

高密度スラグ骨材を使用した水中不分離性コンクリートのポンプ圧送試験

東洋大学 学生会員 ○三村 誠人, 橋本 佳典, 宮根 正和
 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

1. はじめに

コンクリート用材料としてのスラグ骨材は、高炉スラグのほか銅スラグや電気炉酸化スラグなども JIS 化され、産業副産物の有効利用を促進する観点から更なる普及が期待される。これらのスラグ骨材は一般に普通骨材に比べて高密度であるため、水中環境下でコンクリートの重量化による安定性の向上などが期待できる。本研究では、スラグ骨材を用いて重量化させた水中不分離性コンクリートのポンプ圧送試験を行った。

2. 使用材料とコンクリートの配合

本実験の使用材料¹⁾を表 1 に示す。スラグ細骨材は粒度の異なる銅スラグ 2 種類（以下 CuS2, CuS3）、電気炉酸化スラグ 1 種類（以下 EFS）の計 3 種類を用いた。スラグ粗骨材は電気炉酸化スラグ（以下 EFG）を用いた。また、比較用に陸砂（以下 NS）と碎石（以下 NG）を用いた。コンクリートの配合を表 2 に示す。全ての配合において水結合材比は 55%，粗骨材容積一定で、設計基準強度は 18N/mm²とした。目標スランブフローは 500±50mm，目標空気量は 4.0%以下とした。なお、後述するが圧送後のスランブフロー値（SF）も併記する。

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3.04(g/cm ³)
細骨材	NS	陸砂	表乾密度2.60(g/cm ³), 粗粒率2.66
	CuS2	銅スラグ	単一粒形, 水砕処理 表乾密度3.35(g/cm ³), 粗粒率4.57
	CuS3	銅スラグ	粒度調整, 水砕処理・破砕処理 表乾密度3.54(g/cm ³), 粗粒率2.33
	EFS	電気炉酸化スラグ	急冷・破砕処理 表乾密度3.91(g/cm ³), 粗粒率2.76
	NG	碎石	表乾密度2.66(g/cm ³), 粗粒率6.71
粗骨材	EFG	電気炉酸化スラグ	急冷・破砕処理 表乾密度3.40(g/cm ³), 粗粒率6.84
	Ad1	水中不分離性混和剤	セルロース系
混和剤	Ad2	水中不分離性混和剤(助剤)	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

3. ポンプ圧送試験の概要

本実験では複動ピストン式ポンプ型のコンクリートポンプ車を用いてポンプ圧送を行った。なお、シリンダはφ205×1700mmでありストローク回数により打ち込み量の管理を行い、ブーム形は M 型とした。水中流動性の検討のため、水を満たした型枠（B:0.6m×L:5.0m×H:0.9m）にコンクリートポンプ車によって一方向からコンクリートを打込んだ。

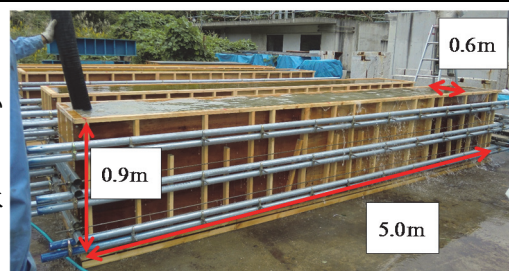


写真1 ポンプ圧送状況と型枠の形状

なお、打ち上がり速度は一定とした。ポンプ圧送状況と型枠の形状を写真1に示す。

表 2 コンクリートの配合と圧送後の SF

配合名	使用骨材		W/C	s/a	W	C	S	G	Ad1	Ad2	Ad3	SF(mm)
	S	G	%	%	(kg/m ³)	(kg/m ³)	(kg/m ³)	(kg/m ³)	(kg/m ³)	(C×%)	(C×%)	圧送後
NN	NS	NG	55	41.0	220	400	647	966	2.5	0.8	0.6	552.5
C2E	CuS2	EFG		39.0	233	424	808	1339	3.0	1.4	1.0	510.0
C3E	CuS3	EFG		41.0	220	400	867	1339	2.5	1.4	1.0	485.0
EE	EFS	EFG		41.6	216	393	1001	1339	3.0	1.4	1.0	445.0

