アルミニウム合金の引張試験結果に及ぼす 荷重速度の影響*

佐藤 四郎**・小林 秀敏**
林 弘***・石川 博光***

Effect of loading rate on tension test values of aluminum alloys*

UDC : 669. 715 : 620. 172 : 539. 4. 019

Shiro SATO**, Hidetoshi KOBAYASHI**
Hiromu HAYASHI*** and Hiromitsu ISHIKAWA***

Tension tests were carried out using two testing machines, screw-gear type machine (Shimazu Autograph IS-10T) and oil-hydraulic type machine (Shimazu Universal Testing Machine RH10). The proof stress is unsusceptible to the loading rate measured by the use of a screw-gear type machine, but is lowered with the accelerated loading rate by the use of a hydraulic machine because of the time lag for load indication. The tensile strength and elongation of soft materials such as 1050-H14 and 1230-H18 slightly increase with the accelerated loading rate. The tensile strength of such alloys as 2024-T3, 5052-H34 and 5083-O that show serrations decreases with the accelerated loading rate. The strain rate should be in the range from 20 to 80%/min for tension test of aluminum alloys.

(Received June 23, 1981)

1. 緒 言

引張速度が引張試験の特性値に及ぼす影響に関する研究は非常に数多く行われている。引張速度の影響の実験を2つに分けると、静的引張試験機で変化し得る速度と衝撃的に引張る場合とがあるが、ここでは前者の場合について考察した。

静的引張試験機における速度範囲では引張特性値に与える影響は小さいと考えられており¹⁾、その影響は概して軟らかい材料ほど著しい^{2),3)}。軟鋼に関する研究はかなり多く行われており、引張強さよりも降伏点に及ぼす影響が大きいとされている⁴⁾。引張速度の影響は材料により異なり、例えばステンレス鋼でも鋼種によつて影響が相違するようである⁵⁾。

JIS 規格⁶⁾には鋼に対する引張速度の標準を示しており、1980年の改正にあたり新たにアルミニウムについても規定された。鋼の場合には降伏点または耐力に及ぼす

影響の実験結果から、負荷速度は1~3 kg/mm²・sと決められており、アルミニウムに対しては3 kg/mm²・s以下と上限のみを制限することになった。引張強さを求める場合の引張速度の標準についても、鋼にあつては20~80%/minの範囲がきめられていたのに対し、アルミニウムでは単に80%/min以下の速度と規定された。このように鋼にあつては上限と下限とを示して実験値のばらつきを防いでいるのに対し、アルミニウムでは実験データが不足しており、明確な範囲を示すに至らなかったわけである。

アルミニウムおよびアルミニウム合金には非常に軟質な工業用純アルミニウムから硬質な高力合金まで各種のものがあつて、またアルミニウム合金特有のセレイションを示す材料もあつて、材種による引張速度の影響の相違が考えられる。ここでは代表的な6種類の材種を選んで、引張速度の引張特性値に与える影響を調べた。なお引張速度の影響は使用試験機の形式によつても異なるよ

* 軽金属学会第60回春期大会 (56-5) にて発表。

** 防衛大学校 (横須賀市)。

*** (株)日本軽金属総合研究所 (静岡県蒲原町)。

うであり^{7),8)}, 今日広く用いられるようになってきたインストロン型と, 古くから用いられている油圧型の2機種を用いて実験した。

2. 供試材料と実験方法

2.1 供試材料と使用試験機

実験に用いた試験片形状は JIS 5 号試験片であつて, 肩半径25 mm, 平行部長さ60 mm, つかみ部幅35 mmとした。使用試験機は島津オートグラフ IS-10T 型と島津万能試験機 RH-10型の2機種を用いた。前者はいわゆるインストロン型であつてネジによる負荷方式であり, 荷重の検出にロードセルを使用している。後者は油圧負荷方式であつて計力機構は機械作動式の試験機である。供試材料はTable 1 に示す7種類であつて, 使用した試験機との対応を表示した。

2.2 負荷速度

負荷速度は引張試験中では変化させず, 耐力測定後も同一速度で破断まで実験した。負荷速度はひずみ増加率を考慮してTable 2 に示す4段階としたので, 耐力測定のための応力増加率は実用を離れてかなり高速の領域まで実験したことになった。耐力までの応力増加率は荷重-時間曲線をX-Yレコーダに記録させ, その直線部分の傾斜から算出して求めた。

各負荷速度で実験する試験片数は各々10~13本ずつとし, その試験片も素材からの採取位置による試験値のば

らつきを考慮して, 採取位置が片寄らないように試験片の組み分けをした。

使用した伸び計は50 mm標点距離の差動トランス形式の伸び計 (SE 型) とひずみゲージ式伸び計 (SG 型) とを用い, いずれも倍率 200 倍として荷重-伸び曲線を記録した。

Fig. 1 Effects of loading rate on proof stress.

