

# 一軸圧縮試験結果に基づく過圧密地盤の原位置強度推定法

北海道大学工学部 正員 ○工 藤 豊  
同 上 正員 三田地 利之  
北海道大学大学院 学生員 遠 藤 大 輔

## 1. まえがき

筆者らはこれまで供試体の残留有効応力と一軸圧縮試験結果から正規圧密状態の原位置強度を推定する方法を提案し<sup>1)~4)</sup>、過圧密地盤への適用についても検討してきた<sup>5)</sup>。本報告は、原位置で過圧密状態にある粘土がサンプリングから応力解放を経て一軸圧縮試験に至る過程をシミュレートするような実験を行い、過圧密地盤の原位置強度推定法について検討したものである。

## 2. 試料および実験

本実験で用いた試料は、市販のカオリン粘土で、その物理的性質を表-1に示す。

試料は、予圧密セル内において鉛直応力100kPaで一次元圧密したものを、鉛直方向に切り出した後、後述の寸法に成形して供試体とした。

実施した試験は図-1に示すように2種類で、その内容は以下のようなものである。

1) I S 試験：直径50mm、高さ120mmの供試体について、三軸セル内で有効鉛直圧密応力400kPaまでコンピュータによる自動制御で $K_0$ 圧密し、圧密終了後、OCR=2および3まで $K_0$ 吸水膨張させ、吸水膨張終了後すぐにひずみ速度1%/min. で非排水せん断を行った。この試験から得られる強度は図-2のB点における過圧密地盤の原位置強度を表している。

2) U C 試験：直径75mm、高さ150mmの供試体について、I S 試験同様に三軸セル内で $K_0$ 圧密および $K_0$ 吸水膨張を行い、吸水膨張終了後非排水で応力解放し、供試体を直径50mm、高さ120mmに成形し直す。その後の試料を100mm(S L 供試体)と20mm(S S 供試体)に分割し、20mmの供試体でサクシオンを測定(20分間)しながら並行して100mmの供試体を用いてひずみ速度1%/min. で一軸圧縮試験を行った。この試験では応力解放後トリミングすることで図-2のB点からC点への移行、すなわち、過圧密地盤から採取した試料をサンプリングチューブから拔出し試験機に設置する過程での状態変化をシミュレートしている。なお、サクシオン( $u_s$ )の測定は、供試体内外に150kPaの back air pressure( $\sigma_a$ )を加えながらセラミックディスク(AEV=240kPa)を用いて行った<sup>3), 4)</sup>。

表-1 試料の指数的性質

|                               |      |
|-------------------------------|------|
| $W_L$ (%)                     | 87   |
| $I_P$                         | 49   |
| $\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> ) | 2.77 |
| シルト分 (%)                      | 8    |
| 粘土分 (%)                       | 92   |
| $C_c$                         | 0.73 |
| $C_s$                         | 0.20 |

|        | 初期条件         | 応力履歴           |          |       | せん断               | 備考                 |
|--------|--------------|----------------|----------|-------|-------------------|--------------------|
| I S 試験 | $K_0$ 圧密<br> | $K_0$ 吸水膨張<br> | —        | —     | 三軸圧縮試験<br>        | ひずみ速度<br>1.0%/min. |
| U C 試験 | $K_0$ 圧密<br> | $K_0$ 吸水膨張<br> | 応力解放<br> | —<br> | 一軸圧縮試験<br>S L<br> | ひずみ速度<br>1.0%/min. |

図-1 実験方法

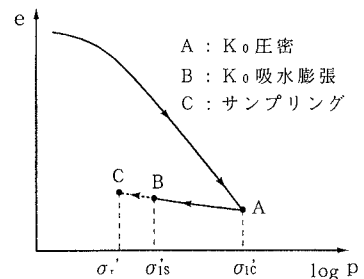


図-2 実験中の  $e \sim \log p$  関係(概念図)

### 3. 実験結果

図-3は残留有効応力  $\sigma_r' (= \sigma_a - u_s)$  で正規化した非排水せん断強度  $c_u / \sigma_r'$  と疑似過圧密比  $OCR (= \sigma_{1c}' / \sigma_r', \sigma_{1c}'$  は初期圧密時の鉛直有効応力, IS試験での  $\sigma_r'$

は吸水膨張終了時の鉛直有効応力  $\sigma_{1s}'$ ) との関係を示したものであり, 図中の曲線の縦軸切片は著者らが提案している原位置強度推定法を適用した正規圧密状態の計算値である。

この方法においては, 非排水強度およびせん断前の有効応力をそれぞれ  $c_u, \sigma_r'$  とするとき

$$c_u / \sigma_{1c}' = (c_u / \sigma_r')_{uc} \cdot OCR^{-\Lambda} \dots (1)$$

と表され,  $c_u / \sigma_{1c}'$  は初期圧密状態(正規圧密)の原位置有効鉛直圧密応力に対する非排水せん断強度の比,  $(c_u / \sigma_r')_{uc}$  は一軸圧縮強度の1/2を残留有効応力  $\sigma_r'$  で除した値である。なお,  $\Lambda = 1 - C_s / C_c$  であり,  $C_c, C_s$  は標準圧密試験より求めた。

