

簡易昇降装置付はしごの開発について (第1報)

Development of a Ladder with a Lift. (Series 1)

島 光 男*
加 藤 和 利**
神 田 淳**

概 要

老人、身体障害者等の自力避難困難者を2階あるいは3階から安全確実、迅速に救助できる器材の開発をするにあたり現在、資材搬送機として使用されている昇降装置付はしごの安全性、迅速性、操作性等について実験し、消防機器として導入の可能性を検討した。

その結果は、次のとおりで、今後この結果に基づき改良研究を行うものである。

1. 使用範囲

○一定の条件内であれば使用できる。

2. 利 点

○狭いスペースで設定できる。○隊員の負担が軽減される。○連続的に救出できる。

3. 欠 点

○てい体の強度が不十分である。○要救助者をリフターに乗せにくい。○搬送、設定にやや時間がかかる。

Our object is development of rescue tools that go to the rescue of many old persons or physically handicapped persons from 2F or 3F. The tolls must be safety and speedy rescue.

So, We experimented a ladder with a lift that was a machine to go up and down materials about ability of safety, speedy and easeness in handling etc., and we studied possibility of introduction as fire fighting equipments.

The next points are consequence of study.

1. Bounds of use

○We can use the ladder but with qualifications.

2. Merits

○Setting of the ladder is small space. ○Fire fighter's burden are alleviated. ○It can continuously rescue a person.

3. Demerits

○The strength of the ladder is insufficiency. ○It is difficult that takes on the lift a person.
○Carrying and setting take a little time.

1. はじめに

昭和62年6月に東京都東村山市の特別養護老人ホーム「松寿園」において多数の死傷者が発生した火災を教訓とし、老人や身体障害者等の自力避難困難者が居住する対象物において火災が発生し

た場合に2階あるいは3階の低層階から要救助者を安全確実、かつ、迅速に救助する器材の開発が要望されている。そこで、実用機を開発する第一段階として既製の資材搬送用昇降装置付はしごの強度等について実験、検討を行ったので、その概要を報告する。

*管理課 **第三研究室

2. 開発の必要性

(1) 現 状

火災等による救助事象に際しては、はしご車、積載三連はしご等が活用されている。はしご車等の車両は建物に接近できなかつたり架ていできないことが多く、2階あるいは3階の救助活動では主に三連はしごを活用した背負い救出や応急担架救出が行われている。

しかし、これらの救出方法は時間を要し隊員の疲労負担も大きいため、必ずしも効果的な方法とはいえない。

そこで、以下の条件を満たした救助器材を開発する必要がある。

(2) 必要条件

ア 安全性

主に老人や身体障害者等の救助を対象としているので、要救助者にあまり負担のかからない方法とし、安全確実に救出できること。また、多人数を救助しても隊員の疲労負担が少ないものであること。

イ 迅速性

多数の要救助者を連続してすばやく救出できること。

ウ 操作性

救助活動は時間との闘いであるため、容易に設定でき、操作が簡単で取扱い易いこと。

3. 実験した機器

前述の必要条件を満たした機器を開発するために調査した結果、現在、資材搬送機として使用されている昇降装置付はしごが救助用機器としての条件をある程度満足していると思われるので、強度実験等を行い各方面から検討した。

(1) 昇降装置付はしごの諸元性能等

二連はしご、曲がりはしご、リフター、ウインチ、支柱から構成されており、その諸元性能を表1、構成を写真1に示す。

(2) 設定方法

- ア 二連はしご、曲がりはしご、リフター、ウインチ、支柱を架てい位置まで搬送する。
- イ 二連はしごを伸ていし架ていする。
- ウ 二連はしごを登ていし、ロープで曲がりはしごを引き上げ、二連はしごの先端に取付ける。
- エ はしご先端を結着する。
- オ リフター及びウインチを取付ける。
- カ 支柱を取付ける。
- キ ウインチのワイヤーをはる。

表1 昇降装置付はしごの諸元・性能

	は し ご	曲がりはしご	リ フ タ ー	ウ イ ン チ	支 柱
寸 法	全伸てい 7,500mm 全伸てい 4,300mm 幅 400mm	縦 850mm 横 400mm 高さ 300mm	縦 1,400mm 横 650mm 高さ 300mm	縦 300mm 横 220mm 高さ 320mm	長さ 2,200mm ~3,900mm
重 量	22kg	14.6kg	33.5kg	22kg	5.6kg
材 質	アルミニウム合金 6N01-T5	軟 鋼	軟 鋼		軟 鋼
性 能 特長等	二連スライド式 高さ調整30cm間隔		跳ね上がり機構付	速度調節付 最大巻き上げ 能力120kg 消費電力647W	長さ調整可能

