

高炉スラグと脱リンスラグを混合したコンクリート混和材の特性

日本大学大学院理工学研究科 学生会員 ○谷口功一
日本大学理工学部 正会員 梅村靖弘

1. はじめに

我国における製鋼過程で年間約1000万トン発生する製鋼スラグの内、脱リンスラグは約380万トンを占めるが、遊離石灰の水和、鉄の酸化による膨張自壊性が原因でほとんど有効利用されていない。筆者らは既報において、短期間で安定化させる方法として、低温焼成を提案した¹⁾。本研究では、普通ポルトランドセメントの一部を高炉スラグまたは焼成処理した脱リンスラグ（以下、脱リンスラグ）で置換した場合ならびに高炉スラグと改良脱リンスラグで混合置換した場合の圧縮強度、乾燥収縮、水和発熱、中性化への影響について検討した。

2. 実験概要

使用した材料を表-1に示す。脱リンスラグは電気炉により500℃で2時間焼成したものをを用いた。圧縮強度試験はJIS A 1108に準拠して、表-2のモルタル配合で作製した $\phi 5 \times h 10 \text{ cm}$ の供試体の圧縮強度を測定した。供試体は20℃の恒温槽で各材齢まで封緘養生した。乾燥収縮試験はJIS R 1129に準拠して、表-2のモルタル配合で作製した供試体の長さ変化率を測定した。供試体の寸法は $4 \times 4 \times 16 \text{ cm}$ とし、養生は打設後、材齢3日で脱型し、その後は温度20℃、湿度60%の雰囲気内で行った。水和発熱速度試験は水結合材比200%として双子型伝導微少熱量計により測定し、断熱温度上昇試験は、表-3に示すコンクリート配合について測定した。中性化促進試験は温度30℃、相対湿度60%、炭酸ガス濃度10%の環境下で行い、暴露面から1～2cmの深さにおける $\text{Ca}(\text{OH})_2$ の減少率と CaCO_3 の増加率を測定した。

3. 実験結果及び考察

3.1 圧縮強度試験結果

図-1に圧縮強度を示す。DSの圧縮強度はBSと比較して材齢7日、28日、91日で各々45%、75%、85%となり、材齢7日から28日までの強度の伸びが

表-1 使用材料

材料名	略号	備考
水	W	イオン交換水
セメント	C	普通ポルトランドセメント(OPC) 密度 3.16 g/cm^3 ブレーン値 $3320 \text{ cm}^2/\text{g}$
細骨材	S	陸砂 表乾密度 2.65 g/cm^3 粗粒率2.50
粗骨材	G	砕石 表乾密度 2.68 g/cm^3 粗粒率6.68
高炉スラグ	BS	密度 2.88 g/cm^3 ブレーン値 $4670 \text{ cm}^2/\text{g}$
脱リンスラグ	DS	焼成処理(焼成温度:500℃) 密度 3.33 g/cm^3 ブレーン値 $4000 \text{ cm}^2/\text{g}$
混和剤	Ad	リグニンスルホン酸系AE減水剤

表-2 モルタル配合

配合記号	水結合材比(%)	単位量(kg/m^3)				
		W	C	AD		S
PL	50	318	636	0	0	1273
BS		316	443	190	0	1266
DS		319	447	0	192	1277
BD		318	445	95	95	1271

表-3 コンクリート配合

配合記号	水結合材比(%)	単位量(kg/m^3)						
		W	C	AD		S	G	Ad
PL	60	174	290	0	0	871	1076	3
BS		174	203	87	0	868	1072	3
DS		174	203	0	87	873	1078	3
BD		174	203	43.5	43.5	870	1075	3

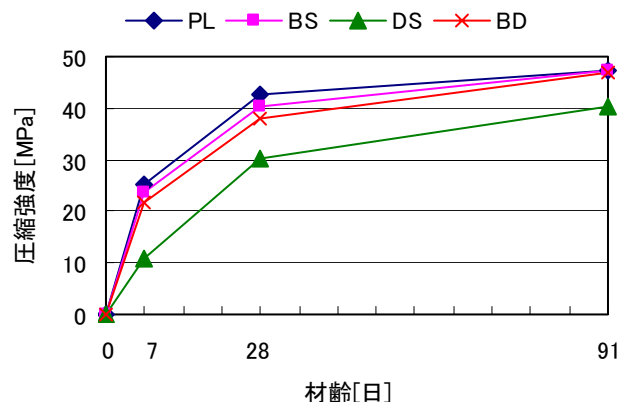


図-1 圧縮強度

キーワード 高炉水砕スラグ 脱リンスラグ 混和材 乾燥収縮 断熱温度上昇 中性化

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

大きいことがわかる。これは、焼成により脱リンスラグ中のフッ素アパタイト ($\text{Ca}_5\text{F}(\text{PO}_4)_3$) が、一部の $\beta\text{-C}_2\text{S}$ や f-CaO と結合してフッ素アパタイト群化合物が形成されたものと推察される。BD は、BS と比較すると材齢 7 日、28 日では各々 10%、5% 減少したが、材齢 91 日では同等となったことから、高炉スラグの半分を脱リンスラグで置換しても高炉スラグと同程度の強度を得られることがわかった。

