

# 日本海沿岸部の自然環境作用と飛来塩分量の定量評価

コンクリート研究室 CHIMEDT SEREN OTGONBILEG

指導教員 下村 匠  
副指導教員 中村文則

## 1. はじめに

沿岸部のコンクリート構造物は、海域から発生した飛来塩分により、塩害を受けるため問題となっている。コンクリート標準示方書<sup>1)</sup>では、海岸からの距離によって構造物に作用する飛来塩分量(表面塩化物イオン量)を設定する方法を提案しており、その方法が幅広く利用されている。

しかし、海域から発生する飛来塩分は、海岸からの距離だけでなく、周辺の気象・波浪・地形条件に大きく影響を受ける現象である。中村ら<sup>2)</sup>は構造物周辺の条件によって、海岸からの距離を参考に算定した値と実際の値が大きく異なる場合があることを明らかにしている。

そこで、本研究では構造物に作用する飛来塩分量を周辺の気象・波浪・地形条件を考慮して予測できるようにすることを目的として、現地観測結果に基づいて気象・波浪・地形条件と飛来塩分量の関係について定量化を行った。

## 2. 表面塩分量の現地観測

### (1) 観測場所および観測期間

本研究室は構造物の表面塩分量と地形条件の関係を定量化するため、日本海側沿岸部において構造物の表面塩分量を定期的に測定している。本研究では図-1に示すような配置でモルタル供試体を合計214箇所設置し、2019年12月～2020年3か月間暴露したデータを用いて飛来塩分量の定量評価を行った。

### (2) 観測方法および分析方法

モルタル供試体は沿岸構造物の上端部に設置し、表面塩分量を測定している。供試体のモルタル配合は、水セメント比50%であり、セメントが普通ポルトランドセメント(密度 $3.16\text{kg/cm}^3$ )、細骨材が川砂(密度 $2.96\text{kg/cm}^3$ )である。供試体寸法は縦

