HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	漁網材料の研究：Ⅱ．網糸の抗張力一万中の最小値の推定法
Author(s)	三浦，鉄雄
Citation	北海道大學水産學部研究彙報，4(4)，361-366
Issue Date	1954-02
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/22837
Type	departmental bulletin paper
File Information	4(4)_P361-366.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

漁網材料の研究

II. 網糸の抗張力一万中の最小値の推定法

三浦鉄雄
(漁具物理学教室)

MECHANICAL STUDIES OF FISHING NET MATERIALS

II. A Method of Estimating the Least in the Ten Thousand Tensile Strengths of Netting Cord

Tetsuo MIURA

(Faculty of Fisheries, Hokkaido University)

The calculation in making an estimate of the strength of the fishing net knitted rests on the tensile strength of the cord used; and, as the value of the cord tensile strength in such calculation, there should not be adopted the mean of some of the tensile strength samples, but the least in the ten thousand of those, as proposed by Tauchi.

A method of estimating such the least value was devised by the author and was discussed fully in this paper. According to this procedure, the intervals at 95+percent confidence associated with "true" least value (x') in the ten thousand of tensile strength and also "true" ratio of x' to the mean (m) of tensile strength population, for each cord number of cotton cord and amilan cord (see previous paper I), were calculated and are shown in Table 1, 2.

The rate of x' to m is considered not to depend upon the thickness of cord (or the number of the cord), but on the kind of fibre composing that cord; and then, for each of the cotton and amilan cords regardless of the number, the intervals at 95 percent confidence associated with "true" ratio of x' to m were calculated as outlined in Statistical Tables p. 106 and are as follows:

$$K_c = 0.84 \pm 0.04, \qquad K_a = 0.92 \pm 0.02$$

where K_c is "true" ratio of x' to m for the cotton cord and K_a that for the amilan cord.

Such value peculiar to each of varions cords, K may be called *the safety-factor of the tensile strength of cord* and the degree of uniformity of the tensile strengths of these cords may be comparable according to the largeness or smallness of the value of K.

For instance, since $K_a > K_c$, the tensile strength of the amilan cord is concluded to be generally more uniform than that of the cotton cord, regardless of the number.

An interval at a certain confidence associated with "true" least value in the ten thousand of tensile strength of cord is given by the following formula:

$$\bar{x} - Au < x' \leqq \bar{x} - A'u$$

where $\bar{x}$ and u are, respectively, the mean and square root of unbiased variance of the tensile strengths of cord, and A and A' are the constants which depend on the number of tests and the confidence taken. The values of A and A' which are grven the interval of x' at 95+percent confidence, for each of the various number of tests, are shown in Table 3.

1. 緒　　論

編いた網地の丈夫さを判断する計算の基礎となるものは，使用した網糸の抗張力であるが，この場合の抗張力としては，若干本の試料の平均値とか，母平均の推定値とかを用いることが出来ない。網が破れるのは，通常荷のかゝつている部分のうちで一番弱い脚の節もとから始まるのであるから，荷がかかる網の部分にあるすべての脚の抗張力の最小値をもつて，糸に期待すべき抗張力としなければならない。この最小抗張力に，節のあるときの節のないときに対する割合，繰返荷重に対する安全率等を乗じて始めて網地の丈夫さが判断されるのである。田内[1]はその著書に，縦横共に50節位の網地に同じように荷がかかるとして一万の脚のうちで一番弱い脚の抗張力を目安にすべきであるとして，

一万中の最小値は　　$x' = \bar{x} - 4.0S$　　$\bar{x}$は平均値，Sは標準偏差

で計算されるとしている。しかしこの式では $\bar{x}$, Sは標本数によつて変るから一万中の最小値が標本数により左右されることになりまずい。又同著書は水産業関係者の啓蒙を目的としているためか式及び4.0なる数字の意味が説明されていない。一方著者は同氏がこの問題について論じられたことがあるかどうかを知らない。そこで田内とは独立に，若干数の抗張力標本値から一万中の最小抗張力を推定することを考えて見た。そしてその推定法によつて，本論題第Ⅰ報の綿及びアミラン網糸の各号何れも15本宛の試料（但し試料長50cm）の抗張力測定値から各繊維，各号糸について抗張力一万中の最小値 x' 及び一万中の最小値の抗張力母平均に対する割合 x'/m を推定し，次いで繊維の種類によつて異なり糸の太さによらない x'/m なる母集団を仮定して綿及びアミラン網糸に対するその母集団の平均を推定し，これを夫々の繊維の糸の抗張力安全率と定義した。これらの推定値から綿及びアミラン網糸の抗張力に関する若干の性質が知られる。

