

ラスリ ザビホッラ

氏 名 RASOLI ZABIHULLAH

学位の種類 博士（工学）

学位記番号 博第1207号

学位授与の日付 2021年3月31日

学位授与の条件 学位規則第4条第1項該当 課程博士

学位論文題目 DEVELOPMENT AND ACCURACY IMPROVEMENT OF EVALUATION METHODS FOR DEW CONDENSATION IN STEEL BRIDGES  
(鋼橋における結露評価方法の開発と精度向上に関する研究)

論文審査委員 主査 准教授 永田 和寿  
教授 小畑 誠  
教授 野中 哲也  
教授 北原 武嗣  
(関東学院大学)

## 論文内容の要旨

The deterioration of road bridges in Japan has become an important subject in bridge management because many of them were constructed during the rapid economic growth of the 1960s. The country is now experiencing the challenges of aging infrastructure. Additionally, large bridges are rather costly to design, construct, maintain, and rehabilitate. Therefore, preventive maintenance and management has been introduced to address this challenge issue. The exposure of a steel structure to aggressive environmental conditions and its inadequate maintenance results in corrosion, which is mainly responsible for the deterioration of existing steel structures, causing reduced long-term mechanical performance, usability, and durability. For effective maintenance and management of environmental corrosion of steel bridges, an initial inspection and survey must be performed. The investigation regarding the corrosive environment for each steel structure separately using field measurement is substantially complicated and requires a significant amount of time and cost. Therefore, it is important to evaluate the general characteristics of corrosive environment for steel bridges prior to the commencement of maintenance and management program. Principally, various

factor can cause corrosion in steel structures. Among them dew condensation is an important factor. In the past, an evaluation method of dew condensation was developed using a weather research and forecasting (WRF) and inverse distance weighting (IDW) technique. In this study, the accuracy enhancement of the method was investigated.

In chapter 1, the current and future challenges of aging infrastructure including the objectives of the study were briefly introduced.

In chapter 2, an accuracy enhancement of IDW for different land topographies and its employment was investigated to achieve more accurate results. Additionally, appropriate adaption points selection of IDW was discussed, as a result the optimum number of interpolation points for evaluation of corrosion environment was proposed.

In chapter 3, the field observation was demonstrated for the Oeoyousui and Sanbonmatsu bridges in the Aichi prefecture for the flat and mountainous areas as a case study. The temperature and humidity of both bridges were measured using sensor, subsequently, their results were compared with Nagoya meteorological observatory to examine the weather situation in the prefecture. Moreover, the evaluation of dew condensation was conducted for the both bridges using ACM sensors. Also, the evaluation of dew was performed at Oeoyousui bridge using IDW technique.

In chapter 4, improvement of accuracy for the evaluation of corrosion environment was discussed using WRF technique. By default, the WRF uses land-use data based on the United States Geological Survey (USGS), which may not represent the real land situation in Japan. Currently, reliable land use data is provided by the Geospatial Information Authority of Japan (GSI), and can be integrated into the WRF simulation to improve the calculation accuracy. In this study, the evaluation of dew condensation was conducted for Aichi and Gifu prefecture based on the USGS and GSI land use data.

In chapter 5, the relationship between girder temperature and atmospheric temperature was investigated. In this study, the girder temperature is assumed to be equal to the atmospheric temperature. However, in reality, there is a minor difference. To equalize them, a modification factor is proposed. Additionally, an evaluation of dew condensation as a result of fog was proposed using WRF technique.

In chapter 6, a total evaluation system was proposed to evaluate the corrosion environment of bridges through WRF/IDW technique as large scale environmental information approach to proceed the investigation of corrosion environment in local scale on the bridge members using STAR-CCM+ program.

In chapter 7, the conclusion made from this study are summarized and discussed.

## 論文審査結果の要旨

近年、社会基盤を支えている橋などの構造物の維持管理の必要性が高まっている。鋼構造物を適切に維持管理するためには劣化要因の1つである腐食に対してその環境を把握する必要がある。個々の鋼構造物において腐食状況の調査を行った場合、多額の費用と時間を費やすことになる。そのため、簡易な腐食環境評価が可能であれば、腐食しやすい環境下における鋼構造物に対して優先順位を判断したコスト削減による長寿命化への取り組みを効率的に行うことが可能となる。本論文は腐食要因の1つである結露現象に着目し、逆距離加重法IDWと気象モデルWRF、数値流体解析STAR-CCM+を用いた鋼橋における結露評価方法の開発と精度向上について論じた論文である。

本論文は7章から構成されており、第1章は序論、第7章は研究総括である。

第2章では、橋梁が設置されている任意地点の結露環境を評価する際に必要となる気温と湿度の気象データを簡便に得ることのできる逆距離加重法IDWに対して様々な地形とその採用に対するIDWの精度の向上について調査されている。さらに、IDWの適切な標本点の選択方法が議論され、その結果、結露環境の評価に適切な標本点の数が提案されている。

第3章では、愛知県の平山部と山岳部における現地観測により結露環境の違いについて論じられている。これらの観測で得られた温度と湿度を名古屋気象台のデータと比較することで、橋梁が設置されている結露環境を明らかにするためにはIDWなどを用いて橋梁が設置されている場所の気象データによる評価が必要であることが述べられている。さらに、IDWを用いた結露評価が行われ、現地計測の結果と比較することでその有効性が示されている。

第4章では、気象モデルWRFを用いた腐食環境の評価の精度の向上について提案が行われている。WRFの初期設定では、米国地質調査所(USGS)に基づく土地利用データを使用されているが、これは日本の実際の土地利用状況を表していない。そこで、国土地理院(GSI)から提供されている土地利用データを用いることでWRFシミュレーションの精度を向上させることができることが提案されている。さらに、USGSとGSIに得られた気象データを用いた結露評価により、都市部の結露評価を行う際はGSIを用いる必要があるが、山間部の結露評価を行う際はGSIに変更する必要なく、USGSを用いれば良いことが提案されている。

第5章では、橋の結露を評価する際に必要となる桁温度と気温の関係が調査されている。既往の研究に基づいて桁温度は気温と等しいと仮定されているが、結露評価の精度を向上させるための気温から桁温度を求めるための修正式が提案されている。さらに、現地計測の結果から腐食環境を精度よく評価するためには霧の影響を考慮する必要性についても示されている。

第6章では、IDWとWRFを用いた上記の結露評価手法は橋梁が置かれている場所の結露評価であり、橋梁の部材単位の結露を評価するのは困難であった。そこで、気象モデルWRFと数値流体解析STAR-CCM+を統合した橋梁の腐食環境を評価する総合評価システムが開発され、この評価システムを用いることで現場計測を行うことなく、橋梁の部材単位の結露評価できることが提案されている。

以上のように、本論文は鋼橋の結露環境評価に関する有益な知見が得られており、博士(工学)の学位論文として価値があるものと認める。