HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	結節強度の研究：IV．テグスのチャック切れ強度について
Author(s)	山本, 勝太郎
Citation	北海道大學水産學部研究彙報, 25(4), 318-325
Issue Date	1975-03
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/23538
Type	bulletin (article)
File Information	25(4)_P318-325.pdf

Instructions for use

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

北大水産彙報
25(4), 318–325. 1975.

結節強度の研究
IV. テグスのチャック切れ強度について*

山本勝太郎**

Studies on the Tensile Strength of the Knot
IV. Tensile strength with chuck and its fracture surface of the nylon monofilament*

Katsutaro YAMAMOTO**

Abstract

In one of the studies on the tensile strength of the knot, in this paper, we have investigated the mechanism of the tensile strength of the nylon monofilament with chuck through the morphological observations of its fracture surface by the optical microscope.

The morphology of the fracture surface of the nylon monofilament is divided into a ductile region that presents a very smooth surface, a brittle region that a cleavable surface and the boundary region that lies between the ductile and brittle regions.

The breaking of the nylon monofilament with chuck goes through the following processes. Namely, the crack occurs at the artificial defect on the surface of the nylon monofilament compressed by the flat chuck. This crack propagates slowly at first from the artificial defect to the inside (ductile fracture), gradually the speed of the crack propagation increases (boundary region) and at last the crack induces the macrofracture (brittle fracture). And the tensile strength with chuck depends on the size of the artificial defect that the flat chuck creates on the surface of the nylon monofilament.

緒言

引張強度試験において，網糸・ロープなどの試料は大部分のものがチャック切れをおこす。このチャック切れ強度も広い意味で結節強度と考えられる。前報[1]では nylon monofilament (以下ナイロンテグスと呼ぶ) の引張強度を求めるのに，平チャックのチャック間隙 d とテグスの初期直径 D_0 との比 d/D_0 を種々に変えてチャック切れ強度 F を測定し，d/D_0 と F との関係を求め $d/D_0=1$ に相当する F の値を推定しこれを真の引張強度 F_0 とした。チャック切れ強度は，チャックの形状特に試料と接する面のローレットに大きく影響されることは当然のことながら，チャック間隙すなわちチャックの締り具合いによって大きく異なってくる。本報では，まずこのチャック間隙とナイロンテグスを押さえるチャックの圧縮力との関係を求め，圧縮力のチャック切れ強度におよぼす影響を調べた。さ

* 昭和 49 年度日本水産学会春季大会で一部講演発表
** 北海道大学水産学部漁具設計学講座
(*Laboratory of Fishing Gear Design, Faculty of Fisheries, Hokkaido University*)

らにチャック切れ破断面の顕微鏡観察からナイロンテグスのチャック切れ機構について考察を加えた。

稿を進めるに先立ち，本研究に対して終始適切なる御助言をいただいた北海道大学水産学部佐藤修教授，梨本勝昭助教授に感謝の意を表する。

実 験 方 法

使用したナイロンテグス 150 号および平チャックは前報[1] と同じものである。図 1 にこの平チャックの形状を示す。ナイロンテグスを試料長 50 mm にとって平チャックの間にはさみチャックの両側から P なる力で圧縮した時のチャック間隙 d およびチャックとテグスとの接触幅 b とをノギスを使って測定した。図 2 に測定箇所を示す。測定試料数は 80 本である。また，これとは別にチャック切れ破断面の形状を観察するために，ナイロンテグス 150 号を平チャックにはさみこれを引張って（引張速度 1.0 mm/sec）チャック切れ強度を測定後すみやかに破断箇所の両断面を実体顕微鏡を使って写真撮影した。また破断面の面積はこの顕微鏡写真の重量を測ることによって間接的に求めた。この時の試料数は 58 本である。両実験の圧縮・引張りは島津万能試験機 RH-10 型を使用した。また両実験時の温度，湿度は前報[1] のチャック切れ強度を測定した時と同様に 12～14°C, 65～70% とした。

