

飽和 NaCl 溶液を用いた浸漬試験におけるコンクリートへの塩分浸透性状

九州大学大学院 学生会員 畠山 繁忠 九州大学大学院 正会員 佐川 康貴
九州大学大学院 正会員 濱田 秀則 九州大学 学生会員 薬師寺 輝

1. はじめに

凍結防止剤を散布する橋梁では、凍結防止剤を含んだ漏水により、桁端部で塩害を生じる事例が散見される。凍結防止剤には NaCl や CaCl_2 が用いられ、高濃度溶液や粒状で散布されるため、コンクリートに供給される塩化物イオン濃度も高いと考えられる。また、実構造物では乾湿繰返し作用の影響を受けると考えられる。既往の研究で、高濃度 NaCl および乾湿繰返し作用を受けたコンクリートの塩分浸透性状を検討した事例は少ない。そこで本研究では、塩水の濃度および乾湿繰返し作用が、コンクリートの塩分浸透性状に及ぼす影響について実験的に検討した。

2. 実験概要

表-1 コンクリートの示方配合

凍結防止剤を含む漏水を模擬した塩水により乾湿繰返し試験を行い、コンクリートの塩分濃度分布を調べた。表-1 にコンクリートの示方配合を示す。水結合材比 W/B は 55% とし、スランプ及び空気量が $8.0 \pm 2.0\text{cm}$ 、

配合名	W/B (%)	s/a (%)	単位量(kg/m^3)					スランプ (cm)	空気量 (%)
			水 W	セメント C	BFS	細骨材 S	粗骨材 G		
N55	55	47.5	175	318	-	832	1106	7.3	5.4
B55	55	46.5	175	159	159	810	1051	8.5	3.9

$4.5 \pm 1.0\%$ となるよう、単位水量と細骨材率、混和材量を決定した。N55 は結合材を普通ポルトランドセメントとしたものであり、B55 はセメントの 50%を高炉スラグ微粉末 4000 (BFS) で置換したものである。

表-2 乾湿繰返し試験の条件

材齢 35 日目に塩水浸漬および乾湿繰返し試験を開始した。表-2 に試験条件を示す。用いた溶液は、飽和 NaCl (26.5%) または 3% NaCl 溶液であり、乾湿のサイクルは、連続浸漬および 2 日浸漬 5 日乾燥を 1 サイクルとする乾湿繰返し（以下 2/5 と称す）の 2 通りとした。供試体は $100 \times 100 \times 400\text{mm}$ の角柱とし、塩化物イオン浸透面は打設時の側面 ($100 \times 400\text{mm}$) 一面とし、他の面は、エポキシ樹脂で被覆した。水温は管理しておらず、どの溶液も実験棟内の室温と同程度である。試験期間 13, 26, 52 週で、JIS A 1154 に準拠し、塩化物イオン選択性電極を用いた電位差滴定法により全塩化物イオン濃度の測定を行い、コンクリート中の塩化物イオン濃度分布を求めた。

配合名	浸漬条件	乾湿サイクル
N55	飽和NaCl	連続浸漬
		2日浸漬5日乾燥(2/5)
	3%NaCl	連続浸漬
		2日浸漬5日乾燥(2/5)
B55	飽和NaCl	2日浸漬5日乾燥(2/5)

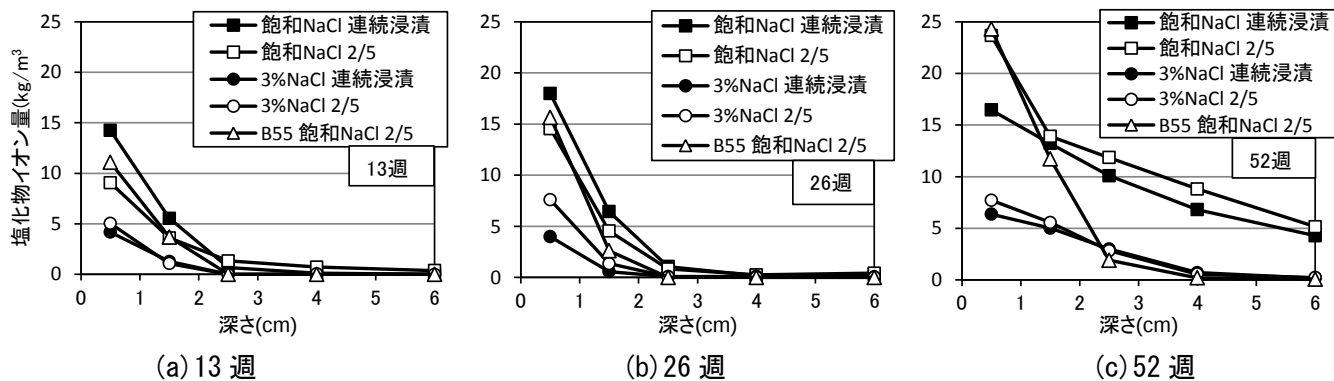
3. 実験結果

(1) 塩化物イオン濃度分布

図-1 に塩化物イオン濃度分布を示す。飽和 NaCl を用いた場合について 0~1cm の濃度を比較すると、13 週~26 週では、N55 の連続浸漬が最も高く、次いで N55 の乾湿繰返し 2/5 が高く、B55 の乾湿繰返し 2/5 が最も低くなった。しかし、52 週では、乾湿繰返しが連続浸漬を上回った。N55 連続浸漬では、13 週~52 週までの 0~1cm の濃度は大きく変化しておらず、コンクリート表面付近の濃度がほぼ一定に保たれた状態で、内部へと侵入する結果であった。また、52 週では、乾湿繰返しを行った N55 と B55 では、0~1cm の濃度はほぼ等しくなった。3%NaCl については、52 週まで 0~1cm の濃度を比較すると、乾湿繰返しの方が連続浸漬よりも塩化物イオン量は多く浸透する傾向が確認され、既往の研究¹⁾と傾向が一致した。また、図-2 より、BFS を混和した場合、塩分浸透抵抗性は飽和 NaCl 溶液に対しても高い抑制効果があることが確認された。

