

新潟県内の飛来塩分と風速・風向に関する研究

建設構造研究室 大久保雄介
指導教官 岩崎 英治
長井 正嗣

1. 序論

飛来塩分が構造物に悪影響を及ぼすことはよく知られており、コンクリート、鋼に関わらず、構造物の耐久性低下の原因である。特に耐候性鋼は緻密な安定錆が発生するような環境での使用に限られ、この安定錆の発生には飛来塩分の影響が大きく、一般の道路橋において、飛来塩分量調査により、塩分量が 0.05mdd ($\text{mg}/\text{dm}^2/\text{day}$) 以内が安定錆生成の許容値となっているが、離岸距離が十分な地域では調査を省略して使用することができる。太平洋沿岸部、瀬戸内沿岸部では、その離岸距離が $1\sim 2\text{km}$ であるのに対し、北陸以北の日本海沿岸では、その距離が 20km と非常に厳しくなっており、新潟県内のほとんどの平野部が調査対象地域となる。飛来塩分の測定には最低でも 1 年間、年毎の変動を考慮するためには複数年という手間と時間が必要とされ、大きな障害となっており、調査を行わず飛来塩分を推測し、県内での飛来塩分分布が確認できれば、耐候性鋼の採用に寄与できるものとする。その第一ステップとして、本研究では、新潟県内の飛来塩分を測定し、風速・風向との相関性を見出し、風速・風向データから飛来塩分の予測を行うことを目的としている。

2. 飛来塩分調査

2.1 調査方法

本研究では、飛来塩分調査方法として、土研式タンク法を用いた。これは風により飛来してきた塩分が $10\text{cm} \times 10\text{cm}$ のステンレス捕集板に付着し、雨水と共に捕集ポリタンクに入る仕組みになっている。これを橋梁高欄に取り付け飛来塩分量を測定した。

2.2 調査結果

本研究では、2002 年 7 月～2003 年 8 月の 1 年間通して、離岸距離が $10\text{km} \sim 20\text{km}$ 付近の 6 箇所の飛来塩分を測定した。飛来塩分量は 11 月頃から増え始め、12 月頃の冬季を境に減少し、5 月以降はほとんど飛来してこないことが分かった。図-1 に調査地点を示す。また表-1 に調査地点の離岸距離と飛来塩分量を示す。飛来塩分と離岸距離の関係をしてみると、同じ離岸距離である H 地点、O 地点の飛来塩分量を比較すると、O 地点では 0.044mdd なのに対し、H 地点では 5 倍以上の 0.250mdd となった。また、ほぼ同離岸距離の S 地点、K 地点でも、 0.226mdd 、 0.147mdd と倍近い差となった。これにより離岸距離だけで飛来塩分量が決まらないことが分かった。

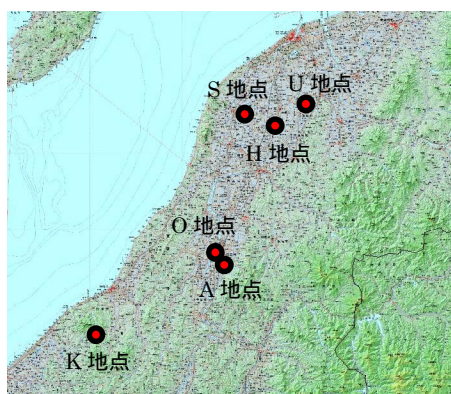


図-1 飛来塩分調査地点

表-1 離岸距離と飛来塩分量

調査地点	離岸距離(km)	飛来塩分量(mdd)
U 地点	17km	0.142
S 地点	8km	0.226
H 地点	15km	0.250
O 地点	15km	0.044
A 地点	18km	0.057
K 地点	10km	0.147

3. 風のデータ

本研究では、飛来塩分調査地点付近でのアメダス観測点風速・風向データを使った。データ形式は、1 時間毎の値で、風速は小数点以下切り捨ての m/s で表され、風向は 16 方位で表されている。飛来塩分調査地点と、対象とするアメダス観測点を表-2 に示す。

表-2 調査地点とアメダス観測点

調査地点	アメダス観測点
U 地点	新津観測点
S 地点	巻観測点
H 地点	新津, 巻観測点
O, A 地点	長岡観測点
K 地点	大潟観測点

4. 飛来塩分量の再現

次に、アメダス観測点風速・風向データによる飛来塩分量の再現を行う。本研究では以下の式 (1), (2) を提案した。

$$S_j = \sum_i s_{ij} = \sum_i (c_i \times n_{ij}) \cdots (1)$$

$$n_{ij} = \sum_k (m_{ijk} \times k^2) \cdots (2)$$

ここで、 i : 風向を表す添え字 (1~16), j : 観測期間を表す添え字 (1~12), k : 風速を表す添え字 (1~14), S_j : 飛来塩分量, s_{ij} : 風向に対する飛来塩分量, c_i : 各風向成分の飛来塩分への寄与率, n_{ij} : 風の成分, m_{ijk} : 風の観測回数である。

