

大阪大学工学部 正員 伊藤 昌雄
同 正員 松井 保
同 大学院 学生員 ○折 五 和 男

[1] まえがき

ベンセン断試験機による粘土の強度と他のせん断試験機による強度とは必ずしも一致しない。この原因は種々検討されてきたが、せん断時の間げき水圧の強度に及ぼす影響については間げき水圧の測定が困難な故に十分検討されてきたとは言いがたい。筆者らはすでに室内ベンセン試験機を用いて上載荷重が0に近い状態での過圧密粘土のせん断面上の間げき水圧の分布については定性的に検討した¹⁾。しかし、一般にベンセン試験機を原位試験機として用いる場合は当然上載荷重がある。そこで、今回は正規圧密粘土の間げき水圧の分布を測定し、定性的に考察したので報告する。

[2] 実験装置および方法

図1に実験装置を示す。上載荷重としては圧縮空気をレギュレーターで制御して加えた。ベンセンは直径15cm、高さ30cmのものを使用した。容量10kg/cm²の土圧計を側壁に2個、底面に1個設置した。せん断試験は回転角速度0.1deg/secで行ない、間げき水圧は容量500g/cm²の半導体型圧力変換器で間げき水圧測定用probeを通して測定した。また圧密室側壁と載荷盤あるいは粘土との摩擦を軽減するために側壁を極上仕上げにレテフロン加工をほどこした。さらに粘土をセットする前に側壁にグリースを塗った。用いた試料はLL=52.8%, PI=20.1%のカオリンとLL=118.5%, PI=86.1%の千里粘土で、ミキサーで十分に練り返して大型圧密容器で圧密し、その後図1の装置で先行荷重の1.5倍の荷重を加えた。カオリンでは一次圧密終了時間の5倍、千里粘土では2倍を圧密所要時間とした。実験は試料が全て均一と仮定して数個の試料を用い実験開始時のベンセンとprobeの相対位置を0度~90度の範囲で移動させて間げき水圧を測定した。なお実験は室温20°Cの恒温恒湿室で行ないベンセン貫入による間げき水圧の変化が消失した後にせん断を始めた。また間げき水圧測定用probeの位置はベンセン先端より1mm離れた¹⁾。

[3] 実験結果および考察

実験はカオリン、千里粘土とも7個の試料について行なった。上載荷重は両粘土とも200g/cm²としたが、底面の土圧計で測定した圧力の減少は10%以下であり、平均荷重は両粘土とも193±3g/cm²であった。表1に両粘土の最大せん断応力(τ_{max})、平均水平応力と平均垂直応力の比($\bar{\sigma}_3/\bar{\sigma}_1$)、実験終了後の含水比を示す。したがって、この程度の誤差ならば定性的な議論をする限り用いた試料を同一と考えてもよいと思われる。また、せん断面上の間げき水圧の分布は90度の位相をもつと考えられるので測定した間げき水圧は0度~90度の範囲内にプロットした。

図2にカオリンと千里粘土の間げき水圧の定性的な経時変化を示す。カオリンは(I)の変化をし、千里粘土では(I)または(II)の変化をする。(II)の負の間げき水圧のピークは τ_{max} 発生時とほぼ一致する。間げき水圧はせ

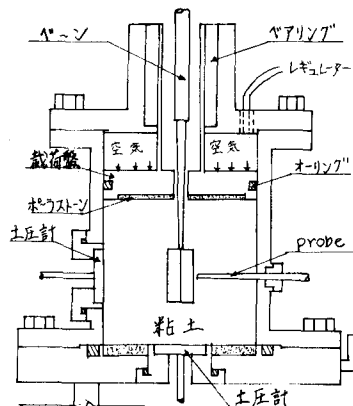


図1

	$\tau_{max}(g/cm^2)$	$\bar{\sigma}_3/\bar{\sigma}_1$	含水比(%)
カオリン	96.4 ± 4.3	0.53 ± 0.03	47.8 ± 0.4
千里粘土	81.4 ± 3.2	0.49 ± 0.02	76.3 ± 0.6

表1

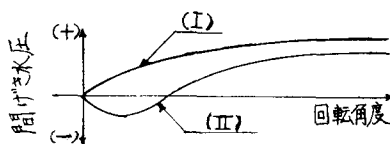


図2

ん断開始後120度回転したあたりでは(I)(II)ともほぼ定常化した。カオリンと千里粘土の τ_{max} 時およびせん断開始後30度、60度、120度回転した時の間げき水圧の分布をそれぞれ図3、図4に示す。図中の矢印はベーンの回転方向を示す。図3のカオリンについては τ_{max} 時に正の間げき水圧が発生し、せん断面に沿ってほぼ一様に分布する。またその後の経時変化もせん断面にほぼ一様を分布をしながら徐々に正の間げき水圧が増加する。一方図4の千里粘土については τ_{max} 時に正負両方の間げき水圧が発生し、回転方向に減少の傾向を示す。回転角30度の時には正の間げき水圧がせん断面に沿って一様に分布し、その後の経時変化も同様の傾向を示しながら正の間げき水圧が増加する。

