

# Structure Painting

Vol.36 No.1

橋梁・鋼構造物塗装

2008年3月

「特集 - 橋梁塗装の維持管理 - 」

CONTENTS	page
●ご意見承ります	
大気環境と低VOC塗装 ..... 恵谷 舜吾 ..... 1	
●特別寄稿	
鋼橋の長寿命化における塗替え塗装の重要性 ..... 山田健太郎 ..... 2	
- 木曾川大橋の斜材の破断事故の教訓 -	
●技術報告	
重塩害地域の実橋に施工した重防食塗膜の30年追跡調査結果 ..... 坂本 達朗, 田中 誠, 江成 孝文, 遠藤 三郎 ..... 10	
塩害を受けた鋼トラス橋の塗装管理 - 銚子大橋の事例・危機管理体制の強化 - ..... 後藤 和満, 石塚 宏之 ..... 18	
横浜ベイブリッジ塗り替え塗料暴露試験 ..... 青木 敬幸 ..... 24	
●技術資料	
最近の橋梁保全マネジメント ..... 片脇 清士 ..... 28	
防食性試験研究の紹介 - その1 - ... (社)日本橋梁・鋼構造物塗装技術協会 ..... 36	
独立行政法人 港湾空港技術研究所 材料研究室 港湾(海上)橋梁用塗装仕様のばくろ性能評価試験	
●技術雑感	
フィリピン国・橋梁の未来 ..... 長尾日出男 ..... 42	
●よもやま話	
初冬、山陽から山陰へ ..... 津野 和男 ..... 46	
●橋塗協だより ..... 50	
掲示板 ..... 53	

ご意見承ります

## 大気環境と低VOC塗装

首都高速道路株式会社  
常務執行役員 恵谷 舜吾



今日、環境問題は大きな変革の時期を迎え、「地球の温暖化、オゾン層の破壊、酸性雨」問題などのような地球規模の広域現象に対して社会の関心が高まるとともに、地球温暖化対策としての温室効果ガスの排出規制に代表されるように、さまざまな環境問題の分野で世界各国が協力する国際的な取組が求められるようになってきた。

塗装関係分野においても、塗料の溶剤や希釈液から排出される揮発性有機化合物（VOC）が浮遊粒子状物質や光化学オキシダント（大部分はオゾン）の原因物質の一つであると考えられており、欧米においては大気中に増加を続けるオゾン対策として大気中に排出されるVOC規制が1990年頃より始まった。わが国では、1970年代から社会問題となった都市部の「光化学スモッグの発生」が、このところ再び増加する傾向にある中、平成18年4月に大気汚染防止法が改正・施行されてVOCの排出規制が新たに定められた。

改正大気汚染防止法は「法規制と事業者の自主的取組の組合せ」により目標を達成するベストミックスといわれる方法で、シビルミニマムの考え方にもとづき強制的規制を最小限にとどめ、各事業者が最適とする費用対効果の高い方法で排出されるVOCを削減することを定めており、目標としてVOC総排出量を平成22年度までに平成12年度と比較して3割程度削減する規制がスタートした。

環境省の資料によると、VOCは塗料等に溶剤として含まれるトルエン、キシレン、酢酸エチルなど200種類ほどあり、工業用洗浄、印刷、接着、化学工業などの様々な分野において排出されているが、塗装分野で全体の排出量のほぼ半分を占めている。

橋梁等構造物塗装は、屋外で長期にわたる耐久性を必要とする重防食塗装であることや塗装作業と養生が

現地で行われることが多く、塗装の品質が温度や湿度などの施工時環境の影響を強く受けることなどから、低VOC化を達成するためには解決すべき技術的課題も多い。そのため、橋梁等構造物塗装から排出されるVOC量が塗装に関わる総排出量に占める割合はそれほど多くはないものの、他の塗装業種に比べて削減比率が低い段階に留まっている。

最近では、関係者の努力により橋梁等構造物塗装の分野においても、VOC排出量を低減するために『低VOC塗料（塗料のハイソリッド化、無溶剤化、水性化等）の開発・採用、塗着効率の向上を目指した高塗着スプレーの採用や現場で使用できる静電塗装法の開発、塗り重ねる塗装仕様の工夫、高耐久性塗装を採用し初期コストは増加するが、塗替え塗装の周期を長くして塗替え回数を減らすことで排出VOC量の削減とライフサイクルコストの低減を図る』などの様々な工夫や方策がとられ、着実に成果を挙げつつある。

橋梁等構造物塗装分野のVOC削減は、自主取組みで削減する範疇に属しており、また、そうであるが故に、橋梁等構造物塗装に関わる関係者は、社会的な信頼を一層高めるためにも技術的諸課題を克服し、積極的にVOC削減に取り組まなければならない。

特に、橋梁等構造物塗装分野では、各施設管理者が塗装の要求品質・仕様を定めているのがほとんどの場合であり、管理者との十分な連携が行われ、合意がないとVOC排出削減のような新しい取組みはなかなか進展をしない。社会のVOC排出削減期待に応えるためには、塗料メーカーと施工をする工事業者（塗装機・設備製作メーカーを含む）と橋梁等構造物管理者の三位一体の協力体制の確立がこれまで以上に必要であり、望まれる。

# 鋼橋の長寿命化における 塗替え塗装の重要性

—木曾川大橋の斜材の破断事故の教訓—

山田健太郎\*

## 1. はじめに

2007年は、道路橋の維持・管理に関して大きな課題を突きつけられた年であった。まず、6月22日に木曾川大橋のトラス斜材が腐食によって破断した。幸い人身事故にはならず、大きな問題にもかかわらず全国的な話題になることもなかった。ところが8月1日に米国ミネソタ州のトラス橋が崩落し、死者13人、負傷者145人にもなる大惨事が起きた。崩落の瞬間が放映されたこともあって、道路橋の安全に疑問符が付き、木曾川大橋についてもマスコミの注目を浴びることになった。ミネソタのトラス橋の崩壊の原因は調査中であるが、疲労き裂や腐食部材の存在、ガセットの板厚不足、補修・補強工事の手順の問題、などが要因として挙げられている。国土交通省は、木曾川大橋の斜材の破断やミネソタの橋の事故を受けて、高速道路や直轄国道の緊急点検を指示した。その最中の8月31日に秋田の本荘大橋のトラス斜材が破断した。一連の事故を重く受け止めた国土交通省は、全国の自治体にも緊急の点検を要請し、徐々に全国の道路橋の維持・管理の実態が明らかになりつつある。

鋼橋の耐久性を確保する上で、防錆、防食と繰返し

荷重による疲労対応は、最も重要なファクターである。木曾川大橋の腐食による斜材の破断は、橋梁点検や維持・管理、特に塗替え塗装のあり方、橋梁の長寿命化に対する道路管理者の関わり、など、今後検討すべき大きな課題を突きつけた。そこで、筆者の関与した木曾川大橋の事例を最初に紹介し、そこから見えてくる道路橋の維持・管理の問題、特に塗装や塗替え塗装のあり方について概説し、道路橋の耐久性向上のための議論のたたき台としたい。

## 2. トラス橋の斜材の破断事故から見えた 維持管理の問題点

### 2.1 木曾川大橋で何が起きたのか

斜材の破断が生じた木曾川大橋上り線（スパン70.6m×12連、全長858m）は、その西にある揖斐長良大橋（同×14連、全長1040m）とともに、高度経済成長期の1963年に開通したトラス橋である。（写真1）斜材の破断の経緯と応急対策については、日経コンストラクション（2007.7.27）に詳細な記述がある。要約すると、①2007年6月20日、落下物などの第三者被害を防止するための点検中に、H断面の斜材が腐食により破断しているのが発見された。（写真2）②破断は、



写真1 国道23号木曾川大橋の全景

以前に歩道であったコンクリート貫通部の下側で生じており、15cm程度の変形が生じていた。③応急措置として河川敷にベントを設置して、仮受けして安全を確保した。④応急補修は、ジャッキアップして添接板を高力ボルト摩擦接合した。

その後、破断した木曾川大橋上り線だけでなく、揖斐長良大橋上り線、3年後に建設された下り線でもコンクリートと接触する部位の腐食が顕著で、放置すると危険な状況であることが判明した。そのため、両橋の上下線で片車線の交通規制を行って、斜材の補修・補強工事を行った。斜材の補強件数が多かったことから、応急補修は10月12日までかかった。木曾川大橋の問題は、一つの橋の問題ではなく、合計52連のトラス橋で全長3.6kmにわたって「橋が危険な状態であった」という大きな問題であった。

実は、斜材が腐食で破断した事例は、すでに1999年に木曾川の上流にある愛岐大橋で発生した。現場を見た私は、維持・管理の重要性を喚起するため、この事例を橋の専門誌で紹介した。そのあと、木曾川大橋でも過度に腐食した斜材が見つかって、相談を受けた。腐食から疲労き裂も発生していたとも聞いた。その時、「この構造は、点検や塗替え塗装が難しく、いずれ腐食が進行することは愛岐大橋の事例で明白である。斜材が貫通する部位のコンクリートを除去して縁を切る構造に改良する必要がある」、といった提案をした。図1に示すように、いずれ斜材とコンクリートの間に雨水が浸透し、上下面の接点が湿潤状態になって腐食が進行するからである。その後、木曾川大橋と揖斐長良大橋の上り線の貫通部は提案どおり対策された。しかし、追い越し車線側と3年後に完成した下り線は、「要観察」とされて、結果的に放置された。そのため、8年の間

に腐食が進行し、斜材の破断に至ったものである。

また、揖斐長良大橋上り線の歩道側では、8年前には腐食による断面欠損が少なく、添接板で断面補強する必要がないH断面もあった。その後腐食が進んだため、今回はすべて補強する必要に迫られた。予防保全的にすべて対策をしておれば、今回の事故とそれに伴うコストを回避できた。悔やまれる事例である。

## 2.2 斜材の貫通部の対策について

歩道コンクリートを斜材が貫通する構造は、1960年代のトラス橋に多くみられる。高度経済成長期に、早く安価に道路整備をするために取られた構造である。コンクリートに接した部位は、コンクリート内の鉄筋のように腐食しないと信じた設計者もいたようだ。この構造の弱点を認識して、上部の隙間をシールするか、上部にマウンドを設ける構造も採用された。いずれも若干の効果は期待できるが、根本的な問題の解決にはならない。さらに、木曾川大橋、揖斐長良大橋では、図1に示す斜材と床版コンクリートで囲まれた部位は、添接板もあって閉鎖空間となり、点検や塗替え塗装が出来ない構造であった。

この構造の対策としては、歩道のコンクリートを一部除去し、鋼部材とコンクリートの縁を切り、十分な空間を確保することで、点検や塗替え塗装が可能な構造に改良する必要がある。図2に示すように、コンクリートを除去した部分は、水止めの突起を歩道側につけ、鋼板や格子状のグレーチングを設置することで、歩行者の安全を確保する。

## 2.3 道路橋の定期点検の問題

国が管理する国道の橋は、1988年から10年に1回、



写真2 斜材の破断

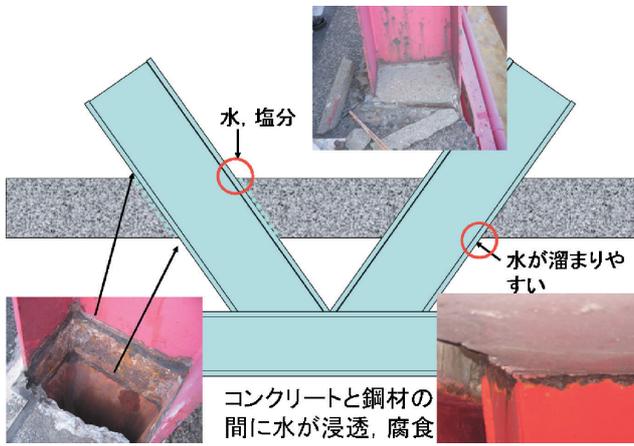


図1 コンクリートとの接触面の腐食のメカニズム

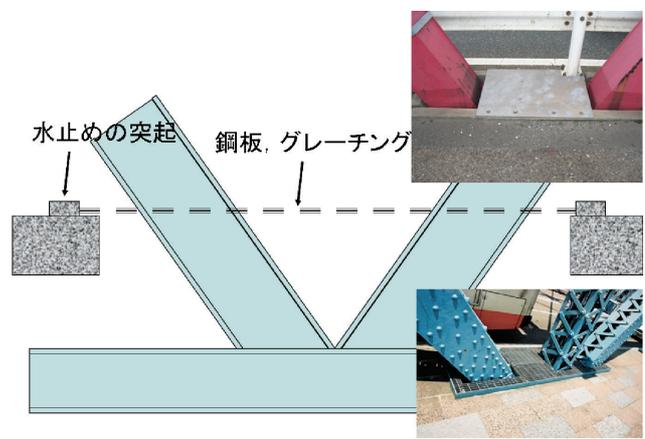


図2 塗替え塗装と点検が可能な構造への改良



写真3 斜材の側面で錆の上から塗られた塗装

2004年からは5年に1回、原則として近接目視による定期点検が行われている。木曾川大橋も、1年半ほど前に定期点検された。それなのに、なぜ、斜材が腐食で破断するレベルの劣化を見落としたのであろうか。実は、この時の定期点検は、本来の近接目視ではなく、遠望目視による点検が行なわれた。遠望目視に変更したのは、国道23号が日交通量6万台という重交通路線で、交通規制が難しかったのが理由の一つであった。遠望目視で点検した結果、破断した追い越し車線側の斜材の腐食による断面欠損は見逃されていた。

筆者は、破断した当日に現場を見る機会を得た。現場では、写真3のような腐食部位を数多く見つけた。コンクリートの側面に取り付けられた山形鋼と斜材の間に、ひどい隙間腐食が生じていたのである。板厚が腐食で消滅していた部位もあった。近接目視による点検であれば、まさかこのような顕著な腐食は見逃さなかったであろう。この事例は、10年に1回の点検間隔

を5年に1回に変えても、遠望目視であれば安全確保に役立たないことを意味する。定期点検は、万難を排して原則どおり近接目視で行なうべきである。オーストラリアでは、「ハンドタッチ」で点検することを義務付けている。近接目視より言葉の定義が明確であり、わが国も見習って良い考え方である。

#### 2.4 塗装業者のモラルの問題

さらに問題なのは、斜材がコンクリートと接する部位で、写真3に示すように、錆の上から塗装されていたことである。塗装のプロであれば、塗替え塗装の時に、何らかの素地調整を行なうのが当然であり、錆の上から塗ったのでは防錆効果が期待できないことを知っているはずである。この例では、まったく素地調整されていないので、塗装業者のモラルが問われても仕方がない。さらに、施工管理や施工後の確認をおこたった道路管理者にも問題がある。きわめて恥ずかしい



写真4 斜材の下側で錆層の上から塗られた塗装の例

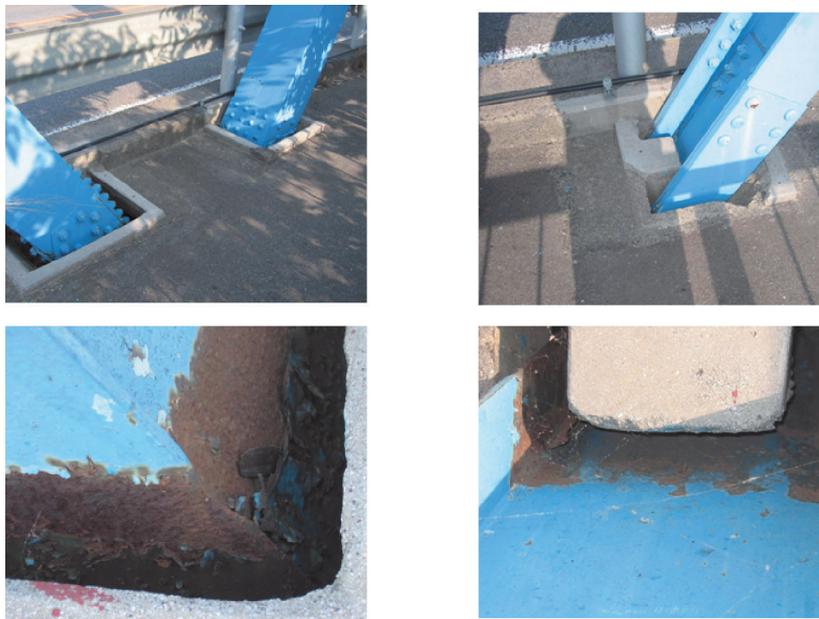


写真5 点検や塗替え塗装が難しい構造と腐食の状況

事例である。

写真4は、コンクリートを貫通した斜材の下側を見たものである。塗装はきれいだが、コンクリートに近い部位はやはり錆の上から塗られており、塗膜が浮き上がっている。浮き上がった塗膜を点検ハンマーで軽くたたいたら、斜材の鋼板に孔があいた。ケレンすることで孔があくのを恐れたのかも知れないが、錆層は構造的な耐力も防食効果も期待できない。きちっと錆を除去して塗装するべきであった。

木曾川大橋上り線では、もう1カ所H断面の斜材の断面が約1/3になっていた箇所があった。もしこの部位が破断していたら相当な期間、交通止めを必要とした。不幸中の幸いであった。

## 2.5 補修・補強工事における素地調整の問題

今回の木曾川大橋の事故の後、8年前に補修・補強した箇所を調査した。まず、木曾川大橋、揖斐長良大橋上り線では、H断面や箱断面の斜材で、腐食した跡が見事に露呈していた。ケレン不足で、錆の上から塗装したところの塗膜がはく離したのである。

同様に、斜材が破断した愛岐大橋でも補修した部位の腐食がひどかった。(写真5)記録によれば、腐食によって大きく断面欠損したH形断面の斜材は添接板を当てて補強し、残りはコンクリートと縁を切る形で補修した。また、翌年、橋全体の塗装塗替えを行なった。現状は、添接板を当てた部位は比較的その後の腐食が少なかったが、添接補強しなかった部位の多くは、塗



写真6 遠望でも塗膜の劣化がわかる伊勢大橋の現況

膜がはがれて、腐食が進行していた。錆の状態を見ると、ケレンせずに錆の上から塗装したものと推測せざるを得ない状況であった。これも恥ずかしい事例である。

愛岐大橋では、コンクリートをはつって補修・補強した後に、斜材に近いところまで再度コンクリートを打設している。歩行者の安全や水や泥の浸入を防止することを考えたのだろうが、これでは空間が少なく、点検も塗替え塗装も難しい。今後のことも考えて、再度コンクリートを除去して、十分な空間をあけ、1種ケレンしてから塗装し、鋼板かグレーチングを取り付けて歩行者の安全を確保する構造に改善する必要がある。

### 3. 塗装塗替えからみた鋼道路橋の長寿命化

#### 3.1 尾張大橋の塗替え塗装

道路橋では、50年経過した橋は、架け替えの予算請求ができた時代があった。そのため、その時期になると維持・管理や塗替え塗装を最小限で済ます風潮があり、「腐食」を理由に架け替えられた橋も多くあった。長さ15m以上の橋だけでも全国で15万橋ある道路橋を50年で架け替えるのは、およそ非現実的であり、既設の道路橋の長寿命化は、今後ますます重要になる。塗装と塗替え塗装の観点から、長寿命化に必要な技術について、伊勢大橋の再生とからめて筆者の考えを述べてみたい。

名古屋の西の木曾三川を渡るところに、ランガートラスが連続する国道1号尾張大橋、伊勢大橋がある。(写真6)江戸時代の東海道は、熱田の宮宿から桑名宿まで、木曾三川の下流を舟で渡る「七里の渡し」でつながっていた。そこに道路ができたのは、増田淳の設計による尾張大橋、伊勢大橋が完成した1934年であり、

国道1号が京都までつながった歴史的な瞬間でもある。

トラス橋では、一般に路下の床組や部材が交差する格点部が腐食しやすい。木曾川を渡る尾張大橋(スパン63.4m、13連)では、2002年頃に床組みやトラスの格点部を塗替え塗装した。格点部は、これ以上の腐食を防止するため、ショットブラストして、当時こういった防食に優れた効果を発揮するとして開発された亜鉛アルミ擬合金溶射(通称MS工法)を行った。また、2003年には上部のランガートラス部を塗替え塗装している。塗装設計の要求性能は明らかではないが、尾張大橋では、少なくとも腐食対策が先送りされることはなかった。

#### 3.2 伊勢大橋の再生とそのポイント

長良川と揖斐川を渡る伊勢大橋(スパン72.8m、15連)は、その間にある堤防道路に出るために、橋の中央部に出口を持つ珍しい橋である。この橋は、昭和51年に架け替えが決定され、その後は最小限の維持管理で済まされてきた。ところが、新設橋の建設が遅れ、架け替えには今後も10年単位の時間がかかるようだ。塗替え塗装されていないため、橋全体で塗膜がかなり劣化し、腐食により断面欠損した部位も見られる。写真7は、前述した堤防道路への出口付近の部材では、車両がこすった跡も見られ、腐食も進行している。路下にある下弦材の内側の腐食が特にひどい。(写真8)

この橋は今後30年供用すると、橋齢は100歳を越える。欧米では100年以上前に建設された鋼橋が普通に使われている。Brooklyn橋に代表されるニューヨークの吊橋群は、その代表例であろう。筆者は、1903年架設のManhattan橋の補剛トラスと1931年開通のGeorge Washington橋のタワーの塗装塗替え工事を見学した。きちっと防護工を設置し、ショットブラスト



写真7 車両接触の跡もある伊勢大橋の腐食状況



写真8 伊勢大橋の下弦材の腐食の状況

によって素地調整（SSPC10、near whiteのレベル）を行っていた。塗装の耐久性に及ぼす要因分析では、半分は素地調整に影響されるので、理にかなった方法である。巨大な吊橋の塗替え塗装であるので、ショットブラスト用の機械設備や環境対策も用意されていて感銘を受けた。（写真9）

わが国の道路橋では、東海道新幹線のように定期的に塗替え塗装されている橋はまれで、「錆びてから塗る」ことが行なわれてきた。また、素地調整も、良くて2種ケレン、悪ければ3種ケレン程度で塗替え塗装されてきた。塗替え塗装の基準を作った時には、「活膜（かつまく）（防食性能を保持した下塗り）を生かす」思想があり、活膜がある場合に限り「2種ケレン、3種ケ

レン」が可能であった。素地まで腐食した場合には適用すべきではないが、いつの間にか「塗替え塗装の素地調整は、3種ケレンで良い」といった誤解を生み、長らく運用されてきた。そのため、鋼橋の多くが、素地調整が不十分なままで塗替え塗装されてきた。前述の愛岐大橋や木曾川大橋の例を示すまでもなく、当然のことながら塗装の耐久性、ひいては橋の耐久性を短くしてきたのである。また、現場からの需要が少ないことから、有効な現場ブラスト機器の改良や開発の芽を摘んできたことになる。

### 3.3 有効な現場ブラスト機器の開発と活用

これまで示したように、道路橋の長寿命化では、塗



写真9 ニューヨークの吊橋補剛桁の塗替え塗装の状況

替え塗装の性能アップが必要であり、そのための素地調整、特に現場ブラストが重要なポイントになる。背景には、まず、道路橋の塗装のせい弱性がある。前述したように道路橋では活膜を失っても、2種や3種ケレンで塗替え塗装されてきた。そのため、多くの橋で塗替え塗装サイクルが短くなり、道路管理者の財政的な負担になっている。つぎに、工場ブラスト設備が普及する以前に建設された鋼橋では、黒皮（圧延のプロセスで鋼材表面に生成される硬い酸化皮膜）の上から塗装されたものも多く存在する。定期的に塗替え塗装される場合はそれほど問題ではないが、その周期が長い橋では、黒皮がはがれるような錆も発生してきている。この場合にも、ショットブラストによる素地調整が必要になる。さらに、ケレンが難しい箇所は、素地調整が不十分であるケースが多く、そういった箇所に腐食による断面の欠損が見られる。トラスの格点部や桁橋の端部などがその例である。こういった箇所も、一度きっちりショットブラストによる素地調整を行なって、これ以上の負のサイクルを断ち切る必要がある。

伊勢大橋を代表として、既設の道路橋の延命化のために必要な防食技術についてまとめると以下のようになる。

① 素地まで腐食し、「活膜」を失った場合には、現場ブラストで1種ケレンを要求する。そのためには、現場で容易にブラストできる機器や防護施設を開発する必要がある。

② 鋼橋では、よく腐食する箇所や塗替え塗装しにくい場所が存在する。トラスの格点部や桁端、あるいは床組みがその例である。ケレンが難しいため、錆の上から塗装することがあるため、塗膜が早期に劣化し、さらに腐食を進行させる悪いパターンになりやすい。こういった部位のケレン技術も検討する必要がある。

③ 伊勢大橋、尾張大橋のようなリベット構造の橋では、写真10に示す部材の間に数ミリの隙間が存在する。この部位の素地調整には、写真11のような手作業の工具が使われるが、伊勢大橋、尾張大橋のような大きな橋では効率的とはいえない。こういった部位でも1種ケレンが可能な機器を開発すべきである。

④ 1種ケレンで素地調整をするには、当然費用がかかる。道路橋示方書が性能照査型の設計になり、「30年の耐久性を持つ塗替え塗装」といった性能を要求することも可能になった。要求性能を明確にすることで、技術革新のターゲットを示すことができる。また、LCCを考慮して、良い塗替え塗装に正当な対価を払うといったことが道路管理者に求められているのではないかと。

⑤ 既設の道路橋の耐久性向上は将来への投資であるが、橋を架け替えるのに比べて大幅にコストダウンが可能になる。従って、こういった機器の開発、改良に当たっては、国が積極的に関与すべきであろう。

#### 4. まとめ

木曾川大橋や本荘大橋の例にみられるように、戦後の高度経済成長期に整備された道路橋の老齢化は、社会的に大きな問題となっている。日本より早くに道路整備された米国で起きたミネソタの上路トラス橋の崩落事故は、適切な維持・管理や補修・補強を行なわないうちに生じる危険性を端的に示した事例である。国土交通省では、2007年秋から「道路橋の予防保全に向けた有識者会議」を開催して、道路橋の点検、維持・管理、補修・補強の問題点を洗い出し、将来のあるべき姿を提案すべく検討を重ねている。ここでは、日交通量6万台を支える重要幹線の国道23号木曾川大橋の斜材の破断という未曾有の損傷事故を例に取り、道路



