

## 攪乱再圧密過程が飽和粘性土の強度特性に及ぼす影響

愛媛大学大学院 学生会員 ○篠原 宏治  
 株式会社ウエスコ 正会員 藤原身江子  
 株式会社ウエスコ 正会員 伊豫屋紀子  
 株式会社ウエスコ フェロー 八木 則男

### 1. はじめに

飽和粘性土は非排水状態で攪乱されると間隙比 $e$ は変化しないがそれまでの応力履歴は消失する。この攪乱した粘性土に先行圧縮応力 $\sigma'_c$ を再載荷すると、攪乱時に発生した正の間隙水圧が排水により消散し粘性土は更に圧密され、 $e$ は攪乱前よりも減少する。攪乱された後に $\sigma'_c$ が再載荷され更に圧密した粘性土（攪乱、再圧密過程を経た粘性土と略記する）は、それまでの応力履歴を消失した後再圧密しているので正規圧密状態であるといえる。

また、攪乱された粘性土の非排水強度 $c_u$ は、攪乱によって正の間隙水圧が発生し有効応力が低下するために低下する。しかし、攪乱、再圧密過程を経た粘性土は $e$ が減少しているため、その $c_u$ は攪乱前の $c_u$ よりも上昇すると推測される。よって、攪乱、再圧密過程が飽和粘性土の強度特性に及ぼす影響を明らかにする必要がありと考えられる。

以上のことより本研究は、圧密非排水三軸圧縮試験（ $\overline{CU}$ 試験と称す）を行い、攪乱を受けていない粘性土と攪乱、再圧密過程を経た粘性土の強度特性を比較し、考察を行った。

### 2. 実験概要

本研究で用いた実験用試料は岡山県南部で採取された軟弱な粘性土である。粘性土試料の諸物性を表-1に、粒径分布を図-1に示す。この粘性土試料を用いて以下の手順で供試体A、供試体Bを作製した。

- ・ 供試体A: 粘性土試料を液性限界以上の高含水比で練り返し、圧密圧力 $78.4\text{kN/m}^2$ で予圧密する。正規圧密状態をNC、過圧密状態をOCとする。
- ・ 供試体B: 粘性土試料を液性限界以上の高含水比で練り返し、圧密圧力 $294\text{kN/m}^2$ で予圧密する。予圧密試料を密封して間隙比（含水比）を変えないように練り返した後、各圧密圧力条件下で再圧密する。この状態で非排水せん断したものROCN、再圧密後に吸水膨張して非排水せん断したものをROCとする。

NC、OC及びRNC、ROCを用いて $\overline{CU}$ 試験を行った。実験時に作用させた圧力条件を表-2に示す。なお、 $\overline{CU}$ 試験では等方圧密を24時間行い、背圧は圧密開始時～せん断終了時まで作用させた。

### 3. 実験結果と考察

#### (1) $e-\log\sigma'_c$ 関係

図-2にせん断前の間隙比 $e$ ～せん断前の圧密圧力 $\sigma'_c$ 関係を示す。

同図において同じ $\sigma'_c$ における $e$ はNCよりRNCの方が小さい。従来、飽和粘性土の圧密状態は $\sigma'_c$ と

表-1 実験試料諸物性

土粒子の密度 $\rho_s$ ( $\text{g/cm}^3$ )	液性限界 $w_L$ (%)	塑性限界 $w_P$ (%)	塑性指数 $I_p$
2.672	91.1	32.5	32.5

