

積載はしごの改良について (第1報)

Improvement of the ladder for fire fighting use (Series 1)

島 光 男*
 辻 英 機*
 太 田 文 和*

Three extension ladder having been used in fire fighting has a pulley and a pulling rope on its surface. These pulley and rope cause firemen some difficulties in going up and down that ladder. Then we have developed a new one of which we move these pulley and rope to the back so that firemen can go up and down easier.

This report shows the result of the strength and handling test of a new ladder.

1. はじめに

現用の鋼管製三連はしごは登り面に滑車や引綱があり、これが少なからず登降時の支障になっていると考えられる。

そこで、これらの支障を除くため滑車及び引綱を裏側へ移した三連はしごが昭和59年に日野消防署から機器考案として提案され、これをベースと

して改良型三連はしご(以下、「改良型」という。)を試作した。

この改良型に対し強度性能を調べる実験及び操作・取扱に関する実験を行い、実用化への検討を行ったのでその結果を報告する。

2. 改良型はしごの構造

改良型は現用の三連はしご(以下、「現用型」と

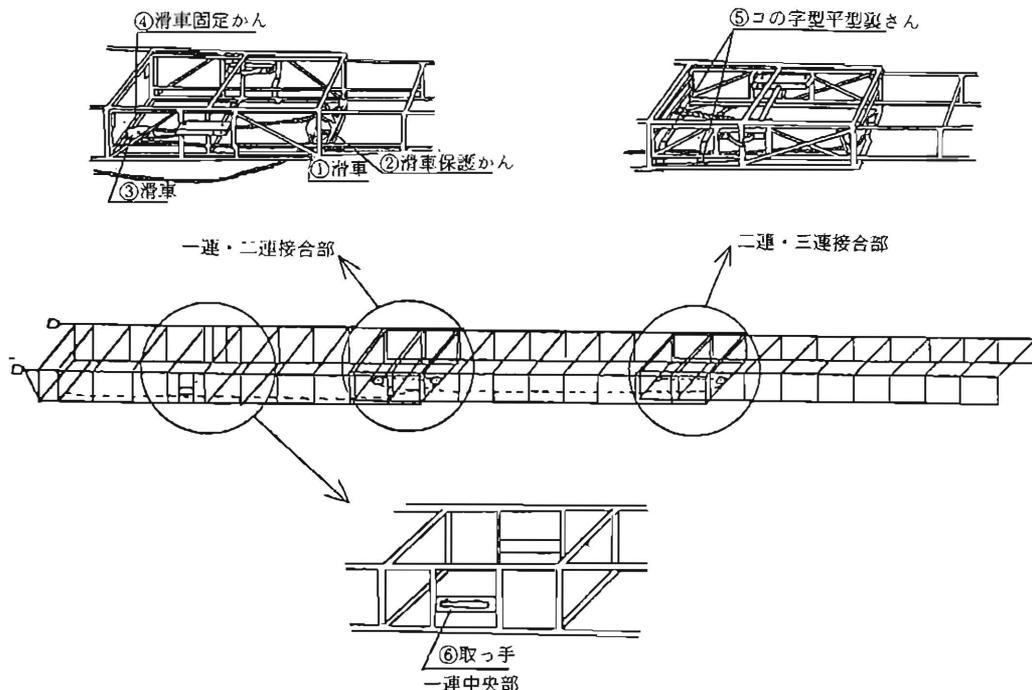


図1 試作三連はしごの改良部分

* 第三研究室

いう。)とほぼ同じ構造をしているが、改良を施した点は次のとおりである。(図1及び写真1～写真3参照)