写真10 リベット構造特有の部材の隙間の例



写真11 尾張大橋の塗替え塗装で用いた素地調整用の工具の例

橋の長寿命化における塗替え塗装の役割について示した。

道路橋の長寿命化に対しては、まず、道路管理者が「50年を経過した道路橋は架け替え」とした考えを180度転換し、「既存の橋の長寿命化を図ることが国民の要請にこたえること」との認識を持つことが必要である。そのためには、道路管理者が直接現場で点検や維持・管理、補修・補強の監督、検査をする必要があろう。すべて外注して他人任せにしたやり方が、道路管理者の技術レベルを低下させ、現場を見る目が欠如したことを、木曾川大橋の事例が如実に示している。

既設の道路橋の長寿命化では、塗替え塗装が重要で

あり、その耐久性を向上させないと、いずれそのつけが戻ってくる。道路橋示方書が性能照査型の設計になったので、要求する性能を出すことで、技術革新のターゲットを明確にできる。具体的には、塗替え塗装であっても「30年の耐久性」を要求し、そのための技術開発に対して資金的なサポートを行なうことが、道路管理者に求められているのではないかと。

橋を長持ちさせることは、環境にも優しいことは周知の事実である。有効な現場プラスト機器と防護施設の開発や改良を行なって、たとえば伊勢大橋で30年の耐久性を保持できる塗替え塗装を可能にしたなら、日本の橋梁技術を世界に誇れるのではないかと。

# 重塩害地域の実橋に施工した重防食塗膜の30年追跡調査結果

坂本 達朗\* 田中 誠\* 江成 孝文\* 遠藤 三郎\*

## 1 はじめに

1950年代までの鋼橋の防食塗装では、現場で鉛丹顔料と油性樹脂を混合する現場調合型ペイントが主流であった。その後、鉛丹以外の鉛系さび止め顔料を用いた鉛系さび止めペイントや合成樹脂を用いた調合ペイント（フタル酸樹脂系）が防食塗装の主流となり、1990年代まで広く採用されてきた。一方で、これらの塗料では海岸環境での耐久性が短く、より長期間の耐久性を期待できる塗装の要求が1960年代より強まってきた。期を同じくして、海上橋（本四架橋）計画の具体化が進み、本格的な長期防錆型塗装系の研究が1960年代から進められ、1970年代に実用可能な塗装仕様が提案<sup>1)</sup>された。

提案された7種類の塗装仕様について実橋りょうでの施工性確認を目的に、1976年～1978年に図-1に示す五能線（現JR東日本）深浦駅付近の架け替え工事が計画されていた2橋りょう（吾妻川橋りょう、行合川橋りょう）を用いて塗装施工試験を実施した<sup>2)</sup>。この塗装施工試験では、将来の技術として、上塗り塗料まで橋りょう製作工場で塗装する全工場塗装を吾妻川橋りょうで適用した。行合川橋りょうには、現場で中・上塗り塗装する仕様を用いた。

本報告では、約30年前に実施した塗装施工試験の概要、塗替え塗装技術や新規塗料の適用性確認試験を目的に約15年前に実施した塗替え塗装施工試験<sup>3),4)</sup>の概要、及び試験塗膜の追跡調査結果について述べる。なお、追跡調査結果については、吾妻川橋りょうの塗装施工試験に適用した塗装仕様7種のうち、その後に鉄道で実用された3仕様の塗膜変状推移を中心に報告し、行合川橋りょうの塗膜は、塗替塗装施工試験で採用したフッ素樹脂塗膜とポリウレタン樹脂塗膜の光沢度変化について報告する。

## 2 塗装施工試験概要

### 2.1 試験橋りょうの架設環境

試験橋りょうは、図-2に示すように、日本海からの

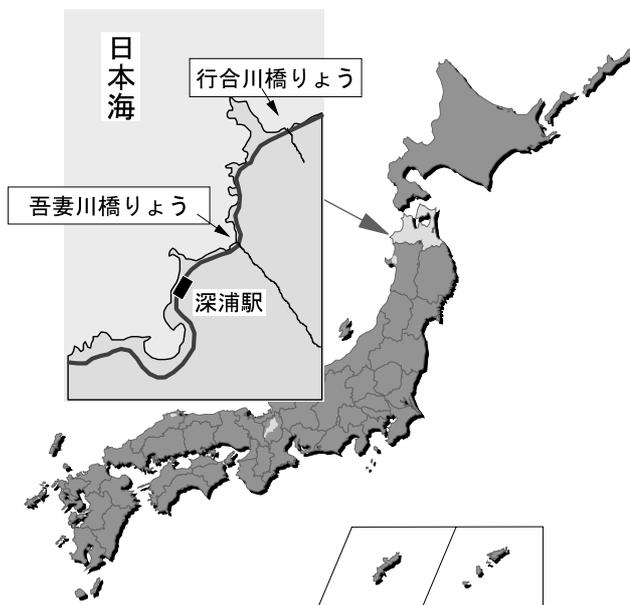


図-1 試験橋りょうの位置図

離岸距離が短く、飛来海塩粒子の影響を強く受ける環境に架設されている。図-3に示す橋りょうの位置関係を基準に、深浦気象観測所で観測された風向・風速データ（数年分）を海方向から橋りょうへ向かう風、山方向から橋りょうへ向かう風及び橋りょうに平行する風の3成分に分類し、その出現頻度で整理した結果を図-4に示す。吾妻川橋りょうでは海方向からの風と橋りょうに平行な風が卓越し、行合川橋りょうでは、海方向からの風が卓越していることが分かる。

吾妻川橋りょう及び行合川橋りょうは、海からの離岸距離が短いのみならず、海方向からの風が卓越する環境にあることから、激しい腐食環境に架設された橋りょうといえる。

### 2.2 新設時塗装施工試験概要

吾妻川橋りょうの塗装施工試験では、全ての塗装を橋りょう製作工場で実施する方法（全工場塗装）を採用した。工事工程は、1976年10月～12月表-1に示す塗装仕様を製作時に塗装、1977年1月現地搬入、1977年9月上フランジ上面の補修塗装、1977年10月架設工

\* (財)鉄道総合技術研究所 材料技術研究部



吾妻川橋りょう  
離岸距離約50m,桁高さ約5m



行合川橋りょう  
離岸距離約100m,桁高さ約20m

図-2 試験橋りょうの架設環境

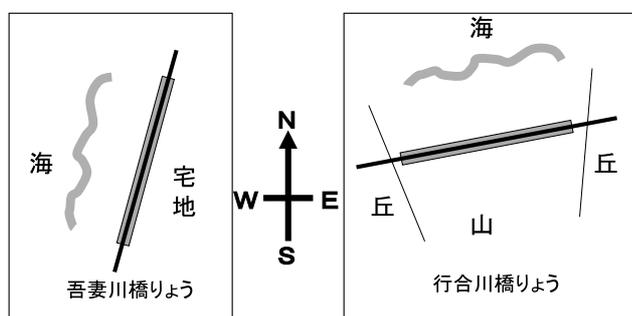


図-3 試験橋りょうの方位

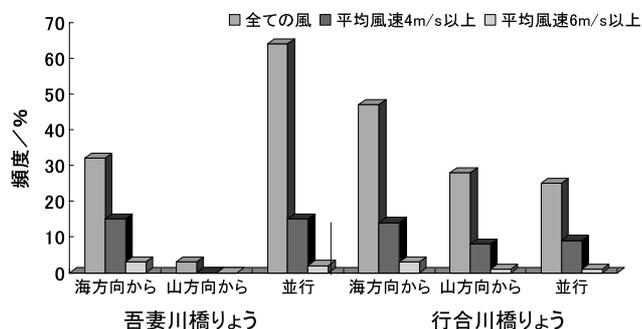


図-4 試験橋りょうと風向

事、1977年11月：塗膜損傷部の補修塗装で仕上げた。

塗膜の損傷には、運搬・架設時の打痕や擦過痕の他に、部材接合箇所（当時の設計では添接部は無塗装仕様）の端部に塗膜割れなどが観察されている。

行合川橋りょうの塗装施工試験では、吾妻川橋りょうと異なり、中塗りと上塗り塗料を現地で塗装する施工方法を採用した。施工は、1978年2月～3月に表-1のMIO塗料までを製作工場での塗装、1978年3月現地搬入、1978年9月中・上塗り塗装、1978年11月架設工事、1979年4月に塗膜損傷箇所の補修塗装で仕上げていく。

### 2.3 塗替え塗装施工試験概要

吾妻川橋りょうでは、図-5に例示するように、ボルト周り、スティフナーや添接部のエッジ部、マクラギ留め金具との接触箇所、下フランジ下面などに腐食による塗膜変状が観察されるようになったため、塗装後15年目の1991年7月に、塗装面積の半分を表-2に示す例の塗装系を用いて塗替え塗装施工試験を実施した。塗装施工試験では、図-6に例示するように、橋りょうを3分割し、上塗り塗料を全面塗装した箇所、塗膜変

状部のみを塗装する部分塗装箇所、塗装せずに引き続き追跡調査対象とする箇所に分けた。

行合川橋りょうは、図-7に例示するように、ボルト周りや添接部周辺の腐食に加え、工場塗装のMIO塗膜と現場塗装の中塗り塗膜との層間からの塗膜はがれが激しくなったため、塗装後15年目の1993年10月に全面を対象に表-2に示す塗装系で塗替え塗装施工試験を実施した。

塗替え塗装施工試験では、海からの飛来塩分の付着が懸念されたので、素地調整前に、図-8に示す水洗を実施した。素地調整は、手工具と動力工具の併用で実施した。図-9に示すように、汎用の動力工具では、腐食で凹状となった箇所や部材隅角部の腐食生成物を完全に除去することができなかった。

### 3 塗膜追跡調査

塗装施工試験後の追跡調査では、塗膜の経年に応じて、各種技術課題解決のための調査試験を種々実施してきたが、ここでは、鉄道で実用された塗装系、すなわち吾妻川橋りょうの塗装系13A、14A-1、14A-2の塗膜外観調査結果、及び行合川橋りょうの塗替え塗装施

表1 塗装施工試験に適用された塗装仕様

塗装系記号		下・中塗り塗料	上塗り塗料
吾妻川 全工場 塗装	13A (L2)	ジンクプライマ/厚膜型変性エポ	厚膜型変性エポ
	14A - 1 (H2)	無機ジンク/厚膜型エポ/ポリウレタン用中塗	ポリウレタン
	14A - 2 (J2)	エポジンク/厚膜型エポ/ポリウレタン用中塗	ポリウレタン
	14A - 3 - 1	亜鉛溶射/エッチングプライマ/フェノールジンクロ /フェノールMIO/塩ゴム	塩ゴム
	14A-3-2 (K2)	無機ジンク/エッチングプライマ/フェノールジンクロ /フェノールMIO/塩ゴム	塩ゴム
	14A - 4	無機ジンク/ミストコート/厚膜型ビニル	ビニル
	14A - 5	無機ジンク/ミストコート/厚膜型塩ゴム/塩ゴム	塩ゴム
行合川 現場 中・上	14A - 6 (B2)	金属前処理塗料/鉛丹さび止め/フタル酸樹脂	フタル酸樹脂
	14A - 9 (J1)	エポジンク/厚膜型エポ/エポキシ MIO/ポリウレタン (現場)	ポリウレタン(現場)
	14A-10 (K1)	無機ジンク/エッチングプライマ/フェノールジンクロ /フェノールMIO/塩ゴム(現場)	塩ゴム(現場)

備考1： 塗装系の ( ) は、鉄道で実際に採用された時の塗装系記号を示す。

備考2： 塗料の略称は次の通りである。

ジンクプライマ (無機ジンクリッチプライマ)、厚膜型変性エポ (厚膜型変性エポキシ樹脂系塗料)、  
無機ジンク (厚膜型無機ジンクリッチペイント)、厚膜型エポ (厚膜型エポキシ樹脂系塗料)、  
ポリウレタン (ポリウレタン樹脂塗料)、エポジンク (厚膜型エポキシ樹脂ジンクリッチペイント)、  
フェノールジンクロ (フェノール樹脂系ジンクロメートさび止め)、フェノールMIO (フェノール樹脂系MIO塗料)、  
塩ゴム (塩化ゴム系塗料)、厚膜型ビニル (厚膜型ビニル樹脂塗料)、ビニル (ビニル樹脂塗料)、  
厚膜型塩ゴム (厚膜型塩化ゴム系塗料)、フタル酸樹脂 (長油性フタル酸樹脂塗料)、エポキシMIO (エポキシ樹脂MIO塗料)

表2 現場塗替え塗装施工試験に用いた塗装仕様抜粋

新設時塗装		下・中塗り塗料 (吾妻川：部分、行合川：下塗り部分、中塗り全面)	上塗り塗料
吾妻川	13A	エポジンク/厚膜型変性エポ	厚膜型変性エポ (全面、部分) ポリウレタン (全面)
	14A-1	エポジンク/厚膜型エポ/ポリウレタン用中塗	ポリウレタン (部分) フッ素 (全面)
	14A-2	エポジンク/厚膜型エポ/ポリウレタン用中塗	ポリウレタン (全面、部分)
行合川	14A-9	エポジンク/厚膜型エポ/ポリウレタン用中塗	フッ素 (全面)
		エポジンク/超厚エポ	ポリウレタン (全面)
	14A-10	エポジンク/エッチングプライマ/フェノールジンクロ /フェノールMIO/シリコンアルキド エポジンク/超厚エポ	シリコンアルキド (全面)

備考1： 塗料の略称は表1と同じ他、フッ素 (フッ素樹脂塗料)、超厚エポ (超厚膜型エポキシ樹脂塗料)

備考2：“部分”は、素地調整で鋼が露出した箇所のみ部分塗装 (タッチアップ塗装とも称す)を、“全面”は、対象箇所の全面塗装を示す。



図-5 塗替え塗装施工試験前の塗膜変状

工試験で適用したポリウレタン樹脂塗膜とフッ素樹脂塗膜の光沢度測定結果を紹介する。

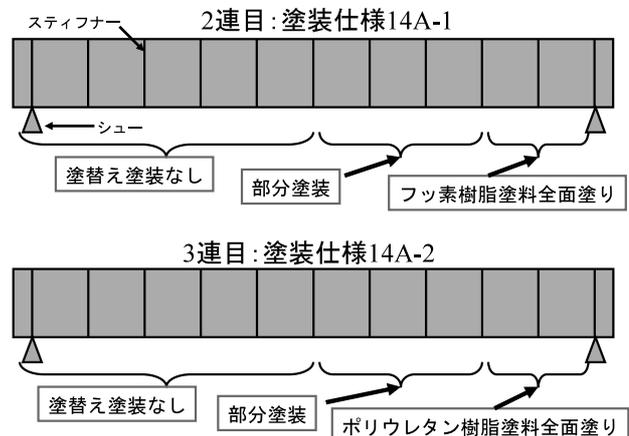


図-6 吾妻川橋りょう塗替え塗装試験例



図-7 塗替え塗装施工試験前の塗膜変状  
行合川橋りょう1990年頃



図-8 塗替え時の水洗作業



図-9 汎用動力工具の限界

### 3.1 吾妻川橋りょうの塗膜外観

外観観察結果を15年前の塗替え塗装施工試験で塗替えずに残した新設時の塗膜と塗替え塗装塗膜に分けて示す。

#### 3.1.1 新設時塗膜

塗装系13Aは、無機ジンクリッチプライマ（標準塗膜厚み $20\mu\text{m}$ ）、厚膜型変性エポキシ樹脂系塗料（ $90\mu\text{m} \times 3$ 回塗り）で仕上げる鉄道独自の仕様で、上塗り塗膜の景観性能を期待しない場合に適用される。塗装系14A-1は、厚膜型無機ジンクリッチペイント（ $75\mu\text{m}$ ）に厚膜型エポキシ樹脂塗料（ $60\mu\text{m} \times 2$ 回）とポリウレタン樹脂塗料（中塗り $30\mu\text{m}$ 、上塗り $30\mu\text{m}$ ）を用いた景観性能を求める場合に適用される。塗装系14A-2は、14A-1の厚膜型無機ジンクリッチペイントを厚膜型エポキシ樹脂ジンクリッチペイント（ $75\mu\text{m}$ ）に置き換えた塗装系である。このように、各塗装系には、犠牲防食作用が期待される3種のジンクリッチペ

イントが適用されている。なお、外観観察結果は、構造の違いから部材端部・隅角部等と部材平坦部に分けて整理した。

#### (1) 部材端部・隅角部など

図-10に、塗替え塗装箇所以外の隅角部の腐食状況を示す。塗装系14A-1及び塗装系14A-2は、同一箇所での比較写真を示す。13Aは、同一箇所の写真がないので、異なる箇所の写真を示した。

塗装系13Aは、塗装後数年でマクラギ留め金具との接触箇所、ガセットプレート端部、ボルト頭、隅角部などの一部（初期塗膜欠陥部）で点さび発生を確認しているが、その後のさび面積拡大は遅く、腐食箇所の増加も少なかった。

塗装系14A-1は、塗装後数年で塗装系13A同様に部材端部・隅角部などの一部に点さび発生が確認され、その後に変状面積の明らかな増加が観察された。30年経過時点では比較的広い面積でのこぶ状のさびに至っている。

塗装系14A-2は、塗装後数年で部材端部・隅角部の一部に点さび発生が確認され、その後の変状面積増加を観察しているが、増加傾向は塗装系13Aと塗装系14A-1の間であった。

#### (2) 部材平面部

図-11に塗替え塗装施工試験前の1990年と30年経過の2006年に観察した海側ウェブ外観写真を示す。さび発生は部分的であり、全体としては健全な外観を維持している。

フランジ及びウェブでのさび発生、その後の面積拡大傾向等に注目してまとめたものを表-3に示す。表中の「腐食開始年」欄には当該部位で最初にさび（飛来物の衝突等によって発生した塗膜傷を除く）が観察された塗装後経年を、「腐食面積」欄には塗装後23年目と30年目の観察結果から推算した腐食面積率を、「増加傾向」欄にはさび箇所数の増加傾向及びさび発生後のその箇所での腐食面積の増加傾向を4段階評価した結果を示した。

平面部で早期にさび発生が観察されたのは、5年経過後の塗装系14A-1下フランジ下面であった。ついで、8年後に塗装系13A下フランジ下面に、10年後には塗装系14A-2下フランジ下面と塗装系14A-1ウェブでさび発生を観察している。塗装系13Aと塗装系14A-2のウェブにさびが観察されたのは20年以上経過してからであった。

腐食箇所数の増加は何れの塗装系も少なく、腐食箇所の多くは前述した部材端部、ボルト頭等の腐食と同様に、塗装時又は架設時までに発生した塗膜初期欠陥部からのさびが中心と考えられる。初期欠陥部以外の



図-10 隅角部・ボルトの外観変化

表-3 フランジ下面およびウェブ表面の外観観察結果

塗装系	フランジ下面					ウェブ表面				
	腐食開始年	腐食面積 (%)		増加傾向		腐食開始年	腐食面積 (%)		増加傾向	
		23年目	30年目	数	面積		23年目	30年目	数	面積
13A	8	<0.03	0.1	小	小	25	<0.03	<0.03	極小	極小
14A-1	5	~1	1~	極小	大	10	~0.03	0.2	小	小
14A-2	10	0.2	~1	小	中	21	0.1	0.2	小	小

さび発生は、海方向のウェブなどに、打痕を起点としたものが観察された。さび箇所面積増加程度は塗装系で異なる傾向を示し、塗装系13A<塗装系14A-2<

塗装系14A-1の順にさび面積の増加傾向が大きく、部材端部・隅角部等の観察結果と同等の傾向を示した。

図-12には打痕起点と想定される塗膜欠陥部にお



図-11 海側ウェブ外面の外観変化

る2000年の状況から2006年までのさび進展状況を示す。塗装系13Aでは、打痕部からの腐食進展が非常に小さいが、塗装系14A-1や塗装系14A-2では、腐食面積の増大とこぶ状さびへの進展が観察された。

### 3.1.2 塗替え塗膜

塗替え塗装施工試験で塗装対象となった主な塗膜変状は部材端部・隅角部などの腐食であった。塗装系14A-1及び塗装系14A-2では、下フランジ下面の腐食箇所も施工対象となっている。2006年に観察した塗替え塗膜の外観例を図-13に示す。塗替え塗装後15年であるが、何れの塗装系も塗替え塗装時に腐食していた箇所と同一箇所からさびが発生している。塗替え塗装では、圧力水による洗浄を実施し、第1層目に厚膜型エポキシ樹脂ジンクリッチペイントを用いている。しかし、この程度の処理では、図-9に示した残存さび（塩化物イオンネストを有するさび層）の塗膜変状（さび発生）への影響を軽減できないことが示された。

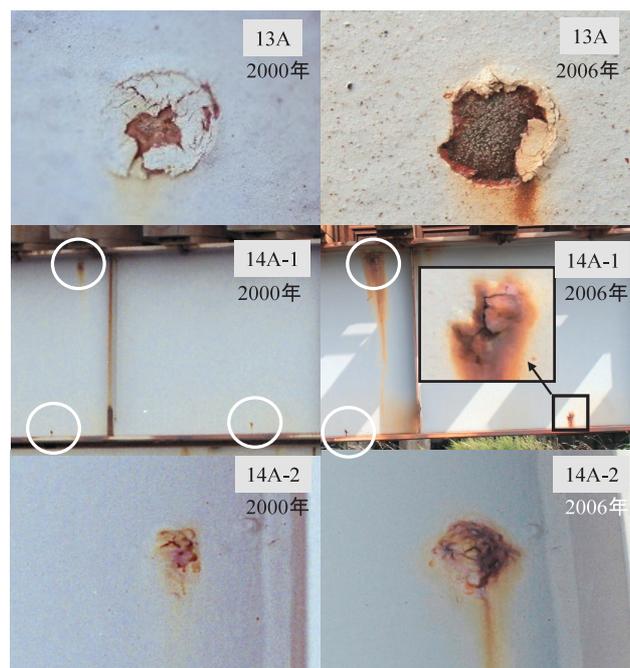


図-12 塗膜傷部からのさび進展

## 3.2 光沢度変化

ポリウレタン樹脂塗膜より耐候性が高いと評判のフッ素樹脂塗膜を、実橋梁での施工性及び実環境での耐

候性比較を目的に、15年前の塗替え塗装施工試験に採用した。耐候性はJIS規定の60度鏡面光沢度の経年変化から評価した。行合川橋りょうでの光沢度測定位置



図-13 塗替え塗装塗膜の変状

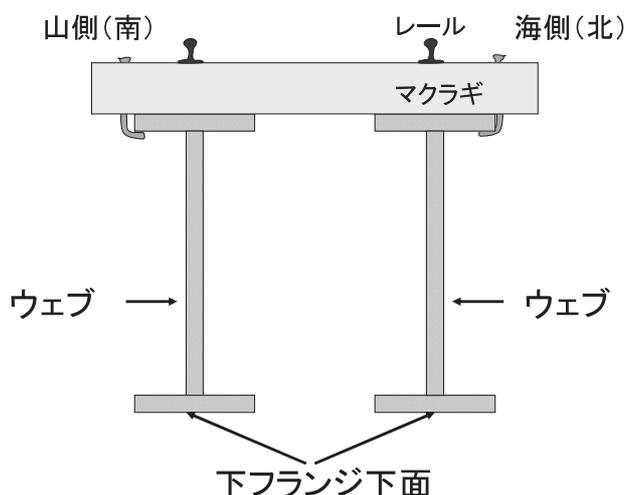
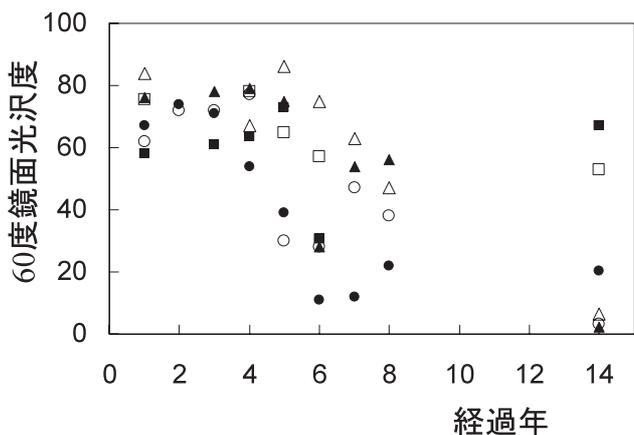


図-14 光沢度測定位置



○, ●:北面上ウェブ △, ▲:南面上ウェブ □, ■:下フランジ下面  
○, △, □:ポリウレタン樹脂塗膜 ●, ▲, ■:フッ素樹脂塗膜

図-15 60度鏡面光沢度測定結果

を 図-14 に、測定結果を 図-15 に示す。なお、測定は、在姿（表面付着の汚れなどをふき取らず）で実施した。60度鏡面光沢度の低下は、海側を向く北面ウェブが早く、ポリウレタン樹脂塗膜、フッ素樹脂塗膜とも塗装後5年で1/2以下に低下し、14年目には光沢度が1/5まで低下した。山側を向く南面ウェブでは光沢度が初

期の半分になるのに、ポリウレタン樹脂塗膜、フッ素樹脂塗膜とも10年程度と考えられ、下フランジ下面は最も光沢度の低下が少なく、14年経過後も初期値の1/2以上を維持していた。

#### 4 考察

各塗装系の全体的な防食性は、次のように考えられる。塗装系13Aは、塗装時又は架設作業までに生じた塗膜欠陥部からの点さび発生は早期に生じるが、その面積方向への進展が遅く、初期に欠陥を有しない塗膜部（健全部）では30年後もさび発生に至らない防食性を維持する塗装仕様と考えられる。塗装系14A-1は、塗装時等の塗膜欠陥部からの点さび発生が早期に生じ、塗装系13Aに比較すると、面積方向への進展の早い塗装仕様である。しかし、30年経過後も健全部では新たなさび発生に至らないなど防食性を維持している。塗装系14A-2は、他の2塗装系と同様に塗膜欠陥部からの点さび発生は早い、面積方向への進展は塗装系14A-1より遅い塗装仕様であった。しかし、30年経過後も健全部で新たなさび発生が少ないなど防食性を維持している。このように、実構造物塗膜の追跡調査から、早期腐食に至る塗膜欠陥と構造の関連、さび発生箇所での面方向への進展と塗装仕様の関連を示唆する結果が得られている。

早期腐食は、何れの塗装系もマクラギ止め金具接触部、ボルト部、部材端部・隅角部などで観察されている。マクラギ止め金具接触部は、取り付け時及び列車通過時の振動などで塗膜に傷が生じ、早期の腐食発生に至ったと考えられる。ボルト周り、部材端部・隅角部は、角の多い構造のため塗膜初期欠陥（微細われ、薄膜化など）が発生しやすく、腐食環境因子が滞留しやすい構造で局部的に激しい腐食環境となったため早期の腐食に至ったと考えられる。

