

砂地盤の液状化に及ぼす入力波の不規則性の影響について

東北大学 学生員 ○浅利 浩司
 同上 正会員 柳沢 栄司

1 はじめに

飽和砂の液状化現象の評価は通常、非排水条件の仮定のもとに行なわれるが、現実の地盤での挙動を知るためには、排水条件を考慮することが必要となる場合がある。また、地盤に地震力が作用した場合に生じる間隙水圧量を算定するために、地震波の持つ不規則性の影響を正しく評価し、等価な一様波形に変換する手法を明らかにする必要がある。本研究は特に、地表面自由排水状態にある緩い飽和砂地盤について、せん断土層を用いた振動台実験を行ない、様々な不規則波形に対する応答を記録し、その結果について考察したものである。

2 実験について

本実験に用いたせん断土層（縦1m、横1m、高さ45cm）の断面および各計器類の配置を図-1に示す。せん断土層は、模型地盤のせん断変形を拘束しないように、アルミ製のフレームを重ね、上下のフレーム間にボールベアリングを配した構造となっている。

模型地盤の作成に用いた試料は豊浦標準砂（比重=2.64、最大間隙比=0.949、最小間隙比=0.592、平均粒径=0.33）である。模型地盤は、クレーンにつるしたホッパーを、落下高さを一定に保ちながら移動させて形成し、土層底面から通水して飽和させた。このようにして作成された地盤の相対密度は約37%であった。

実験に用いた入力波を表-1に示す。今回用いた正弦波は、5Hz、300g a lの40秒加振である。各地震波については、本実験では模型地盤を、10mの厚さの実地盤の縮尺模型として考えているので、1Gの重力場での実験であることを考慮して時間を1/10に縮尺して入力し、相似則を満たすようにした。試験4と7は、同一波形で、加速度の大きさを変えたものである。

試験No	入力波	相対密度Dr (%)
1	正弦波（一様振幅）	37.6
2	正弦波（一様振幅）	37.6
3	正弦波（振幅増幅）	38.0
4	日本海中部地震（N-S成分）	34.1
5	新潟地震（N-S成分）	39.4
6	秋田沖地震（N-S成分）	36.9
7	日本海中部地震（N-S成分）	38.4

表-1 試験条件

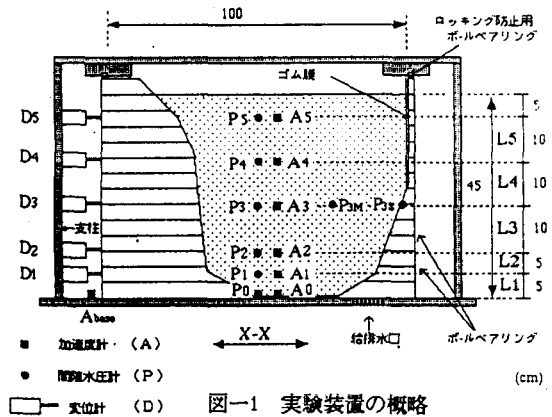


図-1 実験装置の概略

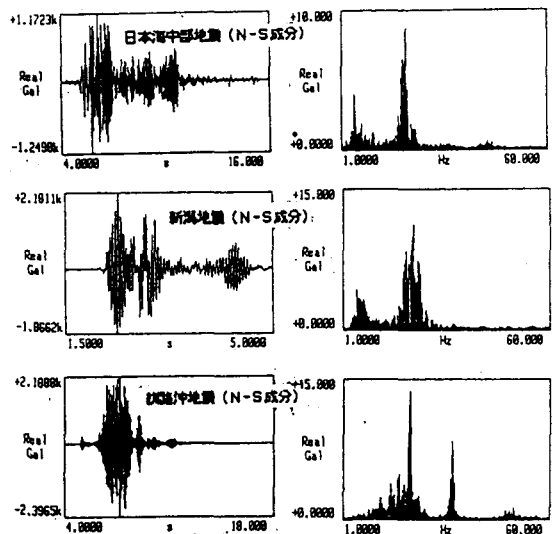


図-2 地震波の波形とフーリエスペクトル

3 実験結果の考察

過剰間隙水圧の発生、蓄積に貢献する要因の中で、せん断ひずみに着目して結果を整理した。

図-1に示すように、地盤をL1~L5の5層に分割し、それぞれの層の上面と下面との相対変位を層厚で割り、せん断ひずみとした。各入力波について、各層ごとに累積ひずみと間隙水圧の上昇との関係を求めた。ここで、各層の間隙水圧は、層の上面と下面での値の平均値をとっている。これらの関係を図-3に示す。この関係はa, bを係数として、式

