

## 構造物への飛来塩分量に影響する風のはたらきの定量評価

○中央大学 学生員 塩野智也

中央大学 正会員 佐藤尚次

### 1. はじめに

日本の橋梁(長さ 15m 以上)の約 40%は 1950~70 年代の高度経済成長期に建設されている。現在、高度経済成長期に建設された橋梁が老朽化してきている。その老朽化の原因として、中性化、塩化物イオンの侵入にともなう鋼材の腐食、凍結融解作用、活荷重等による疲労などが挙げられている。中でも塩化物イオンの侵入にともなう鋼材の腐食、いわゆる塩害は深刻であり、本研究ではそこに着目する。

塩害の発生要因は海からの塩化物イオンの飛来である。島国である日本にとっては、その発生メカニズムを明確にし、対策を提案しておく必要がある。しかし、既往の研究では塩害が発生する詳細な環境作用メカニズムを考慮した対策の検討が十分でない。そこで、本研究では風がこのメカニズムに及ぼす影響を目的とする。

### 2. 塩分発生メカニズム

塩分が発生するメカニズムは 2 つある。海水滴と海塩粒子である。海水滴は、波が物に衝突した際に飛散するしぶきのことで、直径 4mm 以下の塩分を含む水滴である。一方、海塩粒子は  $10^{-14} \sim 10^{-15}$  g の海塩核を含む微粒子で、その生成については海上で波が砕波、または物に衝突した際に周囲の空気が海中に取り込まれ、この空気が気泡となって海面に上昇し、そこで破裂した時に空气中に放出され、風などにより沿岸部に運ばれる。両者ともに環境作用による塩分発生メカニズムであるが、本研究では後者が風により広範囲に塩害の影響を与えると考え、海塩粒子を対象に研究を進めていく。

### 3. 分析結果

#### (1) 塩分輸送を起因させる風

全国飛来塩分量分布<sup>1)</sup>をもとに塩害の事例がある地点とない地点に分けて、気象庁から得た全国の風データ<sup>2)</sup>を分析した。図-1 に 2010 年の海風が吹いた日数グラフを示す。海風は、それぞれの地点の海側からの風のことをいう。図-1 よりグラフに違いが認められる。塩害のない地点は風速 4.0m/s 未満の海風日数が全体の大半を占めているが、塩害のある地点は風速 4.0m/s 以上も海風日数が分布している。この相違が塩害を発生させる境界であると思われる。しかし、日本は様々な気象や地形が存在しており、調査対象が全国にまたがる図-1 では情報が不十分である。そこで、気象や地形を比較しやすいよう、ある程度地域を絞り研究を進める。

#### (2) 新潟県の風

調査対象地域を新潟県に絞り分析した。新潟県は、全国飛来塩分量分布より塩害事例が多いことや冬季の季節風により海側から安定した強い風が吹くという理由から新潟県を選定した。気象条件、並びに地形条件を考慮した分析を行う。

