

塩害環境評価 MAP の構築とデジタル 3D 都市モデルへの実装

コンクリート研究室 近藤 健大
指導教員 中村 文則

1. はじめに

北海道から北陸地方の沿岸部では、冬季の季節風により、海域から発生する飛来塩分の作用が激しく、コンクリート構造物において塩害劣化が問題となっている。道路橋示方書などにおいても、飛来塩分量が大きい重塩害地域に指定されている。このような環境の中で、沿岸部に設置された多数のコンクリート構造物を維持管理していくためには、飛来塩分の作用を予測するとともに、その結果を効率的に把握および利用できる技術を構築することが重要である。

本研究では、沿岸部の飛来塩分量の分布を効率的かつ簡易的に判別できるようにすることを目的として、新潟県および富山県を対象に、周辺環境条件を考慮した塩害環境評価 MAP の構築を行った。さらに、その結果を効率的に評価する方法として、3次元都市モデル(PLATEAU)を組み合わせた可視化方法について検討し、その考察を行った。

2. 飛来塩分量の分布の予測解析

2.1 飛来塩分量の算定式

飛来塩分量の分布は、飛来塩分が海岸からの距離と鉛直高さに応じて指数的に減少していると仮定とした算定式(1)で計算を行った。

$$C_0 = C_g \cdot \exp\{-(\beta/u) \cdot x\} \cdot \exp(-kz) \quad (1)$$

ここで、 C_0 は表面塩分量(kg/m^3)であり、構造物表面部の塩化物イオン量を示した値である。 β は水平距離に応じた塩分量の減衰係数(s/m^2)、 u は海域からの風速(m/s)、 x は消波施設の設置位置または汀線位置からの換算距離(m)である。 k は鉛直方向の塩分量の減衰係数($1/\text{m}$)、 z は基準面からの鉛直高さ(m)であり、今回の解析では基準面を標高 7m として $z=0\text{m}$ とした。塩分発生量 C_g は、気象・波浪・地形条件を考慮した海域上における仮想的な塩分発生量(kg/m^3)である。

海域からの塩分発生量 C_g の算定式は、風速のウェーバー則を基本としたモデルに、波高を導入した簡易的な式(2)を構築した。

$$C_g = C_s \cdot \alpha \cdot \frac{1}{u_0^2} \left\{ \lambda \cdot u^2 + (1-\lambda)(\sigma_w \cdot H_w)^2 \right\} \quad (2)$$

ここで、 C_s は観測結果から求めた換算塩分量(kg/m^3)、 u_0 は基準となる風速(m/s)、 u は風速(m/s)、 σ_w は風速と波高に関する係数($1/\text{s}$)、 H_w は沖海域の波高(m)である。係数 λ は、計算に考慮する風速と波高の重み付け係数($0 \leq \lambda \leq 1$)であり、1.0 のときに風速のウェーバー則、0.0 の時に波高だけを考慮した計算となる。

2.2 平面分布の予測方法

飛来塩分の平面分布の計算は、計算領域を等間隔の分割し、それぞれの格子の塩分量を算定する方法である。飛来塩分の発生点を設定し、その点からの風下方向の距離に応じた飛来塩分量を算定式(1)により求めることで、各格子の塩分量が算定される仕組みである。飛来塩分の発生点は、空中写真から消波施設と堤防、砂浜(陸と海の境界)を判別し、その位置と一致するように配置した。対象とした風向は、海岸線に対して角度 $-60 \sim +60$ の 120 度の範囲の海からの風を対象に計算を実施した。

2.3 計算領域および設定パラメータ

飛来塩分量の予測の対象期間は、2022 年 12 月 1 日～2023 年 3 月 31 日の約 4 か月間(2905 時間)である。計算時間間隔は 1 時間間隔であり、2905 パターンの飛来塩分量の平面分布を作成し、それを平均化したものを計算結果とした。

算定式に設定した主なパラメータを表-1 に示す。表の換算塩分量 C_s 、消波施設による塩分増加率、距離による塩分減衰率 β は、既往研究¹⁾で実施された飛来塩分の現地調査から定めている。風速 u と波高 H_w は、2022 年 12 月 1 日～2023 年 3 月 31 日の 1 時間間隔のデータを利用した。

表-1 計算の設定パラメータ

項目		設定値
換算塩分量(kg/m ³)	C_s	8.5 ($\lambda=1.0$)
		9.4 ($\lambda=0.5$)
		10.5 ($\lambda=0.0$)
消波施設による塩分増加率	α	砂浜 1.0 消波施設 2.5
風速・波高の重み付け係数	λ	0.0~1.0
波高の換算係数(1/s)	σ_w	2.35
基準となる風速(m/s)	u_0	5.4
距離による塩分減衰率(s/m ²)	β	0.038

3. 塩害環境 MAP の構築結果

図-1, 2 は, 新潟市と富山市の結果である. 図は, 飛来塩分の平面分布に加え, 劣化レベルごとに赤色 (重度の劣化), 黄色 (中度の劣化), 緑色 (初期の劣化), 措置状況ごとに, バツ印 (未措置), 三角印 (予防保全段階), 丸印 (措置済み) に区別した橋梁点検データを表示してものとなっている.

