

間隙比に着目した異方圧密粘土の非排水強度

九州大学工学部 学○富永哲男 正 落合英俊 正 安福規之
正 大嶺聖 正 塚本良道

1. はじめに

等方圧密された粘土の非排水強度は、その間隙比が分かれば、1)等方圧密試験より得られる $e - \log p'$ 直線と、2)圧密非排水三軸試験より得られる $C_u - p'$ 直線を用いることで推測できることが示されている¹⁾。しかし、盛土を築造した場合などを考えると、地盤内における応力状態は異方的であり、それぞれの位置により異なる応力比で異方圧密された状態にあると思われる。本文では、異なる応力状態で圧密された粘土の非排水強度を、等方圧密された粘土の非排水強度と比較し、異なる応力履歴を受けた粘土の履歴の違いによる非排水強度の差について検討を行った。

2. 試験方法

本試験では、 $425\mu\text{m}$ のふるいを通過させ繰返した有明粘土 ($\rho_s = 2.596\text{g/cm}^3$, $w_L = 108\%$, $I_p = 64$) を予圧密装置により、圧密応力 49kPa で一次元圧密した試料を用いた。圧密打ち切り時間は 3t 法により5日間とした。この試料から円柱供試体(直径 $3.5\text{cm} \times$ 高さ 7.0cm)を成形し、図1に示すような3種類の応力経路で試験を行った。まず、test1は等方圧密後、非排水三軸圧縮試験(ひずみ速度 $0.06\%/min$)を実施したものである。この時の圧密打ち切り時間も 3t 法により決定した。これは圧密時間を 24時間 で打ち切った場合、荷重増加率によって得られる $e - \log p'$ 直線の傾きが変わってくるためである。表1からも分かるように、 3t 法を用いると荷重増加率を変えた場合でも間隙比の変化はほぼ等しいものとなっている。次に、test2はせん断応力を受けた粘土の例として同様の供試体を圧密応力 98kPa で 24時間 等方圧密した後、側圧一定の状態で排水せん断(ひずみ速度 $0.0004\%/min$)を行い、その後非排水状態で三軸圧縮試験を行ったものである。また、test3は圧密応力 98kPa で 3t 法を用いて等方圧密試験を行った時と同様の間隙比変化が起こるまで異方圧密試験を実施し、その後、非排水三軸圧縮試験を行ったものである。異方圧密試験は初期拘束圧 19.6kPa から所定の η' になるまでは p' 一定、その後は $\eta' (=q/p')$ 一定となるように軸圧の増加(ひずみ速度 $0.0004\%/min$)に合わせて側圧を電空弁を用いてフィードバック制御により調整して行った。

3. 試験結果および考察

図2、図3、および図4はそれぞれ等方圧密された粘土、等方圧密後排水せん断された粘土、異方圧密された粘土の非排水せん断時の有効応力経路を示したものである。これらの図から、等方圧密後排水せん断された粘土、異方圧密された粘土に関係なく、非排水せん断開始前の η' の値が大きくなるほど、ひずみ硬化型の経路から徐々にひずみ硬化・軟化型の経路に変化していく

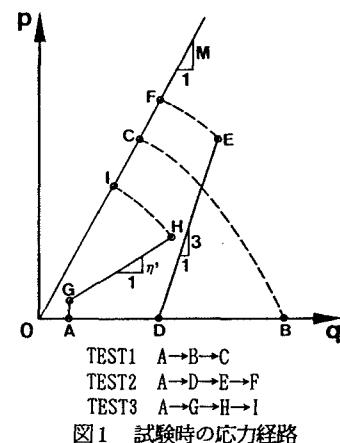


図1 試験時の応力経路

表1 24時間圧密と 3t 法を用いた圧密との間隙比変化の比較

24時間(圧密応力 164kPa)		3t法(圧密応力 169kPa)	
載荷方法	間隙比変化	載荷方法	間隙比変化
4段階	0.519	4段階	0.567
2段階	0.550	3段階	0.571
		1段階	0.576

