

## 27. 通信用シールドに用いられた急勾配搬送システム

NTT： 大学 久男  
日本コムシス(株)： 清水 悦司  
大豊建設(株)： \*池田 奉征

### 1. はじめに

近年都市部における上下水道、地下鉄、電気通信網の充実めざましく、地下空間の過密化が進行している。これに伴い、通信用とう道工事においても大深度化が進み、勾配を大きくしたとう道を計画するようになってきている。

しかし、安全衛生規則では、勾配が50/1000を越える場合、従来の搬送装置であるバッテリー機関車の使用を禁止しており、これに代わる新しい搬送システムとして急勾配搬送システム (Steep-Carrying-System) が開発された。

当工事においても、発進立坑でのシールド土被りは、31.4mと深く、又途中地下鉄谷町線の下越しから既設の到達とう道までの間に、7.0%の急勾配区間があった。この区間で掘削土及びセグメント等の搬送に急勾配システムを使用して施工した。

以下に今回工事の概要及び急勾配搬送システムと急勾配部の施工について説明する。

### 2. 工事概要

本工事は、NTTの発注で大阪NWC～豊崎営業所間のセグメント外径φ3550mm、セグメント内径φ3250mmのとう道を泥土加圧シールド工法により築造する工事であり、都市部におけるシールド工事の特徴である以下の重要構造物への近接施工箇所があった。

- 1) 発進部の豊崎営業所基礎の部分下越し
- 2) 東洋ホテル立体駐車場基礎杭への近接
- 3) 大阪市地下駐車場の下越し
- 4) 新御堂筋線、JR線の基礎杭への近接
- 5) 地下鉄谷町線の下越し
- 6) 梅田地下街と一体の既設とう道への到達

以上の近接下越しを行う条件から発進～到達間の土被りは、31.4m～7.6mと変化し、勾配も上り0.3%から途中3.6%、0.3%をはさんで到達部は7.0%となっている。線形はR=25mの急曲線が3ヶ所、R=60mが2ヶ所、R=140mが1ヶ所、R=160mが4ヶ所あり、そのうち勾配が7.0%の区間内にR=160mが2ヶ所ある。

### 3. 急勾配搬送システム

#### 1) 急勾配搬送車の選定

急勾配搬送車の駆動機構は、実施工ではラック&ピニオン方式が多く採用され実績を持っているが、

当工区の施工では、 $R=160\text{m}$ の曲線施工を含んでおり従来の方式よりも曲線施工の容易なゴムタイヤ方式を採用した。

ゴムタイヤ方式は、I型駆動レールの両側よりゴムタイヤを押しつけ回転駆動することにより、前進、後退のできる方式であり、この特徴としては、

① 駆動レールとしてH型鋼を使用し、このウェブにゴムタイヤを押しつけるので、落下物がゴムタイヤ接触面に付着しにくい。

② タイヤが回転するので、駆動レールの延長、駆動レールと枕木の結合等、駆動レールの敷設精度を必要とせず、曲線施工が容易となる。

③ ゴムタイヤによる駆動機構は衝撃力に対して柔軟である。

などがあげられる。

図-1に駆動装置の原理図を示す。

## 2) 急勾配搬送車の実験

ゴムタイヤ方式の駆動機構は、走行路中央に設けた垂直な駆動レールにゴムタイヤを挟み、押し付けることにより摩擦力を発生させる方式である。

実験は、一对の駆動タイヤを持つ実験機でおこなわれた。駆動タイヤは、ゴム系とウレタン系の3種、H型鋼のウェブには縞鋼板、穴あき鋼板等、環境条件として清水、ペントナイト、作動油等を塗布し、駆動タイヤの押しつけ力を変え、 $15^\circ$ の勾配を持つ試験走行路で各種の組み合わせによるデータの収集がおこなわれた。

実用機は、実験により得られたデータを基礎に製作され、 $10.5\%$ の試験走行路で被牽引重量 $16\text{t}$ を牽引して各種試験を行い良好な結果を得ることができた。試験走行の状態を写真-1に示す。

## 3) 急勾配搬送車の仕様

急勾配搬送車の構造は、回転伝達機構、駆動輪押しつけ機構、制動機構に分けられる。回転駆動力は、インバータ制御による無段変速モーターにより変速機に伝達され、減速機出力軸からチェーンを介して駆動タイヤ軸に伝達する。

