

第 I 部門

橋梁各部材への海塩粒子付着量低減に関する空気力学的検討

京都大学工学部 学生員 ○繁田 匡寿
 阪神高速技術株式会社 正員 杉井 謙一
 京都大学大学院工学研究科 学生員 野口 恭平

京都大学大学院工学研究科 正員 八木 知己
 京都大学大学院工学研究科 学生員 Mbithi Michael Kinama
 京都大学大学院工学研究科 正員 白土 博通

1. 序論 我が国において、橋梁の機能低下の原因の一つに海塩粒子の付着による鋼材の腐食が挙げられ、特に沿岸部では深刻な問題となっている。本研究では、橋梁に付加部材を設置することで、橋梁周りの風速を変化させ、海塩粒子付着量を低減させることを目的とした。橋梁周りの風速はCFD(数値流体力学)を用いて解析し、橋梁は都市高速道路で最も一般的な8主桁で構成された形状の基本断面を図1のように二次元平面にモデル化した。また、付加部材の設置にあたり、以下の点を目指した。

- 付加部材の設置箇所を可能な限り少なくする
- 付加部材それぞれの長さを短くする
- 橋梁のメンテナンスは全桁に同様に施すとし、橋梁の総付着量を低減させかつ各桁の付着量を均一化する

2. 解析手法 まず、対象橋梁モデルに対し、RANSによって橋梁周りの風速を算出する。乱流モデルは標準 $k-\varepsilon$ モデルを用いた。次に、改良濃度フラックス法 [1] によって橋梁表面の付着量を評価した。改良濃度フラックス法は、付着量 Q [mg/m²] が慣性衝突と拡散運動の和によるとしており、式(1)で表される。

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

ただし、 C は大気中塩分濃度 [mg/m³]、 V_n は壁面近傍法線方向風速成分 [m/s]、 V_s は海塩粒子の終端速度 [m/s]、 θ は壁面の水平面とのなす角 [rad]、 Δt は継続時間 [s]、 D は拡散係数 ($=1.5 \times 10^{-5}$) [m²/s] である。最後に、降雨による洗浄効果 [2] を考慮して最終的な付着量を算出した。また、これらの解析において、既往の研究において和歌山県の天鳥橋で観測された気象データ [2] を用いた。

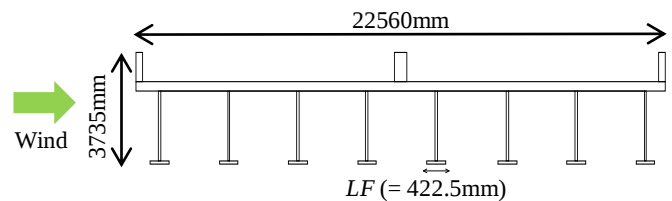
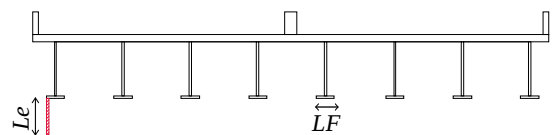
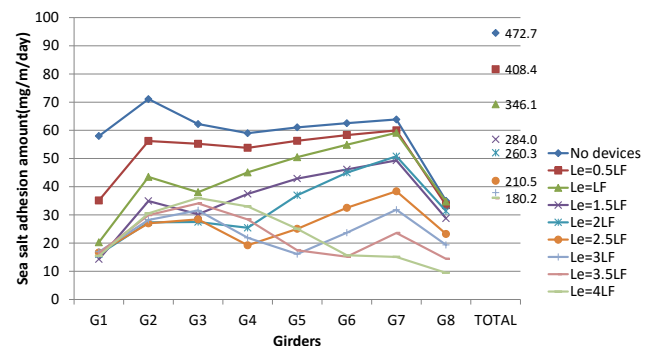


図1 対象橋梁の基本断面図

図2 G1に長さ Le の鉛直板を設置した橋梁断面図図3 基本断面及び Le の長さを変化させた橋梁断面における各桁の付着量の比較

3. 付加部材の設置による付着量の低減 付着量の低減にあたり、各桁の付着量を、降雨による洗浄を考慮しない場合の基本断面の総付着量をもとに、その50%を8主桁で等分した34.74 mg/m/day以下にすることを目標とした。まず、上流側の桁から順にG1~G8と呼び、図2のようにG1に鉛直板を設置した。長さ Le を変化させた解析結果を図3に示す。総付着量は $Le=0.5 \sim 2.5LF$ までは順調に減少し、それ以降は変化が小さくなることから、 $Le=2.5LF$ の場合にG7以外の桁の付着量が目標値以下であることから、 $Le=2.5LF$ を最適値とした。基本断面と $Le=2.5LF$ のG2~G5における風速ベクトル図を図4

に示す。鉛直板を設置することで風の剥離が生じ、付着量増加の原因となる回転流れが剥離層内において抑制されたことで付着量が減少したと考えられる。

次に、鉛直板の長さを短くするために、図5のようにスリットを設けた。スリット長さ L_s を変化させた解析結果を図6に示す。 $L_s=1.5LF$ の場合に、G1の付着量は増加するものの、G1~G4の付着量が目標値以下であることから、 $L_s=1.5LF$ を最適値とした。

