

トンネル点検の実務における走行型画像撮影技術のひび割れ検知精度の調査

金沢工業大学 学生会員 ○斎藤 健太
 中日本高速道路（株） 鈴木 俊雄
 金沢工業大学 正会員 木村 定雄

1. 目的

トンネル点検は交通規制の中、高所作業車を用いた近接目視・打音により行われてきた。近接目視・打音点検は簡便に用いることが可能で、比較的正確に変状を把握することができる。一方、交通規制の中で行われるため、利用者への影響など様々な課題がある。これらの課題を解決するために、走行型画像撮影技術がトンネル点検に利用されている。ここで、佐野らの研究¹⁾によると、走行型画像撮影技術は、人的評価の誤差によって過大評価されることが指摘されている。そこで、本研究は実トンネルでの点検データを用いて、走行型画像撮影技術の点検精度について検討する。

2. 点検手法

走行型画像撮影技術を用いた点検車両を図-1に、得られる結果の一例を図-2に示す。この計測方法は、計測車両を走行させながら、覆工コンクリートの表面を連続的に撮影することにより、得られた静止画からひび割れ等を抽出し、変状の分析を行うものである²⁾。

3. 比較方法

供用中の高速道路トンネルの中から、10トンネルを対象とした。対象トンネルの諸元を表-1に示す。対象としたトンネルはすべて矢板工法で施工されたトンネルである。精度検証の対象とする変状はひび割れ4種類（幅0.5mm, 1.0mm, 2.0mm, 3.0mm）とし、本研究では、近接目視・打音点検で検出されたひび割れを覆工コンクリートに生じている変状の正值として仮定し算出した。精度は4種のひび割れの本数、長さの整合率と、スパンごとのひび割れ密度を式(1)～式(4)を基に算出し、分析した。式では走行型画像撮影技術を画像、近接目視・打音点検を目視とした。ひび割れ密度についてはトンネル1スパンごとに算出した。



図-1 走行型画像撮影技術を用いた点検車両



図-2 トンネル覆工の損傷例

左) 実際の写真

中) 近接目視点検の変状図

右) 走行型画像撮影技術の変状図

$$\text{ひび割れ本数の整合率} = \frac{\text{画像から得られたひび割れ本数(本)}}{\text{目視から得られたひび割れ本数(本)}} \quad (1)$$

$$\text{ひび割れ長さの整合率} = \frac{\text{画像から得られたひび割れ長さ(m)}}{\text{目視から得られたひび割れ長さ(m)}} \quad (2)$$

$$\text{ひび割れ密度の整合率} = \frac{\text{画像から求めたひび割れ密度(m}^2\text{/m}^2\text{)}}{\text{目視から求めたひび割れ密度(m}^2\text{/m}^2\text{)}} \quad (3)$$

$$\text{ひび割れ密度} = \frac{\text{ひび割れ長さ(m)} \times \text{ひび割れ幅}(\times 10^{-3}\text{m})}{\text{覆工コンクリートの表面積(m}^2\text{)}} \quad (4)$$

キーワード 維持管理, トンネル, 走行型画像撮影技術

連絡先 〒 924-0838 石川県白山市八束穂 3-1 金沢工業大学 69 号館 TEL : 09-5836-2658 E-mail : b6701462@kanazawa-it.ac.jp

4. 比較結果

10 トンネルのひび割れ本数を対象とした整合率を図-3 に、10 トンネルのひび割れ長さを対象とした整合率を図-4 に示す。ひび割れ幅別のひび割れ本数と長さの整合率の区分けを表-2 に示す。ひび割れ本数、ひび割れ長さともに近接目視・打音点検よりも走行型画像撮影が過大に読み取っていることがわかる。

スパンあたりのひび割れ密度の整合率を表-2 に示す。整合率の割合を見ると、走行型画像撮影が過大にひび割れを評価したスパンは 81%あり、その中で、整合率 1～2 のスパンが 64%，整合率 2～3 のスパンが 4.6%，整合率 3～4 のスパンが 2.1%，整合率 4～5 のスパンが 0.4%，整合率 5 以上のスパンが 7.6% となった。一致したスパンが 14%，過小に評価したスパンは 5%となった。

