

塩分濃度計測に基づく壁面による風速の低減率の算定

京都大学大学院工学研究科 社会基盤工学専攻 学生会員 ○坪倉 佑太
 松江工業高等専門学校 環境・建設工学科 正会員 広瀬 望
 松江工業高等専門学校 環境・建設工学科 正会員 武邊 勝道

1. 序論

塩分粒子の鋼橋への付着シミュレーションでは、壁面近傍風速の取り扱いと鋼橋表面に衝突した塩分粒子が、表面に付着する割合が問題となる。鋼橋表面への塩分粒子の付着は、塩分粒子を含んだ風塊が衝突し、衝突した粒子の一部が付着することによる。この際、壁面近傍では風速が極めて低減するものと推察される。壁面による風速の低減は、ある時間あたりに壁面に衝突する塩分粒子量の減少と置き換えられる。したがって、鋼橋に付着する塩分粒子量を推定するためには、壁面による風速の低減効果を考える必要がある。そこで本研究では、ある空間を通過する粒子量と壁面に衝突する粒子量の計測を実施し、両者の比較によって壁面による風速の低減率を推定する。

2. 壁面による風速の低減率

壁面による風速の低減度合いを、壁面近傍の風速と壁面が存在しなかった場合の通過風速を風速計によって観測し、推定することは困難である。これは、風速計を壁面近傍に設置した場合、風速計が風の流れを乱すことと、風速計の適切な設置位置（壁面からの設置距離など）に関する知見がないためである。そこで本研究では、大気中に浮遊する粒子（特に塩分粒子 NaCl）に着目し、壁面に衝突する粒子量と壁面を通過する粒子量の観測から、風速の低減率を算出することを試みる。具体的には、屋外に鋼材（壁面として取り扱う）を設置し、鋼材に衝突した粒子量と鋼材設置位置の空間を通過する粒子量（鋼材が存在しなかった場合に、鋼材を設置した空間を通過するであろう粒子量）を測定することにより、風速の低減率を算出する。鋼材に衝突した粒子量を C_c [mdd]、通過風速（鋼材が存在しなかった場合の鋼材設置位置の風速）から算出される通過粒子量を C_p [mdd] とすると、粒子量観測に基づいた、壁面による風速の低減率 η [%] は次式(1)で表される。また、鋼材設置空間の通過風速を u_x とすれば、壁面による低減風速 $\bar{u}_x$ は、低減率 η [%] を用いて、(2)式で表される。

$$\eta = \{(C_p - C_c) / C_p\} \times 100 \quad (1) \quad \bar{u}_x = (1 - 0.01\eta) \cdot u_x \quad (2)$$

式(1)によれば、仮に実際に鋼材に衝突した粒子量が鋼材設置空間の通過粒子量の 1/2 であった場合、風速の低減率は 50 % と算出される。鋼材に衝突した粒子量 C_c および、通過粒子量 C_p は次のように書ける。

$$C_c = 8.64 \times 10^5 \cdot c \cdot \bar{u}_x \quad (3) \quad C_p = 8.64 \times 10^5 \cdot c \cdot u_x \quad (4)$$

ここに、 c は大気中の塩分濃度 [NaCl-g/m³] で、 x 軸は鋼材表面法線方向の軸である。(3)式は左辺が 1 日当たりの鋼材への衝突粒子量、右辺の $c \cdot \bar{u}_x$ は、ある瞬間の鋼板表面への衝突粒子量を表している。つまり本来、 $c \cdot \bar{u}_x$ を 1 日積分したものが左辺の 1 日当たりの衝突粒子量 C_c となる。これは、(4)式の通過粒子量 C_p と $c \cdot u_x$ の関係も同様である。しかし、分析の精度を確保する上で大気中の塩分濃度 c の計測間隔は最低でも 1 日程度を要する。そこで、本研究では、大気中の塩分濃度 c 、風速 $\bar{u}_x$ および u_x 全て、1 日の平均値を用いることとする。つまり、本研究で得られる壁面による風速の低減率は、1 日当たりの大気中の塩分濃度の平均値と 1 日当たりの風速の平均値の積から算出されるものである。

尚、(3)、(4)式の考え方は、紀平ら¹⁾が、飛来塩分量と大気中の海塩粒子濃度、および飛来塩分捕集器の観測面に対する風速の関係を記述したものを、本研究に適用および変数を再定義したものである。

