

変形した波形による砂の非排水繰返し三軸強度

大分高専 ○正 長友八郎 佐藤栄

1. まえがき

地震振動波形のような不規則波によって地盤の液状化解析を行う場合、ゼロクロッシングで区切って1サイクル(又は半サイクル)として取扱い、その波の形状は考慮しない。一方実験によって強度曲線を求める場合には、現在は一般に正弦波が繰返し载荷されている。しかし過去の液状化実験では、三角波、台形波等の色々な波形で载荷された例がある。その結果、急激なせん断を伴う矩形波は例外として、それ以外の波形では液状化効果は等しいことが確かめられている¹⁾。このような完全両振りの単一の波形ではなく、繰返しサイクルの途中でせん断応力の方向が逆転する双頭型の波形によって繰返し三軸試験を行い、波形の崩れが液状化効果に及ぼす影響を調べた。

2. 実験方法

実験には繰返し三軸試験装置を用いた。試料は豊浦標準砂を使用し、試料の最大乾燥密度は $\rho_{max}=1.622$ 、最小乾燥密度は $\rho_{min}=1.340$ 、比重は $G_s=2.68$ であった。供試体の直径は50mm、高さは約125mmである。供試体は空中落下法によって作成され、炭酸ガス置換および脱気水の通水によって飽和させた。B値は96%以上を標準とした。有効拘束圧 1.0kgf/cm^2 、背圧 2.0kgf/cm^2 を加え非排水で側圧を一定に保ち軸方向に繰返し荷重を载荷した。载荷した波形は7種で図1に示す。波形1は三角波で、基本波形とし他の波形はこれに変化を加えたものである。波形2はサイクルの途中でせん断の停止があるもので、波形3～波形5は双頭型に変形したものである。波形6と波形7は変形の度合が大きくゼロクロッシングを含むものである。これ等の波形を全て周波数0.5 Hzで繰返し载荷を行った。

3. 実験結果と考察

実験の結果をせん断応力比 $\sigma_1/2\sigma_3$ と液状化回数 N の関係として図2～図5に示す。ここでは軸ひずみが5%の時の繰返し回数を液状化回数としている。供試体の相対密度は二種類でそれぞれ $D_r=80\pm3\%$ 、および $D_r=50\pm3\%$ である。図2は $D_r=80\%$ の供試体に波形1～波形5を载荷した場合の結果である。図中の曲線は三角波による強度曲線である。この図によると変形の度合の可成り大きな双頭型の波形でも、液状化効果は三角波と殆ど変わらないことが分る。図3は $D_r=50\%$ の試料に波形1～波形5を载荷した場合の結果である。図2と同様波形による液状化効果の差は認められない。図4は $D_r=80\%$ の供試体にゼロクロッシングのある波形6と波形7を载荷した結果を三角波の結果と比較したものである。

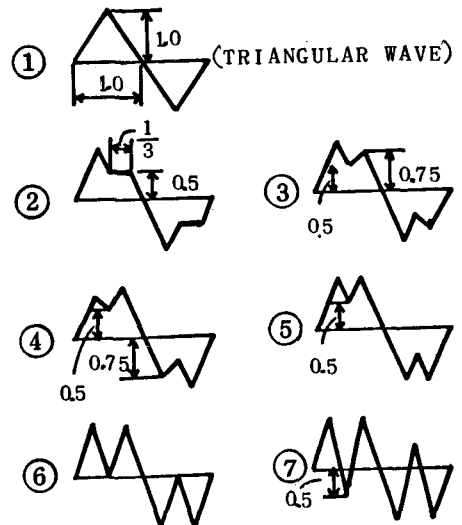


Fig 1 WAVE FORMS

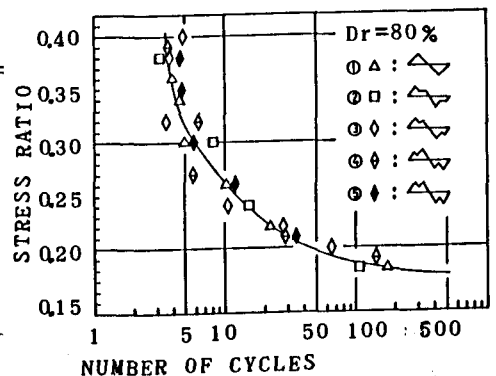


Fig 2 TEST RESULTS (1)

