

CFD による複雑地形上の風況評価を用いた橋梁部位別付着塩分量の推定

京都大学大学院工学研究科 学生員 ○石渡 純也
 京都大学大学院工学研究科 正会員 白土 博通

京都大学大学院工学研究科 正会員 野口 恭平
 京都大学大学院工学研究科 正会員 八木 知己

1. 序論 日本は四方を海に囲まれているため、海塩粒子による鋼橋の腐食が深刻である。鋼橋の効率的な維持管理のためには、橋梁の部位毎の付着塩分量を評価する必要がある。また、実務では複数橋梁を対象とするため、橋梁毎に付着塩分量や気象の観測を行うことは効率的とはいえず、数値計算のみで広域的に複数橋梁の部位別付着塩分量を求めることが望ましい。風況等の気象要素及び大気地位塩分濃度を求める方法に、領域気象モデル WRF があるが、風速が過大評価になる傾向にある。これは、WRF の計算では格子解像度が不十分であるため、複雑地形の影響による風速の減衰を十分に考慮できないためと考えられる。このような中間スケールの必要性は広瀬ら¹⁾も指摘している。そこで本研究では、WRF で得られた計算値²⁾を入力として、WRF よりも小スケールな複雑地形領域を対象に CFD による流れ場解析を行い、さらにその結果を用いて橋梁断面周りの流れ場解析を行った。すなわち、WRF による気象計算、複雑地形上の流れ場解析、橋梁断面周りの流れ場解析という 3 段階の計算を行うことで、橋梁設置位置の風況を正しく評価することを目的とした。さらにこの結果を用いて、数値計算のみによる橋梁の部位別付着塩分量の評価を行い、観測値と比較した。

2. 対象橋梁 対象橋梁の天鳥橋は、和歌山県の海沿い(国道 42 号上)に位置する 3 主鋼桁橋である。筆者らは天鳥橋において、風向、風速、雨量、大気中塩分濃度、桁表面付着塩分量を観測している。風向、風速は海岸線から 8m、地上 6m の地点で観測した。大気中塩分濃度の計測には円筒型飛来塩分捕集器³⁾を用いた。桁表面付着塩分量は、図 1 に示す 30 点で計測した。

3. 複雑地形上の流れ場解析 天鳥橋の海側 7 方位(南～北西、西南西が橋軸直角)の風向各々に対し、20km×4km×10km の直方体の計算領域を作成した。地形は国土地理院発行の 10m メッシュ数値標高データを用い、天鳥橋を中心とした半径 7～10km の範囲に、 $\cos^2(x)$

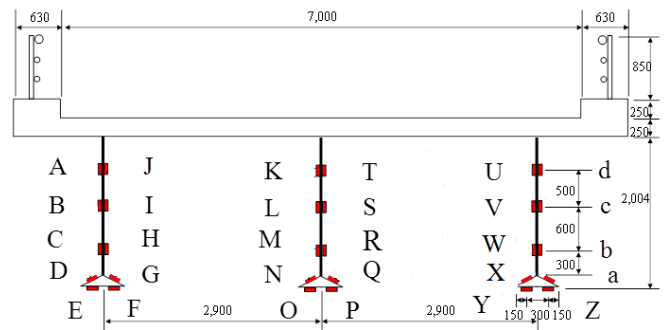


図 1 天鳥橋の表面付着塩分量計測点 (単位: mm)

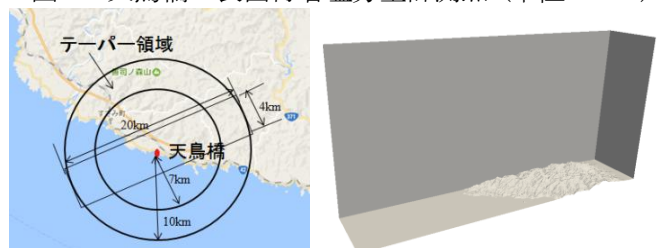


図 2 計算領域の概要 (橋軸直角方向, 西南西)

