高炉スラグ微粉末を混入したコンクリートの ASR 膨張に与える促進養生条件の影響

鳥取大学大学院　学生会員　中島　俊介
鳥取大学大学院　正会員　黒田　保
鳥取大学大学院　正会員　吉野　公

1. はじめに

コンクリートの劣化要因の 1 つに ASR がある．ASR によるコンクリートの劣化を防ぐためには，高炉スラグ微粉末などの混和材の使用が有効である．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，コンクリートの ASR 膨張に与えるアルカリ総量および保存温度の影響について検討した．

2. 使用材料および配合

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：3.16g/cm^3，全アルカリ量 Na_2O 当量：0.52%）を使用した。混和材として高炉スラグ微粉末(密度：2.89g/cm^3 比表面積：4210g/cm^3)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（安山岩，表乾密度 2.71g/cm^3）を使用した。W/C は 45%とし，高炉スラグ微粉末無混入のコンクリート（OPC）の配合を表-1 に示す。空気量は 4.5±1.5%とし，空気量の調節には AE 剤（アルキルエーテル系イオン界面活性剤）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 および 7.0kg/m^3 の 3 水準に設定した．また，高炉スラグ微粉末を混入したコンクリートについては単位結合材量以外の単位量を OPC と同一とし，高炉スラグ微粉末はセメントの体積に対して，10，30 および 50%の割合で置換した．なお，高炉スラグ微粉末に含まれるアルカリは，コンクリートのアルカリ総量に考慮していない．

表 1　コンクリートの配合

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

3. 実験方法

供試体寸法は 75×75×400 mm とし，脱型後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，40，60 および 80℃の恒温槽に静置して所定の材齢で長さ変化を測定した．供試体の長さ変化の測定（基長 400mm）は，20℃の恒温室に 24 時間静置した後，ダイヤルゲージ（最小目盛 0.001mm）を用いて行った．

4. 実験結果および考察

図 1～4 に，アルカリ総量 4.48kg/m^3 および 7.0kg/m^3 の供試体の膨張率の経時変化を示す．高炉スラグ微粉末を混入していない場合は OPC と記し，混入した場合は BFS と記す．また，BFS の後に表記する数字はそれぞれの高炉スラグ微粉末の置換率とする．図 1～4 より，各アルカリ総量で OPC の膨張率が最も大きくなった．OPC は，アルカリ総量が多いほど膨張率が大きくなり，また，保存温度が高いほど膨張の開始時期が早くなった．図 1 より，アルカリ総量 4.48kg/m^3 とした OPC の膨張率の経時変化を保存温度ごとに比較すると，40℃では膨張はせず，60℃および 80℃では材齢 8 週程度で膨張を開始し，材齢 24 週以降の膨張率の増加は小さくなっている．また，図 1，2 よりアルカリ総量 4.48kg/m^3 では，BFS はいずれの置換率とした場合にも現在までの膨張率は 0.05%以下であった．図 3 よりアルカリ総量を 7.0kg/m^3 とした OPC では，材齢 20 週までは保存温度が高いほど膨張は大きくなるが 20 週目以降では保存温度 40℃で膨張率がやや大きいものの，温度によらず膨張率は同程度の値となっている．また，BFS50 はほとんど膨張していない．図 4 より BFS10 の場合，膨張を生じているが，OPC と比較して膨張率は小さい．また，温度 40℃で保存した供試体の膨張率は，材齢 24 週以降で他の温度で保存した場合よりも大きくなり，今後も膨張が大きくなる可能性がある．また BFS30 はいずれの温度においても，材齢 24 週以降で膨張率が 0.05%程度となった．今回の実験から，OPC，BFS に関わ

