

III-250

繰返しせん断を受ける粘土の再圧縮特性の評価

山口大学工学部 正員 兵動正幸 三井建設（株）技術研究所 正員 ○山本陽一

1. まえがき 繰返しせん断によって粘土要素中に累積した間隙水圧は、繰返し停止後、徐々に消散して行くことによって供試体の体積減少を引き起こす。この現象は、斜面や構造物基礎地盤が地震、波浪、交通荷重などの繰返し荷重を受けせん断変形を生じた後、さらに圧密沈下により変形が増大していくことを意味している。この様な粘土の再圧縮特性に関する研究は、O-hara & Matsuda¹⁾ やYasuhara & Andersen²⁾ により行われその定量的表現がなされているが、初期せん断応力比や過圧密比の違いに対する評価は未だ確立されていない。そこでこの報文では、以前著者らが行った異方及び過圧密された五日市粘土（ $G_s=2.532$, $w_L=124.2\%$, $I_p=72.8$ ）に対する繰返し三軸試験より提案された間隙水圧予測手法^{3), 4)} を、さらに粘土の再圧縮特性の評価に適用してみた。

2. 再圧縮特性の評価 図-1は、再圧縮に至る過程を $e \sim \log p$ 面上に模式的に表したものである。この時、発生した残留間隙水圧を Δu_r とすると、この現象により生じた再圧縮ひずみ ϵ_v は次式により与えられる。

$$\epsilon_v = \frac{C_r}{1 + e_c} \log \left(\frac{1}{1 - \frac{\Delta u_r}{p_c}} \right) \quad (1)$$

ここで、 C_r は再圧縮指数であり、 p_c は有効拘束圧である。図-2（a）

（b）は、それぞれ、異方圧密及び過圧密粘土の再圧縮ひずみ ϵ_v と繰返し応力載荷終了時の残留間隙水圧比 u_r/p_c の関係を示したものである。また、図には式（1）により算出された再圧縮ひずみ曲線を描いた。ここで、再圧縮指数 C_r 、間隙比 e_c はいずれも繰返し三軸試験を行う過程で得られた等方正規圧密の値を用いており、五日市粘土の場合、それぞれ $C_r=0.243$ 、 $e_c=1.70$ であった。図から、初期せん断応力比、過

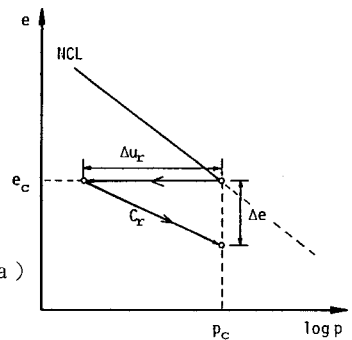


図-1 再圧縮の概念

圧密比の増加にともない発生する再圧縮ひずみが減少していくことが認められる。つまり、圧密履歴の大きな場合ほど、再圧密による沈下量が低下することを意味している。そして、再圧縮ひずみと残留間隙水圧比の間には一義的な関係が存在していることが分かる。また、式（1）の曲線は等方正規圧密粘土に対する試験から求められた再圧縮指数を用いているにも関わらず、正規圧密、過圧密いずれの場合も再圧縮ひずみの傾向をよくとらえ、実験結果との間に良好な対応関係が存在していることから、再圧縮ひずみと残留間隙水圧比との一義的な関係を式（1）で表現可能であることが明かとなった。しかし、この式では任意の初期せん断応力比、過

圧密比の再圧縮ひずみを特定することができないため、まだ十分

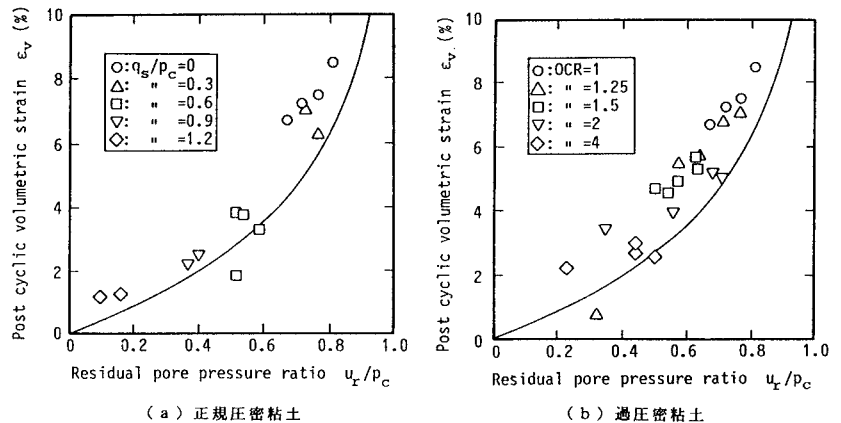


図-2 再圧縮ひずみと繰返し応力載荷終了時の残留間隙水圧の関係

なものであるとは言えない。ただ、以上のことから再圧縮ひずみは発生する過剰間隙水圧の大きさに依存して変化するので、発生する間隙水圧量が推定されれば、必然的に再圧縮ひずみを特定する事が可能になる。著者らが提案した残留間隙水圧の予測式は、任意の繰返し回数、繰返し応力、初期せん断応力比、過圧密比での残留間隙水圧を算出することができる。そこで、文献3）、4）で与えられている破壊時の残留間隙水圧 u_t の予測式を用いて再圧縮ひずみの評価を行ってみた。この時の再圧縮ひずみは次式で表される。

