

# 軌道内におけるジェット併用機械攪拌工法を利用した仮土留め工への適用

## 相模線交差部における人道地下道新設工事に伴うメカジェット工法

黒川 一郎

当工事は、さがみ縦貫道路の海老名ジャンクションを整備するにあたり、JR相模線社家・厚木間11k957m付近に線路下横断の人道地下通路を築造する工事である。工事桁による開削工法で、土留工として柱列式地下連続壁杭が計画され、地山の安定強化・止水を目的として軌道への変位影響の少ないジェット併用機械攪拌工法（メカジェット工法）（以下「本工法」という）を利用して仮土留め工を実施した（工期：2012年6月～8月）。

キーワード：止水性仮土留、線路閉鎖作業、空頭制限、軌道変位、機械攪拌杭、芯材建て込み、遅延材

### 1. はじめに

開削工法による線路下横断工では、一般に線路横断方向に仮土留め工の設置が必要であるが、仮土留めの施工は、レール・枕木に干渉が生じない親杭横矢板方式が多く採用されている。その際、地下水位が高い環境の場合は、土留背面に補助工法による止水防護（薬液注入・地盤改良）を設ける必要があり工期・工事費の両面を増大させる。また、工事は軌道内およびその周辺工事であることから、限られた線路閉鎖時間内で高速施工、ならびに使用機械が小型で空頭制限下での施工が可能な工法が必要とされた。そこで、止水防護の地盤改良工自体を仮土留とする方法として、改良体内にH型鋼を挿入し柱列式仮土留壁とする本工法が選定された。1日の施工時間は3時間程度で、改良体造成から芯材建て込みまで1本の施工が複数日に渡るため、遅延材を添加した固化材を使用することとした。現場の土質は、腐植物を混入する有機質シルトと軟いシルト層からなり、施工深度は13mである。

本稿では、この芯材を挿入した柱列式地下連続壁の施工結果について報告する。

### 2. 工事概要

#### (1) 施工箇所

施工箇所を図-1に示す。

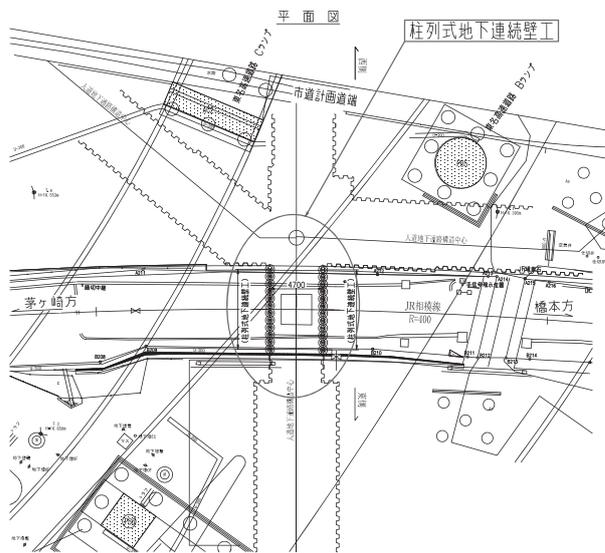


図-1 施工位置図

- (2) 工事件名 東工工 23 第 33 号  
さがみ縦貫道路（交差3）人道地下通路新設他
- (3) 工事箇所 神奈川県海老名市社家地内  
JR相模線社家・厚木間11k957m付近
- (4) 工期 自) 2012年 3月22日  
至) 2013年 11月30日
- (5) 発注者 東日本旅客鉄道(株) 東京工事事務所
- (6) 施工者 東鉄・東亜建設共同企業体 さがみ縦貫工事務所

### 3. 本工法の概要

本工法は、地下連続壁として地盤中にラップ可能なソイルセメントコラムを造成する高圧噴射併用型の機械攪拌工法で、地盤を機械攪拌しながらセメント系固化材スラリーを混入させ、その固化反応により地盤強化を図ると同時に、その周辺にスラリーの高圧噴流を用いた攪拌による地盤改良を行い隣接杭との連続性を図るものである（図-2、写真-1、2）。



