

廃 FRP のリサイクル技術の開発 (第 3 報)

田中雅夫*, 村上和美*, 前川明弘*

Development of Recycling Technology of FRP Waste

Masao TANAKA, Kazumi MURAKAMI and Akihiro MAEGAWA

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, 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 (廃FRP) の発生量は, 年々増加の一途にある。しかし, 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るため, 熱可塑性樹脂のように加熱による溶融ができないことから, リサイクルが困難となっており, 廃FRPのほとんどは単純焼却や埋立処分されている。こうしたことから, 廃FRPのリサイクル技術の開発が求められている。

本研究では, 廃FRPを化学的に分解し, 再重合により再生不飽和ポリエステル樹脂とする再原料化技術と廃FRPを利用したコンクリート製品の開発を行った。既報¹⁾²⁾では, 廃FRPの分解技術や廃FRP粉末を用いたモルタルおよびコンクリートの力学的特性に及ぼす置換率, 混和剤の影響および凍結融解試験による耐久性評価の結果について報告を行った。今回は, これまでに得られた知見を基に廃FRPを化学的に分解して得られた再生不飽和ポリエステル樹脂を用いたインターロッキングブロックの試作やコンクリート製品製造工場において, プレキャスト無筋コンクリート製品 (JIS A 5371 推奨仕様 2-1 平板) の試作を行い, さらに試験施工を実施したので, それらの結果について報告する。

2. 再生不飽和ポリエステル樹脂を用いた試作

2. 1 再生不飽和ポリエステル樹脂の作製

反応容器内に廃FRPを粉砕したものと10倍量のエチレングリコールと0.1倍量の炭酸カリウムを入れ, 容器内を窒素ガスで置換した後, 処理温度250℃, 処理時間5hrで分解を行った。分解生成物をろ過し, ガラス繊維・フィラー等の残渣を分離し, 分解液とした。

不飽和ポリエステル樹脂の再合成は, 定法³⁾に準じ, 二塩基酸として無水フタル酸と無水マレイン酸を用いた。二塩基酸の配合量は, 分解液のOH基2molに対し, 1.8molとし, 無水フタル酸と無水マレイン酸のモル比は3:2とした。反応終了後, スチレン含有量が37wt%になるようヒドロキノンと120ppm添加したスチレンモノマーを加え, 再生不飽和ポリエステル樹脂とした。

2. 2 試作

再生不飽和ポリエステル樹脂を用い, 廃陶磁器の有効活用も考慮し, 図1に示す廃陶磁器の粉砕物 (廃陶磁器ガラ) を用いたレジコンクリート製インターロッキングブロックを試作した。なお, 配合を表1に示す。

表1 配合表

	(mass %)
廃陶磁器ガラ	50
珪砂#6	20
炭カル	10
RUP	20

RUP: 再生不飽和ポリエステル樹脂

2. 3 結果

再生不飽和ポリエステル樹脂の曲げ強さは, 20.7MPaとなり, 新樹脂の曲げ強さ26.1MPaに比べ, 低い値を示した。次に, 試作したインターロッ

キングブロックを図2に示す。この曲げ強さは、26.1MPaとなり、通常のポリエステル系レジンコンクリートの曲げ強さ（カタログ値）の範囲20～40MPaに入った。



図1 廃陶磁器粉砕物



図2 インターロッキングブロック
(160×130×40mm)

3. 廃 FRP を用いたコンクリート製品の試作および試験施工

3. 1 実験方法

セメントは普通ポルトランドセメント、粗骨材は25mmとし、細骨材には砕砂を用いた。廃 FRP 粉末は、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%程度のものを粉砕し、粒径が5mm未満のものを細骨材の代替として使用した。なお、置換率は30mass%とした。混和剤には、リグニンスルホン酸系を主成分とする高性能 AE 減水剤を用いた。型枠は、JIS A 5371 プレキャスト無筋コンクリート製品 推奨仕様2-1普通平板呼び300、厚さ60mmに準拠した鋼製型枠を使用した。締固めは振動締固めとし、養生方法は蒸気養生とした。強度試験は、同じく JIS A 5371 プレキャスト無筋コンクリート製品 5.1 曲げ強度試験に準拠し、材令は28日とした。なお、配合は表2に示す。

表2 コンクリートの配合表

水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	単位水量 kg/m ³	単位質量 (kg/m ³)			
			セメント	細骨材	粗骨材	AE減水剤
50	45	190	379	811	1002	7.58

3. 2 結果および考察

3. 2. 1 コンクリート製品の強度

表3に試作したコンクリート製品の曲げ荷重と規格値を示す。曲げ強度荷重は規格値以上であった。さらに、最大荷重後の破壊形態は、通常のコンクリート製品と比較して、急激ではなかった。このことは FRP 粉末に含まれる繊維の影響だと考えるが、急激な破壊形態を示さないことは、製品の安全性の観点からは有効だと思われる。

表3 コンクリート製品の曲げ強度

種類	略号	呼び	厚さ (mm)	曲げ強度荷重 (規格値:N)	曲げ強度荷重 (実測値:N)
普通平板	N	300	60	12.0	17.4

これまでに、置換率が30mass%を越えると、スランプ値（柔らかさを示す指標）が大きく低下し、さらには大きな強度低下も招くことを示した²⁾が、置換率が30mass%以下であれば実用的な無筋コンクリート製品を製造することは可能である。

3. 2. 2 コンクリート製品の施工

廃 FRP 粉末入りコンクリート製品が所定の強度を満たすことは確認できたが、施工時における角かけおよび亀裂の発生などの施工時の問題を確認するため試験施工を実施した。図3に当研究所敷地内に試験施工を行った状況を示す。



図3 FRP 粉末入りコンクリート製品の試験施工

試作したコンクリート平板は縦 300×横 300×厚さ 60(mm) であり、試験施工用として 30 枚の平板を作製した。試験施工時における取り扱い、通常のコンクリート製品と同様とした。施工時および施工後の FRP 粉末入りコンクリート製品に角かけや亀裂は認められなかった。このことから、施工時における特段の配慮が必要でないことが確認できた。

現在、経時劣化および歩行に伴う割れ等を観察中であるが、施工時と変わらない状況が維持されている。

4. まとめ

(1) 廃 FRP を化学的に分解して得られた分解液より合成した再生不飽和ポリエステル樹脂を用いてインターロッキングブロックを試作した。その結果、曲げ強さは新樹脂を用いたレジコンクリートの範囲内となった、また、成形も新樹脂と同様に行うことができた。

(2) コンクリートにおける細骨材の 30mass% を廃 FRP 粉末で置換したコンクリート製品をコンクリート製品製造工場において試作し、その強度および施工性を検討した。その結果、実験室レベルで得られた知見と同様な結果が実製品においても得られ、製品化の可能性を見いだすことができた。

参考文献

- 1) 田中雅夫ほか：“廃 FRP のリサイクル技術の開発”，三重県科学技術振興センター工業研究部研究報告，31，134-136(2007)
- 2) 田中雅夫ほか：“廃 FRP のリサイクル技術の開発”，三重県科学技術振興センター工業研究部研究報告，32，97-100(2008)
- 3) 大津隆行，木下雅悦：“高分子合成の実験法”，332-334 (1972)

(本研究は環境保全基金を財源としています)