

(V - 5) 短炭素繊維で補強したFRP廃材微粉末混入軽量モルタルの製造について

群馬工業高等専門学校 正会員 古川 茂
群馬工業高等専門学校 小島 昭
アサオカ(株) 浅田俊彦

1. まえがき

軽量砂あるいは標準砂の一部の代わりに微粉末化させたFRP廃材を用いたモルタルに関しては、これまでにその製造や性状について報告してきた^{1), 2)}。しかしながら、軽量砂を用いた場合の曲げ強度やたわみは一般のモルタルに比べて小さく、これらを一層改善するためには、繊維などによる補強についての検討が必要と考えられる。

本研究では、強度や変形性能の向上に有効と考えられる短炭素繊維を、FRP廃材微粉末を軽量砂の代わりに用いたモルタル中に分散させた複合材の製造方法、ならびに繊維の分散性、曲げ強度、圧縮強度およびたわみなどについて検討した。

2. 実験の概要

炭素繊維は、長さが6mmピッチ系(引張強度: 6100kgf/cm²、直径: 18.0μm)を用いた。炭素繊維の容積混入率V_fは、0, 0.7, 1.5および2.2%とした。

セメントは普通セメントを、また軽量砂は秋田産(比重: 0.7)をそれぞれ用いた。FRP廃材微粉末(以下、FRP粉末と称す)は、88μm以下の粒径を含む量の異なるaおよびbを用いた。混和材料は、ナフタリンスルホン酸塩系の高性能減水剤、メチルセルロースおよびシリカフューム(比重: 2.03, ブレーン値: 230000 cm²/g)を用いた。シリカフュームはセメントと置き換えて用いた。

実験は、砂結合材比(S+FRP/(C+Si))が0.67で、砂とFRP粉末との置換率(FRP/(S+FRP))を0.43と一定にし、水結合材比(W/(C+Si))、繊維混入率、FRP粉末の種類や変化混和材料の種類などを変化させたシリーズIと、繊維混入率および混和材料の種類を変化させたシリーズIIについて行った。

練りまぜは、通常のモルタルミキサを用い、いずれのシリーズとも、図-1に示すような材料の投入順序および練りまぜ時間で行った。用いた軽量モルタルの配合を表-1に示す。

供試体(40×40×160 mm)の作製、フロー試験および強度試験はJIS R 5201に準じて行った。供試体は、材令2日で脱型し、以後強度試験の材令7日および28日まで水中養生を行った。曲げ強度試験の時には、中央部のたわみを測定した。

3. 結果および考察

シリーズIの諸性状を表-2に示す。繊維の分散性は、メチルセルロースあるいはシリカフュームを用いると改善されている。そして、表から、炭素繊維を容積で1.5%程度混入する場合には、シリカフ

W+C+FRP+Ad. → CF → S
1分 平均2分 1.5分

W: 水、C: セメント、FRP: FRP粉末、Ad.: 混和材料(Mc: 37kg/m³、Si: シリカフューム、S.P.: 高性能減水剤)、CF: 炭素繊維、S: 砂、

図-1 材料の投入順序および練りまぜ時間

表-1 軽量モルタルの配合

配 合	W	混和材料の重量比(%)			FRP 粉末の 種類
	C+Si	Mc/W	Si/(C+Si)	S.P.	
P-a	0.71			3	a
P-b	1.00			3	a
Mc-a	1.00	1.0		3	a
Mc-b	1.00	0.5		1.5	a
Mc-c	0.90	0.5		1.5	a
Mc-d	0.90	0.5		1.5	b
Si-a	1.00		10	3	a
Si-b	1.00		20	1.5	a
Si-c	1.00		20	1.5	b

表-2 CFRCL軽量モルタルの諸性状(シリーズI)

配 合	V _f (%)	フロー値	単位容積重量(t/m ³)	曲げ強度(kgf/cm ²)	圧縮強度(kgf/cm ²)	繊維の分散性
P-a	0	140	1.09	18	69	D
P-b	1.5	180	1.11	17	40	C
Mc-a	0	160	--	--	--	
Mc-b	1.5	120	0.82	14	13	C
Mc-c	0	140	0.95	15	18	
Mc-c	1.5	130	0.90	27	53	C
Mc-c	0	160	1.01	16	51	
Mc-c	1.5	120	0.96	32	93	A
Mc-d	0	160	1.01	20	61	
Mc-d	1.5	140	0.97	31	66	A
Si-a	0	260	0.92	16	61	
Si-b	1.5	170	0.89	16	61	B
Si-b	0	210	1.05	16	78	
Si-b	1.5	150	1.07	39	91	A
Si-c	0	190	1.10	21	82	
Si-c	1.5	160	0.97	29	80	A

