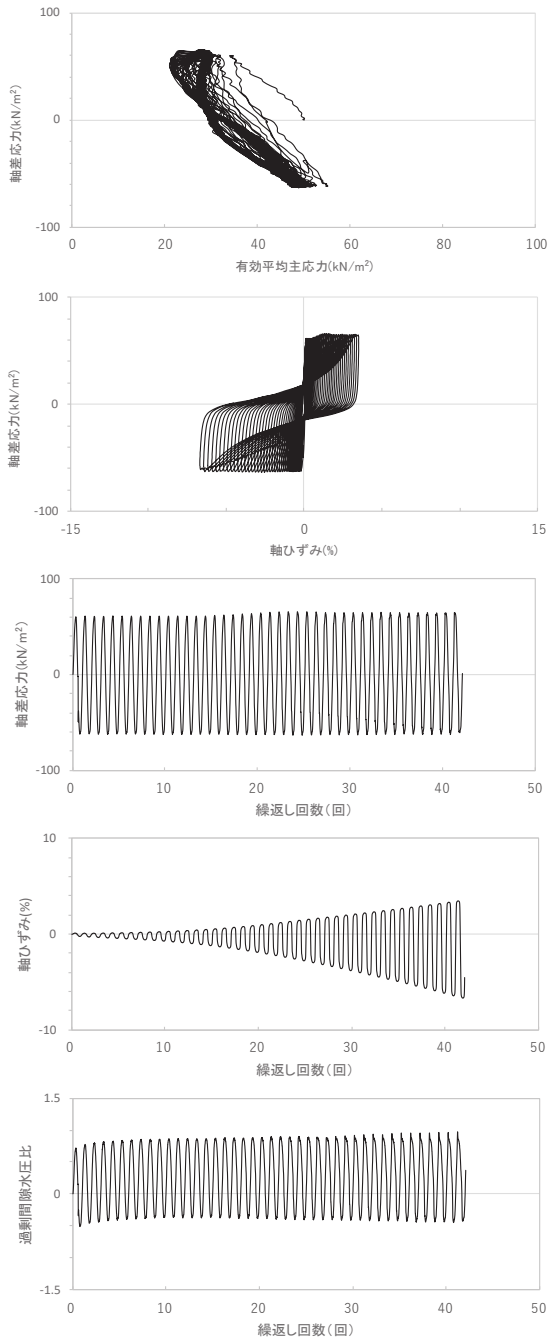


試験結果		液状化の判断
間隙水圧が上昇・蓄積する(95%)	○	繰返し軟化
有効応力がゼロまで低下する	×	
液体状となり流動する(ひずみ急増)	×	
ダイレイタンスー特性によりせん断抵抗が作用する(有効応力回復)	○	

試験結果		液状化の判断
間隙水圧が上昇・蓄積する(95%)	○	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(ひずみ急増)	×	
ダイレイタンスー特性によりせん断抵抗が作用する(有効応力回復)	○	

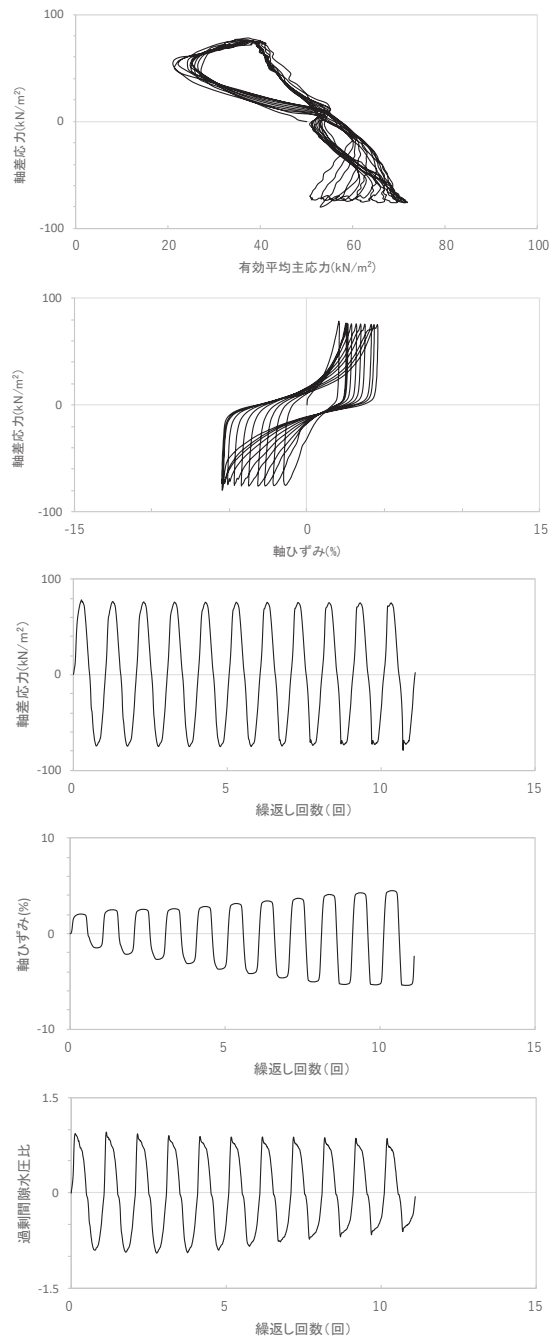
図 2.1-45 液状化強度試験結果
(B-8 試料 (供試体 No. 1))

図 2.1-46 液状化強度試験結果
(B-8 試料 (供試体 No. 2))



試験結果		液状化の判断
間隙水圧が上昇・蓄積する (95%)	○	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 (ひずみ急増)	×	
ダイレイタンスー特性によりせん断抵抗が作用する (有効応力回復)	○	

図 2.1-47 液状化強度試験結果
(B-8 試料 (供試体 No. 3))



試験結果		液状化の判断
間隙水圧が上昇・蓄積する (95%)	○	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 (ひずみ急増)	×	
ダイレイタンスー特性によりせん断抵抗が作用する (有効応力回復)	○	

図 2.1-48 液状化強度試験結果
(B-8 試料 (供試体 No. 4))

2.2 旧表土の液状化強度試験結果

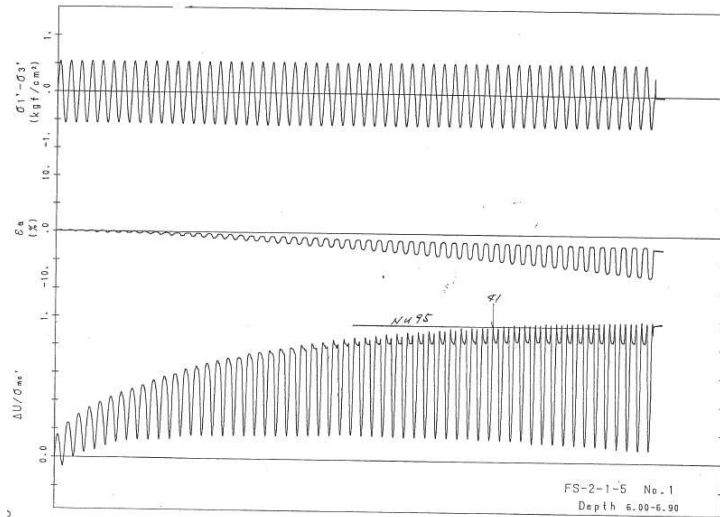


図 2.2-1 液状化強度試験結果 (A-1-1 試料 (供試体 No. 1))

試験結果		液状化の判断
間隙水圧が上昇・蓄積する (95%)	○	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(ひずみ急増)	×	
ダイレイタンスー特性によりせん断抵抗が作用する(有効応力回復)	○	

* 間隙水圧比が 95%に達してもひずみの急増は見受けられないこと、間隙水圧比がゼロ付近まで低下(有効応力が回復)していることから、繰返し軟化と判断した。

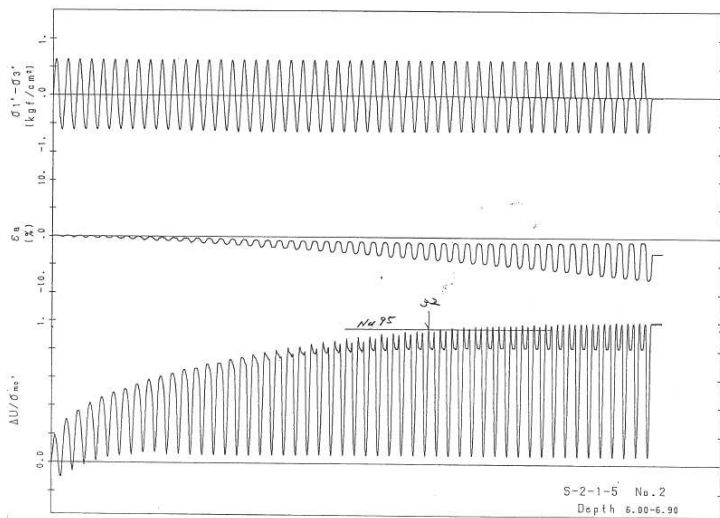


図 2.2-2 液状化強度試験結果 (A-1-1 試料 (供試体 No. 2))

試験結果		液状化の判断
間隙水圧が上昇・蓄積する (95%)	○	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(ひずみ急増)	×	
ダイレイタンスー特性によりせん断抵抗が作用する(有効応力回復)	○	

* 間隙水圧比が 95%に達してもひずみの急増は見受けられないこと、間隙水圧比がゼロ付近まで低下(有効応力が回復)していることから、繰返し軟化と判断した。

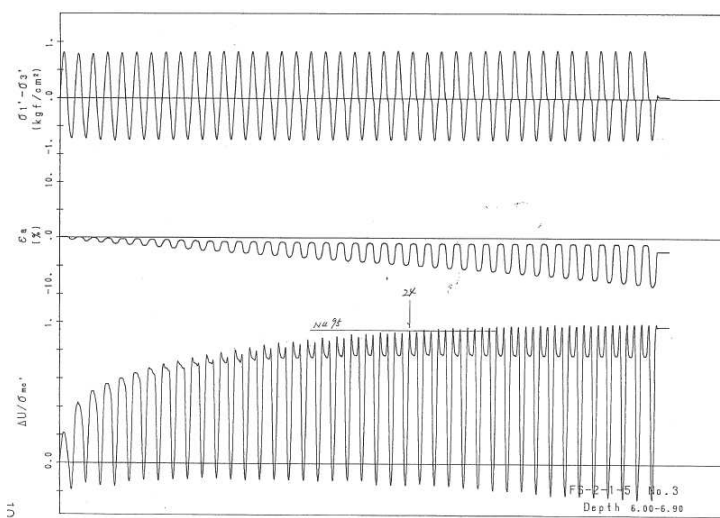


図 2.2-3 液状化強度試験結果 (A-1-1 試料 (供試体 No. 3))

試験結果		液状化の判断
間隙水圧が上昇・蓄積する (95%)	○	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(ひずみ急増)	×	
ダイレイタンスー特性によりせん断抵抗が作用する(有効応力回復)	○	

* 間隙水圧比が 95%に達してもひずみの急増は見受けられないこと、間隙水圧比がマイナス(負圧)まで低下(有効応力が回復)していることから、繰返し軟化と判断した。

注) A-1 シリーズの試験は、実施時期が古く、デジタルデータは無い。また、試験結果整理方法が異なる。

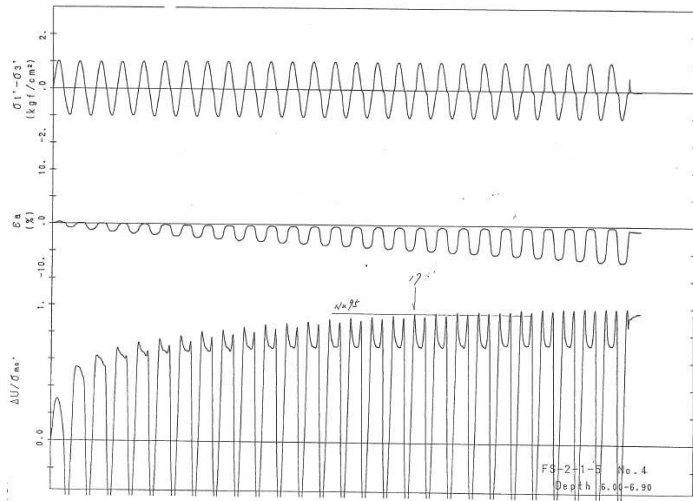


図 2.2-4 液状化強度試験結果 (A-1-1 試料 (供試体 No. 4))

試験結果		液状化の判断
間隙水圧が上昇・蓄積する (95%)	○	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(ひずみ急増)	×	
ダイレイタンス特性によりせん断抵抗が作用する(有効応力回復)	○	

*間隙水圧比が 95%に達してもひずみの急増は見受けられないこと、間隙水圧比がマイナス(負圧)まで低下(有効応力が回復)していることから、繰返し軟化と判断した。

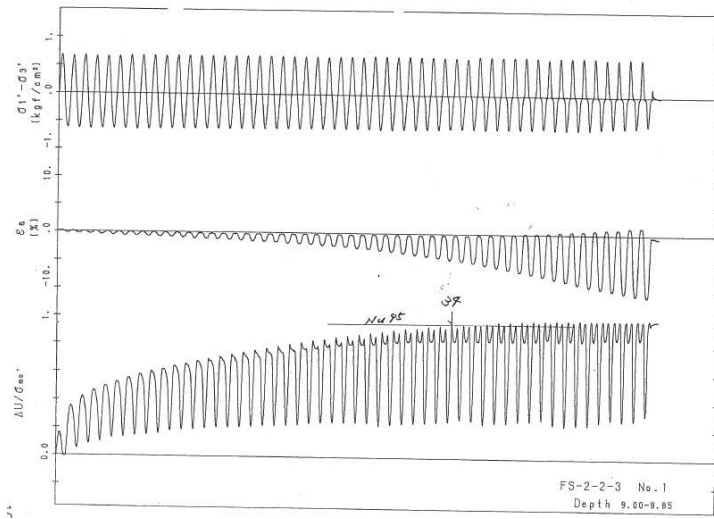


図 2.2-5 液状化強度試験結果 (A-1-2 試料 (供試体 No. 1))

試験結果		液状化の判断
間隙水圧が上昇・蓄積する (95%)	○	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(ひずみ急増)	×	
ダイレイタンス特性によりせん断抵抗が作用する(有効応力回復)	○	

*間隙水圧比が 95%に達してもひずみの急増は見受けられないこと、間隙水圧比が低下(有効応力が回復)していることから、繰返し軟化と判断した。

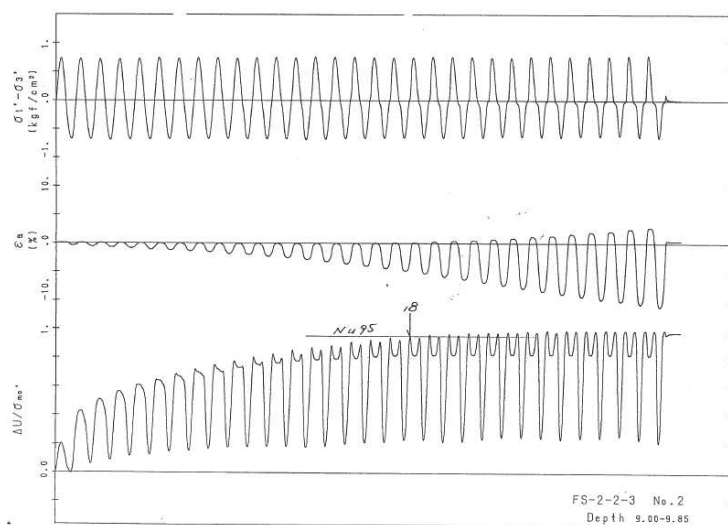


図 2.2-6 液状化強度試験結果 (A-1-2 試料 (供試体 No. 2))

試験結果		液状化の判断
間隙水圧が上昇・蓄積する (95%)	○	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(ひずみ急増)	×	
ダイレイタンス特性によりせん断抵抗が作用する(有効応力回復)	○	

*間隙水圧比が 95%に達してもひずみの急増は見受けられないこと、間隙水圧比が低下(有効応力が回復)していることから、繰返し軟化と判断した。

注) A-1 シリーズの試験は、実施時期が古く、デジタルデータは無い。また、試験結果整理方法が異なる。

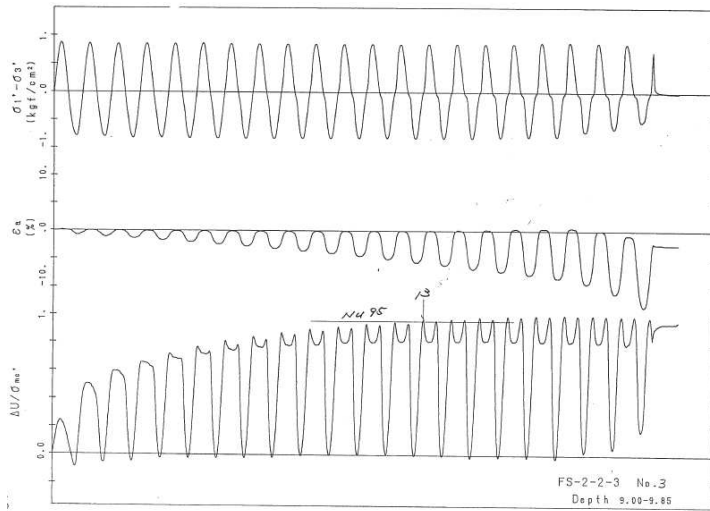


図 2.2-7 液状化強度試験結果 (A-1-2 試料 (供試体 No. 3))

試験結果		液状化の判断
間隙水圧が上昇・蓄積する (95%)	○	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(ひずみ急増)	×	
ダイレイタンスー特性によりせん断抵抗が作用する(有効応力回復)	○	

* 間隙水圧比が 95%に達してもひずみの急増は見受けられないこと、間隙水圧比がマイナス(負圧)まで低下(有効応力が回復)していることから、繰返し軟化と判断した。

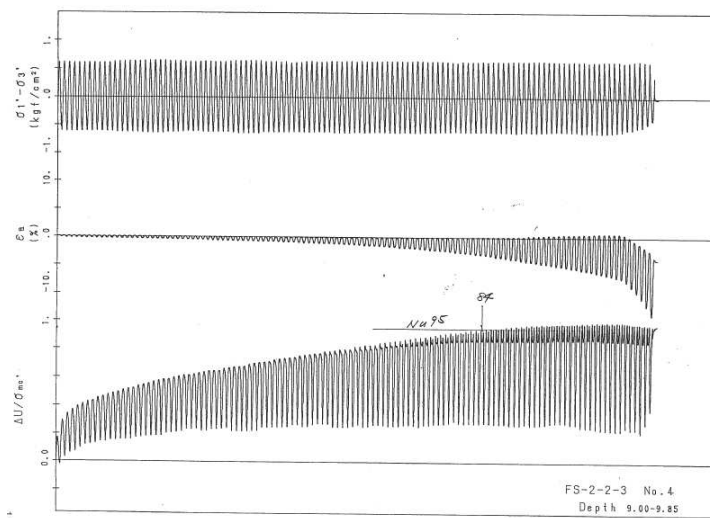


図 2.2-8 液状化強度試験結果 (A-1-2 試料 (供試体 No. 4))

試験結果		液状化の判断
間隙水圧が上昇・蓄積する (95%)	○	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(ひずみ急増)	×	
ダイレイタンスー特性によりせん断抵抗が作用する(有効応力回復)	○	

* 間隙水圧比が 95%に達してもひずみの急増は見受けられないこと、間隙水圧比が低下(有効応力が回復)していることから、繰返し軟化と判断した。
後半の7波ではせん断破壊あるいはネッキングが発生。

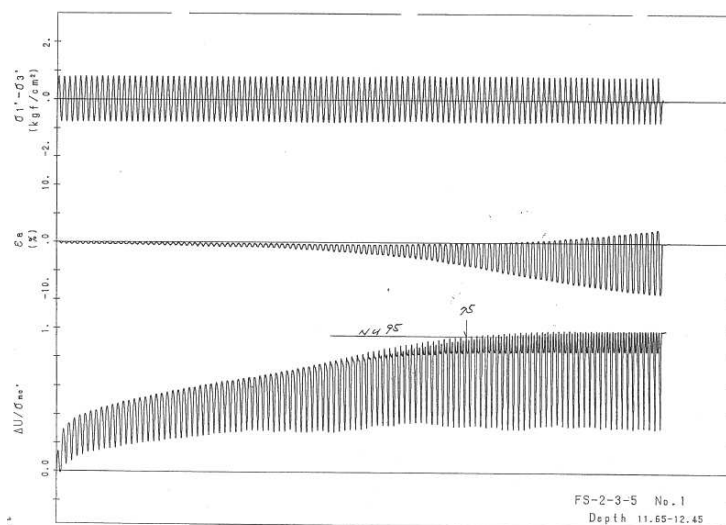


図 2.2-9 液状化強度試験結果 (A-1-3 試料 (供試体 No. 1))

試験結果		液状化の判断
間隙水圧が上昇・蓄積する (95%)	○	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(ひずみ急増)	×	
ダイレイタンスー特性によりせん断抵抗が作用する(有効応力回復)	○	

* 間隙水圧比が 95%に達してもひずみの急増は見受けられないこと、間隙水圧比が低下(有効応力が回復)していることから、繰返し軟化と判断した。

注) A-1 シリーズの試験は、実施時期が古く、デジタルデータは無い。また、試験結果整理方法が異なる。

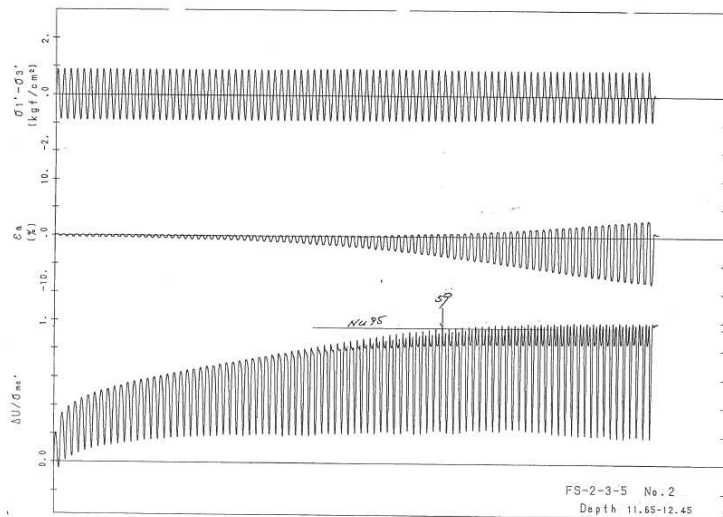


図 2.2-10 液状化強度試験結果 (A-1-3 試料 (供試体 No. 2))

試験結果		液状化の判断
間隙水圧が上昇・蓄積する (95%)	○	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 (ひずみ急増)	×	
ダイレイタンス特性によりせん断抵抗が作用する (有効応力回復)	○	

* 間隙水圧比が 95%に達してもひずみの急増は見受けられないこと、間隙水圧比が低下 (有効応力が回復) していることから、繰返し軟化と判断した。

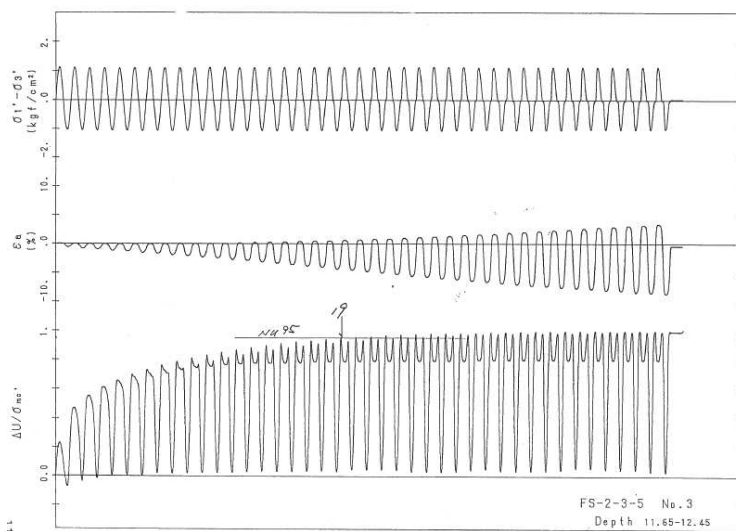


図 2.2-11 液状化強度試験結果 (A-1-3 試料 (供試体 No. 3))

試験結果		液状化の判断
間隙水圧が上昇・蓄積する (95%)	○	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 (ひずみ急増)	×	
ダイレイタンス特性によりせん断抵抗が作用する (有効応力回復)	○	

* 間隙水圧比が 95%に達してもひずみの急増は見受けられないこと、間隙水圧比がゼロ付近まで低下 (有効応力が回復) していることから、繰返し軟化と判断した。

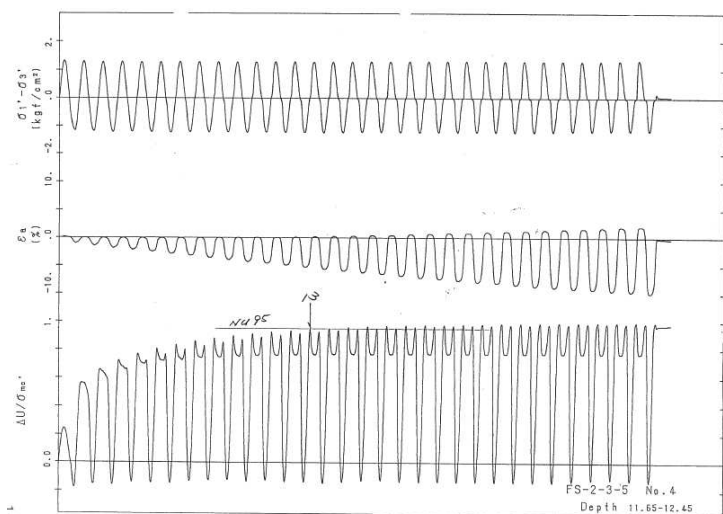
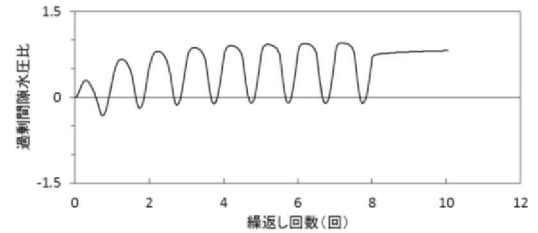
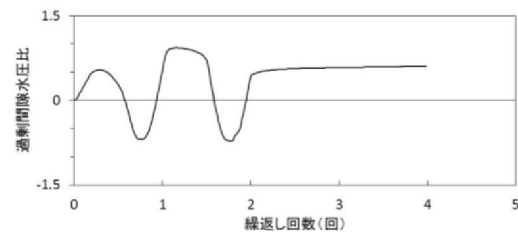
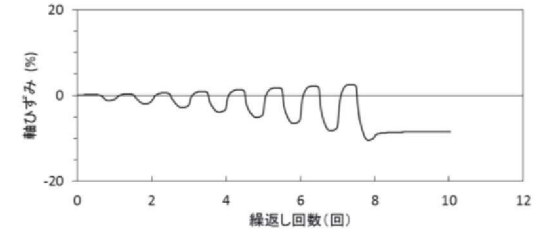
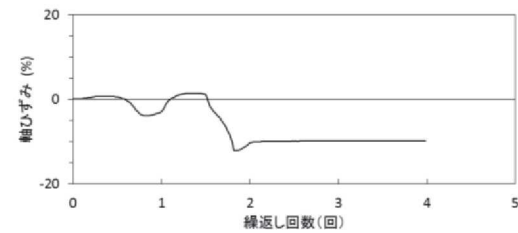
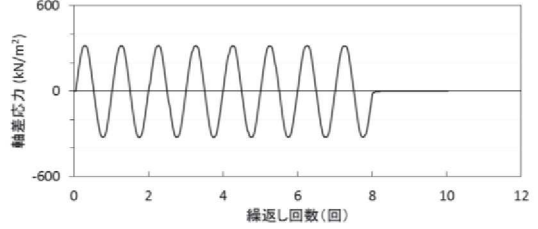
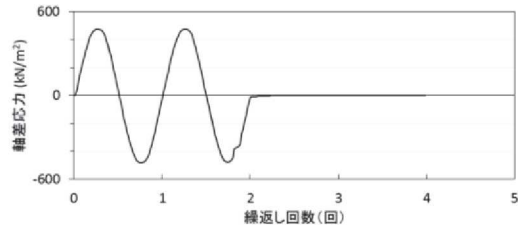
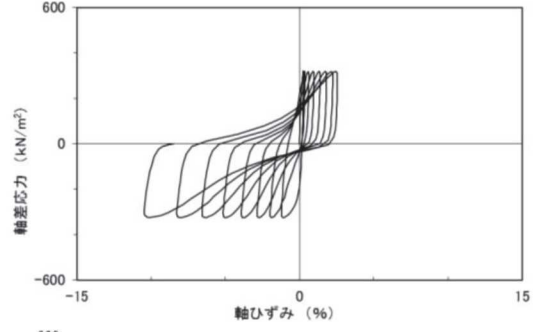
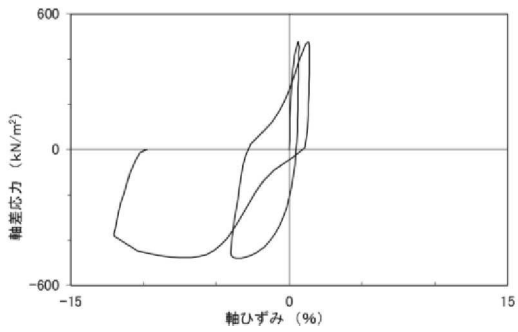
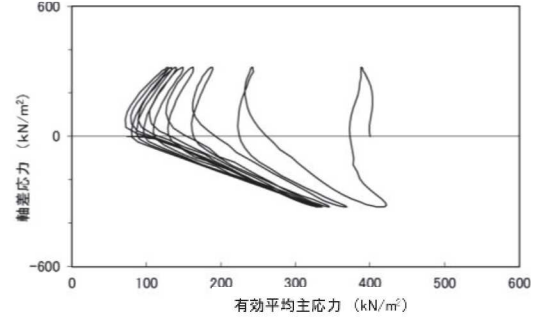
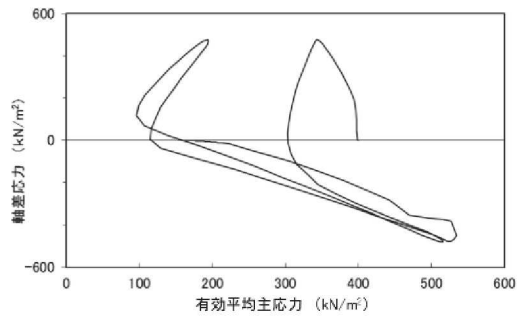


図 2.2-12 液状化強度試験結果 (A-1-3 試料 (供試体 No. 4))

試験結果		液状化の判断
間隙水圧が上昇・蓄積する (95%)	○	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 (ひずみ急増)	×	
ダイレイタンス特性によりせん断抵抗が作用する (有効応力回復)	○	

* 間隙水圧比が 95%に達してもひずみの急増は見受けられないこと、間隙水圧比がマイナス (負圧) まで低下 (有効応力が回復) していることから、繰返し軟化と判断した。

注) A-1 シリーズの試験は、実施時期が古く、デジタルデータは無い。また、試験結果整理方法が異なる。



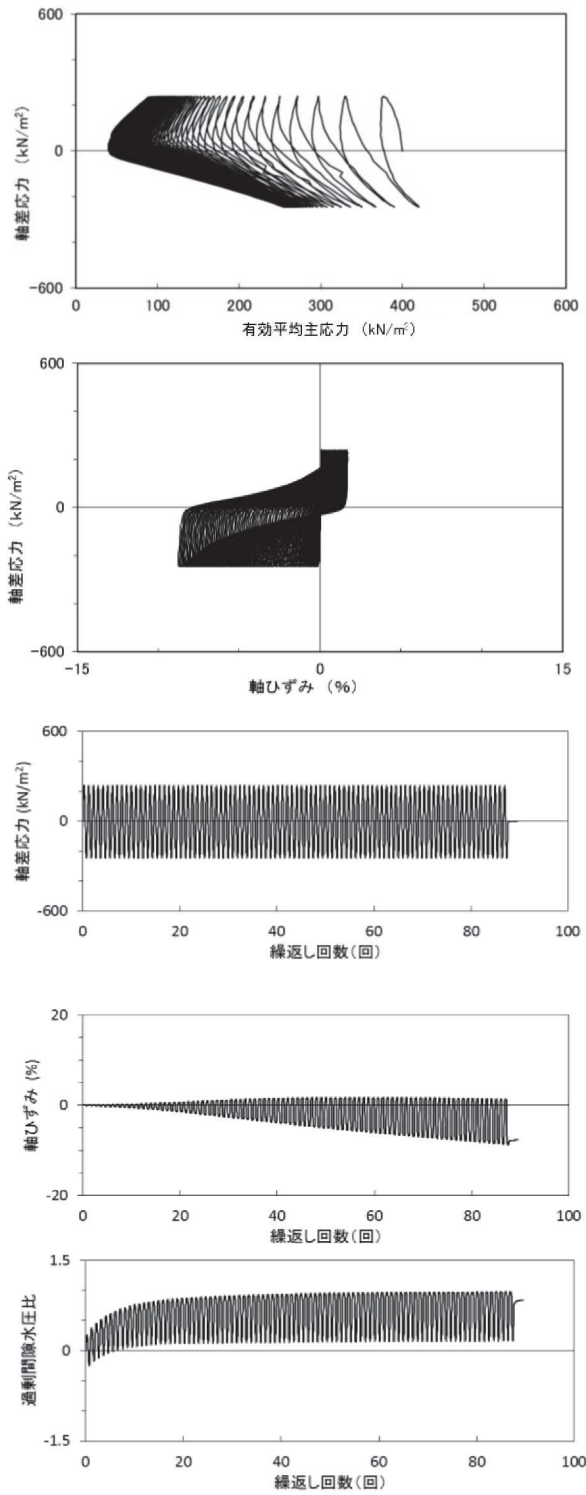
試験結果		液状化の判断
間隙水圧が上昇・蓄積する(95%)	×	非液状化
有効応力がゼロまで低下する	×	
液体状となり流動する(ひずみ急増)	×*	
ダイレイタンスー特性によりせん断抵抗が作用する(有効応力回復)	○	

試験結果		液状化の判断
間隙水圧が上昇・蓄積する(95%)	×	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(ひずみ急増)	×	
ダイレイタンスー特性によりせん断抵抗が作用する(有効応力回復)	○	

* 応力振幅が大きく、ネッキングによるひずみ発生。

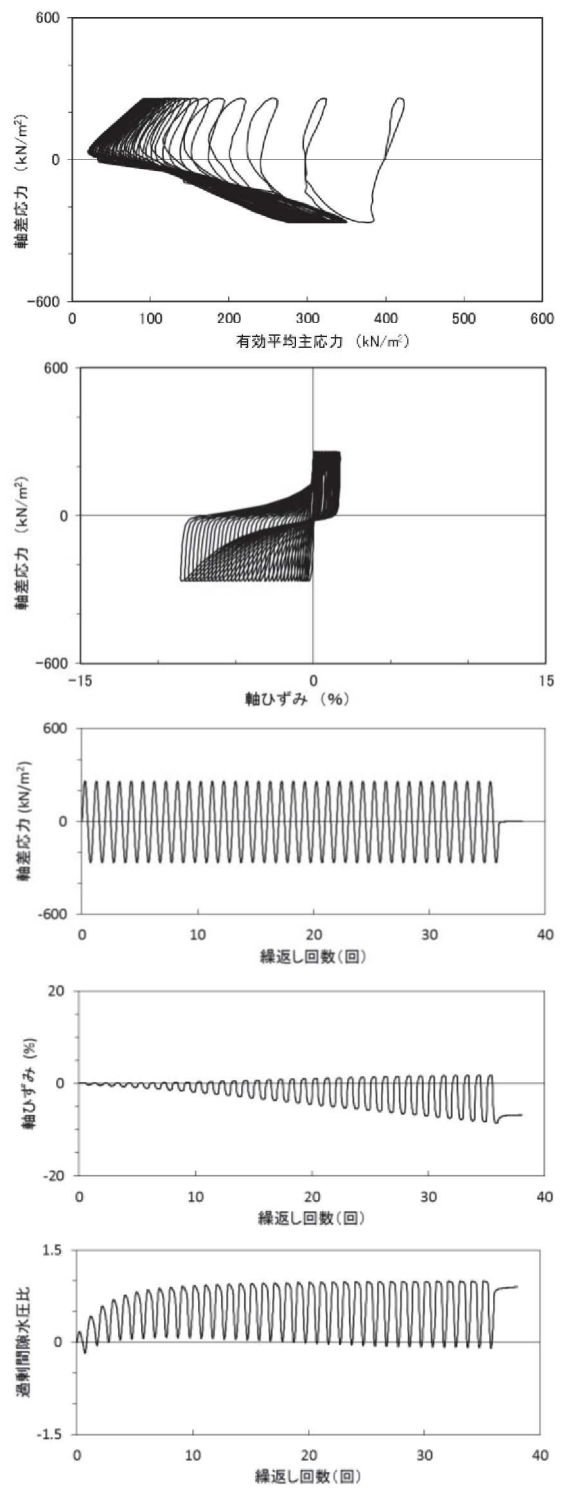
図 2.2-13 液状化強度試験結果
(A-2 試料 (供試体 No. 1))

図 2.2-14 液状化強度試験結果
(A-2 試料 (供試体 No. 2))



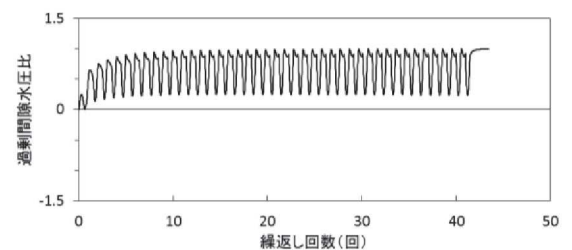
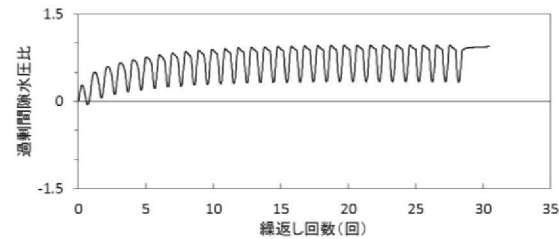
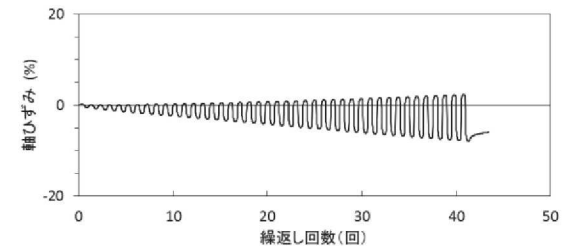
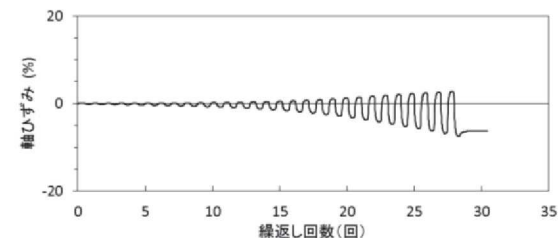
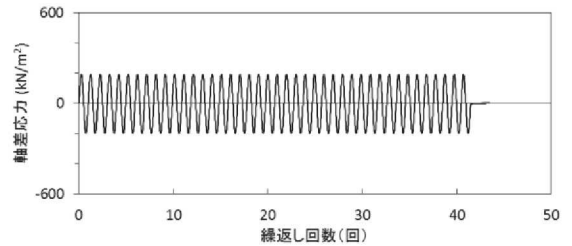
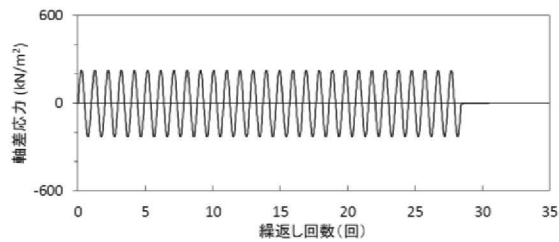
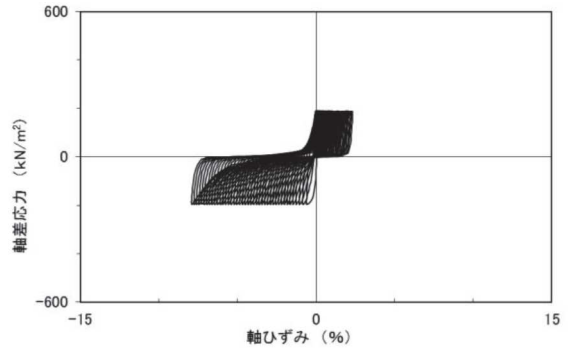
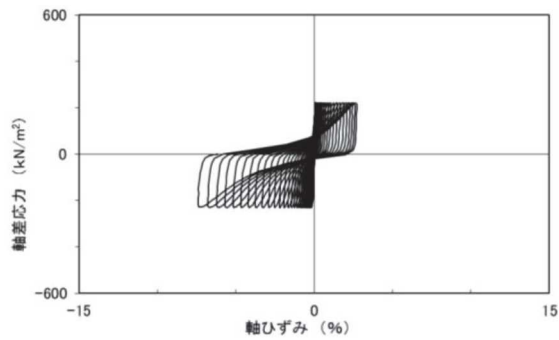
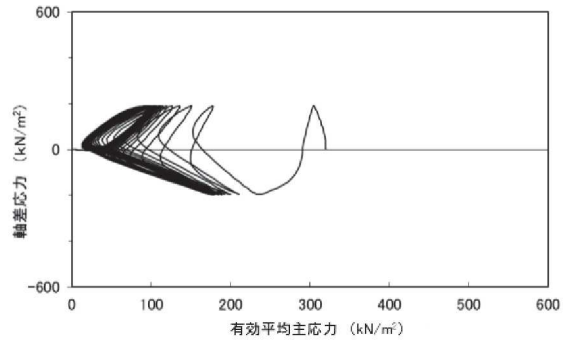
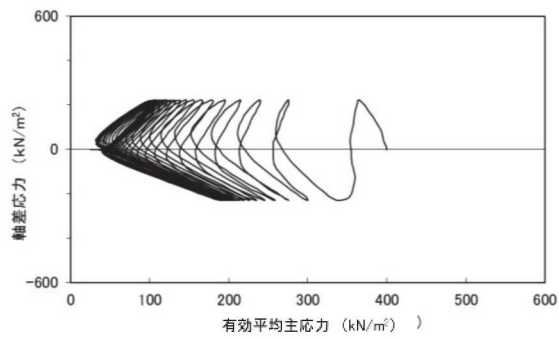
試験結果		液状化の判断
間隙水圧が上昇・蓄積する (95%)	○	繰返し軟化
有効応力がゼロまで低下する	×	
液体状となり流動する (ひずみ急増)	×	
ダイレイタンスー特性によりせん断抵抗が作用する (有効応力回復)	○	

