

構造が著しく発達したルイズヴィル粘土の長期圧密挙動のアイソタックに基づく考察

港湾空港技術研究所 正会員 ○渡部要一  
応用地質 正会員 宇高 薫  
小林ソフト化研究所 正会員 小林正樹  
関西国際空港用地造成 正会員 田端竹千穂

### 1. はじめに

カナダ東部のシャンプラン海粘土(Champlain Sea clay)は、応力履歴による過圧密に加え、著しく構造が発達していることで知られている<sup>1)</sup>。同地域で代表的なルイズヴィル(Louiseville)粘土の圧密挙動は、ひずみ速度に着目したアイソタックに基づく研究によって解明されてきた<sup>2)</sup>。一方、筆者らは、二次圧密が顕著な大阪湾粘土の長期圧密挙動に対して、アイソタックに基づく検討を試みてきた<sup>3),4)</sup>。本研究では、筆者らの既往研究成果をルイズヴィル粘土に適用した。

### 2. 試験内容

ラヴァル(Laval)サンプラーによりGL-9mから採取した粘土試料に対して、定ひずみ速度圧密試験(CRS圧密試験)、長期圧密試験、分割型圧密試験を実施した。CRS圧密試験はひずみ速度 $0.02\%/min$  ( $3.3 \times 10^{-6} s^{-1}$ )で実施した。長期圧密試験は、圧密降伏応力 $p_c$ 付近から $3p_c$ の範囲で、6つの载荷圧力を設定した。分割型圧密試験では、層厚20mm(厚さ10mm×2要素)および100mm(厚さ20mm×5要素)の片面排水条件で実施した。

### 3. 試験結果と考察

CRS圧密試験の結果として、圧密圧力を $p_c$ で正規化して表示した基準圧縮曲線を図-1に示す。縦軸は、 $(p, \varepsilon) = (1, 0)$ および $(\sigma'_{v0}, \varepsilon_0)$ を通る直線が弾性ひずみ $\varepsilon_e$ を表すものとしてこれを差し引き、粘塑性ひずみ $\varepsilon_{vp}$ とした。過圧密比OCRが3程度(有効土被り圧 $\sigma'_{v0}$ は62kPa,  $p_c$ は190kPa)と大きく、圧密降伏後に著しい圧縮性を示すことが読み取れる。

長期圧密試験から得られた圧密曲線を図-2に示す。ひずみ速度 $\dot{\varepsilon}$ に対応した圧縮曲線を描き( $p = 196, 275, 373kPa$ )、これから作成した $p_c$ とひずみ速度 $\dot{\varepsilon}$ の関係を図-3に示す。次式によりフィッティングを行った結果、 $p_{cl} = 144kPa$ ,  $C_1 = 0.8113$ ,  $C_2 = 0.1616$ が得られた。

$$\ln \frac{p_c - p_{cl}}{p_{cl}} = C_1 + C_2 \log \dot{\varepsilon}_{vp}$$

一方、分割型圧密試験によって得られたひずみと過剰間隙水圧の経時変化をそれぞれ図-4と図-5に、また、層厚100mmのケースの過剰間隙水圧の等時曲線を図-6に示す。沈下ひずみも過剰間隙水圧の消散もともに一次圧密についてはほぼ $H^2$ 則が成り立っていることがわかる。特筆すべきは、過剰間隙水圧の消散が前半部分と後半

