

コールドスプレー工法を用いた腐食高力ボルトの 防食処理技術開発に関する基礎的研究

琉球大学 正会員 ○日和裕介, 下里哲弘, 有住康則
(株) 横河ブリッジホールディングス 正会員 井口進, 曾我麻衣子 (株) 横河ブリッジ 正会員 清川昇悟
東京ファブリック工業 (株) 正会員 木村雅昭, 橋都瑞城

1. はじめに

鋼橋の損傷事例は鋼材の腐食損傷が最も多く、既設鋼橋のメンテナンスにおいては防食機能の維持管理が重要である。そのため、耐久性に優れた防食工法はライフサイクルコストの低減と橋梁の長寿命化の観点で有効である。鋼橋の高力ボルト継手部は、六角部の角やネジ部に対し塗膜厚が確保しにくいことや、高力ボルト締付時に生じる傷からの腐食因子の侵入といった施工上の問題点により、図-1 に示すように腐食に対し特に弱点部となりやすく、橋梁の塗装塗替時期を早める要因となっている。

本研究では、図-2 に示すコールドスプレー技術に応用し、錆を残置した状況を許容しながら金属皮膜を形成する防食法として開発中の SmartZIC 工法¹⁾ (以下、SZ 工法) による腐食した高力ボルト継手部の補修を目的に、腐食高力ボルトの防食性能回復の検証を行った。

2. 高力ボルト角部への皮膜性能検証

2.1 試験体作成条件

図-3 に試験体作成条件を、図-4 に試験体の作成状況を示す。皮膜性能確認用の高力ボルトは、ナット側面の錆厚が 6 面平均 $46\mu\text{m}$ である腐食した高力ボルトを使用した。供試体施工は、橋梁継手部を模擬した形状で行った。ノズルと部材の干渉により SZ 工法の理想的な施工条件である施工面に対し 90° 度の施工角度での施工ができない箇所があるため、ボルト角部の評価は、 90° 度施工部とそれ以外の角度部に分けて実施した。

2.2 試験方法

亜鉛皮膜性能の確認は、走査電子顕微鏡 (SEM) を用いて、断面を観察することにより行った。

2.3 ボルト角部の皮膜性能検証結果

図-5 に断面観察対象ボルトのナット角部の断面観察結果を示す。施工面に対し 90° 度の角度で施工可能な場合は、角部に約 $80\mu\text{m}$ の均一な SZ 層が形成されていた。それに対し、 90° 度以外の角度で施工した箇所は、角部に均一な SZ 層の形成がされていなかった。この原因については、施工時のスプレーノズル角度の影響が大きいと考えられる。



図-1 高力ボルトの腐食事例

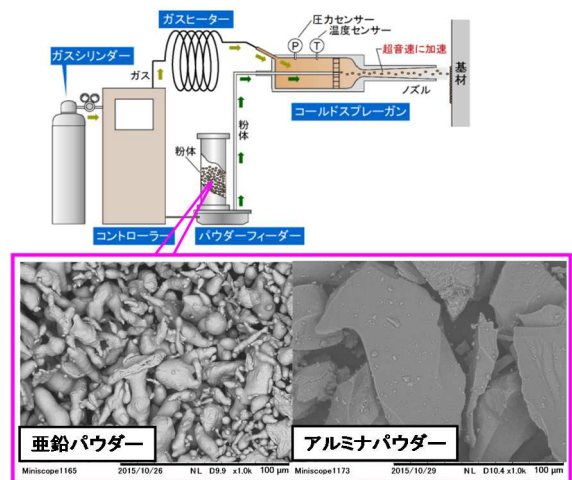


図-2 SZ 工法の概要

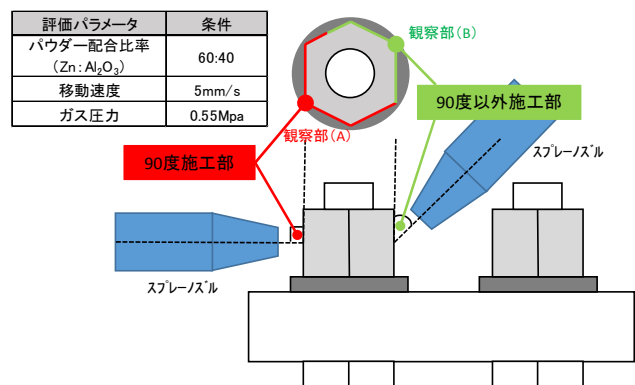


図-3 試験作成条件



図-4 試験体の作成状況

3. 施工角度の影響検証

3.1 試験供試体作成条件

図-6に施工角度条件を変化させた場合の供試体作成状況を示す。施工角度（D）を、施工面に対し90度を基準値として、80度、70度、60度、45度の5種類の供試体を作成した。また、亜鉛とアルミナの配合比率の影響を検証するため、Zn:Al₂O₃比率で60:40、50:50、40:60の3配合を実施した。

3.2 試験方法

SZ 皮膜厚は、電磁膜厚計（仕様：測定範囲 0～2000μm、測定精度 50μm 未満で 0.1μm、50μm 以上 1000μm 未満で±2%）により計測し、90度施工の膜厚を基準値として、減少率を算出した。