駆動輪押しつけ機構は、駆動タイヤのスライド軸受けを、左右から油圧ジャッキで内側に押すことにより駆動レールに駆動タイヤを押し付ける機構である。

制動機構は、回転軸を強制制動させる電磁ブレーキ、駆動レールにブレーキシューを作用さ

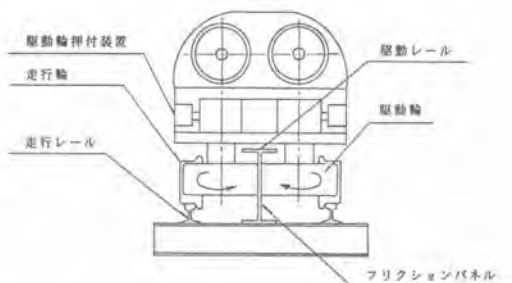


図-1 駆動原理図



写真-1 試験走行

せる油圧ブレーキ、手動により走行レールをクランプする駐車ブレーキ、逸走時に枕木にロッドを差込む落とし込み式非常ブレーキなどを備えている。急勾配搬送車の仕様を表-1に、構造図を図-2に示す。

当搬送車は、安全性を高めるために、駆動軸押しつけ機構、油圧ブレーキにそれぞれアキュムレータを持ち、停電時においても圧力を保持する構造となっているほか、インバータモーターの回生制動による減速後、自動的に油圧ブレーキが作動する構造となっている。また、加速度に対しては、加速度検出装置により検出し、常用走行の1、2倍の加速度で電源が遮断され、電磁ブレーキ、油圧ブレーキが作動する。落とし込み式非常ブレーキは、オペレータの意志によって手動で操作する構造となっている。表-2に制動装置と運転状態の関係を、図-4に制動装置フローシートを示す。

#### 4) 軌道装置

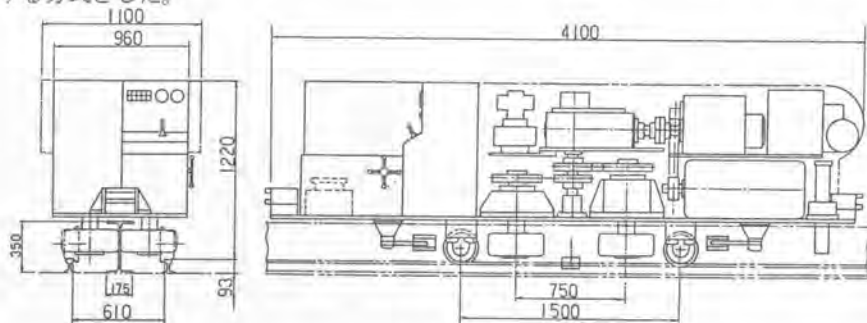
軌道は、走行レールに22kgレール、駆動レールにH-350×175（フリクションパネル付き）を枕木上に配し、駆動レールは高力ボルトで枕木と緊結した。又、油圧ブレーキ及び落とし込みブレーキの作動による枕木の移動を防止するために、枕木とセグメントを溶接固定した。

#### 5) 給電設備

給電方式は、急勾配搬送車の後部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をしながら給電する方式とした。

表-1 急勾配搬送車仕様

本 体	寸法	4150L*1150*1240H
	走行勾配	最大15°
	自重	5700kgf
	牽引力	2580kgf (摩擦係数0.4, 押付力1800kgf, 4輪)
電 動 機	牽引力	2580kgf (摩擦係数0.4, 押付力1800kgf, 4輪)
	走行速度	高速; 5km/h 低速; 2.5km/h
電 動 機	出力	30KW
	回転数	0~1800rpm
機 制 御	制御	インバータ制御
	出力特性	定トルク
駆 動 輪	外径	φ381mm
	幅	152mm
材 質	材質	ポリブタジエンゴム
	個数	4個
電 気 開 閉 系	電動機	インバータ専用モーター
	電源	交流3相 400V/50HZ 440V/60HZ
	給電	ケーブルリール台車より端子台受け
	制御方法	高低速度切替; 手動式変速機
系	変速	; インバータ制御
	回生制御	; 回生コンバータ式



1 操作盤	5 オイルタンク	9 駐車ブレーキ
2 減速機	6 フリクションブレーキ	10 駆動軸押し付け装置
3 変速機	7 走行輪	11 インバータモータ
4 電磁ブレーキ	8 駆動輪	12 落とし込みブレーキ

