

浮遊汚染物質の橋桁への付着挙動に対する数値解析

名古屋工業大学 学生員 長谷川高士, 正会員 小畑誠
正会員 永田和寿, 正会員 後藤芳顕

1. はじめに

鋼構造物の適切な維持管理のためには、供用地点で腐食環境を適正かつ合理的に評価することが重要である。この点につき、著者らは数値流体解析の手法を適用することにより予測する手法について検討を続けている^{1,2)}。鋼橋の腐食挙動には橋梁表面の水分の存在が重要であり、それには単に降雨や湿度だけでなく表面に付着した塩分等の汚染物質も重要な役割を果たしている。たとえば海塩粒子等の表面の汚れは水分の付着を留意にする。大気中を浮遊する汚染物質には様々なものが存在するが、腐食環境に対しては特に飛来塩分の影響が大きいことが知られている。したがって、腐食環境の数値シミュレーションにおいては、橋梁の置かれた環境での温湿度だけでなく、橋梁表面への汚染物質の付着もあわせて考慮する必要がある。

そこで本研究では、環境因子の中の特に浮遊汚染物質に注目しその橋桁への付着挙動について、橋梁近傍部での数値流体解析によりシミュレーションを行い、付着部位、付着量、風速の影響等について検討した。そして実測データとの定性的な比較も試みた。

2. 解析対象と手法

著者らは2006年2月より一般県道本郷福井線の明治橋において腐食環境調査を行っており、これを基本として解析対象の橋梁モデル(図1)を作製した。解析領域は橋下空間の大きさおよび境界の影響を考慮して決定した。解析においては左側境界から一定風速で空気が流入し右側境界から流出する。上面の境界では摩擦がなく下面および橋桁、橋脚表面は固定境界とした。また奥行きは25mであり紙面に直交する境界では摩擦がないものとしている。

浮遊汚染物質を想定した微細粒子は解析領域の左側境界から空気とともに流入させる。微細粒子として海塩粒子を想定し密度は $2.2 \times 10^3 (kg/m^3)$ 、粒径は浮遊粒子状物質としての海塩粒子の標準的な大きさである $1 \sim 10 \mu m$ ことを参考に2, $10 \mu m$ とした。空気中を浮遊する微細粒子の壁面への付着メカニズムは壁面付近の空気の流れ、粒子の物理および化学的性質、壁面の状態に大きく依存していることが知られている。しかし、ここではその詳細には立ち入らず、微細粒子が壁面に衝突した際に一定の確率で付着するものとし、一度付着した粒子は壁面より再浮揚しないものとした。そして付着しなければ粒子は完全弾性衝突する。数値計算はSTAR-CD Ver.3.26を用いて、乱流には $k-\epsilon$ モデルを採用し、粒子の壁面への衝突時の挙動はユーザーサブルーチンDROWBCを使って取り扱った。ここでは、浮遊物質の定性的な付着挙動を対象としているので、空

