

低品質シリカフュームを用いたガラス繊維補強コンクリートの特性に関する2, 3の検討

阿南工業高等専門学校 正会員 ○堀井克章
徳島大学工学部 正会員 河野 清
阿南工業高等専門学校 正会員 天羽和夫

1. まえがき

シリカフュームは、コンクリートの品質改善効果のある混和材料として注目されている珪性シリカ質超微粒子の産業副産物である。シリカフュームを取り扱った既往の研究では、比表面積 $20\text{万 cm}^2/\text{g}$ 程度で SiO_2 含有率80%以上のものを用いた例が多いが、実際にはそれらの値がかなり小さいいわゆる低品質のものも副産されている。

本研究では、低品質シリカフュームを取り上げ、これをガラス繊維補強コンクリート(以下GFRCと略す)製品に利用する際の基礎的資料を得ることを目的として、シリカフュームをセメントの一部に代替使用し、フレッシュ及び硬化コンクリートの性質、特に各種養生を行った場合のGFRCの特性について実験的に検討した。

2. 実験概要

実験での使用材料及び配合をそれぞれ表-1及び2に示す。

使用したシリカフュームは、四国産で、通常のものに比べて比表面積と SiO_2 含有率が小さい低品質のものである。

GFRCの練りまぜは、強制練リミキサを用いて図-1に示す方法で行った。

フレッシュコンクリートの試験は、練上り直後のGFRCで行った。採用した試験は、スランプ試験(JIS A 1101)、空気量試験(JIS A 1128)、VB試験(BS 1881)、締め係数試験(BS 1881)及びブリージング試験(JIS A 1123)である。

硬化コンクリートの試験用 $10 \times 10 \times 40\text{cm}$ はり供試体は、型枠にGFRCを詰め、振動台で締め、表面仕上げを行った後、図-2に示す各種の方法で所定材令まで養生した。

硬化コンクリートの試験としては、曲げタフネス試験(JCI SF-4)、はり折片使用の2面せん断強度試験(JCI SF-6)及び長さ変化試験(JIS A 1124)を採用した。

3. 実験結果と考察

フレッシュコンクリートの各試験結果を表-3に示す。超微粒子のシリカフュームの代替率の増加とともにGFRCは粘性が高くなり、そのコンシステンシーは低下するものの、多量使用可能な高性能減水剤の使用量を調整することで、所要のスランプ値や同程度のVB値及び締め係数が得られることが表-3及び配合を示した表-2よりわかり、シリカフュームを用いるGFRCのコンシステンシー改善に高性能減水剤の利用が有効であると思われる。

GFRCのブリージング率を図-3に示す。この図より明らかなように、シリカフューム代替率の増加に伴ってブリージングが激減する傾向がある。これは、シリカフュームが超微粒子でありまたその比重がGFRC自体の比重と同程度の値であるため、GFRCの保水性が良く、水や骨材の移動が困難となることなどによるものと思われる。なおブリージングの終了時間は、シリカフュームを用いたGFRCの方がこれを用いないものに比べて若干長くなる傾向がある。

表-1 使用材料

分類	材 料	主 要 な 性 質
結合材	普通セメント	比重3.15、フレン比表面積 $2200\text{cm}^2/\text{g}$
	四国産シリカフューム	比重2.27、フレン比表面積 $22700\text{cm}^2/\text{g}$ 、 SiO_2 含有率95.9%
細骨材	石野川産川砂	比重2.64、含水率1.38%、粗粒率2.80
粗骨材	石野川産リム石	比重2.69、含水率1.43%、粗粒率6.26、最大寸法15mm
繊維材料	日本産ガラス繊維	比重2.70、繊維長25mm、耐アルカリ性γアラストランド
混和剤	高減水率減水剤	比重1.13、液体、高減水率トリジン系
	AE剤	液体

表-2 ガラス繊維補強コンクリートの配合

配合率													単位量 (kg/m ³)		発泡剤, Ad
配合	粗骨材 最大径 Ms (mm)	目標 スランプ SI (cm)	目標 空気量 AL (%)	目標 W/C (%)	粗骨材 率 s/a (%)	繊維 率 VE (%)	水	結合材, C セメント Ce (kg)	細骨材, S SE (kg)	粗骨材, G (kg)	繊維, F (kg)	高性能 減水剤 CF (ml/m^3)	AE剤 (mg/m^3)		
SF0%							265	482	0				4820		
SF10%	15	7	5	55	68	1.0	261	428	48	937	449	27	7140	6.55	
SF20%							258	375	94				9850		

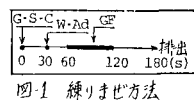


図-1 練りまぜ方法

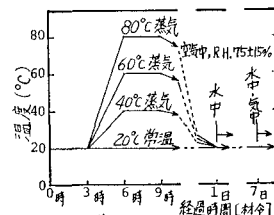


図-2 養生方法

表-3 フレッシュコンクリートの各種試験結果

配合	コンクリート 温度 (°C)	スランプ値 (cm)	空気量 (%)	VB値 (s)	締め係数 (理論CF値)
SF0%	14.6~18.7	5.9~7.9	4.5~5.8	24~62	0.94~0.95
SF10%	15.0~18.4	7.1~8.1	4.6~5.5	25~51	0.94~0.95
SF20%	15.0~18.5	6.7~8.1	4.7~5.8	37~44	0.94~0.95