さびの面方向への進展の違いは、さび止め塗膜の特性の違いから容易に推察できない結果であった。このことは、現状のジंकリッチ系さび止め塗膜に対する理解が不十分である可能性を示している。すなわち、ジंकリッチペイントの防食機構は、腐食環境下で顔料の亜鉛粉末がアノードとなり、構造物の鋼がカソードとなることで防食（犠牲陽極作用）されると一般に考えられてきた。実際に、試験片レベルでの5%塩水噴霧試験などの室内促進腐食試験や屋外暴露試験などでその効果を検証する試験報告が多く存在する。これらの報告では、電気化学的作用の違いから厚膜型無機ジंकリッチペイント>厚膜型エポキシ樹脂ジंकリッチペイント>無機ジंकリッチプライマの順に高い防食性を発揮すると報告している。しがしながら、本

報告の調査結果によると、さび発生箇所の面積増加傾向は、塗装系13A（無機ジンクリッチプライマ）＜塗装系14A-2（厚膜型エポキシ樹脂ジンクリッチペイント）＜塗装系14A-1（厚膜型無機ジンクリッチペイント）の順となっており、一般に言われる防食性とは逆の傾向を示した。この原因として、これまでの室内促進試験や暴露試験での比較が、ジンクリッチ塗膜単独での試験や高濃度塩水との連続接触など電気化学反応優先の試験条件であること、実用想定の場合複合塗膜を用いた試験でも、試験片に導入したスクラッチ部周辺での電気化学反応を優先した試験条件・評価条件を採用していること、長期間での塗膜の付着性変化（ここでは省略しているが、厚膜型無機ジンクリッチペイントは、他より付着強さが低く、ばらつきが大きい結果を得ている）を考慮していないことなどが考えられる。さび止め塗膜3種の電気化学的特性以外の性能違いとして、付着強さが無機ジンクリッチプライマ≒厚膜型エポキシ樹脂ジンクリッチペイント＞厚膜型無機ジンクリッチペイントの順に高いこと、塗膜の緻密性も付着強さと同じ順で緻密（塗装時のミストコート要否などから推定）と考えられることにある。このように、ジンクリッチ系さび止め塗膜の防食性は、電気化学的特性以外の塗膜性能とも深く関連している可能性が示唆された。

光沢度測定結果からは、当初に期待していたポリウレタン樹脂塗膜とフッ素樹脂塗膜の有意な差（フッ素樹脂の耐紫外線性はポリウレタン樹脂より数倍高い）は確認できなかった。しかも、部位別の光沢度変化傾向は、北面の光沢度低下が南面より早い結果となり、一般に耐候性の主要因と考えられている紫外線（日射）以外に大きく影響する屋外要因（図-4の風？）の存在を示唆している。

## 5 まとめ

実橋りょうを用いた長期防錆型塗装系の塗装施工試験塗膜及び塗替え塗装施工試験塗膜の追跡調査を実施してきた。この結果、次に示す事柄が明らかとなった。

- （1）部材部位で腐食傾向が異なり、部材の接合部や接触部、エッジ部及びボルト頭の腐食が早期に発生するが、他の部位の塗膜変状が遅いことが明らかになり、初期の塗膜欠陥部からの腐食や

打痕傷等に適切に対処することで、30年以上の長期耐久性を期待できると考えられる。

- （2）試験した環境でのさび止め塗膜の防食性は、無機ジンクリッチプライマ＞厚膜型エポキシ樹脂ジンクリッチペイント＞厚膜型無機ジンクリッチペイントの順に高いと想定される結果が得られた。
- （3）当該環境のような塩害地区では、水洗作業を実施し、さび止めに厚膜型エポキシ樹脂ジンクリッチペイントを用いたとしても、さび層を残して塗替え塗装した場合には、15年以内に前回腐食箇所からの早期の塗膜変状に至ることが明らかになり、今後の課題として、さび層を残させない素地調整方法の検討が挙げられる。
- （4）フッ素樹脂塗膜の耐候性は、ポリウレタン樹脂塗膜と同等であった。この原因として、日射以外の屋外環境因子の影響が大きいことを示す結果が得られた。実用的耐候性評価には、現行の耐紫外線性評価試験以外の評価手法が必要と考えられる。

最後に、長期間の塗膜追跡調査に際して、多大なる協力を頂いた東日本鉄道旅客株式会社秋田支社、長期防錆対策研究会参加メンバー（建設塗装工業(株)、カナエ塗料(株)、関西ペイント販売(株)、ジャパンカーボライン(株)、神東塗料(株)、大日本塗料(株)、(株)トウペ、中国塗料(株)、日本ペイント(株))に深謝する。さらに、塗装施工試験、追跡調査の実現には、元鉄道総合技術研究所材料技術研究部長の故桐村勝也氏の尽力によることを付記する。

## 【参考文献】

- 1) 桐村勝也, 橋本達知, 佐藤靖, 大川敏夫: “海洋環境における防食塗装”, 鉄道技術研究報告No.1070, 1978年3月
- 2) 桐村勝也, 町田洋人, 村田仁: 長期防錆型塗装系の実橋塗装試験, 第10回鉄構塗装技術討論会発表予稿集(1987)
- 3) 町田洋人, 田中誠, 江成孝文, 桐村勝也: 長期防錆型塗装系の実橋塗替え塗装試験, 第14回鉄構塗装技術討論会発表予稿集, (1991)
- 4) 遠藤三郎, 江成孝文, 町田洋人, 田中誠: 長期防錆型塗装系(行合川橋りょう)の塗り替え試験塗装, 防錆管理, Vol.40, No.3 (1996)

# 塩害を受けた鋼トラス橋の塗装管理

## — 銚子大橋の事例・危機管理体制の強化 —

後藤 和満\* 石塚 宏之\*\*

海岸河口付近に架橋されている鋼橋は、塗装の劣化に伴う塩分の浸透により厳しい腐食が発生する場合があります。橋梁寿命を著しく短いものとする。銚子大橋は、昭和37年に竣工し、以降、再塗装を繰り返し実施してきたが、内部に浸透した塩分を完全に除去することが困難であり、平成12年から16年にかけての各部応力モニタリングや地震による対傾構の破断事故などから、銚子大橋検討委員会を設立し、審議の結果として、隣接して架け替え事業を推進することとなり、現在（平成19年度）、架け替え事業を展開中である。

**key words** : 鋼橋塗装、ライフサイクルコスト (LCC)、余寿命、モニタリング・危機管理体制

### 1 はじめに

海岸河口付近の橋梁には、飛来塩分による厳しい鋼材腐食が発生する場合があります。鋼トラス橋の場合には、格点部・部材数も多いために、部材交換が不可能なことから、維持管理上の課題となっている。また、ワレントラスは静定系構造で、一部材の破断が落橋に繋がる恐れもあり、とりわけ、いつ起きるのか予測の困難な大地震に対しても課題がある。迅速な対応措置を考える「塩害を受けた橋梁区間」の危機管理体制の強化を図ることを目的に現在（平成19年）、銚子大橋連絡協議会を設立し、万全の体制を確保しつつ、架け替え事業を展開中である。本稿は、銚子大橋の塗装管理の経緯について報告するものである。

### 2 銚子大橋の概要

#### (1) 橋梁概要

銚子大橋は、利根川河口に位置する鋼鈹桁橋+鋼トラス橋からなる橋長1200mの長大橋である（図-1、写真-1）。本橋は千葉県銚子市と茨城県波崎町を結ぶ一般



図-1 銚子大橋位置図

国道124号線に位置し、平日12時間交通量約2万台（大型車約2千台）の重要交通幹線である（図-2）。橋梁概要を以下に示す。

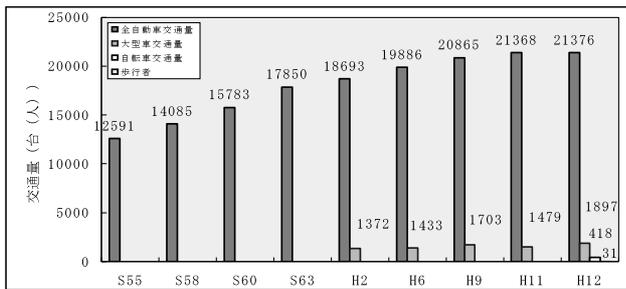
- 1) 橋 梁 名：銚子大橋
- 2) 竣 工 年 度：昭和37年
- 3) 橋 格：1等橋
- 4) 設 計 荷 重：TL-20
- 5) 橋 長：1203m
- 6) 上 部 工：合成鋼鈹桁橋、トラス橋

\* (株)建設技術研究所 東京本社構造部

\*\* (株)ドゥユー大地 神奈川支社



写真-1 銚子大橋



※自転車、歩行者交通量はH12年のみ掲載

図-2 交通量の推移（平日12時間）

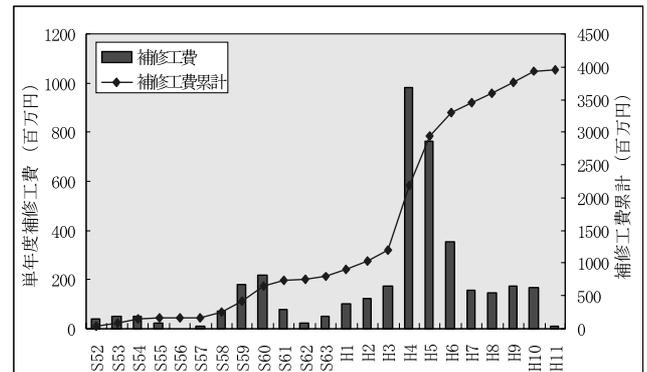


図-3 補修・補強工事費の推移



写真-2 対傾構破断箇所、塗膜内鋼材腐食状況



- 7) 橋 脚：RC壁式橋脚
- 8) 基 礎：ケーソン基礎、場所打ち杭基礎
- 9) 有効幅員：7.0m

(2) 補修・補強の経緯

40年間厳しい塩害環境下にさらされた銚子大橋は、今日まで約40億円（塗装系約20億円）もの補修・補強工費を費やし現在に至るが（図-3）、平成12年5月発生の小規模地震直後の点検により、腐食の進行したトラス床組対傾構の一部に破断箇所が発見された。橋梁

上部工の鋼部材は各所に孔蝕箇所が内在し、塗膜下においても腐食の進行が確認されているが、超厚膜塗装（塗膜厚約1mm）に覆われた現状においては、全損傷箇所の特定は困難である（写真-2）。

銚子大橋に対して今日までとられた維持管理策は、損傷の確認→補修の反復による、「事後保全」であった。また、初期の塗り替えでは、下地処理を3種ケレンで実施したため、塩分の浸透を除去することが技術的に難しく、予想を超えた鋼材腐食の進行のため、「減厚」

を抑制する対策とはならなかった

### 3 塗装系の考え方

長大橋の「再塗装」は、単年度では予算確保が難しいため、銚子大橋では、3年～4年で実施されてきた。昭和37年の竣工時は、A系（フタル酸系）が採用され、昭和52年からの再塗装時期には、B系（塩化ゴム系）へと変えた。昭和57年には、錆が噴出す箇所が多数みられるようになり、C系ポリウレタン樹脂塗装とした経緯がある。この塗装仕様の変遷は、再塗装の時点で防食性能が最も優れている塗装系を採用してきた結果である。しかしながら、腐食進行を抑制することはできず、平成年度に入る頃には、下横構の取替えやトラス床組み系および主構造の一部に、当て板などの補強工事を実施することとなった。これに合わせて、従来の塗装系を抜本的に見直すこととなり、新たに「長期防錆型の塗装系」として、上塗りの中塗りにふっ素系塗料を使用し、下地処理にブラスト工+塗装にエアレスプレーを使用した塗装システムと超厚膜塗装システムを採用することとなった。

#### (1) 塗装の変遷

銚子大橋の過去の塗装履歴（変遷）を図-4に示す。

#### (2) ブラスト処理が難しい構造であったこと

平成3年からの足掛け「3ヵ年」に及ぶ長期防錆型の再塗装は、「下地に残る塩分除去」が最も重要であるとの判断で1種ケレンの採用を第1に検討した。本橋はトラス構造のため、部材数・接合部が多いこと、部材面積が小さいこと、部材空間が多いことなど、1種ケレンの「サンドブラスト」の適用性には課題が多かったものの、施工は可能と判断され実施することになった。しかしながら、足場工や防塵・飛散防止のための密閉設備の設置、また、集塵機、コンプレッサー、発電機、ブラスト材等の資機材置き場の確保などの面で工事費が高いため、予算の関連から3年間で全面積の再塗装は困難であることが判明した。このため、1スパンのみブラスト処理でおこない、残りのスパンは代替案として過去に試験施工がされて良好な防錆機能が発揮されていた「超厚膜塗装」（3種ケレン）を採用することとなった。表-1にブラスト処理の留意点を示

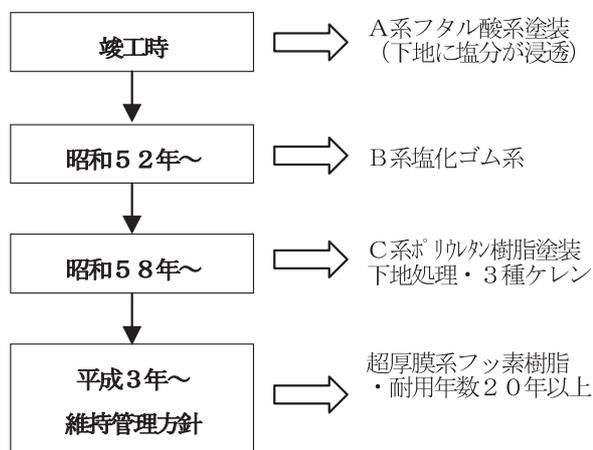


図-4 塗装の変遷

表-1 ブラスト処理の留意点

課題	着眼点	内容
下地	鉛丹系 (毒性)	・ブラスト処理の場合、下地の鉛丹の毒性を処理するために、集塵機つきのブラストで、下地を回収することになる。
金属面	塩分 孔食	・塩害特有の孔食により、かさ状（層状）の錆が存在するため、ブラスト処理の事前処理としてハンマリングを実施する必要がある。
トラス構造	格点部	・ガセットプレートなどの板と板との取り合い部のブラスト処理し難い箇所が多く、入念な処理が必要である。

すが、塩害劣化した鈹桁や箱桁構造では、ブラスト処理とエアレスプレー塗装による機械化施工は適用性の高い工法と考えられる。

#### (3) 平成12年段階の橋梁の評価

平成6年の活荷重変更や平成7年の阪神大震災などから、道路橋の荷重に関する技術基準が引き上げられ、銚子大橋に関しても、こうした視点で現状評価を行うこととし、その概要は表-3に示すとおりである。腐食劣化の著しい上部工の鋼部材についての検討フローを図-5に示す。ここで、算定応力度の超過による判断指標の20%は、応力頻度測定要領（案）<sup>1)</sup>における既設橋梁の25tf化対策の考え方を満たすように設定した。

##### 1) 算定応力度による評価

損傷調査により、上部工鋼部材は部材平均2mmもの減厚となっている。このデータをもとに、とくに損傷の著しいトラス部において構造解析を行った結果、

表-2 銚子大橋の現状評価（平成12年）

	評価	状態	対策	
道路機能	交通量飽和	平日12時間交通量が2万台を越え、1日の交通量は3万台とも予測できる。8km上流の利根かもめ大橋供用開始後（H12～）も交通量は横ばいであり、朝夕のラッシュ時には橋梁上に渋滞が発生する。	計画的補強	
	自転車歩行者道が無い	学生を中心に約400台の往来があるが、有効幅員7mで、歩道がないため、接触事故等の報告もある。		
橋梁構造	耐震性の欠如	供用期間中に発生する確率は低いが、大きな地震（レベルII）に対する対策がなされていない。		緊急的対策
	耐荷力不足	通過交通に対する規制（大型車規制）を行っているが、徹底されておらず、部材への過大断面力発生の原因ともなっている。		
損傷状況	上部工鋼部材の腐食減厚	鉸桁桁端部・トラス部において孔蝕箇所を確認、部材平均2mmもの減厚となっている。トラス上横構は断面欠損が著しく、破断落下による第三者被害が懸念される。		
	塗膜の劣化	H4～6に行われた再塗装はH3開催の再塗装委員会において保証期間を15年とした再塗装を考えない最後の塗装で、既に7～9年が経過している。再塗装時に完全なケレンを行っていない超厚膜塗装の部材は、塩分が内在し、塗装内面から腐食が進行し腐食膨張により、塗膜が破れている箇所が随所に存在する。		
	下部工塩害	下部工コンクリートは鉄筋の腐食環境を示す塩分濃度を有し、表面付近は中性化も確認できたが、かぶり確保されているため、鉄筋の腐食までには至っていない。		
	支承機能不良	可動支承においては、移動した形跡が確認できず、上部工・下部工への過大な断面力の発生の一因となっている。		

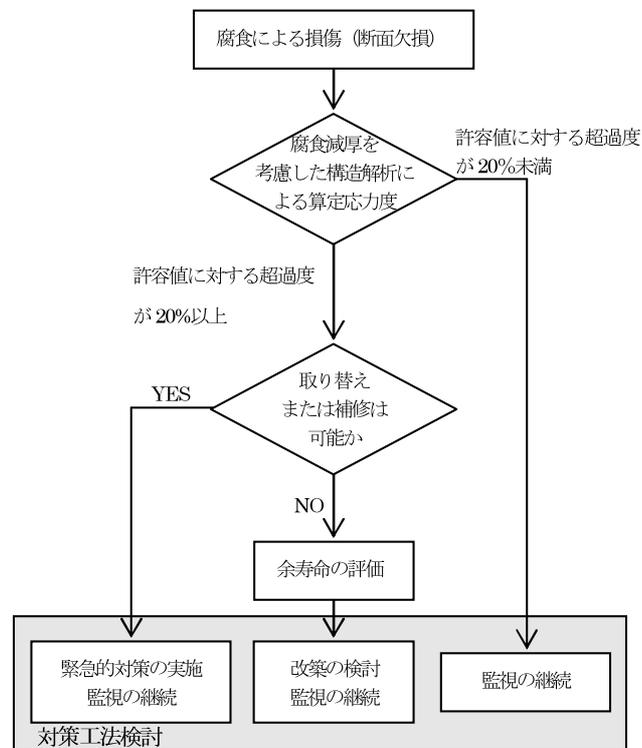


図-5 損傷箇所対策検討フロー

表-3 トラス部の応力の超過度

部位	算定応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	許容応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	超過度 (%)
上弦材	139	99	40
下弦材	149	140	6
斜材	107	80	34

$$N_{year} = \frac{k}{m} \left( \frac{\Delta\sigma_f}{X} \right)^3 \dots\dots\dots(式-1)$$

- ここで、
- $N_{year}$  : 疲労余寿命 (年)
  - $k$  : 構造物係数 (2.25)
  - $m$  : 1車線あたりの日大型車交通量 (850台/day)
  - $\Delta\sigma_f$  : 基本許容応力範囲 (N/mm<sup>2</sup>/台)
  - $X$  : 応力有効縦距 (N/mm<sup>2</sup>)

算定応力度が、各主要部材において許容応力度に対し6～40%超過していることを確認した（表-3）。

2) 余寿命の推定

部材は各所に孔蝕箇所を有し、取替えの必要性が指摘されるが、本橋の架橋位置が河川内で航路が横断し、路面高も高くベントなどの仮支持も現実的でないため、ワレントラス部の部材取替えは困難である。

そこで、これらの部材に対し、算定応力度と溶接接合部疲労の2つの観点から、本橋における対策時期推定の参考とすることを目的に、余寿命評価を行った。算定応力度による余寿命の推定法は、昭和61年の腐食量調査と今回の調査結果により鋼部材の腐食減厚曲線を推定し、算定応力度が鋼材の降伏点に達する時期を

寿命とした。疲労余寿命の推定は、腐食量および交通量が現状を維持すると仮定し、溶接部の繰り返し荷重による疲労寿命を式-1<sup>2)</sup>に示す算定式に基づき推定した（図-6）。

この結果、トラス部斜材については、算定応力度からの余寿命が13年（H12～H25）、疲労余寿命が27年

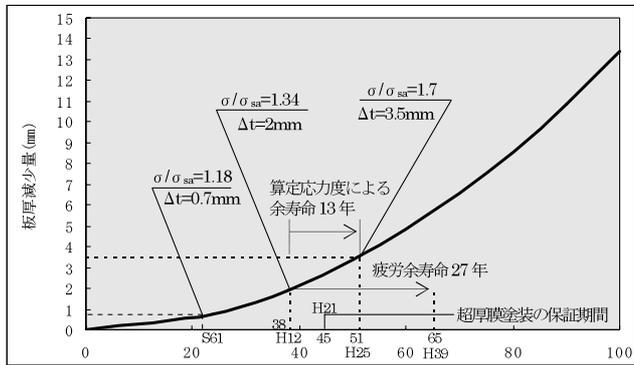


図-6 余寿命の推定（トラス部斜材）

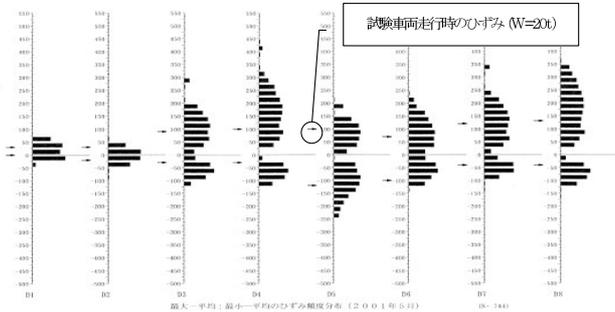
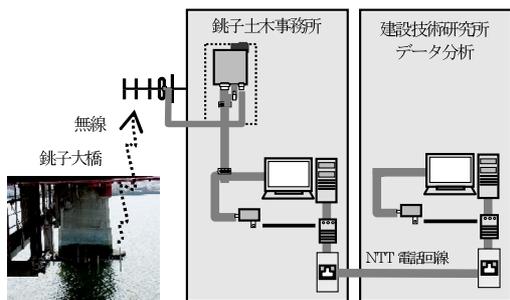


図-8 橋梁モニタリングの概要

(H12～H39) と推定された (図-6)。また、平成4～6年に行った超厚膜塗装も15年 (H6～H21) の保証期間を同時期に迎えるため、トラス主要部材の取替えが困難な状況において、今後10年程度を目途に改築を前提とした対策を講じる必要があるとの結論に達した。

#### (4) 橋梁モニタリング

最も厳しい応力環境の部位を選定して、事務所で24時間の橋梁モニタリングによるデータ確認のできる体制が検討された。

初年度の記録データは、温度ひずみによる変動が顕著に現れ、異常値の判断とされる閾値を調整したが、次年度以降には、ひずみゲージ本体の劣化が進み、ゲージの保証期間とされる10年より短命でゲージがダウンするなどの事態を引き起こした。これは、その都度、

対応に追われることとなり、5年以内に、ほとんどのゲージや接続部品が塩害によりダウンすることとなった。

当初の目論見としては、モニタリングにより危機的な状況確認ができると予想したが、逆に、危機感を増幅させるなど、様々な反省すべき知見が得られた。

ラテラル交換工事の際に、橋のモニタリングに試行した「光ファイバーセンサー」は、比較的寿命の長いセンシングが可能というもので、架設時モニターとして活用している。橋梁モニタリングを開始した段階では、ゲージの種類の中で耐久性の高いタイプを採用し、外部面のコーティングも2重3重の防護をしたが、数年でダウンするという失敗をしてしまった。ゲージがダウンすると閾値を超過して、警戒状態となるが、現場に急行すると、ゲージのダウンに原因があったもので、事務所の皆さんには、大変な迷惑をお掛けした。厳しい塩害を受けた橋梁は、多く存在しているが、長期的なモニタリングの技術は、未だ、不十分な技術段階にあり、前兆を捕えるべく、研究途上の技術である。また、危機管理マニュアルについても、想定外の事項などもあり、毎年、一部の追加や修正など、様々な細目の検討をおこなっている。

#### (5) 銚子大橋・連絡協議会の設立

千葉県銚子土木事務所長を会長とする銚子大橋連絡協議会を設立して、「銚子大橋管理マニュアル」を作成している。これは、大地震等、本橋の異常時の対応を想定した危機管理マニュアルであり、

- A：異常時の連絡体制・対応措置
- B：補修工事実施など交通処理に関する措置
- C：その他

の3つの協議事項を定めている。

通常の維持管理項目に加えて、震度5以上の非常時の参集や交通運用・電気・ガス・水道などのインフラ関連の連絡網を整備するもので、当該地域における本橋の「危機管理体制」の強化を図るものとなっている。

防災訓練のため、一時的な迂回措置として「利根かもめ大橋」への連絡や異常時点検の効果的な実施など、様々な検討を実施している。毎年、5月に総会を実施しており、本橋の定期点検の報告や新橋の架橋の進捗

報告などがなされている。

本橋においては、20tf荷重の制限を強化し、応力超過のある引張斜材を補強し、上弦材・ラテラルの一部交換など、万全の措置を取りつつも、なお、この種の会議を開催して、危機管理の体制としている。

#### (6) 課題など

橋梁の余寿命の推定は、現状において、決定論的な「数値」とならず、「あと何年？」という答えには「悲観的な回答」を出さざるを得ない。というのも、楽観的な数値を示した場合の危機管理の意識低下にあるからである。工学分野に主観的な判断は許されないことと考えるものであるが、主観的な判断にも「悲観と楽観」の両面からの推定が必要と思われる。

## 4 まとめ

鋼材腐食に塩分（Clイオン）の関わる影響は、直接化学反応に現れるものでなく、一種の触媒作用といえる。塩分の関わる赤錆は、鋼材の孔食・層状錆とな

り、著しい「腐食減厚」を引き起こすこととなる。

超厚膜のフッ素樹脂塗装は、鋼材の下地にある塩分の完全な除去のできる場合には有効であるが、ブラスト処理が実施されていない超厚膜塗装の場合では、課題の残るものとなった。塗膜のほとんどは健全であるが、これに隠された部材の腐食進行は、安全管理という観点からは、もう一步の工夫が必要である。塩分を含む赤錆部分を黒錆に安定化させる手法として、亜硝酸系のもや日本パーカライジングの防錆剤などが市販されてきているが、それらの有効性についても、検討する余地があろう。

