

高炉スラグと脱リンスラグを混合した混和材の特性

日本大学大学院理工学研究科 学生会員 ○中島 毅大
 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

我国における、製鋼過程では年間約1,000万t発生する製鋼スラグの内、脱リンスラグは380万tを占めるが、遊離石灰の水和、鉄の酸化による膨張特性を持っているため、有効利用が進んでいない。しかし、主要鉱物に水硬性のあるダイカルシウムシリケートを含んでいるため、低発熱性コンクリート混和材としての利用が可能と考えられる。筆者らは500℃、2時間の焼成による安定化処理を提案している¹⁾。本研究では、この改良脱リンスラグと高炉スラグを混合使用した場合の強度特性、収縮特性、水和発熱特性への影響について検討した。

2. 実験概要

2.1 使用材料及び配合条件：使用材料及びモルタルの配合を表-1、表-2に示す。水結合材比を50%一定とし、JIS R 5201に準拠して結合材と細骨材の質量比は1:2とした。

2.2 試験方法

(1)圧縮試験：JIS A 1108に準拠し、測定した。供試体はφ5×h10cmのモルタル供試体とし、試験材齢まで室温20℃の恒温室内で封緘養生した。

(2)長さ変化率試験：JIS R 1129に準拠し、4×4×16cmの供試体を作製した。打設後、材齢3日で脱型し、供試体は温度20℃、相対湿度60%に保ったデジケータ内で気中養生し、乾燥収縮率を測定した。また、材齢3日で脱型し、封緘養生させた供試体の自己収縮率を測定した。

(3)乾燥収縮によるひび割れ抵抗性試験：リング型拘束応力ひび割れ抵抗性試験用型枠を写真-1に示す。試験は配合BSとBDBで行った。温度20℃で24時間封緘養生後、外リングの型枠を脱型し、内リングの円周方向の3ヶ所にひずみゲージを設置し、温度20℃、湿度60%の気中養生条件化で内リングひずみを測定した。

(4)断熱温度上昇量試験：温度追従型断熱温度上昇装置を用い、断熱温度上昇量を測定した。コンクリート配合を表-3に示す。混和剤は、リグニンスルホン酸系AE減水剤(Ad)を使用した。

3. 試験結果と考察

3.1 圧縮強度：図-1に試験結果を示す。BDBとBDNの圧縮強度はBSと比較して、各々、材齢3日では85%、75%、材齢91日はでは95%、90%となった。この結果より、高炉スラグを

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 フレーン値:3320cm ² /g	
細骨材	S	表積密度:2.64g/cm ³ 粗粒率:2.42	
粗骨材	G	表積密度:2.68g/cm ³ 粗粒率:6.57	
混和材	高炉スラグ	BS	密度:2.89g/cm ³ フレーン値:4380cm ² /g
		DN (無処理)	密度:3.47g/cm ³ フレーン値:4710cm ² /g
	脱リンスラグ	DS	
		DB (焼成処理)	密度:3.51g/cm ³ フレーン値:4480cm ² /g

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]					
	BS	DB	DN		W	C	AD			S
							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



写真-1 リング型拘束ひび割れ抵抗性試験用型枠

表-3 コンクリート配合

配合記号	水結合材比[%]	W	C	単位量[kg/m ³]					
				AD			S	G	Ad
				BS	DB	DN			
PL	60	174	290	—	—	—	824	1022	3
BS			145	—	—	—	824	1022	3
BDB			145	72.5	72.5	—	824	1022	3
BDN			145	72.5	—	72.5	824	1022	3

キーワード 混和材 脱リンスラグ 高炉スラグ 乾燥収縮 断熱温度上昇量

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

改良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。また、BDBの圧縮強度が材齢28日以降、BSと同等の強度となった要因は、脱リンスラグに含まれる β - C_2S の水和反応が進み、強度が増進したと推察される。

3.2 乾燥収縮率：図-2に各配合における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。

3.3 自己収縮率：図-3に自己収縮率の経時変化を示す。BSと比較して材齢7日でBDBは45%、BDNは90%低下、材齢28日以降では共に20%低下した。材齢7日においてBDNの収縮率が小さくなった要因は、水和の遅れと残存する遊離石灰の水和による膨張作用と考えられ、材齢28日以降BDBとBDNの自己収縮が大きくなった要因は、脱リンスラグに多く含まれる β - C_2S の水和反応が活性化し収縮が増加したと考えられる。