最後に、図7のようにG6とG7の桁間中央部に鉛直板を設置した。長さ L_c を変化させた解析結果を図8に示す。 $L_c=0.4LF$ の場合に全桁の付着量が目標値前後になることが分かる。 $L_c=0$ と $L_c=0.4LF$ のG6・G7における風速ベクトル図を図9に示す。桁間鉛直板を設置することで、その下流側の桁周りの風速が変化し、付着量が減少したと考えられる。以上の結果から、橋梁の最適な位置に付加部材を設置することで、総付着量を基本断面の50%に抑え、かつ各桁の付着量を均一化できることが示された。よって、これらの検討は橋梁の維持管理に生かすことができると考えられる。

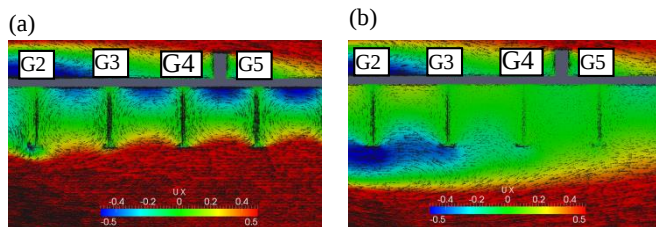


図4 (a) 基本断面及び (b) $Le=2.5LF$ の橋梁断面における風速ベクトル図

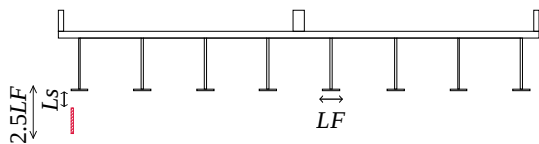


図5 G1に長さ L_s のスリットを設けた鉛直板を設置した橋梁断面図

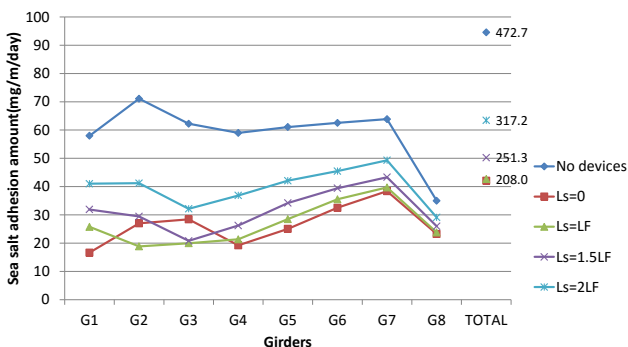


図6 基本断面及び L_s の長さを変化させた橋梁断面における各桁の付着量の比較

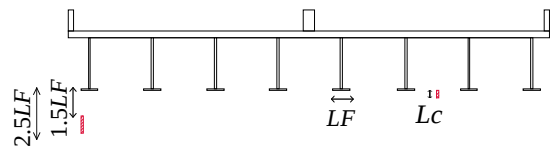


図7 G6とG7の桁間中央部に長さ L_c の鉛直板を設置した橋梁断面図

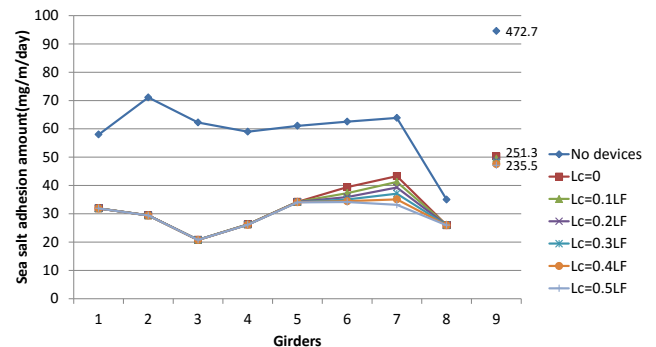


図8 基本断面及び L_c の長さを変化させた橋梁断面における各桁の付着量の比較

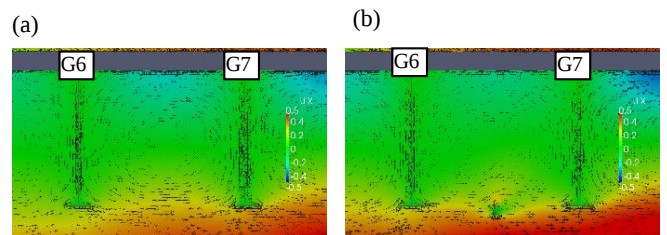


図9 (a) $L_c=0$ 及び (b) $L_c=0.4LF$ の橋梁断面における風速ベクトル図

4. 結論

- 1) 最上流側の桁に鉛直板を設置することで、総付着量が減少する
- 2) 最上流側の桁に設置する鉛直板の長さを短くするという点において、スリットを設けた方が望ましいといえる
- 3) 桁間中央部に鉛直板を設置することで、その下流側の桁の付着量が減少する
- 4) 橋梁の最適な位置に付加部材を設置することで、総付着量を基本断面の50%に抑え、かつ各桁の付着量を均一化できる

謝辞 本研究の一部はJSPS 科研費 15H02261 の助成を受けたものである。ここに記し謝意を表する。

参考文献

- [1]金城ら，第23回風工学シンポジウム論文集 511-516，2014
- [2]野口ら，構造工学論文集 Vol.60A，613-621，2014