

間隙水圧の増加に伴う粘土の応力・ひずみ特性

信州大学大学院 学○久貝壽之
信州大学工学部 正 梅崎健夫 正 川上 浩
信州大学工学部 学 長瀬主税

1. はじめに

地すべりを誘発する原因の一つに雨水・融雪水による地盤内の間隙水圧の増加がある。すなわち、間隙水圧の増加は、地盤の有効応力を減少させ、すべり破壊を生じさせる。

粘土地盤の間隙水圧の増加に伴うすべり破壊のメカニズムの解明を目的として、間隙水圧増加過程において供試体に均一な応力・ひずみを与えることが可能な三軸スライスせん断試験装置¹⁾を試作した。等方圧密後、非排水せん断試験ならびに、初期せん断応力を加えた粘土供試体に所定の間隙水圧を増加させる試験を実施した。試験結果に基づき、破壊線および有効応力・せん断ひずみ・体積ひずみの特性について考察した。

2. 試験方法

試料には、カオリン ($G_s=2.759$, $w_L=75.7\%$, $I_p=39.4$) を用いた。試験は、通常の三軸圧縮試験と同様の手順で行われる。供試体には、図-1に示すように、直径5cmの円柱供試体から 45° 方向に厚さ $H_0=1\text{cm}$ に切り出したスライス片を用いた。二重負圧法とバックプレッシャー 2kgf/cm^2 を負荷することにより供試体の飽和度を高めた。その後、所定の応力 (σ_3) で等方圧密し、正規圧密状態の供試体を応力制御で非排水せん断 (CU-S test) した。せん断応力は一段階 0.02kgf/cm^2 で載荷し、軸ひずみ速度が $0.1\%/min$ 以下になれば次の段階へと進めた。

間隙水圧増加試験 (Δu test) では、非排水状態で所定の初期せん断応力 (τ_α) を加えた後、せん断応力一定の下で、さらに間隙水圧 (u_L) を供試体上面から段階的に載荷した。その時、供試体底面の中心において間隙水圧 (u_M) を測定した。一回の間隙水圧の増分は、 $\Delta u_L=0.04\text{kgf/cm}^2$ である。試験ケースの一覧を表-1に示す。

3. 応力・変形状態

図-1に、三軸スライスせん断試験における変形前後の応力状態を示す。図-1 (a) は、等方圧密過程および軸力載荷過程における変形前の状態であり、この状態においては力の釣り合いは保たれている。一方、図-1 (b) は、せん断変形が生じた状態であり、この状態においては力の釣り合いが保てなくなり、モーメントが発生する。しかしながら、供試体の厚さを $H_0=1\text{cm}$ ほどにすれば変形量はたいへん小さくなるので、力の不釣り合いは無視している。

図-2に、間隙水圧増加試験における載荷した間隙水圧 (u_L)

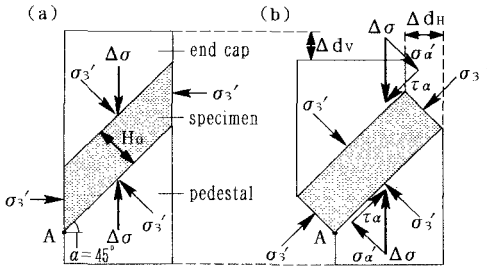


図-1 三軸スライスせん断試験の応力・変形状態

表-1 試験ケース

	No.	σ_3 (kgf/cm ²)	τ_α (kgf/cm ²)	Symbols
CU-S test	0	4.0	—	●
Δu test	1	4.0	0.203	□
	2	4.0	0.397	◇
	3	4.0	0.499	▽
	4	4.0	0.627	△
	5	4.0	0.683	○

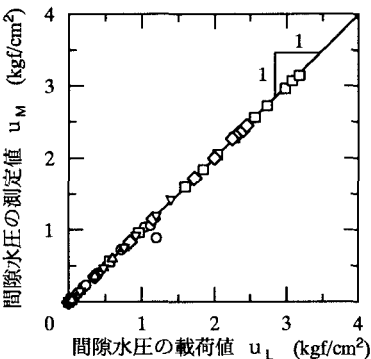


図-2 載荷および測定した間隙水圧の関係

と供試体下面で測定した間隙水圧 (u_M) の関係を示す。間隙水圧を増加させると、図-2のように、2~3分でほぼ等しい値の間隙水圧が測定される。すなわち、スライス供試体を用いた本試験においては間隙水圧増加過程における供試体内の有効応力は均一であると考えられる。