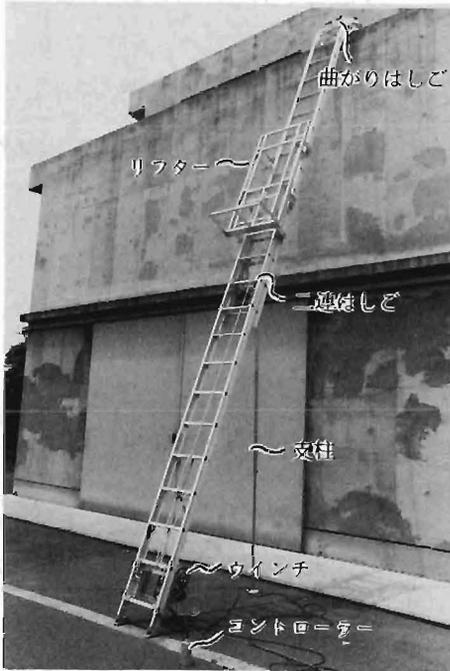


写真1 昇降装置付はしごの構成

4. 実験項目

- (1) 静ひずみ測定
- (2) 動ひずみ測定
- (3) たわみ測定
- (4) リフター昇降時間の測定
- (5) 設定に要する時間の測定

5. 実験条件

次の実験条件とした。なお、最大ひずみの発生する荷重位置を予備実験により決定した。(図1参照)

- (1) 静ひずみ測定
 - ア 伸てい長さ——全伸てい
 - イ 架てい角度

支柱なし——75°, 70°, 65°

支柱あり——65°, 60°, 50°

なお、支柱の位置はゲージNo45の位置

ウ 荷重量——リフター (33.5kg) + 100kg

エ 荷重点

支柱なし——ゲージNo46～No50

支柱あり——ゲージNo54～No58

オ 測定点——61点

(2) 動ひずみ測定

ア 上記(1)ア, イ, ウと同じ

イ 荷重量——リフター (100kg積載) を連続的に上昇及び降下

ウ 測定点

静ひずみ測定の結果からひずみの大きい付近の6点 (No47, No48, No49, No55, No56, No57)

(3) たわみ測定

ア 上記(1)ア, イ, ウと同じ

イ 荷重点

支柱なし——ゲージNo48

支柱あり——ゲージNo56

ウ 測定点——ゲージNo3, No9, No15, No18, No21, No26, No28, No30の計8点

(4) リフター昇降時間の測定

ア 架てい角度——75°, 50°

イ 荷重

リフターのみ

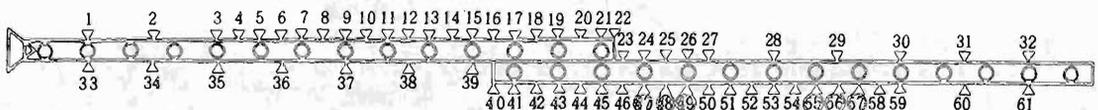
リフター+100kg

ウ リフターを最高速度ではしごに沿って6m昇降させ、それに要した時間を測定した。

(5) 昇降装置付はしごの設定時間測定

ア 搬送, 設定人員——2人, 3人, 4人

イ 必要器材 (二連はしご, 曲がりはしご, ウインチ, リフター, 支柱) を10m離れた位置から搬送し, 設定が完了するまでの時間を測定した。



※ 無印の番号は、静ひずみ測定点

○印の番号は、静ひずみ及び動ひずみ測定点

図1 ひずみ測定位置

6. 実験装置及び方法

(1) 静ひずみ測定

図2に示すとおり昇降装置付はしごの61箇所ひずみゲージを貼付け、スキャナー、ひずみ測定器を経てデータをフロッピーに格納及びプロッターに応力を作図させる装置で、実験条件に従って行った。

