

トンネル覆工における材質劣化によるひび割れの形態に関する分析

国立研究開発法人 土木研究所 正会員 ○坂本 昇, 砂金 伸治, 石村利明, 日下 敦

1. はじめに

トンネルにおいて発生する変状は多岐にわたるが、NATM による道路トンネルでの覆工の変状は、「ひび割れ」が最も多い¹⁾。ひび割れの原因は、外力が作用するものと、材料、施工方法等による材質劣化によるものに大別できる。ひび割れの判定は、発生原因を特定することなく、安易にひび割れ幅と長さによって、外力による判定区分や判定の目安で判定を実施することは、適切な判定とならないため避ける必要がある。現時点では、材質劣化のひび割れと判断され、利用者の安全性が懸念され、対策区分の判定を実施する場合、「うき、はく離」または「鋼材腐食」で判定を行っている¹⁾。材質劣化のひび割れについても、外力によるひび割れでの判定と同様に、ひび割れ幅や長さ等による定量的な判定の目安を示すことで、今後の効率的な維持管理を実施できる可能性もあると考えている。

本稿では、材質劣化によるひび割れにおける定量的な判定の目安の検討に向けた基礎資料として、定期点検結果より材質劣化によると推定されるひび割れについて、ひび割れの幅、長さ等に着目し、ひび割れの形態の傾向を分析した結果を報告する。なお、本稿では、ひび割れの形態を幅、長さ、発生位置・方向とした。

2. 対象トンネル

国土交通省が管理する道路トンネルのうち、平成26年6月に発出された「道路トンネル定期点検要領²⁾」により平成26、27年度に実施されたトンネル定期点検の結果(895トンネル)を収集した。対象トンネルは、収集した点検結果よりトンネル工法が「NATM」、かつ点検結果総括表(様式 C-1-1)において、変状の区分で「材質劣化」、変状種類で「ひび割れ」、変状の発生範囲の規模に「ひび割れの幅、長さ」の記載のあったトンネルを抽出した。抽出の結果、対象トンネルは15トンネル、対象ひび割れ数は1008であった。

3. 分析方法

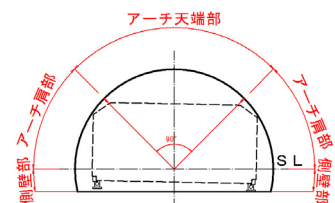
対象としたひび割れの形態(幅、長さ、発生位置・方向)を定期点検結果より抽出した。ひび割れの幅、長さは点検結果総括表より抽出した。発生位置・方向は変状写真台帳、変状展開図より読み取り、発生位置は図-1のとおり利用者被害を踏まえ、3区分とし、発生方向は図-2のとおり4区分とした。なお、ひび割れ幅は、外力するひび割れの判定と同様に最大幅である。

分析手順は、「ひび割れ発生位置・方向」の分布状況により特徴的なひび割れを抽出し、「ひび割れ幅、長さ」の分布状況よりひび割れの形態の傾向を分析した。なお、現時点ではひび割れの形態のみに着目しており、コンクリートの材料条件、覆工の打設や養生等の施工条件、環境条件等の発生原因は加味していない。

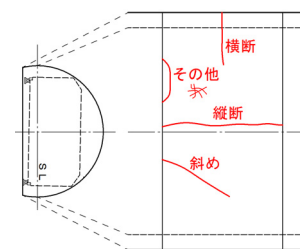
4. 特徴的なひび割れの形態の抽出

図-3にひび割れの発生位置・方向の発生分布を整理した結果を示す。

縦断方向のひび割れ数が対象ひび割れの約80%を占め、その約90%がアーチ天端部で発生している。横断方向のひび割れ数は、縦断方向に比べかなり少ないが、その約80%がアーチ肩部および側壁部で発生している。特徴的なひび割れの形態として、ひび割れ数が多い「縦断方向・アーチ天端部(対象ひび割れ数:719)」、「横断方向・側壁部、アーチ肩部(対象ひび割れ数:137)」を抽出した。



【断面図】
図-1 ひび割れ発生位置の区分



【展開図】

図-2 ひび割れ発生方向の区分

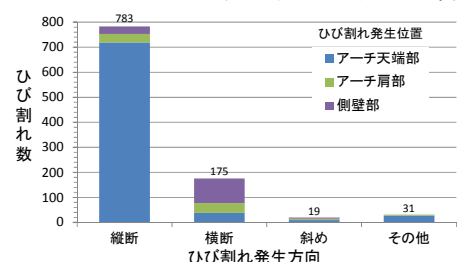


図-3 ひび割れ発生位置・方向の分布

キーワード：山岳トンネル、維持管理、トンネル点検、覆工、ひび割れ、材質劣化

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

5. 分析結果

図-4に「縦断方向・アーチ天端部」でのひび割れ幅、長さの分布を整理した結果を示す。ひび割れ幅は、すべて 4.0mm 未満である。ひび割れ長さは 5～10m 以上が約 65%を占め、ひび割れ幅 1.0mm 以上かつ長さ 10m 以上のひび割れ数が最も多い結果となった。

図-5に「横断方向・側壁部、アーチ肩部」でのひび割れ幅、長さの分布状況を整理した結果を示す。ひび割れ幅はすべて 2.0mm 未満で、0.3mm 未満が約 70%と多く、長さは 3m 未満が約 75%である。

6. 考察

縦断方向のひび割れは、長さ 5～10m 以上の件数が多く見られ、変状展開図によると覆工スパン内に発生し、打継目部で途切れているものが多く、乾燥収縮等で発生するひび割れであると推測できる。

