

シールドトンネルにおける資材搬送手段の自動化と適用実績について

トンネル自動搬送システム

中部電力 南川 昭夫
 正会員 三ツ川修治
 佐藤・三井・鉄建・日本国土・銭高・中工共同企業体 正会員 吉川 正人
 大坂 仁志
 ○長谷川健一

1. はじめに

近年、立坑用地の確保難や建設コスト低減のため、1台のシールド機で長距離掘進するシールド工事が多くなっている。桑名地区洞道新設工事（第4工区）は、三重県川越町の中部電力川越火力発電所から桑名市の西名古屋変電所までの約14kmにわたる電力送電用の地中洞道新設工事のうちの1工区であり、掘進延長は3,949mの日本最長距離の泥土圧シールド（セグメント外径5m）である。このような長距離シールドでは、掘削土砂や資材の搬送に多大な時間を要するので、資材搬送能力が掘進サイクルを決定する大きな要因となってくる。そこで、坑内の資材搬送能力を確保するため、列車の運行を自動化し、資材搬送を効率よく安全に行うことのできるトンネル自動搬送システムを開発し、当工事に適用した。

ここでは、トンネル資材搬送システムの概要と適用結果について報告を行う。

2. 開発の経緯

長距離トンネルにおいて、複数の列車を使用して資材搬送を行うには、次のような課題があげられる。

- 1) 全列車の運行状況の把握ができなくなり、資材搬送に支障をきたす恐れがある。
- 2) バッテリー機関車の台数に応じた運転手の確保が必要である。
- 3) 資材搬送距離が長くなることにより、運転手の疲労・ストレスが増大する。
- 4) バッテリー機関車の使用台数の増加により、衝突の危険性が増大する。

そこで、これらの課題を解決することを目的として、トンネル自動搬送システムの開発を行った。

3. トンネル自動搬送システム

本システムは、大きく分けて3つの装置から構成される。

- ①中央制御装置
- ②車上制御装置付バッテリー機関車
- ③中継式無線通信システム

中央制御装置は全列車の運行状況をリアルタイムで監視し、状況に応じた機関車の運行を制御する。機関車は中央制御装置からの制御

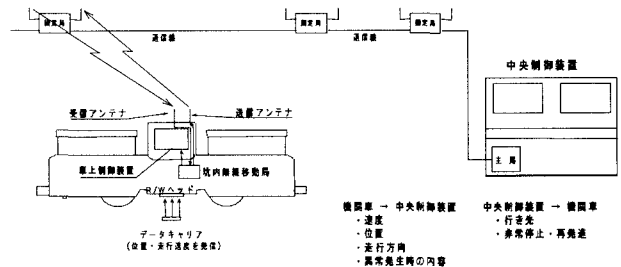


図-1 システム概要

指令を中継式無線通信システムを介して受信し走行すると同時に、走行状況データ（位置・走行方向・速度等）を中央制御装置に返信する。このように機関車と中央制御装置で、指令と状況データの授受を行いながら、各列車間の衝突防止等の安全措置も自動的に行うようになっている。

本システムの大きな特長を以下に述べる。

- ①現場条件（断面・延長等）にあわせて、軌道レイアウト、機関車の種類と制御台数は、変更可能である。
- ②中央制御装置が全列車を監視・制御するために、衝突の危険がない。坑内信号装置等は一切不要である。
- ③個々の列車には、各種の安全装置（非常停止鉤、障害物センサー、障害物バンパー、オーバラン防止センサー、脱輪センサー）が設置されている。

4. 現場での適用

本工事では、掘進1リング（セグメント幅1.2m）の発生土砂が約30m³となるので、機関車の有する

牽引力と速度を考慮して、1列車で土砂 15 m^3 とセグメント1リングを搬送することとし、1リング分の発生土を2列車で搬出する計画とした。そのため現場では図-2のような列車構成で最大4編成とした。

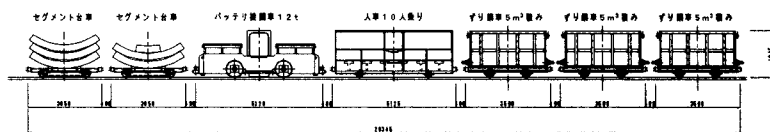


図-2 列車の構成

軌道設備は坑内通路の確保を

最優先とし、離合区間以外は単線としている。

実施工においては、一次覆工400m完了時点から本システムを導入したが、1方(8時間)当たり、最大掘進9リング分に対しても充分な資材搬送能力を確保できた。

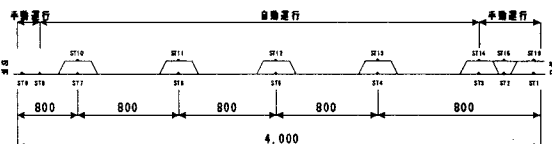


図-3 軌道レイアウト

5. システム導入の効果

本システムを導入したことによる効果を、以下に述べる。

- 1) 中央制御装置で全列車の運行状況を把握できるので、資材搬送状況を集中管理でき搬送効率が向上した。
- 2) 切羽と坑口の手動運転区間に2名の運転手を配置することにより、最大列車数4編成を運行させることができ、運転手2名の削減ができた。
- 3) 本システムの導入により、手動運転区間を最小限に限定できた。そのため、バッテリー機関車を長時間運転する必要がなくなり、運転手の作業環境の改善に寄与した。
- 4) 有人運転の場合、複数の列車が同時に運行するには、坑内信号等の安全設備が必要となるが、本システムでは、機関車が装備する安全装置と中央制御装置からの運行管理により、長距離運転中の人的要因による軌道災害を防止でき、安全性を確保できた。

6. 施工中に発生した問題点と対策

施工を通していくつかの問題が生じたので、以下のような対策を実施した。

- 1) 機関車は車輪の累積回転数から走行位置を算出し、そのデータを中央制御装置に送信する。坑内は湿度が高く、結露して上り勾配部では機関車の車輪が滑るため、実際の位置とずれた値を表示することがあった。そのため機関車の位置ずれの補正回数を多くし、位置ずれ量を最小限に抑えることで対処した。
- 2) 機関車の動力系統から発生するノイズで、中央制御装置と機関車の通信ができなくなり、これが原因で自動運行中の機関車が停止してしまうことがあった。そこで機関車内部の制御回路にノイズ対策を施すことにより、このトラブルを防止した。

7. 今後の課題

中継式無線通信方式は、トンネルの断面・線形・トンネル内の設備配置等の条件によって中継無線機1台当たりの通信可能範囲が制約される。今後、経済性・施工性を考慮し、少数の無線機で広範囲をカバーできる高性能無線機の開発を促進していく必要がある。

8. あとがき

本システムは、トンネル内の資材搬送システムとして開発したが、今回は特に中継式無線通信システムの採用により、信頼性と施工性が著しく向上した。ズリ搬出を伴う泥土圧式シールドのような機関車の走行頻度の高いトンネル工事では、本システム導入の効果はかなり大きいといえる。

今後、さらに長距離化すると予想されるトンネル工事において、本システムの必要性は高まってくると考えられるが、さらなる搬送効率の向上を目指した本システムの改良改善をおこなっていく所存である。

〔参考文献〕1) 大坂, 村上 他: トンネル自動搬送システム(ジオ・シャトル), 土木学会「最新の施工技術・12」, pp51-58, 1998. 11

2) 村上, 高橋 他: 中継方式による坑内無線通信システム, 土木学会「第53回年次学術講演会, 1998. 10