

可搬はしごの部材の熱的影響に関する実験結果

Test of heating effect on portable ladder's materials

矢ヶ崎 孝*

米田 雅一*

概 要

可搬式のはしごを実際に火災現場で使用する場合、炎にあぶられたり、火の粉が付着したりすることが予想される。そこで、模擬的な実験を行い、はしご部材の特性がその前後にどのように変化するかを調べた。その結果、炎にあぶられると材料の機械的性質に差が生じるという知見を得た。

In case of a fire the framework of a portable ladder is heated, and the sparks may come down on it. Therefore we heated portable ladder's frame. As the result of this test, We knew that heating on the frame causes the change in the materials' mechanical feature.

1 はじめに

消防活動の迅速化、隊員の労務負担の軽減、及び安全確保を目的として消防活動資器材の軽量化及び操作性の向上について研究開発を推進している。活用範囲の広い積載はしごについては、これまで軽量化を中心に検討を進めてきたところであるが、今回は、特に火災現場を想定した炎（熱）に対するはしごの安全性に着目し、熱的影響をテーマとして研究を進めている。

本報告は、積載はしごの熱的影響に関する研究の第一段階として部材単体の特性について調べたものである。

実験の概要は、積載はしごに使用している各種部材を市販のガスバーナーで加熱し、加熱前後の部材の機械的性質の変化について比較検討したものである。

2 実施期間及び場所

(1) 実施期間

平成7年12月27日～平成8年3月28日

(2) 実施場所

ア 曲げ試験：東京消防庁消防科学研究所 1階総合実験室

イ 引張試験：東京消防庁装備工場地下1階整備実習室

3 供試材料

(1) 実験に使用した供試材料は、現在、東京消防庁で使用する積載はしごの材料で鋼製、チタン製及びアルミ製の3種類と市販品のステンレス製はしごの材料1種類、計4種類を選定した。供試体は、各はしごの主かん部材のみを対象とした。(表1参照)

表1 供試材料

(単位: mm)

種類	項目	JIS又はメーカー規格	寸 法	肉 厚
鋼	製	STKM-18C	19×12楕円管	1.0
ステンレス製		SUS304	18×12楕円管	1.0
チタン製		TTH35W	φ19.05円管	1.0
アルミ製		ZK76-T6	φ20円管	1.5

(2) 供試体の作成方法

供試体は、はしご主かん部材を約48cmに切断し、各素材毎に4種類作成した。

ア 熱処理の種類

金属材料の熱処理は、一般に「焼き入れ」、「焼きなまし」、及び「焼きもどし」に分類される。それぞれの内容は、表2に示すとおりである。

イ 供試体の熱処理の方法

供試体を作成するにあたり、一般的な熱処理方法に対比させるため、焼き入れを急冷、焼きなましを徐冷、焼きもどしを繰り返しとし、表3に示すよう

*第三研究室

表2 一般的な熱処理の種類

種類	内容
焼き入れ	熱処理の一種。高温に加熱した金属材料を急冷して硬化させる操作
焼きなまし	熱処理の一種。俗になましという。金属材料を適当な温度に加熱し、後ゆるやかに冷し常温にする操作。
焼きもどし	熱処理の一種。焼き入れした鋼は硬さは増すがもろくなるので、再加熱して主に硬さを下げ、粘り強さを増すために行う操作。

写真1 供試体の加熱状況



表3 今回の実験で行った熱処理の種類

項目	内容
標準	何も熱処理を行わない
急冷	5分間500℃～600℃に中央部を熱し、そのあと水につけて急激に冷やす。
徐冷	5分間500℃～600℃の温度で熱したあと空气中に放置し、ゆっくりと冷やす。
繰り返す	5分間500℃～600℃の温度で熱したあと水につけて急激に冷やす操作を5回繰り返す。



