

神戸大学工学部 正会員 ○田中 泰雄
川崎製鉄(株) 中西 栄晶
大阪府 田中 宏二

1. まえがき

大阪湾沿岸の海底には厚い粘土層が堆積している。このような地盤で、関西国際空港に代表される大規模人工島を建設する際には、圧密沈下や側方流動などの問題に加えて地震などの動的荷重に対する解析も必要であり、海底粘土の動的変形および強度特性の把握が必要である。そこで本研究では、大阪湾の三種類の洪積粘土について非排水繰返し三軸試験を実施し、繰返し応力の増加による洪積粘土の変形特性の変化と破壊現象について検討を行った。また、試験中の間隙水圧の変化を精度良く測定するために、端面拘束の影響を受けず、応力が均一で変形が自由に行える供試体の中央部で間隙水圧の測定を行う間隙水圧計を試作した。

2. 実験装置および方法

実験試料には大阪湾泉州沖海底地盤より採取された洪積粘土(Ma12, Ma11, Ma10)を用いた。各試料の採取深度はそれぞれ約C.D.L-60m, -75m, -95mであり、含水比は約70%, 47%, 53%であった。

実験装置は非排水三軸試験装置である。軸荷重は三軸セル外部のロードセルにより測定され、ピストンの軸受け部には摩擦軽減のためにリニアモーションベアリングが備え付けられている。軸変位はセル外部でLVDTにより測定した。試作した間隙水圧計は、図-1のような針と圧力センサーを結合したもので、供試体中央部に挿入した。また同時に、ペDESTAL直下部に圧力センサーを埋設し、間隙水圧を測定した。

実験に用いた供試体は高さ10cm×直径5cmの円柱供試体である。最大圧密応力としては試料採取深度での鉛直応力と $K_0=0.5$ の値を用いて等価等方圧密応力を設定している。供試体を二重負圧法によって飽和し、最大圧密応力まで等方的に段階圧密を行った。その後、非排水、側圧一定のもとで手動で完全両振り繰返しせん断を行った。繰返しせん断終了後、過剰間隙水圧を消散させた後、前段階より大きな軸差応力で次の段階の繰返しせん断試験を行い、同一供試体で約10段階の繰返しせん断試験を行った。

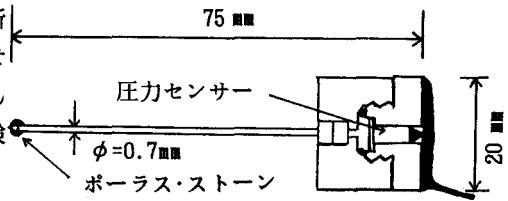


図-1 針型間隙水圧計

3. 実験結果

三種類の洪積粘土について得られたせん断剛性率 G を最大せん断剛性率 G_0 で正規化し、せん断ひずみとの関係を示すと図-2となる。 G_0 は既存の推定式¹⁾を用いて算出した。

$$G_0 = 9.27 \cdot \frac{(9.56 - e)^2}{1 + e} \cdot \left(\frac{1 + 2K_0}{3} \cdot \sigma' \right)^{0.615}$$

図-2には既存のデータ¹⁾²⁾から得られた $G/G_0 \sim \gamma$ 関係、 $h \sim \gamma$ 関係を比較のために波線で示している。図-2より本実験の

