

Structure Painting

Vol.53 橋梁・鋼構造物塗装
2025年9月

CONTENTS

page

● 巻頭言

備えあれば患えなし……………杉浦 邦征………… 1

● 技術報告

瀬戸大橋の塗替え塗装工事の現況……………北村 岳伸・波多野 文人………… 2

大阪湾岸道路西伸部の色彩検討……………篠田 隆作………… 7

ワッペン式暴露試験による首都高速道路の腐食環境調査
……………上條 崇・副島 直史・石原 陽介・岩井 渉………… 15

アブレイシブ・ウォータージェット新技术を適用した
耐候性鋼橋の補修に関する設計・施工管理
……………西谷 朋晃・豊田 雄介・池田 龍哉・貝沼 重信………… 23

● 技術資料

鋼構造物塗装設計施工指針の改訂……………坂本 達朗・山中 翔………… 33

● よもやま話

橋屋のひとりごと……………半野 久光………… 40

橋塗協だより…………… 43

訃報…………… 60

編集後記…………… 60

「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 (<https://www.jasp.or.jp>) で閲覧できます。

備えあれば患えなし



京都大学
名誉教授
杉浦 邦征

"2025年7月5日午前4時18分"に大災害が日本を襲うという夢発信が、香港から日本へのフライト、四国各地のホテルの予約がキャンセルされるなど、6月下旬から続く南西諸島・トカラ列島での群発地震も後押しして、社会活動に少なからぬ影響を及ぼしたのも記憶に新しい。筆者にとって、5歳の黒柴の散歩のため、飲水・トリーツ・うんち袋を用意して、朝ぼらけの中、自宅を出て歩き始める時であったが、いつも通りの歩みで、何ひとつ代わり映えのない土曜日の朝であった。人騒がせな情報発信・流布と言えど、近い将来に起こりうる南海地震のような自然災害・事故に対して、絶えず備えをすることは重要である。

ところで、2025年の上半期を振り返ってみると、1月28日：埼玉県八潮市で起きた中川流域下水道管の損傷に起因する道路陥没、1月30日：米国ワシントン近郊のレーガン空港付近で滑走路に進入中の民間機と軍用ヘリコプターが空中衝突（6月にはインドでは旅客機が墜落）、2月26日：岩手県大船渡市で大規模な山林火災（3月には愛媛県今治市、岡山県岡山市でも山林火災が発生）、3月28日：ミャンマー中部のマングレー近郊を震源としたM7.7の地震、5月2日：秋田県秋田市の新屋海浜公園に隣接する風力発電施設でのブレード損傷・落下事故など、多くの事故・災害が発生し、技術者に何らかの備えを求めているのも現実です。

さて、鋼橋に発生する損傷として、腐食が挙げられる。繰り返される環境作用が損傷を引き起こしている。腐食に対する備えとしての対策技術は、①防食被膜の配置、②防食性能の高い材料の使用、③電気化学的な防食に分類されるが、①の塗料による被膜は、この中でも最も安価・容易で、実績が評価できる技術である。特に、四方を海で囲まれた我が国において、海岸や海上のような腐食性の厳しい環境に曝される鋼構造物の塗り替え周期を長くするため防食性、耐久性を確保した塗装仕様『重防食塗装』は有効であり、橋梁塗装の基本仕様となってきた。ジンクリッチペイントをプライマーとして（犠牲防食）、エポキシ樹脂（腐食の原因物質から対象物を防護し、高い付着性能を有する下塗塗料）、ポリウレタン樹脂・ふっ素樹脂（耐候性に優れた上塗塗料）などを組み合わせて備えられている。塗装は、多様な配色が可能であり、景観の視点では優位な防食技術と考えられる。しかし、温度が腐食環境因子であり、塗膜の耐久性・付着性能にも影響することは明らかである。著者らが計測した日射による橋梁の温度変動は、塗装色によって数十℃の差異があり、黒

赤茶系で高く、白青系で低い。また、鋼部材の形態によっても温度分布に差異があり、閉断面の方が開断面より断面内温度差が大きいことを明らかにしている。日が東から登り、お昼に天頂に移動し、西に沈む過程で、日射による構造物への熱入力は一瞬刻々変化し、構造物の形状も生き物のように変化することが分かっている。したがって、塗膜においても繰り返しの履歴を受けて性能低下を生じる過程を見極め、塗膜の変状や発錆量の目視確認に寄らず、適切な塗替えのタイミングを提示できる備えを構築することが望ましいと考える。

さらに、筆者は、鉄鋼産業界と協働して、アジアメガシティにおける腐食環境調査に取り組んできた。具体的には、上海（中国）、バンコク（タイ）、クアラルンプール（マレーシア）、シンガポール、ヤンゴン（ミャンマー）、アジア以外でモンバサ（ケニア）などでのワッペン試験片の設置、雨がかり有りの曝露試験片の設置、腐食環境因子計測を行ってきている。特に、ミャンマーは、南北に長い地形的な特徴を有するため、気候区分が異なる複数の都市での観測で、腐食環境評価の信頼性向上に役立っている。例えば、日本国内で多様な腐食因子の変動を考慮して、耐候性鋼材の信頼のある腐食量予測式が提案されているが、東南アジアの気候条件をそのまま適用しても、精度が確保できないことを明らかにしてきた。また、ミャンマーの鋼橋の標準的な塗装仕様（鉛丹系さび止め塗料+MIO塗料+アルキド系上塗り塗料）を、防食機能を高め、塗替え時の性能確保のために再塗装試験を実施し、『ISO12944_C4 A4-09もしくは鋼道路橋防食便覧 Rc-III』といった仕様が、現地作業に適した手工具による素地調整でも適切に信頼ある塗替えが行える可能性あるとの結論を得てきた。あとは、ワッペン試験から見る裸仕様の鋼材の腐食速度の比較検討が、多様な気候区分に対する腐食環境因子の再評価に貢献することを期待する。

最後に、鋼構造分野における2025年のビックニュースは、なんとといっても『我が国最大の製鉄メーカーがUSスチールを買収・完全子会社化し、約110億US\$の投資を行い、米国内に新しく製鉄所を建設することで、世界一の鉄鋼メーカーとしての地位を確立しようとして動き出した』ことであろう。全世界で毎年2兆5000億ドル以上の経済損失の原因である腐食に対しても、日本の防食技術が世界標準化・経済損失の削減を実現する備えとして同時に提供されることを願います。

瀬戸大橋の塗替え塗装工事の現況

北村 岳伸¹⁾ 波多野 文人²⁾

1 はじめに

瀬戸大橋は、本州と四国を結ぶ3ルートの中核に位置し、岡山県倉敷市児島と香川県坂出市を結ぶ全長約10kmに及ぶ本州四国連絡橋の一部であり、上段に瀬戸中央自動車道、下段にJR本四備讃線が設置された道路鉄道併用橋である。1988年に供用が開始され、吊橋3橋、斜張橋2橋、トラス橋1橋からなる複合構造を有し、世界的にも例の少ない大規模な海上橋梁群である(写真-1)。



図-1 瀬戸大橋の概要

本橋は、飛来塩分の多い厳しい腐食環境下にあるため、建設時より長期防錆型塗装が採用されており、供用後も予防保全の観点から体系的な塗替え塗装が行われてきた。2006年度から開始された1巡目の全面塗替え塗装工事は2024年度に全て完了し、今後は2巡目以降の維持管理段階に移行となる。

本稿では、塗装仕様およびその変遷、点検と劣化評価、施工上の技術的課題と工夫、今後の展望について、1巡目の塗替え塗装工事の総括として報告する。

2 塗装仕様および塗替えの経緯

2.1 建設時の塗装仕様

建設時には、長期的な防食性能が求められることから、「長期防錆型塗装系」が全体的に採用されている。上塗塗料については、橋梁の供用時期に応じて異なる仕様が採用されており、たとえば明石海峡大橋以降の橋梁では、耐久性と塗替え周期の延伸を目的としてふっ素樹脂系塗料が使用されている。一方、それ以前に建設された橋梁ではポリウレタン樹脂塗料が主に用

表-1 建設時の塗装仕様

塗装系	対象橋梁	素地調整		第1層	第2層	第3層	第4層	第5層	第6層	合計膜厚
		1次	2次							
ふっ素樹脂塗料	明石海峡大橋	厚膜プラスチック無機ジンクリッチプライマー	製品プラスチック	厚膜型無機ジンクリッチペイント (75 μm)	ミストコート	厚膜型エポキシ樹脂塗料下塗り (60 μm)	厚膜型エポキシ樹脂塗料中塗り (30 μm)	エポキシ樹脂塗料中塗り (30 μm)	ふっ素樹脂塗料上塗り (25 μm)	(250 μm)
	新尾道大橋 多々羅大橋 采女海峡大橋	厚膜プラスチック無機ジンクリッチプライマー	製品プラスチック	厚膜型無機ジンクリッチペイント (75 μm)	ミストコート	厚膜型エポキシ樹脂塗料下塗り (60 μm)	厚膜型エポキシ樹脂塗料中塗り (30 μm)	エポキシ樹脂塗料中塗り (30 μm)	ふっ素樹脂塗料上塗り (25 μm)	
ポリウレタン樹脂塗料	大鳴門橋	厚膜プラスチック無機ジンクリッチプライマー	製品プラスチック	厚膜型無機ジンクリッチペイント (75 μm)	ミストコート	厚膜型エポキシ樹脂塗料下塗り (60 μm)	厚膜型エポキシ樹脂塗料中塗り (30 μm)	エポキシ樹脂塗料中塗り (30 μm)	ポリウレタン樹脂塗料上塗り (30 μm)	(255 μm)
	瀬戸大橋 因島大橋 生口橋 伯方・大島大橋	厚膜プラスチック無機ジンクリッチプライマー	製品プラスチック	厚膜型無機ジンクリッチペイント (75 μm)	ミストコート	厚膜型エポキシ樹脂塗料下塗り (60 μm)	厚膜型エポキシ樹脂塗料中塗り (30 μm)	エポキシ樹脂塗料中塗り (30 μm)	ポリウレタン樹脂塗料上塗り (30 μm)	

いられている(表-1)。下地には犠牲防食作用を期待した無機ジンクリッチペイントが施されている¹⁾。

2.2 塗料の変遷

瀬戸大橋において、当初に採用された上塗り塗料はポリウレタン樹脂塗料であったが、技術開発に伴い、より耐候性・耐紫外線性に優れたふっ素樹脂塗料が導入された。2010年からはより耐久性の優れた高耐久ふっ素樹脂塗料を採用し、現在では省工程型ふっ素樹脂塗料も採用され、施工効率の向上および環境負荷の低減に資する仕様となっている。塗料仕様の見直しは、性能向上とLCC削減の両立を目的として継続的に行われている(図-2)。



図-2 上塗塗料の変遷および塗替え塗装の経緯

2.3 塗替えの経緯

1巡目の全面塗替え塗装は、2006年度に開始された。塗装面積は約180万㎡に及び、年間8~10万㎡を目標に15年以上の計画で段階的に実施された。

当初(供用~2000年代初頭)は、塗膜の状態調査を継続的に実施しつつ、局所的な塗膜損傷箇所への部分

1) 本四高速道路ブリッジエンジニアリング株式会社 技術事業本部 技術開発部 技術1課 課長

2) 本州四国連絡高速道路株式会社 坂出管理センター 保全課

補修塗装を中心に対応していたが、定点調査の結果や塗膜の消耗予測から、全面塗替えの必要性が顕在化していった。塗替えの順序は、初期の変状が多くみられた櫃石島橋、岩黒島橋、北備讃瀬戸大橋などから着手し、以降、定点調査に基づく劣化データを反映して、塗替え時期や優先順位を決定してきた。

2024年度には、最後に残ったトラス橋部における塗替え塗装工事を終え、約18年の期間を経て、海峡部橋梁の1巡目の全面塗替え工事が完了した。

2.4 予防保全の基本方針

JB本四高速では、「200年以上の長期利用」を視野に入れた予防保全方針のもと、塗膜劣化の早期発見および防食下地層の保護を基本とした塗替え方針がとられている。

特に塗装系においては、下地層に無機ジンクリッチペイントを採用しており、この下地層を保全することがライフサイクル全体のコスト最適化において極めて重要である。無機ジンクリッチペイントは含有される亜鉛粉末による犠牲防食作用により、鉄鋼面に対して優れた長期防錆性能を発揮する。鋼材と直接電氣的に接触することで、鉄よりも電位の低い亜鉛が先に溶解し（アノード作用）、赤さび発生を抑制するメカニズムを持つ。このため、塗膜の一部に損傷が発生しても、鋼材自体の腐食進行を防ぐ能力が高く、部分補修時にも鉄素地の健全性が確保されやすいという特徴がある。

しかしながら、この下地層の再施工は、素地調整や施工環境の面から難易度とコストが高いため、中塗・上塗層の維持管理を通じて無機ジンクリッチ層を長期的に保護しつつ計画的に更新する手法が採られている。これにより、鋼構造物の長寿命化が実現されている。

3 点検および塗膜劣化の評価

3.1 塗膜点検手法

塗膜の点検は主に以下の3種に分類される。

(1) 塗膜基本点検

2年に1回、全体の塗膜変状を早期に発見し、全面塗替え塗装までの間、鋼材および塗膜を健全に保つために橋梁全体を近接目視により行う点検。

(2) 塗膜評価点検

橋梁全体の塗膜劣化傾向を把握し、全面塗替え、部分塗替えの必要性の判断または塗替え順序などを検討するための資料を得る点検であり目視により行う点検。

(3) 定点塗膜調査

鋼構造物に設置された固定測定点において、塗膜の状況を定量的に把握し、「全面塗替え塗装」時期の判定のための資料を得ることを目的に計器を用いて行う精密調査であり、橋梁毎に決められた定点で行う定点調査と無作為に選定した箇所において行う残存膜厚調査。

塗膜基本点検および塗膜評価点検は、目視により変状部分の早期発見と緊急度に応じた塗替え作業計画の

立案を目的としており、定点塗膜調査は、計測機器を使用して客観的・定量的な変状把握と塗膜変状の将来予測により、全面塗替え計画立案のための基礎資料を得るために実施している²⁾ (図-3)。

全面塗替え塗装は、定点塗膜調査による塗膜消耗量から塗膜劣化曲線を作成し、下塗りの消耗が始まる前に塗替え塗装を完了するよう計画している (図-4)。

なお、塗膜消耗量は、橋梁位置や部位により異なるため、定点を設置して継続的に調査を実施している。

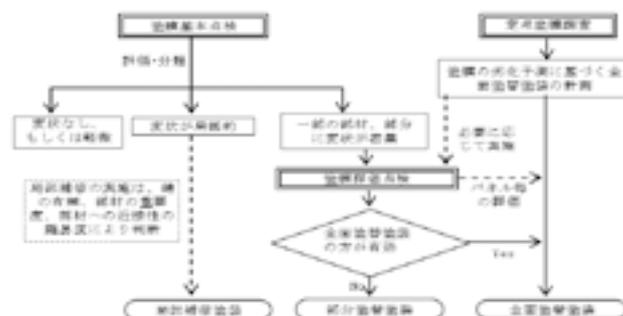


図-3 塗替え塗装の選定フロー

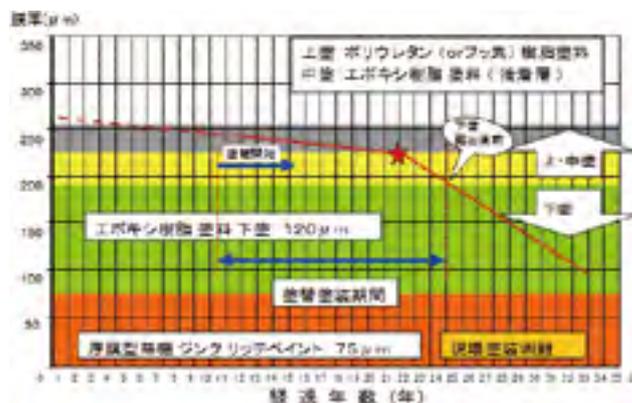


図-4 塗膜消耗と塗替え時期

4 施工体制および技術的工夫

4.1 施工体制

JB本四高速では、作業や検査項目を定めた「保全管理要領」に基づいて施工するために、2級土木施工管理技士（鋼構造物塗装）や防錆管理士の資格を有する塗装管理者を常駐させ、品質管理をはじめ、作業工程や社内検査の調整、作業環境の管理を総括している。また、塗装作業員には各班に1級塗装技能検定合格者か鋼橋塗装経験が10年以上あるものを1名以上配置している。

4.2 品質管理

作業着手前に、旧塗膜の外観観察や、新旧塗料の相性を見るためのリフティング試験、粘着テープを用いた付着力試験を行い、健全性を確認している。付着力試験は、素地調整の程度を判断する重要な情報となる。また、被塗面に塩分が残っていると塗膜の耐久性が減退されるので、素地調整の実施前に水洗いなどで除去

しなければならない。

素地調整の品質はその後に施工する塗装の寿命に大きく影響することから、素地調整完了後はすべての範囲の立会検査を行っている。特に塗膜が付きにくい部材のエッジ部分には注意を払っている。

現場では、塗装管理者と同等の資格を有する塗装管理専任者を配置し、素地調整、膜厚測定、塩分除去、水洗い、塗料の適合性確認など多項目に渡る品質管理を徹底している。

4.3 トラス橋部における施工課題

1 巡目塗替えの終盤となる番の州高架橋トラス橋部(図-5)では、以下のような課題が存在した。

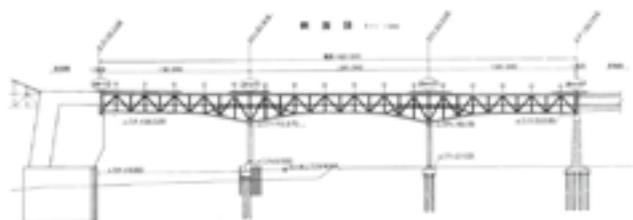


図-5 番の州高架橋トラス橋部 側面図

(1) 資材置場の確保

海峡部橋梁では資材置場を確保することが困難である。管理路等への一時的な仮置きは可能であるが、容量や荷重制限、通行への支障といった制限から、大量の資材を仮置きできない。

特にトラス桁は、吊橋等と比べて施工高が高く、大量の足場資材を使用するため、資材搬入後の保管スペースを確保する必要がある。

(2) 資材搬入経路の制限

吊橋(補剛桁)では路上から上横構の隙間を通して管理路上へ資材を直接搬入することが可能であった。

しかし、トラス橋(トラス桁)は構造上、同様の方法では管理路への資材搬入ができず、搬入経路の工夫が必要となった。

(3) トラス構造への接近手段

吊橋や斜張橋の塗替え塗装は枠組足場と桁外面作業車を併用して実施したが、トラス橋においては桁外面作業車(側面フレーム)とトラス桁の遊間が狭く、吊橋等のように足場仮設後は桁外面作業車の走行ができない。また、主構下弦材が傾斜しており、足場を設置できる場所が存在せず真下が海面であることから、足場を支持する方法を検討する必要がある。

(4) 鉄道営業線との近接施工

瀬戸大橋は道路鉄道併用橋であり、作業箇所と営業線が近接するため、列車運行の安全を確保しなければならない。

これら4項目の課題に対し、これまでの海峡部橋梁での塗替え塗装の経験を踏まえ、トラス橋に特有の施工課題に対応するための方策を講じた。次節では、その具体的な対応策について述べる。

4.4 トラス橋部における施工課題に対する解決策

(1) 資材置場の確保及び資材搬入経路の制限

荷下ろし用張り出しステージ(以下ステージと記す)を設置することにより、資材の搬入・保管スペースを確保することができた。さらに、トラス桁(主構)より海側にステージを張り出すことで効率的な搬入・搬出を可能とした(図-5、写真-1)。



図-6 ステージを使用した搬入・搬出作業



写真-2 荷下ろし用ステージ

(2) トラス構造への接近手段

吊り足場を設置した下弦材・下横構以外への接近手段として、枠組足場および単管足場を架設した。足場が設置可能な場所が存在しないため、枠組足場を支持する架台を設計・製作し、下弦材上に設置後、その上に足場を組み立てることとした。

1) 主構下弦材

主構下弦材のうち、傾斜のない水平部には、以下に示すような架台を設置した(図-7、写真-3)。主構下弦材を囲うような台形の骨組みとした。

この架台は、架台の接地面(主構下弦材の上面)と足場の接地面が平行になる構造であり、この架台を傾斜のかかった部材に設置すると、足場の接地面も同様に傾斜がかかってしまう。足場の接地面は水平にしなければならないため、この架台を傾斜のある主構下弦材に設置して使用することは不可能である(図-8)。

その結果、足場の接地面を水平にするために、傾斜部用の架台を別途製作することとした(図-9~11)。

図-11、写真-4で示すような可動式の機構を採用することにより、足場の接地面を水平にすることが可能と

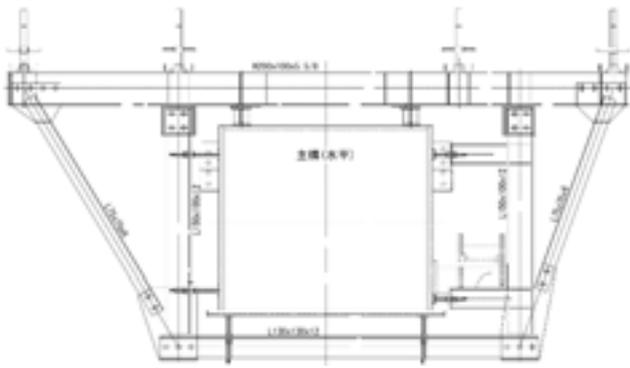


図-7 架台設置図 (水平部)

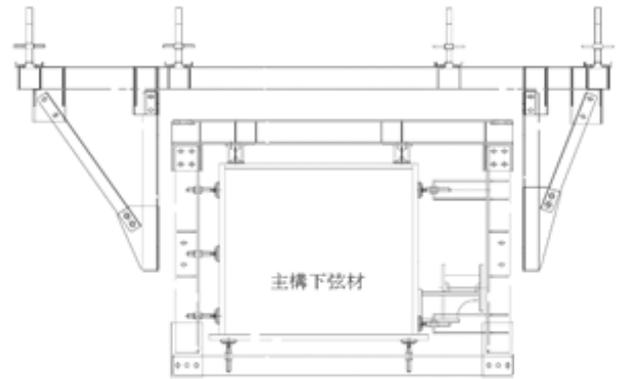


図-10 傾斜部用の架台 (橋軸直角方向)



写真-3 足場設置用架台 (水平部)

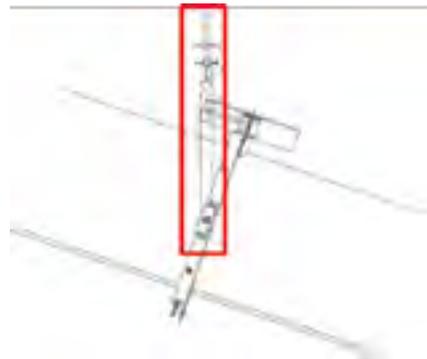


図-11 傾斜部用の架台 (主構下弦材軸方向)



写真-4 傾斜部用の架台設置完了

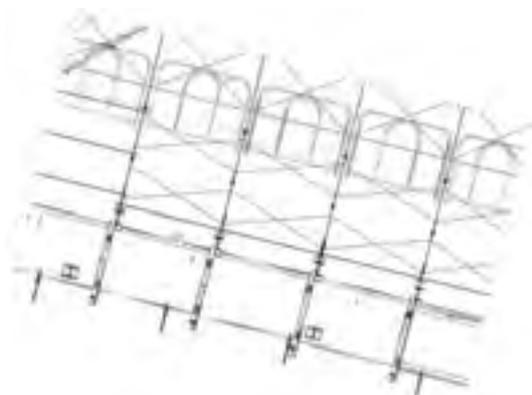


図-8 水平部用の架台を傾斜面に設置した場合の足場

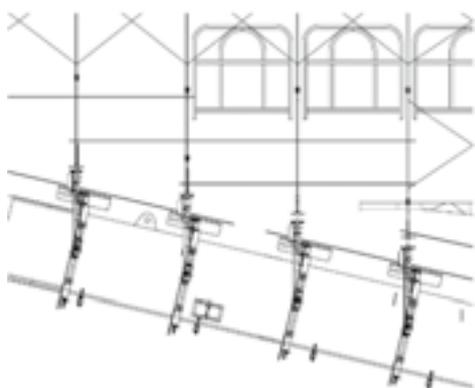


図-9 傾斜部用の架台を設置した場合の足場

なった。

2) 主横下弦材

主横下弦材には、水平部用架台 (図-12) を使用する正方形型や傾斜部用架台 (図-13) を使用する平行四辺形型などが存在する。2種類の架台の使い分けにより、傾斜部材にも架台を設置することができた。

(3) 鉄道営業線との近接施工

鉄道階より上部での足場の組立作業は営業線近接作業となるため、営業線工事保安関係標準施工方書 (在来線) の定める資格認定証を保有する工事管理者および列車見張員 (写真-5) を配置した。