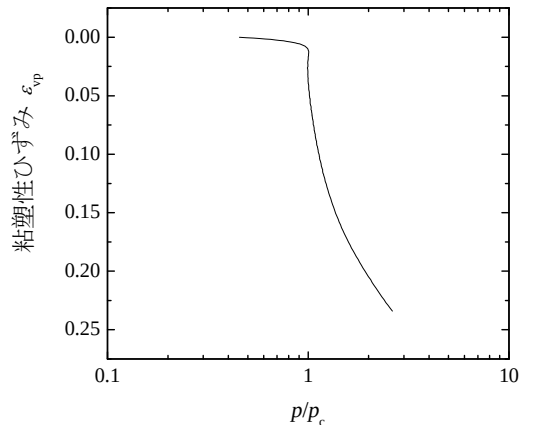


図-1 基準圧縮曲線

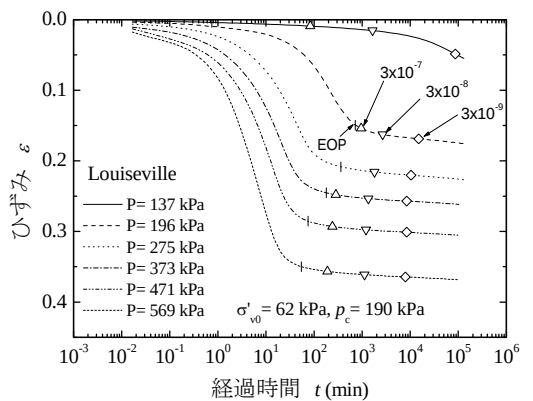


図-2 長期圧密試験の圧密曲線

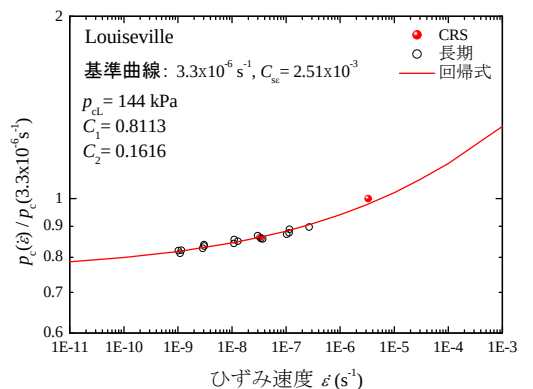


図-3  $p_c$ のひずみ速度依存性

キーワード アイソタック, 長期圧密, 層厚, 構造

連絡先 〒239-0826 神奈川県横須賀市長瀬3-1-1 (独)港湾空港技術研究所 土質研究室 TEL 046-844-5053

部分に明瞭に分けられることである。等時曲線を見ても、180分経過時までには前半の消散が終了してほぼ均等な過剰間隙水圧分布となった後、排水端近傍から過剰間隙水圧が再び消散している。前半部分は過圧密、後半部分は正規圧密に対応する<sup>5)</sup>。

上述の基準圧縮曲線とアイソタックパラメータ $p_{cl}$ ,  $C_1$ ,  $C_2$ を使って、筆者らが提案する簡易なシミュレーション<sup>3),4)</sup>を実施した(図-7, 図-8)。本手法は、骨格の変形と排水を連成させて解くのではなく、Terzaghiの圧密理論によって過剰間隙水圧の消散を別途計算しておく、アイソタック概念により沈下を差分計算するものである。過剰間隙水圧の消散を前半の過圧密領域と後半の正規圧密領域とに分けて考え、それぞれの挙動を表現できる圧密係数 $c_v$ (前半は $750\text{cm}^2/\text{day}$ , 後半は $30\text{cm}^2/\text{day}$ )をフィッティングにより設定した。参考として、全過程を通じて正規圧密の圧密係数 $c_v$ を設定した結果も示した。

過剰間隙水圧の消散については、上述の方法により過圧密と正規圧密を分けて考えることにより見事に表現できている。沈下については、一次圧密の沈下がやや顕著なシミュレーション結果になっているが、当該粘土の $p_c$ 直後の沈下が著しいために現れた傾向と考えられる。

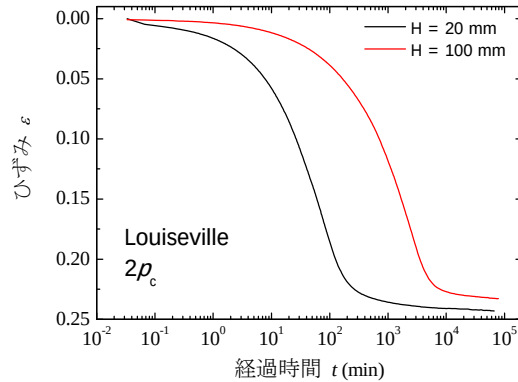


図-4 ひずみ～時間関係(分割圧密)

