

光学デジタルカメラにより撮影した画像を用いた橋梁点検での留意点と展望

大日本コンサルタント（株）	正会員	○小林 大
大日本コンサルタント（株）	正会員	山中 大樹
大日本コンサルタント（株）	正会員	喜多 亮輔
川田テクノロジーズ（株）		林 篤史
スカイジョブ（合）		高梨 智樹

1. はじめに

道路橋の点検においては、道路法施行規則の一部を改正する省令・告示に基づき5年に1回の定期点検が義務付けられたことにより、予算不足や技術者不足が顕在化することとなった。この問題の解決策として筆者らは、光学デジタルカメラを搭載した橋梁点検用マルチコプタ（ドローン）「マルコ®」（図-1.1）の研究・開発を進めてきたところであるが、実際の点検現場での試行や活用を積み重ねる過程で、画像を用いた橋梁点検での留意点を把握することとなった。本稿は、把握した留意点の例を報告するとともに、画像を用いた橋梁点検の展望について論ずるものである。



図-1.1 橋梁点検用マルチコプタ「マルコ®」

2. 光学カメラを用いて撮影したデジタル画像の特徴

画像を用いた橋梁点検では、AIなどによる損傷の検出・評価手法の研究開発が進められているものの、現状では、点検技術者が画像を目視することにより損傷を検出・評価することが一般的である。目視に用いる画像は、一見、精密かつ写実的であるが、様々な収差や像面湾曲により画像周辺に向かって精細さが低下している。「マルコ®」では、供試体を用いた実験や実際の構造物を用いた現場試行により1枚の画像に写る範囲の50%領域（図-2.1）に必要とする精細さが確保されることを確認しており、図-2.2に示すようにオーバーラップ率80%およびサイドラップ率50%の確保を原則としたラップ撮影を行ない画像合成することで、面的に必要な精細さの確保を図っている。また、画像を撮影する段階で、画素分解能以下の寸法における明るさや色の変化が平均化されている。

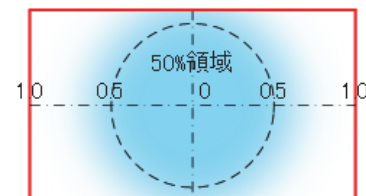


図-2.1 必要とする分解能の確保領域

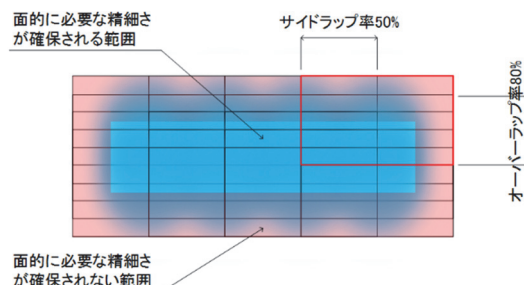


図-2.2 ラップ撮影および画像合成による面的な必要とする精細さの確保

3. 光学デジタルカメラにより撮影した画像を用いた橋梁点検での留意点の例

3.1 画素分解能以下の寸法（幅）のひびわれ

(1) ひびわれ幅の計測

「マルコ®」は、必要なひびわれを検出するために画素分解能の目安を0.4mmに設定しており、また、「マルコ®」に採用する光学デジタルカメラは、ベイヤー配列（図-3.1.1）の撮像素子を採用しているため、幅0.4mm以下のひびわれは、1画素あたりに平均化されたR、G、あるいはB値として記録され、周辺の画素に影響を与えつつ明るさや色が推定される。図-3.1.2に示す幅0.2mmと幅0.4mmのひびわれの例では、両者の明るさや色の変化の影響範囲（画素）は変わらないと言え、明るさや色の相違として認識され

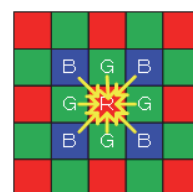


図-3.1.1 ベイヤー配列とRGB値の推定

※. 当該画素にない2成分は周辺の画素を参照する。

キーワード ドローン、マルチコプタ、光学カメラ、デジタル画像、橋梁点検、橋梁維持管理

連絡先 〒170-0003 さいたま市中央区新都心 11-2 ランド・アクシス・タワー 11F

大日本コンサルタント株式会社 インフラ技術研究所 調査研究部 保全エンジニアリング研究室 TEL 048-615-2224

る。これに対し、ひびわれを跨ぐ画素の輝度変化などに着目した解析的な計測手法や AI を活用した計測手法の研究開発が進んでいるが、明るさや色の相違がコンクリートの色や汚れ、被写体照度などに影響を受け易い点を含め、ひび



