

新形状鋼管製二連はしごの開発について

Development of New 2-section Steel Pipe Extension Ladder

矢ヶ崎 孝*

米田 雅一*

概 要

可搬式のはしごの軽量化については、過去にチタン材料を用いて行った。今回は、所報第32号で報告した新形状鋼管製三連はしごの軽量化の手法をもとに、鋼管製二連はしごの軽量化を試みた。その結果、鋼製で現用型と同等以上の強度を有し約10%の軽量化を図ることができた。

To make portable ladders light, titanium was used in the past.

The steel pipe extension ladder with 3 sections was lightened. And this was reported in the Report of Fire Science Laboratory No. 32. Similary we tried to make the new steel pipe extension ladder with

2 sections light. We could make it as strong as the standard steel ladder and reduce its weight by 10%.

1 はじめに

消防職員の高齢化が進み、それに伴う諸問題について各方面で鋭意努力して取り組んでいるところである。当庁においても消防活動の効率化及び隊員の労務負担の軽減は重要な課題であり、各種消防資機材の軽量化について継続して研究開発を推進しているところである。

各種資器材の軽量化は、素材面と構造面から研究開発にアプローチする方法がある。これまで消防資器材のうち積載はしごについては、素材面及び構造面から長年研究してきたが、前報においては、構造面を重点にして研究開発した新形状鋼管製三連はしご軽量化について報告したところである。今回は、この手法を利用して軽量化を図った新形状鋼管製二連はしごを開発した。本報は、開発した新形状二連はしごと現用型鋼管製二連はしごとの性能を比較したので、その概要について報告するものである。

2 諸元・性能

現用型鋼管製二連はしご（以下「現用型」という。）と新形状二連はしご（以下「新形状」という。）の諸元を表1に示す。新形状は、現用型と比較して10%（20N）の軽量化を実現し、176N（18kgf）となった。軽量化の方法は、コンピュータ応力シミュレーションの結果に基づき基本的な形状は新形状三連はしごと同様とし、はしご先端と下部を細めることとした。

一連目下部は、厚さを120mmから60mmとし、二連目上部は100mmから40mmとした。他の部分については、形状・寸法とも現用型と同様とした。新形状のはしごの側面概要図を図1に示す。

3 実験内容

- (1) 実験期間：平成7年10月3日～10月5日
- (2) 実験場所：消防科学研究所1階総合実験室

表1 諸 元

項 目		現 用 型	新 形 状	
各 部 の 寸 法	全伸でい長さ (mm)	5,200	5,200	
	縮でい長さ (mm)	3,100	3,100	
	一連目	幅 (mm)	370	370
		厚さ (mm)	120	60~120
		長さ (mm)	3,105	3,105
	二連目	幅 (mm)	340	340
厚さ (mm)		100	40~100	
長さ (mm)		2,800	2,800	
横 さん 間 隔 (mm)		350	350	
重 量 N (kgf)		196 (20)	176 (18)	

*第三研究室

(3) 実験項目

ア 水平状態測定実験

(ア) 荷重784N (80kgf)を一連目と二連目の重合部(8段目)にかけ、ひずみ量及びたわみ量を測定する。

(イ) 荷重882N (90kgf)を一連目と二連目の重合部(8段目)にかけ、ひずみ量及びたわみ量を測定する。

イ 65°架てい測定実験

(ア) 荷重882N (90kgf)を各横さんに単独にかけ、ひずみ量及びたわみ量を測定する。

(イ) 荷重882N (90kgf)、1,764N (180kgf)、2,058N (210kgf)、2,352N (240kgf)、2,646N (270kgf)、2,940N (300kgf)、3,234N (330kgf)を現用型の実験結果と比較するために7段目に単独にかけ、ひずみ量、たわみ量の変化を測定する。

(4) ひずみゲージの張り付け位置は図1のとおり。

4 実験結果

実験の表記法：実験ごとにこれを記す。(なお、応力図は.CVSを付記する。)