列車見張員が列車接近の合図を行った際には、その合図を作業員全員で復唱し、列車通過時には作業を一時中断するなど細心の注意を払いながら施工を行った。

また、足場組立完了後に設置するネットを使い分けることにより、線路上への資機材等の飛散対策を行っ

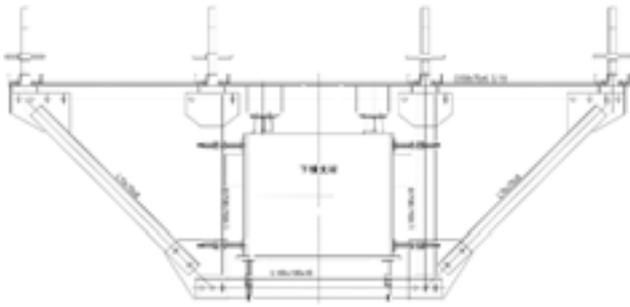


図-12 水平部用架台（主横下弦材軸方向）

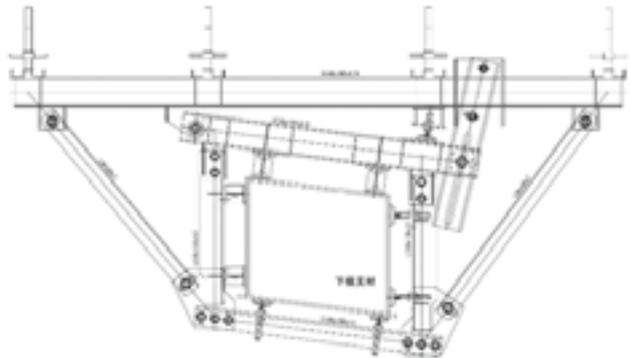


図-13 傾斜部用架台（主横下弦材軸方向）



写真-5 列車見張員配置状況

た（写真-6）。

具体的には、通常は網目の大きさが100mmのネットを設置するが（写真-7に格子で示した部分）、線路に近接する妻面（写真-7に斜線で示した部分）のみ網目の大きさが15mmのネットを設置した。

6 今後の課題と展望

2006年度より着手した瀬戸大橋の1巡目全面塗替え塗装は、2024年度をもって完了した。塗替え塗装工事は、維持修繕費の中でも大きな割合を占めるため、その効率化およびコスト削減は今後の重要課題である。2巡目以降の塗替えに向けては、以下のような取り組みが期待される。

【参考文献】

- 1) 真辺保仁、瀬戸大橋塗替え塗装の現況、Structure Painting、Vol.37 No.2、技術報告、2009.3
- 2) 長尾幸雄、本四連絡橋の塗替塗装、本四技報、Vol.32 No.110、2008.3



写真-6 ネット設置状況

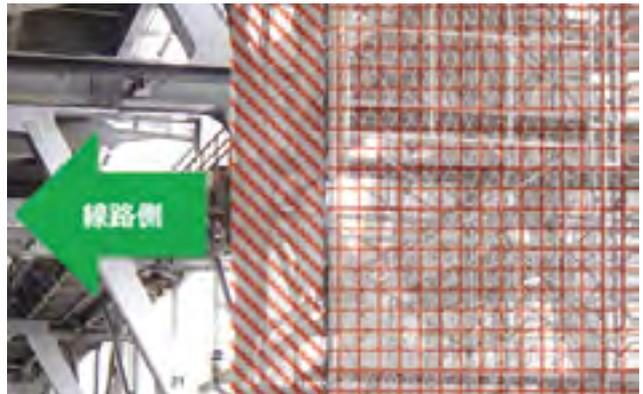


写真-7 ネット設置状況

(1) 点検技術の高度化

ドローンやAIを活用した非接触・自動化点検の導入により、効率的かつ安全な状態把握が可能となる。

(2) 施工省力化技術の確立

足場設置用の架台は1基あたり約170kgと重量があることから、新素材の導入による軽量化や工法の見直しにより、施工の安全性と作業性を大幅に向上させる余地がある。

(3) 塗膜点検データの利活用

これまでの施工・点検で蓄積された情報を活用することで、合理的かつ科学的根拠に基づく保全計画の策定が可能となる。

6 おわりに

瀬戸大橋の塗替え塗装工事は、長大橋梁の維持管理における先駆的な取り組みであり、予防保全によるインフラの長寿命化の好例といえる。今後も技術の進展を柔軟に取り入れつつ、安全・安心な橋梁インフラの維持管理に資するため、施工方法・材料・管理手法の改善・改良を継続的に検討していくことが求められる。関係各所の知見を結集し、より持続可能で効率的な橋梁維持管理体制の構築に向けた取り組みを進めていく所存である。

大阪湾岸道路西伸部の色彩検討

篠田 隆作¹⁾

1 はじめに

大阪湾岸道路西伸部（六甲アイランド北～駒栄）（以下、「西伸部」と称す）は、平成28年度に公共事業として事業化され、平成29年度には公共事業（国土交通省）と有料道路事業（阪神高速道路株式会社）との合併施行方式が導入された、延長14.5kmの兵庫県神戸市東灘区から長田区に至るバイパス事業である（図-1）。

この西伸部は海上部（新港・灘浜航路部、神戸西航路部）と陸上部（六甲アイランド地区、ポートアイランド地区、和田岬以西地区）から構成されている。特に地域住民である神戸市民からは、海上部の長大斜張橋は神戸の新たなランドマークとして、陸上部の連続高架橋は街の風景と調和した構造物として建設されることが期待されている。これらの期待に応えるために、西伸部では構造計画段階から景観検討を実施している。

景観検討（形状検討、色彩検討）については、その内容の妥当性を確認するために、学識経験者と事業者から構成される大阪湾岸道路西伸部技術検討委員会を開催し、検討を行っているところである。なお、大阪湾岸道路西伸部技術検討委員会は、景観検討に限らず西伸部に関連する技術的な課題を検討する委員会である¹⁾。



図-1 大阪湾岸道路西伸部 位置図

本稿では、西伸部の景観検討のうち色彩検討に焦点を当てて、色彩の基本方針の設定から色彩推奨案の選

定を報告するものである。また、陸上部の連続高架橋では一部の工区で工事が進捗しているため、その色彩を報告する。なお、本稿で報告する構造、デザイン、色彩は構造検討を行った時点の計画であり、今後変更される可能性があることに留意されたい。

2 事業概要

西伸部は大阪湾岸道路の一部を構成する道路であり、阪神臨海地域の交通渋滞や沿道環境などの交通課題の緩和を図ることにより、物流の効率化、国際戦略港湾である阪神港の機能強化、災害や事故などの緊急時の代替機能確保等を目的とした事業である。

以下に路線の概要を示す。

路線名：国道2号大阪湾岸道路西伸部

事業延長：14.5km（9期）

道路区分：第2種第1級

設計速度：80km/h

3 コンセプト

3.1 計画コンセプト（案）

西伸部の計画コンセプト（案）²⁾は、広域および地域の道路ネットワークにおける当該道路の位置づけや、役割、地域の防災計画、路線交通の特性、被災地からの教訓、神戸市域および港湾の開発計画や自然環境、地元の要望、道路の維持管理のあり方などを踏まえて設定したものである（図-2）。そのうち景観に関する計画コンセプト（案）は、「みなと神戸」にふさわしい世界に誇れる景観を創出する道路を設定している。神戸市はユネスコ創造都市ネットワークのデザイン都市に認定されていることもあり、西伸部全線としてそれにふさわしい景観を創出することを目指している。また、海上部の長大斜張橋については、神戸市のランドマークを目指すとともに、周辺景観と調和できる橋梁設計を実現したいと考えている。

3.2 景観コンセプト

計画コンセプト（案）を具体化するために、図-3に示すとおり、各地区の特徴を踏まえた景観コンセプト³⁾を設定し、構造物デザイン並びに色彩を検討している。

1) 阪神高速道路株式会社 管理本部 管理企画部 保全技術第二課

設置時においても、人・物流ネットワーク機能を確保できる道路	「みなと神戸」にふさわしい世界に誇れる景観を創出する道路	将来にわたって健全な状態を維持し、時代の変化に対応できる道路
<ul style="list-style-type: none"> ■設計の想定と異なる状況に対しても、致命的な状態になりにくいこと ■非常時においても、地域の道路ネットワークとして速やかに機能すること ■これまでの橋梁技術の知見の蓄積に、先進的な技術を組み合わせ、より効率的に性能を確保できる構造とすること 	<ul style="list-style-type: none"> ■地域をつなぐ線としての連続性を意識し、「みなと神戸」にふさわしく、まちの魅力を十分に表現できること ■百年先の土地利用の変化も考慮されたものであること ■社会環境や自然環境と調和すること 	<ul style="list-style-type: none"> ■百年、さらにその先においても、健全で快適な状態を維持しやすいこと ■将来の社会環境の変化にも対応が容易な構造とすること ■維持管理しやすい構造であるとともに、先進的な技術の活用により、高度化及び効率化が図られた構造とすること

図-2 西伸部 計画コンセプト (案)²⁾



図-3 西伸部 景観コンセプト³⁾

構造物デザインでは、各地区の特徴を踏まえた橋梁形式やデザイン検討^{4), 5)}を行った。また、色彩検討においても、各地区の特徴を踏まえるとともに、路線の連続性を考慮した検討を行う必要があるものとした。以下に各地区の景観コンセプトと景観形成の目標像を示す。

(1) 六甲アイランド地区

景観コンセプトには、うみ・まち・みどりと調和する道路を掲げている。六甲アイランド地区は、「住む人を主役」とした洗練されたデザインの建物が多いモダンなまち並みの北側を道路が通過するため、これらの街並みと調和した景観を目指すこととした。

(2) 新港・灘浜航路部

景観コンセプトには、「みなと神戸」の2つの島を結ぶシンボルゲートを掲げている。新港・灘浜航路部は、六甲アイランドとポートアイランドを繋ぐ道路として、街のシンボルとなる橋とするとともに、雄大なスケール感を活かし、存在感を持つ橋を目指すこととした。

(3) ポートアイランド地区

景観コンセプトには、にぎわいのある街と調和する道路を掲げている。ポートアイランド地区は、常に新陳代謝を繰り返しながら、時代をリードする「にぎわい」を持つ街であることから、にぎわいのある街と調和する道路を目指すこととした。

(4) 神戸西航路部

景観コンセプトには、ウォーターフロントに新たな価値をもたらすシンボルブリッジを掲げている。神戸西航路部は、ポートアイランドと和田岬をつなぎ、新たな価値をもたらすシンボルとなる橋とする。また、モニュメンタルな構造物の中に溶け込み、開かれた空と海を演出する橋を目指すこととした。

(5) 和田岬以西地区

景観コンセプトには、みずぎわの街の風景と調和した景観を創出する道路を掲げている。和田岬以西地区は神戸中心から少し離れた産業と生活の息づく街であり、広がりのある風景と調和した景観を創出する道路を目指すこととした。

4 検討概要

西伸部における色彩検討のフローを図-4に示す。色彩検討は、各地区で計画コンセプト(案)に基づく橋梁形式を選定した後、自治体の関連計画、住民アンケートの結果及び周辺景観色の調査結果に基づき、西伸部全体で統一した色彩の基本方針を設定した。色彩推奨案の選定では、色彩の基本方針を踏まえ、西伸部の5つの地区の景観特性や構造特性を考慮して候補色を立案し、パース等の比較検討より推奨案の絞り込みを行った。

その際、海上部の長大斜張橋については、部材間の

バランス評価等の色彩の詳細検討を行った。最後に、陸上部の連続高架橋では一部の工区で工事を進めているため、施工途中ではあるが、現場で確認することが出来る色彩（2025年6月末時点）を報告する。

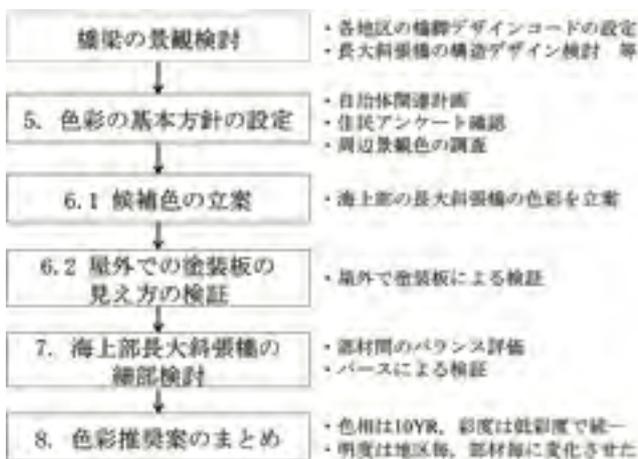
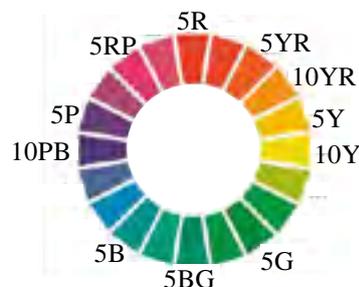
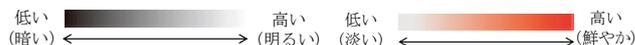


図-4 色彩検討のフロー



(a) 色相



(b) 明度

(c) 彩度

図-5 色彩の3要素

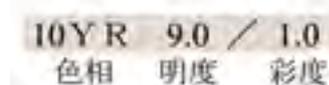


図-6 マンセル記号の表示例

5 色彩の基本方針の設定

色彩は3要素（色相、明度、彩度）から構成される。その3要素を図-5に、マンセル記号での表示例を図-6に示す。色相は色味・彩りを表す属性であり、図-5(a)に示すように色の体系を環状に配置した色相環で表現しており、各色味に記号が設定されている。

色相は、一般に赤はR、黄はY、緑はG、青はB、紫はPを基本として色相環を形成している。明度は色の明るさ・暗さを表す属性であり、理想的な黒を0、理想的な白を10として示している。彩度は色の鮮やかさの度合いを表す属性であり、値が高いほどに鮮やかであることを意味する。

今回の西伸部における色彩の基本方針は、自治体の関連計画や住民アンケートを整理し、架橋地点の周辺景観色を調査して設定した。

5.1 周辺自治体の関連計画

周辺自治体の関連計画は、神戸市景観計画と神戸市港臨海地区カラー作戦がある。

神戸市景観計画は、神戸市の地区・区域別の景観形成計画の役割を担うものとして策定されている。色彩に関する内容は、西伸部が含まれる景観計画区域全域の建築物等を対象に、R、YR、R系の色相は明度6.0以上（中高明度）、彩度4.0以下（低彩度）と定めたものである。

神戸市港臨海地区カラー作戦は、神戸港内にある構造物を統一感のある色とするため、明度は中高明度、彩度は低彩度を指定している。

周辺自治体の関連計画の整理結果より、明度は中高明度、彩度は低彩度が望ましいことがわかった。

5.2 住民アンケート

住民アンケートは、沿道住民、沿道への来訪者、可視領域住民、道路利用者等、観光客を対象とし、アンケート（全戸配布・WEB）およびインタビュー等により実施して7,309票の回答を得た³⁾。

住民アンケートの結果より、路線全体としては日常生活で眺められる六甲山系などの景観を損なわないこと（20%の意見）、橋が神戸の街並みや山・海と調和すること（27%の意見）を重視する傾向がみられた。

また、海上部の新港・灘浜航路部及び神戸西航路部では、橋と周辺景観が調和する（新港・灘浜航路は19%の意見、神戸西航路部は31%の意見）とともに長大斜張橋のスケールを生かしたシンボル性を有する景観を重視する（新港・灘浜航路は27%の意見、神戸西航路部は24%の意見）傾向がみられた。

住民アンケートの結果より、西伸部の色彩は、構造物と周辺景観の調和が求められていることがわかった。

5.3 周辺景観色の調査

周辺景観色を調査した結果の一例を図-7に示す。西伸部の建設地点である神戸全体の鳥瞰や、建設地近傍のハーバーランドやメリケンパーク等の港湾沿いの観光地、山手から北野周辺の観光地における歴史的建造物、居留地や三宮周辺の都市部の景観、新港・灘浜航路部に位置する灘の街なみや酒蔵等を調査した。

調査結果より、神戸市は市街地の背後に六甲山系の山並みを背負い（図-7(a)）、湾岸部に広がる港町であるために明るい空間という特徴がある（図-7(b)）。また、歴史的建造物が多く残り、建築物はベージュ系（暖色系）かつ低彩度という特徴がある（図-7(c)、(d)）。



図-7 建設路線の周辺景観

5.4 色彩の基本方針

(1) 色相の設定

5.2 住民アンケートの結果より、周辺景観と調和させることが重要である。5.3 周辺景観色の調査より、建築物はベージュ系が多い特徴がある。また、西伸部は自動車専用道路という交通機能に特化した構造物であり、橋梁の力学特性を考慮して形成される構造美を持つシンボル性の高い現代的な大型土木構造という特徴がある。

こうした結果から、西伸部の色相は、神戸の周辺景観と調和させること、シンボル性の高い現代的な土木構造物であることから、建築物で標準的に用いられる色相（7.5YR）より明るく、神戸の周辺景観との調和、土木構造物としての構造美を感じられるモダンな印象となるようなベージュ系を基軸とした色相（10YR）を基本とした。路線の色相を統一することにより、建設路線全体が一本の線に見えるため、連続性が確保されるものである。

色相の設定とマンセルの色相関の関係を図-8 に示す。

(2) 明度及び彩度の設定

5.1 自治体の関連計画より、明度は中高明度、彩度は低彩度とすることを基本とした。また、周辺景観との

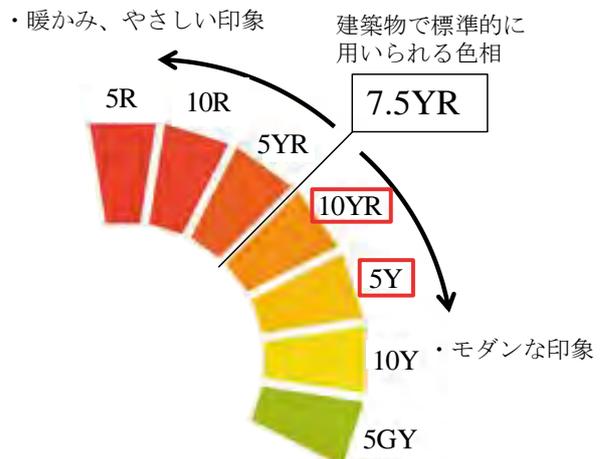


図-8 色相の設定とマンセルの色相関の関係

調和の観点からも低彩度が望ましい。なお、この明度及び彩度はライトアップした場合においても、色彩による障害が小さい特徴がある。以上より、明度は中高明度を、彩度は低彩度を基本方針とした。

また、海上部と陸上部の特徴については、一般的に海上部は開放的かつ明るい印象の空間であることに対し、陸上部は住宅地や緑地帯が近接することから海上部よりも落ち着いた印象の空間となる。

さらに、本路線では海上部に長大斜張橋を計画しており、地域住民からは新たなランドマークとして期待されていることから、色彩による視覚的な強調を行う方針とした。以上より、陸上部は周辺景観との調和に配慮して明度を抑え、海上部は陸上部よりも高い明度を確保する方針とした。

6 候補色の立案及び屋外での見え方の検証

6.1 候補色の立案

本章では海上部長大斜張橋を例に説明する。海上部の候補色を図-9 に示す。新港・灘浜航路部及び神戸西航路部は海上部の開放的で明るい空間に架橋され、背景は神戸のベージュ系の色相と一体に眺められる特徴がある。候補色における色相の YR 系と Y 系はベージュ系として設定した。色相 N は、時間帯による色彩変化を見せる海の印象を阻害しない色彩として、ニュートラルな色相である白色を設定した。

10YR8.0/1.0	5Y8.0/1.0	N8.0

図-9 海上部の候補色

6.2 屋外での塗装板の見え方の検証

屋外での塗装板の確認については、候補色の塗装板(大型サイズ(90cm×90cm))、候補色に近い色相、明度、彩度を様々に変化させた色彩の塗装板(A4サイズ)を準備し、屋外で日光を受けたときの見え方等を確認した。現地確認による検証状況を図-10に示す。

図-10に屋外での塗装板の見え方の確認を行った状況を示す。色相については、図-10よりN系の塗装板を屋外で確認すると青みがかかった色彩として視認されることがわかったため、想定していた色彩変化を見せる海の印象を阻害しない色彩からは逸脱する結果となった。Y系とYR系を比較した結果、屋外で確認した際に明るい印象となるYR系が望ましい結果となった。

明度については、YR系(10YR)の色相における中高明度6.0～8.0の塗装板で比較した結果、明度を7.0よりも上げることで背景の街の周辺景観との違いが確認できたことから、明度7.0以上を設定した。

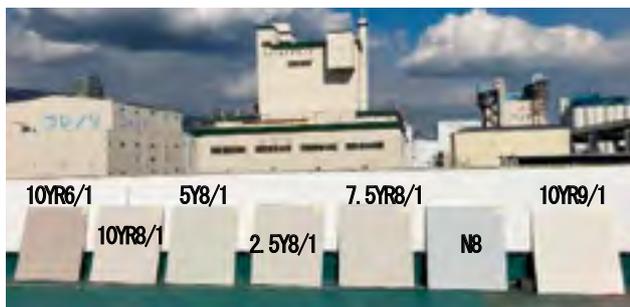


図-10 屋外における塗装板の見え方

7 海上部長大斜張橋の細部検討

海上部の長大斜張橋については、色彩の方針を整理し、詳細検討を行った。詳細検討は部材間の色彩のバランス、航路部毎の項目を対象に、パースによる評価を行い、色彩推奨案を選定した。

7.1 長大斜張橋の色彩の方針

(1) 海上部の各地区における色の三要素の方針

色の三要素である色相、明度、彩度の方針を述べる。色相は路線の連続性を考慮するため、YR系(10YR)の色相を設定した。明度及び彩度は、基本方針により中高明度、低彩度(1.0)を基本とするが、明度は各地区の特徴を踏まえて設定した。

海上部の特徴について、新港・灘浜航路部(図-3)は石や木造の建物があることから暖色系の落ち着いた色調が多く穏やかな印象がある。神戸西航路部(図-3)は神戸の中心市街地や観光で訪れる人が多い地域である。そのため歴史的建造物のベージュ系の建物や、高層ビルや観光施設の明るい色調から、活動的な印象がある。

これらの特徴を踏まえて、新港・灘浜航路部は穏やかな雰囲気や住宅街に位置することに配慮し、若干低い高明度(明度7.0～8.0)を検証した。神戸西航路部は観光地である神戸港のメインエントランスにあたる立地に配慮し、高明度(明度8.0～9.0)を検証した。

(2) 海上斜張橋の部材における方針

海上部の長大斜張橋において、色彩で検討すべき部材は主塔、ケーブル及び主桁の3つがある。中でも主塔は、斜張橋の印象を特徴づける最も重要な部材として位置づけられる。主塔のデザイン検討では、全体シルエットはもちろんのこと、主塔形状の細部デザインにも配慮して決定されている。そのため、主塔をシンボリックに表現することを目指して、色彩の詳細検討を行った。

7.2 部材間の色彩のバランス評価

海上部の斜張橋における主塔、ケーブル及び主桁の色彩のバランスを評価した。主塔・ケーブルについて、主桁よりも明度を1.0暗くする(案1)と主桁と同じ明度とする(案2)の比較を図-11に示す。

斜張橋の主塔をシンボリックに表現するためには、主桁よりも主塔を明るくする(案1)が有効であることをパースの検証により確認した。なお、主塔とケーブルの視認面積を比較すると主塔の方が大きい。色彩を同明度とした場合、色彩の面積効果から主塔の方が明るい印象となるため、主塔とケーブルは同明度とした。

7.3 新港・灘浜航路部における主塔横梁の色彩

新港・灘浜航路部の主塔は特徴的な橋軸A型を採用している。陸側からの視点では、このA型のプロポーションが視認されることから、主塔形状のA型を強調することを目標に、主塔と主塔横梁の色彩バランスを評価した。

新港・灘浜航路部の主塔横梁について、主塔等と同じ明度とする(案1)と主塔等よりも1.0暗くする(案2)の比較を図-12に示す。この結果、主塔をシンボリックに表現するためには、主塔横梁の明度を主塔等よりも1.0暗くする(案2)が有効であることを確認した。

8 色彩推奨案のまとめ

西伸部の色彩推奨案のまとめを図-13に示す。色彩推奨案については、路線全体の色相は神戸の都市景観・周辺景観と調和させること、シンボル性の高い現代的な土木構造物であることから、明るくモダンな印象となるようにベージュ系を基軸とした色相を基本とした。彩度については、低彩度を設定した。明度については、各地区の都市景観・周辺景観の特性や部材間のバランスを考慮し、地区毎、部材毎に変化させた。

海上部の長大斜張橋は主塔をシンボリックに表現できる色彩を設定した。

以下に各地区の色彩推奨案の設定根拠と主要部材の

	案1	案2
主塔・ケーブル	10YR8.0/1.0	10YR7.0/1.0
主桁	10YR7.0/1.0	10YR7.0/1.0
外部景観		
内部景観		

図-11 主塔・ケーブルの明度比較

	案1	案2
主塔・ケーブル	10YR8.0/1.0	10YR8.0/1.0
主桁	10YR7.0/1.0	10YR7.0/1.0
横梁	10YR8.0/1.0	10YR7.0/1.0
近景		
遠景		

図-12 主塔横梁の明度比較（新港・灘浜航路部）

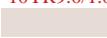
	和田岬以西地区	神戸西航路	ポートアイランド地区	新港・灘浜航路	六甲アイランド地区
パース					
色彩案		主塔・ケーブル 10YR9.0/1.0 		主塔・ケーブル 10YR8.0/1.0 	
	主桁色彩 10YR8.0/1.0 	主桁色彩 10YR8.0/1.0 	主桁色彩 10YR5.0/1.0 	主塔横梁 10YR7.0/1.0 主桁色彩 10YR7.0/1.0 	主桁色彩 10YR5.0/1.0 
	橋脚色彩 5Y 6.5/0.5 	橋脚色彩 5Y 6.5/0.5 	橋脚色彩 5Y 7.0/0.5 	橋脚色彩 5Y 6.5/0.5 	橋脚色彩 5Y 7.0/0.5 

