

リサイクル材料を用いた水中不分離性重量モルタルの基本性状

東洋大学 学生会員 ○宮根 正和

東洋大学 フェロー会員 福手 勤

東洋建設（株） 正会員 末岡 英二、審良 善和、森田 浩史

1. 背景および目的

産業副産物である高密度のスラグ骨材の利用は、産業副産物の再資源化とともにコンクリートの重量化を図ることができる。この重量コンクリートを水中不分離化させることで、水中の基礎や構造物の安定性向上などが期待でき、震災等により被害を受けた施設の復旧に貢献できると考えられる。そこで、本研究では、スラグ細骨材を使用した水中不分離性コンクリートの開発を目的に、スラグ骨材を用いた水中不分離性モルタルのフレッシュおよび硬化性状について検討を行った。

2. 使用材料

本試験で用いた使用材料を表1に示す。スラグ細骨材は、銅スラグ2種類（以下 CuS1,CuS2）、電気炉酸化スラグ2種類（以下 EFS1,EFS2）の4種類を用いた。CuS はいずれも水砕処理されており、産地の異なるものを用いた。EFS は急冷、風砕処理された球状のものを EFS1 とし、急冷、破碎処理されたものを EFS2 とした。また、比較用に陸砂（以下 NS）を用いた。表2は骨材試験の結果である。NS と比べて表乾密度や粗粒率が大きいことがわかる。また、CuS は NS よりも実積率が 10%程度小さく、EFS2 は微粒分量が非常に多い骨材であることがわかる。

3. スラグ骨材がフレッシュおよび硬化性状に及ぼす影響

各スラグ骨材がモルタルのフレッシュおよび硬化性状に及ぼす影響を検討した。実験はスラグ細骨材の置換率のみを変化させたモルタルを作製し、モルタルフロー試験および圧縮強度試験を行った。モルタルフロー試験は、直径 20cm に到達するまでの時間と、5 分経過時のモルタルフロー値を測定した。モルタルの配合を表3に示す。W/C は 0.55 とした。なお、s/c は容積比である。

気中および水中打設のフレッシュおよび硬化性状は同様な傾向を示した。そこで、本稿では気中打設の試験結果を示す。図1にスラグ置換率と 20cm 到達時間との関係を、図2にスラグ置換率と 5 分経過後のモルタルフロー値との関係を示す。CuS はいずれもスラグ置換率が大きくなるに従い、20cm 到達時間が遅くなり、モルタルフロー値が小さくなる傾向にあった。一方、EFS はいずれも 20cm 到達時間が早くなり、モルタルフロー値が大きくなる傾向にあった。CuS は粗粒率が大きく実積率が低いためであると考えられる。一方、EFS1 は球形のためボールベ

表 1 使用材料

	記号	種類	備考
練混ぜ水	W	上水道水	
セメント	C	高炉セメントB種	密度3.04g/cm ³
細骨材	NS	陸砂	
	CuS1	銅スラグ	水砕処理 産地:O
	CuS2	銅スラグ	水砕処理 産地:S
	EFS1	電気炉酸化スラグ	急冷・風砕処理 産地:A
	EFS2	電気炉酸化スラグ	急冷・破碎処理 産地:A
	Ad1	水中不分離性混和剤	セルローズ系
混和剤	Ad2	高性能減水剤	ポリアミドエストラマー系
	Ad3	AE減水剤	リグニンスルホン酸化合物とポリカルボン酸エーテルの複合体 遅延型

表 2 各種骨材試験結果

	NS	CuS1	CuS2	EFS1	EFS2
表乾密度(g/cm ³)	2.60	3.52	3.53	3.33	3.91
吸水率(%)	1.86	0.31	0.28	0.49	1.31
微粒分量(%)	1.20	0.41	0.74	0.71	10.46
単位容積質量(kg/L)	1.73	1.95	2.07	2.20	2.63
実積率(%)	67.8	55.6	58.7	66.5	68.3
粗粒率(%)	2.66	3.20	3.81	3.47	2.76

表 3 モルタルの基本配合

W/C	s/c	W (kg/m ³)	Ad1 (kg/m ³)	Ad2 (C×%)	Ad3 (C×%)
55	1.77	362	4.0	1.4	1.5

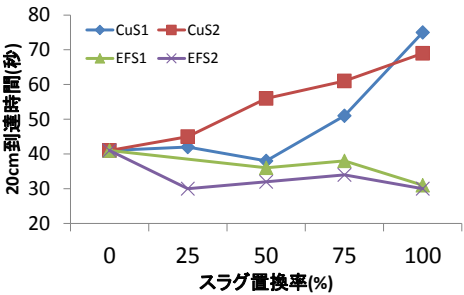


図 1 スラグ置換率と 20cm 到達時間との関係

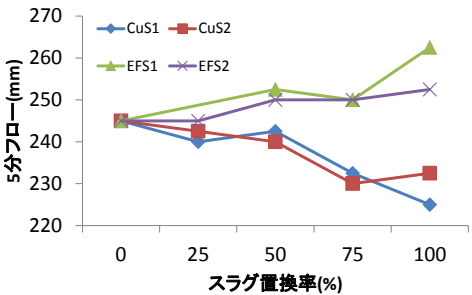


図 2 スラグ置換率と 5 分フロー値との関係

キーワード 水中不分離性コンクリート、銅スラグ、電気炉酸化スラグ、重量モルタル、リサイクル
連絡先 〒350-0815 埼玉県川越市鯨井 2100 東洋大学大学院 工学研究科 Tel 049-239-1300

