

21. ボールスライダー工法（重量物移動工法）の開発と実用化

佐藤工業(株)：○松井 淳一
(株)エス・エム・ケイ：渡辺 実
(株)浅井：上原 俊明

1. はじめに

ボールスライダー工法（以下、本工法という）は、鋼球を上下でエンドレスに2列配置したボール式重量物移送装置（ボールスライダー）を用いて重量物の直線・曲線・回転移動を行うものである。

シールドが立坑内に到達した後、再発進させることのできる地下鉄のシールド工事では、シールドを立坑内で移動・Uターンさせることになる。従来、シールド移送は、ローラー式重量物移送装置やエアキャスター方式を用いるのが一般的であるが、ローラー式重量物移送装置は、直進性は非常に優れているものの、回転移動には不向きであり、Uターンさせる場合は、数度の盛替えが必要であった。ボールスライダーを用いることにより、その欠点を解決し、盛替えなしでシールドの移動・Uターンを短時間で行うことが可能となった。

本報文は、本工法の概要および大阪市営地下鉄8号線工事における泥水加圧式シールドφ5,440（約170t）を8m移動し、180°回転させた施工実績を紹介するものである。

2. 工事概要

高速電気軌道8号線（2工区）（以下、本工区という）は、駅部の豊里停留場（仮称）の南端から淀川を横断して太子橋今市停留場の北端に至る約1.6kmをφ5440の泥水加圧式シールドマシンにて、単線折り返し方式により約3.2kmを掘削する工事（以下、本工事という）である。

シールドトンネルが通過する地盤は、発進部ならびに到達付近では、沖積砂礫層（Amg）と沖積粘性土（Amc）からなり、掘進部分の大半の土質は、想定最大礫径φ160mm～200mmの洪積砂礫層（Tg）とN値20～28程度の洪積粘性土（Oc）とN値60以上の砂質土との互層からなる。自然地下水位はGL-2～3m程度で、土被りは15～31mである。また、淀川横過部分の地下水圧は、0.38Mpa程度である。中量型鉄道では最急勾配の50%の縦断勾配となっている。シールドマシンは掘進延長が約1,600m×2と比較的長距離であるため、耐久性向上を反映した構造としている。

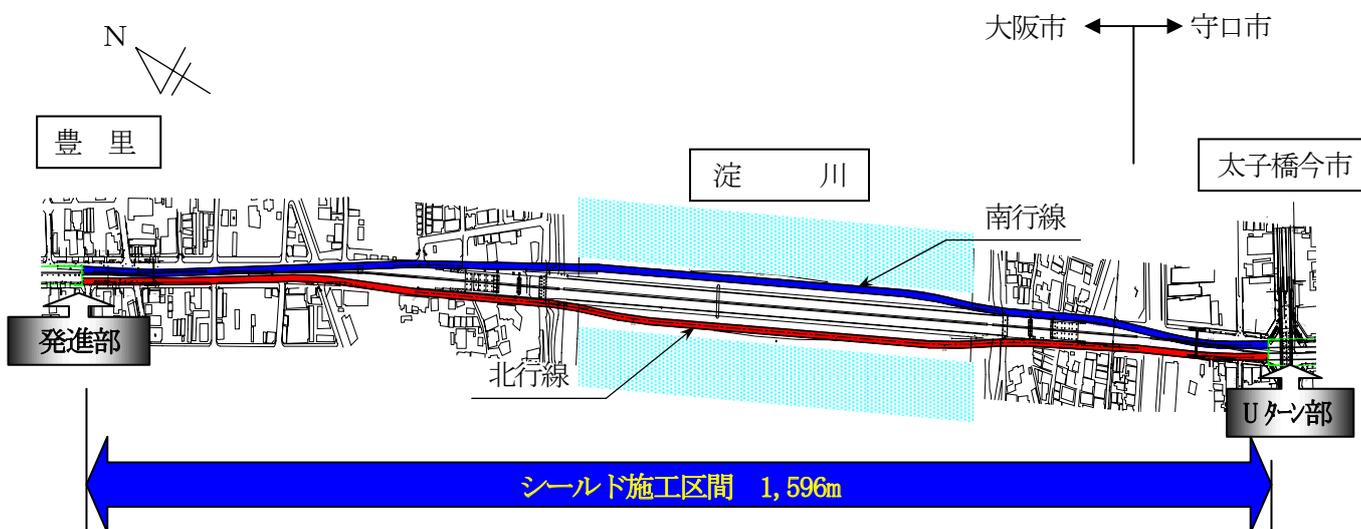


図-1 シールド平面図

3. 本工法の概要

(1) ボールスライダーの構造

ボールスライダーの単体構造は、鋼製フレーム内に鋼球（材質：高炭素クロム軸受鋼鋼材）をキャタピラ状に収納したものであり、小型なので取り付けも容易に行える。（荷重試験の結果、本工事ではφ60mmの鋼球を使用する。）

