

救助ロープの研究について

赤 荻 勇*

1 はじめに

都市構造の複雑化及び災害の多様化にともない、救助活動も年々増加し、これらの災害に対処するため救助訓練の回数も増し、ロープの使用頻度及び痛み具合も以前に比較して激しくなっている。救助隊員にとって救助ロープは自分の命に匹敵する程大切なもので、ロープの管理にあたっては厳しすぎる程、気を使って管理を実施している。しかし使用に際して救助ロープの現在の強度を把握する方法がないため、隊員は長年の経験による外観検査のみにより使用の可否判断を行っているが、この判断を一步誤まれば重大な事故につながるため、当研究所では隊員の安全管理の向上を図るため、救助ロープの研究に着手し、初年度としての研究成果を得たので報告する。

2 研究目的

救助ロープの経年変化、使用頻度及び救助種別と各種強度及び損耗状況との関係を把握し、救助ロープの管理基準を作成するとともに、隊員の安全管理の向上を図ることを目的とする。

3 研究推進方法

本研究の研究目的は前述のとおりであるが、具体的に述べるならば、救助ロープの使用可否の判断をするため基準、方法及び試験装置を作成及び開発することにある。救助ロープは一般に使用にともないロープの径及びリードは変化し、毛羽立等の損耗も多くなる。またそれにもなって各種強度及び伸びとの間に一定の関係があるとするならば、使用前にロープの径、リード及び伸び等を測定することにより、救助ロープの強度が判断出

来るのではないかという考えのもとに研究を推進することにした。

推進の第一としてロープの使用頻度及び救助種別と強度及び損耗状況の関係をみるため、短期集中使用による試験を実施した。

策二として第一の關係に、さらに経年的要素を加えた場合における関係を見るため、1年から3年間の使用試験を実施することとした。その他結索種別による救助ロープ強度の低下率、ウェザーメーターによる経年変化試験等を行い、総合的に救助ロープの可否判断基準を作成するとともに、伸び及び復元率と強度の關係から、簡易な非破壊強度判定装置の開発を図っていきたい。

今年度は初年度として短期集中使用試験を実施した。

4 試験方法

短期集中使用試験は特別救助隊員の集合訓練期間(約2ヶ月間)を利用して、試料としての救助ロープを各救助種別ごとに専用使用していただき、使用の都度、使用時間、負荷、損耗状況等を記録していただき、その使用ロープから損耗の著しい部分、及び平均的損耗部分を取り、下記項目の試験及び、測定を実施した。

5 試験項目、試験方法及び測定項目

(1) 試験材料

ア 材質	ナイロン
イ 打ち数	3本打ちZより
ウ 太さ	11.8mm
エ リード	31.6mm
オ 引張強度	3700kg
カ 伸び	36%
キ 落下衝撃	初回 1090kgf

* 第1研究室

- ク 切断衝撃
- 2回目 切断しない
 - 初回 174kgf
 - 2回目 187kgf
 - 3回目 151kgf

(2) 試験項目

ア 強伸度試験

(ア) 目的

ロープの太さ、リード及び損耗の差による引張強度と伸びを把握するため。

(イ) 試料

- a. 損耗の著しい部分
- b. 平均的損耗部分

(ウ) 方法

日本工業規格 L2700による。

(エ) 測定項目

- a. 太さ（無荷重時と公称切断荷重の1%荷重時）
- b. リード（無荷重時と公称切断荷重の5%荷重時）
- c. 引張強度
- d. 伸び

イ 結索種類別強伸度試験

(ア) 目的

結索の種類によりロープの引張強度がどれだけ低下するかを把握するため。

(イ) 試料

未使用ロープ

(ウ) 結索種別

- a. 止め結び 1, 2法
- b. フュラー結び
- c. 8の字結び

- d. 二重もやい結び
- e. もやい結び
- f. 本結び
- g. 二重つなぎ
- h. プルジック結び
- i. 二回り二結び

(エ) 方法

強伸度試験方法と同じ

ウ 復元率試験

(ア) 目的

荷重に対する救助ロープの復元率の関係をみるため。

(イ) 試料

- a. 損耗著しい部分
- b. 未使用ロープ

(ウ) 方法

- a. 標点荷重 50kg
- b. 測定荷重 フリー時, 50kg, 200kg, 600kg, 1000kg
- c. 初荷重 50kgをかけ標点を入れる。
- d. 各ポイント(200, 600, 1000kg)時に伸びを測定し, 各ポイント荷重で約1分間維持する。
- e. 除重し, 完全に無荷重にして1分間置き, 伸びを測定する。
- f. 初荷重50kgをかけ, 1分間置き, 除重後の伸びを測定する。

