

Structure Painting

Vol.38 No.2

橋梁・鋼構造物塗装

2010年9月

CONTENTS	page
●ご意見承ります	
高齢化する道路橋の今後 ……………寺田 典生 …… 1	
●技術報告	
高速道路の鋼橋塗替え塗装における塗膜除去工法に関する取り組み ……………酒井 修平・藤野 和雄 …… 2	
寒冷地用塗装システムの施工性に関する検討 藤城 正樹・守屋 進・後藤 宏明 大山 博昭・山本 基弘・斉藤 誠 ……10	
●技術資料	
長期防錆型塗装の歴史と現状 ……………田中 誠 ……18	
橋梁長寿命化修繕計画と塗装工事 ……………片脇 清士 ……26	
プリストルブラスターによる素地調整 辻 良尚・阿部 米雄・中野 正 ……38	
●技術雑感	
沖縄における鋼橋塗装の長寿命化対策の取り組み ……………下里 哲弘 ……44	
●特別寄稿	
ベトナム便り ……………上村 博文 ……50	
●よもやま話	
屋久島、種子島を訪ねる ……………津野 和男 ……55	
橋塗橋だより ……………58	
掲示板 ……………61	
第13回技術発表大会報告 ……………62	
会員名簿 ……………64	
広告 ……………68	

「Structure Painting」がホームページでカラー閲覧できます。

10月1日よりVol.35, No.1（平成19年3月発行）以降の「Structure Painting—橋梁・鋼構造物塗装—」が当協会ホームページ（<http://www.jasp.or.jp>）で閲覧できるようになりました。

ご意見承ります

高齢化する道路橋の今後



株式会社高速道路総合技術研究所
橋梁担当部長 寺田 典生

日本における道路橋は約15万橋（15m以上を対象）あり、そのストック量は膨大である。また、高度成長期の1955年～1970年代に大量の橋梁が建設されたことも特徴であり、その時期の橋梁比率が全体の3割以上を占めるため、老朽化も一気に訪れることになる。

高速道路橋においても状況は同じであり、NEXCOが管理する高速道路の橋梁も、建設後40～50年を迎える1960年代に建設された橋梁比率は現在15%程度であるが、10年後には1970年代に建設された大量の橋梁が、建設後50年を次々と超えることになり、その比率は全体の40%まで一気に増加する。

過去の事例からも建設後40～50年を経た老朽化橋梁の損傷が、インフラや公共交通の安全性を脅かす事例は多い。例えば、最近、損傷や落橋で話題となった木曾川橋（建設後44年で損傷）、本荘大橋（同44年）、シルバー橋（同39年）、ミネソタのI-35号橋（同40年）、ケベック州19号架道橋（同36年）など、一概には言えないが建設後40年を超えると、損傷のリスクは高まる。

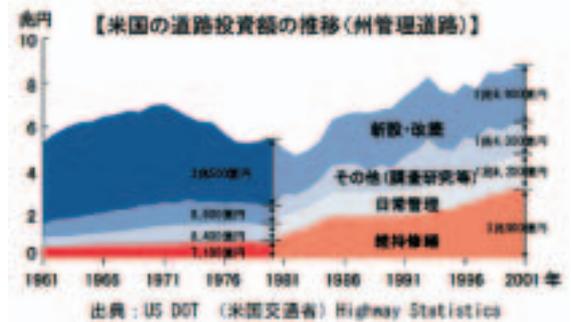
日本で通行制限・通行不能など何らかの通行規制されている橋梁は、国土技術政策総合研究所の資料によると全体橋梁数の約5.5%、市町村道の橋梁に限ると約9%の橋梁が何らかの通行規制をされており、老朽化の波は確実に足元に押し寄せていることは間違いない。

老朽化した橋梁をすべて再建設・更新することは、その予算が膨大であることは当然として、通行止め等の社会的損失を考慮すると、とても現実的なものではない。仮に首都高速道路や東名高速道路の橋梁を全て架け替える事を考えれば、その困難性と社会的損失は容易に想像できることであろう。

国土交通省もこのような観点から、平成20年5月に予防保全の提言がなされており、国道、高速道路、地方道路をはじめ多くの道路管理者で、予防保全の取り組みがはじまっている。しかし、既に損傷している老朽橋梁も多く、過去に経験したことがない社会資本の安全性を確保する為の、懸命な取り組みがはじまると思われる。

さて、日本のインフラを考える上で、一足先に老朽化を迎えた米国の事例を参考にしてみる。アメリカでは1925年の大恐慌を機にニューディール政策が始まり、多くの公共工事が行われた。その50年後の1970～1980年代には、一転して荒廃するアメリカとして知られるように、落橋事故など道路や橋などインフラの劣化が話題になった事は記憶に新しい。

しかしながら、余り知られていないが米国ではその後



1982年に交通支援法が制定され、道路投資における維持修繕費（州管理道路）が大幅に増額され、1980年から2001年間に実に4倍以上の補修予算を確保し、本格的な保全の取り組みが行われている。その結果1980年に欠陥橋梁が45%であったものを、2006年には25%まで減少させている。また、橋梁マネジメントシステムの活用や点検管理の法制化など、日本に比べても遥かに進んだ取り組みが行われている。

それでも、最近のミネソタの落橋事故のように、老朽化した橋梁の点検管理とその安全性の評価は非常に難しいものがあり、単なる予算確保だけではなく、人材育成や技術開発の必要性も強く感じさせるものであった。

さて、本題の『高齢化する道路橋の今後』について、もうお分かりのように、老朽化した橋を壊れば更新するという発想は現実的ではない。仮に、毎年1000橋を架け替えたとして、全てを架け替えるのに単純計算で150年必要となる。社会的損失を考慮しても、多くの橋梁では予防保全に力を入れその寿命を伸ばすことしか選択肢はなく、ひとたび橋梁の劣化損傷が交通インフラに打撃を与える事故があれば、予防保全への流れは一気に強まると思われます。

橋梁全体の40%を占める鋼橋は、予防保全に関しても非常に大きな要素であり、その維持管理に要する費用は非常に大きい。代表的な予防保全策である塗装についても、その耐久性確保は、我々の主要な研究テーマの一つである。

特に、塗替え塗装の耐久性は、使用する塗料、塗装構成、既存塗膜の劣化程度や範囲、最適な塗替え時期や素地調整等の仕様など多岐に亘り、まだまだ課題は多い。

今後の予防保全の取り組みでは、一連のシステムとして塗装の最適化が求められると思われます。

劣化診断、塗装材料、ケレンや塗装など施工技術の分野で人材育成と技術開発が進み、最適な予防保全システムが開発される事と、あわせて補修に対する社会の幅広い理解が進むことを強く期待しています。

高速道路の鋼橋塗替え塗装における塗膜除去工法に関する取組み

酒井 修平* 藤野 和雄**

1 はじめに

NEXCOで管理する高速道路における橋梁数は約1万5千橋あり、そのうち鋼橋は全体数のうち概ね1/3を占め橋数にして約5千橋である。近年のこれらの橋梁の老朽化に伴い、増加する維持更新費の低減を図るため、効率的な維持管理を行うことが求められている。鋼橋の劣化損傷で最も典型的なものに、鋼部材の腐食、疲労、コンクリート床版の劣化が挙げられる。その中でも塗装等の腐食対策は維持管理費の多くを占めており、今後も増大すると予測されていることから、防食層の耐久性向上は大きな課題となっている。そのような事情から、最近腐食対策の新たな取組みの事例として、Al-Mg合金などを用いた金属溶射の鋼橋への適用、桁洗浄などがNEXCOの各地で試みられている。

一方、近年、国内外の落橋事故^{1) 2) 3)}などから国内でもライフサイクルコストに関するコンセンサスが得られるようになり、それにあわせるように鋼道路橋塗装・防食便覧⁴⁾（以下「便覧」）などの国内およびNEXCOの設計要領⁵⁾等の技術基準が改訂されている。その改訂では、鋼橋の腐食対策にかかるライフサイクルコストの縮減と劣化による損傷に対してより一層の安全・安心の確保の観点から、新設橋梁においては重防食塗装（C塗装系）に、また、塗替え塗装についても既存塗膜の完全除去を行い、重防食塗装に塗替えることを基本とした変更がなされている。

しかし、塗替え塗装の既存塗膜の完全除去については、NEXCOでは過去において実績が少なく、現況について把握する必要がある。そこで、平成20年度に、各種の塗膜除去工法の作業中の粉じんや騒音対策、コスト縮減のための課題を把握するため、実橋での施工に関する試験・調査を実施した。本稿は、その試験・調査結果について報告するものである。

2 目的と調査内容

2.1 目的及び調査箇所

前述のように各種の塗膜除去工法の作業中の粉じんや騒音対策、コスト縮減のための課題等を把握することを目的に実橋での施工に関する試験・調査を実施した。なお、これらの調査のための施工試験は、北陸地区（離岸距離約5 km）の橋梁で実施している（写真-1）。該当橋梁の塗装履歴を表-1に示す。

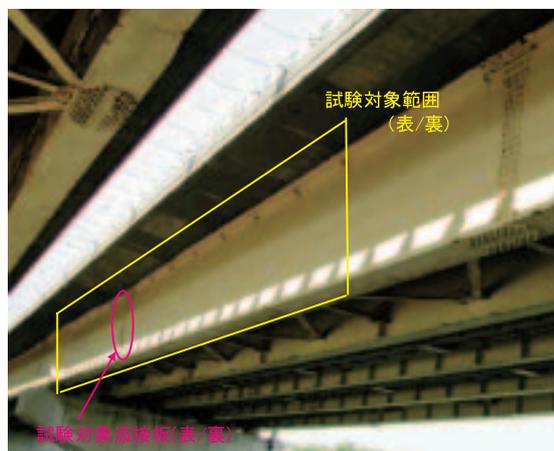


写真-1 施工試験を実施した橋梁

表-1 塗装履歴

時期	塗装系：素地調整程度
1981	A塗装系（新設）
1990	a塗装系：3種（塗替え）
1997	c-1塗装系：3種（塗替え）

2.2 調査した塗膜除去工法の種類

試験では表-2に示す塗膜除去工法について、1本の主桁を図-1のように分割して実施している。

この施工試験で採用した塗膜除去工法は、従来の塗替え塗装で一般に用いられる機械工具による方法（素地調整程度3種）、素地調整程度1種で一般に用いられるブラスト工法、最近着目されている塗膜剥離材を用

* 中日本高速道路株式会社 名古屋支社 建設事業部計画設計チームサブリーダー兼務保全サービス事業部保全チームサブリーダー（平成22年4月以降、それ以前は株式会社高速道路総合技術研究所 道路研究部 橋梁研究室で主任研究員として勤務）

** 株式会社高速道路総合技術研究所 道路研究部 橋梁研究室

表-2 施工試験で採用した塗膜除去工法

○は施工試験で実施した工法

塗膜除去工法		一般部	特殊部	概要
オープンブラスト	ケイ砂	○		研削材としては安価であるが、ブラスト施工時に砕け粉塵が多いことやリサイクルできないため廃棄物が増加する。2007年にJIS規格から削除。
	ガーネット	○		近年、一般的に利用される研削材で、スラグやアルミナなどに比べやや高価。壊れにくく回収して再利用が可能で、粉塵や廃棄物が比較的少ない。
	スポンジブラスト	○	○	粉塵や騒音抑制を目的に、微小なスポンジにアルミナなどの研削材を固着させた特殊な研削材で回収して再利用できる。
湿粒ブラスト		○		粉塵や騒音抑制を目的に、研削材の表面に水の膜を形成させるブラスト工法で、従来の湿式工法と比べ、施工面が乾燥した状態を確保できる。
バキュームブラスト		○		ノズルから研削材を吐出するとともにノズル周辺の吸引口から回収する。
塗膜剥離材		○	○	取扱いに注意が必要な塩素系、アルカリ性薬品等を従来使用していたが、近年は安全な高級アルコール系溶剤を主成分としたものが開発されている。
機械工具による方法		○	○	3種ケレンで実施する、局所的な劣化部を機械工具で除去する方法。

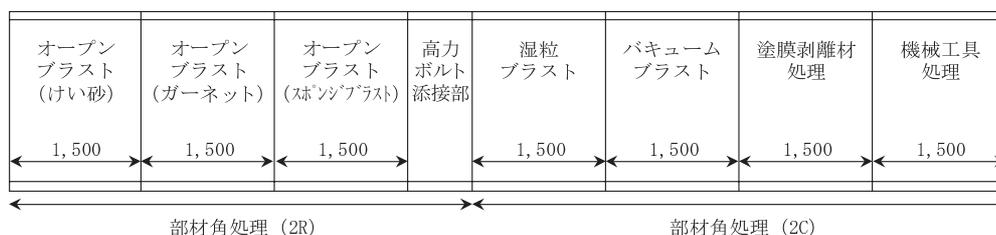


図-1 塗膜除去工法の施工試験の工法区分



写真-2 研削材 (ガーネット)



写真-3 研削材 (スポンジブラスト)

いた工法の3種類である。ブラスト工法についてはさらにオープンブラスト、湿粒ブラスト、バキュームブラストについて行っている。研削材は、オープンブラストについては、2007年のJIS改訂以前に安価であるため一般に利用されていたけい砂、近年よく使われるガーネット (写真-2)、粉塵や騒音抑制のために用いられるスポンジブラスト (写真-3) を選定し、湿粒ブラスト、バキュームブラストについては施工者の選定でフェロニッケルスラグ、溶融アルミナを使用している。塗膜剥離材を用いた工法については、近年の実績からインバイロワン工法を使用した。

2.3 調査項目と内容

調査項目は、表-3に示すとおりコストに最も影響す

表-3 調査項目と内容

調査項目	内容
ワーカビリティ	作業環境、作業者の防護方法、機械構成、配置作業、施工能力、研削材吐出量など
塗膜除去性能	既存塗膜の調査(塗装履歴、塗膜厚、付着力)、塗膜の除去程度、標準見本との比較、表面粗度など
環境適合性	粉塵の発生状況、音響パワーレベル、廃棄物量、研削材のリサイクルなど

るワーカビリティ、塗膜の耐久性に影響する塗膜除去性能、現場にあった工法選定のための環境適合性能について実施した。

3 調査結果

ブラスト工法の機械はコンプレッサー、ブラストマ

シン、ノズル・ホースにより構成され、施工規模によりそれらの機械規模やパーティ数も異なるが、基本構成は同じである。なお、バキュームブラストは比較的小規模な施工に対して機動性を確保するため小型トラックにすべての機材一式がまとめられている。機械工具は発動発電機以外に大きな機材はなく、塗膜剥離材による方法は基本的に機械を必要としていない。工法選定においては、これらの固定的に必要な機材の費用

および設置ヤードの確保など考える必要があると思われる。

3.1 ワークビリティ

(1) 施工能力

各工法の施工能力を図-2に示す。バキュームブラスト工法は、オープンブラスト、湿粒ブラストの半分程度の能力となった。研削材による能力の差は大きくな

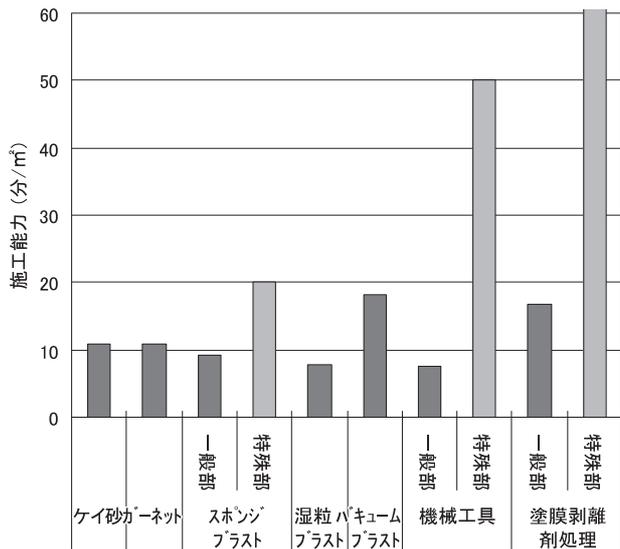


図-2 各工法の施工能力

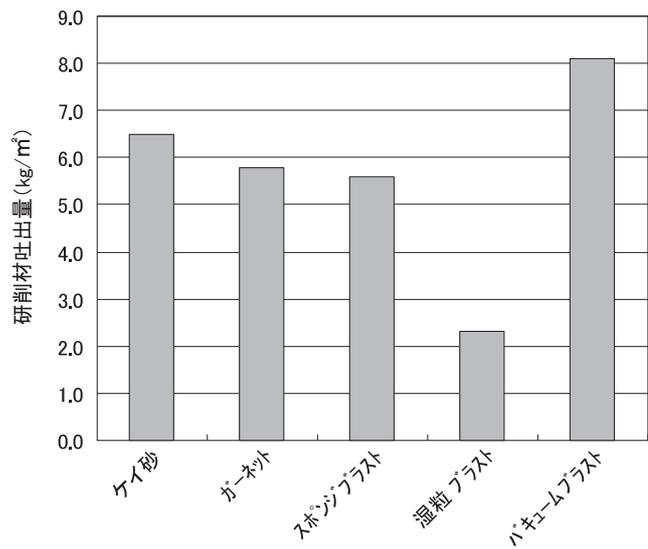


図-3 研削材吐出量



a. オープンブラスト (けい砂)



b. ガーネット



c. スポンジブラスト



d. 湿粒ブラスト



e. バキュームブラスト



f. 塗膜剥離材による処理

写真-4 各種塗膜除去工法の施工状況

かった。また、桁外と比べ、補剛材、対傾構がある桁内および添接部等の特殊部では施工能力が大幅に落ちることが判った。

(2) 研削材吐出量

各工法の研削材吐出量を図-3に示す。湿粒ブラスト(フェロニッケルスラグ)は他の工法に比べ、少ない研削材で施工できることが判った。

(3) 作業の特徴

ケイ砂は、研削材が砕け粉塵により視界が悪化し作業環境が非常に悪かった。ガーネットは、それに比べかなり粉塵が抑えられるが、それでも作業員は防護装備が必要である。スポンジブラスト、湿粒ブラストは粉塵がかなり抑えられるため一般的な装備で作業できた。湿粒ブラストでは施工面は乾燥するが、その周りの水の処理が必要であった。塗膜剥離材処理は、今回用いた高級アルコール系溶剤の材料は取扱いやすいが、養生期間が1~2日必要なこと、既存塗膜の種類により一度で処理できない場合があることに留意する必要がある。

ある。今回はC塗装系で既存塗膜が厚いため2回に分けての剥離材の塗布処理を行っている(写真-4)。

3.2 塗膜除去性能

(1) 既存塗膜の調査

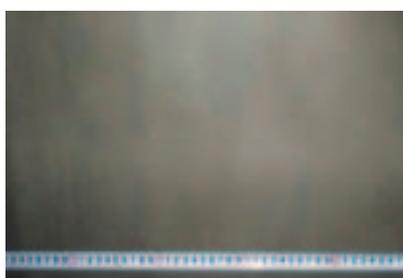
一般部は比較的健全であるが、フランジ・補剛材角部のかなりの範囲で膨れ、さびが確認された。塗膜厚は平均で600 μ m程度、厚い箇所では1000 μ m以上の箇所も見られた。

(2) 塗膜の除去程度

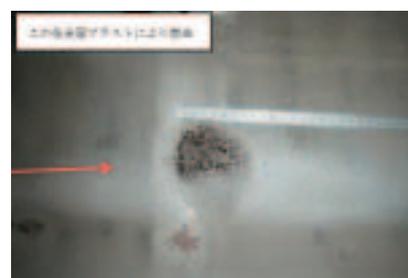
各工法の塗膜除去面の状態と特徴的な箇所を写真-5、6に示す。オープンプラスト及び湿粒ブラストでは、どの研削材を使用してもほとんどの範囲で適切な塗膜の除去ができるが、作業環境の悪い工法は取残し塗膜を除去するのに手間を要している。バキュームブラストは、凹部などで塗膜が残る。塗膜剥離材処理は、既存塗膜の除去は可能であるが、さびは除去できないためブラスト等で仕上げ処理をすると合理的となる。機



ブラスト工法処理前の状況



オープンプラスト(ガーネット) 処理後



処理1日後(以前3種ケレンで処理箇所) 早期に再発錆(ターニング)



スポンジブラスト処理後



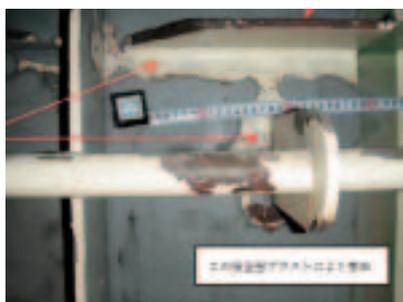
湿粒ブラスト処理後(処理面)



湿粒ブラスト(処理面周辺) うまくいかない場合周辺が濡れる



バキュームブラスト処理後



ノズルホースが入らない箇所 ブラスト処理ができない

写真-5 各工法の塗膜除去面の状態①



塗膜剥離材処理前の状況



塗膜剥離材による処理後



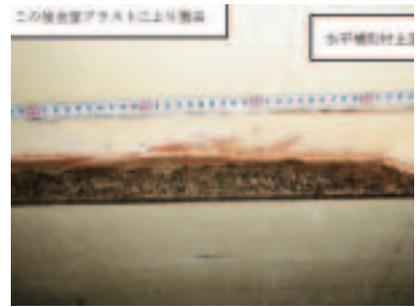
塗膜内の錆発生箇所
塗膜剥離材では錆はとれない



機械工具処理前の状況



機械工具処理後



処理1日後 深く細かい錆が取りきれない
早期に再発錆 (ターニング)



添接部 スポンジブラスト処理前



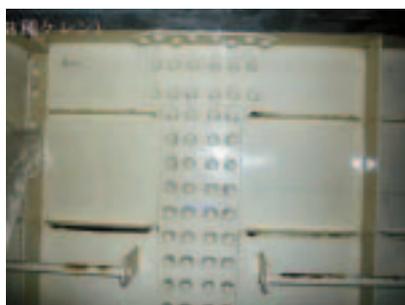
添接部 スポンジブラスト処理後



添接部 塗膜剥離材処理前



添接部 塗膜剥離材処理後



添接部 機械工具処理前



添接部 機械工具処理後

写真-6 各工法の塗膜除去面の状態②

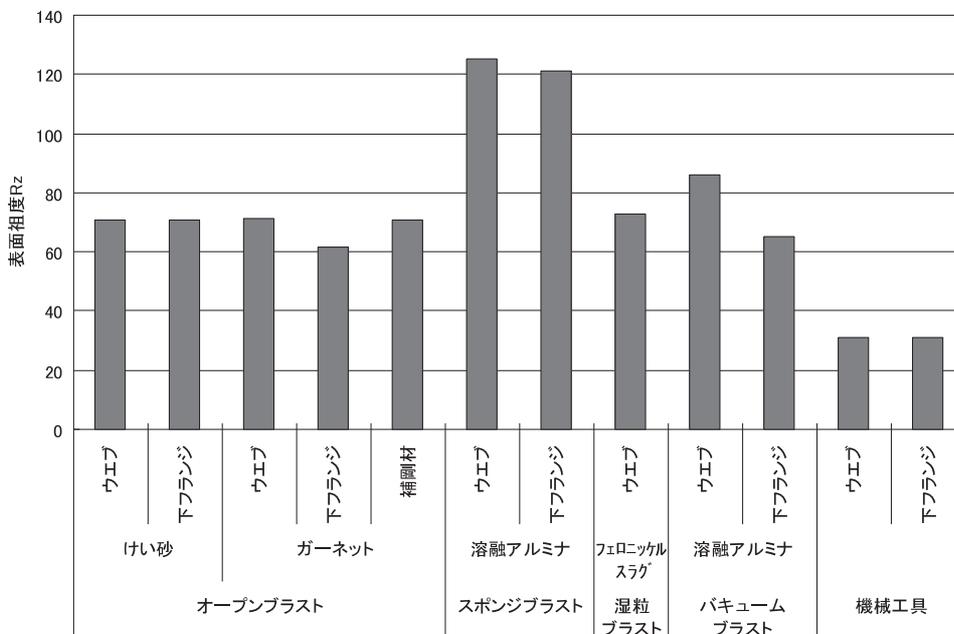


図-4 各工法の表面粗度 Rz

械工具での腐食部分の除去は、部分的な削りこみまたは細かく深い錆が残り、こうした箇所が早期に発錆すると考えられる。

(3) 表面粗度 Rz

各工法の処理面の表面粗度の測定結果を図-4に示す。測定の結果は、スポンジブラストで行った熔融アルミナが大きな値となった。表面粗度は、研削材の硬度や粒径、機械出力、処理時間などにより決まる。表面の凹凸があまり大きいと下塗りの塗膜厚さのばらつきが大きくなり薄くなる部分ができるのが問題となり、小さい場合は塗膜の付着力に影響する。現場塗装では一般に処理面の凹凸に付着力があまり影響しない下塗り塗料が使われているため、塗替え塗装の素地調整の品質管理では大きい場合に留意する必要があると思われる。

3.3 環境適合性

(1) 粉塵

ブラスト工法の粉塵の発生状況を表-4に示す。けい砂は非常に粉塵量が多いが、ガーネットでもある程度の粉塵はでる。その他は、粉塵は非常に少なかった。

(2) 騒音

音響パワーレベルを図-5に示す。作業直下では100dBを超える騒音が発生し、官民境界でも95dB程度であった。スポンジブラストでは120dBを超える結果となった。バキュームブラストは75dB程度で、沿線環境を配慮する場合は、適切な防音シートなどの設備とともに、塗膜剥離材処理とバキュームなどのブラストの併用工法などが考えられる。

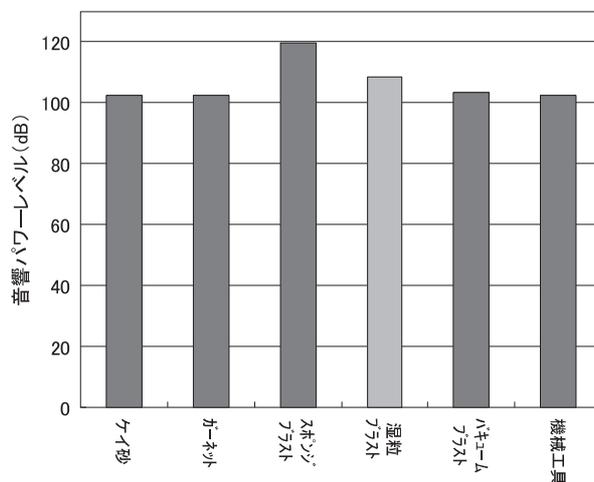


図-5 音響パワーレベル (施工直下)

(3) 廃棄物

塗膜剥離材処理は、塗膜以外の廃棄物がないため発生量が少なかった。その他のブラスト工法においても研削材が破壊しにくく回収しやすい工法を採用することで発生量を抑制できる。

4 まとめ

(1) コスト削減のための課題

今回の調査でコストに影響する内容として施工能力の違いについて把握できた。施工能力は工法により作業内容が相違するため大きく異なる。しかし、ブラスト工法では研削材による大きな違いはみられなかった。研削材の硬度などの違いによる能力差は、粒径や吐出量(機械出力)で調整することが可能であると思われる。

表-4 ブラスト工法の粉塵発生状況

ブラスト工法	施工時の状況	粉じんの発生と対策
オーブンブラスト工法 (けい砂)		<ul style="list-style-type: none"> 鋼材表面で砕かれた研削材が細かく舞い上がる。 防護工内は、メガネ・マスクのほか酸素吸入器が必要なくらい粉じんは飛散しており、視界もかなり悪い。 防護工の外はそれほど粉じんは出ていないが、作業時は防護工の隙間のいくつかより粉じんはでていた。 沿線でもある程度の粉じんの影響はあると考えたほうがよい。
オーブンブラスト工法 (ガーネット)		<ul style="list-style-type: none"> けい砂に比較し舞い上がる粉じん量はかなり軽減される。 防護工内は、けい砂同様の作業員の安全装備は必要である。 防護工の外は目視で確認する範囲ではほとんど粉じんは出ていないが、多少は出ると考えたほうがよい。
スポンジブラスト工法		<ul style="list-style-type: none"> 粉じんはほとんど出ていない。 研削材や剥がれる塗膜も粉じんとなっていない。 一般的には足場に簡易な防護工をしておけば、粉じんは問題とならないと考えられる。しかし、スポンジ状の研削材は跳ね返って飛散するので防護工は必要である。 作業員の防護は必要であるがメガネ・マスクも一般的なものでよいと考えられる。
湿粒ブラスト工法		<ul style="list-style-type: none"> 粉じんはほとんど出ていない。 研削材や剥がれる塗膜もほとんど粉じんとなっていない。 一般的には足場に簡易な防護工をしておけば、粉じんは問題とならないと考えられる。 作業員の防護は必要であるがメガネ・マスクも一般的なものでよいと考えられる。

る。それ以上に、部材形状（補剛材や手すりなどの有無）や内桁の対傾構、横構など二次部材などによる作業空間、作業時の粉じんによる作業者の視界不良といった作業環境が能力の違いに大きく影響する。また、ブラスト後の塗装のための粉じん処理時間、研削材の回収や再利用、廃塗膜の回収処理、機材の設置ヤード（特に桁下から作業できない場合）、沿線環境対策、廃棄物処理量などはコストに影響することから、工法選定についてはそれらを含め検討する必要がある。

（2）施工面での課題

ターニング（素地活性部の早期発錆現象）する前に塗膜除去後すぐ塗装しなければならないことから、能力の向上と粉塵の低減が大きな課題となる。また、一日の施工量に考慮して下塗りをはけ塗りにするなどの仕様の変更も必要に応じて考えなければならない。また、塗膜除去だけを考えると表面粗度が過度に大きく

なる可能性があるので、既存塗膜にあった適切な塗膜除去方法について考えなければならない。さらに、古い橋梁では部材の角処理がされていない場合があることから、事前調査により角処理を計画する必要がある（写真-7）。

（3）沿線環境対策

環境適合性を考えると工法はかなり限られる。沿線環境に配慮する必要があるのであれば、防護設備とともに研削材及び工法を検討する必要がある。

5 おわりに

以上の点も踏まえて高速道路の鋼橋塗装の維持管理における課題は、①現場での素地調整のコスト縮減、②ブラスト工法の作業時の環境改善策、③劣化因子の排除 洗浄や漏水箇所の維持管理等が考えられる。これらの課題解決に向け、塗装やその他の防食方法等の



写真-7 塗替え塗装時の部材角部の処理

枠組みを超えて、様々な取組みを行う必要がある。今後、材料、各種の施工面での技術開発が求められていることから、官民ともに取組むべき課題と考える。

最後に、今回報告する塗膜除去工法に関する調査は、日本橋梁・鋼構造物塗装技術協会および会員協力会社、乾式ブラスト協会、NEXCOの現場管理者はじめ様々な方にご協力いただきました。この場を借りて関係各者様には深く感謝申し上げます。

