

地中障害物を有する営業線直下における『ミリングシールド工法』の実用化について

前田建設工業(株) 正会員 松尾 琢夫
前田建設工業(株) 正会員 ○田口 七生

1. はじめに

当該工事は田町ふれあい公園から大師河原ポンプ場を管きよで結ぶものであり、JR 東日本、JR 貨物線および神奈川臨海鉄道の3社の軌道下を通過する。シールド機が軌道下を通過する際、軌道の沈下を最小限にとどめ、列車運行の安全を確保しなければならない。さらに、軌道敷区間内において、JR 東日本のボックスカルバート築造時の地中障害物（残置鋼矢板IV型）が支障になることが予想され、シールド機による地中障害物撤去が課題とされた。本稿では、図-1に示すシールド機に日本国内初となる地中障害物切削装置を搭載したミリングシールド工法および画像変位計測システムによる軌道計測結果の事例を報告する。

2. 工事概要

工事件名：六郷遮集幹線その1工事

工事場所：神奈川県川崎市川崎区

発注者：川崎市上下水道局

施工業者：前田・名工・岡村共同企業体

仕上内径：2,400mm（マシン外径：2,980mm）

土質条件：N $\leq$ 5（沖積粘性土層）

施工条件：延長 775.1m（うち、営業線軌道横断区間：115m）、土被り 11.8～13.9m（図-2）

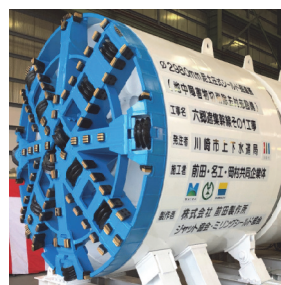


図-1 シールド機面版



図-2 工事施工位置図

3. ミリングシールド工法

ミリングシールド工法とは、金属等の地中障害物を探査し、非開削で障害物をシールド機で直接切除去するものである。探査のメカニズムとしては前方探査装置を使って行う（図-3）。これは、掘進機に取り付けた送信コイルから掘進機前方に『送信磁場』を発信し、その磁場が地中障害物に当たり発生する『誘導磁場』を掘進機に埋め込まれている受信コイルが感知して地中障害物の有無を判断する。

前述の通り、掘削断面に残置鋼矢板が支障となることが予想されたため、地中障害物切削装置をシールド機に搭載した。これは、先行ビットを兼ねるローラービットにより障害物に切り込みを入れ、後続の切削ビットが凸部の先端を削り取ることで支障物を鉄粉状にして排出する（図-4）。地中障害物直接切削時は、各シールドジャッキ（10本搭載）の伸長速度を制御し、超微速（0.1～1.0mm/min）で掘進を行い障害物の変位を防ぐ。

4. 軌道計測

本工事の軌道下掘進時は、工事による地盤変動による軌道変位をリアルタイムで把握する必要があり、施工性や精度、安全性を考慮し、画像変位計測システムを採用した。これは、測定対象物に設置した赤外光・自発光ターゲット（測定点用ターゲット）をカメラユニットが写真撮影し（図-5）、解析までを全自動で行うものである。全測点を同時に撮影し解析結果が得られるため、計測に要する時間は約10分と非常に短時間で行うことができる。

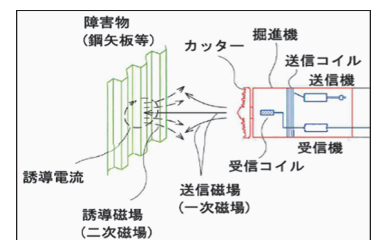


図-3 前方探査装置

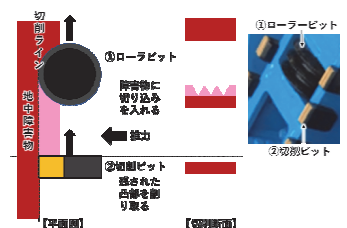


図-4 切削メカニズム

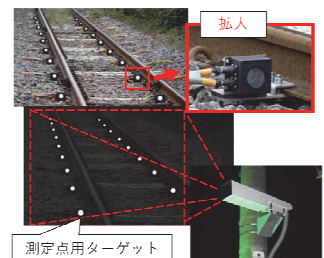


図-5 画像処理システム²⁾

キーワード ミリングシールド工法、地中障害物切削、前方探査、軌道計測、画像変位計測システム

連絡先 〒102-0072 東京都千代田区飯田橋 1-12-7 飯田橋センタービル TEL：03-3222-0826

今回設置した測点箇所は、各軌道に対し、シールド機が通過する軌道直上と前後 5m の 3 箇所とし、計 46 箇所設置した。施工管理基準は、各鉄道会社が定める高低変位基準値の 40% に設定した。

5. 結果

5. 1. 地中障害物について

地中障害物予定位置の約 2m 手前から前方探査を開始し、障害物の有無を確認しながら掘進を行った。前方探査開始直後、シールド機近傍で地中障害物を感知し図-6 のような変化が見られた。継続して前方探査しながら掘進したところ図-7 のような変化が見られ、地中障害物を確認したが、シールド機掘削断面の上方に 1.0m 以上の離隔があることが分かり、切削することなく掘進した。その後も障害物の予定位置のずれや他の障害物の有無を探査して掘進継続し、想定されていた地中障害物区間を通過することができた。

