

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強度特性

東洋大学 学生会員 ○宮根正和, 町田直哉
 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. 研究目的・背景

水中不分離性コンクリートは水中打設のコンクリートの品質の信頼性が飛躍的に向上するため、震災等によって損傷を受けた港湾構造物などの水中の構造物の修復に貢献できると考えられる。また、産業副産物の有効利用を目的に高比重のスラグ骨材を用いることで、水中不分離性コンクリートを重量化させることが可能で、構造部材の安定性を向上させることができると考えられる。そこで、本研究では、スラグ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およびコンクリートの硬化性状について検討を行った。

2. 研究概要

スラグ骨材が水中不分離性コンクリートの強度特性に及ぼす影響を検討するため、まずはスラグ置換率の異なる水中不分離性モルタル供試体を作製し圧縮強度試験を実施した。その後、同等のフレッシュ性状が得られると考えられた水中不分離性コンクリート供試体を作製し圧縮強度を調べた。なお、いずれの試験も水中および水中で打設した供試体の強度確認を行った。

た。

3. 使用材料

本試験ではスラグ細骨材として銅スラグ 2 種類 (CuS1,CuS2)、電気炉酸化スラグ 2 種類 (EFS1,EFS2) の計 4 種類を用い、スラグ粗骨材

として電気炉酸化スラグ (EFG) を用いた。銅スラグは水砕処理されおり、産地の異なるものである。電気炉酸化スラグは急冷、風砕処理された球状のものを EFS1 とし、急冷、破砕処理されたものを EFS2 とした。これら各種骨材に対し、ふるい分け試験、単位体積質量及び実積率試験、微粒分量試験、密度及び吸水率試験を行った。結果を表 1 に示す。また、比較用に陸砂 (NS、表乾密度 2.60g/cm³、吸水率 1.86%、粗粒率 2.66) 及び砕石 (NG、表乾密度 2.66g/cm³、吸水率 0.58%、粗粒率 6.71) を用いた。なお、セメントには高炉セメント B 種を、混和剤には、セルローズ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. モルタルの硬化性状

図 1~4 にスラグ細骨材の置換率と圧縮強度の関係を示す。なお、モルタル配合は、表 2 に示すとおり容積配合一定の条件で細骨材の置換率を変化させた。W/C は 0.55 である。

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
絶乾密度(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
単位体積質量(kg/L)	1.95	2.07	2.20	2.63	2.10
実積率(%)	55.6	58.7	66.5	68.3	57.0
粗粒率(%)	3.20	3.81	3.47	2.76	6.59

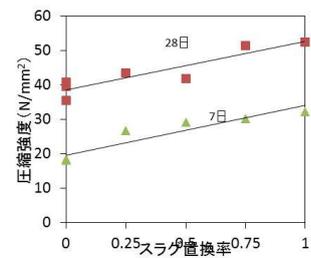
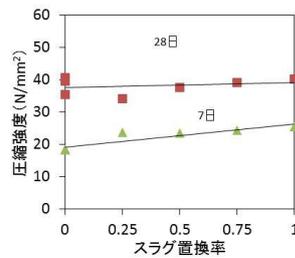
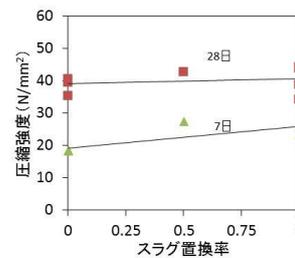
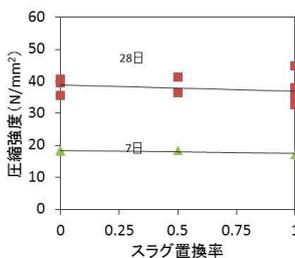


図 1 CuS1 の置換率変化 図 2 CuS2 の置換率変化 図 3 EFS1 の置換率変化 図 4 EFS2 の置換率変化

キーワード 銅スラグ, 電気炉酸化スラグ, 水中打設, 強度比

連絡先 〒350-0206 埼玉県坂戸市中小坂 836-8 TEL 049-270-0036 E-mail:kc0900436@toyo.jp

CuS はいずれも NS と同等の強度が得られ、EFS はスラグ置換率が大きくなるに従い、同等もしくは強度が増進する傾向を示した。次に、表 3 に示すモルタル配合で作製した供試体を用いて、水中気中強度比の確認を行った。

