

置換型水平ジェットグラウト工法の施工事例

三信建設工業(株)	正会員	○	仲家	純次
	正会員		大沢	一実
	正会員		小泉	亮之祐

1. はじめに

近年、既設構造物直下の耐震補強や大深度地下利用に伴う地盤改良が増加し、確実に経済的な水平ジェットグラウト工法の確立が期待されている。ジェットグラウト工法は鉛直施工においては多くの実績があり技術的信頼性も認知されているが、水平施工においてはスライムの排出や造成空間の保持等、技術的課題が多く残されている。

本報告では、低流動性特殊硬化材を用いることにより確実に円柱状の改良体を造成する新しい置換型水平ジェットグラウト工法（パラジェット工法）の概要と実際の現場における施工事例を紹介する。

2. 工法の概要

従来のジェットグラウト工法では、斜め施工は鉛直から 10° 程度の角度が限界で、構造物直下の地盤全体をカバーすることは困難である。ジェットグラウト工法を水平に施工することにより欠損部の無い地盤改良が可能となる。

ジェットグラウト工法の水平施工においては、以下の問題の解決が施工上必須条件となる。

- (1) 周辺地盤の緩みによる地盤沈下
- (2) 硬化材充填過多による地盤隆起
- (3) エア、硬化材の地表面への噴出
- (4) 施工直後から硬化材強度発現までの局所的な地盤沈下

今回報告する置換型の水平ジェットグラウト工法では、これらの問題を以下のように解決している。

地盤の切削は、流体に高い圧力を与えて得られる強力なエネルギーによって地盤を切削破壊させるもので、本工法では交差噴流を用いて地盤の切削を行っている。交差噴流とは、二つの噴流を一定の角度で衝突させることで、噴流のエネルギーを極端に減少させ、衝突点以遠の地盤切削能力を失わせる技術である（写真-1）。この技術は地盤強度に関係なく所定の距離を切削できることから、充填する硬化材量を正確に把握することができる。その結果、硬化材充填量と切削土量とをバランスするように排泥抑制装置にて制御、管理することが可能となり地盤沈下や地盤隆起の発生を防止している。ジェット噴流にエアを併用しないため地表面へのエア、硬化材の噴出を抑制できる。硬化材には水中不分離性および自立性を有する特殊な低流動性硬化材（スランプ 7 cm 以下）を用いることにより、硬化材強度発現までの局所的な地盤沈下を防止し、交差噴流で切削した泥水と混合することなく、造成された空間を確実に充填置換する（図-1）。



写真-1 交差噴流

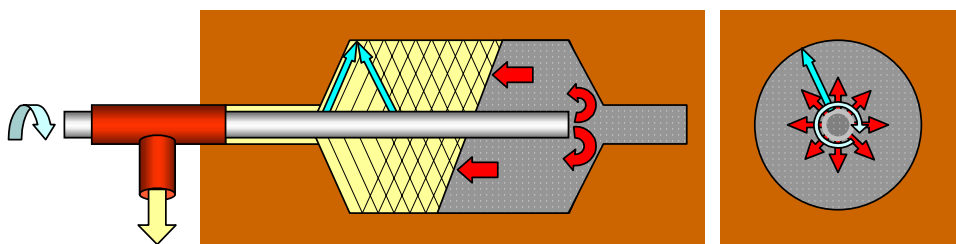


図-1 工法概念図

る硬化材量を正確に把握することができる。その結果、硬化材充填量と切削土量とをバランスするように排泥抑制装置にて制御、管理することが可能となり地盤沈下や地盤隆起の発生を防止している。ジェット噴流にエアを併用しないため地表面へのエア、硬化材の噴出を抑制できる。硬化材には水中不分離性および自立性を有する特殊な低流動性硬化材（スランプ 7 cm 以下）を用いることにより、硬化材強度発現までの局所的な地盤沈下を防止し、交差噴流で切削した泥水と混合することなく、造成された空間を確実に充填置換する（図-1）。

