

脱リンスラグ微粉末を利用した高炉スラグ微粉末の改良

日本大学大学院理工学研究科

学生会員

○壁屋 俊輔

日本大学理工学部

正会員

梅村 靖弘

日本大学理工学部

露木 尚光

1. はじめに

我国で年間約 1,000 万 t 発生する製鋼スラグの内、脱リンスラグは約 40%を占めており、主要鉱物に $\beta\text{-C}_2\text{S}$ を含有しているため、低発熱性混和材としての利用が可能と考えられる。筆者らは脱リンスラグを含む製鋼スラグに多く含有する f-CaO を低減し安定化させる方法として 500℃、2 時間の焼成を提案した¹⁾。本研究では、この脱リンスラグを高炉スラグに混合使用した場合の凝結時間、圧縮強度、乾燥収縮、空隙径分布、乾燥収縮によるひび割れ特性に関して検討を行った。

2.実験概要

2.1 使用材料及び配合条件：使用材料を表-1、モルタル配合を表-2 に示す。水結合材比を 50%一定とし、JIS R 5201-1992 に準拠して、セメント(混和材を含む)と細骨材の質量比は 1 : 2 とした。

2.2 凝結試験：JIS R 5201 に準拠してビカー針装置を用いて、セメントペーストの凝結の始発と終結を測定した。

2.3 圧縮強度試験：JIS A 1108 に準拠し、 $\phi 5 \times h 10 \text{ cm}$ のモルタル供試体を作成し、試験材齢まで室温 20℃の恒温室内で封緘養生し、試験材齢は 3 日、7 日、28 日、91 日とした。

2.4 乾燥収縮率試験：4×4×16cm の供試体を作製し材齢 3 日で脱型後、温度 20℃、相対湿度 60%のデジケータ内で気中養生し、JIS A 1129 に準拠した長さ変化率測定試験により乾燥収縮率を測定した。

2.5 空隙径分布試験：圧縮強度試験と同じ供試体を 2.5 ～5mm の大きさまで粉碎し、アセトンとメタノールにて脱水し、D-dry 法により乾燥した後、空隙径分布を水銀圧入式ポロシメータにより測定した。

2.6 リング型拘束ひび割れ抵抗性試験：リング型ひび割れ抵抗性試験用型枠を図-1 に示す。試験は配合 BS と BDB で行った。なお、枠型底面にテフロンシートを設置し、温度 20℃で 4 日間封緘養生後、外リングを脱型し、内リングの円周方向の 3 ヶ所にひずみゲージを設置した。その後、温度 20℃、湿度 50%の条件下でひび割れ発生まで内リングひずみを測定した。

3.試験結果と考察

3.1 凝結試験：図-2 に凝結時間を示す。BS と比較する

キーワード 混和材 脱リンスラグ 高炉スラグ 乾燥収縮 ひび割れ

連絡先 〒101-8308 東京都千代田区神田駿河台 1-8-14 理工学部土木工学科 TEL/FAX 03-3259-0682

表-1 使用材料

材料名	略号	備考
練混ぜ水	W	蒸留水
普通ポルトランドセメント	C	密度:3.16g/cm ³ ブレーン値:3320cm ² /g
細骨材	S	(社)セメント協会 セメント強さ試験用標準砂 絶乾密度:2.64g/cm ³
粗骨材	G	表乾密度:2.68g/cm ³ 粗粒率:6.57
高炉スラグ	BS	密度:2.89g/cm ³ ブレーン値:4380cm ² /g
混和材	DN	無処理 密度:3.47g/cm ³ ブレーン値:4710cm ² /g
	DB	焼成処理(500℃) 密度:3.51g/cm ³ ブレーン値:4490cm ² /g
	AD	

表-2 モルタル配合

配合 記号	混和材の置換率[%]			水結合 材比 [%]	単位量[kg/m ³]						
					W	C	AD			S	
	BS	DB	DN				BS	DB	DN		
PL	—	—	—	50	318	636	0	—	—	1271	
BS	50	—	—		318	318	318	—	—	1271	
BDB	25	25	—		318	318	159	159	—	1271	
BDN	25	—	25		318	318	159	—	159	1271	

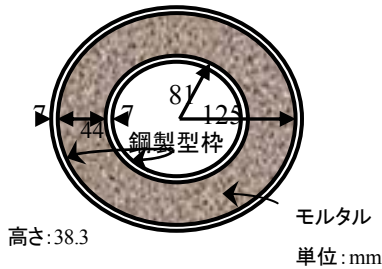


図-1 リング型拘束ひび割れ抵抗性試験用型枠

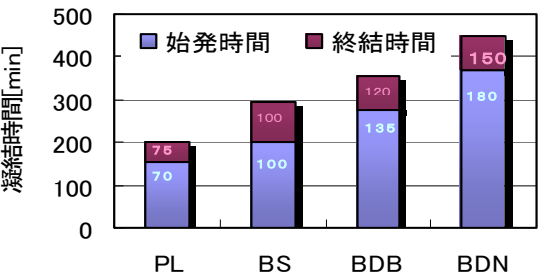


図-2 セメントペーストによる凝結試験結果

と始発時間は BDB で 35%, BDN で 80%, 終結時間は BDB で 20%, BDN で 50% 遅延した。脱リンスラグを焼成することにより凝結時間の改善が確認できた。

3.2 圧縮強度：図-3 に試験結果を示す。BDB と BDN の圧縮強度は BS と比較すると材齢 3 日で 85%, 75%, 材齢 91 日では 95%, 90% となった。この結果より、高炉スラグを焼成した脱リンスラグで置換した場合、高炉スラグ単体の場合と比較して初期材齢では約 15% 低下するが、長期材齢では同程度の強度発現となった。

