

写真測量を用いたひび割れ部欠損量の定量的評価手法に関する検討

国立研究開発法人 土木研究所 寒地土木研究所 正会員 ○松本 第佑
 同上 正会員 丸山 記美雄
 同上 正会員 星 卓見

1. はじめに

積雪寒冷地において舗装路面に発生したひび割れは、融雪水等が浸入し凍結融解を繰り返すことによって、ひび割れ部付近の混合物の欠損（角欠け）やアスファルト混合物層間のはく離を引き起こす原因となる。そのため、ひび割れ部からの水の浸入を防ぐことが重要である。筆者らは、表面処理工法の一つである Fog Seal 工法によって、舗装路面に発生したひび割れを乳剤で封かんすることで水の浸入を防ぎ、ひび割れ部付近の混合物の欠損や層間のはく離を抑制する効果が得られるか否かの検証を実施している。しかし、ひび割れ部の混合物の欠損量を定量的かつ効率的に計測する手法は確立されたものがない。

そのため本研究では、撮影した写真群から地物の位置関係を測定する写真測量を用いて効率的にひび割れの欠損断面積およびひび割れ上部の幅（以下、上幅）を取得するとともに、これらの得られたひび割れの諸量から Fog Seal によるひび割れ部の欠損進行抑制効果の評価の可否について検討することを目的とする。

2. 検討方法

本研究では、2019年10月に Fog Seal を散布した国道235号厚真町と2020年9月に散布した国道36号苫小牧市を対象に検討を行った。ひび割れ撮影地点の概要を表-1に示す。撮影したひび割れは、表-1に示すとおり散布区間、無散布区間の各キロポスト（KP）付近の外側車輪走行位置（OWP）で撮影した。写真撮影では、ミラーレス一眼カメラ「OLYMPUS PEN E-PL10」を使用し、手持ちで撮影した。また、舗装路面にスケールを配置し、撮影者の腰の高さ（舗装路面から約90cm）からオーバーラップ60%以上となるようにひび割れを撮影した。

ひび割れ部欠損の断面積および上幅を取得するため、撮影した写真群から物体の3Dモデルを作成する SfM (Structure from Motion) 処理ソフトを用いて、舗装の3Dモデルを作成した。本研究で使用した SfM 処理ソフトは、Agisoft Metashape Professional 1.6.5 とした。作成した3Dモデルの一部を図-1に示す。SfMとは、撮影した写真の位置とカメラの角度を推定し、写真間の特徴点を繰り返し計算によって抽出する写真測量における手法を用いて、異なる位置から撮影した複数の写真から高密度点群を構築し、3Dモデルを作成する技術である¹⁾。

Metashape において3Dモデルを作成した後、舗装路面に配置していたスケールから、ローカル座標系上で実寸の縮尺に3Dモデルを再構築し、3Dモデルに基づいてオルソ画像および数値標高モデル (Digital Elevation Model : DEM) を作成した。そして、オルソモデル上において、舗装のひび割れ断面を任意の点から10cm間隔で複数取得した。取得したひび割れ断面を AutoCAD で読み込み、図-1に示すようにひび割れの欠損断面積および欠損部上幅をひび割れ断面ごとに計測し、比較検討を行った。

表-1 ひび割れ撮影地点の概要

撮影日：2021年12月		
撮影地点 (7箇所)	R235 厚真町	KP=11.400~11.650
	無散布区間 (KP=11.500~11.550)	KP=11.500 (8), 11.520 (12) 11.525 (9), 11.550 (8)
	散布区間 (KP=11.400~11.500 11.550~11.650) (2019年10月散布)	KP=11.500 (10), 11.550 (8) 11.600 (15)
撮影地点 (6箇所)	R36 苫小牧市	KP=76.418~76.668
	無散布区間 (KP=76.518~76.568)	KP=76.518 (7), 76.560 (11) 76.668 (7)
	散布区間 (KP=76.418~76.518 76.568~76.668) (2020年9月散布)	KP=76.518 (7), 76.600 (22) 76.668 (8)

※()内の数字は断面取得数

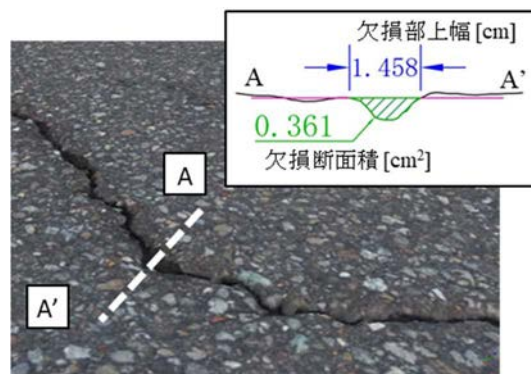


図-1 ひび割れ断面の一例

キーワード 写真測量, SfM, DEM, Fog Seal, ひび割れ部欠損

連絡先 〒062-8602 北海道札幌市豊平区平岸1条3丁目 国立研究開発法人土木研究所寒地土木研究所 TEL011-841-1747

3. 計測結果

AutoCAD で計測した R235 厚真町および R36 苫小牧市のひび割れの欠損断面積および欠損部上幅をそれぞれ表-2、表-3 に示す。表中には、キロポスト付近のひび割れから取得した複数のひび割れ断面における欠損断面積と欠損部上幅の平均値・標準偏差(σ)・最大値・最小値をそれぞれ示している。また、R235 厚真町における欠損断面積と欠損部上幅に対して Fogシール散布区間と無散布区間を比較したグラフをそれぞれ図-2、図-3 に示す。グラフには平均値 $\pm 1\sigma$ の範囲をエラーバーで示している。