図-13 色彩の推奨案

マンセル記号を示す。

(1) 六甲アイランド地区 (主桁：10YR5.0/1.0)

緩衝緑地帯背後の既存建築物との調和を考慮した中明度の色彩を採用した。

(2) 新港・灘浜航路部

(主桁：10YR7.0/1.0、主塔：10YR8.0/1.0)

灘の酒蔵や穏やかな雰囲気住宅街に配慮するため、同じ海上橋である神戸西航路よりもややトーンを落とした高明度の色彩を採用した。

(3) ポートアイランド地区 (主桁：10YR5.0/1.0)

主要景観である既存の大学建築物 (R系～YR系) との調和を考慮した、中明度の色彩を採用した。

(4) 神戸西航路部

(主桁：10YR8.0/1.0、主塔：10YR9.0/1.0)

観光地である神戸港のメインエントランスにあたる立地に配慮するため、明るさやシンボル性を重視した高明度の色彩を採用した。

(5) 和田岬以西地区 (主桁：10YR8.0/1.0)

海側から見たときの明るさや神戸西航路部の海上橋との連続性、シンボル性を重視するほか、逆光となる陸側から見える周辺の工場施設に対しても明るい印象を与える高明度の色彩を採用した。

9 上部連続高架橋の色彩の見え方確認

西伸部における六甲アイランド地区 (図-3) は、工事に着手しており一部の高架橋が現在施工中の状況にある。

六甲アイランド地区は、シティヒルと呼ばれる緩衝緑地帯により、美術館やホテル、医療・教育・住居施設と港湾施設や臨港道路が区分されており、「住む人を主役」とした洗練されたデザインの建物が多いモダンな街並みが特徴である。

六甲アイランド地区の施工状況について、全体の俯瞰を写真-1に、主桁を写真-2に、鋼製梁を写真-3に、街並みと構造物との調和を写真-4、写真-5に示す。

主桁の色彩のマンセル値は10YR5.0/1.0を、鋼製梁のマンセル値はコンクリート橋脚と同色となることを目指して5Y7.0/0.5を設定している。写真-2、写真-3は地組を行い、架設を行う状況である。写真-4、写真-5は街並みと構造物が視認できる写真である。

六甲アイランド地区では、色彩検討で決定した色彩の方針に基づいて工事を進めているところであるが、写真のように、街並みと調和した景観が創出されつつある。

10 おわりに

本稿は西伸部の色彩検討を対象に、色彩の基本方針の設定から色彩推奨案に至るまでの検討を報告した。本稿の検討内容を以下に示す。

(1) 景観検討 (色彩検討を含む) における基本方針を設定する際、自治体の関連計画の確認、住民アン



写真-1 六甲アイランドの施工状況 (俯瞰視点)



写真-2 主桁の地組と架設状況



写真-3 鋼製梁の地組



写真-4 街並みと主桁及び主桁の調和 (俯瞰視点)



写真-5 街並みと橋脚の調和 (俯瞰視点)

ケートの実施、周辺景観色の調査を行った。

- (2) 色彩の候補色を評価する際、日光による色彩の見え方を確認するため、屋外で塗装板の見え方を検証した。屋外で見る塗装板については、パースと見え方の印象が異なる可能性があるため、有効な検討である。
- (3) 長大橋の詳細な色彩検討を行う際、部材（主塔、ケーブル、主桁）のバランスを評価するために、明度を変化させたパースによる検証を行った。

本検討の内容は、大阪湾岸道路西伸部技術検討委員会において2023年8月1日に「海上部長大橋（新港・

灘浜航路部）の基本構造の決定について⁶⁾として公表されたものである。現在、一部の陸上部の連続高架橋については工事を進めており、新港・灘浜航路部の海上長大斜張橋については詳細設計を進めている状況である。

将来、計画コンセプト（案）で掲げたとおり、陸上部の連続高架橋は、地域の周辺景観に馴染むことを期待し、さらに、海上部の長大斜張橋は神戸市のランドマークとなり、地域住民から愛される橋梁になることを期待している。

【参考文献】

- 1) 大阪湾岸道路西伸部技術検討委員会、<https://www.kkr.mlit.go.jp/naniwa/prj/17/07.html>（2025.6.24. 閲覧）
- 2) 大阪湾岸道路西伸部技術検討委員会：大阪湾岸道路西伸部技術検討委員会中間とりまとめ、2018.12
- 3) 大阪湾岸道路西伸部技術検討委員会：大阪湾岸道路西伸部技術検討委員会中間とりまとめ（Ⅱ）、2019.12
- 4) 杉山裕樹、安積恭子、松井哲平：「デザイン都市・神戸」をつなぐ多径間連続斜張橋のデザイン検討の取組み、土木学会第77回年次学術講演会、CS3-30、2022.9
- 5) 深谷茂広、岡部成利、鈴木俊洋、杉山祐樹、西原知彦、西村美紀：「デザイン都市・神戸」をつなぐ1主塔斜張橋の主塔デザイン検討、土木学会第77回年次学術講演会、CS3-31、2022.9
- 6) 国土交通省近畿地方整備局、阪神高速道路株式会社：海上部長大橋（新港・灘浜航路部）の基本構造の決定について、2023.8.1

ワッペン式暴露試験による首都高速道路の腐食環境調査

上條 崇¹⁾ 副島 直史²⁾ 石原 陽介³⁾ 岩井 渉⁴⁾

1 はじめに

首都高速道路における鋼構造物の腐食損傷の進行速度（以下、腐食速度と称す）は地域や構造部位によって様々であるが、これまでその違いを定量的に調査したものは見られなかった。

本研究では、実橋の腐食環境を把握することを目的に無塗装鋼板（以下、ワッペン試験片と称す）を実橋に設置して大気暴露させ、腐食による板厚減少量と暴露期間の関係を調査した。ワッペン試験片の設置状況を写真-1に示す。

また、同じ試験片を用いた促進試験で板厚減少量を求め、実橋と促進試験の関係を整理した。なお、ワッペン試験片は2017年から5年間現地で暴露して調査を行った。



(a) 試験片設置時 (b) 5年経過後
写真-1 ワッペン試験片 (大-96 外桁)



図-1 ワッペン試験片の設置箇所

2 調査方法

2.1 ワッペン試験片の設置

ワッペン試験片は50mm×50mm×2.5mm (SM490)の無塗装鋼板である。そのワッペン試験片を首都高速道路内の17地点35箇所に設置した。ワッペン試験片の設置箇所を図-1に示す。

ワッペン試験片の設置は、腐食の進行に影響を与えると考えられる5つの環境要因（表-1）を設定し、これらの組合せでワッペン設置箇所を設定した。図-1に

表-1 環境要因

環境要因	区分
①地域区分	湾岸部, 郊外部, 都市部
②高架下条件	海上, 河川上, 道路上
③橋軸位置	桁端部, 支間中央
④橋直位置	外桁, 内桁
⑤漏水の有無	漏水部(伸縮装置), 一般部

- 1) 株式会社横河 NS エンジニアリング イノベーション推進室 主幹
(執筆当時 一般財団法人首都高速道路技術センター 構造技術研究所)
- 2) 首都高速道路株式会社 更新・建設局 土木設計課 担当課長
- 3) 首都高速道路株式会社 海外・社会インフラ事業部 海外事業推進課 担当課長
- 4) 首都高速道路株式会社 神奈川局 土木保全設計課 主任

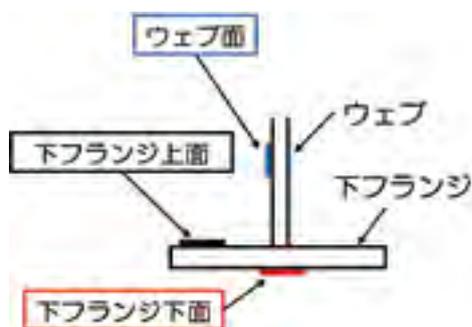


図-2 主桁のワッペン試験片設置面

において、同一地点に複数箇所が表示されているのは、桁端部／支間中央の橋軸方向位置、内桁／外桁の橋軸直角方向位置の組合せによるものである。また、1箇所につき主桁ウェブ（以下、web面と称す）及び主桁下フランジ上下面（以下、下flg上面、下flg下面と称す）の3面にワッペン試験片を設置し（図-2）、外桁のweb面は橋の外側面に設置している。なお、No.35（横浜ベイブリッジ）は潮風の影響に着目し、設置面は沓座の側面（港内側と港外側）としている。

2.2 ワッペン試験片の回収と板厚減少量の計測

ワッペン試験片は、1面あたり7枚設置し、暴露期間が半年、1年、2年、3年および5年になった時点で1枚ずつ回収し、残り2枚は予備とした。

回収したワッペン試験片は、腐食生成物を除去して腐食減耗量（減少した重量）を計測し、腐食減耗量を板厚減少量に換算した。

3 調査結果

3.1 5年後の板厚減少量

暴露開始から5年後の板厚減少量をまとめて図-3に示す。同図において地点名を赤枠で囲っている箇所は伸縮装置からの漏水がある箇所である。同図から、池

-1114（内）の下flg上面は、突出して板厚減少量が大きいのが、これは伸縮装置の破損部から落下した土砂、腐食片が大量に堆積していたこと、漏水があったことが影響したものと考えられる。この箇所のワッペン試験片設置状況を写真-2に示す。ワッペン試験片設置時は土砂を除去したが、その後放置しておく、ワッペン試験片が土砂に埋もれる環境であった。

図-3に示すように、高架下条件を比較すると、海上の板厚減少量は他の高架下条件よりも大きい。また、海上でも地点によって差があり、高架下条件が同じ場合は、伸縮装置からの漏水がある下flg上面の板厚減少量が大きくなる傾向が見られた。

その一方で、海上の大-96の下flg下面は、漏水がある場合よりも漏水がない場合の方が腐食速度は速くなる傾向にあり、漏水によって付着塩分が洗い流されていた可能性がある。

3.2 高架下条件および漏水の有無

高架下条件で平均値をとった5年目の板厚減少量について、図-4(a)に漏水なしの場合、図-4(b)に漏水ありの場合を示す。

図-4(a)より、漏水なしの場合、腐食速度は海上が最も速く、次いで河川と道路が同程度で、裏面内は腐食速度が遅い。海上では下flg下面の腐食速度が他の面よりも速いが、これはワッペン試験片設置の1～2年後に台風の接近があり¹⁾、強風で巻き上げられた海水が下flg下面に付着し腐食速度が速くなったと推定される。

図-4(b)より、漏水ありの場合は下flg上面の板厚減少量が大きくなる傾向があり、伸縮装置からの漏水が桁端部の下flg上面に滞水した影響と考えられる。また、web面の板厚減少量は漏水の有無による差異が小さい。海上の下flg下面では、漏水なしの板厚減少量が漏水ありの場合よりも上回っていた。漏水は基本的

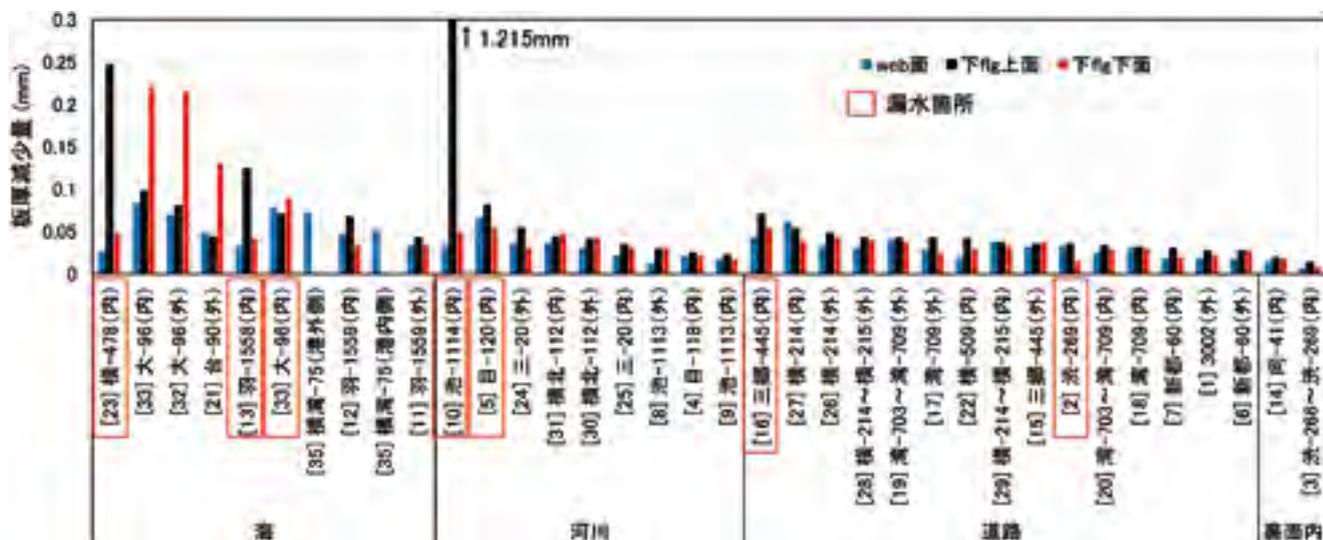


図-3 5年後の板厚減少量

に腐食速度を速くするが、海上では洗い流しにより逆に腐食速度が遅くなる場合もあると考えられる。

3.3 ワッペン設置位置による分析

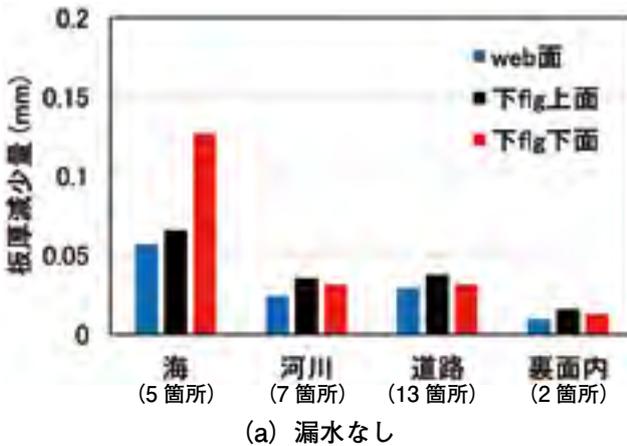
(1) 橋軸方向位置

桁端部と支間中央部にワッペン試験片を設置した5地点について、桁端部と支間中央部の板厚減少量の散布図を図-5に示す。

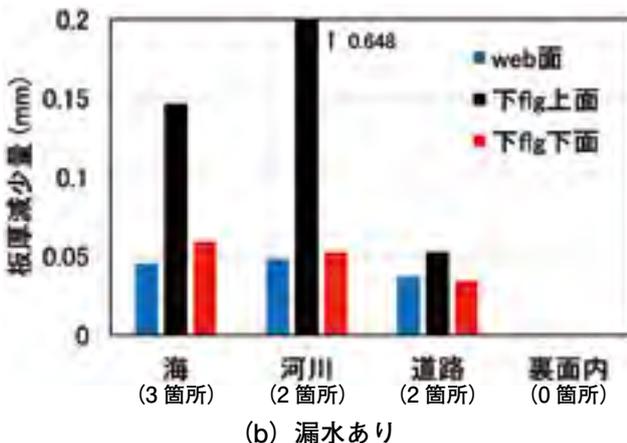
同図において、紫の丸は桁端部に漏水があるデータである。漏水がある桁端部では板厚減少量が大きくなる。漏水がなければ、桁端部と支間中央部の板厚減少量は同程度である。



写真-2 池-1114 内桁 下 flg 上面の腐食環境



(a) 漏水なし



(b) 漏水あり

図-4 高架下条件および漏水有無による板厚減少量の平均値

(2) 橋軸直角方向位置

外桁と内桁にワッペン試験片を設置した11地点について、外桁と内桁の板厚減少量の散布図を図-6に示す。

同図において、紫の丸は内桁に漏水がある場合でのデータである。漏水がなければ、内桁と外桁の板厚減少量はほぼ同等である。漏水がある内桁では、下flg上面の板厚減少量が大きくなる。また、漏水がある内桁の下flg下面が、外桁下flg下面よりも板厚減少量が小さくなる場合もあり(図-6においてx=0.22, y=0.09のプロット、大-96(外)(内)、これは降雨時の伸縮装置からの漏水によって付着塩分が洗い流されていることが考えられる。

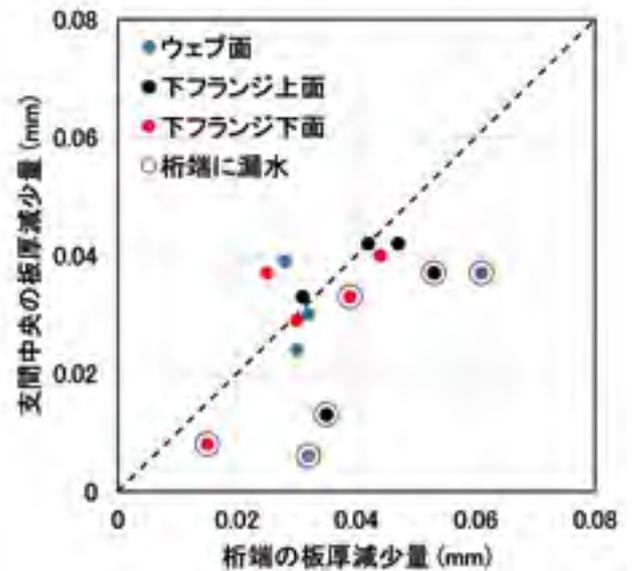


図-5 板厚減少量の散布図 (桁端と支間中央)

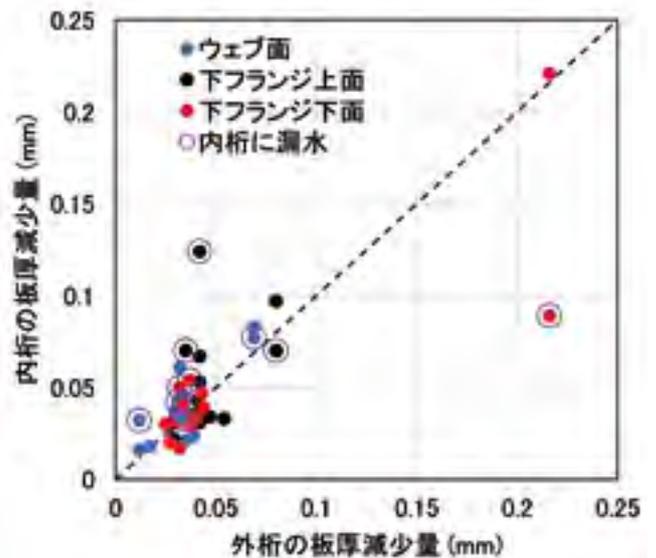


図-6 板厚減少量の散布図 (外桁と内桁)

3.4 複合サイクル試験と大気暴露試験の関係

本研究では複合サイクル試験と大気暴露試験の結果を比較して両者の関係を明確にするため、複合サイクル試験を行った。複合サイクル試験の方法を図-7に示す。同試験は1サイクル6時間の負荷を試験片に繰り返し与えるものである。試験片はワッペン試験片と同一の寸法(50×50×2.5mm)および材質(SM490)とし、試験片の裏面が腐食しないように試験片を塩化ビニル板に接着して試験に用いた(写真-3)。

複合サイクル試験の結果を図-8に示す。複合サイクル試験の板厚減少量と試験期間の関係は線形で近似できた。板厚減少量と暴露期間の関係は、飛来塩分が付着・蓄積しない環境では累乗で近似でき、飛来塩分が



図-7 複合サイクル試験方法

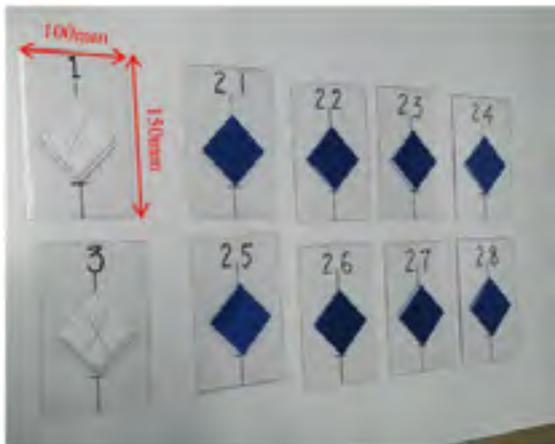


写真-3 試験片の塩化ビニル板への張り付け状況

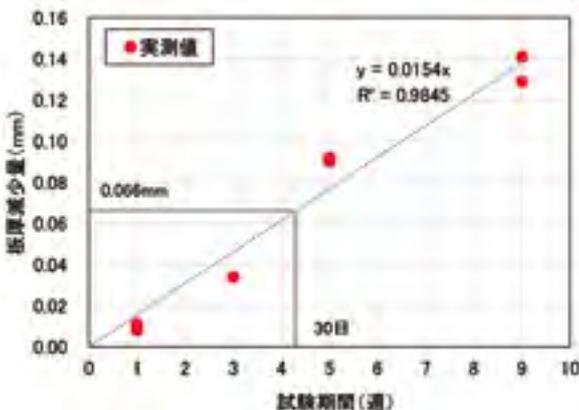


図-8 複合サイクル試験結果

付着・蓄積する環境では線形で近似できるとされている²⁾。複合サイクル試験は塩水噴霧の過程を含むことから、板厚減少量と暴露期間の関係は線形になったと考えられる。

複合サイクル試験と比較するワッペン試験については、任意の年数における板厚減少量を求めるために、0.5～5年目の暴露試験結果を式(1)の腐食速度式で近似させた。

$$y = a \cdot t^b \dots\dots\dots \text{式(1)}$$

y: 板厚減少量 (mm)

t: 暴露期間 (年)

a, b: 係数

ただし、最小二乗法による近似式によって $b > 1$ となる場合は $b = 1$ とした。近似曲線の一例として、新都-60内桁下flg上面のものを図-9に示す。

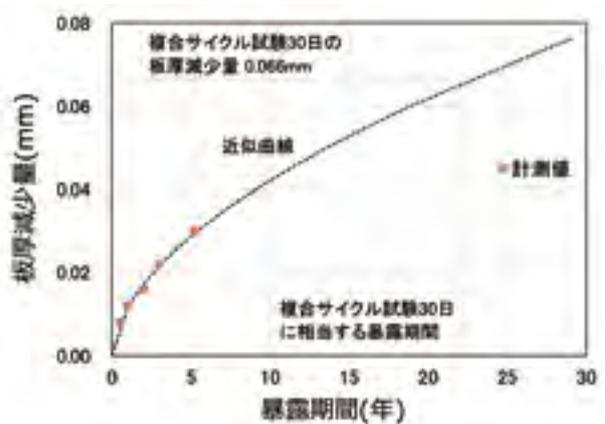


図-9 腐食速度式の近似曲線 (新都-60内桁下flg上面)

暴露試験の個々の地点の近似曲線を用いて板厚減少量が0.066mmとなる暴露期間を求め、この期間を比較した。ここで、0.066mmは複合サイクル試験30日間の板厚減少量である。漏水有無と高架下条件に着目してこの期間を求めた結果を表-2に示す。複合サイクル試験30日に相当する暴露年数の平均値は、裏面内では20年以上となるが、その他の高架下条件では数年～十数年となり、特に漏水がある場合の下flg上面で短くなる。この期間は、塗膜が損傷した後、さびが顕在化するまでの年数に相当すると考えられ、鋼橋塗装設計施工要領³⁾が定めている複合サイクル試験の期間(30日)では不十分な可能性が示唆された。

なお、鋼橋塗装設計施工要領の複合サイクル試験は、防食下地や下塗り塗料を対象にしており、塗膜付き試験片を用いる。ただし、鋼材素地に達するクロスカットを設けて試験を行うことから、クロスカット部は本研究の無塗装試験片に近い状況と考えられる。JIS K 5600-7-9によるクロスカットの方法を図-10に示す。

同JISには、切り込みきずは素地上で0.5～1.0mm

表-2 複合サイクル試験 (30 日) に相当する暴露期間

年数	海			河川			道路			裏面内			
	web面	下flg上面	下flg下面	web面	下flg上面	下flg下面	web面	下flg上面	下flg下面	web面	下flg上面	下flg下面	
漏水なし	平均	6.2	5.5	5.8	15.3	9.9	11.0	14.9	13.1	11.4	59.6	23.7	38.1
	下限~上限	3.5~10.7	2.7~8.7	1.2~12.2	8.1~22	6.1~15.3	5.9~16.4	5.4~29.1	7.1~22.3	7.2~18.2	20.3~98.9	22.7~24.6	26.9~49.4
漏水あり	平均	11.4	1.8	5.9	9.6	1.4	6.8	8.3	5.7	13.4	—	—	—
	下限~上限	4.9~18.7	1~3.1	2.6~8.7	5.8~13.4	0.3~2.5	5.9~7.7	7.5~9.1	3~8.4	7.9~18.8	—	—	—

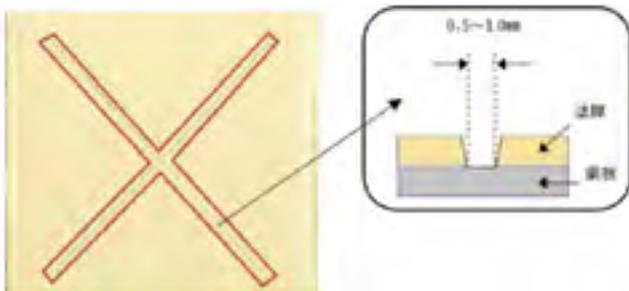


図-10 JIS K 5600-7-9 によるクロスカット

の幅を持ち、塗膜表面に向かって扇形に広がった断面をしたものでなければならないこと、切り込みきずは、長方形の試験片の半分の面に試験片端部から約 10mm 内側に対角状に交差する切り込みきずを付けることなどが定められている。