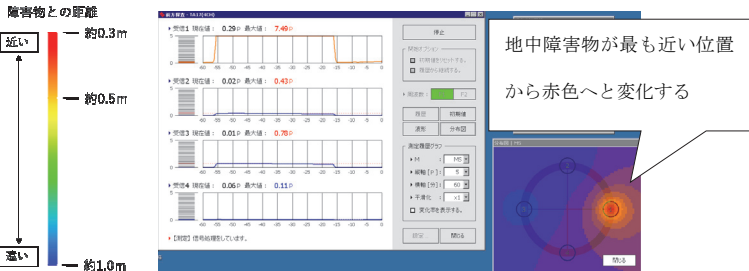


図-6 前方探査開始直後の表示モニター

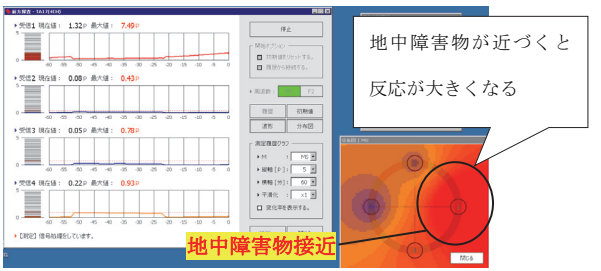


図-7 地中障害物最接近時の表示モニター

5. 2. 軌道計測について

シールド機通過による軌道 15 箇所の測点位置を図-8、変位結果を表-1 に示す。全ての測点で変位が管理基準値内に収まる結果となった。画像変位計測システムにより全ての軌道の変位量を計測した結果、欠測が生じることもなく計測ができた。また、シールド機通過による軌道の変位は-0.2mm から-1.9mm の範囲で収まった。

表-1 シールド機通過による軌道の変位

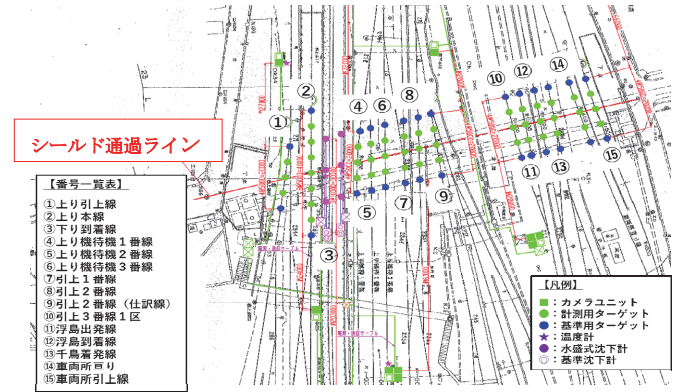


図-8 軌道番号および測点位置平面図

軌道番号	変位		シールド掘削に伴う変化量 [mm]	施工時の管理基準 [mm]	軌道管理者
	事前計測 [mm]	通過後計測 [mm]			
①	0.3	-0.2	-0.5	±7.0	JR東日本・JR貨物
②	0.2	-0.7	-0.9	±7.0	
③	0.4	0.2	-0.2	±7.0	
④	0.1	-0.2	-0.3	±7.0	
⑤	-0.3	-2.2	-1.9	±7.0	
⑥	-0.8	-2.3	-1.5	±7.0	
⑦	-0.6	-1.4	-0.8	±7.0	
⑧	-0.6	-1.7	-1.1	±7.0	
⑨	-2.4	-3.9	-1.5	±7.0	
⑩	-0.1	-1.3	-1.2	±16.0	
⑪	0.1	-0.7	-0.8	±16.0	神奈川臨海鉄道
⑫	-0.6	-1.8	-1.2	±16.0	
⑬	0.0	-1.1	-1.1	±16.0	JR貨物
⑭	0.5	-1.4	-1.9	±7.0	
⑮	-0.1	-1.3	-1.2	±7.0	

6. まとめ

本工事は、推進工で主に用いられるミリングモール工法をシールド工事に活用した事例である。前述の通り、障害物に接近した際、前方探査装置が強く反応していたことから、営業線軌道下などシールド機にて地中障害物を探査し、直接切削する工事には有用な工法であると考えられる。軌道計測結果から、横断する 3 社の軌道変位を最小限に留め、列車運行の安全を確保した施工ができたと考える。今後、同様の施工を計画する場合においては、当該計測方法を含め本報告事例が参考となることを期待する。最後に、執筆にあたり資料をご提供いただいたヤスダエンジニアリング株式会社に対し御礼を申し上げます。

参考文献

- ・ 1) ミリングシールド工法について, <http://www.yasuda-eng.co.jp/tec-milling/>
- ・ 2) 画像変位計測システムについて, <https://www.sakatadenki.co.jp>