

覆工コンクリートの養生装置の適用と乾燥収縮挙動

株式会社奥村組 東北支店 正会員 ○齊藤賢治
株式会社奥村組 技術研究所 フェロー会員 東 邦和
株式会社奥村組 技術研究所 正会員 石井敏之
株式会社奥村組 技術研究所 正会員 三澤孝史

1. はじめに

山岳トンネル覆工では、養生条件を整えることにより、温度変化および自己収縮・乾燥収縮を低減する品質向上対策が要求されている¹⁾。新たに開発した養生台車の適用を行い、現地における計測結果と湿気移動を考慮した温度応力解析結果を比較することにより養生効果を検討した。養生台車を適用した工事の名称を表-1 に示す。

2. 養生方法と計測結果

2-1 覆工コンクリートの仕様と養生方法

覆工コンクリートの使用材料と配合を表-2 に示す。トンネル断面と計測位置を図-1 に、計測器の配置を図-2 に示す。養生台車設置状況を写真-1 に示す。養生台車は保温効果を持つパネルと湿度を与えるための不織布を備えており、覆工面に当てて設置する。養生台車は6連であり、BL (ブロック) 当たり最短でも2週間の養生期間を設定している。比較のため、養生のあるBL と、養生のないBL に計器を設置して、計測を実施した。計測器はSLの高さに設置した。

2-2 計測結果

覆工コンクリートは厚さ300mmである。表面から深さ30, 75, 150mm位置の温度の経時変化を図-3 に示す。養生なしBLの打設温度は23.2℃、ピーク温度45.7℃であり、養生ありBLでは打設温度21.2℃、ピーク温度42.4℃である。養生なしBLは打設温度が高く、養生ありBLより打設後10日間は温度が高い。養生ありBLの養生台車(打設後7日~28日設置)の設置以降は覆工温度の低下が緩やかになり、覆工内部の深さによる温度差がなく、良好な養生効果を示した。坑内温度、坑内湿度および覆工内部(表面から20mm位置に削孔して湿度計を設置)の湿度の測定値を図-4 に示す。坑内温度は9月打設の30℃から11月の10℃に低下している。

表-1 工事名称

工事名称	津軽ダム県道付替湯ノ沢トンネル工事
発注者	東北地方整備局 津軽ダム工事事務所

表-2 使用材料と配合

セメント	高炉セメントB種、密度3.04g/cm ³
細骨材	つがる市牛潟町鷺野沢産砂：表乾密度2.58g/cm ³ 、東津軽郡平内町内童子産砕砂：表乾密度2.68g/cm ³
粗骨材	弘前市大字湯口字一の下山産碎石、表乾密度2.60g/cm ³ 、Gmax40mm
混和剤	AE減水剤標準形
配合	水結合材比55.6%、単位水量161kg/m ³ 、単位セメント量290kg/m ³

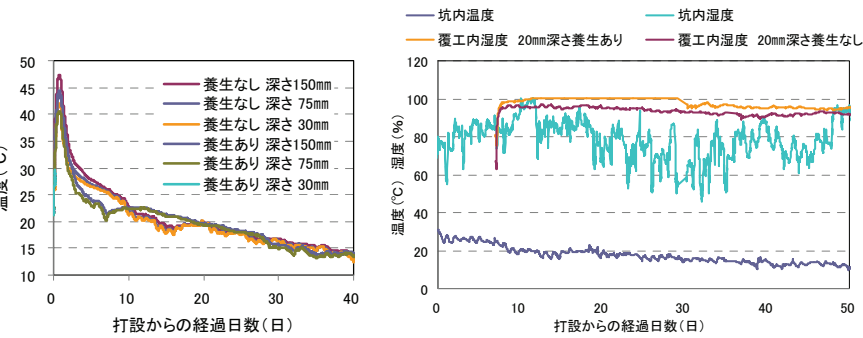
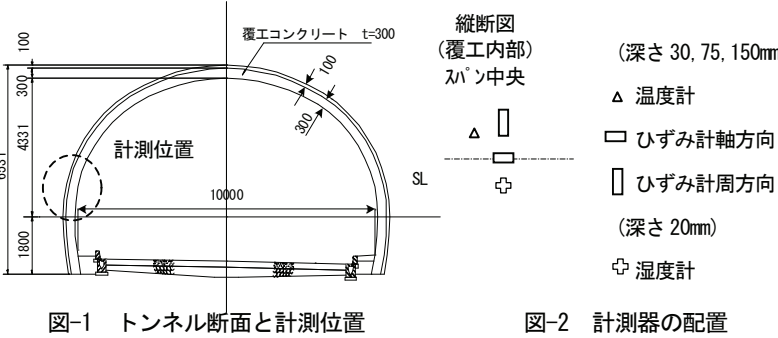


図-3 覆工内部温度の測定値 図-4 坑内温湿度および覆工内部湿度の測定値 写真-1 養生台車設置状況

キーワード：トンネル覆工，養生台車，ひび割れ，温度応力，乾燥収縮，湿気移動
連絡先 〒300-2612 茨城県つくば市大砂 387 (株)奥村組 技術研究所 TEL 029-865-1521 FAX 029-865-1522

坑内相対湿度は80%前後で推移し、覆工コンクリート中の湿度は養生なしBLでは、1か月後は90%に低下しているが、養生ありBLでは養生台車設置期間は100%を保持している。

