

新日鐵化学㈱ 正会員 ○ 檀 康弘 新日鐵化学㈱ 正会員 前田悦孝
同 上 正会員 近田孝夫 同 上 今西貴仁

1. 目的

高炉スラグ微粉末(以下スラグと称する)は、耐久性の改善などを目的として、コンクリート用の混和材として利用されている。スラグを用いたコンクリートのフレッシュ性状や硬化後の性状については多くの報告¹⁾があるが、注水から凝結、硬化の初期水和性状に関する報告は少ない。本報告ではスラグと高性能減水剤を用いた、低水セメント比の硬化体の初期水和性状について示す。

2. 実験概要

2.1 使用材料:セメントは普通ポルトランドセメント(以下セメント)、スラグは粉末度 3300、4000、6000、8000 cm^2/g に粉碎したものを、結合材中の SO_3 が2%となるよう二水せっこうで調整した。砂は相馬砥砂で3、4、6号を等量づつ混合して用いた。混和剤としてナリソを主成分とする高性能減水剤を用いた。

2.2 配合:2.4 試験項目の(4)~(6)はモルタルで、水結合材比30%で砂結合材比1.7、高性能減水剤使用量を結合材量 $\times 3\%$ とした。(1)~(3)はペーストとし、モルタル配合より砂を除いた配合とした。

2.3 練混ぜ方法:練混ぜはモルタルホバートを用い、容器に結合材と砂を投入し30秒空練りし、水と混和剤を投入し2分間練混ぜた。

2.4 試験項目:

(1)凝結:JIS R 5201 7.凝結試験方法に準じて行った。

(2)X線回折: 試料は所定の材令で水和を停止させ、粉末X線回折装置により水和物の同定を行った。

(3)示差熱分析:(2)と同じ試料処理を行い、示差熱分析装置にて水酸化カルシウムの定量を行った。

(4)容積変化: 容積変化量は図-1のような器具を使用して測定した。練混ぜたモルタルを氷のうに入れ、試料の質量(単位容積質量から体積を換算)を測定したのち、試料を詰めた氷のうをセパラブルフラスコに入れ水を満し、メスピペットにより容積変化を測定した。

(5)乾燥収縮:JIS A 1129 に従って行った。供試体は1日で脱型し、7日間標準養生後基長を測定し、20℃-65%Rhで養生した。

(6)細孔径分布: 供試体は乾燥収縮と同様の養生とし水銀圧入式ポロシメータにより細孔径分布を測定した。

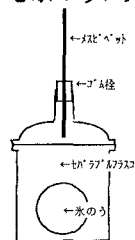


図-1 容積変化測定容器

3. 実験結果

3.1 凝結:凝結試験結果を表-1に示す。

凝結時間はスラグの置換率が大きいと遅く、粉末度が高いと早くなった。

3.2 X線回折:置換率0%と6000 cm^2/g のスラグを70%置換したもののX線回折結果を図-2に示す。

置換率が大きくなると、注水後6時間まではほとんどX線のピークが変化せず、凝結時間程度から2水せっこうのピークが減少し、水酸化カルシウムやエトリンガイトのピークが認められる。置換率0%では、注水後10分でもエトリンガイトの生成が確認される。

3.3 示差熱分析:置換率0%および6000 cm^2/g を使用した場

表-1 凝結試験結果

粉末度 (cm^2/g)	置換率 (%)	凝結時間(h-m)	
		始発	終結
-----	0	2-35	4-05
3300	30	4-00	5-55
	50	5-05	7-15
	70	10-15	14-00
4000	30	4-00	5-30
	50	4-25	6-25
	70	9-45	13-35
6000	30	3-50	5-30
	50	4-20	5-35
	70	6-45	8-55
8000	30	3-30	5-05
	50	4-00	5-15
	70	5-50	7-45

合の、水酸化カルシウムの量を表-2に示す。

X線回折と同様に、水酸化カルシウムの量は凝結の終結後から可能となる。これらの結果よりスラグと高性能減水剤を組合わせた系では、凝結の始発までは水和がそれほど進行せず、凝結の終結から急速に進行するようである。

3.4 体積変化：置換率50%の場合の粉末度と容積変化量の関係および粉末度6000cm²/gの場合の置換率と容積変化量の関係を図-3に示す。

粉末度が高くなると容積変化量はやや大きい傾向にあり、粉末度6000cm²/gまでは置換率0%と同等かやや小さく、8000cm²/gでは若干大きい。一方、置換率が大きくなると容積変化量は大きくなる傾向にあり、置換率50%では置換率0%と同程度、70%で若干上回った。

