

網地の引張に対する強さ

誌名	水産工学研究所研究報告
ISSN	03889718
著者	下崎, 吉矩 大澤, 要一 丹羽, 洋智 池端, 正好 藤崎, 茂 貝瀬, 英樹 森本, 達矢 浜村, 一夫
巻/号	10号
掲載ページ	p. 215-228
発行年月	1989年3月

網地の引張に対する強さ

下崎 吉矩*・大澤 要一*・丹羽 洋智*・池端 正好**
 藤崎 茂**・貝瀬 英樹**・森本 達矢**・浜村 一夫**

目 次

1. 緒言	215	4.2.2 網地の破断伸度	221
2. 研究方法	216	5. 網地の目幅と網地の破断応力	223
3. 網目結節部の引張強さ	216	5.1 網地の材料と方法	223
3.1 実験材料・方法	216	5.2 実験結果	223
3.2 実験結果・考察	217	5.3 結果の考察	225
3.2.1 実験 M-I	217	6. 網地の引張応力・伸度と網目結節部、交叉部の 引張応力・伸度の関係	225
3.2.2 実験 M-II	217	6.1 実験の方法	225
3.2.3 実験 M-III	218	6.2 実験の結果と考察	225
4. 拡がりを持つ網地の破断応力・伸度	219	7. 要 約	226
4.1 材料・方法	219	参考文献	227
4.2 実験結果・考察	220	Summary	228
4.2.1 網地の破断応力	220		

1. 緒 言

漁業において使用される漁具は、その操業時に、大きさ、速さ、方向、時間（距離）などの物理量の多様に異なる外力を受けて稼働される。漁具の安全はその大部分を占める網地の安全に最も大きく依存することは言うまでもない。したがって漁具の合理的な設計に当っては、この多様な外力に対する一つの網地のそれぞれの異なる外力に対する応力特性、応力の向きなどが正当に把握され、評価されていなければならない。

しかるに、従来、網地の外力に対する抗力については、そのトワインの引張強さ・伸度あるいはトワインでつくった結節部若しくは交叉部の引張強さ・伸度をもってその相対的指標とすることしか行われていなかった。これでは異種繊維の、異種編組機構の網地間の相対的比較は出来ても、網地そのものの多様な外力に対する応力、伸度そのものの正しい評価を得ることは出来なかった。

このことに鑑みて、我々は網地そのものの引張力に対する応力・伸度特性を明かにし、その真の Magnitude を求めるために、網地応力分布測定装置を開発試作し¹⁾、種々の網地の引張力に対する応力・伸度の測定を行った。本報告はこの装置を用いて行った実験の結果にもとづいて各種網地の破断応力・伸度の大きさの比較ならびにこれに関連する諸種の問題について知見を述べんとするものである。

網地の引張強さは、上述のような或る大きさの面積について考慮すべき場合の外に、局所的な強さを問題にしなければならない場合がある。特に網地の一つ一つの網目の強さについては、刺網のように直接的にその漁獲性能に深くかかわるものだけでなく、総ての網漁具にとってその操業中、運搬中に網の破れに何等かの影響をもち、従来それなりの関心がもたれてきた。しかし、これについて今まで公表された資料は非常に少いとおもわれるので、ラッセル網についての検討と共に、ここに加えることとする。

この一連の実験に際し、実験材料・器材に関して多大の御協力をいただいた北陸製網KKK、函館製網KKK、三

* 水産工学研究所 漁業生産工学科

** 日本大学水産学科

計エンヂニアリングKK, 泰東製網KK, 日本絹網KK, 福井製網KK, ニチモウKK等の各社に対し深甚の謝意を表したい。

2. 研究方法・材料

この研究は昭和48年から昭和52年まで15年間にわたって行われたものである。その間に、年度毎の課題の変遷があり、実験装置・器材の仕様変更などがあったが、重点課題は網地の引張強さの追究、破断機構の解析と対策にあった。本稿では、この間に行われた実験の中、前者に関わる事項を整理して報告することとする。

研究対象の漁具を旋網漁具においたので、実験の対象とした網地を、ポリエステル網では無結節網、ラッセル網、蛙又結節網*とし、ナイロン網では、無結節網、蛙又網とした。なお、ナイロン無結節網では従来型の無結節網の外に再燃無結節網の実験も行った。

実験に使用した網地応力及び脚力分布測定装置はA型とB型の2台があり、自昭48年至昭59年はA型を用い、昭60年以降はB型によって実験した。B型装置は試料網地面積がA型の凡そ4~6倍、トワインの太さが2倍の網地の、実験が可能である。

また、網目の結節部の引張り強さの測定は主として2本のトワインでつくった結節部の4本の脚を種々の方向へ引張力を加えることによって行われたが、この測定に用いた測定機はショッパー型抗張力試験機である。

各項の実験で破断伸度を測定したのは、伸度は破断応力と共に引張強さの指標の一つと考える重要な要素であるからである。

3. 網目結節部の引張強さ

操業中若しくは操業の準備中に網地が破損を受けるのは必ずしも広い面積にわたって外力を受ける場合だけではない。網目に魚体が刺してそれを押し拵げようとする場合には魚の体形によって脚系にかかる引張力の方向は幾通りかに異なる筈であるし、部分的に網地の任意の2点間に限って張力が働くような場合にも、結節から出る2本の脚系間に任意の方向の張力が働いて網地の破断が生ずる。

また、上記のような外力に対する破断は、網目の破断力の大きさに関わるだけでなく、伸度の大きさにも大きく関係する。それは網目に対して引張力の働く距り大きさによって、伸度の大きいものは破断しないで済む場合が多くなるし、伸びが大きいと、網目に働らく外力が途中で外れる機会が多くなるからである。以下の記述に

