

チービシ砂を用いた水分特性曲線の 定式化に関する研究

琉球大学大学院 学生会員 ○榊田 一希

琉球大学 正会員 原 久夫

1. はじめに

近年、豪雨による斜面崩壊や東日本大震災などの震災による液状化現象がいたるところで発生している。これらの多くは、飽和した地盤で発生することが多い。不飽和土は一般的に飽和土に比べて圧縮しにくくせん断抵抗も大きい。不飽和地盤での斜面崩壊等が発生することは少ない。しかし、自然界に存在する地盤の多くは不飽和地盤である。不飽和地盤は、豪雨などを起因とした地下水位上昇による浸透問題や強度低下問題が重要になってくる。これらの問題を解決するためには、土の保水性や浸透特性の評価が重要である。不飽和土の保水性や浸透特性は保水性試験によって得られる水分特性曲線をもって評価することができる。今回我々は、水分特性曲線の勾配とポテンシャルの関係を実験から定めた。さらに、水分特性曲線を定式化し、実験値との比較をおこなった。

2. 実験方法

本実験で用いた試料は、豊浦砂ならびに沖縄県の海砂であるチービシ砂、両者の 1:1 の混合砂を用いた。本実験において、豊浦砂は 0.425mm でふるいにかけ、チービシ砂は 2mm のふるいにかけ粒径を調整した。豊浦砂およびチービシ砂の物理特性は表 1 に示す。供試体は、上記の試料を自由落下させ作成した。保水性試験は JGS(-0151)に従って行い、各段階の飽和度は、最終時の含水比と排吸水量から逆算して求めた。

3. 飽和度変化率とポテンシャルの関係式

水分特性曲線から飽和度変化率 $\alpha(=\Delta S_r/\Delta\varphi)$ を求める。図 3.1 のように飽和度変化率とポテンシャル φ の関係を表す。得られた曲線の近似曲線を次の仮定をもとに定める。飽和度変化率 α とポテンシャル φ のグラフから曲線の頂点座標 (φ_p, α_p) を得る。区間を $-\infty \leq \varphi \leq \varphi_p$ と

表 1 物理特性値

試料名	チービシ砂	混合砂(1:1)	豊浦砂
土粒子の密度 ρ_s (g/cm ³)	2.78	2.70	2.633
最小密度 ρ_{dmin} (g/cm ³)	1.06	1.21	1.328
最大密度 ρ_{dmax} (g/cm ³)	1.28	1.52	1.621
曲率係数 U'_c	0.96	0.81	0.98
均等係数 U_c	3.10	1.54	1.43
透水係数 k (cm/s)	7.0×10^{-2}	3.4×10^{-2}	1.7×10^{-2}
実験時の間隙比 e	1.61	1.21	0.868

$\varphi_p \leq \varphi \leq 0$ に分ける。排水過程についてまず $\varphi_p \leq \varphi \leq 0$ では二次関数 $\alpha_D = A\varphi^2 + B\varphi$ を用いた。境界条件は $(0, 0)$, (φ_p, α_p) を通り、微分値が $\varphi = \varphi_p$ で 0 である。これにより係数 A, B が求められ二次関数が導出される。次に $-\infty \leq \varphi \leq \varphi_p$ では $\alpha_D = C \exp[-D(\varphi - \varphi_p)^2]$ を用いた。

境界条件は (φ_p, α_p) を通り、 $-\infty \leq \varphi \leq 0$ 領域の積分値が $S_r = 100$ になるように

$$100 - \int_{\varphi_p}^0 (A\varphi^2 + B\varphi) d\varphi = I_1 \quad (1)$$

$$I_1 = \int_{-\infty}^{\varphi_p} C \exp[-D(\varphi - \varphi_p)^2] d\varphi \quad (2)$$

とした。これにより係数 C, D が求められ関数が導出される。吸水過程の飽和度変化率 α_s もまた同様にして、吸水時の頂点座標 (φ_p, α_p) から導出する。

