

画像を用いたひび割れ調査における撮影条件と再現性に関する検証

(株)計測リサーチコンサルタント 正会員 ○保泉 亜子
(株)計測リサーチコンサルタント 非会員 味岡 収
(株)計測リサーチコンサルタント 非会員 福岡 智

1. はじめに

現在,我が国ではインフラの老朽化が進んでおり,国土交通省では,トンネルや道路橋などについて5年に1度の近接目視による定期点検を義務化している.このうち,ひび割れ調査は構造物の耐久性や耐荷性を確認する上で重要であり,画像を用いた手法は,近接目視点検と比較して,点検員による判読の差が少なく,客観的なデータを取得できる利点をもつ.しかし,現実の定期点検において画像調査は撮影時間や撮影地点の状況等によって画像品質が左右されるため,一定条件で撮影を行うことは困難な場合がある.その結果,ひび割れ抽出精度にもばらつきが生じ,調査結果に影響することが課題となっている.

そこで,本検証では『点検支援技術(画像計測技術)を用いた3次元成果品納品マニュアル【橋梁編】(案)(以下点検マニュアル)』に基づいて設定した撮影条件に対して,一部条件を変更した際のオルソ画像品質とひび割れ幅の比較を行い,それらの初期値と実測値に対する再現性を検証することを目的とする.

2. 方法

対象は既存のクラックがみられるRCの橋脚とし,その一面の幅1100mm、高さ700mmを検証範囲とした.カメラはNIKON D810, 24mm広角レンズを使用し,三脚に据えて位置を固定し,撮影条件を変更しながら対象と正対するように各3枚撮影した.点検マニュアルに則り,解像度は0.1mmのひび割れを補足できる0.3mm/pixel以下に対応するように0.278mm/pixelとした.

本検証で用いた撮影条件を図1に示す.初期値および2回目とは同条件であり,点検マニュアルの推奨設定に基づいて絞り優先モードで設定し,他パターンは,シャッタースピードを考慮してISOや絞り,露出のみを変更したものである.これをAgisoft社のMetashape1.6.0でSfM-MVS解析を行い,オルソ画像の作成をした.この時,全パターンに撮影範囲のスケールを入力し,同一のキャリブレーションデータを固定の内部パラメータとした.

3. 結果

(1) カメラ位置推定の比較

表1にP1を原点としたカメラ位置の座標値(以下実測値)と各カメラ設定で撮影した画像から推定された中心カメラ位置の座標値(C2)を示す.

実測値との差では,Y座標が約30mm程度対象側へずれた位置にプロットされた.一般的に写真測量では奥行き推定精度が良くないとされているが,推定解像度は,全パターンにおいて実測値とほぼ同様となった.またZ軸は7-8mmの誤差がみられたが,X座標は約1-2mmと最も小さかった.

一方,初期値との差は約1-2mmと小さい為,このことから位置推定は,撮影条件によるばらつきが少ないといえる.

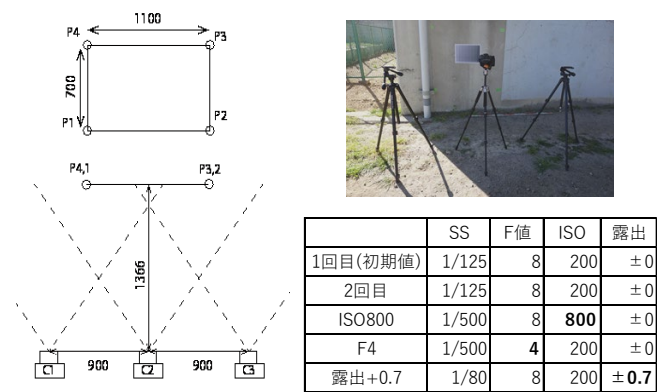


図1. 撮影イメージと撮影条件

表1. カメラ位置の座標(C2)

mm	実測値との差			初期値との差			解像度 mm/pixel
	X	Y	Z	X	Y	Z	
実測値	550.0	-1366.0	353.0	0.0	0.0	0.0	0.278
1回目(初期値)	551.2	-1336.9	359.7	1.2	29.1	6.7	0.0
2回目	551.1	-1335.9	360.8	1.1	30.1	7.8	0.0
ISO800	551.5	-1335.9	359.9	1.5	30.1	6.9	0.4
F4	551.2	-1335.2	360.2	1.2	30.8	7.2	0.0
露出+0.7	551.4	-1337.1	360.6	1.4	28.9	7.6	0.2

(2) 推定タイポイント

タイポイントはSfMにおける画像マッチング結果であり,位置姿勢が推定された隣接画像の特徴点を三角測量によって三次元座標に投影したものである.これはMVSによる高密度点群やメッシュ及びオルソ画像生成の基礎となる.

