

覆工コンクリートの養生効果に関する検討

(株)高速道路総合技術研究所 正会員 ○水野 希典
正会員 八木 弘
正会員 岩尾 哲也

1. はじめに

トンネルの覆工コンクリートは、従来は坑内の温度が一定で、ある程度湿潤状態であったことから、打設完了から 18 時間程度で脱型が行われてきた。しかしながら、すべてがこのような環境下で施工が行われていないのが現状である。また、作業環境改善のための換気設備の充実により坑内が乾燥状態となっているなど、覆工の長期的な耐久性の低下およびはく落を引き起こすひび割れの発生が懸念される。このように養生の違い（養生の有無含む）によって覆工表面付近に生じる収縮ひずみが、はく落の原因となる有害なひび割れ発生へ及ぼす影響についての研究を行った。

本稿では、覆工コンクリートに対しての養生効果について、室内試験および解析により得られた知見について報告する。

2. 検討内容

養生工法や養生期間の違いにより覆工の品質に及ぼす影響を把握するため、施工内容の状態を再現した室内試験を実施し、解析モデル作成に必要な物性値データを収集した。室内試験で実施する養生方法種別は、一般的な型枠脱型（18時間）や養生設備構築（8時間）を考慮し、表-1のとおりとし、取得する物性値は表-2のとおりとした。

表-1 養生方法種別

表-2 試験から得られる物性データ

記号	種別	養生内容		供試体（mm）	物性データ
A	無養生	18 時間脱型後 20℃湿度 60%養生（坑内環境）		300×300×300	水分拡散係数
B	脱型時期	48 時間脱型後 20℃湿度 60%養生			細孔径分布
C		72 時間脱型後 20℃湿度 60%養生			（1 材齢：水分拡散試験併用）
D	湿度 80%	18 時間脱型後→8hr 後に湿度 80%養生→7 日間で養生終了		φ 100×200	圧縮強度、静弾性係数
E	水中養生	18 時間脱型後→直後水中養生			直接引張試験
F	水中養生	18 時間脱型後→8hr 後に養生開始→7 日間で養生終了		100×100×400	コンクリートの長さ変化
G	（8hr 後）	18 時間脱型後→8hr 後に養生開始→28 日間で養生終了			（埋め込みゲージ）
H	封緘養生	18 時間脱型後 封緘養生→7 日間で養生終了			コンクリートの長さ変化
I	膜養生	乾燥収縮低減剤	18 時間脱型後塗布→塗布後→養生終了		（ダイヤルゲージ方法）、質量変化

なお、養生終了後は、室温20℃・湿度60%で一定とし、計測を行った。

3. 検討結果

3-1 室内試験

養生期間が強度に与える影響を確認するために、28日間水中養生を行った養生Eを基準とした各養生ケースの強度比を図-1に示す。なお、図中のT1（在来）は従来覆工コンクリート配合を、T1（Ad）は増粘成分を添加した一液タイプの高性能AE減水剤による中流動覆工コンクリートの配合、T1（FA）、T1（LS）は、各々石炭灰、石灰石微粉末を混和材とした中流動覆工コンクリートの配合を表す。

今回の実験結果では、養生設備設置時間を考慮した養生 G と考慮しない養生 E の強度は、ほぼ等価であることから、脱型直後に表面を 8hr 程度乾燥状態としても、その後、養生を実施すれば強度への影響はない。また、すべてのケースにおいて、設計基準強度（24N/mm²）を満足しており、さらに養生期間を 7 日実施するか、72 時間後に脱型すれば養生 E の 90%以上の強度を確保できることがわかった。

キーワード 養生、中流動覆工コンクリート、収縮ひずみ、拡散係数

連絡先 〒194-8508 東京都町田市忠生 1-4-1 (株)高速道路総合技術研究所 トンネル研究室 Tel042-791-1629

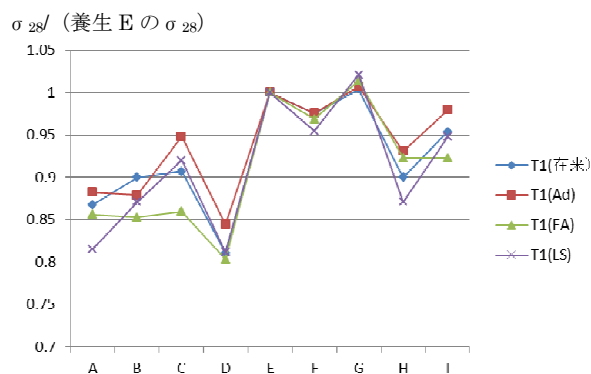


図-1 養生 E に対する強度比

収縮ひずみについては、180日経過時点の収縮ひずみは養生に関係無い事が判明した。ただし図-2に示す打設後10日までの収縮ひずみ推移については、養生終了後、表面から水分逸散が始まるとコンクリートの収縮が生じることから、初期材齢における収縮ひずみの発現は養生期間で異なっている結果となった。

