

Structure Painting

Vol.35 No.1

橋梁・鋼構造物塗装

2007年3月

CONTENTS

page

●ご意見承ります

維持保全の重要性とその難しさ蟹澤 康人 1

●技術報告

静電スプレーを用いた塗替塗装の施工試験下西 勝 2
高耐久性ふっ素樹脂塗料（仮称）の開発小林 克己 6
海洋暴露試験20年の研究成果の概要守屋 進12
耐候性鋼材の塗装による補修に関する検討後藤 宏明22
後藤 正承
岩見 勉
斉藤 誠
藤城 正樹
守屋 進

●技術雑感

衣替え、首都高の場合は長谷川和夫30

●よもやま話

VIVA MEXICO！ ―メキシコひとり旅―堀内 経代32

●橋塗協だより

「平成19年度 1 級及び 2 級土木施工管理技術検定試験のお知らせ」36
「新技術展示説明会in北陸」36
揭示板37

 社団法人 日本橋梁・鋼構造物塗装技術協会

会 長 本山 蒔
顧 問 松崎 彬麿
鈴木 道雄
平岩 高夫

維持保全の重要性とその難しさ



株式会社ブリッジ・エンジニアリング
代表取締役社長 蟹澤 康人

当社は本州四国連絡橋の維持保全を一元的に行う事を主な目的として、昭和60年に設立されました。海峡部長大橋とその付属設備の点検管理、維持補修工事、改良工事及びこれらに関係する調査、設計、施工管理などが主な業務となっています。

筆者は長大橋の建設事業に長い間携わった後、当社に迎えられ、8年間にわたって維持保全業務に携わってまいりました。

そして近年、建設事業にも、勿論難しい点は多々あるものの、保全事業とはつくづく難しいものだと思うに至りました。

その1は、建設と維持保全に対する人の姿勢の違いであります。

建設事業は、目標が明解であり、完成時期も定められて始められるものであり、関係者の理解を得て結束を固める事は比較的容易で、一致団結して事に当たることが出来ます。

ところが、維持保全は中々こうは行きません。

結論から言えば、構造物に不具合が生じて、それが直ちに崩壊に至る事はまず考えられないため、補修業務は一般に先送りされる事がとても多いという事です。

そして、気がついた時（事故などにより問題が公になった場合）には、取り返しのつかない事もあり得ますし、「今まで何をやっていたんだ」と世の指弾を浴びる事にもなりかねません。

これは子供を育てるのに良く似ています。

良い子、良い子と甘やかしていても、幼児期には問題が生じないし、親としてもその方が楽ですが、気がついたら身体だけ大きい子供が出来上がっていて、大人として自分の足で立つ事も出来ないなどと言う事になりかねません。昨今のニートなど、この典型ではないでしょうか。

具体例としては、近年先進国の吊橋のケーブル腐食が進み、断線が日常的に起こり、大きな問題となっていますが、今、これを食い止めるのは大変難しいと思います。こうなる前、幼児期のしつけが問題なのです。このしつけに当たるものが、予防保全と言うものでありましょう。これは本四の吊橋では、ケーブル送気シ

ステムの開発、採用という形で生かされていますが、全体としてはこの考え方が徹底されているとは言えません。今後も橋のオーナーと、点検や保全工事の実施者である当社が十分協力しながら予防保全の全きを期していかなければと思います。

その2は、実際の現場における業務実施の難しさであります。

まず、構造物にアプローチ出来る所が、塔やアンカレイジなど極めて限られるため、現場への作業員や、資機材の搬出入は困難を極めます。作業員は一端現場へ入ると、休憩や昼食のために詰所に帰ることもままならないことになり、昼食やトイレの用意などもさる事ながら、この寒風の中で暖を取る事さえ出来ないのです。さらに道路・鉄道は供用中である事に加え、ほとんどの作業は高所作業であり、労働安全や、交通安全に関係者全員が神経をすり減らす事になります。

その3は、維持保全専門会社の経営の難しさであります。これはひとえに維持保全工事の価格の安さによるものであります。

従来、維持保全専門会社は比較的少なく、橋や道路については、建設会社がどちらかといえば従たる業務として行う事が多く、好調な建設部門により、維持補修工事の採算性の悪さが顕在化しなかった事も一因と思いますが、発注単価に先に述べた特有の難しさや、施工条件の悪さ、一件の規模が小さい事による能率の低下などが適切に反映されているとは、到底言えないと筆者は思います。

当社の場合でも、以前は好調なコンサルタント部門に支えられ、全体としては黒字を保ってまいりましたが、特に道路関係公団の民営化に伴う維持管理費の極端な切り下げにより、コンサルタント部門さえ採算割れとなりかねず、営業収支全体としては大幅な赤字となっています。

これでは自信と誇りを持って維持保全業務に当たる事は難しく、専門会社の健全な発展は望めないのではないかと考えます。

受注者として経済的な施工に努めることは当然の責務ですが、発注者にも一考を是非お願いしたいと思います。

静電スプレーを用いた塗替塗装の施工試験

下西 勝※

1 はじめに

塗替塗装の品質向上や施工の合理化などを目的として、静電（高塗着）スプレー工法の適用性について、試験施工を行って確認した。施工中、スプレーミストの飛散状況を調査したが、飛散はほとんど見られなかった。施工後、付着性状や外観、膜厚などを調査した結果、通常の刷毛による塗装と比べて遜色ない結果が得られ、有望な工法であると考えられた。

2 施工について

鋼構造物の維持管理において、疲労損傷対策と並んで重要な位置を占めるのが腐食対策である。鋼構造物の防食性能を一定以上の水準で維持していくことは、供用時の安全性確保に重要であり、また、損傷が仮に生じた場合の補修コストを考慮するならば、ライフサイクルコスト（LCC）の低減にも資するものである。鋼橋の防食性能の保持に関しては、いうまでもなく、技術開発による塗料の耐久性向上と、定期的に行う塗装塗替が大きな役割を果たしている。

道路橋に用いる塗料の耐久性向上については、平成18年2月に出版された「鋼道路橋塗装・防食便覧 平成17年12月（社）日本道路協会」において、ふっ素塗装が標準として採用されたが、首都高速では、それに先立つ平成17年1月より、新設鋼構造物に対して、ふっ素樹脂塗料による全工場塗装を標準とした。ふっ素樹脂塗料の耐久性は40年以上ともいわれており、鋼構造物のLCCの低減に寄与するものと期待している。しかし、既設構造物のフタル酸系や塩化ゴム系、ポリウレタン樹脂系の塗装については、今後も、塗替えていく必要がある。塗替塗装の耐久性においては、新規に塗替えの塗膜だけでなく、その下地となる旧塗膜の状況が大きく影響するため、上塗りにふっ素樹脂塗料を適

用しても、その性能を十分に活かさない懸念があり、比較的高価なふっ素樹脂塗料を無条件に適用することには疑問もあるためである。「鋼道路橋塗装・防食便覧」においては、「素地調整程度1種が出来ない場合には、素地調整程度3種による塗替えを行ってもよい。ただし、この場合は素地調整程度1種の塗り替えに比べて塗膜の耐久性は大幅に劣る」と記述されており、都市内という条件からブラスト処理による素地調整が困難な首都高速では、塗替にはポリウレタン樹脂塗料を標準に用いている。これに関しては、はく離剤性能向上など今後の技術開発に期待しているところである。

塗替塗装については、一般に、刷毛を用いた施工のため、工場でのスプレー塗装と比べると、施工効率が良くないという問題がある。また、品質についても、塗装工の技量や施工箇所、環境などにより、ムラなどが生じることもある。したがって、塗替現場にスプレーによる施工を適用すれば、施工効率や品質の向上が期待できることになる。しかし、都市内の高架橋の塗替工事には、スプレーミストの飛散が懸念されるため、スプレー塗装の適用が困難であった。この、塗料飛沫の足場外への飛散対策として、（社）日本橋梁・鋼構造物塗装技術協会や名古屋高速道路公社の技術者の方々のご尽力で開発されたのが高塗着スプレーである。原理は静電気による吸着というものであるが、詳細は本誌に既に報告されているので省略する。飛散が少ないという特徴から、この工法は現場への適用可能性が高いと思われるが、これまで、関東では施工実績もなく、首都高速の環境に適用できるかどうか、わからない部分があった。このため、今回、試験施工を行い、施工性等を確認することにした。

3 試験施工概要

試験施工を行ったのは、首都高速湾岸線の鋼桁部で

※首都高速道路株式会社 設計技術グループ

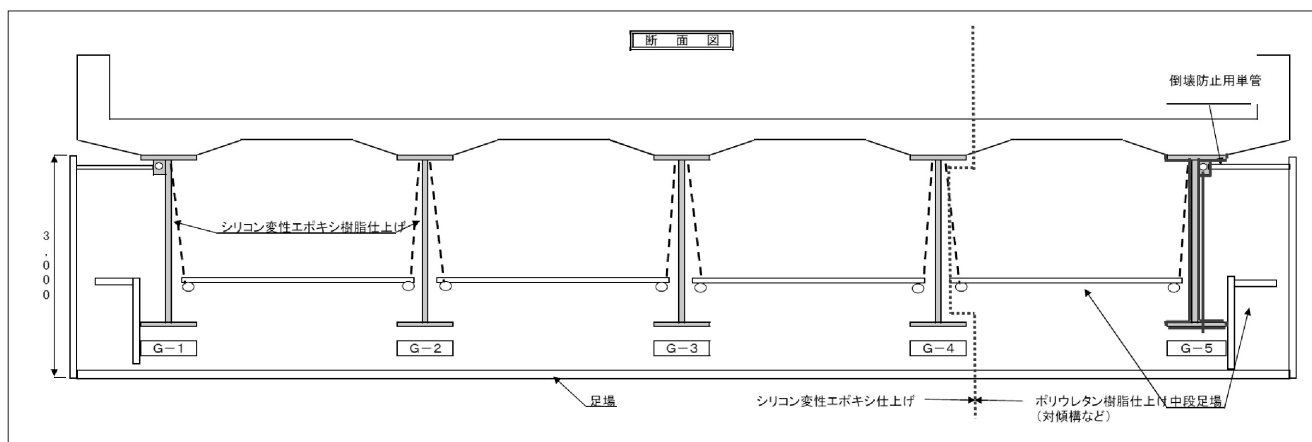


図-1 塗装の塗り分け範囲

ある。万が一、塗料の飛散が生じても問題が生じないように、高所を避け、直近に人家がない環境の橋梁を選定した。また、今回は試験施工であるため、通常の塗替えとは異なる、約1/3区間（約330m²）の塗替範囲にとどめた。

試験施工に用いる塗料は、これまで、高塗着スプレー工法では施工実績のない弱溶剤形厚膜形シリコン変性エポキシ樹脂中上兼用塗料とした。この塗料は、塗装後にシリコン樹脂系の成分が表面に集まってきて、下層に配向するエポキシ樹脂系成分を保護するというもので、中塗りが省略できるため塗装工程を少なくでき、VOCも少ないことから環境にも優しく、ポリウレタン樹脂塗料と同等以上の耐候性をもつことが「鋼道路橋塗装・防食便覧」に記載されている。しかし、開発されて日が浅いことから高塗着スプレーによる施工実績がないため、適用可能かどうか、今回、確認することにした。また、首都高速では桁端部の下塗りに超厚膜形エポキシ樹脂塗料を標準に用いているが、この塗料は比較的粘性が高いため、高塗着スプレー施工の適用性を確認しておく必要があると考えた。

なお、今回は首都高速においては初めての高塗着スプレーの適用であり、前述のように、高塗着スプレーによる弱溶剤形厚膜形シリコン変性エポキシ樹脂中上兼用塗料の施工も初めてである。したがって、仮に不具合などが生じたとしても、原因の切り分けが困難であることが予想された。このため、既に他機関において高塗着スプレーによる施工実績のある、弱溶剤形ポリウレタン樹脂塗料を、1/4程度、施工することにした。こうすることで、万が一、問題が生じた場合に、塗料の不適合によるものか、それ以外によるものか、2種類の塗料の施工結果を比較することで判別が容易

表-1 試験施工の塗装構成

塗料	使用量 g/m ²	目標膜厚 μm
「素地調整」(2種：主桁，3種A：対傾構，下横構)	-	-
変性エポキシ樹脂塗料下塗	-	-
変性エポキシ樹脂塗料下塗	270	60
変性エポキシ樹脂塗料下塗	270	60
シリコン変性エポキシ樹脂塗料	210	55
「素地調整」(2種：主桁，3種A：対傾構，下横構)	-	-
変性エポキシ樹脂塗料下塗	-	-
変性エポキシ樹脂塗料下塗	270	60
超厚膜型エポキシ樹脂塗料下塗	600	150
超厚膜型エポキシ樹脂塗料下塗	600	150
シリコン変性エポキシ樹脂塗料	210	55
「素地調整」(2種：主桁，3種A：対傾構，下横構)	-	-
変性エポキシ樹脂塗料下塗	-	-
変性エポキシ樹脂塗料下塗	270	60
変性エポキシ樹脂塗料下塗	270	60
ポリウレタン樹脂塗料中塗	160	30
ポリウレタン樹脂塗料上塗	130	25
「素地調整」(2種：主桁，3種A：対傾構，下横構)	-	-
変性エポキシ樹脂塗料下塗	-	-
変性エポキシ樹脂塗料下塗	270	60
超厚膜型エポキシ樹脂塗料下塗	600	150
超厚膜型エポキシ樹脂塗料下塗	600	150
ポリウレタン樹脂塗料中塗	160	30
ポリウレタン樹脂塗料上塗	130	25

になるとの判断である。

塗料の塗り分け範囲は図-1のとおりで、試験施工に用いた塗装の詳細は表-1のとおりである。また、試験

施工での確認項目は下記のとおりである。

(1) 塗装の膜厚（ウェットとドライ）

施工時及び施工後、必要な膜厚を確保できているかどうかの確認。

(2) 仕上り（ムラ、タレなど）

厚膜塗装の適用部や、狹隘部などの施工困難箇所について、目視により確認。

(3) 飛散の状況

吸着ネット外への飛散の状況。目視及び一定間隔で設置した飛沫採取用台紙により確認。

(4) 施工効率

機器設備や準備時間、施工時間などを計測調査。

(5) 塗膜の付着力

施工後、基盤目試験及び引張付着試験により確認。それぞれ、厚膜形シリコン変性エポキシ樹脂塗料部は9箇所、ポリウレタン樹脂塗料部は7箇所、合計16箇所で測定を行った。

4 既設塗装の状況

施工前に当該箇所の現場調査を行ったところ、既存の塗膜は塩化ゴム系塗装（B塗装系）であったが、塗膜の部分剥離が生じている箇所のあることが確認された。構造物に発錆は見られなかったが、通常の塗膜劣化に加えて、中塗りと下塗りの間で、塗膜が付着性能を失っているように見受けられた。塩化ゴム塗装のこれまでの塗替えでは、塗替塗装の溶剤が旧塗膜を再溶解させた事例もあると聞いが、今回の施工対象箇所はしゅん功時のままで塗替えられていないため、強溶剤形塗料が弱溶剤形の旧塗装を侵食する現象ではないと考えられた。顕微鏡による分析など、詳細調査を行った結果、金属石鹸の生成現象による剥離と判明した。これは、ジンクリッチプライマーの亜鉛と、塩化ゴム塗料に含まれるアルキド樹脂成分とが経年により反応し、金属石鹸が生成されて塗膜間の付着力が低下し、剥離が生じる現象とされている。

この場合、通常の塗替えのような、素地調整により既設塗装の死膜部を10～30％程度落として残った活膜上へ新たな塗装を塗り重ねていくという対応では、十分な耐久性が確保できない可能性が高い。このため、全面に2種相当の素地調整を行い、既設の塩化ゴム塗料をほぼ除去した後に、高塗着スプレー工法により塗装を行うこととした。

表-2 膜厚測定結果

		ポリウレタン樹脂塗料		シリコン変性エポキシ樹脂	
		通常部	桁端部	通常部	桁端部
下塗	目標膜厚	120	360	120	360
	平均値	130	370	130	367
	最低値	123	364	124	360
上塗	目標膜厚	55	55	55	55
	平均値	61	62	63	63
	最低値	56	58	57	58

5 試験施工

試験施工は平成17年の9月から10月にかけて行った。首都高速では初めての施工であり、事前調整や既設塗装の素地調整に当初想定よりも日時を要し、現場着手に少し遅れが生じたが、それ以降は、天候にも恵まれ、ほぼスケジュールどおりに施工を完了できた。

(1) 塗装の膜厚と管理

施工時は、通常通り、ウェット膜厚を測定して管理し、不足している場合は再度スプレー施工を行った。乾燥後に膜厚を測定した結果、ほぼ目標以上の膜厚が確保できていることが確認できた（表-2）。

(2) 仕上り

目視による確認では、ムラなどはほとんど見られなかった。特に、桁端部や支承部の下塗りに用いた超厚膜型ポリウレタン樹脂塗料は粘度の高い塗料であるが、スプレー施工の結果は滑らかで均一な仕上がりとなっていた。ただし、若干ではあるが、許容範囲内に収まるレベルのゆず肌の箇所も見られた。

(3) 飛散の状況

施工時には、現場周囲には吸着用ネットを設置していたが、目視では、ネットを越えての飛散は見られなかった。また、吸着用ネットの外側には、一定間隔で紙を貼付した板を設置し、飛沫塗料の付着の有無を確認、測定したが、同じく、飛沫は採取されなかった。

(4) 施工効率

施工効率を調査したが、施工面積が少なかったために、意味のある結果は得られなかった。機械を設置した後、塗装に着手した時点から仕上がりまでの速度を見る限り、通常の刷毛による塗替効率を確実に上回っていた。



写真-1 施工15ヶ月後の状況



写真-2 施工15ヶ月後の状況（桁端部）



写真-3 施工15ヶ月後の状況（支承近傍）

（5）塗膜の付着力

施工後、2週間が経過した時点で、付着力の調査を行った。試験方法は砦盤目試験及び引張付着試験である。結果は、砦盤目試験は全て3点、引張付着試験も2.5MPa以上と非常に良好であり、刷毛による通常の塗替塗装と同等以上の結果であった。ただしこれは、高塗着スプレーの施工品質のよさに加えて、施工前に、既設の塩化ゴム塗装を丁寧に素地調整して落としたことによる影響も大きいと考えられる。

6 おわりに

今回の試験施工により、高塗着スプレーの飛散低減効果については、都市内での塗替工事に適用しても、ほぼ問題ないレベルであることが確認できたと考えている。また今回の試験施工の主目的である超厚膜型ポリウレタン樹脂塗料と厚膜形シリコン変性エポキシ樹脂中上兼用塗料への高塗着スプレー工法の適用についても、ポリウレタン樹脂塗料と比較した範囲では、問題は見られなかった。

首都高速ではこれまでも、塗装塗替に要するコストの合理的な削減を図るための検討を行ってきた。高塗着スプレーによる塗替工法の普及により、さらなるコストの合理化と、施工品質の向上が可能になると考えられる。

なお、重防食塗装で重要な長期間の耐久性は、検証に時間を要するため、今回の試験施工では確認できていない。施工後約15ヶ月経過した現在では、何ら異常は見られず、良好な状態を保っている（写真-1～3）が、今後、追跡調査を行い、データ等を蓄積して検証していきたいと考えている。

最後になりましたが、高塗着スプレー工法の開発に携われ、今回の試験施工にもご協力いただいた、社団法人日本橋梁・鋼構造物塗装技術協会の片脇清士理事をはじめとする多くの方々、また、厳しい工程での試験施工にご協力いただいた株式会社鈴木塗装工務店の田部進氏、塗料の選定をはじめ数々の有用なアドバイスをいただいた関西ペイント販売株式会社の中野正氏に感謝いたします。

高耐久性ふっ素樹脂塗料（仮称）の開発

小林 克己[※]

1 まえがき

ふっ素樹脂塗料は、ウレタン樹脂塗料に比べ劣化しにくいことから、明石海峡大橋以降の海峡部橋梁に採用され、また当社にける塗替塗装仕様にも採用されている。

しかし、孫崎高架橋において昭和63年に実施した主桁試験塗装の11年経過後におけるポリウレタン樹脂塗料（上塗）とふっ素樹脂塗料（上塗）の光沢度保持率を調査した結果、ポリウレタン樹脂塗料と同程度低下していることが認められた。（図-1）

このふっ素樹脂塗料は、色調が無彩色のライトグレー（マンセル記号 N7.5）であり、白色の酸化チタン顔料を基本とする上塗り用白塗料をベースとしている。なお、使用している酸化チタン顔料は光化学活性を抑えるため表面処理をした顔料を使用している。

しかしながら、適正と判断された酸化チタン顔料においてもなお光化学活性を抑えきれず、塗膜劣化を促進してしまっていることが推測された。

ふっ素樹脂塗料は、ポリウレタン樹脂塗料に比べ長期耐候性に優れていることから採用したが、使用している顔料（酸化チタン顔料）に起因して劣化が促進されるとなれば、今後の塗替えサイクルにも影響することから、現行の塗色（マンセル記号 N7.5）を前提として、現行ふっ素樹脂上塗塗料よりも長期耐久性が期待できる高耐久性ふっ素樹脂塗料（仮称）（以下、「新規塗料」という。）を塗料メーカーに求めた。

