

26. セグメント・掘削土砂の自動搬送システム

三井建設(株)：井上 一敏・*川原 啓一
升形 剛

1. はじめに

シールド工事の長距離化、大深度化、大口径化、高速化に伴う資材・掘削土砂運搬量の増加に対し、効率の良い運搬システムの開発の必要性が高まっている。本システムは、シールド工事における運搬の自動化を自動制御技術と長距離無線伝送技術の適用により実現したものであり、作業員の省人化、運行管理の適正化、安全性向上に寄与するものである。

自動運行のためには、システム全体の信頼性確保が必要であり、フェイルセーフを始めとした各種の安全対策を講じている。本システムは、建設機械化技術・技術審査証明第9305号を取得している。

2. システムの開発

本システムを構成する主要機器は、誘導無線、バッテリー機関車、各種センサー、制御用コンピュータである。列車の自動運行は、安全運行が必須条件となることから、以下の開発目標を設定し開発にあたった。

- ①. 運転制御システムは複数の列車を無人運転で運行ダイヤグラムどおり自動運行できること。
- ②. 列車は最大搬送重量のもとで確実な停止制動が可能であること。
- ③. 衝突防止装置は確実に作動できる。

これらの開発目標を達成するためには、バッテリー機関車をはじめとして、制御システムに新たな機能の向上が必要となる。本システムに採用した機能向上の概要は、以下のとおりである。

2. 1 列車の編成

列車編成は、図1に示すように8 tonバッテリー機関車と4.5 m^3 鋼車3両及び、セグメント台車2両を1列車編成とし、坑底と切羽における荷役設備との相互検討により、積み込み、荷下ろし時の列車の切り離しを不用としている。



図1. 列車の編成

2. 2 信号の伝送

運行指令信号の伝送には、誘導無線による双方向伝送方式を採用している。

誘導無線は、軌道に設置した誘導線から電波を送受信し、バッテリー機関車制御用に5チャンネルを使用する、使用周波数帯は、110 KHz、125 KHz、150 KHz、165 KHz、185 KHzである。

2. 3 バッテリー機関車

バッテリー機関車は、プログラム制御運転に耐えられるよう正確な起動・停止、低速度走行性能が必要であることから、定速度走行性能向上と制動能力増強対策を施している。

①. 定速走行・定位置停止性能の向上

バッテリー機関車の駆動電動機として、定速度運転性能に優れた副巻直流電動機を搭載している。主な仕様は、定格牽引力1500kgf、定格速度8km/h、電動機定格出力28kw×2個である。

