

動的遠心力載荷試験による戸建住宅地盤の薬液注入液状化対策の効率化評価  
 Efficiency Evaluation of Chemical Grouting Improvement as Liquefaction Measures for Detached House Ground based on Dynamic Centrifuge Tests

○ 荻谷敬三・大野康年・花田有紀・山本圭吾・樋口翔太郎・八嶋厚・村田芳信・伊藤孝芳・渦岡良介  
 ○ Keizo KARIYA, Yasutoshi OHNO, Yuki HANADA, Keigo YAMAMOYO, Shotaro HIGUCHI, Atsushi YASHIMA, Yoshinobu MURATA, Takayoshi ITO, Ryosuke UZUOKA

Severe damages such as large settlement and tilting of detached houses have been often observed due to ground liquefaction in many past earthquakes. The current situation is that liquefaction countermeasures have not been adopted for the existing detached houses since the house owner couldn't understand the potential of the liquefaction damage. In addition, it is very difficult to improve the existing detached house ground. Therefore, in this study, the efficiency of the chemical grouting improvement as liquefaction measures for detached house ground was evaluated based on a series of dynamic centrifuge tests. Differences in subsidence of two-story house on liquefaction prone ground were investigated in a 50G centrifuge. Based on experimental results, it is found that the subsidence of detached house is greatly reduced if the outer edge of the house is improved with the right depth.

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傾斜や沈下などの被害が生じている。これらの被害を抑制するために様々な液状化対策工法が提案されているが、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。そこで本研究では、既設住宅にも対策可能な液状化対策工法の1つである薬液浸透注入工法に着目し、相似則を満足できる遠心場載荷試験機による振動台模型実験により、薬液浸透注入工法の効果を検討した。

2. 実験方法

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実験を行った。地盤モデルの概要図ならびに地盤および住宅モデルの応答を求めるための各種計測器の配置を図1に示す。土槽の内寸は、幅400mm、奥行400mm、高さ300mmであり、剛土槽である。遠心力載荷実験には京都大学防災研究所の遠心力載荷装置(半径2.5m)を使用した。実験は遠心場50Gでの相似則を用いて縮尺1/50とした。間隙流体には相似則を考慮し、粘度50mPasの粘性流体(メトローズ水溶液)を使用した。

地盤材料は豊浦標準砂を用い、地盤相対密度60%を目標とした。地盤作成は空中落下法で作成し、メトローズ水溶液で地表面まで飽和した後、住宅模型を設置した。住宅模型の接地圧は19.7kPaとした。これは2~3階建木造住宅の平均的な接地圧

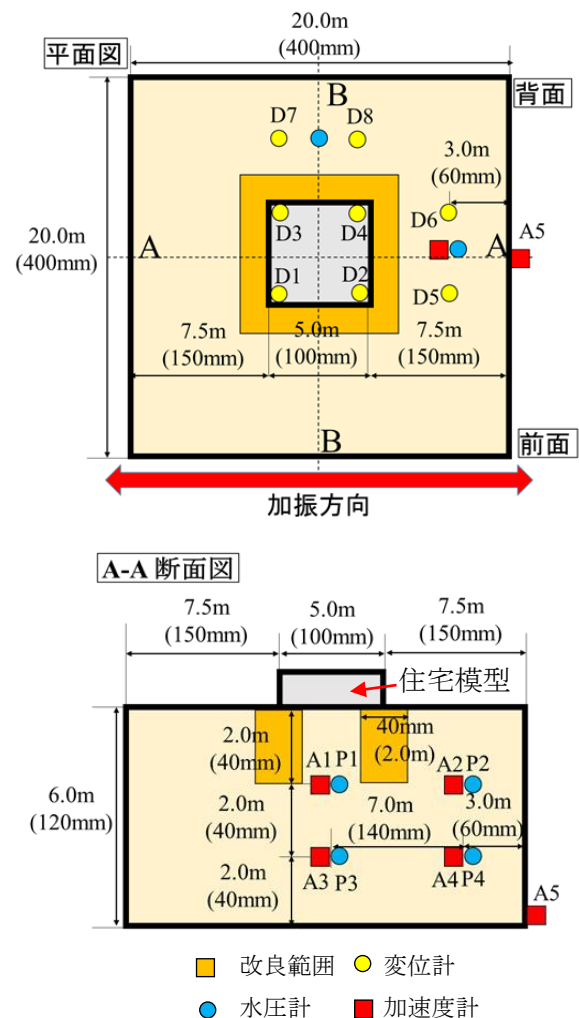


図1 CASE 2の模型地盤の概要図

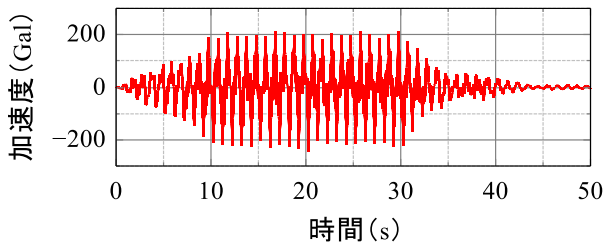


図2 入力加速度

に相当する値である。入力地震動は周波数 1Hz、最大加速度 200Gal、前後にテーパ部 10 秒を含む正弦波を使用した。模型土槽に設置した加速度計から得られた加速度波形の一例を図 2 に示す。

