

浮遊汚染物質の橋桁への付着挙動に対する風速変動の影響

清水建設

正会員 長谷川高士

名古屋工業大学

フェロー 小畑誠

正会員 永田和寿, フェロー 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予測・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)}。具体的には主たる腐食環境として、箱桁内の温湿度分布、橋桁表面への結露、浮遊汚染物質の橋桁への付着挙動について考察を加えた。とくに、沿岸地域で問題となる海塩粒子等の飛来汚染物質についてはそれらをラグランジュ的に扱い、桁への付着の局所性のある程度合理的に予測しうることを示した。もっとも、開かれた領域に置かれた実際の橋梁の数値解析に対しては考慮すべき問題は多い。飛来塩分の付着について考えると、風速風向が一定ではなく絶えず変動している。本研究では、浮遊汚染物質の付着挙動に対する短期的な風速変動の影響について検討した。

2. 解析対象と手法

解析対象は著者らが2006年2月より腐食環境調査を行っている一般県道本郷福井線の明治橋を念頭においたものである。数値計算上の負担を軽減するために橋桁の断面を2次元状のものとして解析した。セル分割および境界条件の詳細を図1に示す。桁下空間は明治橋の橋下空間の大きさを考慮して決定した。また、桁表面付近のセル分割には境界層の影響を考慮した。風は左側境界を流入面として右側境界を流出面としている。上部および流出・流入境界が橋桁付近の流れに影響がない程度にまで橋桁から距離を置いている。

浮遊汚染物質を想定した微細粒子は左側の流入境界から空気とともに1秒間隔で100単位を流入面から均等に流入させる。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を参考に $10 \mu m$ とした。なお、 $2 \sim 10 \mu m$ の範囲では粒径の付着挙動に及ぼす影響はほとんどないことがわかっている。空気中を浮遊する微細粒子の壁面への付着メカニズムについては不明点が多いことから、ここでは単純に接触すれば必ず壁面に捕獲されかつ以後はく離しないものとした。乱流解析には $k-\epsilon$ モデルを採用し、数値計算はSTAR-CD Ver.3.26³⁾を用いた。

自然風の風速変動は周期の短いものほどパワースペクトルが小さくなることが知られている。図2に観測地点に設置した風向風速計による冬季風速の橋軸直角方向成分の実測値の一例を示す。ここではこのような風速の分布を完全に再現するのではなく、変動に注目しその影響を見る。具体的には流入部における風速を次式の

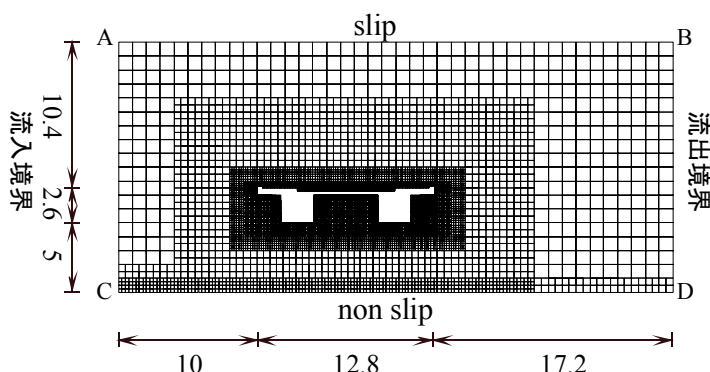


図1 解析領域と境界条件

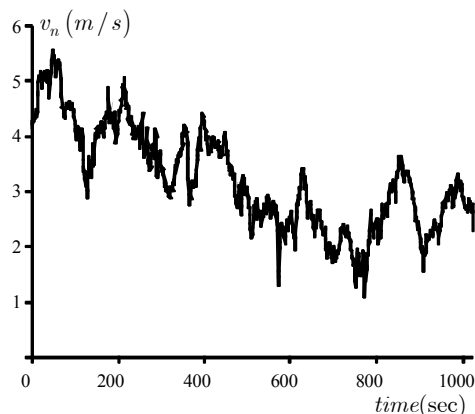


図2 風速変動の例

キーワード：環境シミュレーション, 維持管理, 数値流体解析

連絡先 〒466-8555 愛知県名古屋市昭和区御器所町 名古屋工業大学

ように変動させる．

$$v_0(t) = v_{avg} + \bar{v} \sin(2\pi ft) \quad (1)$$

数値計算に用いた平均風速および風速変動の具体的な値については表 1 にまとめる．ただし計算条件で与えた風速変動は実測値に比べればかなり大きい．これは風速変動の定性的な影響をみるためである．以上の設定で空気の流入開始後 20 秒後から 60 秒間粒子を噴出し粒子の橋桁への付着数を調べる．

