

# ワッペン式暴露試験による腐食量調査と長期腐食予測に関する研究

|               |       |     |    |
|---------------|-------|-----|----|
| 宮崎大学大学院       | 学生会員  | ○深見 | 俊介 |
| 宮崎大学          | 正 会 員 | 森田  | 千尋 |
| (一財) 土木研究センター | 正 会 員 | 中島  | 和俊 |
| (一財) 土木研究センター | 正 会 員 | 安波  | 博道 |
| 宮崎大学          | 非 会 員 | 押方  | 元寛 |

## 1. はじめに

鋼部材に発生する腐食は長期間に徐々に進行する劣化現象であり、それを防止するために何らかの防錆防食対策が実施される<sup>1)</sup>。

この対策の例として、耐候性鋼材が用いられている。耐候性鋼材は、鋼材表面に緻密なさび層を形成させ、以降のさびの進展を抑制する効果を有し、塗装などを施さずとも長期間にわたり限定的な腐食量に留まることが知られている。今日では、腐食速度や長期腐食予測技術が整備され、鋼道路橋の主要材料の一つとして位置づけられている。一方、普通鋼材は塗装による防食が前提であり、橋梁環境における腐食性状について研究蓄積が少ない。しかしながら、実際の橋梁では、塗膜が劣化した後、数十年単位で放置されている事例も多く見られるが、腐食損傷が進行し大規模な補修補強を要する橋梁がある一方で、なんら構造的な欠落を生じない橋梁も存在する。このように、普通鋼材であっても環境により腐食性状が異なることは明らかである。このような状況から、普通鋼材においても耐候性鋼材と同様に、腐食速度ならびに長期腐食予測技術が確立されれば、早急に塗替えを行う必要のある橋梁・部位や、長期間放置しても耐候性鋼材同様に問題が生じない橋梁・部位に分類することができ、より効率的かつ効果的な維持管理が行えると考えられる。

本研究では、海岸からの距離、塩分の影響について分析を行うため、図-1 に示す、宮崎県が管理する山間部橋梁と、大分県が管理する沿岸部橋梁の 2 橋の鋼道路橋を対象に、普通鋼材および耐候性鋼材のワッペン式暴露試験を実施し、鈑桁橋の部位毎の腐食状況の調査と、長期腐食予測を行った。また、長期間の暴露試験結果を重視しデータに重み付けを行った長期腐食予測<sup>2)</sup>も行い、暴露試験結果の信頼性を確認した。これらの結果を報告する。

## 2. 腐食量調査

山間部橋梁と沿岸部橋梁のそれぞれに、普通鋼材と耐候性鋼材の両鋼種のワッペン式暴露試験を同一箇所で行った。それぞれのワッペン試験片の設置の様子を写真-1、写真-2 に示す。主桁の断面方向の



図-1 橋梁位置図



写真-1 山間部橋梁 試験片配置位置



写真-2 沿岸部橋梁 試験片配置位置

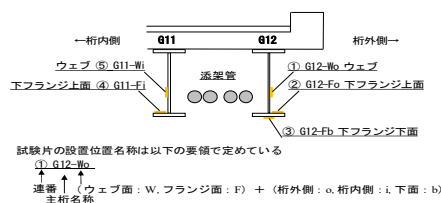


図-2 試験片の配置と部位名称例

配置位置は部位毎の腐食傾向を把握するため、図-2 に示すように、①主桁ウェブ外側（以下、Wo と呼称）、②主桁フランジ外側上面（同 Fo）、③主桁フランジ下面（同 Fb）、④主桁フランジ内側上面（同 Fi）、⑤主桁ウェブ内側（同 Wi）の 5 箇所を設置位置とし、今回のワッペン式暴露試験では、橋梁本体あるいは隣接する歩道橋に、50mm 角×2mm 厚に整形した小型暴露試験片を直接貼付し、1, 3, 5 年間の 3 水準に渡る暴露試験を行った。山間部橋梁では平成 30 年 4 月、沿岸部橋梁では平成 30 年 5 月に 5 年目のワッペン回収を行った。2 橋から回収した各試験片の腐食減耗量を図-3 に、2 橋の付着塩分量を図-4 に示す。