図1 サーモグラフィの1例（アルミ）

な手順で熱処理を行った。なお、本文では、熱処理を施した供試体を「加熱品」、熱処理をしない供試体を「標準品」と呼ぶこととする。

ウ バーナーによる加熱

加熱方法は、市販の超高温スクリーガスバーナー（プリンス製GT-9000）を用いて直火で熱した。実験条件を明らかにするためガスバーナーの炎と温度と供試体とをサーモグラフィーで観察しながら加熱を行った。

エ 加熱時の供試体温度の上昇状況

バーナーの最高温度の仕様値は、1,900℃である。しかし、本バーナーで供試体を加熱したところいずれの部材も600℃程度まで加熱したところで加熱と放熱のバランスがとれ安定してきた。

オ サーモグラフィーの状況

写真1は、網製の供試体をバーナーで加熱しているときの状況図である。図1は、写真1の状況をサーモグラフィーで熱分布を撮影したものである。

加熱している供試体の中央の部分は、最も温度が

高く、500℃近くまで上昇している。しかし、両端部は、放熱のため温度上昇が小さく外気温度との差は認められない。

4 実験方法

(1) 曲げ試験

ア 曲げ試験は、前3で作成した4種類の供試体を各材料ごと分類して実施した。強度等を比較検討するため、供試体の端から8cmごとにひずみゲージを貼付し、両端を支持した状態で中央に集中荷重を加えた。加えた荷重は、196N (20kg f) から始めて98N (10kg f) づつ増量し、最終的には破損するまで行った。

ひずみゲージの貼付位置を図2に示す。荷重負荷の状況を写真2に示す。

イ 測定器等

- ・ ひずみゲージ：
- ・ ひずみ測定器：UCAM-70A
- ・ パソコン：Apple-Quadra650

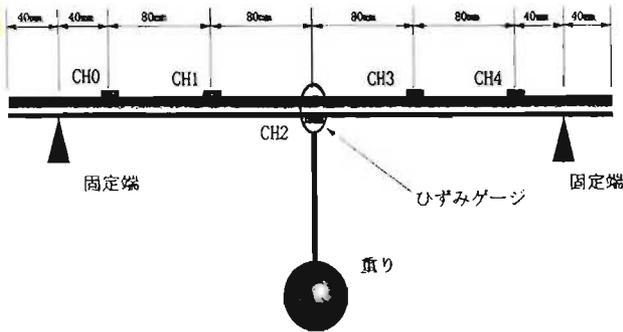


図2 ひずみゲージの貼付位置

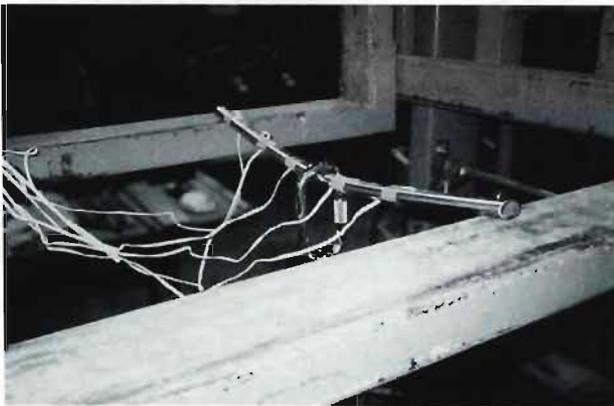


写真2 曲げ試験の実験状況 (ステンレス製)

(2) 引張試験

ア 前(1)の曲げ試験と同様に引張試験は、4種類の供試体を各材料ごとに分類して試験した。供試体の上下を引張試験機に固定して上下方向に引っ張り、材料が破断するまでの最大引張荷重及びその応力を測定し比較した。(写真3参照)

イ 引張試験機

引張試験機：島津万能試験機 (UMH-30)