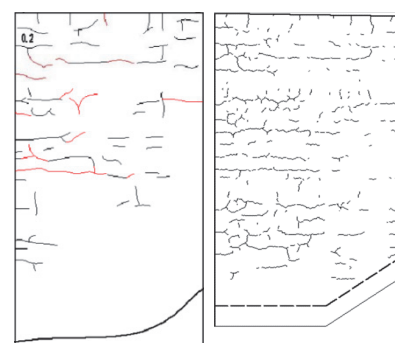
(1) 位置図 (2) 0.2mm 幅部拡大画像 (3) 0.4mm 幅部拡大画像

図-3.1.2 0.2mm 幅のひびわれ 0.4mm 幅のひびわれの画素レベルの拡大図

われ幅の計測誤差が健全性の診断に与える影響について留意が必要である。なお、「マルコ®」では、機体に装備された自動制御機能により画素分解能を一定に制御した画像の撮影が可能であることを前提として、明るさや色の影響を排除するために点検対象部材から、あるいは条件が類似する部材から適当なひびわれを選定して幅を計測したうえで、飛行撮影と同等の条件で撮影し、これを基準として画像を目視することによりひびわれ幅を分類・計測することを推奨している。

(2) ひびわれ長さの計測

「マルコ®」は、被写体照度 2000lx 以上を目安として最小ひびわれ幅 (※1) 0.1mm、具体的には、画像目視により幅 0.1mm のひびわれを検出することが可能であるが、言い換えると幅 0.1mm 未満のひびわれを検出することができないため、幅 0.1mm 未満のひびわれも検出可能な近接目視に比較してひびわれ長さが短く計測されたりいくつかに分割して計測されたりする傾向がある。これは、最小ひびわれ幅を広くした場合に影響が顕著となるため、画像をスクリーニングに適用する際には留意が必要である。また、近接目視に比較して損傷図化されるひびわれ本数が増える傾向にあり、両者の損傷図には、図-3.1.3 に示すような相違が見られることになる。このような損傷図の相違が健全性の診断に与える影響について留意が必要である。



(1) 近接目視 (2) 画像

図-3.1.3 近接目視による損傷図(ひびわれ図)と画像を用いた場合の損傷図(ひびわれ図)

※1. 最小ひびわれ幅とは、取得された画像から視認可能なひびわれの幅を示す。

3.2 被写体照度の影響

被写体照度の高低は、画像の精細さに影響を与え、撮影当日の天候のほか、図-3.2.1 に示すように光源の方向や地形条件により点検対象部材内においても被写体照度の高低が存在する。異なる時期に撮影された画像を比較する場合や異なる位置の画像を比較する場合は、被写体照度の高低による精細さの相違や分布について留意が必要である。なお、「マルコ®」は、被写体照度 2000lx 以上を目安として最小ひびわれ幅 0.1mm (※2) であるが、被写体照度が 1000lx 以上を目安として最小ひびわれ幅 0.2mm、被写体照度 10000lx 以上を目安として最小ひびわれ幅 0.05mm を別途確認しており、被写体照度の高低による精細さの相違や分布の検討を可能としている。

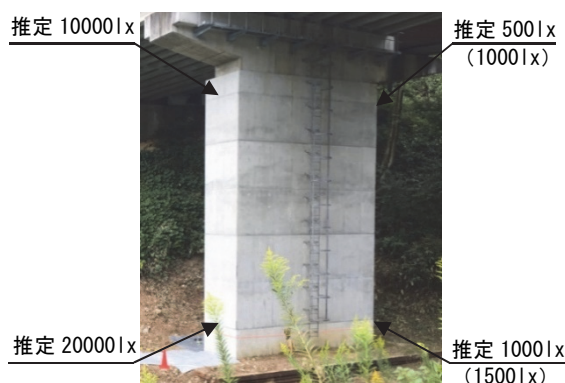


図-3.2.1 橋脚(柱)側面の被写体照度分布例

※. カッコ内は照明装置を使用した場合。

※2. 「点検支援技術 性能カタログ(案) 国土交通省」掲載値。

4. 展望(まとめ)

橋梁点検における画像の活用は、現状、点検技術者が画像を目視して損傷を検出・評価することが一般的であることから、従来の近接目視点検手法との親和性が高いと考えられる。一方、実際の点検に活用され始めたことにより従来の近接目視点検成果との具体的な相違が把握され始め、健全性の診断に与える影響の検討が可能となるとともに、例えば、精細さが異なる、あるいは分布する画像の精細さを一定化する画像処理技術など、橋梁点検における画像の一層の活用に向けた新たな技術開発が期待される。