

二相系ステンレス鋼の汽水部暴露試験による長期耐食性評価

日鉄ステンレス(株) 正会員 ○岡田 修幸
土木研究所 正会員 富山 禎仁
土木研究所 正会員 新田 弘之

1. はじめに

河川・ダム施設は河川水の利用・制御を目的とする重要な施設である。これらの施設にはメンテナンスを限られた期間で行うことが求められるなど制約条件が多いため、負荷軽減を目的としてステンレス鋼などの耐食材料が多く使用されている。近年自然災害の激甚化に対応し、河川・ダム施設の大形化及び高強度化が求められている。このようななかでオーステナイト系ステンレス鋼よりも強度に優れる二相系ステンレス鋼が開発され SUS821L1, SUS323L が新たに JIS に登録された^{1), 2)}。さらに従来溶接部耐食性に課題があるとされ適用が限定されてきた SUS329J1 について同規格を満たす範囲での特性改善が進められている³⁾。ここで二相とはオーステナイト相とフェライト相の2つの相からなることを示す。これら二相系ステンレス鋼と汎用のオーステナイト系ステンレス鋼 SUS304, SUS316L の主要成分及び力学的性質を表 1 に示す。二相系ステンレス鋼は SUS304, SUS316L の約 2 倍の 0.2%耐力が規格化され高強度を活かした薄肉化設計ができ、使用鋼材量削減に加え設備軽量化による据付費等も含めたコストダウンが期待できる。耐孔食性では SUS821L1 は SUS304, SUS323L は SUS316L とそれぞれ同等とされ⁴⁾これらの特性が河川・ダム施設のニーズに合致する⁵⁾ため適用が進みつつある⁶⁾。著者らはこれら二相系ステンレス鋼の適用方法最適化のため実環境における長期暴露試験を 2016 年より実施している。

表 1 各種ステンレス鋼の主要成分及び力学的性質

分類	鋼種	主要成分 (mass%)	0.2%耐力 (N/mm ²)	引張強さ (N/mm ²)
二相系ステンレス鋼	SUS821L1	21Cr-2Ni-0.17N	≧400	≧600
	SUS323L	23Cr-4Ni-0.15N	≧400	≧600
	SUS329J1	23Cr-5Ni-1Mo-0.16N	≧390	≧590
オーステナイト系ステンレス鋼	SUS304	18Cr-8Ni	≧205	≧520
	SUS316L	18Cr-12Ni-2.5Mo	≧175	≧480

き、使用鋼材量削減に加え設備軽量化による据付費等も含めたコストダウンが期待できる。耐孔食性では SUS821L1 は SUS304, SUS323L は SUS316L とそれぞれ同等とされ⁴⁾これらの特性が河川・ダム施設のニーズに合致する⁵⁾ため適用が進みつつある⁶⁾。著者らはこれら二相系ステンレス鋼の適用方法最適化のため実環境における長期暴露試験を 2016 年より実施している。

SUS329J1 改善鋼の溶接部耐孔食性は実験室試験で SUS316L 母材を上回ることが確認されており³⁾、従来高価な SUS329J4L が推奨されてきた Cl⁻濃度の大きい感潮区間の一部に適用できる可能性がある。そこで SUS329J1 改善鋼の長期耐食性評価のため 2018 年に上記の暴露試験に追加した。実構造物においてステンレス鋼の腐食は鋼材が重なるなどして形成されるすきまで生じやすい。そこで表 1 に示す鋼種についてステンレス鋼同士のすきま(以下 SUS/SUS すきま)の耐すきま腐食性を評価した。本報では暴露 1 年間の結果を報告する。

2. 試験方法

暴露試験は江戸川水閘門下流の河川護岸で実施している。SUS329J1 改善鋼は 2018 年 12 月に、SUS821L1, SUS323L, SUS304, SUS316L は 2016 年 12 月に、TP-1470mm の干満によらず没水する位置にそれぞれ設置した。溶接方法は河川構造物に適用される FCAW(Flux Cored Arc Welding)とした。溶接材料は一般的に用いられる材料として二相系ステンレス鋼は TS2209 系、SUS304 は TS308 系、SUS316L は TS316L 系を用いた。50×50mm の大試験片と 30×30mm の小試験片を切り出して表面を#600 湿式研磨仕上げとし、これらを重ね合わせて図 1 に示すような溶接部を含む試験体を組み立てた。

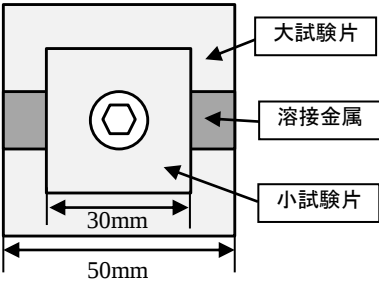


図 1 暴露試験片模式図

溶接部を含む試験体は大試験片の中央に溶接線がくるよう切り出した。耐すきま腐食性は大試験片の SUS/SUS すきまに生じた腐食深さにより評価した。腐食状況を目視観察した後、深さ測定に 3D 形状測定機を用いた。

キーワード 河川・ダム施設, 鋼構造物, 防食, 二相系ステンレス鋼, 暴露試験
連絡先 〒743-0012 山口県光市島田 3434 日鉄ステンレス(株) 研究センター TEL:070-3116-7836

