

既設橋梁の防食とその課題について

Prevention of the rust and problem in existing bridges

交通事業本部 交通第2部 高橋 親市

鋼橋の防食方法は、耐候性鋼材の使用と塗装仕様に大別される。耐候性鋼材は、普通鋼材に予め適量のCu、Cr、Ni等を添加することにより、鋼材表面に緻密な保護性錆が形成される。この保護性錆の効果により、塗装せずに使用する事が可能な鋼材となる。LCCを低減する目的で20年程前から耐候性鋼材仕様の橋梁が建設されているが、損傷が多く報告されている。

一方、塗装仕様の塗替においては、対象橋梁橋の塗装履歴が不明な場合がある。既設塗膜には鉛・クロム・PCB等の有害物質を含む場合がある。有害物質が規定値以上の場合、施工業者に塗料の使用状況の情報提示と暴露防止対策の必要経費等の実施を厚生労働省の通達より義務付けられており、既設橋の有害物質が、問題となる事例も多い。

本論文では、支承周りの主桁が腐食した耐候性鋼材の補修事例と、道内におけるPCBの塗膜処理について紹介する。

1 耐候性鋼材橋梁の補修事例について

1.1 現橋概要

本橋は、1989年に架設された橋長110m、支間長21.1m+(35.0m+22.0m+29.2m)の単純鋼合成鈹桁+3径間連続非合成鈹桁である。離岸距離24kmと海岸からの飛来塩分の影響が少ない地域に位置するため、耐候性鋼材SMA50BW($\sigma_{sa}=210$ N/mm²級)の裸仕様とされている。道路および鉄道を跨ぎ、単純桁+3径間の構造から、架け違い部には鋼製の櫛型伸縮装置が使用されている。

1.2 損傷概要

狹隘部支承周りのウェブに断面欠損(孔食)が確認され、断面欠損部周辺は層状剥離を呈していた。一部の桁端部ウェブには変形も見られた(写真1.1)。伸縮装置の止水機能の低下により、凍結防止剤を含んだ路面水が架け違い部の主桁に漏水し、腐食したものと想定された。

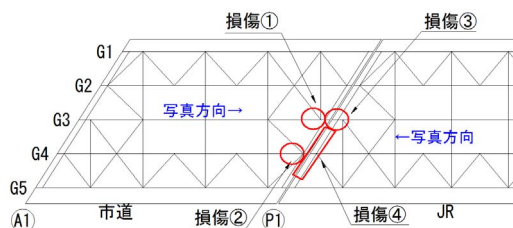


図 1.1 損傷概要図



写真 1.1 損傷写真

腐食部は座屈・沈下が懸念されることから、健全度は、E1判定(橋梁構造の安全性の観点から緊急対応が必要な損傷)と判定された。鉄道を跨いでおり、第三者被害の恐れもあることから、緊急処置として床版を介してサンドルによる仮支持が行われた。

1.3 板厚調査結果

支点部の鋼材に顕著な腐食状態が確認されたため、耐候性鋼材のさび評価レベル¹⁾にて、劣化状態の確認・分類と超音波による劣化部位等の残存板厚を確認した。調査の結果、桁端部とガセット下ウェブに層状剥離を確認した。(図 1.2)

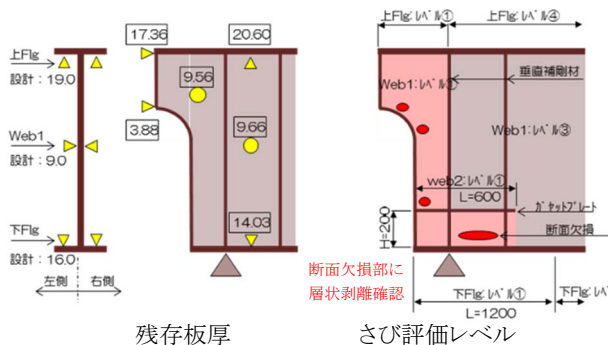


図 1.2 G3 主桁（支点上）板厚調査結果

1.4 耐候性鋼材損傷の特有の課題

耐候性鋼材の層状剥離の腐食や断面欠損等の損傷要因は、一般部で床版水抜き管、桁端部は伸縮装置からの漏水が大きな要因である。耐候性鋼材の場合、漏水に凍結防止剤が混入すると腐食速度が加速する事が分かっている。そのため、凍結防止剤を散布する路線では、並列・地山近接といった環境条件や漏水の影響がより顕著に現れる。腐食の損傷を受けた鋼構造物は、その耐荷性能を含めた諸保有性能が建設当初より劣化している。