現在、急ピッチで進められている「新橋」の一刻も速い完成を待つものである。

#### 【参考文献】

- 1) 応力頻度測定要領(案)；(財)道路保全技術センター，平成8年3月
- 2) 鋼橋の防蝕・LCC部会資料；日本鋼構造協会，2001/2/27

# 横浜ベイブリッジ塗り替え塗料暴露試験

青木 敬幸\*

## 1 はじめに

横浜ベイブリッジは、横浜港の玄関口に東京湾岸道路の一部として平成元年9月27日に供用された。塗装仕様は、海上部に位置する橋梁であるため全工場塗装でのR-C塗装系（ポリウレタン樹脂塗料）が採用された。完成後20年以上が経過しており白亜化は進行しているが建設時に十分な施工品質が確保されたため剥離・錆等特に目立った塗装の損傷は発見されていない。

本文は、完成後20年以上経過した横浜ベイブリッジを塗り替えるにあたり、長期間にわたり防錆性及び景観性を保持できる最適な塗料を選定するために暴露試験を実施中であり開始1年後の中間結果がまとまったので報告するものである。

## 2 目的

最近、しゅん功後5年程度で塗膜剥離等の損傷事例が多く見受けられるようになってきた。損傷状況の一例を写真2-1に示す。



写真2-1 塗装損傷状況

損傷原因としては材料である塗料に起因するものと施工に起因するものの二つに分けられるが、塗料に起因するものについては規格に適合した塗料を使用していることより除外され、きちんと施工管理がなされているが他に起因するものがないので施工に起因するものとして、あるいは原因不明として処理されている

のが現実である。しかしながら、塗料においても施工に対する許容幅の狭いものがあり許容範囲内の施工ムラにより損傷が起きた可能性もあると思われる。また、当社においては塗料規格に適合した塗料に有効期限という概念がないため一度適合するといつまでも使用できるうえに、適合したものと真に同等であるという確認をしていないのが現状である。

昨今の高年齢化に伴う熟練工の不足が懸念される中、少しでも性能のよい塗料を使用し材料・施工トータルでの塗装の品質を良くしたいと考えている。そのため、塗料規格への適合性の再確認を行うために暴露試験を、適合塗料と同等であることの照合を行うために赤外吸収スペクトルの測定を行う。

## 3 塗料選定

暴露する塗料は、首都高速道路(株)塗料規格（SDK規格）の代表的な塗料として9種類、塗料会社より推奨された塗料として2種類を選定した。また、塗料は首都高速道路鋼構造物の塗料として多く納入実績のある代表的な6社より購入した。選定塗料を表3-1に示す。

表3-1 選定塗料

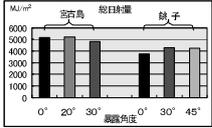
塗料の種類		首都高速規格番号	
耐候性塗料	低汚染形ふっ素樹脂塗料 上塗り	F1	SDK P-434
	低汚染形ふっ素樹脂塗料 中塗り	F2	SDK P-423
	ふっ素樹脂塗料 上塗り	F3	無し
	厚膜形ポリウレタン樹脂塗料 上塗り	U	SDK P-432
	厚膜形シリコン変性エポキシ樹脂塗料 上塗り	Si-E	SDK P-433
	シリコン変性アクリル樹脂塗料	Si-A	無し
防錆性塗料	無機ジンクリッチペイント	IZ	SDK P-411
	有機ジンクリッチペイント	H-OZ	SDK P-412
	エポキシ樹脂塗料下塗り	E(S)	SDK P-413
	厚膜形エポキシ樹脂塗料下塗り	E-130	SDK P-417
	変性エポキシ樹脂塗料	MD-E	SDK P-414

## 4 暴露地

暴露地としては、実橋暴露として横浜ベイブリッジ主塔上部水平横梁上、およびSDK規格の認定暴露試験場として多く使用されている(財)日本ウェザリングテストセンター千葉県銚子暴露場、(財)日本塗料検査協

\* 首都高速道路(株) 神奈川管理局 保全設計第一グループ

表4-1 暴露地の環境条件および暴露角度決定理由

暴露地	環境条件	暴露角度	設置角度の決定理由
実橋 横浜ベイブリッジ 主塔上部水平横梁上	紫外線照射量が多い 飛来塩分多い 風が強い	垂直	事前に実橋の塗装劣化部調査を行なったところ、主塔垂直部の塗膜劣化(白亜化)が多く確認された為に垂直暴露とした。
(財)日本ウェザリングテストセンター 千葉県銚子暴露場	SDK規格試験の暴露耐候性試験の主な実施場所 JIS塗料規格試験の指定場所 海岸から約4kmの内陸地 日本の標準的暴露地	30°	塗料の耐候性試験場として(財)ウェザリングテストセンターの千葉県銚子暴露場が一般的であり、日本での標準的環境とし多くの暴露試験に利用されている。この暴露場は、首都高速道路規格、JIS規格の耐候性試験にも利用されており、関東地方・近畿地方では暴露角度を水平に対して約30°と記載されている。 引用文献、JIS K 5400 9.9 耐候性
(財)日本塗料検査協会 静岡県御前崎暴露場	海岸から約100m 飛来塩分多い 風が強い	水平	首都高速道路規格のうち、塗料の防錆性試験は主に(財)日本塗料検査協会の静岡県御前崎暴露場で行っている。よって、現在の試験条件と統一し暴露角度は水平とした。
(財)ウェザリングテストセンター 沖縄県宮古島 (内陸・海岸)	(内陸) 海岸から約2kmの内陸地 紫外線照射量が多い (海岸) 海岸から約8m 紫外線照射量が多い 飛来塩分多い	水平	暴露角度(0°、20°、30°)による総日射量(1998年)を比較し、3条件間に差が無いことから御前崎暴露場と同様な暴露角度0°とした。 

会御前崎暴露場を選定した。なお、実橋での暴露環境が関東近県の公的機関暴露場の環境よりも厳しいことを想定して(財)日本ウェザリングテストセンター沖縄県宮古島(内陸・海岸)暴露場を参考暴露場として選定した。暴露地の立地条件および暴露角度選定理由を表4-1に暴露地の状況を写真4-1から4-5に示す。



写真4-1 実橋主塔部上部水平横梁上



写真4-2 千葉県銚子暴露場



写真4-3 静岡県御前崎暴露場



写真4-4 宮古島暴露場(内陸)



写真4-5 宮古島暴露場(海岸)

## 5 暴露期間および調査項目

暴露期間は、耐候性塗料については膜厚の減少率を算定し塗替え時期の予測をするため10年間、防錆性塗料については当社の土木材料共通仕様書(平成16年8

月制定)の規定により2年間とした。暴露は上記仕様書の規定により平成18年10月より開始した。

暴露試験の調査項目は上記仕様書により以下の通りとしたが、観察の時期については6ヶ月毎とした。

- 1) 耐候性塗料については、①塗膜の外観(目視)②色差③光沢残存率④白亜化⑤塗膜厚の測定の5項目とした。
- 2) 防錆性塗料については、⑥塗膜の外観(目視)の1項目とした。

なお、現場で使用する塗料が塗料規格に適合した塗料と同等であるかの照合に使用する赤外吸収スペクトルについては全ての塗料について測定したが誌面の都合により省略する。

## 6 調査結果

### ①耐候性塗料の塗膜の外観(目視)

暴露開始後6ヶ月、1年の調査で塗膜に劣化(さび)を認めたのはB社の低汚染形ふっ素樹脂塗料(F1)、ふっ素樹脂塗料(F3)の2仕様のみであり、銚子暴露場と宮古島暴露場(内陸・海岸)で確認された。塗膜の一般部にさびが発生したB社の試験板写真を写真6-1に示す。

この2仕様は共に下塗りとして1層目に無機ジンクリッチペイントを塗装しており、目標膜厚は250μmと厚く下地のプラスト鋼板から錆が発生しているとは考えにくく現在のところ原因は不明である。

また、実橋で暴露している試験板では特に大黒側(北北東面)は汚れが非常に目立っており、光沢値、測色値へも大きく影響していると考えられる。汚れの成分についてJIS K 0117:2000赤外分光分析通則に準じ定量分析を行った結果、付着物の成分は主にC(カーボン)等の粉塵であり、油分、樹脂分などの有機成分

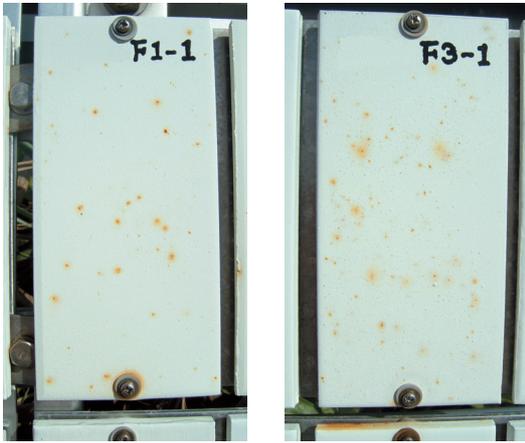


写真6-1 B社暴露板宮古島（海岸）劣化状況



写真6-2 本牧側（南南西面）暴露試験板全景



写真6-3 大黒側（北北東面）暴露試験板全景

は検出されなかった。汚れ具合の比較とし、本牧側暴露試験板（南南西面）全景を写真6-2に、大黒側（北北東面）暴露試験板全景を写真6-3に示す。

## ②耐候性塗料の色差

各暴露地と各種塗料を比較した色差（ $\Delta E$ ）の結果を表6-1に示す。

表6-1 色差（ $\Delta E$ ）

暴露地	低汚染形 ふっ素樹 脂塗料 (F1)	厚膜形ホ リウタン樹 脂塗料 (U)	ふっ素樹 脂塗料 (F3)	厚膜形シリ コン変性エ ポキシ樹脂 塗料 (Si-E)	シリコン変性 アクリル樹 脂塗料 (Si-A)
実橋(本牧側)	0.6~3.8	3.6~11.0	1.1~5.8	5.2	3.5
(大黒側)	1.4~3.0	6.3~9.3	1.6~9.5	10.3	5.4
銚子	1.3~2.4	2.5~9.3	2.3~3.8	-	-
宮古島(内陸)	0.7~1.5	2.3~4.2	1.4~5.5	1.0	2.2
(海岸)	0.7~1.6	1.6~3.5	1.2~3.0	-	-
規格値	10以内	10以内	10以内	10以内	10以内

※宮古島については参考値である

暴露開始後僅か1年である事より色差から推定される塗膜劣化は認められない。暴露地では、実橋での色差が比較的大きく認められた。原因として塗膜の外観で報告したように「汚れ」が影響していると思われる。

比較的清れが少ない銚子暴露場、宮古島暴露場の結果より、低汚染形ふっ素樹脂塗料が優れていた。

## ③耐候性塗料の光沢残存率

各暴露地と各種塗料を比較した結果を表6-2に示す。

表6-2 光沢残存率

暴露地	低汚染形 ふっ素樹 脂塗料 (F1)	厚膜形ホ リウタン樹 脂塗料 (U)	ふっ素樹 脂塗料 (F3)	厚膜形シリ コン変性エ ポキシ樹脂 塗料 (Si-E)	シリコン変性 アクリル樹 脂塗料 (Si-A)
実橋(本牧側)	75%~102%	74%~95%	89%~108%	75%	79%
(大黒側)	76%~116%	84%~96%	92%~116%	70%	80%
銚子	50%~71%	57%~68%	66%~75%	-	-
宮古島(内陸)	64%~84%	46%~70%	67%~85%	68%	67%
(海岸)	67%~85%	40%~75%	72%~88%	-	-
規格値	60%以上	30%以上	60%以上	30%以上	30%以上

※宮古島については参考値である

色差同様に塗膜劣化による大きな光沢低下は認められず、各種塗料間での大きな差も認められない。但し、白亜化試験結果で白亜化を認めた事より塗膜劣化が僅かではあるが進行していると思われる。

## ④耐候性塗料の白亜化

各暴露地と各種塗料を比較した結果を表6-3、6-4に示す。

表6-3 白亜化

暴露地	低汚染形 ふっ素樹 脂塗料 (F1)	厚膜形ホ リウタン樹 脂塗料 (U)	ふっ素樹 脂塗料 (F3)	厚膜形シリ コン変性エ ポキシ樹脂 塗料 (Si-E)	シリコン変性 アクリル樹 脂塗料 (Si-A)
実橋(本牧側)	0点	0点	0点	0点	0点
(大黒側)	0点	0点	0点	0点	0点
銚子	0点	1~2点	0点	-	-
宮古島(内陸)	1~2点	1~2点	1~2点	1点	1点
(海岸)	1~2点	2~3点	1~2点	-	-
規格値	1点以下	2点以下	1点以下	2点以下	2点以下

※宮古島については参考値である

表6-4 白亜化による不適格社数

暴露地	低汚染形 ふっ素樹 脂塗料 (F1)	厚膜形ホ リウタン樹 脂塗料 (U)	ふっ素樹 脂塗料 (F3)	厚膜形シリ コン変性エ ポキシ樹脂 塗料 (Si-E)	シリコン変性 アクリル樹 脂塗料 (Si-A)
実橋(本牧側)	なし	なし	なし	なし	なし
(大黒側)	なし	なし	なし	なし	なし
銚子	なし	なし	なし	-	-
宮古島(内陸)	1社	なし	2社	なし	なし
(海岸)	3社	2社	3社	-	-

※宮古島については参考値である

銚子暴露場で厚膜型ポリウレタン樹脂塗料（U）に白亜化1~2点を認めたが暴露1年目現在適合である。また、環境が厳しい沖縄宮古島（内陸・海岸）では全ての塗料で白亜化を認めた。

⑤防錆性塗料の塗膜の外観（目視）

土木材料共通仕様書の品質規格試験に準じ、試験板の一般部及びカット部について塗膜の外観「さび、ふくれ、われ、はがれ」の劣化を目視にて調査し評価を行った。各暴露地と各種塗料を比較した結果を表6-5、6-6に示す。

表6-6 概観（目視）による不適格社数

暴露地	無機ジnkリッチペイント (IZ)		有機ジnkリッチペイント (H-OZ)		エポキシ樹脂塗料 (E(S))		厚膜形エポキシ樹脂塗料 (E-130)		変性エポキシ樹脂塗料 (MD-E)	
	一般部	カット部	一般部	カット部	一般部	カット部	一般部	カット部	一般部	カット部
実橋(本牧側)	なし	なし	1社	1社	なし	なし	なし	なし	なし	なし
(大黒側)	なし	なし	なし	2社	なし	なし	なし	なし	なし	なし
御前崎	なし	なし	2社	3社	なし	なし	1社	なし	なし	2社
宮古島(海岸)	なし	なし	2社	4社	なし	なし	1社	なし	なし	5社

※宮古島については参考値である

表6-5 概観（目視）の結果

暴露地	暴露期間	無機ジnkリッチペイント (IZ)		有機ジnkリッチペイント (H-OZ)		エポキシ樹脂塗料 (E(S))		厚膜形エポキシ樹脂塗料 (E-130)		変性エポキシ樹脂塗料 (MD-E)	
		一般部	カット部	一般部	カット部	一般部	カット部	一般部	カット部	一般部	カット部
実橋(本牧側)	6ヶ月	劣化なし	劣化なし	劣化なし	劣化なし	劣化なし	劣化なし	劣化なし	劣化なし	劣化なし	劣化なし
	1年	劣化なし	劣化なし	F社:サビ(8点)	A社:フクレ(1.4mm) B社:フクレ(0.8mm) D社:フクレ(0.5mm) F社:フクレ(0.5mm)	劣化なし	劣化なし	劣化なし	劣化なし	劣化なし	劣化なし
(大黒側)	6ヶ月	劣化なし	劣化なし	劣化なし	劣化なし	劣化なし	劣化なし	劣化なし	劣化なし	劣化なし	劣化なし
	1年	劣化なし	劣化なし	劣化なし	A社:フクレ(1.1mm) B社:フクレ(1.1mm) C社:フクレ(0.5mm) D社:フクレ(0.7mm) F社:フクレ(0.6mm)	劣化なし	劣化なし	劣化なし	劣化なし	劣化なし	劣化なし
御前崎	6ヶ月	劣化なし	劣化なし	劣化なし	劣化なし	劣化なし	劣化なし	劣化なし	劣化なし	劣化なし	劣化なし
	1年	劣化なし	劣化なし	C社:サビ(8点) F社:サビ(8点)	A社:フクレ(7.2mm) C社:サビフクレ(2.2mm) F社:サビフクレ(4.0mm)	劣化なし	劣化なし	B社:サビ(6点) 7レ(C4点)	劣化なし	A社:7レ(C4点)	A社:フクレ(1.2mm) B社:フクレ(4.3mm) C社:フクレ(0.5mm) D社:フクレ(2.1mm) E社:フクレ(0.5mm) F社:フクレ(1.0mm)
宮古島(海岸)	6ヶ月	劣化なし	劣化なし	F社:サビ(8点)	A社:フクレ(3.0mm) B社:フクレ(2.5mm) C社:フクレ(2.0mm) F社:フクレ(3.0mm)	劣化なし	劣化なし	劣化なし	劣化なし	劣化なし	B社:フクレ(2.0mm) D社:フクレ(2.0mm)
	1年	劣化なし	劣化なし	C社:サビ(7点) F社:サビ(5点)	A社:サビフクレ(11.6mm) B社:サビフクレ(7.6mm) C社:サビフクレ(2.6mm) F社:サビフクレ(5.2mm)	劣化なし	D社:フクレ(1.5mm)	B社:サビ(5点)	B社:フクレ(1.0mm)	劣化なし	A社:フクレ(9.4mm) B社:フクレ(8.4mm) C社:フクレ(2.8mm) D社:フクレ(3.9mm) E社:フクレ(1.5mm) F社:フクレ(2.4mm)
規格値	一般部	劣化があってはならない									
	カット部	サビ・フクレ幅:1.0mm以下		サビ・フクレ幅:1.0mm以下		サビ・フクレ幅:2.0mm以下		サビ・フクレ幅:2.0mm以下		サビ・フクレ幅:2.0mm以下	

※宮古島については参考値である

御前崎暴露場では、試験板の一般部において有機ジnkリッチペイント (H-OZ) でC社、F社にさびを認め、厚膜形エポキシ樹脂塗料 (E-130) ではB社にさびとわれを、変性エポキシ樹脂塗料 (MD-E) ではB社の試験板にさびとわれを認めた。また、実橋上部水平梁では、A社の有機ジnkリッチペイント (H-OZ) にさびを認めた。なお、一般部の評価は試験板のエッジ部(約1 cm)を除いて評価を行った。

代表的な劣化写真を写真6-4に示す。

7 おわりに

今回の暴露試験において、SDK規格に適合している代表的な塗料を選んでいるにもかかわらず、防錆性塗料において暴露開始1年目で想定以上の事象(防錆性塗料で現場施工可能な塗料4種類中3種類、代表的な塗料会社6社中4社の防錆性塗料が規格に不適合)が起こった。今現在、規格に適合し通常の塗替え塗装に使用されている塗料が、一回のある2年間の暴露試験で不適合になるという事象が正しいのかどうかは色々議論のあるところではあるが、このままでは不適合となった塗料は使用できなくなり、横浜ベイブリッジの

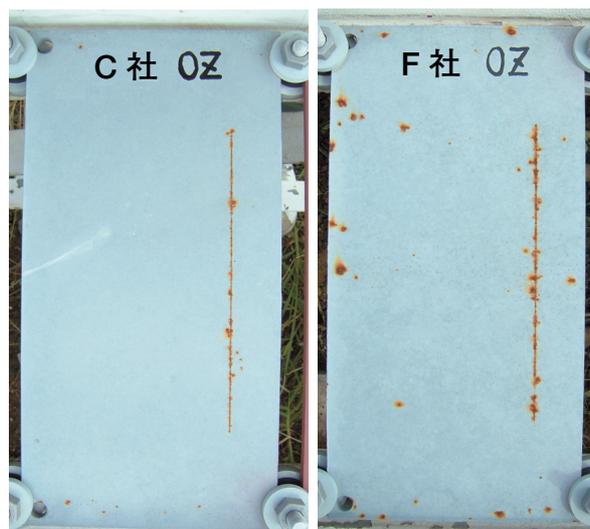


写真6-4 御前崎暴露場試験板劣化状況

塗替え用塗料の供給会社が限られるあるいは無くなるという事態となるため、1年目で不適合となった塗料および2年目に不適合となる可能性のある塗料については、それぞれの塗料会社に通知し再暴露試験の依頼をしたところである。

# 最近の 橋梁保全マネジメント

片脇 清士\*

## 1. まえがき

橋を保全する手順やしぐみが大きく変わってきた。たとえば、直轄の橋梁においては5年ごとに定期点検が始まっており、近く地方自治体においても点検が始まろうとしている。同時に、点検結果をもとにした橋梁マネジメントシステム（BMS）の本格的な運用も始まろうとしている。

道路管理者はもちろんこれらの動きを承知されているが、塗装工事の受注者も道路橋をまもるプロフェッショナルの一人として、橋の管理が、橋の保全がどのようになされているか、いま橋梁保全マネジメントを良く理解しておくことが有用であろう。

塗装工事関係者に関連する最近の動きをいくつか紹介したい。

## 2. 道路橋ストック

道路橋は約14万6千橋あるとされる。管理者別で分類すると、高速道路及び直轄国道で1万8千橋（12%）、都道府県管理が4万4千橋（30%）、市町村管理が8万4千橋（58%）で、大半の橋梁（88%）を地方公共団体が管理している。（図-1）

道路橋の橋齢について見ると、高度成長期に建設された橋梁の割合は全橋梁の約40%を占めている。一般道路における全橋梁14万橋のうち、建設後50年以上たつものは、2006年度で6%（8900橋）、10年後の2016年度では20%（28400橋）、20年後の2026年度では47%（66300橋）を占める。

建設後50年以上経過した橋梁は、20年後には現在の約17倍に達し、高齢化が今後集中的に進むことになる。過去の架け替え実績や単価を参考に試算すると、直轄国道に現存する橋梁約19,000橋のうち、2020年頃のピーク時には年間800橋が更新対象となり、その更新費用として約5,600億円が必要となる。これだけでも、現在の直轄国道の維持・修繕に係る予算全体の2.6倍に相当し、対応が不可能な状況が発生するとされる。しかもちょうどいまのわが国は米国の1970年頃の状況と類似しているといわれる。（「道路橋の予防保全に向けた有識者会議資料、国土交通省道路局、2007年10月）

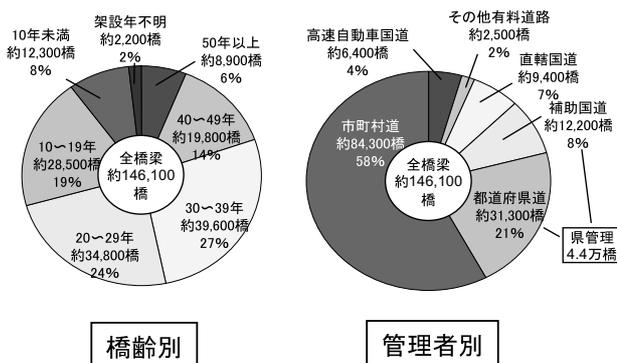


図-1 道路橋の現状（国土交通省道路局）

## 3. 点検の現状

橋梁管理ではまず点検を基本としている。

### (1) 直轄国道における点検

直轄国道の場合は、昭和63年（1988年）に点検要領を策定し、10年ごとの定期点検を開始している。

平成16年（2004年）に、5年ごとに点検するように、損傷の進行状況の連続的な指標とその蓄積を目的とした『損傷程度の評価』と、損傷の種類や原因、部材の重要度、損傷の進行状況などを基に点検後の措置を示唆する『対策区分の判定』という二つの評価を行う、改定が行なわれた。供用後2年以内に初回点検を実施し、その後は5年ごとに点検をする。方法は目視によるものですべての部材を肉眼で観察している。腐食、亀裂、ひび割れなど、全体で26種類の損傷の分類に基づいて『損傷程度の評価』を行い、すべての部材について7段階で『対策区分の判定』をし、点検調書に蓄積している。（図-2）

改訂後、これまでに全体の約60%の橋梁で点検が進んできており、その4割程度に「速やかに補修を行う損傷等」があると判定されているようである。

### (2) 地方公共団体における点検

地方公共団体が管理する道路橋（橋長15m以上）133,191橋のうち、過去5年以内に一度も点検が実施されていない橋梁の数は、88,134橋（66%）にのぼる。その内訳は、都道府県管理の橋で1万2,649橋（管理す

\*（財）道路保全技術センター 道路保全技術研究所 工博 技術士（建設部門）

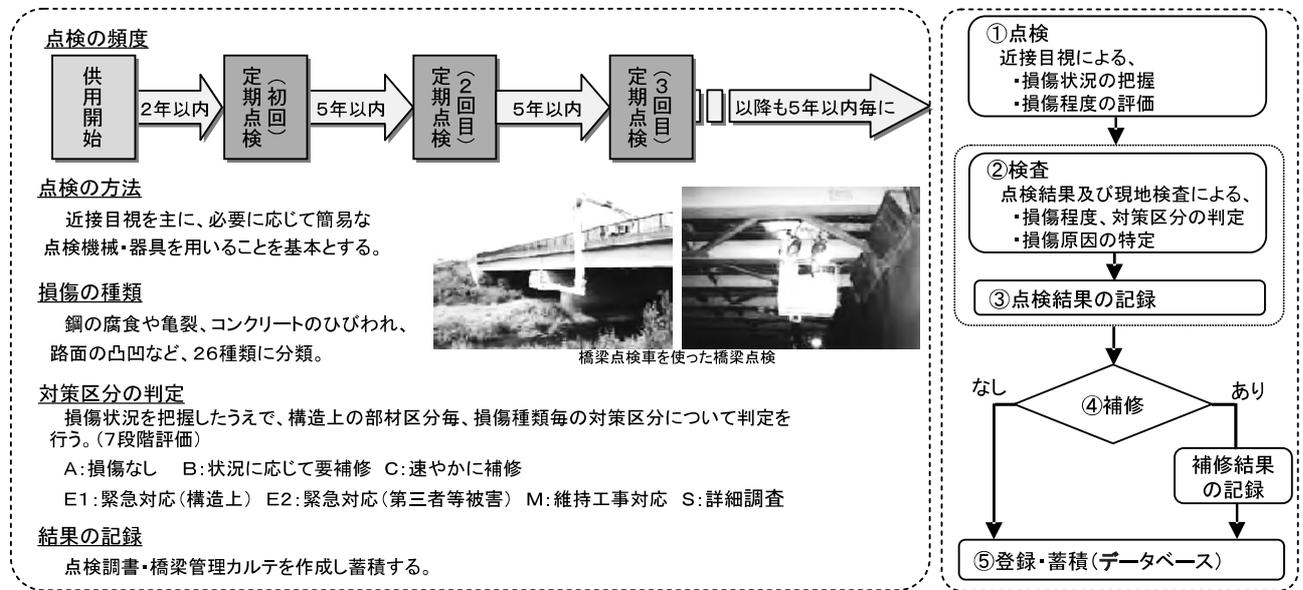


図-2 道路橋定期点検の概要 (直轄橋梁)

