

VI-116

水路トンネル補修ロボット化工法の開発(その2)

ーTSL工法による覆工コンクリート打設ロボットの設計と性能確認ー

鉄建建設(株) エンジニアリング本部 正員 青木 義治
 東京電力(株) 工務部 工務土木課 正員 中村 隆幸
 東京電力(株) 工務部 工務土木課 正員 菅沼 康男
 鉄建建設(株) エンジニアリング本部 正員 本間 勉

1. はじめに

TSL(Tunnel Swift Lining)工法は、NATMにおける吹付けコンクリート時の粉塵・はね返り防止を目的として開発され、任意の巻厚で高強度・高品質の覆工コンクリートを迅速に施工できる特徴があることから、経年劣化した水路トンネルの補修工法への適用性を確認し、実用化のためのロボット化の開発を行った。本件ではTSL工法による覆工コンクリート打設ロボットの設計と性能確認の概要について述べる。

2. TSL工法の概要

TSL工法は、図-1に示すように円周方向に移動するベルト式移動型枠と既設コンクリート面との間にノズルにより流動性のある急硬性コンクリートを順次吹込み、迅速に覆工コンクリートを形成する。このコンクリートは、先に吹込んだ急硬性コンクリートの流動性が残っている間に次のコンクリートが吹付けられることにより一体化した覆工を形成する。

覆工コンクリートの施工手順は図-2に示すように左右の側壁部を順に打設し、その後に天端部を併合する。

この工法の利点は次の通りである。

- ①. 粉塵およびはね返りがない。
- ②. 覆工面は一様で平滑な仕上がり面が形成される。
- ③. 密実で高品質な覆工が施工できる。
- ④. 5cmから40cmまでの任意の巻厚に調整できる。

3. ロボット化に適した急硬性コンクリート

TSL工法のロボット化を行う場合、ロボットの作動機構及び現場状況に適した高品質の急硬性コンクリートを合わせて開発する必要があるが、この対応として急結剤と遅延剤を打設直前のコンクリートに適量添加することにより初期流動時間の保持と短時間に自立強度に達する急硬性状を確保できる特殊配合の急硬性コンクリートを既に開発している。

4. 覆工コンクリート打設ロボットの設計

(1) 要求機能

従来のTSL工法の覆工機械は、移動型枠の旋回方法としてトンネル形状と相似形のガイドフレームを用いているため、各種断面への適用性、機動性、作業性等の向上に対する改善が必要である。このためロボット設計にあたり次のような要求性能を設定した。

- ①. 対応断面：R=1,250~2,400mmの円形断面
- ②. 施工速度：120min/1サイクル以内
- ③. 平滑な仕上面の確保
- ④. 1回の打設厚さ：5~40cm
- ⑤. 発生粉塵量：1.0 mg/m³以下
- ⑥. 作業安全の確保

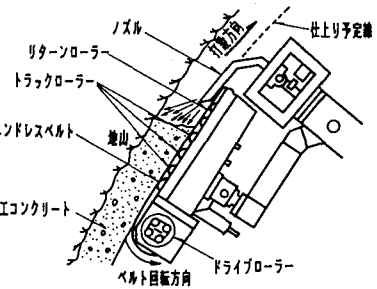


図-1 TSL工法のコンクリート打設メカニズム

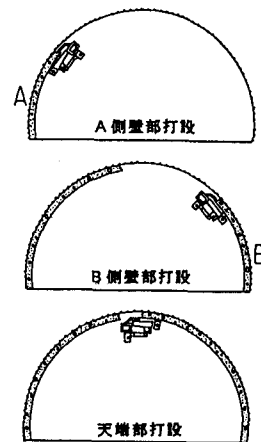


図-2 コンクリート打設順序

(2) 設計の基本方針

上記の要求機能を満足させるため各種予備実験結果を踏まえ、コンピューター制御による移動型枠の伸縮アーム旋回方式をベースに覆工コンクリート打設ロボットの基本設計を行った。設計面で特に配慮した点は図-3のとおりである。

