

クリープレス FRP の機械的特性に関する研究

日大生産工(院) ○仙波 拓 日大生産工 平山 紀夫
金沢工業大 西田 博文

1 まえがき

近年、軽量で比強度・比剛性に優れた繊維強化プラスチックFRP(Fiber reinforced plastics)はさまざまな構造物に使用されている。しかしながら、母材であるプラスチック材料は、粘弾性特性が顕著に現れるため、機械的特性が時間や温度により大幅に変化する。そのためFRPの構造部材への適用範囲は限られている。

最近の研究では、エポキシ樹脂をカルボン酸カリウム塩で硬化させることにより、高温でも弾性率が低下しない、 T_g レスエポキシ樹脂が調製できることがわかっている¹⁾。これは、通常のエポキシ樹脂と異なり、架橋密度に粗密が形成されないためである。しかしながら、この T_g レスエポキシ樹脂は、架橋密度が非常に高いため、その機械的特性はセラミックスのように脆性的であり、非常に脆く弱いという欠点がある。

一方、従来のエポキシ樹脂では、固体状のゴム粒子を樹脂内に分散させることで靱性が向上することが知られている。そこで本研究では、母材である T_g レスエポキシ樹脂にゴムナノ粒子を添加することで、 T_g レス樹脂の特性を維持しながら脆性的な欠点を改善することを試みた。本報告では、ゴムのナノ粒子を添加した T_g レスエポキシ樹脂を母材とするFRPを作成し、高温三点曲げ試験、動的粘弾性試験及びクリープ試験を行い、その機械的特性について報告する。

2 実験方法および測定方法

2.1 供試材

マトリックス樹脂には、比較用として通常のエポキシ樹脂、 T_g レスエポキシ樹脂とゴムのナノ粒子を質量比で16.6%配合した T_g レスエポキシ樹脂の3種類を用いた。

強化繊維には、綾織炭素繊維織物W-3161（東邦テナックス株式会社）を用いた。また、炭素繊維表面に付着しているサイジング材は、 T_g レスエポキシ樹脂の重合阻害を引き起こすことがわかっている²⁾。そのため、サイジング材

の除去を目的として、繊維をアセトンに30秒浸漬させた後に、さらに新たなアセトン内に2時間浸漬させた。その後、乾燥させた後に0.02%水酸化ナトリウム・エタノール溶液でのアルカリ洗浄を行った。アルカリ溶液への浸漬時間は20秒とした。以上の処理をした繊維を使用し成形を行った。

2.2 成形方法

FRPの成形には、ハンドレイアップ法を採用した。始めに、 T_g レスエポキシ樹脂の粘度を下げるため、予め80℃に予備加熱し、強化繊維に含浸させ、15ply積層した。その後、厚み3mmのスペーサーを左右に置き、余分な樹脂と気泡をローラーで押し出した。最後に、平板形状の金型を使用し、150℃×3hr+180℃×3hrの硬化条件にて、成形圧力5.0MPaにて加熱プレス成形を行った。

2.3 高温三点曲げ試験

耐熱性を評価するために、高温三点曲げ試験を行った。高温三点曲げ試験には、島津製作所製オートグラフを使用した。試験片の寸法は厚さ3mm、幅15mm、長さ120mmとした。試験条件は試験速度5mm/min、支点間距離100mm、試験温度は室温から200℃の間で9水準とした。

2.4 動的粘弾性試験

粘弾性挙動を評価するために、動的粘弾性試験を行った。動的粘弾性試験にはセイコーインスツルメンツ社製DMS6100を使用した。試験片の寸法は厚さ3mm、幅10mm、長さ50mmとした。試験条件は、周波数1Hz、昇温速度を1℃/min、試験温度は23℃から300℃とした。

2.5 クリープ試験

クリープ挙動を評価するために、曲げクリープ試験を行った。曲げクリープ試験には東伸工業株式会社製シングル型クリープ試験機を使用した。試験片は、高温曲げ試験と同形状のものを使用した。試験条件は支点間距離80mm、試験時間を100時間、試験温度を140℃とし、試験応力を90MPaから240MPaの間で4水準とした。

Study on mechanical properties of creepless FRP

Hiromu SEMBA, Norio HIRAYAMA and Hirofumi NISHIDA

3 試験結果および考察

3.1 高温三点曲げ試験結果

各温度における破断ひずみと破断応力の変化をFig.1およびFig.2に示す。母材のT_gレスエポキシ樹脂にゴムのナノ粒子を添加することで、CFRPの曲げ強度と破断ひずみが向上することが確認できた。

