

V-228

水和発熱過程からみたスメクタイト族鉱物含有骨材を使用したモルタルの凝結特性

大成建設（株）技術研究所 正会員 宮崎礼子
同上 正会員 藤原 靖

1.はじめに

スメクタイト族鉱物（モンモリロナイトなど）を含有する岩石は、コンクリート骨材として使用した場合に凝結を早めることが明らかにされている^[1]。凝結の早まりは、骨材中のスメクタイト族鉱物とセメントから放出されるイオンとのイオン交換反応による細孔溶液中のカルシウム濃度の高まりによって、アルミン酸三カルシウム(C_3A)やケイ酸三カルシウム(C_3S)の水和反応が影響され生じると考えられている^[2,3]。

本研究は、スメクタイト族鉱物を含有する骨材の凝結挙動の解明を目的として水和発熱過程について詳細に検討したものである。

2.実験概要

2.1.供試試料：スメクタイト族鉱物を含有する試料として、北海道産の粗粒玄武岩（スメクタイト族鉱物約4%含有）を粉砕した試料を、比較試料として標準砂を粉砕した試料を使用した。

2.2.検討内容：検討はスメクタイト族鉱物含有骨材の粒度の違いによる水和発熱過程、石膏添加量の異なるセメント系での水和発熱過程、 C_3S と C_3A の割合が異なるセメント系での水和発熱過程をそれぞれ比較することによって行った。水和発熱過程の測定には東京理工製のツインコンダクションマイクロカロリメーターを使用した。試料の混合比は、 $W/C=70\%$ 、 $S/C=1.0$ とし、使用材料及び配合を表-1に示す。

表-1 使用材料及び配合

実験1			実験2			実験3					
普通 ポルト (g)	スメクタイト 含有細骨材5g 粒度(mm)	水(g)	普通ポルト*1 5g 石膏含有量(%)	スメクタイト 含有細骨材(g) <0.15mm	水 (g)	番号	セメント(g)		細骨材(g) <0.15mm		水 (g)
							普通ポルト	ビーライト セメント*2	スメクタイ ト含有	標準砂	
5.0	標準砂	3.5	1.5	5.0	3.5	a-1	5.0	0.0	0.0	5.0	3.5
	<0.15		4.5			a-2	2.5	2.5			
	0.15～0.3		7.5			a-3	0.0	5.0			
	0.3～0.6		*1：石膏を含有しない普通ポルトランドセメントを使用、石膏添加量は内割 *2：C3S,C3A含有量の少ないセメント			b-1	5.0	0.0	5.0	0.0	
	0.6～1.2					b-2	2.5	2.5			
	1.2～2.5					b-3	0.0	5.0			

3.実験結果

スメクタイト族鉱物含有骨材を使用した場合、通常のポルトランドセメントの水和過程で観察される第1ピークと第2ピークとの間に第3ピークが出現し、その時期と凝結始発時間がほぼ一致している^[3]。また第3ピークの出現とその発熱量はスメクタイト族鉱物の含有量と密接な関係があることが知られている^[1]。図-1

（上）に粒度の異なるスメクタイト族鉱物含有骨材及び標準砂を使用した場合の水和発熱速度、図-1（下）にその時の水和発熱量を示した。図-1（上）のように、同一骨材でもその粒度により、第3ピークの出現と発熱量が異なることが明らかで、粒度の小さなものほど第3ピークが明瞭となっている。これは試料の粉砕過程で粒度の小さい領域にスメクタイト族鉱物が濃縮され易いこと、粒度が小さいほど比表面積が多くなりイオン交換反応が生じ易いこと、などによると考えられる。また図-1（下）のように、水和発熱過程の初期において発熱量自体が、スメクタイト族鉱物を含まない系に比較して大きくなり、さらに第3ピークが明瞭なものほど大きくなっていることが明らかである。そこで以後の実験には粒度<0.15mmの試料を使用した。

凝結の早まりは、偽凝結にみられる半水石膏の二水石膏としての析出や石膏量不足による C_3A の急結など

石膏に起因する可能性が考えられる。図-2には石膏を含まないポルトランドセメントを使用し石膏添加量を変えた場合の水和発熱速度を示した。図のように、いずれの場合においても第3ピークが明瞭に観察され、その発熱量はほぼ同様であった。しかし第2ピークの形状は異なっており、通常添加量の場合に比較して石膏添加量の少ない場合は早い時期に第2ピークが出現し、添加量が多い場合は第2ピークが小さくなっていた。これは細孔溶液中の硫酸塩の供給量が異なるため、エトリンガイトからのモルサルフェートの生成量に差異が生じたためと考えられる。同じような現象がスメクタイト族鉱物を含まない骨材の場合にも観察された。よって第3ピークの出現には、石膏量は大きな役割を果たしておらず、スメクタイト族鉱物の C_3A の水和反応への影響は小さいと考えられる。

