

低熱高炉セメントを用いたコンクリートの乾燥収縮ひずみに関する研究

岡山大学大学院	正会員	○藤井 隆史
新日鐵高炉セメント(株)	正会員	檀 康弘
ランダス(株)	正会員	細谷 多慶
岡山大学大学院	正会員	綾野 克紀

1. はじめに

粒度が粗く、高炉スラグ微粉末量の多い低熱高炉セメントは、水和熱による温度上昇量が低く、また、乾燥収縮ひずみも小さいため、マスコンクリート等への適用が期待されている。本研究は、低熱高炉セメントを用いたコンクリートの乾燥収縮ひずみについて検討を行ったものである。

2. 実験概要

セメントは、普通ポルトランドセメント（密度: 3.15g/cm^3 ，ブレン値: $3,350\text{ cm}^2/\text{g}$ ）および低熱高炉セメント B 種（密度: 2.98 g/cm^3 ，スラグ分量: 55%，三酸化硫黄量: 3.4%，ブレン値: $3,210\text{g/cm}^2$ ）を用いた。また、スラグ分量および三酸化硫黄量が低熱高炉セメント B 種と同じになるように、普通ポルトランドセメント（密度: 3.15g/cm^3 ，ブレン値: $3,350\text{ cm}^2/\text{g}$ ），高炉スラグ微粉末 4000（密度: 2.92g/cm^3 ，ブレン値: $4,100\text{cm}^2/\text{g}$ ，石こう無添加），工業用無水石こう（密度: 2.97g/cm^3 ）および工業用二水石こう（密度: 2.30g/cm^3 ）を混合して作成したものも実験に用いた。細骨材には、硬質砂岩系砕砂（密度: 2.62g/cm^3 ，吸水率: 3.02%）および高炉スラグ細骨材（密度: 2.65g/cm^3 ，吸水率: 1.44%）を用い、粗骨材には、砂岩系砕石（密度: 2.74g/cm^3 ，吸水率: 0.37%）を用いた。混和剤は、ポリカルボン酸系高性能減水剤を用いた。コンクリートおよびモルタルの水結合材比は、25%である。コンクリートの乾燥収縮ひずみの測定は、 $\phi 50 \times 100\text{mm}$ のコア供試体を用い、温度 $20.0 \pm 1.0^\circ\text{C}$ ，相対湿度 $60 \pm 5\%$ の条件で試験を行った。コンクリートの蒸気養生は、平成 8 年制定土木学会コンクリート標準示方書〔施工編〕に示される方法³⁾に従って行った。疑似断熱温度上昇試験には、200mm の発泡スチロールで作製した容器（内寸: $250 \times 250 \times 250\text{mm}$ ）を用いた。容器内にコンクリートを 15.6L 打設し、コンクリートの中心には、銅コンスタンタン熱電対を設置した。

3. 実験結果および考察

図 1 は、種々のコンクリートの疑似断熱温度上昇の測定結果を示したものである。普通ポルトランドセメントを用いた普通コンクリートに比べて、低熱高炉セメントを用いたコンクリートは、最高温度が 20°C 程度低く抑えられている。図 2 は、種々のコンクリートの乾燥期間 98 日目における乾燥収縮ひずみを比較して示したものである。図中の左から、水中養生を行ったもの、蒸気養生を行ったもの、図 1 に示される疑似断熱温度上昇試験に用いたものの結果を示している。いずれのコンクリートも、蒸気養生を行うことで、水中養生を行ったものよりも乾燥収縮ひずみが小さくなり、さらに、断熱状態の高温で養生を行ったものは、さらに乾燥収縮ひずみが小さくなっている。また、高炉スラグ微粉末または低熱高炉セメントを用いたものの乾燥収縮ひずみは、普通ポルトランドセメントを用いたものに比べて小さく、蒸気養生あるいは断熱状態での養生のように高温で養生することで、乾燥収縮ひずみがより小さくなっていることが分かる。したがって、マスコンクリートのような高温状態に長くさらされたコンクリートの乾燥収縮ひずみは、実験室で供試体を用いて測定した乾燥収縮ひずみに比べて小さいことが考えられる。図 3 は、結合材に普通ポルトランドセメントのみを用いたモルタルの乾燥収縮ひずみに及ぼす無水石こうの添加量の影響を示したものである。普通ポルトランドセメントのみを結合材に用いた場合には、いずれの温度で養生を行った場合でも、無水石こうの添加量が 3% 程度までは、乾燥収縮ひずみが小さくなり、それ以上に増加すると、乾燥収縮ひずみは大きくなることが分かる。図 4