* 以下の設述において蛙又結節網を蛙又網と記す。

において、“引張強さ”は引張断伸度も含めて考えるものとする。

3.1 実験材料・方法

蛙又網では一つの結節は2本のtwine (bobbin twine と shatle twine) によって構成されていて、その2本ずつ計4本の bar をもっている。その4本の bar に、構成上の構造に基づいて、図1に示すように記号を与える。

一つの網目の中に2本のシャフトを差し込み、網目の脚と垂直に交叉させて、網目の外側の方へ直角に互に反対方向に外力を与える(網地の試験方法: JIS L1043)。このとき、網目の各脚に働らく張力の方向は図1-(Ⅲ)に示す方向である。即ち、A-B, A-C, B-D, C-Dの4方向である。この外に、網地の任意の2点間に、任意の方向の引張力を受ける場合があり、この場合は、A-D, B-Cの方向の外力を受けることになる。

したがって、一つの網目が外力によって受ける力の方向は計6通りである。そこで、図1に示す網目の一つの結節を切取って、この6通りの脚端を把持した場合の破断テストを行い、それぞれの場合について破断応力を求めた。

実験に用いた網目トワインは、蛙又結節についてはナイロンおよびポリエステルの210D/15F 5×3, ラッセル網交叉部についてはポリエステル(3×3)+(2×3)の15本格*で、この実験を実験M-1とする。

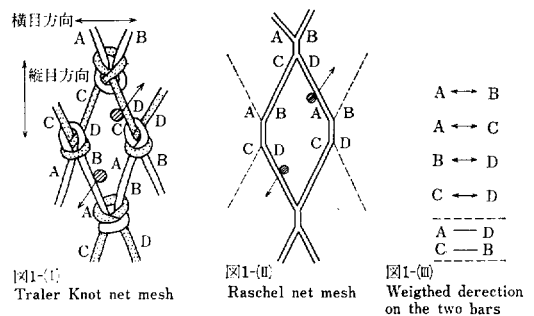


図1 蛙又結節網及びラッセル網の網目の構成と結節の脚系番号

Apperant structure of a trawler knotnet and a Raschel net crossing part, and the marks of the bars constructing the knot or the crossing part.

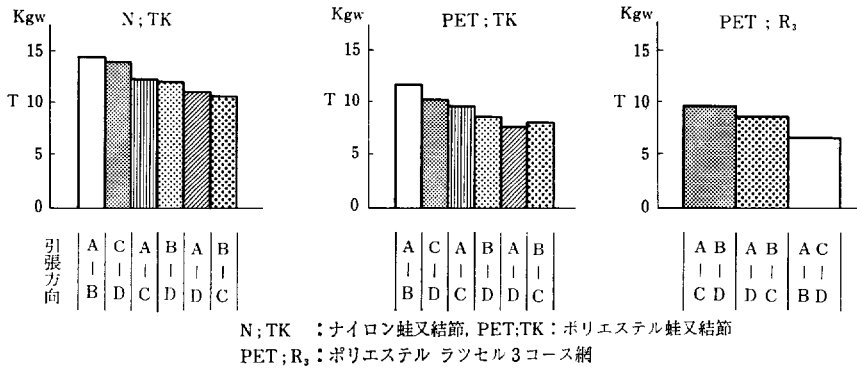


図2 蛙又結節網及びラッセル網の網目の脚系引張方向別破断応力

Knot strength distributions when one and another bar among the four bars marked as seen in Fig. 1 are pulled to reversed direction each other.

別に、12本格、18本格、24本格のナイロン、ポリエステル、塩化ビニリデン、ビニロン、旭鱗などの9、12本格のトワインで蛙又結節を手造りしたものについて、この6通りの実験を試みた。これを実験M-Ⅱとする。

また、ポリエステルのラッセル網交叉部及びポリエステルならびにナイロンの蛙又結節のA-C・B-D*, A-D・B-C, A-B・C-Dの各方向別に、15, 18, 39, 60, 81, 90, 120本格の太さのものについての破断応力テストを行った。これを実験M-Ⅲとする。

実験材料の長さは結節若しくは網目交叉部を中心にして脚長各10cmの計20cmとし、30cm/minの引速速度で、その破断応力を各引張方向別に測定した。材料は総て湿潤状態とし、水温、室温は(20±2)°Cとした。

3.2 実験結果及び考察

3.2.1 実験 M-Ⅰ

引張強さについての結果を図2に示す。

この実験では、蛙又結節部については、ナイロン twine も、ポリエステル twine もA-B, C-Dの引張方向の張力に対して破断応力が最も大きく、A-D, B-Cの場合に最も小さいという結果となった。

即ち、蛙又結節部脚系の引張応力は、結節を構成する経糸と経糸が外力によって引張られる場合か、緯糸と緯糸が互に引張られる場合に最も強く、引張られるとき斜めに直線をなす経糸と緯糸に引張力が働くときに最も弱

い結果となる。経糸と緯糸が引張られて垂直の向きとなる場合はその中間の強さとなる。この場合には、それらのトワインが結節の中で持つ曲率が最も大きく、互に及ぼす圧力が大きいために早く破断するようになる¹⁾ という李の報告と一致する。

しかし、ラッセル網交叉部では蛙又結節部の場合とは全く逆で、図2にみられるように、蛙又結節で最も弱かったA-D, B-C方向の引張に対する脚応力が最も大きく、蛙又結節が最も大きい破断応力をもっていたA-B, C-D方向の脚応力が最も小さいという結果を示した。ラッセル網の場合にはA-DとB-D, A-DとB-C, A-BとC-D方向の破断応力とは夫々全く同じ値をもっているが、これは脚系の編組機構²⁾ から当然のことと思われる。

