

## 自然堆積土の原位置非排水強度推定の簡便法

防衛大学校（学）矢野慎也・後川祐一・正垣孝晴

## 1. はじめに

一軸圧縮強度  $q_u$  は短期安定問題に用いる非排水強度として我が国で広く用いられている。しかし、 $q_u$  はサンプリングから試験に至る過程で、技術者の技術力や意識の違いに起因して変動し易いことが知られている<sup>1)</sup>。正垣・丸山<sup>2)</sup>はサクション  $S_o$  の測定を伴う一軸圧縮試験 UCT の結果から原位置の非排水強度  $q_{u(l)}$  を推定する方法(以下、“従来法”と略記)を提案している。しかし、この方法は乱れの程度の異なる複数の供試体に対する  $S_o$  と  $q_u$  が必要であり、実務で簡便に行うには難点があった。本稿では国内外の乱さない自然堆積土を用いて UCT と  $K_o$  圧密三軸圧縮試験(CKoUC)を行い、これらの非排水強度  $c_u$  に及ぼす試料の乱れの影響を検討する。その結果、1つの供試体の  $S_o$  と  $q_u$  からその供試体が原位置で発揮するであろう非排水強度  $q_{u(l)}$  を推定する簡便法を提案する。

## 2. 供試土と実験方法

供試土は、我が国の粘土に加え、海外の英国 Bothkennar と韓国 Kimhae 平野から採取した 11 堆積地 27 試料の乱さない自然堆積土である。 $I_p=32 \sim 110, q_u=(18 \sim 664)\text{kPa}$  の幅広い範囲の土を対象にしている。これらの粘性土に対して  $S_o$  の測定を伴う UCT と CKoUC を行った。供試体寸法は、直径  $d15\text{mm}$ 、高さ  $h35\text{mm}$  の S(Small)供試体である。S 供試体と標準寸法のその強度特性に有意差がないことは別途<sup>3)</sup>確認している。UCT はペステルとセラミックディスクを装着した携帯型一軸圧縮試験機<sup>4)</sup>で行った。セラミックディスクの空気侵入値は約  $200\text{kPa}$  である。また、CKoUC は小型精密三軸試験機<sup>5)</sup>を用いて  $K_o$  状態下で有効土被圧  $\sigma'_{vo}$  の 1,2,3,4 倍の軸応力  $\sigma'_a$  まで圧密した後に非排水条件でせん断した。CKoUC のせん断ひずみ速度は UCT と同じ  $1\%/\text{min}$  とした。

## 3. 非排水強度に及ぼす試料の乱れの影響

$2c_{u(l)}$  に対する  $q_u$  と  $q_{u(l)}$  の比  $Rq_u$  と  $p_m/S_o$  の関係を図 1 に示す。 $c_{u(l)}$  は  $K_o$  圧密時の  $K_o$  値の挙動や乱れと圧密降伏応力に関する検討<sup>6)</sup>から、CKoUC から推定した原位置の非排水強度として妥当と考え、本研究では基準強度としている。また、 $p_m$  は供試体が原位置で受けている平均圧密圧力であり、 $K_o=0.5$  と仮定して  $\sigma'_{vo}$  の  $2/3$  とした。図 1 には  $q_{u(l)}$  に加え  $q_u$  をプロットしている。 $2c_{u(l)}$  に対する  $q_{u(l)}$  のプロットの平均値は 1.01 である。すなわち、 $q_{u(l)}$  は  $p_m/S_o$  (試料の乱れ)に関係なく  $2c_{u(l)}$  とほぼ同じ値である。しかし、 $q_u/2c_{u(l)}$  は  $1.5 < p_m/S_o < 5$  の範囲において、試料の乱れによって  $p_m/S_o$  が大きくなると直線的に小さくなる。

UCT による  $q_u$  は、試料がボリング・サブリング等による応力解放や試料の乱れに起因して、 $2c_{u(l)}$  に対して (30~99)% 程度の値しか保持していない。