(2) 拡散係数 Da および表面塩化物イオン濃度 C_0

図-1 の値を最小二乗法にフィッティングさせ、拡散係数 D および表面塩化物イオン濃度 C_0 を算出した。



図ー1 塩化物イオン濃度分布

図ー2 に拡散係数 D_a 、図ー3 に表面塩化物イオン濃度 C_0 を示す。図ー2 より、試験開始 52 週目では、拡散係数は大きい方から飽和 NaCl 連続浸漬、飽和 NaCl 2/5、3%NaCl 2/5、3%NaCl 連続浸漬、B55 飽和 NaCl 2/5 の順となった。飽和 NaCl 連続浸漬では、他の浸漬条件に比べ、勾配の小さい曲線を示しており、結果的に拡散係数 D は大きな値が得られた。飽和 NaCl 2/5 は 0～10mm において塩化物イオン濃度が高い値を示したため、飽和 NaCl 連続浸漬に比べ、低い値を示した。B55 飽和 NaCl 2/5 は全ての週において最も低い値を示しており、拡散係数 D に着目しても塩分浸透抵抗性が高いことが示された。

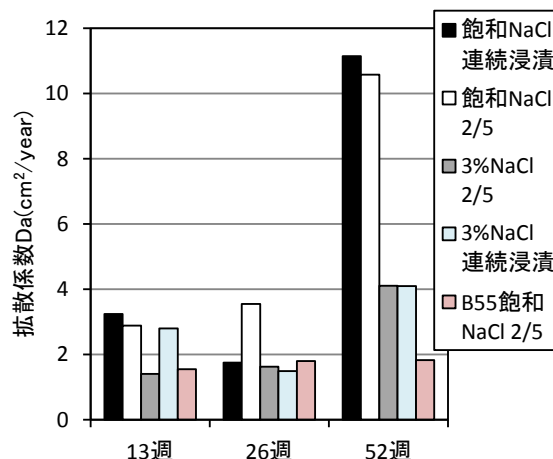
図ー3 より、表面塩化物イオン濃度 C_0 は、試験開始 52 週目において、B55 飽和 NaCl 2/5 が最も高い値を示した。これは、図ー1 より、表面付近の塩化物イオン濃度が高く、濃度勾配が比較的大きいため、 C_0 は大きな値を示したと考えられる。次に、飽和 NaCl 連続浸漬および 3%NaCl 2/5 の C_0 は 26 週目で増加したが、52 週目で低下する傾向を示した。これは、飽和 NaCl 連続浸漬の場合、拡散係数 D の値が大きくなった原因と同様に、勾配の小さい曲線を示したためと考えられる。また、飽和 NaCl では、乾湿繰返しを行った場合、表面塩化物イオン濃度 C_0 は大きくなる傾向を示した。

4. まとめ

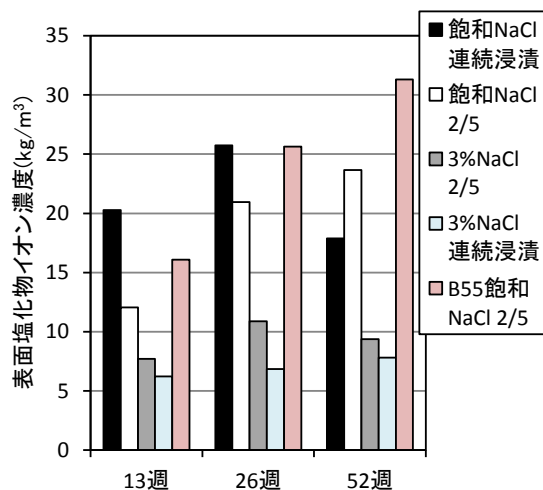
- (1) 3%NaCl よりも飽和 NaCl の方が塩化物イオンは浸透する傾向が確認された。
- (2) 飽和 NaCl に対して、BFS 混和コンクリートの塩化物イオンの浸透抑制効果は高いことが示された。
- (3) 拡散係数 D は飽和 NaCl 連続浸漬が最も高くなることが確認された。
- (4) 飽和 NaCl の場合、乾湿繰返しを行うと表面塩化物イオン濃度は、3%NaCl で乾湿繰返しを行った場合に比べ、2.5～3.0 倍高くなる傾向を示した。

【参考文献】

- 1) 来海豊，岩渕研吾：コンクリートへの塩化物の浸透に関する実験的研究，コンクリート工学年次論文集，Vol.23，No.2，pp.523-528，2001



図ー2 見掛けの拡散係数 D_a



図ー3 表面塩化物イオン濃度 C_0