

## 不かく乱粘性土の非排水せん断特性

愛媛大学(正) 八木則男・矢田部龍一・二神 治

鳥取大学(正) 榎 明潔・髙橋建調査設計(正) 長原昌弘

愛媛大学(学) 石井朋紀・丸山 圭・矢野勝敏・○向谷光彦

## 1. まえがき

地盤内にある土要素は、一次元的に圧密されており、一般にその鉛直応力と水平応力は異なっている。静止土圧係数  $K_0$ -値は、地盤内の鉛直有効応力と水平有効応力の比で定義されており、原位置における土要素の初期応力状態を示すパラメータとして重要である。しかし、不かく乱試料に対する  $K_0$ -圧密試験を行うことはまれであり、その手法も試験者の間で異なっていることが多い。本報告では不かく乱試料と練り返し再圧密試料を用いて、三軸セル内で種々の応力比で行った圧密非排水せん断試験から得られた変形・強度特性を報告する。

表-1 試料の物性値

## 2. 試料および実験方法

実験には広島県五日市沖と兵庫県六甲沖より採取された4種類の「不かく乱」試料を用いた。試料の物性値と粒径加積曲線を表-1、図-1にそれぞれ示す。異方圧密用三軸試験機は、圧密の進行とともに軸方向変位を与えるための載荷装置が設置されている。供試体は円柱形で  $3.5 \times 8.0$  (cm) である。供試体の周りにはペーパードレーンにより、ポーラスストーンを介して排水ビュレットより測定した。練り返し再圧密試料は  $0.8$  (kgf/cm<sup>2</sup>) で予圧密したものを用いた。その結果、 $1.0$  (kgf/cm<sup>2</sup>) 以上では正規圧密として取り扱った。実験の手順の異方圧密においては、設定した  $K$ -値になるように、まず側圧  $\sigma_3$  を上げ、圧密終了を確認し、軸変位を調整して所定の応力比が得られるように異方圧密を行った後、非排水状態でせん断試験を行った。せん断速度は  $0.044$  (mm/min) である。すべて軸方向圧縮試験である。圧密・せん断を通じて、以下の種類の実験を行った。練り返し試料に対して ①等方圧密後、非排水せん断 (NC) ②異方圧密後、非排水せん断 (KC) であり、不かく乱試料に対して ③等方圧密後、非排水せん断 (UNC) ④異方圧密後、非排水せん断 (UKC) である。

## 3. 実験結果と考察

有効応力に関するみかけの強度定数を求めるために図-2に五日市-09 試料に対する  $(\sigma'_1 - \sigma'_3)_z/2$  と  $(\sigma'_1 + \sigma'_3)_z/2$  の関係を示す。図中の実線は練り返し再圧密試料に対して回帰された破壊線であり、 $c'=0$ 、 $\phi'=32.6^\circ$  であった。なお  $(\sigma'_1 - \sigma'_3)_{\max}$  と  $(\sigma'_1 / \sigma'_3)_{\max}$  は同時であり、強度定数の決定には影響しなかった。これを見ると、かく乱・不かく乱の違いによる強度定数への大きな変化は無いようである。次に、

|                | 六甲-32       | 六甲-36       | 五日市-09    | 五日市-13      |
|----------------|-------------|-------------|-----------|-------------|
| 採取深さ (m)       | 32.00~32.85 | 36.00~36.85 | 9.00~9.80 | 13.00~13.80 |
| L.L. (%)       | 75.2        | 69.9        | 84.4      | 82.4        |
| P.L. (%)       | 42.3        | 32.5        | 34.3      | 39.6        |
| I <sub>p</sub> | 32.9        | 37.4        | 50.1      | 42.8        |
| G <sub>s</sub> | 2.58        | 2.54        | 2.44      | 2.44        |

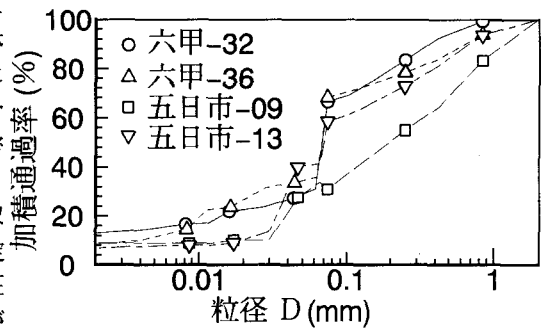
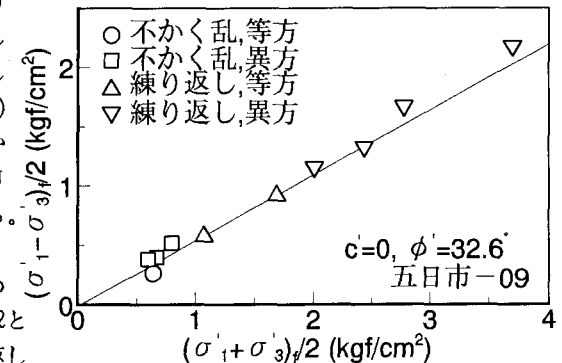


