

凍結防止剤散布下における空気量およびフライアッシュが コンクリートの耐凍害性に及ぼす影響

首都高技術(株) 正会員 ○佐久間 正明
 日本大学工学部 正会員 子田 康弘
 日本大学工学部 正会員 岩城 一郎

1. はじめに

東日本大震災からの復興に伴い、インフラの迅速かつ大規模な整備が求められており、コンクリートの需要はこれからさらに増加すると考えられる。しかし、良質なコンクリート用骨材の供給不足が問題になっており、今後は現地で入手可能な材料によるコンクリートの製造も視野に入れる必要がある。そこで、コンクリートの品質変動を補う解決策として現在、フライアッシュの利用が着目されている。本研究では、東北地方における凍結防止剤の大量散布という環境を念頭におき、コンクリートの空気量、フライアッシュの置換率をパラメータとし、コンクリートの耐凍害性について実験的な検討を行った。

2. 実験概要

表-1 コンクリートの配合とフレッシュ性状

	Gmax (mm)	W/C (%)	W/B (%)	s/a (%)	Air (%)	単位量(kg/m ³)							フレッシュ性状			
						W	B			S	G	混和剤		スランブ (cm)	空気量 (%)	
							C	BS	FA			15L	101			
55-0-6.0	20	55	55	45	6.0	165	300	0	0	762	1016	4.5	0.45	7.0	6.2	
45-0-Non-AE					1.5					367	819	1051	-	-	0.0	1.9
45-0-3.0					3.0					367	802	1029	0.00	12.5	3.4	
45-0-4.5					4.5					367	784	1007	5.5	0.18	13.0	4.5
45-0-6.0					6.0					367	767	984	0.73	17.0	6.5	
45-0-7.5		7.5	367		749		962	1.47	13.5	7.5						
45-15IN-6.0		53	45		312		758	974	4.7	1.25	10.5	5.8				
45-15EX-6.0		45	39		367		738	947	5.5	1.83	9.0	6.2				
45-30IN-6.0		64	45		257		750	963	0.45	7.0	6.3					
BB-0-6.0		75	45		220		762	978	5.5	1.3	5.5	5.9				

実験条件は、セメントの種類を普通セメント(OPC)と OPC に高炉スラグ微粉末を混和したセメント(BB)の 2種類、水セメント比(W/C)また

は水結合材比(W/B)を 55%と 45%の 2 条件、またフライアッシュ(FA)の置換率をセメント量の内割で 15%(15IN)と 30%(30IN)、および外割で 15%(15EX)をそれぞれ置換する 3 条件、そして空気量を NonAE, 3.0%, 4.5%, 6.0%, 7.5% の 5 条件に設定し、これらを組み合わせた合計 10 条件で実験を行った。表-1 に、コンクリートの配合とフレッシュ性状を示す。なお、表中の実験 ID は、左からセメントの種類、W/C または W/B, FA 置換率、空気量の順に表記している。本実験ではフレッシュ性状のうち、空気量の測定値

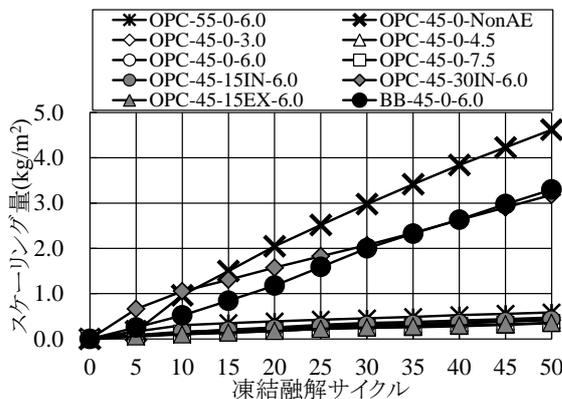


図-1 スケーリング量

が設定空気量の±0.5%の範囲に入ったものを供試体作製の品質条件とし、スランブは10±2.5cmを目安としつつ、製造が困難な場合を除き、設定条件は設けなかった。凍結融解試験は、ASTM C 672¹⁾に準拠し行った。供試体は試験面を打込み面とし、試験溶液には 3%NaCl 水溶液を使用した。測定項目は、5 サイクル毎の単位面積当たりのスケーリング量である。また、気泡間隔係数をリニアトラバース法により測定した。

3. 実験結果および考察

図-1 に、スケーリング量の測定結果を示す。まず、水セメント比の違いに着目すると 50 サイクル時のスケーリング量は、OPC-45-0-6.0 が 0.42kg/m²、OPC-55-0-6.0 が 0.58kg/m²であり W/C を小さくすることでもスケ