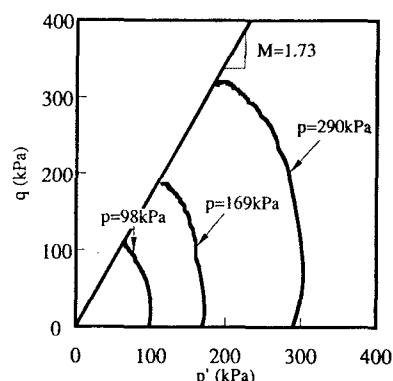


図2 等方圧密粘土の非排水経路

ることが分かる。特に、図3の $\eta' = 0.948$ の経路は明確にピークが現れている。また、図5は等方圧密された粘土、等方圧密後排水せん断された粘土、異方圧密された粘土それぞれの非排水強度を C_{u_1} 、 C_{u_2} 、 C_{u_3} とし、 C_{u_2}/C_{u_1} 、 C_{u_3}/C_{u_1} を非排水せん断前の有効応力比 η' を基準として整理したものである。なお、 C_{u_2}/C_{u_1} を得るために用いた C_{u_1} は推定値¹⁾を用いた。この推定法を図6に示している。図5から非排水せん断前の間隙比が等しければ、せん断を受けた粘土や異方圧密された粘土は等方圧密された粘土に比べ、やや小さな非排水強度をもつことがわかる。また、 η' が大きくなるとこの傾向は強くなる。図7は異方圧密時の体積変化の測定結果から等間隙比線を記し、等方圧密後の非排水経路との比較を行ったものである。この図から異方圧密試験から得られる等間隙比線の一部は、test1より得られた非排水有効応力経路と相似的な関係にあることが見てとれる。

4.まとめ

- 本研究で得られた知見をまとめると次のようになる。
- せん断を受けた粘土や異方圧密された粘土の非排水経路は、ひずみ硬化型の経路から徐々にひずみ硬化・軟化型の経路に変化し、非排水せん断開始前の η' の値が大きくなるほど、この傾向は強くなる。
 - 異方圧密試験から得られる等間隙比線の一部は等方圧密粘土の非排水有効応力経路と相似的であることが示唆された。

【参考文献】

- 藤井ら(1992)：換算圧密圧力に基づく練返し粘土の非排水強度の予測、第27回土質工学研究発表会、PP. 707-710.

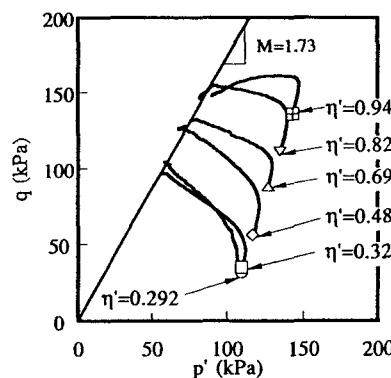


図3 等方圧密後排水せん断された粘土の非排水経路

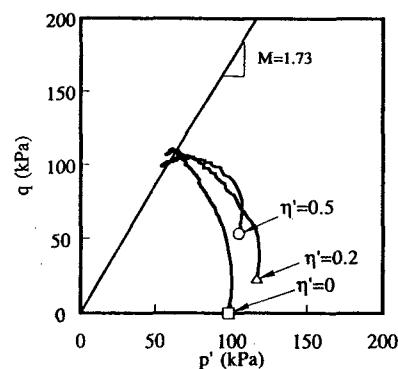


図4 異方圧密粘土の非排水経路

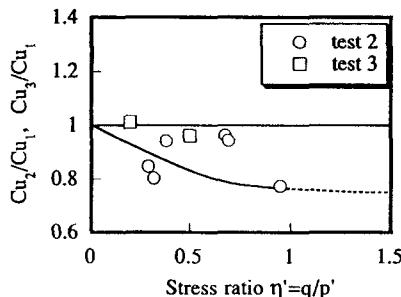


図5 等間隙比における
 C_{u_2}/C_{u_1} 、 C_{u_3}/C_{u_1} と η' の関係

C_{u_1} : 等方圧密粘土の非排水強度

C_{u_2} : 等方圧密後排水せん断された粘土の非排水強度

C_{u_3} : 異方圧密粘土の非排水強度

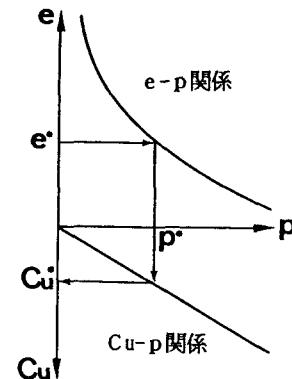


図6 等方圧密粘土の
非排水強度の推定法

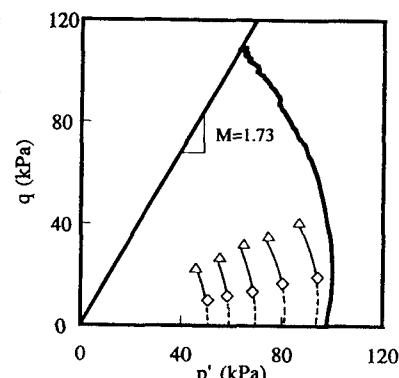


図7 等間隙比線および非排水経路