本報告は、平成13年度から平成17年度にかけて塗料メーカー4社から提案のあった新規塗料の試供品と、すでに商品化されていた常温硬化型4フッ化樹脂ふっ素樹脂塗料（上塗り）について、室内耐候性試験を実施してそれぞれの耐候（光）性を確認したのでその結果を報告するものである。

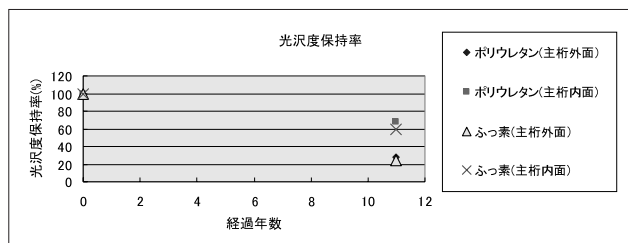


図-1 孫崎高架橋光沢度保持率の変化

2 高耐久性ふっ素樹脂塗料（仮称）の概要

塗料メーカーより提案のあった新規塗料の概要を表-1に示す。

なお、比較のため現行ふっ素樹脂塗料についても試験を行った。（表-2）

3 促進耐候性試験

3.1 紫外線蛍光ランプ促進耐候性試験

平成13年度に提案された新規塗料及び現行ふっ素樹脂塗料を対象に促進耐候性試験を実施した。

促進耐候性試験は、劣化促進率の観点から、JIS K 5600-7-8（塗料一般 促進耐候性 紫外線蛍光ランプ法）により実施した。なお、試験は当初3,000時間実施したが、塗料間の差異が明確に得られなかったので、さらに3,000時間追加し、合計6,000時間実施した。

3.1.1 光沢度の経時変化

試験開始から3,000時間までの光沢度変化を図-2に、試験再開時から6,000時間までの光沢度変化を図-3に示す。

6,000時間まで促進耐候性試験を実施したが、新規塗料及び現行ふっ素樹脂塗料の光沢度変化は同じ傾向を示し、新規塗料の有意差は確認できなかった。

この理由として、以下のことが推測される。

表-1 H13年度提案新規塗料

塗料記号	上塗り塗料の特徴	
4FN	4フッ化樹脂ふっ素樹脂塗料	A社
FN	チタン白顔料の高密度表面処理	
FK	硬化系の種類変更	B社
FD	紫外線吸収剤添加	C社

注）FK、FDのチタン顔料は現行ふっ素塗料に使用されているチタン顔料である。FNで行っているようなチタン顔料の高密度表面処理は行っていない。（4FNは、FNと同じチタン顔料を使用）

表-2 現行ふっ素樹脂塗料

塗料記号	上塗り塗料の特徴	
FNR	現行ふっ素樹脂塗料 (HBS K 5625)	A社
FKR		B社
FDR		C社

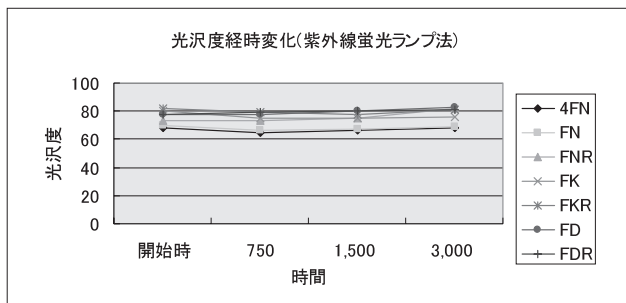


図-2 3,000時間までの光沢度の変化

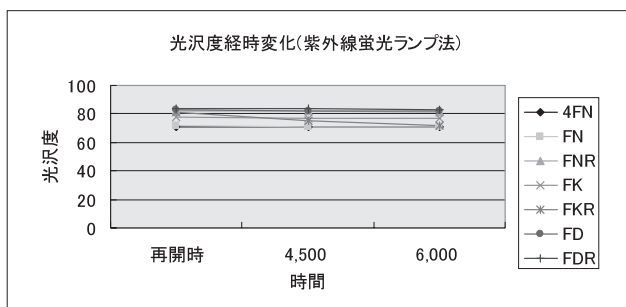


図-3 6,000時間までの光沢度の変化

- ① ふっ素樹脂塗料は、紫外線などによる樹脂結合分解が生じ難く、6,000時間程度の試験時間では劣化の兆候を掴むことが難しい。
- ② 光沢度は、塗膜表面の平滑性又は劣化による表面荒れに基づく光反射特性を測定するものであり、塗料表面の劣化進行が小さく塗膜表面の平滑性の低下が少ない場合は塗料種類間の差異が明確になり難い。

3.1.2 走査型電子顕微鏡による塗膜表面及び塗膜断面観察

紫外線蛍光ランプ促進耐候試験の積算時間6,000時間後の走査型電子顕微鏡による塗膜表面観察結果は、新規塗料（4FN、FN、FK、FD）4種とも塗膜表層クリアー層下顔料の露出は見られなかった。

また、現行ふっ素樹脂塗料3種（FNR、FDR、FKR）についても塗膜表層クリアー層下顔料の露出は見られなかったが、クリアー層の劣化状態が新規塗料に比べやや進行しているように見受けられた。

なお、塗膜断面の塗膜消耗観察結果は、どの塗料も塗膜消耗の兆候は見られなかった。

3.1.3 紫外線蛍光ランプ促進耐候試験のまとめ

種々の耐候性試験の中でアメリカでも多用されている紫外線蛍光ランプ法で、平成14年度～平成15年度にかけて、新規塗料と現行ふっ素樹脂塗料を比較したが、積算時間6,000時間においてもいずれの塗料も初期値と同程度の光沢度を保持しており各塗料間の有意差は確認できなかった。また、走査型電子顕微鏡にて6,000倍まで拡大して表面観察したが、顔料の脱落、われ等は生じていなかった。

このため、紫外線蛍光ランプ法に比べ、紫外線量の多いメタルハイドランプ法を用いて促進耐候試験を実施することとした。

表-3 各種試験機の促進倍率

試験機名	促進倍率
屋外暴露試験	1
サンシャインウェザーメータ(SWM)	8.3
キセノン	6.3
キセノン(強エネルギータイプ)	20
メタルハライド	100
紫外線蛍光管	3.1

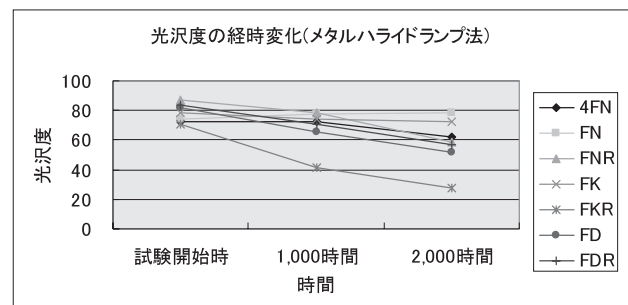


図-4 光沢度の経時変化

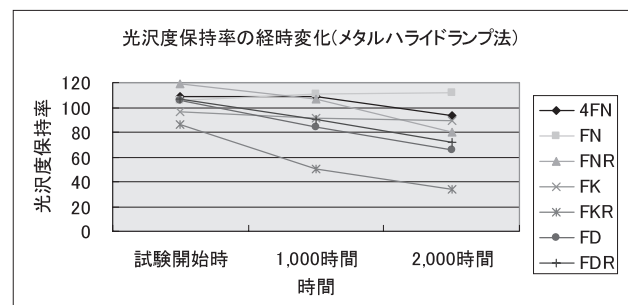


図-5 光沢度保持率の経時変化

3.2 メタルハイドランプ促進耐候性試験

3.2.1 メタルハイドランプ法の概要

光源に放電灯の一種であるメタルハイドランプが使用されており、屋外暴露試験と比較して約100倍の促進倍率があるといわれている。各種試験機の促進倍率を表-3に示す。¹⁾

3.2.2 試験方法

試験は平成14年度から紫外線蛍光ランプ法による促進耐候性試験により6,000時間試験した塗膜試験体を使用した。試験時間は、紫外線蛍光ランプ法により6,000時間が終了していることを踏まえ、2,000時間とし1,000時間ごとに光沢度及び表面観察を行った。

また、2,000時間終了後に断面観察を行い、塗膜の消耗の有無を観察した。

3.2.3 光沢度の経時変化

光沢度及び光沢度保持率の経時変化を図-4、図-5に示す。

紫外線蛍光ランプ促進試験開始時の光沢度を基本として、光沢度保持率をみると、現行のふっ素樹脂塗料は、すべて光沢度保持率の低下が見られた。(FNR, FKR, FDR)

また、新規塗料の中でも1塗料（FD）の光沢度低下

が見られた。

3.2.4 走査型電子顕微鏡による塗膜表面及び塗膜断面観察

走査型電子顕微鏡による各塗料のメタルハライドランプ促進耐候性試験2,000時間後の表面状況（6,000倍）を写真-1～写真-7に示す。

メタルハライドランプ促進耐候性試験時間が、1,000時間、2,000時間と進むにつれて、顔料周辺の樹脂の損傷度合いに塗料による差が現れてきた。表面観察の状況を表-4に示す。

また、塗膜断面の塗膜消耗観察結果は、どの塗料も写真-8のように塗膜消耗の兆候は見られなかった。

3.2.5 メタルハライドランプ促進耐候性試験のまとめ

1) 新規塗料

① 光沢度保持率

FDの光沢度保持率が、70％程度に低下している。（紫外線吸収剤の効果は見られない）

他の新規塗料（4FN, FN, FK）については、光沢度保持率が80％程度以上あり、顕著な低下は生じていない。

② 表面観察結果

FDに顔料周辺の劣化が見られる。4FNの試験体に

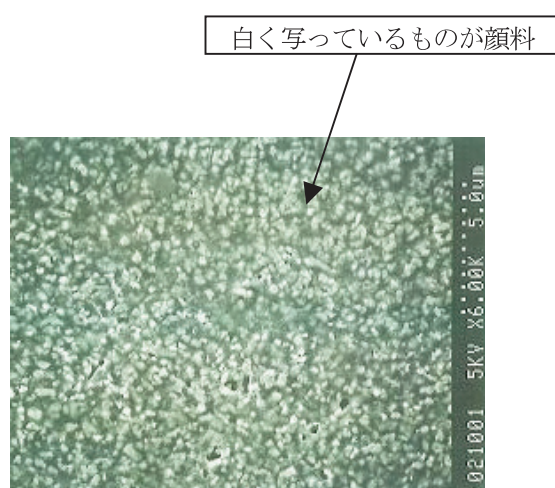


写真-1（4FN 2,000時間後 6,000倍）



写真-2（FN 2,000時間後 6,000倍）



写真-3（FK 2,000時間後 6,000倍）



写真-4（FD 2,000時間後 6,000倍）



写真-5（FNR 2,000時間後 6,000倍）



写真-6（FKR 2,000時間後 6,000倍）



写真-7（FDR 2,000時間後 6,000倍）

表-4 表面観察状況

塗料記号	表面観察状況
4FN	1,000時間で表面劣化が少し進んでいるようであるが、2,000時間ではその速度が小さくなっている。顔料の浮きが見られる。
FN	4FNに比べ樹脂の劣化度合いは小さい。
FK	結合方式が違うためか、他の塗膜と違った表面を見せる。2,000時間で顔料周辺の樹脂が劣化している様子が伺える。顔料粒子の浮きは見られない。
FD	1,000時間から2,000時間の間で樹脂の劣化が進んだ様子が伺える。顔料周辺に劣化による穴が生じている。
FNR	樹脂の劣化度合いは大きい。顔料粒子の浮きが生じている。
FKR	樹脂の劣化度合いは最も大きい。顔料粒子の浮きが顕著である。表面樹脂層が少なくなっている。
FDR	樹脂の劣化度合いは大きい。顔料周辺に劣化による穴が生じている。

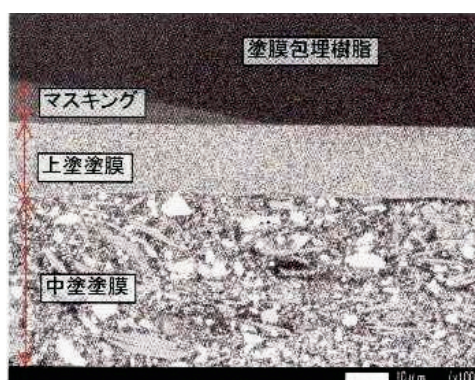


写真-8 塗膜断面 (FN 1,000倍)

顔料の浮き認められる。

2) 現行ふっ素樹脂塗料

① 光沢度保持率

FKRの光沢度保持率が約30%に低下している。また、他の塗料（FNR、FDR）についても、70%～80%程度に低下している。

② 表面観察結果

FNR、FKRに顔料粒子の浮きが生じている。FDRに顔料周辺に劣化による穴が生じている。

3) まとめ

新規塗料について、紫外線蛍光ランプ法6,000時間＋メタルハライドランプ法2,000時間の促進耐候性試験を実施した結果、FD（紫外線吸収剤添加）については、他の新規塗料に比べ光沢度保持率の低下が大きく、紫外線吸収剤添加の効果が見られなかった。その他の新規塗料については、これまでの試験からは優劣を付けることは出来なかった。

このため、塗料やメーカーによる有意差を明確にするため、さらにメタルハライドランプ法による促進耐候性試験2,000時間を追加することとした。

また、平成17年度には、平成13年度に提案された新

表-5 H17年度提案新規塗料

塗料記号	上塗り塗料の特徴	
FN-2	FNの樹脂を変更	A社
FK-2	FKのチタン顔料高密度表面処理	B社
FD-2	FDのチタン顔料高密度表面処理	C社
FS-2	外国製チタン顔料高密度表面処理	D社
UN	現行ポリウレタン樹脂塗料	A社

規塗料のこれまでの試験結果から、硬化系の種類変更及びチタン顔料高密度表面処理が耐候性向上に効果があることが判明したことから、塗料メーカーからさらに一部を改良した新たな新規塗料が提案された。(表-5)

このため、この新規塗料についてもメタルハライドランプ促進耐候性試験2,000時間を実施することとした。また参考に、現行ポリウレタン樹脂塗料についても比較のため実施した。

3.3 メタルハライドランプ促進耐候性試験（追加）

紫外線蛍光ランプ法6,000時間＋メタルハライドランプ法2,000時間の供試体を用いて、さらにメタルハライドランプ法2,000時間（合計4,000時間）の促進耐候性試験を実施した。

また、新たに提案された新規塗料（FN-2、KF-2、FD-2、FS-2）及び現行ポリウレタン樹脂塗料（UN）についても、メタルハライドランプ法による2,000時間促進耐候性試験を実施した。

3.3.1 光沢度の経時変化

メタルハライドランプ試験開始時の光沢度を基準にして、H13年度提案塗料の光沢度保持率を図-6に、H17年度提案塗料の光沢度保持率を図-7に示す。

平成13年度提案塗料のうち、FN、FKについては3,000時間においても光沢度保持率80%を確保している。

平成17年度提案塗料のうち、FK-2については著しく光沢度保持率が低下した。

また、FN-2についても改良の効果は見られなかった。

3.3.2 走査型電子顕微鏡による塗膜表面及び塗膜断面観察

走査型電子顕微鏡による平成13年度提案新規塗料及び現行ふっ素塗料のメタルハライドランプ促進耐候性試験4,000時間後の表面状況を写真-9～写真-15に示す。

また、平成17年度提案新規塗料及び現行ポリウレタン樹脂塗料のメタルハライドランプ促進耐候性試験2,000時間後の表面状況を写真-16～写真-20に示す。

走査型電子顕微鏡による表面観察結果は、

① 概ね、顔料の露出程度、脱落等と光沢度は対応している。

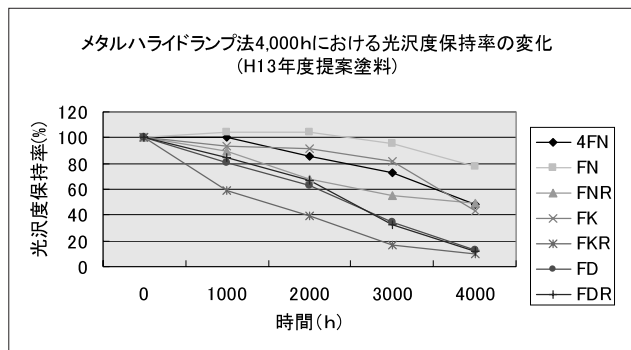


図-6 光沢度保持率の変化（H13年度提案塗料）

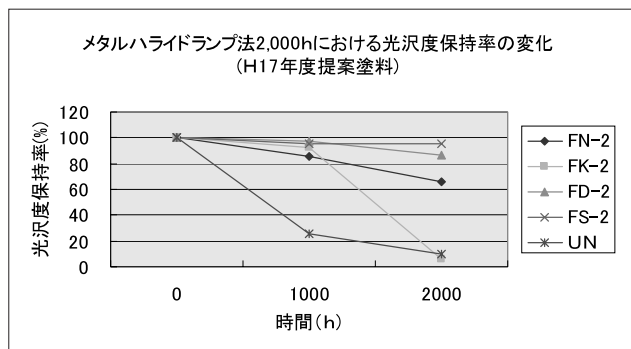


図-7 光沢度保持率の変化（H17年度提案塗料）

② 高い光沢度保持率を示したFS-2については、メタルハライドランプ促進耐候性試験2,000時間後であっても顔料の露出が生じていない。

③ メタルハライドランプ促進耐候性試験1,000時間後では高い光沢度保持率を示し、2,000時間後では著しく光沢度保持率が低下したFK-2は、表面層のクリアー部分のフィルム状の剥離が観察された。

なお、塗膜断面観察結果については、写真-21のようにどの塗料についても未だ明確な塗膜消耗は起こっていなかった。

3.3.3 メタルハライド促進耐候性試験（追加）結果のまとめ

平成13年度に提案された新規塗料のうち、チタン顔料の高密度表面処理（FN）に効果があることが判明した。また、適切な成膜での硬化系の種類変更（FK）に、現行品（FKR）と比べて大きく耐候性向上に効果があることが判明した。

この結果を受けて、各塗料メーカーにおいて最良と思われるチタン顔料に変更し、またFNに関しては、樹脂の変更を行いメタルハライド促進耐候性試験2,000時間を行った。

この結果、

① FK-2では、チタン顔料変更の効果はなく、不適切なチタン顔料であったか、硬化系の収縮などで塗膜が破れ、安定した性能を示さなかった。

② FN-2の樹脂変更の効果はなく、かえって低下した。

③ FD-2、FS-2についてはチタン顔料変更の効果が明確に現れた。

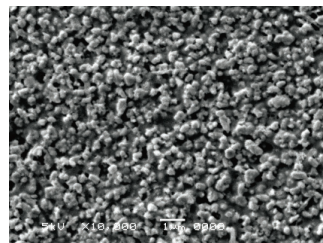


写真-9（4FN 4,000時間後 10,000倍）

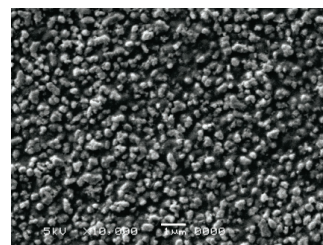


写真-10（FN 4,000時間後 10,000倍）

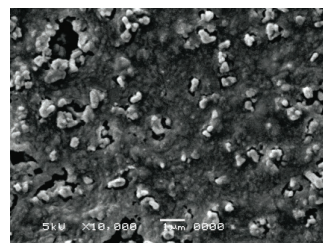


写真-11（FK 4,000時間後 10,000倍）

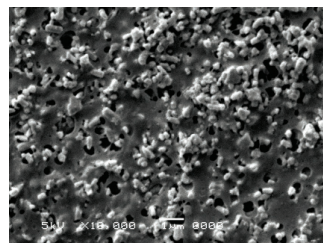


写真-12（FD 4,000時間後 10,000倍）

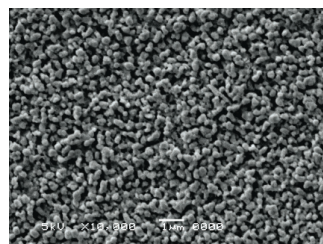


写真-13（FNR 4,000時間後 10,000倍）

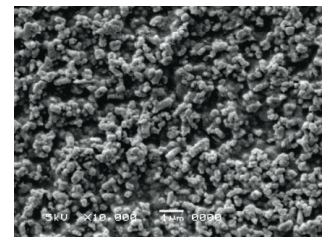


写真-14（FKR 4,000時間後 10,000倍）

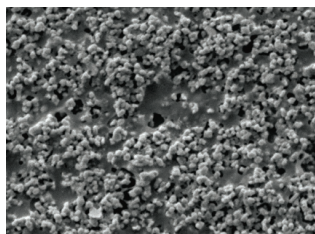


写真-15 (FDR 4,000時間後 10,000倍)