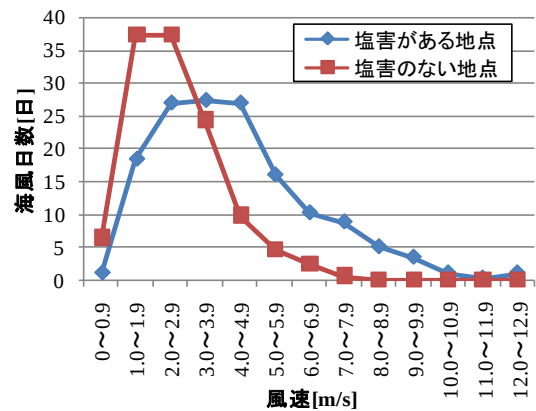


図-1 各風速帯に対する海風日数グラフ

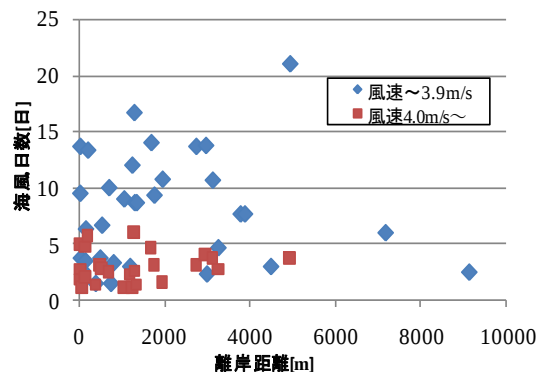


図-2 離岸距離に対する海風日数散布図

図-2 に新潟県における離岸距離に対する海風日数の散布図を示す。風速 4.0m/s 未満と風速 4.0m/s 以上に分けて示す。図-2 より風速 4.0m/s 未満はばらつきが認められるが、風速 4.0m/s 以上は離岸距離も海風日数も 0 に収束していることがわかる。これは、気圧差による風速変化や風速の距離減衰が起因していると考えられる。気圧差による風は気圧傾度力や偏向力、求心力などのつり合いによるものだが、地表面付近では表面摩擦力によってつり合いが乱されるので気圧配置は影響が少ないと判断できる。よって図-2 の結果は距離減衰に起因しているとする。ただし、図-2 では地表面粗度のばらつきなどは反映されていない。

#### (3) 風速の距離減衰

風速を目測するとき、その強弱を表わすビューフォート風力階級<sup>3)</sup>がある。これより海上において風速 3.4m/s 以上で波頭が砕けはじめ、塩分が輸送される。分析したデータは観測地点での風速であり、海上での風速ではない。ビューフォート風力階級を適応した検討をするため、観測地点での風速を海岸での風速に補正する必要がある。そこで図-3 に風速の距離減衰を表したグラフを示す。近似式の傾きが距離減衰率を表している。図-3 は 2010 年のデータを分析した結果であり、

キーワード：飛来塩分量，風速，離岸距離

連絡先：〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 tel.03-3817-1816

fax.03-3817-1803

2009年と2008年のデータを分析した結果も同様な減衰率となったので、本研究では風速の距離減衰率を $-0.0003[s^{-1}]$ とする

#### (4) 飛来塩分量

飛来塩分量のデータは新潟県庁のデータ<sup>3)</sup>と飛来塩分量全国調査のデータ<sup>4)</sup>を使用した。海塩粒子を対象に分析するが、その粒径は大小さまざまである。それらすべてを考慮し分析するのは容易ではないので、粒径の大きさを、大、中、小の3つに分けて分析した。

表-1に粒径の大きさ分けの定義を示す。表-1(a)は既往の研究<sup>5)</sup>を参考に定義し、表-1(b)はビューフォート風力階級を参考に定義した。図-4に飛来塩分量の距離減衰グラフを示す。図中に併せて示した近似式は、表-1より、各風速に対して存在する粒径の割合は異なるが、定義した離岸距離の範囲に対応した粒径の大きさのみが、その範囲で減衰すると仮定して得た近似式である。粒径が中と小の減衰率を示したが、粒径が大の減衰率は示していない。これは海水滴が分布しているからである。海水滴は風速より波高や海岸の地形などが起因しているので統計的な分析より数値計算が適している。以上のような理由に重ね、データ数が乏しいので離岸距離が300m以下の範囲は分析対象外とした。

図-4より、飛来塩分量の距離減衰率は風速の距離減衰率と一致していない。飛来塩分にはさまざまな粒径があるのと同様に、さまざまな自重がある。自重の大小により、輸送される距離も異なる。以上のような理由から、飛来塩分量の距離減衰と風速の距離減衰は一致しないと考えられる。

図-5に海岸での値に補正した風速と飛来塩分量の関係を表したグラフを示す。図-5は、図-3と図-4で示した風速の距離減衰率と飛来塩分量の距離減衰率や表-1(b)より、観測地点での値を海岸での値に補正した値を使用したグラフである。しかし、飛来塩分量の測定地点が特定できないデータや気象観測地点と飛来塩分量測定地点に誤差があるデータは除外して分析した。図-5より、飛来塩分量は風速が強まるに従って指数関数的に増加する傾向がある。図-5は日平均の値をプロットしたグラフであるので風速4.0m/s以下のような弱い風速と風速9.0m/s以上のような強い風速の傾向を捉えられていない。しかし、飛来塩分量の評価は日平均の値で議論するので図-5のような風速範囲の傾向を捉えられただけで十分適応できると思われる。

