

非鉄スラグ細骨材コンクリートの間隙通過性に影響を与える要因に関する一考察

徳島大学大学院 学生会員 ○山田 悠二
 徳島大学大学院 学生会員 岡 友貴
 徳島大学大学院 フェロー会員 橋本 親典
 徳島大学大学院 正会員 渡辺 健

1. はじめに

著者らは、非鉄スラグ細骨材を混合したコンクリートの施工性能に関する検討を行っており¹⁾、これまで、加振ボックス充填試験²⁾により充填性を評価したが、混合率等の影響について不明瞭な点があった。加振ボックス充填試験は、鉛直方向への流動過程を含むため、充填挙動が複雑かつ充填条件が厳しい。そこで本実験では、L 形容器を用いて流動を水平方向に限定することで流動条件を緩和させて試験(以下、加振 L フロー試験と称する)を行い、非鉄スラグ細骨材を混合したコンクリートの振動下での間隙通過に影響を与える支配的要因について考察した。

2. 実験概要

2.1 使用材料およびコンクリートの配合条件

骨材の物性を表-1、コンクリートの配合を表-2に示す。非鉄スラグ細骨材はフェロニッケルスラグ細骨材(FNS)および銅スラグ細骨材(CUS)を2種類ずつ用い、容積置換で混合率30%~100%とした。高性能 AE 減水剤と AE 剤を添加し、スランプ、空気量を調整した。目標スランプ 10±1.0cm、目標空気量 5±1.0%とした。

表-1 骨材の物性

材料名：記号	種類	物性
砕砂:S	硬質砂岩	表乾密度:2.57g/cm ³ , FM:2.31, 実積率:66.6%
FNS1.2:F1.2	水砕砂	表乾密度:3.08g/cm ³ , FM:1.63, 実積率:58.5%
FNS5.0:F5.0	風砕砂	表乾密度:3.08g/cm ³ , FM:2.70, 実積率:67.4%
CUS2.5:C2.5a	水砕砂	表乾密度:3.60g/cm ³ , FM:2.33, 実積率:61.5%
CUS2.5:C2.5b		表乾密度:3.53g/cm ³ , FM:2.33, 実積率:65.8%
砕石5号:G1	砂岩	表乾密度:2.57g/cm ³ , FM:7.08, 実積率:57.6%
砕石6号:G2		表乾密度:2.57g/cm ³ , FM:6.37, 実積率:55.4%

2.2 加振 L フロー試験方法

L形容器(JSCE-F514)、流動障害R2および棒状内部振動機内部振動機(φ28mm、振動数220~270Hz)を使用して実施した。試験概要を図-1に示す。L形容器の開口部に流動障害R2を設置し、仕切りゲートを挿入した後、試料を詰め、上面を均し、棒状内部振動機を試料投入側の中央に挿入した。仕切りゲートを上げて加振し、流動停止時のフローを測定してこれを加振Lフロー(mm)とした。加振Lフローの測定後、障害側と自由表面側からそれぞれ約2Lの試料を採取して洗い分析試験(JIS A 1112)を行い、各箇所の粗骨材量を求め、障害側と自由表面側の粗骨材量の相対変化率を総粗骨材量変化率δ(%)として材料分離を評価した。

表-2 コンクリートの配合

配合名	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)										SL (cm)	Air (%)
			W	C	S	F1.2	F5.0	C2.5a	C2.5b	G1	G2			
N	45.5	165	350	788	-	-	-	-	-	378	567	11.0	5.3	
F1.2-30	43	165	350	521	268	-	-	-	-	395	592	11.0	4.5	
F5.0-50	46	165	350	398	-	477	-	-	-	374	561	9.0	5.0	
F5.0-100	47	165	350	-	-	976	-	-	-	367	551	10.0	4.7	
C2.5a-50	46	165	350	398	-	-	558	-	-	374	561	10.5	5.5	
C2.5a-100	48	165	350	-	-	-	1165	-	-	360	540	9.0	5.5	
C2.5b-50	46	165	350	398	-	-	-	547	-	374	561	10.0	6.0	
C2.5b-100	47	165	350	-	-	-	-	1118	-	367	551	10.0	4.5	

