

圧密粘土のベーンせん断強度に関する2, 3の考察

阿南工業高等専門学校 正員 米津 聖

1. まえがき

ベーン試験のせん断強さと一軸圧縮試験のせん断強さについての研究は柴田¹⁾らによって理論的に説明されており、その他、多くの研究報告が見られるが、なお未解決な問題が残っている。これらの問題点の中から本実験は同一圧密条件のもとで圧密した同一試料に対する室内ベーン試験と一軸圧縮試験のせん断特性を調べ、両試験結果について比較検討したので報告する。

2. 試料および実験方法

実験に用いた試料は徳島県の川島粘土であり、その物理的性質を図-1に示す。この試料をスラリー状態にし、大型圧密箱に入水 0.6 kg/cm^2 の圧力で再圧密した。圧密した試料を圧密時の鉛直方向と水平方向に切り取り、ベーン試験では直径 10 cm の突き固めモールドに詰め、上面にはグリスをぬり、含水量の変化を少なくし、測定精度を高めるため同一モールドの上、下層、3カ所で最大トルク $M_{\max}$ をはかり、次式 $C = \frac{M_{\max}}{\pi D^2 (\frac{1}{2} + \frac{H}{D})}$ によって粘着力 C を求め、さらに飽和度 S_r について求めた。なお、ベーン測定器は最大トルク $M_{\max} = 5\text{ kg}\cdot\text{cm}$ 、最小目盛 $100\text{ gr}\cdot\text{cm}$ 、トルク計測部にトーションスプリングを使用し、スプリングの回転をレバーで目盛盤に示した値を読む形式のもので、ベーン寸法には直径(D)×高さ(H)が $15 \times 3\text{ cm}$ ($\frac{H}{D} = 0.5$)、 $2 \times 4\text{ cm}$ (0.5)の十字形2種類を用い、ベーンの回転速度は $0.1 \sim 0.4\text{ deg/sec}$ の範囲とした。一方、一軸圧縮試験では直径(3.5 cm)×高さ(7.0 cm)の供試体を用い、 1 mm/min のひずみ速度で一軸圧縮強さ q_u を求め、 $q_u = 0$ 法を満足する条件、 $PI = 32.55 \geq 25\%$ (S_r (圧密各試料の平均飽和度) $= 95.27 \geq 80\%$, S_r (練り返し各試料の平均飽和度) $= 88.46 \geq 80\%$ から粘着力 $C = \frac{q_u}{2}$ を決定した。いま、上で述べたベーン試験と一軸圧縮試験は同一試料で同時測定を行ない、測定後、試料をすやじニールシートに包み十分に練り返

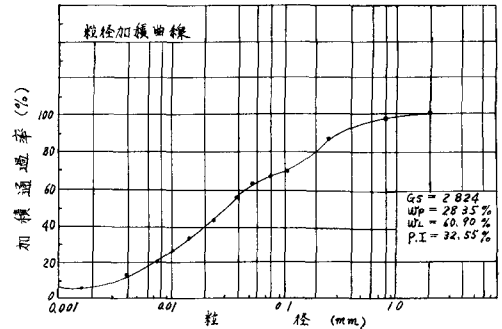


図-1. 土試料の粒径加積曲線

し、この試料を練り返し試料として用いた。ベーン試験では圧密試料の $M_{\max}$ と練り返し試料の $M_{\max}$ との比から鋭敏比 $S_t = \frac{C_f}{C_f} = \frac{M_{\max}}{M_{\max}}$ を求め、一軸圧縮試験では $S_t = \frac{q_u}{q_{ur}}$ から求め、粘着力 C との関係についてグラフ上にプロットしてみた。

3. 実験結果と考察

通常の一軸試験では鉛直方向(成層と垂直)に成形した試料(V_{cut} 試料)を用いるので鉛直方向の応力が最大主応力となって破壊される。これに対して、ベーンによる粘着力 C はベーン側面のせん断力とベーン上、下両端面のせん断力が等しいとされているから、破壊時の主応力面はベーンが回転することにより水平方向になると考えられている。この考えに基づいた研究は、 L_0 ²⁾あるいはBjerrum³⁾によって報告されている。そこで、一軸圧縮試験を水平方向(成層と平行)に成形した試料(H_{cut} 試料)について行なえば求まる粘着力 C はベーン試験

