

現地レポート：建設材料の劣化・損傷と最適な補修技術の確立に向けた研究

耐候性鋼材を使用した既設橋梁の補修への取組み

岩淵賢一・菊地 淳

1. はじめに

耐候性鋼材を使用した橋梁は、これまでライフサイクルコストの低減を図ることを目的に建設されてきたが、近年、所定の性能を発揮できずに、層状剥離さびを伴う腐食損傷（写真-1）が散見されはじめた。

このような中、東北地方整備局において、耐候性鋼材を使用した橋梁の損傷原因や補修方法について調査検討を進め、平成23年6月に「耐候性鋼材を使用した既設橋梁の補修の手引き（案）」¹⁾を作成した。

その後、平成25年3月に手引き（案）の内容を一部改訂²⁾し、平成29年8月には「東北地方における道路橋の維持・補修の手引き（案）【改訂版】」³⁾（以下「手引き（案）」という。「第3編 鋼橋3.2腐食（耐候性鋼材）」に内容を掲載し、現在も運用しているところである。

以下では、東北地方整備局における耐候性鋼材の損傷傾向の概要と、「手引き（案）」の内容、および補修事例⁴⁾について紹介する。

2. 耐候性鋼材の損傷傾向

2.1 定期点検結果

東北地方整備局が管理する鋼橋1,418橋（2020年9月時点）のうち、162橋（11%）で上部構造の主部材（橋体工や鋼・コンクリート合成床版の底鋼板）に耐候性鋼材が使われている。

このうち、直近の定期点検結果（図-1）から、111橋で何らかの措置（Ⅱ・Ⅲ判定）が必要となっており、比較的新しい橋梁においてもⅡ判定が報告されるようになってきている（図-2）。

2.2 部材毎の損傷状況

損傷が発生した「原因別」に見ると、「防水・排水工不良」が全体の約9割を占めており（図-3）、防水工の不具合による漏水や、排水流末の不具合による影響を受けている。主桁の腐食が発生して



