写真測量技術を用いた舗装ひび割れ部欠損量の 定量的評価手法に関する一検討

国立研究開発法人 土木研究所 寒地土木研究所 寒地道路保全チーム 〇松本 第佑 国立研究開発法人 土木研究所 寒地土木研究所 寒地道路保全チーム 丸山 記美雄 国立研究開発法人 土木研究所 寒地土木研究所 寒地道路保全チーム 星 卓見

積雪寒冷地において舗装に発生したひび割れは、水の浸入や凍結融解作用などにより欠損が 拡大しポットホールのような損傷に進展する。ひび割れ部の欠損抑制対策にフォグシール工法 があるが、その効果を定量的に評価する手法は確立したものがない。そこで本検討では一般国 道235号厚真町を対象に、写真測量技術を用いて作成した舗装の3Dモデルからひび割れの欠損 量を取得し、フォグシールの効果について検討した結果を報告する。

キーワード:写真測量、ひび割れ部欠損量、フォグシール、SfM

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、 融解期において融雪水等の水が浸入し、浸入した水が凍 結融解を繰り返すことで、ひび割れ部付近のアスファル ト混合物の欠損(角かけ)やアスファルト混合物層間の はく離を引き起こす。これらの損傷が進行すると、**写真** -1のように北海道をはじめとする積雪寒冷地において春 先に多く見られるポットホールに進展し、舗装寿命の低 下や走行安全性の低下が生じる。そのため、舗装路面に 発生したひび割れのさらなる損傷を抑制するために、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、ひび割れ部からの水の浸入を防ぎ、ひび割 れ部の欠損を抑制する目的で、表面処理工法の一つであ るフォグシール工法についてその効果を検証している。 フォグシール工法によって、既設のアスファルト舗装に 発生したひび割れや空隙をアスファルト乳剤で封かんす ることで、ひび割れ部からの水の浸入を防ぎ、アスファ ルト舗装路面の劣化やひび割れ部付近の欠損等を抑制す ることを狙いとしている。予防的維持工法として、ひび 割れが軽微なうちに使用することが有効であり、舗装機 能の回復および延命効果が期待できる¹。しかし、フォ グシールによる効果をひび割れ部欠損量から定量的に評 価する手法は確立されたものがない。

そのため本検討では、写真測量技術を用いて3D舗装 路面データを作成し、ひび割れ部欠損断面積等のひび割 れ部欠損量を測定するとともに、これらのひび割れ部欠 損量の経時的な変化からフォグシールによる欠損進行抑 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。

MATSUMOTO Daisuke, MARUYAMA Kimio, HOSHI Takumi

2. 検討方法

本検討では、2019年10月にフォグシールを散布した国 道235号厚真町を対象にひび割れ部欠損量を計測した。 フォグシール散布からの供用期間について表-1に示す。 計測は、フォグシールを散布してから2冬経過後に行っ た2021年の既往の計測結果²に加えて、3冬経過後の2022 年に行った。



写真-1 舗装に発生したポットホール(札幌市内)

表-1 フォグシール散布からの供用期間

時期	経過	計測
2019年10月	フォグシール散布	-
2020年10月	1冬経過	_
2021年12月	2冬経過	0
2022年10月	3冬経過	0

本検討の計測方法は、写真測量技術を用いて3D舗装 路面データを作成し、ひび割れ部欠損量を測定した。本 検討において3D舗装路面データを作成するのに用いた SfM (Structure from Motion)処理ソフトは、「Agisoft Metashape Professional 1.6.5」(以下、Metashapeとする)と した。

SfMとは、異なる位置から撮影した複数の写真から点 群を構築し、3Dモデル(メッシュ)や数値標高モデル (Digital Elevation Model: DEM)、オルソ画像などを作成 することができる技術である³⁾。ソフトウェアは、撮影 した写真の位置とカメラの角度を推定し、写真間の共通 な点(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ることで、これらのモデルを構築 している。

