

グラウト注入および加振時における地盤内変位の空間分布解析

海上・港湾・航空技術研究所 正会員 ○高野 大樹, 森川 嘉之
 防衛大学校 正会員 宮田 喜壽, 野々山栄人
 学生会員 山本 圭祐

1. はじめに

近年, 地盤内の挙動を可視化する新たな道具として透明土を用いた模型実験が注目されている¹⁾。透明土を用いた実験では, これまで困難であった模型スケールにおいて地盤内を非破壊で観察することが可能となる。本研究では, 液状化対策として実施される静的圧入締固め(CPG)工法²⁾を対象として, グラウト打設時および加振時における地盤挙動を画像解析により評価した。本報では, 2 ケースの基礎実験の結果を報告する。

2. 実験概要

模型実験の概要を図1に示す。平面土槽内に, 透明土を用いて2層地盤を構築し, 2本のグラウト杭を打設し, 地震動 400gal に相当する振幅 0.6mm, 周波数 100Hz の正弦波を 20 回作用させた。実験には二種類の溶解石英ガラス粒子を用いた。中央の層は緩詰め液状化層であり, 石英 A ($\rho_s=2.214 \text{ g/cm}^3$, $D_{50}=1.0 \text{ mm}$, $e_{\max}=1.018$, $e_{\min}=0.707$, 屈折率 1.4585), それを挟む上下の層は非液状化層として石英 A より粒径が大きい石英 B ($\rho_s=2.214 \text{ g/cm}^3$, $D_{50}=2.5 \text{ mm}$, $e_{\max}=1.022$, $e_{\min}=0.734$, 屈折率 1.4585) で構築した。実験は 2 ケースで, 無対策と CPG 工法による液状化対策ありのケースである。CPG のケースでは, 水注入ポンプ, 水-グラウト置換装置, 引抜き装置から構成される静的圧入締固め装置²⁾を用いてグラウト杭の打設を行った。グラウト杭の打設は 30G の遠心加速度下で実施した。本実験では, 2本のグラウト杭は同時に深部から浅部へボトムアップ方式で行った。

3. 結果と考察

模型地盤内には地盤挙動観察のために着色した粒子を等間隔で設置している。グラウト杭打設終了時の透明土の状態を図2に示す。地盤内に埋めたトレーサー粒子が観察可能な状態であることがわかる。加振時には高速カメラを用いて撮影し PTV 解析でトレーサー粒子の鉛直および水平方向の変位を解析した。加振時には 1000 fps のフレームレートで撮影を行った。図3はグラウトの打設によって生じた変位分布を示す。変位分布は, グラウト杭打設前後の画像間差分によって変位量が多い場所を抽出した。白く表示された箇所はグラウト杭に相当する。これより, 杭間中心部まで変位が生じていることが確認できる。

図4, 5に PTV 解析より得られたトレーサー粒子の水平方向および鉛直方向の変位の経時変化を実規模換算で示す。CPG 対策地盤における着目トレーサー位置は図2に示す位置, 無対策地盤では同深度の粒子とした。入力地震動に伴い粒子が大きく水平方向に運動している様子が確認できる。また, 加振後の鉛直方向の永久変形が無対策の場合大きくなることから, CPG による液状化抑制効果に加え, 地表面の沈下を抑制する効果もうまく観測できている。図6, 図7はトレーサー粒子の変位を基に算出したせん断・体積ひずみ分布を示す。なお, グラウト杭間で注入後の圧密収縮によって生じる間隙水の懸濁が発生したためトレーサー粒子の抽出・同定が困難であった。そのため, CPG 対策ケースにおけるひずみ分布の算出は, グラウト杭外側において行った。無対策地盤では, 局所的に層状のせん断ひずみの卓越が確認できる。一方, CPG 対策ありでは, 顕著なせん断ひずみは生じていないことがわかる。一方, 体積ひずみ分布からは, 無対策においては加振直後から層状に沈下が発生し沈下の範囲も広い。CPG 対策ありにおいては, グラウト間外であっても, 加振による体積ひずみは小さく, 無対策と比較して抑制されていることがわかる。また, せん断ひずみと体積ひずみの発生場所がほぼ一致していることから, 体積が大きく変化しているところで, せん断ひずみが発生していることがわかる。

キーワード CPG 工法, 可視化, 透明土

連絡先 〒239-0826 横須賀市長瀬 3-1-1 (国研) 海上・港湾・航空技術研究所 港湾空港技術研究所 TEL: 046-844-5055

4. まとめ

透明土を用いた地盤内変位の解析技術の有効性を示した. 模型スケールにおいて地盤内を非破壊で可視化出来る実験技術は, 液状化対策工の設計の合理化や新たな施工管理技術の開発に大きく貢献すると考えられる.

