

気象・波浪予測技術を応用したコンクリート構造物の塩害環境予測

コンクリート研究室 滝 晴信
指導教員 下村 匠

1. はじめに

本研究では、コンクリート構造物に作用する塩害環境を高精度で予測することを目的として、個別の構造物に応じた環境条件(気象・波浪・地形条件)の違いを定量評価する手法について検討を行った。さらに、定量評価した環境条件を考慮した飛来塩分の予測方法について検討を行った。

2. 環境条件(気象・波浪・地形)の定量評価方法

2.1. 気象条件の定量評価方法

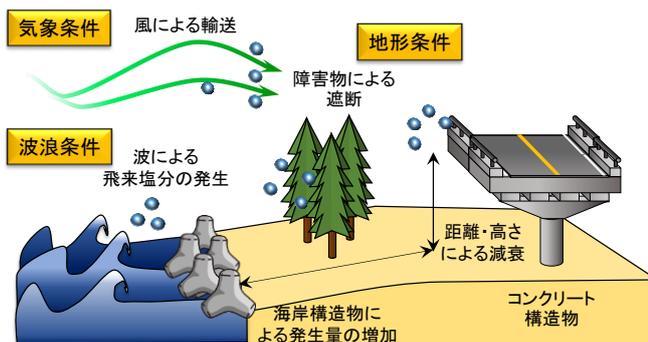
新潟県全域を対象に風速分布の平面的な数値シミュレーションを行い、各地点に対応した風向・風速を予測した。風向・風速分布の計算には、領域気象モデル WRF の Advance Research WRF を用いた。このモデルは、米国気象センター(NCAR)などの組織が共同開発し、一般に公開しているものである。計算期間は、季節風が作用する冬季を対象に 2016 年 11 月 30 日～2017 年 4 月 10 日の 4 ヶ月間(131 日間)とした。

新潟県全域の風速・風向分布の計算結果を図-2 に示す。図は、計算期間の内の瞬間的な風速・風向を再現した結果であり、矢印で風向を表している。図に示すように、佐渡島の周辺を含めた新潟県全域の風の分布が計算できていることが確認できる。また、佐渡島内の気象観測点である相川および両津観測点の風向・風速の観測結果と計算結果を比較した結果、概ね傾向が一致していることが分かった。以上の結果より、沿岸線 1km 間隔に作用する風速・風向を定量評価すること可能であることを示すことができた。

2.2. 波浪条件の定量評価方法

新潟県沿岸を対象とした波浪を平面的な数値シミュレーションによって推算し、各地点に作用する波浪条件について推定した。計算モデルは、波浪推算モデル SWAN を用いた。このモデルは、オランダデルフト工科大学で開発された波浪推算モデルで、一般に公開されている。

佐渡島を含む日本海全域の波高の計算結果を図-3 に示す。図は、



青色の部分が波高は低い領域、赤色の部分は波高が高い領域である。図に示すように、島の北西側の沿岸部で波高が大きく、その背後となる部分で減衰していることが確認できる。また、佐渡島周辺にある波浪観測点である直江津港および新潟沖の波高の観測結果と計算結果を比較した結果、概ね傾向が一致していることが分かった。以上より、沿岸線 1km 間隔に作用する波高を定量評価することが可能であることを示すことができた。

2.3. 地形条件の定量評価方法

地形条件の定量評価方法としては、空中写真から、地形条件を数値化する手法を採用した。対象とした地形・障害物は、塩分輸送距離、海岸の方角、海岸状況(砂浜、消波施設、港湾施設、人工海岸、岩礁)、陸上障害物(植栽、防風フェンス)である。図-4 に空中写真を用いて各項目の測定方法を示した一例を示す。図の海岸状況、陸上状況係数の値は、既往研究を参考に決定した係数である。

