

シールドトンネルにおける二次覆工の長期挙動に関する一考察

国立研究開発法人土木研究所 正会員 ○森本 智, 日下 敦, 坂本 昇, 首都大学東京 正会員 砂金 伸治

1. はじめに

道路トンネルの覆工コンクリートに求める機能として、「トンネルの構造安定性の確保」および「利用者の安全性の確保」がある。これらの機能を確保するためには、トンネルに変状等が発生した場合、構造に応じた覆工の挙動を踏まえ、変状の発生原因を適切に判定し健全性を診断する必要がある。NATM における覆工の挙動は、長期計測結果から覆工の温度と伸縮の関係等が明らかとなっている¹⁾。一方、シールドトンネルの覆工の挙動は、筆者らにより、シールド工法により建設された共同溝において目視調査²⁾、および覆工のひび割れ幅の変動等の調査の報告³⁾があるものの1年間の計測期間において得られた結果について論じたものである。

本稿では、目視調査²⁾および覆工のひび割れ幅の変動等の調査³⁾に継続して実施している調査の結果について、トンネル内の温度変化と覆工の挙動の関係等について考察した結果を報告する。

2. 調査トンネル

調査トンネルは、シールド工法により建設された共同溝で1997年に完成している。延長は650m、最大土被りは約25m、内径は6.8mである。図-1に標準断面図を示す。一次覆工のセグメントはRC構造で厚さ325mm、幅1,000mm、長さ3,380mmである。二次覆工はRC構造で厚さ200mm、打設スパン長さ9mである。トンネル内は占用物件の配置の都合等により、厚さ250mmの床版が水平方向に設置され、上下二層構造となっている。本トンネルは、完成から5年程度経過した時点に、漏水を伴うひび割れが発生し、本対策として止水注入工が施工され、対策後10年程度経過した時点の調査により、健全な状態を維持していることが確認されている²⁾。

3. 調査方法

本調査は、二次覆工を対象とした変状の目視調査およびひび割れ幅の変動等の挙動調査からなる。目視調査は、近接目視により実施し、把握できたひび割れは0.3mmに満たない微細なものも含め記録した。挙動調査はトンネル内の温度・湿度を計測するとともに、二次覆工の目地間の幅とひび割れ幅の変位を亀裂変位計により計測した。計測箇所は、目地は天端付近とし、ひび割れは縦断方向に発生したもの（幅は横断方向に増減）を2箇所選定した。亀裂変位計の配置を図-2の変状展開図にあわせて示す。温度差に伴うコンクリートの伸縮量は、温度差に比例し、部材長、熱膨張係数（RC構造物： $10 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ ）の積から算出できる。ここでは、部材長は二次覆工の縦断方向長さ（スパン長=9.0m）、周方向長さ（内径6.8m相当=21.3m）とした。

4. 調査結果

図-2に目視調査で得られた変状展開図を示す。完成から15年経過した時点における目視調査で確認された変状²⁾を黒字で、その後、新たに確認された変状を赤字で示す。新たに確認された変状は、前回までの目視調査で確認されたひび割れから進展したものが多く、その幅は0.3mm未満の微細なものであった。外力の作用が疑われるひび割れ（例えば、覆工スパンを跨ぐ、表面の圧さ等）は確認されなかったことから、乾燥収縮や温度変化による材質劣化に起因するひび割れと考えられる。また、漏水対策を実施した箇所²⁾においては新たな漏水の発生等はなく、健全な状態を維持していることが確認できた。

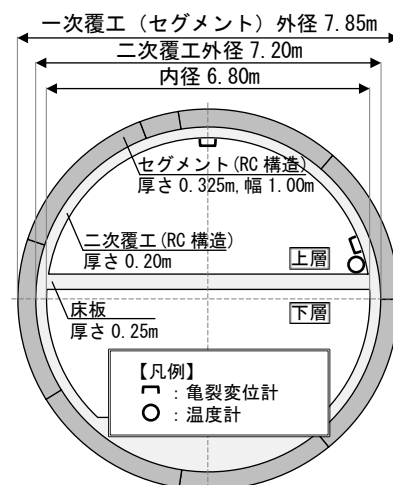


図-1 標準断面図

キーワード シールドトンネル, 覆工挙動, 長期計測

連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原 1-6 国立研究開発法人土木研究所 TEL 029-879-6791

図-3 に挙動調査で得られたトンネル内の温度・湿度の変化を示す。例年、トンネル内の温度は 15 度から 23 度程度の範囲で変化し、湿度は夏季の数ヶ月間は多湿となる傾向にあった。図-4 に目地間の変位とひび割れ幅の変位を示す。目地間の変位、2 箇所（左壁）のひび割れ幅の変位ともに、9 月頃に最少となり、3 月頃に最大となった。その変位差は、目地は 0.83mm 程度、ひび割れ①は 0.35mm 程度、ひび割れ②は 0.35mm 程度であった。これらの結果から、本調査トンネルにおいては、温度・湿度変化や目地間の変位、ひび割れ幅の変位とともに、同程度の範囲で、繰り返し発生していることがわかる。

