

44. 勾配12%を含む上水道を急勾配搬送システムで施工

大豊建設㈱： 福嶋 泰治、春木 優
*寺嶋 良

1. はじめに

近年地下空間の有効利用をはかる中で、電力・通信・上下水道等のトンネル築造においては、立坑深度を小さくする目的で急勾配のシールド工法が用いられるようになってきている。

しかし、5%を越える急勾配では従来のバッテリー機関車と軌条（レール）を用いた搬送方式は安全衛生規則から使用できないため、急勾配シールドに適用可能な搬送システムが開発されてきた。

今回、下り 12%を含み施工延長の約 70%が 5%以上の急勾配である上水道トンネルの施工にあたり、タイヤ式急勾配搬送システム（Steep-Carrying-System）を全線に亘り使用したので、その結果を報告する。

2. 工事概要

本工事は京都市水道局の発注で、泥土圧シールド工法によりセグメント外径φ3350mm、延長L=326mのシールドトンネルを築造し、その内部にφ1200mm とφ1000mm のダクティル鋳鉄管を並列に布設するものであった。

掘削断面の土質は、発進部から 50m 付近においては、礫混じり砂質シルトでφ2～40mm の礫が混入し、その後は岩盤であった。岩盤は頁岩と粘板岩から成り、風化が進み亀裂の多い緻密な岩片が重なり合った構造をしているが、非常に硬質であるため、岩盤対応タイプの泥土圧シールド工法（マシン外径φ3480mm）で施工した。

施工路線は、曲線区間が大半を占め R=50m の急曲線区間が 2ヶ所と R=150m、R=100m の曲線区間が各 1ヶ所あった。

発進部と到達部の高低差は H=25m で、発進部から 136m の区間は下り 12%の急勾配であり、到達部でレベルとなっている。勾配変化に伴う V 曲線（VR=1200m、VCL=144m）があり、全体の約 70%が 5%を越える急勾配施工、約 80%が曲線施工となっている。

路線の縦断面図を図-1 に示す

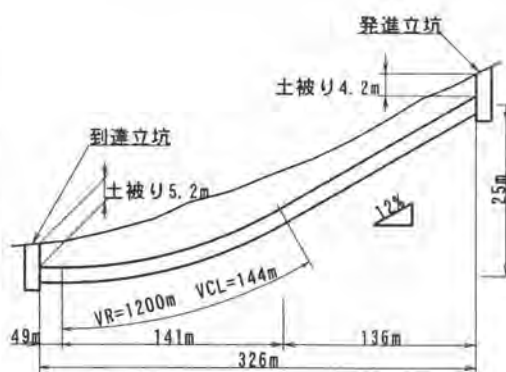


図-1 路線縦断面図

3. 急勾配搬送システム

1) 駆動原理

本搬送車はタイヤ駆動式であり、走行レール中央に I 型の駆動レールを設置し、ゴム製の駆動輪を左右より挟むように押し付け、その摩擦力によって電動機の動力を駆動輪に伝達して摩擦力を発生させ走行する。

駆動レールには、十分な牽引力を発揮させるために坑内環境を考慮してフリクションパッドを設置している。

駆動輪押し付け装置は油圧ジャッキ式を採用しており、油圧を調整することにより牽引力を変化させることができる。図-2 に駆動原理図を示す。

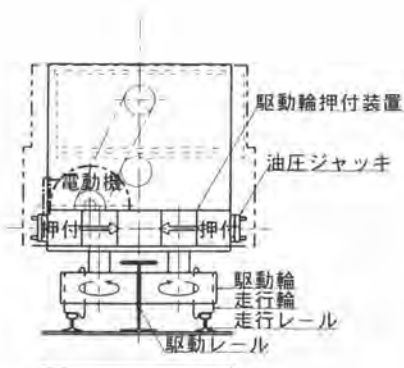


図-2 駆動原理図

2) 急勾配搬送車（じおくらいまー）の仕様

本搬送車は駆動輪 4 輪で駆動し、牽引力は 33kN を発揮する。施工可能な最小曲線半径は、R=15m である。制動装置は常用・非常用・駐車用を含め 5 種類を装備している。表-1 に搬送車の仕様、表-2 に電気・制動系の仕様、図-3 に搬送車の構造図を示す。

