

フェロクロムスラグ粗骨材の骨材物性とコンクリートのフレッシュ性状に関する基礎的検討

JFE マテリアル（株）正会員 ○浅田 博樹JFE マテリアル（株）山城 圭一
富山県立大学正会員 伊藤 始富山県立大学学生会員 俵 瑞貴
日本コンクリート技術（株）正会員 篠田 佳男金沢工業大学正会員 宮里 心一

1. はじめに

コンクリートへの産業副産物の適用はリサイクル法（1991 年）が施工され各種の施策が進められている。またコンクリート用スラグ骨材に関しては，JIS A 5011 が制定され，指針類が整備されている^{1), 2)}。

本研究が対象とするフェロクロムスラグは，クロム鉱石を主な原料としてフェロクロム合金を電気炉で精錬する際に，フェロクロムと密度の小さいスラグの二層に分かれ，上層のスラグを取り出したものであり，製品であるフェロクロムの約 1.9 倍が発生する。化学組成は常に安定であり，コントロールされている。スラグ骨材として使用する場合には，熔融状態のスラグをピットに流し，水冷により冷却後，破碎，ふるい分け，粒度調整を行い，搬出される。

本研究では，コンクリートへの適用を目指して，骨材自体の基礎的な物性やその変動，粗骨材として利用したコンクリートのフレッシュ性状，強度特性，収縮特性，耐久性能などを調査している。

本検討では，スラグ骨材の基礎的な物性ならびにコンクリートにスラグ骨材を混合したときのフレッシュ性状への影響を検討した。

2. フェロクロムスラグ粗骨材の物性

(1) 試験方法

JIS A 1110 に基づきの密度，吸水率を試験した。また環境安全品質基準は溶出試験 環告 46 号，含有試験 環告 19 号に基づき試験した。

(2) 化学成分と環境安全品質

表-1 に代表的な化学成分，密度，吸水率を示す。化学組成は CaO と SiO₂ で約 70%を占める。表-2 と表-3 に溶出量と含有量を示す。環境安全品質の試験値の代表例は，すべて定量下限未満である。

(3) 基礎物性 密度と吸水率

写真-1 に示すとおり表面に多数の気孔があり，吸水率は，図-1 に示すような変動がある。密度につい

表-1 基礎物性の試験項目と物性値

項目		試験値の代表例
化学成分	CaO %	39.0
	SiO ₂ %	36.0
	MgO %	14.0
	Al ₂ O ₃ %	9.0
表乾密度 g/cm ³		2.57
吸水率 %		3.71
粗粒率 %		6.68

表-2 環境安全品質基準(溶出量)

項目	溶出量 (mg/L)	試験値の代表例
カドミウム	0.01 以下	<0.001
鉛	0.01 以下	<0.002
六価クロム	0.05 以下	<0.005
ひ素	0.01 以下	<0.001
水銀	0.0005 以下	<0.0005
セレン	0.01 以下	<0.001
ふっ素	0.8 以下	0.14
ほう素	1 以下	<0.1

表-3 環境安全品質基準(含有量)

項目	含有量 (mg/kg)	試験値の代表例
カドミウム	150 以下	<5
鉛	150 以下	<10
六価クロム	250 以下	<5
ひ素	150 以下	<1
水銀	15 以下	<0.1
セレン	150 以下	<1
ふっ素	4,000 以下	86
ほう素	4,000 以下	11



写真-1 フェロクロムスラグ骨材

キーワード フェロクロムスラグ，粗骨材，基礎物性，密度，フレッシュ性状

連絡先 〒934-8550 富山県射水市庄西町 2-9-38 J F Eマテリアル（株）生産業務部 T E L 0766-84-4496

ては、同様に図-1 に示すように、吸水率と比較すると安定的であり、平均値は 2.60 g/cm³ である。

3. フレッシュ性状

(1) 試験方法

コンクリートのフレッシュ性状の試験ケースを表-4 に示す。配合条件として混合率 0%の目標スランブを 12 cm、目標空気量を 4.5%に設定し、単位水量を 163 kg/m³ で一定にした。スランブ試験は JIS A 1101 に、空気量試験は JIS A 1128 に準じた。

(2) スランブとコンクリートの状態

図-2 にスラグ骨材の混合率とスランブの関係を示す。スランブは混合率の増加に伴い減少する傾向であった。水セメント比が 40%と 50%の場合に、減少量は 3 cm 程度であった。水セメント比 65%の場合に、減少量は 6cm 程度であった。