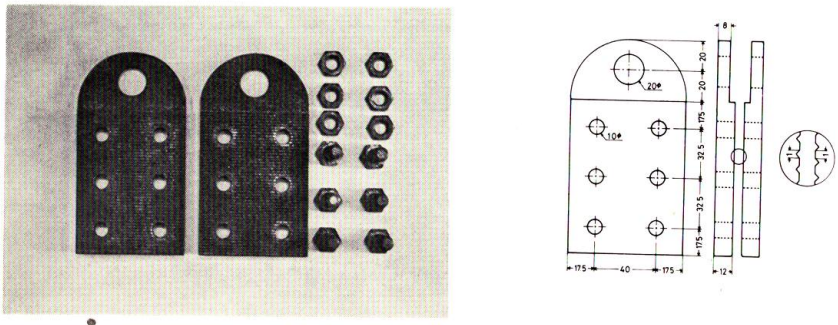

Fig. 1. Photograph and schematic illustration of used flat chuck.

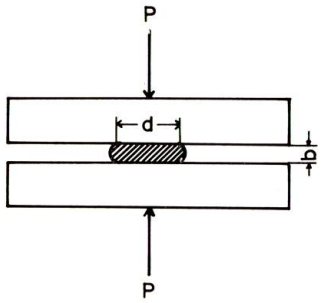

Fig. 2. Schematic illustration of the compression of the nylon monofilament with the flat chuck. Where P: compressive force, d: chuck's gap, b: width of the contact between the chuck and the nylon monofilament.

実験結果と考察

I. チャック切れ強度と圧縮力の関係

チャック間隙 d と圧縮力 P との関係を図3に示す。縦軸にチャック間隙比 d/D_0 をとり横軸に試料の単位長さ当りの圧縮力 p をとって片対数グラフにプロットすると直線関係が成り立ちチャック間隙 d は，単位長さ当りの圧縮力 p が大きくなるに従って指数関数的に小さくなる。図3から任意のチャック間隙比 d/D_0 に対する単位長さ当りの圧縮力 p が求まるから，前報[1] で求めたチャック間隙比とチャック切れ強度との関係を単位長さ当りの圧縮力 p とチャック切れ強度 F との関係におきかえて片対数グラフに描いたのが図4である。図4からある任意のチャック切れ強度 F においてテグスがチャックから受ける単位長さ当りの圧縮力 p が求まり，チャック切れ強度におよぼす圧縮力の影響を知ることができる。また，チャックとテグスの接触幅 b と単位長さ当りの圧縮力 p との関係を両対数グラフにプロットしたのが図5である。同図の回帰直線の勾配はほぼ2分の1となり接触幅 b はコロの接触におけると同様に圧縮力の2分の1乗に比例する結果が得られた。

II. チャック切れ破断面の観察

ナイロンテグスのチャック切れ破断面の顕微鏡写真の一例を図6に示す。同図は同一試料の両破断面の写真で右側がチャックに残った側の破断面であり左側がその反対側の破断面である。この破断面を図7に示すように模式的に書くと，破断面は引き裂かれたような面を呈する非常になめらかなAの

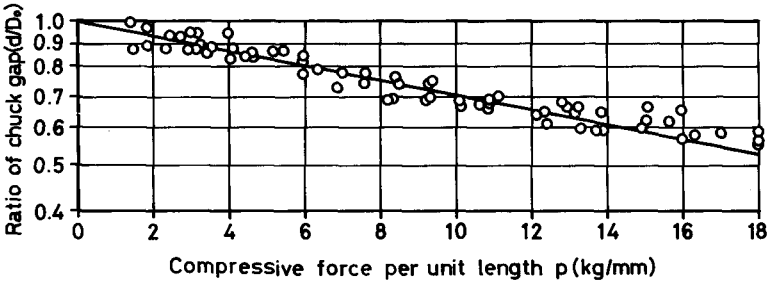

Fig. 3. Relation between the compressive force per unit length (p) and the ratio of the flat chuck's gap(d) to the initial diameter (D_0) of the nylon monofilament No. 150.