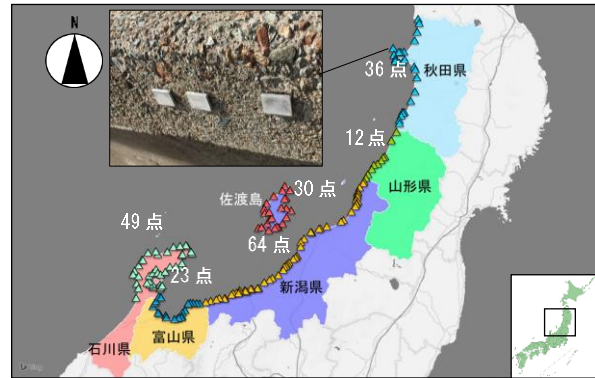


図-1 モルタル供試体の配置箇所

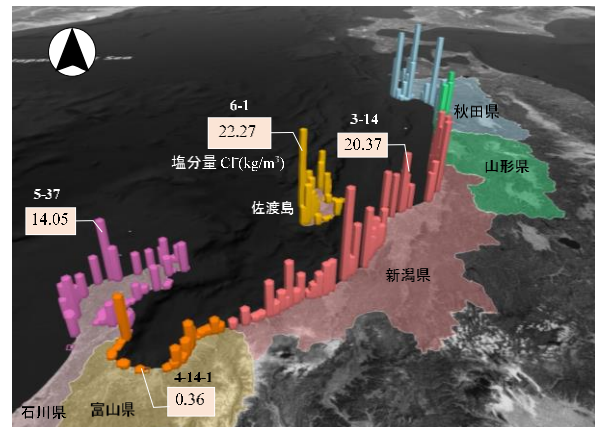


図-2 表面塩分量の現地観測結果

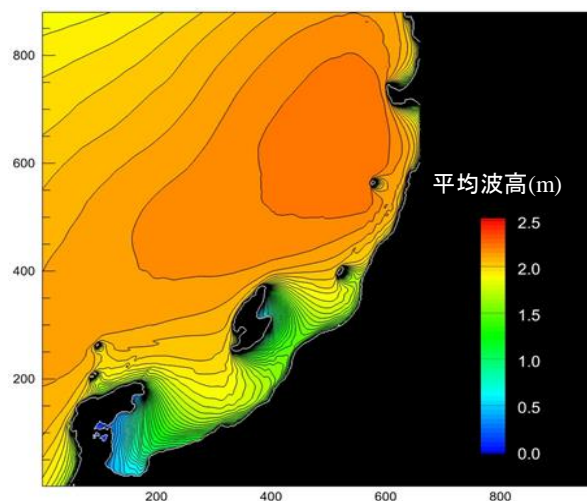


図-3 波高の計算結果

30mm、横40mm、厚さ5mmである。暴露期間終了後、JSI-CS4「硬化コンクリート中に含まれる塩分

の分析方法」に基づいて塩化物イオン量の測定が行われた。

### (3) 現地観測結果

構造物の表面塩分量の現地観測結果を図-2に示す。図-2より、能登半島に囲まれた富山県は塩分量が小さく、佐渡島や石川県の北西は塩分量が高い傾向がみられる。これは、冬季の日本海は北西からの風の影響で塩分が多く発生したためと考えられる。また、同じ県内でも、塩分量が大きく異なる観測点があることが確認された。これは、消波施設（消波ブロック）の有無や砂浜幅といった地形条件が影響していると考えられる。したがって、飛来塩分量の定量化には地形・気象・波浪条件を考慮する必要がある。

## 3. 表面塩分量の整理

### (1) 波浪条件を考慮した表面塩分量の整理

2019年12月から2020年3月までの冬季における日本海沿岸域の波高を波浪推算モデルSWANを用いて数値シミュレーションで予測した。算出した波高の分布を図-3に示す。この結果より、秋田県、山形県や新潟県では波高が同程度である一方、佐渡島や能登半島などでは日本海側と東側で波高が大きく異なっていることがわかる。SWANにより計算した佐渡島と新潟県における観測点の平均波高と表面塩分量との関係を図-4~5に示す。図-4より、波高と表面塩分量の傾向はおおむね一致しており、波高が表面塩分量に影響を及ぼすことが確認された。しかし、図-5のように、新潟県など県によって波高と表面塩分量の傾向があまり一致しない場合も確認された。

### (2) 地形・気象条件を考慮した表面塩分量の整理

消波施設の設置位置を含めた地形条件の影響を整理するために、Google Earthを用いて観測点周辺の空中写真を収集し、地形条件を砂浜海岸、消波施設（沖海域）、消波施設（堤防前面）という3つの分類に分けた（図-6）。また、風が吹いている方向の観測点から消波施設までの距離、または汀線までの距離を平均して離岸距離とした（図-7）。以

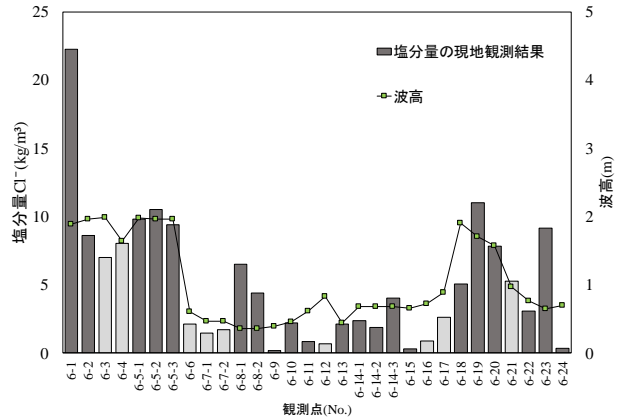


図-4 佐渡島における波高と塩分量の比較

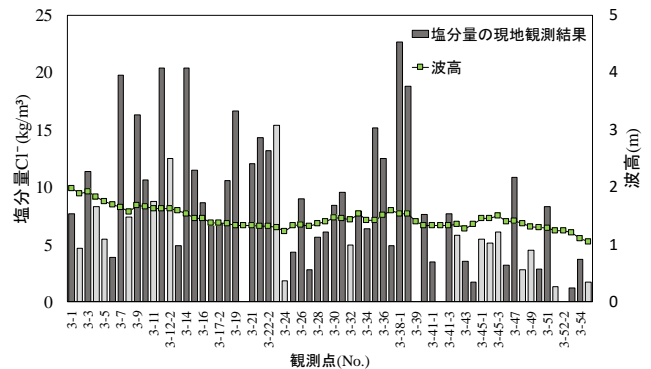


図-5 新潟県における波高と塩分量の比較



図-6 地形条件の分類



図-7 離岸距離の測定例

上のように地形条件を3つに分け、離岸距離と表面塩分量の関係を表したものを図-8に示す。図-8により、砂浜海岸の塩分量は消波施設がある地点

の塩分量より少ないことがわかる。また、堤防前面に消波施設がある地点では、塩分量が最も大きくなる傾向であり、離岸距離に依存していないことがわかった。

### (3) 地形・気象・波浪条件を考慮した表面塩分量の整理

堤防前面に消波施設がある地点を除外した消波施設の有無と波高が1m以上と1m以下で分類し、離岸距離と表面塩分量の関係を整理した結果を図-9に示す。図-9より、消波施設ある地点は塩分量が多く、波高が高い地点は低いより塩分量が多いことがわかった。図の実線は観測結果を式(1)の指数関数で近似した結果である。

