

V-49 高炉スラグ微粉末の水硬性と減水作用に関する考察

筑波大学構造工学系 正員 山本泰彦
筑波大学理工学研究科 近松竜一

1. まえがき

近年、我が国でも、「土木学会高炉スラグ混和材研究小委員会」の委員を中心とした多くの研究者によって高炉スラグ微粉末を混和材として用いるための研究が活発に行われ、これらの研究成果や内外の既往の研究結果を参照して土木学会「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）」が昭和63年1月に発刊されている。著者（山本）も上記の小委員会の共通試験の一部を担当したが、その後も、共通試験の結果を更に確認するとともに、高炉スラグ微粉末の利用法に関する研究を進めてきた。その結果、スラグ微粉末の水硬性とスラグ微粉末を用いた場合の減水効果に関して興味ある試験結果が得られた。本文は、これらの試験結果を紹介し、それらに若干の考察を加えたものである。

2. 使用材料および試験方法

試験に用いたスラグ微粉末は、表-1に示した8種類である。B5およびB8は土木学会の共通試験に用いたものであり、その他の6種類は、互いに異なる2つの製鉄所から入手した水砕スラグをジェットミルで微粉砕したものである。比重は、何れも2.90であった。

セメントには普通ポルトランドセメント（比重：3.16、ブレン値：3310 cm^2/g ）を用い、細骨材には鬼怒川産川砂（比重：2.59、吸水率：2.27%、粗粒率：2.71）を使用した。

試験では、結合材としてセメントのみを用いた基準ベーストの水セメント比を0.50とし、基準モルタルの水セメント比および砂セメント比は、それぞれ、0.50および2.50とした。スラグ微粉末を用いた試料を造る場合には、結合材（スラグ微粉末単独またはスラグ微粉末とセメント）の体積が基準ベーストあるいは基準モルタル中の結合材（セメント）の体積と同じになるように配合を定めた。

ジェットミルで粉砕した試料の場合には、小型の粉砕機を使用したので、試料を多量に準備することが困難であった。このため、フロー試験には小型のフローコーンを使用し、フロー値が通常のコーンを用いた場合とほぼ同じ値となるように落下回数（20回）を定めて試験した。

3. 試験結果および考察

表-2は、それぞれの水砕スラグを最も細かく粉砕した試料を対象にして、刺激剤の有無および種類がスラグ微粉末の水硬性に及ぼす影響を材令3日まで調べた結果をまとめたものである。この試験に用いた石膏の純度は97.4%であり、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ は一級試薬である。一般に高炉スラグが潜在水硬性を発揮するためにはアルカリの刺激が必要とされているが、B8G0は、石膏を添加していないスラグ微粉末として製造されたにもかかわらず、純水と練り混ぜただけで材令1日で完全に硬化した。これに対しジェットミルで微粉砕したものは、比表面積がB8G0より大きいにもかかわらず、刺激剤を添加しない場合には全く硬化の傾向を示

表-1 試験に用いたスラグ微粉末

粉砕方法	記号	ブレン値 (cm^2/g)	塩基度
ボールミル	B5G0	6080	約 1.9
	B8G0	7690	
ジェットミル	K05	5390	約 1.9
	K03	8100	
	K01	9850	
	KA5	7020	約 1.8
	KA3	8370	
	KA1	10240	

表-2 スラグベーストの硬化性状
(20℃, 材令3日まで)

スラグ	アルカリ刺激剤		
	無	石膏2%	$\text{Ca}(\text{OH})_2$ 1%
B8G0	1日で硬化	-----	1日で硬化
K01	未硬化	3日で脱型できる程度	1日で硬化
KA1	未硬化	3日で脱型できる程度	1日で硬化

さなかったのである。このような差異が生じた理由については、B8G0の粉碎にセメントの粉碎に使用しているボールミルを用いたために、ミルに付着して残存していたセメントがスラグ微粉末中に混入した影響が考えられる。なお、この結果は、市販の製品を用いてスラグ微粉末の基礎的な特性を研究する場合などにおいては、試料の製造方法についても十分にチェックする必要があることを示唆するものと思われる。

