

水平方向の噴射攪拌工法を用いた耐震補強工事(試験施工)

清水建設(株) 正会員○加藤 貴代※1 清水建設(株) 正会員 田中 孝典

清水建設(株) 正会員 影山 雄 清水建設(株) 正会員 本田 幸一郎

ライト工業(株) 佐藤 弘 ライト工業(株) 長崎 康司※2

1.はじめに

本件は、千葉縣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。このような条件下では、薬液注入工法を用いて改良を行うのが一般的であるが、本工事の対象地盤では要求品質の確保が困難であることが予想された。そのため、水平方向の噴射攪拌工法の採用を検討したが、従来の水平方向改良には排泥効率や改良体の品質に対する信頼性が低いという問題点があった。そこで従来工法に改良を加え、その実用性を試験施工により確認した。本稿では、その結果について報告する。

2.本工事における課題および問題点

本工事の技術的課題および問題点を以下に示す。

①周辺地盤の変状防止に対する問題点

水平方向の改良は、鉛直方向に比べ排泥効率が悪く、排泥圧が上昇する傾向がある。加えて、本工事では対象地盤の土被りが浅いため、周辺地盤の変状が生じ、構造物に影響を与える危険性がある(図-1 参照)。

②改良体の品質確保に対する問題点

対象地盤の細粒分含有率が20%以上であり、このような地盤に噴射攪拌工法を行った場合、スラリー噴射による地盤の切削・攪拌効率が悪く、造成能力が低下する。そのため、改良体の品質不良が懸念される。

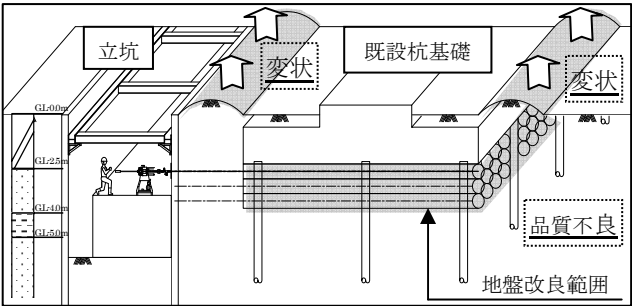


図-1 発生が予想される不具合

3.解決策

上記の課題および問題点を踏まえ、以下の解決策を考案した。

①プレジェット併用工法の採用

排泥ルートの確保および造成能力の向上を目的とし、水噴射による先行切削(プレジェット)を噴射攪拌に先駆けて行うことで、噴射攪拌時の排泥効率の向上および要求品質の確保を図る(表-1 参照)。

②ステップダウン方式の採用

通常、プレジェットを併用する場合はロッドを所定の位置まで挿入した後、ロッドを引抜きながら地盤を切削する。しかしながら水平方向の改良では、切削された地盤の排出効率が悪くなるため、今回は二重管を用いてロッド挿入時にプレジェットを行い、排泥ルートを確保しながら所定の位置に到達させる。その後、ロッドを引抜きながら噴射攪拌を行い、改良体を形成する。この方式をステップダウン方式と定義する(表-1 参照)。

表-1 ステップダウン方式

施工段階	プレジェット(ロッド挿入時)	噴射攪拌(ロッド引抜き時)
概要	ロッド回転+削孔 ← : プレジェットによる排泥 ▼ : プレジェット ↺ : ロッド回転方向	ロッド反転+引抜き ← : 噴射攪拌による排泥 ▼ : スラリー噴射 ↺ : ロッド回転方向

キーワード 水平方向改良、噴射攪拌工法、排泥、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〒105-8007 東京都港区芝浦1丁目2-3 シーバンスS館 TEL03-5441-0572

