

海岸地域における飛来塩分濃度と風向・風速の関係性

大成建設 技術センター 正会員 ○松元 淳一 堀口 賢一
大成建設株式会社 中山 伊知郎
電源開発株式会社 吉沢 達夫 森本 晃樹 溝上 健

1. はじめに

表面塩化物イオン濃度は、2017年度制定コンクリート標準示方書〔設計編〕によれば、汀線からの距離に応じて示されている。その一方で、より精度を高めるなどの目的から、近年、塩害環境評価手法であるガーゼ法や薄板モルタル供試体により測定し、耐久性設計に取り入れることの検討が進められている^{1), 2)}。そこで著者らは、モルタル板により測定した飛来塩分濃度より算出したコンクリートの表面塩化物イオン濃度とコンクリート標準示方書〔設計編〕に示されている、汀線からの距離に応じた表面塩化物イオン濃度との整合性、ならびに飛来塩分濃度と風向・風速との関係について評価を行った。

2. 試験概要

2.1. 飛来塩分濃度の測定方法

1) 薄板モルタル供試体（以下、モルタル板）

写真-1 に飛来塩分濃度の測定を行ったモルタル板を示す。モルタル板は□40×40×5mmの薄板であり、所定の曝露期間にモルタル内に侵入した塩化物イオン、すなわち飛来塩分濃度を JIS A 1154 により測定するものである。



写真-1 モルタル板

2) 測定位置

モルタル板の設置位置は海岸汀線より 500m 相当離れた位置に置かれている 8 つの構造物（A～H）の側面とし、東側が内陸、西側が海岸の環境にある。なお、モルタル板は構造物において一律の方向ではなく、風の影響が考えられる位置とした。

3) 曝露期間

モルタル板は 3 ヶ月ごとに最長 1 年まで曝露を行った。これより、所定の曝露期間の飛来塩分濃度から前結果を差し引くことで（例えば、曝露 9 ヶ月の飛来塩分濃度から前データである曝露 6 ヶ月の測定結果を差し引くこと）、最近の 3 ヶ月の飛来塩分濃度の増加量を確認することができる。



写真-2 風向・風速計

2.2. 風向・風速の測定方法

写真-2 に風向・風速計を示す。風向・風速計は飛来塩分濃度測定用のモルタル板を設置した構造物から近い海岸汀線付近に設置した。

3. 試験結果

3.1. 飛来塩分濃度測定結果

表-1 に、一例として海岸汀線から 450m 程度離れた箇所に置かれた 3 つの構造物 A, B, C の曝露 3, 6, 9, 12 か月後の累積飛来塩分濃度と 3 ヶ月ごとの飛来塩分濃度期間増加量を示す。冬期（12 月～3 月）の飛来塩分濃度は構造物 A, B, C それぞれで、1.90, 2.85, 1.64kg/m³と高く、その前の 3 ヶ月間の秋期（9 月～12 月）に比べて大幅に増加していた。これに対して、次の 3 ヶ月の春期（3 月～6 月）では、飛来塩分濃度の増加は殆ど認められなかったことから、風速の低下や風向の変化が影響していると推察された。

表-1 モルタル板で測定した飛来塩分濃度

構造物	飛来塩分量〔累積〕 (kg/m ³)			
	3ヶ月曝露 7～9月	6ヶ月曝露 7～12月	9ヶ月曝露 7～3月	12ヶ月曝露 7～6月
A	0.21	1.25	3.14	3.36
B	0.35	1.75	4.60	4.51
C	0.31	1.07	2.70	2.79
構造物	飛来塩分量〔期間〕 (kg/m ³)			
	夏期 7～9月	秋期 9～12月	冬期 12～3月	春期 3～6月
A	0.21	1.04	1.9	0.22
B	0.35	1.40	2.85	0.00
C	0.31	0.76	1.64	0.09

キーワード 飛来塩分濃度, 表面塩化物イオン濃度, 風向, 風速

連絡先 〒245-0051 神奈川県横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設株式会社 技術センター TEL 045-814-7228

表-1 に示した 3 つの構造物における 1 年間の累積の飛来塩分濃度は、3.36、4.51 および 2.79kg/m³ であり、コンクリート標準示方書〔設計編〕に準じて、表面塩化物イオン濃度へ換算すると、それぞれ 2.16、2.31 および 2.08kg/m³ と算出された。一方、コンクリート標準示方書〔設計編〕に示されている表面塩化物イオン濃度によれば、今回、モルタル板を設置した箇所、すなわち海岸から 500m 相当離れた位置は 2.0kg/m³ であり、飛来塩分の実測から換算した値と概ね一致する結果であった。

3.2. 風向・風速測定結果

図-1にモルタル板の曝露期間における3ヶ月毎の風向頻度を示す。ここで示す風向および風速は、10分間の平均データに基づくものである。夏期（7月～9月）は、東寄りの風、いわゆる内陸からの比較的弱い風が多いことがわかる。一方、秋期から冬期（12月～3月）にかけては、北西寄りの風、いわゆる海からの比較的強い風が卓越することがわかる。これらの結果と飛来塩分濃度の増加量は整合していた。

