

33. 泥水シールド工法における送排泥管延長ロボットの開発

(株)熊谷組：*三村 友男・阿部 茂木
和田 雅史

1. はじめに

シールド工法は、現在注目を集めている「地下空間の開発」において不可欠のものとして、一層重要性を増している。これに伴い、トンネルは大口径化・長距離化する傾向にあり、その施設の早期利用の必要性から施工の急速化が強く望まれている。このような社会情勢に応えるために、現在当社では、「トンネル急速施工システムの開発」を進めており、本報ではその一環として今回開発した、泥水シールド工法における送排泥管延長ロボットについて紹介する。



写真-1 送排泥管延長ロボット

2. 開発の経緯

泥水シールド工法における流体輸送設備の送排泥管延長は、シールド機が一定距離掘進する毎に後続台車の後方で繰り返し行われる作業であり、シールドの掘削完了と同時にセグメント組立と並行して行われる。このため、通常の掘進サイクルタイムを維持して行くためには、セグメント組立時間内に延長作業を行うことが必要である。図-1に従来の送排泥管延長の施工手順を示す。

これらの作業は、延長位置へのパイプの移動はもとより、ジョイント時のパイプ端面同士の突合せ及び芯合わせ等を全て数名の作業員の手作業に頼っており、不安定な足場状況での危険を伴う重労働となっている。更にトンネルの大口径化に伴う管径、管重量の増大、及び長距離化に伴う延長作業の繰り返し回数の増加等から機械化による省力化・作業時間短縮の必要性が高くなっている。

本ロボットは、このような状況のもとに省力化、作業時間の短縮を可能にし、安全性の向上を目的として開発した送排泥管延長の自動化装置である。



図-1 送排泥管延長の施工手順

3. 送排泥管延長ロボットの概要

3. 1 特長

本ロボットはつぎのような特長を有している。

- (1) 所定の配管延長位置へ坑内軌道上を自走し、延長パイプの把持、搬送から、パイプの位置決め、及び継ぎ手ジョイント後の装置の原点復帰等の動作を自動で行う。
- (2) 手作業では取り扱いが困難な、管径及び管重量の大きなものの延長作業が可能である。
- (3) パイプの把持、搬送、位置決め等の作業が全て自動制御による機械操作となるため、極めて安全性が高い。
- (4) 従来の手作業に比べ、延長作業時間の短縮、及び省力化が出来る。
- (5) ロボット上に、延長作業に必要なパイプをストックしておくことが出来る。
- (6) 運転操作を大幅に自動化したので運転が簡単である。

3. 2 ロボットの構成

送排泥管延長ロボットの全体図を図-2に示す。本ロボットは、所定のパイプ延長位置へ移動を可能にする門型自走式の「走行台車」本体、パイプを確実に把持するための各種ハンドを備えた「ハンドリングビーム」、2段式の油圧ジャッキを内蔵し、ハンドリングビームの昇降を行うテレスコピック構造の「昇降装置」、ハンドリングビームの横行を行う「横行装置」、及びこれらを総合的に制御する制御装置から構成されている。また、台車上にはパイプ搬送時の効率を考慮し、パイプのストック場所を設けている。

項目	仕様
形式	門型 自走式
軌間	5750 mm
走行速度	9 m / min.
ハンドリングビーム速度	5 m / min. 3 m / min. 20m / min.
使用電動機	2.2kW 4P 2台 (ハンドリングビーム用) 11kW 4P 1台 (横行装置用) 3.7kW 4P 1台 (走行ユニット)
適用範囲	管径 8"~14"、長さ 6m、重量 max. 300kg 1サイクルの延長 6m×2本の12m延長

表-1 主要仕様

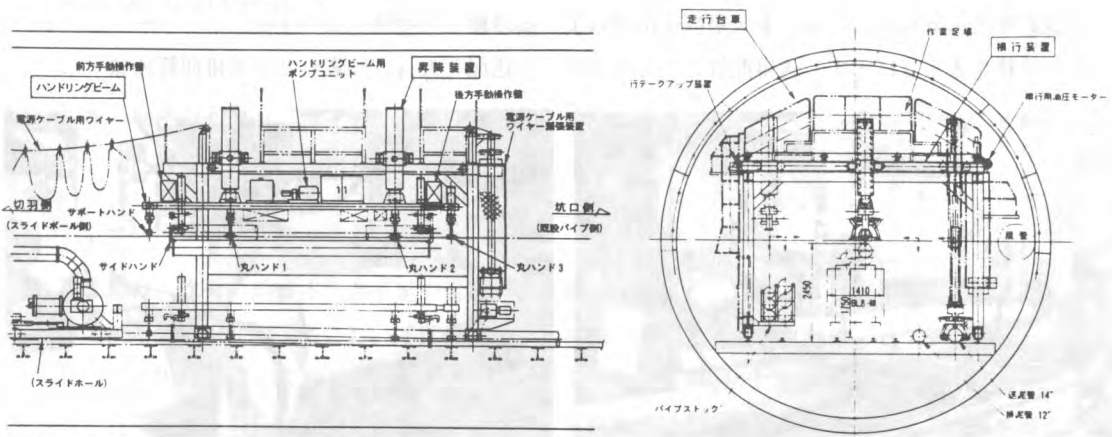


図-2 送排泥管延長ロボット全体図

3. 3 ロボットの機能

図-3に本ロボットの基本動作フローを示す。これらの作業を行うため次のような機能を設けている。

- (1) パイプ延長位置への自動台車位置決め機能
- (2) パイプストック場所からのパイプ自動取り出し機能
- (3) パイプ延長位置への自動パイプ搬送機能
- (4) ジョイント時の双方のパイプ端面の自動芯出し機能
- (5) 継手金具締結後、ハンドリングビームを安全な位置へ退避させる原点復帰機能

