

リサイクル材料を用いた水中不分離性重量コンクリートの基本性状

東洋建設(株) 正会員 ○森田 浩史, 審良 善和, 竹中 寛
 東洋大学 フェロー会員 福手 勤
 学生会員 宮根 正和, 町田 直哉

1. はじめに

我が国では、様々な産業から排出される副産物を建設用資材として再利用する率が高く、天然骨材の枯渇の観点からコンクリート用骨材としての利用も増加することが予想される。銅スラグや電気炉酸化スラグについても、既にコンクリート用骨材として JIS に制定されており、更なる普及が期待されている。これらのスラグ骨材の特長は普通骨材に比べて高密度であるため、コンクリートを重量化させることが可能となる。また、地震による津波を想定した場合、水中コンクリートの重量化は水中基礎・構造物の安定性の向上などが期待できるため、今後需要の増加が考えられる。そこで、本研究では水中構造物の重量化を目的として、スラグ骨材を用いた水中不分離性コンクリートの検討を行った。本稿では、そのフレッシュおよび硬化性状について述べる。

2. 使用材料

本試験に用いた使用材料を表 1 に示す。スラグ骨材は、産地の異なる銅スラグ細骨材を 2 種類(以下, CuS1,2), 製造方法の異なる電気炉酸化スラグ細骨材を 2 種類(以下, EFS1,2), 電気炉酸化スラグ粗骨材を 1 種類(以下, EFG)を用いた。また、比較用の骨材として陸砂(以下, NS)を用いた。なお、使用した骨材のうち、CuS はいずれも粒度が単一であり、EFS1 は球形を有する形状であった。各種骨材の試験結果を表 2 に示す。いずれのスラグ骨材も、NS に比べて表乾密度や粗粒率が大きいことがわかる。また、CuS の実積率は、NS に比べ 10%程度小さかった。

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
粗骨材	EFS2	電気炉酸化スラグ	急冷・破砕処理 産地:A
	EFG	電気炉酸化スラグ	急冷・破砕処理 産地:A
	Ad1	水中不分離性混和剤	セルロース系
混和剤	Ad2	高性能減水剤	ポリアミドエラストマー系
	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 各種骨材の試験結果

	NS	CuS1	CuS2	EFS1	EFS2	EFG
表乾密度(g/cm ³)	2.60	3.52	3.53	3.33	3.91	3.73
吸水率(%)	1.86	0.31	0.28	0.49	1.31	1.33
微粒分量(%)	1.2	0.4	0.7	0.7	10.5	0.7
単位容積質量(kg/l)	1.73	1.95	2.07	2.20	2.63	2.10
実積率(%)	67.8	55.6	58.7	66.5	68.3	57.0
粗粒率(%)	2.66	3.20	3.81	3.48	2.76	6.51

3. 水中不分離性コンクリートの配合

水中不分離性コンクリートの配合を表 3 に示す。コンクリートの配合は、事前に行ったモルタル試験において、NS を用いた場合と同等のフレッシュ性状となったモルタル配合を参考に設定しており、水セメント比と単位粗骨材量(EFS1 を除く)を一定とした。

表 3 水中不分離性コンクリート配合

配合名	W/C (%)	s/a	W (kg/m ³)	C (kg/m ³)	S* (kg/m ³)	G (kg/m ³)	Ad1 (kg/m ³)	Ad2 (C×%)	Ad3 (C×%)
NS		41.0	220	400	647	1339	2.5	1.2	1.0
CuS1	55	39.0	233	424	808	1339	3.0	1.6	1.0
CuS2		39.0	233	424	808	1339	3.0	1.4	1.5
EFS1		41.0	213	387	829	1365	2.5	1.4	1.0
EFS2		41.6	216	393	1001	1339	3.0	1.4	1.0

※細骨材は全量置換とした

4. 水中不分離性コンクリートのフレッシュ性状

コンクリートのフレッシュ性状と水中不分離度を表 4 に示す。これらの結果より、配合 CuS1,2 および EFS1 は配合 NS と同等のモルタルフローであったにも係わらず、スランプフロー(以下, SF)は低下する傾向を示した。これは、配合 CuS1,2 では、NS に比べて細骨材の粗粒率が大きいこと、また、配合 EFS1 では、単位容積当たりのモルタル分が少ないことにより流動性が低下したと考えられるが、解明には至らなかった。一方、配合 EFS2 では、他のスラグ骨材を使用したコンクリートに比べて配合 NS と同程度の SF となった。これは、他のスラグ骨材に比べて微粒分量が多いことに起因したものと考えられる。

表 4 フレッシュ性状および水中不分離度

配合名	スランプフロー(mm)	空気量(%)	pH	懸濁物質質量(mg/l)
NS	552.5	4.0	10.8	103.0
CuS1	485.0	4.7	10.8	82.7
CuS2	487.5	4.1	10.7	81.0
EFS1	507.5	3.2	11.3	145.3
EFS2	565.0	3.1	11.3	139.0

品質規格 12.0以下 50.0以下

懸濁物質質量については、コンクリート用水中不分離性混和剤品質規格(50mg/l以下)と比べ大きい値を示した。

キーワード リサイクル, 水中不分離性コンクリート, 銅スラグ, 電気炉酸化スラグ, 重量コンクリート

連絡先 〒300-0424 茨城県稲敷郡美浦村受領 1033-1 東洋建設(株) 美浦研究所 TEL 029-885-7511

配合 NS は、粗骨材に EFG を使用しており、この微粒分が要因で、懸濁物質量は品質規格より大きい値となったものと考えられる。また、いずれの配合にも粗骨材の影響が考えられるが、配合 CuS1,2 は細骨材の微粒分量が少ないため、その他の配合よりも懸濁物質量が減少したと考えられる。一方、配合 EFS1 は骨材が球形で細骨材界面におけるセメントペーストの付着が低下したこと、配合 EFS2 は細骨材の微粒分量が多いことが懸濁物質量の増加に影響したものと考えられる。

