

V-45

秋田県沿岸部における飛来塩分量および
コンクリート付着塩分に対する気象条件の影響

秋田大学工学資源学部 学生員 ○木谷 亜紀子

秋田大学工学資源学部 正会員 徳重 英信

ショーボンド建設株式会社 正会員 木村 哲士

1. はじめに

既往の研究¹⁾では、1998年9月から2年間測定した飛来塩分量と、同期間における風向・風速等から予測した飛来塩分量の結果を比較し、それらに関係があることを定性的に明らかにしている。

本研究では、それらの関係を定量的に評価する方法、更に他の気象条件との関わり、および飛来塩分量とコンクリートへの塩分浸透量の関係を明らかにすることを目的とした。

2. 曝露試験および飛来塩分量測定

秋田県由利郡の岩城アイランドブリッジ(沖合の島式漁港と既設護岸を結ぶ連絡橋)において、主に塩害に対する実橋のコンクリート塗装の有効性と維持管理の検討を目的として、橋脚上でのコンクリート供試体曝露試験を1998年より20年間の計画で継続している。ここは冬季、北西からの季節風が著しく、波しぶきを受ける厳しい環境下にある。

飛来塩分の捕集は、橋脚P1の砂浜から高さ2m程度(陸地)、およびP5付近の高欄部(海上)に土研式塩分捕集器を設置して行った。なお、北西からの季節風を考慮して飛来塩分捕集器の方向は、P1で西向き、P5で北西向きに設置した。以上の試験場の概略図を図-1に示す。

飛来塩分量調査の結果から日平均飛来塩分量を(式-1)より求めたものを、図-2に示す。飛来塩分量は年によってピークに2倍程度の差があるが、2年目の調査期間中は島式漁港の建設工事が行われていたため、測定される飛来塩分量が変動したと思われる。よって、本研究では1年目のデータのみを検討対象とすることとした。

$$\text{日平均飛来塩分量}[\text{mdd}] = \frac{\text{塩化物イオン量}[\text{mg}]}{\text{調査期間}[\text{日}] \times 1[\text{dm}^2]} \dots\dots(式-1)$$

3. 飛来塩分と気象条件の関係

3.1 風向風速変換と飛来塩分量の関係

飛来塩分の発生・輸送には、冬季に秋田県沿岸に吹く北西からの強い季節風の影響が大きいことが予測される。一方、風速の増加に応じて碎波の発生も顕著になり、塩分輸送も多量になると考えられる。そこで、風向(θ)と風速(v)の影響を検討するにあたって、北西の風向を $\theta=0^\circ$ 、左回りを正とし $v \cdot \cos \theta$ に換算した値を風向と風速の影響を検討するために用いた。なお、 $\cos \theta$ が負になる場合は、図-1に示した曝露試験地においては陸からの風となるため、飛来塩分には影響ないものと考え、全ての値を除している。

既往の研究²⁾より、飛来塩分量は風速のほぼ2乗に比例することが明らかとなっている。そこで、本研究では風向風速変換値($v \cdot \cos \theta$)と飛来塩分量の関係を定量的に把握するために、それらの分布を $Q=a \times V_r^2$ で最小二乗近似

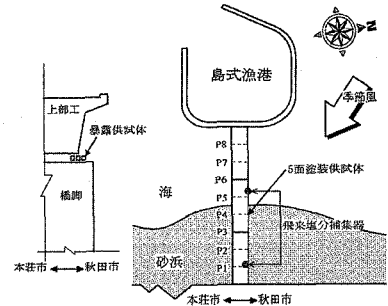


図-1 曝露試験概略図

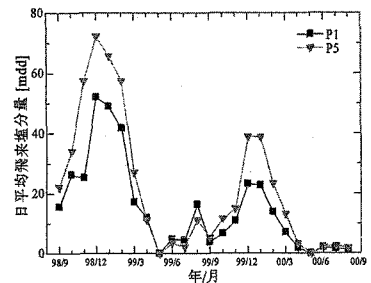


図-2 日平均飛来塩分測定値

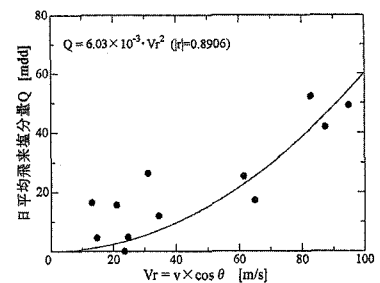


図-3 風と飛来塩分(P1)の関係

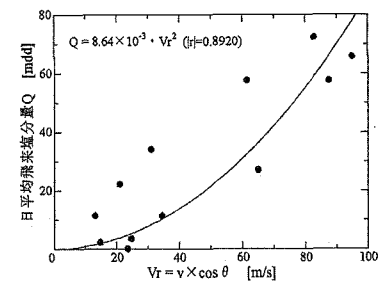


図-4 風と飛来塩分(P5)の関係

して相関を検討した。P1 および P5 の風向風速変換値と飛来塩分量の測定結果を図-3 および図-4 に示す。なお、飛来塩分量は図-2 に示すとおり、月あたりの日平均飛来塩分量を使用している。各々の測定値において、若干のばらつきはあるものの、相関係数は 0.89 程度と高く、検討方法は妥当であるものと考えられる。