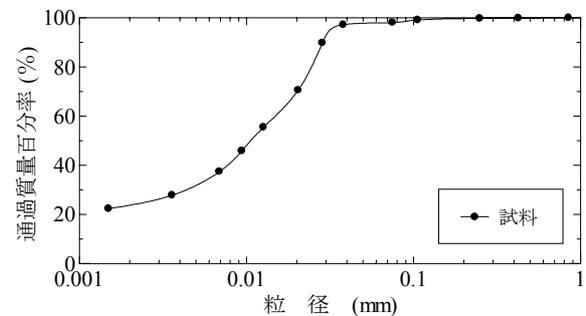


図-1 実験試料粒度分布

表-2  $\overline{CU}$ 試験において作用させた圧力

供試体名	供試体番号	圧密圧力 $\sigma'_c$ ( $\text{kN/m}^2$ )	OCR	背圧 ( $\text{kN/m}^2$ )
A	NC1	98	1	98
	NC2	196	1	98
	OC1	392	4	147
	OC2	392	2	147
B	RNC1	98	1	147
	RNC2	196	1	147
	RNC3	294	1	147
	ROC1	392	4	147
	ROC2	392	2	147
	ROC3	392	8	147

キーワード：粘性土、非排水強度、攪乱再圧密過程

連絡先：(株)ウエスコ 地盤調査部（住所：岡山県岡山市島田本町2-5-35、電話：086-254-2460、FAX：086-254-2573）

過圧密比 ( $OCR$  と称す) で表現でき,  $NC$  線よりも  $e$  が小さいものは過圧密状態であるとされている. しかしながら  $RNC$  は, 攪乱によってそれまでの応力履歴が消失しているため, 厳密には過圧密状態とはいえず, 上述した従来の粘性土の圧密状態に対する概念に当てはまらない. つまり, 図-2 に示すように  $e \sim \log \sigma_c$  曲線のある点において種々の圧密状態の粘性土が存在することになる. したがって, 粘性土の圧密状態は  $\sigma'_c$  と  $OCR$  だけでは決定されず, 攪乱時の  $e$  も必要となる.

また, 圧縮指数  $C_c$  は  $NC$  より  $RNC$  が小さい. これは,  $RNC$  が攪乱, 再圧密過程を経ることで  $NC$  に比べて  $e$  が小さくなるので, 圧縮性が低下するためである. 一方, 膨潤指数  $C_s$  は  $OC, ROC$  とともにほぼ同じである. これより, 圧縮に対する弾性的性質を表わす  $C_s$  に攪乱, 再圧密過程が及ぼす影響は少ないと考えられる.

(2) 有効応力基準に関する強度定数  $c', \phi'$

$CU$  試験から得られた有効応力経路を図-3 に示す. 図中には  $NC, OC$  の  $\overline{CU}$  試験結果から得られた破壊強度線を併記する ( $c' = 0, \phi' = 32.7^\circ$ ). 同図より,  $RNC, ROC$  もほぼ同じ破壊線上にあり, 攪乱, 再圧密過程を経ることによる  $c' = 0, \phi'$  の極端な変化は見られず, ほぼ同じであると考えてよい.

(3) 非排水強度  $c_u$

飽和粘性土の  $c_u$  は, 基本的に  $\sigma_c, \sigma'_c, e$  のによって決まるとされている. 図-3 において  $NC, OC$  と  $RNC, ROC$  の  $c_u$  を比較すると  $\sigma_c, \sigma'_c$  が等しくても  $c_u$  に差が生じている. この原因として  $e$  の違いが考えられるため, 図-4 に  $e \sim c_u$  関係を示す. なお, 図中の番号は供試体番号を示し, 番号が等しいものは  $\sigma_c$  が等しく, また  $OC, ROC$  においては  $\sigma'_c$  も等しい.

同図より, 今回の実験より得られた  $NC, RNC$  の  $e \sim c_u$  関係はそれぞれ  $OC, ROC$  のそれよりも若干上側に位置する. これは, 同じ  $e$  における  $NC, RNC$  の  $\sigma_c$  が  $OC, ROC$  の  $\sigma_c$  よりも大きいことに起因する. 一方, 同じ  $\sigma_c$  における  $OC, ROC$  の  $e$  は  $NC, RNC$  の  $e$  よりも小さい. このため同じ  $\sigma_c$  における  $c_u$  は  $OC, ROC$  の方が  $NC, RNC$  よりも大きくなる.

