

細粒分混じり地盤に対する新たな CPG 工法の現場実証実験
－小型施工機の適用性検証－

三信建設工業(株)
(国研)港湾空港技術研究所
みらい建設工業(株)
復建調査設計(株)
東興ジオテック(株)

正会員○竹之内 寛至
正会員 佐々 真志
正会員 足立 雅樹
正会員 高田 圭太
正会員 大野 喜代孝

1. はじめに

CPG 工法は、密度増大工法の一つであり、主に港湾・空港等の臨海部の液状化対策として適用されている工法である。著者らは、既往の実験¹⁾を通じて、地盤に圧入したモルタルに対して注入管の進退動を繰り返すことにより、従来の CPG 工法よりも格段に高い隆起抑制効果と液状化対策効果が得られる新たな CPG 工法 (U/D (アップダウン) 施工) を開発した。2016 年度の実大実験¹⁾では、中型の汎用地盤改良機を使用して実現場で U/D 施工を実施し、その施工実現性及び高い隆起抑制効果を有することを実証した。

本稿では、U/D 施工用に新たに小型施工機を開発して実大試験を実施し、その施工実現性、隆起抑制効果及び N 値上昇について検証するものである。2022 年度の中型の汎用地盤改良機を使用した実大実験の隆起抑制効果については文献²⁾を、N 値の上昇については文献³⁾をそれぞれ参照されたい。

2. 現場実験概要

図-1 に施工平面図を示す。当施工範囲内において、事前 SPT を 1 カ所及び事前 SWS を 6 カ所実施した。又、通常の CPG ボトムアップ(BU)施工及び U/D 施工を、それぞれ改良率 8 %、固結体配置間隔 1.5 m の正三角形配置で 3 本ずつ施工した。施工終了後は N 値上昇の検証のため、BU 施工及び U/D 施工の重心位置で SWS による事後調査をそれぞれ実施した。

表-1 に地盤構成を示す。当該地盤は上位より、埋土層(Bc)、第 1 砂質土層(As1)・粘性土層(Ac)・第 2 砂質土層(As2)が分布し、地下水位は深度約 2.0 m であった。今回の試験は、深度 3.0 m～5.0 m、N 値≒0 の砂混じりシルト層で実施した。

図-2 に小型施工機の写真を、表-2 に小型施工機の仕様を示す。本施工機は、削孔機能に打撃性能を加えた削孔造成機であり、注入管進退動の際、所定の深度まで注入管が貫入不能となった場合は、打撃を与えて所定の深度まで貫入した。

図-3 に U/D 施工法を示す。まず、圧入 2 ステップ分 (660 mm) 完了後に、その 2 ステップ分のモルタルに対し、注入管を往復 5 回進退動させた。以降は、図-3 に示すように圧入と注入管進退動を繰り返しながら改良天端まで施工した。

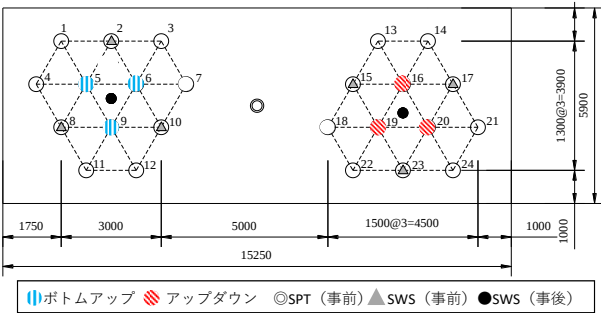


図-1 施工平面図

表-1 地盤構成

地層名	記号	深度 (m)			N 値
埋土層	Bc	0.00	～	1.60	2.8
第 1 砂質土層	As1	1.60	～	2.60	2.9
砂混じりシルト層	Ac	2.60	～	4.80	0～0.6
第 2 砂質土層	As2	4.80	～	5.50	4.8

改良対象層 (深度 3.0m～5.0m)



図-2 小型施工機

表-2 小型施工機の仕様

注入管	外径 73 mm, 内径 50 mm	
ドリフタ	攻撃力	55 kgf-m
	攻撃数	520 bpm
フィード	力	31.5 kN
	引上げ速度	4.0 m/min
	貫入速度	2.0 m/min
	ストローク	750 mm
寸法	全高	1390 mm
	全巾	1350 mm
	全長	1500 mm
質量	約 1380 kg	

キーワード：静的締固め，隆起抑制，N 値上昇，スクリューウェイト貫入試験，細粒分混じり地盤
連絡先：〒111-0052 東京都台東区柳橋 2-19-6 三信建設工業（株） TEL03-5825-3707 FAX03-5825-3757

