

新たな CPG 工法の開発

ー現場実証実験の概要ー

三信建設工業(株)	正会員	○竹之内 寛至
(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
みらい建設工業(株)	正会員	足立 雅樹
復建調査設計(株)	正会員	菅野 雄一
東興ジオテック(株)	正会員	岡見 強
(株)アートンシビルテクノ	正会員	高橋 但

1. はじめに

CPG 工法は低流動性のモルタルを地盤に静的に圧入し、地盤の密度を増大させる液状化対策工法の一つである。本工法は様々な港湾・空港で活用されているが、施工に伴い発生する隆起が問題となる場合があり、その抑制が課題である。筆者らは、従来の CPG 工法のボトムアップ施工と比較して大幅に隆起抑制効果および液状化対策効果を向上させた新たなアップダウン(以下、U/D)施工を開発した¹⁾。この U/D 施工は、実現場の 1/10 スケールの小規模な模型実験¹⁾において、ボトムアップ施工の施工時に発生した隆起量を 8 割以上低減できることが実証されている¹⁾。しかし実大規模においては、U/D 施工の可否ならびに既往の模型実験と同様の高い隆起抑制効果を有するか不明であった。

そこで本研究では、実大規模で対応できる施工機械を開発し、現場実証実験を通じて開発した新工法の有効性を検証した。本論文では、現場実証実験の概要と実機を用いた施工状況について述べる。今回の現場実証実験の結果は文献 2) および文献 3) をそれぞれ参照されたい。

2. 現場実証実験の概要

(1) U/D 施工とは

図-1 に U/D 施工のイメージ図を示す。本施工法は U/D 区間およびこの区間を注入管が上下に動く往復回数(繰返し回数)を設定して施工する。例えば、U/D 区間を 4 球体、繰返し回数を 5 回としたとき、以下の作業手順となる。(1) 先行してモルタルを 4 球体分圧入する。(2) 圧入を中断し、モルタル 4 球体中に注入管を 5 往復させる。(3) ステップアップし、1 球体圧入する。(4) 次の 4 球体分に注入管を 5 往復させる。(5) 以降、(3) および (4) を改良天端まで繰返す。

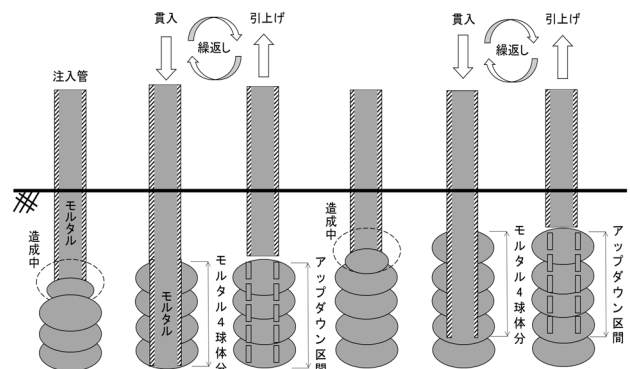


図-1 U/D 施工のイメージ

(2) 土質状況

図-2 に土質柱状図を示す。当該地盤は地下水位が GL-1.8m、N 値が 1~5 のシルト混じりの緩い砂層で構成される。改良範囲は、GL-5.0m~-2.75m とし、この区間を 1 ステップ(モルタル 1 球体)0.25 m で、9 ステップ(モルタル 9 球体)分の圧入をした。

(3) 施工機

表-1 に実機種および各種パラメータを変化させた実験一覧を示す。本実験は既往の模型実験の結果および施工機の性能を考慮し、各種施工方法を変化させた U/D 施工を実施し、施工の可否および隆起抑制効果について検証した。今回の実機を使用しての U/D 施工は、実機重量、注入管の回転および注入管の引上速度の 3 点の性能を特に考慮した。実機重量は、注入管の(再)貫入時に反力を確保するため、ある程度の重量が必要となる。注入管の回転は、注入管の(再)貫入時の抵抗を低減するため、必要となる場合がある。注入管の引上速度は、既往の小規模模型実験の結果から、より速いものが高い隆起抑制効果を有することが分かっている¹⁾。この知見から、実機による注入管の引上速度は、出来るだけ速くする必要がある。