結節部伸度の大きさも、略々結節の脚系引張方向別の破断応力の大きさと同じ傾向をもち、A-B方向とC-D方向, A-C方向とB-D方向, A-D方向とB-C方向の夫々の引張方向別伸度は略々この順の値をもつ。測定結果を整理して図3に示す。

ここで、注目されるのは、ポリエステルの伸度の極度に小さいことである。この故にポリエステル網は、その操作中事物にひっかかり易く、力が外れ難く、且つ破断し易い³⁾。その他の銘柄のものも、無結節の伸度より小さく、ナイロン、ポリエステル、ビニロンS、塩化ビニリデン、ポリエチレンのそれぞれについて、無結節トワイン³⁾に対してA-C, B-D方向で夫々その66%, 48%, 70%, 69%, 63%の大きさである。ラッセル網の場合は変化がない。

3.2.2 実験 M-Ⅱ

種々の材料銘柄の12, 18, 24本格の太さの蛙又結節部

* 15本格：綿糸20's単糸合糸本数が15本であるということを表わす。以下同様。

** A-C, B-D：結節から出ている2脚の1本ずつを掴んで引張る方向がA-CとB-Dの場合には両者の値が略々同等となったので図2の場合には同じとみてこの様に扱った。

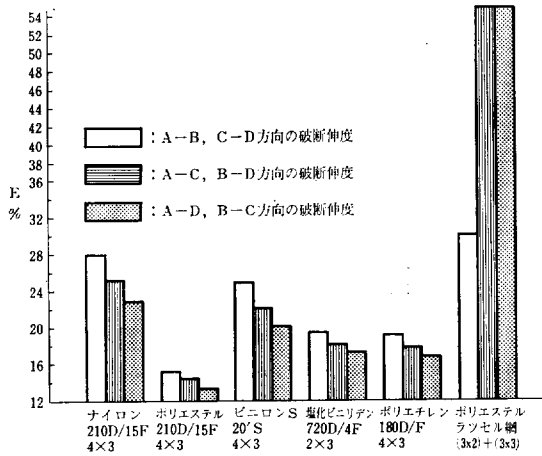


図3 蛙又結節網及びランセル網の網目の脚糸引張方向別破断伸度

Elongation distribution of various materials, when one and another bar among the four bars of a knot or a crossing marked as seen in Fig. 1 are pulled to reversed direction each other.

の破断応力を、前記の6つの引張方向別に測定した。同じ太さのものについての引張方向別の測定値の大きさに順位をつけ、同じ引張方向の破断応力の順位の名柄別平均の結果を表1に示す。

この表の値から、スピアマンの順位相関関係数 ρ^* を計算すると、 $\rho = 0.89$ という非常に高い値を得る。このことは蛙又結節部の脚が、図1にみられるような、いろいろな方向に引張られるときには、名柄の如何を問わ


ず、また網糸の太さの如何を問わず、その強さの順位はA-B, C-D, A-C, B-D, A-D, B-Cであることを、可成り高い確からしさで表わしているといえることが出来るであろう。

3.2.3 実験 M-III

実験測定値を図4にプロットした。ナイロンとポリエステルについては、上述の傾向は同じである。一般に網地材料の破断応力 T は、その素材トワインの太さ (綿

表1 結節部脚糸の引張方向別引張強さの順位

Precedence in the knot strength of various kind of twines, which optional two bars of a trawler knot, one by one, are pulled to oposit direction each other.

網地交叉部 A B  C D 蛙又結節	順位	1	2	3	4	5	6
	引張方向 銘柄	A-B	C-D	A-C	B-D	B-C	A-D
ナイロン		1	2	4	3	4	5
ポリエステル		1	2	3	4	5	6
塩化ビニリデン		1	2	4	3	5	6
ビニロン		2	1	3	4	5	6
旭 燐		1	2	4	3	6	5

(トワイン：12本格，18本格，24本格)

* $\rho = 1 - \frac{6}{n(n^2-1)} \sum d_i^2$; n は順位の数, d_i は対応する順位之差

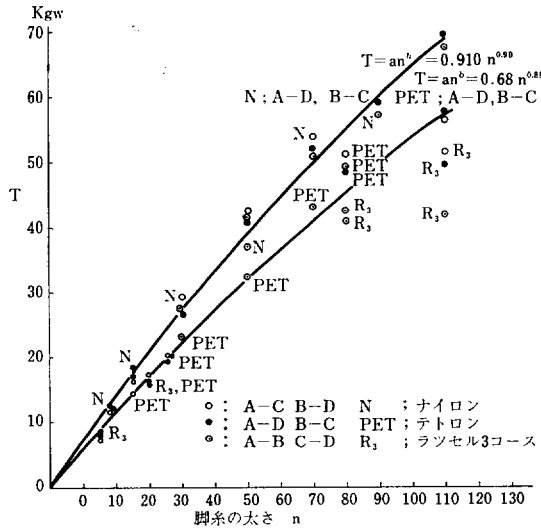


図4 実験M-IIIの結果；網目の脚糸の太さと破断応力の関係

Resultant obtained from the experiment M-III; Relationship between tensile strengths and the thickness of the twine constructing the knot or the crossing of a mesh.

