

耐候性鋼橋梁の維持管理における 簡易な板厚測定

すみともゆうた¹ かむらふみと¹ わだゆうき¹ みうらまさみ² みかみけん³
住友優太¹・川村文人¹・和田雄基¹・三浦正純²・三上健³

¹株式会社四電技術コンサルタント（〒761-0121 香川県高松市牟礼町牟礼1007-3）

²一般財団法人土木研究センター（〒110-0016 東京都台東区台東1-6-4）

³札幌インスペクション株式会社（〒007-0870 札幌市東区伏古10条3丁目10番14号）

耐候性鋼橋梁を適切に維持・管理していくためには、発生した異常腐食の減肉量を迅速に把握し、保全対策を検討することが重要である。しかし、耐候性鋼材の板厚測定では鋼材表面の緻密なさびが測定の障害となるため、パワーツールによる前処理が必要となり、定期点検での実施は困難である。そこで本検討では、超音波厚さ計による簡易な板厚測定として、塗装鋼材に用いられる測定手法の適用を試みた。当該手法はパワーツールによる前処理を必要としないため、定期点検での実施が可能である。検討の結果、塗装鋼材に用いられる測定手法の適用可能性を確認することができた。

Key Words : 耐候性鋼, 橋梁, 維持管理, 板厚測定, 異常腐食, 層状剥離さび

1. 背景と目的

耐候性鋼橋梁は、適度に乾湿が繰り返される環境下で良好なさびが形成され、腐食速度が小さくなるという特徴を持っている。しかし、床版からの漏水や凍結防止剤散布の影響により、うるこ錆や層状剥離さび等の異常腐食が発生する事例が多くみられる（図-1）。このような特徴を踏まえ、耐候性鋼橋梁を適切に維持・管理していくためには、異常腐食箇所への適切な対応が重要である。特に層状剥離さびが発生している場合、耐荷力への影響が懸念されるため、早急に保全対策を講じる必要がある。耐候性鋼橋梁の点検は図-2に示すような順序で行われる。目視確認を主体とした定期点検で、橋梁全体の腐食状況や損傷を把握した後、板厚測定やセロファンテープ剥離試験などの詳細調査が行われる。そのため、定期点検から詳細調査の期間で腐食が進行し、減肉量の増大が懸念される。このような事態を防ぐためには、定期点検の段階で減肉量の概算値を把握し、減肉の程度に応じた修繕計画の立案や、保全対策の検討を早急に実施することが望ましい。しかし耐候性鋼材の板厚測定では、鋼材表面の緻密なさびが測定の障害となるため、パワーツールや発電機を用いた前処理が必要となり、定期点検での実施は困難である。そこで本検討では、定期点検の実施を想定した簡易な測定手法の検討を試みる。



図-1 層状剥離さびの発生例
(外桁ウェブ及び下フランジ)

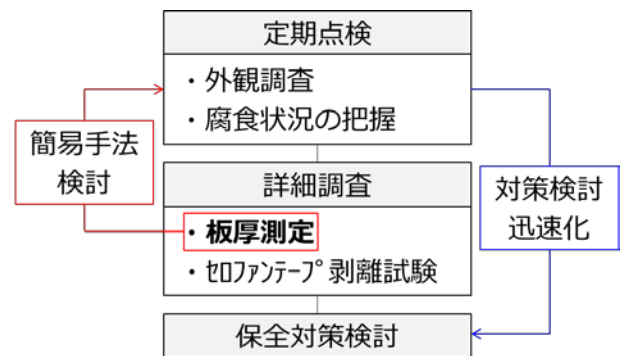


図-2 耐候性鋼橋梁の点検フロー

2. 測定方法

(1) 使用機器及び測定原理

従来の定期点検では、損傷の程度を把握するために、ノギスやマイクロゲージを用いた簡易な板厚測定が行われている。しかし測定器具の性質上、測定対象が下フランジ端部に限られるため、ウェブやウェブ近傍のフランジでは測定が困難である。耐候性鋼橋梁に生じる異常腐食は、ウェブの立ち上り部及びフランジのウェブ近傍にて発生する傾向が見られるため、ノギスやマイクロゲージによる簡易測定では、減肉量を把握することは困難である。鋼部材の板厚を測定する主な手法として、超音波厚さ計による測定が挙げられるが、パルス渦電流を用いた測定¹⁾や電磁超音波共鳴法²⁾等の手法も研究されている。しかし研究段階の手法では、測定値の正誤判断に高い専門性を要するため、定期点検への適用は困難である。従って本検討では、定期点検での簡易な板厚測定手法として、超音波厚さ計を用いた手法を採用した。測定機器はDM5E（GEセンシング&インスペクションテクノロジーズ社製）、探触子は一般測定用とした。測定モードはノーマルモードとデュアルモードの2種類とし、測定原理を図-3に示す。

