

III-69

CLiPシステムによる新しいトンネル一次覆工法の開発（その1）

三井建設機械材部 正会員 三原準一
 三井建設土木技術部 正会員 本多正人
 三井建設機械技術研究所 正会員 酒入修

1. はじめに

NATMによるトンネルの一次覆工では、吹付けコンクリート工法が用いられているが、粉じんの発生による作業環境の悪化およびはね返りによる材料損失等の問題が表面化してきた。

当社は、これらの問題を解決すべく新たなトンネル一次覆工法、CLiPシステム（Clean Lining by Pumping and Plastering：クリップ）を開発し、昭和62年7月に模擬トンネルでの実証実験を行い所期の目的を達成した。本稿では、実証実験までの研究開発について報告する。

2. CLiPシステムの概要

本システムは、鋼製支保工をガイドとして坑壁円周方向に移動するベルト型枠とコンクリートポンプ打設を組合わせ、圧縮空気を全く用いずに急結性流動化コンクリートを型枠内に打設し、地山と密着した一次覆工コンクリートを構築するものである。システムの概要を図-1に示す。

3. 第一段階における研究開発

開発経過を図-2に示す。各開発段階での主な研究項目は次のとおりである。

(1) 施工法の検討

本システムの開発目標として、①粉じんの発生が全く無いこと、②覆工材料の損失が無いことが掲げられた。さらに開発目標値として、③ベルト型枠の移動速度を30cm/min、④天端閉合時に打設終了後3分で脱型できる強度が得られる材料であることとした。その結果、上記の基本システムが考案された。

(2) 基礎実験

a) 材料

急結剤は、上記の目標値を満たす急硬性セメント鉱物系の粉体急結剤を混和材メーカーと共同開発した。この粉体急結剤と専用の凝結調節剤と水を混合して懸濁液にして使用する。凝結始発時間は、凝結調節剤により30秒～10分の間で自由に設定できる特徴を持っている。

コンクリートの配合は、必要強度およびワーカビリティを考慮して決定した（表-1）。

b) 先端攪拌装置

次に、懸濁液の急結剤をコンクリートに均一に混合する装置の開発を行った。本システムの材料は凝結が非常に早いため、打設管先端部で急結剤を添加・混合できる装置が要求され、打設管先端部に装備した攪拌翼から急結剤を添加すると同時に、管内のコンクリートを強制的に攪拌することで、均一に混合できる装置を開発した。急結剤は脈流を生じないグ

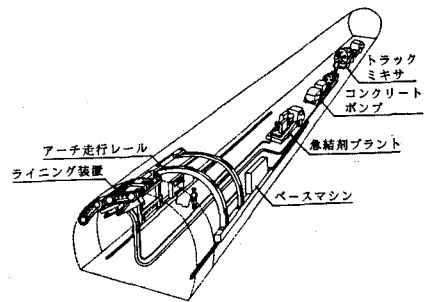


図-1 CLiPシステム概観図

第1段階	◆事前調査・問題点の抽出
	◆施工法の絞り込み
第2段階	◆急結剤の開発
	◆コンクリートの配合試験
第3段階	◆先端攪拌装置の開発
	◆コンクリートの強度特性
第4段階	◆ライニングマシンの開発
	◆模擬トンネルでの実験

図-2 開発経過

表-1 コンクリート配合

細骨材の 最大寸法 (mm)	スランブ の範囲 (cm)	水セメン ト比 W/C (%)	細骨材率 s/a (%)	単位セメ ント量 C (kg)
15	15±2.5	52	44	310

ラウトポンプで圧送することにし、吐出量の管理には、電磁流量計を用いた。

この先端攪拌装置の開発実験では、攪拌翼の形状、枚数、段数、回転数、コンクリートの粗骨材寸法等を変えて、最適な仕様を定めた。次に、天端閉合時の打設を想定し、底の無い枠だけの型枠に厚さ25cmのコンクリートを打設する実験を行った。打設後3分で型枠を吊り上げてコンクリートに変形の無いことを確認した（写真-1）。

