

凍結防止剤散布下におけるプレキャストコンクリートの耐凍害性に関する検討

日本大学 学生会員 ○光井 皓亮
 日本大学 正会員 子田康弘 日本大学 フェロー 岩城 一郎

1. はじめに

コンクリート産業の生産性向上を図るには、コンクリートの品質が安定しやすい工場で効率的に製造されるプレキャストコンクリート製品(以下 PCa)の活用が有効である。しかし、現状の PCa の製造におけるコンクリートの配合・締固め・養生までの過程は、生産効率が優先されており、高耐久な PCa 製造を行うためには、生産工程上の課題が多い。凍結防止剤散布下においては、PCa の耐凍害性の向上が必須であり、エントレインドエアの連行が重要になるが締固めにおいては高周波の振動締固めが長時間にわたり行われることが一般的であり連行空気が抜け出していることが懸念されている。また、塩害や AS Rを抑制するための対策として混和材の使用も検討されている。このうちフライアッシュ(以下 FA)は、未燃カーボンによって十分な空気量が連行されず耐凍害性の観点から解決すべき課題といえる。本研究では、近年開発された高性能な PCa に対し、当研究室で保有する技術を適用した PCa の耐凍害性について、検証を行うことを目的とした。

2. 実験概要

表-1 に実験条件を示す。表より、PCa の一般的な配合を基本に混和材として FA を外割 20%混和したもの(以下 2.5%)、これを AE 剤によって空気量 4.5%としたもの(以下 4.5%)、および 2.5%に中空微小球を空気量換算で 2.0%混和したもの(以下 2.5%+KA)、加えて、ハレーサルトと呼ばれる高性能コンクリート(以下 HS)の計 4 条件である。表-2 に、コンクリートの配合を示した。凍結融解試験は、JIS A 1148 (以下 JIS 法)に準拠した。供試体形状は、JIS 法の角柱供試体である。凍結融解試験は、試験溶液に 3%NaCl 水溶液を用いた。凍結融解サイクル数は、JIS 法が 6 サイクル/日で 300 サイクルまで行った。測定項目は 30 サイクル毎の質量減少率と相対動弾性係数である。

3. 実験結果及び考察

まず表-3 に PCa 工場で製造された L 型擁壁における側壁部 2 箇所と底盤部 1 箇所の気泡間隔測定結果を示す。図-1 には測定箇所を示した。表より、硬化コンクリートの空気量は、0.2

表-1 実験条件

供試体名	FA割合(外割)	空気量	中空微小球	高炉スラグ	養生の種類	水中
2.5%	20%	2.5%	-	38%	1日	14日
4.5%		4.5%	○			
2.5%+KA		-	-			
HS	-	-	-	100%	-	-

表-2 コンクリートの配合

供試体名	W/B	s/a	単位量(kg/m ³)									
			W	C	S1	BFS	FA	G	LP	BF	Ad	AE
2.5%	45	40	170	378	359	269	79	1067	30	-	3.09	0.17
4.5%			170	378	359	269	79	1067	30	-	3.09	0.35
2.5%+KA			167	370	352	263	77	1045	29	-	3.1	0.17
HS	25	51	160	256	-	831	-	792	-	384	4.16	-

