

腐食環境センサーを用いた腐食環境の定量化と鋼橋への適用

川崎重工業 正会員 ○阿部和浩 川口喜史 大垣賀津雄
川崎重工業 正会員 梅田 聡 上野善彦 高島 顕
長岡技術科学大学 正会員 岩崎英治

1. はじめに

鋼橋上部構造において、機能向上対策以外の損傷が原因で架け替えとなるものの約半数は、鋼材の腐食が原因である¹⁾。鋼部材の塗り替えは腐食が深刻化してから的事後保全対応となっているのが現状であり、このため橋梁の構造機能を満足できなくなっているものもある。

また全橋梁の約15%を占める耐候性鋼橋梁においては、1991年にスパイクタイヤが使用禁止されて以降、塩化ナトリウム(岩塩)や塩化カルシウムなどの凍結防止剤散布量増大に伴い、海岸からの距離20km以上や飛来塩分量0.05mdd以下という耐候性鋼材無塗装適用区分によらず、腐食に関する問題が出始めている²⁾。橋梁部材は降雨、日射、結露や漏水などの条件が異なるので、耐候性鋼材といえども様なさび層を形成することはなく、飛来塩分量のみならず風通しや結露時間などの環境条件の影響も大きい。

そこで、筆者らが開発した腐食環境センサー³⁾を全国の橋梁へ適用し、データの収集を行った。そして、腐食環境因子の推定と腐食環境の定量化を試みた内容を報告する。

2. センサー金属の腐食色変化にもとづく定量評価

(1) 腐食環境センサーの腐食試験

大気中の主な腐食因子を想定して、腐食環境センサー³⁾自身の各種腐食試験も実施した。この結果は橋梁現地の測定結果を評価する際に基準データの一つとした。センサーに対する試験条件は次の通りである。

- ①塩水噴霧試験(5%NaCl, 35℃) ②恒温恒湿試験(50℃-70~80%RH)
③恒温恒湿試験(50℃-100%RH) ④複合サイクル試験(塩水噴霧 2hr+60℃乾燥 4hr+50℃-95%RH2hr)
⑤亜硫酸ガス腐食試験(1000ppm SO₂, 40℃-80%RH) ⑥紫外線試験(サンシャインウェザー) 180hr

(2) 金属変色の定量化

Mg, Ag, Al, Cu, Fe のセンサー金属の変色を、明度 L*, 色相と彩度を示す色度 a*, b* の表色系⁴⁾で評価する手法を検討し、定量的に数値化して表現することを試みた。計測条件:

「照明受光光学系は拡散照明方式, SCI(d/8), 10° D65 光源」で分光測色計を用いた。試験前初期状態と試験後の状態でそれぞれ L*a*b* を計測した。腐食による金属の色変化を、適切に数値化することができた。この結果から算出した色差 ΔE*ab (= $[(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$) を表1に示す。

表1 腐食試験前後でのセンサー金属の色差 ΔE*ab

腐食試験	試験時間	Mg	Ag	Al	Cu	Fe
①塩水噴霧	550時間	41.5 別の色系統	7.9 著しく異なる	6.4 著しく異なる	35.0 別の色系統	45.6 別の色系統
②-1恒温恒湿 70%	1週間	27.3 別の色系統	6.0 著しく異なる	0.4	15.1 別の色系統	18.5 別の色系統
②-2恒温恒湿 70%	1ヶ月	27.3 別の色系統	14.3 別の色系統	0.9	27.0 別の色系統	39.4 別の色系統
③恒温恒湿 100%	14日	43.3 別の色系統	3.3 著しく異なる	37.5 別の色系統	7.9 著しく異なる	1.6
⑤亜硫酸ガス	1日	21.0 別の色系統	13.5 別の色系統	4.5 著しく異なる	24.9 別の色系統	38.6 別の色系統
⑥紫外線	180時間	28.0 別の色系統	40.8 別の色系統	1.2	34.0 別の色系統	0.7

