

# 橋梁周りの飛来塩分の実測と数値シミュレーションに関する研究

建設構造研究室 グェン ラム

指導教官 岩崎 英治

## 1. はじめに

近年、橋という社会資本のライフサイクルコスト (LCC) を最小化し、環境に優しい技術とするための資源生産性を高めるところが課題となっている。鋼材の欠点は腐食することであり、橋梁には塗装に伴うメンテナンス費用が、橋梁のLCCを押し上げる原因となっている。LCCの低減が重要課題となっている中、無塗装で使用できる耐候性鋼材の採用が多くなっている。

耐候性鋼材は鋼材表面に保護性さびと呼ばれるさび層を形成することで、腐食作用を抑制する。この保護性さびの形成には飛来塩分量の影響が大きく、耐候性鋼材の使用には飛来塩分量が  $0.05\text{mdd}$  ( $\text{mg}/\text{dm}^2/\text{day}$ ) 以下の環境が必要である。一方、腐食状態は橋梁全体に一樣ではなく、橋梁の部位によってこれらの腐食因子の量は異なる。建設前に現地調査により橋梁設置地点の飛来塩分量は把握できるが、桁内や桁近傍の飛来塩分量やぬれ時間は、橋梁と周囲地形との相互作用によって決まるために、建設前の調査では把握できず、何らかの推定手法が必要である。

橋梁建設前に定量的に橋梁断面周辺の飛来塩分を推定できると、建設後の耐候性鋼の腐食状況を予測できる可能性がある。そこで、数値シミュレーションによる手法により、飛来塩分量を推定する手法を検討する。

## 2. 目的

本研究では、新潟市内（旧巻町）の水田地帯に建設された耐候性鋼材を使用した苗引橋を対象にモデルを作成し、現地計測から得られた飛来塩分量と、数値シミュレーションにより得られた飛来塩分量の比較により、橋梁断面周辺の飛来塩分の推定について考察する。

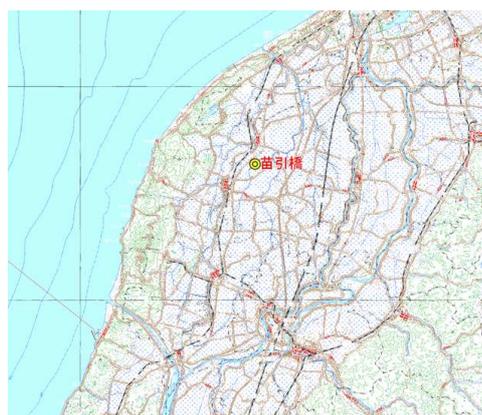


図 - 1 計測対象橋梁の位置



図 - 2 ドライガーゼ法捕集器具

### 3. 飛来塩分量計測

計測対象の苗引橋は新潟市（旧巻町）の平地（水田地帯）に建設された橋梁で、まわりを田園で囲まれているため、風の流れの障害になるものが何もないのが特徴である。また、塩分を多く含んだ風が、橋軸に対して、上流側からほぼ直角に吹き付ける。このことから飛来塩分の数値シミュレーションを行う際には、奥行き方向を無視して2次元で扱うことができ、数値シミュレーションを行う際、簡略化を図ることができる。

橋梁周辺の塩分の飛来状況を調べるために、土研式タンク法とドライガーゼ法による飛来塩分調査を行った。土研式タンク法による捕集器具は、苗引橋の上流と下流の高欄外側に設置し、ドライガーゼ法による捕集器具は、桁付近と桁下に設置し計測を行った。捕集器具の設置状況を図-4に示す。

図-5に、苗引橋の土研式補修器具、ガーゼ式捕集器具による年平均飛来塩分を示す。この観測結果より以下のことが分かる。

- 桁下に設置したガーゼ式塩分捕集器具の飛来塩分は 0.107mdd となった。ガーゼ式捕集器具では、2方向の塩分を捕集していることから、桁上の2箇所の土研式捕集器具での塩分量の平均値 0.273mdd と比べると、桁上の土研式捕集器具と桁下のガーゼ式捕集器具では、約 2.5 倍の違いのあることが分かる。
- 桁内部のガーゼ式塩分捕集器具の飛来塩分は、下流側桁内面のウェブ下部が大きく、ウェブ中央、上部では小さくなっている。これは、上流側からの塩分を含んだ風の回り込みの影響を表していると考えられる。