②. 制動性能向上

従来の回生制動、油圧式ブレーキ、トラックブレーキに加え、電動機自体に電磁式ブレーキを装備している。

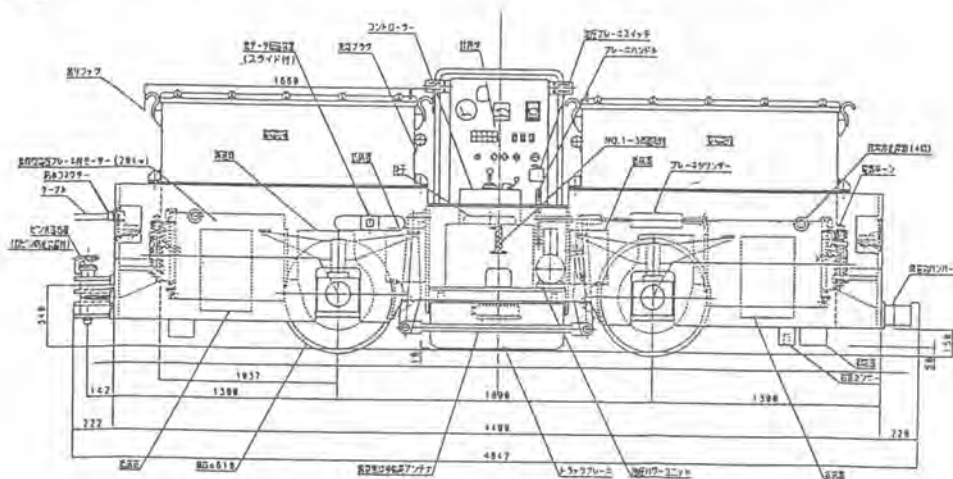


図2. バッテリー機関車

3. 安全対策

安全対策の主体は衝突防止である。衝突防止は、システム全体に関するものと、列車に関するものがある。

3.1 システム全体

システム全体として、走行軌道を光通信ユニットにより区分し、前方区間に列車が存在するとき、後続の列車は進入できない閉塞制御を基本としている。

3.2 列車

列車に装備した衝突防止装置は、障害物センサーと障害物検知バンパーがある。機能として、障害物検知装置の検出範囲内で列車の制動停止を可能としている。

障害物検知装置は、超音波センサーと光センサーの2種類で構成され、超音波センサーの機能として6m先の範囲にある障害物検知を、光センサーは3m以下の範囲を検出する。検知があった場合、バッテリー機関車を制動停止すると共に、検出信号を中央制御盤にフィードバックする。

障害物検知バンパーは障害物に直接接触することにより非常停止動作を行う。

4. 制御システムの構成

本システムを構成する主要機器は、誘導無線、バッテリー機関車、各種センサーである。システム構成を図3に示す。

5. 制御システムの機能

中央制御盤のシーケンサは、運行プログラムに基づく運行指令を各列車に伝達する。この運行指令に基づく各列車の運行状況は、光センサーによる位置検出、バッテリー機関車搭載のエンコーダによる距離検出信号として中央制御盤にフィードバックし、運行が確実に行われていることをチェックする。中央制御盤と各列車の信号伝達は、誘導無線を介して行われる。

運行指令の信頼性向上対策として、命令系統の2重化を採用しており、中央制御盤による運行指令と、軌道上に設置した発磁体による加速・減速・停止指令とを組み合わせ、列車の運行を行っている。