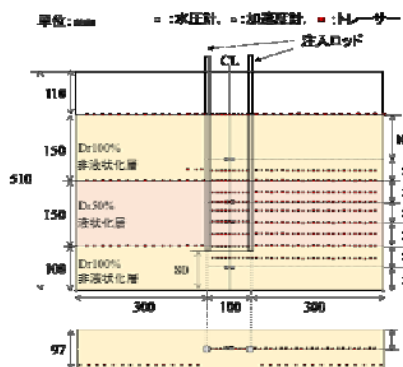


図1 模型概略図

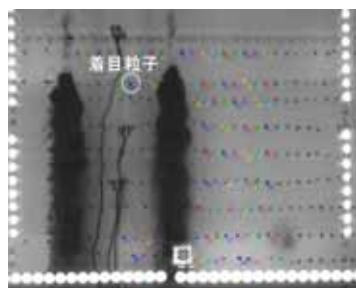


図2 グラウト注入後の模型地盤

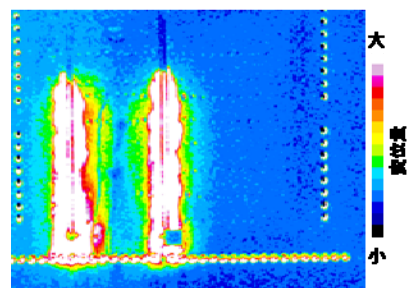


図3 注入前後の変位分布

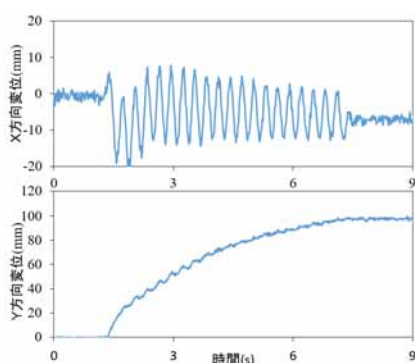


図4 トレーサー粒子の変位 (無対策)

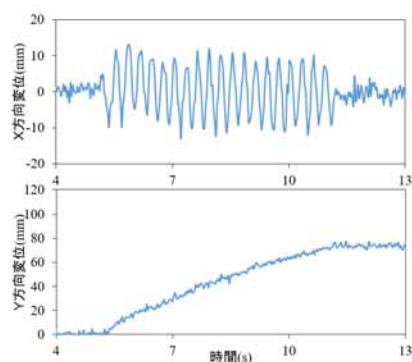
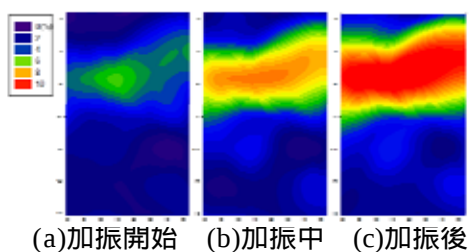
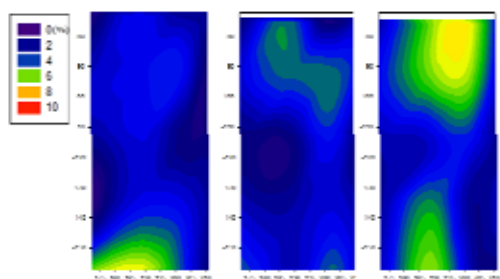


図5 トレーサー粒子の変位 (CPG 対策)

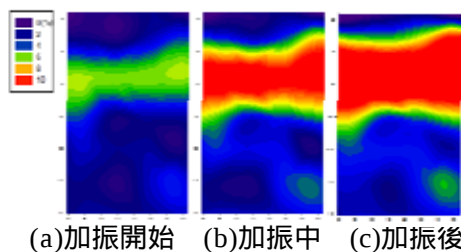


(a)加振開始 (b)加振中 (c)加振後

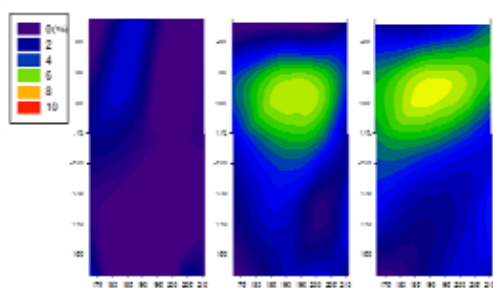


(a)加振開始 (b)加振中 (c)加振後

図6 せん断ひずみ分布 (無対策: 上段)
(CPG 対策: 下段)



(a)加振開始 (b)加振中 (c)加振後



(a)加振開始 (b)加振中 (c)加振後

図7 体積ひずみ分布 (無対策: 上段)
(CPG 対策: 下段)

【参考文献】

- 1) Iskander, M, Bathurst, R.J. and Omidvar, M.: Past, present and future of physical modeling with transparent soils, ASTM Geotechnical Testing Journal 38(5): 557-573, 2015.
- 2) 高野大樹, 西村 聡, 竹花和浩, 森川嘉之, 高橋英紀: 静的圧入締固め工法の液状化抑制効果に関する検討, 地盤工学ジャーナル, Vol.8(1), pp.81-95, 2012.