4. 試験結果

4.1 ポンプ圧送性

ポンプ圧送性を確認するため、圧送後の SF と平均ポンプ吐出圧力の関係を図 1 に示す。なお、平均ポンプ吐出圧力は吐出圧力を 1 ストロークごとに測定したものを平均した。図 1 より、SF が大きくなると平均吐出圧力は小さくなる傾向が認められた。このことから、ポンプ吐出圧力は骨材の種類によらず、SF により管理できると考えられる。

4.2 水中流動性

経過時間と流動勾配の関係を図 2 に示す。これより、SF が良好であった NN は打込み完了とほぼ同時に充填が完了していたのに対し、スラグ骨材を用いた配合は 30 分経過後にほぼ充填が完了していることから、スラグ骨材を用いた

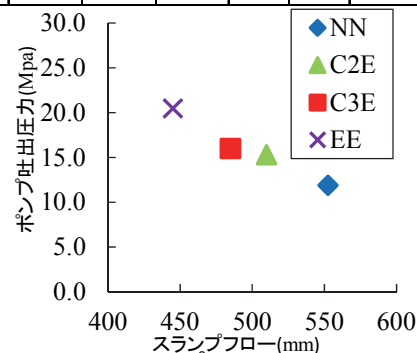


図 1 スランブフローと平均吐出圧力の関係

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、ポンプ圧送、水中流動性

連絡先 〒350-0815 埼玉県川越市鯨井 2100 東洋大学理工学部都市環境デザイン学科 Tel 049-239-1300

ことにより流動速度が若干低下すると考えられる。図3にSFと硬化後の流動勾配の関係を示す。これより、硬化後の流動勾配はSFが影響すると考えられる。よって、スランプフロー値を大きくすることで、充填性の向上を図ることができると考えられる。

4.3 コアサンプリング

コンクリートコアサンプリングにより流下方向に0～5mの1m間隔で6地点において、上・中・下段の3箇所ずつ、1つの試験体に対し計18箇所のコアを取り出し、単位容積質量と圧縮強度を測定した。各配合における流動距離と単位容積質量の関係を図4に示す。C2EとEEはいずれも良好な単位容積質量の分布を示しており、流動による顕著な単位容積質量の低下は見受けられなかった。一方、NNとC3Eでは3m以降で、上層部において徐々に単位容積質量が低下する傾向が認められた。これは、Ad1の添加量が他の2配合と比べて少ないことから、分離抵抗性が若干低下したためと推察される。特にCuS3は微粒分や細粒分が多く、流動に伴い上層部にモルタル分が集まりやすいことが原因と考えられる。各配合における流動距離と圧縮強度の関係を図5に示す。圧縮強度はいずれの配合においても、打設位置直下と上部全体においてばらつきが生じているが、全体としては良好な強度分布であると考えられる。また、EEは全体の圧縮強度が大きくなった。これは、細骨材の潜在水硬性の影響と考えられる。一方、顕著な強度低下している箇所があるが、これは打設開始直後に巻き込んだ水が残留した部分を測定したためである。このことから水中不分離性コンクリートの打込みには水の巻き込みを極力抑えるように注意を払う必要があると思われる。

