

スラグ骨材とフライアッシュを多量に使用した重量コンクリートの施工性能評価

立命館大学 正会員 ○山田悠二
 高知高専 学生会員 前田 凌
 高知高専 正会員 横井克則
 高知高専 正会員 近藤拓也

1. はじめに

高知県では南海トラフ地震に備え、防災に対する整備が活発化している。その一環として、港湾に配置される消波ブロックの重量化が提案されている。四国では銅スラグ細骨材やマンガンスラグ骨材が供給されており、本研究ではこれらを有効利用した重量コンクリートの製造を目的としている。一方でスラグ骨材の使用は、材料間の密度差の増大や骨材表面がガラス質なことにより、材料分離が生じやすくなるため、ブリーディングやその他の施工性能への影響が懸念される¹⁾。そこで、フライアッシュを多量使用することで材料分離抵抗性の向上を試みた、スラグ骨材コンクリートの施工性能について、ブリーディング性状と型枠内での変形性により評価した。

2. 実験概要

2.1 使用材料およびコンクリートの配合

使用材料を表-1、コンクリートの配合を表-2に示す。配合は、W/Cを2水準、セメントを2種類とし、骨材としてスラグ骨材を全量使用した場合と普通骨材のみを使用した場合を設けた。また、FAはいずれの配合も単位量として150kg/m³混和した。

表-1 使用材料

材料記号	物性など
普通ポルトランドセメント：OPC	密度：3.16g/cm ³ ，比表面積：3320cm ² /g
高炉セメントB種：BB	密度：3.04g/cm ³ ，比表面積：3820cm ² /g
硬質砂岩砕砂：S	表乾密度：2.58g/cm ³ ，FM：2.98，実積率：63.4%
銅スラグ細骨材：CUS	表乾密度：2.58g/cm ³ ，FM：2.98，実積率：63.4%
硬質砂岩砕石：G	表乾密度：2.58g/cm ³ ，FM：2.98，実積率：63.4%
マンガン粗骨材：MNG	表乾密度：2.58g/cm ³ ，FM：2.98，実積率：63.4%
フライアッシュII種：FA	密度：2.30g/cm ³ ，強熱減量3260cm ² /g，強熱減量：2.2%
AE減水剤：Ad1	リグニルスルホン酸系
高性能AE減水剤：Ad2	ポリカルボン酸エーテル系

2.2 実験方法

(1) フレッシュ性状試験

スランブ試験をJIS A 1101，空気量試験をJIS A 1128に準拠して行った。目標スランブは8±1cmとした。空気量については耐凍害性が必要ない箇所への適用を考えており、またFAの多量使用により調整が困難なため、目標値を定めないものとした。

表-2 コンクリートの配合

配合名	W/C (%)	W/B (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)								混和剤(B×%)		単位容積質量 (kg/m ³)	SL (cm)	Air (%)
				W	OPC	BB	FA	S	CUS	G	MNG	Ad1	Ad2			
BB55	55	55	50	140	150	255	999	962	-	-	-	0.7	2356	8.5	3.0	
BB60	60	37				233	920	920	-	-	0.8	2363	7.5	3.0		
BB55S	55	35				255	1204	955	0.35	-	2704	9.0	3.0			
BB60S	60	37				233	1216	965	0.35	-	2704	8.0	3.0			
OPC55S	55	35				255	1205	956	-	0.6	2706	7.0	3.0			
OPC60S	60	37				233	1217	965	-	0.6	2706	8.5	4.0			

(2) ブリーディング試験

JIS A 1123に準拠して実施した。

(3) 加振Lフロー試験²⁾

試験概要を図-1に示す。仕切りを閉じた状態でL型フロー試験器を防振マット上に設置し、試料を詰めた後、試料の中央に棒状内部振動機(φ28mm，周波数220~270Hz)を挿入した。振動を与えてもコンクリートが流動しなくなるまで継続して加振し、100mm流動するごとにそのときの時間を測定した。また、流動が停止した時のフロー(以下、流動停止フローと称す)も測定した。流動停止フローの測定後、図-1に

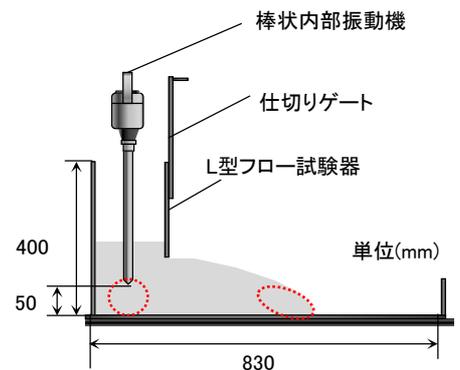


図-1 加振Lフロー試験の概要

破線で囲んだ振動機挿入側の箇所(以下、振動側)およびフローの先端となる箇所(以下、フロー側)から試料を採取し、洗い分析試験をJIS A 1112に準拠して行い、各箇所における粗骨材量の配合上の粗骨材量に対する変化率(粗骨材量変化率)を算出した。また、各箇所の粗骨材量変化率の差を総粗骨材量変化率とした。

キーワード 銅スラグ細骨材，マンガンスラグ粗骨材，フライアッシュ，重量コンクリート，施工性能

連絡先 〒525-8577 滋賀県草津市野路東1-1-1 TEL077-599-4184

3. 実験結果および考察

図-2 にブリーディング試験結果を示す。本配合は単位水量を小さくし、また単位粉体量(セメント+フライアッシュ)が比較的多いものであるが、スラグ骨材を細・粗骨材に全量使用した BB60S や BB55S では、ブリーディング量は大きいものとなった。一方、普通ポルトランドセメントを使用した OPC55S と OPC60S では、スラグ骨材を使用していない BB55 および BB60 と比べてブリーディングの発生時間は長い、最終ブリーディング量は $0.1\text{cm}^3/\text{cm}^2$ 以下と同程度であり、高炉セメント B 種とスラグ骨材を組み合わせた場合よりも低減した。これより、スラグ骨材を細・粗骨材に全量使用しても、セメント種類によってはブリーディング量を小さく抑えることができることがわかった。

