凍結防止剤散布下における道路橋RC床版の凍害劣化機構に関する検討

日本大学工学部　学生会員　○佐久間　正明
日本大学工学部　正会員　子田　康弘　岩城　一郎

１．はじめに

積雪寒冷地における道路橋RC床版は、凍結防止剤が上面より浸透し蓄積しやすい部材のため、塩害と凍害による複合劣化が懸念される。当研究室では、昨年度、RC床版に高濃度の塩分が内在した状態を想定したコンクリートの耐凍害性に関する検討を行った[1)]。その結果、高濃度の塩分が内在するNon-AEコンクリートの場合、耐凍害性が著しく低下することが判明した。そこで本研究では、昨年度の実験結果の再現性を確認するとともに、外来塩分とその濃度が耐凍害性に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。

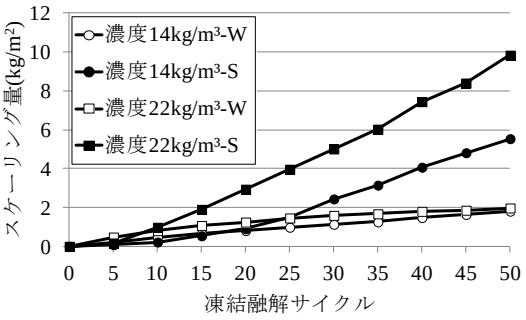

図-1 スケーリング量の変化（事前検討）

２．実験概要

図-1は、外来塩分の濃度が耐凍害性に及ぼす影響を予備的に調べた結果である。この供試体は別研究で上面湛水により塩分を浸透させたものであり、上面10mmまでの平均塩分濃度が約14kg/m^{3}と22 kg/m^{3}の2種類である。この供試体に塩水濃度3%と真水(凡例：それぞれS、W)を湛水させ、ASTM C672[2)]に準拠し凍結融解試験を行った。図より、真水の場合、スケーリング量に差異はなかったが、塩水の場合は明らかに塩分濃度が高い方がスケーリング量は増加する傾向を示し、外来塩分がスケーリング量に影響することが示唆された。これより設定した実験条件を**表-1**に示す。表より、コンクリートは、普通ポルトランドセメント(OPC)と高炉セメントB種(BB)の2種類、エントレインドエアの有無(それぞれAE、Non-AE)による3種類とした。また、塩分濃度は、塩分濃度0%(0%)と、コンクリート製造時に塩化物量5kg/m^{3}を内在させた条件（内在塩）、および外来塩として塩水濃度を3種類(3%、10%、25%)とし湛水による塩分浸透の促進で含有塩分濃度を変えた(L、M、H)の合計9条件を設定した。**表-2**は、コンクリートの配合とフレッシュ性状である。表よりW/Cは50%一定であり、フレッシュ性状は目標値を満足する結果となった。凍結融解試験方法は

表-1　実験条件

	塩分濃度				
	0%	内在塩	外来塩		
			L	M	H
OPC-AE	○			○	
OPC-NonAE	○	○	○	○	○
BB-AE	○			○	

表-2　コンクリートの配合とフレッシュ性状

	Gmax (mm)	スランプ (cm)	W/C (%)	空気量 (%)	s/a (%)	単位量(kg/m^3)					フレッシュ性状	
						W	C	S	G	塩化物	スランプ (cm)	空気量 (%)
OPC-AE	20	12±3	50	4.5	48	175	350	851	947	-	15.0	4.5
OPC-Non-AE				1.5				889	989	-	11.0	2.3
OPC-Non-AE+内在塩										5.0	10.5	1.9
BB-AE				4.5				846	940	-	14.0	5.2

図-2 供試体形状

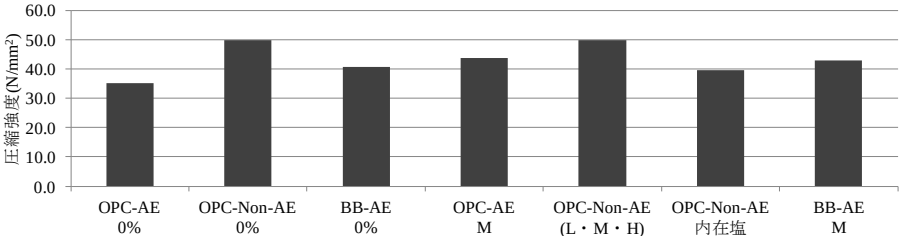

図-3　圧縮強度試験結果

キーワード：凍害、凍結防止剤、スケーリング、塩分濃度
連絡先：福島県郡山市田村町徳定字中河原1　TEL 024-956-8721

ASTM C672[2)]に準拠し 1 条件 5 体とした。**図-2** に供試体形状を示す。図より供試体形状は、直径 150mm、高さ 80mm の円柱供試体で試験面を打込み面とし止水テープで土手を作製した中に濃度 3%の塩水を湛水させた。

