

高圧噴射攪拌工法による改良地盤の新しい品質管理方法の適用と効果について

前田建設工業(株) 正会員 ○吉富 力 正会員 川西 敦士
前田建設工業(株) 非会員 蛭谷 祐至 非会員 吉田 稔

1. はじめに

筆者らは、昨今の高い耐震性が要求される既設の地中構造物において、地盤改良の一種である高圧噴射攪拌工法を適用した。しかし、高圧噴射攪拌工法は、地中で超高压ジェットによりセメントミルクを噴射して地盤と攪拌混合することでセメント改良地盤を造成するため、改良体の非一様性が相対的に高く、改良径が改良対象地盤の条件に大きく作用されることが課題である。高圧噴射攪拌工法において確実な品質を確保するためには、原位置改良体を様々な品質管理手法を用いて早期に確実に評価することが不可欠である。本稿では、この品質管理方法の適用効果について報告する。

2. 工事概要

本工事の地盤改良概要図を図-1に示す。当該土層は、N=20程度の礫混じりシルト質砂（礫含有率5%程度、最大粒径150mm）の埋土層とN≧50の砂質泥岩の支持層で構成される。改良深度は構造物下端（支持層へ着底）から構造物天端まで10m程度であり、改良幅は事前の耐震解析結果より構造物幅の2倍とした。地盤改良の要求性能は、改良率α=100%、弾性波速度Vs=800m/s（一軸圧縮強度qu=4000kN/m²程度）であり、高剛性を必要とする高強度改良体を求められた。地盤改良は、高圧噴射攪拌工法の一つであるマルチジェット工法を採用した。本工法は、従来の主流である円形改良形状に対して、専用ロッドの動きを従来の回転式から揺動式も可能にすることで、半円、扇形および格子状などの改良を可能とする（図-2）。また、噴射量と専用ロッドの引上時間から独自のエネルギー評価を行い、改良直径は地盤条件に応じてφ2.0m～φ8.0mの範囲まで任意に設定することができる。本工事では、高い要求性能を確保するため、改良径および改良強度を考慮し、最大φ4.2mとした。

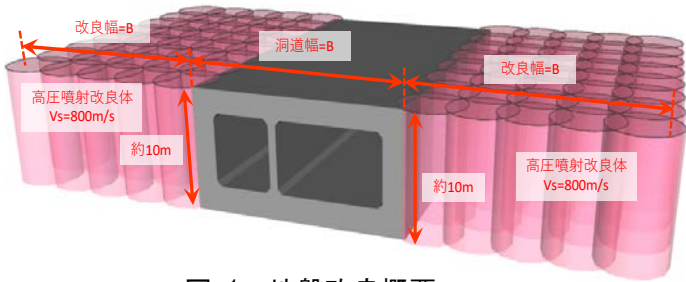


図-1 地盤改良概要

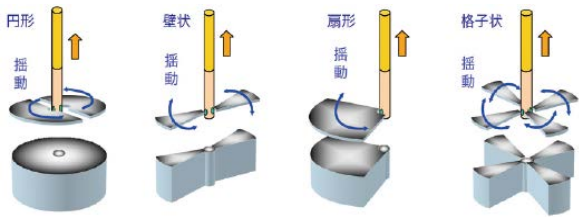


図-2 マルチジェット工法改良形状

3. 新しい品質管理方法の概要

本工事では、工法独自のリアルタイム管理装置による噴射量・噴射圧力・圧縮空気量等の施工管理に加え、表-1に示す5種類の品質管理方法の概要と管理基準値および管理頻度を示す。具体的には、(1)削孔速度管理による支持層着底確認、(2)排泥を利用した塩酸溶解熱法によるVs・改良径確認、(3)排泥を利用したモールドコアによる強度確認、(4)光ファイバ温度計を利用した改良径確認、(5)コラム掘り起こしによる出来形確認である。また、施工完了後には、所定の養生経過後に原位置PS検層によるVsの確認を行い、変動係数V=17%とその高い安定性を確保することができた。

表-1 品質管理計画

項目		管理基準値	管理頻度
品質管理	(1)削孔速度管理による支持層着底確認	va	J5m全数 (日常管理)
	(2)排泥を利用した塩酸溶解熱法によるVs・改良径確認	ΔTa	J5m全数 (日常管理)
	(3)排泥を利用したモールドコアによるVs確認	Vs	J5m100本毎 (強度管理)
	(4)光ファイバ温度計を利用した改良径確認	計画改良径	J5m100本毎 (出来形管理)
	(5)掘り起こしによる出来形確認	計画改良径 計画改良幅	J5m100本毎 (出来形管理)
品質検査	原位置PS検層	Vs	100J5m以下は2箇所、 101J5mから100J5m 増える毎に1箇所追加

キーワード 耐震補強、地盤改良、高圧噴射攪拌工法、品質管理、早期確認

連絡先 〒980-0802 宮城県仙台市青葉区二日町 4-11 前田建設工業(株)東北支店 TEL022-265-2477

4. 品質管理結果

(1)削孔速度管理による支持層着底確認：事前調査より設定した支持層判定開始深度（計画値-1m）までは通常削孔を行い，同深度到達時に削孔を一旦停止し，回転速度と貫入圧力一定にして削孔を再開する．10cm 毎の削孔時間を計測し，管理基準値 v_a 以上となる地点まで削孔することで，確実に支持層へ着底することを可能とした（図-3）．