4. 1つの供試体の  $q_u$  と  $S_o$  から原位置の非排水強度を推定する簡便法

図 1 には  $q_u/2c_{u(l)}$  のプロットから得た回帰式  $Rc_u=1.038-0.113p_m/S_o$  を示す。各プロットは 10 個程度の供試体から得た結果の平均値としてプロットされている。したがって、この回帰式は総計 200 個の供試体に対する試験結果から得ている。この回帰式の相関係数  $r$  は 0.838 であることから、 $q_u/2c_{u(l)}$  と  $p_m/S_o$  の相関性は極めて高いと判断される。 $q_u/2c_{u(l)}$  と  $p_m/S_o$  の関係は、堆積地や粘土の種類に依存していない。このことは、1つの供試体の UCT から  $S_o$  と  $q_u$  が測定できれば、図 1 に示す回帰式から  $Rq_u$  を求め、この値の逆数を測定した  $q_u$  に乗ずることで原位置の非排水強度  $q_{u(l)}$  が推定できる可能性を示唆している。

キーワード：粘性土、非排水強度、原位置強度、試料の乱れ

連絡先：〒239-8686 神奈川県横須賀市走水 1-10-20, Tel 0468-41-3810(内)2321, Fax0468-44-5910

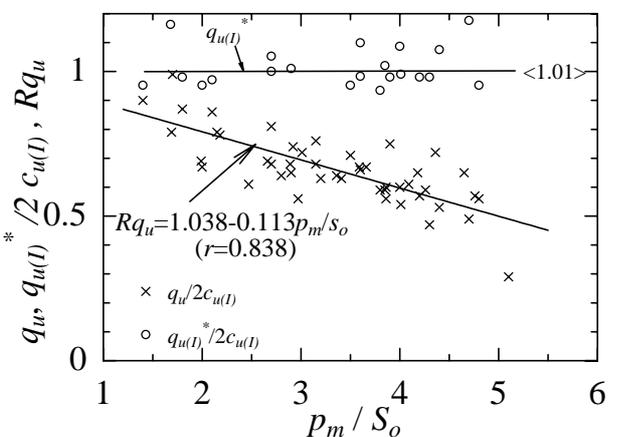


図 1  $Rq_u$  と  $p_m/S_o$  の関係

図 2 は、 $q_{u(1)}/2c_{u(1)}$  と  $p_m/S_o$  の関係である。 $q_{u(1)}$  は  $S_o$  値の測定を伴う UCT のすべての結果から、図 1 の回帰式を用いて上述のように求めた。 $p_m/S_o$  が 5.5 より小さい領域では  $q_{u(1)}/2c_{u(1)}$  は 1 を中心に変動する。しかし、 $p_m/S_o$  が 5.5 より大きくなると  $q_{u(1)}/2c_{u(1)}$  の値も大きくなる。試料が乱れ  $p_m/S_o > 5.5$  の領域になると、 $q_{u(1)}/2c_{u(1)}$  は図 1 の回帰式の下にプロットされるからである。図 2 の  $Rq_{u(1)}$  は、 $p_m/S_o = 4$  を境に平均値や変動に差が見受けられる。

図 3 は、図 2 の  $1 < p_m/S_o < 5.5$  のすべてのプロットに関するヒストグラムと  $1 < p_m/S_o < 4$ 、 $4 < p_m/S_o < 5.5$  と  $1 < p_m/S_o < 5.5$  に区分したプロットの統計量から得た各正規分布曲線である。これらの正規分布曲線の統計量として、 $\bar{R}q_{u(1)}$  を  $q_{u(1)}/2c_{u(1)}$  の平均値、 $V(Rq_{u(1)})$  はその変動係数とすると  $1 < p_m/S_o < 4$  と  $4 < p_m/S_o < 5.5$  の範囲に対する  $\bar{R}q_{u(1)}$  と  $V(Rq_{u(1)})$  は、それぞれ 0.955、7.8% と 1.100、9.9% である。 $1 < p_m/S_o < 5.5$  のすべてのプロットに対する  $\bar{R}q_{u(1)}$  は 0.995 であり、 $V(Rq_{u(1)})$  も 9.6% と小さい。各統計量の計算に用いたデータの個数は、それぞれ 128, 72, 200 であった。変動係数が小さいということは簡便法によって推定した  $q_{u(1)}$  の信頼度が高いことを意味する。図 3 の結果は、簡便法が有効であることを示している。

