

積雪寒冷地における鋼橋の洗浄に関する研究

A Study on Washing of Steel Bridges in Snowy-Cold Region

(独) 寒地土木研究所 基礎技術研究グループ	正員	三田村浩	(Hiroshi Mitamura)
(独) 寒地土木研究所 基礎技術研究グループ	正員	佐藤 京	(Takashi Sato)
(株) ドーコン 構造部	正員	次村英毅	(Hideki Tsugimura)
(株) ドーコン 構造部	正員	菅原登志也	(Toshiya Sugawara)
(株) 川田工業 技術研究所	正員	磯 光夫	(Mitsuo Iso)

1. まえがき

近年、構造物の損傷に対して実施する事後保全から、構造物の変状を早期に発見あるいは事前に予測し、少ない費用により長寿命化を図る予防保全に移行しつつある。その予防保全のひとつの方法として考えられるのが、橋梁洗浄である。

橋梁洗浄は、塗装やコンクリートなどの表面に付着した汚れや塩分を取り除き、元の状態に近づけて橋梁の長寿命化を図ることを目的としている。塗膜表面に付着した海塩粒子や汚れを除去することは、最も経済的で効果的な塗膜の延命化対策であると考えられる。塩分や汚れの除去に関する対策のひとつとして、米国では橋梁洗浄を早くから採用しているところがあるものの、日本においては実用化されていないのが現状である。

そこで、著者らは橋梁の低廉な長寿命化手法の実用化を目指して、2000 年から洗浄に関する基礎データを蓄積し、これまでに洗浄方法やその有効性を定性的に明らかにしてきた^{1)~3)}。現在も研究を継続中である。

本文は、昨年度から今年度にかけて検討を行った①洗浄の長寿命効果に関する確認試験、②実橋の桁端部・支承周り洗浄効果および長寿命を目的とした防錆対策の検討について、概要を報告する。

2. 洗浄の長寿命効果に関する確認試験について

(1) 試験目的

橋梁の部材に付着した汚れや塩分などを取り除き、できるだけ元の状態に近づけるための洗浄が、橋梁の長寿命化に与える影響を確認することを目的とし、供試体を用いて暴露試験を行った。

また、橋梁洗浄の実用化を目指して、実際に既設橋の桁を部分的に洗浄し、橋梁全体を洗浄するための望ましい器材配置、洗浄水の給水、洗浄、洗浄後の濁水の回収、処理方法について、実施に向けた課題等の検討を行った。

(2) 試験方法

a) 暴露供試体を用いた洗浄効果確認試験：

試験方法は、沿岸地域と田園地域に架設されている鋼単純 I 桁橋に塗装仕様が異なる暴露供試体を設置し、その供試体を定期的に洗浄して長寿命効果を確認している。

対象とした橋梁は、図-1 に示すように沿岸地域が大浜中橋、田園地域が宿内橋を選定した。大浜中橋は、海岸線からの距離が約 200m であり、海風を遮る障害物などがなく、過去に汚れと塩分の付着性状を調査した橋梁である。一方、宿内橋は、田園地帯の丘陵部に位置して

おり、海岸線からの距離が約 3km のところに架設されている。暴露供試体は、A-1、B-1 および C-3 の塗装系を施した鋼板を 6 枚ずつ製作し、写真-1 に示すように汚れや塩分が蓄積しやすい、外主桁内側の下フランジ上に治具を介して設置した。暴露期間は 10 年間を目標とし、現在も継続中である。

供試体の一部には、洗浄効果を早期に確認するため、暴露 4 年目の供試体に対して、洗浄をした供試体と洗浄をしていない供試体に、塗膜に鋼板まで貫通する格子状のクロスカットを施し 1 年間放置した。

洗浄方法は、最大吐出水圧 5MPa、吐出水量 6 ㍓/分、吐出水温 60℃の洗浄機を用いて行った。

測定方法は、汚れを色彩色差計(CR-300)、塩分を電気伝導度法による表面塩分計(SNA-200)、塗装の光沢度を光沢度計(GM-268)により測定した。クロスカット部の塗膜や錆びを除去した供試体は、3 次元表面粗さ計により鋼材腐食量を測定した。



図-1 暴露供試体設置橋梁位置



写真-1 暴露供試体の設置状況

b)実施に向けた実橋洗浄試験：

過年度の橋梁点検結果から橋梁をリストアップし、周辺環境および施工性を含めて試験実施橋梁を選定した。

試験方法は、①橋桁下（河川高水敷上）に 2t 高所作業車と洗浄装置搭載車（給水タンク、濁水回収装置、コンプレッサー、発電機搭載）を設置した。②チューブノズルを用いた洗浄機により洗浄作業（スチーム洗浄：吐出水圧 5MPa、吐出水量 4～6 L/min、吐出水温 60℃、移動速度約 50cm/分）を実施した。洗浄機先端に樹脂チューブノズルを取り付けることにより、吐出水圧などの増加により樹脂チューブが振動し、洗浄水が拡散して洗浄を行う形式である（写真-2）。

