

非鉄スラグ細骨材を用いたコンクリートの収縮特性の検討

徳島大学 賛助会員 ○森友哉 徳島大学院 正会員 渡辺健
 徳島大学院 学生会員 中島和俊 徳島大学院 正会員 橋本親典

1. はじめに

非鉄スラグを細骨材として用いた場合、コンクリートの乾燥収縮ひずみが低減する結果¹⁾が得られており、非鉄スラグ細骨材は産業副産物の有効資源化と乾燥収縮抑制対策の二つを同時に解決できるものとして期待できる。本研究では、拘束条件の無い角柱供試体を用いて自由収縮を検討し、リング供試体を用いた拘束条件下において、ひび割れに対する抵抗性について検討した²⁾。また、同時に AE 法を用いることで、ひび割れが目視で確認されるまでのコンクリート内部に発生するマイクロクラックの挙動について検討した。

2. 実験概要

2.1 配合及び使用材料

使用材料および物性を表-1 に、配合を表-2 に示す。使用材料の記号中の数字は骨材の最大寸法を表し、パーセンテージは普通細骨材の容積に対する置換率を表す。FNS は粒径の異なるものを 2 種類、CUS は産地の異なるものを 2 種類用いた。

2.2 実験方法

2.2.1 強度試験

圧縮強度試験(JIS A 1108)、静弾性係数試験(JIS A 1149)を材齢 7 日、28 日に行った。また養生方法は水中養生とした。

2.2.2 長さ変化試験(迅速法)

計測はコンタクトゲージ方法(JIS A 1129-2)に準じて行った。長期の乾燥収縮を短期間で得るために、促進環境として供試体を温度 40℃、湿度 15±5%で低温炉乾燥させた。

2.2.3 リング試験

リング試験は ASTM C1581 を参考に 10 日間の計測を行った。以下に試験概要を示す。

図-1 に示すリング供試体を各配合 2 体作製した。材齢 1 日目に脱型を行い、温度 20℃、湿度 60%の恒温室内に静置した。リング供試体の上面を耐水性のアルミニウムテープで覆い、下面は非吸湿材であるコンクリートパネルを敷くことにより、水分の蒸散をコンクリート側面のみに限定した。リング供試体の外面のコンクリート部分にコンクリート用ひずみゲージを 3 本、内面の鋼製リング部分に鉄筋用ひずみゲージを 2 本貼り付け、コンクリートと鋼製リングの収縮ひずみを測定した。各鋼製リング上面に 1 つの AE センサを取り付け、同時に AE の計測を行い、内部に発生するマイクロクラックの挙動について検討した。

3. 実験結果及び考察

3.1 強度試験結果

各配合の材齢 28 日における圧縮強度試験および静弾性係数試験結果を図-2 に示す。圧縮強度は全ての配合で N に近い値となった。静弾性係数は基準配合である N と比較して非鉄スラグ細骨材を用いたすべての配合で増加し、また非鉄スラグの置換率の上昇に伴い大きくなる結果が得られた。

表-1 使用材料および物性

骨材	記号	産地	表乾密度(g/cm ³)	吸水率(%)
非鉄スラグ細骨材	フェロニッケルスラグ	FNS1.2 大江山	3.08	0.31
		FNS5.0 八戸	3.08	1.78
	銅スラグ	CUS2.5 東予	3.60	0.11
		CUS2.5 小名浜	3.53	0.10
普通骨材	砕石	G 板野町	2.57	1.60
	砕砂	N 阿波市	2.57	1.77

表-2 配合

配合	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/ m ³)						混和剤(C×%)			SL (cm)	air (%)	Ct (℃)
			W	C	S			G	AE 減水剤	高性能 AE減水剤	AE剤			
					N	FNS	CUS							
N (徳島産砕石砕砂)	47	45	165	350	780	-	-	949	0.5	-	0.2	8	3.5	21.3
FNS1.2-30% (大江山産)		43			522	268	-	950	0.7	-	0.2	8.5	4	20.5
FNS5.0-50% (八戸産)		46			399	478	-	951	0.5	-	0.2	9	4.5	21.1
FNS5.0-100% (八戸産)		47			-	976	-	952	0.35	-	0.2	10	5.5	21
CUS2.5-50% (東予産)		46			399	-	547	955	-	0.3	0.2	7.5	4.5	18.8
CUS2.5-100% (東予産)		48			-	-	1142	956	-	0.25	-	7	5.5	18.6
CUS2.5-50% (小名浜産)		45			390	-	536	953	-	0.35	0.3	10	4.5	18.8
CUS2.5-100% (小名浜産)		46			-	-	1095	954	-	0.28	0.2	8	4	19

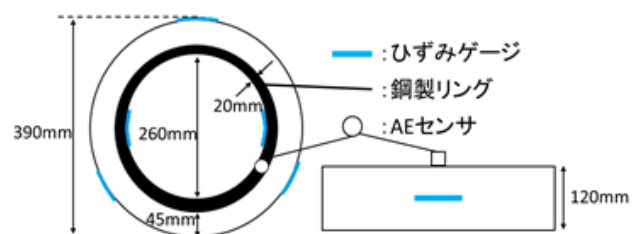


図-1 リング供試体

3.2 長さ変化試験結果

長さ変化試験結果を図-3、収縮ひずみと静弾性係数の関係を図-4に示す。図-3より非鉄スラグ細骨材を置換することで、収縮量を抑制できることが分かる。また、同じ骨材を用いた場合では、置換率が高くなるほど収縮量を抑えられた。図-4より収縮ひずみと静弾性係数の間には相関が認められた。これは非鉄スラグ細骨材を用いた場合、弾性係数が増加することによってセメントペーストの収縮を拘束し、収縮量を小さくした結果であると考えられる。

