

III-3 1 不飽和土の圧縮とセン断性について

京都大学防災研究所 正員 柴田 徹
京都大学大学院 正員 安田 隆彦

不飽和土の圧縮とセン断特性を支配する有効応力の原理に關しては未解明の點が多く、例えは

$$\sigma' = \sigma - U_a + \chi(U_a - U_w) \quad (1)$$

(σ' : 有効応力, σ : 全応力, U_a, U_w : 間ゲキ空気圧, 水圧, χ : 係数)

における χ は圧縮の場合とセン断の場合に同じ値をとるといふ報告もあるが、多くの意見はそれに疑問をもっている。われわれも先ずそれを確かめたいと思い、 U_a と U_w を分離して測定できる装置を作り、等方圧縮とセン断試験を行なっている。

装置の概略は既に報告したが、特に間ゲキ水圧測定には air entry value; 1.2 kg/cm^2 のポーラスストーンを使用し、かつ間ゲキ空気圧測定には供試体上面に glass fibre cloth を置いて U_a と U_w を分離できる装置が通常の飽和土に対する試験と異なっている。試験中の供試体の直径変化量は、等方圧縮では optical method により、またセン断中は側方変位計を使用して測定した。試料土はシルト質粘土ロームであり、締固めは kneading compactor により飽和度が変わっても乾燥密度が一定 ($= 1.37 \text{ kg/cm}^3$) になるようエネルギーを適当に変えた。そして直径 3.6 cm 、高さ 70 cm の円柱供試体に成形して使用した。

1. 等方圧縮試験 初期飽和度を各種に変えたものについて、含水比一定の条件で等方圧力 σ_c を $10 \sim 80 \text{ kg/cm}^2$ の範囲で載荷および除荷を行なった。ただし試験中、間ゲキ空気圧 $U_a = 0.7 \text{ kg/cm}^2$ を一定に保ち、間ゲキ水圧 U_w および体積変化を測定する。図-1 は一例として初期飽和度 570% の供試体 (No. 2) について U_w の経時変化を示したもので、各段階における終局飽和度 S_r と間ゲキ比 e が併記してある。この図において、除荷過程の S_r は載荷過程の値より大きいにもかかわらず U_w が低くあらわれる現象は、図-2 に示すように飽和度と pore suction ($U_a - U_w$) との關係が履歴曲線を描くことを示している。図-3 は等方圧縮試験結果を $e \sim \log(\sigma_c - U_a) \sim \log(U_a - U_w)$ 座標系にプロットしたもので初期飽和度 640% の供試体 (No. 1) についての例が曲線 ABC (○印) で示してある。図中 $e \sim \log(\sigma_c - U_a)$ 平面上の DEF 曲線 (●印) は、No. 1 供試体に 0.5 kg/cm^2 の back pressure を 2 日間加えて飽和させたものについて得られた $e \sim \log \sigma_c$ 曲線である。いま、この例にあつたような飽和土と不飽和土において、同一の間ゲキ比に落ち着かせるに必要な有効応力は等しいとすれば、図中の G 點を通り、 $(U_a - U_w)$ 軸に平行な水平線と $e \sim \log(\sigma_c - U_a)$ 平面との交点を H、H を通り $(\sigma_c - U_a)$ 軸に平行な水平線と曲線 DE との交点を I として、次式より χ を求めることができる。

$$\chi = \{\sigma' - (\sigma - U_a)\} / (U_a - U_w) = \tan \theta \quad (\theta \text{ は } \angle HGI \text{ をあらわす})$$

この操作で求めた χ の値は飽和度 $67.8, 73.0\%$ に対して $0.53, 0.69$ であった。一方、図-3 において点 H が D より上方にプロットされると式 (1) が成立しなくなる誤であるが、ここを使用した土試料では、初期飽和度 570% 以下のものはすべてこれに属することがわかった。Jennings も式 (1) が成立する限界の飽和度が存在することを述べている。

2. セン断試験 試料の物性および試験条件を表-1に示す。試験中の含水比は一定

表-1

試料	含水比	乾燥密度	飽和度	側圧 σ_c	空気圧 U_a
No.1	24.2%	1.38 g/cm ³	69.2%	2.0 kg/cm ²	0.5 kg/cm ²
No.2	21.6	1.37	60.2	4.0	0.7
No.3	20.6	1.38	58.9	2.0	0.7

とし、速度が0.0025%/minのヒズミ制御式で行なった。セン断試験の結果をBishopの方法で整理すると図-4となる。図中飽和土に対する太線は試料No.2をback pressureによって飽和させたのち圧密

非排水セン断試験によって求めたもので、 χ の計算値を図中に併記した。

3. 結 論 飽和度の高い土に対しては、その土をback pressureで飽和させたものと比較することによって式(1)の χ の値が求められる。飽和度の低い土ではこの方法を適用することができない。その限界はこの実験で使用した土に対して飽和度57%と64%の範囲にある。

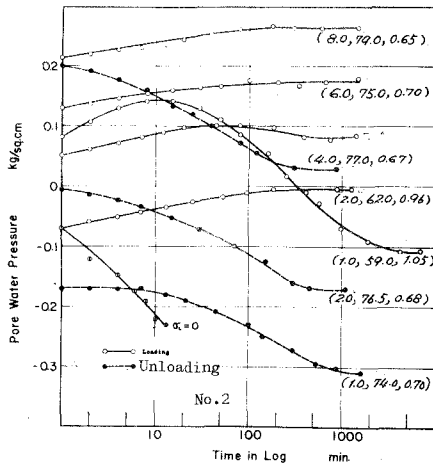


図-1

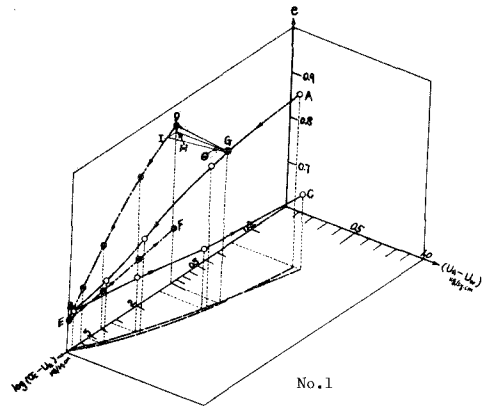


図-3

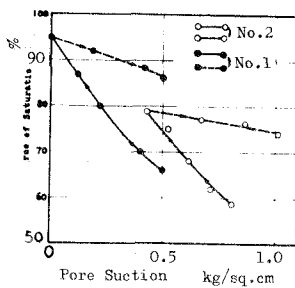


図-2

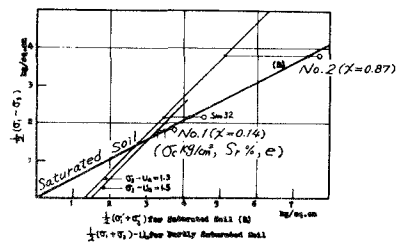


図-4

文献1) Bishop, A.W. and I.B. Donald; The experimental study of partly saturated soils in the triaxial apparatus.

Proc. 5th. Int. Conf. Soil Mech. 1961. P.13.

2) 柴田徹, 安田隆彦; 国土地理院研究報告. 昭和38年. P. 83.

3) Jennings, J.B. and J.B. Burland; Limitation to the use of effective stresses in partly saturated soils. Géotechnique, Vol.12, 1962, p.105.

4) Bishop, A.W. and G.E. Blight; Some aspects of effective stresses in saturated and partly saturated soils. Géotechnique, Vol.13, 1963, p.177.