Table 1 Materials and testing machine

Materials	Sheet thickness t=mm	Testing machines	
		Screw-gear ¹⁾	Hydraulic ²⁾
1050-H14	5.0	○	
1230-H18	2.8	○	○
2024-T3	0.8	○	
2024-T3	1.0		○
5052-H34	2.5	○	○
5083-O	3.0	○	○
6061-T6	5.0	○	○

- 1) Shimadzu autograph (IS-10T)
2) Shimadzu universal testing machine (RH-10)

Table 2 Loading rate

Cross-head speed mm/min	Strain rate of parallel length %/min
50	83.3
30	50.0
20	33.0
5	8.3

Fig. 2 Recorded load-elongation curves of 5052-H34 by hydraulic machine.

Fig. 3 Load-elongation curves of 5052-H34 by hydraulic machine. The curves are affected by loading rate.

Fig. 4 Recorded load-elongation curves of 2024-T3 by hydraulic machine.

3. 実験結果とその考察

3.1 耐力について

耐力に及ばず応力増加率の影響をFig. 1に示す。Fig. 1 (A) はオートグラフ試験機による結果であつて、5052

Fig. 5 Recorded load-elongation curves of 6061-T6 by screw-gear testing machine.

-H34や5083-Oなどにばらつきがみられるが、この程度の負荷速度では耐力に及ぼす影響はないものとみてよい。しかし油圧の試験機ではFig. 1 (B)に示すように、いずれの供試材ともに引張速度が大きくなるほど耐力は減少しており、試験機の特徴が表われている。

油圧式の試験機を用いた5052-H34の場合、同一引張速度で11本ずつ実験したが、XYレコーダに自記させた荷重-伸び曲線のばらつき状況はFig. 2に示した各々2本ずつの曲線内にあり、それほど大きなばらつきはないことが分かる。一例として図の高い方の荷重-伸び曲線を用いて引張速度の影響を比較するとFig. 3となる。引張速度が速いと荷重の立ち上りが遅れて、直線部分の傾斜が寝てくる結果が大きく影響して、耐力が低く測定される結果となつている。もちろん引張りが進んで荷重-伸び曲線が水平に近くなれば、荷重変化も小さくなるので荷重指示の遅れもなくなり、各グループ毎の荷重-伸び曲線も一致してくる。同様にFig. 4は油圧式の試験機を用いた2024-T3の実験で得られた荷重-伸び曲線を比較したものであつて、引張速度を速くすると直線部分の傾斜、すなわち測定される弾性係数が低下してくることが分かる。これに対しオートグラフ試験機では引張速度によつて弾性係数が異なつて測定されるようなことはなく、その一例をFig. 5に示す。したがつてオートグラフ試験機では耐力は引張速度に関係なくほぼ一定の値が得られた。

本実験の応力増加率はかなり高い所まで実験しており、JIS規格にしたがつて3 kg/mm²・s以下で耐力を求めておれば、Fig. 1の結果から本実験に用いたような油圧式の試験機を使つても問題はない。

3.2 引張強さについて

ひずみ増加率と引張強さとの関係をFig. 6に示す。一般に引張速度が大きくなると材料の内部粘性から引張強

Fig. 7 Serrations recorded on load-time curves from screw-gear testing machine. (A) 5083-O, (B) 5052-H34.

