

分割型圧密試験による粘性土の時間依存性の考察

Consideration on time-dependent behavior of clay with inter-connected consolidation test

日高 健寿* 西村 伸一* 村山 八洲雄** 村上 章*
 Takehisa Hidaka, Shin-ichi Nishimura, Yasuo Murayama, Akira Murakami

1. はじめに

二次圧密や粘性土のクリープなどの時間依存性挙動を観察する試験として、分割型圧密試験¹⁾がよく用いられる。また、粘性土の時間依存性を記述するモデルとして、浅岡の上負荷面カムクレイモデル²⁾や今井の弾粘性モデル¹⁾などがあげられる。本研究の目的は、時間依存性を表現するより簡便なモデルを開発することである。今回は、その基礎研究として2種類の試料を用いた分割型圧密試験の結果と、試験結果の逆解析より求めたパラメータによる有限要素解析結果について報告する。

2. 試験の概要および条件

Fig.1は、今回の試験で用いた分割型圧密試験システムのモデル図である。各供試体の排水経路を内部連結し、連結部に間隙水圧計と変位計を設置することで、供試体内部の挙動を見ることが出来る。本研究では、厚さ2cmの圧密容器をもつ試験機を2台用い、1つの連続した供試体(厚さ4cm)において、変位は排水面と排水面から深さ2cmの位置で、間隙水圧は排水面から深さ2cmの位置と非排水面で測定できる。

試験条件として、圧密圧力 p は39.2・78.4・156.8・313.6(kPa)の4段階載荷とし、各載荷段階の圧密時間は24時間とした。

3. 試験材料

試験に用いた試料は、カオリンにベントナイトを5%混合した粘土(KB5)と、岡山県西部に位置する笠岡湾干拓地の海成粘土(Kasa)である。各試料の物理特性をTable 1に示す。この試料をスラリー状にして調整した後、39.2(kPa)で予備圧密したのから、直径6cm、高さ2cmの供試体を2つ切り出して使用した。試料の初期含水比は、KB5については約62%、Kasaについては約92%であった。

4. 解析手法

本研究では、逆解析手法として非線形最小二乗法³⁾を用いている。今回は、一次圧密のみを考慮して各分割層の一次圧密を支配するパラメータ体積圧縮係数 m_v と透水係数 k を同定している。パラメータの同定において最小化されるべき目的関数 J を次式に示す。

$$J = \sum_{j=1}^{NT} \left\{ \sum_{i=1}^{NP} (S_i^j - \bar{S}_i^j) \right\} \quad (1)$$

NT : 同定に用いる時間ステップ数, NP : 同定に用いる変位観測節点数
 S_i^j, \bar{S}_i^j : 時間ステップ j , 節点 i における解析沈下量および実測沈下量

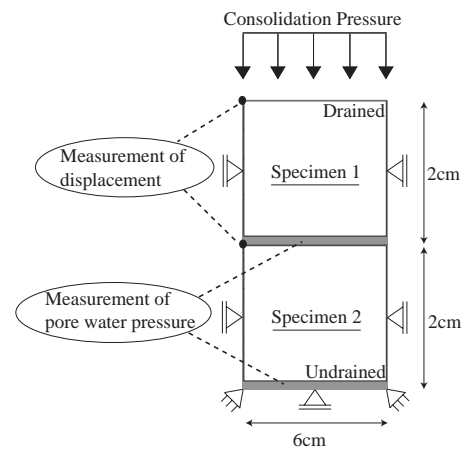


Fig.1. A model for analysis and test.

Table 1. Physical properties.

Soil sample	Density of soil particle ρ_s (g/cm ³)	Liquid limit w_L (%)	Plastic limit w_P (%)	Plasticity index I_p	Clay fraction (%)	Silt fraction (%)
KB5	2.614	65.8	34.7	31.1	51	49
Kasa	2.694	102.0	30.6	71.4	55	45

* 岡山大学大学院自然科学研究科 *The Graduate School of Natural Science and Technology, Okayama University

** 岡山大学環境理工学部 *Faculty of Environmental Science and Technology, Okayama University

キーワード：分割型圧密試験，時間依存性，逆解析

式(1)において，解析沈下量を求めるために，線形弾性理論に基づいた有限要素解析を行っている． J の最小化により， m_v と k が同定される．

5. 結果および考察

Fig.2は，試験結果および解析結果の比較である．(a)，(b)はKB5を用いた場合の時間-沈下曲線と時間-間隙水圧曲線であり，(c)，(d)はKasaを用いた場合の沈下曲線と間隙水圧曲線である．

