

温度制御噴霧式覆工コンクリート 湿潤養生工法について

芦矢 嘉郎¹

¹島根県 益田県土整備事務所 (〒698-0021 益田市昭和町13-1)



近年の公共投資の縮減や覆工コンクリートの剥落事故等を受け、トンネルを含むコンクリート構造物のライフサイクルコストの低減、長寿命化が期待されるようになり、構造物の重要な構成要素であるコンクリートの高品質化が求められている。

このような状況の中、覆工コンクリートを一定期間湿潤養生し、その強度増進を図ることによる品質・耐久性の向上を目的とした新しいコンクリートの養生方法である「温度制御噴霧式覆工コンクリート湿潤養生工法」を国内で初めて導入した国道488号長沢バイパス長沢トンネルの事例について報告するとともに、現場で得られた新技術の効果について考察する。

キーワード 山岳トンネル、温度制御噴霧式トンネル湿潤養生システム、覆工コンクリート品質向上、耐久性

1. はじめに

益田市は島根県の最西端に位置し、山陰と山陽を結ぶ交通の要衝であり、現在も鉄道（JR山陰本線、JR山口線）や国道（国道9号、国道191号）が分岐あるいは交差している。

一般国道488号は、島根県益田市を起点とし、広島県廿日市市に至る109.7kmの路線であり、県内においては旧匹見町と益田市街を結ぶ主要な幹線道路である。また、第2次緊急輸送道路にも指定されており、災害時には防災拠点を連絡する路線として必要不可欠な道路である。

しかし、長沢バイパスの現道区間は、幅員狭小および線形不良のため、大型車との離合が困難である。また大雨時には、道路と併走する匹見川の増水により道路が冠水し通行不能となる。

上記課題を解消するため、長沢バイパスは平成16年度より、益田市長沢町から匹見町澄川に至る延長3.2kmを2車線道路として整備してきている。

長沢バイパスの事業概要は以下のとおりである。

- ・ 事業区間：益田市長沢町～匹見町澄川地内
- ・ 事業期間：平成16年度～平成25年度（予定）
- ・ 事業延長：L=3.2km
- ・ 幅員：W=7.5m（車道部：6.0m）
- ・ 道路規格：3種3級
- ・ 設計速度：V=50km/h
- ・ 主要構造物：長沢トンネル（L=1,038m）
新柿原橋（L=12m）
2号トンネル（L=1,260m）
2号橋（L=21m）
- ・ 総事業費：約79億円



図-1 位置図

表-1 長沢トンネル概要

工事場所	島根県益田市長沢町	
工期	平成 18 年 3 月～平成 21 年 3 月	
発注者	島根県（益田県土整備事務所）	
施工者	鴻池組・大畑建設・原工務所 JV	
工事内容	トンネル延長	L=1,038m
	内空断面	A=47.4 m ²
	トンネル工法	NATM
	掘削方式	発破工法
	掘削工法	D パターン （上半先進ベントナット工法） C , C , D パターン （補助ベントナット付き全断面工法）
補助工法	長尺鋼管フォアパイリング工法 （AGF 工法）	