本検証では,位置姿勢を固定して撮影を行い,また前述した通り,推定されたカメラ位置は撮影条件によるばらつき

キーワード デジタルカメラ, ひび割れ, オルソ画像, SfM
連絡先 〒120-0006 東京都足立区谷中 2-10-7 エムケイビル 電話: 03-5673-7050 FAX: 03-5673-7053

が少なかったことから、タイポイント数の変動要因は画像中の特徴点抽出量の影響が比較的大きくなるといえる。

SfMによって推定されたタイポイントと画像毎のタイポイント数を図2に示す。初期値, 2回目, 露出+0.7においてタイポイント数は8000点以上あったが,ISO800では初期値の37%,F4では59%となった。また,露出を上げることによってタイポイント数がわずかに増加したことから,明度変化による影響は比較的小さいといえる。

このことからタイポイント数は,ノイズ(ISO 感度)やボケ(絞り)の影響を受けやすくモデルやオルソ画像の欠測の一要因ともなりうる。

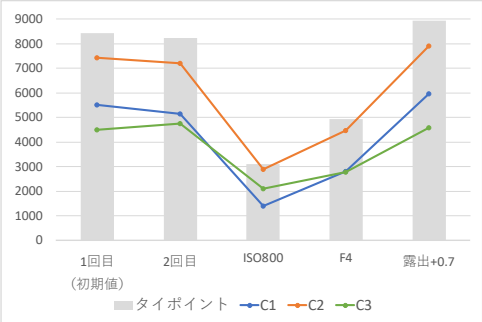


図 2. タイポイント

(3) オルソ画像スケール比較

生成されたオルソ画像のスケールの比較を行ったものを表2に示す,実測値との差は幅については,1mm 以下,撮影画像がオーバーラップをしていない高さ方向については2mm 程度に収まり条件の変更にも関わらず安定した結果が得られた。

このことから,オルソ画像のスケール精度はタイポイントよりカメラ位置推定の影響が大きいといえる。

表 2. オルソ画像スケール

mm	オルソ		実測値との差mm		初期値との差mm	
	幅	高さ	幅	高さ	幅	高さ
実測値	1100	700	0	0		
1回目(初期値)	1100.046	702.228	0.0	2.228	0	0
2回目	1099.768	701.95	0.046	2.228	-0.278	-0.278
ISO800	1100.046	701.95	-0.232	1.95	0	-0.278
F4	1099.768	702.228	0.046	1.95	-0.278	0
露出+0.7	1099.768	702.228	-0.232	2.228	-0.278	0

(4) ひび割れ幅の比較

目視によって計測した5箇所のひび割れ幅と,オルソ画像に自社のソフトウェアでひび割れ抽出を行った結果を比較した.ソフトウェアの都合上,オルソ画像は明度調整を行い,明るさを統一してから抽出を行った.ひび割れ抽出の凡例は0.1-0.4mm の範囲を 0.1mm 毎に分けた。

目視結果に対してひびわれ抽出結果を合致,近似,誤判定

の3パターンに分類した.図3においてひび割れ幅の誤判定の割合とそれぞれのシャッタースピードを比較した。

最も誤判定が少なかったのは F4 であり,最多は露出+0.7であった.この結果はシャッタースピードとの相関があり,露出時間が短いほど誤判定も少ない傾向にあった。

しかしながら,ISO800 はシャッタースピードが F4 とほぼ同様である一方,誤判定率は初期値や2回目とほぼ同様であった。

上記のことから,ひび割れ抽出精度にはシャッタースピードに加えて ISO を上げたことによる画像中のノイズも他要因に比べ影響が大きいといえる。

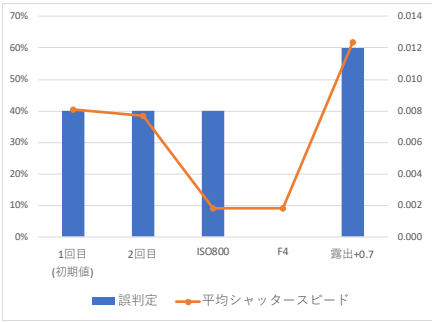


図 3. 誤判定の割合とシャッタースピード

4. まとめ

本検証は画像を用いたひび割れ調査において,推奨撮影条件とそれを基に一部条件を変更した撮影パターンから,SfM-MVS 解析結果及びひび割れ抽出において相対的に精度に影響を与える要因について検証したものである。

SfM-MVS では,撮影時のカメラ設定によってタイポイントはシャッタースピードよりもボケ(F4)やノイズ(ISO800)の影響が大きかったものの,カメラ位置推定とオルソ画像のスケールでは撮影条件による差がみられなかった。

一方,ひび割れ抽出は本検証においては,その判定精度がシャッタースピードおよび ISO を上げたことによるノイズ影響が他の撮影条件に比べて大きいと言える。

今後は,撮影条件による影響についてより精度の高い検証を行うために,カメラ位置の測量や,撮影枚数を増やすなどより現実に近い条件での検証に加えて,ひび割れ幅の分布と長さについての評価を行う必要がある。

5. 参考文献

- 1) 国土交通省 道路橋定期点検要領 2019.2
- 2) 国土交通省 点検支援技術(画像計測技術)を用いた3次元成果品納品マニュアル【橋梁編】(案) 2019.3
- 3) D. Mistry, A. Banerjee, Comparison of Feature Detection and Matching Approaches: SIFT and SURF, GRD Journals, 2017