

多孔管式高圧噴射攪拌工法の開発

東亜建設工業株式会社	正会員	○大野 康年
同 上	正会員	今尾 佳禎
太洋基礎工業株式会社	正会員	水島 達宏

1. はじめに

著者らは、コンビナート港湾等、臨海部埋立地における岸壁・護岸の液状化対策、側方流動対策を目的とした高圧噴射攪拌工法の開発に取り組んでいる。本工法は、ナノバブル水噴射による地盤切削と新開発の多孔管式特殊モニターに特長を有し、ナノバブル水、圧縮空気、セメント硬化材を吐出することで固結体を地盤中に造成する。また、攪拌方式を一般的な回転方式ではなく揺動方式を採用することで、必要最小限の範囲の改良を可能としている。本文では、本工法の概要を示すとともに臨海部埋立て地盤にて実施した現地実証試験結果について報告する。

2. 工法概要

2. 1 概 要

本工法は、ナノバブル水噴射および新開発の多孔管式特殊モニターにより地盤の切削効率を向上させた工法である。多孔管式特殊モニターは、上下2段の噴射ノズルを配置し、上段よりナノバブル水と圧縮空気、下段より専用硬化材を噴射する。また、噴射方向は、図-1(a)および図-1(b)に示すように2方向（両側）噴射および1方向（片側）噴射時が可能で、揺動方式を採用することで円形、扇形等の自由形状の改良体を造成できる（図-2、写真-1）。

