

徳島大学工学部 正会員 ○堀井 克章
徳島大学工学部 正会員 河野 清

1 まえがき

ガラス繊維補強コンクリート(以下GFRCと略記)では、使用される耐アルカリ性ガラス繊維の耐アルカリ性が完全でないために、セメントの水和時に遊離する強アルカリの $\text{Ca}(\text{OH})_2$ により、ガラス繊維が年月の経過によって劣化する問題がある。その対策の一つとして、フライアッシュ、高炉スラグ微粉末(以下高炉スラグと略記)などの混和材を用い、マトリックスのアルカリ度を低下させることが考えられる。そこで本研究では、フライアッシュおよび高炉スラグを混和材としてセメントの一部に代替して使用し、GFRCの長期強度に及ぼす影響について調査を行った。さらに、湿潤養生および乾燥養生の影響についても検討を行った。

2 実験の概要

1) 使用材料とコンクリートの配合

セメントは、普通ポルトランドセメント(比重3.16)を用い、細骨材、粗骨材には、それぞれ川砂(比重2.66, F.M.2.97)、豆砂利(比重2.62, 最大寸法10mm, F.M.6.00)を使用した。また、混和材料として、フライアッシュ(比重2.25, ブレーン値3150 cm^2/g , 記号FA)、高炉スラグ(比重2.90, ブレーン値3760 cm^2/g , 記号BS)、リグニンスルホン酸塩系の減水剤(セメント1

表-1 コンクリートの配合

配合の種類	繊維混入率 (%vol)	粗骨材 最大寸法 (mm)	スランポ (cm)	目標空気量 (%)	水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	単位量 (kg/m ³)					
							水	セメント	混和材	細骨材	粗骨材	繊維
GF-1 FA-0							312	520	0			
GF-1 FA-10							308	462	51			
GF-1 FA-20	1.5	10	10	4	60	65	304	405	101	810	430	40.5
GF-1 FA-30							299	349	150			
GF-1 FA-40							295	295	197			
GF-1 BS-0							312	520	0			
GF-1 BS-15							311	440	78			
GF-1 BS-30	1.5	10	10	4	60	65	309	361	154	810	430	40.5
GF-1 BS-45							308	282	231			
GF-1 BS-60							306	204	306			
GF-2 OPC							300	500	0			
GF-2 FA-20	1.5	10	10	5	60	65	292	390	97	823	436	40.5
GF-2 BS-60							295	196	295			

kgに対し、標準溶液で10cc使用)および空気量の調節のためのAE助剤を使用した。なお、本実験に使用したガラス繊維は、英国産(記号GF-1)および国産(記号GF-2)の2種の耐アルカリ性ガラス繊維で、いずれも、比重2.70、繊維長25mmのチョップドストランドである。コンクリートの配合は、水セメント比を60%、繊維混入率を容積比で1.5%volの一定とし、スランポ10cm、空気量は4~5%の範囲を目標として決定した(表-1参照)。なお、フライアッシュ代替率は、セメントに対して内割で0、10、20、30および40%とし、高炉スラグの場合は、内割で0、15、30、45および60%と代替率を変化させた。

2) 供試体の作製と試験方法

練り混ぜには、強制練りミキサを用い、まず、モルタルを30秒間練り、引き続き繊維を手でほぐして投入しながら60秒間練り、次に、粗骨材を投入し、さらに60秒間練り混ぜた。コンクリートは、スランポおよび空気量を測定した後、 $10 \times 10 \times 40 \text{ cm}$ の供試体の作製できるはり型枠に詰め、振動台で締固め成形し、打設翌日から所定材令(7, 28, 91, 182および364日)まで $20 \pm 2^\circ \text{C}$ の水中湿潤養生を行った。なお、乾燥養生を行うものについては、供試体を材令7日まで水中養生した後、所定材令まで $20 \pm 2^\circ \text{C}$ 、RH 60~80%の恒温室内で空气中乾燥養生を行った。所定材令に達した供試体は、スパン30cmの中央集中載荷法による曲げ強度試験を行った後、折片を用いて、側面載荷法による圧縮強度試験を行った。なお、供試体数は各3個とし、その平均値を用いた。

3 実験結果とその考察

フライアッシュおよび高炉スラグ代替率とGFRCの圧縮強度および曲げ強度との関係を図-1および図-2に示す。また、湿潤養生および乾燥養生を行ったGFRCの圧縮強度および曲げ強度の経時変化を図-3に示す。

