

海域における塩分粒子の発生から構造物表面への到達過程の数値解析

長岡技術科学大学 環境社会基盤工学専攻助教 正会員 ○中村 文則
 長岡技術科学大学 環境社会基盤工学専攻教授 正会員 下村 匠
 長岡技術科学大学 環境社会基盤工学専攻教授 正会員 細山田 得三

1. 目的

海岸近傍に設置された構造物の塩害劣化を予測するためには、構造物表面の塩分量を正確に評価する必要がある。コンクリート標準示方書¹⁾では、その評価方法として海岸からの距離で構造物の表面塩分量 C_0 を定める方法が記載されている。しかしながら、実構造物における表面塩分量はその周辺地形および海域の状況、橋桁の形状・設置高などに影響を受ける現象であり、海岸からの距離が同一でも表面塩分量が異なる場合が多い。

本研究では、表面塩分量を高精度で予測するために、構造物周辺の波浪と風を含めた飛来塩分の発生から構造物表面の到達までを統合した数値解析手法について検討を行った。

2. 研究方法

(1) 計算全体の構成

数値モデル全体の構成を図-1 に示す。数値モデルは、①海域の波浪、②大気中の風況、③飛来塩分の発生過程、④飛来塩分の輸送・到達過程の①～④を統合したものである。図に示すように、海域の波浪の計算を実施し、その結果から飛来塩分の発生・輸送・到達過程の計算を行う。風の場合、風場が定常であると仮定して、事前に計算を実施した。

(2) 数値モデル

波浪場の数値モデルは、海岸工学の分野で広く使用されている平面 2 次元の修正ブシネスク方程式を用いた。このモデルは、海域の波の 1 波 1 波の変形を精度良く再現できることが報告されている。飛来塩分の発生は、波の砕波によって海水面が激しく乱れることによって発生するため、数値モデルの砕波による運動量の減衰量に比例するとして算出した。

海水面上で発生した飛来塩分粒子は、大気中で慣性力と風の乱れによる浮力、粒子の自重が釣り合った状態で分布していると考えられる。そのため、計算では、波から発生した飛来塩分が海水面上で指数的な分布になるように設定した。飛来塩分の輸送・到達過程は、飛来塩分を粒子として取り扱う方法で計算を行った。支配方程式を式(2)および式(3)に示す。

$$\frac{1}{2} C_D \rho_a (u - u_p)^2 a_p = m_p \frac{\partial u_p}{\partial t}, \quad \frac{1}{2} C_D \rho_a (v - v_p)^2 a_p = m_p \frac{\partial v_p}{\partial t}, \quad \frac{1}{2} C_D \rho_a (w - w_p)^2 a_p - m_p \left(1 - \frac{\rho_a}{\rho_p}\right) g = m_p \frac{\partial w_p}{\partial t} \quad \text{式(2)}$$

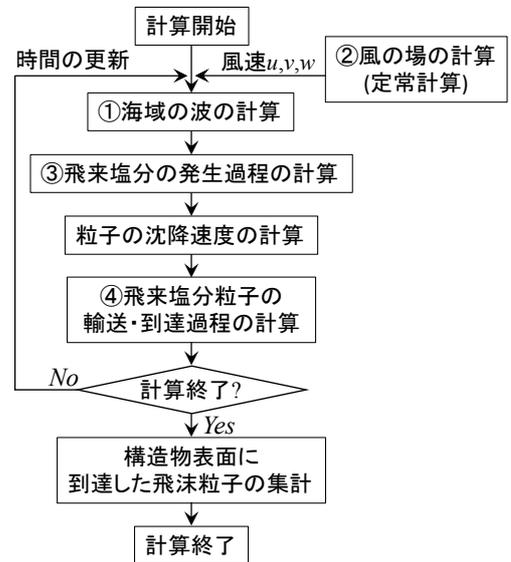


図-1 計算全体の構成

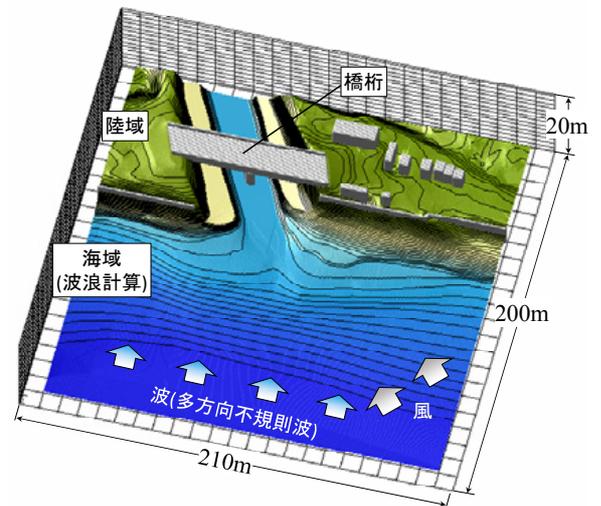


図-2 計算地形

キーワード 塩害, 飛来塩分, 発生過程, 表面塩分量, 数値解析

連絡先 〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町 1603-1 長岡技術科学大学 環境社会基盤工学専攻 TEL0258-47-9626

