

東京大学 工学部 正員 石原研而
 " 大学院 学生員 ○安田 進
 パシフィックコンサルタンツ(株) 正員 川畑 豊

まえがき

液状化による被害には、地盤が完全に流動状態になって建物の沈下・傾斜等が生じる事の他に、内部の間隙水圧が上昇し有効応力が減少する事が原因で斜面・盛土等のすべりが生じる事もあると思われる。前者については液状化発生の条件等、今日まで野外調査とか室内実験で多くの研究がなされてきていて、定量的な解析がなされつつある。しかし後者についてはまだ研究があまりなされてない。そこで今回はその第1歩として、室内実験で液状化に到らない低応力レベルでの間隙水圧発生量を求め、その結果を検討してみたので以下報告する。

実験装置および方法

任意波形の軸荷重を加え得る振動圧軸装置を用い、等方圧密 ($\sigma_c = 1.5 \text{ kg/cm}^2$) 終了後、非排水状態で側圧一定のまま軸荷重を変化させて供試体にくり返しせん断力を加えた。軸荷重の波形としてはSine波および十勝沖地震時(1968年)に記録された加速度波4種類を用いた。加速度波としては、別に報告したうえで衝撃型で液状化に必要な応力比が大きいものから2種(S252NS, S241NS)、振動型で液状化に必要な応力比が小さいものから2種(S264EW, S310EW)をとりだして用いた。また、それぞれの波形でその最大振幅を軸荷重の圧縮側にとった場合(CM-test)と、伸張側にとった場合(EM-test)とにつき実験を行なった。そして軸荷重の振幅をいろいろと変え、振動終了(加速度波形終了に対応)までに発生した間隙水圧量を測定した。

用いた試料は富士川砂 ($G_s = 2.73$, $e_{\max} = 1.03$, $e_{\min} = 0.48$) で $Dr = 40 \sim 45\%$ の条件で実験を行った。

実験結果および考察

地震波応力について、波形中の最大せん断力を

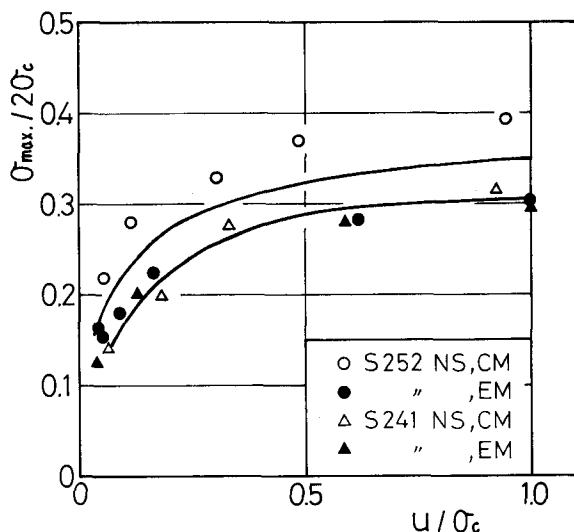


図1. 応力比と間隙水圧との関係(衝撃型)

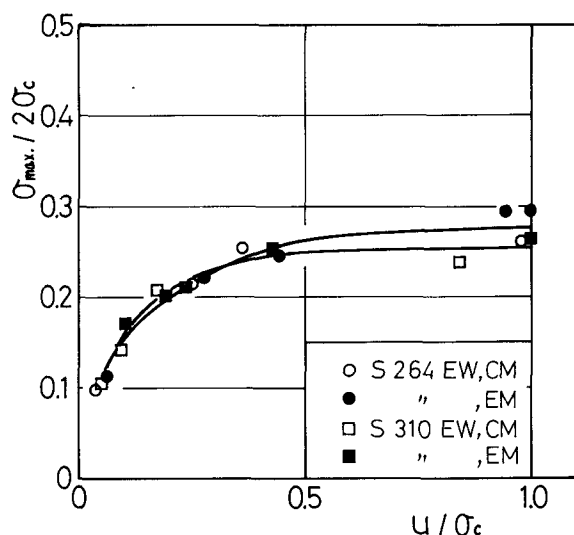


図2. 応力比と間隙水圧との関係(振動型)