コンクリートの緻密性を評価する指標として水分拡散係数を測定した結果、7日間以上水中養生を実施すると他の養生方法に比べ、コンクリート内部と表面の拡散係数が同等となる結果が得られた（図-3 参照）。

3-2 中流動覆工コンクリートの品質に及ぼす影響解析検討

養生が収縮ひずみ、強度等のコンクリートの品質に影響を与えることが室内試験で確認された。室内試験は、室温 20℃、湿度 60%という乾燥条件下での試験であり、厳密には実際の坑内環境と異なっている。さらに、室内試験供試体と実際の覆工構造の違いによる収縮ひずみ等の発現の相違から、今回の試験結果をそのまま実際の覆工に適用することには課題が残る。そこで、セメントの水和反応を考慮した空隙の生成と、コンクリート中の水分状態に基づいて自由水の移動等を考慮して長期ひずみを計算し、室内実験結果と比較することで、覆工コンクリートの長期経過後の品質に及ぼす影響を解析により検証することとした。比較結果を図-3に示す。破線（A-T 推定値）の実験結果を近似した曲線と計算結果の実線（CAL）は、ほぼ一致している。今後、この解析プログラムを用いて実際の坑内環境下での長期経過後の覆工コンクリートの強度・収縮ひずみを算定する予定である。

4. まとめ

- ・覆工の品質（強度・拡散係数）は水中養生を7日間実施することで十分な効果が得られる。
- ・収縮ひずみ量については、長期では養生の影響は無いが、初期材齢では養生の影響がある。
- ・コンクリート中の水分移動を考慮した解析を用いることで、実際の坑内環境下での品質を推定できる可能性がある。

今後は、打設後 18 時間脱型による覆工自重が、若材齢時の覆工コンクリートに与える影響についても検討したうえで、今回の解析結果を用いて養生と覆工の品質のあり方について検討していく。

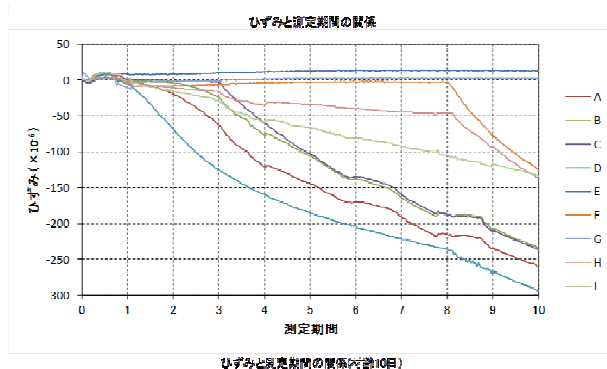


図-2 収縮ひずみと材令（T1（FA））

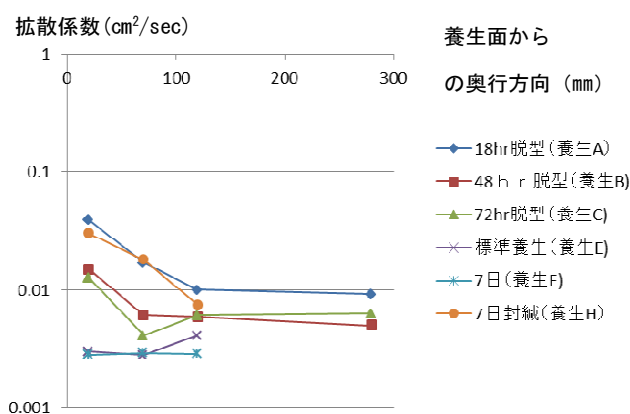


図-3 収縮ひずみと材令（T1（FA））

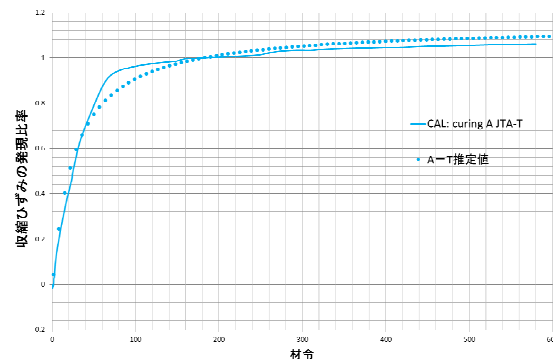


図-4 養生 E（T1（FA））の収縮ひずみ発現曲線