

大阪市立大学工学部 高田直俊
同 大学院 小林一三

まえがき 自然堆積粘土層が道路盛土などの部分載荷によって圧密する場合に、一次元圧密理論で予測されるよりもはるかに大きい圧密速度を示す場合がよく経験されている。この理由は必ずしも明らかにされていないが、その一つに自然堆積粘土の水平方向の透水性が鉛直方向に比べて大きいのではないかと考えている。自然堆積粘土はその生成過程から考えて、多数の薄層の集合体と考えることができ、一様に見える粘土中にもシルトや微細砂のごくうすい層が存在することや、土粒子の配向に起因する構造の異方性が水平方向の透水性を鉛直方向よりも大きくする可能性があることから、元来透水性に対して異方的な性質をもつものであると考えている。この報告ではスラリーから圧密した一様な粘土と2種の乱さない沖積粘土の水平、鉛直透水係数を求め両者を比較した。

水平方向透水試験の問題点 粘土の透水係数は、普通、圧密試験から求められている。図-1(1)のように供試体中に透水性の高い厚さ h_s の砂層が存在するときは、砂の圧縮性が低ければ、一様な粘土層としての一次元圧密過程は保たれるからただけ層厚の小さい粘土層と考えると透水係数を求めることができる。この粘土の水平透水係数を同じ方法で求めると図-1(2)のように、砂層が鉛直排水層になり一次元圧密にならないので、平均的な水平透水係数は、何らかの透水試験によらねばならない。ところで透水試験から透水係数を求めるに際しても透水層の出現密度が供試体の断面積との相対において小さいときには、円形断面の供試体を用いると図-2のように供試体断面に占める透水層の面積の割合が透水層の位置によって変わる。これをさけるために矩形断面の供試体を用いると、隅角部で壁面に沿う漏水を生じやすい。

次に図-3のように透水係数が分布する場合の供試体の大きさ、試験密度と得られる透水係数の関係を考えて見ると、供試体を $a_1 \sim a_3$ の位置で選ぶと得られる透水性はそれぞれで大きく異なり、bの場合には平均的な透水係数が得られることになる。この種の問題は透水試験だけの問題ではないが、透水試験においては、砂層を供試体を含む場合に得られる大きな水平方向透水係数あるいは測定値のばらつきが、試験密度の低い場合や小さい供試体を用いる場合に実験ミス(供試体周面に沿う漏水など)と事実上区別できない。供試体の大きさの選び方として、図-3のa, bに本質的な違いはなく、一般論としては試験精度と信頼性を上げるにはできるだけ大きな供試体、又は高い試験密度が望ましいといえる。

透水試験 水平透水係数 k_H を求めるのに中空円筒供試体を用いた放射流による方式を採った。鉛直透水係数 k_V は圧密試験による方式と一次元流による透水試験方式によった。

放射流による方式は外径75mmの円柱試料から図-4(1)の円筒供試体に削り出す。供試体の円孔は、予め薄肉パイプで内径20mmの孔をあけ、ワイヤーソーのピアノ線を通じて供試体上下面に内径30mmの孔をあけたガイド板をあて、この孔にならって内径30mmに仕上げた。次に図-4(2)に示すように供試体を粘性のコーキング材を介して透水容器に置き、円孔と外周を砂で埋め、上面にコーキング材を塗ったのち円孔内外の砂を水で飽和し、載荷円板

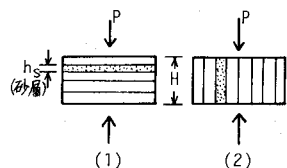


図-1. 圧密における砂層の役割の差

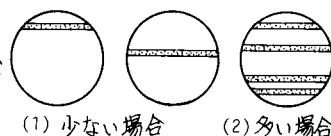


図-2. 供試体と透水層面積の関係

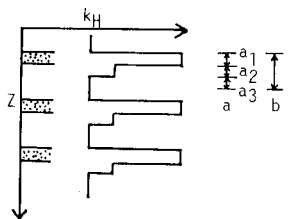


図-3. 供試体の位置と大きさの選び方

から圧密降伏応力 P_c 付近の圧力を加えて沈下が落ち着いた後、円孔から外へ向って通水する。水位差は約2mの定水位とし、通水量は水位変化を小さくするために斜めに置いたビューレット（内径5.5mm）で測定した。変水位試験法を採らなかったのは、放射流による供試体内の半径方向の動水こう配変化に加えて、時間による動水こう配変化の重量を避けるためである。