表-1 搬送車仕様

重量	5700 kg	全長	4150 mm	
搬送速度	高速	5.0 km/h	全幅	1100 mm
	低速	2.5 km/h	全高	1220 mm
ホイールベース	走行輪	1500 mm	駆動輪径	φ381 mm
	駆動輪	750 mm	曲線半径	15 m
レールゲージ	610 mm	牽引力	33 kN	

表-2 電気・制動仕様

電気	制御方式	ベクトルインバータ制御	
	電源電圧	AC 400/440 V	
制動装置	常用	回生制動	回生コンバータ式
	駐車用	フリクションブレーキ	油圧式
	非常用	電磁ブレーキ	ディスク式
	非常用	非常ブレーキ	落とし込み式
	駐車用	駐車ブレーキ	落とし込み式

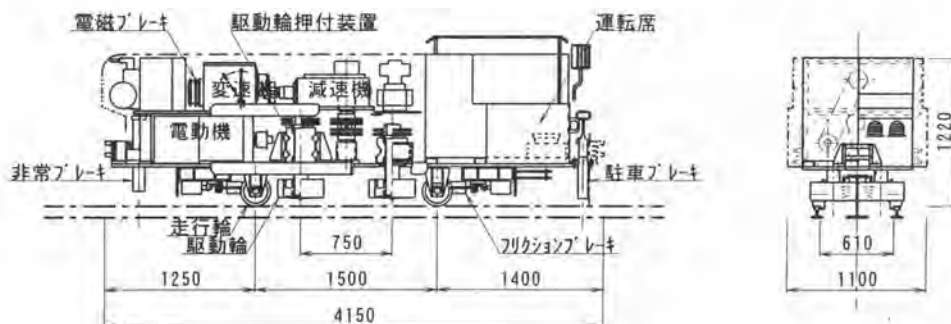


図-3 急勾配搬送車構造図

3) 給電装置

本搬送車は交流電源のため、後方にケーブルリール台車を接続し、ケーブルの巻き取り、巻き戻しによる給電方式を採用した。ケーブルリールは、ドラムの巻き取り方向とケーブル引き出し方向が直角で2層巻き、巻取量180mのものを使用し、トンネル中間点付近で折り返すことで360mの給電を可能とした。

4. 急勾配施工

1) 一次覆工

一次覆工時の列車編成は、急勾配搬送車1台、ケーブルリール台車1台、 2m^3 グランピートロ3台、セグメント台車1台で、1リング当たり2往復で施工した。また、搬送速度は 2.5km/h （低速）に設定した。列車編成図を図-4に示す。

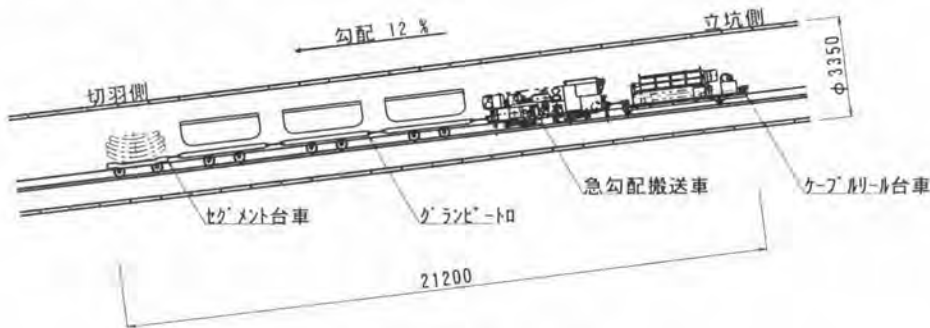


図-4 列車編成図

施工中の最大被牽引車重量は土砂運搬時における 16.5t であった。急曲線部の搬送も直線部と変わらずスムーズに行われ、制動状況も良好であった。また、掘削期間中の全走行距離は約 250km （急勾配部約 190km 、一般部約 60km ）で、この間のタイヤ交換は前輪（切羽側）2回、後輪（立坑側）1回であった。タイヤ交換の所要時間は 1h/輪 であった。

