

橋梁の周辺環境を考慮した結露の発生状況に関する考察

名古屋工業大学 学生会員 ○山田 仁
名古屋工業大学 正会員 永田 和寿

1. はじめに

近年、土木構造物におけるライフサイクルコストを低減させることが重要となり、維持管理の必要性が日々高まってきている。そこで、効率のよい橋梁の維持管理をするため、橋梁の腐食環境の把握が必要となってくる。そして、その腐食の要因の一つと言われている結露に着目すると、橋梁の構造により温度分布が異なることや、風などの気象条件や河川からの影響を受けることから、その発生状況は複雑である。

本研究では、橋梁の周辺環境として、河川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 解析手法

汎用熱流体解析ソフトSTAR-CDを用い、大気の水蒸気、湿度、風、そして、河川からの熱量や蒸発量による、橋梁桁周りの結露の生成シミュレーションを行う。桁表面に前もって直径1mmの微小な水滴を付着させ、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 橋梁モデルによる解析概要

冬季の朝方に結露が生じやすいことが、既往の研究より明らかになっているため、冬季の朝方1時間を解析対象区間とし、2主桁桁橋の2次元断面で結露の解析を行う。そして、図1、図2に示すモデルを用い、モデル底面の境界から水蒸気や熱を出し、河川部にある橋梁の周辺環境を設定する。ここで、河川から水蒸気の供給を考慮するものを河川部環境Aとし、河川からの熱の供給を考慮したものを河川部環境Bとし、水蒸気と熱の両方を考慮したものを河川部環境Cとし、そのどちらをも考慮しないものを地上部環境とする。また、モデル底面から橋梁モデルまでの距離を5m、10m、15mと設定する。なお、どの解析においても、気温6℃、桁の温度3℃とし、湿度97%と湿度82%の2つで設定を行う。また、河川からの水蒸気の蒸発量は、1.5mm/dayとし、河川の水温は、1℃から15℃の範囲とする。

箱桁のウェブの両側に28個ずつ、下フランジに40個、2箱桁の間の桁下部には72個、解析対象モデルが2主桁桁橋であることから、合計264個の水 droplet をあらかじめ設置する(図2参照)。そして、解析時間後の結果におい

て、1mmより大きい場合の水 droplet を結露と判定し、その個数の桁下部での各条件による分布から、結露状況の把握をする。

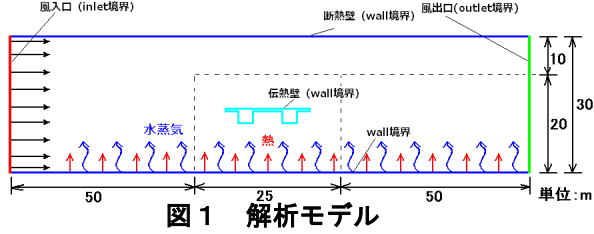


図1 解析モデル

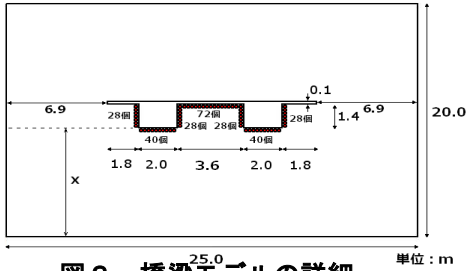


図2 橋梁モデルの詳細

3. 解析結果

3. 1 地上部環境において

無風状態とモデル左側から風速2m/sを与えた場合で解析を行い、結露個数の結果を表1に示す。湿度97%時には、無風状態では、結露が桁下部全体に発生しているのに対し、風がある場合は、結露が発生しにくいのがわかる。なお、湿度82%時には、結露発生個数はどの条件でもゼロである。よって、地上部環境での結露状況は、風や湿度に影響され、風の当たりにくい2箱桁に囲まれた部分、そして、湿度が高いほど、結露が発生しやすい。

