

3次元風洞シミュレーションによる橋梁桁周辺の飛来塩分粒子追跡

松江工業高等専門学校 学生会員 ○大野滉貴
松江工業高等専門学校 正会員 大屋 誠, 武邊勝道, 広瀬 望

1. はじめに

平成24年3月の道路橋示方書改訂では、橋の設計段階から維持管理への配慮を行うことが必須となった。土木構造物の耐久性に影響を及ぼす要因は種々あるが、特に塩分と湿気の程度は、鋼及びコンクリート構造物の耐久性において重要な項目である。橋梁の桁内の腐食環境は、架橋地点の地域特性、地形と橋との関係、部位・部材固有の局所的な環境により異なることが報告¹⁾され、近年、部位の腐食程度により、防食性能を変える試みも行われている。

これまでの研究で、3次元の仮想風洞シミュレーションが可能なOpenCAEを用い、松江だんだん道路（松江第五大橋道路）の朝酌川橋梁（縁結び大橋）を対象に、橋脚や主風向と橋軸との関係から橋脚周辺の桁内の風の流れにどのような影響が生じるか、コンピュータ上でシミュレートすることを試み、橋梁構造が生み出す風の流れの影響と実橋で観測した飛来塩分量の傾向がよく一致していることを確認¹⁾した。

本研究では、まず、流体解析のオープンソースであるOpenFOAMを用いた解析において、メッシュ数と数値シミュレーションの解析精度について検討を行う。次に、飛来塩分の粒子が橋梁の桁周辺でどのような挙動をするか、その挙動を把握する目的でOpenFoamでの粒子追跡解析を試みる。

2. 数値シミュレーションの概要とメッシュ数による解析精度

本研究では、OpenCAEであるOpenFOAMにおいて、橋梁の構造をモデリングソフト（Blender）にて解析対象である朝酌川橋梁の3次元の解析用形状モデルを作成し、4m×4m正方形断面で長さ8mの仮想風洞の中に再現する。次に、解析用のメッシュを作成し、解析を行う。離散化は有限体積法で行い、メッシュ作成は非構造格子法で行った。

simpleFoamは、OpenFoamに組み込まれているSIMPLEアルゴリズムを用いて、速度場と圧力場を運動方程式と圧力の補正式を収束するまで反復計算して求めるソルバーである。解析における境界条件は、流入乱流エネルギー $0.35\text{m}^2/\text{s}^2$ 、散逸率（流入） $14.855\text{m}^2/\text{s}^3$ 、動粘性係数 $1.54\times 10^{-5}\text{m}^2/\text{s}$ とし、流入風速は 1m/s とした。

simpleFoamによる流体解析の解析結果を図1に示す。図1の解析におけるメッシュの節点数は999,752で要素数は733,927である。下フランジの影響により、桁下で風速が増し、桁内に反時計まわりに風が流入している。図2は風上側中央桁内の任意の点における風速とメッシュ数の関係を示したものである。流入風速が 1m/s で一定の場合、要素数がおおよそ500,000以上で風速は約 0.5m/s に安定する。

3. OpenFoamによる飛来塩分粒子追跡

OpenFoamにおいて粒子追跡を解析するためのソルバーはicoUncoupledKinematicParcelFoamがある。このソルバーは、Lagrange法による粒子追跡ソルバーである。粒子の投入にはパッチ（壁面）から飛ばす方法やあらかじめ初期配置を指定する方法などがあるが、今回はパッチから粒子の投入を行う。粒子の粒径²⁾は $1\mu\text{m}$ 、質量は $9.2\times 10^{-12}\text{g}$ とした。1秒間に投入する粒子数は現時点では空気中の飛来粒子の個数がわからなかったため、粒子の軌跡がわかりやすいよう試験的に 10^5 個/secとした。流入風速は 1m/s である。

図3は、OpenFoamにおいて、粒子追跡解析ソルバーであるicoUncoupledKinematicParcelFoamにて粒子解析を行った結果である。左壁面から粒子が投入され、粒子は黄色で示してある。本来なら図1の結果より、風が橋梁桁内へ巻き込むのに伴って粒子も巻き込む筈であるが、解析では粒子が桁内に巻き込む現象を再現することができなかった。図4は粒子追跡における流体解析の結果であり、赤色で示した矢印が風のベクト

ルの向きを表している。図4の解析結果からは、図1のような桁内への剥離流は見受けられず、層流条件で解析が行われていると考えられる。粒子の桁内への巻き込みを再現するためには粒子追跡において simpleFoam にあるような乱流条件での流れ解析が必要である。結果の確認の容易性のため、図3の粒子の粒径は設定よりも大きく表示してある。