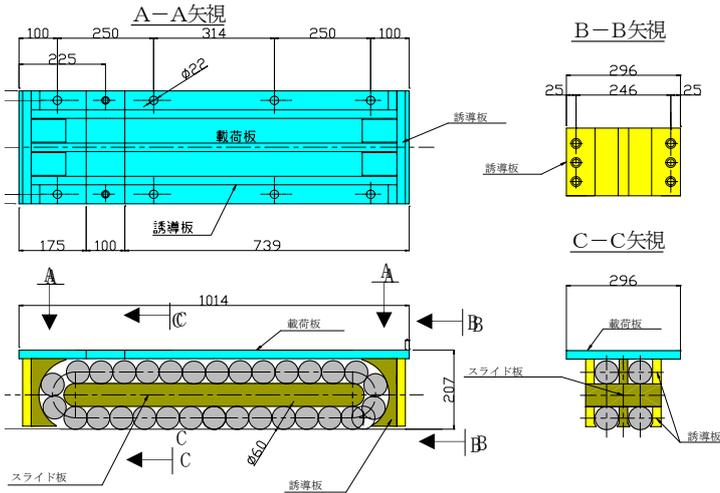


図-2 ボールスライダー構造図

(2) ボールスライダーの特徴

ボールスライダーの特徴として、従来のローラ式重量物移送装置と基本概念は同じであるが、滑動させる部分が球状になっていることにより、目的に応じて直進・曲進・旋回ができ、接地面積が小さいため牽引力も軽減できる。また、移送時の騒音・振動がほとんどない。したがって、従来工法と比べ作業性に優れ、環境・安全面においてもさまざまな欠点を解決したものといえる。

4. 本工法採用の経緯

(1) Uターンの施工条件

本工事は、北行線をφ5,440のシールドマシンにて掘進・到達後、南行線の発進位置へ移動およびUターンを行う工事である。

本工区は制約条件上、全体工程が厳しくマシンUターン後の再発進をできる限りスムーズに行うことが要求された。また、Uターン場所として隣接工区が施工を行っている駅部を使用するため、作業スペースは限られており、環境条件には特に配慮が必要であった。

