

株 大林組技術研究所	正員 須藤 賢
同 上	正員 西林 清茂
同 上	松尾 龍之
同 上	正員 細谷 芳巳

1. まえがき

軟弱地盤改良工法として軟弱粘性土地盤にセメントミルク等を注入攪拌混合して、地盤中に混合固結土柱を造成し、複合地盤としての働きを期待する深層混合工法がある。しかし、そのような複合地盤としての力学的性質については、まだ未解明な点が多い。

本稿は、複合地盤の力学的性質を調べる基礎的な研究として、破壊ひずみ(圧縮ひずみ ϵ_f)や応力-ひずみ曲線の異なる粘性土と混合固結土柱(パイル)とを組み合わせた複合土を作製し、混合固結土の置換率、混合固結土と粘性土との強度比および側圧の変化について一軸圧縮試験、三軸圧縮試験により複合土の圧縮強度特性を検討したものである。

2. 試料および複合土供試体

使用した試料は千葉県佐倉市白井で採取した沖積粘性土である。その物理的性質を表-1に示す。粘性土試料は、含水比100%の調整試料を圧密荷重1.0 kgf/cm²で再圧密したものである。パイル試料は含水比100%の調整試料に、セメント、水、着色剤を加え十分に混合した後モールドに入れ、ビニール袋に密封し、温度20℃、湿度90%の養生室で7日間養生をおこなった。複合土供試体は表-2に示す寸法に、養生後成形したパイルを粘性土にドリルであげた孔の中に入れ作製した。複合土のパイルと粘性土($q_u \approx 0.5 \text{ kgf/cm}^2$)との強度比は、約2.5倍、5倍、7.5倍、10倍の4ケースである。

3. 実験方法

一軸圧縮試験は、軸圧縮速度1%/min、三軸圧縮試験は、UUU試験で、軸圧縮速度1%/min、側圧は、0.5, 1.0, 2.0, 4.0 kgf/cm²の4通りである。

4. 結果および考察

図-1は一軸圧縮試験の $\sigma - \epsilon$ 曲線、図-2は三軸圧縮試験(UUU)の $\sigma_3 = 4 \text{ kgf/cm}^2$ の($\sigma_1 - \sigma_3$) $- \epsilon$ 曲線を示したものである。粘性土とパイルの破壊性状は異なっており、複合土は、置換率が小さいと粘性土の性状に近く、大きくなるとパイルに近い性状を示していく。一軸圧縮では、パイル破壊後の応力減少が著しいが、三軸圧縮では、側圧の影響により破壊後の応力減少は少なく、残留強度も高い傾向にある。

表-1 物理的性質

試験項目		白井粘性土
比重		2.66
液性限界 W_L	9.10%	
塑性限界 W_p	4.01%	
塑性指数 I_p	5.09%	
粒度		0%
砂	2 mm ~ 0.42 mm 0.42 mm ~ 0.074 mm	0.3%
粘土	0.074 mm ~ 0.005 mm 0.005 mm以下	1.9% 7.2% 7.06%
泥炭	0.001 mm以下	1.00%

表-2 供試体寸法

供試体 断面積:A	パイル		粘性土 断面積: A_c (cm ²)	置換率 A_p/A (%)
	直径 ϕ (cm)	断面積 I_p (cm ²)		
19.63 cm ²	0	0	19.63	0
	1	0.79	18.84	4
	2	3.14	16.49	16
	3	7.07	12.56	36
	4	12.57	7.07	64
	5	19.63	0	100

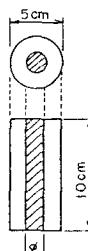
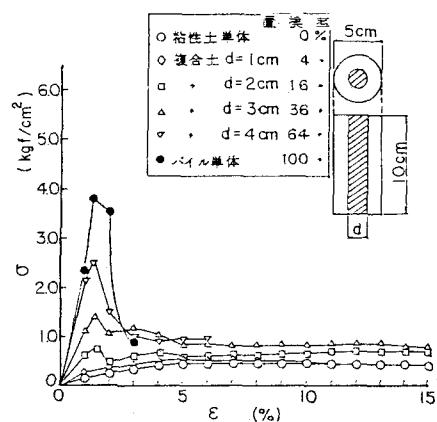



図-1 一軸圧縮試験結果($\sigma - \epsilon$)