(1) 撮影方法

はじめに、舗装路面に発生したひび割れを複数選定し、 ひび割れを撮影した。撮影したひび割れは、表-2に示す とおりフォグシールの散布区間と無散布区間の各キロポ スト (KP) 付近の車輪走行位置に発生したひび割れを 撮影した。撮影では、ミラーレスー眼カメラ 「OLYMPUS PEN E-PL10」を使用し、手持ちで撮影を行 った。撮影者の腰の高さ(舗装路面から90 cm程度)か らオーバーラップ60~80%以上となるように、真上から 路面に正対した方向と斜め方向からひび割れを撮影した。 また、3D舗装路面データを実寸の縮尺で構築するため に、Metashape上で自動検出可能なマーカー(図-1)をL 字にカットした木材に貼付し、舗装路面上に配置した (**写真-2**)。自動検出マーカー間は既知の長さで貼付さ れており、マーカー間の距離をMetashapeに入力するだけ で、3D舗装路面データを実寸の縮尺に構築することが できる。なお、自動検出マーカーを用いずに、長さの確 かな金尺等のスケールを配置しても3D舗装路面データ を構築することができ、2冬経過後の2021年の撮影では 金尺を配置して撮影を行った。

(2) 3D舗装路面データの作成

撮影した写真群を基に、Metashapeで3D舗装路面デー タを作成した。Metashape上での処理手順を図-2に示す。 本検討は、撮影範囲が狭い領域における計測のため、撮 影した写真の緯度経度情報や測量における基準点等を参 照しないローカル座標系上でモデルを構築した。モデル を構築し、自動検出マーカーを用いてマーカーを設置後、 マーカー間の距離を入力し、実寸の縮尺に3D舗装路面 データを構築した。その後、点群データに基づいて DEM、オルソ画像(正射投影像)を構築した。構築し たDEM、高密度点群の一例を図-3、図-4に示す。そし て、作成したこれらの3D舗装路面データを用いて、ひ ひ割れ部欠損量を計測した。

表-2 ひび割れ撮影地点の概要

R235 厚	真町:2019年10月散布	KP=11.400∼11.650			
撮影地点	無散布区間 (KP=11.500~11.550)	KP=11.500 (8), 11.520 (12) 11.525 (9), 11.550 (8)			
(8箇所)	散布区間 (KP=11.400~11.500, 11.550~11.650)	KP= <u>11.475(14)</u> , 11.500 (10) 11.550 (8), 11.600 (15)			

※KP=11.475は2022年のみ計測 ※()内の数字は断面取得数



図-1 自動検出マーカーの例(円形 14bit)



写真-2 スケールの配置例



図-2 Metashape での処理手順



図-3 2022 年における KP=11.500 付近の DEM

(3) ひび割れ欠損部断面の計測

ひび割れ欠損部断面における欠損量として、ひび割れ 欠損部の上部の幅(以下、上幅とする)、深さ、断面積 を計測した。作成したオルソ画像上において、舗装路面 に発生したひび割れの凹凸プロファイルを任意の点から 10 cm間隔で複数取得した。そして、取得したひび割れ 凹凸プロファイルをAutoCADで読み込み、図-5に示すよ うにひび割れの欠損部上幅および欠損部深さ、欠損断面 積を凹凸プロファイルごとに計測した。そして、フォグ シール散布区間と無散布区間における欠損量の違いにつ いて比較検討した。

(4) ひび割れ欠損部体積の計測

既往の計測結果では、ひび割れ欠損部断面の欠損量の みを計測していたが、取得した断面以外の部分における ひび割れ欠損を定量的に把握するため、2022年の計測で は欠損部体積も併せて計測した。欠損部体積の計測では、 Agisoft社のフリースタンドアローンソフトウェア

「Agisoft Viewer」を用いて計測を行った。Agisoft Viewer は、Metashape等で作成された点群データやタイルモデル データを表示し、距離や面積、体積を計測することがで きるソフトウェアである。Agisoft Viewerで欠損部体積を 計測するため、Metashape上で作成した3Dモデルからタ イルモデルを構築した。そして、構築したタイルモデル データをAgisoft Viewerに読み込み、体積測定ツールを用 いて舗装路面の標高値を基準面とした基準面以下の体積 をひび割れ欠損部体積として計測した。

