

めっき下地と金属溶射を用いた二重防錆ボルトの開発

川田工業 正会員 ○吉田賢二 米田達則 大野克紀 正会員 街道 浩
新免鉄工所 新免喜秀 シーケー金属 大橋一善 荒 一哲 富山県工業技術センター 富田正吾

1. はじめに 近年、道路橋の耐久性については100年を目安として照査が行われており、耐久性向上のための種々の方策が採用されている。鋼橋の場合は、架替えの理由の調査結果¹⁾によれば、鋼材の腐食が約50%、床板の損傷が約30%を占めており、重防食塗装や金属溶射などの適用、合成床版やP C床板などの高耐久性床版の採用が進められている。このうち、鋼材の腐食に関しては、平滑な一般部に比較して、狭隘部や角部が多い高力ボルト継手部は、写真-1に示すように劣化が著しく進行する。本研究では、高力ボルト継手部の長寿命化を可能にするために、まず高力ボルトに溶融亜鉛めっきを施し、その上にアルミニウム・マグネシウム合金溶射を行う二重防錆ボルトの開発について述べるものである。

2. 従来の溶射高力ボルトの問題点 最近、鋼橋に適用する最も効果の高い防錆方法として、種々の金属溶射が用いられることが多くなっている。金属溶射は、工場において施工するフランジやウェブなどの平坦な一般部については非常に有効であるが、現場において施工する添接部については多くの課題が残されている。具体的には、工場で溶射したボルトを現場で締付ける場合には、写真-2に示すようにナットの角部が剥離してしまい、防錆効果が著しく低下してしまう。一方、現場で高力ボルトを締付けた後に溶射する場合には、現場においてボルト表面の素地調整のためのブラストが必要になり、作業が煩雑になるとともに、粉塵や騒音などの現場環境の悪化が懸念される。

3. 提案する溶射高力ボルトの概要 上記の防錆仕様に溶射を適用した場合の高力ボルトに関する課題の解決を目的として、写真-3に示すような工場で溶融亜鉛めっきしたボルトを現場において締付け、その上に溶射を行うことで、高い防錆効果を低下させることなく、現場の施工性を向上する工法を提案する。なお、従来の溶融亜鉛めっきでは、その上に溶射を施すと両者の密着力が低く簡単に剥離してしまうため、十分な密着力が確保できる高機能溶融亜鉛めっき（eめっき）²⁾を適用した。このめっきは、蒸留亜鉛地金から鉛とカドミウムを除去しており、両成分の除去は環境負荷の軽減にも役立つものである。溶射の方式としてはガスフレーム溶射を採用し、溶射金属にはアルミニウム・マグネシウム合金を使用している。また、ボルト周辺の狭隘部に溶射金属が十分に行き届くように、写真-4に示すノズルの先端に角度を持たせた特殊な狭隘溶射ガンを用い、ノズルと基材との距離を通常より短い50mm程度に設定している。

4. 引張密着強度試験（アドヒージョンテスト） 溶融亜鉛めっきとアルミニウム・マグネシウム合金溶射との付着性を

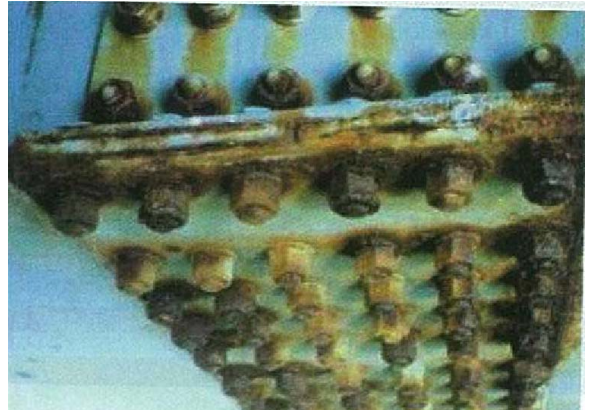


写真-1 塗装橋梁の高力ボルト継手部の腐食



写真-2 溶射高力ボルトの締付けによる被膜剥離



写真-3 二重防錆ボルトの施工手順

キーワード：高力ボルト，高機能溶融亜鉛めっき，アルミニウム・マグネシウム合金溶射，二重防錆ボルト
〒550-0014 大阪市西区北堀江 1-22-19 TEL 06-6532-4897 FAX 06-6532-4890