一次元流による透水試験は図-5のように圧密試験機を用い、定水位透水試験として斜めに置いたビューレットから通水した。

圧密試験から求める場合は正規圧密域の $\bar{\sigma}$ と圧密圧力 P の関係と両対数紙上で P_c まで外挿して現位置における透水係数を求めた。

試験結果 試験法相互の関係と信頼性を調べる目的で、スラリーから 1 kg/cm^2 で圧密したカオリン粘土に対する試験結果を図-6に示した。放射流による k_H は比較のため同一供試体で圧密圧力を変えて求めた一次元流による k_H の $P=1 \text{ kg/cm}^2$ の値と一致しており、両者の試験法は信頼できる。また圧密試験による k_V は放射流による k_H と一致しているが、一次元流による k_V は少し小さい。

次に大阪北港と茨城県日立市の沖積粘土についての試験結果を図-7~9に示した。図-7は圧密試験による k_V の外挿値と放射流による k_H との関係の例で、これらは図-8の供試体A、Bの値である。図-8によると k_V の測定点の数は少ないが、 k_H は k_V の2倍程度の値を示している。粘土層上部の k_H は大きく、変動が大きいことから粒度の異なる層の存在が示唆される。Cは透水性の経時変化(1→2→3)が大きかったので、測定値3つを線でつないだ。図-9の粘土では試験に用いた供試体の目視観察の限りにあ

いて砂やシルト層は認められなかったが、 k_H はやはり k_V のほぼ2倍程度を示している。

まとめ 部分載荷による圧密が一次元圧密計算の予測よりもはるかに速いことの原因を探るために始めた実験であるが、目視によって砂やシルト層が認められない粘土において予想通り水平方向の透水係数が鉛直方向のそれよりも大きいことが確認された。試験法や粘土層全体の透水性を評価する手法などに残された課題はあるが、多次元圧密問題を解く際の水平透水係数を求める上で重要な示唆を与えるものである。

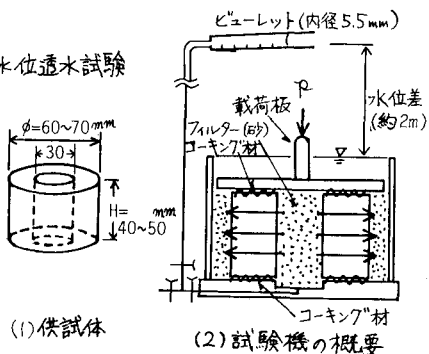


図-4. 放射流による透水試験

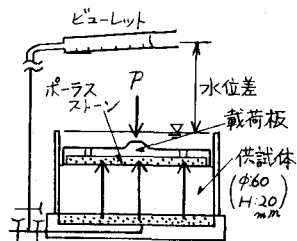


図-5. 一次元流による透水試験

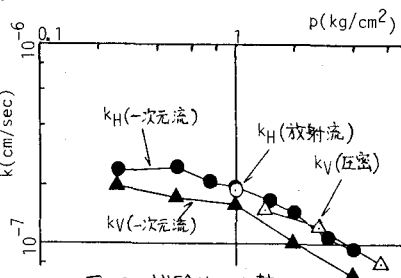


図-6. 試験法の比較
(1 kg/cm^2 で圧密したカオリン粘土)

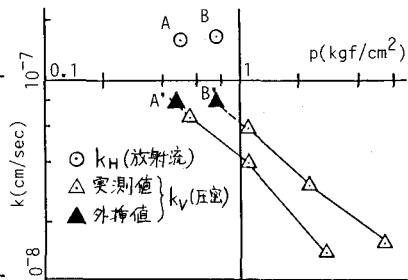


図-7. 試験法の比較
(北港粘土)

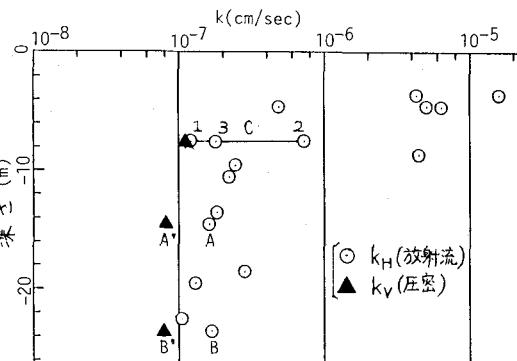


図-8. 北港粘土の透水係数分布

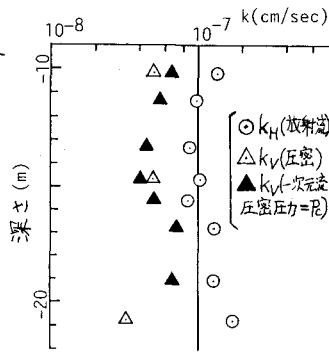


図-9. 日立粘土の透水係数分布