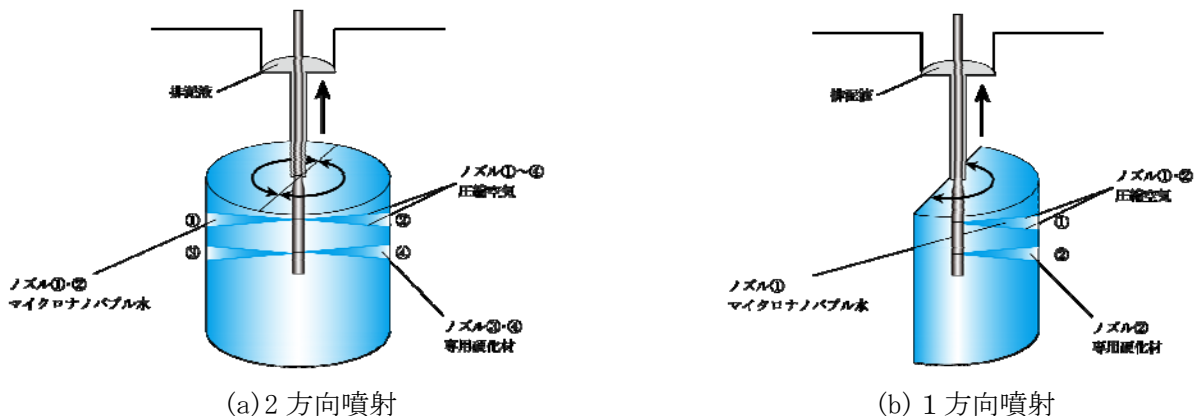


図-1 本工法の改良模式図

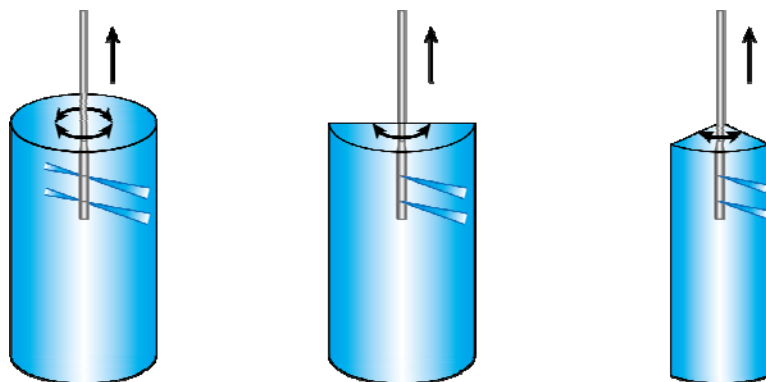


図-2 改良形状模式図

キーワード 高圧噴射攪拌工法，側方流動対策，ナノバブル水

連絡先 〒163-1031 東京都新宿区西新宿 3-7-1 新宿パークタワー31F 東亜建設工業（株） TEL 03-6757-3861

2. 2 施工仕様・施工方法

表－1 に本工法の標準的な施工仕様を示す。本工法では、ナノバブル水、圧縮空気および専用硬化材の圧力、流量を一定としている。表－2 に本工法の主な施工機械を示す。施工機械は、削孔・噴射専用マシン、超高压ポンプ、微細気泡発生装置他から構成される。写真－2, 写真－3 および写真－4 に多孔管式特殊モニター、特殊ロッドおよび集中操作・管理装置モニターを示し、造成した改良体の発掘写真を写真－4 に示す。

表－1 施工仕様（標準）

項 目	施工仕様
標準有効径（直径）	2.8m ～ 5.0m （地盤種別による）
改良強度 q_u	1.0MPa ～ 3.0MPa
揺動角度	20° ～ 180° （2方向噴射時） 20° ～ 360° （1方向噴射時）
噴射仕様	ナノバブル水 圧力：35MPa 流量：毎分50ℓ（1方向）
	圧縮空気 圧力：1.05MPa 流量：毎分 3Nm ³ 以上（1方向）
	専用硬化材 圧力：35MPa 流量：毎分95ℓ（1方向）

表－2 主な施工機械（標準）

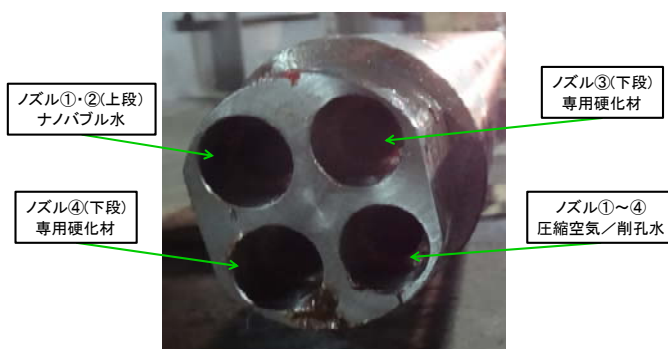
機械名称	諸 元
削孔・噴射専用マシン	スピンドル内径 φ 90mm 揺動装置付
超高压ポンプ	圧力：39.2MPa 流量：100～130ℓ/分
微細気泡発生装置	噴流式 吐出量105ℓ/分
集中プラント	ミキサ1m ³ アジテータ1.5m ³ (24m ³ /時間)
集中操作・管理装置	圧力，流量，風量管理他
多孔管式特殊モニター	φ 139.8mm 五重管
特殊ロッド	φ 89.1mm 3m/本 四重管



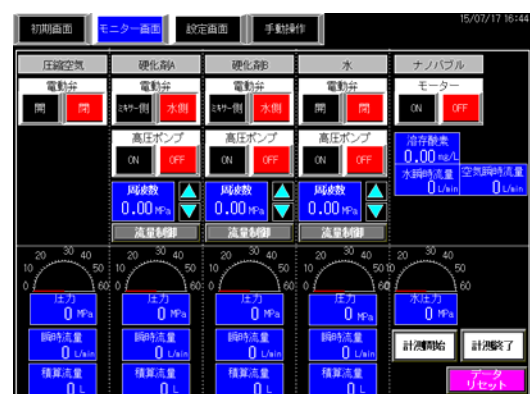
写真－1 改良体発掘全景（扇形，φ 3.6m）



写真－2 多孔管式特殊モニター



写真－3 特殊ロッド（四重管）



写真－4 集中操作・管理装置画面

図－3 に標準的な施工手順を示す。施工は、①排泥ピットを造成した後、②専用マシンを所定位置に設置し、削孔水を噴射しながら所定の深度まで削孔する。③削孔完了後、ロッドの回転時間、引き上げ速度を設定した後、噴射テストを実施する。④噴射テスト終了後、特殊モニターのノズルからナノバブル水、圧縮空気および専用硬化材を噴射し、揺動しながら特殊モニターを引き上げ、改良体を造成する。⑤改良体造成完了後、特殊ロッド、特殊モニターを引き抜き完了する。