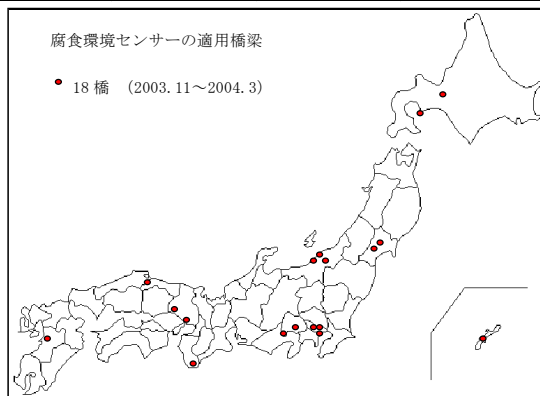


図1 腐食環境センサー適用鋼橋の位置

3. 鋼橋における腐食環境の測定

(1) 橋梁への腐食環境センサーの適用

全国各地の鋼橋に腐食環境センサーを設置し腐食・環境の測定を行った。また、各橋梁においてガーゼ法による飛来塩分量

キーワード： 腐食環境センサー、腐食因子特定、腐食度の定量評価、腐食色評価、L*a*b*色系

連絡先： 〒105-6116 東京都港区浜松町 2-4-1 川崎重工業 TEL:03-3435-2257 FAX:03-3578-1573

の測定も合わせて実施した。（本報告では2003.11～2004.3に実施分の18橋を示す。）

〔測定期間〕①1ヶ月 ②3ヶ月（①②は最初の1ヶ月がラップ） ③降雪地域のみ無降雪時期の1ヶ月
 〔測定箇所〕図1に示す各地．橋梁毎に3箇所（桁腹板外面，下フランジ下面，橋体内側の横桁）を基本）．

（2）腐食因子の特定と腐食環境の定量化

測定期間①と③における1ヶ月間のデータ全体を，前述の $L^*a^*b^*$ 表色系の観点で整理分析した．

飛来塩分量の増大とともに，アルミニウム(Al)の L^* は低下するという相関が得られた（図2参照）．この他にも銅(Cu)の a^*, b^* も飛来塩分量と相関があることがわかった．

回収したセンサーの各金属における計測結果の一例を図3～図5に示す．塩分や水分の因子に対して顕著な色変化を示すマグネシウム(Mg)は，色度の変化量の値は小さいものの，測定前の初期状態からある一定方向へ色変化が生じていることがわかる．銀(Ag)に関しては， a^* はほとんど変化せず b^* が大きな変化を示すことがわかる．塩水， SO_2 ガス，水分などの因子に敏感な銅(Cu)の a^*, b^* は，初期状態から増大する方向へ変化するものと，逆に減少する方向へ変化するものとがあり，明らかに環境因子や部位条件による違いを検出しているものと思われる．