図 2.2-15 液状化強度試験結果
(A-2 試料 (供試体 No. 3))



試験結果		液状化の判断
間隙水圧が上昇・蓄積する (95%)	○	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 (ひずみ急増)	×	
ダイレイタンスー特性によりせん断抵抗が作用する (有効応力回復)	○	

図 2.2-16 液状化強度試験結果
(A-2 試料 (供試体 No. 4))

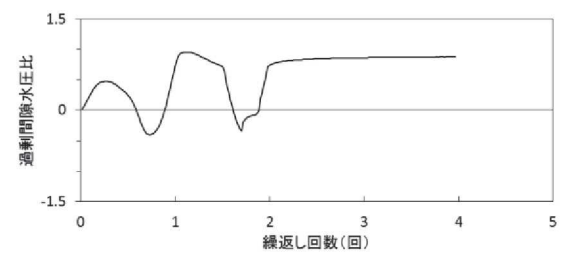
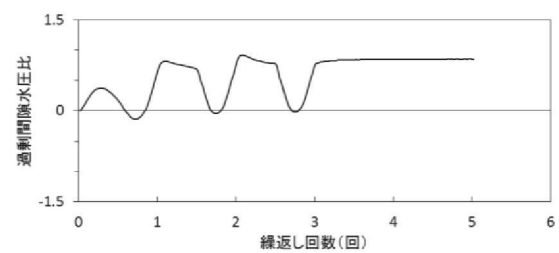
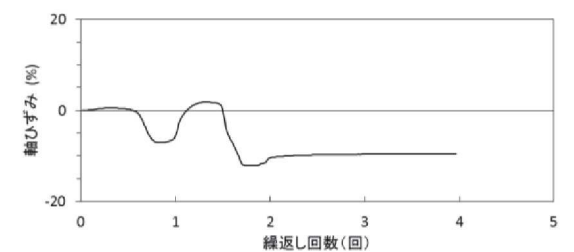
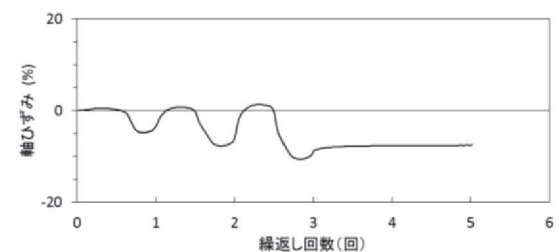
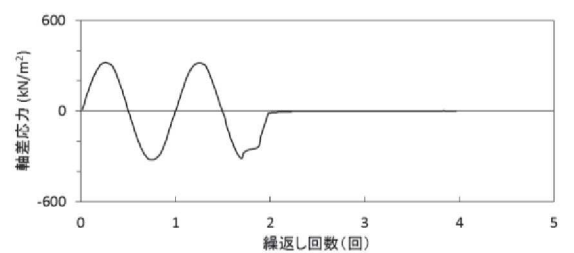
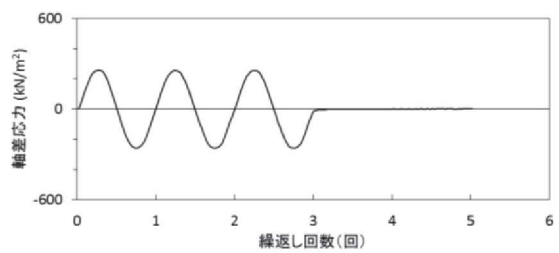
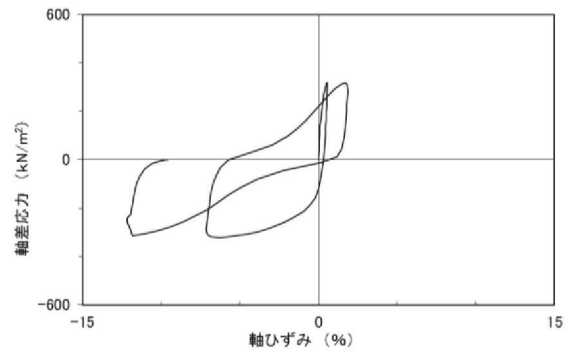
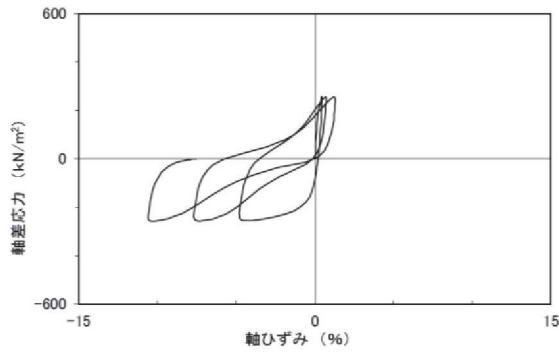
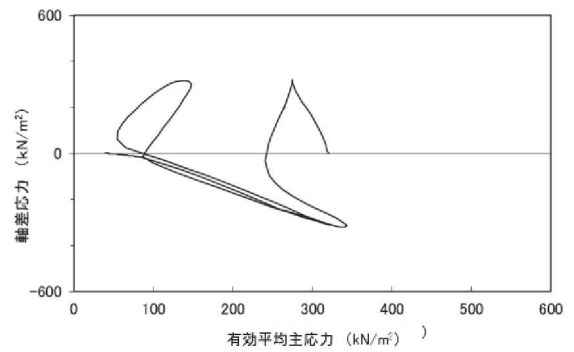
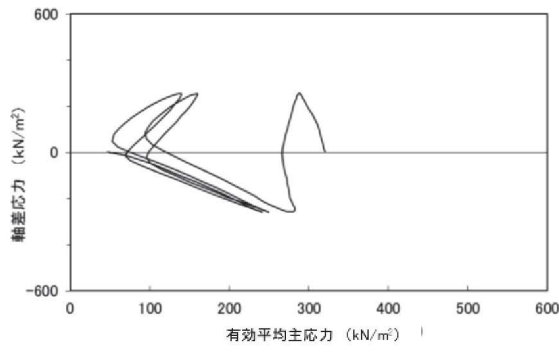


試験結果		液状化の判断
間隙水圧が上昇・蓄積する(95%)	○	繰返し軟化
有効応力がゼロまで低下する	×	
液体状となり流動する(ひずみ急増)	×	
ダイレイタンスー特性によりせん断抵抗が作用する(有効応力回復)	○	

試験結果		液状化の判断
間隙水圧が上昇・蓄積する(95%)	○	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(ひずみ急増)	×	
ダイレイタンスー特性によりせん断抵抗が作用する(有効応力回復)	○	

図 2.2-17 液状化強度試験結果
(A-2 試料 (供試体 No. 5))

図 2.2-18 液状化強度試験結果
(A-3 試料 (供試体 No. 1))



試験結果		液状化の判断
間隙水圧が上昇・蓄積する (95%)	○	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 (ひずみ急増)	×*	
ダイレイタンスー特性によりせん断抵抗が作用する (有効応力回復)	○	

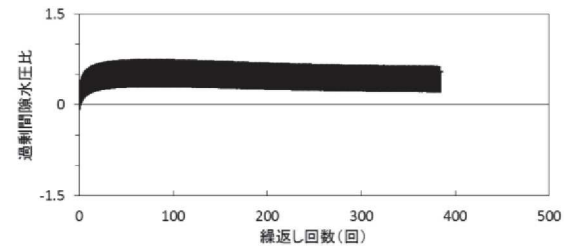
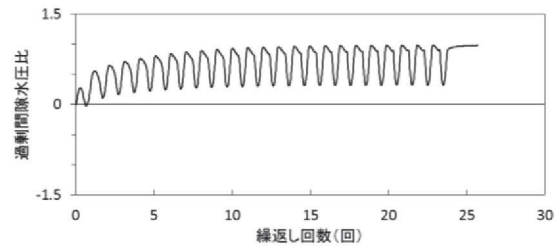
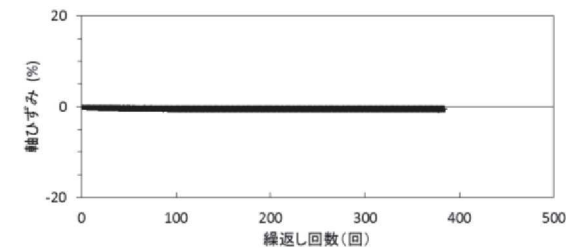
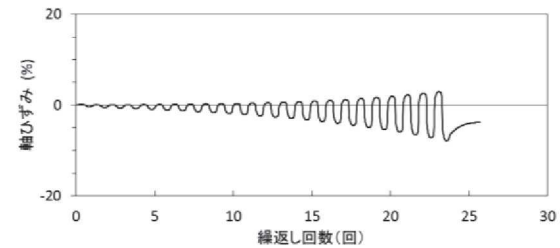
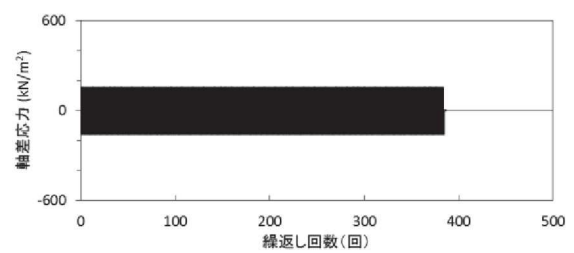
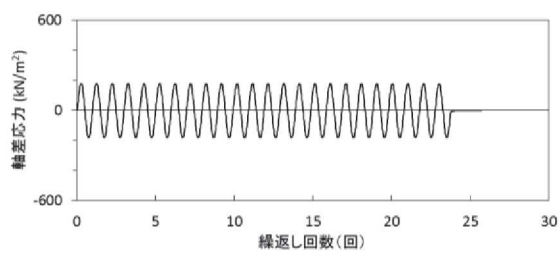
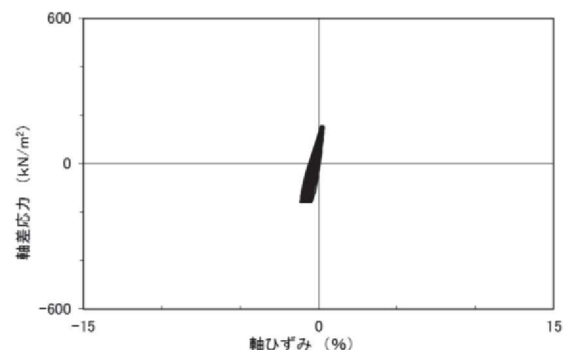
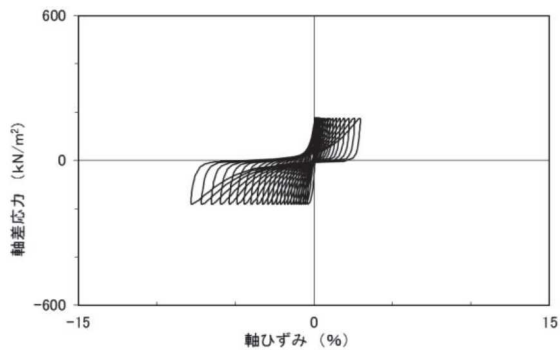
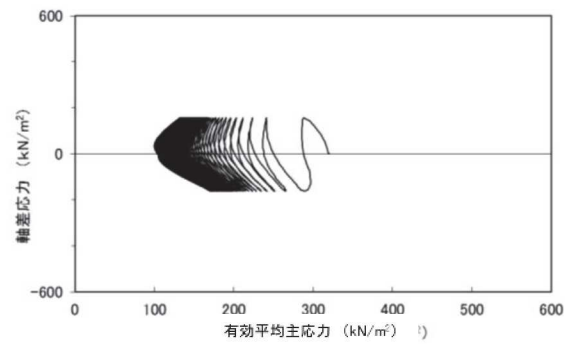
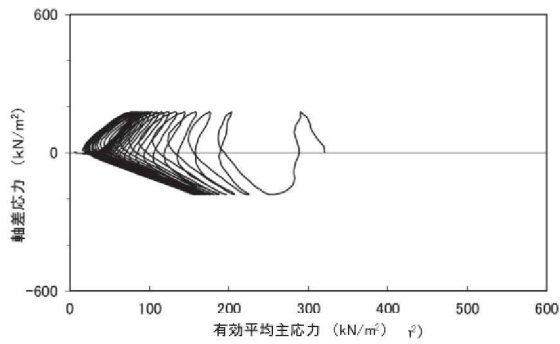
*応力振幅が大きいことによるひずみ発生

試験結果		液状化の判断
間隙水圧が上昇・蓄積する (95%)	○	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 (ひずみ急増)	×*	
ダイレイタンスー特性によりせん断抵抗が作用する (有効応力回復)	○	

*応力振幅が大きいことによるひずみ発生

図 2.2-19 液状化強度試験結果
(A-3 試料 (供試体 No. 2))

図 2.2-20 液状化強度試験結果
(A-3 試料 (供試体 No. 3))

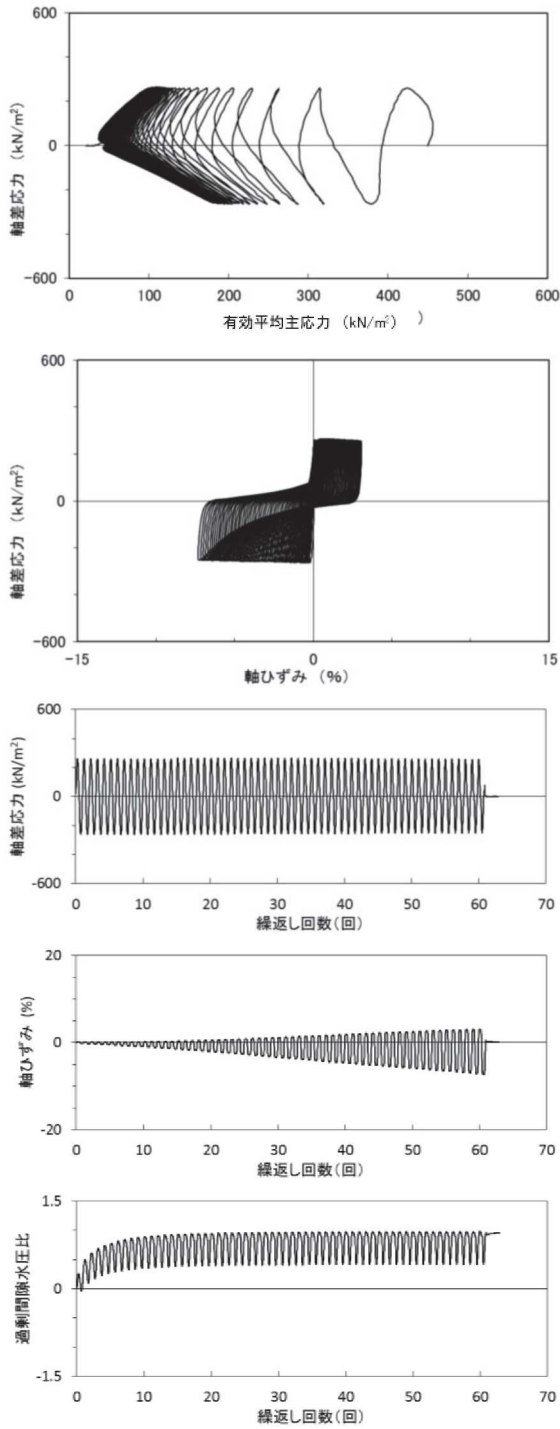


試験結果		液状化の判断
間隙水圧が上昇・蓄積する (95%)	○	繰返し軟化
有効応力がゼロまで低下する	×	
液体状となり流動する (ひずみ急増)	×	
ダイレイタンスー特性によりせん断抵抗が作用する (有効応力回復)	○	

試験結果		液状化の判断
間隙水圧が上昇・蓄積する (95%)	×	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 (ひずみ急増)	×	
ダイレイタンスー特性によりせん断抵抗が作用する (有効応力回復)	○	

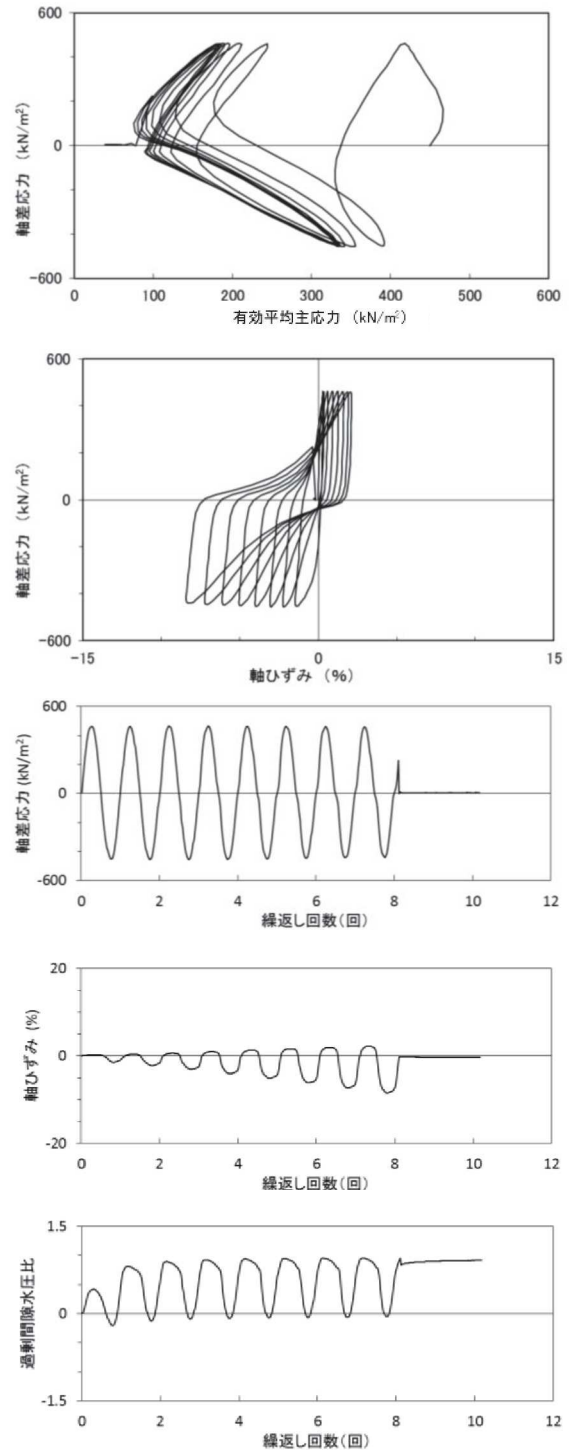
図 2.2-21 液状化強度試験結果 (A-3 試料 (供試体 No. 4))

図 2.2-22 液状化強度試験結果 (A-3 試料 (供試体 No. 5))



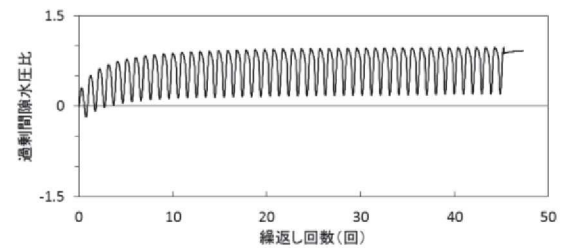
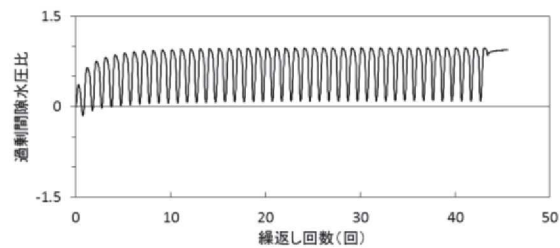
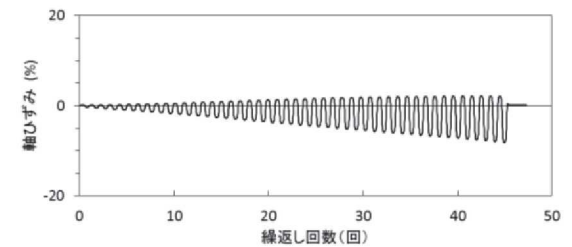
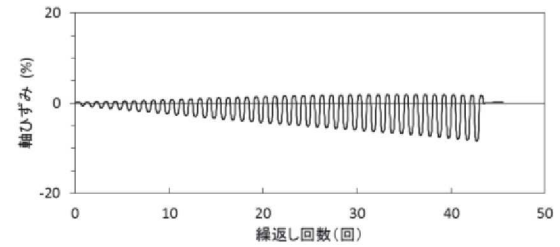
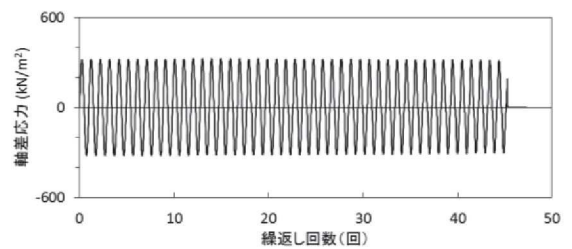
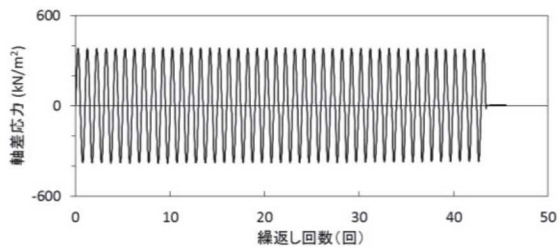
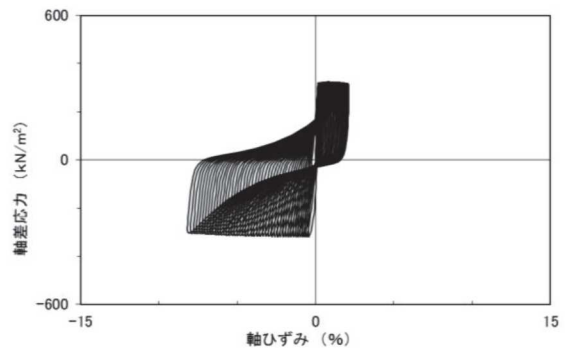
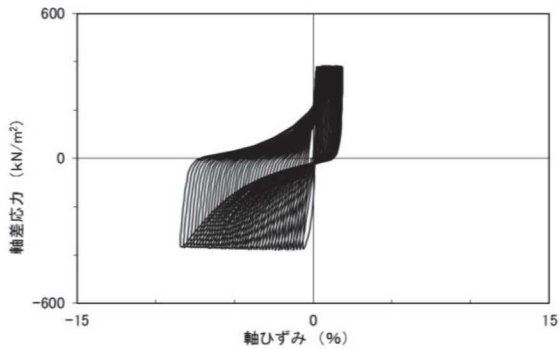
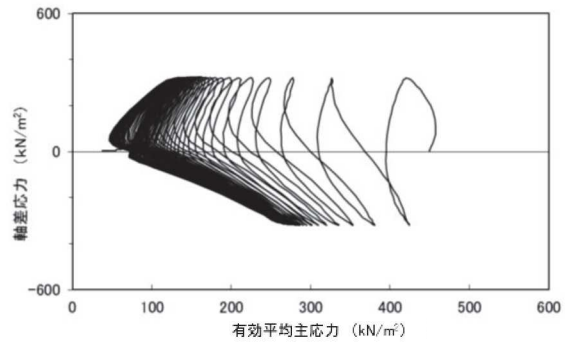
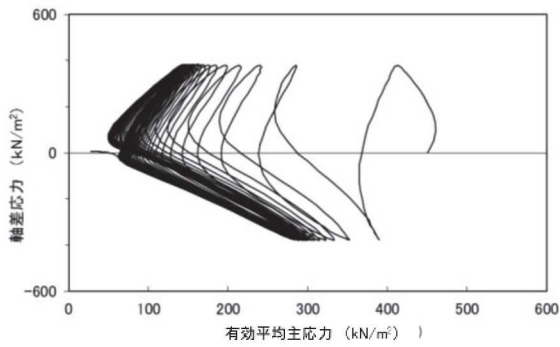
試験結果		液状化の判断
間隙水圧が上昇・蓄積する (95%)	○	繰返し軟化
有効応力がゼロまで低下する	×	
液体状となり流動する (ひずみ急増)	×	
ダイレイタンスー特性によりせん断抵抗が作用する (有効応力回復)	○	

図 2.2-23 液状化強度試験結果
(A-4 試料 (供試体 No. 1))



試験結果		液状化の判断
間隙水圧が上昇・蓄積する (95%)	○	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 (ひずみ急増)	×	
ダイレイタンスー特性によりせん断抵抗が作用する (有効応力回復)	○	

図 2.2-24 液状化強度試験結果
(A-4 試料 (供試体 No. 2))

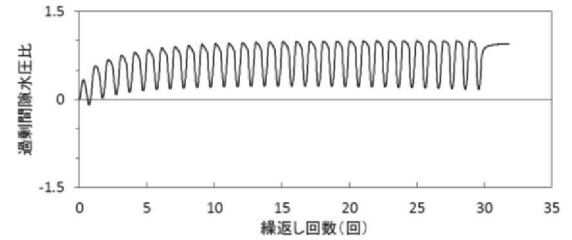
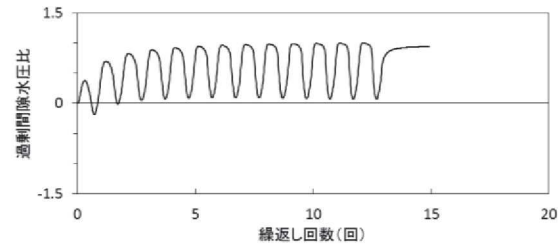
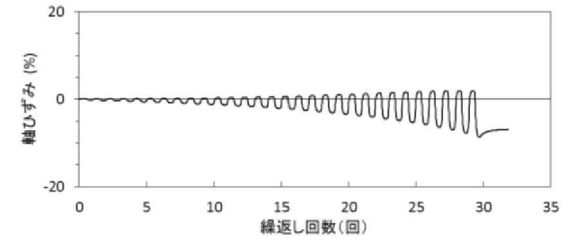
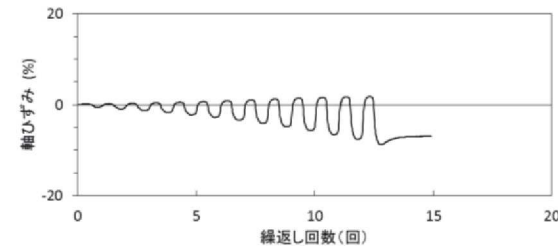
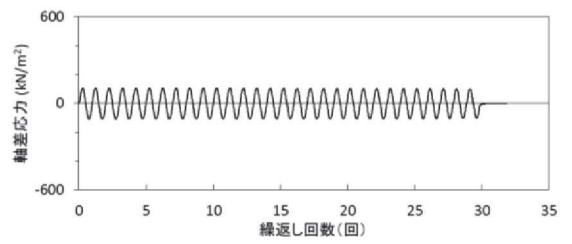
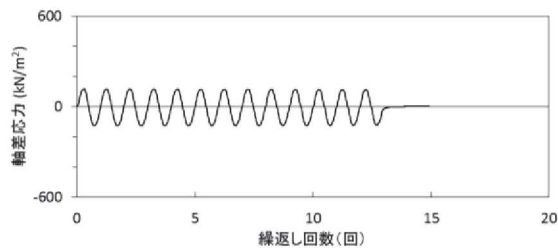
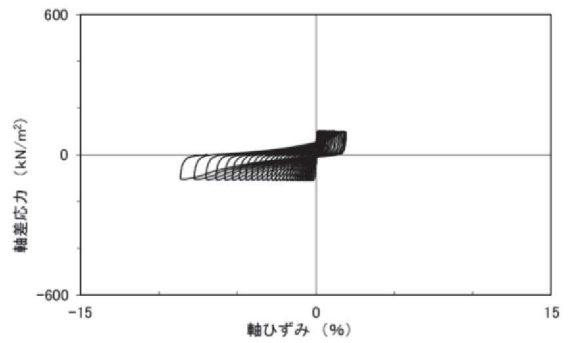
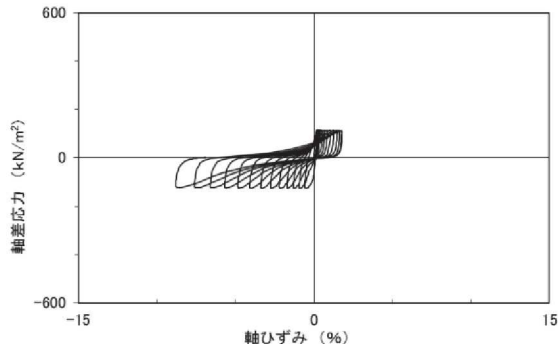
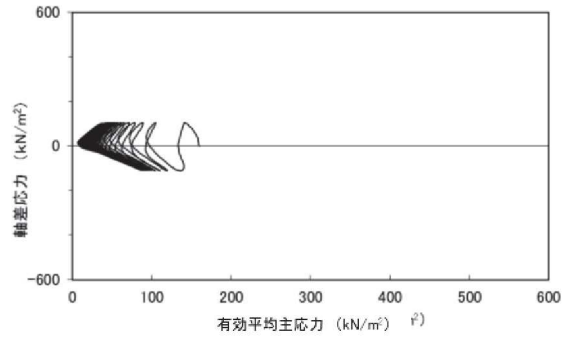
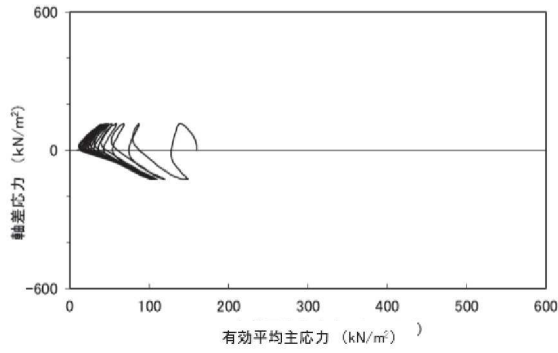


試験結果		液状化の判断
間隙水圧が上昇・蓄積する (95%)	○	繰返し軟化
有効応力がゼロまで低下する	×	
液体状となり流動する (ひずみ急増)	×	
ダイレイタンスー特性によりせん断抵抗が作用する (有効応力回復)	○	

試験結果		液状化の判断
間隙水圧が上昇・蓄積する (95%)	○	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 (ひずみ急増)	×	
ダイレイタンスー特性によりせん断抵抗が作用する (有効応力回復)	○	

図 2.2-25 液状化強度試験結果
(A-4 試料 (供試体 No. 3))

図 2.2-26 液状化強度試験結果
(A-4 試料 (供試体 No. 4))

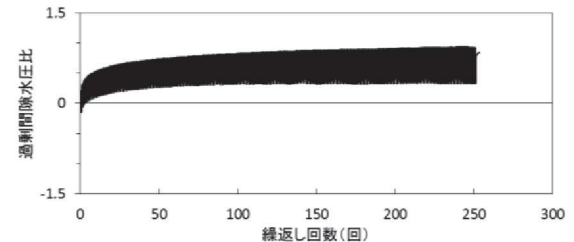
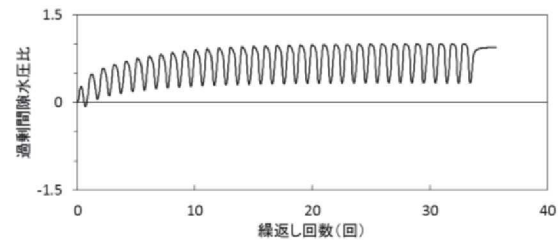
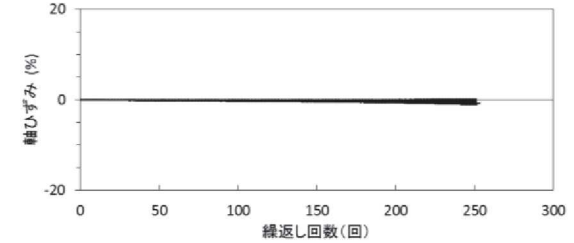
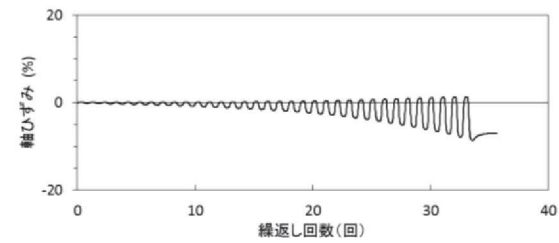
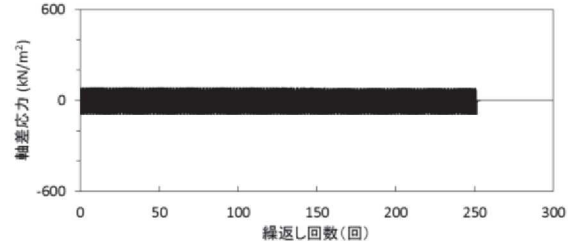
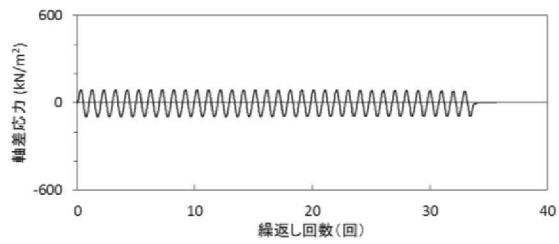
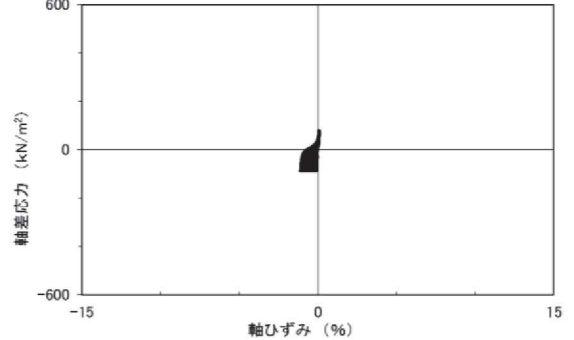
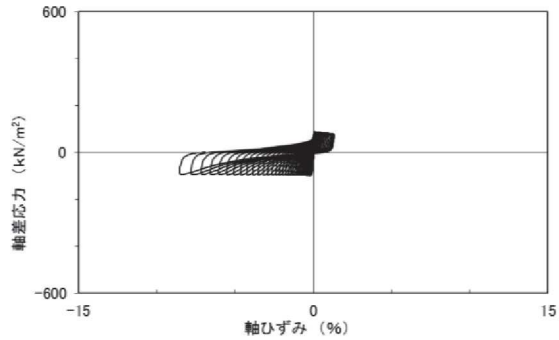
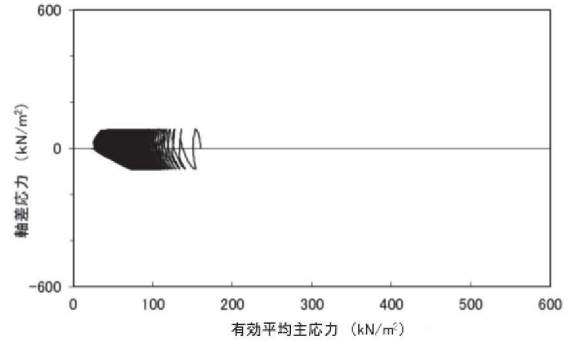
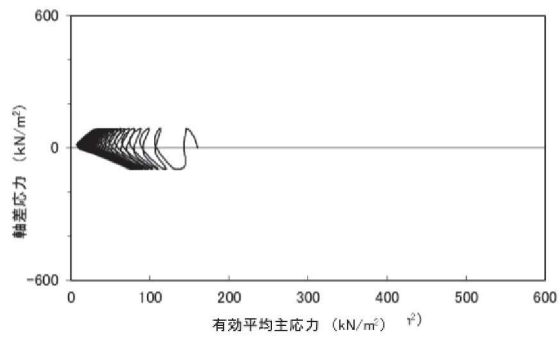


試験結果		液状化の判断
間隙水圧が上昇・蓄積する(95%)	○	繰返し軟化
有効応力がゼロまで低下する	×	
液体状となり流動する(ひずみ急増)	×	
ダイレイタンシー特性によりせん断抵抗が作用する(有効応力回復)	○	

試験結果		液状化の判断
間隙水圧が上昇・蓄積する(95%)	○	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(ひずみ急増)	×	
ダイレイタンシー特性によりせん断抵抗が作用する(有効応力回復)	○	

図 2.2-27 液状化強度試験結果
(A-5-1 試料 (供試体 No. 1))

図 2.2-28 液状化強度試験結果
(A-5-1 試料 (供試体 No. 2))

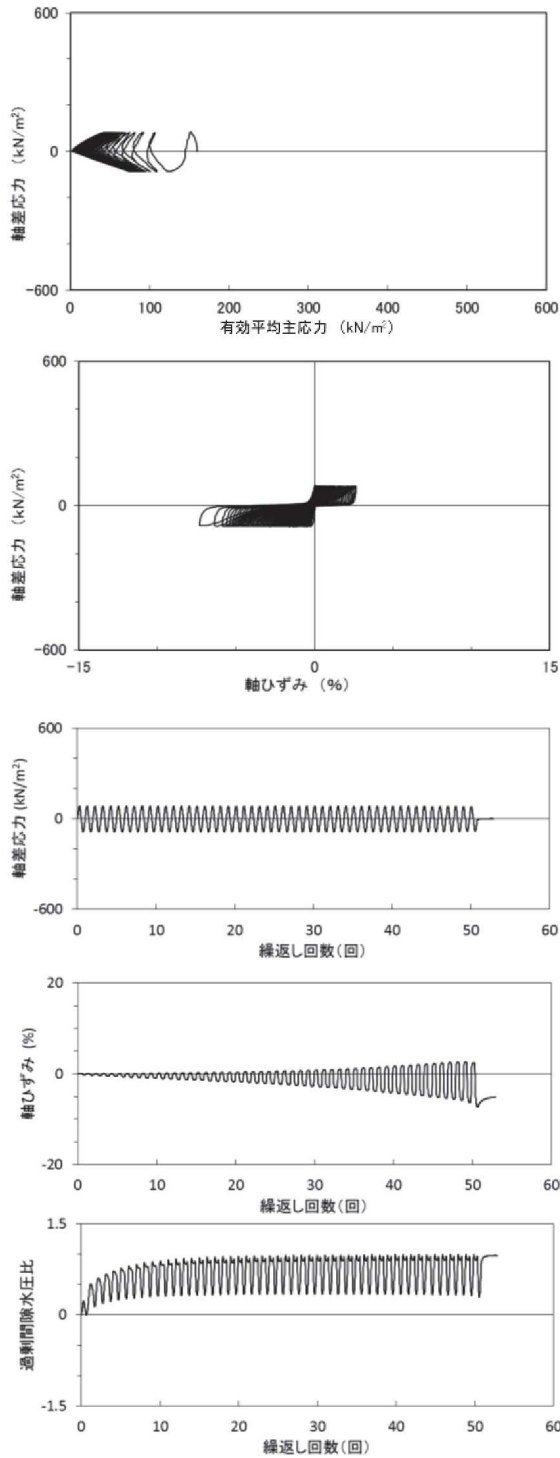


試験結果		液状化の判断
間隙水圧が上昇・蓄積する(95%)	○	繰返し軟化
有効応力がゼロまで低下する	×	
液体状となり流動する(ひずみ急増)	×	
ダイレイタンスー特性によりせん断抵抗が作用する(有効応力回復)	○	

