

I-A50

橋梁用高海浜耐候性鋼の研究（その1）
—海浜耐候性を向上する最適成分系の基礎検討—

(株)日鉄テクノサーチ 研究開発部 正会員 田辺 康児

新日本製鉄(株) 鉄鋼研究所 非会員 宇佐見 明, 紀平 寛, 富田幸男

1. はじめに

鋼材の弱点である腐食の問題をさびによって抑制する耐候性鋼は、橋梁をはじめとする鋼構造物のメンテナンス負荷軽減のために広く適用されてきた。しかし、海浜付近など、飛来海塩粒子の多い地区ではいわゆる安定さびが形成されず、期待通りの効果が得られないケースもあった。このため、全国41橋の大気曝露試験等を基に耐候性鋼（無塗装使用）の適用指針（年平均飛来海塩粒子量が $0.05\text{mg}/100\text{cm}^2/\text{day}$ 以下あるいは離岸距離）が定められている¹⁾。日本の主要地域は海岸線に近く、これらの地域を結ぶ道路網も海岸からの距離は小さくならざるを得ない。著者らは長期の維持管理を考慮すると耐候性はまず鋼材自身で発現するのが望ましいと考え、従来の耐候性鋼の適用限界を超えた飛来塩分の多い環境でも無塗装使用可能な鋼材について研究してきた。本講演では、第一報として海浜地区における鋼材の耐候性（以下、海浜耐候性）に及ぼす鋼材成分（P, Cu, Cr, Ni），特にNiの影響を中心に報告する。

2. 海浜耐候性に及ぼす成分の影響²⁻³⁾

2.1 海浜耐候性に及ぼすP, Cu, Cr, Niの影響

Si-Mn鋼を基本成分としてP, Cu, Cr, Niを各々単独添加した小型溶解材を塩水散布大気曝露試験（1日に1回、5%NaCl水溶液を散布する促進海浜耐候性試験）に供試し、1年後の腐食量および最大腐食深さを評価した（図1）。その結果、(1)顕著な海浜耐候性向上には数%のNi添加または10%程度のCr添加が有効である、(2)1~3%Crの微量添加は耐候性を阻害する、等が判明した。さらに、JIS高耐候性鋼材(P-Cu-Ni系)をベースにCr添加量の影響を調査したが、Crは腐食を促進する結果が得られ、Crは無添加とすることが有効であることが確認された。

これらの結果から、海浜耐候性鋼の基本成分系として、従来の耐候性鋼の成分系(JIS SMA:Cu-Cr-Ni系)に対して、Cr量を低減し、Niの添加量を1~5%程度に増やすことが有望であると結論した。

2.2 Ni添加鋼の長期海浜耐候性⁴⁾

Ni添加鋼の長期間での海浜耐候性を調査するため、沖縄県宜野湾市（年平均飛来海塩粒子量 $0.78\text{mg}/100\text{cm}^2/\text{day}$ ）および千葉県君津市（同 $1.3\text{mg}/100\text{cm}^2/\text{day}$ ）にて大気曝露試験を1~9年間実施した。

図2に沖縄における5%Ni鋼の腐食曲線を示す。2~3年までに約 0.06mm 腐食が進行した後、その後の腐食進展が十分に抑制されている。5%Ni鋼の表面は黒褐色の緻密なさび層が生成していたことから、Ni添

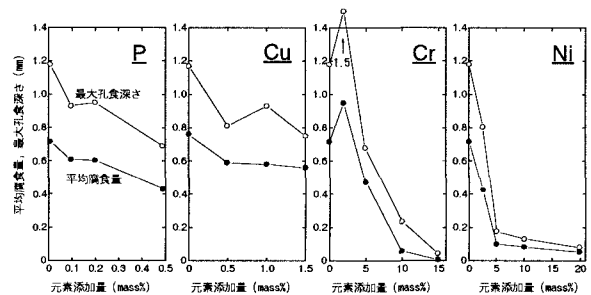


図1 海浜耐候性に及ぼすP, Cu, Cr, Niの影響
塩水散布大気曝露試験1年 0.05C-0.25Si-1.5Mn系

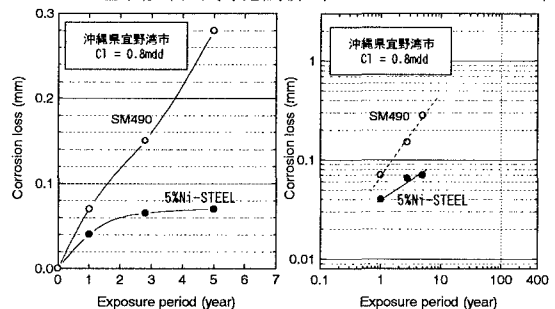


図2 5%Ni鋼の海浜大気腐食挙動（沖縄県宜野湾市）
化学成分: 0.05C-0.25Si-0.5Mn-4.9Ni (mass%)

