

III-660

無人搬送システムの実用化にむけて

（株）フジタ 正会員 堀籠 昌弘

正会員 大和久勇治

1. はじめに

近年シールド工法の技術的発展はめざましいものがある。特に、大断面、大深度、長距離化等の適用領域の拡大や、マルチフェイス・DOTといった多円形シールド、及び矩形断面を対象とした自由断面シールドなどの合理化断面シールドの開発、並びにシールド機の方角制御、セグメント組立などの自動化・無人化をめざした要素技術の開発がさかに行われている。

しかしながら、シールド工法の完全自動化にはほど遠く、まだまだ人間の手を煩わさなければならないのが実情である。特に、小口径・長距離シールドにおいては、人間的な労働環境・安全性の確保の面で、より一層完全自動化が望まれるものではあるが、空間的・経済的制約などの点で、完全自動化を難しいものになっている。

本稿は小口径、長距離、急勾配といった制約条件の中で、機関車オペレーターの作業条件の改善と坑内労働者の安全確保ならびに将来的なシールド工事の完全自動化へのワンステップとして実験的に導入した「坑内無人搬送システム」について報告する。

2. バッテリー機関車無人搬送導入理由

当工事では、①運転手がセグメントに頭をぶつけるほど坑内が狭い。②坑内が狭く安全通路が確保できない。③運転姿勢が窮屈な体勢のため運転手が走行中、通行人を確認しづらい。④勾配が急なため、有人運転でブレーキ故障になると大事故につながる等の施工環境の中、十分な安全性を確保するために無人搬送システムを導入した。

3. 無人搬送システム概要

（1）システムの概要

本システムは、坑内での無人搬送区間である自動運転（誘導無線）区間と、坑内および切羽の作業員が、リモコンを使って機関車を誘導する無線作業区間に大別される。

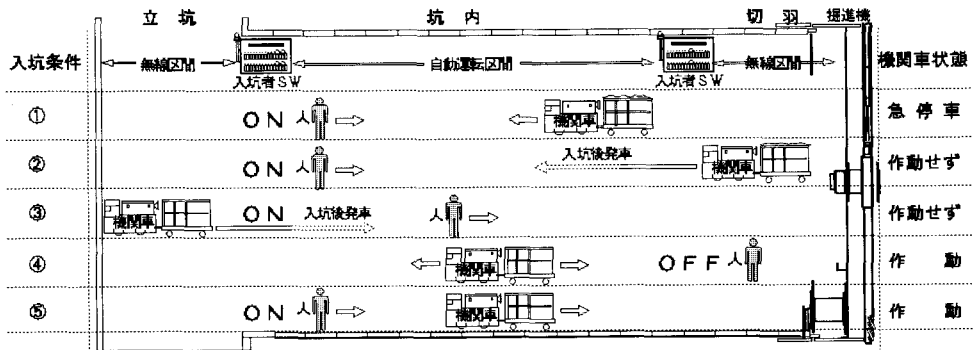
操作手順は①無線で誘導無線内にバッテリー機関車を移動し操作盤の発進スイッチを押す。②誘導無線により、坑内を走行（自動運転区間）この時、制御室の中央コントロール盤において、パルス信号ランプによる、バッテリー走行表示 走行状況ランプ（50mピッチ）の点灯による位置表示を行う。③自動運転終了位置の停止発磁体を感じし停止する。発磁体は掘進の進捗に応じて、位置を移動する。④無線により機関車を切羽に移動しセグメントの荷卸し、掘削土の積み込みを行う。⑤積み込みが終了し、切羽より坑口に向かう列車は、坑口手前の減速および停止発磁体を感じし減速、自動停止する。そこから立坑までは立坑運転者が無線機により誘導する。

（2）安全装置について

本システムは坑内で作業する人間の安全を第一に考えたシステムで①2.5%勾配の下り実車のため、速度6km/hrを越えると発電制動ブレーキを作動させる。②いかなる時も坑内にいる人を優先に考え、機関車の走行制御用安全運行管理システムを導入、坑口側および切羽側に入坑管理のためのスイッチボックスを設置した。このシステムは、職員、作業員が固有の番号を持ち、自動運転区間に入坑する際、自分の番号のスイッチを押すと中央制御室の入坑管理画面の入坑者番号が赤く点灯、入坑者を管理するもので、スイッチが押されている間、機関車は自動運転区間を走行開始することができない。下記に簡単な作動説明図を示す。③坑口側と切羽側にセンサーを設置し、入坑者が自動運転区間にスイッチを押さずにいった場合、音声にて入坑ボタンを押すよう呼びかけ注意を促す。

④センサーが感知せず誤って入坑、機関車が近づいてきた場合、誘導無線の線を断線させる事により、列車を緊急停車させる事が出来る。（100mに1箇所非常停止SWを設ける）⑤機関車本体には障害物探査のために、超音波と光センサーをにより機関車を停止させる安全装置をほどこしている。

運行管理作動説明図



4. 自動運転実施結果

バッテリー機関車の自動運転を実施して、誘導無線の断線、光電センサー、超音波センサーの異常、誘導無線の無線受信不良等のトラブルはあったが、無人のバッテリー機関車により、セグメント、掘削土砂の搬送を行うという当初の目的は達せられた。

このシステムにより、頭を屈めた無理な姿勢で、10数分間バッテリー機関車を運転するという悪い作業姿勢、そして、危険から運転手を開放することができ、かつ作業員の省力化を図ることができた。

最小断面（セグメント外径φ1,800mm）のシールドで、バッテリー機関車の無人化を実現できたことは、設備面での条件が緩和される他のシールドでも充分実用化できることの証明である。また、バッテリー機関車の発進を、立坑、切羽側だけでなく中央制御室でも発進、停止、加速、再発進を実施した事により、シールドマシン操作とバッテリー機関車の運転を、中央制御室で一括管理することも可能となった。

今後の狭小断面での作業条件、安全性の向上に役立つ事に期待したい。

5. 終わりに

今回、無人搬送システムを最小断面シールドで実践できたことにより、他シールド工事への応用性は高いと考える。中央制御室での集中制御も実現出来たことにより、坑内作業の完全無人化、制御室でのワンマンコントロールの掘進管理と、工場のような高度で高環境なシールド工事の実現へ向け1歩前進することができた。

今後さらに一歩前進させるためには、セグメント、配管、掘削土の坑口部および切羽部での自動積み込み、そして、セグメントの自動組立を実現していくことである。この実現のため、機会ある毎に導入実験を繰り返す事が成果となって現われていくわけだが、作業所だけの新技術導入では多くの面でまだまだ困難が予想される。

しかし、シールドの無人化は将来の高齢化社会に向けて避けては通れない技術革新の1つであり、安全性拡大の目標に向けての歩みを遅らせてはならないと考える。