

1. まえがき

一般に市販されている室内用小型ベーンせん断試験機には土試料を詰めたモールドを固定させベーンロッドを回転させる上部回転機構と土試料を詰めたモールドを回転させベーンロッド上部を固定する下部回転機構の2種類の試験機が考えられる。そこで機種による一連の比較試験を実施したところ興味のある結果を得たので概要を述べるとともに、ベーン回転速度変化とベーン形状変化の関係が粘土のせん断強度におよぼす影響について考察したので、その結果を報告する。

2. 試料および実験方法

徳島県の4地区から採取した4種類の粘土をそれぞれ2000μフルイでふるい、それに水を加えてソイルミキサーにかけスラリー状態にして直径40mm×高さ70mmの円筒形ニツ割り圧密作成装置に0.21kg/cm²の荷重を加えて人工圧密土試料を作成した。このときの各試料の物理的性質を表-1に示す。作成試料の切り出す方向性(V, H-cut試料)についてはすでに報告済みなので省略する。

表-1. 土試料の物理的性質

試料名	比重	コンジステンシー			日本統一分類法
		WL (%)	WP (%)	Ip	
川島粘土	2.84	74.1	30.0	44.1	CH
新野粘土	2.68	43.1	22.5	20.6	CL
大谷粘土	2.69	47.5	25.9	21.2	CL
沼江粘土	2.68	50.8	24.6	26.2	CH

実験に用いたベーン寸法(直径D×高さH)(mm),
15×30^{mm}(0.5), 20×20^{mm}(1.0), 25×17^{mm}(1.5), 30×15^{mm}(2.0)の4種類であり、ベーン回転速度は0.10, 0.36, 1.86, 9.30 deg/secの4段階に変化させた速度でそれぞれ試料について実験を行なった。

3. 実験結果と考察

3.1 ベーン回転機構による比較試験結果について

ベーンせん断の応力分布形はベーン直径D, ベーン高さHの円筒表面全面にわたり均等に分布するものとして長方形分布($\alpha = \frac{1}{2}$)を仮定し、次式を用いた。

$$M = \frac{\pi}{2} H \cdot D^2 \cdot \tau_v + \frac{\pi}{2} D^3 \cdot \alpha \cdot \tau_H \quad \text{----- (1)}$$

式(1)において、ベーンの側面(τ_v)と上, 下両端面(τ_H)のせん断強さが等しいとして $\tau_v = \tau_H = C$ とおくことができる。つまり、ベーン試験の慣用式

$$C = \frac{M}{\pi \left(\frac{D^2 H}{2} + \frac{D^3}{8} \right)} \quad \text{----- (2)}$$

が得られる。機種(上部回転機構, 下部回転機構)による一連の比較試験よりせん断強さの差異について調べるために、それぞれの機種から求めたトルクMを式(2)に代入してせん断強さCについて求めた値を表-2(a)~(d)に示した。いま、この図より上部回転機構の最大せん断応力の平均値を C_1 , 下部回転機構の最大せん断応力の平均値を C_2 とすれば $\frac{|C_1 - C_2|}{C_1} \times 100$ (%) から、せん断強さの差異について求めてみると川島粘土のV-cut試料では11.5%, H-cut試料では9.4%, 新野粘土ではV-cut試料0%, H-cut試料13.4%, 大谷粘土ではV-cut試料5.6%, H-cut試料4.4%, 沼江粘土ではV-cut試料0.8%, H-cut試料0.9%となる。このことか

表-2 (a)

川島粘土	回転機構	円筒	D×H(mm)	C (kg/cm ²)
V-cut	上部	0.5	15×30	0.057
		1.0	20×20	0.054
		1.5	25×17	0.063
		2.0	30×15	0.053
	下部	0.5	15×30	0.072
		1.0	20×20	0.059
		1.5	25×17	0.053
		2.0	30×15	0.069
H-cut	上部	0.5	15×30	0.065
		1.0	20×20	0.072
		1.5	25×17	0.054
		2.0	30×15	0.050
	下部	0.5	15×30	0.053
		1.0	20×20	0.054
		1.5	25×17	0.057
		2.0	30×15	0.054

ら上部回転機構と下部回転機構から求めたデータの平均値は小数点以下2桁までさほど違いはないが、3桁目には多少の食い違いがでることがわかった。この回転機構における差異の生じた原因としては試験機の構造の違いによるせん断試験時の土の拘束状態の違い、せん断変形の違い、これにともなう間隙水圧の発生状態の違い、および土試料の粒子配列の方向の違い等によるものと考えらる。

