

## 36. 大容量タイヤ式搬送車を使用した 無軌条工法の実施

鹿島建設㈱：\*柴田 学, 筒井 武志  
神鋼電機㈱：杉田 陽一

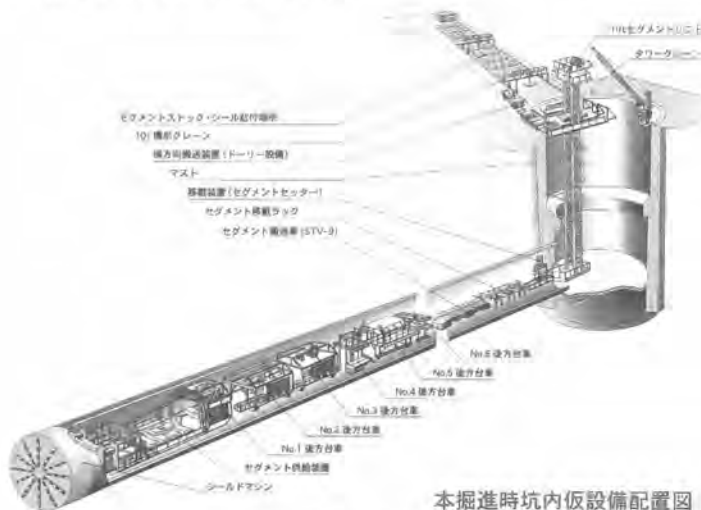
### 1. はじめに

シールド工事は、さまざまな施工条件に対応できるように、通常の単円シールドだけでなくいろいろな形状をしたシールド機が開発されてきている。また、超長距離シールドトンネルや大口径シールドトンネルと形状、距離、口径もさまざまな組み合わせで施工されている。また、施工の高速化も計られてきている。その中で資機材搬送システムは、施工サイクルの中でセグメントや資機材を安全かつタイムリーに搬送を行う必要がある。そのために搬送システム、坑内設備や搬送サイクル、安全性、効率等を総合的に検討する必要がある。

シールド工事における資機材の搬送は、バッテリー機関車を使用し軌条設備を敷設して行う方法が一般的である。セグメントは平台車に載せ、機関車により牽引し搬送する。重量大きなセグメントでは、何度か往復して1リング分を搬送する。枕木、レールの仕様は、機関車や台車重量等で決まり大口径になれば枕木が大型化する。また長距離になると枕木の本数が多くなり設置、撤去の手間が大きくなる。また、重量物の枕木、レールを切羽に設置、撤去する作業により手足や体の挟まれや、衝突の危険性が常に付きまとう。そこで軌条設備の設置・撤去に関わる安全性の向上、工程の短縮を図るため、枕木、レール方式を使用しない無軌条方式を採用した。また、搬送回数を低減するため1度に1リング分を運ぶ能力を持つ搬送車を開発し、坑内搬送の効率、安全性の向上を図り、大口径シールドに適した搬送システムを構築することができた。

### 2. 無軌条方式による搬送システム

地上～切羽までの搬送システムの全体図を記す。



図一 搬送システム全体図

以下の手順でセグメントの搬送を行う。

- ① 地上で止水用シールを貼付けたセグメントをドーリー（横持ち装置）に1リング分（9ピース）置く。
- ② リフトで立坑下まで垂直搬送する。
- ③ セッターで移載ラックに3ピース×3ブロックに積上る。
- ④ 搬送車により1リング1回で切羽まで搬送する。
- ⑤ 切羽でセグメントを供給装置にテルハで移載する。

