

高炉スラグ微粉末中の石こう量が発熱特性および硬化体の内部構造へ及ぼす影響



AH16031 白石 真由奈
指導教員 伊代田 岳史

1. はじめに

現在日本のレディーミクストコンクリート工場では、高炉コンクリートを製造・出荷する際、普通ポルトランドセメント（OPC）に高炉スラグ微粉末（BFS）があらかじめ混合されたセメントである高炉セメントのサイロからセメントを使用している。しかし BFS を混和材として使用し OPC とサイロを分けると、使用対象や目的に応じてスラグ置換率を変えることが可能となる。高炉スラグ微粉末は発熱抑制の効果等があることから、スラグ置換率を目的に応じて変えることにより、構造物の温度ひび割れ対策として期待できる。

しかし、BFS には酸化アルミニウム（ Al_2O_3 ）が OPC よりも多く含まれていることから、高置換になると Al_2O_3 の増加による硬化体のひび割れ等が懸念される。しかしセメントを製造する際に凝結調整を目的として添加される石こうには、 Al_2O_3 と反応する SO_3 が含まれているため、石こうを添加することで Al_2O_3 含有量の増加による影響を防ぐことができると考えられる。また、石こうを添加することで温度上昇量に影響を及ぼすことが既往の研究で確認されている。

そこで本研究では、石こうが添加された BFS を混和材として使用することを目的として、その発熱特性および硬化体の内部構造へ及ぼす影響を検討した。

2. 実験概要

2. 1 使用材料および供試体諸元

本研究の配合を表-1に示す。水結合材比を 50%，結合材と砂の質量比が 1:3 のモルタル供試体を作製した。BFS は石こう無添加のものを扱い、無水石こう（石こう）を SO_3 換算で BFS に対して 2，5，8% 添加した。

2. 2 実施試験

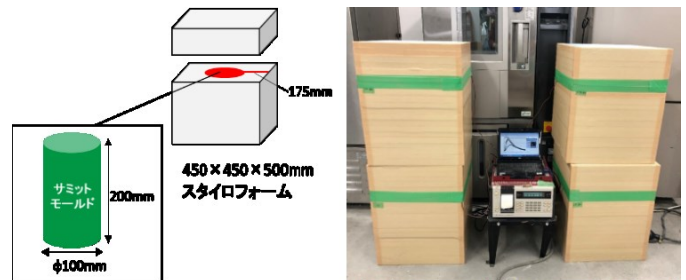
(1) 断熱温度上昇試験

$\phi 100 \times 200$ mm の既製型枠にモルタルを打込み、図-1のような簡易断熱試験装置の中心に型枠ごと設置した。試験体の中心に熱電対を埋め込み、モルタルの発熱量をデータロガーを用いて 7 日間計測を行った。

表-1 配合表

	置換率	SO_3	SO_3 /全体	(kg/m ³)						
				W	OPC	BFS	石こう	S		
N	0%	8%	2.1%	225	450	61				
			9.9%		389					
B20	20%	5%	2.1%	225	360	87	3			
			2.7%						82	8
			3.3%						78	12
B50	50%	2%	2.0%	225	225	217	8			
			3.5%						206	19
			5.0%						194	31
B70	70%	2%	2.0%	225	135	304	11			
			4.1%						288	27
			6.2%						272	43
B85	85%	2%	2.0%	225	68	369	13			
			4.6%						350	33
			7.1%						330	52

図-1 簡易断熱試験装置概要



(2) 圧縮強度試験

恒温恒湿室（温度： $20 \pm 1^\circ C$ ，相対湿度： $60 \pm 5\%$ ）にて 7，28 日間封緘養生を施した後に JIS R5201 に準拠し圧縮強度試験を実施した。

(3) 空隙率試験

$40 \times 40 \times 20$ mm とした材齢 7 日の供試体を用いて、乾燥質量を計測後、真空飽水処理を行い、飽水質量と水中質量を計測した。これらの値を用いてアルキメデス法により空隙率を算出した。

(4) 透気試験

7 日間養生した $\phi 100 \times 200$ mm の円柱供試体を切断し $\phi 100 \times 25$ mm として試験を実施した。恒温恒湿室にて封緘養生を施した供試体と断熱温度上昇試験で用いた供試体で透気試験を実施し、発熱の有無による硬化体物性を比較した。質量が恒量となるまで $40^\circ C$ の炉で乾燥処理を行い、その後 0.1 MPa の圧力で空気を透過させ透気量を計測し、その値から透気係数を算出した。

3. 試験結果および考察

3.1 断熱温度上昇試験

OPC 量と最大温度上昇量の関係を図-2 に示す。SO₃ 添加量が多くなるにつれて温度上昇量が大きくなる傾向を示した。そして温度上昇量は OPC 量に依存しており、OPC 量が多いほど温度上昇量が大きくなった。

3.2 圧縮強度試験

図-3 に SO₃ 添加量および養生期間の違いと圧縮強度の関係を示す。材齢 7 日では SO₃ 添加量が多いほど圧縮強度が大きくなる傾向を示した。しかし材齢 28 日では SO₃ 添加量が少ないほど圧縮強度が大きくなる傾向を示した。

