

高炉スラグ微粉末を用いたペーストにナトリウムイオンが及ぼす影響

岡山大学大学院 学生会員 ○松本 慎也
 岡山大学大学院 正会員 藤井 隆史
 岡山大学 正会員 綾野 克紀
 岡山大学大学院 フェロー会員 阪田 憲次

1. はじめに

高炉スラグ微粉末は、高炉から取り出された熔融状態の高炉スラグを水で急冷処理した水砕スラグを、乾燥および粉砕して製造される¹⁾。高炉スラグ微粉末の品質や性能が明確となったことを背景にして、平成7年3月には、JIS A 6206「コンクリート用高炉スラグ微粉末」が制定され、高炉セメントの原料などとして利用されている。高炉スラグ微粉末はセメントと混合使用することによりコンクリートの化学抵抗性、水密性、流動性、長期強度が増進する。本研究では、高炉スラグ微粉末を用いたセメントコンクリートの耐海水性を調べることを目的に、ナトリウムイオンがペーストに及ぼす影響について調べた。

2. 実験概要

実験には、水結合材比が30%のペーストを用いた。結合材には、JIS A 6206に規定されている高炉スラグ微粉末4000(密度: 2.89g/cm^3) および、普通ポルトランドセメント(密度: 3.15g/cm^3)を用いた。自己収縮ひずみの測定には上下面にゲージプラグを埋め込んだ $40\times 40\times 160\text{mm}$ の角柱供試体を用いた。打設後24時間で脱型し、直ちにアルミニウムシートで封緘した後、基長を測定した。水中の長さ変化の測定には上下面にゲージプラグを埋め込んだ $40\times 40\times 160\text{mm}$ の角柱供試体を用いた。打設後24時間で脱型し、基長を測定した。供試体は、 $20\pm 2^\circ\text{C}$ の水中に浸漬させた。自己収縮ひずみおよび水中の長さ変化の測定には、リニアゲージ(最小目盛: $1/1,000\text{mm}$)を用いた。測定は、温度 $20\pm 2^\circ\text{C}$ の恒温室内で行った。

3. 実験結果および考察

写真1は、水酸化ナトリウムをセメントに対して質量比で2.8%混合したセメントペーストが、水中で破壊した様子である。供試体は、 $\phi 50\times 100\text{mm}$ の円柱供試体で、このような破壊は、塩化ナトリウムをセメントに対して4.1%混合した場合(海水のナトリウムイオン濃度の4.6倍の塩化ナトリウムを混合した場合)にも生じることが確認されている。図1は、結合材にセメントおよび高炉スラグ微粉末を用い、水酸化ナトリウムをペースト 1m^3 当たり 44.6kg 混合した $\phi 100\times 200\text{mm}$ の円柱供試体を用いて、水中でセメントペーストが破壊する確率と材齢の関係を示したものである。この図から明らかなように、普通ポルトランドセメントのみを用いた場合よりもセメント結合材比が40~70%の場合の方がナトリウムにより破壊する材齢が早いことが分かる。一方、普通ポルトランドセメントを結合材の10%用いたものは、材齢100日目でも、破壊に至ったものはない。図2は、セメント結合材比70%のセメントペーストとセメント結合材比10%のセメントペーストの自己収縮ひずみを比較したものである。この図より、セメント結合材比が70%のものは、水酸化ナトリウムを混合することによって自己収縮ひずみが大きくなっているのに対し、セメント結合材比が10%のものは、水酸化ナトリウムを混合することによる自己収縮ひずみに及ぼす影響は小さいことが分かる。図3は、セメント結合材比が10%および70%のセメントペーストの水中での長さ変化を調べた結果である。いずれのセメント結合材比のペーストも、水酸化ナトリウムを混合していないものの長さ変化は小さいのに対し、水酸化ナトリウムを混合することで自己収縮ひずみが大きくなり、測定の初期では水中でも収縮を生じていることが分かる。しかし、いずれのペーストも、時間の経過とともに長さ変化が膨張に転じる材齢がある。また、水中養生期間28日で多くの供試体が破壊に至ったセメント結合材比70%のペーストは、セメント結合材比10%のものよりも収縮が膨張に転じる材齢が早くなっている。水酸化ナトリウムを 44.6kg/m^3 混合したセメントペーストの水中養生期間93日目におけるペースト内部には、大きなひび割れが発生しており、



