

高性能計測技術によるトンネル覆工点検の 信頼性向上に関する検証

RESEARCH ON IMPROVING THE RELIABILITY OF THE TUNNEL LINING INSPECTION BY HIGH-PERFORMANCE MEASUREMENT TECHNOLOGY

鈴木 俊雄^{1*}・木村 定雄²・定司 肇³

Toshio SUZUKI^{1*}, Sadao KIMURA², Hajime JYODUKA³

In recent years, shooting inspection technology using high-performance measurement techniques have been proposed to improve the efficiency of the inspection of the road tunnel. Considerations on to operate, such as errors caused by dirt effects and lining of human error by the photographer technology are summarized. However, the analysis data is insufficient. In this paper, we want to the reliability further improvement of the tunnel lining inspection by high-performance measurement technology. Focusing on consistency with the inspection result by the previous inspection data and high performance measurement technology for this, it is to report the result of analysis.

Key Words : tunnel lining, inspection, photographer technology, reliability, accuracy, crack

1. はじめに

道路トンネルの点検は平成24年7月の道路法施行規則の改正により, 「近接目視により, 五年に一回の頻度で行う」ことが基本となっている¹⁾²⁾。従来のトンネル点検は交通規制の中で, 高所作業車により近接目視・打音により点検を行ってきた。近接目視・打音点検は, 人力に大きく依存するが, 簡便な方法であり, 狭い範囲の局所的な状況が比較的正確に把握できる利点がある。しかし, 点検者の人的不足や暗い抗内で汚れた壁面の点検作業のため変状を見落とす可能性やひび割れの進行性の定量的評価が難しいことなど, 点検者による精度の人的誤差への影響が懸念されてきた。また, 交通規制の中での点検となるため, 危険と隣り合わせの作業であり, 利用者への影響など様々な課題があった。一方, 最近ではこれらの課題を解決するために, トンネル走行型計測技術が開発・実用化されトンネルマネジメントに組み込まれつつある。佐野氏ら⁴⁾⁵⁾により, 高性能計測技術による撮影点検技術が提案され, 撮影技術による人的誤差の影響や覆工の汚れ等による誤差など運用する上での留意点がまとめられているが, 分析データが不足している。

今後, 高性能計測技術の更なる活用を行っていくためには, 蓄積された点検データにより, 分析を行った上, 更なる信頼性の向上が不可欠である。本稿では, 高性能計測技術によるトンネル覆工点検の信頼性の更なる向上に向けて, 既に近接目視・打音による点検データが蓄積されているデータと高性能計測技術による点検結果との整合性に着目し, 分析した結果を報告するものである。



図-1 走行型トンネル撮影状況

キーワード：トンネル覆工, 点検, 撮影技術, 信頼性, 精度, ひび割れ

¹ 学生会員 中日本高速道路㈱ Central Nippon Expressway Company Ltd. (E-mail:t.suzuki.an@c-nexco.co.jp)

² 正会員 金沢工業大学教授 Professor, Kanazawa Institute of Technology.

³ 学生会員 金沢工業大学 Kanazawa Institute of Technology.

2. 走行型トンネル撮影システムについて

走行型トンネル撮影システム⁶⁾とは、図1に示すとおり、モービルマッピングシステム（MMS）によりトンネルの3次元データを取得した上、表1に示す仕様の装置を4t車に搭載し、時速約50kmで走行しながら覆工表面の画像を取得できるシステムである。撮影後、取得した画像を専用ソフトを用いて、ひび割れ展開図の作成及び覆工の健全度評価を行う。筆者らにより、走行型画像計測から得られた連続印刷画像を用いて、技術者が机上でひびわれ展開図を作成する方法は、幅0.5mm以上のひび割れに対しては近接目視点検と同等の精度を有しているが、画像からひび割れなどの変状を検出するためには、技術者の判断に依存することが分かっている。また、連続印刷画像を用いた場合、遊離石灰、漏水などのひびわれ以外の付加情報が得られることで技術者の業務経験を生かして、より詳細にひび割れ展開図の作成が可能となるが、覆工コンクリート表面の縞状の模様、煤煙などが付着した箇所、遊離石灰・漏水の流出跡、施設物の背面などを着眼点として留意する必要があると整理されている。また、研究成果報告書³⁾により、走行型計測車両による点検手法は、遠望目視・近接目視点検の代替として変状情報の客観的・高精度把握が可能であり、高速化、交通規制の低減、見落とし防止などの有効性が確認されている。また、走行型計測車両による点検手法は、打音検査の代替とはなり難く、近接目視点検、打音検査の補完として位置付けられている。

