

JIS 改正法による高炉スラグ微粉末の粉末度と物理特性に関する研究

九州工業大学大学院 学生員 佐藤 美帆
 九州工業大学工学部 正会員 出光 隆
 九州工業大学工学部 正会員 山崎 竹博
 九州工業大学大学院 学生員 高崎 憲太郎

1. はじめに

高炉スラグ微粉末使用の効果は表 1 に示すように配合や粉末度によって異なる。本研究では、特に流動性及び強度に及ぼす高炉スラグ微粉末の粉末度およびセメントとの置換率の影響を調べた。実験では置換率を 30%～70% の範囲で変化させ、モルタルの強度及び流動性に対する影響を新 JIS による試験法で評価し、効果的なスラグ置換率について考察した。

表 1 高炉スラグ微粉末の望ましいとされる置換率の範囲

使用目的	B4000	B6000	B8000
水和熱による温度上昇の抑制	50～70%	60～70%	60～70%
アルカリシリカ反応の抑制	40～70%	40～70%	40～70%
耐硫酸塩性の向上	50～70%	50～70%	50～70%
海水に対する化学抵抗性の向上	45～55%	45～60%	45～70%
高流動化	30～70%	30～70%	30～60%
高強度化	—	30～50%	30～60%

2. 実験概要

2.1 使用材料および配合

セメントには比重 3.15 の普通ポルトランドセメントを使用し、高炉スラグ微粉末には比表面積の異なる 3 種類 (B4000, B6000, B8000) を使用した。また、細骨材については ISO 標準砂を用いた。表 2 に本実験で使用したモルタルの配合を示す。

表 2 配合表

BS/B (%)	W/B (%)	B		S (g)	W (g)
		C (g)	BS (g)		
0	50	450	0	1350	225
30		315	135		
40		270	180		
50		225	225		
60		180	270		
70		135	315		

2.2 試験項目

モルタルの流動性を検討するためフロー試験 (JIS R 5201 準拠) を行い、試験後のモルタルを用いて強度試験用供試体 (4×4×16cm) を作製し、曲げ及び圧縮強度試験を行った。

3. 実験結果および考察

3.1 流動性改善に関する検討

図 1 にフロー試験結果を示す。図 1 より水分比が一定の条件下では高炉スラグ微粉末の粉末度の大きいもののほど流動性の改善効果は低くなる。しかし、いずれの粉末度に関しても、スラグ置換率 30% 程度まで流動性は向上する傾向が見られ、さらに置換率を増加させるとブレン値が大きい場合流動性の低下が著しい。図 1 の結果から流動性改善効果が見られる置換率はブレン値 8000 では 50%, 6000 では 60%, 4000 では 70% 置換でも流動性は改善できることが判った。粉末度にかかわらず高い流動性を得るには、置換率 30%～40% が最も効果的であると考えられる。

3.2 曲げ及び圧縮強度に関する検討

図 2 に材齢 7 日での置換率 0% に対する曲げ強度比を、表 3 に曲げ強度試験結果を示す。図 2 より、高炉スラグ微粉末のブレン値が小さい場合は置換率の増加に伴って材齢 7 日の曲げ強度比は低下するが B6000 ではセメント単味とほぼ等しい強度となり B8000 については置換率の増加に伴う材齢 7 日での曲げ強度の低下は見られない。また、表 3 に示す

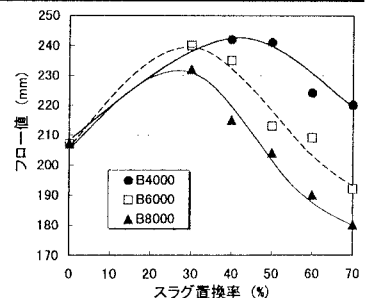
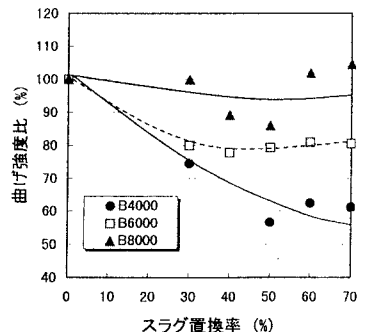


図 1 フロー試験結果

図 2 置換率 0% に対する
材齢 7 日での曲げ強度比

曲げ強度の値から、いずれの粉末度についても材齢 91 日ではスラグ置換率 0 % の供試体とほぼ同等程度以上となることが分かる。

材齢 7 日、28 日及び 91 日における圧縮強度試験結果を表 4 に、また図 3 にブレン値 4000、6000、8000 のスラグの置換率と置換率 0 % の供試体との圧縮強度比の関

表 3 曲げ強度 (N/mm²)