3.3 施工角度の影響検証結果

図-7に、施工角度とSZ膜厚の関係を示す。両者の関係は、Zn:Al₂O₃配合比率によらず一定であった。施工角度が70度より小さい値になるとSZ膜厚は50%以下となり、45度では10%以下のSZ皮膜が形成されていない状態となっていることが分かる。この結果より、図-5（B）に示す、SZ皮膜なし部は、隣接するボルトの影響で施工角度が45度付近となる状況で施工されたため、皮膜形成ができなかったと考えられる。

4. まとめ

腐食高力ボルトの防食性能回復の検証を行うため、高力ボルトの腐食の弱点部となっているボルト角部の皮膜性能と施工角度による皮膜形成への影響について分析した。本研究で得られた結果を以下に示す。

- (1) ボルト角部に対する成膜性能は、施工面に対し90度で施工した場合に80μmの均一なSZ膜厚が確保されることを確認した。
- (2) SZ工法は、施工面に対し、スプレーノズルの施工角度が小さくなると著しく成膜性能が低下する。
- (3) 上記より、SZ工法による防食性能回復には、施工面に対する施工角度が非常に重要である。よって、高力ボルト添接部では、隣接ボルトや構造部材の干渉を考慮した、狭隘部における対策が必要である。

謝辞：本研究は、沖縄版塗装マニュアル検討委員会において検討を実施したものである。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 清川昇悟, 井口進, 木村雅昭, 下里哲弘：コールドスプレー技術で生成する金属皮膜を適用した高力ボルトの防食性能と機械的性質, 鋼構造論文集, 第22巻(第85号), pp.133-141, 2015.3

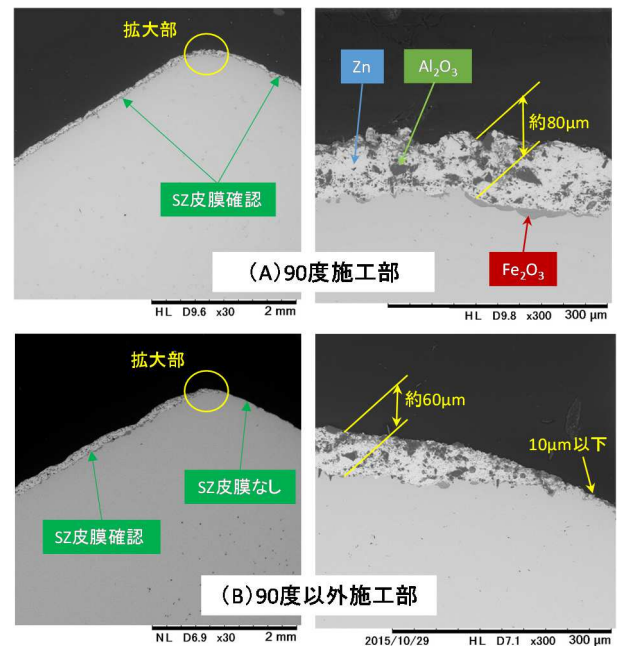


図-5 ナット角部の断面観察結果

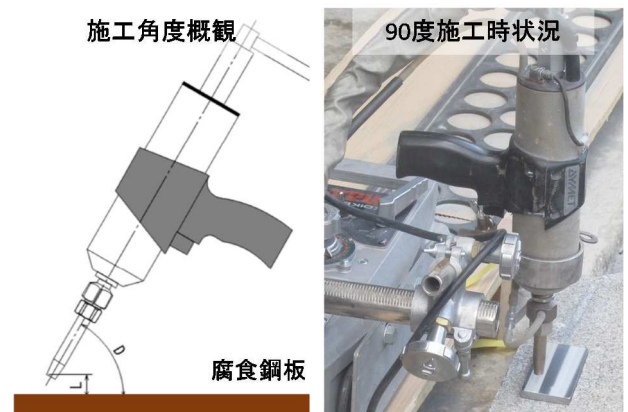


図-6 角度条件の供試体作成状況

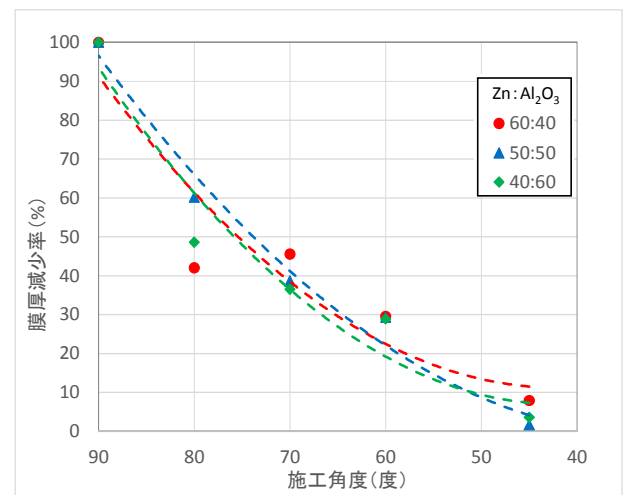


図-7 施工角度と膜厚減少率結果