

特殊金属被膜生成技術のボルト継手部塗装への適用

(株) 横河ブリッジ 正会員 ○井口 進
 (株) 横河ブリッジホールディングス 正会員 清川 昇悟
 東京ファブリック工業(株) 木村 雅昭
 琉球大学 正会員 下里 哲弘

1. はじめに

鋼橋の防食上の弱点部の一つとして、高力ボルト継手部が挙げられる。特に、高力ボルト本体への塗装仕様は、下塗りとしてジンクリッチペイントを施しておらず、重防食塗装仕様として犠牲防食機能を有していない。

筆者らは、高力ボルト継手部の防食性を向上させることを目的に、コールドスプレー技術を応用した特殊金属被膜生成技術「Smart ZIC[®]」(以下、SZ)を適用し、高力ボルト表面へ犠牲防食機能を有する金属被膜を形成することを検討している。本報では、SZ工法の概要を示すとともに、その防食性の確認と現場での施工性の検討結果について報告する。

2. Smart ZIC工法の概要

SZ工法は、1980年代にロシア科学アカデミーのA.Papryinらによって発見された、コールドスプレー技術¹⁾を利用している。図-1に示すように、金属材料の融点または軟化点よりも低い温度のガスをスプレーガン内部で超音速域まで加速させ、そのガス内部に被覆材料となる金属粉体を投入、粉体が基材に衝突するエネルギーにより付着し、被膜体を形成する。

コールドスプレー技術で生成できる被膜は、亜鉛やアルミニウム、銅、ステンレスなどの金属のほか、ふっ素樹脂、ポリエチレン樹脂など多岐にわたる。SZ工法では、ボルト表面への犠牲防食被膜を形成することを目的とするため、亜鉛を選定している(図-2)。

SZ工法の特長を挙げると、以下のとおりである。

- ① 被膜生成時の亜鉛粉体の温度は200℃程度であり、熱影響による高力ボルトの変質を抑制できる。
- ② 亜鉛粉体にアルミナ(Al_2O_3)を混入させることで、被膜形成前の素地調整を同時に行える。
- ③ 粉体の付着効率が良いため、凹凸を有する基材面でも十分な被膜厚を確保できる。
- ④ 生成被膜の微細孔容積率は5%未満であり、高密度の被膜を形成できる。

3. Smart ZIC工法の防食性能の検討

3.1 鋼板供試体による塩水噴霧試験

SZ工法の防食性能を確認するため、鋼板供試体による塩水噴霧試験を実施した。新設および既設構造物を対象とするため、SZ施工前の鋼板の腐食の有無をパラメータとした。なお、亜鉛とアルミナの配合比率は

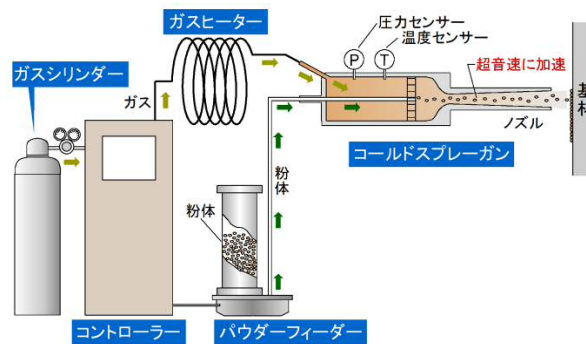


図-1 コールドスプレー装置の模式図

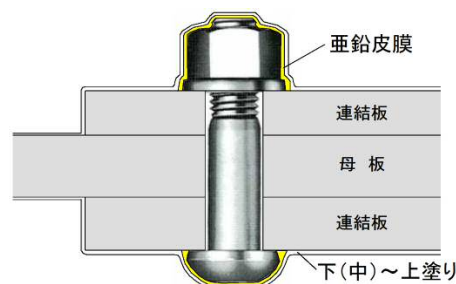


図-2 高力ボルトへの亜鉛被膜形成

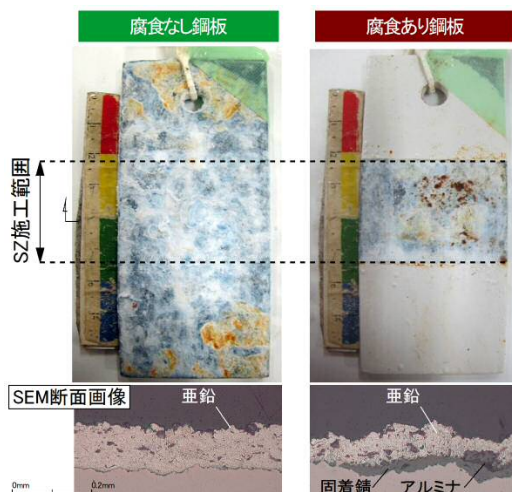


図-3 鋼板供試体による塩水噴霧試験結果

50:50である。図-3に、816時間経過後の供試体を示す。腐食あり鋼板の供試体では、SZ施工部分から部分的に発錆が確認された。一方、腐食なし鋼板の供試体は、全体的に犠牲防食作用による白色生成物が見られるが、発錆は見当たらない。塩水噴霧試験は、1,680時間まで