図-2 急勾配搬送車構造図

## 6) 安全装置

急勾配搬送における安全装置として、急勾配搬送車の制動装置のほかに、① 台車間の連結ピンがはずれた場合の予備連結チェーン、② 非常用停止装置として坑内に設置した逸走防止装置及び信号装置、等を設け安全対策に万全を期した。

## 7) 台車編成

台車編成は、図-3に示す通り、急勾配搬送車1両、ケーブルリール台車1両、セグメント台車1両、土砂運搬鋼車3両の編成とした。

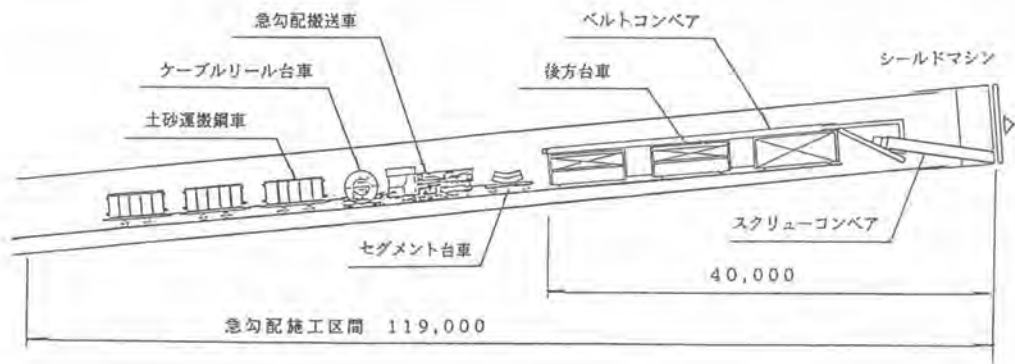


図-3 台車構成図

## 6. 急勾配部のシールド施工

### 1) 坑内運搬工

坑内運搬は、バッテリーカーによる搬送および急勾配搬送への積み替え連結工、さらに急勾配搬送車による搬送に分けられる。

急勾配搬送車は今回が初めての使用であったために、安全に対して以下の点に配慮した。

① 運転者を選任し、特別教育を実施して、装置の操作方法及び作業手順、安全確認方法を熟知させる。

② 制動装置の点検及びタイヤの摩耗逸走防止装置等の安全設備の点検を日常、月例に分けて実施させる。

③ 走行中のケーブルの引っ掛け等の原因になる資材の除去及びケーブルリールの張力の調整を実施させる。

④ 制動装置の作動によるボルトのゆるみを防ぐための軌条点検を実施させる。これらの実施により急勾配搬送は安全に施工することができた。

表-2 制動装置一覧表

制動装置	通常運転時		逸走時	停電時
	走行・停止	停止保持		
回生制動	○	○		
油圧ブレーキ	○	○	○	80分保持
電磁ブレーキ		○	○	○
クランプブレーキ		○		○
落下止めブレーキ			○	○

また、水平搬送から急勾配搬送への積み替え連結作業により、全体の施工サイクルに与える影響が最小限となるように、資機材の受け渡しは坑内クレーンを使用して、セグメント台車を入れ替えることなく行った。以下水平搬送から急勾配搬送までの作業手順を説明する。

① 発進立坑の門型クレーンで、セグメント1リング及び土砂運搬鋼車3両を吊りおろす。

② 8トンバッテリー機関車にて、急勾配手前に設置した搬送入れ替えポイントまで搬送する。

③ 坑内クレーン（2トン吊り）にて、セグメントを急勾配搬送車手前のセグメント台車に積み替える。

④ 土砂運搬鋼車を急勾配搬送車に連結し8トンバッテリー機関車を切り離す。

⑤ 急勾配搬送車にて切羽まで牽引し、セグメントを吊り降ろし、掘削残土を積み込む。

⑥ 残土積み込み後、急勾配搬送車に入れ替えポイントまで牽引する。

⑦ 8トンバッテリー機関車と土砂運搬鋼車を連結し急勾配搬送車を切り離す。

⑧ 8トンバッテリー機関車で立坑まで牽引し、門型クレーンにて土砂運搬鋼車を巻き上げて土砂ホッパーに転倒排土する。

急勾配搬送車による坑内運搬の最大荷重は、土砂運搬時における約14tの荷重であったが、急勾配搬送車は、牽引、制動状況とも良好で、落とし込みブレーキも使用することなく、約2ヶ月間無事に搬送した。また、この期間の延べ走行距離は約90kmであったが、ゴムタイヤの摩耗は非常に軽微であり、交換する必要はなかった。

