

救助ロープに関する研究について

Study on Life Ropes

国 本 由 人 *
小 林 秀 俊 *

For the purpose of firefighters security, we studied on the relation of the strength of life ropes and their various factors such as change by time, frequency of use, appearance, thickness, pitch and stretch.

The results showed that inferiority in strength was appeared in the used ropes in proportion to the hours spent being used and frequency of use.

Non-used ropes, when loaded, become longer in pitch and bigger in thickness than used ropes. Although used ropes indicated similar values in pitch and thickness to non-used ropes, they showed apparent inferiority in strength compared with non-used ropes.

1. はじめに

救助ロープの経年変化、使用頻度、外観状況、ロープ太さ、リード及び伸び等を測定しこれらの項目と、強度との関連を把握し、隊員の安全管理を図ることを目的としている。

昭和54年度には、使用頻度、救助種別及び外観状況による強度との関係を、短期間試験(2ヶ月間)として研究所報17号に結果を報告した。

今回は、昭和54年11月から約3年間にわたり、3署の特別救助隊に依頼して使用したロープについて試験を実施した結果について報告する。

お未使用ロープとして昭和55年度購入のもの50m巻1本及び昭和57年度購入のもの50m巻3本を試料とした。

(2) 採取箇所

使用ロープは、中央部から1ヶ所及び一方の端末部より1~5mを残した位置から1ヶ所、計2ヶ所から採取した。

また、損傷のみられた部分についても試験箇所として採取した。

未使用ロープは、50m巻の一方の端末から2ヶ所採取した。

試料の長さは5mである。

2. 試験材料の諸元(使用前)

- (1) 材 質 ナイロン
 - (2) 打ち方 三つ打ちZより
 - (3) 太 さ 公称12mm
 - (4) 引張強さ 2800kg以上
- (日本工業規格(JIS)による)

3. 試料の使用期間及び採取箇所

- (1) 購入年月日、配置年月日、回収年月日

は表1のとおりである。

試料数は、50mロープ24本、30mロープ10本及び20mロープ12本で合計46本である。な

4. 試験項目

- (1) 強伸度試験

ア 目的

ロープの太さ、リード、伸び及び損傷の有無と引張強さの関連を把握するため。

イ 方法

日本工業規格(JIS) L2704による。

ウ 測定項目

- (ア) 太さ

無荷重時と公称引張強さ(JISによる2800kg)の5%荷重時(140kg)の太さを測定する。

- (イ) リード

無荷重時と公称引張強さの1%荷重時

表－１ ロープの使用期間及び使用状況

試験 ロープ 番号	長さ (m)	購入年月	配置年月	回収年月	使用期間	使用日数 (日)	使用時間 (時間 分)	総使用 人員 (人)	使用回数 (回)
1	50	昭和54年 5 月	昭和54年11月	昭和56年 1 月	1 年 3 ヶ月	23	38時間25分	110	131
2	50	"	"	"	"	23	48 " 50 "	106	178
3	50	"	"	"	"	11	16 " 50 "	49	122
4	30	"	"	"	"	47	157 " 12 "	173	528
5	20	"	"	"	"	20	28 " 15 "	71	188
6	20	"	"	"	"	22	30 " 00 "	80	109
7	50	"	"	57・10	3・0	42	55 " 25 "	176	259
8	50	"	"	"	3・0	45	138 " 45 "	185	329
9	50	55・5	56・1	"	1・10	26	79 " 00 "	77	286
10	30	54・5	54・11	"	3・0	48	63 " 45 "	214	170
11	30	"	"	"	"	59	137 " 45 "	170	339
12	20	"	"	"	"	28	37 " 05 "	118	132
13	20	"	"	"	"	32	25 " 25 "	110	112
14	20	"	"	"	"	31	49 " 05 "	153	148
15	50	55・5	56・1	"	1・10	10	15 " 30 "	38	57
16	50	54・5	54・11	56・1	1・3	12	17 " 40 "	36	198
17	50	"	"	"	"	15	23 " 05 "	54	141
18	30	"	"	"	"	24	46 " 40 "	100	396
19	30	"	"	"	"	24	50 " 30 "	110	354
20	30	"	"	"	"	25	52 " 15 "	111	336
21	20	"	"	"	"	12	29 " 15 "	58	170
22	20	"	"	"	"	15	21 " 00 "	59	178
23	20	"	"	"	"	13	26 " 45 "	57	184
24	50	"	"	57・10	3・0	32	47 " 05 "	96	372
25	50	"	"	"	"	27	22 " 50 "	70	183
26	50	55・4	56・1	"	1・10	35	71 " 10 "	162	700
27	50	"	"	"	"	44	122 " 40 "	186	1207
28	50	54・5	54・11	"	3・0	26	43 " 00 "	81	329
29	50	"	"	"	"	28	33 " 25 "	93	174
30	50	55・4	56・1	"	1・10	45	110 " 50 "	161	865
31	50	54・5	54・11	56・1	1・3	31	27 " 52 "	88	85
32	50	"	"	"	"	41	30 " 26 "	100	129
33	30	"	"	"	"	59	55 " 42 "	185	322
34	20	"	"	"	"	33	36 " 30 "	128	169
35	20	"	"	"	"	16	21 " 30 "	87	128
36	50	55・5	56・1	57・10	1・10	12	11 " 55 "	34	113
37	50	54・5	54・11	"	3・0	60	48 " 43 "	154	210
38	50	55・5	56・1	"	1・10	12	12 " 55 "	33	158
39	50	54・5	54・11	"	3・0	52	51 " 30 "	155	205
40	50	"	"	"	"	44	46 " 50 "	106	180
41	50	"	"	"	"	41	38 " 35 "	102	156
42	30	"	"	"	"	78	70 " 39 "	237	474
43	30	"	"	"	"	84	74 " 29 "	263	365
44	30	55・5	56・1	"	1・10	14	22 " 10 "	44	77
45	20	54・5	54・11	"	3・0	42	41 " 15 "	139	168
46	20	55・5	56・1	"	1・10	2	1 " 10 "	4	8

