



複合材料の強化 単層カーボンナノチューブによる 新境地の開拓

楠本化成(株)

添加剤事業部 CNT 事業推進室

複合材料の使用は既存材料と比較してその高強度重量比と剛性により検討されている。しかしながら、複合材料の特性は製造の方法や条件に大きく依存する。高欠陥率を補償するために、必要な信頼水準を確保する安全率として一般的に 40% かそれ以上の特性を加味している。

炭素繊維強化プラスチック (CFRP) には多数の問題点があり、重大な問題点は低耐損傷性であり、母材の性質とその繊維と母材の界面が原因となる。衝撃負荷圧力はヒビや剥離を引き起こし、主要特性を低減する。ナノ材料添加によるポリマー強化は複合材料の特性に対して、著しい改良をもたらすことが見出された。

TUHH による複合材料中のナノチューブの
ポテンシャル調査

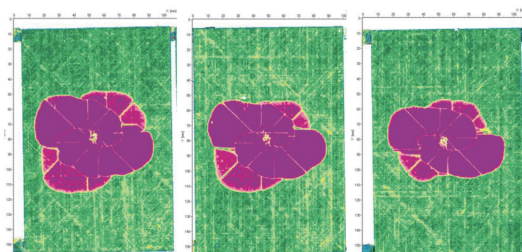
TUHH (Hamburg University of Technology) に所属する「the Institute of Polymers and Composite」による単層カーボンナノチューブ修飾の有無による単向性 CFRP の最新研究では特性パラメータの向上を伴いながら、添加に対する魅力的な見込みが見られた。単層カーボンナノチューブの利点と非常に優れた特性をベースにし、120°C-T_G の産業向けプリプレグが開発された。

本研究では使用が容易で安全なハンドリング可能な1重量%のTUBALL™単層カーボンナノチューブを含む産業用途向けマスターバッチにより修飾されたホットメルトエポキシブリプレグ系が検討された。単向性炭素繊維ブリプレグには三菱ケミカル社製のGrafil 34-700が用いられた。

1. 破壊特性の改良

CFRP 積層中心周辺の破壊特性について TUBALL™ 単層カーボンナノチューブ修飾による主な利点が本研究の結果として明らかに証明されている。0.01-0.05 重量%という低濃度の領域のいでも著しい変化が観測された。

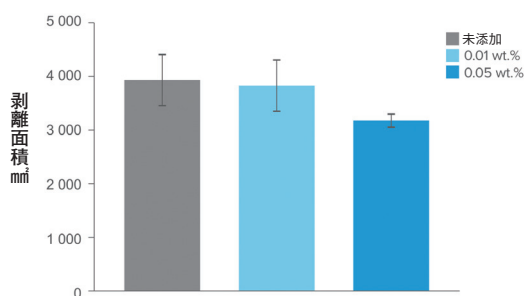
CFRP 材料が通常条件下で容易にさらされるであろう典型的な衝撃エネルギーである 28.3J の衝撃力を TUBALL™ 単層カーボンナノチューブ修飾有無の CFRP で試験を実施した。超音波 C-スキャンにより衝撃面積と損傷深さを特定した。衝撃寸法は検出されたエコー信号により画像処理により計算された。第 1 図は典型的な衝撃面積と形状について TUBALL™ 単層カーボンナノチューブ修飾有無の CFRP プリプレグ試験片での 3 つの代表的なエコーイメージである。超音波 C-スキャンによる結果として衝撃面積は 0.01-0.05 重量%というわずかな TUBALL™ 単層カーボンナノチューブ修飾により統計的に著しく低減していることが証明された。



