

円筒型飛来塩分捕集器を用いた飛来塩分捕集と流入量からの飛来塩分濃度算出

京都大学工学部	学生員	○奥田 慧	京都大学大学院工学研究科	正会員	白土 博通
京都大学大学院工学研究科	正会員	八木 知己	京都大学大学院工学研究科	学生員	田中 俊輔
本州四国連絡高速道路(株)	正会員	森下 尊久	清水建設(株)	正会員	中原 俊之

1.はじめに

日本では昭和40年代に多くの橋梁が建設、施工され、建設後50年以上の橋梁数が全体の6%であり、2026年には全体の47%までに増えると見込まれ、多くの鋼橋において耐久性が問題になる時期に差し掛かっている。

鋼橋における機能低下の原因として、飛来塩分、凍結防止剤などの腐食性物質と水分供給に依る鋼材の腐食が挙げられる。防食塗装や耐候性鋼材の開発など進んでいるが、腐食の問題の重要点である部位別の腐食量、付着塩分の絶対量の予測手法は確立されていない。

飛来塩分量を測定する代表的な測定装置に土研式タンク法(土研法)とドライガーゼ法(ガーゼ法)が存在する。土研法は、捕集窓より侵入する雨水の影響を除去できず、また箱自体が接近流を攪乱するために接近流に含まれる海塩粒子濃度と捕集される塩分量との対応関係が不明である。一方ガーゼ法については、風向に対する指向性がなく、ガーゼ2枚による飛来塩分の回収率が不明である。同時に雨滴が直接ガーゼ面に当たる場所では計測が不能となる点が問題として挙げられる。そこで、本研究では円筒型飛来塩分捕集器(円筒捕集器)を試作し、現地塩分計測に用いると共に風洞実験による捕集性能の検討を行った。また、観測された飛来塩分量と風向・風速データから大気中塩分濃度を算出する検討を行った。

2.現地観測

本研究では大鳴門橋にて土研法(9~12月の計4回)及び円筒捕集器(10~2月の計4回)、余部橋梁にて円筒捕集器(10~2月の計3回)による飛来塩分計測を行った。

円筒捕集器は、外直径100mm、内直径9.6mm、厚さ20mmのアルミニウム製のリング10個各々にガーゼを張り、10個を一つに重ね、同径の長さ400mmのパイプを10層のリングの前後に取り付け全長1mの1本のパイプ状の形状を成し(Fig.1)風下側の開口部近傍に遮蔽板を取り付け、後方からの風の逆流を抑える構造とした。また、上流側のガーゼから順番に1~10とおいた。



Fig.1 円筒捕集器のガーゼと全様

以上の構造により、一方向からの気流に含まれる海塩粒子を10層のガーゼによりほぼ全て捕集することが期待される。また前後に400mmのパイプを装着することで、雨滴の侵入を防ぐことが可能となり雨ざらしの場所でも飛来塩分の捕集効率が高まり、風下側開口部からの流入を遮ることで、風向に対する指向性を持つものと考えられる。

大鳴門橋では、土研法は淡路島側主塔(3P)基部北側と南側、海上約44m上方の移動用通路北側と南側の計4か所に、円筒捕集器は10,11月では基部北側のみ、12月では南側も設置した。北側に設置したものは開口部が北方向、南側は南方向と設置した。また余部橋梁ではタワーP2、地上約19.7mの位置に設置した。

大鳴門橋では、土研法は淡路島側主塔(3P)基部北側と南側、海上約44m上方の移動用通路北側と南側の計4か所に、円筒捕集器は10,11月では基部北側のみ、12月では南側も設置した。北側に設置したものは開口部が北方向、南側は南方向と設置した。また余部橋梁ではタワーP2、地上約19.7mの位置に設置した。

3.実験

円筒型捕集器への大気流入量を算出するために、捕集器の角度を変化させ風洞風速と管内風速の比(風速比)を求めた。風洞内風速は2~12m/s、角度は0~55°とした。また、下流側開口部に遮蔽板を装着し傾斜角度0°における管内風速を測定した。

4.観測結果

土研法での捕集塩分量(Fig.2)は主塔基部と移動用通路で、前者が後者より多い量を捕集している。これは海面上で高濃度、上空で低濃度という塩分濃度の高度変化を反映したものである。しかし、強風時海面に近い基部では海

キーワード 腐食 飛来塩分量 飛来塩分濃度

連絡先 〒615-8540 京都市西京区京都大学桂 C1-3 京都大学大学院工学研究科社会基盤工学専攻 TEL075-383-3167

水が流入した可能性も考えられる。

円筒型捕集器での捕集塩分量(Fig.3,4)から、3層目以降も飛来塩分を捕集しており、従来のドライガーゼ法で用いられる2層のガーゼでは完全に塩分が捕集できていないことを示す結果となった。また、土研法と円筒捕集器(10, 11月は北側南側両方向から流入があったと考えた)による捕集塩分量の合計値を比較すると、円筒捕集器の塩分量が低いため、雨滴や海水による影響を受けづらいことが判明した。

5. 実験結果

風速比に関しては、どの方向も大きく値が変わることない、つまりほぼ一定の比率で流入することが判明した(Fig.5)。また、後方遮蔽板を装着した場合、風速比から流入量が約43%低下することが判明した。