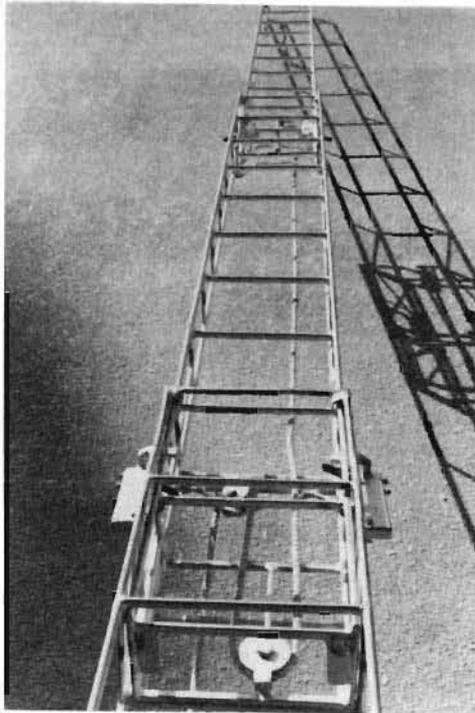


写真1 改良型の登り面

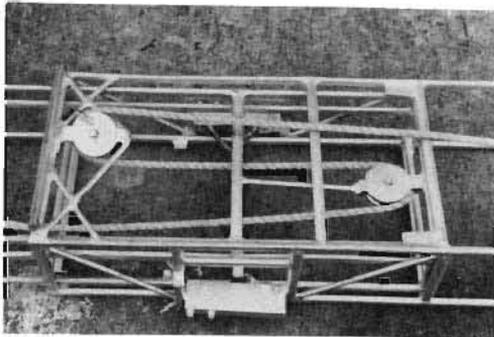


写真2 改良型の一・二連接合部(裏側)

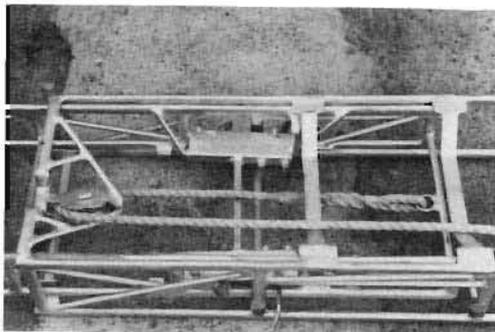


写真3 改良型の二・三連接合部(裏側)

- (1) 一連表側上部の滑車を裏側上部へ移し (図1の①)、これに保護管 (②) を設けた。
- (2) 二連表側下部の滑車を裏側下部へ移し (③)、この滑車を固定する管 (④) を設けた。
- (3) 二連裏側上部の真管2本をコの字型の平板 (⑤) に変え、かつ二連裏側中央部の補強管2本を取除き、一連滑車の通過を可能にした。
- (4) 取手の取付位置を裏側に寄せた。(⑥) なお、改良型の諸元を表1に示す。

表1 諸元 (実測値)

伸べり長さ	8700mm (石づき部分を含む)		現 用 型 も 同 じ
縮べり長さ	3550mm		
巾	脚	500mm	
	一連	355mm	
	二連	327mm	
厚み	三連	300mm	
	一連	200mm	
	二連	165mm	
三連	115mm		
横さかん間隔	325mm		
重量	45kg		
材質	機械構造用炭素鋼管(STKM-18B)		
たて弾性係数	21,000kg/mm ² (公称)		
0.2%耐力	JIS	32kg/mm ² 以上	
	実測	51.2kg/mm ²	
引張り強さ	JIS	50kg/mm ² 以上	
	実測	55kg/mm ²	

3. 性能実験

改良型は二連上部の真管2本がコの字型の平板となり、かつ補強管2本が取除かれているため、現用型に比べ強度が弱くなっていると考えられる。

そこで、改良型の強度を調べる実験を現用型と対比して行った。

(1) 実験方法

改良型及び現用型に同一の荷重条件を与え、静ひずみ、たわみ及び動ひずみを測定した。(写真4～写真7参照)