Uターンにおける物理的条件は、以下の通りである。

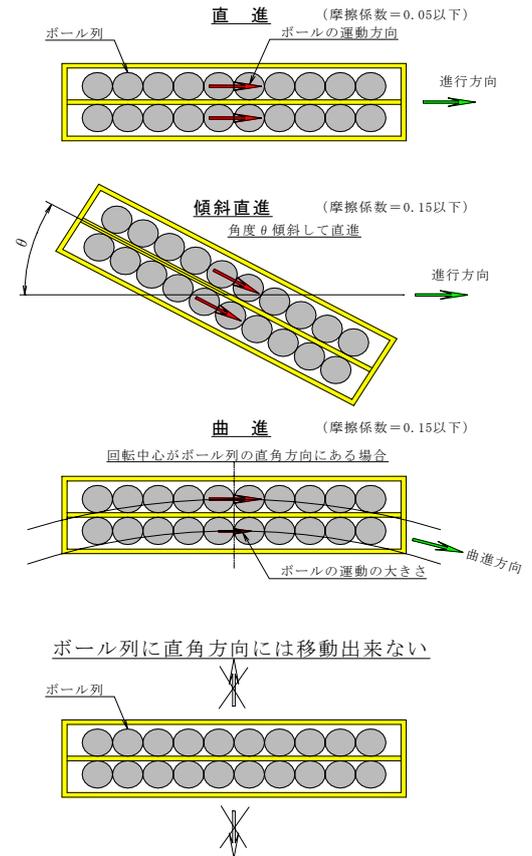


図-3 ボールスライダー単体の動き（例）

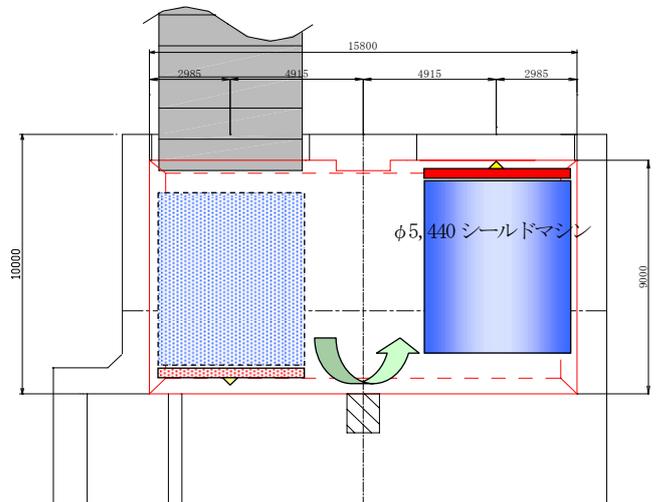


図-4 Uターン概要図

- ・シールドマシン寸法：φ5,440mm L=7,270mm
- ・シールドマシン重量：170t
- ・Uターン立坑寸法：15.8m×9m

(2) Uターン工法の選定

Uターン工法は、上記の施工条件を考慮して選定した。以下の条件を踏まえて比較検討を行った結果を表-1に示す。

条件①（工期短縮）

過大設備による工期遅延を避け、準備工・盛替作業等を極力少なくする。

条件②（施工環境）

隣接工区内での昼夜間作業となるので、騒音・振動等に配慮し安全な作業を行う。

条件③（省スペース施工）

駅部構築中の隣接工区内での作業となり、与えられた作業スペースは限られているため、大型機器等の配備はできない。

表－1 工法比較

工法	条件	評 価	
従来工法	①	チルト方式の場合、移動・回転を伴う作業においては数度の盛替え作業が生じるため段取りに手間がかかる。	×
	②	エアキャスター方式の場合、大型コンプレッサーを使用するため、夜間作業における騒音が懸念される。	△
	③	エアキャスター方式の場合、コンプレッサー等の大型機器を配備するスペースが必要となる。	△
ボールスライダ工法	①	移動回転が自由自在なため、盛替え作業がない。	○
	②	移動・回転に使用する機器はセンターホールジャッキのみであるため、振動・騒音は発生しない。	○
	③	機器の配備はセンターホールジャッキ用油圧機器、反力材を取り付けるための電気溶接機のみである。	○

上記の結果、本工法は、本工区の条件に対して、総合的に適していると判断できる。

(3) 試験施工

本工法は、今回が初の施工となるため、試験施工を行いその適正を確認した。

①試験目的

- 敷き鉄板上にて、直進・横移動・回転が可能なことを確認する。
- 敷き鉄板上で荷重の変化に対し直進・横移動・回転それぞれのころがり摩擦係数がどの程度の数値を示すか計測する。
- 敷き鉄板に、荷重の変化に対し、どの程度の窪みができるか計測を行う。
- 鋼球の大きさおよび個数に対する荷重の適応範囲を求める。

②試験方法

- 架台の下に鋼球φ50.8mmのボールスライダを4基、中心に対して45°方向に配置し、油圧ジャッキにより移動させ、その作動圧力を計測することによって抵抗を求める。
- 荷重は、100tonをかける。



写真－1 試験状況

③試験結果

直進および回転状況は、鋼球通過後の鉄板に0.3mm程度の窪みができただが、動作は良好であることが確認できた。また油圧ジャッキの計測結果より、ころがり摩擦係数は以下の数値となった。

直進移動：0.05以下

回転移動：0.15以下

以上の経緯により、本工事においてボールスライダ工法の採用を決定した。

5. 施工結果

準備工として、到達部の作業床に敷鉄板を敷き並べ、継ぎ目等の段差は2mm以下となるよう面取りを行い、到達架台を配備した。

以下にU-1の施工実績を示す。

(1) 施工順序

①シールド機を定着した受台にボールスライダを回転中心に対して45°に8台設置する。

- ①-1. シールド機を定着した受架台を100tジャッキ×6台を使用してジャッキアップする。
- ①-2. 架台最下段の鋼材を撤去し、ボールスライダを図-5のように8台設置する。
- ①-3. ジャッキダウンする。