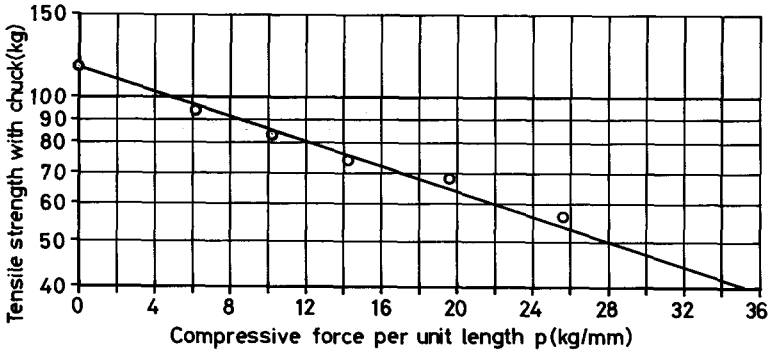

Fig. 4. Relation between the compressive force per unit length(p) and the tensile strength (F) of the nylon monofilament No. 150 with chuck.

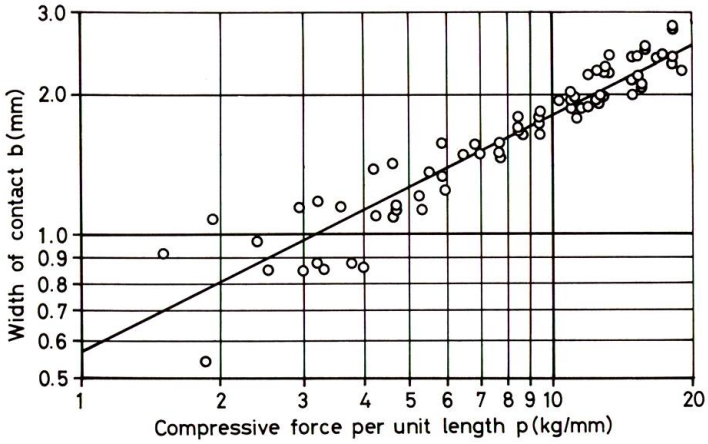

Fig. 5. Relation between the compressive force per unit length(p) and the width(b) of the contact between the chuck and the nylon monofilament No. 150.

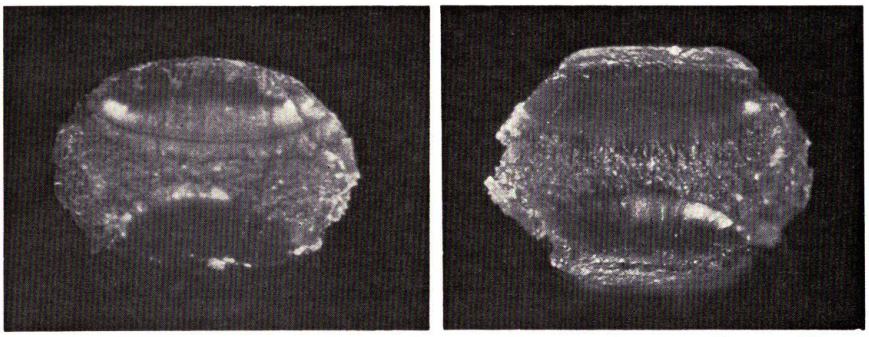

Fig. 6. Photomicrographs of the fracture surface of the nylon monofilament No. 150 with chuck, right is the fracture surface on the chuck side and left is another side.

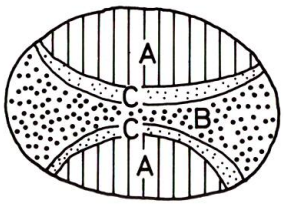

Fig. 7. Schematic figure of the morphology of the fracture surface of the nylon monofilament No. 150. Where A is ductile region, B brittle region and C boundary region.