ア 静ひずみ及びたわみの測定

はしごを次の条件に設定し、図2に示す位置に静荷重60～100kgを加え、主管各部のひずみ及びたわみを測定した。

(ア) 全伸でいし75度に架っていた場合

(イ) 全伸でいし水平の状態で両端を自由支持

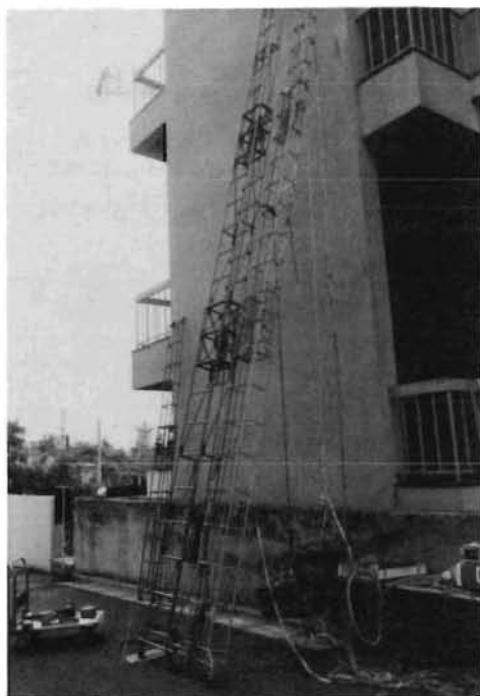


写真4 静ひずみ測定状況(75度架てい)



写真7 動ひずみ測定状況



写真5 静ひずみ測定状況(水平)



写真6 たわみの測定状況(水平)

した場合

ひずみは、図2に示すように主管の表裏に33点のひずみゲージを貼り、全伸ていし各連が共に水平になるように地上に置いた状態を基準として測定した。

たわみは、主管に沿って糸を張り、図2に示す位置で糸と主管上面の差を鋼製スケールで測定し、自重でたわんだ状態を基準として測定した。

なお、静ひずみの測定に使用した計測器等は次のとおりである。

ひずみゲージ……………共和 KFC-5-CI-11L-500-3

ひずみ測定器……………共和 UCAM-8BL
スキャナー……………共和 USB-50A

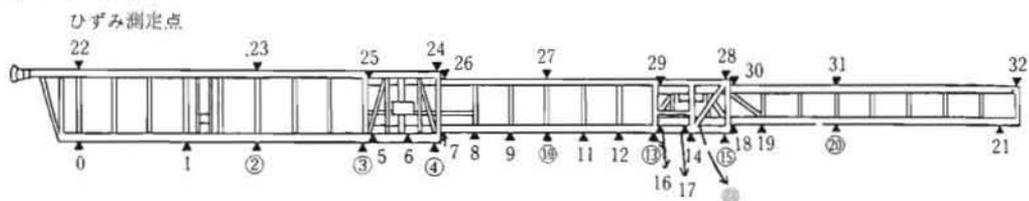
デジタルカセット……………ティアックプロライン100-4

XYプロッター……………渡辺測器 WX4636R

イ 動ひずみの測定

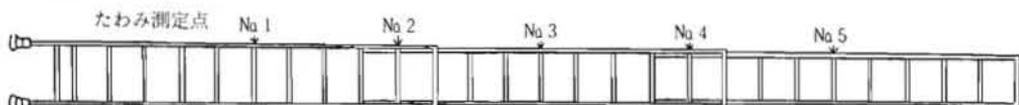
はしごを全伸ていし、75度に架ていした状態で防火帽、防火服及び空気呼吸器を装着した隊員(総重量90kg)を登降ていさせ、このときの動ひずみをペンレコーダで記録した。