表-2 切断強さ、伸び等測定結果

試験 ロープ 番号	長さ (m)	引張強さ (kg)	荷重2,000kg 時の伸び (%)	太 さ (mm)		リ ード (mm)		備 考
				無荷重時	5%荷重時	無荷重時	1%荷重時	
1	50	3,290	47.0	13.2	12.1	28.6	29.0	
2	50	3,000	43.3	12.7	11.9	28.6	31.0	
3	50	3,350	45.0	12.8	12.0	28.6	30.0	
4	30	2,500	51.3	12.9	11.9	28.6	32.0	
5	20	2,300	51.7	12.8	12.4	31.3	34.0	
6	20	3,250	47.8	13.0	12.0	29.8	31.3	
7	50	3,070	48.7	12.9	12.0	29.8	31.3	
8	50	2,980	49.7	12.7	11.9	29.8	29.9	
9	50	3,000	45.7	12.6	11.9	27.5	30.5	
10	30	2,670	45.7	12.8	11.8	29.5	31.0	
11	30	2,770	52.0	12.8	11.7	29.5	31.3	
12	20	3,270	48.3	12.8	11.8	28.0	30.7	
13	20	3,170	49.5	12.9	11.8	29.2	31.0	
14	20	2,960	50.2	13.2	12.0	28.0	31.0	
15	50	3,260	50.3	12.9	11.9	29.2	31.3	
16	50	3,310	46.7	12.8	12.0	28.2	31.3	
17	50	3,350	39.7	12.4	11.6	29.5	31.0	
18	30	3,000	49.0	12.8	11.7	29.3	32.0	
19	30	3,070	49.0	12.9	11.8	29.5	32.8	
20	30	3,210	49.0	12.9	11.8	29.0	31.9	
21	20	2,690	50.0	13.4	12.2	29.5	32.8	
22	20	2,800	53.7	13.2	12.0	29.2	31.6	
23	20	2,680	56.3	13.0	12.2	28.6	32.0	
24	50	3,240	40.3	12.3	11.6	29.9	32.2	
25	50	3,100	47.7	12.8	11.9	28.7	31.0	
26	50	2,270	47.3	12.3	11.2	28.0	32.0	
27	50	3,220	46.0	12.8	12.0	29.0	32.5	
28	50	3,260	44.2	12.5	11.6	30.0	33.0	
29	50	3,190	41.0	12.3	11.5	30.8	32.8	
30	50	2,180	48.8	12.8	11.8	29.2	32.8	
31	50	3,160	47.7	13.0	11.9	28.8	31.8	
32	50	3,090	47.7	12.8	12.2	29.5	31.6	
33	30	2,860	49.3	13.0	11.7	29.5	32.8	
34	20	3,330	49.8	12.8	11.9	27.8	30.2	
35	20	3,230	49.7	12.9	11.9	29.2	32.3	
36	50	2,970	50.7	12.9	11.7	29.0	30.0	
37	50	2,890	48.0	12.9	11.6	28.0	32.3	
38	50	3,080	49.0	13.0	11.8	28.6	32.4	
39	50	2,920	47.0	13.0	11.5	30.2	31.6	
40	50	2,990	46.3	12.8	11.8	28.8	32.8	
41	50	2,980	46.5	12.8	11.8	29.6	33.5	
42	30	2,940	55.7	13.0	11.8	29.3	32.6	
43	30	2,790	48.2	13.1	12.0	29.8	32.0	
44	30	2,410	54.5	12.8	11.8	29.0	33.8	
45	20	2,900	52.0	13.0	11.8	28.6	31.0	
46	20	3,220	52.0	13.1	11.8	29.5	31.6	
55	50	3,370	35.3	12.2	12.0	30.5	36.5	※ 1
57-1	"	4,070	37.8	12.4	12.0	32.0	35.0	※ 2
57-2	"	4,220	34.5	12.4	11.9	32.0	35.0	※ 2
57-3	"	4,140	36.7	12.5	12.0	33.0	34.6	※ 2
(54年度)		3,820	31.0	11.8	11.7	31.0	33.4	※ 3