【参考資料】

- 1) 米国ミネソタ州での落橋事故、土木学会誌Vol.92、No.10、2007.10など
- 2) 木曾川大橋の斜材の破断から見えるもの、土木学会誌Vol.93、No.1、2008など
- 3) 国土交通省 道路橋の予防保全に向けた有識者会議、道路橋の予防保全に向けた提言、2008.5.16、<http://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-council/maintenance/index.html>など
- 4) 日本道路協会、鋼道路橋塗装・防食便覧、2007.12
- 5) 中日本高速道路株式会社、設計要領第二集 橋梁建設編/橋梁保全編、2009.7

寒冷地用塗装システムの施工性に関する検討

藤城 正樹¹⁾ 守屋 進²⁾ 後藤 宏明³⁾ 大山 博昭⁴⁾ 山本 基弘⁵⁾ 斉藤 誠⁶⁾

1 はじめに

鋼構造物塗装において、冬季あるいは寒冷地での現場塗装は、気温の影響を受けやすく、施工期間、施工時間が制限されるのが問題点としてある。

この問題を解決する手段として、鋼道路橋塗装・防食便覧では、第Ⅱ編 塗装編の新技术に寒冷地用塗料について記載している。これは、低温時でも塗装できる塗料を使用することで、冬季あるいは寒冷地塗装の施工期間、施工時間の短さを改善する狙いがある。

このたび、各種寒冷地用塗料の、低温実験室内でのほけ作業性試験結果と、実際の橋梁からの切り出し部材を用いての冬季屋外でのほけ作業性試験結果、および試験後の塗膜調査結果が得られたので報告する。

2 低温実験室内でのほけ作業性試験

2.1 施工場所

独立行政法人土木研究所つくば中央研究所内の低温実験室（設定温度：-5℃）で施工試験を実施した。また、作業性試験後、試験板を屋外暴露し塗膜性能を検証する際の比較として、常温で塗装した試験板も作成した。その施工試験は、つくば中央研究所内の恒温実験室（設定温度：23℃）で実施した。なお、低温実験室の塗装時の温度は、作業員の呼吸等の影響で0℃～-5℃の範囲で変動した。

2.2 供試塗装仕様

塗料メーカー5社から、表-1（鋼道路橋塗装・防食便覧 第Ⅱ編 塗装編 付Ⅱ-5 新技术（2）-2 寒冷地用塗料 付表-Ⅱ.5.6 エポキシ/ポリウレタン樹脂系）、表-2（同 エポキシ/シリコン変性アクリル樹脂系）および、

表-3（同 付表-Ⅱ.5.7 湿気硬化形ポリウレタン樹脂系）に示す仕様の塗料を供試した。また、各メーカー提案の寒冷地用仕様の塗料について試験した（表-4）。なお常温で比較として鋼道路橋塗装・防食便覧のRc-I、Rc-Ⅲも作成した。

2.3 試験板素材

試験板には、グリッドプラスト鋼板（200mm×

表-1 便覧仕様1（エポキシ/ポリウレタン樹脂系）

塗装工程	塗料名	目標膜厚(μm)
素地調整	3種	
1層目(補修)	寒冷地用エポキシ樹脂塗料下塗(鋼板露出部のみ)	(50)
2層目(下塗)	寒冷地用エポキシ樹脂塗料下塗	50
3層目(下塗)	寒冷地用エポキシ樹脂塗料下塗	50
4層目(中塗)	寒冷地用ポリウレタン樹脂塗料用中塗	30
5層目(上塗)	寒冷地用ポリウレタン樹脂塗料上塗	25

表-2 便覧仕様2（エポキシ/シリコン変性アクリル樹脂系）

塗装工程	塗料名	目標膜厚(μm)
素地調整	3種	
1層目(補修)	寒冷地用エポキシ樹脂塗料下塗(鋼板露出部のみ)	(50)
2層目(下塗)	寒冷地用エポキシ樹脂塗料下塗	50
3層目(下塗)	寒冷地用エポキシ樹脂塗料下塗	50
4層目(中塗)	寒冷地用シリコン変性アクリル樹脂塗料用中塗	30
5層目(上塗)	寒冷地用シリコン変性アクリル樹脂塗料上塗	25

表-3 便覧仕様3（湿気硬化形ポリウレタン樹脂系）

塗装工程	塗料名	目標膜厚(μm)
素地調整	3種	
1層目(補修)	寒冷地用湿気硬化形ポリウレタン樹脂塗料下塗(鋼板露出部のみ)	(50)
2層目(下塗)	寒冷地用湿気硬化形ポリウレタン樹脂塗料下塗	50
3層目(下塗)	寒冷地用湿気硬化形ポリウレタン樹脂塗料下塗	50
4層目(中塗)	寒冷地用ポリウレタン樹脂塗料用中塗	30
5層目(上塗)	寒冷地用ポリウレタン樹脂塗料上塗	25

- 1) 日本ペイント株式会社 鉄構塗料技術部
〒140-8675 東京都品川区南品川4-1-15 fujishiro_np6331@npc.nipponpaint.co.jp
- 2) 独立行政法人土木研究所 材料地盤研究グループ（新材料）
- 3) 関西ペイント株式会社 防食技術開発部
- 4) 神東塗料株式会社 第3技術部 防食塗料技術グループ
- 5) 大日本塗料株式会社 構造物塗料事業部 テクニカルサポートグループ
- 6) 中国塗料株式会社 防食技術部 機能性防食グループ

表-4 提案仕様

	素地調整	塗装仕様
提案仕様1	1種	湿気硬化形有機ゾック(50μm)～湿気硬化形ホリウレタン下塗(50μm×2)～厚膜形ふっ素上塗(55μm)
提案仕様2	1種	有機ゾック(15μm)～ホキシルタン下塗(50μm×3)～ふっ素用中塗(30μm)～ふっ素上塗(25μm)
提案仕様3	1種	イソシアネート硬化形有機ゾック(50μm)～イソシアネート硬化形ホキシル下塗(50μm×2)～厚膜ふっ素上塗(55μm)
提案仕様4	1種	イソシアネート硬化形有機ゾック(50μm)～イソシアネート硬化形ホキシル下塗(50μm×2)～寒冷地用中上兼用(55μm)
提案仕様5	2種	塗布形素地調整剤(-)～湿気硬化形ホリウレタン下塗(50μm×2)～厚膜形ホリウレタン上塗(55μm)
提案仕様6	3種	湿気硬化形ホリウレタン下塗(50μm×3)～厚膜形ホリウレタン上塗(55μm)
提案仕様7	3種	ホキシルタン下塗(50μm×3)～ふっ素用中塗(30μm)～ふっ素上塗(25μm)
提案仕様8	3種	寒冷地用変性ホキシル下塗(50μm×3)～寒冷地用ふっ素用中塗(30μm)～寒冷地用ふっ素上塗(25μm)
提案仕様9	3種	イソシアネート硬化形ホキシル下塗(50μm×3)～厚膜ホリウレタン上塗(55μm)
提案仕様10	3種	寒冷地用変性ホキシル下塗(50μm×3)～寒冷地用厚膜ホリウレタン上塗(55μm)

300mm×3.2mm)を用いた。

2.4 塗装方法

各塗料を、供試塗料メーカーが推奨する希釈量で希釈した後、各メーカーが推奨する塗布量を、電子天秤で測定しながらはけで塗装した。

2.5 評価項目

- 1) はけ作業性……各塗料のはけ作業性を評価した。
- 2) 仕上がり外観…乾燥後の塗膜の外観について評

価した。

- 3) 硬化性……JIS K 5400 6.5 (乾燥時間)に基づき、各工程の翌日に、塗膜の半硬化乾燥を評価した。

2.6 試験結果

表-5に試験結果を示す。

1) はけ作業性

ほとんどの仕様・塗料は、問題なくはけ塗装ができたが、一部下塗の塗装時に下層の塗膜を溶解している

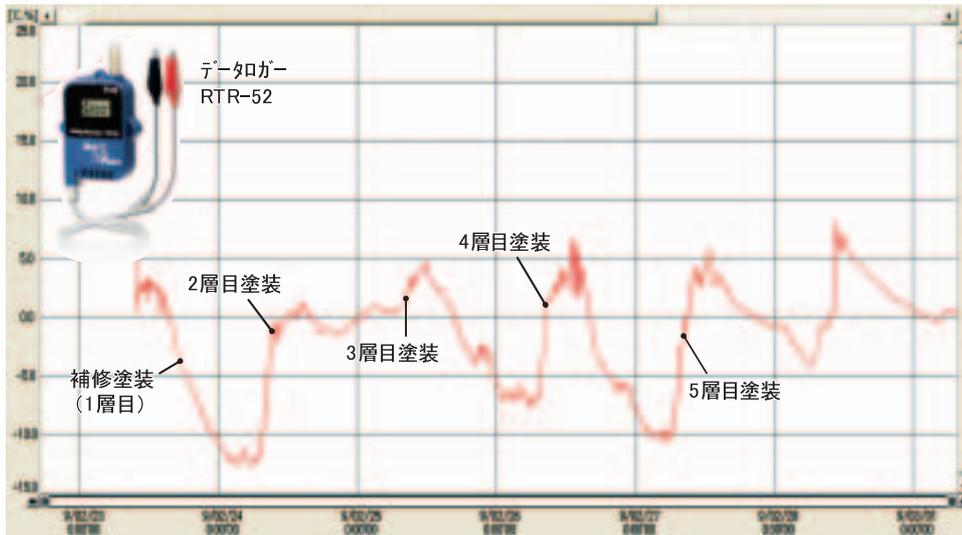
表-5 実験室でののはけ作業性試験結果

	はけ作業性	仕上がり外観	硬化性
便覧仕様1 A社	○	○	全工程 ○
同 B社	概ね○ (但し、下塗の塗り重ね時、下層を溶解している感有)	○	全工程 ○
同 C社	○	○	全工程 ○
同 D社	○	○	全工程 ○
同 E社	概ね○ (但し、下塗の塗り重ね時、下層を溶解している感有)	○ (但し、下塗終了時、少しにじみあり)	全工程 ○
便覧仕様2 A社	○	○	全工程 ○
同 B社	概ね○ (但し、下塗の塗り重ね時、下層を溶解している感有)	○	全工程 ○
同 D社	○	○	全工程 ○
同 E社	概ね○ (但し、下塗の塗り重ね時、下層を溶解している感有)	○ (但し、下塗終了時、少しにじみあり)	全工程 ○
便覧仕様3 A社	○	○	全工程 ○
提案仕様1	○	○	全工程 ○
提案仕様2	概ね○ (但し、下塗の塗り重ね時、下層を溶解している感有)	○	全工程 ○
提案仕様3	○	○	全工程 ○
提案仕様4	○	○	全工程 ○
提案仕様5	○	○	全工程 ○
提案仕様6	○	○	全工程 ○
提案仕様7	概ね○ (但し、下塗の塗り重ね時、下層を溶解している感有)	○	全工程 ○
提案仕様8	○	○	全工程 ○
提案仕様9	○	○	全工程 ○
提案仕様10	○	○	全工程 ○

○:異状なし



写真-1 施工場所（左：テント養生状態、右：テント内全景）



感のあるものもあった。

2) 仕上がり外観

ほとんどの仕様・塗料の仕上がり外観に異状は見られなかったが、一部は作業時に下層を溶解している感のあった仕様で、下層の色がにじんだ外観になったものがあった。

3) 硬化性

いずれの塗料も、塗装翌日に半硬化乾燥に達していた。

以上の結果より、一部、作業性、仕上がり外観に異状は見られたものの、いずれの供試塗料も低温（0℃以下）での施工は可能であることがわかった。

3 屋外でのはけ作業性試験

3.1 施工場所

独立行政法人土木研究所寒地土木研究所の美々コンクリート・凍害実験場（北海道千歳市）で施工した。なお、降雪の影響をさけるためテントで周囲を囲った。（写真-1）

3.2 施工時期

平成21年2月23日（月）～2月28日（土）

3.3 施工時の気象条件

テント内の環境温度（気温）を小型防水ワイヤレスデータロガー RTR-52（（株）T&D 製）を用いて測定した。測定チャートを下図に示すが、-12℃～+6℃の範囲だった。

3.4 試験体

旧千代田大橋（北海道帯広市）から切り出した部材（右図）を用いた。部材の旧塗膜の仕様は、油性さび止め～フェノールMIO～塩化ゴム系塗料であった。

なお、切り出し部材のため、試験体の寸法は一体一体系や異なり、塗装面積は0.84～1.1m²であった。

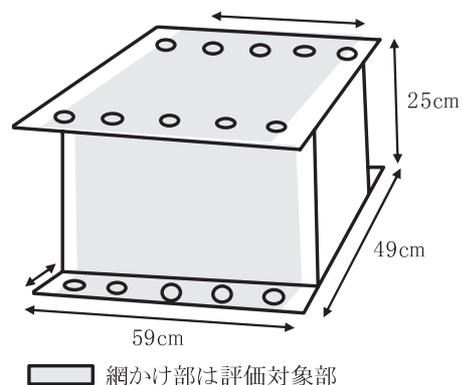




写真-2 電度工具処理の作業状況



写真-3 素地調整後の状態 (左から、1種 (ブラスト)・2種 (電動工具)・3種 (電動工具))

3.5 素地調整

ブラスト処理は(株)宇佐美商会石狩事業所殿の敷地内で、電動工具処理は美々コンクリート・凍害実験場敷地内で行った。電動工具処理状況および素地調整後の除錆グレードの記録写真の代表例を写真-2・写真-3に示す。なお、ブラスト処理の研削材はスチール粒(TSH-100)を使用した。



写真-4 はけ塗装状況

3.6 塗装方法

各塗料を、塗料メーカーが推奨する適性塗装粘度に調整し、はけ塗りにて試験体表面に塗装した。(写真-4)
 なお、塗付量は各塗料メーカーが推奨する数値を目標とし、電子天秤を用いて測定しながら塗装した。

たが、一部下塗の塗装時に、下層の塗膜を溶解している感のあるものもあった。また、いずれの塗料も、塗料液、硬化剤およびシンナーの混合性に異状は見られなかった。

3.7 評価項目

- 1) はけ作業性……各塗料のはけ作業性を評価した。
- 2) 仕上がり外観…乾燥後の塗膜の外観について評価した。
- 3) 硬化性………JIS K 5400 6.5 (乾燥時間)に基づき、各工程の翌日に、塗膜の半硬化乾燥を評価した。

2) 仕上がり外観

一部、下層の色のにじみ(写真-5)、リベット部分の発泡跡(写真-6)、塗装終了直後の水滴付着による白化(写真-7)、すけ・はじきが見られるものもあったが、概ね良好な仕上がり外観だった。また、翌朝、被塗面が凍結・結露状態となっていた日もあったが(写真-8)、白化現象は見られなかった。

3.8 試験結果

表-6に試験結果を示す。

1) はけ作業性

ほとんどの仕様・塗料は、問題なくはけ塗装ができ

3) 硬化性

いずれの塗料も、塗装翌日に半硬化乾燥に達していた。

以上の結果より、橋梁の切り出し部材を使用した屋

表-6 屋外でのはけ作業性試験結果

	はけ作業性	仕上がり外観	硬化性
便覧仕様1 A社	○	○ (但し、下塗終了時、すけあり)	全工程 ○
同 B社	○	○	全工程 ○
同 C社	○	概ね○ (但し、中塗終了時にすけ、 上塗終了時にはじき少しあり)	全工程 ○
同 D社	○	○	全工程 ○
同 E社	概ね○ (但し、下塗の塗り重ね時、下層を溶解している感有)	概ね○ (但し、下塗終了時、少しにじみあり)	全工程 ○
便覧仕様2 A社	○	○ (但し、下塗終了時、すけあり)	全工程 ○
同 B社	○	○	全工程 ○
同 D社	○	概ね○ (但し、下塗塗装時のリベット部周辺の 厚膜部の発泡跡残る)	全工程 ○
同 E社	概ね○ (但し、下塗の塗り重ね時、下層を溶解している感有)	○ (但し、下塗終了時、少しにじみあり)	全工程 ○
便覧仕様3 A社	○	○ (但し、下塗終了時、すけあり)	全工程 ○
提案仕様1	○	○	全工程 ○
提案仕様2	○	○ (但し、上塗終了直後の水滴接触による 白化あり)	全工程 ○
提案仕様3	○	○	全工程 ○
提案仕様4	○	○	全工程 ○
提案仕様5	○	○	全工程 ○
提案仕様6	○	○	全工程 ○
提案仕様7	○	○	全工程 ○
提案仕様8	○	概ね○ (中塗終了時にすけ、 上塗終了時にはじき少しあり)	全工程 ○
提案仕様9	○	○	全工程 ○
提案仕様10	○	○	全工程 ○

○:異常なし

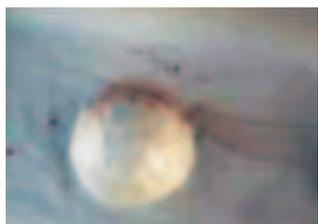


写真-5 にじみ



写真-6 発泡跡



写真-7 白化



写真-8 凍結状態

外での施工試験においても、供試塗料は、概ね良好な施工性を有していることがわかった。

4 塗膜調査結果

はけ作業性試験で塗装した試験板および切り出し部材の塗膜調査を実施した。

4.1 調査項目

- 1) 色差測定
- 2) 60度鏡面光沢度測定
- 3) 付着力(アドヒージョン)測定

4.2 調査結果

1) 色差測定

表-7に色差測定結果を示す。

色差測定では、常温塗装の試験板と低温塗装の試験板、および切り出し部材の試験板との色相の違いはなく、低温施工による影響は見られなかった。

2) 60度鏡面光沢度測定

表-8に光沢測定結果を示す。

光沢測定では、 -5°C および切り出し部材の光沢値が66~84であり、いずれも常温塗装の試験板の光沢値より高い数値を示した。これは、常温塗装の試験板は、はけ目やはけかすれによる外観によって光沢値が小さかったためと思われる。

表-7 色差測定結果

	23°C試験板			-5°C試験板			切り出し部材		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*
便覧仕様 1 A社	69.1	-0.22	0.52	68.8	-0.20	0.50	68.3	-0.20	0.83
同 B社	71.4	-0.38	0.49	71.3	-0.33	0.40	70.2	-0.28	1.03
同 C社	64.2	-0.81	-3.34	63.5	-0.77	-3.23	62.5	-0.84	-2.50
同 D社	69.6	-0.28	0.22	69.5	-0.28	0.11	68.6	-0.25	0.61
同 E社	69.7	-0.36	-0.04	70.3	-0.32	-0.07	70.2	-0.24	1.12
便覧仕様 2 A社	70.9	-0.04	0.37	70.8	0.01	0.36	70	-0.11	0.88
同 B社	69.9	-0.18	0.59	69.9	-0.13	0.53	69.3	-0.10	0.82
同 D社	69.5	-0.28	0.07	69.5	-0.28	0.04	68.3	-0.25	0.51
同 E社	74.9	-0.40	-0.36	75.0	-0.40	-0.39	76.9	-0.33	-0.08
便覧仕様 3 A社	68.9	-0.21	0.51	68.7	-0.17	0.47	68.6	-0.13	0.73
提案仕様 1	69.7	-0.14	0.00	69.8	-0.15	-0.04	69.2	-0.14	0.40
提案仕様 2	71.2	-0.03	0.32	70.8	0.01	0.39	65.7	-0.25	1.09
提案仕様 3	69.6	-0.17	-0.21	69.2	-0.12	-0.14	70.0	-0.32	0.21
提案仕様 4	70.4	-0.23	-0.74	70.2	-0.25	-0.92	69.4	-0.18	-0.48
提案仕様 5	69.6	-0.46	-0.41	69.3	-0.42	-0.37	66.8	-0.54	0.16
提案仕様 6	69.6	-0.43	-0.39	69.2	-0.43	-0.39	68.1	-0.40	-0.04
提案仕様 7	70.9	-0.03	0.35	70.8	0.06	0.33	69.2	-0.06	1.11
提案仕様 8	69.8	0.21	0.77	69.7	0.23	0.74	68.4	0.22	1.38
提案仕様 9	70.5	-0.30	0.07	70.3	-0.31	-0.04	69.4	-0.28	0.60
提案仕様 10	70.1	-0.19	-0.10	70.3	-0.22	-0.10	69.3	-0.24	0.46
Rc-I	70.3	0.01	-0.08						
Rc-III	70.2	0.03	-0.09						

表-8 60度鏡面光沢度測定結果

	23°C試験板	-5°C試験板	切り出し部材
便覧仕様 1 A社	62.6	74.9	84.0
同 B社	75.7	79.4	80.8
同 C社	63.6	80.6	80.9
同 D社	60.3	68.8	83.0
同 E社	58.0	79.6	79.2
便覧仕様 2 A社	54.2	71.4	79.2
同 B社	76.2	83.3	80.9
同 D社	79.7	81.6	78.7
同 E社	63.3	68.6	81.2
便覧仕様 3 A社	76.6	82.1	80.9
提案仕様 1	76.4	76.8	74.3
提案仕様 2	60.3	69.6	74.4
提案仕様 3	64.3	66.9	72.7
提案仕様 4	64.5	65.7	67.0
提案仕様 5	65.8	74.9	81.3
提案仕様 6	64.4	76.5	77.1
提案仕様 7	59.5	67.1	71.1
提案仕様 8	62.9	70.1	64.8
提案仕様 9	68.2	75.6	66.8
提案仕様 10	64.9	83.9	80.5
Rc-I	64.7		
Rc-III	67.4		

3) 付着力 (アドヒージョン) 測定

表-9に付着力測定結果を示す。

表-9 付着力 (アドヒージョン) 測定結果

	23°C試験板			-5°C試験板			切り出し部材		
	付着力 (MPa)	破断箇所	試験後写真	付着力 (MPa)	破断箇所	試験後写真	付着力 (MPa)	破断箇所	試験後写真
便覧仕様1 A社	3.5	接着剤 100%		2.0	下塗/中塗 5% 中塗/上塗 80% 接 15%		0.8	旧塗膜 100%	
同 B社	3.5	接着剤 100%		2.0	接着剤 100%		1.5	旧塗膜 100%	
同 C社	2.0	接着剤 100%		3.5	接着剤 100%		0.8	旧塗膜 100%	
同 D社	3.0	接着剤 100%		5.0	接着剤 100%		1.5	旧塗膜 60% 下塗 40%	
同 E社	3.5	下塗 10% 接着剤 90%		3.0	下塗 30% 中塗 60% 接 10%		1.5	旧塗膜 100%	
便覧仕様2 A社	2.0	接着剤 100%		3.0	接着剤 100%		0.5	旧塗膜 100%	
同 B社	3.0	接着剤 100%		4.0	下塗 5% 接 95%		3.0	下塗 80% 接着剤 20%	
同 D社	4.5	接着剤 100%		5.5	下 15% 中/上 80% 接 5%		1.5	旧塗膜 100%	
同 E社	3.0	接着剤 100%		2.0	接着剤 100%		1.0	旧塗膜 100%	
便覧仕様3 A社	2.0	接着剤 100%		2.0	接着剤 100%		0.5	旧塗膜 100%	
提案仕様1	4.5	接着剤 100%		3.5	接着剤 100%		3.0	接着剤 100%	
提案仕様2	3.5	接着剤 100%		4.5	下塗 70% 中塗/上塗 30%		2.0	下塗 30% 接着剤 70%	
提案仕様3	3.0	接着剤 100%		3.5	接着剤 100%		2.0	中塗/上塗 10% 接着剤 90%	
提案仕様4	4.5	接着剤 100%		3.0	接着剤 100%		3.0	接着剤 100%	
提案仕様5	2.5	接着剤 100%		3.0	接着剤 100%		4.0	接着剤 100%	
提案仕様6	1.5	接着剤 100%		2.5	接着剤 100%		0.8	旧塗膜 100%	
提案仕様7	4.0	接着剤 100%		3.0	接着剤 100%		1.2	旧塗膜 100%	
提案仕様8	3.0	接着剤 100%		5.5	接着剤 100%		1.5	旧塗膜 100%	
提案仕様9	4.5	接着剤 100%		5.0	下塗 40% 中塗/上塗 60%		2.0	下塗 70% 接着剤 30%	
提案仕様10	2.0	接着剤 100%		5.5	接着剤 100%		1.5	旧塗膜 100%	
便覧 Rc-I	3.0	接着剤 100%							
便覧 Rc-III	6.5	下塗 5% 中塗/上塗 30% 接着剤 65%							

常温および低温室の試験板は、いずれも2.0MPa以上の付着力を示し、良好な付着性を示した。切り出し部材では、2.0MPa以下が多く1.0MPa以下のものもみられたが、これらは切り出し部材の旧塗膜から破断しているものがほとんどだった。旧塗膜以外から破断した部材については、すべて2.0MPa以上の付着力を示した。したがって、付着力の低温施工による影響は見られなかった。

5 まとめ

以上の結果より、各寒冷地仕様および塗料は、降雪や風雨を遮断する養生が施される環境下で施工可能であることがわかった。

また、低温塗装による塗膜性能への影響は、塗装直後の塗膜調査からは見られなかった。

現在、試験板と切り出し部材は、美々コンクリート・凍害実験場に暴露をしている（写真-9）。

今後、定期的に塗膜調査を実施し、寒冷地仕様性能を検証していく予定である。

謝辞

本検討の実施にあたり、ご協力をいただきました独立行政法人土木研究所寒地土木研究所はじめ関係各位に謝意を表します。



写真-9 暴露状況

長期防錆型塗装の歴史と現状

田中 誠*

1. 長期防錆型塗装とは

長期防錆型塗装は、一般に称する重防食塗装と同じものを示す。JIS Z 0103「防せい防食用語」によると、重防食塗装とは「海岸や海上のような腐食性の激しい環境に建設される鋼構造物の塗替え周期を長くするため防食性、耐久性を有する防食塗装をいう」と定義されている。塗替え塗装周期延伸は、腐食性の激しい環境に限らず、ライフサイクルコスト低減を目的とした場合に求められる性能の一つとなり、重防食塗装の一般環境への適用が増えている。従って、用語の定義からは、重防食塗装というより長期防錆型塗装と称するのがふさわしい状況になっている。そこで、以下では重防食塗装を長期防錆型塗装と言い換えて記述した。

実用の長期防錆型塗装には、道路分野の塗装系C-4（鋼道路橋塗装便覧・2005年まで）や塗装系C-5（鋼道

路橋塗装・防食便覧・2005年から）、鉄道分野の塗装系J-2、L-2（鋼構造物塗装設計施工指針）などがある。これらの塗装系を表-1に示す。何れの塗装系も防食性能に最も影響する第1層に亜鉛末リッチな塗料を用い、中間層に耐薬品性に優れ水蒸気や酸素などのガス透過性が低いエポキシ樹脂塗料を用いて、塗膜厚み250 μ mを超える設計となっている。本稿では、これらの塗装系に至った経緯と実用後30年を超えて明らかになってきた塗膜変状事例を紹介する。

2. 防食塗装の歴史

明治維新前後に、日本は西洋化を求めて多くの技術導入を図った。その中で鋼を用いた構築物の導入も盛んに行われた。日本最初の鋼橋は、1868年（明治元年）に長崎製鉄所で製作された鍊鉄製プレートガーダー橋の“くろがね橋”といわれている。鉄道では1874年

表-1 代表的な長期防錆型塗装の例（新設時 外面用）

素地調整	処理	除錆度・表面あらさ			
1次	原板ブラスト	除錆度：ISO Sa 2 1/2、10点平均あらさ：80 μ mRz JIS 以下／無機ジンクリッチプライマー15 μ m			
2次	製品ブラスト	除錆度：ISO Sa 2 1/2、10点平均あらさ：50 μ mRz JIS 以下			
塗装系	工程	塗料	目標膜厚		
道路	C-4	1層	無機ジンクリッチペイント	75 μ m	合計 250 μ m
		2層	ミストコート	期待せず ^a	
		3層	エポキシ樹脂塗料 下塗	60 μ m	
		4層	エポキシ樹脂塗料 下塗	60 μ m	
		5層	ふっ素樹脂塗料用 中塗	30 μ m	
		6層	ふっ素樹脂塗料 上塗	25 μ m	
	C-5	1層	無機ジンクリッチペイント	75 μ m	合計 250 μ m
		2層	ミストコート	期待せず ^a	
		3層	厚膜形エポキシ樹脂塗料 下塗	120 μ m	
		4層	ふっ素樹脂塗料用 中塗	30 μ m	
5層		ふっ素樹脂塗料 上塗	25 μ m		
鉄道	L-2	1層	無機ジンクリッチプライマー	20 μ m	合計 250 μ m
		2層	厚膜型変性エポキシ樹脂系塗料	90 μ m	
		3層	厚膜型変性エポキシ樹脂系塗料	90 μ m	
		4層	厚膜型ポリウレタン樹脂塗料 上塗	50 μ m	
	J-2	1層	厚膜型エポキシ樹脂ジンクリッチペイント	75 μ m	合計 255 μ m
		2層	厚膜型エポキシ樹脂系塗料 下塗	60 μ m	
		3層	厚膜型エポキシ樹脂系塗料 下塗	60 μ m	
		4層	ポリウレタン樹脂塗料用 中塗	30 μ m	
		5層	ポリウレタン樹脂塗料 上塗	30 μ m	

*元財団法人鉄道総合技術研究所

(明治7年)開業の大阪・神戸間に鍊鉄製鋼橋(ワーレントラス)が初めて適用された。鋼を屋外環境にそのまま放置したのでは腐食する。そのため、腐食防止を目的に塗装が適用された。当時の日本には防錆顔料の製造技術がなく、鉛丹を防錆顔料とする塗料が輸入(西洋塗料)されていた。

しばらくして西洋塗料の研究が始まり、鉛丹製造技術が確立され、1881年(明治14年)に初めて国産鉛丹さび止めペイントが光明社(後の日本ペイント株式会社)から発売された。明治末期から大正時代に多くの塗料会社が誕生し、その後は国産塗料が主流となった。

昭和初期には、合成樹脂の研究が始まり、フタル酸樹脂を用いた塗料の採用や鉛丹に代わる鉛系さび止めペイントも用いられるようになった。第二次世界大戦後には、現在用いられているエポキシ樹脂やポリウレタン樹脂などの合成樹脂に関する研究が大きく進んだ。これらの合成樹脂を用いた塗料・塗装技術が実用されたのは1970年代になってからである。

2.1 長期防錆型塗装研究の背景と流れ

長期の防錆が期待できる塗料及び塗装の研究は、本州四国連絡橋(本四架橋)の計画・建設により大きく進展したことは周知のとおりである。そこで、本四架橋の歴史と防食塗装の研究について振り返ってみる。