これらの関数を用い、排水過程では

$$S_r = 100 - \int_{\varphi}^0 \alpha_D d\varphi \quad (3)$$

によって水分特性曲線を求める。

吸水過程では、排水過程の終了段階 ($\varphi = \varphi_e$) での飽和度を吸水過程の初期飽和度 (S_{re}) とし、

$$S_{re} = \int_{\varphi_e}^0 \alpha_D d\varphi \quad (4)$$

$$S_r = S_{re} + \int_{\varphi_e}^{\varphi} \alpha_s d\varphi \quad (5)$$

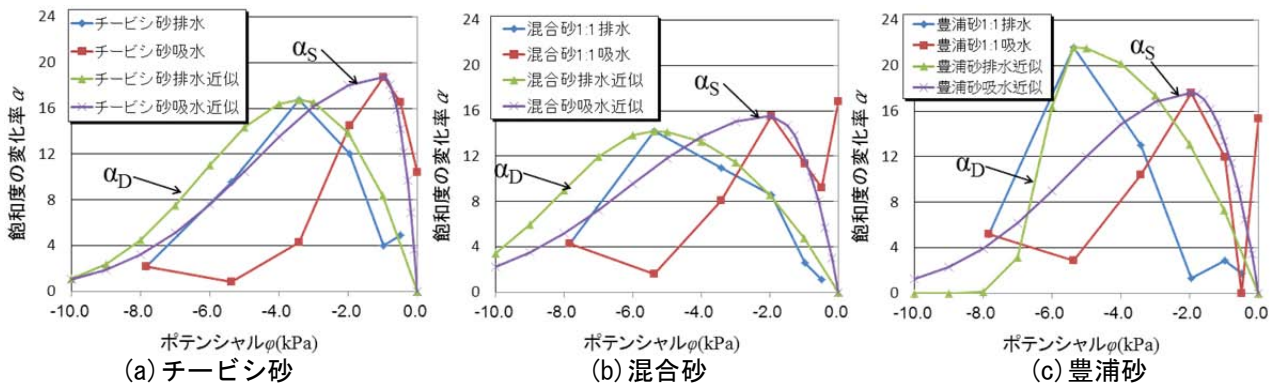


図 3.1 飽和度変化率とポテンシャル

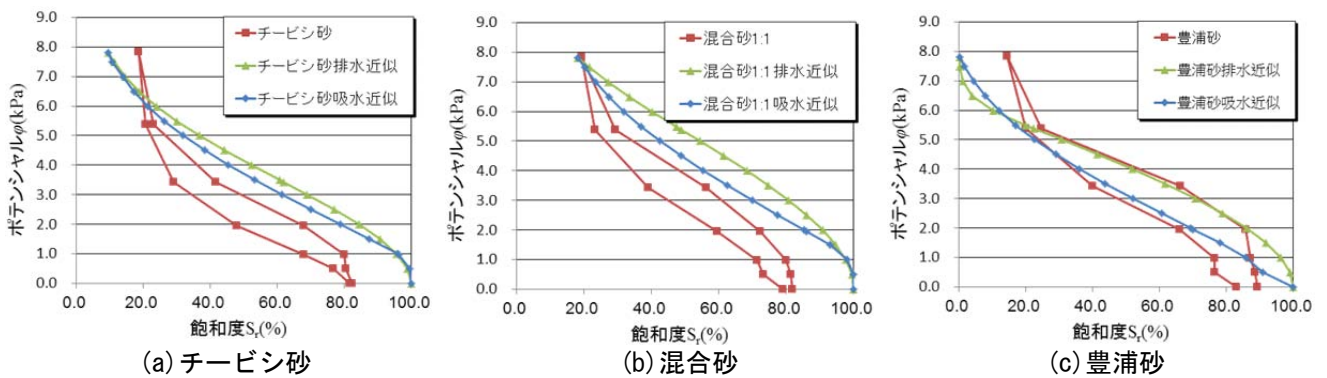


図 3.2 実験値および解析値による水分特性曲線

によって水分特性曲線を求めた。

4. 結果

図-3.2(a)のチービス砂では、初期飽和度が実験値より解析値の方が高くなっているが、曲線自体の形状は実験値をよく表している。図-3.2(b)の混合砂でも同様に、初期飽和度が実験値より解析値の方が高くなっているが、曲線自体の形状は実験値をよく表している。

図-3.2(c)の豊浦砂では、排水過程における実験値と解析値はほぼ一致している。しかし、図-3.1(c)の排水近似曲線が、他のものと比べ実験値の形状をあまり表せていない。特に、ポテンシャルが-8.0より小さいところではほとんど0になってしまっているところに原因があると思われる。

5. まとめ

今回は、水分特性曲線の実験値から飽和度変化率とポテンシャルの関係を求め、その曲線の近似曲線を用いて水分特性曲線の関数を導出し、実験値との比較を

行った。

チービス砂、混合砂では初期飽和度が実験値より解析値の方が大きい結果になったが、関数の形状は実験値をよく表している。豊浦砂では解析値の関数が途中で交差してしまい、水分特性曲線においては決定的な間違いとなってしまった。これは、水分特性曲線の関数をよく表せていないということなので、今後より水分特性曲線を表せる関数を検証していく。

参考文献

- 1) 河合克之，軽部大蔵，芦田渉，嘉戸善胤：間隙比の影響を考慮した水分特性曲線モデル，土木学会論文集，No.666/III-53，291-302，2000.12