

トンネル施工時の通風防止工による坑内の湿度変化の抑制効果

九州大学大学院 学生会員 村上 英明 正会員 佐川 康貴 正会員 濱田 秀則
前田建設工業(株) 正会員 原 秀利 正会員 坂口 伸也

1. はじめに

平成 11 年に発生したトンネル覆工コンクリートの剥落事故を契機として、ここ数年、覆工コンクリートの品質や耐久性向上に関する研究、開発が積極的に行われている。近年では、材料や配合の工夫、丁寧な打込み、コンクリート表面を十分な湿潤状態に保つ等の様々な乾燥収縮ひび割れ抑制対策が採られることが多い。しかしながら、これらの対策が積極的に適用され始めたのはここ数年であり、実構造物における検証データが不足しているのが現状である。したがって、今後は、各種対策の乾燥収縮抑制効果に関する積極的なデータ採取と定量評価が必要である。

実際に施工された K トンネル¹⁾では、貫通後の通風を防ぐ目的で遮風壁が設置された。通風を防止することにより、コンクリート表面を高い湿度に保ち、乾燥収縮の低減を図った。本論文では、トンネル坑内の湿度変化抑制効果について、約 600 日間行ったモニタリングの結果を報告する。また、通風防止による乾燥収縮ひずみの抑制効果を把握するため、トンネル坑内に曝露した角柱供試体のひずみ計測結果を報告する。

2. 実験概要

2.1 環境条件および測定位置

全長 1,544m の K トンネルでは、最も多く見受けられるトンネル貫通後の通風によるひび割れ抑制対策として、貫通直後に遮風壁を設置し、他工事の支障となるまでの期間を継続して設置した。そこで、本研究では、遮風壁の効果を検証するため、乾湿の変化が大きい坑口付近 (BL1)、トンネル延長の約 1/4 の場所 (BL2)、トンネル全長の中央付近 (BL3) の 3 箇所において、坑内の温度および湿度を計測した (図-1)。計測は、市販の温湿度データロガーを用いて、約 600 日間計測した。また、同時に遮風壁の効果を定量的に把握することを目的とし、各測定箇所において内部に埋込み型ひずみ計を設置したコンクリート供試体を曝露し、コンクリートひずみの計測も行った。

2.2 コンクリートの配合

トンネル坑内に曝露したコンクリートの配合を、表-1 に示す。BL1 は、コンクリートのひび割れ抑制対策として合成短繊維を用い、BL2 は、膨張材を用いた。BL3 については、配合上、特別な対策を施さなかった。供試体は、100×100×400mm の角柱とし、覆工コンクリート打設時に試料を採取した。打設後 24 時間で脱型した後、トンネル坑内に曝露した (写真-1)。

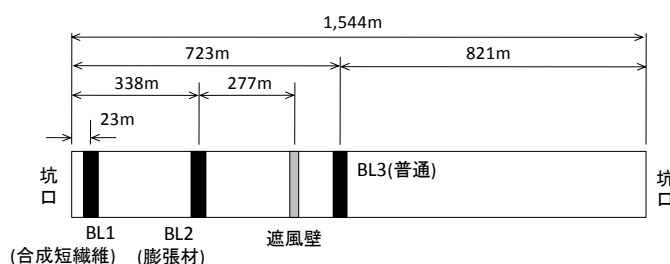


図-1 温湿度測定および供試体曝露位置



写真-1 供試体の曝露状況 (BL3)

表-1 コンクリートの示方配合

ブロック	水 セメント 比 W/C (%)	細骨材率 s/a (%)	単位量(kg/m ³)							
			水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G	膨張材	合成 短繊維 (vol%)	高性能 AE減水剤 (ml)	AE減水剤 (ml)
BL1	51.0	48.0	164	322	852	1012	-	0.3	2415	-
BL2	57.0	50.0	171	300	884	976	20	-	2880	-
BL3	57.0	45.4	167	293	826	1021	-	-	-	1758

3. 実験結果および考察

3.1 トンネル内の温湿度変化に関する考察

コンクリート打設から開通までのトンネル坑内の各ブロック位置における温湿度（日平均）の変化を、図-2 に示す。時間軸は、最初に打設を行ったBL2の打設日を基準とした日数で表記している。なお、BL2の打設を行ったのは、秋口付近であり、BL1については、350日以降のデータの大部分が欠測となった。同図より、遮風壁を撤去（423日）するまでの湿度のデータを見ると、BL3ではほぼ80%以上となっており、高い湿度が保たれていることが分かる。また、BL2およびBL1の湿度はBL3よりも低く、坑口に近づくにつれて湿度が低くなっている。

