

トンネル覆工コンクリートの養生効果の評価法に関する検討

香川高等専門学校 学生会員 ○高石 地晴
 香川高等専門学校 正会員 林 和彦
 香川高等専門学校 正会員 長谷川雄基
 香川大学 正会員 岡崎慎一郎
 佐藤工業(株)技術研究所 正会員 宇野洋志城
 国土交通省四国地方整備局 阿部 浩之

1.背景と目的

トンネルの2次覆工コンクリートはセントルを使用した狭隘部の打込みが困難であることや、連続した施工が求められるため脱型材齢が1日程度であり養生期間が短いなど、施工に伴う不具合が多く存在しやすい。さらに四国においては、ブリーディングが多く、収縮の大きい骨材を使わざるを得ない地域もあるため、トンネル覆工コンクリートの品質を確保することが難しい状況にある。

覆工コンクリートがひび割れや未充填などにより剥離が生じると走行車両に対する重大な事故に繋がるため、コンクリート片の落下に繋がる剥離や格子状のひび割れを根絶する必要がある。四国地方整備局においては、過去の不具合やその補修を受けて、覆工コンクリートの品質確保について着目し、一部のトンネルにおいては覆工コンクリートのひび割れに関する長期保証を実施するなど、改善を模索している。

覆工コンクリートの品質確保の取り組みを行う中で、どのような施工方法が品質に影響を与えるのかを定量的に評価することが求められている。本研究は、非破壊試験法を適用してトンネル覆工コンクリートの品質を評価する方法を確立することを目的とする。

2.実験概要

(1)対象構造物

坑口から約900mに位置している88BLの2次覆工コンクリートを評価対象とした。表1に計測対象の詳細を示す。実構造物の覆工コンクリートの養生は、1日脱型を行い、翌日よりコンクリートに外部から水を供給する給水養生を約1ヶ月間実施しており、この入念な湿潤養生の効果を検証した。トンネル壁面での入念な湿潤養生の効果を相対的に評価する目的で、覆工コンクリートと同様の厚みを有する幅900×高さ900×厚さ300(mm)のコンクリート供試体を現地において2体製作し、湿潤養生を行わない場合とし、セントルの脱枠時期に合わせて、18時間程度で脱型を行い、その後気中暴露した。試験体の側面と背面は型枠と実構造物と同じ防水シートで覆い、暴露条件を同一としている。養生方法の違いがコンクリートの緻密性にどのような影響を与えるのか評価を行った。

(2)測定条件

測定箇所の選定については同一ブロック内でも場所により品質に違いがあると考えられ、ブロック端部において3点、ブロック中央部において3点計測を行った。供試体については1体につき3点ずつ測定を行っ

た。図-1にブロック内の測定位置を、図-2に供試体の測定位置の詳細を示す。

トンネル内部では、夏になると地山の温度とコンクリートの温度の違いや冬に比べて湿度が高くなることから結露していることが確認されている。透気や吸水の非破壊試験を行う場合、コンクリートの水分量の影響を受けるため、条件によっては結果が過大評価される可能性もある。湿度の異なる時期を選定して、実構造物の測定を行うこととした。1回目は冬の時期、材齢48日の2017年12月(湿度約85%)、2回目は夏、材齢237日の2018年6月(同99%)、3回目は冬、材齢485日の2019年2月(同70%)とした。

(3)測定内容

CMEX II と HI-520 の2種類の水分計を用いてコンクリートの水分率の測定を行った。測定は1点において、45度ずつ回転させて3回測定している。

表面吸水試験(以下、SWAT)と表層透気試験の2種類の非破壊試験を用いて、コンクリートの緻密性を測定した。

表-1 計測対象の詳細

測点名	W-T-E	W-T-M	A-S
養生方法	1日脱型後 1ヶ月の給水養生		1日脱型のみ
測定場所	覆工コンクリート ブロックの端部	覆工コンクリート ブロックの中央部	供試体

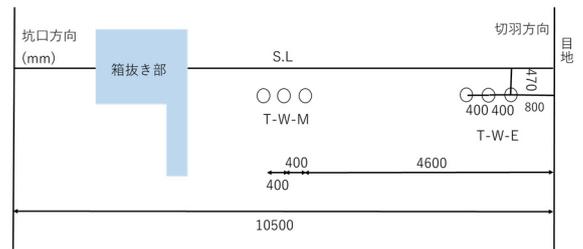


図-1 覆工コンクリート測定位置(1, 2回目)

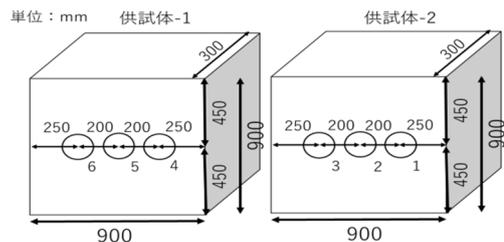


図-2 供試体測定位置

キーワード：非破壊試験，養生，覆工コンクリート

連絡先：〒761-8058 香川県高松市勅使町 355 TEL:087-869-3920

3. 結果および考察

図-3 は 1 回目および 2 回目の SWAT の測定結果を示す。2 回目(夏)測定結果のほうが 1 回目(冬)測定結果よりも値が小さくなった。その理由は、2 回目の方がトンネル内の湿度が高く含水率の影響を受けたことと、材齢の経過により水和反応が進み緻密化されたためと考えられる。

覆工コンクリート壁面の平均(W-T)と供試体の平均(A-S)を比較すると、1 回目(冬)の測定と 2 回目(夏)測定の両方で入念な湿潤養生を行っている覆工コンクリート壁面のほうが、緻密性が高いことが確認された。

