

12. 3 連揺動型掘進機による地下通路の施工実績

— 日比谷連絡通路工事 R-SWING®工法 —

鹿島建設株式会社
 鹿島建設株式会社
 鹿島建設株式会社
 東京地下鉄株式会社

上木 泰裕
 ○ 山田 敏博
 中津留 寛介
 橋口 弘明

1. はじめに

都心の再開発プロジェクト等においては、テナントの利便性向上のため、建物と駅を地下でつなぐ地下連絡通路のニーズが高まっている。

これらの建設工事にあたっては、地表面から掘り下げる従来の開削工法では、地上に交通規制が多く発生することや、地下埋設物の移設や防護が必要となるなど様々な問題がある。

またシールド工法などの非開削工法による短い距離の工事では、コストが割高になってしまうこと、土被りの小さい箇所には適用が難しいことなどいくつかの問題がある。

そこで、矩形断面の揺動型掘進機（以下、R-SWING 機）を用いた R-SWING 工法を開発した。

今回は、適用 2 例目となる R-SWING 工法を使用した地下連絡通路の施工実績を報告する。

2. R-SWING 工法について

2.1 適用範囲

一般的な R-SWING 工法の適用範囲を下記に示す。

表-1 R-SWING 工法の適用範囲

地盤条件	土質	粘性土、砂質土
	N 値	20 以下
	土被り	5~10m 程度
	地下水圧	0.1MPa 程度
適用寸法	形状	矩形
	幅	4.6~9.2m
	高さ	3.6~9.0m

2.2 基本構成

図-1 に基本型 R-SWING 機の概要図を示す。幅 2.3m、高さ 0.9m のルーフマシンを上部に、高さ 2.7m の本体マシンを下部に配置し基本ユニットとした。掘削は、揺動カッター方式（図-2 参照）を採用しており、函体受座には、姿勢制御を目的とした中折れ機構を装備している。基本ユニットを必

要に応じてブロックの様に結合できる構造で、図-3 のように大断面施工も対応可能である。

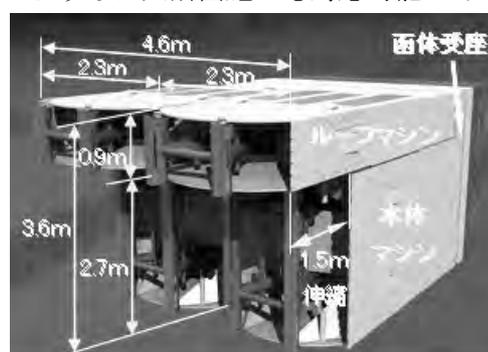


図-1 R-SWING 機(基本型)

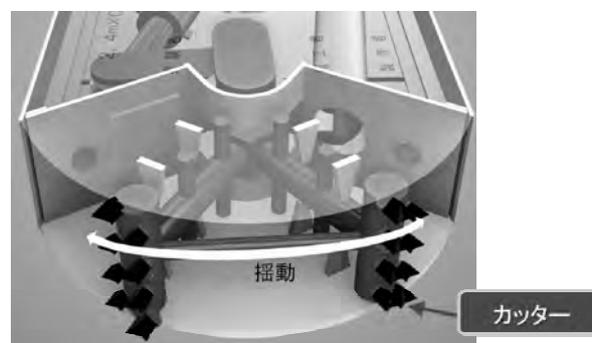


図-2 揺動カッター方式

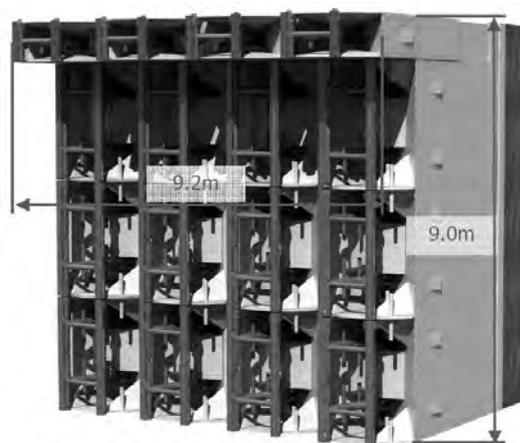


図-3 最大拡幅機 (4×4)