図-3は、 $\epsilon_f \sim Ap/A$ の関係を、強度比をパラメーターとして示したものである。複合土の ϵ_f は置換率によって変化し、置換率が小さければ粘性土の ϵ_f に近く、大きければパイルの ϵ_f に近くなる。また、強度比によっても複合土の ϵ_f は変化し、強度比の大きいものほど小さい置換率でパイルの ϵ_f に近づく。このことは、粘性土とパイルが一体となって挙動する置換率、強度比があるものと考えられる。

図-4は、 $\epsilon_f - Ap/A$ との関係を、強度比約5倍のものについて側圧をパラメーターにして示したものである。複合土の ϵ_f は上述したように置換率により変化するが、側圧の変化にはあまり左右されないようである。

図-5は、一軸圧縮強さ(q_u)と置換率の関係、図-6は最大主応力差と置換率($\sigma_3 = 4 \text{ kgf/cm}^2$)を強度比をパラメーターとして示したものである。複合土の強度は、当然のことながら置換率と強度比が大きくなるほど増加する。しかしその強度は、パイルおよび粘性土の最大強度を足し合わせた値(図中実線)とはならず、その値よりも小さくなる。その傾向も置換率により若干異なっている。すなわち、複合土の強度は、図-3と図-5の両者からわかるように、複合土の ϵ_f がパイルの ϵ_f に近い置換率では、パイル破壊強度とその時のひずみ量に相当する粘性土の強度を足し合わせた値(図中点線)に近い。しかし、複合土の ϵ_f がパイルの ϵ_f より大きくなるにつれて(粘性土の影響が強くなり、粘性土の ϵ_f に近づく)，複合土の強度は点線より大きくなり、粘性土とパイル両者の最大強度を足し合わせた値に近づく。

5. あとがき

複合地盤の力学的特性を調べる基礎的な研究として、一軸圧縮試験、三軸圧縮試験により、置換率、強度比の変化について複合土の圧縮強度特性の検討を行なったが、まだ、多くの問題が残されている。今後、更に、複合地盤の大型模型実験により検討を進めていきたいと考えている。

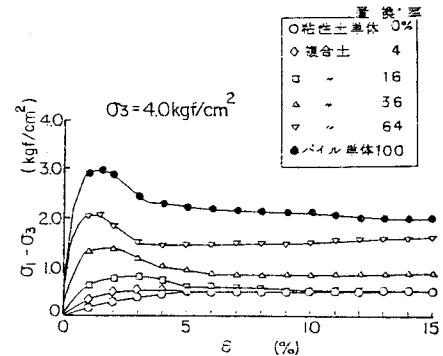


図-2 三軸圧縮試験結果 ($\sigma_1 - \sigma_3$) - ϵ

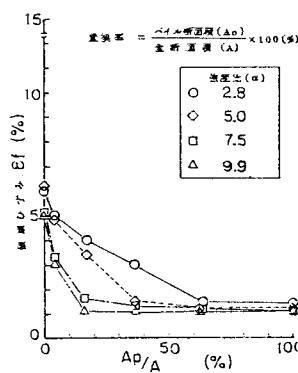


図-3 $\epsilon_f - Ap/A$ の関係

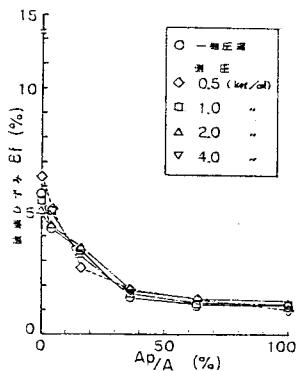


図-4 $\epsilon_f - Ap/A$ の関係

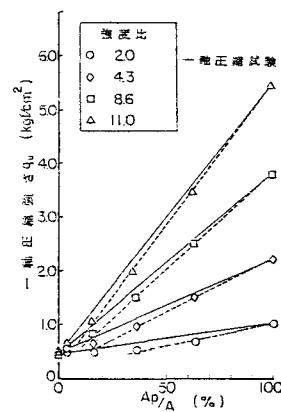


図-5 $q_u - Ap/A$ の関係

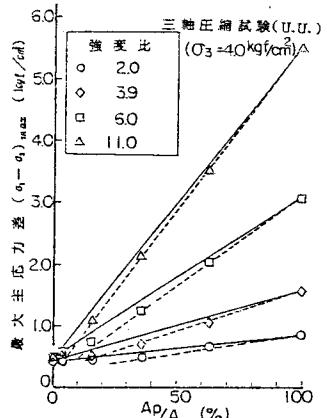


図-6 $(\sigma_1 - \sigma_3) - Ap/A$ の関係