

凍結防止剤による耐候性橋梁の現状と課題

JH静岡建設局 正会員 山田 稔 (社)日本鉄鋼連盟 渡辺 祐一
 (社)日本橋梁建設協会 正会員 加納 勇 ○正会員 山井 俊介

1. まえがき

1981年から1990年にわたる、旧建設省土木研究所、(社)鋼材倶楽部、(社)日本橋梁建設協会の三者による全国41橋の曝露試験の結果、耐候性鋼を橋梁に適用する際、最も注意すべき点として海塩粒子による塩分環境をあげ、適用可能な離岸距離を示している。一方我が国では、1991年にスパイクタイヤの使用を禁止したことで凍結防止剤の散布量が増加し¹⁾、その影響が耐候性橋梁に出始めている。1992年に供用されたJH高知自動車道は耐候性橋梁の数が多く、また山間地を通過することから、四国内では凍結防止剤の散布量が比較的多い路線である。そこで1998年から1999年にかけて耐候性橋梁のさび外観を中心に詳細な調査²⁾を行い、橋梁の腐食を環境要因と構造要因に整理した。また追加調査ではさび外観の評価区分を新たに提案し、さびの外観別発生頻度および板厚減少予測量をまとめた。さらに腐食要因毎に対策案を提案した。

2. 実橋調査

凍結防止剤の影響を受ける橋梁の追加調査は計29橋（建設後平均10年経過）について行った。各橋梁ではさび環境が比較的悪く、かつ調査が容易な橋台および橋脚上の外観調査を主体とした。この選択は三者共同研究の点検要領³⁾においても推奨されており、特に粗いさびの部位では板厚測定を行い腐食による板厚減少量を推定した。

(1) さび外観調査 至近距離から主桁表面のさびを目視観察し、全橋台・橋脚位置（全304箇所）を調査分析し、さび外観の評価レベル（表1

参照）で評価した。

(2) 板厚測定 さび外観調査の結果、さびの状態が良くない（評価レベル1～2）部位について、超音波板厚計（25点の平均値）とマイクロメータ（10点の平均値）で板厚を測定した。

(3) 調査結果 凍結防止剤を散布する橋梁では外桁下フラン

ジ上面のさびレベルが低くなる傾向を示し、凍結防止剤の影響はこの部位に現れることが分かった。全29橋のさび評価結果を表2に示す。また外側下フランジ上面のさび外観および板厚測定結果は以下の通りであった。

- 1) 凍結防止剤の散布量が少ないIC区間では全て良好なさび外観（レベル3以上）を示した。
- 2) 凍結防止剤の散布量が多いIC区間では良好なさび外観が全体の77%を占め、うろこ状のさび（レベル2）の発生は19%であるが板厚減少量は0.06mm/片面程度であると推定された。
- 3) 並列橋の上下線に高低差がある箇所、主桁が地山に接近する箇所の板厚減少量は0.2mm/片面程度と推定（レベル2aと区分）され、全体に占める割合は3%であった。
- 4) 全調査箇所のうち3箇所（1%）は構造的な要因（桁端等からの路面水の漏水）でレベル1と評価したが、この部分は最も腐食が進んでおり板厚減少量は0.44mm/片面程度と推定された。

表1 さび外観の評価レベル

さび評価レベル	さびの外観	さびの状態	さびの粒子	さびの色調	減厚予測/片面100年	補修の要否	状態の良否
5	さびは少なく、比較的明るい色調を呈する。良い環境でのさび。	問題ない状態	細かい	非常に明るい	0.3mm以下	不要	問題なし
4	さびは1mm程度以下で細かく均一である。	非常に良い状態	細かく均一	暗褐色	0.3mm程度	不要	良 ↑
3	さびは1～5mm程度の粗いもの。	良い状態	やや粗く不均一	暗褐色から褐色	0.5mm程度	不要	↑ ↓
2	さびは5～25mm程度で、うろこ状のはくりがあるもの。	注意が必要な状態	粗くうろこ状	環境により異なる	1.0mm程度	継続観察要	↓
1	さびは層状のはくりがあるもの。	問題がある状態	大きく層状に剥離	—	1.2mm程度	早急に対策	悪

表2 外桁下フランジのさび評価結果（箇所/比率）

さび評価レベル	凍結防止剤散布量		箇所合計
	少ない橋	多い橋	
3～4	28/100%	212/77%	240/79%
2	0/0%	53/19%	53/17%
2a*	0/0%	8/3%	8/3%
1	0/0%	3/1%：漏水	3/1%：漏水
合計	28/100%	276/100%	304/100%

*：レベル2のうち比較的板厚減少が大きい箇所、並列橋の上下線に高低差がある箇所、桁が地山に接近している箇所が該当。

キーワード：耐候性橋梁、凍結防止剤、さび外観

連絡先：〒424-0114 静岡県清水市庵原町 219-11 TEL：0543-71-0550 FAX：0543-71-0555
 〒103-0025 東京都中央区日本橋茅場町 3-2-10 TEL：03-3669-4816 FAX：03-3667-0245
 〒104-0061 東京都中央区銀座 2-2-18 TEL：03-3561-5225 FAX：03-3561-5235