図-3に、鉛直方向と水平方向の変位の関係を示す。非排水せん断試験では、鉛直および水平変位がほぼ等しく、供試体は、図-1(b)のような、単純せん断変形をする。一方、間隙水圧増加試験では水平変位が鉛直変位より若干卓越している。これは、間隙水圧の増加に伴う供試体の膨張によるものと考えられる。

以上のことにより、有効応力 p' は、 u_M を用いて $p' = p - u_M$ として算定し、また、最大せん断ひずみ γ_{max} は、 $\gamma_{max} = \Delta d_H / (H_0 \cos^2 45^\circ)$ と定義した (図-1 参照)。

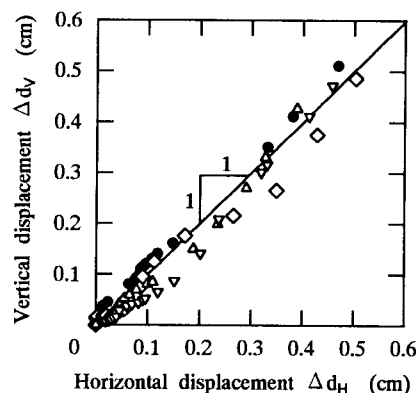


図-3 供試体の変形状態

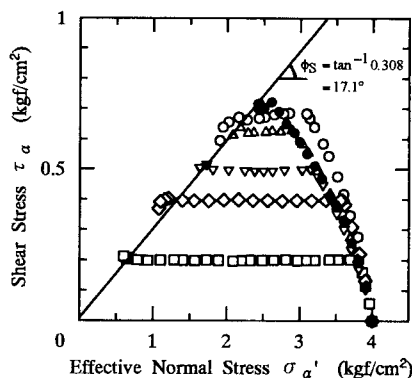


図-4 有効応力経路

4. 試験結果および考察

(1) 応力径路： 図-4に非排水せん断試験および間隙水圧増加試験における $\alpha=45^\circ$ 面上の有効応力径路を示す。非排水せん断試験では $\phi_s = 17.1^\circ$ の破壊線が得られた。三軸試験 (CU) における有効せん断抵抗角も $\phi' = 17.1^\circ$ であった。間隙水圧増加試験では、非排水せん断試験における破壊線を越えた領域にまで達する。

(2) 応力・ひずみ関係： 図-5に、応力比と最大せん断ひずみの関係を示す。応力比は、最大せん断ひずみが30%に達すると、ほぼ一定の値を示すようになる。定常状態における応力比は、図-5にも示したように、間隙水圧増加試験の方が、非排水せん断試験より大きな値を示す。図-6に応力比と体積ひずみの関係を示す。応力比の増加に伴い、体積ひずみは直線的に増加する。また、初期せん断応力の大きさにより体積膨張量が異なる²⁾。

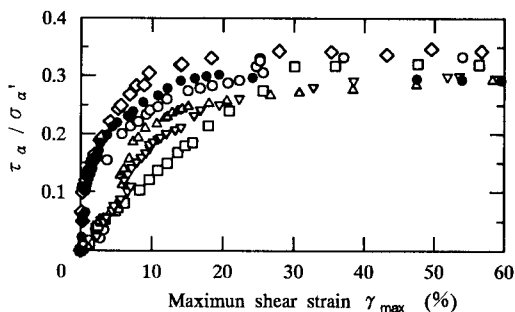


図-5 応力比-最大せん断ひずみ関係

5. まとめ

一連の試験において以下のことが得られた。

- 1) 間隙水圧増加過程におけるスライス供試体内の有効応力は均一である。
- 2) 間隙水圧増加試験の有効応力径路は、非排水せん断試験における破壊線を越える領域にまで達する。
- 3) 応力比の増加に伴い、体積ひずみは直線的に増加する。初期せん断応力の大きさにより体積膨張量が異なる。

今後、さらに詳細な検討を行ってきたい。

【参考文献】 1) 柴田ら：土と基礎，Vol.16，No.1，pp.3-9，1968。 2) 今井ら：第20回土質工学研究発表講演集，pp. 473-476，1985。

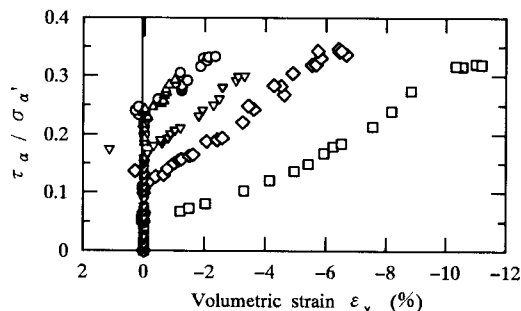


図-6 応力比-体積ひずみ関係