飛来塩分は風速の 2 乗に比例するというウェーバー則を仮定し、風の成分 n_{ij} は風の観測回数 (m_{ijk}) \times 風速の 2 乗 (k^2) とした。また、 n_{ij} を A , c_i を C , S_j を b とすると、式 (1) は式 (3) となる。

$$A \times C = b \cdots (3)$$

ここで、 C は 16 方位、16 行 1 列の行列である。ここで、16 方位全ての風が飛来塩分に影響するとは考えられないので、影響の大きいと考えられる、海からの 4 方位についての c_i を求める。しかし、 C を 4 行 1 列にすると式 (3) は 12 行 16 列 (A) \times 4 行 1 列 (C) = 12 行 1 列 (b) となり、方程式 12 本に対して、4 個の未知数となり、解が無数に存在してしまう。そこで解との誤差を Err とし、式 (4) とする。

$$Err = (AC - b)^T (AC - b) \cdots (4)$$

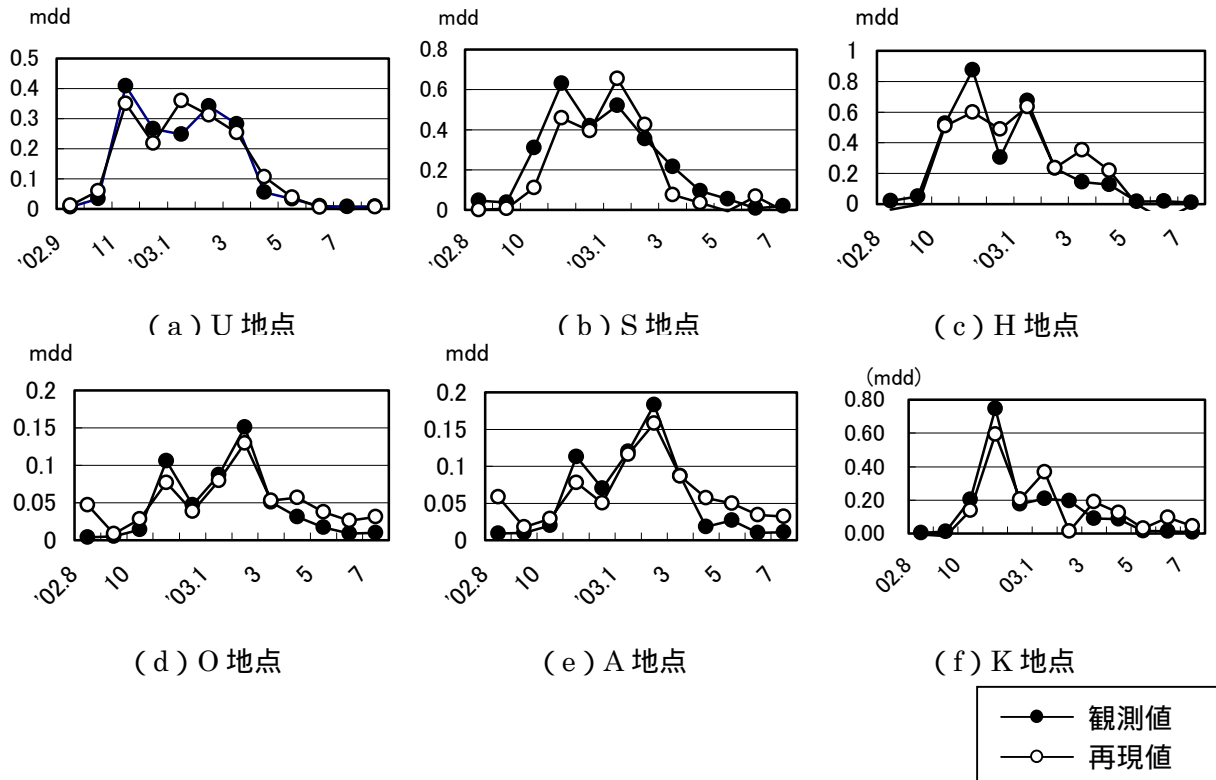


図-2 飛来塩分量の観測値と再現値

式(4)の Err の値が最小になるように、各風向成分の飛来塩分への寄与率を、測定された既知の塩分量から求めた。

以上のように求めた寄与率により再現された飛来塩分と、実際に観測された飛来塩分量を図-2 に示す。また、それぞれの調査地点での風向による寄与率を表-3 に示す。

ここで、値の大小は風向の相関性の大きさを表し、また、負の値は、飛来塩分調査地点と風の観測地点とが同位置でないための誤差と考えられる。

この寄与率により、影響の大きい風向が分かり、U、O、A 地点では西南西、H、K 地点では西の風の影響が大きいことが分かった。しかし、S 地点では明確な結果は出ず、対象とした巻観測点付近では建物が密集しているため、飛来塩分量を再現するの

に適していない風速・風向データであったと考えられる。

表-3 各地点での寄与率

	西南西	西	西北西	北西	北北西
U 地点	-0.001	0.0017	0.0086	-	0.0006
S 地点	0.0113	-0.020	0.0018	-0.005	-
H 地点	-0.005	0.0173	0.0019	-	-0.007
O 地点	0.0007	0.0004	0.0015	-0.000	-
A 地点	0.0000	0.0005	0.0019	0.0005	-
K 地点	-0.002	0.0076	0.0011	-0.004	-