3 解析結果と考察

図 3 に飛来汚染物質の付着状況についての一例を風速変動のない場合と比較して示す．一般的に言えば風速変動がある場合には粒子の付着数は増加し，その増加の割合は顕著であり最大約 100%にも達する場合がある．また付着数の増加は場所的に一様ではなく，2 本の桁と桁の間に集中していることがわかる．これは，わずかな風速のゆらぎであっても桁間に巻き込むような空気の流れが発生するためである．次に，風速変動の大きさおよび周期と桁への付着数の結果を図 4 にまとめる．この桁形状に対しては風速変動の振幅が大きいほど付着数は大きくなっている．これに対して変動周波数については最適値が存在し平均風速 3m/s ではほぼ 0.2Hz，平均風速 6m/s では 0.33Hz 付近で付着数は最大となる．この変動周波数の影響は大きく付着数は最大で一定風速の場合にくらべ 100%ほど増加する場合がある．最大値をあたえる変動周波数は主桁の桁間隔に依存しているものと思われる．この種の解析では風速一定として行われる場合が多いがそれでは付着の性質を見落とす可能性があることになる．

このような風速変動は近傍の構造物等から発生する乱流の渦により引き起こされているものと考えられるが，そうするとこの種の問題に対しては乱流モデルとして大きな渦に対しては直接的に解いていく LES を使う方が合理的とも思える．しかし，LES はまだ計算機に対する負担が大きいので現状では $k-\varepsilon$ モデルで解くのが現実的であり，風速変動の影響をここで考えた手法で考慮していくのが合理的であろう．

表 1 風速変動

平均風速 $v_{avg} (m/s)$	風速変動 $\bar{v} (m/s)$	変動周波数 $f (1/s)$
3	1, 0.5	0.5, 0.33, 0.2, 0.1, 0.05
6	1, 0.5	0.5, 0.33, 0.2, 0.1, 0.05

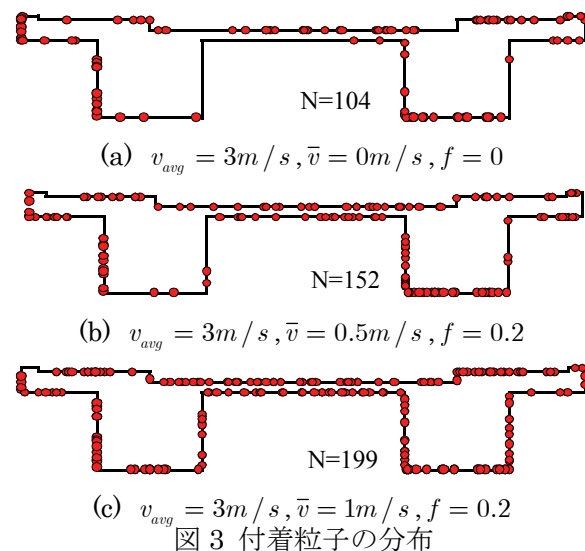
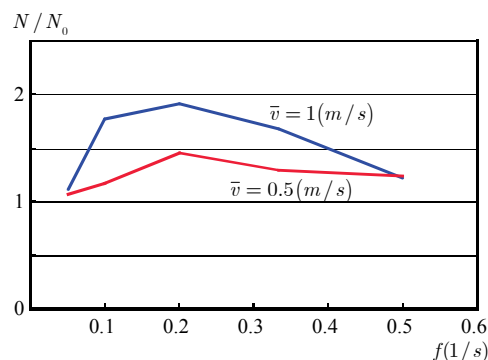
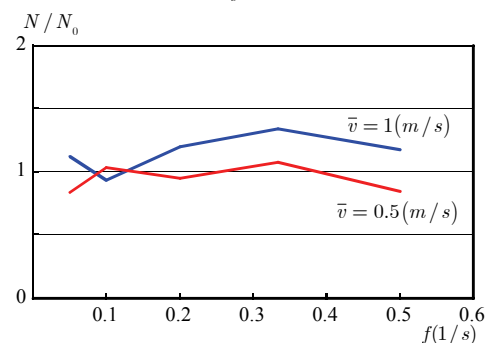


図 3 付着粒子の分布



(a) $v_{avg} = 3 m/s$



(b) $v_{avg} = 6 m/s$

N_0 : 風速変動のないときの付着数

図 4 付着数に対する風速変動の影響

- 1) 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
- 2) 小畑 誠, 長谷川 高士, 永田 和寿, 後藤 芳顕, 固気 2 相流解析による飛来塩分の付着シミュレーション, 構造工学論文集 Vol.54A, 2008
- 3) StarCD Version3.26, マニュアル, CDApaco, 2006