

Structure Painting

Vol.43

橋梁・鋼構造物塗装

2015年9月

CONTENTS	page
●巻頭言	
インフラ老朽化時代への防食塗料の役割について……………毛利 訓士………… 1	
●技術報告	
寒冷地用塗料の施工性に対する検討 ……………石田 博文・林田 宏・富山 禎仁………… 2	
ダストレススプレーハンドガンによる鉄道橋りょうの塗替え塗装 ……………鈴木 周一・大嶋 啓・和泉 大祐・市川 昭人…………14	
プラスト面形成動力工具の機能と橋梁等における適用結果と課題 ……………原田 麻衣・中野 正・辻 良尚・後藤ひと美…………21	
●技術資料	
日本で最も厳しい塩害環境と風環境下の離島架橋工事 [伊良部大橋主航路路上部工：3 径間連続鋼床版箱桁] ……………矢ヶ部 彰…………31	
●よもやま話	
橋と私……………津野 和男…………40	
橋塗協だより……………45	
第 18 回技術発表大会報告 ……………48	
会員名簿……………50	
広告……………53	

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

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>) で閲覧できます。

インフラ老朽化時代への 防食塗料の役割について

関西ペイント販売株式会社
代表取締役社長 毛利 訓士



高度成長期に建設されたインフラは老朽化の時期を迎えています。全国の橋梁約70万橋のうち、建設後50年以上経過する橋梁の割合は、2013年時点で全体の18%（約7万1000橋）で、2023年には43%（約17万1000橋）、2033年には67%（約47万橋）と今後加速度的に増加していきます。

ところが財政状況は厳しく、維持修繕予算は年々減少してきているのが現実です。そのような中、2年前に中央道笹子トンネルで天井板落下事故が発生しました。この事態を受け、国土交通省社会資本整備審議会は、「最後の警告～今すぐ本格的なメンテナンスに舵を切れ」と、とても強い表現で提言を発表し、ある日突然橋が落ちて犠牲者が発生する事態がいつ起きても不思議ではない、と述べています。

予算が限られる中で、増大していく老朽化インフラを適切にメンテナンスしていくには、従来のやり方そのままでは費用が追いつかないと考えられます。

インフラを腐蝕から護る方法は、大半が防食塗装システムによるものであり、インフラの維持に大きな役割を果たしてきたと考えております。防食塗料は、産業革命による鉄鋼の大量生産による鋼構造物の建設開始以来、腐蝕から構造物を護る必要不可欠なものとして開発され、その後進展してきました。近年の大きな進展としては、ブラスト処理＋ジンクリッチ＋エポキシ＋ふっ素（又はポリウレタン）塗装システム（重防食塗装システム）の開発が挙げられます。「重防食塗装システム」の採用が開始されたのは、1980年代、約30年前で本四架橋瀬戸大橋、明石海峡大橋、レインボーブリッジ、横浜ベイブリッジなど多くの長大海上橋にも採用され、海上という厳しい環境下においても腐蝕を発生させることなく、今日に至っています。この実績により、現在では重防食塗装システムは全ての新規に建設される橋梁に採用されており、今後は相当な長

期間に亘り耐久性が発揮され、メンテナンスコストの最小化に貢献していくものと考えています。

一方、これから老朽化を迎え、塗り替えが行われる橋梁は、高度成長期に建設された橋梁で、重防食塗装システムが開発される以前のため、耐久性が短い塗装システムが採用されています。このため、塗り替える時には、さびが発生している状態であり、この状態において、いかに少ないコストで長寿命化を図るかが大きな課題と考えられます。

この課題克服には新しい技術が必要とされるところです。

国は、平成25年6月に閣議決定した「日本再興戦略」に基づき、同年11月に「インフラ長寿命化基本計画」をとりまとめました。この基本計画に基づき、国、自治体レベルで行動計画の策定を進めることで、全国のあらゆるインフラの安全性の向上と効率的な維持管理を実現することとされています。この計画の中で、新技術の開発・導入として、補修・補強、新材料等に関する技術等の開発・積極的な活用をしております。国土交通省は新技術情報提供システム（NETIS）を「公共工事等における新技術活用システム」の中核を担うものとして運営し、優れた技術を持つ企業をサポートし、更なる新技術開発を促進する事を行っています。防食塗料も、省工程、省コスト、環境改善等の新技術がいくつか登録されており、地方自治体、国土交通省の工事での採用が拡大しています。

国民生活・あらゆる社会経済活動はインフラによって支えられています。防食塗料は長年に亘りインフラを腐蝕から護ってきました。現在の大きな社会課題である「少ない予算で長寿命化」に対して、更なる技術開発により引き続き貢献していきたいと考えております。

寒冷地用塗料の施工性に対する検討

石田 博文¹⁾ 林田 宏²⁾ 富山 禎仁³⁾

1 はじめに

寒冷地において冬期の低温時に塗装工事を行う際に従来型の塗料を使用する場合、変性エポキシ樹脂塗料などの低温用塗料を使用しても5℃以下での塗装は制限される。このため、この時期の塗装作業は塗装可能温度になる時間が夏期に比べて短くなることから、作業効率が著しく低下する。一方で塗装作業時の適温を確保するために暖房機器を使用すると、夏期に比べてコストが上昇するとともに、CO₂の排出量の増加につながっていた。これらの問題を避けるために寒冷地の塗装工事は、発注時期が春から夏にかけて集中し、繁忙期と閑散期が極端となることから作業人員の確保が問題となっていた。また『鋼道路橋塗装・防食便覧』の改訂に伴って素地調整にブラスト工法が採用されたことによって、工事期間が長くなり、気温の低下する影響を受けることが多くなってきた。これらの問題を解決するために前記した『鋼道路橋塗装・防食便覧』の新技术に『寒冷地用塗料』が紹介されている。これらの塗料は、イソシアネートでの重合反応硬化等によって5℃以下の低温領域下でも硬化が可能であるが、塗料の耐久性や施工性等の性能に関しては十分な検討が行われていない。

このため、本稿では冬期間に試験場に設置された模擬橋梁（A）と模擬橋梁（B）を用いた試験を実施し、その試験を通して寒冷地用塗料の耐久性、施工性、施工対策等の検討を行った結果を報告する。

2 検討の目的

これまでに寒冷地用塗料を試験板に、適用温度の下限目標である-5℃に設定した低温実験室で塗装し、室内での促進劣化試験や実環境での暴露試験を実施してきた。この結果、施工温度が氷点下域でも施工性や初期物性に支障が認められず、良好な結果を得ることができた。この結果を踏まえて、厳冬期に模擬橋梁に寒冷地用塗料を塗装することによって、実橋梁において実際の施工を行ううえで重要となる施工性や施工対策



図-1 試験場位置

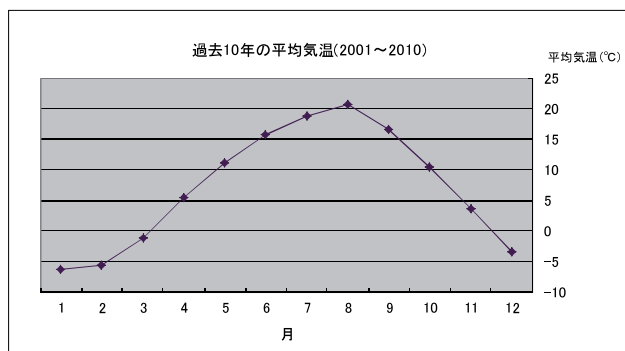


図-2 月別平均気温

等を明らかにすることを目的とする。

3 試験場の概要

試験に使用した模擬橋梁（A）と模擬橋梁（B）は、国立開発研究法人 土木研究所 寒地土木研究所の角山試験場内に設置されている。この角山試験場は、図-1に示すように札幌市の北東に隣接する江別市に位置し、塗装腐食環境区分は田園地域に該当する。また、この地域の気温は、図-2に示すとおり、月平均-6.4℃～20.6℃（過去10年平均）であるが、11月～4月までは5℃を下回り、年間のうち6ヵ月間は塗装不適格期間となっている。

1) 特定非営利活動法人 鋼構造物塗膜処理等研究会 理事

2) 寒地土木研究所 寒地保全技術研究グループ 耐寒材料チーム 主任研究員

3) つくば中央研究所 材料地盤研究グループ 新材料チーム 主任研究員



図-3 模擬橋梁 (A)

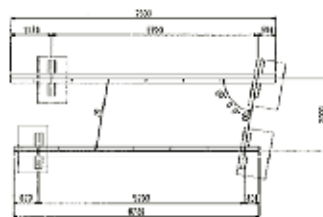


図-4 平面図

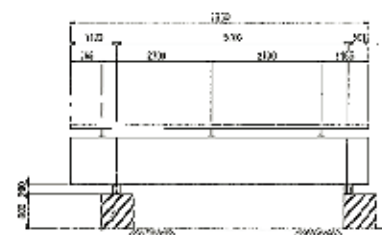


図-5 側面図



図-6 防護工全景



図-7 防護工内部の状況

表-1 寒冷地塗装仕様

工 程 塗装系	下 塗		下 塗		下 塗		中 塗		上 塗	
寒冷地用塗料A	寒冷地用 有機ジンクリッチペイント	330g 50 μm	寒冷地用 エポキシ樹脂塗料下塗	210g 50 μm	寒冷地用 エポキシ樹脂塗料下塗	210g 50 μm	寒冷地用ポリウレタン樹脂 塗料用 中塗	140g 30 μm	寒冷地用ポリウレタン樹脂 塗料 上塗	120g 25 μm
寒冷地用塗料B	寒冷地用 有機ジンクリッチペイント	120g 15 μm	寒冷地用 エポキシ樹脂塗料下塗	200g 60 μm	寒冷地用 エポキシ樹脂塗料下塗	200g 60 μm	寒冷地用ふっ素樹脂塗料 用 中塗	140g 30 μm	寒冷地用ふっ素樹脂塗料 上塗	120g 25 μm
寒冷地用塗料C	寒冷地用湿気硬化形 有機ジンクリッチペイント	280g 50 μm	寒冷地用湿気硬化形 ポリウレタン樹脂塗料下塗	150g 50 μm	寒冷地用湿気硬化形 ポリウレタン樹脂塗料下塗	150g 50 μm			寒冷地用厚膜形 ふっ素樹脂塗料上塗	180g 55 μm
寒冷地用塗料D	寒冷地用 有機ジンクリッチペイント	330g 50 μm	寒冷地用 エポキシ樹脂塗料下塗	210g 50 μm	寒冷地用 エポキシ樹脂塗料下塗	210g 50 μm			寒冷地用 中塗上塗兼用塗料	160g 55 μm

※上段は塗付量、下段は乾燥塗膜厚

4 模擬橋梁 (A) における検討

4.1 施工性と塗膜物性に関する検討

4.1.1 試験概要

厳冬期を想定した氷点下の温度域における寒冷地用塗料の施工性や仕上がり外観について確認するため、模擬橋梁 (A) を用いて施工性の試験を行った。

4.1.2 施工時期

平成 23 年 1 月 25 日～29 日

4.1.3 模擬橋梁 (A) の概要

図-3 の模擬橋梁 (A) は、札幌市内に架設されていた橋梁を架け替えに伴い、その一部を角山試験場に試験体として移設し、移設後に床版としてデッキプレートを設置、端部はアクリル板で塞ぐことによって田園地帯に架設されている実橋梁に近い状態とした。形状は図-4、5 のとおりである。

4.1.4 仮設養生方法

試験では従来の寒冷地で低温時の塗装工事で使用されることの多い加温用ヒーター等の特別な機器は使用せず、仮設養生においても通常の塗替え塗装で適用される板張り+シート張り防護養生を基本とした。この養生は降雪の影響を受けない養生として、そのまま利用した。防護工の状況は図-6、7 のとおりである。

4.1.5 塗装仕様

試験に採用した塗装仕様は、鋼道路橋塗装・防食便覧 (平成 17 年 12 月改訂) の標準塗替え塗装系である Rc-I の低温時用塗装仕様として、下塗りに有機ジンクリッチペイントを用いた塗装仕様とした。

各塗装仕様は仮称として『寒冷地用塗料 A～D』で管理をおこなった。それぞれの塗料名と塗付量、目標膜厚を表-1、塗装仕様区分を図-8 に示す。

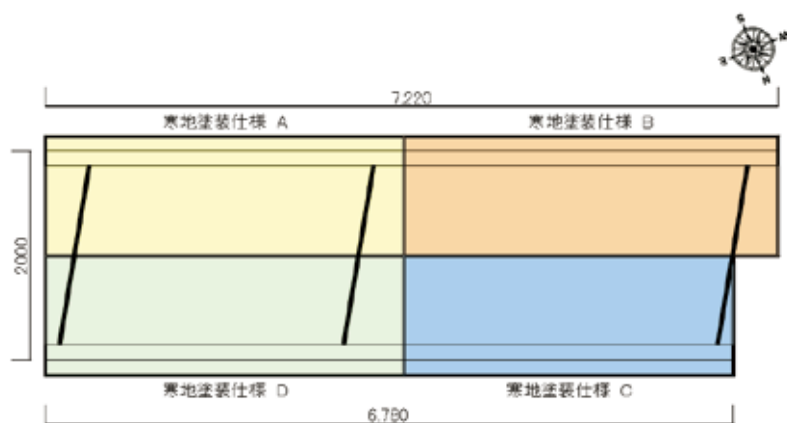


図-8 各塗装仕様区分

表-2 塗料の管理項目

管理項目	管理方法	管理内容
塗料液温	非接触式温度計	使用前の塗料の液温管理
塗料粘度	リオン式粘度計	使用前の塗料の粘度管理
塗付量	Wetゲージ	塗装中の塗料塗付布量の管理



図-9 粘度測定状況



図-10 液温測定状況

4.1.6 塗装方法と塗料管理

塗装作業はすべてはけ塗りにて行った。使用した塗料は、液温が外気温とほぼ同じになるように試験場内に設置した倉庫内に保管し、作業開始前に各塗料の温度-粘度-希釈率曲線と塗装時の温度に基づき、各塗料メーカーの適性塗装粘度となるように希釈調整を行った。塗料は表-2の管理項目により管理を行った。また、塗付量は各塗装仕様のWet膜厚をWetゲージにて確認しながら管理した。図-9、10に塗料の管理状況を示す。

4.1.7 評価項目

施工性の評価は、表-3に示す項目について実施した。評価項目のうち、はけ作業性については1つの塗装仕様の塗装を同じ塗装工が行うことによって、評価に対する差異が少なくなるように実施した。また、評価結果は塗装作業中及び塗装作業後に聞き取り調査を

行い、結果を記録した。

4.1.8 試験結果

施工性の評価結果を表-4～8に示す。今回の施工性試験はいずれの塗装工程も氷点下での施工となり、塗料の液温も氷点下であったため、塗料粘度が高い状態であった。

(1) はけ作業性

いくつかの塗料で「やや作業性が悪い」という評価になったが、その内容としては、二液塗料の混合後、時間の経過で粘度が高くなったことによって、はけさばきが重く、つっぱり感を感じることに由来のものであった。しかしながらこれによって、はけ塗り作業が困難になったりすることはなく、塗装作業には特別支障になるものではなかった。

このつっぱり感は、寒冷地用塗料が低温環境下での乾燥性向上のために、揮発の早い溶剤を用いているこ

表-3 施工性の評価項目

管理項目	管理内容	評 価
はけ作業性	Rc-Ⅱ 塗装系のそれぞれの塗料と作業性の比較 はけ塗りによる作業性(塗りやすさ、作業時間等)	○ : 同等以上
		△ : やや作業性が悪い
		× : 作業性が悪い
仕上がり外観	塗膜に以下の異状がないこと タレ・チジミ・ブラッシング・はじき・にじみ・ムラ ピンホール・すけ・ハケ目	○ : 異状なし
		△ : わずかに異状あり
		× : 異状あり
乾燥性	半硬化乾燥以上 各工程において翌日の半硬化乾燥状態以上を確認	○ : 半硬化乾燥以上
		△ : べたつき有
		× : 指触乾燥以下

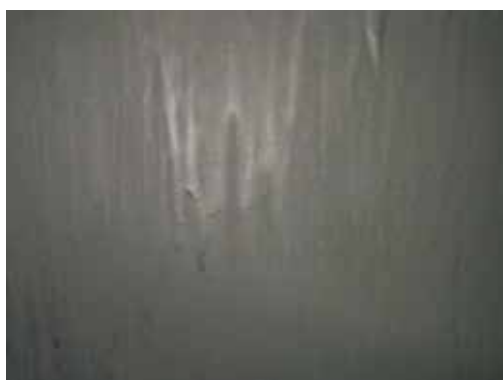


図-11 塗料のタレ



図-12 はけ目

表-4 施工性の評価結果 (1 層目)

項 目	塗装仕様A	塗装仕様B	塗装仕様C	塗装仕様D
塗料名	寒冷地用 有機ジンクリッチペイント	寒冷地用 有機ジンクリッチペイント	湿気硬化形 有機ジンクリッチペイント	寒冷地用 有機ジンクリッチペイント
塗料温度(°C)	-7	-5	-2	-7
希釈率(%)	0	2	4	0
希釈後粘度(Poise)	22	9	18	22
場内温度(°C)	-4.3	-4.3	-4.3	-4.3
場内湿度(%)	81	81	81	81
鋼材温度(°C)	-4.9	-4.9	-4.9	-4.9
はけ塗り作業性	○	○	○	○
仕上がり外観	○	○	△	○
硬化性	○	○	○	○
その他				

とに起因していると推測される。

(2) 仕上がり外観

表-4～8のとおり、一部にわずかな異状が認められたが、ほとんどの塗料の外観は良好な状態であった。外観の異状の大部分は図-11、12に示すように、塗料のタレやはけ目が目立つ等であったが、これら異状の見られた塗装仕様すべてで所定の塗膜厚が確保されていることから、塗膜表面の美観上の問題だけであり、防食性には問題はないものと思われる。

(3) 乾燥性

表-4～8のとおり、ほぼすべての塗料において乾燥性は良好であった。異状の見られた塗装仕様Dでも、若干べたつき感がある程度であり、その後、半日経過した段階で半硬化状態になったことから特別問題はないものと思われる。

4.1.9 塗膜評価結果

塗装完了後のプルオフ付着試験及び塗装後3年分の光沢測定試験の結果を表-9、10に示す。いずれの塗装でもプルオフ付着試験の結果が3MPa以上と良好な付

表-5 施工性の評価結果（2 層目）

項 目	塗装仕様A	塗装仕様B	塗装仕様C	塗装仕様D
塗料名	寒冷地用 エポキシ樹脂塗料下塗	寒冷地用 エポキシ樹脂塗料下塗	湿気硬化形 ポリウレタン樹脂塗料下塗	寒冷地用 エポキシ樹脂塗料下塗
塗料温度(℃)	-7	-7	-7	-7
希釈率(%)	3	10	3	3
希釈後粘度(Poise)	8	10	13	8
場内温度(℃)	-1.4	-2.7	-2.8	-1.4
場内湿度(%)	57	57	57	57
鋼材温度(℃)	-2	-2	-2	-2
はけ塗り作業性	○	○	○	○
仕上がり外観	○	△	△	○
硬化性	○	○	○	○
その他				

表-6 施工性の評価結果（3 層目）

項 目	塗装仕様A	塗装仕様B	塗装仕様C	塗装仕様D
塗料名	寒冷地用 エポキシ樹脂塗料下塗	寒冷地用 エポキシ樹脂塗料下塗	湿気硬化形 ポリウレタン樹脂塗料下塗	寒冷地用 エポキシ樹脂塗料下塗
塗料温度(℃)	-6	-5	-9	-12
希釈率(%)	3	7.5	4	3
希釈後粘度(Poise)	7	10	20	7
場内温度(℃)	-2	-2	-2	-2
場内湿度(%)	44	44	44	44
鋼材温度(℃)	-1.9	-1.9	-1.9	-1.9
はけ塗り作業性	△	△	○	△
仕上がり外観	△	○	△	△
硬化性	○	○	○	○
その他				

表-7 施工性の評価結果（4 層目）

項 目	塗装仕様A	塗装仕様B	塗装仕様C	塗装仕様D
塗料名	寒冷地用 ポリウレタン樹脂塗料用 中塗	寒冷地用 ふっ素樹脂塗料用中塗	厚膜形ふっ素樹脂塗料 上塗	寒冷地用 中塗上塗兼用塗料
塗料温度(℃)	-6	-7	-8	-9
希釈率(%)	10	6	5	5
希釈後粘度(Poise)	1.8	1.5	9	14
場内温度(℃)	-1.1	-1.1	-1.1	-1.1
場内湿度(%)	44	44	44	44
鋼材温度(℃)	-3.4	-3.4	-3.4	-3.4
はけ塗り作業性	○	△	△	△
仕上がり外観	△	○	○	△
硬化性	○	○	○	△
その他	溶剤臭大	溶剤臭大		

着強度を有している。また、光沢も初期値はいずれも高い値を示しており、3年後の値も寒冷地用塗料 A を除いて、ゆるやかな減少率を示しており異状は認められなかった。

Ⅲ 模擬橋梁（B）における検討

5.1 塗装下限温度の検討

5.1.1 試験概要

前年に実施した模擬橋梁（A）での施工結果から、

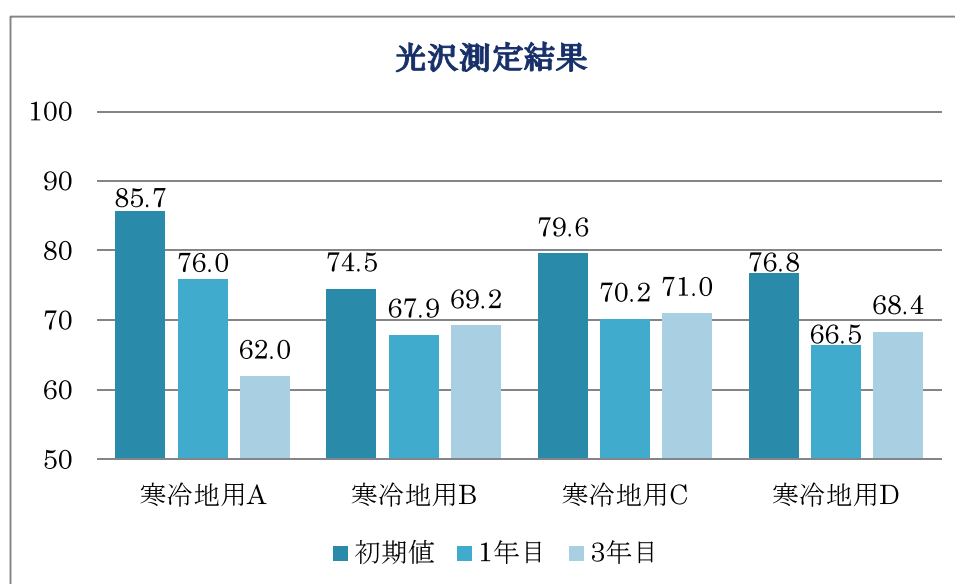
表-8 施工性の評価結果（5層目）

項 目	塗装仕様A	塗装仕様B	塗装仕様C	塗装仕様D
塗料名	寒冷地用 ポリウレタン樹脂塗料 上塗	寒冷地用 ふっ素樹脂塗料上塗		
塗料温度(℃)	-8	-6	—	—
希釈率(%)	15	15	—	—
希釈後粘度(Poise)	1.5	1	—	—
場内温度(℃)	-3.3	-3.3	—	—
場内湿度(%)	59	59	—	—
鋼材温度(℃)	-4.9	-4.9	—	—
はけ塗り作業性	○	○	—	—
仕上がり外観	○	△	—	—
硬化性	○	○	—	—
その他	溶剤臭大	溶剤臭大		

