

混合土を用いた三軸ベーンせん断試験の適用性について

阿南工業高等専門学校 正会員 O米津 聖

1. まえがき

一般に、ベーンせん断試験は粘性土地盤のせん断強度を原位置で測定する目的で広く普及され、使用範囲は主として軟弱粘土の非排水せん断強度を求める試験として利用していることが多い。ベーン試験が軟弱粘土以外の土質に利用される実態は見るべきものが少ない。一部では、有機質土層に標準的なベーン試験の活用法、あるいは室内実験法として海成粘土と標準砂を混合した人工圧密土を用いた研究報告も発表されているが、ベーン試験の適用土質のせん断強度に関しては十分な検討がなされていないのが現状である。本報告では土質の種類に関する三軸ベーンせん断試験の適用性を調べるため、軟弱粘土1種類と混合粘土（粘土＋砂分）3種類の合計4種類をそれぞれ人工圧密して三軸ベーン試験の供試体に用い、せん断強度の異方向性を測定すると共に、Cadling式についての考察を加えている。

2. 試料および実験方法

試験用試料は阿南市新野町瓦焼用粘土を1種類と砂分として山口県豊浦産標準砂、香川県眞砂土、阿南市那賀川の川砂をそれぞれフルイ分けして、粘土に砂分含有率50%をギャップグレーディングの粒度配合にならないように重量比配合した混合土3種類を用いている。それぞれの4種類の試料に水を加えてスラリー状態にして、直径40cm、高さ70cmの円筒形圧密箱に入れ載荷装置で荷重0.37kgf/cm²を加えて人工圧密土試料を作成した。このときの各試料土の物理的性質を表1に示す。

人工圧密した土試料をシンワオール

サンプラチューブ（外径5.4cm、内径5cm、肉厚0.4mm、長さ100cm）で抜き取る。抜き取った各土試料は三軸ベーン試験用供試体として、直径5cm、高さ10cmに成形してブリキ缶に入れ密封して保管する。三軸ベーン試験のベーン寸法形状は直径D×高さH、（D/H）が

8×16mm、（0.5）、12×12mm、（1.0）、12×8mm、（1.5）、16×8mm、（2.0）を用いている。三軸セル内の鉛直圧 σ_{1c} は土中で受けている土かぶり圧に等しい最大圧密主応力と考え、側圧 σ_{3c} は土中の水平方向の圧力である最小圧密主応力としている。このときの圧密応力比を $K = \sigma_{3c} / \sigma_{1c} = 1.0$ としている。ベーン回転速度は 1.75×10^{-3} rad/secを用いている。

表-1 土試料の物理的性質

試料名	比重	数 値			コンシステンシー			日本統一 分類法 分 類
		粘土分	シルト分	砂 分	液性限界	塑性限界	塑性指数	
		<0.005mm	0.005~0.075mm	0.075~2.000mm	W _L (%)	W _p (%)	I _p	
新 野 粘 土	2.70	33.0 %	43.0 %	24.0 %	41.8	28.7	13.1	CL
混合土1（粘土＋眞砂土）	2.73	18.1 %	31.4 %	50.5 %	28.7	18.3	10.4	CL
混合土2（粘土＋標準砂）	2.57	14.5 %	21.9 %	63.6 %	24.4	17.1	7.3	CL
混合土3（粘土＋川砂）	2.65	13.4 %	24.1 %	62.5 %	28.1	18.5	9.6	CL

3. 試験結果と考察

Aas,G は、自然地盤の異方向性を調べる目的で原位置ベーン試験を実施し、測定結果から異方向性を知るために Cadling の式

$$M = \pi / 2 \cdot H D^2 \tau_v + \pi / 2 \cdot D^3 \alpha \tau_H \quad \cdots \cdots (1)$$

式（1）を変形して

$$2M / \pi D^2 H = \tau_v + \alpha \tau_H \cdot D / H \quad \cdots \cdots (2)$$

として用いている。さらに式(2)を適用することによって、正規圧密粘土地盤の異方向性を実証している。本文ではこの現象を三軸ベーン試験によって検討するために、式(2)を中心として考えてみることにした。グラフ上にベーン比 D/H を横軸に、 $2M/\pi D^2 H$ を縦軸にとり、測定値をプロットすれば直線関係が成立し、 τ_v が求められる。さらに、 τ_v/τ_H については $2M/\pi D^2 H = 0$ とすれば D/H の値から $\tau_v/\tau_H = -\alpha (D/H)_{2M/\pi D^2 H = 0}$ として求められる。4種類の土試料について、それぞれ三軸ベーン試験から求めたベーン端面上のせん断強度 τ_H の平均値と比較すれば $\tau_v = \tau_H$ とはならず、混合土2を除いて $\tau_v < \tau_H$ の傾向であり、慣用計算法による $\tau_H = \tau_v = C$ の関係では $\tau_v = C$ に近似していることが判明した。図-1は混合土2を用いて行った $\tau_v \sim \theta$ 、 $\tau_H \sim \theta$ 曲線及び $\tau_v = \tau_H = C$ の慣用計算法から求められた $C \sim \theta$ 曲線を示している。この図からベーン比 D/H がせん断強度 C に大きな影響を与え、せん断強度のピーク値を比較すれば $\tau_v < \tau_H$ となり、上述と同じ傾向として考えられる。次に、式(2)中で