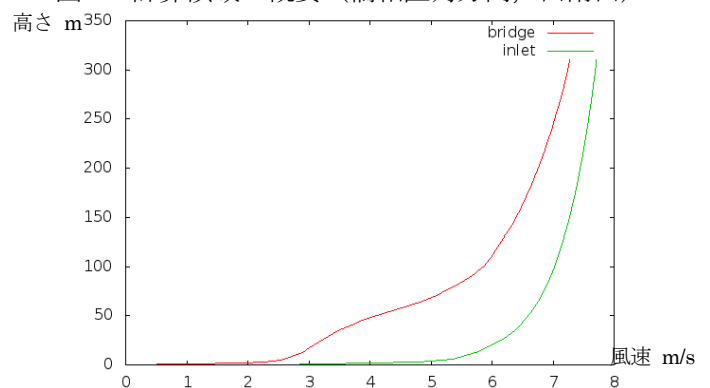


図 3 風速鉛直分布 (緑: 流入風, 赤: 橋梁地点の風速)

の関数によるテーパー⁴⁾を設けることで、流入面・流出面の標高を 0 にし、任意の風向について計算を可能とした。計算格子は上空で 160m 四方、地表面で 10m 四方以下とした。この領域に対し、RANS による定常解析を行った。乱流モデルは Kato-Launder の修正 $k-\epsilon$ モデル⁵⁾を用いた。流入風は z_0 型対数則で鉛直分布を与え、流入面地点における該当風向の地上 10m WRF 風速の平均を、CFD の地上 10m 流入風速とした。地表面の境界条件も z_0 型対数則とし、海面で $z_0=0.001m$ 、地上で $z_0=1m$ とした。橋軸直角方向の風速鉛直分布を図 3 に示す。複雑地形の影響で風速が減衰したことが

キーワード 海塩粒子, 複雑地形, CFD, WRF

〒615-8540 京都市西京区京都大学桂 京都大学大学院工学研究科社会基盤工学専攻橋梁工学研究室 TEL 075-383-3167

分かる。従って、風速の評価に際し、詳細な地形の影響を考慮するためには、細かい計算格子を用いて複雑地形を再現することが重要と考えられる。

4. 天鳥橋断面周りの流れ場解析 前述した複雑地形上の解析結果より、天鳥橋断面周りの計算領域(図4)の流入面地点における風速鉛直分布を風向ごとに算出し、それを流入条件として天鳥橋断面周りの流れ場解析を行った。その結果から、気象装置位置の風速を算出し、現地観測で得た風向別平均風速、及び WRF による天鳥橋地点の風向別平均風速と比較した(図5)。複雑地形の影響を考慮することで、計算値が観測値に近づいたといえる。さらに流入風の与え方や粗度などを検討することにより、風速予測精度を高められる可能性がある。また、これらの流れ場解析結果から天鳥橋の部位別近傍風速を算出し、部位別付着塩分量計算に用いた。

5. 部位別付着塩分量計算 式(1)により部位別付着塩分量 Q [mg/m²] を算出した²⁾。

$$Q = C(V_n + V_g \cos \theta) \Delta t + C \int_0^{\Delta t} \sqrt{\frac{D}{\pi t}} dt \quad (1)$$

計算は10分刻みで行った。大気中塩分濃度 C [mg/m³] は、WRF による10分ごとの値を用いた。部位別近傍風速 V_n [m/s] は、前述した部位別近傍風速に基づき、WRF による天鳥橋地点の風向ごとの平均風速と、そのステップの風速の比を用いて算出した。さらに、A-D と a-d には、WRF による10分間降水量を用いて降雨による洗浄効果²⁾を考慮した。以上の手法により部位別付着塩分量を算出し、観測値と比較した(図6)。全体的には、計算値が観測値と近い値を示すことが分かる。従って、本研究の手法により、数値計算のみによって部位別付着塩分量を定量的に評価できる可能性が示された。ただし、A-D と a-d においては計算値が過小評価になっている。原因として、降雨による洗浄効果が過大に見積もられていることが考えられる。

