

定ひずみ速度圧密試験による透水係数の決定法

広島大学 正会員 森脇 武夫
 広島大学 学生会員 梅原 健
 広島大学 学生会員 ○堀内 京子

1. はじめに

圧密現象は透水現象と変形現象の複合現象であるため、本来、透水特性と変形特性は特定の圧密理論を介さずにそれぞれ独立して求めるべきである。また、圧密試験方法として従来の標準圧密試験（STD 試験）に比べ、試験期間が短く、試験の自動化により連続的なデータが得られる定ひずみ速度圧密試験（CRS 試験）が、日本でも基準化されてきた。また Yoshikuni ら¹⁾は、“CRS 試験は圧縮試験を兼ねた透水試験である”として CRS 試験より特定の圧密理論を介さずに透水係数を直接求める方法を提案している。そこで本研究ではこの方法（提案法）によって求めた透水係数の信頼性を確認する。

2. 実験概要

試料 実験に使用した試料は、広島粘土及び舞鶴粘土（共に沖積粘性土）をスラリー状（液性限界の2倍程度の含水比状態）で練り返し、それを圧密圧力 49kPa で一次元圧密した再圧密粘土である。試料の物理特性を表1に示す。

実験方法 CRS 試験の試験装置は地盤工学会基準（JIS T 412-1993）に準じて行った。密閉型圧密容器を用い、排水条件は片面排水とし、軸応力 σ 、軸変位 ΔH 、供試体底面での間隙水圧 u_b を測定する。供試体内及び経路内の微小な気泡を溶け込ますため、バックプレッシャーを4段階（49, 98, 147, 196kPa）に分けて負荷した。与えたひずみ速度は、各試料の塑性指数に応じて求めた 0.01%/min を基準とし、比較試験として 0.05, 0.005%/min を実施した。透水係数は、式(1)の提案法及び現在の学会基準であるの Wissa の方法から求める。

$$k = \frac{\dot{\varepsilon} \cdot H_0 \cdot H(t) \cdot \gamma_w}{2u_b(t)} \quad (1)$$

ここで、 $\dot{\varepsilon}$ ：ひずみ速度、 H_0 ：初期供試体高さ、 $H(t)$ ：任意時刻 t における非排水面での間隙水圧である。また、比較試験として、STD 試験及びフローポンプを用いた透水試験を行い、透水係数を求める。STD 試験は、日本工業規格（JIS A 1217）に基づいた装置及び方法で行った。透水試験は図1に示すように密閉型の圧密容器を STD 試験機にセットし、24 時間段階載荷後にフローポンプから水を流入し、供試体底面から上面への透水を行い、定常状態に達したときの間隙水圧を測定し、式(2)によって透水係数を求める。

$$k = \frac{H_n \cdot v}{u_b} \cdot \gamma_w \quad (2)$$

ここで、 H_n ：透水試験時の供試体高さ、 v ：供試体中の水の流速である。

2. 実験結果及び考察

ひずみ速度が圧縮曲線に与える影響 CRS 試験では、ひずみ速度が小さいほど同じ圧密圧力に至るまで要する時間が長くなるため、二次圧密が進行し、結果として圧縮曲線はひずみ速度が小さいほど左にシフトすると予測される。図は省略するが、本実験でも、ほぼ予想通りの結果となり、圧縮曲線はひずみ速度の影響

表1 試料の物理特性

	液性限界 W_L (%)	塑性限界 W_P (%)	塑性指数 I_P	比重 G_s
広島粘土	80.50	35.50	45.00	2.640
舞鶴粘土	83.32	31.53	51.79	2.736

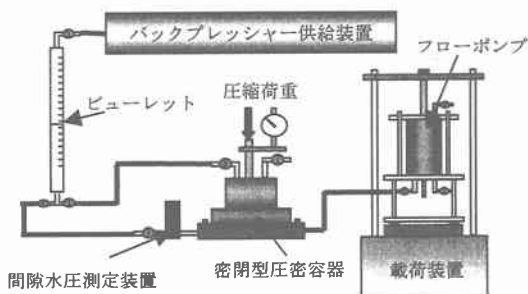


図1 透水試験全体図

を受けることが確認された。

ひずみ速度が $e-\log k$ 関係に与える影響 CRS 試験から得られた $e-\log k$ 関係を図 2 に示す。両試料において、ひずみ速度の違いによる $e-\log k$ 関係の全体的な違いはほとんど見られなかったが、ひずみ速度が小さくなるほどばらつきが大きくなっていることが分かる。特に、 $\dot{\varepsilon}=0.005\%/min$ における過圧密領域でのばらつきは顕著である。これは、ひずみ速度が大きい場合は発生した間隙水圧は消散と発散を繰り返し、蓄積されていくため、間隙水圧の値が全体的に大きくなるが、ひずみ速度が小さい場合は発生した間隙水圧がすぐに消散するため、間隙水圧の値が全体的に小さくなることから、今回用いた間隙水圧計の精度では正確な値を測定できなかったためと考えられる。