キーワード：凍害, 凍結防止剤, スケーリング, 空気量, フライアッシュ
 連絡先：福島県郡山市田村町徳定字中河原 1 TEL 024-956-8721

ケーリングの抑制に寄与することがわかる。また、空気量の違い(FA 置換率 0%)に着目すると、NonAE が 4.62kg/m²、3.0%が 0.47kg/m²、4.5%が 0.42kg/m²、6.0%が 0.42kg/m²、7.5%が 0.35kg/m² と空気量の増加に伴いスケーリング量が少なくなる傾向を示している。AE 剤の使用の有無によるスケーリング量の差は明確であり、耐凍害性の向上においてはエントレインドエアが不可欠であり、空気量の確保がスケーリング抵抗性を高め耐凍害性の向上に有効な手段になると考えられる。次に、FA の混和による影響を比較すると、30IN のスケーリング量が 3.18kg/m²と明らかに多く、次には 15IN の 0.43kg/m²、置換率 0%の 0.42kg/m²、15EX の 0.36kg/m² という順であり、FA を内割で 30%置換させた場合、FA 置換率 0%の 8 倍程度のスケーリング量を示した。セメントの種類に関しては、BB のスケーリング量は 3.30kg/m²であり、本実験の範囲では BB を使用することによる耐凍害性の向上は確認されなかった。なお、FA 混入および BB 使用の効果は、塩分浸透性を加味し評価を行う予定である。図-2 に、実測空気量と 50 サイクル時のスケーリング量の関係を示す。図より、まず NonAE と空気量 3.0%以上の条件を比較すると、エントレインドエアが存在したものは、スケーリング量が明らかに低下する結果を示し、W/C を 45%と低く設定することで空気量 3.0%でも耐凍害性に優位な結果を示すことが確認された。空気量を 3.0% から 7.5%(凡例：白色)に設定した条件のスケーリング量は、空気量の増加に伴い減少し、その傾向には高い相関が示された。また FA を外割で 15%置換させた場合(灰色△)、空気量 7.5%と同等のスケーリング量であった。これに対して、FA を内割りで置換させた場合、スケーリング量は、置換率 15%が FA 置換率 0%と同等なもの、置換率 30%は多くなる結果であった。図-3 に、気泡間隔係数とスケーリング量の関係を示す。図より、NonAE の気泡間隔係数は、385μm であり、他の条件より値が大きくスケーリング量も多い。これに対し、空気量 3.0%から 7.5%は、連行空気量の増加にともない気泡間隔係数が小さくなり、それとともにスケーリング量も少なくなることが分かる。しかし、30IN(セメント置換)と BB は、気泡間隔係数が 250μm 以下ではあるが、スケーリング量は多く、FA を内割りで多量に混入することや高炉スラグの混和はスケーリング抵抗性の低下に影響する可能性が示唆された。以上の結果より、耐凍害性の向上には、低水セメント比と空気量の確保に加え、FA の外割(細骨材置換)が有効であると考えられた。

4. まとめ

(1)W/C が 45%と低水セメント比であれば、エントレインドエアの連行により 3%以上の空気量を確保することで、高い耐凍害性を示すことが明らかになった。

(2)空気量 3%以上における空気量の増加とスケーリング量の減少には、高い相関が認められた。

(3)FA を外割で 15%置換させることで極めて高い耐凍害性を示した。これは、FA の細骨材置換の有用性を示唆するものである。また、内割による FA の置換は、スケーリング量が増加する傾向を示した。

今後はこれらのコンクリートの塩分浸透性の評価を行う予定である。

4. まとめ

- (1)W/C が 45%と低水セメント比であれば、エントレインドエアの連行により 3%以上の空気量を確保することで、高い耐凍害性を示すことが明らかになった。
 - (2)空気量 3%以上における空気量の増加とスケーリング量の減少には、高い相関が認められた。
 - (3)FA を外割で 15%置換させることで極めて高い耐凍害性を示した。これは、FA の細骨材置換の有用性を示唆するものである。また、内割による FA の置換は、スケーリング量が増加する傾向を示した。
- 今後はこれらのコンクリートの塩分浸透性の評価を行う予定である。

謝辞：本研究のコンクリートの製造には、大晃商事株式会社の川田氏の協力を得て作製した。また、実験の実施にあたっては、日本大学工学部の学生の協力により行ったものである。ここに記し、誠意を表します。

【参考文献】 1) American Society for Testing and Materials (1998) : Standard test method for scaling resistance of concrete surface exposed to de-icing chemicals, Annual Book of ASTM Standard, pp.344-346

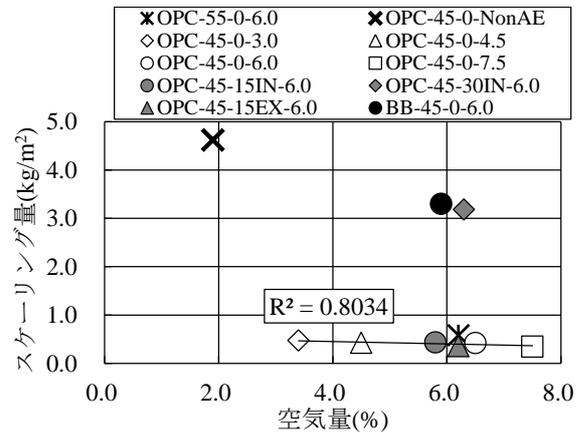


図-2 スケーリング量-空気量の関係

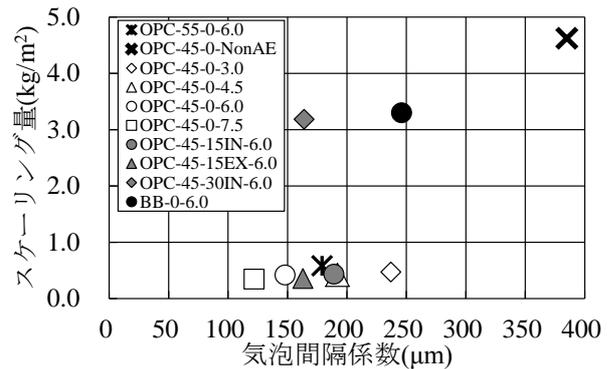


図-3 スケーリング量-気泡間隔係数の関係