

ガラス繊維補強コンクリートに対するシリカフェームの利用

徳島大学 正会員 河野 清
 阿南工業高等専門学校 正会員 天羽 和夫
 阿南工業高等専門学校 正会員 堀井 克章
 徳島大学大学院 学生員 阿部 真仁

1. はじめに

ガラス繊維補強コンクリート（以下GFRCと略記）は、引張強度、曲げ強度、せん断強度などが低く、ひびわれ抵抗性、じん性などが劣るというコンクリートの欠点を改善できる複合材料として注目されている。しかしながら、このGFRCには、経済性、施工性、耐久性などの問題があり、特にガラス繊維がコンクリート中の強アルカリによって劣化するという問題は重大である。この対策の1つに、ポゾラン材料を使用してコンクリートのアルカリ度を低下させる方法があるが、産業副産物の1つで、最近、混和材として注目され始めた珪酸質微粉末のシリカフェームを使用することは非常に有効ではないかと考えられる。

そこで、本研究では、GFRCに対する品質改善とシリカフェームのGFRC製品への有効利用を目的としてシリカフェームを混和材としてセメントに10%および20%代替使用し、養生条件を変えてGFRCの圧縮強度、曲げ強度、せん断強度、乾燥収縮などに及ぼす影響について調査し、検討を行った。

2. 使用材料とコンクリートの配合

(1) 使用材料 セメントには、普通ポルトランドセメント（比重3.16）を、細骨材および粗骨材には、徳島県古野川産の川砂（FM2.90、比重2.64）と玉砕石（最大寸法15mm、比重2.69）を使用した。ガラス繊維には、国産の耐アルカリ性ガラス繊維（長さ25mmの短繊維、比重2.70）を、混和材には、表-1に品質を示すシリカフェームを、また、混和剤として高縮合トリアジン系の高性能減水剤とAE助剤を使用した。

(2) コンクリートの配合 GFRCのコンクリート製品への利用を考え、比較的硬練り配合のコンクリートとするため、目標スラブを7cmとした。示方配合を表-2に示す。

表-1 シリカフェームの品質

比重	比表面積 (m^2/g)	化学成分(%)							
		SiO ₂	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	Na ₂ O	Al ₂ O ₃	
2.27	2.27	75.8	2.1	4.5	1.1	3.2	1.9	0.4	

3. 実験方法

(1) 供試体の作製 プレミックス法により強制練りミキサーを用いて練りまぜを行い、10×10×40cmのはり型わくにGFRCを詰め、振動締固め成形し、供試体を作製した。

(2) 養生方法 供試体成形後、養生方法は表-3のように標準養生と蒸気養生を行った。蒸気養生は、実験室用の蒸気養生槽を用い、最高温度を3種に変え、翌日脱型後所定材令まで20℃水中養生とした。

(3) 試験方法 所定材令に達したGFRCのはり供試体を用いて、曲げ強度試験を行った後、折片について圧縮強度およびせん断強度試験を行った。また、乾燥収縮試験は、材令7日後空中養生に拘り長さ変化を測定した。

4. 実験結果の考察

(1) 圧縮強度に及ぼすシリカフェーム代替率および養生条件の影響 シリカフェーム代替率と養生条件を変えたGFRCの折片圧縮強度試験結果を図-1に示す。この図より全体的な傾向として、シリカフェーム代替率が増

表-2 GFRCの示方配合

配合 の種類	粗骨材 最大寸 法 mm	目標ス ランブ 厚 cm	目標 空気量 %	水 灰 比 %	細骨 材 率 %	ガラス 繊維 混入率 %	単位量 kg/m ³					混和剤		
							水	セメ ント	シリカ フェーム	細 骨材	粗 骨材	ガラス 繊維	高性能 減水剤 CC/m ³	AE助 剤 cc
Sf-0	15	7	5	55	68	1.0	265	482	—	937	449	27	4820	48
Sf-10	15	7	5	55	68	1.0	261	428	48	937	449	27	7140	23
Sf-20	15	7	5	55	68	1.0	258	375	94	937	449	27	9849	16

表-3 標準養生条件および蒸気養生条件

標準養生	脱型後 20℃ 水中養生
蒸気養生	前養生 + 温度上昇 + 等温養生 + 温度下降 (3h) (3h) (3h) (15h) 最高温度 (40, 60, 80℃)

加すると強度は大きくなる傾向があることがわかる。また、蒸気養生の際の最高温度が高くなるほどGFRCの材令1日における初期強度は大きくなる。これらのことから、GFRCの強度発現にシリカフェームの効果認められる。しかし、標準養生に比べて最高温度が高い場合には、材令1日以後の強度の伸びが悪くなり、材令7日では、大差なくなり、材令28日では、逆に低くなる。この傾向は、60、80℃といった蒸気養生温度の高い場合に顕著である。

