

建設省土木研究所 正員 岩崎敏男
 常田賢一
 ○吉田精一

§1 はじめに

1964年の新潟地震を契機とする飽和砂質地盤の地震時の流動化に関する研究が数多く実施されているが、本文は、筑波研究学園都市に新設された建設省土木研究所の大型振動台を用いて実施した模型実験の結果を報告するものである。

§2 実験概要

実験装置は振動台と土槽が主体をなし、振動台は表-1に示すとおり $6^{\circ} \times 8^{\circ}$ 寸法をもつ。土槽は、長さ6m、幅3m、高さ2mであり、加振方向の壁は下端ヒンジの可動壁で、その上端は互いにロックで剛結され地盤にせん断ヒズミを生じよう配慮されている。この土槽内にあらかじめ水を張りホッパーを用いて実験対象とするゆるい飽和砂質地盤を作成し、この中に杭模型を設置した。杭模型は、鉄板からなる杭部、頂部の付加重量部から成り、鉄板杭の板厚、杭長、付加重量をそれぞれ変え、固有振動数 f_0 の異なるモデルを4種(M-1: 4Hz、M-2: 7Hz、M-3: 4Hz、M-4: 16Hz)製作し、杭下端を剛結して設置した。計測の概要は図-1のとおりであり、地盤加速度、間ガキ水圧、杭加速度、杭変位の測定その他、沈下計による表面沈下量の測定及び砂層の貫入抵抗を求めるためのコーン貫入試験を行った。加振入力は、加振機の内部発振装置より杭モデルM-2と同じ周波数である7Hzの定常正弦波を入力した。加振時間は、入力開始後加速度が公称加速度レベルに達してから30秒間とした。加速度入力は図-2の加振加速度からわかるように同一レベルの連続入力の影響おらびに前段階より変化する加速度を入力させたときの影響を調べることを目的として設定した。

§3 実験結果

実験の結果を(a)地盤の応答加速度、(b)地盤内に生じる過剰間ガキ水圧、(c)杭頭と砂箱との相対変位、(d)加速度に対する杭頭の加速度応答倍率について整理した。一例として加振段階2の結果を図-3に示す。図中の縦軸は各応答(いずれも正弦波状波形のアラスのピーク値の包絡線)。横軸は、加振経過時間であり、図中の番号は計器番号で図-1と対応している。(a)図は地盤の応答加速度の結果である。完全流動化すると砂層は絶対静止し加速度は応答しなくなるが(=0)、上層部から順に流動化して10秒を越えると全層にわたって流動化したことがわかる。(b)図は、地盤中に発生する過剰間ガキ水圧の深度分布を表したものである。間ガキ水圧の大きさは、間ガキ水圧計の設置した深さに対応しており、最終値は初期の土かぶりの有効応力にはほぼ等しい。また、上層から間ガキ水圧の発生が見られ、ピークに達する時間から上層より下層へと流動化が進行していくことがわかる。(c)図及び(d)図は、共に杭の応答特性に関する結果である。加速度に比べ変位の応答はやや遅れ、不完全流動化から完全流動化に至る頃とようやく地盤の拘束から解放されて大変位を生じること示している。加速度、変位共にM-2が大きい、入力周波数 f_i がM-2の f_0 に等しく共振による。また、M-4の変位が特に小さいのは、 f_0 が16Hzと剛性が大きいというのに杭長が短いためと思われる。この加振段階では、 f_0 の等しいM-1とM-3の応答特性が似たものとなっている。既往の研究から¹⁾²⁾杭の挙動を支配する地盤の固有振動数は、流動化するにつれて低くなり、その過程で地盤の固有振動数が杭の f_0 と一致する時に一時的に共振を起こしてピークを示すことがわかつている。本実験では初期状態の地盤の固有振動数を計測していないが、段階2では $f_0 = 16\text{Hz}$ であるM-4の応答加速度が5秒程度でピークを示しているので、第2段階の初期の地盤の固有振動数は16Hzより高いと考えられる。また、本実験では可動壁の加速度を測定しているが、段階2の流動化時の可動壁の回転角はほぼ 3.4×10^{-4} 程度であり

項目	大型振動台
振動台寸法	6m×8m:1基
最大載荷重量	100ton
最大転倒モーメント	150ton-m
最大加振力	100ton
最大変位振巾	±75mm
最大速度	±60cm/sec
最大加速度	±0.7G:最大載荷時 ±2.5G:無載荷時
加振方式	水平1軸加振(逆進加振)
駆動方式	電気油圧サーボ方式
制御方式	アナログ制御・デジタル制御
加振波形	正弦波、三角波、矩形波、ランダム波、地震波
周波数自動掃引	変位一定加振 速度一定加振 加速度一定加振
周波数範囲	DC~30Hz

