

フジタ工業 技術研究所 正員 石井 武美
フジタ工業 技術研究所 正員 福島 伸二

1. まえがき

フィルダム・コア材のような粘性土の透水性に及ぼす拘束圧の影響は大きいことが考えられる。一般にコア材の透水性は通常の透水試験により調べられるがこの試験では供試体の拘束圧は非常に小さく不明確であり、かつ拘束圧を制御することもできない。このためこの試験で拘束圧下におけるフィルダム・コア材の土の要素の透水性を正確に評価することはできない。本報告は拘束圧下コア材のような粘性土の透水性に及ぼす影響を三軸セルを用いた透水試験で調べた結果を述べるものである。

2. 試験方法

三軸セルを用いた拘束圧下における透水試験機は既に発表したものを¹⁾用いている。使用した試料はFig. 1に示す真砂土(広島県産)と関東ローム(横浜市港北区)である。供試体は円柱形(直径 $d_s=10$ cm, 高さ $h_r=20$ cm)と長方体(長さ10.5 cm, 幅5.5 cm, 高さ10.5 cm)でJIS A1210の平均値と同じ締固めエネルギー $E_c=5.6$ kg/cm²に作るように締固めて準備した。この円柱供試体は締固め面に対して水が垂直に流れる時の透水係数(k_v)を、長方体供試体は締固め面に対して水が平行に流れる時の透水係数(k_h)を求める時にそれぞれ用いた。すべての供試体は完全に飽和させるために炭酸ガス(CO₂)を流してから脱気水を通して飽和させ、背圧 $\sigma_{pp}=1.0$ kg/cm²を加えた。試験はまず $\sigma_c=0.2$ kg/cm²まで等方圧密し透水試験を実施後、次の段階まで等方圧密(0.2→0.5→1.0→2.0(4.0) kg/cm²)し各圧密圧力ごとに透水試験を実施した。この手順はフィルダムの盛立てと共にコア材内の土の要素が受ける拘束圧が増加してゆくことを再現している。

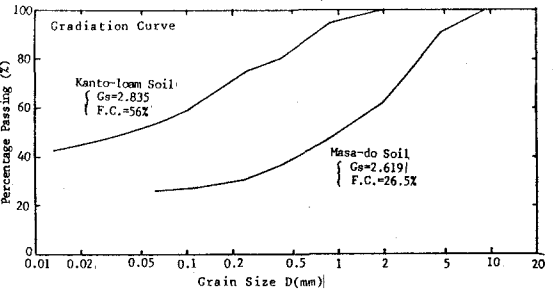


Fig. 1 実験に用いた試料の粒度曲線図

3. 試験結果

Fig. 2(a), (b)にそれぞれ真砂土と関東ロームの拘束圧 $\sigma_c=0.2$ kg/cm²における透水係数(k_v , k_h)を示してある。これらの図から次のことがわかる。(1): 締固め粘性土の透水係数はどの締固め含水比においても拘束圧が小さくなると低下する。このことはFig. 3に示すように拘束圧の増加に伴う低下を考慮すれば通常の透水試験で用いることができると判定している材料でも使用できる場合もあることを示している。

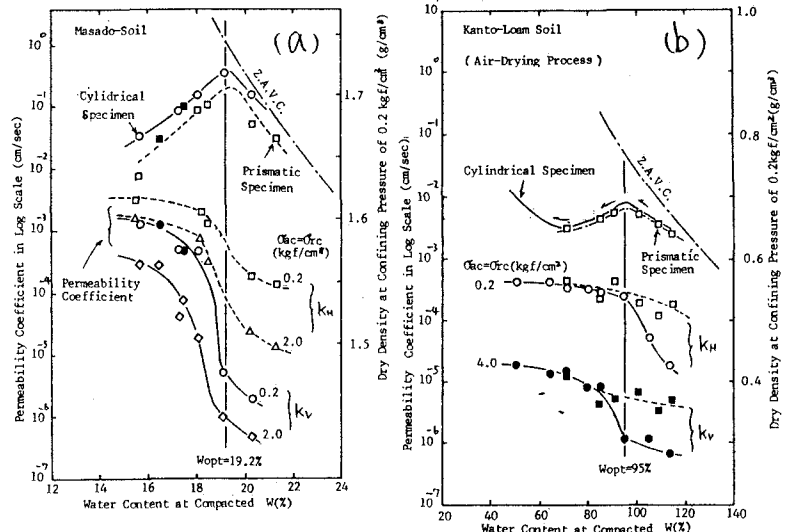


Fig. 2. 拘束圧と透水係数の関係 (a) 真砂土, (b) 関東ローム

大きな透水係数のものでも使用できることとなる。(2)：透水係数は同じ密度により同じ含水比に依存し、含水比が増加すると透水係数は減少する。特に最適含水比(w_{opt})付近で急激に減少する。(3)： w_{opt} よりも小さい含水比では($w < w_{opt}$) k_v と k_h の差は小さいが、 $w > w_{opt}$ では k_v と k_h の差は大きい(透水性の異方性が大きい)。これは w により土の堆積構造が異なるためで、特に w_{opt} を境に $w > w_{opt}$ では透水性の異方性が大きい堆積構造になるようである。ここで重要なことは拘束圧が大きいと透水係数が小さくなることで、これは拘束圧の増加により圧縮され土の空隙が小さくなるためである。このため拘束圧における透水係数は土の空隙比の関数で表現できるものと考えられる。Taylor, D.W. (1948)²⁾や Samarasinghe, A.M. et al. (1982)³⁾らは透水係数と空隙比の関係式として次式を提案している。