これらの要因を根本的に対処することが、再劣化防止と長寿命化・延命化の観点から重要な課題である。

1.5 対策工の分類

一般に鋼橋の補修・補強工法の分類²⁾によれば原因除去、補修および補強を基準としている(図 1.3)。対策工の分類を下記に示す。腐食部に対する直接的な対策工のみならず、原因除去も必要不可欠である。主桁腹板が腐食損傷を受けた場合は、「当て板補強」による断面性能の回復が図られる。



図 1.3 対策工の分類

1.6 補修内容

対象とした橋梁の腐食対策には、当て板による部材交換、再劣化防止対策として桁端部塗装と伸縮装置取替を実施する方針とした。また、減肉した鋼材に応力度照査を実施した結果、支点上補剛材の圧縮応力度、桁端部の曲げ応力度と対傾構応力度が許容値を満足しなかったため、これらにも対応した。主な補修内容を下記に示す。(図 1.4)

- 1) 減肉した主桁⇒当て板補強+桁端部塗装
- 2) 減肉した対傾構・横構⇒部材取替+桁端部塗装
- 3) 漏水/伸縮装置⇒二重止水型伸縮装置取替

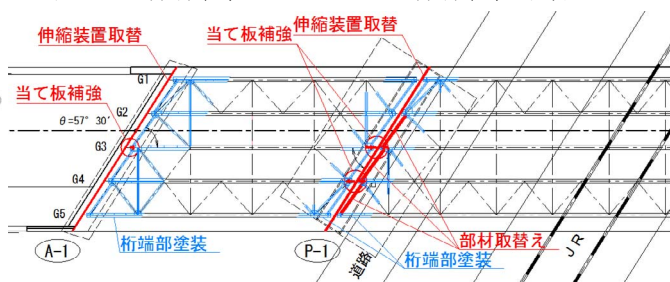


図 1.4 補修内容項目

1.7 当て板補強方法

当て板補強は、支点補剛材やガセット、フランジに囲まれた狭隘部でもあるため、当て板相互の取り合いの配慮が課題となる。当初、図 1.5 の ABCD の材片を曲げ加工し 1 枚物で計画したが、支承セットボルトや溶接ビードがあり、設置が不可であった。そこで、最終的にはスタッドを用いてセットボルトをかかわす部材とし、AB 部材は一体、CD 部材は単独のプレートに変更した。(図 1.6)

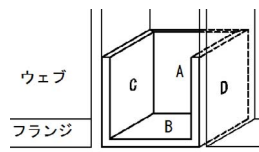


図 1.5 設計当初の当て板補強案

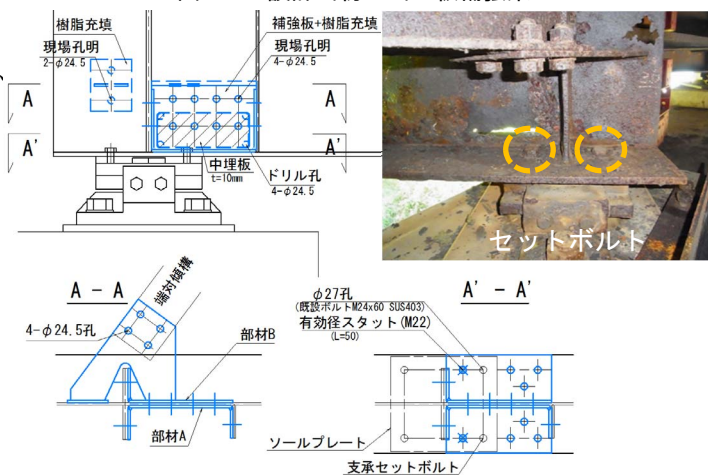


図 1.6 最終形状 当て板補強形状

1.8 耐候性鋼材の桁端部の防食

桁端部周辺は、腐食が広範囲に確認され伸縮装置取替にて劣化因子の水分供給を断って当て板補強をしても、桁端部の通気性が悪く防食上の弱点となる。再劣化及び腐食を進行させないためにも、錆の除去を行った上で防錆処理を施す必要がある。錆を完全に除去し、耐久性を維持するためには、素地調整Ⅰ種が適していると考え、塗装塗替え規格は Rc-Ⅰ 塗装系を採用した。(図 1.7)