表1 地上部環境における結露発生個数

モデル底面から橋梁モデルまでの距離(m)	5	5	10	10	15	15	5	5	10	10	15	15
湿度(%)	97	97	97	97	97	97	82	82	82	82	82	82
モデル左から与えた風速(m/s)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
箱桁左	ウェブ左側	4	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0
	下フランジ	37	0	36	0	36	0	0	0	0	0	0
	ウェブ右側	28	20	28	20	28	20	0	0	0	0	0
2箱桁間	ウェブ左側	11	3	10	3	11	3	0	0	0	0	0
	下フランジ	23	0	28	0	28	0	0	0	0	0	0
	ウェブ右側	37	0	36	0	36	0	0	0	0	0	0
箱桁右	ウェブ左側	3	2	2	2	1	2	0	0	0	0	0
	下フランジ	3	2	2	2	1	2	0	0	0	0	0
	ウェブ右側	3	2	2	2	1	2	0	0	0	0	0
合計		143	25	142	25	141	25	0	0	0	0	0

3. 2 河川部環境A(水蒸気のみ考慮)において

無風状態における、モデル底面から橋梁モデルまでの高さ別での結露個数の結果を表2に示す。湿度97%時、河川からの水蒸気の供給を受けて、橋梁の桁下では、著しく結露が発生する。また、地上部環境で結露が桁下部で全く起きない湿度82%時でも、橋梁と河川との間の距離が5mと近い場合は、結露が発生する。そして、橋梁と河川とが10m、15mと離れている場合に

キーワード 結露, 周辺環境, 箱桁, 維持管理, 熱流体解析

連絡先 〒466-8555 愛知県名古屋市昭和区御器所町 名古屋工業大学 TEL 052-735-5482

は、河川からの水蒸気の影響は受けず、結露は発生しにくい。

表2 河川部環境 A における結露発生個数

モデル底面から橋梁モデルまでの距離(m)		5	10	15	5	10	15
湿度(%)		97	97	97	82	82	82
箱桁左	ウェブ左側	28	28	28	0	0	0
	下フランジ	40	40	40	25	0	0
	ウェブ右側	28	28	28	28	0	0
2箱桁間		72	72	72	72	0	0
箱桁右	ウェブ左側	28	28	28	28	0	0
	下フランジ	40	40	40	40	0	0
	ウェブ右側	28	28	28	0	0	0
合計		264	264	264	193	0	0

3. 3 河川部環境 B (熱のみ考慮) において

無風状態における、河川温度別による、各橋梁高さでの結露個数の結果を図3に示す。湿度 82%時、結露発生個数はどの条件でもゼロである。湿度 97%時には、河川から熱の影響を受け、河川の温度が高いほど、桁周辺の温度が上昇し、結露が発達しにくい(図4参照)。また、橋梁と河川との間の距離が5mと近い場合は、河川の温度に影響されやすく、河川の温度が気温6℃より低下すると、桁周辺の温度が下がり(図5参照)、飽和水蒸気圧が減少し、結露が発達しやすくなる。それに対し、橋梁と河川とが10m, 15mと離れている場合には、河川からの熱の影響は受けず、地上部環境とほぼ結露状況は変わらない。

