

橋梁に付着した塩分の除去実験

北海道開発局 正員 三田村 浩 ドーコン 正員 佐々木 聡
 川田工業 正員 勝俣 盛 川田工業 正員 越後 滋
 橋梁メンテナンス 正員 磯 光夫 橋梁メンテナンス 正員 渡辺 喜紀

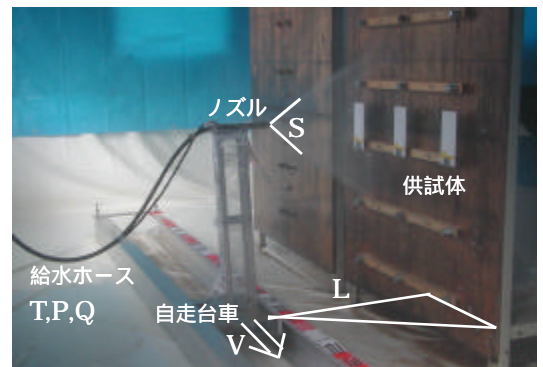
1. まえがき

沿岸部の鋼橋では、雨水などによる洗い流し効果がある外側とその影響がない内側で腐食の程度や汚れ状況に明らかな相違が認められる。そのため、さまざまな劣化の進行速度が部位ごとに異なり合理的な対策が難しい。これまでの研究¹⁾から、実橋を対象に付着塩分と汚れ除去について各種洗浄手法を比較検討した結果、スチーム洗浄が最も効果的な洗浄手法の一つであることが明らかになった。スチーム洗浄は、安価で取り扱いが容易である反面、洗浄水を高温・高圧で塗膜に衝突させることから光沢低下などの表面劣化が懸念される。また、橋梁で採用される塗料は一般的に高温環境下での使用が考慮されていないため、長時間の噴射は塗膜膨れなどの内部劣化を誘発する恐れがある。

そこで、鋼橋で広く採用されているA-3塗装系を対象に付着塩分の除去を目的とした洗浄実験を行った。その結果、塗膜に悪影響を与えることなく、効果的・経済的な洗浄仕様を明らかにすることができたので概要を示す。

2. 実験概要

図-1に示すように、ノズルを固定した自走台車を用い、垂直に設置した供試体に対して洗浄水の噴霧角度、水温、水圧、流量および洗浄速度などを変数として以下の要領で実験を行った。なお、噴霧角度および流量は、表-1に示した3種類のノズル（スプレーイングシステム製）を取り替えることで対応した。



- ・噴霧角度S(°) : 洗浄水の拡散角度
- ・水温T() : 洗浄水の水温
- ・水圧P(MPa) : 給水ホース内の水圧
- ・流量Q(l/分) : 給水ホース内の流量
- ・噴射角度(°) : ノズル首振り角度
- ・距離L(cm) : ノズルと供試体までの距離
- ・洗浄速度V(cm/分) : 自走台車の走行速度

図-1 実験概略図と変数

表-1 ノズルの標準仕様

型式	水圧 (MPa)	噴霧角度 (°)	流量 (l/分)
MEG-25-02	2.0	25	2.0
MEG-25-04		25	4.1
MEG-65-04		65	4.1

表-2 供試体の諸元

項目	仕様		
材質	JIS G 3101 (一般構造用鋼) に規定する SS400 材		
寸法	70 × 2.3 × 150mm		
塗装系	A-3 仕様	プライマー	長ばく形エッチングプライマー: 35 μm
		下塗 (第1層)	シアナミド鉛さび止めペイント: 35 μm
		下塗 (第2層)	シアナミド鉛さび止めペイント: 35 μm
		中塗	シリコンアルキド樹脂塗料中塗: 30 μm
		上塗	シリコンアルキド樹脂塗料上塗: 25 μm
塗色	白色 (日塗工色見本; P1-1036)		
養生	上塗り後、恒温恒湿 (温度 20 ± 1, 相対湿度 65 ± 5%) で 2 週間		
前処理	湿潤処理	24 時間 : 温度 50 ± 1, 相対湿度 95% 以上	
		3 日間 : 温度 20 ± 1, 相対湿度 65 ± 5%	

表-3 人工海水の化学成分

化学成分	含有量 ¹⁾
塩化マグネシウム (MgCl ₂ · 6H ₂ O)	222.23
塩化カルシウム (CaCl ₂ · 2H ₂ O)	30.70
塩化ストロンチウム (SrCl ₂ · 6H ₂ O)	0.85
塩化カリウム (KCl)	13.89
炭酸水素ナトリウム (NaHCO ₃)	4.02
臭化カリウム (KBr)	2.01
ホウ酸 (H ₃ BO ₃)	0.54
フッ化ナトリウム (NaF)	0.06
塩化ナトリウム (NaCl)	490.68
硫酸ナトリウム (Na ₂ SO ₄)	81.88

1) : 単位(g) . 脱イオン水 20l に溶解させる量 .