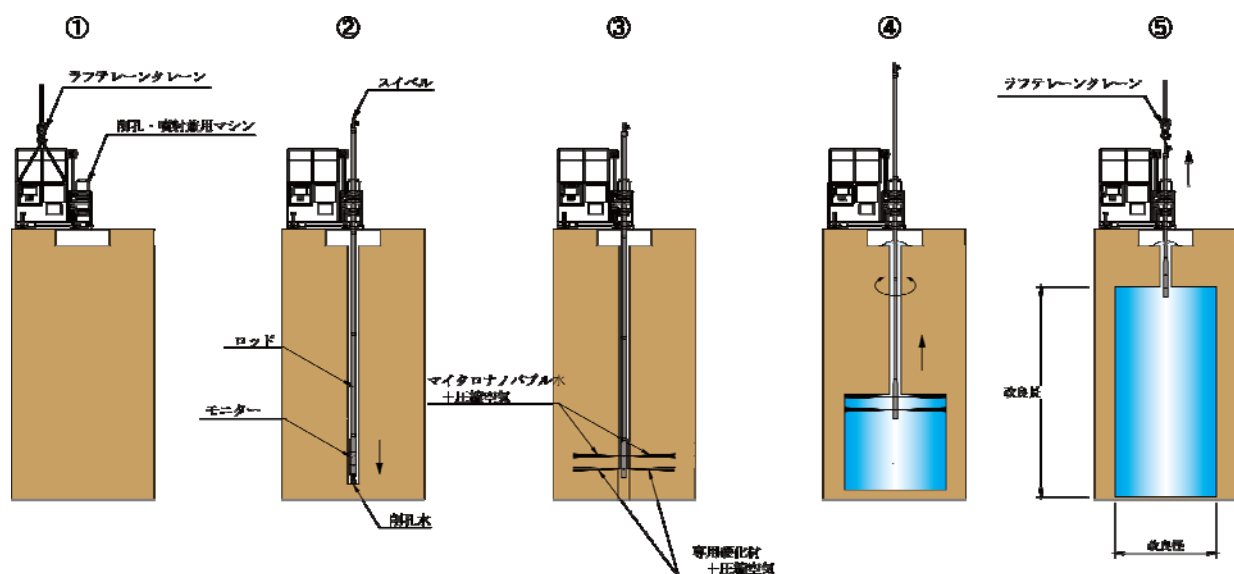


図-3 施工手順（標準）

3. 現地実証試験

本工法の現地への適用性を確認するため、臨海部埋立て地盤にて現地実証試験を実施した。

3. 1 試験サイトの概要

試験サイトは、千葉県袖ヶ浦市南袖の埋立て地盤で、地層は地表面から GL-1.7m までガラが混入した盛土、その下部に浚渫土である細砂、シルト、細砂が続いている。対象地盤の柱状図および標準貫入試験結果を図-4 に示す。改良対象である細砂およびシルト層は、N 値が 3~23 である。また、細砂層の物理特性は、土粒子密度 $\rho_s=2.71\text{g/cm}^3$ 、平均粒径 $D_{50}=0.16\text{mm}$ 、細粒分含有率 $F_c=10\%$ である。

3. 2 試験方法

試験は、GL-0.5m の排泥ピットを造成後、GL-2.0m~-7.0m の 5m 区間に改良体を造成した。表-3 に各ケースの改良仕様を示す。改良は、2 方向噴射にて実施し、揺動角を 180° として円筒形の改良体を造成した。また、専用固化材の水セメント比を W/C=121,100% の 2 種類とした。