(2) 曲げ強度に及ぼすシリカフェーム代替率および養生条件の影響 曲げ強度試験結果を図-2に示す。曲げ強度も圧縮強度の場合と同様に、シリカフェーム代替率の増加に伴い強度は大きくなっており、最高温度が高いくほど材令28日への強度の伸びは小さくなる傾向にある。しかし、シリカフェーム代替率が20%の場合、材令28日でも標準養生と同等の強度が得られており、蒸気養生を行ったGFRCの曲げ強度に対しては、シリカフェームの有効性が伺える。

なお、ガラス繊維のアルカリ劣化の影響については、さらに長期材令の供試体について、今後検討する必要がある。

(3) セン断強度に及ぼすシリカフェーム代替率および養生条件の影響 セン断強度試験結果を図-3に示す。セン断強度の場合も圧縮強度および曲げ強度の場合と同じ傾向を示しており、GFRCのセン断強度の発現にも、シリカフェームは有効である。

(4) 乾燥収縮に及ぼすシリカフェーム代替率および養生条件の影響 乾燥収縮に及ぼすシリカフェーム代替率の影響を図-4に、養生条件の影響を図-5に示す。図-4より、60℃蒸気養生を行った場合、シリカフェームを代替使用したGFRCは、代替使用していないGFRCに比べて、乾燥収縮が多少、小さくなる傾向がある。また、図-5にみられるように養生条件の乾燥収縮に及ぼす影響は明らかにありわれており、蒸気養生を行い、その際の最高温度が高いほど乾燥収縮は小となる。

5. まとめ

GFRCに対して、産業副産物であるシリカフェームを混和材として使用することは、GFRCの強度発現に効果的である。蒸気養生を行うことにより、その使用効果は増大し、初期強度発現が顕著なので、早期脱型出荷を行うGFRC製品に対して10~20%のシリカフェームの使用は有効であると考えられる。

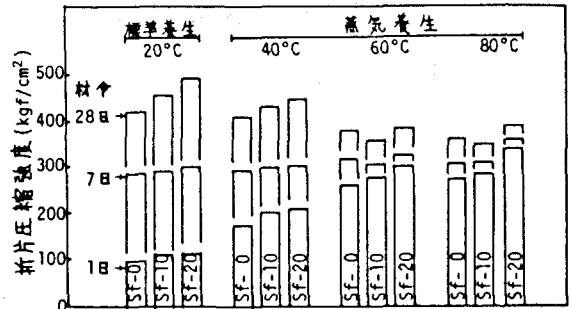


図-1 GFRCの圧縮強度に及ぼすシリカフェーム代替率と養生条件の影響

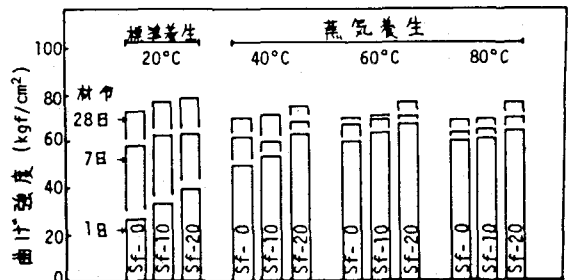


図-2 GFRCの曲げ強度に及ぼすシリカフェーム代替率と養生条件の影響

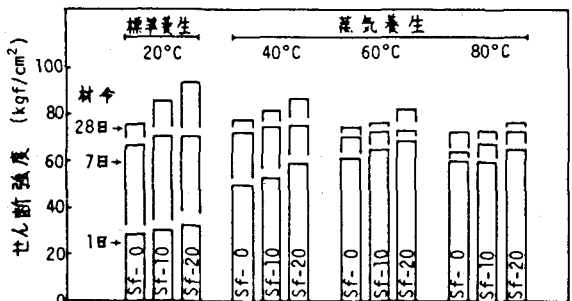


図-3 GFRCのせん断強度に及ぼすシリカフェーム代替率と養生条件の影響

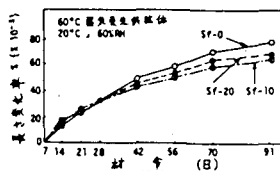


図-4 GFRCの乾燥収縮に及ぼすシリカフェーム代替率の影響

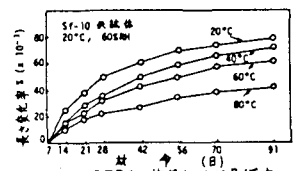


図-5 GFRCの乾燥収縮に及ぼす養生条件の影響