

V-33

高炉スラグを混入したセメントペースト中における膨張混和材の水和発熱特性

東京大学大学院 学生員 所司 大輔
 東京大学工学部 正会員 岸 利治

1. はじめに

膨張混和材は、従来から乾燥収縮ひびわれ補償用の混和材料として使用されており、近年、ケミカルプレストレストのもと耐震性の向上にも期待されている。将来、膨張材の効用を定量的に評価するためには、膨張材の反応過程を適切に把握する必要があると考えられる。本研究では、膨張材の反応過程に関する基礎的な研究の一環として、高炉スラグを混入したセメントペースト中における膨張混和材の水和発熱特性について検討した。膨張材としては、高炉スラグの混入により膨張効果が阻害されるといわれているカルシウムサルホアルミネート(CSA)系のものを用いた。CSA系の膨張材は、アウイン、石膏、石灰を主な成分とし、エトリンガイトの生成反応により膨張効果をもたらす。ただし、液相中の硫酸イオンが消失すると、エトリンガイトは容易にモノサルフェートへ転移する。一方、スラグは成分中にアルミ分を多く含み、膨張材やセメント中のアルミ分と同様に石膏と反応することが考えられる。本研究では、エトリンガイトからモノサルフェートへの転移反応に伴い、急激な発熱が生じることを利用し、コンダクションカロリメータを用いて発熱速度を測定することによって、膨張材の反応過程について検討を行った。

2. スラゲー石膏系の水和に関する実験

スラグとセメントは、石膏との反応を介して相互に影響を及ぼし合うことが考えられる。そこで予備実験として、スラグと石膏の反応過程についての検討を行った。すなわち、膨張材に二水石膏を添加した場合と無添加における発熱速度の経時変化を伝導型熱量計を用いて計測した。スラグの刺激剤としては、水酸化カルシウムを用いた。試料の配合と測定結果を表1及び図1に示す。石膏を添加しない場合における発熱速度曲線のピークは一ヶ所であるのに対して、石膏を添加した場合には、反応開始後30時間経過後に第2の発熱ピークが認められる。石膏を添加することにより現れた第2の発熱ピークは、エトリンガイトからモノサルフェートへの転移反応に伴う発熱と考えられ、石膏はスラグにより消費されるものと考えられる。

3. セメントスラゲー膨張材系における水和発熱過程

スラゲー石膏系の実験より、スラグと石膏の反応においてもエトリンガイトからモノサルフェートへ転移する際の発熱が観察された。そこで、セメントスラゲー膨張材系における3者の構成比率の相違によ

実験に使用した材料

	スラグ	二水石膏	水酸化カルシウム
H3	19.40	—	0.60
H'3	18.62	0.78	0.60

(単位: g)

表1 試料の配合

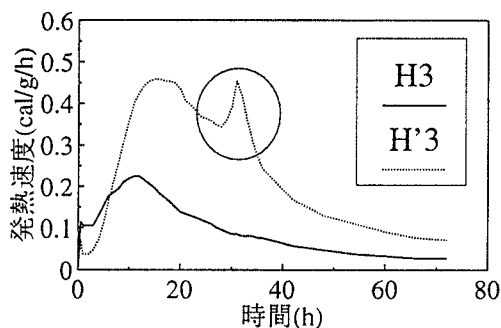


図1 スラゲー石膏系の発熱曲線

り、カルシウムアルミネートと石膏の反応過程がどのように変化するかを検討した。具体的には中庸熱セメントとスラグの混合物に膨張材を添加し、膨張材の置換率を変化させてそれぞれの水和発熱速度を測定した。また、スラグの重量置換率は30%、60%、90%の3段階に変化させた。実験に使用した試料の配合と