$$y = y_0 \cdot \alpha \cdot \exp(-\beta' \cdot x) \quad (1)$$

ここで、 $\beta'$ は距離による表面塩分量の減衰率(1/m)で、 $\alpha$ は波高と消波施設による塩分量の増加率である。点線は係数 $\alpha=1\sim 12$ に変化させた条件の結果である。図より、波高1m以上と以下で5倍程の差があり、消波施設の有無により2倍程の差が発生していることが確認された。

式(1)を用いて、新潟県における観測点の塩分量と比較した結果を図-10に示す。図より、新潟県の塩分量は波高だけでは傾向が全く一致しなかったが、地形・気象・波浪条件を考慮した近似式は比較的、塩分量の傾向をとらえることができることが確認された。

## 4. まとめ

日本海沿岸部、計214個の表面塩分量のデータを地形・気象・波浪条件を考慮して整理することで飛来塩分量を定量的に評価することができた。今後は、地形条件の細分化、風況解析の精度向上、堤防高さの考慮を行う予定である。

## 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.172-173, 2013.
- 2) 中村文則、大原涼平、山口貴幸、下村匠:沿岸域の地形条件を含めたコンクリート構造物の表面塩分の定量的評価手法の構築、土木学会論文集 2, Vol.76, No.3, pp.189-208, 2020.

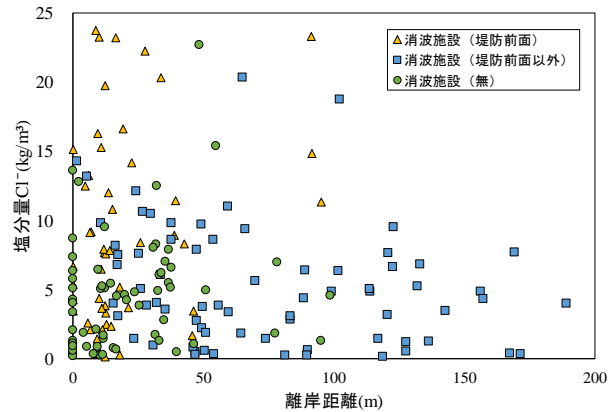


図-8 離岸距離と塩分量の関係

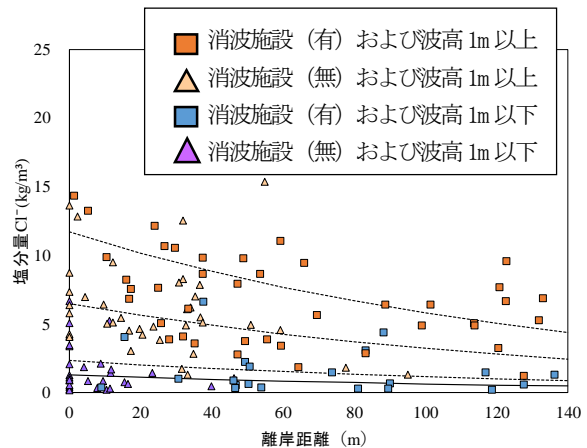


図-9 表面塩分量と地形・波浪条件の関係

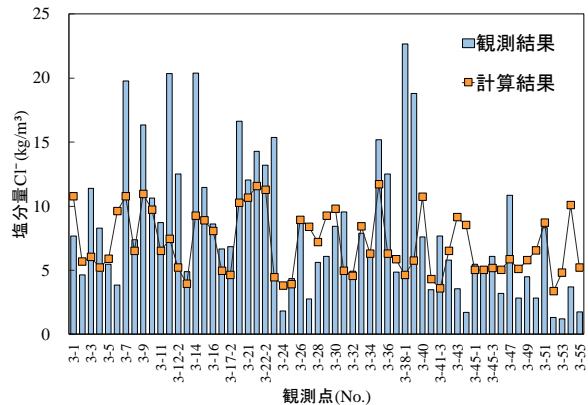


図-10 新潟県における予測結果と観測結果の比較