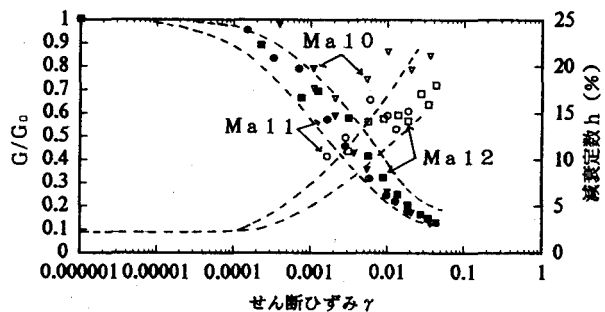


図-2 G/G_0 , $h \sim \gamma$ 関係

せん断剛性率 G および減衰定数 h とせん断ひずみ γ との関係は、従来の結果とほぼ同様の傾向を示すことが分かる。

次に、繰返し载荷中に破壊が生じた結果を示し、供試体内の有効応力変化について検討する。図-3, 4はMa 1 1に対する試験結果（最大圧密応力 $\sigma'_v=7\text{kgf/cm}^2$ 、繰返し応力 $(\sigma_1-\sigma_3)/2=2.25\text{kgf/cm}^2$ ）であり、伸張载荷段階で破壊が生じている。図-3の有効応力経路から分かるように、供試体直下部と中央部では異なる有効応力が得られている。図には繰返し载荷を受けない場合の破壊線（伸張側では圧縮側の ϕ' と同じと仮定）も示されているが、供試体直下部の計測では圧縮過程で破壊状態に近づく傾向が示されているのに対し、中央部のものでは伸張側で破壊に近づく、実験結果とも一致する傾向である。また、伸張側では破壊線を越える応力状態となっているが、同様な傾向は松井ら³⁾、Takahashi・Hightら⁴⁾により報告されており、供試体中央部で間隙水圧測定を行った場合にはこのような結果が得られるようである。一方、図-4に示すように繰返し载荷回数による間隙水圧の変化を検討すると、供試体直下部の間隙水圧の方が载荷応力の変化に追従して変化しているようである。しかしながら、载荷応力が大きき場合は荷重ピーク近くでの変形量も漸増しているため、同図だけで間隙水圧計の応答性を判定できないと思われる。両間隙水圧計の圧密载荷中の計測からは、両者の応答性に差異は殆どなかった。粘性土の繰返し载荷中の破壊メカニズムについては、今後も検討が必要と思われる。

参考文献

- 1) 大根田ほか(1984):大阪湾泉州沖海底地盤の工学的性質,運輸省港湾技術研究所試料, No.498
- 2) 運輸省第三港湾建設局:関西国際空港の土質に関する技術課題の検討調査
- 3) 松井ほか(1979):繰返し载荷時における飽和粘土の間隙水圧挙動について,第14回土質工学研究発表会, pp.641-644
- 4) M.Takahashi, D.W. Hight(1980):International Symposium on Soils under Cyclic and Transient Loading, pp.201-209

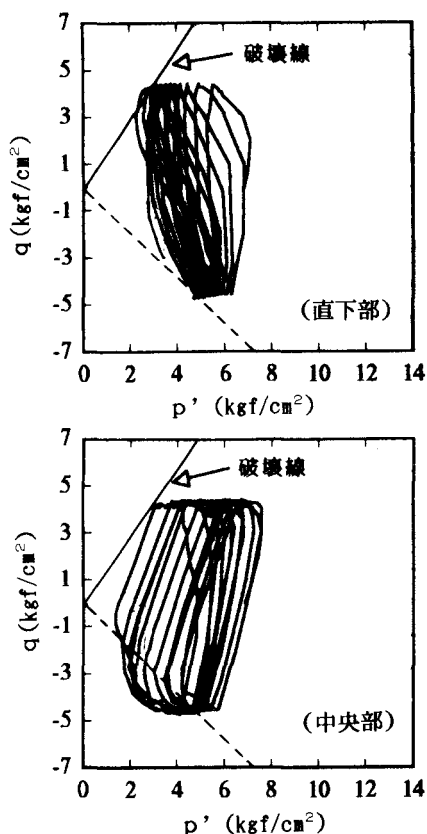


図-3 有効応力経路

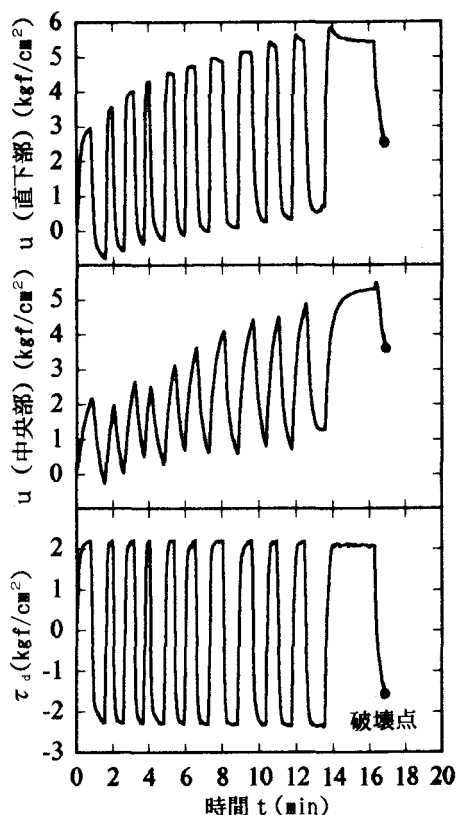


図-4 τ_d , $u \sim t$ 関係