

廃 FRP のリサイクル技術の開発

田中雅夫^{*}, 村上和美^{*}, 前川明弘^{*}, 舟木淳夫^{*}

The Development of Recycling Technology of FRP Wastes

Masao TANAKA, Kazumi MURAKAMI, Akihiro MAEGAWA and Atsuo FUNAKI

1. はじめに

FRP (ガラス繊維強化プラスチック) は、機械的特性、耐熱性、耐候性、耐薬品性などの優れた特性を持つことから、船舶、自動車、ポリバス、システムキッチン、浄化槽など多くの分野で使用されている。その一方で、耐用年数を過ぎた使用済み FRP 製品と FRP の成形時に発生する FRP 端材 (製造ロス) を併せた廃 FRP の発生量は、年々増加の一途にある。FRP 製品に多く用いられている不飽和ポリエステル樹脂は熱硬化性樹脂であり、熱可塑性樹脂のように加熱による溶融ができないため、リサイクルが困難であり、廃 FRP のほとんどは単純焼却や埋立処分されている。しかし埋立処分場の逼迫やそうした廃棄物による地球環境汚染が問題となっていることから、その処理および再資源化の技術確立が求められている。

本研究では、廃 FRP を分解 (解重合) し、いったんモノマー化して再度重合することによる再原料化技術の研究と廃 FRP を利用したコンクリート製品の開発を行っている。本報告では、廃 FRP の樹脂成分である不飽和ポリエステル樹脂の分解性と廃 FRP 粉末を用いたモルタルの力学的特性に及ぼす置換率・養生方法・混和剤について報告する。

2. 不飽和ポリエステル樹脂の分解

2.1 実験方法

反応容器内に不飽和ポリエステル樹脂の硬化物を粉碎したものと 10 倍量の溶媒と 0.1 倍量の触媒を入れ、容器内を窒素ガスで置換した後、分解実験を

開始した。次に、反応物をろ過により溶媒可溶分と不溶分とに分離し、更に、不溶分をテトラヒドロフラン (THF) 可溶分と不溶分に分離し、不溶分を THF 残渣とした。分解率は以下の式より算出した。

$$\text{分解率 (\%)} = \frac{\text{樹脂量} - \text{THF残渣}}{\text{樹脂量}} \times 100$$

2.2 結果

溶媒をエチルアルコールとし、触媒をアルカリ金属とアルカリ土類金属の炭酸塩としたときの分解特性を表 1 に示す。なお、分解温度は 250℃、分解時間は 5hr とした。その結果、触媒としては炭酸セシウムが最も分解性がよく、分解率 97.5% となった。

表 1 触媒による分解特性

触媒	残渣率 (%)	分解率 (%)
炭酸ナトリウム	46.5	53.5
炭酸カリウム	9.0	91.0
炭酸ストロンチウム	56.5	43.5
炭酸セシウム	2.5	97.5
炭酸バリウム	58.1	41.9

次に、炭酸カリウムを触媒とし、溶媒の違いによる分解特性を表 2 に示す。なお、分解温度は 250℃、分解時間は 5hr とした。その結果、溶媒としてはメチルアルコールが最も分解性がよく、分解率 91.7% となった。

表 2 溶媒による分解特性

溶媒	残渣率 (%)	分解率 (%)
メチルアルコール	8.3	91.7
エチルアルコール	9.0	91.0
エチレングリコール	32.2	67.8

* 材料技術研究課

3. 廃 FRP 粉末を用いたモルタルの力学的特性

3.1 実験方法

セメントは普通ポルトランドセメント，砂は標準砂を用いた．廃 FRP は，不飽和ポリエステル樹脂をガラス繊維で補強した樹脂含有率 30%程度のものを用いた．実験は，廃 FRP を粉砕した粒径が 5 mm 未満のもの (S) と微粉砕した粒径が 0.088 mm 未満のもの (B) の 2 種類を用いた．置換方法は砂の代替として置換率を 10, 30, 50wt% の 3 種類とした．混和剤は，リグニンスルホン酸系を主成分とする高性能 AE 減水剤および高流動コンクリート用増粘剤を用いた．モルタル試験における配合，混練方法および供試体の作製方法は，セメントの物理試験方法 (JIS R 5201 付属書 2 セメントの試験方法-強さの測定) に準じて行った．養生方法は，標準養生および高温高圧養生 (オートクレーブ養生) の 2 種類とした．なお，材令は 7 日, 14 日および 28 日の 3 材令とした．

