

早稲田大学理工学部土木工学科 正員 森 繁
同 大学院 学生員 ○ 赤 本 寛一

1. まえがき

筆者らは、従来正規圧密状態にある粘性土に対して非排水せん断変形を与えた場合に生じる乱れにもとづく圧縮現象に関して研究をすすめてきた。一般に粘性土に乱れが生じるとその圧縮性(たとえ圧縮指数 C_c)は乱れやすい状態とくらべて低下し、定性的には図1のように乱れの度合いが大きいほど圧縮曲線($e \sim \log \sigma'$ 曲線)は下の方に下がってくることを指摘されているが、土の乱れの大きさの評価が困難なこともあって、乱れの度合いと圧縮性の変化との関係は必ずしも明らかにできていないようである。ここでは、筆者らが過去に行なった実験結果をもとに、正規圧密粘性土に非排水せん断変形を与えた場合に生じた乱れにもとづく圧縮指数 C_c の変化の様子と土の乱れの大きさをあらわす乱れ比の増分 r との関係を探査し、この乱れ比の増分 r と圧縮指数 C_c の変化との間に一定の関係が存在することを明らかにした。

2. 非排水せん断変形で生じる土の乱れの大きさの評価方法

乱れに土を乱れた結果として生じる土の内部的不均質性の変化の尺度として乱れにもとづく種々の力学特性の変化(たとえば、非排水強度の低下)が基本的には有効応力変化に起因するものと見做すことができ、次式で定義される乱れ比 R 、あるいはその増分 r ととのが便利である。

$$R = \frac{\sigma'_0}{\sigma'_r} \quad , \quad r = R - 1 = \frac{\sigma'_0 - \sigma'_r}{\sigma'_r} \quad (1)$$

ここに、 σ'_0 ; 乱れやすい状態での有効応力 , σ'_r ; ある程度乱れた状態での有効応力

なお、筆者らは過去にこの乱れ比の増分 r が次式のように非排水せん断時に与えたせん断ひずみ $(\varepsilon - \varepsilon_0)$ の二次関数として近似的に表れうることを示した。⁽³⁾

$$r = k \cdot \varepsilon^2 \quad (2)$$

この(2)式に含まれる定数 k は一定のせん断ひずみを与えた時に生じる土の乱れの度合いと関係するパラメータであり、これを土の塑性指数 I_p と鉄散比 S_u を用いて次式のように表わすことにした。⁽³⁾

$$k = 0.15 \cdot I_p^{-0.4} \cdot \sqrt{S_u} \quad (3)$$

3. 非排水せん断変形で生じた乱れにもとづく正規圧密粘性土の圧縮現象に関する実験

試料は表1に示したSample A~Eについては、現場より採取した沖積粘土と豊洲標準砂の混合比と種々に変化させたもの及び不締粘土とその液性限界が大きい含水比で十分に締め付けられた大型圧密装置により再圧密を行って準備し、Sample 1~3については、東京江岸地区の現場よりなるべく機械的乱れを与えないように採取した土塊と実験室に持ち帰り準備した。なお、試料の諸性質は表1に示すとおりであった。

表1 試料の諸性質

Sample	A	B	C	D	E	1	2	3
I_p	3.7	8.6	15.2	24.9	44.3	18.2	25.2	26.6
S_u	4.2	4.6	4.8	5.9	3.6	43.4	12.5	29.7
σ'_0 (kgf/cm ²)	1.07	0.80	0.80	0.80	0.80	0.72	0.45	1.53
e_0	0.613	0.668	0.832	1.076	1.343	1.479	1.225	1.648
C_c	0.123	0.198	0.249	0.316	0.781	0.515	0.432	0.764

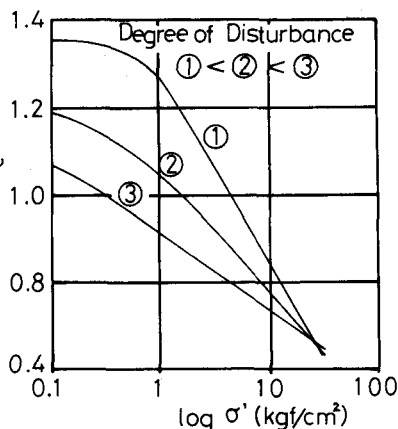


図1. 乱れにもとづく土の圧縮性の変化

以上のように準備した土塊より直径50 mm、高さ110 mmの内筒形供試体を切り出し、三軸室中で表1に示した平均有効主応力 σ'_0 の下でパーバードレンと併用して約48時間の等方圧密を行って正規圧密状態とした。その後、非排水三軸圧縮試験及び伸張試験を行って軸ひずみで10.0%（せん断ひずみで15.0%）までの範囲内で適宜、せん断ひずみを与えた後、せん断応力を徐々に除荷してせん断前の等方応力状態にもどしてその時の残留間隙水圧 Δu を測定してから、再度48時間等方圧密させた。この初期の等方応力状態の下で発生している間隙水圧 Δu は、乱れにもとづく有効応力の低下分（ $\sigma'_0 - \sigma'_r$ ）に相当し、(1)式によりかく乱比の増分 r を求め、2度目の圧密の際の排水量と初期等方圧密後の供試体体積で除いたものと乱れにもとづく圧密圧縮率 α とした。なお非排水せん断時の軸ひずみ速度は1.2%/hourと基準にしている。