粉末度	置換率 (%)	材齢 (日)		
		7	28	91
B4000	0	7.16	8.75	9.72
	30	5.47	8.03	9.25
	40	5.43	8.75	10.14
	50	6.08	8.68	9.39
	60	4.23	7.91	9.17
B6000	70	4.97	7.87	9.36
	30	6.23	9.10	9.56
	40	5.08	9.75	9.33
	50	5.96	9.36	10.20
	60	6.08	8.87	9.94
B8000	70	6.28	8.58	10.01
	30	7.64	10.36	9.52
	40	6.80	9.86	9.75
	50	8.29	10.47	10.53
	60	6.99	8.98	9.25
	70	7.68	10.51	10.49

表 4 圧縮強度 (N/mm²)

粉末度	置換率 (%)	材齢 (日)		
		7	28	91
B4000	0	50.66	74.62	91.69
	30	37.67	69.65	82.35
	40	39.38	69.39	92.92
	50	28.63	60.97	85.24
	60	31.59	59.51	86.79
B6000	70	31.01	57.47	81.92
	30	40.48	73.04	93.74
	40	39.38	78.20	85.64
	50	40.14	74.19	99.82
	60	40.99	65.18	91.67
B8000	70	40.76	63.80	87.84
	30	50.56	84.88	91.69
	40	45.15	84.89	86.53
	50	43.56	60.64	83.38
	60	51.6	66.86	84.14
	70	52.96	81.36	90.52

係を示す。図 3 より曲げ強度と同様、粉末度の大きいものほど強度比が大きいことが分かる。また、スラグ置換率の変化による影響も曲げ強度への影響と同様であり、B4000 及び B6000 では置換率の増加に伴い強度は低下し、B8000 では置換率 40 % ~ 50 % では強度が低下するもののさらに置換率が大きい場合には強度は大きくなる。表 4 に示すように、B4000 及び B6000 の置換により短期材齢においては強度が低下するものの、材齢が経過するに伴い置換率 0 % のものとの強度比が増加し、置換率が大きいものでも材齢 91 日においてはスラグ置換率 0 % のものとほぼ同等の強度が得られた。以上の結果より、曲げ及び圧縮強度を発現するには、粉末度の高いスラグで置換することが有効であり、長期間養生を行うことが重要といえる。また、B4000 及び B6000 の圧縮強度比から明らかのように、スラグ置換率の低いものほど短期材齢での強度低下を抑制でき、その後の材齢に伴う強度の発現も早くなる。スラグ置換に伴う圧縮強度と曲げ強度との関係が土木学会示方式表示できることを確認するため上記の強度試験の結果を曲げ強度と圧縮強度の関係として図 4 に示した。本研究により得られた曲げ及び圧縮強度は、いずれの置換率、ブレン値、材齢に係わらず示方式で表される関係にあることが確認された。

4. まとめ

高炉スラグ微粉末置換による普通ポルトランドセメントの流動性及び強度特性の効果的な改善について以下の結論を得た。

- ・高炉スラグ微粉末の粉末度が大きいほど流動性の向上及び初期強度の発現に適しており、特に高い流動性を得るためには置換率 30 ~ 40 % が有効であると考えられる。
- ・長期材齢では高炉スラグ微粉末の粉末度に関わらず、曲げ強度及び圧縮強度はスラグ無置換のものに対して同等以上である。早期の強度発現や強度低下の抑制を目的とする場合には、ブレン値の小さいスラグを置換する際に生じる初期材齢での強度低下を少なくするには、施工性も考えて置換率 30 ~ 40 % が効果的であると考えられる。

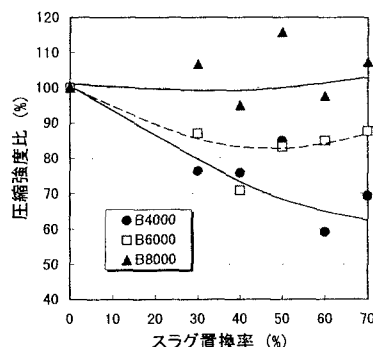


図 3 置換率 0 % に対する
材齢 7 日での圧縮強度比

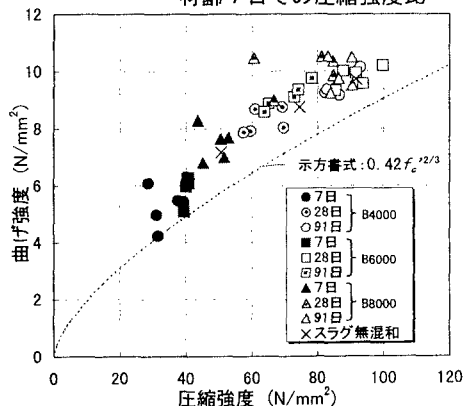


図 4 曲げ強度と圧縮強度の関係