※ 1 No55は55年度購入未使用ロープの測定値

※ 2 No57-1～57-3は57年度購入未使用ロープの測定値

※ 3 (54年度)は54年度実験時の未使用のロープの測定値

(28kg)のリードを測定する。

(ウ) 引張強さ

(エ) 伸び

荷重に対する伸びを測定する。

(2) 復元率試験

ア 目的

荷重に対するロープの復元率を測定し、未使用ロープとの違いをみるため。

イ 方法

- ロープに標点荷重 (50kg) を加えて、標点間長さ L ($L=500\text{mm}$) を入れる。
- 測定荷重を加え 1 分間放置し標点間長さ L_1 を測定する。
- 無荷重にして 1 分間放置する。
- 標点荷重を加えて標点間の長さ L_2 を測定する。
- 復元率を求める。

$$\text{復元率} = \left(1 - \frac{L_2 - L}{L_1 - L} \right) \times 100(\%)$$

- 測定荷重は、200kg、600kg 及び 1000kg とし、各荷重ごとに a～e をくり返す。

5. 試料の使用状況

救助ロープの使用状況は、表-1のとおりである。

6. 試験結果

(1) 強伸度試験結果

試験の結果、強度の低い方をそのロープの強度とし、その結果を表-2に示す。表-3は損傷部分の引張強さと伸びで、写真1～5は試験前の外観である。また、図-1～3は表-2から太さ、リード、伸びと引張強さの関係を図示したもの、表-4は測定項目の平均値を示したものである。

図-4、図-5、図-6は表-1と表-2から、使用日数、時間及び回数と引張強さの関係について示したものであり、表-5は全ロープの使用日数及び太さ等の平均値を求めて、この値から大小のグループ別にして、引張強さの平均を比較したもの、表-6は昭和55年度購入ロープについてまとめたものである。

写真6～13は外観と引張強さを示したものである。

(2) 復元率試験

表-7、表-8、図-7に結果を示す。図-6は、表-8を図示したものである。

表-3 損傷部分の切断強さ及び伸びの測定結果

試験ロープ番号	引張強さ(kg)	荷重2,000kg時の伸び(%)	写真番号
15	1,860	※ 48.2	
25	2,670	45.3	1
32	2,230	51.0	2
35	2,030	49.0	3
36	2,850	50.3	4
46	1,760	※ 46.7	5

※ No15、46は荷重1,500kg時の伸び

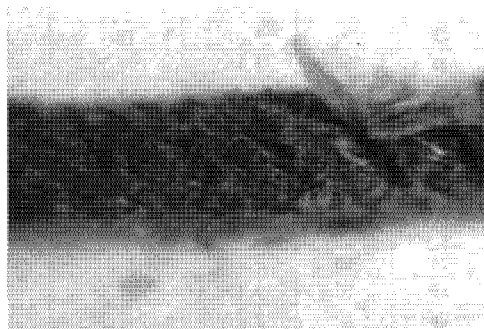


写真-1

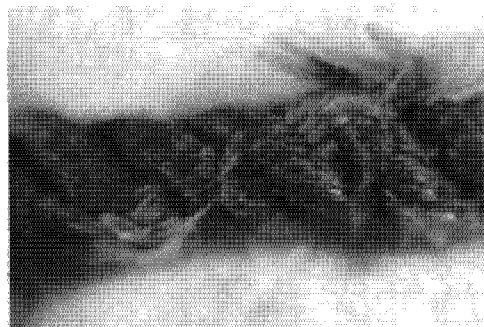


写真-2

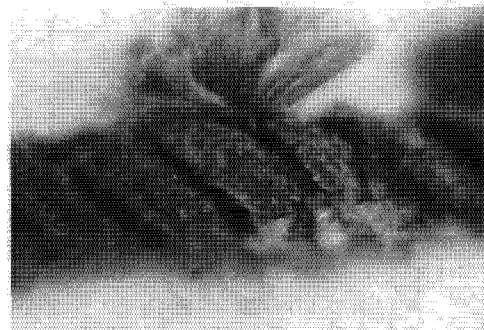


写真-3

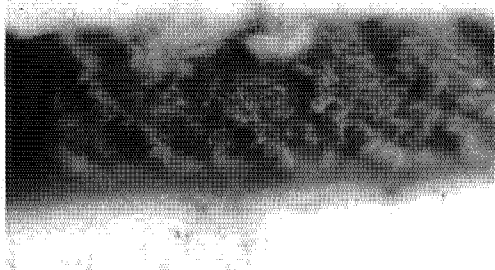
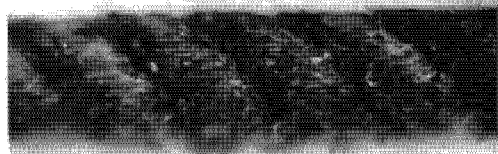