部分と，面の粗い引きちぎられたような状態の B の部分，それと A の部分と B の部分の中間に位置する面のやや粗い C の部分の 3 つに大きく分けることができる。一般に高分子材料の破壊は，材料の局部における応力集中が微視的な破壊を生み，次々とこの微視的な破壊が伝播して巨視的な破壊へと成長するものと考えられており，その破壊の進行過程は温度，湿度，引張速度などの外的条件によっ

て異なるが，最初に延性破壊がゆっくりと進行しあるところから突然脆性破壊へと転移し瞬時に破断がおこるものと考えられている[2,3]。また，高分子材料の破壊面の顕微鏡学的観察[4,5]などとあわせ考えるならば，図7のAの部分はチャックによってテグス表面につけられた傷からクラックがゆっくりと進行する延性破壊の部分と考えられ，Cの部分はクラックの進行速度が加速されBの部分に移る遷移領域の部分であり，Bはクラックが高速で進行して瞬時に巨視的な破壊にいたる脆性破壊の部分と考えられる。この脆性破壊に相当するBの部分の面積とその時のチャック切れ強度との関係は図8のようになり脆性破壊領域の面積と強度との間には直線関係が成り立つ。

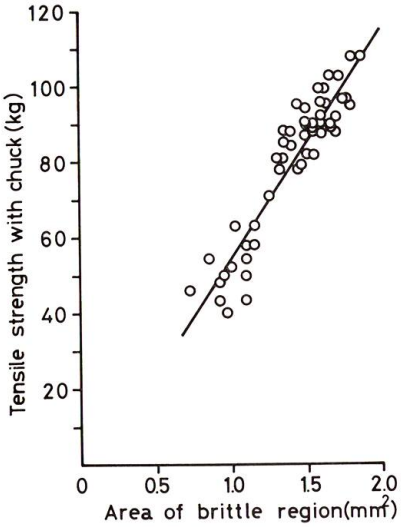

Fig. 8. Relation between the area of the brittle region and the tensile strength of the nylon monofilament No. 150 with chuck.

図6のような破断面の様子は，ナイロンテグスの表面にカミソリでテグスの軸に直角にノッチを作り引張った時の破断面[4]の様子と非常によく似ている。図9にこの同じナイロンテグスにカミソリでノッチを作り引張った時の破断面の顕微鏡写真例を示す。右と左は1本の試料の両断面を示す。同図の破断面の様子は図6のチャック切れの時の破断面と同じような様相を呈している。すなわちノッチの部分に続いて面のなめらかな延性破壊の部分があり，ついで面のやや粗い遷移領域があり，さらに引きちぎられたような面を示す脆性破壊部分へと続いている。この脆性破壊領域の面積と破断強度との関係を図示したのが図10であるが，やはり脆性破壊部分の面積と破断強度との関係は図8のチャック切れの時と同様に直線関係にある。ただしこの直線の勾配は図8の勾配よりもゆるやかである。これはチャック切れの場合のクラックの進行過程がノッチをつけたものよりも複雑になるためと考えられ，ノッチを作ったものとチャック切れをおこしたものとの強度の比較は脆性破壊領域の面積だけでは比較できない。

つぎに，ノッチの切り込み深さと破断強度との関係を図11に示す。破断強度0の時の横軸の値はテグスの初期直径 D_0 に相当する。ノッチ深さが大きくなると破断強度は小さくなるが，縦軸に前報[1]

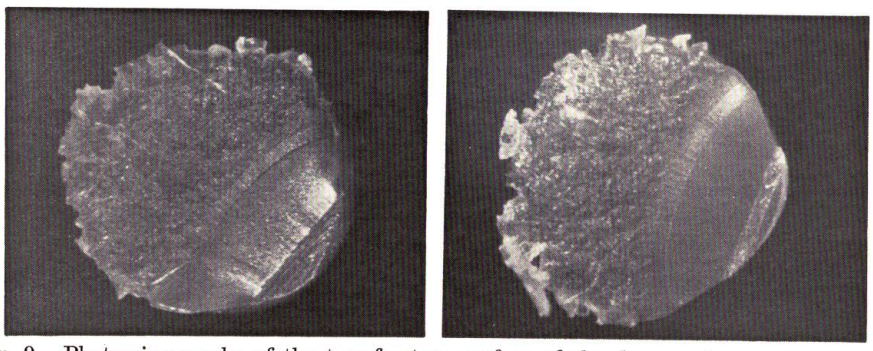

Fig. 9. Photomicrographs of the two fracture surface of the drawn of one nylon monofilament No. 150 with razor cut.