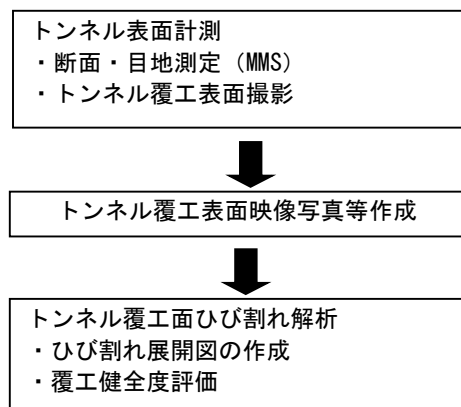


図-2 覆工点検の流れ



図-3 走行型トンネル撮影機器

表-1 走行型トンネル撮影システムの仕様

名称	仕様	数量
ハイビジョンビデオカメラ (ソニー社製 HDR-CX560V)	画素数：1920×1080/60p	9台
照明	・LEDライト 36W ・LED電球 9W (100W相当)	・20台 ・200個

表-2 分析対象トンネル諸元

トンネル名称	Hトンネル
供用年	1976
経過年数	39
施工法	在来工法
トンネル延長 (m)	662
総スパン数	51
走行型トンネル撮影システム 点検年度	2013
近接目視・打音点検 点検年度	2015
点検対象範囲	追越車線側

表-3 ひび割れ幅による差

ひび割れ幅	A点検	B点検	補完率 A点検/B点検*100
0.5mm程度	1,672m	1,641m	約102%
1.0mm程度	89m	122m	約73%
2.0mm程度	0m	3m	0%
3.0mm程度	0m	1m	0%
合計	1,761m	1,767m	約99.7%

3. 走行型トンネル撮影システムの分析

分析の対象としたトンネルの仕様を表2に示す。対象トンネルは在来工法で施工されたトンネルであり、供用から39年経過しているトンネルである。対象トンネルは全51スパンあり、分析対象スパンは0～30スパンを対象として分析を行った。図4・5・6・9・11の横軸に示す「A」は、走行型トンネル撮影システム（以下、A点検）に検出されたものとし、「B」は近接目視及び打音点検（以下、B点検）に検出されたものとしている。A点検はB点検の補完という目的で実施しているため、A点検で検出されたひびわれ数量がB点検で検出されたひび割れ数量よりも大きい場合は問題ない。図4に示すとおり、ひび割れ幅は関係なく、ひび割れ延長を把握する上では、ほぼ同程度の検出できており、補完できている。しかし、ひび割れ幅毎で比較するとひび割れ延長に乖離があるため、ひび割れ幅毎に着目し分析を行った。0.5mm程度ではA点検とB点検を比較してもほぼ同程度のひび割れ延長を把握できて

いることが分かる．1.0mm程度では A 点検よりも B 点検の方が，33m多く検出している結果となっている．原因は図 7 に示すように，A 点検は覆工表面の撮影を行っているため，トンネル附属物の背面などに存在するひび割れは捉えられていないことが原因である．次に，2.0mm程度では，A 点検よりも B 点検の方が 3m多く検出している．原因はひび割れ近傍に遊離石灰によりひび割れに不着していることが原因でひび割れ幅細く見えたということ原因である．3.0mm程度では，A 点検よりも B 点検の方が 1m多く検出されていると結果となっている．B 点検を実施した後，A 点検により作成されたひび割れ展開図を修正する際に，人的なミスにより発生したものである．以上より，トンネル附属物の背面などに存在するひび割れを検出するためには，近接目視が不可欠である．ただし，トンネル附属物近傍のみ近接目視のみであれば，上向き点検が極力避けられ，作業性が向上すること，また，附属物の点検と同時に点検を行うことで，一つの規制の中で効率的に点検ができ，交通規制による社会への影響が軽減できる．また，遊離石灰でひび割れ幅が細く検出してしまうことについては，遊離石灰の付着量による検出誤差については，他トンネルも含めて分析を進め，定量的に評価し，画像から把握できる付着量により A 点検の評価する際に安全側にひび割れ幅を太く評価することで，乖離が縮まるのではないかと考える．また，B 点検後の覆工展開図の補正作業については，人的ミスを少しでも軽減するために，現場で手書きされたデータと補正後の覆工展開図を比較し，補正作業した後に，第三者でダブルチェックすることで，軽減できる．