実験結果を表2及び図2、3、4に示す。全般的にそれぞれのスラグ置換率において、膨張材の添加量が少ない場合ほど第2の発熱ピークは短時間に現れている。そして膨張材の混入率が増加するに従い、第2の発熱ピークは遅延して、発熱速度も低下している。膨張材量が著しく多い場合には、測定した範囲では第2の発熱ピークは認められない。これは、膨張材の添加量が増えた場合には、相対的に石膏量が増加することにより、エトリンガイトの生成反応が長期化し、逆にスラグの添加量が増加した場合には、石膏の消費が促進されエトリンガイトはモノサルフェートへの転移してしまうものと考えられる。また、第2の発熱ピークが遅延した際に、速度が緩やかになるのは、転移反応が遅延するほど細孔組織が細分化され、液相中の硫酸イオンの消失時期が部位ごとにばらつくためであると考えられる。

4. まとめ

① 水酸化カルシウムを刺激剤としたスラグと石膏の反応においても、エトリンガイトからモノサルフェートへの転移に伴うと考えられる第2の発熱ピークが認められた。C S A系の膨張材において、スラグの混入は石膏の消費を促進し、膨張圧の減少をもたらすものと考えられる。

② セメント、スラグ、膨張材の3成分系の反応において、第2の発熱ピークの有無およびピークの発現時期は各粉体の構成比の影響を受け、ピークの発現時期は石膏量が多いほど遅延し、アルミ分が多いほど短時間側にシフトする。したがって、膨張材の膨張効果を経時的に評価するためには、各粉体の構成比率および水和進行度を考慮する必要がある。

[参考文献]

- 1) 内川浩：混合セメントの水和および構造形成に及ぼす混和材の効果、セメント・コンクリート No.483, No.484, May 1987
- 2) 荒井康夫：セメントの材料化学、大日本図書、1991
- 3) 笠井芳夫、小林正凡：セメント・コンクリート用混和材料、技術書院、1986

	セメント	スラグ	膨張材
H90(E0)	8.00	12.00	—
H90(E10)	7.20	10.80	2.00
H90(E20)	6.40	9.60	4.00
H90(E30)	2.00	18.00	—
H90(E10)	1.80	16.20	2.00
H90(E20)	1.60	14.40	4.00
H90(E30)	1.40	11.60	6.00
H30(E0)	14.00	6.00	—
H30(E10)	12.60	5.40	2.00
H30(E20)	11.20	4.80	4.00

(単位: g)

表2 試料の配合

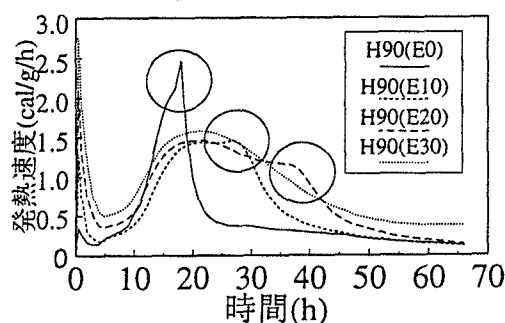


図2 スラグ90%

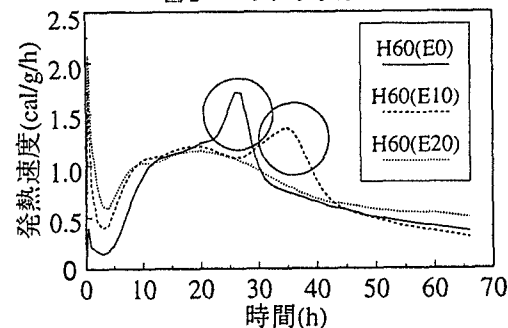


図3 スラグ60%

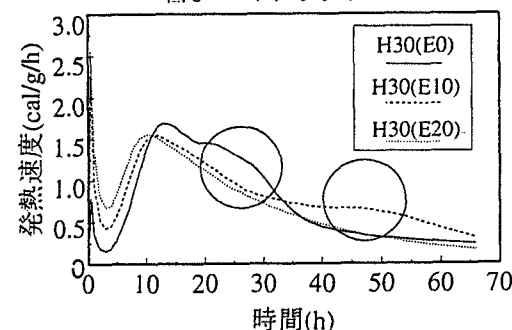


図4 スラグ30%