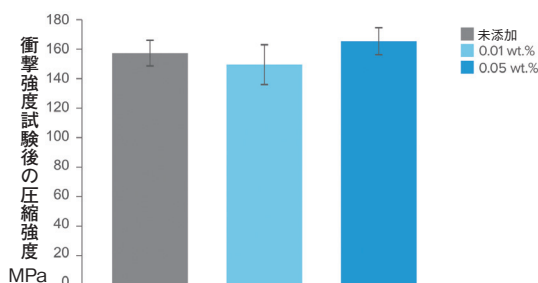
第1図 衝撃試験片の剥離面積決定超音波C-スキャン(欠陥エコー)未添加(左), 0.01重量%(中), 0.05重量%(右)

TUBALL™ 単層カーボンナノチューブ未添加の場合、平均剥離面積は $3940 \pm 470 \text{ mm}^2$ であるのに対して TUBALL™ 単層カーボンナノチューブ 0.05 重量%を添加した場合、平均剥離面積は $3180 \pm 130 \text{ mm}^2$ で 19.3% の減少となった。(第 2 図)

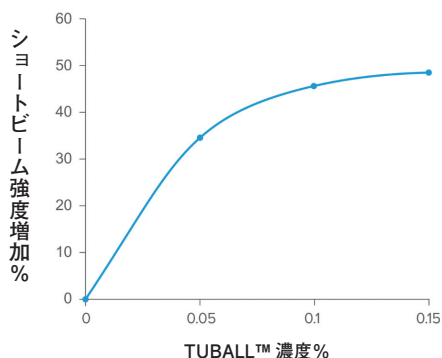
剥離面積の減少については剥離過程に対して高い技術的整合性があり、最終的な複合材料の破滅的



第 2 図 すべての修飾条件における 28.3J 衝撃損傷による剥離面積の比較



第 3 図 単層カーボンナノチューブを用いて修飾した CFRP による衝撃強度試験後の圧縮強度比較



第 4 図 TUBALL™ 単層カーボンナノチューブを用いて強化したポリマーマトリックス複合材料のショートビーム強度

損傷、特に繰り返し負荷に対して支配的な機構の一つである。これらの事実より、TUBALL™ 単層カーボンナノチューブにより修飾された CFRP の疲労挙動に対して高いポテンシャルがあることは明らかである。

衝撃性試験後に航空機用途向け等で実施される圧縮試験では、0.05 重量%の TUBALL™ 単層カーボンナノチューブにより修飾された材料では衝撃強度試験の後の圧縮試験でおよそ 5% ほどの改善見込みが観測された (第 3 図)。

高体積材料における TUBALL™ 単層カーボンナノチューブの高ポテンシャル

ガラス繊維強化ポリエステル SMC 複合材料における層間剪断強度の試験は ASTM D2344/D2344M-16 に従い、OCSiAl 社のより実施され、0.05 重量%の TUBALL™ 単層カーボンナノチューブ添加によりポリマーマトリックス複合材料のショートビーム強度が積層状態で 34% 増加し、0.1 重量%の TUBALL™ 単層カーボンナノチューブ添加により 45% 増加した。(第 4 図)

単層カーボンナノチューブは鋼鉄より 100 倍強く、最高で約 5000 のアスペクト比であり良好な電気導電性材料である銅よりも 5 倍軽い。これらすべての特性は良く利用されている炭素添加剤とでは他に追随を許さない。さらに、0.01% という極低添加量より導電性・強化 3D ネットワークをポリマーマトリックス中に形成させるには十分である。

単層カーボンナノチューブを用いて強化された複合材料により試験された最初の実行可能な試験は素晴らしく、勇気を与える結果である。TUHH と OCSiAl は更なる開発と新規の高性能材料試験を継続する予定であり、多数の大手メーカーによりこれらの前途有望な先端材料のアプリケーションで産業用途向けの試験が開始されている。この市場主導・研究主導の進展は特殊利用の独自メリット有する新規の TUBALL ベース材料について広範囲の開発を主導すると確信している。

[問合せ]

楠本化成(株)添加剤事業部 CNT 事業推進室

東京 TEL: 03-3292-8687

大阪 TEL: 06-6452-2011

E-mail: info_TUBALL@kusumoto.co.jp