

化学的素地調整が鋼材の表面性状に及ぼす影響に関する基礎的研究

九州大学大学院 学生会員 ○渡邊 亮太
九州大学大学院 フェロー会員 貝沼 重信
阪神高速技術株 正会員 塚本 成昭

1.はじめに 塗装の塗り替え後の耐久性は、鋼素地調整の品質に大きく依存するため、鋼構造物の素地調整が困難な部位に対して、様々なブラスト技術が開発されてきた。しかし、従来技術では、狭隘部、ボルト添接部および出遇・入遇部に対して、必ずしも十分な品質の素地調整を確保できない。そこで、本研究ではブラストなどの物理的な素地調整の代用として、機械設備等の除錆に一般的に用いられている酸による化学的素地調整に着目し、その素地調整が鋼材の表面性状に及ぼす影響、および腐食した鋼材に対する除錆効果について検討した。

2. 化学的素地調整の試験方法 試験体にはウェザロサイズ (150×70×9mm) の普通鋼板 (JIS G3106 SM490A) を用いた。試験体表面の凹凸を極力低減するために、平均粒径 5 μ m の砥石で切削加工後に電動サンダにより鏡面状に研磨した。表面研磨に用いたサンドペーパーの粗さは、#180-#8000 とした。化学的素地調整は、表面研磨後に素地調整溶液中に試験体を 3, 6, 24, 48 および 72 時間浸漬することで行った。素地調整時の溶液には、様々な酸性溶液を用いた予備試験に基づき、除錆効果や施工時の安全性などを考慮して、pH1 の塩酸系洗浄剤 (塩酸 9.5%, アルキルトリメチルアンモニウム塩 (界面活性剤)) を選定した。なお、予備試験により本素地調整溶液を適用すれば、塩環境で著しく腐食した部材であっても、24 時間の浸漬で完全に腐食生成物を除去できることを確認している¹⁾。酸溶液の温度は、道路橋示方書に規定されている鋼橋の設計に対する温度変化を参考にして、-10°C, 10°C, 30°C および 50°C の 4 種類とした。鋼板の表面性状は、光沢計 (測定面積: 3×6mm の楕円, 光源: LED (波長: 890nm), 表示範囲: 1~199, 分解能: 1) および 3 次元形状測定レーザー顕微鏡 (スポット径: 0.4 μ m, 移動分解能: 0.01 μ m) を用いて評価した。レーザー顕微鏡による測定では、1 試験体に対して 5 箇所 (2.5×2.5 mm) の領域を対象とし、測定ピッチは 2.5 μ m とした。

3. 化学的素地調整の試験結果 浸漬時間と侵食深さ d_{mean} の関係を図-1に示す。素地調整の溶液温度が高くなるにしたがって、 d_{mean} が増加する傾向にある。また、-10°Cと10°Cの酸溶液による d_{mean} が同様の傾向になっていることから、本化学的素地調整の品質は、低温時においても同程度であると言える。一方、夏季を想定した50°Cの場合、他の温度に比して鋼材の酸化反応が促進されやすくなるため、他の溶液温度に比して侵食深さが大きくなっている。しかし、鋼材の侵食深さは約1.4×10⁻³mmであり、微小であると言える。したがって、化学的素地調整は溶液温度が-10°C~50°Cであれば、実構造物に対して高品質の素地調整が期待できると言える。

試験体の表面をセミバリオグラム解析することで、鋼材表面性状を表す空間統計量 (シル θ_1 とレンジ θ_2) を抽出し、空間的自己相関構造を把握できる²⁾。バリオグラムとは鋼材表面における任意位置の侵食孔とその位置から離れた位置の侵食孔との空間的相関性を表す指標を意味する。セミバリオグラムの例を図-2に示す。バリオグラム解析に際して、まず、任意の侵食領域をレーザー測定時の格子状座標に基づき離散化する。侵食孔の自己相関構造を表す θ_1 と θ_2 は、式(1)に示す $\gamma(h)$ を求めることで、バリオグラムから算出することができる。ここでの h , $N(h)$ と z_j , z_k はそれぞれユークリッド距離、ユークリッド距離 h となる全点のペア、ユークリッド距離 h となるペア内の点の侵食深さである。

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} (z_j - z_k)^2 \tag{1}$$

θ_1 と θ_2 の空間統計量の算出には、経験バリオグラムを用いた。なお、今回用いた試験体の表面性状は特定の方向に空間変動がほとんど無いことから、等方性と仮定し、全方向に対してバリオグラム解析ができる²⁾。そのため、バリオグラムは距離のみの関数として取り扱うことができる。

