再構成した粘性土の載荷速度効果

東海大学 学生会員〇柳澤 夏樹 東海大学 正会員 杉山 太宏

1. はじめに

自然堆積土の力学特性は、圧密降伏応力 pc を基準に正規圧密領域と過圧密領域に区分して検討されること が多い.正規圧密された飽和粘土や軟岩の非排水応力ひずみ関係は、顕著な載荷速度依存性を示すことが知 られている¹⁾.しかし、既往の研究の多くが正規圧密粘性土に関するものであり、過圧密あるいは擬似過圧 密粘性土を対象とした研究は少ない^{2),3)}.実用的視点からは、過圧密粘性土ならびに擬似過圧密粘性土のひ ずみ速度効果を無視できれば便利であるが、そのためには過圧密状態にある粘性土の載荷速度効果について 十分に検討する必要がある.本研究では、飽和した正規・過圧密粘性土のひずみ速度依存性挙動、すなわち 載荷速度効果を、応力制御とひずみ制御ならびに等方と異方圧密非排水三軸圧縮 CU 試験により検討した.

2. 試料および実験方法

実験には、関東の沖積地盤より採取した8種類の粘 性土を使用した⁴⁾.物理的性質を表-1に示す.液性限 界以上の含水比で練り返した各粘性土を一次元圧密容 器に詰め、所定の圧力で2週間予圧密した.

<u>実験</u>A:平均有効応力 147kPa の等方あるいはK₀正 規圧密条件下で1日圧密した試料 A~F に対し,応力 制御(荷重制御)による非排水三軸圧縮試験を行った.

載荷軸荷重 9.81kPa あるいは 19.62kPa を 4 種類の時間間隔 (1,30,60,1440min) で載荷することにより,平均載荷速度とし て 9.81kPa/min から 0.0136kPa/min とした.

<u>実験 B</u>:実験 A と同じく正規圧密した後,各圧密条件下で過圧 密比 OCR が 2~8 となるよう除荷して 1 日間吸水膨張させ,3 種類のひずみ速度でひずみ制御による非排水せん断した. なお,いずれの試験においても圧密時より 98.1kPa のバックプ レッシャーを載荷した.

3. 実験結果と考察

3.1 正規圧密粘性土 (実験 A)

図-1 は、応力制御で載荷速度の異なる等方ならびに K₀正規 圧密粘土(試料 E)の有効応力経路を比較したものである.黒 記号で示した等方正規圧密の有効応力経路は、載荷速度が小さ

いほどせん断中発揮される負のダイレイタンシーの 時間依存性によって、小さな軸差応力で限界状態に 到達しており、良く知られたせん断挙動と類似の傾 向を示す⁵⁾.しかし、赤記号で示したK₀正規圧密で は、1日間の二次圧密期間中に発揮された負のダイ レイタンシーの影響すなわち擬似過圧密の影響のた めか、載荷速度の違いによる最大軸差応力の差は小 さい.

図-2は、等方正規圧密条件の全試料に対する破壊 時の最大軸差応力 q_pと載荷速度の関係で、q_pは全 ての試料において載荷時間の対数に対し直線的に増 加している.これに対して赤記号で示した K₀正規 圧密粘性土(試料 E,F)では、載荷速度の増加に伴 う最大偏差応力の増加は小さいことがわかる. 表-1 粘性土の物理的性質

Sample	А	В	C	D	Е	F	G	Н
ρs	2.66	2.69	2.71	2.67	2.64	2.68	2.31	2.67
LL(%)	103	82	88.1	82.6	112	142	201	68.4
PI(%)	50	22	40.4	20.8	61.5	90	68.2	44.6
Sand(%)	5	10	38	5	15	64	-	53
Silt(%)	50	42	51	41	38	28	-	42
Clay(%)	45	48	11	54	47	8	-	5





