

アルミニウム合金製三連はしご及び鋼管製三連はしごの破壊実験結果について

Results of Break-down strength Tests of The Aluminum Alloy Three Extension Carrying Ladder and A steel one.

菊池定男*
池辺昇一**
正村厚***
青柳廣****

We examined the break-down strength of a newly developed the aluminum alloy three extension carrying ladder. The conditions of the experiments are like these. The fully extended ladder set on the stand at horizontal condition and each end of the ladder was free supported. As a results of experiment, load of total weight 360 kg was added at three points including the center of ladder beam. It was broken that the lower place of the second beam. We found this aluminum alloy ladder is stronger than a steel one which is now in service.

1. はじめに

積載はしごの軽量化に関する研究開発として、アルミニウム合金製の三連はしご及び二連はしごを試作し、各種荷重条件における静ひずみ及び動ひずみ等、強度測定を行いその結果を所報22号に掲載したが、引き続きアルミニウム合金製及び現用の鋼管製三連はしごの破壊強度測定実験を行ったので、その結果について報告する。

2. 実験項目

- (1) アルミ合金製三連はしごを全伸で、両端自由支持、各連の中央部にそれぞれ60kg~120kgの荷重を加え、破壊するまでの荷重量及び各部のひずみ量の測定
- (2) 鋼管製三連はしごを全伸で、両端自由支持、各連の中央部に60kg~110kgの荷重を加え、破壊するまでの荷重量及びはしご各部のひずみ量、たわみ量の測定

3. 供試はしごの諸元

実験したはしごの諸元性能は表1のとおりである。

*第三研究室 **第一研究室 ***清瀬消防署
****立川消防署

4. 実験方法

アルミ合金製三連はしご及び鋼製三連はしごを全伸で水平の状態にて台座に乗せ、両端を自由支持し、一連目中央、二連目中央、三連目中央の三箇所にそれぞれ60kgから20kgずつ荷重量を順次増加し、この時の主かん各部の静ひずみ量の変化及び破壊時の荷重量を測定した。

ひずみ量の測定点は、図1に示すNo.1~No.7の7箇所とし、計測は、動ひずみ計及びペンレコーダーで行った。荷重は、一連目、二連目、三連目に同時に加えた。

たわみ量の測定は、鋼管製三連はしごのみについて行い、測定点は図1に示すa b cの3点とし、主かんに沿って水平に糸を張り、この糸と荷重点の主かん上面との差をスケールでよみとった。



写真1 アルミ合金製三連はしごのひずみ測定 (荷重量60kg×3点)

表1 供試はしごの諸元、性能

項目	種別	試作アルミニウム合金製はしご	現用鋼管製三連はしご
		三連試作第3号	
各部の寸法	全伸てい長さ (mm)	8,645	8,700
	縮てい長さ (mm)	3,440	3,500
	幅 (mm)	531 (一連目) 441 (二連目) 355 (三連目)	355 (一連目) 327 (二連目) 299 (三連目)
	横さん間隔 (mm)	325 206 (最下段)	325
	厚さ (mm)	最大 210 各連 106	200 (一連目) 165 (二連目) 115 (三連目)
	主管材形状寸法 (mm)	箱型 105.6×53 (一、二連目) 105.6×40 (三連目)	だ円管 1×19×12
	横さん形状寸法 (mm)	角管 28.6×28 肉厚上下面 1.9 側面 1.6	同上
全重量 (kg)		42.9	42.0
材質・特性	使用材質 主横さん	アルミニウム合金 661B-T5 A-6063S-T5	機械構造用炭素鋼管 STKM-18 同上
	比重	2.7	7.8
	ヤング率 (kg/mm ²)	7,000	21,000
	引張り強度 (kg/mm ²)	30.0	65.2
	0.2%耐力値 (kg/mm ²)	27	48.9
水平に架ていし、中央部に100kgの荷重を加えた場合	最大たわみ	148mm	92mm
	最大ひずみ	1251×10 ⁻⁶	1300×10 ⁻⁶
	応力	8.76kg/mm ²	27.3kg/mm ²
	安全率	3.09	2.38
75度に架ていし、中央部に100kgの荷重を加えた場合	最大たわみ	49mm	31mm
	最大ひずみ	398×10 ⁻⁶	400×10 ⁻⁶
	応力	2.79kg/mm ²	8.40kg/mm ²
	安全率	9.71	7.76