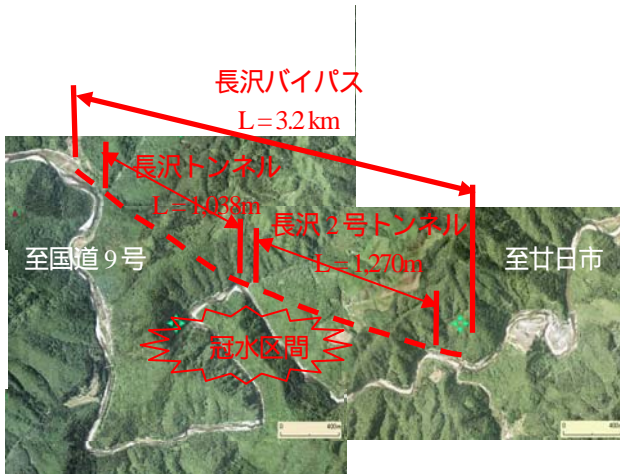


写真-1 長沢バイパス全体



写真-2 長沢バイパスの現道状況

2. 長沢トンネル概要

今回、新技術を導入した長沢トンネルは、延長 1,038m の山岳トンネルで、NATM 工法にて施工している。長沢トンネルの地質は鹿足郡層と呼ばれ、トンネル部分では、泥質ホルンフェルスが主体であり、5 つの主要な断層破砕帯が存在していた。特に断層付近は、著しくせん断された黒色泥質ホルンフェルスからなっており、熱変成を受けたチャートや緑色岩および砂岩などが、大小さまざまなブロックまたはスラブ状を呈して分布する複雑な地質構造であったため、補助工法として長尺鋼管フォアパイリング工法（AGF 工法）を採用した。

また、施工上の課題として、覆工コンクリートの品質向上・耐久性確保が挙げられた。次章では長沢トンネル工事に導入した新技術について紹介する。

3. 温度制御噴霧式覆工コンクリート湿潤養生工法の概要

(1) 覆工養生方法の現状と課題

これまでトンネル新設時の覆工コンクリートについては、トンネル坑内環境の特殊性（坑内温度が一定であり高湿度状態）から特別な養生は必要ないとされており、また、経済性や工期的な制約の問題から、コンクリート打設後24時間以内での早期脱型が一般に施工されてきた。

しかしながら、近年のトンネル坑内作業環境の改善や安全面への配慮による大容量換気設備の導入、および貫通後の通風による急激な温度変化や乾燥など、覆工コンクリートの養生状態は厳しくなっている。

このような状況を改善するため、覆工コンクリートの養生手法として、覆工面の密閉養生工法、乾燥収縮低減剤等の膜養生材の表面への撒布、塗布といった工法が実用化されている。

しかしながら、いずれの工法もコンクリート表面からの水分の蒸散を防ぎ乾燥収縮の低減を図ることを主目的としたものであり、水和作用を積極的に促進するものではない。

(2) 温度制御噴霧式覆工コンクリート湿潤養生工法の概要²⁾

本工法は、覆工コンクリートの型枠脱型直後から、スライドセメントルと同一のレール上を移動可能な3スパン相当の養生台車を据え付けること（図-2参照）により、コンクリートを一定期間、湿潤状態で養生することを可能にした工法である。

養生台車の構造は、図-3 に示すとおり、鋼製の台車に遮水シートおよび端部締め切り用の空気充填膜が取り付けられてあり、打設した覆工コンクリートとの間に 30

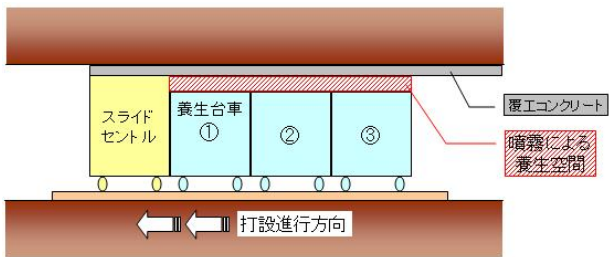


図-2 噴霧養生台車概念図（縦断方向）

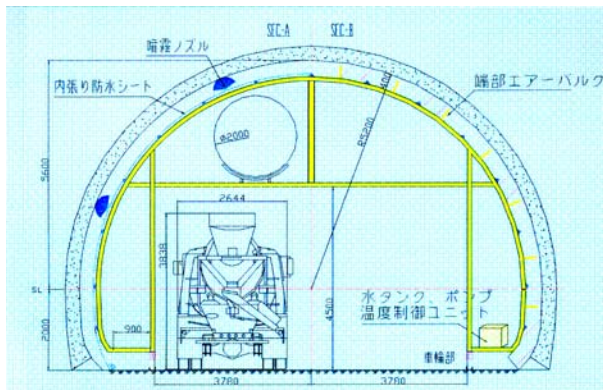


図-3 噴霧養生台車横断図



写真-3 噴霧養生台車設置状況

～60cm程度の密閉された養生空間を確保することができる。この養生空間に粒形45～60μm程度の微粒の霧を発生させることにより湿度90～100%の湿潤状態をつくる事が可能となる。また、温度感知センサーにより養生温度を制御することにより、最適な養生状態を保持するシステムとなっている。

