

波動場における飛来塩分の発生に関する数値計算モデルの開発

建設工学課程 山田 文則
指導教官 細山田 得三

1. はじめに

海水から発生する飛沫・飛来塩分は、沿岸域の住民の生活に影響を与えるばかりでなく、コンクリート構造物の耐久性を悪化させる主要因であり、その動態を把握することが強く望まれている。飛来塩分の実体は、未だ未解明の部分が多く、たとえば、飛沫(水滴)に解けこんでいる成分やエアロゾルとして沿岸から数キロ程度飛来するものもある。本研究では、波のエネルギーが砕波によって気泡の発生に寄与し、その結果、飛来塩分が発生するというモデルを構築し、数値実験を実施した。また、発生した飛来塩分は、風に乗って拡散する計算もあわせて行い、陸域の輸送も計算した。

2. 数値解析法

本研究での飛来塩分の発生は、以下のプロセスによって評価した。

1. 波の計算による砕波の強さ、エネルギー減衰を評価
2. エネルギー減衰に応じた気泡の発生モデルと飛来塩分の発生
3. 発生した飛来塩分の風による拡散

いかには、それらの手法について順を追って紹介する。

2.1 波の計算モデル

本研究では、波の場は、ブシネスク方程式を用いて計算を行った。このモデルには、波の遡上計算や構造物上での越流公式が含まれており、波の砕波は非定常緩勾配方程式などに頻繁に用いられる局所水深モデルを用いた。ここで、局所水深モ

デルとは、砕波のエネルギー減衰を段波を用いてモデル化するのではなく、砕波帯の波高を局所的な水深から決定するモデルである。この砕波モデルで用いられている砕波係数に波のエネルギーを乗じて波のエネルギー減衰とした。

2.2 飛来塩分の発生モデル

砕波から発生する飛来塩分には、大きく2つに大別することができる。砕波によって海水面がちぎれることによって発生する飛沫、砕波によって生成される気泡から発生する飛沫である。本研究では、内陸部の塩害に非常に強く関係する粒表面の気泡()によって発生する飛沫について計算を行った。以下にその内容について説明する。

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および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。

2.3 風の場の計算と塩分の拡散

海上の風を複雑な流れ現象と考え、Nsvier-stokees 方程式を用いて数値シミュレーションを行うために SOLA 法で計算を行った。ただし、大気および風を非圧縮性として計算を行った。計算は、1回だけ行い定常風の場を作成して、塩分の拡散計算に用いた。

3. 計算条件

計算領域は2次元で図-1に示すように600m×20mの範囲で、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付近の場所に潜堤を設置した。潜堤から300m程度は、海底勾配を1:100の一定勾配とした。実際には種々の海岸構造物の形状で計算を行ったが、ここでは潜堤を設置した例について報告する。潜堤の寸法は、高さを海底勾配から9mおよび幅は16.5mである。計算に用いた波の条件、計算条件を、表-1に示す。ここで、波の諸元は、新潟西海岸の設計波浪に対応している。

周期	9.0(s)
入射波の振幅	2.0(m)
計算ステップ数	1000(回)
時間間隔	0.1(s)
格子長	1.5(m)
格子長	0.1(m)
水深最大値	10(m)
海底勾配	0.05

表-1 計算条件

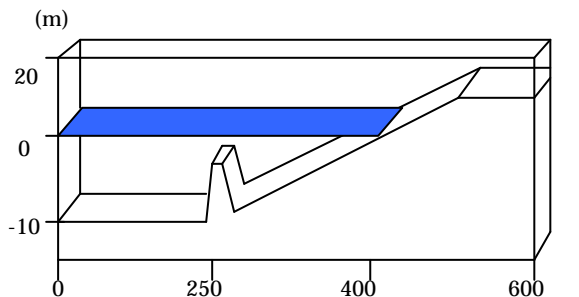


図-1 計算に用いた地形図

4. 計算結果および考察

4.1 飛来塩分の発生量の計算について

図-2は、縦軸を下向を正とした計算時間、横軸を造波点からの距離とした時空間における飛沫の発生分布である。この図からわかるように、飛来塩分は、潜堤付近および汀線付近で発生している。

図-3は、縦軸を飛来塩分の発生量、横軸を造波点からの距離とした飛来塩分量の分布である。および、縦軸を鉛直距離、横軸を水平距離とした空間における飛来塩分濃度の分布である。この図は、飛来塩分が風によって、輸送されていることを示している。また、本計算モデルの結果より、飛沫の拡散および輸送は、飛沫粒径(沈降速度)に強く依存する傾向があるといえる。