キーワード　ASR，促進養生，膨張率，高炉スラグ微粉末，抑制効果
連絡先　〒680-8550 鳥取県鳥取市湖山町南 101　℡0857-31-5281

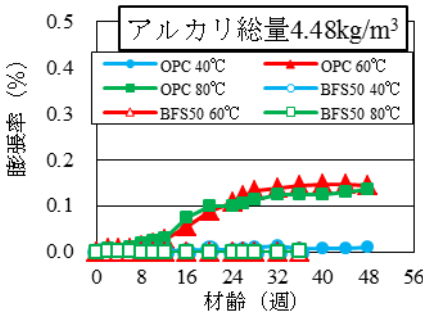

図1 膨張率の経時変化

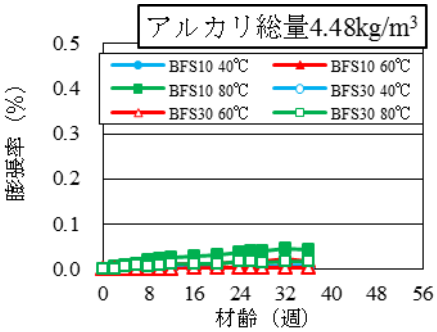

図2 膨張率の経時変化

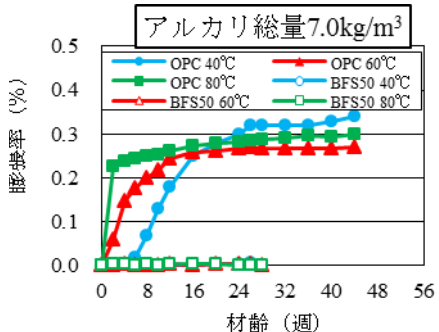

図3 膨張率の経時変化

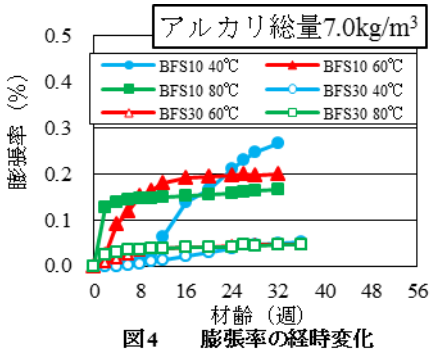

図4 膨張率の経時変化

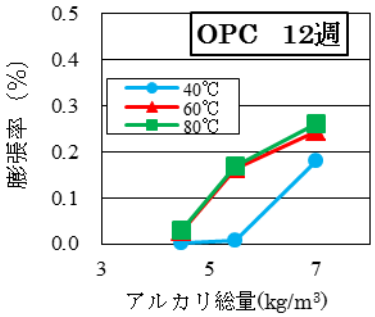

図5 膨張率とアルカリ総量の関係

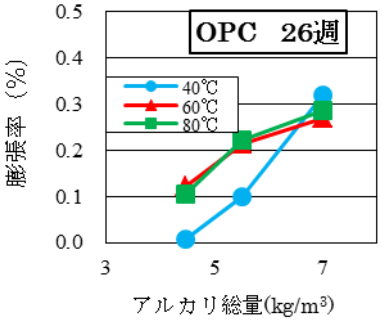

図6 膨張率とアルカリ総量の関係

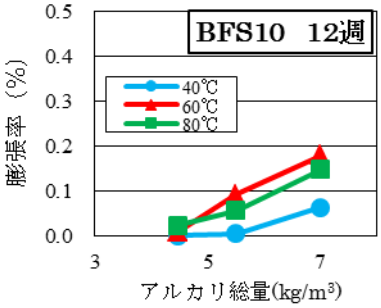

図7 膨張率とアルカリ総量の関係

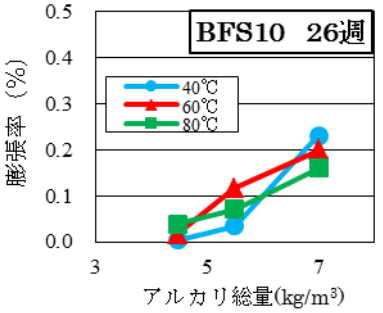

図8 膨張率とアルカリ総量の関係

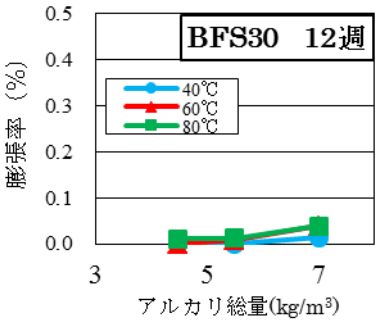

図9 膨張率とアルカリ総量の関係

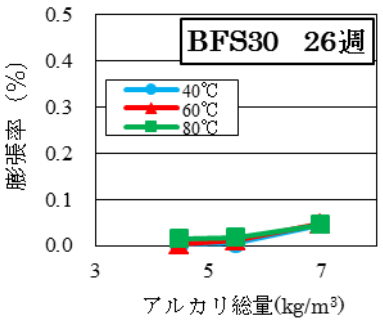

図10 膨張率とアルカリ総量の関係

らずアルカリ総量を高めると，膨張率が大きくなることがわかった．また，保存温度を高くすると，早期の急激な膨張とともにその後の膨張が緩やかになることがわかった．保存温度を高くすると，早期に膨張が収束するため高炉スラグの ASR 抑制効果を早期に判定できる可能性があると考えられる．そこで膨張を生じている OPC，BFS10 および BFS30 の材齢 12 週および 26 週における膨張率とアルカリ総量の関係を図 5～10 に示し，膨張率とアルカリ総量および保存温度の関係について調べる．図 5～10 より OPC，BFS10 および BFS30 の材齢 12 週および 26 週の各アルカリ総量の膨張率を比較すると，アルカリ総量 5.5kg/m^3 以上かつ保存温度 60℃以上とすると材齢 12 週および 26 週で膨張率に大きな差はないため，高炉スラグの ASR 抑制効果を早期に判定できる可能性があると考えられる．

5. まとめ

本実験では高炉スラグ微粉末を混入したコンクリートについて，保存温度およびコンクリートのアルカリ総量が ASR 膨張に与える影響について検討した．得られた結果を以下に列挙する．

(1) 保存温度が同じ場合，アルカリ総量が多いほど ASR 膨張は大きくなる．

(2) アルカリ総量が同じ場合，保存温度が高いほど早期に膨張は大きくなり，また，早期に膨張が収束する．

(3) アルカリ総量 5.5kg/m^3 以上かつ保存温度 60℃以上とすることで，BFS の ASR 抑制効果を早期に判定できる可能性があると考えられる．

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．