

東海大学工学部 学生会員 竹中 寛
 東海大学工学部 学生会員 田草 久希
 東海大学工学部 正会員 笠井 哲郎

1. まえがき

現在我が国では、年間約20万トン超の廃FRPが産業廃棄物や一般廃棄物として排出され、環境負荷の一要因となっている。この廃FRPの再利用・再資源化の方法としては、①機械的な粉体化による二次原料としての再利用、②熱分解によるガス、油分および熱エネルギーの回収利用と固形残渣の再利用、に大別される。②の方法における固形残渣の比率は高く、またその再利用技術も確立していないため、ほとんどが再度廃棄物として埋め立て処分されている。

そこで、本研究は廃FRPを破砕・粉砕処理した二次原料（以下、処理材）をモルタルコンクリート用の補強材として、有効利用することを目的とした。特に、本研究で扱う廃FRP処理材は、FRPのマトリックス部分と繊維とが分離回収されたものであることから、モルタル用繊維補強材としての再利用の可能性について、実験的検討を行った。

2. 実験概要

(1) 使用材料およびモルタルの配合

セメントはC社製の普通ポルトランドセメント（比重：3.16, Blaine：3380cm²/g）を、高炉スラグ微粉末は比重：2.90, Blaine：4010cm²/gを、細骨材は比重：2.59の川砂を用いた。本実験に用いた廃FRPは主に、ガラス繊維（30wt%）、不飽和ポリエステル樹脂（35wt%）、CaCO₃微粉（35wt%）により構成されたものである。廃FRP処理材は図-1に示す処理工程において排出される一次処理材、二次処理材およびガラス繊維とFRP微粉末が分離回収された二次処理分級材を用いた。なお、二次処理分級材のガラス繊維は、ほとんどが毛玉状に凝集した状態で回収される。

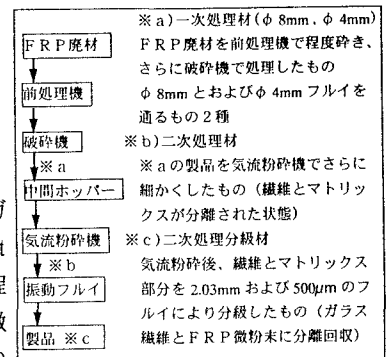


図-1 廃FRPの処理工程

モルタルの配合を表-1に

表-1 モルタルの配合および練混ぜ

	W/C%	S/C	処理材の種類	処理材 (C×wt%)	SP ((C+SG)×wt%)	練混ぜ機	練混ぜ方法	繊維の分散性
A	35	1.5	二次処理分級材 (繊維)	0~15.7	0~1.87	オムニキサ	W+C+F→+S→排出	良
B		1.4 ※1			1.33~4.33		W+C+F→+S+P→排出	良
C		1.5	二次処理材	0~15.0	0~2.33		W+C+F→+S→排出	良
D		1.5 ※2			0~1.00		W+C+F→+S→排出	良
E		1.5 ※3	一次処理材 (φ8mm) 一次処理材 (φ4mm)		0~4.00		W+C+F→+S→排出	良
F		1.5 ※4	二次処理分級材 (繊維)	0~15.7	0.2~4.67		W+C+F+SG→+S→排出	良
G		1.5			0~1.87	ホバートミキサ	W+C+F→+S→排出	良
H		1.5					W+C+F+S→排出	良
I								

W:水 C:セメント S:細骨材 P:FRP微粉末 F:処理材 SG:高炉スラグ微粉末(ブレン4010cm²/g) SP:Mit150

※1) FRP微粉末を細骨材に置換して使用 P/C=0.1 ※3) S/(C+SG)=1.5であり、C:SG=0.7:0.3

※2) 処理材を細骨材に置換して使用 (S+F)/C=1.5 ※4) S/(C+SG)=1.5であり、C:SG=0.5:0.5

の製造方法

ミキサは容量10ℓのオ

ムニミキサおよびホバートミキサを使用した。各配合における練混ぜ方法は表-1に示すとおりである。供試体は寸法40×40×160(mm)で、24時間後脱型し、21℃で27日水中養生した後、14日気中養生した。

(3) 強度試験

曲げ強度試験は万能試験装置を用い、スパン100mmで中央集中載荷とした。この際、試験装置のクロスヘッドの変位量から曲げ破壊時の最大のたわみ量を測定した。圧縮強度試験は曲げ試験終了後の供試体の折片を圧縮強度試験用供試体とし、40×40(mm)の加圧板で載荷し行った。各強度試験の結果は3個の供試体の平均値とした。