写真1 ナトリウムにより破壊したペースト

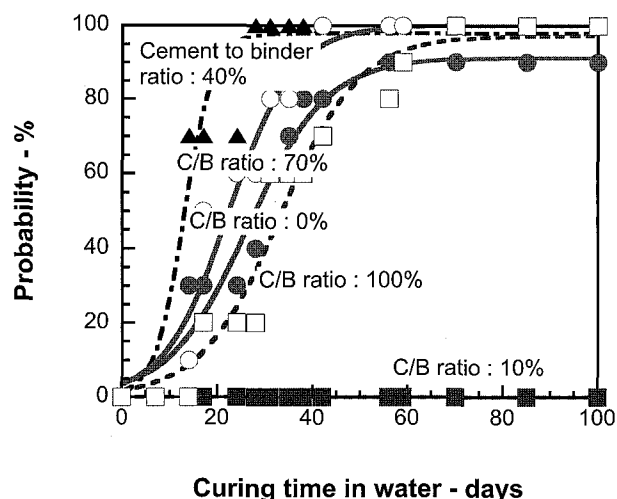


図1 セメントペーストが破壊する確率

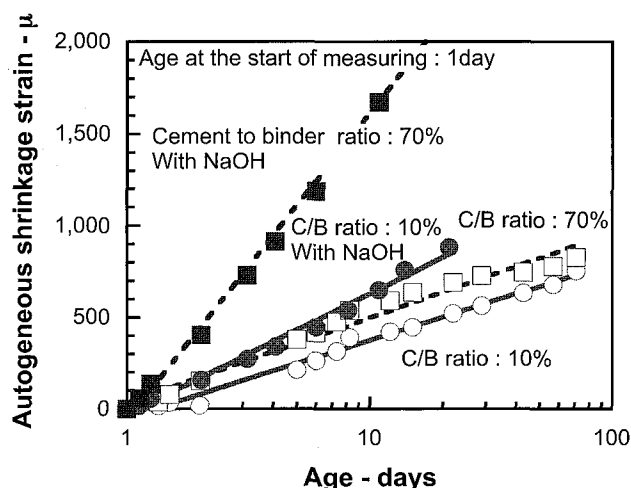


図2 ナトリウムがセメントペーストの自己収縮ひずみに及ぼす影響

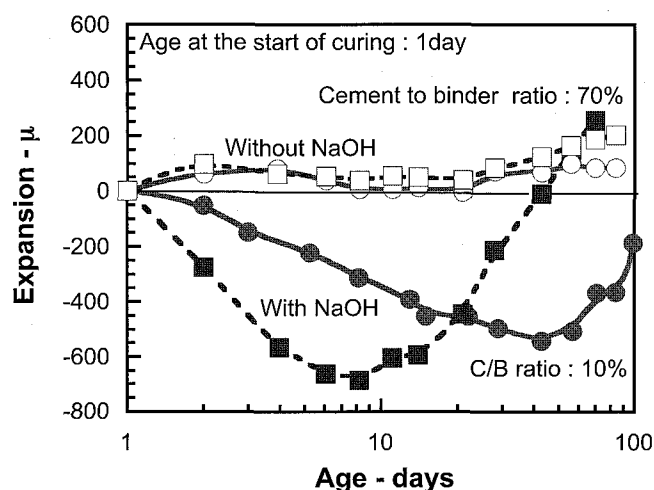


図3 ナトリウムがセメントペーストの水中における長さ変化に及ぼす影響

収縮が膨張に転じるのは、ペースト内部における収縮と、ペーストが水と接する表面での膨張とによって、引張りの内部応力がペースト内部で生じ、それによりひび割れが発生し、ペースト内部に水が供給されることで膨張が始まったものと考えられる。セメント結合材比が10%のものも、水中における長さ変化が収縮から膨張に転じており、他のセメントペーストよりも材齢は遅いが、いずれナトリウムの影響によって破壊することが予想される。しかし、結合材に高炉スラグ微粉末およびセメントを質量比で90:10で混合して用いることにより、ナトリウムの影響によるペーストの破壊が他のセメント結合材比のペーストよりも生じにくくなるものと思われる。

4. まとめ

高炉スラグ微粉末を用いたセメントペーストは、ナトリウムイオンにより自己収縮ひずみが大きくなり、破壊が生じる。しかし、高炉スラグ微粉末およびセメントを質量比で90%および10%の割合で用いることによって、ナトリウムによる自己収縮ひずみへの影響が小さくなり、ナトリウムによる破壊が生じにくく、高い耐久性が得られるものと思われる。

<参考文献>

- 1) (社)日本材料学会編：コンクリート混和材料ハンドブック, pp. 310-314, エヌ・ディー・エス, 2004