試験結果		液状化の判断
間隙水圧が上昇・蓄積する(95%)	×	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(ひずみ急増)	×	
ダイレイタンスー特性によりせん断抵抗が作用する(有効応力回復)	○	

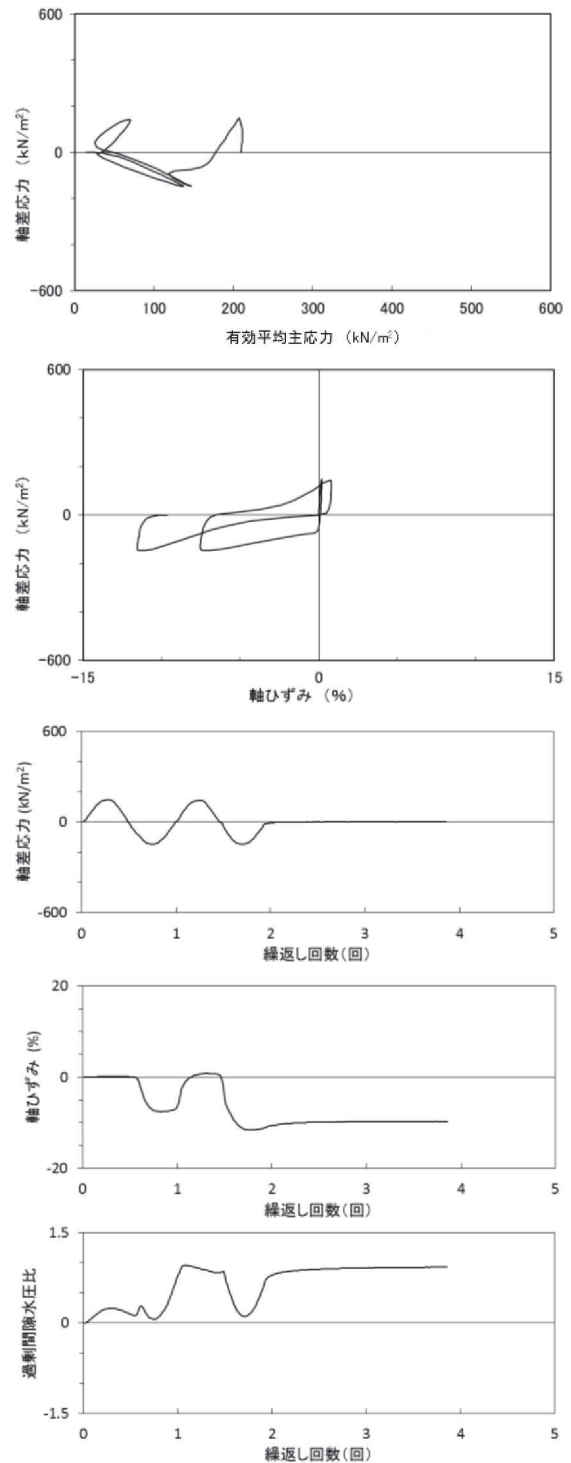
図 2.2-29 液状化強度試験結果
(A-5-1 試料 (供試体 No. 3))

図 2.2-30 液状化強度試験結果
(A-5-1 試料 (供試体 No. 4))



試験結果		液状化の判断
間隙水圧が上昇・蓄積する (95%)	○	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 (ひずみ急増)	×	
ダイレイタンスー特性によりせん断抵抗が作用する (有効応力回復)	○	

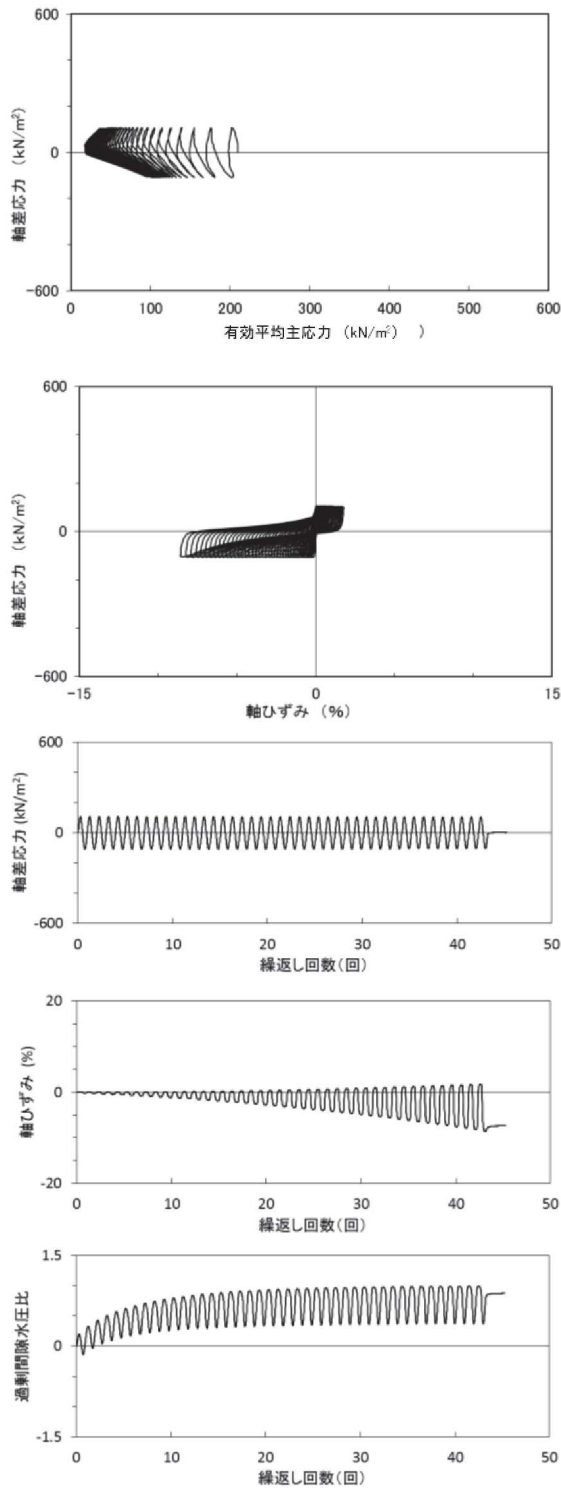
図 2.2-31 液状化強度試験結果
(A-5-1 試料 (供試体 No. 5))



試験結果		液状化の判断
間隙水圧が上昇・蓄積する (95%)	○	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 (ひずみ急増)	×*	
ダイレイタンスー特性によりせん断抵抗が作用する (有効応力回復)	○	

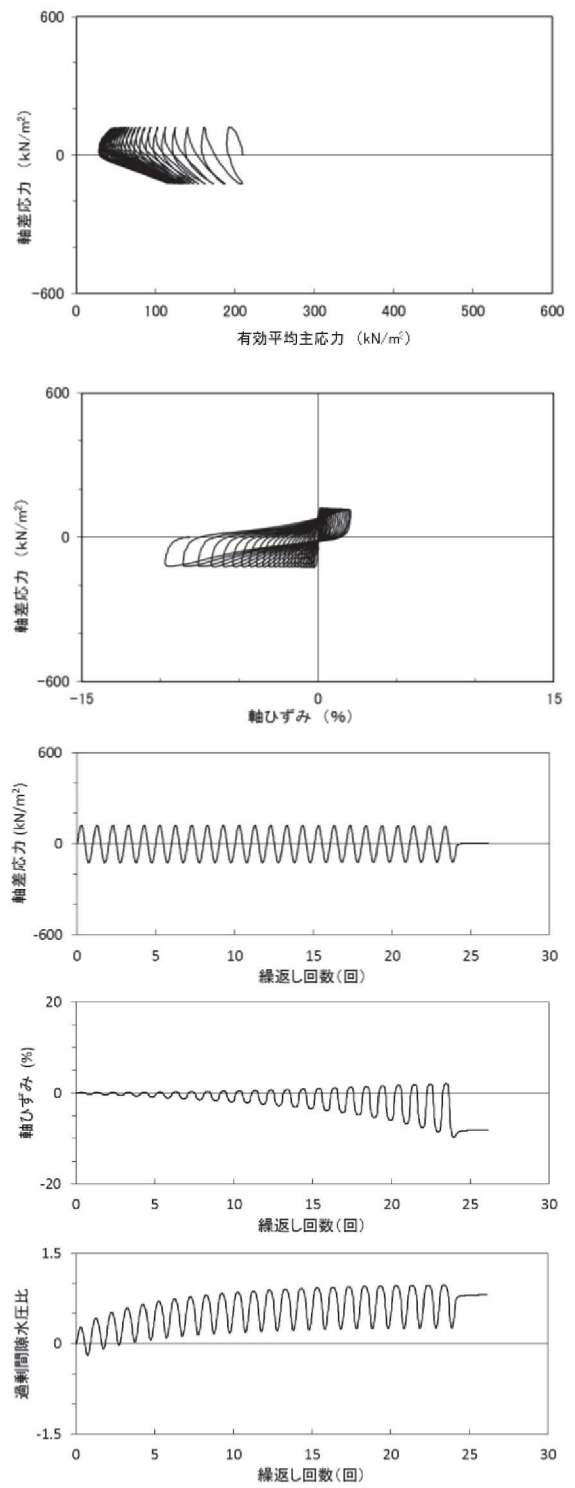
*応力振幅が大きいことによるひずみ発生

図 2.2-32 液状化強度試験結果
(A-5-2 試料 (供試体 No. 1))



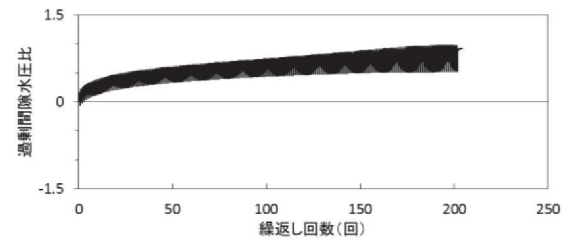
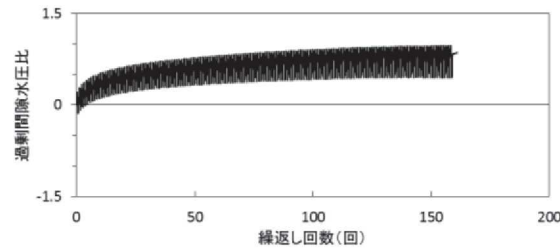
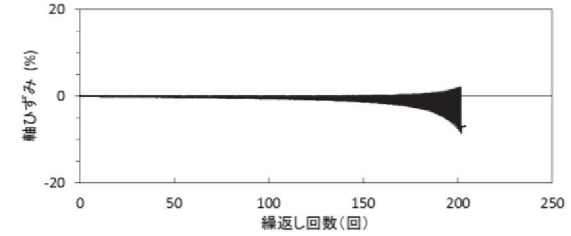
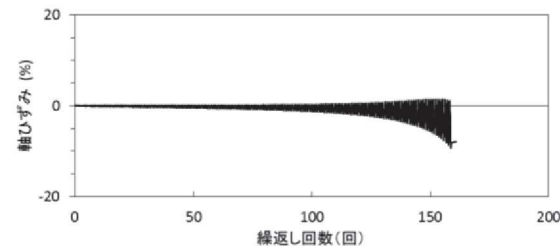
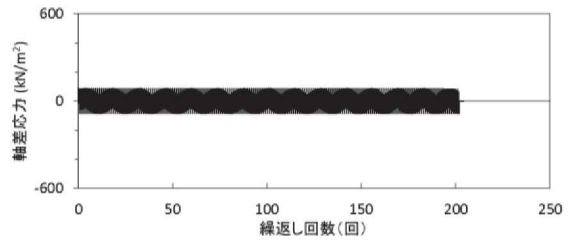
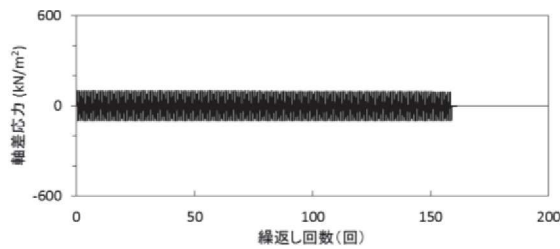
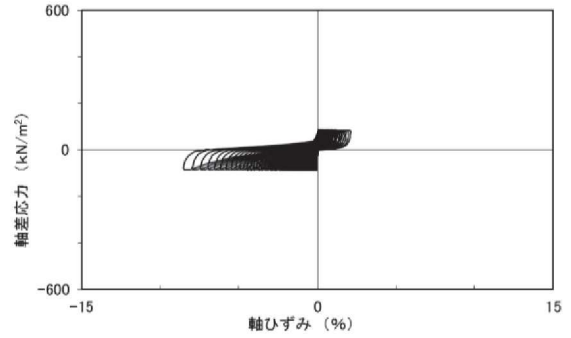
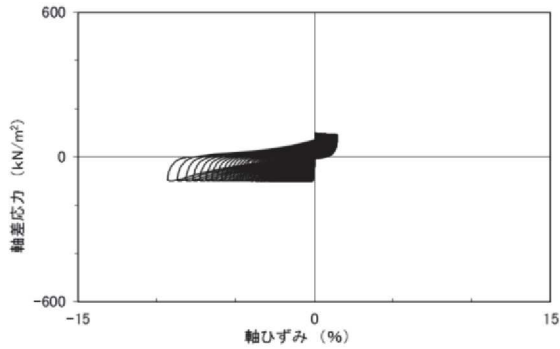
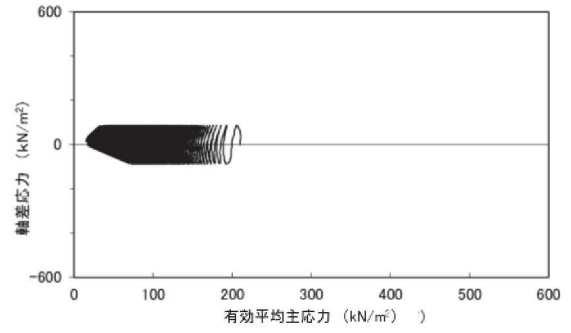
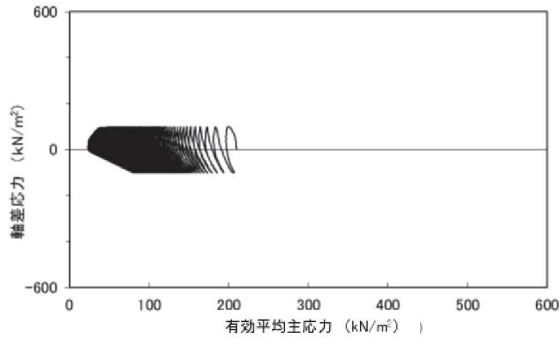
試験結果		液状化の判断
間隙水圧が上昇・蓄積する (95%)	○	繰返し軟化
有効応力がゼロまで低下する	×	
液体状となり流動する (ひずみ急増)	×	
ダイレイタンスー特性によりせん断抵抗が作用する (有効応力回復)	○	

図 2.2-33 液状化強度試験結果
(A-5-2 試料 (供試体 No. 2))



試験結果		液状化の判断
間隙水圧が上昇・蓄積する (95%)	○	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 (ひずみ急増)	×	
ダイレイタンスー特性によりせん断抵抗が作用する (有効応力回復)	○	

図 2.2-34 液状化強度試験結果
(A-5-2 試料 (供試体 No. 3))

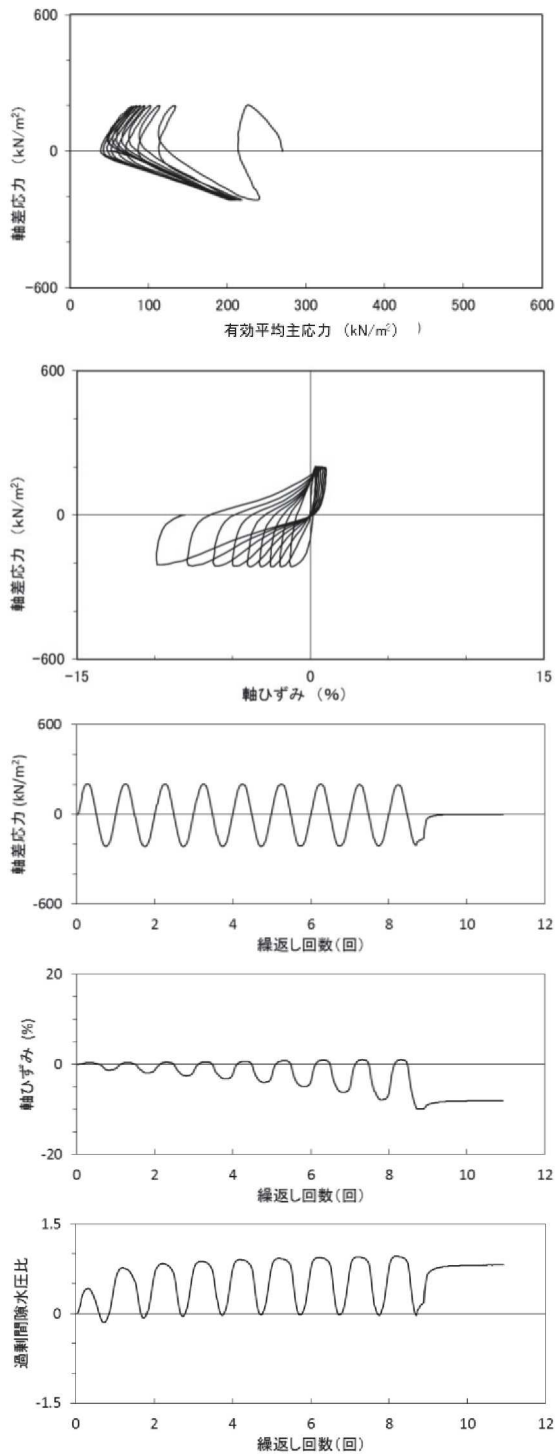


試験結果		液状化の判断
間隙水圧が上昇・蓄積する(95%)	○	繰返し軟化
有効応力がゼロまで低下する	×	
液体状となり流動する(ひずみ急増)	×	
ダイレイタンスー特性によりせん断抵抗が作用する(有効応力回復)	○	

試験結果		液状化の判断
間隙水圧が上昇・蓄積する(95%)	○	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(ひずみ急増)	×	
ダイレイタンスー特性によりせん断抵抗が作用する(有効応力回復)	○	

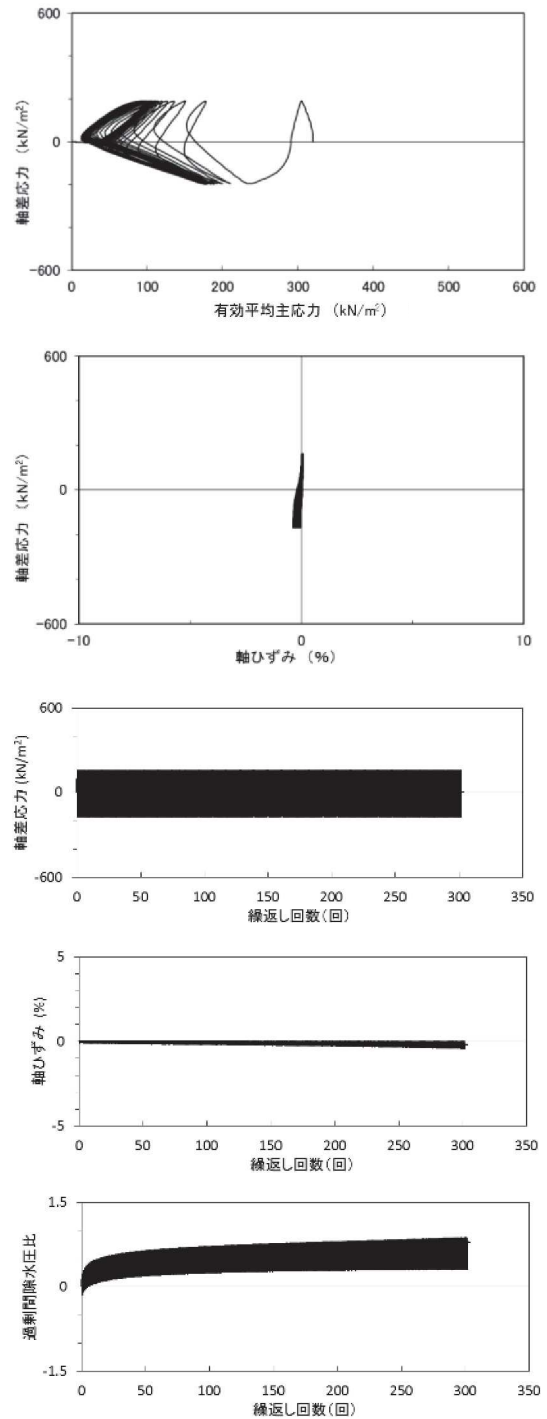
図 2.2-35 液状化強度試験結果
(A-5-2 試料 (供試体 No. 4))

図 2.2-36 液状化強度試験結果
(A-5-2 試料 (供試体 No. 5))



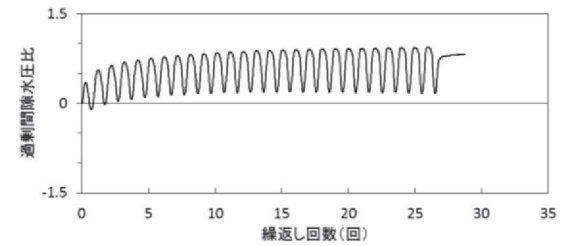
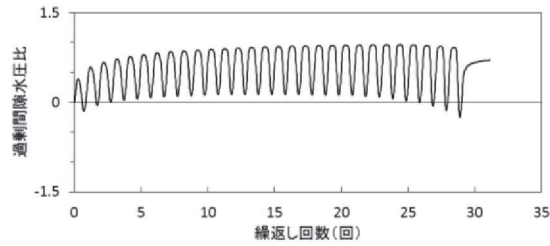
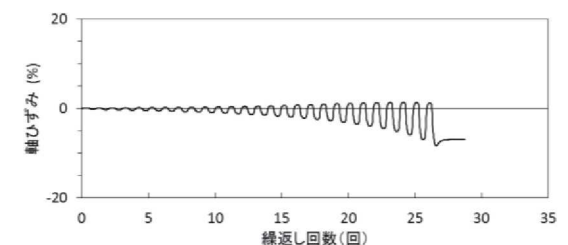
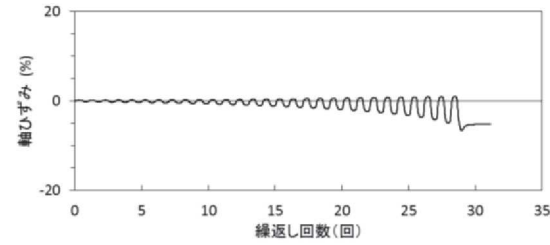
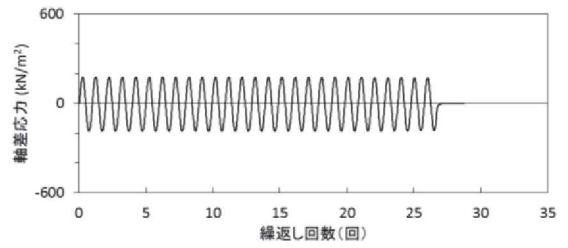
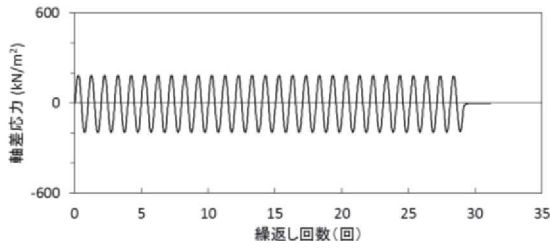
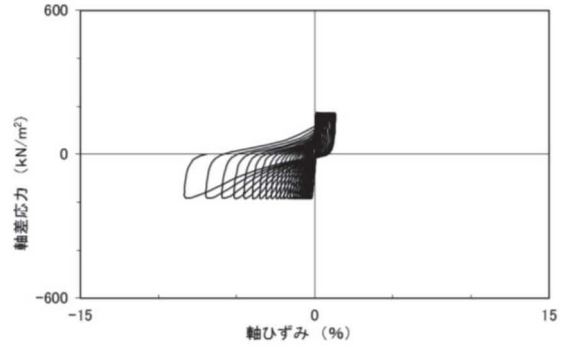
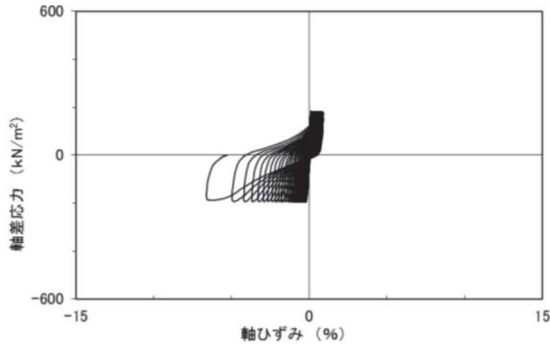
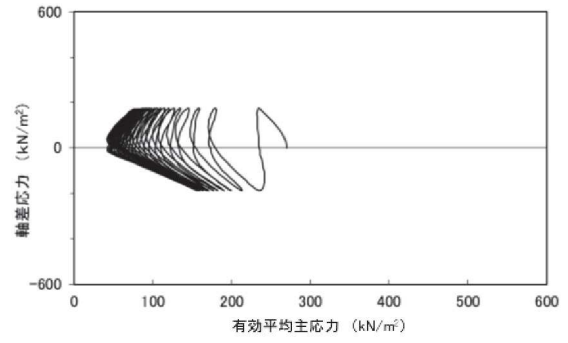
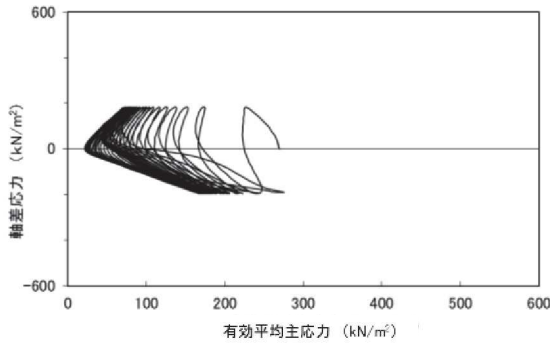
試験結果		液状化の判断
間隙水圧が上昇・蓄積する (95%)	○	繰返し軟化
有効応力がゼロまで低下する	×	
液体状となり流動する (ひずみ急増)	×	
ダイレイタンスー特性によりせん断抵抗が作用する (有効応力回復)	○	

図 2.2-37 液状化強度試験結果
(A-6 試料 (供試体 No. 1))



試験結果		液状化の判断
間隙水圧が上昇・蓄積する (95%)	×	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 (ひずみ急増)	×	
ダイレイタンスー特性によりせん断抵抗が作用する (有効応力回復)	○	

図 2.2-38 液状化強度試験結果
(A-6 試料 (供試体 No. 2))

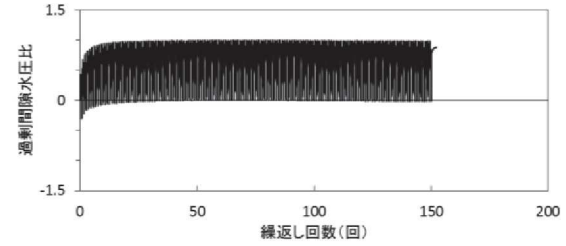
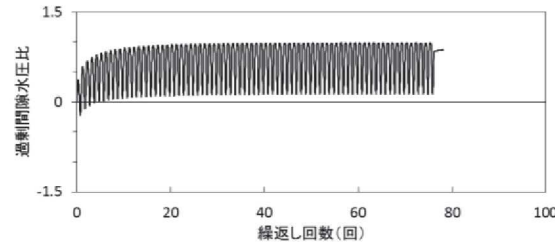
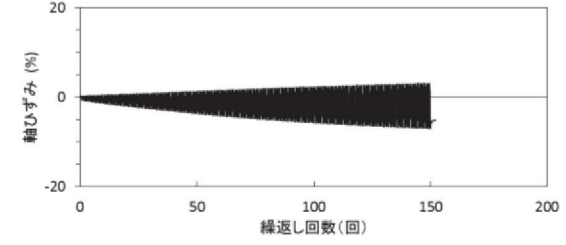
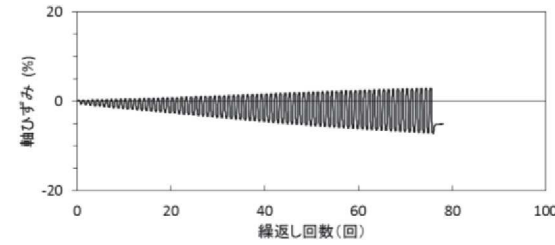
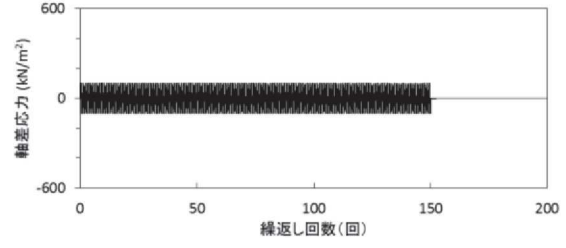
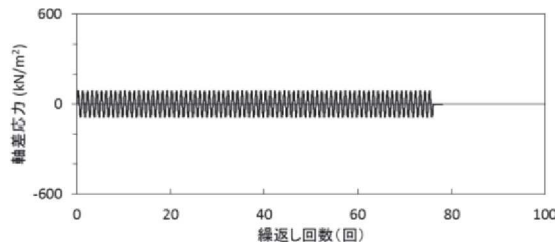
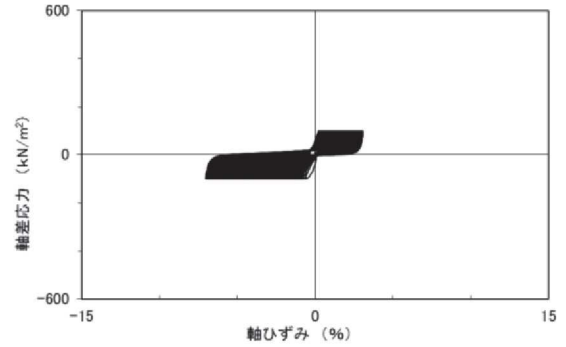
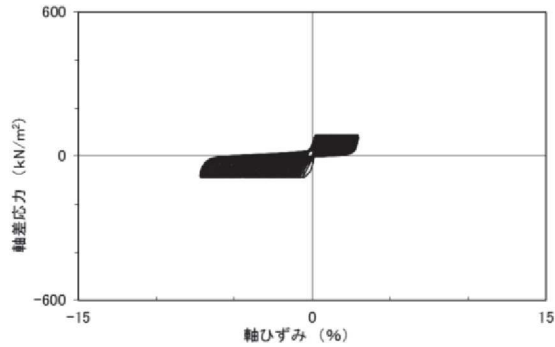
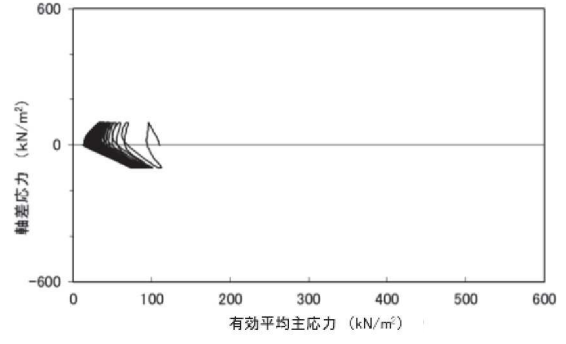
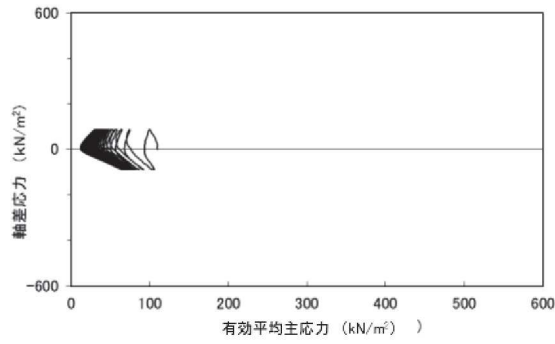


試験結果		液状化の判断
間隙水圧が上昇・蓄積する(95%)	○	繰返し軟化
有効応力がゼロまで低下する	×	
液体状となり流動する(ひずみ急増)	×	
ダイレイタンスー特性によりせん断抵抗が作用する(有効応力回復)	○	

試験結果		液状化の判断
間隙水圧が上昇・蓄積する(95%)	×	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(ひずみ急増)	×	
ダイレイタンスー特性によりせん断抵抗が作用する(有効応力回復)	○	

図 2.2-39 液状化強度試験結果
(A-6 試料 (供試体 No. 3))

図 2.2-40 液状化強度試験結果
(A-6 試料 (供試体 No. 4))

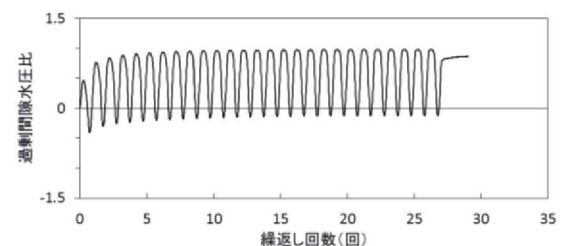
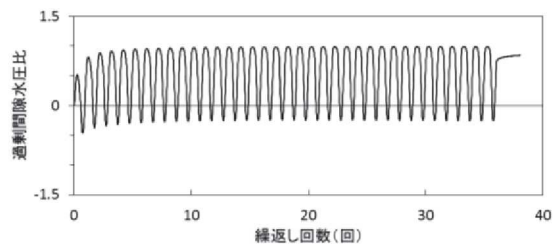
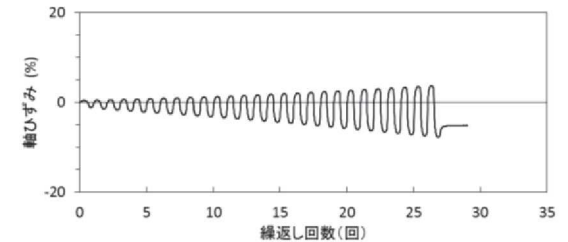
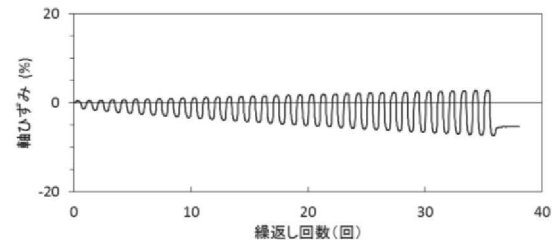
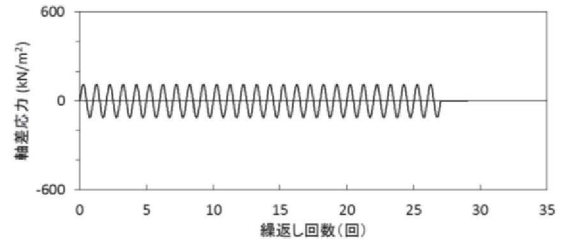
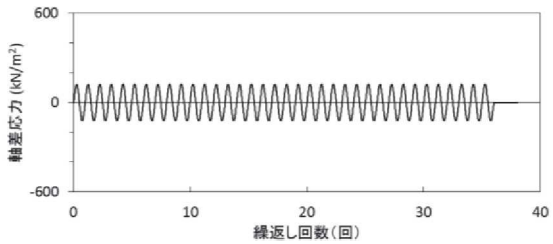
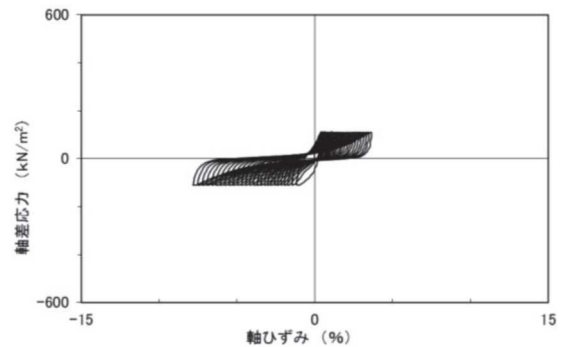
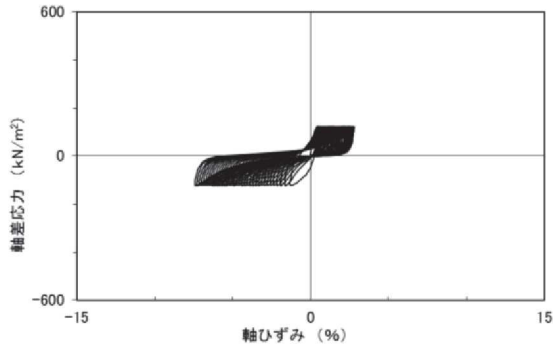
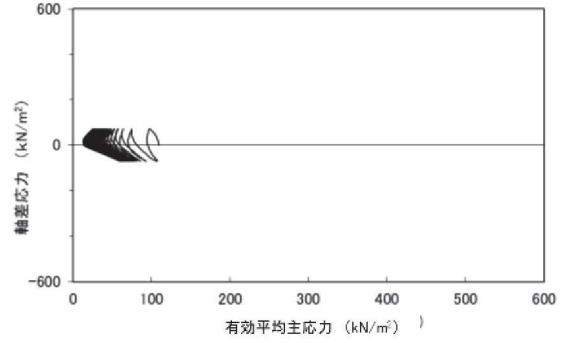
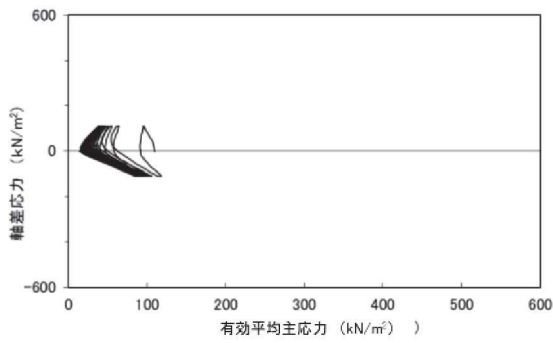


試験結果		液状化の判断
間隙水圧が上昇・蓄積する(95%)	○	繰返し軟化
有効応力がゼロまで低下する	×	
液体状となり流動する(ひずみ急増)	×	
ダイレイタンスー特性によりせん断抵抗が作用する(有効応力回復)	○	

試験結果		液状化の判断
間隙水圧が上昇・蓄積する(95%)	○	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(ひずみ急増)	×	
ダイレイタンスー特性によりせん断抵抗が作用する(有効応力回復)	○	

図 2.2-41 液状化強度試験結果
(A-7-1 試料 (供試体 No. 1))

図 2.2-42 液状化強度試験結果
(A-7-1 試料 (供試体 No. 2))

