

中空ねじり試験機による水平方向透水係数測定に関する研究

広島大学大学院工学研究科 学生会員 ○高岡 慶人
 広島大学大学院工学研究院 正会員 土田 孝
 広島大学大学院工学研究科 学生会員 栗原 大

1. はじめに

現在、水平方向透水係数 k_h を測定する試験は確立されていない。本研究では中空ねじり試験機を用いて水平方向の透水係数の測定を行った。本試験機は中空円筒供試体の内側面、外側面を排水面として外側から内側に向かって透水できる構造を有している。さらに、供試体をねじることによってせん断変形を与え、せん断面に対して水平方向の透水係数を測定することが可能である。本論文では、水平方向透水係数の測定という部分に着目し、三軸透水試験機により測定した鉛直方向透水係数 k_v との比較を行った。その結果、水平方向透水係数は鉛直方向透水係数の 1.15～1.45 倍程度になった。

2. 試験方法

まず、図-1 に中空ねじり試験機全体の構造を、図-2 に供試体の詳細部分を示す。図-2 のように供試体側面の外側及び内側を排水面とし、ドレーンペーパー、ポーラスストーンを介してそれぞれ別の二重管式ビュレットに接続されている。このような構造より供試体外側から内側への透水が可能であり、水平方向透水係数 k_h を測定できる。さらに供試体をねじることによりせん断変形を水平方向に与え、せん断面に対して水平方向に透水することが可能である。用いた供試体は、浚渫で得られた徳山港粘土を含水比が液性限界の 1.5 倍になるように調泥し、49kPa で予備圧密したものをトリミングして作成した。中空円筒供試体は外直径 7cm、内直径 3cm、高さ 3cm である。トリミングした供試体の内側と外側にドレーンペーパー、ゴムスリーブを装着し、中空ねじり試験機に設置する。試験機に設置後、供試体を完全に飽和させるため背圧を 100kPa 作用させた。その後地盤中の応力状態を正確に再現するため、有効鉛直応力が 150kPa になるまで K_0 圧密を行った。圧密終了後、供試体外側面の背圧を 130kPa に、内側面の背圧を 100kPa として背圧差 30kPa で透水試験を行った。その後供試体をせん断ひずみ速度 0.1%/min でねじり、せん断変形を与えた。せん断後、再び透水試験を行い透水係数を算出した。水平方向透水係数 $k_h(\text{m/s})$ は、透水量 $\Delta q(\text{cm}^3)$ 、供試体高さ $H(\text{cm})$ 、透水時間 $\Delta t(\text{s})$ 、背圧差 $\Delta P_B(\text{kPa})$ 、供試体の内半径 $r(\text{cm})$ 、外半径 $R(\text{cm})$ を用いて式 (1) より算出できる。

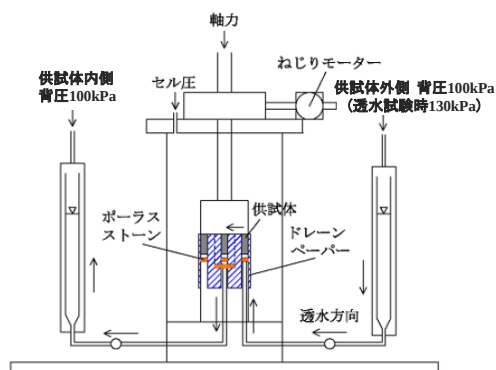


図-1 中空ねじり試験機の構造

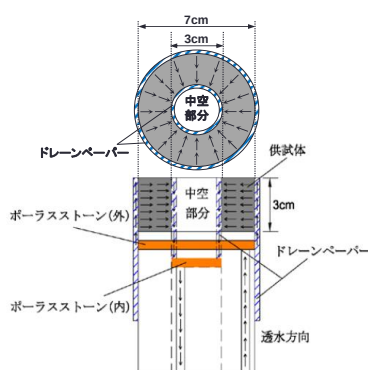


図-2 供試体詳細部分と透水方向

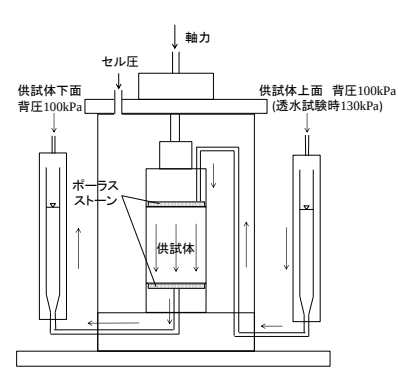


図-3 三軸透水試験の構造

キーワード 中空ねじり試験機、水平方向透水係数、三軸透水試験機、鉛直方向透水係数

連絡先 〒739-8527 東広島市鏡山 1-4-1 広島大学大学院工学研究科 社会基盤環境工学専攻 事務室
 TEL : 082-424-7819・7828

$$k_h = 9.8 \times 10^{-4} \frac{\Delta q}{2\pi H \Delta t \Delta P_B} \ln \frac{R}{r} \quad (1)$$

