

6. シールド工事のセグメント自動搬送装置

(株)大林組：*柿沼 武，高橋 栄次
山崎 和敬

1. はじめに

近年、シールド工事においては、大深度・大断面・長距離化の傾向にあり、作業者の安全性の確保、工事の効率化と確実性を高めるために、施工機械の無人化・自動化が進めら

れている。本装置は、シールド工事におけるセグメントの搬送を自動で行うものであり、仕様の異なる機械にでも適用できる汎用性を有し、すでに二現場（平野川シールド及び2号新淀川共同溝シールド）で使用され、良好な結果を得ている。上記現場では施工条件が各々異なり、形状の違うバッテリー機関車にこの装置を適用した。2号新淀川共同溝シールドでは、



写真1. 中央制御室

立坑下でのセグメント積み込みから組み立てまでの一連の自動運転の一部に使用したのに対し、平野川シールドでは、地上部でセグメントを積み込み、立坑部でのリフト昇降を経て切羽までのセグメント搬送を自動化した。

今回、本論文では、立坑下で作業員がセグメントを積み込んだ後から、切羽手前で停止するまでの往復のシステム（2号新淀川共同溝シールド）概要と安全対策、モニタリング機能及び制御方法などについて紹介する。

2. システムの概要

本システムに用いられるバッテリー機関車は、AGV（Auto Guided Vehicle：自動搬送車）と呼ばれ、立坑から切羽までを自動運転により無人でセグメントなどの資材を運搬する。図1.に示す様に、AGVの位置や入出力信号、各種異常信号は、

常時中央制御室でモニタリングされる。通信ネットワークは、図1.に示すように、シールド坑内にあるAGV表示盤、セグメントを切羽において自動で搬送するハンドリング装置、中央制御室の



図1.セグメント搬送システム(2号新淀川共同溝シールド)

コンピュータなどと、光ファイバネットワークで中央制御装置に接続され、また、AGVと中央制御装置とは、特定小電力無線にて信号の伝達を行っている。表1.に設備機械の仕様を示す。

2-1. システム構成

セグメント自動搬送システムは、図2.に示すように大きく分けて三つの部分に分かれる。

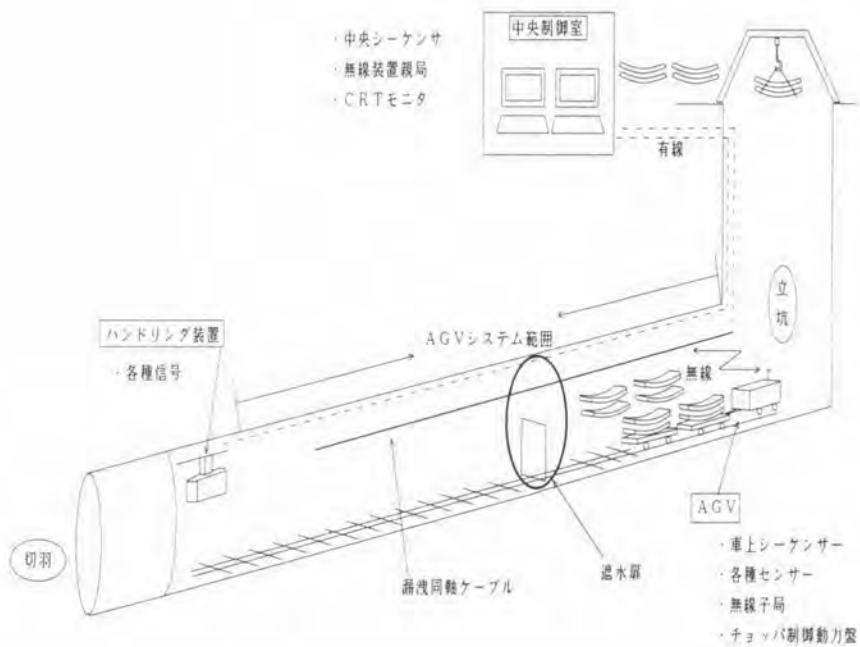


図2.システム構成図(2号新淀川共同溝シールド)