5. 水中不分離性コンクリートの硬化性状

材齢 28 日における圧縮強度および水中気中強度比、見かけの密度をそれぞれ図 1, 2 に示す。

図 1 より、スラグ骨材を使用した水中不分離性コンクリートの圧縮強度は配合 NS と比較して同等かそれ以上の値を示した。また、水中気中強度比についても規格の 0.8 を上回る結果となり、高い水中分離抵抗性が認められた。

図 2 より、普通コンクリートの見かけの密度 (2.3g/cm³ 程度) に比べてそれぞれの配合は 2.76~3.03 g/cm³ となり、スラグ骨材を用いることで、水中不分離性コンクリートの重量化が可能であることがわかった。

気中打設のコンクリートの材齢と圧縮強度の関係、懸濁物質量と水中気中強度比の関係および圧縮強度と静弾性係数の関係をそれぞれ図 3~5 に示す。

図 3 より、配合や使用骨材の種類によって若干の圧縮強度の差は認められるものの、概ね配合 NS と同様の強度増進となることが確認された。また、既往の研究¹⁾と同様に、いずれの骨材も異常膨張などの悪影響はなかったと考えられる。

図 4 より、配合ごとにばらつきはあるものの、懸濁物質量が小さくなるとともに水中気中強度比が大きくなる傾向を示し、両者の相関が認められた。

図 5 より、スラグ骨材を使用した水中不分離性コンクリートの静弾性係数は、水中、気中打設によらず、普通砕石を用いた静弾性係数の推定式よりも大きな値を示した。配合 EFS1,2 については、既往の研究²⁾と同様に、EFS そのものが硬質であるため、コンクリートの静弾性係数が増加したと考えられる。

7. まとめ

銅スラグおよび電気炉酸化スラグを用いた水中不分離性コンクリートは、いずれも陸砂を用いた水中不分離性コンクリートと同等の硬化性状を示すことを確認した。また、単位容積質量が増加することから水中不分離性重量コンクリート用骨材として十分に活用可能であると考えられる。ただし、一部の配合において懸濁物質量が増加する傾向にあるため、さらに水中における材料分離の抑制を図る場合は、施工上の工夫や混和剤添加量の修正等で水中不分離度を向上させることが必要である。また、実用化にあたり、施工性および耐久性の検討も行う必要があると考えられ、今後の課題とする。

参考文献

- 1) 齋藤直, 浜田純夫, 松尾栄治, 福留和人: 金属スラグを骨材とした石炭灰コンクリートの品質と配合設計手法, 土木学会論文誌 No.693/VI-53,187-204,2001.12
- 2) 土木学会: 電気炉酸化スラグ骨材を用いたコンクリートの設計・施工指針(案), コンクリートライブラリー, No.110,2004 年

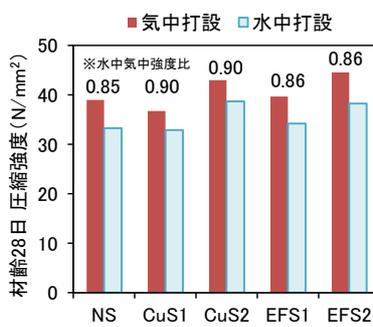


図 1 圧縮強度および水中気中強度比

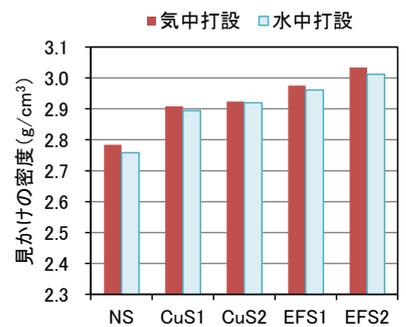


図 2 各配合の見かけの密度

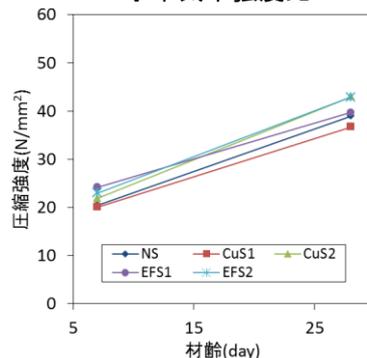


図 3 気中打設のコンクリートの圧縮強度の経時変化

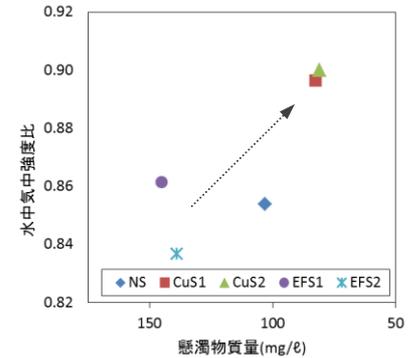


図 4 懸濁物質量と水中気中強度比の関係

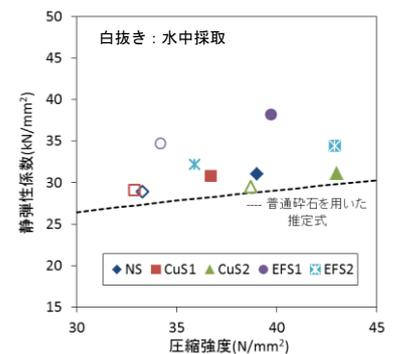


図 5 圧縮強度と静弾性係数の関係