

CFD によるドライガーゼ法捕集装置周りの流れ場解析

京都大学 学生会員 ○坪倉 佑太
 京都大学 正会員 白土 博通
 京都大学 正会員 八木 知己

京都大学 学生会員 石渡 純也
 京都大学 正会員 野口 恭平

1. 序論 飛来塩分は橋梁の腐食環境を決定づける最重要因子の1つであるため、橋梁の維持管理においては架橋地点の飛来塩分量を正確に把握しておくことが望ましい。飛来塩分量の計測方法としては、土研式タンク法と JIS で規定されているドライガーゼ法（ガーゼ法）がある¹⁾。計測の簡便さからガーゼ法による観測データは多く存在する。ガーゼ法ではガーゼによって捕捉された塩分粒子量を当該地点の飛来塩分量と定義するため、ガーゼによる塩分粒子の捕捉率が重要な因子となる。ガーゼ法の捕捉率に関する研究としては、観測によって捕捉率を算出する取り組みも行われているが²⁾、検討すべき課題も多い。ガーゼ法の捕捉率が未知なことから、観測された飛来塩分量と大気中の塩分濃度との関係が不明であり、部材表面の付着塩分量の絶対値を評価するうえで大きな障害となっている。筆者らはガーゼ法の捕捉率には、ガーゼ法捕集装置まわりの複雑な流れ場が影響を及ぼしていると考え、ガーゼ法捕集装置の捕捉率推定の第一段階として CFD によってガーゼ法捕集装置周りの流れ場解析を実施した。

2. 解析手法 CFD によってガーゼのような複雑な網状の物体を通過する流体の解析を行う場合、網目の間にメッシュを作成し解析するのは、空間部一つ一つを再現すると格子数が膨大になるため現実的ではない。そこで本研究では、ガーゼを多孔質体とみなし、モデル化する方法を用いる。流体が多孔質体中を通過する際、その風速に応じた圧力損失が生じる。この風速と圧力損失の関係式を本研究ではガーゼ面に適用し、気流がガーゼを通過する様子を再現する。圧力損失は粘性抵抗と慣性抵抗から生じ、流速が比較的小さい場合には粘性抵抗が、流速が大きい流れ場では慣性抵抗が支配的となる。本解析では、圧力損失式として次の Darcy-Forchheimer 則を適用し、気流がガーゼを通過する様子を再現する。

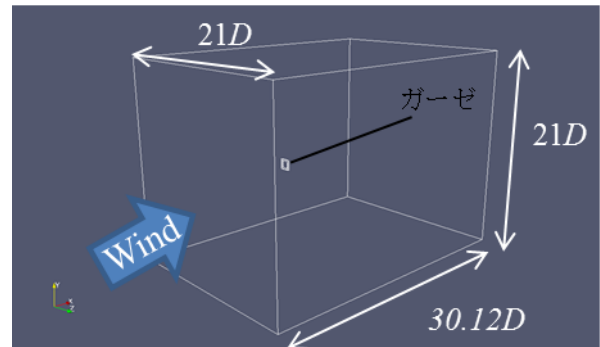


Fig. 1 計算領域

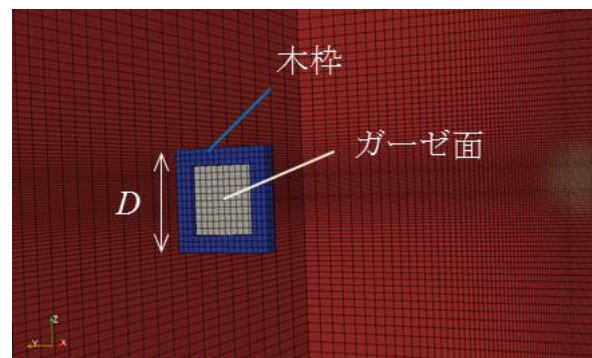


Fig. 2 ガーゼ法捕集装置

$$\frac{\Delta p}{L} = -(\mu DU + \frac{1}{2} \rho IU^2) \quad (1)$$

ここで、 Δp : 圧力損失[Pa], L : 物体主流方向長さ[m], μ : 流体粘性係数[Pa/s], ρ : 流体密度[kg/m³], D : 粘性抵抗係数[1/m²], I : 慣性抵抗係数[1/m], U : ガーゼ面法線方向流速[m/s].

3. 解析条件 解析は OpenFOAM を使用し、RANS (標準 $k-\epsilon$ モデル) による定常解析および LES (標準 Smagorinsky モデル, Smagorinsky 定数=0.12) による非定常解析を行った。Fig. 1 に計算領域を Fig. 2 にガーゼ法捕集装置まわりを拡大した図を示す。ガーゼ面に境界条件として(1)式を適用した。ガーゼ法捕集装置の木枠の外径を $D(=150 \text{ mm})$ とすると木枠厚は $0.12D(=18 \text{ mm})$ である。計算領域は捕集装置から上流側に $10D$, 下流側に $20D$, 上方, 下方および左右方

キーワード ドライガーゼ法, 圧力損失, CFD, 多孔質体モデル

〒615-8540 京都市西京区京都大学桂 京都大学大学院工学研究科社会基盤工学専攻橋梁工学研究室 TEL 075-383-3170

向に $10D$ を確保した．壁面部の最少メッシュ長は RANS で $D/10$ 以下，LES で $D/100$ 以下であり，流入風は 5 m/s の一様流とし，RANS では残差が十分に小さくなるまで，LES では 30 秒間の計算を行った．木枠外径を代表長とすると， Re 数は 5.0×10^4 である．