2.3 特徴

- ・可動式ルーフを装備し、前方に1.5m突き出した状態での掘削が可能で、地盤沈下抑制に有効である。
- ・各ユニット間をボルトのみで結合出来る機構とすることで、組立・解体作業を簡素化した。

3. 施工実績

3.1 工事概要

本工事は、新日比谷計画開発ビル建設に伴う日比谷駅において、千代田線バリアフリー1ルート及び日比谷線と千代田線との乗換ルートを整備するとともに、既設出入口を撤去し地下鉄に接続する通路及び出入口を新設する工事である。

今回日比谷線側をR-SWING工法にて約40m推進を行い、無事に完了した。

- ・現場名：(仮称)新日比谷計画事業と日比谷線及び千代田線日比谷駅鉄道施設整備等に伴うその2土木工事
- ・工事場所：東京都千代田区有楽町1丁目地先
- ・事業主：三井不動産株式会社
- ・発注者：東京地下鉄株式会社



図-4 現場位置図

3.2 諸元・土質条件

- ・トンネル掘削寸法：
幅7.25m×高さ4.275m
- ・セグメント：
六面鋼殻合成、桁高350mm、幅=1,000mm
- ・平面線形：直線、縦断線形：3‰
- ・掘削土層：粘土質シルト・粘土
- ・N値：0～3程度

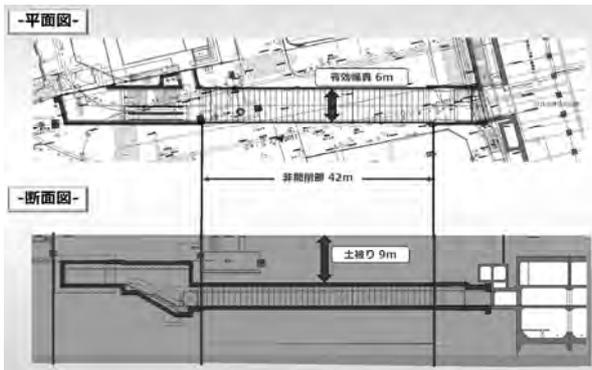


図-5 平面・縦断図

3.3 R-SWING 機

(1) 掘進機構成

今回のR-SWING機は、地下連絡通路形状寸法が幅7.25m、高さ4.275mであるため、大きさを調整する必要があった。(図-6参照)

そこで、基本型のルーフマシン(幅2.3m×高さ0.915m)と、本体マシン(幅2.3m×高さ2.71m)を3連とし、幅は各ユニット間、高さはルーフマシンと本体マシン間にそれぞれスペーサを設置し調整を行った。また、スペーサ部はカッターの延長及び揺動角度を調整することにより掘削断面を確保した。(図-7参照)

なお、左右のルーフマシンと本体マシンは他現場で使用したものを整備し転用した。



図-6 3連R-SWING機全景写真

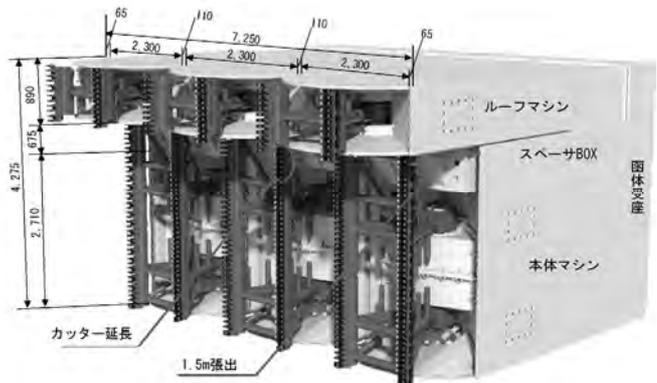


図-7 R-SWING機スペーサ配置図

(2) 切削ビット

当工事では、発進時の防護として地盤改良(高圧噴射攪拌)工法を採用した。既設人孔防護も兼ねており、改良体の延長が発進から10m及び到達防護の3mと合わせて13mと全掘進延長(40m)の33%を占めるため、掘削抵抗値の低減が求められた。