3.2 乾燥収縮試験結果

図-2 に乾燥収縮率を示す。DS は BS と比較して各材齢において小さくなり、材齢 7 日、91 日で各々 42%、13% 低減した。BD も同様に材齢 7 日で 11%、材齢 91 日で 12% 低減した。材齢 28 日以降における DS、BD の乾燥収縮率は、PL とほぼ同等となった。

3.3 水和発熱速度と断熱温度上昇量の試験結果

図-3 に 2 次ピークにおける水和発熱速度、図-4 に断熱温度上昇量を示す。DS、BD の水和発熱速度 2 次ピークは BS と比較して 1~2 時間遅延し、水和発熱速度は 10% 減少した。BS では、経過時間 1200min 付近で C_3A の水和と推察される発熱ピークが顕著にあらわれた。一方 BD は同様な傾向が若干認められたが、DS では認められなかった。以上から DS は BS に比較して C_3A の含有量が少ないことが推察される。断熱温度のピーク発生時間は PL の 112 時間に対して、BS、DS は 16 時間、BD は 36 時間遅延した。この時のピーク値は PL と比較すると BS は 8% 増加し、BD は PL と同等となり、DS は 22% 減少した。

3.4 中性化促進試験結果

図-5 に中性化促進による $\text{Ca}(\text{OH})_2$ と CaCO_3 の存在率を示す。促進期間 4 週までの $\text{Ca}(\text{OH})_2$ の減少率は、PL、BS と比較して DS、BD は小さく同様な減少率となった。 CaCO_3 の増加率では、PL、BS と比較して BD は極めて小さかった。

4. まとめ

高炉スラグの乾燥収縮と水和発熱及び中性化の低減方法の一つとして、同じ製鋼過程で発生する脱リンスラグを有効利用できる可能性が見出された。

【参考文献】

1) 梅村靖弘、露木尚光、大津祐一：製鋼工程における脱リンスラグを用いた混和材に関する研究、廃棄物コンクリート材料への再資源化に関するシンポジウム論文集、pp.105-110(2002)

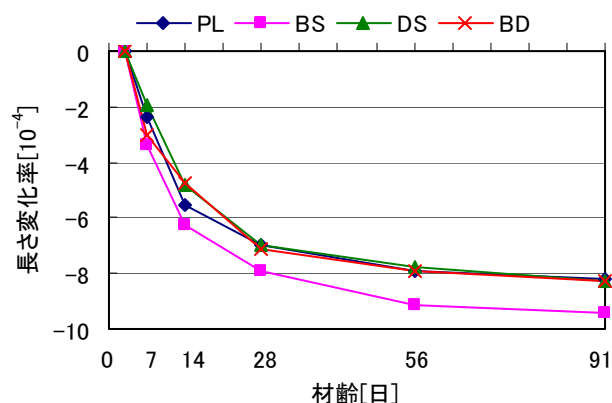


図-2 長さ変化率

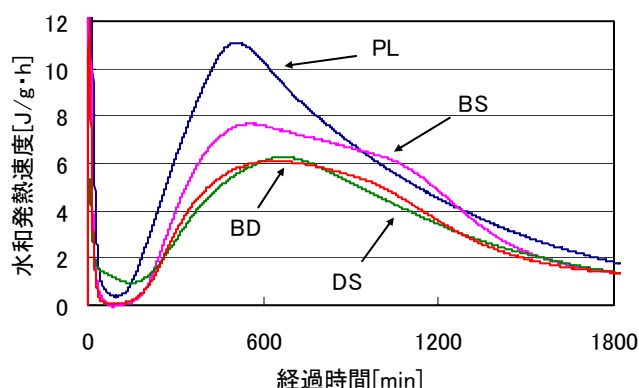


図-3 水和発熱速度 (2 次ピーク)

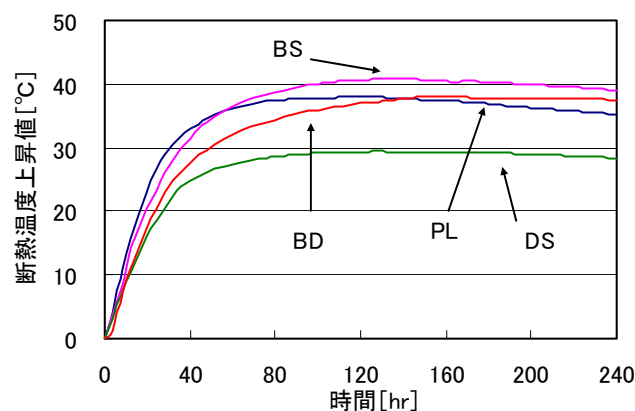


図-4 断熱温度上昇量

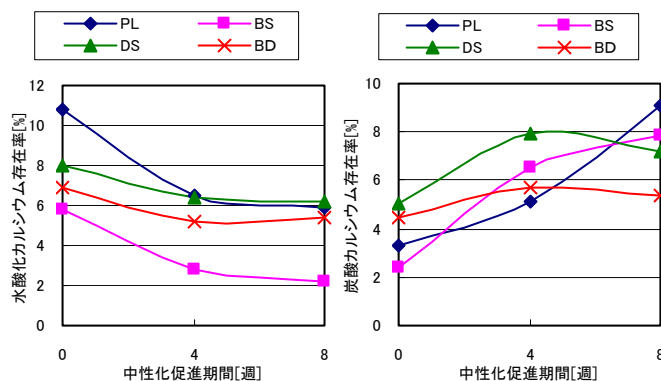


図-5 中性化による $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 、 CaCO_3 存在率