

水圧式救助棒の開発

復 本 喜 七*
 嶋 山 富 一*
 堀 井 幸 一*
 小 西 光 雄*

1. はしがき

近年、都市の過密化は著しいビルの増加と高層化をもたらし、同時にビル火災の発生件数を高め幾多の悲惨な事例を残した。

ビル全体の90%以上を占めている中高層ビルの半数前後は、道路狭あい、地盤軟弱、あるいは建物周辺になんらかの障害物により、はしご車や、空中作業車等が進入したり、架ていすることが不可能であるといわれ、人命救助や屋内進入等消防活動に大きな障害となっている。そこでこれらのビルに対応できる救助器具の一つとして軽量小型で、容易に可搬し、操作できる水圧式救助棒を開発し試作ができたので紹介する。

2. 概 要

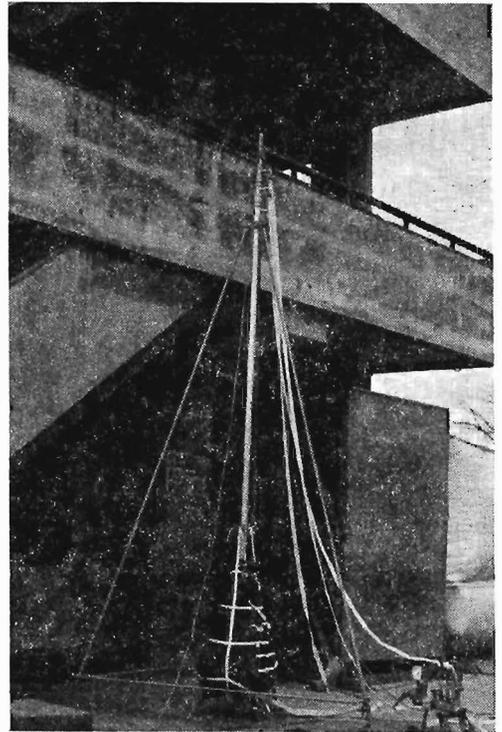
本救助棒は、はしご車や空中作業車等のように救助隊員や要救助者が直接器材に登ったり降りたりするものでなく、伸縮する棒の先端に設けた金具を介しロープや緩降器等の避難器具を、上層階で逃げ遅れている人や、高所で消防活動に従事している救助隊員等に手渡したり、ロープのついた特殊な金具を上層階のベランダや窓枠等に掛けた後、救助隊員がこのロープを利用して壁体を登り進入したりするものである。

3. 構造及び取扱い

主な部分の水圧により自由に伸縮する四段式のアルミ軽合金製救助棒本体、これを支持する三脚架台、バルブを設けた操作架台部、および、取りはずしができる水のうから構成されており、操作架台部と各段との間をホースで結合した簡易な構造である。(写真1)

取扱いは、救助棒本体に折りたたんである三脚架台を伸ばしてから建物等の側近に設定したのち、ゴム製の水のうを取付け(写真2)この中にポンプ車等から延長したホースにより充水し、救助棒の重心を下げ安

写真1



定させた後、操作架台部の一端に設けてある結合金具にホースを取付け、送水して伸長させる。

伸長後は、救助棒の下端を傾斜させ、先端を所定の位置に移動する。

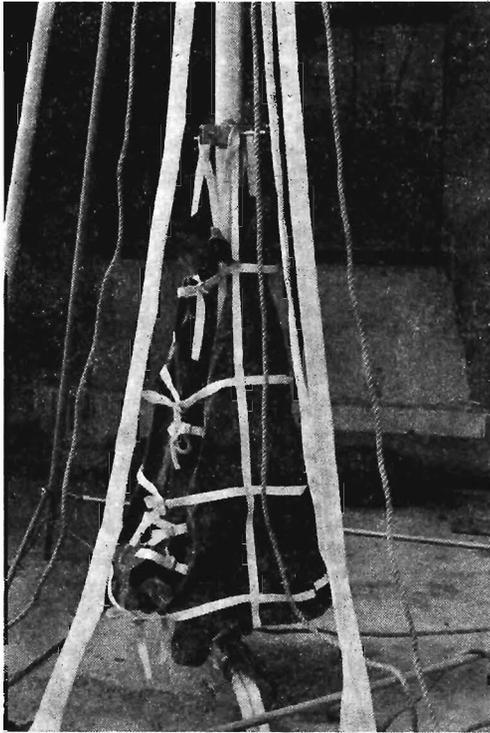
伸長する時はバルブA、B、Cを閉じ、Dを開の状態にして救助棒内部に送水圧力を掛ける。また、全段縮ていする場合は、バルブがA、B、C及びDを開き、A' B' C'も開いて、各段上部に水圧を掛け、伸長時間送水した水をバルブFをとおして外部に放出する。

