

PSⅥ-5 CLiPセントルシステムによる無粉じんトンネル覆工法

三井建設(株)土木技術部

正会員 湯浅康尊

松永孝介

佐賀工業(株)

北村光男

電気化学工業(株)

平野健吉

1. はじめに

NATMで用いられている、吹付けコンクリート工法で発生する粉じんを全く発生させない、新しいトンネル覆工法として、CLiPシステムを開発してきたが、このシステムの適応性を高めるためCLiPセントルシステム（CLiP: Clean Lining by Pumping）を開発した。これを実大規模の模擬トンネルで、プロトタイプの実機による実証実験を実施し、作業性、つま止め性能等を確認したので報告する。

2. 実証実験の概要

本システムは、折たたみ式セントルをキャタピラ式のベースマシンに搭載し、トンネルの一次覆工を行うものである。

模擬トンネルの規模は、日本道路公団標準断面級の上半部であり、諸元を以下に示す。

◇半径 5.4m ◇打設スパン数 3スパン ◇1スパン長 1.2m

◇打設厚さ（側壁部） $t=200\sim500\text{mm}$ （肩部～天端） $t=150\text{mm}$

3. 覆工コンクリート材料

本システムでは、ポンプ圧送されたコンクリートに、打設管先端部で、新たに開発された急硬材デンカノミックタイプM₂を添加することで、材料の流動性と急硬性を得ている。この急硬材は粉体で供給され、使用時に水と混合して懸濁液として用いる。このとき、凝結開始時間を調節するセッターを同時に混入する。

表-1と表-2にコンクリート標準配合と、急硬材の配合を示す。

表-1 コンクリート標準配合

最大骨材 寸法(mm)	スランブ (cm)	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)			
				W	C	S	G
15	18±2.5	52	50	187	360	876	876

表-2 急硬材配合

急硬材 添加量 (C×%)	セッター 添加量 (セ×急)×%	総W/C (%)	単位量 (kg/m ³)		
			急硬材	セッター	水
10	3	53.6	36	1.08	25.2

4. 実証実験の結果と考察

(1) 作業性

CLiPセントルマシンの走行速度は、平地で計測したところ、7m/minであった。実際の施工の場合、待避場所から切羽までの移動時間は、10分程度と想定される。

型枠を開閉する時間は6分程度であるが、これを所定の位置にセットするのに時間がかかった。今後の作業手順の改良と、操作の習熟により短縮できるものと考えられる。

つま止めは、型枠スキンプレート内側に設けたスライド板を切羽方向に押し出し、スライド板先端に取り付けた気泡性弾性体を、切羽（模擬岩盤部を含む）に押し付けることで行った。このスライド板は、円周方向に50枚に分割されており、これを手動油圧ジャッキで一枚ずつ押し付けたため、非常に時間がかかった。将来的には、油圧ジャッキを使用した自動化を考えている。

打設時間はコンクリートポンプの能力によるが、今回の実証実験では、1スパン5m³の打設量を約1時間で打設した。コンクリートポンプの最大吐出量は17m³/hである。



写真-1 CLiPセントルマシン

(2) 打設時の状況

コンクリートの打設口は、型枠天端一個所であり、打設中は、ここからほぼ左右均等にコンクリートが打設されているのが確認できた。しかし、何らかの原因で打設が中断すると、打設口周辺部のコンクリートが硬化し、打設再開時に堰ができる現象が見られた。これにより、左右に流れるコンクリートの量が不均等になり、左右の打設高さの差が2.5m程度になったことがあったが、型枠に異常は見られなかった。

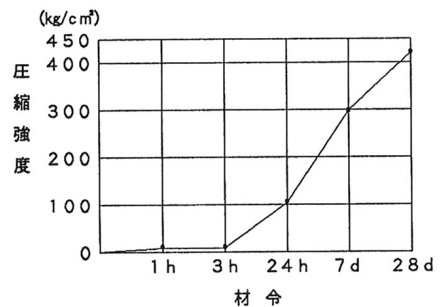
打設時のコンクリート圧力は、最大値 0.14kgf/cm^2 が側壁部で測定された。また、打設されたコンクリートが凝結を始めると、型枠に作用する荷重は減少していくのが確認できた。

(3) つま止め

つま止めのスライド板先端部には、地山の凹凸に追従し密着度を高めるために、防水加工した気泡性弾性体(断面形状 $30\text{cm}\times 30\text{cm}$)を全周にわたり5分割して配置した。この弾性体の押し付け量が不足していた場所で、打設時にコンクリートの漏れ出しが見られた。

(4) 強度特性

短期および長期の圧縮強度の推移を図-1に示す。圧縮強度は、28日で 420kgf/cm^2 を示し、設計強度に対して十分である。また、天端一個所から打設したため、材料分離が無いことを確認するため、下端部と天端部のコア採取試料による圧縮強度試験およびシュミットハンマーによる強度試験を行ったところ、明確な差は認められなかったため、材料分離の無いことが確認できた。



(5) 出来形

型枠を脱型した覆工の出来形は、設計通りの平滑な仕上がりであった。しかし、天端から打設するため、打設中のコンクリートが剝離材をはがし、スチールフォーム表面にコンクリートの付着が若干みられた(写真-2)。

(6) 考察

今回の実証実験から、所期の性能を確認できたが、実トンネルでの施工を考慮すると、さらに次のような改良する必要がある。

実際の地山掘削面の凹凸が千差万別であるため、つま止めの材料および方法については、さらに改良し、つま止め方式や材料の種類を増やすことで、様々な地山に適用できるようにする必要がある。また、急硬材を添加、混合する装置は、コンクリートの粗骨材の最大寸法を 15mm 程度で考えているが、今後の汎用性を考慮し、粗骨材寸法 25mm のコンクリートを使用できるように、打設管の大口径化を図ることとした。



写真-2 天端付近出来形

5. おわりに

これまでの開発を通じて、依然としてつま止めが最大の開発すべき課題であるが、今回の開発でかなり開発が進んだと思う。また、システムもかなり実用的なものが開発できた。

今後は、実トンネルでの試験施工を行い、実用化に向けてさらに改良を続ける予定である。

【参考文献】

- 1) 三原準一他：CLIPシステムによる新しい一次覆工法の開発(その1)、土木学会第44回年次学術講演会、Ⅲ-69
- 2) 湯浅康尊他：CLIPシステムによる新しい一次覆工法の開発(その2)、土木学会第44回年次学術講演会、Ⅲ-70