

鋼構造部材のさび厚と腐食挙動の相関関係に関する基礎的研究

福岡北九州高速道路公社 正会員 ○片山英資 九州大学大学院 正会員 貝沼重信
九州大学大学院 学生会員 香月大翔 (株)大林組 正会員 後藤 淳
福岡北九州高速道路公社 正会員 今吉計二

1. はじめに 鋼橋を効率的かつ経済的に維持管理するためには、構造部材の腐食損傷を簡便かつ適切に実測し、部材の力学性能の低下を評価することが重要となる。しかし、腐食損傷に対して実構造部材の健全度を評価するためには、部材に生じたさびを除去した後に残存板厚を実測するなどの煩雑な作業が必要とされる。本研究では、さびの厚さやその表面形状を実測あるいは画像計測することで、構造部材の腐食挙動を簡便に評価・予測可能な手法を確立することを最終目的とする。そのために、普通鋼板および耐候性鋼板を用いた大気暴露試験を実施することで、様々な大気マイクロ環境下における鋼材のさび厚と腐食挙動の相関関係について基礎的な検討を行った。

2. 大気暴露試験 試験体の形状・寸法を図-1(a)に示す。鋼材にはグリッドブラスト (Sa2.5) 処理した板厚 9mm の SM490 材および SMA490 材を用いた。大気暴露試験は海岸線から約 3km に位置する琉球大学構内 (Lat.26°15'N, Long.127°46'E) で、暴露台を南向きに設置することで実施した。この暴露場所で異なる大気マイクロ腐食環境での試験を実施するために、試験体を水平面に対して 0°, 45°, および 90° の 3 種類の角度で暴露試験台に設置した。本研究では 3 種類の角度に設置した試験体の対地面 (90°の試験体は北面) および対空面 (90°の試験体は南面)、計 6 種類の試験体表面を対象とした。暴露期間は 0.5 年、1 年および 2 年とし、各期間 9 体 (0°, 45°, および 90° : 各 3 体)、計 27 体の試験体を用いた。なお、各角度の試験体の表裏面におけるマイクロ腐食環境は、ACM 型腐食センサを用いてモニタリングした。

試験終了後の普通鋼の試験体の腐食状況を図-2 に示す。ここでは、暴露期間 1 年で暴露角度が 0°, 45°および 90°の試験体の対空面について示している。さびの性状は暴露角度が小さくなるにしたがって、さび粒子の大きさが大きくなっていることから、粗さが粗くなる傾向にあると言える。これは、暴露角度が小さくなることで、雨水の滞水時間が長くなることや、鋼材表面の付着塩分量が多くなるためと考えられる。耐候性鋼板のさびの性状については、普通鋼のさび粒子に比べ小さく緻密であったが、暴露角度の影響は普通鋼と同様の傾向であった。

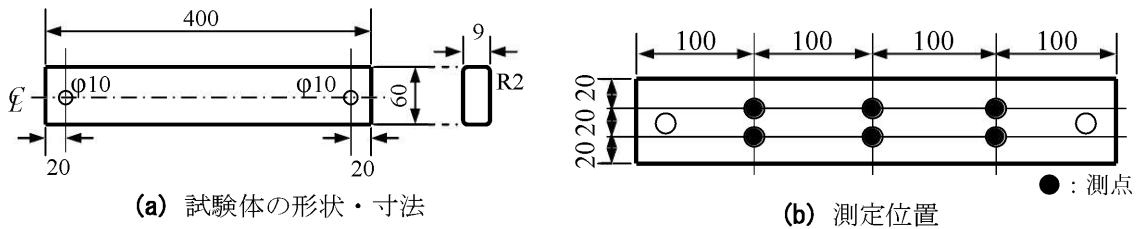


図-1 試験体の形状・寸法および測定位置 (単位 : mm)

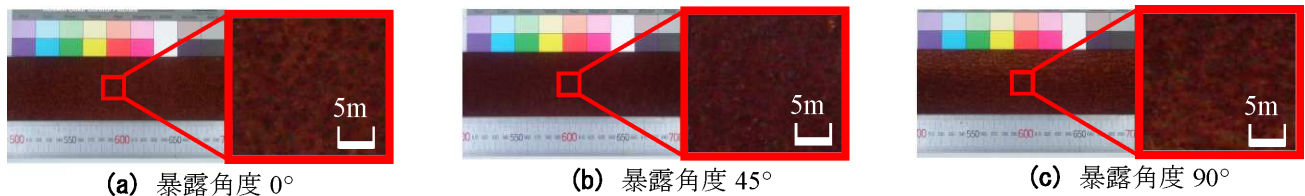


図-2 試験体の腐食状況 (大気暴露期間 1 年, 対空面)

