綱の摩耗試験

本 多 勝 司

(1976 年 11 月 13 日受理)

Abrasion Test on Ropes

Katuji HONDA

In order to find out the abrasion resistance on ropes, present tests were carried out by using a new testing apparatus. This apparatus was developed so as to rub uniformly the surface of samples. The samples, rotating themselves, were pulled by a weight at one end and attached to the chuck at the other and mounted on a rotating grinder and rubbed by it by pulling them back and forth. The samples were kept constantly wet during the tests. After abrasion the condition of ropes was observed; the diameter, the tensile strength and elongation of the rope were measured.

The results obtained are as follows;

1) After abrasion the tensile strength decreased with increasing load and number of rubs. The tensile strength T was indicated by the following experimental equation;

$$T = k \left[\frac{(T_0 - W)\rho}{WS} \right]^\alpha$$

where k is a constant, T the initial tensile strength, W the load, ρ radius of curvature of grinder, S the frictional distance and α index number.

2) The relation between the load W and number of times required for fracture n' is shown by the following experimental equation;

$$W = a - b \log n'$$

where a and b are constants according to the kind of ropes.

3) From these tests ranked ropes in descending order of abrasion resistance were PP Special Monofilament, PP Monofilament, Vinylon, Manila and Nylon rope had poor abrasion resistance to the rotating grinder. The abrasion resistance in same materials is determined by the type of fiber.

漁具が操作されるときは、それに用いられている綱類はいろいろのものとすれて次第に弱まり綱の寿命を縮めるものである。したがって、綱の摩擦に対する性質を知ることが漁具設計上重要なことである。しかし、この点についての研究は従来あまり進んでいない。これは綱を摩擦する試験装置に適当なものがなかったことが大きな障害となっていたためと考えられる。そこで、新しく摩擦試験装置を試作し、それをを用いて実験を行い、その際の荷重や摩擦回数の違いが材料や構造の異なる綱類にどのような影響を与えるかについて調べたのでその結果について報告する。

材料および方法

摩擦装置の試作に当つては、従来ある綱糸の摩擦試験機を参考とし、実用性のあるものとするを考えた。

実験は Table 1 に示す径 12 mm の綱を用い Fig. 1 に示す試作摩擦試験装置で行った。すなわち、Fig. 1 にみられるように長さ約 120 cm の試料綱の一端をチャック A に取付け、粒度 60 のグラインダー G の上に乗せ、他端を荷重受についているチャック B に取付ける。M₁ のモーターを駆動し、グラインダー

* 東京水産大学 (Tokyo University of Fisheries, Minatoku, Tokyo)

Table 1. 供 試 材 料
Details of samples

網 の 名 称 Kind of ropes	織 維 構 成 Fiber Constraction	直 径 Diameter (mm)		より数/m Number of twist per metre	重さ/m Weight per metre (g)	抗 張 力 Tensile strength (ton)	伸 度 Elongation (%)
		呼 称 Standard	実 測 Measure				
マ ニ ラ Manila	マ ニ ラ 麻 JIS. 1-1	12.0	12.0	74.0	116.2	1.01	13
ビ ニ ロ ン Vinylon	ビ ニ ロ ン 5* 3×3×20×3	12.0	12.5	86.0	86.7	1.36	34
ナ イ ロ ン Nylon	ナ イ ロ ン 1260D 2×3×24×3	12.0	12.0	96.6	93.5	2.95	46
PP モ ノ フ ィ ラ メ ン ト PP Monofilament	ポリプロピレン 400D 6×3×19×3	12.0	12.5	91.0	67.3	1.64	25
PP 特 殊 モ ノ フ ィ ラ メ ン ト * PP Special Monofilament	ポリプロピレン 3000D 3×17×3	12.0	11.8	88.0	69.0	2.11	28

* Flatness type.