$$\varepsilon_v = \frac{C_r}{1 + e_c} \log \left(\frac{p_c}{\frac{q_{cyc} + q_s}{\zeta_f} - \frac{q_{cyc}}{3} + p_r} \right) \quad (2)$$

ここで、 ζ_f は破壊時の修正有効応力比 $\zeta_p (=q/(p-p_r))$ であり、 q_{cyc} は繰返し軸差応力である。修正有効応力比は図-3に示すように、過圧密粘土特有の粘着力効果を考慮した有効応力比であり、 $p_r=0$ の時、有効応力比 $\eta_p (=q/p)$ と表せるように、過圧密粘土のみならず正規圧密粘土に対しても適用可能な一般式である。式(2)より算出された破壊時の再圧縮

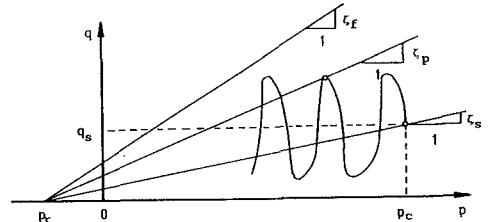


図-3 修正有効応力比の概念

ひずみ $\varepsilon_{v, PRED}$ と繰返しせん断により破壊した場合の再圧縮ひずみ ε_v の実験結果との関係を、正規圧密と過圧密粘土について、それぞれ図-4(a)、(b)に示した。図から、予測結果と実験結果の間に良好な対応関係が存在することが認められ、著者らが提案した間隙水圧予測手法が、粘土の再圧縮特性の評価に対しても適用可能なことが明かとなった。ここでは、破壊した場合についてのみその結果を示したが、破壊しない場合についても提案した予測式^{3), 4)}を用いることにより、任意の繰返し回数、繰返し応力、初期せん断応力比、過圧密比での再圧縮ひずみを推定することが可能である。

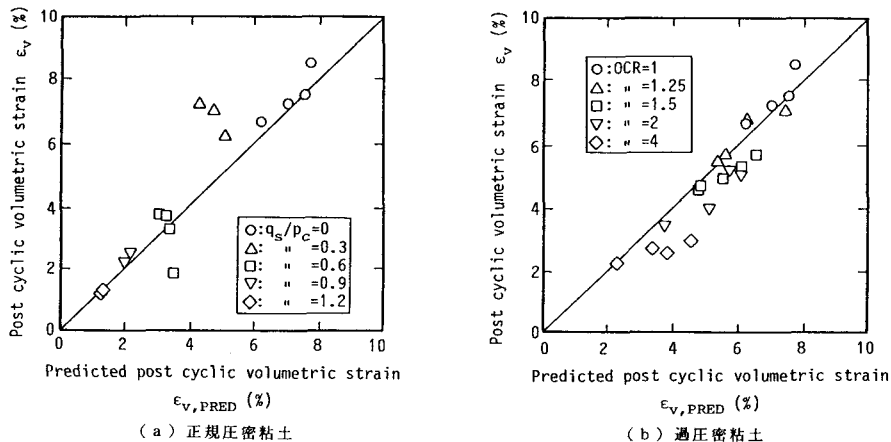


図-4 予測された破壊時の再圧縮ひずみ $\varepsilon_{v, PRED}$ と実験値 ε_v との関係

【参考文献】

- 1) O-hara, S. and Matsuda, H. : Study on the Settlement of Saturated Clay Layer Induced by Cyclic Shear, Soils and Foundations, Vol. 28, No. 3, pp. 103~113, 1988.
- 2) Yasuhara, K. and Andersen, K. H. : Recompression of Normally Consolidated Clay after Cyclic Loading, Soils and Foundations, Vol. 31, No. 1, pp. 83~94, 1991.
- 3) 兵動・山本・村田・安福・杉山：繰返しせん断を受ける粘土の間隙水圧及び変形の評価，第26回土質工学研究発表会概要集，pp. 787~790. 1991.
- 4) 杉山・兵動・村田・安福・河田・山本：繰返しせん断を受ける異方過圧密粘土の軸ひずみおよび間隙水圧の評価，第48回土木学会年次学術講演会概要集，1993.