また、写真測量では3Dモデルを作成したい箇所の写 真を撮影し3Dモデルを構築しておくことで、過去の時 点における距離や面積などの計測が可能であり、本検討 では2021年における欠損部体積についても遡って計測し た。2021年の構築済みの3Dモデルよりタイルモデルを 新たに構築後、2021年におけるひび割れ欠損部体積を Agisoft Viewerで計測し、2022年における欠損部体積と比 較検討した。



図-4 2022年における KP=11.500付近の高密度点群



図-5 ひび割れ欠損部断面の計測例

3. 計測結果

(1) ひび割れ欠損部断面の計測結果

フォグシールを散布して2冬経過後の2021年および3冬 経過後の2022年におけるひび割れ欠損部上幅および深さ、 断面積の計測結果をそれぞれ表-3、表-4に示す。表中に は、ひび割れ欠損部上幅、深さ、断面積の平均値・標準 偏差(g)・最大値・最小値をそれぞれ示している。ま た、3冬経過後の2022年におけるひび割れ欠損部上幅、 深さ、断面積をフォグシール散布区間と無散布区間で比 較したグラフをそれぞれ図-6、図-7、図-8に示す。グラ フには、平均値±1gの範囲をエラーバーで示している。

表3	R3 年度におけるひび割れ部欠損量の計	l測結果
----	---------------------	------

ļ.	区分		フォグシール散布			F フォグシール無散布			布
	KP	11.475	11.500	11.550	11.600	11.500 11.520 11.525 11.5			11.550
欠損部 上幅 [cm]	平均值	-	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
欠損部 深さ [cm]	平均值	I	0.26	0.21	0.37	0.41	0.74	0.99	0.29
	標準偏差	I	0.14	0.11	0.18	0.14	0.37	0.63	0.10
	最大値		0.48	0.40	0.74	0.67	1.26	2.44	0.43
	最小値		0.08	0.05	0.15	0.23	0.23	0.41	0.17
-	平均值	-	0.32	0.19	0.43	0.47	1.25	2.72	0.45
欠損 断面積	標準偏差	-	0.32	0.14	0.32	0.21	0.95	3.49	0.38
四 [cm ²]	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

図-6より、2022年における欠損部上幅は、フォグシー ル無散布区間では平均値が2.5 cm以上であるのに対し、 フォグシール散布区間では2.0 cm程度であり、フォグシ ールを散布している区間の方が全体的に小さい結果となった。

図-7より、欠損部深さについても、フォグシールを散 布している区間の方が全体的に欠損の小さい結果であっ たが、フォグシール散布の有無に関わらず数mm程度の 値であり、実際の現場の値より浅く計測されている可能 性が考えられる。この理由として、ひび割れ欠損部の奥 まで光が届いておらず断面形状がはっきりしなかったこ とで深さ方向に対して浅く3Dモデルが構築された可能 性等が考えられる。

図-8より、欠損断面積については、フォグシール散布 区間では平均して0.5 cm²程度以下であるのに対し、フォ グシール無散布区間では1.0 cm²を超える箇所が多く見ら れた結果となった。

また、いずれのひび割れ部欠損量の標準偏差もフォグ シールを散布していない区間と比べて散布している区間 の方が小さい傾向にあり、フォグシールによるひび割れ 欠損のばらつきを抑えられていることがわかる。

よって、フォグシール無散布区間と比較して散布区間 の方がひび割れ部の断面欠損を抑えられている傾向があ ることがわかる。

一方、表-3、表-4より、2021年と2022年のひび割れ部 欠損量を比較すると、2冬経過から3冬経過の1年にかけ て、いずれの工区においてもひび割れ部欠損量は微少な 増加もしくはほとんど変化の見られない結果となった。 このことから、本検討において撮影したひび割れに対し ては、フォグシールの有無にかかわらず供用によってひ び割れ部の欠損が大きく進行しなかったことがわかる。 しかし、フォグシール散布後2冬経過から3冬経過の1年 間においてのみ欠損量の変化がなかった可能性も考えら れるため、ひび割れ部の断面欠損量の変化について継続 的に調査を行う必要がある。