Table 2. 荷 重, 摩 擦 回 数 別 の 直 径 お よ び 切 断 張 力 の 値
Values of the diameter *D* and the tensile strength *T* after abrasion

荷 重 Load <i>W</i> (kg)	摩 擦 回 数 Number of rubs <i>n</i>	マ ニ ラ Manila		ビ ニ ロ ン Vinylon		ナ イ ロ ン Nylon		PP モ ノ フ ィ ラ メ ン ト PP Monofilament		PP 特 殊 モ ノ フ ィ ラ メ ン ト PP Special Monofilament	
		直 径 Diameter (cm)	切 断 張 力 Tensile strength (ton)	直 径 Diameter (cm)	切 断 張 力 Tensile strength (ton)	直 径 Diameter (cm)	切 断 張 力 Tensile strength (ton)	直 径 Diameter (cm)	切 断 張 力 Tensile strength (ton)	直 径 Diameter (cm)	切 断 張 力 Tensile strength (ton)
3	300						2.25				
"	600						2.05				
"	900						1.66				
4	300						2.24				
"	600						1.56				
"	900						1.39				
5	300	.97		1.22	.98		2.39	1.24	1.51	1.19	2.14
"	500						1.57				
"	600	.88		1.20	.67		2.12	1.20	1.33	1.18	1.96
"	900	.90		1.19	.53			1.20	1.14	1.16	1.90
"	1200	.58		1.15	.40			1.20	.97	1.17	1.84
"	1500	.43						1.18	.98	1.10	1.72
6	300	.74		1.22	.82		2.10	1.24	1.47		
"	400						1.42				

Table 2. つ づ き
continued

荷 重	摩擦回数	マ ニ ラ		ビ ニ ロ ン		ナ イ ロ ン		PP モノフィラメント		PP 特殊モノフィラメント PP Special Monofilament	
Load	Number	Manila		Vinylon		Nylon		PP Monofilament		PP Special Monofilament	
W	of rubs	直 径	切断張力	直 径	切断張力	直 径	切断張力	直 径	切断張力	直 径	切断張力
(kg)	"	Diametre	Tensile strength	Diametre	Tensile strength	Diametre	Tensile strength	Diametre	Tensile strength	Diametre	Tensile strength
(cm)		(cm)	(ton)	(cm)	(ton)	(cm)	(ton)	(cm)	(ton)	(cm)	(ton)
6	500			1.23	.64		1.60				
"	600		.76	1.21	.61			1.21	1.22		
"	800			1.20	.46						
"	900		.60					1.21	1.10		
"	1200		.45					1.20	1.08		
"	1400							1.17	.87		
"	1500							1.17	1.03		
7	300						1.74				
8	200										
"	300		.91		1.00						
"	400				.70		1.96	1.23	1.54	1.16	2.34
"	600		.68		.63						
"	900		.53		.46			1.22	1.36	1.17	2.14
"	1200							1.20	1.19	1.14	1.98
"	1400							1.23	1.06	1.13	1.84
"	1500							1.19	.98	1.14	1.64
9	200				.82			1.23	1.48		
"	300		.81		.67		1.37				
"	400		.58								
"	500		.42		.63						
"	600				.58			1.24	1.37		
"	800							1.21	1.20		
"	900								1.09		
"	1000							1.18	1.08		
"	1200							1.17	1.02		
"	1500								1.01		
10	300									1.13	2.24
"	600									1.13	2.16
"	900									1.16	2.05
"	1200									1.15	1.94
"	1500									1.16	1.88
12	300									1.13	2.30
"	600									1.13	2.10
"	900									1.15	2.14
"	1200									1.16	1.97
"	1500									1.13	1.82

Fig. 1. Testing apparatus.

A, B: Chuck, C: Crank, D: Shaft, G: Grinder, I: Iron box, M_1 , M_2 , M_3 : Motor, P_1 , P_2 : Pulley, S: Sample, T: Tank

Fig. 2. Tensile strength T after abrasion.

Numerals associated with marks show tensile strength (ton).