確認するためにJIS B 7721に基づき引張密着強度試験を実施した。試験体は幅150mm×板厚6mm×長さ300mmの鋼板であり、実際の現場施工の状況を考慮して、めっき後に10日間の屋外曝露を行い、その上に溶射を施すものとした。また、溶射については、比較のために通常ガンと狭隘ガンをを用い、溶射粒子の方向と基材の角度である溶射角度をそれぞれ90°・45°・30°・15°として施工を行った。試験結果を表-1および写真-5に示す。ここでは、試験結果のうち一般に用いられる通常ガン用いた溶射角度90°の結果と、狭隘ガンをを用いた溶射角度15°の結果を比較している。溶射角度が15°という悪い施工条件にも関わらず、狭隘ガンの結果は通常ガンと同等以上の結果を示している。また、文献3)に示される密着強度の基準値である4.5N/mm²の3倍の強度を示している。狭隘ガンによる溶射の密着強度が高い理由としては、上述したように溶射の距離を通常よりも短く設定していることが考えられる。以上の結果から、狭隘ガンによる施工により十分な付着性を有する溶射皮膜が形成されることが明らかになった。

5. 複合サイクル試験 次に、溶射の耐食性に着目してJIS H 8502に基づき複合サイクル試験を実施した結果を示す。試験体は幅75mm×板厚16mm×長さ145mmの2枚の添接板を2本の高力ボルトで締付けて一体化したものであり、添接板と高力ボルトにはめっきを施し、ボルト締付け完了後に全体を一括して狭隘ガンにより溶射した。複合サイクル試験の2,000時間経過時の試験体の状況を写真-6に示す。提案する溶射方法により施工した試験体は、ボルトのねじ部とナット・ナットとワッシャー・ワッシャーと添接板の境界に白錆が発生しているものの、従来の溶融亜鉛めっき試験体に比較すると十分に健全な状態にあると判断できる。白錆については、溶射金属ないし下地であるめっき部分の犠牲防食作用により発生したものと考えられ、めっきと溶射の二重の防錆効果を示している。なお、鋼板単体の複合サイクル試験については、現在5,000時間に到達しているが赤錆は発生せず健全な状態であり、試験を6,000時間まで継続する予定である。

6. まとめ 本研究では、高機能溶融亜鉛めっきの上にアルミニウム・マグネシウム合金溶射を施した二重防錆ボルトを提案し、その付着性および耐食性に関する性能確認試験を実施した結果について報告したものである。この成果として、腐食による劣化の進行が早い高力ボルト継手部に関して、従来の仕様を大きく上回る耐食性を有する防錆仕様を開発することができた。

<参考文献> 1)国土交通省 国土技術政策総合研究所:橋梁の架替に関する調査結果(IV),国総研資料 第444号,2008.4 2)シーケー金属株式会社:カドミ無&鉛無 溶融亜鉛めっき, NETIS新技術情報提供システム 登録No.HR-060027-V,2012.1 3)西日本高速道路株式会社:アルミニウム・マグネシウム合金溶射 設計施工管理要領《新設橋・溶射ボルト編》,2012.9



写真-4 狭隘溶射ガンの施工状況

表-1 引張密着強度試験の結果

	溶射角度	膜厚(μm)			密着強度 (N/mm ²)		
		eめっき	eめっき+溶射	溶射	測定位置	測定値	平均値
通常ガン	90°	200	325	125	13	11.97	11.87
					14	11.59	
					15	12.04	
狭隘ガン	15°	222	336	114	46	10.80	13.90
					47	14.68	
					48	16.21	



(a) 通常ガン角度 90° (b) 狭隘ガン角度 15°

写真-5 引張密着強度試験の状況



(a) アルミニウム・マグネシウム合金溶射



(b) 従来の溶融亜鉛めっき

写真-6 複合サイクル試験の結果