

施工時の注入ロスを低減した薬液注入技術~唐津現地実証実験~

戸田建設(株) 正会員○赤塚光洋, 正会員 下坂賢二
 太洋基礎工業(株) 正会員 水島達宏
 富士化学(株) 正会員 大野康年
 岐阜大学 フェロー会員 八嶋 厚, 正会員 村田芳信, 正会員 荻谷敬三

1. はじめに

筆者らは、液状化対策や基礎地盤の強化などの地盤改良に用いられる薬液注入工法において、薬液の注入浸透源を確保し、施工時の注入ロスを低減する新工法の開発を行っている。本工法は、地山パッカ方式の薬液注入工法の課題である「地山パッカ外周からの薬液の漏れ出し」および「薬液の浸透源である孔壁面崩壊による注入阻害」を防止する新たな工法で、本論文では初めて実施した現場実証実験の結果について報告する。

2. 現場実証試験

(1) 試験概要

当該試験の目的は、以下に示す①~⑤である。

- ①薬液の逸走を防止する地山パッカの性能確認
- ②孔壁崩壊を防止する特殊シール材の性能確認
- ③液状化対策としての有効性確認(強度増加)
- ④周辺環境への影響がないことを確認

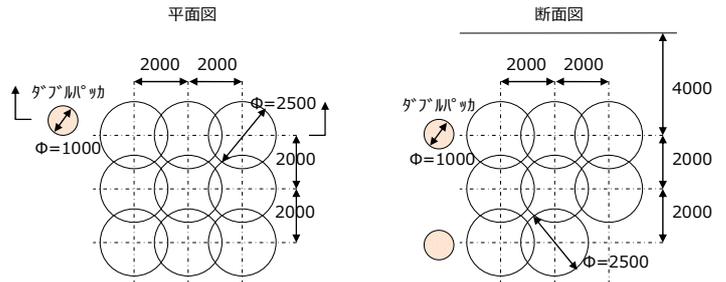


図1 改良体配置図

実証実験は、佐賀県唐津市内のサイトにて実施し、本注入工法により直径 2.5m の改良体を 20 体(改良土量: 8m³×20 体=160m³) 造成した。また、比較のため従来工法である二重管ダブルパッカー工法にて直径 1m の改良体を 2 体造成した(図 1)。試験サイトの地層は、地表面より盛土, 砂質シルト, 細砂およびシルト混じり砂で構成される。改良対象層である細砂およびシルト混り砂の物理特性を表 1 に、土質柱状図と N 値を図 2 に示す。また、地下水位は、GL-2m 程度である。

(2) 改良体の仕様

本実証試験における改良体の仕様は、事前調査、配合試験および注水試験結果より以下とした。

使用薬液: 特殊シリカ液, 低収縮型薬液

シリカ濃度: 8%, 薬液 Ph: 3.5

注入率: 細砂層 40.5%, シルト混り砂 36%

限界注入速度: 毎分 4~5 リットル

改良径(直径): 2.5m, 改良ピッチ: 2.0m

改良率: 100%, 改良深度: GL-3m ~ GL-9m

目標改良強度: 一軸圧縮強さ $q_u \geq 100\text{kPa}$

液状化強度比 $R_{L20} \geq 0.6$

粘着力 $C \geq 25\text{kPa}$

表 1 改良対象層の物性値

地層	細砂	シルト混り砂
ρ_s (g/cm ³)	2.64	2.67
D_{50} (mm)	0.39	0.47
F_c (%)	7	12
U_c	3.0	5.6

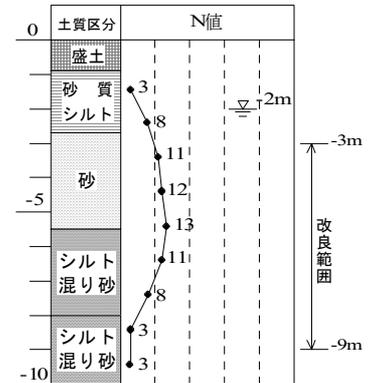


図 2 土質柱状図

(3) 改良体の出来形

本工法による改良体の発掘写真を写真 1 に示す。本工法による改良体は、注入管を中心とした球状型となっており、目標改良径 2.5m を満足している。また、改良対象層には、有機質土が層状に混入していた。地山パッカの発掘写真を写真 2 に示す。パッカは想定通りに膨張しており、直径は 120mm であった。