アリング効果により、また EFS2 は微粒分量が多く十分なペーストが確保されたため、良好な流動性が得られたものと考えられる。

図 3 に材齢 28 日におけるスラグ置換率と圧縮強度との関係を示す。CuS1,2 および EFS1 を用いた水中不分離性重量モルタルの圧縮強度は、NS と同等または若干低下する傾向を示した。しかし、EFS2 はスラグ置換率が大きくなるにつれ、圧縮強度も増進する傾向を示した。

4. 同等のフレッシュ性状を有する水中不分離性モルタルの硬化性状

前述の結果から、スラグ置換率を変化させることで、フレッシュおよび硬化性状が異なることが明らかになった。そこで、NS を用いたモルタルのモルタルフロー値と同等となるように配合の修正を行った。表 4 に修正後のモルタルの配合を示す。なお、s/c は容積比である。CuS については、スラグ置換率 100%の配合では目標とするモルタルフロー値に届かなかったため、スラグ置換率を 75%に下げた配合とした。EFS については、目標とするモルタルフロー値を超えたため、単位水量を減らした配合とした。なお、CuS はスラグ置換率 100%において最大のスランプフロー値が得られた配合も併せて示す (CuS1-1, CuS2-1)。

図 4 に、材齢 28 日の圧縮強度および水中気中強度比を示す。水中強度は気中強度よりも若干低下する傾向にある。しかし、いずれの配合においても水中気中強度比は概ね 0.9~1.0 程度であり、水中不分離性混和剤の品質規格¹⁾

の 0.8 と比較しても高い水中分離抵抗性を有していると考えられる。また、EFS2 は NS より高い圧縮強度を、その他のスラグ骨材は NS と同等または若干低い圧縮強度

を有していた。これは、図 3 で示した結果と同様の傾向である。

図 5 に材齢 28 日のみかけの密度を示す。いずれのスラグを使用した配合も、NS と比べ約 1.13~1.29 倍の密度が得られ、水中不分離性モルタルを重量化させることができた。

6. まとめ

CuS および EFS1 を用いた水中不分離性モルタルは、陸砂を用いた水中不分離性モルタルの圧縮強度よりも若干低下する傾向が認められた。しかし、EFS2 についてはスラグ置換率が上がるに従い、圧縮強度が増進する傾向が認められた。両者のメカニズムについては本研究で解明するに至らなかった。しかし、いずれのスラグ骨材も著しい強度低下は認められず、また、水中気中強度比も高い値を示していることから、水中不分離性重量モルタル用骨材として活用可能であると考えられる。ただし、施工性を考えると、CuS を利用する場合には陸砂と併用した方が、より良い流動性が得られると考えられる。

参考文献：1)土木学会コンクリートライブラリー第 67 集「水中不分離性コンクリート設計施工指針（案）」

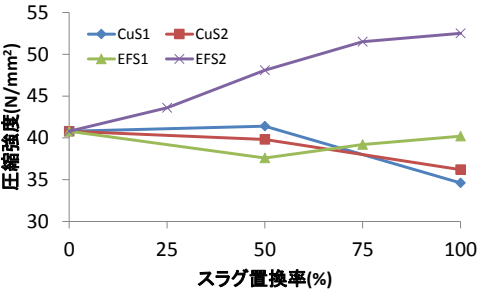


図 3 スラグ置換率と材齢 28 日の圧縮強度

表 4 モルタルの配合

使用骨材	砂：スラグ	W/C(%)	s/c	W (kg/m³)	C (kg/m³)	S1 (kg/m³)	S2 (kg/m³)	Ad1 (kg/m³)	Ad2 (C×%)	Ad3 (C×%)	20cm到達 時間(秒)	5分経過 時フロー (mm)
NS	100:0	55	1.87	352	641	1035	0	4.0	1.4	1.0	42	245
CuS1-1	0:100	55	1.65	372	676	0	1293	4.0	1.6	1.0	57	233
CuS1-2	25:75	55	1.77	362	658	249	1013	4.8	1.4	1.5	43	243
CuS2-1	0:100	55	1.65	372	676	0	1296	4.8	1.4	1.5	61	230
CuS2-2	25:75	55	1.84	357	649	254	1035	4.0	1.4	1.0	42	243
EFS1	0:100	55	2.02	342	622	0	1379	4.0	1.4	1.0	38	245
EFS2	0:100	55	1.95	347	631	0	1587	4.0	1.4	1.0	39	243

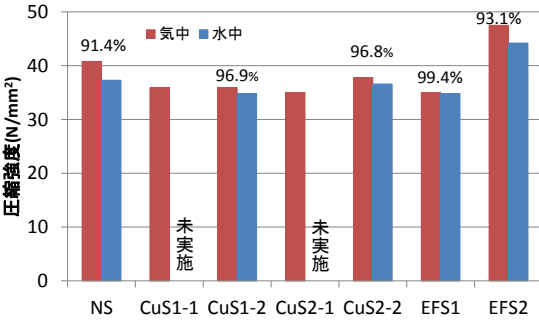


図 4 材齢 28 日の圧縮強度および水中気中強度比

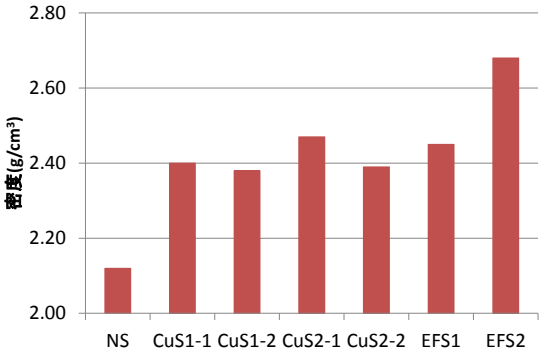


図 5 材齢 28 日のみかけの密度