そのため、切削実験を実施し、当初の鋸刃型から切削性のある先行ビット型(超硬チップ入り)とした。

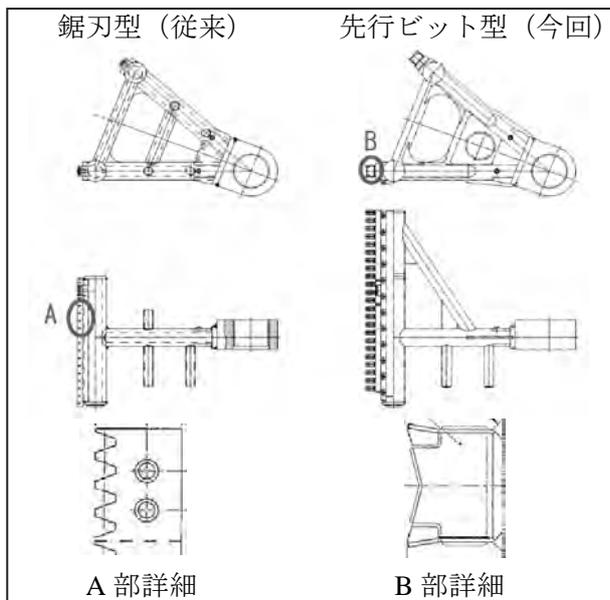


図-8 カッター変更図

3.4 セグメント

今回採用するセグメントは、耐力が高く、桁高を小さくすることが可能であり、二次覆工を省略できる六面鋼殻合成セグメントを採用した。

- ・種別：六面鋼殻合成セグメント
- ・外径：幅 7,250 mm×高 4,275 mm
- ・内径：幅 6,550 mm×高 3,575 mm
- ・セグメント幅：1,000mm、セグメント桁高：350mm
- ・重量：24.4t/Ring (6分割)

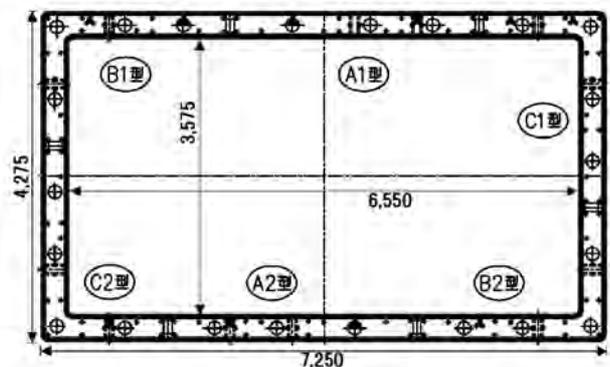


図-9 セグメント

3.5 元押し装置

推進工法とは、推進管に掘進機を取り付け、後方の油圧ジャッキで押し進め、地中を掘進して管を埋設する工法である。従来は、油圧ジャッキと推進管の間に押輪を設置し少ない油圧ジャッキで推進管全体を押し出す構造が一般的である。

今回、大断面の推進工となるため、元押し装置をシールド機の推進装置を参考に改造し、押輪を無くし、多くの油圧ジャッキを配置することにより施工性及び安全性の向上を図った。

