

宮崎大学工学部 正員 藤本 廣、横田 漢
学生員 オ久富不雅裕、西 剛彦

1. まえがき

しらす層の降雨時の安定性を検討する場合、上層のせん断強度は勿論不可欠の要因であるが、それ以前の問題として水の浸透性状の把握が重要である。この場合、浸透現象は不飽和浸透を対象とすることは、浸透のフロントにおいてはサクションの影響が重要な因子となる。ところが従来のしらす層の土質工学的研究ではこの面からのアプローチが殆んど見られず、残されに研究課題の一つとなっている。筆者の一人(藤本)は、以前、土のせん断変形に伴う骨格構造の変化(ダイレイタシオン)に応じてせん断領域内におけるサクション性状の変動を予想して、不飽和土の有効応力に関連する骨格構造の変動とサクションとの相関性を実験的に検討したことがあるが、今回は、上述のように不飽和状態にあるしらす層を対象として毛管透水試験による浸透性状とサクションとの相関性を実験的に考察した結果と定性的な段階であるが第1報として報告する。

2. 実験方法

試料には、粒径0.42mm以下に粒度調整した都城地方のしらすと、比較のために同地方の火山灰土(黒ボク)を使用した。それらの粒度曲線及び物理的指数を図-1に示す。

水平毛管透水試験は図-2に示した装置で行い、試験結果の解析はT. W. Lambeの方法²⁾によった。図-2で水頭 h_1 と h_2 は夫々33.5cmと19.7cmで、試料長 l は26cmである。試料直径は5cmである。試料の間隙比はスプリングタンパーを用いて締固めの回数によって調整した。毛管透水係数 k_c と毛管水頭 h_c の計算は次式による。

$$\left. \begin{aligned} m_1 &= \frac{\alpha(h_1)}{\alpha(h_2)} = \frac{2k_c}{S_r \pi} (h_1 + h_c) \\ m_2 &= \frac{\alpha(h_2)}{\alpha(h_2)} = \frac{2k_c}{S_r \pi} (h_2 + h_c) \end{aligned} \right\} \text{----- (1)}$$

上式で、 m_1 及び m_2 は夫々水頭 h_1 及び h_2 による浸透実験で得られた浸透距離 z と時間 t との関係曲線(図-3参照)の勾配、 S_r は試料の初期飽和度、 π は試料の間隙率である。 k_c は毛管透水係数とLambeにより算出される。

サクションの測定は達心分離法によった。

3. 実験結果と考察

3-1. 毛管透水性状と試料の間隙性状との関係

図-3に水平毛管透水試験によるしらすと黒ボクの典型的な z^2-t 曲線を例示した。これによると、自明のことであるが、初期飽和度 S_r 及び間隙比 e が類似の状態では、間隙径の大小によって浸透速度が程度異なることが判る。因す、この相違を定量的に表現する k_c に、上流間隙当量直径 d を近似的に表わすジュレンの式³⁾ $d = 0.3 \sqrt{\frac{e}{S_r}}$ (ppf = $\log_{10} h$) の k_c の代りに式(1)で求めた毛管水頭 h_c を採用して、図-3に示したデータで一般比較上の指標程度の意味をもつものとして d に対応する便宜的な間隙当量直径として $d' = \alpha / k_c$ (α は定数)を計算すると以下のようになる。しらす： $S_r = 0.41\%$, $e = 1.37$ で $d' = 2.52 \times 10^{-2}$ cm, $S_r = 0.1\%$, $e = 1.61$ で $d' = 3.3 \times 10^{-2}$ cm, 黒ボク： $S_r = 11.1\%$, $e = 1.425$ で $d' = 4.2 \times 10^{-3}$ cm, この近似式の適用性と係数 α については今後検討する予定である。

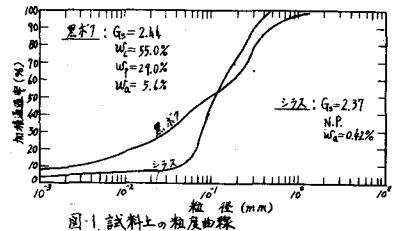


図-1 試料上の粒度曲線

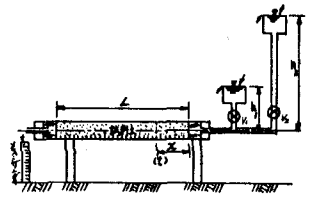


図-2 水平毛管透水試験装置略図

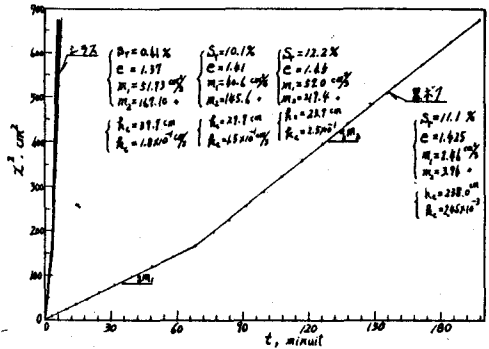


図-3 しらす及黒ボクの浸透距離-時間曲線

3-2. pf と初期飽和度との関係

通常、 pf と含水状態との関係は $pf-w'$ (体積含水率)曲線で表わされるが、ここでは、前項で毛管浸透性状が間隙径の大小に強く左右されることが自明なことから確認され、間隙径の影響を一応無視して pf と飽和度との関係を検討してみる。図4は透水性によって得られるしらすと黒ボクの $pf-S_r$ 関係を示したもので、これによると、同一の pf を示す場合でもしらすの S_r は黒ボクの S_r より20~30%低い値を要することが判る。また、しらすの場合、黒ボクに比較して S_r の値が急激に変化して pf の値が大きく変動するという砂質土特有の性状が明確に現われている。

