

桁温度と桁形状を考慮した橋梁の結露評価に関する考察

名古屋工業大学 学生会員 原 聡太郎
名古屋工業大学大学院 正会員 永田 和寿
名古屋工業大学大学院 学生会員 山田 仁

1. はじめに

近年、土木構造物の維持管理の必要性が高まっており、効率のよい腐食状況の把握が必要となっている。しかし、個々の土木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してしまう。そのため、橋梁における腐食の原因の一つである結露に着目し、簡易な結露評価が可能であれば効率的である。そこで、本研究では、簡易評価手法の確立をめざし、桁温度と桁形状を考慮した結露の発生・蒸発現象の解析を行い、橋梁における結露の発生状況の把握を目的とする。

2. 結露解析

2. 1 結露の判定方法

汎用流体解析ソフト STAR-CD を用い、大気の温度、湿度、風、そして、河川からの熱量や蒸発量による、桁周りの結露の生成シミュレーションを行う。I 桁のウェブと下フランジ、箱桁の表面に前もって直径 1mm の微小な水滴核を付着させ、その水滴核の配置を図 1 に示す。その直径が 1mm より大きい場合を結露の発生とし、小さい場合を結露の蒸発と判定する。

2. 2 解析概要

図 2、図 3 の橋梁モデルを用いて、2. 1 結露の判定手法における結露の発生・蒸発解析の確認を行う。図 2 の橋梁モデルは大阪府大阪市の淀川系大川に架かる毛馬橋（図 4）の橋軸方向の断面を対象としている。この橋は、2 組の I 桁道路橋と箱桁歩道橋から構成されている。なお、橋梁モデルの左側を上流側と設定している。解析対象区間を結露が発生しやすい冬季の朝方とし、解析時間を 1 時間とする。解析に使用した条件は、大阪気象台の 2010 年 12 月 21 日 6～7 時に観測されたデータを使用した。よって、気象データから気温 5.4℃、湿度 90%、風速 2m/s（北西の風）、河川の水温と蒸発量は文献等から 8℃、

1.5mm/day として行う。河川の水面は図面より橋梁上面から 6m 下に設定した。ここで、固体（鋼とコンクリート）温度は、既往の研究を参考に夜間放射により 2～3℃気温より低くなることから 2.4℃、3.4℃、4.4℃とし、橋梁表面における水滴の変化を見る。図 3 の橋梁モデルは、図 2 の橋梁モデルと比較し、橋梁の形状変化による結露の発生状況の違いを確認する。そのため、橋梁モデルの寸法と熱容量を図 2 と等しくなるように設定する。解析に使用する条件は、気温 5.4℃、湿度 83%、風速 0m/s として図 2、図 3 の両解析モデルについて行う。

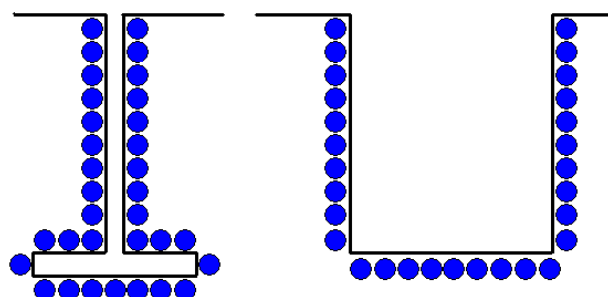


図 1 I 桁と箱桁の水滴核配置図

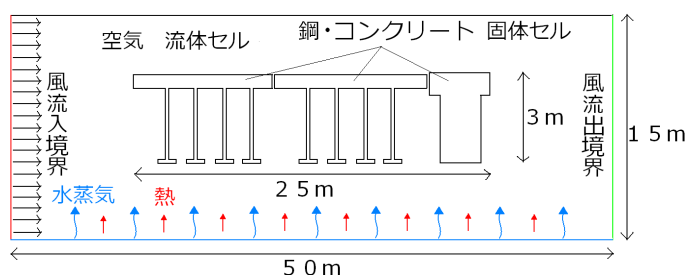


図 2 毛馬橋の橋梁モデル

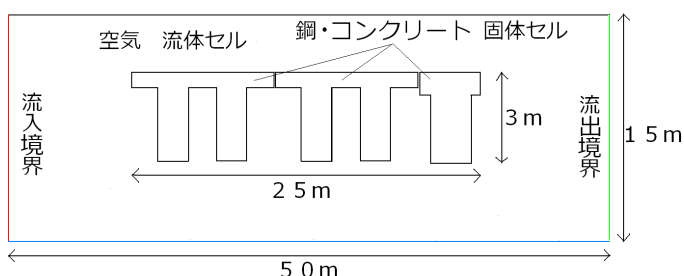


図 3 箱桁の橋梁モデル

3. 解析結果と考察

3. 1 桁の温度変化による結露解析の結果と考察

図 5, 図 6, 図 7 に気温 5.4℃, 湿度 90%, 風速 2m/s(モデル左側からの風), 固体温度は 2.4℃, 3.4℃, 4.4℃とし, それぞれ 3600 秒後の結露箇所(図中の赤線)を示す.

