

粘土の三軸スライス試験について(続報)

京大・防災研 正員 柴田 徹
兵庫県 正員の星野 満

土の応力と変形あるいは強度を調べるために、多くの場合、三軸圧縮試験や一面せん断試験が行なわれているが、これらの試験では供試体中の応力や変形が十分に一様であるとはいえない。三軸スライスせん断試験¹⁾は、三軸セル中で試験される供試体に均一な応力ひずみ分布を与えること、およびせん断面に発生する間げき水圧を正確に把握することを主目的として、N.G.I.において開発されたものであり、その概要、せん断特性等についてはすでに発表した¹⁾。ここではその続報として、繰返し再圧密した正規圧密粘土の間げき水圧、有効応力経路、せん断強度に関して考察を加えるものである。

使用した試料はその物性を表-1に示すようになる種類の粘性土である。スライスせん断試験および三軸圧縮試験はすべて圧密非排水状態で、変位制御方式の荷重制御方式を採用した。back pressureは1.0 kg/cm²である。

表-1 試料の物性

試料	LL. %	P.I. %	<2μ %	活性度
No. 1	36.0	10.4	23.0	0.45
2	63.5	36.1	18.5	1.95
3	52.5	28.9	18.0	1.61

間げき水圧： 図-1は非排水せん断中の $u/\bar{\sigma}_c \sim \tau/\bar{\sigma}_n'$ 関係を示したものである。ただし u ；間げき水圧、 τ ；せん断面上のせん断応力、 $\bar{\sigma}_n'$ 、 $\bar{\sigma}_c$ ；それぞれせん断面上の換算有効垂直応力、換算圧密圧力ともいべきもので、 $\bar{\sigma}_n' = \sigma_n' + c' \cot \varphi'$ 、 $\bar{\sigma}_c = \sigma_c + c' \cot \varphi'$ と表わされる。

図より正規圧密粘土の非排水せん断中に発生する間げき水圧は、応力経路の $\tau/\bar{\sigma}_n'$ に対して直線関係を保っていることがわかる。この関係は変位制御式・荷重制御式を問わず、またスライスせん断・三軸圧縮試験を問わずみられる。そして通常非排水せん断試験中に発生する間げき水圧は、主としてせん断面上における内部摩擦が発揮される場合に関係しており、正規圧密粘土の非排水せん断中に於ける応力状態の解析を簡略化する可能性を示している。

以上の関係を式示すれば $u = \alpha \cdot \bar{\sigma}_c (\tau/\bar{\sigma}_n' - \varphi')$ ----- (1)
ただし α 、 φ' は図-1中に説明してある。

φ' (せん断面上における内部摩擦の動摩擦係数がこの値に達するまでは間げき水圧の発生が

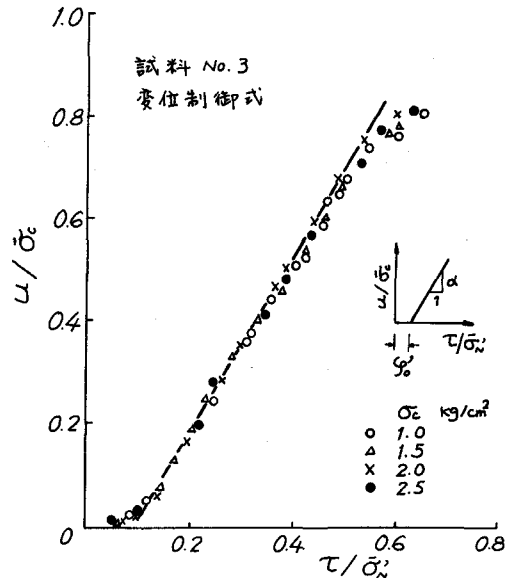


図-1 スライスせん断試験における $u/\bar{\sigma}_c \sim \tau/\bar{\sigma}_n'$ 関係

僅かであることと示す限界値) に対する圧密圧力 σ_c の影響は, 試料 No.1, 3 についてはほとんどみられなかったが, 試料 No.2 については σ_c が増加するにつれて φ'_s が増加する傾向がみられた。また φ'_s 値に対するせん断速度の影響は顕著であり, 速度が遅くなるほど φ'_s が小さくなることが確認された。一方, α の値は試料 No.1; 1.40~1.58, No.2; 1.68~1.76, No.3; 1.66~1.75 であり, 同一試料に対してはほぼ一定とみさせる。

有効応力経路とせん断強度 :

通常, 圧縮, 伸張, 一面せん断あるいはスライスせん断試験の場合, τ ~ σ_n 座標における全応力表示の応力経路は直線であり, σ_n 軸との角度 θ を用いて, せん断応力と有効垂直応力との関係を表わすと

$$u = \tau \cdot \cot \theta + \sigma_n - \sigma'_n \dots \dots (2)$$

ただし三軸圧縮; $\theta = 45^\circ + \frac{\varphi'}{2}$,

スライス; $\theta = 45^\circ$, 一面せん断; $\theta = 90^\circ$ (定体積方式)。式(2)を(1)に代入すれば

$$\sigma_n'^2 - C \cdot \sigma_n' - A \cdot \sigma_n' + B \cdot \tau = 0 \dots \dots (3)$$

ただし $A = (1 + \alpha \cdot \varphi'_s) \sigma_c$, $B = \alpha \cdot \sigma_c$, $C = \cot \theta$ である。式(3)は正規圧密粘土を非排水状態でせん断した場合の有効応力経路を表わす式であり, 三軸圧縮やスライスせん断試験の場合は双曲線, 一面せん断試験 (定体積方式) の場合は放物線となり, いずれの場合も σ'_n 軸上の $\sigma'_n = 0$ と $\sigma'_n = A$ の2点を通る2次曲線である。

また $(\sigma'_1/\sigma'_3)_{\max}$ なる破壊規準による $\varphi'_{\max}$, および C_u/p 比は式(3)よりつぎの式に等される。

三軸圧縮・スライスせん断試験: —

$$\tan \varphi'_{\max} = \frac{A}{B}, \quad \frac{C_u}{p} = \frac{2\alpha}{C \cdot \sin 2\theta} \left\{ -\frac{1}{C} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{A \cdot C}{B}} \right) - \frac{A}{2B} \right\}$$

一面せん断試験 (定体積方式): —

$$\tan \varphi'_{\max} = \frac{A}{B}, \quad \frac{C_u}{p} = \frac{1}{4} \cdot \frac{A}{B} (1 + \alpha \cdot \varphi'_s)$$

式(3)に α , φ'_s の値を代入して実際の有効応力経路と比較したものが図-2であり, $\tau_{\max}$ があらわれる近傍までは推定曲線と実測値がよく一致しているといえる。またここに採りあげた試料では, C_u/p 比に関して推定値と実測値に差をみないが, $\varphi'_{\max}$ については推定値が実測値を上まわって両者の差が大まなことも判明している。

1) 柴田, 星野: 粘土の三軸スライスせん断試験について, 土と岩石, 16-1, 1968, pp. 3-9.