5. おわりに

- 1) 一軸圧縮試験 UCT による一軸圧縮強さ  $q_u$  は試料採取時の応力解放や試料の乱れに起因して、 $K_o$  圧密三軸圧縮試験  $CK_oUC$  から推定した原位置の非排水強度  $2c_{u(1)}$  の (30 ~ 99)% 程度の値であった。
- 2)  $q_u$  は試料の乱れ ( $p_m/s_o$ ) が大きくなると直線的に小さくなり、 $2c_{u(1)}$  に対する  $q_u$  の比  $Rq_u$  は、( $Rq_u = 1.038 - 0.113 p_m/S_o$ ) の回帰式で近似できた。この関係は、堆積地や粘土の種類に依存していない。また、相関係数は 0.838 であり、 $Rq_u$  と  $p_m/s_o$  の相関は高い。この回帰式を用いて 1 つの供試体のサクシオン  $S_o$  と  $q_u$  から原位置の非排水強度  $q_{u(1)}$  を推定する簡便法を提案した。
- 3)  $2c_{u(1)}$  に対する  $q_{u(1)}$  の比の平均値  $\bar{R}q_{u(1)}$  は、 $S_o$  に対する平均圧密圧力  $p_m (p_m = 2 \sigma'_{vo} / 3)$  の比が 1 ~ 5.5 の範囲で 0.995 であり、変動係数は 9.6% と小さかった。このことは、試料の堆積地や塑性、強度にも依存していなかった。

参考文献

1) Matsuo, M. and Shogaki, T. : Effects of plasticity and sample disturbance on statical properties of undrained shear strength, Soils and Foundations, Vol.28, No.2, pp.14~24, 1988. 2) Shogaki, T. & Y. Maruyama: Estimation of in-situ undrained shear strength using disturbed samples within thin-walled samplers, Geotechnical Site Characterization, Atlanta, pp.419-424, 1998. 3) 正垣・坂本・須藤：自然堆積土の一軸圧縮強度特性に関する供試体寸法の影響、第 54 回土木学会年講、pp.90-91, 1999. 4) Shogaki, T.: Strength properties of clay by portable unconfined compression apparatus, Proc. of Int. Conf. on Geo-COAST, pp.85-88, 1991. 5) Shogaki, T., Maruyama, Y. and Shirakawa, S.: A precision triaxial apparatus using small size specimens and strength properties of soft clay, Geotechnical Engineering for Transportation Infrastructure, Netherlands, pp.1151-1157, 1999. 6) 正垣・矢野・後川・G, Jeong・諏訪：自然堆積土の  $K_o$  圧密三軸圧縮・伸張強度特性に及ぼす試料練返しの影響、粘土地盤における最新の研究と実際シンポジウム、地盤工学会, 2002, 掲載決定。

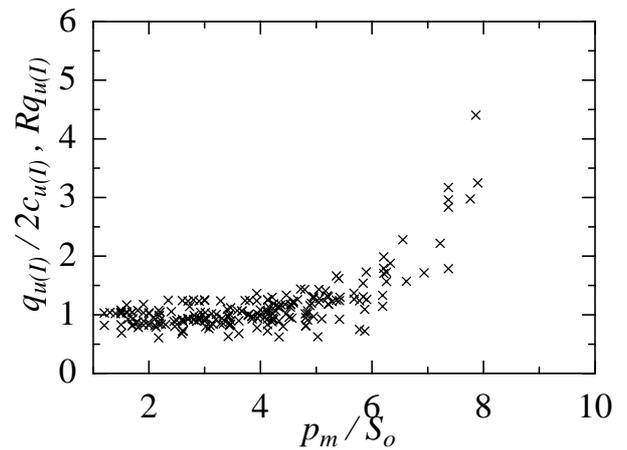


図 2  $q_{u(1)}/2c_{u(1)}$  と  $p_m/S_o$  の関係

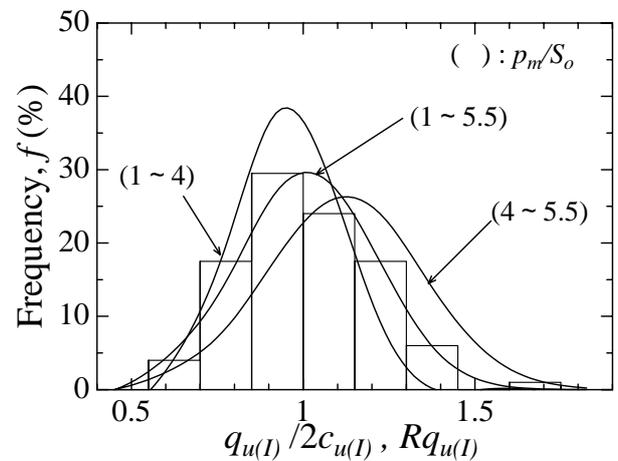


図 3 ヒストグラムと正規分布曲線(図 2)