

東海大学工学部 正員 森田 定市
 東海大学工学部 正員 稲田 信徳
 東海大学大学院 学员 ○張 惠文

1. まえがき

深層混合地盤処理工法の目的は、軟弱な粘性土を柱状または全面的に混合処理してその強度特性および圧縮性を改善して、地盤の支持力を向上し、沈下を低減することである。ここでは、軟弱粘性土をセメントで混合処理し、一連の三軸圧密および標準圧密試験を行った結果に基づいて、混合処理による軟弱粘性土の圧縮特性の変化を検討した。

2. 試料および実験方法

実験に用いた試料は千葉県相模市地下5m付近より採取した沖積粘土の420μmフルイ通過分で、その性質は表-1に示すとおりである。また、安定処理のための混合材としては普通ポルトランドセメントを使った。

試料を液性限界以上の含水量で練返した後、モールドに詰め、所定の圧力 $P=0.1\text{kgf/cm}^2$ で圧密する。圧密した粘土試料をセメントペースト(水/セメント=1/2, 重量比)と所定の重量混合率(セメントペースト/粘土試料) $R=3.1, 6.3, 12.5\%$ でソイルミキサーにて10分間混合した。混合した試料を二つ割型モールドに詰め、直径5cm, 高さ10cmの円柱形供試体に成形して1週間水中養生した後、三軸圧縮試験機にセットし、つぎの実験を行った。

表-1 試料の物理的性質

比重	2.61	
液性限界	103%	
塑性限界	50%	
塑性指数	53	
粒度組成	砂分	16%
	シルト分	51%
	粘土分	33%

(a) 等方圧密試験 供試体を 0.2kgf/cm^2 の圧力で予圧密した後、1日ごとに等方圧密圧力 $\sigma_m=0.5, 1.0, 2.0, 3.0\text{kgf/cm}^2$ の4段階に変えて、放射状排水で圧密試験を行った。

(b) 異方圧密試験 主応力比 $K=\sigma_3/\sigma_1=0.8, 0.6, 0.4$ の条件についてはまず平均主応力 $\sigma_m=0.2\text{kgf/cm}^2$ で予圧密した後、1日ごとに $\sigma_m=0.5, 1.0, 2.0, 3.0\text{kgf/cm}^2$ の4段階に変えて圧密試験を行った。

試料を飽和させるためには、 $U_0=1.0\text{kgf/cm}^2$ のバックプレッシャーを作用させた。

また、標準圧密試験機を用いて、下記の要領で実験を行った。

(c) 標準圧密試験 前述したのと同じ粘土試料を同じ要領で練返し、標準圧密試験機に詰め、 0.1kgf/cm^2 の圧力で4日間予圧密する。予圧密した試料に前述したセメントペーストを加え、所定の混合率 R で十分混合した後、再び圧密試験機に詰め、1週間水中養生した。この方法で作成した供試体を用いて標準圧密試験を行った。

3. 実験結果および考察

3.1 混合土の体積ひずみ

図-1は混合率を変化させた等方圧密試験から求めた体積ひずみ ϵ_v と平均有効主応力 σ_m との関係を示す。 $R=0$ から 12.5% までの体積ひずみの変化をみると、 R が増加するにつれ、曲線全体の勾配がゆるくなって ϵ_v が減少し、セメントの混合による改良効果が見られる。つまり低い混合率では粘土($R=0$)に近い性質を示し、高い混合率になるにしたがってセメントの固結力が增大するため、混合土の圧縮性が小さくなって過圧密土と似た性質を示してくる。しかし、高い混合率のものでも σ_m が増加するにつれ、 $\epsilon_v \sim \log \sigma_m$ 曲線の勾配が変化する。

混合土の $\epsilon_v \sim \log \sigma_m$ 曲線の変曲点以後の直線部分の勾配を i_c とすると、図-2は

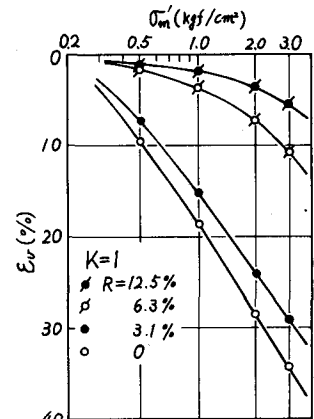


図-1 等方圧密の $\epsilon_v \sim \log \sigma_m$

示すように i_c は混合率 R の増加によって減少する。これは混合処理による先行圧密効果を失った後の圧縮性の低下が R に依存することを示している。

稀田らによれば、草加粘土の異方圧密試験では主応力比 K によらず、図-3に示されるように $e \sim \log \sigma'_m$ 曲線の直線性が認められている。混合土については、主応力比 K をパラメータとした $E_v \sim \log \sigma'_m$ 関係の一例 ($R=6.3\%$) を示すと図-4の関係がある。図によるといづれの関係をみても土にみられる $e \sim \log P$ 関係と同様のある変曲点以後次第に直線に移行し平行になる関係が得られており、変曲点を示す平均有効主応力は主応力比 K が減少するにつれ急激に低下している。主応力比 K の減少は平均有効主応力に対する主応力差の増加を意味するから、 $E_v \sim \log \sigma'_m$ 曲線の変曲点を示す平均有効主応力の低下はせん断力の増加とともにセメントの固結力による先行圧密効果が失われ、より混合率の低い混合土の性質に近づくことを示している。