浸漬時間 t と測定箇所における空間統計学のパラメータの平均値 ($\theta_{1,mean}$ および $\theta_{2,mean}$) との関係を図-3 および図-4 に示す。ここで、 θ_1 は侵食深さの程度、 θ_2 は侵食孔の凹凸の影響範囲を意味している。 $\theta_{1,mean}$ は温度の増加に伴い増加する傾向にある。一方、 $\theta_{2,mean}$ については $\theta_{1,mean}$ と異なり、溶液温度とは相関性が無く、 t の増加に伴い若干増加する傾向にある。さらに、

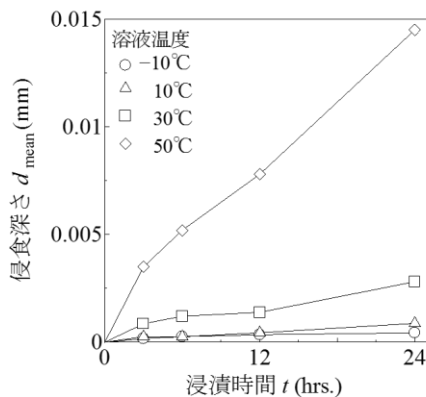


図-1 浸漬時間 t と侵食深さ d_{mean} の関係

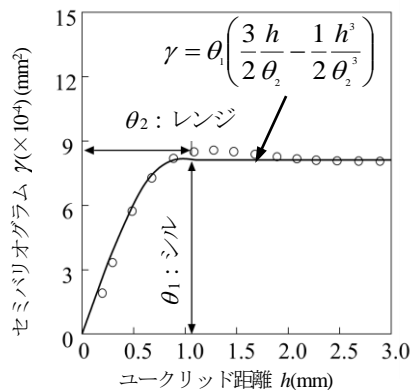


図-2 セミバリオグラムの例

キーワード 腐食, 化学的素地調整, 表面性状, 鋼構造物

連絡先 〒819-0395 福岡市西区元岡744番地 ウエスト2号館 1104号室 TEL 092-802-3392

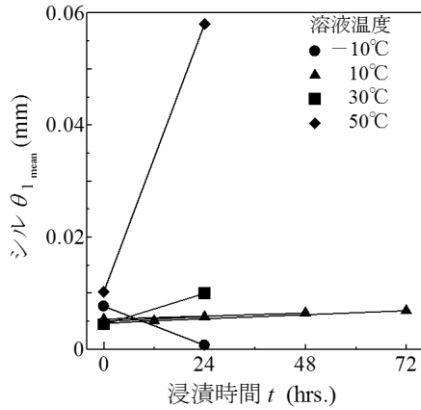


図-3 浸漬時間 t とシル $\theta_{1\text{mean}}$ の関係

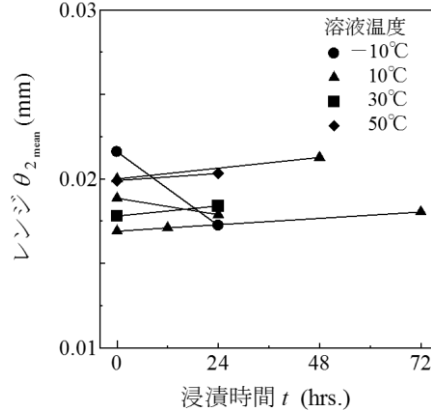


図-4 浸漬時間 t とレンジ $\theta_{2\text{mean}}$ の関係

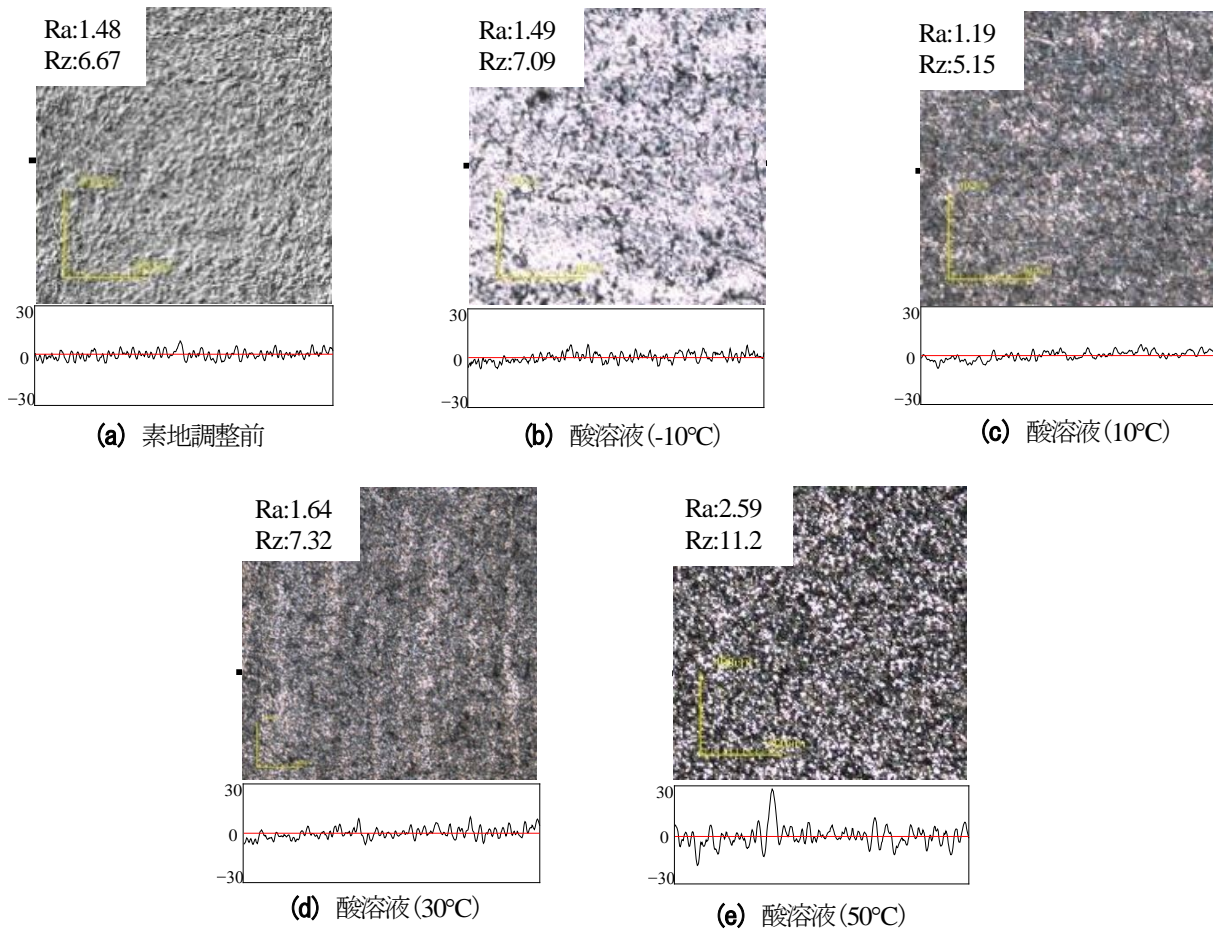


図-5 浸漬前後 (24 時間) の鋼材の表面性状

溶液温度が一定の場合における $\theta_{1\text{mean}}$ および $\theta_{2\text{mean}}$ の変化量の浸漬時間による変化は 50°C を除き微小である。したがって、酸溶による侵食は、鋼材表面の凹凸の波長に比して、振幅方向に対して影響が大きく、浸漬時間に比べ溶液温度に依存すると考えられる。