#### 4. おわりに

本研究では、気象条件と地形条件を考慮した飛来塩分量の分析結果を示した。地域を絞った塩害に影響がある風の特性を捉えられ、離岸距離に応じた風速や飛来塩分量の距離減衰率を示した。これらを踏まえ、風速と飛来塩分量の関係を示した。図-5より対象地点の風速を観測できれば、飛来塩分量の算出が可能となる。以上より、目的である塩害が発生する環境作用メカニズムを把握した飛来塩分量の定量評価が行えたが、データ数の増加や標高、山の有無などの地形条件の追加などにより、より詳細な定量評価が行えると思われる。今後は精度の向上や他の気象条件が与える塩害の発生要因を考慮した分析を検討したいと考えている。

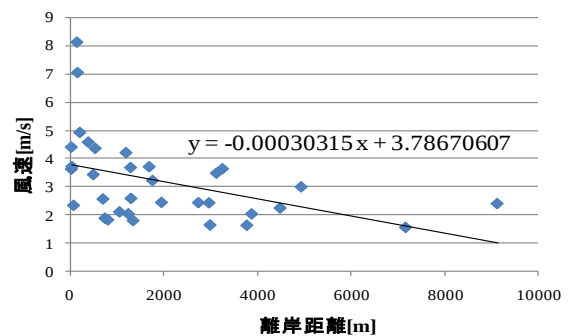


図-3 風速の距離減衰グラフ

表-1 粒径の大きさ分けの定義

(a) 塩分飛来離岸距離

| 海塩粒子 | 塩分飛来離岸距離(m) |
|------|-------------|
| 大    | 0~300       |
| 中    | 301~5000    |
| 小    | 5001~       |

(b) 各風速による粒径の大きさの割合

| 海岸での風速(m/s) | 粒径の大きさによる割合 |     |     |
|-------------|-------------|-----|-----|
|             | 小           | 中   | 大   |
| ~5.4        | 1           | 0   | 0   |
| 5.5~7.9     | 0.7         | 0.3 | 0   |
| 8.0~10.7    | 0.5         | 0.5 | 0   |
| 10.8~       | 0.4         | 0.4 | 0.2 |

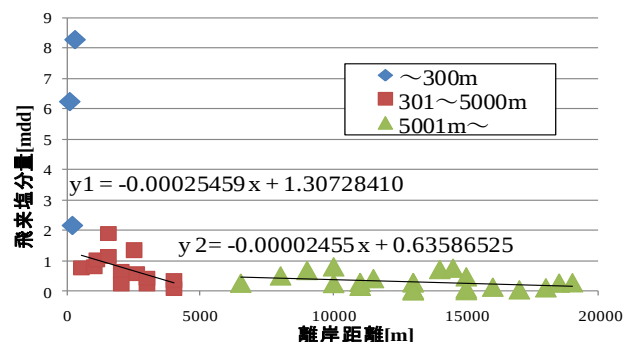


図-4 飛来塩分量の距離減衰グラフ

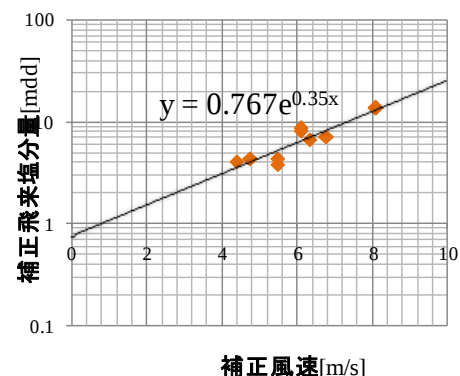


図-5 海岸での風速と飛来塩分量の関係

#### 参考文献

- 1) 国土交通省 橋梁塩害対策検討委員会(平成16~21年)
- 2) 気象庁 HP  
<http://www.jma.go.jp/jma/index.html>
- 3) 新潟県実施飛来塩分量調査一覧
- 4) 土木研究所資料 飛来塩分量全国調査(4)ー飛来塩分量の分布特性と風の関係ー
- 5) 小窪幸恵: 海水飛沫の発生過程に着目した飛来塩化物イオン量算定モデル, 高知工科大学博士論文, 2009