図-2 より、R235 厚真町のひび割れの欠損断面積は、Fogシール無散布区間では 1 cm^2 を超える箇所が多く見られたが、Fogシール散布区間においては 0.5 cm^2 程度であり、Fogシール散布区間の方が無散布区間よりも断面欠損が小さい結果となった。図-3 より、ひび割れの欠損部上幅は、Fogシール無散布区間では平均して 2.5 cm 以上である一方、Fogシール散布区間では 2 cm 程度であり、欠損部上幅についても Fogシール散布区間の方が小さい結果となった。また、欠損断面積・欠損部上幅ともに Fogシール散布区間の標準偏差が無散布区間より全体的に小さいことから、ばらつきを抑えられている結果となった。以上の結果より、Fogシール無散布区間と比較して散布区間の方がひび割れの断面欠損を抑えられている傾向があることがわかる。

R36 苫小牧市では、表-3 より、ひび割れの欠損断面積および欠損部上幅の最大値に差は見られるものの、いずれも顕著な差異は見られない結果となった。これは、Fogシール散布後の供用が短く顕著な差がなかったこと、写真撮影時が晴天時であったことでひび割れに対して影が発生し、SfM 処理が適切に行われなかったことなどの可能性が考えられる。そのため、今後の継続的な調査では、曇天時に撮影するなどの検討を行う必要がある。

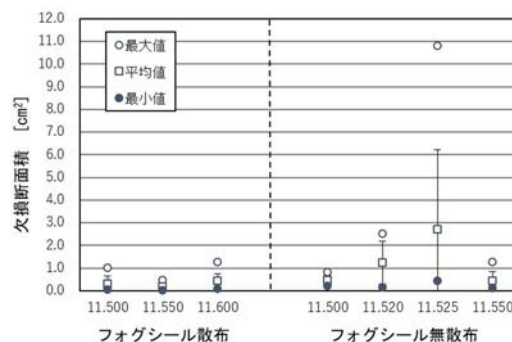


図-2 R235 厚真町 欠損断面積の比較結果

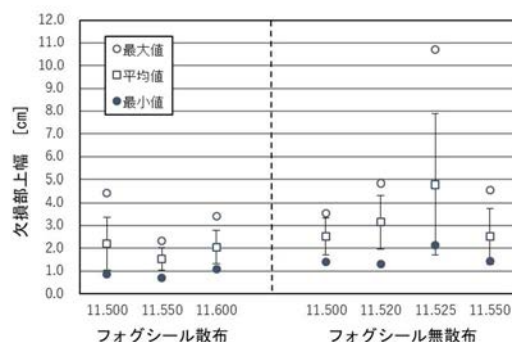


図-3 R235 厚真町 欠損部上幅の比較結果

表-2 AutoCAD での計測結果 (R235 厚真町)

R235 厚真町	区分	Fogシール散布			Fogシール無散布			
	KP	11.500	11.550	11.600	11.500	11.520	11.525	11.550
欠損 断面積 [cm ²]	平均値	0.32	0.19	0.43	0.47	1.25	2.72	0.45
	標準偏差	0.32	0.14	0.32	0.21	0.95	3.49	0.38
	最大値	1.01	0.48	1.26	0.83	2.52	10.81	1.27
	最小値	0.05	0.02	0.10	0.21	0.16	0.45	0.13
欠損部 上幅 [cm]	平均値	2.21	1.54	2.05	2.51	3.15	4.79	2.52
	標準偏差	1.16	0.49	0.73	0.81	1.18	3.09	1.24
	最大値	4.42	2.33	3.40	3.55	4.86	10.71	4.55
	最小値	0.85	0.72	1.10	1.39	1.30	2.14	1.45

表-3 AutoCAD での計測結果 (R36 苫小牧市)

R36 苫小牧市	区分	Fogシール散布			Fogシール無散布		
	KP	76.518	76.600	76.668	76.518	76.560	76.668
欠損 断面積 [cm ²]	平均値	1.01	0.52	0.34	1.23	0.94	0.30
	標準偏差	0.26	0.30	0.16	0.97	0.73	0.14
	最大値	1.32	1.15	0.55	3.29	2.82	0.51
	最小値	0.56	0.07	0.12	0.45	0.31	0.10
欠損部 上幅 [cm]	平均値	2.79	2.49	1.96	3.05	2.36	1.69
	標準偏差	0.69	0.90	0.52	1.47	0.76	0.39
	最大値	4.17	4.18	3.10	6.09	4.36	2.31
	最小値	1.97	0.91	1.48	1.93	1.56	1.15

4. まとめ

以上の結果から、SfM 処理ソフトを用いて 3D モデルを作成することで、舗装に生じたひび割れ部の断面形状を効率的に取得できるとともに、得られたひび割れ部の欠損断面積および欠損部上幅から Fogシールのひび割れ部の欠損進行抑制効果を定量的に評価できることが示唆された。今回の調査実施区間は、Fogシール散布後の供用年数がおよそ 1~3 年のため、今後供用によるひび割れの断面欠損の変化について継続的に調査を行う予定である。

参考文献

1) 織田 和夫：解説：Structure from Motion (SfM) 第一回 SfM の概要とバンドル調整，写真測量とリモートセンシング，Vol.55，No.3，pp.206-209，2016