又或繊維，或太さの糸の抗張力一万中の最小値を推定するのに便利な数値表を作製した。

所論及び数値表は，供試材料の母集団によらないし又網糸以外の一般の材料についても適用される。

2. 推定法及び綿，アミラン網糸に対する推定値と考察

糸の抗張力は，大体正規分布をなすことが知られているから，その母集団を母平均m，母標準偏差σの正規母集団と仮定する。抗張力一万中の最小値は

$$\frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}}\int_{m}^{x'} e^{-(x-m)^2/2\sigma^2}\,dx = -0.4999$$

なるような x' の値であるとしてよい。この値を求めるために左辺の積分を正規曲線の規準形に直す。

即ち　　$t=(x-m)/\sigma$

とおけば

$$\frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}}\int_{m}^{x'} e^{-(x-m)^2/2\sigma}\,dx = \frac{1}{\sqrt{2\pi}}\int_{0}^{\frac{x'-m}{\sigma}} e^{-t^2/2}\,dt$$

であるから

$$\frac{1}{\sqrt{2\pi}}\int_{0}^{\frac{x'-m}{\sigma}} e^{-t^2/2}\,dt = -0.4999$$

となる。このようなtの値を統計数値表[2](表の部の39又は60頁)によつて求めると，-3.72であるから

$$(x'-m)/\sigma=-3.72 \qquad \therefore \quad x'=m-3.72\sigma \tag{1}$$

故にm，σが既知ならば(1)によつて一万中の最小値が求められるが，標本から知り得るのはm，σの存在範囲である。こゝでmの代りに標本平均$\bar{x}$を，σの代りに不偏分散の平方根uを用いれば田内の式と常数だけが僅かに異なる式となるが，uはσの不偏推定値ではないからそれではまずい。そこで統計数値表（解説の部の106及び86頁）に示されているように，t及びχ^2分布表を用いてm，σの存在範囲を求めると，信頼度$(1-\alpha)\times 100\%$で

$$\bar{x}-u\frac{t_\alpha}{\sqrt{N}}\leqq m\leqq\bar{x}+u\frac{t_\alpha}{\sqrt{N}} \tag{2}$$

$$u\sqrt{\frac{N-1}{\chi_2^2}}\leqq\sigma<u\sqrt{\frac{N-1}{\chi_1^2}} \tag{3}$$

ここに$\bar{x}$及びu^2は標本数Nの抗張力平均値及び不偏分散である。(2)，(3) によつて計算されるm，σの信頼区間の上下限を

$$m_{\min}\leqq m\leqq m_{\max} \tag{2}'$$

$$\sigma_{\min}\leqq\sigma<\sigma_{\max} \tag{3}'$$

のように表せば，(1)，(2)′，(3)′ から信頼度$(1-\alpha)\times 100$ 以上の%で

$$m_{\min}-3.72\sigma_{\max}<x'\leqq m_{\max}-3.72\sigma_{\min} \tag{4}$$

又，x'のmに対する比は，信頼度$(1-\alpha)\times 100$ 以上の%で

$$\frac{m_{\min}}{m_{\max}}-3.72\frac{\sigma_{\max}}{m_{\max}}<\frac{x'}{m}\leqq\frac{m_{\max}}{m_{\min}}-3.72\frac{\sigma_{\min}}{m_{\min}} \tag{5}$$

となる。本論題第Ⅰ報の第1，2表にある気乾状態における綿糸，アミラン糸各号の抗張力平均及び不偏分散の値を (2)，(3) に入れて，気乾状態における綿糸，アミラン糸各号の抗張力母集団の母平均及び母標準偏差の95%の信頼度における信頼区間を推定し，(4)，(5)により95+% (参照，本題第Ⅰ報) の信頼度での一万中の最小値及び一万中の最小値の抗張力母平均に対する比の存在範囲を計算すれば第1，2表となる。

Table 1. The intervals* at 95 percent confidence associated with the mean (m) and square root of variance (σ) of the tensile strength population, and the intervals** at 95+ percent confidence associated with "true" least value (x') in the ten thousand samples of the tensile strength and with "true" ratio of x' to m, for each number of the cotton cord.

