

京都大学防災研究所 正員 柴田 徹

正規圧密状態にある粘土地盤では、静止土圧係数 K_0 の値は 0.5 程度であるといわれている。このように異方向圧密を受けた粘土地盤中で、図-1 に示すように水平と鉛直方向のせん断強度 τ_H , τ_v を測定すると、それらは互いに等しくならないことが原位土ベーン試験結果などから推定されている。飽和粘土の含水比は圧密最大主応力 $\sigma_{1c} = \sigma_v$ の大きさによって支配される場合が多いので、図-1 に示した土の各要素は σ_{1c} が共通で、せん断前の含水比がほぼ等しいにも拘らず $\tau_H \neq \tau_v$ となる原因の 1 つは、それぞれのせん断面に沿う全直応力 σ_v , $\sigma_H (=K_0 \sigma_v)$ の相違によるものと考えられる。

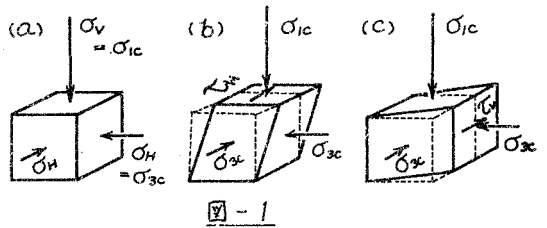


図-1

ここでは三軸ベーンせん断試験機を用いて、各種応力条件のもとで圧密した粘土試料について、 τ_H と τ_v を測定した結果を述べ、さらに S_u/p -比 (ただし S_u : 非排水せん断強度, $p = \sigma_v = \sigma_{1c}$) の意味を考察する。

表-1

番号	名 称	wt %	Ip %	< 2μ %
No.1	カオリン	61.6	27.3	88
No.2	乱さないスロ-粘土	28.7-36.2	7.8-14.3	42

試験装置, 試料, 解析方針 三軸ベーン試験機は図-2 に概略を描くように、三軸応力状態下の粘土試料についてベーンせん断強度を測定するもので、その紹介は文献(1)に詳しい。この報告では表-1 に示す 2 種類の粘土に限定しているが、その他数種類の粘土を用いて、結論の妥当性を検証したものである。またベーンせん断強度 τ_H , τ_v は Cadling の式より導かれる次式によって求めた。

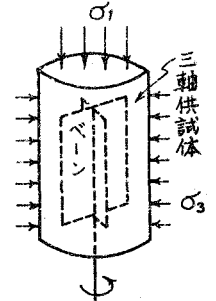


図-2

$$\frac{2M}{\pi D^2 H} \frac{1}{\sigma_{1c}} = \frac{\tau_v}{\sigma_{1c}} + \alpha \cdot \frac{D}{H} \frac{\tau_H}{\sigma_{1c}} \quad (1)$$

ここに M : ベーンで測定される最大モーメント, D, H : ベーンの直径, 高さ, α : ベーン端面におけるせん断応力分布形より定まる係数である。なお σ_{1c} で異方向圧密した試料を用いたベーンせん断強度 τ_{max}/σ_{1c} は、定体積直接せん断試験による τ_{max}/σ_v' (ただし σ_v' はせん断面への垂直有効応力) に殆んど一致することが判明している(詳細は別の機会に報告予定)ので、以下に述べるせん断強度は定体積試験によるものと解釈して差し支えない。

水平方向せん断強度 τ_H ベーン寸法すなわち D/H を各種に変えた試験結果を、式(1)の左辺と D/H の関係にプロットすれば、その直線の傾斜として $\alpha \cdot \tau_H/\sigma_{1c}$ がえられる筈である。その例は圧密応力比 $K = \sigma_{3c}/\sigma_{1c}$ をパラメーターとして示した図-3 より判るように、これらの直線が互いに平行となること、および α は常数と考えられる。

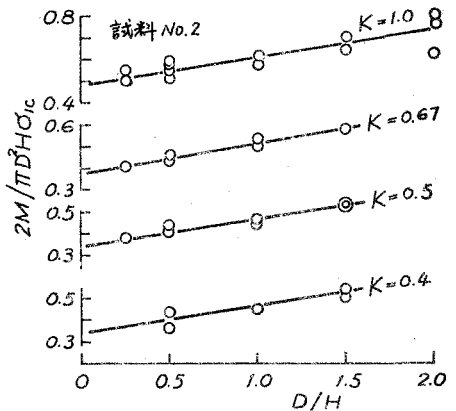


図-3 (ベーン貫入による圧密を許した試験結果)

ことから、 τ_v/σ_{ic} は K とは無関係に一定値をとるとみてよい。すなわち τ_v/σ_{ic} に関しては、図-1(b)に描いたように σ_{ic} が中間主応力となるので、 τ_v は σ_{ic} の影響を受けず σ_{ic} によってきまるのみと考えられる。