拘束圧で割った値を縦軸にとり、生じた間隙水圧を拘束圧で割った値を横軸にとって実験結果を示したのが図1(衝撃型)、図2(振動型)である。これらの図から衝撃型では特にCM-testとEM-testの差が多く出ていることがわかる。図中の曲線は各地震波応力についてCM, EM両testの平均を示したものである。

Sine波応力については縦軸にくり返しせん断応力を拘束圧で割った値をとって、1/2回(ただし圧縮側のみ)、1、10、20、50回くり返した時に生じた間隙水圧を求めて示したのが図3である。なお、10、20、50回についての $U/\sigma_c = 1.0$ の値は通常の $\sigma_{dp}/2\sigma_c \sim N$ の関係から求めたものである。

図4には、図1～図3までをまとめて表わした。この図からわかるように、地震波応力による結果はSine波応力を用いて $N=1$ から $N=10$ の間で得られた結果の中間に位置している。しかしSine波でくり返し回数が少ない時(特に1回だけ)の値は、最初に圧縮側から始まるか伸張側から始まるかで違った結果となると予測される(今回はすべて圧縮側から始めた)ので、正しい値は三軸以外の装置(くり返しのかいれに関し両側で対称な挙動を示す単純せん断装置等)によって求めた方がよいと思われる。

これらの図を見てみると $U/\sigma_c \approx 0.5$ 以上の部分では間隙水圧量は少しの応力比増大で急増することがわかる。これはSine波応力をくり返してやくと液状化が生じる時点で間隙水圧が一気に上昇する現象に対応しており、また応力経路図で考えると、有効応力比が変相角を越えるか越えないかによって発生する間隙水圧が大幅に違ってくる事に相当すると考えられる。

応力比が小さい場合の動的間隙水圧量については、液状化に必要な応力比の2/3程度でも $U/\sigma_c = 0.1 \sim 0.2$ 値生じている。

結論

小さい応力比で種々の波形につき動的三軸試験を行なった結果、間隙水圧はある程度発生し、斜面・盛土などでは液状化は生じなくてもすべりが生じて破壊する可能性がありうる事がわかった。

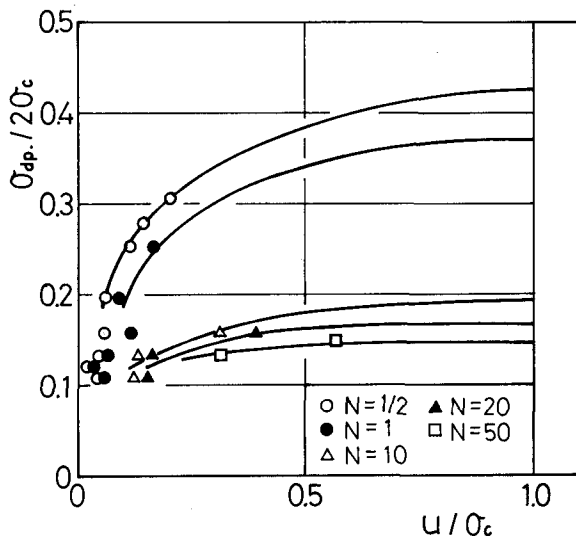


図3. 応力比と間隙水圧との関係(Sine波)

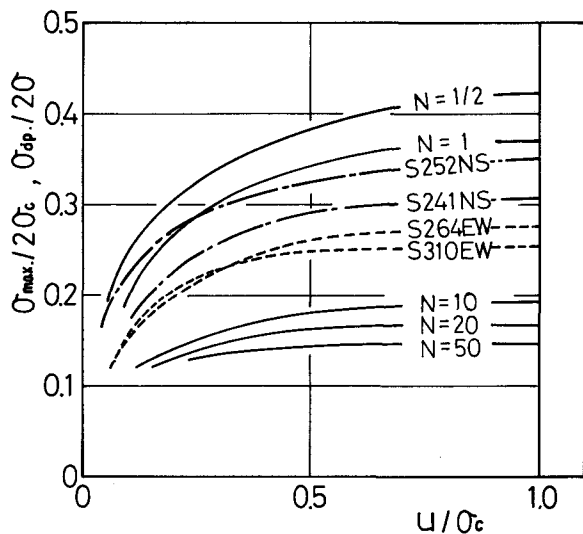


図4. 応力比と間隙水圧との関係