

新たな CPG 工法の細粒分混じり砂質土への適用性の検証 — 非塑性の細粒分を含む地盤の隆起抑制効果及び改良効果 —

miraい建設工業（株） 正会員 ○平田 裕之
 （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） 木田 匠紀
 （株）アートンシビルテクノ 正会員 金子 誓

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きている。著者らは、これまでの模型実験¹⁾及び実大実験²⁾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。

これまでの研究では、改良対象地盤に東北 7 号珪砂を使用し、U/D 施工の隆起抑制効果と改良効果について検証を行ってきた。一方、細粒分混じり砂質土への適用性については検証がなされてこなかった。そこで本研究³⁾では、円筒形土槽及び角型土槽の 2 種類の土槽を使用し、細粒分含有率及び細粒分の塑性の有無を変化させた各種実験条件下で小型のモルタル圧入装置を使用して U/D 施工を実施し、隆起抑制効果と改良効果について検証している。

本稿では、円筒形土槽及び角型土槽実験における非塑性細粒分を含む地盤の隆起抑制効果と改良効果について述べる。塑性を有する細粒分を含む地盤の隆起抑制効果と改良効果に関する実験結果については、文献 4) を参照されたい。

2. 実験概要

図-1 に、円筒形土槽及び角型土槽の平断面図を示す。本研究では、内径 155 mm、高さ 400 mm (いずれも内寸) の円筒形土槽、及び、縦 300 mm、横 300 mm、高さ 400 mm (いずれも内寸) の角型土槽を使用し、その内部に密度調整地盤を作製して各種実験を実施した。

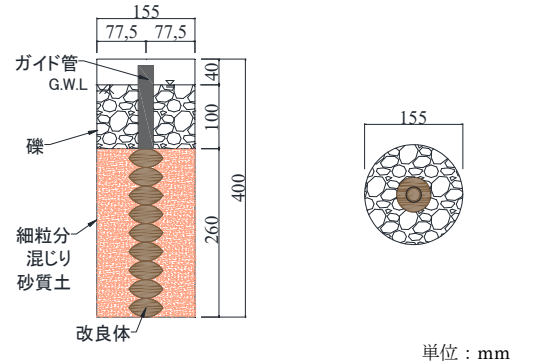
円筒形土槽実験では、図-1 (a) に示す模型地盤にモルタルを土層下部から順番に圧入するボトムアップ (BU) 施工 (従来施工)、又は、U/D 施工を実施し、1 本分のモルタル改良体を圧入した際に発生する地点隆起量を測定した。角型土槽の実験では、図-1 (b) に示す模型地盤に 4 本分のモルタル改良体を BU 施工、又は、U/D 施工で圧入し、その際に発生した地点隆起量、並びに、当該地盤のコーン貫入抵抗値を測定した。

本研究における U/D 施工の注入管進退動の様式は、これまでの模型実験¹⁾に準拠し、繰返し回数 10 回 (U/D10)、注入管の進退動の長さ (アップダウン長) 9 cm とした。

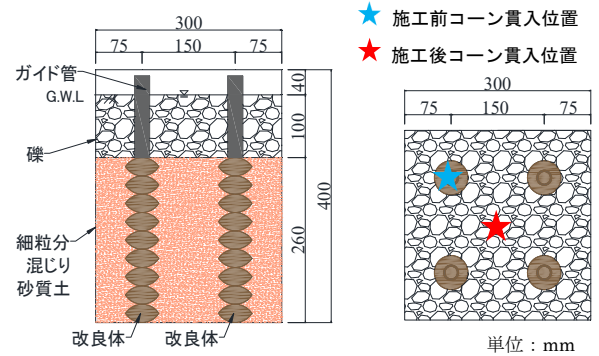
表-1 に母材砂と細粒分混じり砂質土の諸元を示す。砂分として、東北 7 号珪砂 ($D_{50}=0.19$ mm)、非塑性の細粒分として、DL クレー (非塑性シルト) を使用し、各種配合割合で作製した。本研究では、最小乾燥密度は最小密度試験の値を、最大乾燥密度は、突き固めによる土の締固め試験結果と最大密度試験結果を比較し、その最大値を採用し、模型地盤の密度管理を行った。同表記載のとおり、非塑性細粒分では全て最大・最小密度試験の結果となった。

