網 絲 の 伸 長 と 荷 重 時 間

安 田 秀 明

(水 産 講 習 所)

On the Elastic Time-effect of Netting Cords.

Hideaki YASUDA

SYNOPSIS

With cotton and ramie fibres, ramie yarn, and Manila hemp and Japanese hemp cords, the elongation e after t hours' application of a definite load was found to be represented by the equation,

$$e = a + b \log(t+1),$$

where a and b are constants, except at the beginning of the loading, and they change their values almost suddenly at a certain epoch during loading (Figs. 1 and 2). Both of constants a and b depend upon the load and on the number of twists per unit length of the cord (Figs. 2~7); a also depends on humidity (Figs. 1 and 6), but b does not (Fig. 1).

荷重時間と伸長 曩に寺田・古澤・田内⁽¹⁾の3氏は絹絲の荷重による伸長と荷重時間との關係を研究して、荷重 t 時間後の絲の伸長 e が次式

$$e = k \log(t+1)$$

で表はされ、定數 k は湿度、絲の張力及び性質によることを指摘せられた。余は上式の定數と湿度、絲の張力及び性質との間の關係を知らんが爲に、市販の各種の網絲(20番手6號綿絲、ラミー0.7匁、日本麻0.7匁、マニラ麻0.7匁(2子)、南京麻細半枚(2子)及び絹絲諸撚)と、種々の撚りの強さの左撚20番手20號綿絲とを用ひて次の實驗を行つた。

實驗の方法及び裝置は田内博士⁽²⁾のそれと略同様で、絲の一端を鉤に固定して懸垂し、豫め撚りの戻らない程度の一定荷重を加へて鉛直に引張り、上端から一定の距離を隔て、一つの標示を附し、次に軽い針金の鏈で隣接した絲の下端をゆるやかに連結して荷重による絲の振れを防ぎたる後、下端に荷重を垂下し、爾後1日數回宛絲の後方に接して水平に移動し得るやうに裝置した尺度で絲の伸長を測定した。但し全長約220cmの材料を用ひ、湿度の測定は自記毛髮湿度計によつた。

絹絲の場合に倣つて絲の伸長 e と荷重時間 t との間の關係を圖示した(第1圖に市販の各種の絲についての一例を示す)。荷重時間の極く短い部分を除くと、何れの場合でも次式によつて表はされる幾つかの直線部分に分けることが出来る⁽³⁾。

(1) TERADA T., T. HURUZAWA and M. TAUTI: On the elastic time-effect of silk yarn. Proc. Phys. Math. Soc. Japan, 3 (8), 1916, 428.

(2) 田内森三郎: 網絲の研究Ⅱ 網絲の荷重と伸びとの關係 水産講習所試験報告 23 (3), 昭和二年十二月, 120~130.

(3) 直線の傾斜の變化は絲の張力が同程度の時には、絲の種類に拘らず殆んど同時に起り、その變化の速さは絹絲では絲の荷重の大小に拘らず緩かであるが、他の網絲では概して絲の荷重が小さい場合には

$$e = a + b \log(t+1)$$

茲に定数 a は絲の荷重及び性質と濕度等によるものであるが、 b は絲の荷重と性質とが同じであれば濕度によつては大差のないものと看做することが出来る。この關係は同番手同號數の種々の撚りの強さの綿絲についても全く同様であつた。

第 1 圖 荷重時間と伸長。關係濕度 (3~22°C): Δ 90% 以上, $\bullet$ 89~60%, $\circ$ 59~40% (綿絲・日本麻・マニラ麻), 59~20% (ラミー・絹・南京麻)。荷重: 0.5 kg (但し絹は 1.0 kg)。絲の最初の長さ: 綿絲と日本麻は 173 cm, 南京麻は 180 cm, 其他は 209 cm。

絲の長さの變化を自記毛髮濕度計に併記させた結果によると (綿絲, 日本麻及びマニラ麻について), 濕度が急速に且つ大きい範圍に渡つて變化した場合 (特に濕度が低下するとき) 時間の遅れがあることを認めた。尙第 1 圖からも過去の濕度の履歴効果が少なからず關係してゐるやうにみられるが, この點に關しては他日の研究に譲る。