表-9 プルオフ付着試験結果

(Mpa)			
寒冷地用A	寒冷地用B	寒冷地用C	寒冷地用D
3.8	3.3	3.1	3.5

表-10 光沢測定結果



施工温度が氷点下域でも施工性や乾燥性、初期物性に問題が認められなかった。しかし、寒冷地用塗料を厳冬期で使用する際、乾燥や硬化が遅くなることが想定されるため、適用温度の下限値の温度設定の検討を行った。

5.1.2 施工時期

平成24年1月23日～27日

5.1.3 模擬橋梁（B）の概要

図-13に示す模擬橋梁（B）は、北海道内に架設されていた橋梁を架け替えに伴って、その一部を角山試験場に試験体として移設されたものである。その後、床版等が設置されて極めて実橋梁に近い状態となってい

る。形状は図-14、15のとおりである。

試験では塗装下限温度の検討に2本の桁の片側を使用し、反対側の桁を別に行った塗装上限温度の検討に使用した。

5.1.4 仮設養生方法

試験では前年と同じように加温ヒーター等の特別な機器は使用せず、素地調整時の飛散防止のための防護パネルと内部を飛散防止シートによる養生のみとし、それをそのまま降雪等の影響を避けるための養生とした。防護工の状況は図-16、17のとおりである。

5.1.5 塗装仕様

試験に採用した塗装仕様は、鋼道路橋塗装・防食便



図-13 模擬橋梁（B）

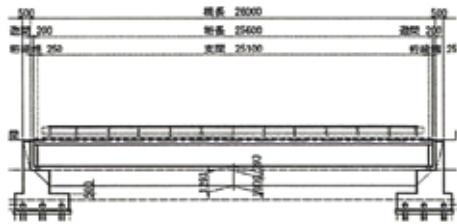


図-14 側面図

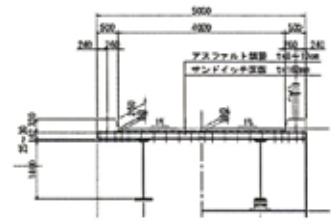


図-15 断面図



図-16 防護工全景



図-17 防護工内部の状況

表-11 寒冷地用塗装仕様

工 程 塗装系	下 塗		下 塗		下 塗		中 塗		上 塗	
寒冷地用塗料E	寒冷地用湿気硬化形 有機ジンクリッチペイント	280g 50 μm	寒冷地用湿気硬化形 ポリウレタン樹脂塗料下塗	150g 50 μm	寒冷地用湿気硬化形 ポリウレタン樹脂塗料下塗	150g 50 μm			寒冷地用厚膜形 ふっ素樹脂塗料上塗	180g 55 μm
寒冷地用塗料F	寒冷地用 有機ジンクリッチペイント	240g 30 μm	寒冷地用 エポキシ樹脂塗料下塗	200g 60 μm	寒冷地用 エポキシ樹脂塗料下塗	200g 60 μm			寒冷地用厚膜形 ふっ素樹脂塗料上塗	180g 55 μm
寒冷地用塗料G	寒冷地用 有機ジンクリッチペイント	240g 30 μm	寒冷地用 エポキシ樹脂塗料下塗	200g 50 μm	寒冷地用 エポキシ樹脂塗料下塗	200g 50 μm	寒冷地用ふっ素樹脂塗料 用 中塗	140g 30 μm	寒冷地用ふっ素樹脂塗料 上塗	120g 25 μm
寒冷地用塗料H	寒冷地用 有機ジンクリッチペイント	330g 50 μm	寒冷地用 エポキシ樹脂塗料下塗	210g 50 μm	寒冷地用 エポキシ樹脂塗料下塗	210g 50 μm			寒冷地用 中塗上塗兼用塗料	160g 55 μm
寒冷地用塗料I	寒冷地用 有機ジンクリッチペイント	330g 50 μm	寒冷地用変性エポキシ樹 脂塗料 下塗	200g 50 μm	寒冷地用変性エポキシ樹 脂塗料 下塗	200g 50 μm			寒冷地用厚膜形 中上塗用ふっ素樹脂塗料	180g 55 μm

※上段は塗付量、下段は乾燥塗膜厚

寒冷地用塗料E	寒冷地用塗料F	寒冷地用塗料G	寒冷地用塗料H	寒冷地用塗料I

図-18 各塗装仕様区分

覧（平成 17 年 12 月改訂）の標準塗替え塗装系である Rc-I の低温時用塗装仕様として、下塗りには有機ジンクリッチペイントを用いた塗装仕様とした。

各塗装仕様は仮称として『寒冷地用塗料 E ～ I』で

管理をおこなった。それぞれの塗料名と塗付量、目標膜厚を表-11、塗装仕様区分を図-18 に示す。なお、今回の塗装仕様は昨年度と同一の塗料を採用した塗装系もあるが、管理上別な塗装系として扱った。

表-12 施工性の評価結果（下限温度）（1 層目）

項 目	塗装仕様E	塗装仕様F	塗装仕様G	塗装仕様H	塗装仕様I
塗料名	湿気硬化形 有機ジンクリッチペイント	寒冷地用 有機ジンクリッチペイント	寒冷地用 有機ジンクリッチペイント	寒冷地用 有機ジンクリッチペイント	寒冷地用 有機ジンクリッチペイント
塗料温度(°C)	2	1	0	0	2
希釈率(%)	5	5	3	3	5
希釈後粘度(Poise)	16	3.5	12	9	14
場内温度(°C)	-0.7	-0.8	-0.9	-0.1	-0.3
場内湿度(%)	78	77	76	93	95
鋼材温度(°C)	-0.8	-0.9	-0.9	-0.5	-0.2
はけ塗り作業性	○	○	○	○	○
仕上がり外観	○	△	○	△	○
硬化性	○	○	○	○	○
その他		タレ		はけ目	

表-13 施工性の評価結果（下限温度）（2 層目）

項 目	塗装仕様E	塗装仕様F	塗装仕様G	塗装仕様H	塗装仕様I
塗料名	湿気硬化形 ポリウレタン樹脂塗料下塗	寒冷地用 エポキシ樹脂塗料下塗	寒冷地用 エポキシ樹脂塗料下塗	寒冷地用 エポキシ樹脂塗料下塗	寒冷地用 エポキシ樹脂塗料下塗
塗料温度(°C)	-2	-5	-6	-9	-4
希釈率(%)	3	5	3	5	5
希釈後粘度(Poise)	12	18	8	8	10
場内温度(°C)	-2	-2.3	-3.9	-3.3	-3.8
場内湿度(%)	68	68	81	81	76
鋼材温度(°C)	-2.3	-2	-3.4	-3.8	-4.2
はけ塗り作業性	△	○	△	○	△
仕上がり外観	△	○	○	○	○
硬化性	○	○	○	○	○
その他	タレ				

表-14 施工性の評価結果（下限温度）（3 層目）

項 目	塗装仕様E	塗装仕様F	塗装仕様G	塗装仕様H	塗装仕様I
塗料名	湿気硬化形 ポリウレタン樹脂塗料下塗	寒冷地用 エポキシ樹脂塗料下塗	寒冷地用 エポキシ樹脂塗料下塗	寒冷地用 エポキシ樹脂塗料下塗	寒冷地用 エポキシ樹脂塗料下塗
塗料温度(°C)	-4	-5	-7	-9	-7
希釈率(%)	5	5	5	5	9
希釈後粘度(Poise)	15	17	8	9	8.5
場内温度(°C)	-4.5	-4.5	-5.1	-6.1	-5.1
場内湿度(%)	71	71	70	74	70
鋼材温度(°C)	-5.5	-5.5	-6.3	-6.7	-6.3
はけ塗り作業性	△	△	△	○	○
仕上がり外観	○	○	○	○	○
硬化性	○	○	○	○	○
その他					

5.1.6 塗装方法

今回使用する塗料はすべて1層目に有機ジンクリッチペイントを用いた塗装系である。そのため、塗装作業に先立って旧塗膜を全面除去し、Sa2 1/2 以上となるようにブラストによる素地調整作業を実施した。

塗装作業はすべてはけ塗りにて行った。使用した塗料は、作業開始前に各塗料の温度－粘度－希釈率曲線と塗装時の温度に基づき、各塗料メーカーの適性塗装粘度となるように希釈調整を行った。塗料は前年と同様に表-2の管理項目により管理を行った。また、塗付量は各塗装仕様のWet膜厚をWetゲージにて確認し

ながら管理した。

5.1.7 評価項目

施工性の評価は、前年と同様に表-3の項目、評価基準について実施した。評価項目のうち、はけ作業性については1つの塗装仕様の塗装を同じ塗装工が行うことによって、評価に対する差異が少なくなるように実施した。また、評価結果は塗装作業中及び塗装作業後に聞き取り調査を行い、その結果を記録した。

5.1.8 試験結果

施工性の評価結果を表-12～16に示す。この表にあるとおり、施工試験時の温度は概ね塗装下限温度の目

表-15 施工性の評価結果（下限温度）（4層目）

項 目	塗装仕様E	塗装仕様F	塗装仕様G	塗装仕様H	塗装仕様I
塗料名	寒冷地用 厚膜形ふっ素樹脂塗料 上塗	寒冷地用 厚膜形ふっ素樹脂塗料 上塗	寒冷地用 ふっ素樹脂塗料用中塗	寒冷地用 中塗上塗兼用塗料	寒冷地用 厚膜形中塗上塗兼用 ふっ素樹脂塗料
塗料温度(℃)	-10	-8	-11	-11	-10
希釈率(%)	3	6	10	13	10
希釈後粘度(Poise)	10	12	7	10	16
場内温度(℃)	-6.1	-6.2	-8.1	-8.1	-8.1
場内湿度(%)	64	64	77	77	78
鋼材温度(℃)	-7	-7.2	-8.9	-8.9	-9
はけ塗り作業性	○	○	○	○	○
仕上がり外観	○	○	○	○	○
硬化性	○	○	○	○	○
その他					

表-16 施工性の評価結果（下限温度）（5層目）

項 目	塗装仕様E	塗装仕様F	塗装仕様G	塗装仕様H	塗装仕様I
塗料名			寒冷地用 ふっ素樹脂塗料上塗		
塗料温度(℃)	—	—	-6	—	—
希釈率(%)	—	—	9	—	—
希釈後粘度(Poise)	—	—	5	—	—
場内温度(℃)	—	—	-8.1	—	—
場内湿度(%)	—	—	75	—	—
鋼材温度(℃)	—	—	-9.2	—	—
はけ塗り作業性	—	—	○	—	—
仕上がり外観	—	—	△	—	—
硬化性	—	—	○	—	—
その他			タレ		

標とした-5℃程度であった。なお、表内の温度等の数値は塗装作業を行う際の数値を記録したものである。

(1) はけ作業性

今回もいくつかの塗料で「やや作業性が悪い」という評価になった。その内容としては、前年の施工結果にあったものと同様であり、はけさばきが重く、つっぱり感を感じることに由来のものであったが、これによって、はけ塗り作業が困難になったりすることはない、作業には特別支障になるものではなかった。

(2) 仕上がり外観

表-12～16のとおり、ほとんどの塗料の外観は良好な状態であった。一部で外観の異状が見られたが、その大部分は塗料のタレやはけ目である。これら異状の見られた塗装仕様のすべてで所定の塗膜厚が確保されており、異状は塗膜表面の美観上の問題だけで、防食性には問題はないものと思われる。

(3) 乾燥性

表-12～16のとおり、すべての塗料において乾燥性は良好であった。

5.1.9 塗膜評価結果

塗装完了後のプルオフ付着試験及び塗装後3年分の光沢測定試験の結果を表-17、18に示す。いずれの塗装でもプルオフ付着試験の結果が2MPa以上と良好な付着強度を有している。

また、光沢の初期値は全体的にやや低い値を示しているが、光沢の減少率はゆるやかであり異状は認められなかった。

5.2 塗装上限温度の検討

5.2.1 試験概要

寒冷地用塗料の使用は、最低気温が5℃を下回ることの多くなる向寒期や融雪期での使用を想定しているが、この時期は日中の気温が5℃を上回って推移することが想定される。低温乾燥性や低温硬化性を重視している寒冷地用塗料の場合、気温の上昇によってその反応が促進されることで施工性の低下が懸念される。

そのため、気温が比較的高い状態で塗装した場合の、寒冷地用塗料の施工性について確認を行うため、塗装下限温度の検討を行った同じ模擬橋梁（B）で試験を行った。

5.2.2 施工時期

施工試験を実施した前年の温度データより、日中の気温が5℃を下回りはじめる頃に日中の最高気温が10℃程度となっていることから、塗装上限温度の目標を10℃と設定し、この位の気温となる時期に施工、検討を行った。

5.2.3 模擬橋梁（B）の概要

試験では塗装下限温度の検討に使用しなかった反対

表-17 プルオフ付着試験結果

(Mpa)				
寒冷地用E	寒冷地用F	寒冷地用G	寒冷地用H	寒冷地用I
5	4.5	4.7	2.6	3.8

表-18 光沢測定結果

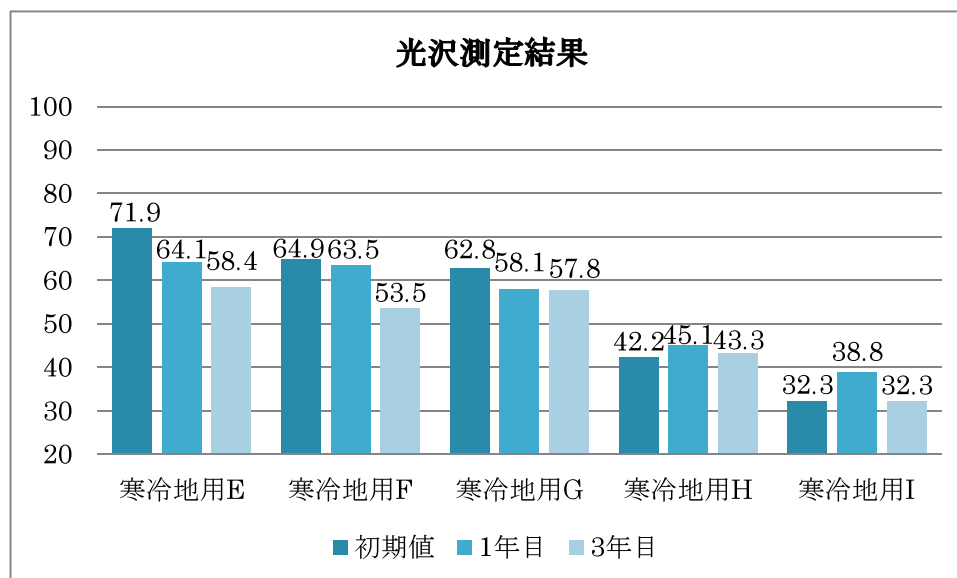


図-17 養生状況

側の桁の内側を使用した。

5.2.4 仮設養生

外部からの降雨、降雪の影響を排除するために、シートにて養生を行った。養生の状況を図-17に示す。

5.2.5 塗装仕様

試験に採用した塗装仕様は、塗装下限温度試験で使用する塗料のうち、表-19に示す11種類の寒冷地用塗料を使用した。それぞれの塗装範囲は図-18に示すように設置した。各区画は垂直補剛材を挟んだWeb面2箇所を1塗装仕様で使用し、それを縦に4箇所に分けて、塗料希釈調整直後、1、2、3時間後の4回に分けて塗装した。図-19に塗分け区画図を示す。

5.2.6 塗装方法

今回使用する塗料のうち、図-18の①～③の区画は有機ジンクリッチペイントを塗装する仕様である。そのため、素地調整度1種とし、塗装作業に先立って旧塗膜を全面除去し、Sa2 1/2以上となるようにブラストによる素地調整作業を実施した。また、④～⑪の区画は旧塗膜にさびがほとんどなかったことから、素地調整度4種とした。

塗装作業はすべてはけ塗りにて行った。使用した塗料は、作業開始前に各塗料の温度-粘度-希釈率曲線と塗装時の温度に基づき、各塗料メーカーの適性塗装粘度となるように希釈調整を行った。塗料は前年と同様に表-2の管理項目により管理を行った。また、塗付量は各塗装仕様のWet数値をWetゲージにて確認しながら管理した。

5.2.7 評価項目

施工性の評価は、各塗料の施工現場での使用時間が約2時間程度であることから、希釈調整直後、1、2、3時間後の各回について、表-3に示す項目、評価基準で実施した。

5.2.8 試験結果

施工性の評価結果を表-20に示す。なお、施工試験時の温度は塗装上限温度として目標とした10℃前後で推移していた。

(1) はけ作業性

表-20のとおり、使用した塗料のうち、No.5、8は試験途中でゲル化したため、それ以降の試験は中止した。

表-19 塗装仕様

工 程 塗装系	下 塗		下 塗		下 塗		中 塗		上 塗	
寒冷地用塗料E	寒冷地用湿気硬化形 有機ジンクリッチペイント	①	寒冷地用湿気硬化形 ポリウレタン樹脂塗料下塗	④	寒冷地用湿気硬化形 ポリウレタン樹脂塗料下塗				寒冷地用厚膜形 ふっ素樹脂塗料上塗	
寒冷地用塗料F	寒冷地用 有機ジンクリッチペイント		寒冷地用 エポキシ樹脂塗料下塗	⑤	寒冷地用 エポキシ樹脂塗料下塗				寒冷地用厚膜形 ふっ素樹脂塗料上塗	⑧
寒冷地用塗料G	寒冷地用 有機ジンクリッチペイント	②	寒冷地用 エポキシ樹脂塗料下塗		寒冷地用 エポキシ樹脂塗料下塗		寒冷地用ふっ素樹脂塗料 用 中塗	⑦	寒冷地用ふっ素樹脂塗料 上塗	⑨
寒冷地用塗料H	寒冷地用 有機ジンクリッチペイント	③	寒冷地用 エポキシ樹脂塗料下塗		寒冷地用 エポキシ樹脂塗料下塗				寒冷地用 中塗上塗兼用塗料	⑩
寒冷地用塗料I	寒冷地用 有機ジンクリッチペイント		寒冷地用変性エポキシ樹 脂塗料 下塗	⑥	寒冷地用変性エポキシ樹 脂塗料 下塗				寒冷地用厚膜形 中上塗用ふっ素樹脂塗料	⑪

※上段は塗付量、下段は乾燥塗膜厚

⑪	⑩	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	④	③	②	①

図-18 仕様別の塗装範囲



図-19 各区画の塗り分け図

これらの塗料の粘度は1時間後の時点で大きく上昇していることから、急速に硬化反応が進んだ結果、途中でゲル化したものと推測される。

その他の塗料についても、時間の経過に伴って作業性の低下している塗料がみられた。この作業性の低下は、はけさばきがやや重くなってつっぱり感があるというものであり、はけ塗り作業が困難になるようなものではなかった。

(2) 仕上がり外観

表-20 のとおり、ほとんどの塗料の外観は良好な状

態であった。ただ、No.1、3の塗装で塗料のタレやはけ目の異状が見られた。この塗料は共に有機ジンクリッチペイントであるが、所定の塗膜厚が確保されており、防食性には問題はないものと思われる。

(3) 乾燥性

表-20 のとおり、全ての塗料で塗装後1時間後に半硬化乾燥状態となっており、乾燥性に問題は認められなかった。

表-20 施工性の評価結果

No.	仕様名		作業性				外 観				乾燥性			
			直後	1H	2H	3H	直後	1H	2H	3H	直後	1H	2H	3H
1	寒冷地 E	ジンク	○	○	○	○	△	○	○	○	○	○	○	○
2	寒冷地 G	ジンク	○	○	△	△	○	○	○	○	○	○	○	○
3	寒冷地 H	ジンク	○	○	○	○	△	△	△	△	○	○	○	○
4	寒冷地 E	下塗	○	○	△	△	○	○	○	○	○	○	○	○
5	寒冷地 F	下塗	○	○	△	—	○	○	○	—	○	○	○	—
6	寒冷地 I	下塗	○	○	△	△	○	○	○	○	○	○	○	○
7	寒冷地 G	中	○	△	○	△	○	○	○	○	○	○	○	○
8	寒冷地 F	上塗	○	△	—	—	○	○	—	—	○	○	—	—
9	寒冷地 G	上塗	○	△	○	△	○	○	○	○	○	○	○	○
10	寒冷地 H	上塗	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
11	寒冷地 I	上塗	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

— ゲル化によって中止

6 まとめ

2 ヶ年に渡って実橋梁に近い模擬橋梁における施工試験を行って、寒冷地用塗料の耐久性、施工性等について検討を行った。その結果、以下のことが明らかになった。

- (1) 特別な機器や仮設備を用いることなく、模擬橋梁 (A)、(B) に対して施工試験を実施した。その後、付着試験及び光沢測定を実施したが、いずれの試験結果も良好であった。
- (2) 寒冷地用塗料の下限温度及び上限温度の温度設定のために、模擬橋梁の施工試験を実施した。その結果、作業性は時間の経過に伴って、やや低下する傾向のみられる塗料もあったが、はけ塗り作業が困難になることはなく、著しい作業性の低下は認められなかった。

仕上がり外観では、大部分の塗料で良好な状態であったが、一部の塗料にタレやはけ目が目立つ異状が見られた。ただ、これは美観上の問題のみで、所定の膜厚が確保されていることから、防食性に問題はないと考えられる。

硬化乾燥性は上塗で若干のべたつき感があった塗料があったが、それ以外はすべて問題は認められなかった。若干のべたつき感があった塗料も、その後、半日経過した段階で半硬化状態になったことから問題はないと考えられる。

- (3) 上限温度の施工試験において、塗料が粘度調整した後、2 時間経過後に急速に硬化反応が進み、はけのつっぱり等で若干の作業性の低下が見られた塗料があった。このため、温度が高い時の施工に際しては、塗料の使用時間に対する注意が必要である。

【参考文献】

- 1) 公益社団法人日本道路協会：鋼道路橋塗装・防食便覧 平成 17 年 12 月
- 2) 公益社団法人日本道路協会：鋼道路橋防食便覧 平成 26 年 3 月
- 3) 石田博文ほか：模擬橋梁を用いた寒冷地用塗料の施工性に関する検討、第 34 回鉄鋼塗装技術討論会発表予稿集 pp.73 ~ 82 平成 23 年 10 月
- 4) 大山博昭ほか：寒冷地用塗料仕様の耐久性に関する検討—寒冷地用塗装仕様の屋外暴露 3 年目試験結果—、第 35 回鉄鋼塗装技術討論会予稿集 pp.37 ~ 48 平成 24 年 10 月
- 5) 後藤宏明ほか：各種寒冷地用塗料の塗膜性能について (2)、第 36 回鉄鋼塗装技術討論会予稿集 pp.53 ~ 60 平成 25 年 10 月
- 6) 林田 宏ほか：気温が比較的高い施工環境での寒冷地用塗料の施工性に関する検討、第 37 回鉄鋼塗装技術討論会発表予稿集 pp.15 ~ 22 平成 26 年 10 月
- 7) 林田 宏ほか：寒冷地用塗料の耐久性、施工性、施工対策に関する検討、第 58 回 (平成 26 年度) 北海道開発技術研究発表会発表概要集 平成 27 年 2 月

