

III-267

粒状体の非排水限界面の拡張

東京大学生産技術研究所

正員

渋谷 啓

Geotechnical Consulting Group

D.W.Hight

1. まえがき Roscoeら¹⁾による状態限界面は土の異方性を考慮していないので、そのままでは粒状体に適用できない。Symes²⁾, Shibuya³⁾は、中空円筒試験機を用いて、粒状体の排水及び非排水条件下での初期異方性と最大主応力回転の影響を調べ、せん断時の最大主応力軸方向が試料作成時の堆積方向(鉛直)となす角 α 、せん断力 $q = \{(\sigma_1 - \sigma_3)/2\}$ 、平均有効主応力 $p' = \{(\sigma_1' + \sigma_2' + \sigma_3')/3\}$ 、間隙比 e の四次元空間内の限界面の存在を立証した。今回は中間主応力係数 $b = \{(\sigma_2 - \sigma_3)/(\sigma_1 - \sigma_3)\}$ も変化させた一連の非排水試験結果に基づいて、従来 (q, p', α) 三次元空間で定義されていた非排水限界面⁴⁾⁵⁾が b 値を含む形に拡張できることを議論する。尚、議論は過剰間隙水圧 Δu の挙動に限定する。

2. 実験 Fig.1 は C1-C4 各試験の全応力経路を (q, b, α) 三次元空間に示したものである。用いた供試体は、ゆる詰め Ham river sand($e_0=0.79$, $Dr=24\%$)を有効拘束圧 $p_0'=200\text{kPa}$ (背圧=400kPa)まで等方圧密したもの⁵⁾であり、これをインペリアルカレッジ中空円筒試験機⁶⁾を用いて平均主応力を一定($p=600\text{kPa}$)に保ちながら、コンピュータによる自動制御⁷⁾により非排水せん断した。せん断は所定の (p, q, b, α) 空間内で定義された経路に沿って各パラメータの絶対値を必要に応じて細かく変化させる応力制御で行った。C1 では、まず $b=0, \alpha=45^\circ$ 一定で q を 20kPa まで増加させ、次に $q=20\text{kPa}, \alpha=45^\circ$ を一定に保ちながら b 値だけを

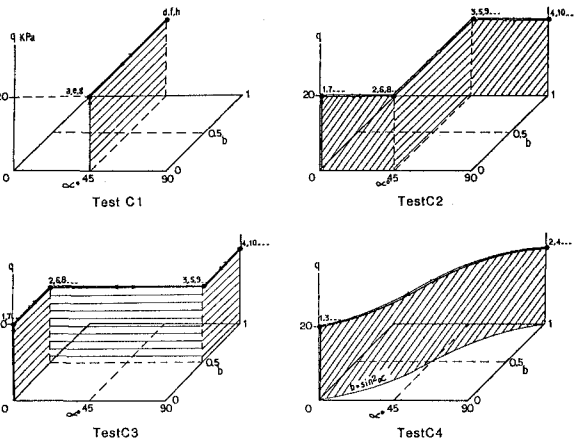


Fig.1 Total stress paths for tests C1-C4.

独立に 0 から 1 の間で繰返し変化させた。C2, C3, C4 では、いずれもまず $b=0, \alpha=0^\circ$ 一定で q を 20kPa まで増加させ、その後共通の二つの応力点 $(q, b, \alpha) = (20\text{kPa}, 0, 0^\circ)$ と $(20\text{kPa}, 1, 90^\circ)$ の間を Fig.1 に示した様に $q=20\text{kPa}$ 一定面上で異なる b と α の経路に沿って繰返しせん断を行った。これらの三軸圧縮あるいは伸張応力点を通過する度にカウンターナンバーを加えた。また C4 では内セル圧と外セル圧を同じにしてせん断を行ったので、 b と α の関係は $b = \sin^2 \alpha$ となる。実験に用いた試料は強い非排水初期強度異方性を有するが、本実験での繰返しせん断時の q 値($=20\text{kPa}$)は、 b と α を固定しその組合せを変えた一連の単調載荷試験の中で最も低い値を示した三軸伸張($b=1, \alpha=90^\circ$)でのピーク強度の 91% に相当する⁸⁾。

3. 実験結果 C1試験での Δu の挙動を Fig.2 に示す。第一サイクル(a→e)ではわずかの残留過剰間隙水圧が発生したが、その後の b 値の変化に対してはその蓄積は殆どなかった。この現象は石原・東畑⁹⁾も観察している。

C4試験の (q, p') 応力面上での有効応力経路を Fig.3 に示した。図中の破線は Fig.4 Ditto for C2-C4. (↓)

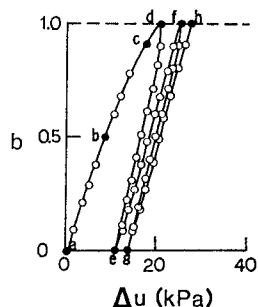


Fig.2 Pore pressure response in test C1.

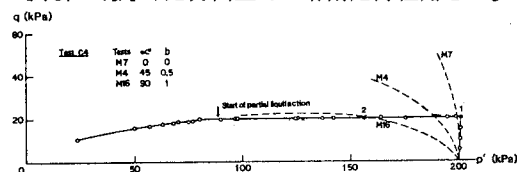
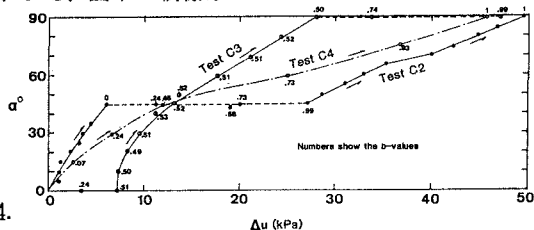


Fig.3 Undrained effective stress path in test C4.