MATSUMOTO Daisuke, MARUYAMA Kimio, HOSHI Takumi

表-4 R4 年度におけるひび割れ部欠損量の計測結果

						H				-
	区分			フォグシ	ール散布	ī	フ	'ォグシ-	ール無散	布
-	KP		11.475	11.500	11.550	11.600	11.500	11.520	11.525	11.550
	亚	齿值	1.43	2.17	1.71	2.32	2.59	3.50	5.92	2.8
欠損部	· 一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一	#/F 关	0.39	1.12	0.71	0.73	0.79	1 13	2.91	1.2
上幅 [cm]	保中	ド畑左	2.07	4.80	2.02	2 52	2.95	5.60	10.47	1.2
	取	大個	2.07	4.80	3.03	3.32	5.65	1.05	10.47	4.5
	菆	小値	0.08	1.00	0.08	1.20	1.51	1.95	2.72	1.5
	平	均值	0.4/	0.26	0.28	0.45	0.44	0.92	1.34	0.4
火損部 深さ	標道	準偏差	0.23	0.16	0.21	0.20	0.13	0.40	0.70	0.1
[cm]	最	:大値	0.86	0.56	0.62	0.78	0.67	1.50	2.43	0.5
	最	小値	0.16	0.07	0.05	0.20	0.28	0.35	0.57	0.2
	平	均值	0.38	0.30	0.26	0.55	0.53	1.64	4.35	0.6
欠損 断面積	標道	準偏差	0.23	0.35	0.24	0.34	0.28	1.08	4.66	0.3
[cm ²]	最	大値	0.76	1.22	0.68	1.12	1.02	2.98	14.34	1.2
	最	小値	0.06	0.05	0.02	0.14	0.19	0.32	0.91	0.1
15	0									
15. 14.	0									
13.	0	°	最大値							
12.	0		平均値							
기1. 국 10.	0	•	最小値						0	
<u>5</u> 9.	0					<u>_</u>			Т	
聖 8.	0									
十 7. 最 6.	0							0		
頸 5.	0		0					т		0
-~ 4. 3	0		т		Q		Ŷ	¢.		Ī.
2.	ŏ	<u></u>	ф	- Ă-	<u> </u>	<u>_</u>			•	1
1.	0		•	- T	•					•
0.	0	11.475	5 11.500	11.550	11.600		11.500 1	1.510 1	1.520 1	1.550
			フォク	ィシール	散布		フォ	グシール	レ無散オ	Ŧ
				<u> </u>						
	I	凶-6	2022 :	年にお	いけるク	又預部.	上幅の	比較新	課	
3.0	, L									
		Г		7		- į				
			○最大値							
						i			0	
ਤ ^{2.0}	2.0 ●最小値								0	
CID	E C C C C C C C C C C C C C C C C C C C								0 T	
			□平均値 ●最小値						0 T	
10			□平均値 ●最小値					0	0	
心影 最 1 。			□平均値 ●最小値					o T	0	
か 影 転 1.0		0	■平均値 ●最小値					° ↓		
や 構 部 ば 1.0	, _		 □平均値 ●最小値 ●最小値 	•	о Т		0 T	• 	•	0
う で が が が が が い の に の の い の に の の に の の の の の の の の の		•	□平均値 ●最小値 OH	о Ц	0		0	0 		0110
☆ 影 記 び い の.0		0	□平均値 ●最小値 O H	0	0		0 H	0 		• ⊡•
か 単 が い い 0.0		0 I I I I I I I I I I I I I I I I I I I	□平均値 ●最小値 0 H 11.500	0 11.550	0 I I I I I I I I I I I I I I I I I I I		L11.500 1	• • 1.510 1	•	옥 • 1.550
か 影量 1.0 以 0.0		0 1 11.475	□平均値 ●最小値 11.500 フォグミ	11.550 ノール散	・ 11.600 :赤		Р 11.500 1 7 # Й	・ 1.510 1 ジール	● 1.520 1 無散布	우 • 1.550