糸 20's 相当単系数) n のとき, $T = an^b$ に沿った大きさとなる⁴⁾。ただし, a, b は定数である。引張方向 A-D, B-C の測定値について, ナイロンとポリエステル⁵⁾の a, b を計算して図中に示した。

ポリエステルのラッセル網では, 網糸の太さが $n < 60$ の範囲では, ポリエステル蛙又の場合と同じ傾向をもち, その値そのものも $T = 0.68n^{0.89}$ とほぼ同程度であるが, $n > 80$ では, 各引張方向別の破断応力が $T = an^b$ の curve に適合しなくなり, T は n に対して余り大きくなるという特徴がある。

この原因がどこにあるか, 容易には解明できないが, その編組機構に変動があることに間違いはないであろう。この傾向は A-D, B-C 方向の引張の場合に破断応力 $T = an^b$ の増大率に対して特に抗張力の鈍化が著しいことが特徴的である。このことについては, 今後検討していく必要がある。

4. 拡がりをもつ網地の破断応力・伸度

従来, 網地の破断応力や伸度の測定は, JIS* にその測定法が定められているが, 今までにその測定値の公表されたものは殆んど存在しないようである。

JIS の測定法は, 4 目 5 節 9 脚の, 縮結 10 割のベルト状の網地の破断応力と伸度を測定するものであるが, 網

の拡がりを無視した測定法であり, 測定目幅も極めて小さいので, 網地の特性把握上, 現実に即し得ない面のあることが否定できない。

我々は, 網地の材料特性を解明するために, 拡がりをもった網地の全体の応力, 伸度を測定すると共に, これを支える網目の個々の脚糸の応力測定もできる“網地応力及び脚応力分布測定機⁶⁾”を用いて, 先づ各種網地の種々の拡がりにおける破断応力ならびに伸度の測定を行った。この測定は主として A 型の測定機を用いて実施した。

4.1 材料・方法

実験に使用した網地は, 表 2 に示す網地で, その 20.5 目 × 20.5 目の方形に切取った sample を, A 型網地応力及び脚応力分布測定機にセットし, 上端辺縁部に対し垂直方向の荷重をかけて, 網地の破断応力及び破断伸度を測定した。

網地の資料標本のうち, 標本番号 3 の N・P・E; R₃ は芯糸にナイロン yarn を, かがり糸にポリエステル (PET) yarn を用いて編組したラッセル網である。

無結節網の実験では, 網地を実験装置にセットするとき, 網地をその所定目数 (20.5 目 × 20.5 目) に切断したものは荷重時に辺縁がはつれて試料に張力が働かなくなる。そこで試料網地の縦横の目数をそれぞれ 2.5 目多く切りとり, その横は 2.5 目, 縦は 1.5 目分を折返して縫い留めて, 20.5 目 × 20.5 目の網目に張力が働くよう試験

* JIS L 1043

表2 拡がりをもつ網地の破断応力測定に用いた網地
Specifications of the sample net-webbing for determination on the tensile strenght, which webbing panels have 20 to 70 number of meshes on both sides.

標本番号, 記号, 網地の種類	太 さ	構 成			
		交 叉 部	芯 系	か が り 糸	単 糸
1 PET;R ₂ ラッセル網	15本格	2 コース	6	3×3	PET*, Q302, 210D/24F
2 PET;R ₃ ラッセル網	15本格	3 コース	6	3×3	PET, Q302, 210D/24F
3 N・PE;R ₃ ラッセル網	15本格	3 コース	6(PET)	3×3(N)	N**, 21D/24F PET, Q302, 210D/24F
4 PET;TK 蛙 又 網	15本格	—	—	—	PET, Q302, 210D/24F
5 N;TK 蛙 又 網	15本格	—	—	—	N, 21D/24F
6 PET;KL 無 結 節 網	14本格	—	—	—	PET, Q302/24F
7 N;KL 無 結 節 網	14本格	—	—	—	N, 210D/24F

註 * PET : ポリエステル
** N : ナイロン

機にセットした。

実験により破断した網地は、その破断部を集め、破断前の形に修復し、破れの模様を型をグルーピングし、破れのおこり方のパターンを調べた。

4.2 実験結果及び考察

4.2.1 網地の破断応力

網地の網目の方向に対して平行な方向 (図1—(I)に示す方向) の張力を縦目引張力、網地の網目に対して垂直な方向の張力を横目引張力とする。標本番号1~6までの各網地をそれぞれ 0.82, 0.6, 0.3, 0.08 などの内割の縮結として展張し、縦目張力ならびに横目張力を与えて破断させたときの破断応力を図5—A, 図5—Bに示す。

図にみられるように、どの銘柄の網地も、破断応力 T は、縮結 H の変化に対して略々、 $T = ae^{bH}$ にしたがる値をとることが知られる。ただし a, b は網地の繊維の種類と組織機構によって異なる値をとる定数である。即ち、網地の破断応力は縮結が小さい程小さく、 $0 \leq H \leq 1$ の範囲で $a \leq T \leq ae^b$ の値をとる。

縦目方向、横目方向引張りの各々の場合について、 a と b との値を最小自乗法によって、図5—A, 5—Bの値から求めて、表3に示す。

a の値は $H=0$ における値で、縮結をなくしたときの強さであるが、本来はそのとき T が縮結の影響を最も強く受ける構造的な値とみることができよう。ナイロン無結節網が最も強く、ラッセル・2コース網の凡そ1.5倍の破断応力である。 $H=1.0$ となると、 $T = ae^{bH}$ でナイロン無結節網とラッセル2コース網の値はそれぞれ

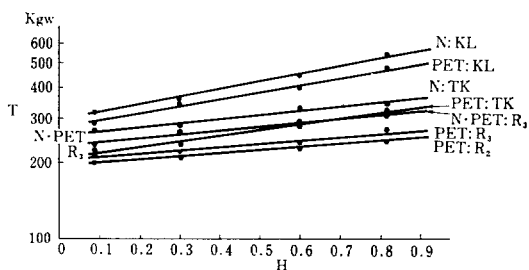


図5—A 網地の縦目方向引張に対する破断応力と縮結の関係

Relationship between hungging ratio and tensile strength on various kinds of net-webbing with length-side direction of extension. (Experiment M-III)

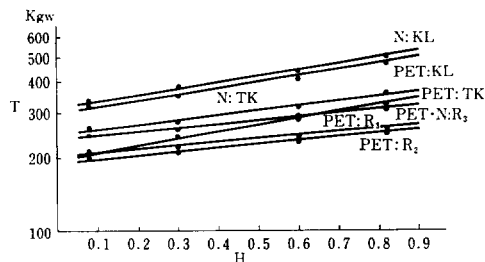


図5—B 網地の横目方向引張に対する伸度と縮結との関係

Relationship between hungging ratio and tensile strength on various kinds of net webbing with depth side direction of extension. (Experiment M-III)

表3 網地の破断応力実験式 $T = ae^{bh}$

Experimental equation on the tensile strenght of various kinds of sample net-webbings obtained from the determination.

