

高速道路における鋼橋の塗替え塗装と塗膜除去工法に関する取組み

中日本高速道路株式会社 酒井 修平*

1. 高速道路における鋼橋の塗替え塗装

1-1 鋼橋の既存塗膜劣化の実態

(1)NEXCO における鋼橋の維持管理と防食に関する技術基準の変遷

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

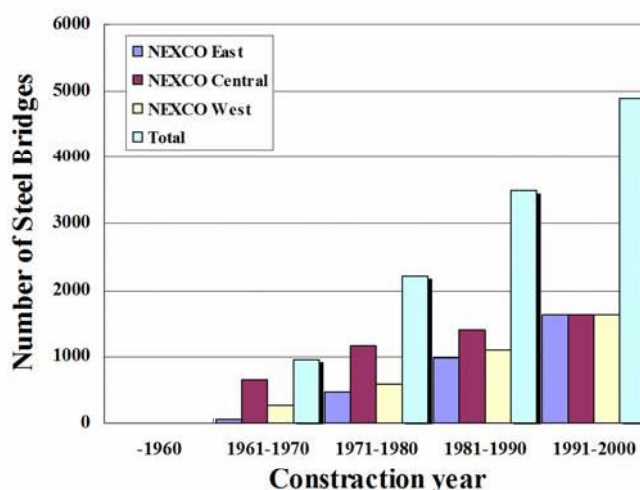


図-1 NEXCO の鋼橋の建設年度と橋梁数
(NEXCO-BMS 2003 より)

これまで、NEXCO では鋼橋の防食方法として塗装、耐候性鋼材、亜鉛めっきなどが用いてきた。国内の交通ネットワークを形成する高速道路という重要性和従来の管理実績や桁構造の合理化による部材断面の大型化などから、NEXCO の鋼橋の防食方法は塗装を中心に採用してきた。そこでは、建設および維持管理コストの縮減を考慮しながら、耐久性の高い塗装が開発されてきた。例えば、費用を抑えつつ耐久

性を確保するため工場塗装を全面採用できるよう薄膜重防食塗装(I塗装系、図-2)を平成9年度から採用し、沖縄などの厳しい環境ではボルトキャップなどを採用や桁洗浄、既存塗膜の点検では画像処理による塗膜劣化判定(ペイントビュー、図-3)など、組織全体および各地での技術的な取組みが行われている¹⁾²⁾。

塗装系	工程	塗料または素地調整程度	標準膜厚
I塗装 (薄膜重防食塗装系)	前処理	素地調整 プライマー	G-a 無機ジンクリッチプライマー
	工場塗装	2次素地調整	スイーブプラスト (グラマー損傷部はG-a)
		下塗	有機ジンクリッチペイント
		中塗	ポリウレタン樹脂塗料用中塗
		上塗	ポリウレタン樹脂塗料上塗
C5塗装 (重防食塗装系)	前処理	素地調整 プライマー	G-a 無機ジンクリッチプライマー
	工場塗装	2次素地調整	G-a
		下塗 第1層	無機ジンクリッチペイント
		ミストコート	エポキシ樹脂塗料下塗
		下塗 第2層	厚膜形エポキシ樹脂塗料下塗 (120μm)
		中塗	ふっ素樹脂塗料用中塗
		上塗	ふっ素樹脂塗料上塗

図-2 薄膜重防食塗装 (I塗装系)

