

電気炉酸化スラグ細骨材を用いた繊維補強コンクリートの凍結融解抵抗性と乾燥収縮特性に関する実験的研究

徳島大学大学院 賛助会員 ○清水光 徳島大学大学院 フェロー会員 橋本典親
徳島大学大学院 正会員 渡邊健 徳島大学技術支援部 正会員 石丸啓輔

1. はじめに

短繊維の混入によりコンクリートの流動性は損なわれてしまうが、同一単位水量でコンクリートの流動性を著しく向上させることのできる電気炉酸化スラグ細骨材（EFS）を混入することにより流動性を維持することができることが確認されている。この性質を利用し、繊維混入率 4%という従来の常識を超えた単繊維補強コンクリートを製造することができた。このコンクリートを使うことによって、鉄筋を全く使わないコンクリート部材（非鉄コンクリート部材）が可能である。しかし、単位水量が 200kg/m³ にもなるため、耐久性能の低下が予想される。

本研究では、電気炉酸化スラグ（EFS）を用いた短繊維補強コンクリートの耐久性として、凍結融解抵抗性と乾燥収縮特性に着目し、実験的に検討した。

2. 使用材料および配合条件

表-1 に使用材料、表-2 に EFS を用いたコンクリートの配合表、表-3 に EFS を用いた短繊維補強コンクリートの配合表を示す。表-2 の目標スランブは 12±5 cm、目標空気量は 4.5±1.5%とし、表-3 の目標スランブフローは 45±7.5 cm、目標空気量は 4.5±1.5%とした。

表-1 使用材料

材料名	記号	種類および物性値
セメント	C	普通ポルトランド 密度:3.16g/cm ³ 、比表面積:3340cm ² /g
フライアッシュ	FA	四国電力(株)フライアッシュII種 密度:2.22g/cm ³ 、比表面積:3420cm ² /g
細骨材	S	徳島県産砕砂 密度:2.58g/cm ³ 、粗粒率:2.83、吸水率:1.68%、実積率:56.5%
	EFS	電気炉酸化スラグ5-0.3 密度:3.57g/cm ³ 、粗粒率:3.15、吸水率:0.4%
粗骨材	G1	徳島県産砕石1505 密度:2.57g/cm ³ 、粗粒率:6.42、吸水率:1.62%、実積率:59.4%
	G2	徳島県産砕石2010 密度:2.68g/cm ³ 、粗粒率:6.68、吸水率:0.41%、実積率:59.9%
短繊維	VF	ビニロン繊維 密度:1.3g/cm ³ 、φ0.66×30mm
混和剤	SP	AE減水剤(リグニンスルホン酸塩とオキシカルボン酸塩)
	AE	高性能AE減水剤(ポリカルボン酸エーテル系) AE剤(変形ロジン酸化系陰イオン界面活性剤)

表-2 EFS 混入率に関するコンクリートの配合

配合名	EFS置換率(%)	W/C(%)	s/a(%)	単位量(kg/m ³)								SP	AE剤
				W	P		S	EFS	G1	G2	(%)		
					C	FA							
EFS-0	0	50	48	178	356	0	822	0	532	370	0.2	0.003	
EFS-30	30	50	48	168	335	50	568	350	546	380	0.2	0.003	
EFS-50	50	50	48	157	314	70	401	598	560	389	0.2	0.003	

表-3 繊維混入率に関するコンクリートの配合

配合名	繊維混入率(%)	EFS置換率(%)	W/C(%)	s/a(%)	単位量(kg/m ³)								SP	AE剤	
					W	P		S	EFS	G1	G2	VF			(%)
						C	FA								
EFS50-0.5	0.5	50	50	48	200	400	100	344	538	504	350	7	0.30	0.03	
EFS50-1	1	50	50	48	200	400	100	344	538	504	350	13	0.38	0.03	
EFS50-4	4	50	50	48	200	400	100	628	931	165	115	52	0.70	0.06	

3. 実験方法

3.1 圧縮強度試験

圧縮強度試験（JIS A 1108）を材齢 14 日に行った。

3.2 急速凍結融解試験（促進法）

急速凍結融解試験は、JIS 法の 300 サイクルが 10 サイクルに相当する液化窒素を用いた促進法によって行った。

3.3 長さ変化試験（迅速法）

計測はコンタクトゲージ方法（JIS A 1192-2）に基づき行った。長期の乾燥収縮を短期間で得るため、温度 40℃、湿度 15±5%で低温炉乾燥させた。

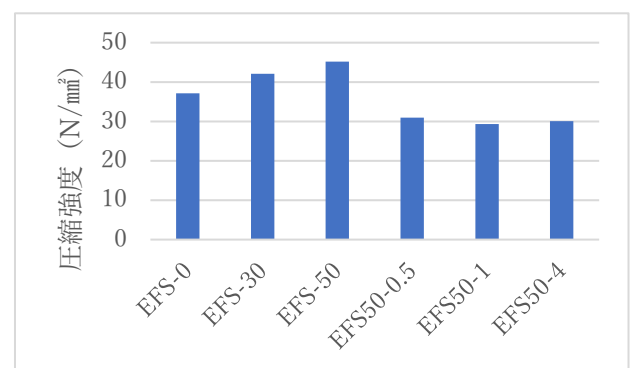


図-1 圧縮強度試験結果

4. 実験結果

圧縮強度試験結果を図-1に示す。EFS 置換率 30%において、 $5\text{N}/\text{mm}^2$ 、50%において $8.1\text{N}/\text{mm}^2$ の増加が見られた。これはフライアッシュを加えたことによる微粉末効果に加え、単位水量を減少させたことによるものと考えられる。

