

厳しい塩分環境下におけるコンクリートの暴露試験結果に関する検討

日本大学 学生会員 ○矢吹 康幸 学生会員 功刀 裕貴
日本大学 正会員 子田 康弘 フェロー 岩城 一郎

1. はじめに

コンクリートに塩化物イオンが侵入し、内部の鋼材が腐食し膨張することでひび割れが発生する塩害は、構造物の安全性そのものに影響を与える劣化現象である。塩化物イオンの供給源は、凍結防止剤(NaCl)の散布と沿岸部における飛来塩分がある。飛来塩分に関する地域特性の評価は行われており¹⁾、塩害環境として山形県鶴岡市暮坪(以下、暮坪)、新潟県糸魚川市親不知(以下、親不知)、および沖縄県国頭村辺士名(以下、辺士名)の3カ所が我が国において最も過酷と言われている。しかし、これらの環境を定量的な指標に従い相対評価した検討は行われていない。そこで本研究では、同様の供試体によって付着塩分量を測定することで塩害環境の地域特性を評価した。

2. 実験概要

表-1と表-2にコンクリートの配合を示す。コンクリートはフライアッシュの使用の有無を条件(有:FC、無し:NC)とした。暮坪と親不知は、当研究室の材料を用い、水セメント比 W/C を35%と50%の2条件、フライアッシュ(以下、FA)の置換率を0%と内割り配合で20%の2条件とした。辺士名については、現地材料を用い、水結合材比として35%と50%の2条件とした。供試体形状は、100mm×100mm×200mmの角柱供試体であり、型枠側面100mm×100mmの1面を暴露面とした。供試体作製後は、材齢1日で脱型し28日間水中養生を行った。なお、他の面は暴露開始前にエポキシ樹脂でコーティングした。図-1に暴露試験箇所を、表-3に暴露条件を示す。暴露場所における設置は、暮坪の場合、写真-1のように設置場所の高さを海面から6m(SL6m)と10m(SL10m)の2箇所とし、他は1箇所とした。暴露期間は暮坪が3ヶ月と8ヶ月、親不知が8ヶ月、辺士名は5ヶ月である。なお、暴露の開始は、2016年12月からである。暴露終了後は、暴露面から深さ方向に3mm毎の粉末試料を採取し、各層の塩分量を測定した。

3. 実験結果及び考察

図-2に、暮坪における暴露期間の違いによる塩分濃度分布を示す。図中には、FC-35とFC-50、またNC-50の8ヶ月を示した。図より、表面部(0-3mm)は、濃度に規則性はないが、5mm以下から暴露期間や配合の違いが見て取れる。まず、暴露期間に着目すると、配合を問わず、3ヶ月と8ヶ月の塩分濃度分布に明らかな違いは認められなかった。これは、設置時期と暴露期間によるものであり、暮坪の場合は、12月から2月の冬期は強い北西風が沿岸部に吹き付ける環境であり、これと共に海水が供試体に付着するが、3月以降は、比較的穏やかな環境のため、ほぼ塩分の飛散がなく、両者の分布に差が生

表-1 暮坪・親不知の配合表

ID	Gmax (mm)	W/C (%)	W/B (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)						
					W	C	FA	S	G	AE	SP
FC-35	20	35	29	45	160	457	91.7	729	912	0.0933	5.50
FC-50		50	42	45	160	320	64.0	760	1031	0.0513	5.77
NC-35		35	-	45	160	274	-	778	973	0.0796	7.20
NC-50		50	-	45	160	320	-	830	1038	0.0223	2.57

表-2 辺士名の配合表

ID	Gmax (mm)	W/C (%)	W/B (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)						
					W	C	FA	S	G	AE剤	
FC-35	20	41.9	33.5	42.9	156	372	93	739	1004	3.03	
FC-50		62.4	49.5	38.7	156	250	65.0	707	1148	1.58	
NC-35		33.5	-	42.9	156	465	-	739	1004	3.02	
NC-50		49.5	-	41.1	158	319	-	752	1107	1.28	



図-1 暴露場所位置図

表-3 暴露条件

設置場所	設置場所の高さ	暴露期間
山形県 暮坪	海面から6m	3ヶ月・8ヶ月
	海面から10m	
新潟県 親不知	海面から15m	8ヶ月
沖縄県 辺士名	海面から3m	5ヶ月

キーワード 塩害、塩化物イオン濃度分布、共通試験、

連絡先 〒963-8642 福島県郡山市田村町徳定字中河原1番地 TEL 024-956-8721

じなかったと考えられる。次に、水セメント比 W/C に着目すると、富配合である FC-35 の方が FC-50 よりも塩分濃度は低い傾向にあるが、15mm 以降は、配合を問わず塩分濃度はほぼ 0kg/m^3 である。表層部の塩分濃度の違いは FC-35 の方が緻密なため塩分の侵入抵抗性が高いためである。また、FC-50 と NC-50 の比較より、FC-50 の方が塩分の侵入が抑制されており、FA の効果が暴露環境においても確認された。図-3 に、暮坪における海面からの高さの違いによる塩分濃度の比較を示す。図より、当初は、海面に近い SL6m の方が SL10m よりも高濃度の塩分が供試体に侵入すると想定したが、測定結果は反対に、どちらかというとも SL10m の塩分濃度が高いか同程度という傾向を示した。これは飛沫塩分を含む風が吹き抜けるか舞い上がるかという設置場所の条件が影響したものと考えられる。写真-1 に示すように、SL6m の背面は擁壁であり、これに対して SL10m の背面は吹き抜けるのに十分な空間になっている。これより、塩害環境の程度を評価するに当たっては、単に海面からの高さのみならず風の通り抜け方も考慮する必要があることを示唆している。図-4 に、暴露環境による塩分濃度分布の比較を示す。設置場所の条件や配合等が異なるため、絶対評価にはならないが、塩分濃度分布は 3 箇所異なる傾向を示した。本測定の範囲内では、辺士名が最も過酷な塩害環境であり、次に暮坪、そして親不知という順で塩分濃度が小さくなる傾向であった。これは、季節による風速・風向に加え、温湿度の影響も大きく受けたためと考えられた。辺士名は、温かい時期に比較的長く飛沫塩分が付着し、暮坪は冬期の短期間に多量の飛沫塩分が付着したが、親不知は 3 箇所の中で最も高台に設置されたことと背面が擁壁だったことがそれぞれの塩分濃度分布に影響したと考えられた。