また、伊藤ら⁴⁾は無塗装鋼板の複合サイクル試験と無塗装鋼板の暴露試験との比較検討から、さまざまな環境に対して暴露試験に対する複合サイクル試験の促進倍率（複合サイクル試験が大気暴露試験の何年分に相当するかを表す指標）を求めている。加えて、飛来塩分量と促進倍率の関係を明らかにしている。

ただし、この研究で得られた結果は、塗装が剥がれた後の鋼材および腐食環境の厳しい桁端部など、限定的な条件でしか用いることができないとしている。

したがって、本研究の複合サイクル試験や暴露試験についても同様の制限が必要と考えられるが、4. に示す ISO 12944⁵⁾ に基づく評価法によって、無塗装鋼板の

暴露試験と塗装の耐久性とを関連付けることが可能と考えた。

4 ISO 12944 による評価

4.1 腐食性カテゴリーの分類

ISO 12944-2 は、大気の腐食性カテゴリーという指標で腐食環境を分類している。

この指標は低炭素鋼あるいは亜鉛の 1 年間の暴露における腐食量をもとに環境を 6 段階に分類するものである。

C1：非常に低い腐食性 (0.0013mm/y 以下)

C2：低い腐食性 (0.0013 ~ 0.025mm/y)

C3：中程度の腐食性 (0.025 ~ 0.05mm/y)

C4：高い腐食性 (0.05 ~ 0.08mm/y)

C5：非常に高い腐食性 (0.08 ~ 0.2mm/y)

CX：極度の腐食性 (0.2 ~ 0.7mm/y)

※ () 内は低炭素鋼の 1 年あたりの板厚減少量

ワッペン試験の初期 1 年間の板厚減少量に基づき腐食性カテゴリーを分類した結果を表-3(a)、(b) に示す。同表より首都高速道路の腐食性カテゴリーは C2 ~ C5 に分布しているが大部分は C2 である。漏水があると腐食性カテゴリーが 1 ~ 3 ランク高くなる。また、漏水がない場合でも、海上では他の桁下条件よりも腐食性カテゴリーが 1 ~ 2 ランク高くなる傾向にある。

表-3 首都高速道路における腐食性カテゴリーの分布 (表中の数値は箇所数)

(a) 漏水なし

		腐食性カテゴリー						計
		C1	C2	C3	C4	C5	CX	
海	web面		5	2				7
	下flg下面		2	2	1			5
	下flg上面		4	1				5
河川	web面		7					7
	下flg下面		7					7
	下flg上面		7					7
道路	web面		13					13
	下flg下面		13					13
	下flg上面		13					13
裏面内	web面		2					2
	下flg下面		2					2
	下flg上面		2					2
総計			77	5	1			83

(b) 漏水あり

		腐食性カテゴリー						計
		C1	C2	C3	C4	C5	CX	
海	web面		2	1				3
	下flg下面		2	1				3
	下flg上面				3			3
河川	web面		2					2
	下flg下面		1	1				2
	下flg上面				1	1		2
道路	web面		1					1
	下flg下面			1				1
	下flg上面			1				1
裏面内	web面		1					1
	下flg下面		1					1
	下flg上面		1					1
総計			11	5	4	1		21

表-4 塗装システムの期待耐用年数

腐食性カテゴリー (ワッペン試験結果)	塗装システム				耐久性	
	塗装仕様	防食下地	次層	総膜厚	耐久性のレベル	期待耐用年数
C2	水性ふっ素 (NU-WF-1)	水性有機ジン クリッチペイント (75 μ m)	水性エポキシ 樹脂塗料	250 μ m	Very high	25年以上
C4					High	15～25年
C2	旧仕様 R-A 一般・市街地	鉛丹さび止め ペイント (110 μ m)	超長油性フタル 酸樹脂塗料	180 μ m	High	15～25年
C4					Low	7年未満

4.2 期待耐用年数

ISO 12944-1 は、塗装システムの期待耐用年数を以下の4段階で規定している。

- Low : 7年未満
- Medium : 7～15年
- High : 15～25年
- Very high : 25年以上

また、腐食性カテゴリー、塗装システムおよび期待耐用年数の関係がISO 12944-5 に示されている。

首都高速道路に多い腐食性カテゴリーC2と、漏水／塩分環境で見られる腐食性カテゴリーC4について、塗替え向けの水性ふっ素樹脂塗料(NU-WF-1)と旧塗装(R-A 一般・市街地)の2種類の塗装仕様に対して期待耐用年数を求めた。この結果を表-4に示す。

NU-WF-1の期待耐用年数は腐食性カテゴリーC2に対して25年以上、腐食性カテゴリーC4に対して15～25年となり十分な耐久性があると考えられる。

一方、旧仕様のR-A(一般・市街地)の期待耐用年数は腐食性カテゴリーC2に対して15～25年、腐食性カテゴリーC4に対して7年未満となった。

桁端部などの漏水箇所では、腐食性カテゴリーがC4になる可能性があり、古い塗装では耐久性が不足する可能性がある。



写真-4 ACM センサ設置状況

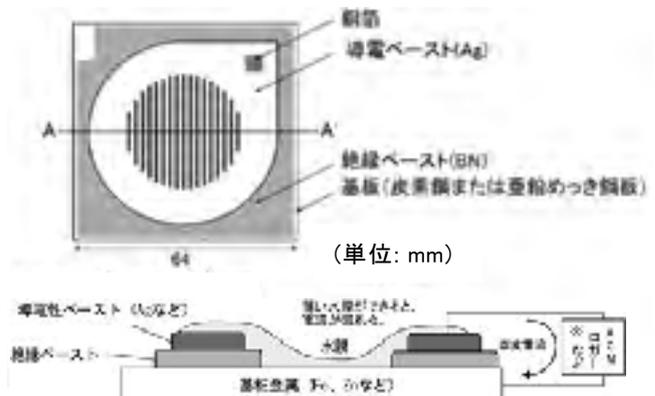


図-11 ACM センサの測定原理

5 ACM センサによる腐食環境の調査

5.1 目的と調査箇所

ACM センサ(写真-4)を用いて腐食環境を1年間(2023年1月～2024年1月)調査した。ACM センサは、その表面に水膜が形成されると、センサ内で腐食電流が流れ、この電流値をデータロガーで計測するものである。ACM センサの測定原理を図-11に示す。

ACM センサの出力を解析することで、ぬれ時間、腐食速度換算値および付着塩分量を求めることができる。調査箇所は現場環境から飛来塩分・雨掛かりの影響度合いを推定して決定した。海上で板厚減少量が違う箇所、内桁と外桁で板厚減少量の傾向が違う箇所、高架下状況が異なる箇所等を選定した。なお、ACM センサの設置箇所は、いずれも、伸縮装置からの漏水

の影響を受けない場所を選んだ。

5.2 調査結果

ACM センサの出力値から、日平均電気量(降雨、湿り、乾燥で分類)、腐食速度換算値および付着塩分量を算出した(表-5)。同表から、海上の大-96は腐食速度換算値と付着塩分量の最大値が他の地点より大きく、同じく海上の羽-1559は大-96に次いで付着塩分量の最大値が大きいものの、羽-1559の腐食速度換算値は、高架下条件が河川、道路の場合と大差がなかった。大-96と羽-1559の違いは、大-96は比較的広い海面に面しているのに対して、羽-1559は埋め立て地に囲まれた運河上で比較的狭い海面に面していることから、付着塩分や水の影響度が異なったことが考えられる。

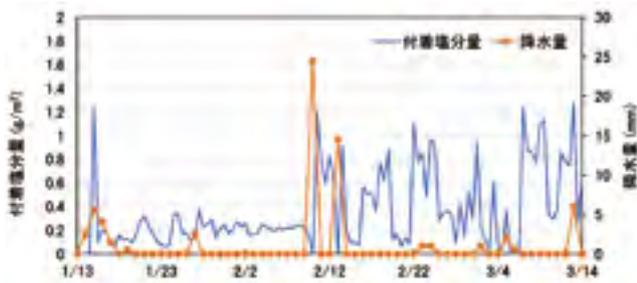


図-12 付着塩分の経時変化
(大-96 外桁 下 flg 上面)



写真-5 回収した ACM センサの外観
(暴露期間：3カ月)

ACM センサで測定した付着塩分量が最も大きかった大-96 外桁 下 flg 上面について、付着塩分量の経時変化を図-12 に示す。また、回収した暴露期間3カ月後の ACM センサの外観を写真-5 に示す。

同図には、気象庁が公表している降水量^①を重ね描きしている。この設置箇所は雨掛かりがあり、降雨に伴って付着塩分量が増加する傾向があった。これは、

雨によって運ばれた塩分や塵埃が下 flg 上面に堆積したことが理由と考えられる。

ACM センサで測定した付着塩分量 (2023/1 月～6 月の平均値) とワッペン試験で確認した初期1年間の腐食速度とを比較したものを図-13 に示す。

表-5 ACM センサ 測定結果

設置情報				日平均電気量(降雨) [C/day]	湿りと乾燥 日平均電気量[C/day]	日平均電気量(湿り) [C/day]	日平均電気量(乾燥) [C/day]	腐食速度換算値[mm/y]	付着塩分量	
場所	高架下	桁	部位						最大値 [g/m ²]	平均値 [g/m ²]
大-96	海	外桁	外桁web面	0.53	0.12	0.39	0.03	0.20	0.42	0.06
		外桁	外桁下flg面上面	6.36	0.58	0.41	0.01	0.85	1.27	0.15
		外桁	外桁下flg面下面	0.13	0.07	0.92	0.06	0.11	0.39	0.05
		内桁	内桁web面	0.48	0.09	0.91	0.02	0.17	1.01	0.07
		内桁	内桁下flg面上面	0.30	0.07	0.62	0.03	0.14	0.43	0.06
		内桁	内桁下flg面下面	0.23	0.05	0.62	0.04	0.11	0.48	0.05
羽-1559	海	外桁	外桁web面	0.16	0.03	0.44	0.03	0.08	0.61	0.06
		内桁	内桁web面	0.06	0.03	0.15	0.02	0.06	0.38	0.05
三-20	河川	外桁	外桁web面	0.98	0.05	0.30	0.02	0.21	0.36	0.04
		内桁	内桁web面	0.01	0.02	0.34	0.01	0.04	0.35	0.05
横北-0112	河川	内桁	内桁web面	0.07	0.02	0.19	0.02	0.05	0.36	0.05
湾703-709	道路	外桁	外桁web面	0.13	0.03	0.39	0.04	0.07	0.41	0.05
		内桁	内桁web面	0.00	0.02	0.05	0.01	0.03	0.30	0.04
横214-215	道路	外桁	外桁web面	0.00	0.02	0.14	0.02	0.04	0.34	0.04



図-13 腐食速度と付着塩分量の関係

同図において、腐食速度が他の地点より速い大-96は付着塩分量が大きい。ただし、大-96の下flg下面は付着塩分量が小さいにも関わらず、腐食速度が速くなっており、これは、結露や潮解の影響と考えられる。ここで、潮解とは水溶性固体粒子を大気中に放置するとき、大気中の水蒸気が粒子表面で凝縮し、粒子が表面から溶解し水溶液状態になる現象である。本研究の対象では、海水に含まれる塩化マグネシウムや塩化カルシウムなどが潮解性を示す。

6 まとめ

本研究では、実橋の腐食環境を把握することを目的にワッペン試験片を実橋に設置して大気暴露させ、腐食による板厚減少量と暴露期間の関係を求め、実橋と促進試験の関係を整理した。調査の結果を以下に示す。

(1) ワッペン試験結果から、漏水がない場合の腐食の速さは、海上が最も速く、次いで河川と道路が同程度であった。また、裏面内は腐食が遅く、腐食速度は付着塩分と水の双方の影響を受けている。

- (2) いずれの環境条件でも、土砂堆積と漏水がある場合に基本的に板厚減少量が大きくなる。ただし、下flg下面において漏水による洗い流し作用で腐食速度が遅くなっていると見られるデータもあった。
- (3) 複合サイクル試験30日間に相当する実環境での暴露期間は、裏面内の環境では20年以上となるが、その他の高架下条件では数年～十数年であった。
- (4) 首都高速道路の腐食性カテゴリーはC2～C5であるが、大部分はC2である。飛来塩分の影響を受ける海上部や漏水の影響を受ける桁端部では腐食性カテゴリーが高くなるので、耐久性の高い塗装仕様を採用するなどの対応が必要と思われる。
- (5) ACMセンサにより各種環境の腐食速度や付着塩分を確認した。ワッペン試験と同様に海上の腐食速度は付着塩分の影響で速くなる傾向を確認した。
- 本報文の内容は、主著者が一般財団法人首都高速道路技術センター構造技術研究所に在籍中の研究成果である。

【参考文献】

- 1) 気象庁：過去の台風資料、<https://www.data.jma.go.jp/yoho/typhoon/index.html>
- 2) (公社)土木学会：腐食した鋼構造物の性能回復事例と性能回復設計法、p.116, 2014.8
- 3) 首都高速道路株式会社：鋼橋塗装設計施工要領、2021.10
- 4) 伊藤義人、岩田厚司、貝沼重信：鋼材の腐食耐久性評価のための環境促進実験とその促進倍率に関する基礎的研究、構造工学論文集、Vol. 48A, pp. 1021-1029, 2002.3
- 5) ISO：ISO12944、Paints and varnishes - Corrosion protection of steel structures by protective paint systems - 2017.
- 6) 気象庁：過去の気象データ検索、<https://www.data.jma.go.jp/stats/etrn/index.php>

アブレイシブ・ウォータージェット新技術を適用した 耐候性鋼橋の補修に関する設計・施工管理

西谷 朋晃¹⁾ 豊田 雄介²⁾ 池田 龍哉³⁾ 貝沼 重信⁴⁾

はじめに

耐候性鋼材は、緻密なさび層（保護性さび）を形成することで腐食の進行を抑制できる。しかし、飛来塩分や凍結防止剤による塩害環境では、塩分が雨洗されにくい部位において、**写真-1**に示すような異常さびが生成されやすい。この異常さびは、普通鋼で生成されるさびに比して緻密で硬質であるため、従来の素地調整工法では十分に除去することは困難である。特に、橋梁点検車やロープアクセス等の点検作業の際には、使用機材や作業床等の制約によりさびの除去がさらに困難になる。また、耐候性鋼材に異常さびが生成されると、点検ハンマーによる打撃では、さび層下の鋼素地の腐食の進行状況を正確に把握することが難しい。そのため、補修工事に着手した段階で初めて、部材の貫通や部分的消失といった深刻な状態が発見される場合もある。

このように耐候性鋼材に重度腐食が生じ、かつその部位の塩害環境の改善が困難な場合には、防食仕様を無塗装から塗装に変更する必要がある。鋼構造物における塗替塗装後の塗膜の耐久・防食性能は、素地調整後の塩分を含むさびの残留度に依存する。そのため、これまで手工具、動力工具、ブラスト処理やレーザー処理等の様々な素地調整法による除塩・除せい効果について検討がなされてきた^{1), 2)}。

ブラスト処理については、施工効率や鋼素地品質等の観点で利点があることから、鋼道路橋では比較的積極的に採用されている。特に、耐候性鋼の重度腐食部に生じた硬質な異常さびや孔食深部の塩分を含むさびを除去するためには、**写真-2**に示すように表面の粗さをチップングで除去後、ブラスト処理と水洗を複数回繰り返す工法（以下、従来工法と称す）が一般に採用されている。しかし、従来工法ではさびや塩分を十分に除去することが困難であるため、塗替塗装後の早

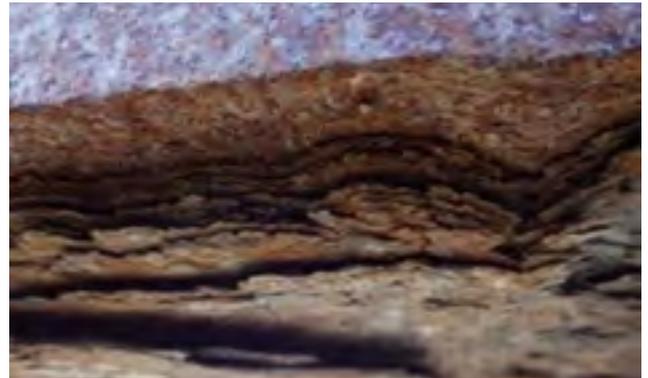


写真-1 耐候性鋼材の異常さび



写真-2 チッピング処理



写真-3 残留塩による塗膜下からの局部腐食³⁾

- 1) 西日本高速道路株式会社 技術本部 技術環境部 構造技術課 主任
- 2) 西日本高速道路株式会社 関西支社 保全サービス事業部 改築第二課 課長代理
- 3) 池田工業株式会社 代表取締役
- 4) 九州大学大学院 工学研究院社会基盤部門 教授

期に写真-3に示すように塗膜下で局所的に腐食が発生・進行し、最終的には部材の貫通や破断に至る場合もある。

NEXCO 西日本では、約 110 橋の耐候性鋼橋を管理しているが、複数の橋梁で凍結防止剤の塩害等による重度腐食が生じており、その部位の耐荷力の低下が懸念されている。このような重度腐食が生じた耐候性鋼橋に対して、無塗装から塗装に仕様変更するにあたり、前述の課題を解決することを目的として、耐候性鋼の重度腐食部の塩分やさびを従来工法に比して飛躍的かつ高効率に極限除去する新技術 AWT 工法 (Abrasive Water-jet Treatment) を開発した⁴⁾。さらに、複数の耐候性鋼橋で AWT 工法の試験施工を実施し、その適用性について検討してきた。

著者は、これまでの試験施工で得られた知見を踏まえ、耐候性鋼橋の補修工事計画の立案から工事までの一連の流れを整理するとともに、AWT 工法による素地調整の品質規格および施工管理方法を定めた「設計・施工マニュアル (案)」(以下、マニュアル (案) と称す) を策定した。

本稿では、マニュアル (案) で示した耐候性鋼橋の補修設計の考え方、AWT 工法による素地調整の品質規格および施工管理方法とその整備に至った背景を述べる。

2 AWT 工法の概要

AWT 工法の開発に際しては、耐候性鋼橋の塩害による重度腐食部を対象とした。この素地調整は耐候性鋼橋を無塗装から塗装に仕様変更することを目的としている。

AWT 工法は、図-1 に示すように、航空機の炭素繊維複合材量や超硬合金の切断に使用する技術 (Abrasive Water-jet (以下、AWJ 工法と称す)) を応用している。本工法では切断技術としての AWJ 工法の原理とは異なり、さび層内の微細なクラックに対して 230MPa 程

度の超高压水を噴射し、水くさび作用や孔食内部で生じる局所渦流作用等に注目することで開発した。

この工法は特に孔食内部で生じる局所渦流作用により、従来のブラスト処理等による素地調整では困難であった孔食底部の 2 次孔食孔にも噴流が達することで、さびや塩分の効果的な除去が可能となる⁴⁾。さらに、補修塗装に必要な鋼素地の除せい度や表面粗さの品質規格も同時に達成できるため、除塩・除せいの効果は従来工法と比較して飛躍的に高く、複数工程を要していた従来工法を 1 工程に集約できるため、画期的な工法と言える。

また、AWT 工法で用いる研削材の使用量は、従来のブラスト工法の約 1/10 と大幅に少なく、湿式工法であるため、作業中の粉じんがほとんど発生しないため、施工時の対象部位の視認性が高く、作業環境の改善にも寄与できるという利点がある。

3 補修設計

策定したマニュアル (案) は、耐候性鋼橋の防食仕様を無塗装から塗装に変更する場合の補修工事に適用することを目的としている。本章では、工事発注前に実施する補修設計および補修塗装範囲の考え方について述べる。



写真-4 重度腐食により母材が消失した事例

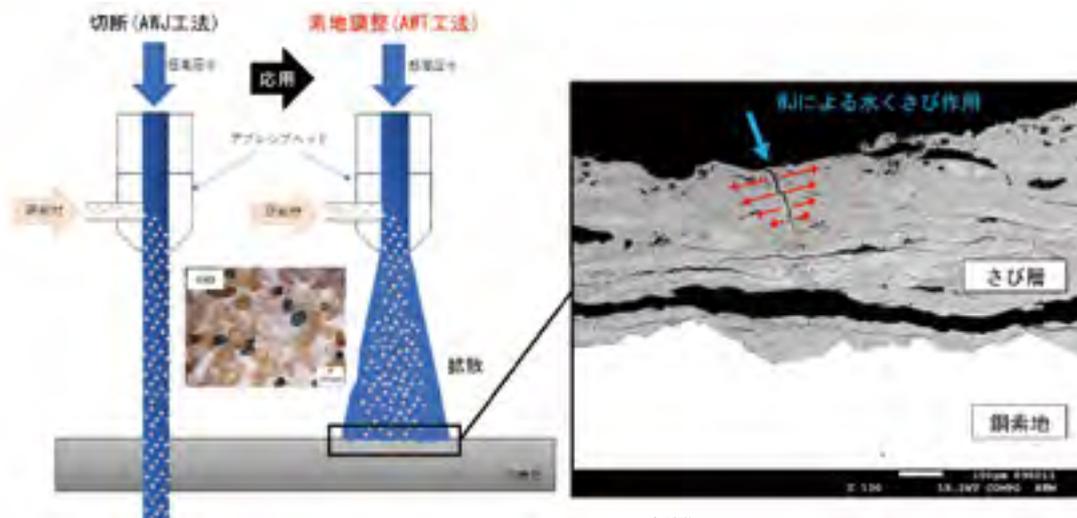


図-1 AWT 工法の概要図⁵⁾に加筆

3.1 設計一般

(1) 耐候性鋼橋に生じた重度腐食については、まず、その要因を排除することを優先して実施すること。

(2) 重度腐食が確認された場合、AWT 工法による素地調整後に板厚の減少やボルトの減肉が判明する可能性があるため、変状の程度に応じた補修を実施すること。

(1) について、耐候性鋼材の重度腐食の主要因は、水分と塩分である。そのため、これらの要因を排除することが最優先である。具体的には、以下のような排水不良が保護性さびの形成を阻害する大きな要因となる。

- ①排水管の損傷
- ②床版打継部等からの漏水
- ③スラブドレーンの流末処理等の排水不良
- ④伸縮装置からの漏水
- ⑤下部構造天端の滞水

これらの原因が確認された場合には、排水管の補修、床版漏水部位へのひび割れ注入等による部分補修、伸縮装置の止水構造の補修、下部構造天端の排水処理等の対策を実施することとした。また、耐候性鋼材に異常さびが生成されると腐食が加速度的に進行するため、安易に経過観察の措置とすることは、耐荷性能や走行性能の低下リスクを高める点に留意する必要がある。過去に補修の措置を先送りした結果、写真-4 のように主桁の下フランジが広範囲に部分的に消失した事例も報告されている。

(2) について、耐候性鋼材に発生する異常さびは、硬質であり、容易に除去できないため、母材の残存板厚を正確に把握することが困難である。そのため、AWT 工法による素地調整で異常さびを除去した後に母材やボルトの腐食状況を確認し、板厚やボルトに著しい減肉が確認された場合には、当て板補強や部材取替等の補修を実施しなければならない。

3.2 補修塗装範囲

マニュアル（案）では、補修塗装範囲について以下

の方針を規定している。

(1) 防食仕様を塗装に変更する範囲は、使用条件や環境条件により適切な保護性さびの形成・維持が阻害されている部位を対象とする。

(2) (1) 以外の範囲でも、腐食要因の排除が困難な場合や要因再発の可能性が高い場合には、将来的に異常さびの発生が懸念されるため、予防保全の観点から塗装仕様への変更を検討する。

(1) について、事前調査で重度腐食が確認された範囲は、少なくとも保護性さびの形成・維持が阻害されていると判断されるため、補修塗装の実施が必要である。特に、床版ひび割れ部や排水管等、上方からの漏水が原因で腐食が進行している場合には、凍結防止剤を含んだ水の滴下や路面水の飛散による腐食が生じており、これらの要因の排除は困難であることが多い。したがって、上フランジから下フランジまでの全高を補修塗装の範囲とすることとした。

(2) について、事前調査で腐食が確認されない場合であっても、耐候性鋼材は一度腐食環境が悪化すると早期に重度腐食に至る可能性があり、環境改善も容易ではない点に留意する必要がある。特に、海からの飛来塩分や凍結防止剤を含む路面水の飛散に起因する腐食は、要因の排除が困難である場合が多い。また、伸縮装置や床版ひび割れ部位からの漏水も取替え等の抜本的な対策を行わない限り再発する事例が散見される。このように、腐食要因の排除が困難あるいは要因再発の可能性が高い場合には、将来的に異常さびの発生が懸念されるため、予防保全の観点から防食仕様を塗装に変更することが望ましい。

表-1 と表-2 には、主な腐食要因および環境要因に対する要因排除の難度、再発の可能性、ならびに対策の基本方針の概要を示している。耐候性鋼橋の補修に際しては、腐食の程度だけでなく腐食要因や環境要因に応じて適切な対策を検討することが重要である。表-1 と表-2 に示されていない要因についても、同様の方針に基づいて対策を検討することとした。

表-1 腐食要因毎の対策の基本方針

腐食要因	要因排除の難度	要因再発の可能性	対策の基本方針
海からの飛来塩分	困難	高い	影響範囲の補修塗装
凍結防止剤を含む路面水の飛散	困難	高い	影響範囲の補修塗装
伸縮装置からの漏水	やや困難	高い	伸縮装置の取替、止水構造の補修、影響範囲の補修塗装
床版打継部等からの漏水	やや困難	高い	部分補修（ひび割れ注入等）、影響範囲の補修塗装
排水管やスラブドレーンからの漏水	比較的容易	低い	排水管やスラブドレーンの補修、影響範囲の補修塗装

