

繰返し荷重下の層状粘性土の挙動

関西大学工学部 正会員 西田 一彦
(協)関西土質研究センター 中山 義久
関西大学大学院 学生員 ○南尾 一広

1. まえがき

層状構造を持った淡水成粘土地盤に対して、繰返し荷重が加わった際の変形、強度特性については不明な点が多い。本研究では特に、三軸供試体の軸方向と堆積層のなす角度の違いが、繰返し応力下の変形、強度特性に及ぼす影響に着目し、シルトと粘土の互層を持つ成層粘性土を取り上げ、種々のせん断応力比で繰返し荷重を加えたときの供試体の変形量、間隙水圧の変化を調べた。さらに、載荷後再圧密した場合のせん断強度特性についても検討した。

2. 試料および実験方法

本研究に用いた試料は神戸市北部のかつて池の底であったところより採取した淡水成粘土で写真-1に示すようにシルトと粘土が互層になった層状粘性土である。各層の厚さの平均は、シルト層が約5mm、粘土層が約2mmで、粒度分布は、シルト層がシルト90%、砂10%、粘土層が、粘土70%、シルト30%である。採取深度付近のN値は0~5、圧密降伏応力 $p_c=0.5$ (kgf/cm²)、その物理的性質は表-1に示す通りである。供試体は図-1に示す $\theta=0^\circ, 45^\circ, 90^\circ$ の3種類を設定し、直径5cm、高さ10cmに成形した。実験装置は電気・油圧サーボ式の振動三軸試験機で、実験は、有効拘束圧 $\sigma_o'=0.5$ (kgf/cm²)で、20時間等方圧密した後、周波数0.5Hz、正弦波の条件下で、応力比 r (せん断応力振幅 τ_a /有効拘束圧 σ_o')を設定し、最大1000回の繰返し載荷を行った。繰返し載荷後、過剰間隙水圧が安定するまで約2時間放置した場合と、過剰間隙水圧が消散するまで再圧密を行った場合の2通りに分けて、軸ひずみ速度0.2(%/min)の静的非排水せん断試験を行った。また、比較のため、繰返し載荷履歴を受けない通常の圧密非排水せん断試験も行った。

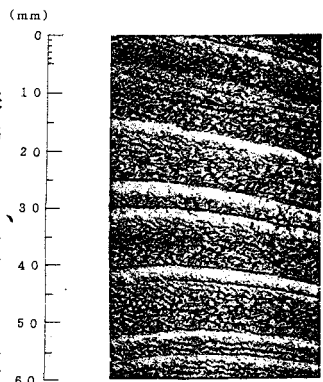


写真-1 試料の鉛直断面
表-1 試料の物理的性質

w _L (%)	w _p (%)	G _s	I _g loss (%)	w _n (%)	ρ_t (g/cm ³)	ρ_d (g/cm ³)	e	S _r (%)	粒度組成 (%)		
									砂 分	シルト分	粘土 分
51.8 54.9	23.9 28.3	2.573 2.615	3.26 4.27	52.4 60.3	1.632 1.690	1.018 1.121	1.271 1.507	99.40 104.55	4 11	65 74	18 24

有効拘束圧 σ_o')を設定し、最大1000回の繰返し載荷を行った。繰返し載荷後、過剰間隙水圧が安定するまで約2時間放置した場合と、過剰間隙水圧が消散するまで再圧密を行った場合の2通りに分けて、軸ひずみ速度0.2(%/min)の静的非排水せん断試験を行った。また、比較のため、繰返し載荷履歴を受けない通常の圧密非排水せん断試験も行った。

3. 結果および考察

図-2は、繰返し応力履歴を受けない供試体の応力-ひずみ曲線である。どちらの拘束圧の場合も、45°方向の場合の強度が小さい。特に $\sigma_o'=2.0$ (kgf/cm²)の45°方向で軸ひずみ8%付近で急激に強度低下しているのは、堆積層の一部の粘土シーム部分が弱面の作用をなし、その部分ですべりが生じたためである。

図-3は、繰返し載荷回数と発生する過剰間隙水圧の関係を方向別に示したものである。過剰間隙水圧は載荷回数初期に全発生量の8割程度を占め、いずれの応力比の場合でも過剰間隙水圧の発生量は角度 θ の値と無関係にほぼ一定であることがわかる。この傾向は、静的な非

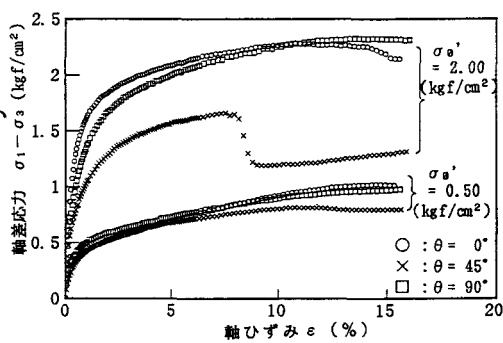
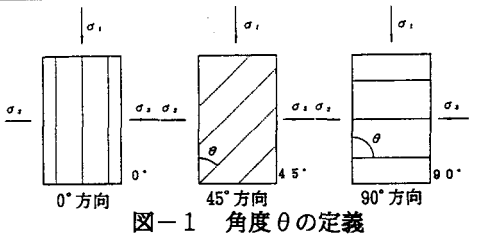