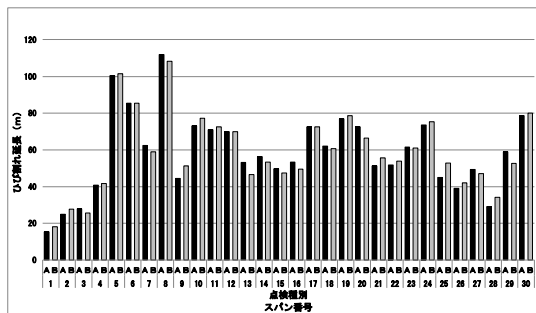


図-4 スパン毎によるひび割れ延長

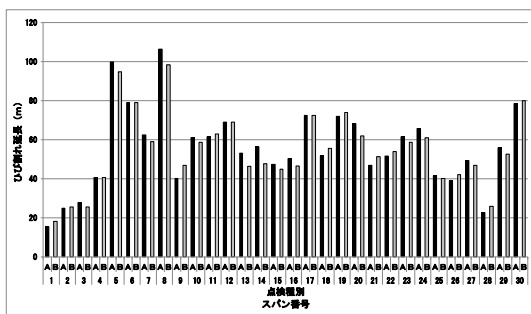


図-5 スパン毎によるひび割れ延長 (0.5mm)

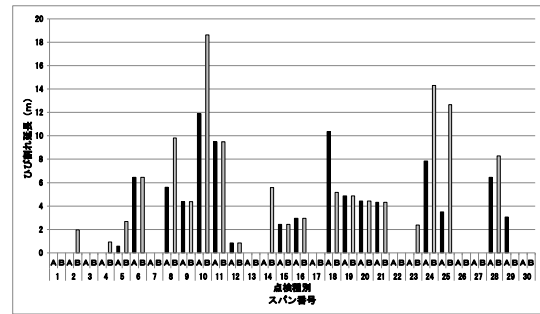


図-6 スパン毎によるひび割れ延長 (1.0mm)

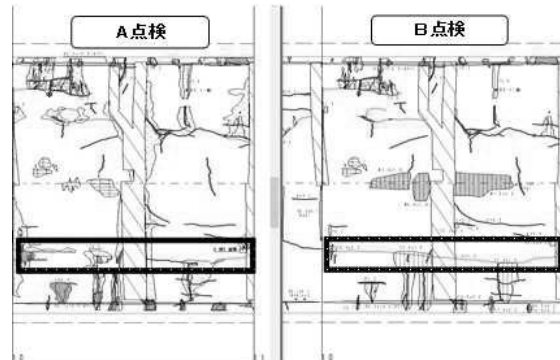


図-7 スパン番号 10 のひび割れ展開図

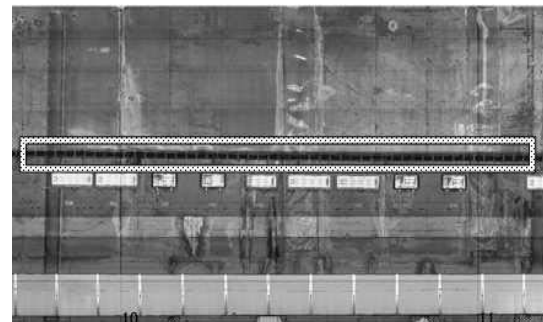


図-8 スパン番号 10 の覆工画像

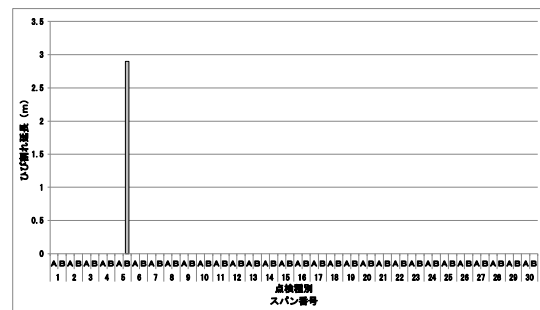


図-9 スパン毎によるひび割れ延長 (2.0mm)

