

複合ポリマー型地盤注入剤を用いた液状化対策事例

(株) 鴻池組 正会員 ○後藤 宇 正会員 岡田 和成 正会員 加藤 満
 (株) 鴻池組 正会員 大山 将 正会員 小山 孝
 東亜合成(株) 後藤 彰宏 岡部 玄
 京都大学大学院 正会員 勝見 武

1. はじめに

筆者らは、アクリル酸マグネシウムを主剤とする複合ポリマー型の地盤注入剤（以下、CXP）を開発してきた。CXPは、安全性が高く、液状化対策用の注入剤として必要な改良強度、浸透性、耐久性を有しており、フィールド試験において実地への適用性を確認している¹⁾。

本稿では、供用中施設の基礎地盤の液状化対策として、CXPを用いた薬液注入工法（以下、CXPグラウト工法）を適用した事例について報告する。

2. 対象地盤の土質

液状化対策の施工は、名古屋市内の埋立地で行った。対象構造物近傍の地盤より事前に採取した試料の室内土質試験結果を表-1に示す。

地表面からGL-4.65mまでの埋土はN値10未満の緩い砂質土層を形成し、それ以深はシルト層となる。地下水位はGL-1.0mである。埋土の細粒分含有率は10~20%程度で、地盤のpHは10.3とアルカリ性の強い地盤である。

地盤改良は、液状化判定結果においてFL値が1以下となるGL-1.45~4.65m（液状化層厚3.2m）に対して実施した。

対象施設は、直接基礎構造の既設屋外タンクで、供用しなが

らの施工が必要とされた。また、水ガラス系薬液はゲルの溶解度がpH10程度以上で急激に上昇する傾向にあり²⁾、当該地盤のようにアルカリ性を呈する地盤には適用困難であることから、アルカリ性環境下でも安定した品質が確保でき、既設構造物直下の施工が可能であるCXPグラウト工法が採用された。

3. 注入剤の設計基準強度

注入剤の設計強度は、「準特定屋外タンク貯蔵所に係る技術基準等に関する運用について」（消防危第27号；平成11年3月30日）に基づく液状化判定より液状化防止に必要な液状化強度比（=0.350）を求め、一軸圧縮強さと液状化強度比の関係（図-1）から設計基準強度を求めた。図-1より一軸圧縮強さ

（原位置）は47kN/m²となるが、地盤の不均質性等として安全率2を考慮し、設計基準強度（室内）は94kN/m²とした。

現地採取試料を用いて実施した室内一軸圧縮試験結果を表-2に示す。

表-2 室内一軸圧縮試験結果（事前配合：薬液濃度6wt%）

地層名	一軸圧縮強度 (kN/m ²)				設計基準強度 (kN/m ²)	判定
	①	②	③	平均値		
B (埋土)	99.3	111.9	129.6	113.6	94	OK

表-1 室内土質試験結果（事前）

地層名	採取深度 (GL-m)	N値	礫 (%)	砂 (%)	細粒分含有率 (%)	pH	FL	適用
B (埋土)	1.15~1.45	5	3.8	72.6	23.6	—	1.073	非液状化層
	2.15~2.45	9	4.8	84.6	10.6	—	0.939	
	3.15~3.45	8	2.6	87.1	10.3	10.3	0.758	液状化層
	4.15~4.45	6	0.5	85.4	14.1	—	0.625	

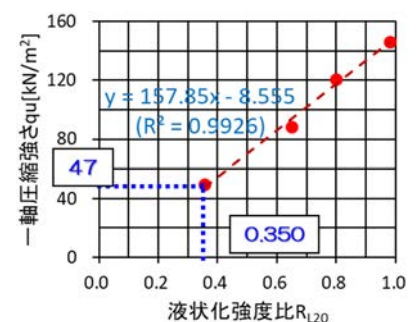


図-1 一軸圧縮強さと液状化強度比の関係（暫定）

キーワード 液状化対策, 薬液注入, 複合ポリマー, 既設構造物直下, アルカリ性地盤

連絡先 〒541-0057 大阪市中央区北久宝寺町3-6-1 株式会社鴻池組 土木技術部 TEL 06-6245-6565

4. CXP グラウト工法による施工の概要

地盤改良範囲の平面図および断面図を図-2に示す。注入施工は、斜め削孔(写真-1)によるダブルパッカ工法で実施し、表-3に示す条件で施工を行った。注入速度は、限界注入速度試験により、割裂注入とならない速度を設定した。注入方式は、浸透性向上を目的とし、合成波による動的注入³⁾を採用した。

