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-

(株)アートンシビルテクノ	正会員	○高橋	但
(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	山﨑	浩之
みらい建設工業(株)	正会員	足立	雅樹
三信建設工業(株)	正会員	竹之内	7 寛至
復建調査設計(株)	正会員	高田	圭太
東興ジオテック(株)		岡田	宙

1. はじめに

CPG 工法は、低流動性のモルタルを注入管によって地盤に静的に圧入して固結体を連続して造成し、周辺地盤の 密度を増大させる液状化対策工法の一つである.本工法は空港・港湾等の既設構造物直下や近傍での適用が可能¹⁾ であるが、施工に伴う地盤変位、特に地盤隆起が問題になることもあり、隆起抑制が課題であった。筆者らは室内 模型実験²⁾³⁾⁴⁾を行い,隆起抑制効果および液状化対策効果を大幅に向上させたアップダウン施工(以下,U/D施 工)による CPG 工法を開発した.本研究では室内模型実験で得られた隆起抑制効果を検証する目的で実機を使用 して現場実証実験を行い、新たに開発した CPG 工法の実大規模での U/D 施工による隆起量について確認した.

本論文では、室内模型実験および現場実証実験の結果をまとめ、これらを比較した結果を述べる.

2. 模型実験および現場実証実験の概要

先ず模型実験は円筒型土槽(q155mm×450mm),角型土槽(W300mm×L300mm×H450mm)およびせん断 土槽(W600mm×L600mm×H600mm)の3種類の土槽に模型地盤を作製し、小型圧入装置を使用して実現場の 1/10 スケールで表-1 に示す施工仕様で圧入実験を行った.また,地点隆起量はレーザー変位計のレーザーを注入ガ イド管に設置した反射板に施工中連続的に照射し計測した.

次に現場実証実験は、従来型(Tタイプ)、Tタイプの改造型(TSR) [施工] 円筒型 [角型] せん断] タイプ)および汎用改良機(GIタイプ)の3種類の施工機械を用い て行った. 改良深度は GL-5.0m~-2.75mの 2.25m 区間で, 1 ステッ プ当たり 0.25m でモルタル改良体を 9 球体造成した.施工仕様は表 -2 に示すように, Tタイプはボトムアップ施工(以下, BU施工)の 1 ケース, TSR タイプは U/D 施工で2 球体5回と10回の2 ケース を実施した. GI タイプは BU 施工並びに U/D 施工で2球体 10回, 4 球体 5 回と 10 回の 4 ケースで実施した.施工法の詳細について は、文献 5)を参照されたい.

施工に伴う隆起量の計測は施工機が鉄板を敷設して実施していること から、図-1に示すように施工機の前面側に隆起計測板を設置し、注入前 後その上にスタッフを立てレベル計測器により計測した.計測板は,注 入管から 500mm 離れた位置に 3 箇所,同様に 1000mm 離れ, 1500mm 離 れに3箇所, さらに2000mm離れた位置に1箇所, 中心角度が120°の 扇形状にそれぞれ配置した.

実験結果の比較および考察

図-2 (a)~(d) に模型実験および現場実証実験の地点隆起量(平均)の 深度分布図を比較して示す. 模型実験で最初に実施した円筒型土槽では U/D 施工の区間長(球体数)や往復回数など施工条件を変えて実施した

キーワード:液状化 静的圧入締固め 隆起抑制効果

結果,BU施工での地点隆起量が約31mmに対して隆起抑制効果の高かったケースはU/D3球体5回で14mm,さ らに U/D3 球体 10 回では 10mm で約 68%低減したことが確認された.これらの結果を踏まえた施工条件を基に角 型土槽およびせん断土槽で模型実験を行った.その結果,隆起抑制効果はいずれも同様の傾向を示し、せん断土槽

〒135-0047 東京都江東区富岡 1-18-17 富岡和倉ビル 1 階 ㈱アートンシビルテクノ 技術部 TEL03-3630-1385

	VEM 61-130C-1
22 -	
	1:計測板 r 500 mm

図-1 隆起計測板設置状況(Tタイプ)