(配管系統図-1)

諸元及び仕様

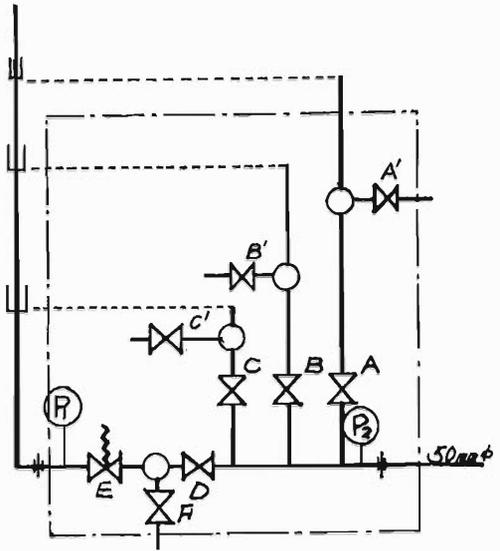
- | | |
|--------------|-------|
| 1) 最大伸長時の寸法 | 17.1m |
| 2) 最小縮てい時の寸法 | 5m |

写真2



- 3) 重量 (三脚ホース付) 94kg
- 4) 段数 (4段)
- 5) 収納寸法 (長さ) 5.3m

図1

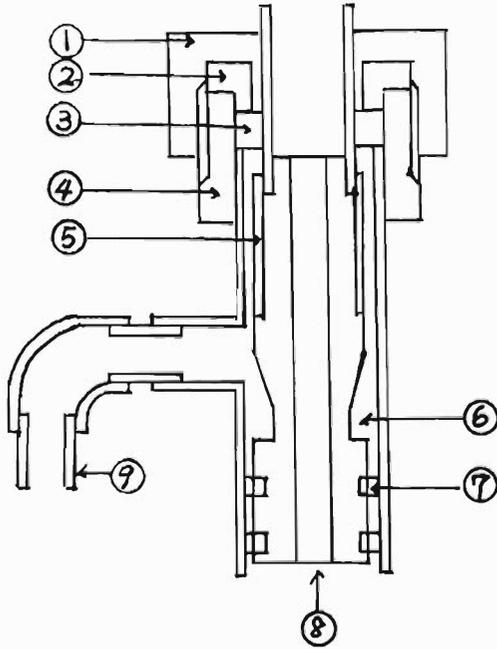


- 開閉バルブ
- 安全バルブ
- ホース結合点

- 6) 三脚架台の一边長 2.42m
- 7) 水のう重量 (水を含む) 90kg

名 称	材 料	強 度	備 考
第1段目 (45 ^φ mm×2.5'mm×4, 200'mm)			重量 (水を含む) " 3.8kg
第2段目 (60 ^φ mm×2.5'mm×4, 200'mm)	J I S A 5083	引張4.2kg/mm ²	" 15.2kg
第3段目 (75 ^φ mm×3.0'mm×4, 200'mm)		せん断応力2.9kg/mm ² (安全率 6 倍)	" 23.5kg
第4段目 (90 ^φ mm×2.5'mm×4, 200'mm)		(E = 7.1×10kg/mm ²)	" 34.4kg
第1段目と第2段目 袋ナット部	砲 金 等		" 4.2kg
第2段目と第3段目	"		" 5.5kg
第3段目と第4段目	"		" 7.7kg
ジョイントストッパー部	ナイロン樹脂	圧縮強さ 4.6~8.5kg/mm ²	
三脚部の支柱	S T K $\frac{1}{4}$	引張強さ 23.9kg/mm ²	長さ4,420mm

図2 各ジョイント部分概要図



- ① 袋ナット (鉋金)
- ② ブッシュ (ナイロン)
- ③ パッキン
- ④ ネジ部 (アルミ)
- ⑤ カラー (ナイロン)
- ⑥ 縮てい用受圧部
- ⑦ パッキン
- ⑧ 伸長用受圧部
- ⑨ インチホース接続部

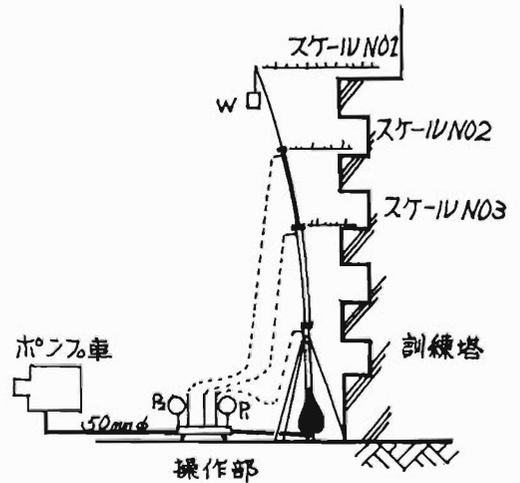
4. 実 験

本救助棒は、先端に約10kg程度の救助資器材を取付けられるように試作したものであるが、先端荷重に対し、送水圧力揺動および曲がりの状況等がどのようになるか行なったものである。

