

関西地方の洪積粘土の圧縮特性に関する一考察

北海道大学大学院 学生会員 ○李 徳建
 北海道大学大学院 正会員 澁谷 啓
 北海道大学大学院 フェロー会員 三田地利之
 北海道大学大学院 大学院生 増島 賢児

1. はじめに 大阪湾海底地盤では、室内圧密試験結果から埋立荷重に対して十分な過圧密性を有している、Ma11層以深の洪積層においても、沈下の発生が認められる¹⁾。このことから、二次圧縮ではなくて、洪積粘土の一次圧密段階の圧縮特性を検討する必要がある。本稿では大阪湾粘土(Ma11層)及び京都(洛西)粘土(Ma4層)試料を用いた三軸圧縮試験結果から洪積粘土の圧縮特性について考察する。

2. 実験の概要 本研究では、ベンダー要素(BE)を装着した三軸試験装置²⁾を用いて、2種類の洪積粘土(Ma11、Ma4)の乱さない試料と再構成試料(R試料)を用いた圧密非排水せん断試験を実施した。標準圧密試験より求めた過圧密比OCRはK3-14試料では4.0であり、TT54では約1.2であった(表1参照)。したがって、乱さない京都粘土K3-14(Ma4)

試料に関しては、原地盤の K_0 値を1.0と仮定して、 $K_c=1$ (等方)で再圧縮した。また、乱さない大阪湾粘土試料TT54(Ma11)は $K_c=0.5$ で再圧縮し、再構成試料については K_0 圧密した。各試験の圧密中とせん断中のそれぞれにおいて、本研究室で開発された弾性波速度測定システム³⁾を利用して、せん断弾性波速度 v_s を適宜測定し、供試体の湿潤密度 ρ_t と v_s から(1)式でせん断弾性係数 G を算出した。

$$G = \rho_t v_s^2 \quad (1)$$

試料のプロパティ及び試験条件を表1にまとめている。

3. 実験結果 大阪湾粘土試料の有効応力経路及び応力～ひずみ関係を図1に示す。図中において、偏差応力 $q = \sigma_1' - \sigma_3'$ 、平均有効応力 $p' = (\sigma_1' + 2\sigma_3')/3$ であ

表1 試料のプロパティ及び試験条件

項目	単位	京都(洛西)粘土(Ma4)		大阪湾粘土(Ma11)	
		K3-14	K23R	TT54	TT54R
採取深度	m	23.0~23.8	20.9~25.0	96.6~97.6	96.6~97.6
土粒子の密度 ρ_s	g/cm ³	2.75	2.73	2.72	2.70
液性限界 W_L	%	107.7	109.5	78.5	85.2
塑性限界 W_P	%	33.7	32.7	29.1	27.1
塑性指数 I_P		74	77	49	58
粘土分	%	75	—	—	—
初期含水比 W_n	%	57.4	84.5	50.9	66.2
有効土かぶり圧	kPa	200	—	660	—
圧密時軸応力増加率	kPa/min	0.1	0.1、-0.1	0.1	0.1、-0.1
最終圧密圧力 σ_{vc}	kPa	200	120	660	480
過圧密比OCR		4	—	1.2	—
圧密方法		$K_c=1$	K_0	$K_c=0.5$	K_0
せん断軸ひずみ速度	%/min	0.02	0.02	0.02	0.02
Bender測定		試験中	圧密中	試験中	試験中

