

鋼橋の局部腐食環境把握のための仮想風洞実験の改良

松江工業高等専門学校環境・建設工学科 正会員 ○広瀬 望
 松江工業高等専門学校環境・建設工学科 正会員 武邊 勝道
 松江工業高等専門学校環境・建設工学科 正会員 大屋 誠
 松江工業高等専門学校専攻科 学生会員 大野 滉貴

1. はじめに

耐候性鋼材は塗装などの防食費用を軽減するため、耐候性鋼材を用いた構造物は維持管理コストを抑え、ミニマムメンテナンスを実現できる。しかし、海岸からの塩分量が多い環境や湿潤な環境では、耐候性鋼材の防食性能が十分に発揮されない。耐候性鋼橋梁の最適な設計のためには、建設地点周辺および橋梁内部の塩分状態や乾湿状態(腐食環境)の把握が必要である(JSSC, 2009)。

橋梁を一般部と桁端部に区分する。耐候性鋼橋梁においても桁端部の腐食は激しいため、防食対策を行う。一方、耐候性鋼橋梁の一般部では、防食対策の指針となるデータが皆無であるため、防食対策の検討が十分でない。しかしながら、観測結果では、橋梁一般部における部位毎の腐食状態は必ずしも全体で均一でないことがわかっている。この原因は、橋梁内部の付着塩分量や結露状況の違いである。特に、橋梁に対する風向きや橋梁内部に巻き込む風の状況より、塩分が多く付着する部位とそうでない部位が生ずることがわかっている(JSSC, 2006, 2009)。

したがって、橋梁設計段階において、桁端部だけでなく、塩分が多く付着する箇所や結露しやすい箇所に塗装などの防食を施すことによって、橋梁の腐食耐久性が飛躍的に向上する。そのためには、橋梁内部の付着塩分量と結露状況を部分的に観測結果するだけでなく、橋梁の三次元形状を考慮した実験により、橋梁全体の局部腐食環境を定量的に把握する必要がある。しかしながら、実風洞を用いた模型実験では、流れ場は実験可能であるが、海塩粒子の輸送を考慮した実風洞実験を行うことは困難である。

本研究では、コンピューター上に橋梁の三次元形状を仮想風洞内に再現し、橋梁周囲及び内部の流れを解析するため、オープン CAE ソフトウェア OpenFOAM(Open source Field Operation And Manipulation)に着目した。OpenFOAM は数値流体力学ツールボックスであり、3 次元の熱流体解析が可能であり、ユーザーが様々な改良を行うことができる。

そこで、本研究では、OpenFOAM を用いた仮想風洞実験を行い、橋梁周囲および内部の流れを検討するとともに、OpenFOAM に lagrangian particle tracking library を適用し、橋梁内部への飛来塩分の輸送状況を明らかにすることを目的とする。具体的には、まず、仮想風洞内に橋梁の三次元形状を再現し、風向・風速を変化させ、橋梁周辺および内部における風況を解析し、その妥当性を検証する。

次に、改良した OpenFOAM を用いて、粒子輸送を考慮した仮想風洞実験を行い、橋梁内部における塩分量の付着状況を明らかにする。さらに、橋梁構造(二主桁、三主桁、ボックス構造)を変えて実験を行い、橋梁構造が橋梁内部の風況や付着塩分量に及ぼす影響を定量的に解明する。

2. OpenFOAM による仮想風洞実験の概略

2. 1 橋梁の 3 次元形状の作成

図 1 に本研究で作成した橋梁の三次元形状を示した。



図 1 本研究で用いた橋梁の三次元形状
(例として、二主桁橋)

キーワード 橋梁周辺の風況, 仮想風洞実験, OpenFOAM, 維持管理

連絡先 〒690-8518 島根県松江市西生馬町 14-4 松江工業高等専門学校環境・建設工学科 TEL 0852-36-5223

2. 2 メッシュ作成, 境界条件設定, 計算実行, 後処理 (可視化)

OpenFOAM による流体解析を行うためには, 計算領域の細分化を行った上で, メッシュを作成し, 境界条件を与える必要がある. そこで, OpenFOAM に組み込まれた blockMesh を用いて, 橋梁のメッシュ作成 (図 2) を行うとともに, 境界条件を作成した. また, OpenFOAM の結果を可視化するためには, paraview を用いた. これは仮想風洞内における流体の詳細な時間変化を可視化することができる.