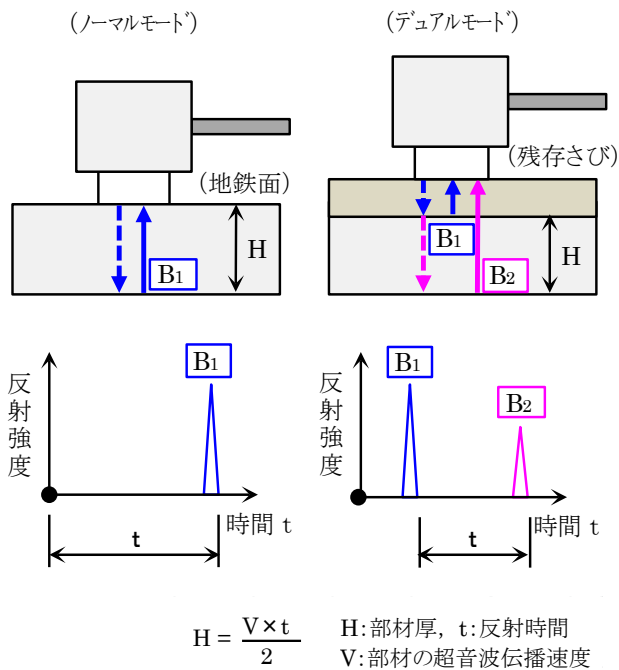


図-3 測定原理

耐候性鋼材の測定ではノーマルモードが、塗装鋼材の測定ではデュアルモードが用いられる。ノーマルモードは一回目のエコーB1から板厚を測定するため、地鉄面での測定となり、パワーツールを用いた前処理が必要となる。一方、デュアルモードは一回目B1と二回目B2の差から板厚を求めため、塗装鋼材の塗膜上で測定が可能である。従って、既存塗膜を除去する必要がなく、測定前処理はワイヤブラシによる清掃程度の簡易なものである。そこで本検討

では、耐候性鋼橋梁の簡易な板厚測定として、さびが残存した状態での測定にデュアルモードの適用を検討する。当該モードでの測定により、パワーツールを用いた前処理等が不要となるため、定期点検への導入が十分可能であると考えられる。

(2) 腐食状況と測定前処理

山間部で供用中の2橋梁を対象として、外桁ウェブ外側（立上り部）に発生した異常腐食の測定を行った。測定対象の腐食状況を図-4に示す。橋梁aではうろこ錆、橋梁bでは層状剥離さびが発生している。測定面は裏面健全部とし、測定モードに応じた前処理を実施した。処理内容や使用工具の総括を表-1に示す。

