新型引張り試験機の試作*

(昭和27年6月30日受理) 会 員 野 崎 長 二**

長 谷 川 進

→ 摘 要 ←

研 究 目 的

繊維その他の材料の機械的性質を調べる場合、従来の引張り試験機は概して慣性の影響が大きく、時間の要素を入れた試験が困難であり、また単糸以下の試験機で正しい荷重—伸び曲線を得ることが困難であつたので、これらの欠点がなく、また研究室用として広範囲の試験が可能であるものを得ようとして試作した。

研 究 結 果

両端自由支持梁の撓みを光学的に拡大する方法で荷重を測定する方式の試験機を試作したところ、次の結果を得た。

1. 慣性の影響が少なく、自記は光学的であるから、引張り速度を極めて広範囲に変えて正しい曲線を得ることができた。
2. 梁の交換により、荷重範囲を極めて広範囲 (5g~1.4kg) にとり得るから従来の試験機の数百分の働きをする。
3. 荷重—伸び曲線と共に荷重—時間曲線が得られ、普通の破断試験の他に繰返し引張り試験による弾性回復特性の解析、応力弛緩試験等が可能である。
4. 繊維以外の材料についても小荷重試験機として利用できる。

1. 序 文

繊維の弾性回復、直紡機構の解析などのためには、いろいろの引張り速度における測定が必要であるが、従来の引張り試験においては、引張り速度が静荷重に近いところをねらっているために非常に低速のところに定められており、また荷重を与えるためには大きな質量を動かさなければならぬような原理を用いているために慣性の影響があり、殊に引張り速度の高いところではその影響が大きくて、荷重や伸びの測定に誤差を生じやすく、動的な試験には適当でない。その上従来の引張り試験機の荷重—伸び曲線自記装置では特に単糸以下の小荷重試験においてペンその他の摩擦力や慣性のために正確な曲線を得ることができないばかりか、自記装置をつけること自身によつて破断荷重その他に影響を及ぼすことが多い。

筆者らはこれらの欠点をもたない引張り試験機として第1図のような梁の撓みを荷重感知に用いるものを試作したが、従来の試験機における上に述べたいろいろの欠点を除いたばかりでなく、測定荷重範囲を非常に広い範囲に変えられるために、従来の試験機の数百分の機能を

果し得ることがわかり、研究室用として極めて便利であるので、ここにその試作結果を報告する。

2. 試験機の構造・原理・性能

(1)構造・原理
本機の構造の概略を第1図に示す。その作用を説明すれば、試料①を上部掴み②と下部掴み③に挟み、

(第1図)
試作試験機略図

縦ねじ④を下降させて試料①を伸ばすと、その伸びに応じてそのときの荷重が上部掴み②のかかっている梁⑤に

* Tried Manufacture of New Tensile Tester

** C. Nozaki, S. Hasegawa, Member, 工業技術庁名古屋工業技術試験所第一部

撓みを与え、その撓みは光学挺子⑥で拡大されて記録用ドラム⑦内の印画紙に記録される。⑧は光源である。記録用ドラム⑦の回転は下部撓み③に一端をとりつけ、他端に重錘⑨を吊している紐によつて廻すこともできるし、別のモータで定速回転させることもでき、それぞれ印画紙の横軸を伸びに比例させたり、時間に比例させたりすることができる。

(2) 梁

1) 概略 荷重の大きさを撓みで知るために用いる弾性体すなわち Dynamometer Spring としては、いろいろの形が考えられるが、最も簡単な形として矩形断面の両端自由支持梁を用いた。梁としては片持梁、両端固定梁も考えられるが、取替えの容易なこと、荷重をかけやすいこと、撓みを測定しやすいことと共に、同一材料同一の寸法では大きな荷重範囲まで得られるので、両端自由支持梁を用いた。上部撓みはその中点で支え、そのすぐ近くで光挺子の針が上から触れるようにしてある。この梁は測定荷重範囲に応じていろいろ準備しておくのが便利で、その点について以下述べる。

2) 梁の撓みの式 よく知られているように、支え間の距離 l の両端自由支持梁の中点に集中荷重 W がかゝつたとき中点の撓み δ は、

$$\delta = \frac{Wl^3}{48EI} = \frac{Wl^3}{4Ebh^3} \quad (1)$$

$$= \frac{\sigma l^2}{6Eh} \quad (2)$$

ここに E はヤング率、 σ は最大曲げ応力、 I は断面 2 次モーメントで、断面は幅 b 、高さ h の矩形の場合である。また (1)、(2) から h を消去すれば、

$$W = \frac{1}{54} \frac{l^3 b \sigma^3}{E^2 \delta^2} \quad (3)$$

3) 荷重範囲と梁の寸法 梁の撓みの拡大率と記録印画紙の幅が決れば、荷重範囲は梁に一定の撓みを生ずべき荷重によつて決る。この撓みを $\delta_{\max}$ とすれば、