- ① 各種センサーと無線機子局、シーケンサ装置などを装備したバッテリー機関車とセグメント台車からなるAGV
- ② 坑内のAGVの位置や速度を常時監視するモニタリング装置
- ③ AGVとハンドリング装置をリンクして制御する中央制御装置

表1. AGV設備機械仕様

2号新淀川共同溝シールド			
設備機械	仕様		数量
バッテリー機関車	牽引力	650kg	1台
	自重	8 t	
	最大速度	8 km/h	
	制御方式	チョッパー制御	
	走行電動機	DC180V 20KW×2個	
システム制御機器	動力伝達方式	二段減速方式	1台
	中央制御盤	管理用FAコントローラ: CRT GP-B10 シーケンサ: A2-A	
通信装置	使用周波数	454MHz(下り)、413MHz(上り)	1台
	電波波形	F2D・F3E	
	空中線電力	1mW以下	
	信号点数	親局1台 入出力各40CH 子局1台 入出力各20CH	
	無線局免許	1mW陸上移動業務用無線局	
平野川シールド			
設備機械	仕様		数量
バッテリー機関車	積載重量	15.5 t	2台
	自重	5 t	
	最大速度	8 km/h	
	制御方式	チョッパー制御	
	走行電動機	DC90V、5.5KW×1個	
リフト	動力伝達方式	二段減速方式	1台
	積載過重	20 t	
	揚程	35.8m	
	定格速度	20m/min	
	電動機	110KW 10P	
システム制御機器	制御方式	電磁ブレーキ及び油圧ブレーキ	1台
	中央制御盤	管理用FAコントローラ: CRT GP-B10 シーケンサ: A2-A	
通信装置	使用周波数	454MHz(下り)、413MHz(上り)	1台
	電波波形	F2D・F3E	
	空中線電力	1mW以下	
	信号点数	親局1台 入出力各40CH 子局2台 入出力各20CH	
	無線局免許	1mW陸上移動業務用無線局	

2-2. 動作

一連の動作は、図3. 及び図4. に示す通り、立坑でオペレーターによりセグメントが積み込まれ、行先が設定される。スタート釦を押されたAGVは、切羽に向かって走行を開始し、途中、中央制御装置で設定された減速区間で一旦速度を落とし、ハンドリング装置からの進入許可信号を受けた後、減速しながら自動停止する。AGVは、到着信号を送信し、ハンドリング装置がそれを受けて、セグメントを自動で荷取りする。セグメント台車では、セグメントを積み重ねるのに用いる枕木が、ハンドリング装置と信号のやり取り

をしながら自動で取り外される。この動作を何回か繰り返し、セグメントがすべて降ろされると、ハンドリング装置から退出許可信号が送られ、AGVは立坑に向かって走行を開始し、立坑の停止位置で止まる。一連の動作でのAGVとハンドリング装置相互の信号の入出力は、全て無線と光ファイバーネットワークを介して行われる。

2-3. 速度制御

速度制御は、AGVに装備されている磁気センサーと光電センサー、エンコーダーによる情報を中央制御室のシーケンサーとAGVに搭載されているシーケンサーにて図4. に示すような制御を行っている。制動装置には抑速用に回生ブレーキ、停止用に電磁ブレーキ、パーキン

グ用に電磁ブレーキと手動ディスクブレーキ、非常用にトラックブレーキを装備し、確実に安全な制動を行っている。AGVの位置検出は、測距輪に取り付けたエンコーダーにて行

