

III-49

密な砂の非排水繰返し三軸挙動に及ぼす供試体径の影響

室蘭工業大学工学部	正会員	三浦 清一
北海道大学 工学部	正会員	土岐 祥介
室蘭工業大学大学院		彦坂 茂
北海道大学 工学部	正会員	山下 聡

1. まえがき

三軸試験は要素試験であるから、供試体の形状が同一であれば得られる三軸試験結果はその大きさには影響されないはずである。しかしながら、相似(高さ/直径=一定)な供試体を用いても、得られる非排水三軸挙動や液状化強度はその直径の大きさによって変化することが示されている¹⁾²⁾³⁾⁴⁾。その要因として、三軸試験装置のSystem Complianceの1つであるMembrane Penetration(MP)が考えられている。そこで本研究では、特に密な砂の場合に見られるCyclic Mobility挙動に及ぼすMP効果について検討した。

2. 試料および試験方法

本研究で用いた試料は、豊浦標準砂($U_c=1.43$, $D_{50}=0.18\text{mm}$, $G_s=2.651$, $e_{\max}=0.989$, $e_{\min}=0.615$)である。供試体は円筒形で、直径 $D=35\text{mm}$:高さ $H=85\text{mm}$ ($H/D=2.43$), $D=50\text{mm}$: $H=120\text{mm}$ ($H/D=2.40$), $D=70\text{mm}$: $H=170\text{mm}$ ($H/D=2.43$)の3種類である。また、これらの供試体に用いたメンブレンは、厚さ $t_m=0.2\text{mm}$ 、弾性係数 $E_m=18.5\text{kgf/cm}^2$ である。MSP法によって供試体を作製し、 CO_2 と脱気水を通して飽和させた後、有効拘束圧 $\sigma'_c=98\text{kPa}$ のもとで1時間等方圧密を行い(この時点での相対密度 $D_{rc}=80\pm3\%$ である)、側圧一定の非排水繰返し三軸試験を実施した。なお、すべての供試体の B 値は0.95以上であった。繰返し載荷方法は、振幅一定、載荷周波数 $f=0.1\text{Hz}$ の正弦波で、圧縮荷重から載荷を開始している。

3. 試験結果および考察

3-1 液状化強度に及ぼす供試体径の影響

図1は、繰返し応力比 $SR=\sigma_d/2\sigma'_c$ (σ_d =片振幅軸応力)と両振幅軸ひずみ $DA=1, 2, 5, 10\%$ に達するまでの載荷回数 N_c との関係を、各供試体径について比較している。図から、供試体直径の違いによって液状化強度に明確な相違を認めることができる。全般的に、繰返し応力比 SR が高い場合に比べて SR の低いところでこの差は顕著となり、いずれの DA においても、載荷回数は供試体径が小さくなるにつれて増加する傾向にある。これは、供試体単位体積当りのMPによる体積変化の割合が近似的に供試体径に反比例する形で生じるため、供試体径が小さいほどその液状化強度を過大評価するという過去の研究結果と同様の傾向を示している。

図2は初期液状化の判定基準にもとづいた繰返し応力比と載荷回数との関係を示したものであるが、この場合にも基本的には上述と同様の傾向が見られる。

3-2 非排水繰返し有効応力経路に及ぼす供試体径の影響

図3(a)は、繰返し載荷中の発生間隙水圧に及ぼす供試体径の影響を詳細に検討するために、第1サイクルの圧縮完了時の残留間隙水圧 $u_{1\text{comp}}$ (図3(c)参照)と σ'_c

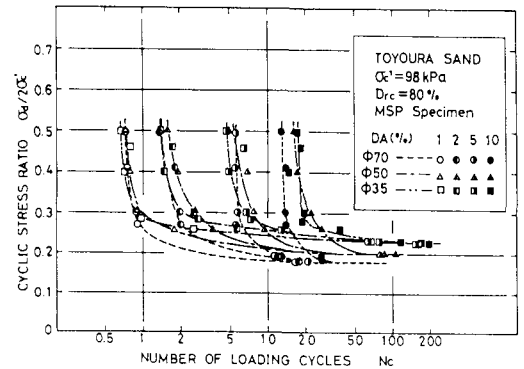


FIG. 1

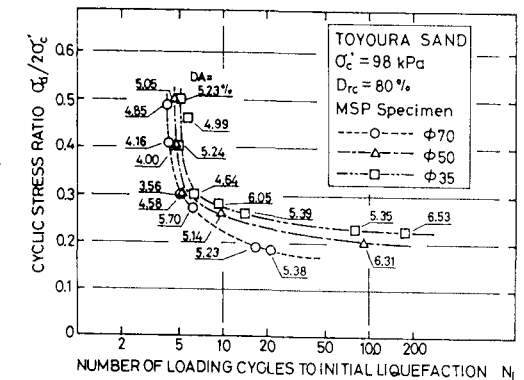


FIG. 2

との比, および第1サイクル終了時の残留間隙水圧 u_1 (図3(c)参照)と $\sigma'_{c'}$ との比と, 供試体径との関係を種々のSRに対して示したものである。 $u_{1,comp}/\sigma'_{c'}$ は, どの応力比においても供試体径に比例して大きくなっている。これは, 発生する正の間隙水圧に伴ってメンブレンを外側に押し出すことによって減少する間隙水圧は大きくなる, つまり発生間隙水圧に及ぼすMPの影響は供試体径に反比例するという傾向を示している。また, $u_1/\sigma'_{c'}$ は, 応力比の低いところでは供試体径に比例して大きくなっているが, 応力比の高いところでは径35mmの供試体が最も大きくなっている。