写真-1 耐候性鋼材を使用した橋梁の損傷状況

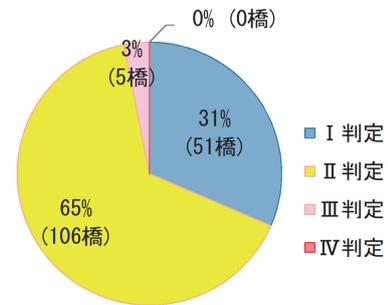


図-1 直近の定期点検の判定区分（162橋）

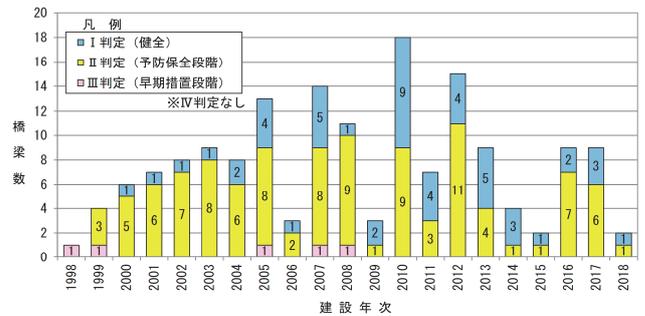


図-2 建設年次と判定区分の関係（162橋）

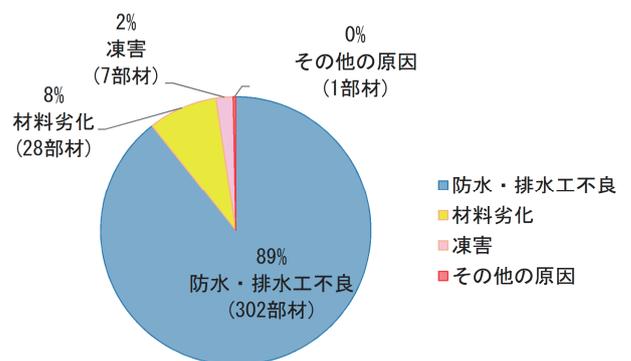


図-3 C1、C2判定部材の損傷原因（主桁、床版:338部材）

いる「部位別」に見ると、路面からの飛散の影響を受けやすい「外桁」で損傷 d、e の割合が多くなっている（図-4）。

3. 手引き（案）の内容

3.1 手引き（案）の概要

手引き（案）では、補修方法の検討に先立ち、主要部材の腐食箇所・範囲について調査を行い、損傷原因を明確にすることを求めている。以下に各項目について紹介する。

3.2 損傷状況及び損傷原因の調査

補修方法の検討にあたっては、損傷箇所だけでなく、損傷を引き起こした原因も除去する必要があることから、主要部材の腐食箇所・範囲のほか、損傷原因の調査を行う必要がある。

損傷原因の調査にあたり、緻密なさび層の形成がされにくい箇所（図-5）として、伸縮装置の排水機能の不良により漏水の影響を受ける箇所や、地盤との距離が近く常時湿潤状態となっている箇所、橋梁の並列配置により隣接橋から凍結抑制剤混じりの飛沫の影響を受ける箇所などがある。また、環境的要因としては、樹木・樹林や水面・湿地と近接し、湿気が供給される状態となっている箇所（図-6）などがある。

このため、損傷箇所と漏水箇所や排水流末との位置関係、橋面水の流下方向や漏水の流れ方との関係、常時湿潤状態であるか等を注意深く点検し、損傷原因を特定することが重要である。

3.3 補修方法の検討

(1) 損傷原因に対する措置

損傷箇所に対する補修と併せて、損傷の発生原因に対する措置を行わなければならない。また、損傷箇所と同条件にある箇所についても、損傷を引き起こした原因を除去することは、再劣化を抑制し橋梁の長寿命化を図る上で重要である。

耐候性鋼材の補修対策フロー（図-7）では、損傷原因を明確にすることを求めている。原因の除去が確実にできるか否かによって対策が異なるので注意が必要である。

(2) 付着塩分の除去

耐候性鋼材の工場保管時や架設現地保管時などの初期の状態における付着塩分量の目安が100mg/m²程度に抑えるのがよい⁵⁾とされていることから、損傷原因の除去が可能で、その効果の持続が期待

