

東京工業大学 ○学生員 中園 裕
 中部電力(株) 正会員 細見 浩
 東京工業大学 正会員 末政直晃
 東京工業大学 正会員 中瀬明男

1. はじめに

土の動的性質を調べるために広く用いられる繰返し三軸試験において、間隙水圧は通常供試体下端部で測定される。静的載荷試験において、端部で測定された間隙水圧は内部のものに比べて反応が遅れるなどの問題点が指摘されているが¹⁾、荷重変化速度の大きな動的三軸試験ではこの問題がより顕著に現れて来ることが予想される。そこで本研究では供試体内部に小型の間隙水圧計を埋め込み、これに対し様々な周期の正弦波による繰返し載荷試験を行い、内部及び端部の間隙水圧を測定することにより、繰返し三軸試験における粘性土の間隙水圧挙動を調べた。

2. 実験方法

使用した試料は、 I_p が約30の川崎粘土と、それに豊浦標準砂を混ぜ I_p を約10に粒度調節した中間土である。以後これらをM10、M30と呼ぶ。ミキサーで充分練り返した試料を、圧密槽内に 0.4 kgf/cm^2 で軽く圧密させた後、間隙水圧計を供試体中央に埋め込み、その後 1.0 kgf/cm^2 で予備圧密を行った。これを直径7.5cm、高さ15cmに成形し、図1に示す二重セル式三軸室内で鉛直圧 3 kgf/cm^2 でK0圧密させた。圧密終了を確認した後、油圧サーボアクチュエーターを用いて、応力振幅 0.53 kgf/cm^2 、軸圧制御を用いた繰返し回数60回の条件下で繰返し載荷試験を行った。用いた周波数は、M10では1、0.1Hzの2種類、M30では0.003、0.01、0.03、0.1、1Hzの5種類である。また繰返し載荷後、速度 0.088 mm/min の一定速度で静的圧縮剪断試験を行い、その際に測定される内部と端部の間隙水圧の比較も行った。

繰返し載荷試験において間隙水圧の変動は、入力波に伴って変動する弾性分と繰返し回数の増加に伴って蓄積する塑性分に分けられる。図2に繰返し載荷試験開始後より10波の入力波形と応答波形を示す。これらより、特に内部間隙水圧応答の振幅が周波数に大きな影響を受けていることが分かる。またそれは入力波と比べ、若干歪んだ正弦波形状になっており、さらにそのピークが入力波のピークに対し常に前に位置している。入力波の振幅に対する間隙水圧応答の振幅の比を動的間隙水圧係数と定義し、図3に各ケースについて供試体内部の動的間隙水圧係数と周波数との関係を示す。周波数が大きくなると内部の間隙水圧振幅が非常に大きくなっている。端部の間隙水圧係数は全体を通じ0.3から0.35の間に分布しており、周波数との相関は見られなかった。

3. 実験結果と考察

繰返し載荷試験において間隙水圧の変動は、入力波に伴って変動する弾性分と繰返し回数の増加に伴って蓄積する塑性分に分けられる。図2に繰返し載荷試験開始後より10波の入力波形と応答波形を示す。これらより、特に内部間隙水圧応答の振幅が周波数に大きな影響を受けていることが分かる。またそれは入力波と比べ、若干歪んだ正弦波形状になっており、さらにそのピークが入力波のピークに対し常に前に位置している。入力波の振幅

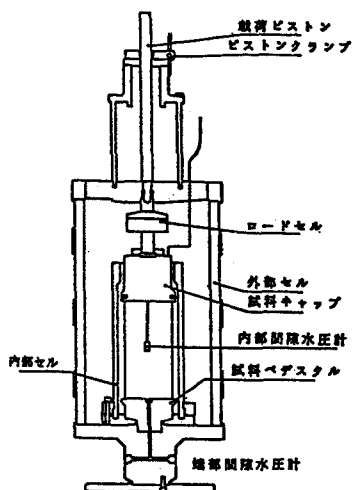


図1 三軸室の概要

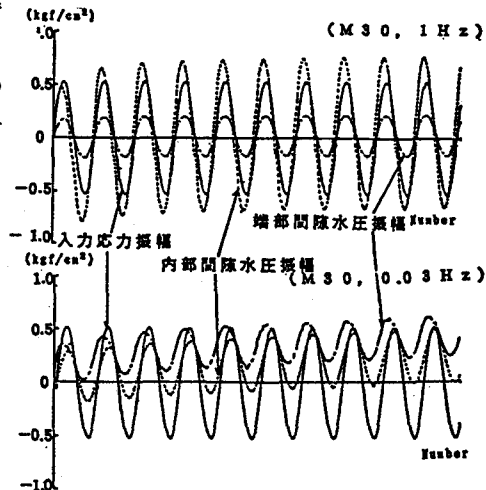


図2 繰返し載荷試験の入力波と間隙水圧応答

に対する間隙水圧応答の振幅の比を動的間隙水圧係数と定義し、図3に各ケースについて供試体内部の動的間隙水圧係数と周波数との関係を示す。周波数が大きくなると内部の間隙水圧振幅が非常に大きくなっている。端部の間隙水圧係数は全体を通じ0.3から0.35の間に分布しており、周波数との相関は見られなかった。