表-3 気泡間隔係数の測定結果

測定箇所	空気量(%)	気泡間隔係数(μm)
側壁部(1)	0.22	626
側壁部(2)	0.16	773
底盤部	0.10	1666

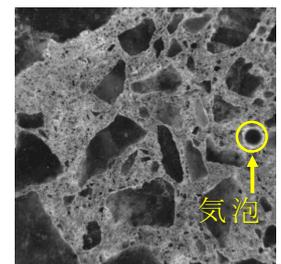


図-1 測定箇所

図-2 気泡間隔測定画像

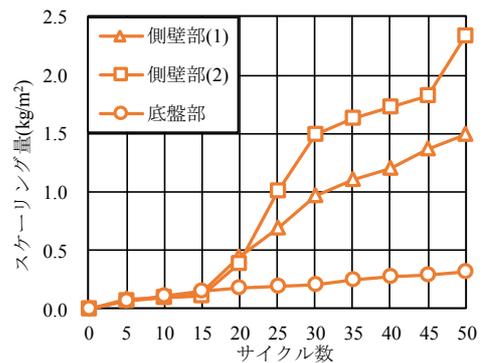


図-3 スケールング量

キーワード:凍害、プレキャストコンクリート、フライアッシュ、中空微小球

連絡先 :〒963-8642 福島県郡山市田村町徳定字中河原1番地 TEL024-956-8721

2%、0.16%、0.10%であり、気泡間隔係数は、626 μm 、773 μm 、1666 μm というように、エントレインドエアのみならずエントラップトエアを含めたほぼ全ての空気が抜け出ている状態である。図-2は、気泡間隔係数の測定画像である。図より、モルタル部において気泡が1個しか確認されず、この観察結果からも製造工程における過度な締固めが空気量0%に近い状態で出荷されている場合があると判断された。図-3は、このL型擁壁をコア抜きし、ASTMC 672(以下ASTM法)に準拠したスケーリング試験結果である。図より、スケーリング量は、側壁部が多く、50サイクル終了時に最大で約2.3kg/m²に達しており、このコンクリートの耐凍害抵抗性は低く、この原因が連行空気の消失ということは明らかである。なお、底盤部のスケーリング量は少ないが、この試験面はL型擁壁作製時において、型枠底面となるためブリーディングの影響が軽く、他の供試体と比べて密実なため、その分スケーリング劣化の発生が遅れているものと考えられる。図-4と図-5に4種類の配合に対する質量減少率と相対動弾性係数の測定結果を示す。図より、凍結融解サイクルが増加するにつれて質量減少率が徐々に大きくなるが、その変化を空気量に着目すると2.5%、4.5%、2.5%+KA順に小さく、相対動弾性係数の変化同様であった。300サイクルの試験終了時に着目すると、2.5%のみ明らかに凍害劣化が進行しており、これは空気量が少ないことによる。これに対して4.5%、2.5%+KAはほとんど変化しておらずPCaの耐凍害性の向上においてエントレインドエアの連行の他、中空微小球の混和が有効であると考えられた。HSは、質量減少率、相対動弾性係数の変化がほぼ認められず、極めて高い耐凍害性を示したが、水結合材比が極めて低く、追加養生が必要となることなどからコスト上の懸念がある。図-6に試験終了時の各供試体の劣化状態を示す。2.5%は、表面のスケーリングや角かけが生じているが、その他は若干のスケーリングは発生しているものの、ほぼ健全な状態を保っていた。以上のように、一般的な配合を基本に、十分な空気量の確保、中空微小球のような物理的な気泡を追加することによりPCaの耐凍害性を高めることができることを明らかにした。

4. まとめ

本研究より、PCaの耐凍害性の向上には、空気量を4.5%以上連行することが有効であることが示されたが、PCaでは強制加振によりエントレインドエアが抜けやすい状況に鑑みると、中空微小球の混和も対策となり得ることが示された。今後は、実機レベルの製造工程において打込み、締固めおよび養生を行い製造されたコンクリートの品質と耐久性の評価を行う予定である。

【参考文献】

- 1)長瀧重義ら:フライアッシュを混和したコンクリートの耐凍害性評価、セメントコンクリート論文集、No.41、pp.371-374、1987
- 2)森雅聡ら:高炉スラグ細骨材によるコンクリートの凍結融解抵抗性改善に関する研究、コンクリート工学年次論文集、Vol.36、No.1、pp.1078-1083、2014

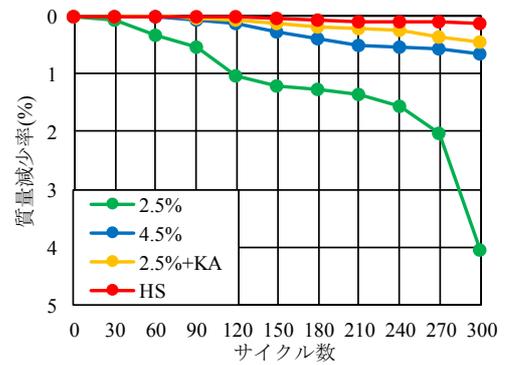


図-4 質量減少率

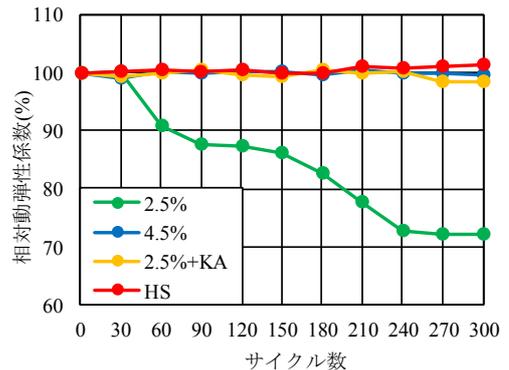


図-5 相対動弾性係数

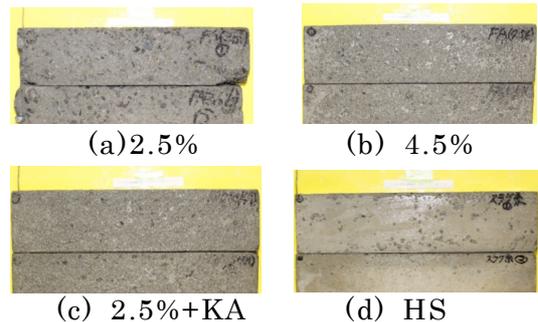


図-6 凍結融解試験終了時の劣化状態