図中で過圧密状態の原位置強度に相当するのが IS9420(●印)および9422(■印)でそれぞれOCR=2および3の状態に対応している。これと過圧密地盤から試料を採取した場合を想定して,  $K_0$  圧密後, OCR=2および3まで  $K_0$  膨張させた後再成形した供試体により一軸圧縮試験を行った UC9416(○印)および9417(□印)から推定式を用いて求めた曲線との交点(図中←印)で与えられる推定値との差はそれぞれ1%および3%である。以上のことより過圧密状態の場合についてもサクシヨンの測定を伴う一軸圧縮試験の結果から原位置強度の推定が可能であることがわかる。

図-4は  $c_u / \sigma_r'$  とOCRの関係を示したものであり, 疑似過圧密比の異なるUC試験結果3点(□○◇)を通る直線の傾きは(1)式の  $\Lambda$  に相当する。この直線とOCR=2, 3との交点(→印)の値( $c_u / \sigma_r'$  の推定値)とIS試験の実測値との差は, それぞれ5%および6%と多少精度は落ちるが, 簡便法によっても過圧密状態の原位置強度の推定が可能である。

### 4. 結論

- 1) 圧密降伏応力および現在の有効土被り圧がわかれば, 従来から提案してきた方法により(図-3)過圧密地盤の原位置強度を推定できる。
- 2) 簡便法を適用することにより(図-4), 圧縮および膨張指数が分からなくとも過圧密地盤の原位置強度を推定できる。

#### 〈参考文献〉

- 1) 工藤ら：一軸圧縮試験結果に基づく原位置強度推定法(第2報), 土木学会第49回年次学術講演概要集, pp. 382-383, 1994.
- 2) 工藤ら：サクシヨンの測定を伴う一軸圧縮試験用供試体の乱れの評価, 土質工学会サンプリグに関するシンポジウム論文集, pp. 119-124, 1995.
- 3) 工藤ら：サクシヨンの測定による一軸圧縮試験供試体の残留有効応力の評価と結果の利用, 土質工学会北海道支部技術報告集, 35号, pp. 54-59, 1995.
- 4) 工藤ら：高残留有効応力を有する粘土試料のサクシヨン測定と結果の利用, 第30回土質工学研究発表会講演集, 1995.
- 5) 三田地ら：過圧密粘土試料のサクシヨンと非排水せん断強度, 第30回土質工学研究発表会講演集, 1995.

表-2 実験条件および実験結果

| 試験番号   | $\sigma_{1c}'$ | $\sigma_{1s}'$ | $K_0$<br>圧密 膨張 | $\sigma_r'$ | OCR | $\varepsilon_r$ | $q_u$ | $C_u / \sigma_{1s}'$ | $C_u / \sigma_r'$ | 予測値   | 強度比   | 備考           |
|--------|----------------|----------------|----------------|-------------|-----|-----------------|-------|----------------------|-------------------|-------|-------|--------------|
| IS9406 | 400            | ←              | 0.77           | ←           | 400 | 1.0             | 4.5   | 163.8                | 0.205             | ←     | 1.00  | $K_0$ 圧密三軸   |
| UC9418 | 399            | ←              | 0.72           | ←           | 194 | 2.1             | 8.1   | 131.4                | 0.164             | 0.339 | 0.201 | 一軸           |
| IS9420 | 400            | 201            | 0.73           | 0.92        | 201 | 2.0             | 8.7   | 127.3                | 0.317             | ←     | 1.00  | $K_0$ 圧密膨張三軸 |
| UC9416 | 399            | 200            | 0.77           | 0.99        | 129 | 3.1             | 9.9   | 111.1                | 0.278             | 0.430 | 0.314 | 一軸           |
| IS9422 | 400            | 133            | 0.74           | 0.99        | 133 | 3.0             | 8.8   | 104.9                | 0.395             | ←     | 1.00  | $K_0$ 圧密膨張三軸 |
| UC9417 | 400            | 133            | 0.72           | 0.97        | 122 | 3.3             | 12.0  | 105.7                | 0.398             | 0.435 | 0.406 | 一軸           |

$\sigma_{1c}'$  : 有効鉛直圧密応力(kPa)

OCR :  $\sigma_{1c}' / \sigma_r'$  (ISについては  $\sigma_{1c}' / \sigma_{1s}'$ )

$C_u$  :  $q_u / 2$  (kPa)

$\sigma_{1s}'$  : 膨張終了時の有効鉛直応力(kPa)

$q_u$  : 破壊時の主応力差(kPa)

$\sigma_r'$  : 残留有効応力(kPa)

$\varepsilon_r$  : 破壊時のひずみ(%)

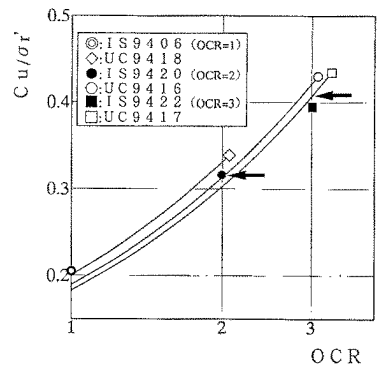


図-3 原位置強度の推定

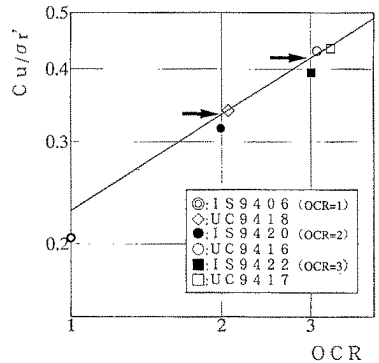


図-4 簡便法による原位置強度の推定