本四架橋の必要性は、明治時代から地元代議士などが強く求めてきたが長い間具体化に至らなかった。1955年(昭和30年)5月11日の修学旅行中の小学生など168名の死者を出した国鉄宇高連絡船「紫雲丸」の海難事故をきっかけとして本四架橋の構想が具体的に動き出した。1959年には、国鉄と建設省による調査で、明石・鳴門ルート(Aルート)、宇野・高松ルート(Bルート)、日比・高松ルート(Cルート)、児島・坂出ルート(Dルート)、尾道・今治ルート(Eルート)の5ルートが検討対象となった。

本四架橋は、その大部分が海上橋となるため、鋼の防食が大きな技術課題の一つとして取り上げられた。そこで、1960年前後に国鉄鉄道技術研究所と建設省土木研究所とが、それぞれ個別に海上橋に適用できる防食性能に優れた塗料及び塗装系の研究を開始している。

その後、1969年には新全国総合開発計画に3ルート(A、D、Eルート)の建設が明記され、1970年1月31日の閣議で3ルートの設計調査を同時に着手する方針が決定された。これを受けて、1970年7月1日に本州四国連絡橋公団(本四公団)が設立された。それまでに国鉄と建設省とで個別に実施してきた防食塗装の研究は、本四公団に引き継がれ、これに国鉄鉄道技術研究所と建設省土木研究所が協力する形で進められることになった。

1973年9月にAルートは新幹線と道路の併用橋(1985年に道路占用橋に変更)、Dルートは新幹線・在来線併設の道路との併用橋、Eルートは道路占用橋と

する基本計画指示が出された。1975年にEルートの大三島橋、1976年にAルートの大鳴門橋、1977年にEルートの特長大橋が着工された。しかし、1977年4月の閣議了承によりDルートの早期完成を図ることが示され、1978年にDルート全線の着工、1988年4月10日全面開通となった。

長期防錆型の塗料・塗装の研究は、本四公団に引き継がれるまで、国鉄鉄道技術研究所と建設省土木研究所がそれぞれで行っていた。両研究所とも現地での暴露試験等を通じて、防食塗装に関する同様の研究を実施していたと聞く。しかし、筆者は土木研究所で実施していた研究の情報に乏しいので、ここでは、鉄道技術研究所で行われてきた研究【参考文献1)~4)】についてのみ、その概要を紹介する。

長期防錆型塗装の研究では、試験室内での塗膜物性に関する研究の他に、現地での複数回の長期暴露試験(1959年~1985年)が実施されている。第1次及び第2次暴露試験は海上環境における塗膜劣化の特性評価や素地調整の影響などの基礎研究が中心であった。実用に向けた研究は第3次暴露試験後に実施されている。第3次及び第4次暴露試験の途中で研究が本四公団に引き継がれた。各暴露試験についての概要は次のとおりである。

第1次暴露試験(基礎研究)

暴露期間：1959年4月~1964年2月、暴露場所：鳴門市土佐浦及び淡路島松帆崎(Aルート想定)

各種塗料の組み合わせ(54種)、下地処理の影響把握を目的とした試験を実施した。なお、開発されたばかりのジンクリッチペイントはこの試験に採用されなかった。

この試験で耐久性の高い塗料の絞り込みを行うとともに、下地調整の影響が大きく黒皮(ミルスケール)除去が有効であることが示された。

第2次暴露試験(基礎研究)

暴露期間：1964年4月~1970年4月、暴露場所：鳴門市土佐浦(Aルート想定)

1次試験結果を踏まえて、素地調整法の違い(ショットブラスト、りん酸及び塩酸処理など)、各種シOPPプライマーの比較、さび止め顔料の比較、塗り重ね間隔の影響、鋼種(各種高張力鋼、耐候性鋼)の影響について、74種の試験を実施した。

表面に付着する海塩粒子の影響で“塗膜はがれ”に至ること、亜鉛系下地(熔融亜鉛めっき面や亜鉛溶射面)に塗り重ねた塗膜の付着力が不十分との結果も得られた。

参考：研究成果を踏まえて、本四架橋鉄道桁縦桁の上フランジには耐候性鋼(塗装仕様)が採用されている。

第3次暴露試験（実用化研究）

暴露期間：1965年4月～1982年、暴露場所：香川県高松港内のいかだ上（Dルート想定、1971年に児島市暴露架台付近に移動）

1次試験結果及び2次試験の途中結果を踏まえて、長期耐久が期待できる塗装仕様86種を選定し暴露試験を実施した。選定した塗装系には、ジンクリッチペイントを下塗りとし、エポキシ樹脂、タールエポキシ樹脂、ビニル樹脂、アクリル樹脂等を塗り重ねたもの、厚膜型塗料のみを用いたものなどがある。これらの塗料をサンドブラスト処理鋼板に表裏共に塗装し、上面と下面の耐久性の違いも評価対象としている。

写真-1に示す“いかだ”上での暴露試験4年後には塗膜厚み200 μm 以下の塗装系に“さび”発生が観察されている。また、タールエポキシ樹脂塗料に合成樹脂塗料を上塗した塗装系では、例外なく上塗り塗膜に“割れ”や“はがれ”が発生している。長期の暴露結果をまとめると、塗膜厚み250 μm 以上の塗装系には点さび発生率が低く長期の耐久が期待できること、エポキシ樹脂系塗料の防食性が高いこと、亜鉛系被覆を下地として用いる場合には塗料の組み合わせにより早い時期に劣化する場合があることなどが明らかとなった。



写真-1 高松港での海上いかだ暴露試験

第4次暴露試験（実用試験）

暴露期間：1967年9月～1982年、暴露場所：岡山県児島市（Dルート想定）

塗膜の層間“はがれ”と上塗り塗膜の“割れ”に影響する塗料の組成、金属溶射と塗装の併用、ジンクリッチペイントと厚膜型塗料の併用などを検討した。また、下塗りまで橋梁製作工場での塗装し、中・上塗りを現場で行う際の塗装間隔の影響も検討した。

第5次暴露試験（実用試験）

暴露期間：1975年3月～1985年3月、暴露場所：岡山県児島市（Dルート想定）

第5次試験では、橋梁部材の運搬や架設時に発生した塗膜損傷部の補修塗装に関する試験を行った。

2.2 長期防錆型塗装の実用化

長期の暴露試験結果に基づき、道路分野、鉄道分野とも1970年代に現行の長期防錆型塗装の基盤となる塗装仕様を規定した。当時の長期防錆を考慮した塗装系【参考文献5】から抜粋】を表-2に示す。その後実橋梁への適用試験や実用を通じ、最終的には表-1に示す現行の長期防錆型塗装になった。

3. 長期防錆型塗装の特徴

表-1の長期防錆型塗装について、各工程の特徴や期待される性能などについて次に紹介する。

3.1 素地調整について

素地調整は、鉄鋼メーカー等で行う1次素地調整と橋梁製作工場で行う2次素地調整がある。いずれにも共通する施工条件として、相対湿度80%以上のブラスト作業禁止がある。これは、相対湿度80%を超えると鋼材表面に問題となるほどの水膜（1 μm 以下）が形成し、塗装に影響する鋼腐食が生じるためである。また、表面あらさの上限も規定している。これは、摩擦接合への影響（粗いほうが良い）、鋼材の疲労強度への影響（ある粗さ以上で強度が低下）、塗り付けた塗膜の防食性能（塗膜均一性には細かいほうが良い、付着性には粗いほうが良い）への影響及び施工性（研掃材の種類と処理速度）などの検討結果を踏まえたものである。

（1）1次素地調整

鉄鋼メーカー等の鋼板製造工場、橋梁等に用いる一般構造用圧延鋼材（SS材）や溶接構造用圧延鋼材（SM材）表面のミルスケール（いわゆる黒皮）除去等を目的とし、ブラスト処理（ショットやグリットが主流）を行う。ブラスト処理後直ちに無機ジンクリッチプライマーを約15 μm の厚みで塗装する。この鋼板をショップ鋼板と称す。

（2）2次素地調整

橋梁製作工場での鋼板の加工、溶接などを行い、仮組み立て後の塗装前に鋼材表面の汚れ・さびや残存プライマー除去を目的に行うブラスト処理（製品ブラスト）である。ブラスト後には直ちに第1層目の塗装を行う。

3.2 第1層（防食下地、プライマー）

塗装系の防食性能は、素地調整の程度と第1層目の品質に大きく影響される。長期防錆型塗装の塗装系C-4、C-5は無機ジンクリッチペイント（塗膜厚み約75 μm ）、塗装系L-2では無機ジンクリッチプライマー（塗膜厚み約20 μm ）、塗装系J-2で厚膜型エポキシ樹脂ジンクリッチペイント（塗膜厚み約75 μm ）が用いられている。何れの塗装系も第1層には亜鉛末リッチな塗料を用いている。

表-3に示すように、使用する亜鉛末リッチな塗料の特性や施工性には違いがある。しかし、何れの塗膜も

表-2 初期の長期防錆型塗装の例（外面用）

「鋼橋塗装ライフサイクル調査研究最終報告」、JSSC テクニカルレポート、No.30（1994）より抜粋

時期	記号	仕様の概要	備考
鋼道 路橋 塗装 便覧 1971年	C-2 (4層)	前処理 : 1種ケレン、ジンクリッチペイント 下1 (工場) : ジンクリッチペイント、中1 (現場) : エポキシ樹脂系プライマー、上1、2 (現場) : エポキシ樹脂系上塗	腐食性の激しい個所 現場中・上
	C-4 (5層)	前処理 : 1種ケレン、ジンクリッチペイント 下1 (工場) : フェノール系ジンクロメートプライマー、下2 (工場) : MIO系プライマー、中1 (工場) : MIO系プライマー、上1、2 (現場) : MIO系上塗	長大橋又は 海岸地区 現場中・上
鋼道 路橋 塗装 便覧 1979年	C-1 (6層)	前処理 : 原板ブラスト、ジンクリッチプライマー 下1 (工場) : 厚膜形ジンクリッチペイント、下2 (工場) : ミストコート、下3、4 (工場) : 塩化ゴム系下塗り塗料、中、上1 (現場) : 塩化ゴム系中塗、塩化ゴム系上塗	外面用 現場中・上
	C-2 (7層)	前処理 : 原板ブラスト、ジンクリッチプライマー 下1 (工場) : 厚膜形ジンクリッチペイント、下2 (工場) : ミストコート、下3 (工場) : エポキシ樹脂下塗り塗料、下4 (工場) : エポキシMIO塗料、中1 (現場) : ポリウレタン樹脂塗料用中塗、上1 (現場) : ポリウレタン樹脂上塗	外面用 現場中・上
	C-3 (6層)	前処理 : 原板ブラスト、ジンクリッチプライマー 下1 (工場) : 厚膜形ジンクリッチペイント、下2 (工場) : 短ばく形エッチングプライマー、下3 (工場) : フェノールジンクロメート下塗り塗料、下4 (工場) : フェノールMIO塗料、中1 (現場) : 塩化ゴム系中塗、上1 (現場) : 塩化ゴム系上塗	外面用 現場中・上
本四 公団 塗装 暫定 仕様 1976年	2 (7層)	前処理1次 : 原板ブラスト、無機ジンクリッチプライマー 前処理2次 : 製品ブラスト 下1 : 厚膜形無機ジンクリッチペイント、下2 : 短バク型エッチングプライマー1種、下3 : フェノールジンクロメートペイント、下4、5 : フェノールMIO塗料、中1 : 塩化ゴム系中塗、上1 : 塩化ゴム系上塗	腐食のやや 厳しい環境 全工場塗装
	5 (6層)	前処理1次 : 原板ブラスト、無機ジンクリッチプライマー 前処理2次 : 製品ブラスト 下1 : 厚膜形無機ジンクリッチペイント、下2 : ミストコート、下3、4 : 厚膜形エポキシ又は厚膜形ポリウレタン、中1 : ポリウレタン樹脂塗料用中塗、上1 : ポリウレタン樹脂塗料上塗	腐食の厳しい環境 全工場塗装
鉄道 鋼橋 暫定 仕様 1976年	13A (4層)	前処理1次 : 原板ブラスト、無機ジンクリッチプライマー 前処理2次 : 製品ブラスト 下1 : 無機ジンクリッチプライマー、下2、3 : 厚膜型変性エポキシ樹脂系塗料、上1 : 厚膜型変性エポキシ樹脂系塗料上塗	腐食性環境 景観不要 全工場塗装
	14A-1 (6層)	前処理1次 : 原板ブラスト、無機ジンクリッチプライマー 前処理2次 : 製品ブラスト 下1 : 厚膜型無機ジンクリッチペイント、下2 : ミストコート、下3、4 : 厚膜型エポキシ樹脂塗料、中1 : ポリウレタン樹脂塗料用中塗、上1 : 非黄変型ポリウレタン樹脂塗料上塗	腐食性環境 景観重視 全工場塗装

備考 : 表中の下2は、下塗り塗料2層目を意味する。

表-3 亜鉛末リッチな塗料の特徴

塗料	無機ジンクリッチペイント	無機ジンクリッチプライマー	厚膜型エポキシ樹脂 ジンクリッチペイント
亜鉛含有量	75%以上	80%以上	70%以上
硬化機構	大気中の水 (湿気) によるアルキルシリケートの加水分解縮合		エポキシ樹脂と硬化剤の混合による反応硬化
犠牲防食性能	良好	やや劣る (亜鉛末の総量が少)	劣る
付着性	低い (凝集破壊しやすい)	やや良好 (薄膜のため)	良好
耐衝撃性	低い	良好 (表面粗さに対し薄膜のため)	良好
塗装間隔	標準より長いほうが望ましい	速乾性で薄膜のため標準で可	エポキシ樹脂塗料とはほぼ同じ
施工時の制約	相対湿度許容範囲が狭い (50~80%)、過膜厚で割れやすい (ペイントタイプ 150 μ m 以上、プライマータイプ 50 μ m 以上)		
下塗り	ミストコート必須	ミストコート不要 (空隙が少ない)	

素地に達する大きな損傷を受けた場合に、亜鉛が鋼に優先して腐食・消耗することで防食する、いわゆる犠牲防食作用を期待して用いられている。

標準で75 μ mの厚みに塗付ける無機ジンクリッチペイントは、ミストコートを必要とする。ミストコートとは、一般に、その上に塗付ける塗料を溶剤で約2倍に希釈した塗料のことである。ミストコート無しで塗料を塗付けると無機ジンクリッチペイント内の空隙中の空気と塗り付けた塗料との置換で塗り付けた塗膜に泡

やピンホールが発生する。

塗膜中の空隙の由来について、ここで考察する。ここに、亜鉛の密度7.14g/cm³、樹脂の密度1.1~1.4g/cm³とし、硬化塗膜中の亜鉛末含有量75%のPVC (pigment volume concentration : 顔料体積率) を求めると37~42%と計算される。亜鉛末含有量80%では38~44%となる。一方、亜鉛末を直径の等しい球体と仮定し最密充填でのPVCを求めると、体心立方格子で約68%、面心立方格子で約74%となる。最密充填時の

PVCが低い例としてコンクリート中の骨材のように形状が一定していない場合がある。この場合でもPVC45%程度で最密充填状態になるといわれている。すなわち、亜鉛末リッチな塗料では、亜鉛末の粒径にばらつきはあるものの、ほぼ球形の粒子であるのでPVC45%以下の場合には、粒子間の空隙を埋めるのに十分な量の樹脂を含有しているといえる。従って、樹脂不足による空隙発生は考え難いので、無機ジンクリッチペイント内の空隙は、次に示すように、樹脂の高分子化反応（硬化過程）に起因すると考えるのが妥当である。

無機ジンクリッチペイントや無機ジンクリッチプライマーに用いるアルキルシリケート（エチルシリケートが主流）は、大気中の水分を吸収し、**図-1**に例示する加水分解縮合反応で高分子化する。高分子化反応を適切な早さで進めるためには、大気中の水分量が多くなければならない。実用的には塗装時及び養生時の相対湿度は50%以上（20℃）必要となる。また、**図-1**の加水分解は脱アルコール反応であり、縮合反応の過程は脱水及び/又は脱アルコール反応である。すなわち、2分子の水（H₂O）を大気から吸収し、1分子のアルコール（ROH）と1分子の水、又は1分子の水で2分子のアルコールを放出することになる。アルコール分子は水より大きい分子である。すなわち、厚く塗られた塗膜内部から硬化反応後に生成物であるアルコールが抜けることで塗膜の体積は収縮することを意味する。つまり、75μmに厚く塗られた無機ジンクリッチペイントは、柔軟性に乏しいシロキサン結合をもつ高分子のため、体積収縮力に耐えられず微細な空隙（き裂）を多数発生させると考えられる。

無機ジンクリッチプライマーがミストコートが必要としないのは、塗付ける量の違いに起因している。すなわち、**図-2**に示すように、10点平均あらさ50μmRzのプラスト鋼面に塗付けた無機ジンクリッチペイントでは約50μm厚みで連続した塗膜層になる。一方、20μm目標で塗られる無機ジンクリッチプライマーでは、塗膜が鋼表面の凹凸を超えて連続した膜を構成しない。また、薄いので反応生成物の多くが硬化反応の進行中に大気に放出され塗膜形成後の体積収縮が少ないことも考えられる。

3.3 第2層以後

第2層以後の下塗りには、ガス透過性が低く、耐薬品性、付着性が高いエポキシ樹脂又は変性エポキシ樹脂を用いた防錆顔料を含む塗料が用いられている。この塗料には、第1層の保護、優れた密着性及び塗膜外からの水、酸素の遮断を期待している。また、これまでの研究事例をみると、海岸から50mの鋼橋で30年経過後も塗膜中への塩化物イオン拡散を検出していないなど、陰イオンの遮断性能にも優れている。

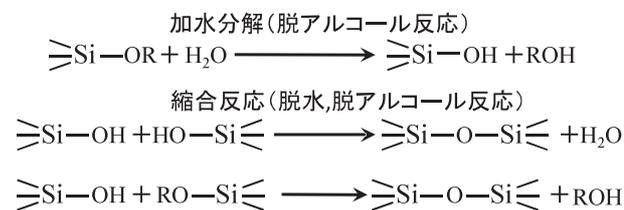


図-1 アルキルシリケートの加水分解縮合反応例

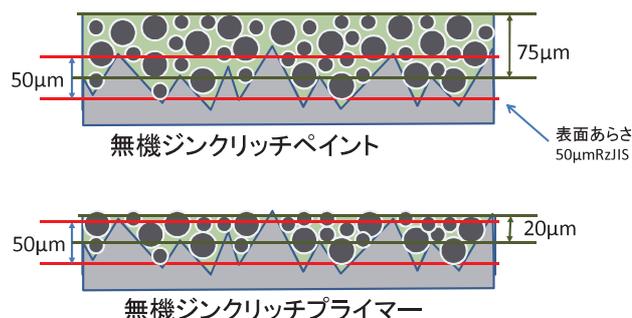


図-2 鋼表面の塗膜断面模式図

3.4 上塗り塗料用中塗り塗料

塗装系C-4、C-5ではふっ素樹脂塗料用中塗が、塗装系J-2ではポリウレタン樹脂塗料用中塗が用いられている。名称のふっ素樹脂塗料用中塗とは、ふっ素樹脂塗料上塗を用いるための中塗り塗料という意味で、使用している樹脂がふっ素樹脂とは限らないことを示す。一般には、下塗り塗料であるエポキシ樹脂との付着性確保を目的に、エポキシ樹脂系の材料を用いた塗料設計がなされている。

3.5 上塗り塗料

景観性能を求める構造物においては、上塗り塗膜に求める機能に美観（光沢、色）の付与性と維持性がある。

美観維持には、俗に言う耐候性、具体的には耐紫外線性が求められる場合が多い。有機塗膜を屋外に直接暴露すると、紫外線、水などの影響で塗膜の樹脂や顔料が劣化し、光沢低下、色変化、白亜化（チョーキング）に至り美観が損ねられる。特殊な例としては、汚れによる美観低下に対抗するため耐汚染性を求める場合もある。

塗装系C-4、C-5ではふっ素樹脂塗料が、塗装系J-2ではポリウレタン樹脂塗料が、塗装系L-2では厚膜型ポリウレタン樹脂塗料が上塗り塗料として用いられている。それぞれ名称は異なるが、ポリオールとイソシアネートの縮合反応（ウレタン反応）で硬化する同種の材料であり、ISO12944-5では2液形ポリウレタン樹脂塗料（Polyurethane 2-pack paints）に分類される。

ポリオール樹脂とイソシアネート樹脂には多くの種類があり、その組み合わせで特性が大きく異なる。屋外構造物の塗装に用いる樹脂は耐黄変性に優れるなど耐紫外線性の高いものが選択される。また、耐候性向

上を目的に、紫外線吸収剤、酸化防止剤、ラジカル補足剤などを添加したものもある。塗膜の耐候性は、添加される顔料にも大きく影響される。一般に、淡彩色の顔料を用いると早期に光沢低下や白亜化に至ることがある。ふっ素樹脂塗料でも顔料との組み合わせが悪いと10年程度で白亜化した事例もある。また、色変化は樹脂種よりむしろ着色顔料の耐候性に影響される。従って、景観重視の構造物では、耐候性の高い樹脂、着色顔料、体質顔料などの組み合わせの最適化が必要となる。具体的には、光沢低下を許容するなど景観性能を重視せず、30年程度の塗膜耐久を期待するのであれば、汎用のポリウレタン樹脂塗料で十分といえる。しかし、長期の光沢や色の維持を期待するのであれば、耐紫外線性の高いふっ素樹脂と耐候性の高い顔料を用いる必要があり、塗料単価として、選択する色にもよるが5倍以上の差が生じることもある。

4. 長期防錆型塗装の現状

長期防錆型塗装が実用されてから既に30年以上経過している。本格的な塗替え塗装が必要なほどに防食機能の劣化した事例は少なく、大多数の構造物では所期の性能が発揮されている。しかし、一部には、開発時の想定を超える状況に至った事例もある。

4.1 構造物健全性と塗膜変状

防食塗装の第一の目的は、構造物の健全性に影響する腐食を抑制することにある。すなわち、構造物の健全性に影響しない塗膜変状と健全性に影響する塗膜変状は同等に扱うことができない。そこで、構造物の健全性への影響を考慮し塗膜変状を次のように区分した。

(1) 構造物の健全性に直接影響しない塗膜変状

上塗り塗膜の光沢低下、色変化は、紫外線や水分の影響で上塗り塗膜表層の樹脂及び顔料が変質した結果として表れる塗膜変状である。この変状は、塗膜の外表面のみの変化であるため、鋼の防食性に影響しないと考えられる。

(2) 程度がひどくなると健全性に影響する塗膜変状

塗膜の白亜化は、上塗り塗膜の樹脂が紫外線、水などの影響で分解し、塗膜表層に顔料が濃化する現象である。この程度が進むと上塗り塗膜の厚みの減少（塗膜減耗という）にいたる。ついには下塗り塗膜の露出など塗膜の防食性低下に影響することになる。

塗膜減耗の程度は、構造物の部位で異なり、日射を受ける漏水個所と日陰で水の影響を受けない個所では数倍以上の差がある。また、塗料種の差も大きく、日射を強く受ける条件下のエポキシ樹脂塗膜で8 μm /年程度、ポリウレタン樹脂塗膜で2 μm /年程度、ふっ素樹脂塗膜で1 μm /年以下との数値が暴露試験片の結果から提案されている。

塗膜減耗が構造物健全性に影響するのは、中塗り塗膜が露出する段階になってからである。ポリウレタン

樹脂塗膜を上塗りに用いた塗装系で実用後30年経過で減耗による消失に行った事例はまだない。ここではエポキシ樹脂塗料を上塗りとして用いた塗装系（表-1の塗装系13A）の塗膜減耗事例を4.2項に示す。

(3) 構造物健全性に影響する塗膜変状

鋼材の腐食による鋼板の厚み減少は、構造物の耐力低下に直結する。特に、応力の集中する個所の腐食は深刻な状況に至る。防食性低下となる塗膜変状個所では、鋼材の板厚減に至る前に防食性能回復を図る必要がある。

このような塗膜変状として観察されたものに、塗膜はがれや局所的な腐食がある。塗膜はがれ事例を4.3項に、局所的な腐食事例を4.4項に示す。

4.2 塗膜減耗事例

1977年に暫定仕様の塗装系13Aを全工場塗装で適用した構造物で、架設後20年目あたりから部分的に中塗り塗膜が露出し、30年程度で下塗り塗膜まで露出した事例を写真-2に示す。下塗り塗膜の露出は、日射と漏水を受ける部分のみで発生している。他の個所は、上塗り塗膜が十分に残存している状況である。すなわち、塗膜減耗は部位によりその速度が著しく異なることがわかる。

これまでに、ポリウレタン樹脂塗膜の減耗で下塗り塗膜が露出した事例の報告はないが、あえてこの期間を推定する。前出の暴露試験片の結果から推定されている樹脂別の減耗速度差（エポキシ樹脂とポリウレタン樹脂で約4倍）、写真-2の事例でエポキシ樹脂塗料の上塗り塗膜が20年程度で消失し、その後10年で下塗り塗膜の露出に至っている事実、及び上塗り塗膜の厚みの違い（ポリウレタン樹脂塗膜はエポキシ樹脂塗膜の約1/3）とから推定すると、ポリウレタン樹脂塗膜を上塗りとする塗装系では、下塗り塗膜が露出するまでは最も早い部位でも40年程度期待できるものと考えられる。



写真-2 上塗り塗膜の消耗（2007年撮影）
都市環境、1977年塗装、エポキシ樹脂塗膜の減耗

4.3 塗膜はがれ事例

これまでに観察された塗膜はがれには、溶接線に沿った塗膜はがれ事例（写真-3）と広い面積での塗膜はがれ事例（写真-4）がある。

（1）溶接線からの塗膜はがれ事例

写真-3は、1983年に塗装系J-2を全工場塗装した都市環境の構造物である。架設後15年程度で溶接線に沿った塗膜はがれが観察され、25年目には鋼腐食に至っている。原因は不明であるが、腐食性環境の場合には、この部位で局部的、選択的に腐食が進行し、鋼板の板厚減少いたるため、危険な塗膜変状と考えられる。鋼腐食に至る前の程度が軽微な状態のうちに、部分塗替え塗装などを行い防食性能の回復に努めるのが望ましい。

（2）大面積での塗膜はがれ

写真-4は、塗装後約12年目に発生した大面積での塗膜はがれ事例である。塗膜は無機ジンクリッチペイント層内の凝集破壊ではがれている。塗膜分析で、無機ジンクリッチペイントの亜鉛粒子に酸化物が確認されている。また、同様の塗装仕様を用いる本四公団においても、無機ジンクリッチペイント層の凝集破壊による塗膜はがれが観察されている。参考文献6)には「無機ジンの層内で亜鉛粒子の劣化（酸化）による膨れ・われ等の塗膜剥離が発生している」との記述がある。

適切な厚みの無機ジンクリッチペイント層が凝集破壊に至る原因について、十分な理解には至っていないが、塗装時の施工環境不良（大気中の水分不足）やミストコート施工不良などが重なり、層内に微細な割れを内在してしまったことが原因の一つとして推測される。この場合には、図-3に示すように、塗り重ねた塗膜を通じて拡散・浸透してきた水蒸気と酸素により、亜鉛粒子の酸化が進み塗膜内に膨張力が発生する。この力で層内に内在する微細な割れの拡大や連結により層状にはがれた可能性が考えられる。

比較的大きな面積での“塗膜はがれ”が観察された場合には、他の部位もほどなく同様の状態に至ると考えて対策を検討する必要がある。すなわち、塗膜はがれ個所以外の塗膜が密着していても“活膜”とは考えないほうが良い。

4.4 局部的腐食事例

写真-5は、太平洋から約500m離れた河川上の下路トラス（コンクリート床版）で、表-1の塗装系J-2（当時は暫定仕様14A-2）を1976年に全工場塗装した橋梁である。観察時（31年経過）には、従来の塗膜判定法では「塗替え塗装の必要なし」と評価される塗膜状況であった。しかし、写真-5の囲み部に示すように、面積的には極わずかであるが、直径数cmの局部的な“さび”が観察される。“さび”は、特定の部材・部位に偏在しており、塗膜の防食性能が低下したために発



写真-3 溶接線に沿った塗膜はがれの事例
都市環境、1983年J-2全工場塗装、2008年撮影



写真-4 大面積塗膜はがれ（矢印の箇所）
無機ジンクリッチ塗膜の凝集破壊（1984年塗装1996年観察）

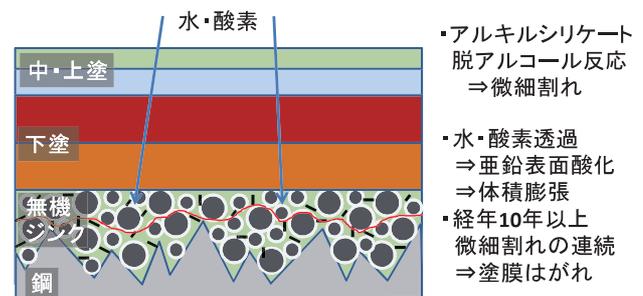


図-3 無機ジンクリッチペイント層の破壊

生したというより、橋梁製作時や運搬・架設時などに何らかの影響で発生した目視では確認できないほどの初期塗膜欠陥部で腐食が発生したと考えるのが妥当な状況であった。

写真-6は、日本海からの離岸距離約50mで海水面からの高さ約5mと著しく腐食性の高い環境の橋梁に表-2の暫定仕様14A-1を全工場塗装した橋梁の例である。

写真-6の個所は、架設後10年未満の段階で部材の接合部付近に僅かな腐食が観察されている。その後、20

年以上経過しても腐食は面方向に5～10cm程度の拡大でおさまっている。しかし、深さ方向に腐食が進行し、1mm程度の板厚み減少に至っている。

このことから、亜鉛末リッチな塗料を用いた長期防錆型塗装は、これまでの一般塗装に比較すると、経年での腐食個所数の増加や面方向への腐食拡大が小さいという特徴があるといえる。このことは、塗膜変状の面積率が大きくなってから塗替え塗装を行ってきたこれまでの塗膜判定方法を続けると、長期防錆型塗装では局部的に鋼板の板厚減少が進むことになる。構造物の健全性維持のためには、変状面積の比率は小さくとも、腐食部位や腐食環境に応じて、早期に対策を計画する必要があることを示す。

4.5 今後の課題

第1層に亜鉛末リッチな塗料を用いる長期防錆型塗装では、塗膜面積の99%以上が健全であっても、架設環境によっては、何らかの原因で発生した塗膜欠陥部から比較的早い時期に局部的な腐食に至ることが示された。また、長期防錆型塗装は、局部的な腐食が発生しても腐食個所の増加や腐食面積の拡大が遅いという特徴もある。すなわち、これまでの一般塗装で実施していた塗膜判定による塗替え塗装では局部的板厚み減少が進み、構造物の健全性を確保できない可能性が認められた。

