ISSN 2186-5647

高 T_g 熱可塑性エポキシ樹脂を用いたプリプレグの開発

日大生産工(院)　○梶　大地　　日大生産工　平山　紀夫
金沢工業大学　西田　裕文　　金沢工業大学　鵜澤　潔

1. 緒言

近年，軽量化の観点から，比強度・比剛性に優れ，二次加工性を有する炭素繊維強化熱可塑性プラスチック(CFRTP)を自動車部材へ適用するニーズが高まっている．特に，強化繊維に低分子量のモノマーの状態で含浸させ，含浸後に直鎖状の高分子に重合することが可能な現場重合型の熱可塑性エポキシ樹脂が開発され，連続繊維で強化したCFRTPの研究・開発が活発に行われている[1),2)]．しかしながら，熱可塑性エポキシ樹脂は重合反応が極めて速いため，繊維へ含浸可能な可使時間が非常に短いという欠点がある．

その一方で，熱可塑性エポキシ樹脂は，炭素繊維へ含浸した後に熱可塑性エポキシ樹脂の逐次重合反応を途中で停止することが可能であり，あらかじめ樹脂が繊維に含浸した中間成形基材（プリプレグ）の作製が可能である．このプリプレグを再加熱し，重合反応を再開させることで，可使時間にとらわれずCFRTPを成形することができる．本研究では，通常の熱可塑性エポキシ樹脂よりも30°以上高いT_g（ガラス転移温度）を有する高T_g熱可塑性エポキシ樹脂のプリプレグを用いてCFRTPを成形し，その機械的特性を評価した．

2. 供試体

母材樹脂にはナガセケムテックス㈱製の高T_g熱可塑性エポキシ樹脂NU-125を使用し，強化繊維に東レ㈱製の炭素繊維T700SC-24Kを使用した．またプリプレグの作製に用いた連続成形装置の概略図をFig.1に示す．

初めに主剤と硬化剤を撹拌混合させた高T_g熱可塑性エポキシ樹脂を空冷させることで重合を停止させ，低分子状態を保持した重合性樹脂混合物を作製した．そして，連続供給するために，作製した樹脂を粉砕機によりパウダー状に加工した．このパウダーは加熱すると速やかに低粘度な液状に溶融し，繊維束に容易に含浸することが可能である．得られた高T_g熱可塑性エポキシ樹脂のパウダーをFig.1のフィーダーに供給し，加熱板上で樹脂の溶融，繊維束への含浸を行い，金型で断面形状を制御しプリプレグを作製した．プリプレグに付着している樹脂は低分子状態を保持しているため，再度加熱することで樹脂が溶融し，プリプレグを多数積層しても層間で良好に接着する．このプリプレグを油圧成形機により150℃で4時間加熱し，樹脂の重合を再開させ，2MPaの圧力を加えて，厚み0.5mmのCFRTPを成形した．このとき成形したCFRTPの繊維体積含有率は約60%であった．

また，このCFRTPの機械的特性を評価するに際し，含浸性・成形性に優れる熱硬化性エポキシ樹脂を用いてフィラメントワインディング（FW）法により炭素繊維強化熱硬化性プラスチック(CFRP)を成形し，これらの機械的特性の比較を行った．

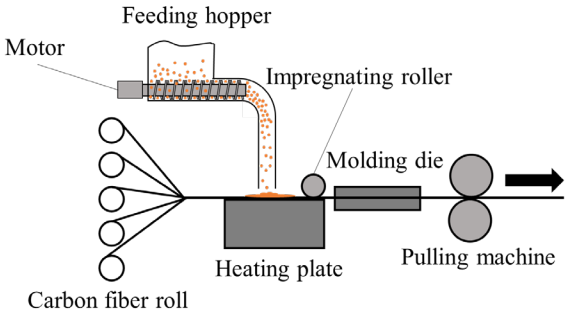


Fig.1 Schematic diagram of prepreg production.

3. 実験方法

3.1 引張試験

プリプレグを用いて成形した CFRTP および FW 法により成形した CFRP の機械的特性を評価するために，JIS K 7165 を参考に引張試験を行った．試験片は全長 250mm，幅 15mm，板厚 0.5mm とし，両端に長さ 40mm のアルミ製のタブを接着した．試験速度は

Development of prepreg using high T_g thermoplastic epoxy resin

Daichi KAJI, Norio HIRAYAMA, Hirofumi NISHIDA and Kiyoshi UZAWA

1.0mm/min で実施した.

