

モルタルによる電気炉酸化スラグ細骨材を用いた コンクリートのブリーディング抑制対策に関する研究

宇都宮大学 ○ 学生会員 八木澤 俊
 宇都宮大学 正会員 藤原 浩巳
 宇都宮大学 正会員 丸岡 正知
 日本コンクリート技術㈱ 正会員 野島 省吾

1.はじめに

現在、地球温暖化の要因が CO₂ を中心とする温室効果ガスの排出であると指摘されている。特に我が国の CO₂ 排出量において、約 14% を鉄鋼業界が占めており、鉄鋼業界における CO₂ 排出量の削減が強く求められている。そのため粗鋼生産において高炉法と比較し CO₂ 排出量の少ない電気炉法の生産拡大が求められている。そこで、本研究は電気炉法により生成される酸化スラグのコンクリート用骨材としての有効利用推進を目的とした。これまでの研究で電気炉酸化スラグ細骨材を用いた場合に天然砂を用いた配合と比較し、ブリーディングが約 4 倍程度となることが問題となっている。そのため本研究はブリーディング抑制対策について、モルタルレベルにより検討した。また検討により得られた配合条件におけるモルタルの硬化性状についても比較、検討を行った。

2.実験概要

2.1 使用材料

本実験における使用材料を表 1 に示す。

普通ポルトランドセメントを主材料とし、ブリーディング抑制対策として拘束水量の増大を期待できる、比表面積の大きい高炉スラグ微粉末及びシリカフェュームを用いた。

電気炉酸化スラグ細骨材の粒径 0.15mm 以下の試料について、走査型電子顕微鏡(SEM)によって 300 倍率で撮影し、骨材表面を 1 万倍率で撮影した画像をそれぞれ写真 1 及び写真 2 に示す。この結果から、本研究で用いた電気炉酸化スラグの粒形は球状で、骨材表面が非常に滑らかであることが分かる。

2.2 実験条件

本実験の配合条件を表 2、粉体構成比を表 3 に示す。

本実験では、電気炉酸化スラグの細骨材に対する体積置換率(以後 Sg 置換率)を 0, 30, 50, 70, 100% の 5 水準とした。また、鉄筋コンクリートへの用途を考慮し、水粉体比を耐久性より定まる上限値 55% とした。目標スランプリューフローは、コンクリートにおいてスランプ 18cm 及び 8cm 相当となるモルタルの性状から、それぞれ 200±15(落下 0 打)、150±15(落下 15 打)mm とした。粉体構成比は Sg 置換率 0% 以外、それぞれにおいて表 3 に示す通りとした。尚、Sg0% は C100% のみとし、比較のための基準モルタルとした。セメントに対する置換はシリカフェューム 5, 10, 20% の 3 水準、高炉スラグ微粉末は 10, 20, 30% の 3 水準とした。

2.3 実験項目

(1)フレッシュ性状試験

モルタルフロー試験は JIS R 5201, 空気量試験は JIS A 1116 にそれぞれ準拠し、表 2 に示す目標フローと空気量を満足した配合により(2)及び(3)の試験を実施した。

(2)ブリーディング試験

本研究ではブリーディングの評価として、海外で PC グラウト用として提案されている Schupack Pressure Bleed Test を用いた。これは定められた容器内に空気による圧力(0.36MPa)を加え、ブリーディングを促進させる試験である。

(3)圧縮強度試験

JSCE-G 505 に準拠した。測定は 20°C 水中養生材齢 7, 28 日とした。

表 1 使用材料

材料	呼び名	使用材料	粉末度 (cm ² /g)	密度 (g/cm ³)
結合材	C	普通ポルトランドセメント	3410	3.15
	BS	高炉スラグ微粉末8000	8310	2.91
	SF	シリカフェューム	200000以上	2.25
水	W	水道水	-	1.00
細骨材	S1	粗目砂	-	2.60
	S2	細目砂	-	2.64
	Sg	電気炉酸化スラグ	-	3.80
減水剤	SP	ポリカルボン酸エーテル系高性能減水剤	-	1.08
AE剤	AE	アルキルエーテル系陰イオン界面活性剤	-	1.02
消泡剤	DF	ポリアルキレングリコール誘導体	-	0.98