今後の課題として、長期防錆型塗装の特徴を踏まえた新たな塗膜判定法、塗替え塗装技術の開発が挙げられる。

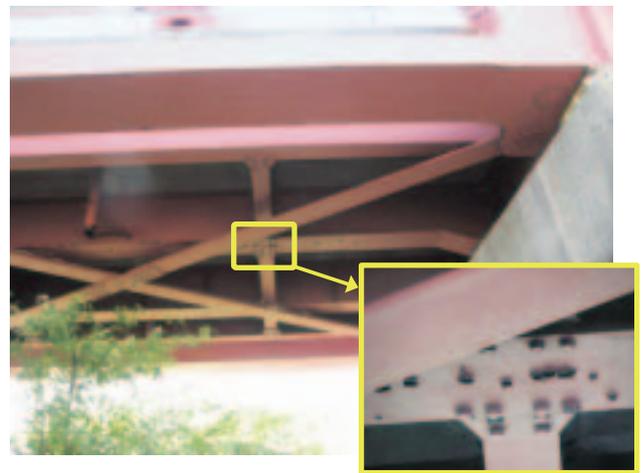


写真5 局部的な腐食事例
太平洋から約500m、1976年全工場塗装（2007年観察）



写真6 ガセット部の局部的腐食事例
日本海から約50m、1976年全工場塗装（2006年観察）

【参考文献】

- 1) 今井, 住吉, 吉田, 大川, 橋本: 海峡連絡鉄道橋の塗装, 鉄道技術研究報告, No.422 (1964)
- 2) 佐藤, 吉田, 橋本, 今井, 大川: 本州四国連絡鉄道橋塗装試験, 鉄道技術研究所速報, No.67-32 (1967)
- 3) 佐藤, 吉田, 橋本, 大川, 今井, 菅谷, 滝永: 海洋環境の橋梁の防錆塗装, 鉄道技術研究報告, No.771 (1971)
- 4) 桐村, 橋本, 佐藤, 大川: 海洋環境における防食塗装, 鉄道技術研究報告, No.1070 (1978)
- 5) (社)日本鋼構造協会: 「鋼橋塗装ライフサイクル調査研究最終報告」, JSSCテクニカルレポート, No.30 (1994)
- 6) JB本四高速(株): 長大橋NEWSレターNo.24 2005年6月「無機ジンク塗膜の長期耐久性の検証」

橋梁長寿命化修繕計画と 塗装工事

片脇 清士*

1. まえがき

橋梁長寿命化修繕計画が橋梁保全分野で大きな話題となっている。国土交通省では、国及び地方公共団体における道路橋の維持管理・更新に当たっては、損傷が深刻化してから対策を行う従来の「事後保全」から、点検に基づき損傷が軽微な段階から対策を行う「予防保全」に転換し、更新時期を平準化するとともに、ライフサイクルコストを縮減するアセットマネジメントの取り組みを推進することになった。

国土交通省道路局では、アセットマネジメントの取り組みを道路構造物の「長寿命化対策」として位置付けられておられる。具体的な施策として、国および地方公共団体が管理する道路橋については、橋梁長寿命化修繕計画の策定が進んでおり、またこの取り組みの過程で、塗装界への影響も大きくなってくと予想される。

ここでは、橋梁長寿命化修繕計画の概要を紹介しあわせて塗装工事への影響、長寿命化のための塗装に必要なことを考察したい。

2. 道路橋の現状

道路ネットワークを構成する重要な構造物である道

路橋は橋長15m以上のもので約15万4,000橋（平成20年4月1日現在）ある。道路橋の約88%は地方公共団体の管理となっている。

このうち、建設後50年以上を経過した道路橋は現時点では7.7%であるが、これが10年後には21.4%、さらに20年後には44.6%に増加するなど、高齢化が急速に進行するものと見込まれている。（図-1）

近年、橋梁の老朽化等により重大な損傷等が発生しており、平成19年6月には国道23号線木曾川大橋において、同年8月には国道7号線本荘大橋において、それぞれ鋼トラス橋の斜材の破断が発見された。20年6月には国道9号線出雲郷大橋側道橋において、水中部の鋼製パイルベント橋脚の断面欠損が発見され、横浜市でも3橋において、同様の欠損が発見されている。また、同年10月には、千葉県君津市の君津新橋において、アーチ橋の吊り材の一部に破断が発見されている。著しい腐食により架け替えられる橋も現われている。（図-2～図-6）

このように、鋼材の腐食損傷による橋梁の損傷は深刻な課題となっている。腐食問題は橋梁を長寿命化するための重要な課題のひとつであるといえよう。

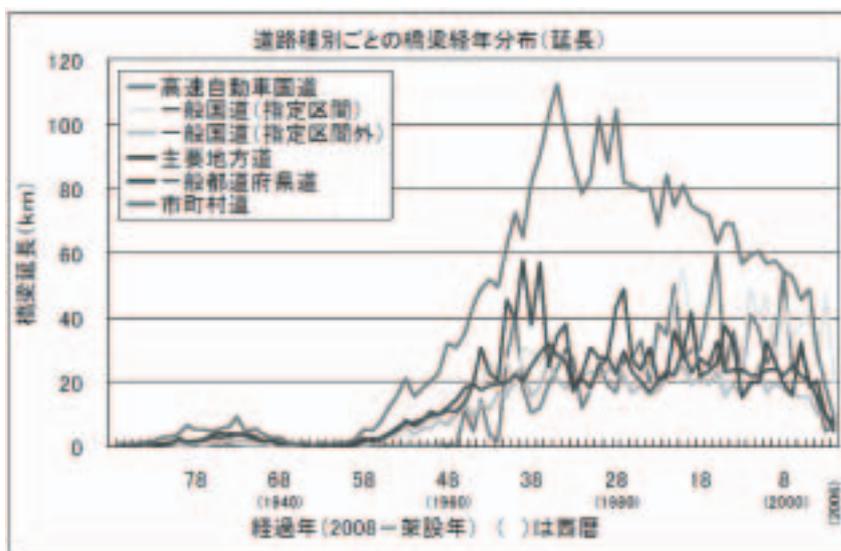


図-1 道路種別ごとの橋梁経年分布

* 社団法人日本橋梁・鋼構造物塗装技術協会 理事
 東京大学工学博士 技術士（建設部門） 腐食防食専門士

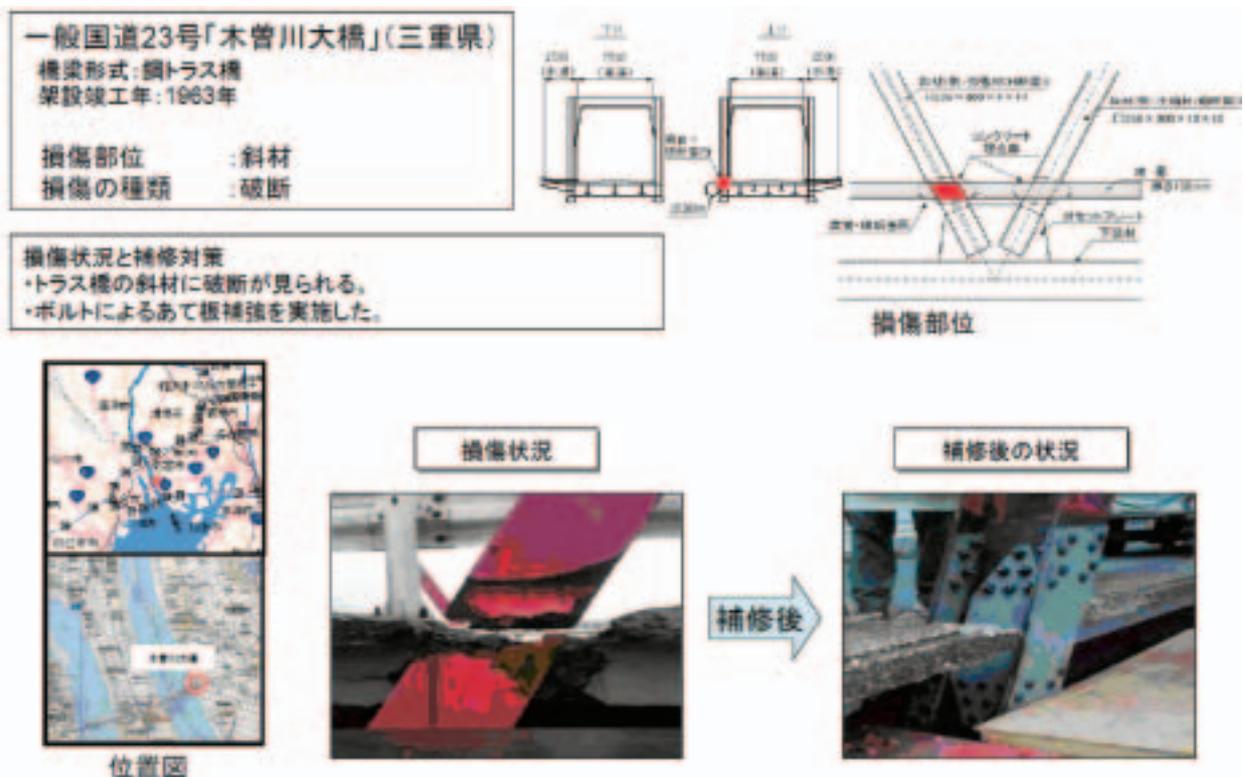


図-2 木曾川大橋トラス橋の斜材の腐食による破断

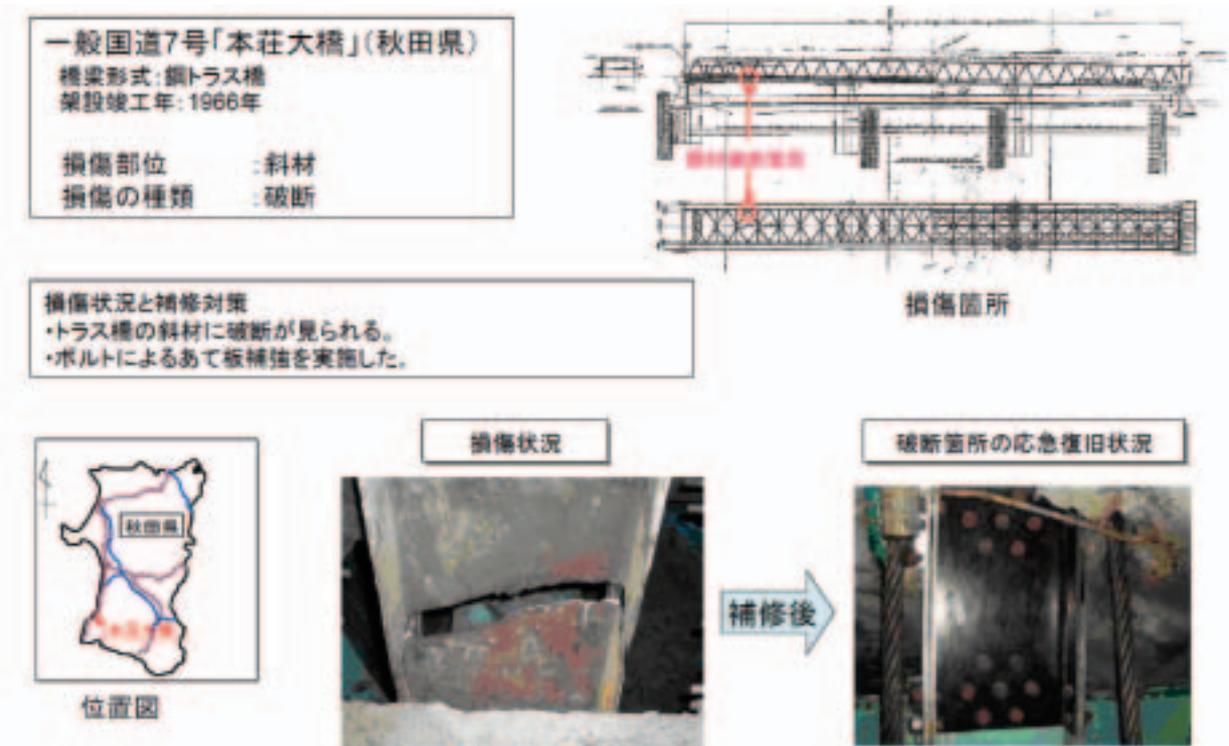


図-3 トラス橋の斜材の腐食による破断

3. 橋梁長寿命化のための取り組み

3.1 アセットマネジメントの取り組み

国は、社会資本整備事業(注)を重点的、効果的かつ効率的に推進するため、社会資本整備重点計画法(平成15年法律第20号)を制定し、同法第4条第1項

の規定に基づき、15年度から19年度を計画期間とする「社会資本整備重点計画」(15年10月10日閣議決定)を定め、この中で、「社会資本の更新時期の平準化、維持管理や更新を考慮に入れたトータルコストの縮減等を図るため、総合的な資産管理手法を導入し、効率的・計画的な維持管理を推進する」としている。



図-4 PC鋼材が腐食破断し通行止め



図-5 水中部の橋脚が腐食欠損し通行止め



図-6 腐食老朽化により掛け替えられた橋梁

また、平成20年度から24年度を計画期間とした「社会資本整備重点計画」（平成21年3月31日閣議決定）において、「我が国の社会資本は、これまでに蓄積されてきたストックのうち高齢化したものの割合が、今後急速に増加するという課題に直面する」ことから、「これからは、施設の状態を定期的に点検・診断し、異常が認められる際には致命的欠陥が発現する前に速やかに対策を講じ、ライフサイクルコストの縮減を図る「予防保全」の考えに立った戦略的な維持管理・更新を実施していく」としており、アセットマネジメントの取り組み（長寿命化対策）が行われている。（図-7）

橋梁長寿命化計画では各々の橋梁について、長寿命化が図れ、且つライフサイクルコスト上、維持管理費が最小となるような補修時期や補修工法などの具体的な維持補修計画を策定する。補修時期を決定するための劣化の進行状況の予測手法や劣化の状態に応じた最適な補修工法などについて検討し予算を平準化する老朽化対策を行う。

国土交通省では、道路ストックの効率的な管理を目

的として、管理する直轄道路橋の長寿命化及び橋梁の修繕・架替えに係る費用の縮減に資するため、計画策定の基本方針、管理橋梁の定期点検、修繕及び更新等の実施時期、計画による効果を定めた長寿命化修繕計画を策定・公表することとし、現在、各地方整備局では、「直轄管理橋梁における長寿命化修繕計画の策定について（依頼）」（平成19年1月11日付け国土交通省道路局国道・防災課課長補佐事務連絡）に基づき、管内のすべての直轄道路橋について、長寿命化修繕計画の策定に向けた対象橋梁の一覧表の作成、長寿命化修繕計画による効果の把握等の作業を行っている。

なお、アセットマネジメントの取り組みについては、鋼橋塗装誌（Vol. 36 No. 1）にすでに紹介がなされているので参考にされたい。

3.2 地方公共団体における長寿命化対策

国土交通省は、平成19年度から、地方公共団体が管理する道路橋の長寿命化対策として長寿命化修繕計画策定事業を実施している。同事業では、地方公共団体

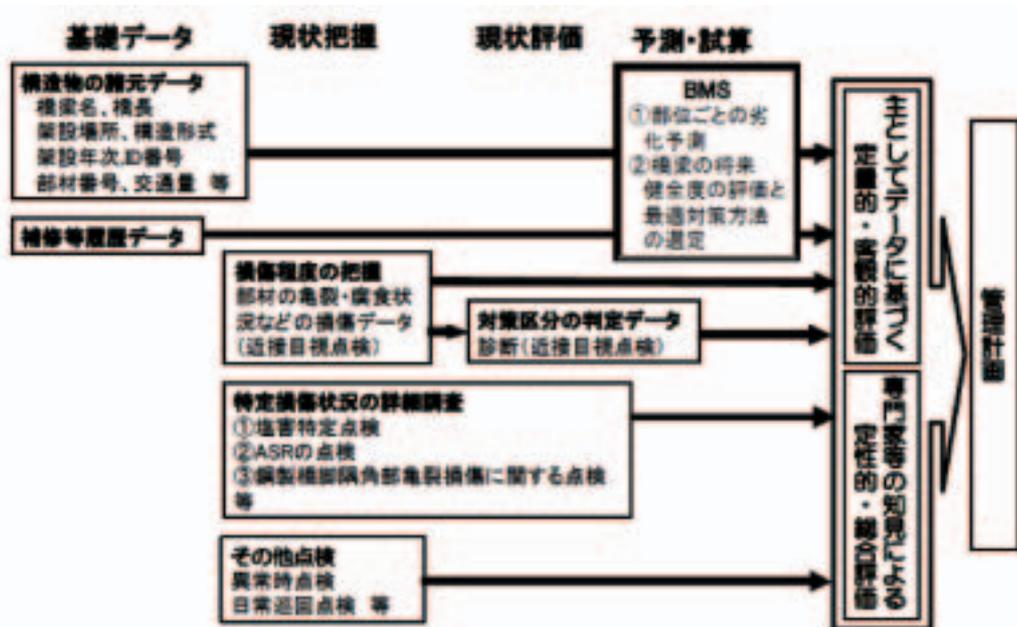


図-7 橋梁アセットマネジメントの例

は、「長寿命化修繕計画策定事業費補助制度要綱」（平成19年4月2日付け国道国防第215号・国道地環第43号国土交通省道路局長通知）に基づき、補助を受けて策定した道路橋の長寿命化修繕計画については、遅滞なく公表し、各地方整備局長に提出することとされている。

同計画には、①長寿命化修繕計画の目的、②対象橋梁ごとのおおむねの次回点検時期及び修繕内容・時期又は架替時期、③長寿命化修繕計画による効果を記載し、長寿命化修繕計画の策定に当たっては、学識経験者等の専門的知識を有する者の意見を聴くものとされ、計画策定に要する費用を補助対象としている。

なお、同補助事業は、都道府県及び政令市については平成23年度まで、その他の市町村については25年度までの措置とされている。(図-8)

これまでに、多くの地方公共団体から計画が公表されている。内容の主要な部分は、「長寿命化修繕計画策定事業費補助制度の運用について」（平成19年5月22日付け国道国防第40号・国道地環第6号国土交通省道路局国道・防災課長・地方道・環境課長通知）に基づいているが、その具体的な記載内容については、さまざまである。

しかしいずれも、長寿命化修繕計画による効果について、従来の事後的対策（損傷が深刻化してから対策を実施）から予防保全的対策（点検に基づき損傷が軽微な段階から対策を実施）に転換することなどにより、維持管理経費の大幅な削減が期待できるとし、ライフサイクルコストの縮減額の総額を具体的に記載している管理者もいる。

3.3 国土交通省の最近の動き

国交省が公表した09年度国土交通白書によると、11年度からの50年間に必要な社会資本ストックの更新費は約190兆円と推計されている。公共事業費が今後、現状の水準で推移すると仮定した場合、従来の個別・事後的な更新手法だと2037年度には維持管理・更新費だけで国と地方の公共事業予算を上回ってしまうという。

高度経済成長期に集中的に整備されたインフラの更新需要が高まる中で、政府は重点施策の一つとして、社会資本ストックの効率的、戦略的な維持管理の実現を挙げている。国交省も国や地方の厳しい財政状況を

踏まえ、今後の維持管理費の増大を抑えるため、損傷発生後に個別・事後的に対応する「事後的管理」から、早期に劣化部分を発見し、事故や大規模な修繕に至る前に対策を行う予防保全管理に転換する取り組みを推進している。(図-9)

この取り組みは国土交通省政策集2010に含まれている、この国土交通省政策集2010は、国土交通政策全般の目指すべき方向性を示すとともに、特に今年度から来年度にかけて、重点的に取り組もうとしている具体的な政策を網羅しており、平成23年度概算要求、税制要望、法令改正等反映されるものである。

4. 塗装劣化や腐食に関する点検・調査

4.1 点検

橋梁長寿命化修繕計画において点検の役割は大きい。直轄道路橋の維持管理については、「橋梁の維持管理の体系と橋梁管理カルテ作成要領（案）」、「橋梁定期点検要領（案）」（以下「定期点検要領」という。）、「橋梁における第三者被害予防措置要領（案）」（平成16年3月31日付け国土交通省道路局国道・防災課長通知。以下「第三者被害予防措置要領」という。）、「コンクリートの塩害に関する特定点検要領（案）」（同前）、「補修・補強工事調書の記入要領（案）」といった各要領が定められている。

定期点検要領では、定期点検の結果に基づく補修等については、把握した直轄道路橋の部位及び部材の最小評価単位及び損傷の種類ごとの損傷程度を損傷評価基準に基づき評価を行った上で、当該損傷を構造上の部材区分又は部位ごと、損傷の種類ごとに、7つの対策区分で判定し、これに沿って実施することとしている。(表-1)

このように点検—判定区分—対策の流れは、修繕計画の大きな柱であるが、直轄橋梁においては点検が定期的に行われている。定期点検から得られた結果については、国土技術政策総合研究所において分析が進められている。多くの内容が公表されつつあるが、定期点検によってはじめて定量的にあきらかになったことがある。腐食問題の深刻さがその一つである。鋼製の橋げたでは、塗装劣化やそれに伴う鋼材の腐食が主な損傷であった。腐食と防食機能の劣化が鋼上部工の損傷のなかで大きな割合を占めているようだ。

表-1 定期点検要領における対策区分の判定区分

判定区分	判定の内容
A	損傷が認められないか、損傷が軽微で補修を行う必要がない。
B	状況に応じて補修を行う必要がある。
C	速やかに補修等を行う必要がある。
E 1	橋梁構造の安全性の観点から、緊急対応の必要がある。
E 2	その他、緊急対応の必要がある。
M	維持工事に対応する必要がある。
S	詳細調査の必要がある。

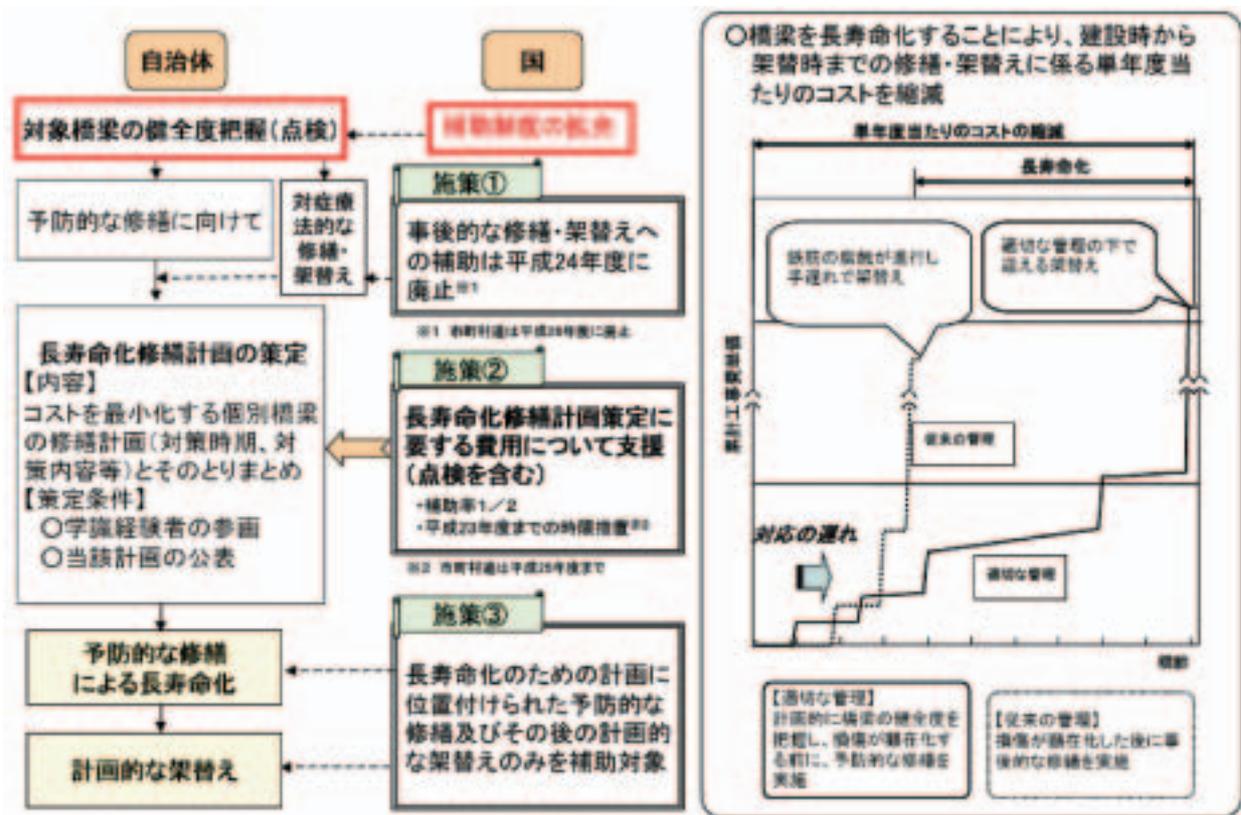


図-8 長寿命化修繕計画策定事業

・高度経済成長時代に集中投資した社会資本の高齢化が進行することから、老朽化に伴う事故や災害等が懸念されるとともに、維持管理費・更新費が急増する。
・国民の生命財産を守り、安全・安心を確保するために、早期の補修・補強等を実施することにより、予防保全の観点から戦略的に維持管理・更新を実施し、施設の長寿命化を図るとともに、ライフサイクルコスト(LCC)を低減する。

取組事例

技術開発の推進

維持管理を適切に実施するための技術、LCCの低減を図るための技術の開発を推進

維持管理を適切に実施するための技術開発～点検・監視技術の例～

情報通信技術を用いた維持管理の効率化

従来のハブリ橋梁
コンクリートへの埋込物の高解・診断技術の例
LCCを低減する技術の開発～LED照明の例～

経年劣化による非破壊検査
道路・トンネル周壁にLED照明を採用することで、電気使用量及びCO2排出量を削減し、LCC低減を実現する。

点検車を活用した橋梁点検の例
道路・トンネル周壁にLED照明を採用することで、電気使用量及びCO2排出量を削減し、LCC低減を実現する。

点検中に携帯情報端末を用いた点検結果を電子データで記録・蓄積、DBとのリアルタイムでの情報連携により、過去の記録も活用して効率に検査が可能。

人材育成の実施

・産(地域建設業)・学(大学等)との連携による人材育成
・地方公共団体への技術的支援の実施
・地方公共団体への講習会の実施
・国土技術政策総合研究所等による技術的助言等

地方整備局による道路管理者(地方自治体等)向けの橋梁技術講習会の実施状況

マネジメントの強化

・社会資本整備総合交付金等により、地方公共団体が行う点検、長寿命化計画の策定、更新等への財政的支援を実施するとともに、施設横断的な予防保全マネジメント方針を掲げ、戦略的な維持管理を推進する。

平成22年度以降に実施する主な事項

- 長寿命化計画の策定等の推進(平成20～24年度にかけて重点的に取組を実施)
- 社会資本の予防保全的管理のための点検・監視技術の開発(平成22～24年度)
- 戦略的維持管理を担う人材育成の実施
- 施設横断的な予防保全マネジメントの確立
- 社会情勢の変化等を踏まえた更新のあり方検討

大臣官庁技術調査課、公共事業調査室、総合政策局政策課、事業取組調整官室、国土計画局

図-9 社会資本の戦略的維持管理



写真-1 塗替え後数年以内に発生したはがれ (2006年撮影)

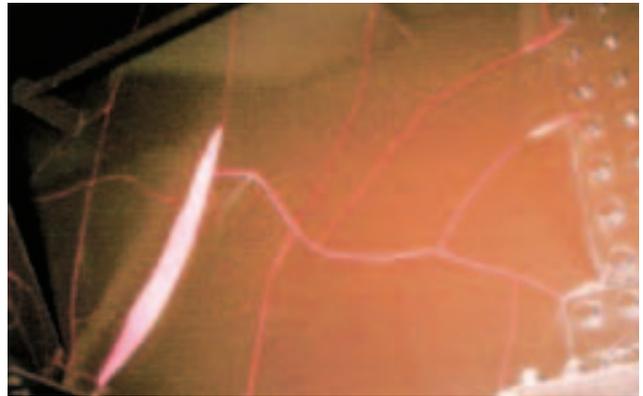


写真-2 塗替え直後に生じた塗膜劣化



写真-3 ふっ素樹脂塗装による塗替え後6年経過で腐食



写真-4 主桁の腐食 (手に持っているのは層状のさび)

4.2 調査

上記点検だけでなく実際の橋梁について長寿命化修繕計画の作成に関連して多くの調査が行われている。たとえば、財団法人道路保全技術センターが行った国道（直轄橋梁）を対象とする調査によれば、塗装においては早期劣化が目立っている。すなわち、早期にさびやはがれが生じるものがあることが明らかになってきた。（写真-1～3）良好な条件下である試験工事や材料試験の場合には塗装寿命は20～30年を超えるものがあり、これらを前提として塗装計画が行われることが多いが、わずかに数年で劣化が始まることは想定外である。これまでの調査によれば、早期劣化の原因は個々の橋梁で異なることが分かっている。

（1）塗替えの遅れ

塗替えが適正な時期に行われず著しい腐食を引き起こし、断面欠損が進み累積修繕工事費が大きくなることは珍しい例ではない。鋼道路橋塗装便覧（平成2年版）以前の塗装管理は、「いたみが激しくならないうちに塗替える」ことで行われてきた。このため塗替えには、比較的保護性能は低いが使い勝手の良い塗料が用いられ、それで十分対応できていた。

ところがこのような考え方を参考として道路行政の現場に供せられていたのに、塗装の工学的知見の統一化ができていなかったことや、予算制約上、橋梁以外

に維持修繕費が支弁されてきたこともあって、全体的に塗替えが遅れ、かなり腐食が進んだ段階で塗装工事に入る事例が増えている（写真-4）。

しかし、そのような段階では、これまでの塗替えの常識は通じない。一旦いたみが進んだ場合にはその直し方は通常の塗替えとは異なることが知られていない。溶射、プラスト、ジンクリッチペイントなど高度な防食手法が必要となることがある。にもかかわらず、従前通りの塗装仕様で塗替えを行うことが多く、塗装による保護効果が得られない原因のひとつとなっている。

（2）凍結防止剤による想定外のいたみ

凍結防止剤によるいたみの割合が大きくなっている。これまで環境が緩やかであるとされた山間、田園、郊外などでは、A塗装系が用いられてきた。この塗装系は安価ではあるがアルカリや塩化物には弱い。凍結防止剤を散布する路線に存在する橋梁では、床版ひび割れによる漏水や、排水不良によって、塗膜が損傷される。

多くの道路管理機関ではこの凍結防止剤による塗装劣化や腐食に注目し始めているが、このような損傷に未経験のため発見が遅れ、気付いたときには激しい腐食が生じている場合がある。あるいは、対症的に傷んだ塗装の塗替えをしてはいるが、腐食劣化の原因が分からずに根治することなく塗替えだけで済ませて