ダストレススプレーハンドガンによる鉄道橋りょうの塗替え塗装

○鈴木 周一¹⁾ 大嶋 啓²⁾ 和泉 大祐³⁾ 市川 昭人⁴⁾

1 概要

1.1 鉄道橋りょう塗替え塗装の現況

鉄道橋りょうの塗替え工事では、これまではけままたはローラーによる塗装作業が一般的となっている。これは、鉄道橋の場合、開床式構造の橋りょうが主体であることから、軌道直下に養生シートなどを敷くことが困難であり、スプレー塗装による塗料の飛散防止が著しく困難なためである。

一方、近年、建設技能労働者が減少し、将来の「建設工事の担い手不足」が課題とされている。塗装業界においても、従来の塗替え塗装作業での担い手不足への対応策として、塗装作業の機械化の促進や作業効率の向上が求められている。本塗装試験では、鉄道橋りょう塗装工事の機械化導入の一環として、スプレーダストが一般のスプレーに比べ著しく少ない「ダストレススプレー技術」の鉄道橋りょうへの適用性を検証し、鉄道橋りょうにおける塗替え塗装工事での実用化に向けた検討を行ったものである。

1.2 開発の経緯

ダストレススプレーノズルは、塗料と空気の二流体を一对のノズルにより至近距離で塗装するもので、色見本の塗装装置用ノズルとして開発されたものである¹⁾。

平成 24 年度、JR 東日本研究開発センター・テクニカルセンターの研究開発において、このダストレススプレー技術を活用した自動塗装機械が開発され、大型箱桁橋りょうのような大きな平面を有する橋りょうへの適用に一定の見通しを得た²⁾。

この開発において、ダストレススプレーノズルは、単独でハンドガンとしても使用できることが確認されたことから、平成 25 年度よりダストレススプレーハンドガンを用いた鉄道橋りょうの塗装試験を行ってきた。平成 25 年度は、スパン 13.4m のデッキガーダ上り線(溶接桁)と下り線(リベット桁)を、平成 26 年度は、ス



写真-1 鉄道橋りょうの塗替え状況



図-1 箱桁用自動塗装機械のイメージ²⁾

パン 12.9m のデッキガーダ(リベット桁)2 連を塗装試験した。本報告では、後者の試験結果を報告する。

2 ダストレススプレーの原理

ダストレススプレーのノズルは、中心部から塗料、その外周からエアーを噴出するもので、塗料粒子はエアーで霧化され被塗面に塗着する。この時、塗料粒子が大きいほど、粒子速度が速いほど塗着効率(使用塗

1) 建設塗装工業株式会社 技術本部 技術部

2) 東日本旅客鉄道株式会社 鉄道事業本部 設備部

3) 東日本旅客鉄道株式会社 JR 東日本研究開発センター テクニカルセンター

4) 関西ペイント株式会社 R&D 本部 SD 研究所

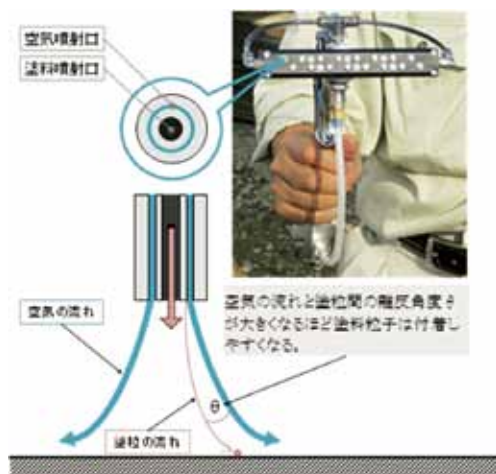


図-2 ダストレススプレーの塗着原理

料に対する被塗物への塗着塗料の割合)が高くなる。また、ノズルと被塗物との距離が近いほど、塗料粒子の直進性が強くなり粒子速度も速くなることから、塗着効率が高くなることがわかっている¹⁾。さらに吹き付け角度が鉛直に近づくほど塗着効率は向上する¹⁾。

ダストレススプレーノズルを用いた自動塗装機では、ノズルと被塗物との距離を5cmと近接させて施工したことから、塗着効率として88%の高効率が得られている²⁾。

3 ダストレススプレーハンドガンの概要

ダストレススプレー装置は作業者が扱うハンドガン(①)と塗料を圧送するための支援装置(②)、これを動かすためのコンプレッサー(③)によって構成される(図-3)。

ハンドガンは16個のノズルを有するガンヘッド部と作業者が扱うためのトリガーグリップによって構成されている。支援装置は塗料を圧送するダイヤフラムポンプ、洗浄ユニット、塗料缶及び移動用カートから成り、これらを一体化させることで移動を容易にしている。

また、ダストレススプレー装置はオールエア駆動方式であり、ダイヤフラムポンプへ圧縮した空気を送るための、コンプレッサーを使用している(写真-2)。

4 試験塗装の概要

4.1 試験対象橋りょう

試験対象橋りょうの概要は、以下のとおりである。

- ・形式：デッキガーダ(リベット桁) L=12.9m×2連 塗装面積 426m² (橋側歩道含む)
- ・試験施工期間：2014年7月24日～28日

4.2 試験対象範囲

ダストレススプレーによる試験塗装は、日中とし、主桁の主体部(ウェブ、下フランジ)を対象とした。

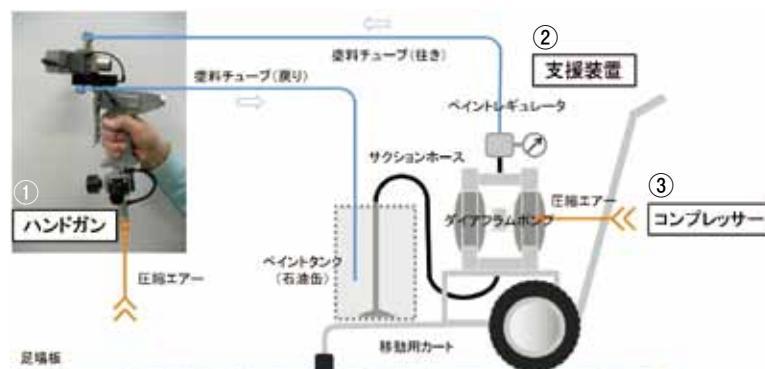


図-3 塗装機のシステムイメージ



写真-2 コンプレッサー

夜間施工となる部位(上フランジ等)、横綾材、対傾構など部材断面が小さく、先行はけ塗り範囲が大部分を占める部位、狭隘部でノズルの取り回しが困難な部位(端横桁、支承部付近)は、試験対象から外し、はけ塗りとした。

4.3 先行はけ塗り

スプレー塗装では、一般に塗膜厚確保が困難な部位については、スプレー塗装に先行してはけ塗りを実施することとされている。本試験塗装においては、先行はけ塗りの対象部位を文献³⁾を参考に以下のとおりとした。



写真-3 開発したハンドガン



写真-4 試験対象橋梁



写真-5 先行はけ塗り状況

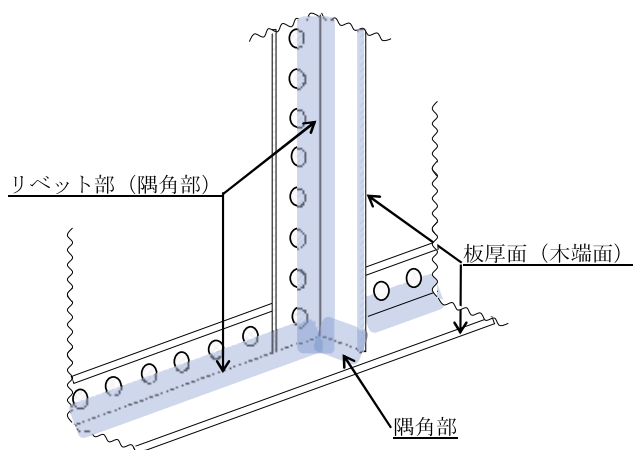


図-4 先行はけ塗り範囲

表-1 塗替え塗装仕様

塗装系		素地調整種別／使用塗料	塗装法 使用量／乾燥膜厚	区分
素地調整		替えケレン2	—	—
T ー 7 塗 装 系	第1層	厚膜型変性エポキシ樹脂系塗料	はけ・ローラー ^{ア)} 200mg/m ²	補修
	第2層	厚膜型変性エポキシ樹脂系塗料	スプレー ^{イ)} 60μm	全面
	第3層	厚膜型変性エポキシ樹脂系塗料	スプレー ^{イ)} 60μm	全面
	第4層	厚膜型ポリウレタン樹脂塗料上塗	スプレー ^{イ)} 50μm	全面

ア) はけ・ローラーにて塗装する箇所。使用量で管理。

イ) ダストレススプレーで塗装する箇所。目標乾燥膜厚を設定。ウェット膜厚で管理。

厚膜型変性エポキシ樹脂塗料：ウェット膜厚 125μm

厚膜型ポリウレタン樹脂塗料：ウェット膜厚 100μm

- ①部材の板厚面（木端面）
- ②リベット部（隅角部側）
- ③隅角部（部材が直角に交わる箇所）

4.4 塗替え塗装仕様

塗替え塗装の仕様は、表-1 のとおりである。

設計標準使用量は、ダストレススプレーの実橋でのロス率のデータが十分でないため、目安としてははけ及びローラー塗りの標準使用量とする。ただし、ウェッ

トフィルムゲージによる湿潤膜厚測定により、目標乾燥膜厚が得られる塗布量を確保する。

5 試験塗装結果

5.1 乾燥塗膜厚

(1) 測定要領

主桁ウェブ面を対象に、電磁式膜厚計により、旧塗膜を除去した箇所の乾燥塗膜厚を測定した。測定箇所は、図-5 に示すように鉛直リブと上下フランジに囲ま



写真-6 主桁ウェブのスプレー塗装

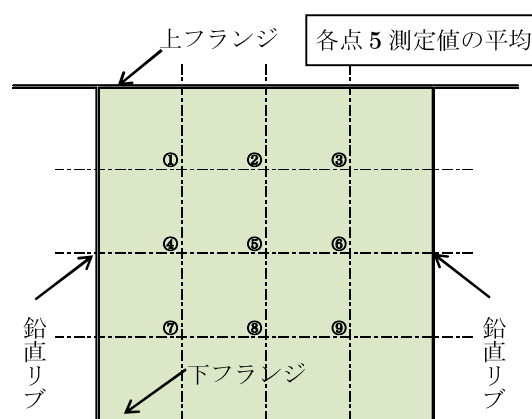


図-5 乾燥塗膜厚測定箇所

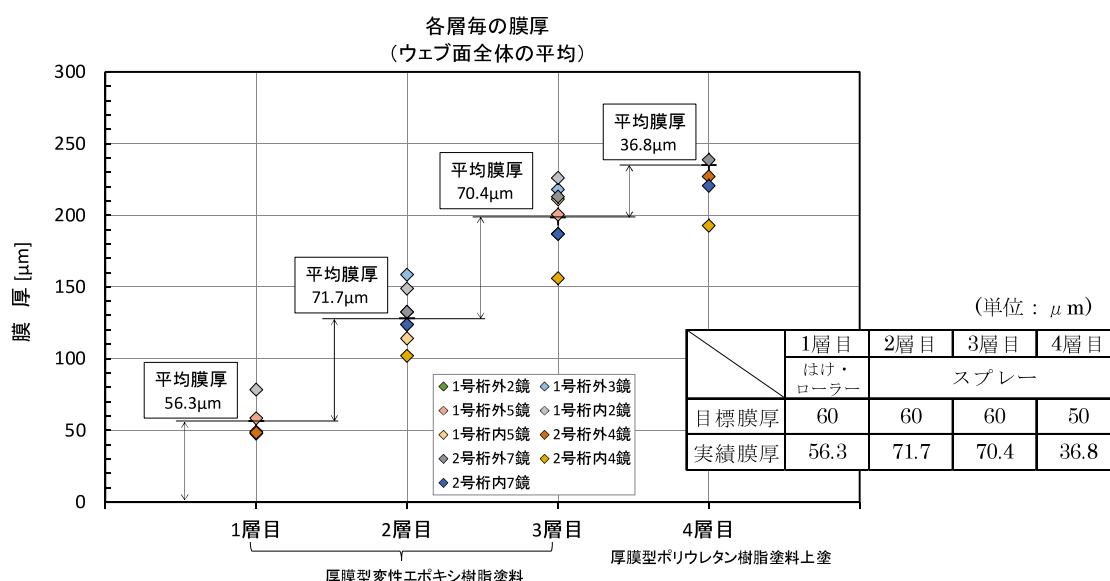


図-6 乾燥塗膜厚測定結果

れた面の9か所、1か所の測定値は5回測定値の平均とした。

測定は、はけ・ローラーによる第1層の補修塗装を含め、第2層から第4層まで、各層ごとに実施した。

(2) 測定結果

各層毎の乾燥塗膜厚測定結果を図-6に示す。

2層目および3層目は、スプレー塗装による厚膜型エポキシ樹脂塗料の塗装結果であり、それぞれ71.7 μm 、70.4 μm と目標膜厚の60 μm を上回っている。一方、4層目の厚膜型ポリウレタン樹脂塗料上塗については、36.8 μm と目標膜厚の50 μm を下回っている。

上塗りの膜厚不足については、後述のダスト量が多いため、今後、改善の余地がある。

5.2 塗膜仕上り

塗膜の仕上りは、ゆず肌が全体的に見られるが、塗膜品質としては問題の無いレベルである。また、一部に上塗りの透けが見られ、当該箇所では、上塗り塗膜

の膜厚不足が考えられる。

5.3 塗料の飛散状況

(1) 飛散防止対策

塗料の上部および外部への飛散防止対策として、以下のとおりとした。

- ・上部部材の上向き噴射を禁止した。(下フランジの下面およびその添接用リベット部まではけ塗りとした)
- ・足場床面および朝顔立ち上がり部分は、ブルーシート養生とした。(写真-8)

(2) 飛散確認要領

ウェブ上方への飛散については、橋まくら木の目視確認、上フランジ下面に設置した黒色色紙で確認を行った。また、塗料の橋よう部外への飛散状況を確認するため、確認用の黒色色紙を貼り付けた板、箱を足場側面および河川敷地内に設置し、飛散した塗料つぶを確認した。

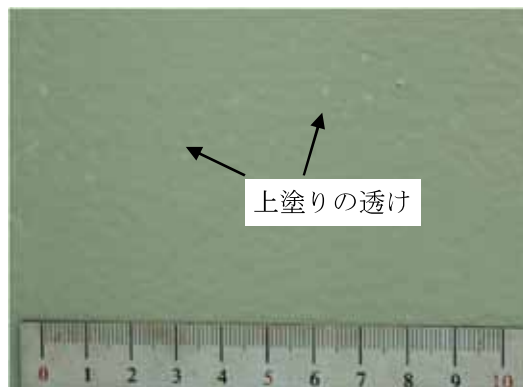
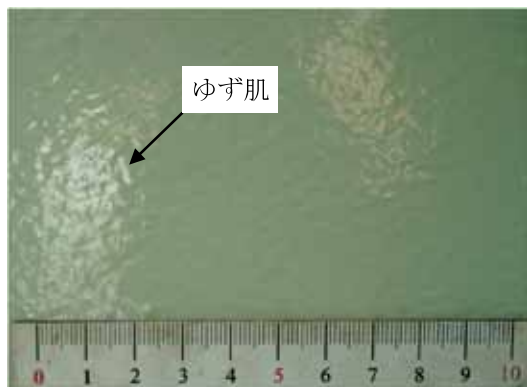


写真-7 塗膜の仕上り



写真-8 足場床面および朝顔部のブルーシート養生

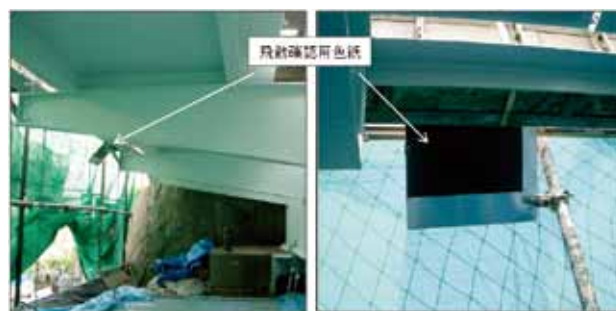


写真-9 朝顔内部の確認用色紙



写真-10 河川敷内の確認用色紙

(3) 飛散確認結果

① ウェブ上方への飛散確認

ウェブ上方への飛散確認として、橋まくら木表面への塗料の飛散を確認した。目視確認では、塗料飛散は確認されなかった。

また、ウェブへのスプレー塗装時に上フランジの下面に黒色色紙を設置し、飛散状況を確認した。

スプレー機の直上部では、色紙への塗料ダストの付着が多く見られる。一方、影響範囲（約6cm）を離れた部位では、ダストの付着は少なくなる。

塗料の種別ごとの比較では、厚膜型ポリウレタン樹脂塗料上塗が変性エポキシ樹脂塗料に比べ、ダスト量

がやや多く、改善の余地があると思われた。

② 橋りょう外部等への飛散確認

橋りょうの外部近傍で計測した風速は、1.5～3.5m/sであり、塗料ダストが遠方まで飛散する風速では無かった。



写真-11 ウェブ上方への塗料飛散確認



図-7 上フランジ下面の色紙確認結果

足場朝顔内部および橋りょう外部への飛散確認結果は、表-2のとおりである。

表-2によれば、試験開始初期（24日）に機器調整に伴う朝顔内部での飛散が見られたが、橋りょう外部への飛散は、非常に少ないレベルであった。

塗料の飛散状況をまとめると以下のとおりである。

- ・朝顔内部の塗料の飛散については、足場の養生によ

り側方および下方は、防護されるものの、上方への飛散については、色紙による調査により確認された。ただし、まくら木への付着は、目視では確認できない程度であった。今後、上方への塗料飛散対策について検討を行う。

- ・橋りょう外部への塗料の飛散については、黒色の紙への塗料粉付着を観察した結果、検出された付着量はわずかであった。しかし、近隣に人家等がある場合には、ダストレススプレーの使用に課題が残る。
- ・厚膜型ポリウレタン樹脂塗料上塗では、ダスト量が多めで、塗料の組成を含めた対応策の検討が必要である。

5.4 塗装効率

(1) スプレー塗装時の塗装効率

スプレー塗装を実施している時間と対象面積から求めたスプレー塗装時の塗装効率を表-3に示す。

表-2 塗料飛散確認結果

飛散確認用紙板位置		24日	25日		26日		28日
		2号桁 下塗り	1号桁 下塗り	2号桁 中塗り	1号桁 中塗り	2号桁 上塗り	1号桁 上塗り
右朝顔内	1	微少		微少		微少	
	2	微少		微少		付着無	
	3	多少		微少		微少	
	4		微少		微少		微少
	5		微少		微少		微少
左朝顔内	1	多		微少		少	
	2	多		微少		微少	
	3	多		微少		微少	
	4		微少		少		微少
	5		微少		少		少
橋梁外	1	微少		微少		微少	微少
	2	少		微少		微少	付着無
	3	少		微少		付着無	微少
	4	少		微少		微少	微少
	5	微少		微少		付着無	付着無

付着無	微小粒	付着力、低
微少	微小粒	3粒未満
少	微小粒	3粒以上
多少	小粒	広い範囲、3粒未満
多	小粒	狭い範囲、3粒以上

微小粒	粒径、30μm未満
小粒	粒径、30μm以上

表-3 スプレー塗装時の塗装効率

施工日	1号桁				2号桁			
	右外側	左外側	内側	下フランジ	右外側	左外側	内側	下フランジ
7月24日					33.7	16.7	80.7	19.2
7月25日	52.2	50.0	66.7	19.2	68.8	75.7	80.7	28.8
7月26日	55.1	55.1	68.8	3.8	44.9	80.7	86.5	8.2
7月28日	71.5	71.5	100.9	—				

単位: m²/hr

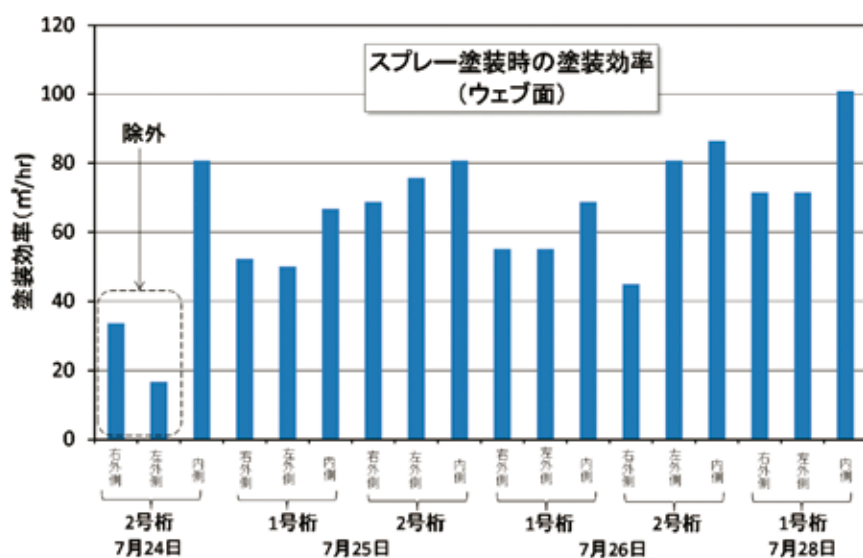


図-8 スプレー塗装時の塗装効率

表-3 に示すウェブ面の塗装効率を図化すると図-8 のとおりとなる。

図-8 より、試験施工初期の2データは、作業員の不慣れや装置の安定稼働までの調整などの影響で、それ以降に比べ、能率が著しく低く、以下の検討からは除外する。下フランジは、全平均とする。これより平均的な塗装効率は、以下のとおりとなる。

ウェブ平均 $69.4\text{m}^2/\text{hr}$ (塗装初期の2データを除く)

下フランジ平均 $15.0\text{m}^2/\text{hr}$

(2) 不稼働時間を考慮した塗装効率

一方、実作業においては、塗料準備、機械調整、洗浄のほか、休憩の時間(昼休みを除く)など不稼働時間が発生する。1日の施工時間を記録した結果より、橋りょうモデル(本橋2連分)施工パターンは、表-4 のとおりとなる。

ダストレススプレー塗装では、塗装作業者と支援装置操作者の2人体制で塗装作業を行うため、一人当たりの塗装効率は、表-4 に示す値の1/2の $16.4\text{m}^2/\text{hr}$ ($= 32.7\text{m}^2 \div 2$) となる。

(3) 先行はけ塗りを考慮した塗装効率

先行はけ塗りの歩掛り調査の結果によると、本橋の先行はけ塗り対象範囲にかかる労務は、1層2連(1日施工分)当り約2人であった。

表-4 不稼働時間を考慮した塗装効率(橋りょう2連を対象)

