

## 第3章 米国における無塗装耐候性鋼橋の実態

### 3.1 はじめに

米国では、1970年にスパイクタイヤの使用が禁止されて以降、凍結防止剤が多量に散布されるようになり、その影響により1980年には一部の州で無塗装耐候性鋼橋梁の建設が一時禁止された。しかし、その後、調査・研究がなされ、1989年にFederal Highway Administration（以下、「FHWA」という。）から技術解説書<sup>3.1)</sup>が発行され、禁止令は解除された。以降、無塗装耐候性鋼橋梁はライフサイクルコストの観点から積極的に採用され、現在では年間鋼橋建設量の約40～45%<sup>3.2)</sup>を占めるに至っている。

そこで、凍結防止剤散布の歴史が我が国よりも約20年古い米国の実態を把握し、凍結防止剤が無塗装耐候性鋼橋梁に与える影響と対策に関する情報を収集することを目的として調査を実施した。調査では、FHWAの他にNew Jersey Department of Transportation（以下、「NJDOT」という。）やNew Jersey Turnpike Authority（以下、「NJTA」という。）等を訪問した。

### 3.2 調査目的

調査の主な目的は、下記3項目に関する情報収集である。

- ・ 凍結防止剤が無塗装耐候性鋼橋へおよぼす影響
- ・ 凍結防止剤への対策
- ・ 補修方法

### 3.3 訪問先

調査では、下記の道路管理者及び関係機関を訪問した。



図 3.3.1 訪問地

- (1) U.S. Department of Transportation , Federal Highway Administration (FHWA) : 米国運輸省・連邦高速道路局。
- (2) State of New Jersey Department of Transportation (NJDOT) : New Jersey 州道路局。
- (3) High Steel Structure (HSS, National Steel Bridge Alliance), Arcelor Mittal (American Iron and Steel Institute) : High Steel Structure は、米国のファブリケーターであり、NSBA のメンバーである。NSBA は、鋼橋ファブリケーターの協会で、我が国の（一般社団法人）日本橋梁建設協会にあたる。Arcelor Mittal は、米国のミルメーカーであり、AISI のメンバーである。AISI は、ミルメーカーの協会で、我が国の（一般社団法人）日本鉄鋼連盟にあたる。
- (4) New Jersey Turnpike Authority (NJTA) : Wilmington と New York を結ぶ幹線高速道路（New Jersey Turnpike）を建設・管理する高速道路公社。

### 3.4 調査内容

凍結防止剤の悪影響は、漏水部において極めて顕著となる。そのため、凍結防止剤散布地域で耐候性鋼橋梁の性能を確保するには、漏水を防ぐ技術、及び漏水による損傷が生じた場合に補修する技術が極めて重要なものとなる。

ところで、我が国における調査結果から、並列橋や地山近接といった地形、及び構造条件による凍結防止剤の影響に関する知見は得られている<sup>3.3)</sup>ものの、立体交差等での巻き上げによる影響は不明である。

以上より、調査は下記の項目について特に重点的に実施する必要があった。

- ① 伸縮装置・排水装置などからの漏水対策
- ② 橋面防水方法
- ③ 補修方法（塗装仕様、現場ブラスト諸元、等）調査、及び米国基準・標準の入手
- ④ 立体交差における凍結防止剤の影響および対策、及びその基準や基礎データの入手

### 3.5 調査結果

#### (1)凍結防止剤の散布状況

本調査を実施した際に寒波が襲来しており、各所で凍結防止剤が大量に散布される様子を目にすることができた。ただし、米国における凍結防止剤の散布量は地域によって大きく異なり、具体的な量を把握することはできなかった。調査を行ったワシントン D.C. やニュージャージー州では、路面の積雪や凍結を完全に除去し、路肩や壁高欄に堆積・付着するほど多量の凍結防止剤を散布していた。写真 3.5.1 は、調査中に見かけた除雪兼凍結防止剤散布車である。荷台に凍結防止剤を満載したこのような車両が頻繁に行き交っていた。写真 3.5.2 は、高速道路沿いに点在する凍結防止剤貯蔵庫である。



写真 3.5.1 除雪兼凍結防止剤散布車 (ワシントン)



写真 3.5.2 凍結防止剤貯蔵庫 (ワシントン)

写真 3.5.3 は凍結防止剤が付着した壁高欄の状況を、写真 3.5.4 は凍結防止剤が付着した桁の様子をそれぞれ示す。いずれも NJTA であり、NJTA の管理者は「この様な凍結防止剤は雨により洗い流されるため問題は無い」という認識であった。実際、この桁のさび外観は特に問題が無いように見受けられた。ただし、これらは米国特有の温度・湿度等の気象条件によってのみ成立する可能性があり、我が国における管理に安易に適用できるものではないことに注意する必要がある。