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

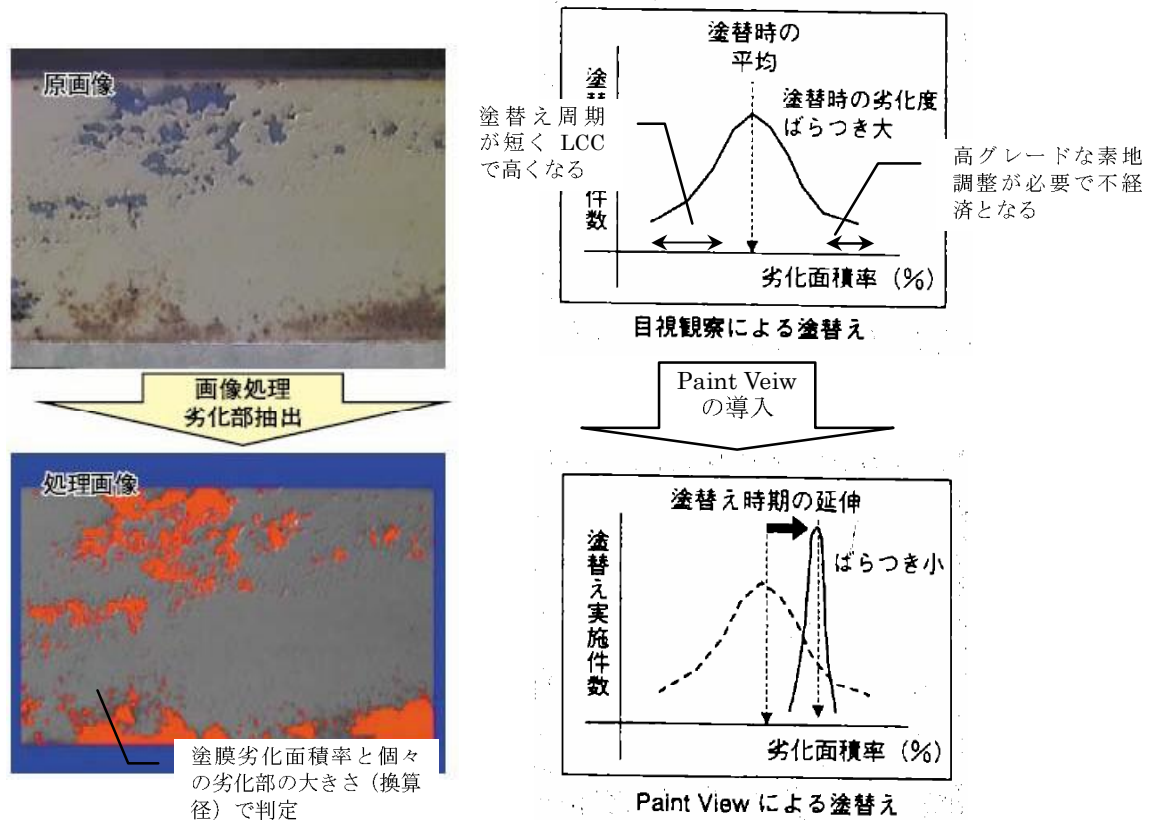


図-3 画像処理による既存塗膜劣化診断技術（ペイントビュー）

最近、国内外の落橋事故³⁾⁴⁾⁵⁾などから国内でもライフサイクルコストに関するコンセンサスが得られるようになり、それにあわせるように鋼道路橋塗装・防食便覧⁶⁾（以下「便覧」）などの国内および NEXCO の設計要領⁷⁾等の技術基準も改訂されている。便覧では新設橋梁において、一般環境で用いる塗装が下塗りにさび止めペイント、上塗りにフタル酸系塗装を使用する一般塗装（A 塗装系）から下塗りにジンクリッチペイントおよびエポキシ樹脂塗料を用い上塗りにフッ素樹脂塗料を用いた重防食塗装（C 塗装系）に、塗替え塗装についても既存塗膜の完全除去を行い、重防食塗装に塗替えることが基本とするように変更されている。NEXCO ではそうした背景のもと、次節以降に示すような既存橋梁の塗膜調査や耐久性評価の検討を行い、塗装だけでなく金属溶射などの防食層そのものの材料の耐久性や設計・施工および既存塗膜の除去方法など総合的に勘案し、技術基準の改訂を行っている。

(2) 鋼橋の既存塗膜の劣化

NEXCO の鋼橋の既存塗膜の劣化に関する全国的な実橋調査が、研究組織によって過去何度か行われている。過去の大規模な調査⁸⁾では、全国 600 橋以上の調査結果から一般塗装（A 塗装系）について環境別、部位別、部材別に塗膜の耐久性を評価している（写真-1、2）。それらの調査結果から、ウェブより下フランジや二次部材（特に後付けした床版補強用部材）、支間部より桁端部の耐久性が劣ることが示されている（表-1）。それらの調査結果より劣化が相対的に進行の早い部材・部位は下塗りを増塗りするようにしている。また、それらの結果では塗替え回数が増すごとに塗替え周期が短くなる傾向にあることも示唆している（表-2）。しかし、重防食塗装の耐久性に関しては、当時塩化ゴムを使用した仕様で現在と大きくことなることから参考となるデータがとれていない。

表-1 環境と部材別の耐久性に関する調査結果
(塗替え周期) A 塗装系、一般環境

	桁下高さ 5m未満	桁下高さ 5m以上	端 部	中央部
ウェブ内側	18.1	17.7	15.9	21.4
ウェブ外側	12.1	14.4	11.5	19.5
下フランジ下面	7.5	7.0	6.7	8.1
床版補強の縦桁	10.1	16.2	13.7	20.0
床版補強の縦桁	7.2	9.3	7.8	7.5
対 傾 構	15.9	11.5	10.8	15.6
横 構	18.5	11.4	10.3	18.0
上フランジ下面	13.2	14.6	17.5	17.4