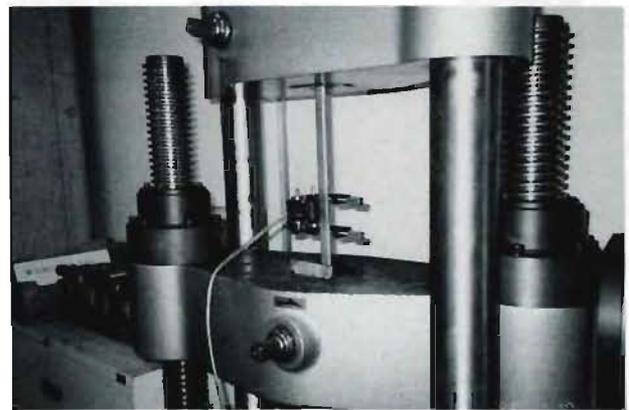


写真3 引張試験の実験状況

であった。

ア 鋼製について (図3参照)

(ア) 各供試体の荷重-ひずみ曲線は、負荷荷重が294 N (30kg f) 付近まではほぼ同一であるが、その後は差が生じてきた。

(イ) 標準品は、加熱品の3種類と比較して負荷荷重686 N (70kg f) 付近まではひずみ増加は大きい

が、784 N (80kg f) 付近で逆転現象を起こした。

(ウ) 標準品は、加熱品と比較して負荷荷重の増加の増加に対して緩やかな上昇傾向であるが、加熱品は、784 N (80kg f) 付近から急激に上昇している。

(エ) 座屈荷重は、標準品の方が最も大きかった。(表4参照)

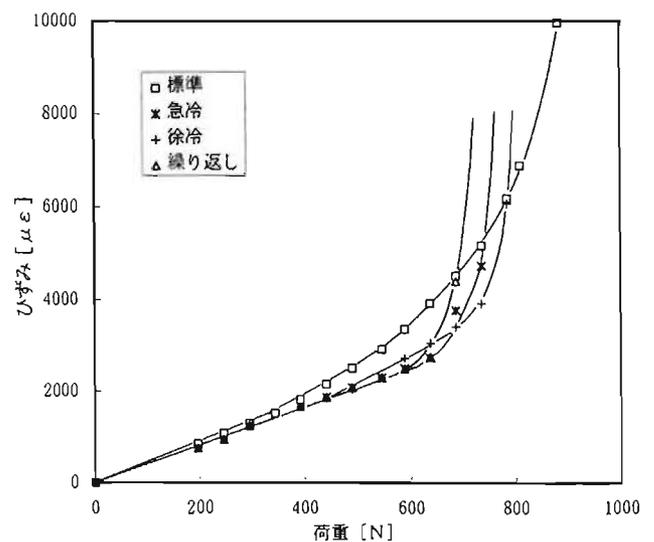


図3 荷重-ひずみ線図 (鋼製CH2)

5 実験結果

(1) 曲げ試験

材料別にひずみの最大値を示した2CHの荷重-ひずみ曲線図の傾向について比較した結果、次のとおり

表4 鋼製の座屈荷重

熱処理別	標準	急冷	徐冷	繰り返し
座屈荷重 N	980	833	883	784

イ ステンレスについて (図4参照)

(ア) 各供試体の荷重-ひずみ曲線は、負荷荷重が294 N (30kg f) 付近まではほぼ同一であるが、その後は前アと比較して各供試体の傾きに顕著な差が現れた。

(イ) 荷重-ひずみ曲線図の傾きは、急冷が最も大きく次いで徐冷、繰り返し、標準の順であった。

(ウ) 座屈荷重は、急冷が最も小さく、次いで徐冷、繰り返し、標準の順であった。(表5参照)

(ウ) 座屈荷重は、標準が最も大きく、次いで徐冷、急冷、繰り返しの順であった。(表6参照)