また、運搬台車からパイプストック場所へのパイプ積み込み作業は、無線操縦によるワンマン操作により容易に行うことが出来る。

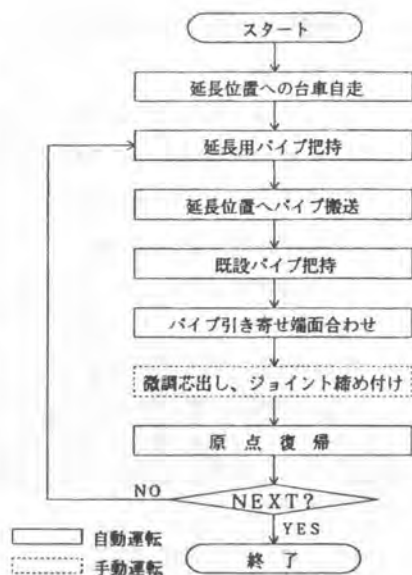


図-3 基本動作フロー

3. 4 安全対策

安全性確保のため次のような安全装置を設置している。

- (1) 作業員が送排泥管延長ロボットに近づいた時に警報を発する人体センサ付き音声合成回転灯
- (2) 自動運転中、ハンドリングビーム作業範囲に作業員が入った時、非常停止をかけるエリアセンサ
- (3) 各所に非常停止用の押しボタン及びタッチセンサ
- (4) 本ロボットの運転モードを周囲に知らせるため、走行台車前後に設置した大型通報灯

4. φ10m大口径泥水シールドにおける施工例

本ロボットは本年2月から神奈川処理区小机千若雨水幹線下水道整備工事に適用され、現在稼働中である。本工事はシールド外径φ10mの大口径泥水シールドで、施工延長2600mの長距離施工となっている。本工事に使用されている送排泥管の仕様を表-2に示す。送排泥管共に各1系列で、送泥

名称	パイプ仕様	重量
送泥管	つる巻管 148×2t×6m	135kg/本
排泥管	STPG 12B×6.4t×6m	300kg/本
1サイクルの延長	送排泥管共に6m×2本の12m延長	

表-2 送排泥管仕様



写真-2 送排泥管のハンドリング



写真-3 送泥管端面の自動芯出し

管は14Bの大口徑パイプ、排泥管は1本300kgの重量パイプである。また、1サイクルの延長において送排泥管共に6m×2本の12mずつ延長作業を行っている。

4. 1 従来方式との比較

本施工において延長作業に要している時間と、従来方式（ホイスト使用）の場合との比較を図-4に示す。延長1サイクルの所要時間は約35%削減されている。このうち、手作業の占める割合は大幅に低減されている。また、延長作業に要する人員数についても50～60%削減されることが確認された。操作面においては、操作の大部分が自動化されているため誰でも熟練を必要とせず簡単に操作できることも確認された。

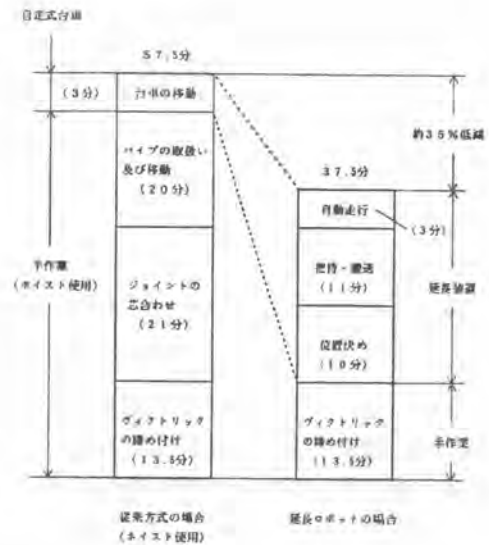


図-4 延長作業時間の比較

4. 2 送排泥管延長ロボットの導入効果

本工事における送排泥管延長ロボットの導入効果をまとめると次のようになる。

- (1) 労働負荷の軽減 従来の手作業による重量パイプの取り扱い作業が全て機械化されて、労働負荷が軽減された。
- (2) 安全性の向上 不安定な足場状況での、手作業による重量パイプの取り扱いが全く不要となり、大幅に安全性が向上した。
- (3) 省人化 延長作業に要する人員数が従来に比べて50%～60%削減され、省人化が図れる。
- (4) 施工サイクルの向上 延長作業の時間短縮、及び省力化が出来るので、全体施工サイクルの向上が図られる。
- (5) 施工能率の向上 ロボット上に、延長作業に必要なパイプをストックしておくことにより、施工能率が向上した。

5. おわりに

建設業では、昨今の熟練技術者不足や労働者の高齢化等により、自動化・ロボット化の技術は不可欠となっている。シールド工法においては、自動方向制御、運転・掘削の自動化、セグメント組立のロボット化など実用段階にあるものも見られるが、施工全体の完全自動化に向けては今後解決されなければならない課題も多く残されている。こうした中で、本開発機はシールド施工の自動化の一翼を担うことができたと確信する。今後は、配管継手締結の自動化を図ると共に、施工全体の完全自動化に向けて更に研究開発を進めていく所存である。