荷重方向	網地の種類	略記号	実験式
縦目方向	ナイロン 無結節	N:KL	$T = 300e^{0.638H}$
	ポリエステル 無結節	PET:KL	$T = 275e^{0.618H}$
	ナイロン 蛙又結節	N:TK	$T = 220e^{0.454H}$
	ナイロン・ポリエステル ラッセル 3コース	N・PET:R ₃	$T = 212e^{0.395H}$
	ポリエステル 蛙又結節	PET:TK	$T = 204e^{0.470H}$
	ポリエステル ラッセル 3コース	PET:R ₃	$T = 203e^{0.329H}$
	ポリエステル ラッセル 3コース	PET:R ₂	$T = 196e^{0.322H}$
横目方向	ナイロン 無結節	N:KL	$T = 318e^{0.560H}$
	ポリエステル 無結節	PET:KL	$T = 300e^{0.570H}$
	ナイロン 蛙又結節	N:TK	$T = 246e^{0.428H}$
	ナイロン・ポリエステル ラッセル 3コース	N・PET:R ₃	$T = 237e^{0.327H}$
	ポリエステル 蛙又結節	PET:TK	$T = 206e^{0.435H}$
	ポリエステル ラッセル 3コース	PET:R ₃	$T = 209e^{0.319H}$
	ポリエステル ラッセル 2コース	PET:R ₂	$T = 194e^{0.302H}$

500kgw, 250kgw で、その比は2:1となる。これは b の値の差異によるもので、その値は縦引の場合に前者は0.638であるに対し後者は0.322と丁度 1/2に近い。この b は H の大きさに影響を受け易いことを示す指数をみることが出来る。

このようにみると、 H の影響を受け易いのは両無結節網、同じく蛙又網で、その中でもポリエステルの蛙又網ではこの傾向が大きいことが注目される。ラッセル網はこれらの中では H の影響は受け難い方であるということが出来る。

横目方向引張りの場合も傾向としては同様である。但し、 a の値が縦目方向引張の場合より大きいとみられることから、両者の元々の強さは後の方が構造的にやや大きい。そして b の値が小さいことから、この方が H の影響は受けにくいものとみることが出来るであろう。

概していえば、引張に対する破断応力は $N:KL > PET:KL > N:TK > PET:TK \approx N \cdot PET:R_3 > PET:R_3 > PET:R_2$ という順になるものと考えてよからう。但し、 $PET:TK$ と $N \cdot PET:R_3$ とは $H = 0.6$ を境として $H < 0.6$ では $PET:TK > N \cdot PET:R_3$ であり、 $H < 0.6$ では $PET:TK < N \cdot PET:R_3$ となる。これは $PET:TK$ の結節部での破断応力減少率が大きいことと関係があるものとみられる。

縦目方向引張の破断応力と横目方向の破断応力では、対応する銘柄について、 $PET:R_3$, $PET:R_2$ の二者において前者の場合が大で、それ以外では後者が大き

い。その大きさの違いは縮結 H が大きい程大きくなる傾向がみられる。蛙又網や無結節網では李¹⁾の所論に基くところがその理由と考えられる。ラッセル網については今後の研究による解明がまたれる。

4.2.2 網地の破断伸度

縦目方向荷重時の破断伸度を図6に、横目方向荷重時の破断伸度を図7に示す。破断伸度は図に示されるように縮結 H の増大に対して、対数グラフ上でリニアに減少する。即ち $E = aH^b$ にしたがって変化する。 a の値が大きく、 $|b|$ が小さい程 E は大きくなる。

即ち、縦目方向荷重でも、横目方向荷重でも H の増大と共に E は対数関数的に減力し、 $H=1$ で $E=a$ となる。したがって a の値は網糸のもつ本源的な性質と見て差支えないのであろう。 b は交叉部の構造に関わる数であろう。

$PET:R_3 > PET:R_2 > N \cdot TK:R_3 > PET:R_2 > N:KL > PET:KL > PET:TK$ となる。 $|b|$ が大きいのは H からの変化を受け易いことを示すものとみられる。

表4に、図6, 7の値を使って、 a 及び b の値を計算した結果を示した。 a の値の大きいものは $N \cdot PET:R_3$ で、これについて、 $PET:R_3$, $N:TK$, $PET:R_2$, $N:KL$, $PET:KL$ とつづき、 $PET:TK$ の値は著しく小さい。実際の漁網として使用する際に、裂け易いのはこのように a が小さく、 $|b|$ が大きいことに起因するのであろう。

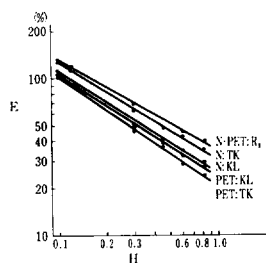


図 6-A 網地の縦目方向伸度と縮結との関係
Relationship between hungging ratio and elongation on various kinds of net webbings with lenght-side direction of extension. (Experiment M-III)

