

膨張性固化材の液状化抑制効果に関する遠心力载荷模型実験

大成建設<sup>1)</sup> 正会員 宇野浩樹，藤原斉郁，堀越研一  
正会員 立石 章，石井裕泰，志波由紀夫  
不動建設<sup>2)</sup> 正会員 原田健二

1. はじめに 筆者らは，膨張性固化材による液状化対策工法の開発を目指しており<sup>1)~4)</sup>，その一環として遠心力载荷模型実験を実施した。本報告は，未改良地盤と改良地盤で得られた振動実験の結果を比較することにより，地盤中の改良杭の膨張による液状化抑制効果について検討したものである。なお，以下に示すスケールは模型スケールである。

2. 実験概要 今回実施した実験ケースは，改良杭を打設した改良地盤のケースと改良杭がない未改良地盤のケースで

あり，遠心加速度は 30g とした。実験土槽はせん断土槽（内寸，幅 560×長さ 210×高さ 310mm）を用いた。

図-1 に改良地盤のケースに対する実験モデルおよびセンサー設置位置を示す。モデルは液状化層（豊浦砂，相対密度  $D_r=40\%$ ）改良杭（初期直径 21.9mm，ピッチ 52.5mm），および改良杭の図中 z 方向への膨張を抑制するための非液状化層（豊浦砂， $D_r=80\%$ ）からなる。改良杭は，硬焼石灰・豊浦砂・セメント系固化材の混合材であり，その配合は予備実験で体積膨張率が 60%程度と確認されたものとした。なお，未改良地盤のケースでは同様の液状化層と非液状化層からなる。また，計測項目は，地盤中 GL- 82.5，-150，217.5mm（実物換算で-2.5，-4.5，-6.5m）での間隙水圧，応答加速度および土圧，地表面での応答加速度と図中 z 方向の地表面変位，土槽側面における加振方向（図中 x 方向）変位とした。

実験手順は，乾燥状態でモデルを作製した後，30cSt のメチルセルローズ水溶液を，遠心加速度 30g 場で注入し，地盤を飽和させた。その後，改

良杭の膨張を確認し，図-2 に示す加速度振幅 2.6g（実物換算 85Gal），周波数 50Hz（実物換算 1.67Hz），60 波の正弦波で加振した。

3. 実験結果

3.1 加振前の状況 改良地盤のケースにおける遠心力载荷開始から間隙流体注入および改良杭の膨張収束

キーワード：遠心力载荷模型実験，動的，砂，液状化，静止土圧係数，相対密度

連絡先：1) 横浜市戸塚区名瀬町 344-1，tel. 045-814-7236 2) 東京都台東区台東 1-2-1，tel. 03-3837-6034

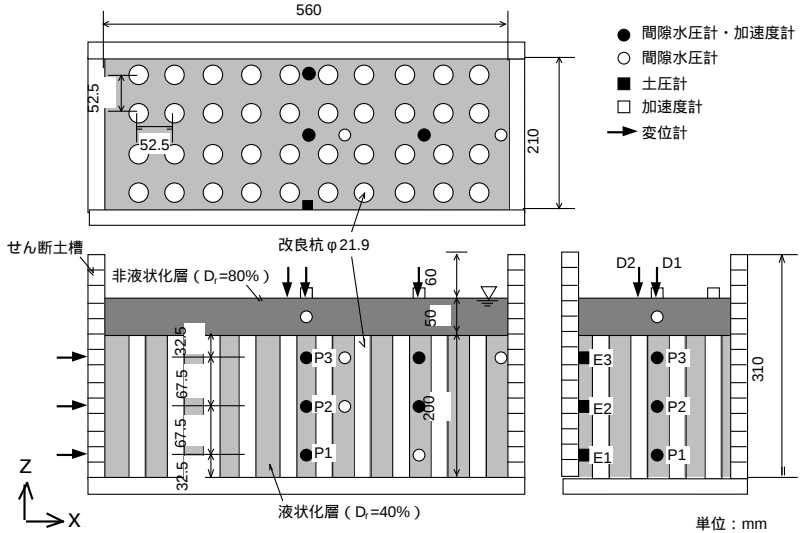


図-1 実験モデルおよびセンサー設置位置

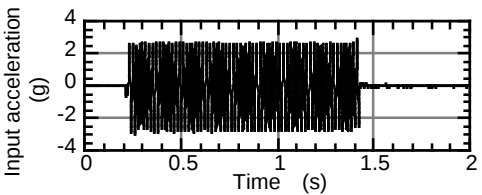


図-2 入力加速度

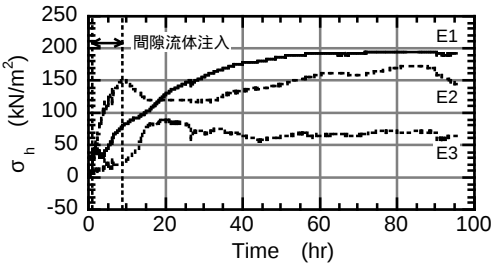


図-3 水平土圧の時刻歴

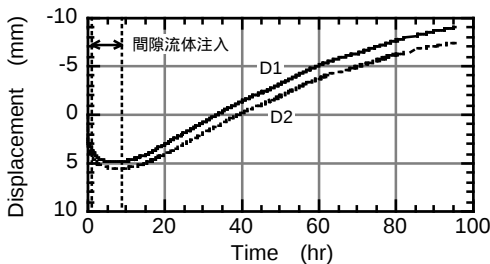


図-4 地表面変位の時刻歴

後の加振直前までの、水平土圧（土水圧）（E1～E3）の時刻歴を図-3 に示し、杭間上および杭上における地表面変位量（D1，D2）の時刻歴を図-4 に示す。なお、地表面変位は沈下を正としている。