6 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。

表1 ロープの使用状況表

試料番号	ロープ長さ(m)	救助種別使用方法	使用期間(日)	使用人員(人)	総使用人員(人)	総体重(kg)	総使用回数(回)	1日当り使用回数(回)	総荷重(kg)	1日当りの荷重(kg)
1	50	障害突破懸垂用	14	12	168	720	356	25.4	21360	1526
2	"	"	23	7.2	166	720	347	15.1	20820	905
3	"	ロープ登はん懸垂用	6	5.7	34	365	270	45	16416	2736
4	"	ブリッジ救出渡過用	16	10.9	174	664	1687	105.4	102400	6400
5	"	引揚救助用	12	3	36	180	157	13	9420	785
6	"	ロープ登はん確保用	8	6	48	375	28.5	35.6	17812	2237

試料番号	ロープ長さ(m)	救助種別使用方法	使用期間(日)	使用人員(人)	総使用人員(人)	総体重(kg)	総使用回数(回)	1日当り使用回数(回)	総荷重(kg)	1日当りの荷重(kg)
7	50	フリッジ救助確保	14	3	42	176	300	21.4	17610	1258
		フリッジ救助渡過	7	5	36	369	288	41.1	17712	2530
8	"	ロープ登はん確保及び登はん	12	6	72	375	540	45	33750	2813
		障害突破懸垂用	11	2	22	135	61	5.6	4118	374
9	"	フリッジ救助渡過	16	10.8	172	676	1688	105.5	103812	6488
10	"	フリッジ救助確保	21	3.7	78	545	587	28	35572	1694
11	"	ロープ登はん懸垂	9	4.9	49	333	235	26.1	14617	1624
12	30	引揚救助確保用	12	8.6	103	550	553	46	33788	2816
13	"	"	12	6	72	370	366	30.5	22582	1882
14	20	高所人命救助確保	16	6	9.6	363	2268	141.8	137214	8576
15	"	高所人命救助懸垂	9	3.7	33	243	70.8	78.7	43046	4783
16	"	引揚救助懸垂用	12	6	7.2	370	419	34.9	25852	2154
17	"	障害突破渡過用	13	12	156	720	407	31.3	24420	1878
18	"	"	14	12	168	720	406	29	24360	1740
19	"	高所人命救助懸垂	13	2	26	127	655	50.4	41592	3199
20	"	"	8	2	16	118	455	56.9	26845	3356
21	"	障害突破渡過用	11	4	4.4	265	768	69.8	50304	4573

7 試験結果

(1) 強伸度試験

強伸度試験の結果は、表2のとおりである。

表2 強伸度試験結果

試料番号		太さ(mm)		リード(mm)		引張強さ(kg)	伸び(%)	未使用ロープに対する強力保持率(%)
		無荷重時	5%荷重時	無荷重時	1%荷重時			
1	1	12.4	11.0	31.3	36	2590	52.5	67
	2	12.0	11.2	31	36	2800	47.5	73
	3	12.7	11.7	30.5	32	3780	60.0	98
	4	12.7	11.8	30	31	3280	52.5	85
2	1	12.0	11.2	32.0	33	2620	50.0	68
	2	11.9	11.0	32.0	34	2530	49.0	66
	3	12.7	11.9	31	32.2	3640	53.0	95
	4	12.7	11.9	31	32.0	3470	52.0	90
3	1	12.3	12.0	30	31.3	3760	49.0	98
	2	12.4	12.1	30.4	31	3740	50.0	97
	3	-	-	-	-	-	-	-
	4	-	-	-	-	-	-	-

