

# (III-97) 液状化砂の側方流動現象に関する遠心模型実験

武蔵工業大学 学生会員 ○射場茂夫  
 武蔵工業大学 正会員 末政直晃  
 武蔵工業大学 正会員 片田敏行

## 1. はじめに

傾斜した緩い砂地盤が液状化すると、せん断歪が 100%を超えるほどの大変位を生じることがある。この現象は側方流動現象と呼ばれ、先の兵庫県南部地震においても報告されている。本研究は、遠心模型実験によってこの側方流動現象の再現を試みたものである。ここでは地盤構成や入力加速度、傾斜角がそれぞれ異なる計 5 ケースの実験について、特に水平変位の経時変化や分布形状に着目して整理した。

## 2. 実験方法

図 1 は、模型地盤の概要である。試料容器にはアルミ製のせん断土槽（内寸 W42.0cm×D15.0cm×H27.0cm）を使用した。また、側方流動現象を再現する為、せん断土槽下部にアルミ製の傾斜板を取り付け、容器全体を 1° 或いは 4° に傾けた。地盤の作成方法は、次の通りである。まず、せん断土槽内部に袋状にしたゴムメンブレンを挿入し、通水を容易にするために、底部に砂礫を層厚 2.0cm 敷き詰めた。地盤試料には豊浦砂を用い、加速度(ac)計と間隙水圧(pwp)計を所定の位置に設置しながら空中落下法によりせん断土槽内に砂を堆積させた。地盤には上層と下層の密度が異なる 2 層地盤と全ての密度が均一である均一地盤の 2 種類があり、それらの相対密度や層厚は表 1 に示す。作成した地盤を真空容器によって脱気した後、地盤を乱さないように間隙流体として 50cs のシリコンオイルを徐々に浸透させて地盤を飽和させた。この容器を遠心装置のプラットフォームに取り付けた振動台に載せた後、50G の遠心加速度場で振動実験を行った。入力振動は 100Hz の正弦波(20 波)であり、入力加速度は 8,15,20G の 3 種類である。

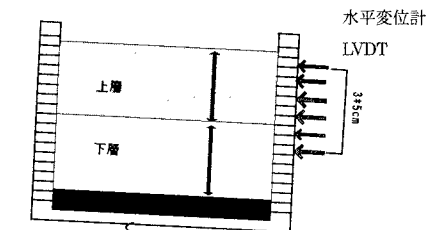


図 1 模型地盤

表 1 地盤条件

ケース	地盤構成	傾斜角	上層	下層	入力加速度
case1	均一地盤加振1回目	4°	23.5cm Dr≒25%		±8G
case2	均一地盤加振2回目	4°	23.5cm Dr≒25%		±15G
case3	逆転層地盤	4°	10cm Dr≒74%	13.5cm Dr≒32%	±8G
case4	上層10cm地盤	1°	10cm Dr≒30%	13.5cm Dr≒80%	±20G
case5	上層12cm地盤	1°	12cm Dr≒30%	13cm Dr≒80%	±20G

このとき、せん断土槽側面に取り付けた変位計により地盤の水平変位量を、地盤中に埋設した間隙水圧計や加速度計で水圧や応答加速度を計測した。ここでは加速度や間隙水圧の結果は省略する。その結果は下記の文献をご参照頂きたい。

## 3. 結果と考察

図 2 は、5 ケースの模型地盤における地表面付近の水平変位の経時変化である。すべてのケースにおいて、水平変位は加振後 0.03 秒付近から時間とともに直線的に増加するが、加振終了後にほぼ一定となっている。この直線勾配については、傾斜角が 4° のケースの中では、入力加速度の大きい case2 が最も大きくなっている。

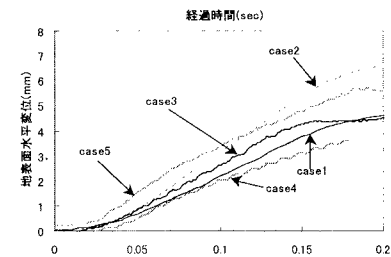


図 2 地表面における水平変位の違い

図 3 は、加振終了後の残留水平変位の深度分布を示したものである。全層が均一な密度である case1 と case2 において、地表から深さ 10cm まででは不飽和層があったためにほとんど残留水平変位は生じていないが、それ以深では深さとともに直線的に減少した。上層が密で下層が緩い層である Case3 においても、下層の緩い層に同様なせん断変形が生じているが、特に上下層

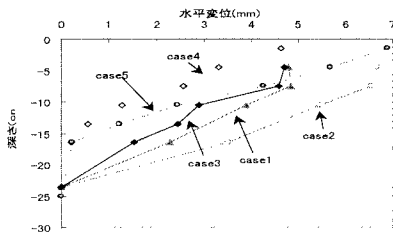


図 3 残留水平変位の深度分布

キーワード 水平変位 液状化 遠心実験 砂地盤

連絡先 武蔵工業大学 〒158-0087 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 TEL&FAX 03-5707-2202

