

# 二粒子径粒子の添加による GFRP の不燃性の実現

## The realization of nonflammable GFRP by addition of two diameter particles

菅井美柚<sup>1)</sup>

指導教員 小山昌志<sup>2)</sup>

1) 明星大学大学院 理工学研究科 機械工学専攻 複合材料研究室

2) 明星大学 理工学部 総合理工学科 機械工学系

キーワード：GFRP, 難燃剤, 二粒子径粒子, 燃焼特性, 水酸化アルミニウム

### 1. 緒言

ガラス繊維強化プラスチック（以下 GFRP）は高強度、高剛性という特徴を有しているが Fig. 1 に示すように耐火性が極めて低い。そのため難燃、不燃性が要求される構造体等へ適用する際には母材樹脂へ水酸化アルミニウム ( $\text{Al}(\text{OH})_3$ ) のような難燃剤を添加する必要がある。 $\text{Al}(\text{OH})_3$  は多量添加および小粒子径粒子を多く含むことによって難燃効果を発揮する一方でこれらには母材樹脂粘度の増加が伴い、これは成形性に影響を及ぼし強度低下をまねく。このことから難燃剤のみの多量添加による GFRP の難燃化は困難である。そこで現在、工業分野では難燃剤に加え、少量でその働きを助ける難燃助剤の添加により不燃性を実現してきたが、従来使用されてきた難燃助剤である三酸化アンチモンが RoHS 指令の対象候補となったため新たな難燃剤添加条件の再構築が求められている。そのため我々は難燃特性の付与と粘度増加の抑制の兼備した難燃化の実現のために二粒子径粒子（以下 2DP）に着目した。2DP は大粒子と小粒子の二つの粒子を併せ持ち、大粒子の間隙に小粒子が入り込むことによって不動流体が解放されるため粘度増加が抑制される。<sup>[1]</sup>これによって従来の単一粒径粒子に比べ小粒子の添加量を増加させることが可能である。この 2DP を添加した GFRP（以下 2DPGFRP）の実現および実用化に向けては

2DPGFRP の機械特性や燃焼特性、適用環境による影響等について検討する必要がある。この中で 2DPGFRP の内部構成と機械特性の関係について過去の研究で検討した。その結果、材料の表面 (Top 側) と裏面 (Bottom 側) で内部構成に差異が生じ、機械特性に影響を及ぼすことを明らかにした。<sup>[2]</sup>これには 2DP 特有の沈澱挙動が影響したと考えられた。2DP は大粒子、小粒子の関係性による沈澱挙動が影響したと考えられた。この挙動により Bottom 側の最表面に粒子層が顕著に確認された。この最表面の内部構成の差異は材料の燃焼特性に影響を及ぼすと考えられるがこれについての解明には至っていない。この影響を明らかにし、GFRP の難燃剤として 2DP を適用することの可能性を広げることで不燃性 GFRP の実現が期待される。そこで本研究では 2DP の独特な沈澱挙動を生かした難燃特性向上の可能性について明らかにするために難燃剤添加条件について考慮した 2DPGFRP の燃焼試験を実施し、その結果に基づいた燃焼特性についての評価および検討を行った。



Fig. 1 Appearance of photos of GFRP combustion

## 2. 試験片作製および試験方法

初めに Table 1 に示す割合で  $\text{Al}(\text{OH})_3$  と不飽和ポリエステル樹脂を混合、攪拌したのち真空下で脱泡し粒子含有樹脂を作製した。本粒子含有樹脂に対して粘度計（ビスコテスタ VT-06）を用いて粘度測定を行った。次に、この粒子含有樹脂を型に流し込み、その上にガラスマットを敷きローラで含浸、脱泡を繰り返し、三層の積層体を作製したのち  $90^\circ\text{C}$ 、1hr 保持し 2DPGFRP を得た。その後、これから機械特性取得のための試験片（ $80\text{mm} \times 40\text{mm} \times 4\text{mm}$ ）を切り出し、併せて  $297\text{mm} \times 210\text{mm}$  に切り出し燃焼試験片とした。三点曲げ試験は JIS7017 クラス I に、燃焼試験は鉄道車両用燃焼材料試験の規格に準拠しそれぞれ実施した。

Table 1 Mixing ratio of particle contained resin.

Name	$\text{Al}(\text{OH})_3$ [wt%]	Polyester resin[wt%]
M-T35	35	65
M-T41	41	59
M-T47	47	53
M-T53	53	47
M-T59	59	41
M-T65	65	35

## 3. 実験結果および考察

### 3.1 粘度測定結果

Fig. 2 に粘度と粒子添加割合の関係を示す。図中の破線は単一粒径粒子を M-T59 と同割合で含有した樹脂の粘度を示す。グラフより 2DP の添加においては大幅な粘度増加の抑制が確認された。加えて M-T59 の条件まで成形が可能であった。

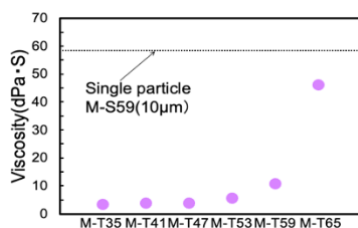


Fig. 2 Relationship between viscosity and ratio of contained particle.

### 3.2 機械特性評価

Fig. 3 に曲げ強度と粒子添加割合の関係を示す。添加割合の増加に伴う強度上昇が見られ、多量添加の可能性が示唆された。その一方でいくつかの条件で見られた強度の差は課題として残る。

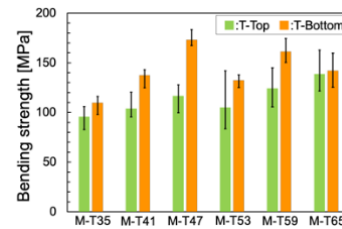


Fig. 3 Relationship between bending strength and ratio of particle contained.

### 3.3 燃焼試験結果

燃焼試験結果の一例として M-T59 の燃焼中および燃焼後の写真を Fig. 4 に示す。M-T59 において、燃焼試験中、炎が試験片の上端部を越えさらにわずかな煙の発生が確認された。しかしながら燃焼後の試験片中心部の変色は  $75\text{mm}$  程度であり、鉄道車両用燃焼材料試験の規格での不燃性の目処はたった。これらの結果から 2DP の添加による不燃性 GFRP の実現の可能性が示唆された。



Fig. 4 Observation images of test specimen during (a) and after (b). combustion test.

## 4. 結言

本研究では 2DP の添加による GFRP の不燃特性の可能性について明らかにするため粒子含有樹脂に対する粘度測定および 2DPGFRP に対する機械特性評価および燃焼試験を実施した。その結果不燃性 2DPGFRP の実現の可能性が示唆された。

## 参考文献

- [1]後藤卓ら：粒度分布を考慮した濃厚系凝集サスペンションの流動性予測,セメント・コンクリート論文集, 67,1,pp. 587-594 (2013)
- [2]菅井美柚, 小山昌志“二粒子径粒子を添加した GFRP の機械特性と破壊メカニズムの関係”, 材料, inpress.