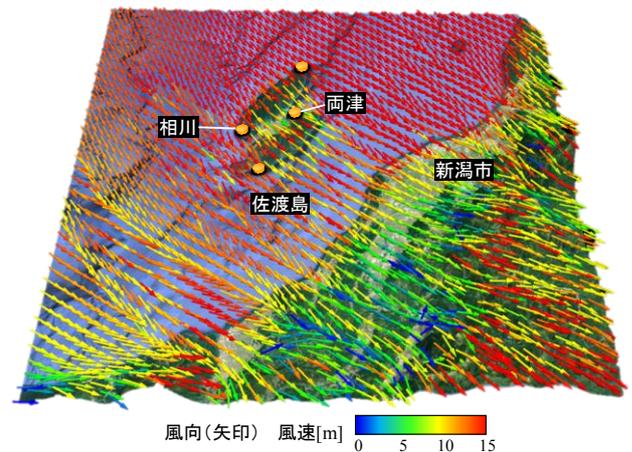


図-2 新潟県全域の風速・風向分布の計算結果

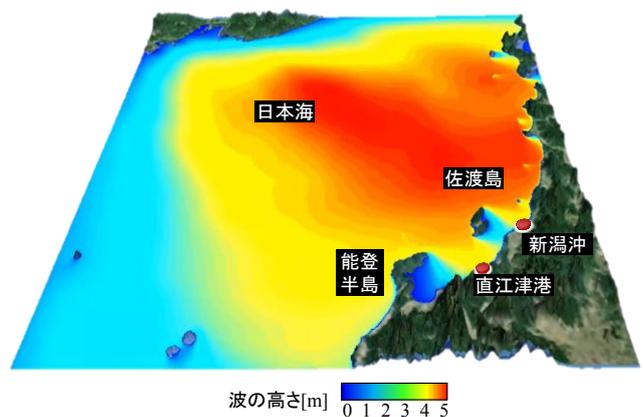


図-3 日本海全域の波高分布の計算結果

3. 飛来塩分の定量評価方法

以上の方法で、佐渡島沿岸線 1km ごとの構造物周辺の環境条件の定量評価を行った。図-5 に定量評価結果を示す。

次に、定量評価した環境条件を考慮した飛来塩分予測をするため、佐渡島で実施された飛来塩分の現地調査結果を基に、これまでに定量評価してきた条件をパラメータとして入力することができる飛来塩分の予測式を定式化した。

$$D = D_b \cdot \exp(-c \cdot z) \cdot \exp\left\{-\left(\frac{b}{u}\right) \cdot x\right\} \cdot \beta \cdot \delta \quad (1)$$

ここで、 D は構造物に到達した塩分量 ($\text{mg}/\text{dm}^2/\text{hour}$)、 z は鉛直高さ (m)、 b は距離による塩分量の減衰に関する係数 ($=0.018$) ($1/\text{s}$)、 u は海岸からの風速であり、気象モデルの計算結果が入力される。 x は飛来塩分輸送距離である。係数 c は高さによる減衰係数 ($1/\text{m}$) であり、今回の検討では 0.0 とした。 β は陸上係数であり、空中写真よりパラメータ化された個別の構造物周辺の障害物の種類に応じた係数で δ は、構造物の形状で考慮する係数であり、今研究では観測値と一致するように一定とした。 D_b は汀線位置での塩分量 ($\text{mg}/\text{dm}^2/\text{hour}$) であり、式(2)と仮定した。