試料番号		太さ(mm)		リード(mm)		引張強さ(kg)	伸び(%)	未使用ロープに対する強力保持率(%)
		無荷重時	5%荷重時	無荷重時	1%荷重時			
4	1	12	11.7	31	32.5	3190	45.5	83
	2	12.1	11.6	30.7	33	3290	45.0	86
	3	12.2	11.7	29.8	31	3320	49.0	86
	4	12.3	11.6	29.9	32.0	3480	50.0	91
5	1	12.8	12.0	29.2	31	2940	54.0	77
	2	12.7	12.1	29.3	30	3520	50.0	92
	3	12.5	12.0	31	31.7	3360	54.0	88
	4	12.6	12.1	30	31.6	2940	50.0	77
6	1	13.1	12.1	30	31	3460	57.5	90
	2	13.2	12.3	29	31	3550	57.5	92
	3	12.4	11.9	31	32.0	3520	50.0	92
	4	12.5	12.0	31	32.0	3500	52.0	91

試料 番号		太さ (mm)		リード (mm)		引張 強さ (kg)	伸び (%)	未使用ロ ープに 対する 強力 保持率(%)
		無荷 重時	5%荷 重時	無荷 重時	1%荷 重時			
7	1	12.8	12.0	30.4	32.5	3400	51.5	89
	2	12.4	12.0	30.5	31.3	3410	51.0	89
	3	12.8	12.0	30.4	31	3420	54.0	89
	4	12.9	11.9	30	31	3340	52.5	87
8	1	12.6	12.0	30.2	31	3020	53.0	79
	2	12.7	11.9	30.2	31	3060	51.0	80
	3	13.0	11.9	30	31	2920	53.0	76
	4	12.9	11.9	30	31.3	3050	55.0	79
9	1	12.1	11.6	30	31	3180	44.0	83
	2	12.3	11.6	31.6	31.8	3420	46.0	89
	3	12.5	11.7	31	32.0	2950	47.5	77
	4	12.4	11.6	30.5	32.0	2980	47.5	78
10	1	12.0	11.6	30.5	31.6	3120	47.5	81
	2	12.3	11.6	29.5	31.6	3010	47.0	78
	3	12.5	11.9	28.6	31	3200	54.0	83
	4	12.5	11.8	29.5	31.6	3000	47.5	78
11	1	12.2	12.0	29.0	31	3590	56.5	93
	2	12.8	11.7	29.0	31.3	3530	56.0	92
	3	-	-	-	-	-	-	-
	4	-	-	-	-	-	-	-
12	1	13.1	12.0	29.5	32.0	3420	63.8	89
	2	13.2	12.1	29.0	32.8	3460	64.0	90
	3	13.4	12.0	29.5	31.7	3550	64.0	92
	4	13.1	11.9	29.0	31	3530	66.5	92
13	1	13.1	12.0	29.2	33.6	3340	63.0	87
	2	13.0	11.9	30.2	33	3480	61.0	91
	3	13.0	12.0	30.7	33	3400	60.0	89
	4	13.0	12.0	31	33	3390	64.0	88
14	1	13.0	12.0	30.4	31	3870	57.0	101
	2	12.9	12.0	30	31.6	3840	57.0	100
	3	-	-	-	-	-	-	-
	4	-	-	-	-	-	-	-

