

Cone Permeameter による原位置の不飽和浸透特性の推定

東洋大学 学生員 ○本間 雄介

東洋大学 正会員 石田 哲朗

1. はじめに

最近では異常気象の影響が記録的な降水量が各地で計測されている。河川堤防はこの降雨や河川水位の影響を受けて、しばしば危険な状態に陥る。たとえば、2004 年に新潟・福島での豪雨や台風による堤防破壊が相次いだことから多くの尊い命が奪われた。河川堤防のような土構造物内の湿潤状況は時間の経過とともに、刻々と変化するもので、飽和領域と不飽和領域との境界には複雑な水分挙動が生じている。現在のところ、これらの挙動を予測、再現する方法として飽和・不飽和浸透流解析が最も有効な解析手法として幅広く利用されている。この解析手法の要となる土中水の浸透定数として、水分特性曲線(θ - ψ 関係)と、比透水係数を体積含水率(θ - k_r)との関係で表したものが必要である。国土交通省でも堤防破壊が相次いだことから、直轄河川でボーリングなどによる堤防内の土質材料の調査に着手したが、このような調査方法では全体を把握するまでに大変な時間と労力を要し、補強工事が完了するまでにはほど遠い。

そこで、Gribb や Kodešová らの研究に基づいた、測定が簡単で、装置構造もシンプルな地盤の原位置浸透試験装置を試作してみた。これにより地盤の不飽和水分特性を容易に推定できれば、上記のような広範囲の大掛かり調査は簡便化できる。本報では、この試験法を説明し、その実務性を調べた結果から今後の展開方向を述べる。

2. 試験装置と試験方法

図-1 は実際に原位置試験を行う際の状況を示した。コーンパーミアメータ(CPT)は直径 30mm の中空円筒で、長さは 118.5 cm である。最も質量のある給水タンクの容量は 10 l で、一人でも搬入は可能である。計測機器を配置する架台は分解できる。

図-2 には地盤中に挿入するコーンパーミアメータの構造図を示す。上部、下部の受感部のテンシオリングには、それぞれ二本のフレキシブルチューブが埋め

込まれて圧力センサとつながっているだけの簡単な装置である。先端付近の流出部には孔が開けてあり、ここから地盤内に給水される。

試験方法は、必要な深度までオーガで削孔し、コーンパーミアメータを挿入する。水位制御ユニットの給水チューブとファイバースコーンパーミアメータの上部の中空部分に入れる。給水を開始すると、コーンパーミアメータに水位が形成されていき、水面がファイバースコーンパーミアメータに触れると給水が停止するので、一定の水位が保たれ浸潤していく。このときの浸透水量と 2 ヶ所の圧力センサの値の変化を記録する。

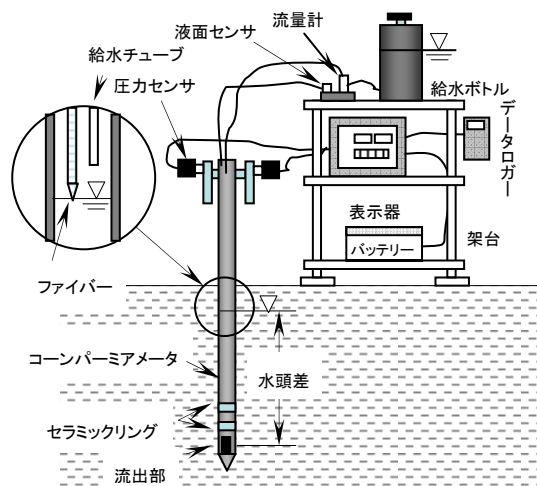


図-1 CPT 原位置試験状況

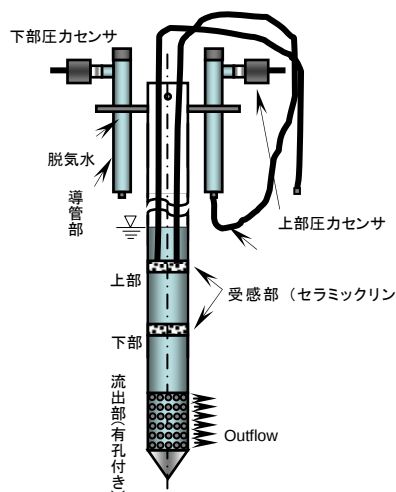


図-2 CPT 構造

キーワード 原位置試験, 不飽和土, 浸透特性, 逆解析

連絡先 〒350-8585 川越市鯨井 2100 東洋大学工学部環境建設学科 TEL:049-239-1409 E-mail : ishida11@toyonet.toyo.ac.jp

