糸の結節強力について*

会 員 山 木

薫**

目 的

糸を結節したときに、糸のより数、合糸数と結節強力との関係を調べ、糸の切断個所についても考察する。

成 果

同一材料の糸では結節強力/抗張力の値はより数、合糸数にほとんど影響されずに一定である。結節の方法によっても結節強力は変わらない。結節部のある糸の切断個所は結節部と直線部の境のところである。

1. 結 言

糸の引張り強さを表わすには、普通は抗張力で示すことが多い。このほかに結節強力があり、これは少し特殊なものとして考えられるが、ASTMやJISにも引掛け強力(広い意味の結節強力)と結節強力についての試験法が記されている。

糸を結ぶことは日常生活においても多く用いられており、花結びや水引結びなどの装飾的な結び方もあるが、いまこれらについては除外して、実用上の結びについて述べる。

結節は繊維関係はもちろん特に船舶の艀装(ぎそう)や運行、漁業、建築、土木や登山などに重要なものとして用いられ、結節の方法によっては人命に関することがある。また結節強力の大きいことが非常に重要なことである。

いままで行なわれた結節についての研究は、主として糸の抗張力と結節強力との比を実験的に求めたものが多い^{1~4)}、また糸を曲げたときのひずみによって結節強力を理論的に解釈しようとしたものがある。^{5~7)}

本研究ではより数、合糸数と結節強力との関係と糸の切断個所についての考察を行ない、つぎに結節の方法によって結節強力に変化があるかを研究した。

2. 実 験 方 法

試料は各種の原料の糸を用いた。(各実験のところに記載)結節の仕方は非常に多くあるが、第1図の(b)~

要 摘

(e) の結節を本研究で用いた。

抗張力と結節強力を求めるには、振子型引張り試験機を引張速度 3 cm/sec で用いて測定した。

3. 実 験 と 考 察

3.1 より数と結節比

ここではフィラメント糸のより数を変化させることによって、結節強力または結節比=結節強力/抗張力がどのように変わるかを調べる。

糸試料にはナイロン(110d)、ビスコース(250d)とアセテート(300d)のフィラメント糸を用いた。結節方法は普通結節を用いた。

これらの実験結果を第2~4図に示す。横軸により数を縦軸に抗張力と結節強力ならびに結節比をとった。

抗張力を F 、結節強力を K 、その結節比を k とすると

$$K/F = k$$

であり、ここで実験した糸で普通結節のときは k はほ

* The Strength of the Knot of Thread.

** K. Yamaki, Member. 京都工芸繊維大学 工学学部

とんと一定値をとる。

このようにより数を増加させることによって、抗張力は減少するか結節強度も減少し、その減少の比率は一定という結果から、より数を増加することにより結節強度のみに特に影響を及ぼすことはないと思なしてよい。

(第2図) より数と強度

(第3図) より数と強度

(第4図) より数と強度

3.2 合糸数と結節比

上述のように本実験のものではより数を変化させても普通結節の結節比は定数と思なしてよいと述べたが、合糸して糸本数を増加したときに、この結節比がどう変化するかを調べる。

用いた糸試料は第1表のもので、合糸数を変化させて抗張力、結節強度および結節比を求めた。この結果を第5～10図に示す。

(第1表) 実験用糸

糸	番手	より数 (tpm)	
ヒスコス	120 d		
アセテート	120 d		
カネカロン	20 s		
デヒロン	160 d		
ナイロンタイヤコード 原糸	1680 d	4 200 (s)	5 200 (z)
レーヨンタイヤコード 原糸	1650 d	4 600 (s)	5 000 (z)

これらの結果から合糸の本数を増加させると、抗張力および結節強度は比例的に増加し、その結果結節比はやはりほとんど一定値を示している。

この理由の一つとしてつぎのように考えた。引掛けの状態を単純化して図にかくと第11図のようになる。種々の結節においてある糸か他の糸の周りを 180° 以下に取り囲んでいる状態かてきる。このため引掛けの状態を一部作っていると考えてよい。

図で同じ太さの糸同志の引掛けてあると、中心軸に対して最大ひずみは常に 50% になる。たしこれは糸を曲けたときも糸の断面が常に円形で、合糸の場合も糸が互いにずれないと仮定した場合であって、実際には糸は扁平な形を採るために 50% も伸はされず、外層のひずみは小さい値を採る。