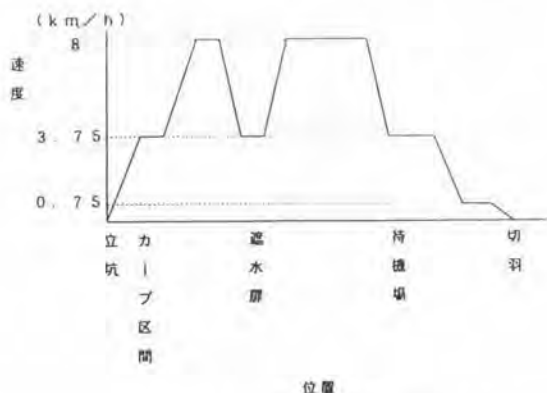


図4. AGVの位置-速度グラフ

め、光電センサー、磁気センサー及び半導体レーザーセンサーを並列で用いた。

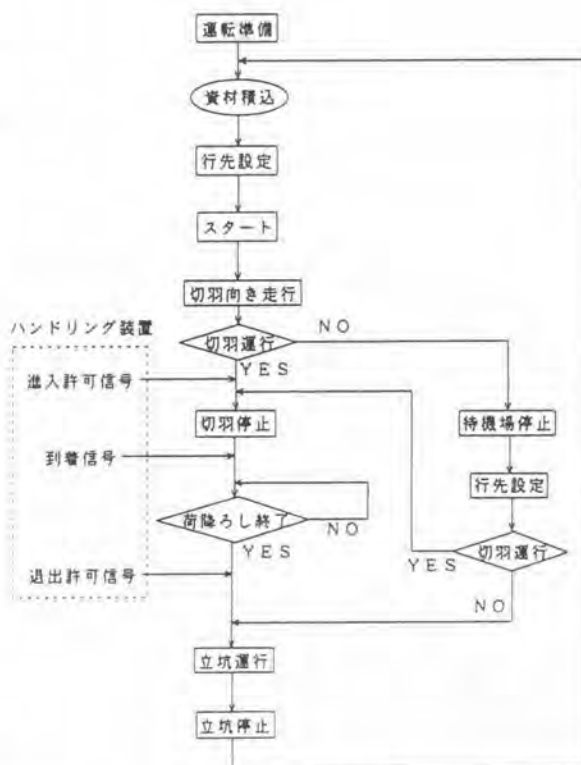


図3. 運行フロー図

われ、中央制御室でモニターされているが、測距された位置をメータとして減速区間をCRTタッチパネルで自由に設定できるようになっている。加減速については坑内に設置した磁気盤を磁気センサーが検知することにより加減速指令が出され、チョッパー制御による速度制御をしている。後方台車内での定位置停止は、検知ミスが重大事故に繋がるため、

2-4. センサー及び安全装置

自動運転に伴う安全対策には細心の注意を払った。安全装置は以下の通りである。

①障害物検知センサー

1) 20mセンサー

検出エリアを20m前方に設定したCCDカメラで監視し、入力される画像から基本となる背景画像を差分(引き算)して、背景画像と変化のある部分(発生した障害物)を抽出する。抽出された成分に対し、その大きさ(画素数)が設定した大きさの範囲内であれば、これを障害物として検出する。(図5。)

