

構造物基礎-砂地盤系の液状化に関する模型実験

京都大学大学院 学生員 〇光彦 康夫
 京都大学工学部 正員 北浦 勝
 京都大学工学部 正員 後藤 尚男

1. まえかき 軟弱な砂層地盤が地震時に大きな外力をうけて液状化を発生した場合、地盤中に根入れされた構造物基礎が倒壊することなどによって構造物の機能に大きな支障が生ずることと予想される。本実験は、このような構造物基礎周辺部の液状化発生を実験的にとらえ、どのような場合に液状化が発生しやいか、液状化が発生した場合に基礎などのような挙動を示すか、を知ることを目的として実施した。

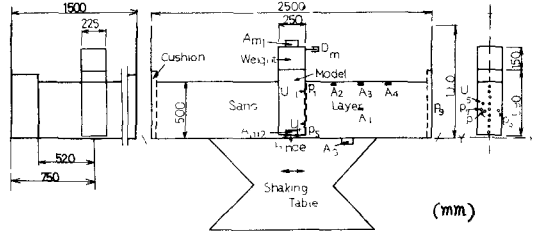


図1 実験装置

2. 実験概要 実験装置の概略を図1に示す。基礎模型は重さ約54kgの正三角形断面をもつ鋼製の剛体で、底部にヒンジを取りつけることのできる。ヒンジを取りつけた場合は、回転のみの1自由度系となり、ヒンジを取り除いた場合は、回転と並進成分よりなる2自由度系となる。地盤モデルには滋賀県野洲川産の川砂(比重2.63,粒径加積曲線は図2に示す)を用い、振動台上にとりつけられた2.5m×1.5m×1.0mの鋼製砂箱の中に厚さ約50cmの均等な砂層地盤を作成した。この地盤を、水のパイロント作用を利用することによって、加振前の初期間隙比が0.81~0.93の非常に軟弱な状態となるように配慮した。

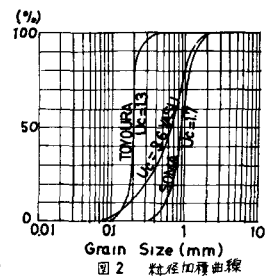


図2 粒径加積曲線

3. 実験結果 構造物基礎と地盤の相互作用として、入力地震波の振動数と構造物基礎-地盤系の固有振動数とが一致した場合に、共振作用によって入力加速度の数倍の応答加速度が構造物に生じ、構造物基礎周辺において液状化が発生しやすい状態にあるのではないかと、ということが考えられる。このことを確かめるために本実験ではまず最初に図3に示すような構造物基礎-地盤系の共振曲線を作成し、入力地震波の振動数を3種類採用した。一つは基礎-地盤系の固有振動数と考えられるものであり、一つは地盤そのものとしての固有振動数と考えられるものであり、そしてもう一つは低サイクル振動数の代表としての2Hzである。それぞれの振動数に対して数種の入力レベルを用いることにより、同一入力レベルに対する振動数の影響について検討を加えた。