キーワード：地盤改良 ジェットグラウト 水平 排泥

連絡先：三信建設工業株式会社 （東京都文京区後楽 1-2-7 TEL:03-5800-4108 FAX:03-3816-2165）

3. 施工事例

直径 1.0m の円柱改良体の造成を行う実験工事で以下の項目について検討を行い、本工事の施工仕様を決定した。

- ・ 交差噴流の噴射媒体（泥水、清水）および泥水濃度
- ・ 切削開始から硬化材噴射までの時間および引上げ速度

造成後、改良体の掘起しを行った結果、計画通り直径 1.0m の円柱状の改良体を確認した。交差噴流の噴射媒体は清水よりも泥水による切削が均一な造成体を形成できることが明らかとなった。また、硬化材については交差噴流による切削開始から 10 分後から充填することにより高品質の造成体を形成することが分かった。本工事における施工仕様は実験工事を踏まえ、表-1 に示す通りとした。

表-1 施工仕様

項 目	単位	管理値
造成径	m	φ 1.0
交差噴流水 (4 % 泥水)	圧力	MPa 20~30
	吐出量	L/min 75 ^{以上} ×2 ^{方向} =150 ^{以上}
硬化材	吐出量	L/min 50~100
引上速度	min/m	10
回転速度	rpm	10以下

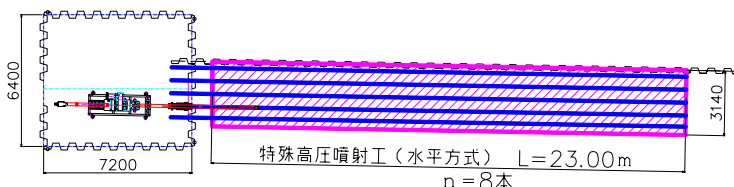


図-2 施工平面図

当該工事は、幹線道路直下において推進掘削時における地山崩壊防止の目的で計画されたものである（図-2、3）。対象地盤は N 値 10 以下の粘土質シルト及び凝灰質粘土で、造成深度：GL-3.8~5.7m、造成延長：L=23.0m、施工本数：n = 8 本であった。この現場の特徴的な条件として、プラントヤードの確保が困難なため全ての機材を車上プラント化し（図-4）、特殊低流動性硬化材はミキサー車にて搬入し造成を行った事があげられる。施工は周辺地盤の地盤沈下、地盤隆起、硬化材の地表面への填出、局所的な地盤沈下等の問題なく無事完了した。水平コア採取による事後調査においても、硬化材のブリージングも無く目標改良径 1.0m、目標強度（ $\sigma_{28}=1.0\text{MN/m}^2$ ）を満足し（表-2）、強度のバラツキも少ないことが確認できた。

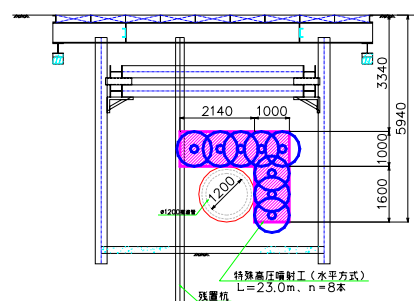


図-3 施工断面図

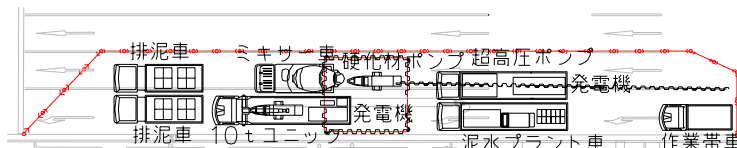


図-4 車上プラント図

4. まとめ

今回の工事により、施工性および品質においてパラジェット工法が十分に実施工に対応できることが分かった。

本工法は、既設構造物直下の耐震補強等、高強度、高品質が要求される地盤改良工事への適用が期待できることから今後、大深度での施工及び改良体の大口径化を行うと共に、適用範囲拡大を目指していきたいと考えている。

表-2 一軸圧縮試験結果

試料採取位置 孔口からの 距離(m)	一軸圧縮強度 q_u (MN/m ²)	
	測定値	平均
4.00~5.00	5.690	5.677
	5.760	
	5.580	
14.00~15.00	7.040	6.777
	6.640	
	6.650	
23.00~24.00	6.680	5.400
	4.930	
	4.590	



写真-3 施工状況（プラント）



写真-2 施工状況（造成）



写真-4 スランプ試験（5.5cm）

（参考文献）西・横尾・菊地・林：パラジェット工法の開発－置換型円柱状水平ジェットグラウト工法－，第 40 回地盤工学研究発表会，pp.1109～1110，2005.7.