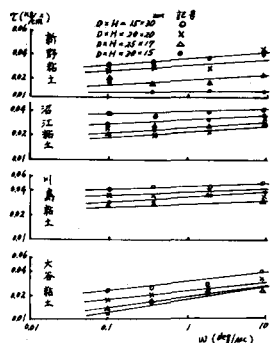


図-1 セン断強度と回転速度の関係

3.2 ベーン寸法変化とベーン回転速度変化がベーンせん断強度におよぼす影響について

ベーン回転速度変化と最大せん断強度に関しては、すでに福田らによって報告されている。つまり、式(2)の慣用法により計算された最大せん断応力は回転速度が早くなると大きくなる傾向があり、同一試料中における含水比が異なった場合の最大せん断強度を両対数グラフにプロットすればそれぞれ水の直線は相互に平行に近くなる傾向を示す試料が多いと提議している。そこで本実験に用いた4試料についてこの傾向があるか調べるために、上部回転機構にベーン寸法の異なる4種類のベーンを取り付け、ベーン回転速度を0.10, 0.36, 1.86, 9.30 deg/secの4段階で実験を行なった。これらの実験値を縦軸に最大せん断強度(τ)、横軸にベーン回転速度(ω)にのった両対数グラフ上にプロットすれば図-1のように含水比が異なった場合は直線はほとんど平行に近い傾向を示し、回転速度が早くなるにつれて最大せん断強さは大きな値とすることがわかる。この関係を直線式で表わしてみると、新野粘土では $\tau = (0.007 \sim 0.017) \omega^{(0.06 \sim 0.08)}$ 、沼江粘土では $\tau = (0.026 \sim 0.036) \omega^{(0.06 \sim 0.07)}$ 、川島粘土では $\tau = (0.03 \sim 0.045) \omega^{(0.04 \sim 0.08)}$ 、大谷粘土では $\tau = (0.018 \sim 0.029) \omega^{(0.13 \sim 0.15)}$ となり、ベーンの直径が大きい方が最大せん断強度は少し大きな値としてでる傾向にある。また図中の新野粘土に関しては平行でない直線関係が見られ最大せん断強度は $D \times H = 25 \times 17 \text{ mm}$ 、 $D \times H = 30 \times 15 \text{ mm}$ では小さな値を示していることがわかる。

参考文献

- (1) 末津聖；上、下部回転機構を考慮した室内ベーン装置に関する二、三の考察 第31回中四国土木学会講演概要集
- (2) 福田護；Vane Testに関する二、三の考察 第20回年次学術講演会概要集 P.P. 14~15 (1965)

表-2 (b)

新野粘土	回転機構	ρ/H	$D \times H (\text{mm})$	$C (\text{kg/cm}^2)$
V-cut	上部	0.5	15 x 30	0.028
		1.0	20 x 20	0.039
		1.5	25 x 17	0.034
		2.0	30 x 15	0.035
	下部	0.5	15 x 30	0.032
		1.0	20 x 20	0.036
		1.5	25 x 17	0.033
		2.0	30 x 15	0.034
H-cut	上部	0.5	15 x 30	0.042
		1.0	20 x 20	0.036
		1.5	25 x 17	0.036
		2.0	30 x 15	0.035
	下部	0.5	15 x 30	0.049
		1.0	20 x 20	0.042
		1.5	25 x 17	0.039
		2.0	30 x 15	0.039

表-2 (c)

大谷粘土	回転機構	ρ/H	$D \times H (\text{mm})$	$C (\text{kg/cm}^2)$
V-cut	上部	0.5	15 x 30	0.025
		1.0	20 x 20	0.023
		1.5	25 x 17	0.022
		2.0	30 x 15	0.023
	下部	0.5	15 x 30	0.032
		1.0	20 x 20	0.022
		1.5	25 x 17	0.021
		2.0	30 x 15	0.025
H-cut	上部	0.5	15 x 30	0.028
		1.0	20 x 20	0.022
		1.5	25 x 17	0.023
		2.0	30 x 15	0.022
	下部	0.5	15 x 30	0.027
		1.0	20 x 20	0.021
		1.5	25 x 17	0.020
		2.0	30 x 15	0.026

表-2 (d)

沼江粘土	回転機構	ρ/H	$D \times H (\text{mm})$	$C (\text{kg/cm}^2)$
V-cut	上部	0.5	15 x 30	0.026
		1.0	20 x 20	0.029
		1.5	25 x 17	0.021
		2.0	30 x 15	0.024
	下部	0.5	15 x 30	0.025
		1.0	20 x 20	0.028
		1.5	25 x 17	0.022
		2.0	30 x 15	0.026
H-cut	上部	0.5	15 x 30	0.021
		1.0	20 x 20	0.023
		1.5	25 x 17	0.021
		2.0	30 x 15	0.019
	下部	0.5	15 x 30	0.024
		1.0	20 x 20	0.021
		1.5	25 x 17	0.019
		2.0	30 x 15	0.021