

1. はじめに

近年、沿岸部に架設された鋼橋の維持管理において、飛来塩による腐食が問題視されている。飛来塩に着目した実測調査や数値解析に関する研究は、様々な分野において行われているが、数値解析に関しては、風速場を一定あるいは2次元的に取り扱った場合が多く、地形条件に関しても平坦な場合を仮定したものがほとんどであるため、実状を的確に表現するまでには至っていない。しかし、飛来塩の数値シミュレーションは、今後、海岸近傍の構造物における維持管理の効率化を図ることができると考えられる。

そこで、本研究では、腐食状況の実測データが十分な余部橋梁を対象に、周辺の地形条件を考慮した3次元風速場を用いて、海塩粒子の飛来・拡散の数値シミュレーションを行った。

2. 海塩粒子の環境シミュレーション

気流解析の解析領域は、対象構造物を原点とし、海塩粒子の発生源となる海岸線を含んだ3次元空間を格子で分割して表現している。気流解析には、乱流モデルとして標準k-εモデルを採用し、Navier-Stokesの運動方程式と連続の式を用いた¹⁾。また、地形条件は、国土地理院が提供している標高データを用いて表現した。

海岸線上で発生する海塩粒子の初期質量濃度は、鳥羽ら^{2),3)}に従うと仮定する。図-1に示すように、海塩粒子はその粒径によって7つの階級に区分され、全粒子sizeにおいて、海面直上で最も濃度が大きく、上層に向けて濃度減少が大きくなる。さらに、海塩粒子の飛来・拡散は、沈降作用に加え、風向xと直角方向yおよび鉛直方向zの風速も考慮した次式を用いる。

$$C'(x, y, z, s, H) = \frac{Q(H)}{2\pi u_s \sigma_y \sigma_z} \times \exp \left[-\frac{\left\{ y - \left(s + \frac{u_z}{u_s} x \right) \right\}^2}{2\sigma_y^2} \right] \times \exp \left[-\frac{\left\{ z - \left(H - V_s \frac{x}{u_s} + \frac{u_z}{u_s} x \right) \right\}^2}{2\sigma_z^2} \right] \quad (1)$$

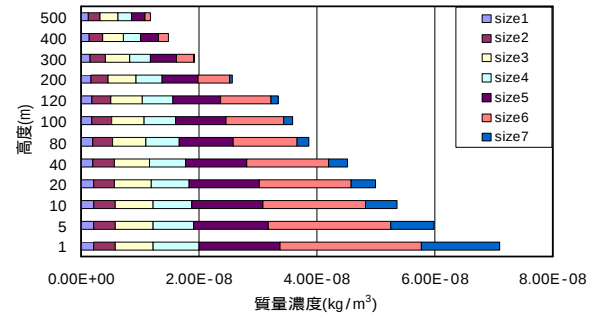


図-1 海面直上での質量濃度分布^{2),3)}

3. 余部橋梁位置における海塩粒子の環境シミュレーション結果および考察

3.1 全風向の結果および考察

図-2に、余部橋梁を対象にした風向Nについての解析領域を示す。図中の青点は、解析領域内に含まれる海岸線である。図-2から、余部橋梁において主要な海風となる風向は、WからNEの7風向であると思われる。これらの風向について環境シミュレーションを行い、アメダスの風向・風速データと気流解析の結果得られた風向別風速継続時間を考慮し、海塩粒子の日平均飛来塩分量を合計した結果を、5年間の鋼材暴露試験結果から得られた腐食減肉分布⁴⁾もあわせて図-3に示す。なお、図-3は、余部橋梁の縦断面における濃度分布である。

図-3の大きい飛来塩分量を示す箇所に着目すると、シミュレーション結果は、概ね腐食減肉分布と一致しているように見える。しかし、鎧駅側の地表面付近で腐食減肉量が大きくなっているのに対して、シミュレーション結果は、かなり小さくなっていることがわかる。図-2を見ると、東側の山は鎧駅側の手前まで広がっており、シミュレーションでは鎧駅側へ飛来・拡散してきた海塩粒子のほとんどが山に沈着したと考えられる。実際には、山の裏へと回り込む風が吹く可能性があるが、このシミュレーションでは、解析領域が海岸線を含み、なおかつ気流解析における境界問題が影響しないよう、広範囲の解析領域が必要となるため、解析領域の格子分割が荒くなる。このため、実際の風速場を詳細に表現できていないと考えられる。

また、腐食減肉分布では、橋脚最大高さの位置にお

ける減肉量がどの位置でも小さくなっているが、鎧駅のシミュレーション結果では、さらに上空まで大きい飛来塩分量分布が広がっている。

このように、シミュレーション結果が実測結果と異なる理由として、余部橋梁のような一般構造物による乱れの影響を気流解析では考慮できていないこと、余部橋梁に近接する海岸線上で発生する海塩粒子の初期濃度分布が、図 - 1 に示す分布形状と異なることなど、与える境界条件が実際とは異なることが考えられる。

