

飛沫部・干満部・海中部における鋼構造物の防食工法
—ステンレス鋼の海洋暴露20年の研究成果—

(独) 土木研究所 正会員 守屋 進
○ (社) 日本鉄鋼連盟 正会員 上村 隆之
(社) 日本鉄鋼連盟 正会員 幸 英昭

1. 目的

周囲を海に囲まれている島国のわが国では従来から海運や漁業など海洋の利用が盛んであった。今後、資源や空間など海洋をより有効に利用していく必要がある。海洋空間の有効利用をはかるためには、湾岸道路や海峡横断橋などの海洋鋼構造物を、海洋という厳しい腐食環境から保護するための防食技術の確立が不可欠である。1981年に科学技術庁の科学技術振興調整費による「海洋構造物による海洋空間等の有効利用に関する研究」の一環として「防食等による海洋構造物の耐久性向上技術の開発」を建設省土木研究所（現、独立行政法人土木研究所）が担当し、その一部である「飛沫部および干満部における鋼構造物の防食技術に関する研究」を土木研究所と鋼材倶楽部（現、社団法人日本鉄鋼連盟）と共同研究で実施した。その内の一課題として、「高耐食性金属材料被覆法適用による長寿命・低コスト防食技術の確立」を掲げ、高耐食性金属材料を適用することで、施設の期待寿命内でのメンテナンスのミニマム化、および維持管理に要するトータルコスト低減の可能性を探索することを目的とした。本報では、汎用ステンレス鋼を比較材として、Cr, Moをはじめとする耐食性を向上させる元素を増量あるいは追加添加した高耐食性ステンレス鋼（オーステナイト系、フェライト系、二相系）を鋼材の被覆材として使用する際の耐食性に関して、飛沫部、干満部、海中部にわたる腐食環境において検討した約20年の長期暴露試験の結果について報告する。

2. 試験方法

暴露試験は、我が国の沿岸地域の一つとして選ばれた静岡県志太郡大井町高新田地先の海岸から約250 m沖合の駿河湾内に土木研究所が設置した「海洋技術総合研究施設」において行った¹⁾。代表的な試験材の化学成分を表1に示す。試験材の形状はいずれも管状で、普通鋼を素管としてステンレス鋼板防食材を被覆したもの、もしくは防食材金属をそのまま素管としたものである。試験材の一部には、予め人工的にすき間を付与して、いわゆるすき間腐食発生の有無とその程度を調査した。すき間付与の位置は、飛沫部では平均満潮位(H. W. L)直上、干満部ではその中央部、海中部では平均干潮位(L.W.L)直下の合計3ヶ所とした。すき間付与の方法としては、粘着材付きポリエチレン収縮チューブを加熱収縮させた。また、電気防食試験として、汎用ステンレス鋼であるSUS304並びにSUS316L鋼を用いて-500 mV (vs. SCE)および-770 mV (vs. SCE)の電位に設定した。これらを所定の期間暴露後、外観観察、すき間付与部観察、ディプスゲージを用いた孔食深さ測定等を詳細に実施した。

3. 結果

3.1 汎用ステンレス鋼（304, 316L）鋼の暴露結果

304 および 316L 鋼は2年間の暴露試験でも1mmを越える局部腐食が干満部・海中部に多数発生することが確認された。人工すき間以外の部位においても大型海生生物（フジツボ、イガイなど）が付着し、その下ですき間腐食

表 1 主な試験材の化学成分

	被覆材料	化学成分 (mass%)									
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Cu	その他
ステンレス鋼板溶接	SUS316L (17Cr-12Ni-2Mo-L.C.)	0.014	0.69	1.17	0.030	0.001	17.05	12.42	2.09		
ステンレス鋼板溶接	22Cr-26Ni-5Mo-Ti-L.C.	0.04	0.70	1.17	0.033	0.003	21.41	25.97	4.70		Ti: 0.41
ステンレス鋼板溶接	25Cr-50Ni-6Mo-Cu-Ti-L.C.	0.012	0.47	0.64	0.012	0.009	24.37	49.08	5.74	0.99	Ti: 1.25
ステンレス鋼板溶接	26Cr-4Mo-Ni-L.C.-L.N.	0.0031	0.09	0.09	0.004	0.002	25.50	0.26	3.97	0.01	Al: 0.13, Nb: 0.15, N: 0.0057
素管（二相ステンレス）	25Cr-7Ni-3Mo-Cu-N-L.C.	0.019	0.35	0.87	0.030	0.003	24.90	7.15	3.20	0.5	N: 0.139
素管（二相ステンレス）	25Cr-6Ni-3Mo-L.C.	0.012	0.49	1.04	0.015	0.001	25.00	7.09	3.04		N: 0.11
素管（二相ステンレス）	22Cr-5Ni-3Mo-L.C.	0.017	0.43	1.83	0.023	0.001	21.24	5.39	2.86	0.04	
ステンレス鋼板溶接	30Cr-2Mo	0.003	0.13	0.11	0.018	0.004	29.58	0.14	2.15		
素管(二相ステンレス)	25Cr-7Ni-3.2Mo-0.3N	0.012	0.43	0.54	0.018	0.0004	0.05	25.30	6.75	3.28	N: 0.275

