

報告

[1043] 球状スラグ微粉末を混和材として用いたモルタル特性

遠山俊一 (神戸製鋼所 スラグ・建材部)

小泉秀雄 (神戸製鋼所 鉄鋼技術研究所)

正会員○吉川勇一 (神戸製鋼所 スラグ・建材部)

1. はじめに

高炉スラグ微粉末は、セメントコンクリート用混和材として化学抵抗性の向上、アルカリ骨材反応の抑制、水和熱による温度上昇の抑制などを目的として広く利用されている。高炉スラグ微粉末粒子は角張った形状をしており、この形状を丸くする事で混和材として用いた場合にベアリング効果によるコンクリートの流動性の向上、および充填性を高めることが予測される。このことから球状化した高炉スラグ微粉末を試作し混和材としての基礎性状をモルタルにより調査した。

2. 実験概要

(1) 使用材料およびモルタルの配合

①材料; セメントは普通ポルトランドセメントを3製造所のものを等量混合し、球状スラグ微粉末は高炉水砕スラグ微粉末を高度に加工したものをを用いた。化学成分を表-1に、結合材としての物理的性質を表-2に、結合材の粒度構成を図-1に、球状スラグ微粉末の形状を写真-1に示す。細骨材は、豊浦標準砂、相馬砂(148~840 μm, 590~1680 μm)を土木学会規準「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)」に準じて混合した。高強度用として低水セメント比では、混和剤、高性能AE減水剤(レベド SP-9HS 最大量結合材×2%)を練り混ぜ水の一部として、また流動化剤(レベド NP-20)を結合水の外割りりで目的のフロー値を得る範囲で用いた。

②配合; 水セメント比、50%を性能判定に用い、フロー値は調整しない。水セメント比30及び20%は高強度用とし、フロー値は 200±10mmを目標として混和剤で調整した。

表-1 結合材の化学成分 (%)

結合材の種類	ig-loss	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	S
普通ポルトランドセメント	1.41	21.90	5.20	62.26	1.76	2.02	—
球状スラグ微粉末	0.94	32.41	14.35	48.04	4.64	—	0.59

表-2 結合材の物理的性質

項目	比重	比表面積 (cm ² /g)		50%径 (μm)	凝結時間		安定性
		ルーン法	ベツト法		始発 hr-min	終結 hr-min	
結合材							
普通ポルトランドセメント	3.15	3,270	9,200	9.0	2-40	3-57	良
球状スラグ微粉末	2.88	3,370	5,500	6.0	3-57	6-03	良

球状スラグ微粉末は、普通ポルトランドセメントに50%置換した性質。比重、比表面積は、結合材未単体で用いた。

(2) 試験方法

- ①フロー値 ; JIS-R-5201(セメントの物理試験方法)に従って行った。
- ②圧縮強度 ; $\phi 5\text{cm} \times 10\text{cm}$ の供試体を所定材令まで標準水中養生し圧縮強度の測定を行った。
- ③単位水量比; JIS-A-6201(フライアッシュ)に従って行った。