(3) 設計仕様と全体概要

覆工コンクリート打設ロボットの設計仕様及び全体概要は図-4に示すとおりである。

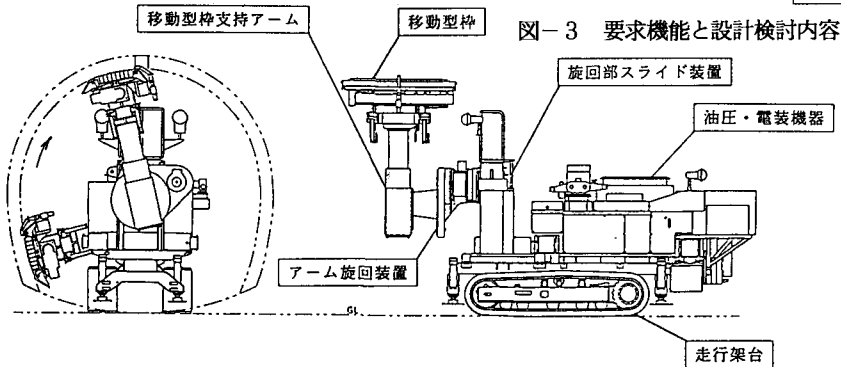
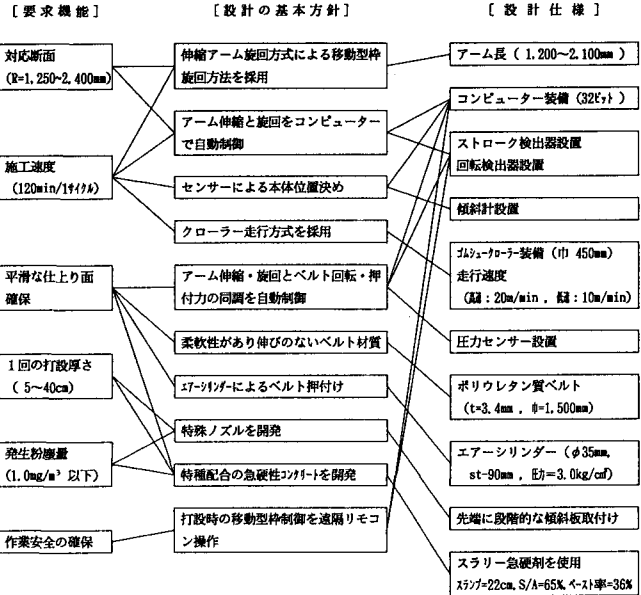


図-3 要求機能と設計検討内容

図-4 覆工コンクリート打設ロボット全体概要図

4. 性能確認結果

上記の設計により覆工コンクリート打設ロボットを試作し、模擬トンネルおよび実水路トンネルで計測を行い性能を確認した。その結果を表-1に示す。

表-1 覆工コンクリート打設ロボットの性能測定結果

項目	単位	模擬トンネル	実水路トンネル	備考
覆工能力	m ² /hr	4.6	6.0	覆工厚さ 10cm
施工サイクル	min/サイクル	160	120	半径1,863mの馬蹄形断面
発生粉塵量	mg/m ³	0.1	0.1~0.3	
コンクリート強度	kgf/cm ²	340	310	σ_{28} 強度

5. おわりに

TSL工法による覆工コンクリート打設ロボットの開発により、各種トンネル断面への対応と作業時間の短縮が可能となり、コンクリート覆工作業の安全性、省力化、効率化を図ることができた。

TSL工法の適応範囲は、はつり工法との組合せにより広範囲となり、全面巻替えあるいは既設コンクリート表面の一部巻替えを施す方法等の適用が考えられる。

今後は、実証試験工事の実績データを基に、より操作性・施工性の良いロボットとするように改善を重ねて行くこととする。