さは上昇すると考えられ、軟らかくて粘性に富む材料ほど著しい。しかし普通の構造用材料では、通常の引張試験程度の速さではあまり変化がないと考えられている。

Fig. 6 から1050-H14, 1230-H18のような軟質な材料ではひずみ速度の増加とともに1~2.5%程度上昇している。しかし6061-T 6のような硬質合金では、あまり顕著な影響はみられない。これに対し2024, 5052および5083合金では逆にひずみ速度が大なるほど引張強さは低下しており、その低下の程度は油圧の試験機によるよりもロードセル形試験機の方が大きいことが分かる。これらの材料はセレイション現象を示す材料であつて、セレイションを示す材料ではひずみ速度の増加とともに引張強さは低下すると考えてよい。

オートグラフ試験機で得られた荷重-時間曲線によりセレイション状況を比較して示すと**Fig. 7**となる。明らかにひずみ速度によつてセレイション振幅は変化し、低速ほど荷重は大きく振動している。このことは油圧式試験機でも同様であるが、油圧式試験機による方がオートグラフによるよりも荷重振幅は小さい。引張強さは荷重振幅の最高値、油圧式試験機では置き針が最高に持ち上げられた荷重をもつて求めることになつており、セレイションの大きな低ひずみ速度の方が引張強さは大きく得られる結果となつた。

鋼材に対する JIS 規格では (20~80) %/min の速度範囲で実験することになつており、アルミニウム合金でも、特にセレイションを示す材料に対しては鋼と同じ速度範囲で試験すれば、引張強さにそれほど大きな差が出ないことは Fig. 6 を見ても明らかである。アルミニウム合金でも現行の80%/min 以下という規定に対し下限の制限を追加して、引張速度の影響を少なくしてやる必要があるものと考えられる。

3.3 伸び率について

伸び率に及ぼす引張速度の影響を **Fig. 8** に示す。1050-H14と1230-H18とは、オートグラフおよび油圧式試験機のいずれでも、引張速度が大きくなると伸び率は大きくなる傾向を示していることが分かる。これに対し硬質合金6061-T 6やセレイションを示した材料はいずれもこの実験範囲内では引張速度が伸び率に与える影響は顕著でなかった。

粘り、軟質な材料の伸び率は引張速度により明らかに影響を受けるけれど、Fig. 8 より判断して JIS 規格⁹⁾に示されている鋼と同様にアルミニウムに対してもひずみ増加率を (20~80) %/min の範囲内で実験することになれば、伸び率に与える引張速度の影響を小さくすることができる。

Fig. 6 Effects of strain rate on tensile strength.

4. 結 論

油圧式およびオートグラフ引張試験機により、引張速度を変化させて6種類のアルミニウム合金の実験を行って、引張速度が引張特性値に及ぼす影響を調べた。

得られた主な結果は次の通りである。

1) オートグラフ試験機では、引張速度が耐力に及ぼす

Fig. 8 Effects of strain rate on elongation.

影響はみられなかった。これに対し油圧式試験機では引張速度の上昇とともに耐力の測定値が低下した。これは引張速度の上昇とともに、荷重伸び曲線に示される荷重指示に遅れがあつて、弾性領域を示す直線部分の傾斜が引張速度の上昇とともに寝てくるためである。

2) 粘性の大きな軟質材料である1050-H14や1230-H18材では、使用試験機に関係なく、引張強さは引張速度の上昇とともにわずかではあるが上昇する。

3) セレクション現象を示す2024-T 3, 5052-H34および5083-Oでは、引張速度の上昇とともに引張強さは降下する。そしてその降下の程度もオートグラフ試験機の方が大きい。これは引張速度が低いほどセレクションによる荷重振幅が大きくなり、またこの荷重振幅の大きさもオートグラフ試験機の方が大きいためである。

4) 軟質材料である1050-H14や1230-H18では、引張速度の上昇とともに伸び率は上昇する。

5) 引張強さや伸び率を求めるのに、ひずみ増加率を(20~80) %/min の範囲内に制限することが望ましい。

終りに、本研究は軽金属協会材料試験研究委員会の一実験として行つたことを記し、種々御助言をいただいた委員各位に感謝します。

参 考 文 献

- 1) 清水：金属材料実験法，共立出版(昭和21)，78頁。
- 2) 河本：材料試験，朝倉書店(昭和41)，37頁。
- 3) 藤野，新田，山本，平：材料，**20**，211(1971)，467。
- 4) 渡辺：材料，**28**，309(1979)，529。
- 5) 清水：日新製鋼技報，13(1965，Nov)，58。
- 6) JIS Z 2241-1980(金属材料引張試験方法)。
- 7) 吉田，宮内，矢能：日本機械学会誌，**68**，559(1965)，1082。
- 8) 吉田：塑性と加工，**6**，58(1965)，628。