

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 9 月 16 日現在

機関番号：13903

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2012～2014

課題番号：24560579

研究課題名(和文) 構造物の塩害評価のための指標としての浮遊塩分量推定法の提案

研究課題名(英文) Estimation of concentration of air borne sea salt particles for corrosion prevention of infrastructures

研究代表者

小畑 誠 (Obata, Makoto)

名古屋工業大学・工学(系)研究科(研究院)・教授

研究者番号：30194624

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,000,000円

研究成果の概要(和文)：構造物の腐食現象への現在の対策は、海岸線からの距離に依存した簡単な飛来塩分量の予測をもとにしたものである。しかし、実際の構造物の腐食状況をより詳細に検討するために個々の構造物の近傍について流体解析をもとに浮遊塩分粒子の構造物表面への付着を検討していくのが合理的である。その解析の初期境界条件のひとつとして空気中の塩分粒子濃度を知る必要がある。本研究ではこの浮遊塩分量を数値的に推定する手法を提示し、その精度をエアサンプラによる観測により確認した。さらによく使われる指標であるフィルター法(JIS Z 8814)による浮遊塩分濃度の観測値との関連についてもあきらかにした。

研究成果の概要(英文)：Prevention of corrosion of steel structure is currently based on distance from the nearest coast. Concentration of airborne sea salt particles is overly simplified there. However, corrosion of structures is highly localized and authors have suggested importance to predict critical corrosive prone part using a proper CFD analyses. In such a CFD analysis, concentration of airborne sea salt particles is more important than usual quantities like by a dry gauze. The objective of this project is to establish a numerical method to estimate concentration of airborne sea salt particles at arbitrary location and time using a meteorological analysis. The accuracy of the analysis is verified by a year-long observation by a volume sampler. In the meantime, a relation between the results of a volume sampler and a dry gauze is also found. Captive ratio of sea salt particles barely depends on wind velocity.

研究分野：構造工学，維持管理工学

キーワード：腐食環境 浮遊塩分濃度 気象解析

1. 研究開始当初の背景

橋梁等の社会基盤施設の老朽化は刻々と進行しているが、国および地方公共団体の深刻な財政状況のために必ずしも適切な維持管理がなされず、一部では事故につながっている事例がある。健全な基盤施設の保持は我々技術者に課せられた責務である。しかしながら、維持管理の重要性が認識されて久しいものの、それを支える技術の進歩は遅々としていた面があるのは否めない。

土木構造物の維持管理についていえば疲労破壊、腐食あるいは塩害劣化が大きな問題となっているが、本研究は腐食や塩害劣化を対象とするものである。現在、土木構造物に対する塩害について考えるとそれは大きく a)土木構造物をとりまく塩分環境の把握、b)当該環境における劣化の進展の把握、c)塩害劣化した構造物の損傷度の判定および補修、に分けることができる。この点、塩害環境と構造物の劣化、劣化構造物の力学的性質についてはすでに精力的な研究がなされている。これに対してもっとも基本となる a)の腐食環境の評価と予測については、現在のところ膨大な現地観測データにもとづく指針が提示されているにとどまる。この点、申請者は大域および局所的な数値シミュレーションを組み合わせるにより、当該地点での浮遊塩分量と気象データが与えられれば橋梁面への付着塩分量を合理的に推定できることを示してきた。そこで明らかになったのは、塩害環境評価のための重要な指標は、浮遊塩分量($\mu\text{g}/\text{kg}$)と風向、風速等の気象データであり、これまでに蓄積された指標(mdd等)は付着塩分量の詳細を論ずる観点からは必ずしも適切とは言えない点である。浮遊塩分量は、地球規模の物質輸送・循環の問題にたちかえり大気環境問題の一部として扱うことができ、一部では浮遊塩分量を精度よく予測できる結果も提示されている。

2. 研究の目的

塩害環境を一般的な大気環境問題ととらえ、数値気象モデルにもとづく大気環境モデルを用いてより信頼性と柔軟性のある土木構造物の塩害環境予測モデルの構築を目的としている。

3. 研究の方法

まず、数値モデルとして大域環境モデルである WRF-Chem を日本付近において適用するために最も適当な海洋面からの塩分発生モデルについて検討する。具体的には沖合および海底地形を考慮した沿岸砕波域それぞれについて検討する。また、エアロゾル粒子の拡散の取り扱いについても、計算効率や精度について検討を加える。同時に、数値モデ