このように糸の太さにかかわらずひずみか一定であることから、合糸数によって結節比は変わらないと見てよい。

またある材料の糸で織物を作って摩耗試験をすると、摩耗強度は定性的に大体その糸の結節比と比例する関係がある。⁸⁾ 摩耗強度は糸の原料によって決まるものであるから、結節比も糸の原料によって一定値をとると考えられる。

3.3 結節強度の吸水の影響

各種の糸が吸水によって結節強度かどのように変わる

かを調べる。用いた糸はナイロン (1680 d), ビニロン (10 s), レーヨン (1650 d) のタイヤコード原糸と綿糸 (30 s 10 本合糸) について行なった。

実験方法は 20°C の水中に 10 min 浸漬 (J I S 規定) と常温水中に 24 hr 浸漬 (漁網用試験) を行ない、吸水前のものと抗張力と結節強度を比較した。

第 12 図はこの結果である。ナイロン、ビニロンは浸水時間とともに抗張力、結節強度も少し低下するが、レーヨンは浸水 10 min には抗張力は急に下がり、その後

徐々に低下する。しかし結節強度はこのような急激な変化をしない。綿では 10 min では抗張力、結節強度は等しく、結節試験でも結節部は切れなかった。24 hr 試験では抗張力より結節強度は低い値を示し、このときはすべて結節部で切断した。

合成繊維と天然繊維では明らかに異なる性質を示すのはもちろんであるが、後者は変化の度合が著しい。

3.4 切断箇所

結節強度が一般に抗張力より小さいことは経験的にも

(第 5 図) 合糸数と強力

(第 6 図) 合糸数と強力

(第 7 図) 合糸数と強力

(第 8 図) 合糸数と強力

(第 9 図) 合糸数と強力

(第 10 図) 合糸数と強力

実験的にも明らかであるか、結節した糸を伸長切断したとき、切断箇所かどこであるかいままであまり論してないようである。

いま繊維または糸がほとんどひすみなしに、自由に曲げられる性質をもっているという仮定の下で、またその太さを問題外にして、第13図のように半径 r の棒のま

(第11図) 引掛けの状態

(a) ナイロン フィラメント (b) ヒニロン フィラメント

(c) レーヨン フィラメント (d) 綿
 ●— 抗張力
 x— 普通結節強力
 ○— 結節比
 A. 乾燥状態
 B: 100 min 浸水後
 C: 24 hr 浸水後

(第12図) 浸水と強力

(第13図) 半円に糸をかけた状態

わりに張力 T で 180° 巻き付けて屈曲させる。このとき繊維または糸の受ける引掛け強さ K は繊維または糸が受ける横方向の応力も考えて次式で表わされる。

$$K = \left(1 + \frac{\alpha}{r}\right) (T - T' \mu \theta)^{8)}$$

$$T = K / \left(1 + \frac{\alpha}{r}\right) + T' \mu \theta$$

ただし $0 \leq \theta \leq \frac{\pi}{2}$

$T' = B$ から C までの間の繊維または糸の受ける T の平均値

μ = 繊維または糸と棒との摩擦係数

α = 圧力の横応力係数

$T - T' \mu \theta$ が最大のところ、すなわち繊維または糸のわん曲部が直線部に移る $\theta = 0$ のところで切断が起こるから、このときの繊維または糸の張力、すなわち引掛け強さ T は

$$T = K / \left(1 + \frac{\alpha}{r}\right)$$

となる。

すなわち曲線部分から直線部分に変わるところが張力が最大となり、糸が引張られて切断するときはここで切れる。

いま普通結節を作った糸 (20 s スフ糸と 250 d ビスコースレーヨンフィラメント糸) を引張って切断したときの拡大写真 (倍率 $\times 10$) を第14図に示す。いずれも結び目と直線部分との境で切断していて、上記の横方向の応力を考えた理論が結節糸の切断部分にもあてはまることかわかる。