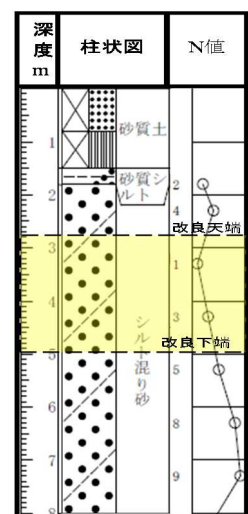


図-2 土質柱状図

キーワード: CPG 工法, 静的締固め, 隆起抑制効果, 液状化

連絡先: 〒111-0052 東京都台東区柳橋 2-19-6 三信建設工業(株) 技術本部 Tel.03-5825-3707 FAX:03-5825-3757

図-3に今回開発した施工機械の写真を示す。実機種は、CHP-T(以下、Tタイプ)、CHP-TSR(以下、TSRタイプ)およびGI-130C(以下、GIタイプ)の3種類である。Tタイプは、CPG工法で使用する従来型の注入管リフト装置である。使用する注入管の大きさは、外径φ73mm、内径φ50mmである。TSRタイプは、注入管のU/D施工を可能にするためTタイプを改造して実機重量を重くし、注入管の回転機能を付与した注入管リフト装置である。注入管は、Tタイプと同じものが使用できるようにした。GIタイプは汎用の地盤改良機であるが、今回の現場実証実験のために、実機重量が重く、注入管の貫入・引上げ能力の高い大型の施工機を選定した。またCPG施工用に対応した、専用の注入管およびスイベル(注入管と注入ホースとの間にある回転する接合部)を開発した。注入管はGIタイプの仕様に合わせ、GIタイプの標準ロッドと同様の外径φ165mmとした。注入管の内径はCPG工法の仕様に合わせて、φ50mmとした。

3. 現場実証実験の結果

図-4に現場実証実験における最大注入圧力の深度分布図を示す。U/D施工を行ったすべてのケースにおいてU/D施工に伴う注入管の先端閉塞や急激な圧力上昇は発生せず、常に施工性が確保され注入ができた。GIタイプでは、開発した専用の注入管およびスイベルの適用性を確認した。

またTSRタイプおよびGIタイプは、実機に注入管の回転性能を付与していることから、U/D施工に伴う注入管の貫入および引抜きが、ジャミングすることなく、所定のU/D区間長において所定の繰返し回数を達成することができた。このことから、模型実験と同様の注入管のU/D施工を再現することが実証できた。以上の結果より、注入および実大規模でU/D施工が可能であることが実証された。

4. まとめ

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U/D施工について、実機種および各種パラメータを変化させて実大規模の現場実証実験を行った。その結果、今回U/D施工用に開発した実機および注入管等の資機材を使用することにより、注入および実大規模のU/D施工が可能であることが実証された。

<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) 高橋他:新たなCPG工法の開発—模型実験および現場実証実験結果の比較—, 平成29年度全国大会第72回年次学術講演会, 2017(投稿中).
- 3) 木村他:新たなCPG工法の開発—等価改良率を用いた隆起抑制効果の評価—, 平成29年度全国大会第72回年次学術講演会, 2017(投稿中).

表-1 実機種および各種パラメータを変化させた実験一覧

		Tタイプ (従来の 注入機)	TSRタイプ (Tタイプ 改造注入機)	GIタイプ (汎用大型地盤改良機)
使用機械		CHP-T	CHP-TSR	GI-130C
本体寸法 (L×W×H)	mm	1,370×750× 2,000	2,215×1,300×1,190	8,830×2,490×3,050
本体重量	kg	700	2,950	23,700
注入管径	mm	外径φ73 内径φ50	外径φ73 内径φ50	外径φ165 内径φ50
注入管引抜き 力(kN)	kN	159.7	210	132.5
注入管貫入力 (kN)	kN	—	144	132.5
注入管最大引 上げストローク長	mm	333	500	5500
注入管最大引 上げ速度	m/min	—	2	4.5
土被り	m	2.75	2.75	2.75
改良長	m	2.25	2.25	2.25
換算改良径	m	0.7	0.7	0.7
注入量	L	963	963	1017
改良率	%	15.4	15.4	15.4
注入ステップ 長	m	0.25	0.25	0.25
改良体を構成 するモルタル 数	球体	9	9	9
U/D区間長	球体	—	2	2.4
往復回数	回	—	5, 10	5, 10
施工法		BU施工	U/D施工 ・2球体5回 ・2球体10回	BU施工 U/D施工 ・2球体10回 ・4球体5回 ・4球体10回



図-3 今回開発した施工機

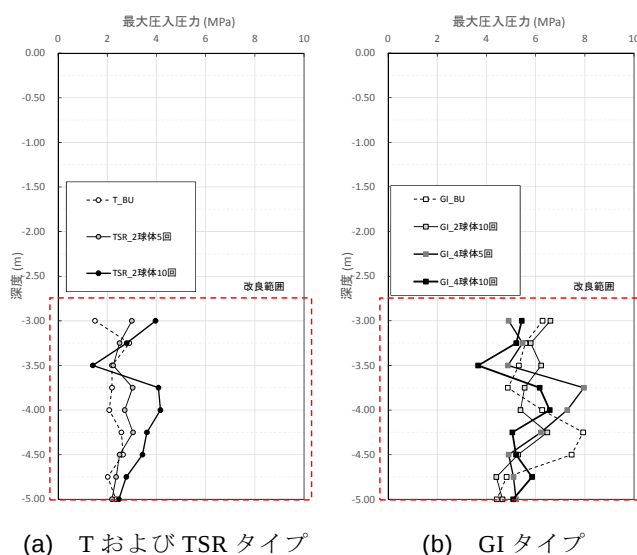


図-4 最大注入圧力の深度分布