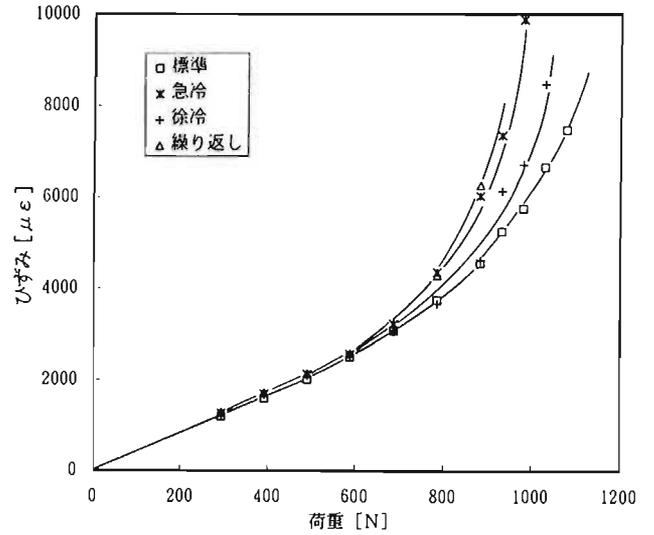


図5 荷重-ひずみ線図 (チタンCH2)

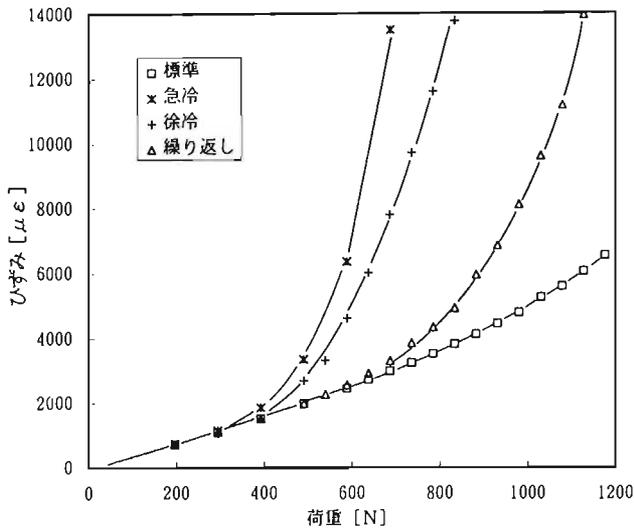


図4 荷重-ひずみ線図 (ステンレスCH2)

表5 ステンレス製の座屈荷重

熱処理別	標準	急冷	徐冷	繰り返し
座屈荷重 N	1,470	1,078	1,176	1,421

ウ チタンについて (図5参照)

(ア) 各供試体の荷重-ひずみ曲線の傾きは、負荷荷重686N (70kg f) 付近までは、ほぼ同一であった。

(イ) 荷重-ひずみ曲線図の傾きは、繰り返しが最も大きく、次いで急冷、徐冷、標準の順であった。

表6 チタン製の座屈荷重

熱処理別	標準	急冷	徐冷	繰り返し
座屈荷重 N	1,274	1,176	1,225	1,127

エ アルミについて (図6参照)

(ア) 各供試体の荷重-ひずみ曲線の傾きは、負荷荷重784N (80kg f) 付近までは、ほぼ同一であった。

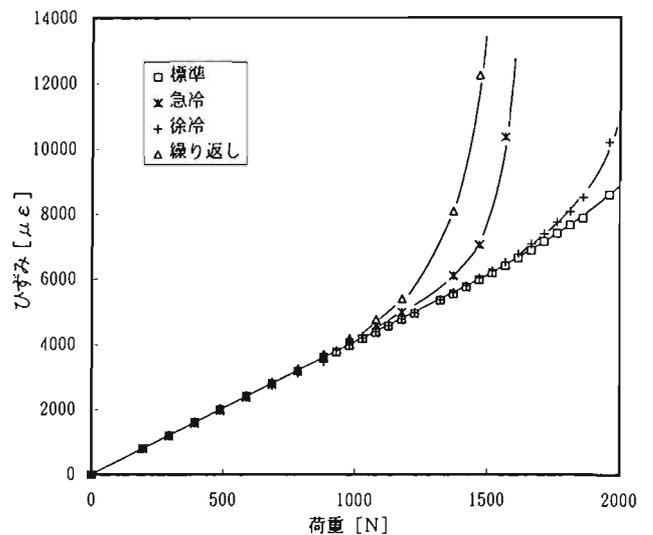


図6 荷重-ひずみ線図 (アルミCH2)