沈下曲線について，排水面側要素は圧密開始後時間があまり経過しない段階で大きく沈下している．(a)において，実測における二次圧密領域の沈下速度があまり大きくなかったために，線形弾性理論でもよくフィットしているといえる．(c)においては，設定した24時間でははっきりとした二次圧密領域が認められないが，同定されたパラメータは変位に対して適合度が高いといえる．また，両試料間における挙動差の特徴として，Kasaは初期含水比が高く，KB5に比べ圧縮量が多い．また，圧密速度が遅い．

他方，変位を適合させる m_v と k を用いた場合，間隙水圧に対する適合度は低く，特に排水面側要素における実測値と解析値の差が大きい．いずれの試料においても，実測値の方が解析値に比べ間隙水圧の消散速度が大きい．変位との対応を考えた場合，このことは沈下速度に対しても間隙水圧の消散速度が大きいことを表している．すなわち，この実測値と解析値との消散速度差が，粘性土の時間依存性挙動を生じさせている．

6. まとめ

2種類の粘土試料を用いた分割型圧密試験を行い，試験結果の逆解析を行った．線形弾性理論との比較により，間隙水圧の消散速度が沈下速度に対して大きいことを確認した．実現象と照らし合わせ，間隙水圧消散速度を大きくさせる新たな因子を考案することを次のステップとし，粘性土の時間依存性挙動を表現できる新たなモデルを構築していきたい．

参考文献 1) Imai, G(1995) : Analytical examinations of the foundations to formulate consolidation phenomena with inherent time-dependence, Proc. of Int. Symp. on Compression and Consolidation of Clayey Soils, pp.75-120.2) 浅岡顕(2002) : 骨格構造の生成・劣化をともなう飽和土の時間依存挙動の弾塑性力学に基づく解析，平成12年度～平成13年度科学研究費補助金(基盤研究(B)(2))研究成果報告書，pp.39-130.3)西村伸一，藤井弘章(2001) : 実測値に基づく二次圧密を考慮した沈下予測，農業土木学会論文集，216，pp.71-79.

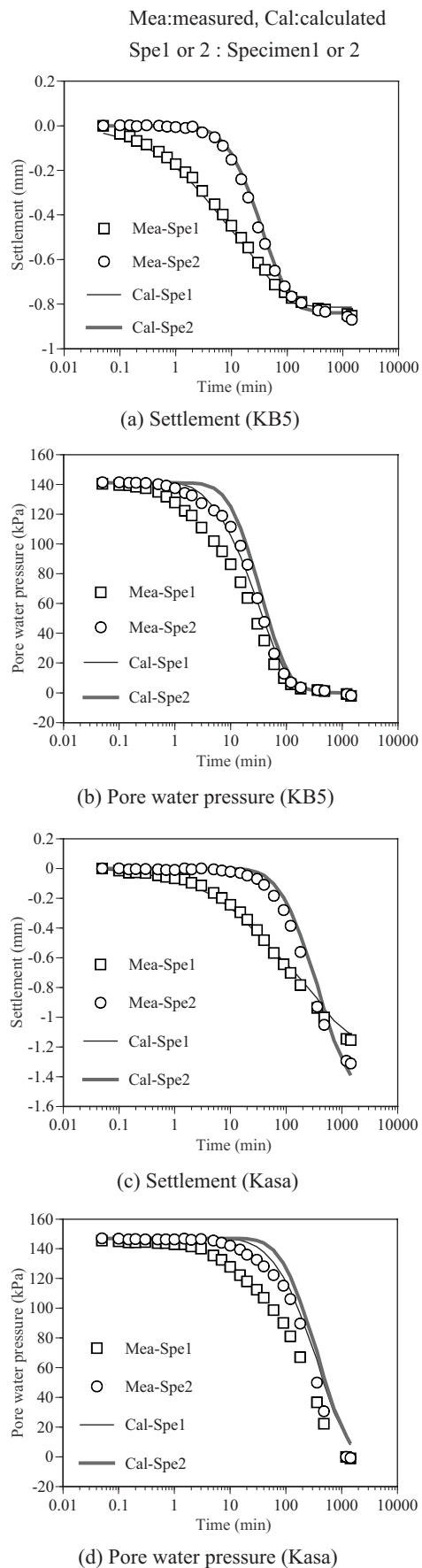


Fig.2. Comparison in consolidation behavior.