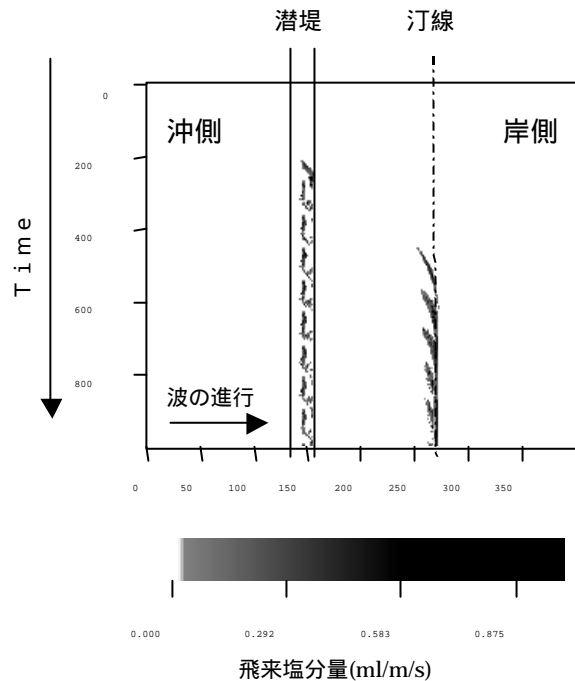
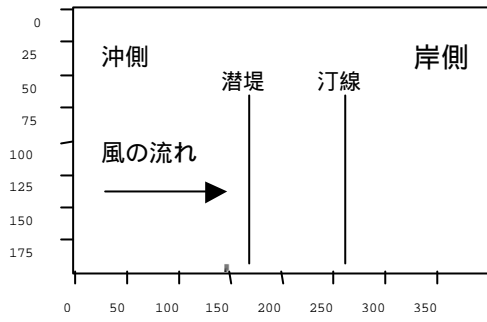
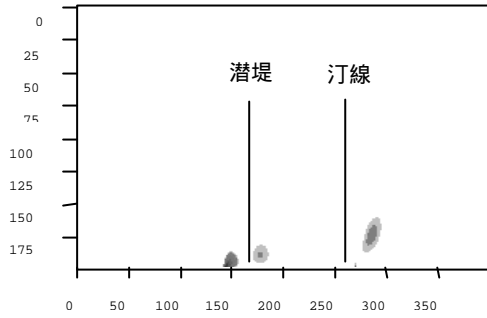
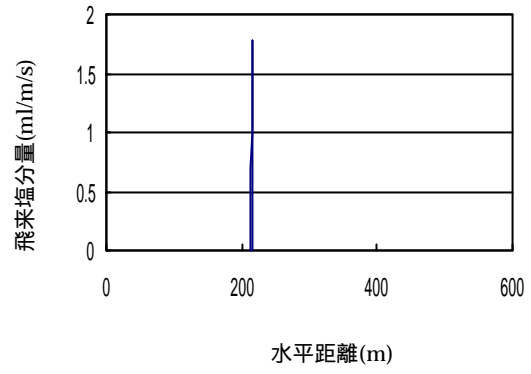


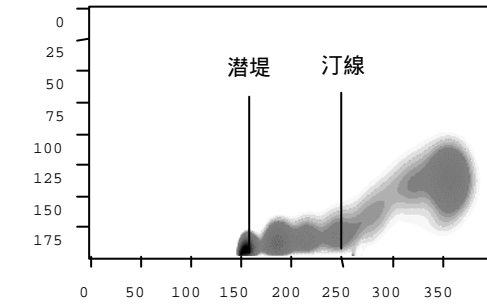
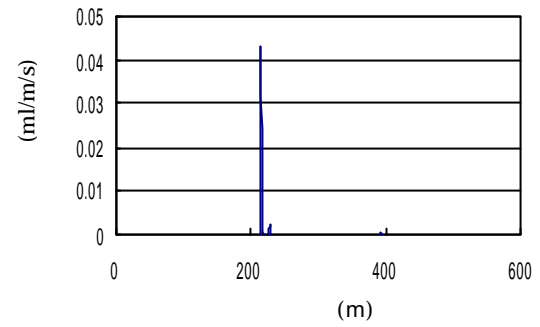
図-2 時空間における飛来塩分の発生量分布