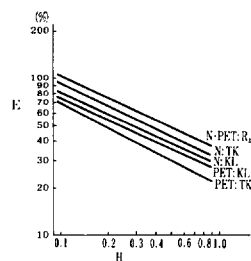


図 7-A 網地の横目方向伸度と縮結との関係
Relationship between hungging ratio and elongation on various kinds of net webbings depth side direction of extension. (Experiment M-III)

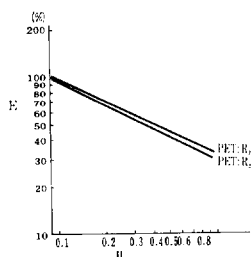


図 6-B 網地の縦目方向伸度と縮結との関係
Relationship between bungging ratio and tensile strenth on various kinds of net-webbings in depth-side direction of extension. (Experiment M-III)

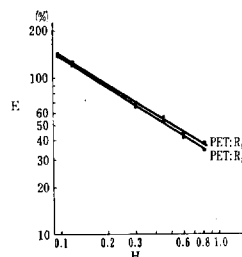


図 7-B 網地の横目方向伸度と縮結との関係
Relationship between hungging ratis and elongation on various kinds of net webbings with depth-side direction of extension. (Experiment M-III)

表 4 網地の破断伸度実験式 $E = aH^b$

Experimental equation on the elongation of various kinds of sample net-webbings obtained from the determination.

荷重方向	網地の種類	略記号	実験式
縦目方向	ナイロン 無結節	N:KL	$E = 25H^{-0.658}$
	ポリエステル 無結節	PET:KL	$E = 24H^{-0.653}$
	ナイロン 蛙又結節	N:TK	$E = 32H^{-0.608}$
	ナイロン・ポリエステル ラッセル 3コース	N・PET:R ₃	$E = 35H^{-0.582}$
	ポリエステル 蛙又結節	PET:TK	$E = 20H^{-0.718}$
	ポリエステル ラッセル 3コース	PET:R ₃	$E = 33H^{-0.627}$
	ポリエステル ラッセル 2コース	PET:R ₂	$E = 31H^{-0.647}$
横目方向	ナイロン 無結節	N:KL	$E = 27.8H^{-0.468}$
	ポリエステル 無結節	PET:KL	$E = 25.8H^{-0.466}$
	ナイロン 蛙又結節	N:TK	$E = 30.6H^{-0.434}$
	ナイロン・ポリエステル ラッセル 3コース	N・PET:R ₃	$E = 35.0H^{-0.472}$
	ポリエステル 蛙又結節	PET:TK	$E = 21H^{-0.525}$
	ポリエステル ラッセル 3コース	PET:R ₃	$E = 32.3H^{-0.492}$
	ポリエステル ラッセル 2コース	PET:R ₂	$E = 29.4H^{-0.513}$

表5 目合、縮結の異なる網地の破断応力、伸度
the tensile strengths and elongations of the samples which mesh size as well as hanging ratio set in the experimental device are prescribed.

	R-1	R-2	R-3	R-4	R-5	R-6	
破断応力	1	122	165	236	362	358	675
	2	97	176	224	378	392	715
	3	115	180	232	420	415	753
	4	100	161	200	431	420	685
	5	116	189	231	402	391	718
	6	118	164	253	366	420	682
$\frac{\sum}{x}$		668	1,035	1,376	2,359	2,396	4,228
		111	173	229	393	399	705
	s	10.96	11.34	15.34	28.90	24.2	46.3
伸度	1	90.3	44.2	83.5	47.9	71.1	45.0
	2	85.0	45.7	82.0	49.4	73.6	49.4
	3	93.9	46.0	83.5	52.6	77.2	49.4
	4	41.0	42.1	82.3	52.8	77.1	44.1
	5	92.0	46.6	83.7	50.6	72.2	48.7
	6	94.4	43.9	85.7	47.8	76.5	47.6
$\frac{\sum}{x}$		546.6	268.5	500.8	301.1	447.7	284.2
		91.1	44.8	83.5	50.2	74.6	47.4

5. 網地の目幅と網地の破断応力

同じ種類の、同じ規格・構造の網地の、目数だけが異なる網地の強さが、掛目数とどのような関係にあるかを知ることは、網地設計時の最大の関心事の一つである。そこで、掛目数の異なるいくつかの網地とその破断応力ならびに伸度について実験した。

5.1 実験材料と方法

表6に示す網地は、ポリエステル 210D/24F, 15本格的のラッセル 2コース網である。標本 No.1-8までの網地は、目合が 12, 6, 3.1cm の3通りの網地を縮結が 0.32 と凡そ 0.6 の2通りとし、目幅を 7.5, 12.5, 26.5, 28.5, 49.5 の網地として実験する場合の組合せよりできたものである。

実験標本の網幅 B は、目合を $2l$, 縮結を S , 掛目数 N_b をとるとき、

$$B = l \times N_b(1 - S)$$

網丈 D は、丈の目数を N_b とするとき

$$D = l \times N_b \sqrt{2S - S^2}$$

で与えられる。

網地の幅が算出されたら、所定の縮結で網地に set

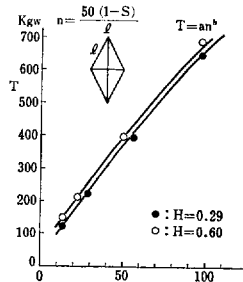


図8 網地の脚糸数 n と破断応力 T との関係
Relationship between the number of bar of the sample webbing n and the tensile strength obtained from the measurement in the Experiment.

し、深さの方向の目に網幅保持用の横フックを一つ一つかけてから荷重を開始する。

5.2 実験結果

実験の結果は、表7に示すようになった。荷重を支える網地の脚の数 n は $n=2N_b$ である。各網地について n と破断応力 T との関係をプロットすると、図8に示すようになる。両者の関係は縮結が0.32の場合も0.6の場合も共に対数グラフ上で直線となるから、 T は n に対して $T=an^b$ にしたがう曲線となる。伸度について

表6 標本網地

Specifications of the sample net-webbing offered for the experiment.

