

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 6 月 21 日現在

機関番号：18001

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K18157

研究課題名(和文) 亜熱帯島嶼環境下における塩害劣化評価システムの構築

研究課題名(英文) Construction of Salt Damage Deterioration Assessment System in Subtropical Island Environment

研究代表者

崎原 康平 (SAKIHARA, Kohei)

琉球大学・工学部・助教

研究者番号：20647242

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 900,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、亜熱帯島嶼環境下における合理的なコンクリート構造物の塩害状況を簡便に可視化および予測できるシステムの構築を目的に、指数則による新たな発生飛来塩分推定式を提案した。また、本提案式を用いて内陸部に輸送される飛来塩分量を推定できることを示した。さらに、推定した飛来塩分輸送状況を空間的に可視化する方法を示し、その有用性を確認した。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study is to construct a system that can easily visualize and predict the salt damage situation of rational concrete structure under subtropical island environment. We proposed a new estimation formula of the generated air borne chloride ions. In addition, it was shown that the amount of air borne chloride ions transported to the inland area can be estimated using this proposed formula. Furthermore, we showed a method to spatially visualize the estimated transportation condition of the air borne chloride ions, and its usefulness was confirmed.

研究分野：建築材料学

キーワード：塩害 飛来塩分量 海岸からの距離 標高 可視化

1. 研究開始当初の背景

海岸域付近では、海からの風により輸送される飛来塩分が鉄筋コンクリート構造物に付着・浸透することにより、内部の鉄筋を腐食させる、いわゆる外来塩分による塩害が大きな問題となっている。したがって、海岸域から発生する飛来塩分量の検討や内陸部に輸送される飛来塩分量の分布状況を予測することは、さらなる長寿命化が求められている昨今の鉄筋コンクリート構造物において、維持管理や耐久設計の観点からも極めて重要である。さらに、予測された飛来塩分は海岸からの距離や標高に応じて空間的に分布するため、その分布状況を可視化することができれば、塩害環境を評価する上で極めて有益であると考えられる。

2. 研究の目的

亜熱帯島嶼環境下における合理的なコンクリート構造物の塩害状況を簡便に可視化・予測できるシステムの構築を目指して、長期間の実測データを基に海岸付近における発生飛来塩分量および内陸部へ輸送される飛来塩分輸送推定式の精度向上を検討する。また、推定した飛来塩分量を用いて、内陸部へ輸送される飛来塩分の状況を可視化することができる飛来塩分輸送状況 Map を作成することを目的とした。

3. 研究の方法

本研究では、沖縄本島および長崎県端島(軍艦島)における飛来塩分の測定および飛来塩分輸送状況予測を行った。具体的には以下の事項について検討した。

(1) 沖縄本島では計 11 箇所、長崎県端島では計 5 箇所の飛来塩分測定を継続的に実施した。また、風況(平均風速および最大風向)については、現地観測および観測地点の最寄りの気象観測所のデータを用いた。

(2) 沖縄本島における発生飛来塩分量については、平均風速の二乗に比例すると仮定した二乗則で検討した。一方、特殊な海岸形状を有する長崎県端島の発生飛来塩分量は、上述の二乗則による推定値は実測値の傾向を捉えることが難しいといった問題があったため、本研究では、新たに指数則による発生飛来塩分推定式を提案し、その妥当性を検討した。さらに、内陸部へ輸送される飛来塩分輸送状況については、海岸からの距離と標高の積に相関があると仮定した飛来塩分輸送推定式を用いて、その輸送状況を推定するとともに、実測値との比較検討を行った。

(3) 国土交通省が提供している標高データを用いて、推定された飛来塩分量を地図上に可視化することで、その輸送状況を空間的に把握できるシステムを構築した。本研究では、沖縄県うるま市、那覇市および長崎県端島における飛来塩分量を推定し、その輸送状況を地図上に可視化した。

4. 研究成果

本研究では、発生飛来塩分量と平均風速の関係について、沖縄本島の検討で使用していた二乗則に加え、新たに指数則を用いて検討した。また、新たに提案する発生飛来塩分推定式を用いて内陸部に輸送される飛来塩分量を実測や既往研究の各結果と比較検討した。さらに、推定した飛来塩分輸送状況を空間的に可視化する方法を示し、その有用性を確認した。本研究で得られた知見と成果を以下にまとめる。

