

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水中流動性

東洋大学 学生会員 ○齊藤修一郎, 小西優貴, 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, 竹中寛

表 1 使用材料

	記号	種類	備考
練混ぜ水	W	上下水道	-
セメント	C	高炉セメントB種	密度3.04(g/cm³)
細骨材	NS	陸砂	-
	CuS2	銅スラグ	水砕処理 産地:O
	CuS3	銅スラグ	水砕処理・破碎処理 産地:O
粗骨材	EFS2	電気炉酸化スラグ	急冷・風砕処理 産地:A
	NG	砕石	-
混和剤	EFG	電気炉酸化スラグ	急冷・風砕処理 産地:A
	Ad1	水中不分離性混和剤	セルロース系
	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 骨材の物性

	NS	CuS2	CuS3	EFS2	NG	EFG
表乾密度(g/cm³)	2.60	3.35	3.54	3.34	2.66	3.40
絶乾密度(g/cm³)	-	3.34	3.52	3.3	-	3.35
吸水率(%)	1.86	0.36	0.41	1.42	0.58	1.59
微粒分量(%)	1.20	0.59	5.63	10.22	0.10	0.62
単位容積質量(kg/L)	1.73	2.07	-	2.63	1.61	2.10
実績率(%)	64.80	58.87	-	68.30	62.80	57.00
粗粒率(%)	2.66	4.57	2.53	2.76	6.71	6.84

表 3 水中不分離性コンクリート配合

配合名	使用骨材		W/C(%)	s/a	W(kg/m³)	Ad1(kg/m³)	Ad2(C×%)	Ad3(C×%)	
	S	G							
C2E	CuS2	EFG	55		39.0	233	3.0	1.4	1.0
C3E	CuS3				41.0	215	2.5		
E2E	EFS2				41.6	216	3.0		
NN	NS	NG			41.0	220	2.5	0.8	0.6

表 4 コンクリートのフレッシュ性状および水中分離度

配合名	使用骨材	スランプフロー(mm)	空気量(%)	pH	懸濁物質量(mg/L)
C2E	CuS2	468	3.6	10.35	84.7
C3E	CuS3	465	3.6	10.03	11.0
E2E	EFS2	485	3.2	9.77	9.0
NN	NS	490	3.1	9.64	14.3

1. はじめに

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が可能になる。水中不分離性コンクリートの重量化は、水中の構造部材などで、より重量が必要とされる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、水中型枠内でのコンクリートの流動性状について検討を行った。

2. 使用材料

本試験で使用した材料を表 1 に示す。また、骨材の物性を表 2 に示す。スラグ細骨材として銅スラグ 2 種類 (CuS2,CuS3)、電気炉酸化スラグ 1 種類 (EFS2) を、スラグ粗骨材として電気炉酸化スラグ 1 種類 (EFG) を用いた。CuS2 は、水砕処理されおり、黒色のガラス質で、単一粒形である。CuS3 は、再粉砕により粒度調整が行われたもので NS と同等の粗粒率であるが、微粒分量は多い。EFS2 は、急冷・破碎処理されセラミック材料である。ENG は徐冷・破碎処理によって製造されている。

3. コンクリートの配合

陸砂及び砕石を用いた水中不分離性コンクリート (NN) のフレッシュおよび硬化性状と同等となるようにスラグ骨材を用いた水中不分離性重量コンクリートの配合を決定した¹⁾。これらコンクリートの水中での流動性を確認するために、水中での U 型フロー試験および L 型フロー試験を実施した。本試験で使用した水中不分離性重量コンクリートの配合を表 3 に、表 4 に 5 分経過後のスランプフローおよび空気量の試験結果を示す。また、本試験で使用した型枠を図 1 に示す。U 型フロー試験では、A 部に水中不分離重量コンクリートを充填し、B 部に注水することで、水中部での打込みを模擬した。なお、充填高さの測定は、5 分経過後および流動が静止した時点とした。

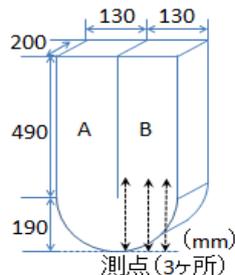


図1 アクリル製U型型枠

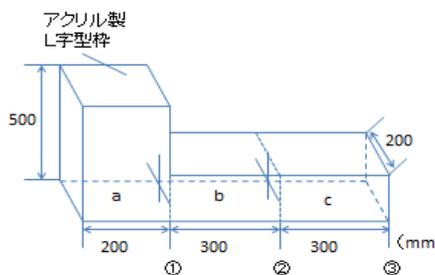


図2 L型型枠

L型フロー試験は、型枠内を水で満たした状態で、水中不分離性重量コンクリートを、a部から塩ビ管を用いて極力打設口で水との接触がないように打込み、打ち込み後5分、10分、30分、および流動が停止または完了した時点の充填高さを図中の①、②、③の3ヶ所で測定した。さらに、①、②の位置に図2に示すように鉄筋を設置し、鉄筋障害がある場合の水中流動性についても検討を行った。なお、鉄筋は異形鉄筋(D16)を用い、100mmピッチで配筋した。