### 3. 大容量タイヤ式搬送車の仕様

#### 3-1 本体

本搬送車の諸元は表-1のとおりである。

本搬送車は、当社と神鋼電機で共同開発したものである。特徴を記す。

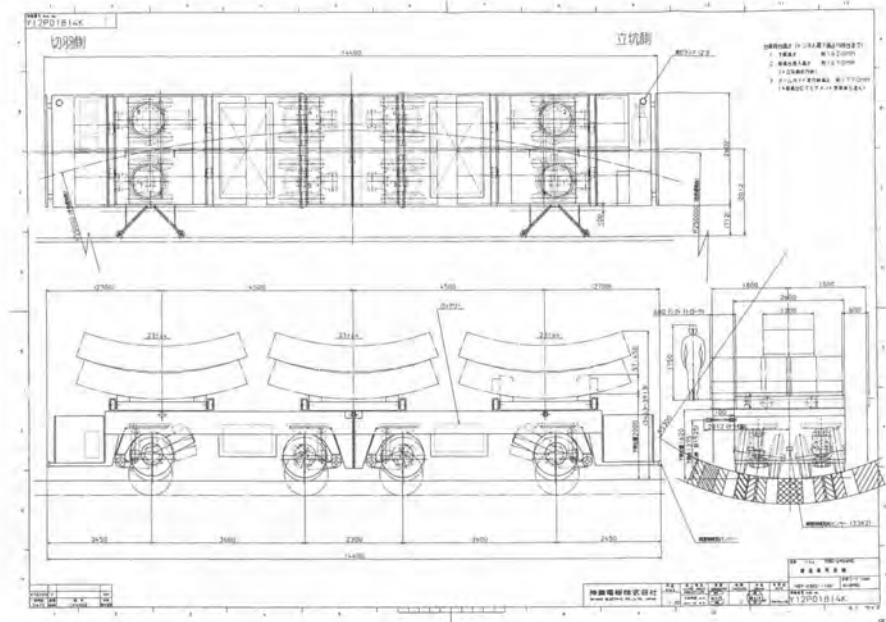
- ① 走行回数を減らすためと、走行速度を押さえるために、1リング分を1度に搬送できるものとした。
- ② 前方2軸、後方2軸で各々ステアリング動作を行い操作性を上げている。
- ③ 資機材の受渡しのため車体をリフトアップすることが可能。
- ④ 切羽のテルハクレーンの吊り芯に合わせるため荷台のスライド機能を有している。
- ⑤ 搬送車の誘導方式は磁石式、ガイド板2つを持ち、選択できる。
- ⑥ 給電方式はバッテリーで駆動装置は故障の少ないACインバーターを採用している。



写真-1 坑内走行状況

表-1 タイヤ式搬送車の主要諸元

	諸 元	
運 転 方 式	自動運転式 リモコン運転式	自動でステアリング、走行を行う。 ステアリングの操作は自動。 走行操作はリモコン運転。
形 状	車体幅 2,600 mm 車体高 走行時 2,150 mm	車体長 14,400 mm 下限時 2,000 mm リフトアップ時 2,450 mm
重 量	積載荷重 69 t	自重 38 t 総重量 107 t
誘 導 方 式	誘導体部 磁気テープ、ガイド部	壁倣い式（倣い7-4は収納可能）
走 行 速 度	磁気テープ部 倣い7-4使用部	30m/min 1.8 km/h 85m/min 5.1 km/h
走行電動機	30KW × 2台（インバーター制御）	
給 電 方 式	バッテリー 288V 312AH 2台搭載	
タ イ ヤ	ノーパンクタイヤ 木付	輪荷重 6706 kg 設置面圧 0.98~1.96 MPa
サスペンション	油圧サスペンション（荷台昇降機能兼用）3点支持（走行中） ストローク 450mm	
荷 台	3ピース×3基 スライド機能付 ストローク 600mm	
主たる安全装置	地上からの非常停止 --- 誘導無線による。 本体の安全装置 --- 障害物検知センサー、光センサー、オムルト、過速度、 パンパ-接触、バッテリー過放電など	



図—2 搬送車外形図

### 3-2 ガイド設備

本搬送車のガイド方式は、磁石ガイド式ガイド<sup>®</sup>板方式をとっている。

磁気が<sup>®</sup>付では、35m/min で走行が可能、高速で走行するには磁気ガイドでは無理なためトンネル側部にガイド板を取付け 85m/min での走行を行っている。このガイド板方式は、実験車で時速 15 km までのガイド走行を確認している。本工事では、磁気ガイド方式を切羽の後続台車内部、坑口の移載ラック付近に使用し、一般部をガイド板方式にしている。



写真—2 磁気ガイド状況



写真—3 ガイド板設置状況

### 3-3 漏洩ケーブルを使用した無線通信

地上から搬送車を非常停止させるためと搬送車の監視のため、坑内全線に渡って漏洩ケーブルを敷設し、搬送車と常に無線通信を行っている。この地上からの信号が途切れれば搬送車は非常停止する。また、搬送車の状態を送信することで、地上で運行状態を確認する事が出来る。

### 3-4 給電設備

軌条式に比べタイヤ式の搬送車は、走行抵抗が大きいため消費電力も大きい。比較を表-2に記す。

表-2 消費電力比較表

	軌条式	タイヤ式
走行抵抗 kgf/t	5	30
消費電力 <sup>※1</sup> kwh/リング	4 <sup>※2</sup>	15

※1 1000m 平坦 往路実車、復路空車 荷重 70 t (1リング分) ※2 8 t バッテリー 3 往復で計算した。

本搬送車は、バッテリーセットを3セットにして2交代の掘進作業に対応している。

本工事は、走行距離が 1300m 程度であるが、更に走行距離が長くなる場合、バッテリー個数を増やすかトロリー方式などの電源供給を別に考える必要がある。

## 4. 無軌条工法の坑内設備

### 4-1. 後方台車

シールド機により牽引されて移動する。走行輪はウレタン車輪を使用し4輪でそれぞれの車輪でステアリングを取ることができ、台車のローリングを修正することができる。台車の牽引装置にはパッシブ型の油圧牽引装置を使用した。曲線部での牽引装置の長さの変更が自動で行われるので便利である。

