

新たな CPG 工法の研究概要について

復建調査設計（株）	正会員	○高田 圭太
（国研）港湾空港技術研究所	正会員	佐々 真志
（国研）港湾空港技術研究所	正会員	山崎 浩之
三信建設工業（株）	正会員	新坂 孝志
（株）アートンシビルテクノ	正会員	高橋 但

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地盤に静的に圧入して地盤の密度を増大させる液状化対策工法の一つである。CPG 工法は既設構造物の直下や近傍での適応が可能であるが、従来のボトムアップ方式（以下、従来施工）では施工に伴う地盤隆起が問題となる場合があり、その抑制が課題となる。これまで著者らは、小型模型実験および実大規模の現場実証実験を実施し、従来施工よりも隆起抑制効果ならびに液状化対策効果の高い新たな CPG 工法であるアップダウン施工（以下、U/D 施工）の開発を進めてきた¹⁾²⁾。これまでの実験データを整理した結果、U/D 施工のメカニズムについて新たな知見が得られた³⁾。本報は、隆起抑制メカニズムおよび改良体の出来形の考察に先立ち、これまでの U/D 施工の研究概要を述べるものである。

2. U/D 施工の概要

U/D 施工とは、モルタル球体を注入する工程と、モルタル球体に注入管を所定区間（U/D 区間長）にわたり所定往復回数（繰返し回数）上下運動させる U/D 工程からなる施工法である（図-1）。このとき、従来施工と比べてより大きな隆起抑制及び液状化対策効果を得られることが分かっている。

3. U/D 施工による隆起抑制及び液状化対策効果

図-2 に研究の経緯を示す。筆者らはこれまでに人工模型地盤を作製し、実施工の 1/10 スケールにて U/D 施工の室内模型実験を実施してきた。また、平成 28 年度には実際の工事で使用施工機械（図-3）を用いた現場実証実験を実施している。

その結果、U/D 施工の隆起抑制及び液状化対策効果は、注入管を上下移動させた総移動距離を（ ΣL ）、注入管断面積を（ A ）としたときの両者の積であらわされる“繰返し体積 cyclic volume（ CV ：式-a）”と良い相関を示すことがわかっている（図-4）²⁾。また、繰返し体積を初期地盤体積（ V_0 ）で除した値（ CVR ：式-b）は、地盤の締め固め効果に対して改良率 a_s （式-c）と同等の価値があると考え、両者を足したものを等価改良率 a_{se} （式-d）と定義すると、隆起の低減や地盤の相対密度増加と相関がみられた²⁾。等価改良率を設計上有効な指標として扱ってよいかは、改めて検討が必要である。

図-5 に室内模型実験および現場実証実験における地点隆起量の深度分布を示す。現場実証実験（図-5(d)）のうち GI タイプでは、従来施

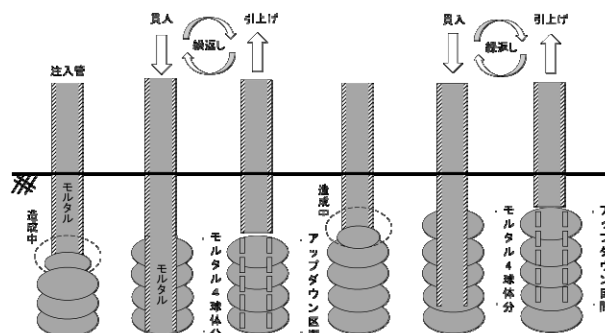


図-1 U/D 施工のイメージ図

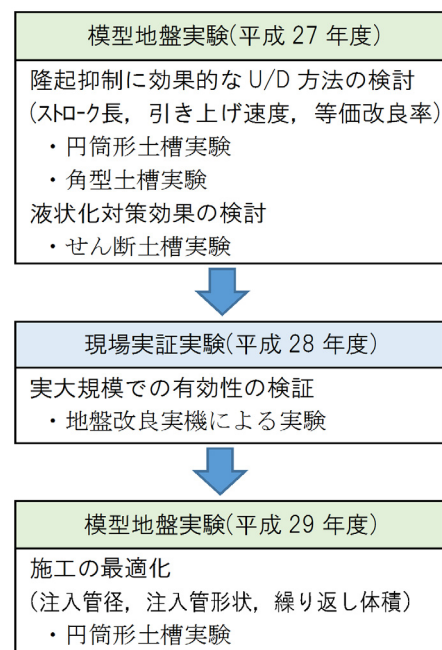


図-2 研究の経緯

$$CV = \Sigma L \times A \quad (\text{式-a}) \quad CVR = \frac{CV}{V_0} \quad (\text{式-b})$$

