

III-38 過圧密された砂の降伏特性について

東京大学 正会員 石原研而
 同 学生員 岡田 滋
 同 同 池内武文

まえがき 三軸排水せん断試験の結果、過圧密された砂のせん断特性、降伏特性が正規圧密砂と異なることが山下ら及び龍岡らにより報告されている。そこで過圧密砂の三軸排水せん断試験を行うことにより、過圧密砂の降伏特性の液状化などの様相影響を与えるかを調べた。

1. 実験の概要 三軸試験装置は2つの主圧力が常に等しい($\sigma_1 = \sigma_3$)従来から用いられている装置で、供試体は直径5cm、高さが10cmの円筒供試体である。変形が一様になるため、載荷板は供試体の直径より大きく作られている。更に端面のフリクションを切るため載荷板にラバーをグリースで二重に貼り付けてある。

実験に用いた砂は、富士川砂で、 $G_s = 2.728$, $D_{50} = 0.4 \text{ mm}$, $U_c = 3.16$, $e_{max} = 1.032$, $e_{min} = 0.481$ である。実験はAからBまで等方圧密して(Fig 1)圧密が完了した後除荷(B→C)する。以後先行圧密圧力を p_0 、せん断開始時圧力を p_c と記す。C点で非排水として側圧一定、軸圧を変化させ、応力制御により、非排水せん断試験を行い、間隙水圧、軸変位を測定した。

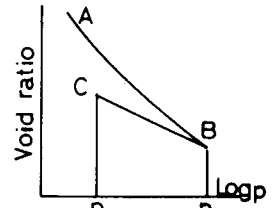


FIG.1 e-log p関係図

2. 実験結果 Fig.2は $p_c = 1 \text{ kg/cm}^2$ で p_0 を変えた時の単調載荷圧縮試験の応力経路である。過圧密砂の応力経路は、ある β の値を過ぎると急に間隙水圧が生ずる様になる。Fig.3aは $p_0 = 1 \text{ kg/cm}^2$ として、軸差応力振幅を0.4 kg/cm²で圧縮伸長繰り返し試験を行ない、その時の応力経路である。Fig.3bは、その時の応力比とせん断歪関係図である。その結果より見れば、 p_0 が大きくなるに従って、間隙水圧が生じにくくなり、それ故有効拘束圧は減少せず載荷の応力経路と除荷の応力経路が一致する弾性的挙動を示す様になり、液状化に対する抵抗が増加する。ある β の値までは弾性的挙動を示し、それを超えると急に間隙水圧が生ずる。

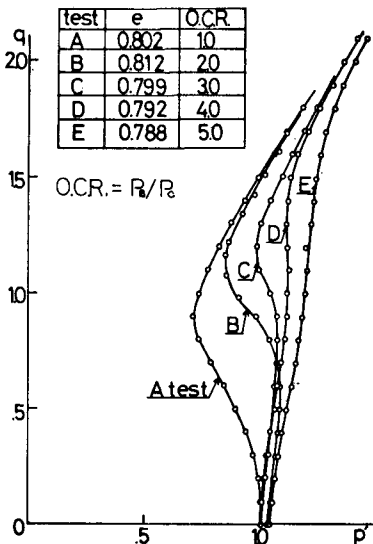


FIG.2

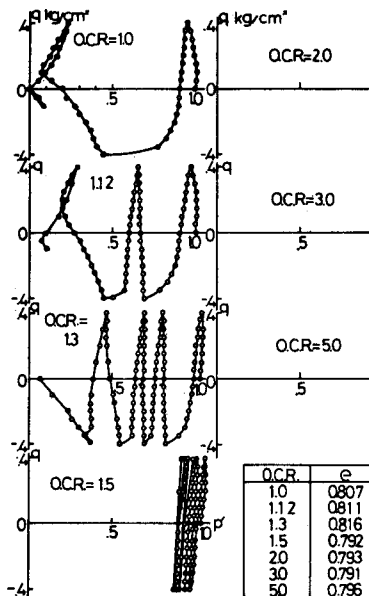


FIG.3a

$$\beta = (\sigma_a + 2\sigma_r) / 3$$

$$q_p = \sigma_a - \sigma_r$$

$$\delta = \frac{2}{3} (\epsilon_a - \epsilon_r)$$

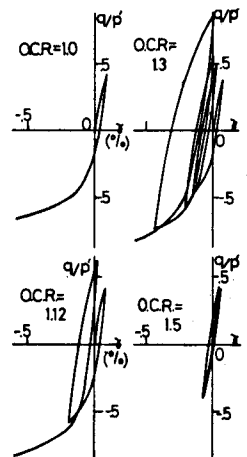


FIG.3b

する様になるということ、土を弾塑性体として扱った場合の yield point の存在を示唆している。

3. Yield point を決めるための実験 Fig 4 は yield point の定義図である。Fig 5a, Fig 5b は $p_0 = 5 \text{ kg/cm}^2$ で p_0 を変化させた時の応力経路、 $q/p' \sim \gamma$ 関係図である。破線は、yield point をつらぬく経路、すなわち yield curve である。 p_0 を 1 kg/cm^2 から 5 kg/cm^2 まで変化させて圧縮試験、伸長試験を行い、その結果求められた yield curve をまとめたものが Fig 6 である。いずれのデータも $e = 0.78 \sim 0.82$