荷重の影響 絲の引張られかたによつて上述の關係が如何に異なるかをみる爲に、或る同じ範圍の濕度のときの伸びの割合 δ と荷重時間との間の關係を市販絲について圖示すると (第 2 圖)⁽⁴⁾、絹絲を除く他の網絲については略、同様次のことが分る。荷重の極く小さい場

急で、荷重の大きい場合には緩かである。何れの場合でも濕度が相當大きく急に變つて絲が著しく伸びた時に起つてゐるが、これと同程度の濕度の變化はそれが出る前後にも常に繰返へされてゐるから、絲の種類と荷重とに關係して或る一定荷重時間後に起るものらしいが、この點については未だ明らかでない。

(4) 同じ場所で行つた實驗の總ての絲の結果が何れの荷重のものでも荷重後 1934~2246 時間に於て伸びの割合と荷重時間との關係が突然變つてゐる。がこれと同じ時期に別の場所で行つた實驗の結果と比べて見ると、多分日光が直射した爲の影響ではないかと考へられる。尙南京麻荷重 3.0 kg の絲は荷重 2210 時間後に切斷した。

第 2 圖 荷重時間と伸長の割合。
表中の数字は絲の荷重 (kg)。關係溫度 70~79 % (但し $\diamond$, $\cdot$ $\diamond$ は 20~39 %)。

合には荷重時間の全體を通じて簡単な一つの曲線で表はされるが（日本麻及びマニラ麻では大體一つの直線になる）、荷重がやゝ大きくなると荷重時間の短い初めの間はそれ以後のものに比べて伸長の割合が著しく大きい部分が現はれ、荷重時間が増すにつれて初めに緩かで後にそれよりもやゝ急な 2 つの直線で表はされるやうになる⁽⁵⁾。荷重が大きくなると傾斜の緩かな初めの部分（直線の方程式を $\delta = a_1 + b_1 \log(t+1)$ で表はす）が漸次短くなつて遂には傾斜の急な後の部分（直線の方程式を $\delta = a_2 + b_2 \log(t+1)$ であらはす）だけになるものゝ様である。種々の撚りの強さの 20 號綿絲についても、これと全く同様の結果を得た。絹絲の場合は最も複雑であるが、荷重の大きい時の結果は割合に簡單であつて先に寺田・古澤・田内の 3 氏が得られた所と略々一致する。

何れの網絲についても荷重の大きい場合の結果は先に田内博士⁽⁶⁾が、自由の状態にある撚絲は弛む爲にその太さを増し長さを短縮せる故、これを張るときは先づその弛みが縮むために著しく伸び、然る後荷重の爲に生ずる yarn の張力が yarn の描く common helix の徑を減じその歩みを増し、従つて絲の太さが縮まりつゝ伸長することを 6~30 號綿絲について

第 3 圖 絲の荷重 W と湿度 70~79% のときの直線の定数 a_1, b_1 との関係。 第 4 圖 湿度 70~79% のときの直線の定数の間の関係。

市販絲：◎日本麻，◎南京麻，○マニラ麻，△綿絲，◇ラミー

同番手同號數の綿絲：（下撚，上撚）◇(224, 67)，△(161, 54)，○(135, 44)，◎(111, 39)，◎(85, 34)

(5) 日本麻の場合はやゝ複雑であつて、絲の荷重が或る特別な大きい場合に限つて伸長と荷重時間との間の関係が 3 つの直線で表はされる様な變化をする。後に述べるやうに、この位の荷重を境として湿度の變化に對する絲長の伸縮が逆になる。

(6) 前出。

論證し撚絲の伸びの機構を明らかにせられた所と一致することが分る。

先に得た實驗式の定數 a_2 , b_2 と絲の荷重 W との關係及び a_1 と a_2 , b_1 と b_2 との間の關係を夫々第 3 圖及び第 4 圖に圖示した。