か 影扉 1.0 平 人 0.0		0 11.475 21-7	□平均値 ●最小値 11.500 フォグミ 2022・	○ 11.550 ンール散 在にち			O I 11.500 1 フォグ 深 ス の	● 「 1.510 1 ジール) H本が	● 1.520 1 無散布	9 • 1.550
か 影算 1.0 デ 人 0.0		○ ↓ 11.475 奚─ 7	■平均値 ●最小値 11.500 フォグシ 2022:	11.550 ノール散 年にお	111.600 流 ぶ市 らけるグ	で損部	o L11.500 1 フォグ 深さの	● Ⅰ 1.510 1 シール P比較称	● 1.520 1 無散布 ま果	우 • 1.550
-₩ 総算 1.0 単 人 0.0 15.	,	○ 11.475 翌 ─ 7	■平均値 ●最小値 11.500 フォグミ 2022:	11.550 ノール散 年にま	11.600 流 ぶ市		o L11.500 1 フォグ 深さの	● Ⅰ 1.510 1 ジール P比較新	● 1.520 1 無散布 ま果	₽ • 1.550
か 影 編 算 べ 0.0 15. 14. 14.		□ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □	□平均値 ●最小値 11.500 フォグミ 2022:	・ 11.550 ンール散 年によ	11.600 流布 Sitるク	て損部	0 日 11.500 1 フォグ 深さの	○ 1.510 1 ジール: 少上較新	○ 1.520 1 無散布 吉果	9 • 1.550
か 影 編 二 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、		○ ↓ 111.475 꽃 -7	□平均値 ●最小値 11.500 フォグジ 2022: ・ 最大値 □平均値	・ 11.550 ンール散 年によ	111.600 (赤 らけるク	v損部	0 日 11.500 1 フォグ 深さの	○ 1.510 1 ジール: P比較称	○ 1.520 1 無散布 書果	₽ ● 1.550
+10 柴曜 1.0 東京 1.0 ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・		○ ↓ 11.475 図-7	□平均値 ●最小値 11.500 フォグジ 2022: □平均値 □平均値 □平均値	11.550 ノール散 年にま	111.600 (示布 Sitるク	v損部	0 日 11.500 1 フォグ 深さの	○ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □	o 1.520 1 無散布 吉果	9 • 1.550
や 影 編 票 人 0.0 15. 14. 12. 11. 12. 11.		○ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □	□平均値 ●最小値 11.500 フォグジ 2022: ■最大値 (平最小値	・ 11.550 バール散 年にお	で 加 11.600 (ホ が) たるグ	v損部	11.500 1 フォグ 深さの	● 1.510 1 ジール: 少上較新	○ 1.520 1 無散布 吉果	€ ● 1.550
い 影 編 票 人 0.0 15. 14. 12. 11. 10. 8 8		○ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓	 平均値 ●最小値 ●日 ●日	11.550 (一) ル散 年にま	で 11.600 流布 らけるグ		11.500 1 フォグ 深さの	● 1.510 1 シール: 少上較新	○ 1.520 1 無敵布 書果	۲.550
か 影響票 「 し し し し し し し し し し し し し		○ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓	□平均値 ●最小値 11.500 フォグジ 2022: ・ 最大値 平均値 ・ 日 ・ の ・ 日 ・ の ・ 日 ・ の ・ の ・ の ・ の ・ の	0 11.550 ノール散 年にま	。 ゴロ ボホ らけるグ		ロ 11.500 1 フォグ 深さの	● 1.510 1 ジール: 少上較新	 ○ 1.520 1 1.520 1 三 三	۲ • • •