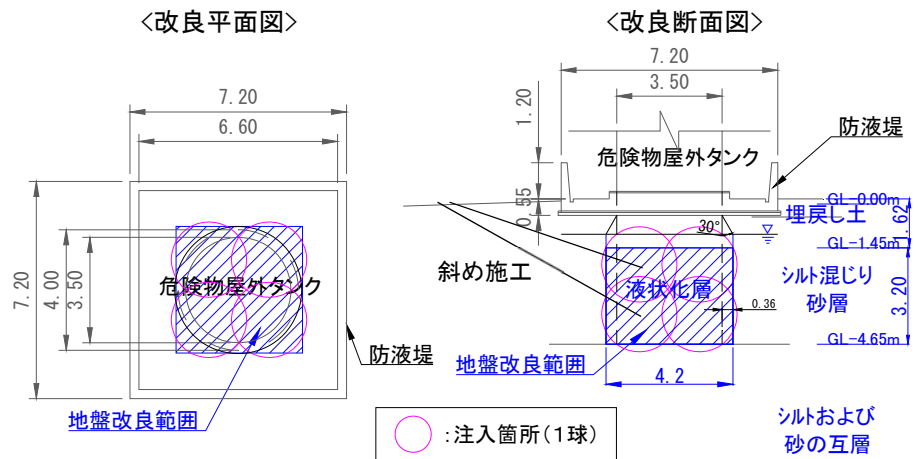


図-2 地盤改良範囲

表-3 注入施工条件

項目	仕様・規格など	備考
注入工法	薬液注入	ダブルパッカ工法
注入方式	合成波による動的注入	台形波0.017Hz、短波14.7Hz
改良径	φ2.5m	1球当たり(合計8球)
注入率	40.5%	
注入量	22.9m ³	4.2×4.2×3.2×0.405
注入ピッチ	□2m×2m	
注入速度	12 L/min	限界注入速度試験より決定
ゲルタイム	50~60min	15°C(地下水温度)の場合
薬液濃度	6 wt%	AA-Mg4wt% + PAC2wt%
設計基準強度	原位置	47 kN/m ²
	室内	94 kN/m ²



写真-1 斜め削孔状況

5. 試験施工の結果

注入は計画通りの注入量、注入速度で実施した。改良体の事後品質確認は、改良体より斜めサンプリングで直接採取した試料より供試体を作製し、一軸圧縮試験を行った。表-4に示す一軸圧縮試験の結果より、アルカリ性地盤において設計基準値(原位置)以上の強度が確保できていることを確認した。

「薬液注入工法による建設工事の施工に関する通達及び暫定指針」に基づき、観測井戸を設け水質検査を実施した結果、水素イオン濃度と過マンガン酸カリウム消費量は基準値以内であった。

表-4 一軸圧縮試験の結果

No.	qu (kN/m ²)		判定
	試験値	設計基準値(原位置)	
1	121.4	47	○
2	127.5		○
3	122.5		○
4	183.0		○
5	181.5		○

6. おわりに

供用中の既設構造物直下地盤にCXPグラウト工法の適用を行った結果、直上の構造物への変位もなく、アルカリ性地盤において必要強度を確保できることを確認できた。今後は、引き続きCXPの安全性・耐久性に関するデータ収集を行うとともに、実施工による施工・品質に係るデータを蓄積し、より確実性の高い工法の確立を目指していく予定である。

最後に、本工事のご協力を頂いた日本基礎技術株式会社に深謝の意を表します。

参考文献

1) 加藤満ら：複合ポリマー型地盤改良剤の開発 —アルカリ性を呈する地盤にも有効な薬液注入技術—, 地盤工学ジャーナル, Vol.16, No.1, pp.23-24, 2021.1. 2) 米倉亮三ほか：薬液注入の長期耐久性と恒久グラウト本設注入工法の設計施工—環境保全型液状化対策工と品質管理—, 近代科学社, p.41, 2016. 3) 岡田和成ら：軟弱地盤の注入固化において浸透性向上に寄与する新しい動的注入工法の開発, 第16回地盤工学会関東支部発表会, pp158-161, 2019.10.