水セメント比 65%の N シリーズの混合率 100%, BB シリーズの混合率 50%と 100%では、スランブが 6 cm 前後で、約 6cm の減少であった。示方書の配合補正の目安を参考にすると、単位水量 7.2% (1.2%×6cm)、すなわち 12 kg/m³ (163 kg/m³×7.2%) の増加に相当する。この値は碎石と川砂利の差 9~15 kg/m³ の中間値に等しく、スラグ骨材の単位水量は一般的な碎石と同程度でよいことが分かった。他の水セメント比や混合率 50%では、スランブの減少量が小さく、単位水量の増加量は小さくできる。

(3) 空気量

図-3 にスラグ骨材の混合率と空気量の関係を示す。空気量はスラグ骨材の増加に伴い増加する傾向であった。増加量は S-BB50 ケースで 2.0%と最大だった。その他の 5 ケースは 0.5~1%であった。空気量の増加が大きかった S-N40 や S-BB50 ではスランブの低下が小さい傾向にあった。

4. まとめ

- (1) スラグの溶出量は、すべて定量下限未満である。
- (2) スラグ骨材の密度は安定しているが、吸水率は変動がある。
- (3) スランブはスラグ骨材の増加に伴い減少する傾向であった。減少量は水セメント比 65%の場合に大きくなり、約 6 cm であった。
- (4) 空気量はスラグ骨材の増加に伴い増加する傾向であった。増加量は 0.5~1.0%が多かった。

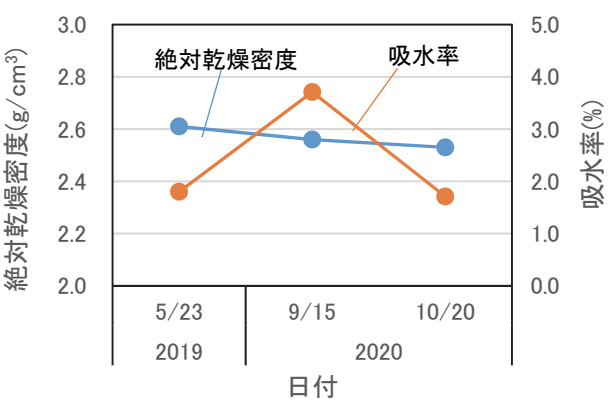


図-1 密度、吸水率の推移

表-4 配合表

ケース	配合条件			
	セメント種類	W/C (%)	s/a (%)	混合率 (%)
S-N40-0,50,100	普通 (N)	40.0	43.0	0, 50, 100
S-N50-0,50, 100		50.0	45.1	
S-N65-0,50,100		65.0	47.0	
S-BB40-0,50,100	高炉 (BB)	40.0	43.0	0, 50, 100
S-BB50-0,50,100		50.0	45.1	
S-BB65-0,50,100		65.0	47.0	

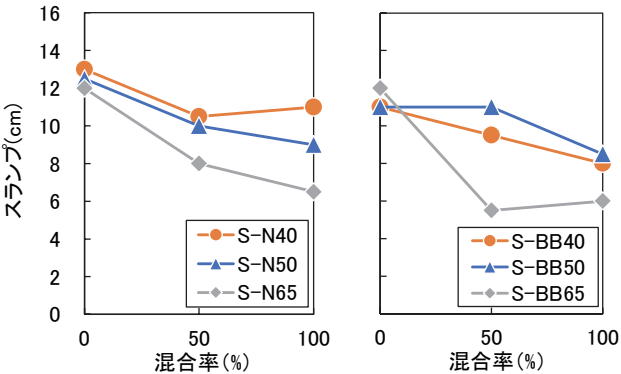


図-2 スランブ (左 : N, 右 : BB)

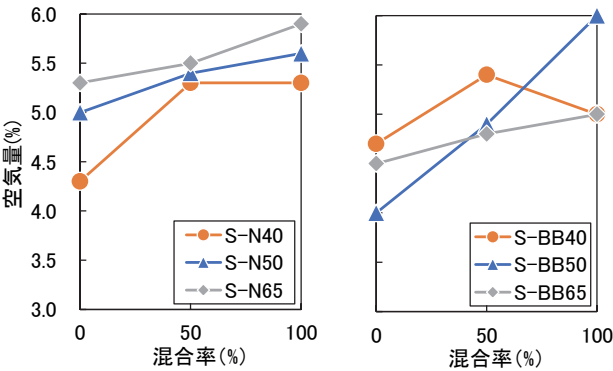


図-3 空気量 (左 : N, 右 : BB)

参考文献

1) 日本コンクリート工学会：骨材の品質と有効利用に関する研究委員会報告書，pp.13-19，2007
2) 土木学会：フェロニッケルスラグ骨材を用いたコンクリートの設計施工指針，コンクリートライブラリー，No.146，2016