

耐候性鋼橋梁の適用環境条件に関する一提案

株式会社エイト日本技術開発 正会員 ○藤村 彰

1. 検討の背景および目的

耐候性鋼材は、適切な環境条件下で表面に緻密なさび層を生成し、さびの進行を抑制し、初期塗装や再塗装を省略することができることから、飛来塩分の少ない地域で新設鋼橋の防食仕様として積極的に採用されている。ところが、岡山県管理道に架かる耐候性鋼橋梁 46 橋のうち、約 7 割の橋梁(29 橋)で、うろこ状さびや層状はくりさび(以降、腐食と表記)が発生していることが明らかとなった。

本論文では岡山県内の 46 橋の腐食要因分析に基づいて耐候性鋼橋梁を適用するための環境条件について、評価方法を提案するものである。

2. 耐候性鋼橋梁の腐食要因分析

(1) 要因影響度による分析

「腐食有橋梁数に占める、表-1 に示す調査項目に該当する橋梁数の割合と、腐食無橋梁数に占める調査項目に該当しない橋梁数の割合の和」を「要因影響度」と定義し、各調査項目が腐食に与える影響の度合いを定量的に評価することを試みた。

要因影響度が境界値以上(≧1.0)となる、つまり腐食に与える影響が大きいと考えられる項目は、表-1 に示す No. 1～17 までの 17 項目であった。

(2) 気象データによる分析

今回の腐食が確認された対象橋梁は、降雪のある中国山地沿いに多数架設されていたことから、凍結防止材に含まれる塩分の影響が予想された。

しかしながら、凍結防止材散布状況(散布実績値)が入手できなかったため、代替指標として表-1 の No. 19～21 に示す 3 項目の気象データを用い、他の項目と同様に定量的評価を行った。気象データについては、各橋梁で数値データが得られるため、別途近似式を作成し、要因影響度を算出した。

(3) 桁端部の状況と腐食有無の傾向分析

耐候性鋼橋梁に限らず、桁端部付近からの漏水は鋼部材の腐食要因として大きな影響を与える。このため、伸縮装置付近からの漏水状況と腐食有無の

関係を確認した結果、漏水が生じている橋梁の腐食率が 73%と高い値を示した。また、架設後 10 年未満でありながら腐食が生じている橋梁は全て伸縮装置付近からの漏水が確認された。

(4) 分析結果のまとめ

調査結果をまとめると以下のとおりとなる。

- 伸縮装置付近からの漏水や排水装置不良など十分な設計や管理がされていないことが直接的な腐食要因となっている。
- 閉鎖的地形環境や積雪深および日射量等の気象条件も腐食発生に大きな影響を与えている。

以上のことから、耐候性鋼橋梁の架設環境や伸縮装置、排水装置の設計および管理手法に課題があるといえる。

3. 耐候性鋼橋梁計画上の留意点

(1) 橋梁計画上の課題

耐候性鋼の無塗装使用が可能な範囲としては、飛来塩分に関する指標 (<0.05mdd、離岸距離>1km)や地山、並列橋、および水面との距離に関する指標については既往の文献^{1), 2), 3)}に示されているものの、その他の環境条件についての指標は、明確に示されていない。

表-1 腐食要因および要因影響度

No.	分類	チェック項目	要因影響度	係数への適用
1	地域環境	架橋位置が閉鎖的山地	1.423	○
2	局部環境	伸縮装置付近から漏水がある	1.407	× 局部環境
3	地形環境	近接地山がある	1.402	○
4		桁下空間が河川である	1.308	○
5	地域環境	県北部に架橋されている	1.258	× 気象類似
6		橋台・橋脚部桁下空間30cm未満	1.258	× 局部環境
7		端部防食塗装が劣化している	1.250	× 局部環境
8	局部環境	主桁下フランジの滞水がある	1.209	× 局部環境
9		スラブドレン流末が垂流し形式	1.182	× 局部環境
10		排水装置の配置状況	1.165	× 局部環境
11	地域環境	特筆すべき気候の特徴がある	1.140	× 気象類似
12	局部環境	橋台上面の排水対策がない	1.135	× 局部環境
13		桁下植生がある	1.110	× No.4類似
14		凍結防止剤散布路線である	1.082	× 気象類似
15	地形環境	橋台付近の定常的な水みちがある	1.069	× 2次的要因
16		近接橋梁がある	1.060	× No.3類似
17		周辺の土地が「水田、山林、湖沼」	1.000	× No.4類似
18		道路縦断勾配	近似式作成	○
19	気象	積雪深(水分供給性)	近似式作成	○
20	気象	最低気温(凍結性)	近似式作成	○
21	気象	日射量(乾燥性)	近似式作成	○