写真 - 4



No.30 2180kg

写真 - 8

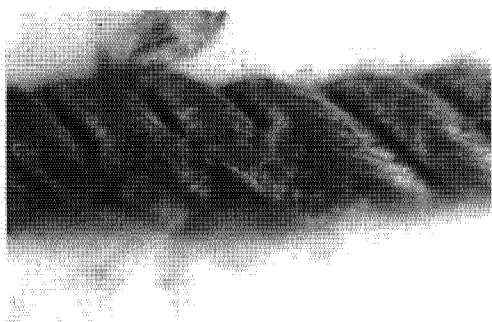
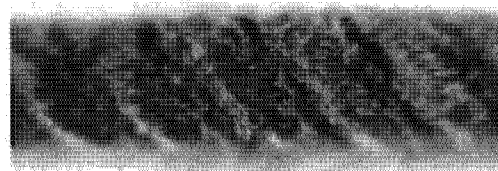
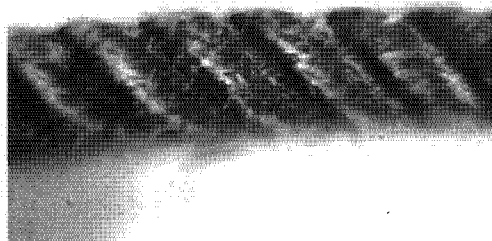


写真 - 5



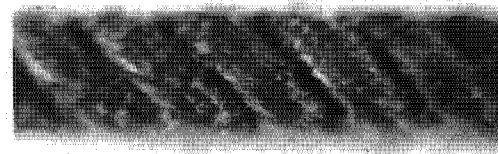
No.44 2410kg

写真 - 9



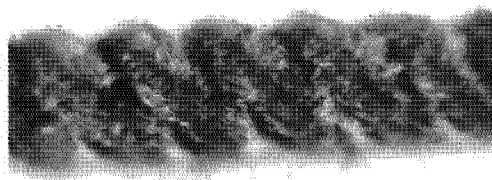
試験ロープ番号No.5 引張強さ2300kg

写真 - 6



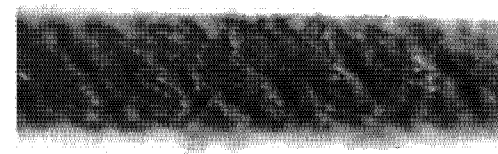
No.16 3310kg

写真 - 10



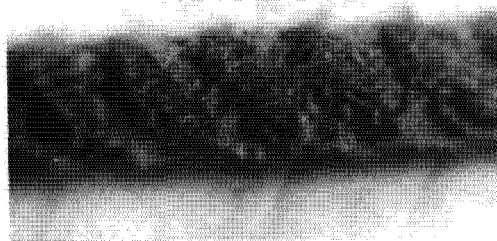
No.26 2270kg

写真 - 7



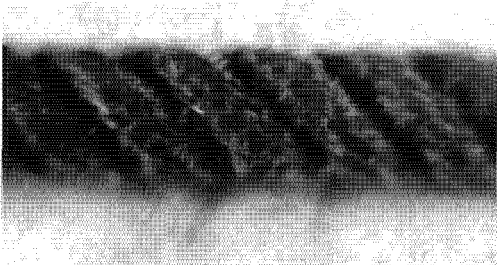
No.17 3350kg

写真 - 11



No.31 3160kg

写真-12



No.34 3330kg

写真-13

7 考 察

(1) 強伸度試験

表-4に示すように、使用ロープの平均引張強さは2982kg、未使用ロープの平均引張強さは3924kgであり、ロープは使用により当然ながら強度が低下する。しかし、その低下の程度はばらばらであり、個々のロープの使用日数・時間・回数が異なるとともに、太さ、リード及び外観も変化している。そこで、これらと引張強さの関係について検討してみる。

ア 使用日数との関係について

図-3にその傾向を示す。

使用ロープの平均使用日数は31.8日であり、表-5に示すように、これより使用日数の長いグループの引張強さの平均は2888.0kgであり、短いグループは3054.2kgであった。使用日数の長いグループは、短いグループより強度が低く、また、全ロープの平均引張強さ2982kgよりも低い。

表-5 平均値を中心としたグループ別の比較

	全ロープの平均 (A)	(A)より大きい グループの引張 強さの平均	(A)より小さい グループの引張 強さの平均
使用日数	31.8日	2888kg	3054.2kg
使用时间	48時間30分	2830kg	3055.5kg
使用回数	257回	2897.5kg	3027kg
太さ			
無荷重時	12.9mm	2996.1kg	2967.8kg
5%荷重時	11.84mm	3016.3kg	2950.4kg
リード			
無荷重時	29.1mm	2971.2kg	2994.8kg
1%荷重時	31.7mm	2875.7kg	3088.3kg
伸び	48.5%	2899.2kg	3072.2kg

ロープが弱くなるのは、加わる荷重、使用状態、紫外線、カラビナ等での摩擦による影響などが伝えられ、短时日でもこれらの加わり方によっては大きく強度が低下するが、一般的には使用日数の長い方がこれらの要因が加わることが多くなるため、使用日数が平均より長いグループが弱い傾向を示すと考えられる。

イ 使用時間との関係について

使用時間の平均は48時間30分で、表-5に示すように、これより時間の長いグループの引張強さの平均は2830.0kg、短いグループは3056.9kgで、日数と同様に平均時間より長いグループの方が強度が低い。また、全ロープ平均よりも低い。これは日数と同様に一般的には使用時間の長い方が強度低下の要因の加わることが多くなるためと思われる。図-4に傾向を示す。

