

液状化における表層不飽和層への間隙水の浸透とその影響

防災科学技術研究所 正会員 ○河又 洋介
複合技術研究所 正会員 飯島 正敏

1. 目的

現行の液状化判定法では、地下水位以深の緩い砂質土とされており、地下水位より浅い地盤は、無条件で液状化しない地盤と判定される。しかしながら、地下水位以深の地盤の間隙水圧が上昇することにより、地下水位以浅の表層地盤に、間隙水が浸透することが想定される。浸透量は、液状化状態の継続時間と相関があると考えられる。2011 年東北地方太平洋沖地震のような継続時間が長い地震動では、液状化状態が長時間継続することで、相当量の間隙水が浸透し、地下水位を押し上げたり、地下水位以浅の地盤の間隙水圧を上昇させたりする可能性がある。

地下水位以浅の表層地盤への間隙水の浸透を考慮した研究として、過剰間隙水圧の消散と建物基礎の沈下挙動に注目した研究¹⁾などが挙げられる。本研究では、小型模型を用いた実験により、液状化継続時間と地下水位以浅の表層不飽和層への間隙水の浸透量の関係を検証し、その影響を考察する。

2. 実験概要

試験装置を図-1 に示す。塩ビ管水槽には、高さ 30cm ごとに排水バルブが設置されており、越流させることで、水位を一定に保つことができる。試験体地盤は、豊浦砂を用いて、単位体積重量 14.7kN/m^3 に調節して製作した。試験体地盤の底面を基準として、塩ビ管水槽内の水位を、試験体地盤厚の 1.5 倍とすることで、試験体地盤底面に有効上載圧相当の水圧を作用させ、地下水位以深の地盤が完全液状化した状態を再現した。塩ビ管水槽と土槽下のアルミ製水槽を繋ぐホースに設置された開閉バルブを開けることにより液状化状態を開始、バルブを閉じることにより液状化状態が終了し、試験体地盤を通じた一次元水圧消散過程へと移行する仕組みとなっている。

図-2 に示すように、試験体高さを変えた 3 ケースの実験を行った。試験体内には間隙水圧計を設置して、浸透による間隙水圧の変化を計測した。また、

サンプリング周波数は 1Hz とした。

表-1 に実験ステップを示す。Step1 の前に、バルブを閉じた状態で、各センサの読みを安定させてから実験を行っている。また、一次元消散過程でも、各

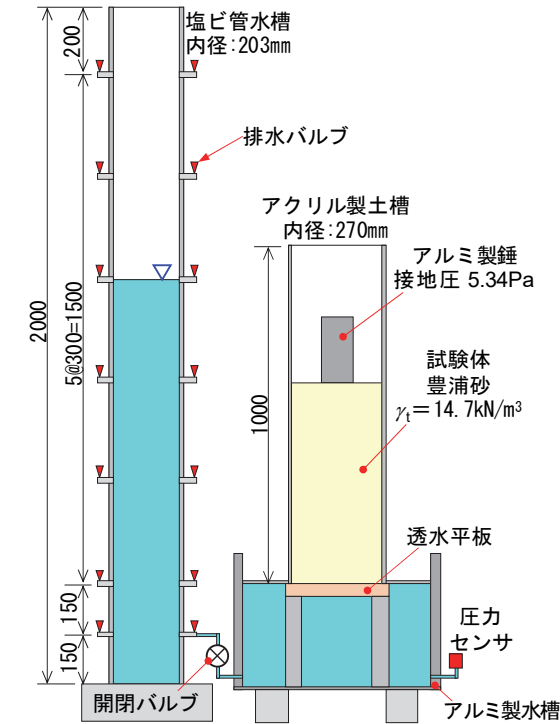


図-1 試験装置

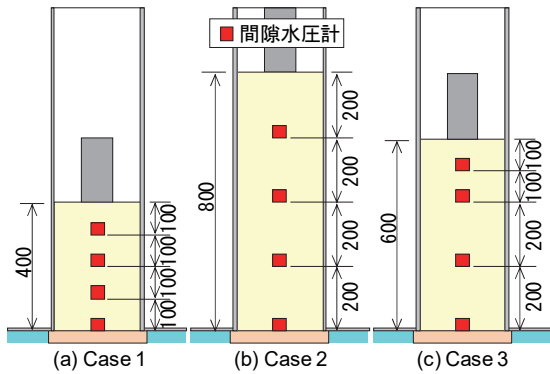


図-2 実験ケース

表-1 実験ステップ

	液状化状態継続時間 (s)		
	Case 1	Case 2	Case 3
Step 1	10	10	10
Step 2	10	30	20
Step 3	30	60	30
Step 4	60	120	60

キーワード 液状化, 長継続時間地震動, 表層不飽和層, 浸透

連絡先 〒673-0515 兵庫県三木市志染町三津田西亀屋 1501-21 (国研) 防災科学技術研究所 TEL: 0794-85-8963

水圧計の動きが安定してから次の Step に移行した。液状化状態継続時間を徐々に長くして、最終的に、水位が試験体地盤の表面に浮き出てくるところまで実験を行った。ここでは、液状化状態継続時間 10 秒、30 秒、60 秒の実験結果について議論する。

3. 実験結果

浸透試験の全景を図-3a に、試験体地盤の状況を図-3b に示す。底面に水圧を作用させることにより、試験体地盤に間隙水が浸透して、豊浦砂が変色している状況が見て取れる。