1. ひずみ測定

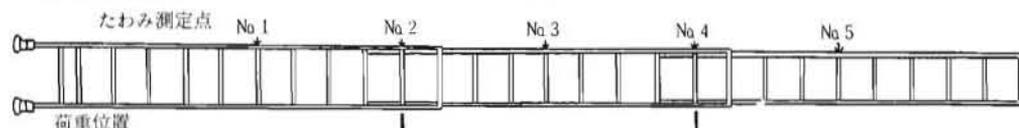


2. たわみ測定

(1) 75度架てい時



(2) 水平架てい時



○印は動ひずみの測定点
●印は変位測定点

図2 ひずみ、たわみ等の測定位置

登降ていの速さは、1秒間に横さんを2段上昇または下降するものとし、ストップウォッチにより計時しながら速さを調整した。

なお、動ひずみの測定点は図2に示す7点である。

動ひずみの測定に使用した計測器等は次のとおりである。

ひずみゲージ……共和 KFC-5-CI-11 L-500-3

ブリッジボックス……共和 DB-120

動ひずみ計……共和 DPM-310AS

ペンレコーダ……理化電気 R-56

(2) 実験結果

ア 静ひずみ及びたわみ

(ア) 全伸ていし75度に架ていた場合

二連中央に荷重を加えたときのひずみを図3に、二連と三連の中央に同時に荷重を加えたときのひずみを図4に示す。

75度架てい時では、どの位置に荷重を加えても改良型と現用型のひずみ発生量に大きな差はなかった。

この状態では、二連中央に100kgの荷重を加えたとき最大ひずみが発生し、改良型が 452×10^{-6} (一・二連接合部) に対して現用型が 352×10^{-6} (二連中央) であった。

また、特に厳しい条件として二連及び三

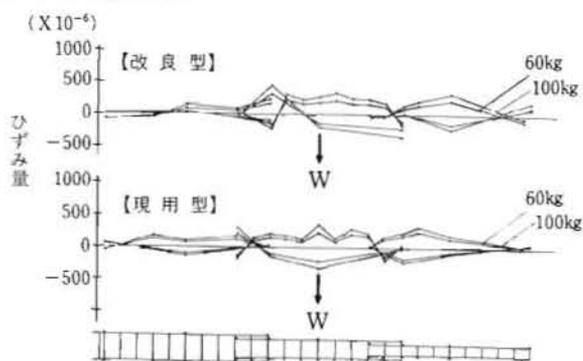


図3 静ひずみ(75度架てい)

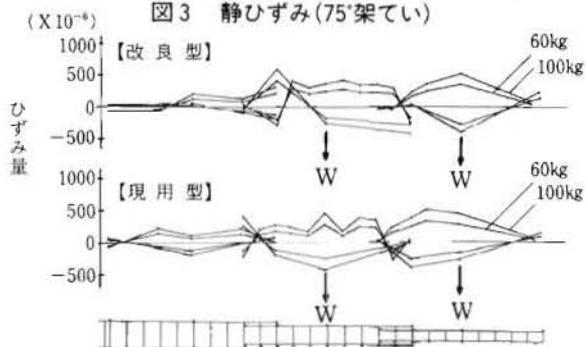


図4 静ひずみ(75度架てい)

連の中央に荷重100kg(総荷重200kg)を同時に加えたときでも、最大ひずみは改良型が 597×10^{-6} (一・二連接合部)、現用型が 501×10^{-6} (二・三連接合部) であり、その差は引張応力に換算すると約 2 kg/mm^2 であった。(表2参照)

表2 各荷重における最大ひずみ(75度全伸てい)

荷重点	荷重 (kg)	種別	測定点	最大ひずみ ($\mu\epsilon$)	最大応力 (kg/mm^2)
一連中央	60	現用	1	196	4.12
		改良	25	253	5.31
	100	現用	1	287	6.03
		改良	25	358	7.52
二連中央	60	現用	19	239	5.02
		改良	25	319	6.70
	100	現用	10	352	7.39
		改良	25	452	9.49
三連中央	60	現用	19	202	4.24
		改良	31	-217	4.56
	100	現用	20	300	6.30
		改良	31	-347	7.29
二・三連中央	60	現用	19	326	6.85
		改良	25	408	8.57
	100	現用	19	501	10.52
		改良	25	597	12.54

しかし、ひずみの分布を詳細に検討すると、改良型は現用型に比べ一・二連の接合部及び三連の中央部にやや大きなひずみが発生している。

これは、二連補強管の不足等が影響していると考えられる。

次に、たわみの測定結果を図5～図6に示す。

一般的に、改良型は現用型に比べたわみが大きく、最大たわみは二連中央に100kgの荷重を加えたときで、改良型は34mm（二連中央）、現用型は27mm（二連中央）であった。

