

表層地盤の排水条件が長継続時間地震動における液状化に及ぼす影響

国立研究開発法人 防災科学技術研究所 正会員 ○河又 洋介
東洋建設株式会社 正会員 鶴ヶ崎 和博, 宮本 順司

1. 目的

地盤が液状化するかどうかの判定は、非排水条件を前提とした評価法^(例えば1)により行われている。大きな地震動により、瞬間的に液状化に至るケースでは、非排水条件で、液状化を判定することは妥当である。しかしながら、2011 年東北地方太平洋沖地震のように、比較的地震動は小さいが、継続時間が長い地震動における液状化では、徐々に間隙水圧が蓄積されることが想定されるため、蓄積過程における水圧消散、すなわち排水の効果を検証する必要がある。

以上のことから、表層地盤の透水性を変えた 2 ケースの遠心模型液状化実験を行い、地盤の液状化における排水条件の効果を検証することとした。

2. 実験概要

試験体概要を図-1 に示す。この試験体を、東洋建設(株)鳴尾研究所の遠心载荷試験装置を用いて、遠心加速度 50g 場で加振した。Case1 (図-1a) では、土槽内に幅 550×奥行き 150mm×高さ 250mm の緩い砂地盤(東北珪砂 6 号, $D_r=50\%$)を作製、遠心場

で相似則を満足する粘性を有するメトロース溶液を通して、G.L.-50mm まで飽和させた。Case2 (図-1b) では、表層 50mm を塩ビ板に置き換えることにより、表層地盤が不透水の条件を再現した。極端に水圧が抜けなくなることを避けるため、塩ビ板と土槽壁の間に 15mm 程度の隙間を設けた。G.L.-50mm の試験体中央の間隙水圧計ではデータが取れなかったため、隣接する水圧計のデータを用いている。Case2 の実験前水位は G.L.-50mm としたが、小レベル加振において地表面まで水位が上昇したため、水位を地表面として、各深度における有効上載圧を算出した。また、遠心加速度 50g 場において、設置圧が約 20kPa となる錘を、試験体中央に設置した。以下、深度および加速度については、実物換算した値を用いる。

入力波として、50Hz の正弦波(実物換算 1Hz)、60 波を用いた。振動台のスムーズな制御のため、最初と最後の 0.1s には、テーパーをつけている。図-2 に入力加速度の一例を、表-1 に入力地震動一覧を示す。表-1 の加速度振幅は、テーパー部を除いた 1s 間の波形から、正負ピークの絶対値を取り出し、平均した値である。

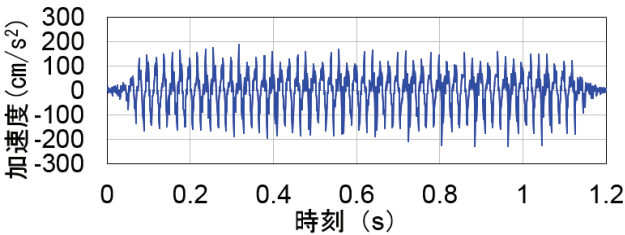


図-2 入力加速度例 (Case2 5 回目加振)

表-1 入力地震動一覧 (実物換算)

Case1	加速度振幅 (cm/s ²)	Case2	加速度振幅 (cm/s ²)
番号		番号	
1	17.5	1	27.9
2	32.8	2	58.8
3	101.6	3	104.0
4	116.0	4	106.4
5	137.0	5	149.6
6	151.7	6	151.9
7	198.7		

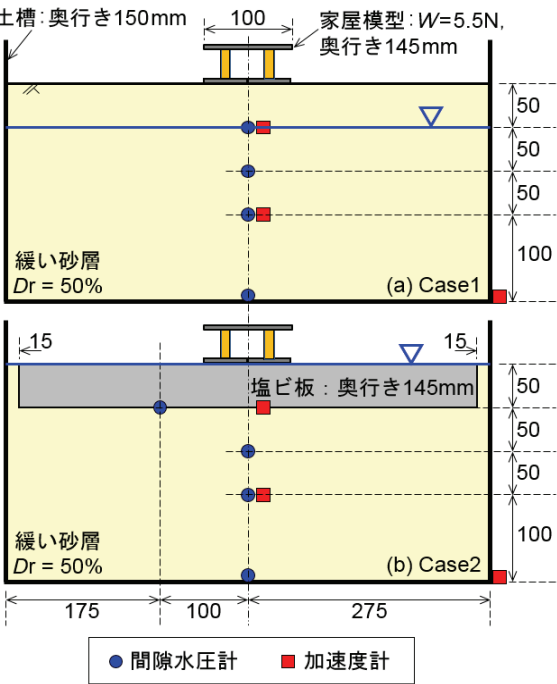


図-1 試験体概要 (単位 mm)

キーワード 遠心模型実験, 液状化, 長継続時間地震動, 表層不透水層

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

3. 実験結果

G.L.-5.0m における過剰間隙水圧比の時刻歴を図-3に示す。ここでは、過剰間隙水圧比がはじめて1近くまで上昇した時 (Case1: 7回目, Case2: 5回目) の時刻歴をプロットしている。同図より, 1) Case1では緩やかに水圧が上昇し, 加振終了後速やかに消散している, 2) Case2では急速に水圧が上昇し, 比較的長い間, 高い水圧を維持していることがわかる。

