

Ⅲ - A167

コンピュータ自動制御による長期三軸 K_0 圧密試験に関する研究

北海道大学大学院 学生員 黒澤 亮一
北海道大学大学院 前田 泰平
北海道大学大学院 フェロー 三田地 利之

はじめに 近年、パーソナルコンピュータの普及や計測機器の高精度化等により、三軸試験機とコンピュータを用いた自動制御による K_0 圧密が広く行われるようになってきている。本研究は、コンピュータ自動制御により1ヶ月に及ぶ長期の K_0 圧密を行い、長期間の圧密を行う際に生じる様々な問題について考察するものである。

排水量の補正 三軸試験機を用いて K_0 圧密を行うためには何らかの方法で側方ひずみを計測し、ひずみが許容範囲内に収まるように応力を制御する必要がある。本研究においては、側方ひずみを排水量と軸変位量から計算して求めている。実験が長期間に及ぶ場合には、これらを測定する機器の時間依存性について調べておく必要があると思われる。そこで、三軸試験装置内に粘土供試体の代わりに7クリル供試体をセットして実験を行った。実験は、粘土供試体の場合と同様に背圧を200kPaに、軸圧は240kPaを載荷し有効応力を40kPaに保ったまま放置した。タイ

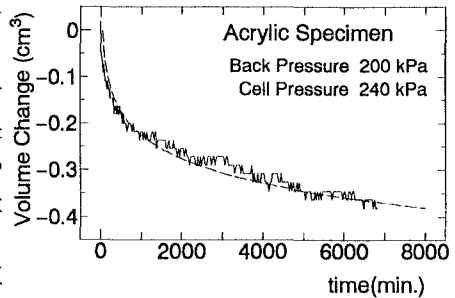


図1

メータによる軸変位量の測定値に及ぼす時間の影響は見られなかった。また排水量の測定には二重管ビュレットと差圧計を用いているが、排水量については時間の経過に伴い吸水傾向を示していた(図1)。なお、水の蒸発・空気の溶解を防ぐため三軸セル内及びビュレットの水と空気の境界面にはシリコンオイルによる遮断層を設けている。このような吸水傾向を示した要因として計測に用いている差圧計内及び三軸セル内の供試体よりビュレットに至るまでの排水ルート内に残留した空気が考えられる。この空気が背圧の載荷時に圧縮されて、時間の経過に従いセル内の水に溶解するため計測される排水量に変化を与えたことが考えられる。この残留空気をなくすことができれば良いのだが、試験機の構造上残留空気を完全になくすことは難しい。また、吸水傾向を示す原因が残留空気のみであると限定することも出来ないが、同じ実験を繰り返したところ同じ様に吸水傾向を示し吸水量もほぼ等しかったことから、これらの実験から補正量(図内破線)を計算した。

長期 K_0 圧密 市販のNSF粘土を用いて約1ヶ月間の K_0 圧密を行った(Test1)。 K_0 圧密の制御方法には、圧力の供給が安定して行えるSETK方式(参考文献2)参照)を適用している。図2は、そのときの K_0 値の変化である。圧密時間20000分程度まで(Phase1)は、ゆるやかに K_0 値が変化しており良い精度で制御が行われている。しかしながら、20000分以降(Phase2) K_0 値が大きく変化する点が見られはじめ、35000分以降は常に大きく変動している。図3の実線はこの時の圧密曲線(e - $\log t$ 関係)である。(Phase2)において二次圧密係数が急激に大きくなり、間隙比が大きく減少している。一般的に再構成粘土の二次圧密係数は一定値をとり、このような間隙比の変化が起こることは考えにくい。長期 K_0 圧密を行うとなぜこのような変化が生じてしまうのかを考えると、図3に示すように応力の載荷が行われ間隙比の変化が大きい一次圧密時に比べ、二次圧密時においては時間の経過とともに間隙比の変化量が小