(イ) 負荷荷重784N (80kg f) 以降の荷重-ひずみ曲線図の傾きは、繰り返し最も大きく、次いで急冷、徐冷、標準の順であった。

(ウ) 座屈荷重は、標準品が最も大きく、次いで徐冷、繰り返し、急冷の順であった。(表7参照)

表7 アルミ製の座屈荷重

熱処理別	標準	急冷	徐冷	繰り返し
座屈荷重 N	2,156	1,666	2,107	2,058

(2) 引張試験

ア 鋼製

(ア) 最大引張荷重は、標準、急冷及び繰り返しの3種類ともほぼ同レベルであったが、徐冷は、他と比較して8%から10% (2,450N (250kg f) から2,940N (300kg f)) 程度低い値であった。(表8参照)

(イ) 徐冷の供試体のひずみ-荷重曲線図を、図7に示す。徐冷の塑性域に達する荷重は、標準品と比較して荷重が5,880N (600kg f) 程度低い値を示した。他の加熱品は、標準品と比較して980N (100

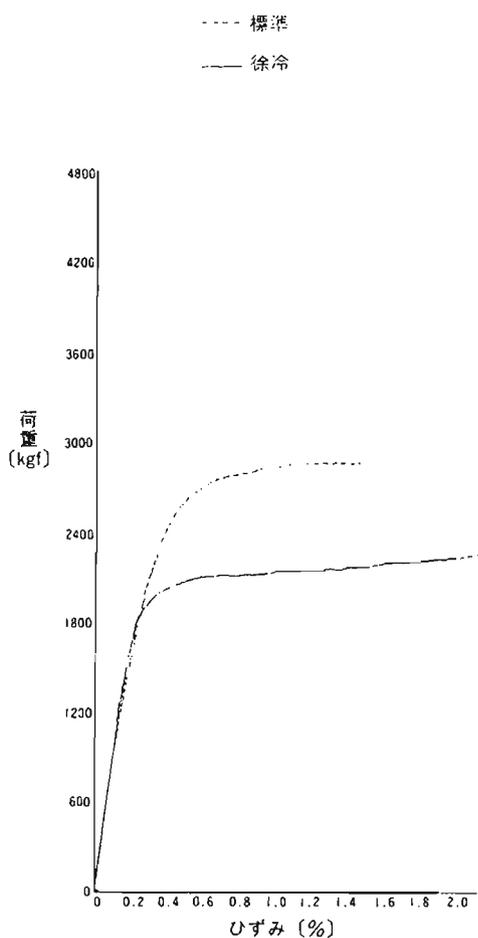


図7 ひずみ-荷重線図 (鋼製)

表8 鋼製の最大引張荷重及び応力

熱処理別	標準	急冷	徐冷	繰り返し
最大引張荷重 kN	27.3	27.1	24.7	28.2
最大引張応力MPa	580	576	524	600

kg f) から1,960N (200kg f) 程度低かった。

イ ステンレス

(ア) 最大引張荷重は、標準及び繰り返しの2種類は、ほぼ同レベルであったが、急冷及び徐冷は、他と比較して5%から8% (2,450N から3,920N) 程度低い値であった。(表9参照)

(イ) 徐冷の供試体のひずみ-荷重曲線図を、図8に示す。徐冷の塑性域に達する荷重は、標準品と比較して荷重が8,820N (900kg f) 程度低い値を示した。急冷は、5,880N (600kg f) 程度低い値で、繰り返しはほぼ同等な値であった。