繊維補強コンクリートに関しては EFS 置換率 50%にも関わらず、繊維混入率の変化による圧縮強度は増加ではなく、 $10\text{N}/\text{mm}^2$ 程度低下した。繊維混入量が圧縮強度に与える影響は少ないことが報告されているが、異なる結果になった。

急速凍結融解試験結果を図-2に示す。すべての配合において 10 サイクル終了時点における相対動弾性係数が 60% を下回ることにはなかったため、凍結融解抵抗性を有していると考えられる。

長さ変化試験（迅速法）結果を図-3に示す。EFS を置換することにより、EFS 置換率 30%では 170μ 程度、50%で、 160μ 程度の乾燥収縮が抑えられたが、EFS 置換率によって大きな差は見られなかった。繊維補強コンクリートにおいては、混入率 0.5%で 250μ 程度、1%で 110μ 程度、4%で 250μ 程度の乾燥収縮を抑えられたが混入率による大きな差は見られなかった。興味深い点としては、単位水量 $200\text{kg}/\text{m}^3$ にも関わらず乾燥収縮が非常に小さい点である。これは電気炉酸化スラグ細骨材の使用による乾燥収縮抑制効果と、繊維を使用することによる乾燥収縮抑制効果の相互作用によるものと考えられる。

乾燥収縮ひずみと質量減少率の関係を図-4、図-5に示す。EFS 混入率に関係なく、乾燥収縮ひずみと質量減少率の関係には相関性があるが、同一直線関係ではない。EFS50% の場合の直線関係が異なる。一方、繊維混入率では、乾燥収縮ひずみと質量減少率の関係は同一直線にある。EFS を変化した配合は、単位水量が異なり、セメントペースト量が異なる。一方、繊維混入率を変化させた配合は、セメントペースト量は一定である。この違いが直線の傾きに影響を及ぼしたと考えられる。

5. まとめ

急速凍結融解試験では、すべての配合において凍結融解抵抗性を有していた。長さ変化試験（迅速法）では、EFS を置換すると乾燥収縮ひずみは抑制され、繊維混入によってさらに乾燥収縮ひずみが抑制される。よって、単位水量が $200\text{kg}/\text{m}^3$ にもなる EFS を用いた短繊維補強コンクリートの耐久性能は特に問題がないと判断できた。

【参考文献】

- 1) 住学、竹内博幸、中出睦、谷垣正治：ビニロン繊維補強コンクリートの諸性状に関する基礎的研究、コンクリート工学年次論文集、Vol.25、No.1、2003

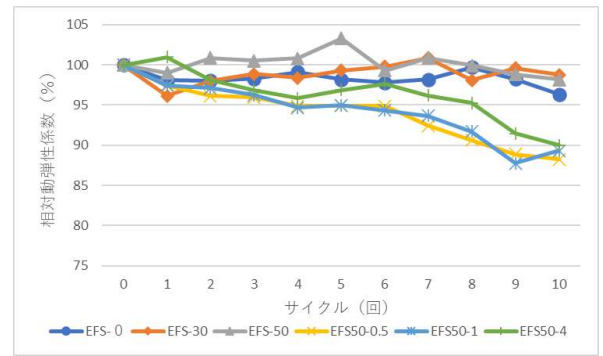


図-2 急速凍結融解試験結果試験結果

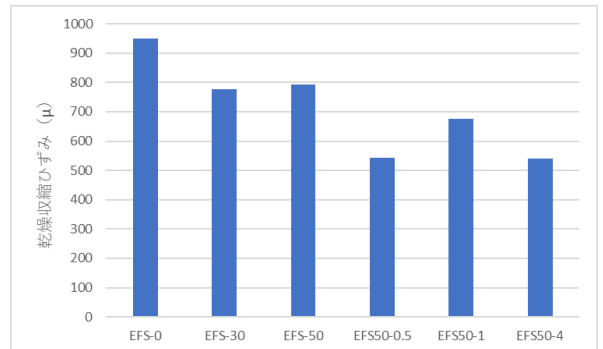


図-3 長さ変化試験（迅速法）結果

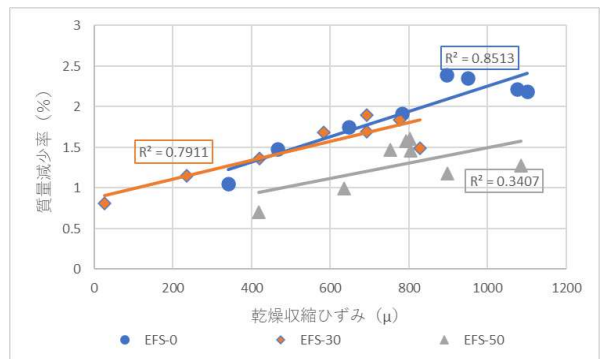


図-4 EFS 混入率が乾燥収縮ひずみと質量減少率に及ぼす影響

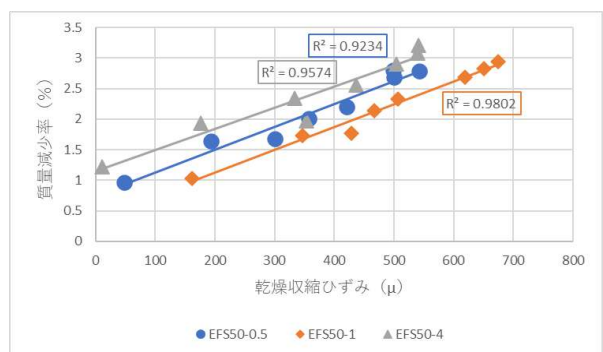


図-5 繊維混入率が乾燥収縮ひずみと質量減少率に及ぼす影響