注) 検索条件 縦桁, 田園山間, A 塗装系, 漏水無し

表-2 塗替え回数による塗膜の耐久性に関する
調査結果 (塗替え周期) A 塗装系、一般環境

	1回目	2回目	3回目	4回目	サンプル数計
河 川 上	9.5 (124)	9.1 (33)	6.3 (5)	7.0 (1)	215
交差道路上	10.4 (53)	8.9 (10)	—	—	88
側道隣接	8.8 (36)	8.5 (6)	—	—	68
住 宅 地	9.4 (43)	7.5 (19)	7.8 (4)	—	49
田園・山間	10.0 (114)	8.3 (25)	7.1 (2)	5.3 (1)	212
全 環 境	9.7 (395)	8.5 (101)	7.0 (11)	6.2 (2)	664

注) 表中の () 内の数値は, サンプル数を示す。



写真-1 一般塗装 (a-1 塗装系) の塗膜劣化
(一般環境、約 15 年経過)



写真-2 塗替え塗装 (a-1 塗装系) の塗膜
(一般環境・道路交差点、約 6 年経過)



写真-3 重防食塗装 (C3 塗装系) の塗膜
(一般環境、約 15 年経過)



写真-4 塗替え塗装 (c-1 塗装系) の塗膜劣化
(やや厳しい環境、約 11 年経過)

近年の塗装のライフサイクルコストの評価に関する研究とあわせ、一般環境で重防食塗装を使用している橋梁の調査を実施している。それらの調査結果では NEXCO で新設時より現在の仕様の重防食塗装を使用している橋梁は、最も古い橋梁で約 15 年程度であった。それらの橋梁の塗膜は、約 15 年経過した現在でも添設部や前述した部位などでも全く塗膜の劣化はなく健全であった (写真-3)。また、当時そうした環境で重防食塗装を使用することから設計・施工に相当気を使っ

ているのが、部材角部の R 処理の丁寧さなどからうかがえる。また、塗替え塗装では、一般塗装から耐久性向上を考え、重防食塗装に素地調整 3 種程度で塗替えを行っている事例が多くなっている。しかし、それらの仕様の多くが塗替え塗装の c 塗装系で最も経済的な鋼材露出面のタッチアップにジンクリッチペイントを用いない c-1 塗装系がほとんどであった。それらの多くは一般塗装で塗替えるより耐久性の向上がみられるものの、同じ箇所でもふくれやさびなどの早期の塗膜劣化がみられ、腐食や機械工具でのさびの除去を何度も繰り返すことで局部的に大きな断面欠損となったりしている事例(写真-4)も少なくない。特に高速道路の場合、凍結防止剤の散布により桁端部や中央分離帯開口部などで局部的に厳しい環境が形成されるため、腐食劣化も局部的に相当な早さで進行する。特に部材の角処理のされていない塗膜は重防食塗装にしても劣化が早期に生じている。これらの調査結果から塗膜の耐久性は、新設塗装では塗装仕様および品質(工場塗装)、細部の設計や施工が、塗替え塗装ではさびの除去方法、塗替え塗装仕様および施工品質が大きな影響を与えることが判る。

また、ペイントビューシステムの塗膜劣化度に関する過去のデータ分析²⁾では、一般環境の A 塗装系の劣化面積率の推移について図-4 のような結果を示している。一般塗装の塗替え周期はそれまで平均して約 11.7 年(最近では 16 年程度と言われている)であることから、劣化面積率を指標とした環境別の劣化予測なども、このシステムのデータを用いることで予測される。他の重防食塗装などの仕様についても、今後蓄積されたデータの分析により劣化予測を行うことができるようになり、アセットマネジメントを用いた維持管理のための貴重なデータとなるとと思われる。

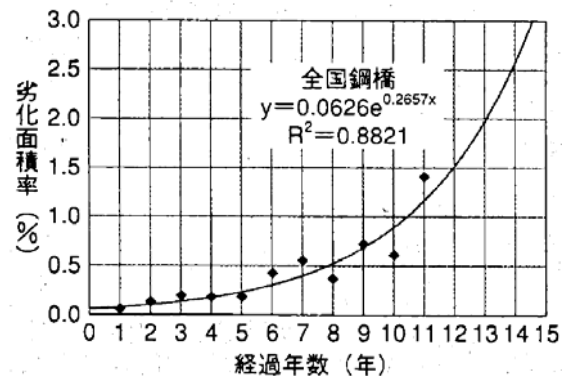


図-4 ペイントビューによる塗膜の劣化予測
(一般環境、A 塗装系)

