# 飛来塩分の橋桁への付着挙動のシミュレーション

名古屋工業大学　フェロー　小畑誠
名古屋工業大学　学生員　渡辺 和明，正会員　永田和寿
福井県　正会員　宮本重信

## １．はじめに

腐食に対する鋼構造物の効果的な維持管理のひとつの方法として，著者らは橋梁洗浄の方法について検討を進めてきた．これは飛来塩分の多い沿岸部では橋桁に付着する塩分が腐食の大きな要因になっていることから，これを定期的な洗浄により洗い流し塗装劣化を防ぐものである．効果的な洗浄を行うためには，飛来塩分の付着部位などの付着挙動をあらかじめ明らかにしておくことが望ましい．付着挙動は橋梁地点での飛来塩分量だけではなく塩分粒子が空気中を浮遊している以上，局所的な空気の流れに依存するものである．著者らはこの点について数値流体解析による予測について検討をしてきた[1)]．本研究では解析結果と実測データとの比較を試みたのでここに報告する．

## ２．解析対象と手法

解析対象は著者らが橋梁洗浄の試験対象としている三国大橋（福井県坂井市，北緯 36°10’，東経 136°9’）であり，2008 年 12 月より腐食環境調査を行っている．数値解析には汎用の数値熱流体解析プログラムである STAR-CDVer.4.08[2)]を用いた．解析領域は数値計算上の負担を軽減するために橋桁の断面を２次元状のものとして解析した．セル分割および境界条件の詳細を図 2 に示す．セル分割は桁表面付近での無次元化壁距離がほぼ 300 以下になるように行った．面 AB が流入境界，面 CD が流出境界，面 BC はなめらかな境界，面 AD は地面に相当する摩擦境界としている．また橋桁は流入及び流出境界に影響が十分に小さくなる領域に設置した．乱流モデルとしては高レイノルズ数 k-ε モデルをとし，乱流強度としては 0.1，乱流混合長は 2.4 程度とした．なお空気および飛来塩分粒子の物性については表 1 にまとめる．空気の温度は 300K，湿度は 0%としているが数値計算上，温湿度は付着性状にほとんど影響がないことは既に確認している．浮遊粒子の壁面への付着については接触すればその点で捕捉されるものとし，かつ離脱は考慮していない．

飛来海塩粒子を想定した微細粒子は左側の流入境界から空気とともに１秒間隔で 100 単位を流入面から均等に流入させた．解析時間は 80 秒間である．既に著者らは図 1 のような断面を持つ場合には流入風速を一定とした場合とある程度の変動を与えた場合では浮遊粒子の桁面への付着挙動が大きく異なることを示している．いくつかの実測の風速変動に対して解析をおこなったが，その中では粒子の桁面への付着挙動に大きな差はなく，また別途行った周期 5 秒で±1m/s の正弦波で風速変動を与えた結果と比較しても少なくとも粒子の