$\tau_H = \tau_v = \tau_r$ とおき両辺を圧密圧力 σ_{1c} で割れば

$$\tau_r/\sigma_{1c} = 2M/\pi D^2 H (1/\sigma_{1c}) / (1 + \alpha \cdot H/D)$$

となる。..... (3)

式(3)の右辺で係数 $\alpha = 1/3$ の分布形とし、ベーン寸法比 D/H と圧密圧力 σ_{1c} を変化させた測定値をプロットすれば図-2の関係のグラフとなる。図-3は τ_r/σ_{1c} と D/H の関係をグラフ上にプロットしたもので測定値は水平線にある。 D/H を変化させても同一の τ_r/σ_{1c} 値がえられるため Cadling式(1)が適用できる必要条件を満たしていることが分かる。

表-2 三軸ベーンによるベーン端面上の異方向性についての諸係数

圧密圧力 σ_{1c}	α	τ_v/τ_H	τ_v	τ_H	$\tau_v = \tau_H = C$
新野粘土	1/3	0.42	0.03	0.07	0.04
	0.3	0.37	0.03	0.08	
	1/4	0.31	0.03	0.10	
	平均値	0.37	0.03	0.08	
混合土1(粘土+砂)	1/3	0.30	0.04	0.13	0.07
	0.3	0.27	0.04	0.15	
	1/4	0.23	0.04	0.18	
	平均値	0.27	0.04	0.15	
混合土2(粘土+細砂)	1/3	1.42	0.05	0.04	0.05
	0.3	1.20	0.05	0.04	
	1/4	1.08	0.05	0.05	
	平均値	1.26	0.05	0.04	
混合土3(粘土+川砂)	1/3	1.00	0.06	0.07	0.07
	0.3	0.81	0.06	0.08	
	1/4	0.67	0.06	0.10	
	平均値	1.13	0.06	0.08	

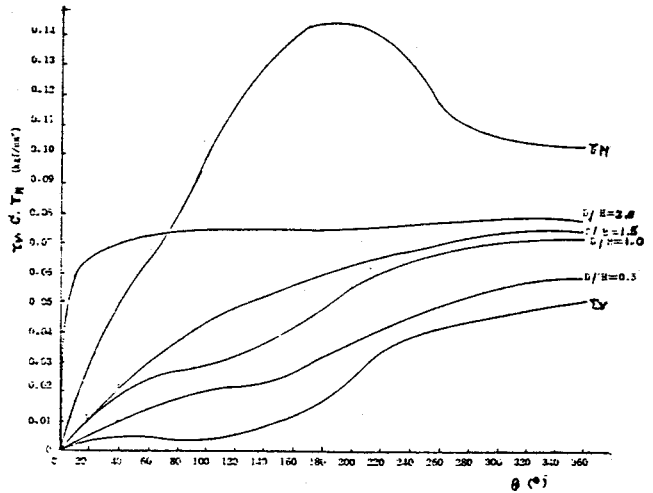


図-1 混合土2(粘土+細砂)のベーンせん断強度 (τ_v , C , τ_H) とせん断角度 (θ) の関係

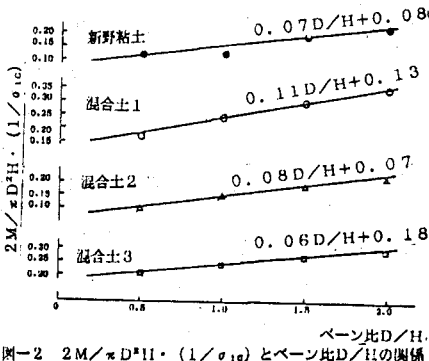


図-2 $2M/\pi D^2 H \cdot (1/\sigma_{1c})$ とベーン比 D/H の関係

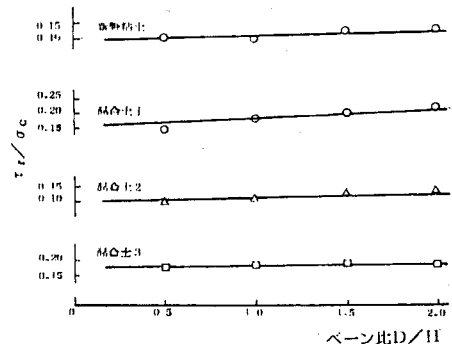


図-3 係数 $\alpha = 1/3$ の分布形に対する τ_r/σ_{1c} と D/H の関係