※2〒102-8236 東京都千代田区九段北4丁目2-35 TEL03-3265-2456

4.試験施工の実施

本工法の実用性を確認するため、試験施工を行った。概要を以下に示す。

- ①試験目的：構造物および周辺地盤の変状、改良体の品質(改良径、一軸圧縮強度、変形係数)(表-2 参照)、および施工性(排泥量、排泥状況、サイクルタイム)の確認を行った。
- ②試験概要：実施工と同様な地盤条件である場所で、奥行き 6.0m、幅 12.5m の模擬基礎を構築し実施工環境を再現した。この条件下で上下 2 段の改良体の造成を(上→下、下→上)の順に計 4 本行い、施工順序の差異による改良体の連続性を確認した(図-2、表-3 参照)。施工状況を図-3 に示す。
- ③確認方法：模擬基礎および周辺地盤の変状、排泥効率(排泥量、排泥状況)については、目視確認および計測を行った。要求品質に関しては、試験施工終了後に改良部を掘り起こし、出来形を確認した。更に 3 箇所的位置でコアを採取し、一軸圧縮強度および変形係数を確認した(図-2 参照)。

表-2 改良体の品質

項目	目標値
改良径	φ700mm
一軸圧縮強度	1.0MN/m ²
変形係数	70MN/m ²

表-3 プレジェット、噴射攪拌仕様

プレジェットスベック			噴射攪拌スベック				挿入速度 削孔速度 引抜速度 (分/m)
先端噴射	超高圧ノズル		ミルジェットノズル (先端部)		超高圧ノズル		
30L/分	80L/分	20 Mpa	30L/分	5Mpa	50 L/分	10 Mpa	

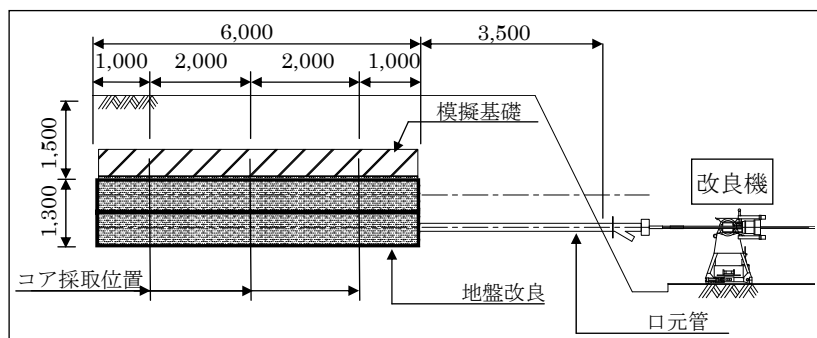


図-2 試験施工断面図



図-3 試験施工状況

5.試験施工結果および実施工に向けての展望

全てのケースで周辺地盤への影響を抑制し、要求品質の確保が可能であることが確認出来たが(表-4、図-5 参照)、その一方で実施工に向けて解決すべき課題が新たに確認された。課題を以下に示す。

表-4 試験結果一覧表

施工順序	改良径 (mm)	一軸圧縮強度 (MN/m ²)	変形係数 (MN/m ²)	発生最大変位量(mm)		改良体の連続性	口元排泥回収率 (%)
				模擬基礎	周辺地盤		
上→下	上 800	1.356	321	-1.0	-2.0	良好	75.0
	下 700	2.036	208				81.0
下→上	上 700	2.936	519	-1.0	-4.0	良好	65.0
	下 750	3.286	407				69.0

図-5 改良体出来形



①排泥効率の向上

送液量に対する口元部からの回収量は 65～80%程度であり、模擬基礎と改良機設置間の地表面からの排泥の流出も確認された。この流出量と口元部からの回収量を合計しても送液量の 100%未満であったため、排泥効率の更なる向上が必要であると考えられる。

②サイクルタイムの短縮

実施工では短期間での施工が求められる。その施工時間を試験施工の規模に換算した場合、マシンセットから造成完了までを 3 時間で行う必要があったが、結果として平均 4 時間程度を要した。そのため、更なるサイクルタイムの短縮を図る必要がある。