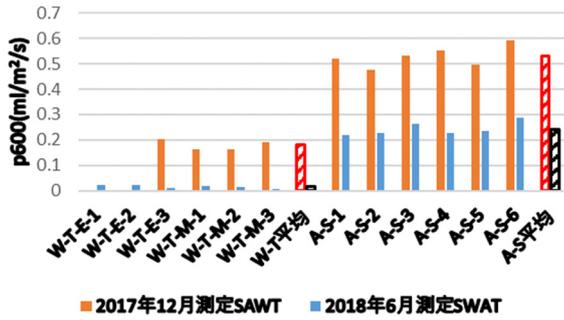


図-3 表面吸水試験結果 (1, 2 回目)

図-4 に表層透気試験の結果を示す。部材毎に平均をすると SWAT 同様に供試体よりトンネル壁面の方が緻密であることが確認できる。1, 2 回目での測定結果から、気中養生を行った供試体よりも入念な湿潤養生を行っている覆工コンクリートのほうが吸水抵抗性に優れていた。しかし、W-T-M(ブロック中央部)の試験結果は 2 回の測定とも供試体平均に比べて小さい値であったのに対して、W-T-E(ブロック端部)では 2 回の測定とも供試体と同じように大きい結果となった。本現場においては坑口方向から切羽方向へ向けてコンクリートを打ち込むため、切羽方向の方が、ブリーディング等により品質が相対的に低下する傾向があることからトンネル壁面のブロック端部(切羽側)よりもブロック中央部のほうが、吸水抵抗性が高かったことが確認できた。同一ブロック内でもトンネルの軸方向の品質に違いがあることが確認できた。

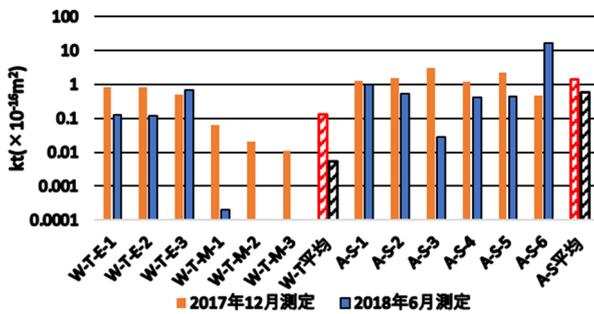


図-4 表層透気試験結果 (1, 2 回目)

ブロック内の軸方向の分布を把握するために 3 回目として 1m おきに測定した。図-5 に測定位置を示し、図-6 と図-7 に 3 回目の測定の SWAT および表層透気試験の結果をそれぞれ示す。測点 7 と 8 については、箱抜き部分の下での測定であり、コンクリートが充填され

にくい場所であるため緻密性が若干低下したと考えられた。ブロック中央平均と切羽方向端部平均の値を比較すると中央のほうが緻密性が大きくなっており、切羽方向のほうが緻密性が低下していることが確認できる。実際に表面をみると、切羽方向端部の付近においてブリーディングの跡とみられる微細な水走りが確認でき、このことが影響していると考えられる。

今回測定の目的は湿潤養生の効果評価することであり、実際にはトンネル軸方向にも緻密性の違いが見られることから、非破壊試験を行う際には、局所的な影響を受けないように測定場所を考慮する必要があるといえる。

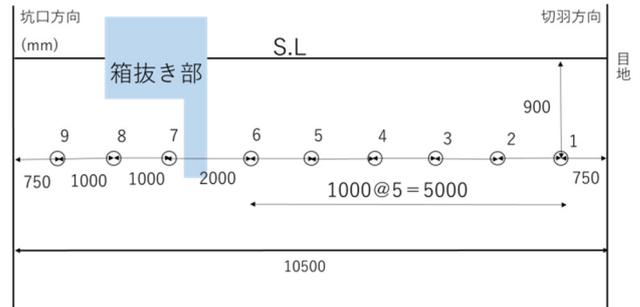


図-5 覆工コンクリート測定位置(3 回目)

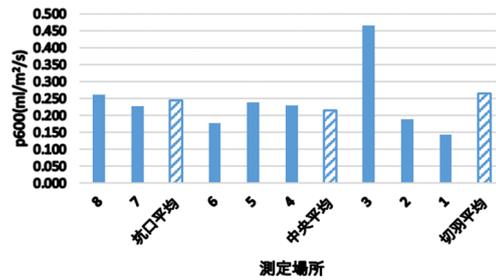


図-6 表面吸水試験結果 (3 回目)

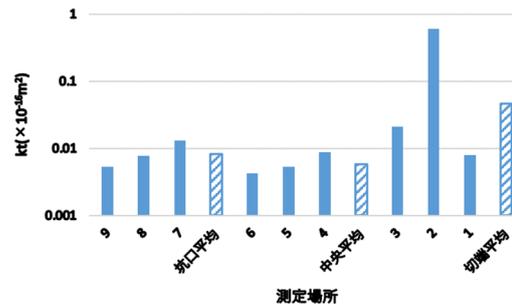


図-7 表層透気試験結果 (3 回目)

4. 結論

- 1) 覆工コンクリートの緻密性を高める目的で行った約 1 ヶ月の湿潤養生の効果について、坑内湿度が変化する実環境において検証するため、同条件で作製した供試体に対して既存工法の養生方法を適用し、両者を比較することで、透気性および吸水抵抗性に優れることを確認した。
- 2) 同一ブロック内においてもトンネル軸方向で緻密性の差が見られたため、養生効果を検証するためにはブロック内の位置におけるばらつきを考慮する必要がある。