3.3. 風速の風向補正值と飛来塩分濃度との関係

図-2および表-2に、対象とした8つの構造物（A～H）の風速の風向補正值の総和と飛来塩分濃度の関係を示す。風速の風向補正值とは、任意の時刻における風速のモルタル板に正対する方向の成分をいう。例えば、風速 $V=10\text{m/s}$ の風が、モルタル板と直交する法線に対して $\theta=60^\circ$ の角度を成すとき、風速の風向補正值 $V'=$ 風速 $V \times \cos\theta=10 \times \cos 60^\circ=5\text{m/s}$ となる。風向・風速の取りまとめたデータは1時間毎の平均であるため、24個/日の風速の風向補正值 V' が得られ、これの3か月ごとの総和と飛来塩分濃度との関係を示すのが図-2および表-1である。本実験の範囲内では、風速の風向補正值の総和が6,000m/s あたりを超えると、飛来塩分濃度が増え始める傾向が見られ、特に風速5.0m/s以上の強風の頻度が増える冬期にその傾向が見られる。ただし、構造物CおよびGにおいては、6,000m/s 程度でも他の構造物よりも飛来塩分濃度が1.5～2.0kg/m³と特異的に大きいこともわかる。この原因は明確ではないが、この構造物は8つの中でも海側に位置しているため、飛来塩分を含む風が最初にあたる可能性として考えられる。

4. まとめ

モルタル板により測定した飛来塩分濃度から算出したコンクリートの表面塩化物イオン濃度、ならびに風向・風速との関係について評価を行った結果、飛来塩分濃度より換算した表面塩化物イオン濃度とコンクリート標準示方書〔設計編〕に示されている表面塩化物イオン濃度は概ね一致する結果であった。また、風向・風速について、風がモルタル板と直交する方向へ風速を補正し、その補正值の所定期間の総和と飛来塩分濃度を比較してみたところ、ある値を閾値として、飛来塩分濃度が増加する傾向を確認した。

参考文献 1) 佐伯竜彦ほか：飛来塩分環境の定量評価に関する研究、土木学会論文集E, Vol.66, No.1, pp.1-20, 2016 2) 山田義智ほか：海岸から飛来する塩分量の数値解析、コンクリート工学年次論文集, Vol.18, No.1, pp.945-950, 1996

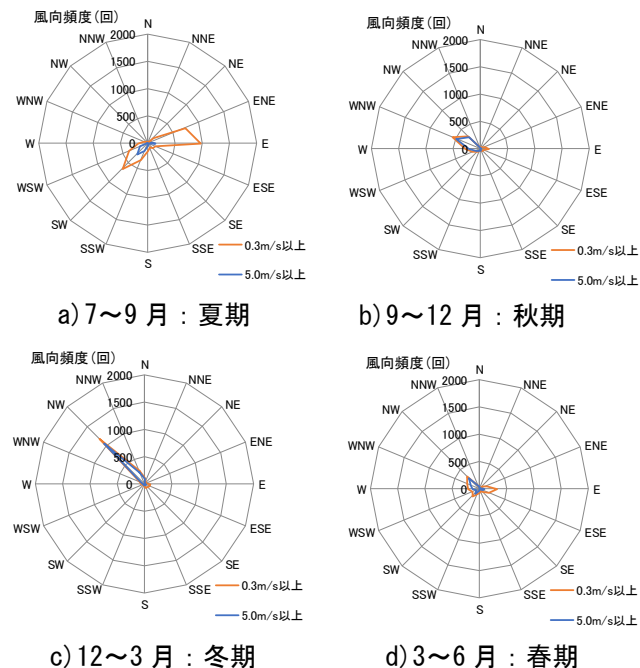


図-1 3ヶ月毎の風向頻度

表-2 風速の風向補正值と飛来塩分濃度の関係

構造物	7～9月		9～12月		12～3月		3～6月	
	風速×風向 ※1	飛来塩分濃度 (kg/m ³)	風速×風向 ※1	飛来塩分濃度 (kg/m ³)	風速×風向 ※1	飛来塩分濃度 (kg/m ³)	風速×風向 ※1	飛来塩分濃度 (kg/m ³)
A	2100	0.21	11623	1.04	12248	1.9	5998	0.22
B	602	0.35	9619	1.40	12406	2.85	4575	0.00
C	4052	0.31	7526	0.76	5741	1.64	4786	0.09
D	1691	0.03	3528	0.08	6142	0.30	2544	0.01
E	602	0.02	9619	0.04	12406	0.22	4575	0.00
F	3181	0.05	1036	0.18	1017	0.57	2395	0.00
G	4052	0.29	7526	0.74	5741	1.95	4786	0.03
H	836	0.11	6579	0.40	9660	0.97	3371	0.01

※1：風速の風向補正值の総和

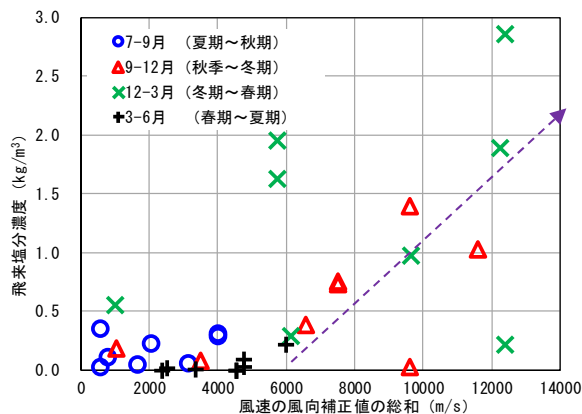


図-2 風速の風向補正值と飛来塩分濃度の関係
(表-2の図示)