鉛直方向せん断強度 τ_v および τ_v/τ_H 比

図-3のような整理をすれば、縦軸との切片長として τ_v/σ_{ic} がえられるので、この方法で求めた τ_v と、その面への垂直応力 σ_{ic} との関係を調べる。図-4は σ_{ic} と K を種々に変えた試験結果をまとめたもので、試料No.1では σ_{ic} の大きさによって異なる直線上にプロットされるが、

No.2では σ_{ic} 、 K とは無関係に原点を通る直線上にある。前述したように σ_{ic} が異なれば試料の含水比も異なることみられるが、 τ_v/σ_{ic} の一義的な関係のえられたNo.2のように、 PI が低く、Hvorslevのパラメーター $1-c \approx 0$ の粘土では、粘着成分は小さいせん断ヒズミで消滅し、摩擦成分のみが τ_{max} に寄与することを暗示している。

つぎに図-4をもとにして、せん断強度の異方向性 τ_v/τ_H を求め、 K との対応をみると図-5に示すように、 $K=1$ で $\tau_v/\tau_H=1$ を始点として、 K の減少とともに τ_v/τ_H は直線的に減少する。さらに PI が高い粘土から低いものへと推移するにつれてi)図-5の直線の傾斜が増加すること(No.2では $\tau_v/\tau_H=K$)、ならびにii) K_0 が減少する事実より、正規圧密粘土地盤中のせん断強度の異方向性は PI が低いものほど顕著に発現されると推定される。

ベーン試験による S_u/p -比

原位置ベーン試験より S_u/p を算定するには、式(1)において $\tau_H=\tau_v$ 、かつ $\alpha=1/3$ と置いて導かれる式が慣用されているが、前述のごとく $K=1$ の場合を除いては $\tau_H=\tau_v$ なる仮定は正しくない。そこでこのような慣用法で求める S_u/p の内容を τ_v 、 τ_H を用いて表わすと

$$\frac{S_u}{p} = \frac{S_u}{\sigma_{ic}} = \frac{1}{(1+\frac{2}{3}\frac{D}{H})} \left(\frac{\tau_v}{\sigma_{ic}} + \frac{1}{3} \frac{D}{H} \frac{\tau_H}{\sigma_{ic}} \right) \quad (2a)$$

$$\frac{S_u}{p} \approx \frac{\tau_v}{\sigma_{ic}} \quad (2b)$$

式(2b)の近似によって S_u/p に生じる誤差は0.04以下であるので、正規圧密海成粘土の $S_u/p \sim PI$ 関係は $\tau_v/\sigma_{ic} \sim PI$ 関係を表わすものと解釈してよい。そして τ_v/σ_{ic} は一般に K によって変化するので S_u/p もまた K の影響を受け、図-6に示すように K の減少とともに低下する。しかし原位置試験の S_u/p は K_0 に対する値であるため、Skempton-Bjerrum曲線にみられるように、 PI が低いと三軸圧密試験の S_u/p と比較して非常に小さく測定されるものと著者は考える。

1) Kenney, T.C. and A. Landva; Vane-Shear apparatus, Proc. 6th I.C.S.M.F.E., vol. 1, 1965, p. 269.

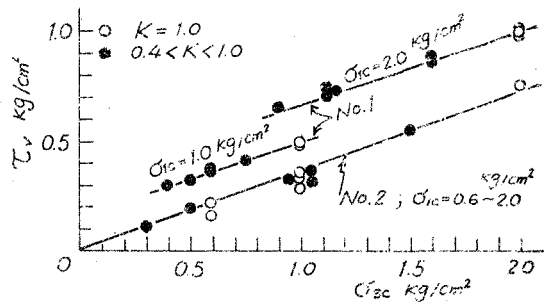


図-4

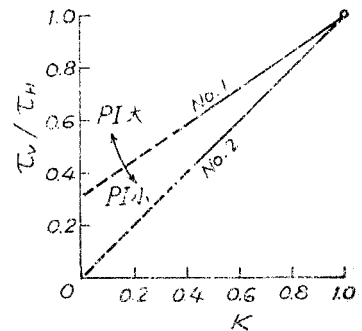


図-5

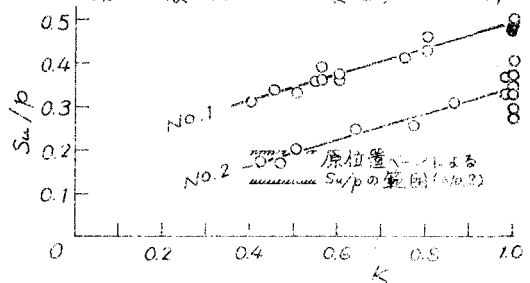


図-6