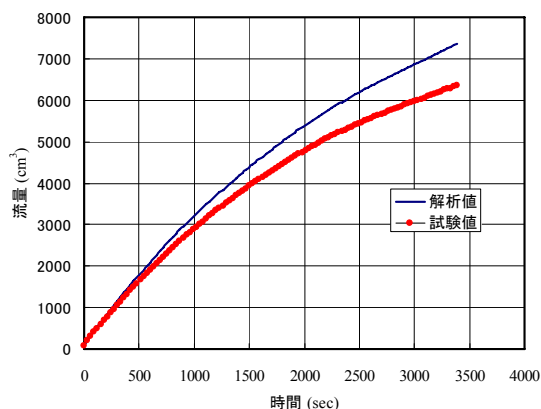


図-3 流量の経時変化（室内）

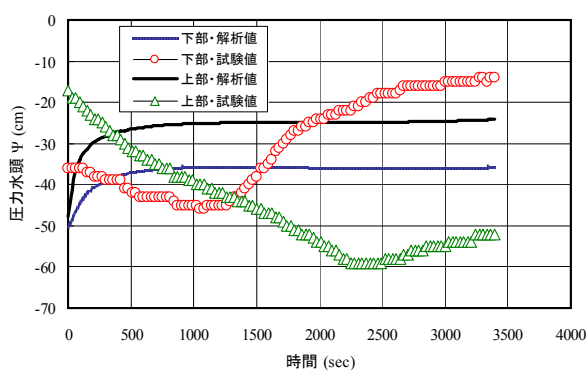


図-4 圧力水頭の変化（室内）

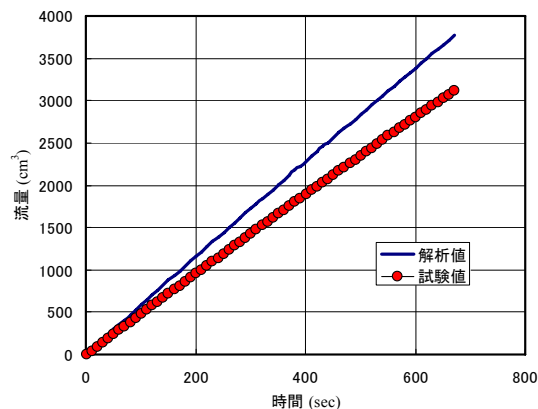


図-5 流量の経時変化（原位置）

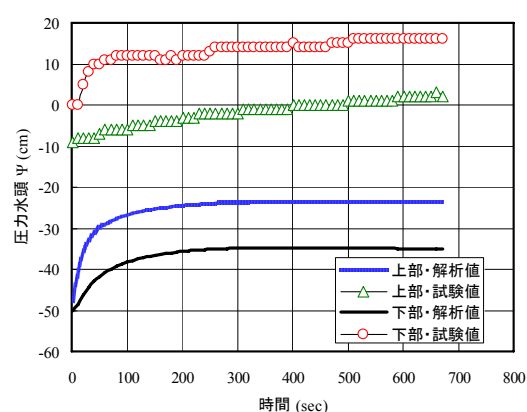


図-6 圧力水頭の変化（原位置）

計測は一カ所当たり 20～30 分程度で終了する。

3. 解析結果と考察

室内試験の結果を図-3 と図-4 に、実測値と逆解析値の一例として示した。実測値の圧力水頭の変化を精確に再現することはできなかった。珪砂の場合、絶乾状態の試料を使用しているため給水を開始直後に圧力水頭が上がることはなかった。図-4 の実測値から珪砂の室内試験の場合、ポア部から球形に水の波形が形成されず、浸透が下から上へ単純に移動していることがわかる。このときの水分特性パラメータは $\theta_s = 0.02$, $\theta_r = 0.391$, $\alpha = 0.02$, $n = 1.893$, $k_s = 1.01 \times 10^{-2} \text{ cm}$ であった。

原位置浸潤試験は埼玉県川越市にある東洋大学工学部校内で行った。オーガによる削孔は 30 cm とした。図-5 と図-6 に実測値と逆解析値の一例を示した。図-6 の変化度合いを見ると上部・下部とも近似した曲線を描いている。このときの水分特性パラメータは $\theta_s = 0.078$, $\theta_r = 0.65$, $\alpha = 0.036$, $n = 1.56$, $k_s = 2.89 \times 10^{-2} \text{ cm}$ であった。図-7 は、珪砂と関東ロームの水分特性曲線および比透水係数曲線を示した。水分特性曲線の勾配に影響を与える n は van Genuchten モデルの定数である。珪砂の n は 1.893 で、関東ロ

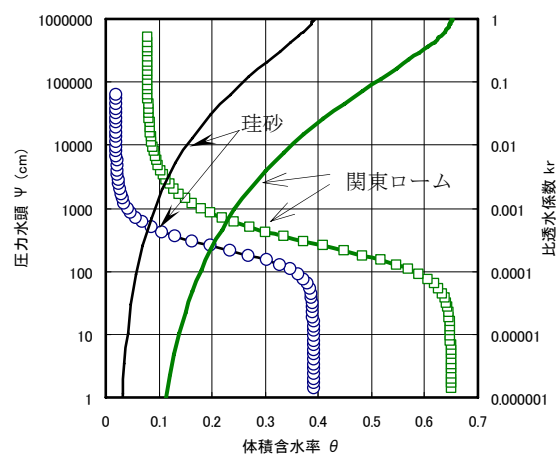


図-7 van Genuchten 理論（珪砂と関東ロームの比較）

ームの $n = 1.56$ より大きな値をとり、関東ロームは傾斜が大きく、逆に珪砂は幾分平坦な曲線を描く関係になる。

4. おわりに

より良い解析結果を得るために試料の状態および計算に使用するパラメータ値の設定をいかに精確に行うかが重要である。今後もこの点を踏まえて各種の土質材料に対して検討を進める予定である。