試料 番号		太さ (mm)		リード (mm)		引張 強さ (kg)	伸び (%)	未使用ロ ープに 対する 強力 保持率(%)
		無荷 重時	5%荷 重時	無荷 重時	1%荷 重時			
15	1	14.0	12.2	32.0	34.8	2110	58.5	55
	2	14.1	12.5	33	37	2415	56.0	63
	3	13.4	12.5	32.0	33.4	2070	51.0	54
	4	13.2	12.7	34.8	37	1850	49.0	48
16	11	14.2	12.1	35.0	37	2150	52.5	56
	2	14.0	12.7	34.1	38.8	2100	55.0	55
	3	14.0	12.1	33	40	2440	59	64
	4	14.2	12.3	32.5	36.5	2280	57.5	59
17	1	12.4	11.7	30	31.7	3420	52.5	89
	2	12.5	11.8	29.8	31.2	3600	52.5	94
	3	12.7	11.7	29.8	31.6	3670	53.0	96
	4	12.3	11.7	30	31	3720	54.0	97
18	1	12.3	12.0	30.1	31.6	3460	53.5	90
	2	12.7	12.0	30.1	31	3570	53.0	93
	3	13.0	11.9	28	30	3650	65.0	95
	4	12.8	11.9	30.7	31.7	3400	52.5	89
19	1	13.5	12.4	29.0	32.2	2300	59.0	60
	2	13.3	11.9	31	34	2280	60.0	59
	3	13.7	12.0	30	32.0	2720	62.0	71
	4	13.8	11.9	30.7	32.8	2740	62.5	71
20	1	13.3	12.2	29.6	32.9	3040	59.0	79
	2	13.5	12.2	29.5	31.6	3135	56.0	82
	3	13.6	12.2	29	31.6	3200	59.0	83
	4	13.2	12.1	29.4	31.2	3250	59.0	85
21	1	12.8	12.0	27.8	31	3590	59.0	93
	2	12.8	11.9	30.6	30.8	3530	56.5	92
	3	12.9	11.8	29	30.2	3480	59.0	91
	4	12.3	11.8	30.2	31.6	3520	56.0	92
22	1	11.8	11.7	31	33.4	3820	49.0	100
	2	11.9	11.7	31	33	386	50.0	(3840kg)

注1. 試料番号の枝番号1及び2は損耗著しい部分
 " " " 3及び4は平均的損耗部分
 2. 試料番号22は未使用ロープ

(1) 結索種類別強伸度試験

結索種類別強伸度試験の結果は、表3のとおりである。

表3 結索種類別強伸度試験結果

結 索 種 別	試 験 結 果 (kg)			未使用ロープに対する比(%)	
	第1回	第2回	平均	第1回	第2回
止 め 結 び (1)	1780	1805	1793	46	47
" (2)	1970	1910	1940	51	50
フ ュ ー ラ ー 結 び	2960	2880	2920	77	75
8 の 字 結 び	2100	1940	2020	55	51
二 重 も や い	3530	3500	2070	46	46
本 結 び	1810	1980	1895	47	52
二 重 つ な ぎ	1900	1800	1850	47	47
プ ル ジ ッ ク	4950	5430	5190	-	-
二 回 り 二 結 び	2500	2340	2420	65	61
も や い 結 び	2020	2120	2070	53	55

(3) 復元率試験

復元率試験の結果は、表4のとおりである。

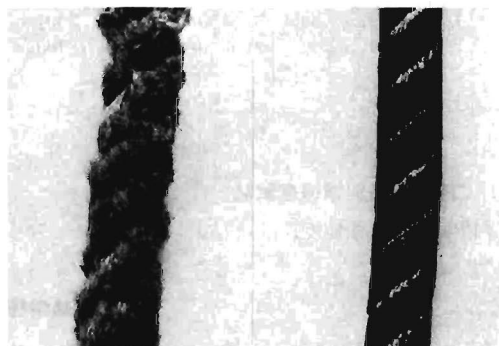
表4 復元率試験結果

試料番号		荷重(kg)		
		復元率(%)		
		200	600	1000
1	1	88	86	81
	2	83	80	76
2	1	80	80	78
	2	91	84	81
3	1	84	83	80
	2	93	85	85
4	1	85	83	74
	2	83	80	79
5	1	80	78	74
	2	80	79	73
6	1	80	71	68
	2	78	77	76
7	1	76	79	75
	2	72	76	72
8	1	81	75	67
	2	74	74	69
9	1	74	76	75
	2	81	77	75
10	1	89	81	78
	2	81	77	73

11	1	76	76	76
	2	79	74	71
12	1	77	74	74
	2	73	71	71
13	1	76	70	67
	2	78	71	67
14	1	67	75	69
	2	71	77	71
15	1	71	70	65
	2	72	70	63
16	1	73	72	65
	2	72	70	67
17	1	85	77	75
	2	78	80	86
18	1	87	80	75
	2	88	77	75
19	1	75	70	66
	2	77	70	65
20	1	80	74	68
	2	78	74	65
21	1	78	74	72
	2	83	75	71