の境界で大きなせん断変形或いはすべりが見られる。上層が緩く、下層が密な層である case4 と case5 では、上層に大きなせん断変形が見られるとともに、下層の密な層においても上部数 cm の範囲においてせん断変形が生じた。

図 4,6,8 は、それぞれ case2、case3、case5 における各経過時点の水平変位の分布状況を示したものである。また、図 5,7,9 はそれぞれのケースにおける所定の深さでのせん断歪速度の経時変化を求め、表したものである。これより均一地盤である case2 では、いずれの時点においても水平変位量は深さに直線的であり、この傾向は経過時間によっても変化はない。一方、case3 では上下層の境界付近で大きなせん断変形が生じており、この傾向は特に加振後期において顕著である。これには間隙水の透水現象が関与しているのではないかと考えている。一方、case5 では、加振初期に緩い上層のみが変形しているが、加振後期には密な下層においてもせん断変形が生じている。図 9 によると、加振後期にはむしろ下層上部のせん断ひずみ速度の方が上層のそれに比べて大きくなっている。ただし、せん断ひずみ速度の最大値は緩い上層の方が密な下層に比べて 2 倍程度大きくなっている。

#### 4. まとめ

本研究室でこれまでに実施した側方流動に関する遠心模型実験の結果をまとめ報告した。これより、液状化による地盤の側方流動は、地盤の密度や入力加速度、地層構成に影響を受けることが確かめられた。これらの内、密度の境界層付近では特に振動後期において特異な現象が生じることが確かめられた。今後、これについての検討を詳細に行いたいと考えている。

<謝辞>遠心模型実験装置は労働省産業安全研究所所有のものを使用した。同研究所堀井宣幸氏、豊澤康男氏、玉手聡氏には有益な助言を頂いた。また、武蔵工業大学卒業生佐藤恭孝氏、高木寛之氏には、実験の実施においてご協力頂いた。ここに記して謝意を表する。

#### 参考文献

- 高木 寛之：地盤構成の違いが液状化による側方流動に及ぼす影響、第 25 回関東支部技術研究発表回講演概要集、pp434-435、1997
- 佐藤 恭孝：傾斜した軟弱地盤の動的遠心模型実験 武蔵工業大学卒業論文、1996
- 直井 康真：液状化後の砂の力学特性に関する基礎的研究武蔵工業大学卒業論文、1997

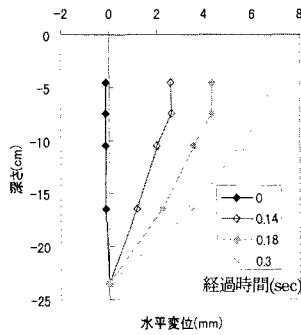


図 4 水平変位の深度分布(case2)

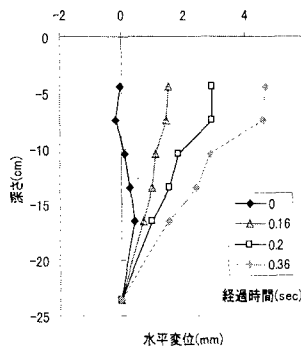


図 6 水平変位の深度分布(case3)

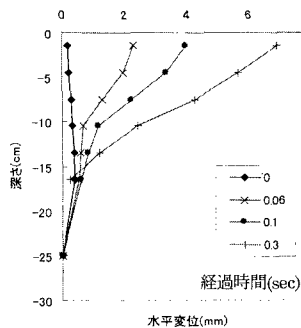


図 8 水平変位の深度分布(case5)

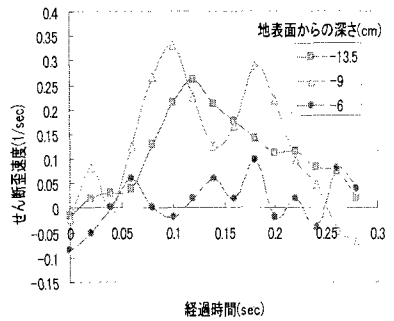


図 5 せん断歪速度と経過時間(case2)

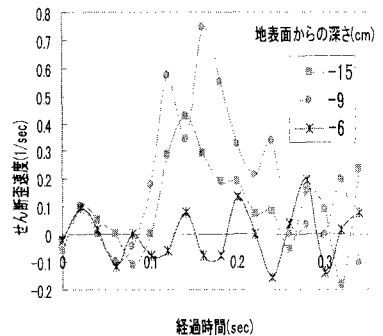


図 7 せん断歪速度と経過時間(case3)

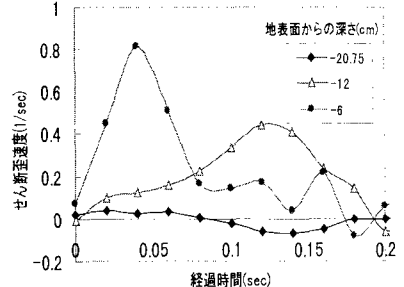


図 9 せん断歪速度と経過時間(case5)