

III-162

遠心模型による飽和砂地盤の液状化へのアプローチ

水資源開発公団 正会員 ○ 太原 浩
 " 正会員 青山 竜二
 中央大学理工学部 正会員 涂 敏強
 " 正会員 藤井 斉昭

1、はじめに

地中に埋設される線状の構造物である管路施設にとって、地震時に地盤の液状化による管路の浮上りの現象は、埋設管路の耐震設計の中で重要な検討項目である。筆者らは遠心模型実験を利用することにより、地中埋設管の浮上り現象を再現し、その挙動を解明することを試みている。本報告は、こうした研究に先立って飽和砂地盤の作成方法の確立や、砂地盤の液状化を確認するため、飽和砂地盤の液状化実験を試みた結果をとりまとめたものである。

2、模型地盤の作成

遠心模型実験の相似則によると模型地盤を ng の遠心力場に置いた場合、模型の n 倍に対応するような寸法の地盤と模型地盤では浸透現象の時間縮尺が $1/n^2$ であるのに対し、動的現象の時間縮尺は $1/n$ となる。そこで、砂地盤の液状化のような問題を取り扱うとき、地盤の見かけ透水係数を調整して両現象の時間縮尺を一致させておく必要がある。透水係数は粘性抵抗にはほぼ反比例するので、模型地盤の間隙流体の粘性を n 倍に高めることによって、動的現象と浸透現象の時間縮尺を一致させることができる。そのための間隙流体としてシリコンオイル、グリセリン水溶液のほか、非ニュートン流体であるメチルセルローズ水溶液等が用いられている。本実験では取扱いの容易さを考慮してグリセリン水溶液を用いた。なお、グリセリン水溶液の粘性は温度と濃度によって変わるため、グリセリン水溶液の粘性と温度、濃度の関係を求め、実験室の室温 18°C の水の粘性 1.06m. pa. sec に対して設定遠心加速度 $50g$ で相似となる粘性 53m. pa. sec を満足するように、実験用のグリセリン水溶液の濃度を 75% とした。なお、その水溶液の密度は $\rho=1.19\text{g/cm}^3$ であった。

模型地盤は、図-1に示すように粒度調整した(平均粒径 3.0mm)川砂をパイププレートで締固めたのちグリセリン水溶液で飽和させた支持層と、グリセリン水溶液中を自由落下させた豊浦標準砂の二層からなる。砂層はグリセリン水溶液中の落下高が 2cm となるよう絶えず液面の高さを調整し、1層を 2.5cm として所要の密度となるよう予め計量した豊浦砂を撒き出して作成した。こうして作成した砂地盤の初期相対密度はおおよそ 40% であった。なお、模型地盤は移動による密度変化を避けるため、遠心模型実験装置の回転アームに取り付けられた振動台の上で作成された。

3、液状化実験の条件と計測

液状化のための振動実験は何れも $50g$ の遠心力場でを行い、図-1の模型に水平方向(矢印)の振動加速度を加えた。実地盤が液状化するような地震の周波数を $3\sim 5\text{Hz}$ 、水平加速度 120gal 以上と考え、遠心模型の相似則に従い、ここでは $50g$ の遠心力場で加振する周波数を $150\sim 250\text{Hz}$ 、加速度 $6g$ 以上とした。図-1に示すように模型地盤内には小型の間隙水圧計($\phi 6\times 12\text{mm}$)と圧電型加速度計($4\times 4\times 13\text{mm}$)をそれぞれ同一レベルに設置し、振動に伴う応答を回転アーム上に搭載したデータロガーで捉えた。加振実験後もしばらくは $50g$ の遠心場を保持し、振動による過剰間隙水圧の消散を待って遠心載荷装置の運転を中止した。

図-1の地表面近くの破線は実験後に測定した地盤表面の沈下性状を強調して描いたものである。これより振動による沈下量は、側壁付近が中央部より大きく、この部分では振動時に壁からの反射波の影響を強く

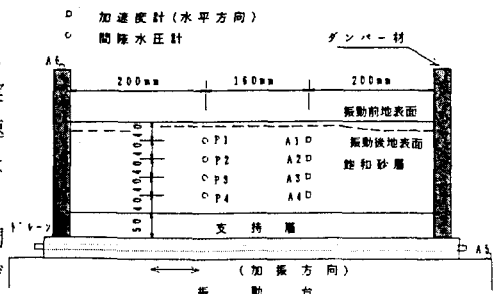


図-1 模型地盤の計測センサー配置図

受けていたことが推測される。このことから、模型地盤の横幅(560mm)のうち実験上有効な領域は、中央部寄りの3/5程度と考えられる。実験後の地盤表面をスケッチしたのち、表面を刷毛で平に仕上げ、再度50gの遠心力場において模型に二回目の振動を加えた。このような実験の一例についてその条件を表-1に示す。