表 2 配合条件

	Sg置換率 (%)	水結合材比 W/P (%)	細骨材率 s/a (%)	目標フロー (mm)	空気量 (%)	単位水量
						(kg/m ³)
コンクリート スランプ8cm 相当	0	55	46	150±15 (15打フロー)	7.2±1.5	160
	30					160
	50					160
	70					145
	100					140
コンクリート スランプ18cm 相当	0	55	47	200±15 (0打フロー)	7.2±1.5	175
	30					175
	50		48			170
	70					150
	100					150

表 3 粉体構成

	体積比 (%)		
	C	BS	SF
コンクリート スランプ8cm 相当	100	0	0
	90	10	0
	80	20	0
	70	30	0
	95	0	5
	90	0	10
コンクリート スランプ18cm 相当	80	0	20
	100	0	0
	90	10	0
	80	20	0
	70	30	0
	90	0	10
	80	0	20

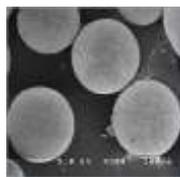


写真 1 SEM300 倍率

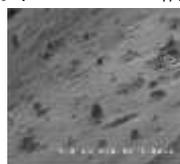


写真 2 SEM1 万倍率

キーワード 電気炉酸化スラグ ブリーディング シリカフェューム

連絡先 〒321-8585 栃木県宇都宮市陽東 7-1-2 宇都宮大学工学部 TEL 028-689-6211

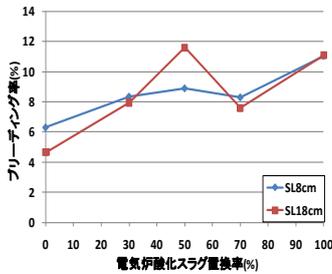


図1 Sg置換率-ブリーディング率の関係

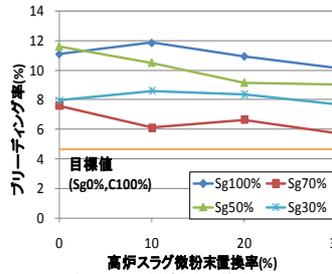


図2 高炉スラグ微粉末置換率-ブリーディング率の関係(SL18cm)

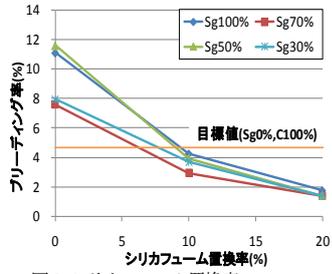


図3 シリカフェーム置換率-ブリーディング率の関係(SL18cm)

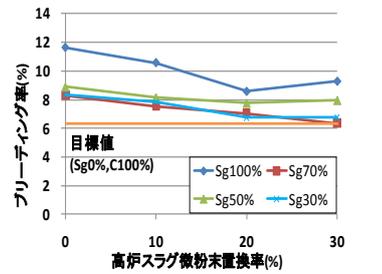


図4 高炉スラグ微粉末置換率-ブリーディング率の関係(SL8cm)

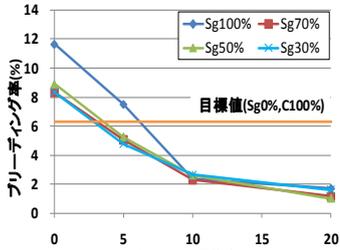


図5 シリカフェーム置換率-ブリーディング率の関係(SL8cm)

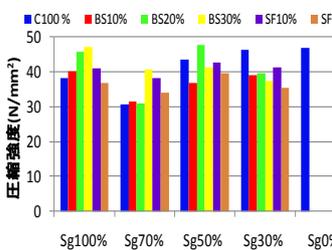


図6 圧縮強度試験結果 (SL18cm, 材齢28日)

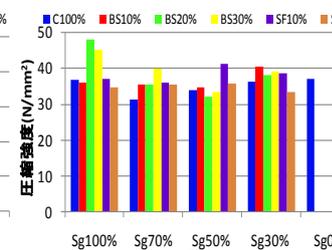


図7 圧縮強度試験結果 (SL8cm, 材齢28日)

