

地盤の不均質性が液状化時の流動に与える影響に関する実験的研究

金沢大学大学院  
三谷セキサン(株)  
金沢大学工学部  
福井工業高等専門学校  
金沢大学工学部

学生会員  
正会員  
正会員  
正会員  
フェロー

○武澤永純  
玉井俊幸  
宮島昌克  
吉田雅穂  
北浦 勝

1. 序論

液状化による地盤流動は、過去の大地震で大きな構造物被害を与えてきた。今後大地震の度に起こりうる地盤流動被害に備えて、流動量及び流動の方向性を把握することは重要である。ところで、現在考えられている地盤流動の発生要因としては、地表面勾配や護岸の移動が挙げられているが、付近に河川や海のない内陸部の水平な地盤でも流動が確認されている。このような地盤の流動を著者らは地盤内部の不均質性、もしくは地震動の慣性力によるものと考え、既往地震の事例分析や模型地盤の実験を行ってきた<sup>1), 2)</sup>。本論文では、地盤内部の不均質性、すなわち、軟弱地盤の不均一厚さ、並びにN値に代表される地盤の硬軟分布が地盤流動に与える影響を検討するため、モデル化した飽和砂地盤を作成し、1G場における振動台実験を行った。

2. 実験概要

図-1に実験装置の概要図を示す。振動台上に鋼製の土槽を設置し、土槽下部に傾斜勾配30%の基盤を設けた。模型地盤には珪砂7号( $\rho_s = 2.53 \text{ g/cm}^3$ ,  $D_{50} = 0.16 \text{ mm}$ )を用いており、水中落下法により最大層厚600mm、相対密度30%程度の飽和砂地盤を作成した。傾斜基盤の左側を傾斜上部、傾斜基盤の右側を傾斜下部と称する。加振方向は土槽長手方向であり、傾斜下部には壁面の影響を低減するためにスポンジ製の緩衝材を設置した。本研究の焦点として地盤の硬軟分布の相違が挙げられるが、それを模型地盤内に作成する手段としてコンクリートバイブレーターを用い、振動締固めの程度を変化させた。

表-1に実験ケースを示す。表-1内の概略図のように締固め位置を地盤中央部から傾斜上部側、もしくは傾斜下部側の2つに分けて、その締固め程度を濃淡で表している。すなわち、Case-1は締固めを行わない地盤であり、Case-2は締固め部の相対密度を約70%に、Case-3は相対密度を約100%になるように締固めたものである。

入力加速度は図-2に示すように正弦波とし、周波数5Hz、最大振幅150galの波を60波与えた。計測項目として、加振時には入力加速度と過剰間隙水圧を、加振後には地表面の水平および鉛直変位量と地盤側面の変位量をそれぞれ計測した。

3. 結果と考察

図-3に傾斜下部側の過剰間隙水圧比を示す。相対密度30%及び70%のケースでは、加振とともに過剰間隙水圧比が1.0に達しているが、相対密度100%のケースでは完全液状化までには至っていないことがわかる。これより、相対密度30%の地盤は「液状化に至る軟弱な地盤」、相対密度70%の地盤は「液状化はするが、

キーワード：地盤流動、水平地盤、軟弱地盤の不均一厚さ、硬軟分布

連絡先：〒920-8667 金沢市小立野2丁目40-20 E-mail:takezawa@pbousa9.ce.t.kanazawa-u.ac.jp

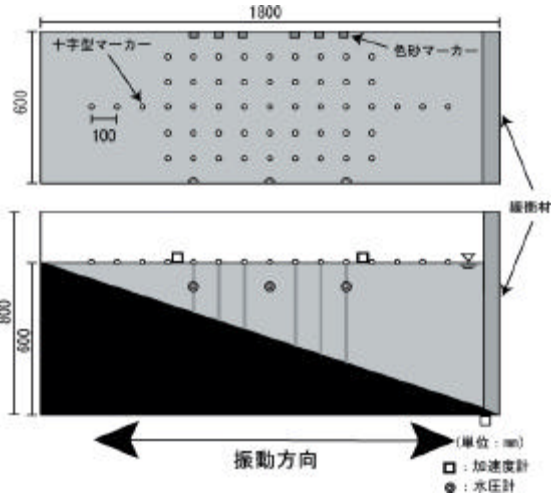


図-1 実験装置概要図

表-1 実験ケース

|          | 相対密度 (%) |      | 概略図 |
|----------|----------|------|-----|
|          | 傾斜上部     | 傾斜下部 |     |
| Case-1   | 30%      | 30%  |     |
| Case-2-A | 70%      | 30%  |     |
| Case-2-B | 30%      | 70%  |     |
| Case-3-A | 100%     | 30%  |     |
| Case-3-B | 30%      | 100% |     |

