

数値流体解析によるドライガーゼ法の塩分捕集効率の検討

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。装置の作製が容易であり、観測実績も豊富である。しかし、ガーゼ法はその捕集効率が明らかになっておらず、真の飛来塩分量を獲得できているのかも不明である。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]. 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。本研究では、これら2つの要素を数値流体解析 (CFD) を利用して検討し、ガーゼ法の捕集効率を算出することを目的とする。ただし本稿では、ガーゼ部の捕集効率 β に関しては、紙面の都合上検討内容の詳細は割愛し、粒子の迂回効果について述べることにする。尚、ガーゼ部の捕集性能については、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を実施し、風速および塩分粒子径によって変化することが明らかとなった。

2. 粒子の迂回効果の検討 ガーゼ法捕集装置近傍での粒子の迂回効果を検討するため、まずガーゼ法捕集装置周りの非定常流れ場をOpenFOAMを用いたLESによって算出した。尚、ガーゼ部は、ガーゼ部に流入する気流に対して抵抗を与える多孔質体モデル¹⁾によってモデル化した。ガーゼの抵抗値については、気流がガーゼを通過する際に生じる圧力損失値の測定およびガーゼ法捕集装置周りの流れ場可視化実験を別途行い、それに基づいて定めた。Fig. 1に流れ場計算領域を示す。尚、ここではガーゼ法木枠外径を D (=150 mm)としている。流入風は一様流とし、0.5, 1, 3, 5 m/sの4ケースとした。また、ガーゼに対して風が直交する場合を0°として、22.5°, 45°, 67.5°と4ケースの風向について解析を行った。乱流モデルとして標準Smagorinskyモデル (Smagorinsky定数: 0.12)を使用した。Fig. 2に流れ場解析結果の一例として、風向0°, 接近風速3 m/sのケースの無次元時間 $Ut/D = 400$ の風速コンター図を示す。ガーゼ法捕集装置近傍で徐々に風速が低下し、ガーゼ部を風が通過することが分かる。捕集装置近傍では速度ベクトルが捕集装置を避けるように変化しており、上流から輸送される塩分粒子の一部はこの流れに乗ることで、捕集装置を避けるように流下することが予想される。続いて、得られたガーゼ法捕集装置周りの流れ場中で粒子追跡を行い、捕集装置上流より飛来

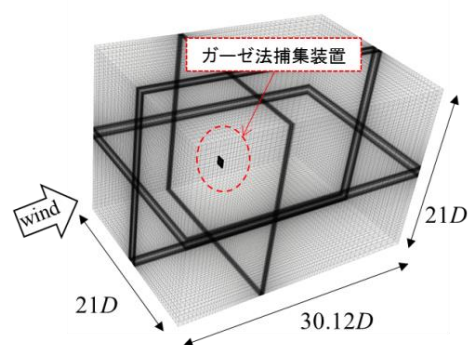


Fig. 1 流れ場の計算領域

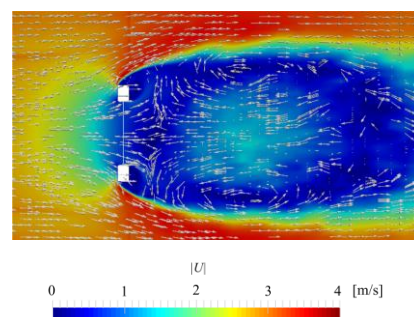


Fig. 2 風向0°, 風速3 m/sの風速コンター図

キーワード ドライガーゼ法, 飛来塩分, 数値流体解析, LES, 維持管理

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

する粒子のガーゼ部への到達割合を算出した。Fig. 3 に粒径 $20\ \mu\text{m}$ の粒子のガーゼ部への到達割合の算出結果を示す。接近風速と到達割合の関係を見ると、全ての風向において、接近風速の増大に伴って到達割合も上昇している。これは、風速が大きいほど粒子に働く慣性力が大きくなることで、ガーゼ法捕集装置を迂回するように変化する気流に乗ることなく、ガーゼ部へ到達する粒子が増加するためである。風向の増大によっても粒子の到達割合は上昇しているが、これは風向が大きくなると気流がガーゼ法捕集装置に沿うように流下し、風向が小さい場合に比べて気流がガーゼ法捕集装置上流で大きく変化しないためであると考えられる。以上より、粒子の迂回効果は、風速、風向によって変化するものであることが明らかとなった。