8 考 察

(1) 救助種別による損耗状況と強度についてみると、引張強度試験の結果、未使用ロープに対する強度保持率で70%以下の値を示しているのは、損耗著しい部分で比較すると、試料番号1及び2の障害突破懸垂用に用いたロープと番号15、16及び19の高所人命救助及び引揚救助の懸垂用として用いたロープで、試料番号15～4では48%と50%以上強度がおちている。写真1のように障害突破に用いたロープは、ロープ表面が摩擦により摩滅してロープ径が、5%荷重時で11.0～11.2mmと未使用ロープより0.6～0.8mm細くなっている。一方高所人命救助や引揚救助に用いたロープは、カラビナによる摩擦により、毛羽立及びブストランドのゆるみかひどく、ロープ径は逆に0.3～0.9mm太くなっている。また同一救助種別においても使用する目的が異なると試料番号5及び16とでは大きな差が出ており、ロープは救助種別により強度の劣化が異なるのではなく、使用用途によって大きく左右される。



高所人命救助 障害突破
懸垂用に使用 懸垂用に使用
写真1 ロープ損耗状況

(2) 使用頻度による損耗状況と強度についてみると、ロープ登はん懸垂用に用いたロープである試料番号3、6、8及び11を比較すると、一番使用頻度の多い試料番号8のロープは強度保持率80%の値を示しているが、一番使用頻度の少ない試料番号11のロープにおいては、93%と10%以上の差を示し、他の救助種目においては、高所人命救助の懸垂用に用いた試料番号19及び20のロープでは、ロープにかかった総荷重が

41592 kgの場合で強力保持率60%の値であるが、荷重の約半分の26845 kgの場合において、80%前後の値を示しており、使用頻度及び総荷重が増すに従って強度が低下するという関係は認められた。

- (3) ロープの径と強度の関係では、図1及び2のような分布を示し、(1)で述べたように損耗著しい場合においては、径と引張強度の関係は認められないように思えるが、平均的損耗部分については、図2のように、ある程度関係が得

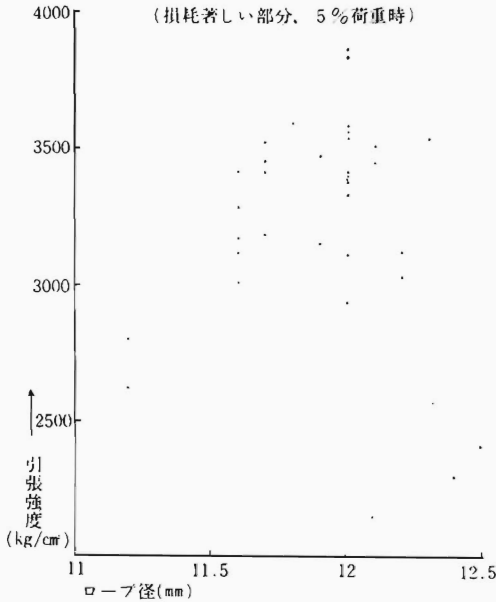


図1 ロープ径と引張強度の関係

- られた。
 (4) ロープリードと強度の関係についてみると、図3及び4のようにロープリードが長くなると強度も低下するという傾向を示し、この関係をつかめば署においてリードを測定することにより、ある程度の強度の推定が出来ると思われるが、損耗著しい部分と平均的損耗部分と比較すると、傾向は同様のようであるが、値は1.5mm程損耗著しい部分の方がリードが長くなっている。