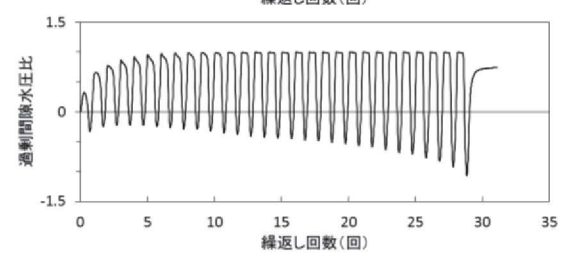
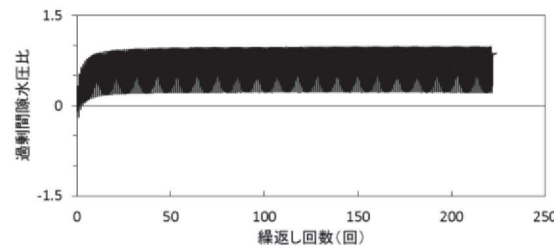
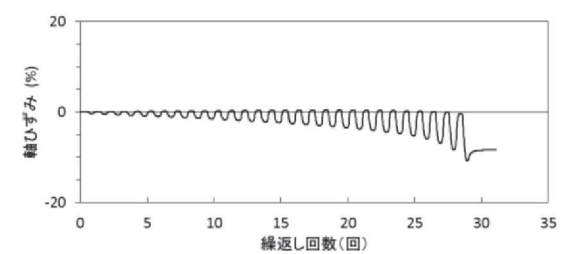
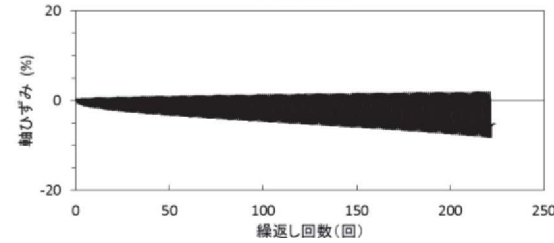
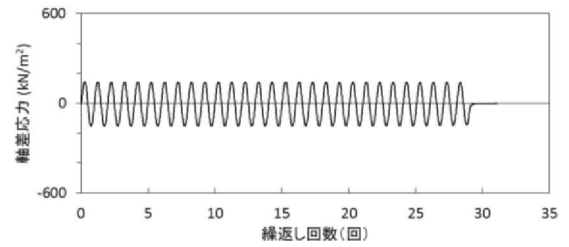
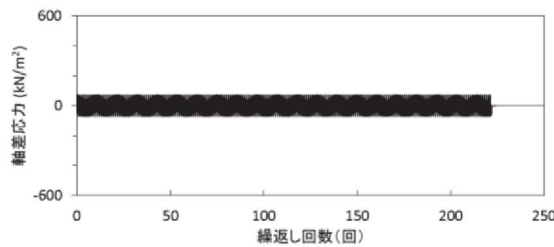
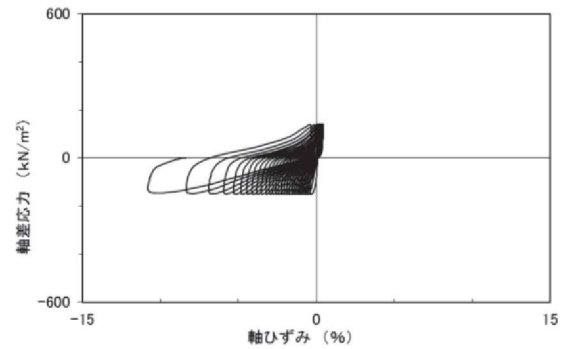
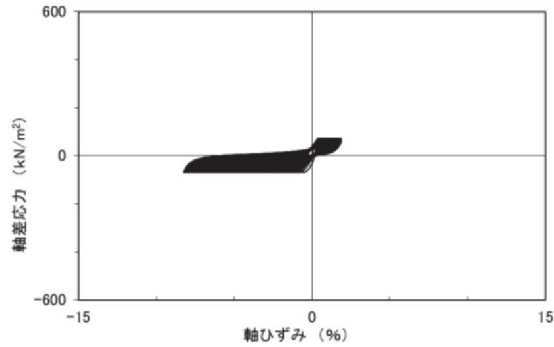
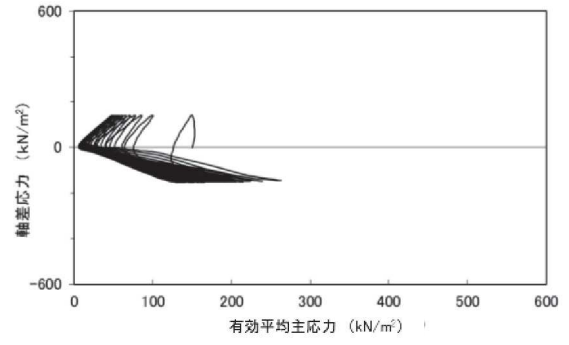
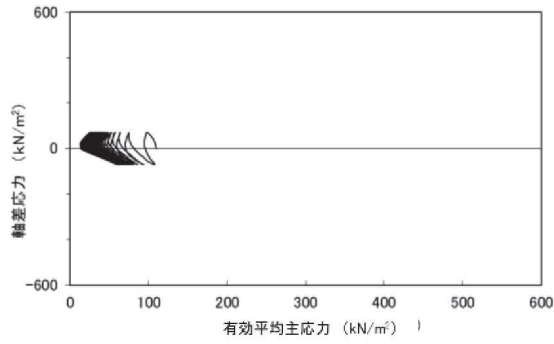


試験結果		液状化の判断
間隙水圧が上昇・蓄積する(95%)	○	繰返し軟化
有効応力がゼロまで低下する	×	
液体状となり流動する(ひずみ急増)	×	
ダイレイタンシー特性によりせん断抵抗が作用する(有効応力回復)	○	

試験結果		液状化の判断
間隙水圧が上昇・蓄積する(95%)	○	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(ひずみ急増)	×	
ダイレイタンシー特性によりせん断抵抗が作用する(有効応力回復)	○	

図 2.2-43 液状化強度試験結果
(A-7-1 試料 (供試体 No. 3))

図 2.2-44 液状化強度試験結果
(A-7-1 試料 (供試体 No. 4))

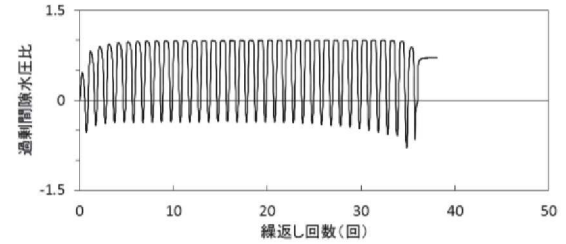
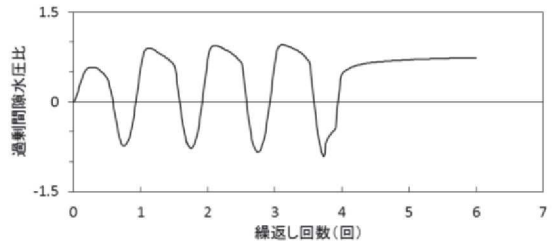
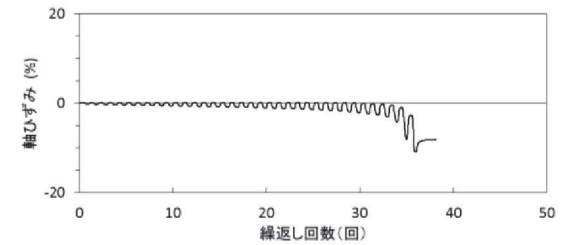
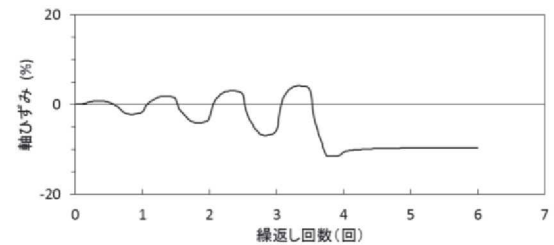
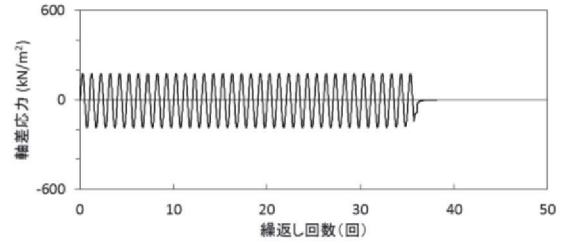
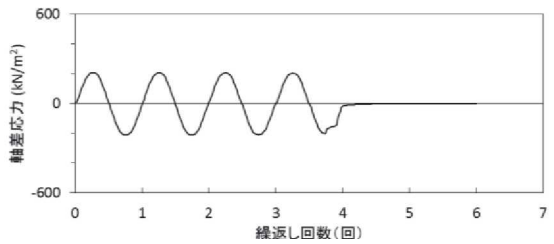
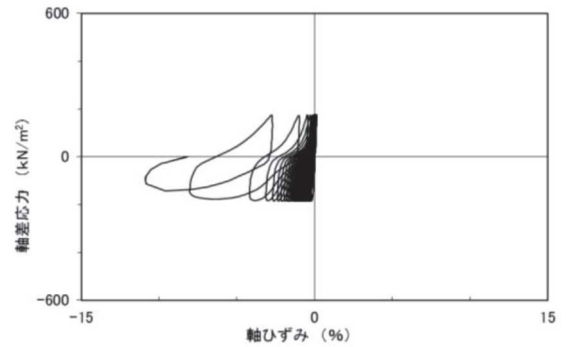
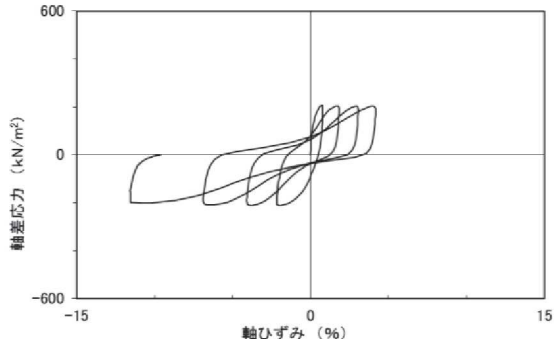
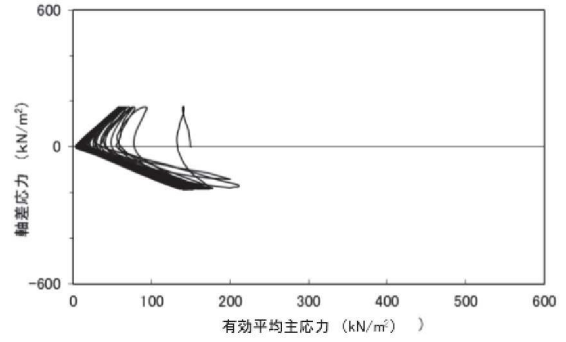
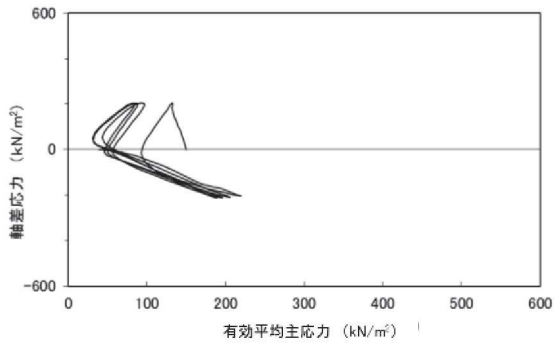


試験結果		液状化の判断
間隙水圧が上昇・蓄積する(95%)	○	繰返し軟化
有効応力がゼロまで低下する	×	
液体状となり流動する(ひずみ急増)	×	
ダイレイタンスー特性によりせん断抵抗が作用する(有効応力回復)	○	

試験結果		液状化の判断
間隙水圧が上昇・蓄積する(95%)	○	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(ひずみ急増)	×	
ダイレイタンスー特性によりせん断抵抗が作用する(有効応力回復)	○	

図 2.2-45 液状化強度試験結果
(A-7-1 試料 (供試体 No. 5))

図 2.2-46 液状化強度試験結果
(A-7-2 試料 (供試体 No. 1))



試験結果		液状化の判断
間隙水圧が上昇・蓄積する(95%)	○	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(ひずみ急増)	×*	
ダイレイタンスー特性によりせん断抵抗が作用する(有効応力回復)	○	

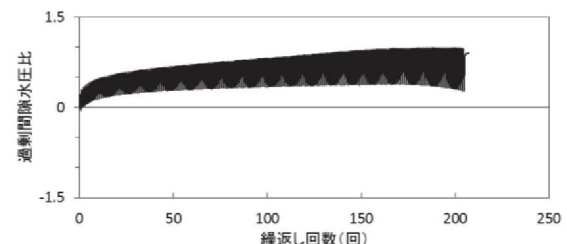
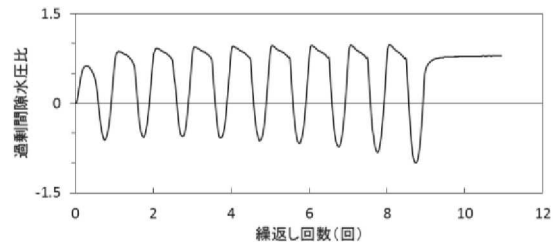
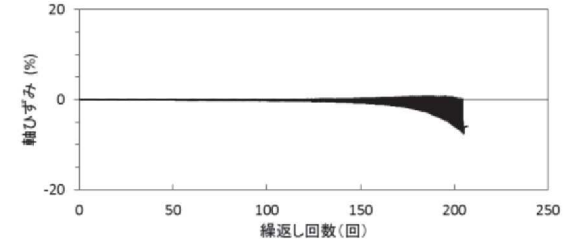
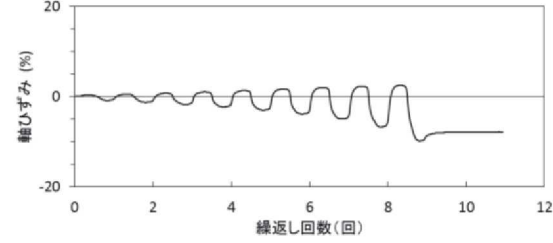
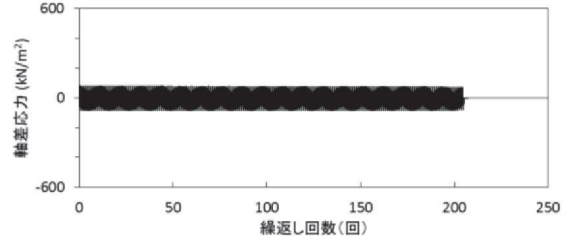
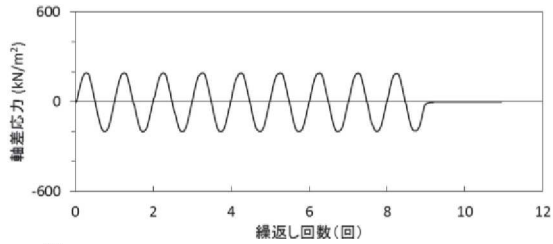
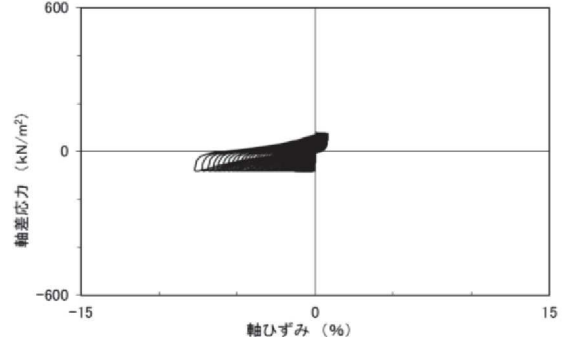
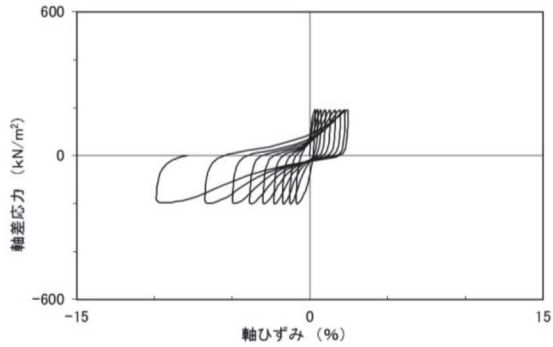
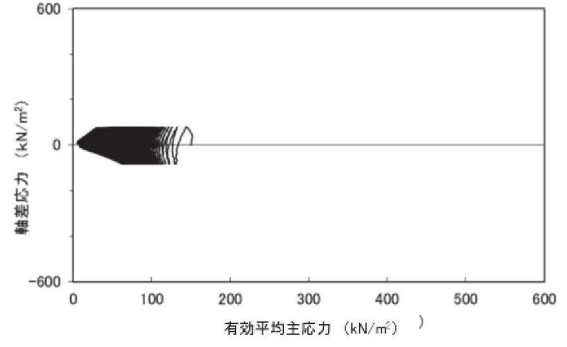
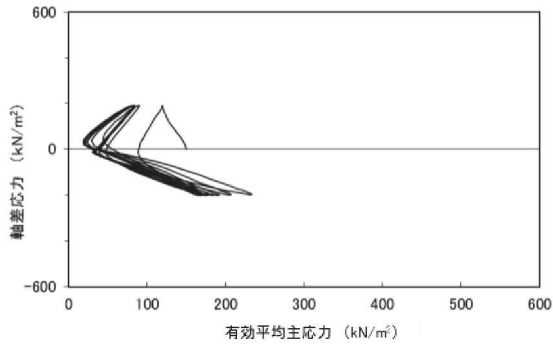
* 応力振幅が大きいことによるひずみ発生

試験結果		液状化の判断
間隙水圧が上昇・蓄積する(95%)	○	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(ひずみ急増)	×*	
ダイレイタンスー特性によりせん断抵抗が作用する(有効応力回復)	○	

* ネッキングによるひずみ発生

図 2.2-47 液状化強度試験結果
(A-7-2 試料 (供試体 No. 2))

図 2.2-48 液状化強度試験結果
(A-7-2 試料 (供試体 No. 3))



試験結果		液状化の判断
間隙水圧が上昇・蓄積する(95%)	○	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(ひずみ急増)	×*	
ダイレイタンシー特性によりせん断抵抗が作用する(有効応力回復)	○	

*応力振幅が大きく、ネッキングによるひずみ発生

試験結果		液状化の判断
間隙水圧が上昇・蓄積する(95%)	○	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(ひずみ急増)	×	
ダイレイタンシー特性によりせん断抵抗が作用する(有効応力回復)	○	

図 2.2-49 液状化強度試験結果
(A-7-2 試料 (供試体 No. 4))

図 2.2-50 液状化強度試験結果
(A-7-2 試料 (供試体 No. 5))

2.3 液状化強度試験供試体写真


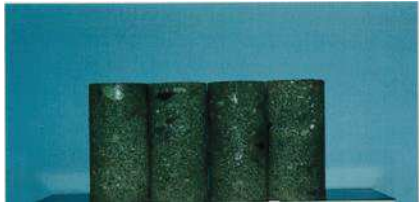







	試験前	試験後
A-1-1		—
A-1-2		—
A-1-3		—
A-2		
	左から1番目はネッキング。右から1番目は礫に沿ってせん断破壊。	
A-3		
A-4		

図 2. 3-1 液状化強度試験供試体写真 (旧表土) ①











	試験前	試験後
A-5-1		
	右から1番目はネッキング。	
A-5-2		
	—	
A-6		
	左から1番目は礫に沿ってせん断破壊。左から3番目は右下礫との境界面で変形が卓越。左から4番目はネッキング。	
A-7-1		
	—	
A-7-2		
	左から1, 3, 4, 5番目はネッキング。左から4, 5番目は礫に沿ってせん断破壊。	

図 2.3-2 液状化強度試験供試体写真 (旧表土) ②





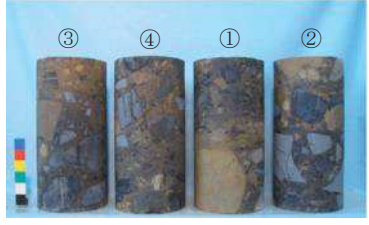







	試験前	試験後
B-1-1		
	—	
B-1-2		
	—	
B-1-3		
	左から 2, 3, 4 番目はせん断破壊。	
B-1-4		
	—	
B-2-1		
	右から 1 番目はネッキング。	
B-2-2		
	—	

図 2.3-3 液状化強度試験供試体写真（盛土）①













	試験前	試験後
B-3		
	—	
B-4		
	—	
B-5		
	—	
B-6		
	—	
B-7		
	—	
B-8		
	—	

図 2.3-4 液状化強度試験供試体写真（盛土）②

(参考資料 1 5) 盛土の均一性について

1. 概要

盛土は堅固な岩盤を掘削した岩砕を用いて造成したものであり、施工管理基準により施工範囲全域にわたって同様に締固められていることから、均一性が確保されている。

盛土の均一性について、盛土材料（岩砕）の母材の性状及び盛土施工の品質管理により示す。

2. 盛土の分布範囲

盛土の分布範囲について、平面図を図 2-1 に、断面図を図 2-2 に示す。

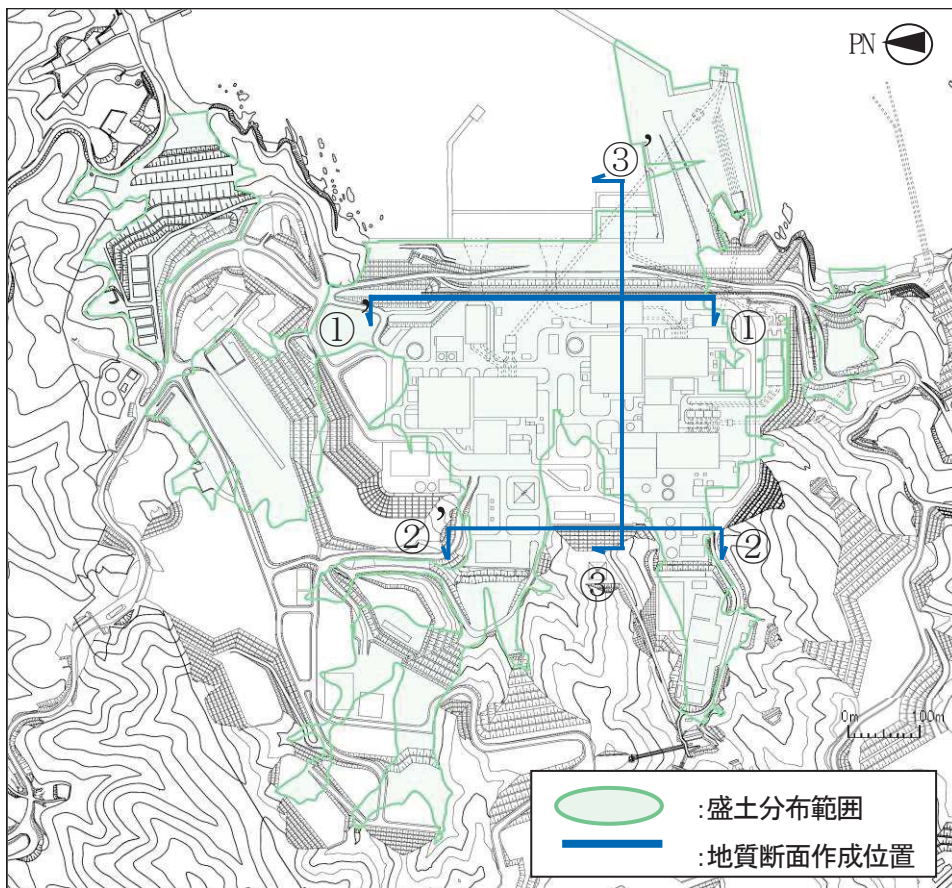


図 2-1 盛土の分布範囲（平面図）

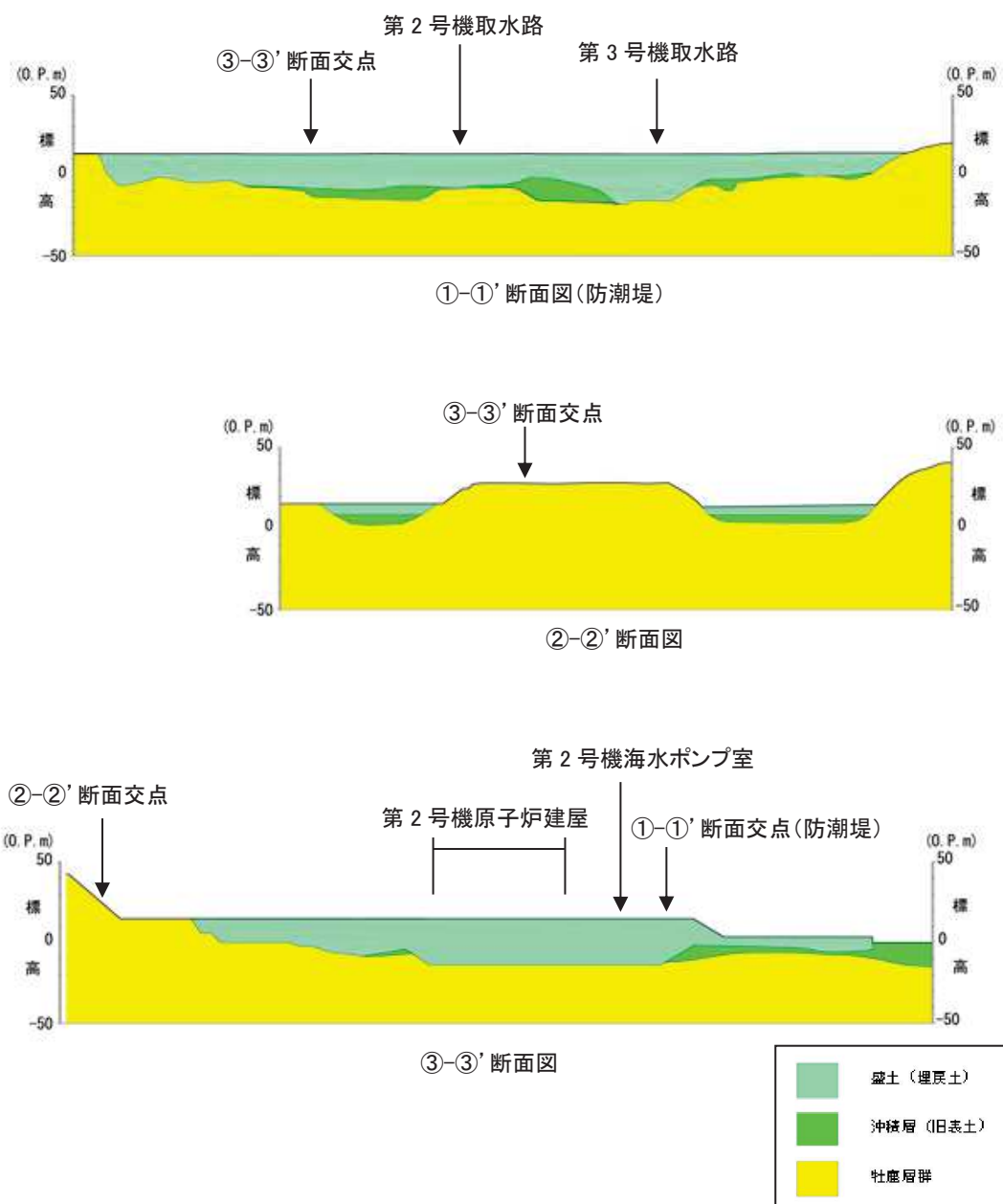


図 2-2 盛土の分布範囲 (断面図)

3. 盛土材料（岩砕）の母材の性状

盛土材料（岩砕）の母材は敷地に分布する硬岩（砂岩，頁岩主体）であり，発電所建設時の基礎掘削において発生した岩砕である。

図 3-1 に敷地の地質平面図，図 3-2 に敷地の地質断面図，図 3-3 に敷地の地質層序を示す。

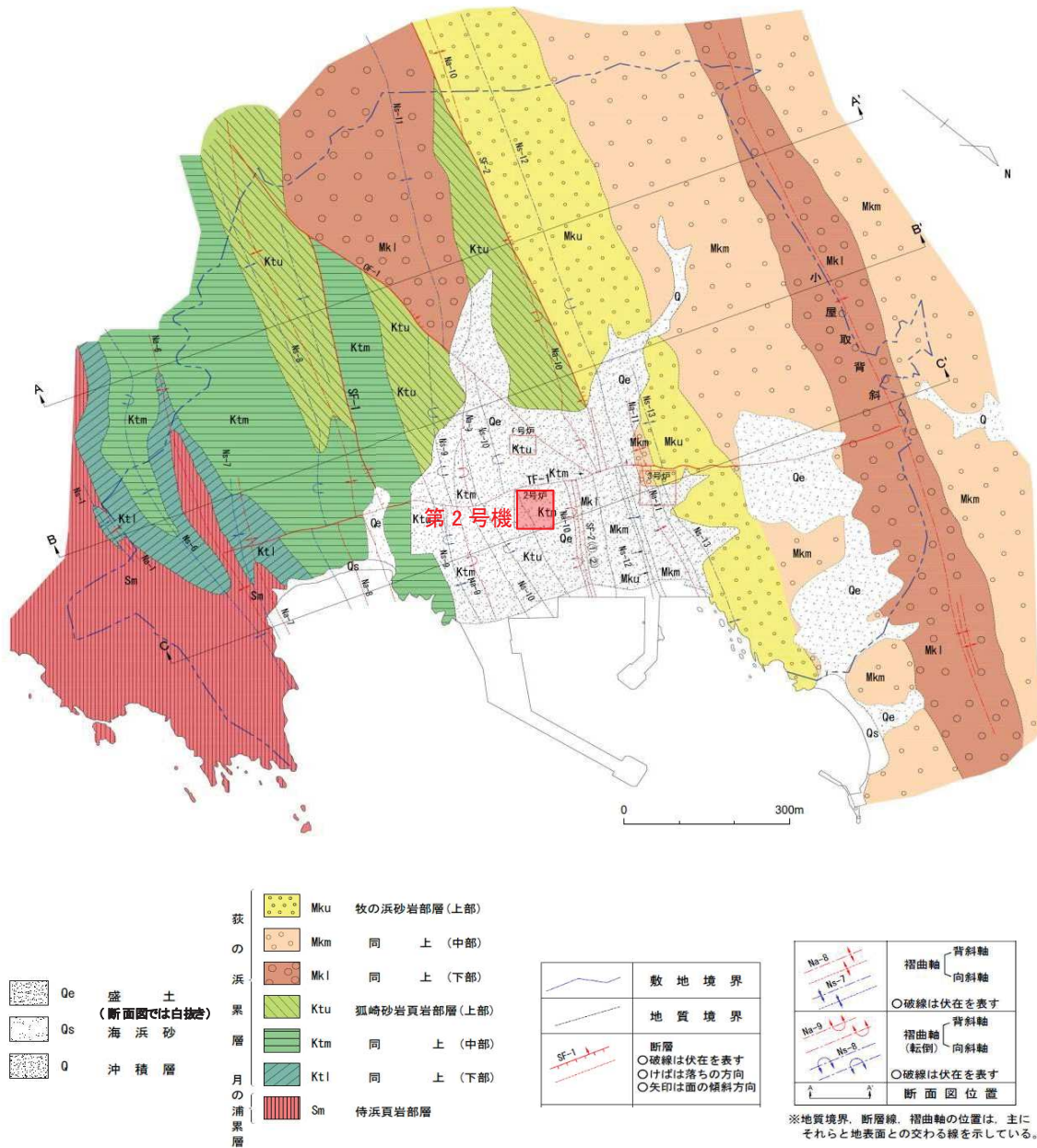


図 3-1 敷地の地質平面図

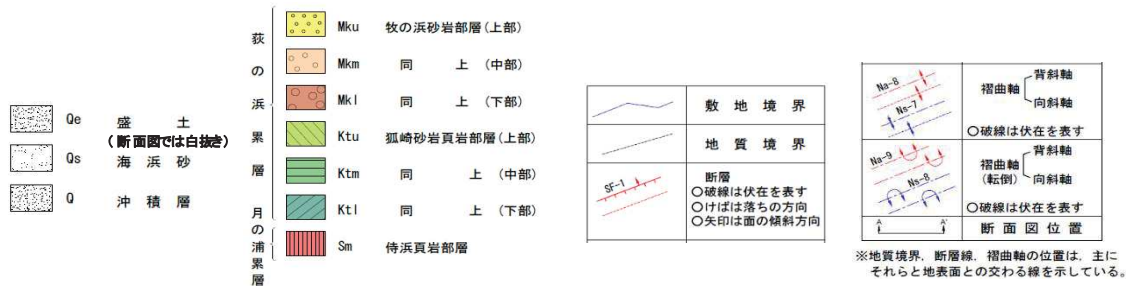
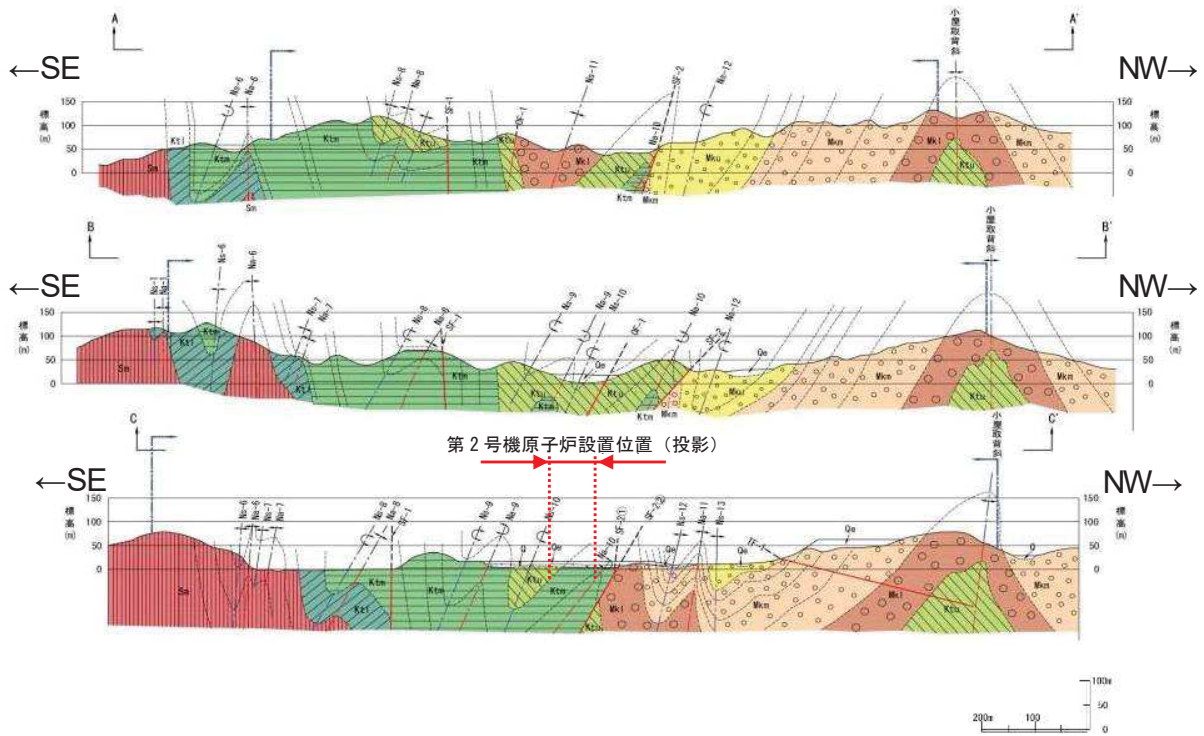


図 3-2 敷地の地質断面図

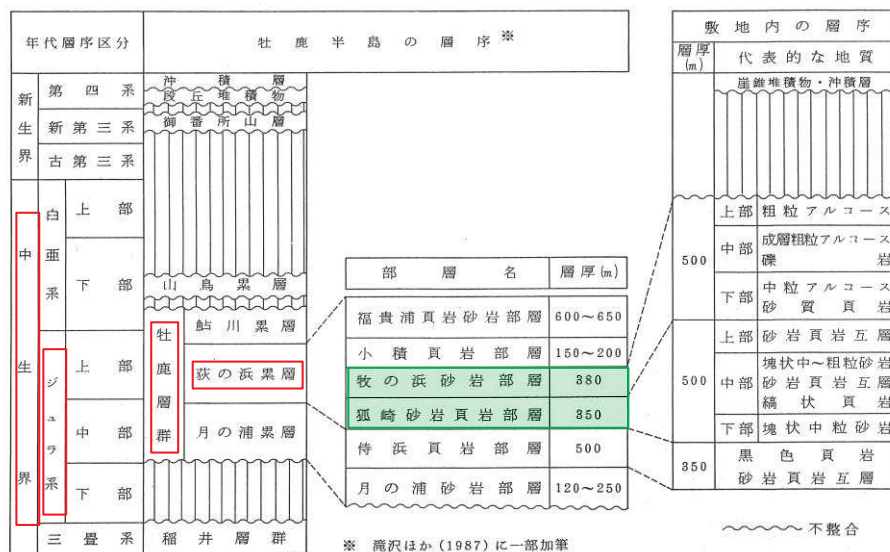


図 3-3 敷地の地質層序

盛土材料（岩砕）は、第1号機、第2号機及び第3号機の各建設段階において、岩盤に直接設置する施設（原子炉建屋、タービン建屋、制御建屋、取水口～海水ポンプ室等）の基礎掘削の際に発生した岩砕であり、発生した岩砕は最大粒径 300mm で調整し、埋戻し材料として施工している。

図 3-4 に第1号機建設時の掘削状況、図 3-5 に第2号機建設時の掘削状況を示す。

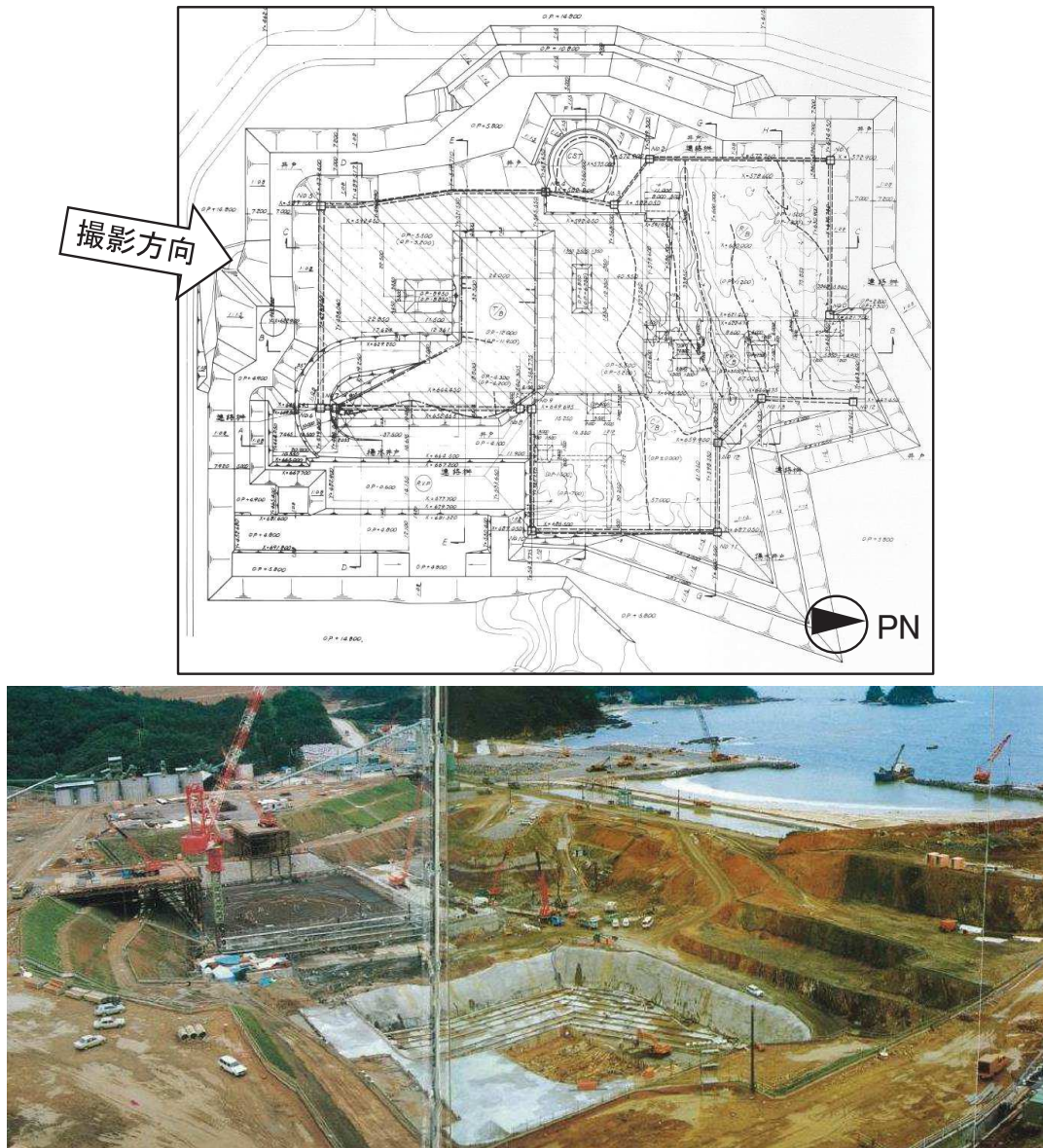


図 3-4 第1号機建設時の掘削状況

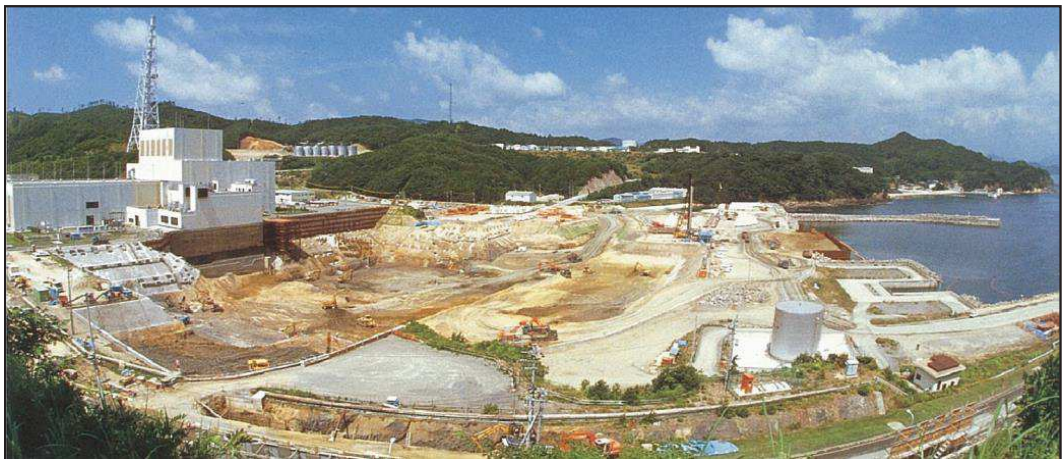
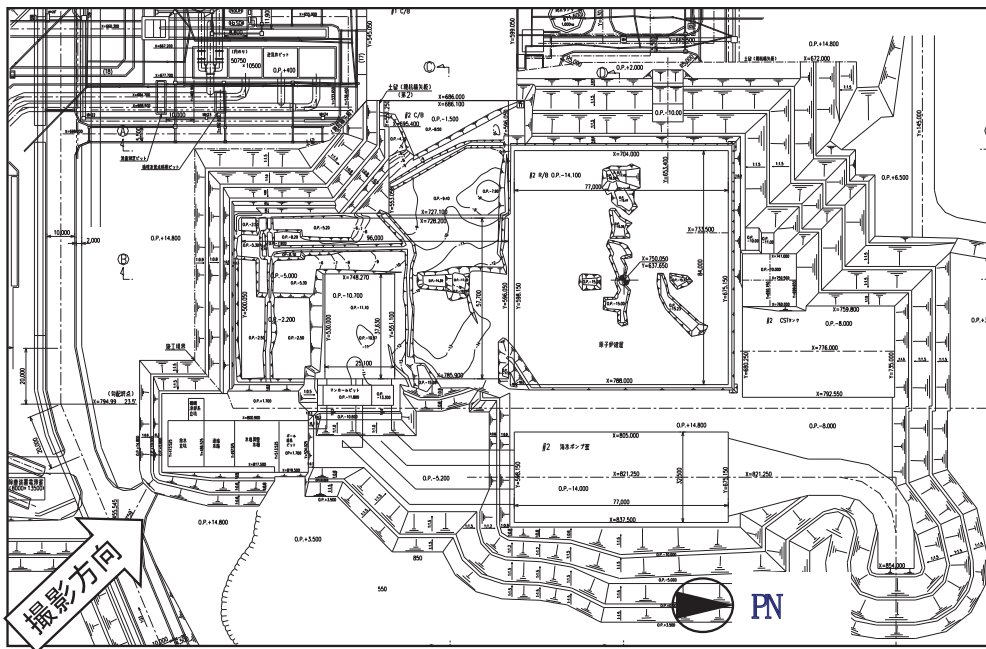


