

過圧密粘土の強度変形特性の載荷経路 および載荷速度依存性挙動

京都大学 工学部 足立 紀尚 徳島大学 工学部 小嶋 啓介
○京都大学 大学院 三輪 準二 首都高速道路公団 住吉 英勝

1. はじめに

近年、正規圧密粘土に比較して注目を集めることが少なかった過圧密粘土の特性の解明の重要性が増してきている。本研究では、過圧密状態で載荷速度と載荷経路を変化させて圧密非排水三軸試験を行うことにより、過圧密粘土の最大強度、残留強度、応力-ひずみ関係などの載荷速度と載荷経路依存性の検討を行った。

2. 実験方法および考察

実験に用いた試料は、大阪湾泉北港の平均水位下45mの洪積層の直上の沖積粘土であり、採取地点で乱さないまま切り出した後、蠟封し水中に保管しておいたものを用いた。また、試料の材料定数は、 $G_s=2.650$ 、 $LL=124.1\%$ 、 $PL=41.0\%$ 、 $PI=83.1\%$ 、 $P_c=4.7\text{kgf/cm}^2$ である。

本研究では、過圧密粘土の挙動特性の解明を目的としているため、実験に用いた圧密圧力は、圧密試験によって得られた先行圧縮応力 (4.7kgf/cm^2) 以下の圧密圧力 1.0 、 3.0kgf/cm^2 の2種と、正規圧密領域で 5.0kgf/cm^2 の計3種類を選択した。圧密の際に用いたバックプレッシャーは、圧密圧力 1.0kgf/cm^2 については 3.0kgf/cm^2 を与え、圧密圧力 $3.0, 5.0\text{kgf/cm}^2$ については 1.0kgf/cm^2 とした。圧密非排水せん断試験に際し、所定の圧密圧力で24時間等方圧密した後、非排水状態で図1に示す4種の応力経路 (①: 軸力のみ載荷、②: 軸差応力 q 載荷、平均主応力 σ_m 一定、③: 側圧のみ減少、④: 軸力のみ減少) で応力制御によるせん断試験を行った。また、経路①および③については2種の載荷速度 (軸差応力速度で $0.01\text{kgf/cm}^2/\text{min}$, $0.1\text{kgf/cm}^2/\text{min}$ 、以下図中で、それぞれ s 、 f と表す。) による比較を行い、経路②、④については1種の載荷速度 ($0.1\text{kgf/cm}^2/\text{min}$) のみでせん断試験を行った。

図2に圧密圧力 1.0kgf/cm^2 の軸差応力-軸ひずみ関係を示す。これらの図から最大強度には明確な載荷経路依存性は見られない。軸差応力-軸ひずみ曲線の初期部分の接線の傾きは、経路③が他の経路に比べ大きく、より弾性的な挙動を示している。圧密圧力 1.0kgf/cm^2 の間隙水圧-軸ひずみ関係を図3に示す。経路①については各圧密圧力とも軸ひずみの増加にともない漸増した後、一定値をとる正規圧密粘土と同様の挙動を示している。また、経路②では、間隙水圧は初期に正の値を示しその後減少する典型的な過

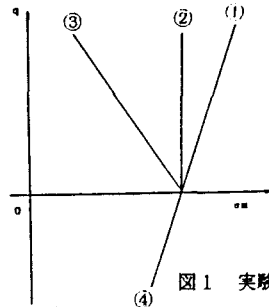


図1 実験に用いた全応力経路

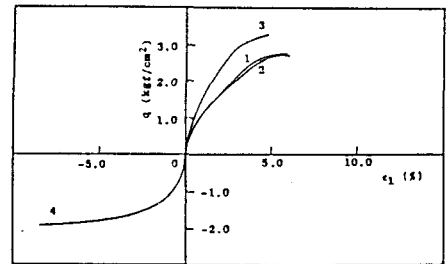


図2 軸差応力-軸ひずみ関係

(圧密圧力 1.0kgf/cm^2 、 $\dot{q} = 0.1\text{kgf/cm}^2/\text{min}$)

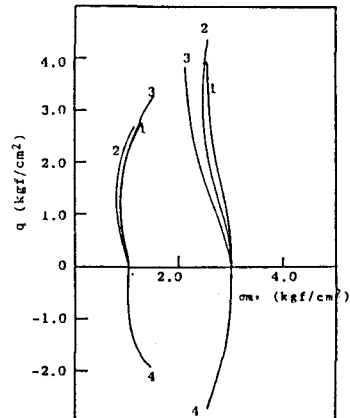


図4 有効応力経路 ($\dot{q} = 0.1\text{kgf/cm}^2/\text{min}$)

