

数値シミュレーションによる橋梁断面周辺の飛来塩分の推定

長岡技術科学大学	学生員	小島靖弘
長岡技術科学大学	学生員	伊藤 俊
長岡技術科学大学	正会員	岩崎英治
JFE 技研	正会員	加藤真志
JFE 技研	正会員	中西克佳

1. まえがき

鋼橋の建設に際して、メンテナンス費用も含めたライフサイクルコスト (LCC) が選定の条件となりつつあり、LCC を押し上げる原因となっている塗装に伴うメンテナンス費用の縮減を可能とする無塗装耐候性鋼材の採用が多くなっている。一方、既設の耐候性鋼橋の腐食状況を調べると、桁の部位により腐食状況に大きな違いが現れている。特に、腐食環境の比較的厳しい地域で、このような違いが顕著に現れている。これは、桁端部や桁内のような部位では、鋼表面に付着した飛来塩分の雨水による洗い流しが期待できないこと、湿潤状態が長時間にわたり持続されることや、飛来塩分や付着塩分が断面周辺の風の流れに影響されることなどが考えられる。そこで、本報告は、ある時間内にある点を通る物質の累積量に着目し、数値計算から得られたこの物質通過累積量と、実測により得られた飛来塩分量との比較を行い、数値シミュレーションによる橋梁断面周辺の飛来塩分の推定の可能性について検討する。

2. 風の流れと物質通過累積の数値計算

塩分を含んだ風の流れは2次元の非圧縮粘性流体とし、物質(塩分)の濃度差による拡散や沈降を無視し、風の層流流れによる移流拡散のみを考慮する¹⁾。基礎方程式は以下ようになる。

$$\frac{\partial(\rho v_i)}{\partial x_i} = 0 \quad (1a)$$

$$\frac{\partial(\rho v_j)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho v_i v_j)}{\partial x_i} = \frac{\partial s_{ij}}{\partial x_i} - \frac{\partial p}{\partial x_j} \quad (j = 1, 2) \quad (1b)$$

$$\frac{\partial \phi}{\partial t} + \frac{\partial(\phi v_i)}{\partial x_i} = 0 \quad (1c)$$

ここで、 ρ は空気の密度、 $v_i (i = 1, 2)$ は x_i 方向の風速、 p は圧力、 ϕ は物質(塩分)の濃度、 s_{ij} は空気の粘性による偏差応力であり、空気の粘性係数を μ とすると、次式により与えられる。

$$s_{ij} = \mu \left(\frac{\partial v_i}{\partial x_j} + \frac{\partial v_j}{\partial x_i} - \delta_{ij} \frac{2}{3} \frac{\partial v_k}{\partial x_k} \right) \quad (2)$$

これらの式を解くことにより、風の流れと物質の濃度が得られる。ところで、飛来塩分は、ある時間内

に、空間内のある点を通る物質の累計であるので、物質の濃度 ϕ から次式により求められる物質通過累積量 c と物理的に相似になる¹⁾。

$$c = \int_0^T \phi \sqrt{v_i v_i} dt \quad (3)$$

上式は、空間内のある点を、濃度 ϕ の物質が、多方向から飛来して通過する物質の総量を表している。ところで、ドライガーゼ法などの塩分捕集器具では、捕集面(ガーゼ面)を通過する際に、ガーゼ繊維に付着した塩分量を、その場所の飛来塩分量と見做している。したがって、塩分が捕集面に垂直に飛来する場合や斜めに飛来する場合では、捕集面の塩分の飛来する方向に垂直な投影面積が異なるため、ガーゼ繊維による捕捉率も異なっていると推察される。そこで、風の方向に垂直な投影面に対する次式のような物質通過累積を定義する。

$$c_n = \int_0^T \phi |v_n| dt \quad (4)$$

ここで、 v_n は風速の n 方向成分、 c_n はある点を通る物質通過累積を表し、 c_n の添え字 n は捕集面に垂直な方向を意味している。

3. 対象橋梁

図-1のような越後平野内の苗引橋(2主桁橋)と橋名無橋(3主桁橋)を対象に、塩分捕集器具を桁面に平行に設置して、ウェブ上部、中央、下部、桁下と高欄外側の飛来塩分を観測し、橋名無橋では、さらに下フランジ上面、下面に平行に捕集器具を設置して観測を行った。高欄外側の飛来塩分は、土研式により観測を行い、他はすべてドライガーゼ式であり、桁下の捕集器具は桁から0.65mから0.7m下に取り付けている。これらの橋梁は橋軸直角方向がほぼ東西方向を向き、冬季の塩分を含んだ季節風は、橋軸直角方向から吹く。写真-1に、これらの橋梁の全景を示す。これらの橋梁は農業用水路上に架設されているため、農繁期と農閑期で水位が異なる。

4. 観測結果と数値計算結果の比較

飛来塩分の数値計算では、計算領域として、橋梁の上流側5m、下流側10m、上方5mとし、桁下は実

Key Words: 飛来塩分, 耐候性鋼, 数値シミュレーション

〒940-2188 新潟県長岡市富岡町 1603-1 TEL 0258-47-9617 FAX 0258-47-9600

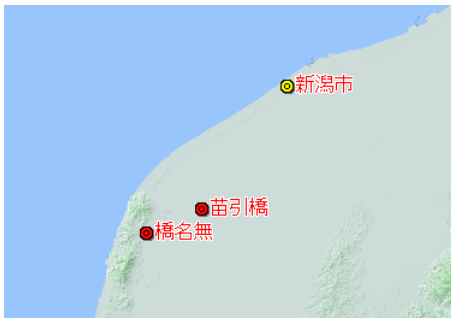


図-1 対象橋梁の位置



(a) 苗引橋



(b) 橋名無橋

写真-1 対象橋梁の全景 (上流側から撮影)