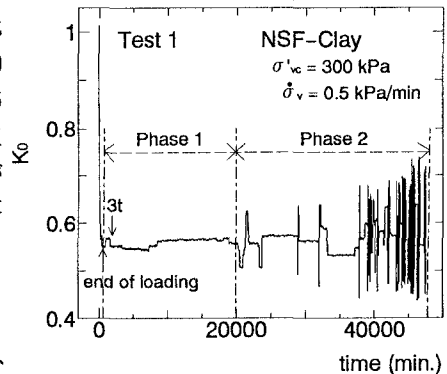


図2

Key Word : K_0 圧密, 三軸試験機, クリープ

〒060 札幌市北区北13条西8丁目 北海道大学工学部 TEL 011-706-6196 FAX 011-726-2296

さくなることより、 K_0 圧密の制御を行うのが難しくなっていることが考えられる。ここで K_0 圧密の制御方法について考えてみると、排水量と軸変位量より計算された側方ひずみが $\pm 0.02\%$ 以内の範囲に収まるように応力を制御している。許容範囲の $\pm 0.02\%$ は、試験機の精度に基づき設定した値である。圧密の後半に入り $\pm 0.02\%$ 以上の変形が起きた場合、その変形の中には塑性成分が含まれており、ひずみを許容範囲内に戻すためには更に塑性変形を起こす必要がある。つまりクリープによる間隙比の変化が小さくなる圧密後半(Phase2)においては、ひずみを許容範囲内にするために応力の載荷・除荷が繰り返し荷重となり、応力一定の状態よりも大きな塑性ひずみを生じさせ間隙比の変化を引き起こしていると考えられる。応力載荷中や所定の応力に到達後も間隙比の変化が大きいと考えられる(Phase1)においては、 K_0 圧密制御による間隙比の変化の影響は見られないが、間隙比の変化が少ないと考えられる(Phase2)に入ると、 K_0 条件を満たそうとすると粘土に過剰な塑性ひずみを起こさなくてはならず、結果的に間隙比を大きく減少させてしまうと考えられる。次に K_0 圧密を3t法による圧密終了時間まで行い、その後 K_0 圧密終了時の応力比を保ったまま1ヶ月のクリープ試験を行った(Test2)。圧密曲線を図3に破線で示す。クリープ試験開始以後、二次圧密係数はほぼ一定値をとっている。このことから、長期 K_0 圧密試験における(Phase2)の間隙比の変化が K_0 条件を満たそうとして加えられる応力変化に基づくものであることが分かる。図4はTest2の側方ひずみの変化と試験中の応力比 K である。 K_0 圧密終了時に -0.01% 程度であったひずみが50000分には -0.03% 程度になっている。また、一定周期でひずみが増減していることが分かる。そこで、Test2の側方ひずみと試験機近傍にて計測した水温の変化を示したのが図5である。温度とひずみとが対応していることが分かる。この要因としては、排水量の補正でも述べた様に差圧計や排水ルートには残留空気が残っており、この空気の熱膨張によって排水量に影響を与えていることが考えられる。今回の実験においては、実験室内の温度変化を $20 \pm 1^\circ\text{C}$ に保っているが、この程度の温度変化においてもひずみが増減しており、 K_0 圧密を行う際には温度変化にも注意する必要がある。特に、粘土自体のひずみが少ない長期圧密時には温度による影響を考慮するべきである。

まとめ 長期 K_0 圧密試験を行うに際して注意すべき点を挙げると以下のようなものである。

- ・排水量等より側方ひずみを計算する場合、測定システムの時間依存性を調べる必要がある。
- ・圧密時間の経過に伴い間隙比の変化量が小さくなるため、 K_0 圧密制御が困難になり、間隙比の変化量に応じた制御方法が必要である（ K 値の変化幅を小さくし時間をおいて制御するなど）。
- ・粘土自体の変形特性の変化が小さくなるため、温度変化による測定システムの影響の割合が大きくなる。

参考文献:1)地盤工学会基準「土の K_0 圧密非排水三軸圧縮(K_0 CU)試験方法」 2)前田ら(1997)三軸試験機による新しい K_0 圧密制御方法の提案,第32回地盤工学研究発表会(投稿中)

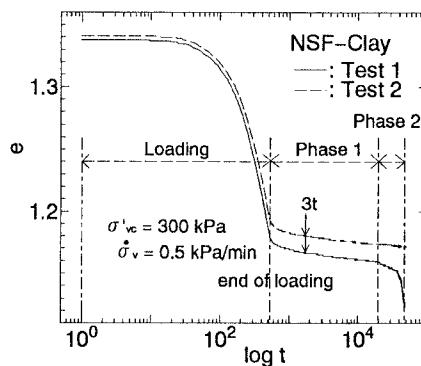


図3

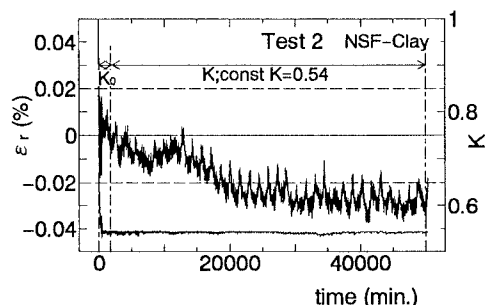


図4

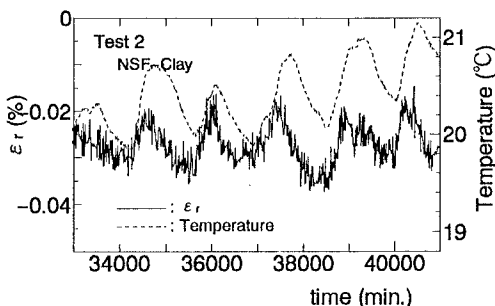


図5