測定した絲の数が極く僅かである爲に特に a_2 , b_2 と絲の荷重との間の關係はともに甚しく不規則であるが、 a_1 及び a_2 と W との關係並びに b_1 及び b_2 と W との關係は夫々略、同一の傾向を有し、 a_1 , a_2 はともに絲の荷重が増すに従つて大きくなるも、 b_1 , b_2 はこれとは反對に絲の荷重の増す程減少するものゝやうである。が絲の荷重の極く小さい同番手同號數の綿絲の場合を除いては餘り著しくない。尙總ての絲について $a_1 - a_2 = \text{const.}$ であつて、この定數は市販の各種の絲について、同番手同號數の種々の撚りの強さの絲について夫々略、一定である。 b_1 と b_2 とも略、一定の關係を有するも絲を構成する纖維の種類によつて大體異なり、軟纖維の絲が硬纖維のものよりやゝ大きい。同番手同號數の種々の撚りの強さの絲については、撚りの強弱による差異は殆んど見られない。

撚りの影響 同番手同號數の絲の撚りの程度を表はす目安に一定長 (50 cm) 間の上撚の數 n をとつて、これと a_1 , a_2 及び b_1 , b_2 との間の關係を夫々圖示した (第 5 圖)。 a_1 及び a_2 はともに撚りの強さが或る値のときに最も大きくなつて、その値から増しても或は減しても小さくなる。その傾向は絲の荷重の大きいもの程著しい。 b_1 は絲の撚りの強さによつて殆んど變らないらしいが、 b_2 は何れの荷重の絲でも撚りが強くなる程漸次大きくなる。

第 5 圖 20 番手 20 號綿絲 50 cm 間の上撚の數 n と湿度 70~79 % のときの直線の定數。實線は a_2 , b_2 。點線は a_1 , b_1 。荷重: ○ 0.1 kg, ◐ 0.5, ● 1.0, △ 1.5, ▲ 2.0, ◑ 2.5。

湿度の影響 夫々一定な湿度の中で行はなかつたこの實驗では、先に得た實驗式 $e = a + b \log(t+1)$ の定數 a

は湿度によつて異なるも、 b は湿度によつては殆んど差異がない事を前に述べた。定數 a と湿度及び絲の荷重との間の關係を見る代りに次のやうにした。荷重時間の影響の極く少い部分の結果について (伸長と荷重時間との間の關係が直線にならない場合の結果⁽⁷⁾ も之に含めた)。湿度の範圍を 10 % づつに分ち、平均湿度 65 % の時の絲の長さ L_{65} からの伸長の割合 $L - L_{65} / L_{65}$ を計算し、これと關係湿度 H 及び絲の荷重 W との間の關係を總ての絲について夫々圖示すると (第 6, 7 圖)、市販絲の結果から次の事が分る。絲の荷重の大きい場合には日本麻、南京麻、マニラ麻、綿絲及びラミーについては湿度が増せば絲は短縮し、湿度が減すれば絲は伸長するが、絹⁽⁸⁾ ではこれらと全く反對で湿度の増減に對應して略、絲長は伸縮する。絲の荷重が小さい場合ラミー、マニラ麻及び絹については絲の荷重が大きい場合と略、同様であるが、綿絲と南京麻とでは或る湿度のときに絲の伸長が最も大きく、湿度が

(7) この場合にも荷重時間の全體を通じて湿度の變化に伴ふ絲の伸縮の程度は略、同様であつた。

(8) 絲の伸長と荷重時間との關係が直線で表はされない範圍のもののみについての結果である。

市販絲の荷重	○ 供試數	● 供試數	△ 供試數
日本麻	0~60 gr 5	110 ~500 gr 7	1.0~3.5 kg 5
南京麻	0~21 3	30 ~190 4	0.5~3.0 5
綿絲	0~3.0 2	5.8~300 7	0.5~2.5 8
マニラ麻	0~78 4	125 ~500 3	0.5~3.0 4
ラミー	0~20 3	29 ~106 4	0.5~3.0 4
絹	0~8.6 4	17 ~400 8	0.5~2.5 5

同番手同號数の綿絲の 50cm 間の撚り數 (下撚、上撚):

○ (85, 34), ◇ (111, 39), ● (161, 54), △ (224, 67)

第 7 圖

絲の荷重 W kg, 絲の伸長の割合 $L-L_{65}/L_{65}$,
 濕度: $\boxtimes$ 20~29, $\diamond$ 30~39, $\square$ 40~49, $\odot$ 50~59, $\circ$ 60~69, $\triangle$ 80~89, $\blacktriangle$ 90~99%, n は絲の上撚の數