キーワード ステンレス鋼, 海洋暴露, 耐海水性, 耐食性, 局部腐食

連絡先 〒103-0025 東京都中央区日本橋茅場町3-2-10(鉄鋼会館) (社)日本鉄鋼連盟 市場調査・開発本部 TEL 03(3669)4815

が認められた。なお 304 鋼には飛沫部において軽微な孔食が認められた。局部腐食深さの深い方から 5 個選び、その平均値を局部腐食深さとして時間変化をプロット²⁾して図 1 に示す。SUS316L 鋼ではほぼ 1/2 乗に比例して局部深さが深くなることが判った。

3.2 汎用ステンレス鋼 (304, 316L) 鋼への電気防食の適用

電気防食を施した場合、普通鋼の防食電位の -770 mV (vs. SCE) まで卑にせずとも、-500 mV (vs. SCE) の設定で効果があり、局部腐食防止の効果が認められた。したがって電気防食は普通鋼と同様、耐海水性が十分でない汎用ステンレス鋼の防食には有効であることが判明した。

3.3 高耐食性ステンレス鋼の暴露結果

ステンレス鋼の耐食性向上元素である Cr, Mo 等の添加量が高くなるほど耐海水性が改善される傾向が認められた。10 年および 20 年暴露材の結果について Cr+3Mo+10N 量³⁾で整理した結果を図 2 に示す。Cr+3Mo+10N 量が 38 (mass%) 以上となれば、鋼種によらず海水環境下での最大腐食深さが著しく低下し、局部腐食 (孔食・すき間腐食) が生じないことがわかった。

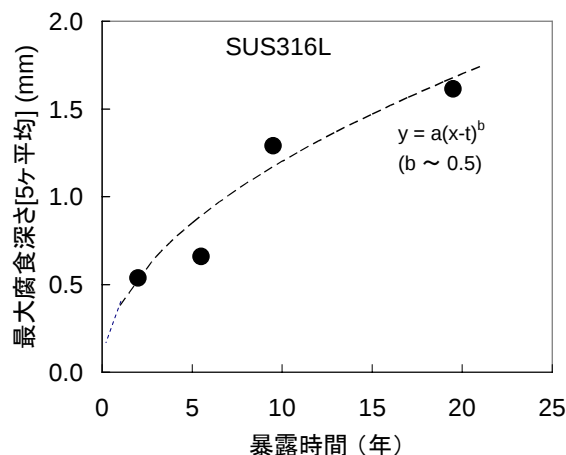


図 1 316L 鋼の局部腐食深さの経時変化

4. 結論

各種ステンレス鋼の大井川沖 20 年海洋暴露試験の結果より、飛沫部、干満部および海中部における部位別の孔食・すき間腐食等の局部腐食を中心に調査し、以下の結果を得た (表 2)。

- ・汎用ステンレス鋼 (304, 316L 鋼) の干満部・海中部の局部腐食の発生防止対策として、電気防食が有効であり、-500 mV (vs. SCE) よりも卑な電位に設定すればよい。
- ・成分的に Cr+3Mo+10N 量が 38 (mass%) 以上であるステンレス鋼は、局部腐食の発生は認められず、良好な耐海水性を有することが判明した。
- ・海洋鋼構造物の防食技術として高耐食性ステンレス鋼による被覆が提案できる。

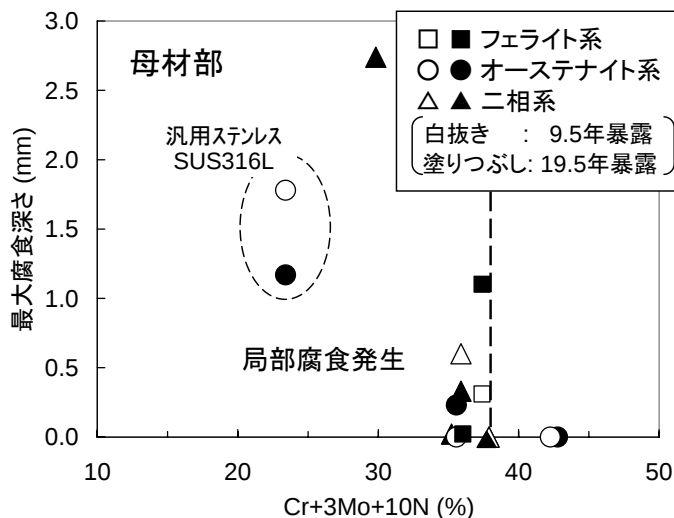


図 2 各種ステンレス鋼の耐海水性に及ぼす合金成分の影響

表 2 ステンレス鋼の 20 年暴露結果—耐久性まとめ

	SUS304 鋼、SUS316L 鋼またはこれらと同等の耐食性を有するステンレス鋼	Cr+3Mo+10N $\geq$ 38 (mass%) を満足する各種ステンレス鋼
飛沫部	局部腐食発生有り	局部腐食発生無し
干満部	電気防食の併用で局部腐食発生無し	
海中部	電気防食の併用で局部腐食発生無し	

謝辞

海洋技術総合研究施設の維持管理を行っていただいております国土交通省中部地方整備局静岡河川事務所の関係各位に謝意を表します。

参考文献

- 1) 守屋 進, 大澤 隆英, 渡辺 健児, 中野 正, 永井 昌憲, 多記 徹, 金井 浩一; “重防食塗装系の駿河湾海上暴露 20 年の結果”, 土木学会論文集 E, Vol. 62, No. 4, pp.790-797, (2006) .
- 2) 守屋ら: 第 49 回材料と環境討論会講演集, p. 127 (2002).
- 3) 腐食防食協会編: 腐食防食データハンドブック, p. 542 (1995).