

防食処理を施した SUS316 と SS400 の高力ボルト継手部の複合サイクル試験

長岡工業高等専門学校 学生会員 ○星野 由，正会員 宮寄 靖大
土木研究所 正会員 大西 達也
日本鋼構造協会 正会員 志村 保美
日本橋梁建設協会 正会員 小林 裕輔，正会員 澁谷 敦

1. はじめに

ステンレス鋼は，従来の構造用炭素鋼に比べて高耐食性を有するため，長期間供用が必然である土木鋼構造物への利用に適している．一方，ステンレス鋼は，地球希少元素の含有量が炭素鋼に比べて多いため，材料費用および価格変動の増大が否定できない．そこで，厳しい腐食環境の部材のみをステンレス鋼，その他を構造用炭素鋼としたハイブリット構造とした適材適所の利用が有効であるとする．このような構造形式では，ステンレス鋼と炭素鋼の異材継手部にて，材料間の電位差による異種金属接触腐食の発現が懸念される．

本研究は，既往の実験結果¹⁾に基づき，防食処理を施したステンレス鋼と炭素鋼の高力ボルト継手部の耐食性能について，複合サイクル試験により明らかにする．

2. 実験方法

2.1 対象試験体

図1および表1は，試験体形状および試験体条件を示す．試験体は，幅190mm，高さ190mmおよび厚さ9mmのSS400製板材の中央部に直径26.5mmのボルト孔を有する母材と，幅110mm，高さ110mmおよび厚さ9mmのSUS316製板材の中央部に直径26.5mmのボルト孔を有する添接板で構成する．これらの試験体に用いる高力ボルトは，ステンレス鋼製高力ボルト10T-SUS(鋼種SUS630)であり，摩擦接合用高力ボルトF10Tに相当するものである．また，試験体は，施工品質の不具合等により生じやすい連結部の塗膜変状を再現し，接触面端部の耐久性を確認することを目的として図1に示すようなスリット部を設けている．塗装は，F-11(C-5 塗装系)またはRc-II塗装系とする．これら試験体に用いた絶縁材料は，既往の研究¹⁾より，エポキシ樹脂板(t=1mm)およびアルミナ溶射(目標膜厚0.3mm)とする．

2.2 試験方法

本研究で実施する促進腐食試験は，JASO M 609²⁾に準拠した複合サイクル試験である．本試験は，1サイクルが8時間の複合条件¹⁾を，180サイクル実施する．また，複合サイクル試験中には，試験機内での試験体設置位置による偏りの影響を除去するため，30サイクル毎にローテーションを行う．促進腐食試験終了後は，試験体の腐食生成物の除去を，JIS Z 2371の付属書JB4³⁾およびISO 84071⁴⁾に準拠して行う．そして，試験後の試験体の評価は，写真による外観観察および3次元マイクロ스코プ(キーエンス社製：VR-3000)による表面解析により行う．

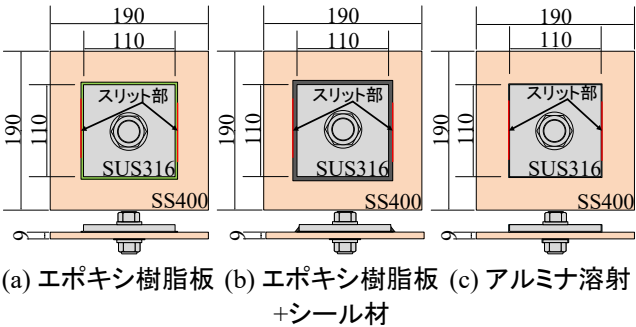


図1 高力ボルト接合試験体形状

表1 試験体条件

試験体名	絶縁材料	塗装	添接板	設置条件	高力ボルト
Ep-F11-Sus-L	エポキシ樹脂板	F-11	ステンレス鋼	水平	10T-SUS
Ep-Rc-Sus-L	エポキシ樹脂板	Rc-Ⅱ	ステンレス鋼	水平	10T-SUS
Ep-Rc-Sus-V	エポキシ樹脂板	Rc-Ⅱ	ステンレス鋼	垂直	10T-SUS
EpS-Rc-Sus-L	エポキシ樹脂板+シール材	Rc-Ⅱ	ステンレス鋼	水平	10T-SUS
Al-F11-Sus-L	アルミナ溶射	F-11	ステンレス鋼	水平	10T-SUS
Al-Rc-Sus-L	アルミナ溶射	Rc-Ⅱ	ステンレス鋼	水平	10T-SUS
Al-Rc-Sus-V	アルミナ溶射	Rc-Ⅱ	ステンレス鋼	垂直	10T-SUS
None-Rc-Sus-L	なし	Rc-Ⅱ	ステンレス鋼	水平	10T-SUS
None-Rc-Car-L	なし	Rc-Ⅱ	炭素鋼	水平	F10T

キーワード 促進腐食試験，ステンレス鋼製高力ボルト，エポキシ樹脂板，アルミナ溶射
連絡先 〒940-8532 新潟県長岡市西片貝町 888 番地 長岡工業高等専門学校 TEL 0258-34-9439

