

ランダムウォーク法による構造物周辺の飛来塩分拡散

琉球大学 正会員 ○伊良波繁雄・琉球大学 非会員 大城 勝
 沖縄県庁非常勤 非会員 田中 孝和・琉球大学 正会員 富山 潤
 琉球大学 学生会員 松原 仁

1. 目的

沿岸域におけるコンクリート構造物が受ける塩害は維持管理上極めて重要な問題である。特に、沖縄県のように海に囲まれた小さな島々では飛来する海塩粒子による塩害は深刻である。そこで、海塩粒子のコンクリート構造物に対する飛来状況を解析的に求めることができれば、維持管理上極めて有効なツールの一つになると考えられる。本研究では、粒子拡散法の一つである三次元ランダムウォーク法を用い、コンクリート構造物に対する飛来塩分の移流・拡散解析を行った。

2. 飛来塩分粒子の拡散

2.1 移流拡散モデル

本研究では飛来塩分の移流拡散モデルとして3次元ランダムウォーク法を用いた。このモデルは、発生源から追跡粒子を放出し、個々の粒子が流れ場によって運ばれるとして、その後の粒子の分布を、3次元空間で計算するものである。

3次元流れ場で*i*ステップ目の粒子の位置 $x_i(x, y, z)$ とし、それぞれの速度を $u_i(u, v, w)$ とすると粒子の位置と速度の関係は次式ようになる。

$$x_{i+1} = x_i + u_{i+1} \Delta t \quad (1)$$

ここで、*i*+1ステップ時における粒子速度 u_{i+1} は次式で表される。

$$u_{i+1} = \alpha u_i + \lambda_{i+1} \quad (2)$$

ここで、 λ_{i+1} は乱流統計量、流れ場の特性により求まるランダムな変数である。

また、 α はラグランジュの相関関数であり、中立層内では普通、次のように表される。

$$\alpha = R(t) = \exp(-\Delta t / \tau_L) \quad (3)$$

ここで、 τ_L はラグランジュの時間スケールである。

なお、風速場を求めるツールとしてAdv_Fluid_Tetを用いた。

2.2 飛来塩分の濃度測定

飛来塩分の濃度に関しては、計算空間をグリッド上に分割(濃度測定格子)して、ある時間のあるグリッド内の個々の粒子がもつ濃度情報より求める。粒子を発生させる際の初期塩分量として、それぞれの高さで異なる式(4)で示す無次元濃度 $C_0(z)$ とした。

$$C_0(z) = \exp(Az) \quad (4)$$

ここで、*A*は飛塩量の鉛直方向の減少率を与える係数である。また、式(4)をもとに式(5)より各グリッド内のある時間あたりの塩分濃度 C_{flax} は次式で求める。

$$C_{flax} = k \sum_{i=1}^N C_0(z) / (V \cdot t) \quad (5)$$

ここで、 $C_0(z)$ は、粒子発生位置 z_0 で与えた初期無次元濃度、*V*はグリッドの体積、*N*はグリッド内に現在存在する粒子数、*k*は換算係数、*t*は時間を示す。

本研究では、粒子の沈降速度 $W(x, z)$ も考慮に入れ、次式を仮定した。

$$W(x, z) = W_0 \exp(-B(x + z)) \quad (6)$$

ここで、 W_0 は碎波位置での粒子の降下速度、*B*は定数である。

3. 数値解析例

ここでは、コンクリート製橋梁(T桁)の主桁形状の違いによる塩分付着状況の違いを検討する。解析モデルとして、図-1に示すような下フランジの有無による飛来塩分の拡散・付着挙動を示す。

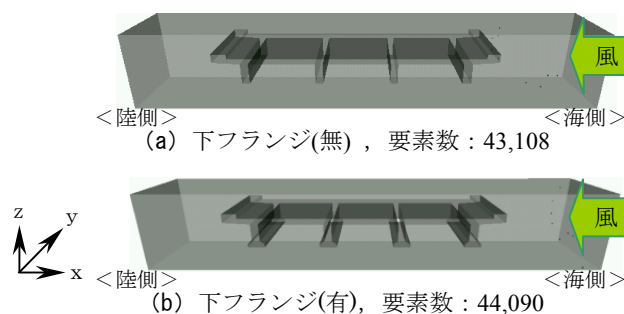


図-1 解析モデル

キーワード 飛来塩分, ランダムウォーク法, 維持管理

連絡先 〒903-0129 沖縄県中頭郡西原町千原1番地 琉球大学工学部環境建設工学科 TEL 098-895-8663

解析条件として、風を海岸線から内陸方向に向かって 5.0m/s の一様な分布で与え、反対側の面は透過境界条件とした。また、底面(地面)は no-slip 条件、それ以外の面に対しては slip 条件とした。飛来する塩分粒子については図-1 に示す y 軸方向の中間点からほぼ一様に発生させ、構造物と塩分粒子は完全付着を仮定した。