表-2 環境要因毎の対策の基本方針

環境要因	要因排除の 難度	要因再発の 可能性	対策の基本方針
桁端部	困難	高い	植生の伐採、 影響範囲の補修塗装
下フランジ	困難	高い	影響範囲の補修塗装
隣接橋	困難	高い	影響範囲の補修塗装
過去の補修塗装実施部位	困難	高い	影響範囲の補修塗装



写真-5 桁端部の腐食事例

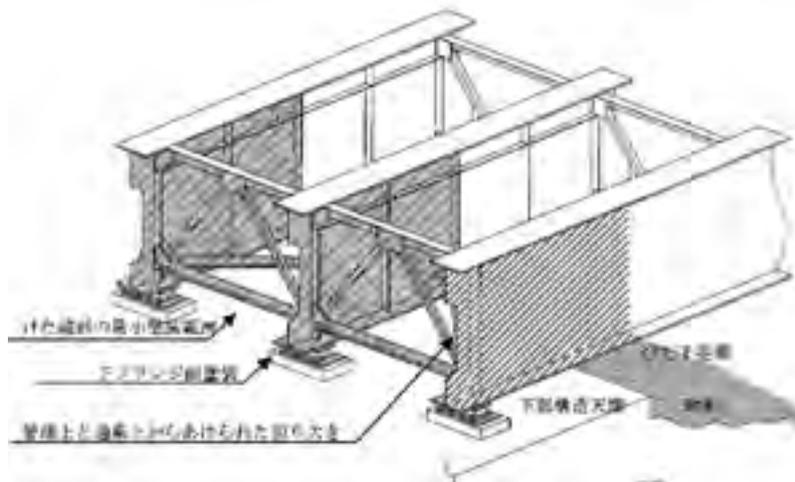


図-2 桁端部の補修塗装範囲の目安 (予防保全)⁶⁾

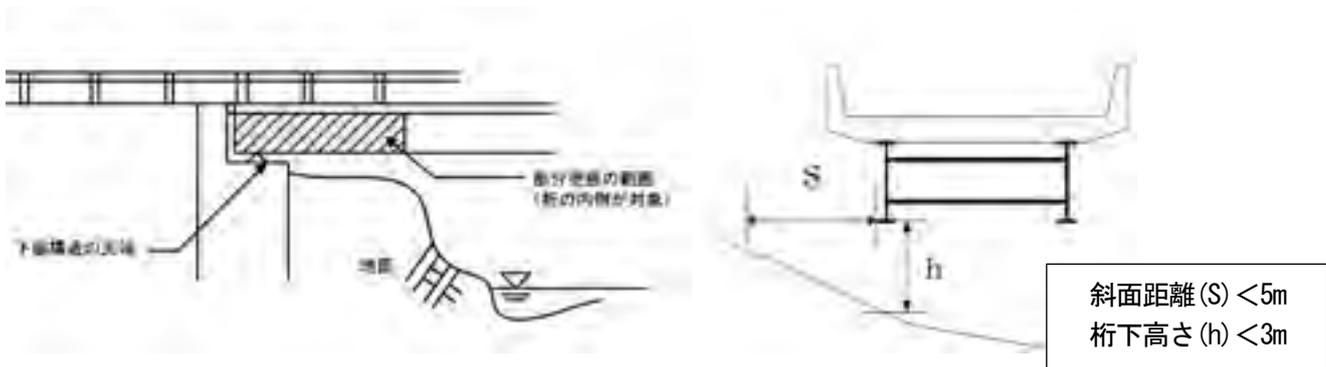


図-3 地面が迫った地形での補修塗装範囲の目安 (予防保全)

以下に、予防保全の観点から塗装仕様に変更することが望ましい環境要因毎の補修塗装範囲の目安を示す。

1) 桁端部

写真-5に桁端部の腐食事例を示す。桁端部は伸縮装置からの漏水や植生の繁茂による風通し等の影響で湿潤環境になりやすく、主桁・横桁および支承等の鋼部材は他の部材に比べて腐食が進行しやすい。そのため、**図-2**に示すように、桁端部から下部構造天端の外側に位置する第1補剛材までを補修塗装範囲とすることが望ましい。また、**図-3**に示すように地面が橋梁に近接している場合は、補修塗装範囲を適宜拡大する必要がある。なお、橋梁と地形の離隔については、風の滞留等による影響を考慮し、斜面距離 (S) < 5m、桁下高さ (h) < 3mを目安とする。

2) 下フランジ

下フランジ上面は砂塵や塩分等が付着・堆積しやすい部位である。特に、下フランジの幅方向に勾配がある場合は、勾配の下側に結露水が溜まりやすく、下フランジ上面に滞水した水分は、**写真-6**に示すように毛細管現象によりウェブの立上り部に浸透する。そのため、一般的な塗装橋の増塗り範囲に準じて、下フランジおよび下フランジと接するウェブの立ち上がりの少なくとも 100mm の範囲を全長に渡って補修塗装範囲とする。ただし、塩分が付着・堆積している場合は、濡れの範囲がウェブ立ち上り 100mm の範囲から、さらに上方に広がる可能性がある。また、補修塗装後に鋼素地に塩分が残留していると、その浸透圧により塗膜下腐食が生じやすくなる。雨洗効果が期待できる外桁の外面（床版の張出し近傍除く）や飛来塩の付着・

堆積が部位については、補修塗装範囲外とする。

ただし、塩分が付着・堆積している場合は、濡れの範囲がウェブ立ち上り 100mm の範囲から、さらに上方に広がる可能性がある。また、補修塗装後に鋼素地に塩分が残留していると、その浸透圧により塗膜下腐食が生じやすくなる。雨洗効果が期待できる外桁の外面（床版の張出し近傍除く）や飛来塩の付着・堆積が部位については、補修塗装範囲外とする等、架橋環境に応じて適切に補修塗装範囲を設定する必要がある。

3) 隣接橋梁からの凍結防止剤の影響範囲

隣接橋からの凍結防止剤の影響による腐食事例を**写真-7**に示す。過去の耐候性鋼橋の調査結果から、凍結防止剤を含む路面水の飛散による影響を受ける架橋条件として、並走する上下線の壁高欄間隔 (d) と床版高低差 (f) が一つの指標となることが明らかとなっている。**図-4**に示すように壁高欄間隔 (d) < 2.5m、床版高低差 (f) < 10m が目安であり、特に桁の高低差の高



写真-6 毛細管現象によりウェブ立上り部に生じた水染み跡



写真-7 隣接橋からの凍結防止剤の影響による腐食事例

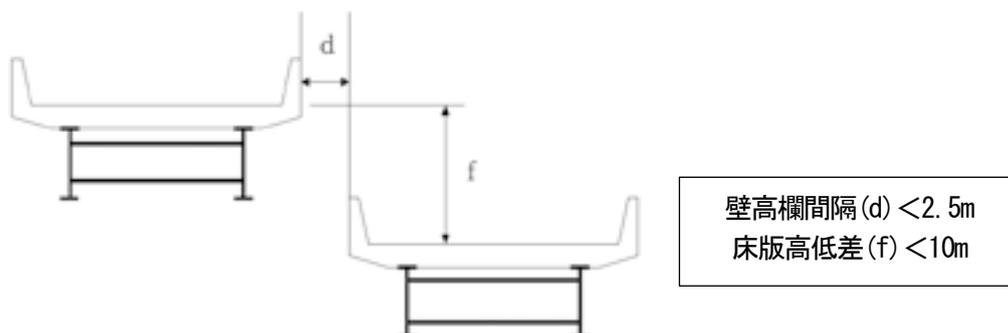


図-4 隣接橋梁から凍結防止剤の影響を受ける範囲の目安

い側で凍結防止剤の影響が顕著になる傾向があるため、補修塗装範囲の設定に際しては、十分に配慮する必要がある。

4) 過去に補修塗装が実施された部位

過去に補修塗装が実施された部位では、ブラスト工法や動力回転工具による素地調整が実施されているが、鋼素地に塩分が残留した状態で塗装されている可能性が高い。このような状態で塗装すると、塗膜下腐食が発生し、腐食の進行を抑制できず、写真-8に示すように重度腐食に至る場合が多く、部材が貫通、破断することもある。したがって、AWT工法を用いずに補修塗装された部位は、補修対象とすることが望ましい。



写真-8 塗膜下腐食による再劣化の事例

4 施工管理

本章では、耐候性鋼橋の防食仕様を塗装に変更する場合における補修塗装仕様、AWT工法による素地調整の品質規格、および施工管理方法について述べる。

4.1 補修塗装仕様

一般部の塗装系を表-3に、添接板や高力ボルト接合部等の特殊部の塗装系を表-4に示す。耐候性鋼材の補修塗装においては、塩分やさびを極限除去できるAWT工法を素地調整方法として採用する。

4.2 素地調整

鋼素地に異常さび、旧塗膜、塵埃等の可視物質や腐食の要因となる塩分等が付着している場合、塗膜の劣化要因を排除し、塗膜の密着性を確保するために、十分な素地調整を行わなければならない。

AWT工法は湿式であるため、素地調整後に写真-9に示す水由来の薄い黄・赤褐色の戻りさびが発生しやすい。

このさびは写真-10に示す塩分が残留することで観察される濃い黒色系の戻りさびとは異なり、塗膜下腐食の発生要因とはならないが、塗膜の付着性を低下させる可能性がある。現時点ではさびの色相に対する評価指標が確立されていないため、これらの戻りさびが発生した場合には、乾式の仕上げブラストを実施し、これを除去することとした。なお、戻りさびの評価に



写真-9 水由来の薄い黄・赤褐色の戻りさび

については現在研究中であり、将来的に基準化を予定している。

以下に、AWT工法および仕上げブラストによる素地調整の品質規格と判定基準ならびに使用材料の規定を示す。

(1) AWT工法による素地調整

1) 品質規格と判定基準

AWT工法による素地調整の品質規格と判定基準を表-5に示す。塩分が付着・堆積する環境では、保護性さびが形成されず、硬質な異常さびが生じる。従来工法では、重度腐食した部位の孔食底部の塩分を含むさびの除去が困難であり、塗膜下腐食が早期に発生することが懸念される。そのため、AWT工法による確実な塩分除去が必要である。戻りさびが発生した場合は、写真-10に示すような濃い黒色系の斑点模様が短時間で現れる⁷⁾ため、この部位に再度AWTを行う。

なお、黒色系の戻りさびは、素地調整後の孔食底部を起点に生じやすいため留意するとよい。

付着塩分量の測定は、JIS Z 0313:2004、ISO 8502-6およびISO 8502-9に準拠する。AWT工法による鋼素地の付着塩分量の品質規格は「Bresle法による10分間の測定で30mg/m²以下」と定めた。これは米国海軍の基準に基づいた塗膜下腐食の発生リスクを低減するための指標である。

国内基準（鋼道路橋防食便覧 第三編 耐候性鋼材編）では50mg/m²以下とされている⁸⁾が、測定時間等の測



写真-10 塩分由来の濃い黒・茶褐色の戻りさび

表-3 一般部（外面）の塗装系（補修塗装）

塗替え 塗装系	素地調 整程度	工 程	塗料または素地調整程度	標準 使用量 (g/m ²)	標準 膜厚 (μm)	塗装間隔
c-3	1 種	素地調整	1 種	—	—	4hr 以内*
		下塗第 1 層	(弱溶剤形)有機ジンクリッチペイント	スプレー 600	75	1~10 日
		下塗第 2 層	(弱溶剤形)変性エポキシ樹脂塗料下塗	〃 480	120	1~10 日
		中 塗	(弱溶剤形)ふっ素樹脂塗料用中塗	〃 170	30	1~10 日
		上 塗	(弱溶剤形)ふっ素樹脂塗料上塗	〃 140	25	—

※素地調整後の鋼素地を監督員が確認した時点から 4 時間以内

表-4 特殊部の塗装系（補修塗装）

塗替え 塗装系	素地調 整程度	工 程	塗料または素地調整程度	標準 使用量 (g/m ²)	標準 膜厚 (μm)	塗装間隔
g-3	1 種	素地調整	1 種	—	—	4hr 以内*
		下塗第 1 層	有機ジンクリッチペイント	スプレー 600	75	1~10 日
		下塗第 2 層	変性エポキシ樹脂塗料下塗	〃 240	60	1~10 日
		下塗第 3 層	厚膜形エポキシ樹脂塗料 (300μm 形)	〃 1100	300	1~10 日
		中 塗	ふっ素樹脂塗料用中塗	〃 170	30	1~10 日
		上 塗	ふっ素樹脂塗料上塗	〃 140	25	—

※素地調整後の鋼素地を監督員が確認した時点から 4 時間以内

定条件や再劣化の発生リスクとの関係が不明瞭のため、より厳格な基準を新たに採用した。AWT 工法により数 mg/m² 以下 (Bresle 法による 10 分間の測定) に塩分を極限除去可能であることが実績として確認されている⁹⁾。

塩分量の測定位置は、異常さびの発生要因に基づき十分に検討し、適切に選定しなければならない。

例えば、飛来塩分が主要因の場合には、ウェブ内側や下フランジ下面を、漏水が主要因の場合には下フランジ上面を測定対象とする。さらに、床版打継ぎ目からの漏水が主要因の場合には、上フランジ下面からウェブ全高にかけて広範囲に渡って測定する必要がある。

また、重度腐食部の近傍に加え、鋼 I 桁の場合には、外桁・中桁の桁端部に位置する十字柱の下端や、箱桁の下フランジの溶接しろ等、塩分が付着・堆積しやすい部位を複数選定することとした。

2) 研削材

AWT 工法による素地調整は、表-6 に示す品質の研削材を用いることを標準とした。これまでの実績により、当該研削材を用いることで、表-5 に示す所定の品質を満足できることを確認している。なお、再利用した研削材については、繰返し使用による粗度の変化や汚染程度、再利用時の品質評価方法や基準が確立されていないことから、処理面の品質確保に懸念がある。そのため、再利用した研削材は使用してはならないこととした。

3) ウォータージェットの標準仕様水

AWT 工法に使用するウォータージェット水は、鋼素地を汚染せず、超高压水発生装置の運転を妨げる不純物を含まない水とする。具体的には、JIS A 5308 (附属書 C) 「レディーミクストコンクリートの練混ぜに用いる水」に規定される品質を満足することを化学分析等で確認する。ただし、上水道水を用いる場合は、水道水質基準を満たしていることから化学分析は不要とした。また、防錆剤等をウォータージェット水に混入して施工してはならない。これは、防錆剤が鋼素地の付着塩分量の正確な測定を妨げ、適切な除塩の達成を確認できなくなることが懸念されるためである。さらに、防錆剤の成分による塗装の密着性低下が懸念されるためである。

(2) 仕上げブラストによる素地調整

1) 品質規格と判定基準

仕上げブラストによる素地調整の品質規格と判定基準を表-7 に示す。

AWT 工法により、塗装前に必要な素地調整は基本的に完了しているが、仕上げブラストでは、AWT 工法後に副次的に発生する水由来の薄い黄・赤褐色系の戻りさびを除去し、塗膜の密着性を確保するために実施する。そのため、仕上げブラストによる素地調整の品質規格は、表-5 で示した AWT 工法と同等以上である必要がある。

表-5 AWT 工法による素地調整の品質規格と判定基準

項目	試験方法	試験頻度・箇所	品質規格と判定基準
残留塩分に起因する戻りさび	目視	対象範囲全面	残留塩分に起因する戻りさびが生じていないこと (写真-10)
除せい度 (可視付着物質)	JIS Z 0313:2004 ISO 8501-1:2007	対象範囲全面	ISO 8501-1 のビジュアル判定による除せい度 Sa2 1/2
付着塩分 (不可視付着物質)	JIS Z 0313:2004 ISO 8502-6:2020 ISO 8502-9:2020	重度腐食部 (孔食凹部) : 1点以上/箇所 その他 : 1点/50m ²	Bresle法による10分間の測定: 30mg/m ² 以下
表面粗さ	JIS Z 0313:2004	1点/50m ²	Rz-JIS 25μm ~ 80μm

表-6 研削材の品質

研削材			項目	品質
種類	産地	粗さ		
Garnet	Australia	#30-60 #80 #120	遊離けい酸 (質量分率)	1%以下
			粒度分布	JIS 参照
			見掛け密度 (kg/dm ³)	JIS 参照
			モース硬さ	6 以上
			遊離湿分 (質量分率)	0.2%以下
			抽出水の電気伝導率	25mS/m 以下
			水可溶性塩分 (質量分率)	0.0025%以下

表-7 仕上げブラストによる素地調整の品質規格と判定基準

項目	試験方法	試験頻度・箇所	品質規格と判定基準
除せい度 (可視付着物質)	JIS Z 0313:2004 ISO 8501-1:2007	対象範囲全面	ISO 8501-1 のビジュアル判定による除せい度 Sa2 1/2
付着塩分 (不可視付着物質)	JIS Z 0313:2004 ISO 8502-6:2020 ISO 8502-9:2020	1点/50m ²	Bresle法による10分間の測定: 30mg/m ² 以下
表面粗さ	JIS Z 0313:2004	1点/50m ²	Rz-JIS 25μm ~ 80μm
表面付着粉じん	JIS Z 0313:2004	1点/50m ² 塵埃が堆積しやすい下フランジ上面等の水平面	テープテストによる粉じん付着標準図 (図-5) の評点1

また、塗装前の仕上げブラストでは、表面付着粉じんの品質規格と判定基準を設けた。ブラスト施工後の足場内では、写真-11 に示すように、汚染された研削材などの塵埃が飛散・堆積しやすく、作業中に塵埃が鋼素地に付着する。

これにより、塗膜の密着性や耐久性の低下が懸念されるため、作業空間の清掃を徹底し、鋼素地への粉じんの付着状態を確認しなければならない。付着粉じん量の管理は、セロテープ試験 (JIS Z 0313:2014) により行い、粉じんの付着状態は図-5 に示す評点1とする。

試験部位は塵埃が堆積しやすい下フランジ上面等の水平面を選定する。

2) 研削材

仕上げブラストによる素地調整において鋼素地の品質低下や汚染予防のため、仕上げブラストで用いる研削材は、AWT 工法と同様とすることを標準とした。なお、AWT 工法と同様に、他現場で使用した研削材や、当該現場で複数回使用した研削材は使用してはならない。



写真-11 素地調整後の清掃が不十分な例

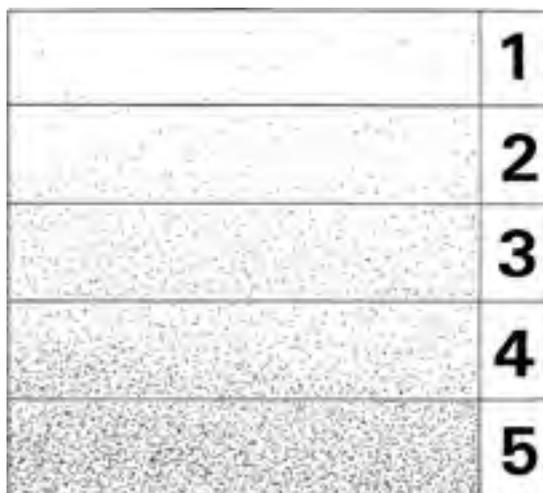


図-5 粉じん付着標準図

施工困難部位	垂直補剛材と上フランジの間	垂直補剛材と下フランジの間
写真		
施工困難部位	スカーラップ、吊金具の内側	ウェブと添接板の隙間
写真		
施工困難部位	中間横桁上面	鋼床版Uリブ添接部の添接板上コバ面
写真		

写真-12 AWT 工法による素地調整の施工困難部位の例



写真-13 AWT工法による素地調整前後の鋼素地の状況⁴⁾

4.3 品質管理

(1) AWT工法による素地調整の施工困難部位

AWT工法による素地調整の施工に際して、ガンサイズや噴射方向の制約等により、写真-12に示すような施工困難部位が存在する。これらの部位については、今後の維持管理に確実に引き継げるように、図面と写真を対応させて記録することとした。なお、施工困難部位の対応として、狭隘部に最適化した小型ハンドガンや専用のノズルの開発が進められており、今後、その適用性について検証する予定である。

(2) 素地調整後の塗装時間

これまでの実績により、AWT工法により鋼素地は、塩分の再付着や連続作業によるウォータージェット水のミスト付着が無い環境であれば、高湿度環境（80～100% RH）であっても写真-13に示すように24時間以上経過しても戻りさびが生じにくいことが確認されている⁴⁾。そのため、一般的な品質管理手法である「素地調整後4時間以内に塗装する」といった時間的制約に捉われず、鋼素地の状態に応じて塗装を行うことが可能である。

一方、品質管理上、時間的な規定が施工の制約となる場合が多く、写真-11に示すように作業空間内の清掃が不十分な状態で塗装を行うと、汚染された研削材等の塵埃が鋼素地に付着し、塗膜の密着性や耐久性に悪影響を及ぼすことが懸念される。

【参考文献】

- 1) 伊藤義人、金仁泰、貝沼重信、門田佳久：素地調整が異なる塗装鋼板の腐食劣化特性および腐食耐久性、土木学会論文集、No.766/I-68、pp. 291-307 (2004)
- 2) Q. Wang, S. Kainuma, S. Zhuang, K. Shimizu and M. Haraguchi : Laser Cleaning on Severely Corroded Steel Members: Engineering Attempt and Cleanliness Assessment, Journal of Cleaner Production, Vol.376, 134224 (2022)
- 3) 貝沼重信：既設鋼構造物の素地調整の課題と新技術、特別講演、予稿集、第43回防錆防食技術発表大会、p. 87-100、2024.
- 4) S. H. Park, S. Kainuma, M. Yang, A. Kim, T. Ikeda, Y. Toyota and T. Arakawa : Advancements in Abrasive Water-Jet Treatment for Efficient Surface Cleaning and Comprehensive Corrosion Removal in Steel Structures, Journal of Building Engineering, Vol.84, 108623d (2024)
- 5) 貝沼重信、山本悠哉、伊藤義浩、宇都宮一浩、押川渡：腐食生成物層の厚さをを用いた無塗装普通鋼材の腐食深さとその経時性の評価方法、材料と環境、Vol.61、No.12、pp. 535-540、2012.
- 6) 西日本高速道路株式会社：設計要領橋梁保全編第二集、令和7年7月
- 7) 土木学会：鋼構造シリーズ30 大気環境における鋼構造物の防食性能の回復の課題と対策、pp. 233、2019.
- 8) 日本道路協会：鋼道路橋防食便覧 pp. II-145、2014.
- 9) 豊田雄介、貝沼重信、池田龍哉、荒川武彦、小山朋：重度腐食した耐候性鋼材に対するアブレシブウォータージェットの適用性、令和4年度土木学会全国大会第77回年次学術講演会、2022.

