

東海大学 正員 稲田倍穂 東海大学 正員 赤石 勝
東海大学 学員 ○竹田敏彦 東海大学 学員 張 恵文

1. まえがき

近年になってさまざまな軟弱地盤の改良工法の研究がなされている。一般に深層混合処理された地盤は、杭的機能を有する柱状の固結土と軟弱な未処理土から成る複合地盤を形成する。このような複合地盤は、支持力およびすべりに対する抵抗の増加を期待するものであるが、その力学的性質や挙動は、かなり複雑であり、まだ未知な点が多く複合地盤としてのせん断強度特性などについては十分解明されていない状態であり、一般的な地盤とは異なった考慮、手法が必要である。

そこで本研究は、複合地盤の強度特性の基礎的研究として砂質粘土とセメントペーストの混合パイルについてせん断強度特性を明らかにするとともに混合パイルを有する砂質粘土の供試体を用いて、セメントペーストの量の変化によるせん断強度とパイルの変形について、改良型一面せん断試験機を用いて実験的に検討してみようとするものである。

2. 試料および実験方法

実験に用いた試料は、埼玉県越谷市で採取した海成粘土の練り返し試料で、試料の物理的性質は表-1に示すとおりである。混合処理材としては、普通ポルトランドセメントを水・セメント比1:2としたセメントペーストを用いた。

実験(1): 複合供試体のせん断試験: 加水して十分練り返した粘土試料を標準圧密試験機に詰め、圧密荷重 $P=0.1, 0.2, 0.4, 0.8, 1.6, 2.4, 3.2 \text{ kg/cm}^2$ で4日間圧密した。圧密終了後、直径2cmの金属円筒によって試料中心を穿孔し、粘土とセメントペーストを4種類の重量比(セメント/粘土=1/32, 1/16, 1/8, 1/4)で混合し、再び孔に充填した。この供試体に再び同一の圧密荷重を載荷し、一週間水中養生して図-1に示すような形状の複合供試体を作成した。この供試体を改良型一面せん断試験機にセットして、圧密荷重 P と同じ垂直応力 σ_v を加え、約24時間放置した後、せん断速度 0.5 mm/min で等体積せん断を行った。

実験(2): パイル単体のせん断試験: 実験(1)の複合供試体のパイル部分と同一重量比をもつ供試体を同じ要領で作成し、パイル単独の等体積せん断を実施した。

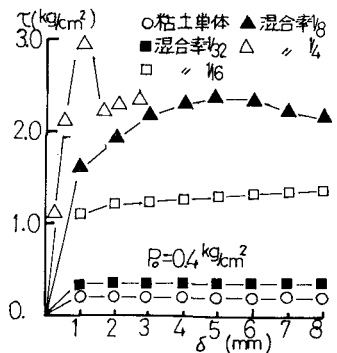
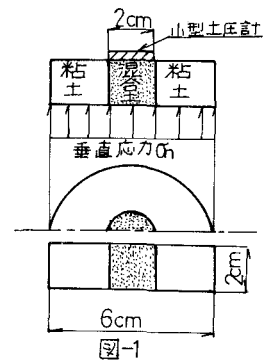
実験(3): 粘土単体のせん断試験: 粘土単独の供試体についても、実験(1)と同じ圧密荷重 P で4日間圧密後、等体積せん断を実施した。

3. 実験結果および考察

図-2は、実験(2)と(3)から $P=0.4 \text{ kg/cm}^2$ で圧密した試料の等体積せん断試験結果である。セメントペーストの混合率の大きなものほど大き

表-1 試料土の物理的性質

G_s	$W_L\%$	I_p	$Liq.$
2.68	44.89	17.96	5.83%
粒度	Clay	Silt	Sand
	14.0%	35.4%	50.6%
ϕ'	ϕ_{cu}		
35.2°	22.1°		



なせん断強さが得られることを図-2(a)は、示している。また図-2(b)は、等体積せん断におけるベクトルカーブである。セメントペーストの大きな試料の場合ほどベクトルカーブは鉛直に立ち上る。混合率 $1/6$, $1/8$, $1/4$ では、せん断中に發揮されるダイレイタンスは負から正に変化しており、正規圧密粘土であるにもかかわらずセメントペーストの混合によってせん断時に過圧密粘土と類似の挙動を示している。