(2)排泥を利用した塩酸溶解熱法による V_s ・改良径確認：塩酸溶解熱法とは、固化材と塩酸を混合するとカルシウム分と塩酸が反応して発熱する性質を利用した単位固化材量を推定する方法である。単位固化材量は V_s と相関関係（単位固化材量が多いほど V_s が高い）にあり、室内配合試験の改良体スラリーの温度上昇量 ΔT と 28 日 V_s の相関性を確認し、要求品質である $V_s=800\text{m/s}$ を満足する管理基準値 ΔT_{aL} （下限値）を設定する。また、単位固化材量は改良径 ϕ と相関関係（単位固化材量が少ないほど改良径が大きい）にあり、同じく温度上昇量 ΔT と改良径 ϕ の相関性を確認し、計画改良径を満足する ΔT_{aU} （上限値）を設定する。施工中は、地上に排出される排泥が改良体の品質と同程度であることより、排泥を利用して行う。排泥の温度上昇量 ΔT が管理基準値 ΔT_a （ ΔT_{aL} から ΔT_{aU} ）の範囲にあることを、全コラムを対象に確認しながら施工を行った（図-4）。

(3)排泥を利用したモールドコアによる強度確認: 本工法における強度と弾性波速度の相関性は高く²⁾、本工事でも造成中に排出される排泥（未固結改良体）を利用して、直接サンプリングした試料で供試体を作成し、室内試験により V_s および q_u を直接確認した（図-5）。結果、双方の相関性は強く、当該土質に対しても高い有効性を確認できた。

(4)光ファイバ温度計を利用した改良径確認

：光ファイバ温度計は、光ファイバ全長において温度を計測することが可能であり、施工前に事前に測定する改良径位置に光ファイバ温度計を深度方向に埋設しておき、施工中に温度変化を確認しながらコラム全長の改良径を測定した（図-6、図-7）。

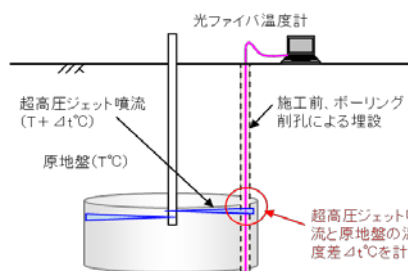


図-6 光ファイバ温度計計測概

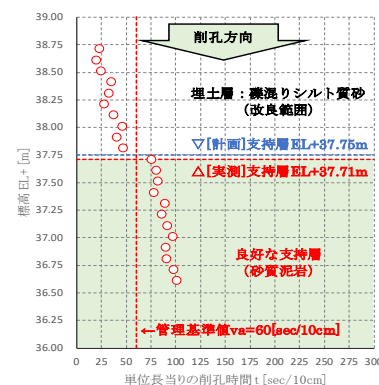


圖-3 支持層着底結果(例)

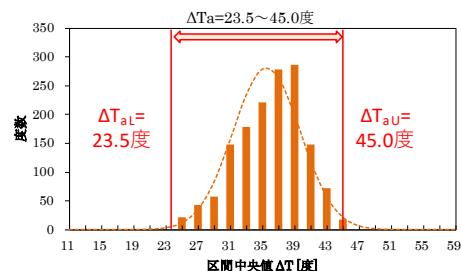


図-4 温度上昇量試験結果

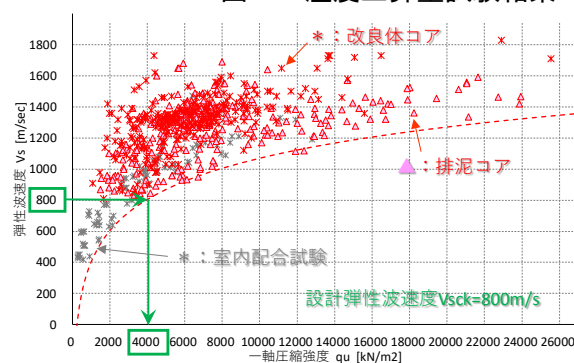


図-5 モールドコアによる強度結果
(原位置改良体の改良体コア強度結果も併記)

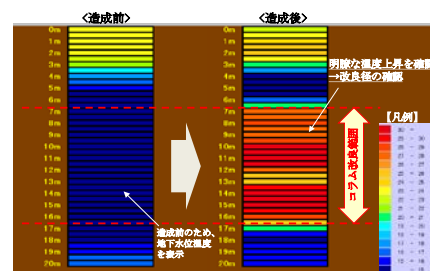


図-7 改良径確認結果(例)

(5)コラム掘り起こしによる出来形確認：出来形確認用として GL-2.0m 程度まで造成したコラム上面を，強度発現後に掘り起こし，出来形を確認した．その結果，出来形確認を実施した箇所全てで確実に造成が出来ていることを確認した．出来形のコラム径などから，光ファイバ温度計確認結果と同様な傾向を示すものであった．

5. まとめ

本稿では、高い耐震性を必要とする既設構造物に対する地盤改良に新しい品質管理手法を適用し、高い効果を確認した。高圧噴射攪拌工法は、改良体の非一様性が相対的に高く、一般的な品質管理ではなく施工中の日常管理から徹底した品質管理を実施することによって、その品質不具合を未然に防止することが可能である。

参考文献 1)手塚ら：高圧噴射攪拌工法で改良された地盤の品質管理手法 地盤工学ジャーナル Vol.8.No.2.251-253

2)手塚ら：高圧噴射攪拌によるセメント改良地盤の原位置弾性波速度に基づく品質評価 土木学会論文集C(地圏工学) Vol.70.No.4.328-329