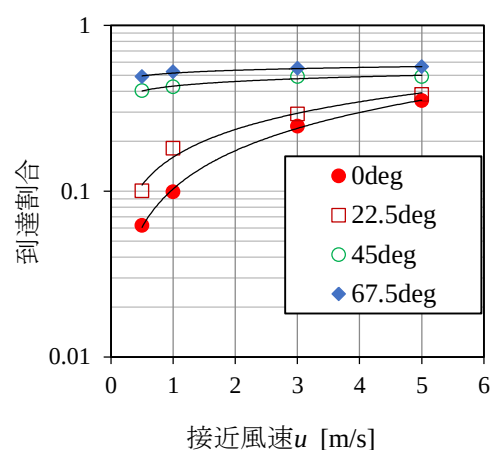


Fig. 3 粒子のガーゼへの到達割合

3. 飛来塩分量の観測値と計算値の比較

比較 本研究で導出したガーゼ法の捕集効率の妥当性を検証するため、沿岸部においてガーゼ法による飛来塩分量観測を実施し、得られた観測値と(1)式を基に算出した計算値を比較した。尚、(1)式中の接近風速 u として三杯式風速計による 10 分毎の計測データを使用した。また、

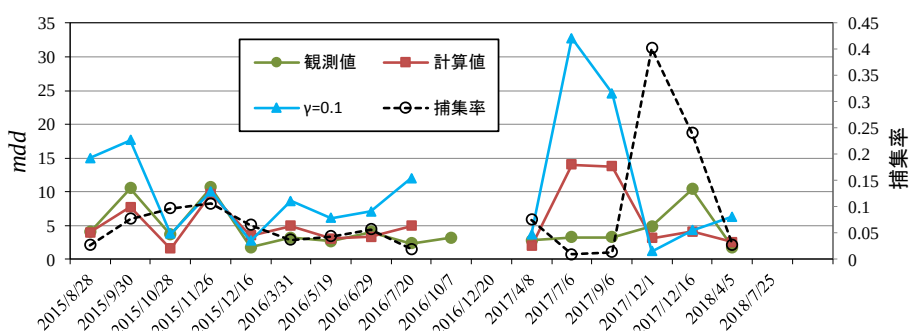


Fig. 4 飛来塩分量の観測値と計算値の比較

大気中塩分濃度 C は、野口ら²⁾によって考案された円筒型飛来塩分捕集器によって観測された値を用いた。尚、大気中塩分濃度 C は時々刻々変化するものと思われるが、この装置で得られる大気中塩分濃度のデータは、観測期間内の平均値であることを注記しておく。また、飛来塩分粒子の粒径は $20\ \mu\text{m}$ ³⁾と仮定した。Fig. 4 に観測値と計算値の比較結果を示す。図中には、捕集効率を 10% で一定とした場合の飛来塩分量の計算値、および観測期間ごとの捕集率も示している。観測値と捕集効率式による計算値は、観測期間によって多少の差異はあるものの、その観測期間に対する変動の様子は、非常に似たものとなっている。また、ガーゼ法の捕集効率を 10% とした場合の計算値の観測期間に対する変動の様子は、本研究で導出した捕集効率をもとに計算した結果に比べて、観測値との対応が良くない。図中に併せて示したように、ガーゼ法の捕集率は観測期間によって変動しており、ガーゼ法の捕集率は本研究で提案した捕集効率式のように、風速や風向によって常に変化する変数であり、一定値に定まるものではない。尚、ガーゼ法は架橋地点に 1 か月程度設置するため、塩分粒子などの大気中の浮遊物が多量に付着することが予想される。この大気中の浮遊物の付着によるガーゼ法の捕集率の経時変化については現時点で考慮できておらず、今後の検討課題である。

4. まとめ 本研究ではガーゼ法の捕集効率を数値流体解析を用いて検討し、ガーゼ法の捕集効率が風況によって変化する変数であることを明らかにした。また、本研究で導出した捕集効率をもとに算出した飛来塩分量の計算値は、観測値と多少の差異はあるものの、観測期間に対する変動を概ね再現できており、その妥当性が確認された。

謝辞 本研究の一部は JSPS 科研費 15H02261 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) 坪倉ら：第 25 回風工学シンポジウム論文集，157-162，2018。 2) 野口ら：構造工学論文集，Vol.60A，613-621，2014。 3) 加藤ら：農業気象，Vol.57，No.2，79-92，2001。