

高炉スラグ細骨材を用いた再生粗骨材コンクリートの 施工性能に関する研究

徳島大学大学院（学）○宮崎 優治 （株）森組 平尾 哲也
徳島大学大学院（学） 辻本 和敬 徳島大学大学院（フ）橋本 親典

1. はじめに

骨材資源の枯渇が問題視されており、産業副産物をコンクリート用骨材として利用拡大することが急務となっている。著者らはこれまで、低度処理再生粗骨材（RG）を用いたコンクリートの品質向上を目的とした研究を実施しており、細骨材に高炉スラグ細骨材（BFS）を一部置換したところ、施工性能の向上が得られた¹⁾。本稿では、既往の研究成果を踏まえ、再生骨材の使用で懸念されるアルカリ骨材反応の抑制対策を想定して、セメントに高炉セメント B 種（BB）を用い、BFS と RG を併用したコンクリートの施工性能に関する各種検討結果をまとめた。加えて、産業副産物起源である材料を多量に使用したコンクリートの施工性能に関する知見の収集を試みた。

2. 実験概要

表-1 に使用材料を示す。セメントは BB を使用した。BFS は福山産の BFS5 と倉敷産の BFS1.2 を使用した。RG は、基礎 PC 杭を破碎、洗浄、ふるい分けして採取したものである。表-2 にコンクリートの配合を示す。水セメント比は 47% と一定とし、目標スランプは 12±1.0cm、目標空気量は 6±1.0%とした。配合名は、普通骨材のみを使用した配合を N、N に対して粗骨材に RG を 100%容積置換した配合を R とした。BFS を使用した配合は BFS の種類・容積置換率で表し、粗骨材に RG を使用した場合は末尾に R を示した。

表-1 使用材料

種類	記号	産地・物性
セメント	C	高炉セメントB種（密度3.04g/cm ³ 、比表面積3810cm ² /g）
細骨材	S	普通砕砂（表乾密度2.55g/cm ³ 、F.M.2.84、吸水率2.43%）
	BFS5	福山産BFS（表乾密度2.78g/cm ³ 、F.M.2.90、吸水率0.89%）
	BFS1.2	倉敷産BFS（表乾密度2.73g/cm ³ 、F.M.2.41、吸水率0.85%）
粗骨材	G	普通砕石（表乾密度2.57g/cm ³ 、F.M.6.66、吸水率1.62%）
	RG	再生粗骨材（表乾密度2.48g/cm ³ 、F.M.6.52、吸水率4.36%）
混和剤	SP	ポリカルボン酸エーテル系高性能AE減水剤
	AEA	高アルキルカルボン酸系AE剤

スランプは JIS A 1101、空気量は JIS A 1128、ブリーディング量は JIS A 1123 に準じて測定した。タンピング試験は既往の報告²⁾ に準じて実施し、タンピング開始前のスランプフローとタンピング回数 32 回後のスランプフローからスランプフロー変形係数 K_{sf} を算出した。また、JSCE-F 701-2016「ボックス形容器を用いた加振時のコンクリートの間隙通過性試験方法（案）」³⁾ に準じて、間隙通過速度 V_{pass} を算出した。なお、 V_{pass} は、B 室の高さ 190mm から 300mm までの距離 110mm を充填時間で除して求めた。

表-2 コンクリートの配合および各試験時のフレッシュ性状

配合名	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)							混和剤添加量 (C×%)		Case B		Case T・V	
			W	C	S	BFS5	BFS1.2	G	RG	SP	AEA	Sl. (cm)	Air (%)	Sl. (cm)	Air (%)
N	47	47	165	350	791	-	-	899	-	1.05	0.007	13.0	6.4	12.0	4.9
BFS5-30					554	259				0.85		9.0	6.5	11.5	6.4
BFS5-50					396	431				0.80		13.0	5.6	12.0	5.9
BFS1.2-30					554	-	254			0.65		13.0	6.2	11.0	7.0
BFS1.2-50					396	-	424			0.50		11.0	6.2	12.0	6.3
R					791	-	-	868	-	1.15		11.0	6.0	11.0	6.2
BFS5-30R					554	259				1.00		10.0	7.0	13.0	7.0
BFS5-50R					396	431				0.75		12.0	6.9	11.0	7.2
BFS1.2-30R					554	-	254			1.05		12.5	5.3	11.5	5.6
BFS1.2-50R					396	-	424			0.80		13.0	5.7	12.5	7.0

キーワード 高炉スラグ細骨材、低度処理再生粗骨材、ブリーディング、タンピング試験、間隙通過性

連絡先 〒770-8506 徳島県徳島市南常三島町 2-1 コンクリート工学研究室 E-mail : c501731006@tokushima-u.ac.jp

3. 実験結果および考察

表-2 にフレッシュ性状 (Case B: ブリーディング試験時, Case T・V: タンピング試験およびボックス形容器を用いた加振時のコンクリートの間隙通過性試験時) を示す。スランプ、空気量ともに概ね目標を満足した。

図-1 に最終ブリーディング量を示す。普通細骨材に比べ密度が大きい BFS を用いた場合、ブリーディング量は増加すると懸念されているが、置換率 50% までの範囲であれば、BFS の粒径や粗骨材種類によらず、ブリーディングの影響は少なかった。