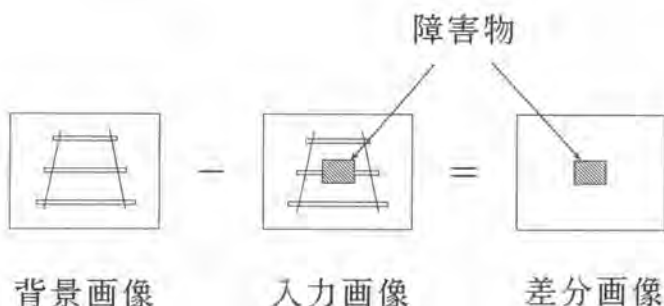


図5. 前方監視システム(20mセンサー)画像処理方法

2) 3mセンサー

前方3m以内の障害物を赤外線センサーで検知し、非常停止する。

3) バンパーセンサー

前方に取り付けたバンパーに障害物が接触し、非常停止する。

4) 6mセンサー

前方6m以内の障害物を半導体レーザーセンサーで検知し、非常停止する。

②過速度検出センサー

モーターに取り付けたエンコーダーで速度を検出し、定格速度より1km/h以上過速度の状態が3秒以上続くと非常停止する。

表2. センサー仕様

検出装置	機器	仕様	数量
障害物検知センサー	画像処理センサー	CCDカメラ、制御装置、操作パネル	一式
	赤外線センサー	DC10~30V、60mA、	4個
	半導体レーザーセンサー	レーザー距離測定器、ディテクトリレー	1個
速度センサー	エンコーダー	二相原点付出力形、1000パルス/1回転	1個
位置検出センサー	磁気センサー	DC24V、10mA、N極検出型	6個
	光電センサー	DC12~24V、15mA、リフレクタ反射形	3個
	エンコーダー	二相原点付出力形、600パルス/1回転	1個

③ オーバーラン検出センサー

坑内で設定されている停止位置の範囲を超えた場合、磁気センサーと光電センサー及び半導体レーザーセンサーにより、非常停止する。

④ 非常停止押釦スイッチ

セグメント台車を含むAGV、坑内及び中央制御室など、合計12ヶ所に非常停止押釦スイッチが設置されている。

上記以外にも、シールドマシンの後方台車内に進入するときや退出するとき、ハンドリング装置からの進入許可信号や退出許可信号などをインターロックの条件としている。また、後方台車内の軌道の安全が確認されないと異常信号が出され、進入・退出ができない仕組にもなっている。中央制御室以外に、立坑下・切羽の坑内二ヶ所に非常停止釦を含む表示盤を設置し、その場所でAGVの状態が分かるようになっている。

3. 特徴

① 自動運転における装置の信頼性を確保するため、安全には二重、三重の対策を施した。

② 運搬作業の効率を高めるため、速度制御幅、操作機能の充実を図った。

③ 運転管理室でのモニタリング機能を充実させた。

特に、軌道上の障害物検知用画像処理装置の採用などに特色を持つ。

4. おわりに

シールド工事は、更に自動化の傾向が進むと予想される分野である。その中で、バッテリー機関車の自動運転は、もっとも基本的な部分である。従って、信頼性があり汎用性のあるシステムが不可欠であるが、本文で述べたように、本システムは、既に二つの現場で実用化され、良好な結果が得られている。画像処理型20mセンサーの信頼性が今後の問題として残ってはいるが、殆どトラブルもなく施工が行えた。今後、システムに付随するハードの改良が更に進めば一層万全のものになると思われる。

これからの自動化は、従来の施工機械を自動化するのではなく、最初から自動化を意識した設計にするといったようなことが必要である。

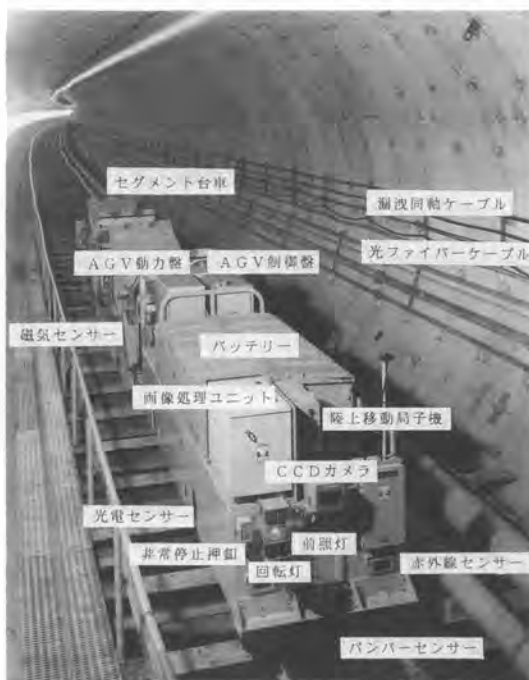


写真2. AGV各部名称