

高炉スラグ微粉末によるコンクリートの ASR 膨張抑制効果に関する基礎的研究

五洋建設株式会社 正会員 中島 俊介
鳥取大学 正会員 黒田 保, 吉野 公, 金氏 裕也
鳥取大学 畑岡 寛, 北山 大典

1. はじめに

コンクリートの劣化の 1 つに ASR がある。ASR によるコンクリートの劣化を防ぐ方法の 1 つとして、高炉スラグ微粉末などの混和材の使用が挙げられる。今回、コンクリートに高炉スラグ微粉末をセメントの体積に対して置換し、コンクリート供試体を作製した。その後、作製した供試体を促進養生し供試体の膨張率を測定した。その結果から、高炉スラグ微粉末の ASR 膨張抑制効果を把握するための基礎的な検討を行なった。

2. 使用材料およびコンクリートの配合

本実験では、使用材料として、セメントにはアルカリシリカ反応性試験用普通ポルトランドセメント(密度: 3.14g/cm^3 , 全アルカリ量[Na_2O 当量]: 0.52%) を使用した。混和材には高炉スラグ微粉末(密度: 2.89g/cm^3 , 粉末度 $4210\text{cm}^2/\text{g}$)を使用した。粗骨材には非反応性骨材(安山岩, 表乾密度: 2.67g/cm^3) を使用し、細骨材(安山岩, 表乾密度: 2.71g/cm^3) には化学法およびモルタルバー法によって「無害でない」と判定された反応性骨材を使用した。細骨材は反応性骨材の割合を 100% とした。

表 1 コンクリートの配合表

W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m^3)			
		W	C	S	G
45	41	180	400	721	1020

W/C は 45% とし、高炉スラグ微粉末無混入の配合表を表 1 に示す。空気量は $4.5 \pm 1.5\%$ とし、空気量の調節には AE 剤(アルキルエーテル系陰イオン界面活性剤)を使用した。また、練混ぜ水に

水酸化ナトリウムを添加し、アルカリ総量を 4.48 , 5.5 , 7.0 および 10.0kg/m^3 の 4 水準に設定した。高炉スラグ微粉末はセメントの体積に対して置換し、高炉スラグ微粉末に含まれるアルカリ量はコンクリートのアルカリ総量に考慮しない。高炉スラグ微粉末は 10 , 30 および 50% の割合で置換した。

3. 実験方法

供試体寸法は $75 \times 75 \times 400\text{mm}$ とし、脱型後(材齢 1 日)はコンクリートを濡れた布で覆いポリエチレン袋で密封し、 60°C の恒温槽に静置し、長さ変化を測定した。長さ変化の測定は、供試体を 20°C の恒温室に 24 時間静置した後、基長を 400mm とし、ダイヤルゲージ(最小目盛 0.001mm)で行った。

4. 実験結果および考察

図 1 にアルカリ総量別に供試体の膨張率の経時変化を示す。高炉スラグ微粉末無混入のコンクリートは OPC と記し、高炉スラグ微粉末を混入したコンクリートは BFS と記す。また、BFS の後に表記する数字は高炉スラグ微粉末の置換率(BFS 置換率)とする。図 1 より、それぞれのアルカリ総量で OPC の膨張率が最も小さくなった。また、同じ BFS 置換率における供試体の膨張率は、アルカリ総量が大きいほど大きくなることがわかった。膨張が収束傾向にある材齢 26 週における各供試体の膨張率から、各 BFS の抑制膨張量を求めた。抑制膨張量を求める式は、

$$\text{抑制膨張量}(\%) = \text{OPC の膨張率}(\%) - \text{BFS の膨張率}(\%) \quad (1)$$

とする。アルカリ総量別に BFS 置換率とコンクリートの抑制膨張量の関係を図 2 に示す。図 2 より、アルカリ総量を 7.0kg/m^3 としたコンクリートの抑制膨張量は高炉スラグの置換率の増加に伴い、増加していることがわかる。BFS10 とし、かつアルカリ総量を 5.5kg/m^3 および 7.0kg/m^3 とした供試体の抑制膨張量は約 0.08% となった。

キーワード アルカリシリカ反応、コンクリートバー、高炉スラグ微粉末、ASR 抑制効果

連絡先: 〒680-8550 鳥取県鳥取市湖山町南 4 丁目 101 TEL:0857-31-5281

った。また BFS30 とし、かつアルカリ総量を 7.0kg/m^3 および 10.0kg/m^3 とした供試体の抑制膨張率は約 0.24% となった。よって、高炉スラグの置換率 10% ごとに、ASR 膨張率を約 0.08% 低減できると考える。以上の結果から、OPC の材齢 26 週における膨張率とアルカリ総量の結果を線形近似する (図 3)。また BFS 置換率が 10% 増加するごとに、コンクリートの膨張率を 0.08% 低減でき、かつ OPC と BFS (同一置換率) のアルカリ総量と膨張率 (最終) の関係の傾きは同じと考え、各コンクリートの近似式を求めると式 (2) が得られる。

