

作用強度からみた塩害劣化評価法の数値解析的検討

琉球大学 正会員 ○富山 潤
東洋大学 中林 靖

1. 目的

コンクリート橋梁および鋼橋などの社会基盤を構成する構造物の共通な劣化現象として、塩害が挙げられる。塩害劣化にはいくつかの要因があるが、大きな要因として海から飛来する海塩粒子（飛来塩分）の存在がある。飛来塩分による塩害劣化の程度や速度は、構造物の部材、部位ごとに異なることが知られている。したがって、飛来塩分に起因した塩害に対して、構造物を合理的で効率的に維持管理するためには、飛来塩分が構造物のどの位置に多く付着するかを定量的に評価することが重要である。そこで本研究では、飛来塩分の構造物への付着分布・量を作用強度とし、それを定量的に評価するための数値解析手法として粒子拡散モデルを用いた手法を示す。

2. 解析方法

本解析手法は、2段階に分かれる。具体的には、有限要素法により構造物周辺の流れ場（風速場）を解く第1ステップと、第1ステップで得られた流れ場を用いて粒子拡散手法の一つであるランダムウォーク法により飛来塩分粒子の移流・拡散を解く第2ステップからなる。

構造物周辺の流れ場は、Adventure_Fluid¹⁾を用いて解いている。Adventure_Fluidは、並列計算環境における大規模から中規模解析のための流体解析モジュールである。

以下に粒子拡散手法の概略を述べる。

発生した塩分粒子の輸送を次式で表す。

$$x_j^{i+1} = x_j^i + u_j^{i+1} \Delta t \quad (1)$$

ここで、 Δt は時間ステップである。また、 $i+1$ ステップ後の粒子速度を次式に表す。 j は座標を表す。

$$u_j^{i+1} = U_j^i + \alpha u_j^i + \lambda_j^{i+1} \quad (2)$$

ここで、 U_j^i は平均的な風速であり、Adventure_Fluidから得られる流れ場を用いる。 λ_j^{i+1} は乱流統計量、 α はラグランジュの相関関数である。また、乱流統計

量は次式となる。

$$\lambda_j^{i+1} = (1 - \alpha^2)^{1/2} \sigma_j \cdot \eta_j^{i+1} \quad (3)$$

粒子は平均値がゼロの正規分布に従うとしている。 σ_j は粒子拡散の標準偏差を表し、粒子の拡散性状を表現するものである。また、 σ は次式に示すFick形の拡散形式を持つものとしてモデル化を行っている。

$$\sigma = \sqrt{2Kt} \quad (4)$$

ここで、 K は乱流拡散係数であり、粒子速度に依存すると仮定し、次式から求めている。

$$K = \frac{\beta}{3} (u^2 + v^2 + w^2) \cdot t \quad (5)$$

ここで、 β は係数、 t は時間である。

図-1に本手法のフローチャートを示す。

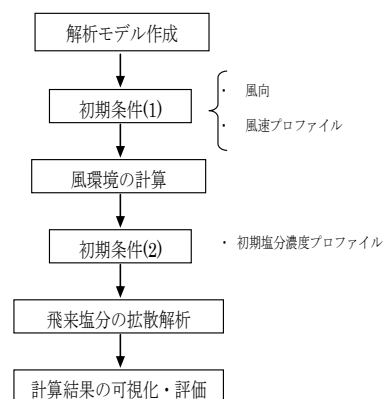


図-1 解析法のフローチャート

3. 数値解析例

図-2に示す橋梁を対象に本手法の妥当性を示す。風速は一樣流を図の左側から右側へ向けて流した。

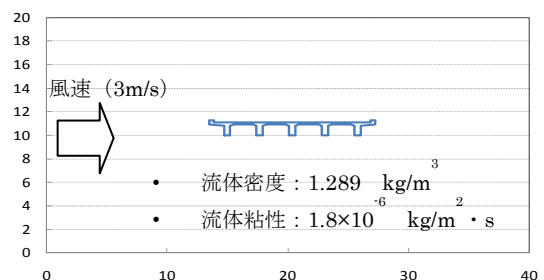


図-2 計算領域(単位：m)

キーワード 塩害, 飛来塩分, 作用強度, ランダムウォーク法, Adventure_Fluid

連絡先 〒903-0213 沖縄県西原町字千原1番地 TEL 098-895-8649

図-3 に要素分割図を示す．要素数 3,798,731，節点数 644,282 であり，解析規模が大きいため，東洋大学のクラスター63 台を用い，時間刻み 0.01 秒で 30 秒間計算を行った．