6. 飛来塩分濃度の算出

実験結果から、全ての角度における風速比の平均を0.20とし、開口部が真北のときの角度を 0° としたときの捕集器の角度 β における発生頻度 P 、平均風速 $V_n(\text{m/s})$ 、ガーゼ面積 $A(\text{m}^2)$ 、流入量比 $I=0.20$ 、継続時間 $T(\text{s})$ を用いて流入量 $V(\text{m}^3)$ を

$$V = I \cdot A \cdot T \int_{\beta_0}^{\beta_1} \int_0^\infty P(V_n, \beta) \cdot V_n dV d\beta$$

$$\text{北方向: } (\beta_0, \beta_1) = (0, \frac{7}{16}\pi), (\frac{25}{16}\pi, 2\pi)$$

$$\text{南方向: } (\beta_0, \beta_1) = (\frac{9}{16}\pi, \frac{23}{16}\pi)$$

と計算した。さらに円筒型捕集器による観測から得られた捕集塩分量 $M(\text{mg})$ をその流入量 V で除し、観測期間内の飛来塩分濃度 $k(\text{mg}/\text{m}^3)$ を算出した(表1,2)。この値から、北南両方向からの飛来塩分濃度にかなり差があることがわかる。これは観測において、10, 11月では南側のガーゼ(6~10番)で捕集塩分量が多いことと一致する。また、余部橋梁で得られた観測結果からも同様に飛来塩分濃度を算出した。

7. まとめ

風速風向データと飛来塩分量から飛来塩分濃度を算出することがわかった。また、土研法によるmdd値は円筒型捕集器による値と結果的にオーダー的な大差はないことが明らかとなった(表3)。円筒型捕集器においてガーゼ10層目で塩分が計測されているため、未だ完全捕集に至っていないこと、後方からの流入を効果的に抑える必要があることなど、改良の余地がある。

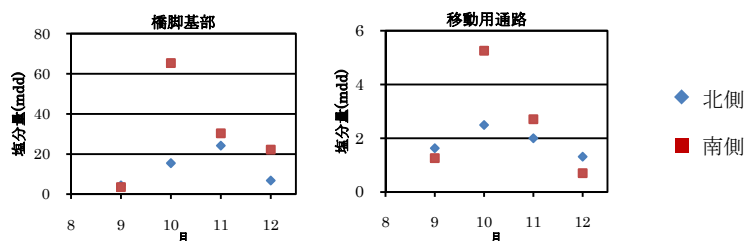


Fig.2 土研法による捕集塩分量(各一ヶ月間の累積値)

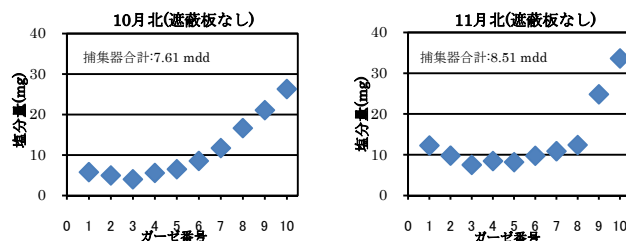


Fig.3 円筒型飛来塩分捕集器による捕集塩分量(大鳴門橋)

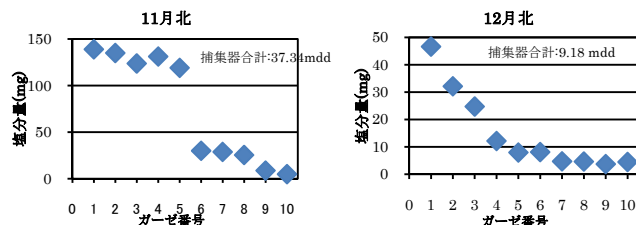


Fig.4 円筒型飛来塩分捕集器による捕集塩分量(余部橋梁)

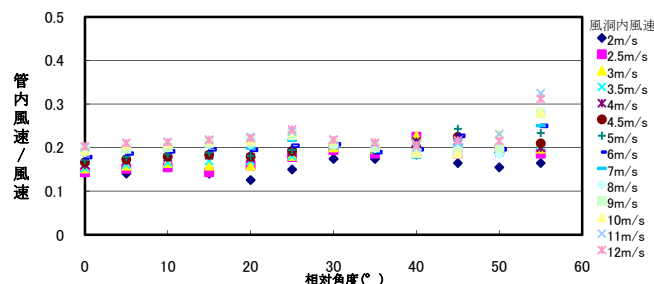


表1 飛来塩分濃度 (大鳴門橋主塔(3P)基部)

月	飛来塩分濃度(mg/m^3)			
	主塔基部		移動用通路	
	北	南	北	南
10*	7.16×10^{-3}			
11*	8.18×10^{-3}			
12	3.50×10^{-3}	3.57×10^{-1}		
1~2	2.11×10^{-3}	3.00×10^{-2}	5.85×10^{-3}	7.31×10^{-3}

表2 飛来塩分濃度 (余部橋梁)

月	飛来塩分濃度(mg/m^3)
11	1.32×10^{-1}
12	4.69×10^{-2}
1~2	5.61×10^{-2}

表3 測定塩分値比較(mdd表示)

橋脚北	土研法	円筒型捕集器
9月	4.45	
10月	15.46	7.874
11月	24.17	8.512
12月	6.82	3.137
1~2月		1.706