

銅スラグ CUS5-0.3 を用いたコンクリートへの フライアッシュの内割・外割混和によるブリーディング性状の変化

九州大学大学院 正会員 佐川 康貴 九州大学工学部 学生会員 渡辺 総太
九州大学大学院 正会員 山本 大介 九州大学大学院 フェロー会員 濱田 秀則

1. はじめに

著者らは、既往の研究において、普通細骨材の30%（体積比）を銅スラグ細骨材 CUS5-0.3 に置き換えた場合、普通コンクリートに比べてブリーディングが増加するものの、銅スラグの一部をフライアッシュ II 種で置き換えることによりブリーディングを抑制できることを明らかにした。本研究ではさらなる検討を行うため、フライアッシュをセメントに対して内割または外割置換した場合のブリーディング性状を調べた。さらに、代表的な配合について、高さ 1800mm の壁部材を作製し、高さ方向の圧縮強度および単位容積質量を比較した。

2. ブリーディング試験結果

2.1 試験方法

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。使用した銅スラグ細骨材 CUS5-0.3 および普通細骨材（山砂）の粒度分布を、図-1 に示す。

コンクリートは、目標スランプ $10 \pm 2.5\text{cm}$ 、目標空気量 $4.5 \pm 1.5\%$ とした。水セメント比 55%, 単位水量 165kg/m^3 、細骨材率 42% を一定とし、混和剤の量を調整しながら配合を決定した（表-2）。普通骨材コンクリートを配合 N とし、細骨材の 30%（体積比）を銅スラグ細骨材で置換した配合を配合 N-S とした。配合 F-S は、配合 N-S に対してセメントの 20%（質量比）をフライアッシュ II 種で内割置換したものであり、フライアッシュセメント B 種に相当するものとした。なお、配合 N-S のみ単位水量が 155kg/m^3 となった。配合 N-S-F2 および N-S-F4 はそれぞれ、銅スラグ細骨材の 20%（体積比）をフライアッシュ II 種、IV 種で置換したものである。この 2 配合では単位セメント量は配合 N と同じであるため、いわゆる外割置換である。ブリーディング試験は、JIS A 1123 に準拠して行った。

表-1 使用材料

使用材料	記号	種類・品質
普通ポルトランドセメント	C	A社製(密度 3.15g/cm^3 、比表面積 $3290\text{cm}^2/\text{g}$)
		B社製(密度 3.16g/cm^3 、比表面積 $3240\text{cm}^2/\text{g}$)
		C社製(密度 3.16g/cm^3 、比表面積 $3360\text{cm}^2/\text{g}$)
フライアッシュ	FA	II種灰(密度 2.26g/cm^3 、比表面積 $3940\text{cm}^2/\text{g}$)
		IV種灰(密度 2.18g/cm^3 、比表面積 $2750\text{cm}^2/\text{g}$)
普通細骨材	S	山砂(表乾密度 2.64g/cm^3 、吸水率1.39%)
銅スラグ	CUS	CUS5-0.3(表乾密度 3.55g/cm^3 、吸水率0.02%)
普通粗骨材	G	砕石2005(表乾密度 2.65g/cm^3 、吸水率0.43%)
混和剤	AE減水剤(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剤(高級脂肪酸及び非イオン系界面活性剤)	

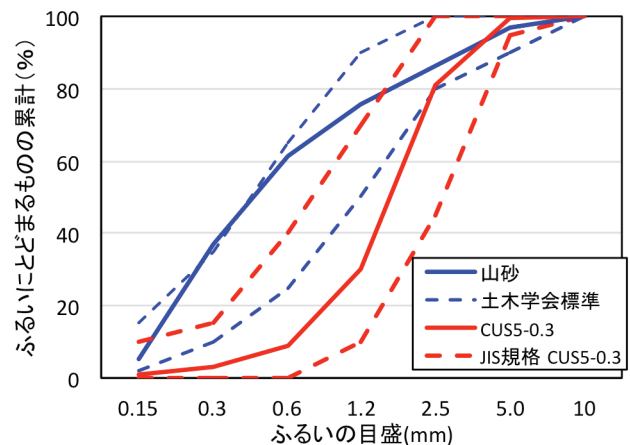


図-1 使用した細骨材の粒度分布

表-2 コンクリートの配合

配合	W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m^3)						AE減水剤	AE剤	スランプ (cm)	空気量 (%)	コンクリート温度 ($^{\circ}\text{C}$)
			W	C	FA	S	CUS	G					
N	55	42	165	300	0	756	0	1065	C*0.5%	C*0.05%	9.5	4.5	20.5
N-S	55	42	165	300	0	536	309	1065	C*0.5%	C*0.05%	10.5	4.0	21.0
F-S	55	42	155	225	56	542	313	1074	C*0.5%	C*0.18%	11.5	5.8	17.0
N-S-F2	55	42	165	300	39	536	247	1065	C*0.5%	C*0.20%	11.5	4.8	20.0
N-S-F4	55	42	165	300	38	536	247	1065	C*0.5%	C*0.20%	12.5	4.0	17.0