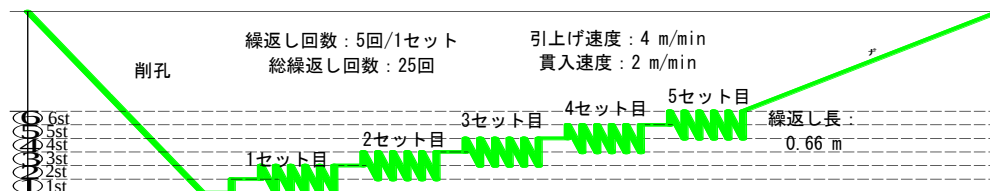


図-3 小型施工機での U/D 施工法（注入管先端位置図）

3. 結果及び考察

図-4 に地点隆起量の平均値の深度分布を示す。隆起量は、鋼製の鉛直変位計測板（計測板）を注入管から 500 mm 離れた位置に扇形状に 3 カ所設置し、各ステップの注入完了時及び U/D1 セット毎にレベル監視により測定した。本図の地点隆起量は、1 ステップ当り 9 カ所（計測板 3 カ所×打設位置 3 カ所）の平均値である。

BU 施工の地点隆起量の平均値は最終圧入深度で 7.8 mm、一方 U/D 施工の地点隆起量の平均値は最終圧入深度で 2.6 mm であり、U/D 施工によって 67%の隆起を低減する結果となった。又、プロットのエラーバーは各深度の隆起量の最大・最小値を示している。本図の結果から、U/D 施工は BU 施工に比べて隆起量のばらつきが小さく抑えられていることが分かる。

図-5 に SWS 試験の換算 N 値の深度分布を示す。本図の BU 施工の事前の換算 N 値の平均値は、図-1 の孔番 2, 8, 10 の 3 カ所から、U/D 施工の換算 N 値の平均値は、孔番 15, 17, 23 の 3 カ所からそれぞれ算出したものである。

本図から、BU 施工、U/D 施工共に改良範囲の大部分で事後の換算 N 値が事前の換算 N 値の平均値と比べて上昇していることが見て取れる。一方、事後の BU 施工と U/D 施工の換算 N 値を比較すると、改良範囲と未改良層の境界を除く改良対象深さの地盤内部において、U/D 施工は BU 施工と同等、又は、BU 施工を 3 割～5 割程度上回る N 値の上昇が得られる結果となった。

4. まとめ

本稿では、小型施工機による U/D 施工の施工実現性、隆起抑制効果及び N 値上昇について検証した。施工性については、打撃力を加えることで所定の深度まで注入管の再貫入ができ、U/D 施工が可能である。隆起抑制効果については、中型汎用地盤改良機^{2),3)}と同様に、細粒分混じり地盤においても、高い効果が得られた。但し、ハンマーによる打撃の影響を考慮する必要がある。改良効果については、従来の BU 施工と同等又は従来施工を 3 割～5 割上回る換算 N 値の増加が得られた。

<参考文献>

- 1) 例えば、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, pp.I 282-I 287, 2017. 2) 岩城他：細粒分混じり地盤に対する新たな CPG 工法の現場実証実験－隆起抑制効果－，第 78 回年次学術講演会，2023（投稿中）。 3) 金子他：細粒分混じり地盤に対する新たな CPG 工法の現場実証実験－N 値の上昇－，第 78 回年次学術講演会，2023（投稿中）。

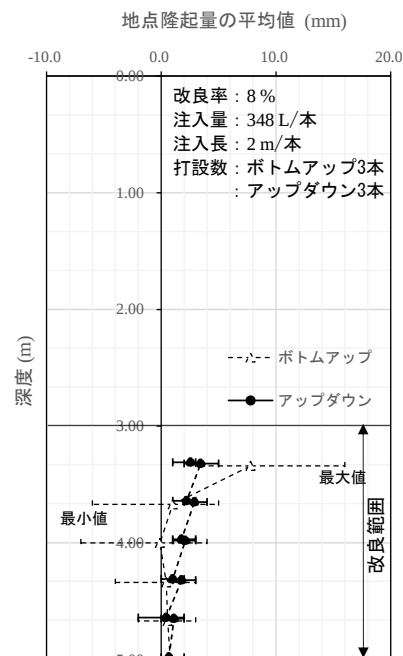


図-4 地点隆起量の深度分布

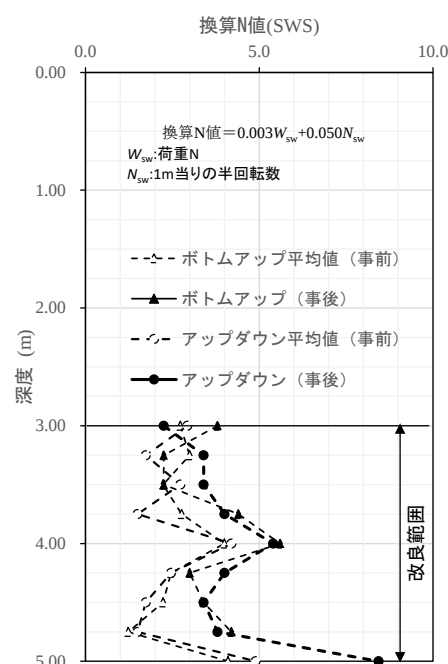


図-5 換算 N 値の深度分布