

長距離トンネル自動搬送システムの開発(その1) — システムの概要 —

佐藤工業(株)	正会員	○高橋 浩
佐藤工業(株)	正会員	石田義昭
佐藤工業(株)		柳瀬良輔
佐藤工業(株)		村上裕二

1. はじめに

建設労働者の高齢化、若年労働者の建設業離れが顕在化している昨今において、施工現場の安全性および生産性の向上を目的とした無人化・省人化技術の開発が熱を帯びている。とくにトンネル工事における掘削技術の進歩はめざましく、都市トンネルでのシールドマシン、山岳トンネルでのトンネルボーリングマシン等の採用により掘削技術が大幅に機械化され、これによってトンネルの長距離施工が可能となった。これに伴い、長距離トンネルの資材および掘削土砂の高速大量輸送の重要性がクローズアップされてきている。とくに、小断面トンネルにおいては搬送に割り当てられる空間が限定されるため、生産性および安全性向上の観点から坑内輸送を自動化し、切羽以外の坑内を無人とすることが望ましい。

本報は、延長5～10km程度の長距離小断面トンネルを対象に、無人走行機関車を用いて資材搬入および掘削土砂搬出を安全かつ自動で行うことを目的として開発された「長距離トンネル自動搬送システム」の概要について報告するものである。

2. 自動運行規則

本システムは、資材搬入と掘削土砂搬出を兼ねた列車を、地上の中央制御装置によって自動的に運行させるものである。列車は単線軌道を走行し、数箇所に設置された離合区間において上下各列車が擦れ違う。そのため、システムにおいては隣り合う離合区間を1運行区間とし(図-1参照)、これを車両の走行単位として全列車の自動運行を制御している。各列車は離合区間で必ず停止し、基本的には次の条件をすべて満たした場合のみ前方の1運行区間を走行し、前方の離合区間で再び停止する。

- ① 離合区間において、上下の2列車が停止していること。
- ② 同方向を走向する前方の列車が2運行区間に存在しないこと。
- ③ 対向列車が前方の1運行区間を走行していないこと。

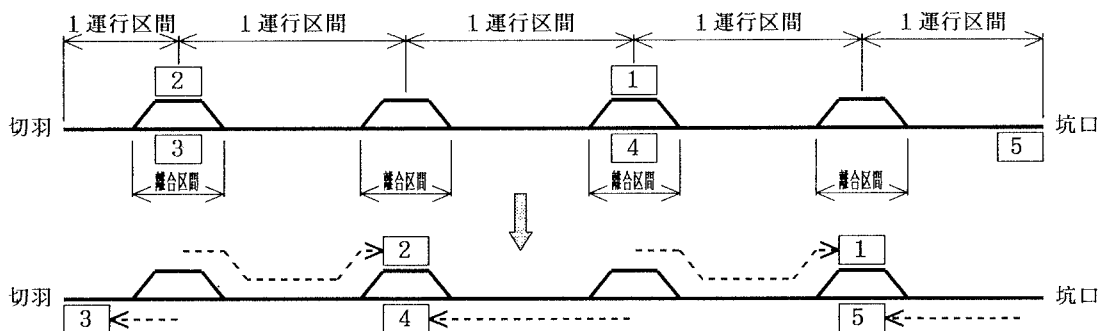


図-1 自動運行規則概念図

3. 手動運転と自動運転の共存

本システムでは、掘削土砂の搬出およびセグメントなどの主要資材の搬入を自動運転の対象と考えているが、現実の施工現場においては、作業員や裏込材等の資材など、不定期ではあるが重要な搬送作業が要求されることが多い。これらの搬送を自動運転列車を利用して行うことも可能であるが、搬送効率および安全性

の低下は避けられず、自動搬送とは別に手動運転列車を運行する余地を残して、システムに弾力性を持たせることが望ましい。しかし、小断面トンネルにおいては、自動運転列車軌道から完全に独立した形で手動運転列車軌道を設ける余裕のない場合が多く、本システムにおいては図-2に示すように、一部自動運転と手動運転の列車が離合区間において軌道を共用することとし、自動運転優先を基本として次のような制御を行っている。