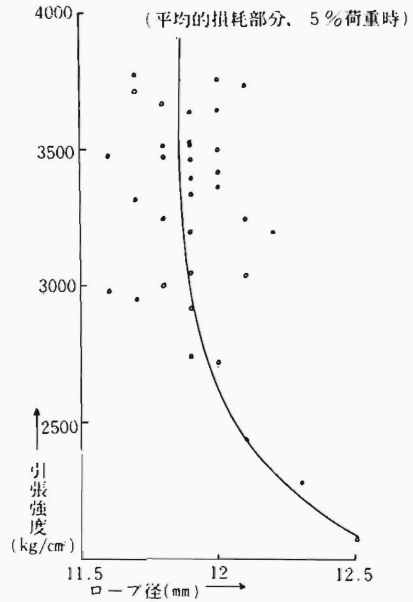


図2 ロープ径と引張強度の関係

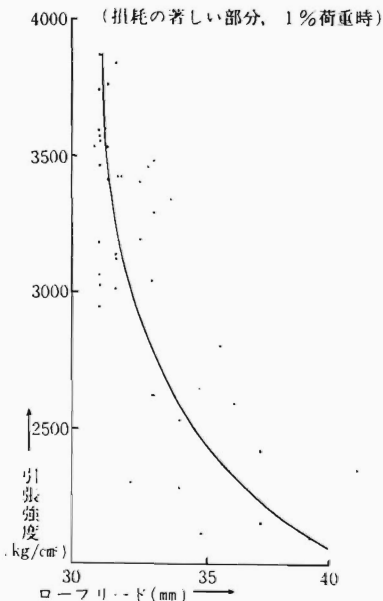


図3 ロープリードと引張強度の関係

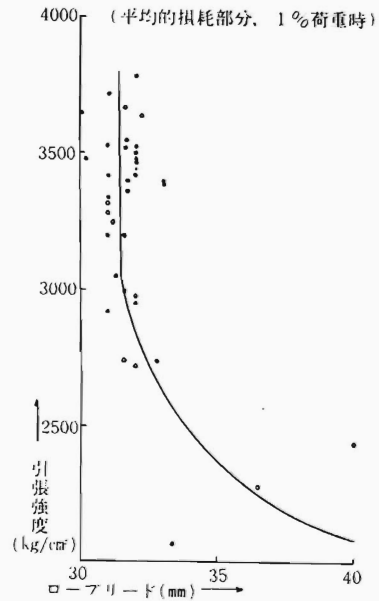


図4 ロープリードと引張強度の関係

(5) 結索種別と強度の関係についてみると、止め結び、8の字結び、本結び等、結索による結索部ロープが強く締められる結索方法の場合においては、結索により結索部ロープの伸びが少なくなるため、未結索部より引張強度が半分程度に低下しており、ロープ使用者は、この点をよく認識して結索方法やロープの使用可否判断をする必要がある。

(6) 復元率試験結果から、未使用ロープと損耗著しい部分の平均回復率を対比してみると、表5及図5のようになる。復元率は荷重が増すに従って低下するとともに、損耗度合によっても低下することがわかる。その復元率は未使用ロープにおいては80%台であるが、損耗の著

表5 平均復元率値

種類 \ 荷重(kg)	200	600	1,000
損耗の著しいロープの平均復元率(%)	79.2	76.2	72.7
未使用ロープの平均復元率(%)	87.0	83.0	80.5
未使用ロープを100とした場合の対比(%)	91.0	91.8	90

しいと思われる試料番号1及び2では80%、試料番号15及び16においては63%から73%と復元率が低下しており、特にカラビナ等の摩擦によるロープストランドのゆるみが発生した場合における低下が目立っている。これはストランドがゆるむことにより、ヤーンの集合によるロープ強度を失うためと思われる。

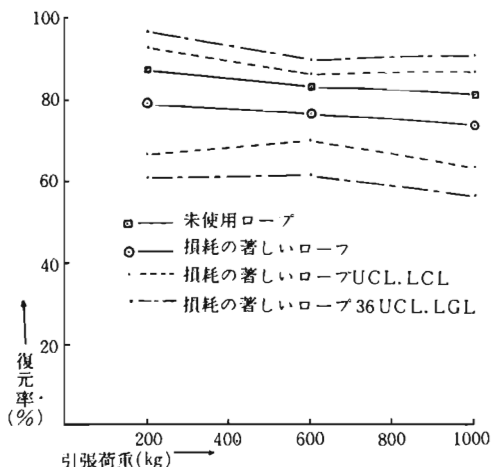


図5 荷重と復元率の関係

8 おわりに

今回はロープ研究の初年度として、集中使用試験によるロープの損耗状況と強度の関係の把握につとめ、第一報として報告したが、内容的には未解明の部分も多くあり、今後さらに研究を進め、ロープリード及び復元率等と強度の関係を把握していきたい。

研究にあたり、特別救助隊をはじめとして、試験に協力していただいた方々に深く感謝するとともに、今後とも協力方お願い申し上げます。