

## 熱流体解析ソフトによる結露現象の解析モデルに関する検証

名古屋工業大学大学院 学生会員 ○米澤璃佳  
名古屋工業大学大学院 正会員 永田和寿

## 1. 研究の背景と目的

鋼橋の維持管理を行う上で、腐食の防止が必要であり、その要因の1つは鋼桁に発生する結露である。そのため結露の乾燥が、腐食を防ぐ一つの手段になると考える。本研究室では、熱流体解析ソフト STAR-CCM+ を用いて、風による結露の抑制効果に関する研究を行ってきた<sup>1)</sup>。過去の研究から、風を送風することで結露の発達を抑制し、相対湿度を低くすると乾燥する結果が得られた。しかし簡易的なモデルであるため、実際の鋼桁の形を再現する必要がある。そこで本研究では準備段階として、新たなモデルを2つ作成し、既存の研究結果との比較を行うことで、新しいモデルの妥当性を検討した。結露の乾燥時間についても検討した。

## 2. 解析の概要

本解析は汎用熱流体解析ソフト STAR-CCM+ を用いた。従来の解析モデルを図-1 に示す。これを従来モデルと呼ぶ。解析空間は  $600\text{mm} \times 800\text{mm}$  である。大気中に  $100\text{mm} \times 20\text{mm}$  の鋼板とその土台を設置した。このモデルでは土台は考慮せず、鋼板と土台の間には  $1\text{mm}$  の隙間がある。従来モデルは先行実験をもとに作成した。新しいモデルの一つを図-2 に示し、モデル1とする。モデル1の解析空間のサイズは、 $600\text{mm} \times 800\text{mm}$  とした。鋼板と土台の隙間をなくし、境界を断熱とした。二つめのモデルの解析空間を図-3、メッシュ分割を図-4 に示し、モデル2とする。モデル2でも隙間を無くし、解析空間は代表長さ  $D$  を  $100\text{mm}$  とし、鋼板の中心から上部、下部、左側面に  $10 \times D\text{mm}$ 、右側面に  $20 \times D\text{mm}$  とした。この新しい二つのモデルは、従来モデルとメッシュ分割が異なるが、モデル1とモデル2では、設定を同じとした。大気の場合は、結露を成長させるため、温度  $15$  度、相対湿度  $95\%$  とした。解析開始時から空間の左側面から右側面へ風速  $3(\text{m/s})$  の風を送風した。また鋼板には、結露を再現するために、直径  $0.01\text{mm}$  の水滴を付着させた。

## 3. 解析結果

各モデルの水滴直径に注目して、考察を行った。

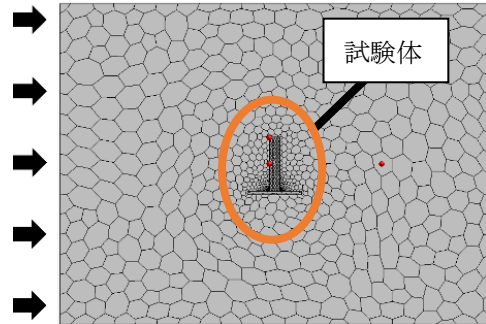


図-1 従来モデルのメッシュ分割

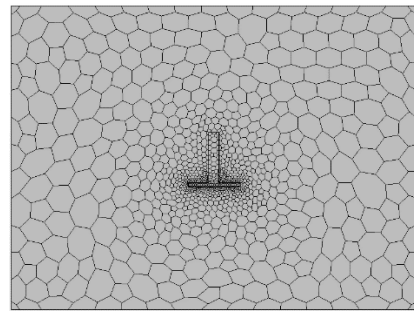


図-2 モデル1のメッシュ分割

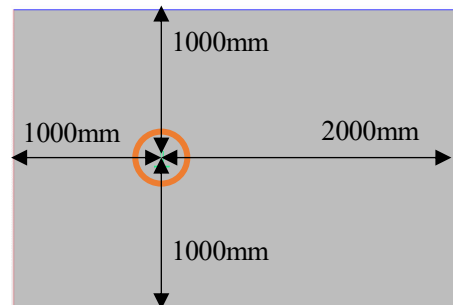


図-3 モデル2の解析空間

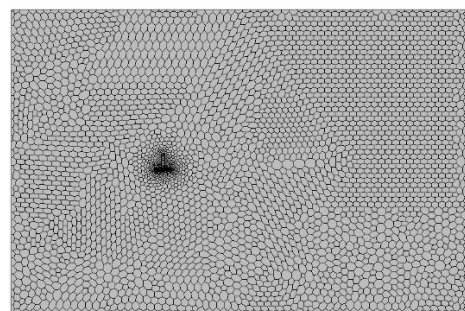


図-4 モデル2のメッシュ分割

### 3.1 従来モデルとモデル1の比較

従来モデルとモデル1における水滴直径を図-5に示す。鋼板に付着している水滴のうち、最も大きい水滴の直径を最大値、最も小さい水滴の直径を最小値とした。5000秒時点での差は、最小値は約0.02mmとほとんど変わらないが、最大値では約0.12mmとなった。最大値で差がある原因は、メッシュ分割や隙間の有り無しによるものだと考える。しかし、水滴直径の成長過程は同じであるため、今回のモデル変更による大きな違いは出なかった。

