

コンクリート用スラグの基礎知識 — 総論 —

依田彰彦(足利工業大学名誉教授)

1. スラグの種類と用途

本号で取り扱ったスラグは、表1に示す通り5種類である。このうち、高炉スラグと電気炉酸化スラグは鉄鋼スラグに属し、非鉄金属のフェロニッケルスラグと銅スラグを含めて鉄鋼スラグ協会では金属製造工程起源スラグ、熔融スラグは廃棄物加熱熔融起源スラグと表示している¹⁾。

また、表2に示すように各種スラグは、付加価値を高める用途を目指して使用されつつある。

5種類のスラグのうち、大量に発生する高炉スラグは、JIS R 5011の高炉セメントの混合材（内割で5超え70%以下）をはじめ、JIS R 5010の普通ポルトランドセメントの混合材（内割で5%以下）、JIS A 6206コンクリート用高炉スラグ微粉末の混和材料、JIS A 5011-1の高炉スラグ粗・細骨材、への使用が全体の80%近くを占め、JIS A 5308（レディーミクストコンクリート）の使用材料として認められている。同時に、これらを用いることによってCO₂が約400万トン（平成17年度実績）も削減でき²⁾、地球温暖化防止をはじめ、省資源・省エネルギー、資源リサイクル等、今日求められている社会的要請に大きく寄与しているといえよう。

フェロニッケルスラグ、銅スラグ、電気炉酸化スラグは、コンクリート用骨材としての品質がJIS A 5011-2~4に規定されており、レディーミクストコンクリートとして使用する場合はJIS A 5308（前掲）に適合するものを用いる。

熔融スラグは、コンクリート用骨材としての品質がJIS A 5031に規定されており、現在二次製品に多用されているが、JIS A 5308のレディーミクストコンクリートの使用骨材としては認められていないので注意を要する。

2. 各種スラグの 特性を活かしたコンクリート

それぞれのスラグは、特性を有している。表3に示すようにそれらの性質を活かしたコンクリートに使用することが最も望ましい。

詳細については各論に述べられている。施工上の注意点と併せて適切かつ、積極的にスラグを使用することを提唱する。

表1 スラグの種類と利用状況

大別		スラグの種類	平成19年度の発生量	従来の利用状況
金属製造工程起源スラグ	鉄鋼スラグ	高炉スラグ	2,500万トン	・セメント混和材 ・道路 ・コンクリート骨材 ・土木 ・建築
		電気炉酸化スラグ	300万トン ⁽¹⁾	・アスファルトコンクリート骨材 ・土木 ・セメント原料 ・コンクリート骨材
	非鉄金属スラグ	フェロニッケルスラグ	300万トン	・道路 ・土木 ・コンクリート骨材 ・サンドブラスト ・セメント原料
		銅スラグ	280万トン	・セメント原料 ・サンドブラスト ・コンクリート骨材 ・土木
廃棄物加熱熔融起源スラグ		熔融スラグ	80万トン ⁽²⁾	・インターロッキングブロック ・平板 ・積みブロックを含めた二次製品

注) (1) 電気炉系スラグには、酸化スラグと還元スラグとがある。300万トンは両者の合計である。

(2) 熔融スラグには、一般廃棄物と下水汚泥に由来するものがある。80万トンは両者の合計である。

表2 各種スラグの用途と摘要等

スラグの種類	用途	該当するJIS番号	記号	摘要
高炉スラグ ⁽³⁾	高炉セメント	JIS R 5211:2003	BA ⁽⁴⁾ BB ⁽⁵⁾ BC ⁽⁶⁾	混合材として、高炉スラグ微粉末を用いた混合セメント
	高炉スラグ微粉末	JIS A 6206:2008	BF	溶鉱炉で銑鉄と同時に生成する溶融状態の高炉スラグを水によって急冷し、これを乾燥・粉碎したもの、またはこれに石こうを添加したもの
	高炉スラグ粗骨材	JIS A 5011-1:2003	BFG	溶鉱炉で銑鉄と同時に生成する溶融スラグを徐冷し、粒度調整したもの
	高炉スラグ細骨材		BFS	溶鉱炉で銑鉄と同時に生成する溶融スラグを水、空気などによって急冷し、粒度調整したもの
フェロニッケルスラグ	フェロニッケルスラグ細骨材	JIS A 5011-2:2003	FNS	炉でフェロニッケルと同時に生成する溶融スラグを徐冷し、または水、空気などによって急冷し、粒度調整した細骨材
銅スラグ	銅スラグ細骨材	JIS A 5011-3:2003	CUS	炉で銅と同時に生成する溶融スラグを水によって急冷し、粒度調整したもの
電気炉酸化スラグ	電気炉酸化スラグ粗骨材	JIS A 5011-4:2003	EFG	電気炉で溶鋼と同時に生成する溶融した酸化スラグを徐冷し、鉄分を除去して粒度調整したもの
	電気炉酸化スラグ細骨材		EFS	電気炉で溶鋼と同時に生成する溶融した酸化スラグを徐冷または水や空気などによって急冷し、鉄分を除去して粒度調整したもの
溶融スラグ	溶融スラグ粗骨材	JIS A 5031:2006	MG	一般廃棄物および下水汚泥の溶融固化施設から有効利用を目的に産出される溶融物(1200℃以上)を冷却固化し、粒度調整したもの
	溶融スラグ細骨材		MS	