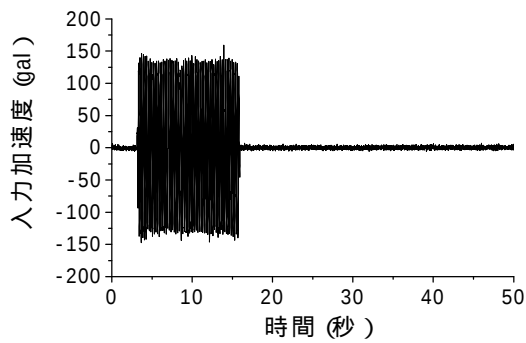


図-2 入力加速度の一例

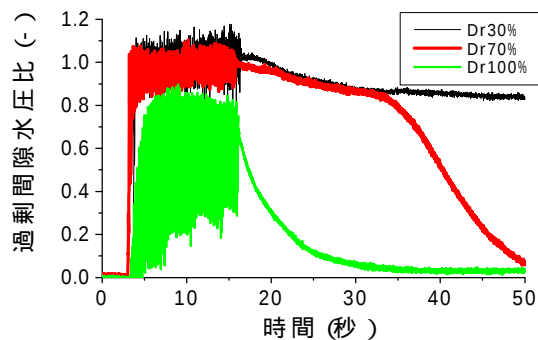


図-3 過剰間隙水圧比の時刻歴（傾斜下部）

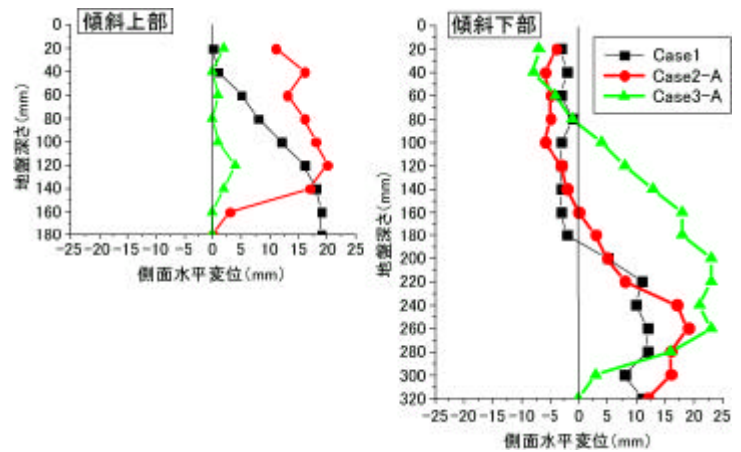


図-4 (A) 地盤側面変位（傾斜上部締め固め）

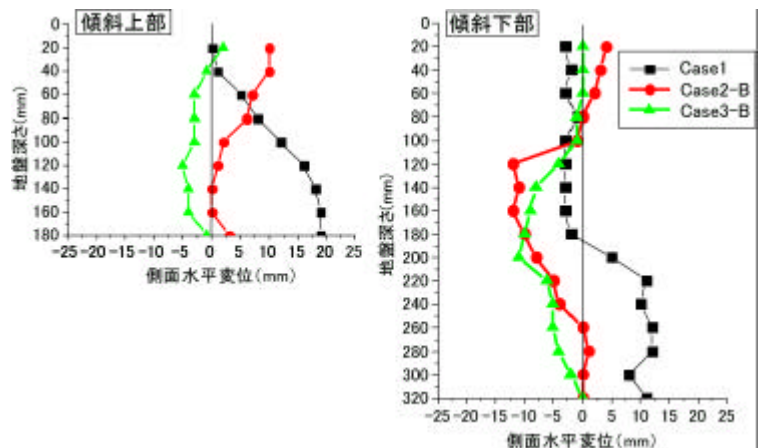


図-4 (B) 地盤側面変位（傾斜下部締め固め）

比較的硬い地盤」，相対密度 100% の地盤は「液状化に至らない硬い地盤」とみなすことができる。

図-4 (A), (B) に地盤中央から左右に 200mm 離れた 2 地点の地盤側面変位量を示す．このうち (A) は傾斜上部を締め固めたケース，(B) は傾斜下部を締め固めたケースを示しており，傾斜下部側に流動した場合，変位量は正の値を示す．Case-1 の結果より，地表面が水平でも基盤に勾配がある場合，地盤内部が傾斜方向に向かって流動することがわかる．Case-1 の結果を他のケースと比較すると，傾斜上部側に硬い地盤が存在する場合は，軟弱地盤の流動が増長される傾向を示し，傾斜下部側に硬い地盤が存在する場合は，軟弱地盤の流動が妨げられる傾向がある．本実験の模型地盤は液状化層厚が不均等であるため，地盤の初期応力状態もまた不均等であると考えられる．この状態で地盤が液状化すると，拘束圧が開放されて，軟弱な方向へ地盤が流動する．流動量は水平な地表面付近の地盤よりも重力効果の影響を受ける基盤付近の地盤の方が大きいことが分かる．また，最大流動量の絶対値には各ケースとも著しい違いは見られないことから，模型地盤の流動は基本的に基盤の傾斜方向に支配されており，硬軟分布の位置によって流動を助長したり妨げたりする効果がある．

#### 4. まとめ

地表面がほぼ水平でも，基盤の傾斜で地盤流動が発生し，傾斜上部側に硬い地盤が存在する場合は，軟弱地盤の流動が増長される傾向を示し，傾斜下部側に硬い地盤が存在する場合は，軟弱地盤の流動が妨げられる傾向を示す．これは，地盤の不均等な初期応力状態が液状化によって開放されることが原因であると推測できる．今後は解析によって，地盤の拘束圧並びに部分的な不均質特性を持つ地盤を考慮した研究を行う予定である．

参考文献 1) 吉田雅穂・宮島昌克・北浦勝：液状化領域の空間分布推定法の提案とほぼ水平な地盤における流動予測への適用，土木学会論文集，No.638/ -49，pp.155-166，1999． 2) 吉田雅穂，伊井和也，宇野元善，武澤永純，宮島昌克，北浦勝：傾斜基盤の流動と地動加速度が液状化地盤の流動現象に与える影響に関する基礎的実験，第 35 回地盤工学研究発表会平成 12 年度発表講演集，pp.2261-2262，2000．