横断方向のひび割れは、幅は小さく、長さ 3m 未満のひび割れが多く見られ、変状展開図によるとスパン中間部付近で側壁下端からアーチ側壁部に発生しているひび割れが多く、インバートによる拘束によって側壁下端から発生するひび割れであることが推測できる。

図-6に「縦断方向・アーチ天端部」、図-7に「横断方向・側壁部、アーチ肩部」の各々のひび割れ幅、長さと判定区分の分布を示す。縦断方向のひび割れでの分布は、幅 1.0mm 以下で I, IIb 判定が多く、長さ 5m 以上で IIa 判定が多い。横断方向のひび割れでの分布の傾向は、長さ 2m 以下で I, IIb 判定が多い。ひび割れ幅、長さによる判定区分は、分布にばらつきがあり、判定の目安の設定については、今後の課題であり、複合的な判断が必要と考えている。

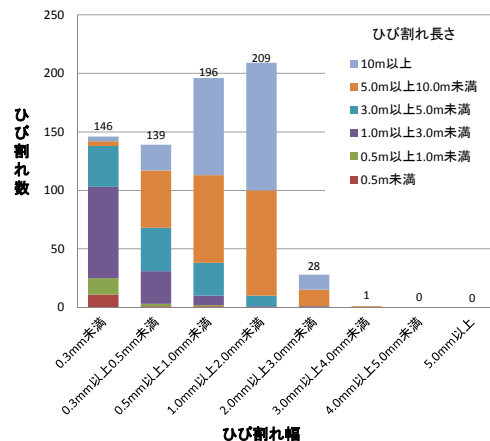


図-4 ひび割れ幅、長さの分布状況 (縦断方向・アーチ天端部)

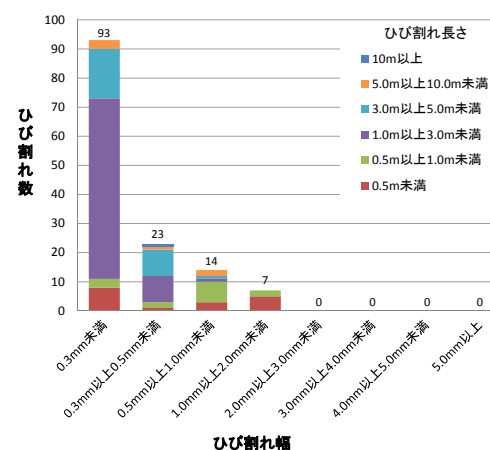


図-5 ひび割れ幅、長さの分布状況 (横断方向・側壁部、アーチ肩部)

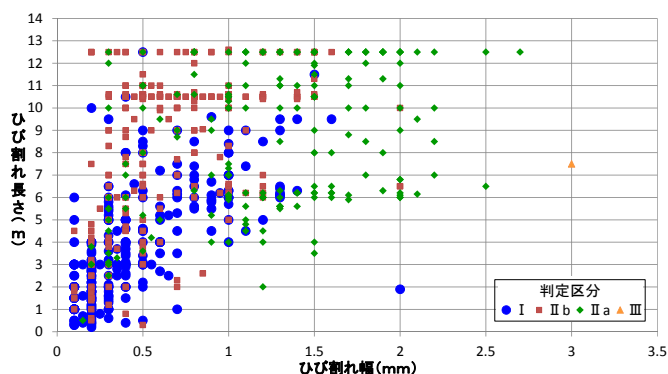


図-6 ひび割れ幅、長さ判定区分の分布 (縦断方向・アーチ天端部)

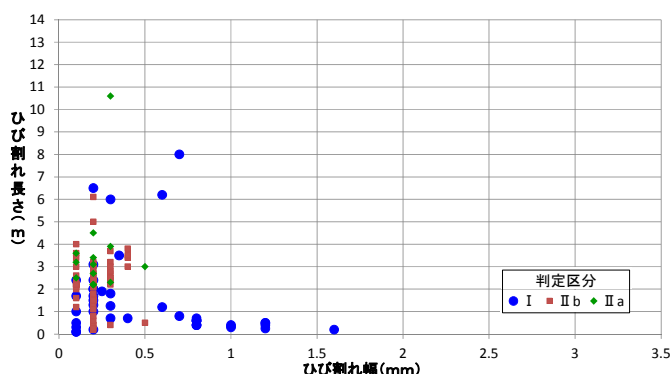


図-7 ひび割れ幅、長さ判定区分の分布 (横断方向・側壁部、アーチ肩部)

7. おわりに

材質劣化によるひび割れでの定量的な判定の目安について検討に向け、次段階として、データの蓄積、使用材料、施工方法、環境等の材質劣化によるひび割れの発生要因やトンネル構造等を含めた分析が必要と考えている。また、覆工コンクリートの品質の判定指標の一つとして、初期ひび割れの形態等を用いている事例もある。今後、NATMでのトンネルにおいて、乾燥収縮等の材質劣化による初期ひび割れに着目し、ひび割れの形態、ひび割れの発生要因、定期点検結果の長期の蓄積によるうき・はく離の誘発の程度の把握等を含めた検証も実施したいと考えている。

参考文献

- 1) 公益社団法人 日本道路協会：道路トンネル維持管理便覧【本体工編】，平成 27 年 6 月
- 2) 国土交通省道路局：道路トンネル定期点検要領，平成 26 年 6 月