それより増しても減じても絲は短縮する。絲の荷重が極く小さくなると南京麻では濕度の變化に對する絲の伸縮の傾向が絲の荷重の大きい場合と全く反對になる。日本麻では南京麻の場合と略々同様であるが、絲の荷重の大小に拘らず伸長の割合と濕度との關係が略々直線的であつて、絲の荷重が減少するに従つて漸次濕度が増す程絲は伸長し、濕度が減する程絲は短縮するやうになつて絹絲の場合と全く一致する。濕度の變化に伴ふ絲の伸縮の量は日本麻 (0.7 匁) が最も大きく南京麻 (細半枚) と綿絲 (6 號) とがこれに次ぎラミー (0.7 匁) とマニラ麻 (0.7 匁) とがこれよりもやゝ小さく、絹絲 (諸撚) が最も小さい。20 番手 20 號數の綿絲では撚りの強さによつて大差なく同番手の市販の 6 號綿絲と略々同程度であることが分る。

各種の網絲の比較 これ等の相違は絲を構成する紡績絲或は纖維束の性質と絲の撚りの程度及び吸着水分量等によるものであらうが、絲の撚りの強さの影響は同番手同號數の綿絲についての結果から次の事が知られる。絲の荷重が夫々等しい場合、絲の撚りの強さだけを増加したときの濕度の變化とそれに伴ふ絲の伸縮との關係は、市販の同じ絲について絲の荷重を増した時のそれと全く同一の傾向を有し、市販絲の荷重の大きい場合と同番手同號數の絲の撚りの強い場合及び市販絲の荷重の小さい場合と同番手同號數の絲の撚りの弱い場合とが夫々對應する事實は、濕度の變化に伴ふ絲の伸縮が絲の撚り方と密接な關係をもつことを暗示するものである。

この事は絲の荷重と濕度の變化に伴ふ絲の伸長の割合との關係から一層明瞭に分る。ラミー及びマニラ麻は南京麻、綿絲及び日本麻の場合の極く荷重の大きいときの濕度の影響と、南京麻及び綿絲については更に日本麻の場合の荷重の大きいときの濕度の影響と夫々對應し、同番手同號數の堅撚の綿絲は弱撚の絲の場合の荷重の大きいときの濕度の影響と對應することが分る。市販の日本麻と南京麻とは同番手同號數の綿絲の弱撚と、市販の綿絲、ラミー及びマニラ麻は同番手同號數の綿絲の堅撚のときの濕度の影響と夫々對應する。尙この事實は濕度の變化とそれに伴ふ絲長の伸縮との關係に及ぼす絲の荷重の影響が同番手同號數の綿絲の何れの撚りの強さの絲でも市販絲の場合と同様であつて、絲の撚りの弱い場合には日本麻及び南京麻、やゝ撚りの強い場合には綿絲、最も撚りの強い場合にはマニラ麻及びラミーと夫々對應することゝ全く一致する。

これ等の結果から絲の撚り方が絹絲（諸撚）を除いた他の網絲では、ラミー（0.7 匁）及びマニラ麻（0.7 匁）が最も強く綿絲（6 號）及び南京麻（細半枚）がこれに次ぎ日本麻（0.7 匁）が最も弱いことが分る。

次に絲の吸着水分量の相違を見る爲に、自由な状態におかれてある絲について色々な濕度のときにその重量 W を測定し、濕度が 65% のときの重量 W_{65} との比 W/W_{65} をとつて、これと濕度との關係を圖示したものによると（第 8 圖）、硬纖維の絲の濕度の變化に伴ふ吸着水分量の増減は軟纖維の絲のそれに比して著しく大きい。が日本麻、マニラ麻及び南京麻については差異なく、又同番手同號數の綿絲の何れの撚りの強さのものも、軟纖維の何れの市販絲についても（絹は濕度の低い場合吸着水分量が特にいくらか少ない）略々差異が認められないことが分つた。

終りに臨んで、懇篤な御指導を賜つた田内森三郎博士と、濕度の測定等に関して種々御教示を賜つた岡田光世、神谷鍾吉兩氏に深厚な謝意を表はす。

第 8 圖 關係濕度 (5~17°C) と絲の比重量
市販絲：● 日本麻、○ 南京麻、○ マニラ
麻、▲ 綿絲、△ ラミー、▲ 絹
同番手同號數の綿絲：□、◇ 堅撚、□、◇ 弱撚