

大阪湾洪積粘土の応力緩和実験とその評価(その2)

応用地質(株) 正会員 ○大向 直樹, 利藤 房男
(独)港湾空港技術研究所 正会員 田中 洋行

1. はじめに

大阪湾洪積粘土は,セメンテーションや年代効果により構造が発達しているといわれており,その圧縮曲線は,圧密降伏応力(p_c)付近での圧縮指数が大きく,その後の圧縮性が減少するため,正規圧密領域で下に凸の形状を示す¹⁾。大阪湾洪積粘土の応力緩和量に関し,本報告その1において,圧密試験のクリープ過程で排水を止め,有効応力を緩和させる実験を行った。その結果, p_c 付近に載荷した場合の有効応力緩和量は,正規圧密領域に載荷した場合のそれに比べ大きな値を示すことがわかった。本報告その2では,定ひずみ速度圧密試験途中の任意のひずみにおいて圧縮を止めることにより応力緩和させ,その時のひずみ,あるいはひずみ速度が有効応力緩和量に及ぼす影響について検討した。

2. 実験方法

実験に用いた試料は,大阪湾洪積粘土 Ma12 層, Ma10 層, Ma3 層であり,本報告その1の試料と同じライナーにて採取された試料である。また,本試験に用いた試料の自然含水比(w_n)および初期間隙比(e_0)は, Ma12 層が $w_n=79.5 \sim 80.6\%$, $e_0=2.09 \sim 2.10$, Ma10 層が $w_n=55.7 \sim 55.8\%$, $e_0=1.58 \sim 1.61$, Ma3 層が $w_n=54.1 \sim 54.9\%$, $e_0=1.43 \sim 1.46$ の範囲にある。

実験は,室温 20 の試験室内において,定ひずみ速度圧密試験を開始し,ひずみが $\varepsilon = 5, 10, 15, 20\%$ に達した時に圧縮を止め,ひずみを固定させることにより応力緩和させた。応力緩和時間は 24 時間とし,その後は再び圧縮を開始した。なお,圧縮中断時には,ひずみが生じないように 2/10,000 mm の精度の変位計をモニターし,1 秒間隔のサーボ制御を行った。また実験は,各試料ともに,圧縮時のひずみ速度($\dot{\varepsilon}$)が 0.2, 0.02, 0.002%/min ($3.3 \times 10^{-5}, 3.3 \times 10^{-6}, 3.3 \times 10^{-7}$ 1/sec) の 3 ケースについて実施した。本実験の圧縮曲線の 1 例として, Ma3 層の結果を図-1 に示す。これをみると,圧縮時の $\dot{\varepsilon}$ が異なる圧縮曲線は, p_c 付近および再圧縮時の湾曲部分を除き,ほぼ平行になっている事がわかる。

3. 実験結果および考察

固定したひずみに対応する応力緩和開始時の有効応力($\sigma'_{\varepsilon=i}$)とその時の $\dot{\varepsilon}$ の関係を図-2(a)~(c)に示す。固定したひずみに対する $\sigma'_{\varepsilon=i} - \dot{\varepsilon}$ 関係はほぼ平行になっており,圧縮時の $\dot{\varepsilon}$ が 1 オーダー小さくなると, $\sigma'_{\varepsilon=i}$ はおよそ 1 割程度小さくなることがわかる。また,固定したひずみに対する有効応力緩和量($\Delta \sigma'$)を $\sigma'_{\varepsilon=i}$ で正規化した値($\Delta \sigma' / \sigma'_{\varepsilon=i}$)と緩和開始からの経過時間(t)の関係を図-3(a)~(c)に示す。 $(\Delta \sigma' / \sigma'_{\varepsilon=i}) - t$ 関係は,各ケースの代表例として,ひずみ速度が $\dot{\varepsilon} = 3.3 \times 10^{-6}$ 1/sec のケースのみ示した。固定したひずみが $\Delta \sigma' / \sigma'_{\varepsilon=i}$ に及ぼす影響は, Ma12 層では比較的小さいが, Ma10 層, Ma3 層では,固定したひずみが大きい程, $\Delta \sigma' / \sigma'_{\varepsilon=i}$ が小さくなる傾向がみられる。

各ケースの応力緩和開始から約 1400 分経過した時の応力緩和量($\Delta \sigma'_t$)を $\sigma'_{\varepsilon=i}$ で正規化した値($\Delta \sigma'_t / \sigma'_{\varepsilon=i}$)と圧縮時の $\dot{\varepsilon}$ の関係を図-4(a)~(c)にまとめた。これによると, $\dot{\varepsilon}$ が 1 オーダー小さくなると,応力緩和開始時の有効応力 $\sigma'_{\varepsilon=i}$ だけでなく,応力緩和量 $\Delta \sigma'_t / \sigma'_{\varepsilon=i}$ もおよ