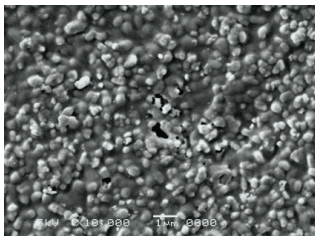


写真-16 (FN-2 2,000時間後 10,000倍)

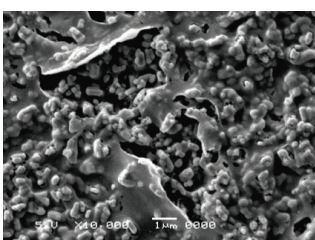


写真-17 (FK-2 2,000時間後 10,000倍)

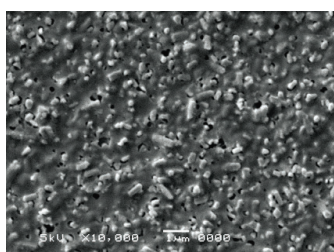


写真-18 (FD-2 2,000時間後 10,000倍)

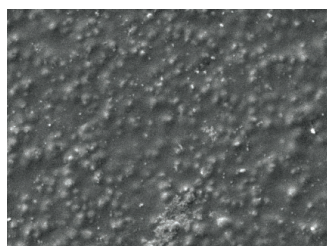


写真-19 (FS-2 2,000時間後 10,000倍)

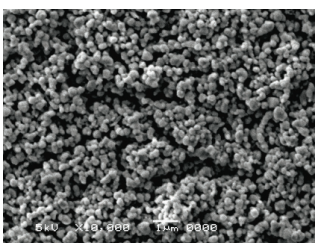


写真-20 (UN 2,000時間後 10,000倍)

これらの結果から、高耐久性ふっ素樹脂塗料（仮称）として、FN（チタン白顔料 高密度表面処理）、FK（硬化系変更・硬化の安定化含む）、FD-2（紫外線吸収

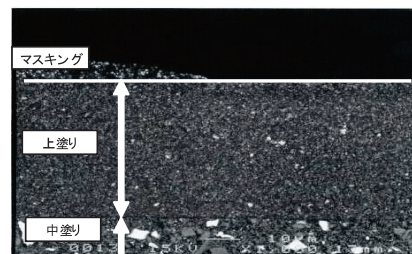


写真-21 塗膜断面 (FK 4,000時間後 1,000倍)

剤添加+チタン白顔料 高密度表面処理)、FS-2（外国製チタン白顔料 高密度表面処理）に期待が持てることがわかった。

4 今後の方針

メタルハライド促進耐候性試験において、FN（チタン白顔料 高密度表面処理）、FK（硬化系変更・硬化の安定化を含む）、FD-2（紫外線吸収剤添加+チタン白顔料 高密度表面処理）、FS-2（外国製チタン白顔料 高密度表面処理）の4銘柄について高耐候性に期待が持てる結果となったことから、平成18年度に瀬戸大橋において行った実橋試験塗装（補剛桁各銘柄1パネル）及び、宮古島及び大鳴門橋暴露試験場における暴露試験結果を踏まえ、「高耐久性ふっ素樹脂塗料（仮称）」の塗料規格を制定し当社における海峡部長大橋梁の塗替塗装仕様（上塗り）の材料規格を変更する予定である。

5 あとがき

2001年から2005年の間において、塗料メーカーから提案されたふっ素樹脂塗料（試供品）を用いて室内促進耐候性試験によりその耐候（光）性についてとりまとめた。

上塗りに使用しているふっ素樹脂塗料の長寿命化（耐候性の向上）は、海峡部長大橋梁の塗替塗装におけるライフサイクルコストの削減を図る上で、重要な課題である。

今回の室内促進耐候性試験により好成績を収めた4銘柄の塗料については、最終的に屋外暴露試験の結果を踏まえてコストパフォーマンスに優れた高耐久性ふっ素樹脂塗料（仮称）として市販されることを望むものである。

最後に、塗料の開発にご協力頂いた関係各位に深く謝意を表します。

参考文献

- 1) 日本塗料工業会：各種耐候性試験機の調査研究2003.4

海洋暴露試験 20 年の研究成果の概要

守屋 進※

はじめに

独立行政法人土木研究所と独立行政法人港湾空港技術研究所は、土木研究所が駿河湾大井川沖で、港湾空港技術研究所が茨城県波崎で、それぞれが行っている防食技術の海洋暴露試験が20年を経過したことから、その研究成果の合同報告会を、平成18年7月6日東京（浜離宮朝日ホール）で、平成18年7月20日大坂（YMCA国際文化センター）で開催しました。

ここでは、合同成果報告会の紹介と土木研究所が実施した駿河湾海上暴露試験結果の概要を報告します。

1 合同成果報告会

土木研究所と港湾空港技術研究所の駿河湾と波崎における防食技術の海上暴露試験は、異なる環境、条件および研究テーマに基づいて個別に実施してきたものですが、海洋暴露試験が20年を迎えたことから、そこで得られた貴重なデータや知見を広く普及することを目的として合同成果報告会を開催しました。土木研究所、港湾空港技術研究所が報告した事項は以下の通りです。

土木研究所（駿河湾関係）は、以下の4つの報告を行いました。

- ① 駿河湾暴露試験の概要紹介
- ② 飛沫部・干満部・海中部の鋼材防食
- ③ 飛沫部のコンクリート防食
- ④ 海上大気部の塗装と海中部の電気防食

港湾空港技術研究所（波崎関係）は、以下の7つの報告を行いました。

- ① 波崎暴露試験の概要紹介
- ② 「港空研資料」20年の総括報告
- ③ ポリエチレンライニング工法の耐久性と補修法
- ④ 塗装工法の劣化評価手法の試み
- ⑤ ペโตรラタムライニング工法のカバー材の改良
- ⑥ デジタルカメラによる外観観察調査法
- ⑦ 波浪海域の電気防食・電着工法の現地試験

東京会場では、港湾空港技術研究所小和田理事長の開会の挨拶で始まり、波崎関係の報告がされ、そのあと駿河湾関係の報告がされました。最後に、閉会の挨拶を土木研究所の池田理事が行いました。

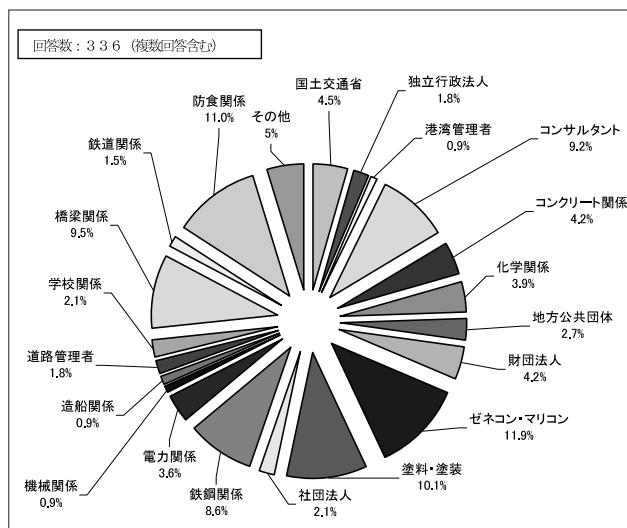


図-1 合同報告会の参加者の職業と専門分野

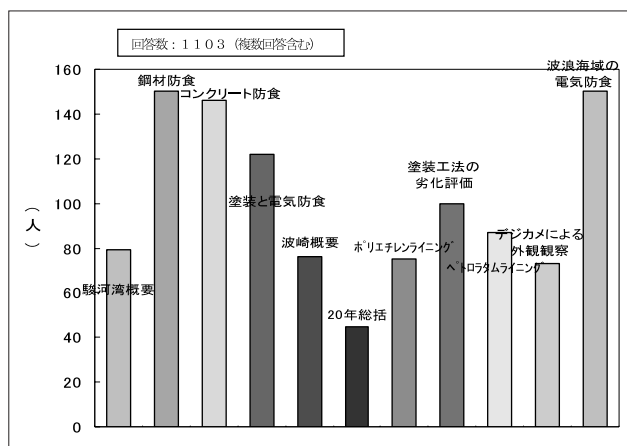


図-2 参加者の興味を持った報告

大阪会場では、土木研究所坂本理事長の開会の挨拶で始まり、駿河湾関係の報告がされ、そのあと波崎関係の報告がされました。最後に、閉会の挨拶を港湾空港技術研究所の細川理事が行いました。

参加者は、東京、大阪併せて553名と大盛況でした。特に、大阪は、大雨にもかかわらず多数の参加者が来場されました。

アンケート調査（回収率はほぼ55%）の結果、図-1に示すように参加者の職業や専門分野は幅広く、年齢は30代、40代、50代で86%を占めていました。また、参加者の興味のある報告としては、図-2に示すよう

に土木研究所の鋼材腐食、コンクリート防食と港湾空港技術研究所の波浪海域の電気防食が特に多く、次いで土木研究所の塗装と電気防食でした。また、アンケートに記載された質問については、土木研究所、港湾空港技術研究所でそれぞれ回答をしました。

2 駿河湾海上暴露試験

2.1 研究の経緯

昭和56年度（1981年）に科学技術振興調整費によって、「海洋構造物による海洋空間等の有効利用に関する研究」について、フィジビリティスタディが行われ、昭和57年度（1982年）より研究が開始されました。その中で、「防食等による海洋構造物の耐久性向上技術」に関しては、建設省土木研究所化学研究室（現、独立行政法人土木研究所材料地盤研究グループ（新材料））が研究を実施することとなり海洋暴露試験施設の設置が計画されました。本施設は、海洋空間の利用をはかるための防食材料の暴露試験および、海岸浸食を防止するため、潮位、風、波浪、潮流、水質、地形、地質などの自然条件を把握するための観測を行う海上観測施設としての機能も有していることから海洋技術総合研究施設として設置されました。

施設の諸元と設置位置を写真-1、図-3、図-4に示します。

2.2 研究目的

建設省土木研究所は、海上で少なくとも20年の耐久性を有する海洋構造物の防食技術を確立することを目的として、駿河湾大井川沖に設置された海洋技術総合研究施設を使用して民間と共同研究を開始しました。

2.3 共同研究

科学技術庁（現、文部科学省）は、昭和57年度から



写真-1 海洋技術総合研究施設

科学技術振興調整費「海洋構造物による海洋空間等の有効利用に関する研究」を5ヶ年計画としてスタートさせました。このうち、土木研究所は、「防食等による海洋構造物の耐久性向上技術の開発」研究を担当することとなりました。土木研究所は、海洋技術総合研究

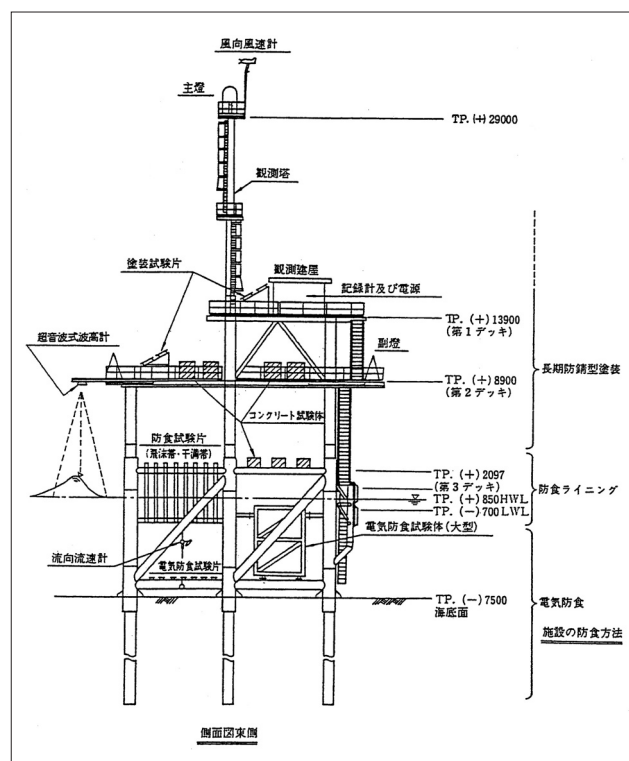


図-3 海洋技術総合研究施設の諸元

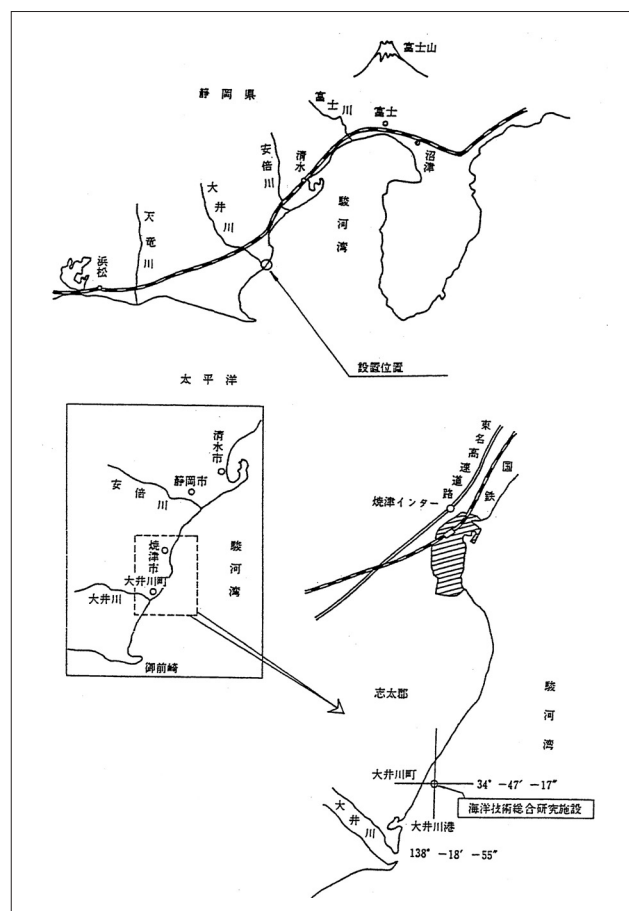


図-4 海洋技術総合研究施設の設置位置図

表-1 共同研究課題と分担

研究項目	研究細目	研究分担
1. 飛沫部・干満部および海中部における鋼構造物の防食技術に関する研究	1) 防食被覆材料の適用試験(本体) 2) 防食被覆材料の耐久性試験(防食供試体)	A B B
2. 飛沫部におけるコンクリート構造物の防食技術に関する研究	1) コンクリート中の鋼材の防食技術の開発 2) 耐海水コンクリート部材の設計技術の開発	A C
3. 海中部における電気防食設計技術に関する研究	1) 構造形状に応じた電気防食設計法の開発試験 2) 塗装併用電気防食技術の開発実験	A D
4. 海上大気部の長期防錆型塗装技術に関する研究	1) 長期防錆型塗装系の適用試験 2) 長期防錆型塗装系の耐久性試験	A D
5. 研究成果のまとめ		A B C D

注) A：土木研究所、B：日本鉄鋼連盟、C：プレストレスト・コンクリート建設業協会

D：土木研究センター

施設を使用して民間との共同研究「海洋構造物の耐久性向上技術に関する研究」を実施しました。共同研究は、土木研究所と社団法人鋼材倶楽部（現、社団法人日本鉄鋼連盟）、社団法人プレストレスト・コンクリート建設業協会、財団法人土木研究センターで行ないました。なお、本共同研究は科学技術振興調整費による5年間（昭和57年～昭和61年）の研究課題が終了した昭和62年以降も暴露試験を継続しています。本共同研究を効率的に推進するため防錆防食技術開発委員会（現委員長：蒔田 實（財団法人土木研究センター参与、元建設省土木研究所地質化学部長））を設置しています。共同研究の研究項目別の分担を表-1に示します。防錆防食技術開発委員会の下に3つの分科会を設置しました。第1分科会は土木研究所と日本鉄鋼連盟で構成し、表-1の1と5の研究項目を担当し、第2分科会は土木研究所とプレストレスト・コンクリート建設業協会で構成し、2と5の研究項目を担当し、第3分科会は、土木研究所と土木研究センターで構成し、塗装WGと電気防食WGがあり、3、4、5の研究項目を担当しています。

2.3.1 第1分科会

海洋開発に不可欠な海中部および干満部と飛沫部における各種鋼材防食材料の長期防食性能を明らかにするため、第3デッキで各種防食試験体の暴露試験を実施しています。干満部の鋼材防食試験体の暴露状況を写真-2に示します。

(1) 鋼材の腐食に関する検討

① 海洋環境で無防食状態の普通鋼材の腐食速度の経年変化を図-5に示します。また、暴露20年後の無防食普通鋼材の暴露環境ごとの除錆後の状況を写真-3に示します。飛沫部、干満部および海中部いずれにおいても、初期の数年間の腐食速度は大きいですが、15年経過した後はほぼ一定の腐食速度に収斂してくることが明らかになりました。



写真-2 干満部の鋼材防食試験体の暴露試験状況

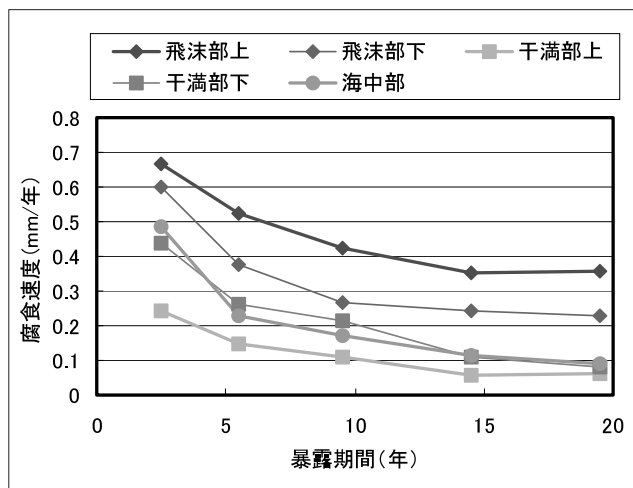


図-5 普通鋼材の腐食速度の経年変化

② 普通鋼に微量のCrやCuを添加した低合金鋼は、5年以下の短期間では普通鋼と腐食量に有意差が見られても、長期間では普通鋼と腐食量がほぼ同等になり、防食上有効性が無いことが明らかとなりました。

(2) ステンレス鋼の耐久性に関する研究

① 汎用ステンレス鋼（SUS304、SUS316L）の干満部および海中部での孔食、すき間腐食等の局部腐食の

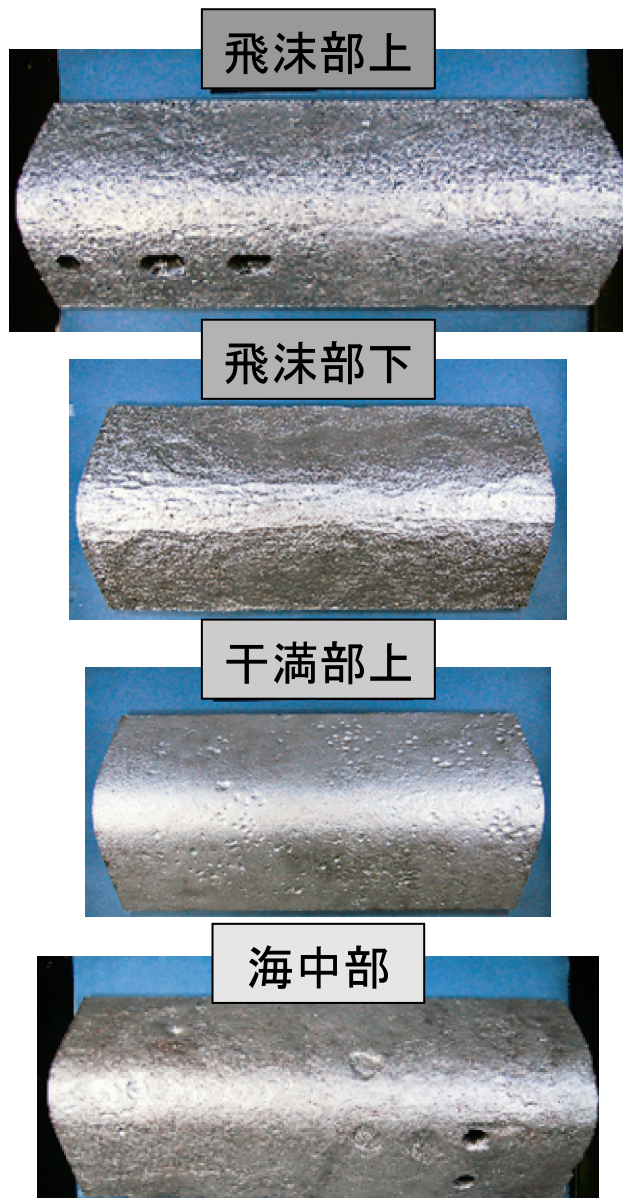


写真-3 暴露20年後の暴露環境ごとの普通鋼材の腐食状況
(除錆後)

