

飽和粘性土の異拘束圧条件における強度・破壊特性

呉工業高等専門学校 正員 小堀慈久、加藤省二

呉工業高等専門学校専攻科 学員 ○荒谷 祐貴

1. はじめに

地盤掘削や構造物の建設による地盤の挙動を正確に把握することは重要である。特に軟弱地盤において、既設構造物の隣接地盤の掘削工事により、周辺地盤、周辺構造物に大きな影響を与えることがある。

ここでは、軟弱地盤中での強度変化、破壊に至る経路を最大・最小主応力を変化させながら、予圧密によって得られた正規圧密粘土試料を用い、拘束圧一定条件と異拘束圧条件下での力学的特性の違いを圧密非排水三軸試験(CU)により考察した。

2. 実験方法

・試料作成法は、経験式に任意の間隙比を代入し、含水比を求める。次に、経験式に求めた含水比を代入し、湿潤密度 ρ_t (g/cm³) を求める。飽和過程ではB値を測定し、 $B \geq 0.95$ を満たした時点で飽和過程は終了とした。また、圧密過程での圧密応力はいずれも $\sigma_r = 175$ kPa とした。せん断過程では、拘束圧一定試験(a)と、異拘束圧試験(b)による方法を用いた。拘束圧一定試験(a) ($d\sigma_a > 0, d\sigma_r = 0$) は、側圧一定で軸圧を増加させていき、軸ひずみ速度 $\dot{\epsilon}_a$ を 0.1%/min とし、最大軸ひずみが 15% に到達するまで行った。異拘束圧試験(b) ($d(\sigma_a + 2\sigma_r) = 0, d\sigma_a > 0, d\sigma_r < 0$) は、軸圧と側圧の二倍を加えた値を一定に保ちながら側圧を減少させ、軸圧を増加させるという方法で、軸ひずみ速度 $\dot{\epsilon}_a$ と最大軸ひずみは(a)と同様である。

全ての条件において、軸圧縮力 P (N)、軸変位量 ΔH (cm)、間隙水圧 u (kPa) を測定する。

3. 試験結果および考察

本実験で使用した粘土試料の物性値及び粒形加積曲線、及び実験結果を以下に示す。

表-1 物性値

	透水係数 k (cm/s)	土粒子の密度 ρ_s (g/cm ³)	均等係数 U_e	間隙比 e
物性値	1.2×10^{-7}	2.622	2.33	0.85

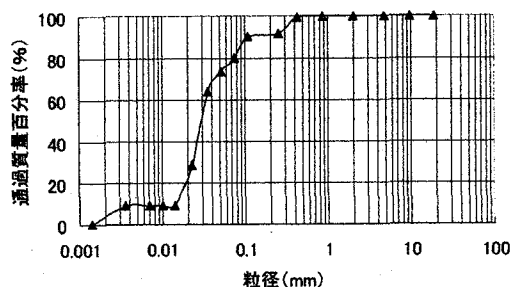


図-1 粒径加積曲線

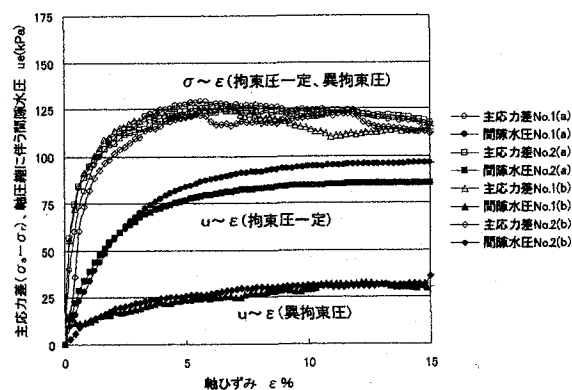


図-2 応力～ひずみ、間隙水圧曲線(比較)

図-2 は主応力差～ひずみ曲線 $\sigma \sim \epsilon$ および主応力差～間隙水圧曲線 $\sigma \sim u$ を示している。

異拘束圧試験(b)での主応力差は、拘束圧一定試験と同様の $(\sigma_r - \sigma_a) \approx 125$ kPa を示しているが、間隙水圧 $u \approx 30$ kPa という低い値を示している。これは、側圧が減少することで試料が膨張傾向にあると考えられる。また、拘束圧が減少しているにもかかわらず主応力差が上昇しているのは、有効応力が十分働いているためだと思われる。

