

## I - A204

## 橋梁断面部位毎飛来塩分量の流れ解析による予測

NKK ○ 正会員 武田 勝昭

NKK 正会員 加藤 真志

**1. まえがき** 橋梁の初期コストのみならず, LCC(Life Cycle Cost)を低減するニーズが高まっている。そのためには, 鋼橋においては耐候性鋼材の適用性の明確化, 高耐塩性鋼材の開発などが重要であるが, 一方で, それらの材料が用いられる部位毎の腐食環境, 特に塩分濃度の評価を正しく行うことが急務である。橋梁の各部位の腐食環境(塩分量)は, 架設場所(海岸からの距離, 周辺地形など)と, 橋梁断面形状に応じて断面周りに形成される流れ場によって決定される。これらについては, 従来より現地・実橋観測がなされ, データが集積されつつあるものの, 十分な事前評価がなされるレベルには至っていない。そこで, ここでは部位毎の飛来塩分量に着目し, 数値流体力学的手法により予測する手法の有効性について検討を加えた。

**2. 解析手法** 飛来塩分のシミュレーションには, 橋梁断面周りの流れ場の Reynolds 数が高いこと, 計算の実用性等を考慮して,  $k-\varepsilon$  モデル<sup>1)</sup>を壁関数と共に用いた。即ち, Reynolds 方程式と連続式から時々刻々と得られる風速場により, (1)式の無次元塩分濃度  $\bar{C}$  に関する Fick の拡散方程式を解くことによって濃度分布を求める手法である。

$$\rho \frac{\partial \bar{C}}{\partial t} + \rho U_j \frac{\partial \bar{C}}{\partial x_j} = \frac{\partial}{\partial x_j} \left\{ (\mu + \mu_t) \frac{\partial \bar{C}}{\partial x_j} \right\} + \bar{C}_g - \bar{C}_{cut} \quad \dots(1)$$

$\rho$  は空気密度,  $\bar{C}$  は無次元濃度,  $U_j$  は流速,  $\mu$  は分子粘性,  $\mu_t$  は乱流渦粘性,  $\bar{C}_g$  は沈降速度項,  $\bar{C}_{cut}$  は塩分損失項である。計算領域は二次元で, 格子数は 8,223 とした。右辺最後の 2 項については, 観測結果等を用いて経験的に定めざるを得ない。本研究では, 断面周りの局所的な解析であることから  $\bar{C}_g$  は無視した。 $\bar{C}_{cut}$  については後述する。なお, 計算には, 汎用流体解析ソフト STAR-CD を用いた。ただし, 物体に衝突する流れであることから, 衝突面での乱流エネルギーの過剰な生産を回避する修正生産項  $k-\varepsilon$ <sup>2)</sup>を用いることとし, これをユーザー・サブルーチンとして組み込んだ。また, 流入口での乱れは与えず, 迎角  $0^\circ$  の一様流を流入条件とした。

**3. 解析結果** 町田ら<sup>3)</sup>は, 青森県の吾妻川橋梁を対象とした付着塩分の観測結果を報告した。断面は, 図 1 に示す 2 主桁断面であり, 図中に示される①~④は断面部位(例えば①は風上側上フランジ下面)を示している。町田らは, この 2 主桁断面について, 長期観測については拭き取り法, 短期観測については回収法により断面部位毎の塩分付着量を示した。長期観測では塩分が雨洗されるため, 短時間で一定の風速(桁上部で 9.7m/s)が継続的に吹いている状態で行われた短期観測の結果を本解析の対象とした。本解析結果と短期観測結果の比較を図 2, 3 に示す。観測結果の A1 は, 桁下空間が土手の影響で狭く, A2, A3 と順次広くなった場所での観測であることを示している。縦軸は無次元塩分濃度であり, 桁面上の飛来塩分量を 1.0 とし各断面部位の塩分付着量を無次元化したものである。また, 解析結果については流入境界で一律に与えた  $\bar{C} = 1.0$  に対し, 単位時間に付着する無次元塩分濃度として表しているが, 実際には桁断面から渦放出が認められたため, 渦放出 1 周期でアンサンブル平均化を行っている。塩分損失項  $\bar{C}_{cut}$  は, 仲座ら<sup>4)</sup>の植生に関する損失項を参考に,  $\bar{C}_{cut} = \rho \gamma \bar{C} U$  として表した。 $\gamma$  は仲座らの定義とは異なり, 無次元係数にはならない。 $\bar{C}_{cut}$  は橋梁断面に隣接するセルのみで考慮する。図 2 は  $\bar{C}_{cut}$  の  $U$  として橋梁断面に隣接するセルの速度, 即ち摩擦速度を用いたもの, 図 3 は流入流速(この場合は 10m/s)を用いたもので, それぞれ  $\gamma$  として 2 種類の値を仮定して計算したものである。塩分付着量の観測値には, ばらつきが大きく, 必ずしも厳密な評価は難しい。しかしながら, 桁下空間のクリアランスの大きい A3 に着目して分布をとらえるには, 摩擦速度を用いると予測精度が高いことが分る。ただし, 観測値のばらつきが大きいこと, 解析では桁に水平に吹く風のみしか与えていないことを考慮すると, 本結果だけから  $\gamma$  を定量的に定めることは困難であると考えら