3.2 風向および地形による影響

ここでは、各風向および周辺の地形条件による影響を考察する。図 - 4~6 に、風向 NNW, N, NNE についての環境シミュレーション結果を腐食減肉分布とあわせて示す。図 - 3 に示す結果は、図 - 4~6 に示すような各風向の結果を、風向別風速継続時間を考慮して足し合わせることで決まる。

各風向の結果から、全体的に少量の飛来塩が確認できるが、各風向で高い飛来塩分量が分布する範囲が異なっていることがわかる。風向 NNW では橋梁中央付近で地表面から上空にかけて飛来塩分量が大きく傾向があり、風向 N では餘部駅側から橋梁中央付近までと、鎧駅側の地表面付近で大きくなっている。風向 N については、風下方向に海塩粒子の飛来・拡散に影響するような障害物が少ないため、海岸線上で発生した海塩粒子の初期質量濃度分布があまり変化することなく飛来し、地表面付近の広い範囲にわたって飛来塩が多くなったと考えられる。また、風向 NNE については、風向の影響で餘部駅側から橋梁中央までの地表面付近で飛来塩分量が大きくなっている。さらに、鎧駅側の地表面よりやや上空で大きな飛来塩分量が確認できるが、これは、東側の山に沿った海岸線から発生した海塩粒子が、風下方向に山への沈着により地表面付近でその量を減らしながらも、上空に残った海塩粒子が沈降速度により徐々に落下しながら飛来・拡散してきたものであると考えられる。

4. 結論

シミュレーション結果の大きい飛来塩分量を示す部分が、腐食減肉量が多い部分と概ね一致していることから、本研究の環境シミュレーションにより、飛来塩による鋼材の腐食が問題となる箇所の大まかな予想ができると考えられる。しかし、余部橋梁を対象にした場合、その詳細な腐食環境を表現できるまでには至

らなかった。この原因として、余部橋梁の離岸距離は、約 100m と非常に短いため、与える境界条件が実際とは異なる影響が大きく現れたと考えられる。

また、余部橋梁を対象にした場合、風向による影響はそれぞれ異なり、それらを足し合わせた結果が橋梁の鋼材腐食環境に影響することがわかった。



図 - 2 余部橋梁の位置および風向 N の解析領域

出典：「電子国土」

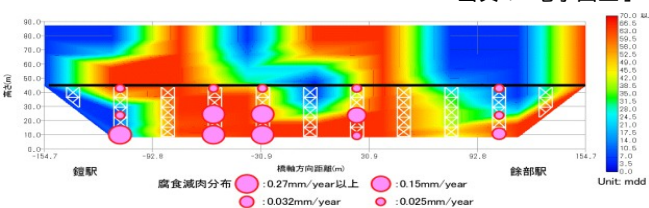


図 - 3 風向 N についての日平均飛来塩分量分布

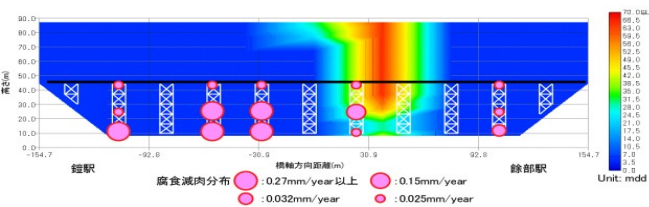


図 - 4 風向 NNW についての日平均飛来塩分量分布

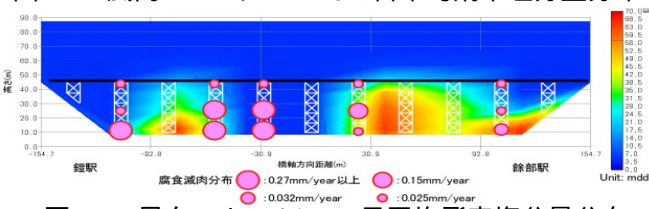


図 - 5 風向 N についての日平均飛来塩分量分布

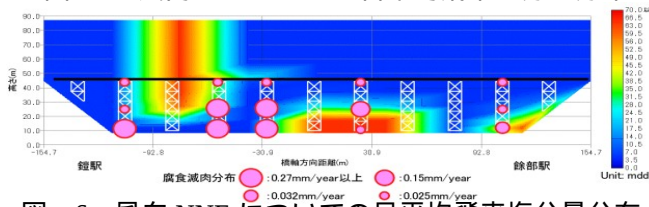


図 - 6 風向 NNE についての日平均飛来塩分量分布

参考文献

- 1) 中村秀治, 藤井堅, 水津育男: 地形影響を受けた局地的風雨の予測に関する数値解析的検討, 土木学会第 60 回年次学術講演会。
- 2) 鳥羽良明: 海面における気泡の破裂による海水滴の生成について。風洞水槽による研究 (要報), 日本海洋学会誌, 17, pp.169-178, 1961。
- 3) 鳥羽良明, 田中正昭: 塩害に関する基礎的研究 (第一報) 海塩粒子の生成と陸上への輸送モデル, 京大防災研究所年報, 第 10 号 B, pp.331-341, 1967。
- 4) 神野嘉希, 石井勝美, 上出博保, 古寺貞夫, 田中誠: 橋りょう部別腐食状況把握のための暴露試験結果, 防錆管理, Vol.40, No.5, pp.1-5, 1996。