6. まとめ WRF による風速値を用いて複雑地形上の定常流れ場解析を行うことで、複雑地形の影響を受けた風速の減衰を再現することに成功した。また、天鳥橋地点の風速の評価精度が向上した。このようにして得られた風速を用いて算出した天鳥橋の部位別付着塩分量は、観測値と近い値を示したので、複雑地形の影響を考慮することにより、数値計算のみによって橋梁

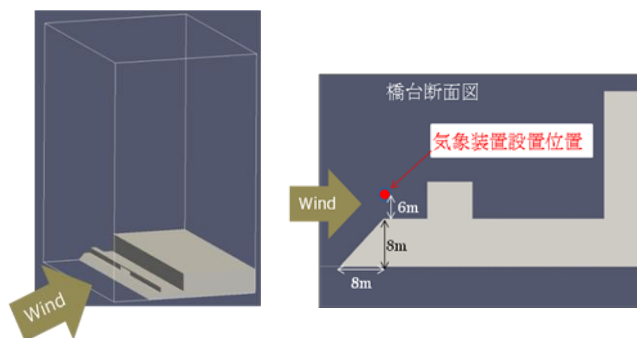


図4 計算領域の概要

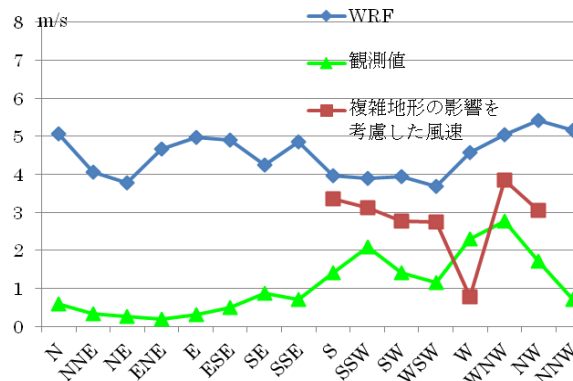
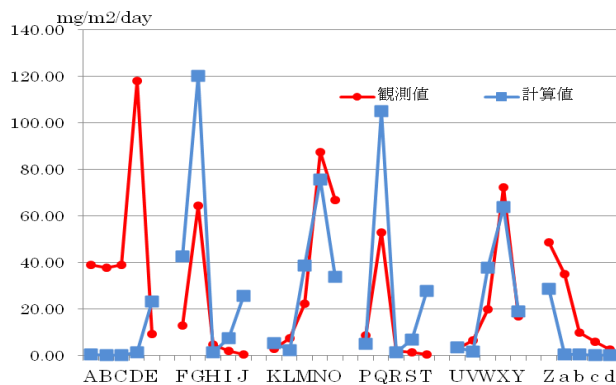


図5 風向別風速の比較



2013.8.29 – 2013.10.18

図6 橋梁の部位別付着塩分量

の部位別付着塩分量を定量的に評価できる可能性が示された。

謝辞 清水建設(株)の酒井佑樹氏、前田建設工業(株)の丸山祐祐博士には、複雑地形上の流れ場解析におけるテーパーについてご教授いただいた。本研究の一部はJSPS 科研費 15H02261・16J09269 (特別研究員奨励費)の助成を受けた。

参考文献

- 1) 広瀬ら：土木学会第71回年次学術講演会公演概要集，95-96，2016。
- 2) 野口ら：構造工学論文集 Vol.63A，464-475，2017。
- 3) Noguchi et al.: J. Bridge Eng, ASCE, in press.
- 4) 酒井ら：第24回風工学シンポジウム論文集，367-372，2016。
- 5) Kato and Launder: Ninth symposium on “turbulent shear flows”，10-4-1–10-4-6，1993。