改良体造成 28 日後、GL-3m まで掘削し、改良体上部の出来型を確認するとともに、図-4 に示す CASE-1,2 事後調

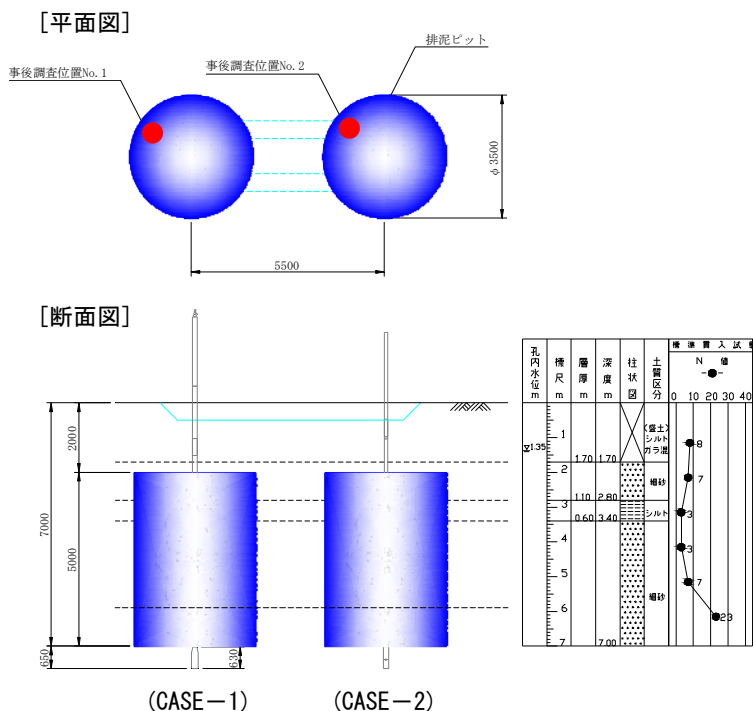


図-4 改良平面・断面図

表-3 試験ケース

諸元	CASE-1	CASE-2
揺動角度 (°)	180	180
引上げ速度 (分/m)	12	12
噴射方向	2方向	2方向
専用固化材 W/C (%)	121	100
目標改良直径 (m)	3.5	3.5
目標改良強度 q_u (MPa)	1.0	1.0

査箇所にてボーリングを実施し、GL-2m～-3m、GL-4m～-5m および GL-6m～-7m より改良体試料を採取し、一軸圧縮試験を実施した。

3. 3 試験結果

写真-5 に改良体の発掘写真を示す。CASE-1,2 とともに $D=3.9\text{m}$ の改良体が造成されており、目標改良径(直径) $D=3.5\text{m}$ を満足している。

図-5 に一軸圧縮強さの深度分布を示す。改良体の一軸圧縮強さ q_u は、CASE-1 で $q_u=1.05\sim 2.28\text{MPa}$ 、CASE-2 で $q_u=1.12\sim 2.12\text{MPa}$ に分布し、目標改良強度 $q_{\text{uck}}=1\text{MPa}$ を満足している。また、CASE-1,2 の専用固化材の配合による強度差は、ほとんどない結果となった。



写真-5 発掘改良体全景

4. まとめ

本文では、ナノバブル水噴射による地盤切削と新開発の多孔管式特殊モニターに特長を有する多孔管式高圧噴射工法の概要を示すとともに、臨海部埋立て地盤にて実施した現地実証試験結果について報告した。現地実証試験の結果、同工法は、N値 3～23 に砂地盤において、改良直径 $D=3.5\text{m}$ 、改良強度 $q_u=1\text{MPa}$ を目標とした施工仕様にて、改良直径 $D=3.9\text{m}$ 、改良強度 $q_u=1\sim 2\text{MPa}$ の改良体を造成できたことを確認し、目標仕様を満足していることがわかった。

今後は、比抵抗コーン試験を用いた品質管理法を確立していくとともに、既存岸壁および護岸の側方流動対策、液状化対策等に同工法を提案して行きたいと考えている。

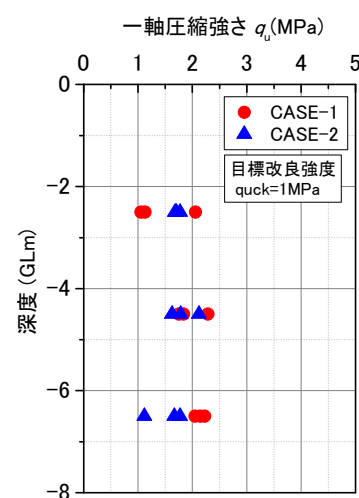


図-5 一軸圧縮強さ分布