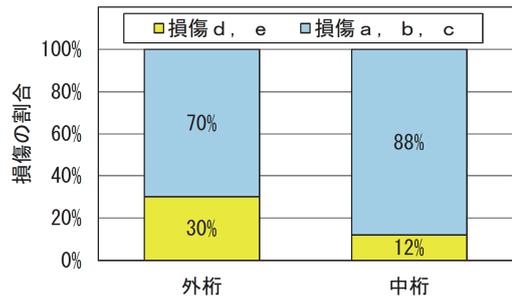


図-4 部位別の損傷割合（主桁の腐食：305部材）

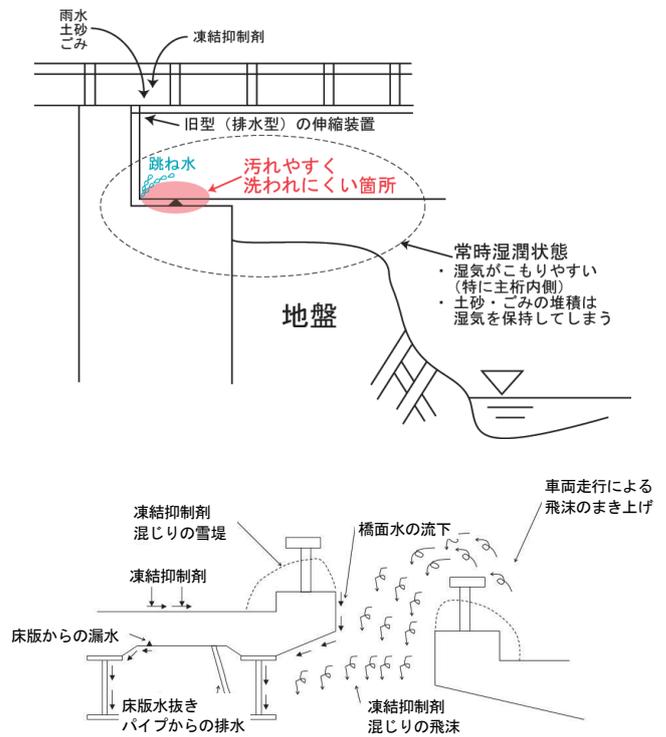


図-5 緻密なさび層の形成がされにくい箇所（地形的・構造的要因）

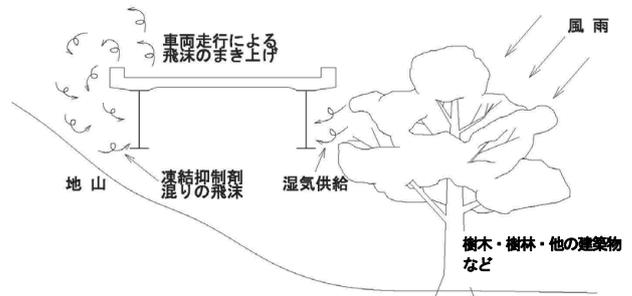


図-6 緻密なさび層の形成がされにくい箇所（環境的要因）

できる場合は、うろこ状さびや層状さびを除去し、必要に応じて桁の洗浄などで付着塩分を除去することにより、耐候性鋼材の無塗装使用を継続することができる。なお、付着塩分量が100mg/m²程度を超えている場合は、水洗いとブラスト等により

付着塩分を除去することが重要である。

(3) 塗装による防食機能の回復

損傷原因の除去が困難もしくはその効果の持続が期待できない場合は、その不適合部分について、塗装などにより防食機能を回復する必要がある。

この場合、防食機能の耐久性の観点から、同じ箇所に雨水が飛散・滞留しないよう損傷原因を取り除いておくことが重要である。

このように、損傷を引き起こした原因の除去について、効果の確実性、持続性を考慮し、補修方法を検討する必要がある。

3.4 補修にあたっての留意事項

桁端部は、漏水などの影響により腐食し易い環境であり、新設橋においても保護性さびの形成が図りにくいことから、塗装による防食機能の回復を図る場合の桁端部の塗装仕様⁶⁾は、耐久性等を考慮し「金属溶射+ふっ素樹脂塗装」を基本とした(図-8)。また、構造条件・現場条件によっては、支間中央寄りで腐食している事例もあるので、水の流れる状況やそれに伴う腐食範囲に注意し、水切りと併せて塗装範囲を検討する必要がある(図-9)。なお、これらの対策の効果は補修事例の追跡調査等により検証の予定である。

4. 手引き(案)を活用した補修事例

4.1 橋梁概要及び損傷状況

主要部材に層状剥離さびが生じ、補修が必要であった山形県内の山間地域に架橋された橋梁において、手引き(案)を活用した補修工事⁴⁾を実施した。損傷状況としては、床版排水孔からの漏水により主桁外面に層状の剥離さびが発生(写真-2)しており、車両走行による凍結抑制材の飛沫や周辺樹木の湿気の影響もあり、下フランジでは板厚減少が確認された。

4.2 付着塩分量の測定と素地調整

塗装に先立ち、層状剥離さびはハンマーケレンにより除去した後、素地調整1種によりさびを除去した。ブラスト処理による素地調整後は、鋼材に残った付着塩分量を測定した。50mg/m²以上の塩分が付着していると、塗装後早期に塗膜欠陥が懸念されるため、手引き(案)に基づき、付着塩分量は50mg/m²以下を規格値とした(図-10)。

