

既設住宅を対象としたドレーン工法の液状化対策効果に関する研究

既設住宅 液状化 ドレーン工法

岐阜大学

特別会員○孫 源峰 学生会員 樋口翔太郎

岐阜大学

国際会員 八嶋 厚 荻谷敬三

京都大学

国際会員 渦岡良介

中部大学

国際会員 余川弘至

太洋基礎工業

国際会員 大野康年

1. はじめに

地震が発生するたびに地盤が液状化し、住宅に沈下や傾斜等の被害が発生している。しかし、既設住宅を対象とした液状化対策工法は少ないのが現状である。筆者らは既設住宅の基礎周囲に立体網状スパイラル構造を有する高機能排水材を圧入して地盤内の間隙水圧を消散させ、液状化被害を低減させる工法を開発してきた。本研究では相似則を満足する遠心力载荷実験装置による模型振動台実験により、ドレーン工法の液状化対策効果を検討した。

2. 実験概要

本研究では、震度 6 弱程度の地震が発生したことを想定し遠心力場模型振動台実験を行った。模型実験の概要図を図 1 に示す。遠心模型実験は京都大学防災研究所の遠心力载荷装置(ブーム半径 2.5m)を使用した。地盤モデルは、50G の遠心力場で実施するため、相似則を考慮して、縮尺を 1/50 とした。間隙流体は粘度 $50\text{mPa}\cdot\text{s}$ の粘性流体(メトロズ水溶液)を使用した。実験土槽は、内寸幅 400mm、奥行 400mm、高さ 300mm の剛土槽である。地盤材料は豊浦砂を用い、地盤相対密度 60%を目標とした。模型地盤は空中落下法にて深さ 120mm(実モデル 6m)で作製し、メトロズ水溶液で地表面まで飽和した後、ドレーンを挿入した。

使用するドレーンは押しバネにフィルター(網目約 0.25mm の布)を巻き付けて直径 5mm、長さ 115mm の擬似ドレーンを作成した。これをストローに入れ、地盤内に挿入した後ストローを引き抜く方法で設置した。ドレーンの下端は接着剤で止水しており、また上端は地表面より 10mm 突き出し、砂が流入しないようにした。従ってドレーンの有効長さは 100mm(実モデル 5m)となる。これを住宅モデルの周囲に 23mm(実モデル 1.15m)ピッチで計 20 本挿入した。

本実験の対策条件は、実施工で用いることを想定して換算すると、ドレーン(直径 7.0cm)が芯間距離 32.2cm のピッチで設置されていることに相当する。なお、この条件でドレーンを格子状に配置した場合、Seed が提案しているグラベルドレーンの設計法²⁾によれば、マグニチュード 7.5、継続時間 9 秒、等価繰返し回数 15 回の地震動時に、ドレーン間の最大過剰間隙水圧比が 0.1 以下になる。

その後、住宅モデルを設置した。住宅モデルの接地圧は 19.7kPa であり、これは、2~3 階建木造住宅の平均的な接地圧に相当する。住宅モデル外周部からドレーン芯までの距離は 7.5mm(実モデル 37.5cm)である。また、入力地震動は実モ