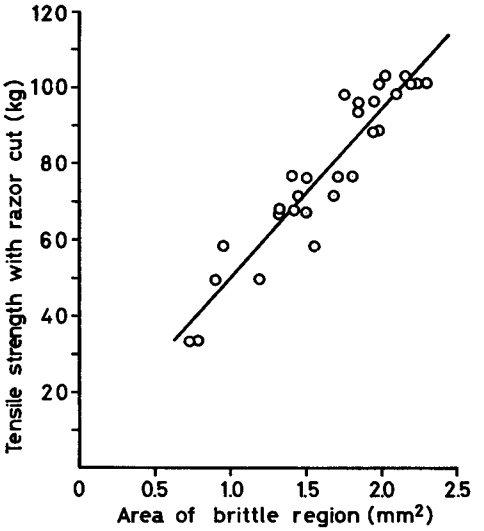

Fig. 10. Relation between the area of ductile region and the tensile strength of the nylon monofilament No. 150 with razor cut.

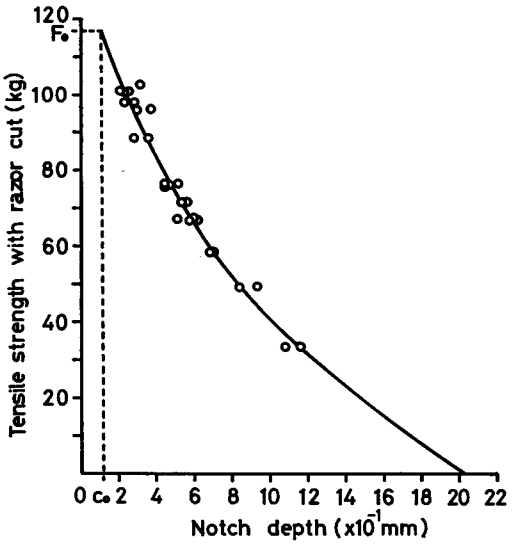

Fig. 11. Relation between the notch depth and the tensile strength of the nylon monofilament No. 150 with razor cut.

で求めたこのテグスの真の引張強度 F_0 をとると，この時のノッチ深さは c_0 となり 0 とはならない。これは F_0 にノッチ深さにして c_0 に相当する強度の減少があることを意味し，この c_0 に相当する強度減少の原因としてテグス自身に個有の欠陥が存在するためであると考えられている[6]。

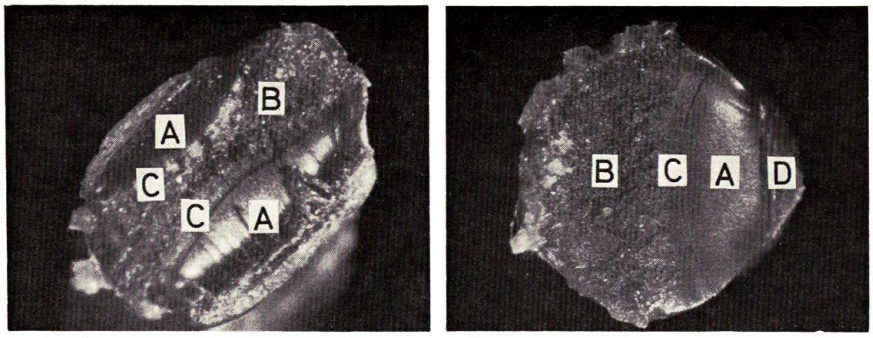

Fig. 12. Comparison between the fracture surface of the nylon monofilament No. 150 with chuck(left) and with razor cut(right). Where A: ductile fracture region, B: brittle fracture region, C: boundary region, D: cut of razor.