その結果を表 4 に示す。なお、配合は同等のフレッシュ性状が得られるように調整したものである。水中供試体は気中供試体よりも若干強度が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 8 割以上を十分満足しており、スラグ骨材は水中不分離性モルタルに利用可能であると考えられる。

5. コンクリートの硬化性状

表 5 に水中不分離性コンクリートの配合を示す。配合は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る配合を基に、粗骨材量一定の条件で定めた。

図 2 に材齢 7 日の圧縮強度の結果を示す。

なお、図中には気中強度、水中強度、水中気中強度比を併せて示す。いずれのスラグも、NS を使用した場合と同等かそれ以上の圧縮強度を示す結果となった。これは、モルタル試験の結果と同様の傾向である。一方で水中気中強度比は全ての配合において 8 割程度となった。これは、モルタル試験の結果に比べ低く、8 割を下回るものも確認された。これは、表 6 に示す水中分離度の結果から、いずれの配合も懸濁物質量が 50mg/L を上回りコンクリートの水中不分離性が不十分であったためであると推察される。従って、混和剤添加量を修正する等によって、水中分離度を低下させることで、水中気中強度比を改善させる必要があると思われるが、スラグ骨材は水中不分離性コンクリートに適用可能であると考えられる。また、現時点では材

齢 7 日での強度確認までであり、長期的な強度特性を確認する必要もある。

6. 結論

本試験で使用した銅スラグおよび電気炉酸化スラグは、何れも陸砂と同等かそれ以上の圧縮強度を示し、水中不分離性コンクリート用骨材として十分に使用可能であると考えられる。ただし、本検討では 8 割以上の水中気中強度比を十分満足しておらず、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今後の課題である。

参考文献：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）」

表 2 モルタルの基本容積配合

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(%)
55	1.77	362	4.0	1.4	1.5

表 3 モルタルの配合

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(%)
CuS1	25:75	55	1.77	362	4.0	1.4	1.5
CuS2	25:75	55	1.84	357	4.0	1.4	1.0
EFS1	0:100	55	2.02	342	4.0	1.4	1.0
EFS2	0:100	55	1.95	347	4.0	1.4	1.0

表 4 気中、水中強度の比較

		気中(N/mm ²)	水中(N/mm ²)	強度比(%)
NS	7日	18.4		
	28日	40.8		
CuS1	7日	21.5	18.6	86.5
	28日	35.9	34.8	96.9
CuS2	7日	21.1	19.8	93.8
	28日	37.8	36.6	96.8
EFS1	7日	22.8	21.8	95.6
	28日	35.0	34.8	99.4
EFS2	7日	29.2	25.6	87.7
	28日	47.5	44.2	93.1

表 5 コンクリートの配合

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(%)
NS1	100:0	55	41.0	220	2.5	1.4	1.0
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	2.5	1.4	1.5
CuS2-2	25:75	55	40.5	223	2.5	1.4	1.0
EFS1-1	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

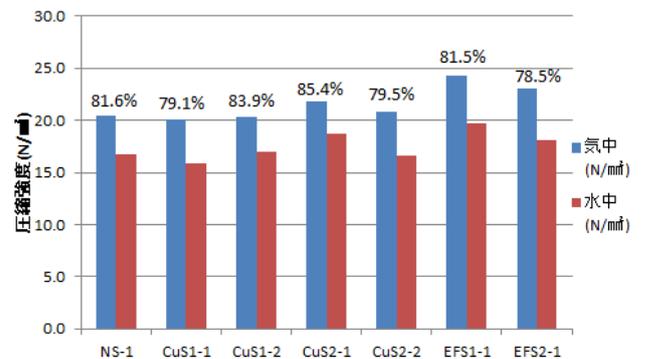


図 2 コンクリートの配合別強度比較

表 6 水中分離度試験結果

配合	空気量 (%)	pH	懸濁物質量 (mg/L)
NS	3.0	10.88	88.0
CuS1-1	4.7	10.77	82.7
CuS1-2	4.4	10.90	132.0
CuS2-1	4.1	10.67	81.0
CuS2-2	4.5	10.98	115.3
EFS1-1	3.2	11.32	145.3
EFS2-1	3.1	11.27	139.0