

高炉スラグ高含有セメントの初期高温履歴下での体積変化と水和挙動

前橋工科大学 学生会員 ○西澤 大和
前橋工科大学 正会員 佐川 孝広

1. はじめに

高炉セメントは、産業副産物の有効利用、CO₂ 排出量削減の観点から利用拡大が望まれている。

我が国で流通する高炉セメントは高炉セメント B 種がほとんどであるが、より高炉スラグ含有量を高めた高炉スラグ高含有セメントを用いたコンクリートに期待が寄せられている。しかし、高炉スラグ高含有セメントを用いたコンクリートは、若材齢時において温度ひび割れ挙動に不明な点が多い¹⁾。

そこで本研究では、高炉スラグ高含有セメントの初期高温履歴下での体積変化および水和挙動の解明を目的に、高炉スラグ高含有セメントの初期高温履歴下での体積変化に及ぼす無水石こう (CS) と石灰石微粉末 (LSP) の影響について検討した。

2. 実験方法

2.1 実験概要

本研究では、普通ポルトランドセメント (OPC)、高炉スラグ微粉末 (BFS)、無水石こう (CS) および石灰石微粉末 (LSP) を用い、体積変化の測定およびセメントペーストによる水和反応解析を行った。養生はマスコンクリートの高温履歴を模擬した最高温度 60°C の条件とした。各測定の材齢は 18 時間、1, 3, 7, 28 日とした。表 1 に高炉セメントの組成を示す。

2.2 体積変化の測定

体積変化の測定は、φ5×10cm の円柱供試体を用い、モルタルの配合は水結合材比 50% の JIS モルタルとした。埋込型ひずみゲージ (弾性係数 2.75GPa) は

表 1 高炉セメントの組成 (%)

	OPC	BFS	CS	LSP
BC1	30	65	5	-
BC2		67.5	2.5	-
BC3		62	5	3
BC4		64.5	2.5	3

モルタルの水分を吸い、測定に影響が生じるため水中にて 24 時間の浸漬処理を行った後使用した。試料作製では、型枠とモルタルの間に生じる摩擦を軽減する為テフロンシートを型枠の内側に敷き、型枠の中心部にひずみゲージを設置した。その後、パラフィルムで蓋をしてアルミテープを用いて密閉し、水分の蒸発を防ぎつつ所定の材齢まで測定を行った。

2.3 ペースト水和解析

ペースト水和解析は、表 1 に示す高炉セメントを用い、水結合材比 50% のセメントペーストを作製して行った。水和試料は多量のイソプロパノールによって水和停止後、30 分間真空脱気を行い、40 °C にて 24 時間乾燥させた。乾燥後の試料は、遊星ミルにて微粉碎した。粉碎後の試料は 900 °C 30 分の強熱減量試験および XRD の測定を行い、リートベルト法により水和生成物量を求めた。

3. 実験結果および考察

図 1 に高温履歴下での長さ変化を示す加えて図 2 に高温履歴の最高温度から降温する点からの長さ変化を示す。図 1 と図 2 の凡例は、材齢 28 日でのひずみの順に並び替えた。図 1 より、温度上昇時に大きく体積膨張していた。膨張材による膨張ひずみを評価した既往の研究では、²⁾ 自由膨張ひずみは拘束膨張ひずみと比べ、温度依存性が高く、拘束膨張試験では、膨張量に及ぼす養生温度の影響は小さいことが報告されている。したがって、温度上昇時の大きな体積変化は無拘束試験体特有の現象であり、マスコンクリートの実環境を鑑みるとこの膨張量について評価するのは大きな意味がないと考えられる。一方で降温する際の自己収縮量を評価することで若材齢時の温度ひび割れ挙動を把握できるものと考えられる。図 2 の結果から材齢 28 日に至るまでの自己収縮量の変化にそれぞれ差があることが確認でき CS 混和量が 5% かつ LSP

キーワード 高炉セメント, 無水石こう, 石灰石微粉末, 自己収縮, モノサルフェート生成量

連絡先 〒381-0816 群馬県前橋市上佐鳥町 460-1 前橋工科大学 TEL : 027-265-0111

を混和している BC3 の自己収縮が小さかった.そこで,CS と LSP の影響について,ペースト水と解析の結果を踏まえ,さらに考察を進める.

図 3 には, AFt および AFm 生成量を示す. BC1 および BC3 では, AFt 生成量が增大した.対して BC2 および BC4 では,材齢 3 日の時点で AFt は概ね消失し, AFm に転化していた.この結果から BC1 と BC3 の配合には AFt が残存する充分な量の CS が含まれており,対して BC2 と BC4 は継続的に AFt を生成するためには CS 量が不足していると考えられる.また, LSP を混和した BC3 および BC4 ではカーボネート系水和物の生成が確認された.図 4 に,カーボネート系水和物の生成量を示す.