一方図2で見られた、間隙水圧波形が入力波形より前にピークを持つ現象を位相の進みと定義し、図4に各ケース毎の位相差の平均を周波数に対しプロットした。これによると周波数が0.03Hzの近傍で位相の進みは極大値を示していることが見受けられる。これらの現象が起きた理由としては、Kutterら²⁾が指摘した、剛な間隙水圧計が供試体内に存在し周りの土に対し相対変位を持つことによる応力集中が考えられる。これによって発生する間隙水圧は極めて局部的なものと考えられ、発生した過剰間隙水圧は速やかに周りの低い部分に再配分され消散してしまうので、発生する過剰間隙水圧の速度と消散する速度が等しくなる点が見かけのピークとして入力波の前に現れるものと推察できる。

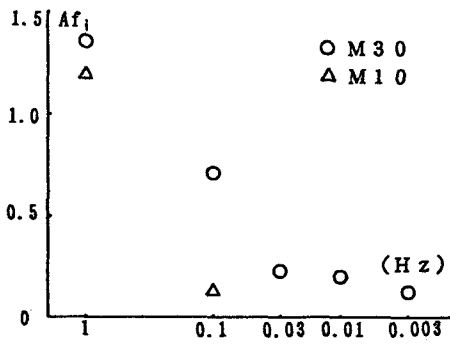


図3 内部動的間隙水圧係数と周波数との関係

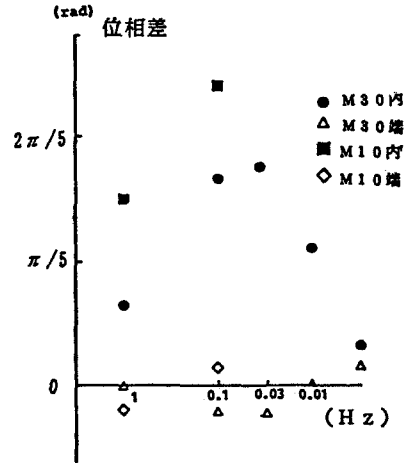


図4 位相差と周波数の関係

発生した過剰間隙水圧は速やかに周りの低い部分に再配分され消散してしまうので、発生する過剰間隙水圧の速度と消散する速度が等しくなる点が見かけのピークとして入力波の前に現れるものと推察できる。

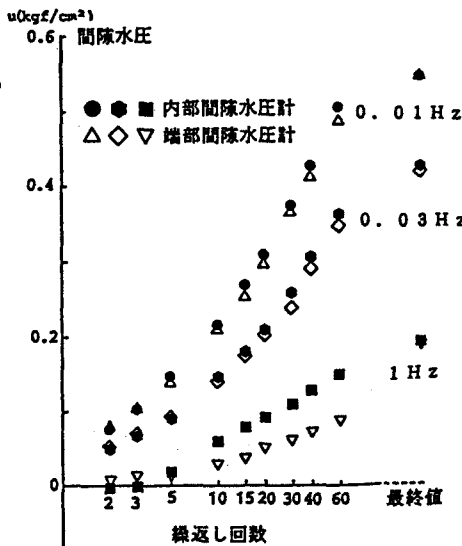


図5 蓄積間隙水圧と回数との関係

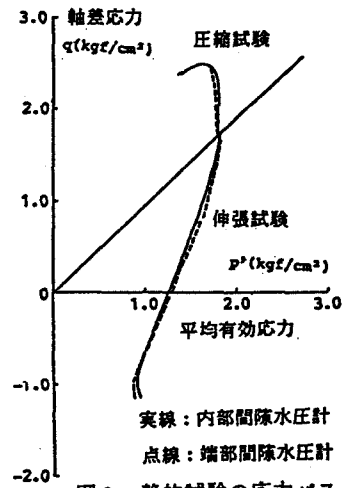


図6 静的試験の応力パス

一方図5にM30において繰返し試験中に蓄積してゆく間隙水圧を繰返し回数についてプロットしたものを示す。0.01及び0.03Hzのケースでは端部・内部は同じように推移しているが、1Hzのケースでは端部間隙水圧が内部に比べて小さくなっている。また1Hzのケースにおいても、繰返し載荷後間隙水圧が一定になるまで充分放置すると、間隙水圧の値はほぼ一致した。これらより、周波数が大きくなると端部での蓄積間隙水圧の測定に反応の遅れが現れることが分かる。

静的圧縮・伸張剪断試験の応力パスの典型例を図6に示す。内部の間隙水圧が圧縮試験でやや小さく、伸張試験で大きい値を示す傾向にあったが、応力パスの形状は概ね良い一致を示した。これより、載荷速度が小さい静的試験においては、端部で測定された間隙水圧は内部の間隙水圧分布をほぼ代表していると言える。

4. 参考文献： 1) 森脇他：三軸圧縮試験における飽和粘土の間隙水圧応答，土と基礎，土質工学会，Vol.36, No.9, pp.55-60, 1988

2) B.L.Kutter.et al., "The effects of local arching and consolidation on pore pressure measurements in clay", Centrifuge 88,Corte Editor, Balkena, Vol.115-118, 1988