$$u/\sigma = \sum \gamma / (a \sum \gamma + b)$$

で表すことができ、それぞれa, bを求めた。図-4は図-3を拡大したものであり、図中の曲線は正弦波の記録から求めた平均値 (a=1.44, b=0.54) を用いたものである。

このグラフ上では各層で、間隙水圧の上昇が止った時点でプロットをやめている。これによると、正弦波に比べ、地震波の方が小さな累積ひずみで間隙水圧がピークに達し、その値も小さいという傾向があり、また、同一の入力波においても、各層ごとの差が大きい。

この各層間のばらつきは拘束圧の影響では説明がつかない。そこで、これらの違いが、その振動数成分にあると考え、各層の間隙水圧がピークに達するまでに要するせん断ひずみ波数と時間から、その振動数を求めた。(No5=19Hz, No6=32Hz, No7=4.2Hz)。この値は、各層ごとのひずみ波形のフーリエスペクトルを見てみると、1次もしくは2次のピークとほぼ一致していることがわかった。そこで、各層での、最下層L1に対するひずみ振幅の増幅率を求めると図-5のようになり、増幅率は各層ごとの間隙水圧のピーク値の分布と対応した関係があるようである。

4 まとめ

入力波形の異なる振動台実験の結果から、間隙水圧の蓄積は累積ひずみとの関係で表せたが、その関係は深さ方向に対してばらついており、振動数の大きいものほどその傾向が強いようである。また、今回のような緩い砂層では、初めの数波で急激に水圧が上昇した後は、大きなひずみを受けても水圧の蓄積は起こらなかった。今後はこのような現象の解明が必要と考える。
 <参考文献> 1) 香川崇章 土構造物の模型振動実験における相似則、土木学会報告集、1978 2) Hideo Nagase, Effects of load irregularity on the cyclic behaviour of sand, 1987 3) 佐々木康他、累積せん断ひずみに基づく間隙水圧発生量の算定

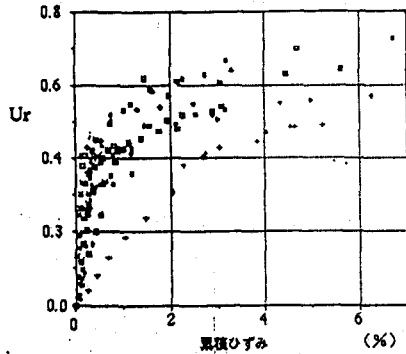


図-3 累積ひずみ-間隙水圧比

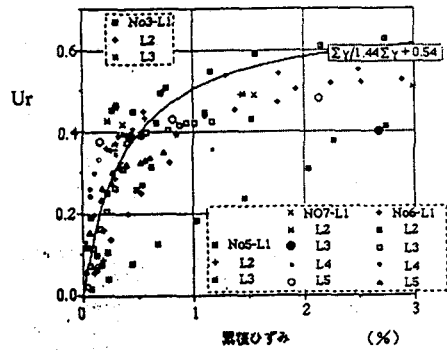


図-4 累積ひずみ-間隙水圧比

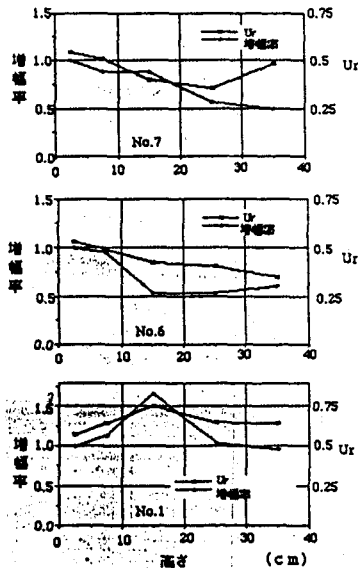


図-5 増幅率と間隙水圧比の関係