- ①中央制御装置が全列車の位置を監視し、手動運転列車が共用区間へ安全に進入できるように自動で信号の制御を行う。
- ②手動運転列車の動きを常時監視し、これが自動運転列車の安全走行に支障をきたすおそれがある行動をとった場合（信号無視、共用区間での長期滞留等）は自動運転列車を緊急停止させる。

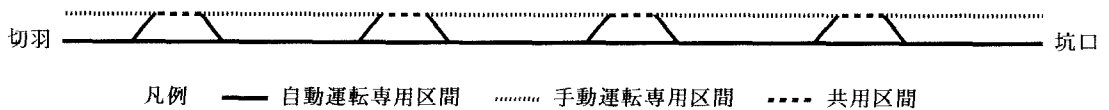


図-2 自動運転/手動運転軌道概念図

4. システムの主要機器とデータ送受信

上述の自動運行制御は、誘導無線を介して地上の中央制御装置と各機関車のプログラマブルコントローラ間のデータ送受信によって行われる。離合区間などの主要な地点に設置されたデータキャリアからは、地点番号、坑口からの距離程および列車走行方向に適した列車速度などのデータが常時発信されており、ここを通過した機関車はR/Wヘッド（アンテナ）を通じてこれらのデータを読み取る。機関車は内蔵エンコーダと距離程データから走行距離を常時計算し、現在位置・走行方向・速度・目的地（地点番号）等を誘導線を通じてリアルタイムに中央制御装置に伝送する。中央制御装置は、それぞれの機関車から送られる走行データによって全列車の走行状況を把握し、各機関車に適切な指令（目的地、緊急停止など）を与える。さらに、機関車自体の故障、線路上の障害物の存在、システム管理区間を越えた列車のオーバーランなどが発生した場合は、機関車が各種センサーによってこれを検知して自動停止し、その情報を中央制御装置に伝える。

また、これらの運行状況は、中央制御装置および切羽に設置されたモニター上に表示されるとともに、自動蓄積された各車の運行記録を統計処理し、運行計画の見直し・早めのメンテナンスなど、施工効率および安全性の向上を図っている。

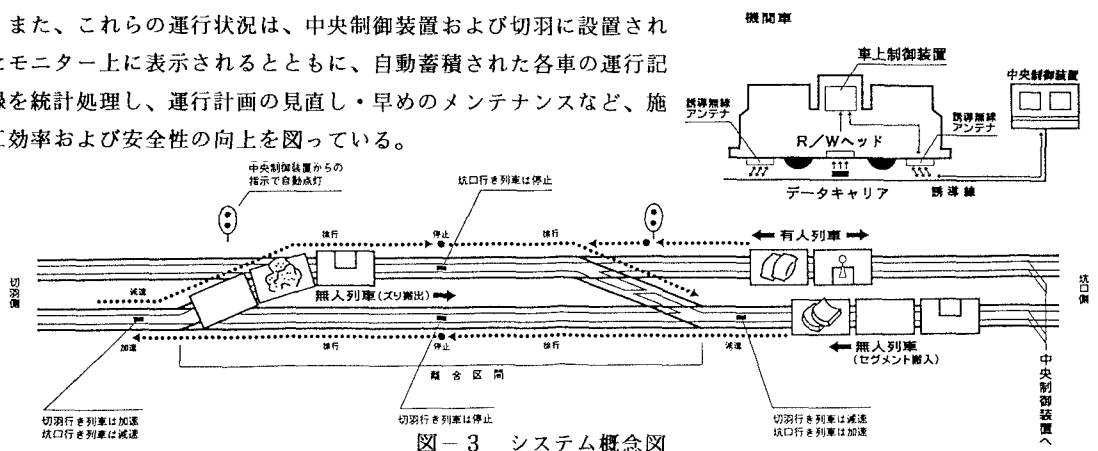


図-3 システム概念図

5. おわりに

長距離小断面トンネルでの自動搬送システムの考え方と手段について、その概要を報じた。当システムは、実車を用いた走行実験によってシステムの信頼性が検証された上で、平成6年9月より導水路新設工事に導入され、現在順調に稼働中である¹⁾。今後、使用実績を積み重ね、生産性・安全性・経済性のバランスのとれたシステムへと改良を続けていきたい。

参考文献 1) 鈴木他(1995)：長距離トンネル自動搬送システムの開発（その2）－導水路工事への適用－