キーワード 液状化対策, 薬液注入工法, 実証実験, 特殊シール材

連絡先 〒550-0005 大阪市西区西本町 1-13-47 戸田建設(株)大阪支店 TEL 06-6531-6741

3. 改良体の力学試験結果

未改良体および改良体（細砂，シルト混り砂）における，供試体サンプリング位置を図3に，力学試験の結果を表2に示す．なお，細砂層はブロックサンプリングとし，採取状況を写真3に示す．



写真1 改良体発掘状況



写真2 地山パッカ発掘状況



写真3 ブロックサンプリング

表2 未改良体・改良体力学試験結果

種類	試料 NO.	一軸圧縮試験	三軸 CD 試験		繰返し三軸
		q_u (kPa)	C_d (kPa)	ϕ_d (deg)	R_{L20}
未改良	A 上層	—	13.8	36.7	0.21
	B 下層	—	2.8	36.2	0.17
改良体 細砂	1	63.5	16.8	37.4	0.66
	2	77.0			
	3	67.2	12.0	38.8	0.72
	4	99.6			1.46
	5	78.2	25.3	37.1	
	6	80.1			
	DP	42.4			
改良体 シルト 混り砂	①	24.7			0.65
	②	96.8	5.1	36.9	0.64
	③	129.2			
	④	41.6	48.7	37.7	0.77

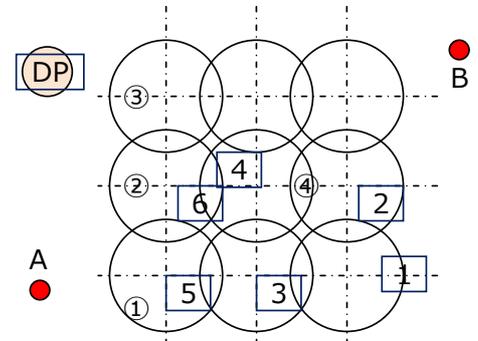


図3 供試体サンプリング位置図

4. 実証実験のまとめ

(1) 地山パッカの性能確認

- ・薬液注入時において，削孔穴からの薬液のリークは全く認められず，薬液逸走の防止効果が確認できた．
- ・地山パッカは削孔穴と同径の120mmまで膨張し，孔壁と密着していることを発掘により目視確認した．
- ・注入外管(地山パッカ長140cm)の引抜き試験を実施し，液圧換算420kPa以上の引抜き耐力を確認した．

(2) 特殊シール材の孔壁防護性能確認

- ・特殊シール材は，注入薬剤(特殊シリカ液)と反応して流動化するため，従来の二重管ダブルパッカー工法と比較して約30%の圧力で注入が可能であることを確認した．
- ・低圧注入のため地山への浸透性が高く，試験改良体は目標改良径2.5m以上を確保することができた．

(3) 液状化対策としての有効性確認

- ・一軸圧縮強さは，有機質土の介在により，目標強度 $q_u=100$ kPaに届かず平均 $q_u=70$ kPa程度に留まった．
- ・液状化強度比は未改良地盤に比べて，格段に上昇しており，目標の $R_{L20}=0.6$ 以上を確保できた．
- ・粘着力も一軸圧縮強さと同様に，有機質土の影響により目標強度に達することができなかった．
- ・従来工法の二重管ダブルパッカー工法と比較すると，一軸圧縮強さは約2倍の強度が得られた．

(4) 周辺環境への影響

- ・薬液注入中の地下水pHは6.8~7.8の範囲であり，排水基準(5.8~8.6)の範囲を満足している．
- ・施工中における施工ヤードの地表面変位量は±5mm以内であり，大きな隆起や沈下は認められなかった．

今回，想定していなかった有機質土の介在により改良体の一軸圧縮強さが目標強度に達しなかった．但し，繰返し三軸試験で測定した液状化強度比は，目標とした $R_{L20}=0.6$ を大きく上回る結果であった．