○ ○ — ○ ○ — ○ ○

┌ 荷重の大きさ (×10kgf) ただし、J J は自重、Z N は残留を示す。

└ 荷重をかけた基部からの段数 ただしW 7 は7段目に荷重をおもりでかけたことを示す。

— 架てい角度

(例) 0 0 — 0 8 — 0 8
架てい角度0° (水平)、8段目に80kgfの荷重をかけた。

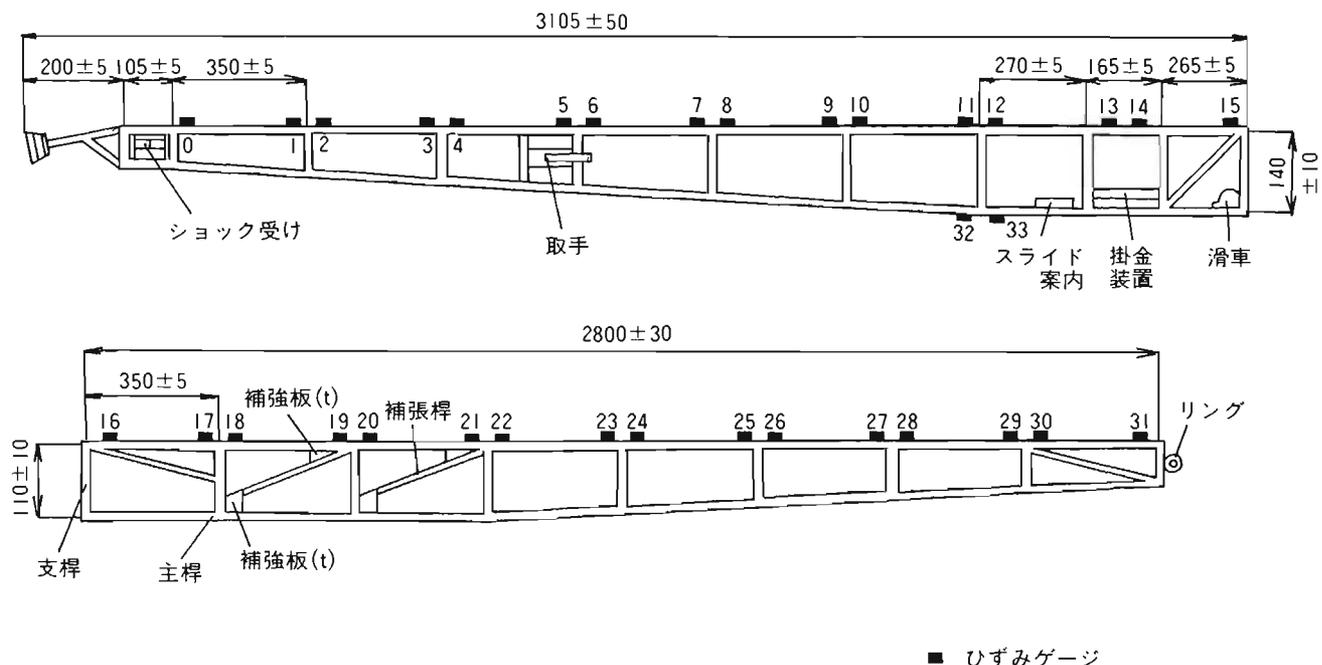


図1 新形状二連はしごの概要図

(1) 水平状態測定実験

ア 荷重負荷時の応力及びたわみ量の測定結果

架てい角度 0°、8 段目に 784 N (80kgf)、882 N (90 kgf) をかけたときのたわみ量の測定結果を表 2 及び図 2 に、応力測定結果を図 3 及び図 4 に示す。水平状態測定実験の状況を写真 1 に示す。

表 2 水平荷重状態のたわみ量の測定結果

単位 (mm)