3.4 乾燥収縮によるひび割れ抵抗性：図-4に収縮ひずみの経時変化を示す。BSでは150時間でひび割れが生じ、一方、BDBでは1100時間後にひび割れが生じ、ひずみが開放された。このことから高炉スラグに脱リンスラグを混合することで乾燥収縮の拘束によるひび割れ発生が抑制された。また、BDBの初期材齢において引張ひずみが発生した要因としては、遊離石灰の残存膨張による引張応力が影響したと考えられる。

3.5 断熱温度上昇：図-5に断熱温度上昇の経時変化を示す。BSは90時間でPLと同等の値を示し、その後PLよりも大きくなった。ピーク値をBSと比較すると、BDB・BDN共に30%低減した。このことより、脱リンスラグを混合することで高炉スラグの断熱温度上昇量を抑制できることが認められた。

4. まとめ

高炉スラグを改良脱リンスラグで50%置換した場合、高炉スラグ単体と比較して、初期材齢では、圧縮強度が若干低下したが、乾燥収縮率は30%、自己収縮率は50%低減した。長期材齢では圧縮強度が同程度、乾燥収縮率は20%、自己収縮率は50%低減した。さらに乾燥収縮に対するひび割れ抵抗性は大幅に改善することができた。また、断熱温度上昇量は30%低減され、改良脱リンスラグによる高炉スラグの水和発熱特性の改善効果が認められた。

【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

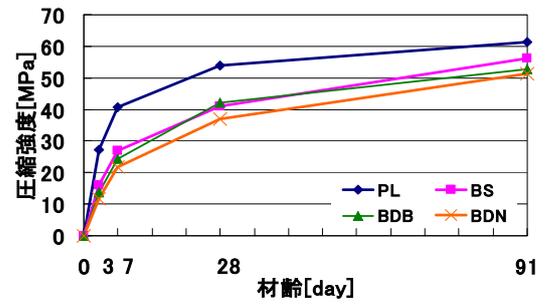


図-1 圧縮強度

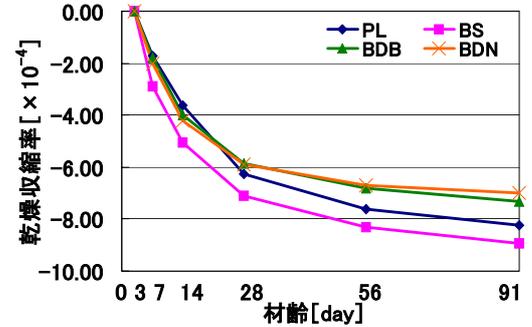


図-2 乾燥収縮率

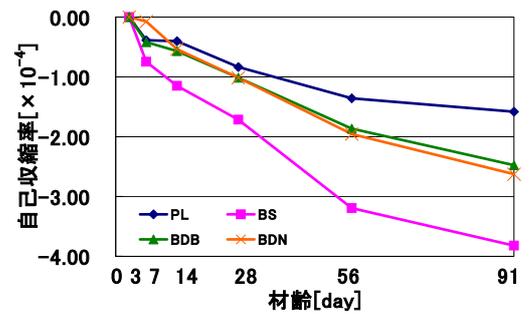


図-3 自己収縮率

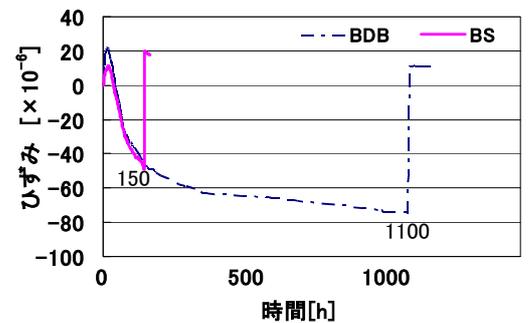


図-4 収縮ひずみの経時変化

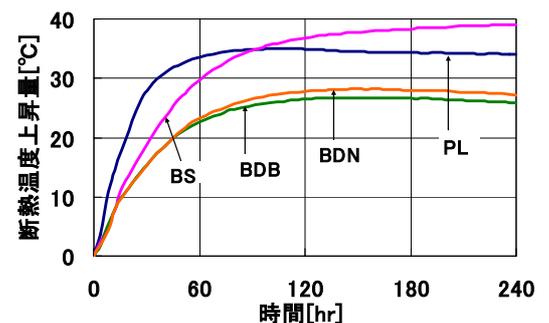


図-5 断熱温度上昇