3.3 乾燥収縮率：図-4 に乾燥収縮率の経時変化を示す。収縮率は BDB, BDN 共に同等の値を示し、BS と比較すると、材齢 7, 14 日で 20~30%, 材齢 28 日以降は 20% 小さくなった。

3.4 空隙径分布測定：図-5 に材齢 3, 91 日の空隙径分布を示す。初期材齢 3 日において、BS と比較すると、BDB・BDN は $0.001 \sim 1 \mu\text{m}$ 径で倍以上の空隙量が存在している。そのため、全空隙量が BDB で 20%, BDN で 30% の増加となった。これは、脱リンスラグの水和反応の遅れが要因と考えられる。長期材齢 91 日は、BDN が $0.003 \sim 0.01 \mu\text{m}$ 径の空隙量が多くなったが、BS・BDB 共に同等の値を示している。これは、脱リンスラグ中の $\beta\text{-C}_2\text{S}$ の水和反応による水和物の生成により緻密化されたものと考えられる。図-6 に圧縮強度と全空隙量の関係を示す。配合に関係なく圧縮強度と全空隙量には強い相関関係が認められた。

3.5 リング型拘束ひび割れ抵抗性試験：図-7 に内リングのひずみの経時変化を示す。BS では 110 時間で、BD では 205 時間後にひび割れが生じ、ひずみが開放された。このことから脱リンスラグを混合することで収縮拘束によるひび割れ発生が BS よりも抑制され、伸び能力の改善が可能であることが示唆された。

4 まとめ

高炉スラグを脱リンスラグで 50% 置換した場合、高炉スラグ単体と比較すると、凝結時間が長くなるが、高炉スラグ単体の配合と同等の圧縮強度発現と全空隙量を維持しながら、乾燥収縮率の初期材齢で 30%, 長期材齢で 20% 低減した。さらに乾燥収縮に対するひび割れ抵抗性が改善されることが示唆された。

参考文献

- 1) 佐藤正己, 露木尚光, 梅村靖弘, 原田宏: 転炉スラグを利用したコンクリート混和材の特性, コンクリート工学年次論文集, Vol.21, No.1, pp.163-165, 1999

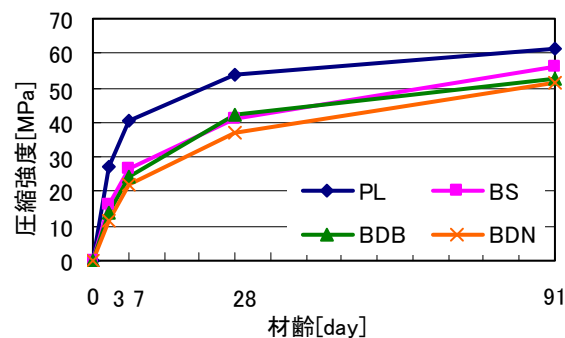


図-3 圧縮強度

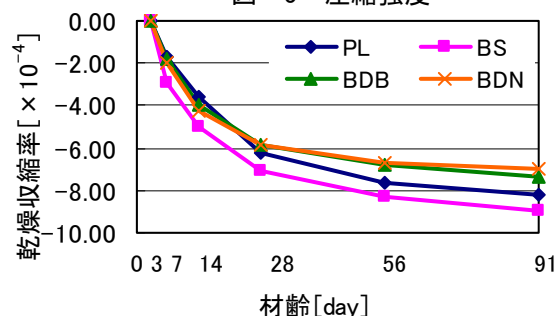


図-4 乾燥収縮

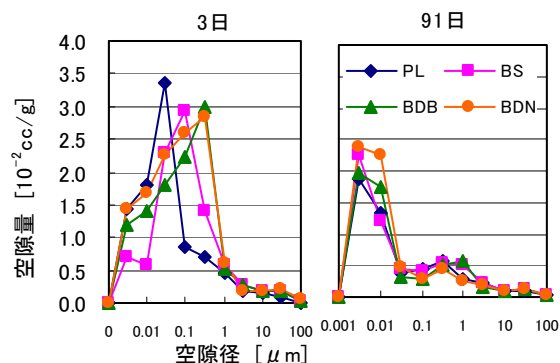


図-5 材齢 3 日, 91 日における空隙分布

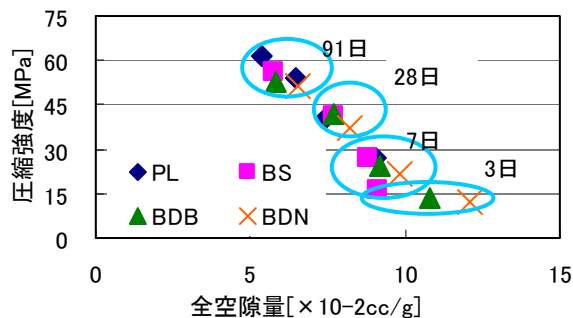


図-6 圧縮強度と全空隙量の関係

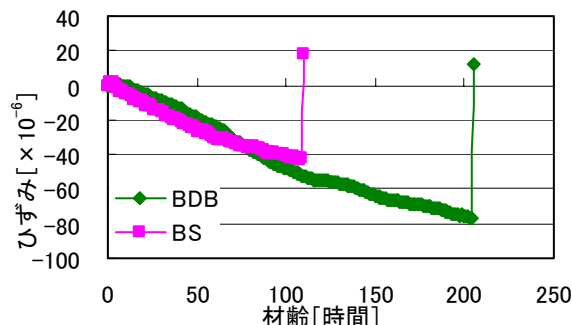


図-7 収縮ひずみの経過時間