

ステンレス鋼と炭素鋼の異材溶接接合部における塗装仕様の検討

(株) 横河ブリッジホールディングス 正会員 ○加藤健太郎 清川 昇悟
大日本塗料 (株) 松本敬太郎 松本 剛司

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優れた耐食性を有するものの高価であるため、土木鋼構造物に活用する場合、腐食環境の厳しい部材またはその一部に部分的に適用することが経済的である。しかし、ステンレス鋼と炭素鋼を同一構造物内で適用する場合、両者の接触部で異種金属接触腐食が発生する懸念がある。

本研究では、ステンレス鋼と炭素鋼の異材溶接に着目し、異種金属接触腐食の発生が懸念される溶接部に適用可能で、十分な防食耐久性を発揮できる塗装仕様を確立することを目的として、腐食促進試験による検討を行った。

2. 試験方法

対象とするステンレス鋼と炭素鋼の異材溶接は、リーニ二相系ステンレス鋼 SUS821L1 と炭素鋼 SM490Y、オーステナイト系ステンレス鋼 SUS304 と炭素鋼 SM400 の組合せとした。図1には試験片の概要を示す。試験片は突合せ溶接した板材から寸法 150×70×t12mm で切断し、表面全面に後述の塗装仕様を適用して製作した。着目する表面以外の面も同様に塗装した。塗装健全部だけでなく塗装欠陥部の評価も行うため、観察面にラインカット (JIS K 5600-7-9 参考) を入れた。

表1に適用した塗装仕様を示す。異材溶接試験片の塗装仕様は5種類とした。仕様1はC-5塗装系を基に、防食下地をステンレス鋼への付着力が確保できる有機ジンクリッチペイントにした仕様である。仕様2では防食下地による犠牲防食作用の効果を比較するため、仕様1から防食下地を除いた。仕様3にはステンレス鋼への付着力を確保でき、環境遮断性に優れる特殊な下塗塗料¹⁾を用いた。仕様4には、コールドスプレーにより亜鉛皮膜を形成する Smart ZIC 工法²⁾ (亜鉛とアルミナの重量比率 60 : 40) を適用した。仕様5には、亜鉛粉末含有層とふっ素樹脂塗料が一体となった防食テープ³⁾を適用した。仕様3~5では防食性の高い技術の適用により、異種金属接触腐食の抑制を狙った。また、異種金属接触腐食の発現を調べるため、異材溶接の無塗装仕様 (ブラスト処理 ISO Sa2 1/2) の試験片も対象とした。その他、同材溶接試験片として、SUS821L1 と SUS304 の無塗装仕様、SM490Y の無塗装仕様および C-5 塗装仕様を用いた。

腐食促進試験として、複合サイクル試験 (CCT) および塩水噴霧試験 (SST) を実施した。図2には、促進試験条件⁴⁾を示す。試験時間は、各試験 1000 時間程度 (CCT で約 170 サイクル) とした。試験片の設置は、鋼桁下部などの滞水しやすい箇所にステンレス鋼を適用することを想定して、ステンレス鋼を下側に、角度を 60°程度の縦置きとした。

以上、試験片は、異材溶接で 2 組合せ× (5 仕様+無塗装仕様) ×2 試験=24 体、ステンレス鋼の同材溶接 (無塗装仕様) で 2 鋼種×2 試験=4 体、SM490Y の同材溶接で (1 仕様+無塗装仕様) ×2=4 体の計 32 体とした。