キーワード：耐候性鋼，橋梁，維持管理費低減，大気腐食

〒293-8511 (株)日鉄テクノサーチ 研究開発部, TEL: 0439-80-2213 FAX: 0439-80-2744

加鋼は高飛来塩分環境でも安定さびを形成することが確認された。

図3に千葉県君津市における9年間の腐食量に及ぼすNi添加量の影響を示す。3%以上のNi添加で層状剥離さびの生成抑制と腐食量の顕著な抑制が認められた。これらの結果に基づき、3%Ni系を基本成分として橋梁用海浜耐候性鋼の試作、性能について評価した。

3. Ni系鋼の高海浜耐候性機構^{4,7)}

沖縄で5年間曝露し、十分な腐食進展の抑制が認められた5%Ni鋼のさび層断面のEPMAによる元素分布分析やTEMによる微細さび粒子の観察等を実施した。その結果得られたNi添加鋼の安定さび層の模式図を図4に示す。Ni添加鋼の海浜耐候性機構は、Niの下記作用の複合効果で発現されていると推察される。

【Clイオンに対する保護性が高いさび層を形成する作用⁴⁾】

- a) Clイオンによるさび粒子の粗大化・結晶化を抑制
- b) その結果として、Clイオンの地鉄界面への侵入を抑制

【地鉄自身の腐食速度を抑制する作用⁶⁾】

- c) Clを含む乾湿腐食環境での腐食速度を抑制

耐候性鋼の安定さびは2層構造でP,Cu,Crが濃縮した非晶質さびが内層に連続的に形成されることを特徴としている。一般に海浜地区では、さび表面に付着したClイオンは地鉄／さび層界面に浸透し、さびの安定化を阻害する。これに対して、Ni添加鋼の安定さびは、Niを含んだ消光層が内層に連続的に形成し、付着したClイオンの地鉄界面への侵入を抑制していることがEPMA分析によって判明した⁴⁾。また、筆者らは、耐候性鋼安定さびの保護性とさび層を構成するさび粒子の粒径分布には相関があり、保護性の高いさび層では粗大に成長した粒子の生成が抑制されていることを見いだした⁵⁾。Niは、Clイオンによる粗大粒子化・結晶化を抑制しているものと推察される。また、Ni添加鋼は海浜地区でも安定さびを形成させる作用に加えて、Clイオンを含む水溶液の乾湿繰り返し腐食速度を抑制する作用があることを明らかにしている⁶⁾。

さらに、Ni添加鋼では腐食による表面の凹凸がなだらかになる傾向を有していることが認められており⁷⁾、局部的な腐食の進展を起こしにくいことから、腐食形態の観点からも構造材料として望ましいといえる。

4. まとめ

鋼橋の維持管理費低減を目的として、従来の耐候性鋼の適用限界を超えた飛来塩分の多い環境でも無塗装使用可能な海浜耐候性鋼の基本成分系について検討した。その結果、3%程度のNi添加とCrの低減が海浜耐候性向上に有効であることが1～9年間の長期大気曝露試験で明らかになった。Ni添加鋼の安定さび層は、さび内層に連続的にNiを含んだ消光層を形成し、凝集した微細さび粒子の物理的緻密さを保持しており、これによって付着した塩分（Clイオン）の地鉄／錆層界面への侵入を抑制し、優れた海浜耐候性を発現していると考えられる。

参考文献

- 1) 建設省土木研究所，（社）鋼材倶楽部，（社）日本橋梁建設協会：耐候性鋼の橋梁への適用に関する共同研究報告書(XX)(1993)
- 2) 宇佐見，田辺，山本，間瀬，井上：第41回腐食防食討論会講演集，p.349-352 (1994)
- 3) 宇佐見，田辺，山本，間瀬，井上：CAMP-ISIJ Vol.8, No.3 P.616 (1995)
- 4) 宇佐見，田辺，山本，間瀬，井上，久津輪，都築：腐食防食'95講演集，p.393-394 (1995)
- 5) 宇佐見，田辺，間瀬：第42回腐食防食討論会講演集，p.257-260 (1995)
- 6) A.Nishikata, Y.Yamashita, H.katayama, T.Tsuru, A.Usami, K.Tanabe, H.Mabuchi: Corrosion Science, vol.37, No.12, p.2059(1995)
- 7) T.Shinohara, P.Chen, S.Tsujikawa, A.Usami, K.Tanabe, M.Yamamoto, H.Mabuchi: 9th Asian-Pacific Corrosion Conference, (1995)

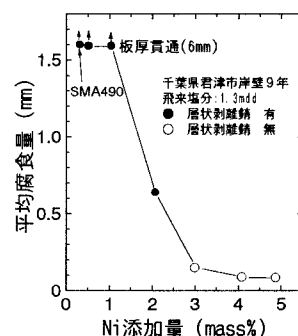


図3 海浜耐候性に及ぼすNiの影響

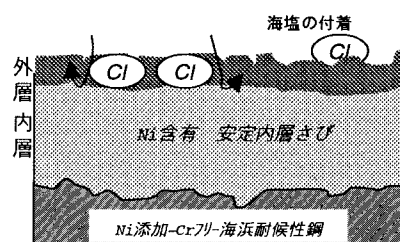


図4 Ni添加鋼安定さび構造の模式図