$$\begin{cases} \text{Taylor, D.W.: } k = C e^m \quad (\log k \sim \log e \text{ 上で両者が直線関係にある, あるいは } k = \exp(C_1 e + C_2) \quad (\log k \sim e) \\ \text{Samarasinghe, A.M. et al.: } k = C e^m / (1 + e) \quad (\log k(1+e) \sim \log e) \end{cases}$$

これらの式は拘束圧下における透水係数と空隙比の関係を表現するのに利用できようである。Fig. 4(a), (b)にそれぞれ真砂土と関東ロームの拘束圧下における k と e の関係の $\log k(1+e) \sim \log e$, $\log k \sim \log e$, $\log k \sim e$ の関係を示してある。どの関係も厳密に直線関係にはないが、拘束圧下における透水係数と空隙比の関係とある程度表現できること、つまり建設中のフィルダム工場の拘束圧の増加に伴う透水性の変化を推定するためにこれらの関係式でも使用できようである。実際に推定するには次のように行うとよいだろう。工場の設計時に使用可能な強度数(C, ϕ)を求めるために実施する三軸圧縮試験時はこの k と e の関係を求めておく。施工中の堤本・次下・河床下の土に設置されている層別次下計の読みより $e_v = \Delta h/h = \Delta e/(1+e_0)$ が求まるから盛立中の工場の空隙比は $e = e_0 - \Delta e = e_0 - (1+e_0)e_v$ より求める。この e を k と e の関係式($k = f(e)$)に代入すれば拘束圧の増加に伴う k の変化も推定できる。

4. 結論

拘束圧下における工場の透水特性を三軸セルを用いた透水試験により調べた結果次のことがわかった。(1)：拘束圧が高いほど透水係数は小さくなり、この場合の透水係数は空隙比の関数で表現できる。(2)：拘束圧の増加による透水係数の低下を考慮しながら通常の透水試験で透水性が悪いため使用不能と判断される材料でも使用できる可能性はある。

- 1) 福島石井寄田(1983): フィルダム工場の拘束圧下における透水試験 土木学会
- 2) Taylor, D.W. (1948): Fundamental of Soil Mechanics,
- 3) Samarasinghe, A.M. et al. (1982): ASCE, GT-6.

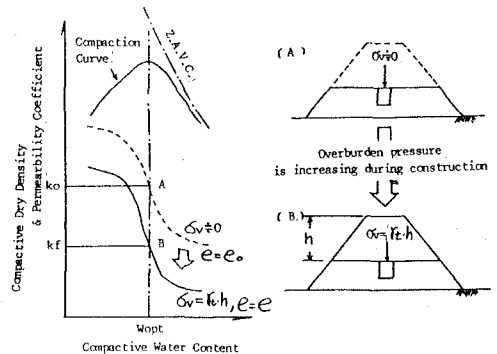


Fig. 3. 模式図

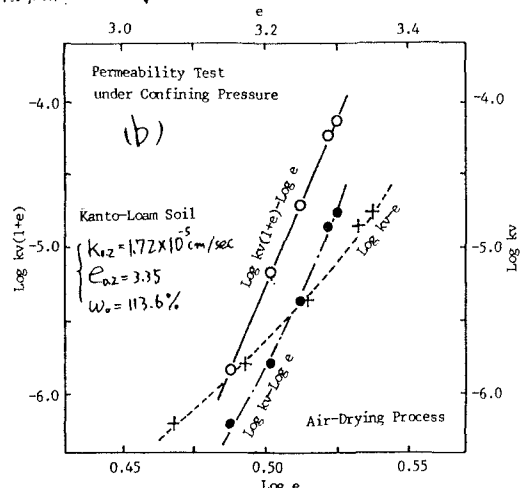
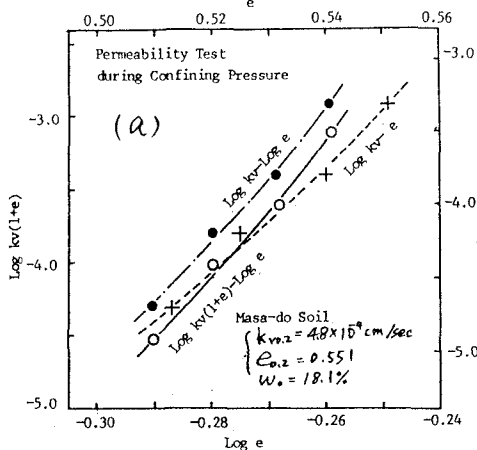


Fig. 4. k と e の関係 (a) 真砂土 (b) 関東ローム