5. 飛来塩分予測

以上のように求めた各風向での寄与率を用いて、翌年のアメダス風速・風向データにより、翌年の各月飛来塩分量を予測する。本研究では、飛来塩分調査を 2003 年 7 月～2003 年 8 月まで行い、2003 年 9 月より

地点を変え調査を行っている。しかし、O、U 地点では継続して調査を行っている。そこで、2003 年 9 月 17 日～2004 年 2 月 16 日まで観測された飛来塩分量と、その期間での風速・風向データにより予測した飛来塩分量とを比較し、予測値の妥当性を検証する。図-3 に O 地点における、長岡アメダス観測点での風速・風向データを用いた予測値と、2003 年 9 月からの調査で得られた観測値を示す。また、図-4 には、U 地点における、新津アメダス観測点での風速・風向データによる予測値と観測値を示す。

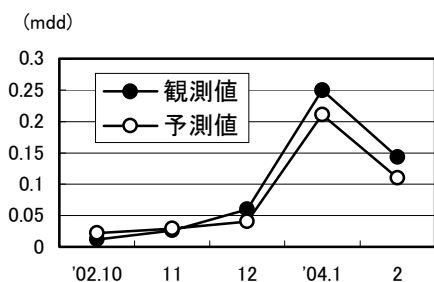


図-3 O 地点における飛来塩分予測値

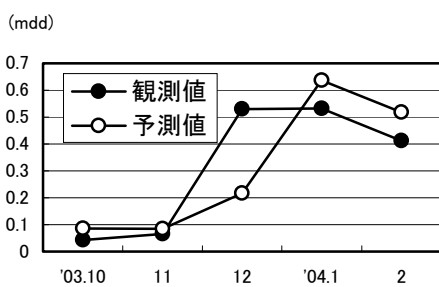


図-4 U 地点における飛来塩分予測値

図-3、図-4 より、特に U 地点の 12 月では予測値と観測値に大きな誤差がある。要因として考えられるのは、降水、降雪などの影響であると考えられるが、増加、減少の傾向は予測できていると考えられる。

6. 結論

各風向成分の飛来塩分への寄与率を用いることで、塩分量と強い相関性を持つ風向を調べることができ、またその寄与率により、翌年の飛来塩分量の予測ができた。

参考文献

- (1) 成田英樹：新潟県内の耐候性橋梁の腐食状態を腐食環境の相関に関する研究，長岡技術科学大学修士論文，2003
- (2) (社)日本橋梁建設協会：無塗装橋梁の手引き，1998
- (3) EG 研究会 環境グループ：飛来塩分量調査の実施要領，1992
- (4) 樫野紀元：鉄筋コンクリート造構造物への耐久性 - 鉄筋腐食とその対策 - ，鹿島出版，1988
- (5) 財務省印刷局：20 世紀の日本の気候，2002
- (6) 倉嶋厚：日本の気候，2002
- (7) 笠原隆祐：移流沈降領域における飛来塩分量を風速の関係，長岡工業高等専門学校専攻科特別研究論文集，2002
- (8) 山田義智，大城武，榊田佳寛：海岸付近における飛来塩分量に関する解析的研究，日本建築学会構造系論文集 第 514 号 21-26，1998
- (9) 宇田高明，他：海岸からの飛来塩分量の計算モデル，海洋工学論文集，第 39 巻，pp. 1036-1040，1993