

既設小規模建築物に対する簡易な液状化対策工法に関する振動台実験（その2）

東京電機大学

正会員

石川 敬祐

ハイアス・アンド・カンパニー

正会員

深谷 敏文

東京電機大学

名誉会員

安田 進

東京電機大学大学院

学生会員

○奥倉 大樹

1. はじめに

2011 年の東日本大震災で戸建て住宅が液状化に伴う沈下や傾斜といった被害¹⁾を受けたことから、戸建て住宅に対する液状化対策の開発が進められている。その中でも、東京の下町を代表する狭隘な住宅地のような液状化対策の施工スペースが限られる地域において、既設の戸建て住宅に対する液状化対策の開発が期待されている。これまで筆者ら²⁾は、杭とワイヤーを併用した廉価かつ簡易な液状化対策工法を提案し、重力場振動台実験を通して対策効果の検討を行っている。本報は、杭の設置位置や杭数の違いによる考察を行ったものである。

2. 模型振動台実験の概要

模型振動台実験は、せん断土槽(幅 1200 mm×高さ 1000 mm×奥行き 800 mm)を用いて重力場で行った。模型の縮尺 λ は 1/25 に設定し、模型地盤は豊浦砂を用いて、実地盤で層厚 10 m 相当の比較的緩い液状化地盤を考え、層厚 400 mm の液状化層(相対密度 $D_r=40\sim50\%$)と、その下層の層厚 400 mm の非液状化層(相対密度 $D_r=90\%$)からなる二層地盤とした。繰り返し実験を実施するにあたり液状化層の作製を効率よく行うため、高水圧噴射により液状化層を攪拌させることで緩い地盤を再作製した³⁾。非液状化層は水中落下法により作製し、両層の間には吸出し防止マットを設置した。なお、地下水位は地表面とした。住宅模型は一般的な 2 階建て木造住宅を想定して設置荷重を 0.48 kN/m^2 とし、土槽中央の地表面に設置した。杭は一般に流通している炭素鋼管(外径 60.5 mm, 厚さ 4 mm)を想定し、井合が提案する曲げ剛性の相似則⁴⁾から外径 8 mm, 内径 4 mm のアクリル製パイプを使用した。ワイヤーは伸縮性の少ない水糸(直径 1.5 mm)を使用し、クリップを用いて杭に固定した。また図 1 に示すように、加速度計(A1~A9)、水圧計(P2~P8)は、模型直下の地盤中に 4 箇所(G.L. -100 mm, -200mm, -300 mm, -500 mm)と、模型荷重の影響が少ない地盤中に 3 箇所(G.L. -100 mm, -200 mm, -300 mm)設置し、これらは同じ深度に設置した。住宅模型の沈下量は、模型の四隅部に設置した巻き取り式変位計(D1~D4)を用いて測定した。加振条件は、正弦波(2 Hz, 20 s)で目標加速度を 110 cm/s^2 とした。

本工法の概念は、住宅模型の周囲に杭を打設し杭間をワイヤーで接続し、住宅直下の表層部の支持地盤が液状化に伴う支持力低下を、杭の軸力とワイヤーの張力で補うことでめり込み沈下を抑制する。表 1

に実験ケースを示す。Case 1 は対策を実施せず実験を行い、Case 2, 6 は鉛直杭を 4 本用いて杭と水糸の配置を変え

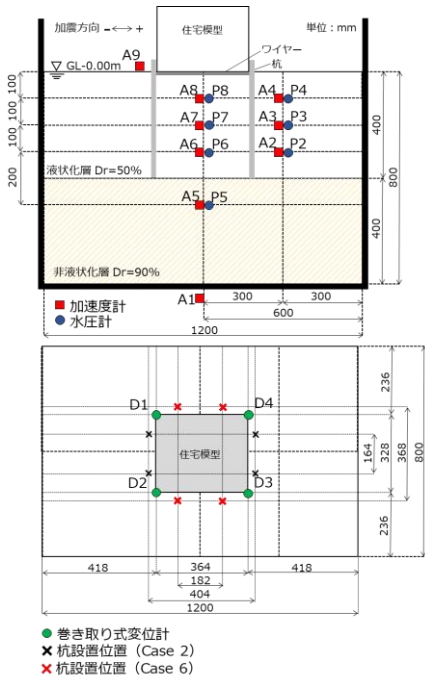


図 1 模型、計器の配置図
(上：側面図，下：上面図)

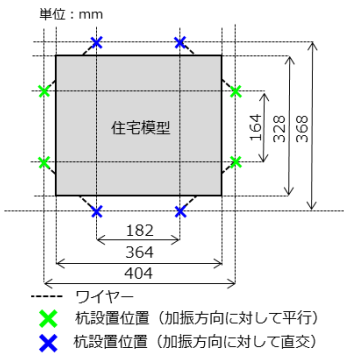


図 2 杭の設置位置

表 1 実験ケース

実験ケース	杭数	(加振方向に対する)ワイヤーの配置	杭の支持方法	
			杭頭	杭先端
Case 1		無対策		
Case 2	4	平行	なし	先端支持
Case 6	4	直交	なし	先端支持
Case 7	8		なし	先端支持
Case 8	8		連結	先端支持