Cord number	Number measured	m	σ	x'	x'/m
4	15	5.96±0.20	0.407±0.149	4.46±0.75	0.75±0.15
6	15	9.03±0.23	0.473±0.173	7.27±0.87	0.81±0.12
8	15	11.83±0.19	0.399±0.146	10.35±0.74	0.88±0.08
10	15	14.15±0.37	0.775±0.284	11.27±1.43	0.80±0.12
12	15	18.04±0.33	0.697±0.255	15.45±1.28	0.86±0.09
14	15	18.91±0.36	0.746±0.273	16.14±1.38	0.86±0.09
15	15	21.48±0.44	0.922±0.337	18.05±1.69	0.85±0.10
16	15	21.53±0.60	1.249±0.457	16.89±2.30	0.79±0.13
18	15	25.21±0.43	0.897±0.328	21.87±1.65	0.87±0.08
20	15	28.65±0.34	0.707±0.259	26.02±1.30	0.91±0.06

* These are calculated from (2) and (3).
** These are calculated from (4) and (5).

Table 2. The same as Table I, for each number of the amilan cord.

Cord number	Number measured	m	σ	x'	x'/m
3	15	7.26±0.12	0.243±0.089	6.36±0.45	0.88±0.08
4	15	14.79±0.20	0.413±0.151	13.26±0.77	0.90±0.07
5	15	13.34±0.10	0.209±0.077	12.57±0.39	0.94±0.03
4×4 =5.3	15	16.81±0.11	0.226±0.083	15.97±0.42	0.95±0.03
8	15	21.75±0.11	0.222±0.081	20.93±0.42	0.97±0.03
10	15	29.96±0.40	0.834±0.305	26.86±1.54	0.90±0.07
12	15	31.06±0.42	0.869±0.318	27.83±1.60	0.90±0.07
15	15	35.04±0.34	0.698±0.255	32.45±1.28	0.93±0.05
18	15	40.66±0.38	0.801±0.293	37.69±1.48	0.93±0.05
20	15	51.27±0.72	1.503±0.550	45.68±2.77	0.90±0.07

x', m は糸の太さによつて違うが，x'/mは原料繊維が同じであれば糸の太さによらず一定していると考えられる。それでその分布は糸の繊維の種類によつて一定した正規分布をなすものと仮定する。今その母集団の平均値を推定したいが，実際測定によつてその標本値を求めることは出来ないから，第1，2表に示した綿糸，アミラン糸各号についての x'/m の信頼区間の中央値及び範囲を，夫々の糸の10組の太さについての x'/m の標本平均及び平均範囲と見做すならば，標本平均と平均範囲とは正規分布の場合独立であるから，範囲を考えずに中央値のみを用いて母平均を推定してよい。統計数値表(解説の部の106頁) に示されてあるようにして綿，アミラン夫々の繊維の糸に対する x'/mの母平均Kを推定するならば

綿糸については　$x'/m=k_c$ とおけば　$\bar{k_c}=9.84$　　$u_c^2=0.00237$　　と計算され

自由度 $n=N-1=9$ のとき　　$t_{0.05}=2.262$

$\therefore$　　$K_c=\bar{k_c}\pm u_c\,(t/\sqrt{N})=0.84\pm0.04$

アミラン糸については　$x'/m=k_a$ とおけば　$\bar{k_a}=0.92$　　$u_a^2=0.00080$　　と計算され

$K_a=\bar{k_a}\pm u_a\,(t/\sqrt{N})=0.92\pm0.02$

即ち95%の信頼度で　　$K_c=0.84\pm0.04$　　$K_a=0.92\pm0.02$　　(6)

となる。このようなKの値をその繊維の糸の「抗張力安全率」と定義するならば，逆に抗張力安全率の知られている糸の，或太さのものの抗張力一万中の最小値は，若干本の試料の抗張力測定値より推定したその母平均とKの値とから，容易に求めることが出来る。又Kの値の大小で，或繊維の糸の抗張力の不同の程度と他の繊維の糸のそれとを，比較することが出来る。綿糸及びアミラン糸の各号については，第1，2表の x'/m の値の大なるもの程抗張力に不同が少なく，又綿及びアミラン両繊維の糸全体としては，(6)のK_c，K_a の値から明らかな通り，アミラン糸の方が綿糸より抗張力に不同が少ないことが知られる。