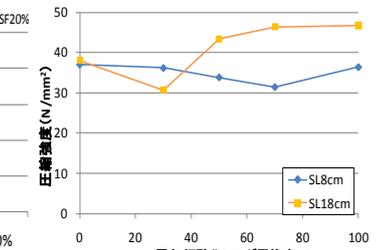


図8 Sg置換率-圧縮強度の関係 (C100%, 材齢28日)

3. 実験結果及び考察

(1) ブリーディング試験

図1~5にブリーディング試験結果を示す。ここでは、Sg0%(C100%)の配合におけるブリーディング率(SL18cm相当 4.7%, SL8cm相当 6.1%)を暫定の目標値と定め、比較・検討した。C100%の配合において Sg 置換率の増加に伴い、ブリーディング率も増加した(図1参照)。これは、走査型電子顕微鏡(SEM)の結果(写真1, 2)から、実験に用いた電気炉酸化スラグの粒形が球状で骨材表面が非常に滑らかであり、密度が 3.8g/cm³ と高密度な骨材であるために流動性が向上し、拘束水量が少なく余剰水が増加したためと考えられる。また、微粉分の少なさが原因であるため、微粉末で改善を試みた。

図2~5より、SL18cm, SL8cmの両条件において高炉スラグ微粉末及びシリカフェームのセメントに対する置換率の増加に伴いブリーディング率は減少した。しかし、高炉スラグ微粉末はシリカフェームと比較してブリーディング抑制効果が小さく、高炉スラグ微粉末をセメントに対して置換した全配合において目標値を満たさなかった。この理由として高炉スラグ微粉末はシリカフェームと比較し、比表面積の総和が小さいため、拘束水量も少なくなりブリーディング抑制につながらなかったと考えられる。また、SL18cmではシリカフェームをセメントに対して10%置換すると全配合において目標値を満たし、20%においてブリーディングはほとんど認められなかった。一方、SL8cmではシリカフェームをセメントに対し5%置換すると Sg 置換率100%以外の配合で目標値を満たし、10%になると全ての配合において目標値を満たした。また、シリカフェームが効果的な理由として粒子が水酸化カルシウムと極めて短時間で反応し、水和生成物であるゲル層を作ることでブリーディング水の移動を抑制したと考えられる。

(2) 圧縮強度試験

図6, 7, 8に圧縮試験結果を示す。図6, 7より、高炉スラグ微粉末またはシリカフェームでセメントの一部を体積置換することによる圧縮強度発現性に対する明確な影響は認められなかった。特にシリカフェーム10%の条件ではマイクロファイバー効果とセメントの分散性向上により硬化組織の緻密化に伴い、強度の増加を期待したが、水セメント比が高いため十分に強度増加を示さなかったと考えられる。また、ブリーディング率が高い配合はブリーディング水によって水みちが生じ、強度に影響を及ぼすと考えられたが、本試験では明確な強度低下傾向は認められなかった。

また、セメント100%の配合において Sg 置換率毎と圧縮強度の関係を見ると(図8参照)、SL18cmでは Sg 置換率の増加に伴い、強度の増加が認められたが、SL8cmにおいては Sg 置換率の増加に伴い、強度低下傾向が認められた。しかし、両条件において、Sg100%では電気炉酸化スラグと天然砂の混合に比べて、圧縮強度が増大することが分かった。これは骨材自体の均一性が保たれ、強度が増大したと考えられるが今後の検討課題としたい。

4. まとめと今後の展開

本研究の結果から、SL18cm及びSL8cmの条件において、シリカフェーム5~10%をセメントの一部を体積置換すると、Sg0%のブリーディング率までブリーディングを抑制出来ることが分かった。また、圧縮強度についてはブリーディングの影響は認められなかった。モルタルによりブリーディングを抑制可能であることが確認されたので、今後、コンクリートにおいて、ブリーディング抑制対策とその配合における硬化性状、耐久性を比較・検討する予定である。

【参考文献】

1) 志賀正和 他: 電気炉酸化スラグ骨材を用いたコンクリートに関する諸特性/足利工業大学研究収録 第38号 pp.21-28, 2004, 3