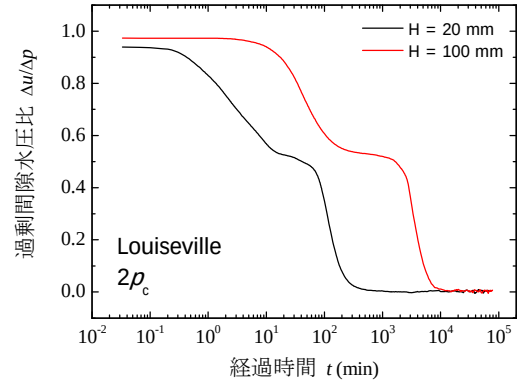


図-5 過剰間隙水圧～時間関係(分割圧密)

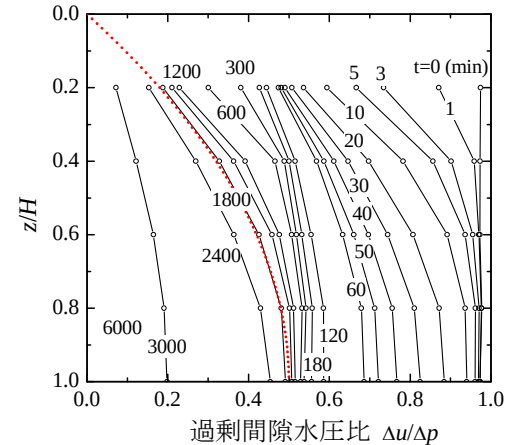


図-6 の等時曲線(層厚100mm)

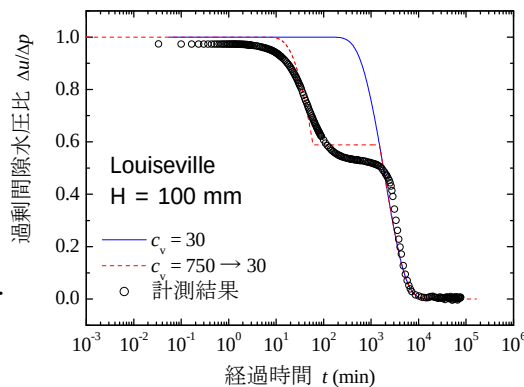


図-7 過剰間隙水圧の経時変化

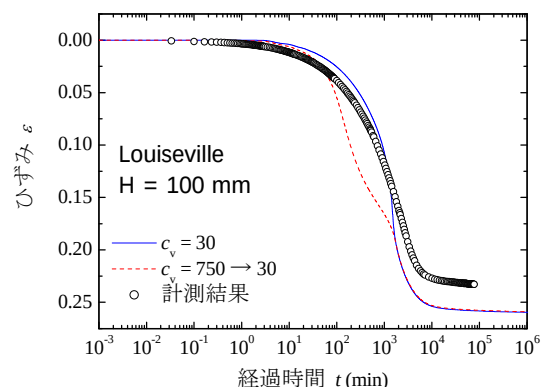


図-8 ひずみの経時変化

#### 4. まとめ

応力履歴による過圧密に加え、著しく発達した構造を有するルイズヴィル粘土の長期圧密挙動に対して、アイソタックに基づく考察をした。今後は長期圧密挙動に及ぼす層厚の影響等について研究を進める予定である。

#### 参考文献

- 1) Leroueil, S., Hamouche, K., Tavenas, F., Boudali, M., Locat, J., Virely, D., Roy, M., La Rochelle, P. and Leblond, P.: Geotechnical characterization and properties of a sensitive clay from Québec, *Characterisation and Engineering Properties of Natural Soils*, 1, 363-394, 2003.
- 2) Leroueil, S., Kabbaj, M., Tavenas, F. and Bouchard, R.: Stress-strain-strain rate relation for the compressibility of sensitive natural clays, *Géotechnique*, 35(2), 159-180, 1985.
- 3) 渡部要一, 宇高 薫, 小林正樹, 田端竹千穂, 水谷崇亮: 大阪湾粘土のひずみ速度依存性と二次圧密挙動に関するシミュレーション, 第42回地盤工学研究発表会, 2007. (投稿中)
- 4) 渡部要一, 宇高 薫, 小林正樹, 田端竹千穂, 水谷崇亮: 大阪湾粘土Ma12の分割型圧密試験結果とアイソタックに基づく考察, 土木学会第62回年次学術講演会, 2007. (投稿中)
- 5) Leroueil, S., Le Bihan, J.P. and Tavenas, F.: An approach for the determination of the preconsolidation pressure in sensitive clays, *Can. Geotech. J.* 17(3), 446-453, 1980.