

リサイクル材料を用いた水中不分離性コンクリートのフレッシュ性状

東洋大学 学生会員 ○ 町田直哉, 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・目的

産業副産物である高密度のスラグ骨材の利用は、資源の再利用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、震災等により被害を受けた施設の復旧など、より重量が必要とされる水中でのコンクリート工事に貢献できると考えられる。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モルタルおよびコンクリートのフレッシュ性状について検討を行った。

2. 実験概要

天然骨材である陸砂及び砕石を用いた水中不分離性コンクリートのフレッシュ性状を目標値とし、スラグ骨材を用いた場合の配合検討を行った。なお、細骨材および粗骨材の 2 種類の影響を分離させるため、まずはモルタルでの検討を行い、目標値を満足するモルタルの最適配合を用いて、コンクリートでの確認試験を行った

3. 使用材料

使用したリサイクル材料は、銅スラグ細骨材を 2 種類(以下, CuS1 及び CuS2), 電気炉酸化スラグ細骨材を 2 種類(以下, EFS1 及び EFS2), 電気炉酸化スラグ粗骨材を 1 種類(EFG)とした。CuS は水砕処理により製造されており、黒色のガラス質で、高密度であるが、粗粒率が高く実積率が低いといった特徴を有す。一方, EFS1 は風砕・急冷処理により製造されたもので、球形をしたセラミック材料である。EFS2 及び EFG は、急冷・破碎処理により製造されている。なお、比較用に陸砂(表乾密度 2.6g/cm³, 吸水率 1.86%, 粗粒率 2.66)および砕石(表乾密度 2.66g/cm³, 吸水率 0.58%)を用いた。骨材試験の結果を表 1 に示す。

表 1 骨材試験結果

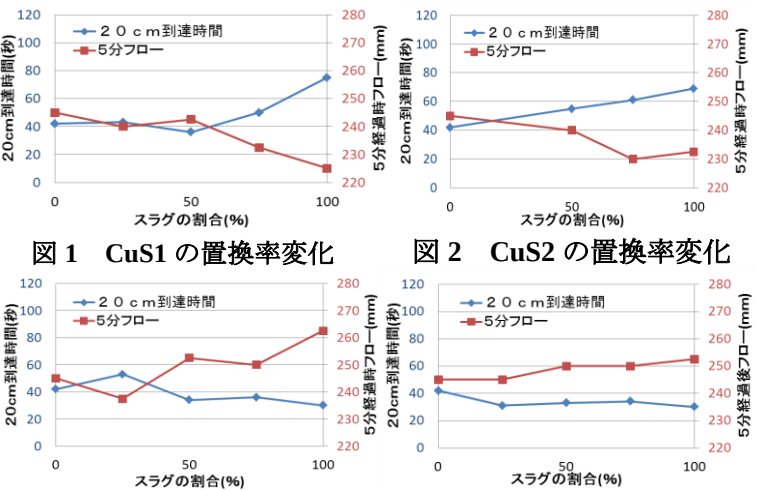
	CuS1	CuS2	EFS1	EFS2	EFG
表乾密度(g/cm ³)	3.52	3.53	3.33	3.91	3.73
絶対密度(g/cm ³)	3.51	3.52	3.31	3.85	3.68
吸水率(%)	0.31	0.28	0.49	1.31	1.33
微粒分量(%)	0.41	0.74	0.71	10.46	0.70
単位容積質量(kg/L)	1.95	2.07	2.20	2.63	2.10
実積率(%)	55.57	58.66	66.50	68.30	57.00
粗粒率(%)	3.20	3.81	3.48	2.76	6.51

セメントには高炉セメント B 種を、混和剤には、セルロース系水中不分離性混和剤、高性能減水剤および、AE 減水剤を使用した。

4. 水中不分離性モルタルのフレッシュ性状

フレッシュ性状の検討には気中及び水中でのモルタルフロー試験を行い、直径 200mm までの到達時間(秒)及び 5 分経過後のモルタルフロー値(mm)を測定した。W/C を 0.55 とし、容積配合は、W : 352ℓ/m³, C : 211 ℓ/m³, S : 398 ℓ/m³である。気中、水中ともに同様な結果となったため、ここでは気中の結果について記す。

図 1 及び図 2 は CuS の置換率を変化させたものである。いずれの CuS もスラグ置換率が 50% 以上になるとモルタルの流動性が低下する傾向に



あった。図 3 及び図 4 は EFS の結果を示す。EFS は CuS の傾向と異なり、スラグ置換率が大きくなると流動性が向上する傾向を示した。CuS は単一粒度であり実積率が低いため、モルタルを良好に流動させる余剰ペースト分が減

少しのためであると考えられる。一方、EFS1 は球形のためボールベアリング効果により、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ためと考えられる。上記結果を基に、モルタルの配合修正を行った。表 2 にモルタル試験の最適配合及びモルタルフロー試験の結果と目標値(NS)及びその配合を示す。CuS については、置換率 100% の場合では目標値を満足することはできなかった。そのため、置換率 100% の配合において最大の流動性能を発揮した配合と置換率を 75% に下げた配合とした。EFS については、目標値以上の流動性能を発揮していたため、単位水量を減らした配合とした。