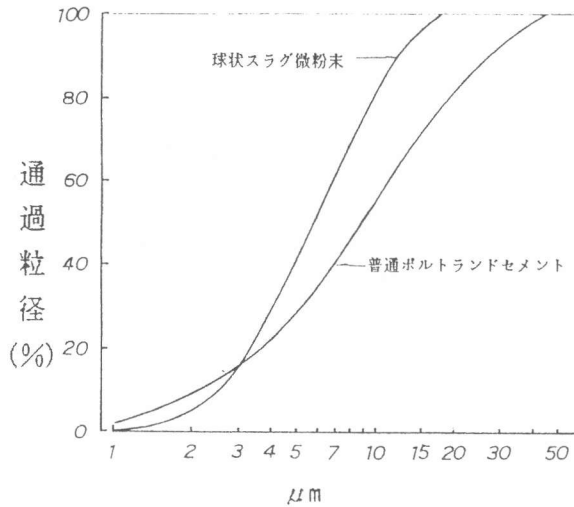


図-1 結合材の粒度構成

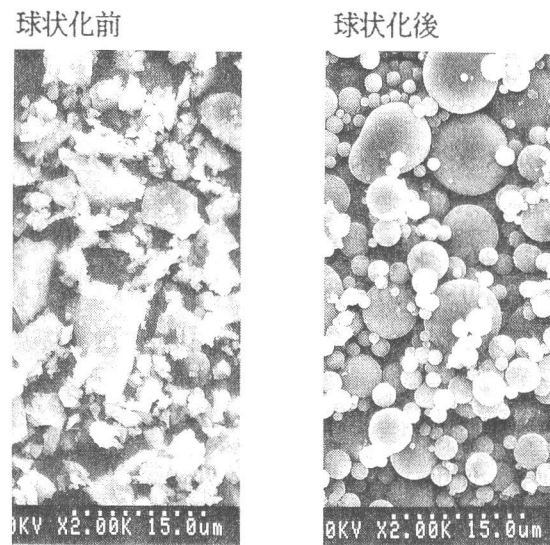


写真-1 球状スラグ微粉末

3. 結果

(1) 球状スラグ微粉末の性状

球状スラグ微粉末は写真-1に示すようにはほぼ真球状であり、球状化率は90%以上である。粒度構成は、図-1に示すように微粒粉が少ないシャープな粒度構成を示す。球状スラグ微粉末の物理的性質は、普通ポルトランドセメントに重量比で50%置きかえてテストした。凝結時間は球状スラグ微粉末を用いると始発で1時間、終結で2時間程度遅くなるようである。単位水量比を普通ポルトランドセメントとの比較で調査した。結果を表-3に示す。球状スラグ微粉末は、普通ポルトランドセメントに対して17%の単位水量減となった。

表-3 単位水量比

配 合				フレッシュモルタル		単位水量比 (%)
バ ッ チ / g				フロー値	単位容積質量 (kg/m ³)	
普通セメント	球状スラグ	結合水	標準砂			
520	—	338	1,040	250×252	2,108	100
260	260	269		248×247	2,122	83

(2) 球状スラグ微粉末のモルタルによる性能評価

球状スラグ微粉末の性能評価を土木学会基準『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)』に示されている規格に従い、強度の発現性能(活性度指数)その他を調査した。球状スラグ微粉末は、普通ポルトランドセメントに重量比で50%置き換えて実施した。結果を表-4に示す

。球状スラグ微粉末を用いると流動性は向上する。強度の発現性は、初期には小さいものの28日以降は普通ポルトランドセメントに比べ大きい結果となった。

表-4 球状スラグ微粉末のモルタル試験結果

NO	バ ッ チ / g				フレッシュモルタル		硬 化 モ ル タ ル		
	結 合 材		結合水	細骨材	フロー値 [%]	空隙率 (%)	圧縮強度 (kgf/cm ²) [活性度指数 %]		
	普通セメント	球状スラグ					7 日	28 日	91 日
1	500	—	250	1,250	210 [100]	3.1	302 [100]	426 [100]	483 [100]
2	250	250			247 [117]	0.3	198 [66]	464 [109]	548 [113]

(3) 流動性と強度発現

球状スラグ微粉末の置換量を変化させて、低水セメント比における流動性と強度の発現性能について調査した。水セメント比は30及び20%とした。配合は、過度のセメント量を防ぐこととし、細骨材はセメント量以上用いた。流動性は少ない単位水量での作業性を確保する混和剤の使用量から判断する。水セメント比30%の結果を表-5、水セメント比20%の結果を表-6、図-2及び3に示す。水セメント比30%での球状スラグ微粉末の利用は置換量に比例して①流動性の確保を目的とした高性能AE減水剤、流動化剤の使用量は減少する。②モルタル中の空隙が減少する。③初期材令での強度の発現性は小さくなるが材令28日では、置換量が50%迄は置換量に比例して強度の発現性が大きくなる傾向を示した。水セメント比20%では①流動性の確保のための混和剤量は、高性能AE減水剤の使用量は等量となったが、流動化剤の使用量は球状スラグ微粉末の置換量に比例して大幅に減少した。②モルタル中の空隙が減少する。③材令3日での強度の発現性は小さいものの材令7日は同等、28日は大きくる。低水セメント比に於ける球状スラグ微粉末の利用量は、普通ポルトランドセメントに対して30~50%が適当と思われる。