各種養生を行ったGFRCのせん断強度を図-4に示す。この図より明らかなように、シリカフェーム代替率が高いほどせん断強度が大きくなる傾向がある。これは、シリカフェームが低品質とはいえセメントやフライアッシュと比べると、粉末度は非常に大きくまた SiO_2 含有率の高いボゾラン材料であり、優れたボゾラン反応を示すこと、ブリージングを抑制すること、GFRC中の細孔を充てんして内部組織を緻密にすることなどによるものと思われる。次に養生方法について

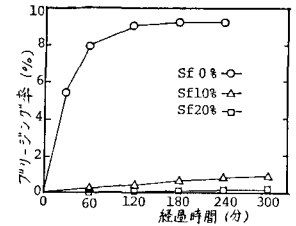


図-3 ブリージング率の経時変化

みると、60℃までは蒸気養生温度が高いほど材令1日強度が高く、蒸気養生は初期強度発現に適していると思われる。80℃蒸気養生の方が60℃蒸気養生に比べて材令1日強度が低いのは、熱による膨張収縮量の大きい自由水がGFRC中に多量に存在することなどによるものと思われる。なお材令28日以降は、養生温度が低いほど高い強度を示す傾向がある。また材令28日以降強度が低下し、その割合は乾燥養生強度に比べて湿潤養生強度の方が大きいこと、乾燥養生強度の方が湿潤養生強度に比べて高い値を示すことなどの傾向がある。これらは、セメント

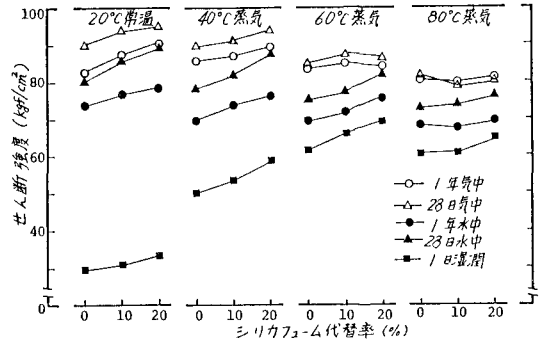


図-4 シリカフェーム代替率とせん断強度との関係

の水和反応により生じる $(\alpha(OH)_2$ などによりガラス繊維が劣化することなどによるものと思われる。この抑制策としてボゾラン材料であるシリカフェームの利用が考えられるが、代替率20%程度のシリカフェームの使用では効果はあまりなく、それよりも早期材令で湿潤状態から乾燥状態へ移すのが良いと思われる。

じん性評価のための曲げタフネス試験より得られたGFRCの換算曲げ強度を図-5に示す。この図より明らかなように、シリカフェーム代替率が高いほど高い値を示すこと、材令28日以降値が低下すること、材令1年では水中湿潤状態に比べて気中乾燥状態の方が高い値を示すことなどせん断強度と同様な傾向がある。なお材令28日では水中湿潤状態に比べて気中乾燥状態の方が低い値を示すのは、乾燥による収縮を繊維が拘束するためにGFRC中には潜在的に引張応力が作用していることによる影響などが原因と思われる。

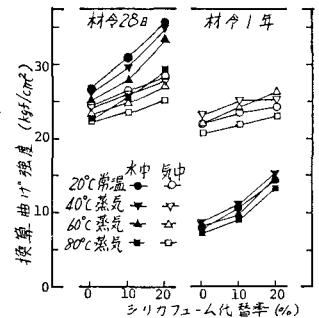


図-5 シリカフェーム代替率と換算曲げ強度との関係

長さ変化試験より得られたGFRCの乾燥収縮率を示した図-6より明らかなように、シリカフェームの使用によりまた蒸気養生の採用により収縮率が低下する傾向があり、GFRCの乾燥収縮の抑制にシリカフェームや蒸気養生が有効であると思われる。なお材令5週まではシリカフェーム代替率が高いほど収縮率が大きいのは、超微粒子のシリカフェームの使用でGFRCの「ブリージング」が減少することなどによるものと思われる。

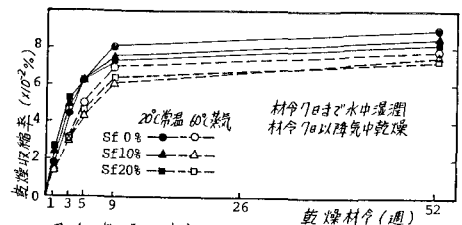


図-6 乾燥収縮率の経時変化

4. むすび

GFRCに低品質シリカフェームを混和材として使用し、各種養生した本研究より得られた結果を実験の範囲内で要約すると、シリカフェームの使用はGFRCのコンシステンシーを低下させるが高性能減水剤の利用によりこれは改善できること、シリカフェームの使用はGFRCの「ブリージング」、せん断強度、じん性、乾燥収縮などの品質改善に効果があること、GFRCのせん断強度やじん性は湿潤養生を続けると低下するが早期材令で乾燥状態へ移すことによりそれをある程度抑制できると、蒸気養生はGFRCの初期せん断強度発現や乾燥収縮の抑制に効果があるが最高温度は高くすると強度発現に悪影響がありなるべく低くするのが良いことなどである。