

鋼箱桁内除湿システムの3次元数値流体解析による効果検証

JFE 技研(株) 正会員 加藤 真志 JFE エンジニアリング(株) 石井 孝
JFE 技研(株) 安藤 誠 JFE エンジニアリング(株) 正会員 橋本 光行

1. はじめに 近年、除湿機を鋼箱桁内に設置し、桁内の湿気を除去する手法を適用する例が、欧州を中心に増えている¹⁾。この理由は、桁内湿度を低下させ、塗装面積で多くを占める内面塗装を省略し、維持管理費を削減するためである。しかしながら、通常箱桁内はダイアフラム等により、多数の部屋に分割されているため、局所的に湿度が上昇する可能性がある。そこで、除湿効果の定量化を図るため、数値流体解析手法を適用することを試みた。本研究では、まず標準的な橋梁を対象とした除湿システムの試設計を、次に水蒸気の輸送方程式を加えた数値シミュレーションによる除湿効果の検証結果について述べることにする。

2. 桁内除湿システムの概要と試設計 除湿システムの概念図を図1に示す。密閉状態に近い桁内の水分を除湿機で除去しながら内部に乾燥空気を循環させ、桁内の湿度を一定値（臨界湿度）以下に保つことにより、内面の防錆を図る。表面のダスト・塩類等が付着している場合には、吸着効果により臨界湿度は低下する²⁾。そこで、臨界湿度を60%程度と設定した。

対象とした鋼橋の概要を図2に示す。除湿対象は断面7.2m×3.75m、長さ120mの箱桁の内部空間である。表1に、除湿機とダクトの設計条件と設計結果を示す。桁内初期の相対湿度は40%とし、一日の温度変化により桁内空気が収縮する際、外気とともに桁内へ流入する水分を除湿し、桁内の相対湿度を40%以下に維持するのに必要な性能を算定する。それは、除湿機の性能決定では、桁内の気流流動を考慮して、ある程度の余裕を持たせるためである。計算に用いた除湿機の性能曲線は図3に示す。

試設計の結果、除湿機の性能は夏季の絶対湿度の高い条件により決定された。結果は表1のとおりである。除湿機は橋梁端部に設置され、そこから反対側の端部に向けて120mのダクトが配管される。ダクト端から吐き出された乾燥空気は、長時間を経て除湿機に戻る。そこで、ダクトの出口でも2m/s程度の流速を確保し、またダクトの側面には同径の横孔を一定間隔で設けた。

数値流体解析を実施する前に、桁内の気流流動を無視し、湿度等は常に箱桁内で平均化されるという前提で湿度の経時変化を計算した結果を図4に示す。計算は、腐食環境の厳しい8月（新木場標準年）の午後2時に32℃からスタートした。最低気温は午前5時で22℃まで低下するとし、この間を図のように近似させた。除湿機性能は前述のもの、外気は相対湿度80%で一定と仮定した。温度低下に伴い、相対湿度は15時間後の午前5時に62%まで上昇するが、その後は気温の上昇に伴い減少する。一方、絶対湿度は気温の低下に伴い上昇することなく、単調減少する。低下する際の微妙な変動は、温度変化による桁外からの水分の流出入である。これらの結果から、相対湿度の大きな変動は温度変化による飽和水蒸気量の増減によるところが大きく、膨張、収縮の影響は小さいことが分る。

3. 数値流体解析による相対湿度の解析 標準k-εモデルによる乱流解析と水蒸気の輸送方程式を組み合わせ、相対湿度分布の変化を解析した。温度変化等の条件は、図4の計算と同様である。解析モデルを図5に示す。箱桁は、ダイアフラムによって15の連続した部屋に仕切られており、気流はマンホールを通して通過する。解析領域は、四面体要素20万により離散化した。図5には、除湿機の設置される端部の部屋の拡大図も併せて示した。ダクトからの排気は、端部出口、横孔ともに表1のとおり与えた。

図6は、14時に相対湿度40%で計算開始した後、最も相対湿度が上昇する15時間後（午前5時）の相対湿度分布を桁中央鉛直断面で表示したものである。青から赤になるにつれ、相対湿度は高くなっている。解析

キーワード 箱桁、防食、乾燥空気、除湿機

連絡先 〒210-0855 川崎市川崎区南渡田町1-1 JFE 技研株式会社 TEL : 044-322-6378

結果によれば、概ね相対湿度 50～60%であり、60%を超えている領域は極く僅かである。なお、桁全体の平均値は 59%であり、図4の結果とほぼ一致した。15 時間後以降の相対湿度は、図4の様に徐々に減少すると考えられる。従って、本システムを用いれば、局所的に相対湿度が高くなり、腐食が懸念される領域は小さいことがシミュレーションにより確認された。

参考文献

- 1) 廣田昭次ほか.” 新尾道大橋桁内除湿設備の最適運転の試み”. 本四技報. Vol.26, No.98, pp. 18-24(2002)
- 2) 松井茂憲ほか.” 鋼箱桁内部防錆実験の報告”. 鋼構造論文集. 第2巻第7号, pp.63-71 (1995)

