

数値流体解析を用いたガーゼ繊維による塩分粒子捕集効率の推定

京都大学 学生会員 ○坪倉 佑太

京都大学 正会員 野口 恭平

京都大学 正会員 八木 知己

1. 緒言

塩分は鋼材の腐食を促進する因子の1つであるため、橋梁の維持管理に際しては、架橋地点の塩分環境を正確に評価する必要がある。日本国内における飛来塩分量の観測方法としては、JISで規定されたドライガーゼ法（以下、ガーゼ法）がよく使用される。ガーゼ法は木枠にガーゼをはめ込んだ装置を屋外に暴露し、ガーゼによって塩分粒子を捕集する簡便な観測法である。しかし、ガーゼ法による塩分粒子の捕集効率については、観測に基づいて推定しようとする試みは存在するものの¹⁾、十分に明らかになっていない。この原因として、ガーゼ法捕集装置自体が接近流を乱し、粒子が捕集装置を迂回するように移動する効果と、捕集部がガーゼであることから、一部の粒子がガーゼをすり抜ける効果が考えられる。つまり迂回効果に起因する捕集効率を α 、ガーゼ部そのものの捕集効率を β とすれば、ガーゼ法で得られる飛来塩分量 Q [mg/dm²/day]と大気中の塩分濃度 C [mg/m³]、およびガーゼ法の捕集効率 γ の関係は以下のように表される。

$$Q = \frac{1}{T} \int_T \gamma C U A dt \quad \gamma = \alpha \beta \quad (1)$$

T : 観測日数 [day], A : 主流方向のガーゼ投影面積 [m²], U : 接近風速 [m/s]である。 α および β は、接近風速や風向によって変化すると予想される。著者らは、これまでにCFDを用いて、迂回効果に起因する捕集効率 α の検討を行い、捕集効率が風速、風向および塩分粒子径によって変化することを明らかにした²⁾。本論では、ガーゼ繊維による捕集効率 β を、CFDによるガーゼ繊維を模擬した円柱周りの流れ場解析、および粒子飛散解析に基づいて検討し、ガーゼによる捕集効率と接近風速、塩分粒子径の関係について明らかにする。

2. 数値解析手法

本研究では、ガーゼ繊維を円柱と仮定し、円柱周りの流れ場中で粒子飛散解析を行うことによって、ガーゼ繊維による塩分粒子の捕集効率を推定する。ガーゼによる捕集効率は、ガーゼの繊維径や繊維間距離によって変化するものと思われるが、本研究では一般的な医療用ガーゼを想定し、繊維径0.2 mm、繊維間距離0.7 mmの平織りガーゼを対象とする。Fig. 1に円柱周りの流れ場解析領域を示す。流れ直交方向の長さを $4.5D$ とし、さらに上下境界を対称境界とすることで、隣接するガーゼ繊維の影響を考慮している。尚、円柱が $4.5D$ の間隔で一列に複数配置された場合の解析を別途実施し、単独円柱に対して解析領域の上下境界を対称境界とした場合と同様の流れ場が得られることを確認している。また、流れ直交方向の長さを $10D$ とし、隣接繊維の影響

