

III-236 三軸圧縮試験における飽和粘土の間隙水圧応答

不動建設(株) 正員 ○福島 信吾
 広島大学工学部 正員 吉 国 洋
 広島大学工学部 正員 森 脇 武 夫

1. まえがき

土の力学的挙動は有効応力に基づいて解析する必要があるが、土の有効応力を直接測定することは不可能であり、直接測定することが可能な全応力と間隙水圧を測定することによって算出している。そのために、間隙水圧を正確に測定することは、土の力学的挙動を正しく把握するために必要不可欠なことである。この間隙水圧の測定に際しては通常、供試体端面のボーラストーンを介して供試体内の間隙水を外部へ導くことによって間隙水圧を検出している。筆者らは三軸圧縮試験において、端面摩擦の影響を極力排除したにも拘らず、供試体内部で測定した間隙水圧と供試体内の間隙水を外部へ導いて測定した間隙水圧の間には、かなりの相違がみられた。これらより実際には供試体内部で発生している間隙水圧を三軸セル外部まで導いて測定する従来の測定方法では検出できないのではないかと考えた。そこで本研究では、間隙水圧計を埋設することによって供試体内部に発生している間隙水圧を直接検出し、その値と従来の測定方法によって測定した値とを種々の試験条件のもとで比較した。

まず等方応力の急速載荷を行なうことによって従来の方法によって測定された間隙水圧の信頼性、また、時間遅れを伴う原因について究明を試みた。次にその結果をふまえたうえで非排水三軸圧縮試験を行ない間隙水圧の測定に関する問題点について考えた。

2. 試験方法

試験に用いた試料は、広島粘土を練り返したものである。正規圧密試料は 1kgf/cm^2 、 2kgf/cm^2 の圧密応力で24時間等方圧密を行ない、過圧密試料は載荷時の拘束圧を 1kgf/cm^2 となるようにした。間隙水圧は図-1のように小形間隙水圧計を埋設することによって供試体内部2箇所(中央部および底部)、従来の測定方法によって1箇所の計3箇所での測定した。

等方応力急速載荷試験では等方圧密された供試体を非排水状態にし、等方応力 1kgf/cm^2 を瞬時に載荷した。その際に各測定位置において発生した間隙水圧を計測した。以下、埋設による中央部、底部、外部による従来の方法をそれぞれ中央部、底部、下部間隙水圧とする。三軸圧縮試験は非排水状態にてひずみ制御方式で行なった。ひずみ速度は $0.7\%/min$ 、 $0.1\%/min$ 、 $0.01\%/min$ の3種類設定し、それぞれをQ-Test、M-Test、S-Test とする。

3. 結果および考察

等方応力載荷時の等方応力増分 (Δp) に対する間隙水圧の増分 (Δu) の比 $\Delta u/\Delta p$ を間隙水圧増分比とし、時間との関係を表わしたものが図-2、図-3である。供試体内部においては載荷直後に間隙水圧増分比が瞬時に1に達しているのに対して、下部においてはかなりの時間を要している。つまり、従来の測定方法によっては供試体内部で発生している間隙水圧を正確には検出できないことが窺える。この下部間隙水圧の時間遅れの原因としては、a)間隙水圧計の感度および受圧面の体積変化、b)応力載荷時の測定径路におけるハイロンチューブなどの体積膨張、c)測定径路における残存空気の影響の3点が考えられ、検証した結果 a), b)についてはほとんどその影響は認められず、c)の径路内の残存空気が、間隙水圧の検出における時間遅れの大きな要因となっているようである。

図-4、図-5はそれぞれQ-Test、S-Test における

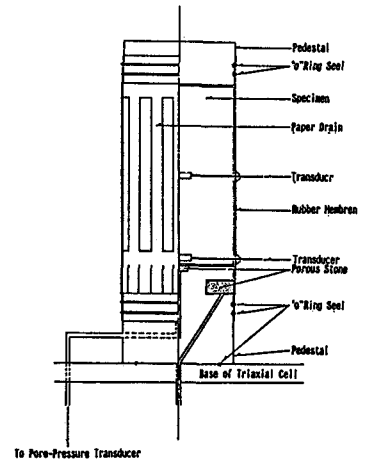


図-1

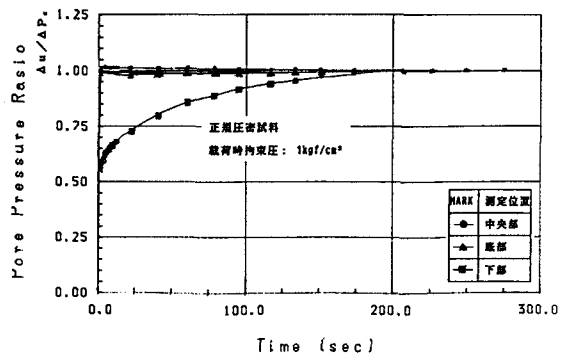


図-2 間隙水圧増分比～時間関係

軸ひずみと応力比の関係である。S-Testにおいては圧密応力、測定位置における差異は大して認められず同様な双曲線群を示しているが、Q-Testにおいては下部間隙水圧を用いた応力比は中央部および底部間隙水圧を用いた場合よりかなり大きくなっている。また、図-6は同関係について下部で測定したものについてまとめたものであるが、これらは圧密応力、ひずみ速度によってそれぞれ異なる曲線を描いている。つまり、下部において測定される間隙水圧は、様々な要因によって大きく左右され、その間隙水圧を用いて求まる各々の関係にはばらつきが生じることになる。