る。



図-3 ドライガーゼ法捕集器具

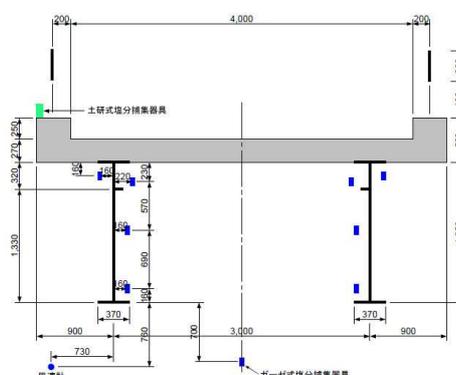


図-4 苗引橋設置状況

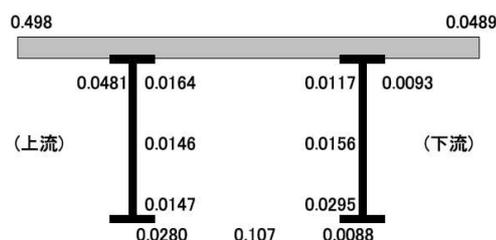


図-5 年平均飛来塩分 (mdd)

### 4. 橋梁断面周辺の飛来塩分の推定

本研究では、図-6のように2次元空間上に桁を設置し、桁周辺の流体解析と物質の拡散解析を行う。

解析対象としている苗引橋は桁下から護岸水平部まで3m程度あることから、計算モデルでも桁下から下部境界PQまで3m設定している。風下側境界QS、上部境界RS、風

上側境界 PR は計算の便宜上設けた境界であり，これらの境界は橋梁による風や物質の濃度の乱れの影響を受けない程度に離しておく必要がある．空気の状態は 0°C，1 気圧とし，解析領域の左の境界から風を発生させ，右の境界で自由流出とする．拡散係数を 0 とし，層流で解析を行う．

ところで，ガーゼ法による飛来塩分は，一定期間に飛来した塩分の累積量であるので，数値計算から得られるある瞬間の塩分濃度  $\phi$  とは直接比較できない．そこで，次式のように定義した，解析時間を通してある点を通過する物質の累計  $c$  を用いる．

$$c = \int_0^T \phi \sqrt{v_1^2 + v_2^2} dt$$

ここで， $\phi$ ：質量濃度， $v$ ：速度とする．

図-7 に風速と濃度の入力値を示す．図-8 に解析結果の濃度分布を示す．この図より，橋梁上面に渦が発生し，桁の内部に風が回りこみ，橋梁周辺で風の乱れが起きていることが確認できる．

図-9 に物質通過累積量の分布を示す．この図では，青領域は  $c = 2.0$ ，緑の領域は  $c = 1.0$ ，赤の領域は  $c = 0.0$  を表している．すなわち，青から緑の領域は，入力値より飛来塩分量が多い領域，緑から赤の領域は，入力値より飛来塩分量が少ない領域を表している．入力値より飛来塩分量が少ない領域を表している．橋梁の上面部分と桁下部分では入力値よりも多い塩分が通過している．一方桁の内部では入力値よりも通過した塩分が少ないが，桁内部への飛来塩分の回り込みの状況が風速により異なっていることが分かる．

桁内部の状況を詳しく見るために，橋梁周辺に着目し強調表示したものが図-10 で

ある．桁の内部でも場所によって飛来塩分

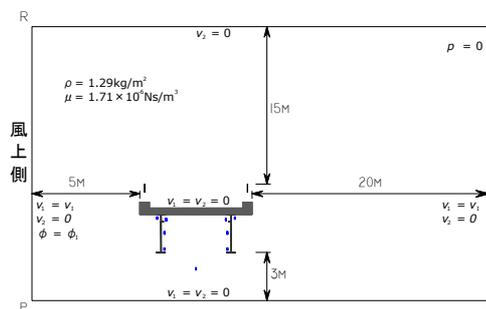


図-6 解析領域と境界条件

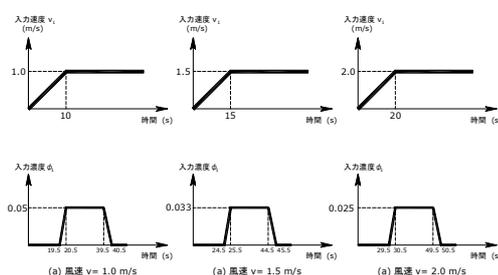


図-7 風速と濃度の入力値

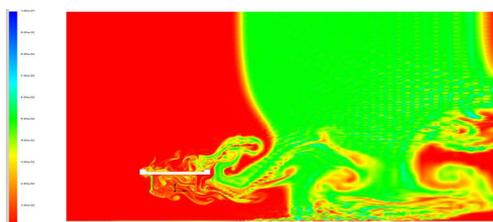


図-8 濃度分布 (t=55sec)

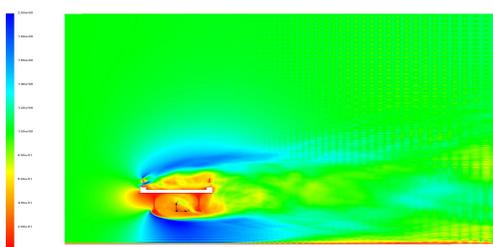


図-9 通過累積分布 (塩分量)