ーを毎分 50 回で回転させ、 M_2 のモーターを駆動し、チャック A の取付けてある鉄箱 I に装着してあるクランク C を毎分 50 回で回転させ鉄箱 I を軸 D に沿って往復させることにより綱を左右に往復運動させた。また、同時に M_3 のモーターを駆動し綱を一樣にすらせるため毎分 17 回でチャック A を回転させ、綱自身を回転させながら左右に往復させ、回転するグラインダーとすらせた。綱の 1 往復距離は 44 cm である。

実験では試料綱は 24 時間以上真水に浸漬した後チャック A, B に取付け、試験中は乾くのを防ぐため水槽 T より水を滴下した。摩擦回数を 200~1500 回、荷重を 3~12 kg とし、所定の荷重で n 回摩擦後試料綱を取りはずし、綱の表面のすれの様子を観測し、次いで太さおよび強伸度を測定した。なお、この装置では同時に 5 本の試料が実験できかつ摩擦物体としてはグラインダーを取除き、鉄板を 3 枚並べたものを取付けてすらせることができる。本実験では全て 10 本の試料について測定し、その平均値をとつた。

実験の結果および考察

所定の荷重 W で、 n 回摩擦後の綱の太さ D と抗張力 T の関係を Table 2 に示す。これより T を W と n との関係について例示すると Fig. 2 にみられるようで、摩擦後の強さ T は荷重 W および摩擦回数 n が増すにつれて減少することが知れた。

次に Fig. 2 に示すように綱がグラインダーと摩擦したときにそれが切断するときの抗張力はかけた荷重にはほぼ等しいことが知れる。綱の直径を D 、綱とグラインダーとの間の摩擦係数を μ とすると綱の張力はほぼ W で与えられるので、すれるときの単位長さ当りの摩擦力はおおよそ $\mu(W/\rho)$ となる。 ρ はグラインダーの半径である。綱がグラインダー上を往復してすれる距離を l 、 n 回のすれによりすれる距離を $S(=nl)$ とすると、 n 回摩擦後の綱の切断張力は始めのその強さを T_0 とすると $T_0 - W$ が大きいほど、 $\mu(W/\rho)$ が小さいほど大きく、 S が大きいほど小さいと考えられる。よつて、一般に

$$T = f(T_0 - W, \mu \frac{W}{\rho}, D, S)$$

で与えられるが、 D が一定の場合には

$$T = f((T_0 - W)/(\mu \frac{W}{\rho} \cdot S))$$

と表わしてよいであろう。

この実験では μ の測定値がないが、材質と太さが同じものでは μ は同じと考へて実験の結果から $(T - W)\rho/WS$ を計算し、これと T との関係を Table 3 に示し、これと T との関係を図示して Fig. 3 を得た。Fig. 3 から綱がすれて後の切断張力 T は $(T_0 - W)\rho/(WS)$ の α 乗に比例する関係があり比例定数 k と指数 α とは綱の種類により異なることが知れた。

次に荷重 W をかけて摩擦させたとき綱がすれてストランドが切断した場合を荷重 W のときの切断回数 n' とし、 n 回の摩擦で切断しなかつたものは、 n 回摩擦後の強さ T と n との関係を荷重別に図示し、これより $T=0$ になるときの摩擦回数を推定して、これを任意の荷重のときの切断するまでの摩擦回数 n' とした。求めた値を Table 4 に荷重別の切断回数 n' で示し、Fig. 4 に W と n' との関係を示す。図からわかるように荷重 W と切断するまでの回数 n' との間には次の関係がなりたつことが知れる。

$$W = a - b \log n' \quad (1)$$

図より綱別に a および b を求めると次の如くなる。

	マニラ	ビニロン	ナイロン	PP モノフィラメント	PP 特殊モノフィラメント*
a (kg)	58.9	48.3	34.5	93.6	101.2
b (kg)	16.4	13.0	10.7	25.5	25.0

a と b は綱の種類によつて異なる定数で a は $n=1$ すなわち、唯一回の摩擦で綱を切断するところの荷重

* 扁平型のもの

Table 3. 荷重および回数別の $\frac{(T_0 - W)\rho}{WS}$ の値Values of $\frac{(T_0 - W)\rho}{WS}$ in the different number of rubs n and load W

