

V - 6

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耐凍害性に関する研究

八戸工業大学 学生員 ○石橋 崇
 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融氷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きている。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/cm³)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 15mm, 20mm 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)および最大寸法 20mm の碎石(茨城県西茨城郡岩瀬町産)を用いた。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。

表 1 に使用骨材の物理的特性値を示す。人工骨材の密度は、1.8g/cm³程度と比較的小さく、吸水率は 3%程度であった。

配合は表 2 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

a. スケーリング試験

供試体は、図 1 に示すとおり寸法を 230×230×80 mm とし、試験対象面を 230×230 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 に従ってを行い、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 に配合 No. A～G 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、高強度フライアッシュ人工骨材を用いた場合であっても、そのスケーリング量は、水セメント比、空気量、および粗骨材の最大寸法の違いにより、大きく異なることが分かる。

表 1 使用骨材の物理的特性値

骨材種類(記号)	最大寸法 (mm)	表乾密度 (g/cm ³)	絶乾密度 (g/cm ³)	吸水率 (%)	実積率 (%)	粗粒率 (%)
陸砂	—	2.61	2.57	1.56	68.5	2.65
碎石(NA 20)	20	2.63	2.61	0.61	58.6	6.71
人工骨材(FA 20)	20	1.85	1.80	3.01	61.8	—
人工骨材(FA 15)	15	1.85	1.80	3.01	61.8	—

注) FA20 は、5~10mm, 10~15mm, 15~20mm を 3:5:3:5 の割合で混合
 FA15 は、5~10mm, 10~15mm を 5:5 の割合で混合

表 2 コンクリートの配合

配合 記号	骨材種 記号	W/C (%)	a/a (%)	空気量 (%)	単位量(kg/m ³)	W	C	S	G	混和剤	スラブ (cm)	空気量 (%)	コンクリート (°C)	f ₂₈ (N/mm ²)
A FA 20	45.0	41.9	4.0	156	347	760	746	AE 減水剤 250ml/C=10kg	11.0	4.0	5.1	21.0	40.2	
B FA 20	45.0	40.2	6.0	156	347	708	746	AE 減水剤 250ml/C=10kg	11.0	5.6	6.6	21.5	36.4	
C FA 20	45.0	38.4	8.0	156	347	655	746	AE 減水剤 250ml/C=10kg	14.0	7.1	8.1	21.0	30.3	
D FA 20	40.0	36.3	6.0	166	415	609	758	高活性AE減水剤 C=0.4%	13.0	5.5	6.2	21.5	42.3	
E FA 20	55.0	41.9	8.0	156	284	760	746	AE 減水剤 250ml/C=10kg	13.5	5.3	5.9	21.0	34.2	
F NA 20	45.0	43.2	8.0	170	378	734	971	AE 減水剤 250ml/C=10kg	11.5	5.0	5.0	21.0	45.5	
G FA 15	45.0	41.2	6.0	162	360	714	723	AE 減水剤 250ml/C=10kg	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、下段は實測法による数値

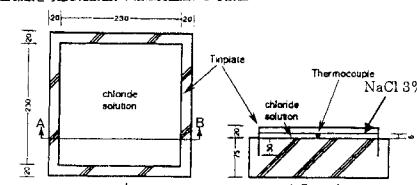


図 1 供試体概要図

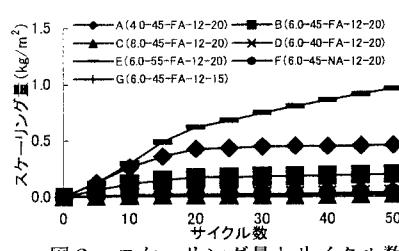


図 2 スケーリング量とサイクル数

図3に空気量とスケーリング量との関係を示す。凍結融解50サイクルにおける”設計空気量：スケーリング量—目視レーティング”の関係は、”Air4.0% : 0.461kg/m²—2.25”、”Air6.0% : 0.203kg/m²—1.25”、”Air8.0% : 0.028kg/m²—1”となった。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%では極軽美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、外観上において許容できる範囲にあると考えられ、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。

図4に水セメント比とスケーリング量との関係を示す。凍結融解50サイクルにおける”水セメント比：スケーリング量—目視レーティング”の関係は、”W/C40% : 0.022kg/m²—1”、”W/C45% : 0.203kg/m²—1.25”、”W/C55% : 0.965kg/m²—2.67”となった。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%では極軽美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%以下とする必要があると考えられる。

図5に骨材種とスケーリング量との関係を示す。凍結融解50サイクルにおける”骨材種：スケーリング量—目視レーティング”の関係は、”人工骨材 : 0.203kg/m²—1.25”、”普通骨材 : 0.038kg/m²—1”となった。普通骨材の使用に対して高強度人工骨材の使用はややスケーリング抵抗性が低下する結果となった。

図6に骨材最大寸法とスケーリング量の関係を示す。凍結融解50サイクルにおける”骨材最大寸法：スケーリング量—目視レーティング”の関係は、”Gmax15 : 0.025kg/m²—1”、”Gmax20 : 0.203kg/m²—1.25”となり、骨材最大寸法が小さくなるとスケーリング抵抗性は向上した。

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、空気量の影響では、空気量6%でのスケーリング発生は外観上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、普通骨材と変わらない抵抗性が得られることが確認できた。

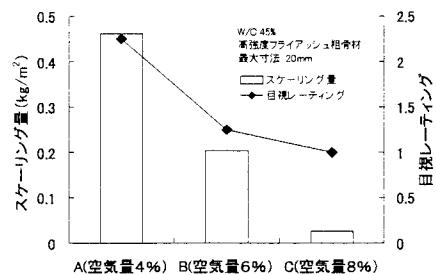


図3 スケーリング量と空気量の関係

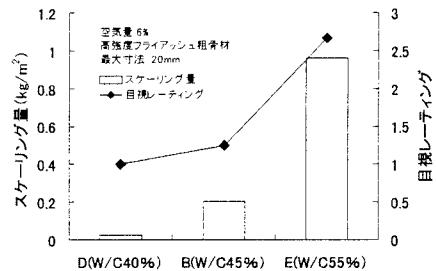


図4 スケーリング量と水セメント比の関係

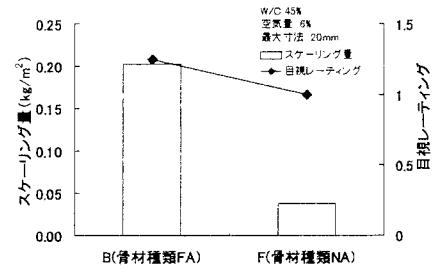


図5 スケーリング量と骨材種の関係

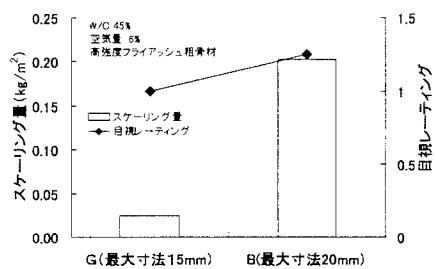


図6 スケーリング量と骨材最大寸法の関係