3. 解析結果

まず, 仮想風洞実験の妥当性を検討するために, 図 1 を用いて, 流入風速を 0.1m/s, 1.0m/s, 5.0m/s, 10m/s と変化させ, 橋梁内部における流れ解析を行い, 先行研究と比較した.

図 2 に解析結果を示した. 左からの流入風速が大きくなるに従い, 左側の I 桁下部の巻き込みが大きくなることが分かった. また, 橋梁内部への流入も増加し, 右側の I 桁内部への風速が強まることが分かった. また, 流入風速が 1.0m/s のケース (図 2b) と, 実風洞を用いた模型実験 (中西ら, 2011) と比較し, 仮想風洞実験の妥当性を検討した. その結果, 橋梁内部における流れの向きがある程度再現されていることがわかった.

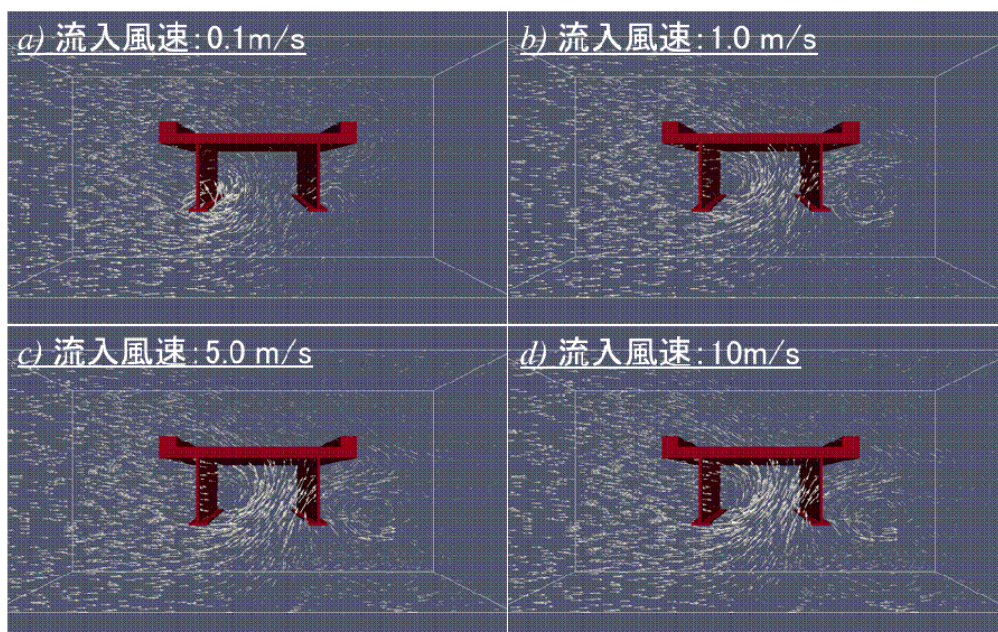


図 2 解析結果 (流入速度 a) 0.1m/s, b) 1.0m/s, c) 5.0m/s, d) 10m/s)

4. まとめと今後の課題

本研究では, 橋梁への飛来塩分量の付着状態を明らかにするため, OpenFOAM による仮想風洞実験を実施し, 橋梁周辺および内部の風況解析を行った. その結果, 流入速度や橋梁構造によって, 風況が異なることが分かった. 今後は, 境界条件や計算スキームを変化させるとともに, 観測データと比較を行い, 仮想風洞の妥当性を検証する予定である.

参考文献

- 1) (社)日本鉄構造協会鋼橋性能向上委員会・耐候性鋼橋梁部会, 2006: 耐候性鋼橋梁の可能性と新しい技術, JSSC テクニカルレポート, No. 73, 2006.
- 2) (社)日本鋼構造協会鋼橋性能向上委員会・耐候性鋼橋梁部会, 2009: 耐候性鋼橋梁の適用性評価と防食予防安全, JSSC テクニカルレポート, No. 86, 2009.
- 3) 中西克佳, 加藤真志, 岩崎英治, 2011: 風洞実験による橋梁断面の部位別付着塩分布評価手法に関する基礎的研究, 土木学会論文集 A1 (構造・地震工学), Vol. 67, No. 2, pp. 326-335.
- 4) 岩崎 英治, 長井 正嗣, 2007: 橋梁断面周辺の飛来塩分の推定に関する一検討, 構造工学論文集 A, 53A, pp. 739-746.