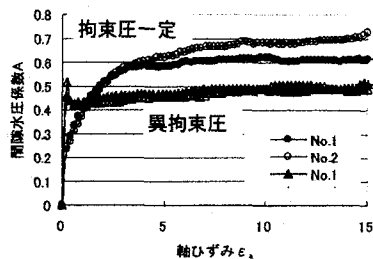


図-3 間隙水圧係数A

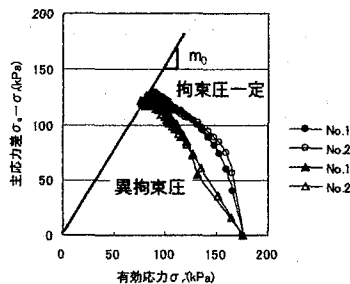


図-4 有効応力経路

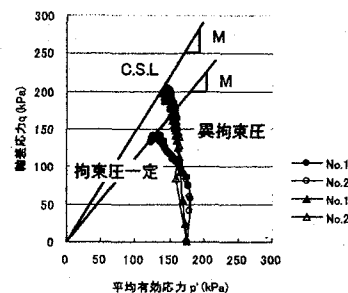


図-5 q-p' 曲線

図-3 は、間隙水圧係数Aの変化を表したものである。拘束圧一定試験(a)では体積圧縮方向に変位が働き、間隙水圧の上昇とともに間隙水圧Aも増加し、破壊時にはA=0.7となった。

異拘束圧試験(b)の間隙水圧の減少は、拘束圧の減少により体積膨張が起こったこと、そして体積膨張は若干の正のダイレイタンスーを意味する。間隙水圧係数A=0.4~0.5はやや過圧密状態の傾向を示している。図-4は、有効応力経路である。最終的な有効応力の値に差はないが、拘束圧一定試験(a)では、間隙水圧が多いため曲線となり破壊に至っている。それに対し異拘束圧試験では直線的に減少しており、通常の試験に比べ、初期の有効応力の減少が大きい。これは軸圧の増加に伴い、負の間隙水圧が働き、ダイレイタンスーが起きたためだと考えられる。図-5は、q-p' 曲線による平均有効応力経路である。破壊線は限界状態線(Critical state line)を表す。拘束圧一定試験(a)では大きく左に弧を描き、限界状態線に到達し、q=140kPa程度であった。間隙水圧が高い値であったので平均有効応力は異拘束圧試験(b)に比べ、低い値を示している。一方、異拘束圧試験(b)では間隙水圧が小さく、高い有効応力が得られたため、平均有効応力が大きく、勾配M(キャピタルミュー)=q/p' が大きな値となった。図-6は、異拘束圧試験における有効内部摩擦角φ'を示している。次に、強度定数(せん断抵抗角φ及び有効せん断抵抗角φ')の比較を表-1、表-2に示す。

表-2 強度定数比較(拘束圧一定試験)

拘束圧一定試験	有効応力経路	q-p'曲線	Mohr円
せん断抵抗角φ(°)	-	-	15.5
有効せん断抵抗角φ'(°)	24.1	26.7	23.9

表-3 強度定数比較(異拘束圧試験)

異拘束圧試験	有効応力経路	q-p'曲線	Mohr円
せん断抵抗角φ(°)	-	-	21.9
有効せん断抵抗角φ'(°)	26.4	35.3	26.3

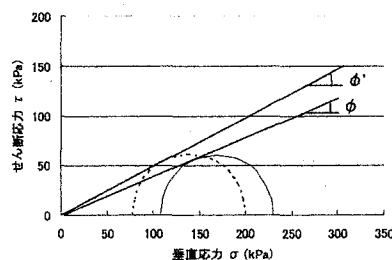


図-6 Mohr 円(異拘束圧)

全ての求め方において、拘束圧一定試験のせん断抵抗角、有効せん断抵抗角より異拘束圧試験での値が高い値を示している。q-p' 曲線で異拘束圧試験の有効せん断抵抗角が大きくなっているのは、軸力の増加と拘束圧の減少で、体積膨張傾向となり、土粒子構造が発達し、間隙水圧の低下し、平均有効応力が増加したためだと考えられる。

4. まとめ

本研究で判明したことを以下に示す。

- (1) 応力~ひずみ、間隙水圧曲線では、間隙水圧において差がみられる。
- (2) 間隙水圧が低い値を示すのは、ダイレイタンスーによるためである。
- (3) 異拘束圧試験において、主応力差が上昇したのは、有効応力が働いているためと思われる。
- (4) 間隙水圧係数Aにおいて、異拘束圧試験の値が過圧密された傾向を示している。
- (5) 異拘束圧試験でのせん断抵抗角および有効せん断抵抗角の方が高い。

〈参考文献〉：(1) 鹿島出版会 高専土質試験教育研究会編 土質実験法 「改訂版」1997年