

名古屋大学 正会員 市原松平
同大学院 学生員 松沢 宏
同大学院 学生員 〇山田 公夫

1. まえがき

圧密非排水せん断試験においては主応力差の最大値 $(\sigma'_1 - \sigma'_3)_{\max}$ と主応力比の最大値 $(\sigma'_1/\sigma'_3)_{\max}$ が同時に生じているため、破壊時の認定がいまいである。筆者らはこの点に着目し、ノルウェー式三軸圧縮試験機を用いて、飽和砂の圧密非排水せん断試験を行ない、破壊の認定を明確にすること、またひずみ速度がせん断中の間げき水圧の変化におよぼす影響も合わせて検討した。

2. 実験方法

試料として豊浦標準砂を用い、十分に煮沸して完全に空気を排除したのち、水を満した供試体成形用のモールドに試料を空気にさらさぬように流し入れ所定の間げき比に締め固めた。供試体の寸法は高さ 8 cm、直径 3.75 cm であり、飽和砂の初期間げき比（試料填充時）は $e_{in} = 0.65, 0.72, 0.79$ 程度である。これらの供試体は等方圧密圧力 $\sigma_{sc} = 1.0, 2.0, 3.0 \text{ kg/cm}^2$ の三段階で圧密を行ない、そのうち非排水状態として、ひずみ速度を $\dot{\epsilon}_1 = 1.0, 0.5, 0.1 \text{ \%}/\text{min}$ の三種類に変化させて圧縮試験を行なった。供試体をより完全飽和に近い状態にするためと間げき水圧の測定精度の向上のために $u_0 = 2.0 \text{ kg/cm}^2$ のバックプレッシャーを作用させた。

測定した間げき水圧係数 B は 0.9 程度であった。砂の場合には粒子相互の摩擦力が存在するため B が 1.0 にならないものと思われる。破壊後の供試体の飽和度は $S_r = 102 \sim 106 \text{ \%}$ 程度であり、ほぼ飽和に近い状態であると推察できる。

3. 結果と考察

図-1 に軸ひずみに対する応力および間げき水圧の変化量の一例を示す。主応力差 $(\sigma'_1 - \sigma'_3)$ は軸ひずみ ϵ_1 の増加と共に増加しており、間げき水圧が負圧になっても増加しつづけた。それゆえに、主応

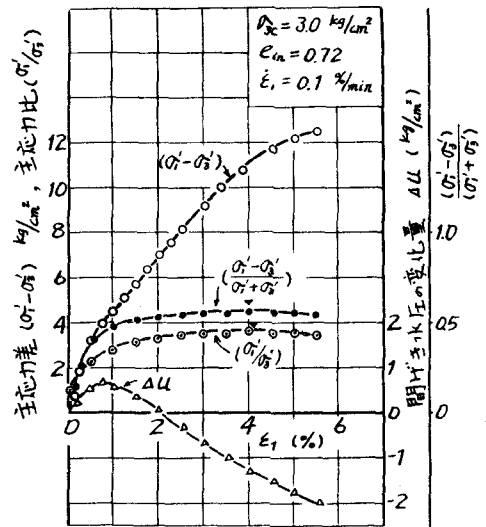


図-1

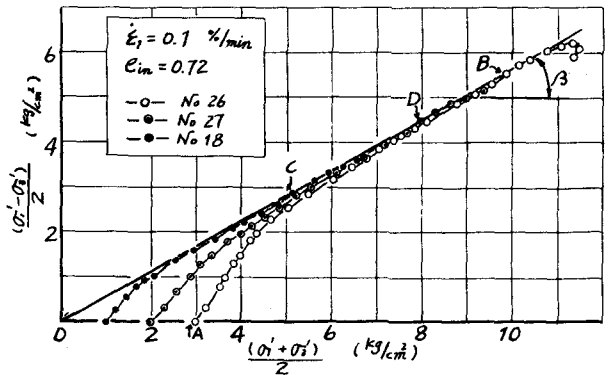


図-2

力差による破壊の認定は困難である。一方、主応力比 (σ'_3/σ'_1) は軸ひずみに対してピークを生じた。排水せし断の場合には $(\sigma'_1 - \sigma'_3)_{max}$ と $(\sigma'_3/\sigma'_1)_{max}$ の条件は同時に満足されるが、非排水せし断の場合には間げき水圧の変化のため、有効拘束圧力が軸ひずみと共に変化してゆくので $(\sigma'_1 - \sigma'_3)_{max}$ と $(\sigma'_3/\sigma'_1)_{max}$ とが同時に生じる必然性はない。非排水せし断試験によるせし断抵抗角 ϕ' を決定するために、せし断中の有効応力の状況を追跡した

