

Application News

No. i273

精密万能試験機

炭素繊維の引張試験

炭素繊維は、耐腐食性や、耐薬品性、耐熱性など優れた機能特性を持っていますが、最大の特徴は比強度や比剛性が非常に高いことです。しかし、炭素繊維は繊維のまま使用されることはほとんどなく、通常、樹脂などの母材（マトリックス樹脂）に埋め込まれた複合材料として使用されます。炭素繊維を強化材として使用した複合材料は、炭素繊維強化プラスチック（Carbon fiber reinforced plastic：CFRP）と呼ばれ、非常に優れた比強度・比剛性を示します。そのため、軽量化による燃費向上を目的に、航空機などの輸送機の構造材料に使用されています。このような複合材料の力学特性は、強化繊維やマトリックス樹脂の力学特性や強化繊維とマトリックス樹脂の界面強度に影響されるといわれています。そのため、炭素繊維 1 本あたりの強度を把握することは、複合材料の開発を行う上で重要であるといえます。今回は、JIS R7606：2000 の炭素繊維-単繊維の引張特性の試験方法（ISO 11566：1996）に準拠した、炭素繊維 1 本の引張試験を行いました。

F. Yano

測定システム

試験には、卓上形精密万能試験機 AGS-X シリーズを使用しました。つかみ具は取り付けが容易な 1N クリップ式つかみ具（ラバーコート歯）を使用しました。表 1 に使用した試験装置を示します。また、図 1 に試験の様子を示します。

表 1 試験装置

試験機	: AGS-5NX
つかみ具	: 1N クリップ式つかみ具
つかみ歯	: ラバーコート歯
ソフトウェア	: TRAPEZIUM™ LITE X

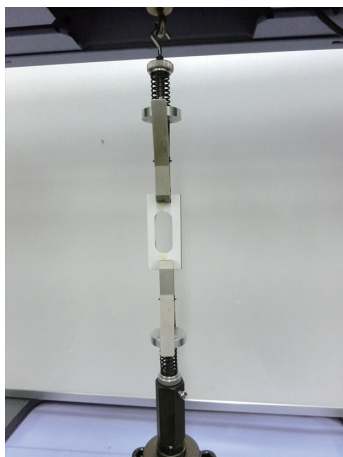


図 1 試験の様子

測定条件

炭素繊維は直径が約 7 μm と小さく、そのまま把持するのは困難であるといえます。そのため、JIS R7606 では、図 2 のように、試験片を厚さ 0.1 mm 以下の紙、金属または樹脂のシートで作製された試験片台紙に固定した上でつかみ具に取り付けます。取り付け後、切断面をはさみなどで切断し、試験を行います。試験速度は 1~5 mm/min と記載されており、今回は 1 mm/min にて試験を行いました。

単繊維の応力-ひずみ関係は、直線ではないため、弾性率は 2 標点間の勾配から求められるコード弾性率で表されます。引張弾性率を求める場合は、試験の前に装置コンプライアンスを求める必要があり、そのためには 5 mm、10 mm、20 mm、30 mm および 40 mm の長さの台紙を使用して試験を行います。引張弾性率の計算方法は、2 標点間の応力を基準とする A 法と 2 標点間の伸びを基準とする B 法があり、今回は式 (1) によって計算される B 法を使用して引張弾性率を求めました。B 法では破断時の伸びにより弾性率の計算範囲が異なります。試験条件を表 2 にまとめます。

$$E_{fB} = \frac{\left(\frac{\Delta F_B}{A_f}\right) \left(\frac{L}{\Delta L_B}\right)}{1 - K \left(\frac{\Delta F_B}{L}\right)} \times 10^{-3} \quad (1)$$

- E_{fB} : 引張弾性率 [GPa]
- ΔF_B : 伸び 0.1~0.6% における試験力の増加分 [N]
- A_f : 単繊維の断面積 [mm²]
- L : 試長 [mm]
- ΔL_B : 伸び 0.1~0.6% における伸びの増加分 [mm]
- K : 装置コンプライアンス [mm/N]

