

京都大学工学部 学生員 ○野口 恭平
 京都大学大学院工学研究科 正員 八木 知己
 京都大学大学院工学研究科 学生員 倉田 直弥

京都大学大学院工学研究科 正員 白土 博通
 京都大学大学院工学研究科 学生員 奥田 慧
 京都大学大学院工学研究科 学生員 姜 詠

1. 序論 日本の橋梁の多くが高度経済成長期に建設されたもので、現在では劣化損傷が問題となる橋梁が増加し、維持管理がますます重要になっている。加えて日本は四方を海に囲まれているため、鋼橋においては飛来海塩粒子の表面付着による金属腐食が耐久性に大きく関与している。しかし、飛来海塩粒子の部位ごとの付着量の予測方法は確立しておらず、輸送・拡散による構造物表面への付着機構も十分に解明されているとは言えない。本研究では海塩粒子に着目し、現地観測、実験、数値計算を基に各種構造物に付着するメカニズムを解明することで、表面付着塩分量を精度よく推定することを目的とする。

2. 対象橋梁 大鳴門橋と天鳥橋を対象橋梁とした。大鳴門橋では 3P 主塔基部の北側塔柱・南側塔柱各 4 面の合計 8 面で付着塩分量を測定した(図 1)。測定期間は 2009 年 9 月からで、本研究の対象データは 2010 年 11 月～2011 年 12 月 (測定回数 10 回) である。天鳥橋では海側主桁、中央主桁、崖側主桁のそれぞれ海側、崖側の合計 6 面で付着塩分量を測定した(図 2)。測定期間は 2010 年 12 月からで、測定回数は 2011 年 12 月までの 7 回である。

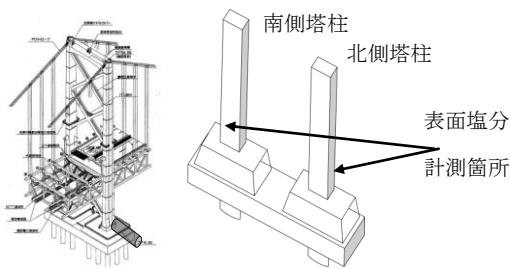


図 1 大鳴門橋 (兵庫県南あわじ市—徳島県鳴門市)



図 2 天鳥橋 (和歌山県西牟婁郡)

3. 大気中塩分濃度の測定 大気中塩分濃度の測定は円筒型飛来塩分捕集器¹⁾を大鳴門橋 3P 主塔基部の南北方向及び天鳥橋西方向に向けて設置し行った。得られた観測期間中の飛来塩分濃度を図 3, 図 4 に示す。これから大鳴門橋での大気中塩分濃度は、夏は北側で、冬は南側で大きくなる傾向が見られ、季節によって大きく変わることが分かる。

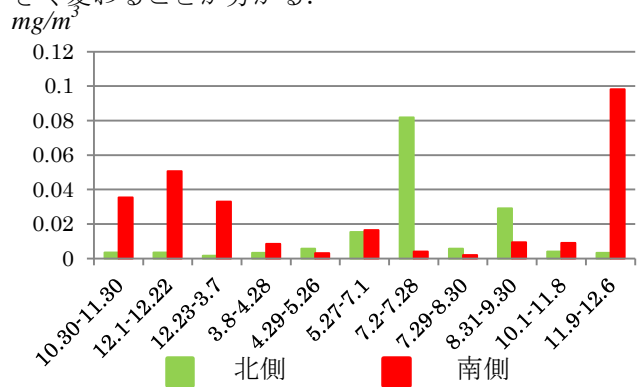


図 3 大鳴門橋大気中塩分濃度

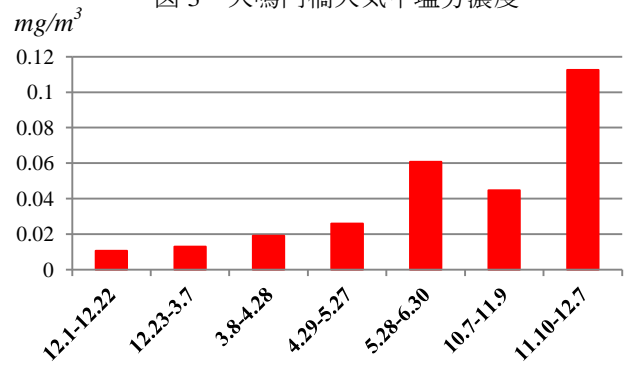


図 4 天鳥橋大気中塩分濃度

4. 洗い流し効果測定実験 橋梁表面への海塩粒子付着量推定には、雨水による付着塩分の洗い流し効果を評価する必要がある。そこで予め塩分を付着させた供試体を用意し、供給雨量一定の下で暴露時間を変化させ残留塩分 $S(\%)$ を測定した。残留塩分は単位面積に散布される水量のみに依存すると仮定し、横軸を時間降水量 $r(\text{mm/h})$ とし、トタン板及び実橋に適用される塗装仕様 (C-5 塗装系) を施した I 字鋼供試体での結果を図 5, 図 6 に示す。これらから時間降水量が多ければ洗い流し効果は大きくなっていることが分かる。またトタ