5. まとめ

本研究では高速道路トンネルにおける、覆工コンクリートの点検手法の一つとして、走行車両を用いて得られる画像データの検知精度について検討した。本研究によって得られた結果は以下の通りである。

- (1) ひび割れ本数の整合率と、ひび割れ長さの整合率ともに、走行型画像撮影で平均 27%の過大評価が確認された。
- (2) ひび割れ幅が小さいほど、走行型画像撮影でひび割れ本数とひび割れ長さを、多量に評価している。
- (3) スパンごとのひび割れ密度の整合率では、整合率 1～2 のスパンが 64%となり、走行型画像撮影ではひび割れを真値の 2 倍以下の値で過大に評価している。また、整合率を過小に評価したスパンが 5%あり、ひび割れの見落としまたは、ひび割れ長さを過小に評価する場合もある。

以上を考慮し、走行型画像撮影は、近接目視・打音点検の一助としてトンネルの維持管理業務に役立てる必要があると考える。

今後は走行型画像撮影がひび割れを過大に評価する要因としての覆工表面の汚れや、エフロレッセンス・漏水の漏出跡などを分析に取り入れ、走行型撮影のひび割れの読み取りミスの要因を調査する予定である。

参考文献

1) 佐野信夫, 伊藤哲男連続印刷画像を用いたトンネル覆工コンクリートに及ぼす技術者資格の影響, 土木学会論文集, No.3/V-62, pp.558-566, 2006.9.
2) 株式会社東設土木コンサルタント：走行型トンネル撮影システム,
<http://www.tousetu.co.jp/tunnel.pdf> (2018/12/01 確認)

表-1 トンネル諸元

トンネル名	総延長(m)	スパン数	供用年
Aトンネル	1163	97	32
Bトンネル	1155	95	34
Cトンネル	465	50	41
Dトンネル	390	36	35
Eトンネル	362	36	35
Fトンネル	178	22	39
Gトンネル	309	40	39
Hトンネル	279	27	38
Iトンネル	298	30	39
Jトンネル	622	59	36

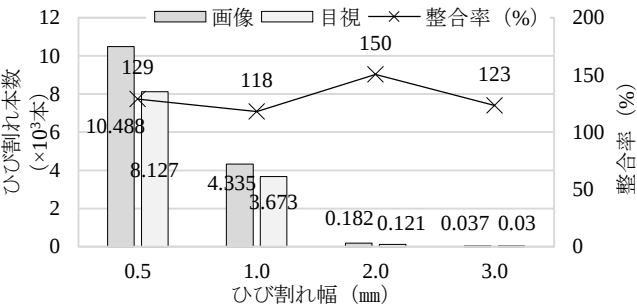


図-3 ひび割れ本数の整合率

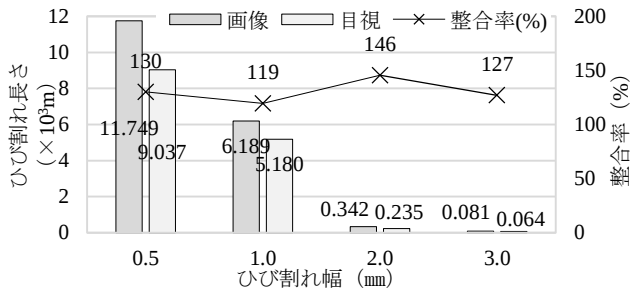


図-4 ひび割れ長さの整合率

表-2 スパンあたりのひび割れ密度の整合率

		整合率						画像のみ	目視のみ
		0.5~1	1	1~2	2~3	3~4	4~5	5以上	
トンネル名	A	9	23	65	0	0	0	0	0
	B	7	4	80	7	0	0	1	0
	C	3	1	36	4	2	0	0	0
	D	3	11	2	0	2	0	1	4
	E	0	2	21	3	1	0	5	4
	F	0	0	0	0	5	2	12	2
	G	0	11	28	1	0	0	0	0
	H	0	0	3	4	0	0	17	3
	I	0	3	23	2	0	0	0	0
	J	1	10	47	1	0	0	0	0