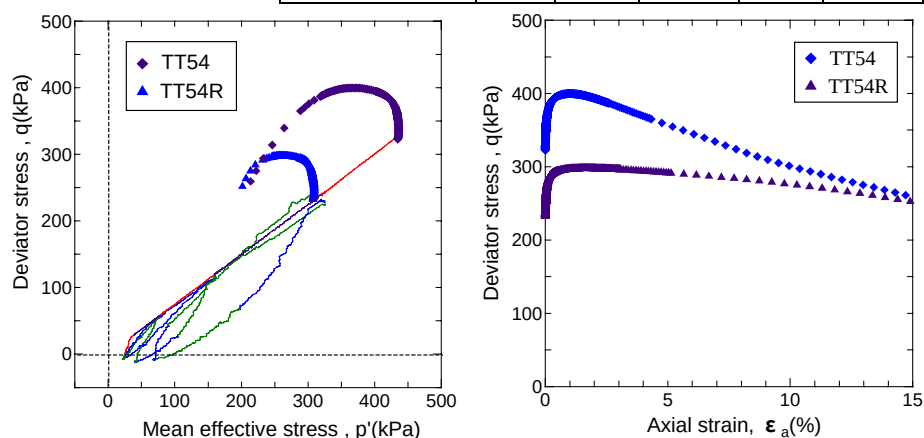


図1 大阪湾粘土試料の有効応力経路及び応力～ひずみ関係係

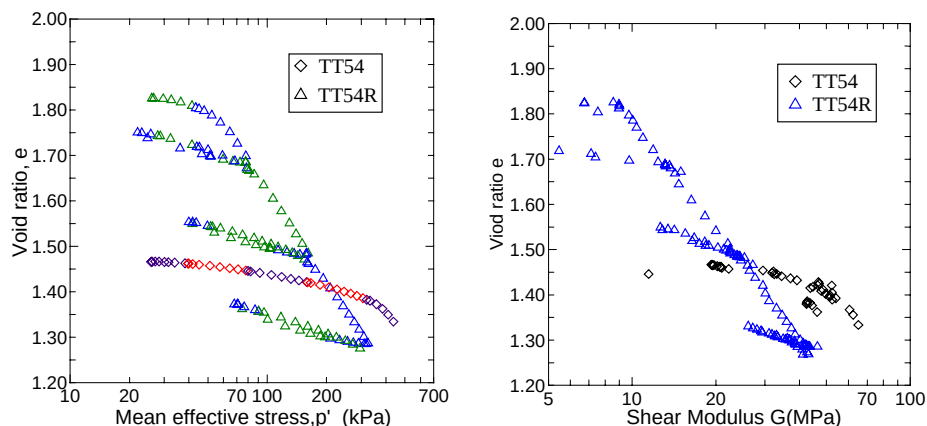


図2 大阪湾粘土試料圧密時の $e \sim \ln p'$ 及び $e \sim \ln G$ 関係

キーワード 洪積粘土、圧縮特性、せん断弾性係数

連絡先 〒060-8628 北海道札幌市北区北13条西8丁目 北海道大学大学院工学研究科地盤工学講座 TEL:011-706-6194

る。圧密時の $e \sim \ln p'$ 及び $e \sim \ln G$ 関係を図 2 に示す。京都(洛西)粘土試料の実験結果は紙面の都合上割愛する。

4. 考察 粘性土の圧縮特性を考察する場合、地盤の沈下量が推測できる体積圧縮係数 m_v が重要であると考えられる。鉛直有効応力と平均有効応力で体積圧縮係数を定義すると、それぞれ (2)、(3) 式のように表される。

$$m_v = \frac{\Delta \varepsilon_a}{\Delta \sigma'_v} \quad (2)$$

$$m_v = \frac{\Delta \varepsilon_{vol}}{\Delta p'} \quad (3)$$

ここで、 ε_a は軸ひずみ、 ε_{vol} は体積ひずみである。図 3、図 4 中の σ'_{v0} 、 p_0 はそれぞれ室内三軸試験における原位置の土被りまで再圧密した状態での鉛直有効応力、平均有効応力である。図 3、図 4 からわかるように、体積圧縮係数 m_v (1/kPa) は $10^{-4} \sim 10^{-5}$ オーダーの値をとる。

一方、供試体を等方弾性体として、弾性理論を(3)式に適用すると、

$$\frac{1}{m_v} = \frac{E}{3(1-2\nu')} \quad (4)$$

$$G = \frac{E}{2(1+\nu')} \quad (5)$$

上の 2 式から E を消去し、ポアソン比 $\nu' = 0.2$ を仮定すれば⁴⁾、 m_v と G の関係が(6)式ようになる。

$$\frac{1}{m_v} = \frac{2(1+\nu')}{3(1-2\nu')} G = \frac{4}{3} G \quad (6)$$

ベンダー要素で測定されたひ

ずみレベル 0.0001% に対応するせん断弾性係数 G を用いて(6)式から求めた m_v の値を算出し、図 4 に示した。図 4 から次の知見が得られる：①(6)式から求めた m_v は(3)式から求めた m_v よりも 1 オーダー近く値が小さい。これは(3)式の $\Delta \varepsilon_{vol}$ 項には非弾性成分を含むことと試験中のベディングエラー⁵⁾の影響によるものと考えられる。②原位置の土被り圧以下では m_v はほぼ一定である。

