

研究成果報告書

研究 題 目		異なる空間スケールを接合した付着塩分量推定システムの開発	実 施 年 度	
			平成 29-30 年度	
代 表 研 究 者	所 属	(独) 国立高等専門学校機構 松江工業高等専門学校		
	氏 名	広 瀬 望 印		
1. 研究の目的・背景				
社会基盤構造物の長寿命化は喫緊の課題である。海岸から輸送される海塩粒子は構造物の腐食や塩害劣化の主因であるため、架橋地点においてドライガーゼ法や土研式タンク法などの計測手法で海塩粒子を捕捉することによって、飛来塩分量として指標化し、架橋地点の大気腐食環境を把握し、鋼橋の設計や維持管理に反映させることが検討されてきた。 しかしながら、これらの計測手法は比較的簡易であるものの、1 年程度の期間で計測を実施しなければならないため、人的経済的コストが大きい。そのため、広域かつ長期での海塩粒子輸送を推定する手法の開発が検討されてきた。このような予測技術の向上によって、架橋地点における海塩粒子輸送量の多寡を事前に広域で把握することができれば、維持管理の大幅な効率化に寄与できる。そのため、大気化学プロセスを考慮した数値モデルによる海塩粒子輸送の広域予測を行うとともに、構造物スケールにおいて、橋梁桁内で海塩粒子が鋼材に付着するプロセスを定量的に予測することができれば、橋梁の補修箇所の事前予測が可能となるため、橋梁の維持管理を効率的かつ効果的に行うことができる。 そこで、本研究課題の全体構想は鋼橋梁における付着塩分量観測及び仮想風洞を用いた数値実験を組み合わせ、橋梁全体の付着塩分量を各部位で推定することである。本研究課題の推進によって、橋梁各部位の腐食劣化予測の基礎となる付着塩分量の可視化が可能となるため、橋梁の長寿命化のための効率的かつ適切な維持管理のため重要な知見を与えることができる。そのため、本研究課題の具体的な目的は、大気化学プロセスを考慮した局地気象モデルを用いた海塩粒子濃度予測と構造物周囲および内部の海塩粒子輸送解析を間接的に結合し、構造物の付着塩分量推定システムを開発することである。 本研究課題は、1 年目に数値モデルを用いた大気中の海塩粒子濃度予測を行い、数値モデルの予測精度を検証した。また、構造物スケールにおける 3 次元の仮想風洞による数値解析を行い、橋梁内部における付着塩分量の推定を試みた。2 年目は、橋梁内部の腐食状況データ（目視によるさび状態の外観評点）及び各部位の付着塩分量分布が計測されている橋梁を対象として、3 次元モデルの作成及び数値解析を行った。そして、付着塩分量の推定結果が桁内の付着塩分量の分布状態や腐食状況（目視による外観評点）を再現しているのかを検証し、本研究課題における付着塩分量推定システムの妥当性を詳細に検討した。				

2. 研究成果及び考察（申請時の計画に対する達成度合を織込む）

平成29年度は、申請した研究実施計画に従って、1)対象橋梁における観測、2)数値モデルを用いた海塩粒子濃度の予測、3)流体解析による橋梁内部への塩分輸送の推定をそれぞれ進めた。その結果、1)複数橋梁での飛来塩分量の計測結果から、離岸距離が5 kmから10 km程度の松江市周辺の橋梁では、飛来塩分量が0.05mddを大きく超え、厳しい腐食環境であることがわかった。また、島根県の山間部に位置する橋梁においても、年間を通じて0.05mddを超えており、冬期に散布される凍結防止剤の影響だけでなく、沿岸部から輸送される海塩粒子の影響を受けていることを明らかにした。一方、2)広域の海塩粒子濃度の予測結果及びその検証については、予測結果は観測結果の変化を概ね再現するものの、過大評価となることがわかった。また、3)流体解析における橋梁内部への塩分輸送の推定を行い、その検証を行った。その結果、橋梁各部位の付着塩分量の傾向を概ね再現できる。

そこで、平成30年度は橋梁の桁内での付着塩分量及び腐食状況の目視外観評点の計測結果が揃っている橋梁を対象として、橋梁桁内への塩分輸送予測による付着塩分量の推定を行い、その推定精度を検証した。図1から図3に得られた結果を示した。

図3に示しように、対象橋梁の海側（Sea Side）では、付着塩分量の推定結果は概ね計測結果を再現できているが、山側（Land Side）は、付着塩分量の推定結果が過小評価となった。これは、付着塩分量の計測結果がある期間の積算値を表しているため、海側からの流入風速を仮定した実験では、十分に再現的な可能であることが明らかとなった。また、橋梁桁内の腐食状況の外観評点値と比較し、付着塩分量の推定結果の妥当性を検討した。その結果、外観評点が高い（腐食が進行している）箇所において、付着塩分量が高い傾向を示しており、付着塩分推定システムの多面的な検証が大幅に進んだことから、本研究課題における計画の達成度合は大きいと判断できる。

