

新たな CPG 工法の注入管進退動の繰返し効果について-円筒形土槽実験-

みらい建設工業（株）正会員 ○今 真吾

（国研）港湾空港技術研究所 正会員 佐々 真志

三信建設工業（株）正会員 竹之内寛至

（株）アートンシビルテクノ 正会員 金子 誓

1. はじめに

静的圧入締固め工法（以下、CPG 工法）は、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1つである。従来のボトムアップ施工（以下、BU 施工）では、施工に伴う地盤隆起が問題となり、その抑制が課題であった。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、BU 施工よりも隆起抑制効果ならびに液状化対策効果が大幅に向上した新たな 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。U/D 施工とは、圧入したモルタル中で注入管の貫入・引上げを繰返すことで地盤隆起を抑制し、もってより効果的な密実化を実現させることが可能な施工法である^{1), 2), 3)}。

既往の実験から、U/D 施工では注入管の進退動の長さや回数を増やすことで、改良体が周辺地盤を取込み拡張する場合があることが確認されている³⁾。そこで本研究では、小型円筒形土槽を用いた実験により、注入管進退動の繰返しによって改良体が拡張した場合における改良効果について検証を行った。

2. 実験概要

1) 試験装置

図-1 に、円筒形土槽（φ155 mm×450 mm）の平面図および断面図を示す。この土槽中に模型地盤を作製し、小型圧入装置を使用して注入管よりモルタルを圧入した。模型地盤は、下層に厚さ 300 mm の砂層（改良体層）、上層に厚さ 100 mm の碎石層（非改良体層）の 2 層で構成し、水位は碎石層の天端とした。砂は 7 号珪砂（ $\rho_s=2.631\text{ g/cm}^3$ ， $e_{\max}=1.120$ ， $e_{\min}=0.609$ ）を使用し、初期相対密度 D_{r0} が 40 %を目標に水中落下方式で作製した。砂層と碎石層の間には、砂層への碎石の落下を防止するため不織布を設置した。また、碎石層中には注入管を貫入可能とするためにガイド管を設置した。

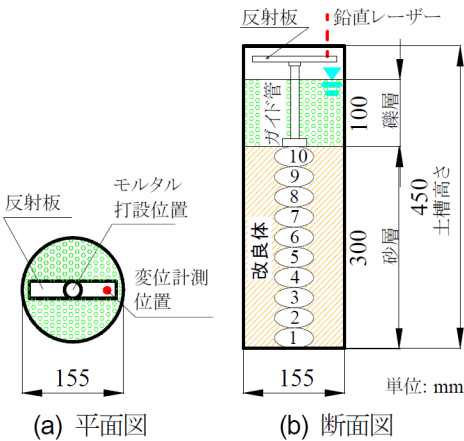


図-1 円筒形土槽

表-1 実験ケース

2) 実験ケース

表-1 に、実験ケースを示す。本実験では、U/D 施工における注入量、U/D 区間長、U/D 回数を変え、小型圧入装置を用いて円筒形土槽中に改良体 1 本を圧入する実験を行った。表中の区間長は、U/D 施工の注入管の貫入または引上げの長さであり、回数は U/D の 1 サイクルの注入管往復回数のことである。ここで、U/D 施工に伴う注入管先端が上下移動した総移動距離に注入管断面積を乗じたものを繰返し体積、繰返し体積を初期地盤体積で除したものを繰返し体積率とそれぞれ定義した¹⁾。本論分では、注入管管径φ15 mm、U/D 区間長 60 mm の場合に注入量と繰返し回数を变化させたケースについて述べる。

ケース	管径(mm)	区間長(mm)	回数(回)	注入量(cm3)	繰返し体積(cm3)
case1	15	0	0	680	0
case2	15	60	1	680	200
case3	15	60	2	680	300
case4	15	60	3	680	500
case5	15	60	4	680	700
case6	15	0	0	540	0
case7	15	60	2	540	300
case8	15	60	3	540	500
case9	15	60	4	540	700
case10	15	60	5	540	800
case11	15	0	0	340	0
case12	15	60	2	340	300
case13	15	60	3	340	500
case14	15	60	4	340	700
case15	15	60	5	340	800
case16	15	60	6	340	1000

キーワード：CPG 工法，隆起抑制効果，改良効果
連絡先：〒108-0014 東京都港区 4-6-12 みらい建設工業（株）技術本部 Tel:03-6436-3719 Fax:03-6436-3744

3. 実験結果

1) 砂の取込み量と改良体の拡張

図-2に、注入量ごとの改良体体積と砂の取込率³⁾の関係を示す。砂の取込率とは、改良体中に取込んだ砂の重量を初期地盤の砂の重量で除したものである。計画注入量が340 cm³および540 cm³場合は、U/D 回数が増えるにつれて、砂の取込率が増大し、改良体体積が大きくなる傾向が確認できた。一方、計画注入量680 cm³の場合は、U/D 回数が増えても砂の取込率は1 %以下であり、改良体の体積は、ほとんど同じか僅かに減少する結果となった。