4. 結果および考察

U型フロー試験の結果として、5分経過後の充填高さを図3に示す。CuS2は充填高さが他のスラグに比べ低く、充填性が低いという結果となった。一方でCuS3およびEFS2はCuS2と比べ充填性が高く、NSとほぼ同等の結果となった。これは、CuS2は粗粒率が4.57と非常に高いのに対し、CuS3およびEFS2の粗粒率はNSと同等であるため、良好な流動性が得られたと考えられる。

次に、L型フロー試験の充填高さの経時変化について、無筋の場合を図4に、有筋の場合を図5に示す。鉄筋の障害の有無に関わらず、CuS2の充填高さは増加しにくい傾向を示した。この結果はU型フロー試験と同様の傾向にあり、CuS2は他の配合に比べて水中流動性が劣ると推察される。一方、CuS3とEFS2はCuS2比べ、打込み直後から水中でも高い流動性が確認された。これらは、CuS3とEFS2の特徴である微粒分量が多く、粗粒率がNSと同等な骨材であることが起因したと考えられる。特に、CuS3の有筋の結果は、NNよりも高い水中流動性を示した。これは、コンクリートの重量化が流動性を向上させたためであると推察される。

以上より、CuS2を除くスラグ骨材を用いた水中不分離性重量コンクリートは、普通骨材（陸砂・碎石）を用いた場合と同等の充填性を有することが証明された。ただし、一般的な銅スラグ細骨材であるCuS2を用いる場合には、流動性を確保するための検討が必要となるが、今後の課題とする。

5. 結論

スラグ骨材を用いた水中不分離性重量コンクリートの水中流動性状について検討を行った。その結果、CuS2を除くスラグ骨材を用いた水中不分離性重量コンクリートは、普通骨材（陸砂・碎石）を用いた場合と同等の流動性および充填性が得られることを確認した。

参考文献

- 1) 森田浩史：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，土木学会第68回年次学術講演会・V-316，2013
- 2) 宮根正和：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，土木学会第68回年次学術講演会・V-315，2013

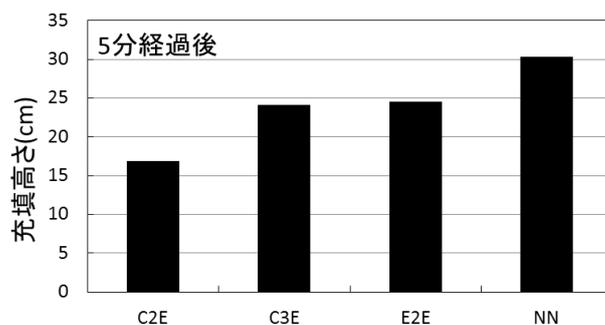


図3 U型フロー試験結果

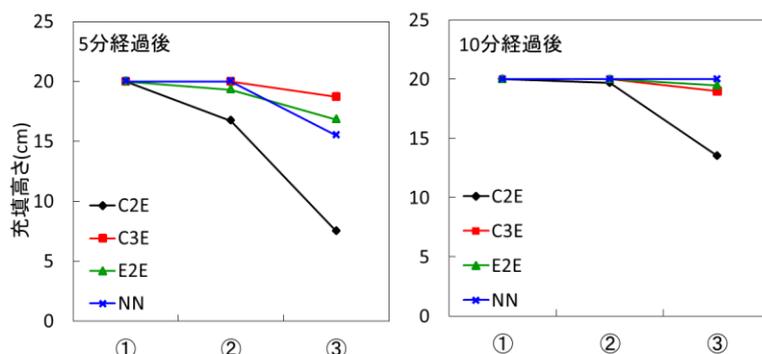


図4 L型フロー試験結果 (無筋)

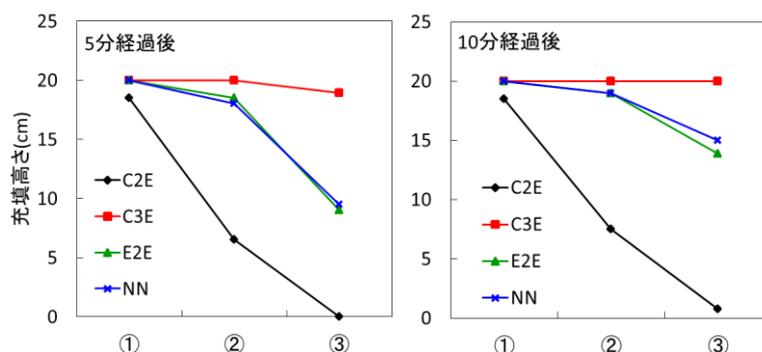


図5 L型フロー試験結果 (有筋)