ルを検証するための観測手法についても準備を進める。

1)大域環境モデルによる飛来塩分量解析のためのパラメータ解析の準備

日本付近では飛来塩分の供給は主として海洋である。本研究で利用するメソスケールの気象解析プログラムの WRF-Chem では、海洋における塩分発生関数としてそのモジュールとして環境化学モデルが用意されている。これらのモジュールに含まれるパラメータの日本沿岸部における適用性を、エアロゾルの拡散・移流・沈降についても適切なモデルを検討した。

2)浮遊塩分量調査の実施

これまで、塩害環境は土研式タンク法あるいはドライガーゼ法等によって観測されてきたが、この観測値は簡易ではあるものの設置方向やその地点での風の状況に依存することから、塩害環境の評価指標としては必ずしも十分とは言えない。そこで、他のエアロゾルと同様にエアサンプラを用いて浮遊塩分粒子量として計測する。ただし、ドライガーゼ法と同様の計測期間(約1ヶ月)を確保することは難しいので、これまでの観測データおよび数値モデルによる予測を勘案して、適切な観測点、観測時間の計画を立案する。その結果、エアサンプラの設置や管理上の制約からドライガーゼ法による観測は名古屋工業大学の構内で実施した。一方、定点観測点を含むいくつかの観測点においてエアサンプラによる短期間の観測を行い浮遊塩分量の調査を行う。これらの観測結果にもとづき、数値モデルのパラメータの検討、および土研式タンク法による観測値とエアサンプラによる浮遊塩分量との相関関係もあきらかにする。これによりすでに観測値のあるところでの浮遊塩分量を推定することが可能となる。

4. 研究成果

本研究では構造物の腐食環境の一つの因子であり、腐食環境の数値シミュレーションで重要と思われる浮遊塩分粒子量の気象解析をベースとした合理的な数値推定法を確立するために、まずこの種の数値解析結果と直接的に対応するエアサンプラによる浮遊粒子量とドライガーゼ法による観測を1年間にわたり名古屋工業大学内の観測点において行った。次に気象解析についていくつかの解析条件にもとづいて再解析を行い観測結果と比較をした。また従来行われているドライガーゼ法による観測も同時に行い風向および風速を考慮して浮遊塩分量との関連について観察した。あきらかになった点をまとめると次のようになる。

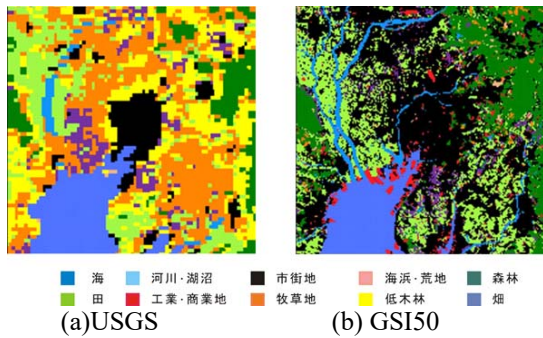


図1 地形データ

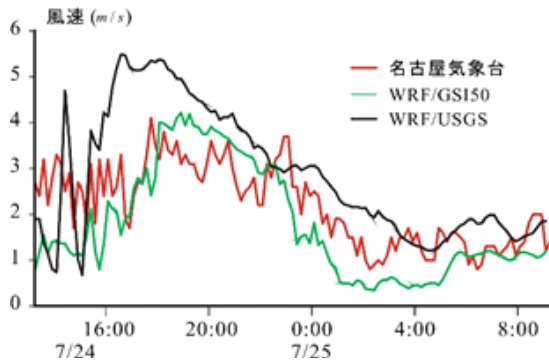


図2 風速の解析結果と観測値の比較

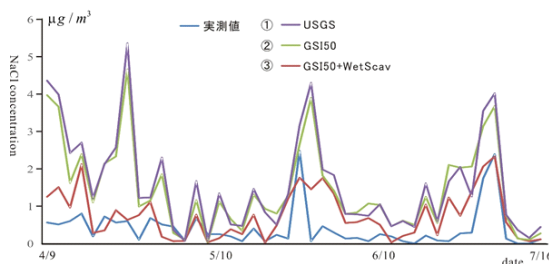


図3 浮遊塩分量の解析結果と観測値の比較

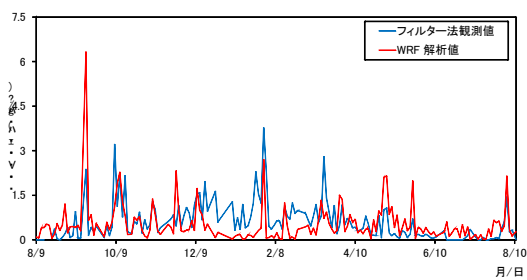


図4 湿性沈着を考慮した解析結果

(1) WRF-Chem の数値解析においては客観気象データ(NCEP 等)だけではなく地形データ等も必要となる。標準で使われている USGS による地表面データより、国土地理院による地表面データ(GSI50)は格段に詳細でありかつ正確である(図1)。これを導入することにより、風向、風速、温度等についても一定の改善が得られることがわかった(図2)。国土地理院のデータ適用は容易なことから浮遊塩分量の解析においても導入することが望ましい。