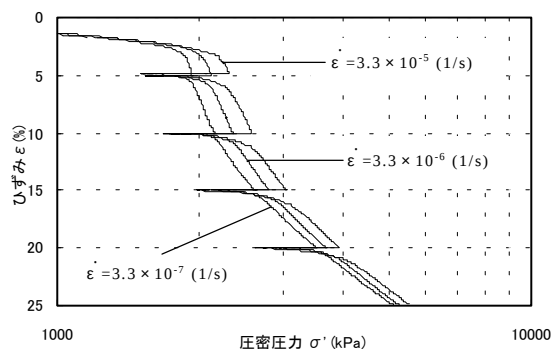
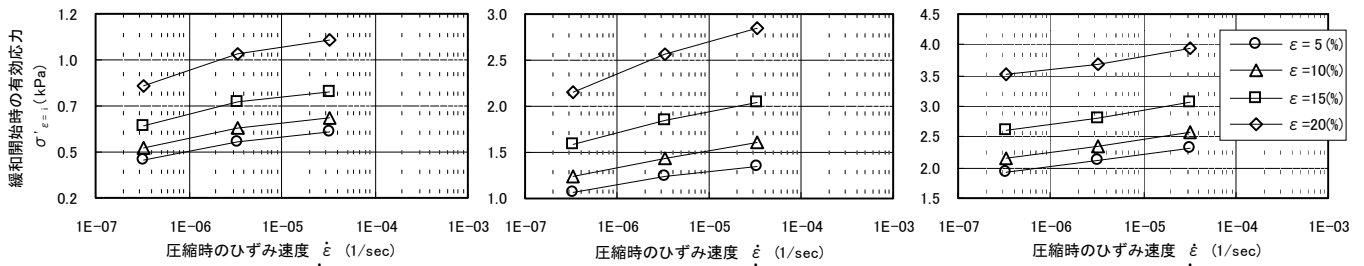
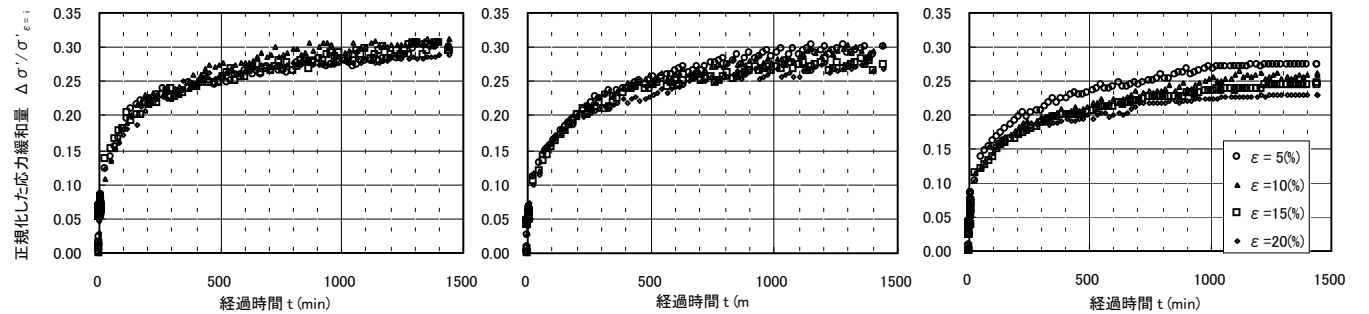
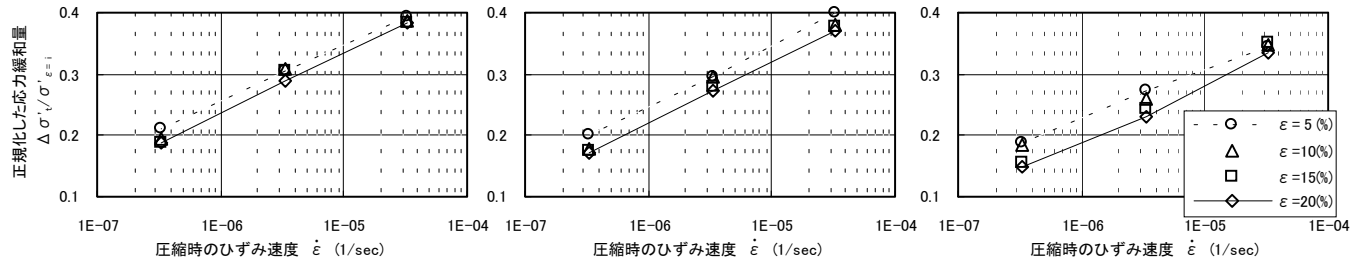


