

人工ドレーン材を用いた液状化対策工法の効果を確認するための模型振動台実験

中部大学 正会員

○余川 弘至 杉井 俊夫

中部大学 非会員

山牟田侑也 津田 裕也

岐阜大学 フェロー会員

八嶋 厚

1. 目的

平成 23 年 3 月 11 日に発生した東日本大震災により、海岸や潟の埋立地などで、地盤の液状化が発生し、戸建て住宅などの小規模構造物に傾斜や沈下などの被害が生じた¹⁾。傾斜や沈下の生じた戸建て住宅の多くは、べた基礎などの直接基礎で、液状化対策がなされていなかった。対策が施されてこなかった理由として、土木分野で一般的に用いられる液状化対策工法を戸建て住宅に適用する場合には、高額となりすぎることや、施主が液状化による被害の程度を十分に把握していなかったことが挙げられる。

著者らは、これらの問題を解決すべく、戸建て住宅にも適用できる人工ドレーン材を用いた液状化対策工法の開発を進めている²⁾。開発を進めている工法は、施主に現状の液状化による被害程度を把握してもらうための調査と判定を実施するだけでなく、施主の要求する性能と費用を勘案した性能規定型設計手法を取り入れた対策を目指している。そこで、本研究では、人工ドレーン材の液状化対策効果を明らかにするために、模型振動台実験を実施し、人工ドレーン材による液状化対策効果を確認した。

2. 模型振動台実験の概要

液状化時の住宅沈下および地盤の変形を確認するために、水平一方向に加振可能な電気油圧サーボ方式の加振装置と前面をアクリル板とした剛土槽(内寸：幅 1,000mm×奥行き 200mm×高さ 800mm)を組み合わせた振動台実験装置を使用し、1/40 スケールの平面ひずみ条件で模型振動台実験を行った(図-1 参照)。実験では、液状化時の住宅沈下や地盤変形を確認することができるよう土槽に小型のカメラを設置した。模型地盤は、相対密度 30%を目標に、三河珪砂 6 号を地盤高さ 400mm となるように水中落下法で作製した。住宅模型は、塩ビ製の箱とアルミ板(重量物)によりモデル化した。アルミ板は、接地圧が一般の木造住宅と等価になるように重量を調整し

た。模型振動台実験の振動台に入力した地震動は、中地震を想定した周波数 5Hz、最大加速度 200gal、入力時間 16 秒の正弦波である。実験は無対策およびドレーンの配置箇所を変えた 3 ケースの計 4 ケースを実施した。実験の状況を写真-2 に、模型振動台実験中に振動台の上で計測された加速度の時刻歴を図-2 に、ドレーンおよび計測器の設置位置の概要図を図-3 に示す。

