都市内高架橋で撤去されたフィンガージョイントの腐食表面性状に関する基礎的研究

九州大学大学院	学生会員	〇百田	寬之	九州大学大学院	フェロー会員	貝沼	重信
九州大学大学院	正会員	鄭	暎樹	阪神高速道路㈱	正会員	田畑	晶子
阪神高速技術㈱	正会員	塚本	成昭				

1. **はじめに** 冬季に多量の凍結防止剤が散布される都市内高架橋において,腐食した鋼製フィンガージョイント が疲労破断する事例が多数報告されている.¹⁾破断したフィンガージョイントは,雨水や凍結防止剤を含む土砂が 堆積する腐食性の高い環境に長期間曝されていたケースが多い.本研究ではフィンガージョイントの腐食表面性状 を空間統計学的手法により明らかにするために,腐食生成物除去後の腐食表面を構造化光投影法による非接触式 3 次元計測装置により測定した.

2. 測定方法 測定対象は図-1(a)に示す冬季に多量の凍結防止剤が散布される都市内高架橋から撤去された使用 年数が7年(H6.4 供用開始.H13.2 取替)の鋼製フィンガージョイント(JIS SMA58P)である.また,測定領域は 図-1(b)に示す疲労き裂が発生した腐食損傷の著しいフィンガー付け根部の対地面(30×30mm)とした.測定に先立 って,フィンガージョイントの腐食生成物は,pH1の酸塩系水溶液で化学的に除去した.腐食生成物の除去後にお ける鋼素地の表面性状は,構造化光投影法を用いた非接触式3次元計測装置(測定ピッチ:約0.02mm,分解能:約 0.01mm,カメラの画素数:640×480 ピクセル)を用いて測定した.測定結果から作成した腐食表面コンターを図-1(c)に示す.この測定結果に基づき,平均腐食深さ,最大腐食深さおよび空間統計量であるレンジとシルを求めた. なお,平均腐食深さは測定対象領域から疲労き裂部を除いた領域の腐食深さの平均値とし,最大腐食深さは上位5 位の腐食深さのデータの平均値とした.

フィンガージョイントの測定領域には、全面腐食と局部腐食が混在していたため、腐食深さの分布を1つの確率 密度関数でモデル化することは困難であった.そこで、まず、測定領域の腐食表面を空間統計学的手法の1つであ る回帰樹分析手法を適用することで、同様の腐食特性とみなせる腐食領域に分割した²⁾.その後、その各領域を対 象としてセミバリオグラム分析²⁾を行うことで、空間統計量であるレンジhとシルγを算出した.ここで、hとγは それぞれ腐食孔の影響範囲と腐食孔の深さの程度を表している.

3. 測定結果 フィンガージョイントの平均腐食深さ *d*_{mean} と最大腐食深さ *d*_{max}の関係を図-2 に示す. 図中には 37 年間供用された都市内高架橋の鋼製壁高欄基部から切り出した腐食鋼板(JIS G3101 SS400, 70×70×6mm, 以下, 滞水環境)⁴, および約 20 年間海洋暴露された長尺の鋼アングル材(JIS G3101 SS400, 140×140×20×3800mm, 以下, 海洋環境)⁵から得られたデータも示している. 図中の曲線は、フィンガージョイント、滞水環境および海洋環境の 回帰曲線を示している. これらの回帰曲線の相関係数 *R* は、いずれも 0.9 以上となっており高い相関性がある. フ ィンガージョイントの *d*_{mean} に対する *d*_{max}の比は、滞水環境と海洋環境の約 2 倍大きくなっている. これはフィンガ ージョイントが低合金の耐候性鋼であるため、腐食孔が普通鋼に比して板厚方向に進行しやすいことに加えて、濡 れと塩化物以外による腐食促進要因があると考えられる. この促進要因としては、フィンガージョイント下面と鋼 床版の界面に土砂が介在することにより生じる摩擦腐食や鋼床版に設置された SUS 鋼板との雨水を電解液とした 異種金属接触などが考えられる.



(a) フィンガージョイント試験体の外観 (b) 測定領域

(c) 腐食表面性状



キーワード 腐食 腐食表面性状 バリオグラム 回帰樹 連絡先 〒819-0395 福岡市西区元岡 744 番地 TEL 092-802-3392



図-2 平均腐食深さと最大腐食深さの関係



図−3 平均腐食深さ *d*_{mean} とレンジ *h* の関係

図-4 平均腐食深さ $d_{\text{mean}} \geq \sqrt{\gamma}$ の関係

平均腐食深さ $d_{\text{mean}} \ge \nu \vee \hat{\nu} h$ の関係を図-3 に示す.フィンガージョイントについては、 $d_{\text{mean}} \ge h$ の相関が最も 高くなっていることから、図中の回帰曲線の式で表すことができると言える.また、その回帰曲線は滞水環境と海 洋環境のほぼ中間に位置している.平均腐食深さ $d_{\text{mean}} \ge \nu \nu \gamma$ の平方根である $\sqrt{\gamma}$ の関係を図-4 に示す.フィンガ ージョイントの $\sqrt{\gamma}$ は、滞水環境と海洋環境のデータに比して大きいため、腐食表面の凹凸が大きいと言える.ま た、滞水環境と海洋環境のデータのばらつきは、フィンガージョイントに比して大きくなっている.フィンガージ ョイントについては、 $d_{\text{mean}} \ge \sqrt{\gamma}$ に高い相関性があるため、図中の回帰曲線の式を用いることで、 d_{mean} から γ を推定 できると言える.

4. まとめ 以下に本研究で得られた主な結果を示す. 1) フィンガージョイントの平均腐食深さ d_{mean} と最大腐食深 さ d_{max} には高い相関性がある. 2) フィンガージョイントの d_{mean} に対する d_{max} の比は,滞水環境や海洋環境に比し て大きく,それらの 2 倍程度になる. 3) d_{mean} と d_{max} の関係, d_{mean} とレンジ h の関係,および d_{mean} とシル $\sqrt{\gamma}$ の関係 を定式化した.

参考文献

1) 勝島 龍郎,塚本成昭,杉岡弘一,尾幡佳徳,岡本亮二: 破面分析による鋼製伸縮継手の破断原因の推定,土木学会年次学術講演 会講演概要集 Vol.70,I-394,2015. 2) 貝沼重信,細見直史,金仁泰,伊藤義人:鋼構造部材のコンクリート境界部における経時的な 腐食特性に関する研究,土木学会論文集,No.780/I-70, pp.97-114, 2005.3) S. Kainuma, J. H. Ahn and Y. S. Jeong: Investigation on The Stress Concentration Effect at The Corroded Surface Achieved by Atmospheric Exposure Test, Materials Science & Engineering A, Vol.602, No.25, pp.89-97, 2014. 4) 加藤祐介,貝沼重信,向川優貴:腐食環境が鋼部材の腐食表面性状に及ぼす影響に関する基礎的研究, 鋼構造年次論文報告集, Vol.18, pp.603-608, 2010. 5) 貝沼重信,細見直史,後藤淳,伊藤義人:海洋環境下における長尺鋼部材の腐 食挙動の評価・予測に関する基礎的研究,土木学会論文集 A, Vol. 65, No.2, pp.440-453, 2009.