※太字は腐食影響評価点算出に用いる項目を示す。

キーワード 耐候性鋼材、架橋環境、腐食要因、気象条件

連絡先 〒700-8617 岡山市北区津島京町 3-1-21 交通インフラ事業本部中国支社 TEL:086-252-8917

(2) 適用性判断基準の提案

架設環境に応じた適用性を検討するため、次に示す架設環境の腐食影響度を点数化し、耐候性鋼の適用性判断に用いる手法を整理した。

1) 腐食影響評価点

腐食要因として、構造的不備による漏水や滞水だけでなく、地域や地形環境、気象条件も大きく影響を与えている。したがって、具体的な架設環境の地域や地形、気象条件に係る「腐食影響評価点」を算出する。「腐食影響評価点」Yは、表-2に示した、架設環境に関する評価項目および気象データの要因影響度の係数 X_i を用いて、(1)式で算出する。

$$Y = 16.667 \sum_{i=1}^7 X_i - 66.667 \quad \dots(1)$$

2) 耐候性鋼橋梁適用基準の提案

「腐食影響評価点」の分布状況および文献^{1), 2), 3)}における適用条件を整理し、耐候性鋼橋梁の架設環境の具体的な適用基準(表-3)を提案した。

対象橋梁全46橋について腐食影響評価点を算出すると、腐食有橋梁については34～100点の範囲、腐食無橋梁については9～55点の範囲に分布した(表-4)。

実用性のために適用区分については「特に注意を要しない環境」「注意を要する環境」「特に注意を要する環境」および「適用不可」の4区分を設定した。

表-2 腐食影響評価点の係数

記号	分類	性質	チェック項目	値または算出方法
X ₁	地域環境	水分供給風通し	閉鎖の地形に架橋	一律 1.423
X ₂	地形環境	水分供給	道路縦断勾配	縦断勾配代表値 R(%) を近似式に代入 $X_2 = (0.0396 R + 0.6830) / 0.683$
X ₃		水分供給	桁下空間が河川	一律 1.308
X ₄		水分供給風通し	近接地山が有る	一律 1.402
X ₅	気象データ	水分供給	積雪深	積雪深S (cm) を近似式に代入 $X_5 = (0.0063 S + 0.6830) / 0.683$
X ₆		乾燥性	日射量	日射量U (MJ/m ²) を近似式に代入 $X_6 = (-0.0528 U + 1.2906) / 0.683$
X ₇		凍結性	最低気温	最低気温T (°C) を近似式に代入 $X_7 = (-0.3170 T + 4.8991) / 0.683$

表-4 腐食影響評價点算出結果

[illegible]

また、この基準を適用する際には区分に応じた防食塗装範囲を設定するとともに、防食塗装範囲の設定方法や主桁の水切り、スカラップ、水抜き孔、および桁端部の切欠等、細部構造に関する項目を規定化した「細部構造チェックリスト」を作成する。

表-3 耐候性鋼橋梁適用基準

耐候性鋼橋梁 適用環境	穏やかな環境			厳しい環境	
	←特に注意を要しない	注意を要する	特に注意を要する	→適用不可	
環境 等 条 件	腐食影響 評価点	29点以下	30～59点	60点以上	
	文献 提示条件			便覧Ⅲ-18,19 に該当(注1)	・離岸距離<1km ・飛来塩分>0.05mmol
計画 時 の 適 用 基 準		適用可	要注意1	要注意2	適用不可
	適用性	適用は可能			適用可能だが 架橋環境等を 十分精査し適用 しないことも検討
	(端部) 防食塗装	裸仕様でも可能だが、 架設環境を精査し、 必要に応じて 防食塗装を実施	架橋環境等を精査し 防食塗装範囲を設定 (原則、便覧 Ⅲ-3.6～3.8)	架橋環境等を 十分精査し 防食塗装範囲 を設定	

(注1) ・山の地面との関係で、水平距離sが5m以内で、しかも鉛直距離hが2m以内(便宜図Ⅲ-2.10)
・並列帯において、水平距離dが3m以内で、鉛直距離hが2~10m以内(便宜図Ⅲ-2.10)
・掘割タイプの立体交差橋(便宜図Ⅲ-2.11)
・川などの動水面で、けた下フランチなどを水面上8フーチ(約2.4m)以内
・湖水など静水面で、けた下フランチなどを水面上10フーチ(約3m)以内

4. 結論

(1) 耐候性鋼橋梁の適用性について地形環境や気象データから、腐食影響評価点算出方法を提案した。

(2) 提案した腐食影響評価点と腐食の有無の関係から耐候性鋼橋梁の適用基準を提案した.

(3) 提案式の適用地域は限られる。また、今後の点検結果および腐食調査等から得られる知見により、適宜評価方法の見直しを行っていく必要がある。

謝辭

なお、本論文の作成にあたっては、岡山県土木部よりデータの提供および多大なるご協力を頂いた。ここに深謝の意を表する。

参考文献

- 1) (社)日本道路協会：鋼道路橋塗装・防食便覧，平成 17 年 12 月
- 2) (社)日本橋梁建設協会：無塗装橋梁の手引き，平成 19 年 8 月
- 3) (社)日本鋼構造協会：耐水性鋼橋梁の可能性と新しい技術 JSSC
テクニカルレポート No. 73，平成 18 年 10 月