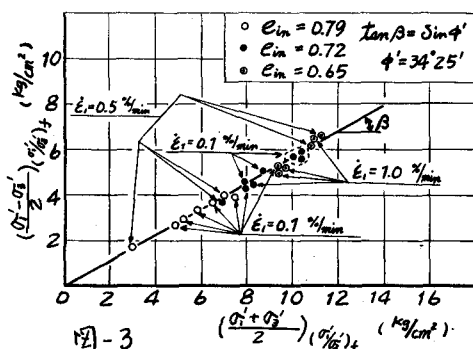


図-3

のが図-2である。せし断変形が進行すると応力は図示したような経路をたどり、この経路は σ_{3c} のいかに変わらず原点を通る一つの直線に接する。このとき $(\sigma'_3/\sigma'_1)_f$ は最大値をとる。その後の変形に対して応力点はこの直線上を上方に移動しつづけて応力点、最終的に図-2に示したようにこの直線から下方にはずれる傾向を示した。このことから図-2に示した直線が Mohr-Coulomb の破壊包絡線に相当するとみなせる。この応力経路が破壊包絡線に接するとき（このとき σ'_3/σ'_1 は最大である） $(\sigma'_1 - \sigma'_3) / (\sigma'_1 + \sigma'_3)$ は最大になっていることは明白である。以上要するに飽和砂

の圧密非排水せし断強度 (ϕ') はこの直線の勾配から決めらるべきである。図-3は $(\sigma'_3/\sigma'_1)_f = [(\sigma'_3/\sigma'_1)_{max}]$ のときの $(\sigma'_1 + \sigma'_3) / 2.0$ を横軸に、 $(\sigma'_1 - \sigma'_3) / 2.0$ を縦軸にと、 ϕ' を求めたものである。ここで注目すべきことは初期間げき比 e_{in} 、ひずみ速度 $\dot{\epsilon}_i$ に無関係にほぼ $\phi' = 34^\circ$ 程度と行った。図-4は $\sigma_{3c} = 2.0 \text{ kg/cm}^2$ での初期間げき比 e_{in} と破壊時の有効主応力比 $(\sigma'_3/\sigma'_1)_f$ の関係が、ひずみ速度 $\dot{\epsilon}_i$ をパラメータとして示してある。 $(\sigma'_3/\sigma'_1)_f$ の値は 3.4~3.9 の範囲に分布して、 e_{in} 、 $\dot{\epsilon}_i$ の影響を受けていない。また紙面の都合上、図に示してはいないが、 $(\sigma'_3/\sigma'_1)_f$ は σ_{3c} にも関係なく上述の範囲に含まれた。図-5は密な状態 ($e_{in} = 0.65$) での圧密圧力 σ_{3c} と破壊時の軸ひずみ ϵ_f の関係である。これによると、 ϵ_f は σ_{3c} が小さくなるほど小さくなる。図-6は $\sigma_{3c} = 2.0 \text{ kg/cm}^2$ におけるひずみ速度 $\dot{\epsilon}_i$ と破壊時の間げき水圧の変化量 Δu_f の関係が初期間げき比 e_{in} について示してある。これによると $\dot{\epsilon}_i$ が $0.1 \text{ \%}/\text{min}$ 程度において Δu_f は一定の状態におちつくものと思われる。従って、豊浦標準砂に関する限り、飽和砂の圧密非排水せし断試験におけるひずみ速度 $\dot{\epsilon}_i$ は $0.1 \text{ \%}/\text{min}$ 以下の速さで行なうことが適切であると思われる。

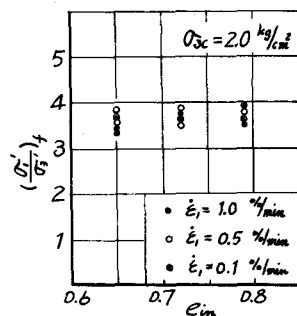


図-4

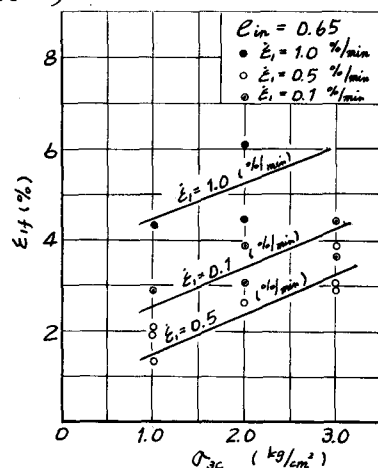


図-5

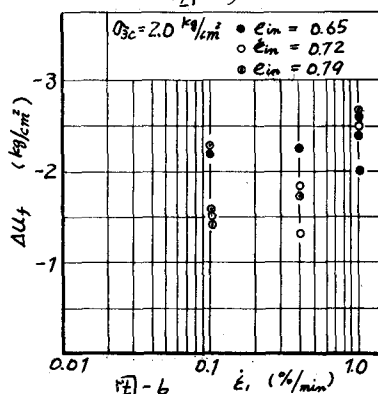


図-6