

ウォータージェットを用いた全方位高圧噴射攪拌工法の開発

東興ジオテック株式会社 正会員 ○大野 喜代孝
 〃 齊藤 英徳 岡田 宙
 株式会社エステック 正会員 岡本 郁也 中島 浩平
 株式会社 エヌ、アイ、テイ 正会員 中西 康晴

1. はじめに

全方位高圧噴射攪拌工法（MJS 工法）の水平施工（図-1）による全円造成は、図-2 に示す改良体上半部にエア溜まりを生じないよう、圧縮空気の併用を行わない。このため、標準有効径は圧縮空気を使用した場合と比較すると、土質に応じて1.0m~1.4mと小径になっている。近年、供用中の構造物直下においてこの水平全円造成による地盤改良の要請が多くなってきており、標準の設計有効径では、計画本数が多くなることから経済性や工程に対する課題があった。また、杭基礎などの支障物を避けて改良体を配置する際には、未改良範囲が生じることも課題とされている。

これらの課題を解決するために、水平全円改良体の大径化を目的として、エア溜まりを生じないウォータージェットを用いた工法（MJS-WJ 工法）の実証実験を行った。

本稿では、実験用立坑を用いた山砂による人工地盤で専用モニター（図-3）により造成した改良体の状態を計測・評価したのでその結果を報告する。

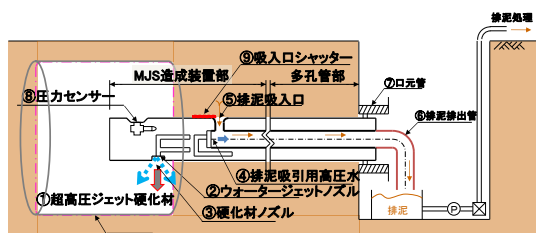
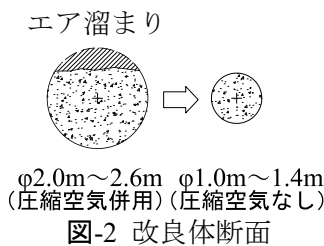
図-1 MJS-WJ 工法 概要図¹⁾

図-2 改良体断面

周辺孔（ウォータージェット）



図-3 専用モニター

2. 実証実験の概要

従来の圧縮空気に代えてウォータージェットを適切に用いることにより、有効径の拡大ができると考えた。

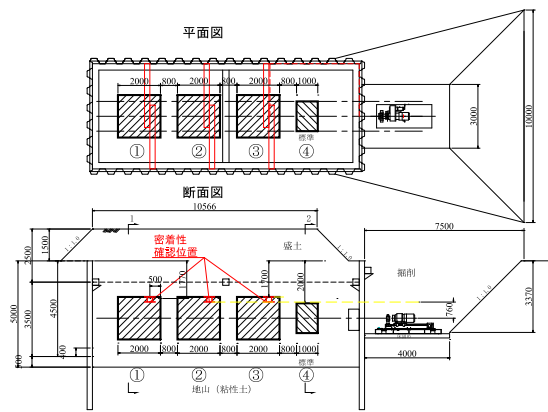
実験は、硬化材を噴射する中心孔（MainJet: MJ）の噴射初速度を基準とし、周辺孔（SubJet: SJ）から異なる噴射初速度でウォータージェットを噴射し、改良体を造成した。この改良体の配置を図-4に、実験ケースを表-1に示す。構造物直下の状態を再現するため、図-4に示す擬似構造物(H-250)を事前に改良体の上半部に設置した。

表-1に示す各ケースで造成した改良体の評価は、有効径、強度特性および構造物直下の密着状態について行った。

表-1 実験ケース一覧

ケース	噴射仕様	SJ 噴射量	SJ 噴射圧	初速度 (比)	備考
①	MJ, WJ 併用	0.068m ³ /分	33.9MPa	248m/s(1.2)	
②	〃	0.056m ³ /分	23.5MPa	207m/s(1.0)	
③	〃	0.045m ³ /分	15.0MPa	166m/s(0.8)	
④	MJ のみ	—	—	—	対照実験

