

III-192

土の毛管特性（第2報）

防衛大学校（学） 池永 均
同 上（学）○日比野忠史
同 上（正） 山口 晴幸

1. はじめに 著者らは前報¹⁾に於て、各種土質を用いて鉛直毛管試験、水平毛管試験及び水平毛管透水試験を実施し、土の毛管特性を左右する飽和土、間隙比（密度）等の各種影響因子について実験的に考察を加えた。本報告では、毛管水の上昇にともなう生じる土の強度低下と毛管土層内の含水比分布の経時変化を推定するための簡易的手法について記述する。

2. 毛管水の上昇に伴う土の強度低下

面付近の不飽和土領域では毛管水の上昇によって含水比が増加し、土の強度低下が予想される。ここでは、黒ぼく土（有機質土）と木ぶし粘土を用いて、鉛直毛管試験を実施した後、深さ方向に亘ってベーン試験を行い、毛管水による含水比増加に伴って生じる強度低下について検討を加えた。料試料の物理的性質は前報¹⁾で記述している。図1は両試料は毛管上昇高さの経時変化を示したもので、有機質土系や粘性土系の土質では長期に亘ってかなりの毛管水の上昇が予想されることが解る。毛管水を含んだ土のせん断試験は、図2に示すように、ベーン羽根（直径20mm、高さ30mm）を貫入し、点a, b, c, dで連続的にベーン試験を実施し、せん断強さに及ぼす毛管水の影響について調べた。試験に先立ち、気乾燥された試料がタンピング方式でアクリルモールド（直径75mm、高さ200mm）に充填された。ベーンの回転速度（ θ ）は 1.8×10^{-3} radに保持された。図3と4は両試料についてのせん断応力（ τ ）と回転角（ θ ）と

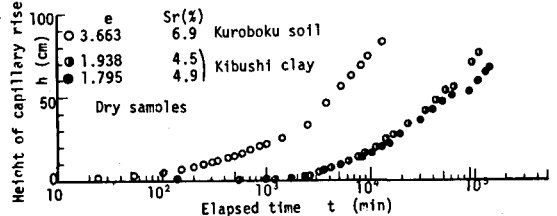


Fig 1

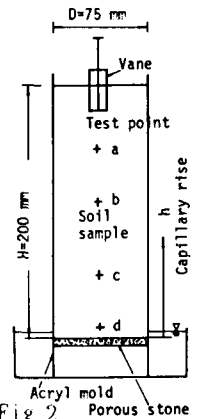


Fig 2

の代表的関係を示したものである。乾燥試料（初期状態）に比較して、毛管上昇を伴った試料においては、せん断応力かなり低下していることがわかる。特に、図4に示す木ぶし粘土においてこの傾向が顕著である。そこで、せん断応力（ τ ）の最大値 τ_{max} と含水比（ w ）の高さ方向の分布を図5と6に示す。黒ぼく土では毛管水によって含水比が約110%迄増加し、強度が乾燥試料に比較して約60%低下している。木ぶし粘土では、24000分の毛管期間（ t_c ）後、含水比が3.3%から約40%に増加し約90%の著しい強度低下が見られる。図7は τ_{max} と w 分布におよぼす毛管期間（ t_c ）の相違の影響を木ぶし粘土（間隙比 $e =$

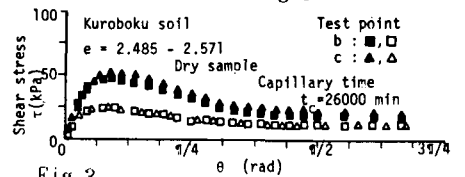


Fig 3

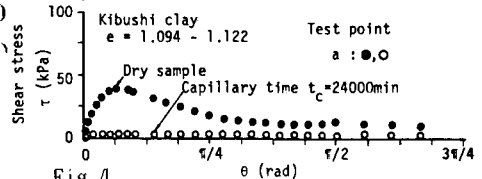


Fig 4

1.305~1.407で充填した試料）について示したもので、これを整理した図8によると、 $t_c = 10^4$ 分程度でかなりの強度低下を生じることがわかる。