(2) 動ひずみ測定

図2に示すとおり昇降装置付はしごの6箇所ひずみゲージを貼付け、ストレインアンプを経てペンレコーダーに記録させる装置で実験条件に従って行った。

(3) たわみ測定

主かんに沿って水平に糸を張り、糸と主かん上面の距離を鋼製スケールで測定し、無荷重状態を基準とし求めた。

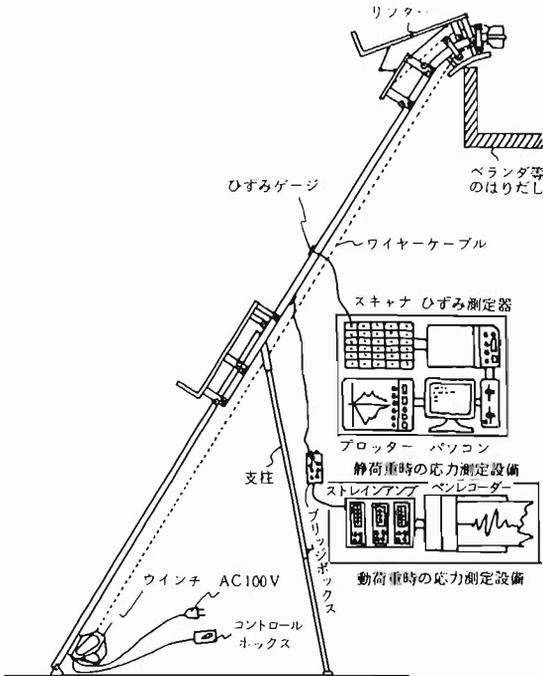


図2 静及び動荷重時のひずみ測定要領

7. 実験結果

(1) 静ひずみ測定

図3、図4は各架てい角においてリフター+100kgの静的荷重を最も応力の大きくなる位置(支柱なしの時No.48、支柱ありの時

No.56)にかけた時の応力の分布であり、各架てい角における最大応力は、表2のとおりである。

(2) 動ひずみ測定

図5、図6は各架てい角においてリフター+100kgの荷重を載せ、最上段から最下段まで降下させた時の動的な応力の変化である。なお、上昇時の応力降下時の応力がほぼ等しいことと救助時は主に降下用として使用することから降下時の値とした。各架てい角における最大応力は表3のとおりである。

(3) たわみ測定

リフター+100kg荷重時の各架てい角における最大たわみ量を表4に示す。

(4) リフター昇降時間の測定

架てい角75°支柱なし及び架てい角50°支柱ありの昇降時間を表5に示す。

(5) 昇降装置付はしごの設定時間測定

表6に示す。

8. 考 察

(1) 使用範囲

ア 安全率

安全率は、使用条件、許容応力をどの程度にするかによって決まるものであり、本来、設計時に次に示すような諸点を考慮して決定する。

(ア) 使用目的

(イ) 材料の均一性、すなわち信頼度

(ウ) 応力見積もりの正確度、すなわち荷重見積もりの正確度、応力計算法の正確度

(エ) 荷重、いいかえると応力の種類、大きさ

(オ) 使用中の諸現象、すなわち摩耗、腐食、クリープなど

(カ) 工作の正確度

しかし、これらは機械や構造物の形状が複雑であることから正確に決定することは困難であり、材料試験を繰り返して統計的に求めるか経験値を参考として決定しなければならない、今後の研究に待つことが多い。

最近の安全率に対する考え方として軽量に設計することが強く要望されていることから、不必要に大きな強度をもたせること

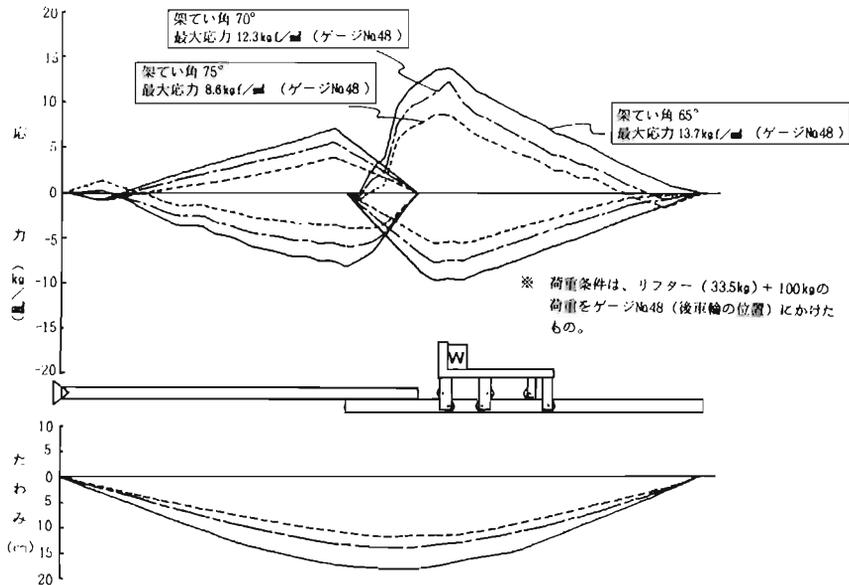


図3 静的荷重時の応力, たわみ測定結果 (支柱なし)

