

鋼道路橋の異種金属接合部における絶縁方法の違いが耐腐食性に及ぼす影響

大西孝典・宮寄靖大・澤田 守・上仙 靖

1. はじめに

鋼道路橋においては、鋼部材の腐食を防ぐために種々の防食方法が取られている。防食方法として一般に用いられる塗装は、一般的な環境での耐久性は十分あるものの、海岸付近や冬期に凍結防止剤を散布する等の厳しい塩分環境では塗膜の劣化が早く、塗替塗装に要する維持管理費が課題となる。これらのことから、無塗装でも高い耐食性があり、使用地域を限定しない高耐久鋼材のニーズが高まっている。

高耐久鋼材として、本検討ではステンレス鋼(以下「SUS鋼」という。)に着目した。希少元素を含有するSUS鋼は、溶接構造用圧延鋼材(以下「SM材」という。)等の炭素鋼と比べてコストが高いため、橋全体の鋼部材に適用するよりも、腐食しやすい箇所限定して適用する方法が有利と考えられる。例えば、既設橋の補修補強において、腐食した部材をSUS鋼製の部材に交換して塗替塗装の必要性をなくし、維持管理が容易となるよう部分的に更新する適用方法が考えられる。このような適用方法を想定する場合、SUS鋼は腐食しにくいものの、炭素鋼とSUS鋼の接触部では両鋼材の電位差による異種金属接触腐食の発生が懸念される。この異種金属接触腐食を防ぐためには、適切な方法で電気的な絶縁を行う必要があるが、屋外環境でも長期の耐久性を維持できる絶縁の仕様は標準化されていない。

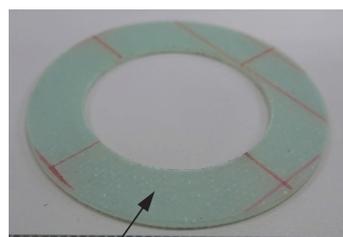
そこで、炭素鋼とSUS鋼の摩擦接合継手の接合面に絶縁材料を設置し、絶縁材料の材質や設置範囲による腐食性状の違いおよび異種金属接触腐食の発生を抑制する効果を腐食促進試験により検証した。本稿では、その概要について報告する。

2. 絶縁材料をパラメータとした腐食促進試験の概要

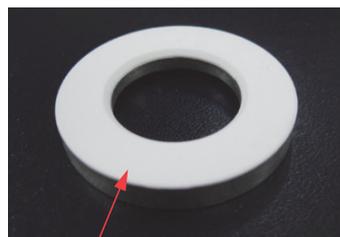
2.1 異種金属接合部の電気的な絶縁の方法

異種金属接触腐食の発生を抑制するため、鋼材同士が接触する接合面に絶縁材料を設置する方法を検討した。道路橋を対象とする防せい防食の基準類においては、絶縁材料に求められる電気抵抗値の水準は示されていないものの、機械設備の監理指針¹⁾においては、異種管の継手に $1M\Omega$ 以上の絶縁抵抗を求めている。絶縁材料の選定においては、この値以上の絶縁抵抗を期待できるものを候補とした。

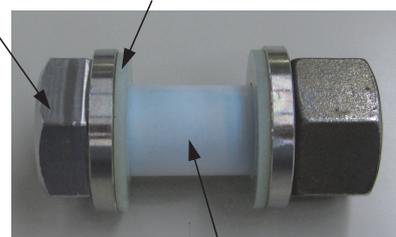
さらに、摩擦接合継手の接合面に絶縁材料として設置した場合においても、一定の摩擦係数が得られ、材料のクリープによる高力ボルトの軸力低下が小さいもの²⁾を選定するものとし、エポキシ樹脂板及びアルミナ溶射を絶縁材料として選定した。写真-1に各絶縁材料の例を示す。また、ボルトの軸部と鋼板の接触も生じる可能性があるため、ボルト軸部にはPTFE(テフロン)製の絶縁スリーブを設置することとした。