図 3-5 第 2 号機建設時の掘削状況

4. 盛土の施工・品質管理

第1号機、第2号機及び第3号機の盛土の施工に当たっては、施工管理基準を定め、これに基づき実施することで発電所敷地全域における盛土の品質を一定に保っている。

①盛土材料の選別

- ・盛土材料は原子炉建屋周辺の掘削岩盤を材料としており、粒径 300mm 以上は品質確保のため除去。
- ・掘削岩盤は、土砂仮置場に運搬し、腐葉土、粘土塊、泥等を除去し、粒径 300mm 以下の岩砕として仮置きし、造成時に使用。

②施工方法

- ・事前に試験施工を行い、十分な転圧・締固め*エネルギーを得られる重機を選定（選定した重機の例・・・敷き均し：21 tブルドーザ、転圧：8 t 振動ローラー）。
- ・撒き出し厚 30 cmとし、盛土施工エリア全域に同様の施工管理基準を適用。

③品質管理（土質試験）

- ・一定数量毎に密度・含水比及び沈下量を管理（表 4-1）。

*締固めの目的

- ・密度を高め、水の浸入による軟化・膨張を防ぐ。
- ・盛土の安定・支持力の増大を図る。
- ・盛土完成後の圧縮沈下を小さくする。

表 4-1 盛土の品質管理

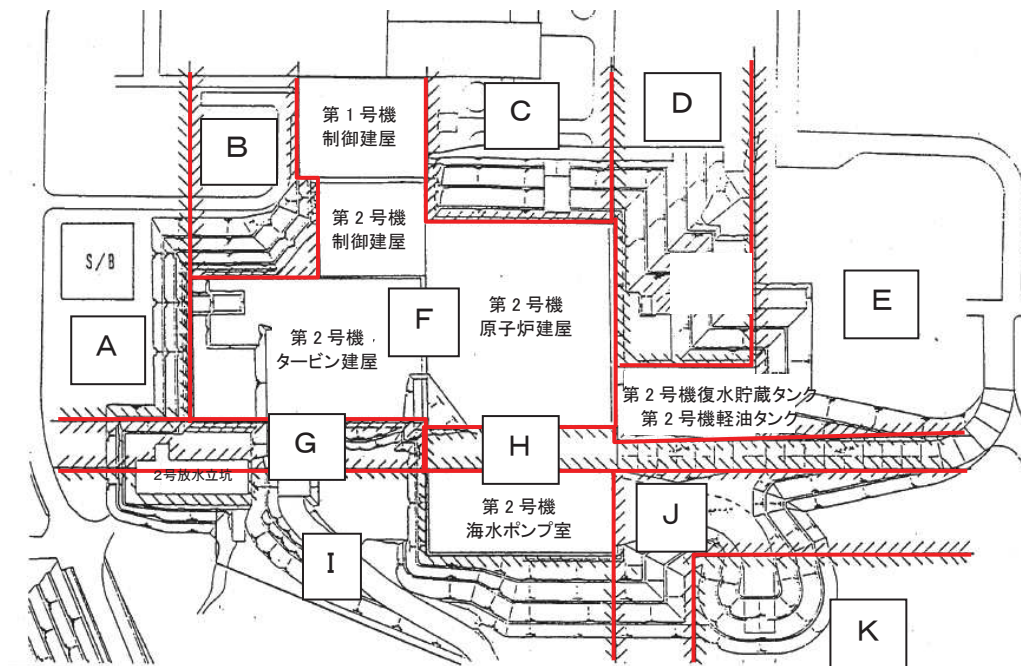
盛土品質管理 試験項目		試験頻度・管理基準値
密度試験	水置換法： JGS 1612	・ 3 箇所／5000m ³ ・ γ_{dmax} *1 の 90%以上（締固め度 90%以上*2）
含水比	土の含水比試験方法： JIS A 1203	・ 1 箇所／日 ・ γ_{dmax} 時の 90%以上の密度となる含水比以内
沈下板	レベル測定	・ 10 箇所／日 ・ 残留沈下 50mm
突固め試験	JIS A 1210*3	・ 1 回／5000m ³
粒度試験	JIS A 1204*3	・ 1 回／50000m ³
土粒子の密度試験	JIS A 1202*3	・ 1 回／50000m ³
三軸圧縮試験	—	・ 1 回／250000m ³

注記 *1：最大乾燥密度 *2：社内基準による。

*3：建設時の品質管理のために、基準に適合するよう最大粒径を調整した試料により試験を実施していたもの。

「4.2.2 有効応力解析に用いる解析用物性値」の図4.2-12で示すエリア②は第2号機建設範囲であり、第2号機建設段階における施工ブロック割と締固め度（＝乾燥密度÷最大乾燥密度（ γ_{dmax} ））の実績を図4-1及び図4-2に示す。

第2号機建設においては、盛土を複数の施工ブロックに分けて施工しているが、いずれの施工ブロックにおいても検査結果は全て管理基準（90%以上）を満たしており、一定の品質を確保している。



* : 第2号機建設時図面でのブロック分け

図4-1 盛土の施工ブロック図（第2号機建設時）

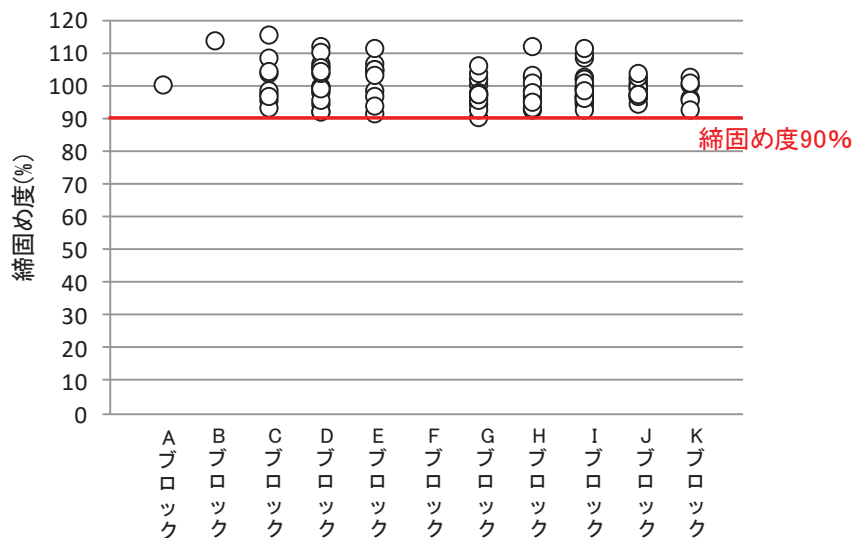
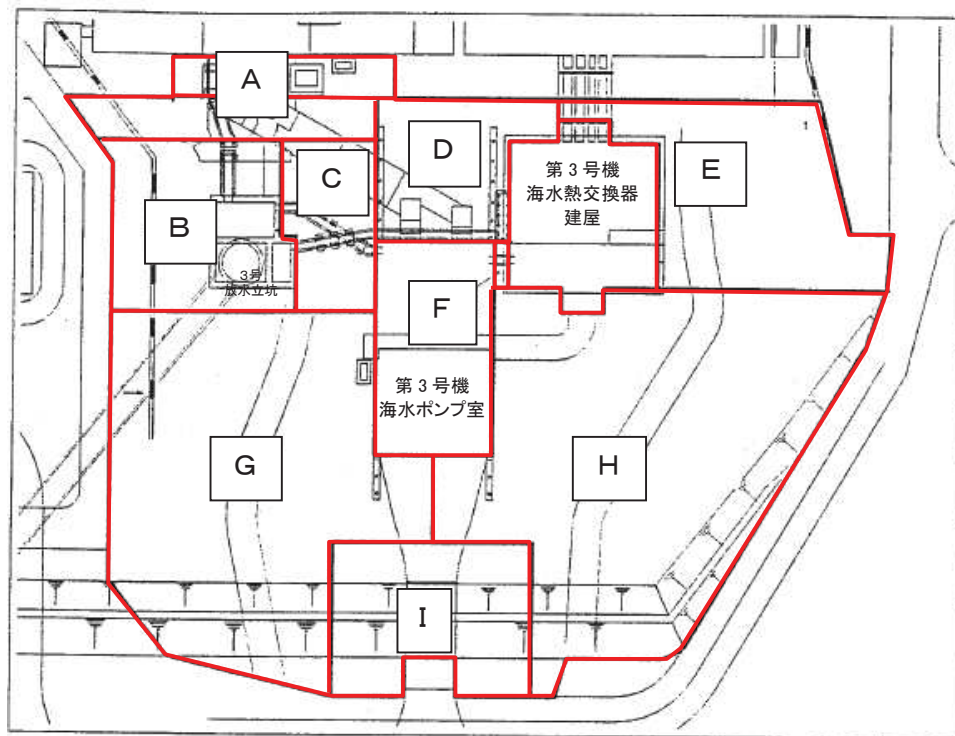


図4-2 各ブロックの締固め度（第2号機建設時）

「4.2.2 有効応力解析に用いる解析用物性値」の図 4.2-12 で示すエリア③は第 3 号機建設範囲であり、第 3 号機建設段階における施工ブロック割と締固め度（＝乾燥密度÷最大乾燥密度（ γ_{dmax} ））の実績を図 4-3 及び図 4-4 に示す。

第 3 号機建設においても、全てのブロックで検査結果は管理基準（90%以上）を満たしており、一定の品質を確保している。



* : 第 3 号機建設時図面でのブロック分け

図 4-3 盛土の施工ブロック図（第 3 号機建設時）

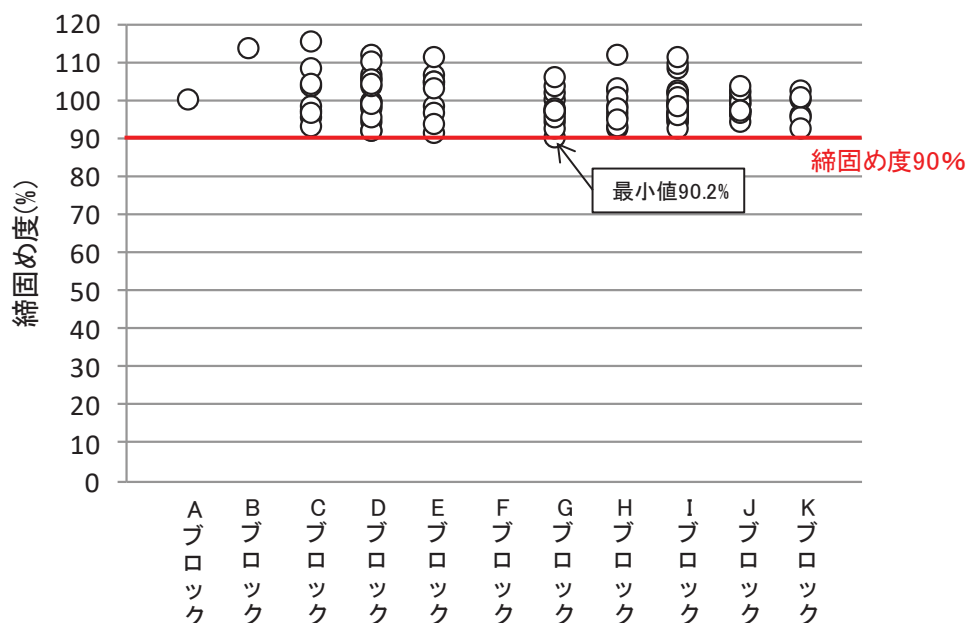


図 4-4 各ブロックの締固め度（第 3 号機建設時）

5. 盛土の基本物性の比較

5.1 各施工ブロックにおける粒度の整理

盛土の施工時期の違いが品質に影響がないことを確認するため、第2号機建設範囲及び第3号機建設範囲（「4.2.2 有効応力解析に用いる解析用物性値」の図4.2-12で示すエリア②及びエリア③）の各施工ブロックに粒度試験データを整理した。

第2号機及び第3号機建設時の施工ブロック割（図5-1）における供試体レベルのJGS「石分を含む地盤材料の粒度試験方法」による粒度分布を図5-2に示す。

号機間（エリア②とエリア③）や施工ブロック間の粒度に明瞭な傾向の違いはなく、施工時期や施工範囲による違いは認められない。

なお、盛土の物性値についてのエリア別の特徴は、「4.2.2 有効応力解析に用いる解析用物性値（3）液状化強度試験試料採取位置の選定とその代表性」に示すとおりである。

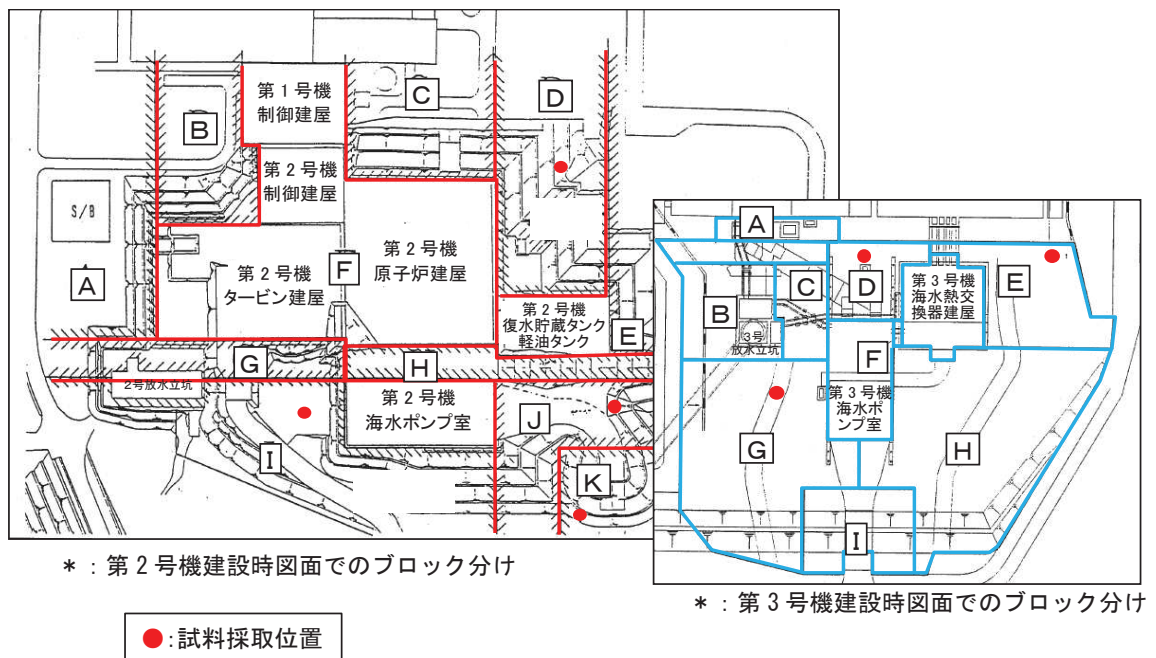
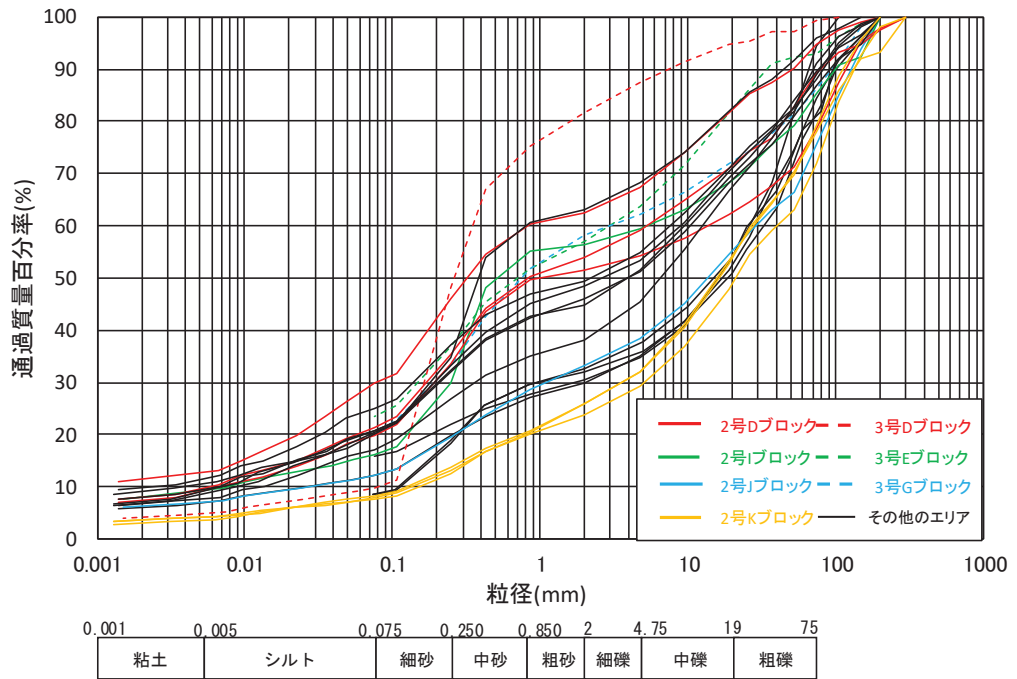


図5-1 盛土の施工ブロック図（第2号機（エリア②）、第3号機（エリア③））



粒度分布 注) 沈降分析を実施していない
 試料に関しては、75 μ m以上
 の粒度分布のみ表示。

図 5-2 盛土の粒度分布

5.2 海側と山側（敷地側）での N 値の比較

盛土の均一性を有していることを確認するため、防潮堤よりも海側と O.P. +14.8m の山側（敷地側）の比較を行った。図 5-3 に検討断面を示す。

図 5-4 にボーリングコアと柱状図記事の比較を、図 5-5 に N 値の比較結果を示す。ボーリングコアと柱状図記事の比較結果から、B-6 孔に硬質の頁岩礫が含まれているものの、海側その他盛土材に大きな相違はない。また N 値の比較結果からは海側と山側で相違はなく、全体の N 値と比較しても大きな相違はないものと判断される。

以上から、海側と山側の盛土に相違はなく、均一性を有していると考えられる。

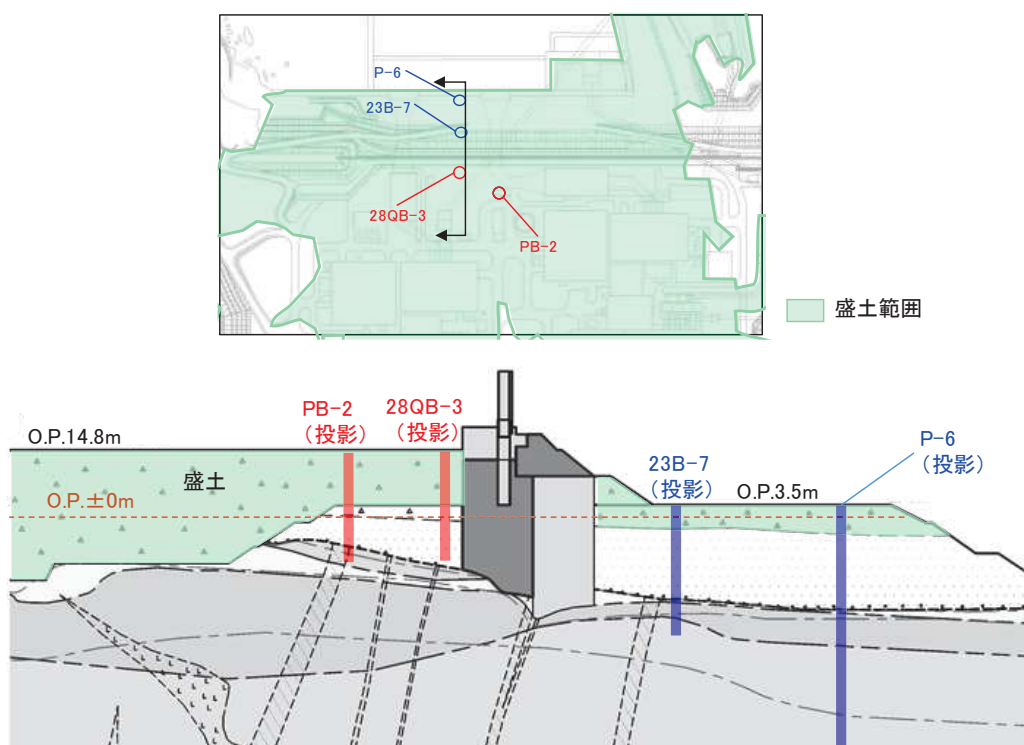


図 5-3 検討断面

PB-2孔



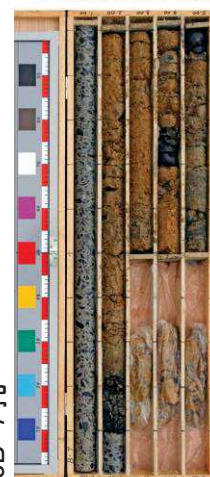
φ40mm、1.0m超底の砂岩主体の砕石よりなる。
 硬質な頁岩を50%程度含む。基質はシルト質砂。φ5mmの硬質頁岩を含有。1.75~1.90m、φ5mmの硬質頁岩を含有。0.00~1.50m：埋設物確認のための試験。
 かなり風化した砂岩主体の礫よりなる。
 径5mm程度の硬質砂岩を60%程度含む。基質は頁岩混じり中~粗砂。
 細粒化した砂岩礫（4.5~4m）を40%程度含む。基質はシルト混じり中~粗砂。硬質な頁岩（5~15cm）の頁岩・砂岩を10%程度含む。基質はシルトを少量含む。埋設物は、径10~20mmの風化砂岩（1.45~1.18m）、径5~15cmの硬質な砂岩玉石を含む。
 径3~6mmの硬質砂岩を60%程度含む。基質は細粒化砂岩混じりのシルト混じり中~粗砂。

28QB-3孔



GL-0.00~1.50m間、試験区間。マトリックスはシルト混じり砂~シルト質砂である。
 礫はφ40~100mmの亜円~亜角礫を主体とする。
 所々φ200mm程度の亜角礫を混入する。
 マトリックスはシルト混じり砂~シルト質砂である。
 礫はφ40~100mmの亜円~亜角礫を主体とする。
 所々φ200mm程度の亜角礫を混入する。

23B-7孔



0.00~1.10m：コンクリート
 1.10~1.20m：不均し砂礫。径20~30mmの角~亜角礫主体。
 1.20~3.70m：硬質シリルト質砂（盛土）；径10~20mmの風化砂岩・頁岩を40%程度含む。
 3.70~5.30m：玉石混じりシリルト質砂（盛土）；径10~20mm（最大50mm）の風化砂岩・頁岩を含む。

P-6孔



0.00~0.40m
 エンタリート。
 盛土中に硬質頁岩礫を含む。

図 5-4 コア写真及び柱状図記事の比較（海側と山側）

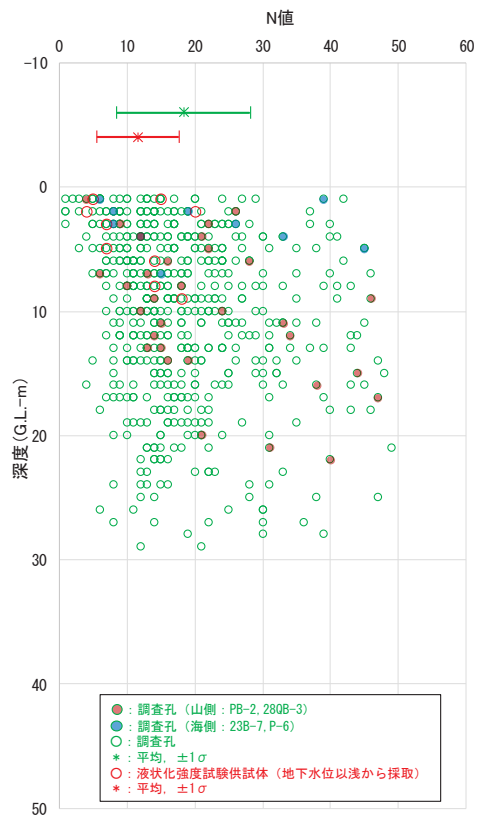


図 5-5 盛土 N 値の比較結果 (海側と山側)

(参考資料 18) 盛土・旧表土の強度特性設定の考え方

1. 盛土・旧表土の強度特性

設置変更許可申請書に記載された盛土・旧表土の解析用物性値（強度特性）を表 1-1 に示す。

表 1-1 設置変更許可申請書に記載された盛土・旧表土の解析用物性値（強度特性）

岩種・岩級	強度特性			
	静的・動的特性			
	せん断強度 τ_0 (N/mm ²)	内部摩擦角 ϕ (°)	引張強度 σ_t (N/mm ²)	残留強度 τ (N/mm ²)
盛土	0.06	30.0	—	$0.06 + \sigma \tan 30.0^\circ$
旧表土	0.08	26.2	—	$0.08 + \sigma \tan 26.2^\circ$

1.1 盛土の強度特性の設定について

盛土の強度特性は、敷地内で採取した盛土材の三軸圧縮試験結果から設定した。試料採取位置を図 1-1 に、三軸圧縮試験結果のうち応力～ひずみ関係を図 1-2 に、破壊包絡線を図 1-3 に示す。せん断強度の設定に当たっては、解析で発生するひずみレベルを踏まえて、試験で実施した圧縮ひずみ 15% よりも保守的に小さいひずみにおける主応力差から設定している。

よって、健全強度と残留強度をそれぞれ設定することとし、要素のすべり安全率の算定においては、せん断応力がせん断強度を下回っている場合は、非破壊と判定し健全強度を適用する。せん断応力がせん断強度を超えている場合は、せん断破壊と判定し残留強度を適用する。

一方、図 1-2 に示す応力～ひずみ関係において、圧縮ひずみ 15% 程度では塑性状態であるものの、ひずみ軟化傾向が認められないことから、残留強度はせん断強度と同じ値として設定した。

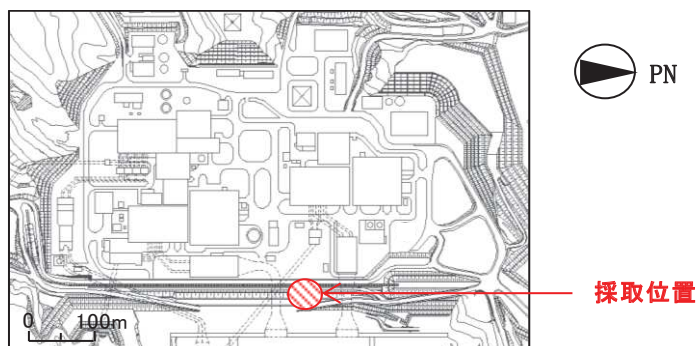


図 1-1 試料採取位置（盛土）

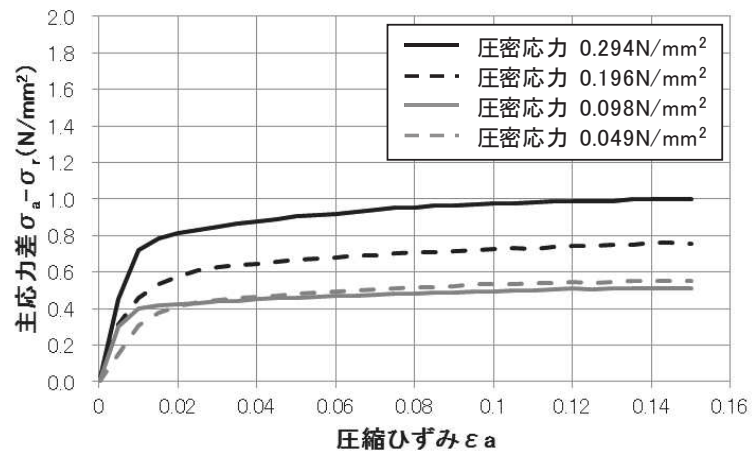


図 1-2 応力～ひずみ関係 (盛土)

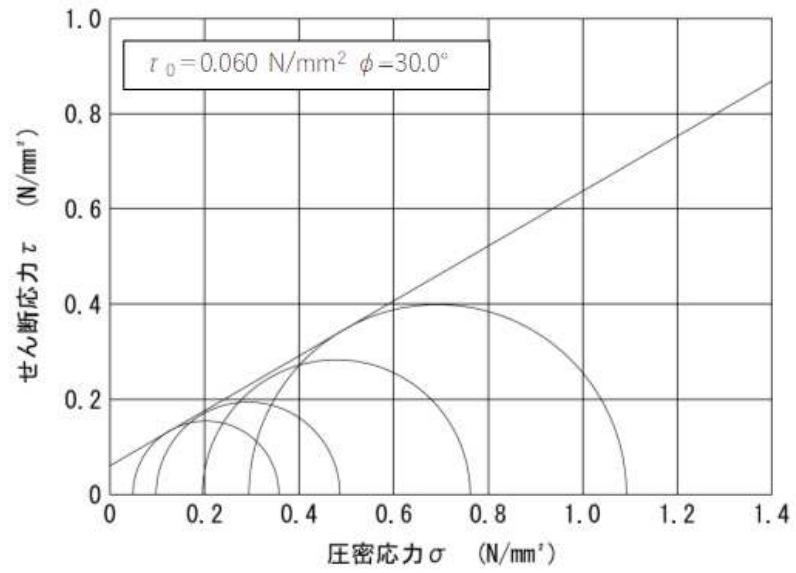


図 1-3 破壊包絡線 (盛土)

1.2 旧表土の強度特性の設定について

旧表土の強度特性は、敷地内で採取したコア試料の三軸圧縮試験から設定した。試料採取位置を図 1-4 に、三軸圧縮試験結果のうち応力～ひずみ関係を図 1-5 に、破壊包絡線を図 1-6 に示す。せん断強度の設定に当たっては、解析で発生するひずみレベルを踏まえて、試験で実施した圧縮ひずみ 15%よりも保守的に小さいひずみにおける主応力差から設定している。

よって、健全強度と残留強度をそれぞれ設定することとし、要素のすべり安全率の算定においては、せん断応力がせん断強度を下回っている場合は、非破壊と判定し健全強度を適用する。せん断応力がせん断強度を超えている場合は、せん断破壊と判定し残留強度を適用する。

一方、図 1-5 に示す応力～ひずみ関係において、圧縮ひずみ 15%程度では塑性状態であるものの、ひずみ軟化傾向が認められないことから、残留強度はせん断強度と同じ値として設定した。

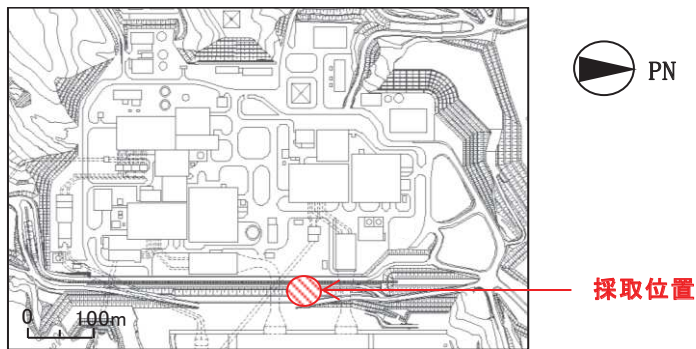


図 1-4 試料採取位置（旧表土）

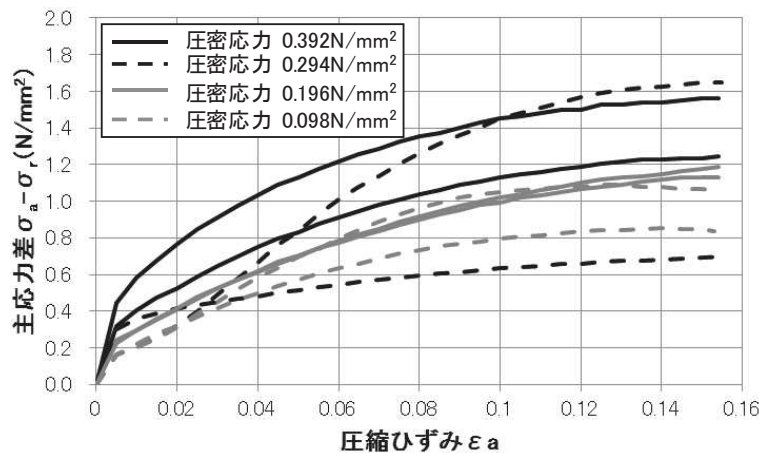


図 1-5 応力～ひずみ関係（旧表土）

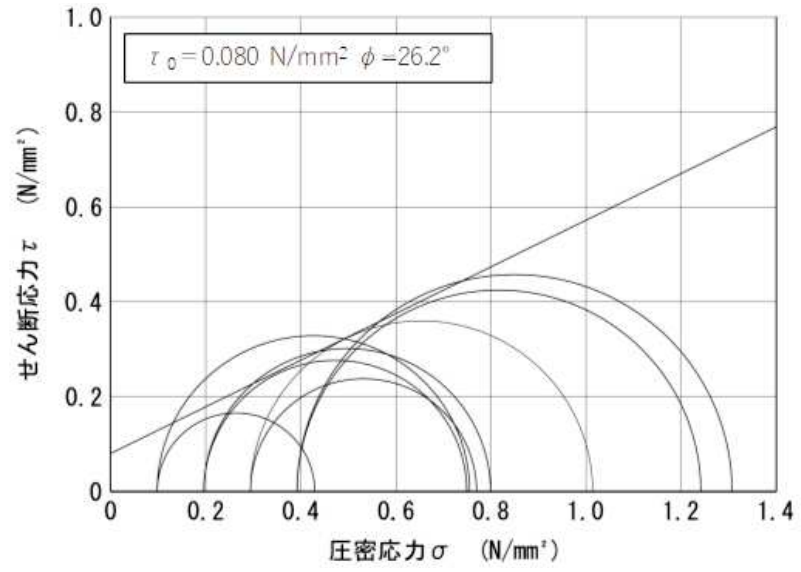


図 1-6 破壊包絡線 (旧表土)

2. 基準地震動 S_s による発生せん断ひずみと三軸圧縮試験のひずみレベルの関係について
盛土・旧表土の残留強度は、「1. 盛土・旧表土の強度特性」で示すように、三軸圧縮試験においてひずみ軟化傾向が認められないことから、せん断強度と同じ値で設定している。

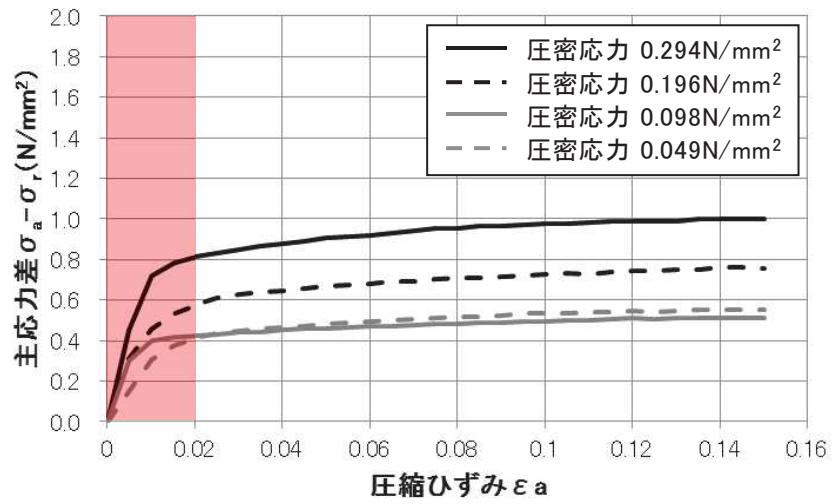
三軸圧縮試験における圧縮ひずみ ε_a は、地盤材料試験の方法と解説（（社）地盤工学会，2009年11月）に記載の下式によりせん断ひずみ γ に換算することができる。

$$\gamma = 3/2 \cdot \varepsilon_a$$

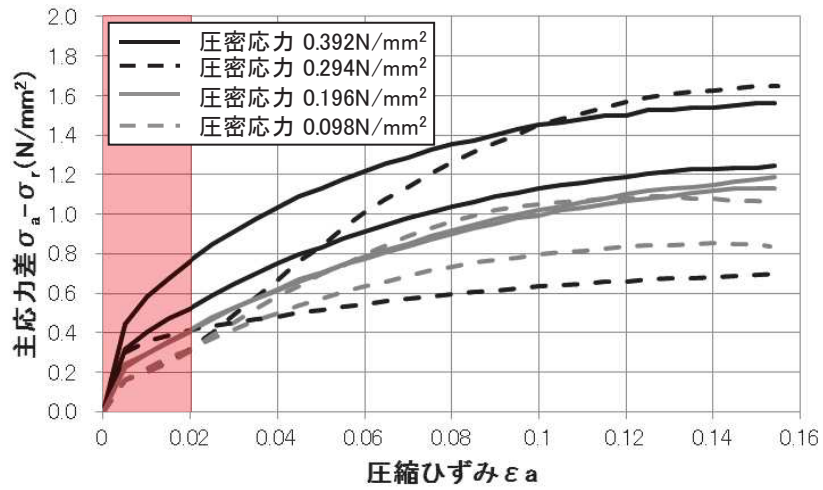
盛土・旧表土の三軸圧縮試験では、圧縮ひずみ $\varepsilon_a=15\%$ 程度までの範囲においてひずみ軟化傾向が認められないことが確認されているが、これはせん断ひずみ γ に換算すると $\gamma=22.5\%$ 程度までに相当し、地盤のひずみレベルとして十分な範囲である。

また、設置変更許可申請書で示した基礎地盤の安定性評価（盛土・旧表土の残留強度を評価に使用）における二次元地震応答解析の発生せん断ひずみ γ は最大でも 3% 程度以下であり、三軸圧縮試験のひずみレベルに対し十分に小さい。三軸圧縮試験における応力～ひずみ関係と二次元地震応答解析の発生ひずみの比較を図 2-1 に示す。

なお、「補足 610-20 屋外重要土木構造物の耐震安全性評価について」にて示している、一次元全応力解析における発生せん断ひずみ γ も 1% 程度である。



(盛土)



(旧表土)

: 地震応答解析で発生したひずみの範囲

図 2-1 応力～ひずみ関係と地震応答解析の発生ひずみの比較

3. 盛土・旧表土の設計及び工事計画認可申請におけるすべり安全率算定時の地盤強度の考え方

1. 及び 2. を踏まえた設計及び工事計画認可申請における盛土・旧表土のすべり安全率算定の地盤強度の考え方を図 3-1 に示す。

せん断応力がせん断強度を超えた場合は、せん断破壊と判定するものの、ひずみ軟化傾向が認められないことを試験で確認していることから、強度は残留強度を用いる。引張破壊と判定され、かつすべり面の垂直応力が圧縮側である場合にも残留強度を適用する。

また、図 3-1 に示す地盤強度の考え方は、解析で発生するひずみが、試験で実施しているひずみ（圧縮ひずみ 15%（せん断ひずみ 22.5%））以下であることを確認した上で適用するものである。解析で発生するひずみが試験で実施しているひずみを超える場合は、別途対応を検討する。