3.2　断面観察

成形品の含浸性を評価するため，両試験体に対し, 光学顕微鏡による断面観察を行った.

4.　実験結果

4.1　引張試験

引張試験により得られた代表的な応力-ひずみ線図を Fig.2 に示す．Fig.2 に示すようにプリプレグを用いて成形した CFRTP は FW 法によって成形した CFRP と比較すると，同等の引張弾性率と引張強度を示した．また，プリプレグを用いて成形した CFRTP は破断する直前で応力が増加せず，ひずみだけが増加していることがわかる．これは破断直前に試験体が繊維方向に割れるスプリッティングが発生したことにより，荷重を開放しながら破断に至ったためである.

次に，成形した CFRTP の引張弾性率および引張強度を複合則により算出した理論値と比較すると，引張弾性率は理論値の約 96%，引張強度は理論値の約 93%の機械的特性を示した．このことから，開発したプリプレグは良好な含侵性を有すると考えられる.

4.2　断面観察

成形品内部を観察した結果を Fig3 に示す．プリプレグにより作製した CFRTP は, FW 法によって成形した CFRP と同等にボイドが観察されず，繊維束への含浸状態は良好であることが，断面観察からも確認できた.

5 結言

高 T_g 熱可塑性エポキシ樹脂の重合を一時的に停止させることによってプリプレグを作製し，作製したプリプレグを用いて成形した CFRTP に対して引張試験，断面観察を行い，以下の知見を得た.

1) プリプレグを用いて成形した CFRTP は理想的な引張強度および引張弾性率の約 9 割の値を示し, 優れた機械的特性を有する CFRTP を作製することができた.
2) プリプレグを用いて成形した CFRTP は繊維束まで樹脂が良好に含浸していることが確認された.

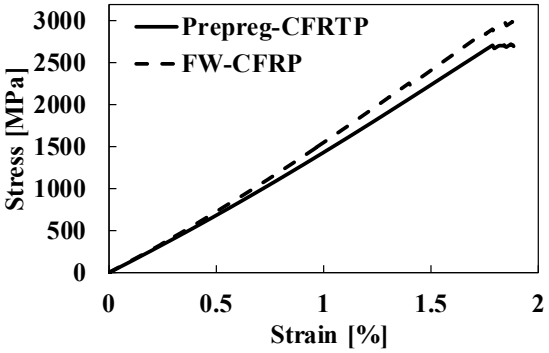
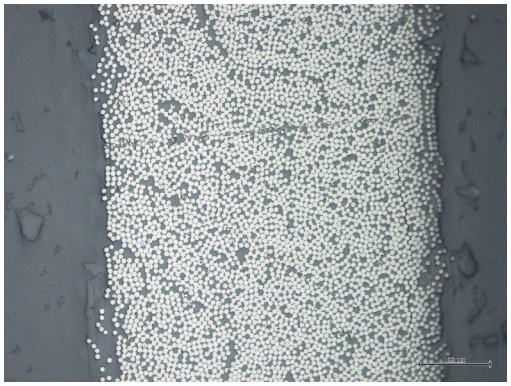
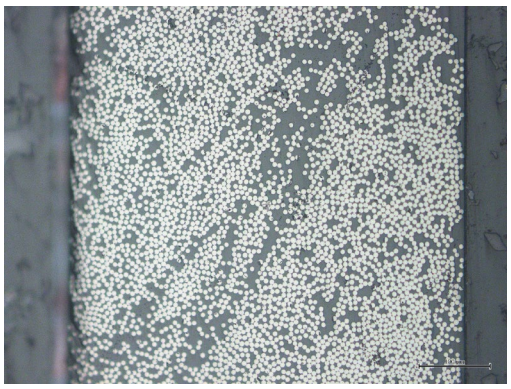


Fig.2 Stress-strain curves of CFRTP and CFRP.



(a)Prepreg-CFRTP



(b)FW-CFRP

Fig.3 Cross section of CFRTP and CFRP.

＜参考文献＞

1) 平山紀夫，友光直樹，西田裕文，菅克司，熱溶融エポキシ樹脂を使用したFRPの開発，強化プラスチックス，50，12，2004，p519-524
2) 西田裕文，熱可塑性エポキシ樹脂及びそれを用いた連続繊維強化熱可塑性プラスチックの開発，日本接着学会誌，51，12，2015，p 516-523