

写真計測技術を用いたトンネル覆工のひび割れ幅計測

（社）日本建設機械化協会施工技術総合研究所 正会員 ○竹本 憲充
川惣電機工業株式会社 中西 義雄

1. 目的

トンネル覆工に生じたひび割れ幅の経時変化量は、トンネル変状の進行性を把握する上で重要な指標となる。現状では、進行性があることが懸念される変状箇所が生じたひび割れ幅の計測には、固定式のクラックゲージを使用することがほとんどであるが、道路トンネルにおける日常点検において、定期的にひび割れ幅を観測する際には、車線規制の実施が困難であるため、観測対象が監査廊等から目視可能なクラックに限られてしまうという問題が生じる。スプリングライン付近から上部のクラックについては電気式クラックゲージを設置せざるを得ないため、こうした箇所のひび割れ幅をより簡便に計測できる手法が求められている。こうしたニーズに基づき、本報告では、電気式クラックゲージに変わる新たな計測方法として、既存の写真計測技術をクラック幅計測に応用できるか、その可能性を実験的に検証した。実トンネルにおいて、ひび割れ幅の経時変化量を、従来のクラックゲージと写真により計測し、その比較を行うことにより写真計測技術の精度を評価した。

2. 技術概要

実験に用いた写真計測技術の概要を図-1 に示す。本技術は、写真計測用反射ターゲットを貼り付けた2点間の寸法を、撮影した画像を解析する事により求めるものである。寸法が既知であるターゲット（写真-1 参照）を計測対象となるターゲットと共に写真に映り込ませ、これを基準にして画像内の2点間距離を求める。本技術を用いて、ひび割れの左右にターゲットを設置し定期的に撮影することにより、その経時変化を把握することができる。既存手法より安全かつ迅速なひび割れ幅計測が可能となる。写真計測による2点間距離の計測精度を検証するため、写真-1 に示す試験装置

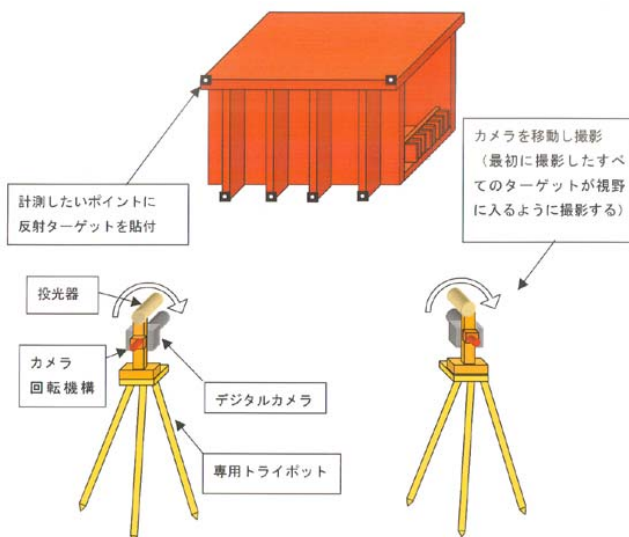


図-1 写真計測技術概要

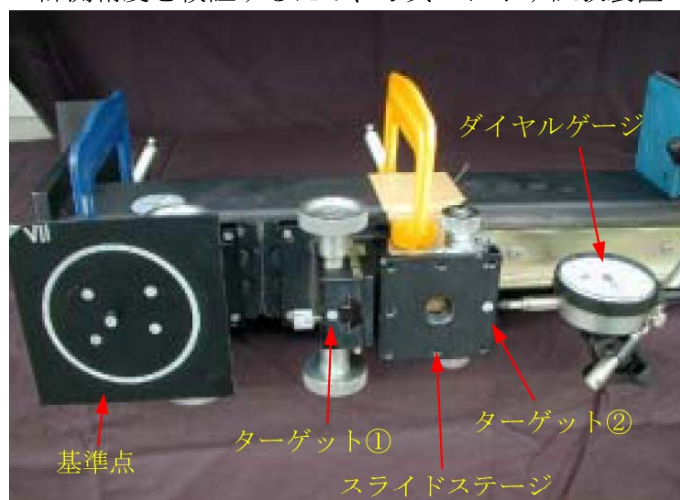


写真-1 精度検証試験装置



写真-2 精度検証試験実施状況

キーワード：トンネル、維持管理、計測技術、変状調査、写真計測

連絡先：〒417-0801 静岡県富士市大淵 3154（社）日本建設機械化協会 施工技術総合研究所 Tel：0545-35-0212 Fax：0545-35-3719