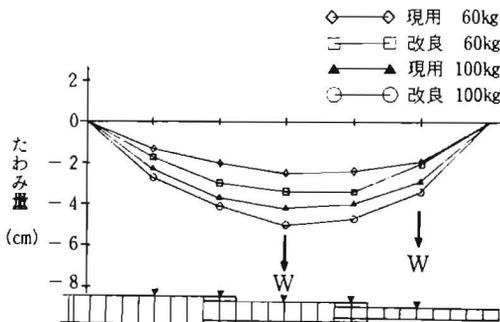


図5 たわみ(75°架てい)

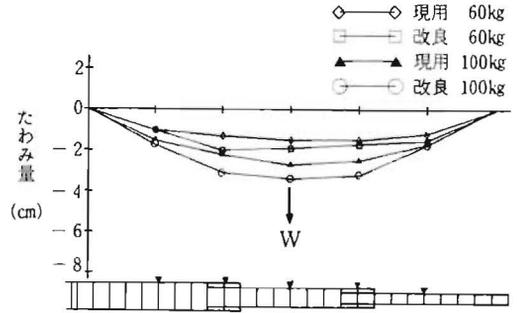


図6 たわみ(75°架てい)

また、二・三連に100kgの荷重を同時に加えたとき、最大たわみは改良型50mm（二連中央）、現用型42mm（二連中央）であり、その差は8mmであった。（表3参照）

表3 各荷重における最大たわみ(75度全伸てい)

荷重点	荷重 (kg)	種別	測定位置	最大たわみ (mm)
一連中央	60	現用	4	13
		改良	3	15
	100	現用	2.3	17
		改良	3	24
二連中央	60	現用	3.4	15
		改良	2	20
	100	現用	3	27
		改良	3	34
三連中央	60	現用	4	11
		改良	3	18
	100	現用	4	17
		改良	3	22
二・三連中央	60	現用	3	25
		改良	3.4	34
	100	現用	3	42
		改良	3	50

(1) 全伸ていし水平の状態で両端を自由支持した場合

一・二連接合部に荷重を加えたときのひずみを図7に示す。

一・二連の接合部に60～80kgの荷重を加えたとき、改良型は各連ともに現用型よりも大きなひずみが発生している。特に、一連と二連の接合部分に発生するひずみが大きく、荷重80kgでは現用型が 946×10^{-6} であるのに対し、改良型は $1,627 \times 10^{-6}$ と約1.7

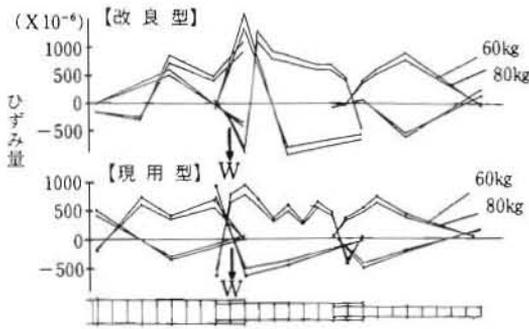


図7 静ひずみ(水平架てい)

倍であった。

二・三連接合部に60~80kgの荷重を加えたときも、改良型は全体的にひずみが大きく、現用型に比べ一・二連の接合部分及び三連中央に比較的大きなひずみが発生している。80kg荷重時での最大ひずみは、改良型が $1,346 \times 10^{-6}$ (二・三連接合部)、現用型が 946×10^{-6} (一・二連接合部)であった。

このことも、75度架てい時と同じく、二連補強管の不足等が大きく影響しているものと思われる。

表4 各荷重における最大ひずみ(水平全伸てい)

荷重点	荷重 (kg)	種別	測定点	最大ひずみ ($\mu\epsilon$)	最大応力 (kg/mm^2)
一・二連接合部	60	現用	7	788	16.55
		改良	25	1361	28.58
	80	現用	7	946	19.87
		改良	25	1627	36.17
二・三連接合部	60	現用	19	943	19.80
		改良	19	1088	22.85
	80	現用	7	946	19.87
		改良	19	1346	28.27

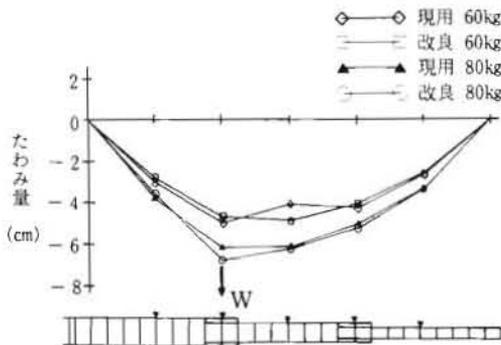


図8 たわみ(水平架てい)