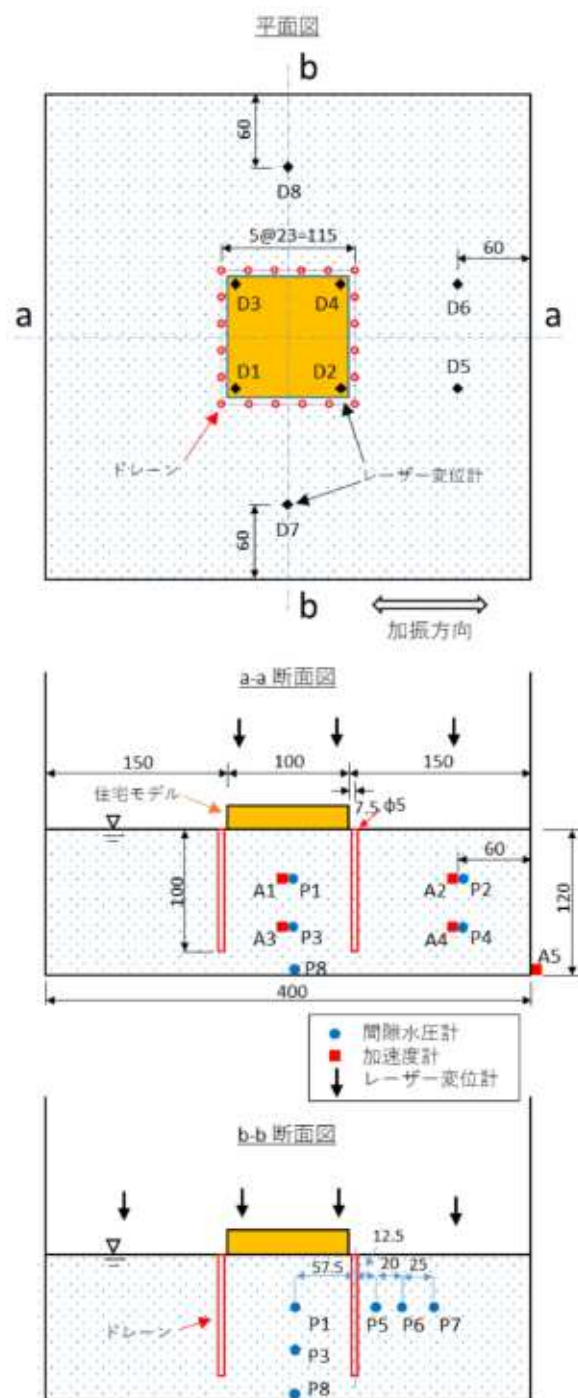


図 1 模型地盤モデル(単位: mm)

デルで周波数 1Hz、最大加速度 200Gal を 20 秒、前後にテーパー部 10 秒を含む正弦波を使用した(図 2 参照)。

3. 実験結果

ドレーンモデルの実験は同条件で 2 回実施した。メトロープ水溶液による模型地盤の飽和度は 95% を確保した。間隙水圧、住宅の沈下量は 2 回の実験で同程度の値を示し、再現性が確認できた。未改良地盤の場合³⁾と比較した実験結果を、実モデルの長さ、時間スケールで示した。

① 間隙水圧

未改良地盤とドレーンモデルの P1~P4 の過剰間隙水圧ならびにドレーンモデルの P5~P8 の時刻歴を図 3 に示す。未改良の場合、P1、P2(深度 2m)は 20kPa まで、また P3、P4(深度 4m)は 40kPa まで上昇しており液化化したと思われるが、ドレーンモデルでは特に住宅直下の P1、P3 でピーク値が減少している。間隙水圧の消散は、未改良の場合 150 秒以上かかっているが、ドレーンモデルでは消散が早く、P1、P3 は加振終了直後の 50 秒ほどで消散している。P5~P7 はドレーンから徐々に離れた位置での過剰間隙水圧を示すが、ドレーンに近いほどピーク値は低く、早く消散している。住宅中央の最深部(6m)を示す P8 も、50 秒ほどで消散している。以上より、ドレーンを用いることで過剰間隙水圧の早期消散することがわかった。

② 住宅と地盤の相対沈下量

未改良とドレーンモデルの住宅沈下量を図 4 に示す。住宅モデルの 4 隅で計測したが、D1~D4 までの計測結果に大きな差が確認されなかったことから、不等沈下は生じなかった。住宅沈下は未改良、ドレーンモデルともに加振終了と同時に収束するが、平均沈下量は未改良の場合約 50cm、ドレーンモデルでは約 18cm となった。未改良の場合の平均地盤沈下量は約 17.5cm、ドレーンモデルでは約 15.5cm であった。したがって、住宅と地盤の相対沈下量は、それぞれ 32.5cm と 2.5cm となり、大幅な沈下抑制効果が確認できた。

4. まとめ

既設住宅においても、住宅周囲部にドレーンを打設することにより、ドレーン周辺および住宅下部の地盤内の過剰間隙水圧の上昇を抑えるとともに、その消散を早める効果が確認できた。また、その効果により住宅の相対沈下量を大幅に減少させることができた。今後はドレーン径、長さ、ピッチなどの条件を変えた実験ならびに数値解析を組み合わせることにより、既設住宅の液化化対策としてのドレーン工法の効果的な設計を目指したい。

謝辞：本研究の一部は、令和 2 年度京都大学防災研究所一般共同研究で行われたものです。ここに記して感謝いたします。

参考文献：1)村田芳信ら：既設宅地の液化化対策における高性能排水材を用いた間隙水圧消散工法の実験施工，第 53 回地盤工学研究発表会概要集，No.0950，pp.1897-1898，2018。

2)Seed, H.B. et al.: Stabilization of Potentially Liquefiable Sand Deposits Using Gravel Drains, ASCE, Vol.103, No.GT7, pp.757-768, 1977.