加振 L フロー試験より、配合間の差異がもっとも表れたフロー 100~200mm の間で算出したフロー速度と流動停止フローを図-3 に示す。普通骨材のみよりも、スラグ骨材を使用した方が流動停止フロー、フローの変形速度は大きい傾向にあった。これは密度の大きいスラグ骨材を使用することで、コンクリートの単位容積質量が増大し、自重によって変形しやすくなったためと考えられる。

洗い分析試験における各採取箇所の粗骨材量変化率を図-4 に、総粗骨材量変化率とフロー速度の関係を図-5 に示す。粗骨材量変化率より、いずれの配合もフロー側で粗骨材量が大きくなった。総粗骨材量変化率とフロー速度の関係では、フロー速度が速くなると共に総粗骨材量変化率も大きい傾向にあった。著者らは過去に、L 型フロー試験器の開口部に流動障害 R2 を設置して同様に加振 L フロー試験を行い、間隙通過性が良好なほど総粗骨材量変化率が小さい傾向にあることを報告した²⁾。すなわち、モルタルと粗骨材粒子群の分離が小さいほど間隙通過性が良好となる傾向にあることを示した。しかし、本研究では無筋コンクリートへの適用を想定しており、L 型フロー試験器の開口部に流動障害を設けていない。したがって、無筋の場合、振動付与によって変形しやすい配合では粗骨材が流動しやすく、フロー側に多く分布すると考えられる。

4. まとめ

スラグ骨材を全量使用したコンクリートでは、フライアッシュを多量使用してもブリーディングは大きかったが、セメント種類によっては低減した。また加振 L フロー試験の結果から、振動下での変形性は普通骨材を使用したものより大きいと考えられる。

参考文献

- 1)土木学会:銅スラグ細骨材を用いたコンクリートの設計施工指針, コンクリートライブラリー, 147, 2016.7
- 2)山田悠二, 岡友貴, 橋本親典, 渡辺健:非鉄スラグ細骨材コンクリートの間隔通過性に影響を与える要因に関する一考察, 土木学会第 71 回年次学術講演会(平成 28 年 9 月), pp.641-642

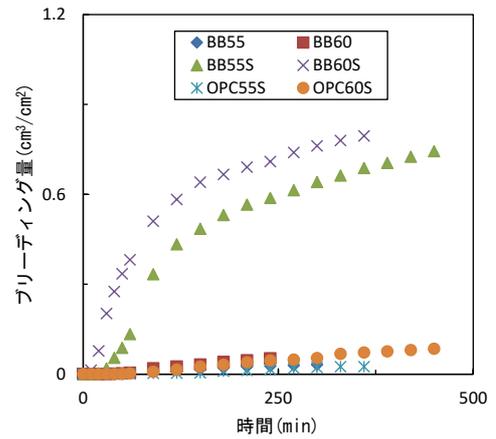


図-2 ブリーディング試験結果

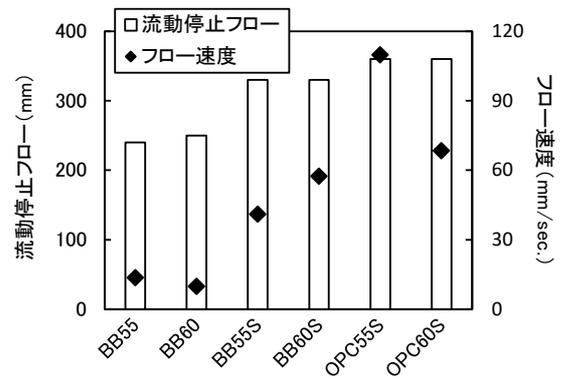


図-3 流動停止フローとフロー速度

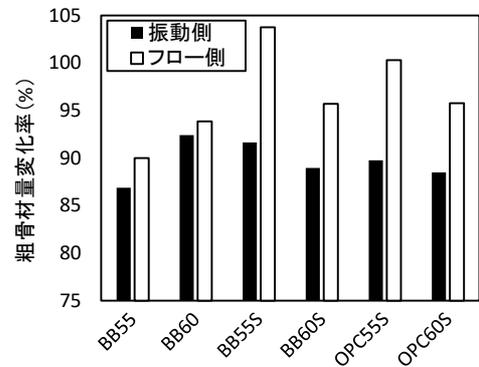


図-4 各箇所での粗骨材量変化率

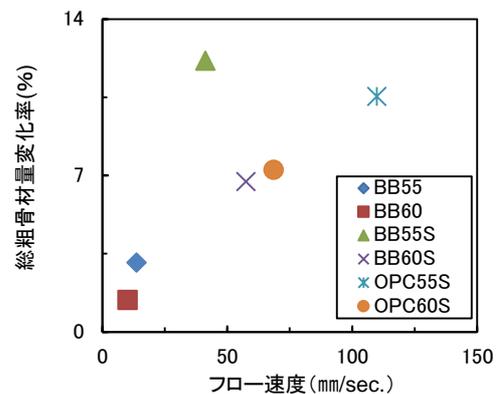


図-5 総粗骨材量変化率とフロー速度