浸漬前後の試験体の表面性状を図-5 に示す。図中に凹凸の粗さを示すパラメータである算術平均粗さ Ra と十点平均粗さ Rz を示す。溶液温度が -10°C から 30°C の場合の Ra と Rz は同程度になっている。これらに比して、溶液温度が 50°C の場合については、侵食による Ra と Rz が 1.5 倍程度に大きくなっている。したがって、本化学的素地調整が鋼材の表面粗さに及ぼす影響は 50°C 程度で著しく増加するが、その侵食深さは約 $1.4 \times 10^{-2} \text{mm}$ と微小であり、鋼材に及ぼす影響はほとんど無いと言える。

4.まとめ 本研究では化学的素地調整が鋼材表面に及ぼす影響とその除錆効果を評価した。本研究で得られた主な結果を以下に示す。1) 化学的素地調整による鋼材の浸食速度が比較的早い溶液温度 50°C の場合であっても鋼材の浸食深さは $1.4 \times 10^{-2} \text{mm}$ であるため、化学的素地調整が鋼材の表面性状に及ぼす影響はほとんど無い。2) 酸溶液の侵食により、鋼材の表面凹凸の波長はほとんど変化しないが、その振幅は大きくなる傾向にある。

参考文献 1) 塚本成昭, 貝沼重信, 木下優: 腐食鋼部材に対する化学的素地調整の適用性に関する基礎的研究, 土木学会第 68 回年次学術講演会講演概要集, I-214, pp.427-428, 2013. 2) 貝沼重信, 鄭映樹, 宇都宮一浩, 安鎮熙: 空間統計学的手法を用いた大気腐食環境における無塗装普通鋼板の経時腐食表面性状の数値シミュレーション, 材料と環境, Vol.61, No.7, pp.285-286, 2012.