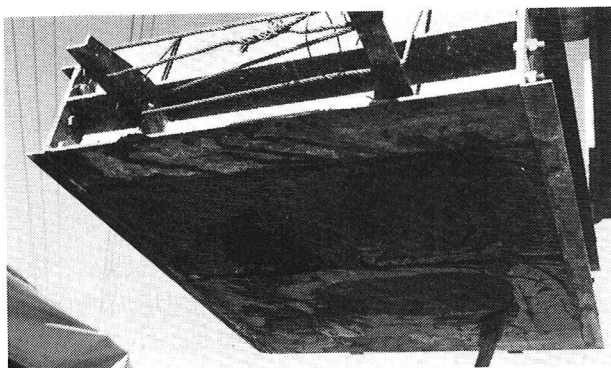


写真-1 コンクリート打設実験

また、コア採取を行い、コンクリートの圧縮強度試験を実施し、攪拌装置の効果を確かめた。その結果、所期の目的を満足できる攪拌性能を有した装置であることを確認した。

4. 模擬トンネルでの実証実験

次の開発段階として、先端攪拌装置を組み込んだライニングマシンを開発し、模擬トンネルにおける実証実験を行うことにより、施工性の確認、打設されたコンクリートの充填性、地山との密着性、打設されたコンクリートの特性等の確認を行った。

（1）ライニングマシン

ライニングマシンのベルト型枠は、鋼製支保工のフランジ面とのシール性に優れ、天端での閉合が確実にでき、運転操作が容易なものでなければならない。そこで、鋼製支保工に押し付けながらベルト型枠を移動する方法を採用し、鋼製支保工とベルト型枠および固定板（先端攪拌装置の支持板）とのシール性を高めることとした。装置構成は、2基のベルト型枠、ベルト型枠制御部、先端攪拌装置、アーチ走行レール、油圧・電気部、架台とした。

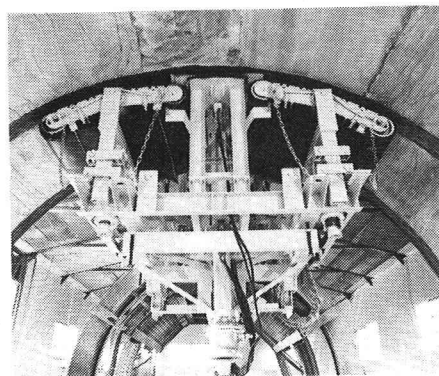


写真-2 ライニングマシン

（2）実証実験

実証実験（模擬トンネル断面15㎡）の結果では、ほぼ満足
のゆく結果が得られたが、鋼製支保工の不揃いや、鋼製支保工の曲線部でのベルト型枠の追従性が悪いことなどが原因で、コンクリートの漏れを生じた場合もあった。このため、ベルトの材質と施工面および運転操作の両面からの改良がさらに必要となった。ライニングマシンを写真-2に示す。

（3）成果

一連の実験および実証実験を通じて、所期の目的である粉じんがないこと、コンクリートの品質、充填性、地山との密着性が良いこと等が確認でき、トンネルの一次覆工が可能であることが実証されたものの、実トンネルでの施工性、サイクルタイム、妻止め方法などが今後の課題として残った。

5. おわりに

実証実験は小断面での覆工であったため鋼製支保工の曲率が小さく、ベルト型枠移動時の鋼製支保工との密着性に問題があったが、粉じんのない良好な環境のもとで作業することができた。今後は、実用化に向けて、施工性の向上を図るための機器の改良を行い、さらに経済性にも検討を加えてゆく考えである。

【参考文献】

- 1) 定塚定行：山岳に初の新技術(15)、トンネルと地下、1988年 6月
- 2) 酒入修ほか：覆工用急結性流動化コンクリートの研究、土木学会第43回年次学術講演会、V-156