

土研式捕集タンクへの浮遊粒子の付着挙動の数値シミュレーション

名古屋工業大学 ○小畑 誠

フェロー会員

1 はじめに

鋼橋においては腐食環境を正しく評価することが、適切な維持管理を行っていく上で重要である。我が国の沿岸部の橋梁では腐食環境に大きな影響を与える要因として海上から飛来する塩分粒子がある。この塩分粒子量の測定方法としてはドライガーゼ法(JIS Z2382)や土研式捕集法が多く用いられており、すでに観測データの蓄積が見られる。これらの方法は捕集の原理が単純であり、時間はかかるものの実施が比較的容易であるという利点がある。しかし、その観測値は空気中の浮遊粒子の濃度のみならず、風向、風速にも依存しているため、この観測結果から形状の複雑な現実の構造物に付着する塩分粒子の影響を推定することは必ずしも簡単ではないと思われる。構造物への影響を詳細に検討するには浮遊塩分量を得ることが合理的と考えられるが、現在有力な飛来塩分量の数値解析法では浮遊塩分濃度が得られるに過ぎず、既にある捕集タンクのデータとの関連性が明確ではない。この関連性があきらかになればこれまでに蓄積された観測データの利用価値も高まるものと思われる。そこで本研究では既にある捕集タンクの観測量と浮遊塩分濃度の関係を推定することを目的に数値解析による考察を行った。

2 土研式捕集タンクへの浮遊粒子の付着解析

空気中に浮遊する粒子が風の流れによって捕集タンクにどのように捕捉されるかを数値流体解析によりシミュレーションを行う。解析領域と境界条件を図1に示す。この領域は、捕集タンク周辺の空気の流れが影響しない程度の大きさとした。捕集タンクについては過去に著者らが実測に用いたものを参考に細部も含めて決定した。上面および側面は摩擦無し、タンク表面および地面を想定した底面は摩擦有りの壁面境界とした。流入境界面より塩分粒子に見立てた固体粒子を流速に合わせて射出し捕集タンク内の捕集面への粒子の付着挙動を検討する。なお、解析にあたっては汎用の数値流体解析プログラム StarCD4.08 を用い、対称性を利用し領域の半分を解析対象とした。乱流モデルには高レイノルズ数型 $k-\epsilon$ 乱流モデルを使用した。セル分割を図2に示すが、壁面近傍についてはこの乱流モデルの使用条件を概ね満足するように行っている。浮遊粒子と気体との相互作用の取り扱いおよび壁面への付着については文献1) にならった。解析間隔は45秒とし、捕集器付近の空気の流れが安定した10,12,14秒後から30秒間図1の斜線で示した粒子流入境界より一定時間ごとに単位面積あたり約3000個の粒子を空気中の粒子濃度が単位体積あたり約850個になるように流入させる。この流入範囲は粒子の捕集タンクへの付着数に影響を及ぼさない程度の大きさとした。主要な解析条件について表1にまとめる。乱流強度や混合長の値については幅を持たせて考慮している。

3 解析結果と考察

解析結果はそれぞれの場合の平均値を捕捉率でまとめて表2に示す。また粒子付着の様子の一列を図3に示す。ここで捕捉率とは質量に関するものではなく捕集器の捕集板に付着した粒子数の捕集板の面積部分を仮想的に通過する粒子数の割合として定義している。これからわかるようにこの解析では粒子数レベルでの捕捉率は非常に小さく大き