なお、設置変更許可申請書で示した基礎地盤の安定性評価（盛土・旧表土の残留強度を評価に使用）における二次元地震応答解析の発生せん断ひずみ γ は最大でも 3%程度以下であり、三軸圧縮試験のひずみレベルに対し十分に小さいことを確認している。

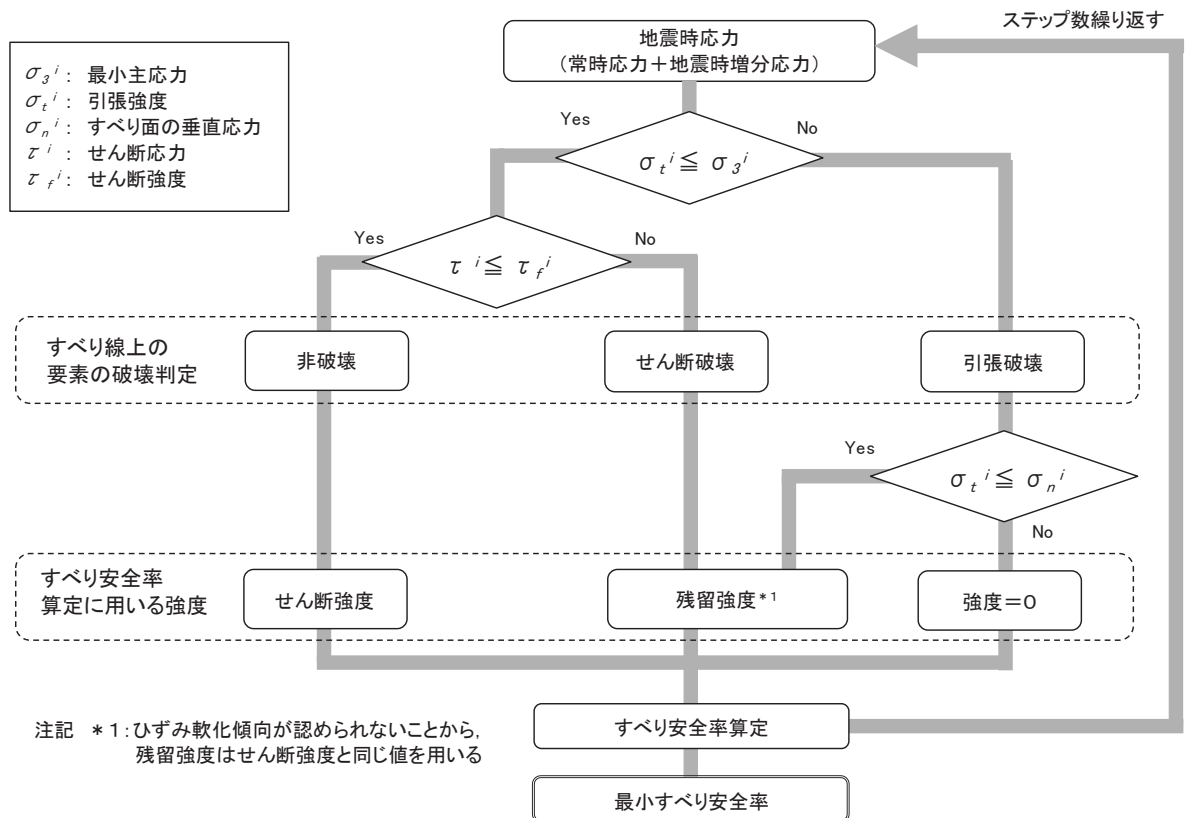


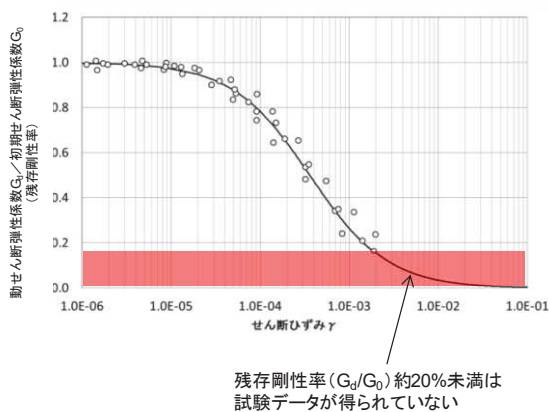
図 3-1 盛土・旧表土のすべり安全率の算定における地盤強度の考え方

(参考資料 2 1) 動的変形特性の設定について

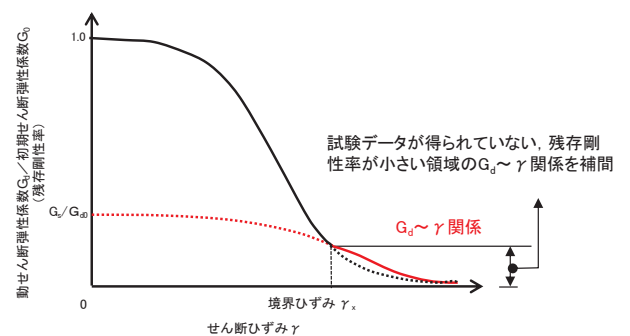
1. 応力～ひずみ関係の設定について

旧表土，セメント改良土，改良地盤及びD級岩盤については，基準地震動 S_s を用いた地震応答解析で発生するひずみ範囲において，おおむね繰返し三軸試験による試験データが得られている。

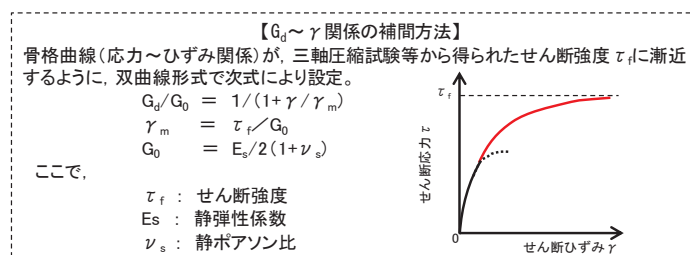
盛土の解析用物性値における $G_d/G_0 \sim \gamma$ 関係は，設置変更許可段階において示したとおり，せん断ひずみが 2.0×10^{-3} 程度（残存剛性率が約 20% の領域）まで繰返し三軸試験のデータが得られており（図 1-1(a)），この範囲においては繰返し三軸試験結果に基づいた $G_d/G_0 \sim \gamma$ 関係を設定している。繰返し三軸試験範囲を超える領域については，三軸圧縮試験等によって得られた応力～ひずみ関係及びせん断強度 τ_f を基に**双曲線形式により**（図 1-1(c)）， $G_d/G_0 \sim \gamma$ 関係を設定している（図 1-1(b)の黒実線+赤実線）。



(a) 盛土の $G_d/G_0 \sim \gamma$ 関係



(b) 残存剛性率が小さい領域の補間イメージ



(c) $G_d \sim \gamma$ 関係の補間方法

図 1-1 盛土の $G_d/G_0 \sim \gamma$ 関係のうち残存剛性率が小さい領域の補間について

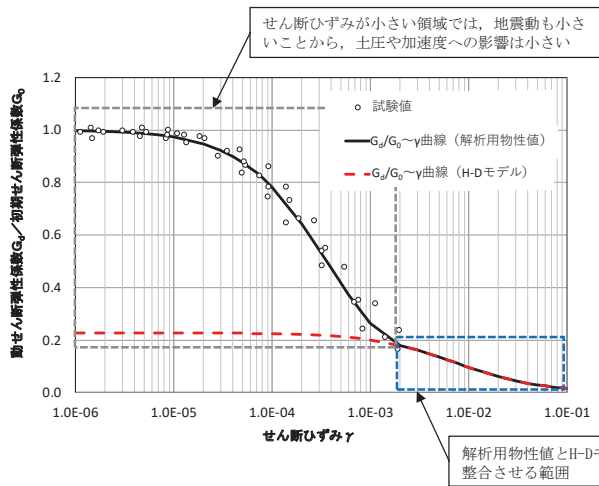
(第 778 回審査会合 (令和元年 9 月 27 日) 資料 1-7-2 p. 65 抜粋)

2. H-Dモデルに設定する動的変形特性

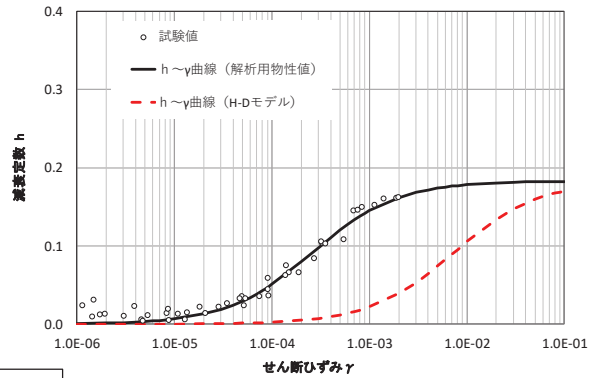
有効応力解析コード「FLIP」では、地盤の非線形特性について「H-Dモデル」が適用される*。解析に用いる地盤の非線形特性を図 2-1 に示す。旧表土（地下水位以浅）、セメント改良土、改良地盤及びD級岩盤については、H-Dモデルは試験結果を踏まえ適切に設定していることから、H-Dモデルの設定が妥当であることを確認した。

盛土（地下水位以浅）については、1. に示すとおり①せん断ひずみが小さい領域（せん断ひずみ 2.0×10^{-3} 程度以下）は繰返し三軸試験結果に基づく双曲線型、②せん断ひずみが大きい領域（せん断ひずみ 2.0×10^{-3} 程度以上）は三軸圧縮試験等の結果に基づく双曲線型にてそれぞれ設定しているが、基準地震動 S_s を用いた地震応答解析では、盛土に $10^{-3} \sim 10^{-2}$ オーダーのせん断ひずみが発生することを踏まえ、発生するせん断ひずみ領域に整合するようなモデル化をする観点から、②に整合するようにH-Dモデルを設定する。盛土の設定の妥当性については、「3. 解析用物性値における動的変形特性とFLIPにてモデル化した動的変形特性の比較」に示す。

注記*：液状化検討対象層である地下水位以深の盛土・旧表土は、液状化特性を液状化パラメータによりフィッティングするため、本検討の対象外としている。



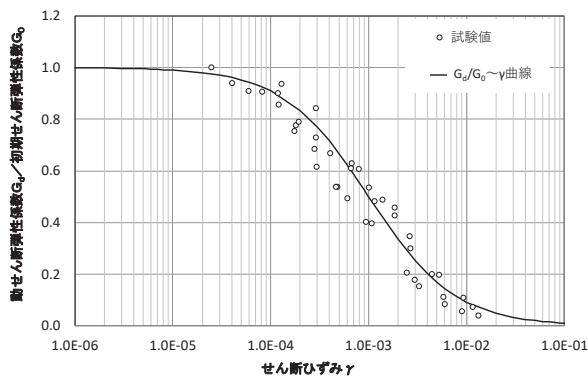
($G_d/G_0 \sim \gamma$ 曲線)



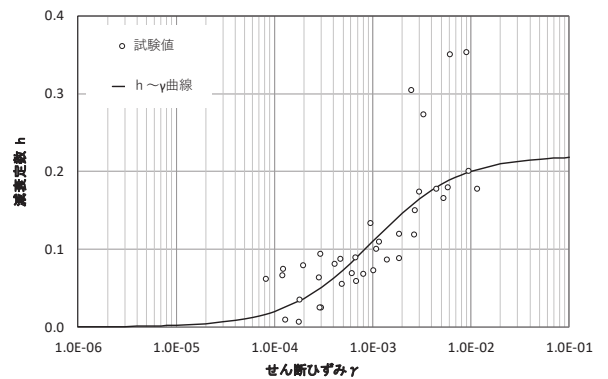
($h \sim \gamma$ 曲線)

(a) 盛土*

注記 * : 盛土の H-D モデル設定の妥当性は、「3. 解析用物性値における動的変形特性と FLIP にてモデル化した動的変形特性の比較」に示す。

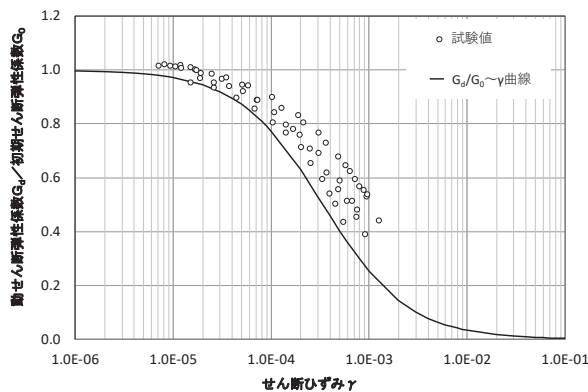


($G_d/G_0 \sim \gamma$ 曲線)

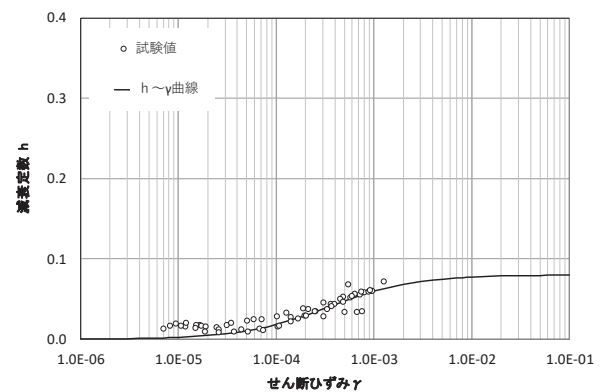


($h \sim \gamma$ 曲線)

(b) 旧表土



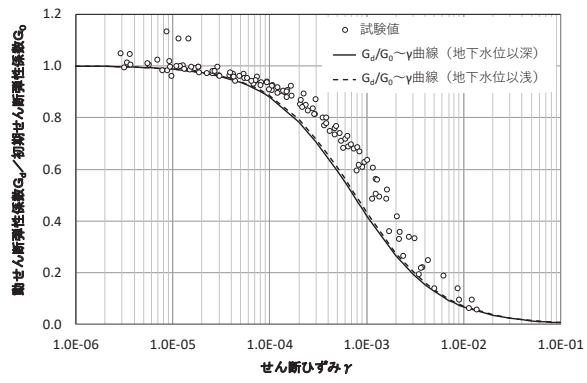
($G_d/G_0 \sim \gamma$ 曲線)



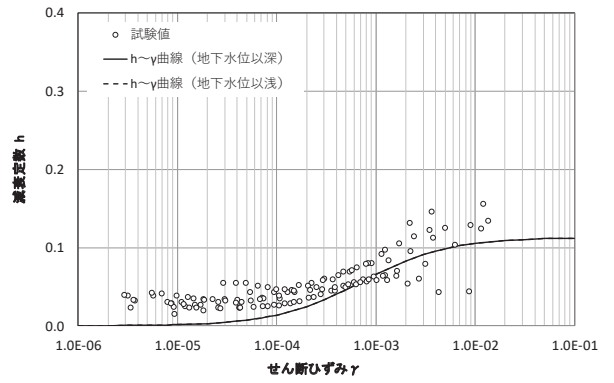
($h \sim \gamma$ 曲線)

(c) セメント改良土

図 2-1(1) H-D モデルに設定する動的変形特性

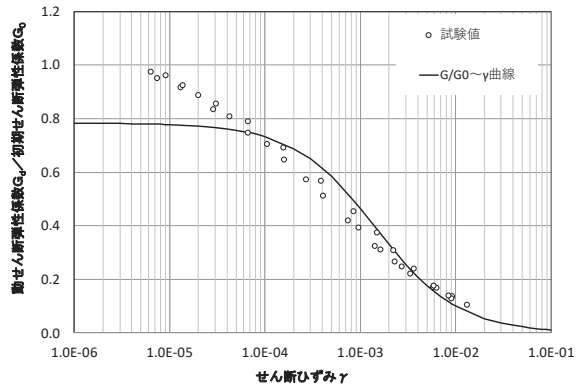


($G_d/G_0 \sim \gamma$ 曲線)

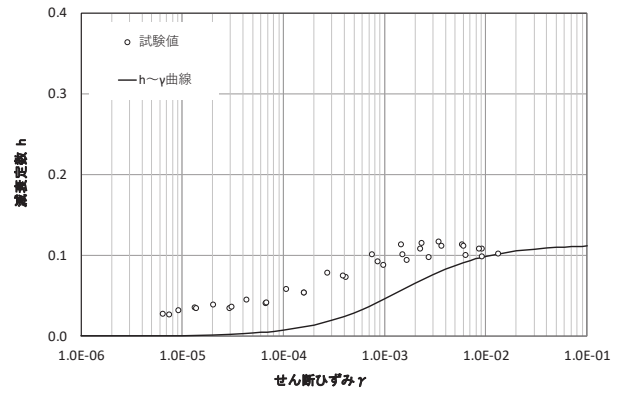


($h \sim \gamma$ 曲線)

(d) 改良地盤



($G_d/G_0 \sim \gamma$ 曲線)



($h \sim \gamma$ 曲線)

(e) D級岩盤

図 2-1(2) H-D モデルに設定する動的変形特性

3. 解析用物性値における動的変形特性と FLIP にてモデル化した動的変形特性の比較

3.1 検討目的

盛土（地下水位以浅）については、1. に示すとおり①せん断ひずみが小さい領域（せん断ひずみ 2.0×10^{-3} 程度以下）は繰返し三軸試験結果に基づく双曲線型、②せん断ひずみが大きい領域（せん断ひずみ 2.0×10^{-3} 程度以上）は三軸圧縮試験等の結果に基づく双曲線型にてそれぞれ解析用物性値としての $G_d/G_0 \sim \gamma$ 関係を設定している。

一方、有効応力解析 FLIP では、 $G_d/G_0 \sim \gamma$ 関係を H-D モデルにてモデル化するが、解析上の制約から、解析用物性値で示しているように、ひずみレベルによって $G_d/G_0 \sim \gamma$ 関係を使い分けるのではなく、一つの H-D モデルとして設定する必要がある。

以上のことを踏まえ、2. に示したように、FLIPでは盛土の $G_d/G_0 \sim \gamma$ 関係については、解析上発生するせん断ひずみ領域に整合するようモデル化する観点から、「②せん断ひずみが大きい領域の双曲線型」に整合するよう H-D モデルを設定する。

その設定の妥当性を確認するため、今回 FLIP で設定するモデル化と、解析用物性値通りのモデル化における地震時の地盤応答を、一次元地震応答解析により比較する。

3.2 検討断面

検討断面位置及び一次元解析モデルを図 3-1 及び図 3-2 に示す。

検討断面位置は、盛土（地下水位以浅）の $G_d/G_0 \sim \gamma$ 関係のモデル化による影響を確認することが目的であるため、岩盤上に盛土が厚く堆積する断面を選定した。

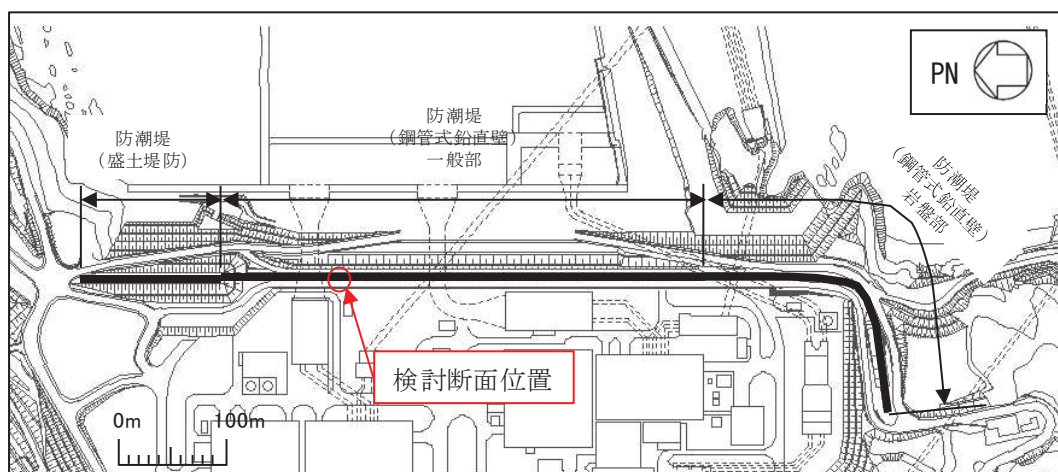


図 3-1 検討断面位置

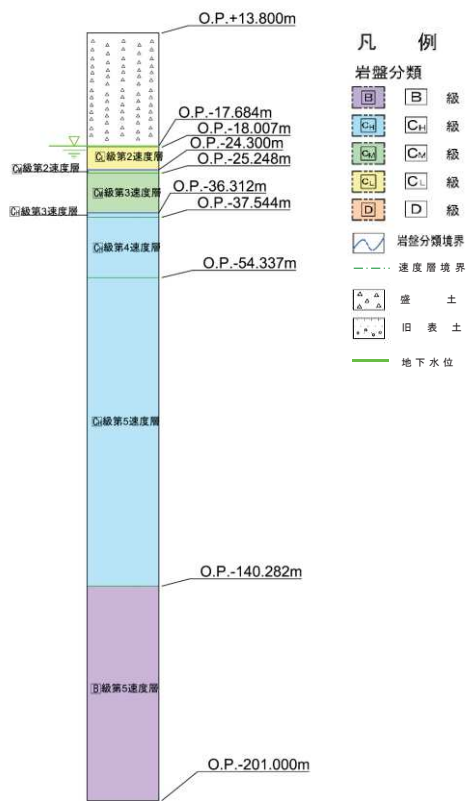


図 3-2 一次元解析モデル

3.2 解析用物性値

盛土の $G_d/G_0 \sim \gamma$ 関係以外の解析物性値は、添付書類「VI-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針」にて設定している物性値を用いる。盛土の $G_d/G_0 \sim \gamma$ 関係については 3.3 のとおりとする。

3.3 検討ケース

検討ケースを表 3-1 に示す。また、地震動は基準地震動 S_s 7 波とした。

表 3-1 検討ケース

検討ケース	各検討ケースにおける $G_d/G_0 \sim \gamma$ 関係のモデル化内容
ケース①	解析用物性値通りのモデル化 (図 2-1 の ——— で示した動的変形特性)
ケース②	FLIP で設定するモデル化 (図 2-1 の - - - で示した動的変形特性)

3.4 解析手法

3.3 で示したケース①及びケース②の双方の $G_d/G_0 \sim \gamma$ 関係の違いが、基準地震動 S_s での地盤応答に対してどのような影響があるかを確認することを目的としているため、以下の観点から全応力解析で比較することとし、解析コード「SHAKE Ver 1.6」を使用する。

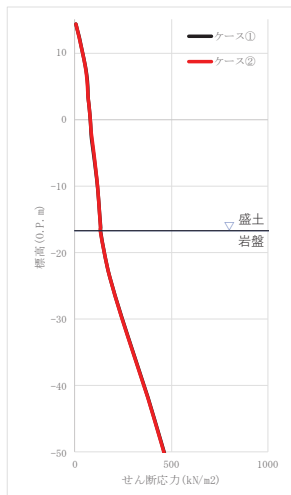
- ・ 盛土（地下水位以浅）を対象とした $G_d/G_0 \sim \gamma$ 関係の比較であることから、全応力解析についても適用可能である。
- ・ ひずみレベルに応じた $G_d/G_0 \sim \gamma$ 関係をモデル化可能な解析コードを選択する必要がある。SHAKE は $G_d/G_0 \sim \gamma$ 関係を離散点で設定できる。

3.5 解析結果

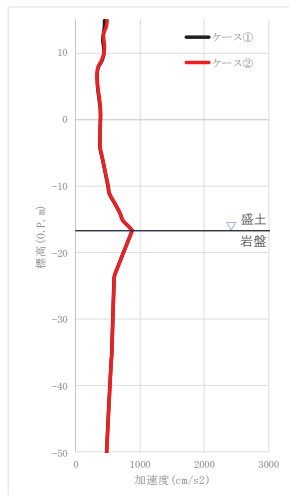
解析結果として、最大せん断応力分布、最大加速度分布、最大相対変位分布及び最大せん断ひずみ分布を図 3-3～図 3-9 に示す。

比較の結果、ケース①及びケース②について、各指標の最大値分布に大きな差異が生じていないことから、せん断ひずみが小さい領域におけるせん断剛性の違いが、土圧や変位の最大値に及ぼす影響は小さく、耐震評価に及ぼす影響は小さい。また、機器への床応答の観点についても、せん断ひずみが小さい領域におけるせん断剛性の違いが加速度応答の最大値に及ぼす影響は小さい。

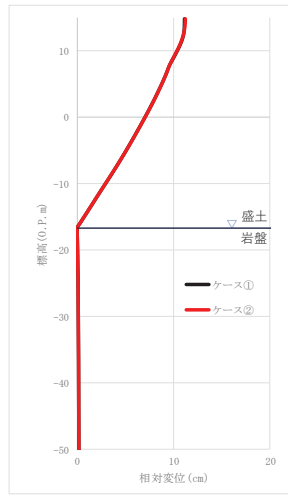
以上のことから、FLIP における盛土の $G_d/G_0 \sim \gamma$ 関係の設定は妥当である。



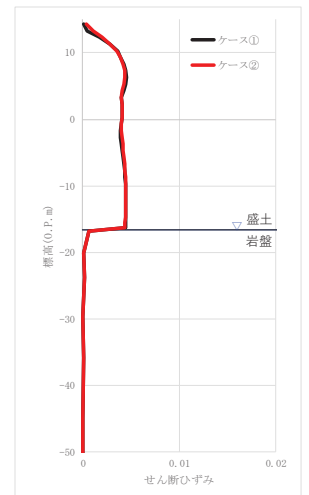
(1) 最大せん断応力



(2) 最大加速度

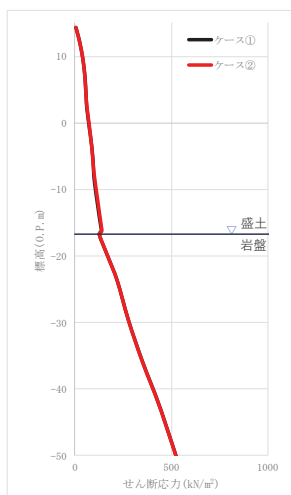


(3) 最大相対変位

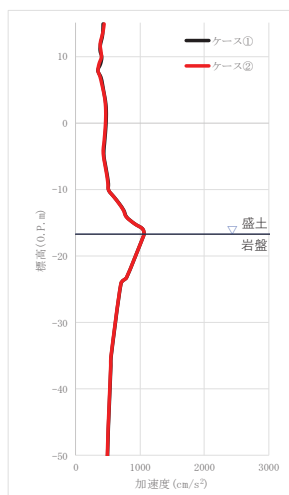


(4) 最大せん断ひずみ

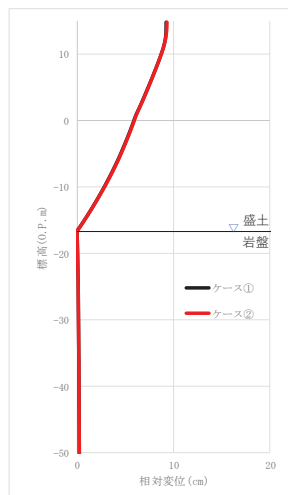
図 3-3 検討結果 (S s - D 1)



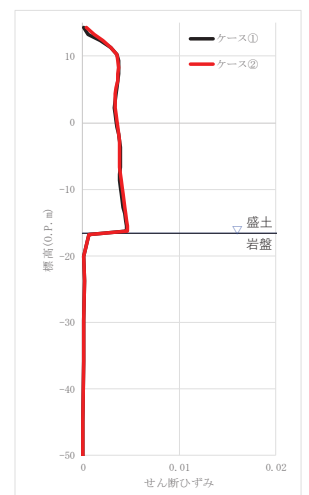
(1) 最大せん断応力



(2) 最大加速度

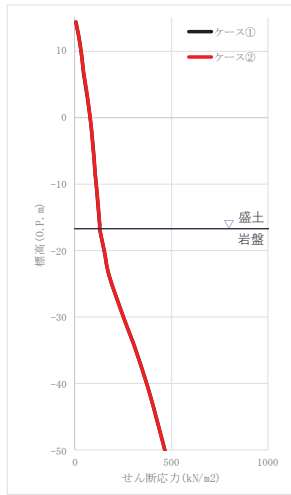


(3) 最大相対変位

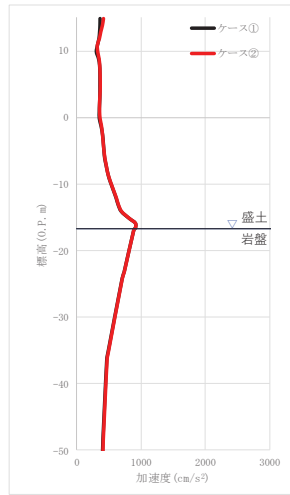


(4) 最大せん断ひずみ

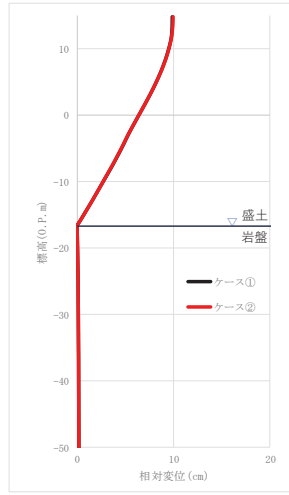
図 3-4 検討結果 (S s - D 2)



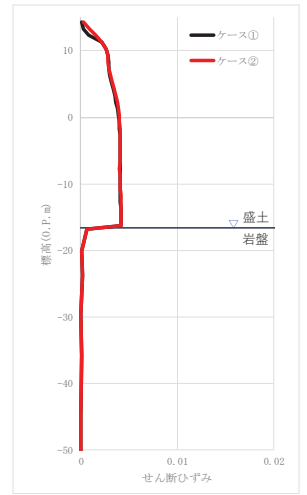
(1) 最大せん断応力



(2) 最大加速度

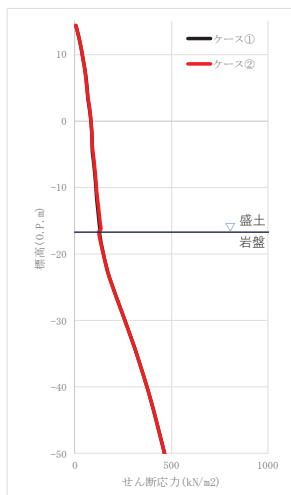


(3) 最大相対変位

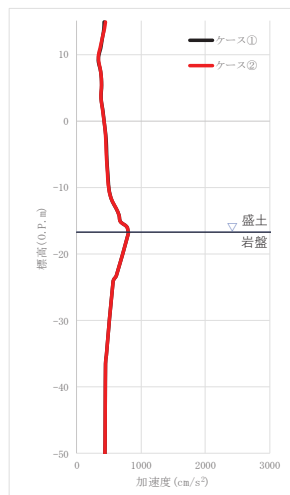


(4) 最大せん断ひずみ

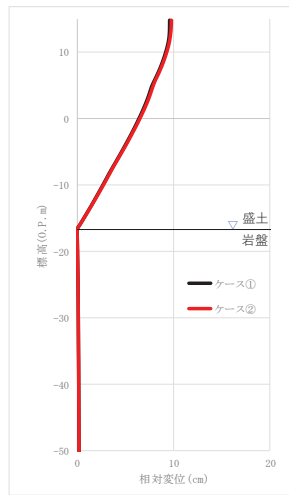
図 3-5 検討結果 (S s - D 3)



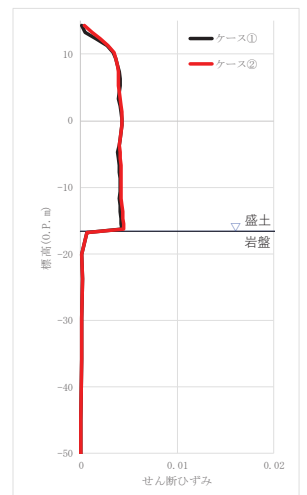
(1) 最大せん断応力



(2) 最大加速度

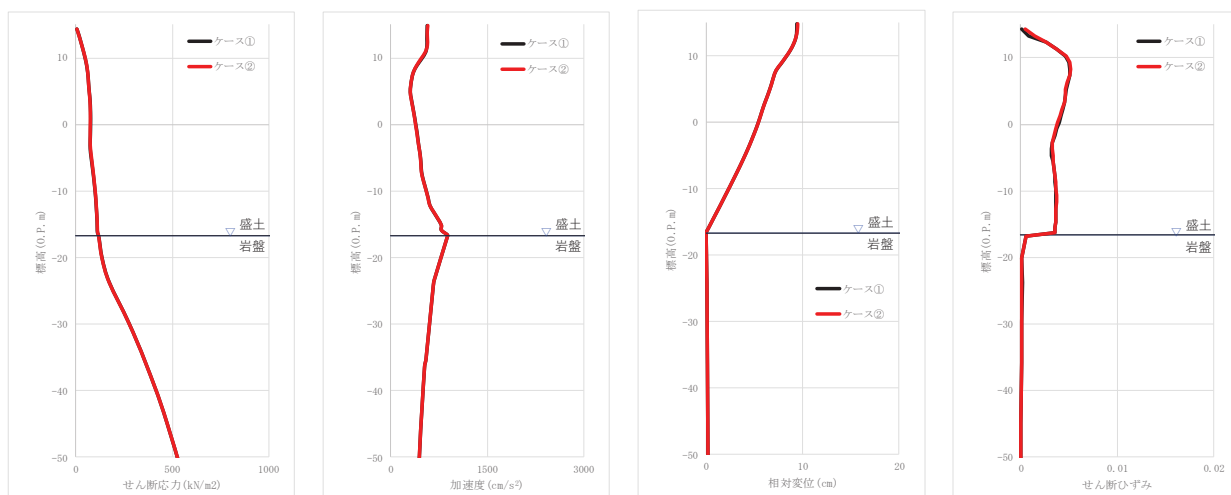


(3) 最大相対変位



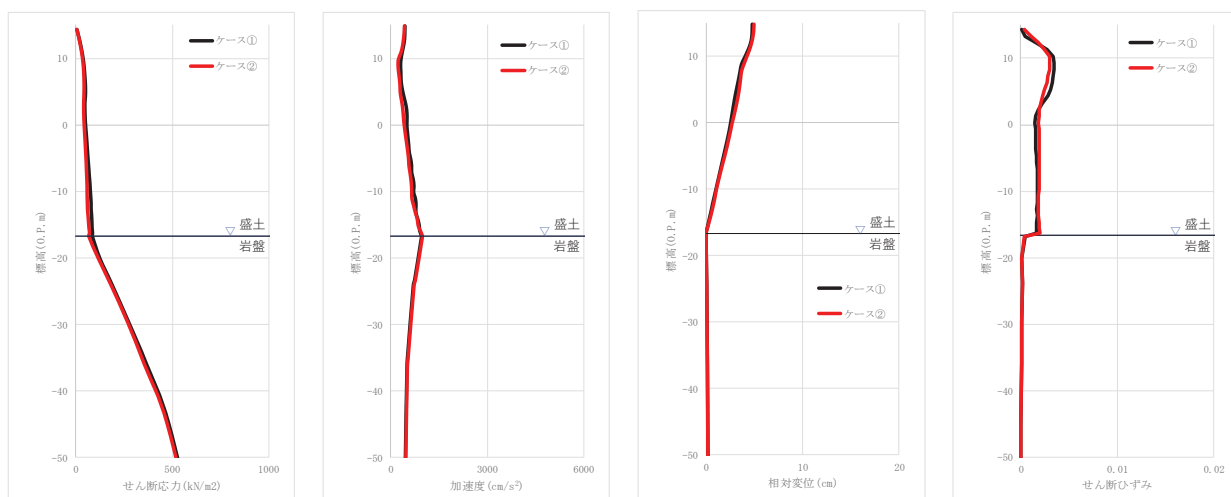
(4) 最大せん断ひずみ

図 3-6 検討結果 (S s - F 1)



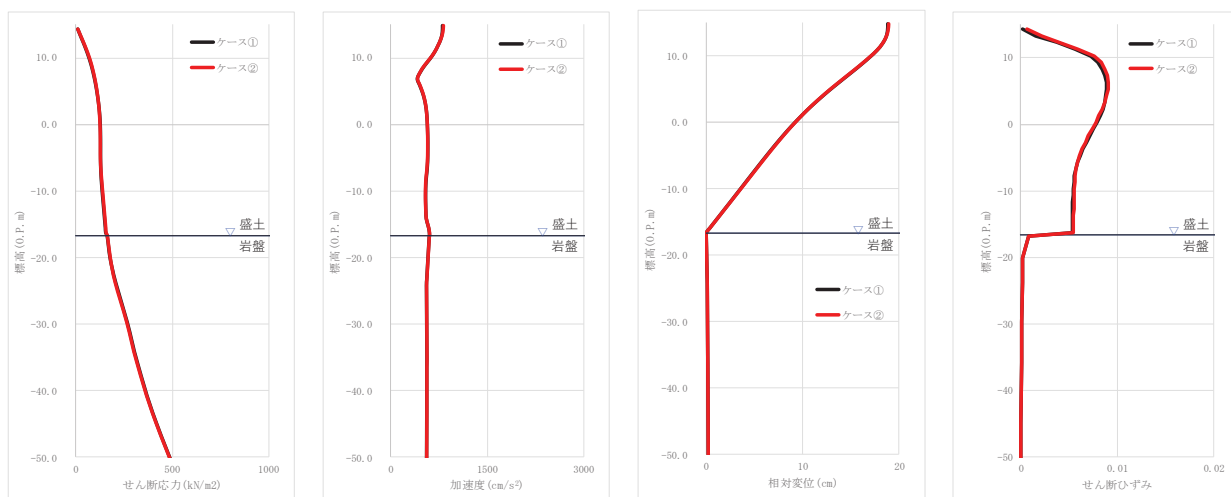
(1) 最大せん断応力 (2) 最大加速度 (3) 最大相対変位 (4) 最大せん断ひずみ

図 3-7 検討結果 (S s - F 2)



(1) 最大せん断応力 (2) 最大加速度 (3) 最大相対変位 (4) 最大せん断ひずみ

図 3-8 検討結果 (S s - F 3)



(1) 最大せん断応力

(2) 最大加速度

(3) 最大相対変位

(4) 最大せん断ひずみ

図 3-9 検討結果 (S s - N 1)

(参考資料 2 3) MMR のせん断強度について

1. 概要

MMR のせん断強度については、文献（コンクリート標準示方書（ダムコンクリート編，2013 年制定））及び室内試験に基づいて、圧縮強度の 1/5 として設定したものである。ここでは、設定したせん断強度の妥当性について説明する。

2. 文献による記載と適用性

コンクリート標準示方書（ダムコンクリート編，2013 年制定）には以下の記載がある。

『ダムコンクリートのせん断強度は、ダムコンクリートが等方体と考えられる場合には、設計計算上必要なパラメータとならないが、水平打継目におけるせん断摩擦安全率を検討する場合には、水平打継目のせん断強度が必要となる。水平打継目のせん断強度は打継目処理の方法によって大きく変化するが、丁寧な打継目処理を施した場合、水平打継目のせん断強度はダムコンクリート自身のせん断強度とほぼ等しい値を示す。この値はダムコンクリートの圧縮強度のおよそ 1/5 である。』

ここで、ダムコンクリート編において取り扱うコンクリートは、発生する応力が曲げ主体ではなく、地盤のようにせん断で抵抗する形状のコンクリートである。せん断強度を圧縮強度の 1/5 として設定するコンクリートは、防潮堤の背面補強工及び置換コンクリート、取放水路流路縮小工並びに MMR であり、図 2-1 に示すように同様の形状のコンクリートであり、打継処理の管理をした上で施工することから、この記載を適用することは妥当であると考えられる。

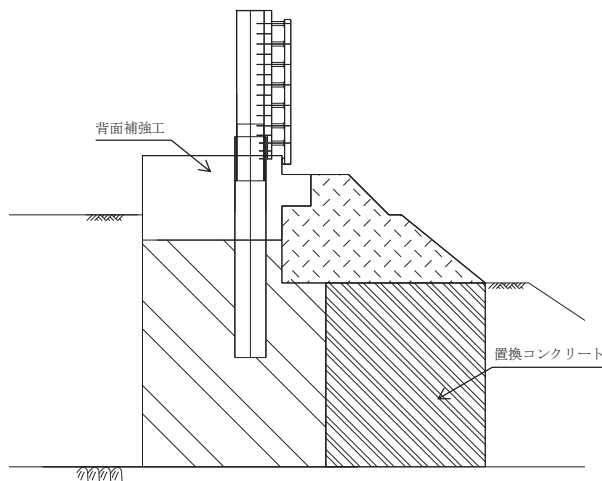


図 2-1 防潮堤（鋼管式鉛直壁）のうち一般部 断面図

3. 室内試験

女川原子力発電所の安全対策工事で使用するコンクリート材料を用いて、一軸圧縮強度試験及び一面せん断試験を実施し、圧縮強度とせん断強度の比を確認した。

3.1 コンクリートの配合

試験に使用したコンクリートは、表 3-1 に示す配合を用いた。この配合は、防潮堤の背面補強工において用いているものである。

表 3-1 試験に使用したコンクリートの配合

配合	セメント種類	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)				
				水	セメント	細骨材		粗骨材
				W	C	S1	S2	G
30-12-20FB	フライアッシュ セメント B 種	50.0	44.6	160	320	318	478	1030