また、洗浄作業時に発生する汚濁水は、濁水回収用バキューム装置にて吸引し、そのまま河川への垂れ流しを行わない処理を行った。

(3) 試験結果**a)暴露供試体を用いた洗浄効果確認試験結果：**

今回は、光沢度や色差に関しては、暴露試験が継続中であるため 3 次元表面粗さ計による鋼材腐食量の測定結果についてのみ述べる。

供試体暴露 4 年目（平成 18 年）の段階で、腐食を促進させる目的で、写真-3 に示すように供試体にクロスカットを施し、一部の供試体の洗浄を行った。その 1 年後（暴露 5 年目）において、クロスカット部の 3 次元表面粗さ計による鋼材腐食量を測定し、洗浄による腐食進展抑制効果の確認を行った（図-2, 3）。

各塗装系における腐食量の測定結果を表-1 に示す。A 塗装系において、1 年前に洗浄した供試体が腐食深さ 0.025mm、腐食体積 30mm³ に対して、洗浄していない供試体が腐食深さ 0.065mm、腐食体積 122mm³ と、洗浄で付着塩分や汚れを除去することにより、1 年間程度でも最大腐食深さや腐食の広がりに対して十分抑制効果があることが確認できた。これは、B 塗装系においても同様の傾向が確認できた。C 塗装系については、1 年間の暴露では腐食の進展が小さく、洗浄効果は確認できなかった。これは、A、B 塗装系と比較し、もともとの塗膜性能が高いためと考えられる。

よって、洗浄による鋼材の腐食抑制効果があり、橋梁の長寿命化に効果があることを確認した。

b)実橋洗浄試験結果：

チューブノズルを用いたスチーム洗浄については、塗膜表面の付着物を面的に一度に洗い流すことが可能であることを確認できたが、今後は更に洗浄機材のコンパクト化等の改良を行う。

3. 実橋の桁端部・支承周り洗浄効果の検討について**(1) 検討目的**

北海道で管理する国道橋は、5 年に 1 回の間隔で点検されている。その点検結果から、損傷状況に応じた診断がなされ、ランクに応じた補修計画が立てられている。

その中で、橋梁構造で損傷が多い部位は、輪荷重が直接作用する床版部と、伸縮装置下面からの漏水による桁端部の腐食と支承周りの腐食があげられる（写真-4）。

よって、桁端部や支承周りの腐食環境改善を目的とし



写真-2 チューブノズルによる洗浄状況

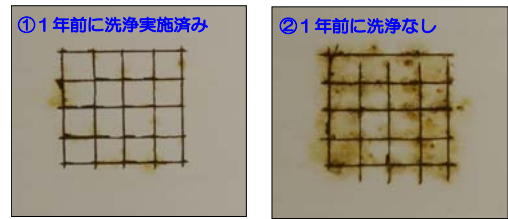


写真-3 供試体クロスカット部腐食状況

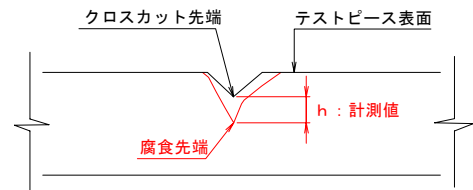


図-2 クロスカット部腐食深さ計測方法

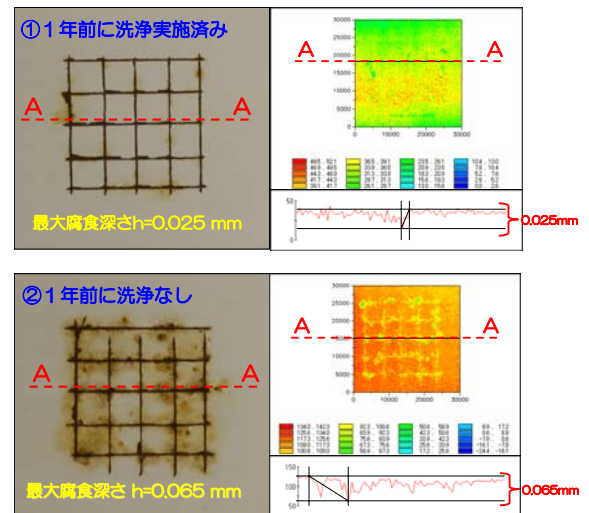


図-3 3次元表面粗さ計による腐食深さ計測結果

表-1 塗装系別腐食深さ計測結果

塗装仕様	試験片記号	最大腐食深さ (mm)	体積 (mm ³)
A 塗装系	A-1-2 (洗浄有)	0.025	30
	A-1-5 (洗浄無)	0.065	122
B 塗装系	B-1-2 (洗浄有)	0.027	22
	B-1-5 (洗浄無)	0.055	68
C 塗装系	C-3-2 (洗浄有)	0.013	21
	C-3-5 (洗浄無)	0.013	15

た堆積物除去や腐食塗膜除去を行うために、ある程度の水圧が必要となるため、洗浄機の変わりに WJ（ウォータージェット）を利用することを考え、WJ 工法を用いた洗浄効果について検討を行った。（写真-5）

