

大阪大学工学部 正員 伊藤 富雄
同 同 松井 保
同 同 小原 秀夫

1. まえがき

一般に粘性土の動的固げき水圧の測定は困難であるとされている。その主な理由は、粘性土の繰返し試験においては、試料の透水性に比し載荷速度が遅いために計測の時間的遅れが生ずるのでないかという考え方に拠っている。これに対し筆者らは、非排水繰返し時に発生する固げき水圧を専ら繰返しによって蓄積累加していく値として捉えれば、十分な精度で測定できるという立場から検討を進めている^(1,2)。今回これとさらに確かめるために載荷速度を変えた実験を行なったので結果を報告する。

さらに、繰返しとともに累加する固げき水圧挙動が粘土のクリープにおける軸いずみ挙動に類似している点に着目し、Singh and Mitchell³⁾の方法を参考にし種々のせん断応力振中に対する発生固げき水圧の推定法と現象論的に考察したので合わせて報告するものである。なお使用した振動三軸試験機、試料(千里粘土)および実験方法は既報のものと同様である。

2. 載荷速度の影響について

図-1は種々の載荷速度(周波数)による繰返し載荷中に累加する固げき水圧 Δu と繰返し回数 N の対数に対してプロットしたものである。初期圧密圧力、せん断応力振中は同一でそれぞれ $G_c = 2.0 \text{ kg/cm}^2$, $\tau_a = 0.34 \text{ kg/cm}^2$ である。図中の実線はそれぞれ所定の繰返し回数で繰返しを停止し静置すると固げき水圧が一定値となることを示している。なお繰返し停止時の固げき水圧が2点プロットされているのは最終繰返し回数における固げき水圧の平均値と停止直後の値とが異なるためである(繰返し中の固げき水圧はそれぞれの繰返し回数における固げき水圧振中の最大値と最小値の平均値をプロットしている)。図より明らかに同じ繰返し回数に対しては載荷速度が遅いほど発生固げき水圧が大きいことがわかる。また、繰返しによって累加する固げき水圧は繰返し回数の対数に対して次第に一定勾配となるが、この直線部への移行は載荷速度が遅いほど少ない繰返し回数で現われ、直線部分は種々の載荷速度に対して互にほぼ平行となっている。特に0.005 Hzのプロットが繰返し開始時より直線的に増加していることは、この程度の載荷速度で繰返しを行うと累加する固げき水圧と繰返し回数の対数との間に近似的に比例関係が存在することと意味が深い。さてこのような載荷速度による発生固げき水圧の違いはいわゆる「計測の時間的遅れ」に起因するものではないと考えられる。なぜならいま、繰返し停止後最終的に蓄積残留する固げき水圧の値は静的定常状態で測定された信頼度の高い値であるが、これらの値は載荷速度によって要なり繰返し中の測定値の差とほぼ等しい差が生じている。さらに、繰返し中の1サイクルにおいて記録される固げき水圧振中は蓄積累加する固げき水圧増分よりも充分大きな値である事実などを考え合わせると、図-1の結果に対して計測の時間的遅れによる計測誤差は考えにくい。したがって、図-1の上述の固げき水圧特性は粘土の本質的な固げき水圧発生機構に依存するものであり、せん断応力振中が等しければ同一の繰返し回数に対して載荷速度が遅いほど載荷時間が長くなり動的応力履歴の効果が大きくなるため発生固げき水圧が大きくなるものと考えられる。

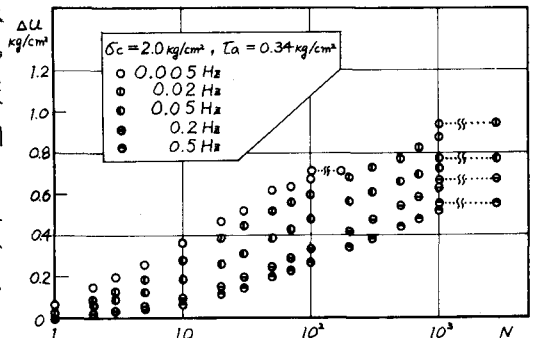


図-1

3. 間げき水圧の推定法について

筆者らは既に、種々の大きさのせん断応力振巾を同じ載荷速度(0.5 Hz)で繰返し載荷した場合の間げき水圧と繰返し回数との関係が図-2のプロットのようになり、このような間げき水圧の時間依存性的応答が粘土のクリープにおける軸ひずみ挙動に類似していることを報告した。²⁾そこで今回、クリープ挙動の予測に対するSingh and Mitchellの方法に従い、繰返しによって累加する間げき水圧の予測式を現象論的に導いたのが以下に示す。

まず、図-2の結果より間げき水圧の増加率と時間との関係を両対数形にプロットしたのが図-3である。図よりせん断応力振巾 T_a に關する間げき水圧の増加率の対数が時間の対数に対して一定の傾きで減少することわかる。このような関係は次式で表わされる。

$$\ln(\dot{\Delta u}) = \ln(\dot{\Delta u})_{(t_1, T_a)} - m \ln\left(\frac{t}{t_1}\right) \quad (1)$$

ここに m は図-3における直線の傾きの絶対値、 t_1 は単位時間である。次に、同じく図-2の結果を $(\dot{\Delta u})$ の対数と T_a の関係でプロットしたのが図-4である。図-3と同様な平行直線群が認められ、これより次式を得る。

$$\ln(\dot{\Delta u}) = \ln(\dot{\Delta u})_{(t, T_{a0})} + \alpha T_a \quad (2)$$

ここに $(\dot{\Delta u})_{(t, T_{a0})}$ は $T_a=0$ における $(\dot{\Delta u})$ の仮想値、 α は図-4の直線の傾きである。(1)式と(2)式より次式が得られる。

$$(\dot{\Delta u}) = A e^{\alpha T_a} \left(\frac{t}{t_1}\right)^{-m} \quad (3)$$

ここに $A = (\dot{\Delta u})_{(t_1, T_{a0})}$ 従って間げき水圧と時間との関係式は(3)式を積分して

$$\Delta u = A e^{\alpha T_a} (t_1)^m \left(\frac{1}{1-m}\right) t^{1-m} + \text{constant} \quad (m \neq 1) \quad (4)$$

さて、(4)式に含まれる3つのパラメータ m, α, A の値は少なくとも2種の T_a に対する繰返し試験より求まる。このようにして求まった m, α, A の値を(4)式に入れ、図-2の各せん断応力振巾に対する間げき水圧の値を計算すると図-2の実線で示されるような曲線が得られた。なお(4)式の積分定数については T_a の大きさに關するはず $N=1$ すなわち $t=2 \text{ sec}$ のとき $\Delta u=0$ とおいて求めた。図-2において実験値と予測値を比較すると、このような方法によって比較的広範なせん断応力振巾に対する発生間げき水圧を近似的に求め得ることがわかる。

参考文献

- 1) 伊藤・松井・小原 "正規圧縮粘土に及ぼす振動荷重の影響" について(続報) 第29回土木学会全国大会(1974)
- 2) 伊藤・松井・小原 "飽和粘土に及ぼす動的応力履歴の影響" 第10回土質工学会研究発表会(1975)
- 3) Singh and Mitchell "General Stress-Strain-Time Function for Soils" A.S.C.E. Vol.94, SM1 (1968)