か 影 電 県 レ し の の の の の の の の の の の の の		○ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓	□平均値 ●最小値 11.500 フォグジ 2022: □最大値 □平均値	0 11.550 ノール散 年(こま)	。 11.600 流布 Sittるグ		P 11.500 1 フォグ 深さの	● 1.510 1 ジール: 少比較糸	 ○ 1.520 1 1.520 1 三 三	۲ • • •
や 影録 事長 0.0 15. 15. 11. 12. 11. 10. 8. 8. 7. 6. 4. 10. 11. 10. 11. 10. 10. 11. 10. 10		○ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □	□平均値 ●最小値 11.500 フォグジ 2022: 「最大値 」平均値	● 11.550 ノール散 年(こお	。 11.600 流布 Sitナるク		11.500 1 フォグ 深さの	● Ⅰ 1.510 1 ジール: 少上 較糸	 ○ 1.520 1 1.520 1 三 三 ○ □ □	۲ • • •
か 影 電 単 一 の の の の の の の の の の		○ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □	□平均値 ●最小値 11.500 フォグジ 2022: ・ ・ ・ ・ ・ ・	● 11.550 ノール散 年(こま	・ 11.600 流 にけるグ		0 11.500 1 フォグ 深さの	 ○ □ □<td> ○ 1.520 1 1.520 1 三 三 三 二 二</td><td>۲ • • •</td>	 ○ 1.520 1 1.520 1 三 三 三 二 二	۲ • • •
か 影 電 一 の の の の の の の の の の の の の		• • • • • • • • • • • • • • • • • • •	□平均値 ●最小値 11.500 フォグジ 2022: ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・	● 11.550 (一)ル散 年(こま)	・ 11.600 本 いけるグ		0 11.500 1 フォグ 深さの	 ○ □ □<td>o 1.520 1 無敵布 吉果</td><td>۲ • • • • •</td>	o 1.520 1 無敵布 吉果	۲ • • • • •
+0. 総 に 1.0 1.0 1.0 1.0 1.0 1.0 1.0 1.0		○ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓	□平均値 ●最小値 11.500 フォグジ 2022: ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・	● 11.550 (一)ル散 年(こま)	。 11.600 流 いけるグ		o L11.500 1 フォグ 深さの	 ○ □ □<td> ○ 1.520 1 無散布 書 </td><td>₽ • 1.550</td>	 ○ 1.520 1 無散布 書 	₽ • 1.550
+0. 総 電 県 レ 0.0 15. 14. 13. 12. 11. [.uno] 悪 回 温 票 × 3. 2. 1.0		• • • • • • • • • • • • • • • • • • •	□平均値 ●最小値 11.500 フォグジ 2022: ●最大値 ●単最小値 ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ●	。 11.550 (一)ル散 年(こま 11.550	い 11.600 流行るグ 11.600		11.500 1 フォグ 深さの	。 1.510 1 シール: シール: ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・	o 1.520 1 無散布 吉果 0	2 • 1.550
+0. 転転転 -1.C		• 11.475 X -7	□平均値 ●最小値 11.500 フォグジ 2022: ●最大値 ●最大値 「 日、一〇 ● ● の ーー・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	 0 11.550 ール散 年にま 11.550 11.550 	0 ボー 3 けるグ 11.600 散布		0 11.500 1 フォグ 深さの 11.500 1 11.500 1 フォ	 ○ Ⅰ 1.510 1 シール; ▶ ▶ ▶ ▶ ▶ ■ ■	 ○ 1.520 1 無数布 吉果 ○ 1.520 1 レ 	1.550