発生防止対策として電気防食が有効であり、 -500mV vs. SCE より卑な電位に設定すれば良いことが明らかとなりました。

② 海水環境下におけるステンレス鋼の腐食状況を写真-4に示します。海中部は大型海生生物付着下でのすき間腐食を中心とした局部腐食でした。飛沫部の局部腐食は孔食であり、干満部および海中部よりも腐食の程度はかなり軽微でした。

③ ステンレス鋼の合金成分が $\text{Cr}+3\text{Mo}+10\text{N}$ 量が38 (mass%) を越えると、ステンレス鋼（母材自由表面）の局部腐食の発生は認められず、良好な耐海水性を有することが判明しました。

④ 母材部に比較して溶接部の耐食性が大きく劣った試験体が見られ、実構造物へのステンレス鋼の適用に当たって母材と同程度の耐食性を確保するためには、適切な溶接材料・溶接条件の選定が重要です。

(3) チタンの耐久性に関する研究

純チタンの暴露20年後の外観状況を写真-5に示します。チタンは、いずれの環境でも生物付着下や人工すき間部にすき間腐食の発生が認められず、一般部にも腐食が認められませんでした。

(4) 有機ライニング鋼材の耐久性に関する研究

10～13年間の暴露試験した有機ライニング鋼材の状況を写真-6に示します。全ての有機ライニング鋼材は、海中部から飛沫部に渡って、防食層の劣化（耐候性低下や漂流物衝突による鋼面に達する防食層の割れの発生、防食層のイオン透過抵抗の低下）や鋼材の腐食（防食層のふくれの発生、流れさびの発生）は認められず、長期間優れた耐久性を保持していました。

(5) 厚膜塗装材の耐久性に関する研究

外観の発錆や、塗膜抵抗値に若干の劣化傾向が認められましたが、その程度は小さく、厚膜塗装材は20年経過してもほぼ健全でした。ただし、端部等施工不十分と思われる部分や、波浪や流木による塗膜損傷部に

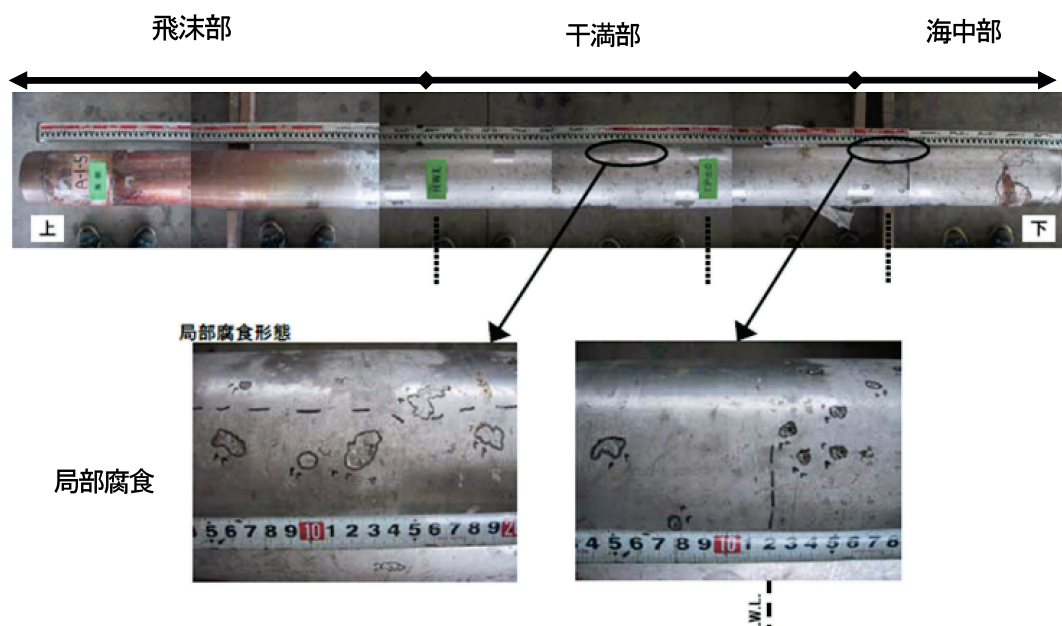


写真-4 汎用ステンレス鋼 (SUS316L) の暴露20年後の腐食状況

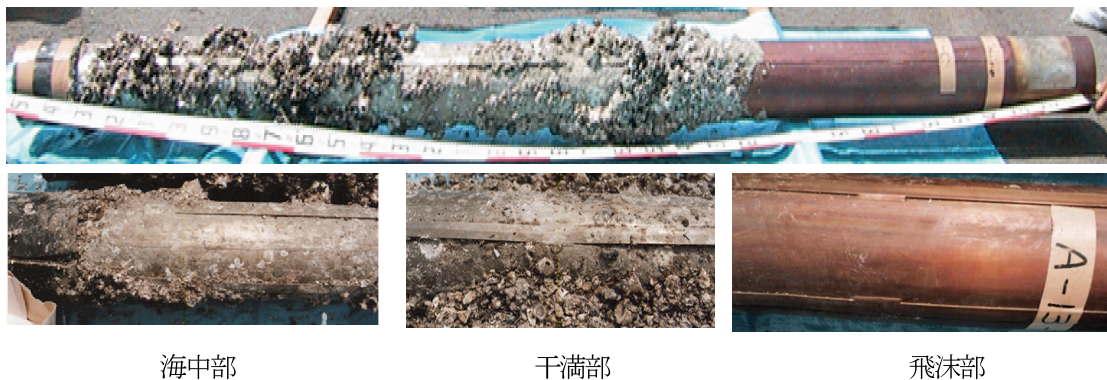


写真-5 チタン被覆の20年暴露後の外観状況

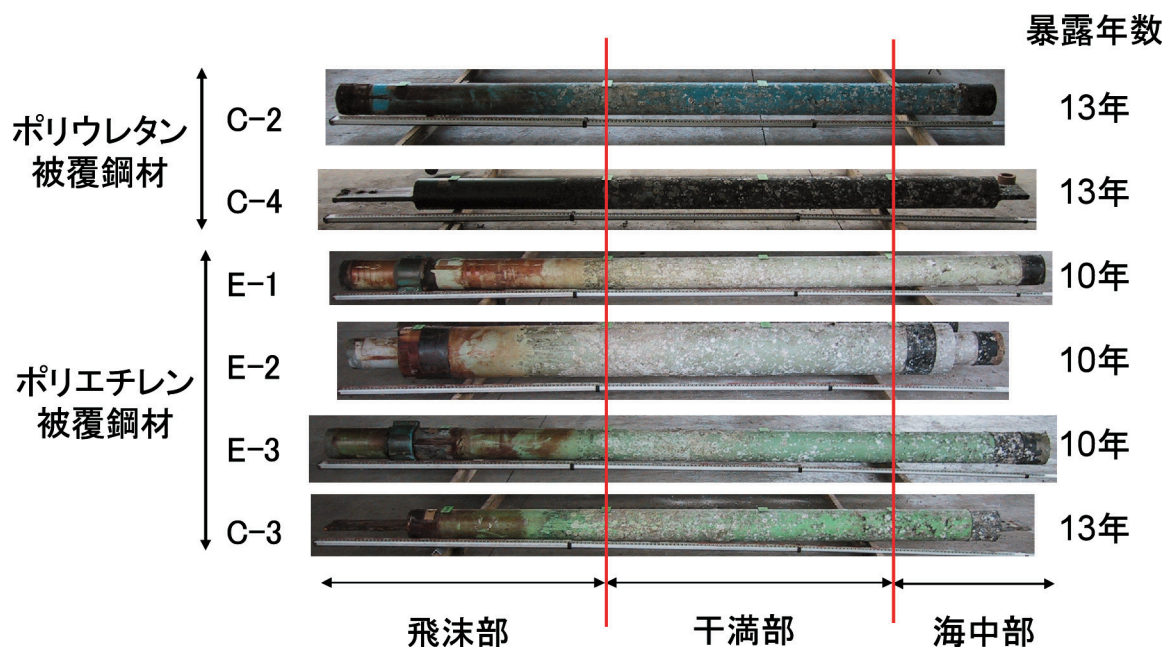


写真-6 有機ライニング鋼材試験体の外観状況

さびやはく離が発生していました。飛沫部・干満部を対象として厚膜塗装を施工する場合、端部等膜厚のつきにくい部位の施工管理を十分に行なう必要があります。

(6) 保護カバーを用いた現地防食方法の耐久性に関する研究

ペトロラタム系防食材＋保護カバー系試験材では、一部の試験材で保護カバーが台風による漂流物の衝突や強い波浪等の被害を受けたものもありました。その状況を写真-7に示します。耐衝撃性能を向上させたFRP保護カバーの適用により破壊・損傷が減少しました。また、防食効果に関しては、暴露後20年経過時点の保護カバーおよびペトロラタムテープを外した鋼材の状況を写真-8に示します。鋼素地面に発錆等の腐食は認められなかったことから飛沫部・干満部の鋼構造物の長期防食に対してペトロラタム系防食材＋FRP保護カバー系は防食効果があることが確認されました。

2.3.2 第2分科会

海洋環境におけるコンクリート構造物の塩害対策は、(社)日本道路協会「道路橋の塩害対策指針(案)・同解説」(昭和59年2月)や建設省の総合技術開発プロ

ジェクト「コンクリートの耐久性向上技術の開発」(昭和62年)等により、技術的な対応は一応確立されています。しかし、塩害対策の長期的な耐久性の確認、新材料を利用した防食技術、コンクリートの品質向上等、今後さらに研究していかなければならない課題も数多く残されています。そこで、海洋環境下でも特に腐食条件が厳しいと言われている飛沫部におけるコンクリート構造物の防食技術の確立を目的に、第2デッキ、第3デッキで写真-9に示すようにコンクリート供試体を暴露しています。

(1) コンクリートの防食技術の基本

コンクリートへの塩化物イオンの浸透に影響する要因として、周辺環境と水セメント比などが考えられます。波浪の影響を常時受ける第3デッキと飛来塩分の影響を受ける第2デッキでの暴露試験の結果、第3デッキの方が、塩化物イオンの浸透量が大きいことが明らかとなりました。一方、水セメント比40%のコンクリートの見掛けの拡散係数は、50%のそれと比較して小さく塩化物イオンの浸透に対して水セメント比を小さくすることが有効であることが明確となりました。さらに、見掛けの拡散係数は、暴露年数を経るに従い



写真-7 FRP保護カバーが損傷した例

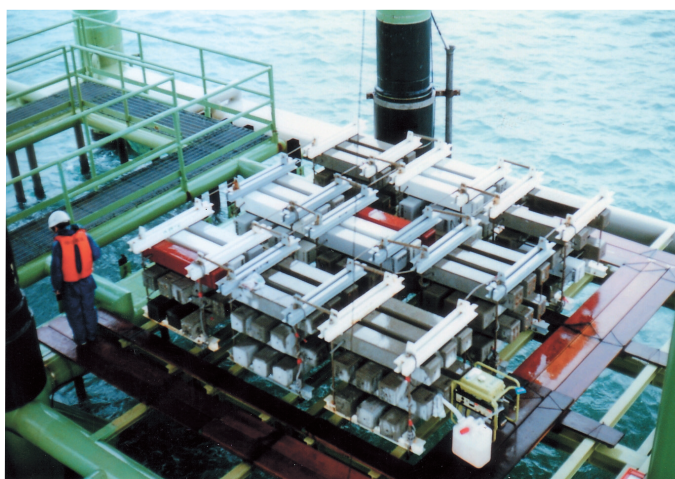
写真-8 (1) ペトロラタム系防食材の外観
(FRP保護カバーを外した状態)写真-8 (2) 鋼材の外観状況
(ペトロラタム系防食材を除去した状態)

写真-9 コンクリート供試体の暴露状況 (左：第3デッキ、右：第2デッキ)

小さくなる傾向にあり、2002年制定のコンクリート標準示方書〔施行編〕に示されている算出式による値の1/5～1/3程度であり、塩化物イオンの浸透量は、コンクリート表面から奥に行くにつれて小さくなりました。

鉄筋かぶり厚さと水セメント比を変えた場合の鉄筋の自然電位の経年変化を図-6に示します。ここで、PCはプレストレストコンクリート (W/C40)、RCは鉄筋コンクリート (W/C50)、Nは早強ポルトランドセメント、Hは普通ポルトランドセメントを示しています。セメントの種類や水セメント比に関係なく、鉄筋の自然電位は、かぶり大きいほど (表面から奥になるほ

ど) 電位は貴であり鉄筋は腐食していないことが確認されました。

すなわち、コンクリートによる防食技術の基本は、水セメント比を小さくし、かぶりを大きくすることであることが検証されました。

(2) コンクリート中の鋼材の防食

コンクリート中の鋼材を直接防食する方法として、エポキシ樹脂塗装鉄筋について検討を行ないました。暴露20年後のコンクリート外観から、鉄筋の腐食によるコンクリートの損傷は見られず防食性能を保持しています。塗膜に初期に人為的に傷を付けた部分を写真-

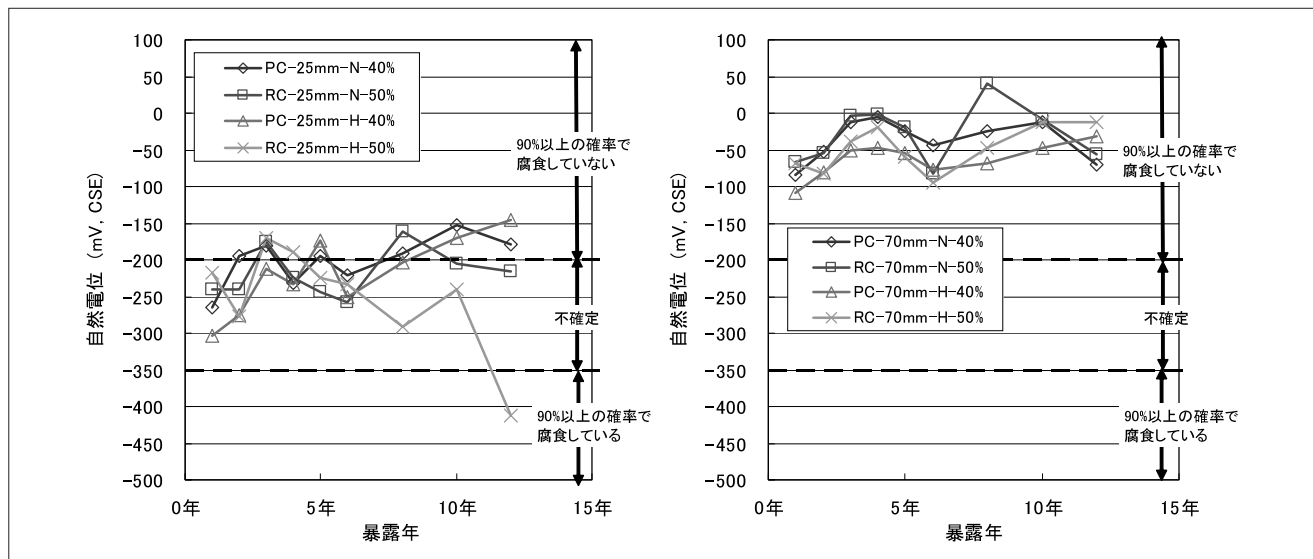


図-6 かぶりと水セメント比による鉄筋の自然電位の経年変
(左：かぶり 25mm、右：かぶり 70mm)

10に示します。その部分の鉄筋は腐食していませんでした。また、20年間コンクリートのアルカリ性環境中におけるエポキシ樹脂の劣化を評価するため、コンクリートを解体して取り出したエポキシ樹脂塗装鉄筋を疲労試験を行った結果、疲労回数の増加とともに塗膜損傷箇所は増加しました。エポキシ樹脂は初期に比べて若干劣化が進行していると考えられます。

(3) 耐海水コンクリート部材の設計技術

耐海水コンクリート部材として、塗膜系被覆材、混和材を混入した耐塩コンクリートについて検討しました。

① 塗膜系被覆材として道路橋の塩害対策指針（案）に定められたA種、B種、C種、および同指針（案）に規定されていない超厚膜エポキシ系、シリコンゴム系、アクリルゴム系などを塗布した鉄筋コンクリート供試体を第3デッキに暴露しました。回収後の供試体の状況を写真-11に、コンクリート被覆材の外観観察結果を図-7に、コンクリート中への塩化物イオンの浸透量を図-8に示します。また、被覆材の付着強度試験も行いました。これらの調査の結果、塩害対策指針（案）に規定された塗装系は、厳しい環境である第3デッキに20年暴露されたにもかかわらず健全でコンクリート中への塩分浸透もほとんど認められませんでした。一方、規定されていない塗装系は、種類にもよりますが試験体面積の20～30%に浮きやはく離が認められ前者と比較して耐久性が劣るものがあることが確認されました。

② 耐塩コンクリート用混和材として高炉セメントとシリカフェームを用いた鉄筋コンクリート供試体を暴露し、回収した供試体の外観観察と塩化物イオンの浸透量を測定してその耐久性を検討しました。高炉セメントとシリカフェームセメントを使用したコンクリートの塩化物イオンの浸透状況を図-9、10に示します。いずれの混和材を使用してもかぶりが大きくなるに従

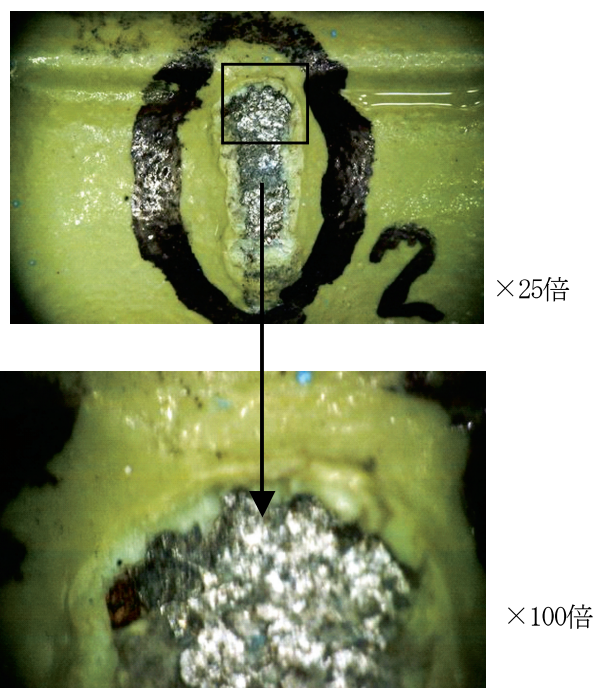


写真-10 エポキシ樹脂塗装鉄筋の20年前の人為的な傷部

い塩分浸透量は少なくなり、鉄筋の腐食によるひび割れは認められませんでした。混和材としての高炉スラグやシリカフェームは、コンクリートの耐久性を向上させることが確認されました。

2.3.3 第3分科会

(1) 塗装ワーキング

塗装ワーキングでは、海上で少なくとも20年の耐久性を有することを目標とし、実海域での試験を体系的に行なうことで、高性能で信頼性の高い重防食塗装系の開発を行なうことを目的として、写真-12に示す第1デッキの暴露架台に暴露された塗装試験片と、第2デッキと第3デッキ間の施設本体鋼管を用いて塗装系の耐久性を検証しました。施設本体鋼管の供試塗装系