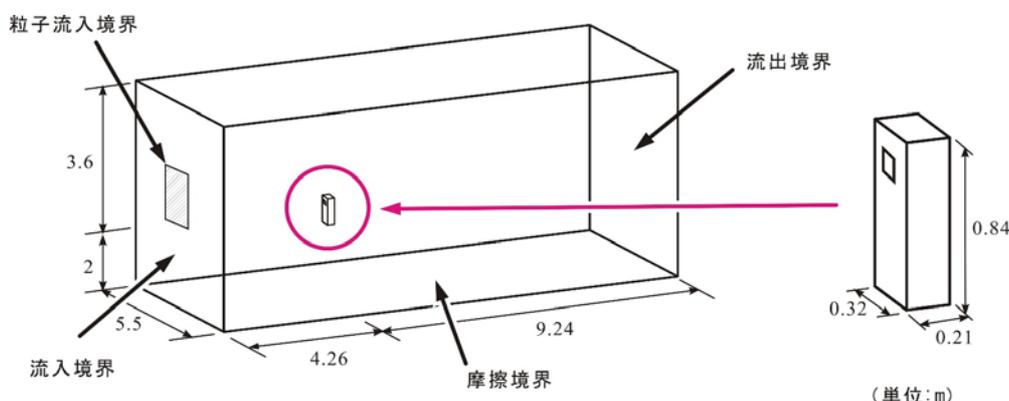


図1 解析領域と境界条件

キーワード：環境シミュレーション，飛来塩分量，維持管理

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

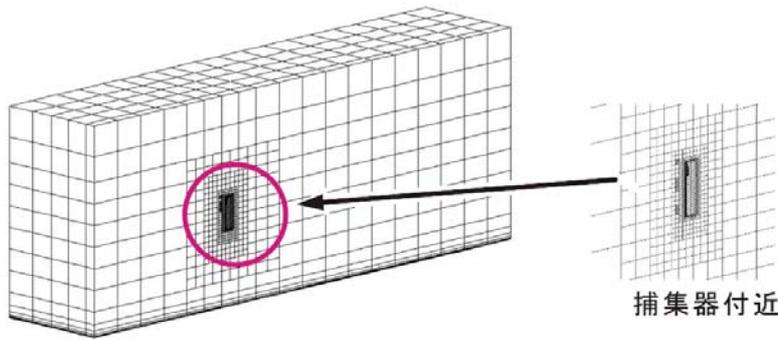


図2 セル分割

表1 解析条件

パラメータ	値
流入風速 (m/s)	1,4,7,10
粒径 (μm)	10,5,1
粒子密度 (kg/m^3)	2200
乱流強度	0.15,0.10,0.05
混合長 (m)	0.2,0.08
空気密度 (kg/m^3)	1.20

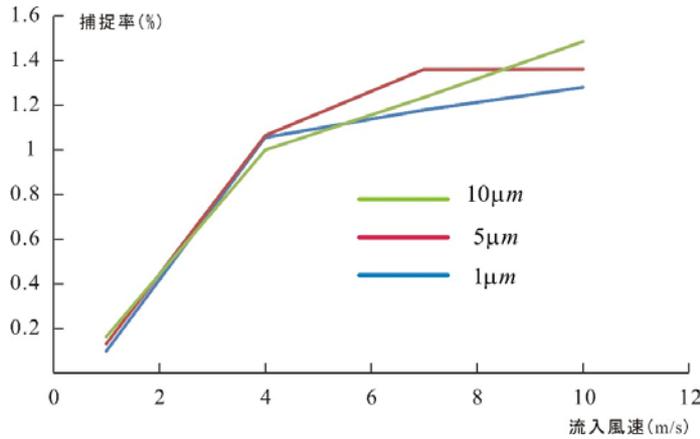


図3 捕捉率と流入風速の関係

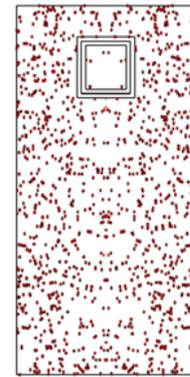


図4 粒子付着の一例 (点が付着粒子)

い場合でも 1.5%程度となっている．この範囲では粒径の影響はほとんどみられない．浮遊塩分粒子の個数の粒径分布は粒径の小さいものほど大きいですが，質量で見ると 5~10 μm にピークを持つ分布をすることが知られている．本解析の結果では捕捉率は粒径には大きくは依存していないので結局，実際に観測される質量に関する捕捉率も個数に関する捕捉率と同じものとして考えることができる．詳細にみると風速に対する依存性ももっとも大きく，流入風速が 10m/s のときの捕捉率は 1m/s の場合の約 10 倍にもなっている．これは数値解析では風速が大きい方が壁に衝突しやすいからと思われる．また，本解析では乾燥粒子の密度を仮定しているが，湿度 80%時の密度でもいくつかの例で解析を行ったがほとんど差がみられなかった．以上から付着率にもっとも影響するのは風速であると考えられる．したがって空気中の塩分粒子濃度が同じであっても風の弱い地域では観測値が小さくなることになる．

次に実際に著者らが 2010 年 11 月から 2 ヶ月間，福井県坂井市 (E136.156, N36.185) において実施した土研式捕集タンクによる観測値をもとに，気象解析プログラムによって推定した浮遊塩分粒子量，風速，風向から求めた質量あたりの捕捉率を求めると，それらは北西からの塩分を含む季節風に対して風上側を向けて設置した下流側で 30%，反対の上流側で 15%程度となった．数値解析にあたっては WRF-Chem Ver.3.4 を用い地形および土地利用データは国土地理院のものを用いた．風速と捕捉率との対応関係は説明がつくが，捕捉率の絶対的な値については解析プログラムで推定される浮遊塩分粒子量や風向，風速の精度に一定の幅があることを考慮しても，数値解析から推定される値とはかけ離れたものになっている．数値解析においてタンクの外面への単位面積あたりの付着数が捕集面の 5 倍以上にも達することを考えると，当該モデルでの捕集器の密閉度が高すぎる等の問題が考えられる．

4 まとめ

浮遊塩分量と捕集タンクの観測量との関係をあきらかにすることを目的に簡単な仮定のもとでの数値解析を行った．捕捉率が主として風速に依存していることがあきらかになった．ただ，観測値から推定される捕捉率とは大きくかけはなれており，数値モデルのさらなる検討が必要である．

参考文献

1) 小畑他，構造工学論文集，Vol.54A, 2008

謝辞：数値計算をまとめるにあたっては今枝卓也氏の協力を得た．ここに感謝する．