写真-1 本工法専用機



写真-2 地上噴射テスト

### 4. 施工方法

#### (1) 施工順序

本工法の施工順序は、図-3の通りである。

##### ①施工位置決め（杭芯セット）

ベースマシンを所定の位置に配置し、攪拌翼を杭芯にセットしてリーダーを垂直に調整する。

##### ②空打ち部の貫入攪拌

所定の深度までロッドを正転で貫入攪拌を行う。

##### ③改良部の貫入攪拌（2.0 min/m）

低圧スラリーを吐出すると共に貫入翼の先端から高圧スラリーを噴射させ、正転で貫入攪拌を行う。ここで、芯材建て込みは後日となることから遅延材を混入したスラリーを使用する。

##### ④改良部の引抜き噴射攪拌（1.0 min/m）

改良下端に着底したら、高・低圧スラリーを噴射しながらロッドを逆転で改良上端まで引抜き攪拌を行う。

##### ⑤空打ち部引抜き攪拌

改良部の施工が完了したら、ロッドを逆転させ地上まで引抜き攪拌を完了する。

##### ⑥芯材建て込み

噴射攪拌作業を完了してから、24時間から48時間後に遅延材を混入した造成体内に、芯材（H-300）L = 13mを挿入する。

芯材は6分割（2.2m × 5本、2.0m × 1本）とした。

#### (2) 連続壁の配孔

本工法の配孔は、改良目的（止水・強化）により決定するが、当現場においては遮水性を考慮し柱列式連続壁改良配置とし、施工ピッチは@ 0.65m間隔とし

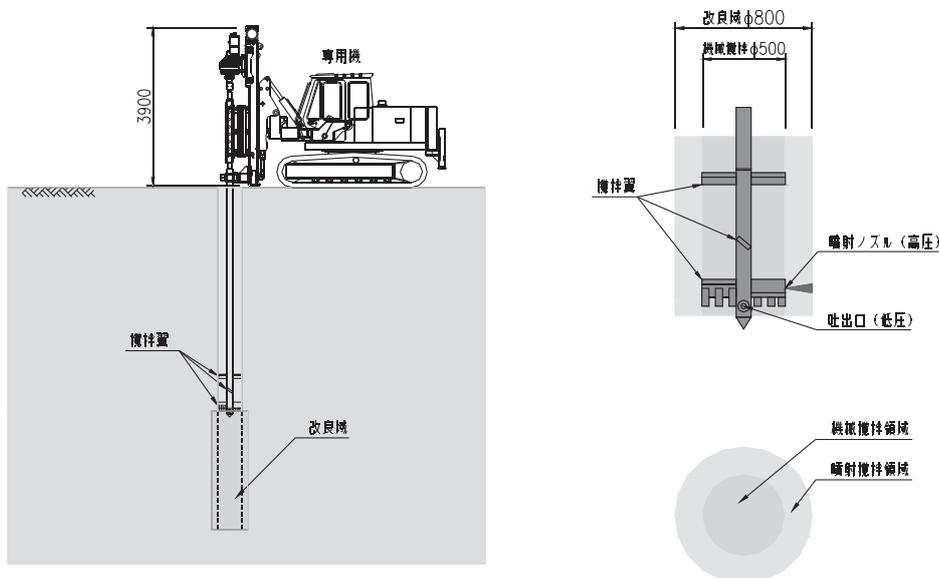
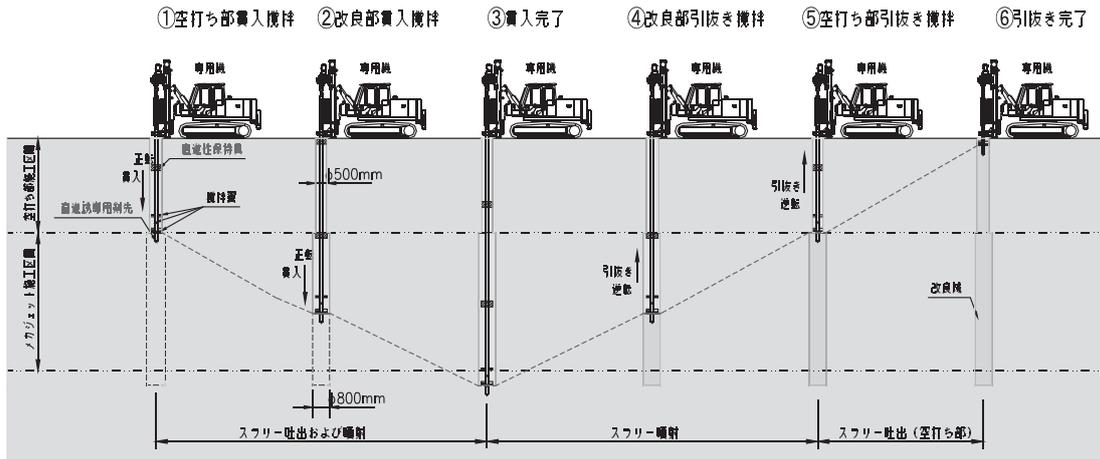
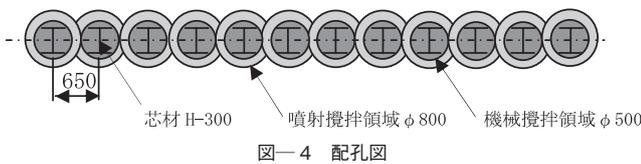