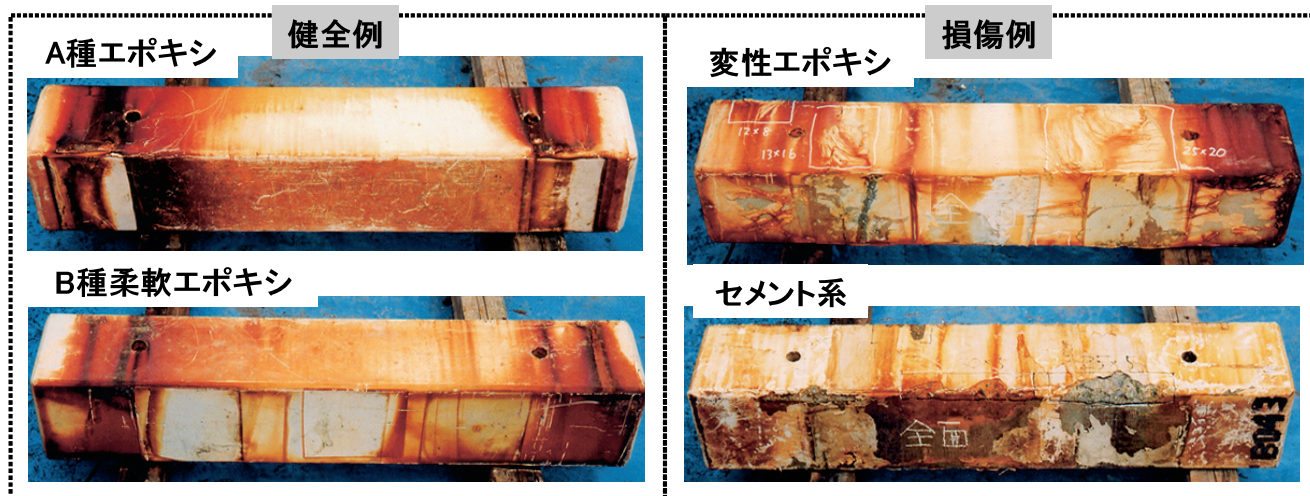


写真-11 表面塗装した供試体の暴露20年後の外観

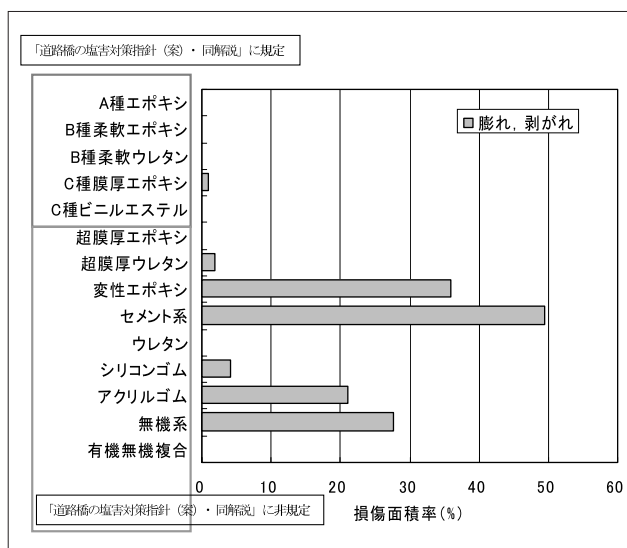


図-7 表面塗装の損傷率

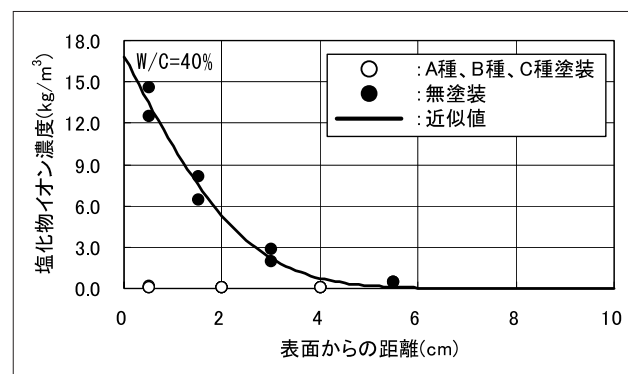


図-8 被覆したコンクリートの塩化物イオンの透過量（比較；無塗装コンクリート）

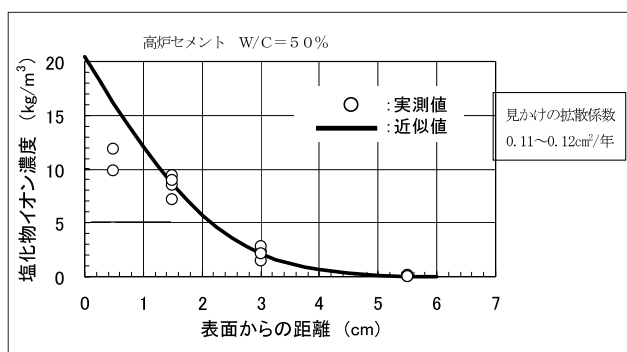


図-9 高炉スラグセメントの塩化物イオンの浸透状況

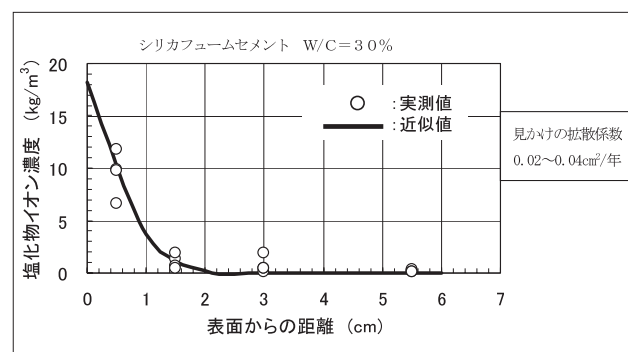


図-10 シリカフュームセメントの塩化物イオンの浸透状況

を表-2に示します。

① ASTMに基づいて評価したさび評点を図-11に示します。これより、海上大気部において重防食塗装系は20年以上の防食性を有することが確認されました。

② JISに基づいて評価した光沢保持率と白亜化の評点を図-12に示します。これより、ふっ素樹脂塗料上塗り、長期の防錆性を必要とする場合の上塗り塗料として適していると同時に、耐候性に優れており景観調和にも適していることが確認されました。

③ 海上では傷部などから鋼材の腐食進行が速く、常

に海塩粒子が付着するため、一般環境で行なうような塗替え塗装は困難です。このため、発錆箇所を部分的に補修する方法と、外観を復旧する塗替え塗装は実用性があることが確認されました。

④ 塗装試験片および施設本体鋼管の塗装の長期耐久性試験結果より、厚膜形ジンクリッチペイントを用いた上塗りにふっ素樹脂塗料を用いた塗装系は、海上大気部という厳しい腐食環境下で20年以上の防食性と耐候性を有することが実証されました。しかしながら、重防食塗装系塗膜といえども部材エッジ部でさびが出て

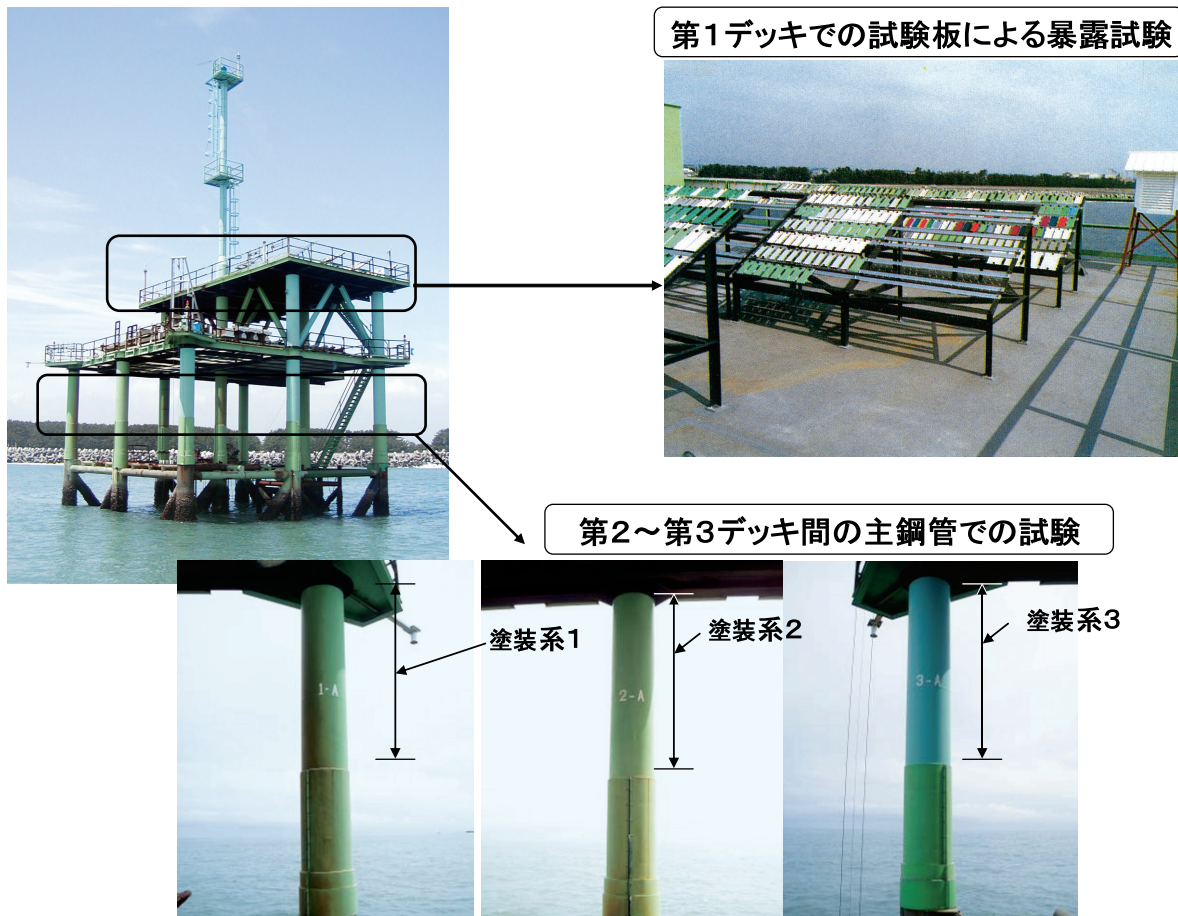


写真-12 海上大気部および飛沫部における塗装の暴露試験

表-2 施設本体の塗装系

No.	塗装系 1	塗装系 2	塗装系 3
部材	主鋼管		
塗装系概要	厚膜化による 耐久性向上	省工程	鋼道路橋塗装便覧 (H2年度版) C系
塗装 工程	素地調整	ブラスト処理 Sa 2.5	
	1 層目	有機ジンクリッチペイント75 μ m	無機ジンクリッチペイント75 μ m
	2 層目	ガラスフレーク塗料 350 μ m	ミストコート
	3 層目	ガラスフレーク塗料 350 μ m	厚膜ビニル塗料 150 μ m
	4 層目	ふっ素塗料中塗 20 μ m	エポキシ塗料下塗 60 μ m
	5 層目	ふっ素塗料上塗 20 μ m	ポリウレタン塗料中塗 30 μ m
	6 層目		ポリウレタン塗料上塗 30 μ m
合計膜厚 (μ m)		815	255

いる所がありました。すなわち、膜厚が確保しにくく打痕傷を受けやすいエッジ部の対策が必要であることが改めて確認されました。

(2) 電気防食ワーキング

鋼管杭を用いた形状の複雑な構造物を対象に、海象

条件の変化に対応する電気防食設計技術に関する研究を海中部で試験体と施設本体鋼管杭を用いて実験を行いました。実験結果に基づいて流速のある環境下での形状の複雑な構造物の電気防食設計法を確立しました。

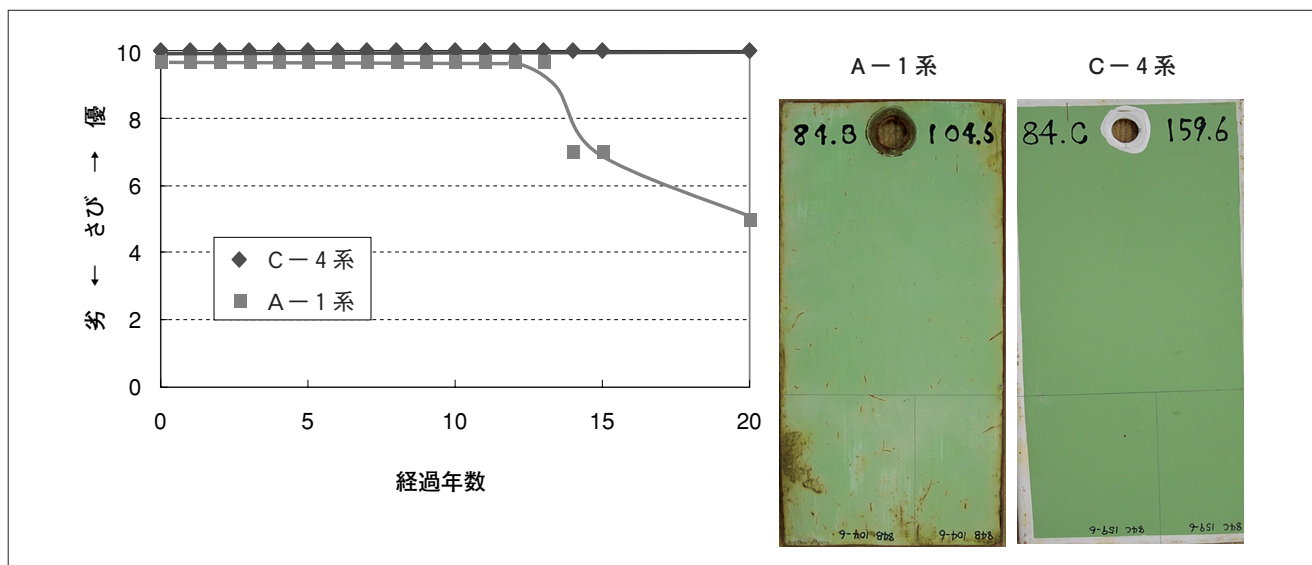


図-11 海上大気部における塗装の防食性 (C-4系：重防食塗装系、A-1系：一般塗装系)

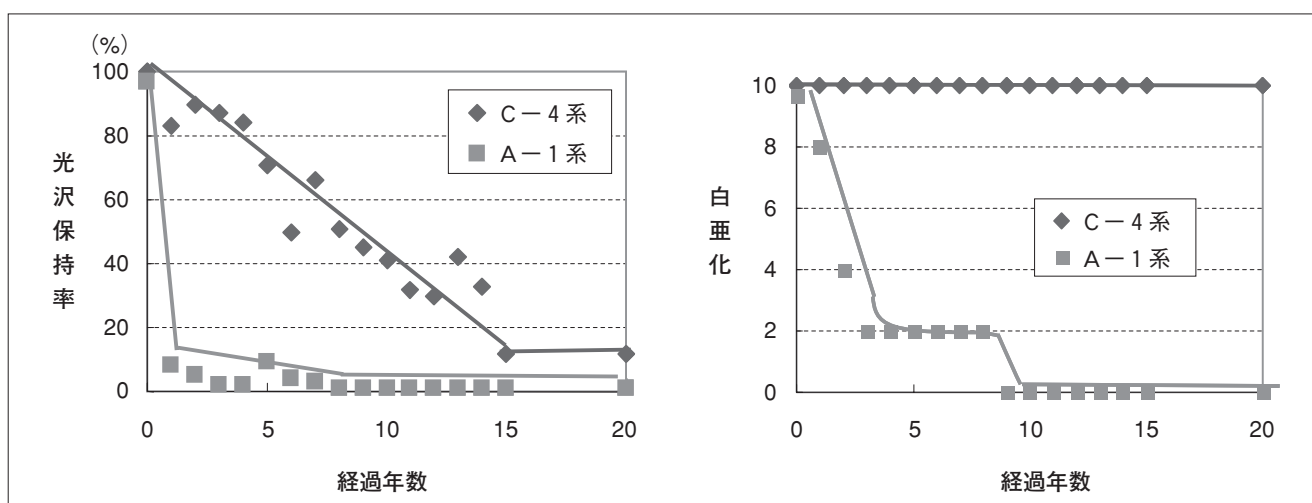


図-12 塗装の耐候性の経年変化 (C-4系：重防食塗装系、A-1系：一般塗装系)

おわりに

海洋環境における20年間にわたる防食材料の暴露試験は、海外にもその例はほとんどなく、非常に有用なデータが多数得られました。これらのデータは、今後の我が国の沿岸や海上など厳しい環境での道路建設などに生かされることを期待しています。また、暴露試験はさらに10年間継続することとなりました。

最後に、20年以上の長期にわたる本共同研究には、これまでに多数の方々に関われました。これまでに本共同研究に携わられた多数の関係者に謝意を表します。また、海洋技術総合研究施設の維持管理を行っていただいております国土交通省中部地方整備局静岡河川事務所の関係者に感謝いたします。

なお、本合同成果報告会の開催に当たり、協賛していただきました(社)日本鉄鋼連盟、(社)プレストレスト・コンクリート建設業協会、(財)土木研究センターの共同研究関係団体、後援いただいた国土交通省、(社)土木学会、(社)材料学会、(社)コンクリート工学協会、(社)腐食防食協会、(社)日本橋梁・鋼構造物塗装技術

協会をはじめとする関係諸団体および学協会にお礼申し上げます。

参考資料

- 1) 独立行政法人土木研究所他：海洋構造物の耐久性向上技術に関する共同研究報告書（海洋暴露20年の総括報告書）、共同研究報告書第345号、平成18年5月
- 2) 独立行政法人土木研究所他：海洋構造物の耐久性向上技術に関する共同研究報告書（海中部、干満部、飛沫部における鋼材の防食技術に関する研究 第1分科会）、共同研究報告書第347号、平成18年7月
- 3) 独立行政法人土木研究所他：海洋構造物の耐久性向上技術に関する共同研究報告書（飛沫部におけるコンクリート構造物の防食技術に関する研究 第2分科会）、共同研究報告書第348号、平成18年7月
- 4) 独立行政法人土木研究所他：海洋構造物の耐久性向上技術に関する共同研究報告書（海上大気部における塗装技術に関する研究 第3分科会）、共同研究報告書第354号、平成19年1月

耐候性鋼材の塗装による補修に関する検討

後藤 宏明^{*1} 後藤 正承^{*2} 岩見 勉^{*3} 斉藤 誠^{*4} 藤城 正樹^{*5} 守屋 進^{*6}

1 はじめに

平成17年12月に発刊された鋼道路橋塗装・防食便覧の中で、塗装以外に適用が増えつつある防食法のひとつとして耐候性鋼材が取り上げられている。耐候性鋼材は、表面に緻密な保護性さびが形成されるとそれ以降の腐食の進展が抑制され、塗装橋と異なり塗り替え塗装等のメンテナンスが必要としないと言われてきたが、海浜地区などの飛来塩分が高濃度の環境下では塩分の影響を受けて保護性さびの形成が阻害されて層状はく離さびとなることが確認され、耐候性鋼材の適用は飛来塩分量が0.05mdd (mgNaCl/dm²/day) 以下の環境とされている¹⁾。

しかしながら、既に海浜地区の橋梁に耐候性鋼材が適用された中には、保護性さびが形成せずに層状はく離さびが生成している事例も見られる²⁾。例えば写真-1は海浜地区で架設後20数年経過した耐候性鋼材製橋梁の腹板および下フランジ部の写真であり、さびが層状に生成し、桁の強度が低下している状態である。また、写真-2および写真-3は地形上海からの飛来塩分の影響を受けやすい環境に架設され4年経過したニッケル系高耐候性鋼材製橋梁の内部の下フランジ部下面と下フランジ部上面の写真であり、表層のさびが部分的に層状にはく離している状態である。ニッケル系高耐候性鋼材はニッケルを添加して適用範囲を広げた海浜耐候性鋼材とも言われているものである³⁾が、飛来塩分等の強い作用を受ける環境では上述の事例のように層状はく離さびが生成する場合もある。一方、飛来塩分量が少ない山間部であっても、塩化カルシウム等の凍結防止剤の散布により、保護性さびの形成が阻害され、層状はく離さびが生成していることも確認されている。

以上のように保護性さびが形成されず鋼材の板厚減少が進行する場合は早急な補修が必要である。補修方法として塗装による補修に関する研究、検討が行われている⁴⁾。保護性さびを形成せず層状はく離さびを生成した耐候性鋼材に塗装する場合の素地調整および塗



写真-1 腹板および下フランジ部の層状さび

装方法の早期の確立が望まれている。

2 目的

耐候性鋼材の補修方法、塗装仕様の確立を目的とし、耐候性鋼材の腐食状況と素地調整程度の違いによる塗装の防食効果への影響を明らかにする検討を行った。土木研究所が社団法人日本鉄鋼連盟橋梁用鋼材研究会と協同でニッケル系高耐候性鋼材の耐久性を明らかにする目的で国内4箇所での橋梁模擬試験体の暴露試験を実施したうちの新潟県親不知海岸で暴露6年経過した試験体を用いた。また、新設試験体として、普通鋼材、現行の一般的なJIS耐候性鋼材のH型鋼塗装試験体を比較として用いた。試験フローを図-1に示す。

3 内容

3.1 試験体概要

橋梁模擬試験体、H型鋼試験体の形状を図-2、3に示す。橋梁模擬試験体の両側面はアクリル板で蓋をし、底面は開放とした。親不知海岸で暴露6年経過の橋梁

※1 関西ペイント販売株式会社 建設塗料本部 防食開発技術部

※2 神東塗料株式会社 汎用塗料事業本部 東日本営業部

※3 大日本塗料株式会社 一般塗料部門 構造物塗料事業部

※4 中国塗料株式会社 工業塗料事業本部 技術センター

※5 日本ペイント販売株式会社 建設鉄構技術部

※6 独立行政法人土木研究所 材料地盤研究グループ



写真-2 下フランジ下面のさび層のはく離跡



写真-3 下フランジ上面のさび層のはく離跡

模擬試験体は写真-4に示すように部位によりうろこ状さびや層状さびが発生した状態であった。既設試験体、新設試験体の一覧を表-1に示す。

3.2 前処理

橋梁模擬試験体の前処理として、工場にてハンマー等によるさび落とし、水洗による塩分除去、ブラスト処理および電動工具処理による素地調整を行った。

水洗後に電気伝導度法により残存塩分量を測定した結果を表-2に示す。試験体の山側外面や内面では、水洗および素地調整後も残存塩分量が $100\text{mg}/\text{m}^2$ を上回る箇所が多く見られたため、該当箇所を中心に再度水洗を行った。鋼道路橋塗装・防食便覧では塗り替え塗装時には、被塗面の塩分量は $50\text{mg}/\text{m}^2$ 以下が望ましいとされており、その値を目標とした。

