

液状化対策効果が向上した CPG 工法

— K 値の挙動と液状化強度 —

東興ジオテック(株)

(国研)海上・港湾・航空技術研究所 港湾空港技術研究所

三信建設工業(株)

みらい建設工業(株)

復建調査設計(株)

(株)アートンシビルテクノ

九州大学大学院工学研究院

正会員 ○岡見 強

岡田 宙

正会員 佐々 真志

正会員 山崎 浩之

正会員 新坂 孝志

正会員 竹之内 寛至

正会員 小西 武

正会員 足立 雅樹

正会員 菅野 雄一

正会員 高田 圭太

正会員 高橋 但

フェロー会員 善 功企

1. はじめに

静的圧入締固め工法（以下、CPG 工法）は、注入管より低流動性のモルタルを静的に圧入して周辺地盤を締固め、密度を増大させる液状化対策工法の一つである。CPG 工法は空港港湾等の既設構造物の直下や近傍での施工実績も多いが、施工時に発生する地盤隆起が問題になる場合がある。これまで、従来のボトムアップ方式による圧入施工¹⁾（従来施工）よりも隆起抑制効果の高いアップダウン施工²⁾（U/D 施工）の検討を行ってきた。

本研究は、既往の U/D 施工を工夫することにより、隆起抑制効果³⁾、改良効果⁴⁾および液状化対策効果の向上した新たな CPG 工法の開発を目的として、円筒形土槽、角型土槽およびせん断土槽の 3 種類の土槽を使用して模型実験を行ったものである。本論文では、せん断土槽を用いた加振実験により、液状化対策効果の向上が確認された結果について報告する。

2. 実験概要

図-1 にせん断土槽 (W600mm×L600mm×H600mm) に注入した固結体配置平面図、図-2 に模型地盤の断面図を示す。模型地盤は、200mm の砕石基盤に東北 7 号珪砂を水中落下方式で初期相対密度 40% を目標に厚さ 300mm の改良対象層を作製した (模型地盤の作製方法、注入方法の詳細は、文献 3)、文献 4) 参照)。表-1 に実験仕様を示した。土圧計は図-1 に示す 4 箇所 (左, 右, 手前, 奥) に GL-150mm, -250mm, -350mm の 3 深度、また間隙水圧計は図-1 に示す 1 箇所 (右) に GL-50mm, -150mm, -250mm, -350mm の 4 深度設置した。

表-1 実験仕様

初期相対密度 D_{ro} (%)	40
施工方法	従来施工, U/D 施工
改良範囲 (mm)	600×600
改良長 (mm)	300
1本当り圧入量 (cm ³)	680
圧入本数 (本)	16
総圧入量 (cm ³)	10,880
改良率 (%)	10
U/D 施工の区間長 (球体数)	3
U/D 施工の往復回数 (回)	5, 10

入力加速度は、50Gal から段階ごとに 50Gal ずつ増加させ、1 段階の加振では、5Hz の正弦波を 20 波入力した。液状化発生時の加速度 (液状化強度) は、作用させた波数を考慮し、換算入力加速度として、下式により算出した。

$$\text{換算入力加速度 } \alpha_{eq}' = \frac{\text{液状化発生時の波数}}{\text{全波数}} \times 50 + (\text{入力加速度 } \alpha_{eq} - 50)$$

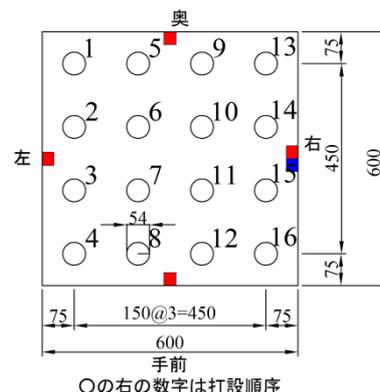


図-1 固結体配置平面図

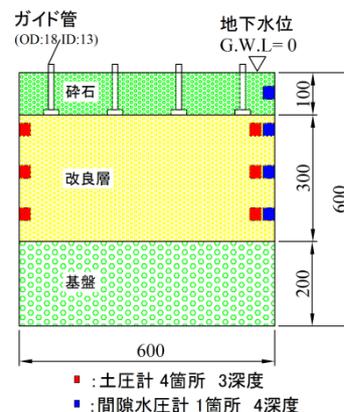


図-2 模型地盤断面図

キーワード: 液状化, 静的締固め, K 値

連絡先: 〒108-0014 東京都港区芝 4-8-2 東興ジオテック(株) 技術本部 Tel.03-3456-8751 FAX:03-3456-8752

3. 実験結果

水圧計, 土圧計の計測結果から, 過剰間隙水圧比とK値について, 実験結果および考察を以下に述べる. 図-3 の上段に加振中の過剰間隙水圧比の経時変化, 下段に注入により増加したK値の増分に対し, 加振によって減少していくK値を残留K値増分として経時変化を示した. (a)は入力加速度 100Gal, (b)は 150Gal の加振中の状況である. なお, K値は一例として, 左 GL-250mm に設置した土圧計の計測結果を用いた.

