

鉄建建設㈱ 正員 鈴木輝彦
佐賀工業㈱ 佐賀美夫

1. まえがき

トンネル工事におけるNATM工法は、今やトンネル工法の主流として評価され、NATMの施工では吹付けコンクリートは支保部材として非常に重要な役割を果たしている。しかし、その施工には粉塵の発生による作業環境の悪化やはね返りによる材料ロスとコンクリート仕上がり面の平滑性に問題がある。

このため、従来の吹付け工法の施工性、支保効果と同等の性能を確保し、作業環境の改善やはね返りのロスを防ぎ、仕上がり面が平滑な一次覆工を形成することを目標に、TSL工法の開発を行った。

以下に、工法の概要と実験結果について述べる。

2. 工法の概要

TSL工法は、Tunnel Swift Liningの略称で、図-1に示すようにトンネルの円周方向に移動可能なベルト型枠を使用し、流動性・急硬性を有するコンクリートを移動型枠と掘削地山間の空間に吹込み、その硬化速度に合わせベルト型枠を移動し、連続的に一次覆工の施工を行う。

本工法で使用するコンクリートは流動性および急硬性を有するコンクリートを使用し、打設時まで流動性を有し、打設直後に硬化が始まり、数分で脱型が可能となる性状を有する。移動ベルト型枠は図-2に示すようにガイドフレームに沿って移動する。

TSL工法のシステム系図は図-3に示してあるが、生コン車から供給された流動化コンクリートをコンクリートポンプにより圧送し、同時に急結剤圧送装置により急結剤の圧送を行い、移動ベルト型枠の上部に取付けたノズル付近で混合し、吹込みを行う。なお、コンクリートの標準配合は概ね表-1に示す値である。

3. 実験結果

模擬トンネルを使用した実験を経て、昭和62年2月においてJR東日本「信濃川発電所第一水路トンネル」本坑上半部（上半断面33.4m²、延長13m間）の試験施工を行った。

また、昭和62年10月～11月には日本道路公団近畿自動車道「多気トンネル」において上半（上半断面48.8m²、延長54.5m）の試験施工を行い、その結果について報告する。

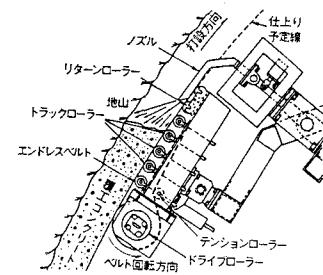


図-1 移動ベルト型枠

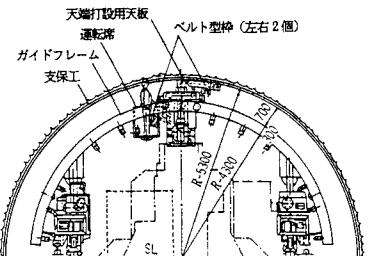


図-2 移動ベルト型枠による覆工施工図

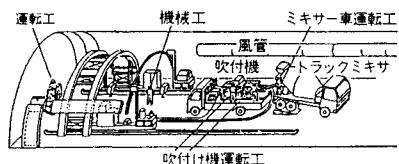


図-3 TSL工法によるシステム系図

表-1 コンクリートの標準配合

種類	細骨材 の最大 寸法 (mm)	スラン プの範 囲 (cm)	水セメ ント比 W/C	細骨 材比 s/a (%)	単位量 (kg/m ³)				備考	
					水 セ メント C W	セ メント C S	細骨 材 G	混 合 材 G		
通常の 吹付け	15	10±2	56.3	60	210	360	1,009	702	19.8 (C×5.5%)	—
TSL 工法	15	24±2	63.0	70	240	380	1,160	524	38.0 (C×10%)	3.04 (0.8%)

*セメントは普通ポルトランドセメントを使用。

1) 粉塵

「信濃川発電所第一水路トンネル」の粉塵量は、表-2に示すように切羽の位置でデジタル粉塵計により、TSL工法と吹付け工法の両者について作業前、作業開始5分、10分、20分後の測定を行った。その結果、前者は $0.27\sim0.89\text{mgf/m}^3$ であり、作業時でも 1.5mgf/m^3 を超えることはなかった。粉塵増加量は、平均値で比較するとTSL工法の場合、吹付けコンクリートの約1/6であるが、実際には他の作業(下半掘削)の影響があり、さらに少ない値であると考えられる。