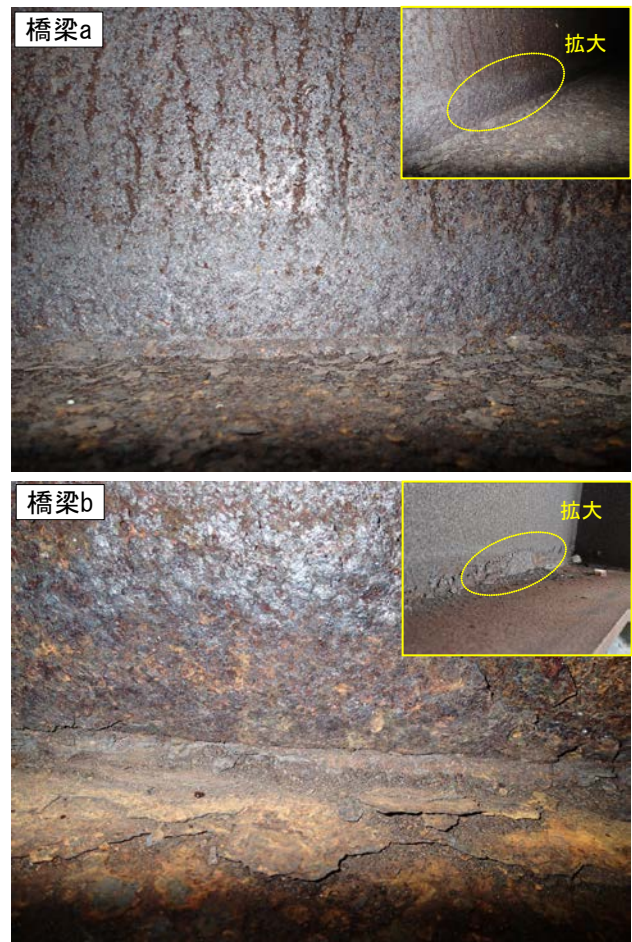


図-4 測定対象の腐食状況

表-1 測定前処理

モード	使用工具	測定面の状態
デュアル	ワイヤブラシ	浮き錆のみ除去
	定期点検での簡易な板厚測定を想定	
ノーマル	パワーツール	地鉄面露出
	正確な部材厚を把握	

従来手法のノーマルモードでは、パワーツールを用いてさびを完全に除去することで地鉄面を露出させた。一方、簡易測定デュアルモードでは、定期点検での携行が容易なワイヤブラシを用いて、人力で浮き錆の除去を行った。前処理の実施状況および測定面の状態を図-5に示す。デュアルモードでの残存さび厚は、橋梁aで128 μm 、橋梁bで77 μm であった。測定フローを図-6に示す。



図-5 前処理の実施状況および測定面の状態

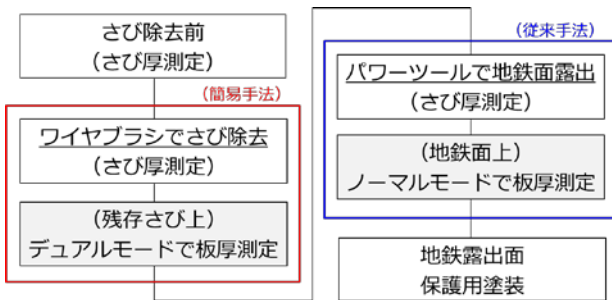


図-6 測定フロー

(3) 測定位置

測定位置を図-7に示す。デュアルモードとノーマルモードの測定位置を合わせるため、測定用テンプレートを使用した。

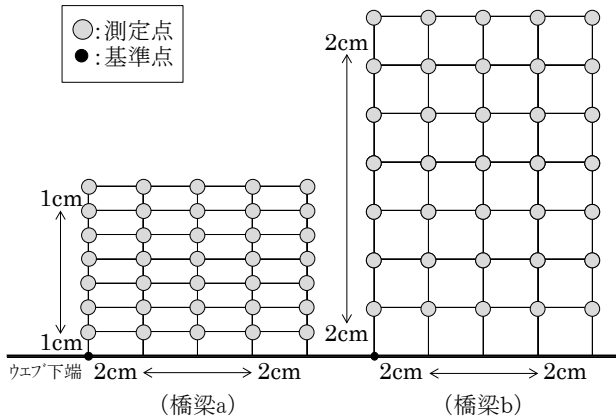


図-7 測定点数

測定範囲は腐食状況をもとに決定し、腐食部と健全部の両方が測定可能なよう設定した。また、橋梁aの測定ピッチは横方向2cm \times 5点、高さ方向1cm \times 7点とし、橋梁bの測定ピッチは横方向2cm \times 5点、高さ方向2cm \times 7点とした。高さ方向の測定ピッチはウェブ下端を基準とし、立上る方向を正とした。また、高さ方向の板厚変化を確認するため、高さ毎の5点平均値を算出した。

3. 測定結果および考察

(1) ノーマルとデュアルの測定結果対比

ノーマルモードとデュアルモードの板厚測定値を対比したものを図-8に示す。測定の結果、若干のばらつきは見られるものの、減肉部を含めた全範囲で良い相関を示した。このことから、耐候性鋼材へのデュアルモードの適用が十分可能であるといえる。しかし、層状剥離さびが生じている橋梁bでは、比較的大きなばらつきが見られた。これは減肉による凹凸が原因だと考えられる。