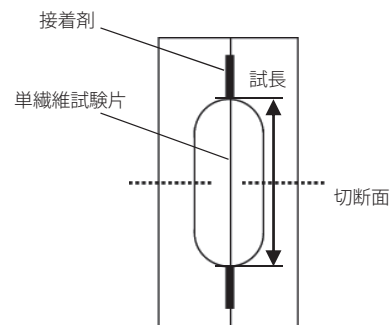


図 2 試験片を取り付けた台紙

表 2 試験条件

試験速度	: 1 mm/min
標線間距離	: 25 mm
試験数	: n = 3
試験片直径	: 6.8 μm
弾性率計算のための伸びの範囲	: 0.1~0.6%

■測定結果

弾性率を求めるために、試長 5、10、20、30、40 mm で試験を行いました。図 3 に装置コンプライアンスを求めるための $\Delta L/\Delta F$ と試長の関係を示します。ここで ΔL 、 ΔF はそれぞれ弾性率計算のための伸びの範囲におけるストロークの増加量、試験力の増加量を示します。装置コンプライアンス K は、図 3 における試長が 0 における外挿値になります。図 3 より装置コンプライアンスを求めると 0.2586 になりました。

図 4 に試験力-ストローク（ひずみ）線図を示します。また、表 3 に試験結果を示します。炭素繊維の引張強さ、引張弾性率、破断伸びはそれぞれ、4250 MPa、233 GPa、1.81 % となりました。

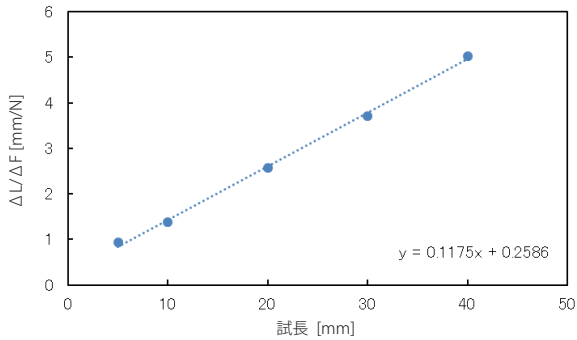


図 3 装置コンプライアンスの求め方

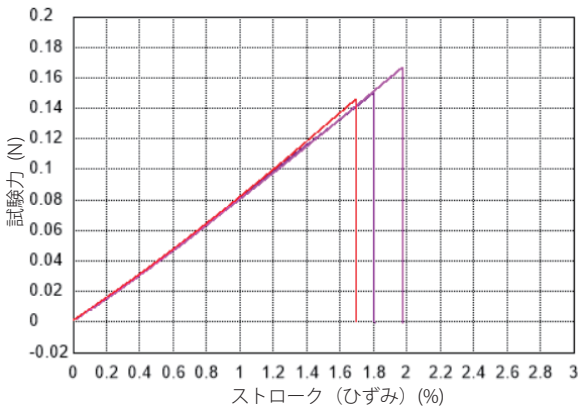


図 4 試験力-ストローク（ひずみ）線図

表 3 試験結果

試験 No.	引張強さ [MPa]	引張弾性率 [MPa]	破断伸び [%]
1	4016	236	1.69
2	4140	230	1.77
3	4593	232	1.97
平均	4250	233	1.81

■まとめ

今回は、JIS R7606 : 2000 (ISO 11566) に準じた炭素繊維の引張試験を実施した例を紹介しました。炭素繊維は直径が小さく、そのまま把持するのは困難なため、台紙に貼り付けて試験を行いました。試験機への取り付けは、容易に把持することができる 1N クリップ式つかみ具を使用しました。

卓上形精密万能試験機 AGS-X および 1N クリップ式つかみ具を使用することで、引張試験における炭素繊維の引張強さや引張弾性率の評価が可能になります。

TRAPEZIUM は、株式会社 島津製作所の日本およびその他の国における商標です。

株式会社 島津製作所

分析計測事業部
グローバルアプリケーション開発センター

初版発行：2019年7月

島津コールセンター ☎0120-131691
(075) 813-1691

※本資料は発行時の情報に基づいて作成されており、予告なく改訂することがあります。
改訂版は下記の会員制 Web Solutions Navigator で閲覧できます。

<https://solutions.shimadzu.co.jp/solnavi/solnavi.htm>

会員制情報サービス「Shim-Solutions Club」にご登録ください。

<https://solutions.shimadzu.co.jp/>

会員制 Web の閲覧だけでなく、いろいろな情報サービスが受けられます。