3.2 風向・風速以外の気象条件の影響

雨や雪が降ると輸送中の塩分が洗い流され飛来塩分量が減少すると考えられる。また、相対湿度と気温の上昇に伴い大気中に存在できる塩分量は増加すると推測され、以上を踏まえ、これらの気象条件を以下の様に評価した。

雨雪 : $V_r = v \cdot \cos \theta / (1 + \text{降水雪量} / \text{日平均降水雪量})$

湿度 : $V_r = v \cdot \cos \theta \times \text{相対湿度}$

気温 : $V_r = v \cdot \cos \theta / \{1 + (\text{気温} + 273) / (\text{平均気温} + 273)\}$

それぞれの結果を図-3 および図-4 と同様に、飛来塩分との関係について、検討し、 $Q = a \times V_r^2$ で最小二乗近似した結果の相関係数を表-1 に示す。気象条件を考慮しても相関にあまり変化は無く、これらの検討結果から、気象条件の中では特に風向・風速が飛来塩分量に影響を与えることが明らかになった。

以上の検討から、風向と風速のみを飛来塩分に影響する因子であると決定し、図-3 および図-5 に示した P1 および P5 における飛来塩分の測定結果を、検討対象としている曝露試験地における飛来塩分量として統合し、風向・風速との関係を検討した結果を図-5 に示す。相関係数は 0.90 程度となり、高い相関を示しており、本曝露試験地での風向風速と飛来塩分量の関係は、図-5 において求められた近似式 $Q = 7.34 \times 10^{-3} \times V_r^2$ で表現できるものと考えられる。

4. 飛来塩分量と塩分浸透

4.1 曝露供試体中の塩分浸透

曝露 1 年目に 5 面塗装供試体を引き上げて、JCI-SC-4「硬化コンクリート中に含まれる塩分の分析方法」に準じた試験を行い、得られた含有塩分量から塩分浸透の状況を調査した結果を図-6 に示す。深さ 1cm では約 2.5 kg/m^3 程度の塩分が浸透しているが、深さ 5cm ではほぼ 0 kg/m^3 となり、かぶりを 7cm としているため、鉄筋腐食はないことを目視でも確認している。

4.2 付着塩分量の推定

曝露試験場は飛沫帯なので、既往の研究¹⁾ではコンクリート表面での塩分量 $C_0 = 13 (\text{kg/m}^3)$ ³⁾とし、拡散係数は試験結果を基に計算して、 $D = 0.133 (\text{cm}^2/\text{年})$ とし、推定に際してコンクリートの劣化による拡散係数の変動は考慮しないものとしている。一方、図-2 に示した飛来塩分量の測定結果から、曝露開始から 1 年間での飛来塩分量の総量 (P1 と P5 の平均値) は、約 11.5 kg/m^2 となり、この値が単位厚さあたりの付着塩分量に相当するものと仮定すると、既往の研究¹⁾で推定に用いた $C_0 = 13 (\text{kg/m}^3)$ ³⁾とほぼ一致する。したがって、風向風速と飛来塩分量の関係式として求めた、 $Q = 7.34 \times 10^{-3} \times V_r^2$ に、単位幅 1m を乗じて、 $C_0 = 1 \times 7.34 \times 10^{-3} \times V_r^2$ として、風向風速と付着塩分量の関係を表すことが可能であるものと考えられる。

5. まとめ

飛来塩分量は風向・風速を本研究の手法で変換した風成分の 2 乗に比例することが明らかとなった。また、本研究の範囲では、付着塩分量との相関も高いことが明らかとなり、今後、複数年の飛来塩分調査結果や曝露試験結果に基づいた詳細な検討を行うことが必要であると考えられる。

【参考文献】1) 渡邊隼也(2005):「秋田県沿岸部に暴露したコンクリート供試体の塩分浸透と飛来塩分量」, 土木学会東北支部技術研究発表会, pp.624-625

2) 村上和男ら(1992):「砕波帯内における海塩粒子の発生に関する現地調査」, 海岸工学論文集, 39, pp.1046-1050

3) 土木学会編:コンクリート標準示方書「維持管理編」2001 年制定

表-1 相関係数一覧

補正	P1	P5
風向・風速	0.89	0.89
降水量	0.88	0.88
相対湿度	0.89	0.88
降雪深さ	0.89	0.90
気温	0.89	0.90

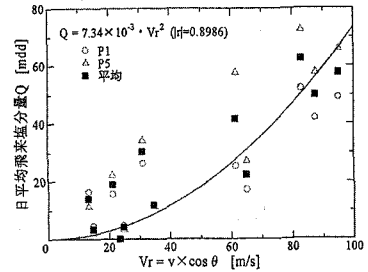


図-5 風と飛来塩分(平均)の関係

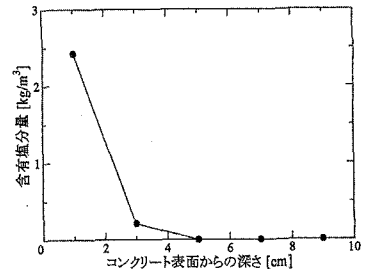


図-6 1 年目の塩分浸透