

### III-58 小断面シールドトンネル内無軌道無人搬送車の改良結果について

NTT筑波フィールド 技術開発センタ 正会員 荒田 正司  
 同上 正会員 松崎 和美  
 同上 杉本 禎男

#### 1. はじめに

小断面シールドトンネルの施工は狭隘な坑内での作業を強いられ、人力に頼るところが多く、長距離施工になるほど作業の安全性と効率化が問題となってくる。

そこで、現在NTTでは厳しくなる施工環境に対応して小断面シールドトンネルの自動化技術に取り組んでいる。

ここでは、現在開発中の現場打ち自動ライニングシールド工法において、坑内作業の無人化技術の一つである無軌道無人搬送車について、実工事及び地上での走行実験をもとに改良した結果を報告する。

#### 2. 搬送車の概要と自動走行方式

搬送車は、駆動部・制御部・電源部を持った電装車、掘削土砂を搬出する土砂運搬車、ライニング材料を搬入する材料運搬車の3台で構成されている。

坑内走行の自動化は、シーケンサによる自動走行制御と無線による遠隔操作を組み合わせで行っている。また、通常のシールドトンネル工事のように搬送車用の軌道設備を必要とせず、自動打設された内径φ1200mmのライニング内面を自動姿勢制御により無軌道走行を可能にしている。

図-1に自動走行方式の概要を示す。

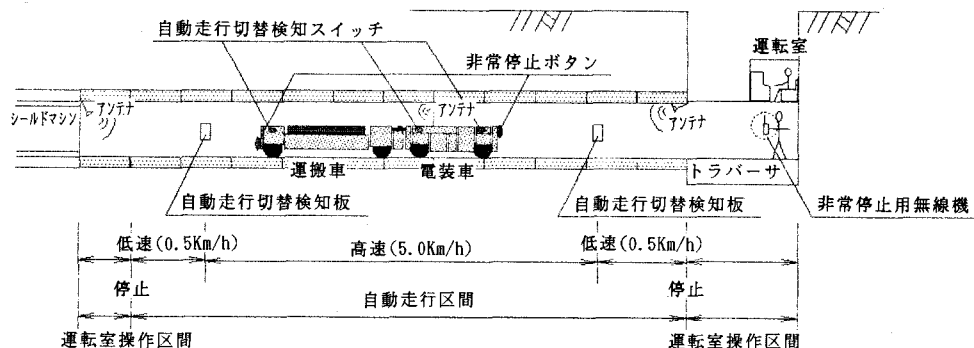
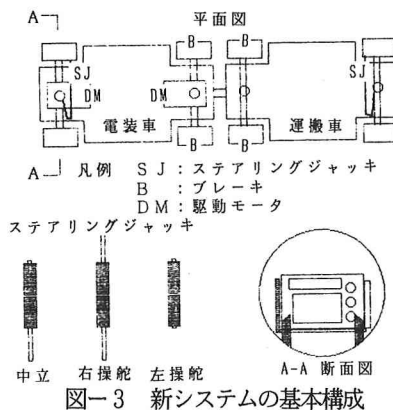
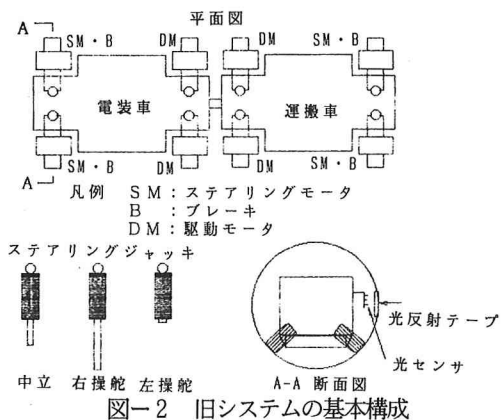


