

「全方位・多眼撮影システム」による橋梁点検手法の開発（第一報）

本州四国連絡高速道路株式会社 正会員 楠原 栄樹
 (株)ブリッジ・エンジニアリング 正会員 阿部 明弘
 (株)計測リサーチコンサルタント 正会員 ○西村正三 木本啓介

1. はじめに

近年、高解像度のデジタル画像取得とその処理に関する技術が高度化され、トンネルの壁面調査等に適用されている。今回、これら技術の長大橋梁維持管理への活用を試みた。しかし長大橋梁(特にトラス橋)は、トンネル壁面と比較すると、多くの部材が複雑に交錯しているため、詳細に撮影した個々の画像のみでは、部位の特定が困難であることが予想された。そこで、全体の概観撮影(パノラマ展開画像)から詳細に撮影した画像の検索が可能な「画像検索システム」を用意することで画像整理作業の効率化と省力化を試みた。

「画像検索システム」構築により、構造全体概要は全方位カメラを用い、詳細画像取得には「走行型連続画像計測システム」を用いた「全体構造から局所部材までをカバーする全方位・多眼撮影システム」を開発した。本システムを明石海峡大橋の補剛桁に適用し、システムの有効性の調査と課題の抽出を実施した。

2. 明石海峡大橋補剛桁調査の概要と課題

明石海峡大橋(図1)の補剛桁の点検対象部位は、主構、主横トラス、鋼床版、ハンガー定着部等であり、幅広管理路、上、下部管理路、外面作業車などから撮影が可能である。しかし、全長約4kmの本橋において、効率的に画像を取得するためには、撮影・調査部位の特定が課題である。

3. 撮影システム

構造全体概要の撮影は、走行しながらパノラマ画像を作成する撮影システムであり、種々の調査で活用¹⁾されている Ladybug3 (Point Grey Research 社)を使用した。この機器は2百万画素(以下M)カメラ6個で構成され、1秒間に15枚撮影し、合成されたパノラマ画像は連続的に表示され任意の方向から構造物の概略を確認することが可能である。しかし撮影距離が7mのとき、解像度は10mm/pix程度となり、対象物の詳細把握までは困難となる(図2)。

一方、詳細画像撮影については、トンネル壁面調査用に開発した「走行型連続画像計測システム」²⁾を用いた。このシステムは複数の工業計測用カメラを同期させての連続撮影が可能であり、今回はLadybug3との同期撮影機能を新たに付加した。

4. 詳細確認画像取得

設計図面を元に補剛桁のトラス構造を3DCGモデルで再現し、計測車両から撮影する範囲、画角を事前検討した。今回の調査は初期点検を対象としたため、ボルトの抜けや錆の発生を確認できるレベルとし、各撮影画像の目標解像度は3mm/pixとした。詳細画像取得のためのカメラは、工業計測用カメラ[FULLCAP(2M)、Grasshopper(5M)]及びNikon D80(10M-手動撮影)で検証した。

補剛桁の架構部材をほぼ正対して撮影できるように、桁内構造と相似形のカメラ固定治具(図3)を製作した。

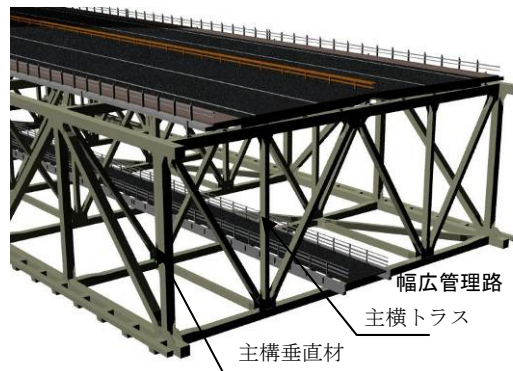


図1 明石海峡大橋の補剛桁の概要

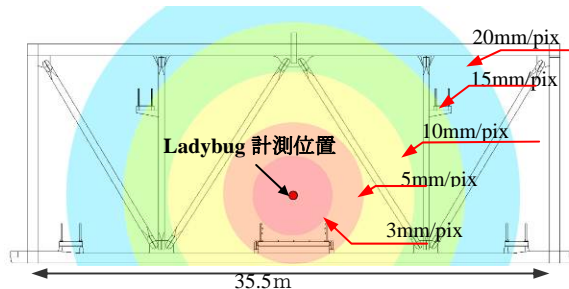


図2 距離における全方位カメラの解像度

全方位カメラ Ladybug3 で架構の概要を把握



図3 全方位・多眼撮影システム

キーワード 橋梁点検調査、全方位カメラ、工業計測カメラ、明石海峡大橋
 連絡先 〒732-0029 広島市東区福田 1-665-1 (株)計測リサーチコンサルタント クリエイティブ事業部
 TEL: 082-899-5470 (直) E-mail: nisimura@krcnet.co.jp