1-2 塗膜の耐久性に関する調査試験

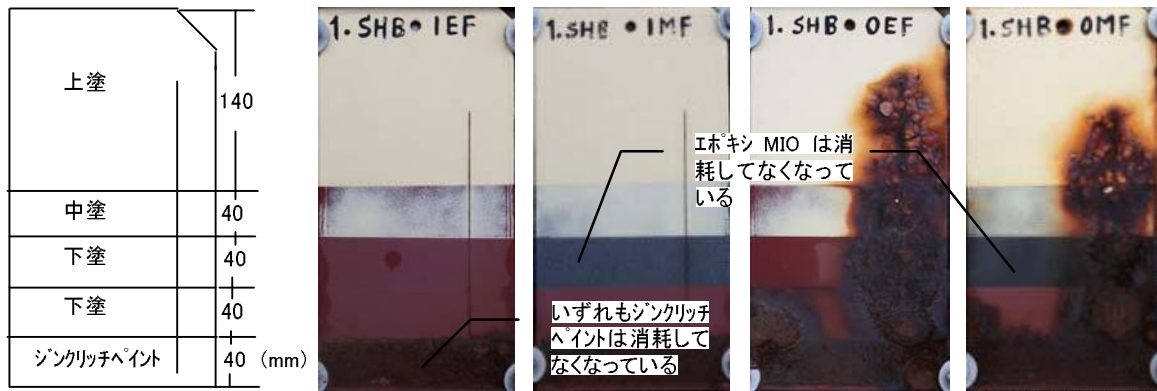
(1) 長期の屋外暴露試験の調査

NEXCO では塗装仕様の開発と品質管理試験の制定のため、新設、塗替え、耐候性鋼の補修などの各種の塗装仕様について促進試験とともに屋外暴露試験を行っている。概ね 3～5 年程度の暴露試験を行い、仕様決定や品質管理試験方法などの基準化を行っている。さらに、標準仕様となった試験片についてはその耐久性を把握するため、長期の暴露試験を行っている。

写真-5 は重防食塗装の仕様決定のための試験片について長期の暴露試験を行ってきた例である。塗装システムを構成する各層の有用性について把握するとともに環境による耐久性の把握ができる。

(2) 促進試験による耐久性評価

近年の塗装に関する関心事にライフサイクルコストの最小化があげられる。塗装仕様の決定においても従来のようにその時点の限れた年度予算(初期投資)の枠で耐久性を考えるのではなく、考えられる範囲でライフサイクルコストの最小化を考えるようになっている。しかしながら、ライフサイクルコストを考えるには、工事費用のみならず期待できる耐用年数を把握する必要がある。



a-1 エポキシ樹脂 a-2 エポキシ MIO b-1 エポキシ樹脂 b-2 エポキシ MIO
a 無機ジンクリッチペイント b 有機ジンクリッチペイント

写真-5 暴露20年目の試験片(北陸暴露試験場、C塗装系(上塗塗装フッ素))

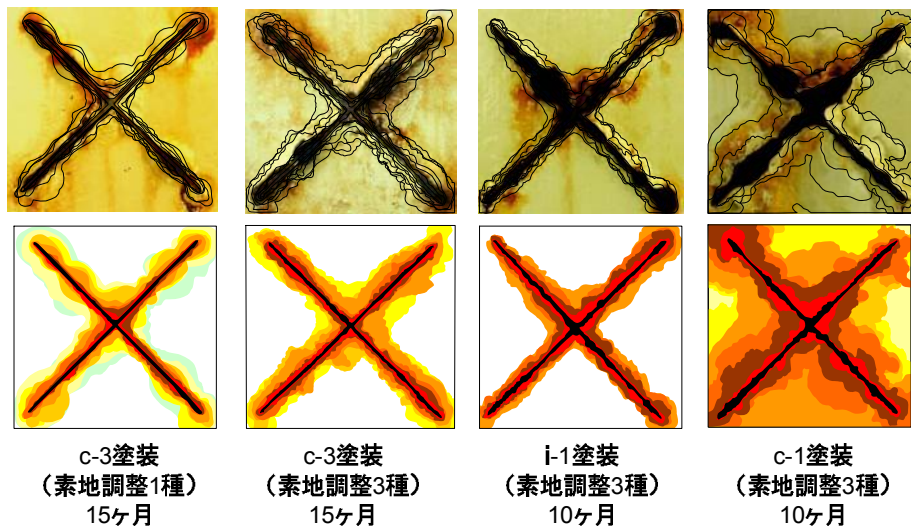


写真-6 長期の耐複合防食性サイクル試験結果(塗替え塗装仕様)

る。塗装の耐久性は図-5にもあるように、塗料だけでなく素地調整程度や施工にも影響することから容易ではない。特に塗替え塗装の場合、素地調整程度1種と3種では施工性やコスト面で大きく異なる。そこで、NEXCOでは各種の塗装仕様について長期の促進試験により耐久性評価を行っている。写真-6は塗替え塗装における耐久性評価の結果である。腐食箇所については早期にふくれが発生し、再劣化するとともに弱点部を起点に劣化面積率が増加する。これは現地の橋梁でもみられる傾向で、これらをもとに耐久性評価を行い、現在の塗替え塗装仕様を決定している。