ン板とI字鋼材の結果を比較すると、トタン板のほうがI字鋼材より付着塩分が落ちやすく、表面粗度が小さい方が洗い流し効果が大きくなるものと考えられる。

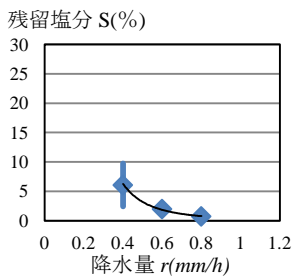


図5 トタン板結果

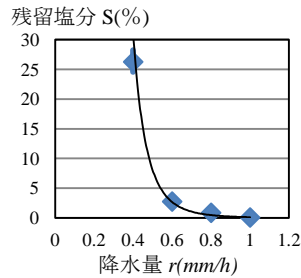


図6 I字鋼結果

5. 数値計算 本研究では付着機構を慣性衝突による付着と拡散による沈着の2つに分け、それぞれ式(1)、式(2)を用いて計算した²⁾。

$$C_i \cdot u_i \cdot \Delta z \cdot \Delta t$$

$$C_i \cdot \int_0^{\Delta t} \sqrt{\frac{D}{\pi t}} \cdot \Delta z \cdot dt$$

C_i : 飛来塩分濃度, u_i : 壁面法線方向風速

D : 拡散係数, Δz : セル幅, Δt : 継続時間

壁面法線方向風速と拡散係数は、OpenFOAMで定常計算を行い、得られた風速場から表面近傍のものを抽出し採用した。風速場計算は大鳴門橋では2次元計算を、天鳥橋では3次元計算を行った(図7、図8)。定常計算であるため、円筒型飛来塩分捕集器から得られた大気中塩分濃度を全領域に一樣に適用した。

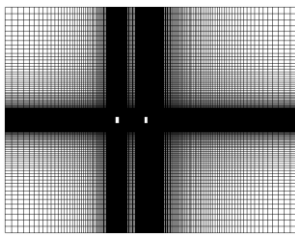


図7 大鳴門橋計算領域

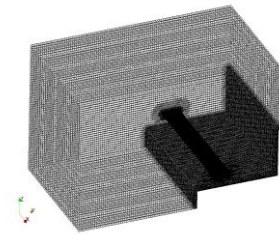


図8 天鳥橋計算領域

6. 現地観測結果と数値計算結果との比較と考察

大鳴門橋主塔表面及び天鳥橋主桁正面それぞれにおける海塩粒子付着量の現地観測結果と数値計算結果との比較の一例を図9、図10に示す。

現地観測結果と数値計算結果とを比較するとオーダーはほぼ一致しており、また部位ごとの大小の傾向をある程度把握できていると考えられる。しかし大鳴門橋では計算結果と観測結果が大きく異なる場合もあった。大鳴門橋では気象観測装置と塩分測定位置とが離れていること、壁面上方から流れ落ちる表面雨水による洗浄効果が少なくないと考えられること、計算領域

内で濃度一定とした計算方法に改善すべき点が残されていると考えられる。一方天鳥橋では、各月ともに計算値と観測値はオーダー的に良い一致をみているが、観測と計算で付着傾向が異なる箇所もあり、濃度や付着機構を改めて検討する必要があると考えられる。

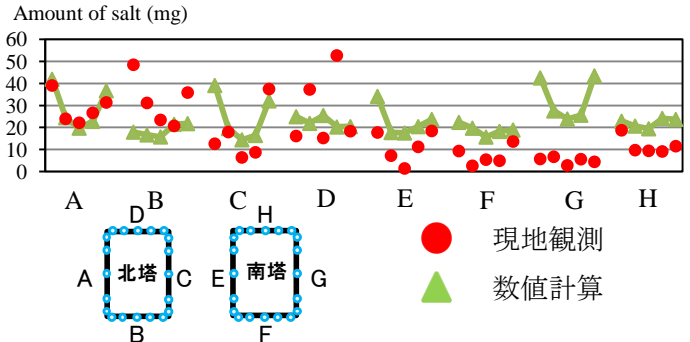


図9 大鳴門橋結果比較(2011年8月)

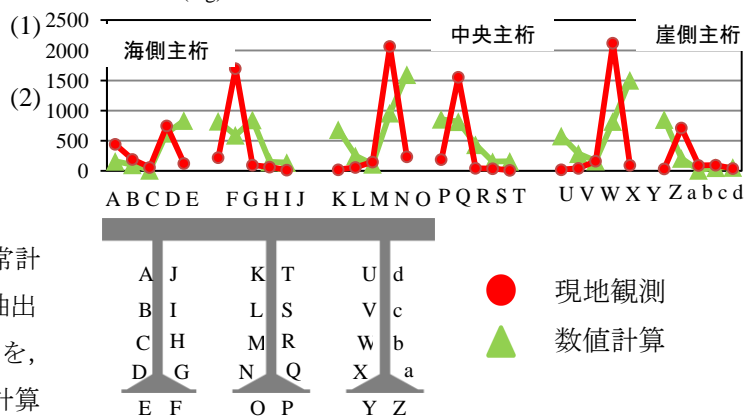


図10 天鳥橋結果比較(2011年4月)

7. 結論及び今後の課題

- 1) 非定常計算を行うことで実際の風の乱れや風速場の時間変化が付着量に及ぼす影響を検討するとともに、粒子・流線の追跡から濃度分布や付着機構の評価を行う必要がある。
- 2) 対象と気象観測装置が離れている場合に、気象データを対象近傍での値に換算するための補正方法を検討する必要がある。
- 3) 対象表面の湿潤状況をより正確に評価し、洗い流し効果の適用面の判断に用いる必要がある。

謝辞 本研究の実施にあたり、本州四国連絡高速道路(株)及び紀南河川国道事務所の多大なるご協力を得た。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 姜詠, 構造物表面の海塩粒子付着量の評価に関する基礎的研究, 土木学会第66回年次学術講演会講演概要集, I-300, 2011.9
- 2) 高橋幹二, エアロゾル学の基礎, 日本エアロゾル学会, pp48, 2003