構築結果から, 消波施設, 防風林, 気象・波浪条件による影響を考慮した予測が可能になったといえる. 加えて, 新潟市と富山市では, 飛来塩分量に大きな差があることが確認された.

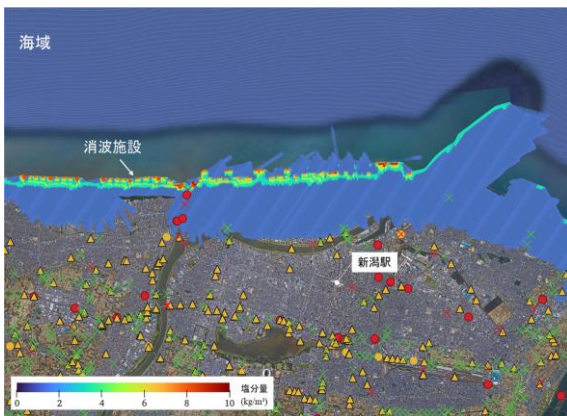


図-1 塩害環境評価 MAP (新潟市)

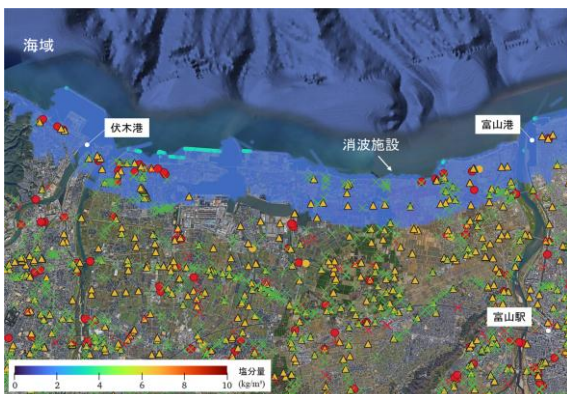


図-2 塩害環境評価 MAP (富山市)

4. デジタル 3D 都市モデルへの実装

4.1 3D 都市モデルを利用した可視化技術の構築方

3D 都市モデルを組み合わせた可視化には, 国土交通省で一般公開している 3D 都市モデル PLATEAU (デジタル地図)を利用した. モデルの構築には, メタバースの構築に利用されるソフト Unity を利用した.

4.2 デジタル 3D 都市モデルへの実装結果

図-3, 4 は, それぞれ新潟市広域・狭域 (河口部) を 3D 都市モデル上で可視化した結果である. 2次元の環境評価 MAP 上では判別が難しかった, 砂浜と消波施設箇所の飛来塩分の発生量の違いや, 沿岸部の構造物や地形条件を容易に確認ができた.

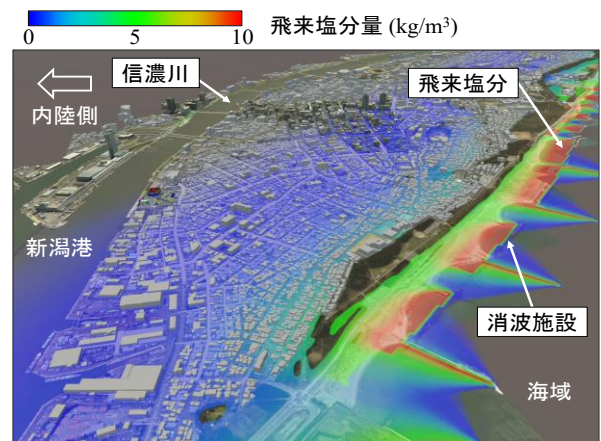


図-3 飛来塩分量の平面分布 (広域)

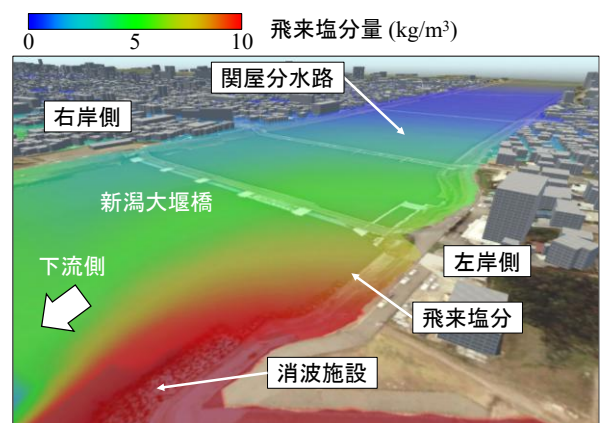


図-4 飛来塩分量の平面分布 (狭域)

5. 結論

塩害環境評価 MAP を構築することで, 周辺環境条件による飛来塩分量への影響を考慮することができた. さらに, 3D 都市モデルを利用することで, 広域から狭域の塩分量を一連して確認でき, 効率的に飛来塩分量を評価できることが明らかになった.