3.5 結節の種類と切断強力との関係

結節を分類すると3つに分かれる。その1は1本の糸の途中で結び目を作ることで、この代表的なものか普通結節である。これは実用にはほとんど用いられないか結

(a) 20 s スフ糸 (b) 250 d 人絹糸
(第14図) 結節部付近の切断状態

節試験によく用いられる。その2は2本の糸をつなぎ合わせるもので、この種類は非常に多い。その3は網として用いるもので、糸の端を4本ともに用いるものである。そのほかに特殊なものとして引掛けがある。これらの結節と切断強力との関係を実験した。

(a) 普通結節とテグス結節

この2つの結節は結ぶ機構が非常に異なっている。第1表の糸を用いてこの2種の結節強力を求めた。この結果を第15～17図に示す。ここでは合糸数を変化させた。

(第15図) 合糸数と結節強力

6種の糸で2種の結節強力をみるとほとんど強力差は認められない。

(b) 本目、蛙股、普通の3結節

結節網を構成するのにもっとも重要な部分は結節部分である。一般に網に用いられる結節は本目結節、蛙股結節とそれらの変化結節である。

いま各種の糸を用いてそれぞれ本目結節と蛙股結節の強力を比較し、これらと比較の意味で普通結節の強力を測定した。ただしこれらの糸は網としての太さより細いものを用いた。

本目、蛙股両結節強力を測るには、普通用いられているように第1図の(d), (e)のように2本ずつ糸をつ

(第16図) 合糸数と結節強力

(第17図) 合糸数と結節強力

かみ、しかもその2本の糸がほとんど互いに接触する位置で引張試験をした。この実験結果と本目結節の強度を100として%を出したものを第2表に示す。ただし普通結節の糸は1本の糸から成り、他の結節の糸は2本の糸から成っているので、両者を比較する意味で普通結節の糸の強度値を2倍にして表わした。この表では普通結節×2として表示した。また*印は双糸であって、単糸同志により張力むらのある糸のため非常に小さい値が出たので省いた。本目結節より蛙股結節の強度の方がやや大きく出るが、ナイロンのみは反対にやや小さくなる。また普通結節×2の値もナイロンタイヤコード原糸のみは小さい値を得た。

(第2表) 各種結節強度

		ナイロン タイヤコ ード原糸	ビスコース フィラメ ント糸	アセター トフィラ メント糸	強力人絹
本目結節	(g/d)	18.05	2.45	1.98	2.72
	(%)	100	100	100	100
蛙股結節	(g/d)	16.94	2.58	2.03	2.76
	(%)	94.0	105.2	104.0	103.9
普通結節 ×2	(g/d)	10.90	2.83	1.97	*
	(%)	60.4	115.6	99.6	*

網として用いるときは本目網の方が蛙股網より破れにくい⁹⁾。これは網地に荷重がかかったとき本目網は結節がずれて無理な力を分散するが、蛙股網は結節がずれにくいため応力が大になるためである。

4. 結 論

実験からわかったことは下記のとおりである。

- 1) 糸のより数を増加すると、抗張力、結節強度は比例して低下する。
- 2) 合糸の本数を増加させると抗張力、結節強度とも比例して増加する。
- 3) 結節糸の引張り切断部は結節部に接したところである。

最後に本実験に協力していただいた平野 進、大西正巳、内藤三義の諸氏に厚くお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 藤田浅五郎; “各種糸および織物の強伸力摩擦について”, 紡織界, 34, 332, 456 (1943)
- 2) 浅生貞夫; “ステープル ファイバ糸の結び目における強伸度” 織工学会誌, 5, 138, 214 (1939)
- 3) 李 升基; “人造絹糸のもろさと結節強度人絹界” 7, 480 (1939)
- 4) W. Frenzel, H. Bach; Knotenprüfung Melland Textilber., 19, 413 (1938)
- 5) S. Backer; The mechanics of bent yarns, Text. Res. J., 22, 668 (1952)
- 6) 呉, 鈴木, 篠原; “しわの力学”, 繊維学会誌, 14, 724 (1958)
- 7) 田内森三郎; 網糸の研究V, “結節における網糸抗張力の減少”, 水産講習所試験報告, 26 (1931)
- 8) 我妻直夫; 繊維の物性と紡績理論, 127, 133 (1960)
- 9) Y. Takenouchi; Bull. Jap. Soc. Fish., 4, 3 (1935), 5, 5, 7, 6 (1939)