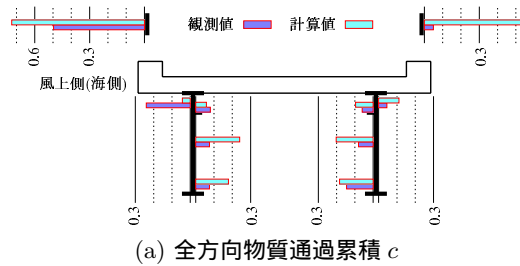
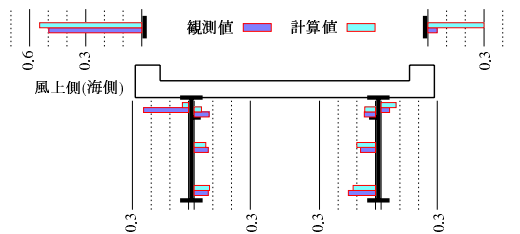
(a) 全方向物質通過累積 c (b) 塩分捕集面に垂直な方向の物質通過累積 c_n

図-2 苗引橋の飛来塩分の観測値と計算値 (mdd)

橋とほぼ同様になるように、苗引橋では3m、橋名無橋では2mの範囲を用いている。この計算領域の上流側境界において、風速5m/sの風を与え、20秒間の風の流れを計算し、物質拡散の計算では、風の流れ計算開始後、4秒目から2秒間一定の濃度を与えている。数値シミュレーションにより飛来塩分の値を計算するためには、領域内の1地点での飛来塩分量(または、塩分の濃度)を与える必要がある。そこで、桁下での飛来塩分の観測値に、数値計算による飛来塩分量(物質通過累積)が合うように換算する。

図-2に、苗引橋での2006年9月から1年間の飛来塩分の観測値と計算値を示し、図-3に、橋名無橋での2008年12月から3ヶ月間の飛来塩分の観測値と計算値を示す。これらの結果において、式(4)は、土研式および捕集面を鉛直に設置したガーゼ式塩分捕集器具の設置位置では、 v_n には風速の水平成分を用い、橋名無橋の下フランジに平行にガーゼ式捕集器具を設置した位置では、 v_n には風速の鉛直成分を用いている。これらの図より、計算による飛来塩分量として、全方向の物質通過累積を用いた場合に比べて、塩分捕集面に垂直な方向の物質通過累積(式(4))を用いた方が、飛来塩分の観測値に近い値を得ているこ

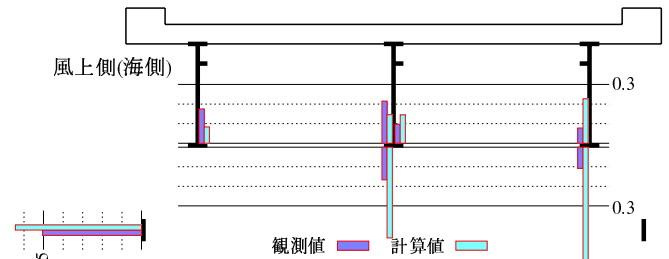
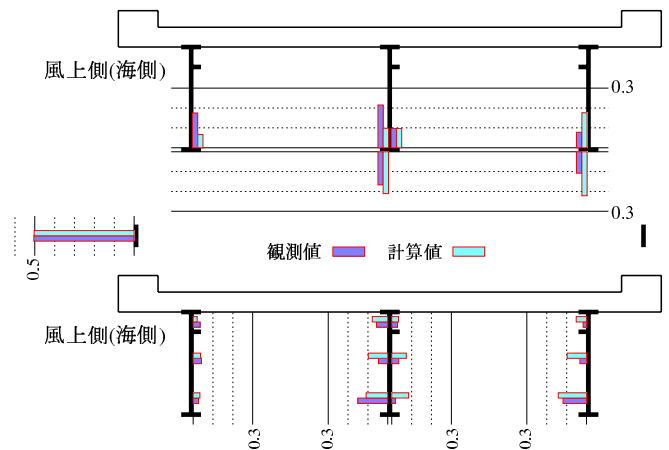
(a) 全方向物質通過累積 c (b) 塩分捕集面に垂直な方向の物質通過累積 c_n

図-3 橋名無橋の飛来塩分の観測値と計算値 (mdd)

とがわかる。

5. あとがき

橋梁断面周辺の飛来塩分の数値シミュレーションによる推定について検討した結果、桁付近の塩分捕集面に垂直な方向の物質通過累積量が、実橋の飛来塩分の観測値を再現可能なことを確認できた。これにより、橋梁建設前に、建設地点の1箇所での飛来塩分量を観測しておく、その場所に建設される橋梁の桁付近の飛来塩分量を推定可能と考えられる。

参考文献

- 1) 岩崎英治, 長井正嗣: 橋梁断面周辺の飛来塩分の推定に関する一検討, 構造工学論文集, Vol.53A, pp.739-746, 2007.3.