(1) 平均発生飛来塩分量と平均風速の関係

平均発生飛来塩分量と平均風速の関係について検討を行った。沖縄本島における二乗則、指数則による近似値はほぼ同程度であった(図 1 参照)。一方、端島においては、二乗則と指数則の結果を比較すると、指数則の方が二乗則より実測の傾向を捉えることが確認された(図 2 参照)。

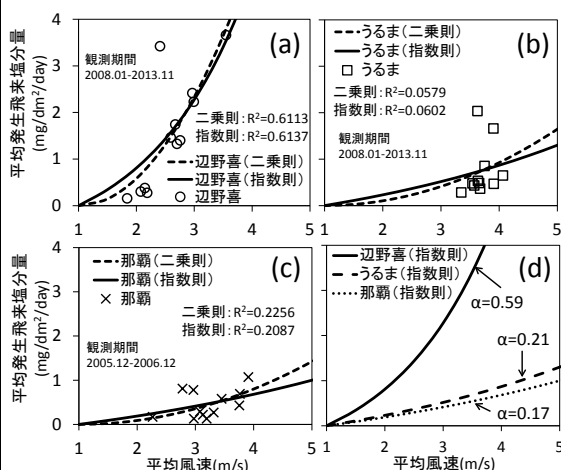


図 1 沖縄本島の平均発生飛来塩分量と平均風速の関係

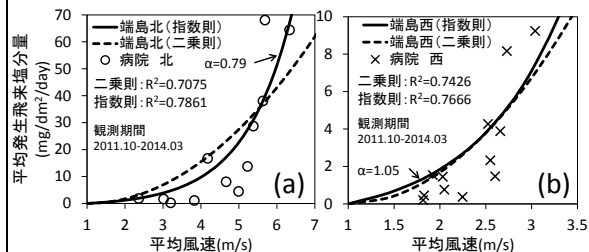


図 2 長崎県端島の平均発生飛来塩分量と平均風速の関係

(2) 内陸部へ輸送される飛来塩分量の推定

内陸部へ輸送される飛来塩分量の検討においては、沖縄本島では、本研究の提案式(式(1))と国土交通省が提案している橋梁マネジメントシステム(Bridge Management System:BIM)による推定式(式(2))による推定値は実測値とよく一致する結果を得た(図 3 参照)。一方長崎県端島では、いくつかの観測地点でばらつきは見られたが、全体的に本研究の提案式による推定値は実測値の傾向を

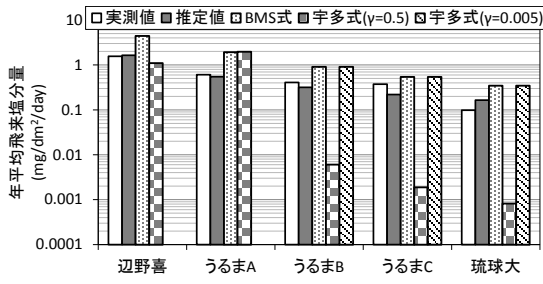
捉えることができた (図4 参照)。

$$A = A_0 \left(\frac{D \cdot H}{D_0 \cdot H_0} \right)^{-\beta} \quad (1)$$

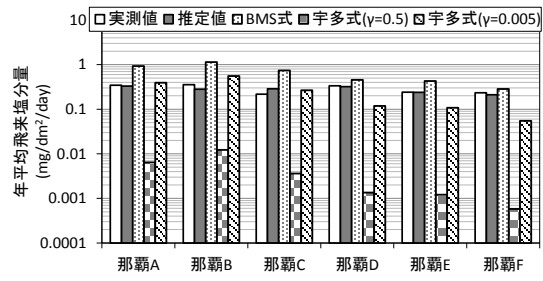
ここで、A は任意地点の飛来塩分量 (mg/dm²/day), A₀は海岸付近における基準地点の発生飛来塩分量 (mg/dm²/day), D と H は任意地点の海岸からの距離 (m) および標高 (m), β は減衰係数である。また、D₀ と H₀ は海岸付近における基準地点の海岸からの距離 (m) と標高 (m) である。

$$A = C_1 \cdot d^{-0.6} \quad (2)$$

ここで、A は飛来塩分量 (mg/dm²/day), C₁ は地域区分毎の 1km 換算飛来塩分量 (mg/dm²/day), d は海岸までの距離 (km) である。なお、C₁ の値については、沖縄本島では 0.62, 端島においては最も厳しい塩害環境と仮定し、0.92 を用いて A をそれぞれ算出した。