図-1 粒径加積曲線



正規圧密の粘性土地盤においては、非排水せん断強度  $C_u$  を用いて、 $\phi_u=0$  法を採用する場合が多い。粘性土の非排水強度  $2C_u=(\sigma'_1-\sigma'_3)_f$  は含水比  $w$  と関係があり、 $C_u$  を対数にとり六甲-36, 五日市-13 試料に対しプロットしたのが図-3である。この図を見ると同一含水比に対して UKC が最も大きく、つづいて UNC, NC の順に強度が大きいことが分かる。また、NC, UNC, UKC でそれぞれ平行な直線関係となっていて、破壤時間隙水圧係数  $A_f$  は Skempton によって与えられ表-2に筆者が求めた  $A_f$  と他の研究者の値と同時に示した<sup>1)</sup>。ここに示した  $A_f$  は正規圧密状態のものを対象としている。等方圧密と  $K_0$ -圧密試料とでは  $A_f$  の値は Henkel らの値を除いて等方圧密試料の方が一般に大きくなっている。その差は粘性土の種類によって異なると思われるが、筆者のデータは不かく乱試料に対して等方圧密と  $K_0$ -圧密の差は 0.2~0.3 程度であり、練り返し試料では同様にして 0.4~0.6 程度であることが分かる。次に図-4に五日市-09試料に対する軸ひずみ~主応力差及び間隙水圧関係を示す。UKC では  $\sigma'_1-\sigma'_3$  の最大値が非常に小さい軸ひずみで現れ、その後はひずみの増加とともに強度が低下していることが分かる。しかしながら間隙水圧の挙動は、主応力差がピークを生じた後でも、軸ひずみの増加とともに増加傾向を示しており、その結果有効応力  $\sigma'$  の低下による強度低下を生ずるためである。しかしながら不かく乱試料の等方圧密試料 (UNC) の間隙水圧挙動を見ると、ピーク強度付近から減少傾向を示しており、有効応力解析などを行う時に問題となろう。

表-2 間隙水圧係数  $A_f$

| 資料       | 等方   | $K_0$ -圧密 |
|----------|------|-----------|
| Henkel ら | 0.92 | 1.82      |
| Ladd     |      |           |
| 1        | 1.10 | 0.60      |
| 2        | 0.92 | 1.80      |
| 3        | 1.05 | 1.05      |
| 4        | 0.80 | 0.50      |
| 5        | 0.95 | 0.75      |
| 6        | 1.05 | 0.75      |
| Khera    | 1    | 0.77      |
| Krizek   | 2    | 0.43      |
| 八木       | 0.60 | 0.30      |
| 六甲-32    |      |           |
| 不かく乱     | 0.91 | 0.70      |
| 練り返し     | 1.17 | 0.42      |
| 六甲-36    |      |           |
| 不かく乱     | 0.72 | 0.32      |
| 練り返し     | 0.86 | —         |
| 五日市-09   |      |           |
| 不かく乱     | 0.44 | 0.17      |
| 練り返し     | 1.05 | 0.63      |
| 五日市-13   |      |           |
| 不かく乱     | 0.61 | 0.42      |
| 練り返し     | 1.05 | 0.61      |

圧密試料 (UNC) の間隙水圧挙動を見ると、ピーク強度付近から減少傾向を示しており、有効応力解析などを行う時に問題となろう。

#### 4. あとがき

不かく乱試料を取り扱う際に、今回行った試験のように、等方と異方あるいは不かく乱と不かく乱の違いを正しくとらえることは有用となろう。最後に実験装置の製作に協力いただいた、愛媛大学工学部実習工場の関係諸氏に謝意を表する次第である。参考文献 1) 八木：粘土の  $K_0$ -圧密とそのせん断特性，金沢大学工学部紀要，第11巻，第2号，pp.115~126，1978。

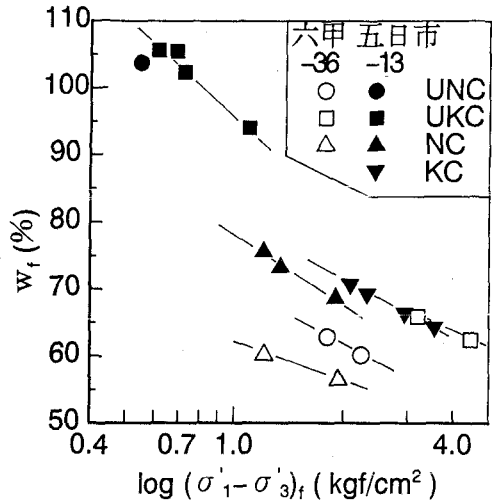


図-3  $w_L \sim \log(\sigma'_1 - \sigma'_3)_f$  関係

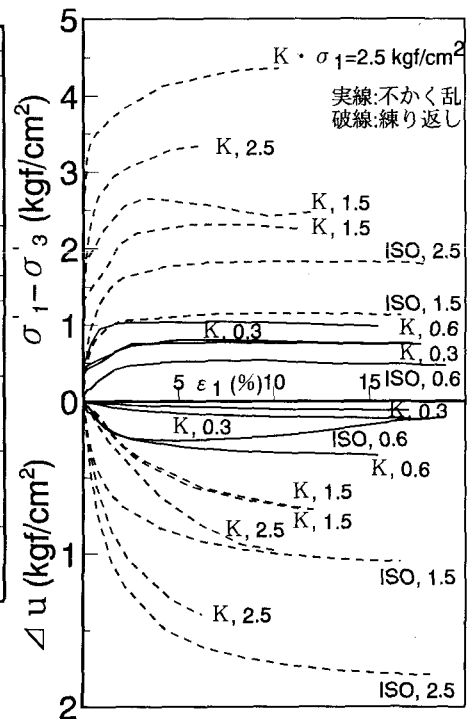


図-4 軸ひずみ~主応力差及び間隙水圧 関係