図-2 応力-ひずみ曲線

排水せん断試験の場合も同様である。

図-4は、応力・ひずみの履歴ループの頂点を結ぶ直線の勾配として表される変形係数 E を用い、各载荷における変形係数 E と第1载荷の変形係数 E_1 の比で表される変形係数比 E/E_1 についてまとめたものである¹⁾。図は、攪乱の度合いが最も大きい応力比 $r=0.30$ の場合である。図より、繰返し载荷により最も劣化しやすいのは 45° で、次いで $90^\circ, 0^\circ$ の順である。これは主に、堆積面に沿って生じるすべり量の大きさによるものと考えられる。

図-5は、応力比 $r=0.30$ の繰返し载荷後の非排水せん断試験による軸差応力の最大値と角度 θ の関係である。 45° 方向は他方向に比べ強度が小さく再圧密を行っても他方向の元の強度を上回ることはない。 0° と 90° 方向では、元の強度は 0° 方向の方が若干大きい、繰返し载荷後の強度は 90° 方向の方がやや上回っている。

図-6は、せん断強度比 R （繰返し载荷を受けたせん断強度と繰返し载荷を受けないせん断強度の比）と $1/(\text{攪乱比})=1/\{\sigma'_0/(\sigma'_0-\Delta u)\}$ の関係である²⁾。 45° 方向の場合、攪乱による強度低下が著しく再圧密を行っても元の強度付近までしか回復しない。それに対し、 90° 方向では繰返し载荷を受けても強度低下があまり起こらず、再圧密による強度回復が著しい。この傾向は、攪乱の程度が大きいほど顕著である。また、 0° 方向はこれらの中間の挙動を示している。

4. まとめ

- 1) 静的な強度は 45° 方向が最も小さい。これは、粘土シーム部分が弱面の作用をなし、その供試体の強度特性を支配するためだと考えられる。
- 2) 供試体の角度の影響は過剰間隙水圧には反映されず、専ら変形特性に影響を与える。その結果、最も変形を受け劣化しやすいのは 45° 方向で、次いで $90^\circ, 0^\circ$ の順になる。このことから、その動的荷重下の劣化特性は、過剰間隙水圧の発生を伴う土粒子構造の脆性的な破壊によるものよりも、堆積層によって生じるすべりによる影響に支配されるといえる。
- 3) 繰返し载荷後の静的せん断強度は、 45° 方向の強度低下が著しく、再圧密を行っても元の強度程度までしか回復しない。それに対し 90° 方向では、繰返し载荷によりある程度の攪乱を受けてもその後のせん断強度はそれほど低下せず、再圧密による効果大きい。

参考文献 1) 山崎浩之・善 功企・加賀谷宏基：繰返し载荷を受ける粘土の劣化特性と静的強度の関係，第26回土質工学研究発表会講演集，301，pp.791～792，1990。2) 奥村樹郎：粘土の攪乱とサンプリング方法の改善に関する研究，港湾技研資料，運輸省港湾技術研究所，No.193，pp.16～17，1974。

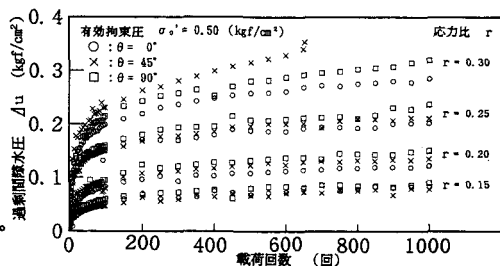


図-3 過剰間隙水圧と载荷回数との関係

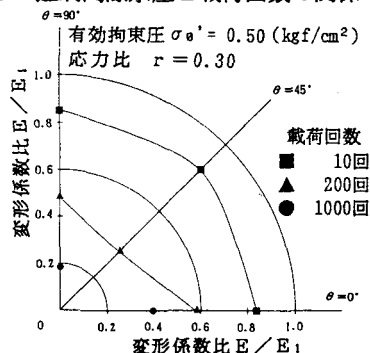


図-4 角度と E/E_1 の関係

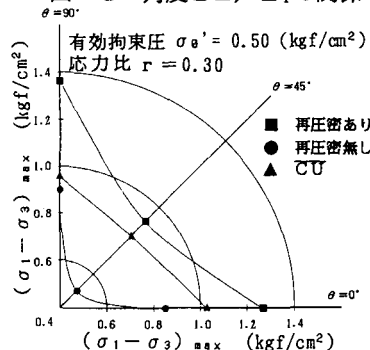


図-5 角度と $(\sigma_1 - \sigma_3)_{max}$ の関係

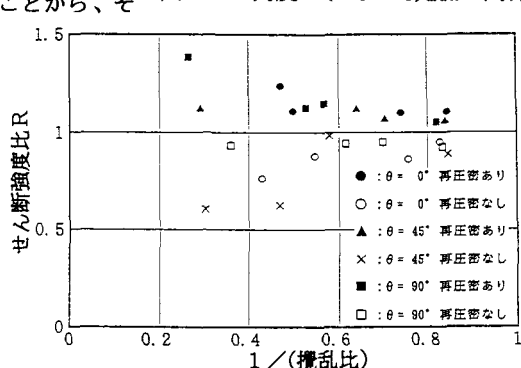


図-6 せん断強度比と攪乱比の逆数の関係