セメントの一部をスラグ微粉末で置換したコンクリートの所要単位水量に関しては、一般には、スラグ微粉末の比表面積が大きいほど、また、置換率が大きくなるほど小さくなるとされており、この理由の1つとして、スラグ微粉末の表面が滑らかで緻密であるためペーストの状態で潤滑な面を有することが挙げられている[1]。これらの諸点を確認するために、スラグ微粉末のみから成るペーストについてフロー試験を行い、試験結果をブレン値に対してプロットしたのが図-1である。この図に認められる傾向は通常の微粉末の場合と同様であって、比表面積が大きいほどフロー値が小さくなっている。また、スラグ微粉末の使用による特別の減水効果は認められない。さらに、別のシリーズ実験で基準ペーストのセメントの一部を同体積のスラグ微粉末で置換して試験した場合には、スラグ微粉末粒子がセメントペースト部の流動性を向上させる効果をほとんど有していないことを示す結果が得られた(図-2参照)。一方、結合材としてスラグ微粉末のみを用いたモルタルの場合には、スラグ微粉末の使用による減水効果が認められ、ブレン値が7000 cm²/g程度までのスラグ微粉末を用いる限り、フロー値が顕著に減少することはなかった(図-3)。これらの結果を総合して判断すると、スラグ微粉末の使用による減水効果は、主として、スラグ微粉末粒子が骨材粒子を動き易くする効果によって生じるものと考えられる。また、図-3の個々のデータを参照すると、この減水効果は元のスラグの種類や粉碎方法によって相当な差があるものと考えるのが適当と思われる。さらに、図-3は、比表面積が大きくなるほど減水効果が大きくなるという定説に関して、その適用範囲に限界があることを示すものと考えられる。

あとがき：本文は、住友金属工業(株)の助成による研究の一部である。ここに付記し、厚く御礼申し上げる。

【参考文献】 1. 土木学会「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)」、資料編。

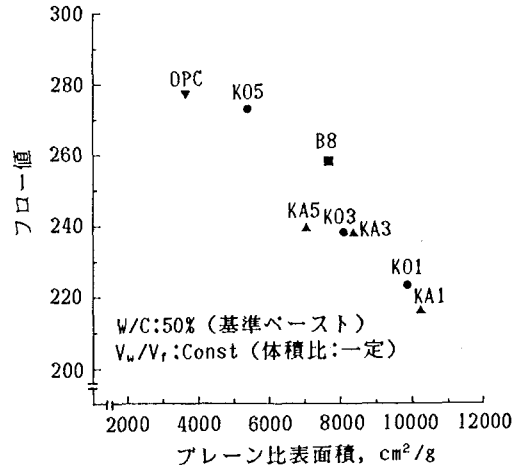


図-1 ブレン値とスラグ微粉末ペーストのフロー値との関係

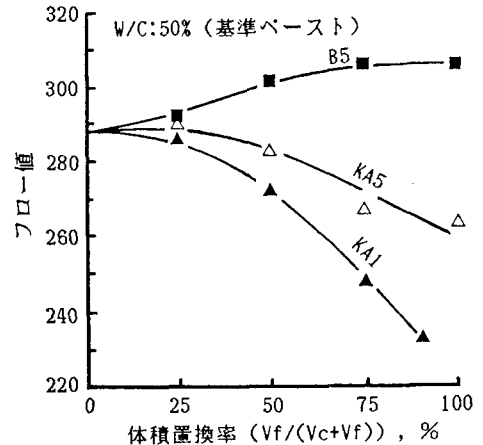


図-2 スラグ微粉末の置換率がペーストの流動性に及ぼす影響

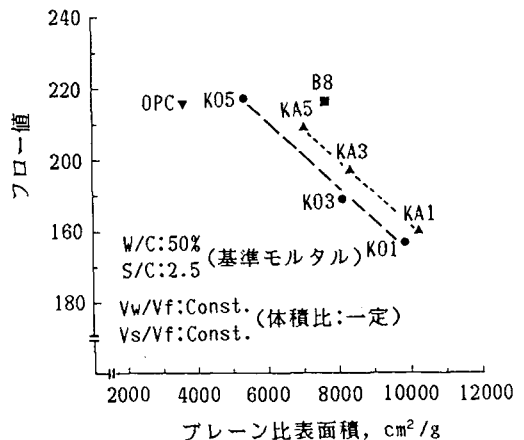


図-3 ブレン値とスラグ微粉末モルタルのフロー値との関係