実験	段目	4 段目	7 段目	9 段目	12 段目
00-08-08		21	32	34	20
00-08-09		23	36	39	23

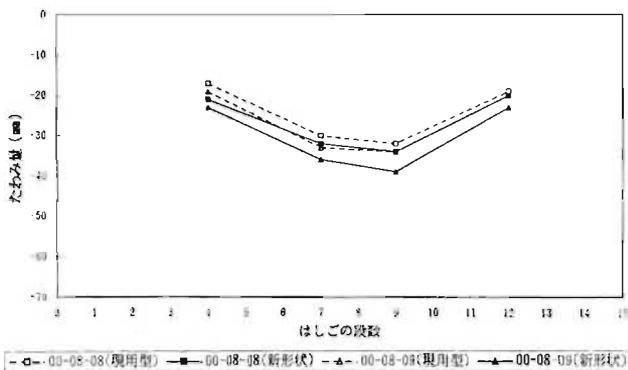


図 2 水平状態のたわみ量の測定結果

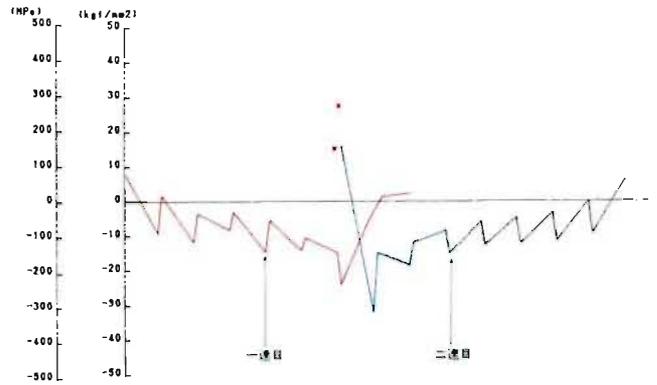


図 4 水平荷重状態の応力測定結果 (882 N (90kgf) 荷重時)



写真 1 水平状態測定実験の実験状況

(ア) 安全基準では、全伸てい状態のはしごは 5.2m で、78mm までのたわみが許容される。(全伸てい長さ × 1.5%) 今回ののはしごは、いずれの部位でもこれを下回り、最大で 39mm である。

(イ) 応力については、784 N (80kgf) 荷重で 8 段目の No.17 のゲージが最大値 -277.83 MPa であり、882 N (90kgf) では 8 段目の No.17 のゲージが最大値 -310.75 MPa となっている。

イ 残留たわみ及び残留応力の測定結果

架てい角度 0° ですべての荷重を取り除いたときに、元にもどるかどうかの確認をした。応力測定結果を図 5 に示す。

(ア) たわみ量はすべての部位で 0 mm であった。荷重を取り除くと完全に復帰した。

(イ) 残留応力は、自重の場合の応力図と比較して、ほぼ同様な値に戻っている。(図 5 参照)

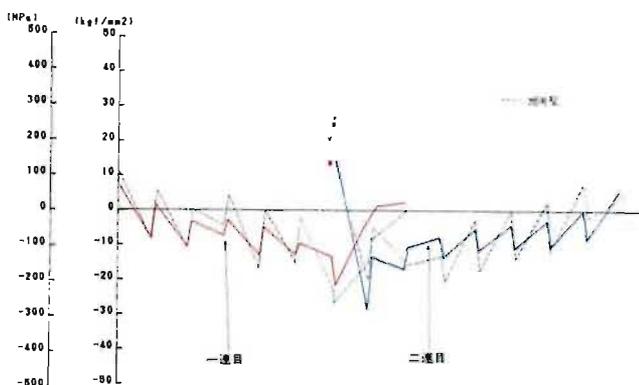


図 3 水平荷重状態の応力測定結果 (784 N (80kgf) 荷重時)