標本No.	網 地				目 合 (cm)	縮 結	網地の長さ幅の 目数×丈の目数	
1	N・PET	ラッセル網	210D/24F,	15本格	R-1	12	0.32	7.5×7.5
2	"	"	"	"	R-1'	12	0.59	7.5×7.5
3	"	"	"	"	R-2	12	0.59	12.5×6.5
4	"	"	"	"	R-3	6	0.32	15.0×15.0
5	"	"	"	"	R-4	6	0.61	26.0×13.0
6	"	"	"	"	R-5	3.1	0.31	28.5×28.5
7	"	"	"	"	R-6	3.1	0.31	49.5×25.5
8	"	"	"	"	R-6'	3.1	0.60	49.5×25.5

表7 実験結果 (網地の破断応力) (単位: kg w)

The resultans with the experiment (tensile strenght of the samples).

No.	R-1	R-1'	R-2	R-3	R-4	R-5	R-6	R-6'
1	122	148	185	236	362	388	645	656
2	98	144	196	224	378	392	715	641
3	115	146	180	232	420	415	783	638
4	110	158	161	200	431	420	622	667
5	116	151	189	231	402	392	718	653
6	118	146	164	253	366	420	682	644
Σ	669	893	1,075	1,376	2,359	2,426	4,165	3,899
\bar{x}	112	149	173	229	393	404	694	650
s	11.45	13.66	11.34	15.34	28.90	24.23	57.76	37.42

表8 実験結果 (網地の破断伸度) (単位: %)

The resultans wich experiment (Elongation of the samphes).

No.	R-1	R-2	R-3	R-4	R-5	R-6
1	65.8	44.2	38.5	47.9	71.7	45.1
2	61.2	45.7	82.0	49.4	73.6	49.5
3	68.9	46.0	83.5	52.6	77.2	49.5
4	66.4	42.1	82.3	52.8	17.1	44.2
5	67.3	46.6	83.7	50.6	72.2	48.8
6	69.4	43.9	85.7	47.8	76.5	47.7
Σ	399.0	268.5	500.7	301.1	447.7	284.8
\bar{x}	66.5	44.8	83.5	50.2	74.6	47.5
s	2.95	1.67	1.31	2.21	2.67	2.30

ては、表8に示す結果となった。即ち、縮結の小さいR-1, R-3, R-5の場合に大きく、目合の大きさには余り大きく左右されないようである。

5.3 実験結果と考察

n と T との関係は厳密には $T = an^b$ に従う曲線である。しかし、実際には b は非常に 1 に近い値 ($b \approx 1$) なので、 $T \approx an$ となって T は n に比例するとみても、大きな誤差は生じないようである。したがって、 a と n とが知られば、そこに使っている網地の強さを知ることは簡単である。 n は既知であるから最終的には a を知っておればよろしい。

6. 網地の破断応力とトワインの破断応力との関係

網地の強さ・伸度と、トワインの強さ・伸度との関係について検べるための実験を行った。

6.1 実験材料と方法

実験に使用した材料網の明細を表9に示す。破断実験の方法は実験Ⅲと同様である。

表9に示す各材料網につき、縦、横各 65×65 目の網目を有する標本網地となるように、周囲が3目ずつ大きくなるよう切り取った後、1.5 目を折返してしっかりと縫糸で止めた。ただし、無結節網では上下の辺縁は 2.5目折返してとめた。

別に、これらの材料網地から、斜め方向に向うトワインを、それぞれ 10 peace ずつ切り取って、それらの引張強さ及び伸度を測定した。測定の条件は JIS に準じた。

6.2 実験結果と考察

網地の破断応力とその伸度を表10及び11に、それらの網地 twine の破断応力 T_n を表12に示す。これらの破断応力の大きさは、順位として従来評価してきたものと変るところはないが、新しくテストされた再燃無結節網の強さは、従来の貫通式無結節網に較べて、凡そ10%程

表9 実験材料

Specifications of the sample webbings for the experiment.

網地の種類	Twineの構成	目合
テトロンラッセル網	210 d/25 F (2×8+3×3)	8節
ナイロン貫通式無結節網	210 d/24 F (2×2×6)	8節
ナイロン再燃式無結節網	210 d/24 F (2×12)	8節

表10 網地の破断応力 T_n (65目幅)

Tere tensile strenght obtained from the determination with the experiment (per 65 number of mesh in length side).

(単位: ton f)

No.	蛙 又	ラッセル	貫通型無結	再燃無結
1	1.66	1.56	2.33	2.13
2	1.63	1.29	2.45	2.00
3	1.70	1.65	2.33	2.01
4	1.66	1.40	2.38	2.03
5	1.56	1.33		2.08
6	1.67	1.46		
Σ	9.88	8.69	9.49	10.25
\bar{x}	1.65	1.45	2.37	2.05
s	0.0480	0.1376	0.0568	0.0543

(単位: kgw)

$T_n/(2n+1)$	12.7	11.1	18.2	15.7
T_i	19	18	29	27
$\{T_n/(2n+1)\}/T_n$	0.67	0.62	0.63	0.59

(註) $T_n/(2n+1)$: 網地を構成するトワイン・1本当りの破断応力

T_i : 網地のからとり出した twine の抗張力

T_n : 網地の破断応力

表11 網地の伸度

The elongation obtained from the determination with the experiment.

(単: 位%)

No.	蛙 又	ラッセル	貫通無結	再 燃
1	35	44	34	37
2	35	40	35	35
3	39	40	31	36
4	39	44	32	37
5	37	41		37
6	34	39		
Σ	217	250	132	182
\bar{x}	36	42	33	36
s	0.1793	1.9663	1.8257	0.8944

表12 網地の Bar の Tensile strength, T_t
The tensile strengths an the twines constructing the webbings for the experiment.

