

高強度フライアッシュ人工骨材を用いたコンクリートのスケーリング特性について

八戸工業大学 学生員 ○佐藤 直也

八戸工業大学 正会員 庄谷 征美

八戸工業大学 正会員 阿波 稔

1. はじめに

東北地方におけるコンクリート構造物は、その気候的条件により、ひび割れの発生、スケーリングやポップアウトに代表されるような寒冷地特有の凍害劣化を受けやすい環境にある。また、スパイクタイヤ規制に伴う凍結防止剤としての塩化物の大量散布など、コンクリート構造物の使用される環境は厳しさを増しており、凍害による被害は跡を絶たない。一方で、天然の良質骨材の枯渇化などにより地域によってはその入手が非常に困難な状況になっており、代替骨材、すなわち産業副産物をソースとした骨材の開発が検討され、一部は実用化されている。そこで、本研究では、フライアッシュをベースとし、近年開発された高強度フライアッシュ人工骨材を使用し従来の骨材とのスケーリング抵抗性を比較することを目的としたものである。

2. 実験概要

(1) 使用材料

実験に用いたセメントは普通ポルトランドセメント（密度 3.16 g/cm^3 ）である。細骨材として陸砂（静岡県小笠郡浜岡町産）を使用し、粗骨材は最大寸法 20 mm の碎石（茨城県西茨城郡岩瀬町産）および最大寸法 15 mm 、 20 mm の人工骨材（フライアッシュを造粒して焼成した球状の骨材）を用いた。人工骨材の物理的特性値は JIS A 5002 による品質区分では、人工軽量粗骨材 HA-419 となり、吸水率は 3% 程度であった。

混和剤として AE 減水剤、高性能 AE 減水剤および空気量連行助剤を使用した。配合は表 1 に示すように、水セメント比、空気量および粗骨材の最大寸法などを変化させ 7 種類とした。

(2) 実験方法

スケーリング試験用の供試体は、図 1 に示すとおり寸法を $230 \times 230 \times 80 \text{ mm}$ とし、試験対象面を $230 \times 230 \text{ mm}$ の側面とするため、鋼製型枠を用いて縦打ちとした。試験は ASTM C 672 に従って行い、材齢 28 日より試験を開始した。なお、試験水は NaCl 3% 溶液を使用した。

3. 実験結果

図 2 に参考として凍結融解試験結果の報告例¹⁾を示す。図に示す配合条件の場合、フライアッシュ人工骨材コンクリートの耐凍害性は人工軽量骨材使用のケースには勝るものの、普通骨材コンクリートよりは劣ると報告されている。また、本実験データからも耐久性に劣る傾向が認められた。

表 1 コンクリートの配合

骨材種 記号	W/C (%)	s/a (%)	設 計 空気量 (%)	単位量(kg/m ³)				混和剤	スランプ (cm)	空気量 (%)	コンクリート 温度 (°C)	f ₂₈ (N/mm ²)
				W	C	S	G					
FA 20	45.0	41.9	4.0	156	347	760	746	AE減水剤 250ml/ C=100kg	11.0	4.0 (5.1)	21.0	40.2
FA 20	45.0	40.2	6.0	156	347	708	746	AE減水剤 250ml/ C=100kg	11.0	5.6 (6.6)	21.5	36.4
FA 20	45.0	38.4	8.0	156	347	655	746	AE減水剤 250ml/ C=100kg	14.0	7.1 (8.1)	21.0	30.3
FA 20	40.0	36.3	6.0	166	415	609	758	高性能AE減水剤 G×0.4%	13.0	5.5 (6.2)	21.5	42.3
FA 20	55.0	41.9	6.0	156	284	760	746	AE減水剤 250ml/ C=100kg	13.5	5.3 (5.9)	21.0	34.2
NA 20	45.0	43.2	6.0	170	378	734	971	AE減水剤 250ml/ C=100kg	11.5	5.0 (5.0)	21.0	45.5
FA 15	45.0	41.2	6.0	162	360	714	723	AE減水剤 250ml/ C=100kg	13.5	5.7 (6.6)	21.0	38.6

注) 空気量欄の上段は骨材修正係数を考慮した数値、下段()は質量法による数値

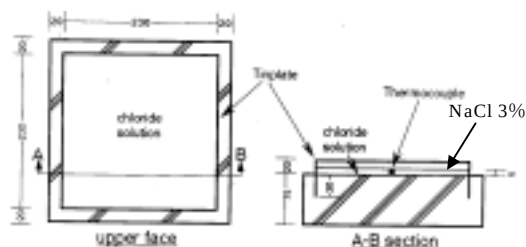


図 1 供試体概要図

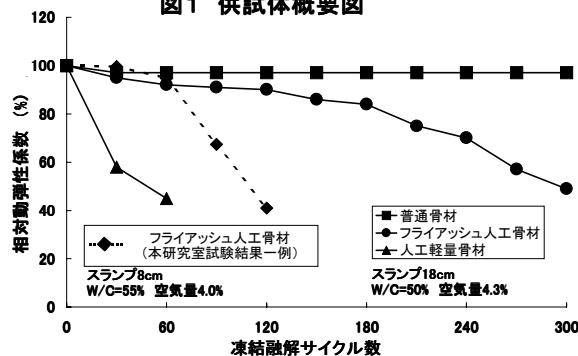


図 2 各種骨材コンクリートの凍結融解試験結果¹⁾

キーワード：高強度フライアッシュ人工骨材、凍結融解抵抗性、スケーリング抵抗性

連絡先 〒031-8501 八戸市大字妙字大開 88-1 TEL 0178-25-3111 FAX 0178-25-0722

図3にフライアッシュ人工骨材および普通骨材を用いたコンクリートのスケーリング量と凍結融解サイクル数の関係を示す。この図に示されるように、普通骨材の使用に対してフライアッシュ人工骨材の使用はややスケーリング抵抗性に劣る結果となり、そのスケーリング量は、水セメント比や空気量の違いにより大きく異なることが分かる。また、フライアッシュ人工骨材の最大寸法が小さくなるとスケーリング抵抗性は向上する結果が示された。