(1) 実験項目及び方法

- ア 送水圧力と各荷重に対する伸長時間との関係
- イ 先端荷重によるたわみ状況および各段の届曲つき状況

図3



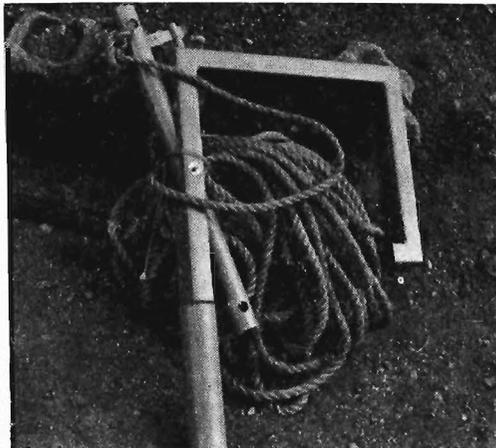
訓練塔側近に設置し、各段についているホース取付金具を一方向に並べ、ホースの重量が片側にかかる状態で行った(図3)。

(2) 実験結果

表 1

	送水圧力 P_1 (kg/cm ²)	各先端荷重に対する全伸長時間(sec)					備 考
		0 kgの場合	4 kgの場合	6 kgの場合	8 kgの場合	10kgの場合	
1	1.5	162	151				縮てい時間 18(sec)~39(sec)
2	2.0	67	70	90	12	165	
3	2.5	30	31	41	42	44	
4	3.0	16	23	25	27	29	
5	4.0	10	13	16	18	10	

写真 3



ロープのついた特殊な金具

ア (1)については、表1およびグラフ1一図のとおり

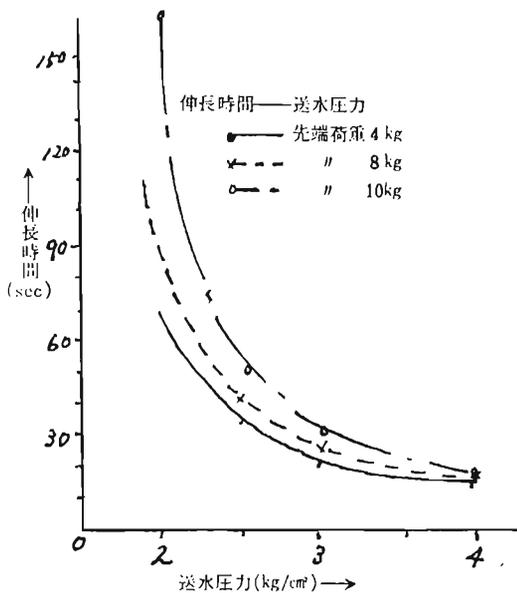
イ (1)のイについては、表2およびグラフ2一図のとおり

表2

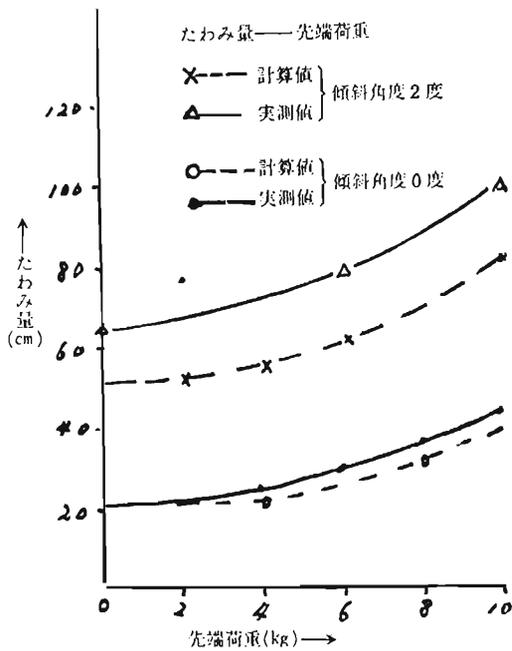
	先端荷重 W(kg)	傾斜角度 θ (deg)	たわみ量(cm)						
			No.1スケール		No.2スケール		No.3スケール		
			実測値	計算値	実測値	計算値	実測値	計算値	
1	0	0	21		18		4		
2	4	0	24	22	19	17	5	1	
3	6	0	30		23		6		
4	8	0	37	33	25	23	7	15	
5	10	0	44		28		9		
6	0	2	65	50	31	20	17	10	
7	6	2	79	62	49	38	21	18	
8	10	2	109	82	71	46	29	24	