エポキシ樹脂板を座金としたもの
(a) エポキシ樹脂板



SUS鋼製座金にアルミナ溶射を施したもの
(b) アルミナ溶射



PTFE製のスリーブ
(c) PTFE製スリーブ

写真-1 絶縁材料の例

2.3 腐食促進試験の条件

促進腐食試験は、厳しい腐食環境を再現するため、塩水噴霧、乾燥及び湿潤の条件を含んだ複合サイクル試験を採用した。図-3に示す1サイクル8時間の複合サイクル³⁾を計180サイクル(1,440時間)実施した。なお、試験機内の配置場所による噴霧の偏りが腐食性状に影響しないよう、30サイクルごとに試験体の配置の変更を行った。

試験後は、ISO 8407⁴⁾に示されている方法に従い、炭素鋼の腐食生成物を除去した。

3. 腐食促進試験の試験結果

3.1 板厚減少量

図-4に各試験体の板厚減少量を示す。図中の実線と値は、試験体3体の平均を示している。なお、本図に示す板厚減少量は、鋼板に腐食が一様に発生したものとして算出したものである。

絶縁の有無について比較すると、絶縁していないNone-F-SSの板厚減少量は、電位差のないNone-F-CSの約1.3倍であり、電位差の影響が現れたものと考えられる。

絶縁材料にエポキシ樹脂板を使用した試験体E44-F-SS~E56-F-SSの板厚減少量は、電位差のないNone-F-CSと同程度であり、絶縁による一定の効果があつたと考えられる。また、試験体3体の平均値でみると、E44-F-SSよりもE50-F-SSとE56-F-SSの板厚減少量は小さい。座金と炭素鋼の接触面端部に滞水が生じると、電気的な短絡が生じると考えられるが、絶縁材料を接触面から張り出すことにより、この影響を抑えられる可能

性がある。

絶縁材料にアルミナ溶射を使用したAS-F-SSの板厚減少量は、エポキシ樹脂板を使用したものよりも大きく、None-F-SSとほぼ同じである。アルミナ溶射は座金の接触面にのみ施していることから、上述した接触面端部の滞水により、絶縁の効果が得られなかった可能性がある。

3.2 試験体の外観および表面腐食深さ

表-2に腐食促進試験前後及び腐食生成物除去後の炭素鋼板表面の外観を示す。いずれの試験体においても座金接触面の輪郭が確認できるが、絶縁の方法による差は見られない。腐食表面の外観においては、明確な異種金属接触腐食の発生は確認



図-3 複合サイクル試験の条件

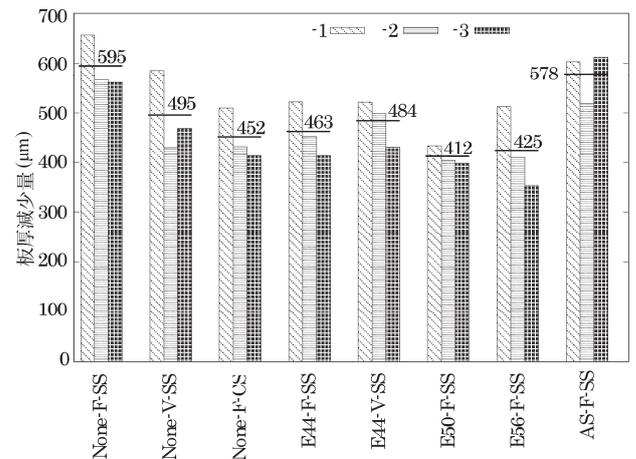


図-4 各試験体の板厚減少量

表-2 炭素鋼表面の外観

試験体記号	試験前 (0h)	試験後 (1,440h)	腐食生成物除去後	試験体記号	試験前 (0h)	試験後 (1440h)	腐食生成物除去後
None-F-SS-1				E50-F-SS-1			
None-F-CS-1				E56-F-SS-1			
E44-F-SS-1				AS-F-SS-1			

できないと言える。

試験開始前及び腐食生成物除去後に炭素鋼板の表面を三次元マイクロスコープにより観察し、定点の腐食深さ（腐食前後の表面高さの差分）を計測した。図-5は、この計測結果のうち、座金接触部近傍の腐食断面の一例を示したものである。なお、図中の数値は観察範囲の最大腐食深さである。