2-3 覆工コンクリートの内部ひずみ計測結果

覆工コンクリート実ひずみの測定結果を、養生なしBLを図-5に、養生ありBLを図-6に示す。これらのひずみは、外気温の変化によるひずみを含んでいる。湿潤養生のない場合には、時間経過と共に収縮ひずみが大きくなり、打設後70日で周方向ひずみは150mm深さ（中心部）で -252×10^{-6} 、表面から30mm深さでは -880×10^{-6} に達している。養生ありBLでは、養生台車の設置以降は収縮ひずみの進行が小さく、周方向ひずみは150mm深さ（中心部）で -135×10^{-6} 、30mm深さでは -303×10^{-6} である。養生により深さ75mmと150mm位置のひずみ値の差は小さく、内部の乾燥は抑制されており、ひずみはひび割れの生じない大きさである。

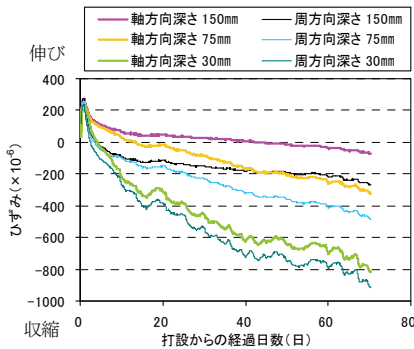


図-5 実ひずみの測定値（養生なしBL）

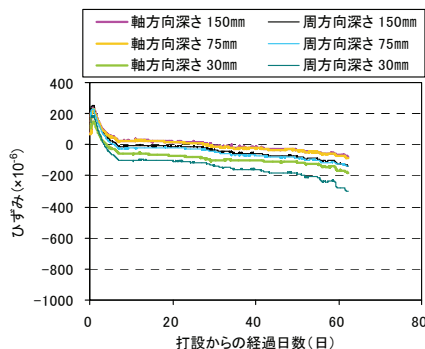


図-6 実ひずみの測定値（養生ありBL）

表-3 解析条件

解析	乾燥収縮、自己収縮：JCI式
外気温	30℃～10℃
表面湿度	乾燥時70%～湿潤時100%
湿気移動	透湿率、湿気容量、蒸発率：標準値

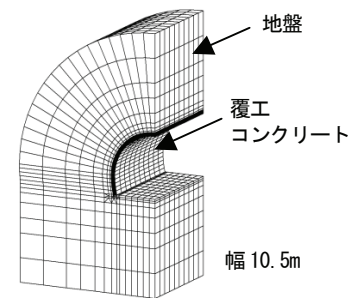


図-7 解析モデル（1/2モデル）

3. 湿気移動を考慮した温度応力解析による乾燥収縮の検討

覆工の解析モデルを図-7に示す。覆工コンクリート表面を蒸発面とした湿気移動解析をASTEAMACSを用いて行った。解析条件を表-3に示す。解析における壁体の外部相対湿度は、測定値（図-4）を用いた。温度解析結果を図-8に示す。覆工厚さ中心部の温度変化により、断熱マットの効果を示すことができた。相対湿度解析結果を図-9に示す。覆工表面から50mm深さでの相対湿度の傾向は、測定値と一致している。覆工コンクリートのひずみの解析結果（軸方向）を図-10に示す。覆工厚さ中心部のひずみは経過30日で、養生なしで -210×10^{-6} 、養生ありでは -160×10^{-6} とひずみの低減が得られ、計測結果を表すことができた。ただし、解析では表面部と中心部のひずみの値の差が小さく、養生の違いによる覆工内部ひずみ分布の違いを表すためには、今後の検討が必要である。

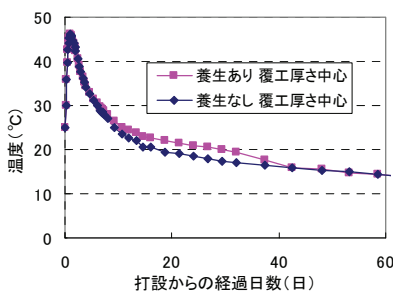


図-8 覆工コンクリート温度（解析）

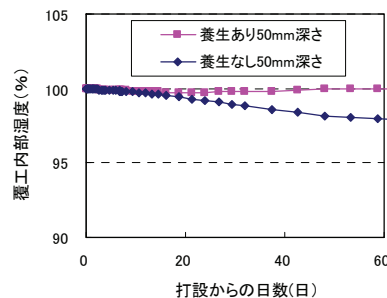


図-9 覆工コンクリート相対湿度（解析）

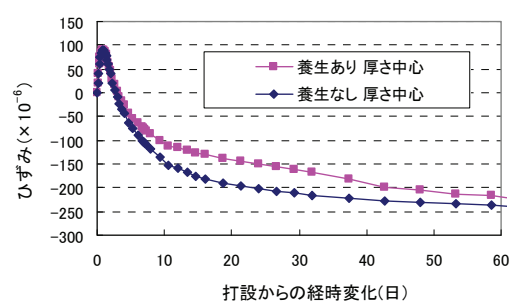


図-10 覆工コンクリートひずみ（解析）

4. まとめ

トンネル覆工の保湿保温養生台車による養生効果と乾燥収縮抑制効果を、覆工コンクリートの計測と解析の比較によって検討できた。覆工表面が湿潤に保たれ、表面と内部の温度の差がなくなり、収縮ひずみの進行が遅れることで、覆工の品質向上に有効であることが示された。本検討を進めるに当たり、国土交通省東北地方整備局津軽ダム工事事務所のご指導を賜ったことに深く感謝いたします。

参考文献 1) 東 邦和, 三澤孝史, 白石祐彰：覆工コンクリートの内部湿度と乾燥収縮ひずみの進行の研究, 土木学会第66回年次学術講演会講演概要集, V, pp.899-900, 2011.9