

普通ポルトランドセメント及び高炉セメント B 種を用いたコンクリートのスケーリング性状

宇部興産(株) 正会員 ○石田 剛朗

宇部興産(株) 非会員 田中 将平

宇部興産(株) 非会員 加藤 英徳

1. はじめに

凍結防止剤等の塩化物が存在する環境下でコンクリートが凍結融解作用を受ける場合、表層剥離（スケーリング）が顕著に生じることが知られている．この劣化現象はソルトスケーリングとも呼ばれ、一般的には、凍結防止剤水溶液の濃度が 3%程度の場合にスケーリング量が最大となり、また CaCl_2 よりも NaCl の方がスケーリング量は多いと言われている．スケーリング抵抗性を評価する試験方法としては、海外規格として ASTM C672 法や RILEM CDF 法があるが、本報告では、JSCE-K572「けい酸塩系表面含浸材の試験方法（案）」におけるスケーリングに対する抵抗性試験の方法に基づき、普通ポルトランドセメント及び高炉セメント B 種を使用したコンクリートのスケーリング性状の評価を行った．

2. 実験概要

本報告における配合を表-1 に示す．普通ポルトランドセメント（N）及び高炉セメント B 種（BB）を使用し、高性能減水剤および AE 剤を用いてスランプを $15 \pm 2.5\text{cm}$ 、空気量を 5.0 ～6.0%に調整した．蒸気養生を行っており、

前置は 20°C で 4h、昇温速度は $10^\circ\text{C}/\text{h}$ 、 60°C で 3h 保持し、降温速度は $10^\circ\text{C}/\text{h}$ とした．蒸気養生終了後に脱枠し、 $20 \pm 2^\circ\text{C}$ で 6 日間水中養生した後、温度 $20 \pm 2^\circ\text{C}$ 、相対湿度 $60 \pm 5\%$ で 28 日間気中養生を行った．

JSCE-K572 におけるスケーリングに対する抵抗性試験の方法に基づき、スケーリング量を測定した．試験体の概要を図-1 に示す．試験体は $100 \times 100 \times 100\text{mm}$ の立方体であり、エポキシ樹脂で 4 面をシールし、試験面は型枠面である．前述の養生の終了後、試験体を試験容器の底面から 10mm の位置に設置し、深さ 5mm 程度となるよう試験溶液（3% NaCl 水溶液）に浸せきさせ、温度 $20 \pm 2^\circ\text{C}$ の環境下で試験面より 7 日間吸水させた後、試験に供した． 20°C から -20°C までの凍結工程を 4 時間、 -20°C の温度保持を 3 時間、 -20°C から 20°C までの融解工程を 4 時間、 20°C の温度保持を 1 時間、計 12 時間を 1 サイクルとする凍結融解を 60 サイクルまで繰り返した．また、圧縮強度を測定したほか、ASTM C457-16 によるリニアトラバース法に準拠して気泡間隔係数の測定を行った．

3. 圧縮強度試験結果及び気泡間隔係数

材齢 14 日及び 28 日における圧縮強度試験結果を図-2 に示す．本報告では蒸気養生を行っているため、材齢 14 日から 28 日の間の強度増進は僅かであり、また、いずれ

表-1 配合

配合名	W/C (%)	単位量(kg/m³)					高性能 減水剤 (Bx%)	AE 剤 (Bx%)
		W	C	細骨材		粗 骨材		
				海砂	砕砂			
N	40	168	420	328	339	1050	0.30	0.0020
BB	40	168	420	321	332	1050	0.28	0.0042

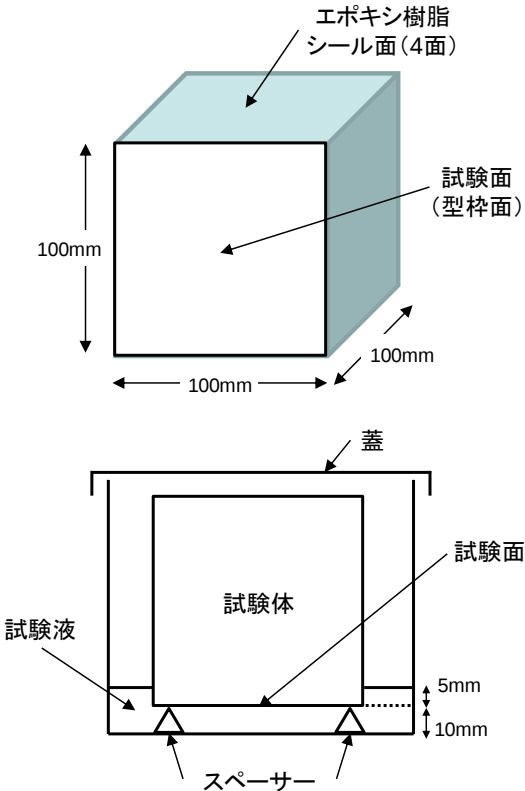


図-1 スケーリング試験体の概要

キーワード スケーリング、凍結防止剤、普通ポルトランドセメント、高炉セメント B 種

連絡先 〒755-8633 山口県宇部市小串沖の山 1-6 宇部興産(株) 技術開発研究所 TEL0836-22-6157

の材齢でも N 配合の方が 6N/mm^2 程度、強度が高かった。フレッシュ及び硬化コンクリートの空気量と、気泡間隔係数の測定結果を表-2 に示す。硬化コンクリートの空気量及び気泡間隔係数については、気中養生を継続した試験体の中央部から 50mm 厚さで試料を切り出し、材齢 56 日以降に測定した。表より、フレッシュ時の空気量は同程度であるが、硬化コンクリートの空気量は BB 配合の方が多く、また気泡間隔係数も小さい結果となった。

