

## 液状化地盤の側方流動速度に関する検討

新潟大学大学院 学生会員 安部崇

新潟大学工学部 正会員 大川秀雄

### 1. はじめに

地盤の液状化に伴う側方流動の、流動速度を知ることとは構造物を設計する上で重要である。流動中の液状化土において、流動速度が液状化層厚の平方根に比例し、その結果から粘性係数が液状化層厚の  $3/2$  乗に比例して増大する」との文献<sup>3)</sup>があり、現在この知見を基に、側方流動に対する設計指針が作られている。しかし、その文献を検討したところ、実験結果の考察に幾つかの疑問が生じた。そもそも粘性係数は物性値であり、スケールによって変わるものではないことがその一つとして挙げられる。

そこで、本報告では流動速度と液状化層厚の関係を検討し、また流動速度の定量化を試みることにした。

### 2. 実験概要

液状化地盤の流動速度と液状化層厚の関係を検証するため、液状化層厚を変化させることにより流動速度がどのように変化するかを計測した。

砂地盤を作成する試料として、粒径が 2mm を越えるものを除いた阿賀野川砂を使用した。

振動台の上に、幅 30×長さ 180×高さ 50cm のアクリル製の砂槽を設置し、その中に模型地盤を下層と上層の二層に分け、下層を液状化させず、上層だけ液状化するように作成する。下層においては、液状化しないよう締め固め、層厚を左端 5cm、右端 15cm で、10/180 の勾配をつけた砂地盤を作成する。その後、砂槽底面から深さ 30cm 程度まで水を注ぐ。次に、下層砂地盤の上面で砂槽中央点に液状化の状態が分かるように、間隙水圧計を設置する。そして上層は、試料を水中で、2mm ふるいでふるって堆積させる（水中沈降法）。上層は下層地盤の勾配と同勾配となるよう堆積させ、地盤を乱さないよう静かに地表面の凹凸をならす。最後に、余剰水を地下水面が目標水位に達するまで静かに排水する。このようにして作成した模型地盤条件を、表 1 に示す。

実験は、振動台を約 350gal、6Hz で加振して、液状

化発生後約 7 秒間振動させた後、振動台を停止させる。

流動速度については、模型地盤の表面に目標物を設置し、側方流動させて目標物が地盤と一緒に移動するようにする。その時、目標物をビデオカメラで撮影し、模型地盤の流動速度の時刻歴変化を計測し求めた。

表 1 模型地盤条件

| 実験番号 | 層厚(cm) | 水位(cm) |
|------|--------|--------|
| A    | 10     | 15     |
| B    | 15     | 20     |
| C    | 20     | 25     |
| D    | 25     | 30     |
| E    | 20     | 20     |
| F    | 25     | 20     |
| G    | 25     | 25     |

### 3. 実験結果と考察

図 1 に実験 A～D までの流動速度と液状化層厚の平方根の関係を示した。A～D までとしたのは、この時の水位を上層の左端の地表面に合わせたものである。この図から、流動速度と液状化層厚の平方根の比例関係が見てとれる。次に、水位を下げた実験 E～G の条件での流動速度と液状化層厚の関係をみると、図 2 のようになった。図 2 は、図 1 に付け加えてプロットしたもので、水位を下げることで流動速度が遅くなり、比例関係が崩れている。またこの時の流動速度と地盤に含まれる水面以下の水分量(g)の平方根の関係について調べたものが図 3 であり、比例関係になっていると言える。実験 E～G に関しては実験 A～D に比べ水面以下の水分量と液状化層の土粒子との質量の割合が少なくなっている。また地下水面より上の層に含まれる水分量も考慮した全体の水分量と液状化層の土粒子との質量の割合は A～F のすべての場合でおおよそ 26%前後であった。つまり、液状化した状態では水と土粒子の混合状態にあまり違いはないが、水位を変える事で比例関係が崩れたのである。このことから流動速度は液状化層厚とは必ずしも関係があるわけではなく、水の存在、特に水面以下の水が流動速度に大きく関係している。

キーワード：液状化 側方流動 流動速度

連絡先：新潟大学工学部建設学科地盤研究室 〒950-2181 新潟市五十嵐二の町 8050 Tel025-262-7204

#### 4. 流動速度の定量化

実験を通して、側方流動には水面以下の水が影響すると考えられた。そこで、水面以下の水のみを抜き出し勾配に沿った一定水位を仮定し、

その場合の流動速度をマンニングの等流公式を用いて求め、

懸濁液と水の粘性係数比の関係から導いた流速比を使って側方流動の流動速度を求めた。

ここで粘性係数比は、高体積濃度・非球形粒子の懸濁液に適用可能な Frankel・Acrivos の提唱した補正式を用いると

$$\frac{\eta_{disp}}{\eta_w} \cong \frac{9}{8} \left[ 1 - \left( \frac{C}{C_{max}} \right)^{\frac{1}{3}} \right]^{-1} = 40.7$$

