水平方向の噴射攪拌工法を用いた耐震補強工事（実施工）

清水建設㈱　正会員○本田　幸一郎※１　清水建設㈱　正会員　田中　佳利
清水建設㈱　正会員　伊勢　壽一　清水建設㈱　正会員　加藤　貴代
ライト工業㈱　佐藤　秀朗　※２　ライト工業㈱　大木　寛之

1. はじめに

本件は、千葉県市原市の臨海工業地域に所在するプラント工場内で、現在供用中の杭基礎構造物に対し、耐震性能向上を目的として杭周辺地盤の改良を行う工事である。施工計画段階において、当初採用を検討していた従来の水平方向の噴射攪拌工法では、構造物への安全性および要求品質の確保が困難であることが懸念されていた。そこで、プレジェット併用噴射攪拌工法をステップダウン方式で行う方法を考案し、試験施工でその実用性を検証した。

本稿では、試験施工の課題であった排泥効率の向上、およびサイクルタイムの短縮方法を述べると共に、実施工時の構造物および周辺地盤の動態観測結果、更には改良体の品質に関して報告する。

2. 工事概要

本工事の概略工程および地盤改良仕様を**表-1**、**表-2** に示す。地盤改良に関しては、15 日あまりの短期間で計 125 本(改良延長 1,500m)の改良体を立坑から順次施工する。施工断面図を**図-1** に示す。

表-1 補強工事の概略工程

作業項目	延日数 5	10	15	20	25	30
準備工	■	■				
立坑築造工		■	■			
地盤改良工　仮設				■ ■ ■	■	
施工				■	■ ■	
解体・復旧工						■

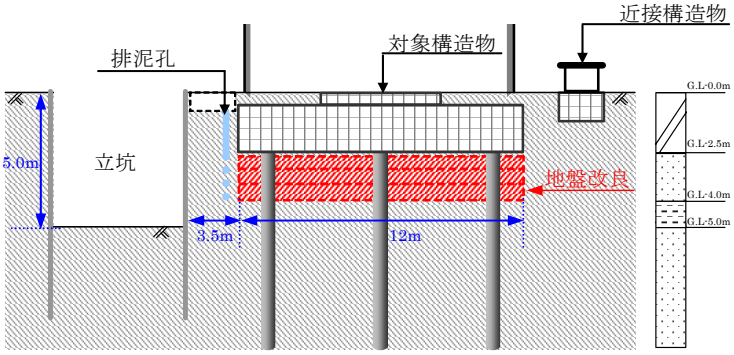

図-1 施工断面図

表-2 地盤改良仕様

項目		計画値
施工数量	施工本数	125 本
	削孔延長	1,937.5m（15.5m）
	改良延長	1,500.0m（12.0m）
要求品質	改良径	φ 700mm
	一軸圧縮強度	1.0MN/m²
	変形係数	70MN/m²

3. 工事状況

（1）構造物に対する安全性

①排泥孔の設置

排泥効率を向上させるため、立坑と対象構造物の間に鉛直方向の排泥孔を複数設置し、施工中に排泥孔を増設できるように小型自走式削孔機械を配置した。（**写真-1** 参照）

②ステップダウン方式によるプレジェット噴射

試験施工で確認された通り、ステップダウン方式によるプレジェットを行うことで、造成に先駆け十分な排泥ルートの確保を図った（**図-2 および写真-2** 参照）。

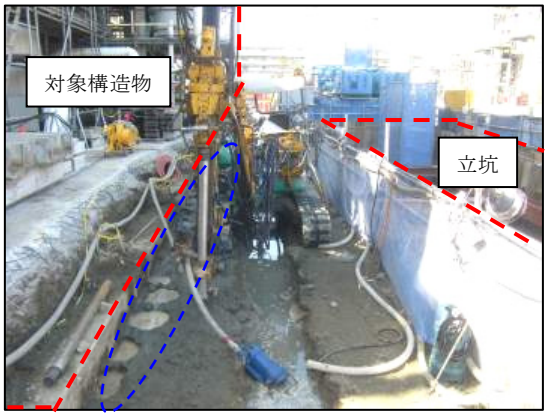

写真-1 排泥孔設置状況

キーワード　水平方向改良、噴射攪拌工法、排泥孔、プレジェット、ステップダウン方式、サイクルタイム
連絡先　※1〒260-0015　千葉県千葉市中央区富士見二丁目 11-1　日土地千葉ビル 8F　ＴＥＬ043-227-8466
※2〒102-8236　東京都千代田区九段北 4 丁目 2-35　ＴＥＬ03-3265-2456

