

繰返し応力履歴を受けた粘土の圧密特性

九州大学 学 ○村上 哲 正 落合 英俊
同 正 林 重徳 正 梅崎 健夫

1. はじめに 粘土がせん断変形すると排水状態においては体積変化を生じる。これが非排水状態であるならば間隙水圧を生じる。このように排水状態での体積変化と非排水状態での間隙水圧は表裏一体の関係にある。この両者の関係を適切に評価することができれば、非排水繰返し応力を受ける粘土の応力～間隙水圧～せん断ひずみ関係から、間隙水圧をそれと等価な体積ひずみに置き換えることによって、繰返し応力を受ける粘土の応力～ひずみ関係へと発展できると考えられる¹⁾。本論文では、繰返し応力を受けた粘土の過剰間隙水圧消散に伴う体積ひずみを把握するために、飽和粘土供試体に対して非排水繰返し三軸圧縮試験を実施した後、等方圧密試験を行い、繰返し応力を受けた粘土の圧密特性を実験的に調べ考察を行った。

2. 試験概要 試料は、繰返しした有明粘土($\rho_s=2.627\text{g/cm}^3$, $w_L=98.0\%$, $w_P=44.5\%$, $IP=53.5$)である。含水比約200%で試料を繰返し、49kPaで30日間予圧密した。供試体は、試料を直径5cm、高さ10cmの円柱供試体に切出して作成された。試験は以下の手順で行われた(図-1参照)。飽和粘土供試体に対して、圧密応 p_0 ($=(\sigma_1+2\sigma_3)/3$)で等方圧密した後、非排水状態で繰返し応力 q_{cyc} ($=\sigma_1+\Delta\sigma_1-\sigma_3$, σ_3 =一定)を周波数0.02Hzの片振り正弦波で載荷回数 N_{max} 回与えた。供試体はその後、排水状態において初期の圧密応力 p_0 で24時間再圧密された。また、試験番号A-4およびA-5の試験では引続き等方圧密試験を行った。試験条件を表-1に示す(図-3以降のプロットはこの記号に従う)。なお、背圧は196kPaであり、圧密は周面排水で行われ、間隙水圧は供試体底面中央にて測定された。

表-1 試験条件

Test	Symbol	p_0	q_{cyc}	N_{max}
A-1	●	98	45.1	10^4
A-2	▼	98	50.0	10^4
A-3	◆	98	61.7	10^4
A-4	▲	98	64.7	10^4
A-5	■	98	73.5	2950
A-6	◎	98	90.2	17
B-1	◇	147	40.2	10^4
B-2	○	147	60.8	10^4
B-3	▽	147	87.2	10^4
B-4	□	147	88.2	10^4
B-5	△	147	113.7	156

(unit: kPa, cycles)

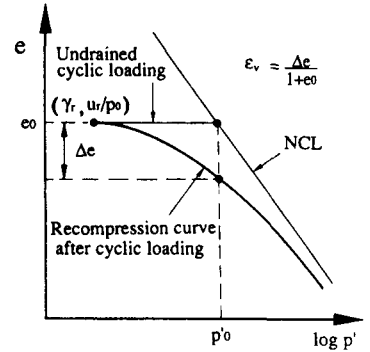


図-1 試験概要

3. 繰返し応力履歴後の再圧密特性

図-2は、等方圧密試験における正規圧密曲線および除荷・再圧縮曲線である。また、図-3は非排水繰返し応力履歴後の粘土の再圧縮曲線である。両者の再圧縮曲線を比較すると前者の場合は、過圧密領域においては先行圧密応力を与