キーワード：静的締固め、隆起抑制、静的コーン貫入抵抗値

連絡先：〒108-0014 東京都港区芝 4-6-12 miraい建設工業株式会社 TEL03-6436-3719 FAX03-6436-3744



(a) 円筒形土槽



(b) 角型土槽

図-1 円筒形土槽及び角型土槽の平断面図

表-1 細粒分混じり砂質土の諸元一覧

物理試験名	ケース		sand:100%	sand:80% silt:20%	sand:70% silt:30%
	ρ_s	w			
土粒子密度試験 (JIS A 1202)	ρ_s	g/cm ³	2.631	2.638	2.640
	w_{opt}	%	20.17	13.77	13.36
締固め試験 (JIS A 1210)	$\rho_{d,max}$	g/cm ³	1.495	1.695	1.737
	e_{min}	---	0.760	0.556	0.520
	w	%	0.400	0.394	0.443
砂の最大・最小 密度試験 (JIS A 1224)	$\rho_{d,max}$	g/cm ³	1.570	1.760	1.807
	$\rho_{d,min}$	g/cm ³	1.255	1.335	1.352
	e_{min}	---	0.675	0.498	0.461
	e_{max}	---	1.095	0.975	0.953

※赤字：模型地盤の密度管理に採用した最大・最小密度の値

3. 結果及び考察

図-2 に非塑性の細粒分 (DL クレー) 混じり地盤の地点隆起量の深度分布を示す。図-2(a)は、円筒形土槽の地点隆起量である。いずれの試料配合でも、又、礫層厚による拘束圧変化の下でも、BU 施工と比較して U/D 施工は高い隆起抑制効果を示した。図-2(b)は、角型土槽実験の圧入 4 本目における地点隆起量である。比較対象として平成 27 年度実施の東北 7 号珪砂 100%土層における実験結果も併せて記載している。砂 100%の地盤では、BU 施工によって地点隆起が約 22 mm 発生したが、U/D 施工では約 11 mm となり、隆起量を約 50%低減した。非塑性のシルトを 30%含む地盤では、BU 施工の場合、地点隆起が 11.6 mm 発生したが、U/D 施工により、隆起が実質ゼロとなっていることが分かる。

図-3 に従来施工に対して正規化した静的コーン貫入抵抗値の深度分布を示す。本図は、同一深度における BU 施工の静的コーン貫入抵抗値を 1 とした際の U/D 施工の同抵抗値を示している。

図-3 (a) は、平成 27 年に実施した東北 7 号珪砂 100%における BU 施工に対する U/D 施工の静的コーン貫入抵抗値の増大を深度分布で示している。従来の BU 施工に比べて、U/D 施工後の貫入抵抗値は、最大約 5.3 倍、平均約 3.7 倍となった。図-3 (b) は、DL クレー30%の非塑性細粒分混じり砂質地盤における静的コーン貫入抵抗値を示している。U/D 施工では、従来の BU 施工に比べて、最大約 6.7 倍、平均約 3.8 倍の貫入抵抗値を發揮した。

4. まとめ

本稿では、U/D 施工の円筒形土槽及び角型土槽実験の非塑性細粒分を含む地盤の隆起抑制効果と改良効果について検証した。その結果、30%程度までの細粒分含有率においては、細粒分が非塑性の場合、U/D 施工は、従来の砂質土の結果と同様に高い隆起抑制効果と改良効果が得られることが明らかとなった。

<参考文献>

- 1) 例えば、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, pp. 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, pp. I_282-I_287, 2017.
- 3) 竹之内他：新たな CPG 工法の細粒分混じり砂質土への適用性の検証、土木学会論文集 B3 (海洋開発), 2022 (採択予定).
- 4) 岩城他：新たな CPG 工法の細粒分混じり砂質土への適用性の検証—塑性を有する細粒分を含む地盤の隆起抑制効果及び改良効果—, 第 77 回年次学術講演会, 2022 (投稿中).