3.2 供試体の作製

供試体は、100 mm×100 mm×100 mmの立方体とし、打ち込みの翌日に脱型した後、ただちに 20℃標準水槽で水中養生を行った。

試験は、材齢 28 日で実施した。

3.3 一面せん断試験の方法

試験は、図 3-1 に示すように供試体をせん断試験治具とテフロンシートを介して載荷盤にセットして実施した。載荷は 300t 圧縮試験機により行い、供試体破壊時の最大荷重を測定した。試験ケースについては、せん断面の傾きを 15° と 30° とした試験をそれぞれ 6 体ずつの供試体について実施した。

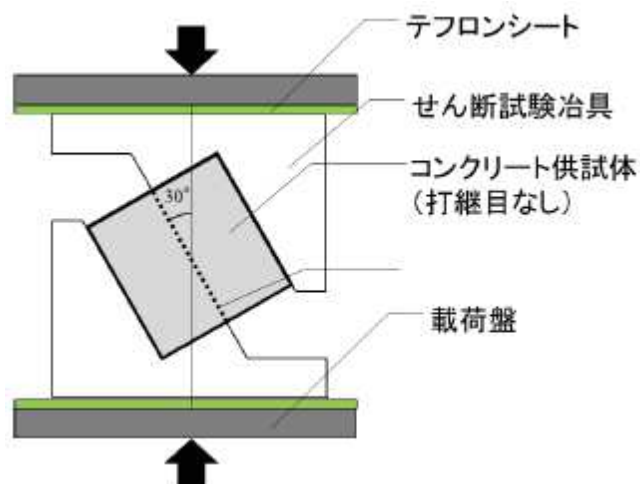


図 3-1 一面せん断試験の概要 (せん断面の傾きを 30° とした場合)

3.4 試験結果

破壊時のせん断面への垂直応力及びせん断応力は次式であらわされる。

$$\sigma = P / A \cdot \sin \theta \times 1000$$

$$\tau = P / A \cdot \cos \theta \times 1000$$

ここに、

P : 破壊時の荷重 (kN)

A : せん断面の面積 (mm²)

θ : せん断面の傾き (°)

この関係式を用いて整理した結果を表 3-2 に示す。

表 3-2 一面せん断試験結果

せん断面 角度 (θ)	供試体 番号	断面積 (A) (mm ²)	破壊時の 荷重 (P) (kN)	垂直応力 (σ) (N/mm ²)	垂直応力 平均値 (N/mm ²)	せん断 応力 (τ) (N/mm ²)	せん断 応力 平均値 (N/mm ²)
15°	1	10017	126	3.22	3.28	12.03	12.26
	2	10107	114	2.92		10.89	
	3	10078	120	3.08		11.50	
	4	10076	138	3.54		13.23	
	5	10014	145	3.75		13.99	
	6	10048	124	3.19		11.92	
30°	7	10071	221	10.97	10.99	19.00	19.04
	8	10059	225	11.18		19.37	
	9	10073	232	11.52		19.95	
	10	10073	209	10.37		17.97	
	11	10047	219	10.90		18.88	
	12	10045	221	11.00		19.05	

3.5 圧縮強度とせん断強度の比

(1) 純せん断強度

本試験結果から、次式に示す Mohr-Coulomb の破壊基準により、垂直応力が 0 のときのせん断強度、すなわち純せん断強度を算出する。

$$\tau = f \cdot \sigma + \tau_0$$

ここに、

f : 摩擦係数

τ_0 : 純せん断強度

この関係式を用いて整理した結果を表 3-3 及び図 3-2 に示す。

表 3-3 せん断応力と垂直応力の関係及び純せん断強度

	摩擦係数 (f)	純せん断強度 (τ_0) (N/mm ²)
平均値による関係	0.88	9.37
最低値による関係 (参考)	0.95	8.12

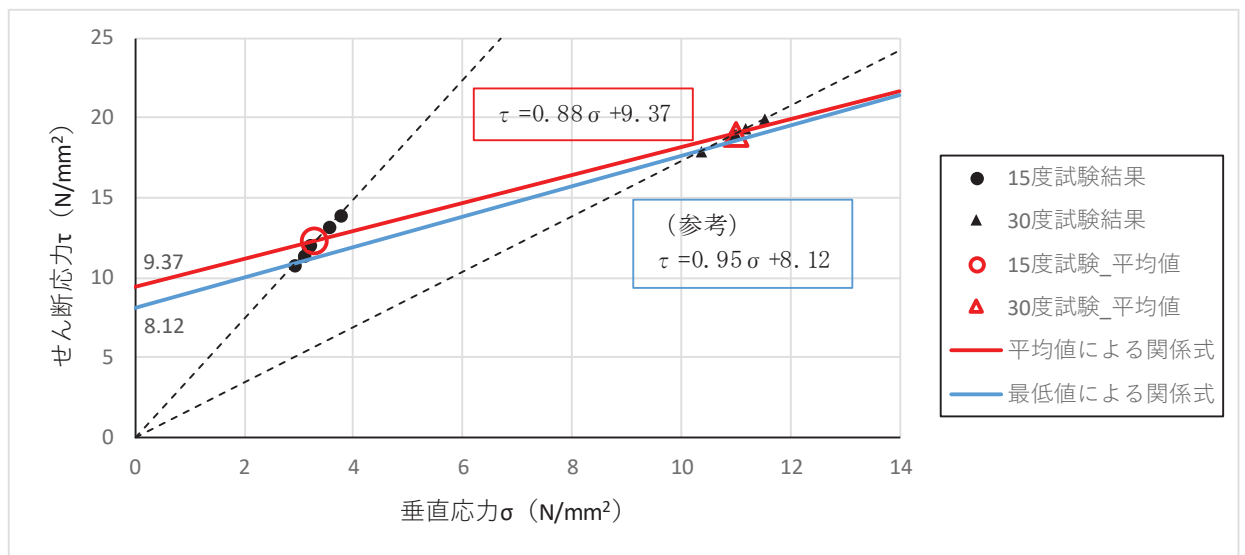


図 3-2 せん断応力と垂直応力の関係

(2) 圧縮強度とせん断強度の比

一面せん断試験に使用したコンクリートと同配合，同材齢（28 日）の試料を用いて，3 供試体で一軸圧縮強度試験を実施した。

一軸圧縮強度試験の結果及び圧縮強度と(1)で求めた純せん断強度の比を表 3-4 に示す。

純せん断強度の圧縮強度との比は 0.265 であり，圧縮強度の 1/5 以上であることを試験により確認できた。

なお，試験値の最低値から求めた場合でも比は 0.230 であり，圧縮強度の 1/5 以上である。

表 3-4 圧縮強度及び圧縮強度と純せん断強度の比

圧縮強度 (σ_{28}) (N/mm ²)		純せん断強度 (τ_0) (N/mm ²)	圧縮強度との比
試験値	平均値		
35.5	35.3	9.37	0.265
34.8			
35.5			
(参考) 最低値から求めた純せん断強度		(8.12)	(0.230)

(3) 文献による圧縮強度とせん断強度の比

(2)までで，コンクリートの圧縮強度とせん断強度の比について設計基準強度 30N/mm² のコンクリートを使用した試験を実施し，せん断強度は圧縮強度の 1/5 以上であることを確認している。

また，ダムおよび他の大型構造物に用いるマスコンクリート（その2）（コンクリートジャーナル，1971）では，表 3-5 に示すとおり，コンクリートのせん断強度と圧縮強度の関係性について，圧縮強度が 123.02kg/cm²（12.06N/mm²）～597.55kg/cm²（58.60N/mm²）の範囲において，試験により求めており，その結果，せん断強度は，コンクリートの圧縮強度の値によらず，コンクリートの圧縮強度のおおむね 0.20～0.23 倍程度であることが示されている。

表 3-5 コンクリートの圧縮強度とせん断強度の関係性

ダム名	材令 (日)	W/C	圧縮強度 (C)	せん断強度 (S)	tan ϕ	S/C
			kg/cm ²	kg/cm ²		
Grand Coulee	28	0.52	369.08	82.25	0.90	0.223
	28	0.58	318.46	71.71	0.89	0.225
	28	0.64	267.84	58.35	0.92	0.218
	90	0.58	333.93	71.00	0.97	0.212
	112	0.58	345.88	68.89	1.05	0.199
Hungry Horse	365	0.58	597.55	132.16	0.91	0.221
	104	0.55†	158.18	35.15	0.90	0.222
	140	0.55†	213.71	47.80	0.89	0.224
Monticello	622	0.60†	123.02	28.12	0.86	0.229
	28	0.62†	196.84	42.88	0.93	0.218
Shasta	40	0.62†	289.64	66.78	0.85	0.231
	28	0.50	403.52	80.14	1.05	0.199
	28	0.60	345.88	74.52	0.95	0.215
	90	0.50	383.14	76.63	1.05	0.200
	90	0.50	463.28	95.61	1.01	0.206
	90	0.60	351.50	73.11	1.00	0.208
	245	0.50	430.24	86.47	1.04	0.201

注) * $\phi 15 \times h 30$ cm の供試体で骨材最大寸法は 40 mm
 † W/C+P

3.6 試験結果の適用性

女川原子力発電所第2号機においては、表 3-6 に示すとおり、設計基準強度が 15.6N/mm²～50N/mm² の範囲のコンクリートに対して、せん断強度を設定することとしているが、3.5 に示したとおり、123.02kg/cm² (12.06N/mm²) ～597.55kg/cm² (58.60N/mm²) の範囲において、コンクリートのせん断強度は圧縮強度のおおむね 0.20～0.23 倍程度であることが確認されている。

以上のことから、女川原子力発電所第2号機における設計基準強度 30N/mm² 以外のコンクリートにおいても、コンクリートのせん断強度を圧縮強度の 1/5 として設定することは妥当であると言える。

表 3-6 構造物と設計基準強度

構造物	設計基準強度 (N/mm ²)
置換コンクリート (防潮堤)	30
背面補強工 (防潮堤)	30
流路縮小工	50
MMR (既設)	15.6
MMR (新設)	21

(参考資料 2 4) 盛土の物性値における岩砕の取扱いについて

1. 概要

盛土は岩盤を掘削した岩砕を用いて造成されており、最大粒径 300 mm で調整して施工している。

そのため、各物性値の設定の根拠となる三軸圧縮試験や繰返し三軸試験等の結果に対して、最大粒径 300mm の礫の取扱いについて整理し、各物性値の設定の妥当性を検討した。

2. 盛土の粒度分布

盛土の粒度分布について、図 2-1 のように区分したエリア別の粒形加積曲線を図 2-2 に示す。

盛土は岩盤を掘削した材料 (300mm 以下の岩砕) を用いていることから、この粒径加積曲線は JGS 「石分を多く含む地盤材料の粒度試験方法」に基づき実施した現場粒度試験によるものである。

この結果から、エリア毎の若干のばらつきは見られるものの、全体的に礫を主体としており、エリアごとの有意な違いは見られていない。

また、大径の岩砕も含まれるものの全体としてはなだらかな曲線となっており、均等係数が大きく粒度が良い (締固めがしやすい) 性質であると言える。

盛土の室内試験は 63.5 mm 又は 51 mm 以下の粒度のものを用いており、盛土の粒度の大半を占めている。

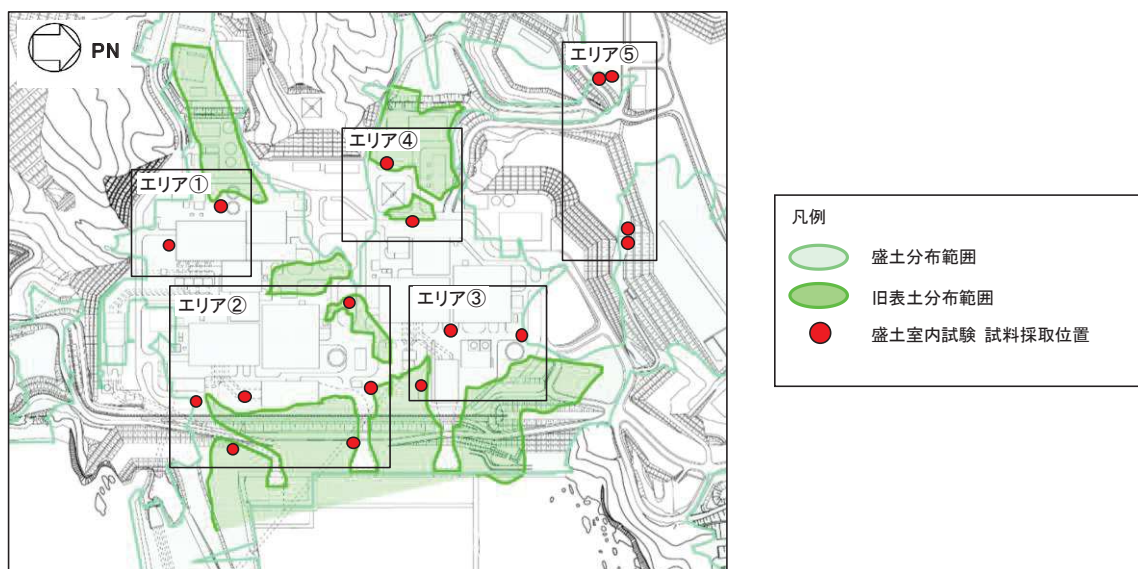


図 2-1 盛土のエリア分類

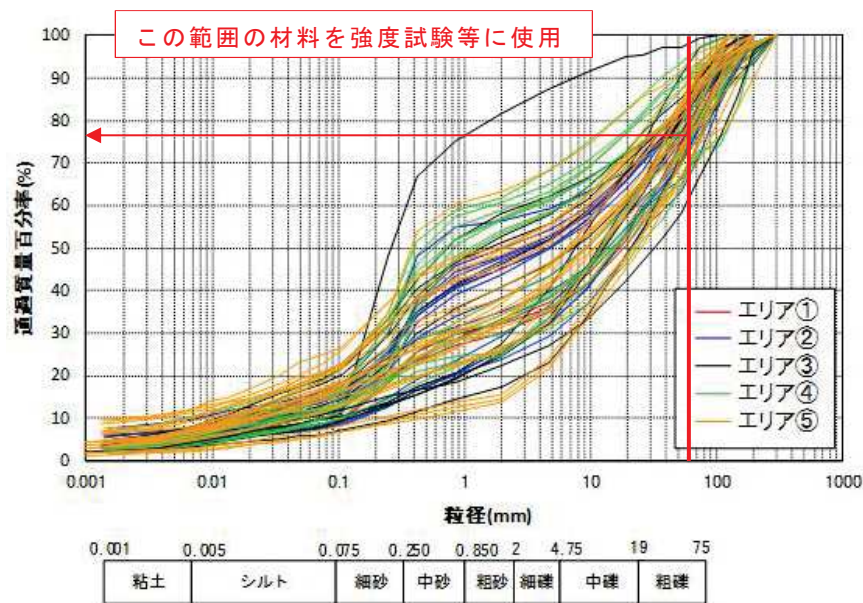


図 2-2 盛土の粒径加積曲線

3. 各物性値設定の根拠

(1) 三軸圧縮試験

【用途】

- 強度特性及び静的変形特性の設定に使用。

【試験方法】

- 大型三軸試験（ ϕ 300 mm）を実施。
- 試料の最大粒径は、供試体の約 1/5 である 50.8 mm としたせん頭粒度で粒度調整。
- 供試体の密度は、現場密度試験のうち大径岩砕の影響が少ないと考えられる結果から設定し、締固め試験結果を踏まえ締固めエネルギー 1.0Ec を付与して作成。

【大径岩砕の影響に対する考え】

- 供試体の密度については、現場密度試験のうち大径岩砕の影響が少ないと考えられる結果から設定しており、妥当な試験結果が得られていると判断。
- 大径岩砕が入ることにより、現場強度は室内試験結果と同等以上となることを想定。また、大径岩砕の比率はそれほど大きくないため、強度及び静的変形特性に与える影響は大きくないと想定。

(2) 繰返し三軸試験

【用途】

- 動的変形特性の設定に使用。

【試験方法】

- 大型繰返し三軸試験（ $\phi 300$ mm）を実施。
- 試料の最大粒径は，供試体の約 1/5 である 63.5 mmとしたせん頭粒度で粒度調整。
- 供試体の密度は，現場密度試験のうち大径岩砕の影響が少ないと考えられる結果から設定。

【大径岩砕の影響に対する考え】

- 供試体の密度は，現場密度試験のうち大径岩砕の影響が少ないと考えられる結果から設定しており，妥当な試験結果が得られていると判断。
- 現場では大径岩砕が入るが，大径岩砕の比率はそれほど大きくないため，動的変形特性に与える影響は大きくないと想定。

(3) 液状化強度試験（繰返し三軸試験）

【用途】

- 液状化強度特性の設定に使用。

【試験方法】

- 浅部については大型繰返し三軸試験（ $\phi 300$ mm）を実施。深部についてはボーリングコアを使用するため，繰返し三軸試験（ $\phi 100$ mm）を実施。
- 乱さない試料を基本として試験を実施したため，岩砕が混入した試験体もあれば，岩砕があまり混入していない試験体も存在。

【大径岩砕の影響に対する考え】

- 礫の影響について，図 3-1 に示すとおり， $\phi 100$ mmの試験結果はばらつきが大きく，礫の入り方のばらつきによる影響が試験結果に出ている可能性がある。一方， $\phi 300$ mmの試験結果はばらつきが小さくなっており，礫の入り方のばらつきによる影響が $\phi 300$ mmの試験では抑えられていると考えられる。これらを踏まえて試験結果の下限値と同等になるように液状化強度特性を設定していることから，強度特性の設定は妥当と判断。

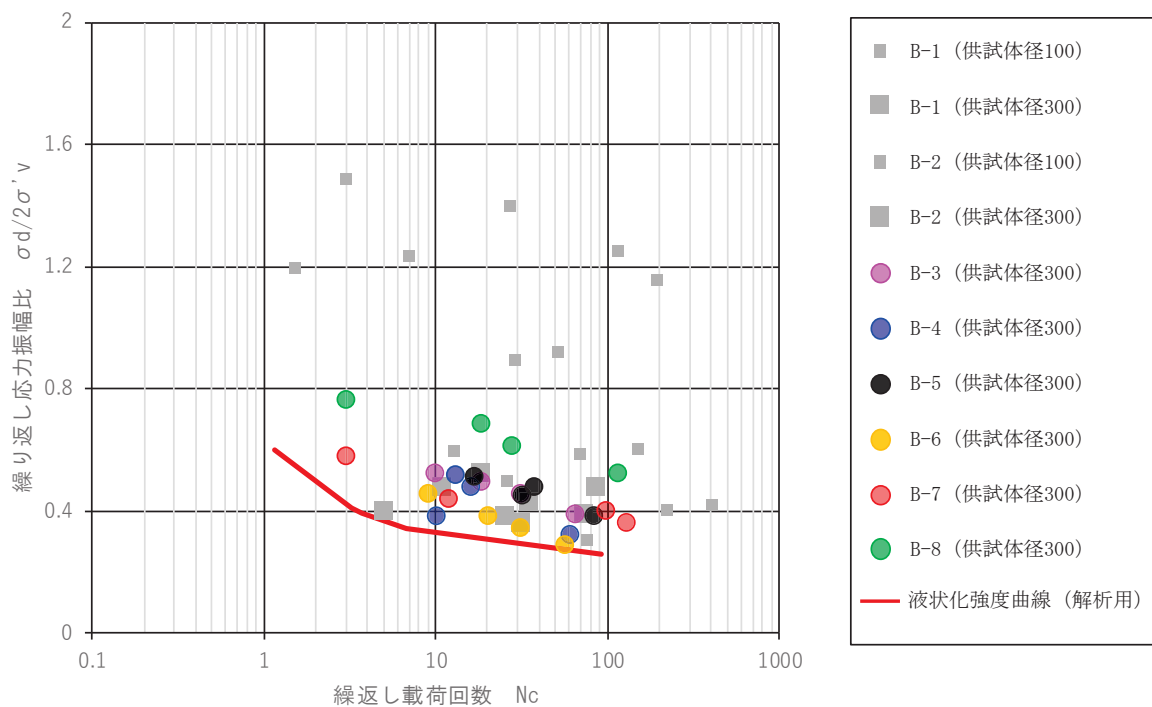


図 3-1 盛土の液状化強度試験結果と解析用液状化強度特性

(4) 透水係数

【設定方法】

- 粒度試験結果における D20（20%粒径）により推定するクレーガーらの方法を適用して設定。

【粒度試験の試験方法】

- 大径岩砕を含む現場粒度。

【大径岩砕の影響に対する考え】

- 現場粒度により算定しており，大径岩砕の影響は考慮済み。
- 原位置透水試験により妥当性を確認。

(5) 相対密度

【用途】

- Ishihara ほかの方法による地震時の盛土沈下量の算出に使用。

【試験方法】

- JGS1612（水置換法による土の密度試験方法）で測定した盛土の現場密度と JGS0162（礫の最小密度・最大密度試験方法）から求めた盛土の最小・最大密度から相対密度を算出。
- 現場密度試験における水置換孔の掘削径は $\phi 300$ mm と $\phi 1000$ mm で，100 mm 以上の大径岩砕を含む試験もある。

【大径岩砕の影響に対する考え】

- 100 mm以上の岩砕を含む試験結果と含まない試験結果で相対密度に大きな違いは無く、設定値は妥当と判断。

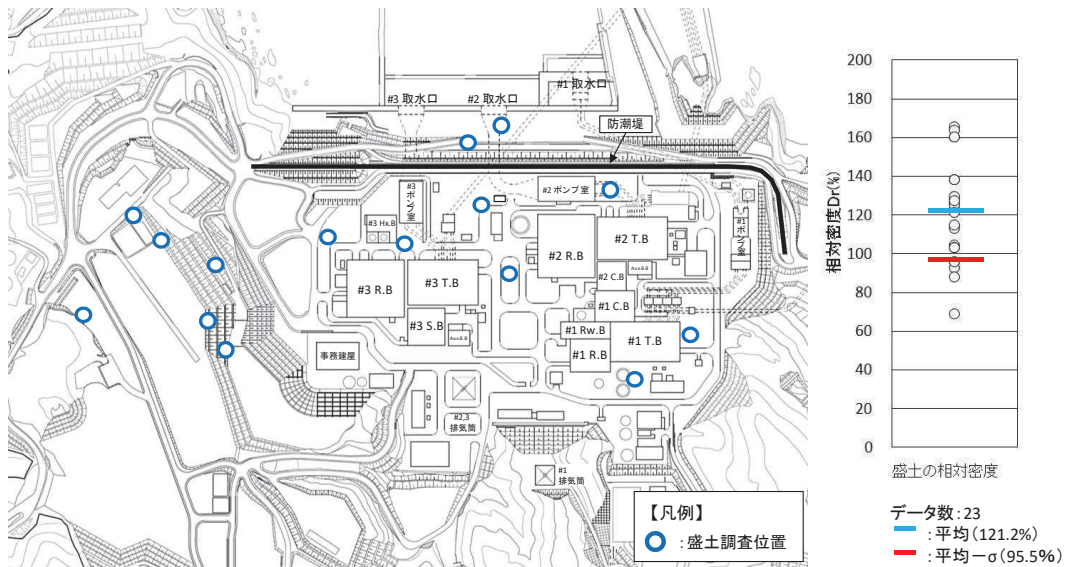


図 3-2 盛土の相対密度調査位置図及び調査結果

(6)まとめ

各物性値の設定の根拠となる三軸圧縮試験や繰返し三軸試験の結果に対して、最大粒径 300mm の礫の取り扱いについて表 3-1 のとおり整理した。

最大粒径 300mm の礫の影響については適切に考慮していることから、各物性値の設定は妥当であると考えます。

表 3-1 最大粒径 300mm の礫の影響

	最大粒径 300mm の礫の影響	備考
三軸圧縮試験	考慮しない	強度及び静的変形特性への影響は大きくない。
繰返し三軸試験	考慮しない	動的変形特性への影響は大きくない。
液状化強度試験	考慮する	φ 300 mm の試験結果はばらつきが小さい。
透水係数	考慮する	原位置透水試験より妥当性を確認。
相対密度	考慮する	試験結果から礫の有無による違いはあまりない。
(参考)粒度分布	考慮する	特性確認のため、最大粒径に合わせる必要あり。

【参考文献】

(1) 砂礫盛土材の締固め特性および変形・強度特性に及ぼす粒度特性の影響

(上本ほか, 地盤工学ジャーナル Vol.6, No.2, 181-190, 2011)

- (概要) 砂れき盛土材等について, 原粒度並びにせん頭粒度, 相似粒度及び礫粒度補正の3通りの方法で粒度調整した試料を用いた三軸圧縮試験を実施し, 締固め特性及びせん断時の変形・強度特性に及ぼす粒度特性の影響を確認したもの。
- 角レキとして用いた試料は表1に示すとおりである。

表1 試料の物理特性 (甲山)

試料	甲山試料(角礫)			
土粒子密度・母岩・形状	$\rho_s = 2.629\text{g/cm}^3$, 形状: 花崗岩・角レキ			
粒度	原粒度(現場)	せん頭	相似	礫補正
最大粒径 D_{max} (mm)	75(300)	19.0	19.0	19.0
平均粒径 D_{50} (mm)	7.2(17.3)	4.1	1.3	9.2
均等係数 U_c	83.7(75.9)	19.3	75.9	22.4

- 試験条件は表2に示すとおりであり, 最大粒径は供試体直径の約1/5になるようにされている。

表2 試験条件 (甲山試料)

供試体サイズ	$\phi 100\text{mm} \times h200\text{mm}$	$\phi 300\text{mm} \times h600\text{mm}$
粒度調整法	せん頭粒度, 相似粒度, 礫粒度補正	原粒度
目標締固め度 (%)	85, 90, 95, 100	
有効拘束圧(kPa)	50, 100, 150	50, 100, 200

- 図 1 は実験結果から締固め度と内部摩擦角の関係を示したものである。締固め度が同じ供試体を比較すると、せん頭粒度を試験粒度とした三軸圧縮試験から求まる強度定数が原粒度の結果に近いといえるとしている。また、せん頭粒度試料では、礫の含有割合が相対的に小さくなるため、粒子径効果により原粒度試料の強度定数を若干過少評価しているが粒度調整試料の中では最も原粒度に近い結果を示しているとしている。

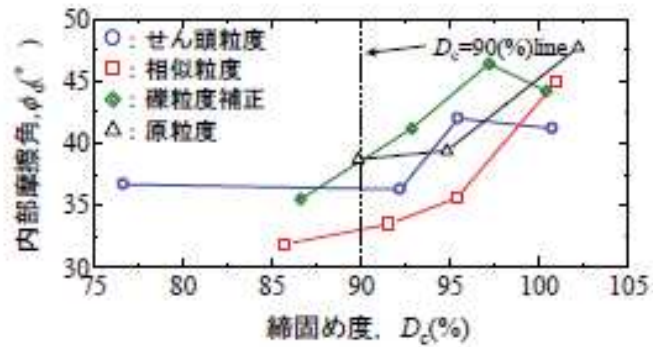


図 1 締固め度と内部摩擦角の関係

- 図 2 は平均粒径 (D_{50}) と内部摩擦角 ($\phi_{d(c=0)}$) の関係を示したものである。
 $\phi_{d(c=0)} \sim D_{50}$ 関係は締固め度に依存すると同時に、平均粒径が大きくなるにつれ
 $\phi_{d(c=0)}$ が大きくなることが示されている。

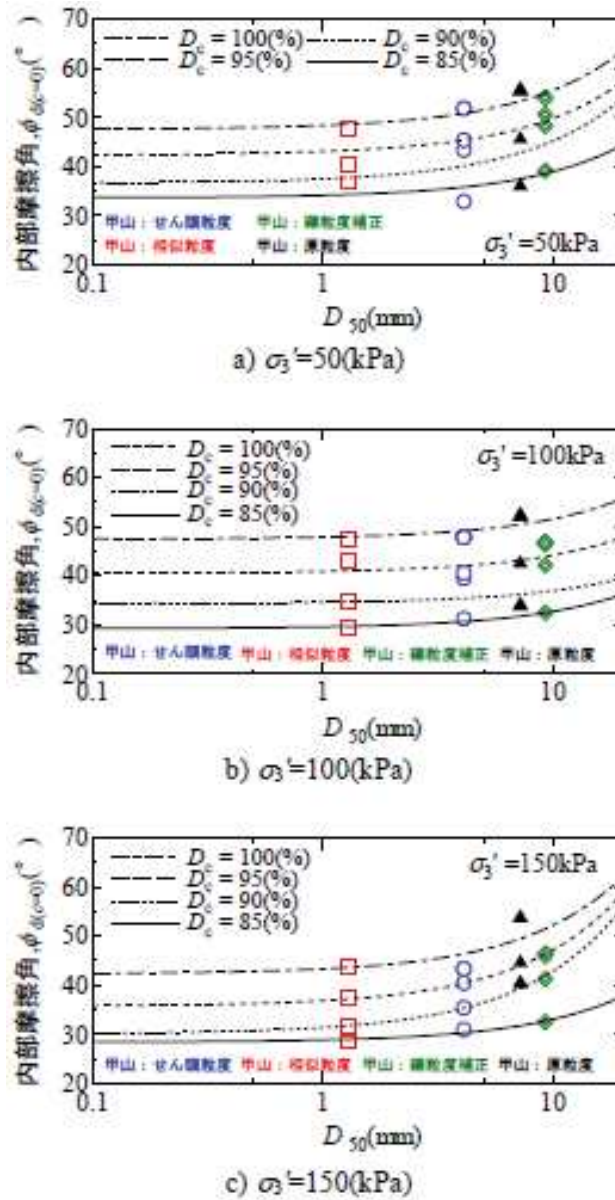


図 2 平均粒径 (D_{50}) と内部摩擦角の関係

(2)粗粒材料の現場締固め（土質工学会，1990）

- せん断試験結果を見ると，最大粒径が大きい方が強度，変形特性とも優れるとする報告例がある（図3，4）。ただし，これは供試体を同一締固めエネルギーで作製して比較したものであり，密度はそれぞれの粒度で異なっている。したがって，一概に最大粒径の大きい方がせん断特性が優れるとはいえないが，せん断粒度では室内と現場とを締固めエネルギーで対応させるという考え方に立てば，これらの結果は現場に十分適用可能であるとしている。

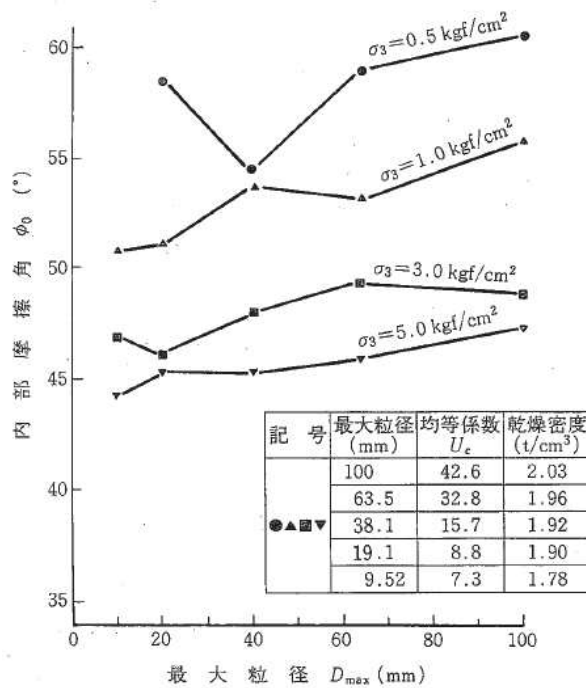


図3 せん断粒度による内部摩擦角と最大粒径の関係（高瀬ダムの例）

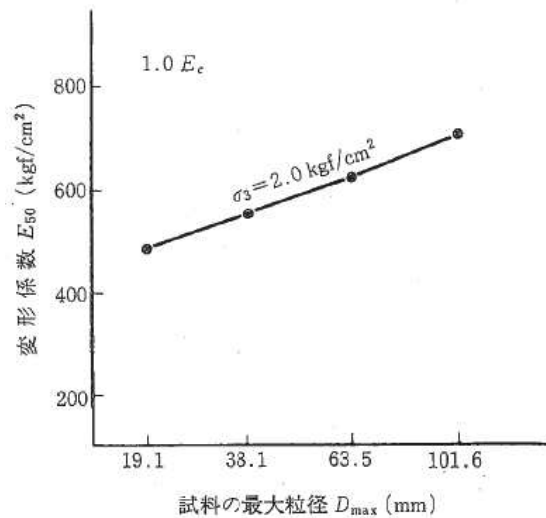


図4 せん断粒度による変形係数と最大粒径の関係（天山ダムの例）

(3) その他

- 岩砕を含む盛土材について，粒度調整を行った試料によって室内試験に基づいて解析用物性値を設定することはフィルダムを始めとする多くの構造物の設計で実績がある。

(参考資料 2 5) 基準地震動 S s に対する液状化強度試験の妥当性確認

1. 概要

敷地で採取された試料を用いて実施した液状化強度試験結果が基準地震動 S s 相当の地盤状態（繰返し回数）の評価に対して適用可能であることを確認するため、累積損傷度理論（吉見（1991））を適用し、不規則波である基準地震動 S s によって発生する地盤のせん断応力と等価な一定せん断応力及びその繰返し回数を求め、試験結果との比較を実施した。

2. 累積損傷度理論による等価繰返し回数の評価方法について

累積損傷度理論に基づく評価フローを図 2-1、累積損傷度理論による等価繰返し回数の評価方法を図 2-2 に示す。

3. 一次元地震応答解析実施位置

基準地震動 S s の一次元地震応答解析を実施する位置については、液状化影響を考慮する施設である防潮堤近傍から選定する。選定に当たっては、拘束圧が大きい O.P.+14m 盤と拘束圧が小さい O.P.+2.5m 盤から盛土の厚さ、旧表土の厚さの大小を考慮して 8 点を選定した。

選定した一次元地震応答解析実施位置を図 3-1 に示す。拘束圧が大きい O.P.+14m 盤では、①-1～①-4 を選定した。①-1～①-4 は防潮堤汀線方向の断面であり、地盤改良及び背面補強工が設置されることから、盛土・旧表土は現存しないものの、防潮堤敷地側の地質状況を模擬するため、防潮堤施工前の地質状況を反映したものである。①-2 は旧表土が最も厚く、①-3, 4 は盛土・旧表土の厚さが平均的であり、①-1 は盛土のみ分布する位置である。

拘束圧が小さい O.P.+2.5m 盤では、②-1～②-4 を選定した。②-2 は旧表土が厚く分布しており、②-1, 3, 4 は盛土・旧表土の厚さが平均的な位置である。

4. 累積損傷度理論による等価繰返し回数算出結果

選定した位置での地盤モデルを用いて一次元地震応答解析を実施し、各位置における等価一定せん断応力と等価繰返し回数を算出した。算出結果を表 4-1～表 4-2 及び図 4-1～図 4-8 に示す。

なお、液状化強度試験は等方応力状態であり、実地盤（異方応力状態）で算出される応答解析と比較するため、静止土圧係数（ K_0 ：一般値 0.5）を用いて、液状化強度試験から得られるせん断応力を補正した。

$$\tau = R \times (1+2K_0) / 3 \times \sigma_v' = R \times 2/3 \times \sigma_v'$$

R：液状化強度比， σ_v' ：有効土被り圧

評価結果より、等価繰返し回数は、すべての位置において液状化強度試験で実施した繰返し回数の範囲内であることから、今回実施した液状化強度試験が基準地震動 S s 相当の地盤状態の評価に対して適用可能であることを確認した。

なお、拘束圧が大きい O.P. +14m 盤の①-1, 3, 4 の特に盛土においては、ほとんどの基準地震動 S_s で地盤に発生するせん断応力比は、液状化強度試験の繰返し回数の上限值である 200 回に対応するせん断応力比以下となっている。

この程度のせん断応力比はほとんど破壊に寄与しないため、非液状化と判断され、等価繰返し回数の評価対象外であるが、液状化試験はこのせん断応力比を上回るレベルで実施できている。

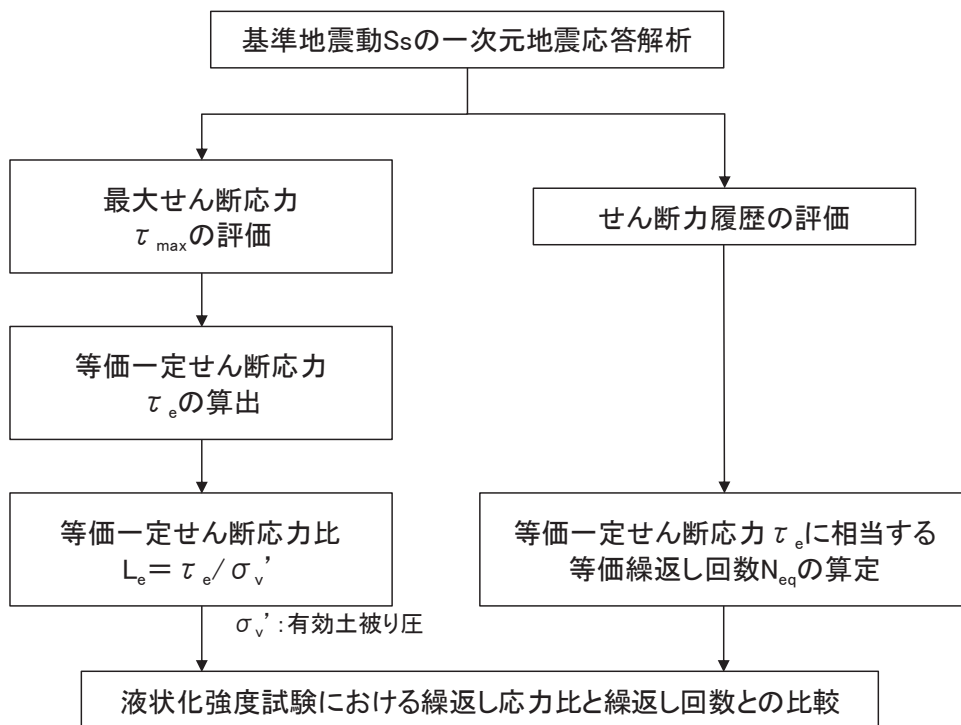


図 2-1 累積損傷度理論に基づく等価繰返し回数の評価フロー

累積損傷度理論に基づく等価繰返し回数の評価方法(吉見(1991) 参考)

- 累積損傷度理論は、金属の疲労破壊の分野で提案されたものである。
- 繰返し荷重 τ_i が N_i 回作用したことによるのと同等の効果を、別の応力レベル τ_e によって得るために必要な繰返し回数(等価繰返し回数) N_e は以下のように定義される。

$$N_e = \frac{N_i}{N_{if}} N_{ef}$$

ここに、

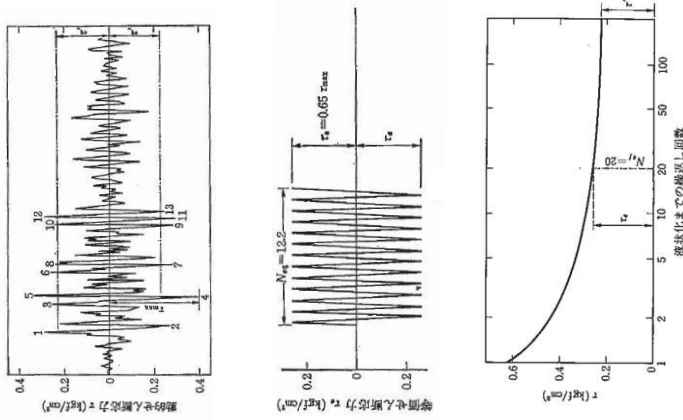
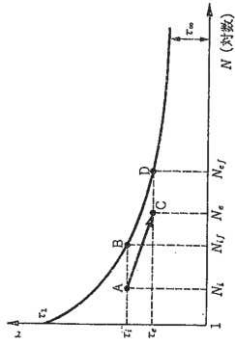
N_i : せん断応力 τ_i の繰返し回数