素地調整は、鋼道路橋塗装・防食便覧の塗り替え塗装仕様の素地調整方法に準じてブラスト処理と電動工具処理を適用し、その目標グレードはISO 8501-1 Sa 2 1/2、Sa 2（ブラスト処理）、およびSt 3（電動工具処理）の3つの条件とした。図-4に示すように1つの試験体の中に3つの素地調整条件が組み込まれるように行った。

ブラスト処理は研掃材にガーネットを用いて行った。一般塗装系が塗装され全面さびが生じた普通鋼材の処

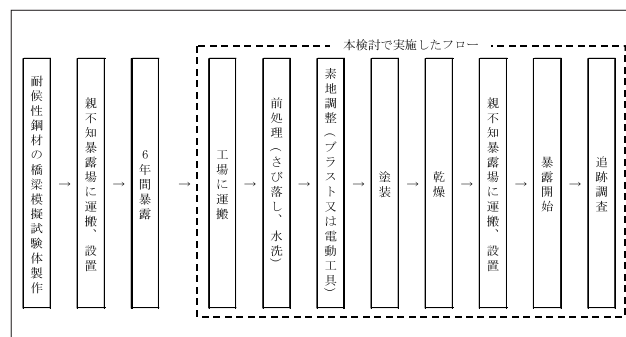


図-1 試験フロー

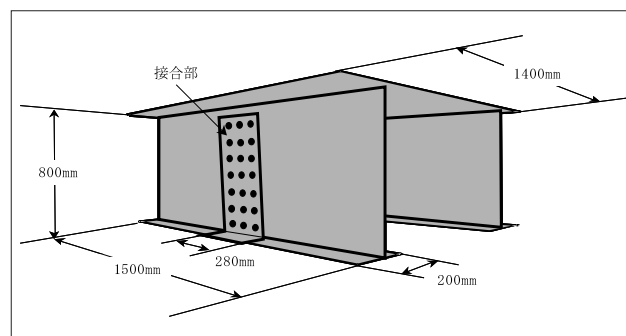


図-2 橋梁模擬試験体

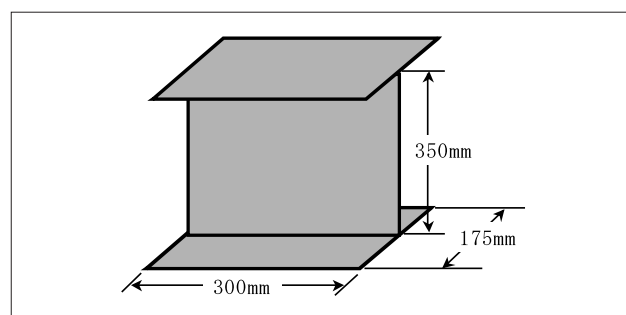


図-3 H型鋼試験体

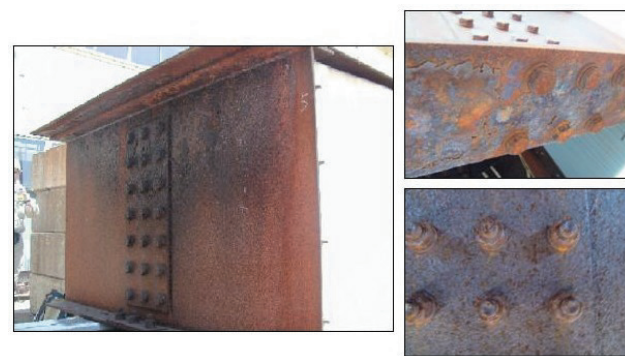


写真-4 素地調整前の橋梁模擬試験体のさびの状況（JIS耐候性鋼材）

（右上：下フランジ下面の層状さび、右下：内面ウェブのうろこ状さび）

表-1 試験体の種類一覧

種類	形状	材質
既設	橋梁模擬体	JIS耐候性鋼材
既設	橋梁模擬体	ニッケル系高耐候性鋼材
新設	H型鋼	普通鋼材（SS400）
新設	H型鋼	JIS耐候性鋼材

表-2 塩分量測定結果

処理内容	試験体天板からの位置	海側外面			山側外面			海側内面	山側内面
		素地調整 条件1 ブラスト処理 (目標程度) (Sa 2 1/2)	素地調整 条件2 電動工具処理 (目標程度) (St 3)	素地調整 条件3 ブラスト処理 (目標程度) (Sa 2)	素地調整 条件1 ブラスト処理 (目標程度) (Sa 2 1/2)	素地調整 条件2 電動工具処理 (目標程度) (St 3)	素地調整 条件3 ブラスト処理 (目標程度) (Sa 2)	素地調整 条件3 ブラスト処理 (目標程度) (Sa 2)	素地調整 条件3 ブラスト処理 (目標程度) (Sa 2)
水洗後	100mm	71	47	108	172	272	428	71	362
	400mm	34	51	32	150	153	39	91	76
素地調整後	100mm	33	36	50	106	189	178	89	119
	400mm	33	31	22	59	119	48	82	106
再水洗後	100mm	再水洗未実施	再水洗未実施	再水洗未実施	42	未測定	42	43	52
	400mm	再水洗未実施	再水洗未実施	再水洗未実施	再水洗未実施	再水洗未実施	再水洗未実施	未測定	未測定

	塩分量：100mg/m ² 以上
	塩分量：50～100mg/m ²
	塩分量：50mg/m ² 未満

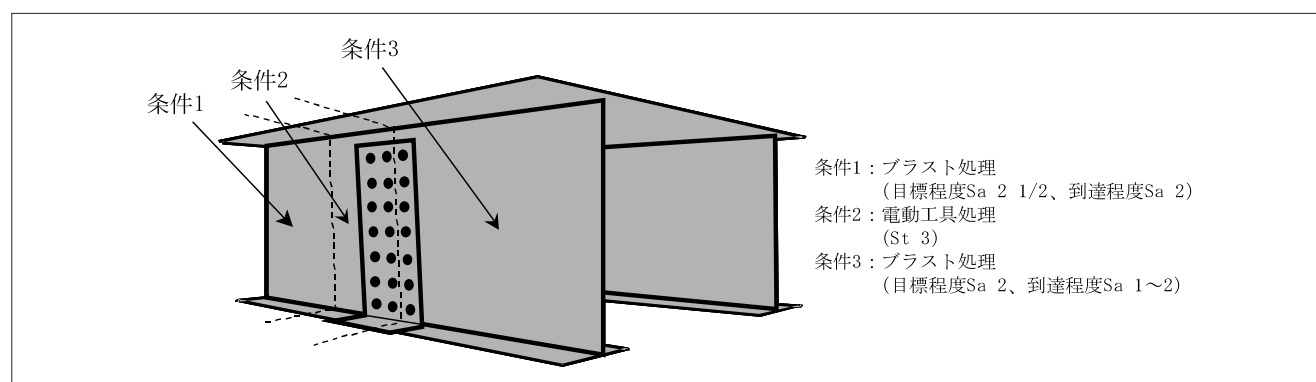


図-4 素地調整条件の区分

理と比べておよそ3～4倍の時間をかけても処理面にはさびが局部的に散見し、目標の処理程度まで到達することができなかった。電動工具処理においても同様で、処理にかなりの時間を要した。耐候性鋼材は普通鋼材と比べて緻密で強固なさびが生成されるために、さびの除去が困難であり、残存した硬いさびの奥深くにはなおも塩分が入り込んでいるものと推測する。素地調整後の状態を写真-5（側面）、および写真-6（天井面）に示す。

3.3 塗装

橋梁模擬試験体の外面及び内面の塗装は鋼道路橋塗装・防食便覧のRc-IおよびRc-II塗装系に準じた。ただし、適用する塗料は表-3に示す厚膜形有機ジンクリッチペイント、厚膜形変性エポキシ樹脂塗料、厚膜形ふっ素樹脂塗料を用いた。塗装方法はスプレー塗装とし、各工程の塗装間隔は1日、最終塗装から親不知暴露場への再暴露までの乾燥は約20日とした。

3.4 暴露試験

塗装後の試験体は親不知暴露試験場にて暴露試験に

供した。橋梁模擬試験体およびH型鋼試験体の設置の状況を写真-7、8に示す。暴露試験開始後、鋼素地まで達する傷（カット）部を意図的に作成した。暴露後1，3，5年目に外観の追跡調査を行う計画を立て、調査項目は外観（一般部、フランジ部、ボルト部、カット部のさび、膨れ、その他塗膜異常）、付着性（一般部）とした。今回は1年目の外観および付着性の調査結果について報告する。

4 調査結果

4.1 試験体目視評価結果

JIS耐候性鋼材、ニッケル系高耐候性鋼材の橋梁模擬試験体の目視評価結果を表-4、5に、普通鋼材、JIS耐候性鋼材のH型鋼試験体の目視評価結果を表-6、7に示す。

橋梁模擬試験体については、耐候性鋼材の鋼種による違いは見られず、素地調整条件による違いが明確に見られた。ブラスト処理面では外面および内面の一般部、フランジ部、ボルト部においてさび、膨れがほとんど見られなかったのに対し、電動工具処理面では多

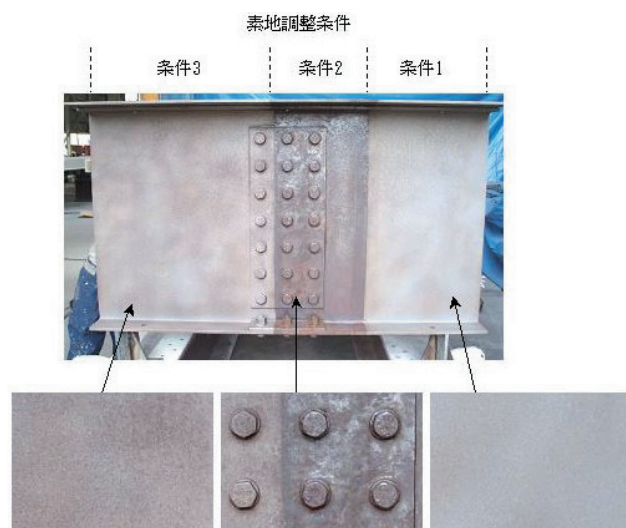


写真-5 素地調整後の状態（側面）

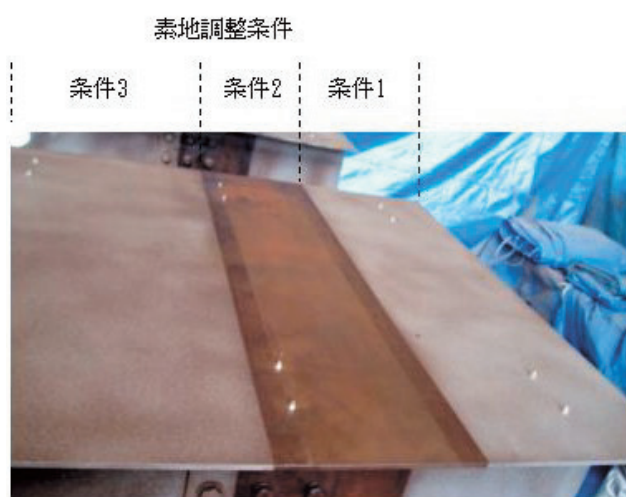


写真-6 素地調整後の状態（天井面）

表-3 塗装仕様

塗装工程	塗料名	膜厚 (μm)
1層目	厚膜形有機ジンクリッチペイント	75
2層目	弱溶剤形厚膜形変性エポキシ樹脂塗料	120
3層目	弱溶剤形厚膜形ふつ素樹脂塗料	50

くの部位において0.03%～1%程度の軽度のさび、2D～4D程度の小さい膨れが見られた。電動工具では除去しきれなかった残存塩分を含む強固なさび層が塗膜上での早期のさび、膨れ発生の原因になっていると推定される。プラスト処理を施したボルト部、フランジ部の角部のごく一部で発錆が認められたが、これは膜厚の確保不十分が起因していると考えられる。このことはフランジ角部には曲面仕上げが、ボルト部にはカップ工法などでの被覆が必要であることを示唆している。

H型鋼試験体については、普通鋼材とJIS耐候性鋼材は共に一般部、フランジ部においてさび、膨れが全く発生していない良好な状態であった。

外観の状況の一例として、JIS耐候性鋼材の模擬橋梁



写真-7 橋梁模擬試験体の設置状況



写真-8 H型鋼試験体の設置状況

試験体の状況を写真-9に示す。

4.2 付着性評価結果

付着性評価はエルコメーター社のアドヒージョンテスターを用いて行った。JIS耐候性鋼材、ニッケル系高耐候性鋼材の橋梁模擬試験体の付着性評価結果を表-8、9に、普通鋼材、JIS耐候性鋼材のH型鋼試験体の付着性評価結果を表-10、11に示す。

橋梁模擬試験体については、目視評価と同様に耐候性鋼材の鋼種による違いは見られず、素地調整条件による違いが明確に見られた。プラスト処理面では外面および内面における付着強度は2.0～4.0MPa程度の強度を示し実用上は問題ないのに対し、電動工具処理面では全ての付着性試験部位において付着強度は1.0～1.5MPa程度と低めであり、残存したさび層からの離れであった。電動工具処理では耐候性鋼材の表層に強固に形成したさび層を完全に除去できなかったため、残存したさび層が付着性試験において脆弱層となっていると考えられる。付着性試験の状況の一例を写真-10、11に示す。

H型鋼試験体については、普通鋼材とJIS耐候性鋼材との違いは見られず、付着強度は2.5～4.0MPa程度を示し、特に問題は見られなかった。

表-4 JIS耐候性鋼材の橋梁模擬試験体の目視評価結果

評価部位			素地調整条件		
			条件1 ブラスト処理 (目標程度 Sa 2 1/2)	条件2 電動工具処理 (目標程度 St 3)	条件3 ブラスト処理 (目標程度 Sa 2)
外面	海側面	一般部	異常なし	さび0.03% 膨れ2-4MD	異常なし
		上フランジ下面	異常なし	さび1% 膨れ2D	異常なし
		下フランジ上面	異常なし	異常なし	異常なし
		ボルト部	—	さびあり	異常なし
		カット部さび膨れ幅	0mm	0mm	0mm
	山側面	一般部	異常なし	さび0.3% 膨れ2-4D	異常なし
		上フランジ下面	異常なし	さび0.3% 膨れ2-4D	異常なし
		下フランジ上面	異常なし	さび0.03% 膨れ2-4D	異常なし
		ボルト部	—	さびあり	さびあり
		カット部さび膨れ幅	0mm	0mm (さびあり)	0mm
	天井面	一般部	異常なし	異常なし	異常なし
		カット部さび膨れ幅	0mm	0mm	0mm
内面	海側面	一般部	異常なし	さび0.3-1% 膨れ2D	異常なし
		上フランジ下面	異常なし	さび0.03% 膨れ2D	異常なし
		下フランジ上面	異常なし	さび0.03% 膨れ2D	異常なし
		ボルト部	—	さびあり	異常なし
		カット部さび膨れ幅	0mm	0mm	0mm
	山側面	一般部	異常なし	さび0.03% 膨れ2-4D	異常なし
		上フランジ下面	異常なし	膨れ2D	異常なし
		下フランジ上面	異常なし	エッジさびあり 膨れ2D	異常なし
		ボルト部	—	さびあり	さびあり
		カット部さび膨れ幅	0mm	0mm	0mm
	天井面	一般部	異常なし	さび0.1% 膨れ2D	異常なし
		カット部さび膨れ幅	0mm	0mm	0mm

表-5 ニッケル系高耐候性鋼材の橋梁模擬試験体の目視評価結果

評価部位			素地調整条件		
			条件1 ブラスト処理 (目標程度 Sa 2 1/2)	条件2 電動工具処理 (目標程度 St 3)	条件3 ブラスト処理 (目標程度 Sa 2)
外面	海側面	一般部	異常なし	さび0.03% 膨れ2D	異常なし
		上フランジ下面	異常なし	さび1% 膨れ2D	異常なし
		下フランジ上面	エッジさびあり	膨れ2D	エッジさびあり
		ボルト部	—	さびあり	異常なし
		カット部さび膨れ幅	0mm	0mm	0mm
	山側面	一般部	異常なし	さび0.03% 膨れ2-4MD	異常なし
		上フランジ下面	異常なし	さび1% 膨れ2D	異常なし
		下フランジ上面	異常なし	エッジさびあり 膨れ4MD	異常なし
		ボルト部	—	さびあり	さびあり
		カット部さび膨れ幅	0mm	0mm	0mm
	天井面	一般部	異常なし	異常なし	異常なし
		カット部さび膨れ幅	0mm	0mm	0mm
内面	海側面	一般部	異常なし	膨れ2D	異常なし
		上フランジ下面	異常なし	さび0.03% 膨れ2D	異常なし
		下フランジ上面	異常なし	膨れ2D	異常なし
		ボルト部	—	さびあり	異常なし
		カット部さび膨れ幅	0mm	0mm	0mm
	山側面	一般部	異常なし	さび0.3% 膨れ4D	異常なし
		上フランジ下面	異常なし	異常なし	異常なし
		下フランジ上面	異常なし	異常なし	異常なし
		ボルト部	—	さびあり	さびあり
		カット部さび膨れ幅	0mm	0mm	0mm
	天井面	一般部	異常なし	さび0.1% 膨れ2D	異常なし
		カット部さび膨れ幅	0mm	0mm	0mm

表-6 普通鋼材のH型鋼の目視評価結果

評価部位		素地調整条件
		ブラスト処理 (Sa 2 1/2)
海側面	一般部	異常なし
	上フランジ下面	異常なし
	下フランジ上面	異常なし
	カット部さび膨れ幅	0mm
山側面	一般部	異常なし
	上フランジ下面	異常なし
	下フランジ上面	異常なし
	カット部さび膨れ幅	0mm
天井面	一般部	異常なし
	カット部さび膨れ幅	0mm

表-7 JIS耐候性鋼材のH型鋼の目視評価結果

評価部位		素地調整条件
		ブラスト処理 (Sa 2 1/2)
海側面	一般部	異常なし
	上フランジ下面	異常なし
	下フランジ上面	異常なし
	カット部さび膨れ幅	0mm
山側面	一般部	異常なし
	上フランジ下面	異常なし
	下フランジ上面	異常なし
	カット部さび膨れ幅	0mm
天井面	一般部	異常なし
	カット部さび膨れ幅	0mm

