

液体環境を選択できる引張試験用液浸治具の開発

○岡田 祐輔^{a)}

^{a)} 信州大学統合技術院(繊維学部)

1. はじめに

繊維材料の引張強度試験は、一般的に室温 20°C、湿度 65%の気中で実施されることが多いが、液中での使用が想定される材料においては、実際の使用環境は通常の試験環境とは大きく異なっている。そのため、実際の使用環境下で繊維材料の引張強度を評価することは、製品の安全性や耐久性を担保するうえで重要であると考えられる。そこで今回、様々な液体が使用可能で温度制御もできる引張試験用液浸治具を設計・試作した。また、試作した治具を用いて繊維材料の油中引張試験を行ったのでその結果について報告する。

2. 引張試験機と水用液浸治具

筆者は信州大学の共通利用機器である「テンシロン万能試験機」(エアンドデー製 RTH-1310)の機器管理や技術講習などを担当している。本機は引張、圧縮、3点曲げなどの治具を取り付けることで、多様な材質・形状をもつ試料の力学強度試験が実施できることが特長である。また本機には、繊維やフィルム、ゲルなどを対象とした水中引張試験が可能な液浸治具も付属しているが、水しか使用できないことや、室温でしか測定できないといった制約があり、これまであまり利用されてこなかった経緯がある。

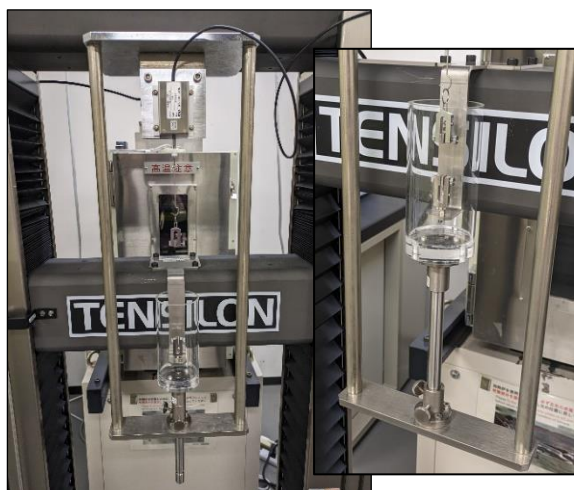


図1 既存の水中引張試験用液浸治具

3. 新規液浸治具の開発

今年度、「液中での繊維強度～引張試験治具の創作と評価法の確立～」という課題が奨励研究に採択されたことを契機として、新たな液浸治具を開発することになった。当初は既存の治具を一新する形で新たな液浸治具を開発する予定であったが、予算上の制約が厳しく、既存治具の一部部品を有効利用しコストダウンを図る方針に切り替えた。

液浸治具の主な仕様変更点としては、浸漬槽の変更と冷熱媒循環装置の導入である。浸漬槽はアクリル樹脂製カップだったものを、市販のガラス製ジャケット付きビーカーに変更し、ビーカーサイズに合わせた固定具を新たに設計した。液浸槽にガラス製ジャケット付きビーカーを採用したことで、試験中でも外部観察できる機能は残しつつ、水以外の溶媒も使用可能となった。また、冷熱媒循環装置(ヤマト科学製 CB-100)を導入し、ビーカーのジャケット部と接続して冷熱媒を循環させることで、温度制御も可能となった。

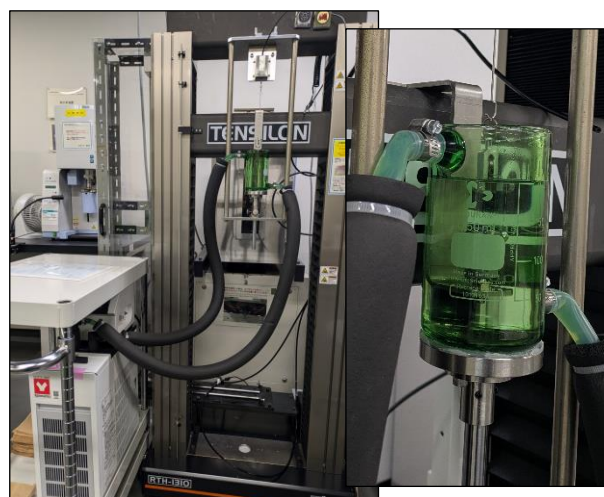


図2 開発した新規液浸治具

試作後、液浸槽に蒸留水を入れて温度計測したところ、設定温度を大きく変更した場合は温度安定化に30~40分程度かかった。ただし、液浸槽内の温度

差は最終的に $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 以内に収まり、熱対流による引張試験への影響は問題にならないレベルであることが確認できた。この結果、液体中での引張試験は 0°C ~ 70°C の範囲で実施可能と判断した。