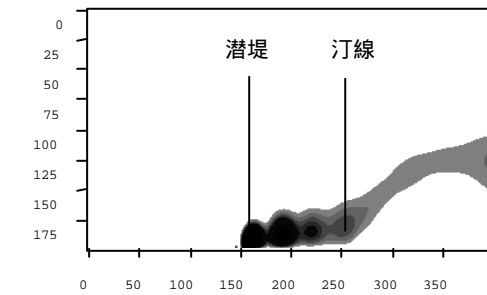
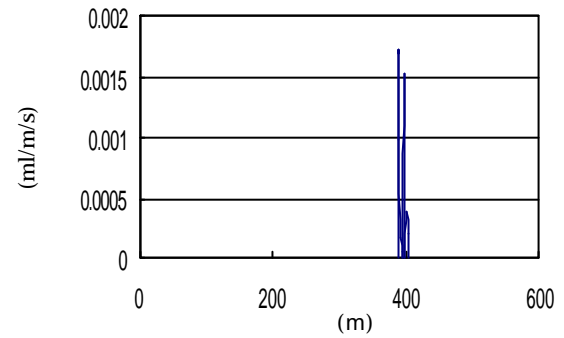
(a) 40 秒後



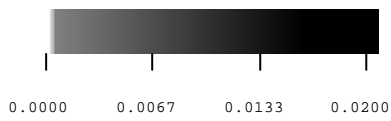
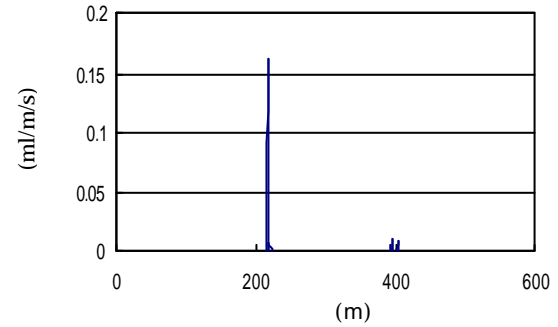
(b) 60 秒後



(c) 80 秒後



(d) 100 秒後



飛来塩分量(ml/m/s)

図 - 3 飛来塩分の発生量分布と飛来塩分の拡散図

4.3 内陸部に輸送される飛来塩分量の計算結果

図 - 4 は、縦軸を汀線から 180m 付近を通過した飛来塩分量、横軸を飛沫の粒径とした各地形条件による飛来塩分量の分布である。この図では、地形条件に関係なく、飛沫の粒径(沈降速度)が小さい方が内陸部への輸送量が大きくなる傾向にあるといえる。また、地形条件によっても内陸部へ飛来する塩分量は、変化することが明らかにされた。内陸部へ飛来する飛来塩分量は、台形または段階状の防波堤を設置した場合で、比較的飛来塩分の輸送量が少なくなる傾向にあった。これは、構造物の設置によって、砕波の状態が変化するためであると考えられる。したがって、沖海域に構造物を設置することによって、砕波から発生する飛来塩分の内陸部への輸送量を軽減できると考えられる。

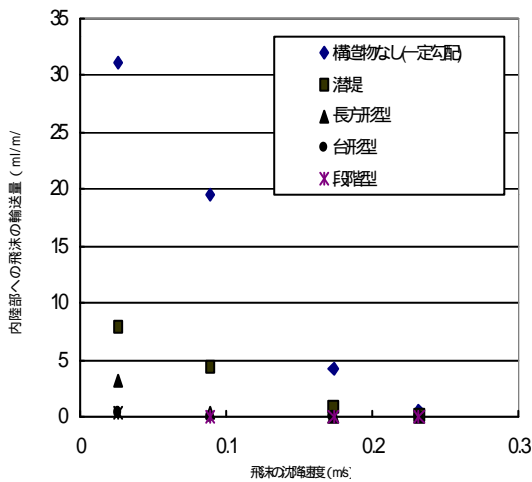


図 - 4 飛沫の沈降速度と内陸部へ輸送される飛沫量の関係

6 . 結論

本研究では、従来あまり検討されてこなかった砕波からの飛沫の発生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、砕波から発生する飛沫を十分に計算できることが明らかになった。

また、本研究により、飛来塩分の発生から輸送までを表した計算モデルが開発された。その結果、潜堤を用いることで飛来塩分の内陸部への輸送量を軽減できることが明らかになった。

7 . 今後の課題

実際の海岸での飛来塩分の発生から輸送までを表せるモデルとして、風の影響を本研究モデルに導入する必要があると考えられる。

8 . 参考文献

- 1) 海岸波動 (波・構造物・地盤の相互作用の解析法), 土木学会海岸工学委員会 研究現況レビュー小委員会, pp.49-59, pp.72-86, 1994
- 2) 細山田得三・早川典生・辻本剛三: 長波方程式を用いた平面 2 次元での波の遡上に関する数値計算、TECHNO-OCEAN2000 PROCEEDINGS Volume , pp.543-548,2000
- 3) 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
- 4) 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 pp.1-23