これを加振Lフロー(mm)とした。加振Lフローの測定後、障害側と自由表面側からそれぞれ約2Lの試料を採取して洗い分析試験(JIS A 1112)を行い、各箇所の粗骨材量を求め、障害側と自由表面側の粗骨材量の相対変化率を総粗骨材量変化率δ(%)として材料分離を評価した。

2.3 間隙通過性への影響要因の選定

既往の研究から²⁾、間隙通過性への影響要因として、モルタル容積に対する粗骨材容積の比(Vg/Vm)、骨材の実積率、粗粒率を選定した。骨材の実積率と粗粒率は、細・粗骨材の全容積を考慮した平均実積率と平均粗粒率として骨材全体の物性を定量化した。また、密度が大きい非鉄スラグ細骨材が対象であるため、コンクリートの単位容積質量も要因として選定した。

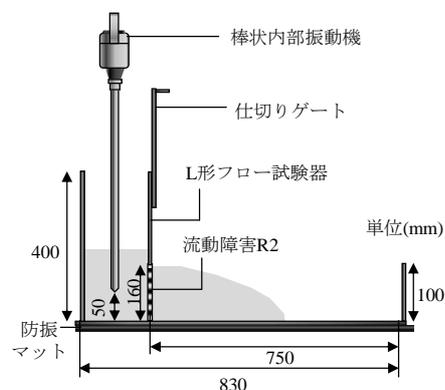


図-1 加振 L フロー試験の概要

キーワード フェロニッケルスラグ細骨材, 銅スラグ細骨材, 間隙通過性, L 形試験器, 加振 L フロー
 連絡先 〒770-8506 徳島県徳島市南常三島町 2-1 徳島大学大学院 ソシオテクノサイエンス研究部 TEL088-656-7321

3. 実験結果および考察

図-2に各配合における加振Lフローを示す。加振Lフローは非鉄スラグ細骨材の混合によってNよりも大きくなり、また、非鉄スラグ細骨材の混合率の増大とともに大きくなった。すなわち、非鉄スラグ細骨材の混合により、加振による流動が停止するまでの距離が長くなり、その距離は混合率に依存した。

図-3に総粗骨材量変化率 δ と加振Lフローの関係を示す。Nと比較して、非鉄スラグ細骨材を混合したコンクリートでは、総粗骨材量変化率 δ が小さくなった。また、全体的に総粗骨材量変化率 δ が小さいほど加振Lフローは大きくなるといった右肩下がりの傾向にあった。特にCUSを100%混合した配合(C2.5a-100, C2.5b-100)では、総粗骨材量変化率 δ が相当に小さく、障害側と自由表面側で粗骨材量の変化がほとんど生じていない。これらから、非鉄スラグ細骨材の混合は振動下において粗骨材の流動を助長し、加振による流動が停止するまでの距離を増長させると考えられる。

振動下での間隙通過性に影響を及ぼす支配的要因についての検討として、各種要因と加振Lフローとの関係を示したものを図-4から図-7に示す。コンクリートの単位容積質量と加振Lフローの関係の寄与率が $R^2=0.7353$ となり、コンクリートの単位容積質量との相関がもっとも強かった。一般に、 Vg/Vm の増大、骨材の実績率の低下および粗粒率の増大は、鉄筋と骨材の衝突や骨材同士の衝突の頻度を増加させるため、コンクリートの間隙通過性が低下する要因になる。しかしながら、本実験の範囲では、これらの影響はあまり大きくなく、非鉄スラグ細骨材の混合によってコンクリートの質量が増大し、コンクリートが流動する際に働く慣性力が大きくなることの影響の方が大きくなったと考えられる。

本実験では、コンクリートが鉄筋間を通過する速度に関して評価できていないため、今後は間隙通過速度を含めた検討を行いたい。

4. まとめ

非鉄スラグ細骨材の混合により、振動下での水平方向への間隙通過性は向上し、これは混合率に依存した。また、間隙通過性に影響を与える要因は、コンクリートの単位容積質量の影響が強かった。