3.2 結果および考察

3.2.1 廃 FRP の粒径および置換率の影響

図 1 にモルタル中の砂を廃 FRP によって置換した各試料の 7 日および 28 日の圧縮強度結果を示す．試料名 B-10 および B-30 はモルタル中の砂を粉砕した廃 FRP により重量比でそれぞれ 10% および 30% 置換した試料を表し，試料名 S-10 および S-30 も，同じくモルタル中の砂を粉砕した廃 FRP により重量比でそれぞれ 10% および 30% 置換した試料を表す．この図から，砂を廃 FRP に置換することによって，いずれの圧縮強度も低下した．また，置換率が高くなると強度低下の割合は大きくなった．微粉砕した廃 FRP を置換した試料と粗粉砕した廃 FRP を置換した試料では，置換率が小さい場合 (10%) では微粉砕した廃 FRP を置換した試料の方が強度低下の割合は抑制された．一方，置換率が大きくなると (30%) その傾向は逆転した．このことは，微粉砕した廃 FRP では置換率が小さい場合は充填効率を上げるが，置換率が大きくなるとモルタルの流動性 (粘性) を著しく低下させることが主要因と考えられる．なお，粗粉砕した試料ではモルタルの粘性に与える影響が少ないため，置換率に応じた強度低下が現れたと考えられる．

3.2.2 養生方法の影響

図 2 にそれぞれ廃 FRP を置換した試料および高温高圧養生をおこなった試料の 7 日および 28 日の圧縮強度結果を示す．無添加および各置換率の異なる試料のいずれも，高温養生を行うことによって圧縮強度は大きくなった．このことから，廃 FRP を置換することによる圧縮強度の低下を，高温高圧養生によって軽減することが可能であることがわかった．

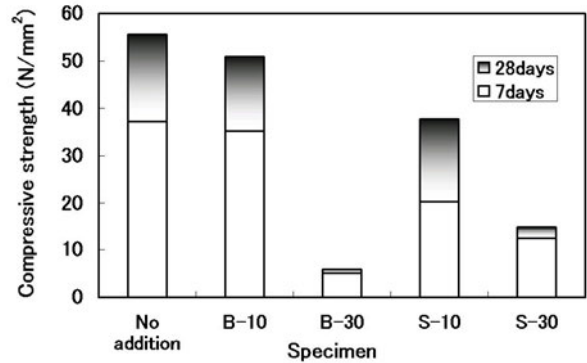


図 1 置換率と圧縮強度の関係

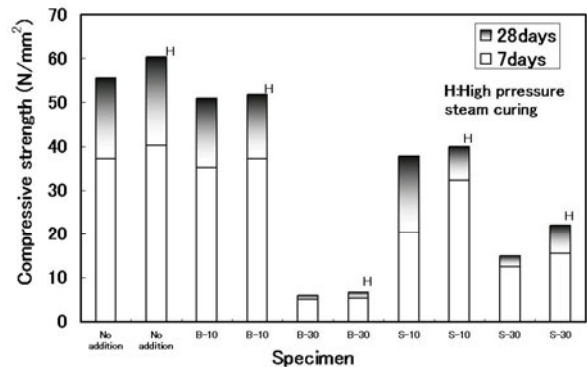


図 2 高温高圧養生による強度変化

3.2.3 混和剤の影響

図 3 に粗粉砕された廃 FRP を砂置換した試料に混和剤を添加した時の圧縮強度を示す．廃 FRP の

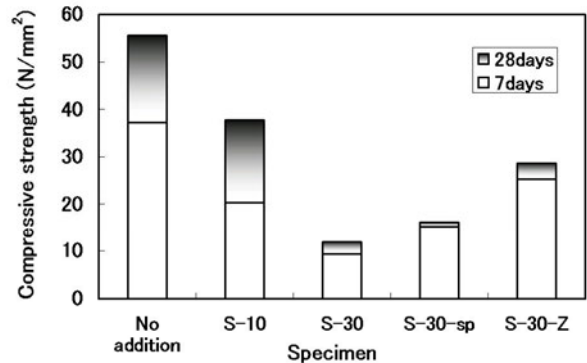


図 3 混和剤添加の影響

砂置換率 30%のモルタルに一般的な高性能 AE 減水剤を添加した試料 (S-30-sp) では、僅かに圧縮強度の増加が認められた。また、同じく廃 FRP の砂置換率 30%のモルタルに増粘剤を添加した試料 (S-30-Z) は、混和剤を添加しない試料 (S-30) に比べて 2 倍程度の圧縮強度が得られた。

4. まとめ

(1) 廃FRPの樹脂成分である不飽和ポリエステル樹脂の分解において、溶媒と触媒を選択することにより 90 %以上分解することができた。特に、エチ

ルアルコールを溶媒とし、触媒に炭酸セシウムを用いることにより、97.5 %分解することができ、樹脂分をほぼ全量可溶化することができた。

(2) モルタル中の砂を廃 FRP 粉末で置換した結果、圧縮強度の低下は廃 FRP を微細化しても軽減する効果は小さかった。一方、高温高圧養生および混和剤の添加によって、ある程度の強度改善が可能であることがわかった。

(本研究は環境保全基金を財源としています)