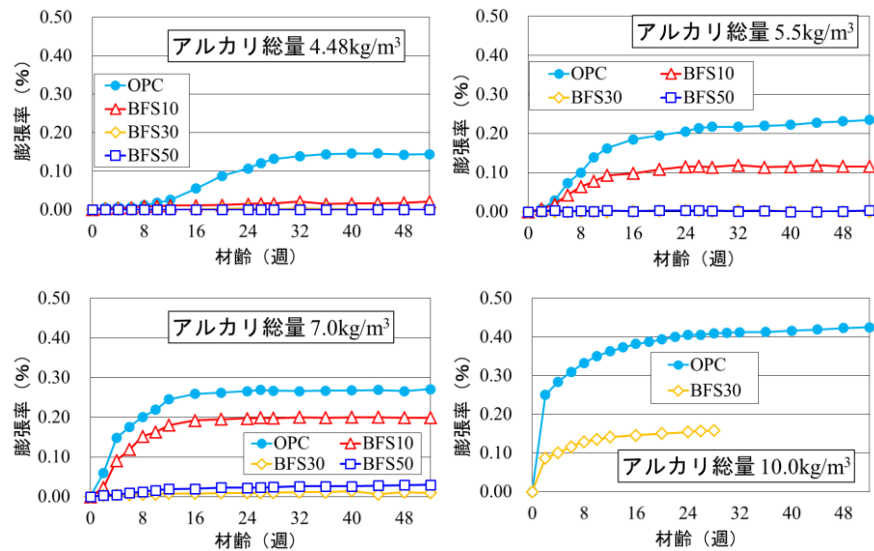


図 1 膨張率の経時変化

$$\text{最終膨張率 (\%)} = 0.05 \times \text{アルカリ総量 (kg/m}^3\text{)} - 0.085 - 0.008 \times \text{BFS 置換率 (\%)} \geq 0 \quad (2)$$

図 3 は実験結果と式(2)による計算結果を示したものである。図 3 より、OPC および BFS の ASR 膨張率 (最終) の実験結果は計算結果と一致した。なお、膨張を生じていない供試体については、図 3 の膨張率が 0 となるアルカリ総量以下であるため、膨張を生じていないと考えられる。また、式(2)から求めた各最終膨張率 (0 および 0.1%) となるアルカリ総量と BFS 置換率の関係を図 4 に示す。図 4 より、膨張率 0% の直線を用いると、あるアルカリ総量において、ASR による膨張を生じさせない最小の BFS 置換率を求めることができると考えられる。

5. まとめ

本研究で得られた結果を以下に列挙する。

- (1) 同一の BFS 置換率において、アルカリ総量の増加に伴い、膨張率は大きくなる。
- (2) 同一のアルカリ総量において、BFS 置換率の増加に伴い、膨張率は小さくなる。
- (3) 本研究の手法で得られる膨張率、アルカリ総量および BFS 置換率の関係から、任意のアルカリ総量と BFS 置換率を用いて、コンクリートの最終膨張率を求めることができると考えられる。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 (25420460) の助成を受けたものであることを明記し、ここに謝意を表します。

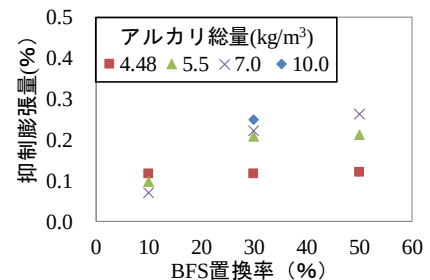


図 2 BFS 置換率と抑制膨張量

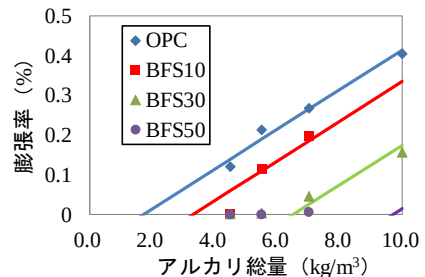


図 3 材齢 26 週におけるアルカリ総量と膨張率の関係

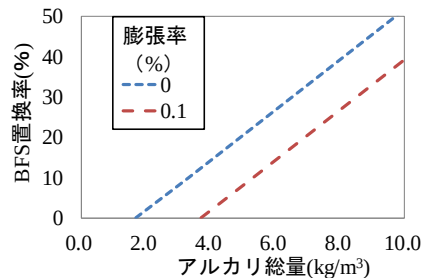


図 4 式(2)から得られた各最終膨張率別のアルカリ総量と高炉スラグ置換率の関係