同一試料の単調載荷試験より得られた有効応力経路であるが、C4の $(b, \alpha) = (0.5, 45^\circ)$ および $(b, \alpha) = (1, 90^\circ)$ での有効応力状態はそれぞれM4($b=0.5, \alpha=45^\circ$), M16($b=1, \alpha=90^\circ$)試験の有効応力経路近傍に位置している。Fig. 4はC2, C3試験の経路1→4、C4試験の経路1→2における Δu を α に対してプロットしたものである。Fig. 3, Fig. 4より『 Δu の蓄積量はせん断時の (q, b, α) 経路に依らず (q, b, α) の状態により決まる』と言う事実が明かとなった。従って、Fig. 5に示した (q, p', α) 空間で b 値により層をなす曲面群は拡張された非排水限界面と考えられる。C2とC3の Δu をその b と α の変化に対してプロットしたものをそれぞれFig. 6とFig. 7に示す。有効応力状態がFig. 5に示した限界面に近いほど非回復な過剰間隙水圧が蓄積し易い傾向は全ての試験に共通している。

4. まとめ (1)初期異方性を有する土の非排水限界面は、 (q, p', b, α) 四次元空間で定義され、発生過剰間隙水圧は載荷経路に依らず (q, p', b, α) 状態で決まる。(2)限界面内での繰返し載荷時の非回復な過剰間隙水圧量は、土の有効応力状態とその非排水限界面の相対的距離に大きく依存しており、限界面に近いほど大きい。(3)限界面内では、 b 値の独立な繰返し載荷に対しての Δu の挙動は弾性的であるが、 α に対してはいかなる場合も残留間隙水圧の蓄積が生ずる。

Acknowledgements The work presented here has been carried out at Imperial College in London. The first author is grateful to Professors J. B. Burland and P. R. Vaughan for their supervising this experimental work. Constructive comments provided by Dr F. Tatsuoka at IIS is also acknowledged. **参考文献** (1)Roscoe et al (1963):Geotech., 13, 12-38. (2)Symes (1983):PhD thesis, Univ. of London. (3)Shibuya (1985):PhD thesis, Univ. of London. (4)Symes et al (1984):Geotech., 34, 1, 11-27. (5)Shibuya & Hight (1987):S&F, 27, 4, 123-136. (6)Hight et al (1983):Geotech., 33, 4, 355-384. (7)Shibuya (1988):Geotechnical Testing J., 11, 2(in print). (8)Shibuya & Hight (1988):第23回土質工学研究発表会。(9)Ishihara & Towhata (1985):S&F, 25, 1, 117-120.

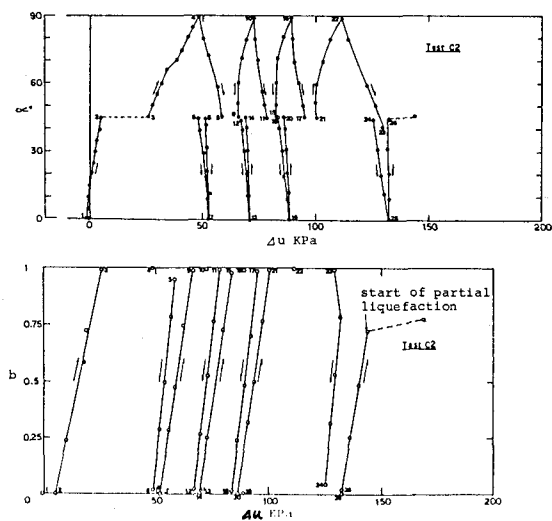


Fig. 6 Pore pressure response in test C2.

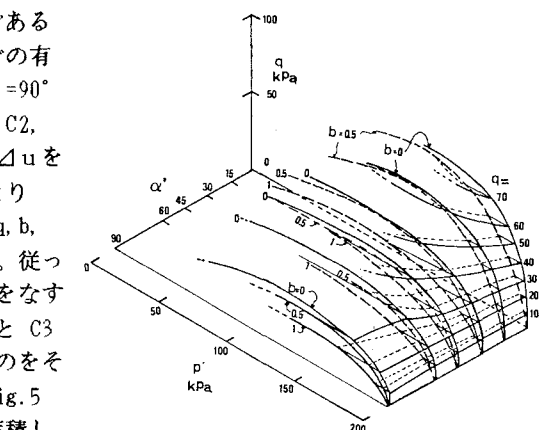


Fig. 5 The four-dimensional undrained bounding surface.

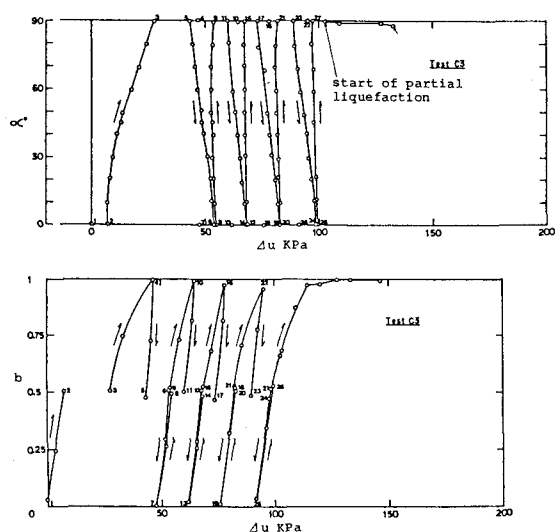


Fig. 7 Pore pressure response in test C3.