

III-193

ベーンせん断試験におけるせん断速度の影響について

福山大学 大学院 学 ○ 服部 正
 福山大学 工学部 正 平川 修治
 福山大学 工学部 正 西原 晃

1. はじめに

ベーンせん断試験は、原位置の非排水強度を測定する最も簡単な方法として広く用いられているが、近年になって、地盤の安定問題と関連していくつかの疑問点が生じてきた。すなわち、ベーンせん断強度は、盛土などの破壊時に実際に発揮されている強度よりも大きい値となり、ベーン強度を用いて安定解析を行うと安全率が1より大きいにもかかわらず破壊する危険性が大きい。このベーンせん断強度と実際に発揮されている強度が異なる原因として、1)せん断速度の影響、2)非排水せん断強度の異方性の影響が考えられている。

本研究では、このうちの1)であるベーンせん断試験におけるせん断速度の影響について考察した。

2. 実験方法

実験に用いた試料は、笠岡粘土（塑性指数 $PI=103.8\%$ 、比重 $G_s=2.56$ ）を、2mmふるいに通したのち練り返しものである。まず、非排水強度とせん断速度の関係を求めるため、せん断速度を変えて等体積一面せん断試験を実施した。次に、ベーン試験におけるせん断速度の影響を調べるため、回転速度を変えて室内ベーン試験を行った。実験で使用したベーンの羽根の幅は1.5cmと2.0cmの2種類で、羽根の高さ(H)と幅(B)の比(H/B)は0.5,1.0,1.5,2.0の4種類とした。

3. ベーン試験におけるせん断速度の影響

(1) 非排水せん断強度とせん断速度の関係

等体積一面せん断強度をせん断速度の対数に対してプロットしたものが図-1である。この図の縦軸は各せん断速度における強度を基準のせん断速度(1mm/min)における強度で割った値を示している。この図からわかるように、せん断強度比はせん断速度の対数とほぼ直線関係にあり、任意のせん断速度における非排水強度 $\tau(\dot{d})$ は次式で表される。

$$\tau(\dot{d}) = \{1 + \alpha \log(\dot{d}/\dot{d}^*)\} \times \tau(\dot{d}^*) \quad (1)$$

ここで、 $\dot{d}^*$ 、 $\tau(\dot{d}^*)$ は基準となるせん断速度およびその速度における非排水強度である。 α は図-1の直線の傾きであり、速度係数と呼ぶことにする。

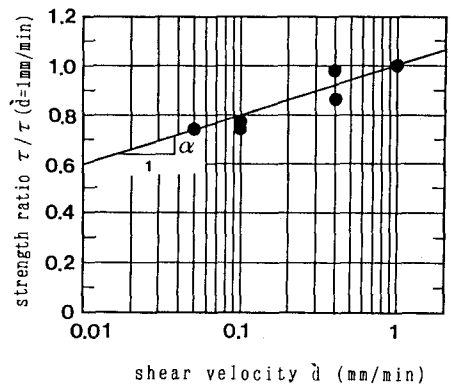


図-1 せん断速度と等体積一面せん断強度の関係



図-2 上下端面上のせん断応力分布

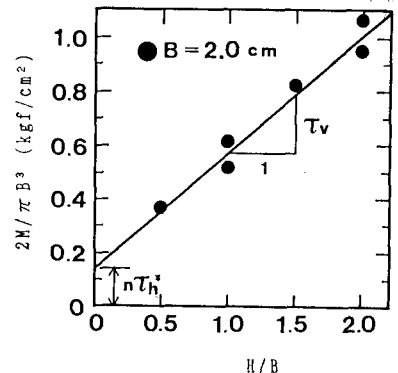


図-3 $2M/\pi B^3$ と H/B の関係

(2) ベーン上下端面上の応力分布

ベーンせん断試験で、測定される最大トルク M と粘土のせん断強度は以下のように関係づけられる。

$$\frac{2M}{\pi B^3} = \frac{H}{B} \tau_v + n \tau_h \quad (2)$$

ここに、 τ_v :鉛直面（ベーンの側面）上のせん断応力、 τ_h :水平面（ベーンの上下端面）上のせん断応力、である。 n はベーン端面上の τ_h の分布によってきまる係数（図-2）であり、従来は $n=0.33$ （長方形分布）が仮定されている。非排水せん断強度とせん断速度の関係が式(1)で表されるとすると、ベーン端面上の τ_h の分布は

$$\frac{\tau_r}{\tau_h^*} = \frac{1+\alpha \log(r\omega)}{1+\alpha \log(B\omega/2)} \quad (3)$$