3. さび厚と腐食深さの測定 暴露試験終了後の試験体のさび厚は、図-1(b)に示す 6 カ所の測点におけるさび厚を電磁式膜厚計 (測定精度 : $\pm 10 \mu\text{m}$, 表示分解能 : $1 \mu\text{m}$) を用いて測定した。平均腐食深さはレーザーフォーカス深度計 (スポット径 : $30 \mu\text{m}\phi$, 分解能 : $0.05 \mu\text{m}$) を用いて、さびを除去した後に試験体の表裏面を測定することで算出した。なお、測定ピッチは試験体の表面性状を考慮して 0.3 mm とした。

暴露期間 1 年の普通鋼試験体の平均さび厚を図-3 に示す。暴露期間 0.5 年の試験体に比べて暴露期間 1 年の試験体では、さび厚が増加している。対空面のさび厚については、暴露角度 45°と 90°の試験体は同程度となってお

キーワード 腐食, 大気暴露試験, さび厚, 平均腐食深さ, 最大腐食深さ

連絡先 〒812-0055 福岡市東区東浜 2-7-53 福岡北九州高速道路公社 福岡事務所 設計課 TEL 092-631-0136

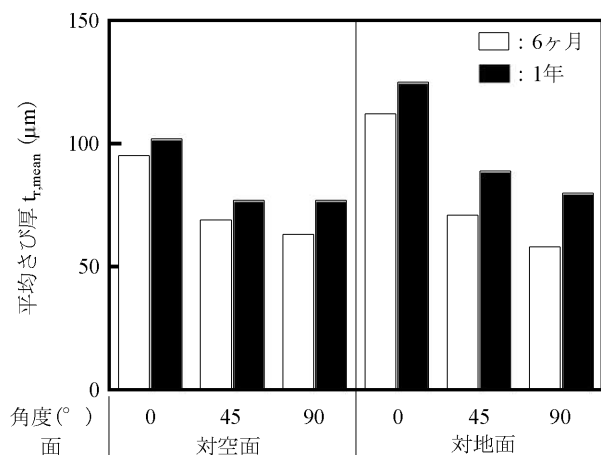


図-3 普通鋼の試験体の平均さび厚(暴露期間 1 年)

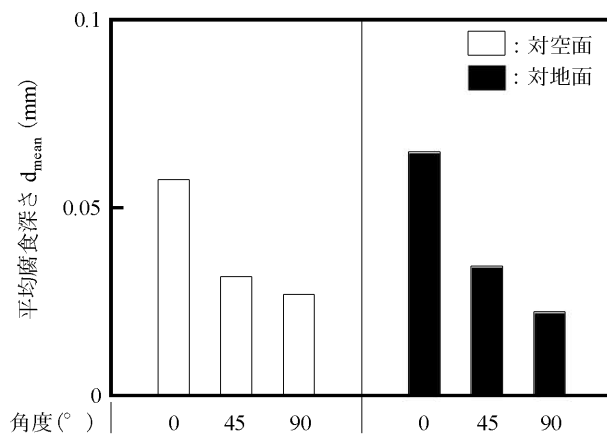


図-4 普通鋼の試験体の平均腐食深さ(暴露期間 1 年)