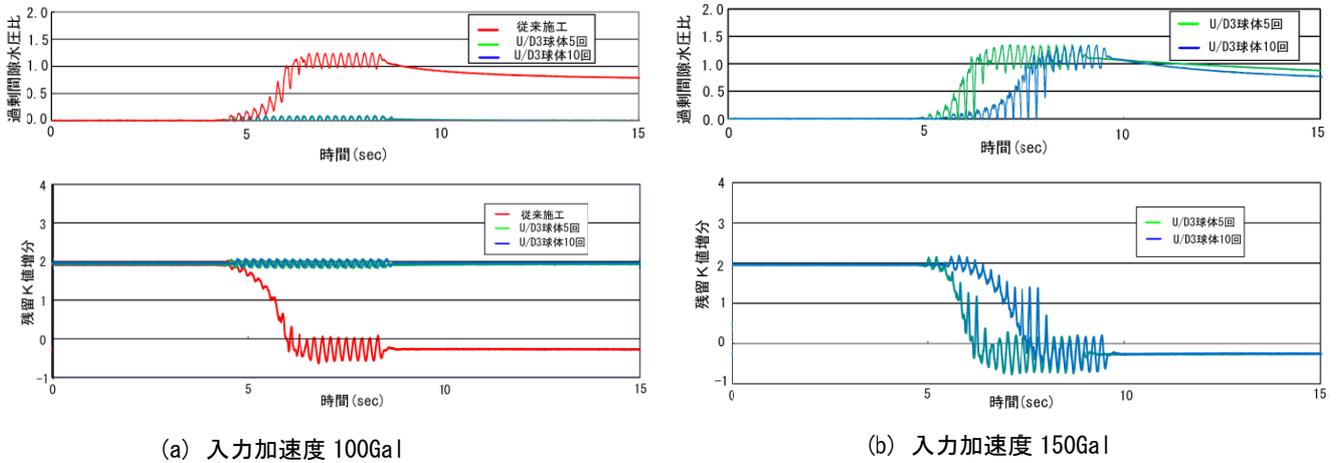


図-3 加振中の過剰間隙水圧比と残留K値増分の経過時変化

(1) 過剰間隙水圧比

入力加速度 100Gal では, 従来施工の場合, 加振中に過剰間隙水圧比が 1.0 以上となり液状化が発生するが, U/D 施工は加振によって生じる過剰間隙水圧は小さく液状化に至らない. 入力加速度 150Gal では, U/D 施工でも過剰間隙水圧比が 1.0 以上となり液状化に達するが, 往復回数の多い U/D3 球体 10 回の方が過剰間隙水圧比の上昇が遅く液状化に至るまで長い時間を要している.

(2) 残留K値増分

入力加速度 100Gal では, 従来施工の場合, 加振によりK値増分が徐々に減少し液状化に至るが, U/D 施工では, K値が減少せずにそのまま保持され液状化に至っていない. 入力加速度 150Gal で U/D3 球体 5 回と 10 回を比較した場合, ともにK値が減少していくものの, 10 回のほうが, 減少が緩やかであり, 液状化発生に至るまで長い時間を要している. U/D 施工の往復回数を多くした方がK値の持続性が良く, より大きな液状化抵抗を示すことが確認された. 加振前は同程度のK値でも, 加振時におけるK値の残留の相違が液状化強度に対して大きな影響があるものと考えられる.

(3) 液状化強度

図-4 は加振前の相対密度と従来施工の液状化時の換算入力加速度を 1 として正規化した液状化換算加速度の関係を示したものである. 従来施工に比較して, U/D 施工は 1.5 倍以上の液状化換算加速度を示している. 特に U/D3 球体 10 回は, 従来施工の 1.8 倍程度の液状化強度の増加が認められた.

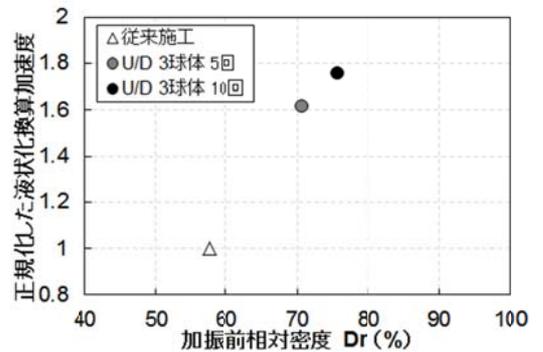


図-4 加振前相対密度と正規化した液状化換算加速度

4. まとめ

円筒形土槽, 角型土槽およびせん断土槽を用いた実験結果, 今回開発したU/D施工は, 従来施工と比較して隆起抑制効果³⁾と締め改良効果⁴⁾の増加が確認されおり, 加振中は, K値の持続時間が長く, 液状化強度が増加することが確認された. 今後は, U/D 施工の評価方法と施工方法の確立に向けて, 実証実験を進めたい.

<参考文献>

- 1) 沿岸技術研究センター: 液状化対策としての静的圧入締め固め工法技術マニュアル—コンパクショングラウチング工法—, 2013.
- 2) 飯川他: 静的圧入締め固め工法の隆起抑制効果のある施工方法の検討, 土木学会第 66 回年次学術講演会, pp.81-82, 2011.
- 3) 竹之内他: 隆起抑制効果が向上した CPG 工法—等価改良率を用いた改良効果の評価—, 第 71 回年次学術講演会, 2016 (投稿中)
- 4) 高橋他: 改良効果が向上した CPG 工法—締め固め量, 相対密度, K値について—, 第 71 回年次学術講演会, 2016 (投稿中)