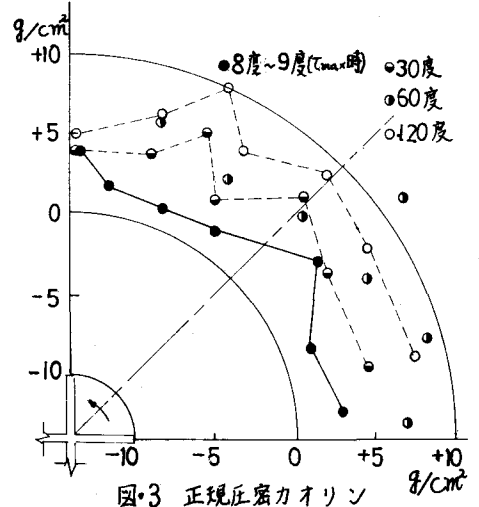


図3 正規圧密カオリン

正規圧密粘土の場合には、一般に破壊時の間げき圧係数 A_f は正となる。本実験で使用したカオリンおよび千里粘土の三軸圧縮試験で得られる A_f 値はそれぞれの0.54および0.62である。しかし、本実験で得られたベーンせん断試験においては、カオリンでは破壊時に正の間げき水圧が測定されているが、千里粘土においては破壊時に負の間げき水圧が測定されている。これは、塑性指数が大きい千里粘土($I_p=86.1\%$)においては、正規圧密状態にもかかわらず破壊時に負の間げき水圧が発生することを示している。

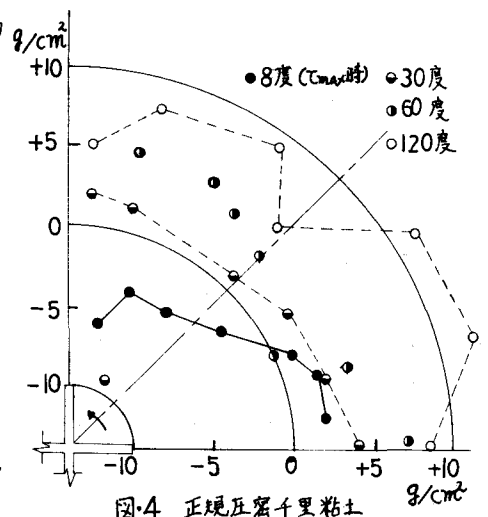


図4 正規圧密千里粘土

柴田によれば、破壊時の破壊面上の垂直有効応力 σ'_N は、

$$\sigma'_N = \sigma_c + [\Delta\sigma_p - (|\Delta\sigma_s| + \Delta\sigma_u)] \quad (1)$$

で表わされる。ここに、 σ_c は圧密圧力、 $\Delta\sigma_p$ はベーンを貫入したために生ずる全応力変化、 $\Delta\sigma_s$ 、 $\Delta\sigma_u$ はそれぞれせん断変形による全応力および間げき水圧の変化である。 $\Delta\sigma_s$ を絶対値にしているのは、ベーン試験においてはKennyの推論などにより一般に $\Delta\sigma_s$ が負になると考えられるからである。

定体積直接せん断試験との比較により $\sigma'_N \geq \sigma_c$ となる傾向があり、したがって式(1)の[]中の値が正になる可能性があることを指摘した。以上のことから、ベーン試験においてせん断変形により生ずる間げき水圧 $\Delta\sigma_u$ が負になることもあると推察され、千里粘土の結果がある程度裏づけられる。

つぎに、粘土の塑性指数により破壊時の間げき水圧の分布が異なることに関して定性的に検討すると、ベーン試験においては低塑性粘土では間げき水圧が正となることから σ'_N は小さくなり、高塑性粘土では間げき水圧が負になることから σ'_N は大きくなる傾向をもつものと思われる。このことは、低塑性粘土における三軸圧縮試験による C_u/p 値がベーン試験による値よりも大きく、高塑性粘土では逆にベーン試験の方がやや大きくなること³⁾と定性的に一致している。また、柴田²⁾によればこの現象は本質的には両試験におけるせん断機構の相違があると考えられているが、この機構の相違が今回の間げき水圧の測定結果に反映していると考えられることもできる。

参考文献 1) 松井・折立「ベーンせん断試験における間げき水圧について」関西支部年次講演会 昭48年6月

2) 柴田 徹「粘土とベーンせん断強度に関する研究」土木学会論文集 133号 昭42年.P39~43

3) Bjerrum et. al.「Comparison of shear strength characteristics of normally consolidated clays」A.S.C.E. Research Conf. on Shear Strength of Cohesive Soils 1960 p711~p726