

ベースセメントの異なる道路橋床版コンクリートの耐スケーリング劣化に関する研究

日本大学大学院理工学研究科 学生会員 ○川元 崇寛
 日本大学理工学部 正会員 佐藤 正己
 日本大学理工学部 正会員 梅村 靖弘

1. はじめに

現在、我が国のコンクリート構造物は寒冷地において昼夜の寒暖差や日射、天候などの影響により凍結融解作用を受け、様々な凍害劣化を引き起こす事が確認されている。スパイクタイヤの使用規制以来、凍結防止剤が大量散布されるようになった。この凍結防止剤に含まれる塩化物イオンは、コンクリート構造物の塩害、凍害によるスケーリングを促進させることが知られており、塩化物と凍結融解の複合作用による劣化が深刻なものとなっている。現在は、凍結防止剤による塩害対策として高炉スラグ微粉末(BS)やフライアッシュ(FA)を配合した混合セメントが床版で使用されてきているが、混合セメントに対する複合劣化の研究報告は少ない。そこで本研究では、設計基準強度を27MPaと想定した床版コンクリートに対して混和材の種類を変えた場合の耐凍害性に対して表層部劣化であるスケーリング量及び内部劣化の観点から検討した。

2. 研究概要

2.1 使用材料と配合条件

本研究のコンクリートに用いる材料の諸元を表-1、各配合を表-2に示す。配合は普通ポルトランドセメント(NC)単味、NCをBSで内割45%置換したもの(B種相当、NBB)、NCをFAで内割10%置換したもの(A種相当、NFA)の3水準とした。これらの配合は、試験練りにて設計基準強度27MPaの床版コンクリートを想定し配合強度32.4MPaになるように設定した(変動係数10%)。コンクリートのフレッシュ性状は、スランプ 10.5±2.5cm、空気量は 4.5±1.5%を目標とした。

2.2 試験方法

圧縮強度試験はJISA1108「コンクリートの圧縮強度試験方法」に準拠し、材齢7日、28日とした。凍害は内部劣化と表層部劣化があり、凍害の内部劣化の評価は、一次共振動数(JISA1127)を用いた相対動弾性係数により行った。凍害の表層部劣化であるスケーリングの評価はRILEMTC176-IDC、RILEMTC117-FDCに従い、凍結試験の開始時、4~6回目の凍結融解サイクルごとに表面スケーリング、吸水率を実施した。凍結融解サイクルは図-1のサイクルで50サイクルまでとした。供試体は100×100×400mmの直方体型枠にコンクリートを打込み、24時間湿布養生を行い脱型し、20℃±2℃の水中で6日間養生を行った後、100×100×100mmの立方体を3個切り出したものを用いた。浸漬に用いた溶液はイオン交換水と凍結防止剤を想定した3%のNaCl水溶液を用いた。配合NC、NFA、NBB各々の供試体3個に対してイオン交換水、3%NaCl水溶液それぞれに浸漬しスケーリング試験を行った。

表-1 使用材料

材料名	記号	材料の種類	備考
水	W	水道水	
セメント	NC	普通ポルトランドセメント	密度:3.16g/m ³
			ブレン値:3260cm ² /g
混和材	B	BB	高炉スラグ微粉末
			密度:2.89g/m ³
		FA	フライアッシュ
細骨材	S1	山砂	ブレン値:4380cm ² /g
			密度:2.29g/m ³
	S2	砕砂	ブレン値:4030cm ² /g
			密度:2.69g/m ³
粗骨材	G	石灰岩碎石	表乾密度:2.69g/m ³
			FM:6.34
混和剤	WRA	AE減水剤	ポリオールの複合体
	AE	AE剤	変性ロジン酸化合物系

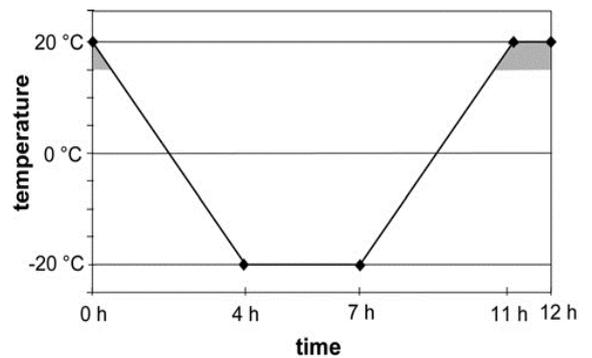


図-1 凍結融解サイクル

表-2 コンクリート配合

配合	W/B(%)	目標スランプ(cm)	目標空気量(%)	細骨材率(%)	単位量(kg/m ³)										スランプ(cm)	空気量(%)	温度(°C)
					W	B			S1	S2	G	WRA	AE				
						G	FA	BB									
NC	55	10.5±2.5	4.5±1.5	43.5	160	291	—	—	584	224	1068	72×10 ⁻³	1.7×10 ⁻³	10.5	4.8	21	
NFA	54			44.3	158	264	29	—	592	230	1049	73×10 ⁻³	2.3×10 ⁻³	11.0	4.0		
NBB	54			45.3	158	161	—	132	605	232	1030	73×10 ⁻³	1.8×10 ⁻³	9.0	4.6		