W	n	S	WS	ρ	マニラ ($T_0=1,010$ kg) Manila $\frac{(T_0 - W)\rho}{WS}$	ビニロン ($T_0=1,360$ kg) Vinylon $\frac{(T_0 - W)\rho}{WS}$	ナイロン ($T_0=2,950$ kg) Nylon $\frac{(T_0 - W)\rho}{WS}$	PP モノフィラメント ($T_0=1,640$ kg) PP Monofilament $\frac{(T_0 - W)\rho}{WS}$	PP 特殊モノフィラメント ($T_0=3,110$ kg) PP Special Monofilament $\frac{(T_0 - W)\rho}{WS}$
(kg)		(m)							
3	300	132	396	7.5			.588	.310	
"	600	264	792	"			.279	.115	
"	900	396	1188	"			.186	.103	
4	300	132	528	"			.419	.232	
"	600	264	1096	"			.209	.116	
"	900	396	1584	"			.140	.077	
5	300	132	660	"	.114	.154	.335	.186	.239
"	500	176	1100	"			.201		
"	600	264	1320	"	.057	.077	.167	.093	.120
"	900	396	1980	"	.038	.051		.062	.080
"	1200	528	2640	"	.029	.038		.046	.060
"	1500	660	3300	"	.023	.031		.037	.048
6	300	132	792	"	.095	.128	.279	.115	
"	400	176	1056	"			.209		
"	500	220	1320	"		.077	.167	.093	
"	600	264	1584	"	.048	.064			
"	800	352	2112	"		.048			
"	900	396	2376	"	.036			.052	
"	1200	528	3168	"	.024			.039	
"	1400	616	3696	"				.033	
"	1500	660	3960	"				.031	
7	300	132	924	"					
8	200	88	704	"		.144			
"	300	132	1056	"	.071	.096	.209	.116	.149
"	400	176	1408	"		.072			

Table 3. つ づ き
continued

W	n	S	WS	ρ	マニラ ($T_0=1,010$ kg) Manila $\frac{(T_0-W)\rho}{WS}$	ビニロン ($T_0=1,360$ kg) Vinylon $\frac{(T_0-W)\rho}{WS}$	ナイロン ($T_0=2,950$ kg) Nylon $\frac{(T_0-W)\rho}{WS}$	PP モノフィラメント ($T_0=1,640$ kg) PP Monofilament $\frac{(T_0-W)\rho}{WS}$	PP 特殊モノフィラメント ($T_0=2,110$ kg) PP Special Monofilament $\frac{(T_0-W)\rho}{WS}$
(kg)		(m)							
8	600	264	2112	7.5	.036	.048		.058	.075
"	900	396	3168	"	.024			.039	.050
"	1200	528	4224	"				.029	.037
"	1400	616	4928	"				.025	.032
"	1500	660	5280	"					
9	200	88	792	"		.128			
"	300	132	1188	"	.063	.085	.184	.102	
"	400	176	1584	"	.047				
"	500	220	1980	"	.038	.051			
"	600	264	2375	"		.043		.051	
"	800	352	3168	"				.039	
"	900	396	3564	"				.034	
"	1000	440	3960	"				.031	
"	1200	528	4752	"				.026	
"	1500	660	5940	"				.021	
10	300	132	1320	"					.116
"	600	264	2640	"					.060
"	900	396	3960	"					.040
"	1200	528	5280	"					.030
"	1500	660	6600	"					.024
12	300	132	1584	"					.099
"	600	264	3144	"					.050
"	900	396	4752	"					.033
"	1200	528	6336	"					.025
"	1500	660	7920	"					.020

Table 4. 荷重別の切断回数
Number of times required for fracture n in the different load W

網の種類 Kind of ropes	切断回数 Number of times required for fracture								
	荷重 Load (kg)								
	3	4	5	6	7	8	9	10	12
マニラ Manila			2000	1500		1200	1200		800
ビニロン Vinylon			2100*	1600*		1200*	1100*		
ナイロン Nylon	950	750	650	500	350	300			
PPモノフィラメント PP Monofilament			3140*	2660*		2400*	2160*		
PP特殊モノフィラメント PP Special Monofilament			7200*			5900*		4400*	3900*

* Estimated times.