次に,  $NC$  と  $RNC, OC$  と  $ROC$  において同じ  $e$  における  $c_u$  を比較すると,  $NC, OC$  の  $c_u$  が  $RNC, ROC$  のそれよりも大きいことが推測される. これより, 圧密状態及び  $e$  が同じであっても明らかに  $c_u$  が異なる 2 供試体がある場合,  $c_u$  が低い供試体は攪乱, 再圧密過程を経ている可能性が考えられる.

4. まとめ

本研究で得られた主な結論を以下にまとめる.

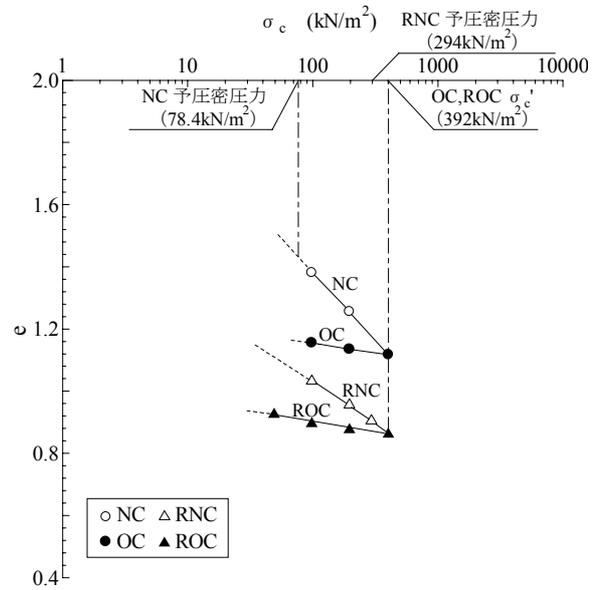


図-2  $e \sim \log \sigma_c$  関係

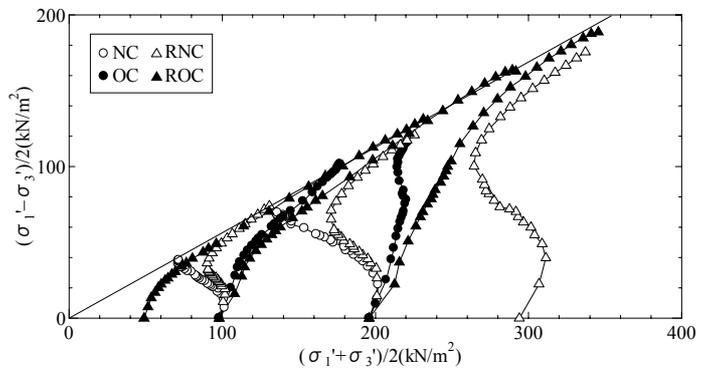


図-3 有効応力経路と破壊基準線

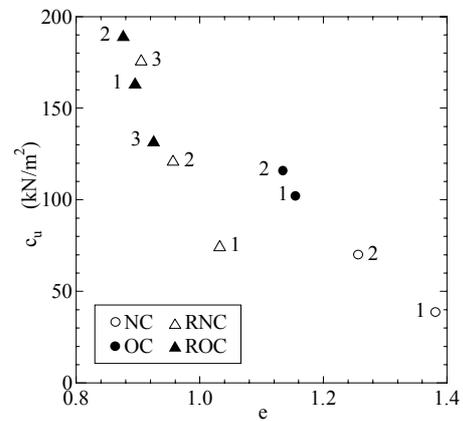


図-4  $e \sim c_u$  関係

- ①攪乱, 再圧密過程によって圧縮性は低下するが, 圧縮に対する弾性的性質はほとんど変化しない.
- ②有効応力基準に関する強度定数  $c', \phi'$  は攪乱, 再圧密過程の影響を受けない.
- ③今回実験を行った  $\sigma_c$  の範囲では,  $c_u$  が攪乱, 再圧密過程による  $e$  の変化の影響を受ける.

なお,  $c_u$  は  $e$  の他に  $\sigma'_c$  の影響も受ける. 今後は同様の実験を行いデータを集積し,  $c_u$  に対する  $\sigma'_c$  の影響について考察する予定である.