

波動場数値計算の砕波判定によって発生する飛来塩分とその輸送に関する数値実験

長岡技術科学大学大学院 学生会員 山田 文則
長岡技術科学大学大学院 正会員 細山田 得三

1. はじめに

海水面から発生する飛来塩分は、沿岸域の植生や人間の生活環境にも深く影響を与えるばかりでなく、建設構造物などの腐食に影響を与えるため、その動態について土木工学の各分野で強く関心が集まっている。特に海面から大気へ放出される塩分量とそれが風によって輸送され構造物に付着する素過程の理解が海岸工学研究者に対して要請されている。飛来塩分は、波による種々の海面変動、特に砕波によって発生するが、そのことを数値計算モデルによって表現する試みは全く行われていない。

そこで、本研究では波による飛来塩分の発生とその大気中での輸送を結合させるため、ブシネスク方程式による波動場数値計算と大気中の飛来塩分の輸送モデルとを結合を行った。さらに、このモデルを用いて防波堤の構造形状や飛来塩分の粒径を変化させた数値実験を行い、構造物の形状に依存した飛来塩分の発生と輸送の結果について報告するものである。

2. 数値モデルの構成

数値モデルは以下に示すような素過程によって構成されている。実際の数値計算ではこれらのモデルを結合している。

- 波動場数値計算による砕波の強さ、エネルギー減衰の評価とこれに応じた気泡と飛来塩分の発生モデル化
- 定常風の場の数値計算
- 発生した飛来塩分の風による移流・拡散

以下の節では、それらの手法について順を追って説明する。

2.1 飛来塩分の発生モデル

飛来塩分の発生要因となる海水面下の気泡は、砕波によって海水面が乱れることで生成される。この気泡

は、海水表面で破裂すると同時に飛沫を発生させる。そのため、本計算モデルでは、海水面の乱れの度合いをエネルギー減衰量とし、海水面下に生成される気泡量と気泡から発生する飛沫量を計算することによって、飛来塩分の発生量の計算を行った。波動場において飛来塩分の発生に寄与する乱れは、修正ブシネスク方程式による波動場の数値計算における砕波減衰係数を用いて計算した。

2.2 風の場の計算と塩分の拡散

海上の風を非圧縮性流体と考え、式(1)、(2)にしめすような連続式とNS方程式による数値計算を行った。

$$\frac{\partial u_i}{\partial x_i} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial u_i}{\partial t} + u_m \frac{\partial u_i}{\partial x_m} = -\frac{\partial P}{\partial x_i} - g_{x_i} + \frac{\partial}{\partial x_n} \left(\nu_t \frac{\partial u_i}{\partial x_n} \right) \quad (2)$$

$u_i, x, t, P, g_{x_i}, \nu_t$ はそれぞれ、 i 方向の流速、2次元座標、時間、圧力、 i 方向重力加速度、乱流粘性係数である。計算はオフライン処理として1回だけ行い、定常風の場合を作成して、塩分の拡散計算に用いた。飛来塩分の拡散には、式(3)のような拡散方程式により計算を行った。

$$\frac{\partial \bar{c}}{\partial t} + u \frac{\partial \bar{c}}{\partial x} + (w - w_s) \frac{\partial \bar{c}}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial x_i} \left(k \frac{\partial \bar{c}}{\partial x_i} \right) - Q \quad (3)$$

ここで、 w_s, Q および k はそれぞれ海塩粒子の沈降速度、塩分吸収量、風の計算で求めた κ - ϵ 乱流モデルによって計算した乱流拡散係数である。飛来塩分の沈降速度 w_s の計算には、一般的に浮遊砂の沈降速度に対して用いている方法を採用した。

2.3 計算領域の概略および計算条件

風と飛来塩分輸送の計算領域は2次元で図-1(上段)に示すように600m×20mの範囲である。気流は左端(沖側)において風速5m/sを鉛直方向に一様に与え、右端(岸側)で自由流出とした。波動場の計算は図-1(下段)に示すように風の領域と対応させ、沖海域(造波点)を0m、海岸地点を600mとした。海底地形は、沖海域から200m程度の場所までを水平勾配とし、200m付近に

キーワード 飛来塩分、波動場、数値波動モデル

連絡先 (長岡技術科学大学 建設工学専攻 水工学研究室)