(a) 辺野喜, うるま市, 琉球大学の結果



(b) 那覇市の結果

図3 沖縄本島の各飛来塩分推定式の比較

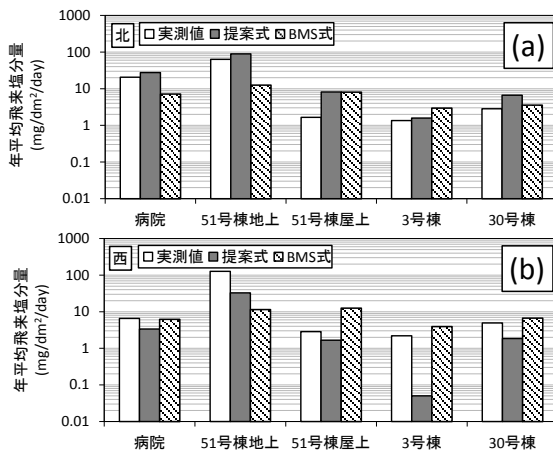


図4 長崎県端島の各飛来塩分推定式の比較

(3) 飛来塩分輸送状況の可視化

提案式により推定した結果から飛来塩分輸送状況を地図情報として可視化 (Map 化) した。作成した Map は、海岸からの距離、標高のみならず、建物の高さを考慮することができた (図5, 6 および7 参照)。

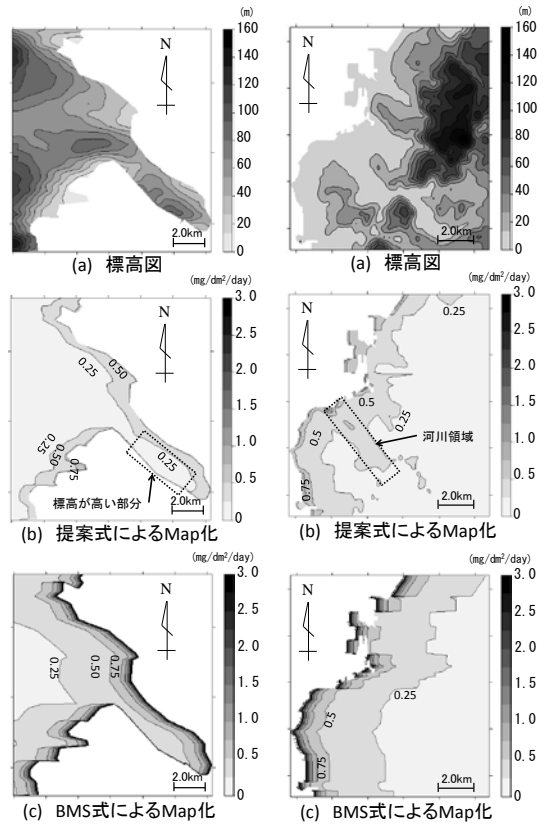
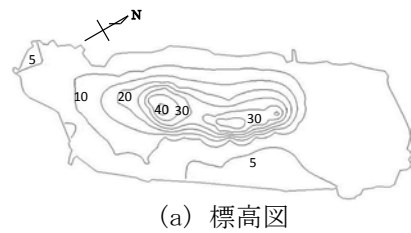
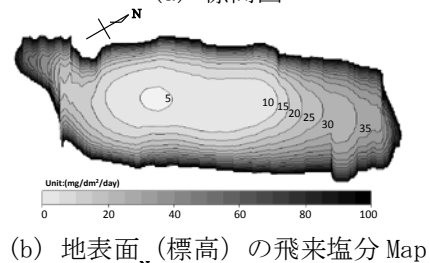