写真 3.5.3 凍結防止剤が付着した壁高欄 (NJTA)



写真 3.5.4 凍結防止剤が付着した橋桁 (NJTA)

#### (2)設計上の留意点

米国における凍結防止剤散布地域に無塗装耐候性鋼橋を建設する際の設計基準は、FHWA の技術解説書<sup>3.1)</sup>に示されている。解説書には、掘割道路において幅の広い橋によりトンネル状となるよう

な構造 (tunnel-like condition) を避けることや、水面からの離隔を確保すること等が記されている。  
表 3.5.1 に、本調査において得られた設計に関する情報を日米比較の形で示す。

表 3.5.1 凍結防止剤散布地域での無塗装耐候性鋼橋の設計における留意点の日米比較

	日本	米国
基準	鋼道路橋塗装・防食便覧	TA5140.22
設計上の留意事項	漏水・並列配置・斜面からの離隔, 他	漏水・水面からの離隔・tunnel-like condition, 他
桁端塗装範囲	桁外面含めた1.0H <sup>※1</sup> 範囲を推奨	桁外面含めた1.5H <sup>※1</sup> 範囲
橋面防水	防水層	伸縮装置や排水柵周囲をシール <sup>※2</sup>
床版鉄筋	鉄筋	エポキシ樹脂被覆鉄筋
伸縮装置	非排水構造	極力設けない, 簡易なsealerまたは排水構造.
橋梁への排水柵設置	塗装橋と同じ.	可能な限り橋梁には設置しない <sup>※2</sup> .
水洗	無し	補修塗装時のみ実施 <sup>※2, ※3</sup> .
腐食代	無し	無し
凍結防止剤巻き上げの影響	不明	特に規定無し

※1: 桁高, ※2: NJTAの方針, ※3: 洗剤を混ぜた温水を用い, 3000-5000psiにて残留塩分量が7mg/cm2以下となるように実施.

今回訪問したいずれの機関においても「凍結防止剤が無塗装耐候性鋼橋に影響を与える主な要因は漏水である」との認識であった。また、その影響度については「たとえ量が少なくても漏水に凍結防止剤が混じっている場合は悪影響を及ぼす」との意見であった。そのため伸縮装置は極力設けないように桁の連続化を進め、伸縮装置を設ける場合は維持管理が容易な簡易型の sealer (写真 3.5.5) 等としている。さらに、漏水が生じた場合に備えて桁端部は外面も含めて塗装 (写真 3.5.6) している。また、NJDOT では「インテグラルアバット (写真 3.5.7) を採用して伸縮装置を無くし、かつ橋の上への排水柵は極力設置しない (写真 3.5.8) ようにする」とのことであった。NJTA では「伸縮装置と床版が接する部分や排水柵の周囲等にシールを施し、漏水を防いでいる」とのことであった。また、床版の鉄筋腐食への影響を懸念して標準的にエポキシ樹脂被覆鉄筋を採用している点は、我が国と異なる。我が国でも桁端塗装はなされているが、米国では「漏水が最も問題」という認識から我が国より塗装範囲は広く、徹底して実施されている印象を受けた。「凍結防止剤が混入した漏水は、その混入量に関わらず無塗装耐候性鋼橋に対して有害なので排除すべきである」という米国機関の明確な方針が印象的であった。現在、我が国において懸念事項となっている凍結防止剤の巻き上げによるオーバブリッジへの影響については、米国では tunnel-like condition を除いて特に問題視はされていない。「オーバブリッジであってもオープンでドライな環境である場合、凍結防止剤が無塗装耐候性鋼橋に与える影響は小さい」ということのようにだが、湿度等気象条件の異なる我が国における影響度については今後調査を行っていく必要があるものと考えられる。

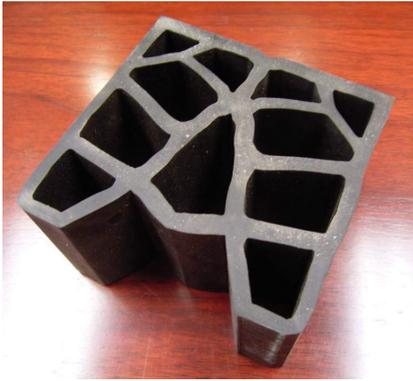


写真 3.5.5 sealer の例 (NJTA)



写真 3.5.6 桁端塗装を施した橋梁 (NJTA)



写真 3.5.7 インテグラルアバット (NJDOT)



写真 3.5.8 排水柵の無い橋梁 (NJDOT)

