

異なる試験方法によるコンクリートのスケーリング抵抗性の評価

国立研究開発法人土木研究所寒地土木研究所 正会員 ○吉田 行, 正会員 安中 新太郎

1. はじめに

積雪寒冷地では、塩化物系凍結防止剤等により凍害が促進されて生じるコンクリート構造物のスケーリング劣化が顕在化している。著者らは既報¹⁾において、スケーリングの抑制対策に関する基礎的な検討を行い、微細で良質な空気量の増加が効果的であることを RILEM CDF 試験（以下 CDF 法）により確認した。一方、現状では、スケーリング抵抗性を評価する標準的な試験法が JIS に規定されておらず課題となっている。スケーリング試験方法については、CDF 法と ASTM C 672 に準拠した方法（以下、ASTM 法）についての研究が多く行われているが、これらの試験方法は試験水の供給方法や凍結融解作用の履歴が異なるだけでなく、試験開始前の養生や対象とする試験面なども異なっているため、相互の関係については未だ不明な点が多い。本研究では、セメントの種類、水セメント比および空気量の異なる供試体を用いて、CDF 法と ASTM 法によりスケーリング抵抗性を評価した。

2. 使用材料および配合

セメントは、既報¹⁾で検討した高炉セメント B 種（密度 3.05g/cm³，比表面積 3,750cm²/g，以下，高炉セメント（記号 B））に加えて、普通ポルトランドセメント（密度 3.16g/cm³，比表面積 3,420cm²/g，以下，普通セメント（記号 N））を用いた。細骨材は、苫小牧樽前産の海砂（密度 2.70g/cm³，吸水率 0.90%，粗粒率 2.82）を、粗骨材は、小樽市見晴産碎石（密度 2.68g/cm³，吸水率 1.72%，粗骨材最大寸法 25mm）を用いた。また、スランプと空気量を調整するため

表-1 配合

記号	セメントの種類	水セメント比 (%)	目標空気量 (%)	s/a	単位量(kg/m ³)			AE 減水剤 C×%	AE 助剤 C×%	実測スランプ (cm)	実測空気量 (%)			
					水 W	セメント C	細骨材 S							
B45A30	B	45	3.0	43	155	344	815	1073	0.20	0.0100	8.7	2.9		
B45A45			4.5				798	1050	0.20	0.0200	10	4.1		
B55A30		55	3.0	45		282	879	1066	0.10	0.0150	9.1	2.7		
B55A45			4.5				860	1045	0.05	0.0400	9.1	4.6		
B55A60			6.0				842	1022	-	0.0650	9.5	6.0		
B55A75			7.5				824	1001	-	0.1000	10.7	7.6		
B65A45		65	47	47		238	916	1026	-	0.0400	8.2	4.6		
B65A60							6.0	897	1005	-	0.0650	11.9	6.5	
N45A45		N	45	4.5		43	155	344	802	1056	0.05	0.0075	8.7	4.5
N55A30				55					3.0	45	282	882	1070	0.08
N55A45	4.5		864		1048	-		0.0075	9.6			4.6		
N55A60	6.0		846		1026	-		0.0125	9.8			6.8		
N65A45	65		47		47	238		920	1030			-	0.0075	9.0

に、AE 減水剤（リグニンスルホン酸塩系）と AE 助剤（樹脂酸塩系）を適宜用いた。コンクリートの配合を表-1 に示す。水セメント比は 55%を中心に、一部 45%と 65%でも試験を実施した。目標空気量は 3.0~7.5%の範囲で設定し、目標スランプは 8cm±2.5cm に設定したが、単位水量を全配合で統一したため、目標空気量が多いケースではスランプの実測値が一部目標管理範囲より大きかった。なお、スランプと空気量の実測値は表-1 に併記した。

3. 試験概要と供試体

スケーリング試験法として CDF 法と ASTM 法を実施した。CDF 法では、100×100×400mm の角柱供試体を中央で切断したものをを用い、1 配合当たり 2 供試体で評価した。凍結融解サイクルは、+20℃から-20℃まで 10K/h の定速で 4 時間冷却し、-20℃を 3 時間保持後、同じ定速で 20℃まで 4 時間加熱し、その後+20℃を 1 時間保持する、12 時間 1 サイクルとした。ASTM 法では、220×220×100mm の角柱供試体を用い、試験面（220×220mm）に土手を設けて試験溶液を湛水し、-18℃を 16 時間、23℃を 8 時間の 1 日 1 サイクルで凍結融解作用を与えた。評価は 1 配合当たり 3 供試体で行った。本研究では、両試験とも試験面は打込み面とし、試験溶液は 3%NaCl 水溶液を用いた。また、試験前養生は、20℃水中 7 日養生後、材齢 28 日まで温度 20℃，相対湿度 60%の試験室内で気中養生した。なお CDF 法のみ、養生後試験面に 3%NaCl 溶液を 7 日間吸水させてから試験を開始した。併せて、硬化コンクリートの気泡組織を把握するため、リアトラバース法による気泡分布測定を行った。

4. 異なるスケーリング試験によるスケーリング抵抗性の評価

図-1 に CDF 法によるスケーリング試験結果を示す。凡例の記号は表-1 に示したものである。なお、図-1 左図の高炉セメントの結果は既報¹⁾のものである。普通セメントよりも、高炉セメントを用いた場合にスケーリング量