5. まとめ 2 種類の洪積粘土の体積圧縮係数 m_v を求めた。乱さない粘土試料の供試体を原位置の有効土被り圧まで圧密したとき、 m_v はそれぞれの粘土でほぼ一定の値を示した。一方、圧密時にベンダー要素を用いて測定したせん断弾性波速度から求めたせん断弾性係数 G に基づいて算定した m_v も同様な傾向およびより小さい値を示した。

謝辞： 本研究で用いた自然粘土の乱さない試料は運輸省港湾技術研究所(現独立行政法人港湾空港技術研究所)地盤調査研究室(田中洋行室長)から提供を受けた。ここに記して感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 大阪地盤編集委員会(1978):大阪地盤一特に洪積層の研究と応用一, 土質工学会。
- 2) 黄 聖春・三田地利之・澁谷 啓・館市弘達(1998):微小ひずみレベルから破壊に至るまでの乱さない粘土の変形と非排水強度特性, 土木学会論文集, No.589/III-42, pp.305~319。
- 3) 川口貴之・三田地利之・澁谷 啓・佐野侑房(2001):室内ベンダーエレメント試験によるせん断弾性係数 G の評価, 土木学会論文集, No.694/III-57, pp.195~207。
- 4) 川口貴之・古道知広・三田地利之・澁谷 啓・佐野侑房(2001):粘性土の小ひずみ域における各種変形係数の測定およびその評価, 第 36 回地盤工学研究発表会(徳島), pp.273~274。
- 5) 龍岡文夫・木幡行宏(1994):ベディングエラー, 土と基礎, Vol.42, No.9, pp53~55。

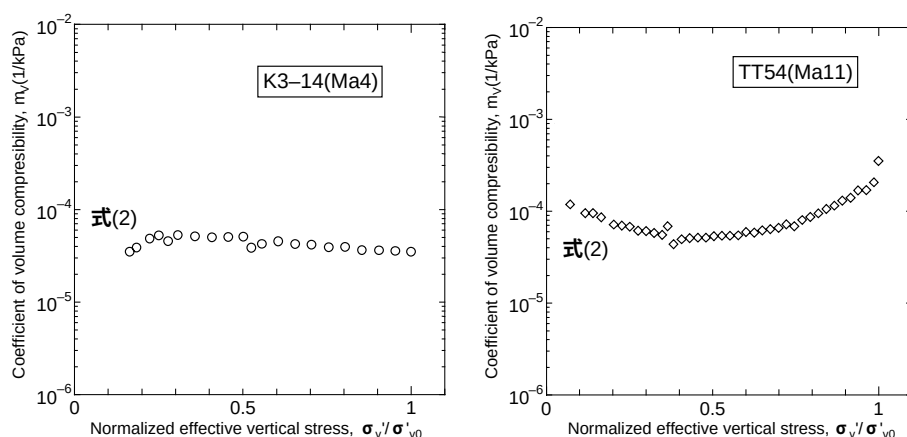


図 3 体積圧縮係数と正規化した有効鉛直応力の関係

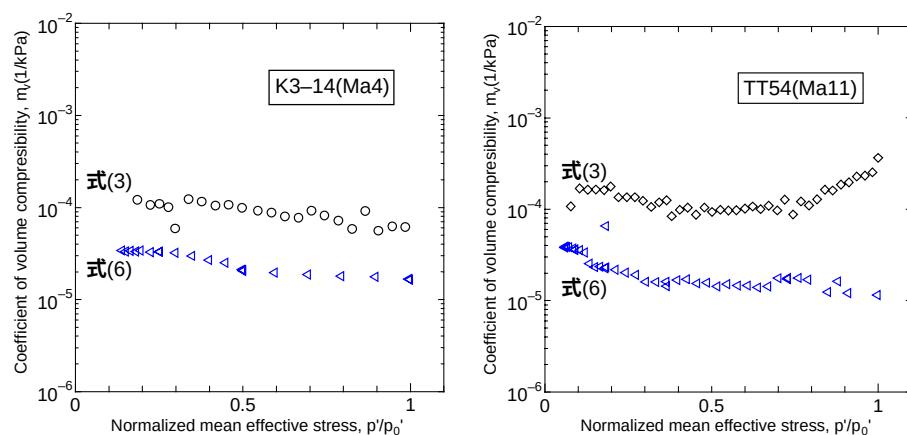


図 4 体積圧縮係数と正規化した平均有効応力の関係