遮風壁撤去（423日）後の湿度の変化を見ると、550日までの期間で湿度が低下していることが分かる。また、遮風壁撤去（423～611日）後の湿度と約1年前（約60～240日）の湿度を比較すると、遮風壁設置時の方が、湿度の変動幅が小さく抑えられていることが分かる。すなわち、遮風壁を設置し、通風を防ぐことにより、トンネル内を高湿度に保持でき、変動を小さく抑えられることが実測データより示された。これにより、コンクリート表面の乾燥を抑制できるものと考えられる。

3.2 コンクリートのひずみ測定結果および考察

図-3に、側壁部のコンクリートのひずみ測定結果を示す。なお、コンクリートひずみの値は、コンクリート温度の変化による影響の補正を行っていない。

図より、経過日数200～400日にかけてひずみが収縮から膨張に転じていることが分かる。これは、夏期のためにコンクリート温度およびトンネル坑内の湿度が上昇したことによるものである。一方、400日以降は収縮ひずみが増大しており、これは冬期にかけて気温が低下したこと、また、遮風壁の撤去（423日）によりトンネル内の湿度が低下したことの両者が原因として考えられる。

また、各ブロックにおける全体的な挙動を見ると、BL3が最もひずみの変化が小さく、緩やかな挙動となることが分かる。BL3は、トンネル中央部であることから、位置的に乾湿の変化が小さく、また、遮風壁の効果も相乗して、ひずみの変化が小さくなったものと考えられる。

4. まとめ

トンネル坑内の湿度抑制について、約2年間行ったモニタリングの結果、通風を防止することによりトンネル坑内を高湿度に保持できること、変動を小さく抑えられることを確認した。また、曝露供試体のひずみの測定結果から、コンクリートのひずみは、温度、湿度の双方が影響していることが確認された。各ブロックにおける全体的な挙動を見ると、遮風壁の長期間設置による乾湿変化の抑制かつ湿潤状態の保持効果により、ひずみの変化が抑制されたと考えられ、施工上の対策が大きく寄与したものと考えられる。

参考文献 1) 佐川康貴，濱田秀則，今田一典，原秀利，坂口伸也：トンネル覆工コンクリートにおけるひび割れ抑制効果の評価に関する一考察，土木学会：歴代構造物品質評価/品質検査制度研究小委員会（216委員会）成果報告書およびシンポジウム講演概要集，コンクリート技術シリーズ，No.87，pp.85-90，2009.11

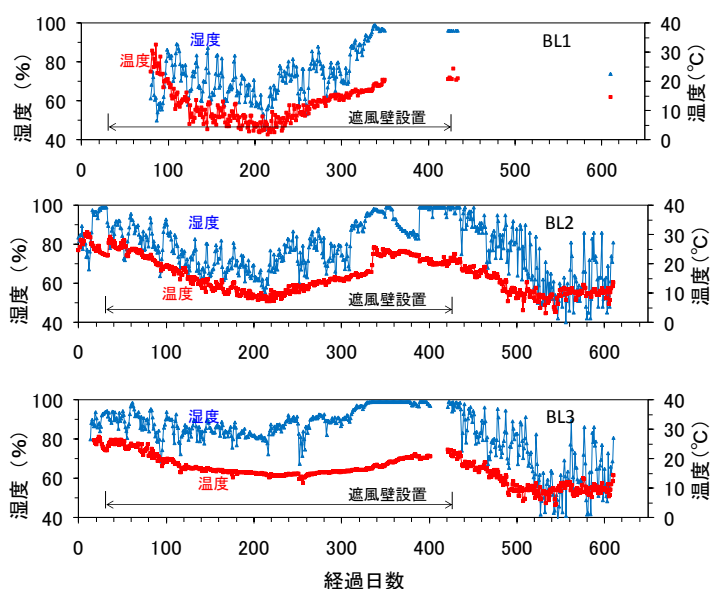


図-2 トンネル坑内の温湿度（日平均）

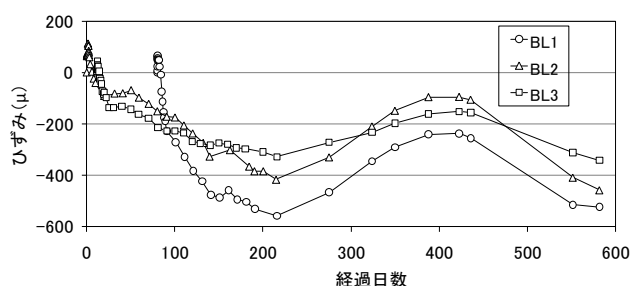


図-3 コンクリート供試体のひずみ測定結果