ウ 使用回数との関係について

使用回数の平均値は257回で、これより多いグループの引張強さの平均は2897.5kgであり、少いグループの平均は3027.0kgであった。平均回数より多いグループが、日数や時間と同じ傾向を示した。これも、回数の多い方が強度低下の要因の加わる機会が多くなるためと思われる。図-5に全体の傾向

表-4 引張強さ、伸び等の平均値の比較

項目 ロープ別	引張強さ (kg)	荷重2000kg時の 伸び (%)	太 さ (mm)		リード (mm)	
			無 荷 重 時	5 % 荷 重 時	無 荷 重 時	1 % 荷 重 時
使 用 ロ ー プ	2982	48.5	12.9	11.84	29.1	31.7
未 使 用 ロ ー プ	3924	35.1	12.3	11.92	31.7	34.9

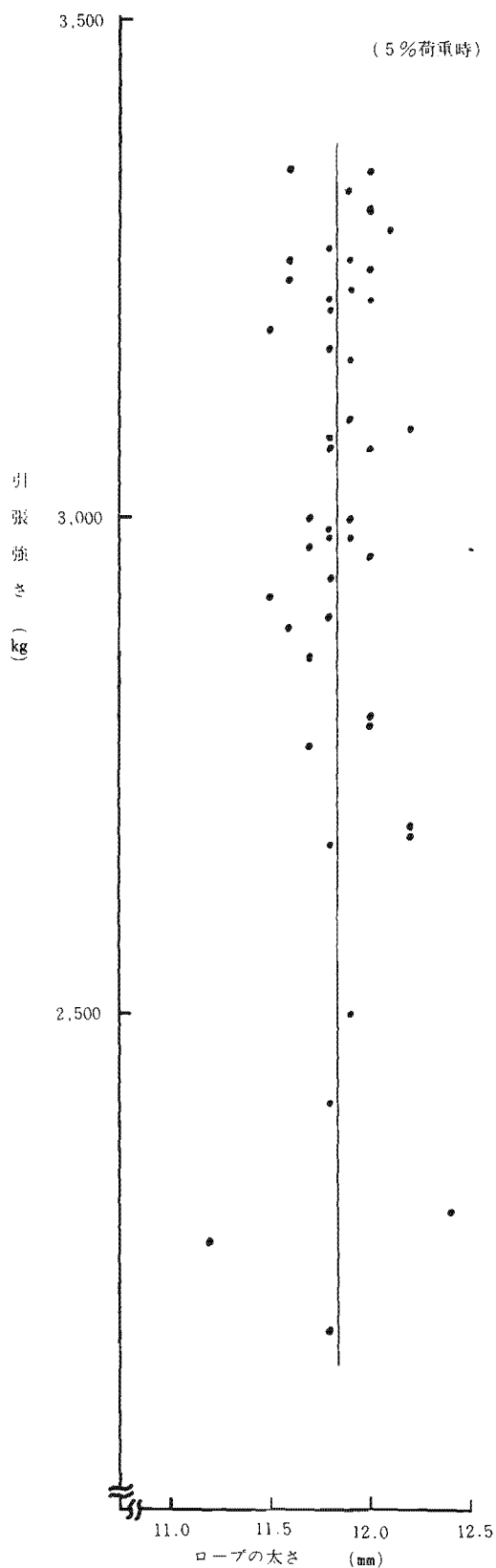
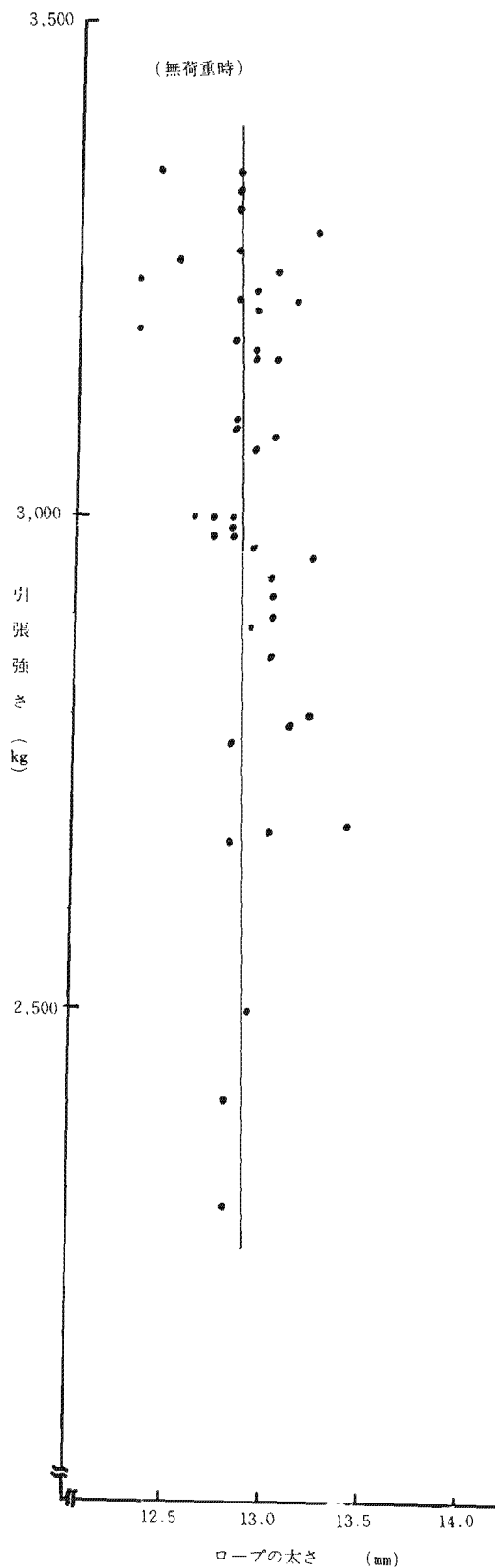