図-2 本工法概要図



図—3 施工順序



図—4 配孔図

た (図—4)。

(3) 設計強度および固化材の配合

(a) 設計強度と固化材添加量

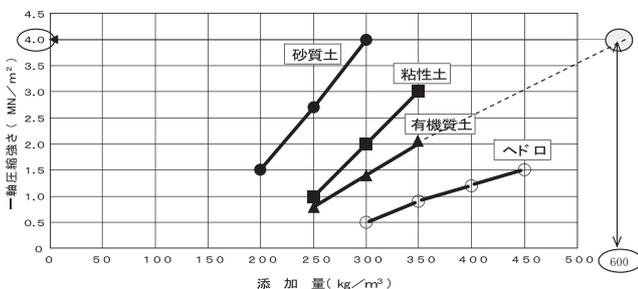
連続壁工に求められる設計基準強度は  $q_{uck} = 2.0 \text{ MN/m}^2$  以上である。また、設計強度と現場強度との関係は参考文献1より

設計基準強度  $q_{uck} = \text{現場強度係数} \times \text{原位置改良土の一軸圧縮強さの平均値}$

設計強度 =  $1/2 \cdot \text{現場強度}^1$  とすると

現場強度は、 $2.0 \text{ MN/m}^2 \times 2 = 4.0 \text{ MN/m}^2$  となる。

ここで、当現場の対象土は有機質土であることから、固化材添加量は、現場圧縮強度を  $4.0 \text{ MN/m}^2$  とするためには、 $600 \text{ kg/m}^3$  が必要と推定される (図—5)。



図—5 固化材添加量と一軸圧縮強さの目安<sup>2)</sup>

(b) 固化材添加量の決定

固化材の添加量については、本施工に先立ち現場採取試料土により、室内配合試験を行った結果、固化材添加量を  $600 \text{ kg/m}^3$  とすれば、圧縮強度は  $4.0 \text{ MN/m}^2$

表—1 設計強度と添加量

対象土	一軸圧縮強さ (MN/m <sup>2</sup> )	単位添加量 (kg/m <sup>3</sup> )
粘性土 (有機質シルト)	4.0 以上	600

をクリアすることが判った (表—1)。

(c) 固化材の遅延効果

改良体造成後、芯材を挿入することとなるが、通常は24時間後に挿入作業を行うものの、翌々日 (48時間後) になる可能性もあることから、種々の遅延材を用いその効果を試験したところ、適切な遅延材と配合量を選出することができた。

表—2 に遅延材の添加量と混練土の性状を示す。

表—2 室内配合試験の目標値

遅延材の添加量	スラリー混練土のフロー値	一軸圧縮強度 (材令: 60日)
C × 7% (重量%)	150 mm 以上	$q_u \geq 3.0 \sim 4.0 \text{ MN/m}^2$