$$a_s = \frac{\Sigma Q}{V_0} \quad (\text{式-c}) \quad a_{se} = a_s + CVR \quad (\text{式-d})$$

ここに、 ΣQ は総注入量である

キーワード：静的締固め、液状化対策、隆起抑制

連絡先：〒101-0032 東京都千代田区岩本町 3-8-15 復建調査設計（株）東京支社 TEL 03-5835-2631 FAX 03-5835-2632

工(図中のボトムアップ)時の隆起 27.3mm に対して U/D 施工時の隆起は 1mm 以下となっており、明確な隆起抑制効果がみられた。これにより、U/D 施工は実大規模でも施工可能な方法であり、室内模型実験と同様に高い隆起抑制効果を発揮することが確認された²⁾。

4. 隆起抑制メカニズムの検討と施工能率向上に対する取組み

新たな CPG 工法である U/D 施工は、従来からの課題であった隆起抑制および液状化対策効果増大(密度増加)の両方を、少ない繰返し体積で効率よく発現させることができる工法であり、今後増大する港湾空港の液状化リスク低減に大きく資するものである。これまでの研究で U/D 施工の有効性および実大規模の施工での適用性を検証してきたが、そのメカニズムについてはあまりよくわかっていなかった。

しかし、実験時の地表面の動態観測結果を詳細にみることで、注入管の貫入・引き上げに対応して地盤の膨張と沈みこみが繰返し発生していることが明らかになってきた³⁾⁴⁾。また、模型地盤実験で造成した改良体は周辺の砂を取り込んで拡張しており、その結果地盤の締め固め効果が向上することが分かってきた⁵⁾。

さらに、実際の施工で U/D 施工を行うために必要な施工仕様およびツールの最適化についても現在検討を進めている³⁾⁶⁾⁷⁾。

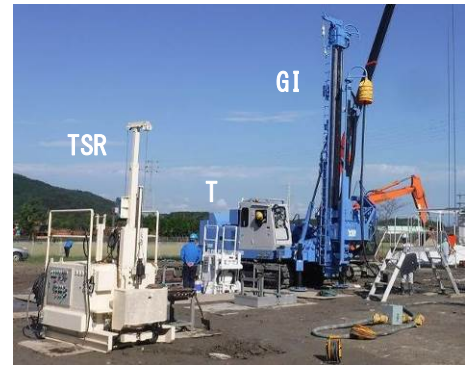


図-3 現場実証実験で使用した施工機械

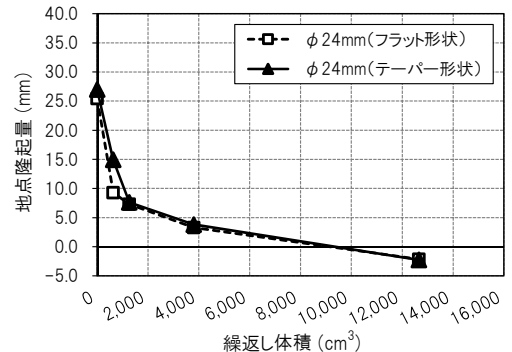


図-4 地点隆起量と繰返し体積の関係(室内模型実験)