図-1 ロープ太さ—引張強さ
(91)

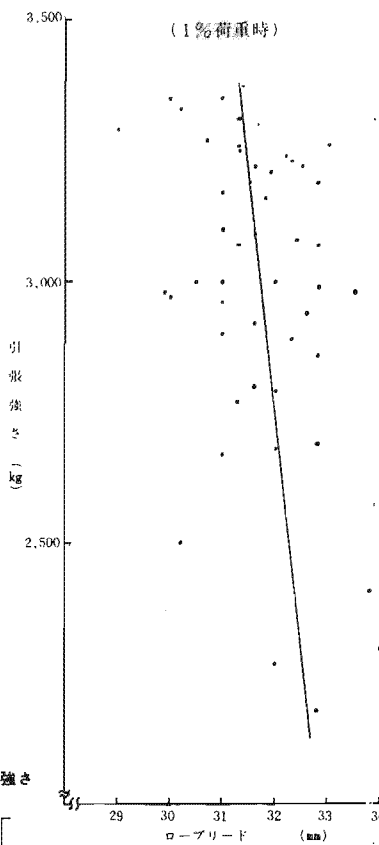
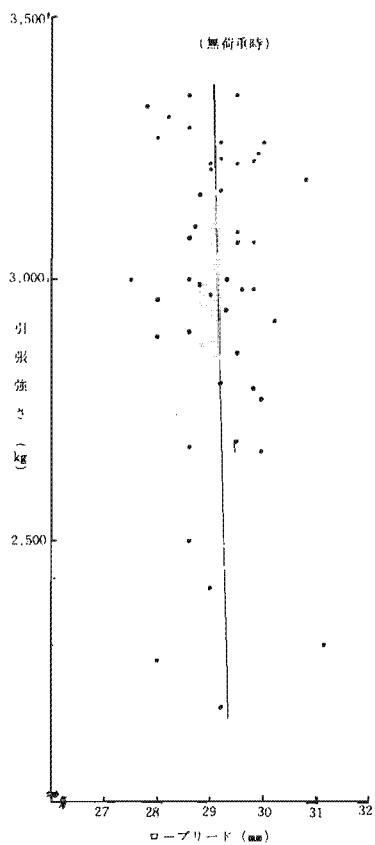