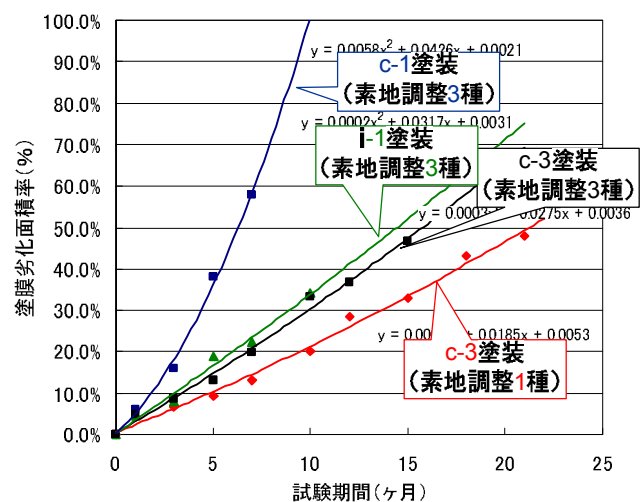


図-5 促進試験期間と劣化面積率の推移

1-3 まとめ

これまでの調査・試験結果や実橋の事例から塗替え塗装について以下のことが言える。

(1)腐食してからでは遅い

著しい腐食箇所は繰返し早期に劣化する。これは、その部位が局部的に厳しい環境であるとともに、徹底したさびや劣化要因（塩分や劣化した塗膜等）の除去を行わず、一般的な補修塗装を行っていることが原因であると考えられる。全体の維持管理を考える場合、そうした箇所は素地調整方法を含むより一層の耐久性の高い仕様が求められる。

(2)ライフサイクルコストを考えた塗替え塗装

例えば NEXCO を例にあげると 5 千橋あまりの鋼橋があり、15 年程度の周期で塗替えを行うことが可能か？という疑問がでる。単純計算で年間にして 300 橋弱の塗替え塗装が必要で、1 橋あたり 20 百万円程度の費用がかかると考えると年間 60～70 億円もの費用が塗替え塗装にかかる。これは高速道路の年間維持管理費の大半を占めるコストになり、清掃や点検、路面補修などを考えると現実的でない。そのため、塗装の耐久性向上は必須課題であり、既存の塗膜のうち耐久性の低い仕様のものについては、徐々にでも基盤の層からの耐久性の高い仕様に変えていこうとするのは必然であると考えられる。喫緊の重要課題として既存塗膜の除去方法のコスト縮減策があげられる。

(3)劣化要因の進入の抑制

塗膜の劣化を促進させる要因に、水や塩化物イオンの影響があげられる。特に高速道路では冬期交通の確保から凍結防止剤の散布は避けられず、ジョイント部からの漏水や排水管の腐食による損傷部、上下線の中央分離帯側の開口部などから、これらの劣化要因の進入し、雨風にさらされず堆積し局部的に非常に厳しい環境を形成する。防食被覆の耐久性とともに洗浄や漏水対策などを行うことで、塗膜の維持管理シナリオを積極的に変えることも必要であると考えられる。NEXCO ではジョイント遊間補修にポリブタジエンフォームや延長床版システムなどの導入など検討している事例もある。

(4)厳しい環境ではより繊細に

沿岸や海上にある橋梁では、一般的な環境と異なりわずかな仕様や施工などの影響が現場では顕著な劣化差となる。海上橋は長大橋梁が多く、それらの橋梁の塗膜を維持管理するうえでは、塗装費用もさることながら足場などの仮設費用が大きい。タッチアップ部やボルト添設部では早期にさびやふくれなどの塗膜劣化が発生することも少なくなく、そうした箇所の塗装仕様や施工は他の一般部と同等程度の耐久性を有するよう設計・施工の配慮が必要である。塗替え時においてもそれらのフォローができるので、有識者とともに早期劣化原因を把握し、維持管理シナリオを考えた仕様や施工の検討を行うことが望まれる。

2. 塗膜除去工法に関する調査

2-1 目的と調査内容

前述のように鋼橋の腐食対策にかかるライフサイクルコストの縮減と劣化による損傷に対してより一層の安全・安心の確保から、劣化した耐久性の低い塗膜を完全に除去し高耐久な防食を採用するための塗膜除去工法の現況について把握する必要がある。そのため、NEXCO では平成20年度に、各種の塗膜除去工法の作業中の粉じんや騒音対策、コスト縮減のための課題を把握するため施工に関する実橋での試験・調査を実施している。なお、これらの調査のための塗膜除去工法の施工試験は、北陸地区（離岸距離約5km）の橋梁で実施している（写真-7）。該当橋梁の塗装履歴を表-3に示す。