造成速度：15分/m、MJ 噴射仕様：噴射量 0.130m³/分、噴射圧 40MPa、初速度 207 m/s



改良体断面

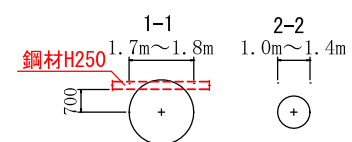


図-4 実験ケース 模式図

キーワード 水平地盤改良、拡大径、ウォータージェット、構造物直下、高圧噴射攪拌工法

連絡先 〒150-0042 東京都渋谷区宇田川町 37-10-501 (株)エヌ、アイ、テイ TEL03-3485-1245

3. 実験結果と考察

各ケースで造成した改良体からは、次の結果が得られた。これらの測定結果より得られた知見から考察を述べる。

(1) 改良体の出来形（有効径評価）

改良体を地中から掘り出し、その外形を計測した。計測は、改良体の切断面計測（図-5）ならびに箱尺・鋼尺による計測（図-6）により実施した。下表に計測結果から得られた有効径を示す。ウォータージェット併用時の有効径は、最大で直径1.8m程度であることが確認できた（図-5）。

表-2 改良体の有効径測定値

ケース	有効径(m)
①	1.81
②	1.64
③	1.69
④	1.18

(2) 強度特性（一軸圧縮強さ q_u ）

改良体から取り出したコアより $\phi 5\text{cm}$, $h=10\text{cm}$ 前後の供試体を作製し、一軸圧縮試験を行った。各ケースの一軸圧縮強さ q_u を図-8 に示す。

一軸圧縮強さ (q_u) は材齢 28 日で（平均）2,225～2,615 kN/m^2 であった。また、この時の変動係数は 0.26～0.30 であった。さらに、長期材齢（84 日）を確認するため、コア採取地点の周辺をシュミットハンマーにより計測した。この結果では、推定強度の平均値が 4,256～5,142 kN/m^2 となり、変動係数は 0.18～0.40 となった。

改良体強度の変動係数は、ケース①の 0.30 からケース③で 0.26 と吐出材料全体の水セメント比に応じ、低下する傾向が確認された。

(3) 構造物直下の密着状態

擬似構造物撤去後の接合面状況（図-7）を目視により観察した。接合面の観察結果から密着性については、その接合面が平滑一様であり、空隙等は確認されなかった。

4. 今後の課題

今回、ウォータージェット併用による有効径の拡大化の可能性が確認できた。しかし、工法原理からウォータージェットを併用することで、高圧噴射攪拌工法における標準的な設計基準強度 ($qu_{sk}=3,000\text{kN/m}^2$) より低くなった。この課題の解決に向けて大径化した水平全円改良において、硬化材配合等の詳細な施工仕様の開発に着手しており、早期に実用化に繋げたい。

5. おわりに

本実験では、水平地盤改良を可能とする独特な当工法において、ウォータージェットを利用した新たな技術として、砂質土の人工地盤における基礎資料が得られた。今後は各種地盤における有効径の検証、改良体品質のデータ集積を行い、有効径および強度特性の信頼性向上を図りたいと考えている。

参考文献

- 1) 全方位高圧噴射攪拌工法協会：技術・積算資料 令和2年9月 第13版 p4
- 2) 八尋暉夫・吉田宏・西謙治著：ウォータージェットを利用した地下工法，鹿島出版会，pp.7～20，1983



図-5 改良体切断面 (φ1.8m)



図-6 改良体計測

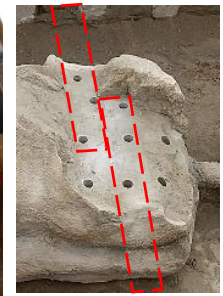


図-7 構造物下の改良体

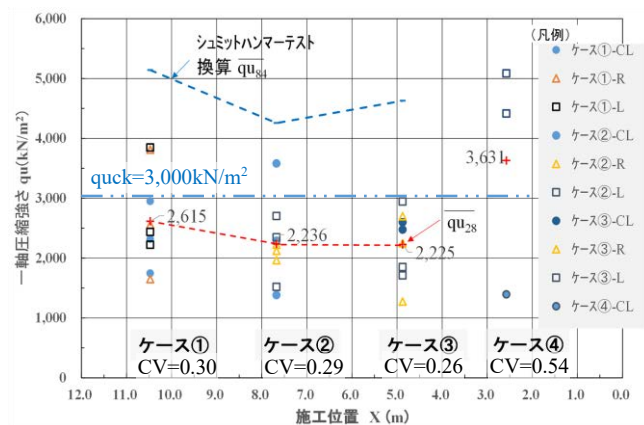


図-8 各改良体の一軸圧縮強さ