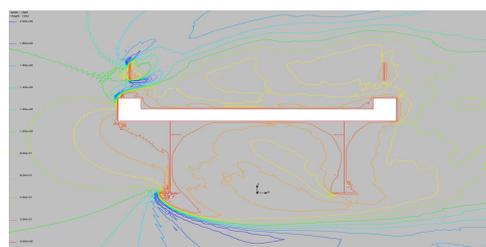


図-10 通過累積分布 (等高線表示)

の違いが分かる。

**表-1 と図-11**には計測値と解析結果の物質通過累積量を示す。表中右側3列は桁下の物質通過累積量が飛来塩分量の計測値0.107mddに等しくなるように比例換算した飛来塩分相当の値を示す。数値計算から算出した飛来塩分量を計測値と比較すると、下流側外面ウェブ上部・桁下部では計算値と実測値はほぼ同じ、ウェブ中央部では、計算値は実測値の倍程多く、上流側外面ウェブ上部では半分以下の値になっている。この原因として、実際に風の卓越方向は、橋軸直角方向から17°ずれているので、直角方向からの風による飛来塩分だけでなく、橋軸方向の風からの飛来塩分も上流側外面ウェブ上部に飛来したと考えられる。

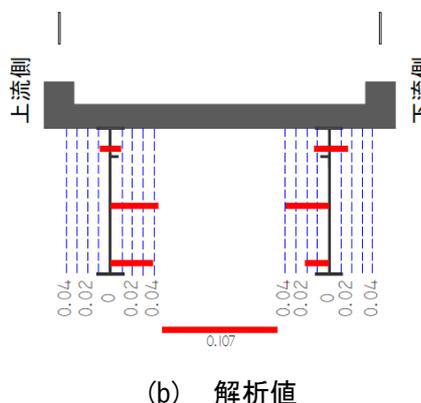
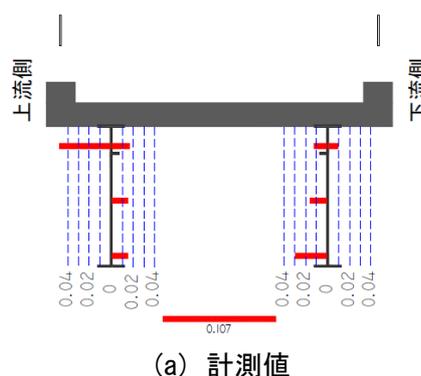
## 5. 結論

本研究で得られた知見を以下に示す。

- 実測値と数値シミュレーション結果の比較により、数値計算から得られた値は、桁下での飛来塩分量を基準とすると、実測値に比べて下流側外面ウェブ上部・桁下部ではほぼ同じ、ウェブ中央部で倍になる。概ね満足できる結果と思われる。一方、上流側外面ウェブ上部での違いは大きく、3次元的な解析を行う必要があると考えられる。
  - 数値計算結果も計測値と同じ傾向であり、桁内面のウェブ下部が大きく、上部では小さくなっている。数値シミュレーションによる結果は、実際の現象を再現できていると考えられる。
  - 橋梁下を無限にした場合、飛来塩分量が増えるが、分布が同様になることがわかった。
- 以上より、数値シミュレーションにより、

ガーゼ	計測値 (mdd)	計算値(物質通過累積)			計算値(飛来塩分換算)		
		1.0m/s	1.5m/s	2.0m/s	1.0m/s	1.5m/s	2.0m/s
上流側桁外面ウェブ上	0.0481	0.112	0.066	0.097	0.012	0.008	0.008
上流側桁内面ウェブ下	0.0147	0.304	0.302	0.537	0.032	0.038	0.044
上流側桁内面ウェブ中	0.0146	0.370	0.346	0.536	0.039	0.044	0.044
上流側桁内面ウェブ上	0.0164	0.107	0.072	0.160	0.011	0.009	0.013
下流側桁内面ウェブ下	0.0295	0.213	0.169	0.364	0.022	0.021	0.030
下流側桁内面ウェブ中	0.0156	0.371	0.308	0.435	0.039	0.039	0.036
下流側桁内面ウェブ上	0.0117	0.122	0.104	0.115	0.013	0.013	0.009
下流側桁外面ウェブ上	0.0093	0.051	0.129	0.143	0.005	0.016	0.012
桁下	0.107	1.025	0.841	1.293	0.107	0.107	0.107

**表-1** 飛来塩分(物質通過累積)



**図-11** 飛来塩分(物質通過累積量)

種々の橋梁断面に対する飛来塩分を調べることが可能になるものと考えられる。