たわみは、図8に示すとおりである。

最大たわみは、一・二連の接合部に荷重80kgを加えたときで、改良型が68mm、現用型が62mmであった。(表5参照)

イ 動ひずみ

動ひずみの測定結果の一部を図9~図10に示す。

動ひずみの発生状況は、改良型及び現用型ともに各連の中央と、各接合部に大きな値が

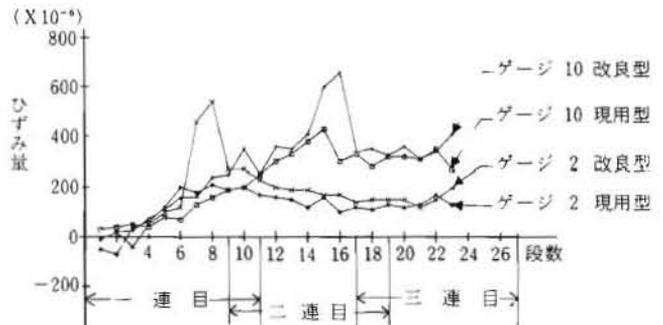


図9 動ひずみ(登てい時)

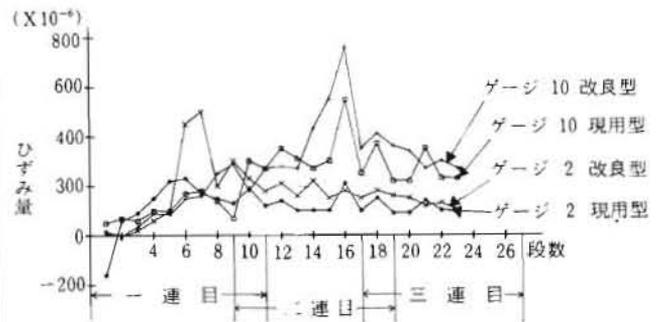


図10 動ひずみ(降てい時)

表5 各荷重における最大たわみ(水平全伸てい)

荷重点	荷重 (kg)	種別	測定位置	最大たわみ (mm)
一・二連接合部	60	現用	2	50
		改良	3	49
	80	現用	2.3	62
		改良	2	68
二・三連接合部	60	現用	3	49
		改良	3	50
	80	現用	3.4	62
		改良	3	66

生じ、動荷重が通過した直後にその位置でのピーク値が発生している。

また、一般的に登り時よりも降り時のほうが大きい。

最大値を比較すると、いずれも降り時で改良型が 760×10^{-6} （二連中央）、現用型が 550×10^{-6} （二・三連接合部）であり、改良型のほうが大きい。（表6参照）

表6 動ひずみの最大値

ゲージ No	種別	登り時		降り時	
		荷重位置 (段数)	最大ひずみ ($\mu\epsilon$)	荷重位置 (段数)	最大ひずみ ($\mu\epsilon$)
2	現用	8	210	6	230
	改良	8	540	7	500
3	現用	10	460	16	410
	改良	11	520	14	550
4	現用	22	10	—	0
	改良	11	60	12.14	55
10	現用	15	430	16	550
	改良	16	660	16	760
13	現用	17	490	18	550
	改良	22.23	450	19.20	430
15	現用	19	30	14	25
	改良	9.11.13	-40	16.20	-40
20	現用	23	520	23	375
	改良	23	550	23	630