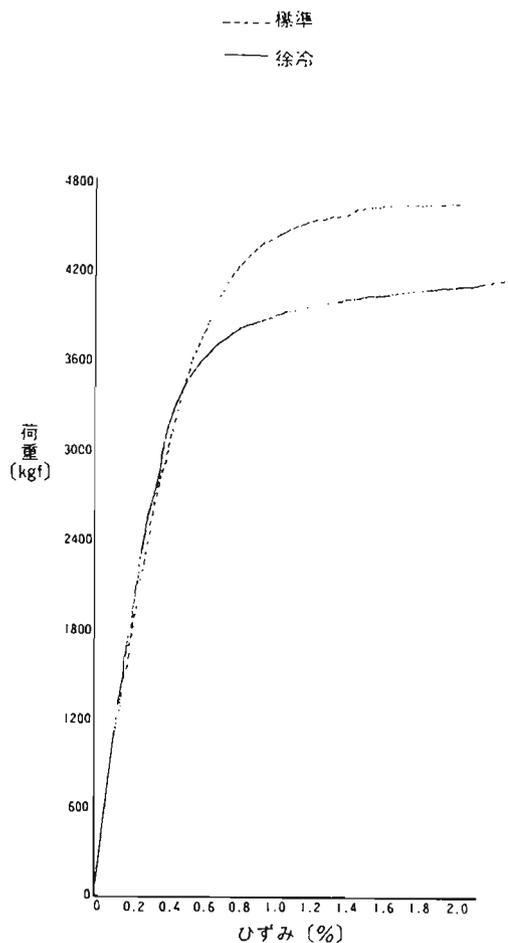


図8 ひずみ-荷重線図 (ステンレス製)

表9 ステンレス製の最大引張荷重及び応力

熱処理別	標準	急冷	徐冷	繰り返し
最大引張荷重 kN	44.9	40.9	42.4	44.4
最大引張応力MPa	952	868	900	944

ウ チタン製

(ア) 最大引張荷重は、各供試体の最大と最小の差が5% (1,568N (160kgf)) 程度で全ての種類でほぼ同レベルであった。(表10参照)

(イ) 徐冷の供試体のひずみ-荷重曲線図を、図9に示す。徐冷の塑性域に達する荷重は、標準品と比較して荷重が2,940N (300kg f) 程度低い値を示した。繰り返しも2,940N (300kg f) 程度低い値であるが、急冷は、ほぼ同等な値であった。

エ アルミ製

(ア) 加熱品の最大引張荷重は、標準品と比較して45%から50% (19.6kNから22.5kN) 程度で低い値を示した。(表11参照)

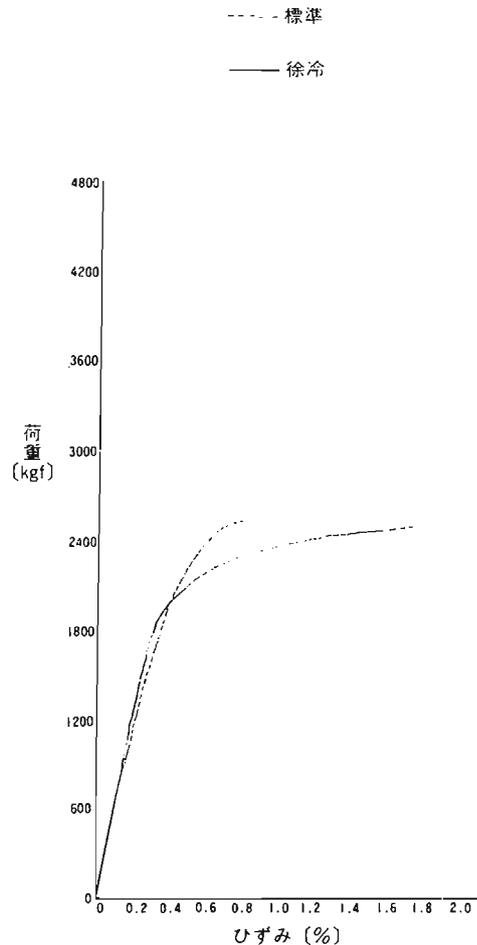


図9 ひずみ-荷重線図 (チタン製)

表10 チタン製の最大引張荷重及び応力

熱処理別	標準	急冷	徐冷	繰り返し
最大引張荷重 kN	27.0	26.9	25.4	26.0
最大引張応力MPa	476	476	448	460

(イ) 徐冷の供試体のひずみ-荷重曲線図を、図10に示す。徐冷の塑性域に達する荷重は、標準品と比較して荷重が24.5kN (2,500kg f) 程度低い値を示した。急冷も24.5kN (2,500kg f) 程度低い値で、繰り返しは、20.6kN (2,100kg f) 程度低い値であった。