5. 水中不分離性コンクリートのフレッシュ性状

前章の最適配合(表 2)を基に、粗骨材(EFG)量を一定としたコンクリート配合としコンクリートの試験練りを行った。配合を表 3 に示す。検討にはスランプフロー試験、空気量試験、水中分離度試験を行い、空気量(%), pH, 懸濁物質質量(mg/L), 5 分経過後のスランプフロー値、を計測した。試験の結果を表 4 に示す。5 分経過後のスランプフロー値については、大部分が一般的なフロー値である 450mm~550mm の範囲にあった。また、図 5 にモルタルフロー試験とスランプフロー試験の比較を示す。EFS1 及び CuS2-2 の結果に違いがあるものの、それ以外の配合はおおむね同様な流動傾向を示した。モルタルでの検討は有効な手段であると考えられる。

空気量と pH においては、水中不分離性混和剤の品質規格(空気量 : 4.5% 以下, pH : 12.0 以下, 懸濁物質質量 : 50mg/L 以下)と比較しても良好な結果であった。一方、懸濁物質質量は規格と比べて若干大きかった。また、陸砂(NS)と他のスラグ細骨材を比較すると CuS は同等の値、EFS は NS よりも大きな値となった。CuS は微粒分量が少ないため懸濁物質質量が少なかったのに対し、EFS1 は球形で細骨材に対するセメントの付着力が小さいため、EFS2 は微粒分量が多すぎるために懸濁物質質量が増加したものと考えられる。この懸濁物質質量すなわち材料分離を抑えるためには水中不分離性混和剤の量を多くするなどの配合修正が必要と考えられる。

図 6 に各配合の単位容積質量を示す。一般的なコンクリートが 2.3g/cm³ であるのに対して、スラグ骨材を用いた場合は、それぞれの骨材密度の違いにより単位体積質量は 2.87~3.05g/cm³ となった。したがって、1.24~1.32 倍の重量化が可能になると考えられる。

6. 結論

水中不分離性コンクリートにスラグ細骨材を使用しても十分な流動性能を確保できると考えられる。今後は、懸濁物質質量すなわち材料分離を抑えるように若干の配合修正が必要であるが、スラグ骨材を用いた水中不分離性コンクリートの製造は可能であると考えられる。

参考文献 : 土木学会 : 水中不分離性コンクリート設計施工指針(案), コンクリートライブラリ, No.67

表 2 モルタル試験の最適配合及びフロー試験結果

使用骨材	砂:スラグ	w/c(%)	s/c	w(kg/m ³)	水中不分離性 混和剤(kg/m ³)	高性能減 水剤(%)	AE減水 剤(%)	20cm到達 時間(秒)	5分経過時 フロー(mm)
NS	100:0	55	1.87	352	4.0	1.4	1.0	42	245×245
CuS1-1	0:100	55	1.65	372	4.8	1.6	1.0	57	235×230
CuS1-2	25:75	55	1.77	362	4.0	1.4	1.5	43	240×245
CuS2-1	0:100	55	1.65	372	4.8	1.4	1.5	61	230×230
CuS2-2	25:75	55	1.84	357	4.0	1.4	1.0	42	245×240
EFS1	0:100	55	2.02	342	4.0	1.4	1.0	38	245×245
EFS2	0:100	55	1.95	347	4.0	1.4	1.0	39	240×245

表 3 水中不分離性コンクリート配合表

配合	砂:スラグ	w/c(%)	s/a(%)	w(kg/m ³)	水中不分離性 混和剤(kg/m ³)	高性能減 水剤(%)	AE減水 剤(%)
CuS1-1	0:100	55	39.0	233	3.0	1.6	1.0
CuS1-2	25:75	55	40.0	226	2.5	1.4	1.5
CuS2-1	0:100	55	39.0	233	3.0	1.4	1.5
CuS2-2	25:75	55	40.5	223	2.5	1.4	1.0
EFS1	0:100	55	41.0	213	2.5	1.4	1.0
EFS2-1	0:100	55	41.0	216	2.5	1.4	1.0
EFS2-2	0:100	55	41.6	216	3.0	1.4	1.0
NS1	100:0	55	41.0	220	2.5	1.4	1.0
NS2	100:0	55	41.0	220	2.5	1.2	1.0

表 4 コンクリートにおける各試験結果

配合	空気量 (%)	pH	懸濁物質質量 (mg/L)	5分経過後 フロー(mm)
CuS1-1	4.7	10.77	82.7	485.0
CuS1-2	4.4	10.90	132.0	542.5
CuS2-1	4.1	10.67	81.0	487.5
CuS2-2	4.5	10.98	115.3	510.0
EFS1	3.2	11.32	145.3	507.5
EFS2-1	3.1	11.27	139.0	565.0
EFS2-2	4.2	11.00	78.7	537.5
NS1	3.0	10.88	88.0	582.5
NS2	4.0	10.82	103.0	552.5

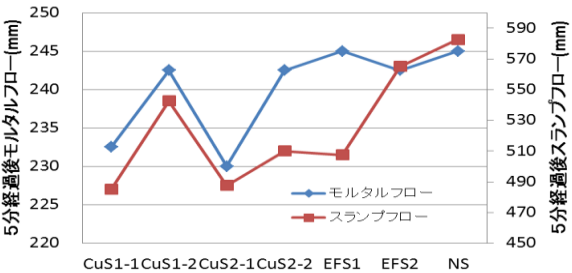


図 5 モルタルとコンクリートの比較

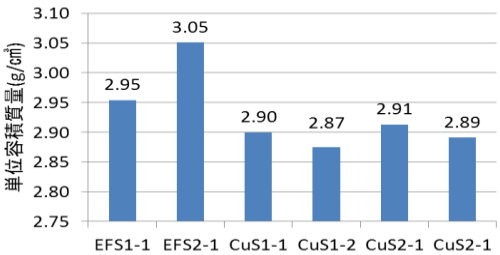


図 6 各配合における単位容積質量