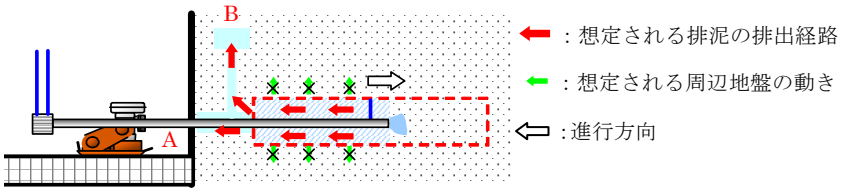

図-2 ステップダウン方式における排泥排出模式

写真-2 排泥状況

③排泥率と変位量の計測結果

プレジェットおよび硬化材噴射を行った結果、排泥率(送液量に対する口元部と排泥孔からの回収量の百分率)はほぼ100%であった。

変位量は改良範囲について、ほぼ 0mm、周辺部において最大 3mm の隆起が確認された（**表-3** および**図-3** 参照）。上記の結果からも、今回の施工方法によって排泥効率が向上し、構造物に対する安全性が確保できた。

表-3 変位量一覧

測定箇所	区分	許容値	管理値	計測値
対象基礎	◇	2mm	1mm	0mm
近接基礎	□	5mm	3mm	−1～+2mm
周辺土間等	△	10mm	8mm	−2～+3mm

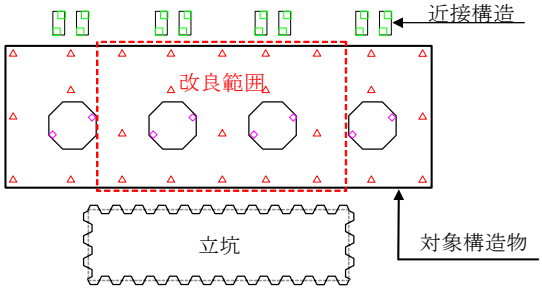

図-3 変位測定箇所

(2) サイクルタイムの縮減

試験施工において、各施工ステップに移る際の切替え時間が想定以上に必要であることが分かったため、ステップダウンの切替えスイッチや、ロッドチャックの自動化など、簡易的な機械改造を施すことで、試験施工に対してサイクルタイムを 3 割削減することが可能となった。施工は、稼動可能な最大台数（4set 施工）で行い、所定の工程通りに施工を完了した。

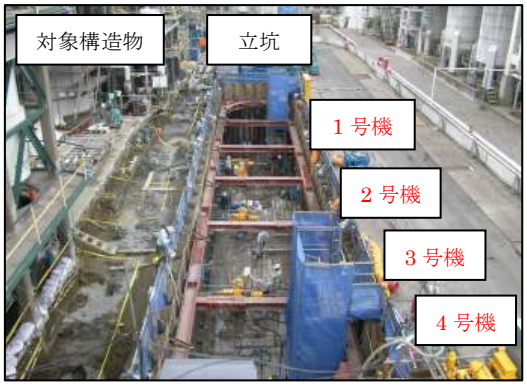

写真-3 施工状況

(3) 要求性能に対する改良体品質

ラップ部（**図-4 参照**）のコアを採取し、供試体の一軸圧縮強度および変形係数を確認した。**表-4** に示すように、要求品質を十分満足している。

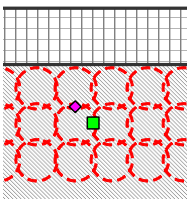

図-4 供試体採取箇所

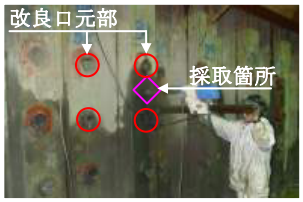

写真-3 供試体採取状況

表-4 供試体試験結果

採取箇所	区分	一軸圧縮強度 (MN/m²)	変形係数 (MN/m²)
鉛直ラップ部	◇	4.668	1,511
水平ラップ部	□	4.678	1,528

4. おわりに

施工全体を通じて、当工法は既存構造物に対する安全性および作業効率性が高く、かつ従来技術同等の改良品質を有していると思われる。そのため、当現場の様に稼働中かつ短期間での対策が求められる既存施設に対して、非常に有効な工法であるといえる。しかしながら、採取した供試体の一軸圧縮強度および変形係数は所定値を大きく上回っていたため、今後は配合や施工時間などの改良仕様を合理的に改善していく必要があると考える。

稼動中かつ狭小エリアでの既存施設における耐震対策は、今後増加傾向にあると想定される。既存施設の LCC 削減のため、今後も実績を重ね、当工法を安全性および効率性に優れた画期的技術として確立するべく客観的な評価と検証を継続していきたいと考える。