図-1 本実験の圧縮曲線の 1 例 (Ma3 層)

キーワード：洪積粘土, 圧密, 応力緩和, 構造

連絡先：〒330-0038 埼玉県さいたま市北区宮原町 1-66-2 応用地質(株)コアラボ TEL 048-663-8611 FAX 048-663-8618

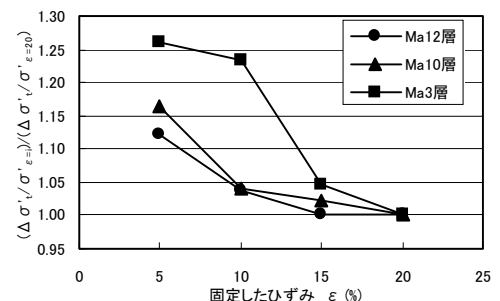
図-2(a) $\sigma'_{\varepsilon=i} - \varepsilon$ 関係 (Ma12 層)図-2(b) $\sigma'_{\varepsilon=i} - \varepsilon$ 関係 (Ma10 層)図-2(c) $\sigma'_{\varepsilon=i} - \varepsilon$ 関係 (Ma3 層)図-3(a) $\Delta \sigma' / \sigma'_{\varepsilon=i}$ の経時変化 (Ma12 層)図-3(b) $\Delta \sigma' / \sigma'_{\varepsilon=i}$ の経時変化 (Ma10 層)図-3(c) $\Delta \sigma' / \sigma'_{\varepsilon=i}$ の経時変化 (Ma3 層)図-4(a) $\Delta \sigma'_t / \sigma'_{\varepsilon=i} - \varepsilon$ 関係 (Ma12 層)図-4(b) $\Delta \sigma'_t / \sigma'_{\varepsilon=i} - \varepsilon$ 関係 (Ma10 層)図-4(c) $\Delta \sigma'_t / \sigma'_{\varepsilon=i} - \varepsilon$ 関係 (Ma3 層)

そ 1 割程度小さくなることわかる。地層毎に比較すると、Ma12 層, Ma10 層に比べ、Ma3 層の正規化した応力緩和量は、 I_p が大きいにも関わらず全体的に小さい傾向にある。また、 $\Delta \sigma'_t / \sigma'_{\varepsilon=i}$ は、同一のひずみ速度でみると、固定したひずみが小さいほど大きい傾向がみられ、この傾向は、 ε が小さくなるほど顕著である。

次に、圧縮時の ε が最も小さい $\varepsilon = 3.3 \times 10^{-7} 1/\text{sec}$ のケースについて、固定したひずみに対する $(\Delta \sigma'_t / \sigma'_{\varepsilon=i})$ をひずみ $\varepsilon = 20\%$ にて固定した時の $(\Delta \sigma'_t / \sigma'_{\varepsilon=20\%})$ で正規化した値と固定したひずみの関係を図-5にまとめた。 $\varepsilon = 5\%$ の時は圧密降伏応力に達した直後に相当するので、その構造は高位であり圧縮性が大きい。一方、 $\varepsilon = 20\%$ の時は、有効応力が p_c のおよそ 2 倍程度に相当するため、構造は低位で圧縮性は小さくなっていると考えられる。各試料の $(\Delta \sigma'_t / \sigma'_{\varepsilon=5\%}) / (\Delta \sigma'_t / \sigma'_{\varepsilon=20\%})$ で正規化した値を比較すると、Ma12 層が 1.12, Ma10 層が 1.16, Ma3 層が 1.26 程度の値となり、堆積年代が古い試料ほど、 p_c 付近での構造が高位なときの応力緩和量が、完全な正規圧密領域での応力緩和量に比べ大きい傾向にあることがわかる。

4. まとめ

大阪湾洪積粘土を用いて、応力緩和を伴う定ひずみ速度圧密試験を実施した。その結果、定ひずみ速度圧密試験途中の任意のひずみにおいて、ひずみを固定したときの応力緩和量が圧縮時のひずみ速度に依存していることがわかった。また、同一のひずみ速度では、固定したひずみが小さいほど応力緩和量が大きいことがわかった。

図-5 $(\Delta \sigma'_t / \sigma'_{\varepsilon=5\%}) / (\Delta \sigma'_t / \sigma'_{\varepsilon=20\%}) - \varepsilon$ 関係