

VI-115

水路トンネル補修ロボット化工法の開発（その3）

—TSL工法による覆工コンクリートの性状評価—

日本工営㈱	河川・水工部	正員	千田 健一
東京電力㈱	工務部 工務土木課	正員	中村 隆幸
東京電力㈱	工務部 工務土木課	正員	菅沼 康男
鉄建建設㈱	エンジニアリング本部	正員	本間 勉
日本工営㈱	河川・水工部	正員	吉田 典明

1. はじめに

TSL工法は高強度・高品質の薄肉覆工を連続的に形成することが可能で、経年劣化した水路トンネルの補修に有効な工法と考えられる。この工法は、新規に打設する薄肉覆工と既設コンクリートを一体化させ外力の支保能力を向上させるものであり、この設計思想のもと、模擬トンネル及び実際の水路トンネルにおいて、TSL工法による覆工コンクリート（以下TSLコンクリートという）の物的な性状を把握する各種試験とその結果に基づく評価を行った。

その結果、TSLコンクリートは高強度で均一な品質が確保され、既設覆工の補強に十分な効果を得られることが実証された。その概要を以下に示す。

2. TSL工法のトンネル補修への適用

TSL工法は、通常 300～350kgf/cm²と高強度コンクリートが得られ、覆工補強の必要厚に合わせ40cmまでの任意の巻立て施工が可能である。

この特性を生かすトンネル補修方法としては、図-1に示すように経年劣化した既設覆工内側にTSLコンクリートによる高強度の新設覆工を設け、単独または既設覆工コンクリートとの複合体により外力を支保する方法が最も有利と考えられる。

なお、TSL工法によるトンネル補修を実用化するための検討フローは図-2のとおりである。

3. TSLコンクリートの配合

TSLコンクリートの配合条件は打設時の急硬性や仕上り面の確保等から決定される。具体的には①急結剤および遅延剤の添加により30秒～3分の初期流動性保持時間の調整、および硬化開始後2分以内での自立強度 $\sigma_c = 2\text{kgf/cm}^2$ 以上を確保。

②良好な仕上りを得るためにセメントペースト率36%以上、スランプ22cm以上、S/A 65%以上。を主な条件として表-1に示す標準配合を設定した。

4. TSLコンクリートの性状評価

劣化水路の補強部材としてTSLコンクリートに要求される基本性状は次のとおりである。

・均一な品質を保持していること。

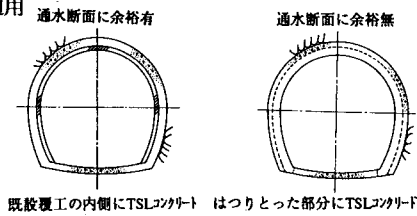


図-1 TSL工法によるトンネル補修の概念図

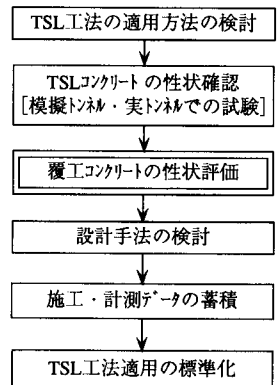


図-2 実用化の検討フロー

表-1 TSLコンクリート標準配合

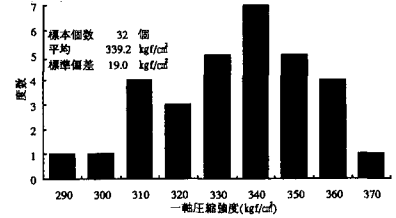
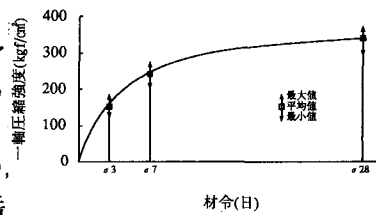
最大 管材 寸法 (mm)	スランプ の範囲 (cm)	水セメント比 W/C (%)	細骨材率 S/A (%)	単位配合(kg/m ³)						
				水	セメント	細骨材	粗骨材	混和材		
				W(kg)	C(kg)	S(kg)	G(kg)	急結剤	遅延剤	流動化剤
15	22±2	57	70	217	380	1206	513	C×13%	急×3%	C×1%

