橋梁の周辺環境を考慮した結露の発生状況の研究

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

１．はじめに

近年，土木構造物のライフサイクルコストの低減が重要となり，維持管理の必要性が高まっている．

橋梁において，水分が付着することは，降雨や結露によるものであり，橋梁部材の腐食につながる．結露は，橋梁部材が露点以下となった場合に発生する．しかし，橋梁の構造により温度分布が異なり，風などの気象条件や河川からの影響を受けることから，橋梁における結露の発生状況は複雑である．

そこで，本研究では，橋梁の周辺環境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

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．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．

２．１　簡易モデルによる解析

図 1 の簡易モデルを用いて，２．結露解析における結露の発生・蒸発解析の確認を行う．結露が発生しやすい条件は，気温が低く，湿度が高いときである．そこで，気温 6℃，湿度 97%，固体（鋼）温度は，夜間放射により気温より低くなることから 3℃とし，無風状態とモデル左側からの風（風速 2m/s：地表面の粘度を考慮）がある場合で，地上部の橋梁環境での解析を行う．また，モデルの底面に，河川に見立てた壁面境界を設置することで河川の熱量や蒸発量を考慮し，河川部の橋梁環境における風の有無で解析を行い，水滴の変化を見る．ここで，河川の水温は文献等から 8℃とし，河川からの蒸発量は，1.5mm/day として解析を行う．

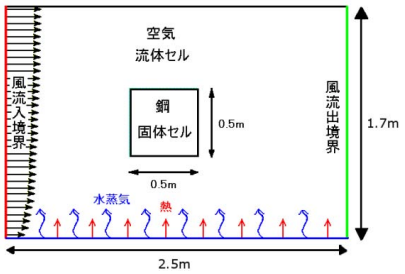

図 1　簡易モデル

２．２　解析結果と考察（簡易モデル）

図 2, 図 3 に地上部の橋梁環境での無風状態と風がある場合，それぞれの 120 秒後の水滴直径の変化を示す．無風状態では，モデル底面と上面で水滴直径が増加している．また，風がある場合は，全体的に水滴直径が減少し，風上側では，風下側に比べ水滴直径が減少している．このことから，風が結露の発生・蒸発に影響を与えていることがわかる．

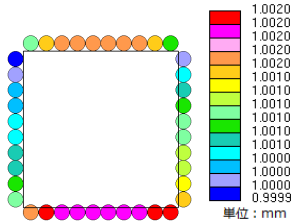

図 2　地上部橋梁環境での解析結果(無風状態)

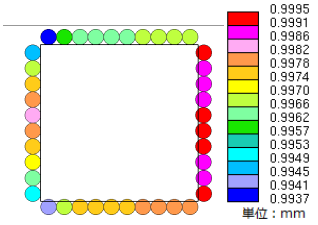

図 3　地上部橋梁環境での解析結果(風がある場合)

図 4, 図 5 に河川部の橋梁環境での無風状態と風がある場合，それぞれの 120 秒後の水滴直径の変化を示す．無風状態では，全体的に水滴直径が増加し，特にモデル底面では増大が顕著である．また，風がある場合，全体的に水滴直径が減少し，風上側では，風下側に比べ水滴直径が減少している．このことから，無風状態では，河川からの水蒸気が結露の発達に影響していると言える．

以上の簡易モデルによる解析結果より，本解析で使用している結露の発生・蒸発の判断基準の妥当性が確認できた．

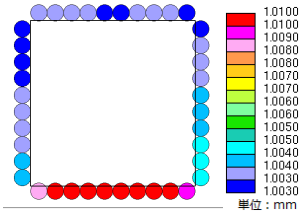

図 4　河川部橋梁環境での解析結果(無風状態)

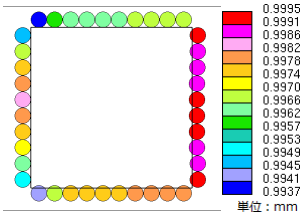

図 5　河川部橋梁環境での解析結果(風がある場合)