図-2 に K_{sf} を示す。BFS5-30, BFS5-50 の K_{sf} は他の配合と比べて大きくなった。保水性が低い BFS5 を含むモルタルと粗骨材が分離気味であったことが要因と考えられ、なかでも BFS5-50 のスランプは、タンピングの際に上円が崩壊しながら広がった。BFS5-30R, BFS5-50R は、タンピングによるスランプ上円の崩壊は見受けられなかったものの、BFS5-30R はスランプ下部が割れながら流動したため、スランプフローが見かけ上やや大きくなった。一方、BFS1.2-50 の K_{sf} は、N と比べおよそ 2 倍になった。これは、細粒分の多い BFS1.2 を用いたことで、モルタルの粘性が高まり流動性が増したためである。表面が凹凸である RG を用いた R の K_{sf} は全配合で最も低かったが、BFS1.2 を混合すると、BFS1.2-50 と同様に N よりも大きくなった。

図-3 にセメント種類による加振時間と V_{pass} を示す。なお、普通ポルトランドセメント (OPC) を使用したデータは著者らの既往の研究成果である¹⁾。BB を使用した R の加振時間は、OPC を使用した場合に比べて急激に短くなった。BB に含まれる高炉スラグ微粉末により、流動性が向上したことが要因であると推察され、この傾向は他の配合においても顕著に現れた。BFS1.2-30, BFS1.2-50 の V_{pass} はセメント種類によらず、N に比べ大きくなった。BFS1.2 は BFS5 より粒度が細かく、粗骨材同士の間に入りやすいことで、鉄筋通過の際に鉄筋と粗骨材との衝突や粗骨材同士の衝突を緩和したと考えられる。さらに、セメント種類によらず BFS1.2 と RG を併用した配合の V_{pass} は、BFS1.2 と普通粗骨材を用いた配合と同等かそれ以上であった。これは、RG 表面の凹凸部分を、ガラス質である BFS1.2 の細粒分が補填したことで RG 表面が滑らかになったと推察される。また、練混ぜの際に、RG 表面が、歪な形状である BFS との衝突により摩耗したことで、角張りが取れたことや微粒分が増加し細骨材率がわずかに上昇したためと推察される。

施工性能の指標である K_{sf} と V_{pass} の相関性に関しては、材料分離気味の BFS5-30 と BFS5-50 を除くと、 K_{sf} と V_{pass} には正の相関が認められ、特に、BFS1.2 を使用したシリーズにおいて顕著であった。

4. まとめ

細骨材の一部に BFS1.2 を用いた再生粗骨材コンクリートの間隙通過性は良好であり、さらにセメントに BB を使用することで施工性能が向上する可能性を見出した。

参考文献 1) 山田悠二ほか: 低度処理再生骨材および高炉スラグ細骨材を用いたコンクリートのフレッシュ性状に関する実験的検討, 土木学会第 72 回年次学術講演会概要集 V-077, 2017. 2) 土木学会コンクリート委員会: コンクリートの施工性能の照査・検査システム研究小委員会 (341 委員会) 第二期委員会報告書, コンクリート技術シリーズ No.102, 2013. 3) 土木学会コンクリート委員会: 施工性能にもとづくコンクリートの配合設計・施工指針 [2016 年版], コンクリートライブラリー145, 2016.

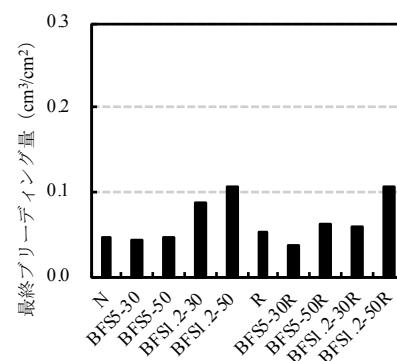


図-1 最終ブリーディング量

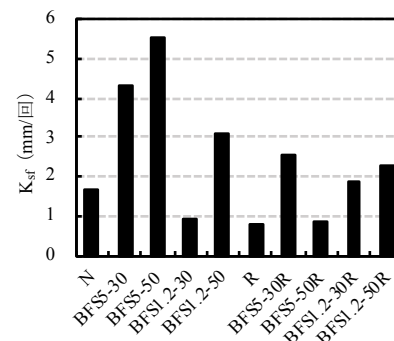


図-2 スランプフロー変形係数 K_{sf}

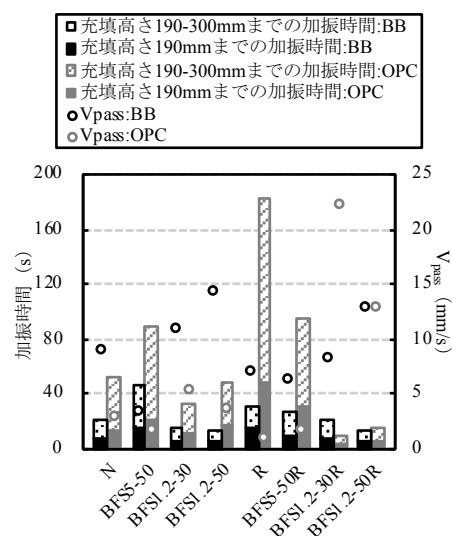


図-3 セメント種類による加振時間と間隙通過速度 V_{pass}