項目	面積 (m^2)	塗装時間 (分)	塗装効率 (m^2/hr)
ウェブ塗装	161.52	139.7	69.4
下フランジ塗装	11.52	46.1	15.0
準備・調整・洗浄	—	102.0	—
休憩	—	29.3	—
計	173.04	317.1	32.7

ダストレススプレー塗装が2人体制であり、先行はけ塗りも2人であることから、先行はけ塗りを含めた塗装効率は、2)の1/2となり約 $8\text{m}^2/\text{hr}/\text{人}$ となる。

(4) まとめ

従来のはけ・ローラー塗りの塗装効率は、 $8\text{m}^2/\text{hr}/\text{人}$ 程度である。

このことから、ダストレススプレー塗装では、はけ・ローラー塗りに対し、ほぼ同等の塗装効率となった。今後、ダストレススプレー塗装を活用していくため、先行はけ塗り範囲の検証や、先行はけ塗り部等の狭隘部に適用できるスプレーノズルの検討を行う。

【参考文献】

- 1) 大本宗治, 田中孝司, 竹内徹; ダストレス塗装システムとその応用, 塗料の研究 No.133 Oct. 1999
- 2) 内藤孝和, 鈴木周一, 市川昭人, 芝彰男; 箱桁用自動塗装機械の開発, 土木学会年次学術講演会講演概要集, Vol. 68, 2013
- 3) 一般塗装系塗膜の重防食塗装系への塗替え塗装マニュアル, 一般社団法人日本鋼構造協会, 平成25年5月1日

ブラスト面形成動力工具の機能と橋梁等における適用結果と課題

原田 麻衣¹⁾ 中野 正¹⁾ 辻 良尚¹⁾ 後藤ひと美¹⁾

■ はじめに

橋梁、水門、タンク、煙突等の既往大型鋼構造物の機能を保持するためには、防食対策として塗装がなされている。鋼道路橋の維持管理を適切に行うには、橋梁の劣化度を点検・評価し、LCCを考慮し一般塗装系から重防食塗装系への変換が必要であると鋼道路橋防食便覧¹⁾にて記されている。また、国交省道路局から「鋼道路橋の部分塗替え塗装要領（案）」²⁾が出され、桁端や支承等の劣化部分だけを重防食塗装系で塗替えることにより、少ない工事費で橋梁の適切な維持と経済性が確保できるとしている。上述の二つのガイドラインとも、橋梁を延命するためには素地調整をブラスト処理（素地調整1種）して重防食塗装することが必須となっている。しかし、供用されている既往橋梁をブラスト施工する場合には、大型のブラスト機材や資材の搬入搬出、粉塵飛散や騒音の対策、多量の研削材の回収や廃棄、作業足場の補強、およびそれらに伴う塗替えコスト高などの課題がある。そのため、多くの塗替え工事ではブラストに比べ塗替え塗膜の耐久性に劣るが、前述の課題が少ないディスクサンダー等の動力工具処理（素地調整2種や3種）が適用されている状況にある。

このような状況の中、数年前に開発されたブラスト面形成動力工具『ブリストルブラスター』が、部分塗替え塗装やブラスト処理の補助的な処理法として橋梁の塗替え工事で適用され始めている。その素地調整品質や適用実績から、鋼道路橋防食便覧¹⁾および高速道路(株)で適用する施工マニュアル³⁾や要領⁴⁾や塗装設計施工マニュアル⁵⁾に記載された。ここでは、ブラスト面形成動力工具の素地調整品質、その後の塗装品質についての試験結果、橋梁での施工結果および課題について述べる。

■ ブラスト面形成動力工具の機能

ブラスト面形成動力工具にはエア式と電動式があり、その外観は写真-1に示すように、ディスクサンダーやカップワイヤブラシ等の従来の動力工具と同程度の大きさ、重量で、取り扱いし易いハンディタイプの工具



写真-1 エア式の外観

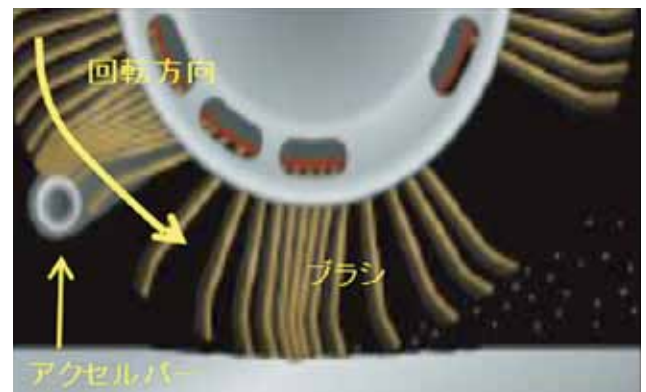


写真-2 ブラシの動作状況

である。ブラスト面形成動力工具はブラスト処理のように多量の金属系や鉱物系の研削材を使わずに、さびや劣化塗膜や黒皮鋼板等を除去し、表面を清浄化し、且つブラストと同じようなアンカープロファイルが形成できる。そのため、ブラスト処理作業のような粉塵飛散や騒音が少なく、産廃物も殆どない。また、熔融金属メッキ鋼板（亜鉛、亜鉛アルミ、アルミ等）、ステンレス鋼板等の目粗し処理にも適用できる。

ブラスト面形成動力工具によってブラスト面が形成できるメカニズムについては、米国のマーケット大学で考察されており、ブラストによる研削材の衝撃エネルギーとはほぼ同程度と検証^{6,7)}されている。写真-2はブラシとブラシ先端の動きを示したもので、縦回転するブラシ先端部がアクセラレーターを介して、加速されたブ

1) G-TOOL 株式会社

素材	処理方法				
	未処理	サンドブラスト	ブラスト面形成動力工具	ディスクサンダー(#16)	ワイヤーホイール
さび鋼板					

写真-3 さび鋼板処理後の外観

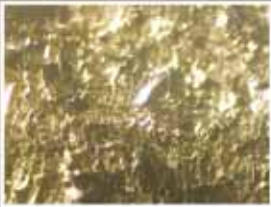
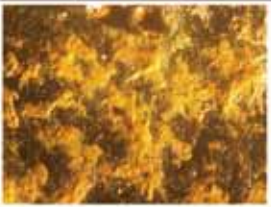
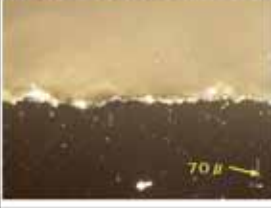
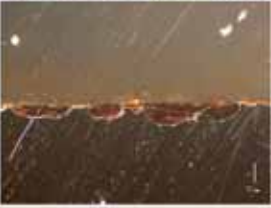
	サンドブラスト	ブラスト面形成動力工具	ディスクサンダー	カップワイヤブラシ
表面				
断面				
評価	さびの残存がない	さびの残存がない	表面や凹部にさびが少し残存する	表面や凹部にさびが多く残存する

写真-4 表面、断面の拡大写真

表-1 アンカープロフィールと表面粗さ

	ブラスト	ブラスト面形成動力工具	ディスクサンダー
プロフィール			
Ra(μm)	35.2 μm	31.8 μm	4.5 μm

ラシ先端がブラストと同様な作用で、鋼板面に衝撃力として作用することによって表面の清浄化と粗面形成を得るメカニズムである。

3 ブラスト面形成動力工具の試験結果

3.1 素地調整の品質

1) 除錆度

普通鋼を海浜地区で2年間暴露し、さびさせた鋼板(さび厚300～400μm)を各種の素地調整法で処理したものを写真-3に示す。その処理した鋼板をマイクロスコップで拡大し、表面と断面を観察したものを

写真-4に示す。ブラスト面形成動力工具はブラスト処理と同様に表面および断面においてもさびの残存が認められず、清浄面が得られている。しかし、従来の動力工具であるディスクサンダーやカップワイヤブラシは表面および断面(特に凹部)にさびが残存し清浄面となっていない。

2) 粗面形成能

黒皮鋼板(黒皮厚さ75μm)を各種の素地調整方法で処理した後の粗面形成状態を触針式表面粗さ計で測定した結果を表-1に示す。ブラスト形成動力工具はブラスト処理と同様に黒皮(ミルスケール)を容易に除

表-2 供試塗装系 (Rc-Ⅲ塗装系)

工程	塗料名	使用量(g/m ²)	膜厚(μm)
素地調整	3種(さびや劣化塗膜を除去し、活膜は残す)		
下塗 (補修塗り)	鋼板露出部のみ 弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料下塗	200	60
下塗	弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料下塗	200	60
下塗	弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料下塗	200	60
中塗	弱溶剤形ふっ素樹脂塗料用中塗	140	30
上塗	弱溶剤形ふっ素樹脂塗料上塗	120	25

表-3 塗膜外観と付着性試験結果

付着試験時期	さび鋼板の処理		塗膜の外観	アドヒージョンテストによる付着性	
	方法	グレード		付着力 (Mpa)	剥離箇所
初期 (乾燥21日後)	サンドブラスト	ISO Sa2. 5(1種)	—	5. 5	接着剤100%
	ブラスト面形成動力工具	ISO Sa2. 5(1種)	—	5. 5	接着剤100%
	ディスクサンダー	ISO St3(2種)	—	4. 5	接着剤100%
	カップワイヤブラシ	ISO St2(2種)	—	2. 0	素地100%
塩水噴霧試験 2000hr後	サンドブラスト	ISO Sa2. 5(1種)	異常なし	6. 0	接着剤100%
	ブリストルブラスター	ISO Sa2. 5(1種)	異常なし	6. 0	接着剤100%
	ディスクサンダー	ISO St3(2種)	異常なし	2. 0	塗膜、接着剤50%、素地50%
	カップワイヤブラシ	ISO St2(2種)	異常なし	1. 0	素地100%

去でき、Rzjis (十点平均粗さ) が 30 μm 程度のアンカープロファイルが形成されるが、ブラストに比べアンカープロファイルの均一性が少し欠ける。ディスクサンダーは他の二つの方法に比べ黒皮を除去しづらく、アンカープロファイル 5 μm 程度であり、粗面形成能が他の二つに比べ劣る。アンカープロファイルは塗膜や接着剤の付着力や耐久性に大きく影響すると言われており、この作用はアンカー効果 (投錨効果) と言われている。

3.2 塗膜性能 (耐久性)

1) 促進試験前後の塗膜性能

上述の素地調整を施した試験板を表-2 に示す鋼道路橋塗装防食便覧 Rc-Ⅲ 塗装系で塗装した後、塩水噴霧促進試験に 2000 時間供した。その塗膜外観、およびアドヒージョンテスターによる塗膜付着性の結果を表-3、写真-5 に示す。

促進試験を実施する前 (乾燥 21 日) の付着性は、カップワイヤブラシの値が低く、剥離箇所が鋼板と塗膜の界面である。カップワイヤブラシを除く他の三つの方法は高い付着力で、剥離箇所も接着剤と塗膜との界面であり、素材である鋼板と塗膜の付着性が十分に確保されている。

塩水噴霧促進試験実施後のさび、ふくれ等の変状は、いずれの処理も認められず外観上は良好であるが、付着試験後の状態は素地調整方法によって異なる。ディ

スクサンダー、カップワイヤブラシは、促進試験前に比べ付着力が低下し、鋼板と塗膜の界面で剥離しており、また塗膜下腐食が進行し剥離箇所の鋼板にさびを生じていることが認められる。一方、ブラスト、ブラスト面形成動力工具は、付着力は大きく、剥離箇所は接着剤と塗膜との界面であり、促進試験前後による付着性の低下が認められない。

これらのことから、ブラスト面形成動力工具処理による塗膜品質はディスクサンダーやカップワイヤブラシ処理に比べ優れ、ブラスト処理と同等の塗膜品質 (耐久性) が得られることが確認された。

2) 素地調整と塗膜性能の関係

上述 1) の結果について、塗膜性能に及ぼす素地調整の影響を考察したものを表-4 に示す。ブラスト、ブラスト面形成動力工具およびディスクサンダーによる処理後の塗膜耐久性は、処理面の除錆度による水分浸透速度と、処理面の粗面形成能による付着力 (アンカー効果) によって大きく影響される。

素地調整 1 種の品質を確保できるブラスト、およびブラスト面形成動力工具による処理は、さびが完全に除去された清浄面が得られ、且つ鋼材面が微細な凹凸面となるアンカープロファイルが形成される。一方、素地調整 2 種であるディスクサンダー等の従来の動力工具は、さびや塩分等が完全に除去されず、窪み部 (凹部) に残存し清浄面が得られず、且つ鋼材面は平滑面に近くアンカープロファイルがほとんどない平滑面となる。

処理方法	ブラスト	ブラスト面形成動力工具	ディスクサンダー	カップワイヤブラシ
処理程度	ISO Sa2. 5 素地調整1種	ISO Sa2. 5 素地調整1種	St3 素地調整2種	St2 素地調整2種
剥離面 ドーリー				
				
付着力	6. 0Mpa	6. 0Mpa	2. 0Mpa	1. 0Mpa
剥離面	箇所	接着剤	素地、塗膜、接着剤	素地
	状態	—	鋼材面さび	鋼材面さび
評価	○	○	△	×

写真-5 アドヒージョン後の剥離界面の状況

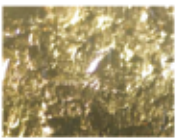
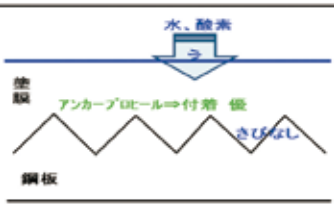
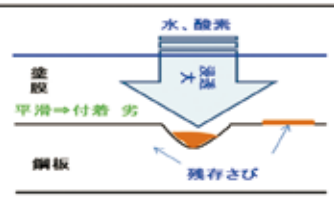
		ブラスト処理 or ブラスト面形成動力工具処理		ディスクサンダー処理	
さび部の 素地調整 の品質	清浄度	錆がない		錆が残存	
	粗面形成	凹凸面		平滑面	
	素地調整程度	素地調整 1種		素地調整 2種	
	拡大写真	表面	断面	表面	断面
					
耐久性 の理由	表面粗度 アンカープロフィール				
	浸透速度	腐食因子の浸透速度が小さい		腐食因子の浸透速度が大きい	
	付着性	凹凸面による描画効果のため大きい		平滑面のため小さい	
	概念図				
塗膜の耐久性		◎ 優		△ 劣	

表-4 素地調整品質と塗膜性能の関係

さびや塩分が塗膜と鋼板の界面にわずかに残存するディスクサンダー処理面(素地調整2種(ISO St3程度))の塗膜は、長い期間に水分が塗膜を介して拡散する浸透圧作用によって、水分の浸透速度が、さびが残存しないブラストおよびブラスト面形成動力工具(素地調整1種(ISO Sa2.5程度))に比べ速い。また、平滑面であるディスクサンダー処理面は、アンカープロ

フィールを形成するブラスト処理面やブラスト面形成動力工具処理面に比べ、表面粗度が小さく、塗膜と鋼材の接触面積が小さく、塗膜と鋼材面との付着力も小さい。換言すると、素地調整1種は、素地調整2種に比べ塗膜と鋼材面との付着力が大きく、且つ水分や水蒸気の塗膜内部への浸透速度が小さいため、塗膜の劣化速度が小さく塗膜の耐久性が長く保持される。この素

写真-6 すべり耐力試験状況⁸⁾表-5 すべり耐力試験結果⁸⁾

素地調整程度と方法		塗料名	すべり係数
1種	ブラスト	無機ジンクリッチペイント	0.68
1種	ブラスト面形成動力工具	無機ジンクリッチペイント	0.64
2種	ディスクサンダー	有機ジンクリッチペイント	0.38

すべり係数＝すべり荷重／接合面の数(2)×ボルト本数(2)×ボルト軸力

条件) 高力ボルトを使用、試験の繰返し数は2～5

載荷能力1000kNの万能試験機を使用

ボルト軸力のリラクセーションを考慮し、締付完了から24時間後に載荷



図-1 試験条件

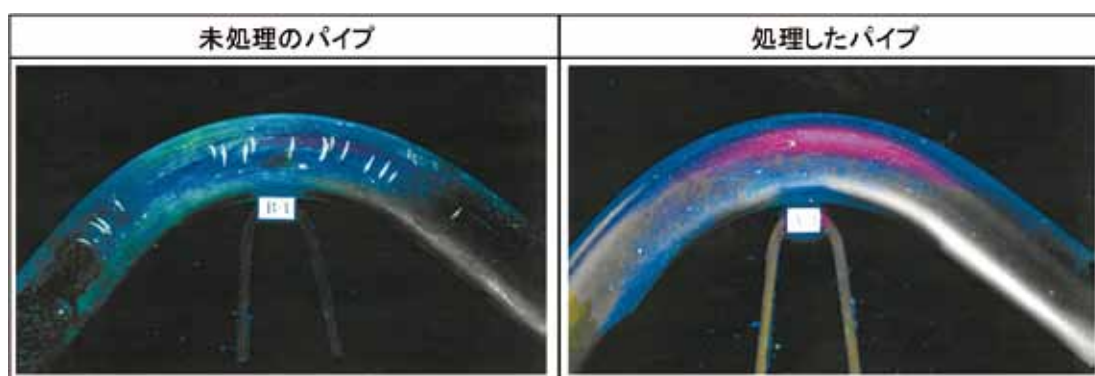


写真-7 応力腐食割れの試験結果

地調整の品質の差は、鋼道路橋防食便覧等に記されているように塗替え塗装した橋梁の耐久性に大きく影響する。

3.3 ボルト摩擦接合適性

道路橋示方書・同解説には、橋梁の高力ボルト摩擦接合部は0.4以上のすべり係数を確保する必要がある、その手段として、摩擦接合面は所定膜厚の無機ジンクリッチペイントを塗布すると記されている。一方、無機ジンクリッチペイントは、ディスクサンダーやカップワイヤブラシによる処理では十分な付着性が確保されないため塗装が禁止されており、無機ジンクリッチペイントの素地調整はブラスト処理が行われている。

橋梁の拡幅やUリブの補強等の現場工事では、素地調整する箇所の面積が小さく散在していることが多いため、ブラスト処理対象部の施工作業の負担（周辺環境、足場、養生、防護、機具搬入等）を軽減する目的で、取扱い易いブラスト面形成動力工具によるボルト摩擦接合部の品質適性を大阪市立大学院の協力のもと

試験した。⁸⁾ すべり試験の状況を写真-6、試験結果を表-5に示す。

その結果、ブラスト面形成動力工具は、道路橋示方書・同解説のすべり係数0.4以上を十分に満足し、ブラスト処理と同等の大きなすべり係数が確認され、現場工事となる橋梁の拡幅工事やUリブの補強工事等の高力ボルト摩擦接合部に容易に適用できる素地調整方法であることが確認された。

3.4 ピーニング効果

溶接ビードや湾曲パイプ等は、供用環境によって応力腐食割れを生じることが知られている。その対策として、小粒径ショット粒によってブラストを施し圧縮残留応力を付与させる（ショットピーニング）技術が、化学プラントの圧力容器や配管、航空機のエンジン等に適用されている。

ブラスト面形成動力工具のピーニング効果の有無について、図-1の試験条件で試験した。

写真-7に示すように、ブラスト面形成動力工具によ

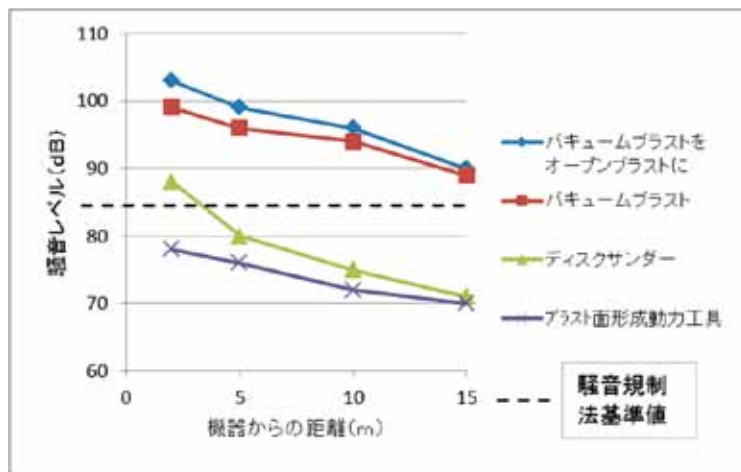


図-2 騒音レベル⁹⁾

表-6 粉塵濃度⁹⁾

	規制値	粉塵濃度 (mg/m ³)
バキュームブラストのカバーを外しオープンブラストに	日本産業衛生学会管理濃度 (第3種粉塵: 吸入性粉塵) 2mg/m ³	21~30<
バキュームブラスト		2~6
ディスクサンダー		1~4
ブラスト面形成動力工具		0.5~1.5
未作業の環境		0~0.5



写真-8 ブラスト面形成動力工具の施工状況

処理前	処理後		
隅肉溶接部	ブラスト	ブラスト面形成動力工具	ディスクサンダー
塗膜、さびが混在	完全に除去できる	完全に除去できる	きわ部が除去できない

写真-9 隅肉溶接部での処理事例

る処理によって湾曲したステンレスパイプは残留圧縮応力が付与（ピーニング効果）され、強烈な腐食環境で応力腐食割れが生じないことが確認された。

3.5 環境負荷性能

周辺への環境負荷を調べる目的で、首都高速1号線の箱桁高架橋の内面において、各種素地調整法について試験施工した結果を図-2、表-6に示す。素地調整の環境性能としては騒音と粉塵飛散について、騒音計、光散乱式粉塵計を用い測定した。

その結果、ブラスト面形成動力工具は、他の三つの素地調整法に比べ騒音、粉塵とも非常に小さく、騒音規制法の基準値 85dB 以下、第3種吸入性粉塵濃度 2mg/m³ 以下であり、周辺環境対策が軽減されることが確認された。

4 橋梁での施工状況

ブラスト面形成動力工具が適用された橋梁での施工状況の一例を写真-8に示す。

腐食が著しい高架橋の桁端部、高所作業となる海上長大橋の主塔、住宅に隣接する歩道橋、多数の線路を跨ぐ街中の跨線橋の補修・塗替えは、ブラスト処理ができる施工環境状況でないため、さびた箇所と劣化塗膜をブラスト面形成動力工具で処理（素地調整1種程度）し、その箇所のみ補修塗装し、所定の塗装系で部分塗替え塗装や全面塗装がなされた。

4.1 橋梁での素地調整結果

補修塗装工事での各部位における施工事例を以下に示す。写真-9は橋梁箱桁内面の隅肉部の劣化したター



写真-10 孔食部、ボルト、リベットでの処理事例

写真-11 桁端部、排水管での処理事例¹⁰⁾

表-7 平滑面での施工能率

	対象面	対象面の概要	単位時間あたりの処理面積 (㎡／hr)		
			プラスト面形成動力工具	ディスクサンダー	カップワイヤブラシ
目標処理品質＝素地調整程度			1種	2種	2種
実験室での試験板	さび	さび厚 300～400 μ m	1.0	1.0	－
	塗膜	防食便覧C塗装系 膜厚250 μ m	1.0	1.4	－
現場のウェブ ¹⁰⁾	塗膜	防食便覧A塗装系 膜厚250～300 μ m	2.2	1.9	－
現場のウェブ ⁹⁾	塗膜	防食便覧D塗装系 膜厚500～700 μ m	0.7	1.1	－
現場のウェブ ¹¹⁾	塗膜	防食便覧A＋C塗装系 膜厚400 μ m	0.6	1.0	0.3