明らかに変形した波形によるものは三角波の場合より少ない回数で液状化が起り、その傾向は応力比が大きい場合に顕著である。波形6と波形7はゼロクロッシングがあるので1サイクルが1つの波と言うよりは複数の波とも考えられる。又完全両振りと不完全両振り又は片振りの組合せでもある。そう言う影響が液状化効果に表われて来たものと考えられる。図中の破線は三角波の強度曲線の繰返し回数を半分にしてプロットしたものである。波形7が更に変形して周波数が二倍の完全な三角波になった場合であり、更に変形の度を増すことによって結果はこの曲線に近づく事が予想される。図5は $D_r=50\%$ の試料について図4と同様の比較を行ったものであるが、ここでは変形した波形による結果と三角波による結果の間に差異は認め難い。これは強度曲線の勾配が緩やかなために、波形の変形による効果が実験のばらつきの中に含まれてしまっているためと思われる。波形6と波形7による実験では軸ひずみの変動についても、他の波形の場合と異なる。図6は波形7による液状化時の軸ひずみの記録の例であるが、波の頭の双頭化が目立つ。そして第一の波よりも第2の波の方が大きくて、せん断応力の方向の逆転と再度のせん断によって液状化が促進されている事が明らかに分る。同様な事が間隙水圧の上昇においても観察される。繰返し载荷の初期と液状化の直前で間隙水圧は急上昇するが、この部分ではやはり双頭波の第1の山よりも第2の山の方が高くなって液状化が促進されている。波形6と波形7による実験の結果はゼロクロッシングによってサイクルを区切る手法における問題点を示している。これ等の波形はゼロクロッシングとして複数のサイクルになるが、実際の液状化効果は一つのサイクルによるものと複数のサイクルによるものの中にある。即ち同方向の複数の大きな波が相次いで不完全片振りのような形になっている場合は液状化効果は減小する。更に実験を進める事により減小の程度を調べる事も可能であろう。

4. 結び

双頭波形のような崩れた波形はその変形の度合が可成り大きくても、せん断応力の逆転のない単一な波形とその液状化効果は殆ど変わらない。又同方向の複数の大きな波が相次いでいる場合は液状化効果は減小する。

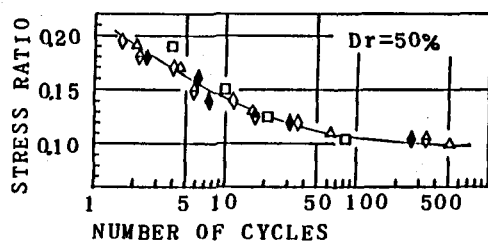


Fig 3 TEST RESULT (2)

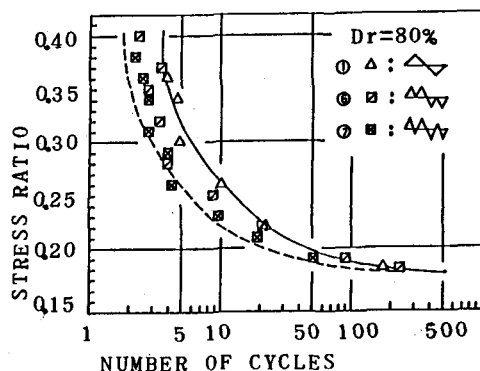


Fig 4 TEST RESULTS (3)

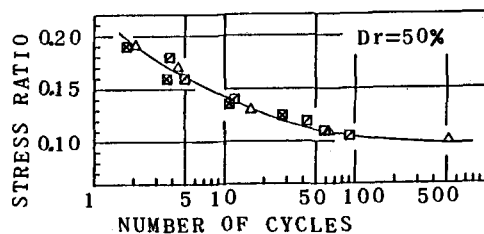


Fig 5 TEST RESULTS (4)

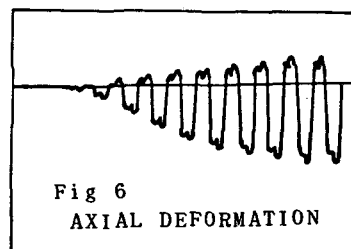


Fig 6
AXIAL DEFORMATION

- 参考文献 1) (例) Silver, M. L., Chan, C. K., Ladd, R. S. and Kenneth, L. L., (1976): "Cyclic Triaxial Strength of Standard Test Sand," Proc. ASCE Vol. 102, No. GT5, PP. 511-523.