4. 解析結果 Fig. 3 および Fig. 4 に RANS による定常解析の結果の一例としてガーゼ中央を通る断面の主流風速分布を示す．Fig. 3 は圧力損失係数を $D=100$, $I=0$ と小さく設定したケースであり，木枠内部で風速が大きくなった．これは圧力損失係数を小さく設定したことで，ガーゼが存在しない状態に近づいたためである．Fig. 4 は， $D=10,000$, $I=3$ と Fig. 3 のケースに比べて圧力損失係数を大きく設定したケースで，ガーゼ面で風速が低下している様子が見て取れる．Fig. 5 に $D=10,000$, $I=3$ の場合のガーゼ中心軸上の主流方向の圧力分布と風速分布を示す．尚，LES は 10 秒から 30 秒までを平均した結果である．横軸 0 の位置にガーゼが位置しており，ガーゼの前面で圧力が上昇し，後面で急激に低下している．この圧力差が圧力損失 Δp である．風速はガーゼ前面近傍で低下し始め，ガーゼ後面より約 $2.5D$ 後方で最低値を示した．この風速分布の様子は，風洞実験によって網まわりの風速分布を測定した既往の研究³⁾と定性的に一致する．また，RANS と LES による結果を比較すると，圧力分布は同様であるが，ガーゼ後方で風速分布が異なり，今後の検討を要する．

5. 結論および今後の展開 CFD を用いてドライガーゼ法捕集装置まわりの流れ場解析を行った．解析ではガーゼ面を多孔質体として扱うことで軽負荷な解析を実現した．圧力損失係数を変えることで流れ場が大きく変化するため，風洞実験によってガーゼの圧力損失係数を計測し，解析に組み込む必要がある．また，RANS と LES ではガーゼ後方の流れ場が大きく異なったため，今後検討する必要がある．今後の展開としては，流れ場中で粒子追跡を実施することで，ガーゼ近傍での塩分粒子の挙動を明らかにした後，観測と解析を組み合わせることによってガーゼ法の捕捉率の解明を試みる．

謝辞 本研究の一部は JSPS 科研費 15H02261 の助成を受けた．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．

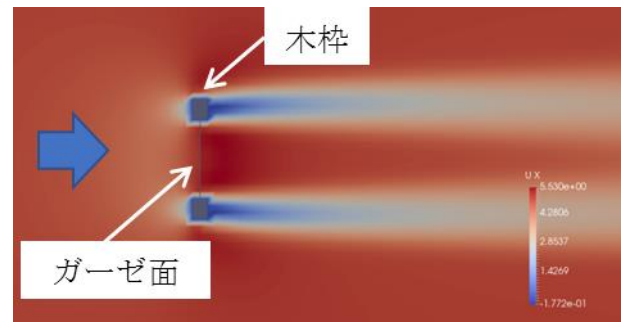


Fig. 3 主流風速分布 ($D=100$, $I=0$)

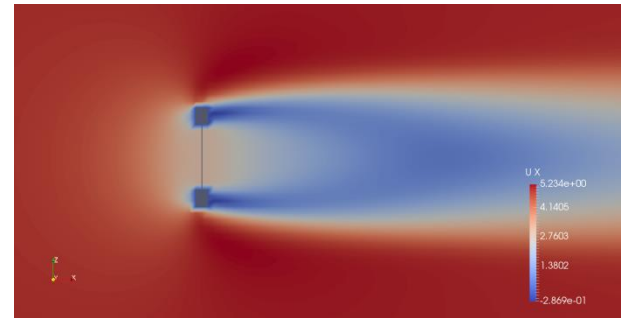


Fig. 4 主流風速分布 ($D=10000$, $I=3$)

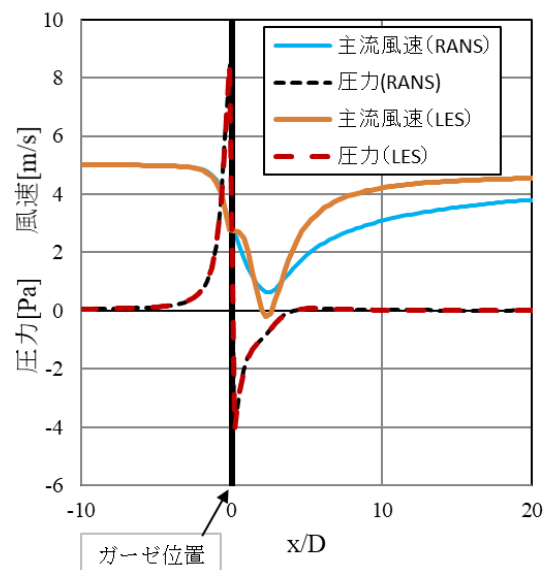


Fig. 5 圧力および主流方向の風速分布 ($D=10000$, $I=3$)

参考文献

- 1) 日本道路協会：鋼道路橋・防食便覧，第 III 編 耐候性鋼材編，2014．
- 2) 岩崎ら：構造工学論文集，Vol.56A，616-629，2010．
- 3) 真木：農業気象，38(2)，132-133，1982．