写真-3は実際に長沢トンネルへ設置した状況である。

この工法は、従来の散水方式の養生とは異なり温度制御を行うことでコンクリートの急激な温度変化を抑制することが可能となっている。

また、微粒の霧を発生させるための使用水量はこれまでの散水養生に比べ少量(120ℓ/時間)であり、特別な排水処理等を必要としない。温度制御した微粒の霧を発生させることにより養生空間をコントロールし、コンクリート強度の発現に影響の大

表-2 打設から養生のながれ

スパンH	スパンG	スパンF	スパンE	スパンD	スパンC	スパンB	スパンA	スパンDの作業内容
				①	②	③		セントル設置
					①	②	③	覆工con打設
				①	②	③		噴霧養生1日目
				①	②	③		噴霧養生2日目
			①	②	③			噴霧養生3日目
			①	②	③			噴霧養生4日目
		①	②	③				噴霧養生5日目
	①	②	③					噴霧養生6日目
								気中養生開始

きい打設後1週間の間、最適な湿潤養生を実現できることが最大の特徴である。

表-2は覆工コンクリート打設から噴霧養生完了までの流れである。

この工法の採用により、温度を制御した湿潤養生が可能となり、コンクリート強度の増進による品質、耐久性の向上効果が期待される。

4. 噴霧養生工法効果検証試験³⁾

(1) 効果検証試験の方法

本工法の効果を確認するために、室内試験(20℃恒温実験室)と、実際の現場において、養生の有無による強度発現への影響を強度試験により比較検証した。

養生なし(供試体を覆工脱枠時期に合わせ脱型、坑内気中へ残置養生)

噴霧養生あり(同上脱型後、現場台車の噴霧空間内での7日間養生、以後坑内残置養生)

(2) 室内試験(20℃恒温実験室)結果

図-4は5種類の異なる湿度条件のもとでコンクリート供試体を養生し、その違いによる圧縮強度の発現状況を比較した室内試験の結果である。(噴霧は初期の1週間のみ)