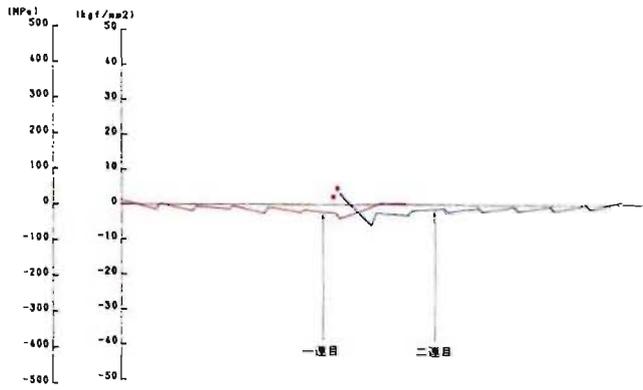


図5 水平荷重状態の応力測定結果
(自重のみの状態)

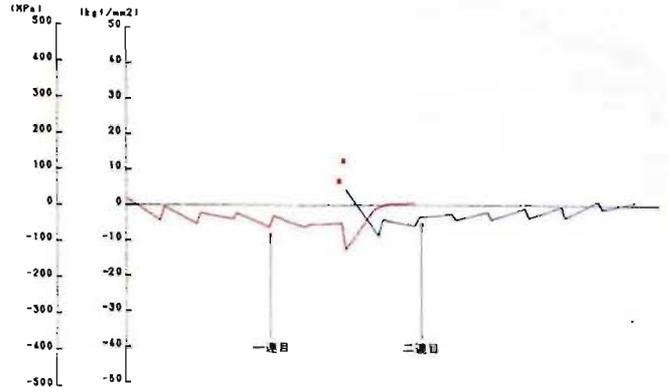


図6 65°架てい状態の応力測定結果
(7段目、882 N (90kgf) 荷重時)

(2) 65°架てい状態測定実験

ア 荷重点 (1 から14段目) の測定結果

65°の角度で架ていし、はしご下部の1段目から14段目までを順番に882 N (90kgf) の荷重をかけた。最大ひずみ (絶対値) とそれを生じたひずみゲージ番号を表4に、応力測定結果の一例を図6に示す。

中央に荷重をかけた方が、端に荷重をかけるより大きなひずみを生じている。最大値は、65-07-09時の597 $\mu\epsilon$ であった。また、ひずみの最大値を示す部分は、荷重をかけている直近のゲージの場合が多い。さらに、荷重をかける部分が上に行くに従って、最大ひずみを生じているゲージも上に移動している。

はしごのオーバーラップする部分のゲージNo.17は、特に最大応力が4回発生した。

表4 架てい角度65°各横さんに90kgfをかけた時の最大ひずみ 単位 [$\mu\epsilon$]

実験No	荷重の位置	最大ひずみ	最大ひずみを生じたゲージ
65-01-09	1	-115	0
65-02-09	2	-296	1
65-03-09	3	-358	4
65-04-09	4	-411	6
65-05-09	5	-467	8
65-06-09	6	-505	10
65-07-09	7	591	33
65-08-09	8	-480	17
65-09-09	9	-507	17
65-10-09	10	-463	17
65-11-09	11	-415	17
65-12-09	12	-420	26
65-13-09	13	-360	28
65-14-09	14	-250	30

イ 荷重増加に伴う応力及びたわみ量の測定結果

65°の架てい角度において、はしご7段目 (1連と2連の重合部) に882 N (90kgf) から3,234 N (330kgf) まで荷重を段階的に負荷した。たわみ量の測定結果を表5、応力測定結果の一例を図8に示す。

(ア) 最大たわみ量は、3,234 N (330kgf) 荷重時の7段目であり、52mmであった。全般に新形状は現用型と比較してたわみ量は減少している。

表5 架てい角度65°7段目荷重時のたわみ量 単位 [mm]

実験	段目	4段目	7段目	9段目	12段目
65-W7-18		18	28	27	19
65-W7-24		25	37	34	16
65-W7-30		33	45	44	21
65-W7-33		36	52	49	24