4.3 素地調整後の戻りさび発生時間

発生さびの状態による戻りさび発生時間に明確

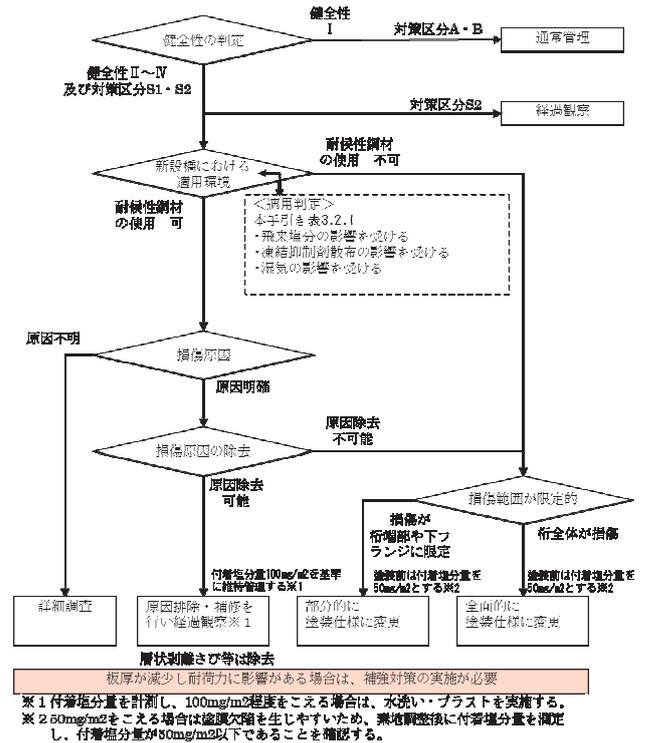


図-7 耐候性鋼橋の補修対策フロー

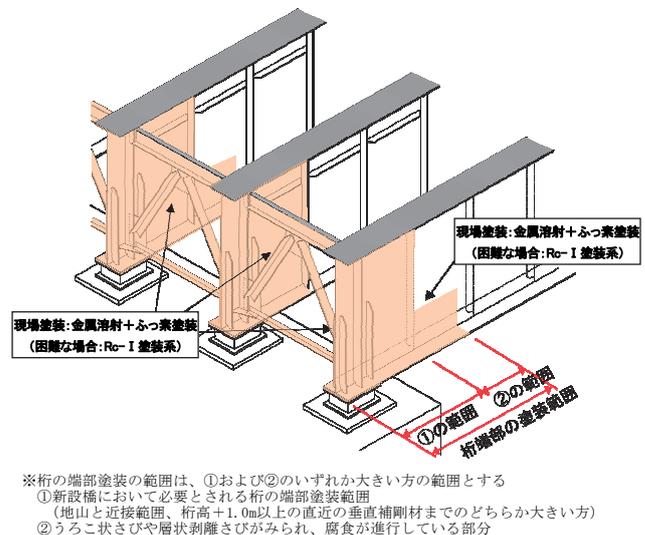


図-8 桁の端部塗装範囲および塗装仕様

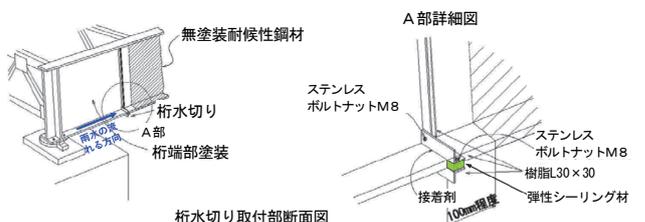


図-9 塗装面境界の水切りの例

な違いは確認されなかったが、素地調整完了から3時間を経過したあたりから赤い斑点状の戻りさびが一部に確認された。耐候性鋼材の戻りさび発生時間は、普通鋼材（4時間）に比べ短いことから、素地調整後の下塗り塗装までの塗装間隔については、3時間以内で施工した。

4.4 補修（塗装及び排水管）

補修にあたっては、異常なさびが発生している箇所については、Rc-I 塗装系で塗装するとともに、損傷原因の除去として、排水パイプと排水管の長さの延長に加え、橋梁周辺が湿潤状態にならないよう周辺の雑木を伐採した。

