

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
 —「温度制御噴霧式覆工コンクリート湿潤養生工法 (K-tics)」の効果検証について—

島根県益田県土整備事務所

三原康一

(株)鴻池組 土木技術部 正会員 ○後藤裕一 山田浩幸

(株)鴻池組・大畑建設・原工務所共同企業体 小山起男 石川恭義

島根県発注「一般国道 488 号長沢バイパス改築 (改良) (仮称) 長沢 1 号トンネル工事」にて昨年度より研究開発を進めてきた「温度制御噴霧式覆工コンクリート湿潤養生工法 (K-tics)」を適用し (写真-1)、効果の検証を行った。本稿では、その概要を報告する。

1. 工事概要

長沢バイパスは、益田市長沢町地内～匹見町澄川地内までの総延長 $L=3,200\text{m}$ の国道 488 号の付替道路である。長沢町周辺は匹見川に沿っての道路で狭く、急カーブも多く交通の難所となっており、一般車両の通行に影響を及ぼしている。

本工事は、安全で快適な走行を確保するために、長沢町地内にトンネル ($L=1,038\text{m}$) を NATM により新設するものである。

2. 養生技術の概要

本工法は、覆工セントル後方に 3 スパン相当の移動式養生台車を連結し、コンクリートを一定期間 (標準で 7 日間)、湿潤状態に養生できるように工夫した工法である。

養生台車には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おり、覆工コンクリートとの間に 30～60cm 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 $45\sim 60\mu\text{m}$ 程度の微粒の霧を専用ノズル (写真-1) より噴霧することにより湿度 90～100% の湿潤状態をつくる。また、温度感知センサーと噴霧水の温度制御システムにより養生温度を制御し最適な養生状態を保持することが可能であり、覆工コンクリートへの急激な温度変化等の影響を与えることなく連続的な水和反応の持続を維持できる。(写真-2 参照)

3. 噴霧養生の効果検証試験

(1) 効果検証試験の方法

本工法の効果を確認するために供試体での要素試験 (20°C 恒温実験室) と、実施現場での噴霧養生 7 日間あり区間と全くなし区間を設け比較検証を実施した。現場試験は、噴霧養生空間の温度湿度測定、覆工内部温度測定、養生の有無による強度発現への影響を強度試験と引っかかり試験 (表面強度) について行い比較検証した。

- ① 養生なし (供試体を覆工脱枠時期に合わせ脱型、坑内気中へ存置養生)
- ② 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、以後坑内存置養生)

工 事 名 称	一般国道488号長沢バイパス改築 (改良) (仮称) 長沢1号トンネル工事
工 事 場 所	島根県益田市長沢町柿原地内～匹見町澄川地内
工 期	2006/3/17～2008/12/26
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	延 長 $L=1,048\text{m}$
	断 面 ・トンネル延長 $L=1,038\text{m}$ ・掘削断面: $A=54.8\text{m}^2\sim 68.7\text{m}^2$ (2車線)
	覆 工 $L=1,036.2\text{m}$, コンクリート量 $V=5,764\text{m}^3$ (設計)
	施 工 法 NATM
	掘 削 方 式 発破工法
掘 削 工 法	・DIII パターン (上半先進ベンチカット工法)
	・CI, CII, DI パターン (補助ベンチ付き全断面工法)
補 助 工 法	・長尺鋼管フォアパイリング
	・注入式フォアポーリング



写真-1 養生台車と噴霧ノズル

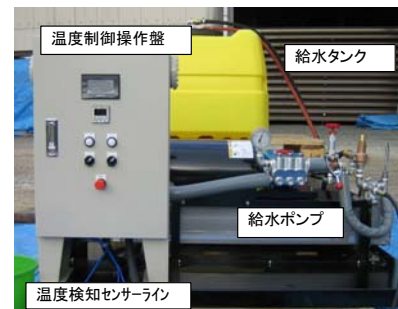


写真-2 温度制御装置、給水設備

キーワード トンネル、覆工コンクリート、温度制御、噴霧湿潤養生、高品質高耐久性

連絡先 〒530-8517 大阪市北区梅田 3-4-5 (株)鴻池組土木技術部 TEL 06-6343-3290

(2) 強度試験結果

図-1 に圧縮強度試験結果を示す。養生なし（気中養生）の供試体の圧縮強度は、材齢 7 日では坑内温度の影響（22～24℃）で標準に比べ強度発現しているが、長期材齢 91 日では平均 25.5N/mm²（標準養生の 70%）であった。噴霧養生を実施した供試体は、強度発現が早く、かつ噴霧養生を終えた以降も順調に強度が増加し材齢 91 日では平均 35.7 N/mm² と標準養生（20℃恒温水槽内）の供試体と同程度であった。以上より、材齢 7 日まで噴霧養生を実施することが、コンクリートの強度発現に極めて有効的に作用し長期強度が標準養生と同程度に増進することが確認できた。

また図-2 にシュミットハンマー（低反発用、高強度用）による表面強度比較結果を示す。これにおいても噴霧養生による反発度の増加効果が確認できた。

(3) 引っかかり試験結果(日本建築工学会式)

