

凍結防止剤散布下におけるフライアッシュを 混和したコンクリートの ASR 抑制効果

日本大学 学生会員 ○川村 宇紀
 日本大学 正会員 子田 康弘
 日本大学 正会員 岩城 一郎

1. はじめに

東北地方を始めとする積雪寒冷地域では、1990 年代初頭にスパイクタイヤの使用が禁止されて以降、大量の凍結防止剤が散布されている。このような環境下において、凍害や ASR の複合劣化によるコンクリート構造物の損傷が報告されている¹⁾。また、今後需要が急増すると予想される復興コンクリートにおいては、骨材の品質変動や品質低下が危惧され ASR 発生への対応も想定する必要があると考えられる。そこで本研究では、ASR による劣化に着目し、フライアッシュ(以下、FA)を混和し ASR を抑制するという考え²⁾を凍結防止剤散布下において使用されるコンクリートに適用し、セメントの種類と FA 置換率を条件に ASR 抑制効果を実験的に検討した。

2. 実験条件

表-1 に、コンクリートの配合とフレッシュ性状を示す。まず、実験条件は、普通ポルトランドセメント(以下、OPC)および OPC に高炉スラグ微粉末を混和したセメント(以下、BB)を使用し、単位水量を 165kg/m^3 一定とした。水セメント比(以下、W/C)および水結合材比(以下、W/B)は、45%と 55%として、空気量を

表-1 コンクリートの配合とフレッシュ性状

ID	Gmax (mm)	W/C (%)	W/B (%)	Air (%)	s/a (%)	単位量(kg/m^3)				フレッシュ性状		
						W	B		S	G	Slump (cm)	Air (%)
							C	FA				
OPC-55-0	20	55	-	6.0	45	165	300	0	792	1016	6.5	6.5
OPC-45-0	20	45	-	6.0	45	165	367	0	767	984	10.0	6.0
OPC-45-15EX		45	39				367	55	738	947	10.0	6.2
OPC-45-15IN		53	45				312	55	758	974	13.5	6.3
OPC-45-30EX		45	35				367	110	709	910	4.0	6.3
OPC-45-30IN		64	45				257	110	750	963	9.5	6.0
BB-45-0	20	45	-	6.0	45	165	367	0	762	978	9.0	5.5
BB-45-15EX		45	41				367	33	745	956	9.0	5.6
BB-45-15IN		49	45				334	33	757	972	9.0	6.0
BB-45-30EX		45	38				367	66	727	934	11.5	5.9
BB-45-30IN		55	45				301	66	752	965	12.0	6.3

$6.0\pm 0.5\%$ に設定し、FA 置換率をセメント量の外割で 15%、30%(以下、15EX、30EX)と、セメント量の内割で 15%、30%(以下、15IN、30IN)の合計 11 条件とした。なお、使用した粗骨材は ASR 反応性骨材である。実験条件の表記は、セメントの種類、W/C または W/B、FA 置換率の順である。フレッシュ性状は、空気量の設定値を重視し、スランプについては $10\pm 2.5\text{cm}$ を目安としつつ、打込みに支障がないことを条件とした。硬化コンクリートの試験項目として、圧縮強度試験と静弾性係数試験を材齢 7 日、28 日、91 日で行い、その間の養生は材齢 1 日で脱型後、標準養生とした。ASR 促進試験に関しては、供試体形状が $\phi 100\text{mm}\times 200\text{mm}$ の円柱供試体であり、温度 50°C 、湿度 60%の恒温恒湿室内で飽和 NaCl 水溶液に浸漬させるデンマーク法とした。膨張量は、コンタクトゲージ(基長: 100mm)により測定し、測定頻度を 7 日に 1 回とした。促進試験は、材齢 1 日で脱型し、材齢 28 日まで標準養生を行った後に開始した。なお、実験は現在も継続中であり、ASR 促進 91 日に達した供試体のデータを示す。

3. 実験結果および考察

図-1 に、OPC-45 シリーズの圧縮強度試験結果を示す。図より、15IN は置換率 0%と同程度の強度発現を示したのに対して、30IN は 15IN を下回る傾向であった。これに対して 15EX は、材齢 7 日から置換率 0%の強度を上回る傾向であった。このような強度発現の差は、材齢 7 日という若材齢における強度発現の大小で定まっており、その後の日数の経過による強度の増加には明確な差異は認められなかった。すなわち、15EX に関しては、若材齢においては置換率 0%と同程度の強度で、時間の経過とともにセメントの水和反応に加え、ポズラン反応が相まってこの中では最も圧縮強度が高くなったと推察された。これらの結果より、FA を外割置換することで強度発現性が改善され、かつ細骨材不足を FA で補える可能性が示唆された。図-2 に、BB シリーズの圧縮強度試験結果を示

キーワード：凍結防止剤、ASR 抑制効果、フライアッシュ、高炉セメント

連絡先：福島県郡山市田村町徳定字中河原 1 番地 Tel 024-956-8721

す。図より BB-45-0 は、OPC-45-0 と比較して、材齢 7 日で同程度の強度となり、その後は材齢 91 日まで上回る強度発現性を示した。

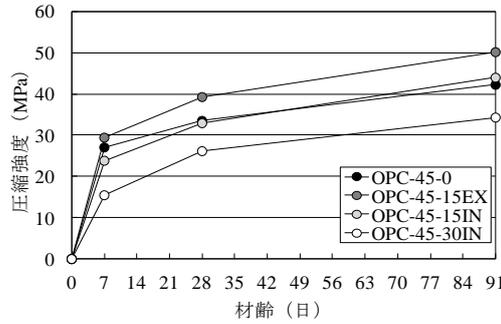


図-1 圧縮強度の経時変化 (OPC-45)