異種金属接触腐食が生じた場合、接触面端部から急激に腐食深さが大きくなると考えられる。そのような視点で見ると、電位差のないNone-F-CSは座金との接触面端部から緩やかに腐食深さが大きくなっている。他方、電位差のあるNone-F-SSは接触面端部から腐食深さが大きくなっており、電位差の影響が読み取れる。

絶縁材料を接触面と同じ範囲に設置したE44-F-SSとAS-F-SSは、電位差のある条件と同様の傾向を示しており、絶縁材料を設置した効果がみられない。一方、接触面よりも大きなエポキシ樹脂板を設置したE50-F-SSとE56-F-SSは、電位差のない条件と同様の傾向を示しており、絶縁による効果が確認された。これにより、絶縁材料を接触面から張り出すことで、接触面端部での電氣的な短絡の影響を抑えられることがわかった。

4. まとめ

本稿では、異種金属接触腐食の発生を抑制する方法を検討し、鋼材の接触面よりも大きな絶縁材料を設置すれば、電位差の影響を抑えることができることを明らかにした。

今後は、絶縁材料を含めた具体の防食仕様を検討する計画である。さらに研究開発を進め、補修補強方法の新たな選択肢として、高耐久性鋼材への部材更新の方法を提示したいと考えている。

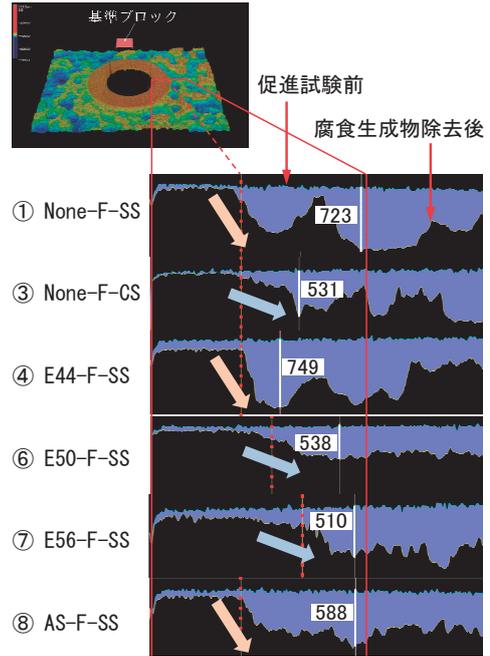


図-5 座金接触部近傍の腐食断面

謝 辞

本試験は、土木研究所、日本鋼構造協会、日本橋梁建設協会、長岡技術科学大学、長岡工業高等専門学校、早稲田大学、本州四国連絡高速道路との共同研究「耐久性向上のための高機能鋼材の道路橋への適用に関する共同研究」の一環として実施されたものである。関係各位に謝意を表します。

参考文献

- 1) 公共建築協会：機械設備工事監理指針 平成25年版、pp.165～166、2013
- 2) 大西孝典、村井啓太、澁谷敦、上仙靖、玉越隆史：異種金属間に絶縁材を配置した摩擦接合継手のすべり耐力、土木技術資料、第61巻、第12号、pp.52～55、2019
- 3) (公社)自動車技術会：JASO M 609 自動車用材料腐食試験方法、自動車規格、1991
- 4) ISO 8407 : Corrosion of metals and alloys - Removal of corrosion products from corrosion test specimens, ISO, 2009

大西孝典



研究当時 土木研究所構造物メンテナンス研究センター橋梁構造研究グループ 研究員、現 首都高速道路(株) OHNISHI Takanori

宮寄靖大



(独)長岡工業高等専門学校環境都市工学科 准教授、博士(工学) Dr. MIYAZAKI Yasuhiro

澤田 守



土木研究所構造物メンテナンス研究センター橋梁構造研究グループ 上席研究員(特命事項担当) SAWADA Mamoru

上仙 靖



土木研究所構造物メンテナンス研究センター橋梁構造研究グループ 上席研究員 JOSEN Yasushi