キーワード: 橋梁, 飛来塩分, シミュレーション,  $k-\varepsilon$  モデル, 流れ解析

連絡先: 〒210-0855 川崎市川崎区南渡田町 1 番 1 号, Tel.044-322-6593, Fax 044-322-6519

れる。

**4. まとめ** 吾妻川橋梁で観測された短期の塩分付着量を対象に、これを数値流体力学的手法により、塩分の輸送方程式を用いて予測する手法について考察した。その結果、ばらつきのある観測結果を、概ね予測できることが分った。より厳密な照査、解析手法の確立を行うためには、幾つかの橋梁を対象に観測を行い、観測結果、解析結果を蓄積していくことが重要である。

**参考文献** 1) Launder, B.E. & Spalding, D.B. : The numerical computation of turbulent flows, Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering, 3, pp.269-289, 1974.

2) 加藤真志 : 修正生産項  $k-\varepsilon$  を用いた静止・振動角柱周りの二次元流れ解析, 土木学会論文集, No.577/I-41, 1997年.

3) 町田洋人, 田中誠, 江成孝文, 遠藤三郎 : 塩分付着にあたる鋼構造物詳細と風の影響について, 第43回腐食防食討論会, C-306S, pp.403-404, 1996.

4) 仲座栄三, 津嘉山正光, 山路功祐, 日野幹雄 : 飛塩(海塩粒子)拡散の数値流体力学解析, 海岸工学論文集, Vol.40, No.2, 1993.

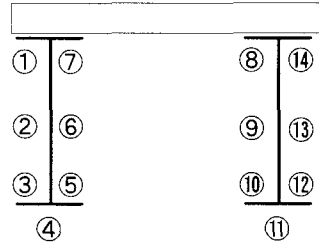


図1 吾妻川橋梁の断面形状と観測点

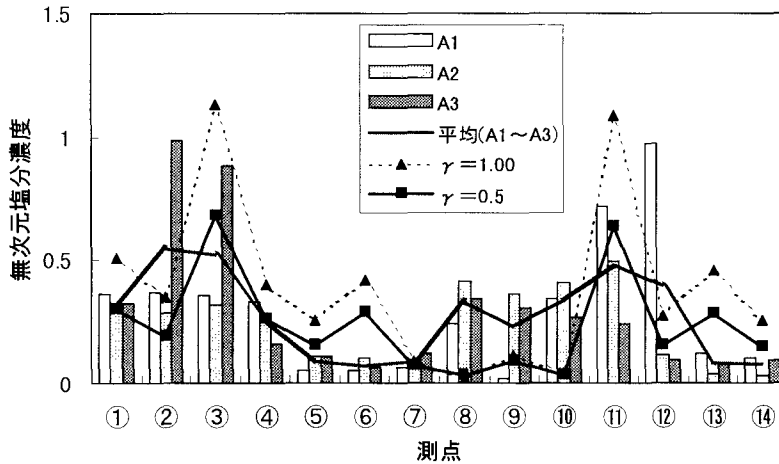


図2 観測結果と解析結果, 塩分損失項の流速として壁面隣接セルの表面速度

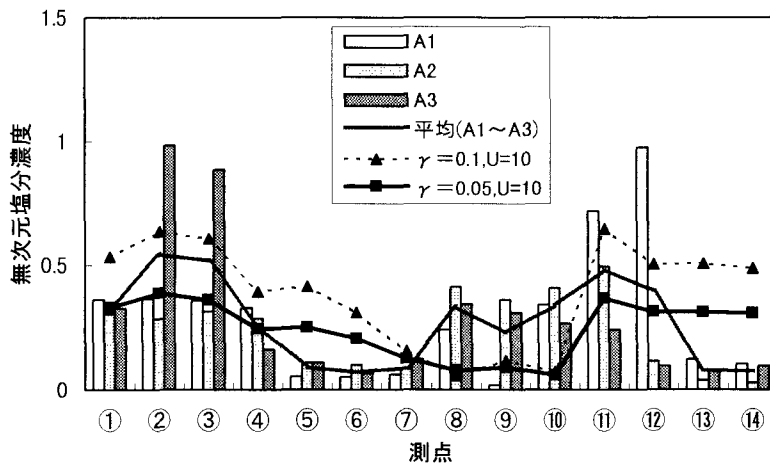


図3 観測結果と解析結果, 塩分損失項の流速として境界への流入速度