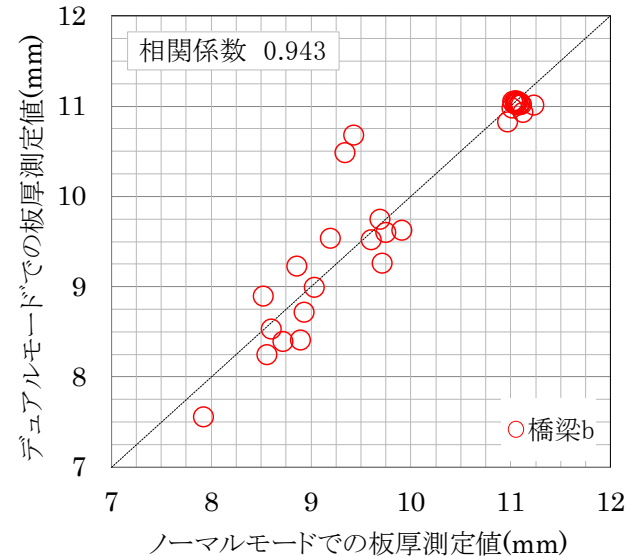
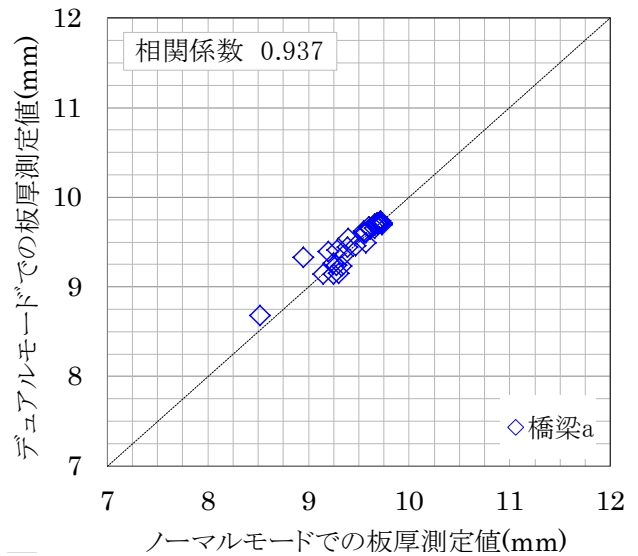


図-8 板厚測定値の対比

(2) 高さ方向の板厚分布

ウェブ下端からの高さ方向の板厚変化及び測定対象の腐食状況を図-9に示す。下端での減肉量が最も大きく、立ち上がるにつれて健全な値を示していることから、一般的な腐食傾向を再現できていることが分かる。

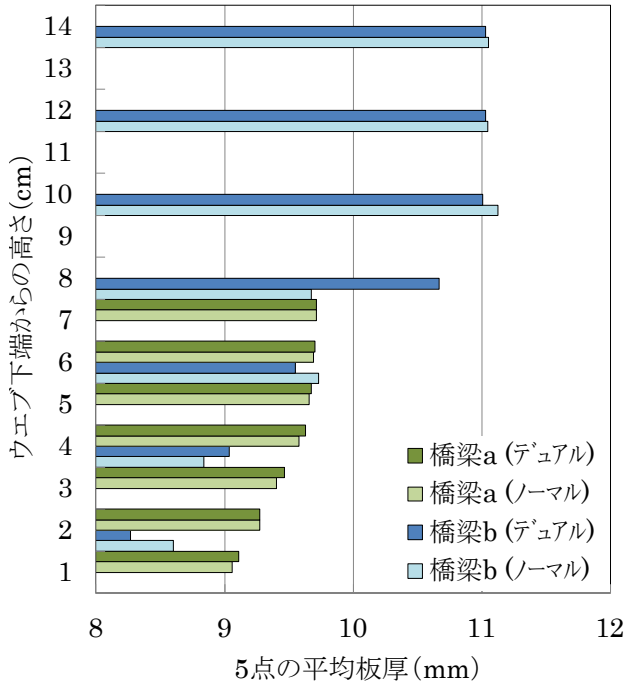


図-9 高さ方向の板厚変化

減肉の程度に着目すると、橋梁bのウェブ下端近傍で2.5mm程度の減肉が見られた。このことから、層状剥離さびが発生している他の橋梁でも同程度の減肉が予想されるため、早急に保全対策を実施することが望ましい。