キーワード 振動台実験、液状化対策、既設小規模建築物

連絡先 〒350-0394 埼玉県比企郡石坂 東京電機大学 TEL 049-296-0946

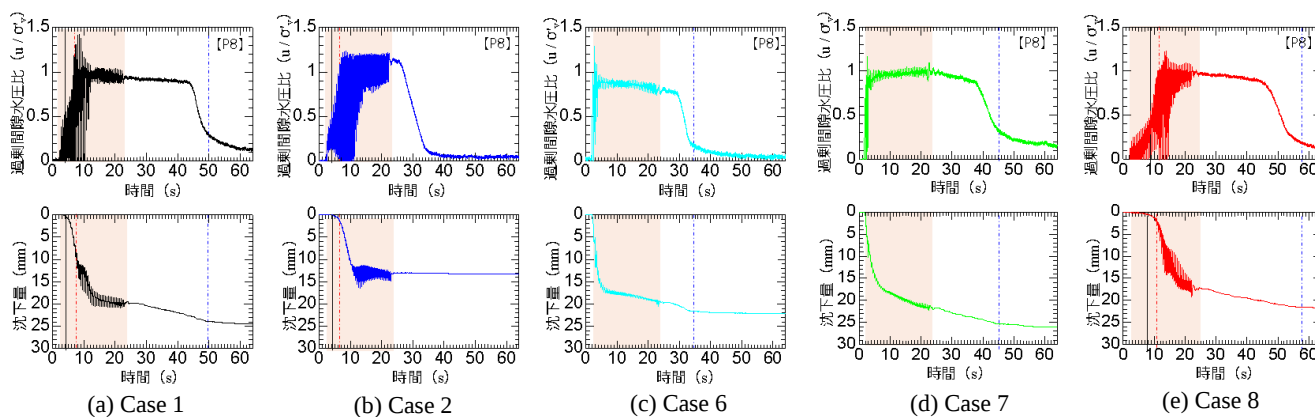


図3 住宅模型平均沈下量および過剰間隙水圧比時刻歴

て実験を行った。Case 7, 8は8本の鉛直杭と水糸を図2のように配置して実験を行った。Case 8は水糸を用いて各杭の頭部を連結することで、杭頭の水平移動の抑制を試みた。各ケースとも、杭先端は非液状化層により支持される。

3. 模型振動台実験の結果及び考察

3.1 住宅模型の沈下の挙動

図3に、各実験ケースにおける住宅模型沈下量の平均値および過剰間隙水圧比の時刻歴を示し、上に過剰間隙水圧比を下に住宅模型沈下量の平均値を示す。図中、赤色ハッチング部は加振時間である。これらより、過剰間隙水圧比が0.5~0.6を超えると住宅模型が沈下し始め（黒線）、過剰間隙水圧比が1.0に達し有効応力を損失すると住宅模型の沈下が急激に進行する（赤色鎖線）傾向がみられた。ただしCase 6, 7は過剰間隙水圧が急激に上昇し、これらの傾向は把握できなかった。またCase 2を除く実験ケースでは、加振終了後もさらに沈下し続け、建物直下のP8の過剰間隙水圧比が0.2~0.3を下回ると沈下が収束し始め（青色鎖線）、60秒から4秒間の沈下量の増加率は1%未満で、このとき沈下が収束したと言える。

3.2 杭の設置位置の違いによる考察

図4に各実験ケースにおけるめり込み沈下量を示す。なお、めり込み沈下量は住宅模型の変位量と地盤の地表面変位量の差と定義した。図より、Case 2とCase 6のめり込み沈下量に差が生じた。この要因として以下のように考察した。水糸を加振方向に対して平行に配置した場合、支持地盤が液状化することで加振時の杭頭の水平移動や住宅模型の沈下に伴い生じる水糸の張力により杭頭が住宅模型に接触することで杭頭の水平移動が拘束された。その一方で、水糸を加振方向に対して直交に配置した場合、杭頭は同様の理由で住宅模型に接触するものの、加振時の模型地盤のせん断変形により杭頭が加震方向に移動し、杭と水糸による支持効果を発揮できなかった。

3.3 杭の本数の違いによる考察

図4より、Case 7, 8のめり込み沈下量は、Case 6のめり込み沈下量と比較するとほとんど減少しておらず、杭を増やしたことによる対策効果はみられなかった。これは前項で考察したように、杭の一部（図2、青×）が加振時に杭頭が拘束されないために水平移動し、杭と水糸による支持効果が発揮できなかったためと考えられる。

4. まとめ

重力場振動台実験にて、既設小規模構造物に対する簡易杭とワイヤーを併用した液状化対策工法の対策効果の検討を行った。その結果、杭の本数を増やしても杭頭の水平移動により、杭と水糸による支持効果を発揮できずめり込み沈下が生じた。杭と水糸による支持効果を十分に発揮するには、杭頭の水平変位が拘束されている状態を満足する必要がある。引き続き本実験を踏まえて、より実物スケールに近い杭径での実験や、住宅模型の設置荷重を変えた実験を行い、対策効果の検討を行う予定である。

【参考文献】1) 浦安市: 液状化対策実現可能性技術検討委員会, 2012. 2) 石川ら: 既設小規模建築物に対する簡易な液状化対策工法に関する振動台実験, 第55回地盤工学研究発表会, 2020. (投稿中) 3) 安田ら: 細粒分を含む模型地盤のジェットによる再利用方法, 土木学会第59回年次学術講演会, 3-219, pp437-438, 2004. 4) Iai, S: Similitude for shaking table tests on soil-structure model in 1G gravitational field, Report of the port and harbor research institute, Vol.27(3), 3-24, Ministry of Transport, 1988.

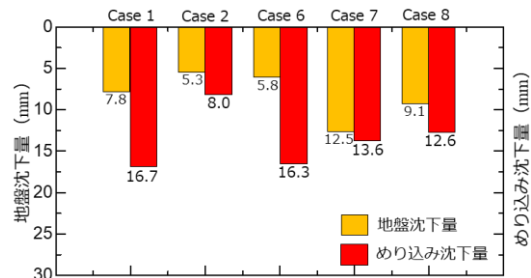


図4 各ケースのめり込み沈下量