次に三軸透水試験機の構造を図-3 に示す。この試験機は供試体を圧密後供試体上面から下面に透水を行うことが可能である。供試体は直径 5cm, 高さ 4cm である。中空試験と同様の条件で K_0 圧密を行い, 上面の背圧を 130kPa, 下面の背圧を 100kPa とし上面から下面に向かって透水試験を行った。鉛直方向透水係数 k_v (m/s) は, 透水量 $\Delta q(\text{cm}^3)$, 供試体高さ $H(\text{cm})$, 断面積 $A(\text{cm}^2)$, 透水時間 $\Delta t(\text{s})$, 背圧差 $\Delta P_B(\text{kPa})$ を用いて式 (2) より算出できる。

$$k_v = 9.8 \times 10^{-4} \frac{\Delta q H}{A \Delta t \Delta P_B} \quad (2)$$

3. 試験結果

まず, 図-4 に中空ねじり試験により得られたせん断ひずみと水平方向透水係数の関係を示す。試験は同様の供試体を用いているため, 凡例に初期含水比を示している。図を見ると, せん断変形に伴って, 透水係数が 0.8~0.9 倍に低下している。これは供試体が変形に追随し, 圧密したことにより間隙が減少したためである。次に図-5 に中空ねじり試験, 三軸試験で測定した透水係数と間隙比の関係を示す。中空ねじり試験によるものはせん断前, せん断後を別々で表記している。中空ねじり試験による水平方向透水係数には若干のばらつきがあるが, 間隙比との間に相関がみられる。三軸試験の透水係数においても間隙比との間に非常に良好な相関がみられる。図-6 は中空ねじり試験より求めた水平方向透水係数と, それぞれの間隙比における鉛直方向透水係数を図-5 の三軸試験の近似式より算出して比較したものである。図-6 によると水平方向透水係数は鉛直方向透水係数の 1.15~1.45 倍の間に位置している。この結果は HS Tian ら¹⁾が得たものと似た結果である。

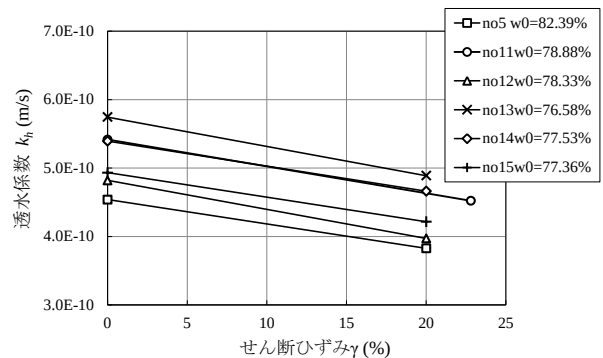


図-4 せん断ひずみ-透水係数関係

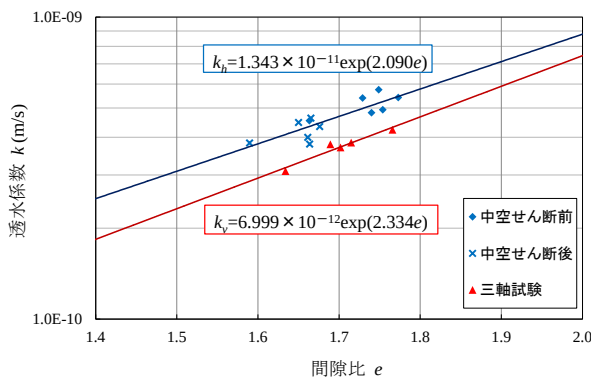


図-5 間隙比-透水係数関係

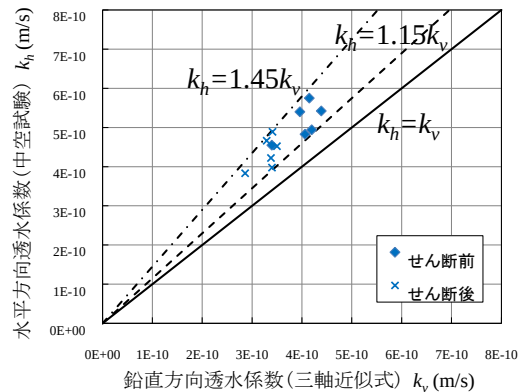


図-6 水平方向透水係数と鉛直方向透水係数の比較

4. 結論

- (1) 中空ねじり試験機より得られた水平方向透水係数 k_h 及び三軸透水試験より得られた鉛直方向透水係数 k_v と間隙比との間に相関がみられた。
- (2) 中空ねじり試験及び三軸透水試験より得られた透水係数を比較したところ, 水平方向透水係数 k_h が鉛直方向透水係数 k_v の 1.15~1.45 倍程度となった。

参考文献

- 1) Tian H S., Teerawut J.: Constant Rate of Strain Consolidation with Radial Drainage, Geotechnical Testing Journal, Vol.26, No.4, pp1-12, 2003.