Toshihisa ADACHI, Keisuke KOJIMA, Junji MIWA, Hidekatsu SUMIYOSHI

圧密粘土の挙動を示している。次に、図4に圧密圧力1.0 kgf/cm²と3.0 kgf/cm²の有効応力径路を示す。圧密圧力3.0kgf/cm²において径路③の有効応力径路は他の径路に比べ平均有効主応力が小さく現れている。また、過圧密比の高い圧密圧力1.0kgf/cm²の方が、応力径路は図中で左に凸な径路へと変化している様子が分かる。表1にMohr-Coulombの破壊規準より求めた強度定数を示す。これより圧縮側の径路①,②,③については、載荷径路依存性はみられないが、④は他の径路に比べ内部摩擦角が小さくなっている。図5に圧密圧力1.0kgf/cm²の径路①における2種類の載荷速度による軸差応力-軸ひずみ関係を示す。これらの図より、最大強度は載荷速度が速いほど高い値を示しており、載荷速度依存性が現れている。図6に圧密圧力1.0kgf/cm²の径路①における間隙水圧-軸ひずみ関係を示す。これより、各載荷速度による間隙水圧の挙動はほぼ同一の曲線を示しており、間隙水圧の値にはあまり差がない。圧密圧力1.0kgf/cm²と3.0kgf/cm²の径路①の有効応力径路を図7に示す。これによると、載荷速度により最終到達点は異なるものの、そこに至るまでの径路は等しいことがわかる。表2にMohr-Coulombの破壊規準より求めた載荷速度0.01kgf/cm²/minにおける強度定数を示す。表1、表2より、 c' は載荷速度に対し変化はあまり見られないが ϕ' は径路①において4°の違いが生じている。

3. 結論

- 1) 軸差応力-軸ひずみ関係では、明確な応力径路依存性はみられない。
- 2) 軸差応力載荷、平均主応力一定の条件で非排水せん断する場合には、間隙水圧-軸ひずみ関係の挙動が、過圧密比の影響を著しく受ける。
- 3) 異方性を持つ過圧密粘土において、伸張試験により求められた強度定数は、圧縮試験によるものより低い値を示す。
- 4) 軸差応力-軸ひずみ関係において、載荷速度依存性が現れており、載荷速度の増加に伴い強度も増加する傾向がある。
- 5) 有効応力径路は、載荷速度の違いにより最終到達点は異なるものの、そこに至るまでの径路はほぼ等しい。

表1 せん断強度定数 ($\dot{q}=0.1\text{kgf/cm}^2/\text{min}$)

	①	②	③	④
$c'(\text{kgf/cm}^2)$	0.41	0.61	0.56	0.69
$\phi'(^{\circ})$	32.3	28.3	31.0	17.6

表2 せん断強度定数 ($\dot{q}=0.01\text{kgf/cm}^2/\text{min}$)

	①	③
$c'(\text{kgf/cm}^2)$	0.42	0.36
$\phi'(^{\circ})$	28.3	30.2

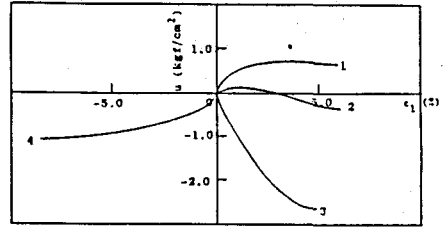


図3 間隙水圧-軸ひずみ関係
(圧密圧力=1.0kgf/cm², $\dot{q}=0.1\text{kgf/cm}^2/\text{min}$)

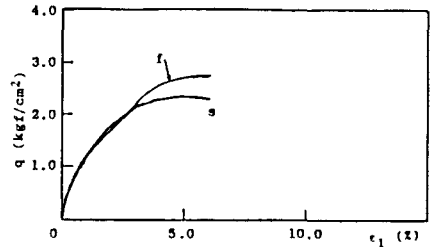


図5 軸差応力-軸ひずみ関係
(径路①, 圧密圧力=1.0kgf/cm²)

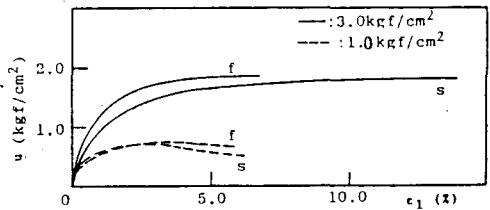


図6 間隙水圧-軸ひずみ関係
(径路①, 圧密圧力=1.0kgf/cm²)

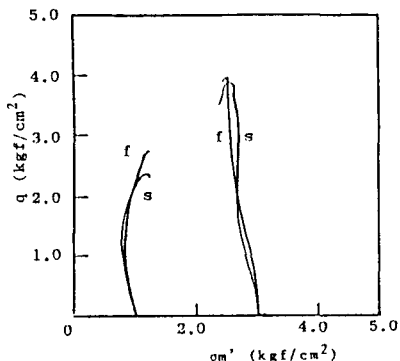


図7 有効応力径路 (径路①)