4. 流動パラフィン中における繊維引張試験

今回新たに開発した液浸治具を用いて、流動パラフィン中におけるポリエステル繊維(ca.20 μm)の液中引張試験を実施した。

細い繊維材料の引張試験では、試験機のチャック(掴み具)に試料を直接固定することが困難で試料も損傷する恐れもあるため、図3のような台紙を用いた繊維試験片(繊維試験長 20mm)を作製した。手順としては、まず中央部を切り抜いた台紙を用意し単繊維を真っすぐに置く。続いて、エポキシ接着剤等で繊維を台紙に固定することで繊維試験片を作製した。なお、試験片を引張試験機のチャックに固定したのち、台紙の両サイドを切断することで繊維単体の引張試験を行うことが可能である。

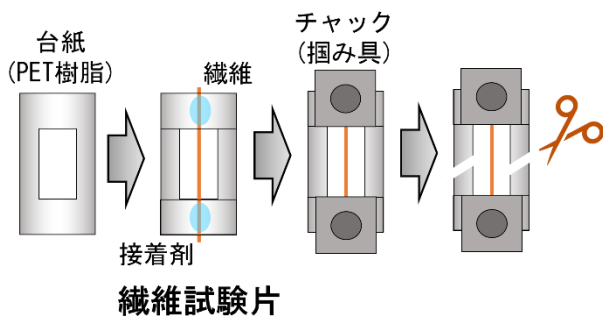


図3 繊維試験片の作製・使用イメージ

液中引張試験に際しては、試験温度(0°C 、 20°C 、 40°C 、 70°C)になるまで温度を安定化させたのち、繊維試験片を流動パラフィン中に5分間浸漬した。その後、引張速度 20mm/min で繊維が破断するまで引張試験を行った。また、データを比較するために 20°C 、 40°C 、 70°C の気中で同様の引張試験も実施した。

その結果、液中・気中ともに 20°C で初期弾性率、破断強度、破断伸度いずれも高くなり、温度を上げるとこれらの値は低下した。破断伸度についても同様の傾向が見られたが大きなばらつきがあった。

一般的な材料の場合、温度を上げると試料が軟らかくなり、初期弾性率と破断強度は低下する一方、破断伸度は上昇することが知られている。そのため、今回の試験結果は一般的な知見とは少し異なる傾

向であった。液中・気中引張試験の結果を比較すると、 20°C では気中と比べて液中における初期弾性率、破断強度は低くなった一方で、 40°C 、 70°C では逆に高くなった。これはポリエステル繊維が流動パラフィンの影響により膨潤し、可塑化を引き起こしたことが一因と考えられる。また、高温下においては流動パラフィンを介して繊維と接着剤との間で接着性が高まり、強度低下を抑制した可能性がある。ただ、再現性の確認や、試験片作製法(特に接着剤)の妥当性についてはさらに調査を行う必要があると考えている。

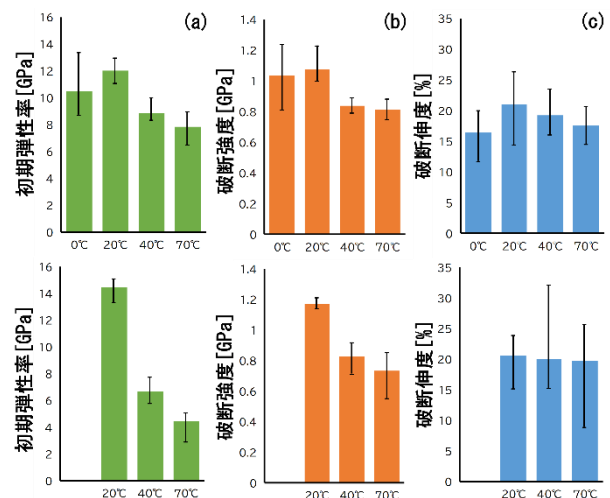


図4 流動パラフィン中(上段)および気中(下段)におけるポリエステル繊維の引張試験結果; (a)初期弾性率、(b)破断強度、(c)破断伸度

5. まとめ

様々な液体を使用でき、かつ温度も制御可能な引張試験用の液浸治具を設計・試作した。試作した液浸治具を用いて流動パラフィン中におけるポリエステル繊維の引張試験を行ったところ、気中とはやや異なる結果が得られた。再現性の確認や試験片作製法の検討については今後の課題である。

謝辞

本課題はJSPS 科研費 24H02542 の助成を受けたものです。繊維試料を提供していただいた本学繊維学部の後藤康夫教授、チラーの電気工事をしていただいた山辺典昭技術専門職員および引張試験機の副管理者としてご協力いただいた塚田夏子技術職員に深く感謝申し上げます。