

新潟県沿岸部における飛来塩分飛沫の成因に関する一考察

長岡技術科学大学大学院 学生会員 ○高橋 毅
長岡技術科学大学 正会員 田中 泰司

1. はじめに

沿岸部の陸上部にあるコンクリート構造物には、波が砕けて発生する飛沫塩分が付着し、塩害が生じる。そのため、塩害に対する劣化環境の厳しさは、飛来塩分量という指標によってあらわすことができる。コンクリート標準示方書¹⁾や道路橋示方書²⁾では、全国の飛来塩分量調査結果にもとづき、塩害環境の厳しさを『地域』と『海岸からの距離』でおおまかに区分している。構造物に付着する塩分飛沫の量をより正確に評価するためには、飛来塩分の発生・輸送機構にもとづく検討が必要となる。そこで、本研究では気象条件が飛来塩分量に及ぼす影響を検討するため、新潟県沿岸部の各地点における飛来塩分量の文献調査を行い、波高や風速との相関性を確認した。

2. 研究概要

2.1 飛来塩分量調査の概要

新潟県内の飛来塩分量を取得するため、文献調査を行った。調査文献数は14編³⁾⁻¹⁶⁾であり、合計で39地点の飛来塩分量データを得た。図-1に文献調査から得られた飛来塩分量のデータを新潟県内の地域別に分け、さらに平均したものを示す。文献によって飛来塩分測定時期や、測定時間が異なるが、単位をmdd (mg/dm²/day) に統一して換算した。両津を除くいずれの地域においても、5mdd以上の飛来塩分量が観測されており、新潟県のほぼ全域が過酷な塩害環境にあることがわかる。

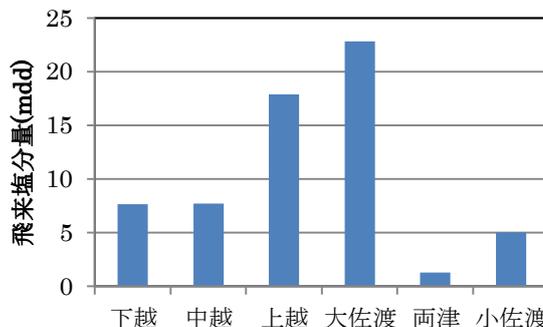


図-1 文献調査から得られた地域別飛来塩分量 (年平均)

2.2 波高データの取得

塩分飛沫は、波が浅水変形で砕けた時や、波が岩礁・構造物にぶつかったときに発生する。いずれの場合も、波高は飛来塩分に大きく関係すると考えられる。そこで、波高データの取得を行った。

新潟県内では、波高の観測は新潟沖と直江津港の2箇所でのみ行われており、これだけで沿岸部全域の傾向を把握することは困難である。そのため、気象庁が提供している沿岸波浪実況格子点資料¹⁷⁾より波浪の推算データを取得し、検討を行った。波浪推算データは、図-2に示すように、新潟県沿岸部を満遍なくカバーできるよう20地点の波高を数値データとして取得した。この推算データは、海面の平均エネルギーの変化より波浪を推算しており、海面の波動エネルギーを周波数別の波浪スペクトルに分解し、この波浪スペクトルの変化を、海上風によるエネルギー入力や、うねりとしての伝播等を考慮して算出されている¹⁸⁾。



図-2 波浪推算データ取得地点 (黄色ピン部)

キーワード 塩害, 波高, 風速, 飛来塩分

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 TEL 0258-47-1611-6310

2.3 波高データの比較

波浪推算データの妥当性を検証するために、リアルタイムナウファス¹⁹⁾(国土交通省港湾局)提供の実測波高データと、前述した波浪推算データの比較を行った。図-3に、2012年における新潟沖と直江津港における月別平均有義波高データを示す。これは、実線が実測データ、破線が解析データとなっている。このグラフより、実測結果と解析結果の相関は概ね良好であることがわかる。このことから、波浪推算によって求められた波高分布は、実際の波高分布と相違ないと考えてよいと言える。

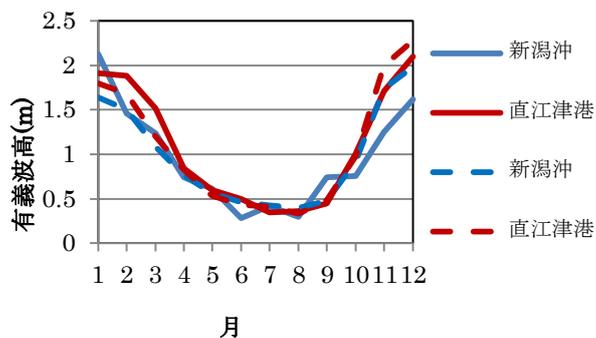


図-3 2012年度月別平均有義波高データ

2.4 風速データの取得

前述のとおり、飛来塩分の輸送には、波高と風速が関係する。そこで、気象庁²⁰⁾により公開されている新潟県沿岸部の風速観測データ(2012年度)を取得した。風速データは波高データと同様に新潟県沿岸部を満遍なく網羅できる15地点を選択した。図-4に風速データを取得した15地点を示す。