※A: 優れる、B: やや優れる、C: やや劣る、D: 劣る

ームは置換率が 20% の場合、メチルセルローズでは添加率が0.5%の場合がそれぞれ有効と考えられる。

シリーズⅡのフロー値を図-2、強度およびたわみを図-3、図-4および図-5にそれぞれ示す。

フロー値は、図-2に示すように、繊維混入率の増加に伴って低下する。

シリカフュームを用いた配合Si-bおよびSi-cの場合は、メチルセルローズを用いた配合Mc-cおよびMc-dの場合に比べて粘性が低いため、流動性は大きい。

曲げ強度と繊維混入率との関係を図-3に示す。曲げ強度は、一般にメチルセルローズを用いた配合に比べ硬化の早いシリカフュームを用いた場合の方が大きい。繊維の分散が良好だった配合Mc-d以外では、曲げ強度は繊維混入率が1.5%まで増加し、それ以降は混入率を増加しても、繊維の分散性が劣るため強度は増加していない。配合Si-bおよびSi-cの場合に繊維を1.5%混入すると、繊維で補強しないものの約 2.5 倍の曲げ強度が得られた。この強度は、従来の配合²⁾のものの約2.5 倍に相当する。

図-4には、圧縮強度と繊維混入率との関係を示す。シリカフュームを用いると、メチルセルローズの場合比べ、約2 倍の圧縮強度が得られた。圧縮強度は、繊維混入率が増加すると、繊維の分散性の影響により少し低下する場合がある。しかしながら、いずれの配合の場合も、繊維で補強しないものと同程度の強度が得られ、繊維を混入することによる圧縮強度の低下は認められない。

図-5には、配合Mc-cおよびSi-bの荷重とたわみとの関係を示す。配合によって最大荷重は相違しているが、最大荷重時までのたわみ量は、いずれの配合を用いても、炭素繊維で補強しないものの3~4倍が得られた。

4. まとめ

FRP廃材微粉末を用いた軽量モルタルを短炭素繊維で補強した複合材を作製する場合には、シリカフュームを用いれば、容積で1.5%程度の比較的少ない繊維量を混入することにより、軽量化を維持して曲げ強度および変形性能を向上させることが可能と考えられる。

文献 1)第18回関東支部技術研究発表会講演概要集 1991,pp.314.315

2)第45回セメント技術大会 1991,pp.334~339

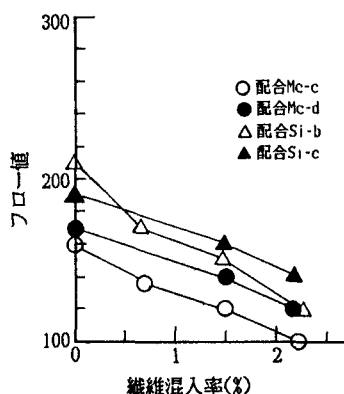


図-2 フロー値と繊維混入率の関係

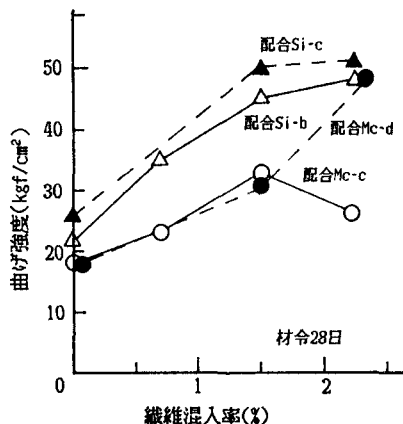


図-3 曲げ強度と繊維混入率の関係

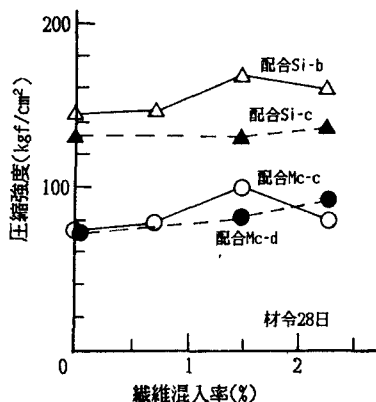


図-4 圧縮強度と繊維混入率の関係

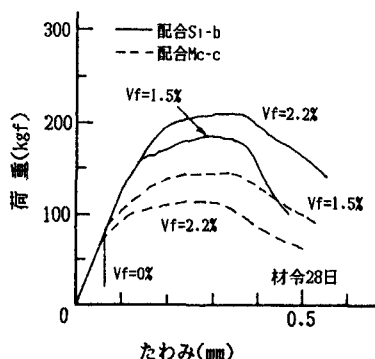


図-5 荷重-たわみ曲線