ルエポキシ塗膜を3種類の処理をした事例である。

ブラスト面形成動力工具とブラストは隅肉溶接ビード部の劣化塗膜やさびを除去し清浄な面を露出できるが、ディスクサンダー処理では溶接ビード端部の劣化塗膜やさびが取りきれず残存する。

孔食部、ボルト部、リベット部における事例を写真-10に示す。ブラスト面形成動力工具は、縦回転するブラシ先端部が、径30mmで深さ約5mmの凹の孔食部に十分に入り込み、さびを除去し粗面形成できる。同様にボルト部やリベット部のきわ部も十分な素地調整品質を得ることができる。一方、円盤が回転するディスクサンダーでは、いずれの部位においても凹部やきわ部の除去ができない。

腐食劣化が著しい桁端部(さび厚さ600～1500 μm)、および塗膜下腐食している排水管における事例を写真-11に示す。このように著しく腐食劣化している箇所も素地調整1種程度の品質を確保できる。

4.2 橋梁での施工能率

補修塗装工事におけるウェブ(平滑面)での施工能率の事例を表-7に示す。

各動力工具の目標素地調整程度を表中の品質とした場合、いずれの動力工具も対象物の履歴によって施工能率が大きく異なるが、平滑面でのブラスト面形成動力工具は、概ねディスクサンダーと同程度の施工能率で、カップワイヤブラシに比べ能率が高い。

表-8 ボルト部や桁端部での施工能率

対象面		対象面の概要	対象面積 (㎡)	処理に要した時間(分)	
				ブラスト面形成 動力工具	ディスク サンダー
ボルト部	ボルト2本	塗膜 膜厚200～300 μm ¹⁰⁾	0.02	3.3	6.0< 不可
	ボルト4本	塗膜+さび	0.04	15.0	20.0< 不可
	ボルト4本	さびた耐候性鋼 さび厚600～900 μm	0.04	25.0	30.0< 不可
桁端部	さび+塗膜	さび+塗膜 さび厚400～800 μm ¹⁰⁾	0.04	6.0	7.5
	さび+塗膜	塗膜 300～500 μm	0.03	4.0	—

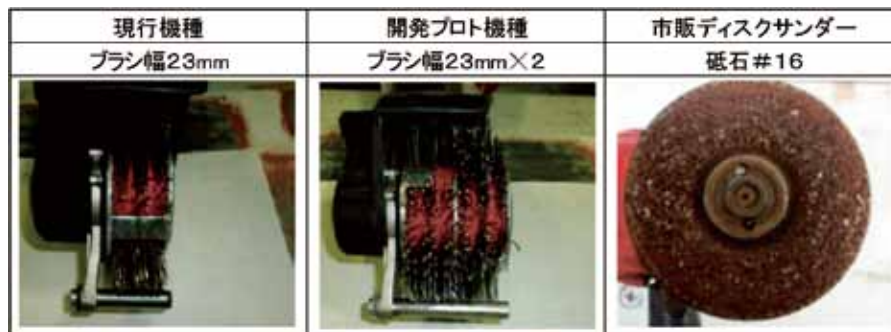


写真-12 現行機種、開発機種およびディスクサンダーの外観

表-9 開発プロト機種の施工能率

試験場所	対象面の概要	施工能率(㎡/hr) (㎡/日)			施工能率の向上率	
		現行機	開発プロト機	ディスクサンダー		
		ISO Sa2.5	ISO Sa2.5	ISO St3	現行機	開発プロト機
ラボでの 試験板	A; 塗膜250 μ (エポキシ・ポリウレタン)	1.00 6.00	1.70 10.20	1.36 7.92	基準	1.7
	B; 塗膜290 μ (ジンク・エポキシ・ポリウレタン)	0.55 3.30	0.98 5.88	0.80 4.80	基準	1.8
	C; さび(厚さ400～800 μ)	0.96 5.76	1.36 8.16	0.98 5.88	基準	1.4
	D; さび(厚さ300～400 μ)	1.76 10.56	2.57 15.42	1.79 10.74	基準	1.5
実橋梁 での試験*	E; 30年供用塗膜500 μ (A+a塗装系)	0.55 3.30	0.75 4.50	—	基準	1.4
	F; さび(厚さ2000 μ <) 孔食あり	0.24 1.44	0.46 2.76	—	基準	1.9
	G; さび(厚さ4000 μ <) 孔食・貫通あり	0.14 0.84	0.26 1.56	—	基準	1.9

*: 首都高速道路㈱の高架橋での試験結果

青字: 一日のケレン作業6時間とした場合の値

素地調整作業がしにくいボルト、および腐食劣化が著しい桁端部での施工能率の事例を表-8に示す。

ボルト添接部や桁端部の施工能率は、いずれの動力工具もウェブのような平滑面に比べ大きく低下する。ボルト添接部の処理においては、円盤が回転するディスクサンダーでは十分に素地調整作業することができず、また処理時間も長い。一方、ブラシが縦回転するブラスト面形成動力工具は、ボルトのねじ溝やボルト座金のきわ部も素地調整できる。腐食劣化が著しい桁端部においても、ブラスト面形成動力工具は時間を要するが素地調整1種程度の品質が得られる。

5 課題とその対策

ブラスト面形成動力工具を適用する場合の最大の課題は施工能率であり、その向上が切望されている。現行機種と同様な素地調整品質が得られ、同様に取扱い易くて、且つ施工能率アップを図れる機種を開発中であり、検討した機種の外観を写真-12に示す。開発中のプロト機はブラシを2つ重ねたもので、ブラシの回転数を現行機種と同程度にするために、モーターの出力を高めているが、本体サイズは現行機種と同等なものとなっている。

ラボでの試験板、および首都高速道路㈱の高架橋での検討結果を表-9に示す。施工能率を求めるための素

表-10 高架橋における各種ブラスト工法の施工能率

ブラスト工法	研削材	施工能率 (m ² /日)	研削材の 転用 (再利用)	研削材の 廃棄物量 (kg/日)
オープンブラスト	ガーネット	24	なし	744
	フェロニッケルスラグ	18		558
湿粒ブラスト	ガーネット	5		155
ミストブラスト	ガーネット	5		155
バキュームブラスト	アルミナ	7	あり	28



写真-13 開発プロト機の施工状況

表-11 素地調整の改善による Rc-Ⅲ 塗装系の耐久性向上策

	現行 Rc-Ⅲ		提案	
素地調整程度	3種		新3種(1種&4種)	
作業内容	さび、塗膜われ、塗膜ふくれは除去し、活膜は残す			
対象箇所	さび、劣化部	活膜部	さび、劣化部	活膜部
実際の素地調整程度	2種／ISO St3	4種	1種／ISO Sa2.5	4種
作業方法	ディスクサンダー、 ワイヤブラシ	ディスクサンダー、 ワイヤブラシ	ブラスト面形成 動力工具	ディスクサンダー、 ワイヤブラシ
具体的な 素地調整程度	ISO St2～St3 凹部にさびが残る	目粗し(4種)	ISO Sa2.5相当 アンカープロフィール形成 さびのない清浄面	目粗し(4種)
防錆性・塗膜性能	この部分が弱点となる	—	この部分が向上する	—
塗膜の耐久性	△	○	○	○
施工能率・費用	基準		基準と同程度	

地調整程度は、ブラスト面形成動力工具は ISO Sa2.5、ディスクサンダーは ISO St3 とした。

施工能率は対象面やその厚さや履歴によって大きく異なるが、開発プロト機は現行機に比べ 1.4 ～ 1.9 倍の施工能率の向上率があり、また素地調整程度が低いディスクサンダーに比べても施工能率が高いことが確認された。

福岡北九州高速道路公社が各種ブラスト工法の施工能率を試験した結果を表-10 に示す。¹²⁾

ブラスト面形成動力工具開発プロト機の施工能率でも、これらブラスト工法に比べ低い。しかし、一台のブラスト機に 3 名の作業者を要するブラスト工法を考

慮すると、3 名で開発プロト機を用い施工すれば橋梁現場で適用できる施工能率と考える。また、開発プロト機はブラスト工法に比べ、粉塵飛散や騒音に対する安全対策や防護や足場も軽装備で施工でき、研削材の廃棄量 (15kg/日 (施工能率 10m²/日の場合)) も極めて少ない。

開発プロト機の耐久性や施工性を把握するために、施主と塗装業者のご協力のもと、鋼製煙突の改修工事に適用して頂いた。(写真-13 参照)

素地調整は、ダイヤモンドサンダーで粗い素地調整 (ISO St1 程度) し、その後、開発プロト機で ISO Sa1.5 ～ Sa2 の仕上げ素地調整する仕様で、約 7300m²

に使用された。その結果、開発プロト機の耐久性は何ら問題なく、また、取扱いも現行機とほぼ同等であり、施工能率のアップが確認された。

6 まとめ

ブラスト面形成動力工具は、素地調整1種を必要とする部位が小面積で散在する場合や周辺環境対策が必要な場合やブラスト大型機材を持ち込めない場合等に有効な手段と言える。具体的には部分塗替え塗装工事、歩道橋や跨線橋や主塔等の塗替え工事、ブラスト処理の補助作業、および塗膜剥離剤や誘導加熱式塗膜剥離法で除去できないさびや塗膜の残存部等に適用できる。また、表-11に示すように、さび部や劣化塗膜部のみをディスクサンダー等の従来の動力工具で処理（ISO St3程度）し、活膜を残して塗装する鋼道路橋防食便覧のRe-Ⅲ塗装系（表-3参照）において、さび部や劣化塗膜部のみをブラスト面形成動力工具で処理（ISO Sa2.5程度）することによって、耐久性が向上し長寿命化対策に有効と考える。

7 おわりに

塗装前の素地調整程度が塗膜品質や鋼構造物の耐久

性に大きく影響することが広く知られているが、既設の鋼構造物や建築物等の塗替え塗装工事においてブラスト処理ができない大きな原因のひとつが周辺環境への粉塵の飛散、騒音と廃棄物量およびそれに伴う工事費である。ブラスト面形成動力工具はブラストに比べ施工能率が劣るが、ブラストと同等の素地調整品質や塗膜品質を確保しつつ、ブラストの課題を解決できる素地調整法である。

今後、既設の鋼構造物の維持管理に注力しなければならない社会状況のなか、ブラスト処理に比べ粉塵飛散や騒音が少なく取り扱いやすく、またディスクサンダー処理に比べ塗膜耐久性に優れるブラスト面形成動力工具『プリストルブラスター』の適用が増え、鋼構造物や建築物の耐久性が延び、維持管理費が削減されるものと期待している。

本試験や施工を実施するにあたり、ご指導やご協力頂いた機関の方々（首都高速道路(株)、中日本高速道路(株)、高速道路総合技術研究所(株)、阪神高速道路(株)、本州四国連絡高速道路(株)、大阪市立大学院、岐阜大学、国交省東京国道事務所、同高山国道事務所、同高知国道事務所、同横浜国道事務所大磯出張所等々）に深くお礼申し上げます。

【参考文献】

- 1) (社)日本道路協会；鋼道路橋防食便覧，2014.3
- 2) 国交省道路局国道・防災課；鋼道路橋の部分塗替え塗装要領（案），2009
- 3) (株)高速道路総合技術研究所；炭素繊維シートを用いた鋼構造物の補修・補強工法設計施工マニュアル，2013.10
- 4) (株)高速道路総合技術研究所；構造物施工管理要領，2014.7
- 5) 首都高速道路(株)，（一社）日本橋梁・鋼構造物塗装技術協会；鋼橋塗装塗替え設計施工マニュアル，2014.10
- 6) Robert J；Paper No. 10385, NACE CORROSION 2010 CONFERENCE & EXPO
- 7) Robert J；PROCEEDINGS, INDOCOATING & CORROSION SUMMIT, 2008
- 8) 木村，山口ら；土木学会第66回年次学術講演会，2011
- 9) 峯村，菊池ら；Structure Painting, Vol.40, pp8-13, 2012
- 10) 河井，酒井ら；土木学会第66回年次学術講演会，I-167, 2012
- 11) NPO 鋼構造物塗膜処理等研究会；実橋における動力工具試験報告書，2010
- 12) 馬場，神村ら；都市内高架橋におけるブラスト工法を用いた部分塗替塗装工事について

日本で最も厳しい塩害環境と風環境下の離島架橋工事 【伊良部大橋主航路部上部工：3 径間連続鋼床版箱桁】

矢ヶ部 彰¹⁾



写真-1 完成状況

1. 伊良部大橋主航路部橋梁の概要

伊良部大橋主航路部橋梁（以降、本橋という）は、沖縄県宮古島と伊良部島を結ぶ伊良部大橋の主航路に架橋する、全長：420m の 3 径間連続鋼床版箱桁橋である（写真-1）。架橋位置は亜熱帯地域の高温多湿に加え、台風常襲地域の海上であるがため、日本で最も厳しい塩害環境と風環境が想定されている。

これらの環境下で供用期間 100 年を目指すために、本橋は次の特徴を有している。

- 耐風性能を向上させるために、扁平箱桁構造を採用した。
- 防食下地をアルミ・マグネシウム合金溶射とし、その上からフッ素樹脂塗装を施工した。
- 全断面溶接構造を採用して表面に凹凸のない構造を実現し、防錆性能の向上を図った。
- 架設中の塩分影響を最小限とするために、工場で架設ブロックの地組み立てを行った（写真-2）。
- 架設ブロックの大きさは、長さ 140m、幅 16m、重量 1600t であり、宮古島まで最長 2000km の海上輸送を実施し、起重機船（4000t 吊）で一括架設を行った（写真-3）。



写真-2 工場地組み立て状況



写真-3 海上輸送状況

1) 宮地エンジニアリング（株）千葉工場 技術部 設計グループ



写真-4 中央径間の一括架設状況

本稿では、日本で最も厳しい腐食環境下にある本橋において採用された防食設計及び、採用に至るまでに行った事前検討に関して報告する。

2. 本橋の構造概要

表-1 に本橋の諸元を示し、図-1 に架橋地点を、図-2 に構造一般図を示す。

表-1 伊良部大橋主航路部諸元

路線名	一般県道 平良下地島空港線
道路規格	第3種第3級
橋梁形式	3径間連続鋼床版箱桁
橋長	420.0m
有効幅員	8.5m
塩害区分	A-S（沖縄県-海上）



図-1 架橋地点

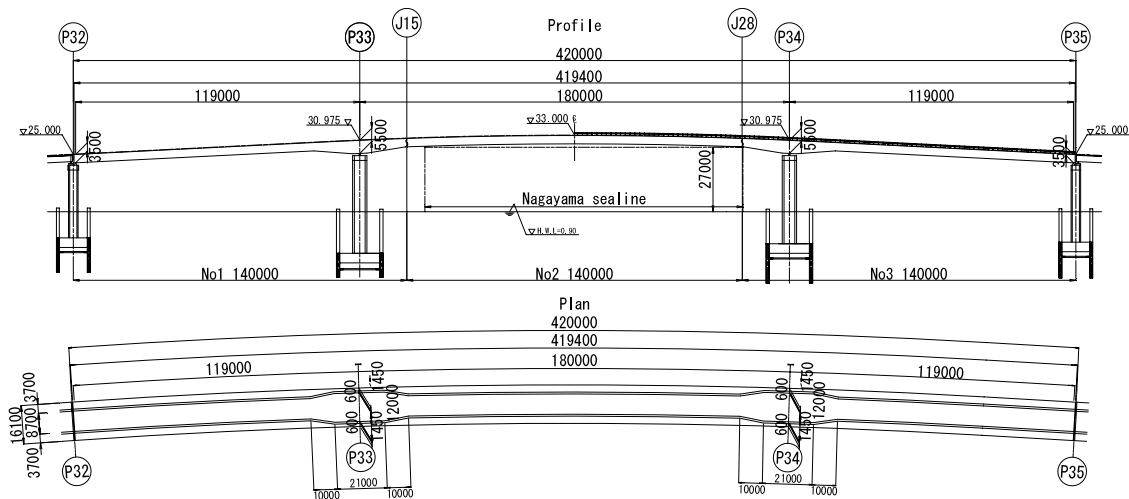


図-2 構造一般図

3. 防食法の選定と事前確認試験

鋼橋においては、塗装の塗替え作業が維持管理上の大きな負担となっており、本橋のように厳しい環境下では特に重要視される。そこで、本橋では設計時点で最も長期耐久性が期待できる防食法を採用し、安定した品質確保を目的とした事前確認試験を実施した。

3.1 防食法と仕様

本橋で採用した防食法と防食仕様を表-2に示す。一般的な防食仕様における下地処理は無機ジンクリッチペイントにて施工されるが、本橋ではアルミニウム(95%)・マグネシウム(5%)合金溶射(以下、Al-Mg溶射)を採用している。Al-Mg溶射は、犠牲防食作用により鋼材を保護するもので、本橋と同様に厳しい腐食環境下にある北海油田などの海洋構造物の防食仕様として採用されている。

3.2 施工前品質確認試験

沖縄県ではAl-Mg溶射の施工実績が少ないことや、金属溶射の品質確保が本橋の長期耐久性を確保する上で必須条件であることから、施工試験を行い、品質の検証を行った。なお、Al-Mg溶射工法は、実際の施工で採用したプラズマワイヤー工法(以降、PW工法という)及びガスフレーム工法(以降、JIS溶射という)とした。

(1) 試験体及び試験方法

品質確認試験での溶射施工は、極力実施工に合わせた形で行うことが望ましいことから、試験片は1000×12×1000(SM490YA)の大型の鋼板を用いて実施した。写真-5に溶射の施工状況を示す。手動溶射で施工姿勢(上向き・横向き・下向き)毎に施工を行い、除錆度をパラメーター(Sa2.5とSa3.0)としてその影響を検証した。なお、ブラストの研掃材は実際の作業で用いるスチールグリッドとした。

試験では、ブラスト後の表面粗さ、溶射膜厚、アドヒージョン試験により密着力を測定し品質確認を行った。なお、密着力及び膜厚の測定箇所は1枚の試験体当たり49点測定することとした。

(2) 試験結果

表-3に試験結果を示す。すべての試験体において規定値を満足する結果となった。しかしながら、溶射膜厚については全体的にバラつきがあり、下向きと比較して上向きや横向き姿勢では膜厚が低くなる傾向がみられた。手動での溶射は、溶射距離や角度、溶射帯(1回の溶射施工幅)のかさなり具合などの影響を受けるため均一な膜厚確保が難しいと考えられる。そのため、実施工においては可能な限り自動溶射を行うこととし、主桁ウェブ及び下フランジについては写真-6に示す自動溶射設備を用いて施工を行った。

表-2 防食仕様

塗装工程	塗料名	方法	使用量 (g/m ²)	標準膜厚 (μm)
素地調整	ブラスト処理：ISO Sa3.0			
	表面粗さ：Ra8μm以上、Rz50μm以上			
金属溶射	Al(95%)・Mg(5%)合金溶射	プラズマ	500	150
封孔処理	金属溶射封孔処理剤	エアレス	200	—
下塗り	エポキシ樹脂塗料下塗り	エアレス	540	120
中塗り	ふっ素樹脂塗料用中塗り	エアレス	170	30
上塗り	ふっ素樹脂塗料上塗り	エアレス	140	25



【上向き】



【横向き】



【下向き】

写真-5 施工試験状況

表-3 試験結果

溶射工法	溶射姿勢	除錆度	表面粗さ (μm)		溶射皮膜厚さ (μm)			密着力 (N/mm^2)		
			Ra	Rz	最低	最高	平均	最低	最高	平均
PW プラズマワイヤー	横向き	Sa3.0	18.8	117.1	161	325	221	6.61	11.42	9.25
		Sa2.5	13.5	81.9	164	278	211	4.75	6.88	5.89
	上向き	Sa3.0	15.0	89.1	163	369	226	7.65	11.44	9.76
		Sa2.5	14.0	86.2	157	308	205	5.44	9.72	8.14
	下向き	Sa3.0	15.9	96.1	166	382	227	7.28	9.66	8.55
		Sa2.5	14.6	98.8	157	289	209	6.80	8.68	7.82
JIS ガスフレーム	横向き	Sa3.0	14.5	88.5	168	282	209	5.31	10.35	9.03
		Sa2.5	12.4	78.0	158	285	207	4.75	6.80	5.85
	上向き	Sa3.0	16.8	106.4	151	295	205	7.40	9.82	8.91
		Sa2.5	14.3	82.0	150	303	215	5.74	8.81	7.33
	下向き	Sa3.0	14.0	86.1	168	305	218	6.69	11.48	9.95
		Sa2.5	14.8	81.0	158	309	202	6.18	8.68	7.75

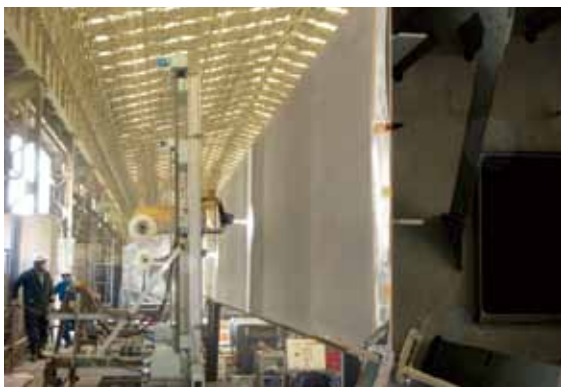


写真-6 自動溶射設備

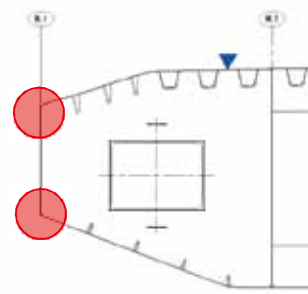


図-3 材端・熱影響部

3.3 角部の溶射膜厚と密着力試験

本橋の溶射のスペックを確保するにあたって以下の問題を抽出し、図-3に示す扁平箱桁構造の角部に問題が集中することを確認した。これを受けて、同部を対象にした施工試験を行い、試験結果を実際の施工に反映した。

- ① 部材の鋼材の端部（以降、エッジという）の膜厚は同部の形状に左右され、エッジの形状が鋭ければ膜厚が薄くなる傾向がある。
- ② 溶断や溶接の熱影響により鋼材が硬化する部分は、溶射皮膜の引張耐力を左右する鋼材“粗さの確保”に注意が必要な部分である。

(1) 試験体の概要

試験体は当該部の角部の幾何学的な条件を再現した図-4の縮小モデルとし、開先角度・溶接方法・溶接姿勢・仕上げ方法は本体構造と同様とした。

また、溶射スペック確保にあたっての問題に対して、①エッジの形状を3Rとして形状確認治具で出来形を管理、②溶射作業中に膜厚管理を実施、③素地調整（ブラスト）の作業者に、当該部は溶断や溶接の熱影響により鋼材が硬化する部分である注意部であることを認識させたいので作業にあたらせて、④粗さと除錆度を確認、などの対応を行ったうえで試験体を製作した（写真-7～写真-12）。