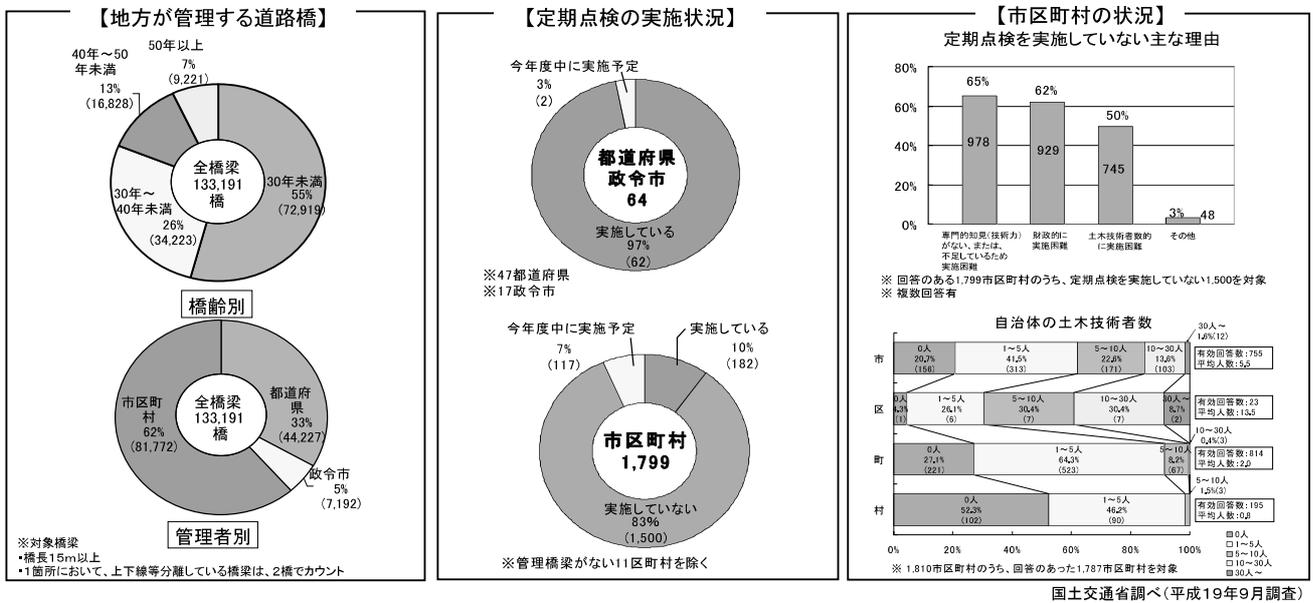


図-3 道路橋定期点検の概要 (地方自治体橋梁)

る44,227橋の約29%)、政令市で3,186橋(管理する7,192橋の44%)、市区町村で72,299橋(管理する81,772橋の88%)である。特に市区町村では、技術力不足、財政的な問題、技術者の人材不足、の3つを主な理由として約83%(約1500の市町村)が定期点検を実施していない。(図-3)

老朽化や損傷などにより通行規制が講じられている橋梁数は、地方自治体監理の橋梁を主に、通行止めが85橋、通行規制、重量制限などの規制が599橋、計684橋となっている。

国土交通省は19年度から5ないし7年間の予定で、地方公共団体への補助事業として長寿命化修繕計画策定事業を行っている。補助国道、主要地方道、そのほか重要な道路ネットワーク上の橋梁を対象に、地方公共団体が橋梁の長寿命化を図るための計画を策定する際の費用の半分を国が補助する。(図-4)

事業の狙いは「老朽橋の増大を近い将来に控え、従

来の対処療法的な修繕や架け替えから、予防保全的な修繕や計画的な架け替えへと、円滑な政策転換を図り、ライフサイクルコストを縮減すること」(国土交通省)であり、計画策定に当たっては、学識経験者などの参画と、計画の公表を条件付けている。ここでいう学識経験者などとは「橋梁の健全度の診断や損傷への対応について工学的な観点から、対策時期や次回の点検時期などを環境条件等から総合的に判断し、計画の立案に對して的確な助言ができる方」である。

補助事業の期間は23年度までの5年間、市町村については25年度までの7年間であり。事後的な修繕や架け替えへの補助は5年後、市町村道については7年後に廃止となる。その後は、この長寿命化修繕計画策定事業、もしくは独自にまとめた長寿命化のための計画に位置づけられた修繕と架け替えのみが補助対象となる。

従来の事後的な修繕及び架替えから、予防的な修繕及び計画的な架替えへと円滑な政策転換を図るため、長寿命化修繕計画を策定する地方公共団体に対して、国が支援(当該計画策定に要する費用の1/2を国が補助)。

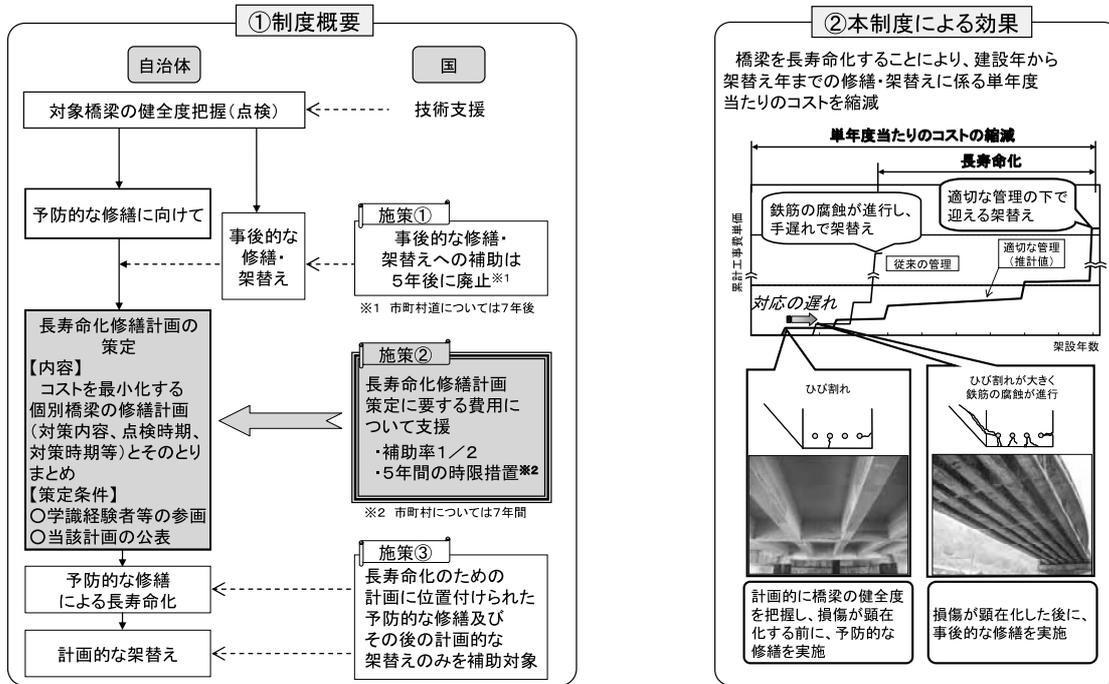


図-4 道路橋を対象とする長寿命化修繕計画策定事業

## 4. 橋梁点検とその種類

### (1) 点検の種類

橋梁点検の種類を図に示す。(図-5)

#### ① 通常点検

通常点検とは、損傷の早期発見を図るために、道路の通常巡回として実施するもので、道路パトロールカー内からの目視を主体とした点検をいう。

#### ② 定期点検

定期点検とは、橋梁の損傷状況を把握し損傷の判定を行うために、頻度を定めて定期的実施するもので、近接目視を基本としながら目的に応じて必要な点検機械・器具を用いて実施する詳細な点検をいう。

#### ③ 中間点検

中間点検とは、定期点検を補うために、定期点検の中間年に実施するもので、既設の点検設備や路上・路下からの目視を基本とした点検をいう。

#### ④ 特定点検

特定点検とは、塩害等の特定の事象を対象に、予め頻度を定めて実施する点検をいう。

#### ⑤ 異常時点検

異常時点検とは、地震、台風、集中豪雨、豪雪等の災害や大きな事故が発生した場合、橋梁に予期していなかった異常が発見された場合などに行う点検をいう。

#### ⑥ 詳細調査

詳細調査とは、補修等の必要性の判定や補修等の方法を決定するに際して、損傷原因や損傷の程度をより詳細に把握するために実施する調査をいう。

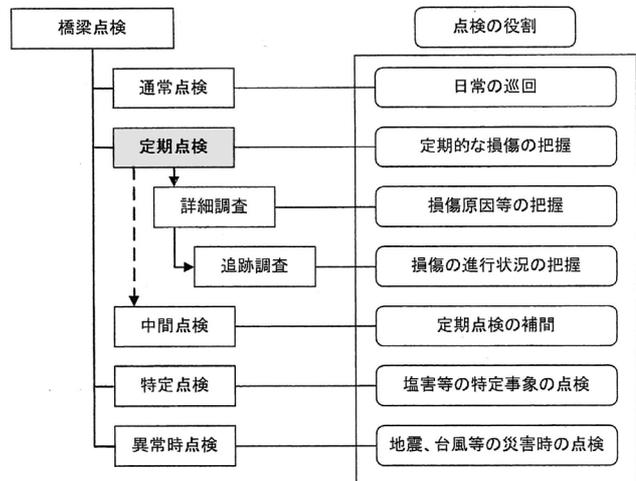


図-5 道路橋点検の種類

#### ⑦ 追跡調査

追跡調査とは、詳細調査などにより把握した損傷に対してその進行状況を把握するために、損傷に応じて頻度を定めて継続的に実施する調査をいう。

### (2) 定期点検の概要

定期点検は、部位、部材の最小評価単位(以下、「要素」という)ごと(主桁の要素:主桁1本ごとに、横桁で区切られた単位)、損傷の種類ごと(たとえば鋼部材の損傷では①腐食②亀裂③ゆるみ・脱落④破断⑤防食機能の劣化)に損傷の状況を把握して損傷程度の評価を行ったうえで、当該損傷を構造上の部材区分あるいは部位ごと、損傷種類ごとに7つの対策区分に判定し、維持や補修・補強の計画を検討するうえで基礎的

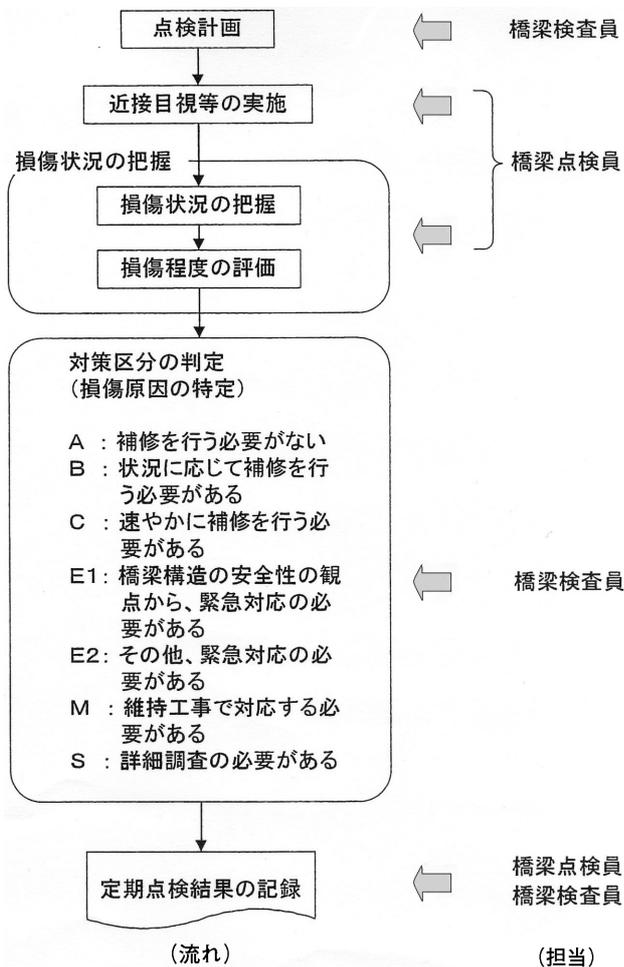


図-6 道路橋定期点検の流れ

な資料を取得するものである。

定期点検は、橋梁点検員（橋梁点検員は、近接目視により橋梁各部材の損傷状況を把握したうえで、損傷程度の評価を行いその結果を記録する）と橋梁検査員（橋梁検査員は対策の必要性について点検で得られる情報の範囲で概略判定し、点検結果から損傷原因の推定に努め補修等の範囲や工法の検討などが行えるよう必要な所見を記録する）により実施される。（図-6）

### 5. 直轄国道における橋梁管理

直轄国道においては、効率的な橋梁維持管理を行うために、定期的な点検から補修補強工事の実施までのマネジメントサイクルを用いている。（図-7）

#### 1) 橋梁点検業務

- ・事務所は橋梁定期点検業務を年度初めに発注し、当該年12月末までの点検結果をとりまとめ（工期中のものは中間成果）成果品を提出させる。
- ・提出された成果品はすみやかに検査業務受託者、更新業務受託者に貸与する。

#### 2) 橋梁検査業務

- ・事務所は橋梁検査業務を年度初めに発注し、貸与した当該年度の点検結果にもとづき、直ちに検査業務を実施させ3月末までに検査結果を提出させる。
- ・事務所は提出された検査結果をすみやかに更新業務受託者に貸与する。

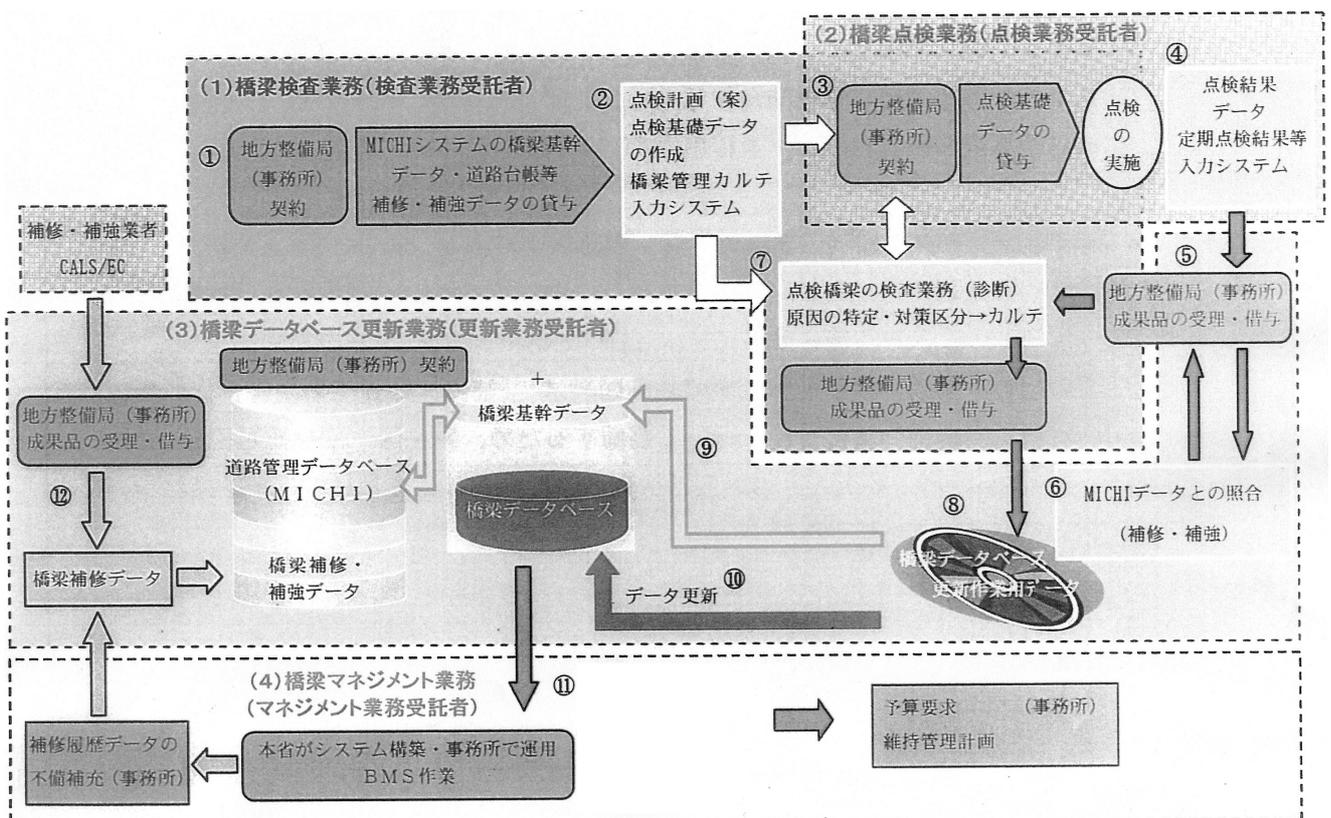


図-7 橋梁マネジメントサイクルの流れ

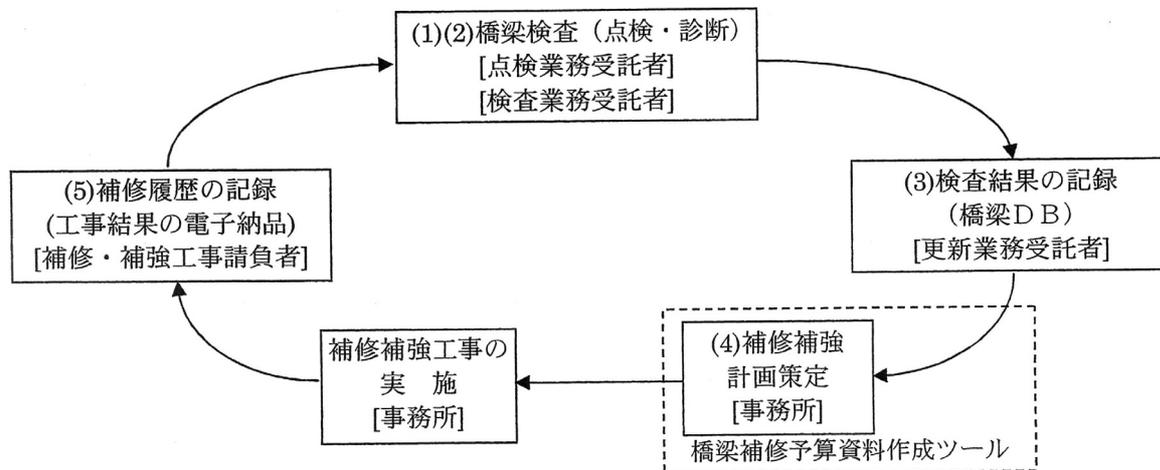


図-8 橋梁マネジメントシステム

### 3) 道路管理データベース更新業務

・事務所は貸与した当該年度の点検結果をもとに、更新業務受託者に橋梁点検データとMICHIデータとの照合を実施させたのち、MICHIデータ更新業務を実施させる。

### 4) 橋梁補修予算資料作成ツールの活用

・事務所の概算要求ヒアリング準備作業までにBMSデータを提出する。

### 5) 補修履歴データ整備

・補修補強工事の結果について電子納品を実施し、補修履歴データベースへの投入を実施させる。  
 ・このため、橋梁の補修補強工事の竣工図書は、「補修・補強工事調書」作成要領に従い定期点検調書の部材番号を用いて整備するため、発注図に部材番号図を添付する。  
 ・事務所（出張所、監督官）は、竣工検査の際に電子納品についても検査する。

## 6. 橋梁マネジメントシステム

### (1) マネジメントのフロー

橋梁マネジメントシステムは定期的な点検から塗装工事、補修補強工事までを効率的に行う支援システムであり、多くの地方整備局において導入が進められている。直轄国道の定期的な点検から補修補強工事の実施までのマネジメントサイクルにおいては橋梁マネジメントシステム（BMS）を用いている。（図-8）

### (2) 対象部材および対象劣化要因

BMSにおいて対象とする橋梁構成部材および、そのうちの主要部材に関する劣化要因、損傷の種類は次のようである。（図-9）

#### 1) 対象部材

##### a) 劣化予測を行う部材

橋梁を構成する主要部材は以下のとおり。

- ・主桁、横桁、縦桁、主構トラス（上・下弦材、斜

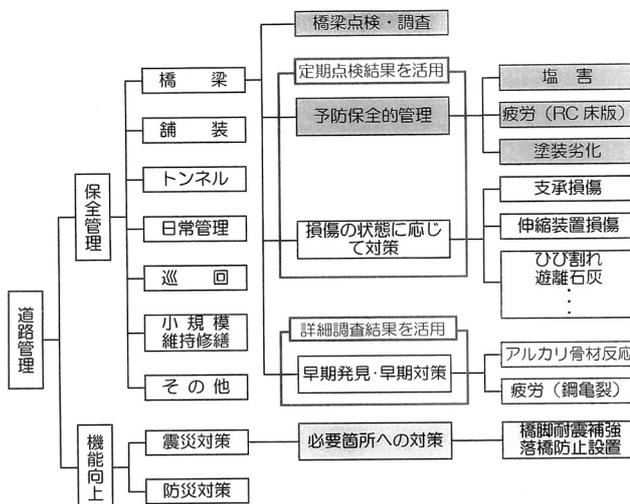


図-9 橋梁マネジメントシステムの対象

- 材、垂直材、橋門構）、アーチ（アーチリブ、補剛桁、吊り材、橋門構）、ラーメン（主構桁、主構脚）
- ・床版
- ・橋脚、橋台

#### b) 点検結果に応じて交換時期を計算する部材

- ・支承
- ・伸縮装置

#### c) 点検結果より補修箇所を抽出する部材

- ・全部材

### 2) 対象劣化要因

BMSにおいて劣化予測を行う対象の劣化要因は以下のとおり。

#### a) 鋼部材

- ・塗装劣化

#### b) コンクリート部材

- ・塩害
- ・RC床版の疲労

塗装劣化は塩害や疲労と同じく予防保全的管理と位置づけられている。

表-1 橋梁マネジメントシステムの構成

構成要素		機能
入力データ	道路管理データベース	<ul style="list-style-type: none"> <li>・橋梁諸元データ (MICHI) : 橋梁名、建設年、橋長、幅員、床版厚さ、塩害地域区分、大型車交通量等</li> <li>・補修履歴データ : 部材ごとの補修年、補修内容等</li> </ul>
	橋梁点検データベース	<ul style="list-style-type: none"> <li>・定期点検データ : 点検年、損傷の種類、損傷程度等</li> <li>・橋梁管理カルテ : 橋梁名、劣化要因、対策区分の判定結果等</li> </ul>
	進捗管理データ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・三大損傷管理リスト : 三大損傷 (塩害、疲労、ASR) の対策実施状況</li> <li>・耐震補強状況リスト : 耐震補強の実施状況</li> </ul>
	塩害特定点検データ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・塩害特定点検データ : かぶりの測定結果、塩化物イオン量試験結果等</li> </ul>
本体機能	健全度評価	<ul style="list-style-type: none"> <li>・点検結果を用いて、部材ごと、劣化要因ごとに損傷程度の評価区分を健全度ランクおよび定量的な評価値に変換</li> </ul>
	劣化予測	<ul style="list-style-type: none"> <li>・部材ごと、劣化要因ごとに、劣化予測モデルを用いて、現時点の健全度評価および将来の劣化を予測</li> </ul>
	補修時期・補修工事費の計算	<ul style="list-style-type: none"> <li>・点検結果、劣化予測に基づく個別橋梁の補修時期・補修工事費を計算</li> <li>・補修時期</li> <li>・補修工事費の計算結果より、短期計画支援ツールに取り込む橋梁の補修時期、補修工法、補修数量、補修工事費等を入力</li> </ul>
短期計画支援機能	損傷箇所の抽出	<ul style="list-style-type: none"> <li>・全部材について、対象劣化要因以外で、損傷の対策区分が E1、E2、C、S、M の部材をスパンごとに抽出</li> </ul>
	短期計画支援ツール	<ul style="list-style-type: none"> <li>・補修優先橋梁の選定を支援・次年度予算要求資料作成を支援・予防保全率算定を支援</li> </ul>
中長期計画支援機能	中長期計画支援ツール	<ul style="list-style-type: none"> <li>・管理パターンごとの中長期の必要費用を計算</li> </ul>

### (3) 橋梁マネジメントシステムの構成

橋梁マネジメントシステム (BMS) は、入力データ、BMS 本体機能、短期計画支援機能、中長期計画支援機能から構成される。(表-1)

### (4) 工事予算資料作成

保全工事予算要求時には、補修優先橋梁の選定、次年度予算要求資料作成などを行うが多くの作業量となる。

「橋梁補修予算資料作成ツール」(以下、作成ツール)が国道事務所において用いられている。塗装工事の予算要求においてもこのツールが用いられる。これは概算要求資料の作成を支援することを目的とするものであり、橋梁マネジメントシステムによる計算結果や橋梁定期点検結果等から得られた補修計画リストに基づき補修実施橋梁を選定、必要予算の算定を行い地方整備局への概算要求時に必要な資料を作成する機能を持

つ。MICHI データベースより必要となる橋梁諸元を読み取り、補修数量を算出する。

具体的には

- ① 橋梁リストの確認
  - ② 橋梁の選択
    - ・補修計画を作成する橋梁を選択
  - ③ 補修計画
    - ・補修設計時期、補修実施時期の入力
    - ・補修工法
    - ・補修数量、補修工事費の修正入力
  - ④ 補修計画の追加入力
  - ⑤ 集計計算の実行
    - ・予算内訳表、予算要求書の自動集計
    - ・損傷管理リストおよび対策状況グラフの自動作成
    - ・次年度予防保全率、予防保全率の推移の自動計算
- がコンピューター上で行われる。