(1)調査した塗膜除去工法の種類

試験では表-4に示す塗膜除去工法について、1本の主桁を図-6のように分割して実施している。

この施工試験で採用した塗膜除去工法は、従来の塗替え塗装で一般に用いられる機械工具による方法

（素地調整程度3種）、素地調整程度1種で一般に用いられるブラスト工法、最近着目されている塗膜剥離材を用いた工法の3種類である。ブラスト工法についてはさらにオープンブラスト、湿粒ブラスト、バキュームブラストについて行っている。研削材は、オープンブラストについては、2007年のJIS改訂以前に安価であるため一般に利用されていたけい砂、近年よく使われるガーネット（写真7）、粉塵や騒音抑制のために用いられるスポンジブラスト（写真8）を選定し、湿粒ブラスト、バキュームブラストについては施工者の選定でフェロニッケルスラグ、溶融アルミナを使用している（平成21年度のNEXCOでの実績調査では銅スラグ系の研削材を用いる事例も多かった）。塗膜剥離材を用いた工法については、近年の実績からインバイロワン工法を使用した。

表-3 塗装履歴

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

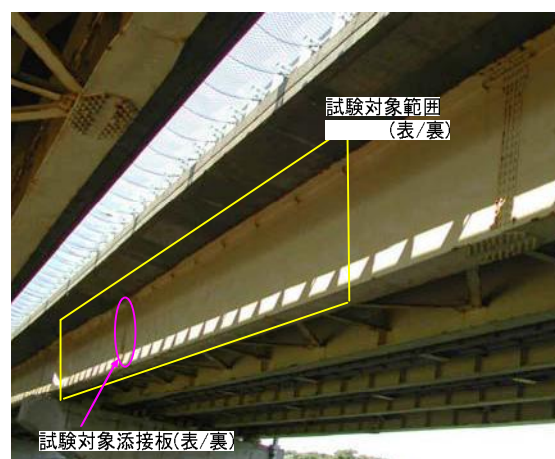


写真-7 施工試験を実施した橋梁

表-4 施工試験で採用した塗膜除去工法

○は施工試験で実施した工法

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

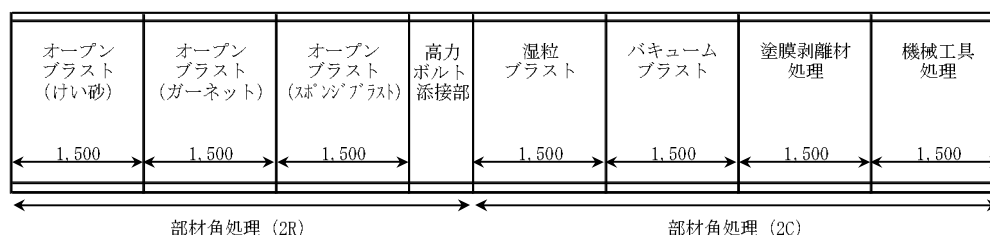


図-6 塗膜除去工法の施工試験の工法区分



写真-7 研削材 (ガーネット)



写真-8 研削材 (スポンジブラスト)

(2)調査項目と内容

調査項目は、表-5 に示すとおりコストに最も影響するワーカビリティ、塗膜の耐久性に影響する塗膜除去性能、現場にあった工法選定のための環境適合性能について実施した。

表-5 調査項目と内容

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

なお、本調査ではあわせて部材角部の R 処理や塗装の施工方法として高塗着スプレー工法の施工について調査を実施している（紙面の都合上これらの結果については省略させていただきます）。

2-2 調査結果

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

(1)ワーカビリティ

1) 施工能力 各工法の施工能力を図-7 に示す。バキュームブラスト工法は、オープンブラスト、湿粒ブラストの半分程度の能力となった。研削材による能力の差は大きくなかった。また、桁外と比べ、補剛材、対傾構がある桁内および添接部等の特殊部では施工能力が大幅に落ちることが判った。