図-8 2022年における欠損断面積の比較結果

区分	フォグシール散布				フォグシール無散布				
KP	11.475	11.500	11.550	11.600	11.500	11.510	11.520	11.550	
欠損部体積 [cm ³]	2021		51	95	82	174	151	274	95
	2022	292	137	314	145	347	259	1124	105
	増加量	I	86	219	63	173	108	850	10
ひび割れ延長 [cm]	2021	-	170	208	178	228	169	125	106
	2022	244	171	225	184	218	167	130	95
欠損部体積 / ひび割れ延長 [cm ³ /cm]	2021		0.30	0.46	0.46	0.76	0.89	2.19	0.90
	2022	1.20	0.80	1.40	0.79	1.59	1.55	8.65	1.11
	増加量		0.50	0.94	0.33	0.83	0.66	6.46	0.21

表-5 欠損部体積およびひび割れ延長あたりの欠損部体積の 計測結果

(2) ひび割れ欠損部体積の計測結果

ひび割れ欠損部体積の計測結果を表-5に示す。表中に は、計測した欠損部体積に加え、単位ひび割れ延長あた りの欠損部体積を算出する目的でAgisoft Viewer上で計測 したひび割れ延長を併記しており、欠損部体積をひび割 れ延長で除した単位ひび割れ延長あたりの欠損部体積を 算出した。また、2021年と2022年における単位ひび割れ 延長あたりの欠損部体積をフォグシール散布区間と無散 布区間で比較したグラフを図-9に示す。

図-9より、2021年のひび割れ延長あたりの欠損部体積 は、フォグシールを散布している区間の方が無散布区間 と比べて小さい値となった。2022年においても、フォグ シール散布区間のひび割れ延長あたりの欠損部体積は、 無散布区間と比べて小さい傾向が見られる。

また、2021年から2022年にかけてのひび割れ延長あた りの欠損部体積は、ひび割れ欠損部上幅、深さ、断面積 の結果と比べて欠損量の増加傾向が明確になっているこ とがわかる。特にフォグシール無散布区間のKP=11.520 におけるひび割れ延長あたりの欠損部体積が著しく増加 している結果となった。この理由として、計測したひび 割れ付近に発生した穴ぼこがパッチングで埋められてお り(図-10)、目視においてこの部分の周囲の欠損が進 行していることを確認していることから、この部分の欠 損が結果に影響したと考えられる。

以上の結果より、欠損部上幅、深さ、断面積に加えて 欠損部体積を計測することにより、フォグシール無散布 区間と比べて散布区間の方がひび割れ欠損を抑えられて いる傾向があることがわかった。また、2021年から2022 年にかけて、欠損部体積の欠損量が増加していることか ら、ひび割れ欠損部断面では捉えられない部分の欠損を 定量的に把握することができることがわかる。今回の結 果は、ひび割れの欠損量のみに着目して、フォグシール の効果を検討しているため、その他の交通条件や気象条 件等を考慮した評価方法をさらに検討していく必要があ る。



図-9 ひび割れ延長あたりの欠損部体積の比較結果



図-10 KP=11.520 におけるパッチング箇所

4. まとめ

本検討では、写真測量技術を用いて3D舗装路面デー タを作成し、ひび割れ欠損部上幅、深さ、断面積に加え て欠損部体積を測定するとともに、これらの得られたひ び割れ部欠損量からフォグシールによる欠損進行抑制効 果の評価の可否について検討した。

本検討で得られた知見をまとめると以下の通りである。

- (1)写真測量により3D舗装路面データを作成することで、 舗装路面に生じたひび割れ部の断面形状および欠損量 を把握できることを示した。また、欠損部体積の計測 により、ひび割れ欠損部断面では捉えられない欠損を 把握できることを示した。
- (2)フォグシール散布後から2冬経過後および3冬経過後の 計測結果より、フォグシールを散布している区間のひ び割れ部欠損量は、無散布区間と比べて小さい値を示 したことから、写真測量技術を用いてフォグシールに よるひび割れ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。

以上のことから、今後の検討内容として、供用におけ るフォグシール散布区間と無散布区間でのひび割れ部欠 損量の変化を捉えるとともに、フォグシールによるひび 割れ欠損進行抑制効果を評価する定量的な評価指標を明 らかにしていく予定である。また、ひび割れ部欠損量と 交通条件や気象条件との関連を明らかにし、フォグシー ルの適用範囲についても検討していく予定である。

参考文献

- 1)日本道路協会:舗装の維持修繕ガイドブック2013, p.103, 2013
- 2)松本第佑,丸山記美雄,星卓見: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,土木学会第77回年 次学術講演会,2022.9
- 3)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, Vol55, No.3, pp.206-209, 2016