キーワード : 橋梁, 海塩粒子, 人工海水, 洗浄

連絡先 : 〒 321-3325 栃木県芳賀郡芳賀町芳賀台 122-1 TEL.028-677-5611 FAX.028-677-5707

3. 実験結果

(1) 塩分除去の洗浄仕様

無次元化した塩分濃度と洗浄水量の関係を図-2に示す。図-2はMEG-25-04使用時の結果であるが、MEG-25-02およびMEG-65-04とも同じ傾向であった。これより、洗浄水量と付着塩分の関係は比例関係になく水量を増しても塩分を効果的に除去できないことがわかった。

また詳細に比較検討した結果、以下の結論が得られた。補修時の付着塩分許容量を満足するためには、必要最低限の水量でよく、洗浄水量は6 ~ 8 ㍓/m²が適当である。

噴霧角度が同じ場合、水圧を上げ洗浄速度を速めるよりも、低圧で速度を落とした方が塩分除去効果を期待できる。また、同一流量で噴霧角度を広角にすることによって、使用水量を低減できる。

洗浄水圧の影響が認められるは、洗浄回数が2回目から3回目に移行するときであるが、その除去量の差は極めて小さい。したがって、低圧で洗浄回数を2回とした方が効果的・経済的である。

一般的に、被洗浄面までの距離が遠くなると拡散にともなう単位面積当りの水圧低下と空気抵抗により、衝撃力が低減すると考えられる。しかし、本研究ではその違いは明確に表れていない。したがって、本実験での付着塩分除去機構は、洗浄水の衝撃力で物理的に吹飛ばされるのではなく、溶解して洗い流されると考える。

洗浄水を温水にすると、洗浄1回後の塩分付着量は常温より先減少するが、洗浄2回以降では同程度である。また、噴射された温水は、距離が離れるに伴って温度が低下するので、被洗浄面までの距離を短くするとよい。

(2) 洗浄後の残存塩分

目視観察によって、洗浄3回後も塗膜表面に粒子の付着が認められた。この付着物質を明らかにするため別途実験を実施し、各サイクル後に採取して所定量の脱イオン水に溶解させその化学成分を分析した。また、この水溶液の付着塩分量を電気伝導度法で測定し、無次元化して整理した。その結果を図-3に併記する。なお、成分分析はCa²⁺、Na⁺をICP発光分光分析法、K⁺、Mg²⁺をICP質量分析法、Cl⁻、SO₄²⁻をイオンクロマト分析法とした。

これより、洗浄後に残存している物質は主にCa²⁺とSO₄²⁻であり、海塩粒子の主成分であるNaClは洗浄1回で効果的に除去できることが確認できた。しかし、Ca²⁺やSO₄²⁻は2回以降も1回と同程度であり、これ以上の除去を期待できない。

4. あとがき

液滴状の海塩粒子は大気中のSO₂ガスやHNO₃ガスを取り込み、硫酸および硝酸のCa塩もしくはNa塩を生成する³⁾。また、文献4)によれば、14年経過した因島大橋において鋼床版裏面に付着した白い物質を分析した結果、Na₂SO₄以外の塩類は認められないとしている。Na₂SO₄は水溶性であるが、NaCl、MgCl₂およびCaCl₂に比べ溶解度が半分程度である。そのため、今回の洗浄仕様によって完全に取除くことは難しいと考えるが、他の腐食影響因子はほぼ完全に除去できることがわかった。今後は、汚れ除去効果についても明らかにする予定である。

【参考文献】

- (1) 三田村浩ほか：橋梁洗浄に関する一検討，土木学会第55回年次学術講演会概要集，CS104，2000.9。
- (2) (社)日本橋梁建設協会：橋梁の付着塩分管理マニュアル，1992。
- (3) (社)日本化学会：大気の化学，季刊化学総説，No.10，1990。
- (4) 兼田教一ほか：電導度法による塗膜付着塩分測定，防錆管理，Vol.42，No.1，1998.1。

表-4 実験ケース

No.	ノズル 角度 ²⁾ S(°)	洗浄水			噴射		洗浄速度 V(m/分)	
		水温 T(°)	水圧 P(MPa)	流量 ²⁾ Q(㍓/分)	角度 (°)	距離 L(cm)		
2504-01	36.7	冷水	2.5	8.2	3.6	90	15	3.0
2504-02				10.8			30	
2504-03				8.2			45	
2504-04				13.8			30	
2504-05			5.0	14.7	15			
2504-06				5.2	30			
2504-07				7.5	12.0			
2504-08				7.5	15			
2504-09		温水		2.5	59.7	30	3.0	
2504-10					52.7	15		
2504-11			5.0	54.8	30			
2504-12				46.3	15			
2504-13			10.0	7.4	45			
2504-14				7.4	15			

2)：実測値

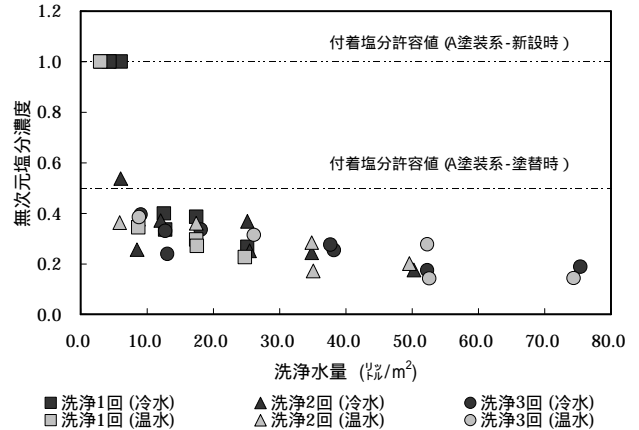


図-2 洗浄水量と付着塩分量の関係

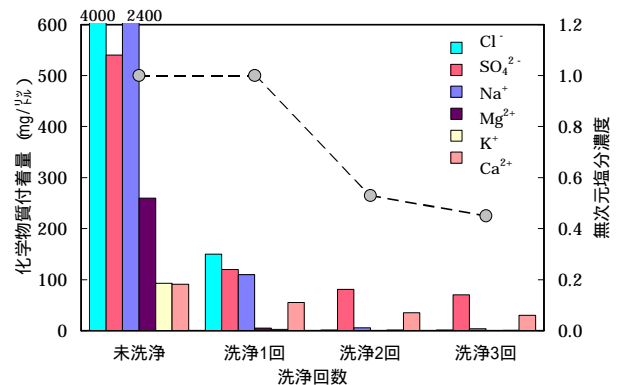


図-3 残存塩分とその化学成分