4.5 補修工事から見た施工現場の意見

補修事例の現場から施工にあたっての留意点として得られた意見を以下にまとめた。

- (1) 素地調整後の戻りさび発生時間が普通鋼材に比べて短いため、素地調整後の下塗り塗装までの塗装間隔は3時間以内が望ましい。
- (2) 素地調整後から下塗り塗装までの時間が短く、施工対象面積が小さいため、ハケ・ローラー塗りが望ましい。
- (3) 塩分量測定の箇所・頻度や、残留塩分量の高い箇所の洗浄範囲を基準化した方がよい。

4.6 補修事例のまとめ

これまでの、耐候性鋼材の緻密なさび層が一度形成されると、安定さびとして永久に健全であると思われていたが、環境条件が変化し不適切な環境条件になると、緻密なさび層が喪失されることから、メンテナンスフリーではないことに留意しなければならない。

また、さび等の損傷状況の把握は遠望目視では難しいため、定期点検の時に近接して損傷状況を確認することが重要である。特に、山間部の凍結抑制剤を散布する区間に架橋された耐候性鋼橋、あるいは架橋を計画する場合は、適用条件を確認し環境条件の変化に留意した対応を講じる必要がある。

5. おわりに

本事例を踏まえ、今後は、損傷原因を除去した後の経過観察や補修対策の判断基準を構築し、耐候性鋼材を使用した橋梁の適切な維持管理による長寿命化を図りたい。

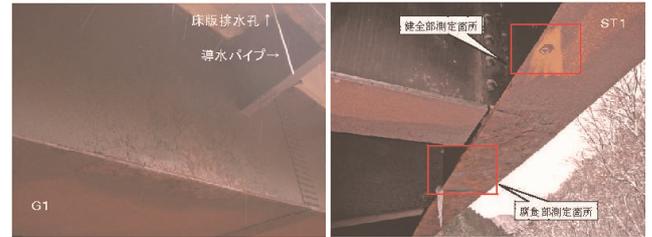


写真-2 層状剥離さびの状況

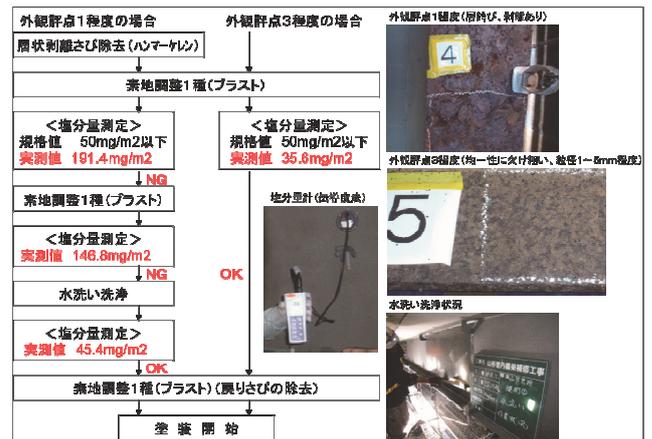


図-10 付着塩分量確認フロー図

参考文献

- 1) 東北地方整備局道路部、東北技術事務所：耐候性鋼材を使用した既設橋梁の補修の手引き（案）（平成23年6月）
- 2) 東北地方整備局道路部、東北技術事務所：耐候性鋼材を使用した既設橋梁の補修の手引き（案）Ver.2.0（平成25年3月）
- 3) 東北地方整備局道路部・東北技術事務所：東北地方における道路橋の維持・補修の手引き（案）【改訂版】（平成29年8月）
- 4) 檜岡民幸、片岡幸太、千葉富彦：耐候性鋼材を使用した既設橋の補修について<耐候性鋼橋の塗装補修事例>（平成25年度）
- 5) 社団法人日本道路協会：鋼道路橋塗装・防食便覧（平成17年12月）
- 6) 東北地方整備局：設計施工マニュアル（案）[道路橋編]（平成28年3月）

岩渕賢一



国土交通省東北地方整備局道路部道路管理課 道路構造保全官
IWABUCHI Kenichi

菊地 淳



国土交通省東北地方整備局道路部道路工事課 課長補佐
KIKUCHI Atsushi