(4) 供試体の切断面の観察

キーワード：廃棄物、廃FRP、短繊維補強モルタル、練混ぜ方法、曲げ強度

〒259-12 平塚市北金目1117 TEL 0463-58-1211(内4263) FAX 0463-50-2045

曲げ強度試験終了後の供試体の折片をダイヤモンドカッタで切断し、処理材の分散性等を評価するために、切断面の観察を行った。

3. 実験結果および考察

図-2は処理材の種類を変えた場合について、モルタルの曲げ強度と処理材の混入量の関係を示したものである。図より配合Aの二次処理分級材（繊維）を混入した場合、処理材の混入量に伴い曲げ強度が大きくなっている。また配合Bの二次処理材（繊維とFRP微粉末が混在）を混入した場合にも処理材の混入により、曲げ強度の増加が見られた。これらの曲げ強度の増加は、繊維状の処理材がモルタルマトリックスに対し繊維補強材として有効に作用したためであると考えられる。一方、配

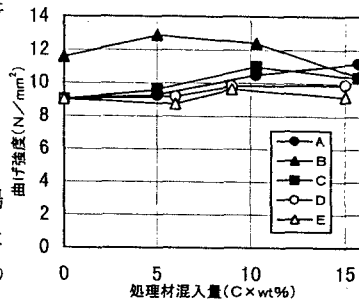


図-2 処理材の種類の影響

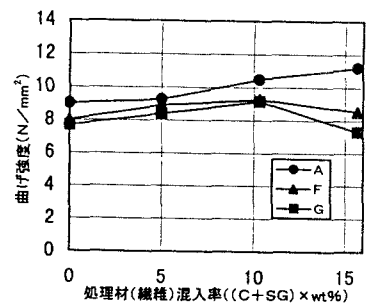


図-3 高炉スラグ微粉末の置換率の影響

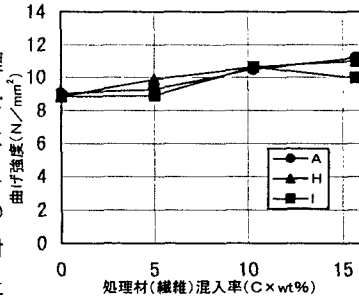


図-4 使用ミキサの影響

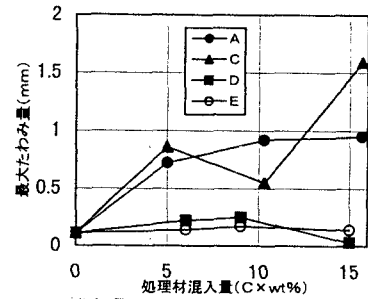


図-5 処理材の種類の影響

合D、Eの一次処理材を混入した場合、曲げ強度の増加は見られない。配合BのFRP微粉末を細骨材に対し6.7%置換した場合には、処理材混入量にかかわらず配合Aの場合より曲げ強度が大きくなっている。これはFRP微粉末に含まれる CaCO_3 微粉により、モルタルマトリックスの強度が増加したためであると考えられる¹⁾。

本実験で用いた二次処理分級材の繊維は主に、Eーガラス繊維である。このため、長期的にはセメントの水和による高アルカリ性雰囲気により、繊維が劣化していくものと考えられる。そこで、今後長期的な強度の変化を測定するために、結合材として高炉スラグ微粉末をセメントに置換した場合について行った。図-3は、処理材として二次処理分級材（繊維）を用い、高炉スラグ微粉末をセメントに対し0、30、50%置換した場合の配合A、F、Gの曲げ強度を示したものである。図より高炉スラグ微粉末の置換率が大きくなるほどモルタルマトリックスの強度は低下しているものの、繊維混入率10((C+SG)×wt%)までは曲げ強度が増大し、繊維補強効果が見られた。

図-4は、オムニミキサ（配合A）、ホバートミキサ（配合H、I）を用い、処理材として二次処理分級材（繊維）を混入した場合について、それぞれの曲げ強度を示したものである。ホバートミキサを用いた場合、繊維の混入により曲げ強度は増大するが、オムニミキサを用いた場合に比べ繊維混入率が大きくなると曲げ強度の増加は小さくなっている。これはホバートミキサの場合、繊維の分散性が悪く繊維混入率が大きくなるほどファイバーボールがモルタル中に多く存在するためであると考えられる。

図-5は、曲げ靱性の評価値として曲げ破壊時の最大たわみ量と処理材混入量の関係を示したものである。図より、繊維状の二次処理材を用いた配合A、Cは、処理材混入量の増加に伴い最大たわみ量が大幅に増加している。一方、一次処理材を用いた配合D、Eでは、最大たわみ量の増加は見られない。これは、二次処理材の繊維補強効果によりモルタルの曲げ靱性が向上したためであると考えられる。

以上より、廃FRPの再利用の方法として、気流粉碎によりFRPのマトリックス部分と繊維部分とを分離した処理材を用いることにより、モルタルの曲げ特性を向上させる繊維補強材として有効利用できることが明らかとなった。

<参考文献>

1) 浜田二郎, 加藤英昭 他: 石灰石微粉末を用いた高流動コンクリートの品質に関する実験研究、コンクリート工学系次論文報告集, Vol. 17, NO. 1, PP. 135~138, 1995.