

ビショップの有効応力パラメータ χ に関する一考察

鹿児島大学工学部 学生員 佐藤佑磨
 鹿児島県企画部 正会員 宮本裕二
 鹿児島大学工学部 正会員 北村良介
 (株)ダイヤコンサルタント 正会員 荒木功平

1. はじめに

地下水面より上にある土は、不飽和状態にある。不飽和土は、空隙に水と空気が存在する三相混合体と見なされる。Bishop¹⁾はサクションを考慮した不飽和土の有効応力式を提案した。宮本ら²⁾は Bishop の有効応力式に含まれるパラメータと飽和度の関係を空隙モデル(以下、KITA-SAKO モデルと称する)を適用して誘導した。KITA-SAKO モデルでは残留飽和度と擬似飽和度が入力パラメータとなっている。荒木ら³⁾は残留飽和度と擬似飽和度を締固め曲線から求める手法を提案している(以下、KITA-ARA モデルと称する)。

本稿では、北海道に分布する火山灰土(富川火山灰土、柏原火山灰土)を対象とし、得られた締固め曲線に KITA-ARA モデルを適用して残留飽和度と擬似飽和度を求め、さらにそれらの値を KITA-SAKO モデルに適用し、Bishop の有効応力パラメータと飽和度の関係を導き、考察を加えている。

2. Bishop の有効応力パラメータ

次式は Bishop が提案した有効応力式である。

$$\sigma' = \sigma - u_a + \chi \cdot (u_a - u_w) \quad \dots (1)$$

ここに、 σ' : 不飽和土の有効応力, u_a : 空隙空気圧, u_w : 空隙水圧, χ : 実験によって求めるパラメータ

次式は宮本らが KITA-SAKO モデルから導いたを示している。

$$\chi = \frac{A_w}{A_{AEV}} = \frac{\int_0^d \int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} \pi D \cdot \frac{DH}{\sin \theta} \cdot P_d(D) \cdot P_c(\theta) d\theta dD}{\int_0^{d_{AEV}} \int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} \pi D \cdot \frac{DH}{\sin \theta} \cdot P_d(D) \cdot P_c(\theta) d\theta dD} \quad \dots (2)$$

ここに、 $P_d(\theta)$: 管径 D の確率密度関数, $P_c(\theta)$: 管の傾き θ の確率密度関数, DH : 素体積の高さ, d_{AEV} : AEV における空隙水を保持する円管の最大管径

3. KITA-SAKO モデル、KITA-ARA モデルを用いた飽和度 ~ 関係

図-1 は KITA-ARA モデルを用いて、突固めによる土の締固め試験結果から最適な残留飽和度と擬似飽和度を求めるための手順を示したフローチャートである。入力パラメータは、突固めによる土の締固め試験から得られた最大乾燥密土 ρ_{dmax} 、最適含水比 w_{opt} 、最適間隙比 e_{opt} 、物理試験から得られる土粒子密度 ρ_s 、最小間隙比 e_{min} 、最大間隙比 e_{max} 、水の密度 ρ_w である。さらに、 e_1 、 e_m 、 S_{rmax} 、 w_m 、というフィティングパラメータを突固めによる土の締固め試験で得られた締固め曲線を最適に表現できるように決めて入力する。

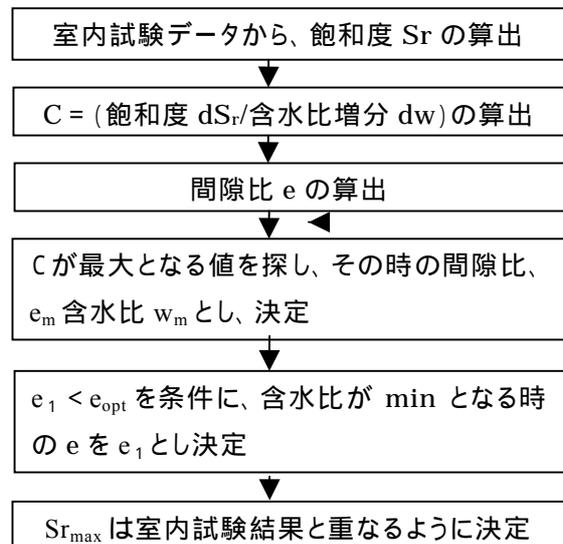


図-1 残留飽和度、擬似飽和度を求める手順

表 1 は計算に用いた入力パラメータの具体値を示している。図-2 は突固めによる土の締固め試験から得られた実測値とそれらを KITA-ARA モデルを用いて、最適に表現した締固め曲線を示している。図-2 より残留飽和度 S_{rmin} と擬似飽和度 S_{rmax} は表-1 に示した値となる。図-3 は、これらの値を用いて得られた Bishop の有効応力パラメータと飽和度の関係を示している。Bishop の有効応力パラメータと