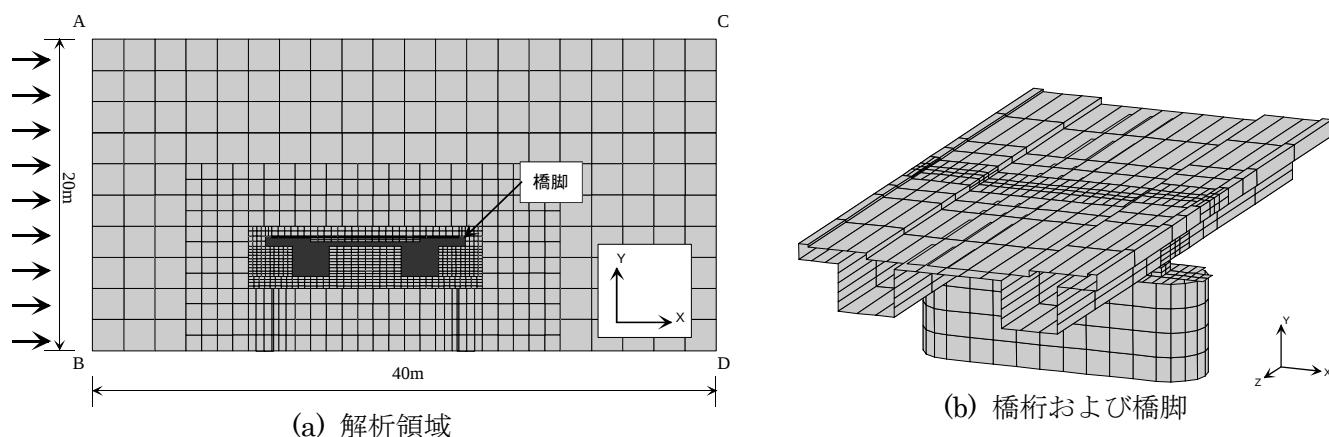


図1 解析対象

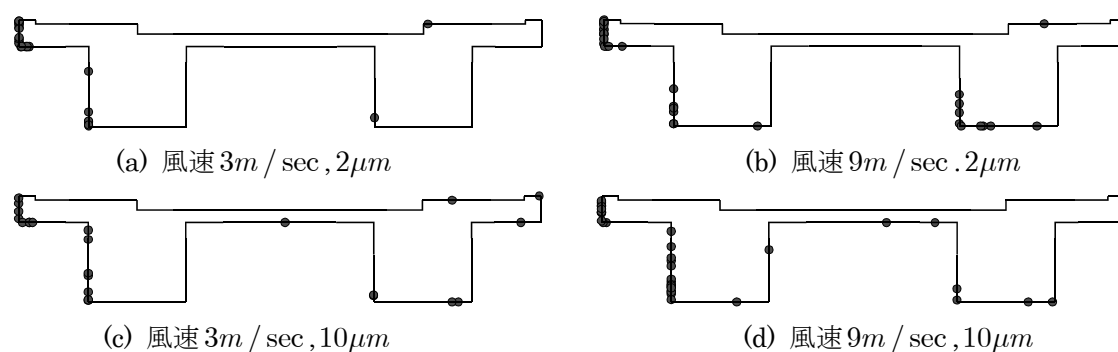


図 2 付着粒子の分布

気の流れがほぼ定常になった時点で浮遊物質を図 1 の左側境界に 0.5m 間隔で格子状に一樣配置した吹き出し点より一定量の単位粒子を吹き出すものとした。1 単位粒子は $2\mu\text{m}$ では約 1570 個、 $10\mu\text{m}$ では約 13 個の粒子の集合である。解析にあたっての諸条件を表 1 にまとめる。

3 解析結果

解析結果を図 2 に示す。図 2 は桁に付着した粒子の位置を示したものである。粒子の付着量については風速の大きい方が付着量がわずかに多いが、付着位置はほとんど変わらない。粒径については大きい方がわずかに付着数が多い。これはさらに風速をあげても同様であった。付着位置については基本的には風上側のウェブ面への付着が多いことがわかる。

ACM 腐食センサは金属の腐食時に流れる微小電流を計測することによって腐食環境を推定するものである。ACM センサの出力と付着塩分量には相関関係があることが知られている。図 3 に明治橋における ACM センサの出力結果を腐食速度に変換したものを示した。観測値は季節風が卓越する 2007 年 1 月時のものである。同時期の現地観測によると南、次いで北向きの風が卓越している。橋梁は南北に対して西に約 62° の角度をなしており、橋の測方からの風が卓越する。図 3 にあるように、4,6,8 番のセンサ出力が大きくなっているが、この傾向はこの前後の月でも変化はなかった。そして、図 2 の浮遊粒子付着位置もおおよそその付近が多くなっていることがわかる。桁外部は塩分の付着もあるが降雨による流出もあることに注意しなければならないにしても、数値解析によっても一応の予測が可能であるといえる。

4 まとめ

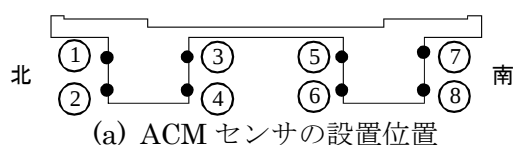
数値流体解析を適用し、大気中を浮遊する汚染物質の橋梁構造物への付着挙動を解析した。限定された条件のもとではあるが、飛来塩分等の付着状況を予測することができることがわかった。これは、橋梁の効果的な維持管理についての指針を与えるものと考えられる。

参考文献

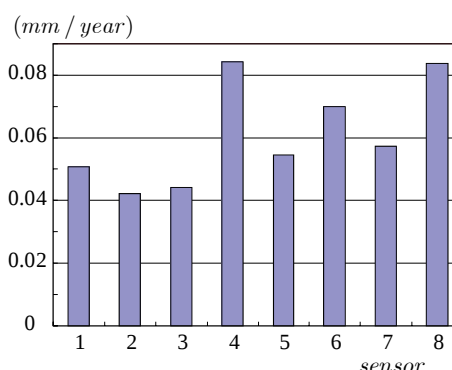
- StarCD Version3.26, マニュアル, CDApco, 2006
- 安田大樹, 数値流体解析の橋梁近傍における腐食環境シミュレーションへの適用に関する研究, 名古屋工業大学修士論文, 2006

表 1 計算条件

風速(m/s)	1.5, 3, 9
粒径(μm)	2, 10
噴出単位粒子数(個)	2000
粒子密度(kg/m^3)	2.2×10^3
温度(K)	293
付着率(%)	100



(a) ACM センサの設置位置



(b) ACM センサーの出力値

図 3 観測値