したがって、鋼素地の品質を管理項目として明確に位置づけ、仕上げブラストによる鋼素地が表-7に示す品質規格を満足することを監督員が確認した時点から4時間以内に第1層目の塗装を完了することとした。素地調整後の塗装時間に関する品質管理手法の比較を図-6に示す。

目おわりに

本稿では、AWT工法を用いた耐候性鋼橋の補修工事計画の立案から施工までの一連を定めた「設計施工マニュアル（案）」について、補修設計の考え方、AWT工法による素地調整の品質規格、施工管理方法、そしてそれらの整備に至った背景を概説した。

現在、本マニュアル（案）を運用した施工を実施中であり、狭隘部での施工性の検証や素地調整に関する新たな品質管理手法の確立等、AWT工法の更なる高度化を目指している。



(a) 一般的な品質管理手法 (b) 本マニュアル(案)の品質管理手法
図-6 素地調整後の塗装時間に関する品質管理手法の比較

鋼構造物塗装設計施工指針の改訂

坂本 達朗¹⁾ 山中 翔²⁾

1 はじめに

弊所が編集している「鋼構造物塗装設計施工指針」(以下、塗装指針と称す)は、鋼橋に代表される鋼構造物の防食に関する設計、施工、検査、管理の技術的事項をまとめた技術マニュアルであり、JR 各社および鉄道建設・運輸機構をはじめとして、鋼構造物を取り扱う多くの事業者にも活用されている。

鉄道用の鋼橋に対して、塗料種や塗装方法などの塗装に関する要領が初めて制定されたのは、旧国鉄時代の1943年である。その後、塗料・塗装技術の進歩に伴って幾つかの塗装要領が制定され、1981年に「鉄けた塗装工事設計施工指針(案)」が刊行された。

これは、1981年以前に制定された土木工事標準示方書などの塗装関連の規定類において、塗装方法、塗装系(性能の異なる複数の塗料を組み合わせた仕様)、施工管理方法などを集約したものである。これを原型として、内容の見直しとともに新規の塗装系・塗料規格を加えて編集したものが塗装指針として1987年に発刊され、以後、1993年、2005年、2013年の改訂を経て現在に至っている。

今回の改訂では、前回の改訂から現在に至るまでに蓄積された種々の防食技術の反映や、現場において近年要求される各種課題への対応、塗装指針の利便性の向上を目的として改訂が行われた。

本稿では塗装指針の構成について解説するとともに、今回の大きな改訂項目の一つである新規に追加した塗装系及び施工技術に関する項目を解説する。

2 塗装指針の構成

塗装指針は、本文、塗膜状態および素地調整面の見本、関連規格、附属書、参考資料で構成される(表-1)。本文は第I編から第V編で構成される。第I編では鋼構造物の防食に関する維持管理の概念や塗装設計の基本をまとめており、第II編～第IV編ではそれぞれ新設時の構造物、既設構造物、無塗装構造物を対象として、使用する塗装系や、塗装工事での施工方法、管理・検査方法などを記載している。塗装指針では対象とする鋼構造物の要求性能に応じて複数の塗装系と、それらに用いる塗料を規定しており、第V編および附

属書Aでは各種塗料の構成や品質を確認するための試験方法などを詳細に記載している。また、塗装指針では規定された塗装系、塗料以外の材料も使用できるように性能規定の考え方を導入しており、その概要は第I編で記載しているほか、附属書Bから附属書Gでは性能規定に関する各種の試験方法を記載している。それ以外に、附属書Hと附属書Iには現場での塗装工事の施工管理や塗膜の特性評価に関する試験方法を記載している。

塗膜状態および素地調整面の見本では、新設時および塗替え時の塗装工事に際して塗装前の鋼材の表面状態や塗装後の各種塗膜変状に関する情報を記載している。また、関連規格では特殊な構造である防音工に対する防食方法や、特殊な塗装系、塗料を用いた塗装系の施工方法、管理・検査方法を記載している。

参考資料では、鋼構造物の腐食・防食に関する情報のほか、塗装指針で規定している塗装系の開発経緯、防食に関する維持管理に関する各種情報や、今後の展開が期待される材料技術、塗装指針では使用していない塗料種の情報などを記載している。

このような塗装指針の構成に関して、今回の改訂での変更事項を2点解説する。

(1) 本文における解説の章の削除

本文に記載される内容は、指針としての内容から腐食・防食に関する技術的知見まで多岐に及ぶ。このため、前回の改訂では本文の各編に対して解説の章を設け、そこに技術的知見に該当する内容を集約していた。しかしながら、各章に関する内容に対して解説の章の内容も参照しなければならず、理解しにくいといった意見があった。これを受けて、今回の改訂では解説の章を削除し、その他の章との統合を行った。

(2) 参考資料の追加

近年、塗替え工事における塗装作業者の安全性確保や、使用する塗料の品質・性状に対する関心が高まっている。これらを受けて、新規の参考資料として、塗膜に含まれる有害物質や、塗替え工事の際に留意すべき安全に関わる情報を追加した。また、塗装指針で規定している塗料について、塗料を購入した際に添付さ

1) 公益財団法人鉄道総合技術研究所 材料技術研究部 防振材料研究室 主任研究員

2) 公益財団法人鉄道総合技術研究所 材料技術研究部 防振材料研究室 副主任研究員

表-1 改訂した塗装指針の構成

第Ⅰ編 塗装一般			
第1章 総則	第2章 腐食・防食	第3章 鋼構造物の維持管理	第4章 塗装設計の基本
第Ⅱ編 新設構造物			
第1章 塗装系選択方法	第2章 塗装仕様	第3章 塗装施工	第4章 施工・管理
第5章 支承部・設備			
第Ⅲ編 既設構造物			
第1章 塗替え塗装の判定	第2章 塗装系選択	第3章 塗装仕様	第4章 塗装施工
第5章 施工・検査 第6章 支承部・設備			
第Ⅳ編 無塗装構造物			
第1章 耐候性鋼 第2章 溶融亜鉛めっき鋼			
第Ⅴ編 塗料			
1 使用塗料および規格 2 塗料の色 3 塗料の保管と管理			
塗膜状態および素地調整面の見本			
1 素地調整状態見本 2 塗膜劣化状態 3 塗膜変状と対策			
関連規格			
・防音工の塗装 ・粉体塗料を用いた新設時塗装 ・金属溶射を併用した塗装			
附属書			
A 塗料規格および試験方法 B 基準塗料および基準塗装板試験片 C 防食性評価試験方法			
D 耐候性（上塗り塗膜の光沢及び色変化） E 構造物の疲労き裂検査性評価試験方法			
F 塗装系中の有害化学物質（指定化学物質）量の評価方法			
G 塗装系中の揮発性有機化合物（VOC）量の評価方法			
H 塗膜表面の付着塩分測定法（現場法） I 旧塗膜の健全性評価方法（碁盤目試験）			
参考資料			
1 鋼構造物の腐食・防食概論 2 塗膜劣化機構および耐久性評価試験			
3 環境および旧塗膜に配慮した省工程型塗装系 4 塗装系 ECO の適用に関する留意事項			
5 素地調整方法 6 塗装手法とその特性 7 作業用仮設備 8 施工管理方法			
9 塗膜厚み測定方法 10 塗膜の点検・検査方法 11 今後の展開が期待されるコーティング技術			
12 有害物質に関する法令および塗替え塗装時における対策 [*]			
13 鋼構造物におけるふっ素樹脂塗料の適用 [*] 14 塗料の試験成績表 [*]			
※印は今回の改訂で新規に作成したものを示す。			

れる塗料の試験成績表に関する情報を追加したほか、塗装指針で規定していないが他分野での使用実績の多いふっ素樹脂塗料に関する考え方を追加した。

3 追加した塗装系について

近年の鋼構造物の維持管理における省力化、省コスト化のニーズや、近年高まっている環境問題への対応を踏まえると、鋼構造物の塗装系に要求される性能項目には、①長期耐久性、②塗装工程の短縮、③環境負荷の低減などが挙げられる。これを受けて、今回の改訂ではいずれかの性能項目を満足する塗装系として、表-2に示す4種類の塗装系を追加した。本稿では、本文に追加した環境負荷低減型省工程塗装系について解説する。

現在、鉄道用の鋼構造物の塗替え工事では、長期耐久性の期待できる塗装系である塗装系 G、T が一般に

用いられており、多くの施工実績を有する。両塗装系は厚膜型変性エポキシ樹脂系塗料や厚膜型ポリウレタン樹脂塗料から成る塗装系であり、塗料の溶媒には有機溶剤が用いられている。このため有害な化学物質や VOC（揮発性有機化合物）を多く含み、環境への負荷が大きい。これに対して、塗装指針では 2005 年の改訂において、環境への負荷を低減できる塗装系として、水系塗料を用いた塗装系 ECO を提案した。ただし、水系塗料は夜間での作業にあたり乾燥しにくく塗膜変状を生じる場合があるなどの施工上の課題が指摘され、普及には至っていない。これを受けて、有機溶剤を含有する塗料を用いた、塗装系 G、T よりも環境負荷の低減が可能な塗装系（以下、塗装系 SiE とする）を新規に開発し、今回の改訂で追加した。塗装系 G、T および塗装系 SiE の塗装工程を表-3に示す。

塗装系 SiE の 1 層目と 2 層目には固形成分が多く、

表-2 追加した塗装系の概要

塗装系の概要	長期耐久性	塗装工程の短縮	環境負荷の低減	掲載先	備考
環境負荷低減型省工程塗装系	○	○	○	本文	
粉体塗料を用いた塗装系	○	○	○	関連規格	新設時限定
金属溶射+塗装	○		○	関連規格	
まくらぎ下用塗装系	○	○		参考資料	施工実績少

表-3 塗装系 G、T および塗装系 SiE の概要

工程	塗装系 G (塗装系 T)			塗装系 SiE		
	塗料名	標準塗布量	目標膜厚	塗料名	標準塗布量	目標膜厚
第1層	厚膜型変性エポキシ樹脂系塗料	200g/m ²	60 μm	ハイソリッド厚膜型変性エポキシ樹脂系塗料	300g/m ²	90 μm
第2層	厚膜型変性エポキシ樹脂系塗料	200g/m ²	60 μm	ハイソリッド厚膜型変性エポキシ樹脂系塗料	300g/m ²	90 μm
第3層	厚膜型変性エポキシ樹脂系塗料	200g/m ²	60 μm	シリコン変性エポキシ樹脂塗料上塗	150g/m ²	50 μm
第4層	厚膜型変性エポキシ樹脂系塗料上塗 (厚膜型ポリウレタン樹脂塗料上塗)	150g/m ² (150g/m ²)	50 μm (50 μm)			

有機溶剤の使用量を少なくしたエポキシ樹脂塗料を採用した。当該の塗料は、従来のエポキシ樹脂塗料と比較して厚膜で塗装できる。これにより、塗装系 SiE の塗装工程を3回にすることが可能となった。

また、塗装系 SiE および塗装系 G、T の VOC 量と指定物質化学量を表-4 に示す。指定化学物質とは「特定化学物質の環境への排出量の把握等及び管理の改善の促進に関する法律」で指定される第1種指定化学物質及び第2種指定化学物質及び IARC (国際がん研究機関) で指摘する発がん性 Group1 (人に対して発がん性がある) に分類される有害性を指摘された化学物質を指し、表中の数値は各塗装系を供給可能な塗料製造会社の数値を平均化したものである。塗装条件は、素地調整時の鋼材露出面積率を25%とし、塗料製造会社が規定する最大希釈率で希釈した場合とし、各塗装系の耐久年数は30年とした。計算の結果、塗装系 SiE の指定化学物質量および VOC 量は塗装系 G、T と比較して小さくなり、塗装系 T と比較した場合、指定化学物質量では約28%、VOC 量では約43%の削減が可能であることが分かった。

塗装系 SiE の長期防食性については、塗装指針の附属書 C に記載される塗膜の耐久性評価試験方法¹⁾に基づき、塗装系 T との比較により評価した。試験鋼板には寸法 150×70×3.2mm のブラスト鋼板および腐食鋼板を用いた。腐食鋼板の作製条件は附属書 C に記載さ

れた塗替え状況2のものとし、腐食鋼板のさびの生成程度が各試験片でばらつくことを懸念して、1つの塗装系に対する繰り返し数を腐食鋼板では n=3、ブラスト鋼板では n=1 とした。塗装系 SiE については、表-3 に示す各種塗料を供給可能な3社の塗料製造会社の塗装系 (以下、仕様 A ~ C とする) を試験に供した。促進劣化試験条件は、人工海水噴霧4時間、模擬濃縮雨水44時間、乾燥48時間を3回繰り返す工程を1サイクルとしている。なお、腐食鋼板を用いた試験片では塗膜下での腐食が進行しやすく²⁾、腐食の進行とともに塗膜が膨れたような状態 (以下、さび膨れとする) になる。さび膨れは、同程度の膜厚の試験片の場合には塗膜の耐久性に関わらず速やかに進行する傾向にあることから、本試験ではさび膨れが確認されたサイクル数から塗膜の防食性を評価した。試験結果を表-5 に示す。

ブラスト鋼板を用いた試験片では、19サイクル経過時点でいずれの試験片にも変状は確認されなかった。腐食鋼板を用いた試験片では、仕様 A の1枚は1サイクル経過時点でさび膨れが発生した。これは、塗装時に生じた塗膜欠陥によるものと推定されるため、評価から除外した。それ以外の試験片では、塗装系 T の2枚が8、10サイクル経過時点でさび膨れを生じたのに対して、仕様 B が6、7、10サイクル経過時点でさび膨れを生じたものの、仕様 A、C では19サイクル経過

表-4 各塗装系の環境影響程度

塗装系	指定化学物質質量 (g/(m ² ・y))	VOC量 (g/(m ² ・y))
G	6.3	8.7
T	5.0	8.3
SiE	3.6	4.7

注：単位は、施工面積 1m²につき1年あたりの g 数を示す。

表-5 複合サイクル試験結果 (19 サイクル経過時点)

塗装系		ブラスト鋼板	腐食鋼板 (膨れが発生したサイクル数)		
			n=1	n=2	n=3
T		変状無し	8	変状無し	10
SiE	仕様 A	変状無し	1*	変状無し	変状無し
	仕様 B	変状無し	10	7	6
	仕様 C	変状無し	変状無し	変状無し	変状無し

※印は塗膜の初期欠陥による結果と考えられる。

時点で錆膨れを生じていない。これより、塗装系 SiE は塗装系 T と比較して遜色ない状態であり、塗装系 T と同程度の防食性を有すると考えられる。

なお、塗装系 SiE の施工試験は在来線鋼橋を対象として過去に実施しており、従来の塗装系と同程度の施工性であることを確認している³⁾。

4 施工技術に関する改訂について

施工技術の改訂にあたっては、塗装時の施工方法や足場の仮設方法などに関する情報収集を行い、その結果を反映した。以下、塗装技術と足場架設技術に関する改訂内容について解説する。

4.1 塗装技術に関する改訂内容

(1) 塗装作業条件の変更

近年の塗料技術の進歩に伴い、同一塗料であっても塗装作業上の留意事項が塗料製造会社毎に異なる場合がある。そこで、塗料製造会社と協議した結果、塗装作業禁止条件における温度・湿度の範囲や各塗料の希釈率の範囲などを削除し、塗料製造会社が指定する制限値に従うこととした。

(2) 減肉箇所に対する塗装作業方法の追記

実際の鋼橋における塗膜の不具合箇所を調査した結果、過去の腐食により部分的に減肉した箇所では表面が平坦でなく、一般的な塗装器具であるローラで塗装する前に刷毛を用いた先行塗りを実施することで細部に至るまで塗料が供給され、より均一で連続性のある塗膜状態が得られることが確認された。



写真-1 刷毛による先行塗りの効果の一例

一例として、顕著に腐食した鋼材をブラストした後、部分的に減肉している箇所に対して刷毛による先行塗りとローラ塗りを行った場合の拡大写真を写真-1に示す。

続いて、先行塗りの効果を室内試験で評価した。減肉箇所を有する鋼橋の切り出し部材を試験体として、ブラスト後の減肉箇所に対して刷毛塗りまたはローラ塗りによる先行塗りとローラ塗りをを行い、その後に腐食促進試験を63サイクル実施した。腐食促進試験の条件は JIS K 5600-7-9 に規定されるサイクル A (塩水噴霧 2h、乾燥 4h、湿潤 2h を1サイクルとした試験条件) とした。試験結果を表-6に示す。

刷毛塗りによる先行塗りを実施した場合、63 サイクル経過段階でも腐食は確認されない一方で、先行塗りを実施しなかった場合やローラで先行塗りした場合に

表-6 試験結果

No	先行塗りの有無	通常の塗装	防食性（腐食促進試験後）
1	なし	ローラ使用	×：早期に発錆
2	あり：ローラ使用		×：早期に発錆
3	あり：刷毛使用		○：良好な状態を維持

は早期（21 サイクル以内）に腐食が確認された。これにより、刷毛塗りによる先行塗りの適用によって長期間の防食性が維持できる可能性が得られた。

なお、ローラで先行塗りした場合に良好な防食性が得られなかったことについて、ローラで先行塗りした減肉箇所の断面写真を写真-2 に示す。

使用した塗料はさび色であり、ブラスト時に形成される小さな凹凸に対しては均一かつ連続した塗膜が形成された一方、減肉箇所では塗膜が形成されていないことが分かる。この結果から、部分的に減肉した箇所に対するローラでの先行塗りは適切でないことが確認された。

今回の改訂では、このような減肉箇所に対して刷毛による先行塗りが効果的であることを、塗装指針の参考資料6「塗装手法とその特性」に記載した。

(3) 代表的な塗料の作業性評価の更新

防食に関するニーズの多様化に伴って塗料性能の幅が広がる一方で、過去の塗装指針では各塗料の作業性を簡易に示すだけに留まっており、各種塗料の塗装作業性を十分に把握する必要が生じた。そこで、実物大試験体を用いて、塗装系 SiE に使用する塗料を含めた複数塗料の塗装作業を実施した（写真-3）。各塗料の塗装作業性の比較結果を表-7 に示す。

なお、表中の作業時間相対値は、過去に一般的に使用されていた長油性フタル酸樹脂塗料中塗を刷毛で塗装するのに要する作業時間を1とした場合の、他の塗料の作業時間の比率を示したものである。当該のデータは、本文の塗装施工に関する記載部分に追加した。このデータにより、各塗装系を適用した場合の塗装作業の難易度が直感的に理解できるほか、塗替え施工の工期を検討する際に活用できると考えられる。

4.2 足場技術に関する改訂内容

近年、塗替え工事の際の素地調整作業において、道路用の鋼橋を中心にブラスト工法の適用事例が増えている。また、作業者の安全確保も重要視されており、足場架設に際して複数の工法が提案されている。

今回の改訂では、適切な足場架設工法の選定に資する情報提供を目的として、各工法の特徴や、適用上の留意事項などを、参考資料7「作業用仮設備」に追加した。鋼橋全体に足場を設置する工法の種類と特徴、課題を表-8 に示す。



写真-2 ローラで先行塗りした際の断面写真



写真-3 塗装作業性の評価試験状況

今回の改訂で新規に追加したパネル型ユニット吊足場や先行床式フロア型吊足場は、従来の在来吊足場と比較して組立時の施工性が向上したほか、ブラスト工法を適用する場合に作業空間が確保しやすいなどの特徴を有している（図-1）。

これらの足場情報を追加したことにより、素地調整工法や安全性を考慮した適切な足場の選択が可能になったと考えられる。

4 おわりに

本稿では今回の改訂内容として、新規に追加した塗装系 SiE を解説するとともに、施工技術に関する改訂内容を紹介した。これら以外にも、鋼構造物の防食塗装を中心とした材料技術、ならびに施工技術に関する情報収集の結果に基づく加筆・修正を実施した。また、現場で要求される防食上の課題を収集するため、JR 各社に対して塗装指針の改訂にあたっての意見・質問をアンケート形式で募集した。

その結果、旧塗膜の健全性評価方法や、塗替え時期の判定方法、塗替え時に除去した塗膜の廃棄方法などに関する意見があり、これらに関する技術情報を本文

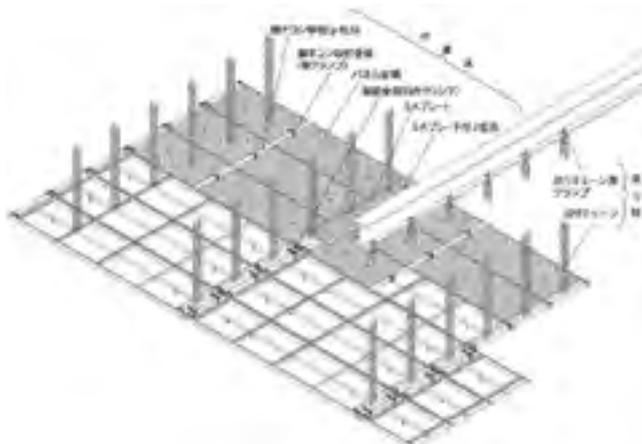
表-7 塗料種別の塗装作業性の比較

作業時間 相対値	塗料種	作業時間 相対値	塗料種
1	長油性フタル酸樹脂塗料中塗・上塗	1.6	ハイソリッド厚膜型変性エポキシ樹脂系塗料
	ポリウレタン樹脂塗料用中塗・上塗		シリコン変性エポキシ樹脂塗料上塗
1.2	厚膜型変性エポキシ樹脂系塗料	1.8	無溶剤型変性エポキシ樹脂塗料
	劣化亜鉛面用厚膜型変性エポキシ樹脂系塗料下塗		ガラスフレーク塗料
	厚膜型ポリウレタン樹脂塗料		超厚膜型エポキシ樹脂塗料
1.4	水系エポキシ樹脂塗料	/	
	水系ポリウレタン樹脂塗料上塗		
	厚膜型エポキシ樹脂ジンクリッチペイント		

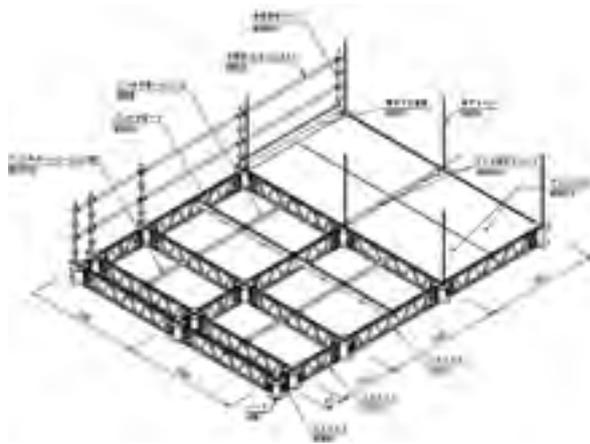
表-8 鋼橋全体に足場を設置する工法の種類と特徴と課題

足場種類	内容・特徴	問題・課題点	適用工種の目安
在来吊足場 (単管)	足場構造の自由度が高い	熟練工を要する 吊元が多い 作業床のスキマ・段差が多い	桁点検・調査 ケレン塗替え 桁修繕施工 ^注
在来吊足場 (FRP 単管)	足場構造の自由度が高い 感電リスク回避 組立解体騒音軽減 主部材の軽量化	熟練工を要する 吊元が多い 作業床のスキマ・段差が多い	桁点検・調査 ケレン塗替え 桁修繕施工 ^注
パネル型ユニット 吊足場	床部材がシステム化 部材の種類が少ない	橋軸方向の吊元多い 組立解体時の安定度が低い 在来吊り足場に比べ割高	桁点検・調査 ケレン塗替え ブラスト塗替え 桁修繕施工
先行床式フロア型 吊足場	組立解体が容易 先行床式工法により 安全性が高い 重量物積載が可能 (足場部材軽量バージョン有)	足場部材重量が重い 在来吊り足場に比べ割高	桁点検・調査 ケレン塗替え ブラスト塗替え 桁修繕施工 落橋防止等設置

注：重量物積載を考慮した吊り足場の強度計算及び施工方法に注意が必要になる。



(a) パネル型ユニット吊足場



(b) 先行床式フロア型システム吊足場

図-1 新規に追加した足場の構成図

や参考資料へ反映した。

今後は10年後を目安とした改訂を目標として、塗料・塗装に関する文献調査やデータ収集を継続して実施するとともに、鋼構造物の防食技術に関する現場の課題や要求項目について事業者からの情報収集を実施する予定である。

謝辞

今回の塗装指針の改訂にあたっては、塗料製造会社（カナエ塗料(株)、関西ペイント(株)、神東塗料(株)、大日本塗料(株)、中国塗料(株)、(株)トウペ、日本ペイント(株)）ならびに施工会社（(株)J-BIS メンテナンス、日綜産業(株)）の技術担当者とともに、材料技術や施工技術の観点からの審議を進めた。また、JR 各社および鉄道・運輸機構からは改訂版の草案に対して多くのご意見をいただいた。この場を借りて、関係各位に感謝の意を述べる。

【参考文献】

- 1) (公財) 鉄道総合技術研究所：鋼構造物塗装設計施工指針、2013
- 2) 坂本達朗、貝沼重信：塗装さび鋼板の塗膜変状機構に関する一考察、鉄構塗装技術討論会発表予稿集、Vol.37、pp.43-50、2014
- 3) 鈴木慧、坂本達朗ら：実橋梁に対する省工程型塗装系の施工性に関する検討、土木学会全国大会年次学術講演会講演概要集、Vol.73、I-038、2018

橋屋の ひとりごと

半野 久光

まえがき

今回からよもやま話を任されるようになりました半野と申します。はじめに簡単な自己紹介をしたいと思います。

現在は橋塗協の技術アドバイザーを務めておりますが、以前は首都高関係に勤めており、主に新設及び保全関係の設計と現場関係に長く従事していました。なかでも橋梁関係は高速台場線や川崎縦貫線の設計を担当しており、課長時代は山手トンネルの設計をメインで担当しておりました。

また、阪神淡路大震災の際は、土木研究所の応援部隊として当時のNEXCOや本四公団の方々と一緒に復旧仕様の作成にも従事していました。そんな関係で橋梁関係が私の得意分野の一つとなっています。

趣味としては、鉄道と写真撮影が大好きで、日本各地の鉄道や風景をカメラに収めるのが現在のライフワークの一つとなっています。

なかでも鉄道トラス橋が大好きで、実は土木屋を目指したのも鉄道トラス橋の設計をやりたかったからですが、残念ながら就職では首都高に入社することとなり、鉄道橋ではなく道路橋に携ることになりました。

さて、そんな鉄道トラス橋の大好きな自称橋梁技術者が、この度「橋屋のひとりごと」としてエッセイを書くことになりました。

ちなみにこの表題は、最近お気に入りのアニメ「薬屋のひとりごと」から頂いたもので、これを読まれる方々には「なんのこっちゃ」と思われるかも

知れませんが、そこはご容赦願います。

では、今回のよもやま話では、現在、改良工事が急ピッチで進んでいる京浜急行電鉄（以後、京急と称す）に注目し、特に初代ゴジラにより映画の中で破壊された？ハツ山橋の変遷を取り上げたいと思います。

1. ハツ山橋界隈の現状

現在のハツ山橋は道路橋と京急のトラス橋の二橋が並列しております。

特に京急のトラス橋付近は、京急をよく使われる方はご存知と思いますが、新馬場駅までの高架区間が北品川駅手前で地上に降りて、大きく左にカーブしながら踏切を渡って東海道線の上を横断し、さらに品川駅手前で再度高架となる複雑な構造となっています。

しかし、京急の連続立体化事業により北品川駅前後の踏切が解消され、さらには品川駅の東西連絡通路の延伸により、京急品川駅をJRと同じ地上駅に改良することになり、現在の京急ハツ山橋は架け替える計画となりました。（写真-1）



写真-1 ハツ山橋界隈の現況

さて、このハツ山橋付近、過去を振り返って見ると、単にゴジラに破壊された？だけではなく、その遍歴が面白いので、今回はハツ山橋界隈の変遷を眺めてみたいと思います。

鉄道唱歌の一節に「窓より近く品川の、台場も見えて波白く、海のあなたにうすがすむ、山は上総か房州か♪」がありますが、これは当時の品川駅付近を唄ったものです。

現在は、再開発により高層ビルが建ち並び品川駅東口ですが、1919（大正8）年当時の測量地形図によると、現在のハツ山橋のあたりまで海だったようです。一方、西側は御殿山の高台

