

塩害促進試験方法の違いが RC 床版の材料劣化に及ぼす影響

日本大学 学生会員 ○田口 大輔
日本大学大学院 学生会員 古山 幸永
日本大学 正 会 員 岩城 一郎

1. はじめに

近年、コンクリート構造物の早期劣化が社会問題となっている。道路橋 RC 床版についても冬季間融雪剤として塩化物が大量散布されるようになり、塩害が深刻な問題となりつつある。そこで、本稿では道路橋 RC 床版を模擬した供試体に対し、(1)床版全面の塩水の浸漬と乾燥の繰返し、(2)供試体上面からの塩水散布、(3)コンクリート練混ぜ時に塩分を混入の 3 条件で塩害促進試験を行い、それぞれの塩分浸透状況を調査すると共に、目視でのコンクリート表面の劣化状況や、自然電位測定法による内部鉄筋の腐食状況について調査検討を行った。

2. 実験概要

本研究では、「はじめに」で述べた計 3 条件の塩害促進試験を、同一形状の 3 供試体（以下「浸漬供試体-1」「散布供試体」「内在供試体」と称す）と、これらとは形状、配合が異なる 1 供試体（以下「浸漬供試体-2」と称す）の計 4 供試体について行った。表-1 は、浸漬供試体-1、2 の配合を示したものである。なお、散布供試体と内在供試体の配合は、浸漬供試体-1 と同じである。標準養生 28 日の圧縮強度は、浸漬供試体-1 と散布供試体で 29.0MPa、浸漬供試体-2 で 33.3 MPa、内在供試体で 35.2MPa である。表-2 は、各供試体の塩害促進試験状況を示したものである。試料の採取は浸漬供試体-1 と散布供試体が、共に材齢 215 日（促進試験期間 135 日）、浸漬供試体-2 が、材齢 470 日（促進試験期間 323 日）、内在供試体が材齢 200 日に行った。それぞれの供試体の寸法と試料採取位置、および自然電位測定位置を図-1、図-2 に示す。塩化物イオン濃度分布の分析は、JIS A 1154 に準拠して電位差滴定法により行った。試料の採取は直径 33mm のコアで床版供試体を貫通するように抜き出した。コアは端部から 16mm 毎にカットし、粉砕して滴定試料とした。自然電位測定は表-3 に示した ASTM C 876 鉄筋腐食判定に従い、測定位置は供試体上面の配力筋の位置で行った。また目視での劣化度調査項目は、コンクリート表面の錆汁や、ひび割れ発生状況の確認と、ひび割れ幅の測定である。

表-3 鉄筋腐食判定基準 (ASTM C 876)

自然電位 E (mV CSE)	鉄筋腐食の可能性
-200<E	90%以上の確率で腐食なし
-350<E≤-200	不確定
E≤-350	90%以上の確率で腐食あり

表-1 コンクリートの配合

	W/C	s/a	単位量 (kg/m ³)				
			W	C	S	G	AE剤
浸漬供試体-1	66.0	47.6	174	264	857	996	2.64
浸漬供試体-2	53.9	46.0	172	320	815	1005	3.20

表-2 各供試体試験状況

浸漬供試体	塩水浸漬と乾燥の繰返し:乾湿のサイクル(3.5日)
散布供試体	供試体上面からの塩水散布:散布の頻度(週1回)
内在供試体	コンクリート練混ぜ時、外割で10kg/m ³ のNaCl添加

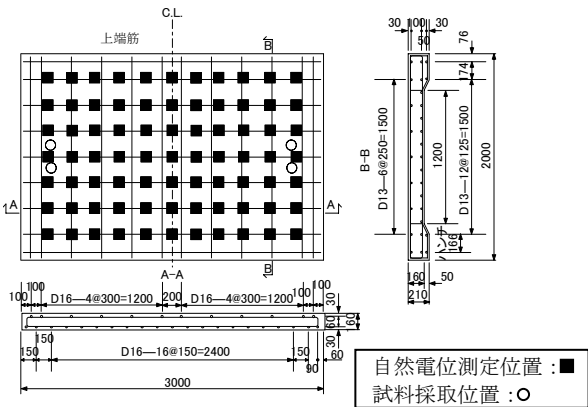


図-1 供試体形状 (浸漬供試体-1

・ 散布供試体・内在供試体)

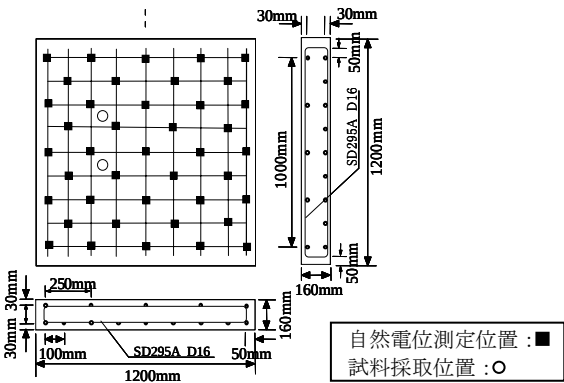


図-2 供試体形状 (浸漬供試体-2)