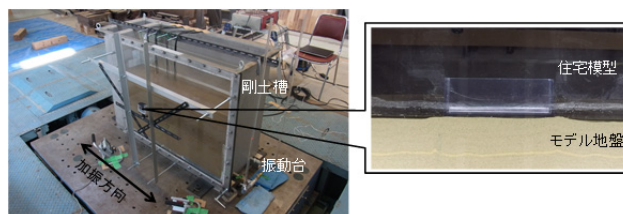


図-1 模型振動台実験の状況

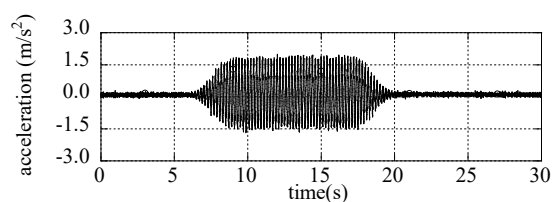


図-2 加速度の時刻歴

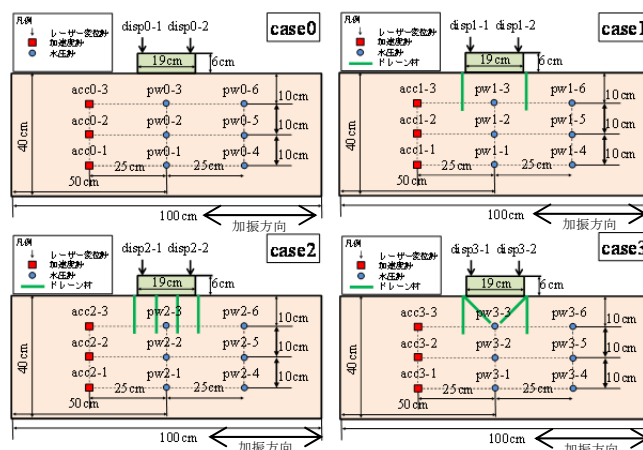


図-3 ドレーンおよび計測器の設置位置の概要図

3. 実験結果

各実験で得られた過剰間隙水圧の時刻歴を図-4 に、住宅沈下量の時刻歴を図-5 に示す。なお、図-4 中の赤の破線は、有効上載圧を示す。また図-4 およ

び図-5 中の凡例は、図-3 の凡例と対応している。

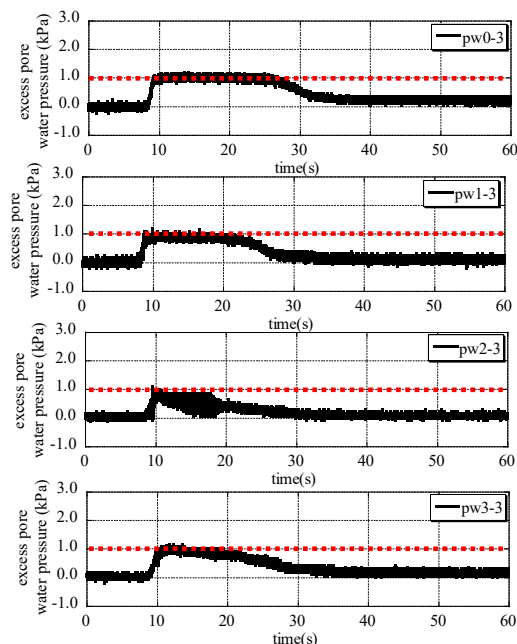


図-4 過剰間隙水圧の時刻歴(上から case0～case3)

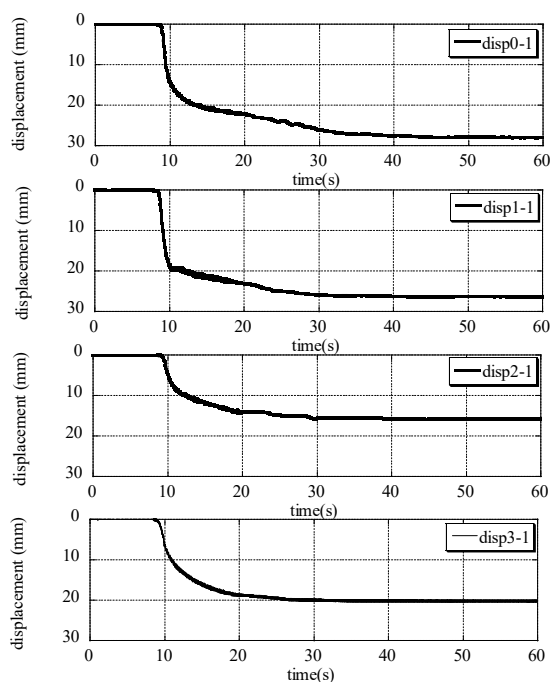


図-5 住宅沈下量の時刻歴(上から case0～case3)

図-4 で、各ケースの過剰間隙水圧の時刻歴を比較すると、どのケースも加振開始と同時に過剰間隙水圧が上昇しており、液状化の発生を防止するほどの対策の効果は見られなかった。一方、過剰間隙水圧の消散過程においては、対策によりその効果の違いがみられた。無対策の case0 は、加振終了後も過剰間隙水圧比が 1.0 をしばらく保持しているが、対策を施した case1～case3 については、加振終了後もしくは加振中に過剰間隙水圧が消散し始めている。過剰間隙水圧の消散終了時刻については、住宅下にド

レーンを鉛直方向に設置した case2 が最も早く、速やかに過剰間隙水圧を消散させていることが確認できる。

次に、図-5 の住宅沈下量を比較すると、どのケースも加振開始直後に大きく沈下し、その後は、過剰間隙水圧が消散されるまで緩やかに沈下している。加振開始直後の住宅沈下量を比較すると、住宅直下にドレーンを設置していない case0 および case1 は、住宅直下にドレーンを設置した case2 および case3 に比べて沈下量が大きくなった。この結果から、住宅の沈下量を抑制するためには、住宅直下に対策を施すことが重要であることが分かった。住宅周囲のみに対策を施した case1 については、大きく沈下量を抑えることはできなかったものの、無対策に比べれば、ある程度の住宅沈下の抑制効果が得られることも分かった。

4. まとめ

本研究では、人工ドレーン材の液状化対策効果を明らかにするために、模型振動台実験を実施し、人工ドレーン材による液状化対策効果を確認した。その結果、ドレーン材だけでは、完全に液状化の発生を抑制することは困難なケースがあることが分かった。しかし、対策を施すことで、無対策の状態に比べて、住宅の沈下量を抑制することができた。また、住宅の沈下量を抑制するためには、住宅直下にドレーン材を設置することが重要であることも分かった。

本実験では、ドレーン材の排水効果を確認する実験にもかかわらず、間隙流体に水を使用したため、透水に関する相似則を満足していない。そのため間隙水が非常に移動しやすく、得られたドレーンの対策効果は、定性的なものに留まらざるを得ない。今後、透水に関する相似則を満足させるために、間隙流体にメトロース水溶液などの粘性流体を用い、より信頼性のある実験を実施する予定である。

参考文献

- 1) Tokimatsu, et al.: Liquefaction -induced damage to buildings in Urayasu City During The 2011 Tohoku Pacific Earthquake, Proceedings of the International Symposium on Engineering Lessons Learned from the 2011 Great East Japan Earthquake, pp665-674, 2012.3. 2) 余川ら: 粒子法を用いた液状化時の戸建て住宅の被害予測解析, 日本建築学会大会学術講演梗概集(九州), No.20253, pp.505-506, 2016.08.

謝辞: 本研究は、科学研究費補助金(若手研究(B) 16K18192)および国土交通省建設技術研究開発費補助金の支援により実施された。ここに記して、感謝の意を表します。