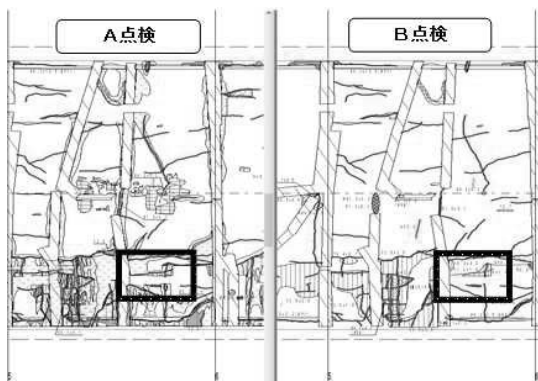


図-10 スパン番号5のひび割れ展開図

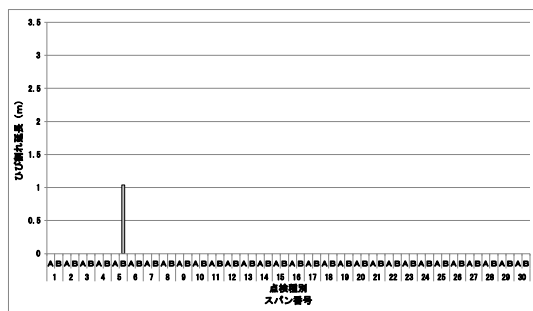


図-11 スパン毎によるひび割れ延長(3.0mm)

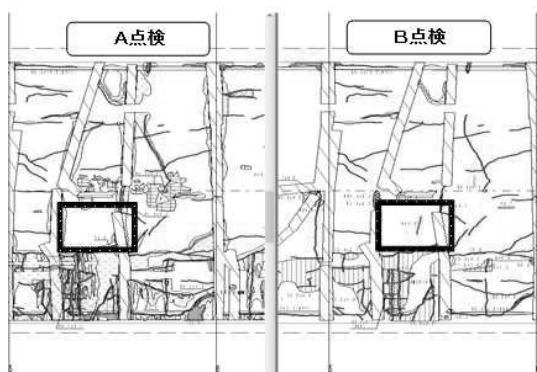


図-12 スパン番号5のひび割れ展開図

4. まとめ

本論文では、走行型トンネル撮影システムにより把握できたひび割れとその後実施する近接目視・打音点検より確認した結果を分析し、ひび割れ幅毎に検出差異の原因を明らかにした。また、差異の原因はトンネル附属物によるもの、遊離石灰や汚れなどによるもの及び人的ミスに対し、これらの要因をフォローすれば、走行型トンネル撮影システムの有効性を向上できるのではないかと考えた。また今

後は、遊離石灰や汚れなどによる状態に対し、定量的に評価し、走行型トンネル撮影システムによるその後の評価を行う際に安全側に作用する指標が必要ではないかと考える。今後は走行型トンネル撮影システムの有効性を向上していくためには、在来工法により建設されたトンネルだけでなく、NATM工法で建設されたトンネルも比較することで、今回得られた差異の原因の蓄積のみならず、新たな原因を探すためにも、この分析を更に取り組んでいく必要がある。

参考文献

- 1) 中日本高速道路㈱：保全点検要領（構造物編），2015.4
- 2) 東日本高速道路㈱，中日本高速道路㈱，西日本高速道路㈱：保全点検要領（構造物編）補足資料（案）【技術資料】，2015.4
- 3) 新都市社会技術融合創造研究会，走行型計測技術による道路トンネル健全性評価の実用化研究プロジェクト：走行型計測技術による道路トンネル健全性評価の実用化検討に関する研究，研究成果報告書，2017.3
- 4) 佐野信夫：高速道路トンネル覆工の合理的な点検システムと健全度評価の定量化に関する研究．学位論文，2007.9
- 5) 佐野信夫，伊藤哲男，馬場弘二，西村和夫，吉武勇，中川浩二：連続印刷画像を用いたトンネル覆工コンクリートのひびわれ評価におよぼす技術者資格の影響，土木学会論文集 F，Vol.62，No.3，P558-566，2006.9
- 6) ㈱東設土木コンサルタント：MMS（モービルマッピングシステム）カタログ，2005