

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－

(株)アートンシビルテクノ
(国研)港湾空港技術研究所
三信建設工業(株)
東興ジオテック(株)

正会員○金子 誓
正会員 佐々 真志
高田 美音 マリノ
齊藤 英徳

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。既往の実大実験では、中型の汎用地盤改良機（GI-130C）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。しかし、実大規模での N 値の上昇については検証がなされていなかった。

本稿では、既往の実大実験と同型の中型の汎用地盤改良機を使用し、従来の CPG ボトムアップ(BU)施工及び U/D 施工を実施し、細粒分混じり地盤に対する N 値の上昇について検証するものである。本現場実証実験の隆起抑制効果については文献 2)、U/D 施工用に新たに開発した小型施工機の適用性については文献 3)を、それぞれ参照されたい。

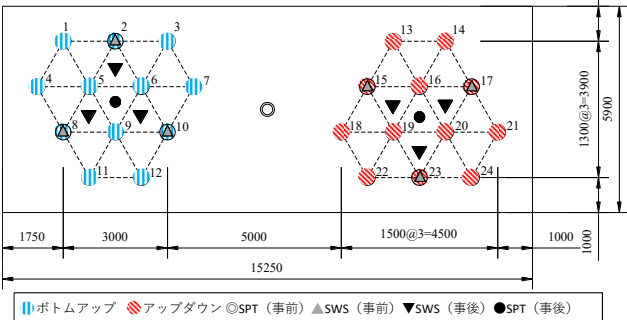


図-1 施工平面図



図-2 全自動 SWS 試験装置

2. 現場実験概要

図-1 に施工平面図を、図-2 に全自動の SWS (JIS A 1221 : 2020) 試験装置を示す。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。SPT は 1 m 毎に N 値を、SWS は貫入 0.25 m 毎に SPT による N 値の周辺のデータを補完する目的で換算 N 値を測定した。

施工は、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 12 本ずつ実施した。施工終了後は N 値の上昇を検証するため、BU 施工及び U/D 施工の中心位置で SPT を、SPT 周辺で 3 カ所の事後 SWS をそれぞれ実施した。

表-1 に地盤構成を示す。今回の施工は、深度 3.0 m～5.0 m で実施した。改良範囲対象層は、細砂 (Fc=23 %) 及び砂混じりシルト層 (Fc=55.9 %, Ip=11.4) であり、地下水位は深度約 2.0 m であった。

図-3 に汎用地盤改良機の写真を示す。本施工機の仕様及び U/D 施工法については、文献 2)を参照されたい。

表-1 地盤構成

地層名	記号	深度 (m)		Fc(%)	Ip(%)	N 値
埋土層	Bc	0.00	～ 1.70	29.1	12.1	4.8
第 1 砂質土層	As1	1.70	～ 3.80	10.2 23.1		7.0 8.0
砂混じりシルト層	Ac	3.80	～ 4.70	55.9	11.4	1.0
第 2 砂質土層	As2	4.70	～ 5.35	2.4		16

施工範囲（深度 3.0m～5.0m）



図-3 汎用地盤改良機 (GI-130C)

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
〒162-0065 東京都新宿区住吉町 2 番 18 号 (株)アートンシビルテクノ TEL03-5366-8238 FAX03-5366-8239

3. 結果及び考察

図-4 に BU 施工及び U/D 施工の SPT による N 値，SWS による換算 N 値の結果を示す．事前事後の換算 N 値は，図-2 に示す BU 施工側の 3 カ所（孔番 2,8,10），U/D 施工側の 3 カ所（孔番 15,17,23）の平均値である．

改良範囲の深度 3.0 m～5.0 m において，BU 施工の N 値は未改良層近傍の深度 3.3 m で事前 7 事後 7（ $\Delta N=0$ ），深度 4.3 m で事前 1 事後 2.8（ $\Delta N=1.8$ ）であった．一方，U/D 施工の N 値は未改良層近傍の深度 3.3 m で事前 7 事後 7（ $\Delta N=0$ ），深度 4.3 m で事前 1 事後 4.4（ $\Delta N=3.4$ ）となり，U/D 施工は BU 施工に対して 1.9 倍の N 値の増分であった．SWS による換算 N 値は，深度 3.3 m～4.3 m において，BU 施工・U/D 施工共に事後の換算 N 値が増加し，その増加量は，U/D 施工の方が大きいことが分かった．