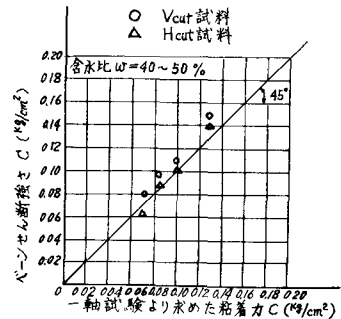


図-2. ベーンせん断強さ C と一軸試験より求めた粘着力 C の直線関係

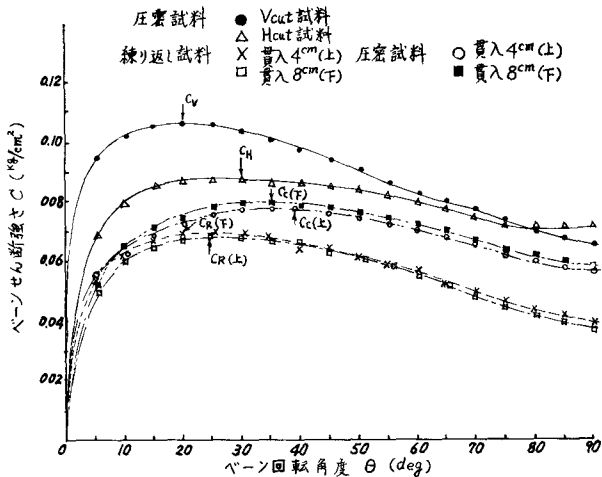


図-3 ベーンせん断強さCとベーン回転角度θについての曲線により求めた粘着力Cに近い値が得られると思われる。その結果を図-2に示す。図-2は含水比40~50%の同一試料によるベーン試験($D=1.5$, $H=3.0$)と一軸試験の同時測定を行なった結果を比較したもので両試験の対応は45度線付近に集まり、ほとんど同じ粘着力Cを示すものと考えられ、ベーン試験によるCは一軸試験の圧縮強さ q_{uv}, q_{uH} に対して $q_{uv}/C=1.68$, $q_{uH}/C=1.42$ であり、Heat試料の方がVcut試料より、粘着力Cは小さくなる傾向にある。次に実験結果の典型的な例として $D=2$ cm, $H=4$ cm, 角速度 0.1 deg/secのせん断強さCと回転角度の関係を図-3に示す。圧密箱から得られた各試料のC~θ曲線について述べるとVcut試料の方がHeat試料より回転角度が速いうちにせん断があらわれCは大きくでる。さらに容器内のベーンの貫入深さの影響について圧密試料、練り返し試料について求めてみると突き固めモールドの表面からベーンを4cm, 8cmの深さでせん断した場合のせん断強さは貫入深さ8cmの方が少し大きくでるがほとんど変わらない。図-4の $w \sim \log C$ については、 w の変化が40~50%と少ないためCは $0.05 \sim 0.2$ %/cm²の範囲に集中し、直線関係が認められなかったが、圧密試料の方が練り返し試料にくらべて、一軸、ベーン試験ともCの測定値は大きくあらわれる。図-5で $S_r \sim C$ の関係をプロットしてみた、その結果、図-4のグラフと同じように練り返し試料の方が圧密試料にくらべてCが減少する。これは、試料を練り返すこと

によって S_r の減少が表われCの低下を伴っていると思われる。図-4、図-5でベーン試験の羽根の直径と高さについて求めてみたが明白な結果がでなかった。これは、試料の乱れを最小限にするためのベーンの断面積比34%($D=1.5$, $H=3$)、16%($D=2$, $H=4$)およびロッドの太さに影響すると思われる。図-6の $S_t \sim C$ については一軸試験の測定値を結んだ直線を中心に考えてみると図-2で示した結果と同じように成層と平行の試料(Hcut試料)を一軸圧縮試験に用いた方がベーン測定値によく一致すると考えられる。

参考文献; (1) 柴田徹, 粘土のベーンせん断強度に関する研究, 土木学会論文集138号, その他。
(2) Lo; Stability of Slopes in anisotropic soil, Proc. ASCE, SM4, 1965, P.85~106。
(3) Bjerrum, L and A. Landva; Direct simple shear test on a Norwegian quick clay. Geotechnique, Vol. 16, No 1 1966。

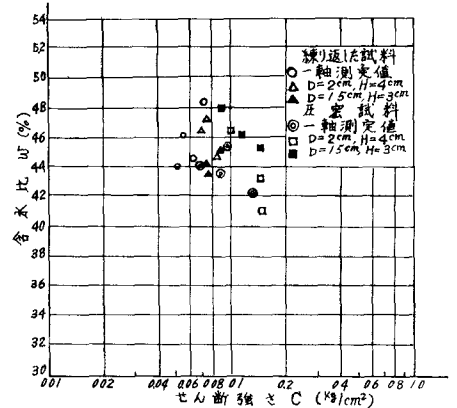


図-4. $w \sim C$ の関係について

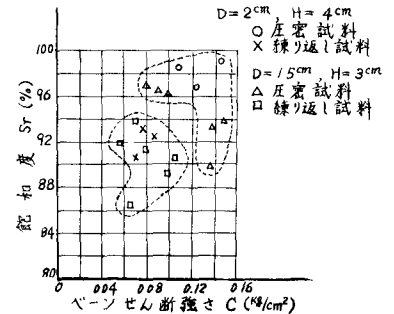


図-5 $S_r \sim C$ の関係について

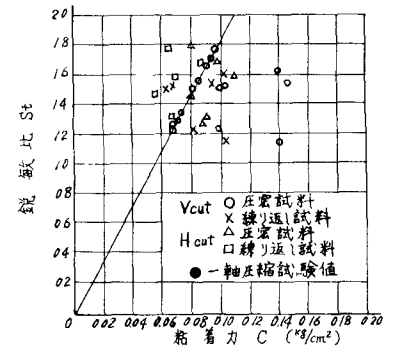


図-6. $S_t \sim C$ の直線関係について