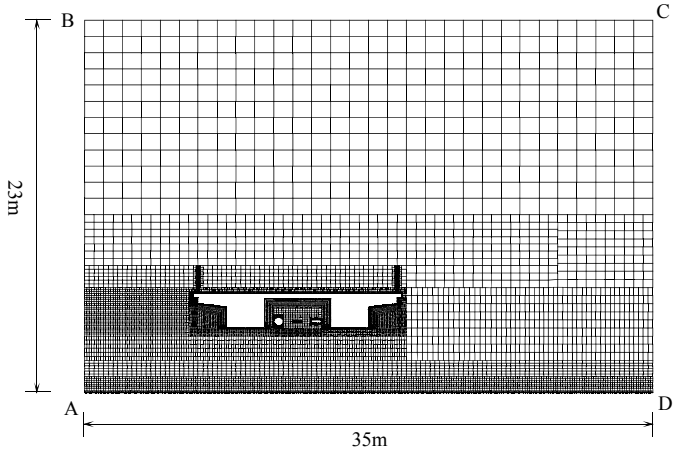



**図 1 解析領域**

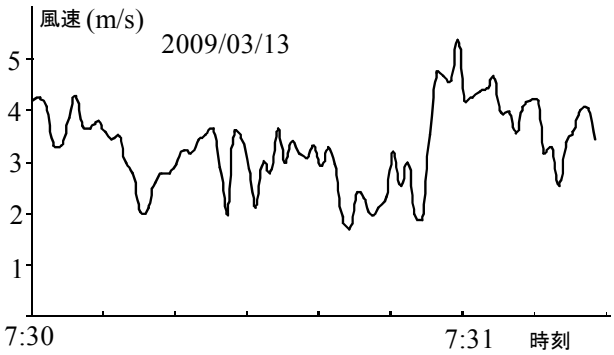



**図 2 風速変動の例**

キーワード：環境シミュレーション，維持管理，数値流体解析
連絡先　　〒466-8555 愛知県名古屋市昭和区御器所町 名古屋工業大学

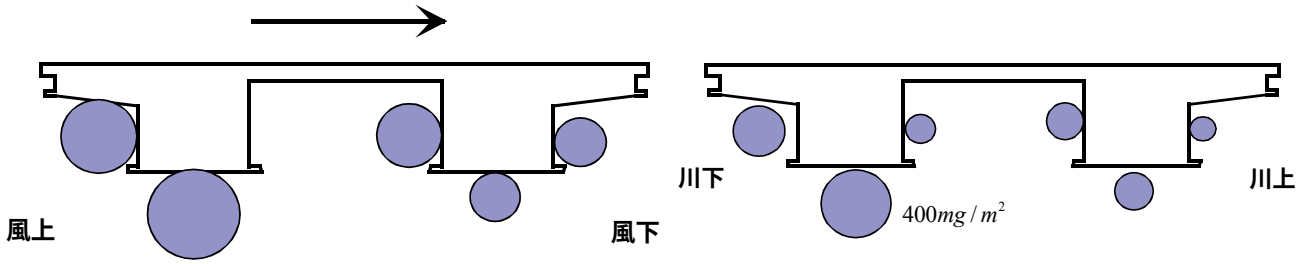
**表 1 解析条件**

| | |
|---|---|
| 粒径 | $10\,\mu m$ |
| 粒子密度 | $2.2\times10^3\ kg/m^3$ |
| 空気の密度 | $1.2\,kg/m^3$ |
| 粒子の流入個数 | 5/m/sec |
| 流入風速 | 3～7(m/s) |
| 風速変動量 | $\sin(2\pi T/T_0)$ (m/s), $T_0=5\,\mathrm{sec}$ |

**表 2 解析結果**

| 例 | 流入部平均風速 (m/s) | 部位（個数） | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | A | B | C | D | E | F |
| (a) | 3.00 | 10 | 0 | 4 | 1 | **20** | 5 |
| (b) | 5.00 | 6 | 0 | 5 | 0 | **23** | 6 |
| (c) | 7.00 | 9 | 0 | 7 | 3 | **24** | 14 |
| (d) | 3.00* | 11 | 0 | 8 | 5 | **16** | 5 |
| (e) | 5.00* | 10 | 2 | 6 | 1 | **25** | 8 |
| (f) | 7.00* | 13 | 3 | 5 | 4 | **31** | 5 |
| (g) | 3.33* | 11 | 0 | 6 | 4 | **13** | 9 |

***変動あり，**実測値（図 2)による．**




**(a)付着粒子の個数の部位による比較（表 2 例(g)による）　　(b)観測された付着塩分量の分布**

**図 3 解析結果と観測値との比較**

付着位置についての挙動は同等と見なせるものであった．実際の風速変動をどのように代表させるかについては検討を要するが，以下では上述の正弦波で変動を代表させる．

## 3　解析結果と考察

表 2 は解析の結果，桁の各部位に付着した粒子の数をまとめたものである．これらの結果は最も付着数が多いのは風上側の箱桁下面(E)および風上側のウェブ(A，D)であり，ついで風下側の箱桁下面であることを示している．なお，これらの付着数は一定時間内にある断面を通過する粒子数が同じである場合の桁面への付着量の比較である．実際には通過する粒子数は風速に依存するので付着する絶対量は風速により大きく異なることに注意しなければならない．解析結果と実測値との比較を行ったのが図 3 である．実測値としてはACMセンサによる推定値を与えた. ACMセンサは2009年11月下旬に新たに設置したもので2010年 2 月時点での値をもとに塩分量を推定している．外側のウェブ上の観測地が小さいのは雨水による洗い流しの効果と思われる．解析値はわずか 80 秒間のものではあるが，少なくとも観測値でも示されている箱桁下面での付着量が多いという傾向は捉えている．さらに詳細には当該地点の風向，風向毎の飛来塩分量を考慮して付着塩分量を推定することになるが，少なくとも相対的な付着塩分量について効果的な橋梁洗浄のために有用な結果を与えているものと思われる．

参考文献

1) 小畑 誠，長谷川 高士，永田 和寿，後藤 芳顯，固気２相流解析による飛来塩分の付着シミュレーション，構造工学論文集 Vol.54A, 2008
2) StarCD Version4.08，マニュアル, CDAdapco, 2009