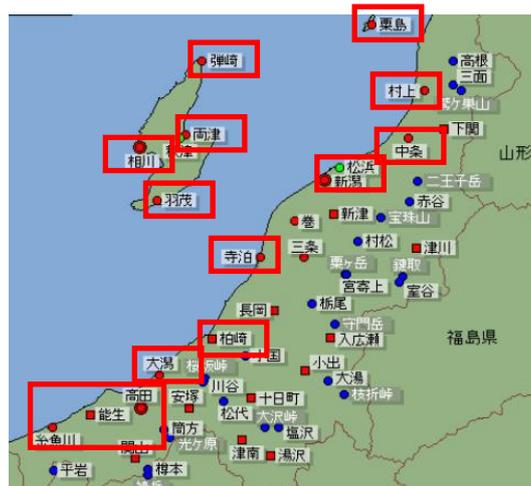


図-4 風速観測データ取得地点(赤四角部)
(気象庁ホームページから引用)

3. 結果と考察

3.1 推算波高データ結果

図-5に、新潟県近郊の波浪推算結果を、波高ごとに色分けしたものを示す。暖色ほど波高が高く、寒色に近づくほど波高が低いことを示す。この日は、季節風が卓越し、西高東低の冬型の気圧配置となっている。この図より、ユーラシア大陸から北陸沿岸に向けて高い波が押し寄せていることがわかる。この図にあるような環境条件が、冬期に多く発生することから、北陸沿岸では、塩害被害が深刻になっていると考えられる。また、新潟県の波高分布に着目すると、ユーラシア大陸から見て佐渡ヶ島の背後となる、新潟県新潟市～上越市周辺の波高が、村上市や糸魚川市と比べ低くなっていることがわかる。そこで、新潟県の波高区分を図-5に示すように、大・中・小の3つに分けることにした。このように、波高は吹送距離が支配的な因子となるので、島や半島の影響を大きく受ける。

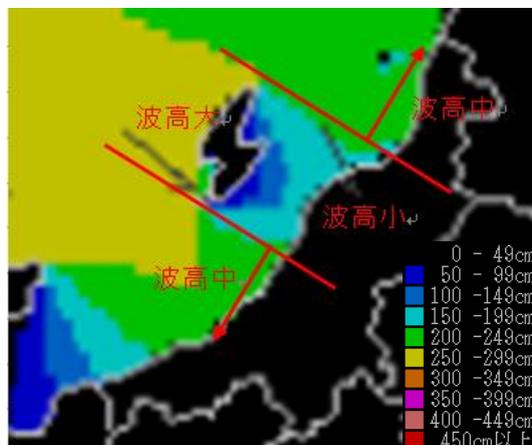


図-5 2012年12月10日の波高推算データ

3.2 波高区分別飛来塩分量

次に、図-5より定めた波高区分で計測された飛来塩分量を平均し、比較を行った。図-6に、波高区分ごとの飛来塩分量の平均値を示す。このグラフより、波高が大きいくほど、飛来塩分量が多くなる傾向にあることがわかる。

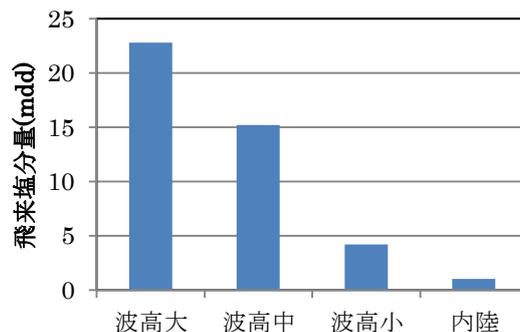


図-6 波高区分ごとの飛来塩分量の関係

3.3 最大波高ごとに区分した時の飛来塩分量

これまでの検討から、季節風が卓越する冬期における波高が飛来塩分に大きく影響している可能性が高いことが示唆された。そこで、収集した飛来塩分量の測定データを、各地点で1年の内

で最も大きかった波高（最大波高）ごとに整理し、その平均飛来塩分量を求めた。図-7に、最大波高を3つの区分

(0~3.0m, 3.1m~6.0m, 6.1m以上)に分け、それに該当する地点の飛来塩分量を平均したものを示す。この結果より、図-6と同様に、最大波高と飛来塩分量にはある程度の相関性があることが明らかとなった。