図-3 に引っかかり試験（表面強度）の結果を示す。引っかかり幅は、クラックスケールを用いて測定した。引っかかり圧の大きい 0.10MPa での引っかかり幅の値に着目すると、気中養生の表面強度は、材齢が経過しても引っかかり幅の増加が見られない。一方、噴霧養生の場合は、材齢の経過に伴い引っかかり幅が小さくなり表面強度が増加（緻密化）することが確認できた。このことより、表面強度は、若材齢時の養生条件が影響を与えることが分かった。

(4) 空隙率(ポロシティ)測定試験(図-4)

噴霧養生状態を 20℃恒温実験室内に再現し、材齢 7、28 日の供試体より破碎試料（2.5～5.0 粒度調整；表層、内部）を採取しアセトンで水和反応を停止後、水銀圧入式ポロシメータによる有効細孔量測定を実施した。試験結果から以下の知見が得られた。

- ・噴霧養生では表層、内部の細孔構造の差異が小さい。
 - ・噴霧養生では気中に比べ細孔構造の緻密化が進む。
- （着目径 1000 Å；①=0.05/0.18=28%＜②=0.13/0.20=65%）

4. 本工法の適用によって得られた効果

- ①初期 7 日間の噴霧養生で、覆工コンクリートの水和反応の積極的促進により初期および長期強度の増進が得られる。
- ②十分な水和反応の持続による覆工コンクリート表面の細部構造の緻密化が得られる。
- ③噴霧養生により覆工内外の温度差による内部拘束の低減、温度ひびわれ発生の抑制効果が得られる。
- ④脱枠後材齢初期の急激な乾燥を生じさせず、乾燥収縮ひび割れ発生の低減効果が得られる。

上記効果の総合的な成果として長期耐久性の向上が得られると考えられる。

5. おわりに 同一トンネル内において噴霧養生状態の違いによる検証試験を実施した。これまでの標準的な覆工施工では今回の様な養生を実施していないが、道路構造基準を満足している。しかしながら今回の効果の検証より、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、今後の建設される社会資本のライフサイクルコスト（維持管理、修繕更新費用）の低減、長寿延命化に貢献できるものと考えられる。

参考文献 山田浩幸他；温度制御噴霧式覆工コンクリート養生法の開発 トンネルと地下 vol.39 no.4 2008 p p 289-297

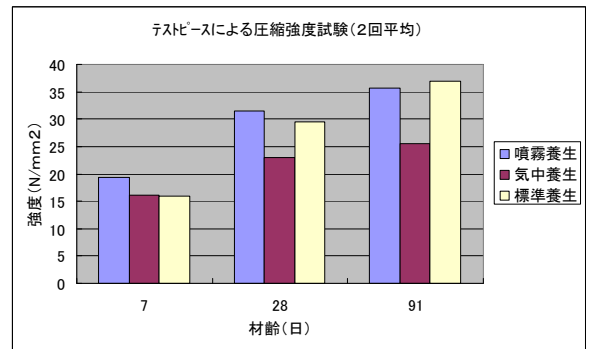


図-1 圧縮強度比較試験結果

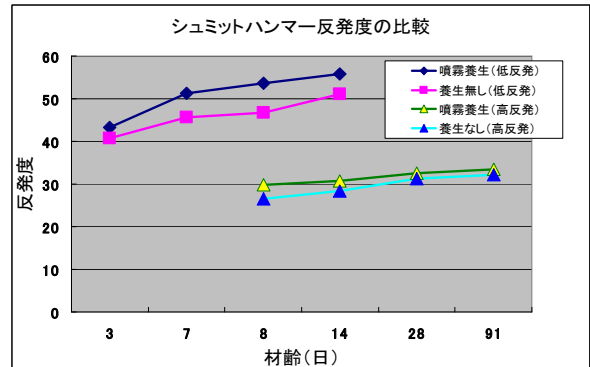


図-2 表面強度比較結果

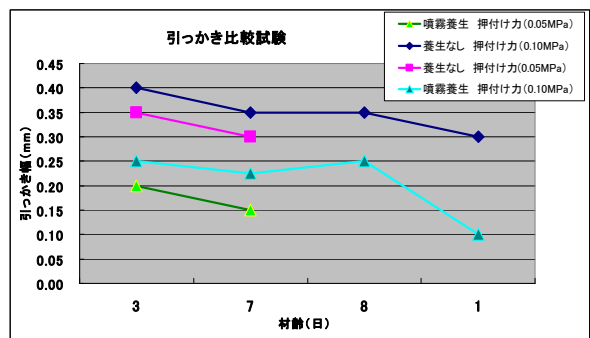


図-3 引っかかり試験比較結果

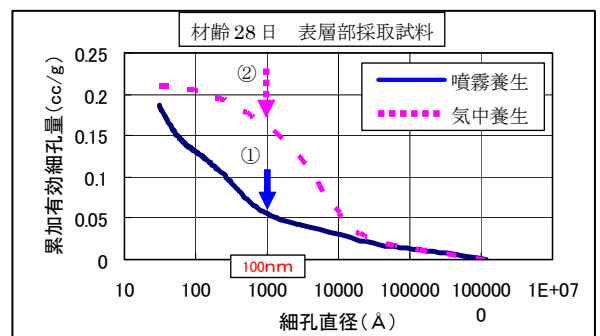


図-4 有効細孔量測定