いる例も多い。

桁端部では伸縮装置の破損や排水装置の不良により特にいたみが目立つが、塗装工事の前に修繕工事が必要である。橋桁端部は、狭隘なため湿気がこもりやすい上に、場合により塩分を含む水が伸縮装置から漏水すること等により、腐食しやすい部位である。このため、桁端部の断面欠損やウェブ等に孔が開く状況に至る事例も見られる。また、桁端部の著しい腐食を放置した場合に生じるさまざまな二次的損傷が懸念されている。

村越潤、田中良樹氏らの鋼橋桁端部の腐食に対する補強法に関する研究によれば、塗装された鋼桁に外見上著しい腐食が見られる場合、こぶ状の層状剥離さび(こぶさび)を伴うことが多い。こぶさびが見られる箇所では概ねその外見上の腐食の程度と比例して、板厚も減少している傾向にあると考えられる。こぶさびは塗膜の劣化部などから塩化物などの腐食因子が浸入して、局部的に腐食が進行することにより生成されるものと考えられる。(図-10)

塗装桁に著しい腐食が見られた場合、その程度に限らず補修、補強が必要であるが、その際に、当て板などで補強しておく必要がある範囲と再塗装とする範囲を決定する必要がある。再発錆防止のために、こぶさびとともに、さびをプラストでしっかり落として、断面欠損状況を確認した上で、再塗装とするのがよい。なお、さびの観察にあたっては、こぶさびの大部分が剥離している場合や、その剥離した上に塗装されている場合があり得るので注意が必要である。

(3) 沿岸部にある橋梁の不適切な塗装設計

沿岸部などでは、塗装の耐久性を求めするために、ふっ素樹脂塗料を用いて塗替えることが多い。しかし、塗替え程なくして腐食損傷が見られる場合がある(写真-5)。この場合でも外面の塗膜の光沢は良好であり腐食している部分とは明らかな対比をしている。

このような例はこれまであまり報告されていないが、道路保全技術センターの実橋調査では、少なくない事例がまとめられている。

5. 長寿命化のための塗装に必要なこと

長寿命化修繕計画の時代にはこれまでとは異なる対処が必要となる。塗装の分野においても、すでに新しい取り組みが始まっている。

5.1 適正な塗替え計画の作成

橋梁の場合、塗装劣化は全体が均一に進むのではなく、最初に塗膜の弱点などから局所的な劣化が始まり、環境条件が悪い部分を中心に徐々に面積を広げ、最も条件が悪い箇所に腐食が発生して鋼部材に断面欠損が生ずるというプロセスをたどる。したがって塗装の劣化状況を詳細に分析し、塗装橋梁が置かれる環境条件を把握して、環境条件毎に適切な塗替えを行えば、腐

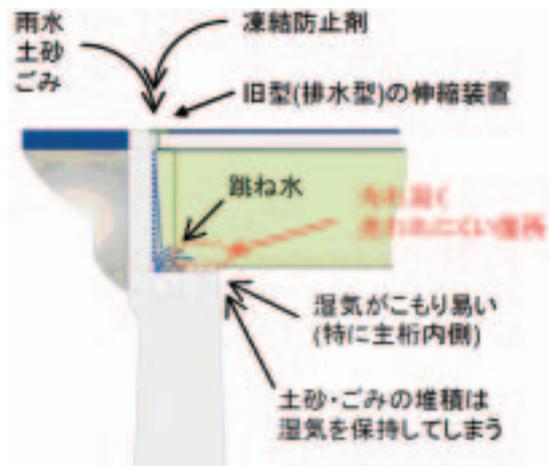


図-10 桁端部の腐食環境



写真-5 塗替え後橋梁下フランジで早期に発錆した例 (外観は光沢があるが、桁下面には腐食損傷がみられる)

食に対する補修費や足場設置費用などを削減でき、ライフサイクルコスト削減が可能となると考えられる。

(1) 塗替え時期の最適化

既設の鋼橋において効果的な延命化方法は、塗装の健全性を維持することである。緩やかな劣化領域で適切に塗替えを行えば、すなわち塗膜の健全性が維持されれば鋼材の腐食は発生しないことから、耐久性能の維持と素地調整や補修・補強に要するコスト削減との両立が図れることになる。したがって、適切な塗替え時期や塗装工法の選択が、長寿命化を図る上でのキーポイントとなる。

構造設計などと違って、塗装およびその塗替えには明確な「正解」が無く、経験的に決定せざるを得ない場合がほとんどである。したがって、いつどのような方法で塗替えを行うか、どのような原因対策を行うかなどの決定は、現場の道路管理者にとって、方法的な負担となっている。

塗装のいたみと鋼材の腐食との関係が次第に明らかとなっており、これらと費用増加の関係はモデル図で説明されることがある。一例としてA、a塗装系の塗膜

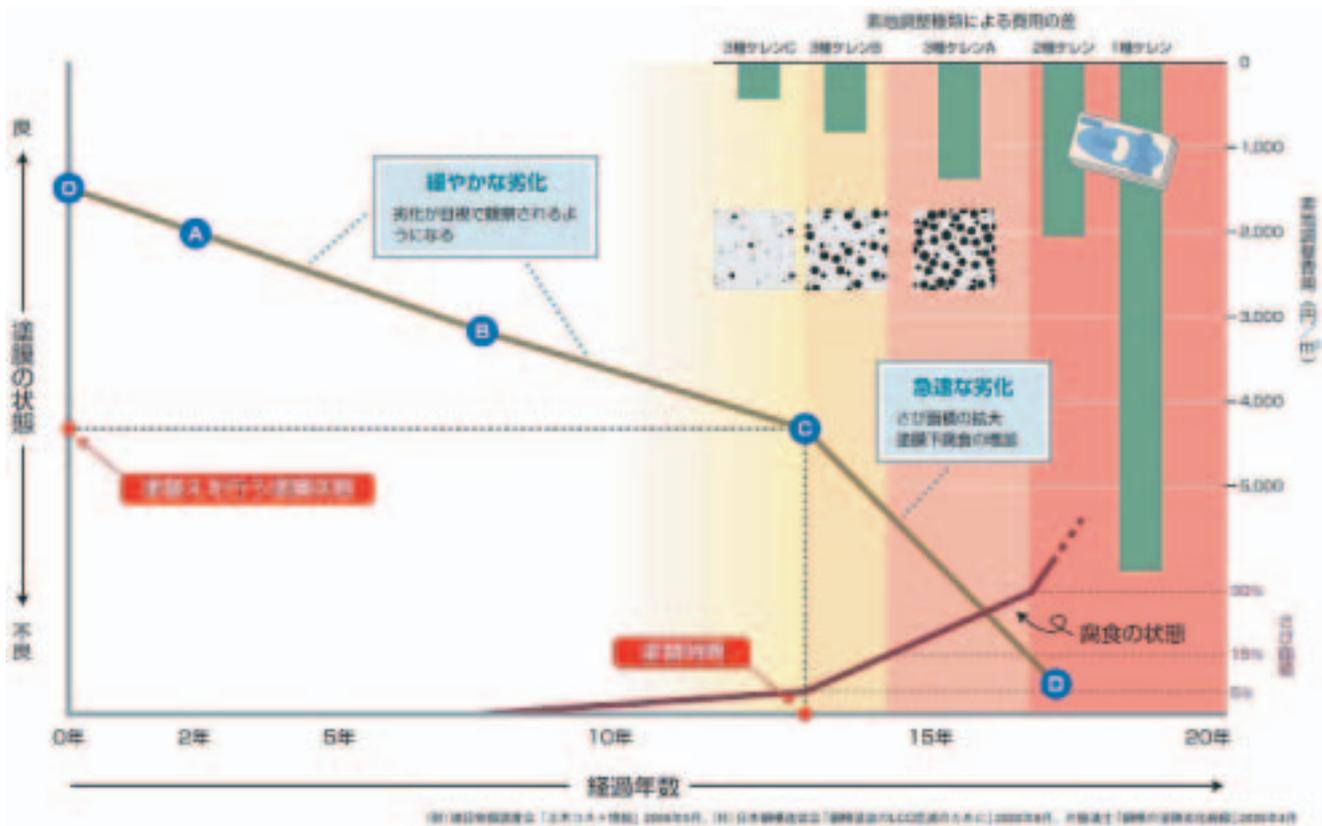


図-11 A、a塗装系の塗膜劣化、腐食、コストの関係

劣化、腐食、コストの関係について示している(図-11)。

これによれば、腐食が進めばコストが大きく変わる(特に素地調整工事費)ことが分かる。塗替え時期は多少の幅があるが、塗膜の状態が緩やかな劣化から急速な劣化に変わる前後が望ましいことが分かり、急速な劣化時期に腐食が進行し、素地調整費用が次第に増加する。

道路管理者の判断を定量的に補完するために、橋梁の塗替えが遅れた場合の損失を含めて計算する塗装経済学という手法の開発が進んでいる。この手法を用いれば年間修繕費用を橋梁毎に計算することで、塗替えに適切な時期は算出された年間修繕費用の最小時期として決定される。

しかし、定量的な判断を行うには定量的なデータが不可欠である。塗膜の状態と腐食については数値化する必要があり、例えば、デジタルカメラを使った画像処理による数値化や実際の橋梁部材について腐食調査を行うことは効率的で有用であろう。

(2) より効果ある防食方法の選定と組み込み

塗装仕様も、鋼道路橋塗装・防食便覧(平成17年版)には多くの種類が記述されている。塗装だけでなく金属溶射などもいくつかの種類が提示されている(写真-6)。例えば、アルミ・亜鉛金属溶射やアルミ・マグネ金属溶射などの多くの延命化メニューが用意されているので、これらの効果を確かめた後で積極的に導入することが有用である。



写真-6 金属溶射による塗替え

(3) メリハリのある塗装設計

経済的な負担を軽減するにはメリハリのある塗装設計が望ましい。部分塗り分けや特定部分だけ塗ることも考慮すべきであろう。「橋の腐食マップ」(調査結果に基づいて傷んでいる部材を橋梁図上にスケッチしたもの)から、塗装塗り分け、防食シートや金属溶射の部分採用などによって、全体としてはバランスのとれた腐食対策を目指すことになる。

しかしこれらは現場技術者の判断で決定するのは難しい。期待寿命が異なるものを正確に把握して、全体

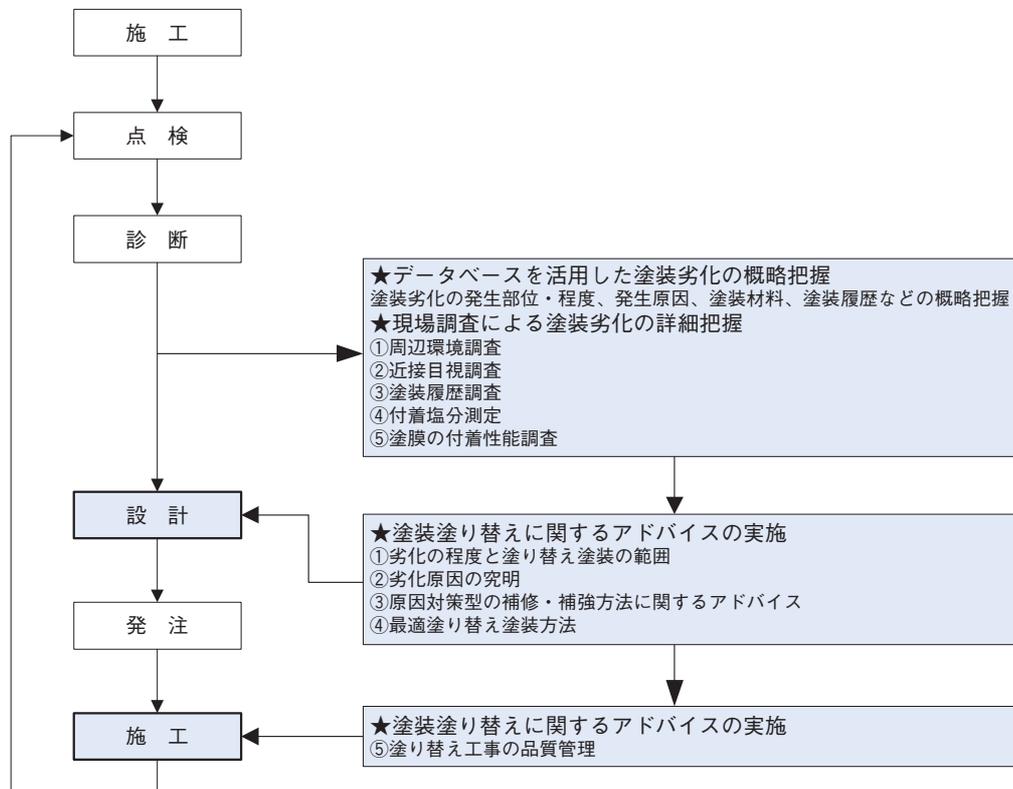


図-12 鋼道路橋の維持管理プロセスにおける塗替えアドバイスの位置付け

としてはバランスのとれた腐食対策とするには、後述するように、専門家による「道路管理者の判断支援」が欠かせないであろう。

5.2 専門家による道路管理者の判断支援

これまで慣行的に塗装設計はインハウスの技術者によって行われてきた。もちろん、塗装に詳しい技術者もおられるが、それも数少なくなった。多くの方々は、塗料・塗装という異種領域の工種に苦勞されている。しかも、塗装技術は日進月歩で進歩しており、最新動向を的確に把握することは塗装に詳しい道路管理者にとって難しくなりつつある。全国の道路管理者から塗料・塗装に関する問い合わせが多いことも苦勞されている例証である。適切な塗装には塗料や素地調整に関する専門的な知識が不可欠であることや、土木以外の技術領域が含まれていることも一因である。塗装に関する専門的な知識を道路管理者に要求するのは酷かもしれない。例えば、塗装管理の計画（塗膜の性状観察、膜厚測定、定期洗浄、部材の清掃維持、支承の注油などを含む）策定や塗替え工事に関するコストダウンに寄与する最新技術の調査、在来工法との比較など、道路管理者が限られた人員でこれを行うのは難しいだろう。

塗装分野がしめる割合やコストダウンに寄与する効果を考えると、設計段階での塗装塗り替えに関するアドバイス、計画段階での塗装劣化予測などは専門家を活用するのが理にかなっている（図-12）。

塗替えにあたっては、

- ①塗装劣化の程度と塗替えの範囲
- ②塗装劣化原因の究明
- ③原因対策型の補修・補強方法に関するアドバイス（構造的な補修・補強、止水対策など）
- ④適切な塗替え塗装方法（仕様など）
- ⑤塗替え工事の品質管理

など計画しなければならない。とりわけ、塗装劣化には多くの劣化原因があり、それらに対処するには多くのメニューの中から適切に選択する技術が必要である。

これらを道路管理者にアドバイスできれば、経済性に優れた合理的な塗替え計画が作成できよう。あわせて、上記アドバイスの内容を踏まえ、橋梁毎に塗装劣化の現状、今後の塗替えの優先度および費用の推移などの推定を行い、鋼橋の塗替え計画の作成を支援することもできる。

塗装工事費用が5～6千万円を超える場合には、あるいは塗装面積が3000m²を超える場合には、コンサルタント費用よりもコスト削減効果が大きい。

鋼部材の塗装劣化や腐食のより正確な把握のために、現場調査データや写真を用いて、複数の専門家（塗装・防食、橋梁構造、橋梁点検）がチームを組んで塗装評価を行う手法も開発されている。（写真-7）

塗膜評価と、部材の健全性評価、適切な塗装・修繕工法の選択を同時に行うものであり、チーム構成員の知識を活かして、劣化・腐食原因や劣化機構を推察す



写真-7 構造・橋梁補修専門家を交えての塗装劣化判定作業

ることでより信頼性を高めるためにも、検討内容の一部に含めている。

合理的な塗替え手法を確立するためには、数値的な分析が欠かせないことから、定量的なデータの収集・集積が欠かせない。同時に、塗装に関するデータや写真が異なるデータベースに、しかもあちこちにバラバラにあるのを統合して、管理者や専門家が見やすい形に表示する仕組みも必要となろう。データの落ちこぼ

れを防ぎ正確な判断を下すためには不可欠なものであり、統合型のデータベースの開発も進められている。

公益法人としてわが国初めて専門的に塗装診断を受託する組織が財団法人土木研究センター（東京都台東区）内に設置されている。現在ここでは次の活動を行っている。

- ・調査：外観目視を基本に、腐食や塗膜劣化を調査し、必要に応じ別途、板厚計測や付着塩分量調査等を実施する。
- ・診断・評価：塗替えの要否・時期、腐食に対する補強の要否、塗替え範囲、塗替え方法等の提案

塗替え設計や塗替え工事の施工管理等に関する提案もするとのことであり、料金（診断費用）は 事前に見積（無料）を提示するようであるが、橋長30m程度の橋梁で、40万円程度（旅費交通費、宿泊費、橋梁点検車レンタル料等および消費税は別）としている。かねてからこのような塗装技術専門の相談先が求められていた経緯があり、このような取り組みを公正な機関が行うことは塗装界にとっても地位向上の一助となろう。（図-13）

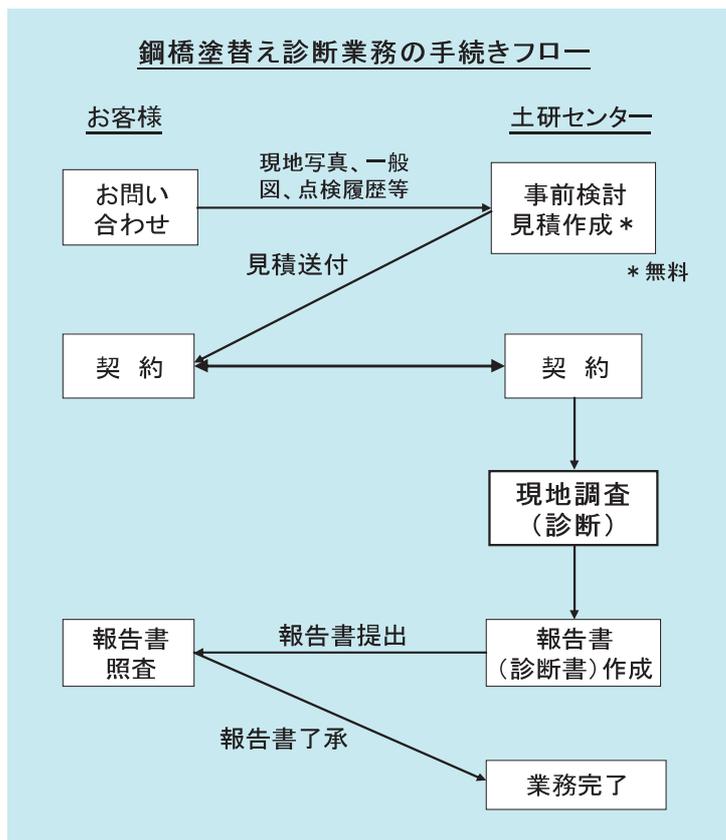


図-13 塗装診断を受託する手続きの流れ（財団法人土木研究センター）

6. まとめ

橋梁長寿命化修繕計画の時代には橋の老朽化対策が真摯に求められ、塗装も腐食対策に欠かすことのできない重要な役割を期待されている。対象となる橋梁数は年々増加していることから、塗装予算の確保および塗装費用の問題は喫緊の課題となっている。

これらを解決するには、塗装分野においても技術の適切な活用が求められ、①適正な塗替え計画の作成、②専門家による道路管理者支援の充実、たとえば個別の橋梁のニーズにあわせた塗装・防食設計が、コンサルタントなどの協力を得ながら行われるべきであろう。

塗装工事業も、塗装工事を工夫するだけにとどまらず、自主的に近接点検を行うなどニーズにこたえることが望まれる。

参考文献

1. 国土交通省道路局 荒廃する日本としないための道路管理
2. 国土交通省道路局 道路橋の保全・補強に関する施策について
3. 国土交通省 国土交通省政策集2010
4. 総務省 社会資本の維持管理及び更新に関する行政評価・監視結果に基づく勧告 平成22年2月
5. 片脇清士 最近の橋梁保全マネジメント 橋梁・鋼構造物塗装 Vol. 36 No. 1 2008年3月
6. 片脇清士 道路橋塗替えに関する研究 道路保全技術センター講演会 2009年12月
7. 片脇清士 道路橋塗替えに関する研究報告書 道路保全技術センター 2010年
8. 片脇清士 橋と塗装 橋を美しくまもる 山海堂 1996年
9. 村越 潤, 田中 良樹 鋼橋桁端部の腐食に対する補強法に関する研究 独立行政法人土木研究所

ブリストルブラスターによる 素地調整

辻 良尚* 阿部 米雄** 中野 正***

1. 要旨

新たに開発された、ブリストルブラスターという素地調整工具を紹介する。

特別に設計された縦回転式動力メカニズムを使って、さび等を除去すると同時にアンカープロファイルが形成される世界初の素地調整工具である。この工具を使った素地調整方法は、米国、マーケット大学機械工学部ロバート・スタンゴ教授によって実験により評価された。評価には米国で一般的に石油輸送などに使用されている、API 5Lの著しく腐食したパイプが使用された。評価の結果、ブリストルブラスターが達成する表面清浄度と表面性状はグリットブラストにより得られる程度と同等であることが明らかとなった。すなわち表面清浄度ではISO Sa3～Sa2 1/2を達成する事が可能で、10点平均粗さ $83\mu\text{m} > \text{Rz} > 62\mu\text{m}$ が達成された。またこの評価における素地調整の速さは $1.1\text{m}^2/\text{h}$ である事が示された。

2. 背景

鉄骨構造は、交通基盤、住居環境、天然資源や商品の流通などを支える重要な役割を果たしている。この社会基盤を保護、維持するために塗料関係者は、鋼構造物を腐食から保護し、寿命や安全性を出来るだけ長く維持するための塗料を考案してきた。しかし優れた塗料といえども環境により次第に劣化することが避けられない。劣化は部分的に起こることが多く、その補修においては、建設当初のようにブラスト施工によって素地調整される事は非常に少ない。なぜならば、既存構造物においてのブラスト施工には、搬入経路の確保、機材・資材の搬入、養生、場合によっては足場の建設、ブラスト処理、研削材の回収・廃棄、足場や機材・資材の撤去と多くの工程を必要とすることになり、それはまたメンテナンス工事のコスト高の問題をも発生させるからである。この問題を解決するために、施工業者は常に新しい素地調整方法を探している。

3. ブリストルブラスターによる素地調整方法とは

ブリストルブラスターとは、ショット、グリット、あるいは非鉄金属系その他の研削材を使わずして、ブラスト工法と同じ程度の表面性状が得られる新開発の動力工具である。

特別に設計された縦方向に回転する動力工具に、専用のワイヤブラシを取り付けて行う画期的な素地調整方法である。このブラシを構成するワイヤは先端が「く」の字に曲がっている特殊な設計になっていることが特徴である。この動力工具は最高 $2,500\text{rpm}$ で回転駆動する。工具本体から伸びるアームに取り付けられたアクセルバーに、高速回転するワイヤブラシの先端が瞬時に受け止められ、次の瞬間に加速度をつけて処理面に衝突することにより素地調整を行うメカニズムとなっている。このときのブラシの運動エネルギーは、グリットブラストと同等のレベルで、10点平均粗さ Rz は $62\sim 83\mu\text{m}$ の範囲であった。この方法は、処理面に平行に回転する従来の動力ワイヤブラシによる引掻き痕や筋状痕を作る処理の方法とはまったく異なる方式であるといえる。また研削材を使用しないため、ブラスト工法に比べて粉塵の飛散が少なく、産業廃棄物も少ない。騒音の問題でもブラスト工法に比べてはるかに少ないという評価である。さらにブリストルブラスターには動力源としてエア式と電動式があるが、エア式の場合には集塵ダストが取り付けられ、口を掃除機の吸い込み口に取り付けられ、7割から8割の集塵をすることが可能で、環境にも配慮されている。

主な作業対象として、腐食部位のさび除去、旧塗膜の剥離、孔食部の清浄化、ミルスケールの除去、溶接部の下地処理等が挙げられる。また軽量で機動性が優れているため、コーナー・エッジ、処理面の上に出ているボルトの頭部等に対しても作業性が良好である。

4. ブラシの特徴

アクセルバーで一旦受け止められた回転ブラシの先端は、次の瞬間加速度をつけて処理面に衝突する。衝突後はすぐに跳ね返り、その痕跡はクレーターのよう

* ゴトー電機株式会社 執行役員

** 社団法人日本橋梁・鋼構造物塗装技術協会 前技術課長

*** 関西ペイント販売株式会社 技術担当部長

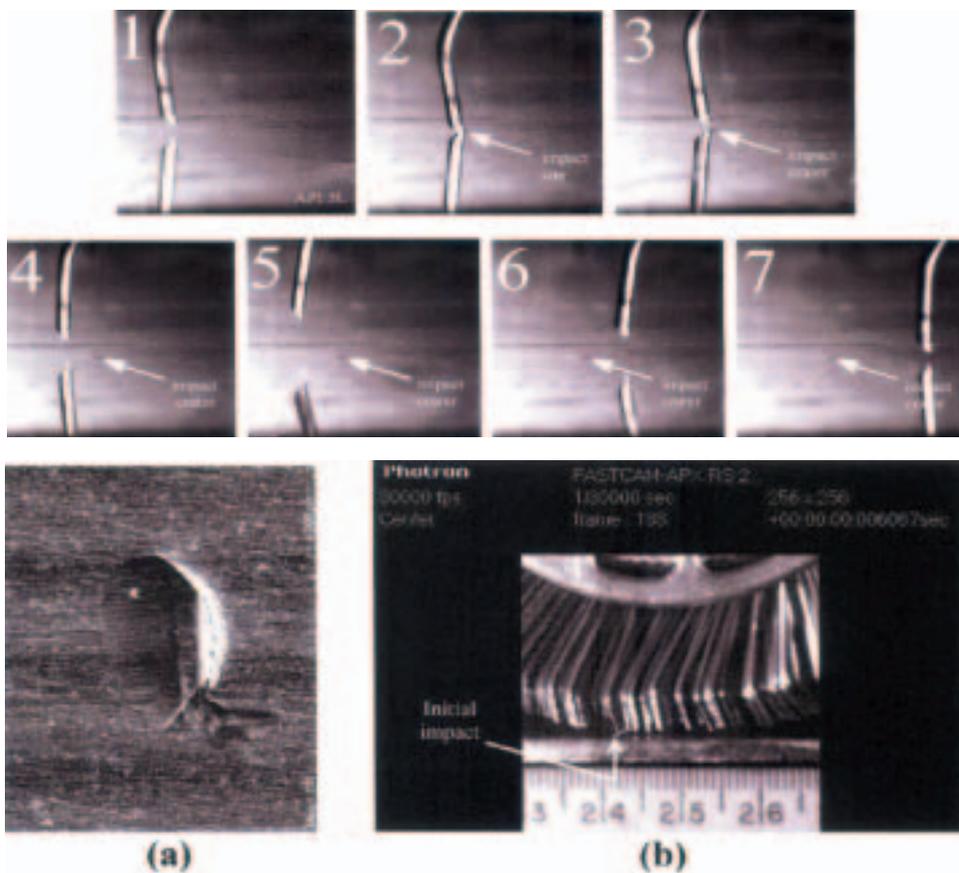
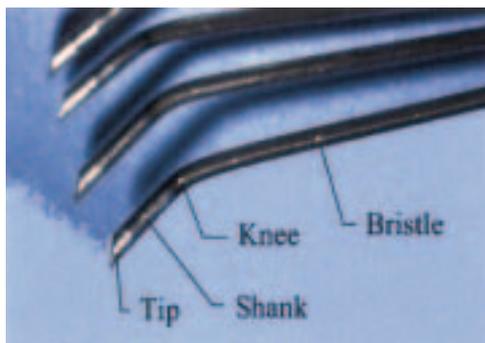


写真-1 ブラシ先端部が処理面に衝突してリバウンドする様子と処理面



2a：先端部拡大図



2b：特殊な植毛方法



2c：ブラシ全体の形

写真-2 回転ブラシの説明

な性状を残す（写真-1）。

ブラシは高速回転に耐えるよう強化繊維で出来ているベルトの裏側に「コ」の字に曲げられた線型0.7mm スチール線が一定の間隔を持って植毛されている。ブ

ラシの先端は「く」の字に曲がり、その先端がグリットの粒の役割を果し粗さを生む（写真-2）。このため、さびはもとよりミルスケール、旧塗膜も簡単に除去できる。

表-1 ブリストルブラスターの諸元

駆動方式	MBX-3500X エアー	MRX-2700X 電動
無付加回転数	3,500rpm	3,200rpm
使用空気圧力	0.59MPa (6 k gf/cm ²)	
無付加空気消費量	1.1 m ³ /min	
定格消費電力		AC100V/500W
本体重量	1.1 kg	1.9 kg
ホース取り付け口	NPT 1/4	
その他	特許申請中	特許申請中・RoHS 対応



3a：グリットブラスト作業



3b：ブリストルブラスターによる作業

写真-3 従来のグリットブラストと新技術ブリストルブラスターによる作業風景

5. 手動工具の機動性・経済性

ブリストルブラスターは軽量でコンパクトな動力工具であるため、どこにでも手軽に持ち運べる。ディスクサンダー等の動力工具を使用するときと同様、アイマスク、手袋、マスクの軽装で作業が出来る（表-1）。ブラストに必要な防護作業服、エア供給装置は必要なく、研削材を使用しないので回収して産廃に出す必要もない（写真-3）。ブリストルブラスターは有害な化学物質を使用していない。

作業時のスパークはディスクサンダーに比べても非常に少なく騒音も小さい。縦方向に回転するため、粉塵の飛散が抑えられ、エア式の場合は本体に吸塵ノズルを取り付けることによって、先述したように7割～8割の粉塵を吸引できる。これによって簡易な養生で済む。このような簡単でスピーディーな表面処理は環境面だけでなく経済性においても評価される。