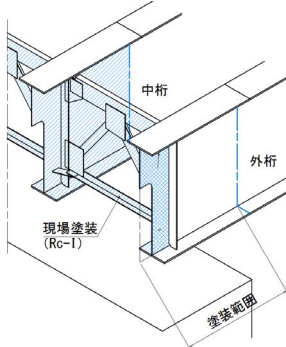


図 1.7 塗装概要図

1.9 当て板補強の補修前補修後

当て板補強の補修前後の状況を写真 1.2、1.3 に示す。

(1) 桁端部の当て板補強



写真 1.2 補修前⇒補修後

(2) 支点部の当て板補強



写真 1.3 補修前⇒補修後

1.10 仮設工について

支点部付近の当て板補強に際しては、支点反力を除去した上で行う必要がある。また、腹板の変形も確認され、計算上求められる反力に対する不均等化が懸念される。ジャッキアップ&ダウンは、連動ジャッキを使用して反力の計測を行いながら施工した。反力の計算値には不均等係数として 1.2 を見込むものとした。(図 1.8)

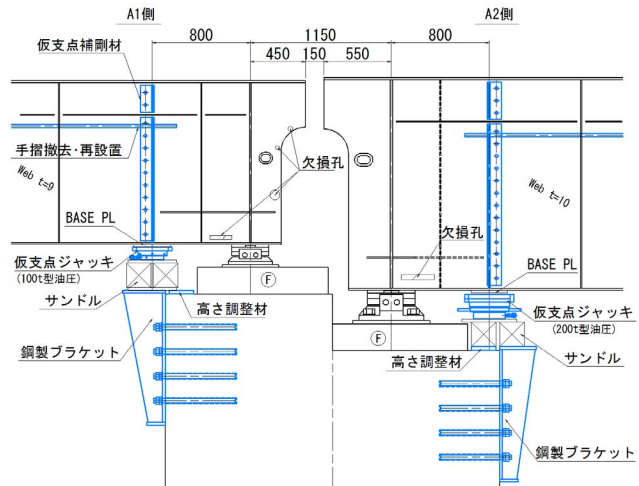


図 1.8 仮設工状況

2 有害物質を含む塗膜処理について

次に鋼橋塗装塗替における有害物質の処理について、近年の事例を紹介する。

2.1 塗膜に含有される PCB の問題点

ポリ塩化ビフェニル(別名 PCB)は、S42～S47 年頃までに製造された一部の塩化ゴム系塗料に可塑剤として混入されていた。鋼道路橋等に PCB が混入されたことで、PCB 汚染廃棄物問題の発端となった。この時の PCB 混入は非意図的であった場合もあり、PCB 混入の有無が不明である事が更なる問題となっている。

なお、有害物質である PCB を含む塩化ゴム系塗料は、化審法(S49.4 施行)により、現在は製造・使用・輸入が禁止されている。

2.2 近年の関係法令の改正について

H21 年に PCB 廃棄物及び PCB 汚染廃棄物の処理を進めるため、廃棄物処理法に基づく無害化処理認定制度の対象として、微量 PCB 汚染廃電気機器などが加えられた。

H24 年 8 月には、「廃棄物の処理及び清掃に関する法律, 第 15 条の 4 の 4(産業廃棄物の無害化処理に係わる特例)」の内容が一部改訂されている。PCB 量が 1kg 当たり 5,000mg 以下の汚泥、紙くず、繊維くず、廃プラスチック類、金属くずのうち付着、封入されている PCB 産業廃棄物についても民間施設で環境省の認可された無害化認定施設で処理できるものとされている。

H24 年 12 月には、「PCB 廃棄物の適正な処理の推進に関する特別措置法施行令, 第三条(処分期間)」が改訂されている。ポリ塩化ビフェニル特別措置法で定めた PCB 廃棄物の処理期限は、現行の H28 年から H39 年 3 月の約 10 年間の大幅延長が決定された。

2.3 道内の PCB 塗膜汚染廃棄物について

PCB 塗膜等汚染廃棄物は、「廃棄物の処理及び清掃に関する法律施行令」で以下に定められる。

＜特別管理産業廃棄物＞第2条の45項のロ

- 5) 廃プラスチック類（事業活動等発生物に限る）のうち PCB が付着し又は封入されたもの。
- 6) 金属くず（事業活動等発生物に限る）のうち PCB 付着し又は封入されたものが法律上 PCB 汚染廃棄物に分類される。