図-4 にアルミ製水槽に設置した圧力センサ（図-1 参照）で計測された圧力の時刻歴例（Case 1）を示す。ここでは、バルブを開にしてから、閉にするまでの時刻を液状化状態継続時間と定義しているが、バルブを開けてから、アルミ製水槽内の水圧が安定するまで、約 1 秒のタイムラグがある。バルブを閉じた後、徐々に水圧が消散していく様子が見て取れる。また、完全液状化状態継続時間が短いケースでは、短時間で水槽内の水圧が元の値まで消散するが、長いケースでは、元の値まで戻らず、試験体地盤内の水位が上昇していることを暗示している。

図-5 に、各水圧計で計測された、間隙水圧の時刻歴例（Case 1 の Step 3 および Step 4）を示す。ここでは、実験開始前の間隙水圧をゼロとしている。元の地下水位以深の地盤が完全液状化状態を継続している間、各水圧計で水圧が上昇している状況が見て取れる。Step 3（図-5a）と Step 4（図-5b）を比較すると、全体的に Step 4 の方が高い水圧を示していることがわかる。

各ケースにおける表層不飽和層内の最大間隙水圧分布を図-6 に示す。本実験では、各ケースにおける地下水位位置やサクシジョンの評価は難しいが、間隙水の浸透により水位が上昇していること、液状化継続時間が長いほど、間隙水の浸透量が増えること、表層不飽和層が厚いほど、間隙水圧が上昇しない、すなわち間隙水が浸透していない層が厚くなることが見て取れる。

4. まとめ

本実験の結果より、地下水位以深の地盤が液状化すると、表層不飽和層に間隙水が浸透し、地下水位が上昇することを示すことができた。これにより、地下水位以浅の地盤に、液状化が発生する恐れのある

層が拡大する可能性がある。特に、長継続時間地震動では、地震中の浸透で拡大した液状化の恐れのある層に、地震動が加わることが想定されるため、浸透の影響の適切な評価が求められる。

参考文献

- 1) 石川他：液状化に伴う過剰間隙水圧の消散過程を模擬した直接基礎構造物の模型実験，第 53 回地盤工学研究発表会，D-07，pp. 1231-1232，2018。

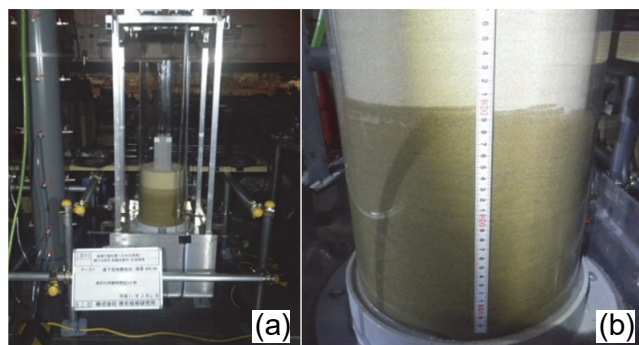


図-3 浸透試験状況

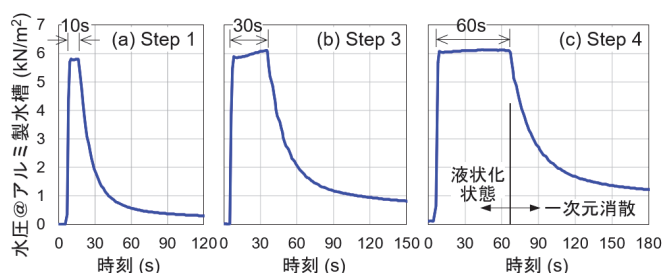


図-4 圧力センサ@アルミ製水槽の時刻歴例（Case 1）

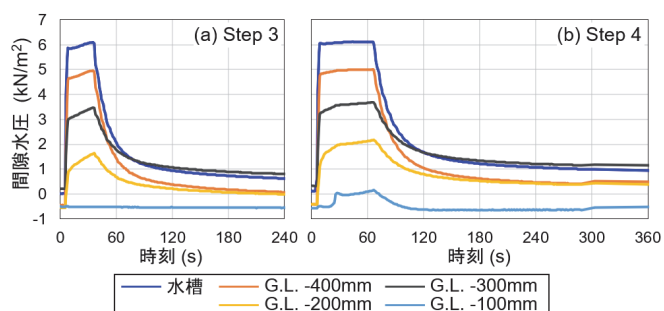


図-5 間隙水圧時刻歴例（Case1）

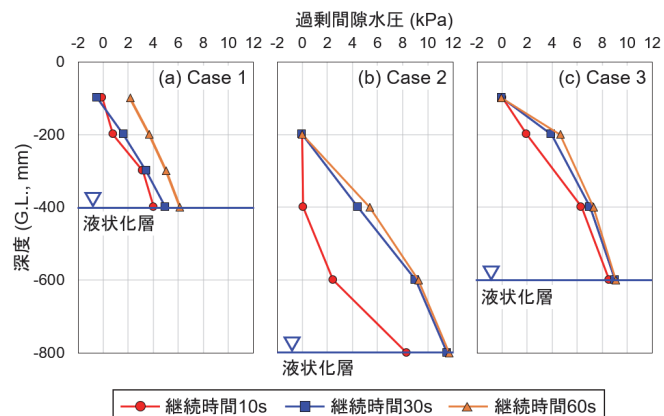


図-6 表層不飽和層の最大間隙水圧分布