(1) 式で材質および l が決れば、荷重範囲は l すなわち bh^3 に比例する。例えば梁の撓みの拡大率が 100、印画紙の幅が 70mm であれば、 $\delta_{\max} = 0.7\text{mm}$ となり、 $l = 100\text{mm}$ 、 $E = 2.1 \times 10^4 \text{ kg/mm}^2$ とすれば荷重範囲は、

$$W_{\max} = 5.9 \times 10^{-2} bh^3$$

で、現在 5g 用 ($b \approx 2.5\text{mm}$ 、 $h = 0.33\text{mm}$) より 1.4kg 用 ($b = 5.0\text{mm}$ 、 $h = 1.73\text{mm}$) まで 10 種類準備している。ここに b はなるべく一定にした方が上部撓みを使用するのに都合よく、また b に比べて h の方が 3 乗に比例するため荷重範囲に大きく影響することなどの点から、 h を変えて荷重範囲を変えることが望ましい。

4) h の限界 (2) 式において、 σ すなわち最大曲げ応力は材料に応じてその比例限界以内になければならないから、 l 、 E が決れば b の如何にかゝらず h に制限がある。例えば前記の例では $\sigma_{\max} = 8.83h$ で、

$\sigma_{\max} < 20\text{kg/mm}^2$ とすれば、

$$h < 2.2\text{mm} \quad (4)$$

である。

5) 荷重範囲の限界 前項に述べたような最大曲げ応力による制限を考慮に入れて再び荷重範囲の限界を考えると、(3) 式により、荷重範囲は l 、 σ の 3 乗、 b の 1 乗に比例し、 E 、 δ の 2 乗に反比例するので、荷重の限界を上げるためには、支え間距離を増大し、比例限の高い材料を用いることが望ましい。また δ を小さくするために撓みの拡大率を上げることが望ましい。再び前記の例を用いれば、 b を 5 倍の 25mm、 l を 2 倍の 200mm、撓み拡大率を 5 倍の 500 倍 (δ は $1/5$ の 0.14mm)、比例限を 26% 高くして 25.2kg/mm^2 の材料を用いることにより、荷重範囲は 2,000 倍の 6~7ton まで測定可能の筈である。

6) 荷重点、撓み測定点の中点よりのずれの影響 荷重点および撓み測定点とはともに両端支えの中点にある場合としてこれまで論じて来たが、これらが中点から外れた場合の影響を考える。

第 2 図のように荷重 W が左端支えより y の距離にか

(第 2 図) 荷重点の中央よりずれることによる影響

より、測定点は同じく x の距離の点であるとすれば、測定点の撓み δ_x はよく知られているように、

$l > y \geq x > 0$ のとき

$$\delta_x = \frac{Wy^2(l-y)^2}{6EI} \left(\frac{2x}{y} + \frac{x}{l-y} - \frac{x^3}{y^2(l-y)} \right)$$

$y = y_1 l$ 、 $x = x_1 l$ とおき、 $\frac{Wl^3}{6EI} = \Delta$ とおけば、

$$\frac{\delta_x}{\Delta} = x_1(1-y_1)(2y_1-y^2-x_1^2)$$

同様に $0 < y < x < l$ のときは上式の x_1 の代りに $1-x_1$ 、 y_1 の代りに $1-y_1$ において、

$$\frac{\delta_x}{\Delta} = (1-x_1)y_1(2x_1-y_1^2-x_1^2)$$

これを図示すれば同じく第2図のようになり、撓み測定点が正しく中央にあるとして荷重点が中点より l の2.5% (例えば $l=100\text{mm}$ のとき 2.5mm) だけ変位した場合撓みの誤差は 0.4%, 5% (5mm) で 1.3% であり、荷重点が正しく中点にあつて、撓み測定点がずれる場合もほぼ同様である。我々の場合撓み測定点は光挺子の廻転軸が固定されているのでその誤差がないとして、荷重点の位置を中点から2~3mm以内に収めることは目測で充分確実であるので、上部撓みは特別に位置を決めるための装置をつけていない。この点は荷重範囲を変更するために梁を交換するのに極めて便利である。

(3) 記録および引張り装置

撓みの拡大には慣性の影響の極めて少い光挺子を用いた。鏡を梁につけて梁の傾斜を拡大する方法も考えられるが、撓みの拡大率を変えやすいこと、大きな拡大率を得やすいこと、梁の交換に便利であること等から、直接撓みの大きさを感知する方法をとつた。