### 3. 検討ケース

ここで示す実験ケースは、対策を施していない未改良地盤(CASE1)および住宅外縁部を深度 40mm~120mm (実スケールで 2m~6m) まで改良した場合 (CASE2~5) の 5 ケースである。改良体は事前に一軸圧縮強度 50kN/m<sup>2</sup> を目標としてアクリルモールドで作成し、改良モデルのサイズに整形して地盤内に設置した。

### 4. 検討結果

住宅模型から離れた自由地盤の地表面下 2m と 4m 地点(図 1 の P2、P4)の間隙水圧の時刻歴 (CASE 1) を図 3 に示す。間隙水圧は加振終了までに初期の有効応力に達しており液状化していることが確認できる。また地表面の沈下量を図 4 に示す。D5、D6 は沈下量がやや小さく、D7、D8 では大きく沈下している。これは加振方向と住宅模型の位置、土槽サイズの影響を受けたものと思われる。

次に改良深度毎に住宅模型の 4 隅で計測した沈下量の平均値の時刻歴を図 5 に示す。加振 50 秒後の沈下量は、未改良の場合は 51.5cm となったが、2m 改良で 29.7cm、4m 改良で 21.0cm、6m 改良で 8.7cm と改良深度に従い沈下量を抑制できることを確認した。先に示した地表面沈下量 (D5~D8 の平均値) と住宅沈下量、相対沈下量 (住宅沈下量 - 地表面沈下量) を図 6 に示す。すべての実験ケースにおいて地表面沈下量は 20cm 前後の値となり、住宅沈下量は改良深度ごとに減少し、相対沈下量も減少していくことが確認できる。6m 改良は改良体が土槽底面 (非液状化層) に達しており、相対沈下量は上昇 (抜け上がり現象) となった。

### 5. まとめ

実験結果より、既設住宅においても住宅外縁部に地盤改良を施すことで住宅沈下量を抑制できることが確認できた。またその沈下量、相対沈下量も改良深度に応じて減少させることができた。

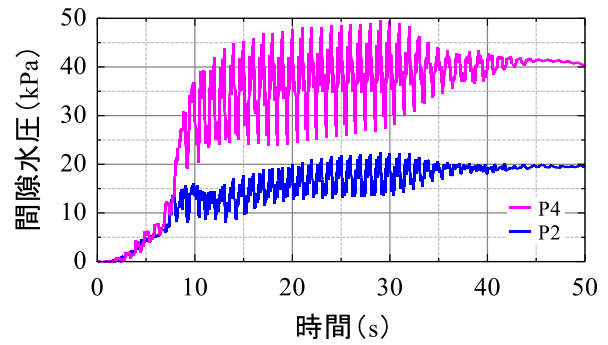


図3 地盤内間隙水圧 (未改良地盤)

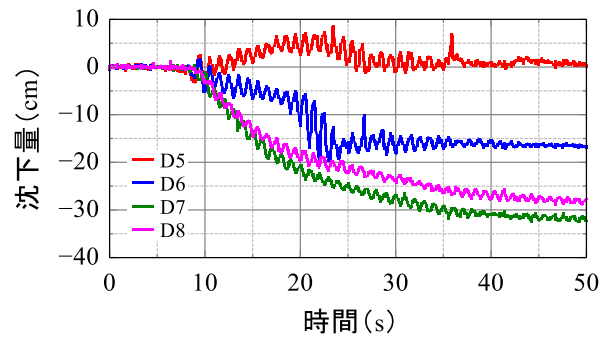


図4 地表面沈下量 (未改良地盤)

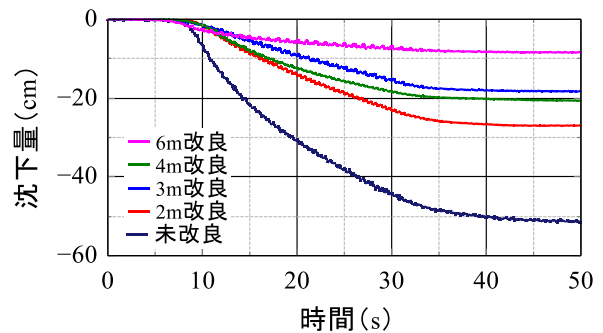


図5 住宅沈下量

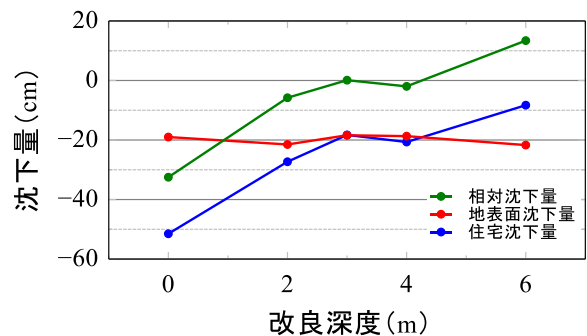


図6 住宅・地表面・相対 沈下量

今後は数値解析によりこれらの現象を再現できること確認し、住宅の許容沈下量を要求性能とした低価格で効率的な液状化対策工法の確立を目指したい。

謝辞: 本研究の一部は、令和元年度京都大学防災研究所一般共同研究「ナノ材料が市街地の地震時液状化被害を低減」の成果によります。ここに記して感謝いたします。