

埼玉大学工学部 正員 風間秀彦
清水建設(株) 正員 藤森賢二
建設企画コンサル(株) 正員 大熊英二

1. まえがき 現在行われている三軸圧縮試験は、一般には等方圧密をしてからせん断する。ところで、自然地盤の粘土は異方性応力状態にあり、この状態は同じ粘土でも過圧密比によって大きく変化する。従って、異方圧密された試料を試験時に等方圧密することによって、せん断特性にどのような影響を与えるかを調べることは極めて重要なことである。本報告では、等方圧密応力の増大、及び圧密時の主軸の方向が回転することにより、せん断特性及び破壊時特性に与える影響を、正規圧密及び過圧密粘土について調べたものである。

2. 試料、及び実験方法 実験に用いた試料は、埼玉県志木市で採取した沖積粘土を420 μ mのふるいに通し、蒸留水で含水比230%の懸濁液に調整し、モールド($\phi 25 \times 30$ cm)内で圧密圧力1.0 kgf/cm²を一気に加え、沈下速度が十分小さくなるのを待ってから取り出したもので、図-1のような切り出し角で供試体($\phi 3.5 \times 7$ cm)を切り出した。試料の物理的性質は表-1に示す。排水条件は、圧密を速やかに終らせるためにパーパードレーンを使用した。そして、等方圧密応力1, 2, 4, 8 kgf/cm²で等方圧密した後、過圧密比1, 2, 4, 6, 10となるように除荷して膨張させた後、ひずみ速度0.023%/minでせん断(CU-test)を行った。供試体切り出し角

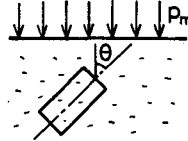
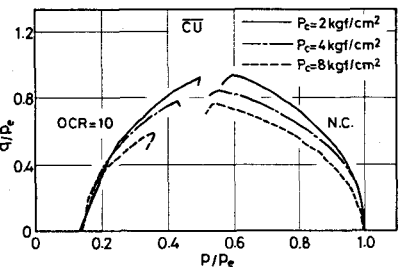


図-1

表-1 試料の性質

G _s	LL(%)	PI	C _c	C _s
2.637	107.2	67.7	0.627	0.093

図-2 P_e の増加に伴う応力経路の変化

3. 結果および考察 図-2は、三軸非排水応力経路を等価圧密応力 P_e で規準化したものである。この図は、正規圧密および過圧密粘土ともに、先行圧密応力の増大にともない応力経路が内側にはいり込むという傾向を示している。ところで、ケンブリッジ学派を中心とした報告によると、正規圧密および軽く過圧密された粘土は、規準化した場合過圧密比が等しければ先行圧密応力によりずに同一の応力経路を持つとされている。このような相違の理由の一つとして、等方圧密による粘土構造の変化が考えられる。図-3は、1 kgf/cm²でモールド内で圧密された粘土に対して、等方圧密を行ったときの配向度²⁾の変化を表わしたものである。これから、図-2のような応力経路の相違は、モールド内で異方圧密された粘土も等方圧力の増大にともなって異方性が失われていくためと考えられる。図-4, 5は、供試体の θ を変化させたときの応力経路である。これらの図より、等方圧密応力が1 kgf/cm²の場合(図-4)には、0°と90°試料では0°の方が応力経路が外側になり異方性の影響が表れるが、2 kgf/cm²になると(図-5)両方ともほとんど同一の応力経路となり異方性の影響はなくなることがわかる。

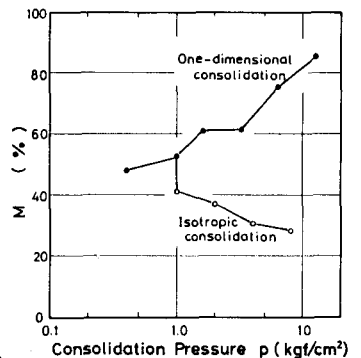


図-3 圧密圧力と配向度

図-6, 7, 8は、図-2, 4, 5に対応させて、縦軸に軸差応力および間隙水压を圧密圧力で除した値、横軸に軸ひずみを用いて示したものである。図-6から、等方圧密応力が変化すると軸差応力では顕著な変化が認められるが、それに対して間隙水压は等方圧密の影響を受けにくいといえる。また、図-7, 8には、供試体の切り出し角を変化させたときのものを示してある。これより、図-7に示すように等方圧密応力が1 kgf/cm²と小さいときには異方性が表れ、それは間隙水压よりも軸差応力に対して顕著であること

がわかる。一方図-8に示すように等方圧密応力が 2 kgf/cm^2 と大きくなった場合には異方性の影響がなくなることがわかる。このことより粘土の異方性というのは、応力の変化に対してかなり敏感に影響を受けるといえる。また、その影響は軸差応力に強く表われ、間隙水圧にはあまり表われないことがわかる。ところで、Duncan-Seedによる報告³⁾によると、そのような強度異方性は内部摩擦角に異方性が生じることなく、間隙水圧の相違によるものであるとされている。