表-1 室内模型実験 表-2 現場実証実験

		,		T h l - r	TCDh/7	CID IT
仕 様	土 槽	土 槽	土槽	1947	15K21/	G1247
ホドムアップ	BU	BU	BU	BU		BU
	1球体				2球体	
	5回				5回	
アップ	1球体	3球体			2球体	2球体
ダウン	10回	3回			10回	10回
(U/D)	3球体	3球体	3球体			4球体
施工	5回	5回	5回			5回
	3球体	3球体	3球体			4球体
	10回	10回	10回			10回

※表中の空欄は施工を実施していないことを意味する

土木学会第72回年次学術講演会(平成29年9月)



での地点隆起量(平均)は U/D3 球体 10 回のケースが 1mm と最も小さく,90%減少していることが確認された. 現場実証実験では,これらの室内模型実験結果を踏まえ,また施工機の削孔および注入能力等を考慮して U/D 施 工を実施した.図-2 (d) に注入管から 500mm 離れて設置した隆起計測板の地点隆起量(平均)の深度分布図を示 す.TSR タイプの U/D2 球体 5 回の施工では,BU 施工に比べて地点隆起量は小さいが U/D2 球体 10 回では GL-3.75m 地点で隆起は急激に増大し BU 施工より大きい結果となった.この原因としては,この地点で施工機の不具 合が発生したため,注入管を引き上げた後,再削孔をした影響で地盤を乱し,これ以浅で隆起量が大きくなったも のと考えられる⁶⁾.一方,GI タイプでは BU 施工で最大 20mm 程度の地点隆起量であったが,往復運動の幅を 2 球体から 4 球体に長くし,さらに繰返し回数を 5 回から 10 回に増やすことにより地点隆起量は 9 割以上の低減が みられた.このメカニズムとしては,U/D 施工では造成されたモルタルが注入管引き上げ時にサクションが働き体 積が収縮し,注入管貫入時にはモルタルの体積が僅かに膨張するといったモルタルの脈動と共に地盤の繰返し弾塑

と考えられる. **4. まとめ**

地点隆起量は BU 施工に比べて U/D 施工では円筒型,角型およびせん断土槽で7割から9割減少していること が確認された.これらの結果を踏まえて現場実証実験を実施した結果,実機でのU/D 施工が可能であり,隆起抑制 効果は模型実験結果と同様の傾向を示し,往復運動の幅が大きく繰返し回数が大きい場合に隆起量が大幅に低減さ れることが実証された.今後は隆起抑制の詳細なメカニズムについて検討していきたい.

性収縮が生じていると想定される.これにより周辺地盤の締固め効率が増加し隆起抑制効果が発揮されているもの

く参考文献>

1)(財)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. 2)竹之内寛至・佐々真志・山崎浩之・小西武・足立雅樹・新坂孝志・菅野雄一・高田圭太・岡見強・岡田宙・高橋但・善功企:隆起抑制効果が 向上した CPG 工法の開発,第51回地盤工学研究発表会,pp.1753-1754,2016. 3)菅野雄一・佐々真志・山崎浩之・小西武・足立雅樹・新 坂孝志・竹之内寛至・高田圭太・岡見強・岡田宙・高橋但・善功企:改良効果が向上した CPG 工法の開発,第51回地盤工学研究発表会,pp.1755-1756,2016. 4)足立雅樹・小西武・佐々真志・山崎浩之・新坂孝志・竹之内寛至・菅野雄一・高田圭太・岡見強・岡田宙・高橋但・善功企: 液状化対策効果が向上した CPG 工法の開発,第51回地盤工学研究発表会,pp.1757-1758,2016. 5)竹之内寛至・佐々真志・山崎浩之・小 西武・菅野雄・岡田宙・高橋但:新たな CPG 工法の現場実証実験・概要および施工状況・,第52回地盤工学研究発表会,2017(投稿中) 6) 竹之内・佐々・山崎・足立・高田・岡見・金子: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.2,2017(投稿中).