下部撓みの引張り速度は減速装置を挿入して現在最大 4,800mm/min より最小 2mm/min で実験している。逆転は3相誘導電動機の結線変更によつたが、鋼コイルスプリングを試料とし、横軸を時間軸にとつた実験では逆転部に丸味をもたず、実用上充分瞬間的な逆転ができた。

下部撓みの行程は現在 120mm で、試長は試料の伸びにも関係するが、長さの異つた数種類の下部撓みを中心軸の上部にピンで取付けることにより、0mm より 170mm まで可能である。

梁の撓みによる伸長速度に対する影響は質的には従来の振子型試験機と同様であるが、それらに比べて極く小さいので、伸びの極く小さいものを除いて試長の長い場合には殆んど無視できる程に影響が少ない。しかし試長の短かい場合はその影響が大きく、この点からも撓みの拡大率を大きくして最大撓みを小さくし、撓みによる影響を少なくすることが望ましい。またかゝる影響があつても解析する場合には試長に応じて準備した透明な斜方根紙を用いることによつて影響を除き得る。

(第6図) アミラン単繊維繰返し引張り試験(横軸、時間)

3. 使用例

1) 抗張力試験

第3図はアミラン単繊維の引張り試験で30g用の梁を

(第3図) アミラン単繊維破断試験(3.5D)

用いている。第4図は同じ単繊維を26本引き揃えた糸で 450g 用の梁を用い、単繊維と同じ程度の精度で測定可能であることを示している。第4図で最高荷重近頃から構成繊維が少数本ずつ次々に切断して行く状態が判る。

(第4図) アミラン引き揃え糸破断試験(26本/3.5D)

(第5図) アミラン単繊維繰返し引張り試験
(横軸伸び)

2) 繰返し引張り試験

第5図はアミラン単繊維の繰返し引張り試験で記録紙を下部撓みによつて動かしたもので、普通のサイクル曲線が描ける。この場合記録紙用ドラムを廻転する紐の伸びが関係するから、逆転部に補正する必要がある。この影響は伸長性の少ない材料、試長の短かいときに大きい。第5図は試長 150mm の場合である。第6図は記録紙を他

のモータで定速回転して横軸を時間軸とした場合でこの場合は上の欠点がなく、弾性回復特性を調べるのにふさわしい方法である。原長との関係は上下摺り部距離が一定の長さになったときに光束を切るることによって求め得る。

3) 応力弛緩試験

第7図は一定荷重まで引伸して後下方摺みを止め、記

(第7図) アミラン単繊維応力弛緩試験

録紙の横軸を時間軸とした場合で、応力弛緩の状態を調

べることができる。

4. 結 文

荷重測定の方法として比較的大きな質量を利用する試験機の弱点に対して米国においては strain gage を用いたものが盛んに利用されて、繊維殊に合成繊維の研究に欠くべからざるものになっており、また最近のカatalogによればスイス、Amsler でも spring dynamometer を用いるものが発表されているが、本試験機のように簡単なものでも研究室向きに有用であるので報告した。

- 註 1) 写真は本誌 46, (昭27-6) P. 358 第3図 参照
2) Susich, G., and Backer, S., Tensile Recovery Behavior of Textile Fibers, Textile Research Journal 21, 482~509

Journal of the Textile Machinery Society

Vol 5 No. 9 (No. 49) Sep. 1952

Contents

Technical papers

- Study on the Beating motionless Power loom F. Kamiyama, M. Suematsu
Theoretical Study on Yarns under impulsive Tension K. Fujino, S. Amijima
Tried Manufacture of New Tensile Tester C. Nozaki, S. Hasegawa
On the Producing Capacity and Economical velocity
of Winder T. Terada, T. Sugano
Studies on Manufacturing of the Card Wire M. Tagaya, Y. Soyama, E. Yagi, T. Nakai
Design of Pneumaniez and Research on its Characteristics.
(9 th Report) Y. Niitsu, M. Kurahashi
On the Inclination of Loop Series in Millanese Knit
Fabric (3 rd Report) T. Nakahara, T. Okamoto

Abstract of Foreign Papers, Patent, Technical News, Report of the Society.

取 扱 書 籍

新 刊 編 物 機 械 と 編 物 組 織

京都工芸繊維大学教授 菊 地 武 勝 著

主 目 次

- 第 1 章 総 論
第 2 章 経 編 機 械
第 3 章 経編機の主要部の構造

A 5 版 260 頁

- 第 4 章 緯 編 機 械
第 5 章 円型靴下編機
第 6 章 特殊の編機

価 400 円 千 50 円

☆紡 毛 糸 紡 績 大 野 一 郎 著 B 5 版 382 頁 価 630 円 千 60 円

☆織 維 機 械 (I) 内田豊作、福原正蔵、三平文著 B 5 版 363 頁 価 380 円 千 50 円