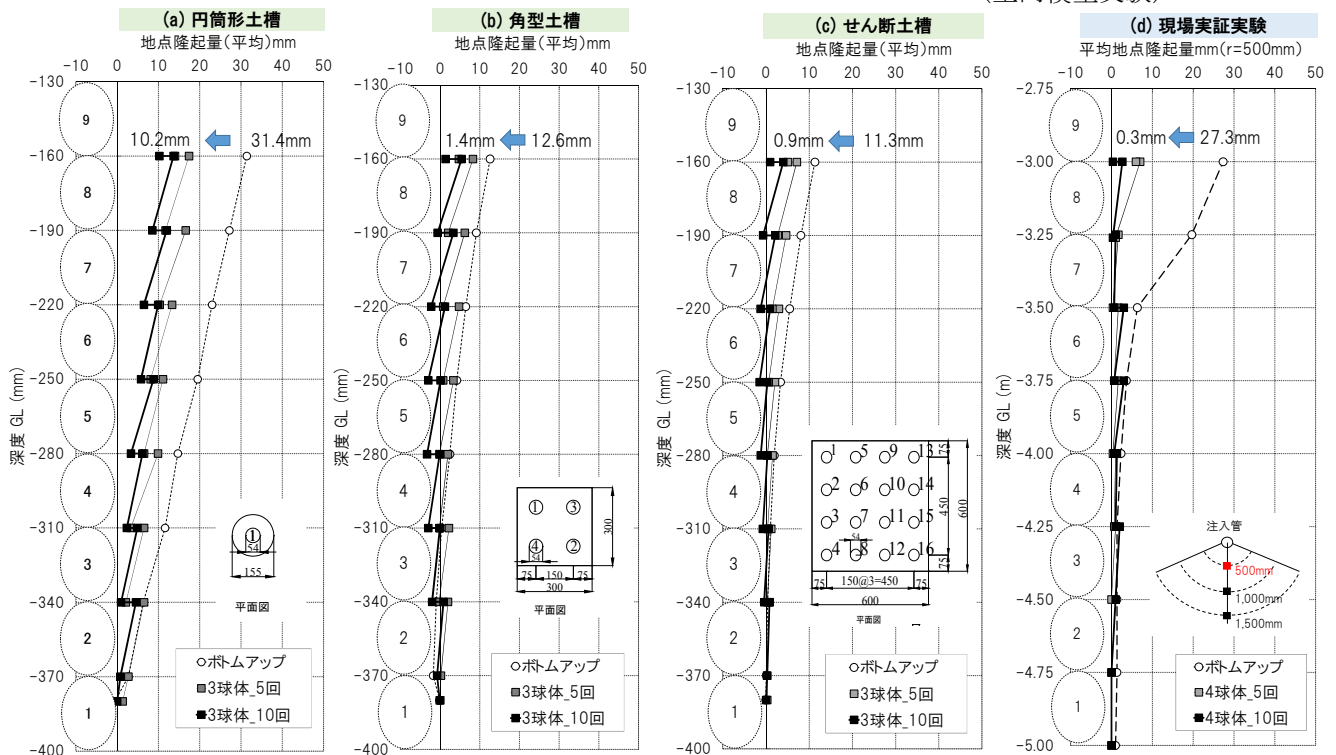


図-5 室内模型実験および現場実証実験における地点隆起量(平均)の深度分布

<参考文献>

- 1)竹之内他：隆起抑制効果と液状化対策効果が向上した新たな CPG 工法の開発，土木学会論文集 B3 (海洋開発)，Vol. 72, No. 2, I 372-I 377, 2016.
- 2)竹之内他：隆起抑制型 CPG 工法の開発と現場実証実験による検証，土木学会論文集 B3 (海洋開発)，Vol. 73, No. 2, I 282-I 287, 2017.
- 3)竹之内他：新たな CPG 工法の隆起抑制メカニズムと施工能率向上の検討，土木学会論文集 B3 (海洋開発)，Vol. 74, No. 2, 2018(投稿中)。
- 4)竹之内他：新たな CPG 工法の隆起抑制メカニズム—繰返し弾塑性収縮について—，土木学会第 73 回年次学術講演会，2018(投稿中)。
- 5)足立他：新たな CPG 工法の改良体の出来形について，土木学会第 73 回年次学術講演会，2018(投稿中)。
- 6)諸橋他：新たな CPG 工法における注入管の最適化の検証—注入管の大きさについて—，第 53 回地盤工学研究発表会，2018(投稿中)。
- 7)渡邊他：新たな CPG 工法における注入管の最適化の検証—注入管の先端形状について—，第 53 回地盤工学研究発表会，2018(投稿中)。