

VI-113 TSL工法（吹込み式覆工工法）のトンネルリフォームへの適用について

鉄建建設(株) 土木研究開発部 正会員 鈴木 輝彦
機電技術部 大山 繁

1. 概 要

TSL工法（吹込み式覆工工法）は、NATMの吹付け工法の粉じん発生による作業環境の悪化およびはね返りによる材料ロスの問題を解決するために開発された吹付け工法に替わる一次覆工工法であり、生コン車あるいはコンクリート供給プラントから供給された流動化コンクリートをポンプ圧送し、急結剤を添加後移動ベルト型枠と地山あるいは旧コンクリートはつり面との間の空間部に吹込みを行い、コンクリートの硬化時間に併せ、ベルト型枠を移動させ連続的に覆工を打設する工法である。TSL工法のシステム系統を図-1に、移動ベルト型枠の機構を図-2に示す。

TSL工法では、急硬性と流動性を併せ持つコンクリートを使用する。コンクリートはポンプ圧送され、吹込みノズルの手前で急結剤（粉体あるいはスラリー状）が添加される。吹込み後のコンクリートは2分程度で自立する強度に達し、ベルト型枠の脱型移動が可能となる。コンクリートの配合は表-1に、また施工順序を図-3に示す。

昭和62年度には、山岳トンネルにおいて二回の試験施工が実施された。これらの試験施工の結果より、サイクルタイムが従来の吹付け工法と比較した場合、発破退避・前進に伴う機械の移動・セットと間詰め作業に時間を要した。

一方、修繕工事については、①切羽がなく発破等による機械の退避の問題がないためサイクルタイムは大幅に短縮される、②円滑な仕上がり面が形成され、水路トンネルの覆工の粗度に対して有利である、③粉じん・はね返りがなく作業環境が改善される等の長が生かされることから、昭和63年度、TSL工法のトンネルリフォーム工法への適用について研究開発に着手した。

山岳トンネルの場合、10～40cmの巻厚を対象としたが、トンネルリフォームでは薄巻の覆工が必要であり、模擬トンネルライニング実験を行った結果、最小巻厚5cmの覆工打設が可能となった。この結果を踏まえ、平成元年12月、東京電力(株)上久屋水路トンネルにおいて試験施工が実施された。以下に試験施工結果について述べる。

2. 試験施工の結果

試験施工が実施された水路トンネルは、 $R=1.742\text{m}$ 、旧コンクリート巻厚 $t=30\text{cm}$ の断面である。試験施工は、開口部の沈砂池坑口付近の11m間において、旧覆工を6cmはつった後、6cmの薄巻ライニングを行った。施工期間は全体で12日間で、このうちライニングは1サイクル進行1.2mで5日間、前後の段取り・後片付けに7日間を要した。試験施工では、TSL工法の施工性（機

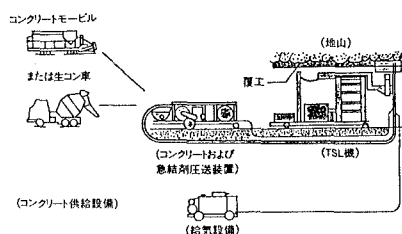


図-1 TSL工法のシステム系統

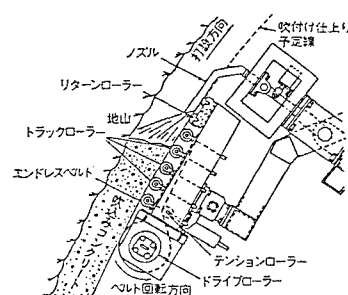


図-2 移動ベルト型枠

表-1 TSLコンクリート配合

W(CM)	S(AO)	W (kg)	C (kg)	S (kg)	G (kg)	緩結剤	引裂剤	急結剤
65	70	250	400	1,073	470	C×1%	C×2%	B~10%