(3) 橋梁bの差異に対する考察

橋梁bの高さ8cmで差異が生じた1mm程度の差異について、その発生原因を考察する(図-10)。当該高さの5点平均値は、デュアルモードで10.68mm、ノーマルモードで9.43mmであった。当該差異が生じた原因として、①測定位置の微小なずれの影響、②層状剥離さびの凹凸による測定不良の2点が考えられる。①高さ8cmは健全部と腐食部の境界近傍であり、著しい断面変化が生じている。そのため、測定位置の微小なずれの影響が顕著に表れ、当該差異が生じたものと考えられる。また、高さ8cmの5点中2点で正常に測定が完了せず、5点平均値にばらつきが生じたことも原因の一つであると考えられる。これは層状剥離さびによる凹凸が障害となり、底面エコーが正常に入射されなかったためだと考えられる。しかし、本検討が想定する定期点検での板厚測定では、減肉の程度を把握することが目的であるため、当該差異が検討結果に与える影響は小さいといえる。

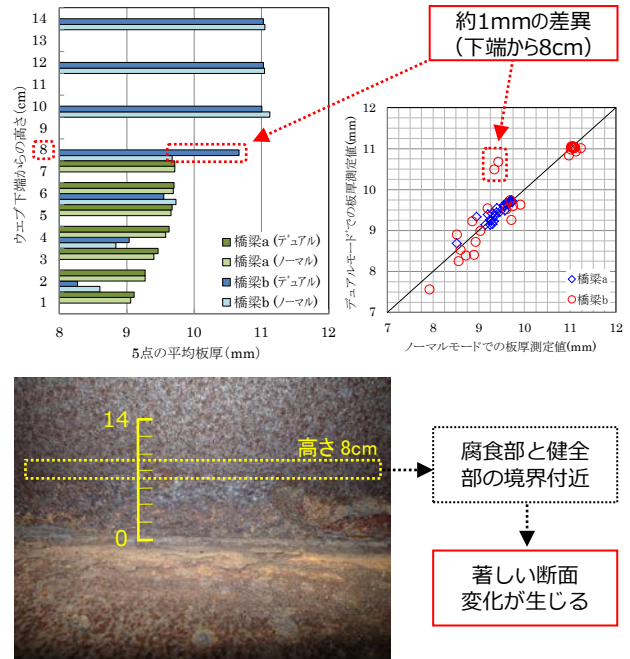


図-10 橋梁bの差異に対する考察

4. まとめ

本報告では、定期点検における簡易な板厚測定として耐候性鋼材へのデュアルモードの適用性を検討した。検討の結果、デュアルモードでの測定値はノーマルモードでの測定値とほぼ一致しており、デュアルモードの適用が十分に可能であることが分かった。また、層状剥離さび発生箇所では最大で約2.5mmの減肉が見られた。そのため、層状剥離さびが発生している橋梁の維持管理では、優先的な保全対策の検討が必要である。

5. 今後の課題

今後の課題として、デュアルモードを適用する際に許容できる残存さび厚の検討が必要である。本検討での残存さび厚は100μm前後と比較的薄く、腐食状態によってはより厚いさびが残存している状態での測定が想定されるためである。また、フランジ部材の測定では、部材厚が一般測定用探触子の測定可能値を超過する可能性があるため、厚板測定用探触子でも同様にデュアルモードの適用性を検討する必要がある。

参考文献

- 1) 北根安雄, 西島悠太, 伊藤義人, 中野裕二郎; 港湾鋼構造物におけるパルス渦電流板厚測定の適用可能性の検討, 鋼構造年次論文報告集, 第22巻, p943-949, 2014.11
- 2) 国立研究開発法人 土木研究所 構造物メンテナンス研究センター; 非破壊検査技術の道路橋への適用性に関する研究, 2015-2017