

研究ノート

各種繊維材料の引張速度による破面比較

山本紘司*1、平石直子*1

Fracture Comparison of Various Spun Fibers by Tensile Speed

Koji YAMAMOTO*1 and Naoko HIRAISHI*1

Mikawa Textile Research Center*1

ポリプロピレン(PP)、ナイロン 6、ポリエーテルエーテルケトン(PEEK)の原糸に対し、引張速度を変化させてきた破断面について評価した。引張速度を高速にするほど、PP は延性、ナイロン 6 と PEEK は脆性破面部分が増加する傾向が観察できた。

1. はじめに

愛知県東三河地域は、漁網やロープなどの産業資材の一大生産地である。産業資材は使用環境や力(静的荷重、疲労、衝撃など)の加わり方が変化しており、実環境下で破損するケースが発生している。産業資材の破壊原因の解明には、破面解析は有効な手段と考えられる。

当センターでも、地元企業から破壊原因究明の相談が増加しているが、これまでに破壊の解析・評価を研究しておらず、破壊原因を明確にすることはできなかった。

そこで本研究では、高分子材料の原糸数種類に対して、模擬的に引張条件を変化させて、破断面を作製し、条件ごとに破面比較を行ったので、その特徴を報告する。

2. 実験方法

2.1 試料

本研究では、汎用高分子材料のポリプロピレン(以下、PP)、エンジニアリングプラスチックのナイロン 6、スーパー・エンジニアリング・プラスチックのポリエーテルエーテルケトン(以下、PEEK)の材料を使用した。

試料に用いた各材料原糸の繊維度、結晶化度、融点は表1のとおりである。結晶化度や融点の測定には示差走査熱量計DSC8230((株)リガク製)を用い、窒素雰囲気中において10°C/minで昇温して測定した。DSC曲線の吸熱ピークから、融解開始温度、融解終了温度を読み取り、ピーク面積から融解熱量を算出し、試料の融解熱量と完全結晶の融解熱量の比を結晶化度とした。完全結晶の融解熱量は、PPは209J/g¹⁾、ナイロン6は190J/g²⁾、PEEKは130J/g³⁾を使用した。

2.2 破面作製および観察

破面作製は、静的引張試験(RTC-1250 エー・アンド・ディ(株)、高速衝撃試験(HITS-TX 島津製作所(株))

表1 試料の物性

	繊維度(dtex)	結晶化度(%)	融点(°C)
PP	444	43	152
ナイロン6	872	32	210
PEEK	2,664	36	334

により実施した。静的引張試験は 20°C 65%RH 環境において JIS L 1013 化学繊維フィラメント糸試験に準拠した方法で行い、高速衝撃試験機による衝撃試験は 23°C 50%RH の環境下で試験した。破面は、走査型電子顕微鏡(JSM-6010PLUS/LA 日本電子(株))で観察した。

3. 実験結果及び考察

3.1 静的引張試験(PP)

PP 原糸に対し、引張速度を 10, 100, 1000(mm/min)と変化させた際の破断面を表 2 に示す。PP のガラス転移点(以下 T_g)は 0°Cであり室温下で T_g 以上となるため、分子鎖の運動性が高くなっていると考えられる。結晶化度が高いため、強度も高い破断面となったと考えられる。また、引張速度が速くなるに従い、原糸表面(表 2 写真上部)が起点となって破壊が進行し、全破断面に対する延性的破壊(表 2 破断面中央部で見られる粒状の破面)領域の面積の増加が確認できる。

3.2 静的引張試験(ナイロン6)

ナイロン 6 原糸に対し引張速度を 10, 100, 1000(mm/min)と変化させた際の破断面を表 3 に示す。ナイロン 6 は室温下では T_g(50°C)以下で、分子鎖が自由に運動できず、硬い性質を持ちながら一気に破壊が進んだと考えられる。また、原糸表面が起点(表 3 写真上部の切欠部)となり破壊が進行し、引張速度が速くなるに従い、全破断面に対する脆性的破壊(破断面中央の起伏がなく滑らかな破面)領域の面積の増加が確認できた。

*1 三河繊維技術センター 製品開発室

表2 PP原糸の引張速度による破断面の変化

	全体(×200)	破断面中央(×1000)
10 mm/min		
100 mm/min		
1000 mm/min		

表4 PEEK原糸の引張速度による破断面の変化

	全体(×150)	破断面中央(×1000)
10 mm/min		
100 mm/min		
1000 mm/min		

表3 ナイロン6材料の引張速度による破断面の変化

	全体(×250)	破断面中央(×1000)
10 mm/min		
100 mm/min		
1000 mm/min		

表5 高速衝撃試験による各材料の破断面の変化

	全体	破断面中央部
PP		
ナイロン6		
PEEK		

3.3 静的引張試験(PEEK)

PEEK原糸に対し、10、100、1000(mm/min)と引張速度を変化させた際の破断面を表4に示す。室温下では、 $T_g(140^\circ\text{C})$ 以下であるため、分子鎖が自由に運動できず、ナイロン6と同様に一気に破壊が進んだと考えられる。また、原糸表面が起点領域(表4写真上部の切欠部)となり破壊が進み、引張速度が速くなるに従い、起点領域が小さくなっていることから全破断面に対する脆性的破壊(破断面中央の起伏がなく滑らかな破面)領域の面積の増加が確認できた。

3.4 高速衝撃試験(PP、ナイロン6、PEEK)

PP、ナイロン6、PEEKを1m/sの速度で高速衝撃試験を行った際の破断面を表5に示す。低速時の破断面と比較して破断面全体に対する起点部(写真上部の切欠部)が少なくなるため脆性部分が多くなり、高速時ほど脆性破壊が進んだと考えられる。

4. 結び

- (1) 各種高分子材料の原糸に対して、引張速度を変化させた破断面を各材料、引張速度ごとに作製した。
- (2) 作製した破断面を走査型電子顕微鏡で観察し、PPでは延性的破面、ナイロン6とPEEKでは脆性的破面を観察し、引張速度による特徴を考察した。

文献

- 1) 刈茅孝一, 高橋清久: 日本複合材料学会誌, **21**, 9(1995)
- 2) 牛腸ヒロミ, 山本直子, 丸井正樹, 小宮山二郎: 聖徳栄養短期大学紀要, **34**, 37(2003)
- 3) 清水二郎, 鞠谷雄士, 大越豊, 高久明: 繊維学会誌, **43**(10), 515(1987)