表-2 鋼部材の塗装劣化に関する健全度区分例

劣化過程	健全度区分	劣化状態	さび発生面積(%)の「目安」
健全	I、II	異状なし。さびが認められないか、さびらしきものがあったても無視し得る程度のもの	$X < 0.03$
点さび発生	III	わずかにさびが見られる。さびが観測される部分以外の塗膜の防食性能はほぼ維持されていると思われる状態。	$0.03 \leq X < 0.3$
(塗装系の塗替え検討時期)			
全面点さび 防錆効果の失効	IV	明らかにさびが見られる。発錆部分が多く、何らかの処置をほどこさなければならぬ状態。	$0.3 \leq X < 5.0$
全面さび	V	ほぼ全面にわたってさびが見られる。早急に再塗装しなければならない状態。	$5.0 \leq X$

予算要求時には

1) 橋梁リスト

- ・システムで劣化予測した結果、損傷の悪い順にリストアップ

2) 橋梁諸元

- ・選択した橋梁の補修計画立案に参考となる基本情報を表示

3) 補修計画リスト

- ・補修設計、積算の段階に応じて（実際に行う補修工法の確定、補修工事費の積算精度の向上に応じて）補修工法、補修工事費のリスト内容を更新
- ・劣化程度に応じた標準的な補修工法、補修時期を表示
- ・足場工、塗装工など工種ごとに標準的な単価を設定し、橋梁諸元より求まる補修数量から工種ごとの補修費を算出し、それらを加算することで補修工事費（事業費）を算出して表示

これらの操作を繰り返して予算要求資料が作成される。

以上の例はある事務所の様子であるが、もちろん、事務所全てがこのようにしくみと流れで予算要求されているわけではない。とはいえ、予算要求の過程はきわめて厳密であり、その精度を高める努力がたえずなされている。このため、一連の作業は人手を要するだけでなく、橋梁台帳などのデータベースとのやりとりや点検結果との照査などにもこまかな神経を使う緊張感が要求される。さらに、現況報告や補修計画、内訳書、集計表などの書類をつくり、チェックを重ねることになる。

BMS は作業を支援するだけでなく、ヒューマンエラーによる間違いやケアレスミスを防ぐことにも寄与する。多くの用事に追われている職員に、機械的な作業部分を楽しんで、そのゆとりをより良い計画や判断に役立ててもらえることにもなる。このような目的のシステムではあるが、ここで紹介したものも、開発され

た国土交通省において現在でも改良が続けられている。

BMSには他にも多くの種類があり国や地方自治体ごとでも異なるシステムが採用されている。これは保全業務の手順が管理者によって異なり、書類や様式が異なるためでもある。

外国にはPONTIS（米国）やIQA（仏）などのBMSがある。いずれもデータベースとコンピューターソフトウェアを組み合わせているが、多年にわたる改良が行なわれ必要な機能を加え、使い勝手を良くしたものである。

わが国においてもデータベースの重要性は認識されるようになった。データベースのもととなる5年ごとの定期点検も国だけでなく、地方自治体にも波及するようになるであろう。管理者には、なぜいま補修するのか、なぜ塗り替えるのか、補修方法は、塗替え方法はどのようにして妥当なのか、説明する責任が問われることになれば、合理的な説明をするためにも、過去のデータや点検データの分析を行うことができるBMSがその一助となると期待される。

## 7. 鋼部材の塗装劣化点検

鋼橋部材において床版の損傷や疲労と同じく腐食が管理上大きな問題となっている。防食において塗装の果たしている役割はいまさら言うまでもないが、塗膜の防食効果を実証する、塗膜の劣化と腐食との関係、構造的な耐力との関係はこれまで定量的に把握が難しいとされてきた。

しかし、国立研究や大学における各種力学実験や調査によってその関係が次第に明らかとなってきた。近年、さまざまな環境や立地条件下にある橋梁の点検が全国に広がったことによって、橋梁特有の腐食形態がわかってきたことも新しい発見につながっている。

本来、点検では構造物部材の塗装劣化から腐食に至る一連の過程として把握する必要がある。塗装の劣化過程と鋼材腐食の一連の流れはまだ一部にうまくつな

がっていないところがあるように見えるが、これも、定量的な把握が広がってくれば、つながってくるであろう。

部材全体に平均的に進行する劣化と、漏水や滞水により桁端部や支承周辺に見られる局所的な劣化を分けて考えるようになったのは、橋梁特有の腐食形態がわかってきたことによる。前者の、部材全体に平均的に進行する劣化としてとらえる場合には、さびの発錆面積と劣化状態、健全度が比較的容易に対応させることができる。

著しい局所的な腐食が生じたときは、詳細調査によって、その腐食原因と影響の及ぼす範囲をきちんと把握しておかなければならないし、この調査は、塗膜と腐食に詳しい専門家が行うべきことがらであろう。

局所的な塗膜劣化や腐食については、一部でパターン化が試みられている。これまであまり注視されることのなかった腐食形態であることから、多くの事例を集めていくつかの要因に分けてパターン化するまでには時間がかかると思われるが、橋梁特有の環境と関係づけられれば、橋梁塗膜劣化の抑止に役立つ内容となり、点検にも有益であろう。

いまのところ、定期点検は次のように考えている。

定期点検においては、鋼部材の塗装劣化に関する健全度の評価対象は、鋼部材の塗膜劣化から腐食に至る一連の劣化過程のうち、塗装の劣化過程としている。部材全体に平均的に進行する劣化を対象とし、漏水、滞水等により比較的厳しい腐食環境にある桁端部や支承部周辺に見られるような局所的な劣化については、個別に対応を行う。

鋼部材の塗装の劣化過程に対応して健全度区分の対応付けを行った一例を表に示す。(表-2)

定期点検においては塗装機能の劣化の判定区分は以下の通りである。

**分類1：塗装**

区分	一般的状況
a	損傷なし
b	
c	最外層の防食皮膜に変色を生じたり、局所的なうきが生じている。
d	部分的に防食皮膜が剥離し、下塗りが露出する
e	防食皮膜の劣化範囲が広く、点錆が発生する

参考までに塗装以外の防食機能の劣化の判定区分は以下の通りである。

**分類2：メッキ、金属溶射**

区分	一般的状況
a	損傷なし
b	
c	局所的に防食皮膜が劣化し、点錆が発生する
d	
e	防食皮膜の劣化範囲が広く、点錆が発生する

注) 白錆ややはけは、ただちに耐食性に影響を及ぼすものではないため損傷とはならないが、その状況は損傷図に記録する。

**分類3：耐候性鋼材**

区分	一般的状況
a	損傷なし (安定錆は粒子が細かく、一様に分布、黒褐色を呈す) (安定錆の形成過程では黄色、赤色、褐色を呈す)
b	
c	錆の大きさは1~5mm程度で粗い
d	錆の大きさは5~25mm程度のうろこ状である
e	錆は層状の剥離がある

注) 一般に、錆の色は黄色・赤色から黒褐色へと変化して安定して行くが、錆色だけで安定錆かどうかを判断することはできない。

**8. あとがき**

本稿では、塗装工事を念頭に、橋梁保全工事について点検から工事までのマネジメントの流れについて紹介した。いま、道路橋を取り巻く社会情勢は大きく変わってきている。しかし、日本の道路橋は、厳しい地形条件、腐食が進行しやすい気候条件、台風や地震などが頻発する自然条件のもとに存在しており、落橋まで至らなくても重大な損傷などで通行止めになると、その社会的影響は甚大なものになる。このための予防として、塗装工事の有効性・重要性をさらに訴える必要がある。塗装関係者に橋梁の点検から工事予算要求までの流れを理解していただく一助となれば幸いである。

財団法人道路保全技術センターは、国土交通省道路局、地方整備局の業務をサポートするために、また、道路保全技術に関する調査・研究・開発を行い、効率的な保全技術を広く提供することを目的として、1990年11月に設立された。橋梁やトンネル、舗装やその他の道路施設の保全に関して多くの研究を行っており、適切な予算の使い方や事業計画に関する研究もその一つである。橋梁に関しては、国土交通省道路局のご指導のもとに、橋梁マネジメントシステムを地方整備局へ普及支援している。

**【参考文献】**

- 1) 道路橋の予防保全に向けた有識者会議資料 国土交通省道路局 2007年
- 2) 橋梁定期点検要領(案)国土交通省道路局国道・防災課平成16年
- 3) 橋梁点検ハンドブック(財)道路保全技術センター道路構造物保全研究会 2007年

防食性試験研究の紹介 — その1 —

独立行政法人 港湾空港技術研究所 材料研究室  
 港湾(海上)橋梁用塗装仕様のばくろ性能評価試験

(社)日本橋梁・鋼構造物塗装技術協会 技術部

1. はじめに

橋梁をはじめとする鋼構造物の防食塗装システムについて各種の研究機関でさまざまな角度、視点からそれらの評価、解析に関する研究活動が進められている。これらはわが国の橋梁防食、橋梁塗装を支えている重要な研究活動であり、更なる発展の大きな原動力となるものである。

今回は独立行政法人 港湾空港技術研究所 材料研究室で行われている長期耐久性評価試験を紹介する。この研究は平成7年(1995年)の秋から始められ、現在まで12年の実績を積み重ねているが、その具体的な内容はつぎのようである。

2. 研究活動の構成

本研究は独立行政法人 港湾空港技術研究所 地盤・構造部 材料研究室が主体となり、日本ペイント株式会社 鉄構塗料技術部、大日本塗料株式会社 構造物塗料事業部、関西ペイント販売株式会社 防食技術部が協力する形で進められている。

3. 実験の概要

3.1 試験塗装仕様

試験塗装仕様は新設用(表-1)と塗り替え用(表-2)の2系統となっている。

新設用の塗装系No.1~3は犠牲陽極作用で効果的な防食性能を有する無機ジクリッチペイントを第1層の下塗りとし、これにエポキシ樹脂塗料下塗りを組み合わせることで長期にわたってその優れた性能を維持させようとしたものである。また上塗りにはそれぞれポリウレタン樹脂系塗料、ふっ素樹脂塗料、シリコン樹脂塗料を適用して長期の美観維持を含めた安定した塗膜性能を発揮させることを目指している。これらは港湾のような厳しい腐食環境条件への適用を想定した塗装システムである。

塗装系No.4は鉛系さび止めと油性系の上塗りから構成されるもので、従来から鋼構造物の防食に広く使用されてきている塗装システムである。山間部や田園地域、都市郊外などの穏やかな環境条件への適用を前提としている。また、塗装系No.5では上塗りに塩化ゴム系塗料を組み合わせたものであるが、工業地域や交通量の多い都市地域などやや厳しい環境条件で適用される。

表-1 新設用塗装システム

塗装系No.	供試素材	下塗り系			中塗り	上塗り
1	サンドブラスト処理鋼板	無機ジクリッチペイント [75 μm]	エポキシ樹脂塗料下塗 [ミストコート]	エポキシ樹脂塗料下塗 [60 μm × 2]	ポリウレタン樹脂塗料用中塗 [30 μm]	ポリウレタン樹脂塗料上塗 [25 μm]
2					ふっ素樹脂塗料用中塗 [30 μm]	ふっ素樹脂塗料上塗 [25 μm]
3					シリコン樹脂塗料用中塗 [30 μm]	シリコン樹脂塗料上塗 [25 μm]
4		鉛系さび止めペイント1種 [35 μm × 2]			長油性フタル酸樹脂塗料中塗 [30 μm]	長油性フタル酸樹脂塗料上塗 [25 μm]
5		鉛系さび止めペイント1種 [35 μm × 2]		フェノール樹脂MIO塗料 [45 μm]	塩化ゴム系塗料中塗 [35 μm]	塩化ゴム系塗料上塗 [30 μm]
6		有機ジクリッチペイント [20 μm]	超厚膜エポキシ樹脂塗料 [2500 μm]		ふっ素樹脂塗料用中塗 [30 μm]	ふっ素樹脂塗料上塗 [25 μm]
7		有機ジクリッチペイント [30 μm]	ガラスフレーク塗料 [500 μm × 2]			

表-2 塗り替え用塗装システム

塗装系No.	下塗り系	中塗り	上塗り
A	有機ジンクリッチペイント [30 $\mu$ m] (補修塗り)	変性エポキシ樹脂塗料下塗り	ポリウレタン樹脂塗料用中塗り [30 $\mu$ m]
B		変性エポキシ樹脂塗料下塗り	ポリウレタン樹脂塗料上塗り [25 $\mu$ m]
C		[60 $\mu$ m $\times$ 2]	ふっ素樹脂塗料用中塗り [30 $\mu$ m]
D	超厚膜エポキシ樹脂塗料 [300 $\mu$ m]	シリコン樹脂塗料用中塗り [30 $\mu$ m]	シリコン樹脂塗料上塗り [25 $\mu$ m]
E	超厚膜エポキシ樹脂塗料 [1000 $\mu$ m]	ふっ素樹脂塗料用中塗り [30 $\mu$ m]	ふっ素樹脂塗料上塗り [25 $\mu$ m]

(注) ばくろ試験の開始は試験板の準備・作成の関係から、新設塗装システムより1年遅れることとなる。

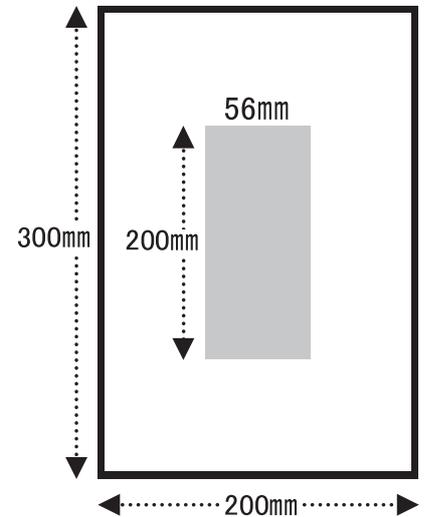


図-1 塗り替え用塗装システム試験板 (着色部をケレン処理)

塗装系 No.6 および No.7 は直接海水の影響を受ける海洋鋼構造物などで適用され、1000 $\mu$ m 以上の厚膜塗装で優れた環境遮断効果を発揮し、鋼構造物を長期にわたって効果的に防護することが期待されるものである。

塗り替え用の塗装系 A～C は、それぞれに塗装系 No.1～3 を塗り替えに適用した場合のものである。また塗装系 D、E は塗装系 No.6 を塗り替えに適用した場合のものである。

塗り替え用試験板は中心部 (図-1 着色部) を第 1 層目の無機ジンクリッチペイント (50 $\mu$ m) のみとし、10ヶ月の「海水散布ばくろ」で劣化させた後、動力工具によって素地面が露出するまで素地調整した。周辺部の塗膜 (No.1 塗装系に準じている) はマジクロン掛けで目粗ししたものを供している。「海水散布ばくろ」については次項で細かく紹介する。

### 3.2 試験方法・試験条件

この試験は本研究所内の久里浜湾に面した岸壁沿い (海岸から約 5 m) に設置されている大気ばくろ試験場でのばくろ試験によって行なわれている。このばくろ試験は JISZ2381 (屋外暴露試験方法通則) に則り、正南面 30° で行なわれている。(写真-1、写真-2 参照)

また、これとは別に試験板を水平に設置して、定期的に海水を散布する「海水散布ばくろ」も同時に実施された。(写真-3 参照) この試験は 5 年のばくろ期間ですでに終了している。

海水散布ばくろはつぎのようなものである。

海水を定期的にポンプで汲み上げ、図-2 に示したように 1 日に 2 回 (昼間 1 回、夜間 1 回で 3 時間半/回) 試験板にシャワー状に散布する。海水を用いた乾湿交番試験となり、極めて厳しい環境条件でのばくろ試験となる。

### 3.3 評価項目

各塗装システムは以下のような項目について試験評

価されている。

- 1) 塗膜の外観：一般部のさび、ふくれその他の塗膜状態を評価観察する。  
カット部について周辺の劣化状態や幅などを計測する。(図-3 試験板 B、D)
- 2) 付着力測定：引っ張り試験で付着力を評価する。(図-3 試験板 C、E)
- 3) インピーダンス測定：塗膜の劣化進行度をインピーダンスの変化で計測する。(図-3 試験板 B、D)
- 4) 光学測定：塗膜の光沢や色の変化を計測する。(図-3 試験板 A)

## 4. 試験結果から

本試験の結果はこれまでに防錆防食技術発表大会<sup>1)、2)</sup>、防錆管理<sup>3)</sup> その他<sup>4)</sup> で報告されているが、ここでその概略を整理してみると次のようである。

### 4.1 新設塗装系

- 1) No.1～3 の塗装系は 8 年経過後も異常は特に認められず良好な防食状態を維持している。また、カット部からのさびの進行もほとんど見られていない。(図-4)
- 2) インピーダンス計測では試験初期の 10<sup>6</sup>  $\Omega \cdot \text{cm}$  以上の抵抗値と 10<sup>-9</sup> F/cm<sup>2</sup> 以下の容量値のレベルを維持しており、性能的な低下はほとんど認められていない。(図-5) また、塗膜の層間付着性も 4～6 N/mm<sup>2</sup> の付着強度を保って安定している。
- 3) これらの塗装系の上塗りは一般に耐候性が優れているが、光沢保持率 (60°) としてはすでに 10% 程度にまで低下してきている。(図-6) これは試験色として採用された「グレー (N7.5)」がチタン白をベースとしたものであり、チタン白の光触媒効果による塗膜侵食作用が影響している可能性がありそうである。



写真-1 南面30°傾斜ばくろ試験 [2007年12月撮影]

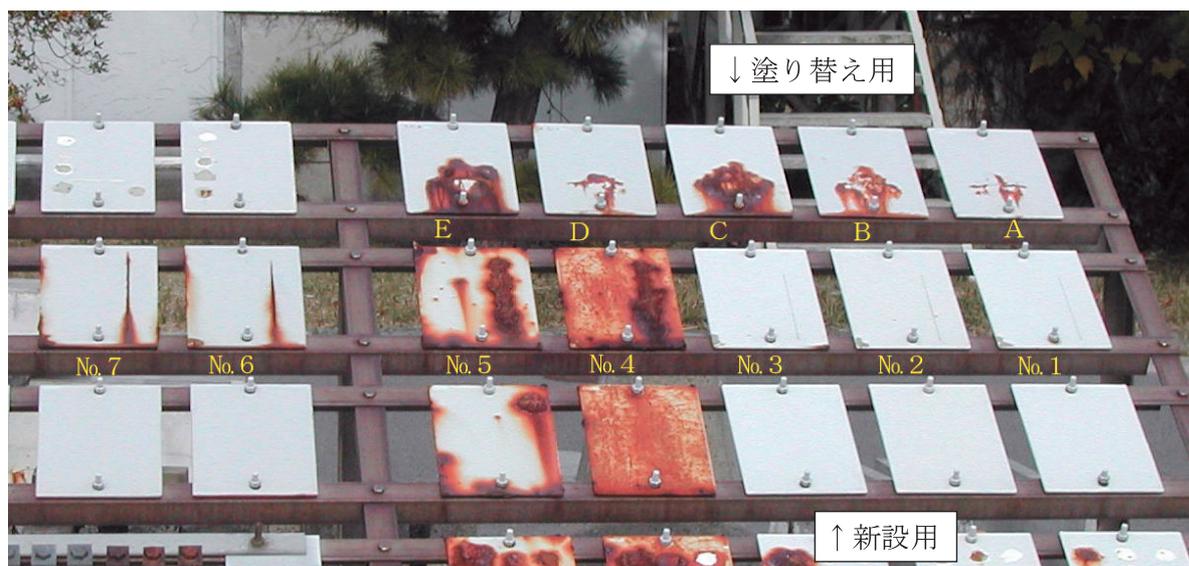


写真-2 試験板の状態

新設用；中/下段 右から7枚 (NO.7・6・5・4・3・2・1)

塗り替え用；上段 右から5枚 (E・D・C・B・A)

- 4) No.4やNo.5の塗装系では試験開始の数年後から塗膜劣化の進行が顕著となり、現在さびやふくれ、われなどではほぼ全面劣化の状態となっている。
- 5) No.6、No.7の塗装系も安定した防食性能を保持している。但し、これらはカット部周辺で塗膜下でのさびの進行がある。

- 6) 1000 $\mu$ mを越える膜厚の塗膜を防食層としたこれらの系では腐食因子を完全に遮断する効果は極めて大きい。塗膜がなんらかのダメージを受けたような条件では内部応力による塗膜の引き上げ効果がこれらの塗膜下での劣化の進行に影響していることが無視できない。



写真-3 海水散布ばくろ試験

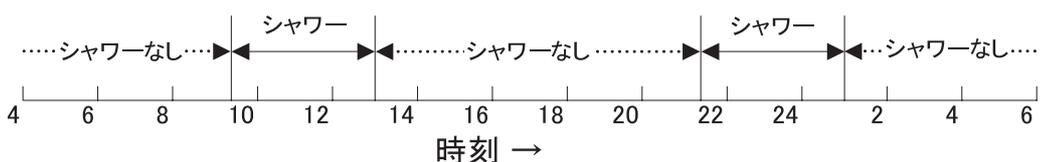


図-2 海水散布ばくろでの噴霧サイクル

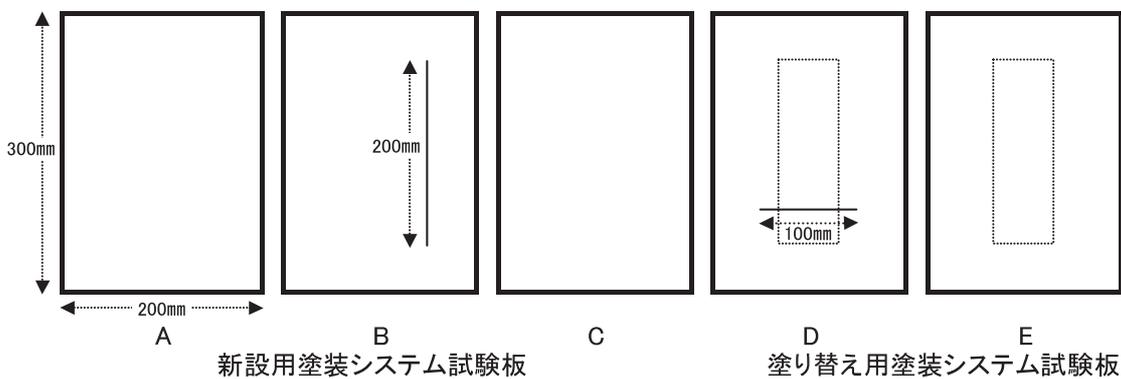


図-3 各試験片の模式図

このような系では損傷を受けた部分の早めの補修が大切なことやダメージ対策を予めよく考慮した防食塗装設計が必要と思われる。また、この試験では有機ジンクリッチペイントの膜厚が20~30 $\mu$ mと比較的薄膜での設定であったこともこれらの損傷部周

辺での劣化の進行に少なからず影響した可能性もあると考えられる。

#### 4.2 塗り替え塗装系

1) 塗装系A~Cは全般に良好な防食状態を維持している。但し、カット部周辺でのさびの進行がある。

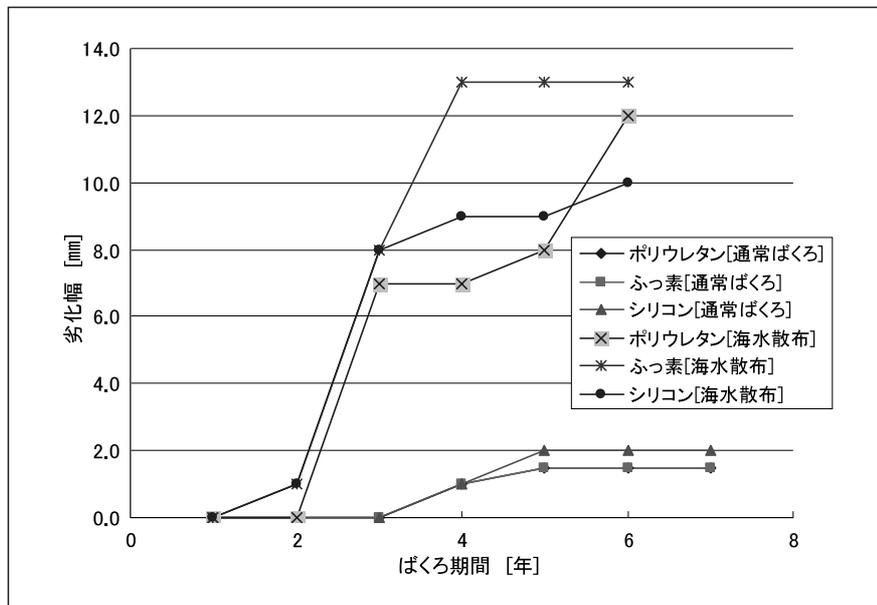
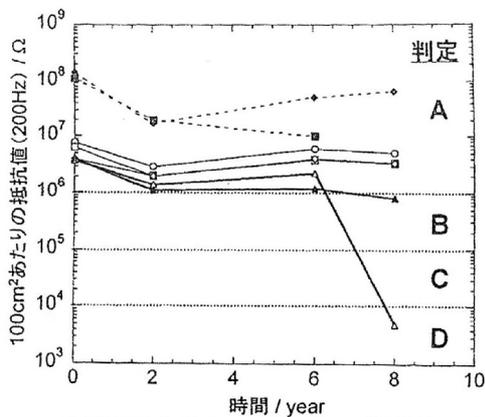
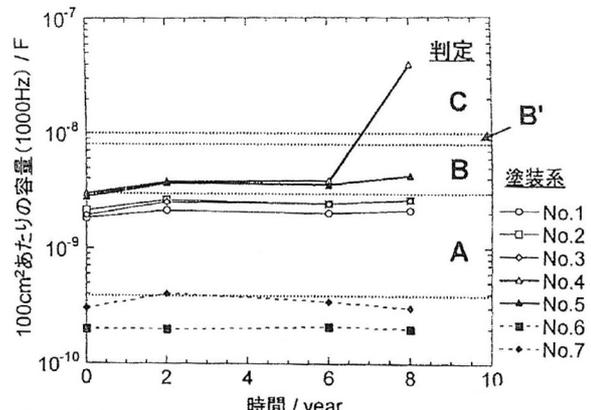


図-4 カット部からの劣化幅の比較<sup>4)</sup>



新設用塗装系のインピーダンス(抵抗値)の経時変化  
【判定基準は、「水門鉄管塗替指針(昭和44年)」による評価基準に基づく】



新設用塗装系のインピーダンス(容量値)の経時変化  
【判定基準は、「水門鉄管塗替指針(昭和44年)」による評価基準に基づく】

インピーダンス測定による  
新設用塗装系の劣化度判定結果

塗装系 No.	判定		劣化度
	抵抗値	容量値	
1	A	A	I
2	A	A	I
3	A	A	I
4	D	C	IV
5	B	B	II
6	A	A	I
7	A	A	I