(2) 図3に示すように浮遊塩分量の数値計算による推定については通常の乾性沈着を考慮しただけでは変動傾向を再現することはできるが絶対量は過大評価する傾向がある。その点、湿性沈着を考慮することにより推定値は大きく改善され実測値に近づく(図3)。したがって、この種の数値解析において湿性沈着を考慮することは必須である。なお、9、10月に見える観測値および解析値の特異的なスパイクはいずれも台風の接近通過によるものである。以上から WRF-Chem の再解析機能を用いることによって、任意地点の浮遊塩分量の推定を台風や強い低気圧の通過による特異的な変動も含めて含めて精度良く推定することができることがあきらかになった。しかし図4にもあるように、冬期には湿性沈着による塩分粒子の沈着量が過大で解析値が観測値より小さくなっている。名古屋市における冬期の浮遊塩分は日本海を越えてくる強い季節風によって輸送されるため、ドメインの取り方による解析精度や雨量をやや多めに予測することと関係があると考えている。一方南よりの風が弱い夏期には逆に解析値が大きくなる傾向があるが、これについては今のところ解析では考慮できない大気汚染物質等による塩素イオンの消失の可能性がある。これらの点についてはもう少し検討する必要がある。

(3) 名古屋市内におけるエアサンプラによる観測結果はほぼ過去の観測結果を追認するものであった。また同期間に行ったドライガーゼ法(JIS2383)による観測結果も過去の近くの観測点における結果とほぼ一致するものであった。ドライガーゼによる浮遊塩分粒子の捕捉率については年間を通じてほぼ30~50%程度であった。風速との間に特段の傾向を見られなかった。したがって、ある地点のドライガーゼ法による観測値と風速・風向から観測期間の平均的な浮遊塩分量を推定することは可能であり、これまでの各地で行われた膨大な観測データを利用して浮遊塩分量を推定することができる。これは浮遊塩分量にもとづいた構造物の塩害劣化の数値シミュレーションを行うにあたって大きな利点となる。そしてこれらの結果は適切な塩害劣化の防止プログラムの策定に非常に有用である。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計4件)

- ① 小畑誠, 村上太郎, 腐食環境評価のための浮遊塩分量調査とその数値予測について, 構造工学論文集 Vol.60A, pp. 596-604, 2014
- ② Makoto Obata, Masato Fukushima, Seiya Suzuki, Effects of land use data on numerical simulation of corrosive

environment caused by airborne sea salt particles, Proc. the 7th ISSS, pp.228-229, 2013

- ③ Makoto Obata, Li Guotai, Yasunari Watanabe, Yoshiaki Goto, Numerical simulation of adhesion of sea-salt particles, Structure and Infrastructure Engineering, doi:// 10.1080/15732479.2012.757328, 2013
- ④ Liu Chen Chen, Makoto Obata, Numerical Estimation of Corrosion Environment by Airborne Sea Salt Particles, Advanced Materials Research, Vol. 599, pp. 220-223, 2012

〔学会発表〕（計4件）

- ① Liu Chencheng, Makoto Obata, Numerical Estimation of Corrosion Environment by Airborne Sea Salt Particles, Geoenvironmental Engineering Branch, Chinese Society for Rock Mechanics and Engineering, 2012
- ② 横井俊哉, 小畑誠, 沿岸部の飛来塩分量に及ぼすサーフゾーンの影響に関する研究, 土木学会全国大会, 名古屋市, 2012
- ③ 村上 太郎, 福島 雅人, 鈴木 誠也, 小畑誠, 高精度地表面情報導入による飛来塩分量予測の改良, 土木学会全国大会, 千葉市, 2013
- ④ 鈴木誠也, 村上太郎, 小畑誠, 名古屋市における浮遊塩分濃度の観測と数値解析による検討, 土木学会全国大会, 大阪市, 2014

〔図書〕（計0件）

〔産業財産権〕

○出願状況（計0件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

○取得状況（計0件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

小畑 誠 (OBATA, Makoto)

名古屋工業大学・大学院工学研究科・教授
研究者番号：30194624