試験検定の方法は、部材採取試験法判定【0.01mg/kg (ppm) 以下（鋼材表面の塗膜等の廃プラスチック類）】の数値を超過すると、PCB 廃棄物（特定管理産業廃棄物）となり、適切な処理処分を行わなければならない。PCB 含有量により 5,000ppm を超える場合は高濃度 PCB となり、5,000ppm 以下は低濃度 PCB として分類される。

低濃度 PCB 含有廃棄物は、環境大臣による無害化処理認定施設を活用して H38 (2026) 年度までに処理する事が義務付けられている。高濃度 PCB は、室蘭に処理施設が設置されているが、低濃度 PCB の場合、環境省に認可された道内処分施設は苫小牧に1社あるのみである。無害化処理施設は、低濃度 PCB 廃棄物を固定床炉で PCB を加熱分離し、二次燃焼炉でガス化した PCB を 850℃以上で燃焼し分解する。

2.4 苫小牧の無害化処理施設の処分内容

苫小牧の処理施設概要を以下に示す。

- ・処理可能 PCB 濃度: 5,000mg/kg 以下
 - ・PCB 含有塗膜が付着した鋼構造物 (写真 2.1)
 - ・サイズ: L2.5×W1.5m×H2.3m、重量 4.0t 以下
- 鋼材・高欄等は、撤去解体し受入れ可能なサイズに切断し、焼却時は、鉄トレイに鋼材を載せ炉内へリフト搬入させる事を確認した。(写真 2.2)



写真 2.1 PCB 含有塗膜が付着している鋼材 (例)

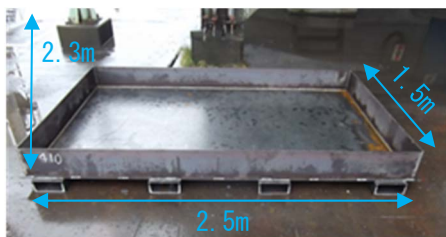


写真 2.2 焼却トレイ

2.5 塗膜屑や防護服の処理施設について

低濃度 PCB の鋼橋主桁等についての塗膜処理の場合、剥離剤（塗膜屑）やブラスト発生材の処分は道内での受け入れが不可である。そのため、陸送、JR 貨物や船により、道外に搬出する必要がある。最寄りでは秋田、福島県があり、その他福岡県など 22 施設ある (H28.3.30 現在)。処分費は、1 橋当たり数千万規模と高額である。

作業時に衣服・養生用ポリシート等に付着した PCB についても、密閉した状態で保管し、処分する必要がある (写真 2.3)。ただし、苫小牧の処理施設は、衣服類は受入れ不可のため、本州へ運搬する必要がある。この時、発生元の都道府県、受入地の都道府県各々で手続きが必要となる。



写真 2.3 塗膜屑・衣類等保管状況

3 おわりに

(1) 耐候性鋼材について

耐候性鋼材は、保護性錆が形成されると防食性が高い反面、保護性錆が形成されない場合や水分供給により破壊・喪失されると、腐食は急激に進む。腐食部の母材は見た目以上に減肉していることがあるため、補修時は構造系の変化に留意する必要がある。また、補修対策は、劣化要因の遮断（二次止水型の伸縮装置の設置等）に併せて、保護性錆が安定しにくい桁端部の重防食塗装も行い、二重の対策を行うことが大切である。

(2) PCB について

PCB 廃棄物缶収納時の分別は、現場条件・施工業者により様々で、ロス率も含めて設計数量の誤差が生じやすい。さらに、処理費用の発生は予定外となることが多い一方で、ドラム缶 1 缶当たり 30 万円前後（缶材料費別途）と高額であるため、含有発覚した際の予算確保が今後の課題である。また、環境大臣に認可された無害化焼却処理施設の新設や施設整備は順次更新されるため、運搬距離や運搬費に加え、処理費用の最新情報の把握が重要であると考えられる。

[参考文献]

- 1) 建設省土木研究所「耐候性鋼材の橋梁への適用に関する共同研究報告書(XVII)」
- 2) 土木学会「腐食した鋼構造物の耐久性照査マニュアル」/H21.3
- 3) 北海道環境生活部環境局循環型社会推進課「北海道 PCB 廃棄物収集運搬実務要領」/H27.8