台車の内部は、搬送車が通るのでその空間を開ける必要がある。その空間確保のため車輪のついた脚部とそれをつなぐ梁部の強度を十分に持たせて脚部が内側に変形しないようにする必要がある。

#### 4-2. 中間台車

中間台車は、移動のため走行駆動装置、スティング装置を持つ、操舵を容易にするため、走行部が複雑になるが4輪スティングが必要である。電源はキャブタイヤケーブルで給電した。

中間台車も後方台車と同様に、脚部の内側に搬送車が走るので脚部、梁部の強度を確保した。また、台車内を通過する際のガイド装置として、ガイド板を脚部に固定し、中間台車が移動するときは、台車前後のガイド板取外し、台車停止後にガイド板を接続した。

#### 4-3. 配管、坑内通路

枕木がないために配管を支持する架台が必要になり写真-4のようなブラケットを使用した。取付にセグメントの組立ボルトを緩めなくても使用できるようにし、後工程のボルトボックスの充填作業にも支障がないようにした。配管の延長には、ホースリール、プランジャバルブを使用した。これも同様に枕木がないため図-3のように後方台車内にレールを設け移動できるようにした。

坑内通路も写真-5のように配管と同じくブラケットを作成し設置している。

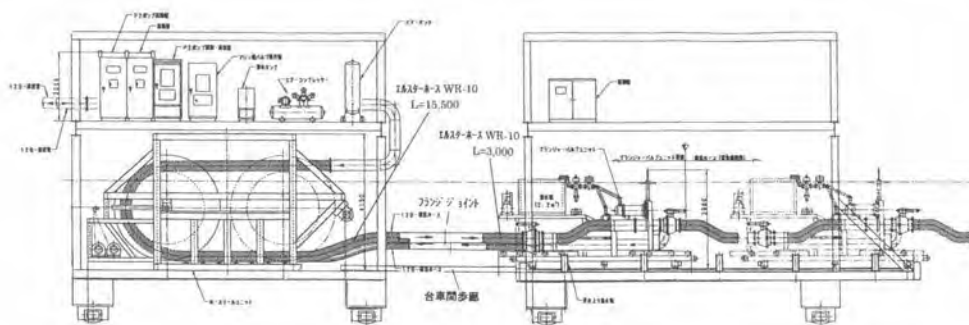


図-3 配管延長用ホースリール、プランジャバルブ設置図



写真-4 配管ラック



写真-5 坑内通路ブラケット

#### 4-4. ボルトボックス対策

トンネル内には、セグメント締結のためのボルトボックスが全周に渡ってある。これは搬送車、後方台車の車輪がボルトボックスに落ち込み、タイヤを痛めたり、セグメントを痛める要因となる。そのため写真—6のような鋼製蓋を製作して掛けていった。



写真—6 ボルトボックス蓋

#### 4-5. 安全対策

搬送車には、仕様記した安全装置を取り付けているが、これらの安全設備が正常に動作しないことも考慮して、インバート部は、歩行禁止とした。ただし、インバート部の作業があるため搬送車が走行していないときに安全柵を設置することにより作業を許可した。

切羽と坑口部での行過ぎはオーバーランセンサーで作動するが、何かの理由で更に走行すればガイド板、磁石がなくなりオフルートにより非常停止する。

#### 5. 本技術の展開

本技術は大口径のシールドに適応したシステムとなっているが中口径（6 m程度）までのシールド工事では展開可能である。ただし、地下鉄工事のようにトンネルに大きな勾配がある場合、バッテリー走行では長い距離の走行が難しくなるので、バッテリー容量、モーターパワーの検討が必要である。今後、エンジン式のタイヤ式搬送車についても検討が必要である。

#### 6. おわりに

大口径シールド工事の無軌条工法として大容量の搬送車を使用して初めて取り組んだが、鋼製枕木の設置作業がないため切羽作業が安全に余裕を持って行われている。

当社においては、長距離用の高速型タイヤ式搬送車も同時に開発を進めていて無軌条工法をシールド工事施工法の一つとして確立させるよう開発を進めている。