Keywords: コールドスプレー、継手部塗装、亜鉛被膜

連絡先: (株)横河ブリッジ 技術計画室 〒550-0004 大阪市西区靱本町 1-4-12 TEL: 06-6479-8588 FAX: 06-6441-7527

継続したが、腐食なし鋼板の供試体から錆は発生しなかった。また、図-3 下段に、試験後の SZ 施工部分の SEM 切断画像を示す。腐食あり供試体では、固着錆が残存しており、亜鉛被膜に被覆されているように見えるが、これが発錆の原因になったと考えられる。したがって、腐食部へ SZ を適用する場合は、アルミナによるプラスト効果について検討する必要がある。

3.2 高力ボルト供試体による塩水噴霧試験

高力ボルトに SZ を施した供試体による塩水噴霧試験を実施した。供試体は、①高力ボルト締め付け後に SZ を施工したもの、②防錆処理ボルト締め付け後に SZ を施工したもの、③防錆処理ボルト、④高力ボルト締め付け後に有機ジンクリッチペイントを施工したもの、⑤高耐食溶融亜鉛めっき (5%Al+1%Mg) ボルト、⑥溶融亜鉛めっきボルトとした。なお、いずれも新品のボルト (無塗装) を供試体としている。

1,512 時間経過後の供試体の状況を図-4 に示す。防錆処理ボルト (③) および有機ジンクリッチペイントを施したボルト (④) は、ナットと座金の界面やねじ山部から発錆している。溶融亜鉛めっきボルト (⑥) は、ナット角部からの発錆が認められる。一方、SZ を施工したボルト (①、②) は、犠牲防食による腐食生成物が析出しているものの発錆は認められず、高い防食性が確認できた。また、高耐食溶融亜鉛めっきボルト (⑤) からも発錆は認められなかった。

4. 実構造物を対象とした試験施工

SZ 工法の実構造物への適用性を確認するために、実構造物の高力ボルト継手部を対象とした試験施工 (A および B) を行った (写真-1)。

試験施工 A では、腐食した高力ボルトを対象に SZ を施工した²⁾。SZ 施工後、高力ボルト表面は、アルミナの素地調整効果により錆が除去され、孔食による凹凸が露出した上に亜鉛被膜が形成しているのが分かる (図-5)。この施工箇所は、塗装を施さず 6 ヶ月間暴露した (期間中の最大飛来塩分量: 0.98mdd) が、錆が再発することはなかった。しかし、ウェブに近いフランジのボルト等、狭隘で SZ の施工が困難な部位で、部分的に錆が再発した (図-6)。

試験施工 B は、新設・既設構造物を対象とした場合の施工能率を調査することを目的に、横桁や横構ガセット部の継手部を対象に実施した。その結果、新設 (錆・塗装なし)・既設想定箇所とも、トルシア型高力ボルトナット部で約 4 分/箇所、頭部で約 2 分/箇所の施工能率となった。

5. まとめ

SZ 工法の高力ボルト継手部塗装への適用検討の結果、SZ 工法の高い防食性と施工性を確認した。しかし、狭隘部など部分的な施工困難箇所もあり、ノズルの工夫など、今後の改善すべき課題である。

なお、試験施工では、沖縄県土木建築部、(株)金秀鉄工の協力を得た。ここに感謝の意を記します。

(参考文献)

- 1) 榊和彦: コールドスプレーの概要ならびにその軽金属皮膜、軽金属 第 56 巻 第 7 号、pp.376-385、2006.7
- 2) Inokuchi, S., et al.: Anticorrosion Engineering for Steel Bridges with Cold Spray Coating System, Proceedings of The 12th Japan-Korea Joint Symposium on Steel Bridges, pp.65-73, 2013.8

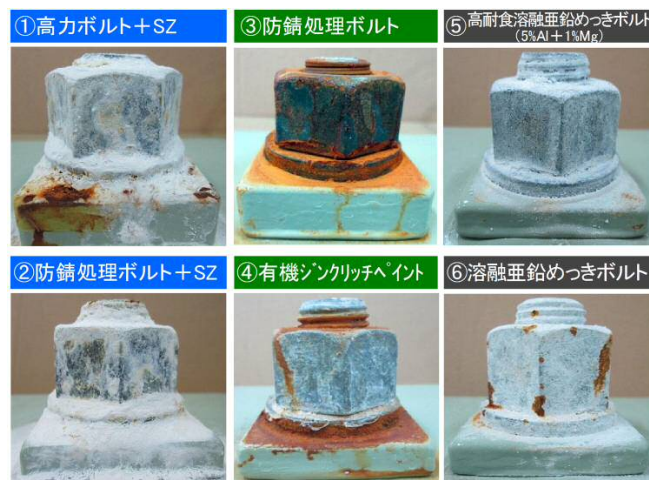


図-4 高力ボルト供試体による塩水噴霧試験結果



写真-1 実構造物での試験施工(試験施工 B)



図-5 SZ 施工部の高力ボルトの経時変化



図-6 SZ 施工困難部における発錆(ウェブ近傍)