キーワード ステンレス鋼, SUS821L1, SUS304, 異材溶接, 異種金属接触腐食, 塗装仕様

連絡先 〒261-0002 千葉県千葉市美浜区新港 8 8 (株) 横河ブリッジホールディングス TEL 043-247-8411

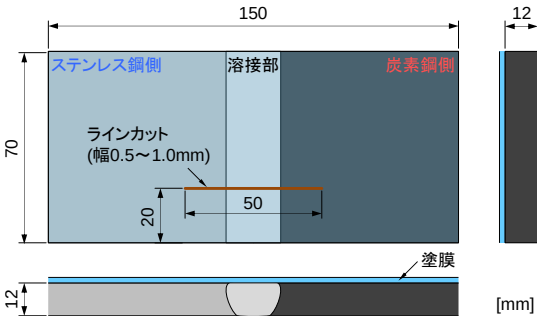


図1 試験片の概要

表1 適用した塗装仕様

仕様番号	内容	工程	塗料	膜厚 [μm]
1	C-5塗装系相当	素地調整	ブラスト処理 ISO Sa 2 1/2	—
		防食下地	有機ジンクリッチペイント	75
		下塗	厚膜形エポキシ樹脂塗料下塗	120
		中塗	ふっ素樹脂塗料用中塗	30
		上塗	ふっ素樹脂塗料上塗	25
2	防食下地なし	素地調整	ブラスト処理 ISO Sa 2 1/2	—
		防食下地	—	—
		下塗	厚膜形エポキシ樹脂塗料下塗	120
		中塗	ふっ素樹脂塗料用中塗	30
		上塗	ふっ素樹脂塗料上塗	25
3	高遮断形変性エポキシ樹脂塗料	素地調整	動力工具処理 ISO St 3	—
		防食下地	—	—
		下塗	高遮断形変性エポキシ樹脂塗料弱溶材形	120
		中塗	弱溶材形ふっ素樹脂塗料用中塗	30
		上塗	弱溶材形ふっ素樹脂塗料上塗	25
4	Smart ZIC工法	素地調整	Smart ZIC工法による亜鉛皮膜	100
		防食下地	—	—
		下塗	厚膜形エポキシ樹脂塗料下塗	120
		中塗	ふっ素樹脂塗料用中塗	30
		上塗	ふっ素樹脂塗料上塗	25
5	防食テープ	素地調整	ブラスト処理 ISO Sa 2 1/2	—
		防食下地	亜鉛粉末含有粘着層+バリアフィルム +ふっ素樹脂塗膜	600
		下塗	—	—
		中塗	からなる一体形の防食テープ	—
		上塗	ふっ素樹脂塗料上塗	25
-	C-5塗装系 (SM490Y)	素地調整	ブラスト処理 ISO Sa 2 1/2	—
		防食下地	無機ジンクリッチペイント	75
		下塗	厚膜形エポキシ樹脂塗料下塗	120
		中塗	ふっ素樹脂塗料用中塗	30
		上塗	ふっ素樹脂塗料上塗	25

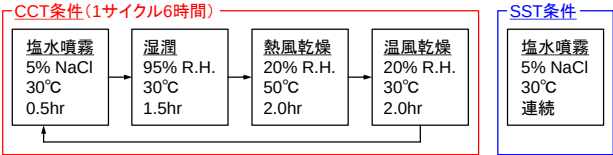


図2 促進試験条件

表 2 塩水噴霧試験前後の試験片（SUS821L1 と SM490Y）

仕様番号	1	2	3	4	5	—
内容	C-5塗装系相当	防食下地なし	高遮断形変性エポキシ樹脂塗料	Smart ZIC工法	防食テープ	C-5塗装系(SM490Y)
試験前						
1000時間後 (42日後)						
評価	一般部	異常なし	異常なし	異常なし	異常なし	異常なし
	カット部	異常なし	赤錆、膨れ	赤錆、炭素鋼側12mm膨れ	異常なし	異常なし

3. 試験結果

表 2 には、塩水噴霧試験前後の試験片（SUS821L1 と SM490Y）を示す。いずれの試験片も一般部（塗装健全部）は、塗膜劣化などの変状が観察されなかった。ラインカット部では、防食下地にジンクリッチペイントを施工した仕様 1 および C-5 塗装系（SM490Y）、防食下地に亜鉛皮膜がある仕様 4 において試験前後の変状がほとんどなく、亜鉛の犠牲防食効果により腐食発生が抑制されたと思われる。一方、仕様 2、3、5 では炭素鋼側に赤さびが発生し、ステンレス鋼側にさび汁が流れた跡が観察できる。仕様 2 および 3 については、塗膜膨れも発生した。仕様 3 に適用した高遮断形変性エポキシ樹脂塗料は、その高い環境遮断性により塗膜下に侵入した腐食促進因子が抜けにくく、仕様 2 に比べて膨れが大きくなり、腐食が進行したと考えられる。なお、割愛するが SUS304 と SM400 の組合せでもこれらと同様の結果を示し、CCT は SST に比べてさびの発生や塗膜膨れの程度が小さい傾向であった。無塗装仕様の異材溶接試験片については、外観観察で異種金属接触腐食の発現が判断できなかった。今後、同試験を継続してさらに腐食を進めた後、除錆して溶接部近傍の腐食深さなどを計測することで、その発現を詳細に調べる予定である。また、同材溶接の無塗装仕様について、ステンレス鋼には腐食がみられず、SM490Y は全面腐食していた。これらは無塗装仕様の異材溶接試験片と比較するため、引き続き試験を継続する。

4. おわりに

本研究で得られた内容は、以下である。(1)異材溶接接合部を塗装した試験片の腐食促進試験を実施した。その結果、一般部では腐食発生がなく、ラインカット部では防食下地または下塗塗料の違いによってさびや膨れの発生状況に違いがみられた。(2)防食下地にジンクリッチペイントまたは亜鉛皮膜を施工した塗装仕様では、1000 時間程度の腐食促進試験で、C-5 塗装系 (SM490Y) との有意差がみられなかった。なお、現時点で C-5 塗装系 (SM490Y) と同程度の耐久性を発揮した仕様 1 および 4 の試験片については、同条件の腐食促進試験を継続し、防食性能をより詳細に評価する予定である。

謝辞 本研究の実施にあたり、(株)日鉄ステンレス、(株)日鉄溶接工業の関係者の皆様には試験片材料の提供および溶接施工へのご助言など、多大なご協力をいただきました。ここに記して謝意を表します。

参考文献 1)大日本塗料株式会社：塩害環境向け高遮断塗装システム タイエンダーシステム, <https://www.dnt.co.jp/products/feature/20.html> (2021.3 閲覧)。2)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被覆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, 2015。3)田邊康孝, 山内健一郎, 宮下剛, 梶草二：粘着テープを用いた防食工法の開発, 第 39 回防錆防食技術発表大会講演予稿集, pp81-84, 2019。4)藤原博, 田原芳雄：鋼橋塗装の長期防食性能の評価に関する研究, 土木学会論文集, No.570/I-40, pp.129-140, 1997。