※遅延材: オキシカルボン酸系

※フロー値: テーブルフロー試験

(d) 固化材スラリーの標準配合

固化材の選定にあたっては、対象土が有機質土であることから、腐植土対応型の特殊セメント系固化材

表—3 スラリー1,000%混練り配合

名称	重量 (kg)	容積 (L)	比重
固化材	756.0	250	3.03
遅延材	53.0	45	1.17
増粘剤	※ (2.0)	※ (1.2)	1.65
水	705.0	705.0	1.00
計	1,516	1,000 (+1.2)	1,516 (練上り)

固化材……Mjet-4号 (比重: 3.02)

※増粘剤は、外割配合。

『Mjet-4号』とした(表-3)。

(4) 施工ピット

削孔に先立ち、施工箇所へ造成時の排泥(スライム・残土)等が周辺施設(線路)に影響を与えることを防止するため、図-6および写真-3に示す直径600mmの口元管を設置し、これに排泥を集積し、更にバキューマーにより吸引し排泥タンクまで圧送する方法を採用した。

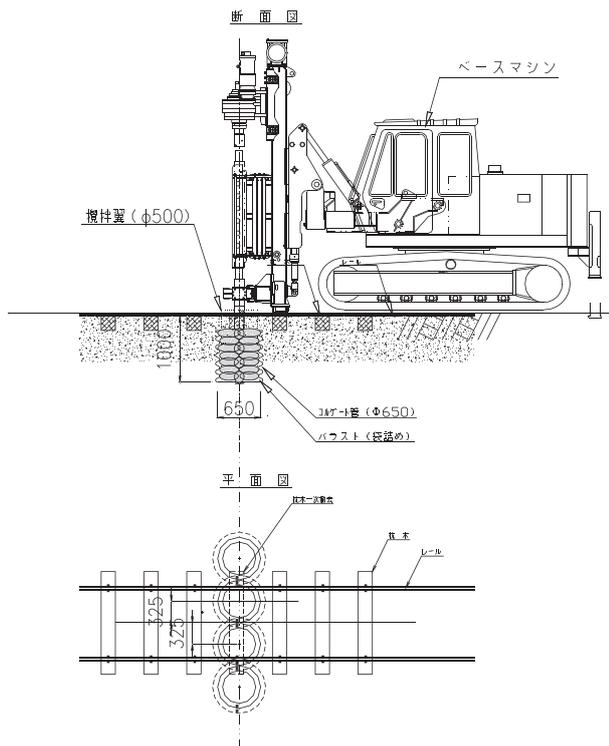


図-6 口元管配置図



写真-3 口元管

(5) 芯材の建て込み

芯材の建て込み作業は造成完了後、図-7および写真-4,5に示すミニクレーン(4.9t吊)または、リーダレス杭打機で、一部を除き概ね24時間経過後(翌日)に実施した。