「多気トンネル」では切羽から20m付近で $1\sim2\text{mgf/m}^3$ 程度であり、このときは他の作業とミキサー車を近づけた影響があり、やや濃度が高かった。

2) はね返り

両試験施工とも施工中のはね返りは全くなかった。従って、吹付け工法は、はね返りによる材料のロスを生ずるのに対し、TSL工法はその面でも有利な工法であると言える。

3) サイクルタイム

サイクルタイムは「信濃川発電所第一水路トンネル」の場合、150分/サイクル(ピッチ1.2m)であった。「多気トンネル」の場合は310分/サイクル(ピッチ1.2m)であり、通常の吹付けコンクリートの約2.8倍の時間を要した。これは施工中の機械の退避をレール送りにより行ったことや機械のセットおよび機械トラブル、妻板部の間詰め作業に時間を要したことが影響していた。

4) 一次覆工の品質

一次覆工の仕上がり面は、平滑で均一な面が形成され、一次覆工コンクリートの一軸圧縮強度は、 $\sigma_{c28}=290\sim340\text{kgf/cm}^2$ であり、許容強度 180kgf/cm^2 を満足する値を得た。しかし、クラウン部においては、打設直後に若干の肌落ちが見られ、この対策として金網による補強を行って対処した。

4. あとがき

試験施工により、粉塵・はね返りによるロス等の問題にTSL工法の有利であることが確認できた。しかし、実際の使用については、サイクルタイムが吹付け工法の2~3倍の時間を要しており、サイクルタイムを吹付け工法と同程度に短縮することが重要な課題である。この解決としては、機械の機動性の改良を行ない、迅速な退避が可能であるようにクローラ方式、あるいはタイヤ方式を採用する方法とセット時間の短縮が必要である。

さらに、妻板部の間詰め作業の短縮、施工の未確認部分である湧水個所での施工性、アイソレーションおよびコンクリートの配合などについて研究を行い、本工法の実用化を進めてゆく予定である。

表-2 粉塵濃度測定表(単位:mgf/m³)

工法別	作業前	5分後	10分後	20分後
TSL	0.63	0.90 (0.27)	1.36 (0.73)	1.24 (0.61)
	0.79	1.08 (0.29)	1.43 (0.64)	1.15 (0.36)
	0.48	1.16 (0.68)	1.09 (0.61)	1.37 (0.89)
平均	0.63	1.05 (0.42)	1.29 (0.66)	1.25 (0.62)
吹付け	0.55	3.49 (2.94)	3.57 (3.02)	3.66 (3.11)
	0.89	4.54 (3.65)	4.59 (3.70)	5.17 (4.28)
平均	0.72	4.01 (3.29)	4.08 (3.36)	4.41 (3.69)

()内は作業前時からの粉塵増加量

表-3 粉塵濃度の経時変化

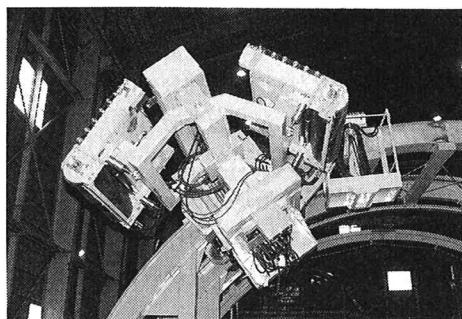
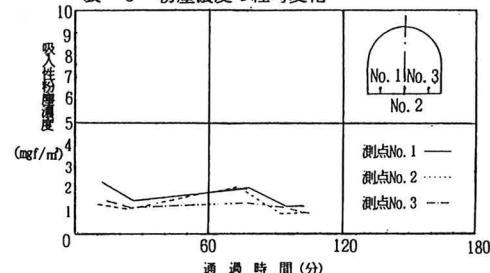


写真-1 移動ベルト型枠(セパレートタイプ)

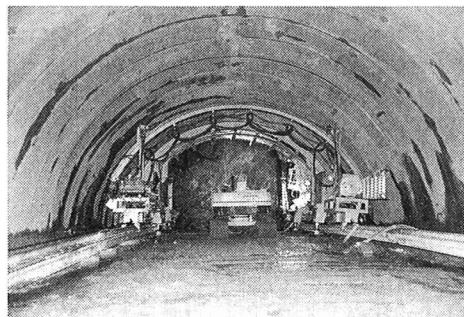


写真-2 試験施工における一次覆工状況