次に, 図3(b)は, Cyclic Mobility中の間隙水圧の発生特性を検討するために, 応力比ごとにDAが10%に至ったときの最大伸張載荷時に発生する間隙水圧 $u_{c.m.ext}$ と $\sigma'_{c'}$ との比, および最大圧縮載荷時の間隙水圧 $u_{c.m.comp}$ と $\sigma'_{c'}$ との比と供試体径との関係を示したものである。なお, $u_{c.m.ext}$ と $u_{c.m.comp}$ の定義は図3(c)に示されている。まず, $u_{c.m.ext}/\sigma'_{c'}$ については, どの応力比においても供試体径に反比例して小さくなっている。これは, 供試体径が大きいほど有効応力の回復は大きいということを意味するので, 伸張載荷時にはCyclic Mobility中でも, MPの影響は供試体径に反比例する形にあると言える。これに対して, $u_{c.m.comp}/\sigma'_{c'}$ はどの応力比においても, 供試体径の相違による変化は認められないようである。つまり, 圧縮載荷時のCyclic Mobility中では, MPの影響は顕著に現れないと言える。また, 有効応力の回復を比較すると, 圧縮側よりも伸張側の方が小さくなっている。これは, 供試体がMSP法によって作製され, 砂粒子の長軸の配列方向が水平方向に卓越するという生得的異方性を有するため, MP効果は圧縮時よりも伸張側において顕著となることに起因していると思われる。

4. あとがき

以上のことから, Cyclic Mobilityが生じていない時には正の間隙水圧に対する従来の補正法^{3), 5)}が適用可能と考えられるが, Cyclic Mobility中においては, 半サイクルごとのMPの影響は相殺されるために, 従来の補正法をそのまま適用することはできないと思われる。

最後に, 実験およびデータ整理に, 鎌田 強(現室工大M1), 西江 輝郎(現松村組)両君に協力を得た。また本研究に文部省科学研究費一般研究(C)の補助を受けた。記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 土質工学会「砂地盤の工学的性質の評価法に関する研究委員会」(1984):「室内試験法および試験結果の解釈と適用」に関するシンポジウム発表論文集, pp.7~46.
- 2) Wong, R.T., Seed, H.B. and Chan, C.K. (1975): Proc. ASCE, Vol. 101, No. GT6, pp. 571-583.
- 3) Lade, P.V. and Hernandez, S.B. (1977): Proc. ASCE, Vol. 103, No. GT2, pp. 109-125.
- 4) 山下・三浦・土岐(1986): 土木学会第41回年次学術講演会, pp. 279-280.
- 5) Martin, G.R. Finn, W.D.L. and Seed, H.B. (1978): Proc. ASCE, Vol. 104, No. GT4, pp. 463-479.

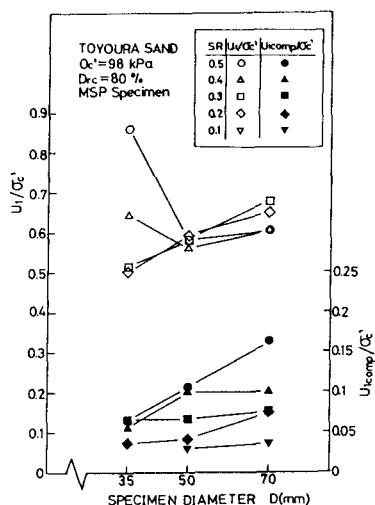


FIG. 3(a)

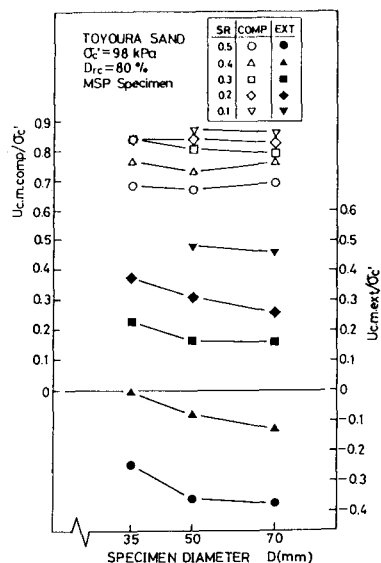


FIG. 3(b)

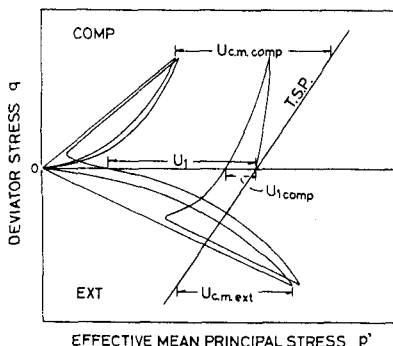


FIG. 3(c)