(単位: kg f)

No.	蛙 又	ラッセル	貫通無結	再燃無結
1	18	17	29	28
2	19	19	27	25
3	17	18	29	28
4	19	19	30	28
5	20	18	26	28
6	19	18	28	27
7	21	18	28	28
8	20	18	30	29
9	19	18	29	25
10	18	19	26	28
Σ	190	182	285	274
\bar{x}	19	18	29	27
s	1.1547	0.6324	1.2649	1.3499

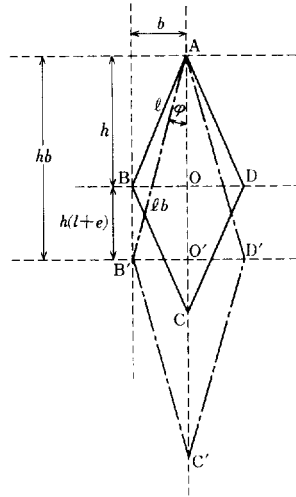


図9 荷重による網目の変形

———◇ABCD; 荷重前の網目
 - - - -◇AB'C'D'; 破断直前の網目
 Transformation in a mech caused on weighing.
 ———◇ABCD: Before weighing.
 - - - -◇AB'C'D'; Before breaking out.

度小さく、伸度は逆に10%程度大きいものと考えられる。少数例による平均値の数の検定結果もそのことを示した。

網地から取出したトワインの破断応力 T_t は表10に見られるように、 $T_n/(2n+1)$ より大きく、その比は各種網地についてそれぞれ60%前後となっている。 n は網目幅数である。

その理由には、いくつかのことが考えられるが、その一つとしては次のことが考えられよう。

図9は網地に荷重がかかって網目が伸びる時の目の変化を示したものである。網地の破断寸前の伸度を e (%)とすると、

$$l_b^2 = b^2 + h^2$$

$$= b^2 + (1+e)^2 l^2 (2S - S^2)^2$$

$$\therefore l_b = \sqrt{b^2 + (1+e)^2 l^2 (2S - S^2)^2} \dots \dots \dots (1)$$

ここに、 l_b は破断寸前の網目の脚の長さとする。

網地の破断応力が T_n であるとき $T_h = \frac{T_n}{(2n+1)}$ とす

ると、 $\cos \varphi = \frac{h_b}{l_b}$, $\cos \varphi = \frac{T_h}{T_t}$ で、 $T_h < T_t$ となる。

更に、 $h_b = l_b \cos \varphi$ であるから、

$$h_b = \sqrt{b^2 + (1+e)^2 l^2 (2S - S^2)^2} \cdot \cos \varphi \dots \dots \dots (2)$$

網目の脚の垂直方向の応力を T_h , 斜め方向の脚応力を

T_t とし、網地効率*を η とすると、

$$T_h = \eta T_t \cos \varphi \text{ から}$$

$$T_h = T_t \cdot \frac{\sqrt{(1+e)^2 l^2 (2S - S^2)^2}}{\sqrt{b^2 + (1+e)^2 (2S - S^2)^2 l^2}} \cdot \eta \dots \dots (3)$$

となるから T_t と e を測定しておけば、種々の縮結Hに対する任意の広さの網地の破断応力 T_n は T_t 及び η とその掛目数を乗ずることによって、推定することが出来ることになる。 η は蛙又網では0.92~0.95, 無結節網やラッセル網では0.95~0.98程度とみられる。

7. 要 約

網地の強さを、その部分としての強さと、網地としての強さに分けて評価できる実験を行い、それぞれについて方法とデータを示した。

又網地の中では今まで公表されていないラッセル網や再燃無結節網の特性を明らかにした。同時に各構成網地についてそのトワインの破断応力からその網地の破断応力を推定でき方法が実験的手法によって可能であることを示した。

* 網地効率: ここでは網地の編網の出来のよし悪く、結節部、脚系交又部の構造による強度変換率を意味する。

参 考 文 献

- 1) 李 紘敵・近藤 仁：脚系の結節における破断の機構，日木誌，44(6)，p. 1102, 1978
- 2) 下崎吉矩・内海秀明：ラッセル網の耐摩性，水工研報，No. 7, p. 111, 1986
- 3) 下崎吉矩：漁具材料，水産資材便覧，宮崎千博鑑修，北海水産新聞社，pp. 18-19, 1973
- 4) 下崎吉矩・小野静夫・武富 一：プレィデットトワインの漁具材料特性，水工研技報，No. 1, pp. 8-10, 1983
- 5) 下崎吉矩・大沢要一：網地応力分布測定機の開発とその試験結果，水工研報，No. 2, pp. 105-112, 1981

On the Tensile Strenght of Fishing Net Webbings

By

Yoshinori SHIMOZAIK, Yōichi ŌSAWA, Hirosato NIWA,
Masayoshi IKEHATA, Shigeru FUJISAKI, Hideki KAISE,
Tatusya MORIMOTO and Kazuo HAMAMURA

Summary

There are two points of view for classifying the tensile strength of fishing net webbings. One view point is that the tensile strength of a knot or crossing point of the mesh should be evaluated, assuming a fish is caught in or removed from the mesh. The mesh is also assumed to move while there is a fixed projection inside. The other view point is that to evaluate the tensile strength of a wide-net webbing, the net be pulled in a direction opposite to a fixed side of the net. This means, which measures the maximum tensile stress caused by the force from the motion of the fishing gear under operation.

We carried out these maximum net strength measurements for trawl, rashed and knotless nettings made of nylon and polyester yarns.