水平土圧は間隙流体注入による間隙水圧と改良杭の膨張によって増加し、間隙水圧を差し引いた有効土圧から算定される静止土圧係数  $K_0$  は、加振直前において E1 で  $K_0=2.3$ ，E2 で 2.5，E3 で 1.8 となり、今回の実施ケースではないが、未改良地盤に対する予備実験で得られた  $K_0=0.5$  よりも増加する傾向となった。地表面変位量の挙動については D1（杭間上）と D2（杭上）に差はほとんど見られず、遠心加速度の上昇時や間隙流体注入時に沈下し、その後、改良杭の膨張が進行するとともに隆起する結果となった。

また、遠心実験の事後調査の結果、改良杭の膨張率は、断面積膨張率が平均で 52.0%，体積膨張率が 62.3%となり、断面積膨張率から算定される膨張による改良率は 8.2%となった。さらに、表-1 に地盤作製時と加振直前（30g 場）での液状化層の相対密度  $D_r$  を示す。なお、相対密度の算定は、改良杭の初期直径は予備試験で得られた値（21.9mm）とし、実験前後における非液状化層厚に変化が見られなかったため、地表面変位は液状化層の変位と一致するものとして、地表面変位量の測定値と実験終了後における杭寸法の測定値を基に行った。その結果、前述のように地表面は隆起するものの、改良杭の膨張によって液状化層の密度が相対密度で 11%程度増加するという結果が得られた。

3.2 加振による過剰間隙水圧の変化 図-5(a)，(b)に未改良地盤と改良地盤で得られた P1～P3 における過剰間隙水圧比  $\Delta u/\sigma'_{v0}$  の時刻歴を示す。ここで過剰間隙水圧比は過剰間隙水圧を初期有効上載圧で除した値である。未改良地盤では加振によりいずれも水圧比が上昇しており、P1 では最大 0.7 程度、P2 では 0.9 程度、P3 では加振初期に 1.0 程度まで達し、完全に液状化していることが分かる。一方、改良地盤では P1 で未改良地盤の場合と異なり、水圧比の上昇がほとんど見られず、P2 では未改良の場合と同様、水圧比は上昇するものの、0.3 程度に抑えられており、P3 では加振中に 1.0 程度に達するが、水圧比の上昇速度が未改良のものよりも遅くなっていることが分かる。また、図-6 に未改良および改良地盤の P3 における水圧比の時刻歴に対して時間軸を大きくしたものを示す。未改良地盤では水圧減少が加振終了後から 2.5 秒後に、改良地盤では 0.2 秒後にそれぞれ見られ、未改良地盤と改良地盤とで加振後の水圧減少に違いが生じており、改良地盤の方が液状化状態の継続時間は短いことが分かる。これは、改良地盤の方が地盤下部での水圧上昇量が小さく、未改良地盤よりも加振後の水圧消散時における地盤下部から上部への浸透流量が小さいためと思われる。

4. まとめ 今回、膨張性固化材で改良された地盤の液状化抑制効果を検証するために、未改良地盤と改良地盤の比較実験を実施し、改良杭の膨張により杭間部での密度と静止土圧係数の増加が見られ、改良地盤における加振時の過剰間隙水圧の上昇が抑制された。今後は、改良杭の強度および剛性、膨張材の膨張量や杭間地盤の初期相対密度などを変化させたケースを実施する予定である。

参考文献 1)堀越他：膨張性固化体ならびに掘削発生土を用いた液状化対策（研究概要）、2)大谷他：静的締固め工法に用いる新たな中詰め材料に関する要素実験、3)石井他：静的締固め工法に用いる新たな中詰め材料に関する土槽実験、4)宇野・古池他：三次元有効応力解析による密度増大工法の液状化抑制効果に関する一検討、以上、第 35 回地盤工学研究発表会、2000。

表-1 液状化層における  $D_r$  の変化

| 実験ケース | 液状化層 $D_r$ (%) |      |
|-------|----------------|------|
|       | 地盤作製時          | 加振前  |
| 未改良地盤 | 40.1           | 48.1 |
| 改良地盤  | 39.2           | 58.8 |

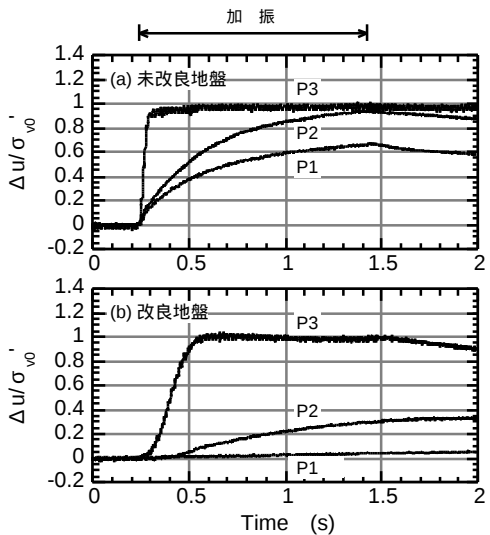


図-5 過剰間隙水圧比の時刻歴

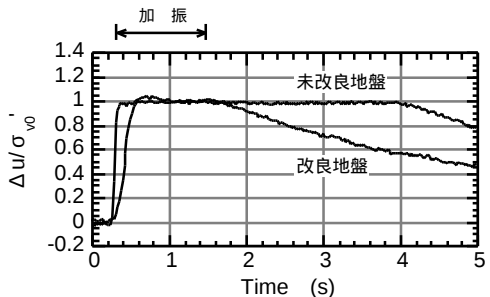


図-6 P3 における水圧比の時刻歴