3.2 動的粘弾性試験結果

各CFRPの動的粘弾性挙動をFig.3に示す。比較用のエポキシ樹脂では、160℃近傍に貯蔵弾性率の大幅な低下が確認されるのに対し、T_gレスエポキシ樹脂の場合には、貯蔵弾性率の大幅な低下は見られない。また、ゴムのナノ粒子を添加したT_gレスエポキシ樹脂も同様に貯蔵弾性率の大幅な低下は見られない。

3.3 クリープ試験結果

負荷応力に対するクリープひずみ速度の変化をFig.4に示す。すべての応力レベルで、T_gレスエポキシ樹脂をマトリックスとするCFRPのクリープひずみ速度は、従来品と比較して小さくなっている。また、従来品は応力レベルが大きくなるにつれクリープひずみ速度が大幅に上昇しているが、T_gレスエポキシ樹脂の場合については緩やかである。これはゴムのナノ粒子を添加した場合においても同様である。また、230MPaにてクリープひずみ速度は従来品と比較して約1/10となった。

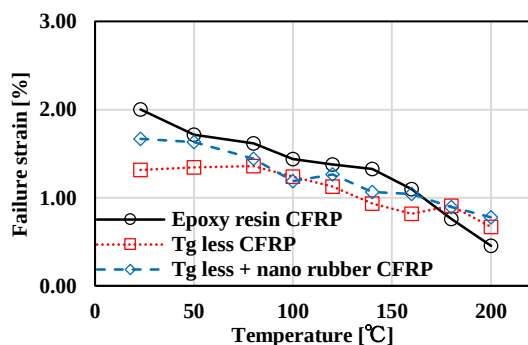


Fig.1 Result of bending test

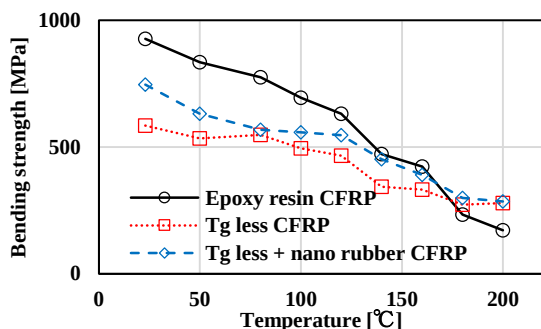


Fig.2 Result of bending test

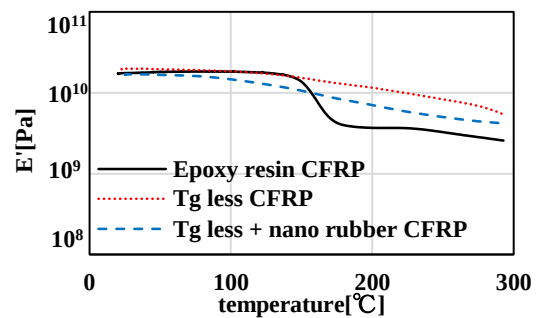


Fig.3 Result of dynamic viscoelasticity test

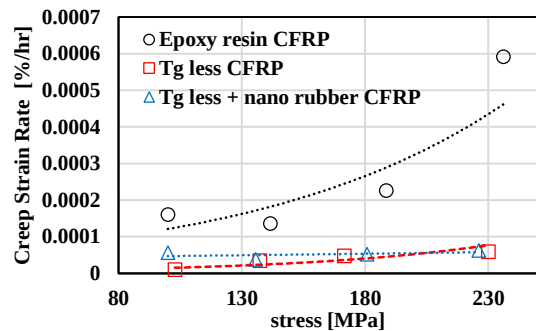


Fig.4 Result of creep test

4 結言

本研究では、マトリックス樹脂として、T_gレスエポキシ樹脂および、T_gレスエポキシ樹脂を用いたFRPを作成し、その機械的特性を動的粘弾性試験、高温曲げ試験およびクリープ試験により評価した。その結果、以下に示すことがわかった。

- 1) T_gレスエポキシ樹脂をマトリックスとするCFRPは、母材にゴムのナノ粒子を添加することで、室温にて破断ひずみが1.32%から1.67%に、破断応力は584MPaから745MPaに向上した。
- 2) 母材のT_gレスエポキシ樹脂のゴムのナノ粒子を添加することで、粘弾性特性に大きな影響を与えずに靱性の向上が図れる。
- 3) 従来の耐熱エポキシ樹脂をマトリックスとするCFRPと比較して、T_gレスエポキシ樹脂をマトリックスとするCFRPは耐クリープ特性が優れている。

「参考文献」

- 1) 西田裕文, 松田聡, 岸肇, 村上惇, エポキシ樹脂のT_gレス化メカニズム, 「ネットワークポリマー」, Vol.26, No.4, 2005
- 2) 平山紀夫, 荘司明子, 西田裕文, 他, T_gレスエポキシ樹脂を使用したCFRPの機械的特性, 「日本複合材料学会誌」, Vol.35, No.2, 2009