図 5 に材齢 28 日の AFm 含有率と図 2 から得た自己収縮量との関係を示す.両者には,高い相関が認められた. AFt から AFm への転化により体積減少することは,既往の研究³⁾にて指摘されているが,本研究ではその体積変化と AFm 含有率との関係を定量的に示したと考えている.

4. まとめ

高炉スラグ高含有セメントの初期高温履歴下での体積変化と水和挙動について検討した.高温履歴の降温時を基点とした自己収縮量は,無水石こう (CS) の混和量が多く,石灰石微粉末 (LSP) の混和した配合で小さくなった.自己収縮量とモノサルフェート (AFm) 生成量には相関があり,その結果を定量的に示した.

5. 参考文献

- 1) 佐川孝広ほか：高炉スラグ高含有セメントの高温履歴下での水和反応に及ぼす無水石こうと石灰石微粉末の影響,第 71 回セメント技術大会講演要旨, pp.94-95 (2017)
- 2) 三谷祐二ほか：マス養生温度下における膨張材コンクリートの膨張応力評価法について,コンクリート工学年次論文集,Vol.26, No.1, pp.225-230 (2004)
- 3) 高橋俊之ほか：セメントペーストの自己収縮に及ぼす水和反応の影響,コンクリート工学論文集,Vol.7, No.2, pp.137-142 (1996)

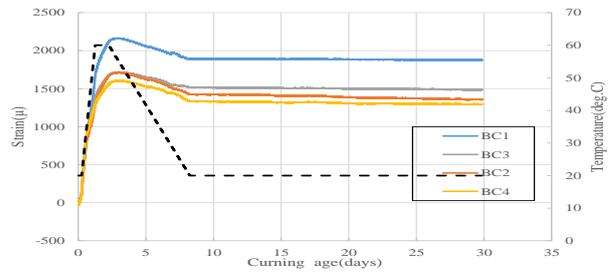


図 1 高温履歴下での長さ変化

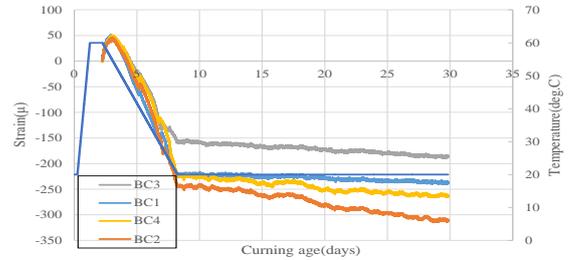


図 2 降温時を基点とした長さ変化

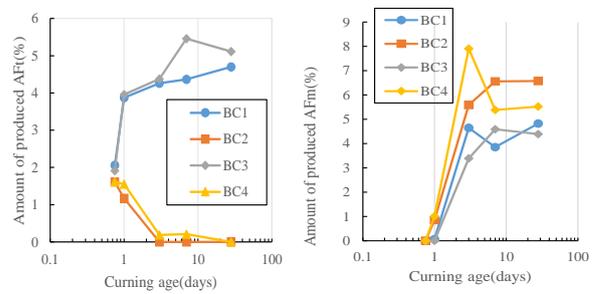


図 3 AFt および AFm の生成量

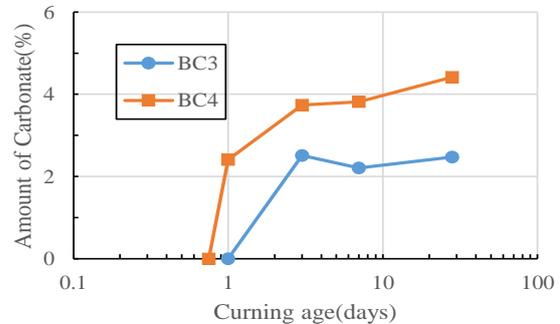


図 4 カーボネート系水和物生成量

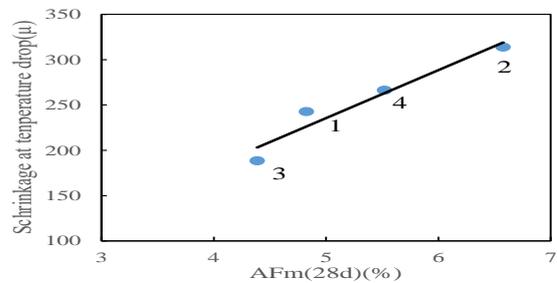


図 5 AFm 生成量と自己収縮量の関係