C：液状化砂中の土粒子の体積濃度

C<sub>max</sub>：液状化砂がとりうる体積濃度の最大値

となり、これを基にした流速比は、

$$\frac{u_{disp}}{u_w} = 0.36$$

であり、計算で求めた流動速度と実験値との比較を図4に示した。層厚の小さいもので実験値の流動速度が大きく出ているものの、計算値と実験値に大差がない。

#### 5. 水面を斜めにした場合の流動速度の定量化

4.で行った流動速度の定量化は水面を斜めと仮定して計算を行ったが、実際にその方法が有効であるか検証を行った。実験概要は、振動する前から模型地盤に水頭差を与えて地下水面を斜めに作り出すこととし、その他の実験条件は同じにして行った。その実験結果は図5に示すように、計算値は実験値と大差のない値が得られた。

ここで今回の流動速度の定量化を行う場合、加振は流動方向に行っているため加速度は考慮しないで計算した。

#### 6. まとめ

流動速度と液状化層厚の関係性は、地下水面の位置などの条件を変えることで成り立たなくなると考えられる。よって、その結果を利用して求められた粘性係数と液状化層厚の関係性については疑問である。

また、粘性係数比から流速比を導き出して求めた流動速度は実験値と大差のない値となった。

#### <参考文献>

- 1) 大川 秀雄：液状化の発生メカニズムを考える，土木学会論文集 No568/ - 39，1997.6
- 2) 佐藤 拓也：地盤の液状化に伴う側方流動現象に関する実験的研究，新潟大学工学部卒業論文，1996
- 3) 濱田・若松：液状化による地盤の水平変位の研究，土木学会論文集 No.596/ - 43，1998.6

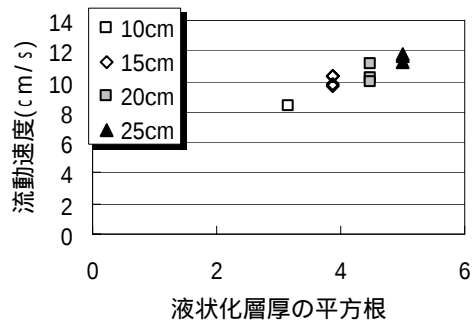


図1 A~D 流動速度 - 液状化層厚の平方根

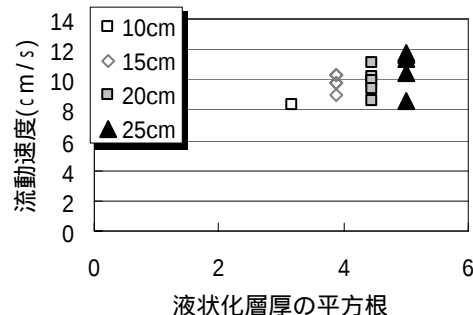


図2 A~G 流動速度 - 液状化層厚の平方根

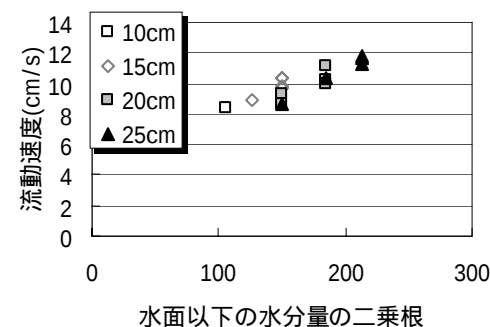


図3 A~G 流動速度 - 水面以下の水分量の平方根

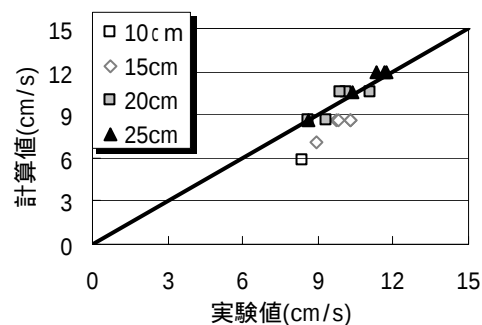


図4 流動速度比較

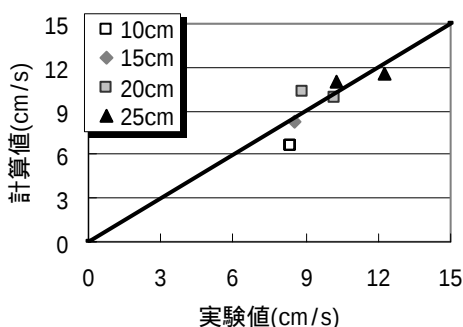


図5 地下水面を斜めにした場合の流動速度比較