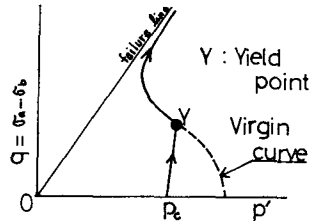


FIG. 4 Yield point の定義

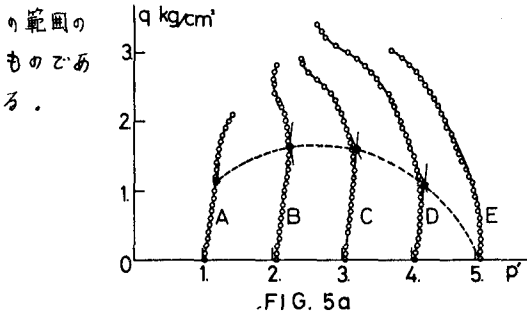


FIG. 5a

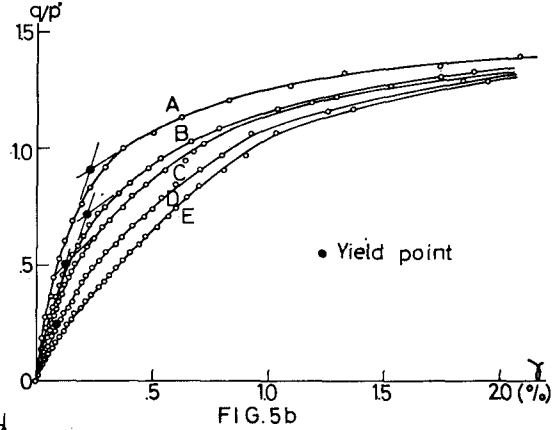


FIG. 5b

4. Yield curve の特徴、性質 Fig 6 の Yield curve は圧縮側と伸長側に等方的に広がっていて、Grant-Gravel モデルに近い形をしている。それでは、この Yield curve をこえてせん断した場合、どのような法則により規定されるのだろうか。Fig 7a, Fig 7b は、繰り返し試験結果である。これによれば Yield curve をこえてせん断した場合、原点から放射状のひかる Yield loci により規定されている。この原点から放射状のひかる Yield loci は、龍岡ら²²⁾の提案している Yield loci と同じものである。圧密によってできる等方的な降伏曲線がせん断によってこわされ、それ以後は異方的な降伏曲線により規定されるということ、圧密が砂を等方的にするのに対して、せん断が異方性を生ずるということと深く結びついている様に見える。

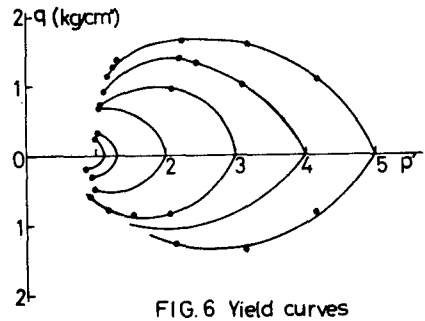


FIG. 6 Yield curves

5. 結論 砂を過圧密すると液状化に対する抵抗が増大する。これは過圧密することにより弾性領域が拡大するためである。この弾性領域の拡大を (p, q) 平面上の降伏曲線として実験的に求めた。この降伏曲線をこえてせん断した場合、それ以後は、原点から放射状のひかる降伏曲線により規定される。

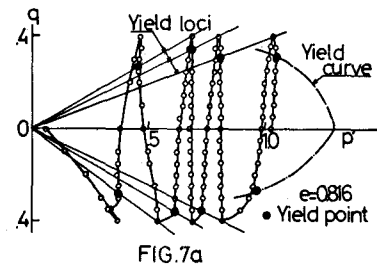


FIG. 7a

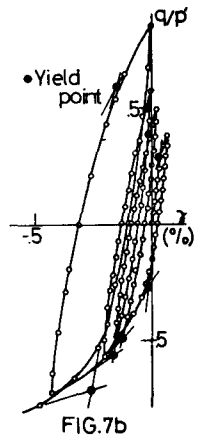


FIG. 7b

謝辞 この実験を行うにあたり、いろいろと御指導下さった福岡教授、三木教授、そして東大土質研究室の方々に感謝します。

参考文献

- 1) 石原、山下、山田 (1974) 過圧密砂におけるせん断特性 第9回土質工学研究発表会。
- 2) 龍岡、吉原 (1974) 三軸試験における砂の降伏特性について。
- 3) Takeoka, Ishihara, "Yielding of sand in Triaxial compression", Soils and Foundation, pp 63-76. '74.