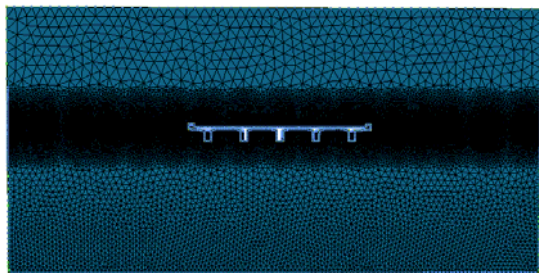
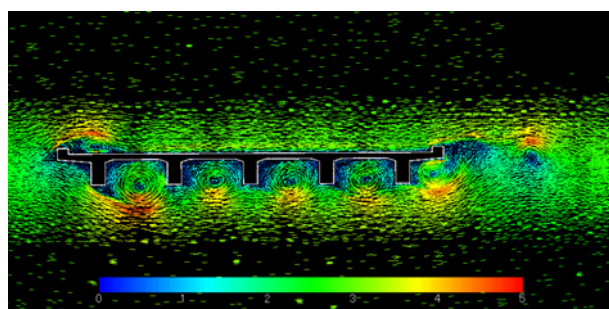
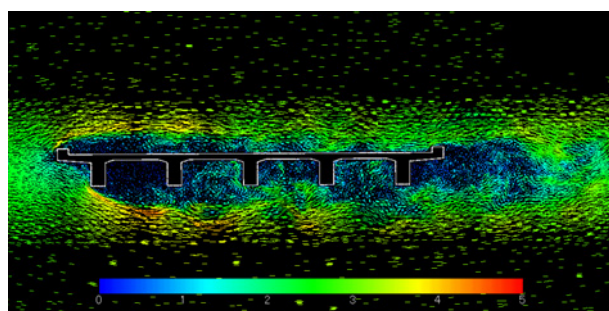


図-3 要素分割図

図-4 に風速ベクトル図を示す．初期の流れ場は，上流からの一様流れにより，主桁間に低 Re 数の大きな渦が発生しているが(図-4(a))，時間の経過とともに一様流が領域全体に広がることで，主桁間等の各部分での Re 数が上がるため大きな渦は小さく分割される．また，橋梁風下側にカルマン渦が発生している(図-4(b))．



(a) 1.5 秒後



(b) 30 秒後

図-4 風速ベクトル図

次に，図-4(a)に示した風速場を用いて飛来塩分粒子をランダムウォーク法により粒子の移流・拡散を計算した．流れ場が平面的であるため，粒子を図-5 に示すように平面的に発生させた．なお，発生させた粒子の総数は 20000 粒子で，計算ステップごとに総粒子数を分割して発生させている．

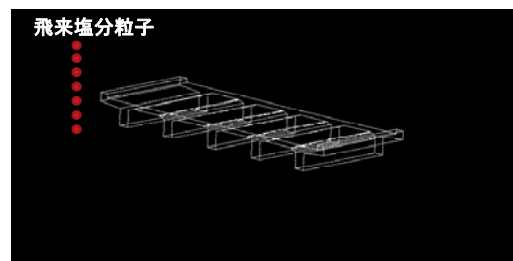


図-5 飛来塩分粒子発生

図-6 に 20 秒後の粒子分布を示す．また，図-7 に構造物に付着した塩分粒子の数を面ごとに示す．図より，飛来塩分粒子が主桁間の渦により巻き上げられ，主桁間内部の面にも付着し，その量は部材ごとに異なっていることが表現できていることがわかる．

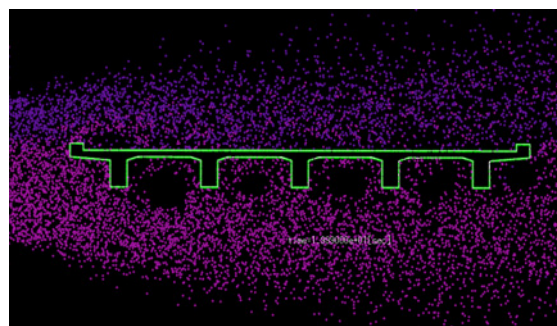


図-6 粒子分布図 (20 秒後)

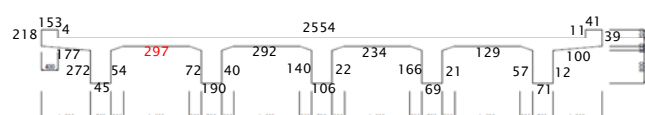
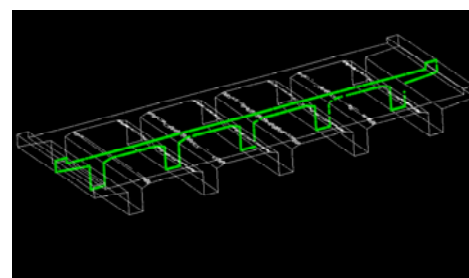


図-7 付着状況(緑：付着粒子)

4. まとめ

本研究では，飛来塩分の構造物への付着分布を作用強度とし，それを定量的に評価するための数値解析手法を提案し，その可能性を示した．今後，拡散，付着モデルなど詳細な検討を行う予定である．

謝辞：JCI シミュレーションソフト作成委員会 WG1，土木学会 342 委員会の委員の方々に貴重なご意見を頂いた．ここに記して感謝の意を表す．

参考文献

1)ADVENTURE ホームページ：

<http://adventure.sys.t.u-tokyo.ac.jp/jp>