また、桁端部・支承周りの堆積物除去や腐食塗膜除去を行った後の防錆対策について、防食性能が高く橋梁の長寿命化が期待でき、かつ LCC 低減に有効な方法で、近年注目されている「金属溶射による防食工法」に着目し検討を行うこととした。「金属溶射」については、近年、各研究機関で様々な検討・試験がなされているが、

積雪寒冷地での研究実績はまだ少ない状況である。

(2) 検討方法

a)WJ工法を用いた桁端部洗浄効果の検討：

過年度の点検結果から、土砂堆積および支承周りの腐食等が見られる橋梁をリストアップし、周辺環境・施工性を含めて試験実施橋梁の選定を行った。

試験方法は、最大出力 250MP の洗浄機を用い、洗浄出力を変えながら、沓座堆積物の除去および支承周りの腐食除去について、洗浄効果を目視で確認した。

洗浄出力は、130MP を初期値とし、130MP ～150MP ～200MP と変化させ実施した。

b)防錆方法に対する長寿命効果の検討：

本研究では、溶射の中でも最も防食性能が高いと言われている「アルミニウム・マグネシウム合金溶射」を適用し、現場施工時における溶射皮膜と素地の密着性能等を、溶射方法別に比較検討を行うことを目的として、供試体を作成し、今年度より暴露試験を開始した。

比較対象とした溶射方法は、プラズマ式溶射法、アーク式溶射法、ガスフレーム式溶射法と3種類とした。以下に3方法の概要を示す。

①プラズマ式溶射法：アルミニウムとマグネシウムの合金粉末材料を電氣的に発生させたプラズマジェットに投入して鋼材表面に吹き付ける方法。

②アーク式溶射法：アルミニウムとマグネシウムの別々の線材を電氣的にアークを発生させ鋼材表面に吹き付ける方法。

③ガスフレーム式溶射法：アルミニウムとマグネシウムの合金線材を混合ガスの燃焼炎中に挿入して鋼材表面に吹き付ける方法。

また、腐食の発生を促進させることを目的として、溶射後の供試体の下半分に素地に達するクロスカットを施している。作成した供試体は、積雪寒冷地における腐食環境別の損傷劣化特性も比較する目的で、北海道以外の腐食環境の厳しい地域を選定し、全3カ所の暴露試験場（北海道増毛町、秋田県、沖縄県）に設置を行った。

(3) 検討結果

a)WJ工法を用いた桁端部洗浄効果の検討結果：

WJ 工法による支承周り洗浄効果の試験結果について、写真-6 に水圧別に示す。洗浄水圧 130MP 程度では、沓座上の堆積土砂等は全て排除できることを確認した。また、支承腐食部は塗膜上塗りおよび中塗りまでは排除できたが、部分的に下塗り（錆止め）は残った。

洗浄水圧 150MP 以上になると、腐食が進行して塗膜厚が薄くなっている部分においては、完全に排除できることを確認した。

よって、桁端部や支承周りの腐食部除去や、橋台沓座上面の洗浄といった補修対策の一つとして、WJ を用いた洗浄工法について、十分適用できることを確認した。

b)防錆方法に対する長寿命効果の検討：

溶射方法別の暴露試験については、今年度より試験を開始したため、今後、追跡調査を行い溶射方法毎に腐食進展状況を把握し、積雪寒冷地において性能の高い桁端部等の防錆補修対策について提案を行うことを目標とする（表-2）。



写真-4 桁端部および支承周り損傷事例



写真-5 桁端部支承周り洗浄状況



写真-6 水圧別洗浄（錆落し）状況

表-2 溶射方法別暴露供試体の仕様

溶射方法	プラズマ式溶射法		アーク式溶射法		ガスフレーム式溶射法	
供試体						
封孔処理	無	有 (リカタイトN7)	無	有 (リカタイトN7)	無	有 (リカタイトN7)
下地処理	ショットブラストにて処理					
溶射材料	アルミニウム(95%)＋マグネシウム(5%)合金					

4. まとめ

橋梁洗浄の長寿命効果に関する検討結果より、太陽光を直接受けない環境では、塗膜の劣化程度が軽微であり、新設塗装であれば、塗装仕様に問わず定期的に洗浄することで塗膜付着物質を除去でき、新設時に近い状態に復元できることを確認した。また、洗浄による付着塩分や汚れの除去が鋼材の腐食抑制効果があり、橋梁の長寿命化に効果があることが確認できた。

供試体の暴露試験については、今後も損傷劣化の進行により新たな知見が得られることを想定し継続していく予定である。また、洗浄の実用化に向けて洗浄機材のコンパクト化等の改良も同時に進めていく予定である。

参考文献

- 1) 石川，三田村，次村，菅原，勝俣：暴露環境下の塗装鋼板を対象とした洗浄の実験的研究，土木学会第 62 回年次学術講演会，2008.9.
- 2) 磯，勝俣，安江，三田村，池田，藤野：橋梁洗浄に関する北海道での取り組みと米国における実態調査，橋梁と基礎，Vol.38，No.9，pp.29-33，2004.9.
- 3) 池田，畑山，佐々木，金野，磯，渡辺：橋梁洗浄の省力化に関する研究，土木学会第 58 回年次学術講演会，2003.9.