次に (2)，(3)によつて(4)を書換えると

$$\bar{x}-u\left(3.72\sqrt{\frac{N-1}{\chi_1^2}}+\frac{t\alpha}{\sqrt{N}}\right)<x'\leqq\bar{x}-u\left(3.72\sqrt{\frac{N-1}{\chi_2^2}}-\frac{t\alpha}{\sqrt{N}}\right)\qquad(7)$$

となる。故に抗張力一万中の最小値だけを求めるには，m，σ の存在範囲を計算しなくても，$\bar{x}$，u を求めてから (7)式によつて計算すればよい。今 (7)式を

$$\bar{x}-Au<x'\leqq\bar{x}-A'u\qquad(7)'$$

とおけば，A，A'は t，χ_1^2，χ_2^2及びNによつて異なる常数である。そこで信頼度$(1-\alpha)\times100\%$を

適当に定めて，それに対応する t_α〔$Pr.(|t|>t_\alpha)=\alpha$, $n=N-1$〕, χ_1^2, χ_2^2〔$Pr.(\chi^2>\chi_1^2)=a$, $Pr.(\chi^2\leqq\chi_2^2)=b$, $n=N-1$, $a+b-1=1-\alpha$〕を統計数値表より求め，測定数Nの種々の値に対するA, A'の値を計算して表にしておけば便利である。95%の信頼度に対応するt_α, χ_1^2, χ_2^2の値によつて計算した結果は第3表の通りである（但し，測定値4以下の場合は省略，又40，50，60の場合の値は補間法によつた）。勿論この表によつて計算された一万中の最小値の存在範囲は（95+）% の信頼度におけるものとなる。

Table 3. The values of A and A' in the following formula for the interval at 95+ percent confidence associated with "true" least value in the ten thousand of tensile strength of netting cord.

$$\bar{x}-Au<x'\leqq\bar{x}-A'u^*$$

No. of tests	A	A'	No. of tests	A	A'	No. of tests	A	A'
5	11.931	0.987	15	6.421	2.170	25	5.588	2.492
6	10.173	1.273	16	6.290	2.215	26	5.539	2.514
7	9.116	1.472	17	6.176	2.256	27	5.494	2.534
8	8.408	1.624	18	6.074	2.294	28	5.451	2.553
9	7.895	1.744	19	5.983	2.329	29	5.405	2.578
10	7.507	1.843	20	5.901	2.361	30	5.374	2.589
11	7.200	1.928	21	5.827	2.391	40	5.101	2.726
12	6.952	2.000	22	5.760	2.419	50	4.923	2.822
13	6.745	2.063	23	5.698	2.445	60	4.797	2.894
14	6.571	2.119	24	5.632	2.478			

* $\bar{x}$ and u are, respectively, the mean and square root of unbiased variance of tensile strengths of cords.

3. 摘　　要

函館製網KK.製の綿及びアミラン網糸各号の抗張力母平均m及び母標準偏差σを95%の信頼度で推定した（但し試料長50cm）。そしてこれらの推定値を用いて，各繊維，各号の糸に対する抗張力一万中の最小値x'及びx'のmに対する比を，夫々(4)及び(5)により，(95+)%の信頼度で推定した。これらm, σ, x', x'/mの推定値は第1，2表に示されている。

次に綿及びアミラン網糸の各々に対してx'/m（繊維の種類により太さによらない）なる母集団を仮定し，その母平均を推定したところ，95%の信頼度で

$$K_c=0.84\pm0.04,\qquad K_a=0.92\pm0.02$$

なる値が得られた。或繊維の糸に対するこのようなKの値を，その繊維の糸の「抗張力安全率」と定義する。

綿及びアミラン網糸の各号については第1，2表のx'/mの値の大なるもの程抗張力に不同が少なく，又糸全体としては，($K_a>K_c$なることより) アミラン糸は綿糸より抗張力に不同が少ない。

或繊維，或太さの糸の抗張力一万中の最小値は(7')式によつて求められるが常数A, A'は信頼度のとり方によつて異なる。(95+)%の信頼度におけるA, A'の値は第3表の通りである。

以上の推定法と第3表の数値表は供試材料の母集団によらないし又網糸以外の一般の材料についても適用し得るものである。

引 用 文 献

(1) 田内森三郎 (1951) : 漁の物理, 18頁. ジープ社
(2) 統計科学研究会 (1952) : 新編統計数値表. 河出書房

(水産科学研究所業績 第209号)