写真2 鋼管製三連はしごのひずみ測定



写真3 鋼管製三連はしごのたわみ測定

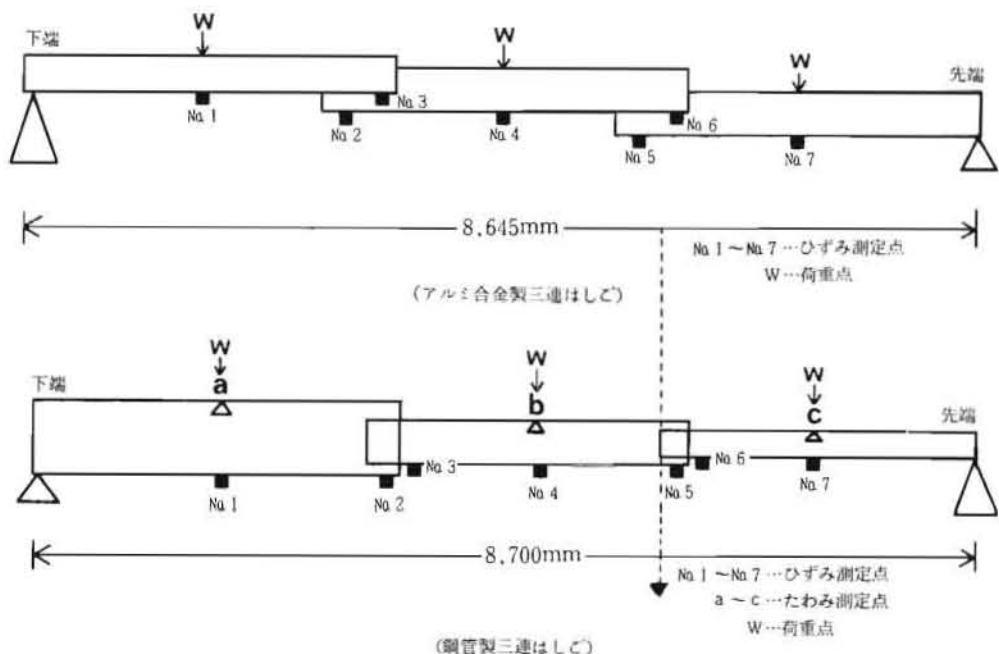


図1 荷重点及びひずみ、たわみの測定

実験に使用した計測器等は次のとおり。
 ストレインゲージ 共和 KF-C-5-C-23-L500-3
 動ひずみ計 共和 DPM-1N
 ブリッジボックス 共和 DB-120B
 ペンレコーダー 横河マルチペンレコーダー

5. 実験結果

(1) ひずみ及びたわみの測定結果

アルミ合金製三連はしご及び鋼管製三連はしごのひずみ量は表2、図2、表3、図3に示すとおりである。

鋼管製三連はしごのたわみ量は表4、図4に示すとおりである。

表2 アルミ合金製三連はしごのひずみ量(×10⁻⁶)

実験番号	測定点ゲージ No 荷重量	一連目		二連目			三連目	
		No.1 (中央)	No.2	No.3	No.4 (中央)	No.5	No.6	No.7 (中央)
1	60kg × 3点	200	367	383	350	325	407	317
2	80kg × 3点	267	443	508	463	425	537	420
3	100kg × 3点	367	483		530	425	563	
4	120kg × 3点	はしご破壊						

表3 鋼管製三連はしごのひずみ量(×10⁻⁶)

実験番号	測定点ゲージ No 荷重量	一連目		二連目			三連目	
		No.1 (中央)	No.2	No.3	No.4 (中央)	No.5	No.6	No.7 (中央)
1	60kg × 3点	350	585	595	675	1110	805	710
2	80kg × 3点	450	775	788	913	1463	1125	950
3	100kg × 3点	550	975	850	1145	2531	1450	1050
4	110kg × 3点	595	975	850	1205	3063	1550	1100
5	110kg × 3点 (破壊時)	600	1120	788	1285	4725	1740	1150

表4 鋼管製三連はしごのたわみ (単位cm)

測定点 荷重量(kg)	A	B	C
0	5.4	7.3	6.6
60 × 3点	9.0	14.2	10.7
80 × 3点	12.6	21.1	14.8
100 × 3点	19.3	30.6	18.3
110 × 3点	はしご破壊		

