

# 銅スラグ CUS5-0.3 を用いたコンクリートの フライアッシュ併用によるブリーディング改善効果

九州大学大学院 学生会員 酒井 俊男 九州大学大学院 正会員 佐川 康貴  
九州大学大学院 正会員 山本 大介

## 1. はじめに

天然骨材の代替材料の開発が求められており、スラグ骨材が注目されている。現在、高炉スラグ、フェロニッケルスラグ、銅スラグ、電気炉酸化スラグの4種が JIS に規定されているものの、その利用は限定的である。中でも、粒度の粗いスラグは、ブリーディング量が増大する等の理由から、低置換率での使用しかなくされていない。そこで、本研究では、産地の異なる2種類の銅スラグ CUS5-0.3 とフライアッシュを用いて、ブリーディングの抑制効果および、圧縮強度について考察を行った。

## 2. 実験概要

表-1 に本研究で使用した材料を示す。セメントは3種類の普通ポルトランドセメントを等量ずつ混合して使用した。CUS5-0.3 には産地の異なる2種類（銅スラグ A および銅スラグ B）を使用した。両スラグの粒度分布を図-1 に示す。図-1 より、両スラグとも JIS の銅スラグ CUS5-0.3 の標準粒度範囲に収まっているが、Aの方が粒度が粗いことがわかる。また、デジタルカメラで撮影した画像から、投影周長 L、投影面 F を求め、次式により円形度係数 C を求めた。その結果、銅スラグ A の円形度係数は 0.673、B の円形度係数は 0.695 となり、粒度の粗い A の方が、円形度係数が小さく、角張った形状であることがわかった。

$$C = \frac{4\pi F}{L^2}$$

コンクリートの作製は、目標スランブ 10±2.5cm、目標空気量 4.5±1.5%とした。水セメント比を 55%、細骨材率 42%、銅スラグの置換率は細骨材に対して体積

比で 30%とし、混和剤量を調整し、目標スランブおよび目標空気量を得た。また、ブリーディングを抑制するために、銅スラグの 20%（体積比）をフライアッシュで外割り置換した配合も作製した。決定した配合を表-2 に示す。配合名は、基本配合を N、銅スラグ A を用いた配合を A、銅スラグ B を用いた配合を B とした。また、フライアッシュを併用した配合には F を付けた。

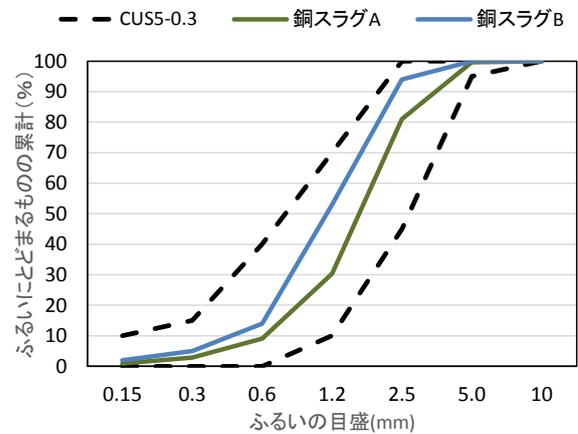


図-1 銅スラグの粒度分布

表-1 使用材料

使用材料	記号	詳細
普通ポルトランドセメント	C	(密度3.15g/cm <sup>3</sup> , 比表面積3290cm <sup>2</sup> /g)
		(密度3.16g/cm <sup>3</sup> , 比表面積3240cm <sup>2</sup> /g)
		(密度3.16g/cm <sup>3</sup> , 比表面積3360cm <sup>2</sup> /g)
普通粗骨材	G	碎石2005(表乾密度2.65g/cm <sup>3</sup> , 吸水率0.43%)
普通細骨材	S	山砂(表乾密度2.64g/cm <sup>3</sup> , 吸水率1.39%)
銅スラグ	CUS	産地A(表乾密度3.55g/cm <sup>3</sup> , 吸水率0.02%)
		産地B(表乾密度3.48g/cm <sup>3</sup> , 吸水率0.02%)
フライアッシュ	FA	II種灰(密度2.26g/cm <sup>3</sup> , 比表面積3940cm <sup>2</sup> /g)
混和剤	dAE	変性リグニンスルホン酸化合物とポリカルボン酸系化合物の複合体
	AE	高級脂肪酸及び非イオン系界面活性剤

表-2 コンクリートの示方配合

配合名	W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m <sup>3</sup> )						AE 減水剤	AE剤	スランブ (cm)	空気量 (%)	コンクリート温度 (°C)
			W	C	FA	S	CUS	G					
N	55	42	165	300	0	756	0	1060	C*0.5%	C*0.05%	9.5	4.5	20.5
A	55	42	165	300	0	536	309	1060	C*0.5%	C*0.05%	10.5	4.0	21
B	55	42	165	300	0	536	303	1060	C*0.5%	C*0.05%	12.5	3.5	17
AF	55	42	165	300	39	536	247	1060	C*0.5%	C*0.20%	11.5	4.8	20
BF	55	42	165	300	39	536	242	1060	C*0.5%	C*0.20%	12.5	4.6	18.5

ブリーディング試験は、JIS A 1123 に準拠し、表-3 の配合について行った。測定間隔としては、最初の 60 分は 10 分ごとにコンクリートの表面にしみ出た水を吸い取り、それ以降はブリーディングが認められなくなるまで、30 分ごとに水を吸い取った。