図 12 はカミソリでノッチをつけて引張った時の破断面とチャック切れの時の破断面を比較し両破断面の対応する各部分に記号をつけたものである。A の部分は延性破壊領域，B は脆性破壊領域，C は遷移領域をあらわす。

カミソリでテグス表面にノッチをつけて引張った時の破断面とチャック切れの時の破断面を対比して考えると，テグスのチャック切れの過程はチャックによってテグスに作られる人為的な欠陥部からクラックがゆっくり進行する延性破壊があり，ついでこのクラックが次第に加速される遷移領域をへて，ついには瞬時に破壊がおこる脆性破壊へと続くものと考えられる。この時のチャック切れ強度の大小はチャックがテグスに作る傷などの人為的欠陥の大小によって決まり，この欠陥部の大小はチャックの圧縮力によるものと考えられる。ただしチャックによるテグスの圧縮変形もチャック切れの大きな要因と考えられるから，チャックがテグスに作る人為的欠陥にはテグス表面の傷のほかに圧縮によるテグス内部の変形も含んで考えなければならないものと思われる。

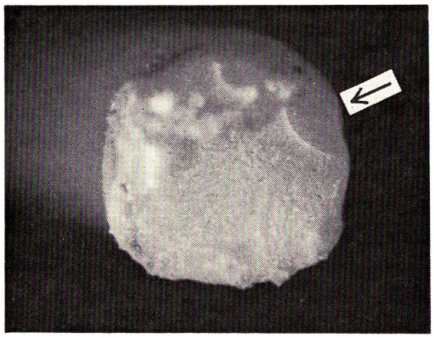

Fig. 13. Photomicrograph of the fracture surface when the breaking occurred accidentally at the center of the nylon monofilament No. 150. ↙shows a ductile region.

図 13 の写真は稀にチャック切れをおこさず試料の中程で破断したものの破断面であるが，外縁部の矢印の部分に非常に面のなめらかな延性破壊領域が観察され破壊はこの矢印の部分から発生進行したものと考えられる。

要　　約

結節強度機構の解明の一過程として，ナイロンテグスのチャック切れ強度機構を究明した。結果を要約すると次の通りである。

1) チャック間隙 d はチャックの圧縮力 P の指数関数的減少曲線であらわされ，圧縮力の大小はチャックがテグスに作る人為的欠陥の大小を意味し，この欠陥部の大小がチャック切れ強度の大小を決定する。

2) 実体顕微鏡によるチャック切れ破断面の観察から，破断面は非常になめらかな延性破壊の部分，やや面の粗い遷移領域の部分，それと引きちぎられたような面の粗い脆性破壊の部分の 3 つに分けられ，このような破断面の様相はテグス表面にカミソリでノッチを作り引張って破断させることによっても得られる。

3) ナイロンテグスのチャック切れは，チャックがテグスに作る人為的欠陥からクラックがゆっくり進行する延性破壊が最初におこり，ついでこのクラックが次第に加速される遷移領域をへて，ついにはクラックが急速に進行する脆性破壊をおこし瞬時に破断がおこるものと考えられる。

文　　献

1) 山本勝太郎 (1974). 結節強度の研究 II. テグスの捩れによる強度減少. 北大水産彙報 **24**, 157–170.
2) 繊維学会編 (1962). 繊維物理学. 477 p. 丸善，東京.
3) 中野詔彦・岸野正信 (1973). ポリスチレンの破壊の形態観察. 繊維学会誌 **29**, 96–105.
4) 黒川昌孝・小西　孝・滝　文夫・亀井良祐・木村祥平 (1971). 6·10 ナイロンフィラメントの疲労破壊の電子顕微鏡的観察. 同誌 **27**, 457–465.
5) 成沢郁夫 (1972). ガラス状無定形高分子の破壊. 繊維と工業 **5**, 227–240.
6) 高久　明 (1970). 繊維のクリープ破断. 同誌 **3**, 165–170.