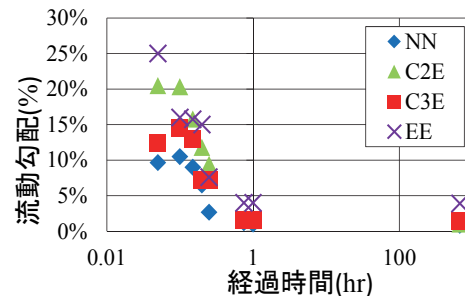


図2 経過時間と流動勾配の関係

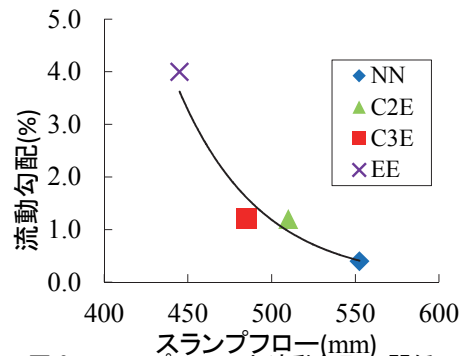


図3 スランプフローと流動勾配の関係

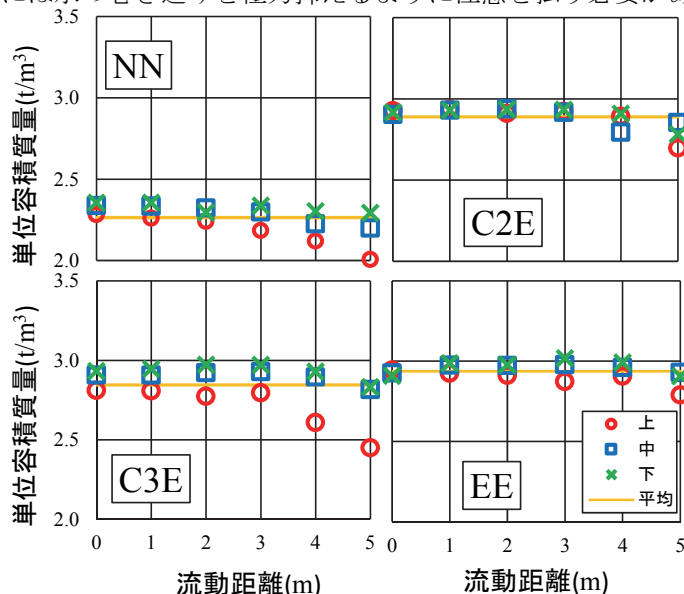


図4 流動距離と単位容積質量の関係

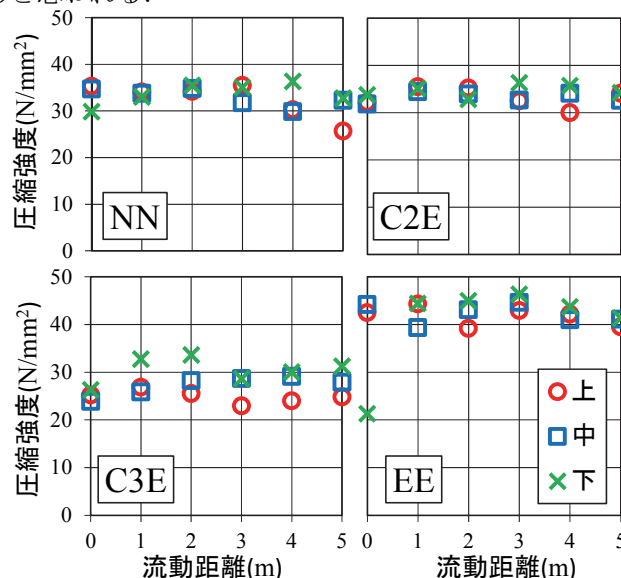


図5 流動距離と圧縮強度の関係

5. まとめ

高密度スラグ骨材を用いた水中不分離性コンクリートのポンプ圧送試験により以下のことが確認できた。スランプフローを適切に管理することで良好なポンプ圧送性や流動性が得られる。スラグ骨材種類によって圧縮強度が異なり、水中流動に伴う単位容積質量の低下が部分的に見られたが、圧縮強度の大きな低下は見られず、単位容積質量が最大 3.0t/m^3 までの重量化が可能であった。

- 参考文献**
- 1)宮根正和: スラグ骨材を使用した水中不分離性重量コンクリートの基本性能, 土木学会第69回 年次学術講演会・V-605, 2014
 - 2)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)」, pp.2-3, 143-151, 159-169, 1991年