6. ブリストルブラスターの構成

エア駆動方式の各部構成を示すが、電動の場合も基本の部分は同様である（写真-4）。

7. 作業方法

この工具を取り扱うには特別な資格は必要ない。しかし十分良好な表面処理結果を得るためにはユーザーの経験も必要である。使用時においては特に次の点に

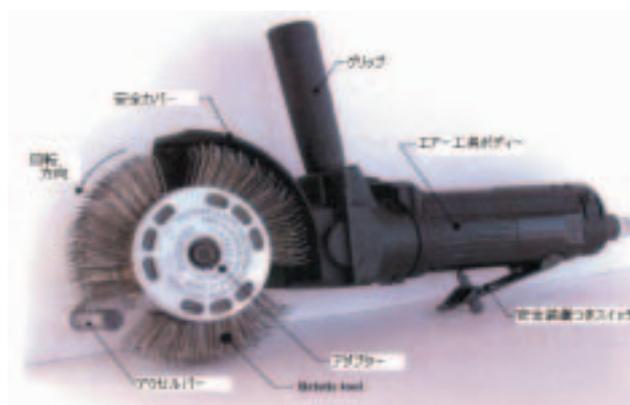


写真-4 ブリストルブラスター外観

注意して取り扱う事が重要である。

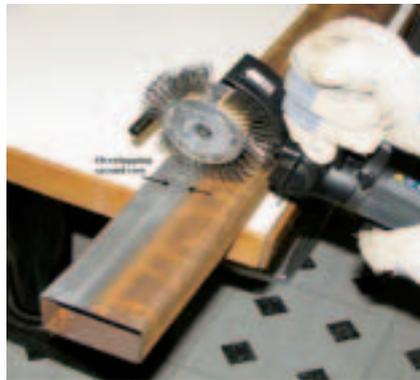
- 1) 処理面に対して工具を適切に位置付けること
- 2) 処理面に対して工具をあまり無理に押し付けない。
- 3) 作業中の工具の向きと工具移動の速度を制御すること。

作業中の例を挙げて説明する（写真-5）。

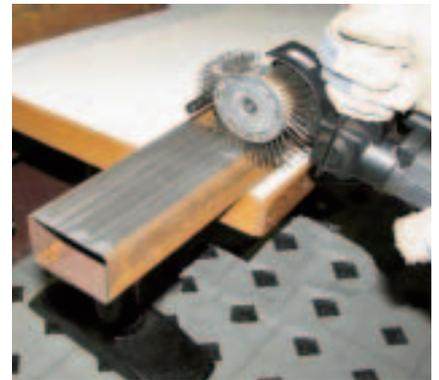
この場合、処理対象面を左から右へ工具を横にスライドさせる（写真-5a）。すると図のように清浄なキメのある面が水平な帯状、または列となって現れる。ここで重要なのは、作業員が清浄作業を腐食面の上部



5a
写真-5 ブリistolブラスターの作業要領



5b



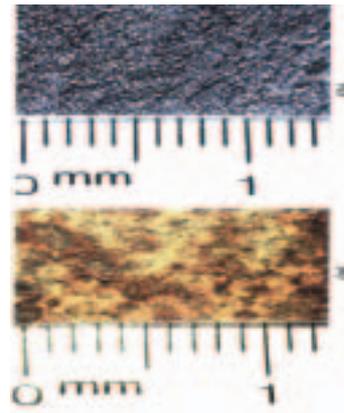
5c



写真-6 API5Lのパイプの外観と拡大図



写真-7 上：素地調整後 下：素地調整前



(一番上) から始めた事である。こうする事によって、処理済みの領域の下側に次の帯状の領域をかさねながら作業を進めることが出来る (写真-5b・5c)。ブリストルブラスターでの表面処理作業は、他の動力工具と違い工具本体を処理面にあまり強く押し付ける必要はない。そして最大限の素地調整効果を得るためには、この例のように一定の速度と力を保ちながら横に動かす方法が正しい使い方である。

8. マーケット大学による実証試験

この表面処理技術は、米国マーケット大学のロバート・スタンゴ教授により実証された。

同大学で行われたテストは、米国で一般的に石油パ

イラインに使用されている鋼種 API 5L のさびたスチールパイプを使用して行われた。(写真-6)

試験後に素地調整程度の標準写真と比較することにより SSPC SP10～SP5 に相当する ISO Sa21/2～Sa3 の清浄度に加えて、処理速度については平均 1.1m²/h、表面粗さ Rz はブラシ試験開始時点で Rz83μm、ブラシ寿命最後の時点で Rz63μm となった (写真-7)。

9. 素地調整面での塗膜性能

NACE2009年でインターナショナルペイントが発表したテスト結果でも、ブリストルブラスターを使用することによって塗膜の付着強度が向上し、結果として防食性の向上が確認する事ができた。以下にインター

表-2 試験の要因と水準

要因	水準		
試験板	海浜暴露したさび板		
表面処理法	ブラスト	パワーワイヤブラシ	ブリストルブラスター
塗装系	システム-1からシステム-4の4種類		
防食性試験	ISO 20340		

表-3 供試した塗装系

塗装系	1層目		2層目		3層目		合計膜厚
	塗料名	膜厚	塗料名	膜厚	塗料名	膜厚	
システム-1	低研掃型エポキシ塗料	75μ	変性エポキシ塗料a	185μ	ポリウレタン塗料	60μ	320μ
システム-2	エポキシ塗料下塗	75μ	エポキシ塗料中塗	200μ	ポリウレタン塗料	75μ	350μ
システム-3	変性エポキシ塗料b	250μ	変性エポキシ塗料b	250μ	—	—	500μ
システム-4	変性エポキシ塗料a	185μ	変性エポキシ塗料a	185μ	—	—	370μ

表-4 防食試験サイクル ISO20340

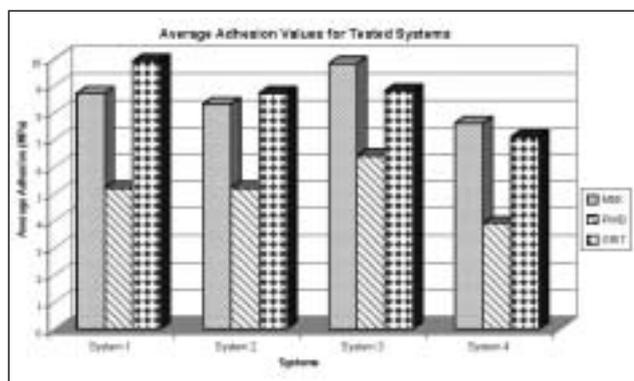


FIGURE 11: Average adhesion test values (MBX – Bristle Blasting, PWB – Power Wire Brushing & Grit – Abrasive Blast Cleaning)

グラフ-1 付着カテスト

ナショナルペイントが実施した試験の方法と結果を述べる (表-2)～(表-4)。

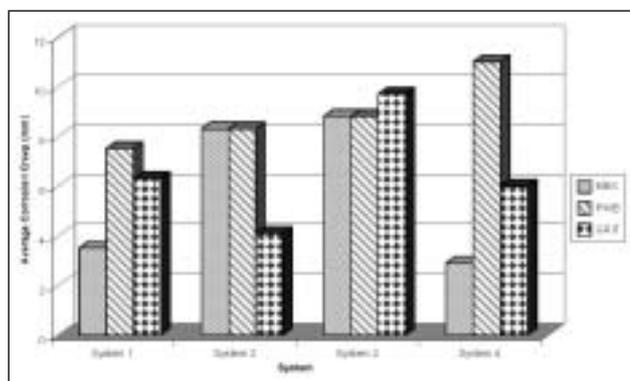
以上の条件のもとに試験が行われた。結果を (グラフ-1)、(グラフ-2) に示す。

グラフの凡列は上より順にMBX、PWB、Gritである。グラフは向かって左よりMBX：Bristle Blaster (ブリストルブラスター)・PWB：Power Wire Brush (動力ワイヤブラシ)・Grit：Abrasive Blast Cleaning (スチールグリット) の結果を示している。また4塗装系は左より1～4となっている。

(グラフ-1) 付着力カテストでは数値が大きいほど付着性は高い (優)。

(グラフ-2) クリープテストにおいては数値が大きいほどクリープ幅が大きい (劣)。

表から読み取れるように、ブリストルブラスターはグリットブラストと同じか、それを上回る数値が得ら



グラフ-2 クリープテスト

れた。クリープ幅においても同様で、グリットブラストと同等の防食性が得られる事がわかった。これらのテスト結果によってブリストルブラスターは一般的なブラスト工法同等の素地調整工法であるといえることが実証された。

10. 日本橋梁・鋼構造物塗装技術協会での検証

2010年1月、日本橋梁・鋼構造物塗装技術協会の協力を得て黒皮鋼板、さび鋼板、塗装鋼板におけるブリストルブラスターの処理能力に関し試験を行った。試験片の厚みはすべて3.2mm、処理面積は全て100×170mm (0.017m²) である。処理時間、表面粗度、表面清浄度についてブラスト処理との比較をすることによって検証する (表-5)、(表-6)。

これらの試験結果から、サビ、黒皮、塗膜のいずれも確実に除去する事が出来、グリットブラストで得られる表面に似た清浄度と表面粗さを形成する事が出来ることが確認された。また処理時間は、さびや塗膜の

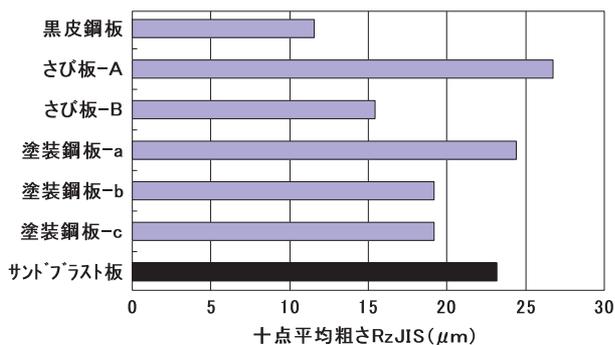
表-5 試験板の調整

種別	試験片作成条件	塗膜あるいはさび層の厚さ(μm)	塗装仕様
さび鋼板-A	海浜暴露 3ヶ月	140	
さび鋼板-B	海浜暴露 6ヶ月	360	
さび鋼板-C	—	—	
塗装鋼板-a	室内乾燥 3ヶ月	115	変性エポキシ下塗 +ふっ素用中塗 +ふっ素上塗
塗装鋼板-b	室内乾燥 3ヶ月	250	便覧C-5塗装系 無機ゾンク+エポキシ下塗+ふっ 素用中塗+ふっ素上塗
塗装鋼板-c	室内乾燥 3ヶ月	2,500	海洋鋼構造物に適用される 超厚膜エポキシ被覆材

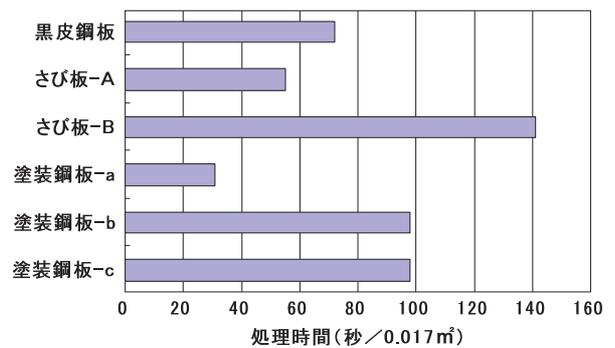
表-6 ブリストルブラスターによる素地調整試験結果

処理	試験片種別	表面粗さ(注-1)(μm)			処理時間(秒)
		Ra(算術平均粗さ)	Ry(最大高さ)	Rz(JIS)(10点平均粗さ)	
処理前	サトプラスト板	5.96	35.35	23.19	—
	黒皮板	0.43	3.49	1.90	—
ブリストルブラスターによる処理後	黒皮板	3.59	17.77	11.55	72
	さび板A	7.26	33.70	26.75	55
	さび板B	4.43	21.10	15.40	141
	塗装板a	5.98	33.57	24.41	31
	塗装板b	3.50	16.91	19.21	98
	塗装板c	4.63	25.33	19.21	98

(注-1) 表面粗さ計測器：(ミットヨ製 触針式表面粗度計 Surfrest SJ-301)
測定条件：測定長さ4mm、測定速度0.5mm/s、繰返し2回



グラフ-3 処理後の表面粗さ



グラフ-4 処理に要した時間

厚みに対して比例関係にある事がわかった(グラフ-3)、(グラフ-4)。

11. まとめ

さまざまな試験結果により、ブリストルブラスターがグリットブラストにより得られる素地調整程度とほぼ同等であることが立証された。今後はブラスト工法の使用が制限される条件下や、部分塗替え塗装等に広

く利用される事が期待される。橋梁やタンク等の大型鋼構造物への適用を図るため実構造物での検討を行っていく。機動性に優れた動力工具であるが、狭隘部への対応、さまざまな姿勢での作業性の向上などについても改良し普及を目指したい。最後に、この実験の検証にご協力頂いた(社)日本橋梁・鋼構造物塗装技術協会、関西ペイント販売(株)ほか関係各社の皆様に感謝いたします。

参考文献

- ・ Robert J : PROCEEDINGS, INDOCOATING & CORROSION SUMMIT 2008
- ・ International Paint Ltd. : NACE CORROSION 2009 CONFERENCE & EXPO
- ・ 日本水道鋼管協会 : 水道用無溶剤形エポキシ樹脂塗料塗装方法 (現場溶接部の動力工具による下地処理と手塗り塗装)

沖縄における鋼橋塗装の 長寿命化対策の取組み

下里 哲弘*

1) 天然の促進暴露島の沖縄

一般に、鋼材の腐食は水と酸素が存在する環境下で発生し、塩化物などによって促進される。また、鋼材の腐食反応は相対湿度と気温が高いほど活発となり、腐食速度が速くなる特性を有している。よって、鋼橋の腐食環境の厳しさは、飛来塩分量、気温、湿度および結露による濡れ時間などが主要因となる。図-1および図-2に、1971年～2000年の気象庁観測データを用いて整理した沖縄と他地域との月別平均の相対湿度および気温の比較を示す。図より、沖縄の相対湿度は温暖湿潤気

候の日本本土と比べて若干高い傾向にあるが、大きな相違はみられない。一方、気温については、亜熱帯気候である沖縄の特徴によって、年間月平均気温は15℃以下に下がらない環境にある。特に、冬季における他地域との気温差は大きく、1年中、鋼材腐食が発生し、促進される環境にある。

図-3および図-4に、気温・湿度と同様に30年分の気象観測データを用いて整理した平均風速、および琉球大学で計測した飛来塩分量を示す。図-3より、沖縄は島嶼地域の特徴によって、平均風速約5 m/sの強い風が年中吹く環境にある。また、沖縄は台風の常襲地域であり、写真-1のように台

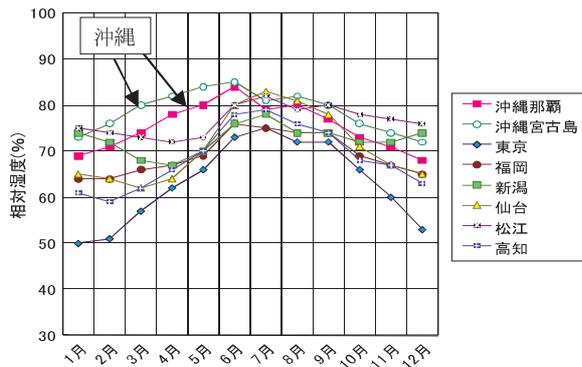


図-1 平均相対湿度

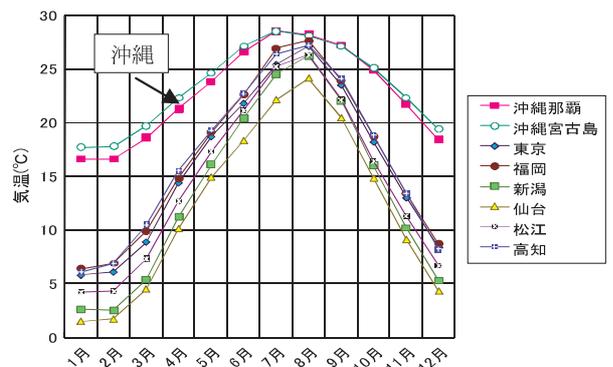


図-2 平均気温

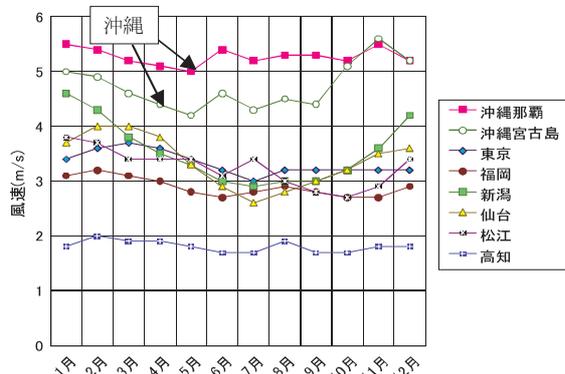


図-3 平均風速

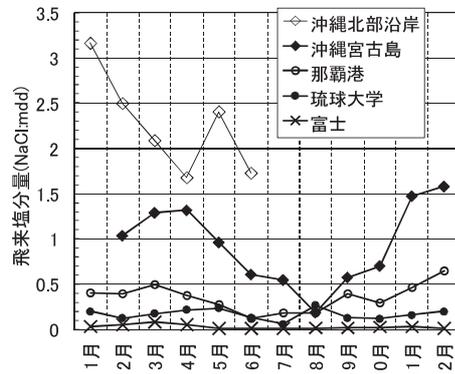


図-4 飛来塩分量

* 琉球大学工学部 准教授



写真-1 海塩粒子の碎波状況

風時の海塩粒子の飛来量は膨大となり、鋼材腐食はさらに促進される。図-4には琉球大学で計測した沖縄地域の飛来塩分データの一例を示す。図より、極めて多い飛来塩分量(1.5~3.0mdd:mg/dm²/day)が計測された沖縄北部沿岸部は、地形特性などから潮風が強く、おそらく日本で最も厳しい腐食環境地点である。後述するが、この過酷な腐食環境地点に長期間曝された鋼プレートゲーター橋において、構造部位毎の腐食特性が明確に現れており、鋼材腐食研究の宝庫となっている。また、同図より、日本ウェザリングセンターのある沖縄宮古島の飛来塩分量も多く、那覇沿岸では約0.4mdd、小高い山間部にある琉球大学暴露場でも飛来塩分量約0.1mddであり、建設機械化協会施工技術総合研究所との共同研究で計測した静岡県富士の値約0.01mddと比較すると、沖縄の腐食環境の厳しさがよくわかる。このように沖縄の飛来塩分が多い理由として、沖縄本島が西海岸である東シナ海沿岸と東海岸である太平洋沿岸の距離が短いため(最短約2km、最長約10km)、非常に細長く、さらに島の周辺をサンゴ礁のリーフで囲まれ、強い風により碎波された海塩粒子が島全体に飛来しやすいためと思われる。これらの腐食環境に加えて、塗装の劣化促進要因である紫外線も非常に強いことから、耐食性鋼や高耐久性の塗装の開発や評価に対して、絶好の天然促進暴露場である。

2) 沖縄地区の鋼橋塗装マニュアルと長寿命化対策への取組み

上述のように、沖縄は高温多湿、膨大な海塩粒

表-1 一般外面部の塗装仕様

一般外面 (新設)			
【C-5塗装 (H17塗装便覧)】		【沖縄版新マニュアル (H20)】	
①無機ゾック	75μm	①無機ゾック	75μm
②エポキシ下塗	120μm	②エポキシ下塗1層	100μm
③ふっ素用中塗	30μm	③エポキシ下塗2層	100μm
④ふっ素上塗	25μm	④ふっ素用中塗	30μm
		⑤ふっ素上塗	25μm
計	250μm	計	330μm

表-2 ボルト継手部の塗装仕様

ボルト継手部 (新設)			
【C-5塗装 (H17塗装便覧)】		【沖縄版新マニュアル (H20)】	
①無機ゾック	75μm	①無機ゾック	75μm
②エポキシ下塗	300μm	②エポキシ下塗1層	300μm
③ふっ素中塗	30μm	③エポキシ下塗2層	300μm
④ふっ素上塗	25μm	④ふっ素中塗	30μm
		⑤ふっ素上塗	25μm
計	430μm	計	730μm

子の飛来する環境にあり、他地域に比べて鋼材腐食環境が極めて厳しい。よって、琉球大学、土木研究所、日本橋梁建設協会の専門家と沖縄総合事務局および沖縄県の橋梁管理技術者で構成される検討委員会を発足し、平成20年8月に沖縄地区鋼橋塗装マニュアル(沖縄総合事務局開発建設部・沖縄県土木建築部監修)「以下、沖縄マニュアル」を制定している。この沖縄塗装マニュアルで定める塗装仕様は、「鋼道路橋塗装・防食便覧(日本道路協会、平成17年12月)」のC-5塗装仕様(ふっ素樹脂塗料仕様)を基本とし、塗膜厚を厚く規定している。また、鋼橋塗装の劣化実態を踏まえ、防錆防食に配慮した構造細目や維持管理方法を規定している。以下に沖縄塗装マニュアルの特色と沖縄総合事務局・沖縄県・琉球大学にて現在行っている鋼橋塗装の長寿命化対策への取組みを示す。

① 沖縄塗装マニュアル

表-1および表-2に沖縄塗装マニュアルと防食便覧における一般外面部およびボルト継手部の塗装仕様を示す。沖縄塗装マニュアルでは、下塗り塗膜厚を増加しており、一般部で下塗り厚200μm(防食便覧の1.7倍)、総厚330μm(防食便覧の1.3倍)、ボルト継手部で下塗り厚600μm(防食便覧



写真-2 ウェブ下端部の腐食特性



写真-3 超々厚膜化塗装の効果確認試験体

の2.0倍)、総厚730 μm （防食便覧の1.7倍）としている。また、塗替え時には、腐食速度の速いことで知られているウェブ下端部100mm範囲を1層増厚することを規定している。この規定は既に各機関の要領等に適用されている。写真-2に鋼桁橋のウェブ下端部の腐食事例を示す。写真より、ウェブ下端部の発錆状態は激しいササクレ状の層状剥離現象となっており、他のウェブ部の発錆状態に比べて、腐食速度が極めて速い特性であることがわかり、この部分の増厚の必要性が再認識できる。

②超々厚膜の塗装仕様と効果検証実験

C-5重防食塗装系の性能に加えて、下塗りを増加させた超々厚膜化に対する耐久性能向上効果の検証試験を沖縄の西海岸沿岸部で実施中である。写真-3に検証試験に用いている2主桁モデルの大気暴露試験体を示す。試験対象の塗装仕様は一般外面仕様とボルト添接仕様とし、モニタリング部位は桁外面、桁内面、添接部および板エッジ部としている。試験項目は目視調査（発錆状態、クロスカット部の膨れ）、耐候性能評価（光沢値、色差、白亜化）、膜厚調査（一般部、端部）としている。また、暴露地の腐食環境調査として、風向風速、温湿度、飛来塩分量（ドライガーゼ法、土研法）、付着塩分量、ACMセンサの腐食電流値、および鋼板センサの腐食度の計測などを行う。さらに、大気暴露試験においては、塗膜の耐久性能の評価に時間を要することから、別途琉球大学にて試験塗装鋼板を用いた腐食促進試験も並行して行う。

③付着塩分の洗浄と長寿命化

過酷な腐食環境にある沖縄の中でも極めて腐食環境の厳しい地点に約30年間曝された無塗装仕様の耐候性鋼橋において、写真-4に示す外桁の外面と内面の腐食特性の違いが得られた。写真より、長期間過酷な腐食環境に曝された後でも、桁外面の発錆はほとんどない状態であることがわかる。一方、桁内面は著しい層状剥離錆が発生している。このように極端に違う腐食現象は、雨による付着塩分の洗浄効果である。よって、抜本的な腐食対策として洗浄は有効であり、このことは既に多くの技術者や一般の方でも知っている事象である。特に、台風常襲地域の沖縄では、台風通過後にガソリンスタンドの洗浄機が付着した塩分を洗浄する車で大渋滞となることからみてもとれる。しか



写真-4 雨による洗浄効果（桁外面と桁内面の違い）



写真-5 洗浄（左：高圧洗浄、右：モップ洗浄）



しながら、「橋梁の腐食対策＝洗浄」には至っていないのが現状であり、これは橋梁の健全なメンテナンスの大きな壁の一つであると思われる。橋梁を腐食で荒廃させないためにも、橋梁管理者は橋の定期点検と合わせて、清掃・洗浄を実施する健全なメンテナンスのしくみを早急に整備する必要がある。

そのような背景の下、沖縄塗装マニュアルでは、維持管理時に鋼橋塗装の長寿命化対策として、洗浄規定を明記している。

④実橋での洗浄効果検証試験

橋梁洗浄の効果は実橋で実証されているが、実務での実行上、解決しなければならない2つの課題がある。一つは、通常の維持管理業務として実施可能で持続性のある洗浄方法の選定である。車の洗浄と違って、橋梁の洗浄は現場での機械設備が必要となり、費用がかかる。よって、機械洗浄法のほかに、写真-5に示すように、簡易で実用的な洗浄方法として、腐食環境の厳しい桁端部に人力洗浄法を適用し、その効果を試験中である。も

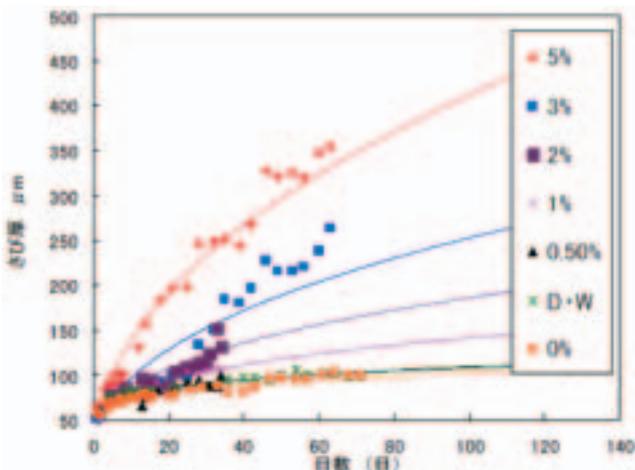


図-5 さび厚と付着塩分量との関係

う一つの課題は、洗浄間隔と塗膜寿命との関係である。図-5に琉球大学で実施した複合サイクル試験による付着塩分濃度と鋼板の腐食度との関係を示す。図より明らかに、付着塩分と鋼板の腐食度には相関がある。しかし、付着塩分と塗装劣化の相関については、促進試験でも塗膜劣化を発生させ、評価することは難しい。したがって、現在、洗浄効果検証試験では、写真-6に示すように、実橋に設置した試験鋼板に対して、洗浄間隔をパラメータに鋼板の腐食度と洗浄間隔による効果を検証中である。

3) 鋼橋塗装の弱点部と技術開発

鋼橋の塗装の寿命判定は、ウェブ面などの一般部で決定される事例は極めて少なく、写真-7に示すように、板エッジ部、ボルト部、および添接部周辺の塗膜劣化などで決定されているのが実態である。つまり、鋼橋塗装の塗り替え判定は、一般部ではなく、膜厚確保が課題である細部構造で決定されるため、鋼橋塗装の塗替え間隔は、塗膜自体の寿命より短い。したがって、塗装の弱点部を克服できれば、現行仕様のC-5塗装系の高耐久性と一般部の塗装劣化の実態を踏まえると、過酷な腐食環境条件である沖縄地域においても、塗替間隔はおそらく半世紀程度になることが十分期待できる。

以下に、塗装の弱点部に対する技術開発に求められる技術雑感を述べる。ここで、技術開発とは



写真-6 洗浄効果確認用の試験鋼板

新たな要求項目ではなく、おそらく数十年前から研究開発している技術課題であり、まさに鋼橋塗装の長寿命化対策の大きな壁である。

①板エッジ部やボルト部の防食技術

鋼橋塗装に要求されているのは、板エッジ部やボルト部の膜厚が一般部と同程度に安定して確保できること、膜厚品質を保証できる検査方法を構築することである。現行のR加工による対策は十分でなく、一般部と同様な膜厚検査が実施できる曲面加工とするなど抜本的な改良が必要であると思われる。また、弱点部である板エッジ部やボルト継手をなくす構造形式を採用することも考えられる。沖縄宮古島と伊良部島に建設中の鋼橋では、板エッジ部を設けない1ボックス形式で、ボルト継手部を桁外面に設けない溶接継手方式を採用し、塩分の付着しにくい構造形式を採用している。現在、効率的な洗浄方法を検討中であり、C-5塗装仕様の高耐久性を100%発揮させる長寿命化対策を推進中である。

②桁端部の防食技術

写真-8には、前述した日本で最も過酷な環境下で長期間曝された耐候性鋼橋における桁端部と桁中間部の腐食状況の違いを示す。写真より、桁中間部と桁端部では、防錆技術の要求性能が大きく異なることがよくわかる。端部の腐食促進要因として、伸縮装置からの漏水が挙げられる。現在、伸縮装置に求められている開発技術は漏水なしの非排水型伸縮装置が主流である。しかし、飛来塩分量の滞留や粉塵堆積も腐食要因である。よって、



写真-7 鋼橋塗装の弱点部



写真-8 桁端部と桁中間部の腐食度の違い

逆転の発想として、伸縮装置の漏水を止めるのではなく、積極的に水を引き込み、その排水を利用して、端部の桁に付着した塩分や堆積した粉塵を洗浄する方法を開発したら如何だろうか。もちろん橋台部からの排水構造や乾燥方法を別途考案する必要はある。この洗浄型伸縮装置・排水システムは、写真-4で示した桁外面のみの洗浄効果を桁内面にも期待できる。無謀なアイデアであると思われるが、このような発想で技術開発を進めないと思はれないかもしれない。賛同し一考するエンジニアに期待する。

5) 結び

日本で最も過酷な鋼材腐食環境である沖縄において、産官学連携して実施中の鋼橋塗装の長寿命化対策について紹介した。各種試験結果がまとまり次第、論文等で公表していく予定である。最後に、塗装寿命を大幅に向上させ、メンテナンス性に優れる鋼橋の特徴を最大限発揮できるように研究を推進していく所存である。引き続き皆様方からのご指導のほど、宜しくお願い致します。

ベトナム便り

上村 博文*

1. はじめに

小生は、ベトナム社会主義共和国において、「ニャットン橋建設事業」を監理するコンサルタントの一員としてハノイに在住しています。昨年の10月1日に赴任し、既に10ヶ月【2010年7月末時点】が経とうとしています。どうかハノイでの生活にも慣れ一人で市内を出歩くことも出来るようになりましたので、本紙面を御借りして、ベトナムやハノイの概要、生活、ハノイ市内における道路交通や橋梁の現状について、簡単に報告させていただきます。

2. ベトナム国の概要

まず、最初にベトナム国の概要について述べます。国土の面積は約33万km²ですから、九州を除いた日本の面積とほぼ同じです。2009年4月時点の人口は約8,579万人、民族的にはキン族（越人）が約90%を占め、残りが少数民族（53民族）や華僑となっています。宗教は、国民の約80%が仏教を信仰しており、残りはカトリック教、カオダイと呼ばれる新興宗教等となっています。行政組織は、全国に64省、5つの直轄都市（ハノイ、ホーチミン、ハイフォン、ダナン、カントー）が配置されています。

【地理・地形】

ベトナムの国土は南北1,650km、東西600kmに及び、国土の大半がインドシナ半島の太平洋岸に平行して南北に伸びるチュオンソン山脈（アンナン山脈）の東側に位置するため、東西の幅は最も狭い部分では、わず



