

TBM掘削におけるズリ運搬機械の自動運転化

戸田建設（株）広島支店 正会員 ○小林 一樹
 戸田建設（株）広島支店 正会員 内見 和彦

1. 目的

掘削外径 ϕ 3.0m程度のTBM工法によるトンネル築造において、掘削ズリの搬出はバッテリーロコに連結したズリ鋼車にて運搬するのが通例である。掘削延長が数kmに及ぶ長大トンネルの場合、進行距離に応じてバッテリーロコ台数を増やして運搬の進捗を確保する。しかし、長距離のバッテリーロコ輸送における問題として、居眠り等のヒューマンエラーによる事故の可能性のほか、使用するバッテリーロコの台数と同数の運転手が必要となり、労働者の確保が難しい昨今では生産性の低下も懸念される。そこで、運転手のヒューマンエラーによる事故防止と運転手の削減による労働者の適正配置を目的として、バッテリーロコの自動運転化を導入し実証を行った。本稿では、現在広島県のTBM現場（掘削外径 ϕ 2.73m、掘削延長9.8km）にて採用しているバッテリーロコ運行管理システムについて報告する。

2. システムの概要

本システムは、無線通信システム及びIDタグシステムを利用して、運行管理を行うシステムである。自動運転を行う区間は、立坑下複線区間及びTBM後方台車区間を除く、1200m毎に設ける複線部を含む坑内を自動運転区間とした。停止・減速・増速の設定を行ったIDタグを枕木に設置し、IDタグをバッテリーロコが読み取ることで設定に応じた運行を行う。そして、350m毎に設置した無線ボックスにて各車両の現在位置と進行方向をリアルタイムに把握し、地上制御室、立坑下、後方台車に設置した監視用モニターへ表示する。図-1に自動運転システム概要図を、写真-1～3にIDタグ、無線ボックス、監視用モニターを示す。



写真-1 IDタグ



写真-2 無線ボックス



写真-3 監視用モニター

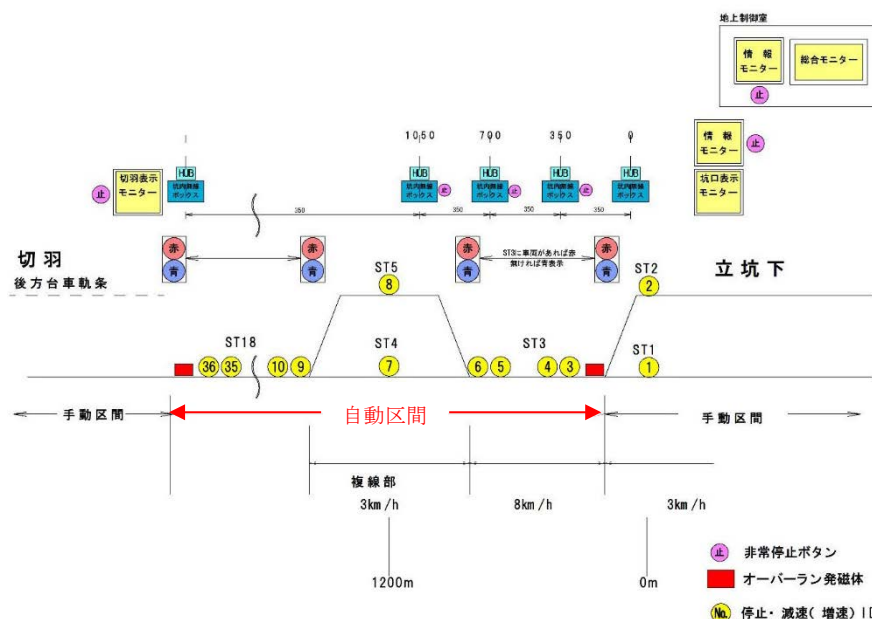


図-1 自動運転システム概要図

キーワード TBM, バッテリーロコ, 自動運転

連絡先 〒730-0044 広島県広島市中区宝町1-20 戸田建設(株)広島支店 TEL 082-545-7607

3. 坑内安全管理

3. 1 バッテリーロコ車両編成

バッテリーロコの車両編成を図-2 に示す。6t バッテリーロコの前後に、資材運搬用平台車、吹付材料運搬車、ズリ鋼車 5 両、4 人乗り人車を連結し、延長は約 35m である。車両編成を図-2 に示す。

車両編成の端部（平台車、人車）には、障害物検知レーザーセンサー、衝撃スイッチバンパー、CCD カメラを搭載した前照灯ボックスを設置した。前照灯ボックスとバッテリーロコとの通信は、有線接続とした。写真-4 に前照灯ボックスを示す。