## 2) シールド掘進工（急勾配部）

地下鉄谷町線下越し施工完了後、搬送入れ替えポイントの設置を行い、後方台車間の駆動レールの設置、急勾配搬送車の搬入組立、急勾配部の掘進を行なった。

シールドの掘進速度は、土質の変化による泥土圧管理及び裏込注入管理に慎重を期して、30mm/min程度で施工したが、土質が沖積粘性土層であったため、掘進状況は水平部と変わらず、地表面沈下

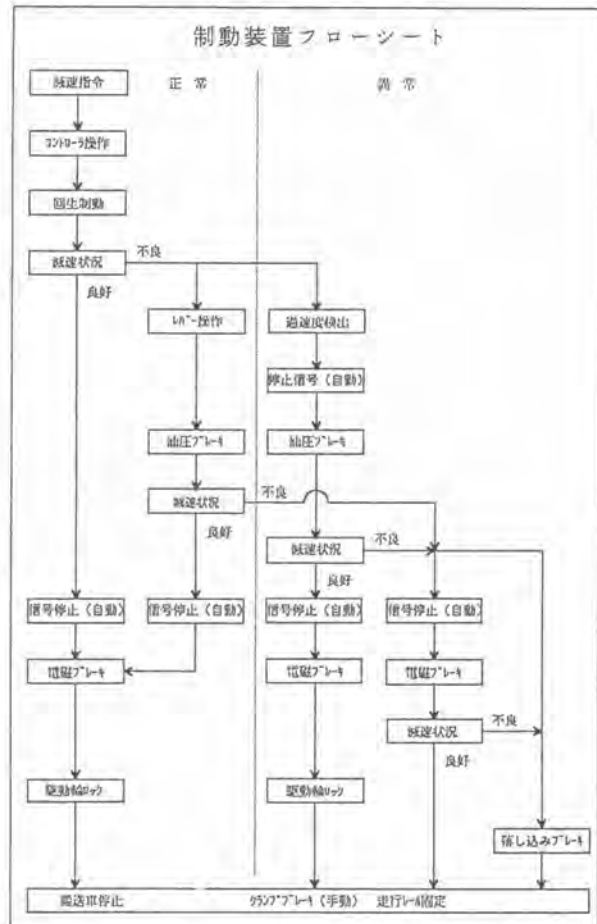


図-4 制動装置フローシート

も3mm以内で収まった。

水平部から勾配部へ移行する縦断曲線(R=400m)及び到達とう道部の縦断曲線(R=400m)への対応は、上下方向1°の中折機構を使用する事で、スムーズに施工する事ができた。

線形管理は、シールドに設置したジャイロコンパスを併用して行い、この間の施工精度は、±50mm以内の誤差で施工する事ができた。

この区間の掘進工は、一部昼夜間施工で行い、稼働日あたりの平均日進量は3.0m/日であった。

## 7. 考察

急勾配施工期間中は、急勾配搬送システムにトラブルもなく、無事に施工する事ができたが、施工サイクルの短縮や施工の安全性から以下の事が考えられる。

① 当工区では、急勾配搬送システムが急勾配のみの限定使用であったために、水平搬送との積み替え作業が発生し、特にシールドの解体資材等の積み替えが困難かつ時間を要した。今後さらに、小断面でこのシステムを使用する事も考えられ、入れ替え作業の不必要な、平坦部、急勾配部兼用の急勾配搬送車が開発されれば、全線このシステムで搬送する事も可能であり、施工サイクルの短縮を図る事ができるであろう。

② 急勾配施工区間での問題として、後方台車区間は、駐車ブレーキ及び落とし込みブレーキのために、足場通路が走行レール内に設置できないということがあるが、今後は後方台車の形状も併せて計画、製作する必要があると思われる。

## 8. おわりに

本工事は、数多くの近接下越し工事をへて、急勾配施工の完了と同時に到達という厳しい条件下の工事であったが、無事に到達する事ができた。又、急勾配搬送システムも一度も故障することなく工事を完了する事ができ、このシステムの安全性と信頼性を確認する事ができたと考える。

今後、ますます増加するであろうシールドの急勾配施工において、この急勾配搬送システムのさらなる発展を期待する。

最後に、今回の工事の計画及び施工にあたりご指導、ご協力頂いた関係各位にたいし、深く感謝の意を表します。