3.4 地点ごとの波高－飛来塩分量関係

図-8に、各地点の年間の平均波高－飛来塩分量の関係を示す。平均波高が高いほど、飛来塩分量が多くなる傾向はあるものの、同程度の波高であっても飛来塩分量のバラつきは大きくなった。これは、飛来塩分量は、測定点の高さや海岸からの距離、海岸付近の海底地形や沿岸構造物の設置状況など、微小地形の影響を大きく受けるためだと考えられる。前述の波浪推算は、沖合での波高を計算しているのでも、沿岸部のより詳細な計算を行うと、相関性が向上する可能性もある。

3.5 風速観測データ結果

図-9に各地点の年間平均風速を示す。このグラフから、新潟県内でも場所によって一年の平均風速が3m/s以上異なることがわかる。また、松浜以北の下越地域の年間平均風速が小さい傾向にあるのに対して、松浜と佐渡の相川で年間平均風速が大きいことがわかる。この結果を平均風速2m/sごとに区切り、風速の大きさごとに飛来塩分量の平均値を求めたものを図-10に示す。このグラフより、風速が小さいエリアにおいても飛来塩分量が多くなっていることから、風速と飛来塩分量の相関性はあまり大きくはないといえる。一般に、風速が大きければ波高は高くなるが、新潟県の場合、佐渡ヶ島の背後の地域では、波高は小さくなるものの、風速はほとんど変化しないために、風速と波高の相関性は小さくなっている。これより、風速が飛来塩分量に与える影響は、波高よりも低いといえる。

3.6 地点ごとの波高×補正平均風速－飛来塩分量関係

ここまで、塩分飛沫の輸送要因を波高と風速に分けて検討してきた。しかしながら、実際の塩分飛沫は波と風によって運ばれるため、この二つの要因を組み合わせるべきである。そこで、塩分飛沫の輸送量は、波高と風速の積に比例すると仮定し、検討を行った。

検討に先んじ、風向による風速の補正を行った。風速は汀線に向かって垂直に吹いた時に最も多くの塩分飛沫を輸送し、陸から海へと吹く場合、飛来塩分にはほとんど影響しないと考えられる。そこで、汀線に対し垂直の風向を0°

