

非鉄スラグ細骨材の混合率がコンクリートの施工性能に与える影響

徳島大学大学院博士前期 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 徳島大学大学院博士後期 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⁾。しかしながら、それぞれ産業副産物として年間 200 万 t 排出されているが、高炉スラグ骨材ほどの使用実績がないのが現状である。また、施工性能に関して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施工性能および諸特性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、各コンクリートの配合を表-2 に示す。非鉄スラグ細骨材は、JIS 規格²⁾に適合するフェロニッケルスラグ細骨材(以降 FNS と称す)と銅スラグ細骨材(以降 CUS と称す)を用いた。混和剤は、AE 剤(アルキルエーテル系)および AE 減水剤(リグニンスルホン酸化合物)を用いた。コンクリートの配合は、目標スランブを 10±1.0cm、目標空気量を 5.0±1.0%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。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2.67g/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3.08g/cm ³ , 吸水率0.31%, F.M.2.08
	FNS5.0	八戸	密度3.08g/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3.53g/cm ³ , 吸水率0.10%, F.M.2.57
	CUS2.5b	東予	密度3.60g/cm ³ , 吸水率0.11%, F.M.2.76
5号砕石	G1	青梅	密度2.65g/cm ³ , 吸水率0.51%, F.M.6.99
6号砕石	G2		密度2.66g/cm ³ , 吸水率0.34%, F.M.6.48

表-2 各コンクリートの配合

配合名	W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)						混和剤		
			W	C	S			G		SP剤	AE減水剤
					N	FNS	CUS	G1	G2		
N		46			828	-	-	387	579	-	0.514
FNS30		43			542	268	-	409	611	-	0.650
FNS50		46			414	478	-	387	579	-	0.450
FNS100		47			-	976	-	380	568	-	0.400
CUS50a	47	46	165	350	414	-	547	387	579	-	0.450
CUS100a		48			-	-	1142	373	557	-	0.450
CUS50b		46			414	-	558	387	579	0.20	0.400
CUS100b		47			-	-	1165	373	557	0.25	0.400

2. 2 試験方法

フレッシュ性状試験として、スランブ試験と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。加振ボックス充填試験の評価として、B 室下部から充填高さ 190mm から 300mm までの試料の速度を間隙通過速度 V_{pass} として以下の式(1)を用いて評価した。

$$\text{間隙通過速度 } V_{pass}[\text{mm/s}] = \frac{300\text{mm} - 190\text{mm}}{\text{充填高さ } 190\text{mm} \text{ から } 300\text{mm} \text{ までの到達時間[s]}} \quad (1)$$

加振ボックス充填試験終了後、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。材料分離抵抗性の評価として、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 室上部でコンクリート密度および圧縮強度の比較を行った。

3. 結果および考察

3. 1 加振ボックス充填試験

図-1 に各配合の V_{pass} を示す。非鉄スラグ細骨材を混合したコンクリートは、混合率が大きくなるに従い、速度は遅くなる傾向があった。FNS の配合はすべて、普通骨材の配合と比較して混合率に関わらず V_{pass} が速かった。一方、CUS の配合は普通骨材の配合と比較して混合率に関わらず V_{pass} が遅かった。FNS は粒形が丸いことから、間隙通過速度が速くなったと考えられる。また FNS の密度は 3.0g/cm^3 と、CUS はほど大きくないが普通骨材よりも大きい値である。FNS を混合したコンクリートの重量は、振動を伝えやすく材料分離を起こすほどではない最適な重量であり、結果的に V_{pass} に良い影響を及ぼしたと思われる。

CUS100%の配合は、普通骨材の配合より V_{pass} が非常に遅く、コンクリートが鉄筋間を流動する際に骨材のアーチングが発生し、B 室下部にコンクリートの停滞が発生したためと考えられる。したがって、施工性能を考慮した場合、CUS50%が限界であると判断される。

3. 2 圧縮強度試験

図-2 に A 室下部のコンクリート密度および B 室上部のコンクリート密度を示す。全ての配合で A 室下部と B 室上部のコンクリート密度のばらつきはほとんどなく、普通骨材の配合と同程度であった。よって非鉄スラグ細骨材を混合した配合でも間隙通過による材料分離は普通骨材の配合と同程度であると考えられる。

図-3 に A 室下部の圧縮強度および B 室上部の圧縮強度を示す。非鉄スラグ細骨材を混合した場合、材齢 28 日における圧縮強度は普通骨材の配合よりも大きくなる傾向を示した。密度がほぼ同一にも関わらず、ほとんどの配合は、B 室上部よりも A 室下部の方が圧縮強度は大きくなる傾向にあった。ところで、普通骨材の配合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、加振ボックス試験によるコンクリートの流動による材料分離によると考えられる。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。非鉄スラグ骨材コンクリートの材料分離の低度、普通骨材コンクリートと同程度であると判断される。なお、CUS100 が A 室下部と B 室上部の差が最も大きく、 V_{pass} の知見と一致する。

4. まとめ

本実験の範囲内で、FNS の混合率 100%、CUS の混合率 50%以下のコンクリートに関しては、普通骨材コンクリートと同様の施工性能を有していると考えられる。

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

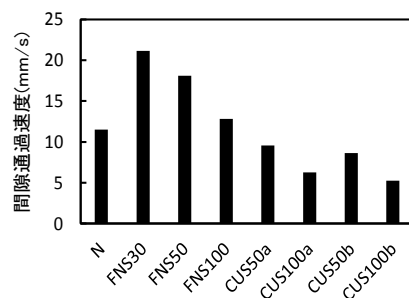


図-1 各配合の V_{pass} の比較

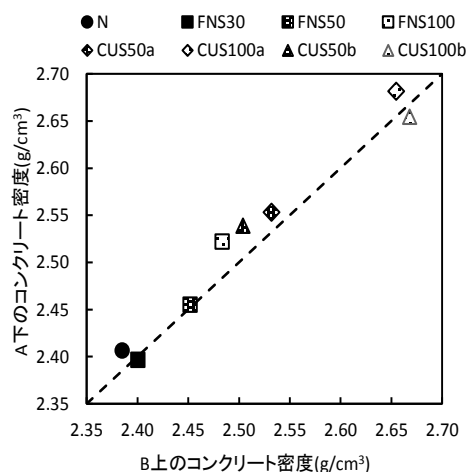


図-2 ボックス容器内の密度分布

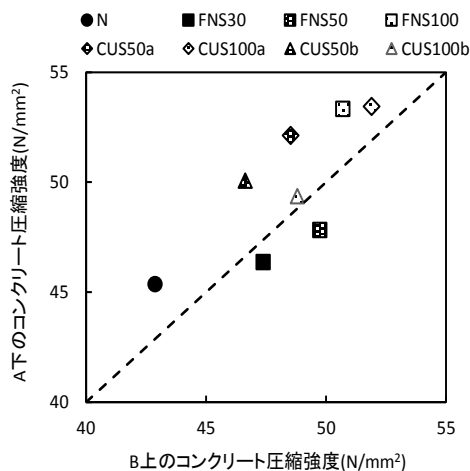


図-3 ボックス容器内の圧縮強度分布