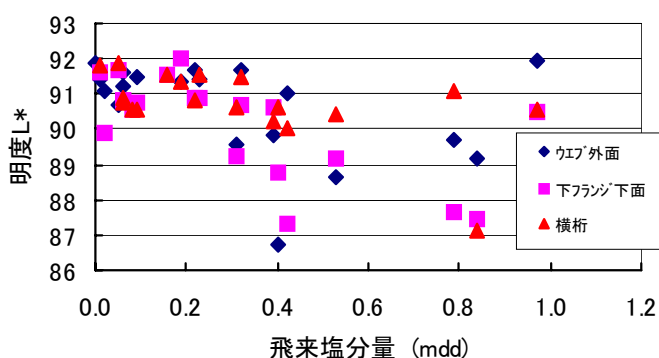


図2 アルミニウム(Al) 飛来塩分量と L^* の関係

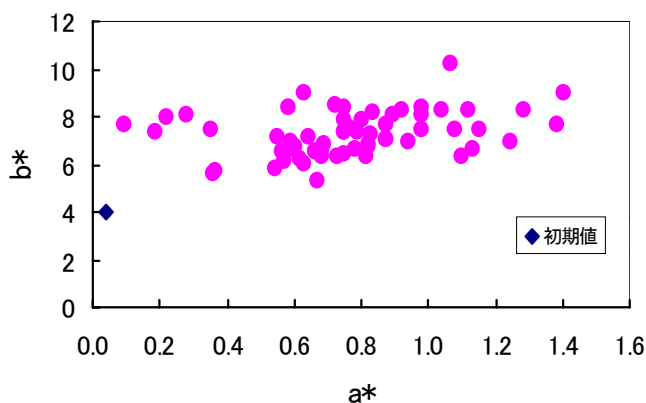


図3 マグネシウム(Mg) 色度 a^*, b^*

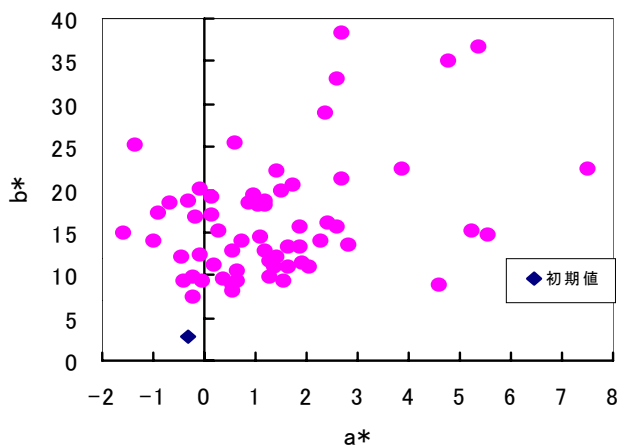


図4 銀(Ag) 色度 a^*, b^*

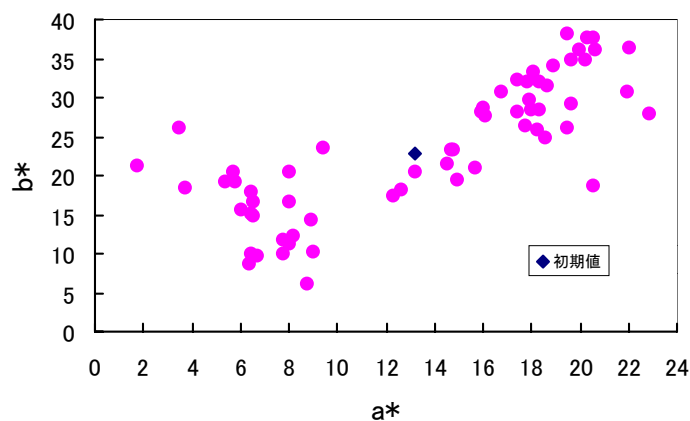


図5 銅(Cu) 色度 a^*, b^*

4. まとめ

腐食環境センサーを全国の鋼橋へ適用を図り，現段階で以下のようなことが明らかとなった．

- ・腐食環境センサーの金属色変化に基づいて，腐食環境因子の特定を行うことが有効である．
- ・腐食度合いの定量化手法の一つに， $L^*a^*b^*$ 表色系を尺度として用いることが可能である．
- ・全国の現地鋼橋へ適用したところ，各々のセンサーの色変化に大きな違いが認められ，地域や設置部位の特性による明確な差異を検出することが実現できた．

【参考文献】 1) 土木学会：鋼橋における劣化現象と損傷の評価，1996 2) 独立行政法人土木研究所：土木技術相談集 材料・土工・施工編，山海堂，2004 3) 川口他：金属の変色を利用した鋼構造物の腐食因子特定に関する研究，土木学会第59回年次学術講演会，2004 4) $L^*a^*b^*$ 表色系：国際照明委員会(CIE)1976規格化，JIS(JISZ8729)