3. 実験結果

写真 1 は、実験が終了した対象試験体の高力ボルト取り外し後の外観を示す。なお、これらの写真は各条件の 1 体目を示す。これらの写真より、スリットが設けられていない塗装部の表面は、全ての試験体にて、塗装の膨れおよび割れ等の損傷が見られない。スリット部についてみると、F-11 塗装系を施した条件は、Rc-II 塗装系を施した条件に比べて腐食の程度が抑えられている。また、絶縁材料を使用していない試験体(h)および(i)のスリット部についてみると、None-Rc-Sus-L の腐食が None-Rc-Car-L に比べてより明確に生じていることがわかる。これは、絶縁材料がないことによるステンレス鋼と炭素鋼の異種金属接触腐食による影響と判断する。

表 2 は、対象とした試験体のスリット部の平均粗さ、平均腐食深さおよび最大腐食深さを示す。同表中の平均は、各試験体 2 か所のスリット部の腐食深さの値を同じ条件の試験体 3 体の結果を平均して表している。同表より、F-11 塗装系を施した Ep-F11-Sus-L および Al-F11-Sus-L は、None-Rc-Car-L に比べて、平均粗さが約 35～49%，最大腐食深さが約 65～68%となる。一方、Rc-II 塗装系を施した Ep-Rc-Sus-L、EpS-Rc-Sus-L および Al-Rc-Sus-L は、None-Rc-Car-L に比べて、平均粗さが約 125～158%，平均腐食深さが 109～138% および最大腐食深さが 97～130%となる。以上の結果より、F-11 塗装系を施した試験体は、Rc-II 塗装系を施した場合に比べて腐食損傷を抑制できることがわかる。

また、表 2 の絶縁材料の有無による違いをみると、絶縁材料を用いた Ep-Rc-Sus-L、EpS-Rc-Sus-L、Al-Rc-Sus が、None-Rc-Sus-L に比べて平均腐食深さおよび最大腐食深さが小さくなることが確認できる。その中でも、Al-Rc-Sus-L は、None-Rc-Car-L と同程度となる。一方、絶縁材料を用いていないステンレス鋼と炭素鋼を接合した試験体の平均および最大腐食深さは、全ての試験体条件中最大値を示しており、外観観察結果と同様に異種金属接触腐食の発現によるものと判断する。

4. おわりに

本研究で得られた結果は、つぎの通りである。
(1) 対象とした全ての試験体の塗装健全部分は、腐食が発生しない。(2) F-11 塗装系を施した試験体は、None-Rc-Car-L に比べて、平均粗さが約 35～49%，最大腐食深さが約 65～68%となる。(3) 絶縁材料を用いた Ep-Rc-Sus-L、EpS-Rc-Sus-L、Al-Rc-Sus は、絶縁材料を使用していない None-Rc-Sus-L に比べて、平均腐食深さおよび最大腐食深さが小さくなる。

謝辞

本研究は、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」の一環として実施したものです。関係者の皆様に深く感謝申し上げます。

参考文献

1)宮寄靖大, 星野由, 大西孝典, 志村保美, 小林祐輔, 澁谷敦: 炭素鋼板をステンレス鋼高力ボルトで接合した試験体の絶縁方法の違いが腐食性状に及ぼす影響, 鋼構造論文集, Vol. 28, No111, pp. 27-38, 2019. 2)自動車技術会: JASO M 609 自動車用材料腐食試験方法, 自動車技術会, 1991. 3)日本産業標準調査会: JIS Z2371 塩水噴霧試験方法, 日本規格協会, 2015. 4) International standard: ISO 8407 Corrosion of metals and alloys - Removal of corrosion products from corrosion test specimens, ISO, 2009.

表 2 スリット部の粗さおよび腐食深さ

試験体名	平均粗さ		平均腐食深さ		最大腐食深さ	
	平均 (μm)	標準偏差 (μm)	平均 (μm)	標準偏差 (μm)	平均 (μm)	標準偏差 (μm)
Ep-F11-Sus-L	21.8	9.6	128.3	4.9	219.7	32.7
Ep-Rc-Sus-L	70.5	11.7	181.0	63.2	418.2	90.6
Ep-Rc-Sus-V	31.6	5.2	147.4	26.9	303.1	27.3
EpS-Rc-Sus-L	55.9	26.9	149.5	68.3	421.5	86.7
Al-F11-Sus-L	15.5	2.2	160.5	35.2	212.5	30.0
Al-Rc-Sus-L	55.6	27.3	118.4	57.3	315.8	74.5
Al-Rc-Sus-V	23.8	7.9	142.7	25.0	292.2	29.1
None-Rc-Sus-L	60.9	18.8	208.0	65.4	480.0	154.5
None-Rc-Car-L	44.4	17.1	130.5	41.6	322.6	103.8

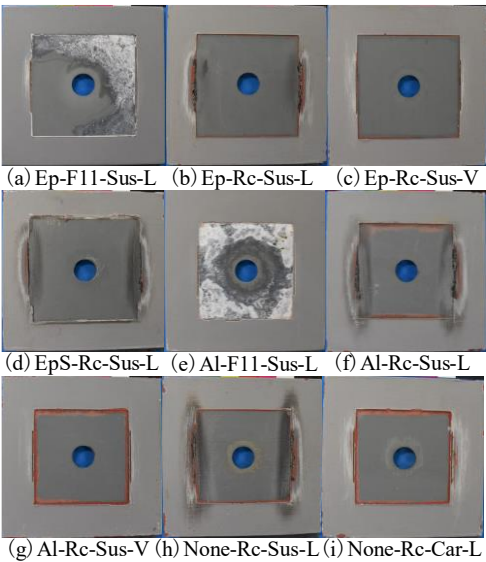


写真 1 高力ボルト接合試験体写真