

非鉄スラグ細骨材を混合したコンクリートの材料分離抵抗性に関する実験的検討

徳島大学大学院 学生会員 ○岡 友貴
 徳島大学大学院 正 会 員 橋本親典
 徳島大学大学院 正 会 員 渡邊 健
 徳島大学大学院 学生会員 山田悠二

1. はじめに

フェロニッケルスラグ骨材や銅スラグ骨材は非鉄スラグ骨材と総称され、すでにコンクリート用骨材としての品質規格が JIS 規格として制定されている¹⁾。しかし、非鉄スラグ骨材は密度が大きく、材料分離に関する性状に問題があることが懸念される。特に動的な材料分離はこれまでほとんど検討がなされていない。本研究では、非鉄スラグ骨材のさらなる普及を目指し、非鉄スラグ細骨材を混合したコンクリートの鉄筋間隙通過による動的な材料分離やブリーディングによる静的な材料分離に関する実験的検討を行う。

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に、コンクリートの配合を表-2に示す。使用材料の記号の後ろに続く数字は各細骨材の最大寸法を示している。銅スラグ細骨材（以降 CUS と称す）に関しては、産地の異なる 2 種類を用いた。小名浜産のものは、数字の後ろに a を東予産のものは、数字の後ろに b を示している。非鉄スラグ細骨材は、JIS 規格¹⁾に適合するフェロニッケルスラグ細骨材（以降 FNS と称す）と CUS を用いた。コンクリートの配合は、目標スランブを $10\pm1.0\text{cm}$ 、目標空気量を $5.0\pm1.0\%$ とした。細骨材率は細骨材の粗粒率によって調整し、FNS を普通砕砂に混合したコンクリートの混合率は、30%、50%、100%の 3 水準、CUS を普通砕砂に混合したコンクリートの混合率は、50%、100%の 2 水準とした。FNS 混合率 30%の配合は、粒度分布を土木学会が推奨する標準粒度分布の範囲内に納まるようにするため、FNS1.2 を用いた。FNS50%および 100%の配合は、FNS5.0 を使用した。粗骨材は粒径が 10mm~20mm の 5 号砕石 (G1) と粒径が 5mm~10mm の 6 号砕石 (G2) を標準粒度分布の範囲に収まるように 4:6 の割合で用いた。

表-1 使用材料

材料名	記号	産地	物性値
砕砂	N	君津	密度 $2.67\text{g}/\text{cm}^3$, 吸水率 1.06% , F.M.2.45
フェロニッケルスラグ細骨材	FNS1.2	大江山	密度 $3.08\text{g}/\text{cm}^3$, 吸水率 0.31% , F.M.2.08
	FNS5.0	八戸	密度 $3.08\text{g}/\text{cm}^3$, 吸水率 1.78% , F.M.2.75
銅スラグ細骨材	CUS2.5a	小名浜	密度 $3.53\text{g}/\text{cm}^3$, 吸水率 0.10% , F.M.2.57
	CUS2.5b	東予	密度 $3.60\text{g}/\text{cm}^3$, 吸水率 0.11% , F.M.2.76
5号砕石	G1	青梅	密度 $2.65\text{g}/\text{cm}^3$, 吸水率 0.51% , F.M.6.99
6号砕石	G2		密度 $2.66\text{g}/\text{cm}^3$, 吸水率 0.34% , F.M.6.48

表-2 コンクリートの配合表

配合名	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)						Slump (cm)	Air (%)	
			W	C	S			G			
					N	FNS	CUS	G1			G2
N	47	46	165	350	828	—	—	387	579	10	5.0
FNS30		43			542	268	—	409	611	10	5.0
FNS50		46			414	478	—	387	579	9.0	5.5
FNS100		47			—	976	—	380	568	11	5.5
CUS50a		46			414	—	547	387	579	10	5.0
CUS100a		48			—	—	1142	373	557	10	6.0
CUS50b		46			414	—	558	387	579	10	6.0
CUS100b		47			—	—	1165	373	557	10	6.0

2. 2 試験方法

フレッシュ性状試験として、スランブ試験および空気量試験をそれぞれ JIS A 1011, JIS A 1128 に従って行った。各目標値を満たした試料に対して、動的条件下での材料分離を検討するために加振ボックス充填試験を既往の試験方法²⁾に従って行った。試験終了後、A 室から上層、中層、下層、B 室から上層、下層のコンクリートをそれぞれ採取し、材齢 28 日で JIS A 1108 に従って圧縮強度試験を行った。評価として、材料分離が最も起こりやすいと考えられる A 室下部と B 室上部位置での圧縮強度の比較を行った。また、静的条件下での材料分離を検討するためにブリーディング試験を JIS A 1123 に従って行った。

キーワード： 加振ボックス充填試験, フェロニッケルスラグ, 銅スラグ, 材料分離
 連絡先 〒770-8506 徳島県徳島市南常三島町 2-1 TEL088-656-7321

