

Ⅲ-288

液状化による側方流動模型実験と予測手法の開発

東京大学大学院 学生員 豊田 浩史
 東京大学工学部 正 員 東畑 郁生
 東京大学大学院 Abbas Ghalandarzadeh

1. まえがき

傾斜した地盤が液状化を起こすと側方に流動し、地中構造物に甚大な被害を与えることが認識されてきている。そこで筆者らは側方流動のメカニズムを解明すべく模型振動台実験を行い、その挙動特性の把握に努めてきた。模型実験においては拘束圧の影響を考え、実地盤で考えられるよりさらにゆるい地盤で実験を行った。実験の結果、振動が作用していなくても流動を続けられる流動（自由流動）と、振動中は流動するが振動を止めると変形も止まってしまう流動（振動流動）があることがわかった [1]。自由流動は非常にゆるい地盤においてのみ存在し、振動流動は自由流動より密な地盤でも起こりうる。自由流動の実験結果と解析については文献 [3] において説明したので本論文では振動流動の挙動について説明し、予測モデルの適用性を検討する。

2. 実験の概要

長さ 200cm、幅 40cm、高さ 60cm の土槽に図 1 のような模型地盤を豊浦標準砂で作製した。地盤作製方法として、含水比 5% 程度の砂を堆積させ 4~5cm の厚さ毎に平底タンパーで所定の密度になるように締固める湿潤締固め法 (Moist tamping) を用いて斜面を形成した。その後十分に飽和させるため二酸化炭素の注入を行い、間隙が二酸化炭素で満たされたら水を地盤の底より供給し飽和地盤を作製した。振動は一定振幅の正弦波を用い、入力波の振幅および周波数を変えて実験を行いその影響を調べた。振動方向は土槽長手方向である。図 1 に示す位置に変位計も設置してある。典型的な実験結果（入力加速度、間隙水圧、流動変位）を図 2 に示す。

3. 結果および考察

流動変位の予測モデルは地盤の持つエネルギーを計算し Lagrange の運動方程式に代入して得られるものであるが、詳細は文献 [1],[2] を参照してもらうとしてここでは省略する。本実験において振動を与え続けると地盤は水平になるまで変位したため、最終変位量は密度によらずほぼ一定となった [2]。入力パラメータであるせん断剛性 G と残留強度 τ_r はゼロとする。この仮定により予測モデルにおいても地盤が水平になるまで流動することになる。

つぎに減衰項であるが、流動中に振動を伴わない自由流動においてはこのモデルの減衰定数 h を 0.63 とすると実験結果とよく一致することを示した [3]。振動流動においては入力加速度が大きいほど、また地盤がゆるいほど流動速度が大きくなることが実験より分かっている [1]。このモデルはエネルギー減衰として粘性減衰を用いているが、振動流動においても図 3 のように減衰定数 h を変化させることにより実験結果をうまく説明でき

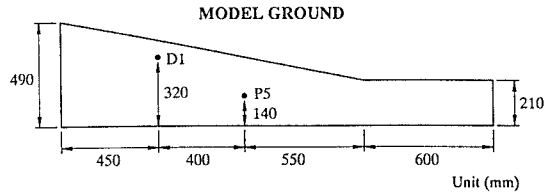


図 1：模型地盤

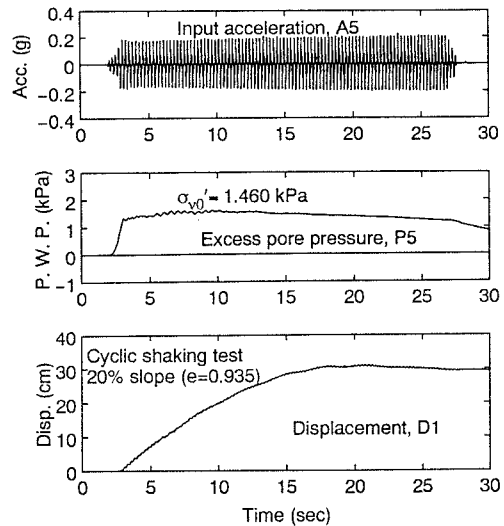


図 2：時刻歴測定結果

ることがわかる。この減衰定数 h と実験条件を整理すると図 4, 5 のようになる。図 4 は地盤密度をほぼ一定としたときの減衰定数 h と入力加速度の大きさの関係である。入力加速度が大きくなるほど流動速度が大きくなるため小さな減衰（粘性）でよいことが分かる。しかし入力周波数の影響は受けていない。図 5 に入力加速度がほぼ一定のときの減衰定数 h と地盤間隙比の関係を示す。この図より地盤が密になると流動速度が小さくなるため粘性も大きくしなければならないことが分かる。