橋梁別の特徴として、耐候性鋼材と普通鋼材の両方で、山間部橋梁より沿岸部橋梁の方が腐食減耗量が多くなっているのは、沿岸部橋梁は一級河川の河口付近に架かる橋梁であり、海岸からの距離が短く、飛来塩分量が多いためだと考えられる。

また、腐食減耗量が最大となる部位は、山間部橋梁では Fo、沿岸部橋梁では Fi である。この理由として、Fo において、沿岸部橋梁の腐食量がわずかに大きく、付着塩分は概ね同等となっている。一般的に、Fo は付着した塩分の洗い流し効果が期待できる部位であるが、写真-1 でも分かるように、山間部橋梁は床版の張出し直下に位置し、洗い流し効果を受けにくくなっているため腐食量が大きくなっていると考えられる。

一方、洗い流し効果が期待できない Fi においては、海岸からの風の巻き込みで飛来塩分が蓄積しやすい沿岸部橋梁で腐食量が大きく、山間部橋梁で腐食量が小さくなっているのは、凍結防止剤の飛散は内桁へ堆積しづらいためだと考えられる。

### 3. 長期腐食予測

予測式は、大気腐食環境における腐食減耗量の経年変化に用いられる式:  $Y=AX^B$  を用いる。ここで、X は経年変化、Y は X 年後の腐食減耗量を示す。A、B は腐食パラメータであり、一般的には暴露試験結果の腐食減耗量から求められるが、データの重み付けをした腐食パラメータでも長期予測を行った。暴露 1 年目の結果は、気候の年変動の影響を排除できないため、長期間の暴露試験結果に比べて信頼性が低い、予測式において初期の腐食速度に大きな影響を与える。暴露年数による重み付けを行うことにより、腐食予測曲線は長期間の暴露試験結果に近接する結果が得られている<sup>2)</sup>。各橋梁の重み付けの有無での腐食パラメータと 100 年後の予測腐食量を表-1、表-2 に示す。

暴露試験の腐食減耗量が多かった、沿岸部橋梁の Fb、Fi、Wi の部位で、100 年後の予測腐食量が 0.5mm を超過する。山間部橋梁においても、Fo の部位で 100 年後の腐食量が 0.5mm を超過した。

重み付けの有無での影響による 100 年後の予測腐食量の差が、大きい部位でも 0.03mm 程度であり、大きな差は見られなかった。

### 4. まとめ

本研究で得られた知見を以下に示す。

- ①普通鋼材と耐候性鋼材の腐食量は、差が出た部位でも100年予測でせいぜい2倍程度と、大きな差異は見られなかった。
- ②腐食量は部位によって大きく異なり、山間部橋梁は床版張出しの直下に位置し洗い流し効果を受けにくくなったFoで、沿岸部橋梁は洗い流し効果の