- ・油圧ジャッキ：2,430kN×1,900st×16本
- ・総推力：38,880kN×20mm/min

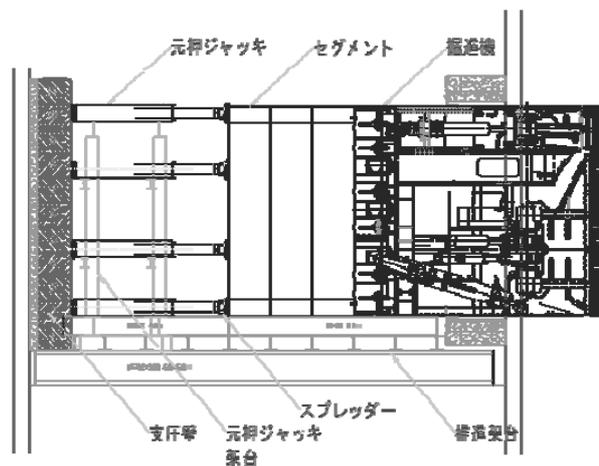


図-10 機器配置図

(1) バッキング防止

新しい推進管を接続する際、油圧ジャッキを縮め、組立スペースを作る必要がある。このとき全ジャッキを縮めるため、既設推進管がバックする可能性があることから、今回は、6分割のセグメントを組む際、必要な部分の油圧ジャッキのみを縮めることで、バッキングを防止することができた。

(2) セグメント組立精度の向上

セグメント全6ピースを1ピース每天井クレーンで組立を行うが、1ピース組立ごとに油圧ジャッキを押し当てる為、セグメントの傾きなどがなく組立精度が向上した。



図-11 セグメント組立状況

(3) 初期の方向制御

油圧ジャッキを選択することで、個々に作動させることができるため、初期の方向修正を容易に行うことができた。

(4) 掘進と元押し装置の連動運転

従来掘進機と元押し装置は個々に運転操作するが、今回は連動運転の機構を追加し、どちらかトラブルが発生してもすぐに停止させることが可能となり、掘進機の押し付けや排土過多などのトラブルを未然に防ぐことが可能となった。

3.6 施工実績

(1) マシン組立実績

本工事の発進立坑は、路上に位置しているため路下への R-SWING 機の投入は、地下埋設物が支障となり、所定の位置にセットすることができない。そのため、建築工事の用地を一部借用し、投入立坑を設けて地下で発進立坑まで横引きする計画とした。各ブロックの投入は、100 t クローラークレーンにて行い、立坑下で本体マシン、スペーサ BOX、ルーフマシン及びスペーサを 1 連毎に組付け、横移動させ所定の位置にセットした。(図-12 参照)

組立は全てボルト結合としたため、溶接作業がなく、組立施工期間が 24 方(夜間作業)と横引き作業等の付帯作業が発生したが、同規模のシールド機と比べると 50% 短縮することができた。(図-13)



図-12 マシン横引状況



図-13 マシン接合状況

(2) セグメント組立実績

セグメント組立もマシンの組立と同様に建築ヤード内の投入開口から荷卸しし、トラバースャーで横移動して路下に設置した 4.8 t 天井クレーンにて組立を行った。

組立には、1 リング(6 ピース)当り 150 分の時間を要した。

(3) 掘進実績

純掘進速度(カッターが揺動している時の元押し装置のジャッキ速度)は、発進及び到達防護の地盤改良体内の掘進において平均 4.3mm/min、最大 5.8mm/min、地山においては平均 8.4mm/min、最大 10.5 mm/min で掘進することができた。

純掘進速度の違いは、揺動ジャッキの装備圧力を超えないように、元押し装置のジャッキ速度を調整することで、ビットの切込量を調整し、揺動ジャッキの圧力管理を行ったためである。

元押し推力は、所要推力として計画時に 25,088kN に対して装備推力 38,880kN の元押し装置を準備した。実績としては、約 22,500kN (装備推力の約 58%) の推力で所定の位置まで推進することができた。



図-14 掘進状況



図-15 坑内全景

4. おわりに

今回の地下通路の施工で、低コスト化、工期の大幅な短縮が実現できた。今後のアンダーパス工事及び地下連絡通路工事のニーズが高まっている状況下で R-SWING 工法の今回の実績が、今後の同種工事への展開へ大きく寄与するものと考えている。