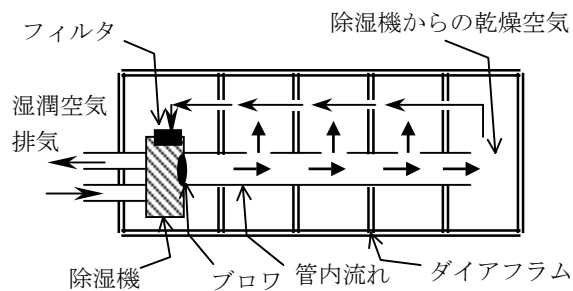


図1 除湿システムの概要

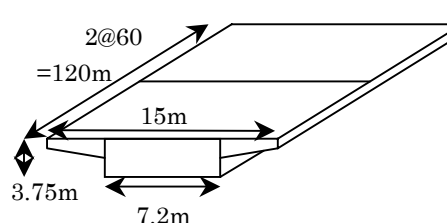


図2 1箱桁橋の概要

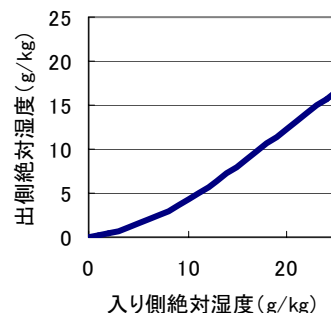


図3 除湿機性能曲線

表1 除湿機&ダクトの設計条件と結果

<設計条件>	
○桁容量：	3240m ³ =7.2mW×3.75mH×120mL
○相対湿度：	桁内初期 40%，桁外 80%一定
○気温：	夏季 30℃±10℃，冬季 10℃±10℃
○除湿機性能：	図3
<設計結果>	
○ダクト長：	120m
○ダクト径：	100mm
○ダクト横孔径：	9mm
○ダクト配置間隔：	2.5m
○ダクト入口条件：	
乾燥空気供給量	82.5m ³ /h，ブロワ 82.5m ³ /h
管内流速	5.84m/s，総圧 37mmAq
○ダクト出口条件：	
流量	60.5m ³ /h（うち乾燥空気 30.3m ³ /h）
流速	2.14m/s，総圧 6.5mmAq
○横孔吐き出し流量：	6.2～14.5m ³ /h

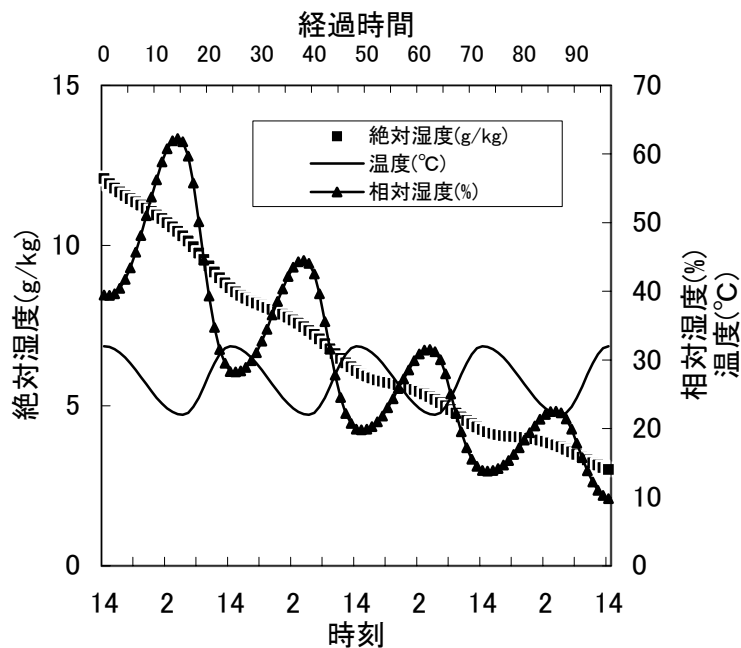


図4 湿度経時変化計算結果（桁内気流動無視）

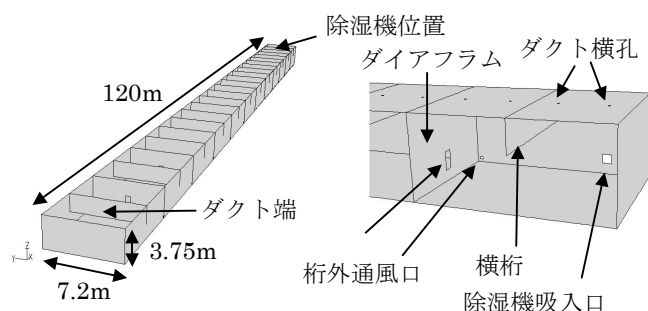


図5 数値流体解析モデル

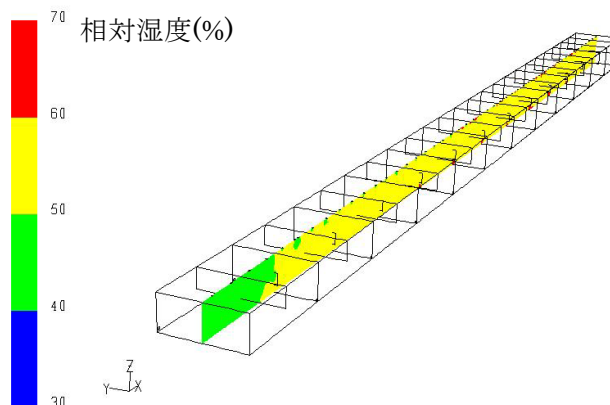


図6 15時間後の相対湿度分布