整理方法の違いによる $e-\log k$ 関係への影響 両試料において、学会基準で求めた透水係数と提案法で求めた透水係数の平均的な値は、ひずみ速度によらずほぼ一致した。しかし、提案法に比べ、学会基準で求めた透水係数はばらつきが大きいことが分かる。特に、広島粘土の $\dot{\varepsilon}=0.005\%/min$ 、舞鶴粘土の $\dot{\varepsilon}=0.01, 0.005\%/min$ において、学会基準で求めた透水係数のばらつきが大きい。これより、提案法ではひずみ速度の影響をあまり受けずユニークな $e-\log k$ 関係が得られており、提案法の優越性が認められる。

試験方法の違いによる $e-\log k$ 関係の比較 CRS 試験、STD 試験及び透水試験から得られた $e-\log k$ 関係をまとめて図 3 に示す。ここで、CRS 試験は塑性指数より求めたひずみ速度の基準値である $\dot{\varepsilon}=0.01\%/min$ のものに対して提案法によって求めたものを代表値 $k_{(CRS)}$ とし、STD 試験は広島粘土で 4 本、舞鶴粘土で 3 本の実験データのうち、平均的なデータ 1 本を代表値 $k_{(STD)}$ とした。また、 $k'_{(STD)}$ とは STD 試験の代表値 $k_{(STD)}$ に一次圧密比を乗じたものである。本研究では、透水試験より求めた透水係数 $k_{(透水)}$ を真の透水係数の値と考え、 $k_{(CRS)}$ 、 $k_{(STD)}$ 及び $k'_{(STD)}$ を比較する。広島粘土の $k_{(CRS)}$ は $k_{(透水)}$ よりやや大きく、 $k_{(STD)}$ と $k'_{(STD)}$ のほぼ中間にあり、 $k_{(透水)}$ と $k'_{(STD)}$ がほぼ一致した。また舞鶴粘土の $k_{(CRS)}$ は $k_{(透水)}$ 及び $k'_{(STD)}$ とほぼ一致した。

3. 結論

以上の結果より提案法によって CRS 試験から圧密理論を介さずに求めた透水係数は、透水試験より求めた透水係数とほぼ一致しており、提案法によって粘土の透水係数を求めることの妥当性が確認された。

参考文献: H.Yoshikuni, T.Moriwaki, S.Ikegami & T.Xo; Direct determination of permeability of clay from constant rate of strain rate consolidation tests

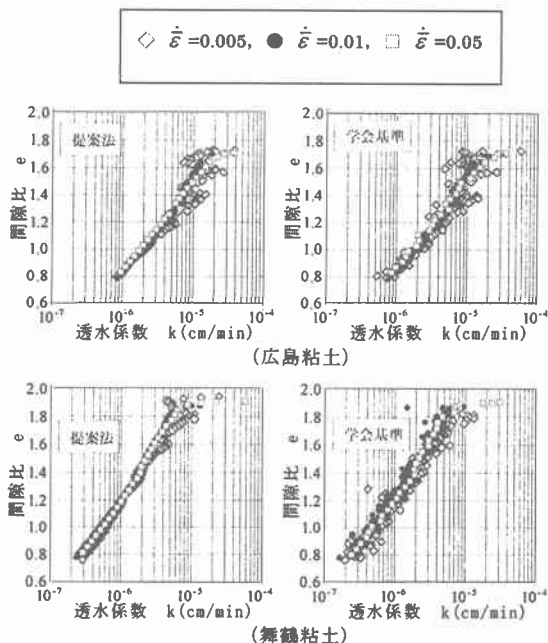


図 2 CRS 試験 $e-\log k$ 関係

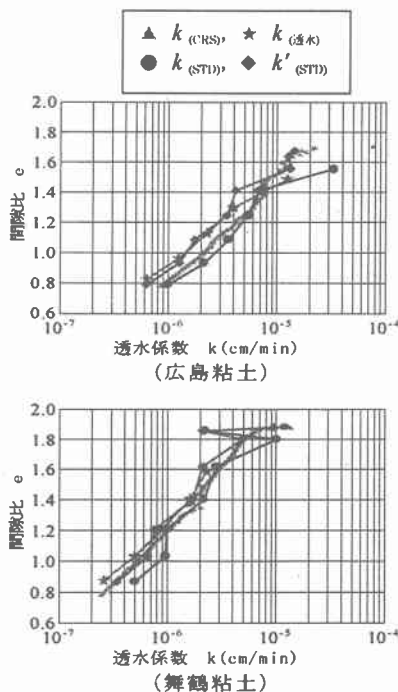


図 3 全試験 $e-\log k$ 関係