固体温度 2.4℃の場合は, 結露が発生している箇所が多いが, 3.4℃, 4.4℃と上昇するにつれて結露の発生している箇所が減少している. 4.4℃の場合は, ほとんど結露の発生が確認できない. よって, 桁温度が気温より 2~3℃低い場合, 結露が発生すると考えられる.

以上のことから, 桁温度が結露の発生・蒸発現象に影響を与えていることが分かる.

3. 2 桁の形状変化による結露解析の結果と考察

図 8, 9 に気温 5.4℃, 湿度 83%, 風速 0m/s, 固体温度 2.4℃, 河川なしの場合, それぞれ 3600 秒後の結露箇所(図中の赤線)を示す. なお, 上記の条件で湿度のみを変化させて, 解析を行った結果, 湿度 82%以下ではどちらのモデルも結露の発生が確認出来なかったため, 湿度 83%の場合の結果を記載する.

図 8, 9 を比較すると I 桁の場合, 結露箇所が多く, 箱桁よりも結露が発生しやすいことが分かる. そして, 解析結果より, I 桁の桁表面温度は箱桁よりも 0.3℃低く, それにより桁周辺の気温が低下し, 飽和水蒸気圧も低下するので結露の発生がしやすい環境になったと言える. また, 箱桁の温度が I 桁に比べ低くならないのは, 箱桁内部の空気が断熱材としての効果を担っているためだと考えられる.

以上のことから, 桁の形状が結露の発生・蒸発現象に影響を与えており, 今回の解析ケースでは, I 桁橋梁の方が箱桁に比べ結露の発生がしやすいことが分かった.

4. まとめ

橋梁モデルを用いて, 夜間放射による桁の温度差と桁の形状を考慮した結露の発生・蒸発状況の把握ができた.

今後は, 計測により桁の温度を測定し, 実際の結

露発生状況の把握および本簡易評価手法を提案するとともに有効性について検討する予定である.



図 4 毛馬橋の航空写真

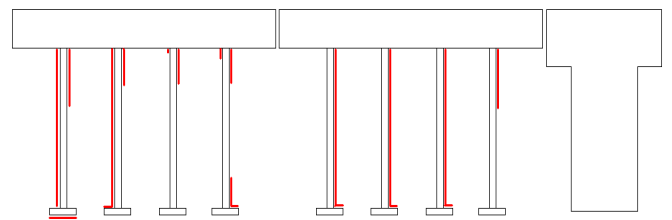


図 5 固体温度 2.4℃の場合の結露箇所 (I 桁)

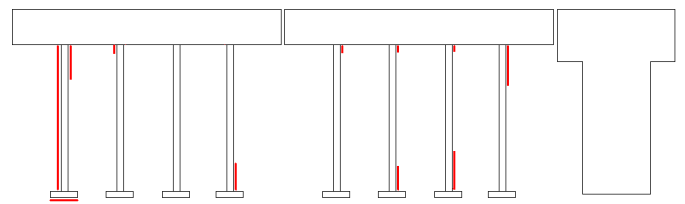


図 6 固体温度 3.4℃の場合の結露箇所 (I 桁)

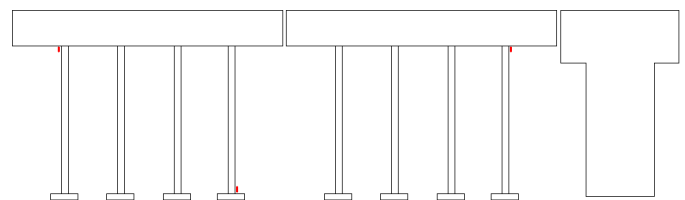


図 7 固体温度 4.4℃の場合の結露箇所 (I 桁)

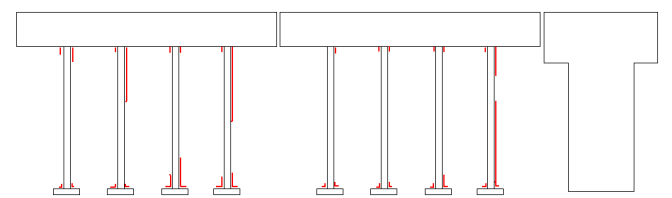


図 8 I 桁の場合の結露箇所

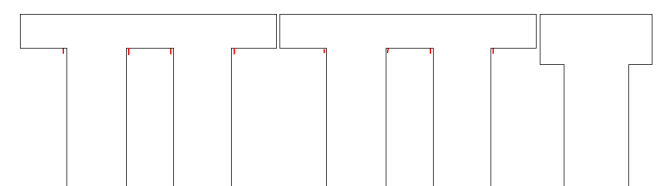


図 9 箱桁の場合の結露箇所