

ハイブリッド連続繊維シート構造材の引張応力低下の制御に関する研究

茨城大学 学生会員 ○吉清 一洋
 茨城大学 正会員 呉 智深
 茨城大学 正会員 岩下 健太郎

1. 研究の背景と目的

連続繊維シート接着技術を高度化した剛性、強度、靱性に特徴を持つ各種シートのハイブリッド化技術が考案され、研究が進められてきた。共著者らによる既報¹⁾では、高弾性繊維により、構造物の剛性が増加し、高強度、高靱性繊維により最大荷重、靱性の増加が確認された。しかし高弾性繊維の他の繊維より先行する破断時に、他の繊維に応力が移行する時、残される側の連続繊維の量や、衝撃吸収性の違いにより、引張応力の低下量が異なることが実験的に示された。一定以上の引張応力低下は構造物の破損や不安定を引き起こす可能性があり、ハイブリッドシートの設計時に引張応力低下を制御することが必要である。これまでの研究で、高弾性繊維と高強度繊維を積層した2種類ハイブリッドシートの場合、高強度繊維の配合比率を増やすことや、衝撃エネルギー吸収性に優れる繊維材を用いることで引張応力低下が抑制されることがある程度確認されているが、データ数が不十分で、設計指標が十分に確立されているとはいえない。そこで、本研究では一定量の高弾性 C7 繊維に対し①高強度 C1 繊維、②高強度 PBO 繊維、③高靱性 EG 繊維を組み合わせ、配合比率を変化させて積層し静的引張試験を行い引張応力低下に関するデータを数多く取得し、繊維配合比率及び衝撃吸収性と引張応力低下の関係を検証した。

2. 引張応力低下の制御・評価手法

2種類ハイブリッドシート試験片の引張試験を行い、応力ひずみ曲線を作製し、引張応力低下量を検討した。ハイブリッドシートの引張応力低下を評価する指標として、次の2つの指標を定義する。一つ目は設計段階で引張応力低下を制御する『制御パラメータ』である。もう一方は実際に発生する引張応力低下を評価する『評価パラメータ』である。

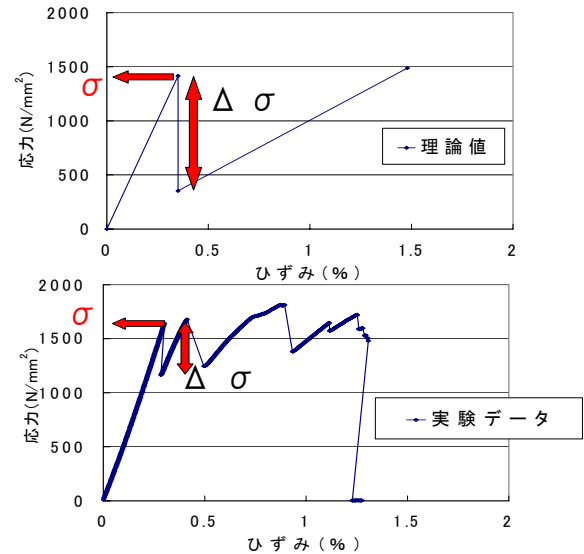


図1. 引張応力低下における指標の説明図

図1を用いて応力低下指標を説明する。材料力学で一般的に使われる複合則から計算される、応力低下量と繊維破断時の応力の比、 $\Delta \sigma / \sigma$ を制御パラメータと定義する。一方、実験から求まる応力低下量と繊維破断時の応力の比、 $\Delta \sigma / \sigma$ を評価パラメータと定義する。制御パラメータを幅広く設定した実験を行い、それに対応する評価パラメータとの関係を調べることで、ハイブリッドシートを構成する繊維の配合と実際に起こる応力低下の関係を検討する。つまり、2つの指標の関係を明らかにすることで、引張応力低下を制御・評価する指標を確立でき、合理的な設計が可能になると考えられる。