キーワード 凍結融解試験 スケーリング フライアッシュ 高炉スラグ RILEM CDF/CIF

連絡先 〒101-8308 東京都千代田区神田駿河台 1-8-14 日本大学大学院理工学研究科土木工学専攻 TEL 03-3259-0682

3. 試験結果

図-2 に圧縮強度試験結果を示す。NC、NFA、NBB の圧縮強度試験片齢 28 日で 32~35MPa になり、以下に概ね目標としている配合強度と同程度となった。

図-3 に相対動弾性係数の経時変化を示す。6 水準全てにおいて、高い相対動弾性係数を保っている事が確認できた。このことから、50 サイクルでは内部の劣化が生じていないと推測された。またイオン交換水浸漬の供試体において多少の増加傾向を示しているものの、50 サイクル程度では大きな変化は確認できなかった。

図-4 に累計スケーリング量の経時変化。NaCl 水溶液浸漬の表面状況写真を写真-1、写真-2 を示す。累計スケーリング量は、イオン交換水浸漬の供試体ではスケーリングが進行しなかった。しかし、NaCl 水溶液浸漬供試体は、3 水準すべてでスケーリングが進行した。NaCl 水溶液浸漬の累計スケーリング量は NBB 塩 > NC 塩 > NFA 塩となった。NaCl 水溶液浸漬の累計スケーリング量が多くなった原因は、細孔間の濃度差で生じる浸透圧、エトリンサイト生成による体積膨張、温度分布の不均一性による体積変化の違いと浸透水の氷点降下による膨張の複合劣化による影響が考えられる。その中で NBB 塩は累計スケーリング量が NC 塩と比較して約 4.5 倍となった。その要因として遠藤らは、NBB と NC を比較して細孔構造が粗大化する傾向があることを報告している²⁾。このことから細孔径の粗大化により累計スケーリング量の増加が促進されたものと考えられる。また、小早川ら³⁾は、フライアッシュを混和させることでポズラン反応が進行し、コンクリートの空隙構造が緻密化することを報告している。本実験も同様の結果となり、細孔構造の緻密化により累計スケーリング量の増加が抑制されたものと推察される。

写真-2 より 3%NaCl 水溶液浸漬では 3 水準すべてでスケーリングが進行したが NBB 塩ではモルタル部の剥離が顕著であった。それに対し NC 塩と NFA 塩ではスケーリングによる骨材露出があまり確認できなかった。

4. まとめ

- (1)イオン交換水を用いた凍結融解試験の場合、スケーリング量は NC、NFA、NBB で大きな差異は確認されなかった。
- (2)同一圧縮強度では 3%NaCl 水溶液浸漬によるスケーリング量は、NBB > NC > NFA の順で多くなった。
- (3)相対動弾性係数は、全水準において約 90% 以上となり、内部劣化は確認されなかった。

参考文献

- 1) 遠藤裕丈：なぜ、塩化物水溶液はコンクリートの凍害劣化を促進させるのか、北海道開発土木研究所月報、No.582, pp.31-34, 2001
- 2) 遠藤裕丈ほか：凍結防止剤によるコンクリートのスケーリング劣化に関する研究、開発土木研究所月報、No.548, pp.2-10, 1999
- 3) 小早川ほか：フライアッシュのポズラン反応による硬化体の空隙・組織の変化、コンクリート工学年次論文集、Vol23, No.2, pp.97-102, 2001

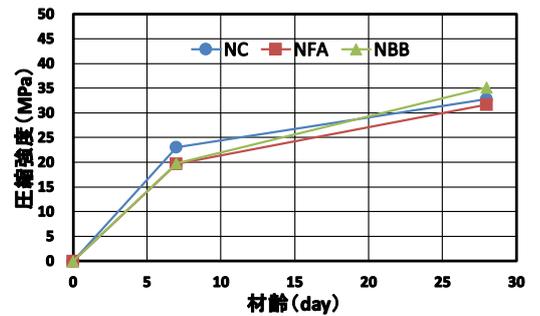


図-2 圧縮強度試験

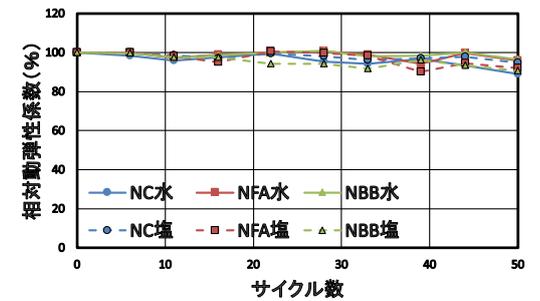


図-3 相対動弾性係数

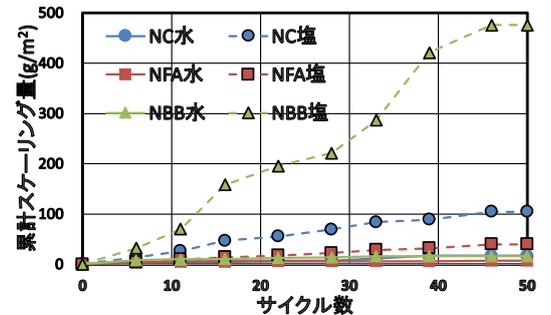


図-4 累計スケーリング量



写真-1 0 サイクルにおける供試体表面写真



写真-2 60 サイクルにおける供試体表面写真