

III-202

不飽和土のせん断強度に与える間隙水分布の影響とその表現

(株)日建設 正会員 ○ 本田道識
 神戸大学大学院 学生会員 河井克之
 名古屋工業大学 正会員 加藤正司
 神戸大学 正会員 軽部大蔵

1. はじめに

著者らは文献1)で不飽和供試体内の間隙水分布状態が三軸圧縮試験中の変形挙動及び強度に影響を与えることを明らかにした。本講演ではこれを構成式上で表現する方法を提案する。

2. せん断強度に与える間隙水分布の影響とその解釈

図-1はスラリーから圧密して作製した飽和カオリン供試体にサクシオン S を作用させ、図-2に示す水分特性曲線²⁾の脱水過程上と吸水過程上で行った三軸圧縮試験結果であり、図中には同じ試料の飽和状態の排水試験結果($S=0$)もプロットしている（文献1)参照）。ダイレイタンスの影響を取り除くために、供試体体積が圧縮から膨張へと転じる最大圧縮点での強度を比較しているが、サクシオン S が同じでも脱水過程上の飽和度が高い供試体（図中■と▲のプロット）の方が強度が強くなる傾向が表れている。図-2で明らかのように水分特性曲線にはヒステリシスがあり、脱水過程と吸水過程とで間隙水分布が異なっている。供試体内の間隙水分布として図-3(a)(b)(c)の状態を想定する。(a)は土粒子接点を取り巻くメニスカス水だけが存在する状態、(b)はメニスカス水と土粒子骨格の隙間を埋めるバルク水が共存する状態、(c)はすべての隙間をバルク水が埋めて飽和した状態である。図-2の吸水過程上の供試体や乾燥側で締固めた供試体は図-3(a)に該当すると考えられるが、図-1の吸水過程の試験結果や今まで発表されてきた多くの締固め供試体の試験結果からわかるように、メニスカス水によって発揮されるサクシオン応力 p_s （破壊線の p 軸切片値）は作用しているサクシオンの値より必ず小さくなる。それに対して脱水過程上の供試体

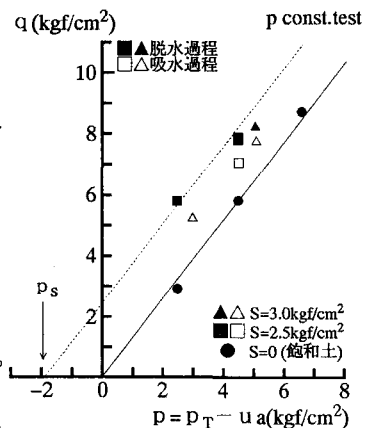


図-1 体積最大圧縮点での応力状態

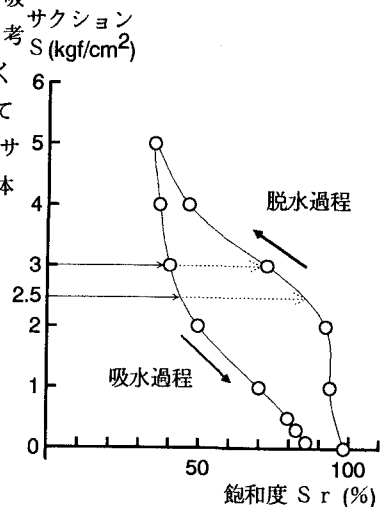
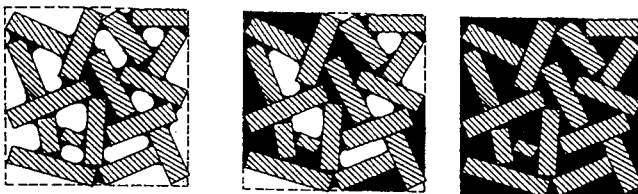


図-2 水分特性曲線²⁾
 (スラリーから圧密したカオリン)