図-3(a)は、セメントペースト混合前の粘土試料の圧密圧力 P_0 と混合・養生後の最大せん断強さ τ_c の関係を示したものである。混合率の大きな $\tau_c \sim P_0$ 関係程上位に位置している。また混合率が変化しても τ_c と P_0 は、直線関係を示しそれらは互にはば平行である。そこで図-3(a)から $P_0 = 0$ のせん断強さ τ_0 を求め、混合率との関係を示したのが図-3(b)である。これらの関係からセメントペースト混合土の強度増加量は、比較的簡単に予測できそうである。

$$\tau_c = \tau_0 + P_0 \tan(\alpha \cdot \phi_{cu}) \text{ --- (1)}$$

ここで τ_0 は、図-3(a)から求めた $P_0 = 0$ のせん断強さ。 α は、割増し係数。 P_0 は圧密圧力である。混合土の実験における $P_0 < 3.2 \text{ kg/cm}^2$ の範囲では、割増し係数 α が $1.3 \sim 1.4$ であった。しかし、混合率が大きくなり圧密圧力が高くなると直線に近似できず ϕ_{cu} は小さくなる。

図-4(a)は、実験(1)の複合供試体の等体積せん断試験から図-3(a)の混合土の τ_c と同様に整理したものである。複合供試体の場合も混合率の大きなパイルを有するものほど、 $\tau_c \sim P_0$ 関係が上位に位置している。また、パイルの混合率が変化しても τ_c と P_0 は、直線関係を示しそれらは互にはば平行である。そこで τ_0 を求め混合率との関係を示したのが図-4(b)である。複合供試体の割増し係数 α は $1.1 \sim 1.3$ であった。

4. まとめ

本実験で用いた試料では、混合土について混合率が大きくなると ϕ_{cu} と粘着力は増加する。しかし混合率が非常に大きくなると粘土とは異なった脆性材の挙動を示し、混合率 $1/4$ 以上になると当試験機ではせん断不可能となった。しかし混合率の増加と圧密圧力の増加は、強度パラメーター C と ϕ を増加させる。また(1)式を用いることによって、粘土の ϕ_{cu} を測定しておけば、小さな範囲の割増し係数で比較的簡単に混合土および複合土(複合供試体)の τ_c の予測を可能にする。この実験での τ_0 , ϕ_{cu} , α の関係を表-2に示しておいた。

表-2 混合土と複合土の強度定数および割増し係数

混合率	混合土			複合土		
	$\tau_0 (\text{kg/cm}^2)$	$\phi_{cu} (^\circ)$	α	$\tau_0 (\text{kg/cm}^2)$	$\phi_{cu} (^\circ)$	α
粘土	0.	22.1°		0.	22.1°	
1/32	0.26	29.4°	1.3	0.14	24.2°	1.1
1/16	1.10	29.4°	1.3	0.14	27.1°	1.2
1/8	2.04	30.7°	1.4	0.28	25.3°	1.1
1/4	3.30	28.8°	1.3	0.33	29.0°	1.3

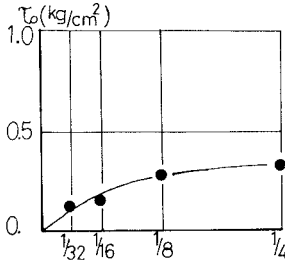


図-4(b) 複合供試体の $\tau_c \sim P_0$ 関係

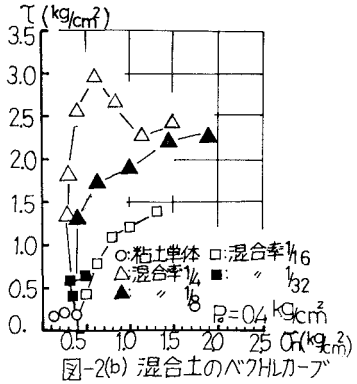


図-2(b) 混合土のベクトルカーブ

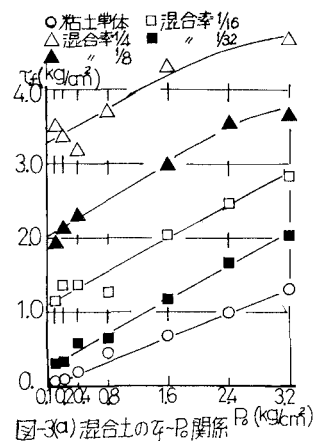


図-3(a) 混合土の $\tau_c \sim P_0$ 関係

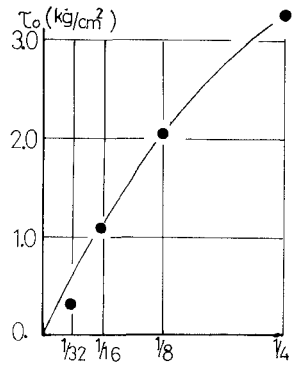


図-3(b) 混合土の $\tau_0 \sim$ 混合率

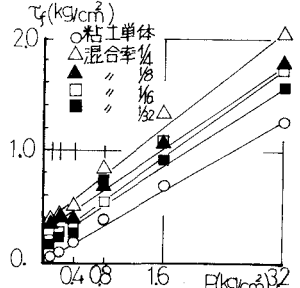


図-4(a) 複合供試体の $\tau_c \sim P_0$ 関係