3-3. 毛管水頭 h_c と飽和度及び間隙率との関係

図5に示すの毛管水頭 h_c と体積含水率($w' = \frac{V_w}{V} = \frac{V_w}{V_s} = S_r \cdot n$)との関係を示す。これによると、 h_c と w' との間には、ほぼ、 $h_c = a - b \log_{10} w'$ の関係があることが認められる。上式で a 及び b は定数である。だが、現在、 $w' = 10^{-2}$ 前後における h_c を補完するための実験を行っている。

h_c と S_r 及び間隙比 e との関係をそれぞれ求めてみると図6のようになる。これから、 h_c は e の増大に対して直線的に減少する傾向があるが、 S_r の増大に対してはその傾向は明確でない。

3-4. 毛管浸透性と pf の関係

水平毛管浸透試験で求めた毛管透水係数 k_c と pf との関係をプロットすると図7のようになる。図から、 pf に逆比例的に k_c の値が低下する傾向にあることが判るが、これにより、不飽和浸透におけるグレイソンの因子程度が推測されるようである。この点も今後の検討課題である。

3-5. 毛管水頭と pf との関係

常識的にも pf と毛管浸透試験で求められる h_c との間には比例的な関係があることが予測されるが、あらためて両者の関係をプロットしたのが図8である。図で、点線で囲った下群内のデータは S_r 及び e の値が検討の対象とはならないもので、これらのデータを除いて S_r 及び e の同等のものとの連ねると点線で示した直線関係が求められる。

4. あとがき

第1報として種々の定性的な結果を示す不飽和浸透現象を対象として毛管浸透試験とガレソンの測定結果との相関性を求めた。その結果、毛管浸透試験による毛管水頭 h_c と含水率 w' との相関性、毛管透水係数 k_c と pf との相関性、 h_c と pf との相関性が確認された。今後、これらの相関関係の定量的な h_c 及び pf の定量的な活用化を検討予定である。

参考文献：1) 藤平康二博士：土のガレソンの測定と浸透、土木学会第4回年次大会論文要録集(2)。

2) I.W. Lambe: Capillary Phenomena in Cohesionless Soils, Proc. ASCE, Vol. 76, No. 2, 1950, 3) 堤正徳博士：土の物理的性質、1971, (1974)。

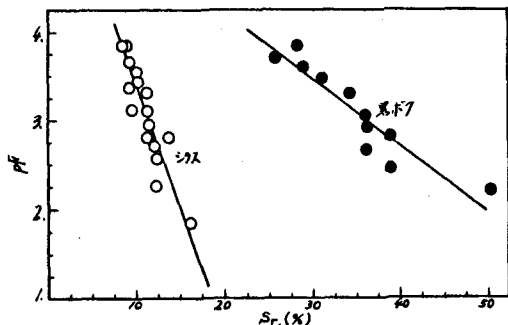


図4. シラス及び黒ボクの pf と飽和度(S_r)との関係

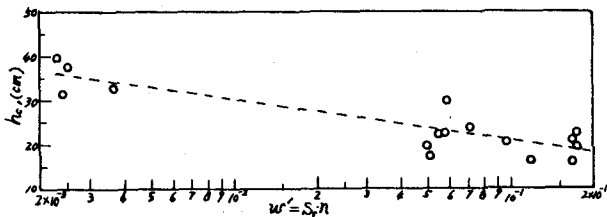


図5. シラスの毛管水頭(h_c)と体積含水率(w')との関係

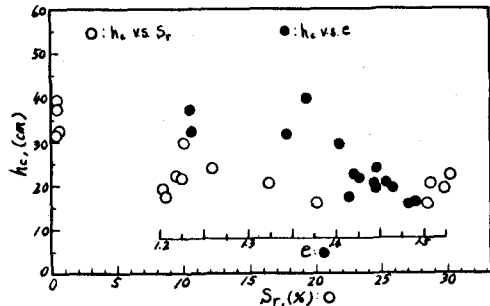


図6. シラスの h_c と飽和度(S_r)との関係

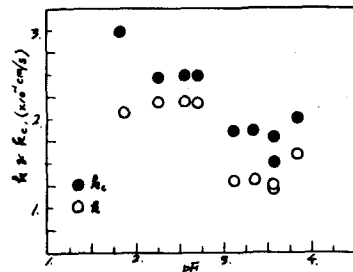


図7. シラスの k 及び k_c と pf との関係

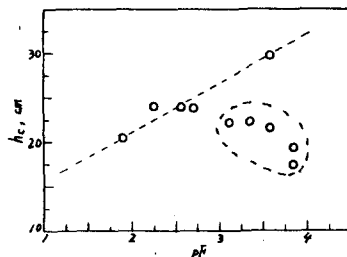


図8. シラスの h_c と pf との関係