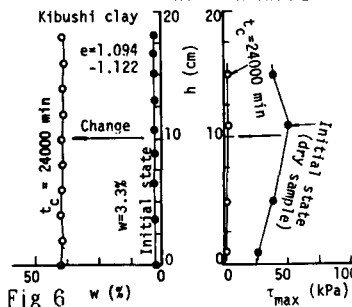


Fig 6

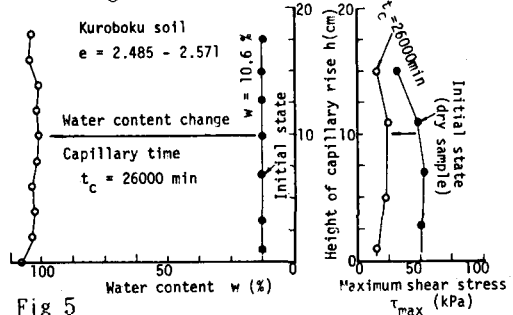


Fig 5

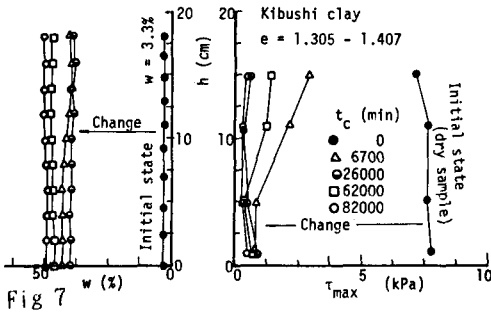


Fig 7

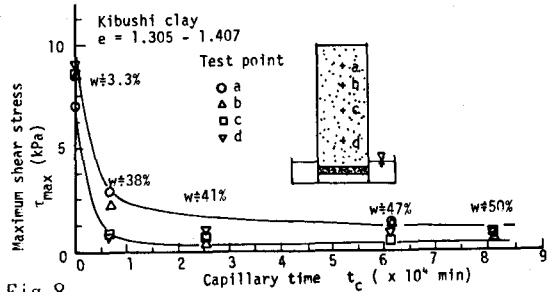


Fig 8

3. 毛管上昇に伴う含水比分布の経時変化 図9に図式化するように、毛管上昇に伴って毛管土層内の含水比分布は経時変化を示す。前節で記述したように、この含水比の変化が土の強度変化と密接に関連することから、図10に示す一次元要素に基づき、含水比分布の経時変化を概想する簡易的手法について記述する。連続条件式、ベルヌーイの定理、ダルシー則を適用し、毛管負圧(p) Fig 9を図11に示すように含水比の一次関数として透水係数kを一定と仮定すると次式の過程から(7)式で表示される一次元拡散型方程式が誘導される。

$$-\frac{\Delta q}{\Delta x} = (1-n) \frac{\rho_s}{\rho_w} \frac{\Delta w}{\Delta t} \quad (1)$$

$$E = \frac{q^2}{2\eta} + \frac{p}{\rho_w g} + x + h_f = \text{const.} \quad \left(\frac{q^2}{2\eta} \neq 0, h_f \neq 0 \right) \quad (2)$$

$$q = k \frac{1}{\rho_w g} \frac{\partial p}{\partial x} + k \quad (3) \quad p = a(w_0 - w) \quad (4) \quad q = -\frac{ak}{\rho_w g} \frac{\partial w}{\partial x} + k \quad (5)$$

$$\frac{\partial q}{\partial x} = -\frac{ak}{\rho_w g} \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} = -(1-n) \frac{\rho_s}{\rho_w} \frac{\partial w}{\partial t} \quad (6)$$

$$\frac{\partial w}{\partial t} = c \frac{\partial^2 w}{\partial x^2}, \quad c = -\frac{ak}{\rho_s g(1-n)} \quad (7)$$

ここに、qは流速、 ρ_s 、 ρ_w は土粒子と水の密度、nは間隙率、aは定数である。

初期条件及び境界条件を次式に表示する。

$$w(x, 0) = 0, \quad w(0, t) = w_0, \quad w(h = f(t), t) = 0 \quad (8)$$

ここで、毛管高さ $h = f(t)$ を t の双曲線関数で近似する (図12参照)。

$$f(t) = t / (At + B) \quad (9)$$

しらすと豊浦標準砂 (物理的特性等は文献1)参照) についての毛管過程での含水比等時曲線の実測値と計算値との比較を示したのが図13と14である。計算値は定性的傾向はとらえているが、実験値との近似度合は良好とは言えない。これは、毛管負圧算定式や負飽和透水係数の時間的变化を考慮していない点に問題があると考えられる。今後この点について検討したい。

文献1) 山口ら (1987) : 土の毛管特性、第22回土質工学会研究会発表投稿中

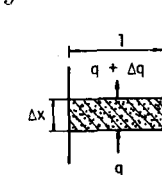
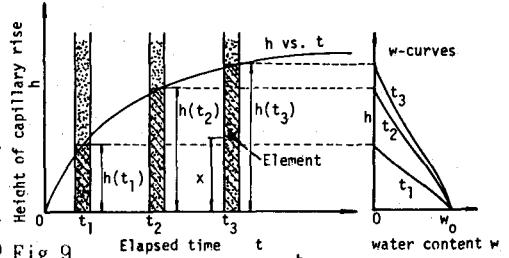


Fig 10

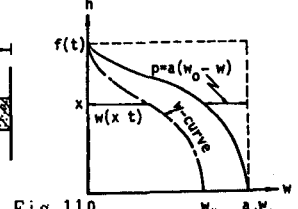


Fig 11

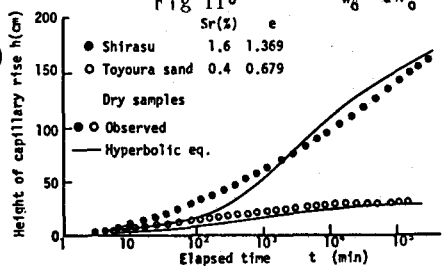


Fig 12

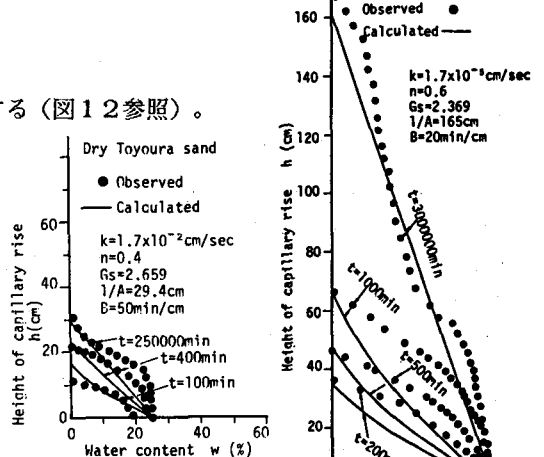


Fig 13

Fig 14