2) 水道用鑄鉄管の布設工

一次覆工後、同じシールドトンネル内に $\phi 1200\text{mm}$ と $\phi 1000\text{mm}$ のダクタイル鑄鉄管を並列に布設した。

図-5は管布設標準断面図である。

急勾配下の管布設のため、ダクタイル鑄鉄管の運搬には同じ急勾配搬送システムを使用した。

作業手順は、予め管布設部分の軌条を撤去し、受桁設置後に $\phi 1000\text{mm}$ 管を桁上まで運搬・仮置き後、 $\phi 1200\text{mm}$ 管を運搬し接合を行った。受桁上部までの管の水平移動のため、台車を前方に張り出し、管

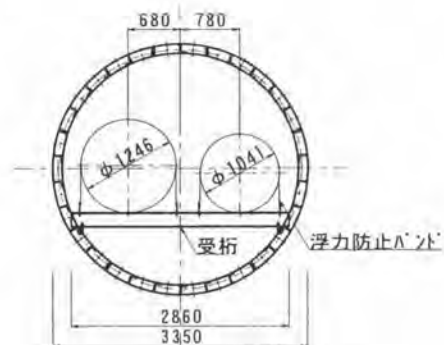


図-5 管布設標準断面図

受部をチェーン・スプロケットによって前後進させる専用の運搬台車を使用した。図-6・図-7は水道管布設作業手順図である。

軌条撤去・管運搬中の走行距離は約 100km であった。この間の最大被牽引車重量はφ1200mm×L=4000mmの管運搬時で5.7tであった。タイヤの摩耗量はごく軽微なものであり、交換の必要はなかった。

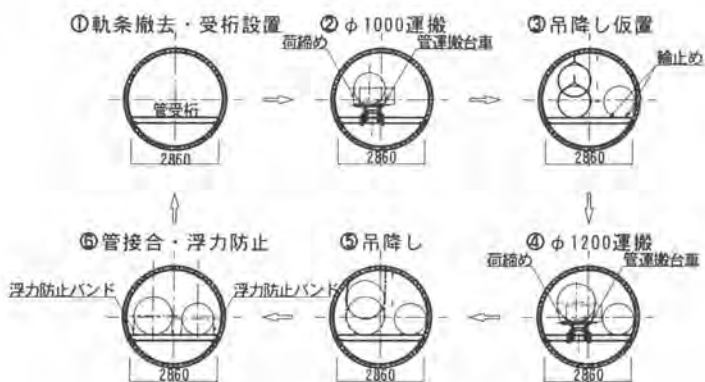


図-6 管布設作業手順図（横断図）

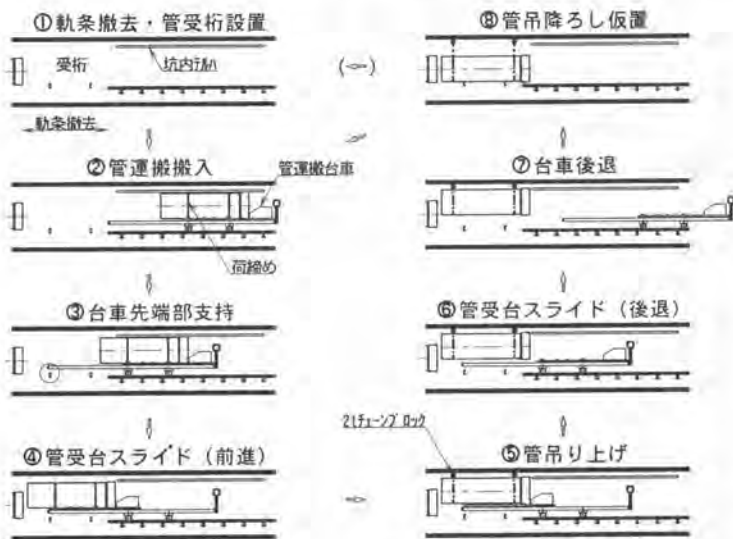


図-7 管布設作業手順図（縦断図）

5. おわりに

本急勾配搬送システムは一次覆工および水道管布設工を通して一度もトラブルをおこすことなく工事を完了することができた。そして、タイヤ駆動方式の急勾配搬送車（じおくらいまー）の安全性と急曲線施工における円滑な搬送能力を確認することができた。