図-3に C_3A 、 C_3S 、 C_2S の組成が異なるセメントを使用し、骨材には標準砂(a-1～3)とスメクタイト族鉱物含有骨材(b-1～3)を使用した場合の水和発熱過程について示した。図のようにスメクタイト族鉱物を含めない場合は、第2ピークの発熱量がビーライトセメントの使用量が増えるにしたがって、言い替えればセメントに含有される C_3S 、 C_3A の量が少なくなるにしたがって小さくなっている。一方スメクタイト族鉱物含有骨材の場合は、いずれの場合も第3ピークが明瞭に観察され、発熱量は第2ピークと同様に C_3S 、 C_3A 量が少なくなるにしたがって小さくなっている。この時の第2ピークの形状は、通常の水和発熱過程の第2ピークの後半部分が取り残されたようになっている。この後半部分は主として C_3A のモノサルフェート生成による発熱と考えられ、第3ピークへ移行した部分は主として C_3S の水和が促進されて生じた発熱量に相当する可能性があると考えられる。

4.まとめ

スメクタイト族鉱物含有骨材を使用する場合、水和発熱過程での第3ピークの出現は骨材の粒度が影響し、初期には発熱量が大きくなることが明らかとなった。また第3ピークの出現には石膏添加量は大きな役割を果たしておらず、スメクタイト族鉱物による C_3A よりも C_3S の水和反応の促進が主因と考えられた。

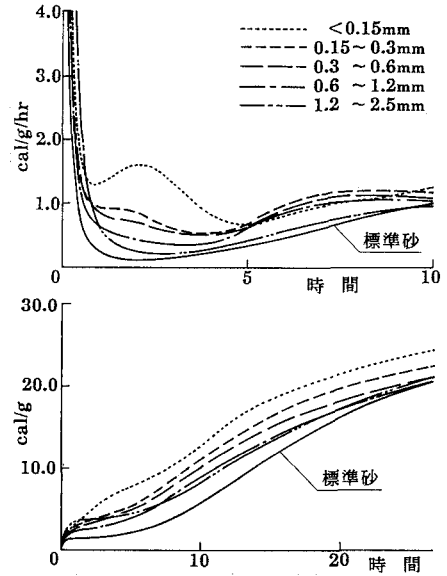


図-1 粒度別試料の発熱速度（上）と発熱量（下）の経時変化

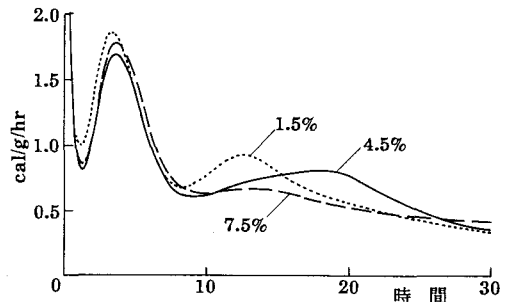


図-2 発熱速度への石膏添加量の影響

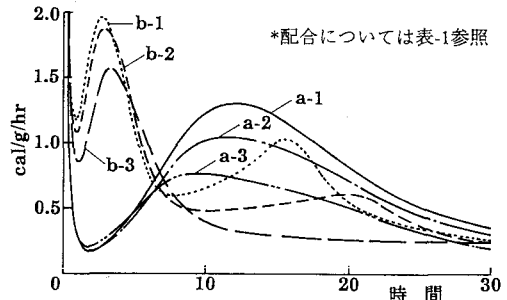


図-3 発熱速度への C_3A 、 C_3S 、 C_2S 組成の影響

【参考文献】

- [1] 脇坂安彦、宇治公隆、林順三、佐々木肇：モンモリロナイト含有骨材を使用したコンクリートの物理的性質、コンクリート工学年次論文報告集、12-1、1990
- [2] 脇坂安彦、藤原靖、前田照信、三谷哲：モンモリロナイト含有骨材とセメントとの鉱物化学的反応、コンクリート工学年次論文報告集、12-1、1990
- [3] 脇坂ら：モンモリロナイト族鉱物含有骨材を使用したコンクリートの凝結特性、応用地質投稿中