### (3)維持管理および補修

FHWA は、各 DOT に伸縮装置の破損を前提とした維持管理計画の策定を求めている。NJTA では、我が国で一般的な非排水型伸縮装置は破損した場合の補修が困難なため、写真 3.5.5 のような sealer を採用しているとのことであった。つまり、現在の米国では、無塗装耐候性鋼橋に確実に悪影響を及ぼす要因（例えば漏水）を明確に捉え、管理者が維持管理及び補修を行う前提で、それに対する簡潔かつ合理的な対策（例えば sealer の採用）を策定している。さらに、定期的な点検と補修を前提とした維持管理を実践している。すなわち、無塗装耐候性鋼橋に対してメンテナンスフリーではなく、メンテナンスを前提とした維持管理を実践しているという印象を強く受けた。ちなみに、FHWA の Bridge Inspector's Training manual/90 では 2 年に 1 回の橋梁点検を定めているが、NJTA は毎年実施しているとのことであった。写真 3.5.9、写真 3.5.10 は、両方とも NJTA の 1965 年完成（44 年経過）の並列橋である。並走する車道からのスプラッシュを受ける厳しい環境にあるが、外桁外側の側面は健全である。ただし、外桁下フランジ下面には一部薄い剥離さびが見られた。予算の関係から補修はできていないとのことであったが、定期的にモニタリングしながら供用している状態にある。各機関とも補修要否の判断パラメータは残存板厚とのことであったが、明瞭かつ統一された指標は無いようである。また、さびの状態が良くない場合には、ブラストによりさびを除去して補修塗装を施す

のが一般的であるが、塩分の除去とブラスト材飛散による周辺環境への影響が問題とのことである。これは、我が国の状況と同じである。なお、NJTA では、表 3.5.1 に示すように補修塗装に際して洗剤を混ぜた温水を用いた洗浄による塩分の除去を実施している。



写真 3.5.9 並列橋 (44 年経過・NJTA)



写真 3.5.10 伸縮部漏水 (44 年経過・NJTA)

### 3.6 まとめ

米国における無塗装耐候性鋼橋の実態を調査した結果、得られた知見を以下にまとめる。

#### ① 問題点の認識

- ・ 無塗装耐候性鋼橋が凍結防止剤の影響を受ける場合の主要因は漏水である。凍結防止剤の含有量に関わらず、影響は大きいと認識されている。
- ・ 掘割道路における Tunnel-Like Condition や水面との離隔が小さいことが不適切な環境とされている。Tunnel-Like Condition は下層の道路が掘割の長手方向に距離のある状態となるオーバークリッジのことを示し、滞水や高湿環境が問題になるものと考えられる。
- ・ Tunnel-Like Condition 以外のオープンな環境のオーバークリッジに関して特に規定はなく、問題とはされていない。凍結防止剤の巻上げの影響についても特に規定はない。ただし、高湿な環境では問題となる可能性があるものと考えられる。

#### ② 対策

- ・ 桁端塗装を徹底し、必要に応じて水切板等を採用する。
- ・ FHWA は、各 DOT に対して伸縮装置の破損を前提とした維持管理計画の策定を指示している。
- ・ 伸縮装置は極力設けない方針としている。NJTA では補修が容易な Sealer タイプを採用している。
- ・ NJDOT では、橋の上に排水柵を極力設けない方針としている。
- ・ 水洗は補修塗装時のみ実施されることがある。

#### ③ 維持管理

- ・ Bridge Inspector's Manual(FHWA)に基づき、2年に1度の点検が実施されている。NJTA では毎年点検が実施されている。

凍結防止剤が無塗装耐候性鋼橋に与える影響と対策に関する課題は、日米で多くの部分が共通しているが、その状況下で米国では積極的に無塗装耐候性鋼橋が建設されている。そこには、無塗装耐候性鋼橋に確実に悪影響を及ぼす要因（例えば漏水）を明確に捉え、管理者が維持管理及び補修を行う前提でそれに対する簡潔かつ合理的な対策（例えば sealer の採用）を策定し、定期的な点検と補修を前提とした維持管理を実践しているという背景が存在するものと考えられる。このような無塗装耐候性鋼橋の建設及び維持管理方針の思想は、我が国においても参考にできる部分が大いと考えられる。ただし、日米では湿度等の環境条件の違いや地震の有無、交通量等の荷重条件の違いや設計手法の違い等があるため、これらを踏まえて、我が国における凍結防止剤が無塗装耐候性鋼橋に及ぼす影響と対策を見極めていく必要があるものと考えられる。

### 【3章参考文献】

- 3.1) FHWA : Technical Advisory 5140.22, 1989.10
- 3.2) MODERN STEEL CONSTRUCTION : MARCH 2012
- 3.3) 山田稔、渡辺祐一、加納勇、山井俊介：凍結防止剤による耐候性橋梁の現状と課題、第57回土木学会年次学術講演会、平成14年9月