5. まとめ

本研究では、OpenFOAM を用いた橋梁構造を考慮した 3 次元仮想風洞数値シミュレーションにおいて、海塩粒子をモデルとした粒子追跡を試みたが、桁内における粒子追跡ができなかった。今後、simpleFOAM と連成することで解析が可能となるように改良を進めたい。

参考文献

- 1) 大野滉貴, 後藤和也, 古川正志, 長谷川弘興, 大屋誠, 武邊勝道, 広瀬望: 3次元風洞シミュレーションによる橋梁桁内の飛来塩分分布予測, 土木学会第68回年次講演会, I-203, pp.405-406, 平成25年9月.
- 2) 野中善政: 海岸の潜堤配置を想定した海塩濃度シミュレーションについて

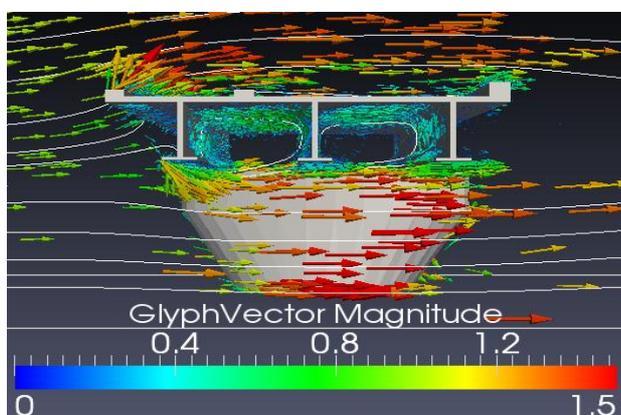


図1 simpleFoam による流れの解析結果

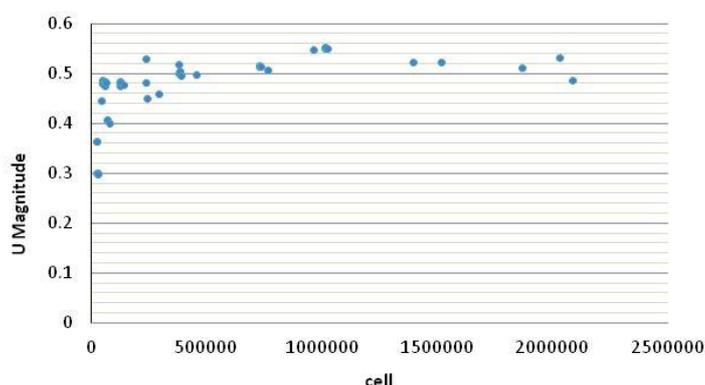


図2 メッシュ数と風上側桁内の風速の関係

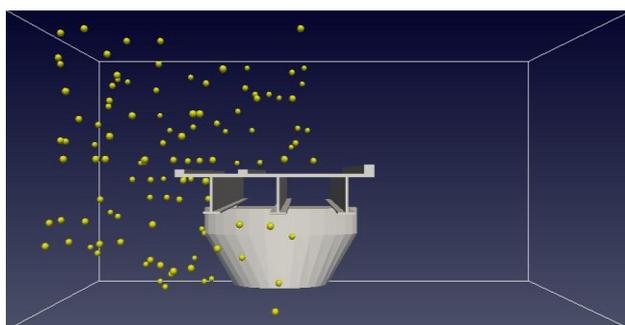


図3 粒子追跡流れの解析結果

表1 流れ解析における設定

風向	橋脚	風速	要素数(point)	節点数(cell)
橋軸に対し90°	橋軸に対し90°	1m/s	793241	1083114

表2 粒子追跡における設定

粒径	密度	質量	要素数(point)	節点数(cell)
1μm	$2.2 \times 10^6 \text{ g/m}^3$	$1.152 \times 10^{-12} \text{ g}$	793241	1083114

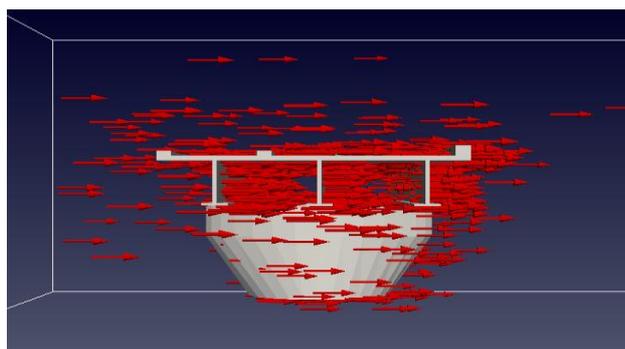


図4 粒子追跡における流体解析結果