4、実験結果及び考察

振動に伴う地盤内の加速度と間隙水圧の経時変化に関する膨大なデータのうち、ここでは図-1に示す地表からの深さ8cmと16cm(これは実物の4mと8mにそれぞれ対応)の位置におけるデータを図-2に示す。図-2(a)は表-1に示す初回の加振条件に基づく振動台の加速度記録であるが、第二波目からほぼ設定通りの正弦波が0.2秒間(実物では10秒に相当)、模型に加えられたことが知れる。この加振に対する応答が図-2(b)および(c)である。これらの図より以下のようなことが知れる。

(1)、加速度の波形を見ると、一定の入力波(a)に対し地盤内の応答加速度には乱れが生じ、地表に近い程その乱れは著しい。なお、乾燥砂地盤の模型では土槽底部から砂表面にかけて、ほぼ比例した大きさで一定の応答波形が得られている。¹⁾

(2)、加振後6波目程の間に間隙水圧は急上昇して過剰間隙水圧比で約0.5にまで達するが、その後は漸増していく。即ち、間隙水圧の上昇は一様ではなく、変曲点が認められる。

(3)、模型地盤の下部の間隙水圧(図-2(b))を見ると、加振中は間隙水圧が漸増して加振終了時点で、ほぼ過剰間隙水圧比が0.8に達しているものの、その後は漸減している。これに対し地表に近い方では(図-2(c))、加振終了後も間隙水圧は上昇し続け、加振から約0.6秒後に過剰間隙水圧が1に到達している。

なお、図-2とはほぼ同様な傾向が表-1に示す二回目の加振実験においても認められた。以上のことから、本実験において少なくとも地表から8cmの深さまでは地盤が液状化現象を呈していたことが応答加速度や間隙水圧の挙動から知れよう。

5、まとめ

今回の実験の間隙水圧や加速度の挙動から、地盤の上部で液状化が発生していることが確認された。したがって、遠心模型実験で地盤の液状化を再現し、地震時の埋設管の挙動を観測する実験の可能性についても確認出来たものと考えられる。なお、加振方向の壁面には、ダンパー材を設置しているが、実験後の地盤表面の形状からも、土槽壁面の反射による影響が懸念される。そのため、壁面による拘束の影響を抑えたとせん断土槽の開発を進め、より実地盤に対する再現性の高い模型実験を試みている。

参考文献 1)岡崎他：地中埋設管の地震時挙動に関する基礎実験、第28回土質工学研究発表会

表-1 実験条件

加振回数	周波数	振動加速度	振動時間	相対密度
初回	150Hz	6 G	0.2sec	40%
二回目	250Hz	6 G	0.2sec	55%

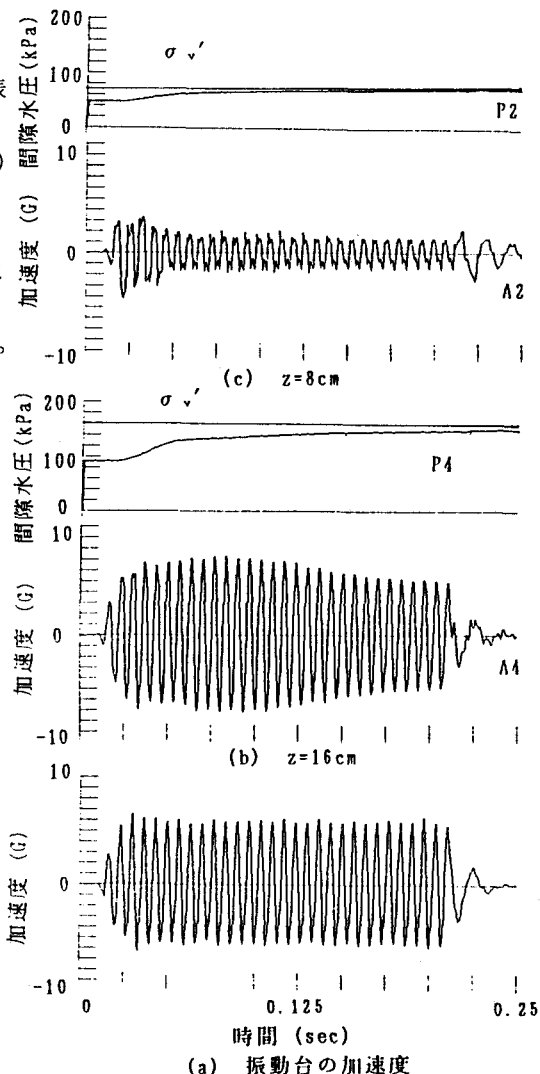


図-2 加速度と間隙水圧の経時変化