N_{if} : せん断強度 τ_i での繰返し回数

N_e : せん断応力 τ_e の繰返し回数

N_{ef} : τ_e なる等価振幅応力を加えた場合の破壊までの繰返し回数

等価応力レベル



不規則波から等価規則波形を求める方法

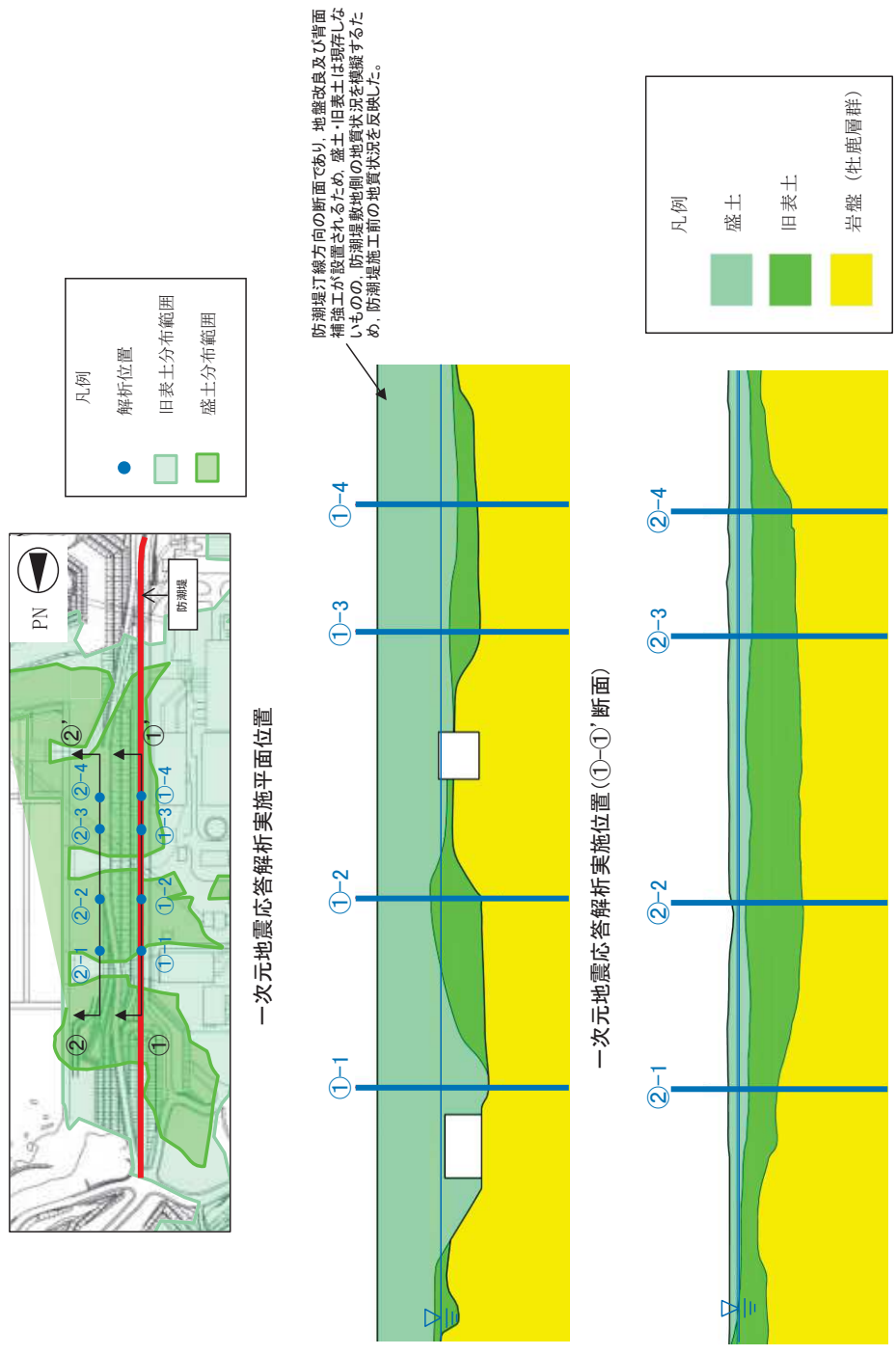
- τ_e は、不規則波中の最大振幅の65%の値とする。

$$\tau_e = 0.65 \times \tau_{max}$$
- 複数の τ_i を有する不規則波全体を τ_e なる単一応力レベルでの等振幅繰返しせん断波で置き換えるための等価繰返し回数 N_{eq} は、次式で求められる。

$$N_{eq} = \sum N_e = N_{ef} \sum \frac{N_i}{N_{if}}$$

- あるレベル未満のせん断応力 τ_i は、ほとんど破壊に寄与しない。今回の検討では、液状化強度試験の最大繰返し回数200回(地盤調査の方法と解説(地盤工学会, 2013))に基づくに相当するせん断応力を閾値として設定し、そのせん断応力以下は対象外とした。

図 2-2 累積損傷度理論に基づく等価繰返し回数の評価方法



一次元地震応答解析実施位置(②-②'断面)

図 3-1 一次元地震応答解析実施位置図

表 4-1 一次元地震応答解析による等価一定せん断応力と等価繰返し回数 (旧表土)

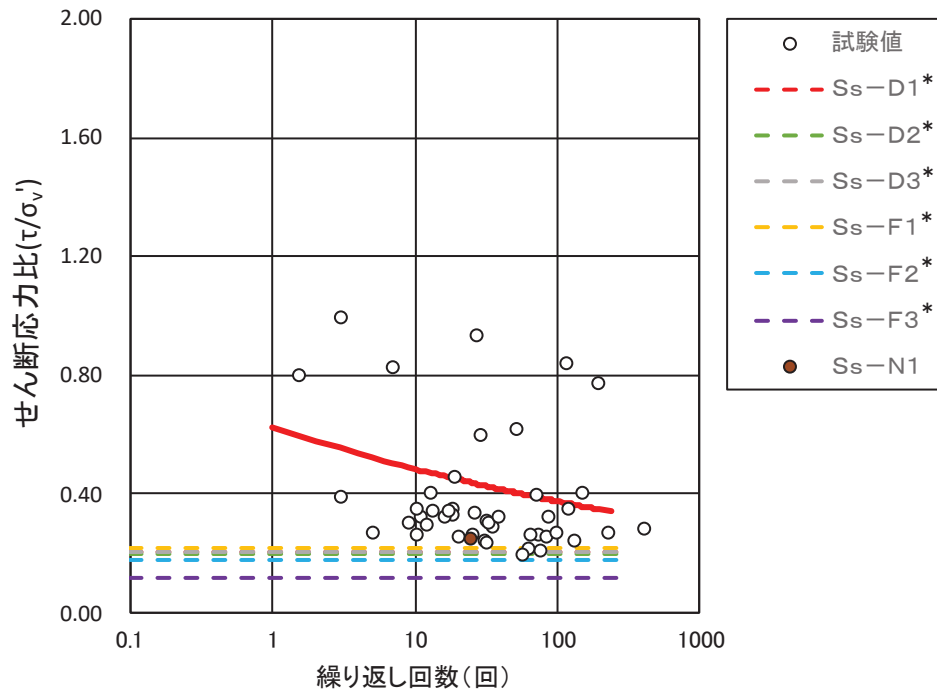
位置	O.P.+14m盤				O.P.+2.5m盤			
	①-1	①-2	①-3	①-4	②-1	②-2	②-3	②-4
有効土 被り圧 (kN/m ²)	—	320.7	352.3	367.1	105.5	132.6	130.2	126.0
基準地震 動Ss	$\frac{\tau_{eq}}{\sigma_v'}$ N _{eq}	$\frac{\tau_{eq}}{\sigma_v'}$ N _{eq}	$\frac{\tau_{eq}}{\sigma_v'}$ N _{eq}	$\frac{\tau_{eq}}{\sigma_v'}$ N _{eq}	$\frac{\tau_{eq}}{\sigma_v'}$ N _{eq}	$\frac{\tau_{eq}}{\sigma_v'}$ N _{eq}	$\frac{\tau_{eq}}{\sigma_v'}$ N _{eq}	$\frac{\tau_{eq}}{\sigma_v'}$ N _{eq}
Ss-D1		0.24 58.29	0.22 92.46	0.21 80.21	0.54 68.95	0.45 47.86	0.45 66.24	0.46 80.10
Ss-D2		0.24 25.51	0.22 37.45	0.21 48.61	0.51 44.24	0.43 44.73	0.44 39.39	0.44 46.56
Ss-D3		0.21 41.57	0.21 38.80	0.21 40.37	0.50 38.99	0.38 96.97	0.38 83.50	0.39 88.29
Ss-F1	対象層なし	0.22 63.06	0.20 102.49	0.20 82.55	0.51 74.75	0.42 91.13	0.44 75.44	0.45 63.77
Ss-F2		0.21 40.08	0.20 66.19	0.20 61.36	0.52 26.18	0.45 26.33	0.45 25.95	0.46 25.06
Ss-F3		0.13 19.93	0.15 37.23	0.11 —*1	0.44 42.73	0.32 41.15	0.32 44.55	0.33 51.05
Ss-N1		0.26 20.67	0.25 33.11	0.24 33.47	0.55 21.85	0.50 21.24	0.48 20.97	0.49 20.99

注記 *1: 液状化強度試験の繰返し回数200回に相当するせん断応力比 (R_{Z00}) から求められるせん断応力を閾値として設定し、そのせん断応力以下は対象外と評価するが、解析から得られる最大せん断応力 (τ_{max}) が閾値を下回る場合は、当該地震動はほとんど破壊に寄与しないと判断し、その等価一定せん断応力比 (L_e) に相当する等価繰返し回数 (N_{eq}) を「—」とした。

表 4-2 一次元地震応答解析による等価一定せん断応力と等価繰返し回数 (盛土)

位置	O.P.+14m盤				O.P.+2.5m盤			
	①-1	①-2	①-3	①-4	②-1	②-2	②-3	②-4
有効土 被り圧 (kN/m ²)	332.0	240.0	271.7	282.3	39.4	40.4	49.8	50.1
基準地震 動Ss	$\frac{\tau_{eq}}{\sigma_v}$	$\frac{\tau_{eq}}{\sigma_v}$	$\frac{\tau_{eq}}{\sigma_v}$	$\frac{\tau_{eq}}{\sigma_v}$	$\frac{\tau_{eq}}{\sigma_v}$	$\frac{\tau_{eq}}{\sigma_v}$	$\frac{\tau_{eq}}{\sigma_v}$	$\frac{\tau_{eq}}{\sigma_v}$
Ss-D1	0.21	0.25	0.23	0.22	0.61	0.49	0.54	0.56
Ss-D2	0.20	0.21	0.22	0.22	0.70	0.51	0.56	0.63
Ss-D3	0.21	0.22	0.20	0.20	0.51	0.47	0.46	0.49
Ss-F1	0.22	0.22	0.20	0.19	0.51	0.46	0.48	0.47
Ss-F2	0.18	0.26	0.20	0.18	0.62	0.64	0.70	0.68
Ss-F3	0.12	0.14	0.13	0.13	0.58	0.60	0.55	0.57
Ss-N1	0.25	0.33	0.30	0.29	0.61	0.62	0.64	0.62
	N_{eq}	N_{eq}	N_{eq}	N_{eq}	N_{eq}	N_{eq}	N_{eq}	N_{eq}
	—*1	38.99	24.23	—*1	84.28	83.08	73.52	76.55
	—*1	—*1	—*1	—*1	56.33	73.79	45.89	35.20
	—*1	—*1	—*1	—*1	126.03	80.61	106.60	84.34
	—*1	—*1	—*1	—*1	117.39	78.80	110.87	119.29
	—*1	24.23	—*1	—*1	51.24	27.65	26.28	26.95
	—*1	—*1	—*1	—*1	50.28	27.77	25.79	26.23
	24.23	24.23	24.23	22.58	25.41	24.51	24.64	24.94

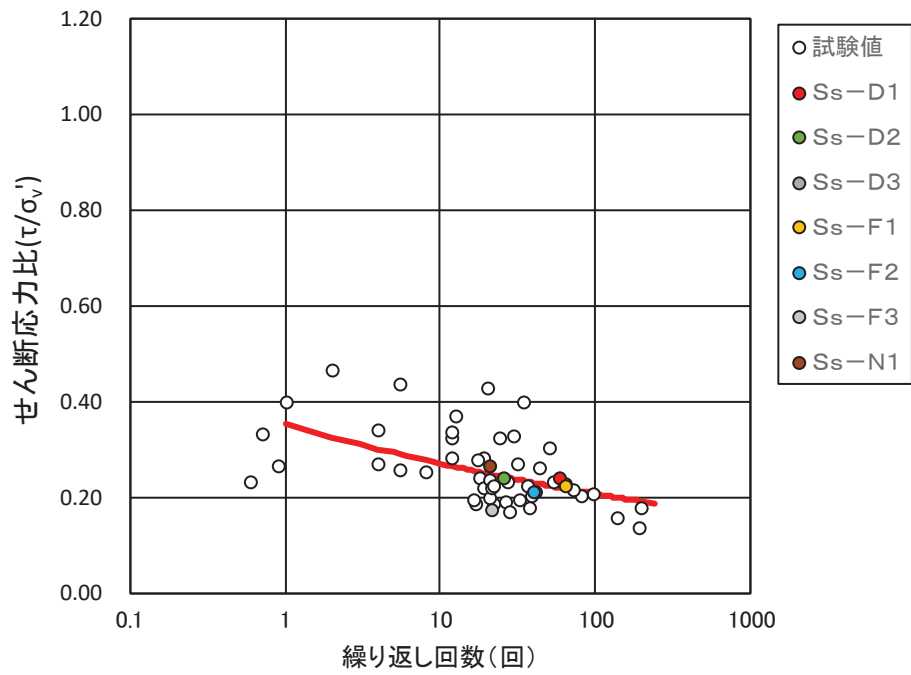
注記*1: 液化強度試験の繰返し回数200回に相当するせん断応力比(R_{200})から求められるせん断応力を閾値として設定し、そのせん断応力以下は対象外と評価するが、解析から得られる最大せん断応力比(τ_{max})が閾値を下回る場合は、当該地震動はほとんど破壊に寄与しないと判断し、その等価一定せん断応力比(L_e)に相当する等価繰返し回数(N_{eq})を「—」とした。



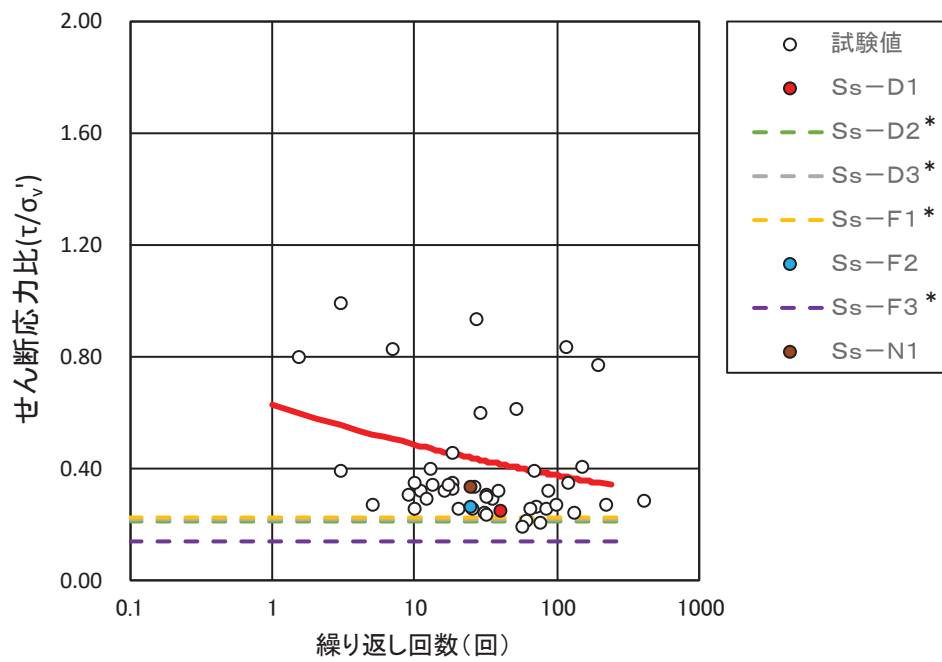
注記*：解析から得られる最大せん断力 (τ_{max}) が小さく、ほとんど破壊に寄与しないため、等価繰返し回数の評価対象外であるが、参考としてせん断応力比を表示した。

(a) 盛土

図 4-1 累積損傷度理論に基づく評価結果 (①-1)



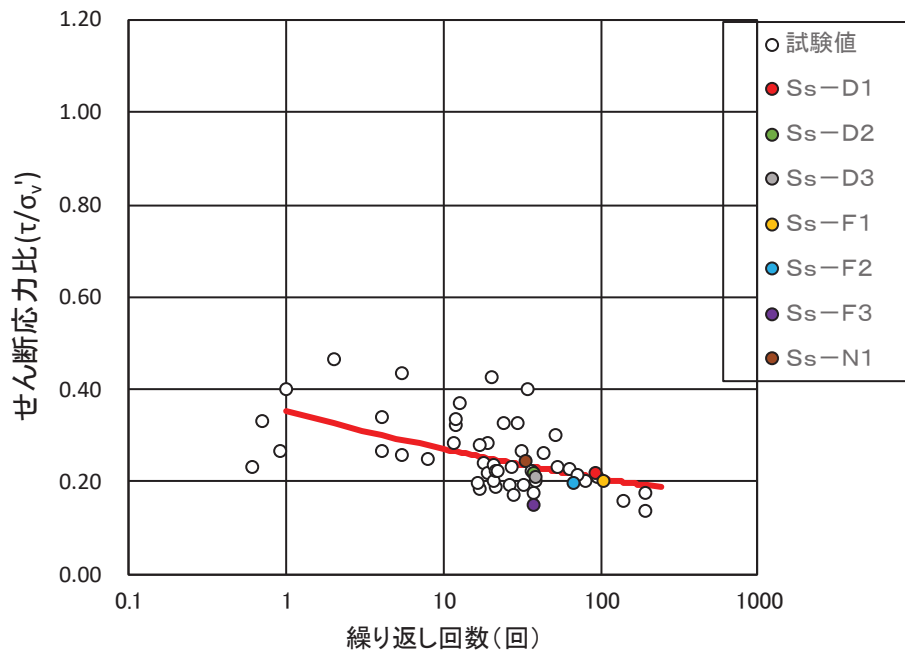
(a) 旧表土



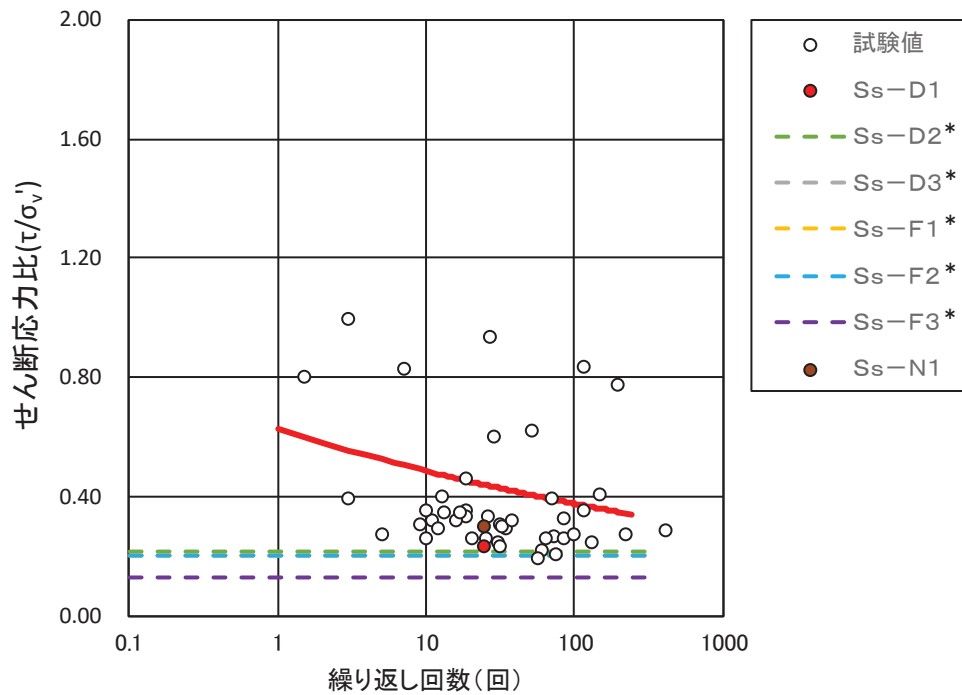
(b) 盛土

注記*：解析から得られる最大せん断力 (τ_{max}) が小さく、ほとんど破壊に寄与しないため、等価繰返し回数の評価対象外であるが、参考としてせん断応力比を表示した。

図 4-2 累積損傷度理論に基づく評価結果 (①-2)



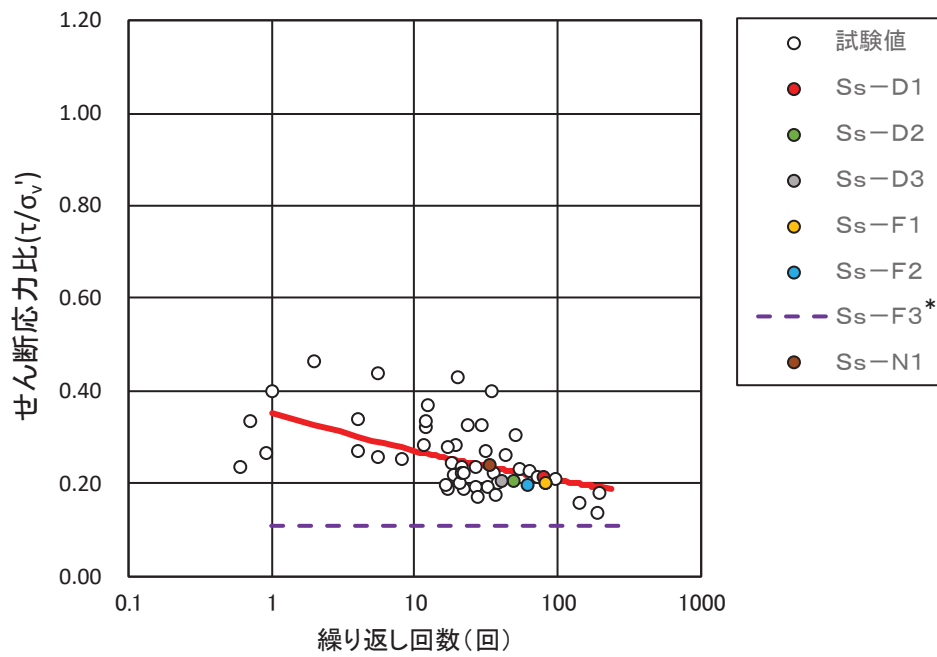
(a) 旧表土



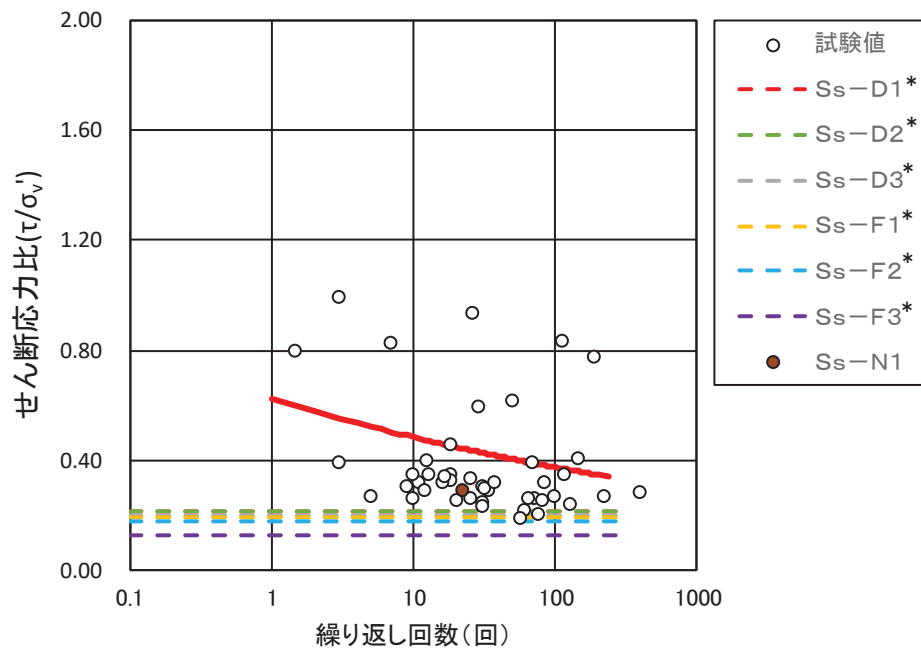
(b) 盛土

注記* : 解析から得られる最大せん断力 (τ_{max}) が小さく、ほとんど破壊に寄与しないため、等価繰返し回数の評価対象外であるが、参考としてせん断応力比を表示した。

図 4-3 累積損傷度理論に基づく評価結果 (①-3)



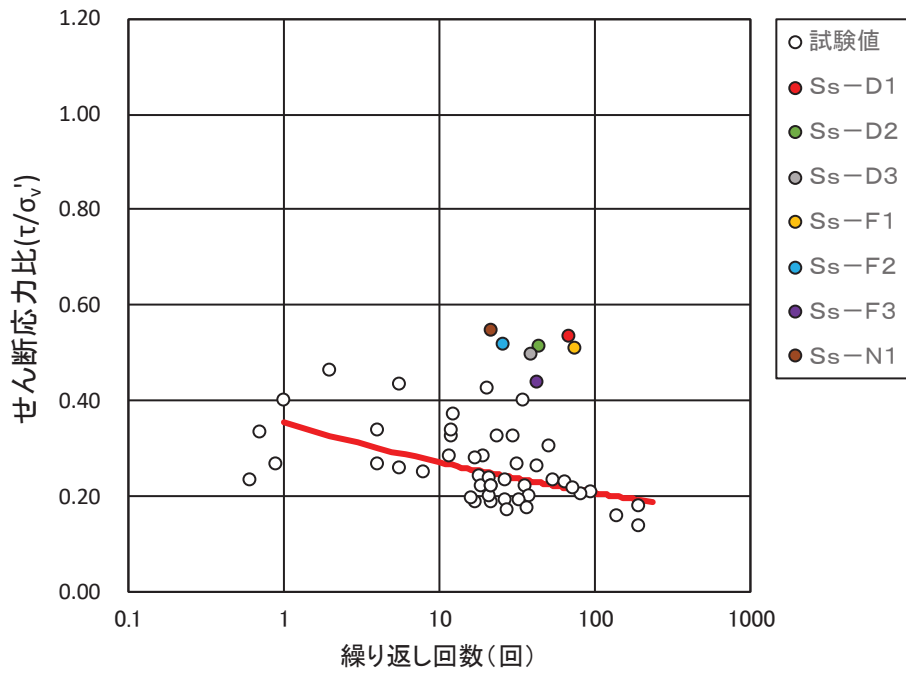
(a) 旧表土



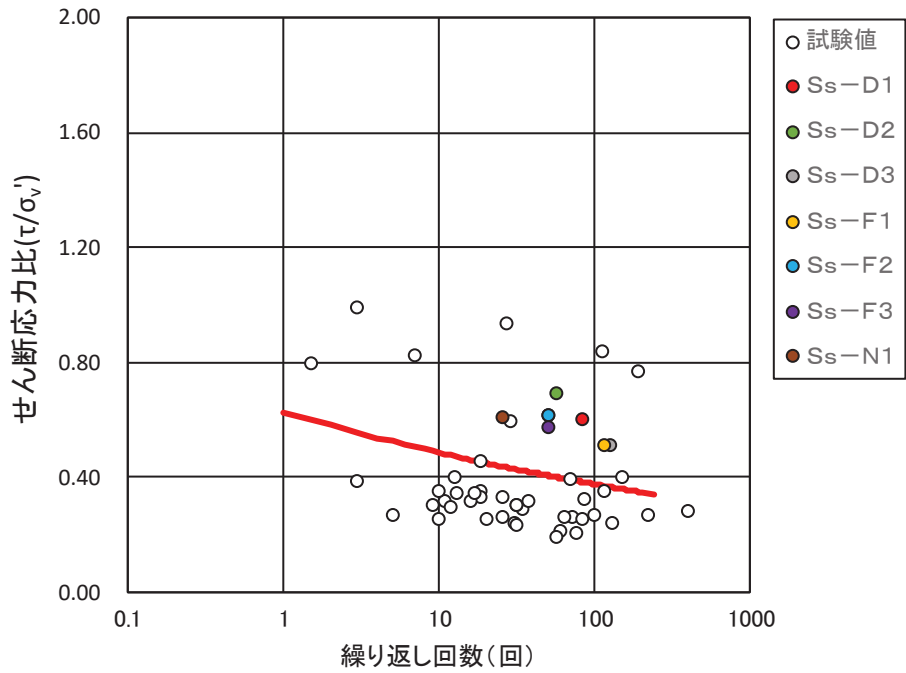
(b) 盛土

注記*：解析から得られる最大せん断力 (τ_{max}) が小さく、ほとんど破壊に寄与しないため、等価繰り返し回数の評価対象外であるが、参考としてせん断応力比を表示した。

図 4-4 累積損傷度理論に基づく評価結果 (①-4)

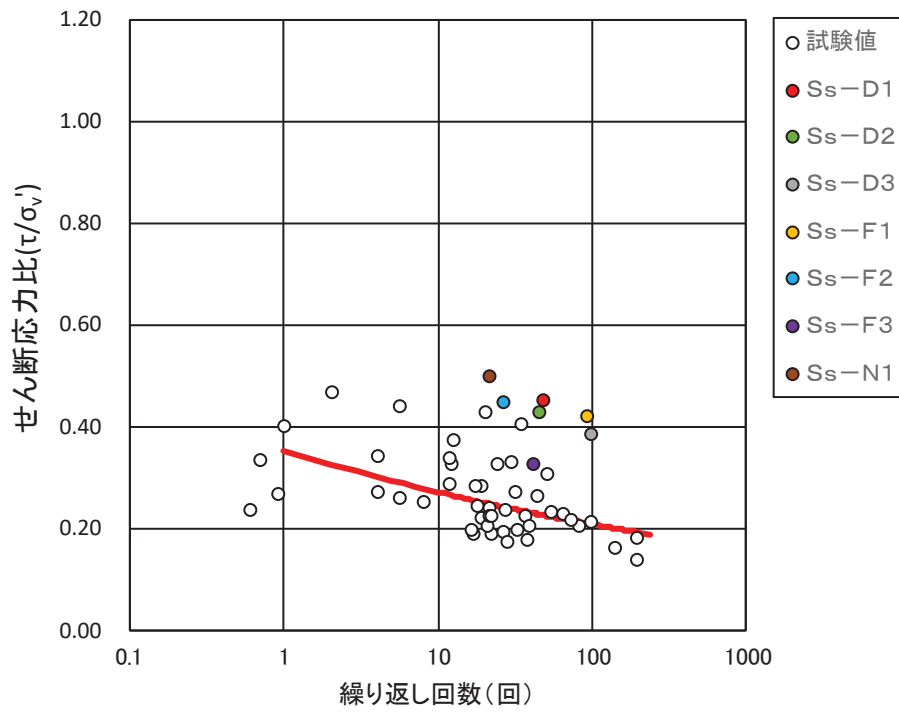


(a) 旧表土

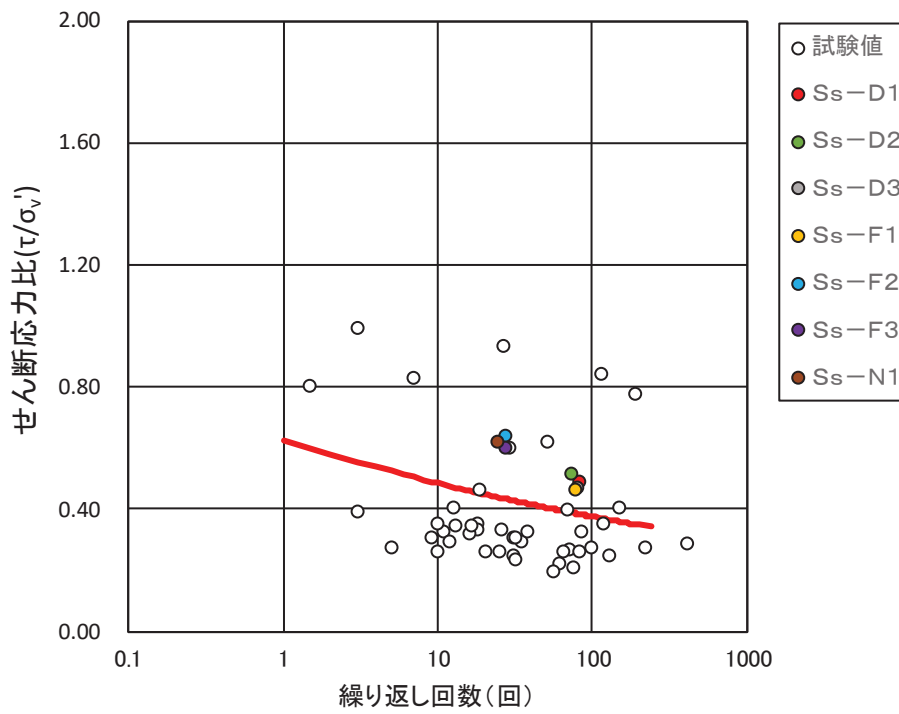


(b) 盛土

図 4-5 累積損傷度理論に基づく評価結果 (2)-1)

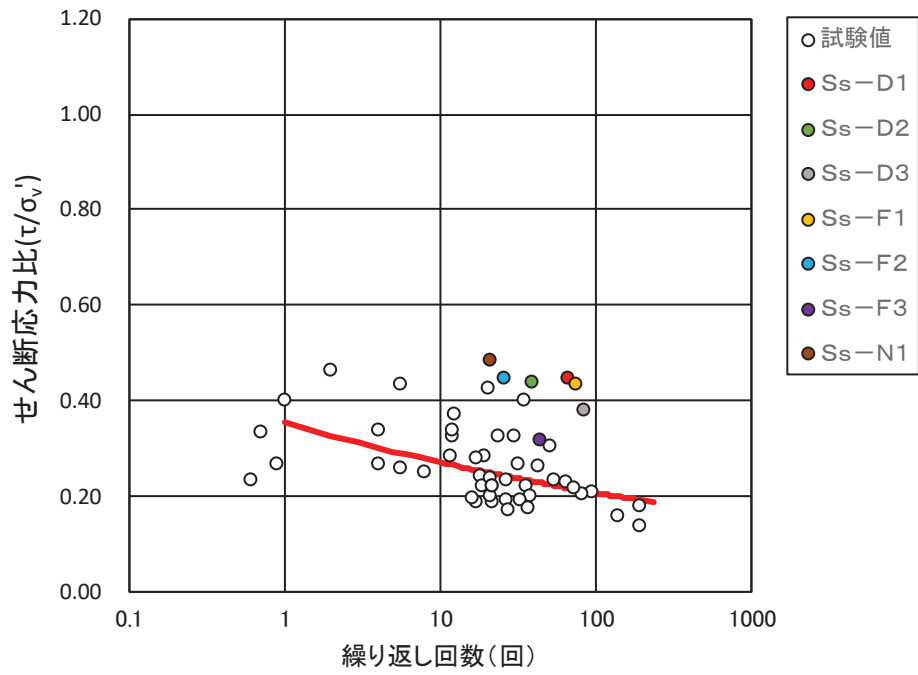


(a) 旧表土

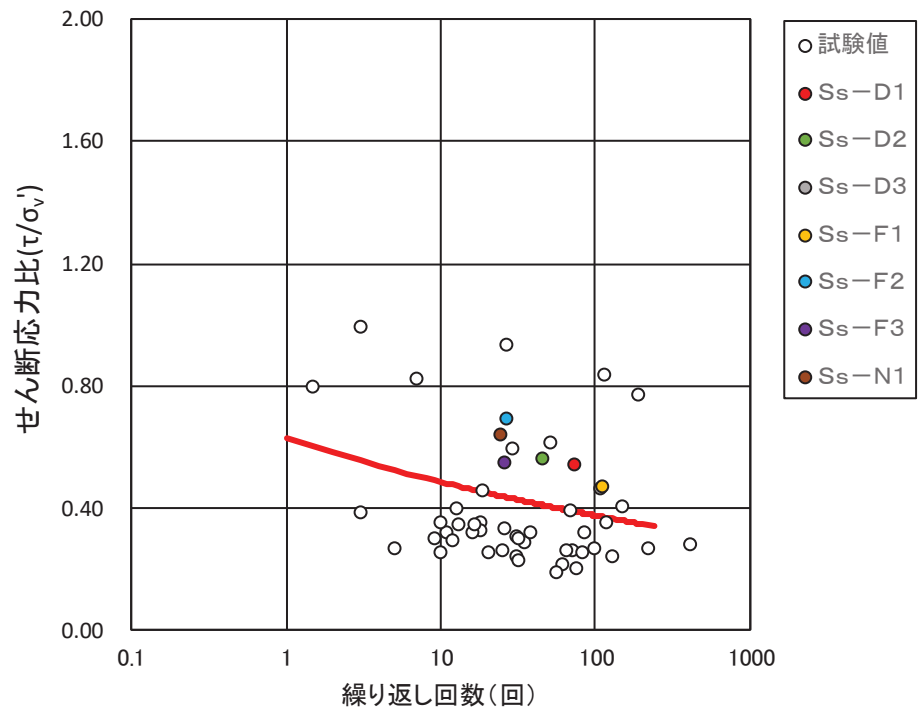


(b) 盛土

図 4-6 累積損傷度理論に基づく評価結果 (2)-2

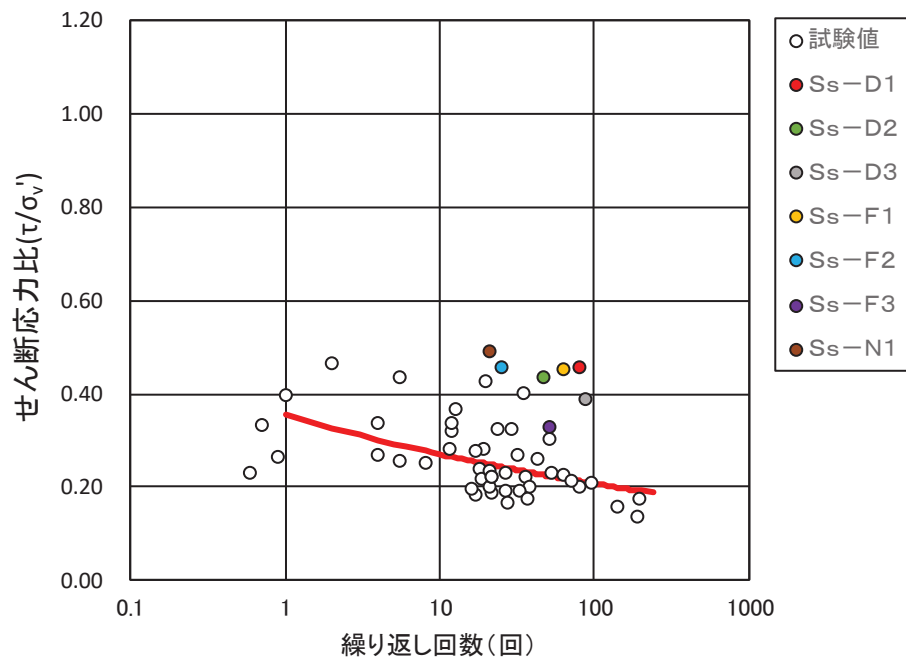


(a) 旧表土

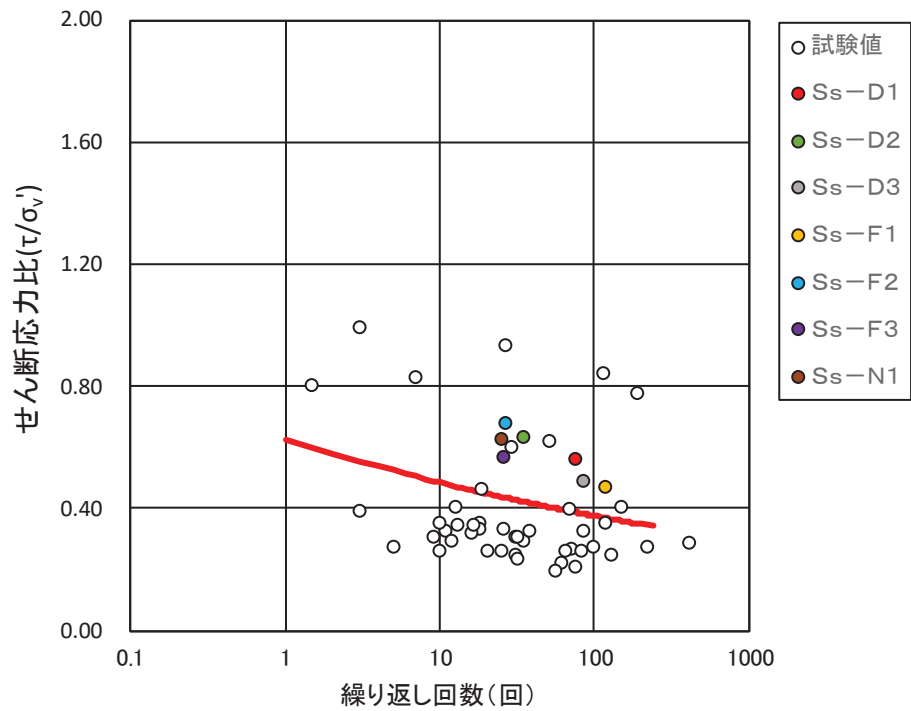


(b) 盛土

図 4-7 累積損傷度理論に基づく評価結果 (2)-3)



(a) 旧表土



(b) 盛土

図 4-8 累積損傷度理論に基づく評価結果 (2)-4)