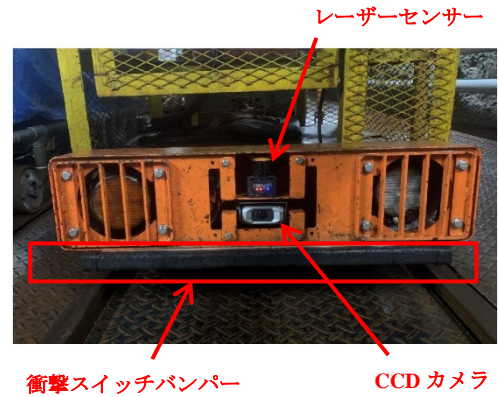


写真-4 前照灯ボックス

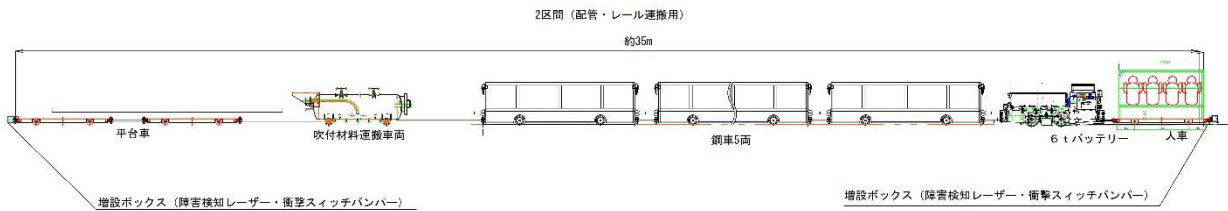


図-2 バッテリーロコ車両編成図

3. 2 停止システム

通常は停止 ID タグにて自動運転は停止するシステムであるが、起動しなかった場合の安全対策として以下の4点を備えた。

1	オーバーラン発磁体	停止 ID タグに反応せず通過してしまった場合、ID タグと同様に枕木に設置したオーバーラン発磁体を検出すると非常停止。
2	距離停止	バッテリーロコの距離計が自動運転区間を超過したと判断した場合、非常停止。
3	障害物レーザーセンサー	自動運転中、前方に障害物が検知された場合、3段階で速度制御。 (10m : 減速 3km/h, 5m : 減速 1km/h, 1m : 停止)
4	衝撃スイッチバンパー	進行方向のバンパーに障害物が接触した場合、非常停止。

1, 2 が起動しなかった場合の対応策として、手動運転区間入口にカラーコーンを配置し、3, 4 の発動条件とした。停止システムイメージを図-3 に示す。

4. まとめ

現在、本システムを採用し、7.4km 区間 3.8km 地点を掘削中である。有線の接続異常、通信異常等により非常停止が作動するものすべて安全側で作動しており、停止システムの安全性は確認できた。今後は異常発生によるロスを軽減する方法及びバッテリー台数が増えた場合における不具合の発生について確認・検討を行っていく。本工事の施工報告が類似工事の参考になれば幸いである。

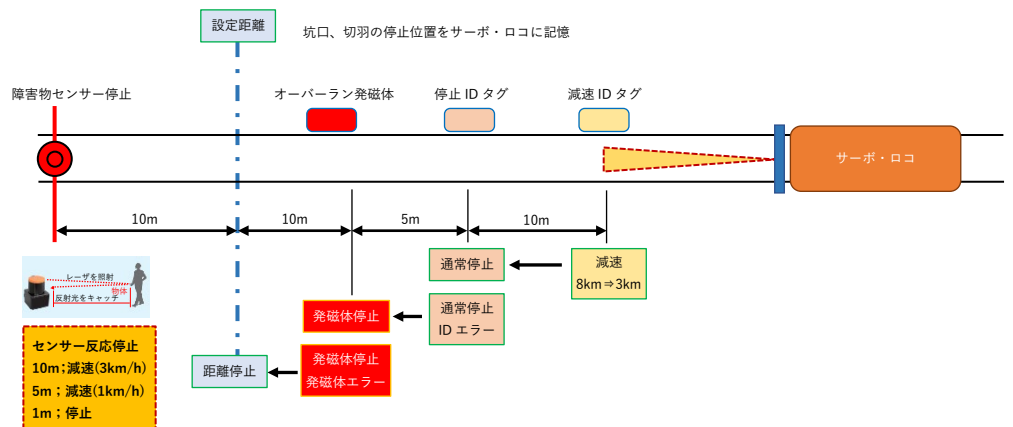


図-3 自動運転停止システム