3. 試験結果

暴露地点近傍の Cl⁻濃度及び水温推移例として SUS329J1 改善鋼を設置していた期間のデータを図 2 に示す

8). 夏季に Cl⁻濃度が低位となったのは降雨及び灌漑のため河川流量が増加し塩分が希釈されたものとみられ、この季節変動は過去 10 年以上繰り返されている。回収直後の試験片はいずれも全面が藻と貝で覆われていた。これらの付着物及び腐食生成物を純水及びクエン酸水素二アンモニウム溶液を用いて除去した後の溶接部試験片評価面を図 3 に示す。SUS304 は SUS/SUS すきまで腐食が認められ、溶接部試験片に生じた腐食深さは最大 190 μm であった。一般に SUS304 は感潮区間ですきま腐食を生じることが指摘されている⁹⁾。これに対して SUS821L1, SUS323L, SUS316L, SUS329J1 改善鋼はすきま内の溶接部においても SUS316L と同様に腐食は認められなかった。なお全ての鋼種で評価面以外に母材部のワッシャー側すきまで腐食が発生していた。すきま構造の違いが腐食に影響を及ぼしているとみられ、今後詳細な検討が必要と考えられる。

4. まとめ

河川感潮区間におけるステンレス鋼同士のすきまを有する試験体の 1 年間の暴露試験において SUS304 を除く SUS821L1, SUS323L, SUS316L, SUS329J1 改善鋼は溶接部を含む SUS/SUS すきまで腐食は生じなかった。今後は長期暴露の継続調査に加え、腐食に及ぼすすきま構造の影響について検討する。また、図 2 に示した環境の変化が腐食挙動に及ぼす影響を明確化し、河川・ダム施設への適用方法を最適化していく。

謝辞

本暴露試験の実施にあたって国土交通省関東地方整備局江戸川河川事務所江戸川河口出張所にご協力いただきました。

参考文献

1) JIS G 4304 熱間圧延ステンレス鋼板及び鋼帯, 2015
2) JIS G 4305 冷間圧延ステンレス鋼板及び鋼帯, 2015
3) 及川雄介, 柘植信二, 江目文則: 新 SUS329J1 鋼の組織と溶接部特性, CAMP-ISIJ Vol.37.1228(2020)
4) 日本鋼構造協会: ステンレス鋼土木構造物の設計・施工指針 (案), p.42, 2015
5) 西崎到, 富山禎仁, 岡田修幸: リーン系二相系ステンレス鋼の溶接性及び溶接部の耐食性に関する実験的研究, 土木研究所資料第 4349 号, 2017
6) 敦賀康裕, 河合廣治, 森川賢一, 高橋貞仁, 松山晃, 新谷昌之: 二瀬ダム選択取水設備新設工事, IHI インフラ技報, 第 5 号, p.90, 2016
7) ASTM G 48 Standard Test Methods for Pitting and Crevice Corrosion Resistance of Stainless Steels and Related Alloys by Use of Ferric Chloride Solution, 2015
8) 国土交通省 水文水質データベース
9) 西崎到, 守屋進: 河川・ダム施設防食ガイドライン (案) —ステンレス材料編—, 土木研究所資料, 第 3954 号, 2005

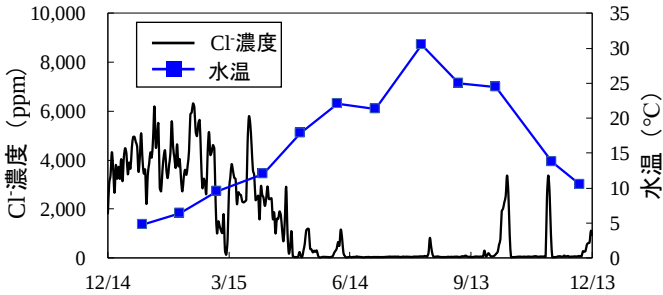


図 2 暴露地点近傍の Cl⁻濃度及び水温推移例

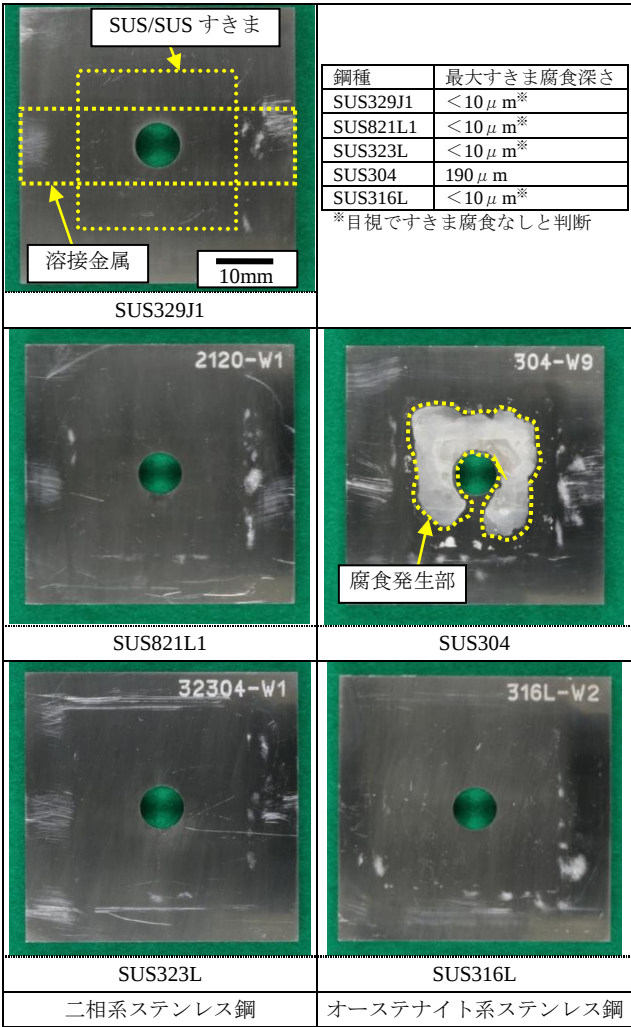


図3 付着物除去後の大試験片外観とSUS/SUSすきまの腐食深さ