$$D_b = \alpha \cdot u^p \cdot H_w^q \times \frac{1}{24} \quad (2)$$

ここで、 H_w は水深 20m の位置での波高 (m)、 p 、 q は係数であり、

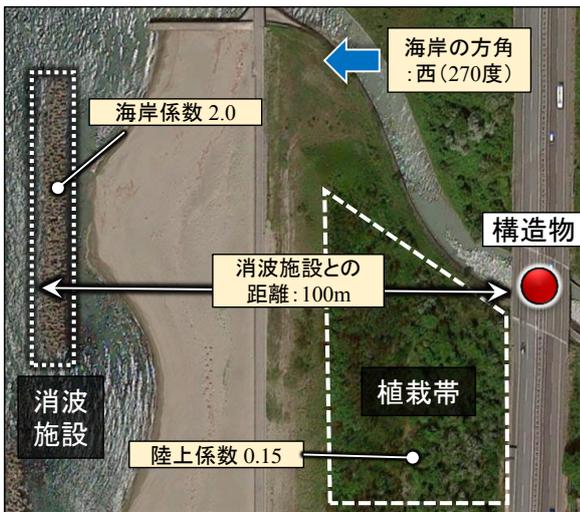


図-4 空中写真による地形条件のパラメータ化

それぞれ 1.0 で設定した。 α は海岸係数であり、個別の構造物周辺の海岸構造物の種類に応じた係数である。

図-6 は、佐渡島沿岸線の沿岸線 1km ごとの構造物に作用する飛来塩分の予測結果である。図に示すように、佐渡島の東沿岸では飛来塩分量が多く、西側では、飛来塩分量が少ない。また、図に示す四角印、丸印は、それぞれ堤防、橋梁位置の現地調査結果である。図に示すように、堤防、橋梁位置の飛来塩分量の変動傾向をおおむね再現できていることが分かる。以上より、気象・波浪・地形条件の定量評価結果から飛来塩分量を予測できることが示された。

4. 結論

個別の構造物に応じた気象・波浪・地形条件の違いを定量評価する手法について検討し、定量評価した環境条件を用いた飛来塩分の予測方法について検討を行った。その結果、気象・波浪推算モデル・空中写真を用いることで個別の構造物に作用する環境条件を定量評価できることが示された。さらに、定量評価した気象・波浪・地形条件をパラメータとして算定式に考慮することで、個別の構造物に作用する飛来塩分が高精度で予測できることが明らかになった。

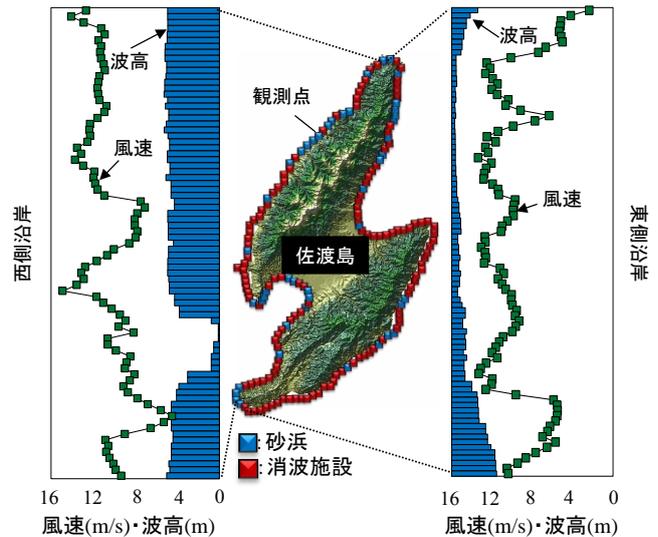


図-5 環境条件（気象・波浪・地形）の定量評価結果

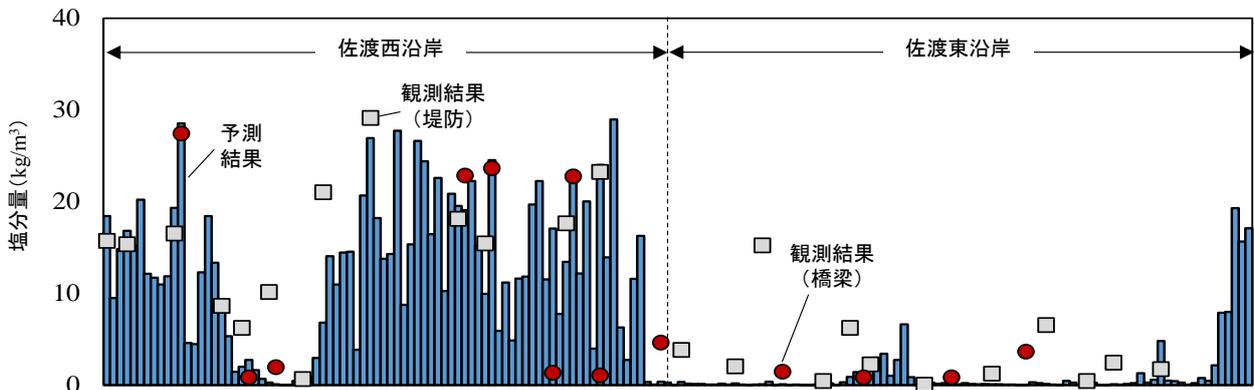


図-6 飛来塩分の定量評価結果