キーワード 維持管理, 付着シミュレーション, 風速の低減率

連絡先 〒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 TEL 075-383-3170

3. 観測概要

3. 1 壁面（鋼材）の選定

まず、壁面による風速の低減率の算出に際して使用する鋼材について述べる。風速の低減率を算出するためには、鋼材に衝突した粒子量と鋼材設置空間の仮想的な通過粒子量を測定する必要がある。本研究では、鋼材表面に衝突した全ての粒子を捕捉できるように、土研式タンク法に用いられる鋼板（図-1 右上、以下土研式鋼板）を壁面として使用する。土研式鋼板は、縦横 10cm、奥行き 2.5cm の立体構造を成している。鋼板に衝突した粒子の内、鋼板表面に付着せず跳ね返った粒子は、鋼板表面方向に吹く風の影響で鋼板表面に再衝突するか、推進力を失い、粒子自身に働く重力の影響で鋼板表面の近傍直下に落下することが予想される。壁面による風速の低減効果によって、鋼板に衝突する粒子の衝突速度が低下することと、鋼板方向への風の影響を鑑みて、鋼板に衝突した $10\text{ }\mu\text{m}$ 程度の塩分粒子が鋼板表面から大きく跳ね返ることは殆どないと考えられる。土研式鋼板は、奥行き（底面）を有しており、鋼板表面に衝突後、落下した粒子も含めて、全衝突粒子を捕捉する。

3. 2 各種測定

屋外に前述した土研式鋼板を設置し（図-1）、鋼板に衝突した粒子量を測定する。衝突粒子量の測定法は、暴露した土研式鋼板を 1 日毎にイオン交換水で洗い流すことで、鋼板上の粒子を採取し、イオンクロマトグラフィーによって分析する方法をとった。本研究では、イオンクロマトグラフィーによって取得した塩化物イオン濃度を塩化ナトリウム濃度に換算し、この土研式鋼板上の塩化ナトリウム量を衝突粒子量[mdd]とする。

櫓の内部には、風速計および温湿度計を、櫓外部には風向風速計を設置し、鋼板に対する風速および温湿度を常時計測した。風速・風向および温湿度計の計測間隔はいずれも 10 分間毎である。また、大気中の塩分濃度は、東京ダイレック株式会社製の 10 ライングローバルサンプラーGS-10N を用いて、フィルターパック法により測定した。

4. 壁面による風速の低減率の推定

図-2 に、風速の低減率の推定結果を示す。風速が 0~1 m/s 程度の領域では風速が大きくなるにつれて、低減率が著しく上昇し、風速が 1 m/s 程度に達すると、低減率は常時 90~100 %程度にまでなる、その後 1 m/s を超える領域では、風速によらず低減率は 90~100 %程度の値をとっている。そこで、風速 1 m/s を境に領域を 2 つに分け、それぞれ風速の低減率の定式化を行った。以下、領域ごとの風速の低減率 η [%] の算定式である。

$$\eta = 16.2 \ln(u_x) + 96.147 \quad \text{if } 0 \leq u_x \leq 1 \quad (5)$$

$$\eta = 96.147 \quad \text{if } 1 \leq u_x \quad (6)$$

ただし(5)式は対数関数であるため、風速 u_x が極めて 0 に近い場合には低減率が負の値を取り得る。厳密には(5)式では、風速が $2.6 \times 10^{-3} \text{ m/s}$ 以下の風速に対しては適応できない。ただしそのような場合には、低減率を 0 %と取り扱っても問題はないものと思われる。

参考文献

- 1) 紀平寛, 田辺康児, 楠隆, 竹澤博, 安波博道, 田中睦人, 松岡和巳, 原田佳幸: 耐候性鋼の腐食減耗予測モデルに関する研究, 土木学会論文集 No.780, pp.71-86, 2005.

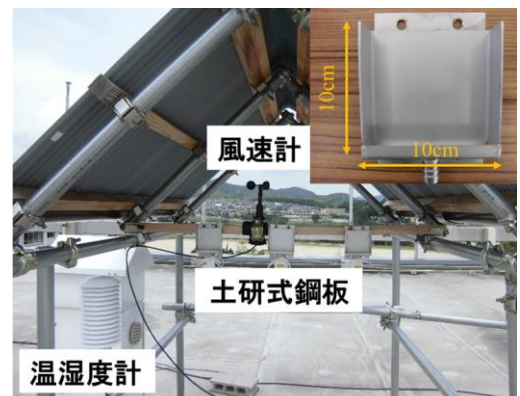


図-1 観測設備

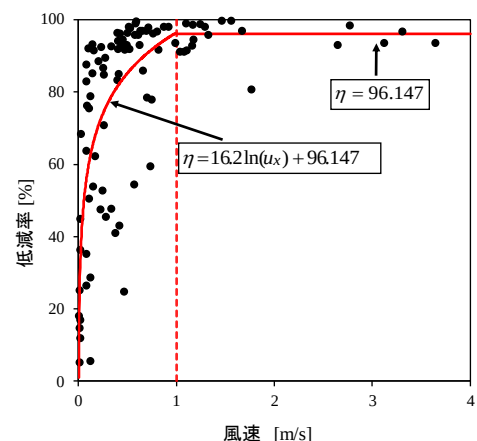


図-2 風速の低減率推定結果