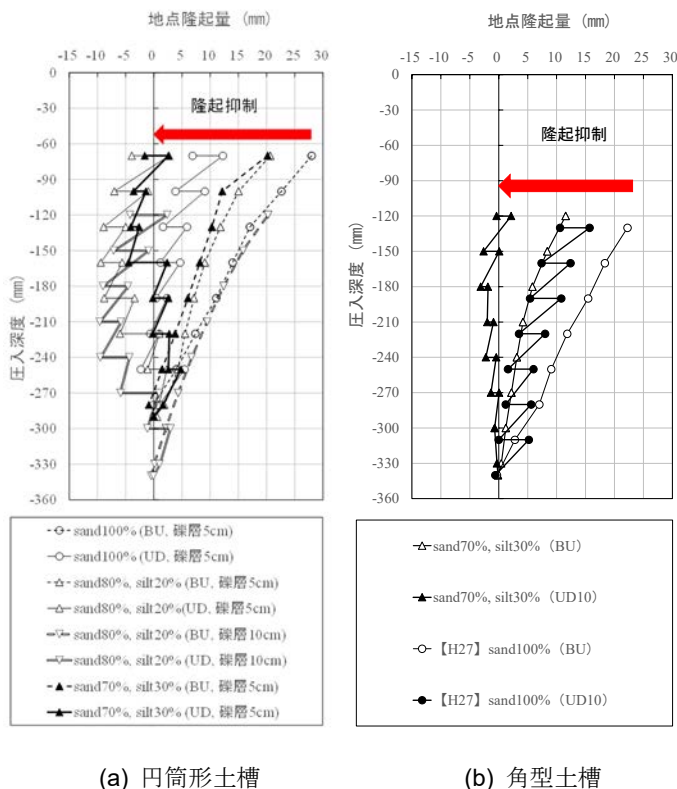


図-2 非塑性の細粒分 (DL クレー) 混じり地盤の地点隆起量

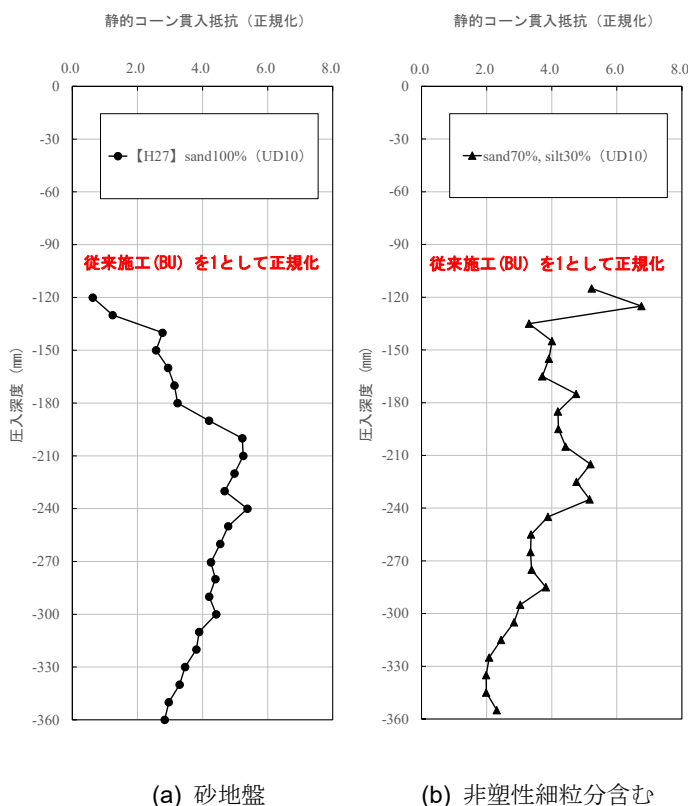


図-3 従来施工に対する U/D 施工の貫入抵抗値の増大：深度分布