空気力学的対策による橋梁各部材への海塩粒子付着量低減に関する研究

京都大学大学院工学研究科　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　橋梁の鋼材の腐食因子の一つとして海塩粒子の付着が挙げられ，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．対象橋梁は，図 1 に示すように都市高速道路において一般的な 8 主桁で構成された二次元桁断面とし，これを基本断面とした．橋梁周りの風速は CFD によって解析し，また付加部材の設置にあたり以下の点を考慮した．

- 付加部材の設置箇所を可能な限り少なくする
- 各付加部材の長さを短くする
- 橋梁への総付着量を低減させる
- 橋梁のメンテナンスは全桁において同時期なため，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-ε 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/m^2] が慣性衝突と拡散運動の和によるとしたものであり，式(1)で表される．

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

ただし，C は大気中塩分濃度 [mg/m^3]，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 $(=1.5\times10^{-5})$ [m^2/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．

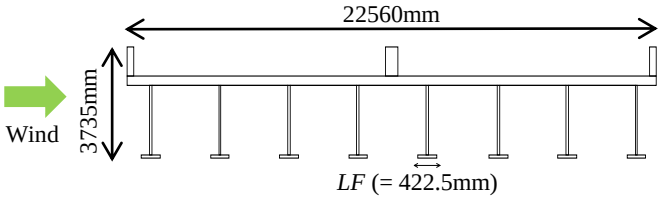

図 1　対象橋梁の基本断面図

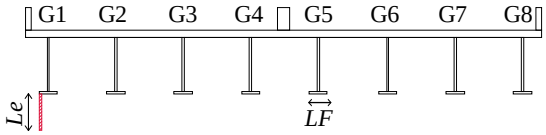

図 2　G1 に長さ Le の鉛直板を設置した橋梁断面図

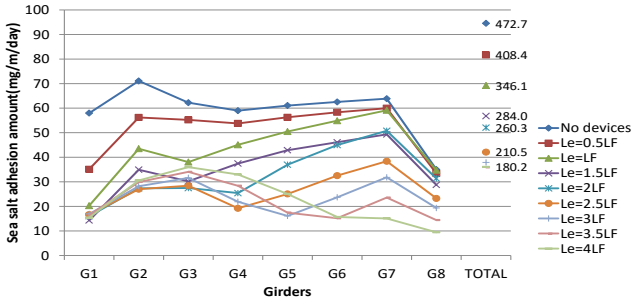

図 3　基本断面及び Le の長さを変化させた橋梁断面における各桁の付着量の比較

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 前後にすることを目標とした．まず，図 2 のように上流側の桁から順に G1~G8 と呼び，G1 に鉛直板を設置し，その長さ Le を変化させた．解析結果を図 3 に示す．ただし，LF はフランジ長さである．総付着量は Le=2.5LF までは Le が大きくなるにつれて減少し，それ以降は変化が小さくなることが分かる．Le=2.5LF で 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 を以降の検討に採用した．基本断面と

キーワード　腐食，海塩粒子，CFD，濃度フラックス
〒615-8540　京都市西京区京都大学桂 C1 棟　京都大学大学院工学研究科社会基盤工学専攻構造工学講座構造ダイナミクス分野

Le=2.5*LF* の橋梁断面における G1~G4 周辺の風速ベクトル図を図 4 に示す．鉛直板を設置することで流れの剥離が生じ，付着量増加の原因となる桁間回転流れが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，その長さ *Ls* を変化させた．解析結果を図 6 に示す． スリットを設けることで G1 の付着量は増加するものの，*Ls*=1.5*LF* までは上流側の桁の付着量が目標値以下であることから，*Ls*=1.5*LF* を以降の検討に採用した．

最後に，G6・G7 の付着量を減少させるために，図 7 のように G6・G7 の桁間中央部に鉛直板を設置し，その長さ *Lc* を変化させた．解析結果を図 8 に示す．*Lc*=0.4*LF* で全桁の付着量が目標値前後になることが分かる． *Lc*=0 と *Lc*=0.4*LF* の橋梁断面における G6・G7 周辺の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桁間回転流れが抑制され，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．実際には付加部材の設置に関する制約条件などを考慮する必要があるが，比較的簡易な付加部材で，総付着量低減に大きな効果を見込むことができるといえる．