謝辞

本研究を遂行するにあたり、「土木学会コンクリート委員会2種委員会非鉄スラグ骨材コンクリート研究小委員会」(委員長 宇治公隆 首都大学東京大学院教授)から各試料の提供を受けました。ここに付記し感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 岡 友貴ほか: 非鉄スラグ細骨材を用いたコンクリートの施工性能および強度に関する実験的検討, コンクリート工学年次論文集, Vol.37, No.1, pp.1033-1038, 2015.7
- 2) 土木学会編: コンクリートの施工性能の調査・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

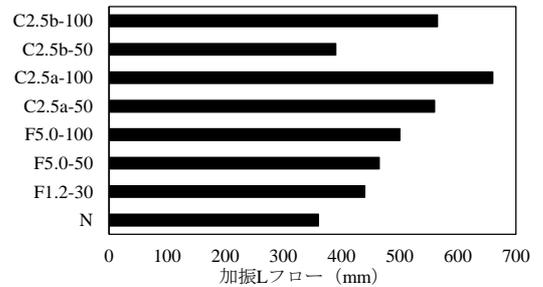


図-2 加振Lフロー

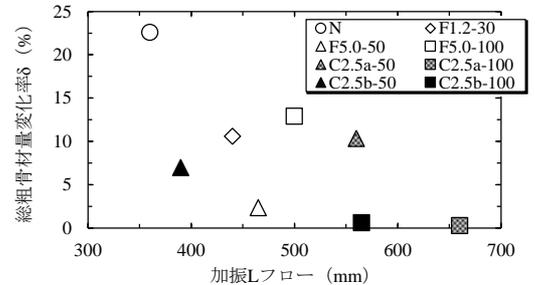


図-3 δ と加振Lフローの関係

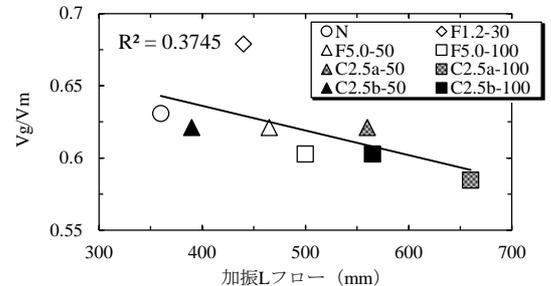


図-4 Vg/Vm と加振Lフローの関係

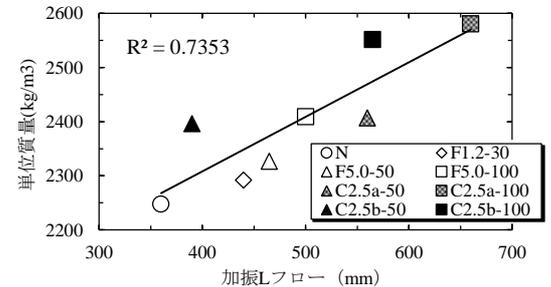


図-5 単位容積質量と加振Lフローの関係

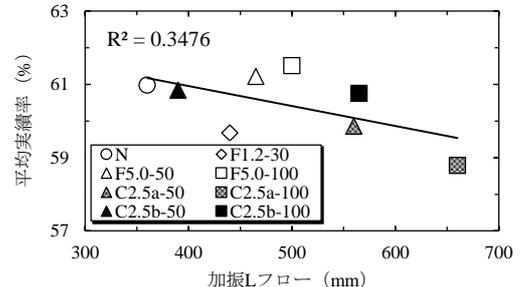


図-6 平均実績率と加振Lフローの関係

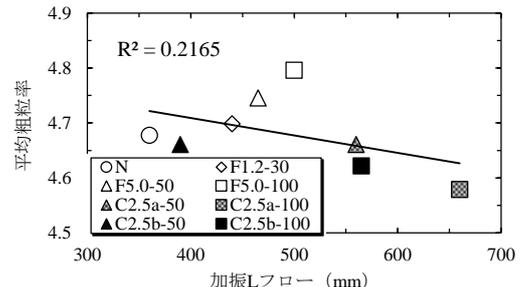


図-7 平均粗粒率と加振Lフローの関係