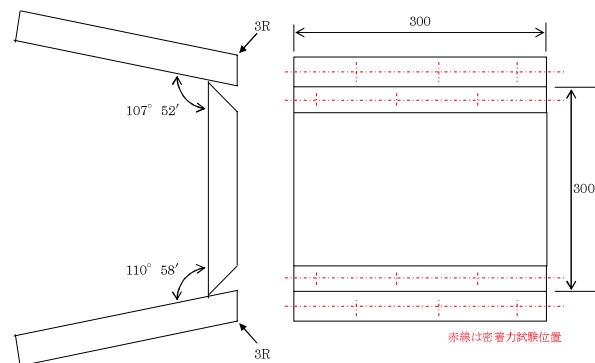


図-4 試験体概要

(2) 試験方法

① 溶射膜厚

溶射のみ実施した試験体（3体）に対して、膜厚計と写真-13に示す断面計測により膜厚を確認した。計測位置を図-5に示す。

② 密着力

アドヒージョン試験（写真-14）により、熱硬化部の密着力を確認した、試験対象は、溶射のみ（3体）と上塗り完了（3体）とし、材端および溶接ビード上の耐力を確認した。



写真-7 施工試験前



写真-8 プラスト完了



写真-9 粗さ即報



写真-10 除錆度確認



写真-11 溶射作業



写真-12 溶射中の膜厚管理

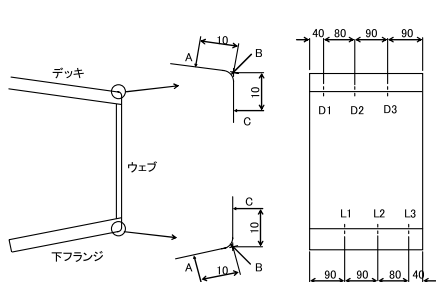


図-5 溶射膜厚の計測位置



写真-13 断面計測



写真-14 アドヒージョン試験状況

(3) 試験結果

プラズマイヤー工法について、施工試験の結果を報告する。

① 溶射膜厚について

代表例として、試験体 No1 の結果を表-4 に示す。膜厚計での計測で、一部の計測値でスペック (150 μ) を

満足しない結果が得られたが、断面計測による膜厚計測結果ではすべてスペックを満足した。また、膜厚計と断面計測の膜厚計測は良く一致している。なお、角部の膜厚は、直近の平面部の膜厚に対して概ね 90% 程度を確保しており、No1 以外の試験体についても同様の傾向が得られた。

表-4 試験体 -No1 の溶射膜厚の計測結果

No.1 試験体 デッキ側 単位: μ m							No.1 試験体 下フランジ側 単位: μ m						
測定位置	A(デッキ面)		B(面取り部)		C(ウェブ面)		測定位置	A(デッキ面)		B(面取り部)		C(ウェブ面)	
	塗膜厚計測定値(平均)	断面測定値	塗膜厚計測定値(平均)	断面測定値	塗膜厚計測定値(平均)	断面測定値		塗膜厚計測定値(平均)	断面測定値	塗膜厚計測定値(平均)	断面測定値	塗膜厚計測定値(平均)	断面測定値
D1	196	184	188	183	226	211	L1	204	205	194	198	254	238
D2	158	150	148	176	202	179	L2	252	237	241	229	264	254
D3	224	208	192	199	228	216	L3	226	241	241	233	286	254

断面測定値の比較

	B/A	B/C
D1	99%	87%
D2	117%	98%
D3	96%	92%

断面測定値の比較

	B/A	B/C
D1	97%	83%
D2	97%	90%
D3	97%	92%

② 密着力について

全ての計測値（表-5）が、密着力のスペック（4.5Mpa）を満足した。なお、溶射のみの試験体は銅板素地との界面で、上塗り塗装まで実施した試験体は封孔処理との界面で剥離する傾向を確認した。

(4) 試験結果のまとめおよび考察

① 膜厚確保について

試験の結果は概ね良好で、膜厚計と断面計測による膜厚の計測結果は良く一致する。また、角部の溶射膜厚は、直近の平面部の概ね90%程度が確保できることが確認された。これらを踏まえて、角部の実際の施工では次の対応を行った。

- 角部のエッジの形状を3Rとし、溶射施工前に改めて同部の形状を確認する。
- 膜厚計で膜厚を確認しながら溶射作業を実施する。
- 角部の膜厚は、直近の平坦部の膜厚計測結果の90%の値と見比べながら管理を実施する。

② 密着力の確保について

膜厚と同様に密着力の試験結果は良好であった。なお、剥離面の傾向より、封孔処理と下塗り界面の密着耐力が最も小さいと考えられる。これらを踏まえて、角部の実際の施工工事では角部について次の対応を行った。

- 作業者に注意箇所を認識させると共に、当該部のブラスト作業を入念に行う。
- 当該部の粗さおよび除精度を確認する。また、角部のR上についても粗さを確認する。
- 下塗り実施時の管理に注意する。

4. 実際の施工

主航路上部工その2工区の工場一般外面塗装（AlMg溶射+塗装）について、AlMg溶射を中心に施工の実施状況を報告する。本工事の工場一般外面塗装の概要を次に示す。

- 施工場所：宮地エンジニアリング(株)千葉工場
- 溶射工法：プラズマ溶射【施工面積：4045 m²】
- ブラスト完了から溶射完了までの作業時間：4時間
- 温湿度管理：温度は5度以上、湿度は85%以下

4.1 実際の溶射作業の施工要領と標準工程

事前確認試験で得られた知見、および有識者による伊良部大橋主航路部設計施工委員会の指導事項を踏まえて、実際の施工要領を以下とした。

除錆度は、施工前品質確認試験で密着力のばらつきが小さかったSa3.0を採用し、弱点として抽出した角部の品質管理を念頭に置いて品質管理計画を策定した。品質管理計画では施工ロットを6に分けて、それぞれのロットで溶射の密着力と施工状況を確認した。

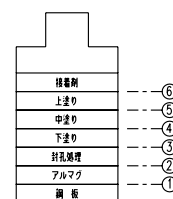
溶射作業員は、4時間以内に溶射膜厚150 μ を確保できる人員を配置し、素地調整の管理者および溶射施工

表-5 引張試験結果

破断位置別強度結果

試験体		破断位置					
		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1	上板コバ	No.1	6.09				
		No.2	6.49				
		No.3	6.29				
	上溶接ビード	No.1	7.95				
		No.2	8.24				
		No.3	6.94				
		No.1	7.25				
	下溶接ビード	No.2	7.42				
		No.3	7.22				
2	下板コバ	No.1	7.99				
		No.2	7.65				
		No.3	6.39				
	上板コバ	No.1	6.96				
		No.2	7.08				
		No.3	7.75				
	上溶接ビード	No.1	8.50				
		No.2	8.09				
		No.3	6.06				
3	下溶接ビード	No.1	8.18				
		No.2	8.05				
		No.3	8.05				
	下板コバ	No.1	8.60				
		No.2	8.03				
		No.3	7.22				
	上板コバ	No.1	6.49				
		No.2	6.61				
		No.3	6.33				
4	上溶接ビード	No.1	6.49				
		No.2	7.36				
		No.3	7.34				
		No.1	8.34				
	下溶接ビード	No.2	8.07				
		No.3	8.18				
		No.1	7.38				
	下板コバ	No.2	7.20				
		No.3	6.94				
5	上板コバ	No.1	6.82				
		No.2	7.06				
		No.3	7.06				
	上溶接ビード	No.1	9.15				
		No.2					
		No.3					
	下溶接ビード	No.1	8.91				
		No.2	8.44				
		No.3	8.84				
6	下板コバ	No.1	8.87				
		No.2	8.16				
		No.3	7.63				
	上板コバ	No.1	7.71				
		No.2	7.91				
		No.3	9.15				
	上溶接ビード	No.1	8.83				
		No.2	8.48				
		No.3	9.19				
7	下溶接ビード	No.1	9.29				
		No.2	8.74				
		No.3	9.05				
	下板コバ	No.1	8.74				
		No.2	9.05				
		No.3	8.03				
	上板コバ	No.1	9.31				
		No.2	9.74				
		No.3	9.29				
8	上溶接ビード	No.1	9.82				
		No.2	9.54				
		No.3	9.72				
		No.1	8.48				
	下溶接ビード	No.2	8.78				
		No.3	8.38				
		No.1	8.78				
	下板コバ	No.2	8.32				
		No.3	8.16				
度数		37	0	29	5	2	0
平均密着強度		N/mm ²	7.45	8.82	8.33	7.96	-
			9.05	9.84	9.19	8.44	-
			6.09	6.82	7.71	7.47	-
標準偏差			0.73	0.69	0.58	0.69	-
		10%	-	8%	7%	9%	-

破断位置図



の管理者にブラストおよび溶射作業のポイントを指導した。また、ブラスト前に塩分測定を実施し、必要に応じて水洗いを実施した。更に、一次ブラストは回収グリッドを使用し、二次ブラストは新品のグリッドを使用することで、除錆度の向上に配慮した。

溶射作業の標準工程は、ブラストの品質確認に2時間、溶射作業に4時間、の所用時間を必要としたため、ブラスト開始から封孔処理までの施工サイクルを3日として、制限時間の4時間以内に溶射作業を終える、表-6とした。

4.2 溶射作業の実施状況

① 溶射要領および溶射時間

大型部材の26台中18台はブラスト完了から4時間以内に溶射膜厚150 μ を確保し、残りの8台は4時間以内に溶射膜厚100 μ を確保した。施工の当初は、4時間で膜厚100 μ を確保し、その後に150 μ に膜厚を上げる「2段階施工」を採用したが、膜厚の不足部分の特定に時間を要するため、溶射工を増員して一度に所定の膜厚を確保する施工方法に切り替えた。

表-6 溶射標準工程

1. 伊良部大橋:溶射サイクル工程

宮地・金秀鉄工・金秀建設JV

[illegible]

工程④：一次ブラスト品質確認状況



工程⑦：内運状況（ブラスト場⇒溶射場）



工程⑨：側面溶射狀況（自動機使用）



工程⑩：出来形確認状況

② 施工時の温湿度管理

一連の工程（プラスト⇒溶射⇒封孔処理⇒塗装）を一つの工場建屋内で実施したことで、雨天でも施工が可能となった。湿度超過による作業回避は3回であり、計画のとおり工場溶射作業を終えることができた。

③ 溶射の密着力

溶射ロットごとに実施した溶射皮膜の密着力の平均値は9.4Mpaであり、最小値は7.2Mpa、最大値は11.7Mpaとの良好な結果が得られた。

④ 溶射膜厚の度数分布

工場溶射膜厚は、規定膜厚150 μ に対して測定平均は247 μ 、規定膜厚170 μ の測定平均は280 μ となり、若干厚い傾向が得られた。なお、平均値に対する標準偏差の割合は両者共に19%前後であることから、良好な品質が得られたと評価した。

5. 防食に配慮した構造設計

本橋は厳しい塩害環境下で100年間の供用期間中の腐食耐久性を確保するとともに、維持管理を低減することを主眼点に過去の損傷事例も参考に構造設計を行った。

5.1 主桁構造

本橋の主桁断面は、将来の塗装塗替えにかかる維持管理費縮減の観点から、外気に曝される表面積が低減できる単箱桁断面が採用された（図-6）。

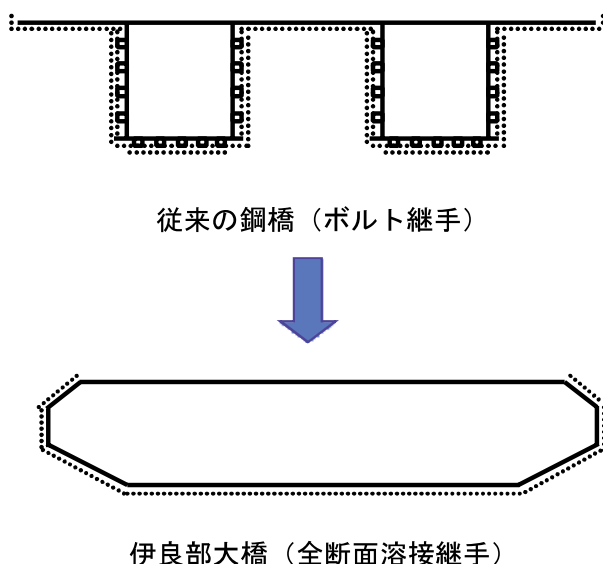
5.2 現場継手

鋼橋の一般的な現場継手である高力ボルト接合継手は、ネジ部やナット部に角が多くあるため塗膜厚を確保しにくく、腐食が進行しやすい部位であることが知られている。そのため、本橋では図-6に示すとおり、現場継手をすべて溶接継手とするとともに、腐食の原因となるビード凹凸を平坦に仕上げる配慮を行った。

更に、図-7に示す緑色で示した橋軸方向と橋軸直角方向の継ぎ手を製作工場の地組みヤードで溶接して、全長140mの架設ブロックを完成させて宮古島まで海上輸送を実施した。工場で製作するブロックの全長は10～12m程度で、断面方向は一部を除いて5ブロックに分割した。（写真-15）なお、製作ブロックの重量は概ね50tf程度である。

5.3 足場用吊金具の改良

鋼橋の一般的な維持管理用の足場用吊金具は主桁に溶接され、それに足場チェーンを鞍掛するため、足場チェーンが金具と接触し塗膜が損傷する恐れがある。また、足場用吊金具の角部は防食上の弱点となりやすい部位でもある。このため、本橋では図-8に示す、アイボルト式の足場用吊金具が採用された。本構造は桁部材に32 ϕ の貫通孔を設け、足場設置時にアイボルトを設置するもので、未使用時にはシリコン製のキャッ



従来の鋼橋（ボルト継手）

伊良部大橋（全断面溶接継手）

図-6 従来の鋼橋と本橋の比較

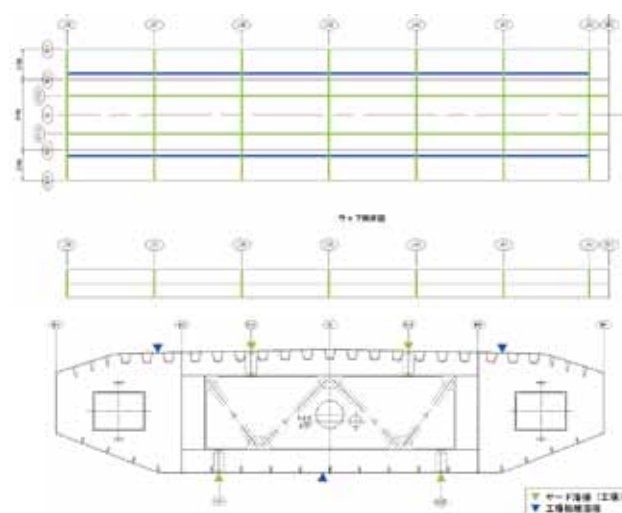


図-7 工場溶接（青線）とヤード溶接（緑線）



写真-15 大型部材の製作状況

プで蓋をする構造である。

5.4 路面排水装置

鋼橋の路面排水装置は、路肩に設置した排水桝で集水し、排水管を通じて桁外へ導水する構造が一般的である。一方、本橋において排水管を利用して桁外に導水する場合、構造上の特性で排水桝や排水管が主桁を貫通する構造となり、同部の腐食が懸念された。また、排水管を支持する金具を桁外面に設置する必要もあり、腐食上の弱点となる桁外の突起物が増えることになる。これらを勘案して、本橋における排水装置は、図-9に示すように鋼製路肩に切欠きを設け、直接桁外へ排水する構造を採用した。なお、水道となる外面の上塗り塗装には、汚れ防止機能型の上塗り塗料を用いた。

5.5 部材の外面角部

部材の自由縁となる角部は、塗膜厚の確保がし難く直接膜厚管理することが困難な箇所である。そのため、本橋においてはフランジの角折れ部を曲げ加工とし、フランジとウェブの溶接を角溶接とすることで、部材角部を極力省略する構造形式とした。また、すべての外面角部の曲面加工は、先に述べた試験結果から一般的な2R加工から3R加工へ変更を行った(図-10)。

6. おわりに

伊良部大橋で採用された防食法及び構造設計は、日本で最も厳しい環境下において100年の腐食耐久性を満足するよう採用されたものである。本報告が、今後新設鋼橋における長期耐久性化への一助となれば幸いである。

最後に本工事の製作・架設にあたり、ご助言・ご指導頂きました関係者すべての方に心より謝意を表します。

【参考文献】

- 1) 宜保, 我謝, 原田, 梅崎: 塩害環境下にある伊良部大橋主航路部の計画と設計, 橋梁と基礎 Vol.45, 2011.7
- 2) 仲嶺, 翁長, 山城, 長坂, 矢ヶ部, 高士: 伊良部大橋主航路部の製作と架設 - 非常に厳しい環境に架ける鋼橋の技術 -, 橋梁と基礎 Vol.49, 2015.2

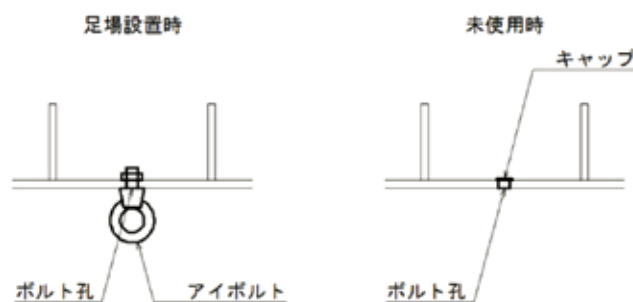


図-8 足場用吊金具

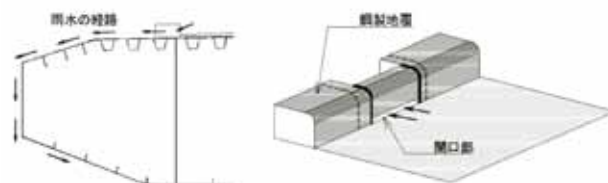


図-9 路面排水装置

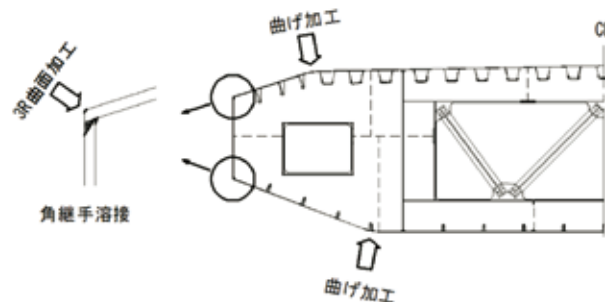


図-10 部材の角部処理

橋と私

津野 和男¹⁾

ある日、文化講座の仲間と昼食しながらの雑談で、皆パリ観光での懐かしい思い出がありエッフェル塔の話が出た。ところでエッフェルというのはどんな人ということから彼の業績を話さざるを得なくなった。

「彼は日本の幕末の頃の鉄道の橋梁技師であちこちに彼の業績が残っていますよ。ポルトガルのポルトに行くと今でも彼の設計した大きな鉄道橋が海峡を渡っていますよ。その後パリ万博を記念したエッフェルを建設したり、ニューヨークの自由の女神の骨組みを計画しているんですよ。」さて、話しているうち自分もささやかながら橋を専門にしてきた男、何をやってきたのか思い出を辿ってみることにした。

昭和 23 年終戦後の混乱の中、教育復興学生決起大会が日比谷公園で開かれ、全国デモへと続き世情騒然とした時代。学期には試験ボイコットとまで話が進んだ。我々クラスとしてどうして良いか分からずクラス主任の中村英雄先生の板橋のお宅に伺った。「まあ、それはともかく今読書会やっているから聞いていけよ。」一時中断したがこれが今に続く同人誌「ねんりん」への参加のきっかけとなった。

教育制度が改革され旧制高校から新制大学 2 年に編入することになる。理系学生として急に何科を選ぶかが問題になり建築に行くことを選択し申し込んだらやがて OK の通知が届いた。父に報告すると怒られた。「お前の親父は何の仕事か考えたことないのか。祖父さんは新発田で阿賀野川の河川改修、加治川の桜堤をやった河川屋、わたし

は上越線や大糸線のトンネル工事を仕事にしてきたトンネル屋、土木を継げよ」と脅された。やむなく教務主任の所に行き土木工学科への変更を申し出たらあっさり諒承の返事を頂き帰宅して事なきを得た。

土木という言葉は中国の古典の中にある築土構木に由来する。英語ではシビルエンジニアリングといって市民が表に出る。15 世紀イタリアルネッサンス時代を代表する芸術の巨匠「モナリザの微笑」で有名なレオナルドダヴィンチは軍事技師、画家、彫刻家、建築家としてミラノ公に仕えて、城壁を築いたりするミリタリーエンジニアだった。これと区別した用語としてシビルエンジニアが生まれたらしい。

土木工学といっても、道路、河川、港湾、橋梁、都市計画、コンクリートと多種の工学分野がある。橋梁工学の最初の授業で「はしという言葉は、橋、簀、梯子、虹の架け橋、恋の架け橋、端から端を結んで絆づくりをするのが、はし、なんだ」と教わる。先生は工学博士、土木主任教授、建設省土木研究所長から早稲田大学に移り後に本四架橋のルート選定委員長をやった斯界の名士。話に魅せられて橋に専念することになり大学院では青木研究室の一員となった。

夏の 2 か月は橋梁会社の実習生となり、北海道釧路の橋の設計を手伝い、研究室での普段の夜は橋梁会社が苦手のコンクリート橋脚の設計のアルバイトをした。用具は手回しのタイガー計算機、長い計算尺、T 定規そして製図板。この経験が勤めてからすぐ役立つことになる。今は設計は設計コンサルタント、設計計算と図面作成はコンピューターが役目を果たしてくれるが、当時はすべて自前の仕事だった。

1. 初めての橋

就職は昭和 29 年、神奈川県庁土木部に決まった。県庁周辺には未だ米軍のかまぼこ兵舎が置き去りにされていた頃である。県庁勤務かと思ったら相模大橋の工事事務所勤務の辞令で、直ちに篠突く雨の中車に乗せられ現場事務所に挨拶に連れていかれた。

所長室では、鋭い目つき、口元をへの字に曲げた所長が待っていてくれた。これがこれからの人生で長い間お世話

になった上前行孝さんとの出会いである。

「よく来たね。」までは良かったが「麻雀できるか」に返事したばかりに、その晩隣の宿舎で付き合わされた。我が家に帰宅したのは翌日の夕方。本当に就職したのかとお袋が心配してくれていた。

新相模大橋は国道 246 号のバイパスとして相模川に架けられた橋で橋長 443m 幅員は車道 4 車線幅 8m、歩道両側 2m、厚木市と海老名市を連絡する。日米行政協定道路として我が国が初めて設計荷重を 9 トントラックから 20 トンに引き上げて架設した橋で橋脚基礎深さ 25m、潜函の 3 気圧中での点検に難渋した。

宿舎に所長以下数人枕を並べて寝泊りする生活。昼間は相模大橋の現場、夜は厚木土木事務所管内の橋の新設のための設計に従事。夜遅くなって気分転換に麻雀という生活が続く。朝、小母さんがやってくるのは 8 時頃朝食準備には間に合わないため、みんなで一緒にパンを焼いて食べる。これが毎朝の習性となって今に続き、お蔭で外国に出かけても不自由のない食事になったのはここに起因する。