表-2 に κ 法⁴⁾による事後 N 値の検討表を示す．土質試験から得られた細粒分含有率，塑性指数，地下水位及び事前 N 値の結果から， κ 法を用いて当該地盤を 8 %改良を実施した場合の目標 N 値を算出した．その結果，深度 3.3 m で目標 N 値=11，深度 4.3 m で目標 N 値=4.0 を得た．深度 3.3 m では，BU 施工・U/D 施工共に事後の N 値が目標 N 値に達していないが，深度 4.3 m では，U/D 施工の事後 N 値は目標 N 値を超えるものとなった．これは，文献 2)より，細粒分含有率が 55.9 %の砂質シルト層においても U/D 施工は BU 施工に対して 68 %の隆起低減が示されていることから，締固め効果が BU 施工よりも発揮され，目標 N 値に到達したものと考えられる．

4. まとめ

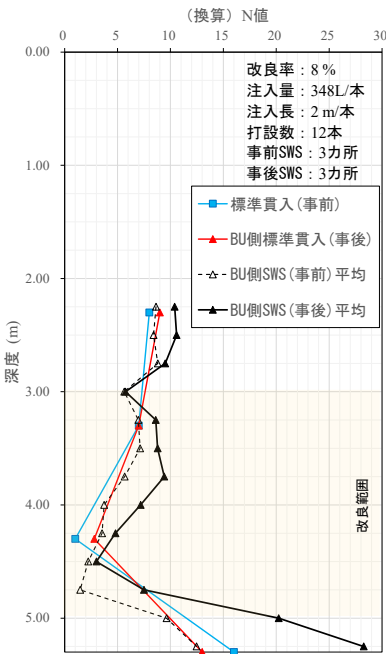
本稿では，中型の汎用地盤改良機を使用し，従来の CPG ボトムアップ(BU)施工及びアップダウン(U/D)施工を実施し，N 値の上昇について検証した．その結果 U/D 施工は，BU 施工に対して約 2 倍の N 値の増分が確認できた．又，U/D 施工は，細粒分含有率が 55.9 %の砂質シルト層においても締固め効果が BU 施工よりも発揮され，目標 N 値に到達した．

<参考文献>

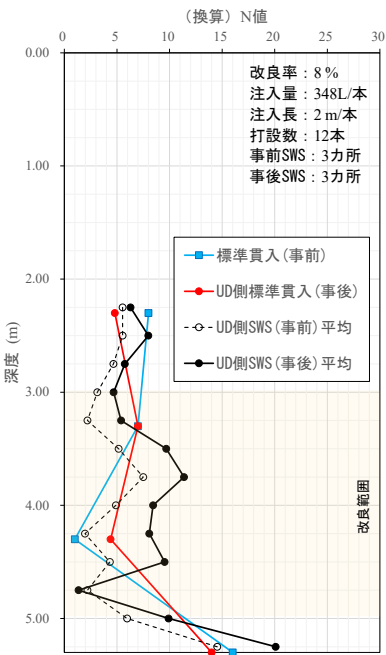
1) 例えば，竹之内他：隆起抑制型 CPG 工法の開発と現場実証実験による検証，土木学会論文集 B3 (海洋開発), Vol.73, No.2, pp.I_282-I_287, 2017. 2) 岩城他：細粒分混じり地盤に対する新たな CPG 工法の現場実証実験－隆起抑制効果－，第 78 回年次学術講演会，2023（投稿中）. 3)竹之内他：細粒分混じり地盤に対する新たな CPG 工法の現場実証実験－小型施工機の適用性検証－，第 78 回年次学術講演会，2023（投稿中）. 4) 沿岸技術研究センター：液状化対策としての静的圧入締固め工法技術マニュアル－コンパクショングラウチング工法－，2013.

表-2 κ 法による事後 N 値の検討

地 層	深度 GL-(m)	事前 N 値 N0	細粒分 含有率 Fc(%)	塑性 指数 Ip	有効 土被り圧 $\sigma_v'(kN/m^2)$	事前 換算 N 値 N0'	最大 間隙比 emax	最小 間隙比 emin	目標 N 値 N1	事後 N 値		N 値増分	
										ボトム アップ N2	アップ ダウン N3	ボトム アップ $\Delta N2$	アップ ダウン $\Delta N3$
埋立層	1.31	4.8	29.1		24.8								
細砂層	1.89				35.9								
細砂層	2.30	8.0	10.2		39.6								
細砂層	3.30	7.0	23.1		48.6	9.9	1.46	0.60	11	7	7	0.0	0.0
砂質シルト層	4.30	1.0	55.9	11.4	57.6	1.3	2.12	0.60	4	2.8	4.4	1.8	3.4
細砂層	5.30	16.0	2.4		66.6								



(a) ボトムアップ施工



(b) アップダウン施工

図-4 （換算）N 値