3. 腐食要因の抽出と課題

調査結果から凍結防止剤（塩化ナトリウム(NaCl)が主体）を含んだ水に直接ふれる個所では良好なさび状態が望めないことが判明した。これらの部位はいずれも橋梁の構造あるいは線形に依存する局所的な問題で、それ以外の部位ではさびの状態に悪い影響は見られなかった。

(1) 伸縮継手からの漏水 桁端部は風通しが悪いために橋梁構造のなかでも最も好ましくない腐食環境にある。また大きな衝撃から損傷を受けやすく、桁端部は湿潤環境や部材損傷の改善対策を事前に十分施す必要がある。

(2) 壁高欄隙間からの越流 都市内高架における壁高欄隙間は雨水の飛散防止のため閉じた構造であるが、調査橋梁は山間部にあるためその必要性が問われなかったものと思われる。この隙間越流は地覆部が連続しているため比較的急な縦断と平面曲線から生じた特殊な現象(3 橋発生)と思われるが、原因究明と構造上の対策が必要であろう。

(3) 床版クラックからの漏水 RC床版に発生するクラックは主に乾燥収縮によって生じ、活荷重の繰り返し载荷によって拡大される。舗装内に浸透した凍結防止剤を含んだ水はクラックに達し、直接鋼桁を濡らすため局所的なクラック充填対策が必要である。床版耐久性の向上対策が鋼材の腐食に対して良い環境を作ることにつながる。

(4) 排水装置の不備 排水装置の不備による鋼材の腐食は排水管のはずれ、または目詰まりによる漏水によることが多い。しかし調査橋梁の一部ではスラブドレーン排水管の長さが主桁腹板高さの途中までしかなく、凍結防止剤を含む水が鋼桁を濡らすために生じたものであった。対策としてドレーン管延長や排水管への導水などが必要である。

(5) 上下線橋梁の近接⁴⁾ 並列橋のさびは高さの差 f が 4m から 8m の範囲で、また壁高欄間隔 d が 2m の近傍で悪い状況であった。よって壁高欄間隔が 3m 以下で、相対的に高い側の桁に耐候性鋼の適用は注意が必要であろう。また高低差がない場合や相対的に低い側の桁で問題は生じていなかった。よって上下線分離構造で高低差がある場合、相対的に高い側の外桁下フランジは凍結防止剤の飛散防止対策が必要である。

(6) 地山の接近⁴⁾ 地山までの距離とさびの相関は桁下高さ h が 1m、地山斜面までの距離 S が 3m の個所でフランジ外側の外観が著しく悪い状況であった。よって地山までの距離は $h > 2m$ かつ $S > 5m$ 程度以上を確保すべきであろう。

4. まとめ

これまで耐候性橋梁では、水はけをよくするなどの一般的な配慮がなされてきたが、より具体的な細部構造および線形位置関係、周辺の環境に関しては特に注目されていなかった。しかし近年、凍結防止剤の多用から前述した部位で問題点が顕在化してきた。これらは特定の部位に限定され、その多くは構造に起因することから設計段階の適切な対策で解決可能である。

今回の調査結果から凍結防止剤散布環境下でのさび評価レベルと対策案を表3に示す。今回調査した橋梁も細部構造での対策が不十分で、また凍結防止剤の散布量も比較的多い路線（区間最大散布量：約 300 t/IC 距離 18.3km の橋梁区間/冬期 4 ヶ月）であった。このような条件下で、板厚減少に大きく影響するさび状態の個所は全調査個所の 4% 程度であった。

表3 耐候性橋梁の凍結防止剤散布環境における対策案

橋梁部位	設計施工での対策案	
	少ない橋	多い橋
凍結防止剤散布量 (g/m ²)	5~3	2 a
さび評価レベル		
橋梁線形	凍結防止剤の散布を考慮した特別な対策は不要。	外桁下フランジ上面外側に重防食塗装や新しい表面処理の採用を考える。
・地山近接部 (S ≤ 5m かつ h ≤ 2m)		
・高低差がある並列橋の高い側の桁 (d ≤ 3m かつ 2 ≤ f ≤ 10m)		
細部構造	1~2	
さび評価レベル		
・伸縮装置	・地覆部を連続して全幅員を非排水形式にする。	
・壁高欄 (隙間)	・壁高欄隙間に止水工を設置し越流対策とする。	
・床版 (クラック)	・防水層を敷設してクラックに漏水しない。	
・スラブドレーン	・ドレーン下端を下フランジより 1m 低くする。	
・排水管	・上下工の排水管接続継手は伸縮管でつなく、	
・桁端部	・桁端部の外桁、内桁は鋼合前面まで塗装する。	
橋梁位置の環境		
<p>地山が近接する桁と高低差がある並列橋</p>		

参考文献：

- 1) 寒冷地の塩化物環境に関する研究：八戸工大関川、月永、庄谷、第 14 回日本雪工学大会、1997.11
- 2) 無塗装耐候性鋼使用橋梁現地調査報告書：JH 試験研究所、(社)鋼材倶楽部、(社)日本橋梁建設協会、H10.10
- 3) 無塗装耐候性橋梁の点検要領（案）：建設省土木研究所、(社)鋼材倶楽部、(社)日本橋梁建設協会、H3.3
- 4) 虹橋 63 号：(社)日本橋梁建設協会、H12.秋季