図-2 ロープリード-引張強さ

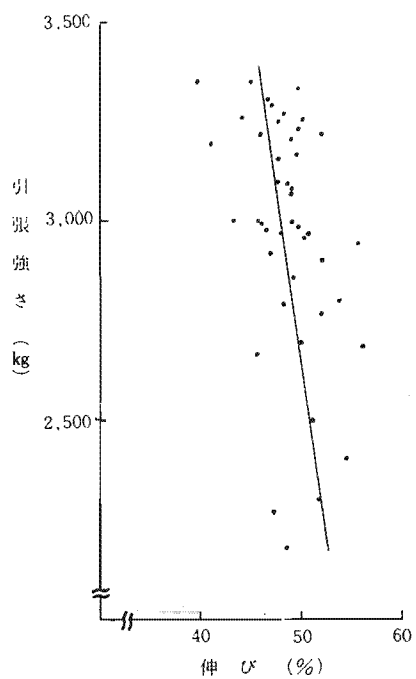


図-3 伸び-引張強さ

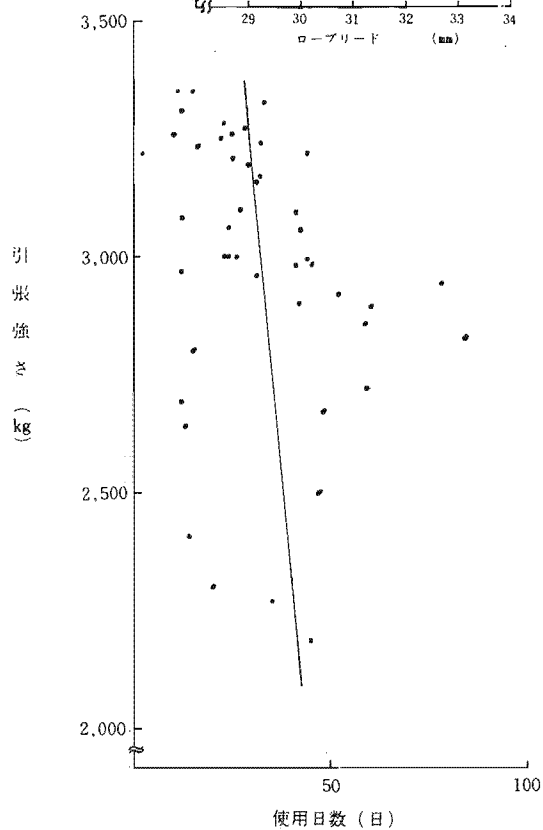


図-4 使用日数-引張強さ

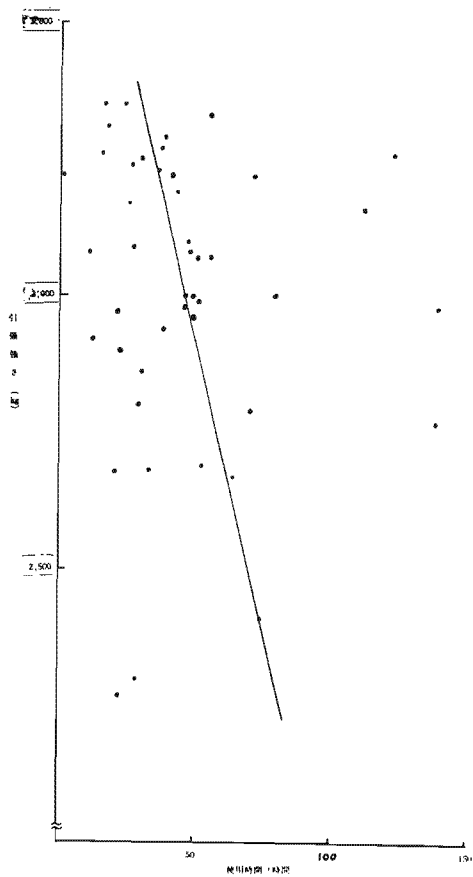


図-5 使用時間—引張強さ

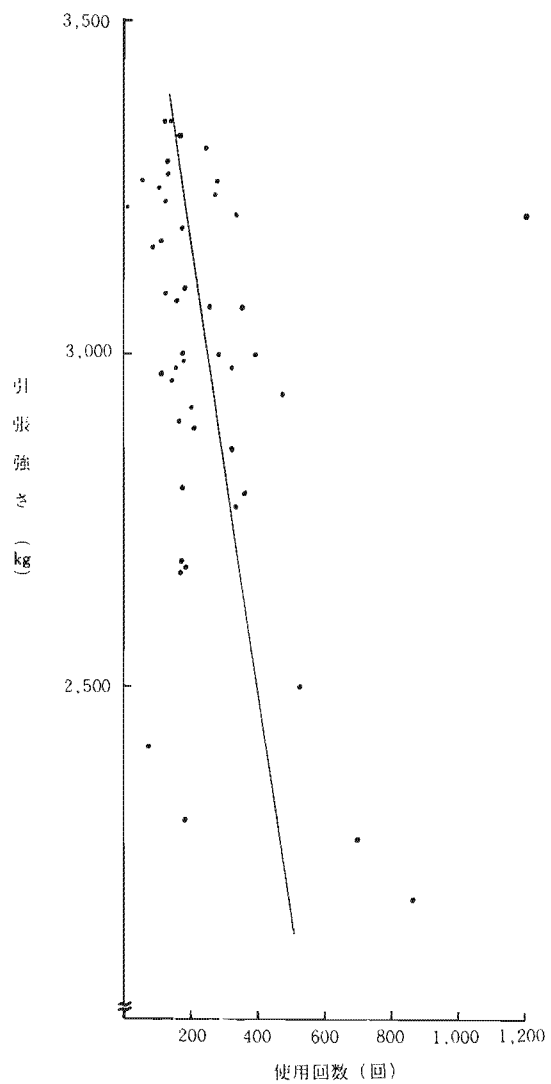


図-6 使用回数—引張強さ

表-6 経年変化

ロープ種別	引張強さ (kg)	引張強さの 平均(kg)	太 さ (mm)	太 さ の 平均(mm)
No55-1	3370	3440	12.0	11.85
No55-2	3510		11.7	
55年度ロープ購入 時の製品データ(1)	3730	3620	11.8	11.77
(2)	3550		11.7	
(3)	3580		11.8	