供試体内部にて測定した間隙水圧に着目すると、筆者らの試験ではQ-Testにおいて、供試体内部の間隙水圧は、従来の測定方法によって得られた間隙水圧をかなり下回っている。ところが、斎藤ら¹⁾の場合には供試体内部の間隙水圧の方がかなり高くなっており、同様なせん断試験において全く逆の傾向を示している訳である。このような現象が生じる要因は、両者の間隙水圧計の埋設方法の違い（前者は圧縮方向に対して垂直、後者は平行）にあると考える。つまり、供試体の変形速度が速くなると粘土と間隙水圧計の剛性の違いなどによって供試体の様な変形を拘束するため受圧面付近において異なる間隙水圧が発生していると考えられる。

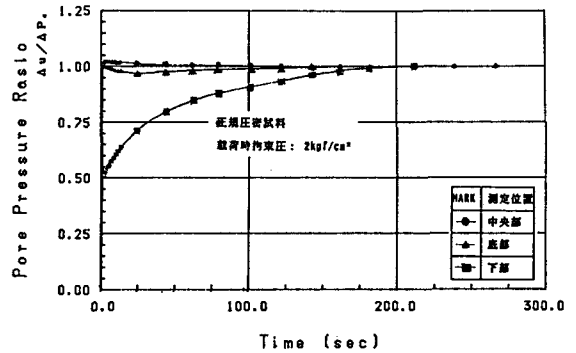


図-3 間隙水圧増分比～時間関係

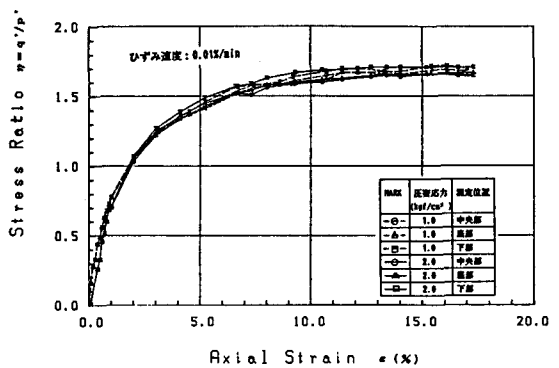


図-4 軸ひずみ～応力比関係

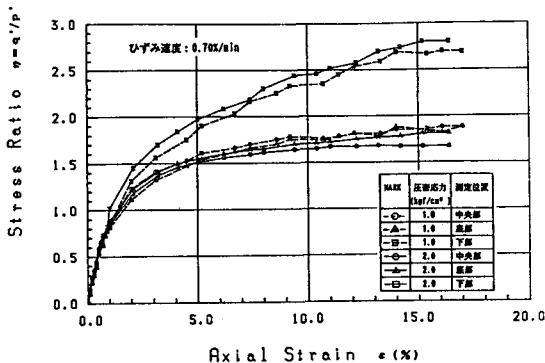


図-5 軸ひずみ～応力比関係

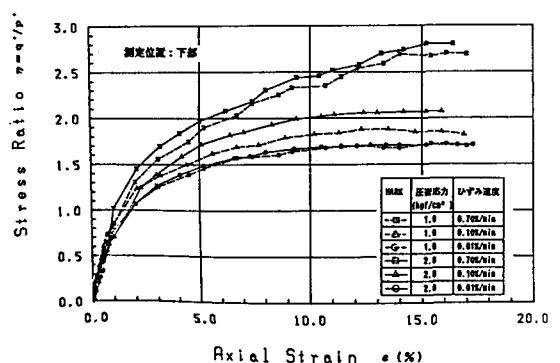


図-6 軸ひずみ～応力比関係

4. まとめ

三軸圧縮試験における間隙水圧の測定では、供試体外部に間隙水を導いて測定する従来の測定方法によっては測定系、排水系に残存する空気の影響によって、非常に遅い載荷速度の場合を除いては供試体内部に発生している間隙水圧を正確に検出することはできない。これに対して、埋設型の間隙水圧計を用いればかなり正確に間隙水圧を検出できるようである。しかし、埋設型においても供試体の変形速度が大きくなると、間隙水圧計の受圧面付近に応力集中が起こり、埋設しない場合とは若干異なった間隙水圧が発生しているようである。従って、異物である間隙水圧計を供試体内に埋設することによる試料への影響を検討すると共に、間隙水圧計のより小型化が望まれる。

参考文献: 1) 斎藤, 三上, 木村, 第15回土質工学研究発表会講演集, D-6, pp. 409~412, 1980