図-1 ベトナムの位置

か50kmしかありません。細長くS字形に似た国土の形状は、よく米かごを吊るす天秤棒に例えられます。この天秤棒の両端には大規模なデルタが広がり、ここに人口の大部分（約70%）が集中しています。北のデルタは紅河（ホン川）によるもので、首都ハノイのほか河口付近には港湾都市ハイフォンが位置します。南のデルタは中国に源を発するメコン川によるもので、河口付近に最大の経済都市であるホーチミン市を擁しています。北部国境（中国国境）の長さは1,150km、国境の総延長距離は、6,127km、沿岸の総延長距離は3,260kmに及びます。沿岸には北部の一部（ハロン湾周辺）を除き、島嶼はほとんどありません。本土から離れた領土としては、ホーチミンから約600kmの東、南シナ海に浮かぶチュオンサ群島（スプラトリー諸島、南沙諸島）と、中部ダナン市の約400km東に存するホアンサ群島（パラセル諸島、西沙諸島）の領有権を主張しています。もっとも両群島とも中国、フィリピンをはじめ、マレーシアやブルネイの諸国が同様の主張をしています。チュオンサ群島の一部はベトナム国が実効支配しているものの、ホアンサ群島は全体が中国の実効支配下にあります。従って、実質的なベトナム最大の島は、最西端の領土となるシャム湾に浮かぶフークック島となります。主要な河川は、前述したように紅河（支流であるカウ川、ロー川、ダーツ川）、ダンホアに河口をもつカー川、中部のバー川、南部のドンナイ川、そしてメコン川です。天然の湖沼も多く見られますが、その殆どはデルタに残る三日月湖というのが実態です。最高峰は北部国境に近いファンシーパン山（3,143m）となっており、アンナン山脈中の最高峰は、中部のフエ市やダナン市に近いアトゥアト山（2,500m）です。

【気候】

ベトナムの国土は北回帰線よりも南に位置し、赤道近くまで伸びている（本土の最南端は北緯8度33分）ので、南西モンスーンの影響を大きく受けます。また、7月から11月までは台風の襲来があり、特に国土の中央部において、大きな被害が発生することが少なくありません。北部の気候は亜熱帯～温帯性の気候となっており、4月から10月までが雨期のシーズンになります。首都ハノイの気候は、平均気温が1月で16℃、7月で29℃、年間平均降水量は約1,700mmとなっています。南部は熱帯性気候下にあるため、ホーチミン市では1月の平均気温が18℃、7月が33℃と高くなっていますが、年平均降水量は約1,000mmと逆に少なくなっ

*本州四国連絡高速道路株式会社 長大橋技術センター（大日本コンサルタント株式会社 海外事業部へ派遣中）



写真-1 ホーチミン廟



写真-2 市場の様子 (ハノイ市内)

ています。なお、チュオンソン山脈の山岳地帯においては、年間降水量が4,000mmを超える地域もあります。

【経 済】

1986年12月のベトナム共産党第6回大会において、社会主義に市場経済システムを取り入れるという「ドイモイ政策」が採択され、中国と同様に改革・開放路線へと大きく転換しました。1996年のベトナム共産党第8回大会では、2020年までに工業国入りを目指す「工業化と近代化」を二大戦略とする政治報告が採択されています。経済的には、まだまだ政府開発援助（ODA）と外国投資に牽引されていますが、アジア通貨危機で一時失速した国内総生産（GDP）の成長率も、2007年8.5%、08年6.3%、09年5.3%と比較的安定成長が続いています。近年、中国では人件費が上昇基調にあることから、新たな投資先として注目を集めており、こうした点からも、WTO加盟が政府にとって重要な目標となっていました。ようやく2007年1月に加盟を果たしました。労働人口については、その約70%が第一次産業に従事していますが、近年は第二・第三次産業が急速に成長しており、特に観光業の伸びが著しく、重要な外貨獲得源となっています。主な輸出品目は、原油、鉱物資源、衣料品、農水産物となっています。

【農 業】

米は、タイに次ぐ世界第二位の輸出国でしたが、現在は輸出制限措置が採られているようです。また、コーヒーは、現在ブラジルに次いで世界第2位の生産量（99万トン、2003年）に達しています。大部分がインスタントコーヒー、缶やペットボトル入りの清涼飲料、製菓用に使われる安価なロブスタ種（カネフォラ種）ですが、近年はレギュラーコーヒーに使われる高級品のアラビカ種栽培にも力が注がれています。

【鉱 業】

ベトナムは石炭・石油を中心とした有機鉱物資源、スズを中心とした金属鉱物資源に恵まれています。北部ハロン（ホンゲイ）から産出する石炭は上質の無煙炭であり、19世紀末からホンゲイ炭として採掘が始まりました。2003年時点の採掘量は1670万トンに及びます。また、ベトナムは産油国でもあり、1660万トンの

原油を産出するとともに、天然ガスの採取量は126千兆ジュールにも及びます。さらに、金属鉱物資源も豊富であり、その多くが北部デルタ周囲の丘陵地帯で採掘されています。最も重要な鉱物資源は世界第4位のスズ（4000トン、2005年）です。この他に、亜鉛、金、クロム、鉄、鉛のほか、リン鉱石も産出されています。

3. ハノイ市の概要

【市 勢】

ハノイ市（漢字：河内）は、ベトナム北部に位置するベトナムの首都です。地名の「河内」は、市街が红河デルタの堤内にあることに由来しています。2008年の市人口は、約620万人（拡大された郊外部を含む。所謂、グレーター・ハノイ市としての人口。旧市街だけなら、約330万人）と言われています。中心部は红河の右岸にあり、政治や国内工業の中心地、農産物の集散地ともなっています。また、有名な「一柱寺」など、古くからの史跡も多く、これらを含む遺跡群をユネスコの世界登録を目指して史跡の調査・補修・保存が進められています。市内には、Hoan Kiem, Ba Dinh, Hai Ba Trung, Dong Da, Tay Ho, Cau Giay, Thanh Xuanの7つの行政区があり、郊外にはSoc Son, Dong Anh, Gia Lam, Tu Liem, Thanh Trizの5つの県が配置されていましたが、2008年5月29日ハタイ省全域とヴァインフック省メリン県、ホアビン省ルオンソン県がハノイ市に合併されることが決定し、2008年8月1日をもって合併しました。この合併により、面積は約3.6倍、人口は約2倍となっています。ハノイ市全体からみた人口密度は17,125人/km²ですが、市内中央部にあるHoan Kiem区は37,265人/km²と、全国でも最も人口密度の高い地区となっています。

ハノイの気候の特徴は、1年の気候が寒暖・湿乾で2分されることでしょうか。5月から9月までは高温・多湿で、雨量も多く、猛暑期には気温が40℃を超える日もあります。一方、11月から3月までは気温が低く、空気も乾燥していて日本人には比較的過ごしやすくと感じる季節です。寒期の平均気温は、18℃程度ですが、1955年1月には最低気温2.7℃を記録したこともありま

す。4月と10月は、2つの季節の移行期で、あたかも日本の春・秋のような気候となり、日本の四季のような季節を少し感じることもあります。

【歴史】

ハノイがベトナムの中心都市となったのは、11世紀初頭のことと言われており、2012年には遷都1,000年を迎えます。唐時代には雲南と南シナ海を結ぶ交易路上にあったこともあり、安南都護府が置かれ、唐による南方支配の拠点となっていました。唐時代末期には安南都護府の支配は形骸化し、さらに紅河が当時の海上交易網から外れていったため、その重要性は一時低下しました。しかし、11世紀の李朝はこの地を都と定め、農業地帯を統治する拠点としました。李朝の成立以降、1802年に阮朝がフエに都を移すまで王都として繁栄していました。その間、昇竜（タンロン）、東京（トンキン）など様々な名で呼ばれてきましたが、1831年に現在の名称に統一されました。1873年にはフランスに占領され、1887年以降はフランス領インドシナの中心地となっていました。1940年、日本軍の仏印進駐により、事実上日本の占領下となりましたが、日本の敗戦とともにその占領状態は終了し、1945年9月2日ハノイにおいてベトナム民主共和国（当時の北ベトナム）の独立が宣言されています。その後、1946年から1954年の第一次インドシナ戦争において、ハノイも戦場となり、一時フランス軍に占領されたりしたこともありましたが、最終的にはベトナム側の勝利に伴ってハノイはベトナム民主共和国の首都となりました。その後のベトナム戦争時には、市内にある橋梁（ロンビエン橋）などの交通施設を中心にアメリカ軍の激しい爆撃を受けることとなったものの、1976年の南北ベトナムの統一（サイゴン陥落）に伴い、ベトナム社会主義共和国の首都となって現在に至っています。

4. ハノイの生活

【生活情報】

ベトナムでの食料調達場所といえば、未だ市場や路上店舗が一般的なようです。食材ばかりでなく、食器、家具類、花などの日用雑貨、下着をはじめとした衣料など、あらゆる消費財が処狭しと並んで販売されています。例えば、牛肉や豚肉は皮を剥ぎ、内臓をとったままの姿で店先に並び、客からの要望を聞いてその都度切り分けられて販売されています。鳩、犬、蛇、蛙などもベトナムでは一般的な食材です。また、魚も肉もむき出しのまま並べられていることに抵抗を感じ（冷蔵せずに）、現地の人に尋ねると「新鮮だから冷蔵しなくても大丈夫」とのこと。それでも、外国人はちょっと手を出す気にはなれないような気がしていましたが、半年もすればすっかり慣れてしまい、今では普通に買って食しているような状況になっています。経済発展が急速に進む中、最近では通常のスーパーマーケットも急激に増加傾向にあり、既にホーチミン市では主流になりつつあるようです。果物は、ライチ、メロン、マンゴー、ドラゴンフルーツ、オレンジ、リンゴ、すいか、梨、柿、苺など、種類が豊富です。ほぼ一年中出回っているようで、路上にピラミッドのよう

に積み上げられている光景があちこちで見受けられます。なお、こういった路上の店では、値札が付けられていることはなく、値段は基本的に交渉制となっています。米は、インディカ米（長粒米）が一般的ですが、一部では日本の「こしひかり」も生産されており、価格も日本より安く（5kgで700円程度）販売されています。また、焼酎や日本酒類も製造・販売されており、こちらも日本より相当安く購入することが可能ですし、味もそれほどの遜色はありません。

【日本レストラン】

人口330万人（旧市街）を有する首都ハノイ。在ハノイ日本大使館への在留届数から推算すると、ハノイには少なくとも4500人程度の日本人が居住しているようです。それに応じて、日本人向けの和食レストランは現在約50軒近くあるようです。和食レストランが地方都市に進出を検討する際に、「日本人在住人数100名あたり1軒の需要」を目安にしているとも言われていますが、ハノイにはちょうどその目安通りの軒数が営業しているようです。日本人が積極的に経営に関わっている店舗には新鮮な海鮮ネタがあり、日本の店と比較しても遜色ないところもあります。また、ベトナム産の焼酎、日本酒があり、さらに、日本や諸外国から輸入された酒類（特にワイン類等）も多くあります。お勧めは、お昼の定食（ランチ・メニュー）です。5ドルから8ドル程度で、デザートやコーヒー付きの食事ができます。

5. 道路交通事情

ハノイ市は、土地全面積に占める道路面積の割合が小さく（約6%）、道路の現況は大幅に不足しているのが現状です。ただ、車両保有台数がそれほど多くはないため、車両による交通混雑はさほどでもありません。しかしながら、ハノイ市内では「成人1人にバイクが1台」と言われるように、バイクによる交通量は相当な量に及びます。また、交通信号は大きな交差点には設置されているものの、交通警察官が配置される朝夕においても信号に違反するドライバーが相当数見受けられます。ましてや、交通警察官が配置されていない交差点や昼間の交差点に於いては、交通規則を守るドライバーは殆ど皆無であり、各バイクが思い思いの方向に勝手気ままに動いている、というのが実態だと思います。このため、交通事故の件数は多く、死傷者も約1.5万人/年と日本よりも相当多くなっています。なお、在留先輩日本人によれば、バイクとバイクの小さな接触事故等は事故件数には含まれていないようです。このような交通事情なので、歩行者が道路を横断する場合には、相当な注意力が要求されます。

6. 橋梁の状況

ハノイ市内を北西から南東に向かって流下する紅河（ホン河）には、現在5つの横断橋梁が建設・供用されており、さらに、1橋が日本のODAにより建設中です。これらの橋梁は、北西から南東に向かって順に、①タンロン【Thang Long】橋、②ニャタン【Nhat Tan】橋（建設中）、③ロンビエン【Long Bien】橋、④チュ



写真-3 タンロン橋



写真-4 ニャットタン橋完成予想図



写真-5 ロンビエン橋



写真-6 チュンズオン橋

ンズオン【Chuong Duon】橋、⑤ビンタイ【Vinh Tuy】橋、⑥タインチ【Thanh Tri】橋となっています。各橋梁の概要は以下のとおりです。

① タンロン【Thang Long】橋（昇龍という意味）

道路・鉄道併用の鋼トラス橋。当初ソ連の援助で建設が進められましたが、当時の政治・経済情勢の悪化に伴い、一時建設が中断しました。その後、中国の援助によって1985年に完成されています。上部デッキに道路（往復4車線）、下部デッキに鉄道（複線）が建設され、道路はハノイ市内とノイバイ国際空港を結ぶ幹線道路として活躍していますが、鉄道は現在、貨物列車が日に数便運行する程度であり利用されていないようです。この理由は、ハノイ市と地方都市を結ぶ鉄道幹線がロンビエン橋を通過する線路となっているためと思われます。将来計画として、タンロン橋の鉄道部分を利用して、市内と空港を結ぶ新鉄道の計画もあるようです。

② ニャットタン橋【Nhat Tan】橋（建設中）

ニャットタン橋は、タンロン橋の東側、ロンビエン橋との間に、日本のODAにより建設が進められている新しい橋梁です。紅河を横断する主橋梁は、5塔（コンクリート製）を有する6径間連続斜張橋で主径間長は300m、橋梁延長は1,500mあります。南側に675m、北側に1,580mの取付橋梁を有し、それらを含む全橋梁延長は3,755mになります。現在、工事は主橋梁部の基礎工事（鋼管矢板井筒基礎形式）や北側の道路工事等を

施工中で、2012年の完成を目指しています。

③ ロンビエン【Long Bien】橋

ベトナムがフランスの統治下にあった1899年に建設工事に着手し、1902年に完成したハノイで一番古い鉄橋です。設計者は、パリのエッフェル塔を設計したエッフェル氏とされています。ベトナム戦争時は、米軍の主要な爆撃標的とされ、何度となく爆撃を受けて所々欠損しましたが、そのたび毎に当初の形式とは異なる形式で修復され、今も現役としてハノイ旧市街と対岸（東）地区を結ぶ橋梁として利用されています。トラス構造内に鉄道（単線載荷）、主構トラス外面から両側に張り出す形で車道（現在は自転車歩行者道となっていますが、バイクも不法に通行）が設けられています。橋梁延長が1,683m、最大スパンは106.20mあります。建設から既に100年以上が経過し、トラス部材等には相当な錆・腐食が発生しています。運輸交通省（MOT）では、この橋梁の架け替え案や保存方法について検討しているようです。

④ チュンズオン【Chuong Duong】橋

チュンズオン橋は、ロンビエン橋の老朽化や増加した交通量に対応するため、自国の技術や資金を使って、同橋の200mほど南側（下流）に建設された新しい橋梁です（完成年不明）。橋梁形式は、ロンビエン橋とほぼ同様な構造形式ですが、トラス形状は平行弦に変更され、また、トラス内部の幅員を増加してトラス内部に対面の2車線、さらに、主構トラス外面から両側に



写真-7 ビンタイ橋 (2008年11月撮影)

張り出す形で車道 (1車線) が設けられており、都合、往復で4車線の橋梁となっています。この橋梁の完成に伴い、ロンビエン橋は鉄道 (単線) と自転車歩行者道となりましたが、アクセスの便利さゆえか、バイクの通行は現在も続いています。なお、本橋は、自動車とバイクの専用道とされていますが、逆に歩行者や荷車も通行しています。

⑤ ビンタイ [Vinh Tuy] 橋

純国産技術 (自国の技術と建設会社) で建設されたPC連続箱桁橋で、2009年に完成し供用を始めています。環状2号線上に位置し、既に供用を開始しているティンチ橋の上流側に位置します。メインスパンは135mの長さを有しています。なお、詳細なデータは不明ですが、友人のベトナム人技術者によれば、日本の技術のコピーとのこと (実態は不明)。

⑥ タインチ [Thanh Tri] 橋

ティンチ橋は、環状3号線建設プロジェクト (総延長12.8km) の中心を占める橋梁で、日本の援助によって建設が進められています。紅河内は、主橋梁であるPC6径間連続ラーメン箱桁橋 (スパン割: $L = 80 + 4 @ 130 + 80 = 680\text{m}$) と東側の取付橋梁で構成され、その全長は約3.1kmに及びます。この区間の工事は既に完了し、2007年2月から供用を開始しています。全体

の事業完成年は2010年が予定されているようです。

7. おわりに

盛夏を迎えたハノイ市内では、昼間に出歩く人を見かけることはあまりありません。が、少し涼しくなる夕方以降、ホーチミン廟やレーニン像のある広場には、多くの若者たちが集まります。また、同様に、若いカップルが二人乗りしたバイクが市内の道路を無数に走り廻る光景をよく目にします。人口の大部分を若者が占めるこの国の活気や息吹を感じる瞬間です。今、ベトナム政府は中国と同様に人口抑制策 (二人子政策) を採っていますが、人口はこれからも政府の意に反し増加し続けるでしょう。政府には、経済成長率が常に人口増加率を上回るような政策が求められていると思います。今、私達と一緒に働いている若いエンジニア達、その子供達、今後生まれてくる子供達に明るい未来が訪れるよう、インフラの整備を通じて微力ながら協力させていただきたい、と願っています。

(参考) 現地新聞記事の邦訳

ハノイ：新たなロンビエン橋建設へ

2007/12/07 11:19 JST 配信

ハノイ市人民委員会と交通運輸省はこのほど、2020年までのハノイ市交通開発計画案を政府に提出した。それによると、市内のホン川 (紅河) に架かり老朽化が問題になっているロンビエン橋の建設・保存案件について、オリジナルの様式を保持したまま新しい橋を建設する方式を提案している。グエン・タン・ズン首相はこの案に同意したという。また、同市の交通用地の割合を現在の6%から15%強へ引き上げること▽2~3年以内に市中心部に向かう幹線道路6本と環状道路5本を建設すること▽タンロン北~ノイバイ空港間の道路を拡張・改良すること▽ノイバイ空港から第2環状道路を通して市内へ向かう直通道路を建設すること-などを提案している。ズン首相は、交通用地の割合が海外では通常20~25%であるのに対し、ハノイ市の水準は依然低いとして、さらに割合を引き上げるよう促した。



写真-8 タインチ橋 (2007年1月撮影)

屋久島、 種子島を訪ねる

津野 和男*

屋久島といえば世界自然遺産の島縄文杉を連想し、種子島は鉄砲伝来の島と宇宙センターが思い浮かぶ。さてどちらの島が大きいか。地図で見ると大隈半島から南に約50km離れ屋久島はほぼ円形に近く、種子島は薩摩芋の形をしている程度で区別がつかない。ともあれ今までに行ったことのない島、訪ねて見ると3月半ば両島の観光に出かけた。

一ヶ月に35日雨が降るといわれる屋久島、訪れる日にちの設定は運を天に任せるしかない。インターネットでは悪天候が続く予定の前日には雪が降ったという情報。南の島に雪が降るといのは話だけでなく、ビニール合羽をバックに押し込み、トレッキングシューズで出かけるしかない。日本列島は強風に襲われ、昨夜は鎌倉八幡宮の銀杏の大き木が倒れたというニュースをテレビで見ながらの出発だったが、朝は幸い外気温は5℃と寒いが快晴となった。

羽田空港10時20分発、鹿児島湾上空からは桜島は薄い雲に覆われていたが、霧島連峰の頂が白雪に輝いているのが望まれる。鹿児島空港12時20分着、1時間待ってターボプロップの飛行機に乗り換えて30分で屋久島に到着、約3時間の空の旅だった。

林芙美子「浮雲」では、戦後間もなく東京から鹿児島まで34時間、船で鹿児島から種子島経由屋久島まで1日かかり、丸3日かかったと記している。この半世紀の間、実に便利になったものだが途中ゆっくり車窓から景色を眺める旅の楽しみが無くなったのも確かである。

一、屋久島にて

空港から海岸通りを走り安房の町から山道に入る。くねる道路脇に屋久猿が姿を見せてたむろし、急斜面の森影に屋久鹿が駆け下り消え去っていく。登るにつれて残雪が点々と残り、標高1000m近くの屋久杉ランドの入口からは一面の雪で通行止めの看板、残念ながらフォレストウォッチングは中止となる。ここから縄文杉までは山道往復8時間と聞き、7200年経った老杉を遠く遥かに伏し拝むのみだった。

屋久島工房に立ち寄る。千年以上経った屋久杉の大きな切り株がテーブルに形作られて並び、木彫りの食器やアクセサリーが所狭しと置かれ七福神が飾り棚に納まっていた。

広場の一角に屋久杉運搬用のトロッコ列車が太い杉の切り株を後ろに曳いてトタン屋根の下に納まっていた。前述「浮雲」では、

——トロッコは雷のような音を立てて、急な山道を流れていった。時々トロッコは浮き上がる。そのスピードをセーブしながら若い樵夫は「おっと、逆さまになるところだった」と二人をおどかしたりした。一寸先も見えないような暗い谷沿いのレールをカンテラの灯がすいすいと流れていく。安房の町は篠つくような雨が降っていた——

山奥から筏に組んで川を下ると異なる屋久杉運送の海辺までの様相がトロッコから想像される。

屋久島は直径約30kmの円形で、海岸線を巡る道路は一周約100kmとなる。海から花崗岩が隆起してできた島で海辺からいきなり高さ1000m程度の前山が巡り、その奥にさらに2000m級の山々が連なる。二段重ねのお供え餅のような姿だが最高峰の宮の浦岳は標高1936m、九州での最高峰。平地から前山まではシイやカシなど冬でも枯れぬ常緑広葉樹が多く、それより上は屋久杉、ツガなどの針葉樹が全山を覆い尽くしている。自生している杉のなかで樹齢千年以上を屋久杉、数百年の若木は小杉と呼び分けるといふから、同じ杉でも貫禄の差が出てくるようだ。

2月は高い所では時に雪、麓では桜が咲く。4、5、6月は菜種梅雨から流し

梅雨、7、8、9月は台風シーズン。無難なのは11月だが花も無く、観光、山登りはツーリストの心掛け次第となる。

空港の近くの天然温泉「縄文の宿まんてん」に泊まる。宿の近くを散策すると点在する民家の庭には椿が咲き、ツツジ、ヤマブキが垣根を彩って春を告げ、何処からか鶯が谷渡りして鳴き声を響かせ山里ののどかさを感じさせてくれる。夜半、野天風呂から見上げる天空はこの温泉宿の名の通り満天星がきらめき頭上にオリオンの三つ星が輝いていた。

今日は一日、屋久島の海岸辺りを時計回りに一周する。崖縁に沿ったような道路だが僅かな平地に畑が広がり、台風を避けてのためか低い家々が点在している。海は青く澄み遙か沖合には厚い布団を浮かべたような平たい種子島が霞んで眺められる。

屋久島は雪山を遥かに望むことができ南の島。麓はハイビスカスがほころび、パパイヤ、バナナの青い実が道路脇に姿を見せて楽しませてくれて南国風だが、坂道登って見上げれば遠く遥かに宮の浦岳を中心にした峨々たる連峰がこちらを見下ろしている。(写真-1)

行く先々の山側に幾筋かの滝が見えてくる。その中でも大きな滝は千尋の滝(落差80m)、大川の滝(落差88m)が雄大で見事である。

大川の滝は「日本の滝100選」にも選ばれた屋久島最大の滝。懸崖から二筋に分かれてしぶきを上げ白い帯となって落下し滝壺に激しい響きを上げている。この滝の上に湖があるはずがなく、これだけの水量がどこから出てくるのか。雨としてこの地に降る多量の水が高く聳える山々を覆う森林に蓄えられ、そこから絶え間なく流れ出っきに滝となって谷を下り海に向かうが川を形成する余地もなく海に達することになる。

宮の浦岳山頂付近から流れ出る安房川は20km足らずで1900mの落差を下り太平洋側に注ぐ日本一の急な河川という。この川は山裾の平地で多少の川幅をもっているが、他のほとんどの滝はそのまま海に流れ込んでいる。

東シナ海に面した屋久島西側、西部林道に行く。急な坂道を経て世界自然遺

写真-1 屋久島連峰



写真-2 二代大杉



産登録地の原生林が広がる。道端に猿が群れ鹿が仲間入りして、車が通っても慌てる様子もなくこちらを見上げている。急斜面を覆う照葉樹林ぎりぎりに一車線の舗装道路が通っている。対向車に出会うとどちらかがバックしたりしてすれ違うのに難渋する。やがて視界が開け断崖絶壁の彼方の岬に屋久島灯台が見え暫くして白い砂浜の広がる浜辺に下りてきた。花崗岩が砕けた石英の砂浜とかで白く広がり赤海亀の産卵地という。ウエルカメは6月頃とかで今は波が静かに寄せているのみ。海の色は海辺から淡い透き通った青から沖に行くにつれて濃い青となり、口永良部島が水平線に姿を見せている。

昼食は丘の上の観光センター休息所。東シナ海を見下ろしながらの食事は日本調。鯖のなまり、屋久島とうふ、屋久島黒豚、四角い木箱に入った炊き込みご飯と容器の皿碗すべて屋久杉造りと屋久島づくしだった。

屋久島をほとんど一廻りして宮の浦港から山に入り白谷雲水溪（標高600m）へやって来た。

入口の白谷広場から花崗岩の渓谷沿い

の山道をつり橋越えて二代杉まで約1km、戻りは更に山道を迂回して弥生杉を見物して約2時間のトレッキングコース。のんびり山歩きを楽しんで屋久杉見物かと期待したらとんだ思い違いだった。

渓谷沿いの急坂を登り溪流の真ん中に居座る大岩を飛び石伝いに滑るのに冷汗かきながら廻り込んで沢を渡る。掴まるものもなく原生林の中を辿っていくとサルスベリの大木が道をふさいでいる。杉木立に溪流の流れが木霊し深山幽谷をさまよう気分。目標の古代杉の大樹に到達したときは疲労困憊だった。

古代杉の古木は1000年以上息づいており、弥生杉は樹齢3000年とか、ナナカマド、ジャクナゲが幹に根を下ろし絡みついている。凄まじい大木の生命力に感一入だった。（写真-2）

二、種子島にて

屋久島と種子島の距離は54km。宮の浦港を高速艇で10時に出、種子島北部の西の表港に着いたのは10時50分、幸い春の日差しに波静かな50分の船旅だった。

種子島は南北約60km、最大幅12kmと細長く、高さも一番高いところで約300mと平坦な島。高い山が連なる屋久島とは全く対照的で、面積としては屋久島よりやや小さい。地図で見ると細長い地形から大きく見えるのだろうか。日本で島を大きさ順に並べると、佐渡が島、淡路島、奄美大島、天草、屋久島、種子島となるそうで、6番目に位置し決して小さい島ではないようだ。

この辺りは奈良時代遣唐使の航路でもあり、鑑真和上（763年）が漂着したのは屋久島と古来由緒深いところでもある。

種子島といえば鉄砲伝来の地。まず最初に種子島開発総合センター（通称鉄砲館）を訪れる。館内の一部は種子島の風俗としての民具、風土が紹介され、大部分は初期の鉄砲の陳列で埋められている。ポルトガルの初伝銃や国産第一号の火縄銃と称される銃を始め、国内外の古式銃約100丁が難段に並び。

1543年、種子島の南端門倉岬にポルトガル人を乗せた一隻の明国船が漂着した。村人の知らせで島の役人が駆けつけ、中国人と砂の上に杖を振るって文字を書き意思の疎通を図ったという話が残る。14代島主種子島時堯は彼らが所持していた鉄砲を大金払って購入、鍛冶師に鉄砲、火薬の製法を学ばせた。銃を手にしてから大した月日もかけずに国産化に成功した。一番苦心したのは底に入れるネジ。刀、包丁の類はお手の物だったが、その技法を探るべく鍛冶師は自分の娘を異人に預けたりして親しくなり、技術導入したという秘話が伝わる。

種子島は良質の砂鉄が豊富に産出する島で、貝塚遺跡から鉄製の釣針が発見され弥生時代（2-3世紀）のものといわれる。16世紀、この島は中国への貿易基地として賑わい日本刀が輸出品の主力だった。ポルトガルの鉄砲がたまたま運よく鉄についての高い技術を持つ島にやってきたということになる。

島主の屋敷には海外貿易に関係して滞在していた紀州根来寺出の武士が島主から銃を拝領、大阪堺に持ち帰った。これが端緒で銃の製作が激しくなり戦国時代の戦いの様相が一変する。これから60年後には関が原の戦いを経て徳川幕

府によって日本は統一されることになるから、ここはその役割の一端を背負っていることになる。フランシスコ ザビエルが鹿児島を訪れたのは鉄砲伝来から6年後。西欧文明がはるばる日本にやってきた玄関口はこの周辺のようなのである。

種子島は丘がわずかに起伏しサトウキビ畑が広がり、時に巨大なソテツが天空を指差して南国を感じさせる。古来、稲の道、赤米の産地として米作りが行なわれてきた。日本書記に種子島人が登場する。天武天皇（7世紀）の時代、大和政権は正副二人の高官をこの地に派遣している。これは米が多く獲れる島として重視されたからとある。米は弥生時代、中国、朝鮮から渡来し、赤米も古代米で黒潮にのってフィリピンから伝来し、稲作農耕を生活の基盤としたとその歴史は古い。

田植えは3月に、台風が来ぬうちと7月には稲刈りと日本一の早場米で二毛作も可能とか。種子島の名の由来は米の種からという説もある。アイヌ語でタンネは長いという意、日本原住民の名残りが残っているのか。ちなみに、種子島方言を紹介すると、

「いらっしゃい — おじゃりもーせ」
「今日は — めっかりもーせ」「さようなら — のってよう」

沖合遠く馬毛島が霞んで見える。石油備蓄基地として候補に上がり島の人々は種子島に移って来たが、基地は五島列島に決まり、今はほとんど無人の島とか。軍事基地などはこういう所に移せばいいのにと余計な事を考えてしまう。