システムの構成機器の異常、非常時には、全列車の運行を停止するフェイルセーフを採用している。

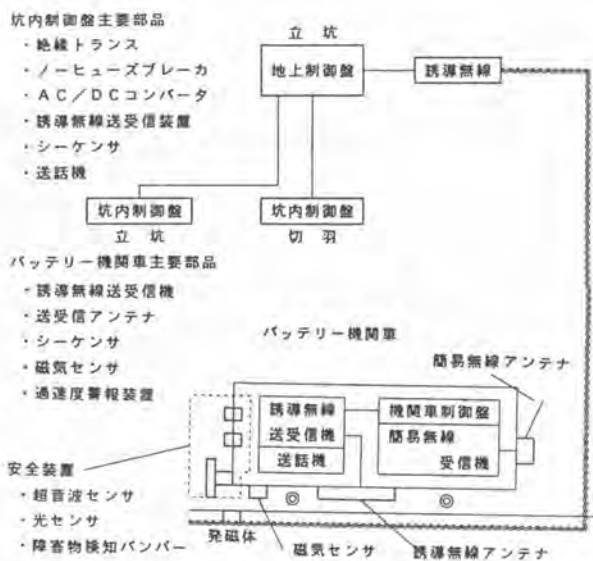


図3. システム構成図

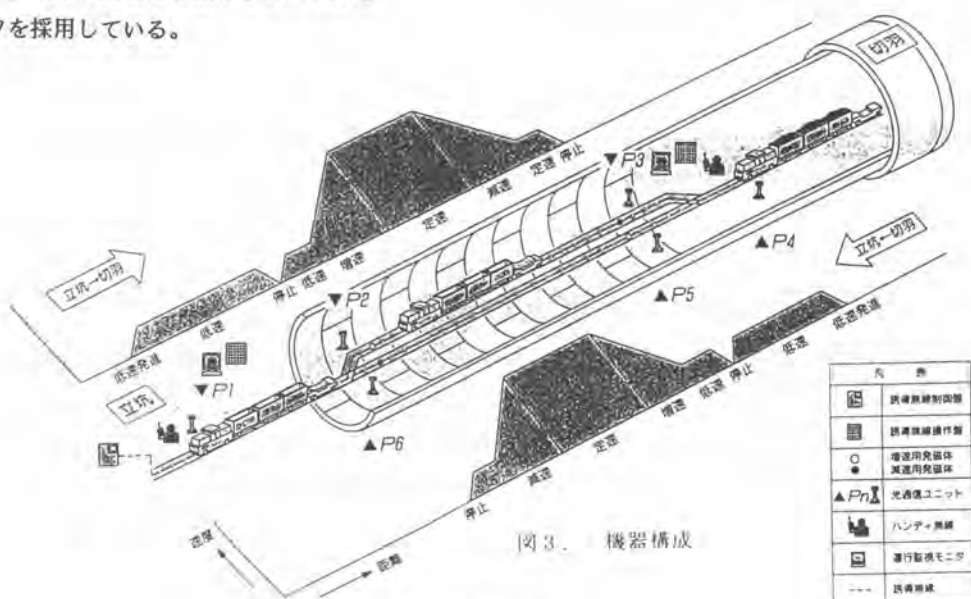


図3. 機器構成

図4. 運行系統図

6. モニタリングシステム

各列車の運行状況は、モニタリングにより必要箇所リアルタイムに把握でき、安全運行機能を更に高めている。

モニタリングの機能は、以下のとおりである。

①. 運行状況の把握

各列車の位置、速度などの運行状況を表示・記録する。

②. 列車の稼働状況把握

各列車の稼働状況を表示する。

システムに発生した警報を表示、記録する。

③. 日報・月報の作成

各列車の稼働日報、月報を、表示、記録する。

モニター画面の表示例を図5に示す。

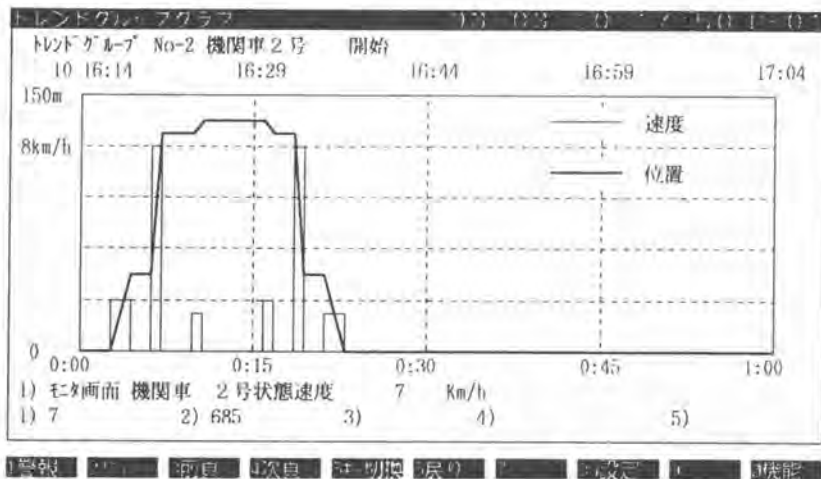


図5. 自動運行モニター画面

7. 関連法規

本システムに関する関連法規の主なものは、以下のとおりである。

誘導無線装置は、郵政省令、電波法施工規則及び無線設備規則に適合。

車両軌道装置は、労働省、労働安全衛生法、労働安全衛生規則による。

8. 実績

自動運行システムに関する主な実績は以下のとおりである。

① フィールドでの確認試験

② 6.44φ泥土圧工法

現在稼働中、最終運搬距離は片道2.3kmとなる。