を用い、写真計測とダイヤルゲージによってターゲット①・②の距離を計測し、比較した。ターゲットはその間隔を変化させられるよう、スライドステージ上に取り付けた。試験は、まず2点間距離の初期値を写真計測を実施した後、スライドステージを操作し、ダイヤルゲージの読みを元に2点間距離を1mm伸ばして再度写真計測を実施した。計測繰り返し精度を検証するため、スライド後に8回の写真計測を実施した。写真画像の処理は、専用ソフト（オーストラリス）で行った。試験結果を表-1に示す。ターゲット①・②間距離の計測繰り返し精度（標準偏差値）は、変位前0.013247mm、変位後0.013175mmであり、変位量精度は平均値が0.9868mmでダイヤルゲージ指示1mmより0.0194mm少なく、標準偏差値は0.016678mmであった。この結果より変位量精度は0.02mm程度の精度が得られると判断できる。

表-1 精度検証試験結果

回数	①・②間距離	計算値(mm)			ダイヤルゲージ 1mmとの差
		変位前	変位後	変位量	
1		76.2136	77.1994	0.9858	0.0142
2		76.2211	77.2193	0.9982	0.0018
3		76.2037	77.1883	0.9846	0.0154
4		76.2226	77.1841	0.9615	0.0385
5		76.2052	77.1743	0.9691	0.0309
6		76.2102	77.2066	0.9964	0.0036
7		76.1774	77.1958	1.0184	-0.0184
8		76.2079	77.1879	0.9800	0.0200
平均値		76.2077	77.1945	0.9868	0.0132
標準偏差値		0.013147	0.013175	0.016678	0.016678

3. 現地実験

精度確認試験と同様の計測方法により、実トンネルにおいて2箇所のひび割れ幅を2002年12月と2004年12月の2回、クラックゲージと写真で計測した。写真-3にトンネル覆工に生じた横断方向ひび割れを挟む形で設置したクラックゲージおよび写真測量ターゲットの設置状況を示し、写真-4に距離計算に用いた撮影画像を示す。また、表-1にひび両方で計測したひび割れ幅の変化量、およびダイヤルゲージ計測値に対する写真測量の計測誤差(%)を示す。ダイヤルゲージと写真計測の結果で、ひび割れの伸縮方向は一致しているもの、ダイヤルゲージによる計測値を真値とした場合、写真計測の精度は17%以上となっており、定量評価に供するための所要の精度を有していなかった。これはターゲット設置から計測まで2年が経過しており、反射ターゲット表面に煤等の汚れが付着していたため写真に映るターゲットの輪郭の鮮明さが低下したことが考えられる。

4. おわりに

現地実験の結果、計測は安全・迅速に実施でき、天端部のひび割れ幅計測にも適用でき、また、ひび割れ幅の変化傾向（伸び・縮み）を把握することが可能である、ひび割れ幅の定量評価に用いるためには精度が不足しているとの結論を得た。今後、現場における計測精度を向上させためレンズの焦点距離を伸ばす、使用するカメラの画素数を向させる等の改良を行う必要があると考えられる。



写真-3 ターゲット設置状況

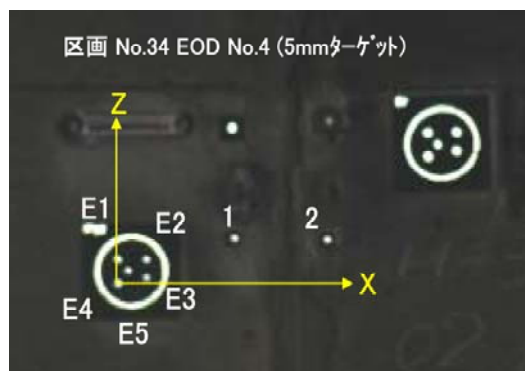


写真-4 撮影画像

表-1 精度検証試験結果

	計測対象クラック	
	No.6	No.34
① 写真計測実施:2002/12/12	98.916	100.973
② 写真計測実施:2004/12/8	99.185	99.777
③=①-② ひび割れ幅変化量(mm)	0.268	-1.195
④ ダイヤルゲージによるひび割れ幅変化量(mm)	0.229	-1.981
(③-④)/④ 写真計測の誤差(%)※	17.2%	39.7%

※ダイヤルゲージ計測値を真値とした場合