

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

1 緒言

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、高温下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。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。

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フィラーを添加することで、 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る。本報告では、ゴムナノフィラーを添加した T_g レスエポキシ樹脂を使用したFRPを作成し、動的粘弾性試験、高温曲げ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

本研究では、マトリックス樹脂として、 T_g レスエポキシ樹脂と T_g レスエポキシ樹脂にゴムナノフィラーを混合させた2種類を用いた。ゴムナノフィラーの混合比をTable 1に示す。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、炭素繊維の表面剤が T_g レスエポキシ樹脂の重合阻害を引き起こさないよう、繊維を2時間アセトン中に浸漬させ、乾燥させた後に、0.02%濃度のアルカリ洗浄による中和を施し、使用した。

2.2 成形方法

FRPの成形は、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°Cに予備加熱し、強化繊維に含浸させ、10ply積層した。その後、厚み2mm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°C×2hr+180°C×4hrの硬化条件で、成形圧力5.0MPaにて加熱プレス成形を行った。

2.3 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2mm、幅10mm、長さ50mmとした。試験条件は、周波数1Hz、昇温速度を2°C/min、試験温度は23°Cから200°Cとした。

2.4 高温曲げ試験

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2mm、幅15mm、長さ100mmとした。試験条件は試験速度2mm/min、支点間距離80mm、試験温度は23°C、50°C、80°C、100°C、120°C、140°Cの6水準とした。

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、試験時間は100時間、試験温度は100°Cとした。応力レベルは試験温度の破断応力の30%に設定した。

Table 1 Mixing ratio of the rubber nano filler

| | Epoxy resin [wt%] | rubber nano filler [wt%] |
|------|----------------------|-----------------------------|
| No.1 | 100 | 0 |
| No.2 | 83.4 | 16.6 |

Study on mechanical properties of creepless FRP

Hiromu SEMBA, Norio HIRAYAMA,

3 試験結果

3.1 動的粘弾性試験結果

Fig.1に動的粘弾性試験の結果を示す。ゴムナノフィラーを添加していないNo.1の試験片は、貯蔵弾性率の低下が緩やかであり、高温でも高い貯蔵弾性率を保持している。No.2は130°Cまでは貯蔵弾性率の低下が緩やかであるが、150°Cからは貯蔵弾性率が低下している。

3.2 高温曲げ試験

Fig.2に高温曲げ試験の結果を示す。140°Cにおける破断応力は、23°Cにおける破断応力の65%となっており、高温下でも高い破断応力を保持している。

3.3 クリープ試験

Fig.3にゴムナノフィラーを添加していない樹脂および、それをマトリックスとするCFRPのクリープ試験の結果を示す。樹脂単体では100時間後のクリープひずみが0.25%程度であるのに対し、CFRPの場合にはクリープひずみが0.02%程度と極めて小さくすることができた。

Fig.4には、No.2のゴムナノフィラーを添加している樹脂および、それをマトリックスとするCFRPのクリープ試験の結果を示す。母材にゴムナノフィラーを添加した場合においても、No.1と同様にクリープひずみが小さくなった。

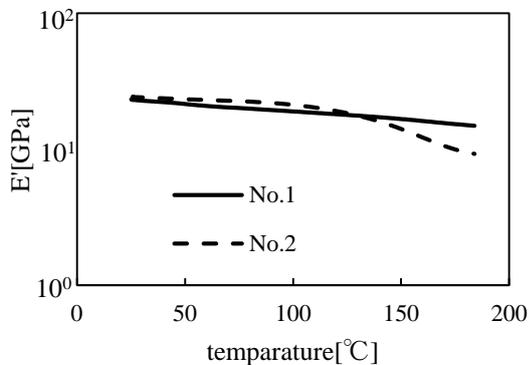


Fig.1 Result of dynamic viscoelasticity test

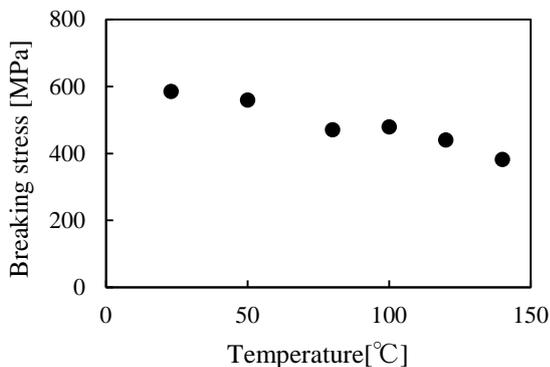


Fig.2 Result of bending test (No.1)

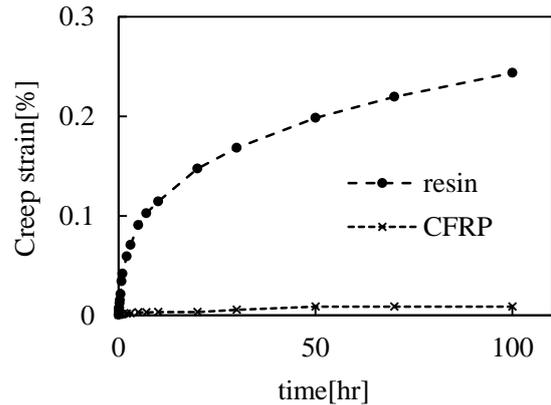


Fig.3 Result of creep test (No.1)

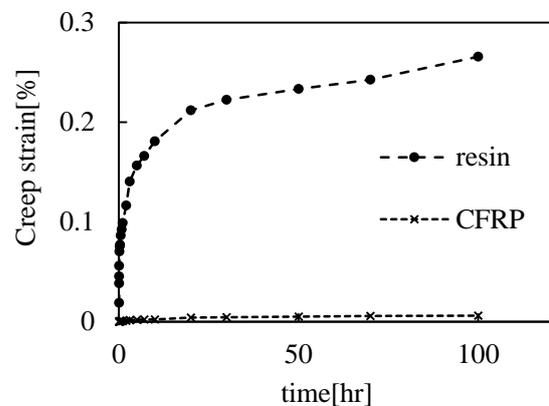


Fig.4 Result of creep test (No.2)

5 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、ゴムナノフィラーを添加した場合、130°C付近までは貯蔵弾性率の低下がほとんど発生しない。
- 2) T_g レスエポキシ樹脂をマトリックスとするCFRPはゴムナノフィラーを添加した場合においても、優れた耐クリープ特性を示す。

「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