3. 2種類ハイブリッドシートの静的引張試験による力学特性の検証

連続繊維シートを使用し2種類ハイブリッドシート供試体を製作し、静的引張試験により、力学特性を検証する。

(1) 供試体製作工程と供試体模式図

エポキシ樹脂を塗布して連続繊維シートを積層し、硬化してからカッターナイフで成形した。両端部にガラスタブをつけ、試験時の圧着部とした。

キーワード ハイブリッド連続繊維シート構造材、引張応力低下

連絡先 〒316-8511 茨城県日立市中成沢町4-12-1 茨城大学工学部都市システム工学科 TEL0294-38-5247

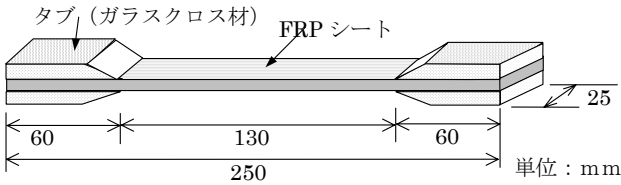
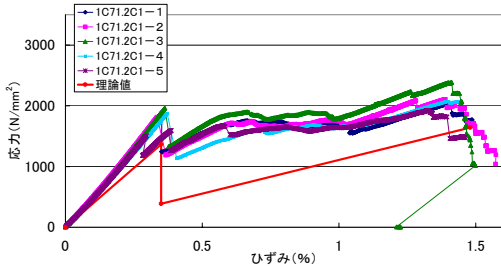


図2. 引張試験供試体模式図



図

3. 応力ひずみ曲線の一例

使用する繊維の組み合わせは①高弾性 C7 繊維+高強度 C1 繊維、②高弾性 C7 繊維+高強度 PBO 繊維、③高弾性 C7 繊維+高靱性 EG 繊維の3通りで、それぞれ13パターンの積層数を設定し、同じ積層の供試体を5本ずつ製作した。供試体総数は195本である。図2は供試体模式図である。

(2) 実験概要

油圧式疲労試験機を使用し、静的引張試験を行った。1mm/minの変位制御で行い、荷重、変位を計測した。

(3) 結果および考察

応力ひずみ曲線を分析し、制御・評価パラメータ分布を作成した。一例として応力ひずみ曲線を示す。図3はC7シート1枚、C1シート1.2枚を積層した場合の応力ひずみ曲線である。

図4、図5、図6は制御・評価パラメータの分布図である。縦軸に評価パラメータ、横軸に制御パラメータをとった。全てのデータで制御パラメータより評価パラメータは低く、実際の引張応力低下は複合則で予想されるより低い。一方、使用繊維に着目すると、C7とC1、C7とEGの組み合わせについては分布のばらつきが大きい、C7とPBOの組み合わせについては比較的ばらつきが小さい。よってPBOを使用すると安定した結果が得られるといえる。総じて分布にばらつきはあるが、おおまかに指数関数的な傾向が見られる。つまり、複合則から計算できる制御パラメータと評価パラメータの間にはある一定の関係があることが実験的に示された。

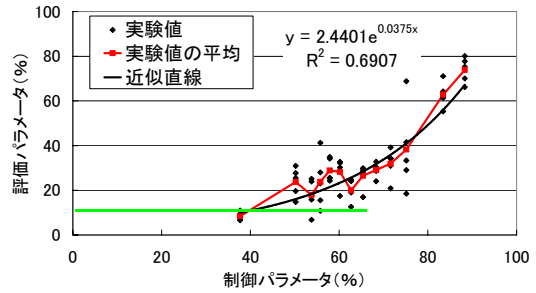


図4. C7とC1の組み合わせのパラメータ分布

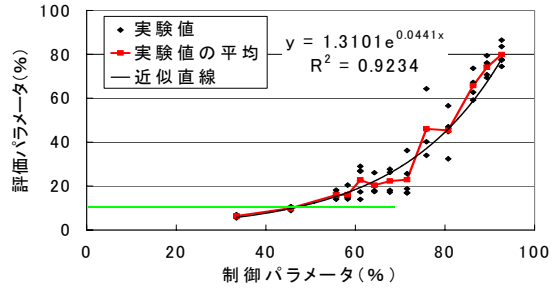


図5. C7とPBOの組み合わせのパラメータ分布

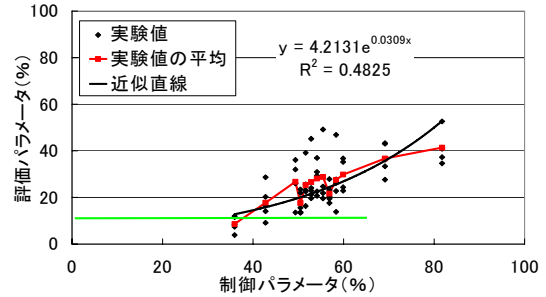


図6. C7とEGの組み合わせのパラメータ分布

4. 結論

2種類ハイブリッドシートにおいて材料力学の複合則から計算した引張応力低下と実際に生じる引張応力低下の実験値の関係を実験的に究明した。この結果から考えると、制御パラメータを40%程度に設定すれば評価パラメータは10%程度に抑えられる。以上から材料力学の複合則を利用して、ハイブリッドシートの引張応力低下を制御する可能性を示唆した。

参考文献

1) 呉 智深、坂本宏司、岩下健太郎、岳清瑞：連続繊維シート構造材のハイブリッド化に関する研究、日本複合材料学会