3)荻谷敬三ら：既設住宅を対象とした薬液浸透注入工法の液化化対策効果に関する研究(1)—遠心力場における振動台実験—，第 55 回地盤工学研究発表会，22-11-1-01，2020。

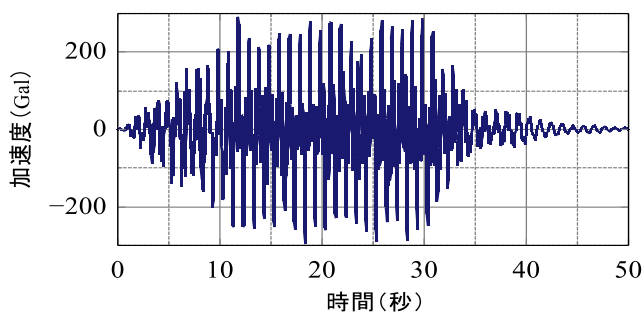


図 2 入力加速度 A5(土槽)

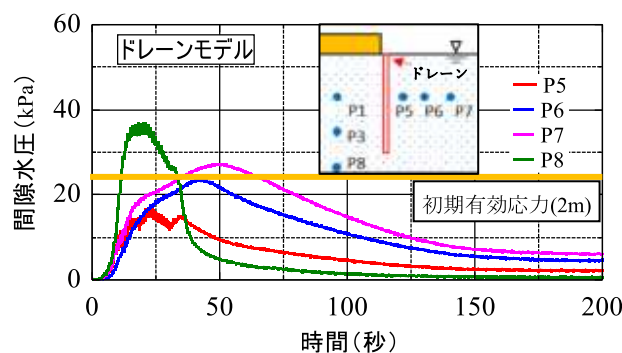
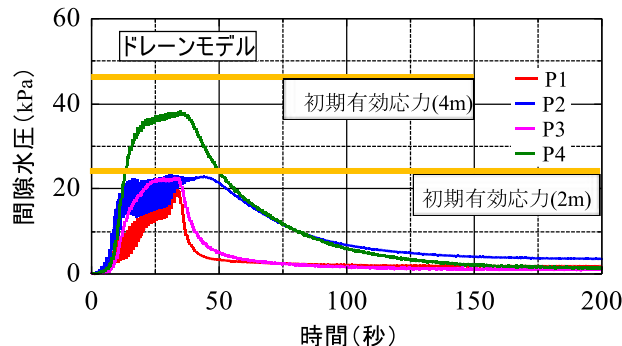
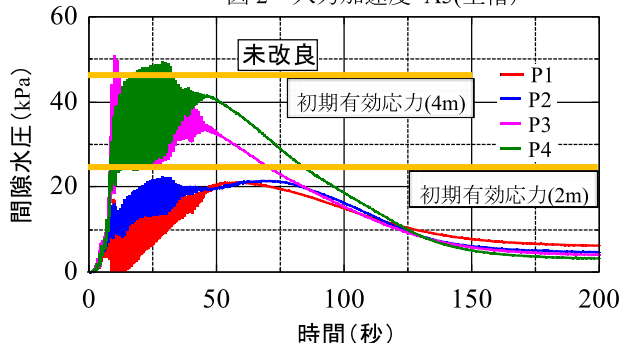


図 3 過剰間隙水圧の時刻歴

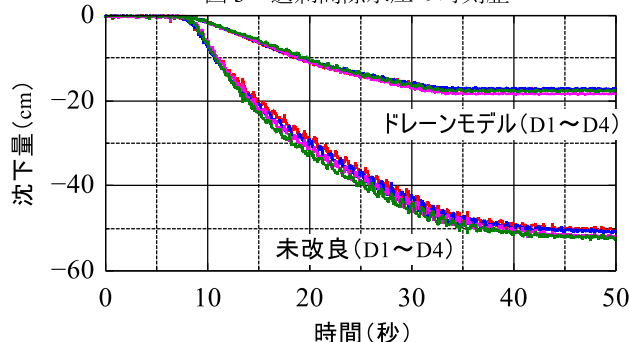


図 4 住宅沈下量(比較)