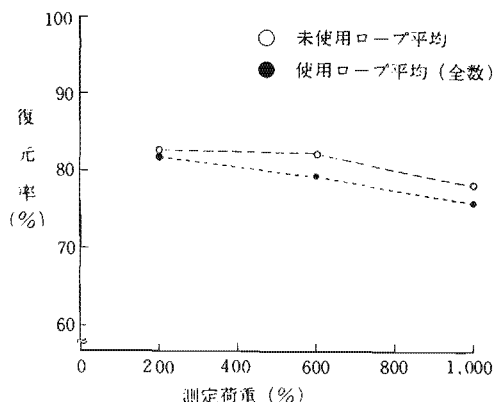


図-7 測定荷重—復元率

を示す。

エ 太さとの関係について

太さの無荷重時の平均は12.9mmで、これより太いグループの引張強さの平均は2996.1kg、細いグループは2950.4kgであった。

5%荷重時においては、平均太さ11.84mmより太いグループは3016.3kg、細いグループは2950.4kgで、細い方がやや弱い。

表-4に示すように、使用ロープは未使用ロープにくらべ無荷重時では太いが、5%荷重時ではやや細い。これは、ロープが使用によって荷重やカラビナ等での摩擦の影響などでよりがもどり、ストランドがゆるんで太くなったと思われる、5%荷重を加えることでこれがしまって細くなり、外面の摩滅のため未使用より細い傾向となると思われる。そのため、グループ別にした場合に細いグループの方がやや弱い傾向を示したと思われる。

オ リードとの関係について

無荷重時のリードの平均は29.1mmで、これより長いグループの引張強さの平均は

表-7 復元率測定結果

試 ロ 番	験 ブ 号	復 元 率 (%)		
		荷重 200kg	600kg	1000kg
1		92	86	84
2		82	79	74
3		78	77	74
4		90	89	86
5		85	87	84
6		90	86	81
7		92	91	81
8		88	86	85
9		81	83	80
10		90	84	83
11		95	92	88
12		91	86	85
13		92	84	77
14		87	82	77
15		86	83	74
16		84	75	71
17		75	71	69
18		82	77	74
19		84	80	73
20		96	82	76
21		87	85	85
22		82	80	75
23		83	82	77
24		86	85	79
25		83	83	78
26		85	81	78
27		86	84	81
28		83	82	80
29		83	84	82
30		84	75	76
31		83	76	75
32		76	77	73
33		75	75	72
34		77	75	75
35		79	77	75
36		79	76	73
37		71	72	70
38		69	69	65
39		75	76	70
40		71	72	70
41		74	75	73
42		68	71	66
43		70	72	66
44		70	67	65
45		67	69	66
46		72	70	68
55		80	81	80
57-1		81	84	76
57-2		83	82	78
57-3		79	80	78
※54年度		87	83	80.5

※54年度実験時の未使用ロープの平均値

表－8 復元率平均値の比較

測定荷重(kg) ロープ別	復元率の平均値 (%)		
	200	600	1000
使用ロープ	81.7	79.3	75.8
未使用ロープ	82.5	82.3	78.1

2971.2kg, 短いグループは2994.8kgでほとんど差がない。

1%荷重時には、ストランドのゆるみの大きいものの方が引き伸ばされるためか、グループ別にすると平均より長いグループが弱い。1%荷重時のリードの平均31.7mmより短いグループの引張強さの平均は3088.3kg, 長いグループは2875.7kgであった。

カ 損傷部分との関係について

表-3に示すように、損傷のない部分にくらべて強度は低い。したがって当然のことながら、取扱上はロープに損傷を与えないように注意し、使用中にロープの損傷を認めたならば補助ロープ的に使用するか、または、使用の中止、交換等を行う必要がある。

キ 外観形状との関係について

摩滅や毛羽立ちのあるものの方が、一般的には強度が低下していた。(写真6～13)

ク 経年変化との関係について

表-6に示すように、未使用でも昭和55年度に購入し約2年3ヶ月経過したロープは、約5%程度引張強さが低下していた。この変化は保管場所によって異ってくるので、通風のよい冷暗場所に置くなど保管場所の選定には十分注意する必要がある。

ケ 伸びとの関係について

伸びについては、平均の伸び48.5%より伸びの大きいグループの強さの平均が2899.2kg, 小さいグループが3072.2kgで、伸びの大きいグループが弱かった。これは、ロープのよりがもどって、ゆるみができたため、伸びが大きくなったものと思われ、伸びの大きい方が使用に際して荷重や摩擦などを多くうけているためと思われる。図-3に傾向を示す。

(2) 復元率

復元率試験の結果は図-7のように、未使用ロープに比べ使用ロープの方が低い傾向である。

特に、ロープゆるみ（無荷重時の荷重時の変化）の程度が大きいものに復元率が悪かった。これは、ゆるみのためロープの各繊維に加わる荷重が一樣でなくなるため復元率が低下するものと思われる。

8. おわりに

今回の実験により、使用ロープは使用日数・時間・回数の多寡によって強度の劣下がみられる。また、リード、太さについては、未使用ロープは使用ロープより、リードは長く、太さは太い（荷重時）。使用ロープはリード、太さが未使用ロープに近い値を示したものの著しい強度の低下がみられた。

しかし、個々のロープを取り上げてみた場合、初期強度、ロープの“より”の程度等製品のばらつき及び使用種目・内容の影響などが関係してくるため、必ずしも一樣でなく相当のばらつきをもつ。したがって定められた管理、取扱上の注意事項に十分留意する必要がある。

最後に、実験用ロープの使用にあたっていただいた特別救助隊の方々に深く感謝いたします。

9. 参考文献

「救助ロープの研究について」 赤荻 勇
消防科学研究所報17号