図-2 に領域全体の風速ベクトル図を示す。図-2 より、橋梁の張り出し部では風が滞り、主桁間では複雑な渦を確認することができる。

図-3 に橋梁（主桁付近）の飛来塩分粒子の移流拡散状態を、(a) 粒子発生初期、(b) 移流拡散途中、(c) 定常状態の三つに分けて示す（海岸から粒子を発生させてから 300 秒間の粒子分布）。発生した塩分粒子は、最初は順調に流れ進んでいるが、橋梁の張り出し部分付近に近づくと風の勢いが弱まり、張り出し部と主桁の隅付近で、塩分粒子が漂っていることが確認できる。また主桁間では、渦が出来ているため、塩分粒子が主桁と主桁の間に巻き込まれて、進行方向(海側)とは反対側の主桁(陸側)に塩分粒子が付着した。

次に塩分測定領域として、主桁を図-4 に示す海側・陸側(左右半分)、及び A・B(上下半分)と定義し、それぞれを比較した。その領域に存在する塩分粒子を測定し、その割合を表-1 に示し、塩分粒子の最終付着位置は図-4 に赤丸●で示した。

表-1 より、下フランジの有無によって、塩分の付着量が異なることがわかる。下フランジ(無)は、主桁の海側ではなく、陸側に多くの塩分粒子が付着している。それに対して、下フランジ(有)は表面積が大きくなるのもあるが、下フランジに付着する塩分粒子割合が高くなっている。そのため、下フランジを設置した主桁の橋梁は、下フランジの部分からの鉄筋腐食が起こる可能性が高くなると考えられる。なお、このような飛来塩分が付着しやすい下フランジは、現在では設計上使用される例が少なくなりつつある。

4. まとめ

本研究では、ランダムウォーク法による飛来塩分の拡散シミュレーションを行い、主桁の形状により、塩分粒子の付着する位置が異なることを示した。解

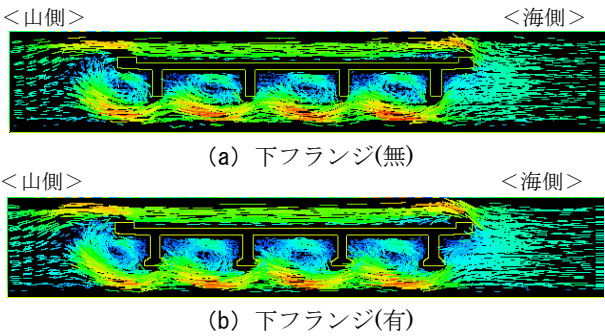


図-2 領域全体の風速ベクトル

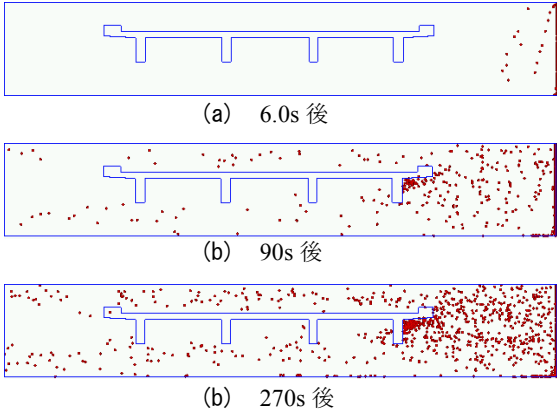


図-3 飛来塩分の移流・拡散状況

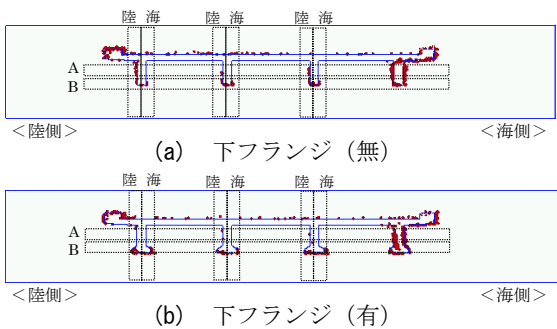


図-4 飛来塩分の最終付着状況

表-1 塩分粒子の割合 (%)

	陸側	海側	A	B
下フランジ(無)	70.2	29.8	55.0	45.0
下フランジ(有)	42.0	58.0	38.0	62.0

<例> 割合：陸側(%) = 陸側 / (陸側+海側) × 100

析結果より、本手法によってコンクリート構造物に対する飛来塩分の影響をある程度推測できると考えられる。

参考文献

- ・ 伊良波繁雄, 他：沖縄県でのコンクリート橋の耐久性調査, コンクリート工学年次論文報告集, Vol. 20, No. 1, pp. 191-196, 1998. 6.
- ・ LEY, A. J., : A random walk model of two dimensional diffusion in the neutral surface layer, Atmospheric Environment, No. 16, pp. 2799-2808, 1982
- ・ <http://adventure.q.t.u-tokyo.ac.jp/jp/>