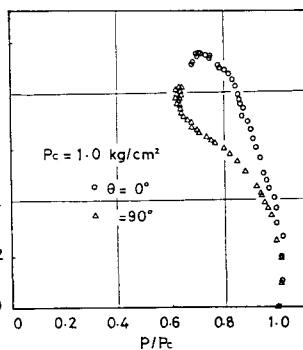


図-4 応力経路図 ($P_c = 1\text{ kgf/cm}^2$)

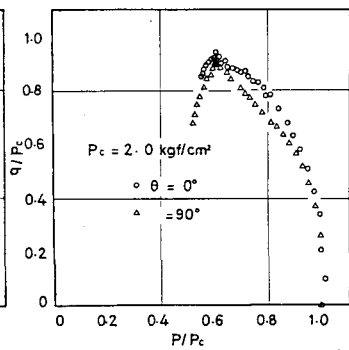


図-5 応力経路図 ($P_c = 2\text{ kgf/cm}^2$)

しかし、今回の実験結果によれば、異方性は間隙水圧よりも有効応力に顕著にあり、当然内部摩擦角に差を生じていることになる。図-2,6に示すように、モールド内で異方圧密された粘土は等方圧密圧力の増大にともない変形挙動が異なるのは、試料が等方的になるためである。このことは、図4,5および図-7,8の異方性に関する実験結果より明らかである。しかしながら、図-3の微視的構造についての P_c の配向度に関して、等方圧密応力が 1 kgf/cm^2 から 8 kgf/cm^2 に増加したとしても配向度は10%程度しか減少せず、

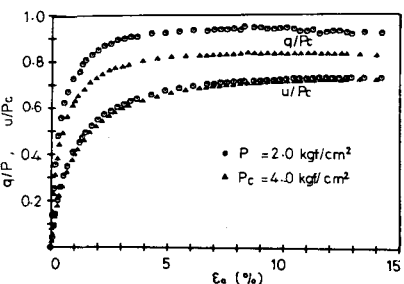


図-6 $\epsilon_a \sim u/P_c, q/P_c$

配向度のみではせん断特性におよぼす異方性の影響を評価できるとは必ずしもいえない。すなわち、主応力の回転の問題もあるが、力学的な異方性の程度は応力レベルや試験条件(バックプレッシャーの大きさ、せん断速度等)にも左右される複雑な

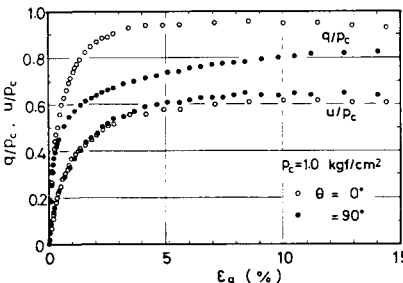


図-7 $\epsilon_a \sim q/P_c, u/P_c$ ($P_c = 1\text{ kgf/cm}^2$)

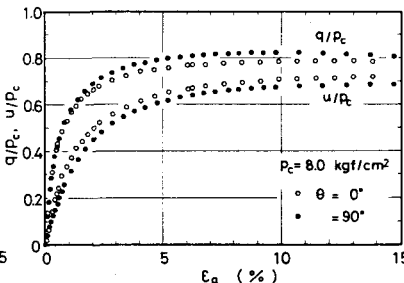


図-8 $\epsilon_a \sim q/P_c, u/P_c$ ($P_c = 8\text{ kgf/cm}^2$)

現象と考えられる。図-9は過去の結果も含めてモールド内の圧密圧力 P_m と等方圧密圧力 P_c の比と強度異方性の関係を示した。 $P_m/P_c < 1$ は過圧密状態を示し、当然のことながら過圧密領域では異方性が強いが、正規圧密領域に入ってもその影響は残っており、前の傾向がよく理解できる。

4. まとめ 等方圧密応力の増大にともなって構造と応力異方性が徐々に失われ、過圧密領域では強度異方性が大きい、正規圧密領域に入っても初期の構造と応力異方性が残存しているために、せん断特性に影響する。そして、間隙水圧には異方性があまり認められず、軸差応力により顕著にそれが認められる。これは、従来の報告と異なるものである。終りに、本研究の実験に協力いただいた伊藤靖君(三井共同コンサルタント)に謝意を表します。

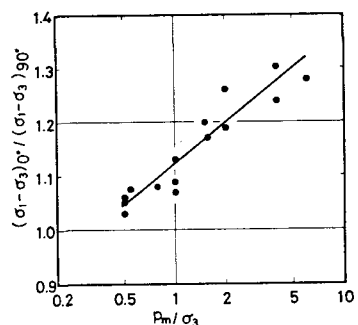


図-9 圧密比と強度異方性

参考文献 1) Schofield, A.N. and Wroth, C.P (1968); "Critical State Soil Mechanics", McGraw-Hill New York
2) 風間他; 圧密過程における粘土の構造変化, 土と基礎, 29-3, PP.11~18, 1981
3) Duncan, J.M. and H.B Seed; "Anisotropy and Stress Reorientation in clay, Proc. ASCE, vol. 92, No. SM5, PP.21~50, 1966