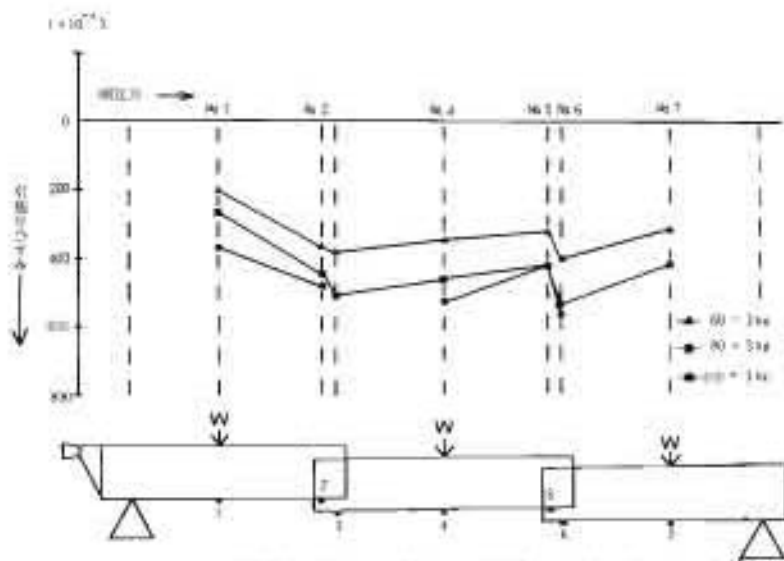


図2 アルミ合金製三連はしごのひずみ

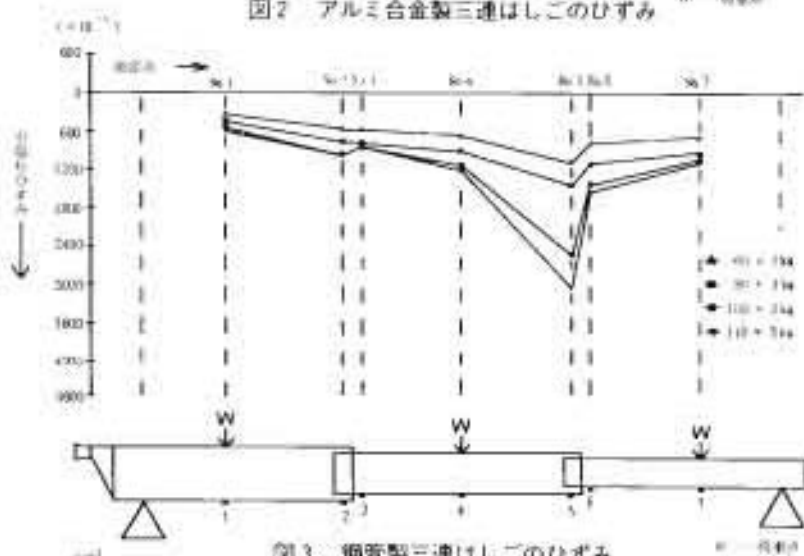


図3 鋼管製三連はしごのひずみ

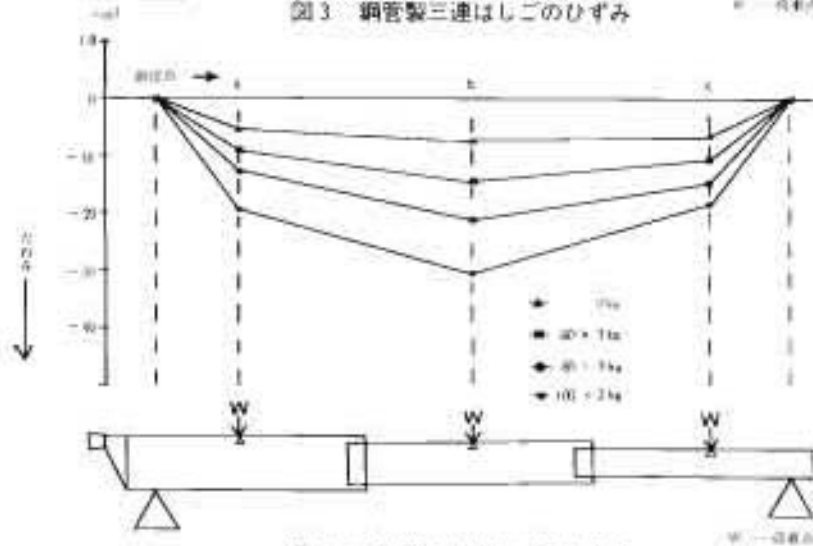


図4 鋼管製三連はしごのたわみ

(2) 破壊強度の測定結果

アルミ合金製三連はしご及び鋼管製三連はしごの破壊するまでの荷重量は表5、表6に示す

表5 アルミ合金製三連はしごの破壊までの荷重量

実験番号	荷重量	備考
1	60kg×3点=180kg	
2	80kg×3点=240kg	
3	100kg×3点=300kg	
4	120kg×3点=360kg	はしご破壊



写真4 アルミ合金製三連はしごに120kg×3点(破壊荷重)を加えた状況



写真5 同上破壊状況



写真6 同上破壊状況(はしご右側から撮影)