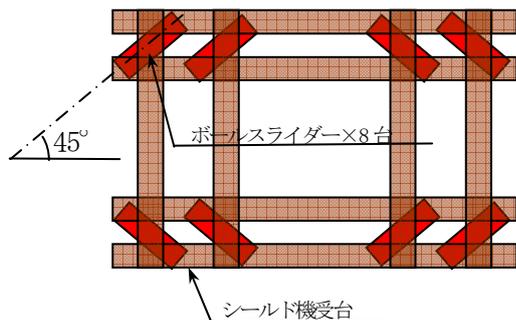


図-5 ボールスライダー配置図

②シールド機を 8.0m 再発進側へ横移動する。

- ②-1. シールド機受台に回転台、反力側は作業床の鉄板に PC 鋼棒固定用のブラケットを取り付ける。
- ②-2. 受台側にセンターホールジャッキ (50t 仕様、ストローク 200mm) × 2 台を設置する。
- ②-3. PC 鋼棒を設置する。
- ②-4. センターホールジャッキを伸ばし受架台を移動させる。センターホールジャッキのストロークが 200mm のため、40 ストロークで 8m を移動させる。

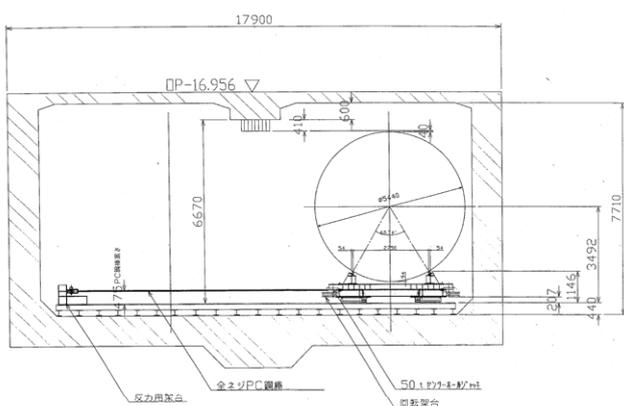


図-6 移動概要図

③シールド機を 180° 回転させる。

180° 回転には、4 回の反力盛替えが必要となる。回転角度は、1 回目 45° ⇒ 2 回目 30° ⇒ 3 回目 60° ⇒ 4 回目 45° (計 180°) となり、移動方法は、上記の横移動と同様である。

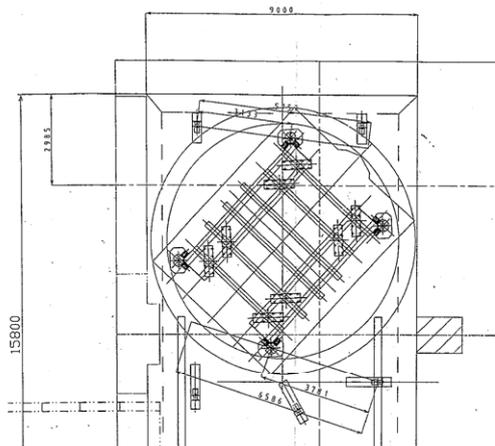


図-7 回転概要図

④シールド機を 1.73m 再発進側へ横移動する。

再発進に伴う位置決めを行う。移動方法は、②③と同様である。

⑤受架台をジャッキアップし、ボールスライダを撤去する。

(2) 施工時間

①② : H16.6.16 20:30 ~ H16.6.17 05:00 8.5hr

③④ : H16.6.17 08:30 ~ H16.6.17 17:00 8.5hr

⑤ : H16.6.17 20:30 ~ H16.6.17 23:30 3.0hr

延べ時間 20 時間

(2) シールド機 170t に対する牽引力 (内摩擦係数
横引時 : 約 17t (0.100)

回転時 : 約 12t (0.071)

上記の結果、シールド機の U ターンは、トラブルもなく非常に効率的に行われ、工期の短縮に貢献したと思われる。また、施工の際の騒音・振動もなく、安全面においても問題ないことがわかった。



写真-2 U ターン状況

6. おわりに

今回の U ターンの実績により、ボールスライダの性能および安全性について期待通りの結果が得られた。

今後、ボールスライダ工法は、大断面シールド U ターン工事をはじめ、地下鉄工事、橋梁工事、トンネル工事等様々な重量物移動工事に適用でき、用途拡大が期待できる。

最後に今回の本工法の採用ならびに施工にご支援、ご協力戴いた大阪市交通局の皆様をはじめ関係各位に深く感謝申し上げます。