3.2 セメントの混合による沈下の低減効果

標準圧密試験より得られた粘土 ($R=0$) および混合土 ($R=3.1, 6.3\%$) の体積圧縮係数 m_v を平均圧密圧力 \bar{P} に対してプロットしたのが図-5である。粘土 ($R=0$) の $\log m_v \sim \log \bar{P}$ 曲線は図-5中の白丸で示され、平均圧密圧力 $\bar{P}=0.2 \text{ kgf/cm}^2$ 付近に変曲点が見ゆれ、それ以上の \bar{P} の範囲ではほぼ直線となっている。セメントを混合した土の $\log m_v \sim \log \bar{P}$ 曲線では混合率 R が大きくなるほど変曲点を示す荷重を増して $R=0$ の曲線と離れ、小さい体積圧縮係数を示している。とくに平均圧密圧力が小さい段階におけるセメント混合による体積圧縮係数の減少効果は大きく、土の圧縮性の改良はセメントの混合が効果的であることを示している。

セメントの混合による粘性土地盤の沈下低減効果を示すため、沈下低減率 R_s をつぎのように定義する。

$$R_s = \frac{S_0 - S}{S_0} \times 100 (\%) \quad \text{----- (1)}$$

ここで、 S_0 は粘土 ($R=0$) の沈下量、 S は混合土の沈下量である。この定義に基づき標準圧密試験結果を整理し得られた結果を混合率 R に対してプロットすると、図-6のようになる。図によれば、 12.8 kgf/cm^2 以下の圧密圧力に対して、セメントの混合率が10%以上の場合、混合土の沈下低減率は約90%以上である。セメント混合率が10%以下の場合、混合率 R に比例して低減率 R_s が上昇するが、 R_s の大きさは圧密圧力 P に依存し、 P が小さいほど低減率は大きい。

4. 結論

セメントの混合処理による軟弱粘性土の圧縮特性の改善に関して、つぎの結論を得た。(1)セメントの混合によって土の圧縮性は減少し、沈下低減効果が期待できる。(2)セメント混合土は過圧密土に近い土性を示し、セメントの固結力により先行圧密効果が得られる。(3)先行圧密効果を示す固結力を起えない荷重の範囲では、混合処理による改良効果が期待できるが、より高い荷重重では改良効果が次第に失われゆく。

参考文献：1) 稀田・赤石・外崎・寒河江；正規圧密粘土の強度増加率，東海大学工学部紀要，1978-2，pp.129-142

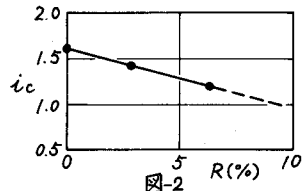


図-2

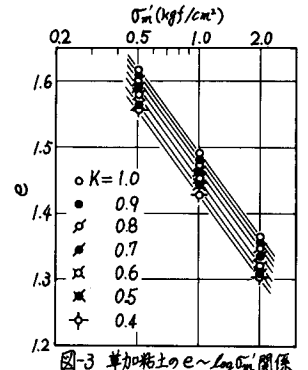


図-3 草加粘土の $e \sim \log \sigma'_m$ 関係

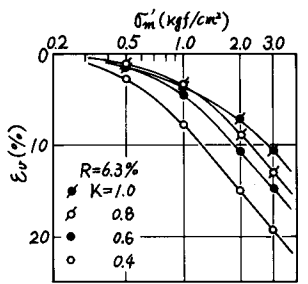


図-4 異方圧密による $E_v \sim \log \sigma'_m$

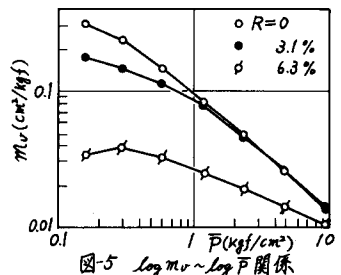


図-5 $\log m_v \sim \log \bar{P}$ 関係

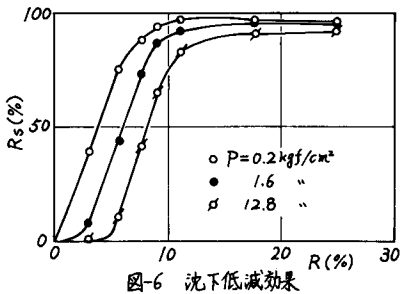


図-6 沈下低減効果