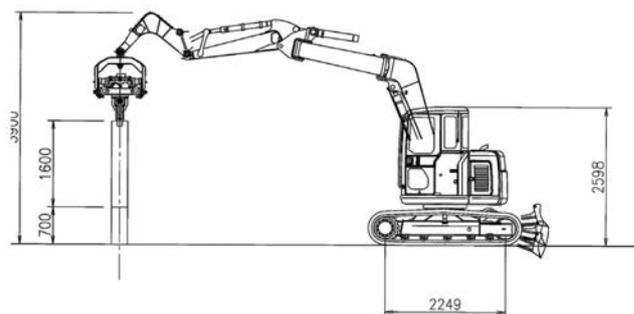


図-7 リーダレス杭打ち機



写真-4 芯材建て込み状況



写真-5 芯材建て込み完了

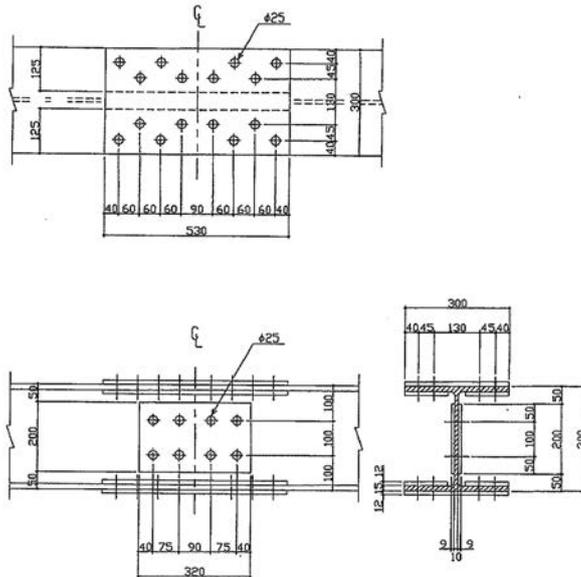
(6) 施工仕様

本工法の施工に当たっては、表-4を標準として施工した。

5. 施工結果

掘削の結果、造成体のラップ状況および芯材との密着性は、全深度において噴射攪拌領域で完全ラップしているとともに、芯材との密着性も充分確保されており一体化しているのが確認され、出水も無く掘削を完了することができた。写真-6に柱列式仮土留壁の出来型を示す。

広幅 H-300×300×10×15



	添接板	H.T.B(S10T) M22
フランジ	2PL-12×300×530	L=75mm (32本)
	4PL-12×125×530	
ウェブ	2PL-9×200×320	L=65mm (8本)

図-8 ボルト継ぎ手詳細図

表-4 本工法の施工仕様

項目		仕様	備考	
造成部	貫入時	貫入速度	2.0 min/m	
		スラリー吐出量	80 L/min	機械攪拌領域
		低圧噴射圧力	5 MPa	
		高圧スラリー吐出量	60 L/min	噴射攪拌領域
		高圧噴射圧力	20 MPa	
		回転数	20 ~ 40 rpm	平均：20 rpm
	引抜き時	引抜き速度	1.0 min/m	
		スラリー吐出量	60 L/min	機械攪拌領域
		低圧噴射圧力	5 MPa	
		高圧スラリー吐出量	60 L/min	噴射攪拌領域
	高圧噴射圧力	20 MPa		
	回転数	20 ~ 40 rpm	平均：20 rpm	



写真-6 施工出来型

## 6. まとめ

線路下を横断する地下通路を築造するにあたり、仮土留工として本工法（芯材挿入型）が採用され成功を得たが、その結果をまとめると次のようになる。

- ①改良体造成作業・芯材挿入作業共に、線路閉鎖時間内の実作業時間約3時間で13m程度の杭長までは施工可能という結果が得られたが、軌道内作業の場合、マシンの留置場所から施工位置までの時間を如何に短縮するかが問題となり、今後留置場所から施工位置が遠い場合は、軌陸型のマシンを検討する必

要がある。

- ②芯材挿入にあたっては、自沈によって挿入する場合はテーブルフロー値を 150 mm 程度保つ必要があるが、パイプロを多少併用することで 130 mm 程度までは挿入可能なことが判った。
- ③造成体に用いる固化材スラリーは、遅延材を使用することで造成後 48 時間程度まで流動性を確保することができた。
- ④室内試験におけるテーブルフロー値と現場での実際のフロー値とはほぼ同等であり、挿入性については、室内試験で確認が可能である。
- ⑤今回用いた遅延剤の場合、固化材スラリーの強度発現がゆるやかであり所定の強度発現まで 60 日程度が必要である。

## 7. おわりに

今回の施工結果より、本工法ジェット併用機械攪拌工法（メカジェット工法）を利用した仮土留め工は、

現場土質条件や施工位置の条件等、更なる確認が必要な点はあるが、実施工への適用が十分可能であることが判った。

最後に、本工事に関わる検証および施工にあたり、ご指導・ご協力いただいた皆様に対し、この場を借りて厚く御礼申し上げます。

J|C|MA

### 《参考文献》

- 1) 深層混合処理工法設計・施工マニュアル：(財)土木研究センター
- 2) メカジェット工法（噴射付機械攪拌工法）技術資料 2010 年度：日本総合防水(株)

### 【筆者紹介】

黒川 一郎（くろかわ いちろう）  
日本総合防水(株)  
営業部  
次長