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) 上流側の桁の付着量が一定値以下であることから，最上流側の桁に設置する鉛直板にスリットを設けることが可能であるといえる．
3) 下流側の桁において，桁間中央部に鉛直板を設置することでその両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

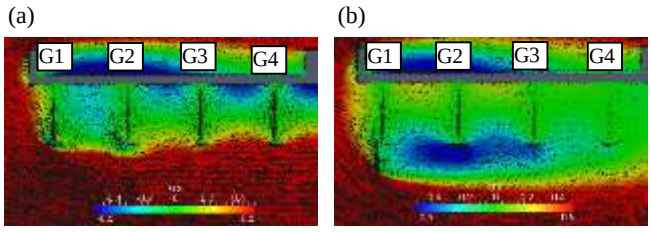

図 4　(a) 基本断面 及び (b) *Le*=2.5*LF* の橋梁断面における風速ベクトル図

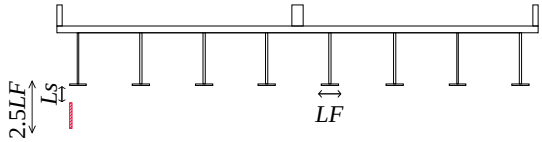

図 5　G1 に長さ *Ls* のスリットを設けた鉛直板を設置した橋梁断面図

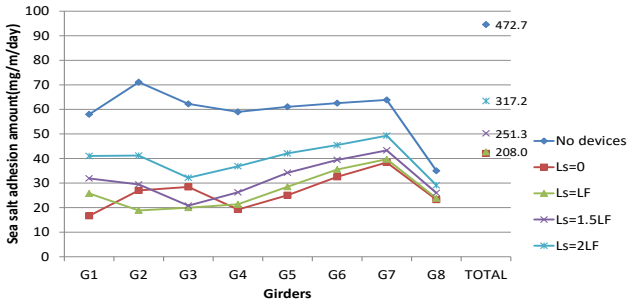

図 6　基本断面及び *Ls* の長さを変化させた橋梁断面における各桁の付着量の比較

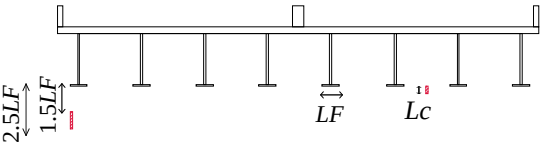

図 7　G6 と G7 の桁間中央部に長さ *Lc* の鉛直板を設置した橋梁断面図

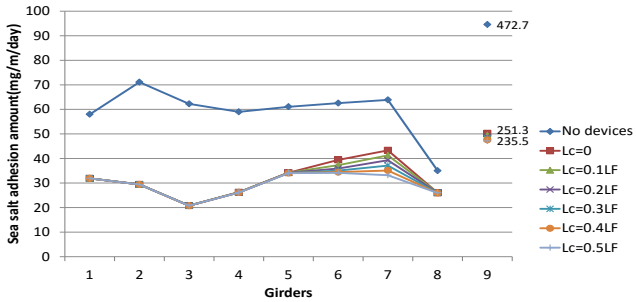

図 8　基本断面及び *Lc* の長さを変化させた橋梁断面における各桁の付着量の比較

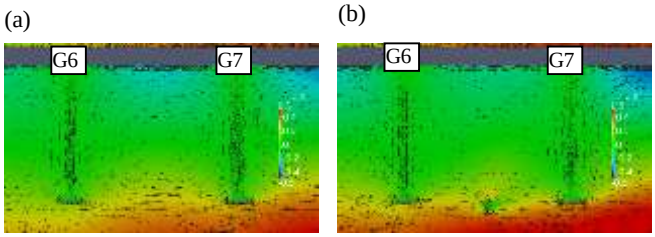

図 9　(a) *Lc*=0 及び (b) *Lc*=0.4*LF* の橋梁断面における風速ベクトル図