で表される。ここに、 τ_r は軸からの r の位置の τ_h 、 τ_h^* はベーン端（ $r=B/2$ ）での τ_h 、 ω は回転速度である。式(3)を用いて τ_v 、 τ_h によるモーメントを求めると、近似的に

$$\frac{2M}{\pi B^3} \div \frac{H}{B} \tau_v + \frac{3-\alpha}{9} \tau_h \quad (4)$$

と表すことができる。式(2)と(4)を比較すれば、ベーン上下端面上の τ_h の分布を表す係数 n は速度係数を用いて、

$$n = \frac{3-\alpha}{9} \quad (5)$$

と表されることがわかる。

(3) ベーンせん断強度とせん断速度の関係

式(2)より、せん断試験の結果を図-3のようにプロットすれば、その図から傾き τ_v と切片 $n\tau_h$ を求めることができる。せん断強度と τ_v の関係をプロットしたものが図-4で、 τ_v はせん断速度の対数とほぼ直線関係にあり速度係数は $\alpha=0.18$ となった。また、 τ_v より求めた $\alpha=0.18$ を使うと、式(5)より $n=0.31$ となり、上下端面におけるせん断応力分布は、長方形分布($n=0.33$)と放物線分布($n=0.3$)の間になることがわかる。

(図-5参照)

$n=0.31$ として求めた τ_h を、等体積一面せん断試験の結果と合わせてプロットしたものが図-6で、せん断速度が速い範囲では、 τ_h は等体積一面せん断強度とよく一致し、せん断速度とともに τ_h は減少する。しかし、せん断速度が遅くなると逆に τ_h が増加していくが、これは排水の影響が現れているためと考えられる。

最後に本研究の実験を行うにあたり、福山大学4年生の森田栄作君の協力を得た。ここに記して謝意を表する。

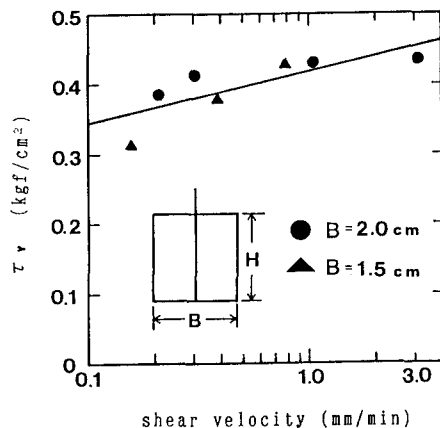


図-4 せん断速度と τ_v の関係

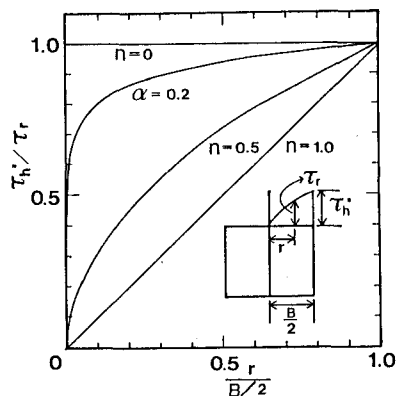


図-5 ベーン水平面上の τ_h の分布
(理論値)

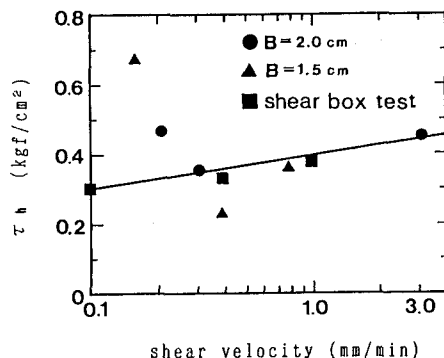


図-6 せん断速度と τ_h の関係