

# 新潟県内の耐候性鋼橋梁の腐食状態と腐食環境の相関に関する研究

建設構造研究室 成田 英樹  
指導教官 長井 正嗣  
岩崎 英治

## 1. 耐候性鋼とは

耐候性鋼材とは、普通鋼材と比較して耐候性を向上させるために微量の Cu, Cr, Ni, Mo などの添加元素を溶接に悪影響を及ぼさない程度に加え合金化したものであり、基本的には、普通鋼材と同様の性質を持つ。そのため耐候性鋼材を大気中に暴露しておくと同様にさびが発生する。しかし、耐候性鋼材は乾湿を繰り返していくうちに鋼材表面に Cu, Cr, Ni などが濃縮された暗褐色の緻密なさび層が形成されていく。この緻密なさび層が一般的に安定化さび層と呼ばれるものである。この安定化さび層が鋼材表面からの水や酸素の透過を防ぎ、その後の鋼材の腐食作用を抑制する働きをもつものであり塗装を施さなくとも使用できる鋼材である。

耐候性鋼材の橋梁への使用方法には

裸のまま使用する

鋼材表面に表面処理を施し使用する

塗装して使用する

の3種類があり、またはの使用方法を無塗装仕様、を塗装仕様という。は、耐候性鋼材を素地のままで使用するもので耐候性鋼材の持つ特性を最大限に引き出した使用方法であり、最も経済的である。しかし、安定化さび層が形成されるまでの初期段階において、さび汁の流出やさびむらなどが問題となる。そこで、これらの問題点を解決するために開発されたのがの方法である。は、耐候性鋼材表面に多孔質な無機結晶質の複合皮膜を生成する特殊な

表面処理を施したものである。通気性、通水性に優れ安定化さび層形成に必要な水、酸素は通し、安定化さび層の形成を阻害する腐食性マイナスイオンの地鉄への到達を抑制する働きを有するものである。は、普通鋼材と同様に塗装を施して使用するものである。耐候性鋼材に塗装を施すことは、耐候性鋼材の特性を引き出すことにはならず、また不経済となるため最近では使用されていない。

図-1に1978年から1995年までの耐候性鋼橋梁の年度別発注鋼重量を示す。初期の段階では、裸仕様の橋梁は少なかったが、追跡調査が実施され裸仕様橋梁の信頼性が向上したことやオイルショック等の社会的な変化も加わりより一層の建設コストの低減や維持管理費の削減を図ることから裸仕様の橋梁が増加してきている。

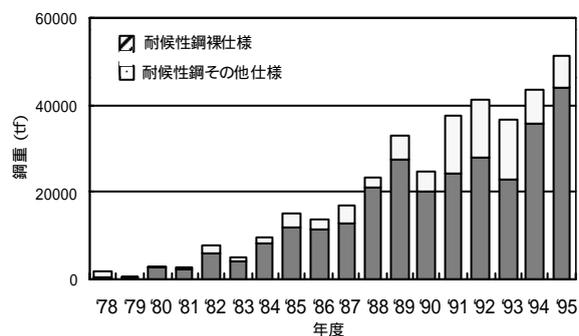


図-1 年度別発注重量<sup>1)</sup>

## 2. 背景と目的

日本経済の低迷が長期化する中で、公共事

業に対する風当たりは厳しさを増すばかりである。「良い製品をできるだけ安く」が社会のニーズとなり、低コストで低メンテナンスな耐久性の高い構造物が求められている。鋼材の唯一の欠点は腐食することである。そのため鋼橋の建設にあたっては、塗装を前提とした考え方が強く、周期的な塗り替えというメンテナンスが避けられなかった。この維持管理に向けられる費用が、鋼橋のライフサイクルコストを押し上げる大きな要因となっている。そこで、維持管理コストの低減を図るためにミニマムメンテナンスが可能な耐久性のある鋼材として耐候性鋼材への期待が大きく、耐候性鋼材を使用した無塗装耐候性鋼橋梁の採用が増加している。