表-5 水セメント比30%での強度発現性

球状 スラグ 置換率 (%)	バ ッ チ / g				フレッシュモルタル		硬 化 モ ル タ ル				
	結 合 材		結合水	細骨材	混和剤 (C×%)		フロー値	空隙率 (%)	圧 縮 強 度 (kgf/cm ²)		
	普通 セメント	球状 スラグ			* 1	* 2			3 日	7 日	28 日
0	760	—	228	1,140	2.0	1.0	202	2.6	468	625	765
15	646	114			1.4	0.0	194	2.8	435	619	880
30	532	228			0.8	0.0	204	2.1	393	606	918
50	380	380			0.2	0.0	194	1.7	304	506	920
70	228	532			0.1	0.0	201	1.7	197	375	665

* 1 ; 高性能AE減水剤 * 2 ; 流動化剤

表-6 水セメント比 20%での強度発現性

球状 スラグ 置換率 (%)	バ ッ チ / g				フレッシュモルタル		硬化モルタル				
	結合材		結合水	細骨材	混和剤 (C×%)		70-値	空隙率 (%)	圧 縮 強 度 (kgf/cm ²)		
	普通 セメント	球状 スラグ			* 1	* 2			3 日	7 日	28 日
0	1,140	-	228	1,140	2.0	5.0	203	5.0	579	755	863
30	798	342			2.0	1.0	203	2.2	515	781	1,092
50	570	570			2.0	0.0	195	2.4	389	727	1,097

* 1 ; 高性能AE減水剤 * 2 ; 流動化剤

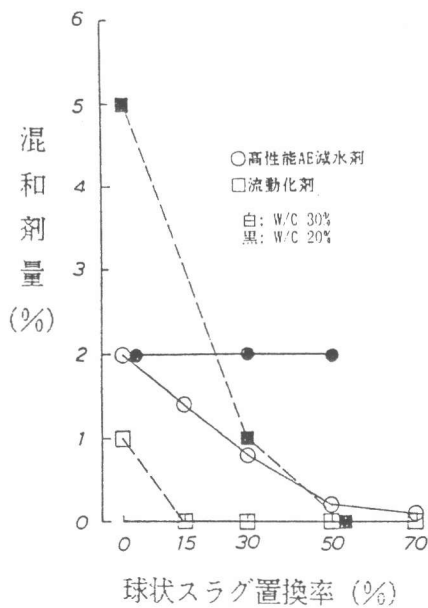


図-2 球状スラグ置換率と混和剤量

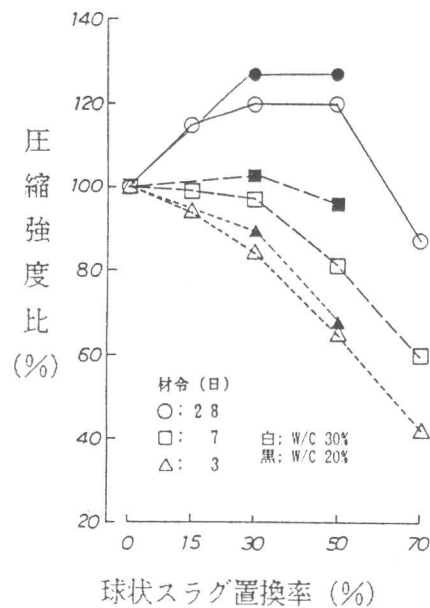


図-3 球状スラグ置換率と圧縮強度

4. まとめ

球状スラグ微粉末は形状が球形であることからセメント・コンクリート用混和材として用いたとき通常のセメントに比べ大幅な練り混ぜ水量の減少が可能である。通常のセメントでは得にくい低水セメント比での利用の可能性を見出した。またコンクリートの高流動化に対しても有効である。強度の発現性については、水セメント比が小さくなるに従い強度の発現性が大きくなる傾向を示した。このことは、球状スラグ微粉末のベアリング効果、粒度構成による密充填が硬化体中の空隙率の減少に寄与していることも一因と考えられた。球状スラグ微粉末はセメント・コンクリート用混和材としてコンクリートの高品質化に有効な材料であることが確認出来た。

参考資料

- 1) 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 1988-1
- 2) 千賀平造・浦川勇一・吉川勇一: 高粉末度水砕スラグを用いたモルタルの強度発現性、材料学会、第39期学術講演会、pp337-339、1990.5