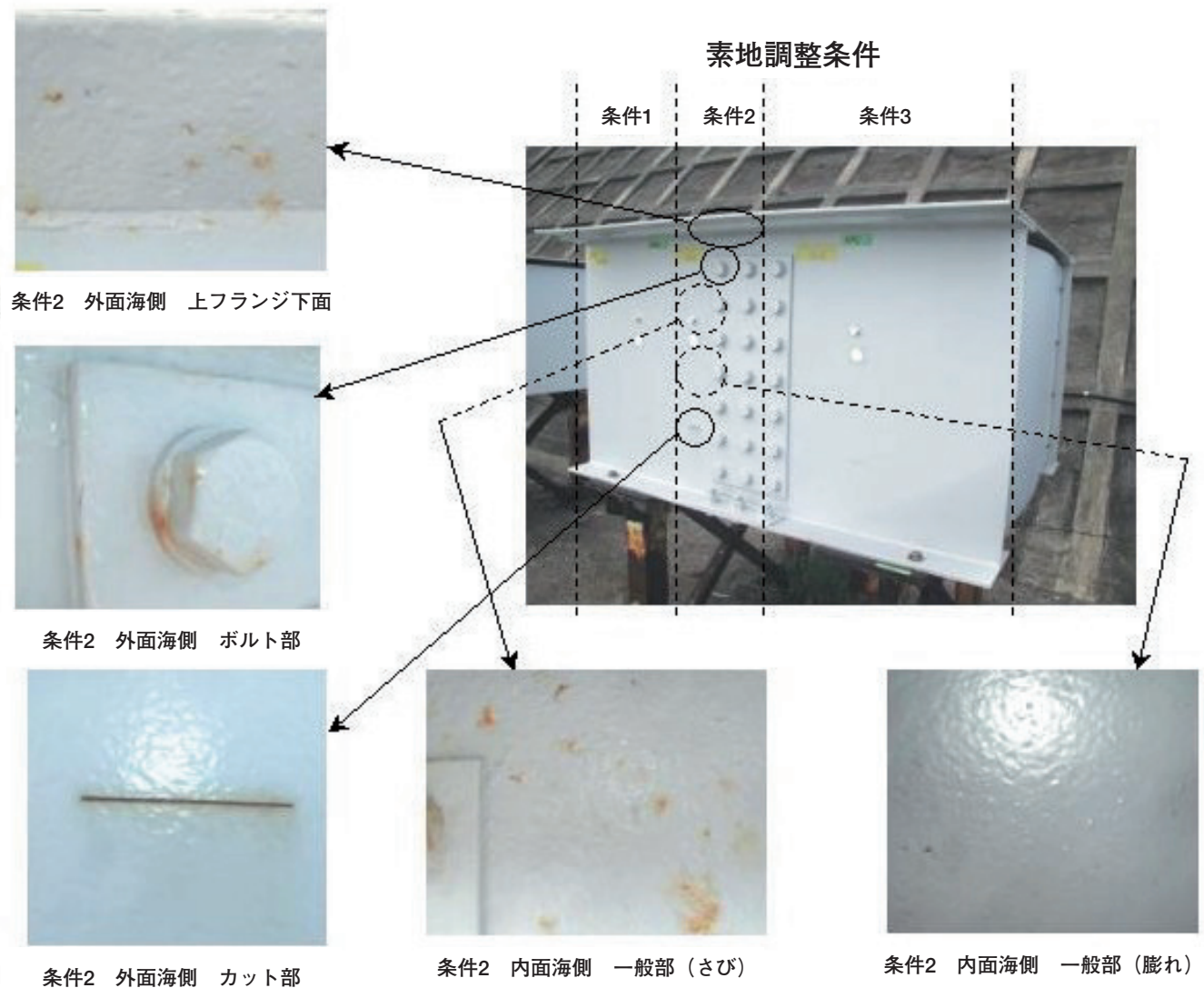


写真-9 JIS耐候性鋼材の模擬橋梁試験体の状況

表-8 JIS 耐候性鋼材の橋梁模擬試験体の付着性評価結果

評価部位			素地調整条件		
			条件1 ブラスト処理 (目標程度 Sa 2 1/2)	条件2 電動工具処理 (目標程度 St 3)	条件3 ブラスト処理 (目標程度 Sa 2)
外面	海側面	付着強度 (MPa)	3.0	1.8	3.5
		はく離箇所 面積比率 (%)	下塗層内 100	さび層内 100	下塗層内 100
	山側面	付着強度 (MPa)	3.5	2.0	3.0
		はく離箇所 面積比率 (%)	下塗層内 100	さび層内 100	下塗層内 100
	天井面	付着強度 (MPa)	3.5	2.0	3.0
		はく離箇所 面積比率 (%)	下塗層内/上塗接着剤間 90/10	さび層内 100	下塗層内 100
内面	海側面	付着強度 (MPa)	3.5	1.5	3.5
		はく離箇所 面積比率 (%)	下塗層内 100	さび層内 100	下塗層内 100
	山側面	付着強度 (MPa)	3.0	1.0	3.0
		はく離箇所 面積比率 (%)	下塗層内 100	さび層内 100	下塗層内 100
	天井面	付着強度 (MPa)	2.0	1.0	2.0
		はく離箇所 面積比率 (%)	下塗層内/上塗接着剤間 90/10	さび層内/下塗層内 90/10	下塗層内/上塗接着剤間 90/10

表-9 ニッケル系高耐候性鋼材の橋梁模擬試験体の付着性評価結果

評価部位			素地調整条件		
			条件1 ブラスト処理 (目標程度 Sa 2 1/2)	条件2 電動工具処理 (目標程度 St 3)	条件3 ブラスト処理 (目標程度 Sa 2)
外面	海側面	付着強度 (MPa)	4.0	1.5	3.5
		はく離箇所 面積比率 (%)	下塗層内/上塗接着剤間 95/5	さび層内 100	下塗層内 100
	山側面	付着強度 (MPa)	3.8	1.0	3.0
		はく離箇所 面積比率 (%)	下塗層内 100	さび層内/下塗層内 95/5	下塗層内 100
	天井面	付着強度 (MPa)	2.4	2.0	7.0
		はく離箇所 面積比率 (%)	下塗層内/上塗接着剤間 70/30	さび層内 100	下塗層内/上塗接着剤間 95/5
内面	海側面	付着強度 (MPa)	3.0	1.5	3.5
		はく離箇所 面積比率 (%)	下塗層内 100	さび層内 100	下塗層内 100
	山側面	付着強度 (MPa)	3.0	1.5	3.2
		はく離箇所 面積比率 (%)	下塗層内 100	さび層内/下塗層内 95/5	下塗層内 100
	天井面	付着強度 (MPa)	2.5	1.0	2.5
		はく離箇所 面積比率 (%)	下塗層内 100	さび層内 100	下塗層内 100

表-10 普通鋼材のH型鋼の付着性評価結果

評価部位		素地調整条件
		ブラスト処理 (Sa 2 1/2)
海側面	付着強度 (MPa)	4.0
	はく離箇所 面積比率 (%)	下塗層内 100
山側面	付着強度 (MPa)	4.0
	はく離箇所 面積比率 (%)	下塗層内 100
天井面	付着強度 (MPa)	2.5
	はく離箇所 面積比率 (%)	下塗層内 100

表-11 JIS 耐候性鋼材のH型鋼の付着性評価結果

評価部位		素地調整条件
		ブラスト処理 (Sa 2 1/2)
海側面	付着強度 (MPa)	2.5
	はく離箇所 面積比率 (%)	下塗層内 100
山側面	付着強度 (MPa)	3.0
	はく離箇所 面積比率 (%)	下塗層内 100
天井面	付着強度 (MPa)	2.5
	はく離箇所 面積比率 (%)	下塗層内 100



写真-10 下塗層内からのはく離の例



写真-11 さび層内からのはく離の例

5 まとめ

飛来塩分量が多い環境で層状さびが生成した耐候性鋼材の塗装による補修に関する検討を行った結果、素地調整においてはブラスト処理が望ましいことが確認できた。今回行った一般的な電動工具処理では緻密で強固なさびを完全に除去することは困難であり、さびに含まれる残存塩分の影響により補修した塗膜の耐久性は十分ではないことがわかった。推奨する塗装仕様は鋼道路橋塗装・防食便覧のRc-I塗装系と考えるが、更なる詳細な検討および調査が必要であり、補修方法の早期の確立を目指していきたい。

【参考文献】

- 1) 旧建設省土木研究所, (社)鋼材倶楽部, (社)日本橋梁建設協会: 耐候性鋼材の橋梁への適用に関する共同研究報告書 (XX) - 無塗装耐候性橋梁の設計・施工要領 (改訂案) - (1993)
- 2) 守屋進: 鋼道路橋の新しい防食技術 - 防食材料の高耐久化と環境負荷の低減 -, Structure Painting, Vol.33, No.3, p8 ~ 13 (2005)
- 3) 竹村誠洋, 藤田栄, 鈴木伸一, 松井和幸: Ni系高耐候性鋼の開発及び高飛来塩分環境への適用, 防錆管理, Vol.47, No.9, p330 ~ 334 (2003)
- 4) 江成孝文, 田中誠, 町田洋人: 異常腐食した耐候性鋼の塗装による補修対策, 第21回防錆防食技術発表大会講演予稿集, p119 ~ 122 (2001)

衣替え、 首都高の場合は

長谷川 和夫*

大都市の中の首都高速道路

3月、そろそろ衣替えの季節である。

都内では最近、超高層ビルの建設が特に目につく。汐留、品川、丸の内等々まさに街が衣替えしたようで様相が一転し、一昔前の面影はない。

中には、十分に使用に耐えられるのではと思われる建物も造り替えられ新しい街並みへと変貌を遂げている。2003年問題が世間を賑わしたのはついこの間である。またビルの供給過剰現象が起きたりしないか、その時他のビルはどうなるのか、ビルの耐用年数とか寿命はどう考えればよいのか、などと勝手に心配したりしている。

振り返って、道路では?と考える。

特に、首都高速道路(以下、首都高)のように大都市に建設され、大動脈として日々利用されている道路においては、新しく造り替えるのは並大抵のことではない。代替ルートの確保、利用できないことによる経済的損失、交通混雑等周辺への影響、そして改築費用など、解決しなければならない課題は数多く、結果として大規模な改修をも含めた良好な維持補修によって現在の構造物の寿命を延ばすことが、当面取り得る現実的な方策であると思う。

首都高も、他の高速道路と同様に、民営化後45年間、2050年までに債務を返済しなければならず、昭和37年に開通した首都高速1号線(宝町～芝浦)を初めとした古い路線は、債務返済時までで90年近く利用に供されることとなる。

言い換えると、首都高は、(部分的な景観対策は実施したとしても)基本的な姿を変えずにその

ような長期間、人々の目に触れることとなる。しかも、総延長286.8kmのうち、80%以上が高架構造であることから、街中にあるのは、圧倒的な存在として目に飛び込んでくることとなる。

首都高の衣替え

都市の景観は、歴史的建造物などごく一部を除き絶えず変化を続けており、その中に存在する首都高に対する景観面での評価は、長い歴史の中で、その時々、街並み、国の経済状況、人々の意識などによって絶えず変わってきた。

筆者自身、入社当時は都心のビルの合間を縫って走る首都高の桁の赤(コーラルピンクと呼んでいる)に都市の躍動感と、時代の最先端を行く技術の象徴を見たものであり、実際世の中からもそのように評価されていたように思う。

その後時代の遷り変わりとともに、首都高の鋼桁の色も「強調」から「調和」へと、周辺環境との調和を第一として見直しがなされ、順次塗り替えを実施してきている。しかし、塗り替えた色もまた長年の間このままでよいとは限らない。

また、近年桁やトンネルの汚れ、塗装やコンクリート表面の劣化など、首都東京の道路として相応しいとは言えない状態が目立ってきている。景観向上策に取り組んでいるものの、改善されたと実感するまでに至っていないのが実情である。特に塗装に関しては、近年の維持管理費の削減の影響もあって塗り替え計画を先延ばしせざるを得ない場所もあったことから傷みの著しいものも多い。平成18年度は、塗替え工事を例年に増して実施しているところであるが、今年はさらに、お客様に

*首都高速道路株式会社 技術管理室長

綺麗になったと実感していただけるよう、「美しさの復活」をキーワードに景観向上を目指しているところである。

品質の価格

塗装の寿命は、塗料の品質とともに、当然のことながら施工の技術とその管理にも大きく左右される。施工後まもなく層間剥離が生じたり、エッジ部など特定部位に早期に欠陥が現れるのは、施工上何らかの技術的な問題があったものと思われる。それを思うとき、最近の低価格の入札状況には強い危惧を抱く。

当社では、平成18年度から塗替え塗装工事について、公平性と競争性の向上による一層のコスト削減を目指して、発注ロットを大型化するとともに、契約方法をそれまでの指名競争入札から条件付一般競争入札へ変更した。その結果、工事によっては入札参加者が70社を越えるなど競争性が大幅にアップしたと思われたが、結果はほぼ全ての工事が低入札であり、その落札率も60～40%台と極端に低いものとなっている。落札者の中には保険会社の契約保証を受けられず、契約を辞退した社も幾多がある。

このような低入札の工事の場合、所定の性能を満足する施工ができるか大いに疑問であり、発注者としては如何にして品質を確保、確認するか大きな問題である。当社では、施工管理員を増補、工事検査を強化するなどして品質管理に努めるつもりであるが、良好な施工には適正な価格が必要なことは論を待たない。低入札が続くことは、結果として発注者の予定価格の低下に繋がりがねないものであり、公共工事における良好な品質の確保と業界の健全な発展を危うくするものである。無秩序な低価格競争を行っているとするればその会社には猛省をお願いしたい。

公共工事における低入札と品質確保は全国的な課題となっており、塗装工事においても品質確保と不適格な業者を入札から排除する仕組みについて、当社でも官民一体で取組まなければならない

と考えている。

夢の塗装

当社における橋梁塗装の規格は、長寿命化を求めて変遷してきている。これは全国的なことであり、特に首都高においては、高架橋の多くが街路上や河川上に建設されているため、施工の困難さの他に交通規制や他企業との工事調整が必要となるなど、その立地条件から塗替え間隔を極力延長させることでコストミニマムを目指しているためである。

実際、塗料の長寿命化は目覚しく、今では桁外面の塗装はフッ素樹脂塗料が標準となり、塗替え感覚は飛躍的に伸びてきている。今後とも、より長く、より美しさを保つ塗料の開発を期待するものであり、積極的に採用していきたいものと考えている。

他方、首都高の宿命として「汚れ」の問題がある。前述のように、汚れた高架橋は東京に相応しい首都高という面からは大きな課題であり、都市内に建設されているがゆえ排気ガスなどで汚れている高架橋は、防錆性能に問題がなくとも塗り替えたい場合が多い。しかし、コストや立地条件、優先順位などの問題のためほとんど実施できないのが現実である。

大きなインパクトを持ち、造り替えることが極めて困難な首都高の中で、『塗装』は化粧板や外装板を除けば唯一景観を変えられるものである。もし、その時々に応じ塗替えられれば綺麗な道路を保つことも可能であろう。

塗料の長寿命化と合わせて、スプレーによる現場塗装なども開発されてきているが、さらに短時間かつ簡便に施工できる塗料、工法の開発を進めることが今後とも必要である。

視点の多い耳桁外面を一晩で施工、何層も塗り重ねた塗膜層を一枚ずつ剥がしてリフレッシュ、下地処理が不要で一層で仕上がる塗料…、など安く、早く自由に衣替えできる塗装は夢物語であろうか？

VIVA MEXICO!

ーメキシコ
ひとり旅ー

堀内 経代*

1. メキシコシティにて

1) 独立記念日前夜

「危なすぎるよ!」ホテルのフロントで私は途方に暮れた。今日は9月14日、メキシコの独立記念日前夜、国立宮殿の前の中央広場に数万人の人が集いお祭り騒ぎをするという。11時に大統領が現れて音頭をとって「Viva Mexico!」と独立宣言を一体となって叫ぶのだ。たまたまその日に到着した私は、早速見に行こうとタクシーを頼んだところ、大反対されてしまった。何でもみんな酔っ払って暴走しているから、女一人の外人がそんな所に行くなんてとんでもないそうだ。フロントのオヤジさんもポーターさん達も口を揃えて止めろと言う。現地の人の言葉は神の声、でも行きたい。そこで車で周りを見るだけと頼み込み、タクシーを呼んでもらった。どちらにしろ交通規制で広場までは行けそうにない。

英語が話せる運ちゃんは、小柄で白髪元気なおじさんでガイドも買って出てくれた。人通りがない暗いビル街で車を止めて空を指すと花火が開いた。「Viva Mexico!」に合わせて、あちこちで花火を上げるらしい。人通りは余りない。ヨーロッパのような重厚な様式の建物に石畳の路地は街灯も控えめで、時々ごみが散らばっている。

メキシコは長い間憧れの地だった。密林に眠るマヤ遺跡、生贄で血塗られたアステカの伝説、望遠鏡もない時代に正確な太陽暦を作った驚異の観察力と計算力。数多く残るピラミッド。アステカはスペインに滅ぼされ、マヤは人知れず消えていき、謎が多く残る石の文明だ。

いつか必ず訪ねたいと思いながら、なかなか踏み出せなかった。二週間前についに奮い立って旅行を決めたけど、そんなのに付き合える酔狂な友達などいるはずがない。勢い一人旅となってしまった。一人旅にも憧れていたから、夢に次ぐ夢の実現でもう止まらない。心配する周りに、怖くないわけでもなかった。「五体満足に帰るのが一番の目標です。危険なことはしません」と誓いを立てて旅立った。日本からアメリカ、ヒューストンを経て中米メキシコへ、合計17時間の空の旅を終えて、今私はここにいる。じっとしているはずがない!

街はだんだんと賑やかになって来る。車が進めなくなったと思うと、前の通りを人が流れていく。広場で打ち上げが終わり、これからマリアッチ広場へ行って夜っぴて騒ぐのだそうだ。明日は祝日でお休みだから盛り上がる。頭や服に白い泡がついている人がところどころにいる。調子に乗って泡スプレーを誰彼ともなくかけまくる人がいるらしい。別に泡ぐらいならかけられてもいいんだけどな。あっちで人並みに遮られこっちで引き返せと言われ、



写真-1 中央広場のカテドラル

苦労しながら運転手のおじさんは国立宮殿へ連れて行ってくれた。祭りの後はもう閑散としている。まだ幾つか屋台が頑張り、お腹の空いた人がホットドッグみたいなサンドイッチにかぶりついていた。中央広場は国立宮殿、行政府、カテドラルに囲まれている。(写真-1)とても広い。この広場が人で埋まるなんて、なんてパワーだろう!中央広場の周り一面、官公庁の建物なのに、派手なイルミネーションで建国の功労者イダルゴ神父達の似顔絵が描かれているあたり、やっぱりお祭り好きなんだと感じてしまう。(写真-2)おじさんはボディガード兼ガイドとして、



写真-2 独立記念日前夜のイルミネーション

広場を一緒に歩いてくれた。国立宮殿のあのバルコニーから大統領が顔を出す、あの銅像はメキシコの基準点で距離をここから測る、この教会の中にはアステカの遺跡がある(ええっ!）、知り合いがいたら見せてあげる・・・残念ながらいなかったのでもたの機会になった。ホテルへ引き返すときに、信号待ちで止まったタクシーのフロントを拭く男がいる。おじさんが小銭を渡すと去っていった。「メキシコは病んでいる」とおじさんは言う。将来に希望を持たず、アルコールに溺れ定職を持たない人が増えているのだ。命を落とす人もいるという。おじさんの声は真剣で、憂えてはいるが決して見捨てている目ではないと思った。

2) 国立人類学博物館

今日の目当ては国立人類学博物館とソチミルコ。国立人類学博物館は、テオティワカン、マヤ、アステカとメキ

シコの古代文明を網羅しているし、ソチミルコはアステカ時代の浮き畑が残る郊外の土地だ。そして自由行動。がんばるぞ！

まずは国立人類学博物館へ。ホテルの近くのコンビニを通りかかると、鉄格子がはまっている。奥では、おばさんが明るい笑顔でお客さんを迎えてくれるが、中には入れない。夜間や祝日で人が少なくなるときには、強盗よけに普通に行われていることだ。水を買に行ったら、「water」が通じなくてカルチャーショック、英語が通じない国があるんだ！しかもここアメリカの隣の国で首都なのに。世界はまだまだ広い。数少ない、知っているスペイン語で「アグア（水）」といったら、明るくうなずいて取ってきてくれた。

ちょっと距離があるけれど、大通りを博物館まで歩く。今日は独立記念日で軍事パレードをするから、大通りはもう見物客が詰め掛けて場所取りをしている。屋台も出ている。果物売りの屋台では、小太りのおじさんが一心不乱に果物を切って、大きなプラスチックのコップに山盛りに詰め込んでいる。美味しそうで買ってしまった。マンゴーはとても美味しい。スイカはまだ早いのかちょっと甘みが足りない。リンゴは甘かった。

Tシャツでうろうろしている私は地元で溶け込んでいたらしい。現地の人に話しかけられてしまった。きれいな妊婦さんだった。でもスペイン語がわからない。「スペイン語わかりません」という言葉も覚えてないし、どうしよう。困り果てていると、お姉さんが私の手にする果物を見ている。きっとこれは「その果物どこで買ったの？」と言っているに違いない！困ったときはボディランゲージ。私はにっこり笑ってその方角を指差した。お姉さんは、そちらに歩いていったから、きっと通じたのだろう。ひょっとしたら「道で食べるのは良くないわ」と言っていた

かもしれないけど、結果オーライ。一息入れに立ち止まったら、今度は隣のおじさんが私に話しかけてきた。もう私は心得たものだ。すかさず、にっこり笑って同じく指差した。途端におじさんはそっちへ歩き出した。よしよし、今回も通じたぞ。おじさんの去った後には露店が広がったままだった。おじさんの店？いいのかな、ほっといて。

ひたすら歩き続けてたどり着いた人類学博物館。入り口にはトラロック、アステカの雨神の彫像が立っている。中に入るとまずは土産物屋の商店街。カタログだの模造品だのを売っている。博物館本体が一瞬わからないほどぎっしりだ。博物館は広い敷地に時代ごとに館を分けて展示している。それでも手狭なのか、ケースの中には展示物が隙間なく並んでいる。これはじっくり見ると日が暮れそう。石器時代の住居の復元があるけど、どう見てもお墓の上に家がある。ご先祖の上で暮らしていたのかな。

パレンケのピラミッド内部の復元がある。石棺の中に眠る王様。光が暗くてよく見えないが厳粛な雰囲気漂う。それもそのはず、あとで聞いたら本物だった。パレンケのピラミッドはもう中には入れず、内部の遺物はここ博物館に運ばれていたのだ。

この目玉はアステカの太陽カレンダー



写真-3 アステカの太陽カレンダー

ダーだろうか。(写真-3) 人2人分ぐらいの直径の巨大な石の円盤にびっしりとカレンダーの日付が入っている。スペインの侵略者の破壊を逃れるため埋められていたという。メキシコは征服された国だ。文化尊重などなかった時代、征服者は容赦なく文化を破壊した。今も残る町並みはほぼスペイン時代のもの。それでも人々の中に生き残るものはあったのだろうか。少なくとも現代まで血は残り、失われた文明の研究は進められている。

3) ソチミルコ

後ろ髪を引かれながら、ソチミルコに向かう。ときどきしながら地下鉄に乗り、郊外へ。電車には物売りが乗ってきて、賑やかだ。テレビ屋さんがテレビを抱えて立ち止まったり、流しの歌手が一曲奏でたり。