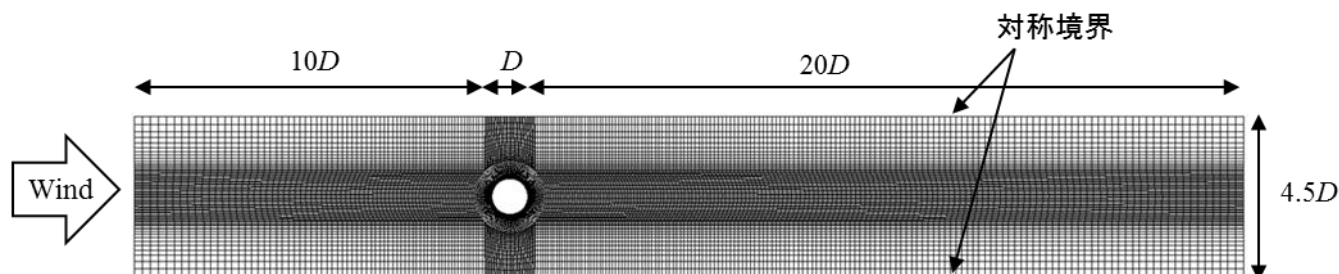


Fig. 1 円柱周りの流れ場解析領域（二次元解析）

キーワード ドライガーゼ法, 飛来塩分, 数値流体解析, 捕集効率, 粒子飛散解析

連絡先 〒615-8540 京都市西京区京都大学桂 C1-457 京都大学大学院工学研究科社会基盤工学専攻 TEL 0753833170

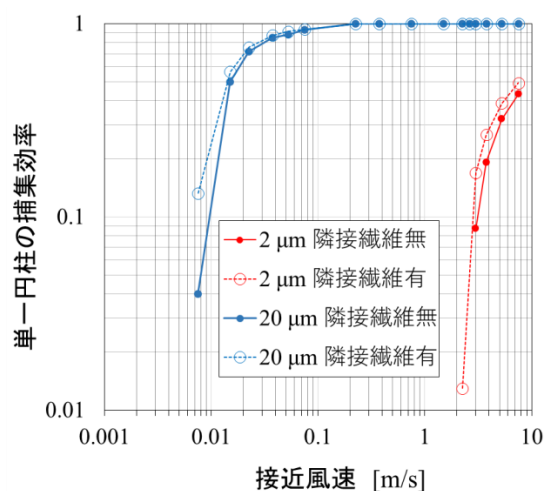
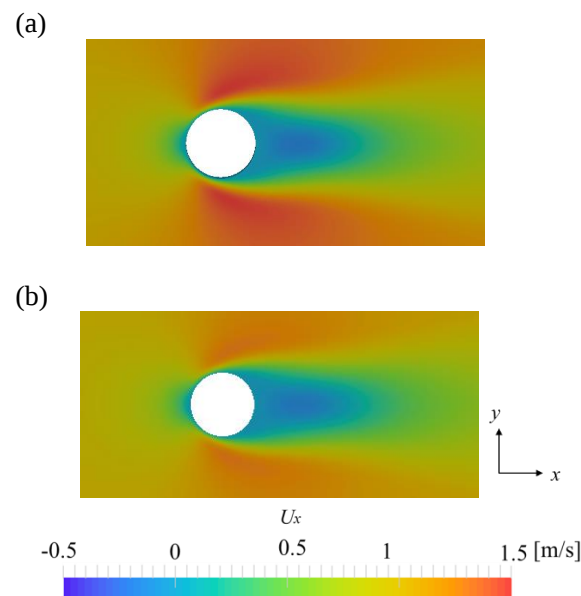


Fig. 2 円柱による粒子の捕集効率

Fig. 3 円柱周りの主流風速コンター ($Re = 100$)
(a) 隣接繊維有り, (b) 隣接繊維無し

響がない状態での円柱による捕集効率も別途算出し、隣接繊維の影響を検討する。流れのレイノルズ数 Re ($= UD/\nu$) は、 $Re = 0.1-100$ までの間で変化させた。これは、実風速で $0.0075-7.5$ m/s に対応している。また、塩分粒子径は既往の研究結果を参考に、 $2\ \mu\text{m}$ および $20\ \mu\text{m}$ の2ケースとした³⁾。尚、流れ場解析において乱流モデルは使用せず、 $Ut/D = 400$ まで計算を行った。また、円柱表面に到達した塩分粒子は全て捕集されるものとし、一度捕集された粒子の離脱はないものとした。

3. 円柱による捕集効率算出結果

Fig. 2 に円柱による粒子の捕集効率の算出結果を示す。ここで、捕集効率とは、円柱によって捕集された粒子量を円柱投影面積内を飛来する粒子量によって除した値である。捕集効率は風速および粒径の増大によって上昇しているが、これは粒子に作用する慣性力が上昇することと対応している。すなわち、粒子に作用する慣性力が増大することで、粒子が円柱の剥離流れに乗ることなく円柱表面に到達する割合が上昇したといえる。次に隣接繊維の影響について検討すると、隣接繊維の影響を考慮したケースの方が隣接繊維の影響を考慮していないケースと比較して、捕集効率が高いことが明らかとなった。この原因を探るため、Fig. 3 に隣接繊維の影響を考慮した場合と考慮していない場合の円柱周りの主流風速コンターを示した。この流れ場解析結果によると、隣接繊維の影響を考慮することで円柱近傍での主流方向風速が上昇していることが確認できる。この効果によって、粒子に作用する慣性力が増大し、隣接繊維を考慮しない場合と比べて捕集効率が上昇したといえる。尚、本論では、ガーゼ繊維が一方向にのみ配合されている場合を想定して、円柱による捕集効率を推定したが、実際のガーゼでは繊維が縦横十字状に配合されており、この影響についても今後検討する必要がある。

4. まとめ

本研究ではガーゼ法の捕集効率を算定することを目的として、ガーゼ繊維による塩分粒子の捕集効率をCFDを用いて検討した。ガーゼ繊維による捕集効率は、風速および塩分粒子の粒径によって変化するほか、隣接繊維の影響を受けることが明らかとなった。今後の研究展開としては、ガーゼ繊維の縦横の繊維配合を考慮した場合の捕集効率について検討する必要がある。

謝辞 本研究の一部は JSPS 科研費 18K13820 の助成を受けた。また、本研究の一部は京都大学学術情報メディアセンターのスーパーコンピュータを利用して実施した。

参考文献 1) 小畑ら：構造工学論文集, Vol.60A, 596-604, 2014. 2) 坪倉ら：第25回風工学シンポジウム論文集, 157-162, 2018. 3) 加藤ら：農業気象, Vol.57, No.2, 79-92, 2001.