図-5 に温度と変位の関係を示す。目地間の変位とひび割れ幅の変位は、温度の変化とおおむね比例する関係にあることがわかる。また、その傾きは、熱膨張係数と部材長の積で表されるコンクリートの伸縮量と比較し、目地ではおおむね同程度となり、ひび割れでは小さな値となった。このことは、コンクリートの伸縮は、縦断方向は目地に集中すると考えられ、横断方向は複数あるひび割れ等に分散すると考えられる。

5. まとめ

本調査を実施したシールドトンネルにおいては、トンネル内の温度は季節変動を繰り返し、それに応じて、覆工コンクリートの伸縮により目地間の幅やひび割れの幅が変動することが確認された。その値は、目地では熱膨張係数と部材長の積で表されるコンクリートの伸縮量と同程度となった。本調査により把握した目地やひび割れの挙動は、ただちに構造の安定性に影響を与えるとは考えにくい。一方、長期にわたり、コンクリートが繰り返し伸縮し、目地やひび割れが変動することは、材質劣化が進行し、うき・はく離、漏水の発生や進展等につながるおそれがある。このことから、目地付近やひび割れが確認された付近においては、近接目視による点検に加え、打音検査や漏水状況の把握をあわせて行い、うき・はく離やその他の劣化が発生していないか確認することが重要であると考えられる。

参考文献

- 1) 笹田俊之，砂金伸治，石村利明：長期計測結果にもとづいたトンネル覆工の挙動に関する考察，トンネル工学報告集，第 24 巻，I-3，2014. 12
- 2) 森本智，砂金伸治，石村利明，日下敦，坂本昇：シールドトンネルにおける変状対策工の効果に関する研究，トンネル工学報告集，第 26 巻，II-6，2016. 11
- 3) 坂本昇，森本智，砂金伸治，日下敦：シールドトンネルの覆工における挙動発生要因に関する一考察，トンネル工学報告集，第 27 巻，II-5，2017. 11

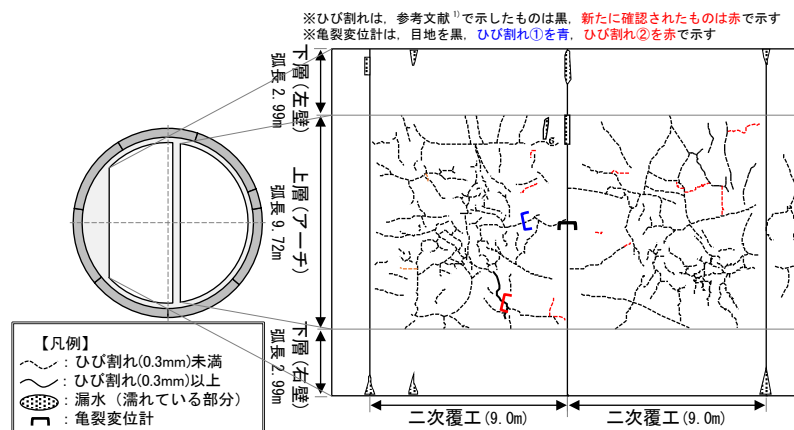


図-2 変状展開図

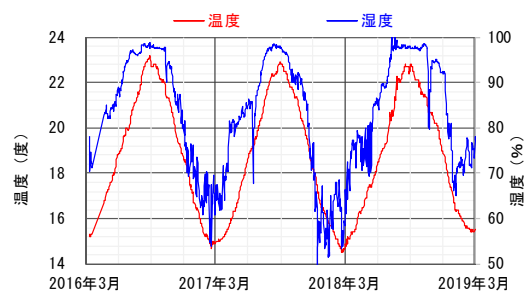


図-3 トンネル内の温度・湿度

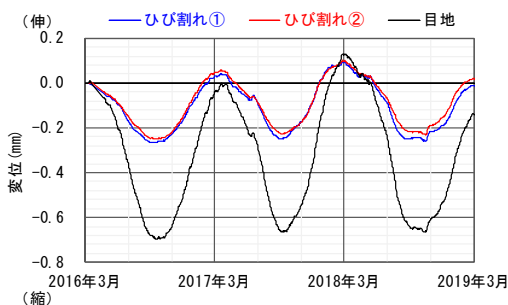


図-4 目地とひび割れの挙動

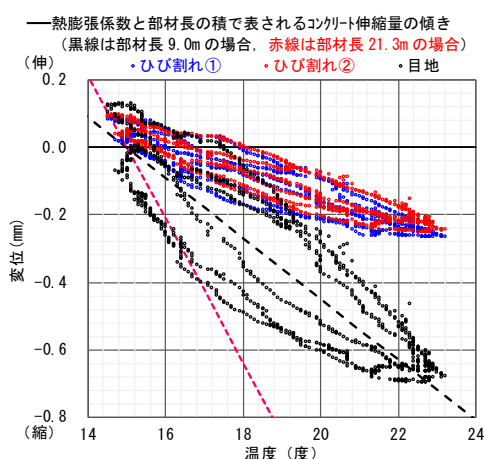


図-5 温度と目地とひび割れの関係