表-1 振動台の諸元

加振No.	加振順序と砂層状態	乾燥密度 [t/m ³]	間隙比 e			
			1.0	0.9	0.8	0.7
0	加振前	1.390				
1	30gal加振後	1.391				
2	80gal加振後	1.403				
3	80gal加振後	1.419				
4	50gal加振後	1.424				
5	80gal加振後	1.432				
6	150gal加振後	1.449				
7	150gal加振後	1.463				
8	250gal加振後	1.475				

※加振時間は所定の加速度に達してから30秒間

※振動数7Hzの正弦波

図-1 加振順序と地盤の密度変化

地盤モデルの中央部ではこのヒストリよりやや大きくなったものと考えられる。

§4 あとがき

本実験は当所の大型振動台を用いた最初の振動実験であったが、従来の実験結果と現象的に異なるものではなく各当り結果を得ることができた。詳細な結果については、発表時にゆずる

参考文献

- 1) 岩崎・龍岡・若田「砂層中の杭の動的挙動に関する模型振動実験」土木研究所資料、第1152号
- 2) 岩崎・龍岡・丸山・佐原「液状化する砂層中の動的強度に関する模型振動実験(2報)」第13回土工学会研究発表会、1979.6

凡例

□ : 変位計 □ : 加速度計 M : 杭モデル No.
■ : 土圧計 △ : 間隙水圧計 fp : 杭の固有振動数

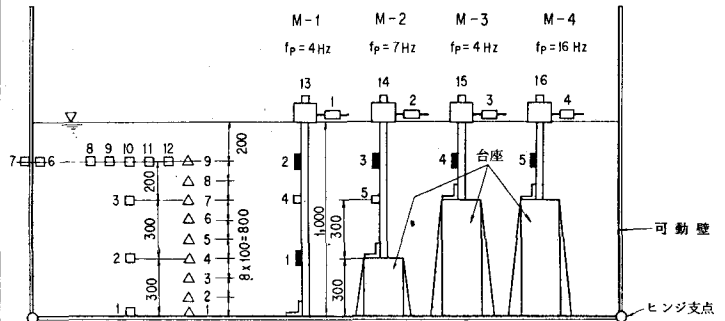


図-1 計器配置図

加振段階2 公称入力加速度 80gal

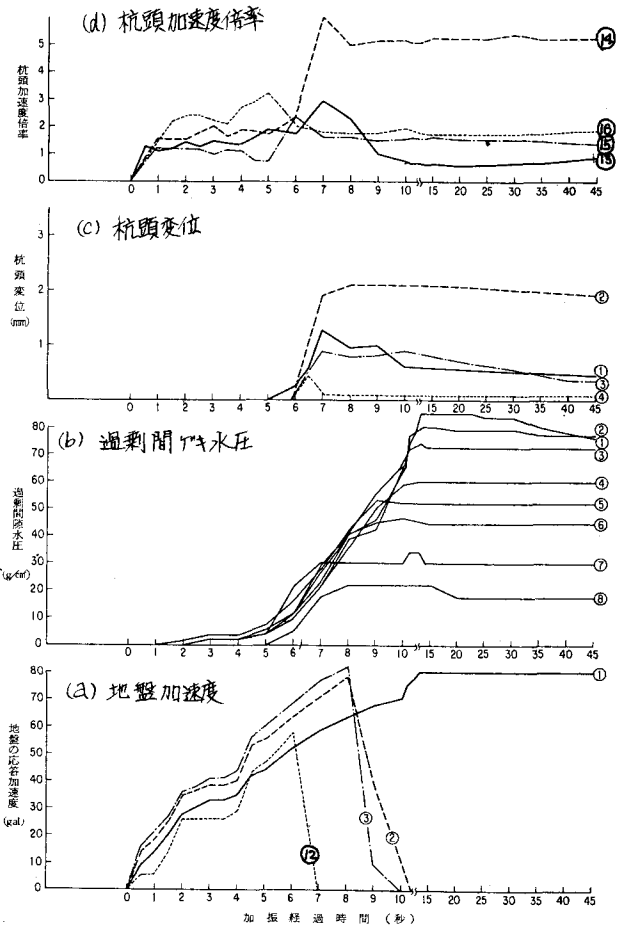


図-3 実験結果