国道58号線を南へ。鹿児島西郷さんの銅像から発して沖縄那覇まで850km、そのうち200kmは海上ルートで島々を結ぶ国道である。

千座の岩屋にやってきた。太平洋の荒波によって造られた海蝕洞窟や奇岩が海辺に姿を見せている。夏は海水浴客で賑うという。砂浜の砂はきめ細かくサンゴや貝殻の白く小さい粒が砂に紛れ込んでいる。洞窟は千人が中に座れるという。訪れた時は運よく大潮の日で引き潮に洞窟の中を散策することが出来た。千人は大げさだがかなり広く、荒々しい岩肌に探検気分となる。洞窟の岩壁を額縁にし



写真-3 千座の岩屋



写真-4 宇宙ロケット発射基地

た外の景色は、さざ波が寄せ奇岩が沖に点々と並び、一幅の絵に見えて見事だった。(写真-3)

島の南端の近く、宇宙センターにやってきた。展望台から木陰越しにロケット打ち上げ施設が一望される。宇宙開発事業団のロケット発射基地。左手の方から気象塔、組立工場、中型ロケット発射台、大型ロケット第2発射台、岬の突端に第1発射台と展開している。(写真-4)

昭和44年に開設されて以来、名古屋で製造された機体がここに運ばれ組み立てられ、既に大小あわせて44基が打ち上げられている。ロケット基地の条件としては、高い山がないこと、燃えつくしたロケットが安全に落下可能な地域であること、気温に年間高低差が少ないこと、人口が少ない場所などがあげられ種子島が最適地として選択されたようである。

近くに宇宙技術館があり、その入口脇に実物大のロケットがすくと立つ。

館内には今まで打ち上げられてきたロケットの模型がずらりと並び、太陽系の惑星、月探査など宇宙開発に関する調査活動が紹介され、未来への志向の思い

が館内に充満している。

屋久島から種子島の古い歴史を辿ってきた旅から今度はいきなり未来へと目を向けることになる。手にしたパンフレットには「限り無い宇宙へのロマンと文明の軌跡」とある。種子島は宇宙に一番近い島だった。

おわりに

屋久島、種子島は日本古来の自然文化を残す島、雨の多い台風の通り道にあつての厳しさがあるという認識しかなかった。しかし訪ねてみると、種子島など米作り、サトウキビ畑が広がる閑静な島。電車も高いビルもなく、バスも客が少なく廃止されようとしている。まさに自然の中での生活の営み、移住してくる人も少なくないとか。都会の喧騒から逃れてくるのも悪くないと思えぬが、さて果たして暮らして行けるかとなると自信がなくなる。種子島民謡、草切節の一節を紹介して終わりとす。

「行こうや 行こ行こ 草刈り行こや
万畑の右左り——」

—おわり—

第38回通常総会・懇談会を開催

第38回通常総会は5月28日（金）、午後2時30分よりアルカディア市ヶ谷7階「妙高」において開催された。

総会は、鈴木会長の挨拶、国土交通省大臣官房技術審議官 下保 修 氏の来賓挨拶の後議事に入り、「平成21年度事業報告」、「平成21年度収支決算」、「会費の改正（案）」、「平成22年度事業計画（案）」、「平成22年度収支予算（案）」を原案どおり承認した。

第6号議案「役員選任の件」については、議長が「理事・候補者推薦名簿（案）」に基づいて役員を選任することを諮ったところ、特に異議はなく、原案どおり承認、可決された。

以上ですべての議事を終了し午後4時10分に閉会した。

〔新任役員名簿〕

新 任 理 事 今吉 義典 元本州四国連絡橋公団

新 任 理 事 藤本 憲司 大日本塗料株式会社 事業部長

（敬称略、五十音順）

午後5時から同所7階「琴平」において「懇談会」を開催した。懇談会は鈴木会長の挨拶、国土交通省 総合政策局 建設市場整備課長 松本大樹氏、国土交通省大臣官房技術調査課 技術調査官 後藤敏行氏、社団法人日本塗装工業会 会長 多賀谷嘉昭氏の祝辞の後開宴、午後7時過ぎ盛会裏に散会した。



鈴木会長の挨拶



国土交通省 下保技術審議官 来賓挨拶

平成22年度会長表彰

平成22年度表彰式は第38回通常総会終了後に行われ、技術功績者表彰優秀施工賞を大橋由典氏（株式会社鈴木塗装工務店）、大出寿文氏（株式会社ダイソー）が受賞、また、株式会社ダイソー、山田塗装株式会社、団体2社が受賞、安全施工者表彰を安塗装株式会社が受賞、優秀技能者表彰を藤澤忠雄氏（安塗装株式会社）が受賞した。個人3名、団体3社に対し表彰状を授与し、併せて、副賞として記念品を贈呈した。



会長表彰

平成22年建設事業関係功労者等国土交通大臣表彰

7月12日（月）、国土交通省10階共用会議室において平成22年建設事業関係功労者等国土交通大臣表彰式が行われ、当協会推薦の加藤敏行理事（昌英塗装工業株式会社代表取締役）、鈴木喜亮理事（中仙塗装工業株式会社代表取締役）をはじめ個人236名、4団体が受賞した。

平成22年度優秀施工者国土交通大臣顕彰（建設マスター）

「優秀施工者国土交通大臣顕彰（建設マスター）」は、建設産業の第一線で「ものづくり」に直接従事している建設技能者の中から、特に優秀な技能・技術を持ち、後進の指導・育成等に多大な貢献をしている者を国土交通大臣が顕彰することにより、「ものづくり」に携わる者の誇りと意欲を増進させるとともに、その社会的評価の向上を図ることを目的としている。

「平成22年度優秀施工者国土交通大臣顕彰式」は5月27日、東京・メルパルクホールにおいて行われ、当協会推薦の高木 勝氏、中川 昭氏（住澤塗装工業株式会社）、をはじめ411名が国土交通大臣より顕彰され、顕彰状と徽章が贈呈された。

「高塗着スプレー塗装施工管理技術者」認定講習・試験を実施

平成22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、6月18日塗装会館、および7月1日に名古屋中小企業福祉会館において実施され、68名（新規21名、更新47名）が認定された。これで平成16年度からの認定者の累計は307名となった。

「高塗着スプレー塗装技能士」講習会を開催

平成22年度「高塗着スプレー塗装技能士」講習会は下記のとおり開催され、78名（新規26名、更新52名）が修了した。これで、平成16年度からの修了者の累計は241名となった。

実施日	開催地	区分	修了者数
6月24日	名古屋	新規	26名
		更新	34名
6月17日	東京	更新	18名

塗装技士会 第10回通常総会を開催

日本塗装土木施工管理技士会（略称：塗装技士会）「第10回通常総会」は、5月27日、午後4時30分より東京・自動車会館2階「会議室」において開催され、下記の議事が原案どおり承認された。

- 第1号議案 平成21年度事業報告承認の件
- 第2号議案 平成21年度収支決算承認の件
- 第3号議案 平成22年度事業計画（案）決定の件
- 第4号議案 平成22年度収支予算（案）決定の件
- 第5号議案 役員選任の件

〔新役員名簿〕

新任 監 事 服部 光司 服部塗装商事株式会社 代表取締役

会議等開催状況

【第38回通常総会】

- 日 時 平成22年5月28日（金）14時30分開会
場 所 アルカディア市ヶ谷7階「妙高」
議 事 第1号議案 平成21年度事業報告承認の件
第2号議案 平成21年度収支決算承認の件
第3号議案 会費改正（案）決定の件
第4号議案 平成22年度事業計画（案）決定の件
第5号議案 平成22年度収支予算（案）決定の件
第6号議案 役員選任の件

【第337回理事会・第45回運営審議会】

- 日 時 平成22年3月25日（木）15時00分～17時00分
場 所 塗装会館 会議室
議 題 (1) 会費の改正について
(2) 平成22年度事業計画（案）の承認について
(3) 平成22年度収支予算（案）の承認について
(4) 平成22年度暫定予算（案）の承認について
(5) 平成22年度優秀技能者表彰等の承認について
(6) 正会員入会申請者の承認について

【第338回理事会・第46回運営審議会】

- 日 時 平成22年4月23日（金）14時00分～16時00分
場 所 塗装会館 会議室
議 題 (1) 平成21年度事業報告（案）の承認について
(2) 平成21年度決算報告（案）の承認について
(3) 平成21年度事業監査の報告について
(4) 役員を選任（案）について

掲示板・訃報

【訃 報】

太田 覚一氏（当協会員（株）構造社 太田 一也氏の父）

平成22年6月8日死去。82歳。葬儀告別式は6月10日、浜松市のイズモ葬祭セレモニーホール浜松南で執り行われた。

第13回技術発表大会報告

第13回となる技術発表大会（主催：社団法人日本橋梁・鋼構造物塗装技術協会）が5月27日、JR市ヶ谷駅に程近い自動車会館にて開催された。

本号には当日の特別講演あるいは技術報告内容が読者向けに説明を補い読みやすくして掲載されている。この大会に出席された方も今一度読み直して理解を深めていただきたい。従ってここでは報告要旨の紹介にとどめたい。

大会は13時に始まり、当協会の鈴木精一会長による開会挨拶、特別講演2題、休憩を挟んで技術報告、新技術紹介と続き、16時に当協会の槌谷幹義技術委員長の閉会の辞で無事終了した。会場には約150名が参加し熱心に聴講した。（写真-1）



写真-1 技術発表大会の様子

プログラム1. 特別講演

高速道路における鋼橋の塗替え塗装と塗膜除去工法に関する取り組み

講師 酒井 修平

中日本高速道路(株) 名古屋支社

NEXCOが管理している5,000橋を超える鋼橋において、老朽化に伴う維持管理費の増大に対応するため、塗装も含めた高耐久性に取り組んでいる。塗替え塗装の高耐久仕様の検討では局所（下フランジや桁端部）の腐食対策がポイントであり、また如何に旧塗膜を効率的に除去できるかが課題である。そこで各種ブラスト工法や塗膜剥離剤を評価した結果をまとめ報告した。

プログラム2. 特別講演

長期防錆型（重防食）塗装の歴史と現状

講師 田中 誠

元（財）鉄道総合技術研究所

1970年代に始まったとみなされている重防食の定義の変遷や塗装系の歴史を筆者の長年にわたる経験を踏まえて丁寧に解説している。素地調整と塗料についても長期暴露試験の結果を判りやすく紹介しながら、動力工具によるケレンではいかなる塗料を適用しても10年以内に同一箇所の腐食に至ると結論、ブラスト工法+ジンクリッチペイントの有効性、重要性を訴えている。

プログラム3. 技術報告

寒冷地用塗装システムの施工性に関する検討

講師 藤城 正樹

日本ペイント(株) 鉄構塗料技術部

他5名による共同研究

寒冷地における塗装作業では塗膜の硬化不良や光沢不良など塗膜性能に関して問題が発生しやすいこ

とはよく知られている。今回の発表は寒冷地における施工性や仕上がりの向上を目標に、共同研究チームが新規提案仕様を策定、(独法)土木研究所寒地土木研究所美々実験場(千歳市)にて厳寒期に実施した試験の結果報告である。改善を期した提案仕様に対し、対比のため同時試験された「寒冷地塗装仕様の例(H17.12便覧)」を同時に屋外施工している。屋外低温環境でも施工可能との結論を得たため中間発表の形式で報告された。一部に外観異状を生じるなど、解決すべき課題が残った。今後の研究は定期的な塗膜評価と実構造物での施工試験を予定しており成果は次回の発表となる模様。

プログラム4. 新技術紹介

ブリストルブラスターによる素地調整について

講師 辻 良尚

ゴトー電機(株)

他2名による共同研究

ブラスト処理面に似た表面を形成できる動力工式ブリストルブラスターの紹介である。研削材を用いず、回転するブラシの衝撃力によって高度の素地調整が可能であることを音声付動画で示したが記事では残念ながら写真のみとなる。

処理面にはブラストされた鋼材面に類似の清浄

度、表面粗さが形成される。ブラスト処理工法と対比して、大掛かりな装置は不要であるほか、粉塵量が少なく従って産業廃棄物も少ないなどの利点がある。回転するブラシはアクセルバーと呼ばれる装置に引っかかり、外れるときにばねのように加速されることを利用してエネルギーの効率を上げている。本体の回転はエア駆動と電動タイプがある。ブラスト処理が困難な局面では活躍が期待される。今後は表面粗さのコントロール、処理速度の改善を課題としている。

以上で報告要旨を終えるが、最後までメモを取りながら熱心に聞き入っていた参加者が多く会場は熱気であふれていた。

また会場入り口には、賛助会員や協賛企業のパンフレットやデモ機がおかれ、質疑も活発に行われていた。素地調整に関する関心はきわめて高いと思われる。

講演に対する個々の質問が少なかったことは残念であったが、当協会の活動にご協力くださっている大勢の関係者各位に対し、ここに改めて無事終了できたことをご報告し、準備と講演、発表でお世話になった皆様には心より感謝申し上げます。

会社名	〒	住所	TEL	FAX
北海道地区(1社)				
●北海道(1社)				
(株)大島塗装店	063-0823	北海道札幌市西区発寒3条2-4-18	011-663-1351	011-664-8827
東北地区(16社)				
●青森県(1社)				
(株)富田塗装所	031-0804	青森県八戸市青葉2-12-17	0178-46-1511	0178-46-1513
●岩手県(1社)				
(有)吉田塗装工業	020-0811	岩手県盛岡市川目町23-5	019-624-4390	019-654-5398
●秋田県(9社)				
(有)大館工藤塗装	017-0823	秋田県大館市宇八幡沢岱69-7	0186-49-0029	0186-42-8592
(株)加賀昭塗装	011-0942	秋田県秋田市土崎港東2-9-12	018-845-1247	018-846-8822
(株)黒澤塗装工業	010-0001	秋田県秋田市中通3-3-21	018-835-1084	018-836-5898
三建塗装(株)	010-0802	秋田県秋田市外旭川字田中6	018-862-5484	018-862-5564
中仙塗装工業(株)	010-1424	秋田県秋田市御野場8-1-5	018-839-6110	018-839-6116
平野塗装工業(株)	010-0971	秋田県秋田市八橋三和町17-24	018-863-8555	018-877-4774
(株)フジペン	010-0877	秋田県秋田市千秋矢留町6-9	018-833-3585	018-866-2238
丸谷塗装工業(株)	010-0934	秋田県秋田市川元むつみ町7-17	018-823-8581	018-823-8583
(株)山田塗料店	015-0852	秋田県由利本荘市一番堰180-1	0184-22-8253	0184-22-0618
●山形県(4社)				
共栄産業(株)	990-2161	山形県山形市漆山字石田223-10	023-684-7255	023-684-7120
(株)トウショー	999-3511	山形県西村山郡河北町谷地字月山堂870	0237-72-4315	0237-72-4145
(株)ナカムラ	997-0802	山形県鶴岡市伊勢原町26-10	0235-22-1626	0235-22-1623
山田塗装(株)	998-0851	山形県酒田市東大町3-7-10	0234-24-2345	0234-24-2347
●福島県(1社)				
(株)高野塗装店	960-8055	福島県福島市野田町3-4-64	024-531-1288	024-531-1520
関東地区(30社)				
●茨城県(1社)				
(株)マスタ塗装店	310-0031	茨城県水戸市大工町3-2-8	029-224-8807	029-272-3191
●群馬県(1社)				
(株)石田塗装店	371-0013	群馬県前橋市西片貝町2-225	027-243-6505	027-224-9789
●千葉県(3社)				
朝日塗装(株)	273-0003	千葉県船橋市宮本3-2-2	047-433-1511	047-431-3255
呉光塗装(株)	271-0054	千葉県松戸市中根長津町25	047-365-1531	047-365-4221
ヨシハタ工業(株)	260-0813	千葉県千葉市中央区生実町1827-7	043-266-5105	043-266-5194
●東京都(16社)				
(株)朝原塗装店	140-0011	東京都品川区東大井1-13-12 クレールメゾン品川109号室	03-3450-5148	03-3450-5190
磯部塗装(株)	105-0014	東京都港区芝3-24-2	03-3452-4631	03-3453-3494
北原工業(株)	112-0012	東京都文京区大塚2-17-9	03-3947-3571	03-3946-8283
建設塗装工業(株)	101-0047	東京都千代田区内神田3-2-1 栄ビル3F	03-3252-2511	03-3252-2514
(株)河野塗装店	111-0034	東京都台東区雷門1-11-3	03-3841-5525	03-3844-0952
昌英塗装工業(株)	167-0021	東京都杉並区井草1-33-12	03-3395-2511	03-3390-3435

会社名	〒	住所	TEL	FAX
(株)鈴木塗装工務店	120-0022	東京都足立区柳原 2-30-14	03-3882-2828	03-3879-0420
(株)第一塗装	144-0054	東京都大田区新蒲田 3-21-8	03-3735-0118	03-3735-0156
大同塗装工業(株)	155-0033	東京都世田谷区代田 1-1-16	03-3413-2021	03-3412-3601
大豊塗装工業(株)	110-0015	東京都台東区東上野 2-10-12 東上野二丁目ビル	03-3835-8415	03-3835-8496
朝陽塗装工業(株)	140-0011	東京都品川区東大井 5-12-10 大井朝陽ビル	03-3474-1314	03-3474-1343
(株)テクノ・ニッター	144-0051	東京都大田区西蒲田 3-19-13	03-3755-3333	03-3755-3355
東海塗装(株)	146-0082	東京都大田区池上 5-5-9	03-3753-7141	03-3753-7145
(株)ナプコ	135-0042	東京都江東区木場 2-20-3	03-3642-0002	03-3643-7019
服部塗装商事(株)	157-0066	東京都世田谷区成城 2-33-13	03-3416-1059	03-3416-0808
平岩塗装(株)	146-0083	東京都大田区千鳥 2-6-17	03-3759-9198	03-3759-9164

●神奈川県(5社)

(株)コーケン	236-0002	神奈川県横浜市金沢区鳥浜町 12-7	045-778-3771	045-772-8661
(株)サクラ	235-0021	神奈川県横浜市磯子区岡村 7-35-16	045-753-5000	045-753-5836
清水塗工(株)	221-0071	神奈川県横浜市神奈川区白幡仲町 40-35	045-432-7001	045-431-4289
嶺岸塗装(株)	252-0134	神奈川県相模原市緑区下九沢 1902-1	042-762-4800	042-761-4395
(株)ヨコソー	238-0023	神奈川県横須賀市森崎 1-17-18	046-834-5191	046-834-5198

●長野県(4社)

安保塗装(株)	390-0805	長野県松本市清水 2-11-51	0263-32-4202	0263-32-4229
大澤塗装工業(株)	390-0874	長野県松本市大手 5-4-6	0263-32-3533	0263-32-6619
桜井塗装工業(株)	380-0928	長野県長野市若里 1-4-26	026-228-3723	026-228-3703
(株)ダイソー	390-0852	長野県松本市大字島立 810-1	0263-47-1337	0263-47-3137

北陸地区(14社)

●新潟県(2社)

(株)小島塗装店	943-0828	新潟県上越市北本町 2-6-8	025-523-5679	025-523-5195
平川塗装(株)	950-0951	新潟県新潟市中央区鳥屋野 278-10	025-281-9258	025-281-9260

●富山県(2社)

天池塗興(株)	933-0921	富山県高岡市源平町 25	0766-23-2510	0766-23-2539
住澤塗装工業(株)	939-8261	富山県富山市萩原 72-1	076-429-6111	076-429-7178

●石川県(7社)

(有)沖田塗装	920-0374	石川県金沢市上安原町 407-3	076-249-6257	076-240-2577
(株)川口リファイン	921-8164	石川県金沢市久安 2-234	076-245-4180	0761-76-3554
(名)伐分塗装店	921-8148	石川県金沢市額新保 1-209-4	076-298-4138	076-298-4157
(株)酒井塗装店	920-0806	石川県金沢市神宮寺 2-29-21	076-251-2460	076-251-6738
萩野塗装(株)	923-0901	石川県小松市泉町 14	0761-22-2630	0761-22-8015
(株)宮下塗装店	920-0966	石川県金沢市城南 2-21-20	076-221-8323	076-222-0889
(株)若宮塗装工業所	920-0968	石川県金沢市幸町 9-17	076-231-0283	076-231-5648

●福井県(3社)

(株)岡本ペンキ店	914-0811	福井県敦賀市中央町 2-11-30	0770-22-1214	0770-22-1227
(株)野村塗装店	910-0028	福井県福井市学園 2-6-10	0776-22-1788	0776-22-1659
(株)山崎塗装店	910-0017	福井県福井市文京 2-2-1	0776-24-2088	0776-24-5191

会社名	〒	住所	TEL	FAX
中部地区(10社)				
●静岡県(4社)				
(株)構造社	435-0051	静岡県浜松市東区市野町906-4	053-433-3815	053-433-3237
佐野塗装(株)	422-8041	静岡県静岡市駿河区中田1-1-20	054-285-7191	054-281-6366
静岡塗装(株)	421-3203	静岡県静岡市清水区蒲原1-25-8	054-385-5155	054-385-5158
(株)園田塗装店	430-0949	静岡県浜松市中区尾張町127-11	053-454-8851	053-452-2628
●愛知県(1社)				
(株)佐野塗工店	457-0067	愛知県名古屋市南区上浜町215-2	052-613-2997	052-612-3891
●岐阜県(5社)				
(株)内田商会	502-0906	岐阜県岐阜市池ノ上町4-6	058-233-8500	058-233-8975
岐阜塗装(株)	500-8262	岐阜県岐阜市茜部本郷3-87-1	058-273-7333	058-273-7334
(株)五味塗工店	501-1132	岐阜県岐阜市折立1041-1	058-239-3767	058-239-3794
東海ペイント(株)	500-8135	岐阜県岐阜市織田塚町1-9-6	058-246-4606	058-247-8187
(株)森塗装	500-8285	岐阜県岐阜市南鶉7-76-1	058-274-0066	058-274-0472
近畿地区(8社)				
●大阪府(5社)				
(株)小掠塗装店	551-0031	大阪府大阪市大正区泉尾3-18-9	06-6551-3588	06-6551-4319
(株)ソトムラ	577-0841	大阪府東大阪市足代3-5-1	06-6721-1644	06-6722-1328
鉄電塗装(株)	534-0022	大阪府大阪市都島区都島中通2-1-15	06-6922-5771	06-6922-1925
(株)ハーテック	550-0022	大阪府大阪市西区本田1-3-23	06-6581-2771	06-6581-3063
(株)ヤオテック	540-0017	大阪府大阪市中央区松屋町住吉3-16 ヤオテックビル2F	06-4304-2601	06-4304-2602
●兵庫県(3社)				
(株)伊藤塗装商会	661-0043	兵庫県尼崎市武庫元町1-29-3	06-6431-1104	06-6431-3529
(株)ウェイズ	657-0846	兵庫県神戸市灘区岩屋北町4-3-16	078-871-3826	078-871-3946
千代田塗装工業(株)	672-8088	兵庫県姫路市飾磨区英賀西町1-29	079-236-0481	079-236-8990
中国・四国地区(11社)				
●島根県(1社)				
蔵本塗装工業(株)	697-0027	島根県浜田市殿町83-8	0855-22-0808	0855-22-7853
●岡山県(2社)				
(株)西工務店	700-0827	岡山県岡山市北区平和町4-7	086-225-3826	086-223-6719
(株)富士テック	700-0971	岡山県岡山市北区野田5-2-13	086-241-0063	086-241-3968
●広島県(6社)				
(株)カネキ	733-0841	広島県広島市西区井口明神2-7-5	082-277-2371	082-277-6344
第一美研興業(株)	731-5116	広島県広島市佐伯区八幡3-16-13	082-928-2088	082-928-2268
司産業(株)	734-0013	広島県広島市南区出島2-13-49	082-255-2110	082-255-2142
(株)長崎塗装店	730-0031	広島県広島市中区紙屋町1-1-13	082-247-9365	082-247-7034
日塗(株)	721-0952	広島県福山市曙町1-10-10	084-954-7890	084-954-7896
宮本塗装工業(株)	730-0051	広島県広島市中区大手町1-4-28	082-248-1011	082-248-1765
●徳島県(1社)				
(株)シンコウ	772-0003	徳島県鳴門市撫養町南浜字東浜34-13	088-686-9225	088-686-0363

会社名	〒	住所	TEL	FAX
●香川県(1社)				
中橋産業(株)	762-0061	香川県坂出市坂出町北谷314	0877-46-1201	0877-44-4424

九州地区(1社)

●大分県(1社)

清末塗装(株)	870-0142	大分県大分市三川下3-2-20	097-558-5525	097-558-5098
---------	----------	-----------------	--------------	--------------

沖縄地区(3社)

●沖縄県(3社)

(株)沖縄神洋ペイント	903-0103	沖縄県中頭郡西原町字小那覇1293	098-945-5135	098-945-4962
(株)信化工	904-2201	沖縄県うるま市字昆布1198-1	098-972-2228	098-972-2229
(株)保村塗装店	901-2406	沖縄県中頭郡中城村字当間666	098-895-4767	098-895-2155

(以上94社)

賛助会員

会社名	〒	住所	TEL
旭硝子(株)化学品カンパニー	100-8405	東京都千代田区有楽町1-12-1 新有楽町ビル6F	03-3218-5040
関西ペイント販売(株)	144-0045	東京都大田区南六郷3-12-1	03-5711-8901
(株)島元商会	457-0075	愛知県名古屋市南区石元町3-28-1	052-821-3445
神東塗料(株)	661-8511	兵庫県尼崎市南塚口町6-10-73	06-6426-3355
大日本塗料(株)	554-0012	大阪府大阪市此花区西九条6-1-124	06-6466-6661
中国塗料(株)	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13F	03-3506-3951
(株)トウペ	592-8331	大阪府堺市西区築港新町1-5-11	072-243-6411
日本ペイント販売(株)	140-8677	東京都品川区南品川4-7-16	03-5479-3602

(以上8社)

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



営業本部

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>



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ナップした、
 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・・・
 未来へつなぐ



DAI NIPPON TORYO

●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) いろまい
 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	VトップHスマイル中塗/上塗
	(厚膜) VトップHBスマイル
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
	(厚膜) VフロンHBクリーンスマイル

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>

強く、美しく、そして 環境に優しい橋梁塗料。

弱溶剤形塗装システム

ニッペ ファインシステム

フッ素系

デュフロン100ファイン

デュフロン100ファイン中塗

ハイボン20ファイン

上塗り

中塗り

下塗り

ウレタン系

ハイボン50ファイン

ハイボン30ファイン中塗

ハイボン20ファイン



Basic & New
NIPPON PAINT

日本ペイント株式会社

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

お客さまセンター

☎03-3740-1120 ☎06-6455-9113

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
重防食用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>



公共工事等における新技術活用システム

NETIS
(ネティス)

橋梁塗装のコスト・工期・
環境負荷・省資源に寄与できる

NETIS登録塗料

登録番号: TH-090014-A

シリコン変性エポキシ中塗上塗兼用塗料

ユニテクト30SF

(独)土木研究所との共同研究成果での該当品

登録番号: TH-090015-A

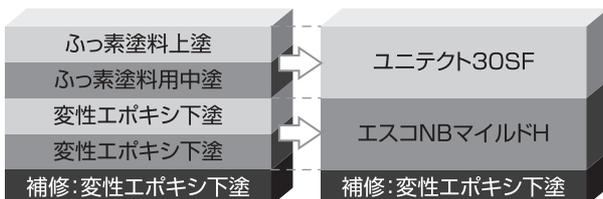
省工程厚膜形エポキシ下塗塗料

エスコNBマイルドH

従来技術である鋼道路橋塗装防食便覧の塗装系とNETIS登録塗料の塗装系の概要と効果

従来: 便覧 Rc-III塗装系

新規: NETIS登録塗装系



効果		削減率(%)	
		新設C-5対応 塗装系	塗替Rc-III対応 塗装系
コスト	塗装の材工費(円/m ²)	14	31
工期	塗装工程(工程)	20	40
環境負荷	VOC(g/m ²)	26	45
省資源	塗料使用量(g/m ²)	14	22



関西ペイント販売株式会社 防食塗料本部

ALESCO 〒144-0045 東京都大田区南六郷3丁目12番1号 TEL.(03)5711-8904 FAX.(03)5711-8934

関西ペイントホームページ
www.kansai.co.jp

AGC



常磐橋(21年目)



第一向山橋(20年目)



日光川橋(21年目)



神田川橋(21年目)

美しい橋梁、
ルミフロン20年
の実績。

輝きを失わず20年以上経過した橋梁。「ルミフロン」は長年に渡る実暴試験に支えられています。
経年変化の詳しいデータはホームページをご覧ください。URL⇒<http://www.lumiflon.com>

AGC化学品カンパニー

100-8405 東京都千代田区有楽町1-12-1 新有楽町ビル Tel 03-3218-5040 Fax 03-3218-7843
<http://www.lumiflon.com>



AGC Chemicals
Chemistry for a Blue Planet

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 URL <http://www.jasp.or.jp>

編集後記

梅雨が明けて本格的な夏とともに急激に猛暑が到来し全国で熱中症による被害が急増しています。特に建設現場においては熱中症による労働災害を防止するために注意を喚起するとともに熱中症予防として様々な対策を講じています。橋梁塗装現場でも作業員自身の暑さ対策だけでなく内面塗装の際にはスポットクーラーを使用したり設備面でも対応を行っています。そんな中「熱中症グッズ」として各社から数多くの商品が販売されています。

食塩、塩飴、梅干、飲料水、扇子等古典的な物から塩熱飴、スポーツドリンク、スポーツタオル、冷却スプレー、首に巻く冷却剤、ヘルメットの内側に被る冷却キャップ、瞬間冷却剤、WBGT「環境温度を総合的に評価する指標」を測定する熱中症指標計、涼風とミストを発生する微霧降温装置等。中には熱中グッズをまとめてバックに詰めて「熱中症応急キット」として販売されています。しかし熱中症予防の最大の予防策は、ひとりひとりが熱中症の危険を認識し不規則な生活習慣をせず十分な睡眠、休息とこまめな水分補給を行うことではないかと思います。二日酔いで30度を超える現場で無理な作業をすればどんな健康な人でも熱中症になる確立は高くなります。熱中症の症状を各自が先取りしひとりひとりが強い決意で熱中症対策をすることが一番の対策と考えます。

ご安全に！

社団法人日本橋梁・鋼構造物塗装技術協会

会長

鈴木 精一

副会長

加藤 敏行

顧問

松崎 彬磨

平岩 高夫

Structure Painting 編集委員会

編集幹事

加藤 敏行 (副会長)

編集委員 (五十音順)

田中 大介 (首都高速道路株式会社)

田中 誠 (元財団法人鉄道総合技術研究所)

津野 和男 (三井住友建設株式会社・工博)

林 昌弘 (本州四国連絡高速道路株式会社)

藤野 和雄 (株式会社高速道路総合技術研究所)

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136号)

平成22年9月20日 印刷

平成22年9月30日 発行

年2回発行／無断転載厳禁

発行責任者 鈴木 精一

非売品

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