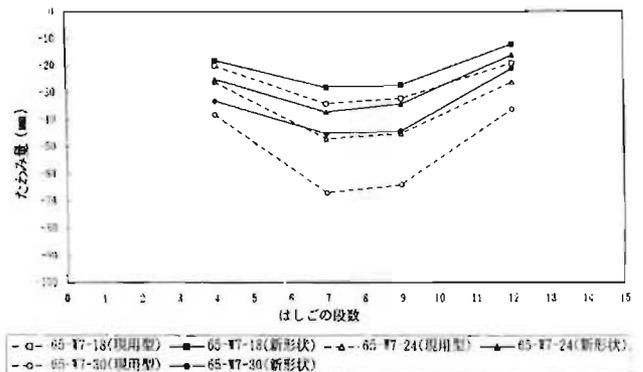


図7 65°架てい時のたわみ量の測定結果

(イ) 応力については882N (90kgf)のときは7段目のゲージNo.33が最大値127.8MPa、1,762N (180kgf)のときはゲージNo.33が最大値265.1MPa、2,058N (210kgf)のときはゲージNo.33が最大値312.0MPa、2,352N (240kgf)のときはゲージNo.33が最大値361.0MPa、2,646N (270kgf)のときはゲージNo.33が最大値410.8MPa、2,840N (300kgf)のときはゲージNo.12が最大値-471.5MPa、3,234N (330kgf)のときはゲージNo.12が最大値-747.5MPaであった。(図8参照)

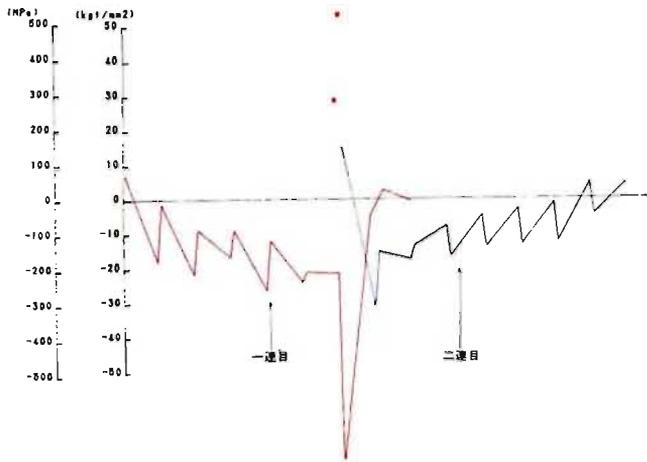


図8 65°架てい状態の応力測定結果
(7段目、3,234N (330kgf) 荷重時)

5 実験のまとめ

(1) 水平状態測定実験

水平状態測定実験においては、たわみ量は現用型よりやや大きくなっている。

応力値の絶対値は、現用型とほとんど変わらないが、新形状の鋸刃形状の応力分布は、現用型のP-P値と比較して少なくなり、現用型と同等の強度を有することが言える。これは、側面の形状変更に起因するもので、各部に発生する応力が均一に分散したものと考えられる。

(2) 架てい状態測定実験

新形状のたわみ量は、前(1)の結果とは逆に現用型より小さくなっている。新形状は、長手方向(伸てい方向)に荷重が作用した場合に側面のトラス構造が強度的に有利な状態となりたわみに少なくなったものと考えられる。

新形状の応力については、現用型よりやや小さくなっている。たわみと同様、はしごに対して鉛直方向より、伸てい方向への荷重の方がはしごへの影響が少なく、前(1)同様に現用型と同等の強度を有することが言える。

6 おわりに

本実験の結果、新形状は、現用型と比較して19N (2kgf)の軽量化を達成し、かつ、強度的にも現用型と同様の性能を有することが確認できた。消防資器材の軽量化については、永遠のテーマである。積載はしごの軽量化については、各種の素材からの選定、及びコンピュータシミュレーションによる構造検討など膨大なデータを地道に整理、分析し研究を進めることにより多くの成果を得ることができた。今後は、これらの貴重なデータを基にさらに資器材の軽量化及び機能向上を進めていきたい。

参考文献

- 1 平成7年 消防科学研究所報 第32号