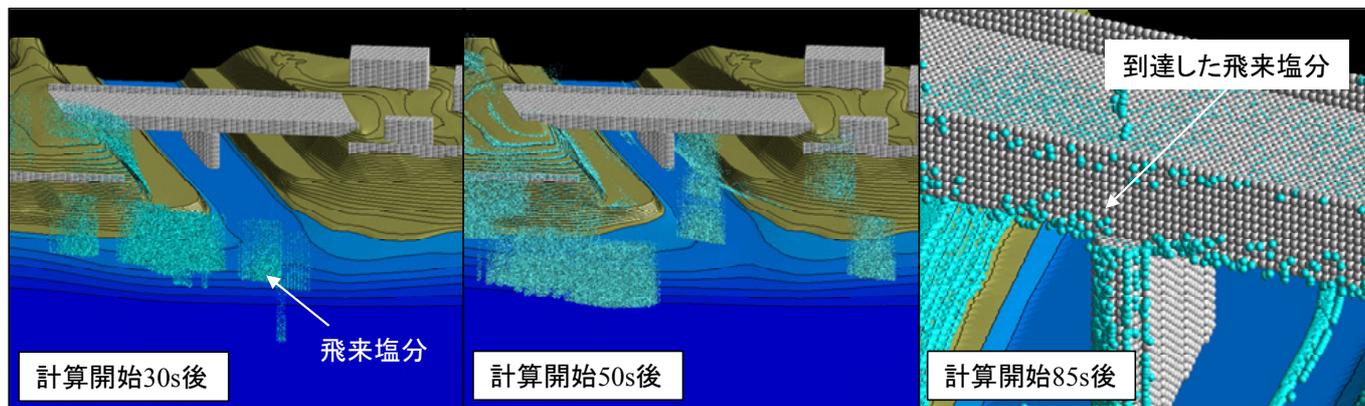


図-3 飛来塩分の発生から構造物表面への到達の計算結果

$$\frac{\partial x_p}{\partial t} = u_p, \quad \frac{\partial y_p}{\partial t} = v_p, \quad \frac{\partial z_p}{\partial t} = (w_p - w_s) \quad \text{式(3)}$$

ここで、 C_D は抵抗係数、 ρ_a 、 ρ_p は空気および海水の密度、 u_p 、 v_p 、 w_p は粒子の移動速度、 a_p は粒子が風を受ける投影面積、 m_p は粒子の質量、 x_p 、 y_p 、 z_p は粒子の座標上の位置である。風の場のモデルは、流体力学の分野で用いられる非圧縮性流体の3次元のN-S方程式を用いた。

(3) 計算条件

計算は新潟県上越地方に位置する名立大橋を対象に実施した。計算地形を図-3に示す。波の場の計算は、平面2次元の領域であり、計算格子間隔がx方向1.0m、y方向1.0mである。大気空間は3次元であり、格子間隔がx方向0.5m、y方向0.5m、z方向0.25mである。計算条件は、実海域の波を再現するために入射波形を多方向不規則波とし、有義波高2.0m、有義周期6.4秒、波の方向集中パラメータ25.0を与えた。風の場の条件は、橋桁上部で風速11m/s、風向は橋桁海側壁面に斜め36度方向となるように設定した。海域から発生する飛来塩分粒子の粒径は、直径50 μm である。

3. 研究結果および考察

海域から発生した飛来塩分粒子および輸送過程の計算結果を図-3に示す。図は飛来塩分粒径50 μm の結果である。図に示すように、沖海域から来襲した波から飛沫粒子が発生する状況を計算結果で確認することができる。海水面上に発生した飛沫が橋桁周辺を輸送している状況が計算できており、橋桁壁面に飛来塩分粒子が到達していることがわかる。計算結果では、構造物表面に到達した飛来塩分粒子は、橋桁周辺を輸送している塩分粒子の数と比較して少ない傾向が見られた。これは、飛来塩分粒子の粒径が小さいため、構造物表面近傍でその表面に到達せずに、風の流れとともに輸送されるためである。また、計算結果から飛来塩分粒子は、橋桁周辺の海域と地形の影響を受けて大気中を輸送していることから、本計算モデルのような地形や橋桁の形状を考慮した汎用的な数値解析を行うことで、構造物の表面塩分量を高精度で予測できるといえる。

4. 結論

海域からの飛来塩分の発生から構造物表面へのその到達過程までを数値解析によって評価する手法の検討を行った。その結果、海岸近傍の飛来塩分の発生から輸送・到達過程を数値モデルにより高精度で再現できる可能性があることが示された。

謝辞

本研究は、日本学術振興会科学研究費「塩害を受ける鉄筋コンクリート構造物の表面到達塩分の予測システムの開発」(研究代表者：中村 文則，課題番号：26870810)の一環として行ったものである。記して謝意を表す。

参考文献

1)土木学会：2013年制定コンクリート標準示方書[維持管理編]，pp.170-173，2013