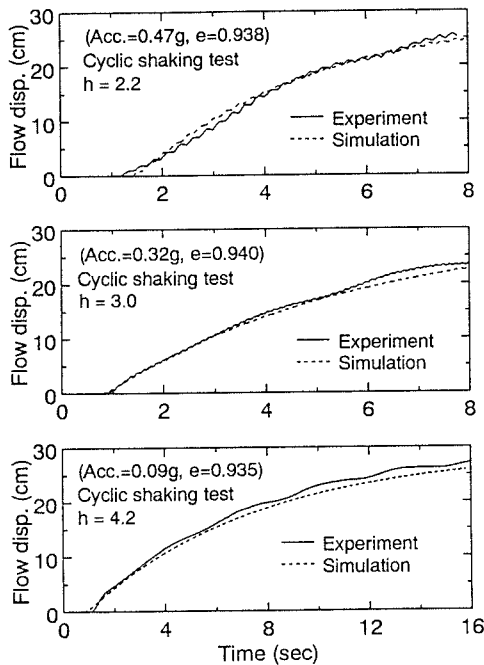


図 3：実験と解析の比較

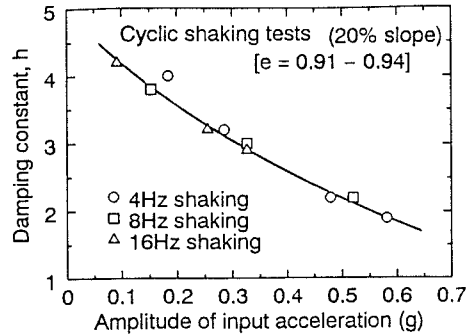


図 4： h と入力加速度の関係

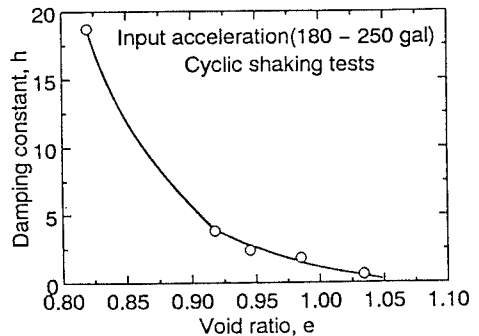


図 5： h と地盤密度の関係

このように振動流動においては開発した流動変位予測モデルの減衰定数 h を入力加速度の大きさと地盤間隙比によって評価すると実験結果をうまく説明できる。ただしここで用いた減衰は繰り返し载荷のもとにおける複雑な流動の挙動を簡単に説明するためのものであり真の減衰とは違ったものであることに注意が必要である。

5. あとがき

本研究では、液状化による流動現象の模型振動台実験を行い、地盤の間隙比の影響および地盤の傾きの違いによる流動変形挙動を調べた。そしてエネルギー論を用いて予測モデルの開発を行った。その結果減衰エネルギーとして粘性減衰を用いると、自由流動の時は減衰定数 h を 0.63 とするとよく、振動流動においては減衰定数 h を入力加速度の大きさと地盤の密度の関数として評価すればこのモデルを適用できることが分かった。

参考文献

- [1] 豊田浩史：液状化地盤の側方流動模型実験と動的予測手法の開発，東京大学博士論文，1995。
- [2] H. Toyota, I. Towhata and A. Ghalandarzadeh : Lateral flow of liquefied ground - Model tests and prediction, *First International Conference on Earthquake Geotechnical Engineering, IS - TOKYO*, 1995.
- [3] 豊田浩史, 東畑郁生, A. Ghalandarzadeh: 液状化による側方流動の模型実験とその解析, 第 30 回土質工学研究発表会講演集, 1995.