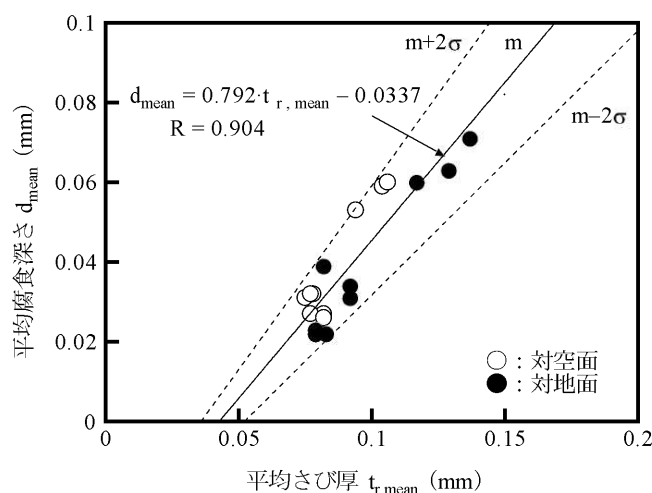


図-5 平均さび厚と平均腐食深さの関係

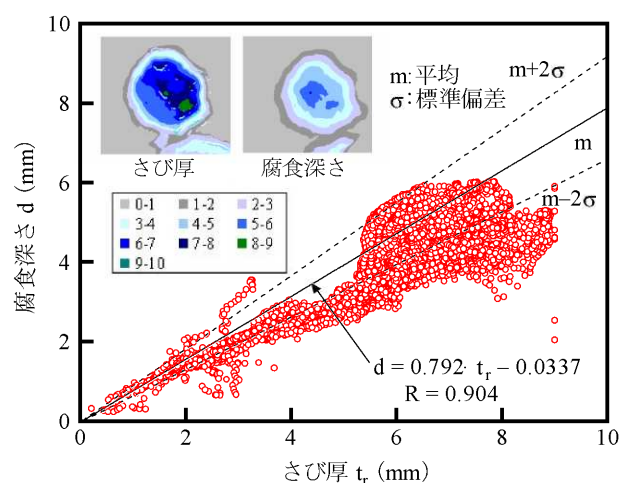


図-6 腐食した部材の腐食深さに対するさび厚の比

り、これらに比べて 0° の試験体のさび厚が大きくなる傾向になる。一方、対地面については、暴露角度が小さくなるにしたがってさび厚が増加している。

暴露期間 1 年の普通鋼の試験体に対する平均腐食深さ d_{mean} を図-4 に示す。対地面や対空面によらず、暴露角度が大きくなるにしたがって、 d_{mean} は減少する傾向にある。また、 90° の試験体以外は、対空面に比べ対地面の試験体の d_{mean} が大きくなっている。

4. さび厚と平均腐食深さの相関関係 図-3 および図-4 から、試験体の暴露角度および表裏面の平均さび厚 $t_{r,\text{mean}}$ と平均腐食深さ d_{mean} の関係は、同様の傾向を示すと考えられる。そこで、図-3 および図-4 の結果を用いて、 $t_{r,\text{mean}}$ と d_{mean} の相関関係を整理した。その結果を図-5 に示す。図中の実線は $t_{r,\text{mean}}$ に対する d_{mean} の回帰直線 m であり、破線はその $m \pm 2\sigma$ (σ : 標準偏差) である。回帰直線の相関係数 R は、0.904 であることから、 $t_{r,\text{mean}}$ と d_{mean} には高い相関があると言える。また、全てのプロットが $m \pm 2\sigma$ の領域内に位置している。したがって、実構造部材におけるさび厚を実測して、図-5 中の回帰式を用いることで、普通鋼の腐食深さを評価・予測できると考えられる。しかし、この回帰式は暴露期間 1 年の普通鋼を対象としているため、さびの生成の初期の回帰式であると言える。

そこで、冬期に多量の凍結防止剤が散布される橋梁で伸縮装置からの漏水により局部腐食した鋼製橋脚の天板を対象として、図-5 中の回帰式の実部材への適用性を検討した。鋼製橋脚の天板から得られた局部腐食のさび厚 t_r と腐食深さ d の関係を図-6 に示す。図中には図-5 中で示した暴露試験体の回帰式も併記している。鋼製橋脚の天板の t_r のデータの傾きは、暴露試験体の回帰直線 m に比べて小さい傾向にあり、プロットの上限値は概ね $m-2\sigma$ 以下の領域に位置している。

5. まとめ 本稿では飛来塩分環境で 1 年間大気暴露試験した普通鋼の試験体から得られた知見を示した。その結果、大気ミクロ腐食環境によらず、さび厚と腐食深さの関係には相関があり、その関係はさび厚が薄い初期のさび生成過程については、図-5 の式で評価できると考えられる。今後、大気暴露試験のデータを追加することで、さび厚と腐食深さの関係について、さらに検討する予定である。