図5 うるま市の標高と飛来塩分輸送状況 Map

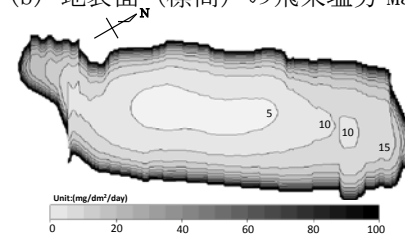
図6 那覇市の標高と飛来塩分輸送状況 Map



(a) 標高図



(b) 地表面 (標高) の飛来塩分 Map



(c) 地表面+10mの位置での飛来塩分 Map

図7 端島の標高と飛来塩分輸送状況 Map

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 3 件)

- (1) 崎原康平, 石川嘉崇, 石川学, 山田義智, 富山潤: 火力発電所における塩害環境評価に関する基礎的研究, コンクリート構造物の補修, 補強, アップグレード論文報告集, Vol. 17, pp. 593-598, 2017. 10, 査読有
- (2) 崎原康平, 山田義智, 湯浅昇, 濱崎仁: 飛来塩分輸送状況予測システムの構築に関する基礎的研究, 日本建築学会構造系論文集, Vol. 81, No. 727, pp. 1403-1412, 2016. 9, 査読有
- (3) 清水峻, 崎原康平, 山田義智, 濱崎仁: 長崎県軍艦島における飛来塩分輸送状況の推定に関する考察, コンクリート工学年次論文集, Vol. 37, No. 1, pp. 763-768, 2015. 7, 査読有

[学会発表] (計 8 件)

- (1) 横尾知行, 石川嘉崇, 崎原康平, 山田義智: 火力発電所における塩害環境評価に関する研究 (風況の再検討及び暴露 1 年間の結果について), 日本建築学会九州支部研究報告 No. 57, pp. 105-108, 2018. 3
- (2) 矢島典明, 石川嘉崇, 崎原康平, 山田義智: 火力発電所における塩害劣化システムの構築に関する基礎的研究 (その 3 長崎県内の火力発電所における飛来塩分の測定とその考察), 日本建築学会大会学術講演梗概集(中国), pp. 671-672, 2017. 8
- (3) 宮城心, 石川嘉崇, 石川学, 崎原康平, 山田義智, 富山潤, 矢島典明: 火力発電所における塩害劣化システムの構築に関する基礎的研究 (海岸近傍の構造物に飛来する塩分輸送状況について), 日本建築学会九州支部研究報告, No. 56, pp. 97-100, 2017. 3
- (4) 崎原康平, 山田義智, 富山潤, 石川学, 石川嘉崇, 矢島典明: 火力発電所における塩害劣化予測システムの構築に関する基礎的研究 (その 2 飛来塩分分析方法の選定および飛来塩分分析結果の考察), 日本建築学会大会学術講演論文集(九州), pp. 509-510, 2016. 8
- (5) 石川学, 石川嘉崇, 矢島典明, 崎原康平, 山田義智, 富山潤: 火力発電所における塩害劣化予測システムの構築に関する基礎的研究 (その 1 飛来塩分量の測定場所および捕集方法の選定), 日本建築学会大会学術講演論文集(九州), pp. 507-508, 2016. 8
- (6) 清水峻, 崎原康平, 山田義智: 塩害劣化評価システムの構築に関する研究-発生飛来塩分予測の高精度化および塩害地域における飛来塩分輸送状況 Map の作成-, 日本建築学会大会学術講演論文集(九州),

pp. 493-494, 2016. 8

- (7) 宮城心, 清水峻, 崎原康平, 山田義智: 長崎県端島における飛来塩分輸送状況推定に関する研究, 日本建築学会九州支部研究報告, No. 55, pp. 209-212, 2016. 3
- (8) 清水峻, 崎原康平, 山田義智, 濱崎仁, 野口貴文: 長崎県軍艦島における塩害環境について-三年間の調査報告および飛来塩分輸送推定 Map の作成-, 日本建築学会大会学術講演概要集(関東), pp. 745-746, 2015. 9

[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:
取得年月日:
国内外の別:

[その他]
特になし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

崎原 康平 (SAKIHARA Kohei)
琉球大学・工学部工学科建築学コース・助教
研究者番号: 20647242