

写真撮影分析による耐候性鋼材の健全度評価

東日本旅客鉄道株式会社 正会員 ○岡澤 亮太
東日本旅客鉄道株式会社 山本 優
東日本旅客鉄道株式会社 正会員 山根 寛

1. 目的

耐候性鋼材の維持管理においては、さびの状態を把握することが重要であり、さびの評価手法としては近接目視が基本となる。しかし構造物が高所に位置する等、近接目視が困難な場合があり、近接目視のために仮設足場を設置する場合は点検費用が増大することや高所作業における安全対策が課題であった。本稿では、上部工に耐候性鋼材を用いた水路橋に対して、遠望レンズや UAV で撮影した写真を分析し健全度を評価した事例を報告する。

2. 対象橋りょう

評価の対象とした水路橋の全景写真・側面図及び諸元を図-1・図-2 及び表-1 に示す。上部工は耐候性鋼材を使用しているが、桁内面や桁底面は建設時より塗装されており、桁外面に関しても支点部付近や第 1・第 4 径間は腐食が発生したため供用後に塗装された。そのため本稿における評価対象は、第 2・第 3 径間における無塗装範囲とする。検査用設備として橋脚天端付近の検査足場や桁下の歩廊があるが、支間中央部の無塗装範囲に対する近接目視は困難な状況である。



図-1 全景写真

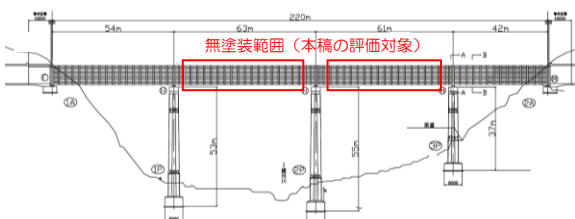


図-2 側面図

表-1 上部工諸元

構造形式	4径間連続U型断面水路桁
橋長	222.3m
支間	54.0m+63.0m+61.0m+42.0m
使用鋼材	SMA50
桁重量	1233t
建設年月	1988年(昭和63年)12月

3. 評価手法

(1)撮影に関する課題と対策

撮影方法に関して、事前の試験撮影により以下の 2 点の課題が考えられたため、対策を実施した。1 点目は、本橋りょうの桁側面には縦リブ・横リブが溶接により設置されており、一方向からの撮影では死角となる範囲が大きいことである。そこで、桁下複数箇所からの遠望レンズによる撮影を主とし、死角を補完するために UAV による撮影を実施した。UAV 撮影においては、図-3 に示すように搭載カメラを構造物に正対させるのではなく角度をつけて上下方向、橋軸方向に動きながら撮影し、死角が生じないようにした。

2 点目の課題は、キャリブレーション手法の確立である。耐候性鋼材のさびの外観評価は、「耐候性鋼橋梁の適用性評価と防食予防保全」(2009 年 9 月 (社) 日本鋼構造協会) で示されるような見本に基づく評点によってなされることが多いが、事前の試験撮影では日当たりにより構造物表面の色合いも異なるため、判定者によりさびの評点が異なる可能性があることが分かった。そこで、図-4 に示すように望遠レンズ及び UAV それぞれの撮影時に、評価サンプル (1 点～5 点) の実物と桁本体を併せて撮影し、評価時の基準とした。

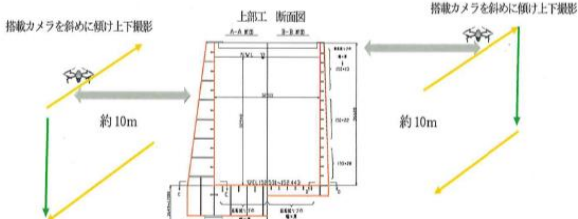


図-3 UAV 撮影方法



図-4 キャリブレーション方法

キーワード 耐候性鋼材, 無塗装桁, さび評価, 望遠撮影, UAV 撮影

連絡先 〒947-0012 新潟県小千谷市山本 316 東日本旅客鉄道株式会社 信濃川発電所 TEL 0258-82-4531

(2)撮影に用いた機器

主な撮影機材の仕様を表-2、表-3 に示す。

表-2 使用機材(望遠撮影)		
デジタルカメラ	撮影素子	フルサイズCMOSセンサー 36.0mm×24.0mm
	有効画素数	約5060万画素
	ISO感度	50～12800
	重量	約930g
超望遠レンズ	焦点距離	600mm, 800mm
	開放F値	F4, F5.6
	重量	約3920g, 約4500g

表-3 使用機材(UAV 撮影)		
ドローン① (※2)	サイズ ^(※1)	1500mm×1500mm
	機体重量	13.2kg
	飛行可能時間	13分程度
ドローン②	サイズ ^(※1)	242mm×322mm×83mm
	機体重量	0.7kg
	飛行可能時間	30分程度