置換率が大きい場合に、注水後から容積変化がほとんどない期間があり、この期間は凝結の時間と概ね一致する。

上記結果と考え合わせると、スラグを用いた硬化体では、凝結の終結後2～3日間かなりの容積変化を示すようである。

3.5 乾燥収縮：置換率が50%の場合の粉末度と長さ変化の関係および粉末度6000cm²/gの場合の置換率と長さ変化の関係を図-4に示す。

乾燥収縮は置換率や粉末度の影響はほとんど確認できない。

3.6 細孔径分布：細孔径分布測定結果のうち、6000cm²/gのスラグを用いた場合の全細孔量の結果を図-5に示す。

スラグを置換したものを置換率0%と比較すると、材令1日は細孔量が多く、7日間水中養生後にはこれが逆転している。この傾向は平均細孔径でも同様である。これは、スラグと高性能減水剤を用いた今回のような配合系では、水和の開始時期が遅れるため、材令1日の時点ではまだ硬化体が十分に密実な構造にならずに、その後急速に水和が進行し、次第に密実な構造になることを示していると考えられる。

4. まとめ

本検討の結果、スラグと高性能減水剤を用いた低水セメント比の硬化体では、初期の水和開始が遅れ、凝結の終結後に急速に水和が進行するが、その詳細なメカニズムについては今後も検討が必要である。

1) 例えば 高炉スラグ微粉末を用いたコンクリートの設計施工指針(案)、土木学会、1988

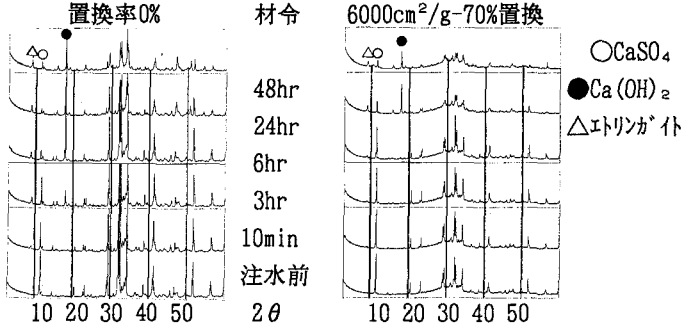


図-2 X線回折結果

表-2 示差熱分析結果（水酸化カルシウム量 %）

粉末度 (cm ² /g)	置換率 (%)	経過時間				
		10m	3hr	6hr	24hr	48hr
6000	0	0	1.20	2.02	6.59	8.00
	30	0	0	0.82	5.52	5.44
	50	0	0	0.31	3.16	3.82
	70	0	0	0	0.46	2.96

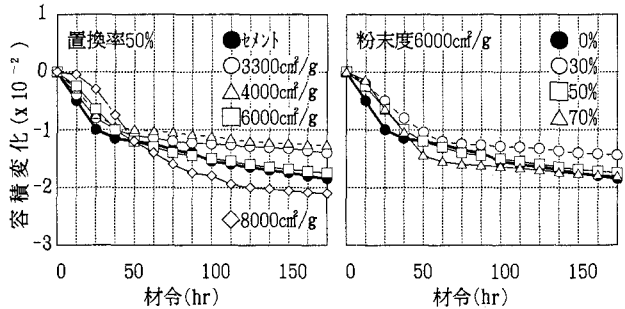


図-3 容積変化測定結果

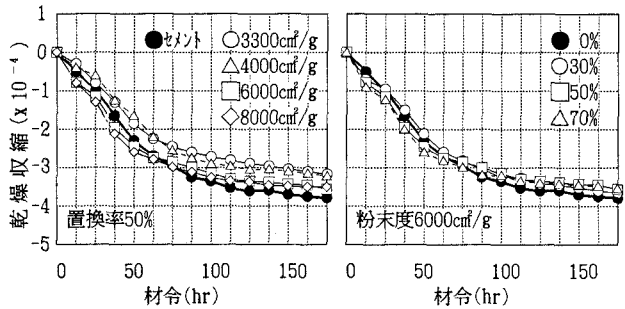


図-4 乾燥収縮測定結果

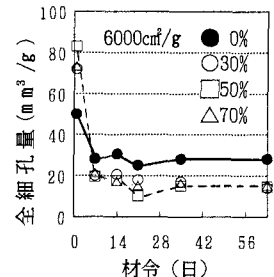


図-5 全細孔量