3. 実験結果および考察

図-3(a)～(d)は、各供試体から採取した試料の塩化物イオン濃度分布を示したものである。(a)より、浸漬供試体-1は塩分の拡散作用により供試体表面に比べ内部で塩化物イオン濃度が低く、若干だが打設面では底面に比べ塩化物イオン濃度が高くなる傾向を示した。これは浸透時の重力の影響や、コンクリート打込み時の締固めによる底面組織の緻密化などが影響したと考えられる。また、鉄筋位置(かぶり 30mm)の塩化物イオン濃度は鋼材腐食発生限界濃度 1.2kg/m^3 を大きく超える結果となった。(b)より、散布供試体は散布面から拡散作用により、打設面から 90 mm 付近で塩化物イオン濃度がほぼ 0kg/cm^3 となる結果となった。また鉄筋位置の塩化物イオン濃度は、鋼材腐食発生限度濃度に対して倍以上の値を示した。(c)より、内在供試体は塩化物イオン濃度が打設面側では低く内部で高くなる傾向を示した。これは曝露を行った打設面の風雨による洗い流しと、中性化(約 5.0 mm)による塩分の濃縮などが原因と考えられる。(d)より、浸漬供試体-2は浸漬供試体-1と同様の拡散作用により、供試体表面に比べ内部で塩化物イオン濃度が低くなる傾向を示した。ただし、見かけの拡散係数(図-4)を比較すると、配合の異なる浸漬供試体-1、2では大きな差があり、配合が同じ浸漬供試体-1と散布供試体では大きな差はなかった。これより配合(水セメント比)の違いが塩分浸透方法の違いよりも見かけの拡散係数に大きく関わる結果となった。自然電位測定による鉄筋腐食判定結果については、浸漬供試体-1では促進 31 日目、散布供試体では促進 80 日目、内在供試体では促進 62 日目にて供試体全面で腐食確率 90%以上を示す電位($E \leq -350\text{mv}$)となった。目視調査では、内在供試体の打設面全体で鉄筋の腐食膨張ひび割れが見られ、ひび割れは促進 81 日目で主筋方向に広がり、最終測定の日で配筋方向に見られた。ひび割れ幅は大きいもので $0.20\sim 0.30\text{mm}$ の結果となった。また、内在塩分供試体の内部鉄筋をはつり出すと、顕著な腐食が見られた。

4. まとめ

- (1) 本研究で実施した浸漬試験および散布試験の結果より、配合が同じであれば、両者の見かけの拡散係数に大きな違いは認められず、配合(水セメント比)により見かけの拡散係数が大きく変化することが確認された。
- (2) 浸漬試験、散布試験とも、塩分浸透性については十分な促進性が認められたものの、本試験期間内では劣化期に相当する腐食を与えるまでには至らなかった。一方、内在供試体では早い段階から塩害が促進し、腐食ひび割れが顕著に現れる結果となった。

謝辞：本研究は、科学研究費補助金基盤研究(C)(18560455)を受けて行なったものである。ここに記して謝意を表す。

【参考文献】

(独)土木研究所：コンクリート中の塩化物イオン濃度分布簡易分析シート <http://www.pwri.go.jp/renewal/active/index.html>

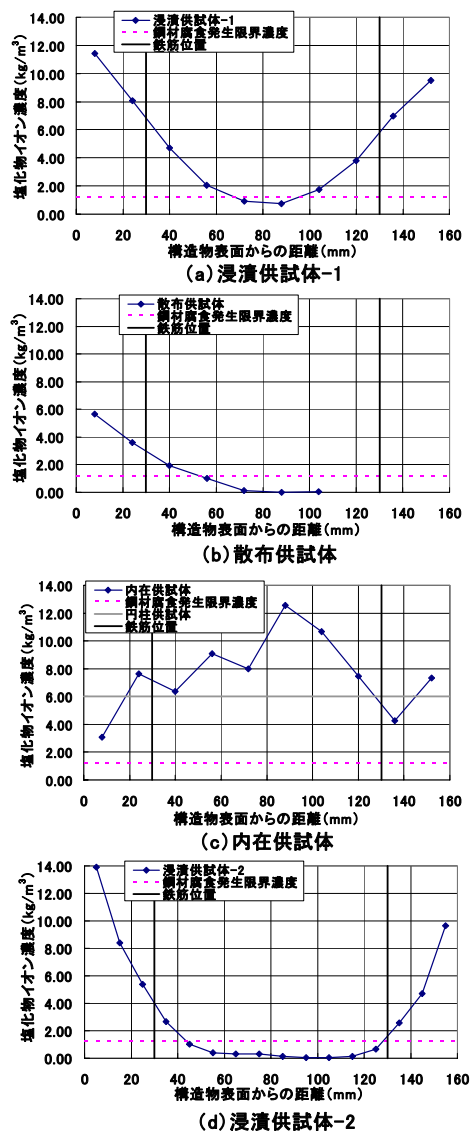


図-3 塩化物イオン濃度分布

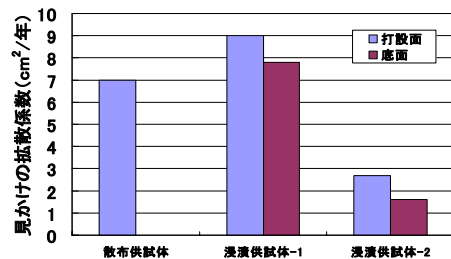


図-4 見かけの拡散係数

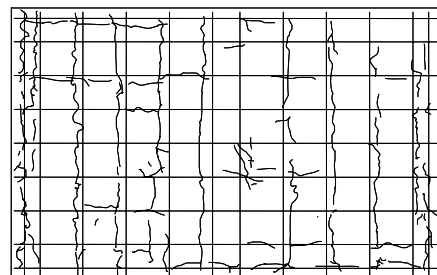


図-5 内在供試体ひび割れ状況