とおりである。

また、破壊時の状況は写真4から写真10に示すとおりである。

表6 鋼管製三連はしごの破壊までの荷重量

実験番号	荷重量	備考
1	60kg×3点=180kg	
2	80kg×3点=240kg	
3	100kg×3点=300kg	
4	110kg×3点=330kg	はしご破壊

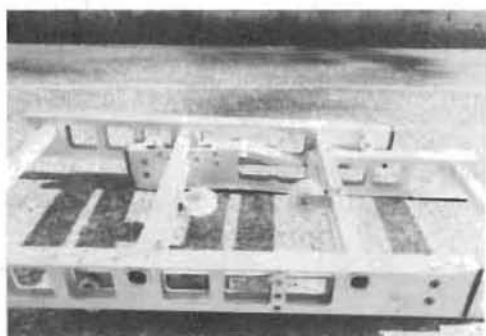


写真7 同上破壊状況 折損部分



写真8 鋼管製三連はしごに110kg×3点(破壊荷重)を加えた状況



写真9 同上破壊状況



写真10 同上破壊状況

6. 考 察

(1) ひずみ量について

この実験では、はしごを水平にし、両端を自由支持した状態で各連の中央部に同一荷重を同時に加える方法で行ったため、アルミ合金製はしごの場合、各連の中央部のひずみ量を比較してみると、二連目中央部（No 4）に最も大きなひずみが出ている。

しかし、鋼管製はしごの場合には、 $80\text{kg} \times 3$ 点以下の荷重では、三連目中央部（No 7）に最も大きなひずみが出ている。

はしごの各部のひずみを全般的にみた場合には、各連のかみ合せ部分に大きなひずみが出ている。

アルミ合金製はしごでは、三連目の末端（No 6）に 563×10^{-6} 、また、鋼管製はしごでは、二連目先端（No 5）に 4725×10^{-6} のひずみが出ている。

(2) 破壊強度について

はしごが破壊したときの総荷重量は、アルミ合金製はしごでは 360kg 、鋼管製はしごでは 330kg である。

破壊箇所は、アルミ合金製はしご及び鋼管製はしごともに二連目の一連目先端部との接合部で破壊している。それぞれの破壊状況を見ると、アルミ合金製はしごでは、写真4～7に示すとおり二連目末端左側主かんが折損することにより一連目の右側主かんが二連目右側ローラー部で外れた。

鋼管製はしごでは、写真8～10に示すとおり左右の主かんが同時に切損した。

ひずみ測定の結果と折損した部分との関係を見ると必ずしも折損部分のひずみが大きな値となっていない。

これは、ストレインゲージを貼った位置（二連目末端部）と一致しないことがあるためである。

そこで、測定結果の中で最も大きな値が出ている二連目先端部（No 5、No 6）のひずみ量と

表7 各種荷重条件における最大ひずみ、応力、安全率

荷重量	アルミ三連はしご			鋼管製三連はしご		
	ひずみ量 ($\times 10^{-6}$)	応力 (kg/mm^2)	安全率	ひずみ量 ($\times 10^{-6}$)	応力 (kg/mm^2)	安全率
$60\text{kg} \times 3$ 点	407	2.85	7.37	1110	23.31	2.10
$80\text{kg} \times 3$ 点	537	3.76	5.59	1463	30.72	1.59
$100\text{kg} \times 3$ 点	563	3.94	5.32	2530	53.15	
$110\text{kg} \times 3$ 点				破壊 3063 ～4725	破壊 48.9 以上	
$120\text{kg} \times 3$ 点	破 壊					
備 考	ヤング率=7000 kg/mm^2 0.2%耐力値=21 kg/mm^2			ヤング率=21000 kg/mm^2 降伏点=48.9 kg/mm^2 引張り強度=65.2 kg/mm^2		

(注) 安全率は0.2%耐力値及び降伏点強度で計算した。

使用材料のヤング率により各荷重時の応力と安全率を計算すると表7のとおりとなる。

表7をみると、荷重量300kg (100kg×3点)でアルミ合金製はしごでは、作用応力が3.94 kg/mm²で安全率が5.32であるのに対し、鋼管製はしごでは、ひずみ量が 2530×10^{-6} で作用応力としては、使用材料の降伏点48.9kg/mm²を超えている。

以上の結果から、今回試作したアルミ合金製はしごは、現用の鋼管製はしごより強い破壊強度を持っていることがわかった。

しかし、折損状況、破壊状況を比較してみるとアルミ合金製のはしごは、折損時に各連が離脱するという構造上の短所があるのに対し、鋼管製のはしごは、折損しても各連が離脱しにくいという長所が認められた。