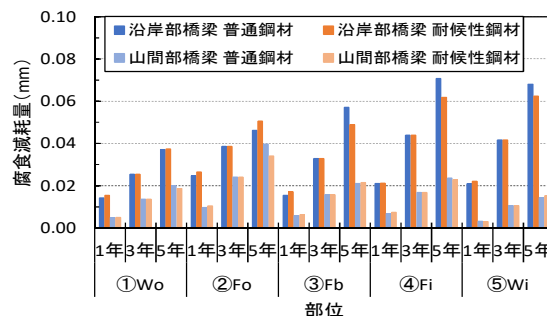


図-3 腐食減耗量

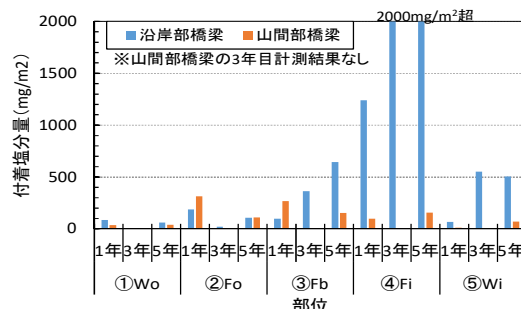


図-4 付着塩分量

表-1 山間部橋梁 長期予測腐食減耗量

| 設置位置  | パラメータA  |         | パラメータB |       | 腐食減耗量 (100年) |              |
|-------|---------|---------|--------|-------|--------------|--------------|
|       | 重み無     | 重み有     | 重み無    | 重み有   | 重み無          | 重み有          |
| ①G1Wo | 0.00490 | 0.00493 | 0.874  | 0.878 | 0.274        | 0.282        |
| ②G1Fo | 0.00970 | 0.00956 | 0.876  | 0.865 | <b>0.547</b> | <b>0.513</b> |
| ③G1Fb | 0.00570 | 0.00573 | 0.810  | 0.814 | 0.238        | 0.243        |
| ④G1Fi | 0.00680 | 0.00683 | 0.773  | 0.777 | 0.239        | 0.244        |
| ⑤G1Wi | 0.00320 | 0.00326 | 0.930  | 0.943 | 0.232        | 0.250        |

| 設置位置  | パラメータA  |         | パラメータB |       | 腐食減耗量 (100年) |       |
|-------|---------|---------|--------|-------|--------------|-------|
|       | 重み無     | 重み有     | 重み無    | 重み有   | 重み無          | 重み有   |
| ①G1Wo | 0.00500 | 0.00510 | 0.820  | 0.878 | 0.218        | 0.238 |
| ②G1Fo | 0.0104  | 0.0105  | 0.738  | 0.865 | 0.238        | 0.318 |
| ③G1Fb | 0.00620 | 0.00631 | 0.773  | 0.814 | 0.218        | 0.235 |
| ④G1Fi | 0.00740 | 0.00747 | 0.702  | 0.777 | 0.188        | 0.196 |
| ⑤G1Wi | 0.00310 | 0.00319 | 0.992  | 0.943 | 0.299        | 0.337 |

表-2 沿岸部橋梁 長期予測腐食減耗量

| 設置位置   | パラメータA |        | パラメータB |       | 腐食減耗量 (100年) |              |
|--------|--------|--------|--------|-------|--------------|--------------|
|        | 重み無    | 重み有    | 重み無    | 重み有   | 重み無          | 重み有          |
| ①G12Wo | 0.0142 | 0.0139 | 0.595  | 0.579 | 0.220        | 0.199        |
| ②G12Fo | 0.0246 | 0.0243 | 0.392  | 0.392 | 0.149        | 0.143        |
| ③G12Fb | 0.0154 | 0.0153 | 0.814  | 0.810 | <b>0.655</b> | <b>0.637</b> |
| ④G11Fi | 0.0210 | 0.0212 | 0.755  | 0.762 | <b>0.680</b> | <b>0.710</b> |
| ⑤G11Wi | 0.0209 | 0.0212 | 0.734  | 0.743 | <b>0.614</b> | <b>0.647</b> |

| 設置位置   | パラメータA |        | パラメータB |       | 腐食減耗量 (100年) |       |
|--------|--------|--------|--------|-------|--------------|-------|
|        | 重み無    | 重み有    | 重み無    | 重み有   | 重み無          | 重み有   |
| ①G12Wo | 0.0154 | 0.0151 | 0.551  | 0.537 | 0.195        | 0.179 |
| ②G12Fo | 0.0265 | 0.0262 | 0.402  | 0.392 | 0.169        | 0.159 |
| ③G12Fb | 0.0170 | 0.0168 | 0.658  | 0.649 | 0.352        | 0.333 |
| ④G11Fi | 0.0212 | 0.0212 | 0.666  | 0.665 | 0.455        | 0.453 |
| ⑤G11Wi | 0.0221 | 0.0218 | 0.646  | 0.635 | 0.433        | 0.405 |

期待できないFiで、腐食量が最大となったと考えられる。

- ③重み付けの有無で、予測腐食量に大きな差異が見られなかったため、今回の暴露試験は気候の年変動の影響が小さいと考えられる。

### 参考文献

- 1) (公社) 日本道路協会：鋼道路橋防食便覧，2014.3
- 2) 中島ら：長崎県における耐候性鋼橋梁の腐食性状に関する研究，鋼構造論文集，第25巻，第98号，p.35-43，2018.6