・高強度コンクリートの特性を活かし、想定される外荷重に対して十分な耐力を有すること。

以上の基本性状を確認し、合理的な設計手法の確立に資するため、模擬トンネルおよび実トンネルでの試験施工で採取したTSLコンクリートについて、次のとおり各種の強度試験を行った。

①一軸圧縮強度

覆工のコンクリートコア強度は、図-3.4に示すように $\sigma_{28}=294\sim 372\text{kgf/cm}^2$ (平均 339kgf/cm^2)であり、トンネル標準示方書(山岳



編)・同解説で示されている図-3 TSLコンクリートコアの一軸圧縮強度 図-4 TSLコンクリートコアの一軸圧縮強度(σ_{28})分布図
る設計基準強度 $\sigma_{ck}=160\sim 210\text{kgf/cm}^2$ の1.5 倍程度を有しており、また、強度のばらつきもほとんどなく、均質なコンクリートとなっている。なお、上記設計基準強度は7日以内で発現しており、養生期間短縮の効果も得られる。

②付着強度

既設コンクリートとTSLコンクリートとの付着強度の確認のため、付着面角度をせん断破壊方向とした円柱コアを用いた一軸圧縮試験(図-5)を行った。

その結果、最も付着強度の低下する接面角 45° の場合でも $\sigma=150\sim 190\text{kgf/cm}^2$ と、設計基準の一軸圧縮強度とほぼ同等の値となっており、既設コンクリートとの一体化が図れていると判断された。

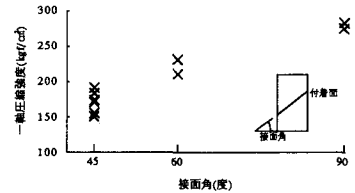


図-5 一軸圧縮強度と付着面の関係

③曲げ強度

TSLコンクリートと既設コンクリートの複合体としての曲げ引張耐力を確認するため、実トンネルでの試験施工箇所でもコア採取して既設コンクリートとTSLコンクリートの複合供試体を用いて曲げ強度試験を行った。この結果、TSLコンクリートに曲げ引張が作用した場合の耐力は図-6に示すとおり既設コンクリートのみの場合(25 kgf/cm^2)に比べ50%程度増加している。また、この試験ではTSLコンクリート厚を50~100mmに変化させたがいずれの場合もほぼ等しい耐力が得られており、TSLコンクリートの薄肉覆工が優れた曲げ耐力増加効果を有していることが分かった。

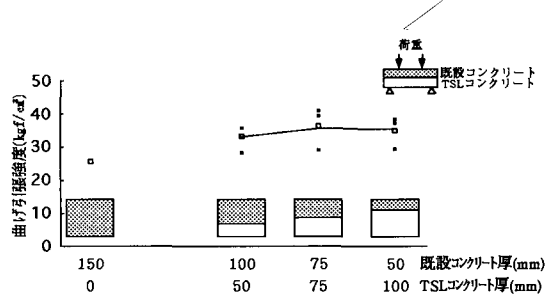


図-6 TSLコンクリートと既設コンクリートの合成曲げ強度

以上により、トンネル補強部材としてTSLコンクリートの性状を評価すると次のとおりである。

- ・TSLコンクリートは σ_{28} で 300kgf/cm^2 程度の高強度で均質な品質となっており、既設コンクリートとの付着強度も十分である。
- ・高強度薄肉のTSLコンクリートが既設覆工と一体化することにより、50%程度の耐力の増加が期待できる。

5. おわりに

現時点では、TSL工法で用いる急硬性コンクリートについて打設後の評価をすると、既設覆工の補強、永久構造物としての品質についても十分に満足できるものであると判断できる。

今後は長期に渡る性状の確認、さらには今回確認した設計条件をもとに内巻コンクリートとしての設計手法を確立していきたいと考えている。