4. まとめ

過酷な塩害環境と言われる 3 カ所の暴露試験より、まず普通コンクリートに比べ FA コンクリートは、塩分の抑制効果が実験室レベル同様に示された。次に、塩分環境は、暴露される場所として汀線からの距離や海拔に加えて、風の吹き抜けに対する障害物といった周辺状態も影響することが示唆された。今後は、温湿度などの気象条件の評価と、既に同一材料、同一配合の供試体を暴露しており、これらによりどのような条件が最も過酷となり得るか考察する予定である。

謝辞: 本研究の一部は、総合科学技術・イノベーション会議の SIP(戦略的イノベーション創造プログラム)「インフラ維持管理・更新・マネジメント技術」(研究代表者:前川宏一)によって実施されました。ここに謝意を表します。

【参考文献】1)土木学会(2016): 塩害環境の定量評価に関する研究小委員会(348 委員会)報告書

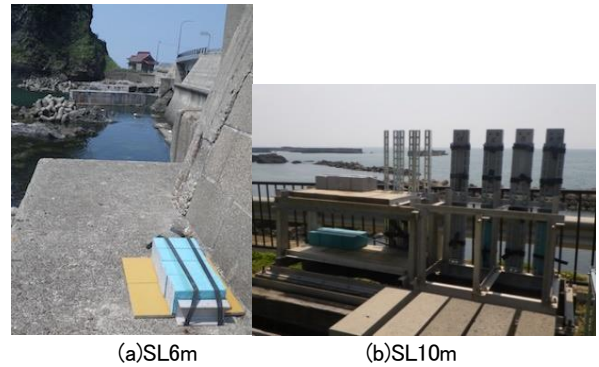


写真-1 暮坪の設置高さ

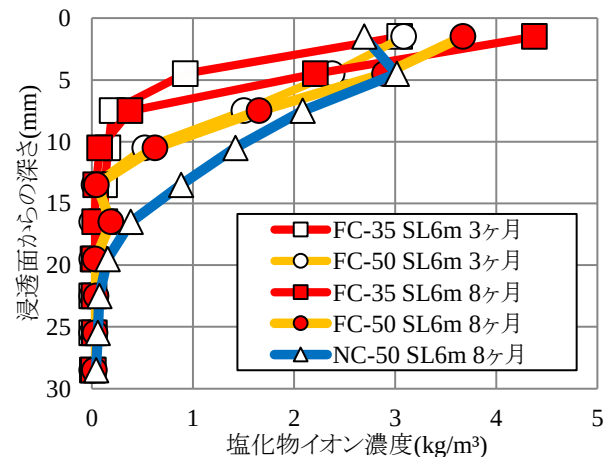


図-2 暴露期間による塩分濃度の比較

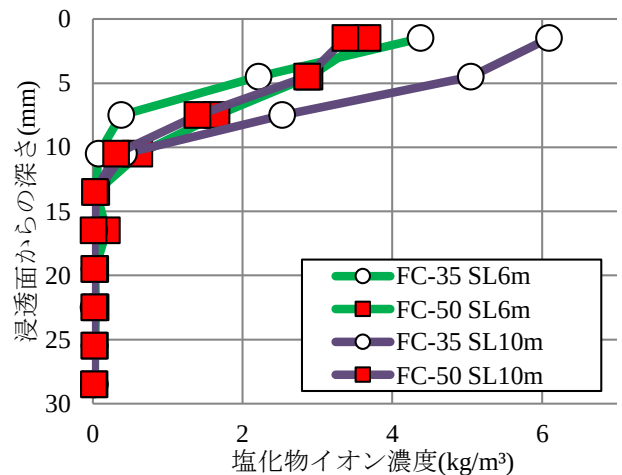


図-3 設置高さによる塩分濃度の比較

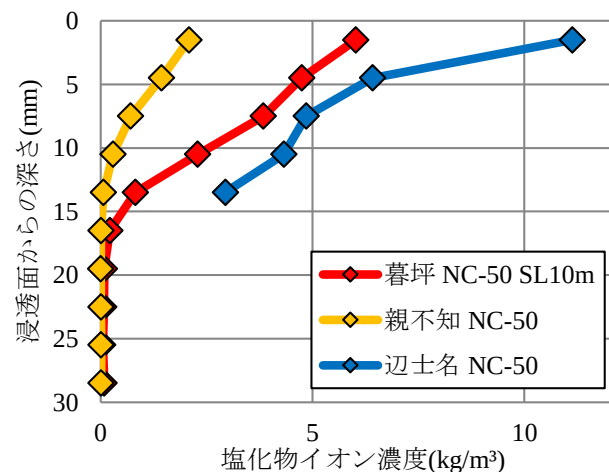


図-4 暴露環境による塩分濃度の比較