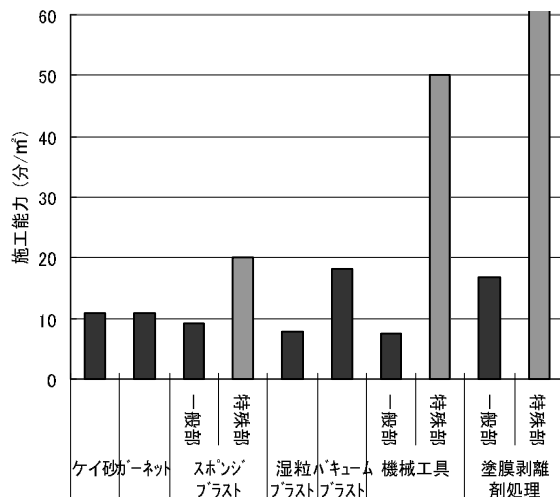


図-7 各工法の施工能力

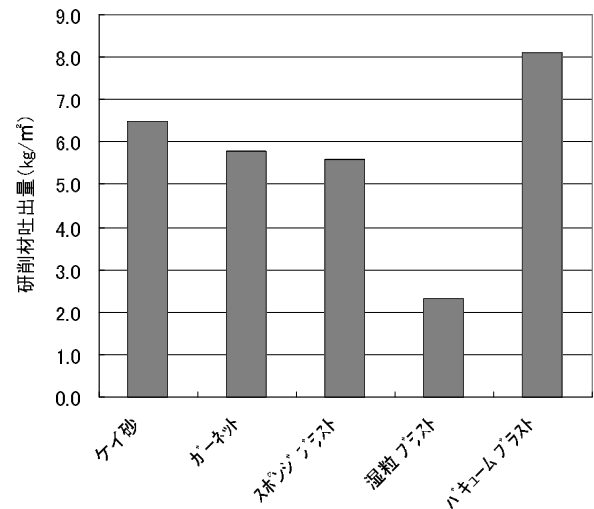


図-8 研削材吐出量

2) 研削材吐出量 各工法の研削材吐出量を図-8に示す。湿粒ブラスト（フェロニッケルスラグ）は他の工法に比べ、少ない研削材で施工できる。

3) 作業の特徴 ケイ砂は、研削材が砕け粉塵により視界が悪化し作業環境が非常に悪かった。ガーネットは、それに比べかなり粉塵が抑えられるが、それでも作業員は防護装備が必要である。スポンジブラスト、湿粒ブラストは粉塵がかなり抑えられるため一般的な装備で作業できた。湿粒ブラストでは施工面は乾燥するが、その周りの水の処理が必要であった。塗膜剥離材処理は、今回用いた高級アルコール系溶剤の材料は取扱いやすいが、養生期間が1～2日必要なこと、既存塗膜の種類により一度で処理できない場合があることに留意する必要がある。今回はC塗装系で既存塗膜が厚いため2回に分けての剥離材の塗布処理を行っている（写真-8）。



写真-8 各種塗膜除去工法の施工状況

(2) 塗膜除去性能

1) 既存塗膜の調査 一般部は比較的健全であるが、フランジ・補剛材角部のかなりの範囲で膨れ、さびがある。塗膜厚は平均で $600\mu\text{m}$ 程度、厚い箇所では $1000\mu\text{m}$ 以上の箇所も見られる。

2) 塗膜の除去程度 各工法の塗膜除去面の状態と特徴的な箇所を写真-9に示す。オーブンブラスト及び湿粒ブラストでは、どの研削材を使用してもほとんどの範囲で適切な塗膜の除去ができるが、作業環境の悪い工法は取残し塗膜を除去するのに手間を要している。バキュームブラストは、凹部などで塗膜が残る。塗膜剥離材処理は、既存塗膜の除去は可能であるが、さびは除去できないためブラスト等で仕上げ処理をすると合理的となる。機械工具での腐食部分の除去は、部分的な削りこみまたは細かく深い錆が残る、こうした箇所が早期に発錆すると考えられる。

写真-9 各工法の塗膜除去面の状態



ブラスト工法処理前の状況



オーブンブラスト(ガーネット)処理後



処理1日後(以前3種ケレンで処理箇所)
早期に再発錆(ターニング)



スポンジブラスト処理後



湿粒ブラスト処理後(処理面)



湿粒ブラスト(処理面周辺)
うまくいかない場合周辺が濡れる



バキュームブラスト処理後



ノズルホースが入らない箇所
ブラスト処理ができない



塗膜剥離材処理前の状況



塗膜剥離材による処理後



塗膜内の錆発生箇所
塗膜剥離材では錆はとれない



機械工具処理前の状況



機械工具処理後



処理1日後 深く細かい錆が取りきれない
早期に再発錆(ターニング)



