

大型一面せん断試験による改良土・コンクリート間のせん断強さの評価

清水建設(株) 正会員 ○市川 雄太 清水建設(株) 正会員 河田 雅也
清水建設(株) 正会員 齋藤 諒平 基礎地盤コンサルタンツ(株) 非会員 宮下 和紀

1. はじめに

擁壁などのコンクリート構造物を地盤上に施工する際には滑動に対する安定性を照査する。地盤・コンクリート間のせん断強さを求めるための強度定数は、両者間のせん断強さに関する研究^{1,2)}などを参考に例えば地盤の種類ごとに定められている。一方、セメント系固化材などによる改良地盤とコンクリートのせん断強さの算定には改良地盤の強度定数を用いるなどの方法がとられるが、改良地盤・コンクリート間のせん断強さを実験的に確認した事例は少ない。本論文では、大型一面せん断試験によりセメント系固化材による改良土とコンクリートのせん断強さを測定した結果を報告する。

表 1 使用した土質

土粒子密度(g/cm ³)	2.66	
液性限界(%)	50.8	
塑性限界(%)	21.2	
塑性指数	29.6	
粒度	礫分(%)	10.6
	砂分(%)	33.8
	シルト分(%)	34.4
	粘土分(%)	21.2
細粒分含有率(%)	55.6	
土質区分	礫まじり砂質粘土 (CLS-G)	

2. 大型一面せん断試験の概要

表 1 に使用した土質の性質を示す。改良土は表 2 のように汎用性セメント系固化材ジオセツト 200 を水セメント比 100%として 140 kg/m³ 添加することにより作製した。表 3 に使用したコンクリートの配合を示す。以上の改良土・コンクリート間のせん断強さを評価するために用いた大型一面せん断試験装置の概要図と写真を図 1 に示す。この装置は下部せん断箱にコンクリート供試体、上部せん断箱に改良土を設置し、改良土上端に一定上載圧を載荷した状態で下部せん断箱に水平荷重を載荷するものである。コンクリート供試体は粗骨材の最大粒径約 20 mm を考慮して大型の 360 mm×400 mm×100 mm とし、改良土は直径 300 mm、高さ 150 mm とした。下部せん断箱にコンクリートを打設・養生後、

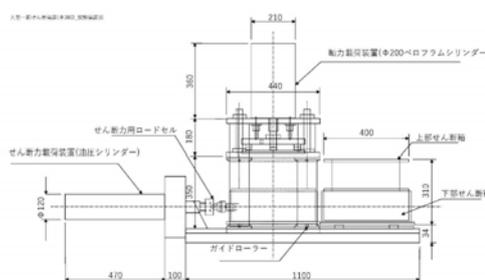
表 2 固化材の配合

固化材の名称	ジオセツト 200
固化材添加量 (kg/m ³)	140
固化材：水 (重量比)	1:1

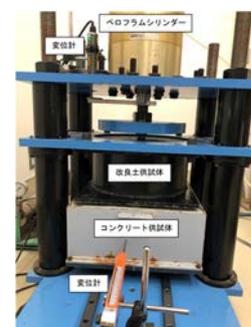
表 3 使用したコンクリート

配合 (kg/m ³)	セメント	300
	水	165
	細骨材	861
	粗骨材	976
混和材		2.100
水セメント比(%)		55.0
細骨材率(%)		47.5

コンクリート供試体は粗骨材の最大粒径約 20 mm を考慮して大型の 360 mm×400 mm×100 mm とし、改良土は直径 300 mm、高さ 150 mm とした。下部せん断箱にコンクリートを打設・養生後、コンクリートの上に内径 300 mm の供試体成型容器を設置し、その中に改良土を投入・締固めることにより供試体を作製した。一定上載圧はペロフラムシリンダーにより与え、水平荷重は油圧シリンダーによりせん断変位速度が 1.0 mm/min となるように与えた。試験は表 4 に示す A, B, C の 3 ケースで実施し、いずれのケースにおいても 3 段階に分けて上載圧を与えた。1 回目の載荷条件で試験を行った後、供試体を解体せずに連続して 2 回目、3 回目の載荷条件で試験を行った。



(a) 概要図



(b) 外観写真

図 1 大型一面せん断試験装置

表 4 上載圧条件

載荷ケース	1 回目 (kN/m ²)	2 回目 (kN/m ²)	3 回目 (kN/m ²)
A	50	100	200
B	100	200	50
C	200	100	50

試験は表 4 に示す A, B, C の 3 ケースで実施し、いずれのケースにおいても 3 段階に分けて上載圧を与えた。1 回目の載荷条件で試験を行った後、供試体を解体せずに連続して 2 回目、3 回目の載荷条件で試験を行った。