図4に空気量6%における水セメント比とスケーリング量との関係を示す。水セメント比40%ではほとんどスケーリングの発生は見られず、水セメント比45%では 0.2kg/m^2 程度と極軽微なスケーリング発生が見られ、水セメント比55%では、対象面上にある程度の粗骨材が観察される程度のスケーリングが発生した。このことから空気量を6%とした場合、スケーリング抵抗性を確保するためには水セメント比を45%以下にする必要があると考えられる。

図5に水セメント比45%における空気量とスケーリング量との関係を示す。空気量4.0%では軽度のスケーリング発生が見られたが、空気量6.0%では極軽微なスケーリング発生となり、空気量8.0%ではほとんどスケーリング発生は見られなかった。空気量6%でのスケーリング発生は、外観上においても許容できる範囲にあると考えられ、水セメント比45%とした場合、スケーリング抵抗性を確保するためには空気量を6%以上にする必要があると考えられる。

細孔試験の結果、総細孔量が 0.07cc/g 、中央細孔直径が $7.3\mu\text{m}$ となった。本研究室で独自の凍害劣化メカニズムの区分に当ては

めると、図6に示す模式図の例に該当する。

これは水を含む細孔が多く、また、細孔径が比較的大きく水分の移動性に優れているために、凍結時に周辺のペースト部へ未凍結水を多く供給し、ペースト部の飽和度が高まることによってペースト部の劣化が生じ、また、周辺のペースト部へ未凍結水を排出しきれない場合は、骨材内部で水圧が増大し骨材自身を部分的に崩壊させるメカニズムとなる。

4. まとめ

今回の実験に用いた人工骨材と普通骨材の各配合におけるスケーリング試験の結果、空気量6%でのスケーリング発生は許容範囲内と考えられ、スケーリング抵抗性を確保するために空気量を6%以上確保する必要がある。加えて、スケーリング抵抗性を確保するための水セメント比は45%以下にする必要があることも示された。これらの結果から空気量と水セメント比を適切に組み合わせて用いることにより、所要のスケーリング抵抗性を確保できることが確認された。

参考文献 1)土木学会:高強度フライアッシュ人工骨材を用いたコンクリートの設計・施工指針(案)、H12.12

謝辞:本研究は、土木学会・高強度人工骨材コンクリート調査研究小委員会(委員長 梅原秀哲 名工大教授)の調査研究として実施したものであり、関係各位に厚く御礼申し上げます。

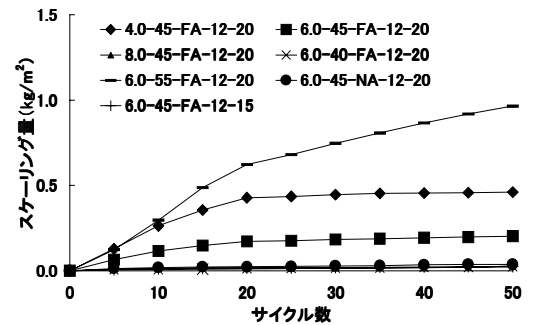


図3 スケーリング量とサイクル数

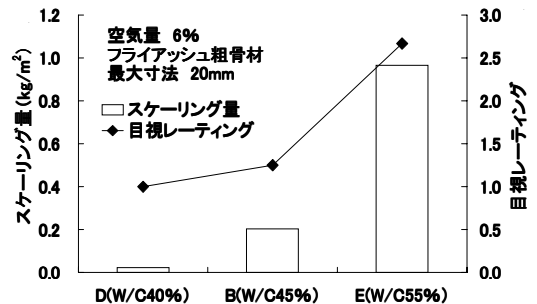


図4 スケーリング量と水セメント比の関係

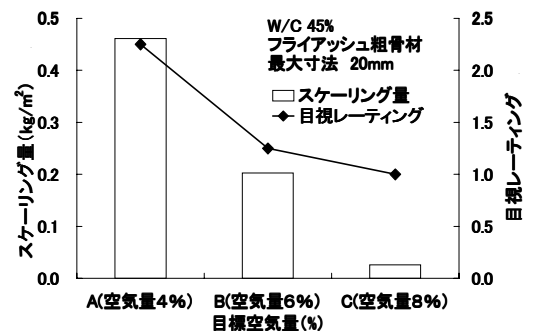


図5 スケーリング量と空気量の関係

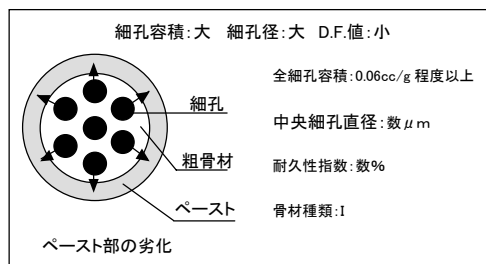


図6 凍害劣化のメカニズムの模式図



フライアッシュ人工骨材