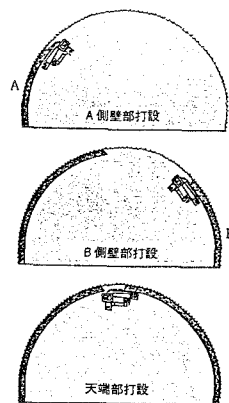


図-3 施工順序

械の機動性、サイクルタイム）、覆工の出来形（仕上がり状況、コンクリートの品質）、粉じん量について調査を行った。

1) サイクルタイム

実績標準サイクルは表-2に示すように130分/1サイクルであった。当初、模擬トンネル実験よりサイクルタイムは1サイクル100分程度を予定したが、現実にはTSL機の移動・セットに時間を要した。この原因は旧トンネルが左右・上下方向に蛇行して建設され、TSL機を所定の位置にセットするのが困難であったこと、およびはつり量が不足し、ノズルが凹凸面に触れ、はつり整形に時間を要したことが挙げられる。また、試験施工の作業人員はTSL機3人、コンクリートプラント2人、コンクリートポンプ1人、資材ヤード2人の計9人で行った。

2) 出来形

覆工仕上がり面は平滑な仕上がり面が形成されたが、天端部の施工ジョイントで多少の段差を生じた箇所があった。これは旧トンネルの蛇行が影響し、TSL機セット時、前後の高さ方向の修正が困難であったため生じたものである。充填性については側壁部、天端部、ジョイント部の計21箇所のコア採取により確認を行なった結果、十分に充填されていた。

3) 粉じん発生量

粉じん発生量は、作業前、作業中、作業後の粉じん濃度の経時変化を求めた。図-4は測定結果を示し、これよりコンクリート吹込み開始直後の1～2分間、急結剤の供給確認のために発生する粉じんが最大で $3.7\text{mgf}/\text{m}^3$ であり、その時間帯を除けばTSL施工前と同程度の濃度であり、ほとんど粉じんの発生はなかった。

4) コンクリート強度

コンクリート強度については、角柱供試体（ $150 \times 150 \times 530\text{mm}$ ）およびモールド供試体（ $\phi 100 \times 200\text{mm}$ ）により3日、7日、28日強度の曲げ試験、圧縮強度試験を行って確認を行った。図-5に圧縮強度の結果を示してあり、コンクリートは十分な強度発現を得た。

3. まとめ

試験施工の結果より本工法のトンネルリフォームに適用の主要な技術課題は以下のとおりである。機械のセットに時間動を要したため位置決め自動システム化を行うとともに、トンネルの蛇行を考慮して予め所要のはつり量を確保し、サイクルタイムの短縮を図る。これにより作業人員は半数で行うことが可能である。

また、本工法で使用するコンクリートは急結剤、流動化剤が添加されるため、長期的な強度について研究を行う必要がある。その他、数々の改良点もあるが、これらについては省略させて載くことにする。

近年、建設業界では作業環境改善、省力化等の問題が取り上げられているが、本工法はこれらの問題に対し有効な工法として、さらに研究開発を進め完成させてゆく予定である。

表-2 実績標準サイクル

工 種	実績作業時間 (min)
T S L 機 移 動	15
T S L 機 セ ッ ト	26
打 設 (左 側)	14
脱 型 (左 側)	3
天端部整形 (左側)	10
セ ッ ト (右 側)	14
打 設 (右 側)	9
脱 型 (右 側)	2
天端部整形 (右側)	12
天 端 部 打 設	3
天端部養生、脱型	22
合 計	130 (min)

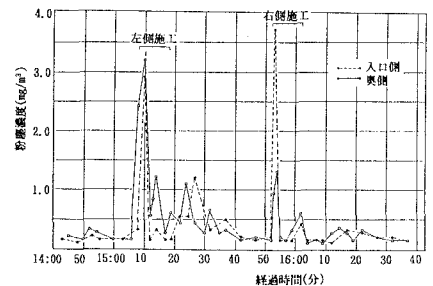


図-4 粉塵濃度の経時変化

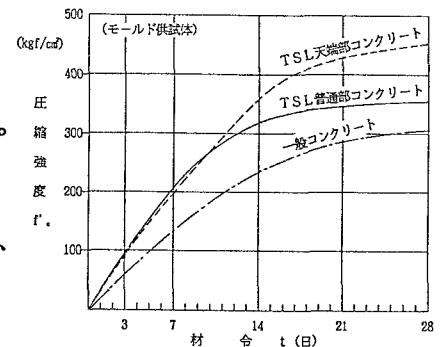


図-5 材令と圧縮強度の関係