飽和度は非線形な関係となること、富川，柏原の擬似飽和度はそれぞれ 48%，58%程度になっているこ

		富川	柏原
土粒子密度	$\rho_s(\text{g/cm}^3)$	2.225	2.341
最小間隙比	e_{\min}	2.374	2.627
最大間隙比	e_{\max}	2.666	3.183
水の密度	$\rho_w(\text{g/cm}^3)$	1.0	1.0
最大乾燥密度	$\rho_{d\max}(\text{g/cm}^3)$	0.641	0.645
最適含水比	w_{opt}	0.332	0.283
間隙比	e_{opt}	2.469	2.627
入力 パラメータ	Sr_{\max}	0.580	0.450
	w_m	0.315	0.266
	e_m	2.150	2.626
	e_l	2.460	2.625
計算ステッ プに関する 入力値	n	150	150
	w_{\max}	1.500	1.500
	dw	0.010	0.010
計算値	Sr_{\min}	0.019	0.112

表-1 入力パラメータの具体値

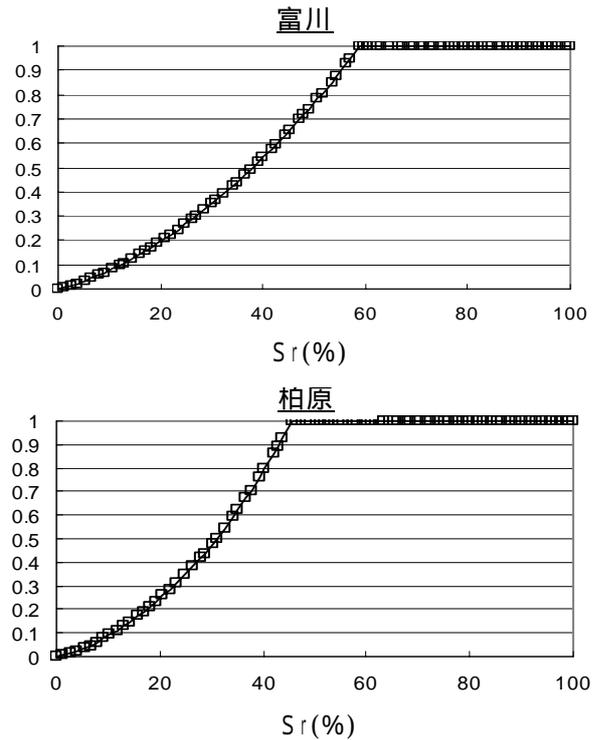


図-3 と Sr の関係

とがわかる。

4. おわりに

北海道に分布する火山灰土を試料とし、Bishop の有効応力式パラメータ と飽和度の関係を KITA-SAKO モデルと KITA-ARA モデルを用いて導いた。火山灰土の擬似飽和度が 100%よりかなり低いことがわかった。このことは保水性試験より得られた水分特性曲線とも対応している。

実験データを提供していただいた北海道大学の石川達也先生に感謝いたします。本研究は科研費(基盤 A)の援助をいただいた。ここに謝意を表します。

【参考文献】

- 1) Bishop, A. W.: The principal of effective stress, Norwegian Geotech. Inst. No.32, pp.1-5, 1960.
- 2) 宮本裕二、荒木功平、酒匂一成、阿部廣史、北村良介:不飽和土の 粒子間力とサクシオンと有効応力の関係、応用力学論文集、Vol.10, pp. 497-504, 2007.
- 3) Kohei ARAKI and Ryosuke KITAMURA: Derivation of SWCC and Unsaturated Permeability Coefficient from Compaction Test based on Kitamura Model, Proc. 3rd Asian Conference on Unsaturated Soils (Unsat-Asia2007), pp.327-333, 2007.

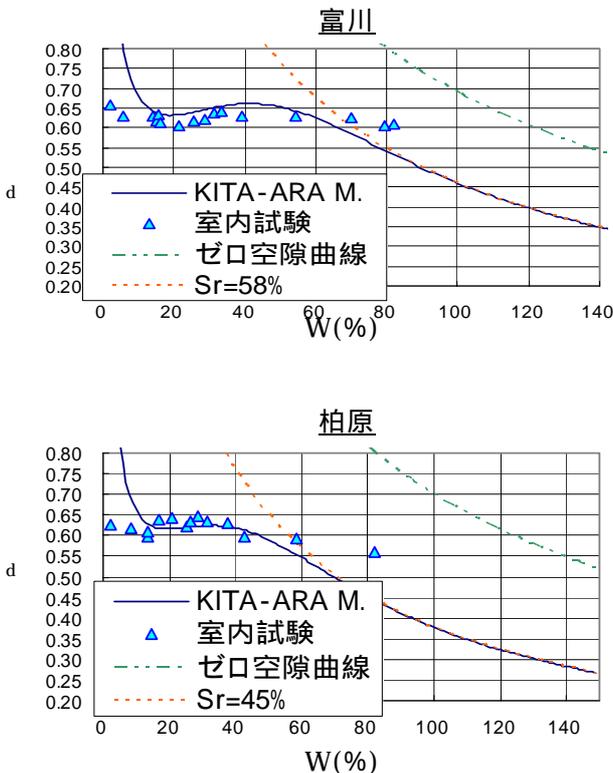


図-2 締固め曲線の実測値と計算値