2) 相対密度の増加

図-3に、繰返し体積率と相対密度増分の関係を示す。本論文での相対密度増分とは、U/D施工による砂の取込みを考慮して算出³⁾している。図-3より、繰返し体積率が増えるにつれて、相対密度も増加することを確認した。また、注入量が異なるケースを比較すると、任意の繰返し体積率の時、相対密度増分はほぼ等しい。ただし、図-3の赤線で示すように、繰返し体積率が10%以上では相対密度増分の変化は小さく、ばらつきの範囲内にある。

3) U/D 施工による隆起量の抑制

図-4に、繰返し体積率と地点隆起量の関係を示す。注入量が同じもので比較すると、繰返し体積率が増加するにつれて、地点隆起量が小さくなっている。この結果は、U/D 施工の注入管の進退動による効果によるものであることを示す。また、小さい繰返し体積率の施工法（5%程度）でも従来の BU 施工（繰返し体積率が 0%）の地点隆起量と比べて大きく隆起を低減できることが確認された。

4. まとめ

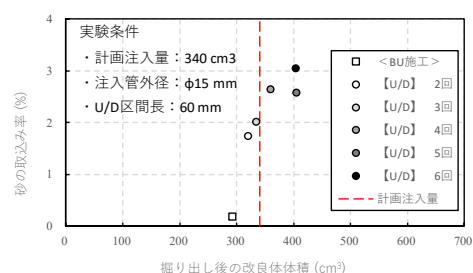
本実験にて、円筒形土槽を用いた新たなCPG工法であるU/D施工の注入管進退動の繰返し効果について検証を行った。その実験で得られた主な知見を以下に示す。

- ・注入管の進退動の繰返しにより、改良体が砂を取込み拡張する。
- ・従来の BU 施工と比較して、相対密度の増分が確認できた。
- ・従来の BU 工法と比較して、隆起量を抑制できる。

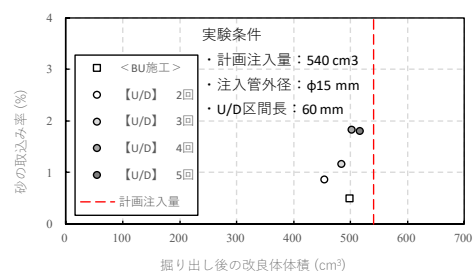
今後は、U/D 施工の効果を合理的に反映した設計法の検討が必要となる。

○参考文献

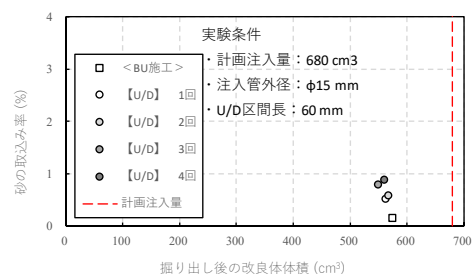
- 1) 竹之内他：隆起抑制効果と液状化対策効果が向上した新たな CPG 工法の開発，土木学会論文集 B3（海洋開発），Vol.72，No.2，I_372-I_377，2016。
- 2) 竹之内他：隆起抑制型 CPG 工法の開発と現場実証実験による検証，土木学会論文集 B3（海洋開発），Vol.73，No.2，I_282-I_287，2017。
- 3) 竹之内他：新たな CPG 工法の隆起抑制メカニズムと施工能率向上の検討，土木学会論文集 B3（海洋開発），Vol.74，No.2，I_886-I_891，2018。



a) 注入量 340 cm³ の場合



b) 注入量 540 cm³ の場合



c) 注入量 680 cm³ の場合

図-2 改良体体積と砂の取込率

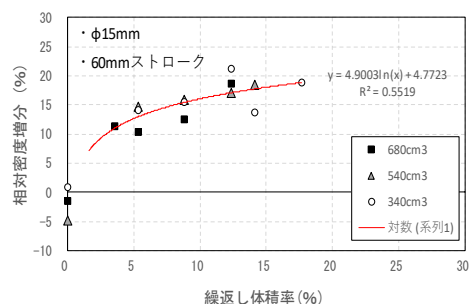


図-3 繰返し体積率と相対密度増分

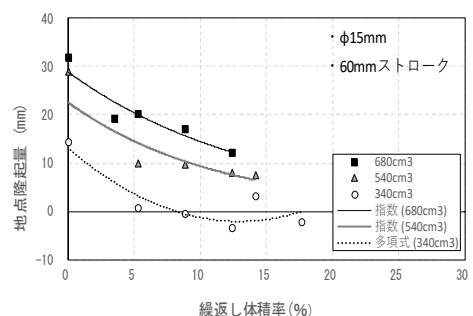


図-4 繰返し体積率と地点隆起量