図-1 搬送車の自動走行方式の概要

#### 3. 旧システムの問題点

図-2に当初実工事に使用した旧システムの基本構成を示す。旧システムでは、次に示す問題点があった。

- ①車輪をトンネル断面に直角に設置したため、左右の車輪が独立駆動となり、回転数が一致せず、回転数の高い車輪に負荷がかかり、駆動力が減少した。
- ②車輪の自動操舵制御は、左右の車輪を独立操舵としたため操舵量が一致せず制御が不安定となった。  
 また、操舵の中立位置を直動ジャッキストロークの中間に設定したため、中立位置のずれが生じ搬送車がローリングを繰り返し、直進性が悪い結果となった。
- ③自動姿勢制御は、トンネル内に設置した光反射テープに沿って自動操舵走行する方式としたが、光反射テープの汚れに伴う反射波の検知不足や光反射テープと搬送車に設置したセンサとの離隔が一定値を外れるとトレースエラーが発生した。



#### 4. システムの改良

実工事により得られた結果をもとに、次に示すシステム改良を行った。

- ①車輪を車体に直角に取付けることにより、左右の車輪を同軸駆動とし、車輪の回転数の同期を機械的に取れる方式とした。
- ②車輪の自動操舵制御は、左右の車輪を同軸操舵とし、油圧ジャッキ2本の伸限と縮限を組み合わせ、中立位置を機械的に固定して直進性の向上を図った。
- ③自動姿勢制御は、傾斜角センサにより搬送車の傾斜角を検出し $\pm 5^\circ$ 以内に制御できる方式とした。

図-3に新システムの基本構成を示す。また、写真-1に新システムの搬送車を示す。

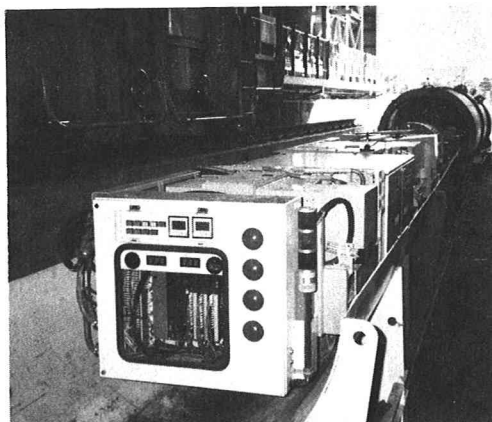


写真-1 新システムの搬送車

#### 5. 新システムの走行実験結果

図-4に走行速度と傾斜角の走行データを示す。

この走行データは、入坑・出坑とも自動走行させた結果である。図-4より、走行速度の切替えが確実に行われていることがわかる。また、搬送車の傾斜角は $\pm 5^\circ$ 以内で走行しており、自動操舵・自動姿勢制御も充分機能していることが確認できる。

この実験結果から、新システムは自動走行機能において充分な信頼性を有することが確認できた。

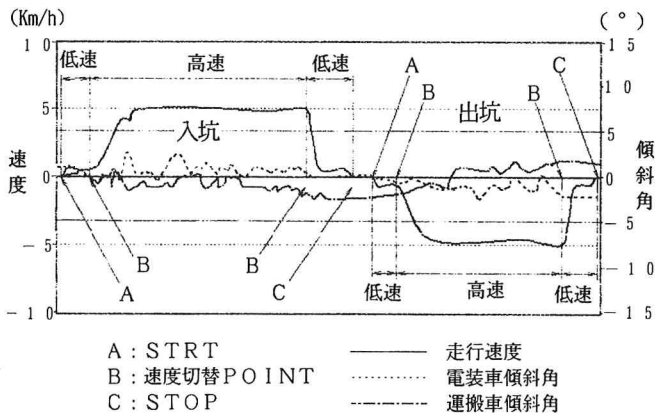


図-4 走行速度・傾斜角の走行データ

#### 6. おわりに

今後は、本システムを実工事に適用し総合評価を行うとともに、トンネル施工のロボット化に向け、ヒューム管推進工法やシールドトンネル工法の掘削土砂や資機材の自動搬送技術にも応用することを検討していく予定である。