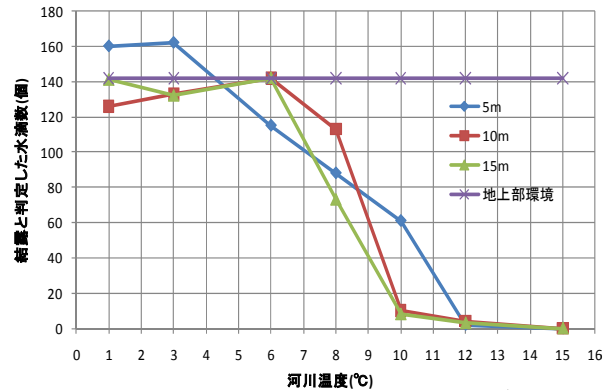


図3 湿度 97%時の河川温度別による各橋梁高さでの結露発生個数

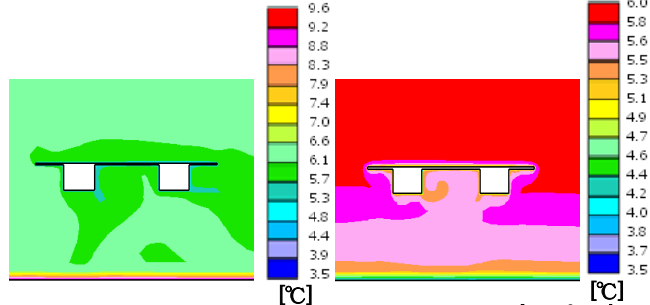


図4 河川温度 12℃時の温度分布 (橋梁高さ 5m, 湿度 97%)

図5 河川温度 1℃時の温度分布 (橋梁高さ 5m, 湿度 97%)

3. 4 河川部環境 C (水蒸気と熱を考慮) において

無風状態における、河川温度別による、各橋梁高さでの結露個数の結果を図6に示す。湿度 82%でも、橋梁桁下部で結露が発生する。そして、河川温度が気温6℃よりも高く、橋梁と河川との間の距離が5mと近い場合には、河川から橋梁桁下部の方向へ対流が形成さ

れ(図7参照)、河川から供給される水蒸気が対流に乗って運ばれてくることで(図8参照)、結露が発達しやすい環境となる。しかし、河川温度が低くなり、対流が河川と橋梁間に形成されにくくなることで、水蒸気が供給されず、結露しにくい環境となる。

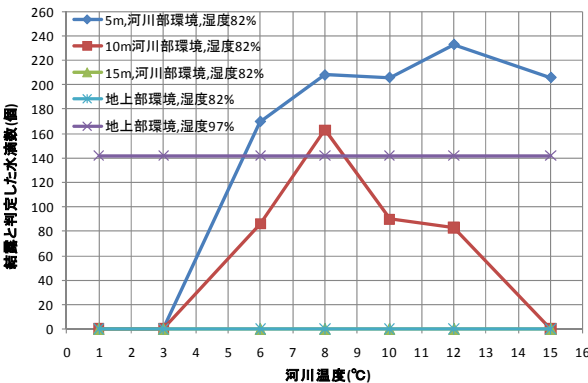


図6 湿度 82%時の河川温度別による各橋梁高さでの結露発生個数

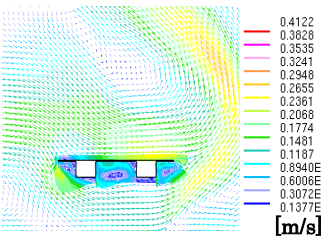


図7 河川温度 12℃時の速度分布 (橋梁高さ 5m, 湿度 82%)

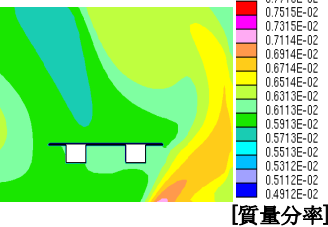


図8 河川温度 12℃時の水蒸気分布 (橋梁高さ 5m, 湿度 82%)

4. まとめ

1) 本研究の結露シミュレーションにより、限定された条件であるが、河川という橋梁の周辺環境を考慮した結露の発生状況の把握ができた。そして、橋梁の結露状況は、風や湿度に影響され、風の当たりにくい2箱桁に囲まれた部分、また、湿度が高いほど、結露が発生しやすい。

2) 河川部環境では、橋梁と河川の距離が近く、河川温度が橋梁周辺の気温より高い場合、水蒸気や熱の影響を受け、結露の発生しやすい環境となる。逆に、河川温度が気温より低い場合には、結露が発生しにくい環境となり、維持管理において留意する必要がある。

このように、橋梁の結露状況を把握することで、結露が発生しやすい環境の橋梁を理解して補修等を重点的に行うことができ、効率よく維持管理を進めていくことができると思われる。