キーワード 低熱高炉セメント，乾燥収縮ひずみ，養生温度，スラグ分量，石こう量

連絡先 〒700-8530 岡山市北区津島中 3-1-1 岡山大学大学院環境学研究科 TEL 086-251-8155

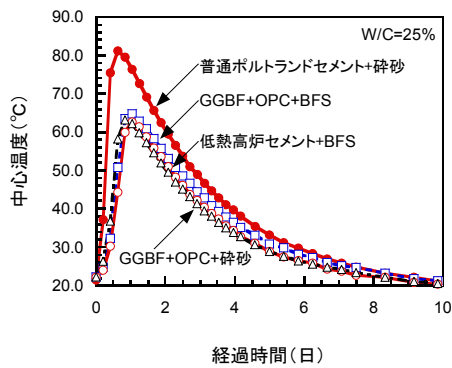


図1 疑似断熱温度上昇試験の結果

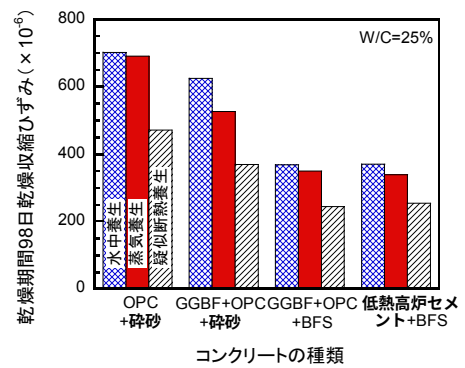


図2 養生方法が乾燥収縮ひずみに及ぼす影響

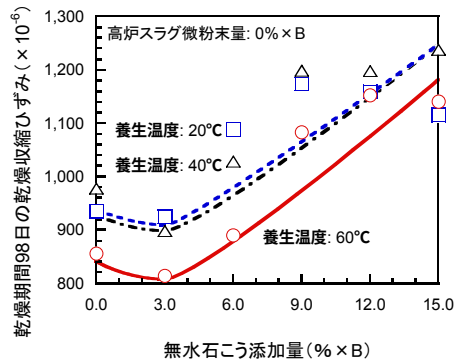


図3 セメントのみを用いたモルタルの乾燥収縮ひずみに及ぼす石こう量の影響

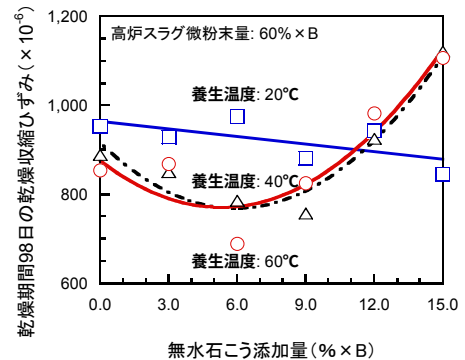


図4 高炉スラグ微粉末を用いたモルタルの乾燥収縮ひずみに及ぼす石こう量の影響

は、結合材に普通ポルトランドセメントおよび高炉スラグ微粉末を用いたモルタルの乾燥収縮ひずみに無水石こうの添加量が及ぼす影響を示したものである。20°Cの室内で養生を行った場合には、無水石こうの添加量が増加すると、乾燥収縮ひずみは小さくなる傾向にある。一方、40°Cあるいは60°Cで蒸気養生を行った場合には、無水石こうの添加量が質量比で結合材の6%程度までは、無水石こうの添加に伴いモルタルの乾燥収縮ひずみが小さくなっている。しかし、無水石こう

の添加量が質量比で結合材の9%を超えると、モルタルの乾燥収縮ひずみは、無水石こうを添加しないものよりも大きくなる。図5は、無水石こうの添加量が質量比で結合材の6%の場合における高炉スラグ微粉末量と乾燥収縮ひずみの関係を示したものである。20°Cの室内で養生を行った場合には、結合材中の高炉スラグ微粉末量が増加すると、乾燥収縮ひずみは小さくなっている。蒸気養生を行った場合には、高炉スラグ微粉末量が質量比で結合材の50~60%で最も小さくなることが分かる。石こうの添加量がある程度までは強度が大きくなるが、これを超えると強度が下がることが報告されている¹⁾。石こうの増加に伴いエトリンガイトの生成量は増加するが、組織が粗大になり空隙が多くなっているため、乾燥収縮ひずみが大きくなったものと推察される。

4. まとめ

普通ポルトランドセメントを用いたコンクリートに比べ、高炉セメントを用いたコンクリートの乾燥収縮ひずみは小さく、また、高い温度で養生することで、より乾燥収縮ひずみが小さくなる。また、無水石こうを適切な量で添加し、高温で湿潤養生を行った場合に、乾燥収縮ひずみがより小さくなる。

参考文献

- 1) 近藤連一：スラグ系セメントの製造に関する基礎研究，東京工業大学学位論文，1959

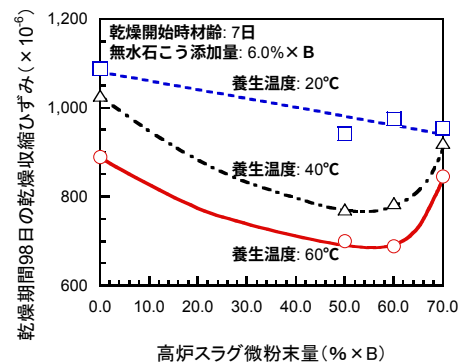


図5 高炉スラグ微粉末量と乾燥収縮ひずみの関係