ただし、BB の特性を考慮すると、早い段階で OPC 使用供試体の強度を上回る原因を、現時点では説明できず、他の BB 条件の結果を踏まえ検討を進める予定である。

図-3 に、圧縮強度とヤング率の関係を示す。図中には、土木学会の普通コンクリート設計用値³⁾(実線)を併せ示した。図より、圧縮強度の増加によるヤング率の増加は、FA の混和を問わず設計用値の付近にプロットされており、FA コンクリートのヤング率は普通コンクリートと同様に評価できるものと考えられた。

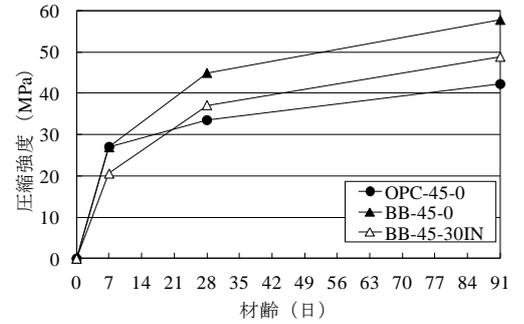


図-2 圧縮強度の経時変化 (BB)

図-4 に、OPC を使用した場合の ASR による膨張量の経時変化を示す。図より、置換率 0%は、W/C を問わず促進日数 28 日目より著しい膨張が生じ、その膨張傾向もほぼ一致した。すなわち、W/C の大小による ASR 抑制効果は確認されなかった。これに対して、FA を混和した条件は、多少は膨張しているものの、促進 91 日目においても置換率 0%と比較して 1/7 程度に ASR 膨張を抑制しており、FA による顕著な ASR 抑制効果が確認された。図-5 に、BB を使用した場合の ASR による膨張量の経時変化を示す。図より、FA 置換率 0%であっても高炉スラグ微粉末の硬化により OPC と比較し、膨張は緩慢であり、抑制効果が認められた。これに FA を混和すると若干の膨張はあるもの OPC の実験条件(図-4)と合わせてもこの中では最も膨張量が小さい値を示しており、BB と FA の併用は、FA 単体使用よりも ASR 抑制効果がある可能性が示唆された。

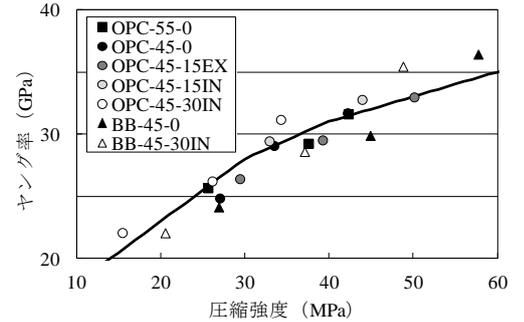


図-3 圧縮強度-ヤング率関係

4. まとめ

本実験の範囲内より、FA を内割、外割で 15%あるいは 30%置換したコンクリートの製造は可能であり、その硬化特性も十分に実用可能な範囲であることが確認された。また、ASR の抑制には FA の混和が有効な対策であることが分かり、さらには BB との併用がその効果を助長させる可能性が示唆された。

謝辞：本研究を実施するに当たり、鉄鋼スラグ協会より高炉スラグ微粉末の提供を受けたものである。ここに記し謝意を表します。

【参考文献】

- 1)鳥居和之ら(2002):凍結防止剤の影響を受けた橋梁の ASR 損傷度の調査, コンクリート工学年次論文集, Vol.24, No.1.
- 2)土木学会(1999): コンクリートライブラリー94 フライアッシュを用いたコンクリートの施工指針(案), 土木学会
- 3)土木学会(2012): コンクリート標準示方書[設計編], 土木学会

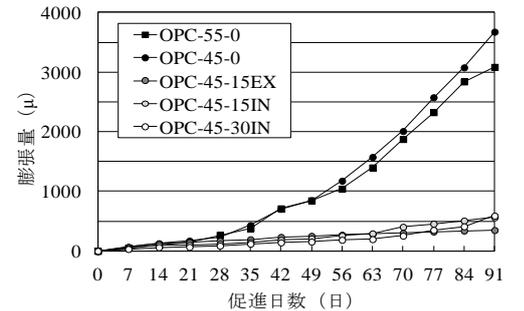


図-4 膨張量の経時変化 (OPC)

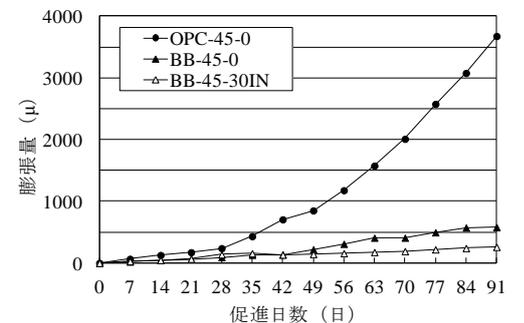


図-5 膨張量の経時変化 (BB)