３．実験結果および考察

図-3 に試験開始材齢時(基準と内在は 28 日、外来は 77 日) の圧縮強度を示す。図より、AE コンクリートの圧縮強度は 40MPa 前後であり、Non-AE コンクリートは 45MPa 前後であった。**図-4** に塩分浸透の促進結果を示す。図より、極表層は非常に高濃度の塩分濃度であるが、試験面より 1mm 以下の範囲は塩水濃度の違いで低濃度が約 15kg/m^3、中濃度が約 30kg/m^3、高濃度が約 40kg/m^3 と含有塩分濃度を実験条件に合わせ設定できた。また、内在塩は、試験面付近が約 6kg/m^3 であった。

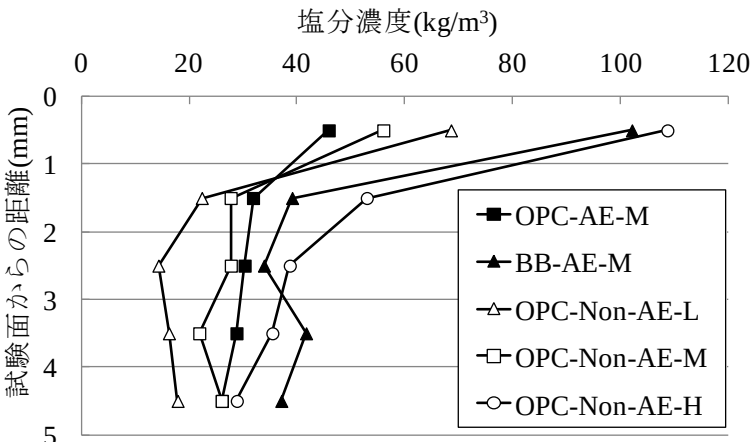

図-4　表層付近の塩分濃度分布

図-5 にスケーリング量の測定結果を示す。なお、外来塩を浸透させた供試体は凍結融解試験中のため、その途中経過を示しており、最終結果は発表会にて報告する。図より、OPC の 0%は、Non-AE コンクリートよりも AE コンクリートの方がスケーリング量は少なく、BB-AE-0%は OPC-AE-0%よりも多くなる傾向であった。これに対して、内在塩は、昨年度の結果と同様に、凍結融解サイクル開始時からスケーリング量が増加し、試験終了時で OPC-Non-AE-0%の 5 倍のスケーリング量となり、塩分を含有しているコンクリートでは耐凍害性が明らかに劣る結果を得た。次に、外来塩を浸透させた供試体を比較すると塩分濃度が高い方がスケーリング量は増加する傾向にある。これより、凍結防止剤(NaCl)の作用を受ける RC 部材においては外来塩により蓄積される塩分濃度が高いほど耐凍害性が低下すると考えられる。これを道路橋 RC 床版に当てはめると、凍結防止剤による塩分が床版上面に蓄積された状態で凍結融解作用を受けることでコンクリートの耐凍害性が低下し、このことが寒冷地の RC 床版で凍害とこれに伴う砂利化を促進させる一因になっているものと思われる。

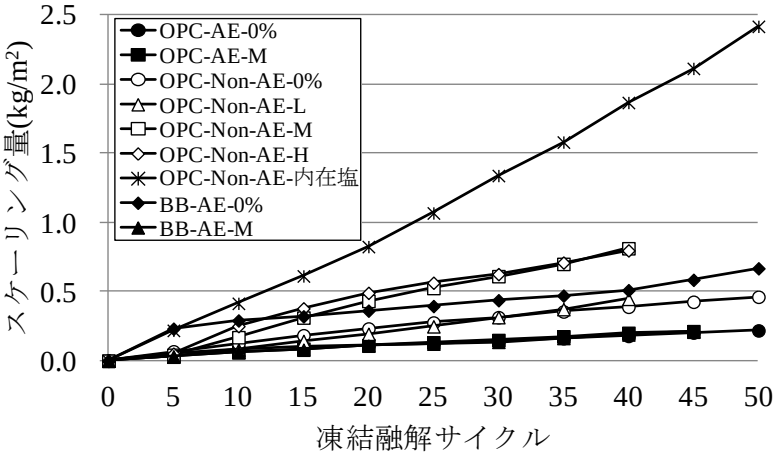

図-5　スケーリング量の変化

４．まとめ

本研究では、凍結防止剤散布下における道路橋 RC 床版の凍害劣化機構に関する検討を行った。その結果、コンクリートに内在塩、外来塩として高濃度の塩分が蓄積されるとコンクリートの耐凍害性が著しく低下することが明らかになった。寒冷地では、このような作用が実道路橋 RC 床版の凍害とこれに伴う砂利化、さらには疲労耐久性の低下を促進させる一因になっていると思われる。

参考文献

1) 子田康弘，岩城一郎，大越雅城，長谷川雅宏(2011)：高濃度の塩分を含有するコンクリートの耐凍害性に関する実験的検討，第 65 回セメント技術大会講演要旨，pp.200-201

2) American Society for Testing and Materials (1998) : Standard test method for scaling resistance of concrete surface exposed to de-icing chemicals, Annual Book of ASTM Standard, pp.344-346