2.2 試験結果

ブリーディング試験結果を、図-2 に示す。普通骨材コンクリート (N) 中の普通骨材の一部を銅スラグ細骨材とすること (N-S) によってブリーディング量が増加した。セメントをフライアッシュセメント B 種相当に変化 (F-S) させても、ブリーディング量は減少せず、同等か若干増加する結果となった。外割配合において、IV 種を用いた N-S-F4 では N よりもブリーディング量が若干減少するに留まった。一方、II 種を用いた N-S-F2 では顕著なブリーディング抑制効果が認められ、N と同等となった。N-S と比べて、N-S-F2 は銅スラグ細骨材の単位量が小さいため、そのことによりブリーディング量が減少したとも考えられるが、ブリーディング量が N と同等になるまで大幅に減少していることから、単位粉体量の増加に伴うペーストの粘性増加による効果の方が大きかったものと考えられる。

3. 壁部材における高さ方向の強度分布

3.1 試験方法

幅 500mm、奥行き 200mm、高さ 1800mm の壁部材をコンクリートで作製し、高さ方向の強度分布を調べた。配合 N および銅スラグ細骨材コンクリートのうちブリーディング量に最も差が認められた N-S および N-S-F2 について、壁部材を作製した。棒形パイプレータで振動締固めを行いながら、連続的にコンクリートを打設した。材齢 3 日で脱型した後、材齢 28 日でコア採取するまで実験室内においてプラスチックフィルムで封かん養生した。コアは底面から 200mm (下部)、900mm (中部)、1600mm (上部) の 3 箇所から採取 (各箇所 3 本) し、圧縮強度およびコアの単位容積質量を求めた。

3.2 試験結果

図-3 および図-4 に、コアの強度および単位容積質量 (3 本の平均) をそれぞれ示す。いずれの配合においても上部に行くほど強度や単位容積質量が小さくなっていることが分かる。この一因として、ブリーディングに伴う材料分離の影響が考えられる。銅スラグ細骨材を使用した配合 N-S において、分布の勾配が配合 N よりも大きい。フライアッシュ II 種を外割混和 (配合 N-S-F2) することによりその勾配が配合 N と近くなり、材料分離の影響が抑えられていることが分かる。

4. まとめ

細骨材の一部を銅スラグ細骨材 CUS5-0.3 で置換しただけではブリーディング量が大きくなり、高さの大きい部材では材料分離の影響が懸念された。しかし、単位セメント量一定のまま銅スラグ細骨材の一部をフライアッシュと置換し、単位粉体量を増加させることで、ブリーディングの影響が抑えられることが分かった。

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。

参考文献 1) 酒井俊男, 佐川康貴, 山本大介：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, 平成 26 年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集, pp.649-650, 2015.3

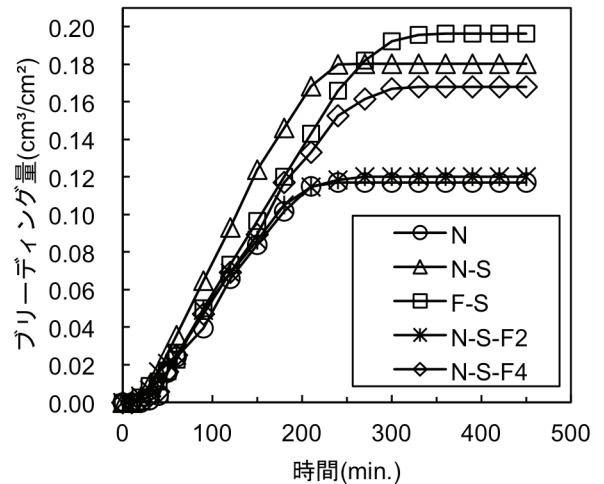


図-2 ブリーディング試験結果

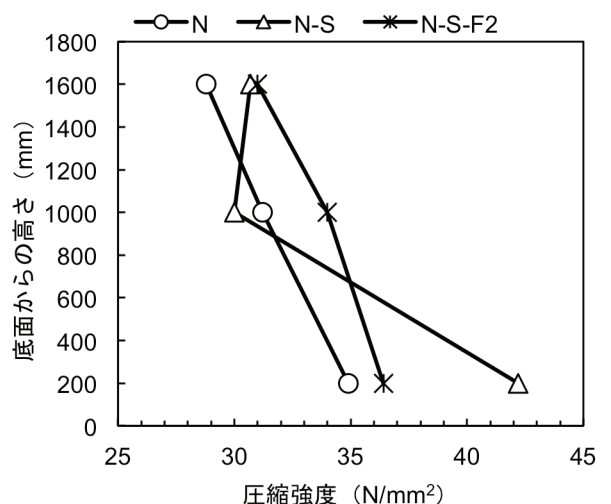


図-3 コアの強度分布

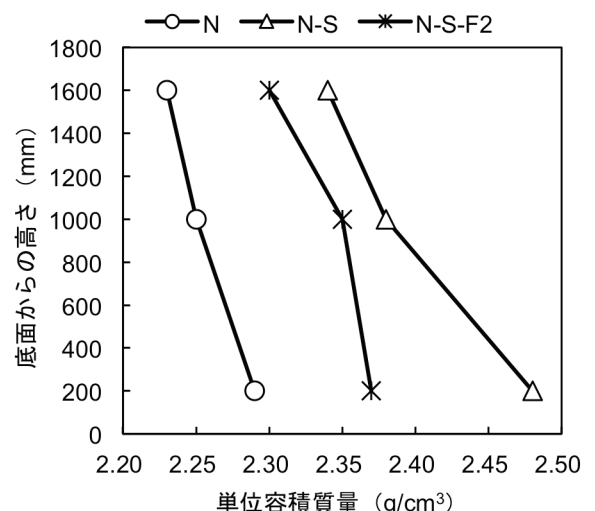


図-4 コアの単位容積質量分布