4. 非排水せん断変形で生じた乱れにもとづく正規圧密粘性土の圧縮性的変化

前節3.のようにして得られた実験結果をもとに非排水せん断変形おこした後の再圧密時の圧縮指数 C_c と式(4)より求めた。

$$\alpha = \frac{\Delta e}{1 + e_0} = \frac{C_c'}{1 + e_0} \cdot \log \frac{\sigma'_0}{\sigma'_r}$$

$$\therefore C_c' = \frac{\alpha \cdot (1 + e_0)}{\log R} \quad (4)$$

ここに、 e_0 ：初期等方圧密後の供試体の間隙比
(表1に各試料についての平均値を示す)

この C_c' と各試料についての乱れのない状態における標準圧密試験より得られた圧縮指数 C_c (表1参照)の比をとったもの(C_c'/C_c)と各場合のかく乱比の増分 r に対して整理すると図2.

のようになる。この図2より、各試料についてその圧縮指数は乱れの度合い(かく乱比の増分 r)が大きくなるほど乱れのない状態とくらべて低下し、その低下の様子は、いかなる繰り返し再圧密試料と不かく乱試料とでは異なる。すなわち S_x の大きい不かく乱試料の方が C_c の低下の度合いも大きいことがわかるが、 I_p には無関係なようである。このように「半強固」として「土の骨格構造(あるいは間隙比)が繰り返し再圧密試料と不かく乱試料とで異なる」ことがみられるが、劇次的に粘土粒子間のセメンテーションの度合いの違いにもよるものと考えられる。

すなわち、各試料の C_c' は繰り返し再圧密試料で、乱れのない状態の C_c の約5割、不かく乱試料では約2割1/5程度にまで低下しており、低鋭敏比の土に関してSkemptonが示した $C_c'/C_c \approx 0.77$ (C_c' ：繰り返し試料の圧縮指数)という値にくらべて小さいが、これはここで求めた C_c' がその土の先行圧力より小さい、いわば過圧密状態から正規圧密状態への遷移領域における平均的な値であることに起因していると考えられる。(図3参照)

5. まとめ

ここでは、非排水せん断変形による乱れをうけた正規圧密粘性土の圧縮性的変化の様子を実験結果をもとに調査し、乱れにもとづく圧縮指数 C_c の低下はかく乱比の増分 r と一定の関係をもつが、その低下の度合いは鋭敏比の大きい不かく乱試料の方が大きいことを示した。このようにする最大の要因としては、土の骨格構造が不かく乱試料と繰り返し再圧密試料とで異なることがみられるが、二次的に粘土粒子間のセメンテーションの度合いの違いにもよるものと考えられる。

(参考文献)

- (1) 森本孝：せん断変形で生じた乱れによる正規圧密粘土の圧密現象。第15回土質工学研究発表会、1980
- (2) 〃：土のせん断変形による乱れとそれにもとづく圧密現象—特に乱れの大きさや塑性指数の関係—。第16回土質工学研究発表会、1981
- (3) 〃：土のせん断変形による乱れとそれにもとづく圧密現象—特に、せん断変形で生じた乱れの大きさの評価方法について—。第17回土質発表会、1982
- (4) 最上 純：土質力学、p.338.
- (5) 土質工学学会編：土質試験法—第1回改訂版—、p.102.

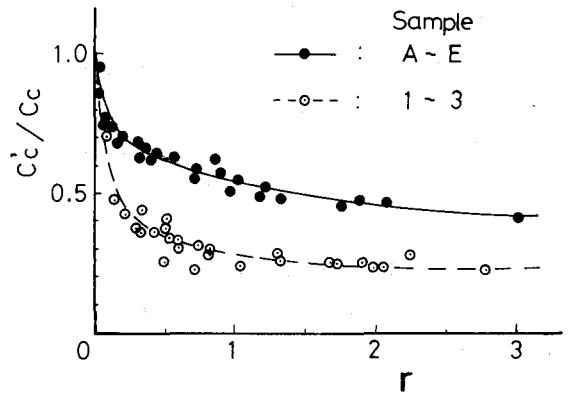


図2. 圧縮指数の低下比(C_c'/C_c)とかく乱比の増分 r の関係

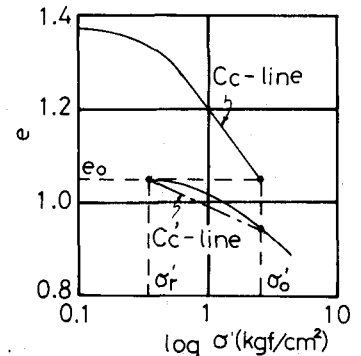


図3. 非排水せん断変形で生じた乱れにもとづく圧密現象の様式図