

数値シミュレーションと逆解析によるコンクリート橋の付着塩分量推定

新潟大学 正会員 ○山下将一 阿部和久 佐伯竜彦 紅露一寛
琉球大学 正会員 富山 潤

1. はじめに

コンクリート橋の塩害劣化の一因として、海からの飛来塩分の付着、浸透による劣化が挙げられる。橋のどの部位にどの程度の塩分が飛来し付着するのか把握できれば、塩分除去作業の規模や頻度設定の際に有用な情報となる。本研究では、飛来塩分を粒子で表し、この粒子の移流・拡散・橋への付着を数値シミュレーションにより調査した。シミュレーションは文献 1) で示される方法に従い、有限要素法による風の流体解析およびランダムウォーク法による塩分粒子の移流・拡散・橋への付着解析を実施した。さらに、解析結果の付着粒子数および薄板モルタル供試体²⁾を使用して実測された塩分量データを用い、最小二乗法による逆解析を行い、対象コンクリート橋の付着塩分量を推定した。

2. 数値シミュレーション

2. 1 風の流体解析

新潟県内の 2 橋（歌高架橋、新今川橋）を解析対象とした。歌高架橋は県南部、海から約 100 m 離れた位置に架橋されている。新今川橋は県北部、海に極めて近い位置に架橋されている。流体解析にはオープンソースソフトウェアの Adventure_Fluid (<http://adventure.sys.t.u-tokyo.ac.jp/jp/download/Fluid.html>) を使用した。解析における境界条件は、①流入面・流出面は風速を与え、②橋の表面はノンスリップ条件（面上で流体の滑りが生じない）を設定し、③その他の面（解析領域の上下面・側面）はスリップ条件（面上で流体の滑りが生じる）を設定した。

流体解析結果のうち、解析領域への流入出の風速が 5 m/s の場合の風速ベクトル図を図-1 に示す。図では暖色が濃いほど風速が大きいことを表す。橋の下部に着目すると、海側の桁下端部（左端）が風の剥離の起点となり、剥離後の風は風速が大きくなる。また、弧を描くように吹く。

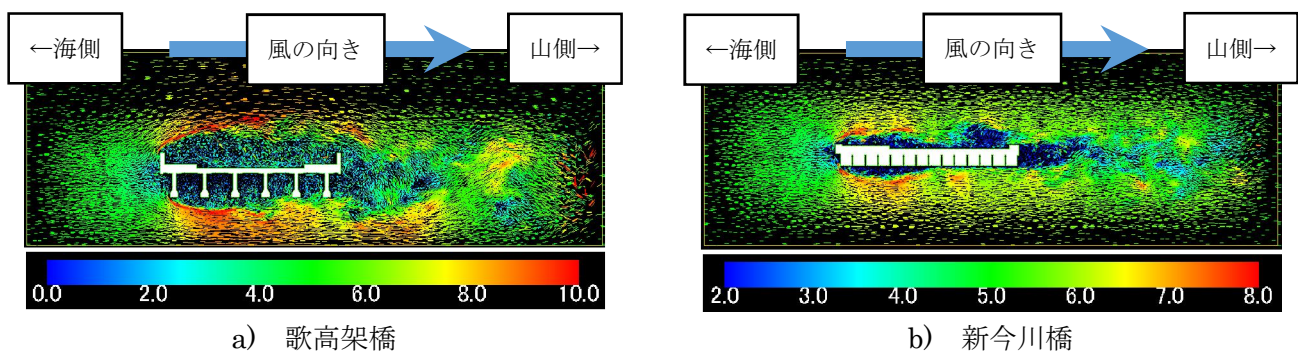


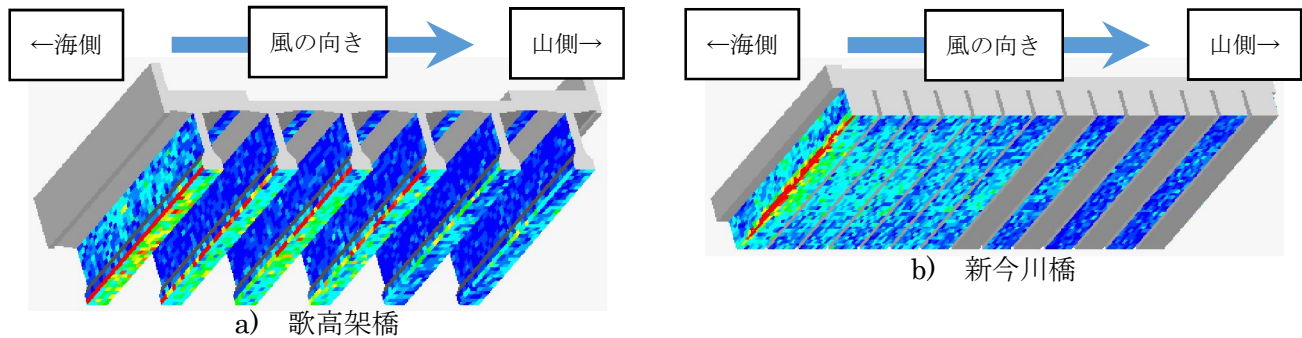
図-1 流体解析結果 風速ベクトル図（解析領域への流入出の風速 5 m/s の場合）