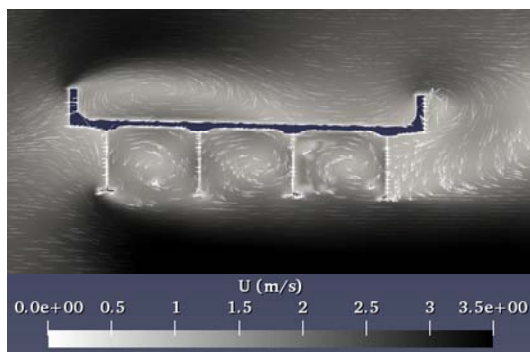


図2 対象橋梁における定常流れ場

（矢印：風速ベクトル，コンター：風速スカラー）

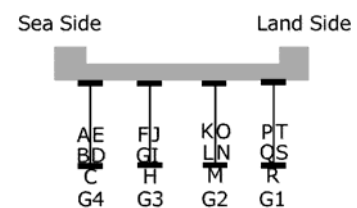


図1 対象橋梁の断面図

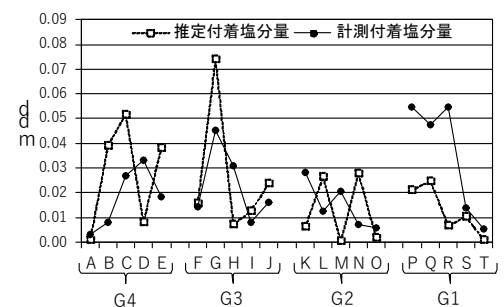


図3 付着塩分量の比較

3. 経費の使用状況（申請時の計画に対する実績を記述）

本研究では、京都大学のスーパーコンピュータを用いて、数値モデルによる海塩粒子濃度の予測シミュレーション及び流体解析による橋梁内部の塩分輸送推定を行った。このため、申請時の計画に従って、スーパーコンピュータの利用料に使用した。また、数値モデルの解析結果は膨大であるため、ssd ハードディスクを購入するだけでなく、QNAP の HDD サーバーを購入し、多量のデータをアーカイブすることによって、更なる解析および可視化に活用した。また、パソコン関係の有線 LAN ケーブルを増強し、マウスの購入により、解析の操作を効率的に行っている。

また、様々な数値解析に関する書籍を購入し、理論的な検討や数値解析の問題点を検討した。したがって、申請時の計画に従って、経費を概ね使用した。

4. 将来展望（今後の発展性、実用化の見込み等について記述）

本研究課題は、付着塩分推定システムを用いて、付着塩分量の観測結果との比較だけでなく、橋梁桁内の腐食状況（目視による外観評点）とも比較することによって、システムの多面的な検証が達成できた。さらに、橋梁桁内における粒子輸送解析を行った結果、付着塩分量の推定結果と粒子が輸送されやすい箇所がある程度再現されることを確認した。しかしながら、大気化学プロセスを考慮した広域での海塩粒子濃度の予測精度は十分ではなかったため、橋梁桁内の流体解析の境界条件となる海塩粒子濃度を推定結果から与えることができなかった。この点において、広域スケールから構造物スケールでの一貫した推定システムとしては不十分である。

ただ、今回用いた大気化学プロセスを含む数値モデルだけでなく、異なるモデルによるテストシミュレーションを試みている状況である。そのため、複数の数値モデルによる予測精度を比較し、より精度の高い海塩粒子濃度の予測結果が得られる可能性がある。また、衛星観測データを用いた海洋域での大気中の海塩粒子濃度データセットが公開されており、衛星データと数値モデルを組み合わせた更なる技術革新の可能性が示唆されており、本研究課題の将来の発展性が大きいと見込まれる。

5. 成果の発表（学会での発表、学術誌への投稿等を記載。予定を含む）

・査読論文

- 1)武邊勝道, 大屋誠, 広瀬望, 福島直人, 中山間地域で27年間曝露された耐候性鋼試験片の腐食状況について, 材料と環境, 66, pp395-400, 2017.

・国際会議

- 1)N. Hirose, M. Takebe, and M. Ohya, WRF-Chem simulations of the atmospheric sea salt concentration in Japan, 2018 American Geophysical Union (AGU) Fall Meeting, A11G-2300, Walter E. Washington Convention Center (Washington D.C.), USA, 10 December, 2018.

・学会発表

- 1)広瀬望, 武邊勝道, 大屋誠, 数値モデルによる大気中の海塩粒子濃度の広域予測とその精度検証, 土木学会 2019 年度全国大会, 2019.(発表予定)
- 2)広瀬望, 武邊勝道, 大屋誠, 栗原果歩, 中国地方における大気中の海塩粒子濃度予測の検討, 土木学会中国支部研究発表会, 2019.
- 3)荒木亮人, 広瀬望, 武邊勝道, 大屋誠, 安食正太, 飛来塩分量の計測手法の違いが及ぼす影響の解明, 土木学会中国支部研究発表会, 2019.
- 4)沼楓季, 広瀬望, 武邊勝道, 安食正太, 大屋誠, 耐候性鋼材の塗装面における付着塩分特性に関する研究, 土木学会中国支部研究発表会, 2019.
- 5)広瀬望, 坪倉佑太, 武邊勝道, 大屋誠, 吉田和也, 狩野裕太, 観測と数値モデルを組み合わせた腐食環境予測の精度検証, 土木学会 H29 年度全国大会概要集, 2017.
- 6)広瀬望, 坪倉佑太, 武邊勝道, 大屋誠, 板垣歩夢, 狩野裕太, 野外観測に基づく大気中の塩分濃度と付着塩分量との関係, 材料と環境 2017 概要集, 2017.
- 7)吉田和也, 広瀬望, 武邊勝道, 大屋誠, 橋梁内部における付着塩分量推定システムの検討, 土木学会 H29 年度全国大会概要集, 2017.
- 8)坪倉佑太, 広瀬望, 武邊勝道, 塩分濃度計測に基づく壁面による風の低減率の算定, 土木学会 H29 年度全国大会概要集, 2017.+
- 9)吉田和也, 広瀬望, 武邊勝道, 大屋誠, 鋼橋梁の各部材における付着塩分量の変動把握, 土木学会中国支部研究発表会, 2017.