キーワード:ひずみ速度効果,非排水三軸圧縮試験,過圧密 連 終 先・〒259-1292 袖 四川県 平安市北全日1117 TEI

- 4

連 絡 先:〒259-1292 神奈川県平塚市北金目 1117 TEL 0463-58-1211 E-mail:sugi@keyaki.cc.u-tokai.ac.jp

図-3と図-4は、試料G(有機質粘土)と試 料 H(粘土) で実施したひずみ速度制御によ るCU試験の結果である.両試料において, 正規圧密(OCR=1)の有効応力経路は図-1の 結果と同様、ひずみ速度が小さいほど小さな 軸差応力で限界状態に到達し、同じ軸差応力 における間隙水圧発生量の違いが明確である. これに対して過圧密(OCR=2.5)では、ひず み速度による間隙水圧ならびに最大軸差応力 の差が正規圧密に較べて小さくなっているが この差はゼロではない. 岡らは過圧密粘土 (OCR=6) に対してひずみ速度を 0.5~ 0.005 %/min とした CU 試験を行い, 軸ひずみ 0.1%以下の微小ひずみ領域で載荷速度効果

が現れたと報告している⁶⁾. 今回の試料では, 図の応力ひずみ関係のように大きなひずみ発 生時にも速度効果が観察された. 図-5(a), (b)は、等方ならびに K₀過圧密粘

性土(試料G,H,D)の各過圧密比におけるひ ずみ速度と最大軸差応力 qpの関係を調べた ものである. 白抜き記号で示した等方過圧密 粘性土のqnは、ひずみ速度の対数に対して直 線的に増加するが過圧密比の増加に伴いその 割合は減少し、その減少率は試料によって異 なることがわかる.一方, K0 圧密した図 -5(b)黒記号の q_nは,等方圧密と比較 q_p (kPa)

して正規圧密,過圧密によらずひずみ 速度の影響が小さくなっている.

以上の結果から,過圧密粘性土にも 載荷速度効果が確認された.また実地 盤の応力状態に近い K₀ 圧密された試 料では, ひずみ速度の影響が小さい結 果を得た.これらの点について更にデ ータを蓄積し検討するとともに、この 速度効果を予測する手段についても検 討する必要がある.

4. あとがき

粘性土の非排水強度に及ぼすひず み速度効果あるいは載荷速度効果につ





Max

 10^{-2}

10

Strain rate ϵ (%/min)

K=1 (Iso. comsol.)

10-1

10-2

Strain rate $\hat{\epsilon}$ (%/min)

いて,正規圧密と過圧密,等方と異方,載荷方法の違いにより検討した.載荷速度効果に関して統一的に検討 できるだけの試験データを揃えている途中ではあるが、粘性土の載荷速度依存性を評価するのには、標準圧 密試験の二次圧密係数を利用することが多い、今後は、二次圧密係数との関連性についてもデータを収集し 検討する予定である.

参考文献

1) 地盤工学会: 土質試験の方法と解説, 第7編 第3章 土の三軸試験, pp.472, 2000.

Maximum deviator stress

0L 0-3

- 2) 柴田徹:地盤の変形と破壊解析の問題点、第29回土木学会学術講演会研究討論会資料、pp38-40,1974.
- 3) Sekiguchi ,H. : Rheological characteristics of clas, Proc. 9th ICSMFE, Vol.1, pp.289-292, 1977.
- 4) 柳澤夏樹, 杉山太宏他: 正規ならびに過圧密粘土の載荷速度効果, 第7回地盤工学会関東支部発表会, pp.7-9, 2010.
- 5) 赤井浩一, 足立紀尚, 安藤信夫: 飽和粘性土の応力ひずみ時間関係, 土木学会論文報告集, No.225, pp.53-61, 1974.
- 6) 岡二三生,小高猛司他:再構成過圧密粘土のひずみ速度依存性挙動-非排水三軸試験-,第37回地盤工学研究発表 会講演集, pp.241-242, 2002.