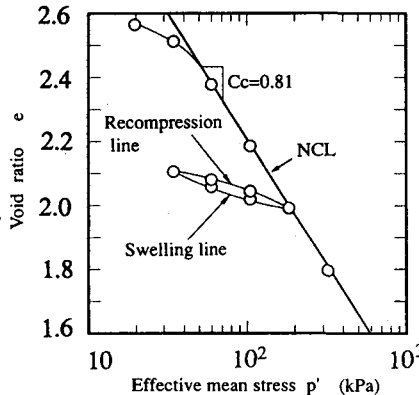


図-2 等方圧密における圧縮・膨潤曲線

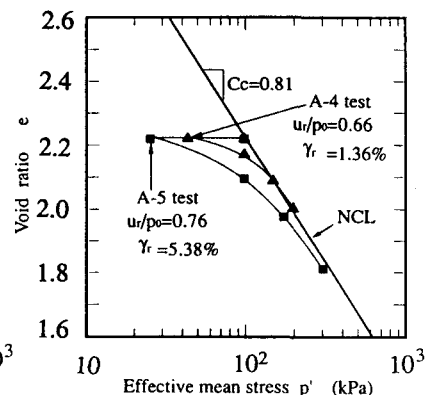


図-3 繰返し応力履歴後の再圧縮曲線

えたときの間隙比まで膨潤曲線とあわせたループの半分を描きながら進みそれを越えると正規圧密曲線上を移動する。後者の場合、A-4試験 ($u_r/p_0=0.66$, $\gamma_r=1.36\%$) の再圧縮曲線は初期圧密圧力のおよそ1.5倍の圧密応力にて正規圧密曲線に復帰するが、A-5試験 ($u_r/p_0=0.76$, $\gamma_r=5.38\%$) では正規圧密曲線に漸近するような曲線となる。このことから繰返し応力履歴後の再圧縮曲線は、繰返し応力履歴後において u_r/p_0 もしくは γ_r の値が大きくなると再圧縮曲線は正規圧密曲線より下方に位置し、圧密応力の増大に伴い正規圧密曲線に漸近する。以上のことから、繰返し応力履歴後の再圧縮曲線は等方圧密における再圧縮曲線の特性とは異なることが分かる。

図-4は、非排水繰返し応力履歴後の等方応力状態における蓄積した過剰間隙水圧比 u_r/p_0 と残留せん断ひずみ γ_r の関係を示したものである。両者にはほぼ一義的な関係が認められ、蓄積した過剰間隙水圧が載荷回数毎に残留するせん断ひずみによって生じたものと推測される。このような粘土供試体を初期の圧密圧力 p_0 にて再圧密すると過剰間隙水圧の消散に伴って体積ひずみ $\varepsilon_v (= \Delta e/(1+e_0))$, e_0 : 初期間隙比) が生じる。この体積ひずみ ε_v と繰返し応力によって蓄積した過剰間隙水圧比 u_r/p_0 および残留せん断ひずみ γ_r との関係を示すと図-5, 6のようになる。両者とも体積ひずみに対し繰返し応力の大きさや載荷回数に依らず、ほぼ一義的な関係が認められる。図-5における u_r/p_0 と ε_v の関係では u_r/p_0 の増加に対する ε_v の増加分が次第に大きくなる傾向が見られる。一方、図-6においては、せん断ひずみ γ_r の増加に対する ε_v の増加分が次第に小さくなり ε_v が収束する傾向にある。しかしながら、図-4において γ_r の増大に伴い u_r/p_0 が収束する傾向から察すると、図-5における u_r/p_0 と ε_v の関係はその収束する u_r/p_0 において ε_v も同様に収束すると推測される。

4. まとめ 飽和粘土供試体に対して非排水繰返し三軸圧縮試験を実施した後、等方圧密試験を行い、繰返し応力履歴後の圧密特性について結果をもとに考察した。間隙水圧を等価な体積ひずみに置き換えることができれば、非排水繰返し応力を受ける粘土の応力～ひずみ関係に適用可能であると考えられる。

【参考文献】1) 梅崎ら：繰返し応力を受ける粘土の応力・ひずみ関係、繰返し応力を受ける地盤の変形に関するシンポジウム発表論文集, pp. 61-68, 1990.

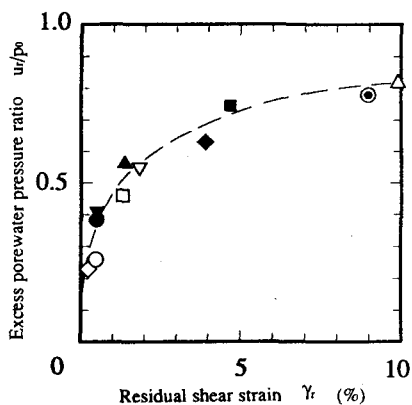


図-4 過剰間隙水圧比～残留せん断ひずみ関係

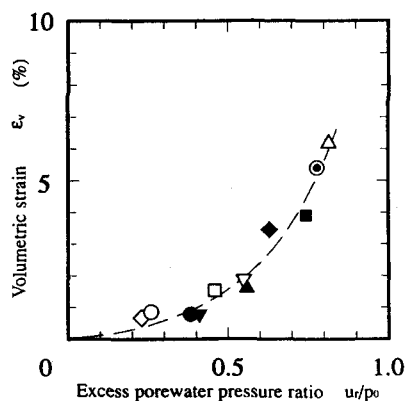


図-5 体積ひずみ～過剰間隙水圧関係

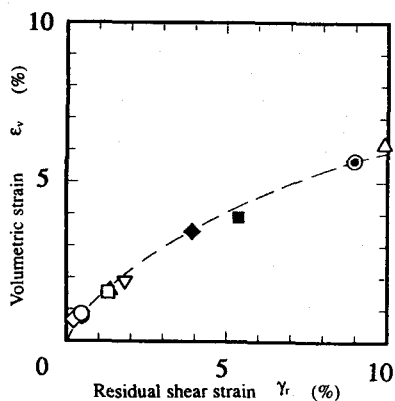


図-6 体積ひずみ～残留せん断ひずみ関係