耐候性鋼材の安定化さび層の生成には、飛来塩分が最も影響している。新潟県内では、離岸距離が 20km 以上であれば飛来塩分量の計測を省略できるが、20km 未満の場合では、飛来塩分量を計測し、その値が 0.05mdd 以下でなければ耐候性鋼材を無塗装で使用してはならない。しかし、飛来塩分量の計測には最低でも 1 年の期間を必要とするため実際には飛来塩分量を計測せずに近隣の耐候性鋼橋梁のパフォーマンスから使用の適否を判断する場合もある。したがって、耐候性鋼橋梁のパフォーマンスデータの収集は必要であり現在、各機関で耐候性鋼橋梁の追跡調査が行われている。一方、新潟県内においては、これまで耐候性鋼橋梁の建設後のパフォーマンス調査が行われた例は少なく、数橋の耐候性鋼橋梁の調査が行われた程度である。建設後のパフォーマンス調査が積極的に行われていない理由として次の 2 点が考えられる。1 つは、

膨大な数の橋梁調査には手間を要すること、そしてもう 1 つが、「耐候性鋼材は安定さびができれば腐食が止まる」という誤解があるのでは、と考える。実際には、安定化さび層によって鋼材の腐食は進行を抑制させられるのであって、腐食が止まるのではない。しかし、この誤解が耐候性鋼橋梁はメンテナンスフリーという認識を導き、そのため建設後のパフォーマンス調査が積極的に実施されないと考える。そこで当研究室では、昨年度より新潟県内における耐候性鋼橋梁の建設後のパフォーマンス調査を開始した。昨年度は、主にさび外観評価を実施し地図情報提供ソフトとして、耐候性鋼橋梁の情報提供を行ってきた。本年度の研究では、さび外観評価に加え耐候性鋼橋梁鋼材表面の付着塩分量計測、さび厚計測、飛来塩分量計測を実施し、離岸距離、建設経過年数、周辺環境、風向き等を考慮しながら橋梁毎の違いや地域毎の違いをまとめ、耐候性鋼橋梁の腐食状態と腐食環境の関係を明らかにし、今後の耐候性鋼橋梁設計計画の一助とする。

### 3. 調査対象と調査方法

本研究では、当研究室でその位置が確認できている新潟県内の耐候性鋼橋梁 188 橋のうち約 10%にあたる 19 橋（耐候性鋼裸仕様 8 橋、耐候性鋼表面処理仕様橋梁 11 橋）を調査対象とし、外観調査、表面付着塩分量調査、さび厚調査を行い、県内 6 箇所において飛来塩分量調査を実施した。裸仕様橋梁のさび外観調査には、一般的に用いられている 5 段階評価基準を適用した。表面処理仕様橋梁は、表面処理膜の残っている橋梁が多いため 5 段

階評価基準を適用できない．そこで，当研究室で独自に設定した3段階調査基準（写真-1）を用いた．評価Aが安定化さび又は表面処理膜の剥離中，評価Bがフジツボ状のさび，評価Cがウェハース状の剥離さびを示している．

また，より定量的で客観的な計測を行うために付着塩分量調査には表面塩分計（写真-2）を，さび厚調査には電磁式膜厚計（写真-3）を用いて調査を行った．飛来塩分量調査には土研式タンク法（写真-4）を用いて県内6箇所にて2002年8月より計測を開始した．この内，5箇所については，既設の耐候性鋼橋梁の高欄に飛来塩分捕集箱を設置して計測を実施している．