3. 実験結果および考察

3. 1 動的 material 分離

図-1 に各配合の 190mm および 300mm までの到達時間を示す。FNS100 および CUS を混合したコンクリートの 190mm までの到達時間は同程度であるのに対して、190mm から 300mm までの到達時間は CUS を 100%混合した場合、長くなる傾向を示した。これは A 室から B 室への充填は FNS100 および CUS を 50%混合した場合と同様であったが、B 室に 190mm 充填されてからはコンクリートの自重によって充填されにくくなったことで到達時間が長くなったと考えられる。以上より、特に CUS を混合したコンクリートは加振時間が長くなるため、充填時間に関しては材料分離が懸念される。鉄筋通過後の材料分離状況を圧縮強度分布により検討を行った。

図-2 に充填前後の A 室下部と B 室上部の圧縮強度分布を示す。非鉄スラグ細骨材を混合した場合の材齢 28 日における圧縮強度は、N よりも大きくなる傾向を示した。全ての配合で密度がほぼ同一にも関わらず、ほとんどの配合で圧縮強度は B 室上部よりも A 室下部の方が大きくなる傾向を示した。しかしながら、N も非鉄スラグ細骨材を混合した配合と同程度のばらつきを示している。よって、この傾向は、非鉄スラグ細骨材の影響ではなく、加振ボックス充填試験によるコンクリートの流動による材料分離と考えられる。すなわち、鉄筋障害を流動することにより、A 室下部に残るコンクリートの W/C より、B 室上部のコンクリートの W/C が大きくなったためと考えられる。非鉄スラグ細骨材を混合したコンクリートの材料分離の程度は、N と同程度であると判断される。間隙通過後の材料分離の影響は、非鉄スラグ細骨材を混合したコンクリートでも問題はなかった。

3. 2 静的 material 分離

図-3 に各配合のブリーディング量を示す。非鉄スラグ細骨材混合率 50%の配合の終局ブリーディング量および発生終了までの時間は N と同程度であった。混合率 100%の配合は N と比べ、ブリーディング量が増加した。また、FNS30 と FNS100 は終了時間が長く凝結遅延の傾向をした。しかしながら、最大で $0.4\text{cm}^3/\text{cm}^2$ 程度で発生量は小さい。単位セメント量が $350\text{kg}/\text{m}^3$ であることも一因であると思われる。混合率とブリーディング量に明瞭な相関性が得られなかった理由としては、非鉄スラグをコンクリート用骨材に加工する際に各工場で製造工程や水洗の程度、微粒分量の調整量が異なるためと考えられる。

4. まとめ

動的条件下における非鉄スラグ細骨材を混合したコンクリートの材料分離は普通コンクリートの材料分離と同程度である。静的条件下における材料分離は、概ね混合率が大きくなるに従い材料分離の程度が大きくなるが、非鉄スラグをコンクリート用骨材に加工する際の各生産工場の工程技術の影響を強く受ける。

参考文献

- 1)土木学会：2013 年制定コンクリート標準示方書 規準編[JIS 規格集]，pp123-pp132，2013.11
- 2)土木学会：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 2 期委員会報告書，コンクリート技術シリーズ 102，2013.11

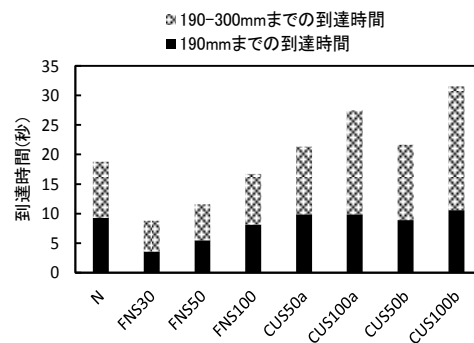


図-1 各配合の到達時間

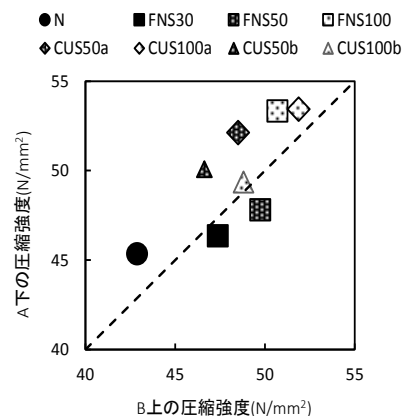


図-2 ボックス内の圧縮強度分布

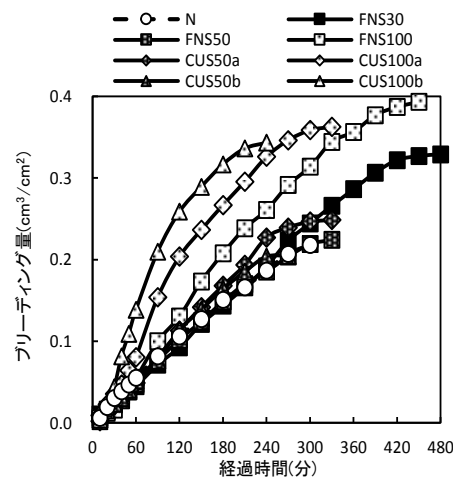


図-3 各配合のブリーディング