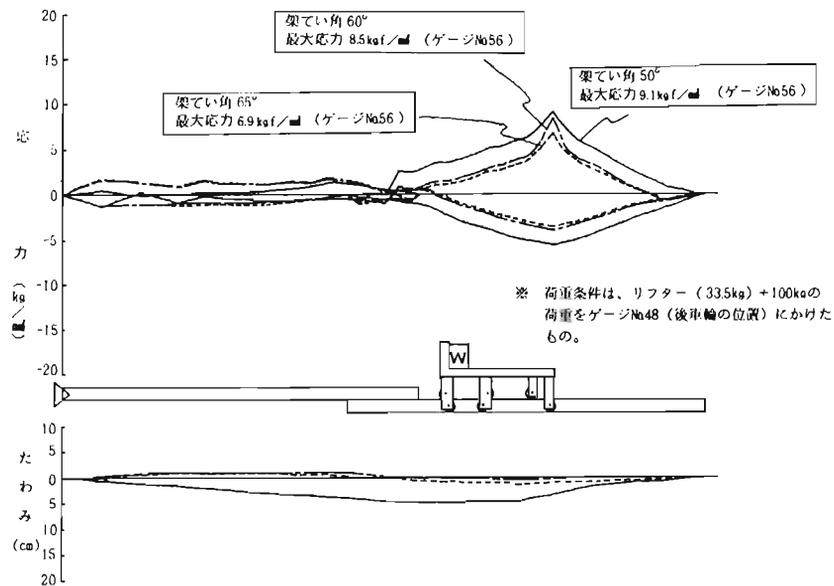


図4 静的荷重時の応力, たわみ測定結果 (支柱あり)

表2 静荷重時の最大応力

支柱	架てい角	荷重点	最大応力 (発生点)
なし	75°	No.48	8.6kgf/mm ² (No.48)
	70°		12.3kgf/mm ² (No.48)
	65°		13.7kgf/mm ² (No.48)
あり	65°	No.56	6.9kgf/mm ² (No.56)
	60°		8.5kgf/mm ² (No.56)
	50°		9.1kgf/mm ² (No.56)

表3 動荷重時の最大応力

支柱	架てい角	荷重点	最大応力 (発生点)
なし	75°	No.48	12.0kgf/mm ² (No.48)
	70°		13.4kgf/mm ² (No.48)
	65°		17.9kgf/mm ² (No.48)
あり	65°	No.56	8.8kgf/mm ² (No.56)
	60°		9.5kgf/mm ² (No.56)
	50°		10.2kgf/mm ² (No.56)

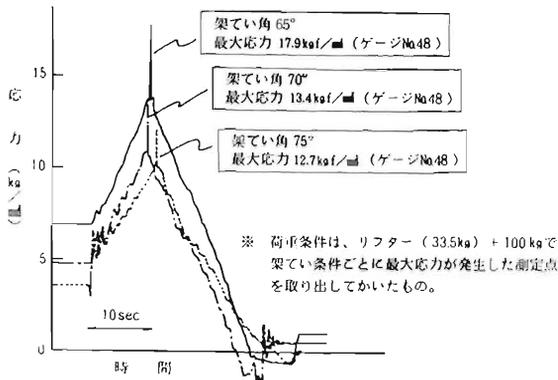


図5 静的荷重時の応力測定結果（支柱なし）

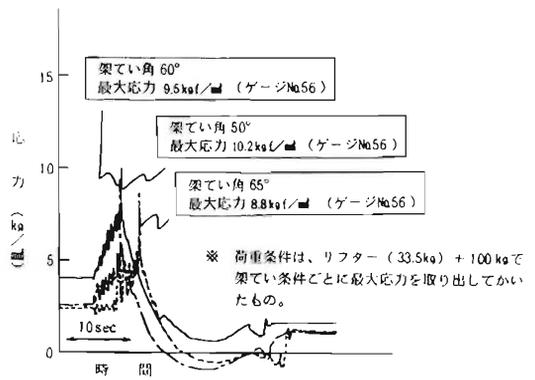


図6 静的荷重時の応力測定結果（支柱あり）

表4 静荷重時の最大たわみ

支柱	架てい角	荷重点	最大たわみ(発生点)
なし	75°	No.48	120mm (No.21)
	70°		140mm (No.21)
	65°		181mm (No.21)
あり	65°	No.56	13mm (No.29)
	60°		-10mm (No.9)
	50°		49mm (No.26)

を避け耐え得る限度ぎりぎり設計するために、安全率を小さくする傾向にある。しかし、本機の使用目的や条件を考えた場合、そうともいききれず、軽量化もしたいが安全率も大きくとりたいといった困難さがある。とりわけ安全性を優先して考え、同じ使用目的のはしご車が安全基準において安全率を「2」程度としていることから本はしごについても検討において、その値を準用するものである。