圧縮強度試験は、JIS A 1108 に準拠し、表-3 に示す銅スラグ A を用いた配合について行った。 $\phi 100 \times 200 \text{mm}$  の円柱供試体を各配合 3 本作製し、 $20^\circ\text{C}$  水中養生後、材齢 28 日で圧縮強度試験を行った。

### 3. 実験結果

#### 3.1 ブリーディング試験

銅スラグを用いた配合のブリーディング試験の結果を図-2 に示す。図から、産地に関わらず銅スラグを用いた配合の方が、ブリーディング量が増加することが分かった。また、銅スラグ B を用いた配合の方が、銅スラグ A よりも若干ブリーディング量が大きくなった。これは、打設時期の差により、練り上がり温度が、銅スラグ B を用いた配合が  $17^\circ\text{C}$ 、銅スラグ A を用いた配合が  $20^\circ\text{C}$  と異なることが原因として考えられる。また、フライアッシュによるブリーディング抑制効果を図-3 に示す。銅スラグ A、B ともにフライアッシュを用いた配合のブリーディング率は、1.5~2%程度抑制できた。したがって、銅スラグの一部をフライアッシュで置き換えることにより、ブリーディングの抑制効果が認められた。

#### 3.2 圧縮強度試験

図-4 に各配合の圧縮強度試験の結果を示す。全配合ともほぼ同等の結果となった。静弾性係数は銅スラグを用いた配合でやや大きくなったものの、フライアッシュを併用した場合はやや小さくなった。

### 4. まとめ

本研究で得られた知見を以下に示す。

- (1) 銅スラグ (CUS5-0.3) を置換率 30% で用いた場合、普通コンクリートに比べブリーディングが増加する。
- (2) 銅スラグの一部をフライアッシュで置き換えることにより、ブリーディングを普通コンクリートと同程度まで抑制することが可能である。
- (3) 銅スラグを用いた配合および銅スラグの一部をフライアッシュで用いた配合は普通コンクリートと同程度の圧縮強度となった。

以上のことから、銅スラグの中でも粒度の粗い CUS5-0.3 を細骨材に対して 30% 用いた配合でも、フラ

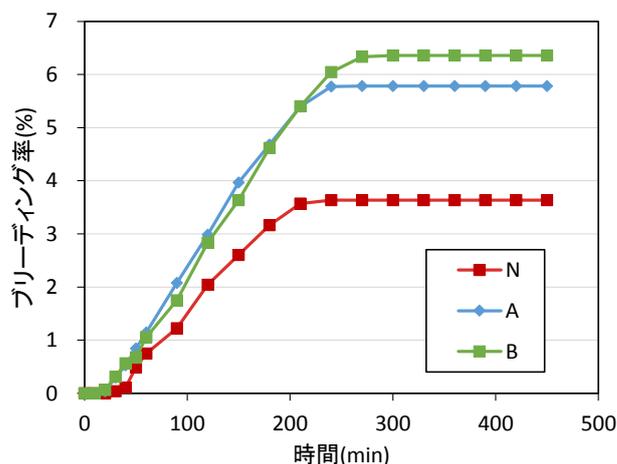


図-2 スラグがブリーディングに与える影響

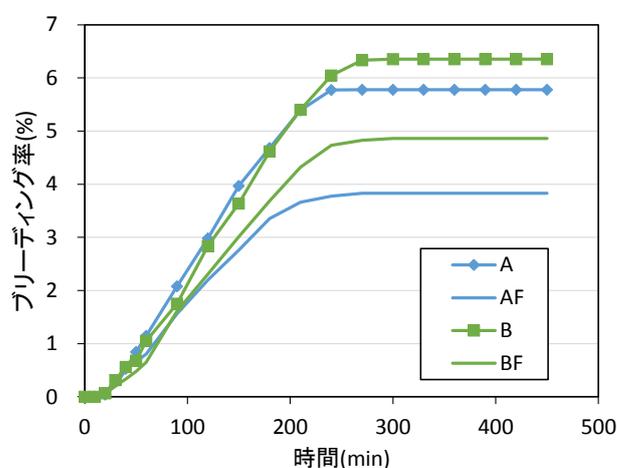


図-3 FAによるブリーディング抑制効果

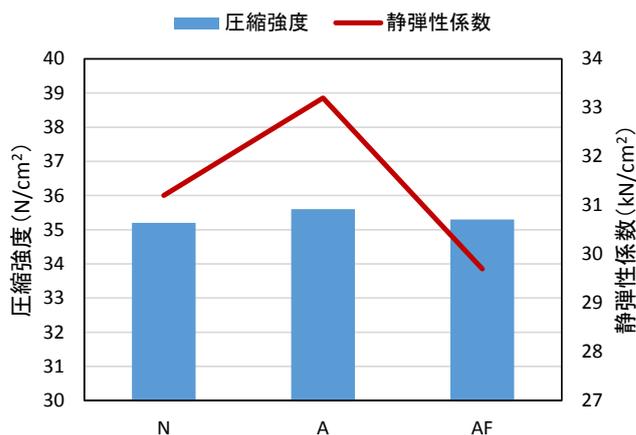


図-4 圧縮強度試験結果

イアッシュを併用することで、強度、ブリーディングともに普通コンクリートと同程度となり、十分使用可能である。

謝辞：本研究は、土木学会非鉄スラグ骨材コンクリート研究小委員会の活動の一環として行ったものである。関係者各位に謝意を表す。