キーワード 一面せん断試験, 改良土, コンクリート, セメント系固化材

連絡先 〒104-8370 東京都中央区京橋二丁目 16 番 1 号 清水建設株式会社 土木技術本部基盤技術部

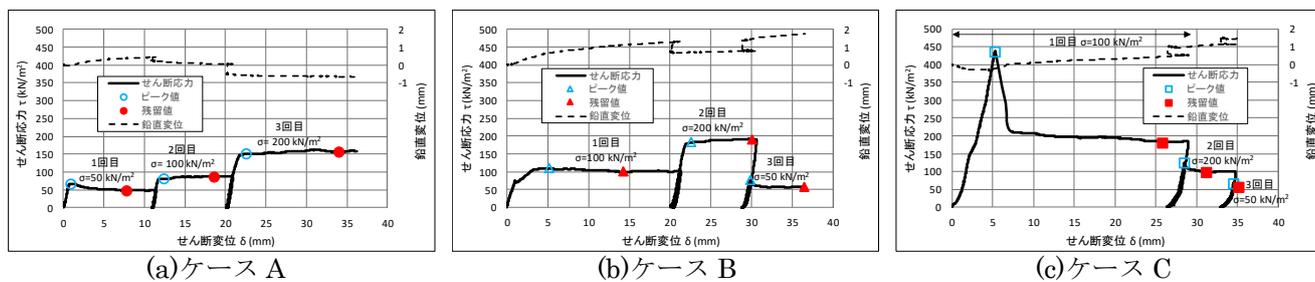


図 2 上載圧σに応じたせん断応力τとせん断変位δの関係

3. 試験結果および考察

図 2 に全ケースの試験結果を示し、図 3 に試験後の写真を示す。図 2 の鉛直変位は上向きを正としている。いずれのケースにおいてもせん断応力はピークを生じた後、残留値を示した。ケース C では上載圧 $\sigma=200 \text{ kN/m}^2$ 時のせん断応力のピーク値が非常に大きくなった。これはコンクリートと改良土の密着性のばらつきによるものと思われる。そこで強度定数を求める際はピーク時のデータを用いず残留時のデータを用いた。図 4 はせん断応力ピーク時および残留時のプロットと残留時の近似直線である。実線は A, B, C 各ケースの荷履歴のない 1 回目のデータを用いた近似直線であり、破線は各ケースの荷履歴 1, 2, 3 回目の近似直線である。近似直線から求まる強度定数を表 5 に示す。いずれも概ね等しい値であり、荷履歴の有無は結果に大きな影響を与えなかった。道路土工—擁壁工指針³⁾では摩擦係数 μ ($\tan\phi$) を最大で 0.7 (岩または礫とコンクリート) としているが、今回の摩擦係数 μ は 0.89 であり本検討で用いた試料は岩または礫と同等以上と思われる。



図 3 試験後の供試体の外観

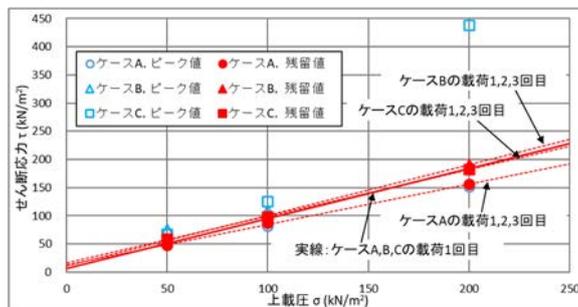


図 4 上載圧σとせん断応力τの関係

表 5 試験結果より求まる強度定数

強度定数 プロット	内部摩擦角 ϕ (度)	粘着力 c (kN/m^2)	摩擦係数 $\mu(\tan\phi)$
ケース A の 荷履歴 1,2,3 回目	35.7	13.0	0.72
ケース B の 荷履歴 1,2,3 回目	42.0	10.5	0.90
ケース C の 荷履歴 1,2,3 回目	39.7	16.1	0.83
ケース A,B,C の 荷履歴 1 回目	41.6	6.1	0.89

表 6 改良土の一軸圧縮試験の結果

供試体 No.	1	2	3	平均
一軸圧縮強度 $q_u(\text{kN/m}^2)$	3259	5064	3043	3789

表 6 は別途実施した改良土の一軸圧縮試験の結果である。非排水せん断強さは $s_u = \frac{1}{2} q_u$ (s_u : 非排水せん断強さ, q_u : 一軸圧縮強度) より $q_u = 1894 \text{ kN/m}^2$ と算出されるが、この値は表 5 に示す粘着力 c より非常に大きい。一方既往の研究^{4),5)}では改良土のせん断強さは一軸圧縮試験強度の 1/3~1/2 程度とされている。また、二木¹⁾はローム地盤とコンクリートを用いた模型実験の結果とローム地盤同士の一軸せん断試験結果を比較し、ローム同士では粘着力成分が存在するのに対し、ロームとコンクリート間には粘着力成分がほとんど認められないとしている。以上を考慮すると、今回用いた試料においては、改良土の強度定数と改良土・コンクリート間の強度定数は大きく異なると思われる。

4. まとめ

本検討では大型一面せん断試験装置によりコンクリートとセメント系固着材による改良土とのせん断強さを調査した。試験結果より確からしい摩擦係数 $\mu=0.89$ を算出できた。また、粘着力 c は改良土の一軸圧縮強度の 1/2 よりも非常に小さかった。

【参考文献】1)二木 幹夫:擁壁の滑動抵抗に関する実験研究, 日本建築学会構造系論文報告集, 第 364 号, pp.91-98, 1986.2)Morimichi Uesugi, Hideaki Kishida, Yuichiro Uchikawa:Friction Between Dry Sand and Concrete Under Monotonic and Repeated Loading, Soils and Foundations, Volume 30, Issue 1, pp.115-128, 1990.3)日本道路協会:道路土工—擁壁工指針, p.70, 2012.4)日本建築学会:建築基礎構造設計指針, p.166-167, 2019.5)川村淳, 田中博之, 玉野亮人:高圧噴射攪拌工法(ジェットクリート工法)による改良体の強度特性について その 1 実施工後に現位置から得られた供試体による一軸圧縮強度と一面せん断試験結果について, 土木学会第 65 回年次学術講演会, pp.271-272, 2010.