このことも、改良型は二連補強管の不足等が影響しているものと思われる。

4. 操作・取扱に関する実用試験

試作したはしごを赤羽消防署並びに城東消防署に持込み、実際の使い勝手などの実用試験を実施し、意見を聴取した結果は次のとおりである。

(1) 搬送

はしご先端の滑車支持管が支障となり肩が入り難い。

(2) 伸縮について

ア 石づきが引綱と反対側にあるため、ロープ引張時の力とはしご確保の力のバランスが崩れ引手側に強く引かれる。

イ 引綱の結着部（一連裏側）に二連が接触し、円滑に伸縮できない。

(3) 架てい

ア 引綱が建物側にあるので、架てい目標がとりにくい。

イ 一階にひさし等がある建物では、一連の滑車が接触し規定の角度がとれない。

ウ 縮め時、足が二連最下部の横さんにはさまれる危険がある。

エ 縮め状態で架ていすると、一連裏側の滑車が建物の壁に接触する。

(4) 登降り

安全性が高く、登降り及び作業が非常に容易にできる。

(5) はしご救出法

ア はしご水平救出法、応急はしご救出法等ではしごを移動するとき、滑車が建物に接触し円滑に移動できない。

イ はしごクレーン救出で先端に支点をつくる時、滑車固定枠が狭いため支点が円滑に作成できない。

5. 考察

(1) 改良型の性能について

現用の鋼管製三連はしごは、主管等の材質としてJISで定める機械構造用炭素鋼鋼管STKM18Bを使用している。

JISはこの鋼管の降伏点または0.2%耐力が $32\text{kg}/\text{mm}^2$ 以上と定めているが、実測ではSTKM18Bの0.2%耐力は $51.2\text{kg}/\text{mm}^2$ であった。鋼管のヤング率は $21,000\text{kg}/\text{mm}^2$ であるから、ひずみの許容値は、約 $2,400 \times 10^{-6}$ である。

75度架てい時改良型に100kgの静荷重を加えたときの最大ひずみは、 452×10^{-6} であり0.2%耐力の約5分の1であり、また、特に厳しい条件として二連及び三連の中央に100kgの静荷重を同時に加えたときでも最大ひずみは 597×10^{-6} で0.2%耐力の約4分の1である。

動ひずみについては、防火服等を装着した総重量90kgの隊員が、標準と思われる速さで登降りしたとき発生する値を測定した。このとき、改良型に発生する動ひずみの最大値は 760×10^{-6} であり、0.2%耐力の約3分の1である。

次に、全伸ていし水平の状態ではしご改良型に80kgの荷重を加えたとき、最大 $1,627 \times 10^{-6}$ のひずみが発生しており、これは0.2%耐力の3分の2になっている。

一方、この状態での現用型の最大ひずみは 946×10^{-6} であり、改良型は現用型に比べ著しく大きなひずみが発生している。このことは、既に述べたように二連裏側補強管の不足等が大きく影響しているものと考えられる。

しかし、原則として水平全伸ていではしごを使用することはないので、水平荷重の結果は改良型と現用型の強度比較という意味のみをもつものと思われる。

以上のことから、改良型は通常的使用方法では十分使用可能な強度をもっているが、構造上はかなり問題が残っている。

また、改良型は二連上部の裏管が2本コの字型になっているので、荷重を加えたときこれが開くのではないかと危惧されたが、75度でも水平でも変形を起こすことはなかった。

(2) 操作・取扱について

消防署における実用試験により、改良型はしごの操作・取扱に関する種々の問題点が提示された。

伸縮ていに関しては、伸てい時に、はしご確保者が引手側に強く引かれるという指摘があった。これは石づきが引綱と反対側にあるため起

こる現象であり、はしごの操作・取扱に重要な影響を及ぼすことであるから、さらに構造の検討を行っていく必要がある。

架ていに関しては、建物側に背を向けて引綱をひくため、架てい目標がつかみ難いという指摘が多かった。

この解決策としては、建物に相対して引綱を引き、伸てい後180度回転させて架ていする方法が良いが、取扱操作が一動作多くなるため訓練により習熟する必要がある。

以上2点が大きな問題点であるが、その他の指摘に対しても構造・機能の上の改良を行っていく必要がある。

6. おわりに

今回の改良は、滑車取付位置の変更により正常に作動するか否かを検討することが主目的であったため、使用歴のあるはしごを使用したものである。このため強度への影響、確認が十分に行えなかったため、消防署で行った試験結果の指摘事項も含めて検討を行い、今後は新たに試作し、再度実験を行う予定である。