やがて昭和 31 年春新相模大橋は完成、耐荷力測定には恩師青木先生他橋梁界の大先生が参加し、その上開通式まで一緒に付き合って頂き夜まで大騒ぎだった。

竣工後、今度は登戸陸橋の工事現場に移る。ここは登戸の近辺、多摩川水道橋と府中街道を結び南武線を超える陸橋でここも工事中だったが、跨線橋の鋼合成板桁橋の設計を担当した。更に府中街道の三沢川に架かる橋の設計、工事施工にも携わった。これはプレストレスコンクリート橋 (PC 橋) と言ってコンクリートの桁を桁方向にピアノ線で締め付けて曲げの耐荷力を増強する工法で、未だ日本では技術導入の初期段階でありこの専門会社は発注者側の初めての設計と評価し喜んでくれて、社内で乾杯したとか。これが縁で計画中の城ヶ島大橋の鋼橋部分をつなぐ両側のコンクリート桁部の設計も担当する事になった。

昭和 32 年春、いきなり川崎市内ガス橋架け替え工事事務所の所長の辞令

をもらった。まだ27歳の若造、良いのかなと思ったが、戦後の人材不足が原因、部下は工業高校卒で大学の夜間部に通う3人のみ。小さな工事事務所と宿舍、事務の女の子と近所から通ってくれる賄いの小母さんと6人でスタートした。

ガス橋は昭和4年東京ガスが鶴見製造所から東京へガスを送るのを目的にして架けられた橋。多摩川の下流、中原街道の丸子橋と第2京浜の多摩川大橋の間に位置し、東京側は下丸子、川崎側は平間を結び、架け替え工事費の負担は東京都神奈川県折半としている。このためか、新しくなっても橋の名はどちらの地名も付けようなくガス橋と名を残している。

旧橋は直径70cmのガス管2本をトラスの橋の左右に乗せ中央には人々の通行と点検を兼ねた木製の歩道が通っていた。この下流に矢口の渡しがあって当時から架橋の要望があったという。そのため、将来の道路橋を想定して下部工事（橋台、橋脚）は造られていた。橋長は380m、川の部分は180m、河川敷が200m、ここで上部のトラスを外し、ガス管を渡したままの下部橋脚基礎を利用し、新設計荷重で車道幅員7m50cm、歩道両側2mの橋を架けるのが目的とあり、それは無理難題、至難の技と頭を抱えた。

当時の資料を見ていたら設計関係は恩師青木先生の名が出ている。早速、伺ったら「わたしはあそこの河原で野球ばかりしていたよ」と懐かしみ、弟子が困っているのに同情してくれない。しかしその直後ドイツの最近の構造技術誌を紹介して頂いた。鋼製箱桁の上に鋼製床板をのせ特殊アスファルト舗装をすれば上部構造を軽くでき実現可能らしい、これだと思った。連日連夜ほとんど徹夜に近い仕事が続く、この成果が本邦最初の鋼床版箱桁橋として実現した。橋梁会社も初めてとあって製作工程では大変な苦労があったとか。

しかし、これが端緒で並行して計画されていた三浦半島突端の城ヶ島大橋の中央部にこの構造形式が引き継がれ、当時の橋梁技術の先端をいくものとして斯界の関心を高めている。

制作架設は順調に進んだが、夏の台風には悩まされた。一般歩行者用に木橋を直ぐ脇に架けていたが、突然の大

雨に水かさ上がり杭をぶら下げたまま木橋は東京湾へ流されてしまった。再度架け渡したときはガス橋の橋脚に桁橋の端をワイヤーで縛りつけた。次に台風がやってきた時は浮き上がったが岸辺に長々としがみ付いていてくれたのが幸いして復旧には時間を要しなかった。

或る日、学生が現場に訪ねてきた。夜学の副手していた頃に知り合った韓国からの留学生で、大学院に進みたいけど学費が続かない。ここで雇ってくれないかという。日雇いだったら出来るよと返事したら早速喜んで宿舍に住み込み、修士論文にはこの橋の張り出し部の模型実験と解析をし、その成果が役に立った。

やがて卒業して社会主義国に憧れ、かねて付き合っていた韓国の女性と結婚し第一次帰還船で北朝鮮に渡った。それから何年か経って日本語での立派な年賀状が毎年届くようになり、電話もかかってきた。今は政府の建設部長を退任し悠々自適、お互い国同士は仲が悪くても国民同士の交流は後を絶たない。これも橋が取り持つ絆である。

着任して2年目の秋、工事も順調に進んでいるのを見越し恩師青木先生を仲人をお願いして結婚式を挙げ、十和田湖に新婚旅行に出かけた。上野から夜行で12時間、台風が通り過ぎた直後で奥入瀬溪流沿いの山道は車も四苦八苦、予定変更して途中の大町桂月の碑で知られた薦温泉に一泊し、翌日ようやく十和田湖畔のホテルに辿り着いた。夕方突然電話が鳴った。ガス橋の宿舍が火事になったという、とにかくお知らせというが、こんな遠くまで来ていて急いで帰ることも出来ない、も

うまかせたと言う外ない。

仙台で入院していた叔父を見舞い、松島を見物して戻った。工事事務所は無事だったが、賄の小母さんの火の不始末が原因で宿舍は全焼していた。我が家から運び込み皆で読むのを楽しんでいた、日本文学、ロシア文学作品が全部灰になったのが残念至極と嘆息するのみだった。

橋の色を決めるのも大変だった。アメリカ見学帰りの道路課長はサンフランシスコ、ベイブリッジに真似て赤が良いという。最後はお前に任せるといわれ当時好みの色だった紫にした。しかしこれは失敗。一年経つうちにねずみ色がかってきた。朱色は城ヶ島で実現する。しかし、これを見た途端、斯界の大先生が「何でお稲荷さんの色にしたのだ!」と嘆いている。好みというのは様々で難しく経年変化も課題になる。ともあれ、これが縁でその後長い間、塗装関係の協会とお付き合いすることになり今日に至っている。

開通式は昭和35年6月15日。60年日米安保条約改正で反対デモが国会を囲み樺美智子さんが亡くなった日だった。神奈川県知事、都副知事がテープカットした。この都副知事がこの後大阪万博の委員長を経て首都高速道路公団の理事長そして都知事になった鈴木俊一氏であり、やがて首都高に移ってから区議会、地元対策で指導頂いたという縁がある。

夜は近くの小学校の運動場借りての地元主催の開通祝賀会。感謝状、記念品を頂き、翌朝東京方面に向かう車、自転車、歩行者が連なっていくのを眺め、3年間の努力が実ったと感入だった。(写真-1)



写真-1 ガス橋—多摩川—

神奈川県に就職して6年、ようやく県庁土木部道路課橋梁係の席に着いた。

城ヶ島大橋の手伝い、江の島に渡る橋など県内の橋の基本計画に参画する。当時の神奈川県には米軍の横須賀基地、厚木基地があり、ベトナム戦争の影響もあって社会基盤整備が督促され、我々の道路整備に発破がかかっていたという事情がある。城ヶ島大橋の建設には米国農産物見返り資金が導入されたという典型的な例もある。ともあれ、この頃、外国に行ってみたくになっていた。学生時代、サルトルに興味を持って高田外語にフランス語の勉強に通ったことがあったが、今度はフランスには給費技術留学生制度があると知り、勤め帰りに飯田橋の日仏学院に通い2年が経っていた。

或る日、日本道路公団から話が入った。今、熊本の天草五橋建設の話があるが、こちらに来ないかという誘い。どうしたらいいか返事に困って、相模大橋の所長から県橋梁係長を経て首都高速道路公団に移っていた、かつての上司上前さんの所へ相談に行った。「道路公団に行くのなら、首都高に來いよ」との話。勇躍、戻って道路課長にその旨話したら「もう3人も首都高に行った。わたしがいるうちは駄目だ」と断られ、据え置きとなり一年経ち課長の転勤にともない、昭和37年ようやく首都高へ移るのが実現した。

余談だが、天草五橋の所長には建設省土木研究所から出向している。橋の完成後、彼はミャンマーの橋梁視察団のリーダーとして4人を伴い出掛け、空からの視察中飛行機墜落事故で全員死亡の悲惨な事態となっている。もし、自分が天草に行っていたらどうなっていたかと思うと、人生有為転変非情と感じざるを得ない。

2. 首都高速道路公団とフランス技術留学

首都高速道路公団に移って工務部設計課に所属し、最初に担当したのは3号線の一部南青山から渋谷で山手線を超えて道玄坂までの高架橋、昭和39年10月のオリンピック開催をひかえて駒沢公園までの路線として急がれていた。

山手線の上は架設上鋼桁としているが、山手線の内側は181m、外側は



写真-2 渋谷高架橋—首都高速道路—

144mのプレストレストコンクリート橋（デビダーク工法）が採用されている。これはドイツで開発された左右からバランスを取りながら張り出して中央で連結し橋脚間を長くすることが出来る画期的な工法でその様子から「ヤジロベエ工法」として新聞雑誌に紹介されている。これはすでに神奈川県で相模湖畔の嵐山橋で試験施工されたものだが、日本の橋は昔からドイツ、フランスからの技術導入で進展してきたと言う外ない。（写真-2）

首都高に移ってから間もなく、試しにとフランス大使館の給費留学生試験に参加した。面接では参事官から難しいことを聞かれても返事のしようがないから、自分の経歴を頭に叩き込んで一方的に喋った。最後に「BON！」の一言。暫くして、1963年1月2日パリ技術留学生事務所に出頭するという通知を受け取る。首都高に席を置いてまだ半年過ぎたばかり、恐る恐る課長に話したら「行って来いよ！上の方の了解はとってやるよ」という返事に天にも昇る思い。帰宅して生まれてまだ9カ月余りしか経たぬ娘に暫く留守するよと断り頭を下げた。

年の暮れ、同行3人、アラスカ、アンカレッジ経由で18時間の空の旅。途中パリが雪のため降りられぬ場合はフランクフルトで降りて列車で行ってもらうという機内アナウンスに脅かされたが無事オルリー空港に着いた。パリは朝10時頃からやっと明るくなり寒さは厳しい。何処へ行っても話は要領えない。日本にいればフランス人も我々に分る様にゆっくり話してくれるが、こちらでは容赦なくホテルからレ

ストランで悪戦苦闘となる。早速、セーヌ河の橋を見物に行ったがやはりそれぞれ個性があり隅田川の橋はここをモデルにして架けたのかと実感する。大晦日の夜は街中、道端で爆竹が鳴り響き、日本の除夜詣でに思いが及んだ。

フランスには正月休みがない。2日に留学生事務所に出頭したら語学研修のため君はブザンソン大学に行けという話。日本からの3人はそれぞれ行き先を別々にされ、同行のブラジル人とメキシコ人の3人で汽車に乗った。彼等二人が何語で喋っているのか分からず聞いたらポルトガル語とスペイン語、お互いの自国語で話してどうにか通じるのだという。こうなると日本語は置いてけぼりになってしまう。

ブザンソンはスイスの国境に近い街。小澤征爾がグランプリ受賞した指揮者コンクールが開催地として名高い。一人住まいは苦手なので大学の事務所から下宿を紹介してもらう。下宿の小母さんは「よく来たね！」と感心してくれた。小母さんが広げた世界地図をよく見たらヨーロッパが中央で日本は右上隅にミノ虫の様にぶら下がっている。まさに極東からやって来たんだと認識させられる。

大学での語学研修が始まった。冬の朝、まだ街灯がとまり零下何度か道路はつるつるに凍り、教室で授業が始まる頃は電灯が煌々夜学に通っている気分、10時頃からやっと明るくなり、午後3時ごろにはもう暗くなる季節の中での3か月だった。夕食時下宿の小母さんのお喋りの相手をさせられて、日本語で話す相手もなくフランス語を聞くのに慣れてきたのはこの小母さんのお蔭だった。

パリに戻り公共事業省の技術留学生研修が始まった。建設行政一般の説明が担当者からあったがピンと来ない。フランスではデノミが行われた直後であり、新フランは旧フランの100分の1で資料は元のままで混乱してしまっただけ。道路、橋の計画についての説明を聞くと、こちらの理解力の程度には容赦なく猛烈にまくしたてての説明には手をこまねくのみ。熱心に聞く耳を持ったのは南米の建設局長クラスのみか。

パリも環状道路の建設が始まり、パリマルセイユ間の高速道路建設計画がスタートしフォンテンブローの森では重機が唸りを立てていた。技術研究所の一室に席を置き設計図書を開き、沢山の参考資料を見せてもらったが日本でやっているのと殆ど異ならない。折角来たのだからフランスでしか出来ぬことはないかと考えてフランスの橋を見て回ることにする。

念願だったルーアン近くのセーヌ河に架かるタンカルヴィルの吊橋から始まり、ここから古い橋、新設の橋、建設中の高速道路を見てフランスを一周する。フランス最西北端のプレスト湾のコンクリートアーチ橋、建設が始まったボルドーの吊橋を見学し、スペインとの国境ピレネー山脈の麓を通過して地中海側に出、マルセイユから北上して歌で名高いアヴィニョンの橋にたどり着く。「アヴィニョンの橋で輪になって踊ろうよー」の旧橋は半分流失して無残な姿だったが、新しい橋がその下流に架けられていた。首都高渋谷高架橋と同形式だが中央は少し垂れ下がっている。施工ミスじゃないかと目を疑った。

近くにローマ時代に架けられた石造りの高架水道橋—ガール橋—があった。水源からニームまで50km、ローヌ川の深い渓谷を渡る3層のアーチ橋。水面から水道の水路まで高さ30m~40m位はありそう。クレーンもなく、すべて技術者と軍用兵によるというが、2000年前どうやって築造したのか、しかも現在まで遺跡として立派に威容を誇っているのに脱帽せざるを得ない。フランスに限らずヨーロッパ各国に同様の水道橋があると聞きローマ帝国の偉大さを再確認した。(参考: 塩野七生「ローマ人の物語」(28) 全ての道は

ローマに通ず」新潮文庫)

帰国した時は東京オリンピック開催にはあと約1年弱となって緊張感が漂っていた。

この頃は構造計画を立案し、設計コンサルタントで詳細設計されたものを受けて工事積算し発注するのが業務の主体になっていた。予定されている路線には街路幅の足りないところ、地下鉄が下に通っていて橋脚基礎形式の選定が問題になる箇所があり、谷町インターなどの三叉路では橋脚を門型にするか1本脚にして二層構造のラケット型橋脚を設置せざるを得ない箇所も生じてくる。

皇居のお堀端では周辺環境を考慮してトンネル構造にしたら、目立たない低い換気塔を連立しなければならない始末となった。高速道路の視察旅行に来ていたフランスの技術者達の案内を引き受けたら、日本はやはり原爆を配慮しているのかと問われ返答に窮した。

街路上、川岸に高速道路を建設するため架設を考慮すると鋼桁の方がコンクリート桁よりも圧倒的に多くなる。葛飾川口線の計画の時、将来の維持管理を考えて、鹿浜から芝川沿いに埼玉県に入ったらコンクリート橋にしようじゃないかと提案したら、「この辺は川の中心線がしばらく県境になっていますが、ここはどうしましょうか？」と地図を見せられ絶句する。

11月千駄ヶ谷駅付近で支保工が崩れPC桁が落下し通りがかった東宮の車を押しつぶし大騒ぎとなる。

オリンピック開催の年の6月新潟地震が起きた。現地調査に設計担当の3人で出掛けた。新潟駅前のビルは傾き、信濃川の八千代橋、萬代橋はどうやら無事だったが、ショックだったのは浜辺のマンション群は砂浜の液化化現象で大きく傾いているのを目の前にしたことである。我々が計画している海岸沿いの路線への対応を如何にすべきか考えざるを得なかった。

オリンピックも無事閉会し、本格的に高速道路の建設が始まり都電の撤去工事と共に地下鉄新路線の建設にも拍車がかかる。新構造形式の橋、軽量コンクリート、太径50mm鉄筋の利用など新技術開発の適用が盛んに検討された。

昭和53年6月、5号線2期池袋—高島平間の建設について板橋区議会に午後から出席を求められ、厳しい質問攻めに会う。「何故この街に高速道路が必要なのか?」「この区役所の前の中仙道は地元の車も仙台、青森に行く車も一緒になって大混雑し、そのため車は狭い道まで入り込んで事故を起こしたりしています。この地域の車と遠距離の車を分けて通すべきではありませんか。」質疑応答は2時間に及びうんざりしていた頃議会の建物が大きく揺さぶられた。宮城沖地震が起き、この影響で慌しく閉会となり幕が閉じて解放された。何が幸いするか分からない。

やがて湾岸線を担当することになった。芝浦からお台場に渡る12号線の計画を始める。

運河の巾、約800m、支間200m + 400m + 200mの間隔で橋脚を設置すれば架けて見たかったタワーから斜めにケーブルを張るPC斜張橋が実現可能になる。概略設計を行い検討していたが、やがて東京都から航路巾を600mにして、都道と2層にしてほしいとの要望が入った。支間100m + 600m + 100mとバランスが悪く、ケーブルアンカーの橋台構造が難問の吊橋が実現することになる。無駄な仕事をしてしまったと悔やんでいたら建設省から問い合わせがありケニアで適用したいからここで検討したPC斜張橋の資料を廻して欲しいとの要望があり無駄にならずに役立つことになった。

この吊橋の橋名は正式には東京港連絡橋だがレインボーブリッジと命名された。カナダのナイアガラ瀑布の近くに同名の橋があるし、虹のカーブが逆じゃないかとクレーム入れたが一般公募の多数決で決まりやむを得ぬという事で納得させられた。

この間で、本四連絡橋公団から本四連絡橋3ルートの中真中、児島—坂出ルートのPC橋の委員長をやってくれとの依頼があった。橋の仕事のスタートはメタル屋だったがいつの間にかPC屋と認められるようになったらしい。ともあれ、ルートの中間点にある与島前後の橋と島への出入路のPC橋の検討委員会に参加した。設計、施工に対する検討案には何も問題はなかった。

たが、ここではこんな対話が残る。

「君らは備讃瀬戸の景観を減茶苦茶にしてしまう!」「瀬戸大橋をつくって鷺羽山からの眺めは瀬戸の新しい解釈を提起している。」自信を持ったの回答がきわめて印象的だった。

昭和59年1月朝10時から定例の役員会が開かれていた。朝からちらついていた雪が激しくなって来たのが窓越しに見える。会議が終わり席を立つようとした時、入ってきた課長から首都高速道路が全面閉鎖になりましたと告げられる。スリップ事故が多発して警察で止めたという。

高速道路上の車が出さったのが夜7時頃、それでも50台位が放置されてしまった。ランプから1台ずつ街路に出すのに手間取ったらしい。それから除雪作業が開始されたが捨てに行くのに隅田川は雪の塊りの落下音が激しくて無理、湾岸線沿いと道路公園に話して東名高速の高架下に運んだ。翌朝雪は止み青空が見えてきたが冷たい風に路面は凍りついたまま。視察に出掛け息をのんだ。大都会は銀世界、高速道路上は徹夜作業の休息で一人も見当たらず静まり返っている。道路公園の除雪機械、建設会社の応援を受けて昼夜兼行の除雪作業、チェーン着装の条件で交通再開したのは5日後だった。お蔭で応接室を仮眠室にして寒さの厳しい試練の冬だったのが忘れられない。

3. 建設会社にて

首都高速22年の勤務を経て、住友建設に転職した。

全国、北海道から鹿児島まで当社施工の現場を巡り、進捗状況を見て激励するのが主務となる。出雲から中国山

地を経て広島への道路の開通式で、地元出身の竹下首相の挨拶に「土木技術者の仕事は地球の外科医です。いつまでもご健闘を!」という言葉が心に残る。

平成7年(1995年)1月17日、阪神淡路大震災発生。3日後に神戸に入った。

阪神高速道路で当社施工の600mに及びビルツ(キノコ)形式の高架橋が倒壊している。無残、1本脚のコンクリート橋脚が根元から折れ鉄筋がむき出しになっていて、凄まじいというより壮大な悪夢を見ているようだった。倒壊原因は明らかに想定外の設計震度以上の激震が発生したと言わざるを得ない。会社に戻ると連日マスコミ関係者の質問攻めにあつたが、幸い会社の名も返答者の名ものらなくて事なきを得た。

この後、掘って基礎杭を調べると直径1mのコンクリート杭がすべて完全に輪になって亀裂が入っているのが確認された。直下型地震による上下動で持ち上げられてひびが入り同時に水平に揺さぶられて倒壊したと考えられる。通常横揺れに対する耐震強度しか検討していないが、3次元の耐震性を今後如何に設計に取り込むか大きな課題を残している。最近、高層ビルが立ち並び制震、免震、耐震構造と評判だが、東京湾直下型地震で上下動を受けたらどうなるのか、この阪神大地震が注意を喚起しているのだから。

この年、年末に近づいた頃カンボジアのメコン河に架橋計画があるので行って見てくれませんかの声がかかった。アンコールワット観光も可能なら行って見たいなと返答する。スケ

ジュールは6日間、クリスマス暑い国で過ごすため冬支度から急きょ夏に衣替えが必要になる。

カンボジアの首都プノンペンで公共事業大臣に会う。同じフランスの給費技術留学生だった。アジアハイウェイ構想として中国、ベトナム、ラオス、カンボジアを結ぶ計画をたてている。その為にはメコン河に橋を架けるのが悲願らしい。滔々とフランス語で説明してくれるが途中で同行の連中から背中を突かれ英語に切り替えてもらい、今度は当方だけが不明瞭になってしまった。

架設地点はプノンペンから約160km、沿道に沿ってヤシの実を山積みにした店が点在する。メコン河は水量が豊かで約1000mの川幅一杯に滔々と濁流が流れていた。岸边には大きな筏のようなフェリーにトラック、荷物を抱えた人々が順番を待っている。

ボートを出してもらって対岸に渡った。監視塔が立ち望楼の頂部は破壊され、弾痕が壁を蜂の巣にして無残な姿を曝している。

「この辺りに橋が架かるとしてこの先の取り付け道路は?」

「この森林を切り開いてこの先の国道に繋ぐんです。」

一歩草むらに踏み出そうとしたら、銃を抱えた随行のガードマンに腕を掴まえられた。ヒルに食われるか地雷を踏むか。

メコン河はこの国のほぼ中央を南北に流れているが渡る橋は一つもない。完成すれば資材を運ぶトラック、野菜や鶏を積んだオートバイ、対岸に行きたい子供たち、皆んな眼を輝かせて往来するだろう。そんな日が少しでも早くやって来るのを期待したい。

これから5年後、完成間近の工事写真が手元に届いた。全長約1400m、巾12m、日本の無償援助で建設され、日本との友好を記念して「きずな橋—SPIEN KIZUNA」と命名されたという。(写真-3)

何げなく当たり前前に渡り通り過ぎて行く橋、そこには関係した技術者のそれぞれの想いがこもっている。ついその想いを自分なりに記して見なくなった次第である。

—おわり—



写真-3 きずな橋—カンボジア メコン河—

第 4 回定時総会・懇談会を開催

第 4 回定時総会は 5 月 27 日（水）、午後 3 時 00 分よりアルカディア市ヶ谷 6 階「霧島」において開催された。

総会は、奈良間会長の挨拶、国土交通省大臣官房技術調査課長 田村 秀夫氏の来賓挨拶の後、議事に入り、第 1 号議案「平成 26 年度事業報告承認」、第 2 号議案「平成 26 年度決算及び公益目的支出計画実施報告書承認」、及び「平成 26 年度事業監査報告」が上程され、第 1 号議案及び第 2 号議案について、特に異議はなく、原案どおり承認、可決された。