* 傾斜角度における計算値は、実測したたわみ量をもとに求めた値である。

グラフ1



グラフ2



5. 考 察

(1) 伸長性能

送水圧力が低い場合(1.5kg/cm²~2.0kg/cm²)では、先端荷重により停止したり速度に緩急がみられたが、3kg/cm²~4kg/cm²にあつては安定した速度となり、伸長時間は18sec前後であつた。

(2) 縮てい性能

バルブの数が多いため、一斉操作は困難であつたが、ほぼ伸長時と同じ送水圧で18sec~39sec以内と短時間であつた。

(3) 先端荷重、傾斜角、たわみの関係

ア 救助棒本体に傾斜角度を設けない場合、たわみはほぼ直線的で、計算値とのひらきは、ほとんど認められないが、傾斜角(2度)を設けた場合は、先端荷重の増加に従つて、計算値とひらきが大きくなり荷重10kgで27cmの差が認められた。この理由としては各ジョイント部の屈曲、および縮てい側のホース重量による作用点の移動が考えられる。

イ 伸長時において、傾斜角を設けない場合で、たわみ方向に約10cm、傾斜角20で約20cmの振巾が認められたが、第2段目の端に2本ロープを結び、地上で補助したところ先端での振巾は、ほとんど認められなかった。

参 考

救助棒先端が偏心せず、常に荷重が垂直に作用したと仮定した座屈荷重、また、傾斜角度を設けた場合等の主な理論強度計算値は次の通りで、各段に作用する曲げ応力により大きく左右される。ただし、安全率は3とした。

内 容	許容荷重及び強度等
傾斜角を設けない場合	無 風 時 55kg
傾斜角8度の場合	3kg
“ 6度 “	8kg
“ 5度 “	10kg
“ 3度 “	21kg
“ 2度 “	風 速 5 m 6kg
救助棒内に加わる水圧許容圧力	20kg/cm ²
先端荷重10kgの重心位置	救助棒先端から0.5m

(1) 座屈荷重に使用した計算式

$$P_{cr} = \frac{\sum_{Z=1}^{Z=4} EI_Z \int_0^{l_Z} \left(\frac{d^2 y}{dx^2} \right) dx}{\frac{1}{2} \int_0^l \left(\frac{dy}{dx} \right)^2 dx}$$

ただし

$$y = \delta \left(1 - \cos \frac{\pi x}{2l} \right)$$

P_{cr} : 先端のみに作用するものと仮定した。

P_{cr} : 座屈荷重

E : ヤング率

I_Z : 各断面二次モーメント ($Z=1, 2, \dots$ は最先端からの各段数を表す。以下同様)

y : 座屈曲線

δ : たわみ

l_Z : 各段の長さ (第4段目は先端三脚架台支持点までの距離)

l : 全長

(2) 傾斜角度とたわみ量の計算に使用した式

$$V_Z = \left[\frac{l_Z^3}{3EI_Z} \left(\sum_{n=1}^{n=2Z-1} W_n + \frac{1}{8} W_{2Z} \right) + \frac{l_Z}{2EI_Z} \left(\sum_{n=1}^{n=2Z-2} M_n + \frac{1}{4} M_{2Z} \right) \right] \cos \theta$$

$$\varphi_Z = \left[\frac{l_Z^2}{2EI_Z} \left(\sum_{n=1}^{n=2Z-1} W_n + \frac{1}{4} M_{2Z} \right) + \frac{l_Z}{EI_Z} \left(\sum_{n=1}^{n=2Z-2} M_n \right) \right] \cos \theta + l_{Z-1}$$

$$V_l = \sum_{Z=1}^{Z=4} V_Z + \sum_{Z=2}^{Z=3} \varphi_Z l_{Z-1}$$

$$L_l = V_l + l \cos \theta$$

ただし

V_Z : 各段の先端たわみ量

W_n : 各段に作用する荷重 (W_1, W_2, \dots は最先端から各段数に作用している荷重)

φ_Z : 各段先端の傾き ($\phi_0 = 0$)

M_n : “ モーメント ($M_0 = 0$)

V_l : 全たわみ量

θ : 救助棒の傾斜角

L_l : 救助棒下端から最先端までの全投影長

6. ま と め

本救助棒は、自動車等が進入できない狭あいな道路等で使用でき割合低い水圧で伸縮が可能であるため、消火栓水圧でも使用可能である。また、収納寸法が5mであることから、4~5人で容易に搬送でき、先端の特殊な金具に滑車を取付ければ、消防資材の搬送器具として有効である。しかし、先端荷重に対し、救助棒本体の傾斜角許容範囲が狭く、縮てい用ホースの移動にもなる影響を受けやすいこと、さらにジョイント部等の耐久性に問題があり、これらの点をさらに検討し、有効な救助器材としたい。