添接部 スポンジブラスト処理前



添接部 スポンジブラスト処理後



添接部 塗膜剥離材処理前



添接部 塗膜剥離材処理後



添接部 機械工具処理前



添接部 機械工具処理後

表-6 ブラスト工法の粉塵発生状況

ブラスト工法	施工時の状況	粉じんの発生と対策
オーブンブラスト工法 (けい砂)		・鋼材表面で砕かれた研削材が細かく舞い上がる。 ・防護工内は、メガネ・マスクのほか酸素吸入器が必要なくらい粉じんは飛散しており、視界もかなり悪い。 ・防護工の外はそれほど粉じんは出ていないが、作業時は防護工の隙間のいくつかより粉じんはでていた。 ・沿線でもある程度の粉じんの影響はあると考えたほうがよい。
オーブンブラスト工法 (ガーネット)		・けい砂に比較し舞い上がる粉じん量はかなり軽減される。 ・防護工内は、けい砂同様の作業員の安全装備は必要である。 ・防護工の外は目視で確認する範囲ではほとんど粉じんは出ていないが、多少は出ると考えたほうがよい。
スポンジブラスト工法		・粉じんはほとんど出ていない。 ・研削材や剥がれる塗膜も粉じんとなっていない。 ・一般的は足場に簡易な防護工をしておけば、粉じんは問題とならないと考えられる。しかし、スポンジ状の研削材は跳ね返って飛散するので防護工は必要である。 ・作業員の防護は必要であるがメガネ・マスクも一般的なものでよいと考えられる。
湿粒ブラスト工法		・粉じんはほとんど出ていない。 ・研削材や剥がれる塗膜もほとんど粉じんとなっていない。 ・一般的は足場に簡易な防護工をしておけば、粉じんは問題とならないと考えられる。 ・作業員の防護は必要であるがメガネ・マスクも一般的なものでよいと考えられる。

2-3 まとめ

(コスト削減のための課題) 今回の調査でコストに影響する内容として施工能力の違いについて把握できた。施工能力は工法により作業内容がことなるため大きく異なる。しかし、ブラスト工法では研削材による大きな違いはみられなかった。研削材の硬度など違いによる能力差は、粒径や吐出量(機械出力)で調整することが可能であるようである。それ以上に、部材形状(補剛材や手すりなどの有無)や内桁の対傾構、横構など二次部材などによる作業空間、作業時の粉じんによる作業者の視界不良といった作業環境が能力の違いに大きく影響する。また、ブラスト後の塗装のための粉じん処理時間、研削材の回収や再利用、廃塗膜の回収処理、機材の設置ヤード(特に桁下から作業できない場合)、沿線環境対策、廃棄物処理量などはコストに影響することから、工法選定についてはそれらを含め検討する必要がある。

(施工面での課題) ターニング(素地活性部の早期発錆現象)する前に塗膜除去後すぐ塗装しなければならないことから、能力の向上と粉塵の低減が大きな課題となる。また、一日の施工量に考慮して下塗りをはけ塗りにするなどの仕様の変更も必要に応じて考えなければならない。また、塗膜除去だけを考えると表面粗度が過度に大きくなる可能性があるため、既存塗膜にあった適切な塗膜除去方法について考えなければならない。さらに、古い橋梁では部材の角処理がされていない場合があることから、事前調査により角処理を計画する必要がある。また、そうした部分の腐食が連続的にある場合は機械工具をもちいるため角処理がなくなる場合もあるので、そうした場合も追加する必要がある(写真-10)。

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



写真-10 塗替え塗装時の部材角部の処理

3. 高速道路における鋼橋塗装の維持管理の今後の展望

高速道路の鋼橋塗装の維持管理において以下の点が課題となる。

- (1)現場での素地調整のコスト削減
- (2)ブラスト工法の作業時の環境改善策
- (3)劣化因子の排除 洗浄や漏水箇所の維持管理

これらの課題解決に向け、塗料の開発や塗装という防食方法を超えて、様々な取組みがなされることが考えられる。しかしながら、これまでの維持管理実績や現場での適用性などを考えると鋼橋の防食方法として塗装がなくなることはないと考えられる。今後、材料、各種の施工面での技術開発が求められていることから、官民ともに取り組むべき課題と考える。

最後に、今回報告する塗膜除去工法に関する調査は、日本橋梁・鋼構造物塗装技術協会および会員協力会社、乾式ブラスト協会、NEXCO の現場管理者はじめ様々な方にご協力いただきました。本当にありがとうございました。

【参考資料】

- 1)本間淳史、緒方辰男、酒井修平、和田圭仙、高速道路における橋梁保全の取り組み、土木学会鋼構造委員会 第11回鋼構造と橋に関するシンポジウム論文報告集、2008.8
- 2)用害比呂之、羽田野和久、岡本拓、Paint View（鋼橋塗膜劣化度診断システム）を用いた塗膜劣化の予測、EXTEC No.64、2003
- 3)米国ミネソタ州での落橋事故、土木学会誌 Vol.92、No.10、2007.10 など
- 4)木曾川大橋の斜材の破断から見えるもの、土木学会誌 Vol.93、No.1、2008 など
- 5)国道交通省 道路橋の予防保全に向けた有識者会議、道路橋の予防保全に向けた提言、2008.5.16、<http://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-council/maintenance/index.html> など
- 6)日本道路協会、鋼道路橋塗装・防食便覧、2007.12
- 7)中日本高速道路株式会社、設計要領第二集 橋梁建設編／橋梁保全編、2009.7
- 8)松田哲夫、藤原博、佐久間智、鋼橋塗装の実態調査－全国の塗膜劣化データの統計処理の評価－、日本道路公団試験所報告、Vol.28、1991