キーワード スケーリング, 試験方法, 空気量, 気泡間隔係数

連絡先 〒062-8602 札幌市豊平区平岸 1 条 3 丁目 1-3 4 寒地土木研究所 耐寒材料チーム TEL : 011-841-1719

が多くなった。水セメント比や空気量の違いに着目すると、スケーリング量は、空気量が 3% (A30)と少ない場合には凍結融解 14 サイクル以降増大したが、空気量の増加により減少した。一方、水セメント比では、普通セメントでは水セメント比の低下によりスケーリング量は減少したが、高炉セメントでは、本試験においては水セメント比 45%のスケーリング量が同一空気量の条件で最大となった。その原因については別途検討が必要である。

図-2 に ASTM 法によるスケーリング試験結果を示す。凍結融解初期のスケーリング量の増加程度は異なるが、CDF 法と同様、高炉セメントのスケーリング量は多くなった。また、ASTM 法においては、水セメント比の低下および空気量の増加によりスケーリング量は減少した。

図-3 は CDF 法の凍結融解 56 サイクルと ASTM 法の凍結融解 50 サイクル時点のスケーリング量をそれぞれ示している。いずれのケースにおいても空気量の増加によりスケーリング量は減少することが確認できる。特に空気量の影響が明確な ASTM 法の 50 サイクル時点のスケーリング量と気泡間隔係数の関係を図-4 に示す。セメントの種類により異なるが、両者に良い相関があり、微細で良質な空気量の確保によりスケーリングを抑制できることが確認できる。

図-5 は CDF 法の凍結融解 56 サイクルと ASTM 法の凍結融解 50 サイクル時点のスケーリング量の関係を示している。両試験に概ね相関がみられるが、高炉セメントでは ASTM 法の方が、普通セメントでは CDF 法の方がスケーリング量は多く異なる傾向を示しており、さらにデータを蓄積して試験面や試験前養生の影響、および劣化メカニズム等について検討する必要がある。

5. まとめ

CDF 法と ASTM 法のいずれの試験法でも空気量によるスケーリングの抑制効果を確認できたが、両試験の関係はセメントの種類で異なり一様ではないことから、標準的なスケーリング評価試験方法の確立に向けてさらに検討が必要である。

【参考文献】

1) 吉田行, 安中新太郎: 塩分供給下での凍結融解作用によるスケーリングの抑制対策に関する基礎的研究, 土木学会第 72 回年次学術講演会講演概要集, V-480, pp.959-960, 2017.9

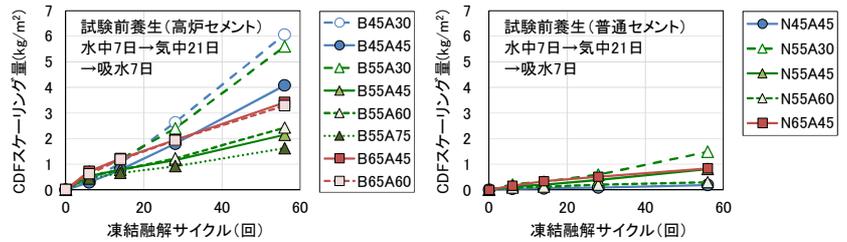


図-1 CDF 法による凍結融解サイクルとスケーリング量の関係

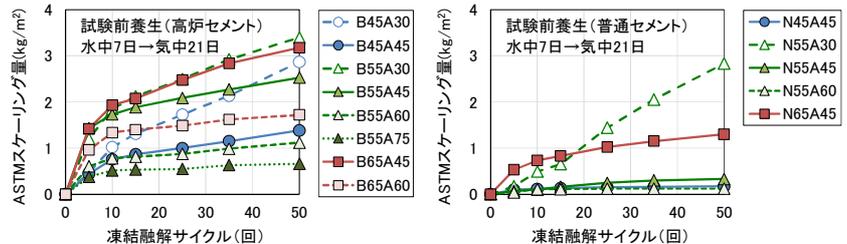


図-2 ASTM 法による凍結融解サイクルとスケーリング量の関係

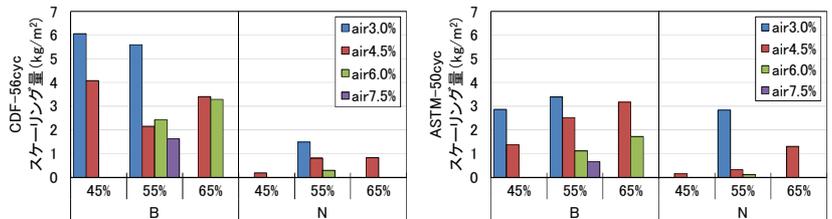


図-3 所定サイクル時のスケーリング量

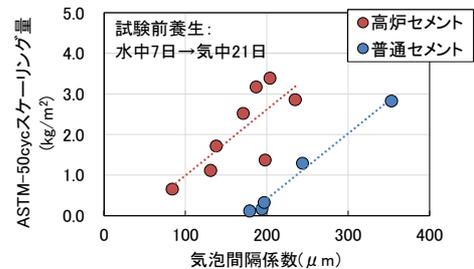


図-4 気泡間隔係数とスケーリング量の関係

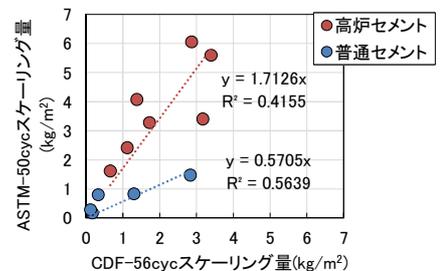


図-5 CDF 法と ASTM 法のスケーリング量の関係