4. スケーリング試験結果

スケーリング量の経時変化を図-3 に示す。60 サイクル時のスケーリング量は、N 配合で $450(\text{g/m}^2)$ 程度、BB 配合で $1350(\text{g/m}^2)$ 程度であり、3 倍の差が認められた。N 配合においては一時的にスケーリングの進行が停滞する期間も見られるが、巨視的には N 配合、BB 配合とも概ね直線的にスケーリング量が増加した。なお、試験前の 7 日間の吸水率は、N 配合で 0.49% 、BB 配合で 0.33% であった。

スケーリング性状を比較するため、同程度のスケーリング量での N 及び BB 配合の試験面の写真を図-4 に示す。図より、同程度のスケーリング量であるにも関わらず、N 配合は表面のセメントペースト層が多く残存しているのに対し、BB 配合では表面のセメントペースト層が剥離している面積が多い。すなわち、相対的に比較して、N 配合は深く、BB 配合は浅くスケーリングが生じており、ASTM C672 法によって試験を行った既往の研究¹⁾においても同様の傾向が報告されている。

5. まとめ

本報告では、JSCE-K572 の方法に基づき、普通ポルトランドセメント及び高炉セメント B 種を使用したコンクリートのスケーリング性状の評価を行った。

BB 配合のスケーリング量は N 配合と比較して 3 倍程度であり、また相対的にスケーリングは浅く生じていた。しかし、圧縮強度は N 配合の方が大きいものの、気泡間隔係数や吸水率は BB 配合の方が小さいなど、スケーリング劣化に支配的な影響を及ぼす要因については、本報告の範囲内では明らかではなかった。

参考文献

1) 遠藤裕丈, 田口史雄, 嶋田久俊: 塩化物水溶液による長期凍結融解作用を受けたコンクリートのスケーリング特性, 土木学会論文集, No. 725/V-58, pp. 227-244, 2003

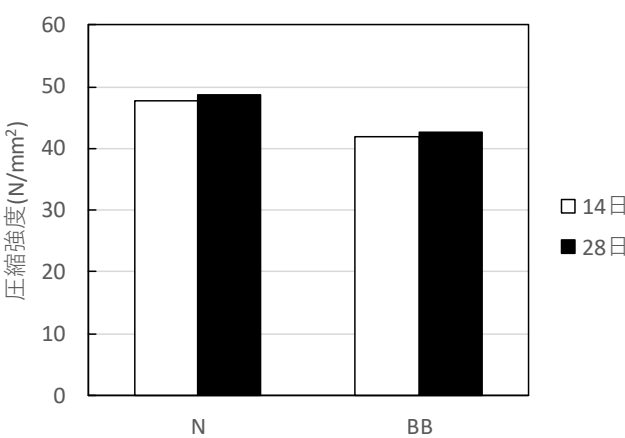


図-2 圧縮強度

表-2 空気量及び気泡間隔係数

配合名	フレッシュ時の空気量(%)	硬化時の空気量(%)	気泡間隔係数(μm)
N	5.6	3.3	301
BB	5.4	4.0	246

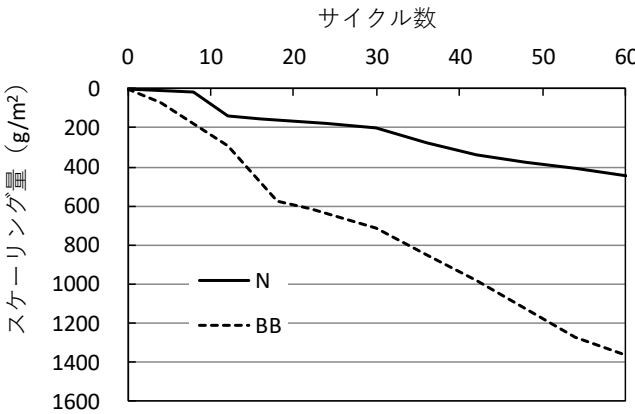


図-3 スケーリング量の経時変化

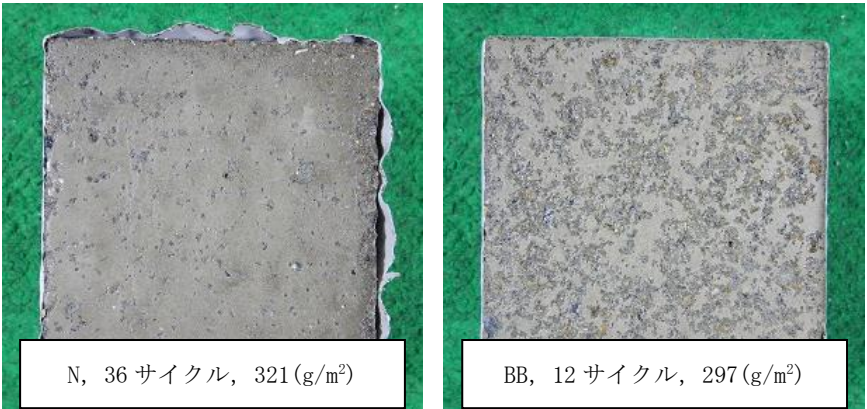


図-4 スケーリング性状の比較