5. 撮影状況

事前準備として詳細撮影用カメラ(3種類 計18台)の画角・焦点を合わせた後、補剛桁内の幅広管理路を時速10キロ程度で走行させながら連続して撮影を行った(図4)。走行時モニタにはパノラマ展開画像と共に工業計測用カメラで撮影している詳細画像も同時に表示され、撮影情報と一緒にPCに格納される(図5)。このような構造形式が一定で延長距離の長い橋梁は、効率よく画像取得が可能となる。



図4 10km/hで走行しながらの撮影状況

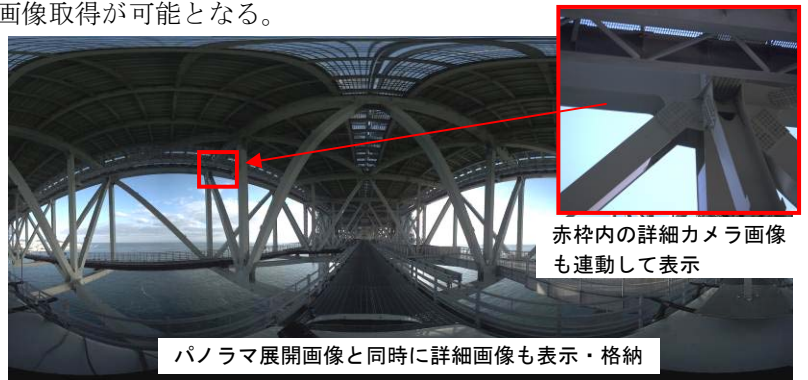


図5 パノラマ画像で詳細画像の部位を確認

6. 調査結果と課題

距離20mに位置する部位(格点)を4種類のカメラで撮影した画像の一例を図6に示す。前述の通り全方位撮影は解像度が20mm/pix程度であり、格点の形状は確認できるがボルトの抜け、サビ発生の有無までは確認できない。

5Mカメラと一眼レフカメラD80の解像度は0.6mm/pixと同程度であるが、D80の方がより広範囲を撮影できるとともに色再現性が高いことから、錆の有無等の確認が容易である。これは一眼レフカメラのCCDサイズが、工業計測カメラの約3倍の大きさを持つことに起因すると考えられる。

表1は、一眼レフカメラと工業計測カメラの特徴を比較したものである。一眼レフカメラは、被写界深度が広くピントの合った良質な画像が得られ、また感度レンジが大きいいため逆光の場合の撮影自由度も高い。しかし全方位カメラと同期させて複数の一眼レフカメラを作動させることは、現時点では台数、フレーム数など制約があり、今後、撮影システムを検討する際の課題である。

また、多くの部材で構成されるトラス桁では、手前の部材による不可視領域が存在するため、重要な点検箇所が不可視領域とならないような撮影を行う必要がある。

	Ladybug 2M画素 全方位パノラマ用	FULLCAP 2M画素 詳細画像	Glasshopper 5M画素 詳細画像	NIKON D80 10M画素 詳細画像
全体画像		 1600pix 1200pix		
	1232×1616	1600×1200	2448×2048	3872×2592
拡大画像		 約2m		
	21.5 mm/pix	3.0 mm/pix	0.6 mm/pix	0.6 mm/pix

図6 各カメラで撮影した画像と解像度の例(L:20m)

表1 カメラの特徴比較

	感度レンジ	撮像素子	被写界深度	フレーム数/秒	同期撮影
一眼レフカメラ	大 ◎	大 ◎	広い ◎	2枚/秒 高速移動撮影不可	制約大
撮影自由度高い					
工業計測カメラ	小	小	狭い	15枚/秒 高速移動撮影可能 ◎	制約小 ◎
撮影自由度低い					

7. まとめと今後の課題

実橋調査により、解像度の異なる連続撮影画像を「画像検索システム」を介することにより詳細画像部位特定の効率化の可能性が確認された。今後は、高解像度画像による橋梁の点検手法への適用を念頭に、今回の調査で抽出された課題の解決法の検討が必要である。

参考文献

- 1) 平田勝茂ほか：デジタル技術を活用した現地写真画像の調査利用について 応用測量論文集〔報告〕 日本測量協会
- 2) 西村正三ほか：「走行型連続画像計測システム」の開発と構造物壁面調査への活用 応用測量論文集(論文) 日本測量協会