### 3.2 モデル1とモデル2の比較

モデル1とモデル2における水滴直径を図-6に示す。5000秒時点での差は、最大値が約0.003mm、最小値が約0.05mmであり、ほぼ同じ結果となった。今回の解析において、解析空間の大きさによる違いはないことが分かった。

### 3.3 乾燥時間の検証

モデル2において、水滴が乾燥するまで解析した結果を図-7に、5,000秒時点での水滴の付着状況を図-8に示す。水滴がすべて乾燥するのに、30,000秒弱かかった。最も成長した5,000秒付近では、鋼板上部で水滴が最大値である赤色を示し、下部で最小値を示す青色となった。この解析では温度15度、相対湿度95%を一定とし、相対湿度が高い環境下では、成長よりも乾燥に時間がかかることがわかった。

## 4. 結論

本研究での結論を以下に示す。

- 1) 今回のモデルにおいては、隙間による違いや解析空間のサイズによる違いはほぼ見られなかった。
- 2) 解析空間のサイズを変更しても、違いが見られないため、従来モデルやモデル1のようなサイズでも、小さな実験体では十分な解析ができる。
- 3) 湿度の高い環境では、結露が乾燥するのに時間がかかるため、乾燥手法を工夫する必要がある。また、加えて今後、一日の気温や湿度の変化に合わせた解析を行ってきたい。

今回行った解析では、解析空間のサイズや隙間の有無による違いが見られなかった。今後の方針は、この結果を応用した桁のモデルを作成し、実際の橋梁における結露の成長や乾燥手法について検証を行いたい。

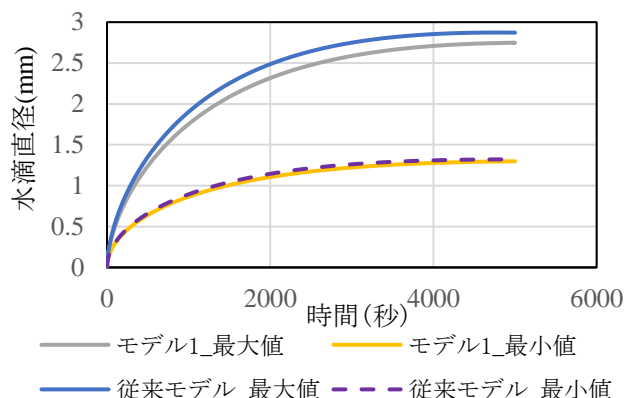


図-5 従来モデルとモデル1の水滴直径(mm)

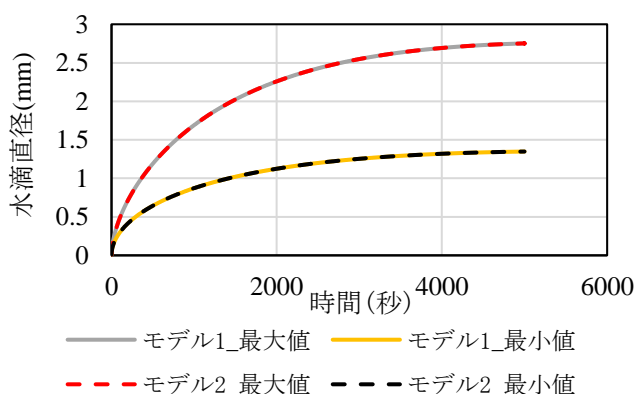


図-6 モデル1とモデル2の水滴直径(mm)

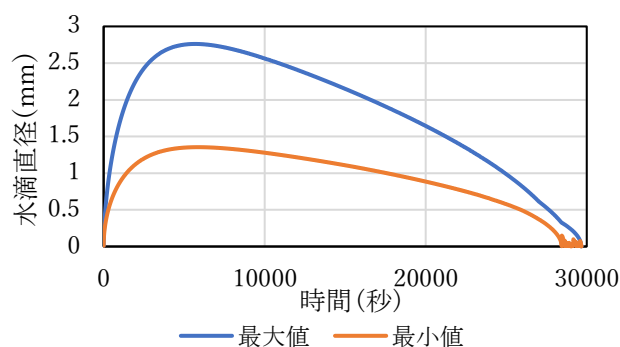


図-7 水滴がすべて乾燥するまでの水滴直径

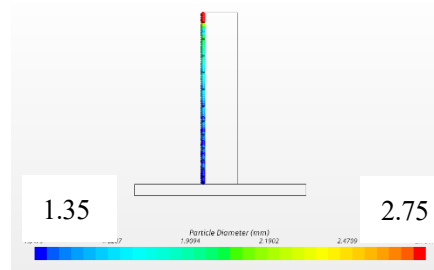


図-8 モデル2における5000秒時点の水滴直径(mm)

### 参考文献

- 1) 米澤璃佳, 永田和寿: 風を用いた結露の発達抑制効果に関する基礎的検討, 鋼構造年次論文報告集第30巻, pp. 461-467, 2022.