3.3 リング試験結果

材齢8日でN、小名浜 CUS50%、9日でFNS30%、50%、10日でFNS100%のひび割れを目視により確認し、他の配合ではコンクリート表面にひび割れは発生しなかった。発生した最大ひび割れ幅を図-5に示す。これらのことから非鉄スラグ細骨材を用いることにより、ひび割れ幅、及びコンクリート表面のひび割れ発生を抑制できることが分かる。

次にAE法を用いた評価として、累計AEヒット数とb値の関係を図-6に示す。ここでb値とは破壊規模を評価する指標であり、b値が大きいほど小規模な破壊現象、b値が小さいほど大規模な破壊現象が卓越している状態といえる³⁾。b値に関しては基準配合であるNと非鉄スラグを用いた配合で大きな差はみられなかったが、AEヒット数に関してはCUSを用いた配合で大幅に増加する傾向がみられた。このことからCUSを用いた配合ではコンクリート内部のマイクロクラックが分散して形成されたために、ひび割れが表面に発生しなかったのではないかと考える。

4. まとめ

- (1)非鉄スラグ細骨材をコンクリートに用いた場合、収縮ひずみを低減させる効果があり、収縮ひび割れの抑制や、ひび割れ幅を減少させる結果が得られた。
- (2)リング試験においてAE法を併用することにより、非鉄スラグ細骨材がひび割れ分散性、及びひび割れに対する抵抗性をもたらす可能性が示された。

5. 参考文献

- 1) 福田圭祐ほか：「銅スラグ骨材を用いたコンクリートの乾燥収縮抑制効果および耐火性に関する研究」土木学会四国支部技術研究発表会講演概要集，2013
- 2) 渡辺健ほか：「リング試験におけるコンクリート乾燥収縮のアカースティックエミッション法による評価」コンクリート構造物の補修，補強，アップグレード論文報告集第14巻，pp.95-100，2014
- 3) 大津政康：「アカースティック・エミッションの特性と理論(第2版)」森北出版，2005

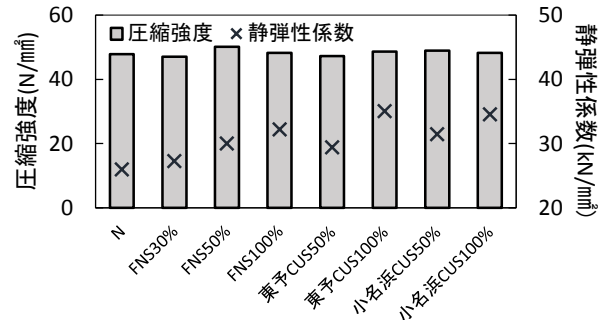


図-2 強度試験結果

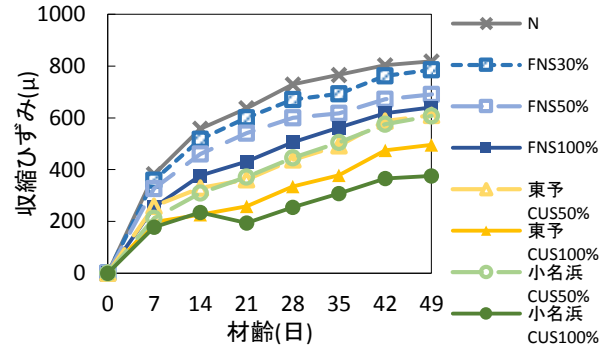


図-3 長さ変化試験結果

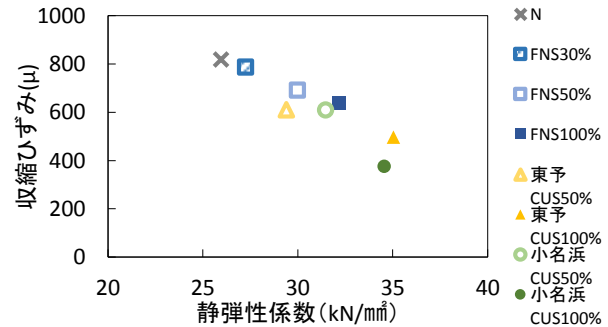


図-4 収縮ひずみと静弾性係数の関係

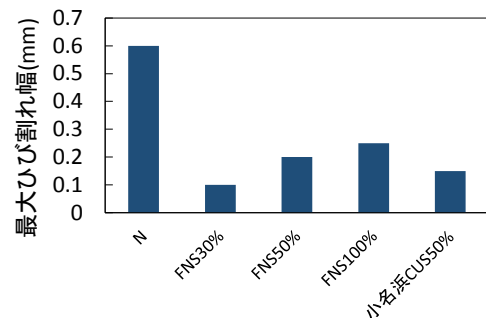


図-5 最大ひび割れ幅

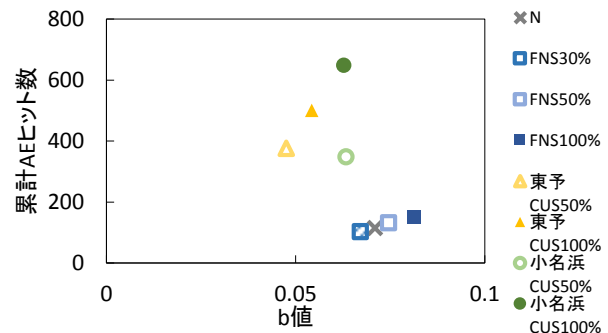


図-6 累計AEヒット数とb値の関係