イ 支柱を使用しない時

静的荷重において75°架てい時ではNo.48に8.6kgf/mm²の応力が発生している。この値は、本はしごの材質(アルミニウム合金6N01-T5)の0.2%耐力値(21kgf/mm²)の1/2以下である。しかし、リフターを昇降させ動的荷重をかけた時の動ひずみを測定した結果、架てい角75°でNo.48に12.0kgf/mm²の

表5 リフターの昇降時間

架てい角	荷重	上 昇		降 下	
		時間	速度	時間	速度
75°	なし	25.0秒	240mm/sec	25.0秒	240mm/sec
	100kg	28.6秒	210mm/sec	23.1秒	260mm/sec
50°	なし	25.0秒	240mm/sec	25.0秒	240mm/sec
	100kg	27.3秒	220mm/sec	24.0秒	250mm/sec

表6 設定に要した時間

設 定 人 員		
2 名	3 名	4 名
5分22秒	4分01秒	3分23秒

応力が発生し、0.2%耐力値の1/2を超えている。このことから、支柱のない状態では、リフター+100kgの荷重条件では架てい角75°以下での使用は危険である。

ウ 支柱を使用した時

静的荷重において65°架てい時ではNo.56に6.9kgf/mm²、60°ではNo.56に8.5kgf/mm²、50°ではNo.56に9.1kgf/mm²の応力が発生している。この値は、0.2%耐力値の1/2以下である。また、動的荷重のかかった状態で、架てい角50°でもNo.56に10.2kgf/mm²と0.2%耐力値の1/2以下である。

したがって、支柱を使用した場合は、リ

フター+100kgの荷重条件で50°までは使用できる。

以上のことから、この条件内で使用するのであれば強度的には耐えられる範囲内にあると思われる。

(2) たわみ

たわみについては、支柱なしの場合、架てい角が75°でも最大120mmと大きいため、かなりはしごが揺れ不安を感じた。また、支柱があれば50°の架てい角でも49mmと小さくはしごの揺れも少なく安心感があつた。

(3) リフターの昇降時間

リフターの昇降は安定性があり、昇降時間は安全性、迅速性から考えて妥当な範囲である。また、速度はリフターのみでは架てい角度及び上昇、降下に関係なく240mm/secで一定しているが、リフター（33.5kg）+100kgでは架てい角度及び上昇・降下の別によって若干の差がある。これは、ウインチの最大巻き上げ力（120kgf）以上の荷重がかかったためだと思われるので、ウインチの能力を上げる必要がある。また、本ウインチは速度調節機能付であるため、上昇あるいは降下開始、停止がスムーズに行なえる。

(4) 設定時間

設定時間については、4人操法で行うのが最も早いですが、訓練次第で3人で十分対応できる。また、二連はしご、曲がりはしご、リフター、ウインチ、支柱の5部品を搬送し設定することを考えると、ある程度一体型に改良するか着脱方式をワンタッチに近い方式に改良すれば、設定時間はもっと短縮される。

9. 検討結果

(1) 安全性

ア ウインチの昇降速度が調整できるため状

況に応じた昇降速度で救助できる。

イ 一定の条件内であれば使用できる強度であるが、さらにてい体構造等の検討が必要である。

ウ 要救助者をリフターに乗せる時ベランダ等から身を乗り出して行うため危険を伴うので、この改善をする必要がある。

エ 要救助者を何らかの方法でリフターに固定する必要がある。

オ リフターの車輪がてい体から外れないような安全装置を取付ける必要がある。

カ ウインチのワイヤーが切断したときの安全装置を取付ける必要がある。

(2) 迅速性

ア 電動リフターを使用しているので隊員の疲労が少なく連続して救出できる。

イ 要救助者をスムーズにリフターに乗せ固定できるようにする必要がある。

(3) 操作性

ア リフターの昇降は、手元コントロールボックスのレバー1本で行なえるので簡単である。

イ てい体（22kg）、曲がりはしご（14.6kg）、ウインチ（22kg）、リフター（33.5kg）、支柱（5.6kg）の軽量化を図る必要がある。

ウ 曲がりはしごの先端部への取付け、ワイヤーケーブルの展張に時間を要するので、これらの設定方式を改善する必要がある。

10. おわりに

今回実験した資材搬送機は改良を要する点は多いが救助用器材としての利点も十分備えているものといえる。今後、実用化をはかるため、本実験結果に基づき改良を加えた実験機を試作し、各種実験等を行う予定である。