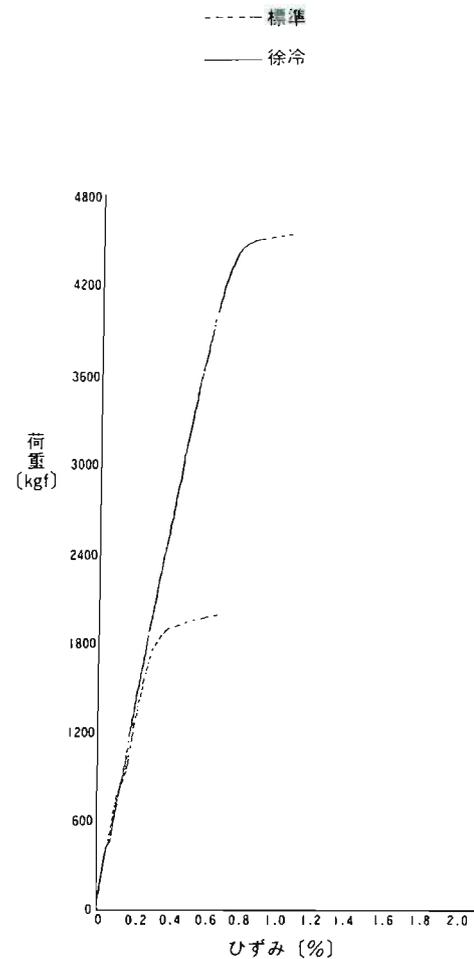


図10 ひずみ-荷重線図 (アルミ製)

表11 アルミ製の最大引張荷重及び応力

熱処理別	標準	急冷	徐冷	繰り返し
最大引張荷重 kN	45.3	25.0	25.1	23.0
最大引張応力MPa	760	420	420	384

(1) 共通事項

一般に熱処理は、生産する構造体に最も適した部材に性質を改善するために行うもので広く工業界で用いられている手法である。今回行った各実験は、製品化された積載はしご(適正な加熱品)が火災現場にて受ける熱的影響(不定性な熱影響)について調べたもので、一般にいう熱処理とは過程が根本的に異なるものである。

実験結果をみると、材料別に加熱前後の機械的性質に顕著な差が現れた。また、加熱方法の違いに対してもその傾向に差が生ずることが知見される。これは、熱処理の違いによる金属組成の変化と異なる部材そのものの金属組成の違いによる結果と考えられる。

(2) 曲げ試験について

荷重-ひずみ曲線を見ると弾性限度域は、各部材とも各加熱方法の違いによる差は見られない。これは、加熱によるヤング率への影響は極めて少ないことがいえる。

弾性限度を超えたひずみ-荷重曲線を見ると、各部材とも加熱品は、未処理品と比較して傾きは大きくなる傾向にあり、さらに、破断荷重は小さくなる。これは、加熱の影響により金属組成が変化し、強度低下したものと考えられる。

(3) 引張試験について

ひずみ-荷重曲線を見ると、引張強度の変化は各部材でまちまちであるが、各部材とも加熱品は標準品と比較して一部を除き低下している。特に、アルミ製は半減し加熱の影響が顕著である。このことについても、前(2)と同様な理由と考えられる。

(1) 今回実験に使用した積載はしごの供試体は、炎にあぶられると曲げ強度は最大で27%、及び引張強度は最大で49%低下した。

(2) 部材の加熱による影響が大きいものは、ステンレス製の曲げ強度の低下及びアルミ製の引張強度の低下であった。

8 おわりに

今回、はしご部材単体のガスバーナーによる加熱の影響について基礎的な事項について把握できた。このデータを基にして、今後は単はしご及び二連又は三連はしごの熱的影響について実験検討を進める予定である。