図-4に, Case1の G.L.-5.0m, G.L.-2.5m において最大過剰間隙水圧比を観測した時刻 (0.468s, 1.132s) および加振開始 3s, 5s 後の過剰間隙水圧比の深度分布を示す。Case1 (図-4a) では, 地下水位 (G.L.-2.5m) において, 過剰間隙水圧の上昇が抑えられているが, Case2 (図-4b) では, 不透水層と液状化層の境界 (G.L.-2.5m) で水圧が大きく上昇していることがわかる。これは, Case1では加振中も水圧消散していることを暗示している。また, Case1では, 全深度で間隙水圧が速やかに消散しているが, Case2では, 長い時間, 間隙水圧が高い状態が続いている。この傾向は浅い深度において顕著であり, 鉛直上向きに水圧が消散していることと整合している。

入力加速度振幅と最大過剰間隙水圧の関係をプロットしたものを図-5に示す。同図より, 以下のことが見て取れる。1) 表層が不飽和砂層である Case1では, 入力地震動が一定のレベルを超えると急激に液状化が進展する, 2) 表層に不透水層が存在する Case2では, 入力地震動のレベルが小さい段階から過剰間隙水圧が上昇している。また, 小さい入力地震動レベルで完全液状化状態に達している。既存の液状化判定法は, 地盤の非排水条件における液状化強度をベースにしていることから, Case1のような表層地盤の透水性が高いケースでは, 液状化発生リスクを過大に評価してしまう可能性がある。

4. まとめ

今回の実験から, 長継続時間地震動における液状化判定を行う場合, 表層地盤の排水性を考慮する必要性を示唆することができた。今後は, 表層地盤への水の浸潤とその影響, 建物損傷の定量的評価に資する検討を行い, E-ディフェンス震動台を用いた, 実物大地盤の液状化基礎実験の実施を計画していく。

参考文献

- 1) 日本建築学会：建築基礎構造設計指針, 2001.

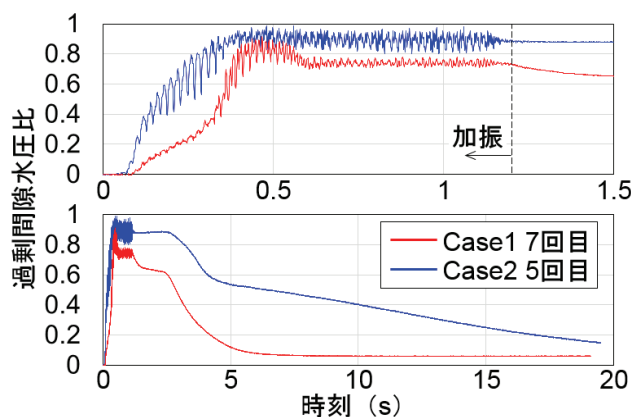


図-3 過剰間隙水圧比の時刻歴例 (G.L.-5.0m)

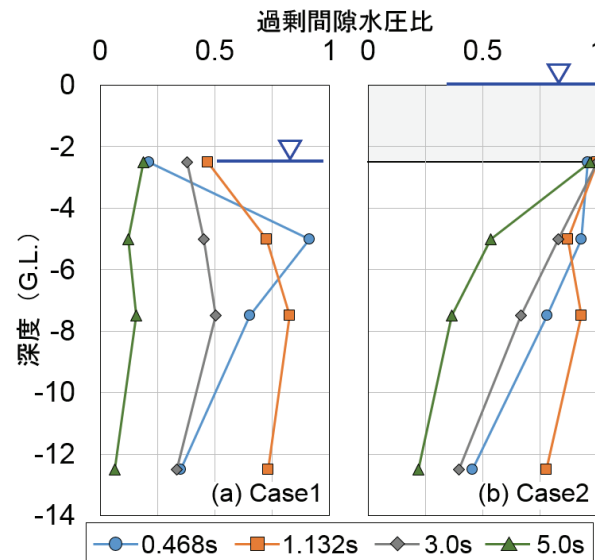


図-4 過剰間隙水圧比の深度分布

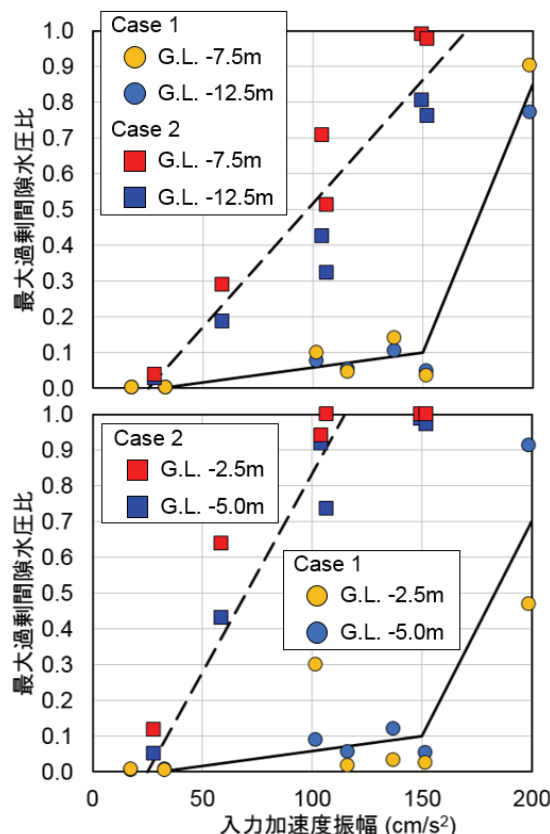


図-5 入力加速度振幅－最大間隙水圧の関係