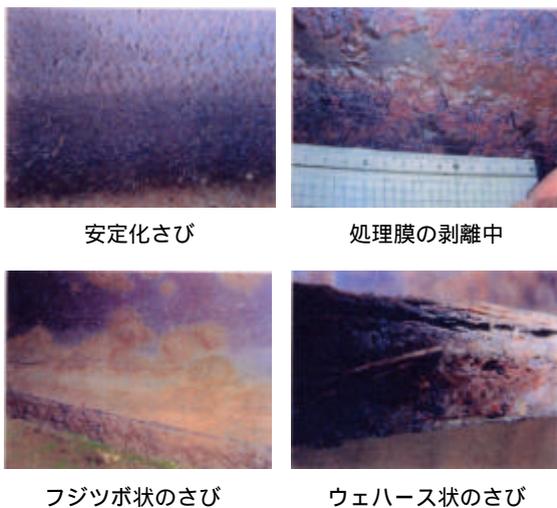


写真-1 3段階評価基準



写真-2 表面塩分計



写真-3 電磁式膜厚計

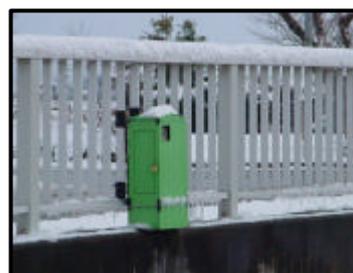


写真-4 飛来塩分捕集箱

#### 4. 結果と考察

計測の結果，外面桁と内面桁では腐食状態に違いがある事が確認できた．外面桁は，雨水による洗い流し作用により付着塩分量も少なく，直接太陽光があたるため湿潤時間も短いため良い状態のさびが形成されやすい．逆に内面桁では太陽光が直接あたる事が無く，結露等で発生した水分による湿潤時間も長くなるため，外面桁よりも腐食しやすい環境にありさび状態も悪くなりやすいと考える．また内面桁下フランジ上面は，塵埃等が堆積しやすい構造であり，桁上方の付着塩分が結露等により洗われ溜まりやすい．そのため，最も腐食状態が悪くなりやすい部位の一つであると考えられる．

また，直接北西の季節風が直接あたる面の付着塩分量及びさび厚の値が，直接あたらぬ面のその値よりも大きい事が確認できた．

2002年8月から2003年1月までの計測データから算出した飛来塩分量を表-1に示す。最も飛来塩分が多いとされている時期のみのデータから算出しているため各設置場所とも大きい値を示しているが、記号S1, H, K2, Uについては年間を通した値でも耐候性鋼橋梁適用基準である0.05mddを上回ることが予測できる。また、記号U, A, GIは離岸距離がほぼ等しいがUに比べA, GIの値が小さいことがわかる。これは、A, GIの場所と海岸との間には300m前後の山地があるため、この山地により飛来塩分がある程度処断されるためと考える。

表-1 飛来塩分量結果

記号	設置場所	離岸距離 (km)	周辺地形	日平均飛来塩分量* mdd (mg/dm <sup>2</sup> /day)
S1	巻町	8	平地	0.219
K2	柿崎町	9	山あい	0.233
H	月潟村	15	平地	0.359
U	新津市	17	平地	0.195
A	越路町	18	平地	0.060
GI	長岡市	16	丘	0.046

\* 2002年8月から2003年1月のデータより算出

付着塩分量とさび厚の関係を図-2に示す。裸仕様橋梁では、付着塩分量が多くなるにつれさび厚の値も大きくなっていく事が確認できる。表面処理仕様では、表面処理膜の影響によりバラツキが大きくはっきりとした関係は見られないが、裸仕様と比較して付着塩分量の値が大きいわりに、さび厚の値はそれほど大きくない事がわかる。

## 5. 結論

本研究より得られた知見を以下に示す。

- ・ 外面桁と内面桁のさび状態に違いがある。
- ・ 外面桁よりも内面桁のさび状態が悪くなりやすい。
- ・ 内面桁下フランジ上面が最も腐食しやすい部位である。
- ・ 風向きが腐食状態に大きく影響している。
- ・ 付着塩分量は春から秋にかけて減少していく。
- ・ 裸仕様橋梁では、付着塩分量が少ないとさび厚も薄くなり外観評価も良い状態を示す。

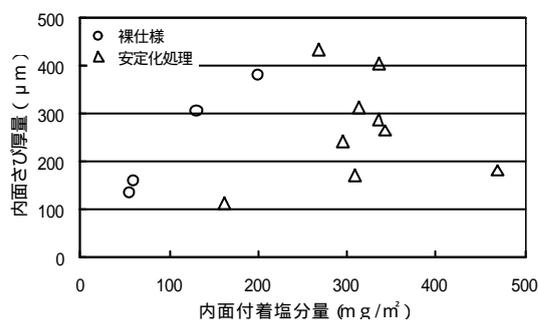


図-2 付着塩分量とさび厚の関係

## 参考文献

- 1) (社)日本橋梁建設協会：無塗装橋梁の手引き, 1998。
- 2) 加賀谷 悦子：耐候性橋梁の状態調査と分析に関する研究,長岡技術科学大学修士論文, 2002。
- 3) 日本鋼構造協会・鋼橋の性能照査型設計対応研究委員会 鋼橋の防食・LCC 部会：鋼橋のLCC 評価と防食設計, 2002。