

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

The Study on Scaling Resistance of Road Bridge Slab Concrete with Different Base Cement

○川元崇寛¹, 佐藤正己², 梅村靖弘²

*Takahiro Kawamoto¹, Masaki Sato², Yasuhiro Umemura²

Abstract: At present, it has been confirmed that concrete structures in Japan are subject to freezing and thawing action due to the effects of temperature difference between day and night, solar radiation, and weather in cold regions, causing various frost damage degradation. There are few reports on composite deterioration for mixed cement. Therefore, in this study, we examined the frost resistance when the type of admixture was changed for floor slab concrete with a design standard strength of 27 MPa from the viewpoint of scaling and surface deterioration, which are surface layer deterioration.

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禁止以来, 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(BB)やフライアッシュ(FA)を配合した混合セメントが床版に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 27.0MPa 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た材料の諸元を Table-1, 各配合を Table-2 に示す. 配合は普通ポルトランドセメント(NC)単味, NCをBBで内割45%置換した配合(高炉セメントB種相当, NBB), NCをFAで内割10%置換した配合(フライアッシュセメントA種相当, NFA)の3水準とした. 各配合の強度は, 設計基準強度 27.0MPa の床版コンクリートを想定し, 配合強度 32.4MPa と設定した. 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 JIS A 1108 「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. 凍害に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, 一次共鳴振動数(JIS A 1127)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 RILEM TC 176-IDC, RILEM TC 117-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 Figure-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

Table 1 Materials

材料名	記号	材料の種類	備考
水	W	水道水	
セメント	B	NC	普通ポルトランドセメント
		BB	高炉スラグ微粉末
		FA	フライアッシュ
細骨材	S1	山砂	表乾密度: 2.63 g/m ³ FM: 2.05
	S2	砕砂	表乾密度: 2.67 g/m ³ FM: 3.46
粗骨材	G	石灰岩碎石	表乾密度: 2.69 g/m ³ FM: 6.34
混和剤	WRA	AE減水剤	ポリオール複合体
	AE	AE剤	変性ロジン融化合物系

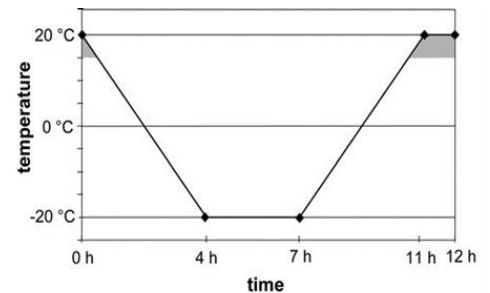


Figure 1 Freezing cycle

Table 2 Mix Proportion of Concrete

配合	W/B(%)	目標スランプ (cm)	目標空気量 (%)	細骨材率 (%)	W	B			単位量 (kg/m ³)		WRA	AE	スランプ (cm)	空気量 (%)	温度 (°C)	
						C	FA	BB	S1	S2						G
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	

1: 日大理工・院(前)・土木, 2: 日大理工・教員・土木

3. 試験結果

Figure-2 に圧縮強度試験結果を示す. NC, NFA, NBB の圧縮強度試験は材齢 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.

Figure-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維持していることが確認できた. 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.

Figure-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 Picture-1, Picture-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, aCl 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, エトリングait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¹⁾. 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, 千歩らの研究では, モルタルと粗骨材の線膨張係数との差が耐凍害性に影響していると報告されており³⁾, 温度による微視的な差も影響していると考えられる.

Picture-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)イオン交換水浸漬によるスケーリング量は NC, NFA, NBB で大きな差異は確認されなかった.
- (2) 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.

5. 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) 千歩修ほか:「コンクリートの耐凍害性に及ぼす粗骨材の線膨張係数と石粉の影響」コンクリート工学年次論文集, Vol22, No.2, pp.787-792, 2000

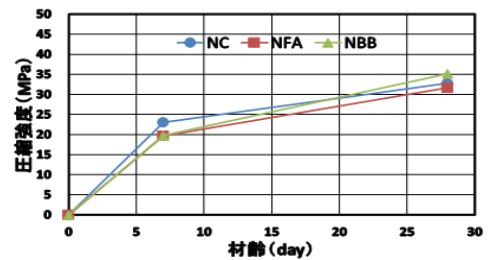


Figure-2 Compressive Strength

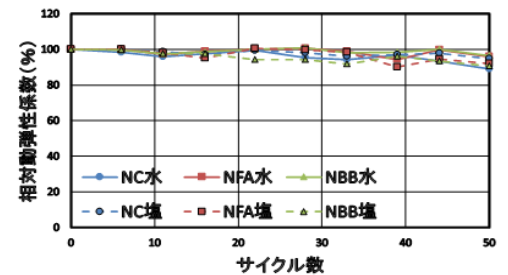


Figure-3 Relative dynamic modulus of elasticity

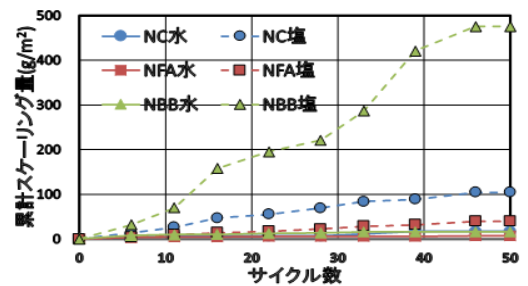
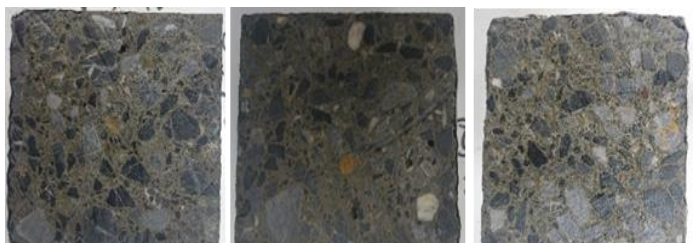


Figure-4 Cumulative scaling amount



Picture-1-a) NC Picture-1-b) NFA Picture-1-b) NBB

Picture-1 Specimen surface photograph at 0 cycle



Picture-2-a) NC Picture-2-b) NFA Picture-2-b)NBB

Picture-1 Specimen surface photograph at 60 cycle