2. 2 塩分粒子の移流・拡散・橋への付着解析

塩分粒子の移流・拡散・橋への付着解析は、粒子拡散手法の一種であるランダムウォーク法（RW法）を適用して実施した。ここで粒子は、①流体解析で得られた風速場（風速ベクトル）データに従い輸送され、②橋の表面に到達すると付着したと判定される。解析結果として、付着粒子数の大小の色分け図を図-2 に示す。図では暖色が濃いほど付着粒子数が多いことを表す。直感的には海側の桁側面の付着粒子数が多くなりそうだが、多いのは、海側の桁下端部など、流体解析で風の剥離の起点となった部位などである。

キーワード：飛来塩分、ランダムウォーク法、薄板モルタル供試体、逆解析、付着塩分

連絡先：〒950-2102 新潟県新潟市西区五十嵐二の町8050 新潟大学 TEL：025-262-6775



図－2 RW法解析結果 付着粒子数の大小の色分け図（解析領域への流入出の風速 5 m/s の場合）

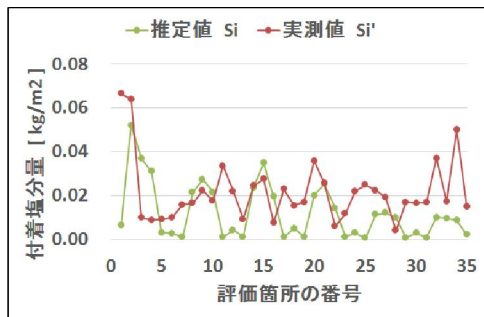
3. 最小二乗法による逆解析

上記の数値シミュレーションの結果として，評価箇所 i における風速 V_j の場合の単位面積，単位時間あたりの付着粒子数 a_{ij} のデータを取得できる．ここで，塩分発生源における塩分濃度を飛来塩分濃度 c_j とし， $c_j = \alpha \cdot V_j^2$ としてパラメータ α と風速 V_j により求まるとする．また，付着塩分量の推定値 S_i は次式(1)で求める．

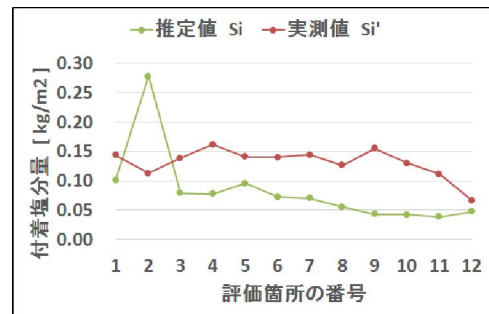
$$S_i = \sum_j^m (a_{ij} \cdot t_j \cdot c_j) = \sum_j^m (a_{ij} \cdot t_j \cdot \alpha \cdot V_j^2) \quad \cdots (1)$$

上式で t_j は風速 V_j が 1 年間に吹く総時間である．推定値 S_i と実測値 S_i' について，誤差二乗和 E を最小にする条件より，パラメータ α を次式(2)で求めることができる．この逆解析により求めた α を式(1)に代入し，得られた付着塩分量の推定値 S_i と実測値 S_i' の比較を図－3に示す．

$$\alpha = \frac{1}{\sum_i \left(\left(\sum_j^m (a_{ij} \cdot t_j \cdot V_j^2) \right) \cdot S_i' \right)} \cdot \frac{1}{\sum_i \left(\left(\sum_j^m (a_{ij} \cdot t_j \cdot V_j^2) \right)^2 \right)} \quad \cdots (2)$$



a) 歌高架橋



b) 新今川橋

図－3 付着塩分量の推定値と実測値の比較

4. まとめ

数値シミュレーションと逆解析により橋への付着塩分量を推定する一例を示した．今後，シミュレーションと実測，両データを整理し特徴を調査し，塩分粒子の付着に関わる要因調査や推定手法の精度向上に取り組む．

謝辞

本研究は，国土交通省道路局（新道路技術会議）ならびに国土技術政策総合研究所による，道路政策の質の向上に資する技術研究開発「薄板モルタルとデータ同化手法を利用したコンクリート橋の3次元塩分浸透予測手法の開発」の助成を受けた．ここに記して謝意を表します．

参考文献

- 1) 富山 潤：コンクリート橋上部工に付着する飛来塩分に関する数値解析的検討，コンクリート工学年次論文集，Vol.36，No.1，pp.874-879，2014
- 2) 佐伯竜彦ら：薄板モルタル供試体を用いたマイクロ塩害環境評価手法に関する基礎的検討，コンクリート工学年次論文集，Vol.33，No.1，pp.803-808，2011