

技術紹介

二重防錆ボルトの開発

～高力ボルト継手部の長寿命化を目指して～

Development of Efficient Rust Prevention Method for High Tension Bolt

吉田 賢二 *1
Kenji YOSHIDA大野 克紀 *2
Katsunori OHNO街道 浩 *3
Hiroshi KAIDO

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ます。鋼橋の場合は、架替えの理由の調査結果によれば、鋼材の腐食が約 50%、床版の損傷が約 30%を占めており¹⁾、重防食塗装や金属溶射などの適用、合成床版や PC 床版などの高耐久性床版の採用が進められています。このうち、鋼材の腐食に関しては、平滑な一般部と比較して、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しています。ここでは、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（以下、Al・Mg 溶射）を行う二重防錆ボルトの開発について紹介いたします。

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、種々の金属溶射が採用されています。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すが、現場で施工する添接部については多くの課題が残されています。具体的には、工場で溶射したボルトを現場で締め付ける場合には、写真 2 に示すようにナットの角部が剥離し、防錆効果が著しく低下してしまいます。一方、現場で高力ボルトを締め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



写真 1 塗装橋梁の高力ボルト継手部の腐食

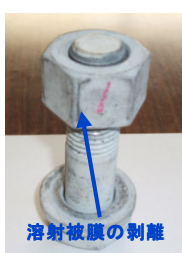


写真 2 溶射高力ボルトの締め付けによる被膜剥離

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ます。

3. 提案する溶射高力ボルト

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と溶射を行ったボルトと、溶融亜鉛めっきと酸化防錆剤を施したナットを現場で締め付け、その後にナットをブラストせずに溶射することで、締め付けキズがなく、また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いたします。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⁾）を適用しました。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す。溶射の方式はガスフレーム溶射を採用し、溶射金属には Al・Mg 合金を使用しています。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 に示すような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、ノズルと溶射面との距離を通常より短い 50mm 程度に設定しています。

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 Al・Mg 溶射との付着性を確認するために JIS B 7721 に基づき引張密着強度試験を実施し



写真 3 二重防錆ボルトの施工手順

*1 川田工業㈱鋼構造事業部技術部大阪技術課 係長

*2 川田工業㈱鋼構造事業部技術部東京技術課 課長

*3 川田工業㈱鋼構造事業部技術部 部長

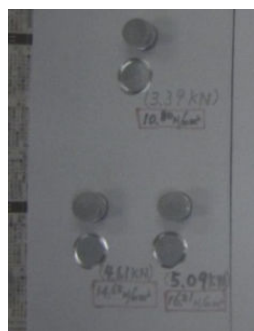


写真4 狭隘溶射ガンの施工状況

ました。実際の現場施工の状況を考慮して、めっき後に10日間の屋外暴露を行い、その上に溶射を施すものとなりました。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°として施工を行いました。試験結果を表1および写真5に示します。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、狭隘ガンを用いた溶射角度15°の結果を比較しています。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ます。また、文献3)に規定された密着強度の基準値である4.5N/mm²の3倍程度の強度が得られています。狭隘ガンによる溶射の密着強度が高い理由としては、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ます。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りました。

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	

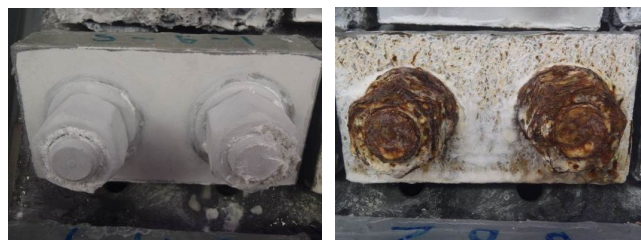


(a) 通常ガン角度90° (b) 狭隘ガン角度15°

写真5 引張密着強度試験の状況

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します。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め付けて一体化したもので、添接板と高力ボルトにはめっきを施し、ボルト締め付け完了後に全体を一括して狭隘ガンにより溶射しました。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に示します。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ますが、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いえます。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ます。なお、鋼板単体の複合サイクル試験については、6,000時間に到達時において赤錆は発生せず健全な状態であることを確認しました。



(a) Al・Mg溶射ボルト (b) 溶融亜鉛めっきボルト

写真6 複合サイクル試験の結果

6. まとめ

高機能溶融亜鉛めっきの上にAl・Mg溶射を施した二重防錆ボルトを紹介いたしました。腐食による劣化の進行が速い高力ボルト継手部に、従来の仕様を大きく上回る耐食性を有する防錆仕様になると期待されるものです。

今後は、大量生産を考慮した製造方法について検討し、実用化を目指していきます。

参考文献

- 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.
- 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.
- 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.
- 吉田他, めっき下地と金属溶射を用いた二重防錆ボルトの開発, 土木学会第68回年次学術講演会概要集, V-508, 2013.9.
- 大野他, 現場溶射を採用した二重防錆ボルトの実橋への適用, 土木学会第68回年次学術講演会概要集, V-509, 2013.9.