図-5 新設塗装システムのインピーダンスの変化<sup>2)</sup>

2) 塗装系 D・E も良好な防食状態を保っているが、これらでもカット部周辺でさびの進行が認められる。以上については、昨年秋に実施されたばくろ 12 年後の調査においてもほぼ同様な結果や傾向のデータが得られているようであるが、これらの詳細については近

日中に別途防食関係の学会や雑誌で報告されることになっている。

### 4.3 海水散布ばくろ試験

1) 海水散布ばくろ試験は試験条件としては相当程度に厳しいと考えられ、鉛系さび止め×2～長油性フ

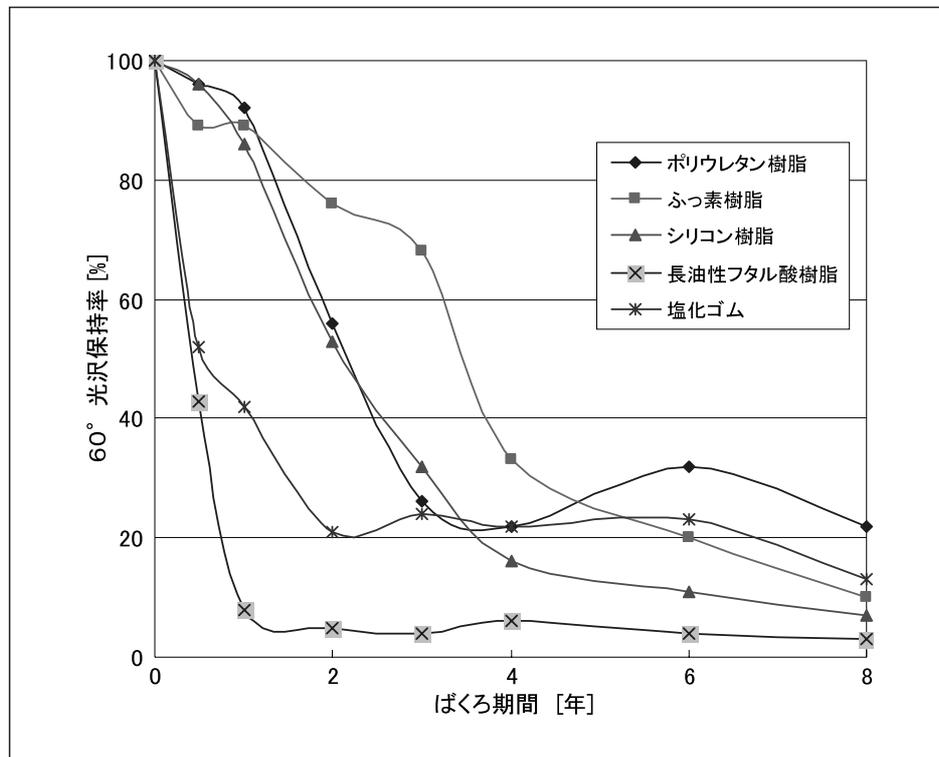


図-6 ばくろ耐候性の比較<sup>4)</sup>

タル酸樹脂中/上塗や鉛系さび止め×2～フェノール樹脂MIO塗料～塩化ゴム系中/上塗では数年でほぼ全面劣化の状態となった。

2) 図-4はNo.1～3の塗装系について、通常の傾斜ばくろ条件と海水散布条件でのカット部からのさびの進行度合いを比較したものであるが、通常ばくろ条件に対して海水散布条件では腐食促進効果が著しく大きいことを示している。

3) この港湾空港技術研究所での通常条件でのばくろ試験も海際での海塩粒子の影響を無視できないと考えられ、一般環境条件でのばくろ試験に比べて厳しい試験条件にある。

既報によると、このばくろ場での普通鋼のSS-41の腐食速度は「0.6～0.7mm/y」のレベルにあり、一般的な腐食速度である0.3mm/yに比べて大幅に大きい。

4) 通常条件のばくろ試験に比較しても海水散布ばくろ試験は少なくとも数倍以上の腐食促進効果を期待できそうである。この海水散布ばくろ試験については腐食促進効果が大きく、5年目までで試験終了とされた。

## 5. 今後の予定

- 1) No.1～3塗装系は依然として良好な塗膜状態にあり、その他の塗装系も含めてこれらのばくろ試験がさらに継続されることとなっている。
- 2) 当初の試験開始からすでに12年以上経過しているため、最近の塗料技術や防錆技術に基づいた新たな

塗装システムのばくろ試験計画が検討されている。

- 3) これらのばくろ試験では海水散布ばくろも組み込まれるようであり、最近の新しい評価方法なども同時に活用されることで、その促進性や試験法に関する新たな知見が得られることを期待してゆきたい。

## 6. 本研究のこれまでの担当者

材料研究室

阿部正美 (現 株式会社ナカボーテック技術顧問)

濱田秀則 (現 九州大学大学院工学研究院准教授)

平崎敏史 (現 東京電力株式会社技術開発研究所)

山路 徹 主任研究官、審良善和 研究官

日本ペイント株式会社 鉄構塗料技術部

藤城正樹、大澤隆英

大日本塗料株式会社 構造物塗料事業部

茅島隆人、宮下 剛

関西ペイント販売株式会社 防食技術部

猪俣茂男、中家俊和、堀 誠

## 【参考文献】

- 1) 阿部正美, 濱田秀則, 中家俊和, 藤城正樹, 茅島隆人: 第19回防錆防食技術発表大会講演予稿集p.95～98 (1999)
- 2) 平崎敏史, 阿部正美, 猪俣茂男, 茅島隆人, 藤城正樹: 第24回防錆防食技術発表大会講演予稿集p.21～24 (2004)
- 3) 阿部正美, 濱田秀則, 中家俊和, 藤城正樹, 茅島隆人: 防錆管理, vol.44, No.1, p.8～12 (2000)
- 4) “海洋環境に位置する港湾橋梁に対する防食塗装の曝露試験” 報告書: 未発表 (2003)

# フィリピン国・ 橋梁の未来

長尾日出男\*

筆者は、JICA橋梁専門家として、2005年よりフィリピン国へ派遣されています。業務は、当初の2年間、「橋梁事業計画管理アドバイザー」として、また2007年より、JICA技術協力プロジェクト「道路・橋梁建設・維持管理に係わる品質管理向上プロジェクト」の一員としてフィリピン国の橋梁技術向上のため携わっています。

今回は、フィリピン国の橋梁実情、特に鋼橋維持管理状況について述べてみたいと思います。

## 1) フィリピン国概要

皆様ご存知のように、フィリピン国は、日本と同様に四方を海に囲まれた島国で約8000の島が点在していると言われています。地域は、大きく北部ルソン地方、中部ビサイアス地方、南部ミンダナオ地方の3つの地域に区分され、それぞれ中核都市（マニラ、セブ、ダバオ市）を形成しています。主たる交通機関はフェリーと島内道路であるため、島内の道路整備は非常に重要な位置づけとなっています。

橋梁数は約8000橋でほぼ島数と同じ、これら多くは、日本、アメリカをはじめとする外国援助によって建設されたもので、現在も日本、イギリス、オーストリア、スペイン等多くの援助国が継続して援助を行い新規橋梁が建設されています。（写真-1、写真-2）

私が勤務している公共事業道路省（DPWH）は、これら橋梁を含めてフィリピン全国の主要幹線道路の建設・維持管理を受け持っている政府機関です。DPWHが所管している道路管理延長は、約30000km（幹線国道20000km、二級国道10000km）で、そのうち、橋梁数は8000橋。橋の種類としては、約9割がコンクリート橋、1割が鋼橋（簡易



写真-1 日本無償援助橋梁



写真-2 アメリカ援助橋梁

橋を含む）で一部木橋等もあります。

これまで日本は、第二次世界大戦以降、戦後賠償の一環として数多くの道路・橋梁を建設してきました。特にフィリピン国を縦断する主要幹線道路をいち早く整備しました。現在、北はルソンから南はミンダナオまでの主要幹線は「日比友好道路」と呼ばれ名前のとおり、両国の友好を育む道路として現在もフィリピン国民に親しまれております。

これらの幹線道路の橋梁の中には、長大橋もあ

\*JICA橋梁専門家



写真-3 サンファニコ橋



写真-4 マガピット吊橋



写真-5 Marcelo B. Fernan Bridge  
(第2マンドウエ・マクタン橋)

り、日本の橋梁技術が数多く生かされています。例えば、レイテ島とサマル島を結んでいるサンファニコ橋は、1972年に完成した3径間トラス橋で優美なシルエットを描いており、地元でも愛されている橋のひとつです。(写真-3)

また、北部ルソン島にあるマガピット吊橋は、この国で唯一の吊橋です。この橋は、フィリピン国において何度も架橋建設に挑戦しましたがうま

くいかず困窮していたところへ、日本の協力により当時としては新技術であった吊橋構造を採用し、河川によって二つに分断されてきた地方を結んだ橋として地元で親しまれています。(写真-4)

さらに、セブ島とマクタン島を結んでいる第二マンドウエ・マクタン橋は、当時としては画期的な橋梁形式のエクストラロード橋で建設され、現在セブの主要観光地になっています。(写真-5)

## 2) 厳しい維持管理状況

第二次世界大戦以降、フィリピン国は独立し、各国の援助を受け入れながら大きく経済発展を遂げてきました。

しかしながら、その後の、度重なる政変、厳しい経済状況により国土は疲弊し、道路をはじめとするインフラの維持管理がおざなりになってきました。特にこれまで建設に重点を置いてきた経緯もあり維持管理に目が向いていませんでした。また、維持管理という概念が薄く、維持管理に関する技術にも乏しく道路、特に橋梁の維持管理は置き去りになってきてしまっています。これらの橋梁の多くは、建設後30年～40年を経過してきており、その維持管理が重要な時を迎えています。

そのような中、最近ようやくフィリピン国政府は、維持管理にも重点を置くことを決定し5カ年計画の重点項目の一つとして本格的に維持管理に取り組むようになりました。日本国においてもこれに協力すべく、上記維持管理に関する技術プロジェクトが2007年より3年間の予定で開始されたところ です。

## 3) 維持管理塗装の現状・課題

上で述べたとおり、新規に建設される鋼橋は外国援助によるものがほとんどです。そのため、製作・塗装も外国で実施されています。日本が援助してきた鋼橋もすべてペイント塗装で工場塗装および現場塗装仕様であり、基本的には日本の塗装仕様を採用しています。

これまでは、ペイント塗装が中心でしたが、最近では、製品化された組み立て橋梁も数多くあり、これらは部材製作時にすでに亜鉛メッキ塗装され

て現場へ搬入・組み立て・架設されています。(写真-6)

その一方で、上で述べたとおり、長い間適正な維持管理がなされていなかったため、錆が激しく鋼材そのものが消滅してしまっているほどの厳しい状況になってきているのが現状です。(写真-7, 写真-8)

しかしながらDPWHでは、これまで維持管理に関するマニュアル、特に点検・補修に関するマニュアルがないため、その場しのぎの維持管理が実施されてきました。その中でも鋼橋寿命延命の基本である塗り替え塗装に関しては、場当たりの再塗装が行われてきました。

日本では、再塗装を行う上できちんと既存の塗装及び錆を落とすことは基本であり重要なことなのですが、それがなされないまま再塗装するため、再塗装しても簡単に塗装が剥げてしまうことが多く意味のない作業となっています。(写真-9)

その原因として、フィリピンでは一般的な既存塗装及び錆落とし方法として、現場で作業員により金属ペラあるいは金ブラシで行われていることがあります。(写真-10, 10-2) この方法では錆を十分に落とすことが出来ないのです。また、まれにサンドブラスト機械を使用して錆落としが実施されることもあります。機材が古くまた材料の砂も近くの河川から採取したもので、ほとんど錆が落ちることはありません。(写真-11)

このような状態で再塗装を繰り返すため、厚化粧のようになってしまい、最後にはかさぶたのように簡単に剥がれてしまいます。(写真-12)

また、一方でペイントによる再塗装もまれに実施されていますが残念ながらここでも、既存塗装、錆落としが十分なされていなかったため、再塗装した塗膜が剥がれてしまっています。例えば、マクタン第1橋(鋼トラス)はアセアンサミットのため、本年1月塗り替え塗装しましたが、わずか施工後3ヶ月で再び錆が発生したり、再塗装施工が適正になされていなかったため、塗装が剥がれてしまいました。(写真-13)

このように、鋼橋に関する維持管理は非常に立ち後れているのが実状です。



写真-6 イギリス援助橋梁



写真-7 錆による鋼桁端部の欠損事例(1)



写真-8 錆による鋼桁端部の欠損事例(2)



写真-9 適正な素地調整が行われないまま再塗装された塗膜



写真-10 鉄ヘラによる錆落とし作業



写真-10-2 再塗装作業

#### 4) 課題克服へチャレンジ

日本でも問題になっていますが、DPWHでも、年間の維持管理予算は厳しく、そのほとんどが日常の道路維持管理のために費やされ、橋梁維持管理に十分行き渡らないのが現状です。

そのため、限られた少ない維持管理予算の中で、特に橋梁維持管理について効率的で無駄のない予算執行を行っていくためどのように改善していくか難しい課題を抱えています。さらに、橋梁寿命は限界を迎えつつあり、このままでは、この国の鋼橋はとりかえしのつかない状況に陥ってしまうと実感しています。

しかし、今であれば、まだ適正な維持管理、特に適正な再塗装を行っていくことにより、橋の寿命を延ばすことができると確信しています。

現在実施中の技術協力プロジェクトでは、これらの課題も含めフィリピン国における橋梁維持管理技術向上のためDPWHとともに日々取り組んでいるところです。DPWHエンジニアも、この課題克服のため積極的にチャレンジを開始しました。私も微力ですが彼らとともに今後一緒に取り組んでいく所存です。協会会員の皆様からご指導ご助言をいただければ幸いです。



写真-11 サンドブラストによる錆落とし作業

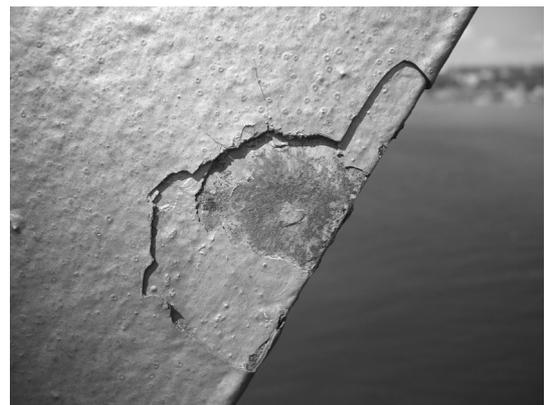


写真-12 不十分な素地調整と重ね塗りによる素地からの割れと剥がれの事例

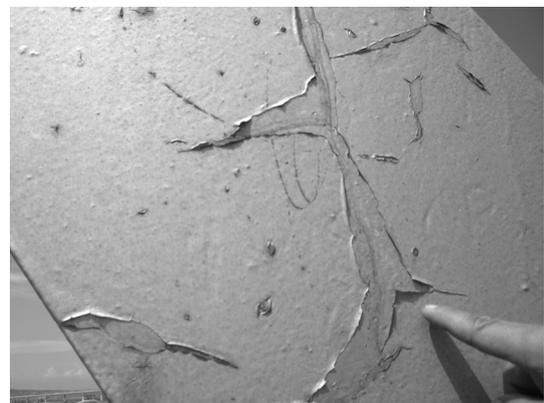


写真-13 施工後3ヶ月で剥がれた再塗装塗膜

# 初冬、 山陽から山陰へ

津野 和男\*

この前は早春の山陰天の橋立から出雲まで行ったから、今度は山陽瀬戸内側から中国山地を抜けて津和野、萩まで足をのびて見よう。

出かけたのは12月初旬。会社をリタイアした身にとっては観光シーズンの混雑を避け気楽に旅行したいとなると、どうしてもこんな時期を選ぶことになる。

羽田を10時頃にスタート、広島空港の売店で名物穴子飯弁当を仕込み、バスの中での昼食、岩国についたのは13時近くだった。

## 1. 岩国、錦帯橋にて

初冬、錦川の河岸の並木は紅葉に彩られ、イチョウの大木がひとときわ金色に輝いていた。

澄みきった流れに架かる錦帯橋を眼の前にして感一入。54年ぶりの再訪である。(写真・1)

戦後、昭和25年、台風による洪水に襲われ橋は根こそぎ流失した。木杭の基礎に石積の橋脚だったから足元をすくわれひとたまりもなかった。地元の要請で斯界の権威青木楠男博士(当時早大教授、のちに本四架橋ルート選定委員会会長等)が乗り出し、先生の指導で再建が進められる。

鉄筋コンクリート製井筒が埋め込まれ、同じくコンクリート橋脚が建つ。橋脚の外側は石積で囲み、従来通りの外観を保つように配慮している。木組

みのアーチは伝来の図面を元にして地元の大工の卓抜したきめ細かい技術に頼った。

材木は木曽のひのきが運び込まれた。

3連のアーチはそれぞれ35.1m、両側径間34.8mは中間に支柱を増して、橋長193m、巾員5mとなっている。

復旧工事の完成は昭和28年。青木橋梁研究室の一員だった私にも声がかかり、完成時の耐荷力測定に参加している。これが錦帯橋との初対面である。

試験荷重としては、岩国市役所の職員に頼み、橋上に整列して貰い、河原に撓度計を置いて撓みを測定した。皆楽しそうに列をつくって橋上に並んでくれた姿が目には浮んでくる。

このあと経年変化を継続して計測することとなった。

平成13年、敷板など老朽化が進んだことから50年ぶりに架け替えに着手、平成16年完成。目の前にしているのは戦後2代目の橋である。

最初、この形式で架けられたのは1673年将軍徳川綱吉の少し前の頃、時の藩主が水かささがる度に流失する橋を見、中国の本を参考にし、出来る

だけ橋脚の少い橋としてアーチ式で架けさせたとか。それなら何故橋脚上に支柱を立て、アーチの上に太い縦梁を渡し、敷板並べて平らな路面を歩けるようにしなかったのか。そうすれば江戸時代参勤交代の大名行列も楽に渡れたろうに。橋のたもとの松の老木が橋の入口に枝を伸す。大名行列の先頭を行く槍の先を下げさせ、岩国藩に挨拶させたとか。称して槍下げの松として傍に石碑が控えている。

毎年4月29日には古式豊かに奴道中や大名行列が錦帯橋まつりとして催されるという。

5連のアーチの登り下りする行列を河原から眺めている分には江戸文化の香りが漂ってくるのを味わうことが出来るかも知れぬ。今日は日曜日の故か渡る人はまばら。観光客が渡るのは有料、いずれまた架替えの際の資金となる。

隣に話声が聞こえる。

「日本三名橋って知っている？」

「さあ日本三景なら聞いたことがあるけど」

「錦帯橋、日光の神橋、甲府の猿橋だよ」

こうなると名橋は江戸からの木造の



写真-1 岩国 錦帯橋

橋に限られ、我々が架けてきた現代の橋は機能一辺倒で文化遺産の資格はもてそうにないのだが。

ともあれ、景観的にはまさしく虹のかけ橋として山並みを背景に際立っている。

橋を渡った先には立派な公園が広がる。脇に300年経た吉川藩家老の長屋門が、そして御当地出身と伝えられる宮本武蔵と相対した佐々木小次郎の銅像が剣を横に構えてすくくと立つ。すぐ近くの山上には岩国城の天守閣がそびえ、城下町を一望に見守っていた。

## 2. 宮島、厳島神社にて

岩国から安芸の宮島へ。丁度この時期、安芸の宮島は秋の宮島といわれるだけあって、弘法大師によって開山されたという弥山(約540m)の原生林の中で点々と紅葉が彩る島だった。棧橋から海辺をたどり厳島神社に参拝する。

世界遺産に登録されている厳島神社は6世紀末、聖徳太子を摂政とした女帝推古天皇の頃の創建と伝えられ、平安時代1165年平清盛によって現在の様式が形づくられた。

社殿は全部で37棟、それぞれが回廊で結ばれ本社は三女神を祭り、客神社が両翼に位置し、天神社は毛利元就の長男隆元の寄進による。

東回廊から右手の拝殿、左手の楽房の間から大鳥居が望まれる。今は引き潮の時間で顔を出した砂地伝いに三々五々参拝の人達が大鳥居に近づき見上げていた。(写真-2)

大きな鹿が2・3頭寄り添ってきた。観光客からの餌を期待しているらしい。

社殿は平成16年台風18号の強風、高浪で床板が浮き上がるなど大被害をうけたが現在すっかり修復が終了以前の佇みに戻っている。

大鳥居は高さ16m、笠木を台輪で受け、稚児柱と称する四脚の控柱で前後の安定を図り基礎杭はなく砂上に据

え置かれている。

日本三大鳥居というのが、厳島神社、福井の気比神社、奈良の春日大社。いずれも木造りが自慢で日本三名橋と同じ話。石造りは諸外国にまかせたようだが、周期的に建替えが必要であり、古さを更新していかねばならないのが日本文化の辛いところといえる。

丘の上に通称千疊閣といわれる豊国神社が建つ。豊臣秀吉が朝鮮戦役での戦死者を弔うための経堂として造営したものの。しかし、秀吉の死によって内部の造作は未完成のままになっている。現在は秀吉と加藤清正を祭る神社本殿としているが中の広さは860畳分あり、ここから千疊閣と称したらしいが太い柱が立ち並ぶがらんだりの建屋。ここの廊下から眼下に厳島神社の連なる社殿が眺められ、入江の先に清盛神社が望まれる。取り囲む緑の木々の中でカエデが紅く染まり、イチョウの大木が際立って黄葉を輝かせ秋の終りを告げている。

聖徳太子以降、時の統治者、宗教者、天下人、連綿とその名が残されている。

明治に入って神仏分離令で神社仏閣混然一体となって中に納められていた

ものが夫々分納されたという。神仏分けへだてなく頭を下げる宗教自然派にとっては訪れ易い典型的な様式がこの島には込められているのだが。

棧橋への帰途、表参道商店街の店を覗きながら土産物を物色する。民芸品の宮島焼、伝統工芸の宮島木彫、まあ一番馴染み深いものはなんといってももみじまんじゅう。広島からの手土産に買ったことがあるがここが本場、店頭で手焼きしているのを見てつい手を出したくなる。ふんわりカステラ生地の中身のこし餡がまるやかに口の中できちんと溶けてしまう。

日が暮れてきた。サンセットクルーズに参加、小さな観光船に乗り込む。何時の間にか潮が満ちてきており、沖から眺める島は砂浜が消え、大鳥居の足元は海に浸り、海上に浮き立っているように見える。

夕焼け、茜色に彩られた弥山はやがて暮色に沈み、社前の入江に面した石垣の上、立ち並ぶ108基の灯籠に灯がともり、明りの連珠は大鳥居を見守り、神仏に祈りを捧げる人々を迎えてくれている。

広島に戻って夕食、カキ、カキフラ



写真-2 宮島 厳島神社 大鳥居

イ、カキ鍋とカキづくしに広島の味覚を満喫した。

### 3. 津和野にて

広島から北上して中国自動車道に入り西へ向う。中国山地の山並みの山懐を走る。

溪谷沿いの崖っぴちをうねり、トンネル、橋と絶え間なく続き、我が国の自動車道の典型に接した思いである。

吉和SAで一服、小雪が舞ってきた。冬の訪れを告げ、周りの森木立は寒さに深閑のたたずまい。中国自動車道から外れて川沿いに津和野に向った。

津和野は津和野川に沿う南北3km、東西300m帯状で山紫水明の小盆地に位置している。町の名はツブキの茂る町からといい、山陰の小京都ともいわれる。歴史的には吉見氏14代、坂崎氏1代、亀井氏11代の治政が続いた歴史ある城下町。関ヶ原の戦後、坂崎出羽守はこの地の城主となる。大坂夏の陣で大坂城炎上の折、徳川家康から孫娘で豊臣秀頼の妻千姫を救い出した者には姫をと告げられ、坂崎は大火傷を負いながら炎の中から助け出した。しかし約束は無視され千姫が他に再嫁と決った時、姫の輿入れを妨害する計画が発覚し自刃、坂崎家は断絶となった悲運の武将である。僅か16年の治政だったが城下町は整えられ、新田開発、和紙生産、防災のための堀割の整備とその業績では名君と評価されている。

津和野大橋を渡ったもとに二羽の鷺舞の像が並び立ち町を訪れた人を歓迎してくれる。(写真-3)

白鷺の舞は毎年7月に行われる祇園祭での主役。鷺を形どった衣裳を頭から被り、大人も子供も連れだって踊るという当地御自慢の民俗芸能の催事。残念ながら今は師走、通りは閑散として観光の小母様族がちらほら、白壁のなまこ堀に沿う堀割に大きな錦鯉が群れ、河原に白鷺が一羽ぼつんと孤独に

川面を見つめていた。

城下町を偲ばす町並みの中でこんな話もある。広島は竹原の人、「日本外史」で名高い儒学者頼山陽がこの地を訪ねた折、見すばらしい姿の客に宿は粗悪なもてなし。帰り際に一筆、「牛一頭、狐二匹」あとでこれを見たおかみ、モウコンコンと読み解き、それ以来客への対応が更められたとか。

津和野といえば文豪森鷗外(1862-1922)、哲学者西周(1829-1898)が名高く、鷗外の旧宅と川を挟んで西周の旧居がある。鷗外の旧宅といっても藩医であった父に連れられて11才の時上京しているから生家といった方が相応しい。

鷗外は軍医総監にまでなった人物だが、文学作品として「舞姫」「うたかたの記」などなど、「即興詩人」の名訳で名高い。「モタ・セクスアリス」に幼い頃の津和野の思い出が記されている。

ドイツ留学後、はるばる日本にまで追いかけてきた舞姫に悩み、「半日」では母と妻の確執に挟まれて苦しむ。公的に謹厳な姿と家庭的に苦悩する生き様が交錯する。

西周はペリー来航の頃、25才で脱藩してオランダに留学。帰国後開成所(東京大学の前身)の教師となる。西洋哲学を日本に紹介し、哲学という言葉から主観、客観、理性などの哲学用語は西の訳語である。