注) (3) JIS R 5210の普通ポルトランドセメントにおいては高炉スラグをはじめ、フライアッシュなどを5%以下なら混合してもよいことになっている

(4) 高炉セメントA種で、高炉スラグ質量は5を超え30%以下

(5) 高炉セメントB種で、高炉スラグ質量は30を超え60%以下

(6) 高炉セメントC種で、高炉スラグ質量は60を超え70%以下

表3 各種スラグの特性を活かしたコンクリート

スラグの種類	用途	特性を活かしたコンクリート	JIS A 5308 (レディーミクストコンクリート)の規定		備考
			使用材料としての可否	同上の規格に付与されている条件	
高炉スラグ	高炉セメント	<ul style="list-style-type: none"> 普通ポルトランドセメント使用と同様なコンクリート マスコンクリート 海水⁽⁷⁾や硫酸塩の作用を受けるコンクリート 水中や地下構造物コンクリート 長期強度を確保するコンクリート アルカリシリカ反応抑制対策コンクリート セルフレベリング材、橋脚補強用充填モルタル 	可	なし	<ul style="list-style-type: none"> 中性化の進行は、普通ポルトランドセメント使用の場合と同一設計基準強度と比較すれば同程度である 初期強度の伸びは緩慢なので初期養生とか型枠存置の期間を2~3日長くする
	高炉スラグ粗骨材 高炉スラグ細骨材	<ul style="list-style-type: none"> 砂利や砂の使用と同様なコンクリート 地下構造物コンクリート 	可	粗骨材はJIS A 5308の附属書1(規定)の5.a)を、細骨材は同5.b)を参照	
フェロニッケルスラグ	フェロニッケルスラグ細骨材	<ul style="list-style-type: none"> 港湾施設や消波コンクリートブロックを主体としたレディーミクストコンクリート コンクリートパイルを含めた二次製品 	可	<ul style="list-style-type: none"> JIS A 5308の附属書1(規定)の5.c)参照 アルカリシリカ反応抑制対策を講じる 	高温高压養生(オートクレーブ)を行うコンクリートには適用しない(JIS A 5011-2)
銅スラグ	銅スラグ細骨材	<ul style="list-style-type: none"> 根固ブロックや消波コンクリートブロック 重量コンクリート 	可	<ul style="list-style-type: none"> JIS A 5308の附属書1(規定)の5.d)参照 アルカリシリカ反応抑制対策を講じる 	
電気炉酸化スラグ	電気炉酸化スラグ粗骨材 電気炉酸化スラグ細骨材	<ul style="list-style-type: none"> 消波ブロック 地下施設浮き上がり防止コンクリート 遮蔽コンクリート 制振コンクリート 透水性護岸ブロックを含めた二次製品 	可	<ul style="list-style-type: none"> 粗骨材はJIS A 5308の附属書1(規定)の5.e)を、細骨材は同5.f)を参照 アルカリシリカ反応抑制対策を講じる 	電気炉酸化スラグ骨材の全製造工程において還元スラグが混入しない対策が講じられた工場で製造されたものに限定する(JIS A 5011-4)
溶融スラグ	溶融スラグ粗骨材 溶融スラグ細骨材	<ul style="list-style-type: none"> インターロッキングブロック 平板 積みブロックを含めた二次製品 	否	—	ポップアウトを発生するものがあるので事前に確かめる ⁽⁸⁾

注) (7) 高炉セメント・高炉スラグ微粉末は塩化物イオンの固定化能力が大きいので海洋・臨海のコンクリート構造物に用いると鉄筋の防錆上有利である

(8) 一つの方法としてオートクレーブで確かめるとよい⁽³⁾

【参考文献】

- 1) 鉄鋼スラグ協会：環境資材 鉄鋼スラグ，pp.5-6，2009.1
- 2) 鉄鋼スラグ協会：鉄鋼スラグを使用しCO₂削減に寄与する高炉セメント，pp.1-5，2007.5
- 3) 依田彰彦：コンクリート用F.N.スラグ骨材のポップアウト，骨材資源，No.133，pp.12-16，2002.6