(※1)モーター軸間距離
(※2)望遠撮影と同じデジタルカメラを搭載

表-4 さび評点の目安	
評点	さびの状態
外観評点5	量は少なく、比較的明るい色調
外観評点4	大きさは1mm程度以下で細かく均一
外観評点3	大きさは1～5mm程度で粗い
外観評点2	大きさは5～25mm程度のうろこ状
外観評点1	層状の剥離がある

(3)分析方法

上記の通り撮影した画像は、高解像度を保ったまま編集ソフトにより歪み・アオリ補正を行い、展開図の細分化したブロックごとに挿入した。なお、UAV により撮影した死角を補完する画像は、補正を行わず角度を保った状態で展開図のブロックごとに挿入した。それらの画像に対して、3(1)で述べた評価基準に基づき、さび状態の評点付けと評点毎の面積集計を実施した。なお、さびの評点付けは「耐候性鋼橋梁の適用性評価と防食予防保全」(2009年9月(社)日本鋼構造協会)(表-4)に基づき実施した。

4. 分析結果

撮影写真を分析して作成した変状展開図の一例を図-5 に、さび評点ごとの面積集計を図-6 に示す。さびの状態に関しては約 95%の面積が評点 3 又は 4 と判定した。ここで評点 3 と 4 を細分化しなかったのは、いずれも対策不要となるランクであり、判定作業の省力化を図ったためである。橋脚天端の検査足場から手の届く範囲にて近接目視結果と分析結果を比較したところ、両者の差異は認められなかった。

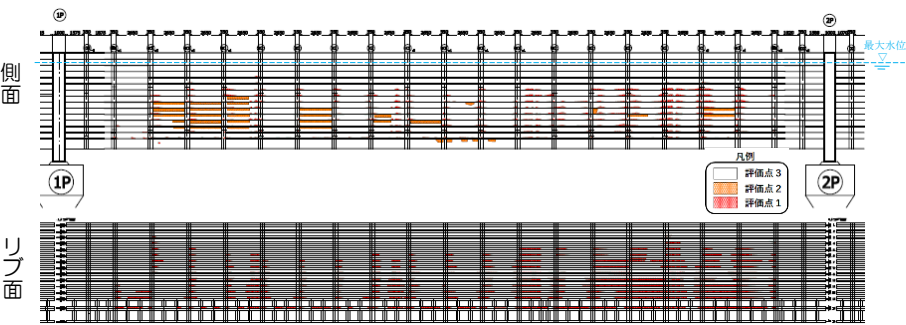


図-5 変状展開図(東側第2径間を抜粋)

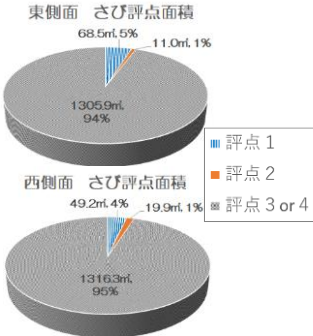


図-6 さび評点ごとの面積集計

5. 考察

(1)評価手法について

近接目視が困難な場合でも高解像度の写真データを用いれば、耐候性鋼材のさび状態に対する評点や変状面積などの定量的評価は十分に可能であった。事前にさびサンプルを用いたキャリブレーションを実施すれば、より精度の高い評価ができることが分かった。さびの評点付けに関して、現在は技術者の判断により行っているが、今後は同様な事例を蓄積し、AI の学習機能を用いて自動判定ができないか検証したい。

(2)耐候性鋼材の健全性について

本橋りょうの無塗装範囲における約 95%の面積が、対策不要となる評点 3 又は 4 であり、橋としての健全度に問題はないことが分かった。評点 1 又は 2 となる範囲は腹板とリブの交差部付近を中心に広がっており、水の溜まりやすいリブ上面に評点 1 のさびが集中している。また、評点 1 又は 2 となるほぼ全ての面積が、水路橋運用上の最大水位以下の高さ(図-5 参照)で発生している。このことから、通水時に水温の影響により発生した結露の水分が緻密なさびの生成を妨げ、水の溜まりやすい腹板とリブの交差部付近で悪性さびが発生したと推定している。今後は、定期的に経過を観察するとともに部分的な塗装による対策や滞水防止処置を検討していく。

参考文献

- ・鉄道総合技術研究所:鉄道構造物等維持管理標準・同解説(構造物編)鋼・合成構造物, 2007.
- ・日本鋼構造協会:耐候性鋼橋梁の適用性評価と防食予防安全, JSSC テクニカルレポート No.86, 2009.