が迫り、ちょうどハツ山橋付近がボトルネックとなり、ここに東海道本線と国道1号が通り、まさに、交通の要衝となっていたことが窺えます。（図-1）

その後、品川駅の海側は埋め立てが進み、鉄道の車両基地や工場・倉庫街としての土地利用が進み、現在の状況に至っています。

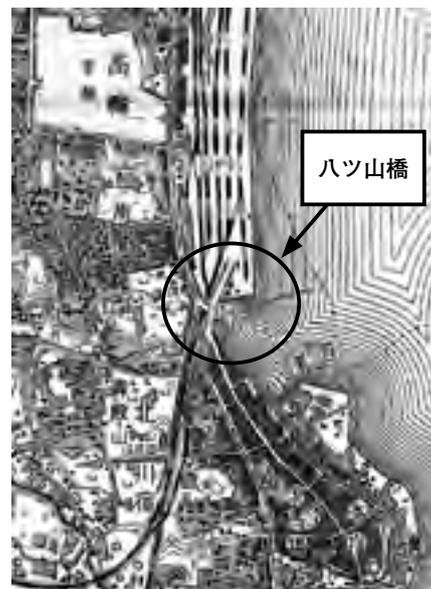


図-1 大正8年当時のハツ山橋付近
（国土地理院発行の2万5千分の1
地形図（大正6年測量）より）

2. 初代ハツ山橋

さて、初代のハツ山橋ですが、新橋～横浜間に鉄道が初めて敷設された1872（明治5）年に、国道1号（東海道）との交差部に、鉄道を跨ぐ我が国初の跨線橋として建設されました。同時に横浜の青木橋も同じく我が国初の跨線橋として建設されています。

ちなみに初代ハツ山橋の詳細なデータは不明ですが、当初は全長16.2m、幅7.2mの木造橋で、その後、1918（明治14）年に鉄製の橋梁と変わったと言うのが唯一の情報でした。

2. 二代目及び三代目ハツ山橋

時代は進み、当時の東京市内において急速に整備されつつあった市電が、品川駅前から京急の北品川まで建設されることとなり、さらには東海道線の線路増計画（現在の8線）もあり、初代ハツ山橋は、鉄道・道路併用橋の二代目ハツ山橋として1914（大正3）

年8月に架け替えられました。

当初は東京市内から通じている市電がこの橋を渡って北品川まで通じていましたが、京急の前身である京浜電気鉄道株式会社は、東京市への乗り入れを図り、紆余曲折しながらも、約10年後の1925（大正14）年に品川駅まで市電との相互乗り入れが出来るようになりました。しかし、二代目八ツ山橋が併用橋として使われてきた期間は、約20年余りでした。

関東大震災後の帝都復興事業の一環として主要道路の拡幅が計画され、1930（昭和5）年に二代目八ツ山橋南側に隣接して同形式の橋梁が一連追加で建設されました。これにより見掛け上は3連の橋梁となり、これ以降、1985（昭和60）年に架け替るまでの55年間は、この3連の姿を見せていました。ちなみにこの時代以降を三代目八ツ山橋と仮称します。

さらに鉄道として高速大量輸送を目指すことなどから1933（昭和8）年に新たに隣接して北側に京急八ツ山橋が鉄道単独橋として建設され、三代目八ツ山橋は道路単独橋として供用することになりました。

一方、京急八ツ山橋は現在に至るまで約90年間も供用されていますが、構造は写真-2に示すような下路式の複線ワーレントラス橋となっています。

また、初代ゴジラが映画の中で、東京上陸時に口にくわえて破壊した橋梁は、まさにこの京急八ツ山橋です。



写真-2 京急八ツ山橋のトラス構造

さて、話を戻しますが、この二代目八ツ山橋は国会図書館に資料が現存していたので、その建設に係る資料を調べてみました。

計画・設計は、当時の鉄道院が担当し、国道1号の東海道を通行止めせず

に架け替えを行うため、二分割施工にしたと記されています。

ここからは私の推察ですが、第一期施工では、片側半分の橋を完成させ、その後、道路を切り換えて通行止めすることなく旧橋の撤去を行い、二期施工として残り半分の橋を施工して完成させたものと推察しました。

また、主構アーチを3本有する下路橋とした理由ですが、架設地点の地形条件から道路の縦断勾配に制約があったことや、直下の東海道線の建築限界を考慮した結果、橋下の桁高を大きくすることは難しく、加えて橋の幅員が当時としては広く、橋長も比較的大きいこと等から、主構のアーチを橋面上に設置する特徴的な下路式のタイド・アーチ橋が採用されたものと推察しました。

図-2に二代目八ツ山橋の構造図を示します。国会図書館ではさらに設計計算書まで探し出しました。

構造図と設計計算書は見つけ出しましたが、この橋の全体像は1985（昭和60）年に四代目八ツ山橋として架け替えられたため、残念ながら写真に収めることが出来ず、今回掲載することが出来ませんでした。

資料によれば、橋梁の構造は鋼単純ブレースド・リブ・タイド・アーチ橋となっています。特にアーチ形状がアーチリブにより強化され、かつ、アーチの両端の橋台に生ずる横方向の力の一部がアーチ両端部を結節することで軽減される構造となっており、3本の主構アーチで構成されているのが特徴となっています。

構造図によると、主構アーチの部材は、7.3mの間隔で、3本の各アーチ形状は同じとなっています。アーチの最端部間の距離は41.5mで、2つの曲線で構成されています。

また、アーチの曲線形状は、外側が半径58.3mの円弧で、内側は弦長41.5m、弧矢（弦の中央から曲線までの距離）6.86mを有する放物線となっており、2つの曲線の間隔は中央で1.52m、端部で4.57mとなっています。

さらに、これら2つの曲線の部材は

トラス構造を介して一体化され強化されているのが特徴です。

材料は、橋本体は全て構造用鋼材として当時の半軟鋼を用いており、しかも平炉により製造することが仕様として示されていました。

また、鋼部材の製作と部材の連結は工場製作から現場添接まで全てリベット接合で、鋼材は全て英国製品（Steel Co of Scotland, Dorman, Long & Co）となっていますが、部材は当時の横河橋梁製作所の大坂工場で作られたようです。当時の橋梁の鋼材は殆ど外国製品だったようです。

一般にアーチ形式の橋梁では、アーチ部に大きな軸力と曲げが作用するため、現在では箱型断面やパイプ型断面とする場合が多いのですが、当時の製鋼技術、溶接技術では大部材の製造・製作は難しいため、小部材で構成されたトラス構造が用いられたものと推察されます。

図面を見ると、床版は鋼製トラフを敷き並べて、その上にコンクリートを打設した構造となっています。これは現在の鋼製型枠床版と同じで工程短縮を図ったものと思われる。

加えて、橋面舗装は現在のアスファルト舗装と異なり、歩道部がコンクリートモルタル仕上げで車道部は防腐剤を浸み込ませた木製の板を敷き並べた舗装となっています。

また、本橋の特徴の一つとして、アーチリブ形状がトラス構造で、しかもアーチライズとスパン比の小さいことが挙げられます。一般にアーチライズの小さい形式は、近代的でシャープな印象を与え景観として優れていると言われており、資料によれば、計画・設計に際して、東京市の玄関としてランドマーク的存在として景観を重視したデザインにしたと記されていました。

その後、三代目八ツ山橋は、1964（昭和39）年の東京オリンピックの際に、東京の玄関口としてランドマークとなるよう南側アーチリブ側面に英語表記で「WELCOME TO TOKYO」というロゴが設置されたほどであり、高齢の年配者の方ならば、記憶に残っているかも知れません。

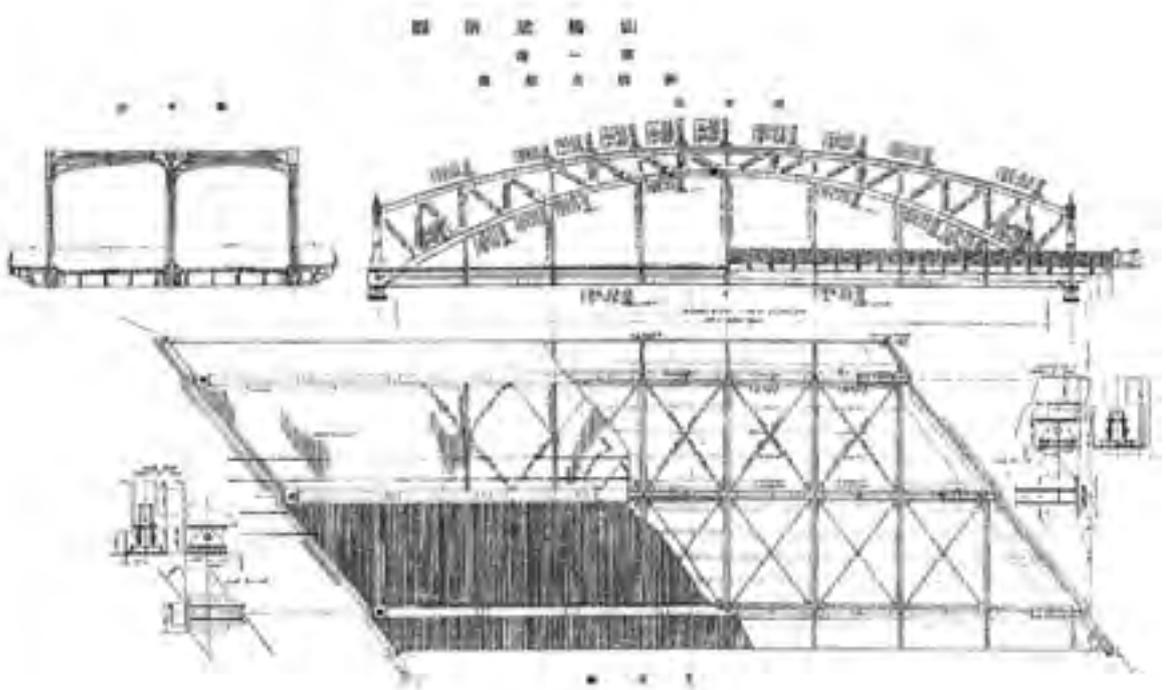


図-2 二代目ハツ山橋の構造図

(出典：大河戸宗治、ハツ山橋梁、土木学会誌第二巻第六号、大正5年12月、p1026)

3. 四代目ハツ山橋と今後

明治初期の国道1号（東海道）ですが、当時は初代ハツ山橋を渡って旧品川宿に入るルートでした。

しかし、前述したように帝都復興事業の一環として国道1号が拡幅されることとなり、その影響により二代目ハツ山橋は道路・鉄道併用橋から道路専用橋となり、さらに三代目ハツ山橋として隣接して一連増設されました。

その後、旧品川宿を避けるように、現在の国道15号が主要幹線道路として計画され、東京オリンピック開催の前年（1963年）に、新たに新ハツ山橋が南側に建設されることになりました。

これにより主要幹線道路としての役割は、三代目ハツ山橋から新ハツ山橋へと大きく変わることになりました。

そして三代目ハツ山橋は約70年が経過し、橋梁の老朽化や自動車荷重の増大等により、1985（昭和60）年に四代目ハツ山橋として架け替えられて現在に至っています。その構造は桁下の鉄道との空間に制約があるため、中路式の桁高を抑えた鋼床版単純箱桁橋となっています。

なお、高欄は二代目ハツ山橋で用い

られたデザインを模したものが用いられています。（写真-4）

また、現地には二代目ハツ山橋の遺構が残されています。それは当時の親柱（写真-5）で、二代目建設時（1914年架設）の石柱と鉄柱が残されており、



写真-4 四代目ハツ山橋



写真-5 二代目ハツ山橋の親柱

当時を偲ぶことが出来ます。しかし、橋詰の片隅に置かれていて、それに気づかれる方は残念ながら少ないように思われます。

最後に京急の地平化ですが、2018年に都市計画決定がなされ、最後に残された新馬場から泉岳寺にかけての連続立体が事業化されました。これにより長年の課題だった北品川付近の踏切が解消されるとともに、品川駅東西連絡自由通路延伸のため京急品川駅の地平化を目指す事業も決定されました。ちなみに事業の完成予定年度は2030年となっています。

工事は2020年春に着手し現在5年目を迎えています。現在、品川駅北側では引上線の移設に向けて巨大な仮設トラス橋の建設が開始されており、さらに南側では、京急ハツ山橋の架け替えに向けた準備が着々と進められています。

これにより1933年から約90年以上も供用してきた京急ハツ山橋もやがて姿を消すこととなります。

今回のよもやま話は、勝手気ままなハツ山橋のレポートになってしまいましたが、次回以降は反省して、もう少し気楽な話題にしようかと思います。

第14回定時総会・懇談会を開催

第14回定時総会は令和7年5月16日(金)、午後3時30分から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、榎谷会長の挨拶の後、議事に入り、第1号議案「令和6年度事業報告承認の件」、第2号議案「令和6年度決算承認の件」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「役員を選任の件」が上程され、特に異議はなく、原案どおり承認、可決された。

報告事項の第1号「令和7年度事業計画について」及び第2号「令和7年度収支予算について」が報告され、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20分に閉会した。

総会終了後、臨時理事会において、役員職務選定が行われた。

午後5時30分から同所「阿蘇」において「懇談会」を開催した。懇談会は榎谷会長の挨拶、国土交通省技監 廣瀬昌由氏の来賓祝辞の後、一般社団法人日本塗装工業会副会長 若宮昇平氏の乾杯の発声で開演、午後7時に盛会裏に散会した。



総会：榎谷会長挨拶



懇談会：国土交通省 廣瀬技監 来賓挨拶

令和 7 年度会長表彰

令和 7 年度表彰式は第 14 回定時総会終了後に行われ、優秀施工賞の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。

受賞者 優秀施工賞

山本 隆（東亜塗装工業株式会社）

染谷 勝利（株式会社 infrat）

高山 治樹（安保塗装株式会社）



受賞者の皆様

「高塗着スプレー塗装施工管理技術者」認定試験・講習会

令和 6 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、名古屋で実施し 25 名（新規 11 名、更新 14 名）が認定された。認定者の累計は 124 名となっている。

「高塗着スプレー塗装技能者」講習会

令和 6 年度「高塗着スプレー塗装技能者」講習会を名古屋で実施し 21 名（新規 21 名）が修了した。修了者の累計は 123 名となっている。

2 級土木施工管理技術検定（鋼構造物塗装）受検準備講習会の開催

令和 6 年度 2 級土木施工管理技術検定（鋼構造物塗装）の受検者を対象に講習会を開催した。東京、大阪及び福岡で実施し、96 名が受講した。

会議等開催状況

【第13回定時総会】

日時 令和6年5月17日(金) 15時30分～16時40分
場所 アルカディア市ヶ谷6階 「霧島」
議事 第1号議案 令和5年度事業報告承認の件
第2号議案 令和5年度決算承認の件
第3号議案 一般社団法人日本橋梁・鋼構造物塗装技術協会運営規則改定の件
第4号議案 役員選任の件

報告事項

第1号 令和6年度事業計画について
第2号 令和6年度収支予算について

【第25回理事会】

日時 令和6年4月23日(火) 15時30分～16時15分
場所 アットビジネスセンター東京駅八重洲通り 6階604会議室
会場およびZoomによるWeb会議
議事 (1) 令和5年度事業報告(案)の承認について
(2) 令和5年度収支決算(案)の承認について
(3) 令和5年度事業監査の報告について
(4) 役員等の選任について

臨時理事会(書面)

日時 令和6年8月23日(金)
議事 正会員及び賛助会員の入会について

【第26回理事会】

日時 令和7年3月19日(水) 15時30分～16時10分
場所 アットビジネスセンター東京駅八重洲通り 6階604会議室
会場およびZoomによるWeb会議
議事 (1) 令和7年度事業計画(案)の承認について
(2) 令和7年度収支予算(案)の承認について
(3) 令和7年度会長表彰の承認について

【第99回運営審議会】

日時 令和6年4月23日(火) 14時00分～15時10分
場所 アットビジネスセンター東京駅八重洲通り 6階604会議室
会場およびZoomによるWeb会議
主な議事 (1) 令和5年度事業報告(案)の審議について
(2) 令和5年度収支決算(案)の審議について
(3) 令和5年度事業監査報告について
(4) 役員等の選任について

【第100回運営審議会】

日時 令和6年7月23日(火) 15時00分～16時30分

場 所 アットビジネスセンター東京駅八重洲通り 6階 604 会議室
会場および Zoom による Web 会議
主な議事 (1) 令和 6 年度の事業実施概要について
(2) 正会員及び賛助会員の入会審査について

【第 101 回運営審議会】

日 時 令和 6 年 10 月 31 日 (木) 15 時 00 分～16 時 30 分
場 所 アットビジネスセンター東京駅八重洲通り 6階 604 会議室
会場および Zoom による Web 会議
主な議事 (1) 令和 6 年度の事業実施状況について
(2) 役員等の改選について

【第 102 回運営審議会】

日 時 令和 7 年 3 月 19 日 (水) 14 時 00 分～15 時 00 分
場 所 アットビジネスセンター東京駅八重洲通り 6階 604 会議室
会場および Zoom による Web 会議
主な議事 (1) 令和 7 年度事業計画 (案) について
(2) 令和 7 年度収支予算 (案) について
(3) 令和 7 年度会長表彰 (案) について

令和 7 年度役員名簿

会 長	槌谷 幹義	大同塗装工業 (株)	代表取締役
副 会 長	小 掠 武志	(株) 小掠塗装店	代表取締役
副 会 長	鈴木 喜亮	(株) ナカセン	会長
副 会 長	奈良間 剛	東海塗装 (株)	代表取締役
業務執行理事	森川 裕司	(一社) 橋塗協	事務局長
理 事	相澤 文也	(株) J-BIS メンテナンス	非常勤取締役
理 事	石原 康弘	(一社) 日本橋梁建設協会	副会長兼専務理事
理 事	宇佐美弘文	東亜塗装工業 (株)	代表取締役
理 事	大平 洋	関西ペイント販売 (株)	執行役員汎用部門長
理 事	桜井 順	首都高メンテナンス西東京 (株)	代表取締役社長
理 事	佐々木一夫	鹿島道路 (株) 東北支店	技師長
理 事	佐野 智正	(株) 佐野塗工店	代表取締役
理 事	中村 順一	(株) ナプコ	代表取締役
理 事	長崎 邦彦	(株) 長崎塗装店	代表取締役
理 事	檜垣 匠	建装工業 (株)	専務取締役営業本部長
理 事	若宮 昇平	(株) 若宮塗装工業所	代表取締役
理 事	渡辺 博志	(一財) 土木研究センター	専務理事
監 事	加藤 敏行	昌英塗装工業 (株)	取締役会長
監 事	木村 嘉富	(一財) 橋梁調査会	専務理事

理事 (五十音順)

第 25 回技術発表大会

毎年恒例の技術発表大会は、5月16日千代田区九段北のアルカディア市ヶ谷で開催されました。槌谷会長による開会あいさつに続いて特別講演を含めて4件が発表されました。今回は139名の方々が聴講されるとともに活発な質疑応答も行われ、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。

なお、当日の講演テーマは以下のとおりです。(詳しくは予稿集および当協会 HP をご参照ください)

「素地調整の規格と品質管理」

池田工業株式会社 代表取締役 池田 龍哉

「鋼構造物への適用に向けた粉体塗料に関する検討」

公益財団法人鉄道総合技術研究所 材料技術研究部 防振材料 山中 翔

「重度腐食した耐候性鋼材の素地調整の課題と画期的な素地調整工法（AWT 工法）について」

西日本高速道路（株）技術本部 技術環境部 構造技術課 西谷 朋晃

「インフラメンテナンス大変革（老朽化の危機を救う建設 DX）」（特別講演）

日本大学 工学部 工学研究所長 土木工学科教授 岩城 一郎



技術発表大会の状況

第 25 回技術発表大会アンケート集計結果

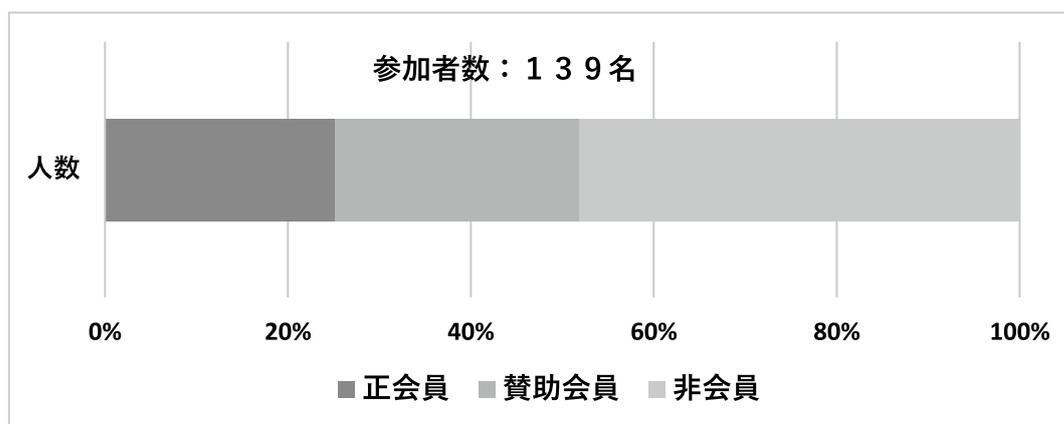
参加者数とアンケート回収率

参加者 139 名

技術発表大会参加者数 (名)	139
アンケート回収数 (枚)	115
アンケート回収率	82.7

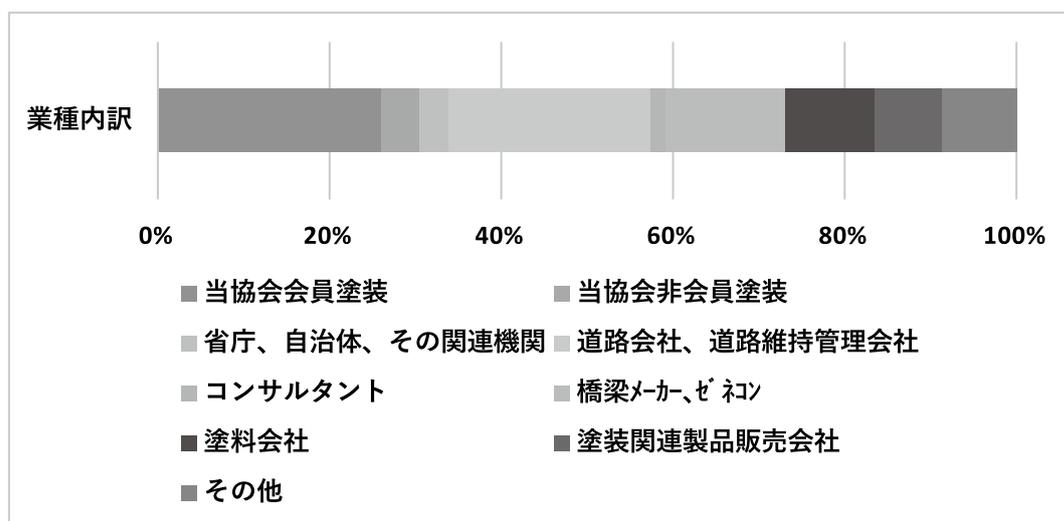
参加者の内訳

正会員と賛助会員を合わせて約 52%で、その他は非会員



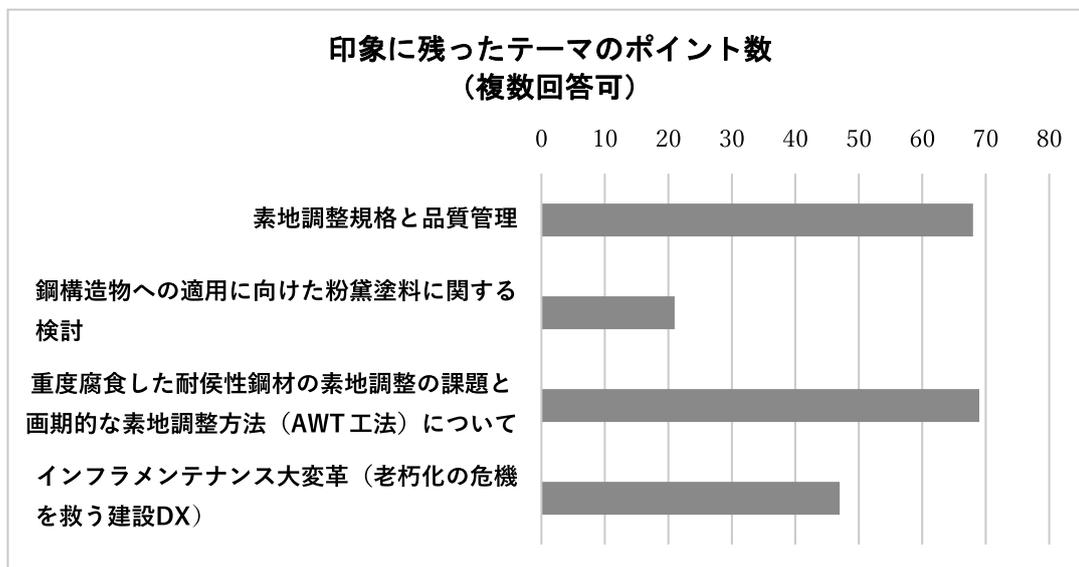
参加者の業種内訳

塗料、塗装に関する業者が約 57% で、塗装工事を設計施工する発注側の業種が約 43%

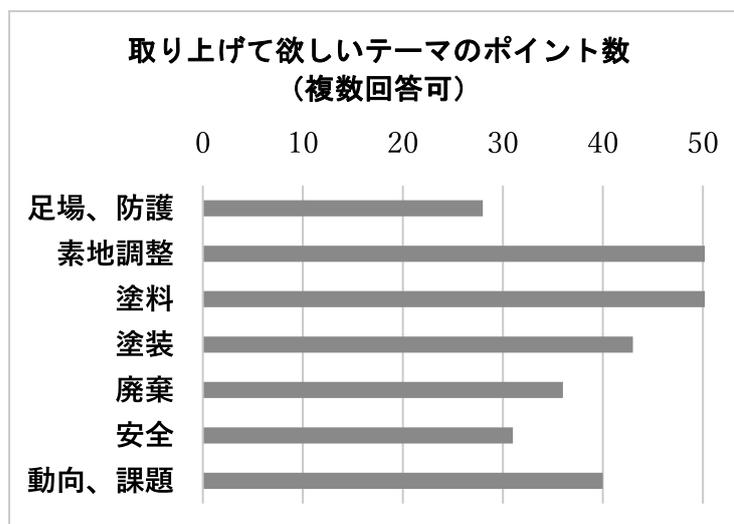


本発表大会で印象に残ったテーマ

下図から、「素地調整の規格と品質管理」に関する発表と「重度腐食した耐候性鋼材の素地調整の課題と画期的な素地調整工法（AWT 工法）について」に関する発表が関心を集めた。