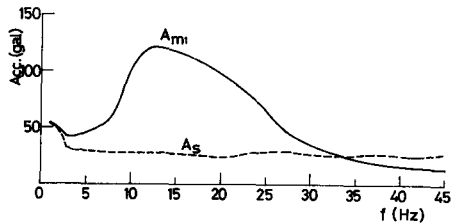


図3 共振曲線

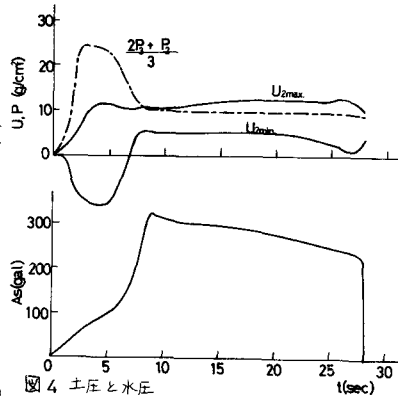


図4 土圧と水圧

その結果今回の実験においては、基礎-地盤系の共振点において非常に液状化が発生しやすいことが確認された。

次に構造物基礎周辺部に液状化が発生した場合の基礎の挙動について見てみる。図4は横軸を時間にとり、入力加速度とそれに対応する間隙水圧と土圧との時間的な変化をグラフ化したものである。(水圧計 U_2 は深さ約15 cm にあり、 U_{2max} と U_{2min} との間は水圧の変動幅を示している。 $\frac{2P_1+P_2}{3}$ は U_2 と同じ深さの土圧に相当すると考えられるものである) 図中7秒付近において液状化が発生していると考えられ、過剰間隙水圧が急増しかつ水圧の変動幅が急激に小さくなり、土圧の値の急激な減少がみられる。これらのことは、液状化の発生により土粒子間構造骨格の崩壊による地盤反力の減少と、反力の減少ゆえに助長される基礎の振動の減少(地盤が液状化することによりこれより地盤から模型に伝えられた外力の大きさが低下すること、地盤が軟弱になり基礎-地盤系としての共振振動数が非常に小さい値となりまたかも地盤計(変位計)のような挙動を示して基礎模型が振動しなくなること、の2点が原因と考えられる。)の相乗作用によるものと思われる。図5-1と図5-2は、ともに10 Hz 100 gal で加振した場合の入力加速度 A_5 、地盤中の加速度計 $A_1 \sim A_4$ (加速度計は比重を地盤とあわせことにより、地盤と一体となって挙動するようになっている)、過剰間隙水圧 $U_1 \sim U_5$ 、基礎頂部の振動中立軸が初めの位置からおれた値 D_m を並記したものである。図5-2の実験は図5-1を行なった後で砂をゆるめるとなして繰り返したものであるが、水圧計 $U_2 \sim U_5$ の読みより図5-2においては液状化が図5-1に比較して発生していないことがわかる。地盤中の加速度計 $A_1 \sim A_4$ の読みから液状化が発生した場合に加速度の値が急落することかわかるが、構造物基礎に近い A_2, A_3, A_4 の順に落ち込み方が大きく、その継続時間も長いことを考慮すれば、構造物基礎周辺において発生した液状化が、基礎から離れた部分へ伝播している、と考えることができよう。図5-1と図5-2の D_m を比較すれば、液状化が発生した場合には、発生しない場合に比べて非常に大きな基礎の変位を生ずることがわかり、この変位が構造物の倒壊などの原因となることが予想される。

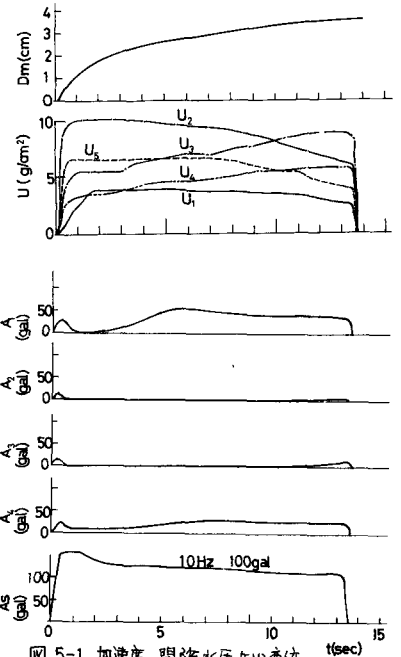


図5-1 加速度、間隙水圧、ケリ変位

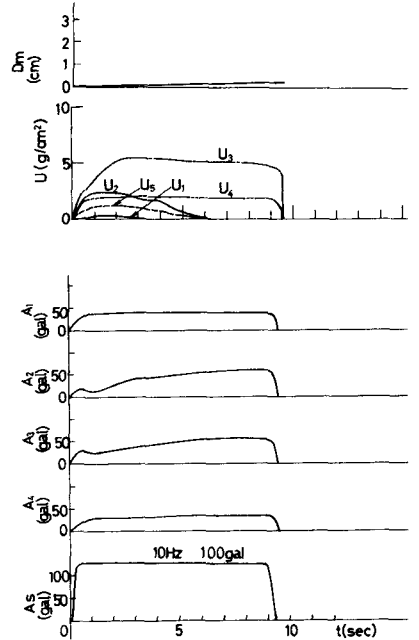


図5-2 加速度、間隙水圧、ケリ変位