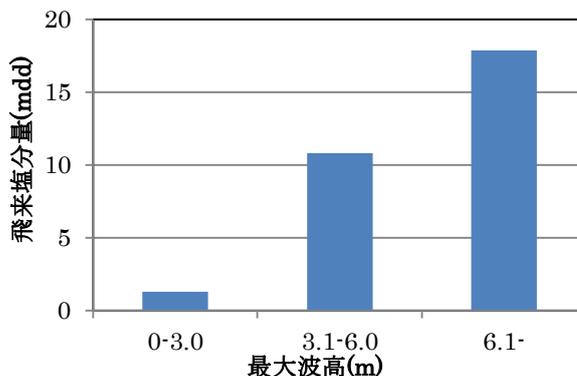


図-7 各最大波高区分－飛来塩分量関係

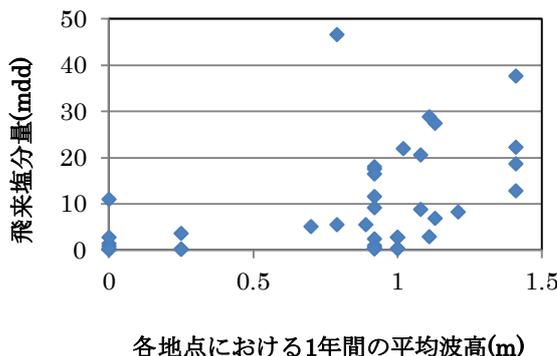


図-8 各地点における1年平均波高－飛来塩分量関係

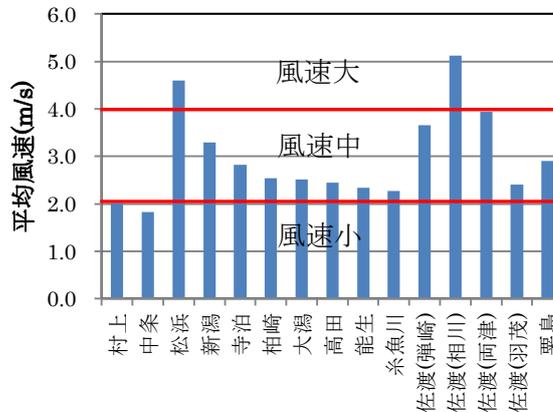


図-9 各地点における一年間の平均風速

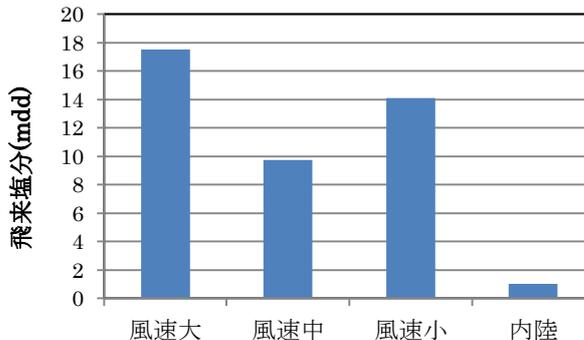


図-10 風速区分ごとの飛来塩分量の関係

とした各方位の角度の三角関数 (cos) と風速の積を、補正風速とした。また、汀線から 90° 以上の風向を持つ風速は全て 0m/s とした。

図-11 に、1 日の平均波高と補正した平均風速の積の 1 年平均と飛来塩分量の関係を示す。これより、波高と風速の積が 1.5 程度までは飛来塩分量は 10mdd 以下である割合が高く、1.5 以上になると飛来塩分量が 10mdd を超え過大となる傾向が見られた。しかし、同等の波高と風速の積であっても、飛来塩分量にはバラつきが見られ、波高と風速の積と飛来塩分量との相関性を明確に確認することはできなかった。

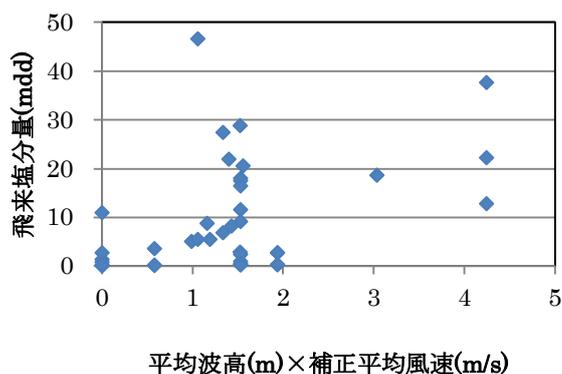


図-11 平均波高×補正平均風速－飛来塩分量の関係

4. まとめ

以上の検討より、沖合での波高が大きいほど飛来塩分量が多いことが、確認できた。ただし、構造物個々に作用する飛来塩分量は、海底地形や沿岸部の構造物といった微小地形効果の影響を大きく受けるため、沖合での波高が同程度であっても、飛来塩分量には大きなバラつきがあることが明らかとなった。

また、風速の観測データとの比較により、新潟県の沿岸部形状と島嶼部の関係上、風速と波高の相関性は低く、風速と飛来塩分量の相関性も低いことが明らかとなった。これらの結果から総合して、飛来塩分量は風速よりも波高の影響度がはるかに大きいと推定された。

参考文献

- 1) 土木学会：【2012年制定】コンクリート標準示方書 [維持管理編]，2012.3
- 2) (社)日本道路協会：道路橋示方書・同解説 IIIコンクリート橋編，2012.3
- 3) 山田文則ら：コンクリート工学年次論文集，Vol.28，2006.7，pp.1001-1006
- 4) 佐藤國雄：土木学会第 51 回年次学術講演会，Vol.26，pp954-955，1996.9，pp954-955
- 5) 山田文則，細山田得三：土木学会第 58 回年時学術講演会，Vol.1，2003.9，pp525-526，
- 6) 青木慶彦，下村匠：修士論文，2010.3
- 7) 山田文則ら：コンクリート工学年次論文集，Vol.27，2005.7，pp865-870
- 8) 富永禎秀ら：コンクリート工学年次論文集，Vol.28，2006.7，pp.1043-1048
- 9) 大久保雄介ら：土木学会第 59 回年次学術講演会，Vol.1，2004.9，pp.239-240
- 10) 佐伯竜彦，堀岡祐介：コンクリート工学年次論文集，Vol.28，2006.7，pp.923-928
- 11) 山田文則ら：コンクリート工学年次論文集，Vol.29，2007.7，pp.1041-1046
- 12) 田文則，細山田得三：海岸工学論文集，Vol.50，2003，pp.1176-1180
- 13) 山田文則，細山田得三：海岸工学論文集，Vol.51，2004，pp.1121-1125
- 14) 山田文則：海岸近傍の飛来塩分発生・輸送数値モデルの開発，長岡技術科学大学水工学研究室資料
- 15) 佐藤國雄ら：コンクリート工学年次論文集，Vol.25，2003.7，pp.851-856
- 16) 浅野幸士ら：土木学会第 63 回年次学術講演会，Vol.1，2008.9，pp.29-30
- 17) 気象庁：沿岸波浪実況格子点資料，2012
- 18) 気象庁：OUTLINE OF THE OPERATIONAL NUMERICAL WEATHER PREDICTION AT THE JAPAN METEOROLOGICAL AGENCY，2012
- 19) リアルタイムナウファス：<http://www.mlit.go.jp/kowan/nowphas/>
- 20) 気象庁：<http://www.jma.go.jp/jma/index.html>