今後、取り上げて欲しいテーマ



協会に対する要望や意見等

- ・会場が狭い
- ・総会と技術発表会を逆にして欲しい
- ・電子納品、DX 現場管理、レーザー関連等の技術発表が欲しい
- ・ライフサイクルコストを考えた新しいインフラメンテナンスの方向性
- ・実橋で問題となった施工についての報告が欲しい
- ・発表本数を増やして欲しい
- ・スライド資料も予稿集に添付して欲しい
- ・スライド資料の方が良いと感じた
- ・その場での質問が難しいので WEB 上での質疑応答が出来るようにして欲しい

会社名	〒	住所	TEL	FAX
北海道地区(1社)				
●北海道(1社)				
池田工業(株)	049-0156	北海道北斗市中野通 218-3	0138-73-7666	0138-73-7682
東北地区(17社)				
●青森県(3社)				
(株)カキザキ	031-0801	青森県八戸市江陽 5-6-20	0178-43-2979	0178-43-8825
大管工業(株)	030-0933	青森県青森市諏訪沢字岩田 50-4	017-726-2100	017-726-2120
(有)千葉塗装	035-0096	青森県むつ市大湊字宇曾利川村 45-1	0175-24-1445	0175-24-3885
●岩手県(1社)				
松草塗装工業(株)	026-0034	岩手県釜石市中妻町 2-17-15	0193-23-5621	0193-23-5633
●秋田県(10社)				
(有)大館工藤塗装	017-0823	秋田県大館市宇八幡沢岱 69-7	0186-49-0029	0186-42-8592
(株)加賀昭塗装	011-0942	秋田県秋田市土崎港東 2-9-12	018-845-1247	018-846-8822
(株)黒澤塗装工業	010-0001	秋田県秋田市中通 3-3-21	018-835-1084	018-836-5898
(株)澤木塗装工業	010-0511	秋田県男鹿市船川港船川字海岸通り 1-10-9	0185-24-4002	0185-24-6266
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)ナカセン	014-0207	秋田県大仙市長野字柳田 73-3	0187-56-2262	0187-56-2199
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	013-0061	秋田県横手市横手町字三ノ口 16	0182-32-0829	0182-32-6170
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(3社)				
(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(36社)				
●茨城県(1社)				
(株)マスタ塗装店	310-0836	茨城県水戸市元吉田町 1974-54	029-350-8081	029-272-3191
●埼玉県(1社)				
(株)y's	343-0022	埼玉県越谷市東大沢 2-25-1 y'sビル2階	048-973-1724	048-973-1725
●千葉県(4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
平世美装(株)	292-0834	千葉県木更津市潮見 4-14-8	0438-37-1035	0438-37-1039
ヨシハタ工業(株)	260-0813	千葉県千葉市中央区生実町 1827-7	043-305-8555	043-305-8560
●東京都(21社)				
克美建装(株)	136-0071	東京都江東区亀戸 7-41-10 ルクラージュ亀戸 1階	03-5875-5264	03-5875-5339
(株)カメヤ堀越	111-0056	東京都台東区小島 2-3-5	03-3863-8441	03-3863-8448
久保田建装(株)	158-0095	東京都世田谷区瀬田 5-3-6	03-3707-2585	03-3707-2039
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
建装工業(株)	105-0003	東京都港区西新橋 3-11-1	03-3433-2929	03-3433-4158
江東塗装工業(株)	132-0025	東京都江戸川区松江 1-4-7	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
(株)光和	124-0023	東京都葛飾区東新小岩 5-16-6	03-5875-7955	03-5875-7956
(株)ジェイテック	152-0004	東京都目黒区鷹番 3-14-4	03-5722-4400	03-5722-4404
(株)J-BISメンテナンス	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
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
(有)大栄塗装	132-0033	東京都江戸川区東小松川 4-21-5	03-5879-5277	03-5879-5277
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

会社名	〒	住所	TEL	FAX
東亜塗装工業(株)	112-0002	東京都文京区小石川 5-35-11	03-5804-6211	03-5804-6212
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)ナブコ	135-0042	東京都江東区木場 2-21-5	03-3642-0002	03-3643-7019
服部塗装商事(株)	157-0066	東京都世田谷区成城 2-33-13	03-3416-1059	03-3416-0808
丸喜興業(株)	154-0004	東京都世田谷区太子堂 4-22-5 ホームズ三軒茶屋駅前 201 号室	03-3422-3255	03-3412-4907
(株)ヤオテック	144-0053	東京都大田区蒲田本町 2-15-1	03-3737-1225	03-3737-1279

●神奈川県(6社)

(株)infrat	216-0044	神奈川県川崎市宮前区西野川 2-37-35	044-788-1944	044-751-9052
(株)OIKE	214-0014	神奈川県川崎市多摩区登戸 2075-2 コスモスパジオ向ヶ丘遊園 302	044-299-6688	044-299-6687
(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
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
(株)ヨコソー	238-0023	神奈川県横須賀市森崎 1-17-18	046-834-5191	046-834-5166
横浜コーティング Pro.(株)	236-0002	神奈川県横浜市金沢区鳥浜町 16-4	045-370-9651	045-370-9661

●長野県(2社)

安保塗装(株)	399-8101	長野県安曇野市三郷明盛 3964-1	0263-77-8899	0263-77-8822
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

●山梨県(1社)

(有)山縣塗装店	400-0812	山梨県甲府市和戸町 147-3	055-232-2284	055-233-1954
----------	----------	-----------------	--------------	--------------

北陸地区(10社)

●新潟県(1社)

平川塗装(株)	950-0950	新潟県新潟市中央区鳥屋野南 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	921-8135	石川県金沢市四十万 5-3-2	076-287-5280	076-259-0124
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(4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)塚田商事	910-0016	福井県福井市大宮 6-15-24	0776-22-2991	0776-22-4898
(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(4社)

●愛知県(2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
ヤマダインプラテクノス(株)	476-0002	愛知県東海市名和町二番割中 5-1	052-604-1017	052-604-6732

●岐阜県(2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

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)昭和塗工社	558-0011	大阪府大阪市住吉区苅田 3-3-24-410	06-6608-8865	06-6608-8867
(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

会社名	〒	住所	TEL	FAX
●兵庫県(3社)				
(株)伊藤テック	661-0043	兵庫県尼崎市武庫元町 1-21-18	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
(株)日誠社	673-0011	兵庫県明石市西明石町 2-1-13	078-923-3674	078-923-3621

中国・四国地区(9社)

●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(4社)

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	733-0036	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

●香川県(1社)

中橋産業(株)	762-0061	香川県坂出市坂出町北谷 314 番地	0877-46-1201	0877-44-4424
---------	----------	--------------------	--------------	--------------

九州地区(3社)

●宮崎県(3社)

(株)くちき	880-2101	宮崎県宮崎市大字跡江 386-4	0985-47-3585	0985-47-3586
森塗装(株)	880-0835	宮崎県宮崎市阿波岐原町前浜 4276-282	0985-23-6662	0985-24-4363
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

(以上 87 社)

賛助会員

会社名	〒	住所	TEL
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
菊水化学工業(株)	460-0008	愛知県名古屋市中区栄 1-3-3 AMMNAT ビル	052-300-2222
三協化学(株)	461-0011	愛知県名古屋市中区白壁 4-68	052-931-3111
三彩化工(株)	531-0076	大阪府大阪市北区大淀中 3-5-30	06-6451-7851
(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
JFE エンジニアリング(株)	100-0011	東京都千代田区内幸町二丁目 2 番 3 号 日比谷国際ビル 22 階	03-3539-7225
スズカファイン(株)	510-0101	三重県四日市市楠町小倉 1058-4	059-397-6111
大伸化学(株)	105-0012	東京都港区芝大門 1-9-9 野村不動産芝大門ビル 11 階	03-3432-4786
大日本塗料(株)	542-0081	大阪府大阪市中央区南船場 1-18-11 SR ビル長堀	06-6266-3100
(株)トウベ	592-8331	大阪府堺市西区築港新町 1-5-11	072-243-6411
日環商材(株)	150-0032	東京都渋谷区鶯谷町 3-1 SU ビル 604	03-5422-3510
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)ネオス	650-0001	兵庫県神戸市中央区加納町 6-2-1 神戸関電ビル 7 階	078-331-9382
山一化学工業(株)	110-0005	東京都台東区上野 3-24-6 上野フロンティアタワー 15 階	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	06-6543-4526

(以上 17 社)

system **Revive** 鋼製橋梁の長寿命化対策 省工程塗替えシステム

鋼構造物リバイブ工法

NETIS

登録塗料

登録番号:KT-230012-A
ブリストルブラスター
登録番号:TH-090014VE
(掲載終了製品)
ユニテクト30SF

Rc-Ⅲ塗装系をRc-I級の耐久性に向上

.....ハンディ工具によるブラスト処理面形成

高耐候 中塗・上塗り兼用塗料
(JIS K 5659:2018 A種上塗 1級)

長期防食性に影響する下地処理面のグレードをUP!

ブラスト処理面が形成できるハンディタイプの動力工具を使用する事で、通常の動力工具では除錆不可能な残存さびを清浄な鋼材面にする事ができます。(清浄な鋼材面となった補修箇所は、Rc-Iと同様に有機ジンクリッチペイントの適用が可能です)

省工程形塗料の組合せにより、工期短縮とコスト低減が実現!

厚膜変性エポキシ樹脂塗料下塗と、ふっ素塗料同等以上の耐候性を有した、シリコン変性エポキシ樹脂中塗上塗兼用塗料の組合せにより、従来のRc-Ⅲ品質を維持したまま工程を短縮することができます。

(例：Rc-Ⅲ塗装工程の場合、5工程から3工程に短縮が可能です)



【お問い合わせ】

関西ペイント株式会社 建設塗料統括部
〒144-0045 東京都大田区南六郷3丁目12番1号
TEL. 03-5711-8904

関西ペイントホームページ

www.kansai.co.jp

NETIS 登録番号 SK-210003-A

鋼材に貼りつけるだけでOK 貼る重防食シート

メタモルシート#1

腐食箇所などの
部分補修に

従来の塗装作業とは異なり、作業も取り扱いも簡単!

NETIS 登録番号 CG-210013-A

鉄・非鉄金属用

塩害環境向け高遮断塗装システム

塩害環境に強い!

タイエンダー

システム

弱溶剤形 タイエンダー下塗 特化剤対応品

強溶剤形 タイエンダー下塗ストロング

超厚膜形 タイエンダー下塗ストロング H-R

DNT 大日本塗料株式会社
DAI NIPPON TORIYO <https://www.dnt.co.jp/>

●大 阪 ☎06-6266-3119 ●名古屋 ☎052-332-1701
●東 京 ☎03-5710-4502 いーないろ
塗料相談室フリーコール 0120-98-1716

会社公式インスタグラム



塗料会社が 未来のインフラのために、 できること。

日本ペイントは環境負荷低減のために、
社会インフラを経年劣化から守る防食塗装システムの
「水性化による非危険物化」を塗料業界で初めて実現しました。
総合塗料メーカーとして、
地球環境保全という社会的責任を果たすために、
日本ペイントはチャレンジを続けています。

こちらからカタログが
ダウンロードできます



ニッペ 非危険物水性重防食塗料 水性防食システム



NIPPON PAINT CO., LTD.

PAINTWORKER

この地球をオドロキで彩ろう

VE登録! 活用効果評価済み ケレン塗膜粉じん飛散防止液

モイストツップK

NETIS 国土交通省 新技術情報提供システム
<登録番号> KT-160144-VE
活用促進技術
新技術活用評価会議(中国地方整備局)

特許第6462739号

1 ケレン塗膜粉じんの飛散抑制

塗付することで湿式によるケレン作業が実施でき、塗膜粉じんが浮遊せずに落下しやすくなるため、塗膜粉じんの飛散を効率よく抑制することができます。

2 湿潤効果持続性

天上面や垂直面に簡単に塗付できてタレることなく、長時間に渡り湿潤状態を保ちます。
※湿潤効果の持続時間:約8時間(23℃)

3 残剤除去性

乾燥が遅く、水溶性であるため、ケレン作業後に拭き取ることで残剤を簡単に除去することができます。

4 飛散物の回収性

ケレン作業により使い捨て養生シート等に付着した飛散物は、時間の経過とともに被膜化が進行するため、粉じんとして浮遊せずに回収が容易です。

5 安全性

水系タイプであるため、引火性がなく安全で、臭気の問題もなく、作業員に対する危険有害性が低いです。



スズカファイン株式会社

【お問い合わせ】 スズカファイン(株) 市場開発部

〒510-0851 三重県四日市市塩浜町1番地技術センター

TEL : 059-346-1116 FAX : 059-346-4585

水性塗膜剥離剤 アクアインプラス

EPP工法[®] (エコ・ペイント・ピーリング工法)

Eco Paint Peeling Method

- ★国土交通省 新技術情報提供システム
NETIS登録番号:KT-150081-VE
- ★国土交通省「土木鋼構造物用塗膜剥離剤技術」評価対象技術



安全で
安心

後処理が
容易

使い方が
簡単



JFE エンジニアリング 株式会社

JFE 改築事業部 営業部 〒100-0011 東京都千代田区内幸町二丁目2番3号
TEL: 03-3539-7225 FAX: 03-3539-7231

環境配慮と長寿命化によるライフサイクル及びメンテナンスコスト低減を実現した
弱溶剤高耐候性防食塗装システム

ニューフツソシリーズ

省工程対応

【ニューフツソ21DC上塗システム】

弱溶剤形ふっ素樹脂塗料上塗
ニューフツソ21DC上塗

弱溶剤形ふっ素樹脂塗料用中塗
ニューフツソ21中塗E

弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料下塗
ニューエポ21プライマー

弱溶剤形有機ジンクリッチペイント
ニュージンクHB

【ニューフツソHB上塗システム】

弱溶剤厚膜形ふっ素樹脂塗料上塗
ニューフツソHB上塗

弱溶剤厚膜形変性エポキシ樹脂塗料下塗
ニューエポ21HBプライマー

— 関連商品 —

さび面素地調整軽減エポキシ樹脂プライマー
トアラストバリア
水性塗膜剥離剤
アクアインプラス202N

多様な社会ニーズに応える、持続可能かつ進化する
防食塗装システムを提案し続けます。

 株式会社トウペ

ホームページ <https://www.tohpe.co.jp/>

本社塗料相談室 〒592-8331 大阪府堺市西区築港新町一丁目5番地11 Tel. (072) 243-6452



高塗着スプレー塗装工法

((一社)日本橋梁・鋼構造物塗装技術協会) 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

取締役会長 島元 文隆

○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
shimamoto-shoukai@arion.ocn.ne.jp

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



国土交通省新技術提供システム

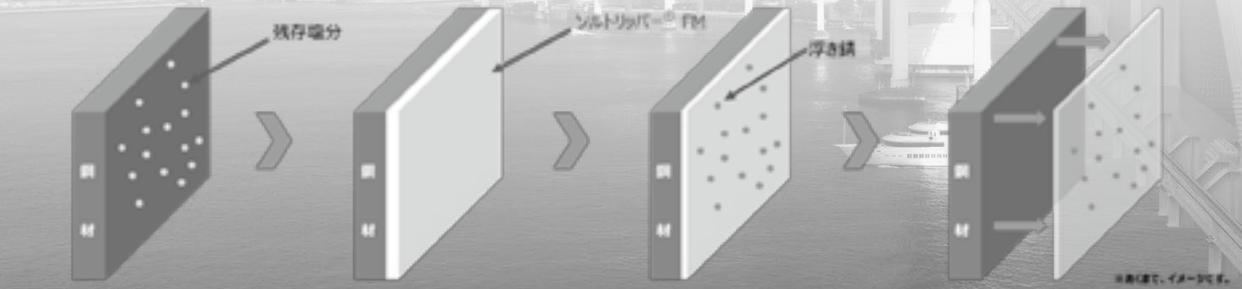
NETIS

KK-230044-A

**水洗できない現場でも、
膜を剥がして、塩分処理可能！**

塩分低減のメカニズム

1. 塗布/塩分の取り込み
2. 乾燥と共に浮き錆発生
3. 乾燥塗膜の除去



- 鋼材面に残存する塩分の影響で、塗替え塗装後、早期に錆が発生する事例が報告されています。
- ソルトリッパーFMは、ブラストによる素地調整後の鋼材に残存する塩分を低減させる効果があります。

お問い合わせの際は、
弊社ホームページのお問い合わせフォームから ⇨
<http://www.daishin-chemical.co.jp/>



大伸化学株式会社
DAISHIN CHEMICAL CO.,LTD.

サンドブラストは1.5Mpa(約15kg/圧)の時代へ！

鋼構造物の素地調整・塗膜剥離に於ける高圧ブラスト

リユースブラスト®

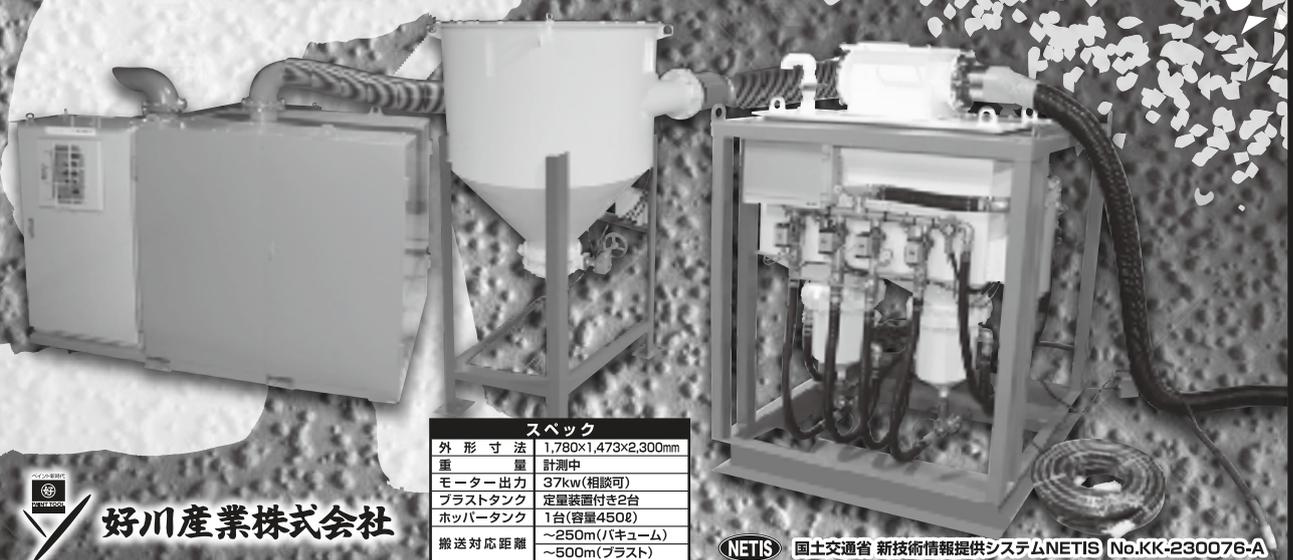
コンパクト化

シンプルな制御

新技術

研削材の
自動供給システム

ノンストップの
バキューム作業



スペック	
外形寸法	1,780×1,473×2,300mm
重量	計測中
モーター出力	37kw(相談可)
ブラストタンク	定量装置付き2台
ホッパータンク	1台(容量450ℓ)
搬送対応距離	～250m(バキューム) ～500m(ブラスト)



好川産業株式会社



国土交通省 新技術情報提供システムNETIS No.KK-230076-A

鋼構造物用 水系塗膜はく離剤

バイオハクリ

BAIOHAKURI

X-WB

◎ 国土交通省 新技術情報提供システム NETIS登録No. KT-160043-VE

◎ 平成31年3月27日 国土交通省「土木鋼構造物用塗膜剥離剤技術」試験評価品



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 3-24-6

上野フロンティアタワー15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

RCエアシェルター

PAINTING TOMORROW®

REVOLUTION CONSTRUCTION

現場の休憩所や作業所を進化させる

熱中症対策の新定番

色々なシーンに
使える快適space!!

✓ 現場環境改善

✓ 熱中症対策

✓ 雨養生

立ち上がり
速度 約1分



製品カタログはコチラ▶

㊤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 <https://www.maru-t.co.jp>

C-WRA

水系塗膜剥離剤工法等研究会

水系塗膜剥離剤工法で有害物含有塗膜の除去を♪

正
会
員

山一化学工業株式会社 好川産業株式会社 三彩化工株式会社
JFEエンジニアリング株式会社 株式会社ソーラー 大伸化学株式会社
三協化学株式会社 株式会社ネオス 菊水化学工業株式会社

フラストやフラスト面形成動力工具等の施工能率も向上し産廃物量も低減♪

水系塗膜剥離剤の主成分「ベンジルアルコール」は、
厚生労働省 労働安全衛生法による、化学物質のリスクアセスメントの対象物質に追加されました。
「ベンジルアルコール」は、どのように扱えば安全であるか明らかになっている物質ですので、適正に
管理して使用するようにならねばなりません。(政令及び省令の施行期日:令和3年1月1日)

〒651-0097 兵庫県神戸市中央区布引町2-2-7

www.c-wra.jp info@c-wra.jp

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

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



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 https://www.jasp.or.jp

編集後記

現場において実際に作業を担っているのは、熟練の技能を持つ職人たちです。そして、そうした職人を束ね、現場を支えているのが下請企業であり、彼らの存在なしに工事の施工は成り立ちません。

しかし、こうした下請企業の一部では、職人の高齢化、人手不足や後継者不在といった課題に直面し、事業の継続が難しくなっています。特に、職人を抱える小規模な企業では、親方が一代で築き上げたケースも多く、次世代への事業承継が進んでいない現状にあります。親族に後継者がいない、若手が独立を敬遠する、そもそも組織化されていないなど、その背景には様々な事情があるようですが、結果として、親方の引退とともに会社が解散し、貴重な技術や仕事の流れが失われてしまうことも少なくありません。現場を支える下請企業や職人集団の事業の継続は、業界全体にとっても重要な課題です。

近年、ゼネコンや大手企業が専門技術を持つ中小企業をグループ化する動きは加速しており、M&Aは業界再編の一手として機能しています。M&Aというと、「会社を売る＝終わり」といったネガティブな印象が先行しがちですが、後継者がいない企業が、同業他社や元請企業の傘下に入ることで、技術や雇用を守り、事業を継続するというポジティブな側面もあります。

このような合併や業務提携もまた、技術と人材を次世代へとつなぐ「次のステップ」として捉えるべき選択肢の一つかと思います。(H.U)

訃報

当協会の参与片脇清士氏におかれましては、令和6年12月12日に急逝されました。享年78歳でした。氏は、永年にわたって橋塗協の発展に尽力されました。また、本誌 (Structure Painting) 第52号に寄稿いただいたことは記憶に新しいところです。

ご逝去の報に接し、まことに痛惜の念に堪えません。故人の生前のご功績をしのび、心からご冥福をお祈りいたします。

一般社団法人日本橋梁・鋼構造物塗装技術協会

会 長	副会長	顧 問
樋谷 幹義	小掠 武志 鈴木 喜亮 奈良間 剛	佐藤 信秋 奈良間 力

Structure Painting 編集委員会

編集委員長	編集委員 (五十音順)	
並川 賢治 (首都高メンテナンス 東東京株式会社)	宇佐美弘文 (橋塗協 理事)	中村 順一 (橋塗協 理事)
	北村 岳伸 (本州四国連絡高速道路株式会社)	藤本 貴正 (株式会社高速道路総合 技術研究所)
編集幹事	久保田益弘 (橋塗協 運営審議委員)	
加藤 敏行 (橋塗協 監事)	小林 寛 (阪神高速道路株式会社)	山中 翔 (公益財団法人鉄道総合 技術研究所)
	佐野優里奈 (首都高速道路株式会社)	
	富山 禎仁 (国立研究開発法人土木研究所)	

Structure Painting - 橋梁・鋼構造物塗装 -

(通巻第151号)

令和7年9月20日 印刷

令和7年9月30日 発行

年1回発行/無断転載厳禁

発行責任者 樋谷 幹義

非売品

発行所 一般社団法人日本橋梁・鋼構造物塗装技術協会

〒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)

電話 03 (6231) 1910

FAX 03 (3662) 3317