(a)メニスカス水だけ存在 (b)メニスカス水とバルク水が共存 (c)バルク水が全ての隙間を占める

図-3 供試体内の間隙水分布の比較

は図-3(b)に該当すると考えられる。簡単のために間隙空気圧 u_a が 0 でバルク水がすべての間隙を埋めた図-3(c)の状態を考えると、サクシオンは飽和土の間隙水圧 $-u_w$ となり Terzaghi の有効応力 $\sigma' = \sigma - u_w$ と同じ働きをする。すなわち、破壊線の p 軸切片値 p_s はサクシオンそのままの値となる。そのことからサクシオンが同じであってもバルク水が多く存在する間隙水分布の方がサクシオンの作用は飽和土の有効応力 σ' に近くなり、破壊線の p 軸切片値が作用しているサクシオンの値に近づいて強度が増加していく。図-1の試験結果はこの傾向の表れであると解釈でき、せん断強度に関する限り Bishop の有効応力式で十分である。

3. 力学挙動に与える間隙水分布の影響の表現

せん断強度を発生させるのに寄与したサクシオン応力 p_s はメニスカス水によるメニスカス応力 p_m とバルク水によるバルク応力 p_b の和である。これら 2 種類の応力は作用が異なり等方圧密過程の変形挙動に大きな違いを与えるが³⁾、全ての土粒子接点にバルク応力が作用した状態ではサクシオン応力 $p_s = S$ となり、同様に全てにメニスカス応力が作用したと考えられる状態では、著者の 1 人である軽部が文献⁴⁾で定義しているように $p_s = f(S)$ となる。そのことから、サクシオン応力 p_s は係数 R^* を用いて次式で表現できる。

$$p_s = p_b + p_m = R^* S + (1 - R^*) f(S) \quad (1)$$

ここで S :サクシオン

$f(S)$:全ての土粒子接点にメニスカス応力が作用したときのサクシオン応力⁴⁾

R^* :作用しているサクシオンがバルク応力として寄与する割合であり $0 \leq R^* \leq 1$

上式で R^* は 概念的に、(バルク応力が作用する土粒子接点数)/(供試体内の全土粒子接点数) の関数である。文献³⁾で定義された不飽和土の破壊応力条件式に式(1)を代入して、

$$q_f' = M' (p + p_s) = M' \{p + R^* S + (1 - R^*) f(S)\} \quad (2)$$

q_f' :ダイレイタンスの影響を取り除いた主応力差

M' :ダイレイタンスの影響を取り除いて得られる破壊線の p 軸に対する勾配

文献³⁾より降伏曲線の式は、

$$q = -M' (p + p_b) \log \frac{p + p_b}{p_0 + p_b} + M' p_m \left(1 - \frac{p + p_b}{p_0 + p_b}\right) \quad (3)$$

(3)式に $p_b = R^* S$ 、 $p_m = (1 - R^*) f(S)$ を組み込み

み(2)(3)式に $R^* = 0$ と $R^* = 1$ を入力して計算した結果が図-4である。 R^* によって破壊線及び降伏曲線の違いが表現できる。

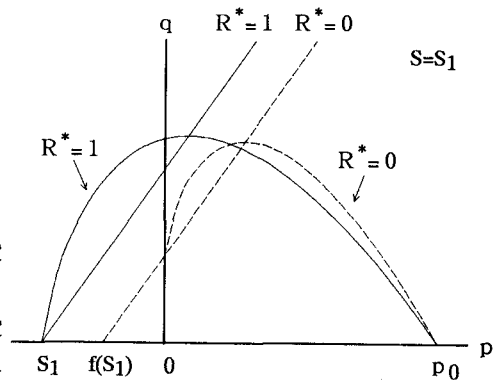


図-4 R^* による破壊線、降伏曲線の違い

参考文献

- 1) 本田・河井・加藤・軽部: 第29回土質工学研究発表会, (投稿中)
- 2) 浜田・高嶋・加藤・軽部: 第28回土質工学研究発表会, No. 281
- 3) 軽部・加藤: 不飽和地盤の調査・設計・施工に関する諸問題シンポジウム発表論文集, 土質工学会, pp. 103-110, 1993
- 4) 軽部・勝山・西海・丹羽: 土木学会論文集, 406号/Ⅲ-11, pp. 205-212, 1989