鷗外の「モタ・セクスアリス」に東先生として登場する人が西周といわれる。森林太郎は上京後、ドイツ語を学ぶため住んでいた向島から本郷の父の先輩である西周宅に寄宿する。

これが東先生であり、強烈な勉強家でもあり、飲んべえでもあったらしい。

この他、津和野は、明治元年、長崎浦上のキリシタン信徒を預り、殉教地としマリア像が建つ。

最近の話としては、司馬遼太郎と共に旅した「街道をゆく」の挿絵で馴染みの安野光雅の美術館がある。

津和野は道々、武家の名残りがかい間見え、数々の資料館が散在し、芸術、美術の文化の歴史の薫りを今に残している町である。

### 4. 萩にて

萩といえば400年前関ヶ原の戦いのあと、周防、長門(今の山口県)の



写真-3 津和野 - 鷺舞像

みに押し込められてしまった毛利氏の城下町。日本海に面した指月山しづきの麓に萩城址があり、ここを要にして碁盤目に整然と区画された町並みが広がる。

武家屋敷の道筋は昔そのままの白壁の塀が続き、幕末、維新で活躍した志士達の面影を残し150年前にタイムスリップして町中をうろつく気分になる。

長州の傑物けつといえ、吉田松陰、高杉晋作、桂太郎、山県有朋、伊藤博文と枚挙にいとまない。その彼等の生家、旧居が国の重要伝統的建築物群保存地区として残されている。

菊屋横町という日本の道百選に認定されたきれいな道すじに高杉晋作の生家があった。格子戸の門構えの奥に植込みのある古い母屋が見える。

高杉晋作は倒幕の急先鋒、1862年上海に渡り、中国の半植民地化の実情を目にして日本の危機を実感している。帰国後、奇兵隊を結成し指揮をとったが残念ながら28才で病死している。

桂小五郎の名で知られる木戸孝允の旧宅は2階建の緑の木立に囲まれたお屋敷。国の指定史跡となっていて、明治の元勳としての貫録を見せ高杉晋作との差を示す。彼は土佐の坂本竜馬を介して薩摩の西郷隆盛と山口で会談し、薩長同盟を組む。討幕派の代表的指導者であり、その後、版籍奉還、廃藩置県を中心人物である。木戸孝允より桂小五郎の方が馴染みがあり、敵役の新撰組との対決、彼の妻との結びの方が話題性があるのだが。

町の中心からはずれ川を渡った先に吉田松陰を祭る松陰神社がある。その一隅に松下村塾がひっそり保存されている。(写真 - 4)

玉木文之進が開いた私塾を甥の松陰が引き継ぎ1857年から江戸で処刑されるまでの2年間、塾頭として育成にあたっている。

当初は8畳1室の塾舎だったのがその後増築して1日30名ぐらい、塾生

は70名におよんだという。

前述の幕末維新の原動力となり、明治政府の中核で活躍した連中はここから育っている。

松陰は1854年伊豆で米艦への乗船で失敗して江戸に送られその後国許に蟄居となり、この故里での生活が松下村塾の名を世に残すことになる。これから、10年後の1864年、4か国連合艦隊が下関を襲い、さらに、4年後には大政奉還、明治元年と、まさに激動の時を刻んでいる。

萩の町は萩美術館、萩焼など見物する価値のあるものが多くあるが、やはり幕末人物伝にのみ関心が向く。町の風情のせいだろうか。

松陰神社よりさらに奥、高台にあって萩の街が眺望できるホテル萩本陣に投宿。古い時代をさまよってきた気分から一転、今度は現代的な立派なホテルにびっくりした。岩風呂からサウナまで各種色とりどりの風呂が中庭を囲み、モノレールで山の中腹の野天風呂を楽しむことも出来る。

この温泉は2350m掘削して湧き出させた執念の湯、掘削パイプがその証

拠として廊下に陳列してあった。

夕食はふぐづくし、ふぐ刺し、ふぐ鍋などなど、地酒を味わい満ち足りた気分となった。

## 5. おわりに

錦帯橋から宮島―津和野―萩と名所旧跡を訪ね歩くと、昔、教わった日本史の記憶が甦ってくる。何年ぶりかで再び訪れた所でも懐しさもあるが感慨はまた別に湧いてくる。

読書の場合、かつて読んだ事がある小説でも時を経て、作家の年代になって再読すると受けとめ方が違ったものになるのと同様である。

あそこは以前いったからもういいやで済ませず、ぶり返しでも旅を続けて見たくなってきた。

—おわり—



写真 - 4 松下村塾

## —平成20年度— 2級土木施工管理技術検定試験 (鋼構造物塗装) 受験準備講習会 開催のご案内

当協会では2級土木施工管理技術検定試験「受験種別：鋼構造物塗装」の受験者を対象とした標記講習会を下記のとおり開催いたします。

[開催日及び講習会場等]

### 【福岡】

平成20年9月17日(水)～9月19日(金)  
電気ビル本館(福岡市中央区)

### 【大阪】

平成20年10月1日(水)～10月3日(金)  
エル・おおさか南館(大阪市中央区)

### 【東京】

平成20年10月8日(水)～10月10日(金)  
塗装会館(東京都渋谷区)

[本件に関するお問合せ先]

社団法人日本橋梁・鋼構造物塗装技術協会  
TEL 03-3476-3301 / FAX 03-3476-3316

## 2級土木施工管理技術検定試験 (鋼構造物塗装) テキスト販売の ご案内

当協会では下記のテキストを販売いたします。

(1) 2級土木施工管理技術検定試験(鋼構造物塗装)  
受験準備講習会用テキスト〔土木工学(専門)〕  
改訂第8版

(2) 2008年版 2級土木施工管理技術検定試験  
問題と解説〔種別：鋼構造物塗装〕

平成15年度～平成19年度

[本件に関するお問合せ先]

社団法人日本橋梁・鋼構造物塗装技術協会  
TEL 03-3476-3301 / FAX 03-3476-3316

## 平成19年秋の叙勲・褒章

平成19年秋の叙勲及び褒章受章者が平成19年11月3日に発表され、当協会の鈴木精一副会長(株式会社鈴木塗装工務店代表取締役会長)が黄綬褒章を、鈴木房雄氏(清水塗工株式会社 監査役)が瑞宝単光章を受章した。

◇鈴木 精一氏

昭和34年に株式会社鈴木塗装工務店に入社、昭和57年より同社代表取締役社長、平成13年より同社代表取締役会長。平成7年から平成12年まで当協会理事、平成13年から平成14年まで当協会運営審議員、平成15年より当協会副会長。71歳。

◇鈴木 房雄氏

昭和41年に清水塗工有限会社を設立、代表取締役社長に就任、平成11年より取締役会長、平成13年より監査役。79歳。

## 高塗着スプレー塗装施工管理技術者 認定講習・試験開催結果

平成19年度「高塗着スプレー塗装施工管理技術者」認定講習・試験は下記のとおり実施され35名が認定された。これで、平成16年度からの累計は331名となった。

実施日：平成19年9月27日(木)

場 所：東京・塗装会館

## 高塗着スプレー塗装技能士講習会 開催結果

平成19年度「高塗着スプレー塗装技能士」講習会は下記のとおり東京及び愛知で実施され、更新者33名、新規者80名が修了した。これで平成16年度からの累計は325名となった。

【愛知】

実施日：平成19年6月29日（金）  
場 所：愛知県立岡崎高等技術専門校  
修了者：更新33名、新規56名

【東京】

実施日：平成19年9月28日（金）  
場 所：塗装会館  
修了者：新規24名

—平成19年度—  
2級土木施工管理技術検定試験  
（鋼構造物塗装）受験準備講習会  
開催結果

〔開催日及び講習会場等〕

【福岡】

平成19年9月19日（水）～9月21日（金）  
電気ビル本館 地下2階 6号会議室  
申込者：17名、受講者：16名

【大阪】

平成19年9月12日（水）～9月14日（金）  
エル・おおさか南館 7階 南734号室  
申込者数 31名、受講者数 29名

【東京】

平成19年9月5日（水）～9月7日（金）  
塗装会館 2階会議室  
申込者：61名、受講者：53名

安全パトロールを実施  
—北海道地区委員会—

実施日：平成19年10月12日（金）  
【安全講習会】 9：30～12：00  
場 所：クアプラザピリカ会議室  
【安全パトロール】 13：00～15：00  
場 所：北海道瀬棚郡今金町一般国道230号線  
今金町八カイマップ橋塗装工事

「技術講習会」を開催  
—東北地区委員会—

開催日：平成19年10月24日（水）  
場 所：ホテルゆとりあ藤里  
受講者：会員及び関係機関等65名  
講習会プログラム（敬称略）

〔開会挨拶〕 10：30～10：40

鈴木 喜亮（理事・東北地区委員長）

〔講演Ⅰ〕 10：40～12：00

「鋼道路橋塗装・防食便覧について」

守屋 進（独立行政法人土木研究所）

〔講演Ⅱ〕 12：45～13：30

「高塗着スプレー塗装について」

杉本 久（旭サナック株式会社）

〔高塗着スプレー現場視察〕 13：45～16：00

大沢橋（秋田県山本郡藤里町大沢地内）

「公共工事の品質確保の促進に関する講習会」を開催  
—北陸地区委員会—

国土交通省北陸地方整備局より講師を招き、公共工事の品質確保の促進（総合評価落札方式）に関する講習会を下記のとおり開催した。

開催日：平成20年2月28日（木）

場 所：新潟テルサ 研修室

受講者：会員21名

## 「高塗着スプレー塗装工法」 年度別施工実績（橋梁） （平成20年2月末現在）

（※）は会員が施工

### 【平成10年度】

〔名古屋高速道路公社〕

10 - 6工区 340m<sup>2</sup>（試験施工）（※）

### 【平成11年度】

〔名古屋高速道路公社〕

11 - 9工区 3,300m<sup>2</sup>（試行発注）（※）

### 【平成12年度】

〔名古屋高速道路公社〕

12 - 1工区 2,880m<sup>2</sup>（試行発注）（※）

### 【平成13年度】

〔名古屋高速道路公社〕

13 - 5工区 9,447m<sup>2</sup>（試行発注）（※）

### 【平成14年度】

〔名古屋高速道路公社〕

14 - 5工区 8,312m<sup>2</sup>（※）

14 - 6工区 8,618m<sup>2</sup>（※）

14 - 7工区 9,573m<sup>2</sup>（※）

### 【平成15年度】

〔名古屋高速道路公社〕

15 - 1工区 14,698m<sup>2</sup>（※）

15 - 2工区 13,589m<sup>2</sup>（※）

15 - 3工区 12,159m<sup>2</sup>

15 - 4工区 12,420m<sup>2</sup>

### 【平成16年度】

〔名古屋高速道路公社〕

16 - 1工区 10,456m<sup>2</sup>（※）

16 - 2工区 17,147m<sup>2</sup>

16 - 3工区 15,289m<sup>2</sup>（※）

16 - 4工区 11,490m<sup>2</sup>

16 - 5工区 12,343m<sup>2</sup>

16 - 6工区 20,178m<sup>2</sup>（※）

### 【平成17年度】

〔国土交通省北陸地方整備局〕

早川橋 3,700m<sup>2</sup>（※）

早川橋側道橋 2,000m<sup>2</sup>（※）

〔名古屋高速道路公社〕

17 - 1工区 12,974m<sup>2</sup>

17 - 2工区 27,702m<sup>2</sup>（※）

17 - 3工区 6,752m<sup>2</sup>（※）

17 - 4工区 18,930m<sup>2</sup>（※）

17 - 5工区 12,894m<sup>2</sup>

〔首都高速道路(株)〕

No.湾 - 3019～3021 330m<sup>2</sup>（試験施工）（※）

### 【平成18年度】

〔国土交通省中国地方整備局〕

米子大橋 1,590m<sup>2</sup>（寒冷地向け塗装仕様）（※）

〔名古屋高速道路公社〕

18 - 1工区 21,532m<sup>2</sup>（※）

18 - 2工区 19,732m<sup>2</sup>

18 - 3工区 25,735m<sup>2</sup>（※）

18 - 4工区 16,927m<sup>2</sup>

18 - 5工区 19,084m<sup>2</sup>（※）

18 - 6工区 17,468m<sup>2</sup>（※）

### 【平成19年度】

〔国土交通省北陸地方整備局〕

新潟大橋（その1） 10,500m<sup>2</sup>（※）

新潟大橋（その2） 8,500m<sup>2</sup>（※）

稲葉川橋 3,500m<sup>2</sup>

洞川橋 2,200m<sup>2</sup>（※）

蒲原大堰管理橋 5,290m<sup>2</sup>（※）

信濃川水門管理橋 2,140m<sup>2</sup>（※）

〔名古屋高速道路公社〕

19 - 1工区 11,062m<sup>2</sup>（※）

19 - 2工区 9,450m<sup>2</sup>（※）

19 - 3工区 10,899m<sup>2</sup>（※）

19 - 4工区 8,729m<sup>2</sup>（※）

19 - 5工区 12,955m<sup>2</sup>

〔秋田県〕

大沢橋 1,520m<sup>2</sup>（※）

馬橋 262m<sup>2</sup>（※）

## 会議等開催状況

第37回運営審議会

平成19年12月14日 14:30～16:30

塗装会館 会議室

議題：「公益法人法の改革」に伴う当協会の移行について

代表取締役社長 武田 市則

代表取締役会長 桃谷 吉則

### ◆ 移転

(1) 中国塗料(株) 大阪支店

業務開始 平成19年8月27日

(新住所) 大阪府大阪市西区江戸堀1-18-35  
肥後橋IPビル7階

(2) 中国塗料(株) 東京本社

業務開始日 平成19年11月26日

(新住所) 東京都千代田区霞が関3-2-6

(3) 関西ペイント(株)

業務開始 営業部門 平成20年3月3日

管理部門 平成20年3月10日

(新住所) 大阪府大阪市中央区今橋2-6-14

(4) 関西ペイント販売(株) 大阪事務所

業務開始 平成20年3月17日

(新住所) 大阪府大阪市中央区今橋2-6-14

## 掲 示 板

### ◆ 社名変更

朽木塗装(株)は平成19年10月1日から社名を下記のとおり変更した。

(新社名) 株式会社くちき

### ◆ 代表者変更

共栄産業(株)は、平成19年11月1日から代表者を下記のとおり変更した。

## ● 編集委員変更のお知らせ ●

新編集委員 深山 大介 氏  
(首都高速道路株式会社 技術管理室 設計技術グループ)

前編集委員 白鳥 明氏(前:首都高速道路株式会社 技術管理室 設計技術グループ)の後任として深山 大介氏を新編集委員に委嘱、就任していただきました。よろしくお願い申し上げます。

なお、白鳥委員には平成19年10月に就任以来、「Structure Painting」の編集に力を尽くしていただきました。

ここに深甚なる謝意を表するとともに、ご功労に対し心から厚く御礼申し上げます。

環境対応型省工程塗装システム

# ユニテクトセーフティ工法

環境対応型省工程一般防食塗装システム

**ユニテクト10セーフティ工法**

環境対応型省工程重防食塗装システム

**ユニテクト20セーフティ工法**

**ユニテクト30セーフティ工法**



ユニテクトセーフティ工法とは、  
環境保全を念頭におき、  
省工程によるコスト削減を実現した  
弱溶剤可溶塗装システムです。

## 省 工程によるコスト削減の実現

従来の塗料は下塗りに防食性の機能を持たせ、上塗りに耐候性の機能を持たせるという、それぞれの役割がありました。「ユニテクトセーフティ工法」は1つの塗料で防食性と耐候性を兼ね備えた画期的な省工程塗装システムです。

## 弱 溶剤化によるメリット

すべての工法がターベン可溶システムです。合成樹脂調合ペイント並のハケさばきを有する優れた作業性と、旧塗膜を選ばない塗り重ね適性を有します。もちろん、環境・作業への安全にも配慮しています。

## 人 と環境に優しいシステムです

すべての工法が、鉛・クロムフリーシステムです。また、人体などの正常なホルモン作用に悪影響を与える『環境ホルモン（内分泌かく乱化学物質）』として疑われている有害化学物質のノニルフェノール等も排除しました。

**関西ペイント販売株式会社** 東 京：東京都大田区南六郷3丁目12-1  
大 阪：大阪市中央区今橋2丁目6番14号

TEL.03-5711-8901 FAX.03-5711-8931  
TEL.06-6203-5701 FAX.06-6203-5603

# 弱溶剤形ふっ素樹脂登場 AGC

日本の橋を守りたい



名古屋市内高速道路



### 特徴

- ① 環境に優しい (MRVoc値削減に寄与)
- ② 人に優しい (臭気が弱い)
- ③ 塗膜に優しい (塩化ゴム系塗膜を溶解しない)

東京都 清州橋



## AGC化学品カンパニー

旭硝子株式会社 東京都千代田区有楽町1-12-1 新有楽町ビル 100-8405  
電話 03-3218-5040 Fax 03-3218-7855  
URL <http://www.lumiflon.com/>

# 鉄の守り。

90年に及び中国塗料は鉄をさびから護り続けてきました。決してファインプレーではない安定した守備を誇る実力派の機能性塗料が21世紀の環境も強く美しく守ります。



## 高耐候性塗料(低汚染型)

低汚染形ふっ素樹脂塗料  
**フローレックス No.500**

低汚染形アクリルシリコン塗料  
**シリカラック No.500**

低汚染形ポリウレタン樹脂塗料  
**ユニマリン No.500**

無機質系塗料  
**ケイソル No.100**

## 弱溶剤形塗料

変性エポキシ樹脂塗料 下塗  
**ユニバンMS**

ポリウレタン樹脂塗料 上塗  
**ユニマリン No.300 上塗MS**

低汚染形ポリウレタン樹脂塗料 上塗  
**ユニマリン No.500 上塗MS**

ふっ素樹脂塗料 上塗  
**フローレックス 上塗MS**



### 工業塗料事業本部

東京 〒100-0013 東京都千代田区霞が関3-2-6 東京倶楽部ビルディング ☎0120-74-4931

大阪 〒550-0002 大阪市西区江戸堀1-18-35 肥後橋IPビル7F ☎0120-53-4931

CMP Homepage <http://www.cmp.co.jp>



QMS EMS  
JIS Q 9001:2000  
JIS Q 14001:2004  
JSAQ292, JSAE461

# 環境にやさしいハイグレード重防食塗装システム

## 弱溶剤形防食塗料システム



Smileシリーズは、塗料用シンナー希釈形の下塗シリーズ/中・上塗シリーズをラインアップした、環境にやさしく・人に微笑みを与える弱溶剤形防食塗料システムです。

彩りに優しさをそえて



●大阪 ☎06-6466-6626  
●東京 ☎03-5710-4502  
●名古屋 ☎052-332-1701  
<http://www.dnt.co.jp/>  
塗料相談室フリーコール ☎0088-22-1641

下塗	
変性エポキシ	エポオールスマイル
	(厚膜) エポオールHBスマイル
	エポオールワイド
	(一液) エポオールUNI

中塗 / 上塗	
ポリウレタン	VTトップHスマイル中塗/上塗
	(厚膜) VTトップHBスマイル上塗
ふっ素	Vフロン#100Hスマイル中塗/上塗
	(低汚染) Vフロン#100クリーンスマイル上塗

# 環境に優しい塗料の提案

弱溶剤形防食塗装システム

シントーマイルドシステム

弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料

◆ ネオゴーセーマイルド下塗

弱溶剤形ポリウレタン樹脂塗料用中塗

◆ NYポリンクマイルド中塗

弱溶剤形ポリウレタン樹脂塗料上塗

◆ NYポリンクマイルド上塗

弱溶剤形ふっ素樹脂塗料用中塗

◆ シントーフロン#100マイルド中塗

弱溶剤形ふっ素樹脂塗料上塗

◆ シントーフロン#100マイルド上塗



さわやかな環境の提案

## 神東塗料

東京 TEL 03-3522-1674

大阪 TEL 06-6426-3763

<http://www.shintopaint.co.jp>

# 環境にやさしい、重防食塗料をめざして。

橋梁、プラント、タンクなどの大型鋼構造物をいつまでも美しく強く守るため、日本ペイントは確かな品質と製品体系の重防食塗料を提供し、環境の美化と保護に努めています。

Basic & New  
**日本ペイント**

鉄構塗料部

〒531-8511 大阪市北区大淀北2-1-2 ☎06-6458-1111  
〒140-8675 東京都品川区南品川4-1-15 ☎03-3474-1111

## 超耐候性弱溶剤形ふっ素樹脂塗料

下塗から上塗まで  
弱溶剤で統一した  
重防食最新環境配慮形塗装仕様

- 優れた耐候性と耐久性
- グリーン購入法に適用  
(鉛・クロムフリー)
- VOC・PRTR物質の削減
- 旧塗膜を選ばず  
塗替塗装が可能
- 優れた作業性・低臭気
- 低汚染性



採用実績 東京都 清洲橋(墨田川)

# ニューフッソ21DC上塗システム

**T** 株式会社トウペ

本社 〒592-8331 大阪府堺市築港新町1丁5番地11 TEL (072) 243-6452  
東京支店 〒110-0015 東京都台東区東上野6丁目16番10号(KBUビル) TEL (03) 3847-6441

トウペホームページ <http://www.tohpe.co.jp>

# 当協会会員は、「発注者から 信頼される元請企業」として 全国各地で活躍しています。

「より良い塗装品質」の確保を目指すと共に、「美しい  
景観」の実現にも積極的に取り組んでいきます。



社団法人 **日本橋梁・鋼構造物塗装技術協会**

JAPAN ASSOCIATION OF STRUCTURE PAINTING CONTRACTORS

〒150-0032 東京都渋谷区鶯谷町19番22号 塗装会館4階  
TEL 03-3476-3301(代) FAX 03-3476-3316  
E-mail [info@jasp.or.jp](mailto:info@jasp.or.jp) URL <http://www.jasp.or.jp>

## 編集後記

本誌が皆様のお手元に届く頃になるかと思うが、3月29日に圏央道（首都圏中央連絡自動車道）の鶴ヶ島JCTから川島ICまでの7.7kmが開通する。昨今、道路建設に関する議論が高まっているが、インターチェンジ周辺の道路や圏央道の脇に作られた側道がきれいに整備され、以前より人も車も安心して通行できる道路になった。3月23日には開通記念イベントとして、「圏央道ウォークフェスタ2008」が開催される予定で、坂戸ICから川島ICまでの2.6kmの高速道路を歩く「開通記念ウォーキング」が行われる。高速道路を歩くことができる機会はめったにないのでぜひ参加したいと思っている。

(A)

### 社団法人日本橋梁・鋼構造物塗装技術協会

会 長	顧 問
本山  翫	二階  俊博
副会長	松崎  彬磨
鈴木  精一	平岩  高夫
	鈴木  道雄

### Structure Painting編集委員会

編集幹事	編集委員（五十音順）	
加藤  敏行（理事）	酒井  修平（株式会社高速道路総合技術研究所）	林    昌弘（本州四国連絡高速道路株式会社）
	田中  誠（財団法人鉄道総合技術研究所）	深山  大介（首都高速道路株式会社）
	津野  和男（三井住友建設株式会社・工博）	守屋  進（独立行政法人土木研究所）

### Structure Painting - 橋梁・鋼構造物塗装 -

(通巻第131号)

平成20年3月21日 印刷  
平成20年3月31日 発行 非売品  
年2回発行／無断転載厳禁  
発行責任者 本山 翫

発行所 社団法人日本橋梁・鋼構造物塗装技術協会  
東京都渋谷区鶯谷町19番22号(塗装会館4階)  
〒150-0032  
電話 03(3476)3301  
FAX 03(3476)3316

# 「橋の危機を救え」

～橋を末永く“つかう”ために～

当センターでは首都高速道路株式会社の後援を得て、「橋の危機を救え」と題し、技術講演会を開催致します。

今、まさに喫緊の課題である「橋の安全」について諸先生方からご講演いただくと共に、当センターに於ける最新の点検技術を分かりやすく紹介致します。

多くの方々にご参加いただきますようご案内申し上げます。

## プログラム

時間	内容	講師
	開会挨拶	(財)首都高速道路技術センター 理事長 北川 久
10:10～11:10	(仮題) 橋の危機 -国内外の動向-	東京大学 大学院工学系研究科 社会基盤学専攻 教授 藤野陽三
11:10～12:10	(仮題) 我が国における橋梁保全の施策 -保全施策、制度化-	国土交通省 国土技術政策総合研究所 道路研究部 道路構造物管理研究室長 玉越隆史
(休憩：50分)		
13:00～13:50	首都高速道路構造物の超長寿命化	首都高速道路(株) 保全・交通部 部長 長谷川和夫
13:50～14:40 14:40～15:30	首都高速道路における橋梁の損傷事例と最新の点検・補修補強技術 ①鋼橋における疲労損傷と対策 (その後) ②点検の重要性と最新技術	首都高速道路(株) 鋼構造疲労対策グループ 総括マネージャー 平林泰明 (財)首都高速道路技術センター 緊急補強対策室長 小西拓洋 [(社)土木学会 鋼構造委員会 副幹事長]
(休憩：20分)		
15:50～16:50	(仮題) 造る時代から守る時代へ -技術者に求むモノ-	東京工業大学 大学院理工学研究科 土木工学専攻 教授 三木千壽
	閉会	



本講演会は、(社)土木学会の継続教育(CPD)プログラムとして認定されております

日時

平成20年5月27日(火) 10:00～17:00

受け付け開始：9:30より

会場

ニッショーホール (港区虎ノ門2-9-16 tel 03-3503-1486)

定員：600名(定員になり次第締め切らせていただきます。)

申し込み方法

参加費：8,000円(テキスト代含む) 定員：600名(事前登録制)

- 申込書に必要事項を記入の上、参加費払込受領書の写し(コピー)を添付し、5月9日(金)までに事務局宛で郵送ください。後日、参加券をお送りします。申込書は下記のURLよりご覧ください。
- 参加費は、郵便局備付の払込取扱票にて下記郵便振替口座へ払い込みください。通信欄に「技術講演会」と参加者氏名、電話番号を必ずご記入ください。払込手数料は申込者のご負担願います。払い込み済の参加費は不参加の場合でも払い戻し致しません。なお、不参加の場合は後日テキストを送付致します。

口座番号：00150-1-463575

加入者名：技術講演会事務局

申込先

(財)首都高速道路技術センター 技術講演会事務局

〒105-0001 東京都港区虎ノ門3-10-11 虎ノ門PFビル

tel 03-3578-5751 fax 03-3578-5761 担当：関口、黒木、須藤

URL：http://www.tecmex.or.jp E-mail：info@tecmex.or.jp