第 3 号議案「役員選任の件」が上程され、特に異議なく原案どおり承認、可決された。

報告事項の「第 1 号平成 27 年度事業計画について」及び「第 2 号平成 27 年度収支予算について」報告され、いずれも、特に異議はなく、報告事項については終了した。

以上ですべての議事を終了し午後 4 時 30 分に閉会した。

午後 5 時から同所 6 階「阿蘇」において「懇談会」を開催した。懇談会は奈良間会長の挨拶、国土交通省総合政策局 建設市場整備課長補佐 青木 栄治氏の祝辞の後、社団法人日本塗装工業会 会長 乃一 稔氏の乾杯の音頭で開宴、午後 7 時過ぎ盛会裏に終了した。



総会：奈良間会長の挨拶 挨拶



総会：国土交通省 田村技術調査課長 来賓挨拶



懇談会：奈良間会長 挨拶



懇談会：国土交通省 青木建設市場整備課長補佐 来賓挨拶



懇談会：国土交通省 山田大臣官房技術審議官 来賓挨拶

平成 27 年度役員名簿

会 長	奈良間 力	東海塗装(株)	代表取締役社長
副 会 長	加藤 敏行	昌英塗装工業(株)	代表取締役
副 会 長	塚本 正雄	建設塗装工業(株)	代表取締役社長
業務執行理事	須本 重徳	(一社)橋塗協	(兼)事務局長
理 事	小掠 武志	(株)小掠塗装店	代表取締役
理 事	小畑 幸二	日本ペイント(株)	執行役員本部長
理 事	片脇 清士	(一財)土木研究センター	化学技師長
理 事	下保 修	(一社)日本橋梁建設協会	副会長兼専務理事
理 事	鈴木 喜亮	中仙塗装工業(株)	代表取締役
理 事	鷲見 泰裕	岐阜塗装(株)	代表取締役
理 事	住澤 壮吉	住澤塗装工業(株)	代表取締役社長
理 事	槌谷 幹義	大同塗装工業(株)	代表取締役
理 事	長崎 和孝	(株)長崎塗装店	取締役会長
理 事	西川 和廣	(一財)橋梁調査会	専務理事
監 事	坂倉 徹	(株)サカクラ	代表取締役
監 事	竹内 義人	(株)駒井ハルテック	副社長
			理事（五十音順）

平成 27 年度会長表彰

平成 27 年度表彰式は第 4 回定時総会終了後に行われ、運営功労者表彰を鈴木 敬氏、大島利一氏、小掠武志氏、が受賞、また、技術功績者表彰優秀施工賞を橋本 林氏（東海塗装株式会社）、石徹白貴氏（岐阜塗装株式会社）、山口健一氏（株式会社山崎塗装店）が受賞、また、安全施工者賞を高良智樹氏、中鉢 悟氏（建設塗装工業株式会社）が受賞した。各受賞者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。



表彰受賞者代表

「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 26 年度「高塗着スプレー塗装施工管理技術者」の認定試験及び更新講習会を東京・名古屋において実施し、60 名（新規 17 名、更新 43 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 261 名となった。

「高塗着スプレー塗装技能者」講習会を開催

平成 26 年度「高塗着スプレー塗装技能者」講習会を東京・名古屋において実施し、37 名（新規 8 名、更新 29 名）が修了した。これで、平成 16 年度からの修了者の累計は 167 名となった。

塗装技士会 第 15 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 15 回通常総会」は、5 月 27 日、午前 11 時よりアルカディア市ヶ谷 6 階「霧島」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 26 年度事業報告承認の件
- 第 2 号議案 平成 26 年度収支決算承認の件
- 第 3 号議案 平成 27 年度事業計画（案）決定の件
- 第 4 号議案 平成 27 年度収支予算（損益ベース）（案）決定の件
- 第 5 号議案 役員改選の件

以上ですべての議事を終了し午前 11 時 30 分に閉会した。

平成 27 年度役員名簿

会 長	加藤 敏行	昌英塗装工業(株)	代表取締役
副 会 長	植谷 幹義	大同塗装工業(株)	代表取締役
専務理事	須本 重徳	(一社)日本橋梁・鋼構造物塗装技術協会	
理 事	鈴木 喜亮	中仙塗装工業(株)	代表取締役
//	鷺見 泰裕	岐阜塗装(株)	代表取締役
//	長崎 和孝	(株)長崎塗装店	取締役会長
//	住澤 壮吉	住澤塗装工業(株)	代表取締役社長
監 事	奥野 眞一	呉光塗装(株)	代表取締役
//	只石 義文	静岡塗装(株)	東京支店 支店長

会議等開催状況

【第3回定時総会】

日 時 平成 26 年 5 月 19 日（月） 15 時 30 分～ 16 時 40 分
場 所 アルカディア市ヶ谷 5 階「大雪」
議 事 第 1 号議案 平成 25 年度事業報告及び収支決算承認の件
第 2 号議案 平成 25 年度決算及び公益目的支出計画実施報告書承認の件
報告事項 第 1 号 平成 26 年度事業計画について
第 2 号 平成 26 年度収支予算書について

【第5回理事会】

日 時 平成 26 年 4 月 22 日（火） 15 時 00 分～ 15 時 50 分
場 所 鉄鋼会館 805 会議室
議 題 (1) 平成 25 年度事業報告（案）の承認について
(2) 平成 25 年度収支決算報告（案）の承認について
(3) 平成 25 年度事業監査の報告について

【第6回理事会】

日 時 平成 27 年 3 月 20 日（金） 15 時 10 分～ 16 時 00 分
場 所 アットビジネスセンター 305 会議室
議 題 (1) 平成 27 年度事業計画（案）の承認について
(2) 平成 27 年度収支予算（案）の承認について
(3) 役員の選任について
(4) 平成 27 年度会長表彰の承認について
(5) 正会員、賛助会員の入会の承認について

【第59回運営審議会】

日 時 平成 26 年 4 月 22 日（金） 13 時 30 分～ 14 時 30 分
場 所 鉄鋼会館 805 会議室
議 題 (1) 平成 25 年度事業報告（案）の審議について
(2) 平成 25 年度収支決算報告（案）の審議について
(3) 平成 25 年度事業監査について

【第60回運営審議会】

日 時 平成 26 年 7 月 29 日（火） 15 時 30 分～ 17 時
場 所 鉄鋼会館 802 会議室
議 題 (1) 正会員の新規加入について
(2) 建設業法の改正について
(3) 社会保険問題について

【第61回運営審議会】

日 時 平成 26 年 10 月 24 日（金） 15 時～ 17 時
場 所 鉄鋼会館 804 会議室
議 題 (1) 当協会の運営活動について
(2) 正会員の新規加入について
(3) 平成 26 年度上期の事業報告について
(4) 退会届について

【第62回運営審議会】

日 時 平成 27 年 3 月 20 日（木） 13 時 30 分～ 14 時 30 分
場 所 アットビジネスセンター 305 会議室
議 題 (1) 平成 27 年度事業計画（案）について
(2) 平成 27 年度収支予算（案）について
(3) 役員の改選について
(4) 平成 27 年度会長表彰について
(5) 正会員、賛助会員の入会について

第18回技術発表大会報告

恒例の技術発表大会は5月27日、千代田区市ヶ谷のアルカディア市ヶ谷にて開催されました。奈良間会長による開会あいさつに続いて、特別講演として東京都環境局の高橋課長による「塗装からのVOC排出削減に向けた東京都の取り組み」ほか、3テーマが発表されました。今年度も例年と同様に約160名が参加し、熱心に聴講して頂きました。（写真参照）今年度も昨年と同様にテーマ数4件としたため、各発表とも十分な発表時間や質疑応答が取り、発表者、聴講者ともに好評のうちに終わることができ、当協会関係者も大変感謝しております。

以下に各講演について簡単に報告いたします。（詳細は予稿集および当協会HPをご参照ください。）

特別講演

「塗装からのVOC排出量削減に向けた東京都の取り組み」

講師 高橋 輝行

VOC削減の目的や背景、これまでの東京都環境局の取り組み、および今後の取り組みについて報告された。今後更にVOC削減を推進するために、適用によるアドバンテージ付加等の新たな仕組み作り案も紹介された。



（写真）

新技術紹介

「ダストレススプレーハンドガンによる鉄道橋りょうの塗替え塗装」

講師 鈴木 周一

開発されたダスト飛散が低減できるハンドガンの原理や特徴および鉄道橋りょうでの適用結果が報告された。膜厚や飛散率や塗装効率について、はけやローラーとの比較した詳細な結果が説明された。

技術報告

「橋梁塗装における高塗着スプレーシステムの適用」

講師 加藤 雅宏

静電エアレススプレーと飛散防止ネットからなる高塗着スプレーシステムの原理や特徴および既往のエアレススプレーと高塗着スプレーの実験室における塗着効率と飛散率と塗料使用量の削減効果について報告された。

技術報告

「プラスト面形成動力工具の機能と橋梁等における適用結果と課題」

講師 原田 麻衣

数年前から国内で販売されたプラスト面が形成される塗装前素地調整動力工具の原理や特徴、および橋梁や民間のプラント設備等の塗替え工事で適用結果と課題が説明され、開発中の高能率機について報告された。

一般社団法人 日本橋梁・鋼構造物塗装技術協会

アンケート集計結果

来場者数 ; 160名 回答者数 ; 112名 回答率 ; 70%

	回答者		高塗着スプレー			参加費用		
	人数	比率%	知ってる	ある程度	知らない	安い	適当	高い
塗装／会員	35	31	31	4	0	2	32	1
塗装／非会員	10	9	6	3	1	0	9	1
道路管理者	7	6	2	2	3	0	7	0
橋梁製作者	35	31	17	9	9	6	25	4
コンサルタント	5	4	2	2	1	1	3	1
塗料製造	15	13	9	3	3	1	14	3
資材、その他	5	4	0	2	3	0	4	0
回答者数	112	-	67	25	20	10	94	10
比率%	-	100	60	22	18	9	84	9

希望するテーマ；素地調整に関するもの／ブラスト、ウォータージェット、湿式ブラスト
 新しい塗料に関するもの／水性塗料、無機塗料、低ケレン面用塗料、省検査形塗料
 有害物含有塗膜の除去に関するもの／塗膜剥離剤、その他
 発注者からみた塗料、塗装の課題
 塗替え塗装市場の現況と予測
 塗装等の耐久性やLCC
 塗装不具合の原因

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(2 社)				
(有)柿崎塗装	031-0801	青森県八戸市江陽 5-6-20	0178-43-2979	0178-43-8825
(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
●秋田県(10 社)				
(有)大館工藤塗装	017-0823	秋田県大館市字八幡沢岱 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
(株)タカベン	010-0948	秋田県秋田市川尻新川町 7-40	018-823-1373	018-863-1255
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)フジベン	010-0802	秋田県秋田市外旭川字田中 6-3	018-866-2235	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
関東地区(28 社)				
●茨城県(1 社)				
(株)マスダ塗装店	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(15 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)	136-0071	東京都江東区亀戸 7-24-5	03-5858-1358	03-5858-1359
久保田塗装(株)	112-0013	東京都文京区音羽 1-27-13	03-6912-0406	03-6912-0407
建設塗装工業(株)	101-0044	東京都千代田区鍛冶町 2-6-1 堀内ビルディング 7 階	03-3252-2511	03-3252-2514
建装工業(株)	105-0003	東京都港区西新橋 3-11-1	03-3433-0757	03-3433-4158
江東塗装工業(株)	132-0025	東京都江戸川区松江 7-3-10	03-3653-8141	03-3653-7227
(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
(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
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
(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)富田鋼装	133-0052	東京都江戸川区東小岩 1-24-12	03-3672-1707	03-3657-1892
(株)ナプコ	135-0042	東京都江東区木場 2-20-3	03-3642-0002	03-3643-7019
丸喜興業(株)	154-0023	東京都世田谷区若林 2-7-9	03-3422-3255	03-3412-4907

会社名	〒	住所	TEL	FAX
●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
シンヨー(株)	210-0858	神奈川県川崎市川崎区大川町 8-6	044-366-4771	044-366-4810
(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(3 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
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(10 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)	950-0950	新潟県新潟市中央区鳥屋野 3-1-15	025-281-9258	025-281-9260
●富山県(1 社)				
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(4 社)				
(有)沖田塗装	921-8066	石川県金沢市矢木 3-263	076-240-0677	076-240-3267
(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
萩野塗装(株)	920-0364	石川県金沢市松島町 3-26	076-272-7778	076-249-1103
(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
中部地区(6 社)				
●静岡県(2 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
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
●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(3 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)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(7 社)				
●大阪府(4 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
●兵庫県(3 社)				
(株)伊藤テック	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

会社名	〒	住所	TEL	FAX
中国・四国地区(10 社)				
●島根県(1 社)				
蔵本工業(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(5 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	730-0036	広島県広島市西区観音新町 1-7-24	082-233-5600	082-233-5622
日塗(株)	721-0952	広島県福山市曙町 1-10-10	084-954-7890	084-954-7896
●徳島県(2 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
(株)平井塗装	770-0804	徳島県徳島市中吉野町 4-41-1	088-631-9419	088-632-4824
九州地区(1 社)				
●宮崎県(1 社)				
吉川塗装(株)	883-0021	宮崎県日向市財光寺字沖の原 1055-1	0982-53-1516	0982-53-5752

沖縄地区(1 社)

●沖縄県(1 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
-------------	----------	--------------------	--------------	--------------

(以上 80 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	東京都千代田区丸の内 1-5-1 新丸の内ビルディング	03-3218-5040
大塚刷毛製造(株)	160-8511	東京都新宿区四谷 4-1	03-3357-4711
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	愛知県名古屋市中区石元町 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
(株)トウベ	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(株)	140-8677	東京都品川区南品川 4-7-16	03-5479-3602
(株)ミダック	431-3122	静岡県浜松市東区有玉南町 2163 番地	053-471-9361
山一化学工業(株)	110-0005	東京都台東区上野 1-10-12 商工中金・第一生命上野ビル 10F	03-3832-8121
山川産業(株)	660-0805	兵庫県尼崎市西長洲町 1-3-27	06-4868-1560
好川産業(株)	550-0015	大阪府大阪市西区南堀江 1-19-5	06-6538-3951

(以上 12 社)

鋼構造物用 水系塗膜はく離剤

バイオハクリ

B A I O H A K U R I

X-WB

◎ 厚生労働省 平成26年5月30日 基安労発0530 第1号

鉛等有害物を含有する塗料の剥離やかき落とし作業における労働者の健康障害防止について
「剥離作業:湿潤化」準拠品



YAMAICHI

山一化学工業株式会社 剥離事業部

〒110-0005 東京都台東区上野1-10-12

(商工中金・第一生命上野ビル10階)

TEL. 03-3835-8660 FAX. 03-3835-1128

E-mail : hpkaisyu@yci.co.jp

ホームページ

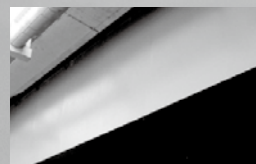
www.yamaichikagaku.com

山一化学工業株式会社

検索

AGC

美しい橋梁、 ルミフロン 30年 の実績。



神田川橋(21年目)

輝きを失わず30年経過した橋梁。

「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 東京都千代田区丸の内1-5-1 新丸の内ビルディング Tel 03-3218-5040 Fax 03-3218-7843
<http://www.lumiflon.com>

LUMIFLON®

AGC Chemicals
Chemistry for a Blue Planet

橋梁長寿命化対策資機材

●高周波誘導加熱装置 ヒートレッド M-1

ボルト及びナット部分や添接板エッジ部分の塗膜除去作業に高周波を用いた新発想工法。円形ターンコイル等で局部加熱させ、既存塗膜も簡単に界面からはく離。その後、仕様に沿った素地調節をすることで、大幅に作業効率を上げる事が可能になります。

NETIS(国土交通省新技術情報提供システム)
KT-150004-A



世界をリードする刷毛・ローラー・塗装機器の総合メーカー

㊦大塚刷毛製造株式会社 本社 マーケティング二部

〒160-8511 東京都新宿区四谷4-1 TEL:03-3359-8724 FAX:03-3352-2915
URL <http://www.maru-t.co.jp> E-mail: kyouryou@maru-t.co.jp



▲ボルト及びナット部施工(加熱中)



▲電動工具による素地調整後



●O型加熱コイル



●C型加熱コイル



●T型加熱コイル



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

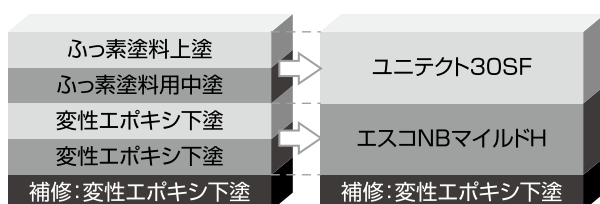
省工程厚膜形エポキシ下塗塗料

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



平成27年度
推奨技術
新技術活用システム検討会議
(国土交通省)

NETIS登録番号
KT-060143-VE
(国土交通省 新技術情報提供システム)

従来の物理的な素地調整法が不要、又は軽減で
きる塗布形素地調整軽減剤です。
従来のプライマーや下塗りに分類されるものでは
なく、物理的素地調整法を塗布形に転換します。

さびを固めて安定化

特許商品

塗布形素地調整軽減剤

サビシヤット

■ 特長

- 1) 粉塵や騒音の発生を低減。
- 2) 軽ケレンの素地調整で優れた防錆性。
- 3) さび層への浸透性に優れる。
- 4) 脆弱層を強化する。
- 5) さび層中の腐食性イオンを無害化。

・・・彩りに優しさをそえて・・・
未来へつなぐ

DNT
DAI NIPPON TORYO

大日本塗料株式会社

建築・構造物塗料事業部 構造物塗料
●大阪 ☎06-6466-6626
●東京 ☎03-5710-4502
<http://www.dnt.co.jp>
塗料相談室 0120-98-1716
フリーダイヤル

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

厚膜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HB



さわやかな環境の提案

神 東 塗 料

東 京 TEL03-3522-1674
名古屋 TEL052-612-0293
大 阪 TEL06-6426-3763
<http://www.shintopaint.co.jp>



水性防食システム

日本ペイントのコーティング・テクノロジーが実現する新たな未来

NETIS (国土交通省新技術情報提供システム)
登録番号KK-120064-A

Water Born corrosion-resistant SYSTEM

時代は
水性へ

特許申請中

水性ハイボン	20	
水性ハイボン	30	中塗
水性ハイボン	50	上塗
水性デュフロン	100	中塗
水性デュフロン	100	上塗



日本ペイント

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

お客さま
センター

☎03-3740-1120 (東京)
☎06-6455-9113 (大阪)

ニューフッソシステム

～新たな時間軸～

有機ジンクリッチペイントの弱溶剤化によりオール弱溶剤システムが完成。
弱溶剤厚膜形ふっ素樹脂塗料上塗ラインナップにより超長期耐候性が実現。
塗替え周期が新たな時間軸にむかう。

ニュージンクHB
(弱溶剤有機ジンクリッチペイント)

ニューエポ21プライマー
(弱溶剤変性エポキシ樹脂塗料下塗)

ニューエポHBプライマー
(弱溶剤厚膜形変性エポキシ樹脂塗料下塗)

ニューフッソ21中塗
(弱溶剤ふっ素樹脂塗料用中塗(ウレタンタイプ))

ニューフッソ21中塗E
(弱溶剤ふっ素樹脂塗料用中塗(エポキシタイプ))

ニューフッソ21DC上塗
(弱溶剤ふっ素樹脂塗料上塗)

ニューフッソHB上塗
(弱溶剤厚膜形ふっ素樹脂塗料上塗)

T TOHPE CORPORATION

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

本社 〒592-8331 堺市西区築港新町一丁目5番地11

TEL(072)243-6452 FAX(072)243-6407

東京支店 〒110-0015 東京都台東区東上野六丁目16番10号(KBUビル)

TEL(03)3847-6441 FAX(03)3847-6445

高塗着スプレー塗装工法

NETIS 登録番号：HR-050017-V



株式会社 島元商会

代表取締役 島元 隆幸

○取扱代理店

旭サナック(株)製高塗着スプレーシステム
高塗着スプレー用アース分岐システム
高塗着スプレー関係 現場 設営 指導

○ほか営業品目

塗装用刷毛各種・ブラシ各種
塗装機器・養生用品・防災用品
仮設資材・その他建築塗装用資材一式

〒457-0075 名古屋市南区石元町 3-28-1
電話 052-821-3445 FAX 052-821-3585

(一社)日本橋梁・鋼構造物塗装技術協会賛助会員
愛知県塗装技術研究会賛助会員
アース分岐システム特許取得番号 第 399101 号

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。



一般社団法人

日本橋梁・鋼構造物塗装技術協会

JAPAN ASSOCIATION OF STRUCTURE PAINTING CONTRACTORS

〒103-0025 東京都中央区日本橋茅場町2丁目4番5号
茅場町2丁目ビル3階

TEL 03-6231-1910

FAX 03-3662-3317

E-mail info@jasp.or.jp

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

編集後記

建設業界では、人手不足が深刻です。

建設業では収益の多くを公共事業に依存しているが、この15年間にわたり公共事業の削減、低入札競争、賃金の引き下げなどで、他業種に移動したからではないでしょうか。

職人の場合、育成に時間もお金もかかるのでここ数十年の不景気から育成出来る会社が少なかったこと。また、過当競争や賃金相場の下落で実質の賃金はコンビニバイト以下のような話もある。また、職人になる動機は職人の友人に誘われて短期間やってみようかなど一生こしを据えて職人を続けようと思う人は当初いないのではないのでしょうか。そういう人々に社会保険等への負担そして、それを束ねている親方の負担は大変なものになります。

今後、時間はかかりますが建設業での人手不足の解消は工事の平準化をしていつでもそこそこ仕事量が確保出来るようにならなければ、解決することは出来ません。

(T. K)

一般社団法人日本橋梁・鋼構造物塗装技術協会

会 長

奈良間 力

副会長

加藤 敏行

副会長

塚本 正雄

顧 問

松崎 彬磨

鈴木 精一

Structure Painting 編集委員会

編集委員長

半野 久光（前首都高速道路株式会社）

編集幹事

加藤 敏行（副会長）

編集委員（五十音順）

糸日谷淑光（本州四国連絡高速道路株式会社）

坂本 達朗（公益財団法人鉄道総合技術研究所）

服部 雅史（株式会社高速道路総合技術研究所）

守屋 進（元独立行政法人土木研究所）

山内 貴宏（首都高速道路株式会社）

Structure Painting - 橋梁・鋼構造物塗装 -

（通巻第141号）

平成27年9月20日 印刷

平成27年9月30日 発行

年1回発行／無断転載厳禁

発行責任者 奈良間 力

発行所 一般社団法人日本橋梁・鋼構造物塗装技術協会

東京都中央区日本橋茅場町2丁目4番5号

（茅場町2丁目ビル3階）

〒103-0025

電話 03（6231）1910

FAX 03（3662）3317

非売品