このグラフからも明らかなように、噴霧養生により高湿度状態を保つことによって、水中での標準養生に近い強度が得られることがわかる。

(3) 現場試験結果

実際のトンネル現場での導入効果を検証するため、まず供試体による強度試験を実施した。

圧縮強度を比較した結果が図-5である。

この結果をみると、通常の現場気中養生のものに比べ養生台車内で噴霧養生したものの強度が、材齢7日で約19%、材齢28日で約35%アップしていることがわかる。

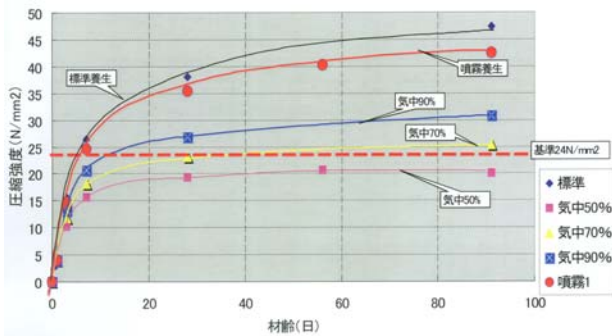


図4 養生条件の違いによる圧縮強度発現結果

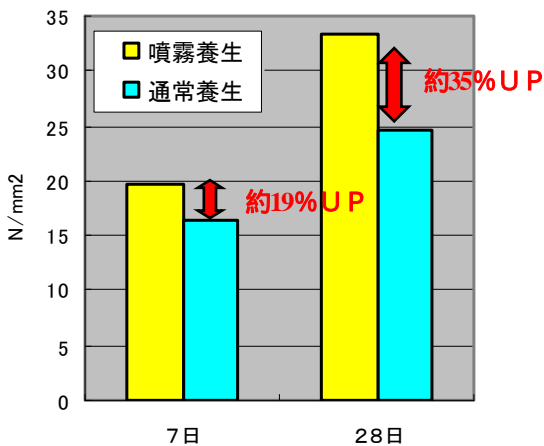


図5 圧縮強度試験結果

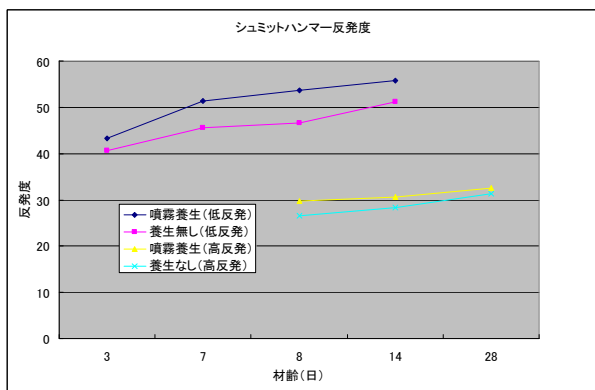


図6 シュミットハンマーによる試験結果

また、覆工コンクリートそのものに対する噴霧養生の効果検証のため、噴霧養生の有無による覆工コンクリートの強度を比較した。

シュミットハンマー（低反発用、高強度用）による試験結果が図6である。

この検証から、覆工コンクリートそのものの強度に対しても、ある程度の効果が認められた。特に、低反発（初期強度）では、噴霧養生による反発度の増加効果が確認できた。

5. まとめ

今回の温度制御噴霧式覆工コンクリート湿潤養生システムの導入に関して、室内試験および現場試験の結果から以下の効果が認められた。

噴霧養生により高湿度状態を保つことによって、水中での標準養生に近い強度が得られる。

通常の現場気中養生のものに比べ、養生台車内で噴霧養生したものの強度が、材齢7日で約19%、材齢28日で約35%アップしている。

覆工コンクリートそのものの強度に対しても、一定の効果が認められた。特に、低反発（初期強度）では、噴霧養生による反発度の増加効果が確認できた。

これまでの標準的な覆工コンクリートの施工においては、特別な養生は実施されてこなかった。しかしながら、今回の効果の検証から判断すると、当工法の適用により、より一層の高品質、高耐久性の覆工コンクリートの施工を実現できるとともに、現在、大きな社会問題となっている覆工コンクリートのはく落対策としても有効であると考えられる。

道路におけるトンネル構造物に関しては、建設後、50年以上経過したものが、全体の20%（延長：540km）を占め、今後急速に増えていくことが想定される。一方、公共投資が抑制される中で、道路の維持化管理・更新に関する社会的な関心も高まっている。したがって、本工法の採用により、新設される山岳トンネルのライフサイクルコストの低減が図れ、長寿命化が期待できるものと考えられる。

国道488号長沢バイパスは、11月の供用開始（部分）、および平成25年度の全線完成を目指して工事が着々と進んでいる。全線が開通すると、現道と比べて距離が3.6km短くなり、通過時間が約10分短縮される。これにより旧匹見町と益田市街地とを結ぶ道路ネットワークが確立されることとなり、益田圏域の交流促進および経済等の振興も図られることと思われる。

謝辞：最後に、長沢バイパスの工事にご協力・ご尽力頂いた多くの関係者の皆様に感謝を申し上げますとともに、今後、国道488号が地域の発展や生活環境の向上に寄与していくことを心から願う。

参考文献

- 1) 土木学会：山岳トンネル覆工の現状と対策，トンネルライブラリー第12号。
- 2) 後藤祐一，山田浩之，三原康一，小山起男，石川恭義：高品質，高耐久性を確保する覆工コンクリートの新しい養生方法の現場適用，63回土木学会年次学術講演会，2008
- 3) 山田浩之，後藤祐一，水町実，坂本全布：温度制御噴霧式覆工コンクリート養生方法の開発，トンネルと地下 Vol.39