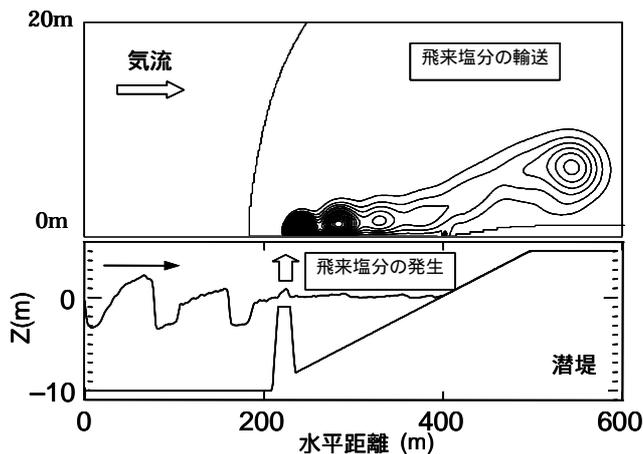


図-1 波動場と飛来塩分輸送の結合計算結果の例

各種構造物を設置した。構造物の設置位置から 300m 程度は、海底勾配を 1:100 の一定勾配とした。設置した構造物の形状は台形型の潜堤、台形型の沖防波堤、長方形型ケーソン、上段に小段を設けた階段型の 4 種である。左端の沖側での入射波の条件は新潟西海岸の設計波浪に対応して周期 9s、波高 4m とした。

3. 計算結果および考察

3.1 波の作用状況

波動場数値計算の砕波係数から発生させた飛来塩分の輸送の全体は図-1(上段)に示されており、構造物の周辺から飛来塩分が発生していることがわかる。図-1(上段)は潜堤を対称とした例であるが、この場合に限り、構造物よりも岸側や汀線付近からの飛来塩分の発生も見られる。

3.2 発生した飛来塩分の鉛直分布

図-2 には防波堤背後位置の飛来塩分の鉛直分布を示す。4つの図は発生した飛来塩分の粒径分布を種々変化させたものである。各図とも線種を変えて4種類の構造形状の違いを示している。

大気中の塩分の分布は、海面付近において潜堤での値が最も高くなっているが高度が高くなるにつれて急激に塩分量が低下している。これに比べてその他の天端が海上に出ている構造物の場合、潜堤よりも海上での塩分の量は少ないが、高度の上昇による飛来塩分量の低下率は小さくなっている。この理由は、構造物の天端が水面よりも高いことにより、鉛直上方成分の風が潜堤よりも卓越するからである。

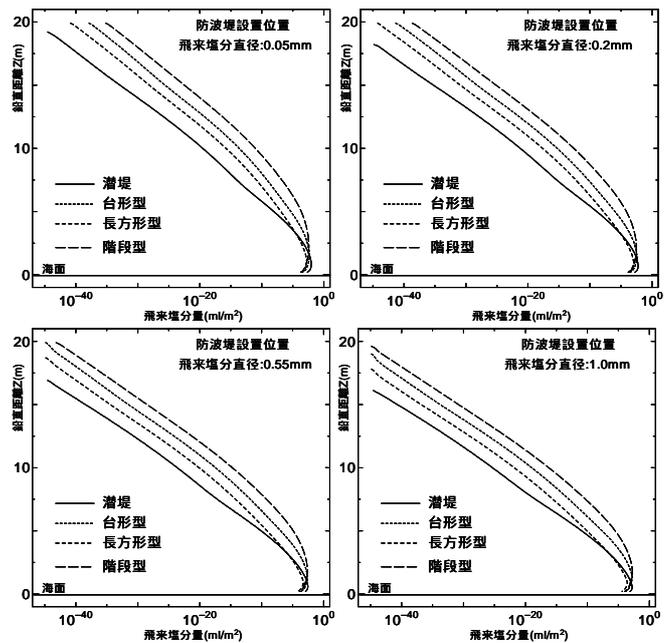


図-2 大気中の飛来塩分の鉛直分布

4. 結論および考察

本研究では、波動方程式に基づく砕波からの飛沫の発生と輸送に関する数値計算モデルの開発および検討を行った。その結果、本計算モデルは、構造物の形状に従い、砕波から発生する飛沫を計算できることが明らかになった。

実海岸での2次元の波動場で飛来塩分輸送を3次元としたモデルへの発展させていく予定である。

謝辞 長岡技術科学大学丸山久一教授、下村匠助教授には研究の動機付けと飛来塩分による構造物の腐食に関する調査資料の紹介を頂いた。ここに謝意を表す。

参考文献

浅井正・西村男雄・村上和男(1998):飛沫の発生と輸送に関する二次元水路実験 港湾技研資料 23p.
 角野昇八・館川徹也・竹村健治・山岸達也(2000):沿岸砕波における混入気泡容積特性とその再曝気現象に与える効果 海岸工学論文集 第47巻 土木学会 pp.136-140.
 樋田操(1999):強風下の沿岸海域から発生する飛沫量とその陸域への輸送に関する研究、博士論文(九州大学)
 細山田得三・山田文則・田安正茂(2002):波動場数値計算の砕波判定によって発生する飛来塩分とその輸送に関する数値実験、海岸工学論文集 第49巻 土木学会 pp.1256-1260.