Fig. 3. Relation between $\frac{(T_0-W)\rho}{WS}$ and T .

Marks are used throughout Figs 3 and 4.

●, Manila; ○, Vinylon; △, Nylon; ▲, PP Monofilament; ×, PP Special Monofilament

である。この値は PP 特殊モノフィラメント網が一番大きく次いで PP モノフィラメント網、マニラ網、ビニロン網、ナイロン網の順であつた。網を構成する繊維材料が同一でも繊維の形態が異なるとこの値も異なっている。すなわち、同じ PP 繊維を使つていてもその形態がモノフィラメントか扁平型であると網のでき上りの表面の様子が異なるためこのような違いが生じたのであろうと考えられる。

また、さきに田内・安田¹⁾は網糸に周期的に変動する荷重を繰返しかけたときに、網糸を切断までに加えられる回数 n' と最大荷重との間には

$$W_{\max} = a - b \log n' \quad (2)$$

の関係のあることを示した。(1) 式はこの (2) 式と同一型である。すなわち、網に荷重が加えられて摩擦され次第に弱まるのも、網糸が繰返して周期的に変動する荷重を加えられて次第に疲れて切断するのもほぼ同一機構の下に進むものと考えられる。この装置で任意の荷重下で繰返し網がすれる場合を考えると、荷重

Fig. 4. Relation between $\log n'$ and W .

が下降するときはほぼ荷重に等しき力が綱に働き、荷重が上昇するとき、すなわち綱がひき上げられるときは、綱は荷重の外にグラインダーとの摩擦力だけ多くの力が働くことになる。つまり、周期的に変動する力が繰返し加えられることになるので (2) 式と同じ型をとるようになるわけであろう。ただ、違うのはこの実験の場合はかように繰返し周期的に変動する荷重が加えられながら綱がすれるということである。したがって、この実験の場合では b の値は (2) 式のときよりかなり大きな値であつた。

なお、綱はすれの進むにつれて表面の毛羽立ちが目立ち、より山がすり減り、よりが甘くなりストランドを構成するヤーンが切れ始め、次いで、ストランドが切断するようになった。ナイロンではすれが進行してヤーンの切断前に綿のような固りができた。

終りに本実験を手伝つて下さつたグエン・クエン・カイ、熊谷 昭および下長一郎の三君に深謝する。

要 約

綱の摩耗特性を知るために、新しく考案した装置を用いて市販の径 12 mm の綱を使つて実験した。試験装置は綱が一様にすれるように考案された。すなわち、綱自身回転し、それが回転するグラインダーに騎乗して前後に動いてすれるようにした。摩擦後、綱の表面を観察し、次いで太さ、抗張力および伸度を測定した。その結果次のようなことが知れた。

- 1) 摩擦後の強さは荷重や摩擦回数の増すにつれて減少する。その強さを T とすると、

$$T = k \left[\frac{(T_0 - W)\rho}{WS} \right]^\alpha$$

で表わされる。ここに k は定数、 T_0 は綱の始めの強さ、 W は荷重、 ρ はグラインダーの曲率半径、 S は摩擦距離、 α は指数である。 k および α は綱の種類によつて異なる。

- 2) 荷重 W と綱が切れるまでの切断回数 n' とは、

$$W = a - b \log n'$$

で表わされる。ここに a, b は定数で綱の種類によつて異なる。

2) この実験における綱の耐摩性は PP 特殊モノフィラメント、PP モノフィラメント、ビニロン、マニラ、ナイロンの順に減少した。ビニロンとマニラはほぼ同じ程度であり、ナイロンはこのような摩擦物体には弱いようである。同一繊維材料よりできている綱の耐摩性はその材料繊維の形態によつて違う。

参 考 文 献

- 1) 田内森三郎・安田秀明：水物談話会報，6，35～38 (1929)。