3.3 石こう量が内部構造へ及ぼす影響の把握

図-4 に 7 日間封緘養生を施した供試体における空隙率と透気係数の関係を示す。B50, B70 共に SO₃ 添加量が多い方が空隙率が減少し透気係数も小さくなった。つまり SO₃ 添加量が多いほど硬化体内部が緻密になると考えられる。

図-5 に材齢 7 日における透気係数の封緘養生と断熱養生との比較を示す。断熱養生は封緘養生と比較すると透気係数が小さくなる傾向を示した。また SO₃ 添加量が 8%の方が封緘養生と断熱養生の透気係数の差が小さくなった。つまり SO₃ 量が多い方が温度変化による影響が小さく、実構造物における温度ひび割れ対策として期待できる。

ただし、今後長期材齢における封緘養生と断熱養生の比較を行い、スラグ高置換による石こう含有量の増加が実構造物へ及ぼす影響を把握する必要がある。

4. まとめ

- (1) SO₃ 添加量はセメントの発熱特性へ影響を及ぼし、添加量と温度上昇量は比例関係であることが明らかとなった。
- (2) SO₃ 添加により硬化体内部が緻密化すると考えられる。また添加量が多い方が温度変化の影響が小さいことから、SO₃ を添加することで実構造物における温度ひび割れ対策が期待できると考えられる。

参考文献

- 1) 伊代田 岳史, 兼安 真司, 檀 康弘: 高炉スラグ微粉末混入セメントの発熱特性に及ぼす各種要因の把握, コンクリート工学年次論文集, Vol.28, No.1, pp.23-28, 2006

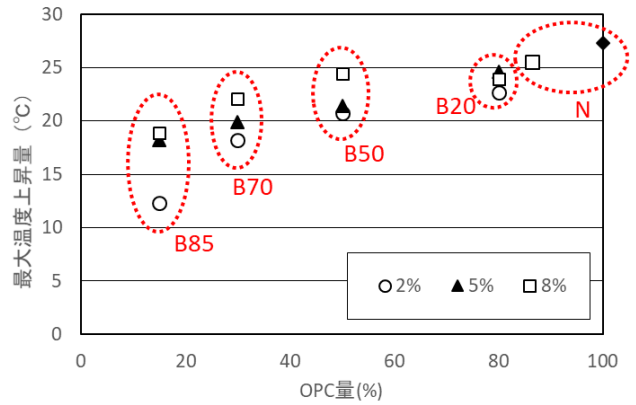


図-2 OPC 量と最大温度上昇量の関係

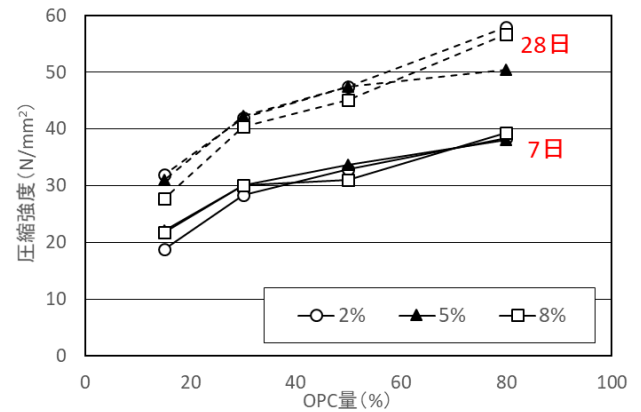


図-3 OPC 量と圧縮強度の関係

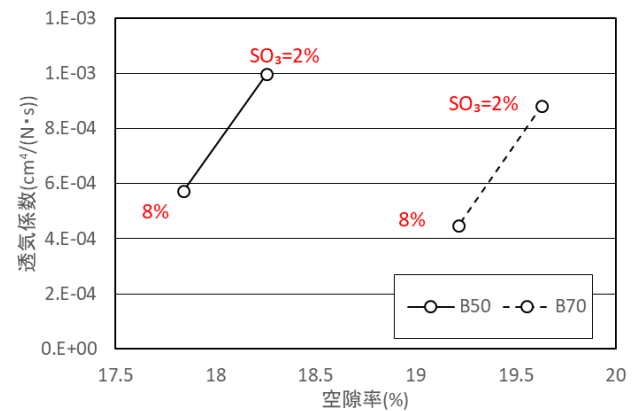


図-4 空隙率と透気係数の関係

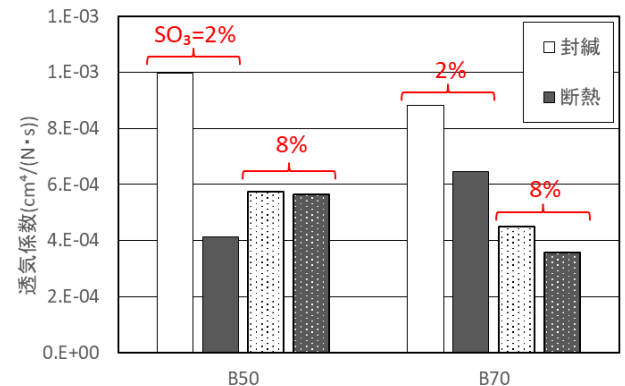


図-5 圧縮強度と透気係数の関係