2．3　橋梁モデルによる解析

実際の橋梁での結露現象を把握するため，以前よりデータを扱っていたことから，解析対象を福井県北西部，坂井市にある三国大橋に設定する．この橋の橋桁は，2 主箱桁であり，解析モデルもそれを基に作成する（図 6）．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．そして，福井気象台のデータや観測データ等から初期値として，気温 6℃，湿度 97%を与え，無風状態とモデル左から風（風速 2m/s：地表面の粘度を考慮）がある場合で地上部の橋梁環境での解析を行う．次に，同様の条件で河川部の橋梁環境における風の有無で解析を行い，水滴の変化を見る．ここで，２．１の簡易モデルの解析より，桁の温度は 3℃，河川の水温は 8℃とし，河川からの蒸発量は，1.5mm/day として解析を行う．

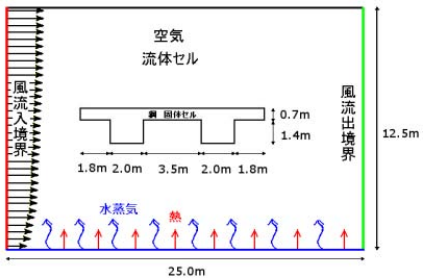

図 6　橋梁モデル

2．4　解析結果と考察（橋梁モデル）

図 7, 図 8 に地上部橋梁環境での 1 時間後の無風状態と風がある場合の水滴直径の解析結果を示す．どちらも水滴直径が増加している．しかし，風がある場合では，風の当たる部分で水滴直径の減少が見られ，結露が蒸発していることがわかる．これらのことから，風が結露の発達や蒸発に影響を与えると考えられる．

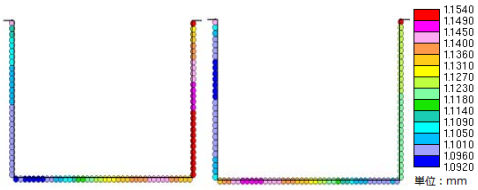

図 7　地上部橋梁環境での解析結果(無風状態)

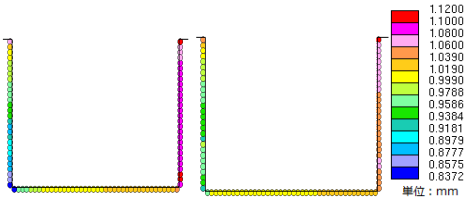

図 8　地上部橋梁環境での解析結果(風がある場合)

図 9，図 10 に河川部橋梁環境での 1 時間後の無風状態と風がある場合の水滴直径の解析結果を示す．無風状態の方が，河川からの水蒸気より，河川からの熱量に影響され，箱桁周辺の温度が上昇し，結露が発達しにくく，全体的に蒸発したと言える．また，風がある場合は，風を受ける面で，水滴の減少が見られ，結露が蒸発している．これらのことから，風や箱桁周りの温度分布が結露の発生・蒸発に影響することが考えられる．

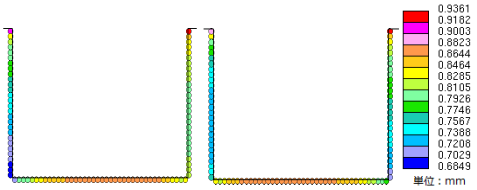

図 9　河川部橋梁環境での解析結果(無風状態)

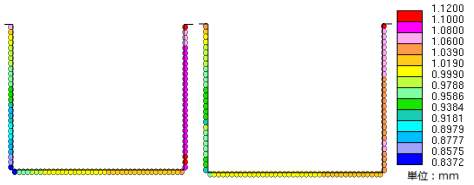

図 10　河川部橋梁環境での解析結果(風がある場合)

3．まとめ

簡易モデル・橋梁モデルを用いて，周辺環境を考慮した結露の発生･蒸発状況の把握ができた．また，以上の解析結果より箱桁下部で結露が発生しやすく，維持管理の点から留意する必要があると言える．