これらの図から明らかなように、混和材を用いない場合、湿潤養生を継続すると、圧縮強度では材令91日以降、また、繊維の補強効果が主に現れる曲げ強度では材令28日以降の強度増進が見られず、強度低下を示す場合もある。この理由の一つとして、ガラス繊維がコンクリート中の水と和により生じる $\text{Ca}(\text{OH})_2$ により劣化するこれが考えられる。一方、混和材をセメントの一部に代替して用いた場合、湿潤養生を継続すると、材令28日強度はいずれも、混和材代替率の増加に伴い、減少する傾向がある。しかし、それ以降の材令では、混和材代替率が高いものほど、強度の増進率が大きくなり、材令364日強度は、混和材を用いないものよりも大きくなっている。また、混和材を用いた場合、初期材令において、湿潤養生から乾燥養生に移しても、強度発現は比較的良好となっている。なお、フライアッシュを用いたものは、曲げ強度の増進に、また、高炉スラグを用いたものは、圧縮強度の増進に対して特に効果があるといえる。以上のように、フライアッシュあるいは高炉スラグを混和材としてセメントの一部に代替して使用することは、GFRCの長期強度の増進に非常に有効であることがわかる。

フライアッシュ、高炉スラグなどもコンクリートに使用した場合の効果には、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ の量が少なくなることは、長期強度が大となり水密性が向上すること、ワーカビリティが改善されることなどがある。本実験では、配合を示した表-1から明らかなように、フライアッシュ代替率を10%増すと単位水量で約4kg、また、単位セメント量で約7kgの低減が可能となり、GFRCにおいても、ワーカビリティの改善に効果があることがわかる。なお、減水率は低いが、高炉スラグの場合も同様に有効である。

4 むすび

GFRCにおいて、長期強度発現あるいはガラス繊維のアルカリ劣化対策として、また、ワーカビリティの改善のために、フライアッシュあるいは高炉スラグを混和材としてセメントの一部に代替して用いることは、非常に有効な手段となることが明らかになった。なお、土木・建設用コンクリートでは、耐久性が重要な問題となるので、本実験においても、さらに長期材令での試験用供試体を作製しており、今後、調査検討を続けていく予定である。

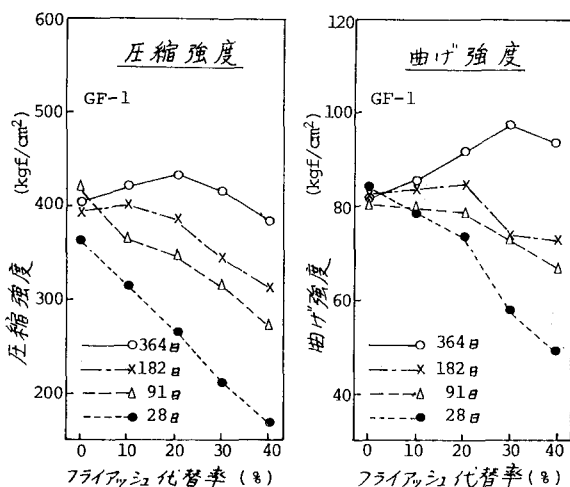


図-1 フライアッシュ代替率と圧縮強度および曲げ強度との関係

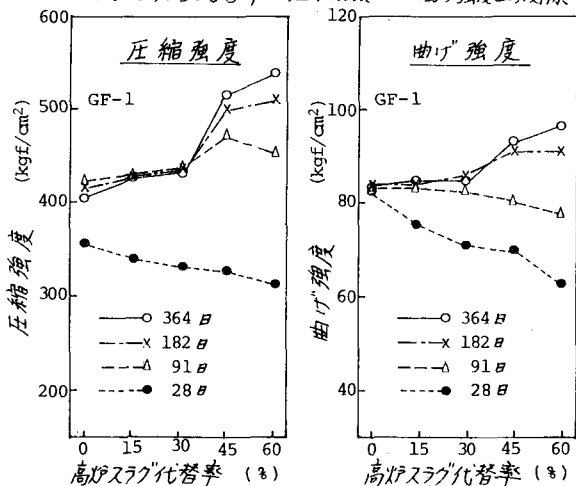


図-2 高炉スラグ代替率と圧縮強度および曲げ強度との関係

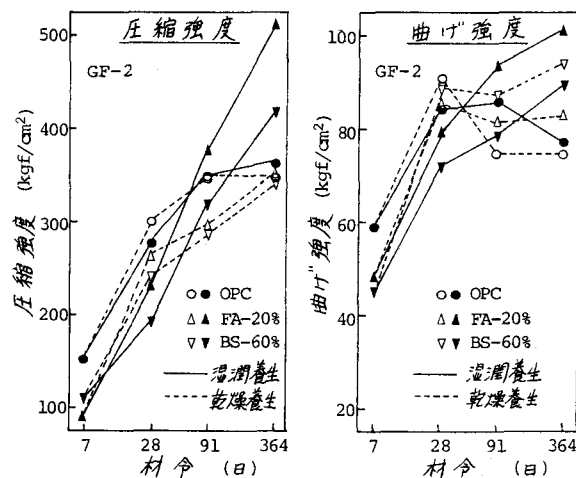


図-3 湿潤養生および乾燥養生を行ったGFRCの圧縮強度および曲げ強度の経時変化