着いてみるとソチミルコは気楽な田舎町で、店という店が休みだったメキシコシティと違い、市場（メルカド）が開いて賑わっている。それなのに観光案内所だけが開いていない。しまった、地図がないから、ここを当てにしていたのに。どうしよう。歩く人に聞いても答える言葉がわからない。あちこちさまよってすっかり疲れてしまい、そろそろあきらめムードになってきた頃、露店でおばさんが地元紹介の雑誌を売っているのを見つけた。藁をも掴む思いで言ったが、おばさんも英語はわからない。お互いに困っていたところに、天の助け、英語のできるおばさんの知り合いが現れた！おばさんが頼んでくれ、知り合いのおじさんはてきぱきと道を教えてくれた。何度もお礼を言って歩き出すと、後ろから「そこ右」と声がかかる。なんとおじさんが自転車に乗ってついて来てくれていた。なんて親切なんだ！やがてソチミルコの運河に着いた。今は水遊びのできる行楽地で、観光船がいくつも浮かんでいる。そこで案内してくれたおじさん

はおもむろに「観光船は400ペソ」
(1ペソは約10円)といった。客引き
だったの!? やられたーかもしれない
が、この人がいなければ、そもそも着
いてない。ここまできたら浮き畑チナ
ンパスは間近で見たいし、上に立っ
てみたい。しかし、このまま払うのは
旅行者のプライドがすたる。「おじさ
ん」私は腹を決めていった。「お金あ
まり持ってないの」ほぼ泣き落として
船賃は半額近くまで落ちた。支払おう
としたらペソが足りず、ドルが使えら
かなと様子を見ながら1ドル渡したら、
「もういい」といわれた。本当に金がな
いと思われたらしい。後で調べたら、
それでも相場より高かった。おじさん、
やるね。私もまだまだだ。

借りた船は、なんと20人乗り! 広
すぎるよ目立つよ。小心者の日本人は
小さくなってしまう。船頭の兄ちゃん
ひとりで棹差して動かしている船は、
途中で他の船とすれちがうと声を掛け
合っている。(写真・4) 途中で家に
帰るらしい知りあいがぼんと乗ってき
たときには驚いた。きっと地元民の
パーティーなのだろう、大きな船でい
っぱいの人が笑い声をあげて陽気に楽
しんでいる。横にマリアッチ楽団が小
船をつけて演奏している。いいな。そ
の向こうでは家族がのんびり船にのっ
て、くつろいでいる。舳先に寝そべっ
ている若者は、白づくめに装ったスベ
イン系の美男子で絵になっている。
花売りのおじちゃんが、「セニョリー
タ、花買わなかね!」と声を掛けてく
る。「日本人? 中国人?」と話し掛け
てくるおじさんがいる。日本人と答え
ると「日本人は大好きだ!」なぜかは
わからないけど、「グラシャス(あり
がとう)!」と返す。

浮き畑チナンパスは、もうがっしり
と止まって大地と変わらない感触だっ
た。上に温室を建てたりしている。英
語のできない船頭の兄ちゃんが懸命に
手振りで説明してくれたところによる



写真・4 ソチミルコの運河

と、木が育って川底に根を張り動かな
いそうだ。自分の立っている地面の下
が川だなんて信じられない。チナンパ
スは、土と葦を重ねただけの構造なの
に。

アステカ時代、メキシコシティはテ
ノティランと呼ばれ、大きな湖に浮
かぶ島だった。チナンパスを浮かべて
作物を作り、運河を張り巡らして行き
来していた。こんな郊外まで運河が延
びているとは、ずいぶん大きな都市だ
ったのだ。スペインはその湖を埋め立
てて、今のメキシコシティを作った。

チナンパスめぐりから帰る途中、地
下鉄で不思議なものを見つけた。平た
い円柱を重ねた形の小さなピラミッド。
地図ではアズテク・ピラミッドと記さ
れている。地下鉄工事中に出土したピ
ラミッドを保存しているらしい。この
ような小さいピラミッドは幾つとなく発
掘されていると聞いた。カテドラルは
アステカの神殿遺跡の上に建造されて
いて、一部を見ることができる。メキ
シコシティはアステカを土台にして建
っている。

駅を出るともう10時過ぎ。暗い街
をひたすら歩く。いや、私誓いを破っ
て危険なことをしている気がする。途
中寄ったファミリーレストランでは、
レジに立つ兵士が銃を持っていてびっ
くり。やっぱり治安が悪いのかな。幸
い、何事もなく一夜の安らぎの待つホ
テルへ辿りつけて、心底ほっとした。

2. 信仰の地

1) グアダルーペ

今日は、グアダルーペの聖母とテオ
ティワカン巡り。ガイドさん同行ツア
ーで安心楽々、しかもガイドさんは8
年メキシコに住んでいる勉強家で博識、
日本人だから質問し放題! ああ、言葉
が通じるって素晴らしい。

グアダルーペは奇跡の地、今も多く
の人が詣でている。遠目に見る教会の
塔は、おや傾いている。何と地盤沈下
で旧教会はピサの斜塔状態、危険なの
で使用禁止になってしまった。聖母の
ご加護はなかったのか。いやきっと聖
母さまは建物にはこだわらない方なの
に違いない。新教会が隣に建ち、信者
で満杯になっている。こちらは平屋建
てで傾かなさそうだ。

病を治す奇跡を求めて訪れる人は、
教会への道のりを膝立ちで進んでいる。
歩いていることに気が引けてしまう。
中はミサの真っ最中だけど、見学も写
真も自由。さすがメキシコ、見物人ぐ
らいでは動じない。

ご本尊は聖母の似姿を描いたマント。
羊飼いの少年の前に現れたマリア様が、
神父に教会を建てるように伝えるよう
にいい、証拠の品として真冬にバラを
咲かせて持っていかせた。そのバラを
包んでいたマントを広げると、似姿が
映っていたという。マントはそのまま
教会で崇められるようになった。科学
的分析をしても、染料も画法も不明ら
しい。

ミサが行われている祭壇の裏に絵姿
はひっそりと安置されているが、その
下はベルトコンベヤーになっていて、
観光客が運ばれていく。立ち止まらせ
ない合理的な構造だ。写真は撮り放題
でフラッシュOK! ひ弱な絵画や遺物
と違って、神の奇跡のマントはフラッ
シュごときでは色あせない。バチカン
のお墨付きだけはあつ。真の奇跡は骨



写真-5 グァダルーベの聖母様

太だ！（写真-5）教会裏手に複製画もあり、写真を撮っていく人が多いが、中には手を触れて祈っていく人もいる。何を祈っているのだろう。きっと聖母の恵みは、本物、複製を問わず降り注がれるのだろう。

観光名所でありながら、信仰も生きている場所。相反する要素がたくましく混在している。この国で会う人々はどこかにしっかりとした倫理感を感じさせる。カトリックの信仰が基礎にあるのかもしれない。

2) テオティワカン

バスに乗って、テオティワカンへ。入り口には観光客がひしめいている。でも遺跡内に入るとまばらに見えるぐらい広い。幅45メートルの「死者の大通り」と整然とならぶ都市遺構が広がる。神殿都市として建設され、一大祭祀センターだったが、アステカ人が来た時にはもう廃墟だった。アステカ人はその後を引き継いで彼らの神々の祭祀を行った。都市を作ったのはテオティワカン人とされているが、どんな人々でどこから来てどこへ去ったのか、まだ解明されていない。テオティワカンはアステカの言葉で「神々が住む都」という意味だという。

今あるテオティワカンはアメリカ人の学者が豊富な資金と政府の協力を得て、自分の構想で復元した。近年になっていくつか間違いが指摘されている。学者には批判されても観光名所になっているから、復元して正解かもしれない。ちなみにここの調査には日本も資金協力をしていて、プレートが飾られていた。

住居跡は狭いけれど、上水道、下水道完備。神殿は半地下になっていて、色あせた壁画が残っている。ところどころ復元品と言われてなんだかがっかり。本物は希少品なのだ。石と木が組み合わさった建造物は木が腐り、石だけが残っている。中庭に開いた天文観測所は、足元に水が貯められるようになっている。そこに星を映して観測したのだという。古代式反射望遠鏡なのだろうか。星を足元に見るという発想がすごい。

そしてメインイベント、ピラミッド登頂だ。死者の大通りのつきあたりの月のピラミッドに挑戦する。高さ47メートル。上ってみるとなだらかな稜線でも結構きつい。階段が急なのだ。下を見ると、ここを下りるなんて考えるのも怖い。神聖な場所だから上にくくしてるのかな？頂上に立つと都市の全域が見渡せてとても爽快だ！ちょっと神さまになった気分。山がないから神の御座所にピラミッドを作ったというけれど本当かもしれない。

大通りを進んで、次は太陽のピラ

ミッドへ。（写真-6）こちらは月のピラミッドより高く66メートルある。高さはエジプトのギザのピラミッドに譲るけど、容積は1位だ。喉は渴くし高地で空気は薄いしへとへとだけど、でも登る。メキシコにきたら、ピラミッドに登らなくては！登っても登っても階段がつきなくても。やっと着いた頂上はごろた石が積んである。本当は神殿があったのだけど、崩れてしまったのだ。何だか太陽が近い気がする。太陽のピラミッドは春分の日に太陽が真上にくるので、太陽パワーを受け取りに手を伸ばしている人を見かける。もちろん私も伸ばした。お日様パワーで旅行中元気でありますように！

3. おわりに

神々の都テオティワカンを去って、バスはメキシコシティへ戻っていく。乾いた山肌にびっしりと土色の家々が張り付いて息を飲む。百万人都市がここから始まる。スラムがあり犯罪がありオフィス街があり遺跡があり伝統があり宗教がある。アステカからスペイン、独立を経て現代まで、多重に歴史が積み重なるメキシコシティは中南米のラテン諸国の縮図のようだ。

これから旅をしていく私にとって、この街は最初の一步、でもいつまでも忘れない場所になるだろう。もう一度訪ねたい。そして今度こそ「Viva Mexico！」と一緒に叫ぶのだ。泡だらけになって。



写真-6 太陽のピラミッド

橋塗協だより

平成19年度1級及び2級土木施工管理技術検定試験のお知らせ

1. 申込受付期間

- 1) 書面申込：平成19年4月2日(月)～4月16日(月)
- 2) インターネット申込：平成19年3月16日(金)～4月2日(月)

2. 申込用紙の販売期間

- 1) 窓口販売：平成19年3月16日(金) から
- 2) 現金書留による郵送請求：平成19年3月16日(金) から
- 3) インターネット請求：平成19年3月16日(金)～4月7日(土)

3. 試験日

- 1) 1級土木施工管理技術検定試験
学科試験 平成19年7月1日(日)
実地試験 平成19年10月7日(日)
- 2) 2級土木施工管理技術検定試験(種別：土木・鋼構造物塗装・薬液注入)
学科・実地試験 平成19年10月28日(日)
(2級は学科試験と実地試験を同日に行います。)

4. 土木施工管理技術検定試験に関する問い合わせ先

(財)全国建設研修センター 土木試験課 TEL 03-3581-0138 (代)

※当協会では「平成19年度2級土木施工管理技術検定試験(鋼構造物塗装)受験準備講習会」を下記のとおり開催する予定です。

平成19年9月5日(水)～9月7日(金) 東京：塗装会館(定員100名)

平成19年9月12日(水)～9月14日(金) 大阪：エルおおさか南館(定員72名)

平成19年9月19日(水)～9月21日(金) 福岡：電気ビル本館(定員60名)

「高塗着スプレー塗装」を出展—新技術展示説明会in北陸—

「新技術展示説明会in北陸」は、北陸地方整備局においてNETIS登録された53技術の展示及びプレゼンテーションを行うもので、NETIS登録技術のみを対象とした催しは、全国の地方整備局でも初めての試みとなりました。

当協会においては、北陸地区委員会が中心となり「高塗着スプレー塗装」(NETIS登録番号HR-050017)を出展すると共に、プレゼンテーションを下記のとおり行いました。

開催日時：

平成18年10月25日(水) 9：30～17：00

平成18年10月26日(木) 9：30～16：00



写真-1 展示ブース

会場：

国土交通省北陸地方整備局 北陸技術事務所
構内特設会場（新潟市）

「高塗着スプレー塗装工法」プレゼンテーション実施日時：

平成18年10月25日（水） 14：40～

平成18年10月26日（木） 11：40～

場所：第一会場（第二試験棟車庫内）



写真-2 参加者

会議等開催状況

第33回運営審議会

日時：平成18年12月1日（金） 14：30～17：00

場所：塗装会館 会議室

主な議題：1) 賛助会員の入会について

2) その他

掲 示 板

◆代表者変更

中橋産業(株)は、平成18年10月から代表者を下記のとおり変更した。

代表取締役社長 中橋 孝彦

(株)宮下塗装店は、平成18年10月から代表者を下記のとおり変更した。

代表取締役社長 宮下 昭造

代表取締役会長 宮下 昭夫

◆賛助会員入会

有限会社島元商会

代表取締役 島元 文隆

〒457-0075 愛知県名古屋市南区石元町3-28-1

TEL 052-821-3445 / FAX 052-821-3585

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
変性エポキシ樹脂塗料上塗
ユニマリン No.300 上塗MS
変性エポキシ樹脂塗料上塗(弱溶剤低汚染形)
ユニマリン No.500 上塗MS
ふっ素樹脂上塗
フローレックス 上塗MS

CMP 中国塗料株式会社
工業塗料事業本部

東京 〒100-0011 東京都千代田区内幸町2-1-1 飯野ビル ☎0120-74-4931
大阪 〒550-0005 大阪市西区西本町1-8-14 西本町MICビル3F ☎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

スマイルシリーズ

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



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スマイル上塗
ふっ素	Vフロン#100Hスマイル中塗/上塗
	(低汚染) Vフロン#100クリーンスマイル上塗

彩りに優しさをそえて

DNT
大日本塗料

●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 ん い
0088-22-1641

環境に優しい塗料の提案

弱溶剤形防食塗装システム

シントーマイルドシステム

弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料

◆ ネオゴーセーマイルド下塗

弱溶剤形ポリウレタン樹脂塗料用中塗

◆ NYポリンKマイルド中塗

弱溶剤形ポリウレタン樹脂塗料上塗

◆ NYポリンKマイルド上塗

弱溶剤形ふっ素樹脂塗料用中塗

◆ シントーフロン # 100マイルド中塗

弱溶剤形ふっ素樹脂塗料上塗

◆ シントーフロン # 100マイルド上塗

さわやかな環境の提案



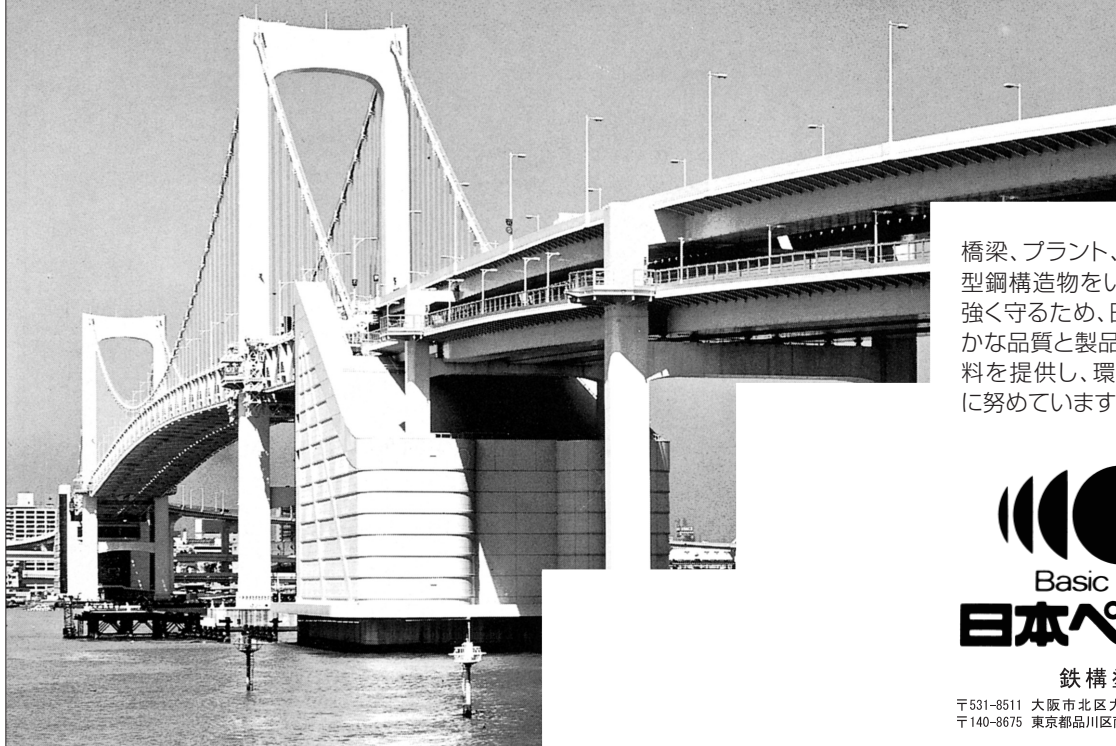
神 東 塗 料

東京 Tel 03-3522-1674

大阪 Tel 06-6426-3763

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

環境にやさしい、重防食塗料をめざして。



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



Basic & New

日本ペイント

鉄構塗料部

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

超耐候性弱溶剤形ふっ素樹脂塗料

下塗から上塗まで
弱溶剤で統一した
重防食最新環境配慮形塗装仕様

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



採用実績 東京都 清洲橋(墨田川)

ニューフッソ21DC上塗システム

T 株式会社トウペ

本社 〒592-8331 大阪府堺市築港新町1丁目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>

A[△] ALESCO

セーフティシリーズ

環境対応型省工程塗装システム

ユニテクトセーフティ工法

環境対応型省工程一般防食塗装システム

ユニテクト10セーフティ工法

環境対応型省工程重防食塗装システム

ユニテクト20セーフティ工法

ユニテクト30セーフティ工法



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

省工程によるコスト削減の実現

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

弱溶剤化によるメリット

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

人と環境に優しいシステムです

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

関西ペイント販売株式会社

東京：東京都大田区南六郷3丁目12-1

TEL.03-5711-8901 FAX.03-5711-8931

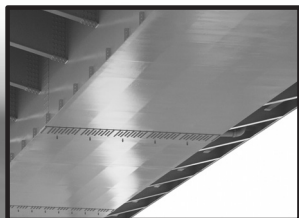
大阪：大阪府吹田市豊津町13番45号(第3腕ビル)

TEL.06-6337-0761 FAX.06-6330-2751

弱溶剤形ふっ素樹脂登場

AGC

日本の橋を守りたい



名古屋市内高速道路



LUMIFLON
超耐候性ふっ素樹脂塗料
信頼と実績のマーク

特徴

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

AGC化学品カンパニー

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

東京都 清州橋



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

先日、調べたいことがあり勝鬨橋に行った。

勝鬨橋は昭和15年6月に完成した日本では珍しい可動橋（跳開橋）であり、橋の中央部分を「ハ」の字型に開いて、1000トン級の大型船舶を通すことができた。戦前は1日5回開閉していたが、戦後になり昭和22年からは1日3回、昭和36年からは1日1回となり、昭和45年11月29日を最後に開閉を中止している。

橋を開くために使用していた変電所は、現在では「かちどき橋の資料館」に改修されている。館内には勝鬨橋をはじめ、隅田川の橋についての資料が展示されており興味深かった。予約制で橋脚内にある橋の開閉装置の見学ツアーも実施されており、一度参加してみたいと思っている。

最近、大人のための社会科見学がブームとなっていると聞く。インターネットで検索すると、自動車や食品等の工場、航空自衛隊、海上自衛隊、造幣局、下水道局、清掃工場等の様々な施設が見学できる。これから気候も良くなるが、観光地ばかりを訪ねるのではなく、このような施設を見学するのも楽しそうだ。

(A)

編集委員変更のお知らせ

新編集委員 林 昌弘 氏

(本州四国連絡高速道路株式会社 東京事務所 技術調整課長代理)

前編集委員 山口和範氏（前：本州四国連絡高速道路株式会社 東京事務所 技術調整課長代理）の後任として林 昌弘氏を新編集委員に委嘱、就任していただきました。よろしくお願い申し上げます。

なお、山口委員には平成17年6月に就任以来、「Structure Painting」の編集に力を尽くしていただきました。

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

編集委員会

編集幹事

加藤 敏行（理事）

編集委員（五十音順）

酒井 修平（中日本高速道路株式会社）

田中 誠（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）

根本 洋（財団法人首都高速道路技術センター）

林 昌弘（本州四国連絡高速道路株式会社）

守屋 進（独立行政法人土木研究所）

若林 登（首都高速道路株式会社）

Structure Painting 橋梁・鋼構造物塗装

(通巻第129号)

平成19年3月20日 印刷

平成19年3月31日 発行

非売品

年2回発行／無断転載厳禁

発行責任者 本山 蓊

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