JIS 規格の各種引張試験片形状について

佐藤 四郎*・寺澤 一雄*

Studies on sizes and shapes for tensile test specimens

in Japanese Industrial Standard (JIS)

UDC 669.715-12:539.4.019

SATO Shiro* and TERAZAWA Kazuo**

These investigations were undertaken concerning the effects of shapes of various round and sheet type specimens specified by JIS Z 2201 (Tension Test Pieces for Metallic Materials) on tensile properties of aluminum alloys. The propriety of sizes and shapes of these specimens in tension test pieces was discussed in connection with the effects of tensile tests on elongation percentage.

The principal results obtained were as follows:

(A) The tests conducted on sheet type specimens of JIS Nos. 1, 5, 6 and 13.

1) The lengths of reduced section of JIS Nos. 1A and 5 specimens were not satisfactory for the gauge length. Whereas, the length of that of JIS No. 13A specimen was rather longer.

2) According to the tests of Al-Zn-Mg T6 alloy, the length of reduced section of the specimen (L_c) would preferably be in the range of $L_c > 5.5W$ (W : width of the specimen). From this point of view, JIS Nos. 1 and 13A specimens would have the sizes and shapes proper for tensile test pieces.

(B) The tests conducted on round specimens of JIS Nos. 4, 10 and 14A.

3) It was desirable that the lengths of reduced section of round specimens would be determined by the following formula: $L_c \geq L_0 + 2D$ (L_0 : gauge length and D : diameter of the specimen) for eliminating the effect of shoulder fillet radius on the elongation percentage in tensile tests. From this point of view, the sizes and shapes of JIS Nos. 4 and 10 specimens would not be proper; and the length of reduced section of JIS No. 14A specimen would be determined by the following formula: $L_c = 7D$.

(Received Jan. 20, 1971)

1. 緒 言

引張試験片の寸法形状がその機械的性質におよぼす影響についてはかなり数多くの研究がなされており、たとえば絞り鋼板としての薄板を対象として吉田ら¹⁾の広範囲な研究がある。また最近日本鋼構造協会においても構造用鋼について深い研究がなされている。²⁾ 筆者もアルミニウム合金構造用材料を対象として、5052-0ならびに Al-Zn-Mg 系 T6 材を用いて、板状引張試験片や丸棒引張試験片の形状寸法が引張特性に与える影響について実

験し、強度特性は使用する試験片形状にあまり影響されないが、伸び率は比較的大きく影響されるので、材料の延性を表示する伸び率を求めるには適当な寸法の試験片を用いることが望ましいことを報告した。^{3)~7)}

このように引張試験の結果は試験片の寸法形状に影響されるので、わが国では JIS Z2201 (金属材料引張試験片) に材料の種類や形状によつて各種の引張試験片が規定されている。板状引張試験片として 1 号、5 号、6 号および 13 号試験片など、丸棒引張試験片として 4 号、10 号、14A 号などがあるが、アルミニウム合金には上記の

* 防衛大学校 (横須賀市) Defence Academy (Yokosuka)

** 大阪大学 (大阪市) Osaka University (Osaka)

うち現在ほとんど板状試験片としては5号を、丸棒試験片としては4号を用いている。しかしアルミニウム合金展伸材に対してJIS 4号および5号試験片は標点間距離50 mm に対し平行部長さ60 mm では不十分であつて、^{4) 6)} 他の規格試験片の適用が考えられる。しかし数多く示されているJIS規格試験片形状も、どのような実験的根拠よりきめられたものであるか明らかでないので、ここで数種のアルミニウム合金材料を用いて実験を行ない、規格試験片の寸法形状について考察した。

2. 板状引張試験片について

2.1 供試材料と試験片形状

実験に用いた材料は前報で用いたのと同じ5052-0の板厚 $T = 3\text{mm}$ のものと、³⁾ Al-Zn-Mg T6 の $T = 5\text{mm}$ ³⁾ の2種類である。

実験はJIS Z2201に示されている1A号、1B号、5号、6号、13A号および13B号の6種類について行なうこととした。この場合の実験に用いた試験片寸法をTable 1に示す。6号試験片のみが比例試験片であり、規格によると平行部長さ L_c は $L_c = L_0 + \text{約} 10\text{ mm}$ (L_0 : 標点間距離)とあり、Table 1に示すNo. 56 試片はこの関係を満足しているが、No. 36 試片はNo. 56 試片と外形を同じに製作したので、 $L_c = L_0 + 25\text{ mm}$ となつている。各系列試験片は各々3本ずつについて実験し、端部破断した試験片の結果は除外してえられた結果を平均し

た。

試験片にはすべて板幅中央で軸方向に5 mm 間隔に標点をつけ、試験前後でその標点間隔をよみ取り変形状況などを調べた。

2.2 実験結果とその考察

2.2.1 引張強さ、耐力ならびに規格に示されている標点間距離に対する伸び率について。

実験の結果えられたこれらの数値をFig. 1に示す。引張強さや耐力については各種規格試験片に関係なくほぼ一様な値がえられている。これに対し伸び率は用いる試験片によつて大きくその値を異にし、 $L_0/\sqrt{A}$ (A : 平行部断面積)の小さな試験片ほど大なる値がえられる。たとえば最も大きな $L_0/\sqrt{A}$ を持つ1B号試験片にくらべると5号試験片は約40%も大きな伸び率を示している。

このように同じ材料でも引張試験に用いる試験片形状によつてえられる伸び率の値に大きな差があるので、材料自身が持つ伸び特性を比較したり、構造材料として適切な延性を持つかどうかを判断するのにはなほだ都合である。

2.2.2 伸び率 δ と $L_0/\sqrt{A}$ 関係について

破断部を中央として標点間距離 L_0 を種々として、 $L_0/\sqrt{A}$ に対する伸び率 δ を図示するとFig. 2となる。5052-0材では $L_0/\sqrt{A}$ の小さな所では試験片の形状によつていくらか伸び率に差があるが、 $L_0/\sqrt{A}$ が10程度以上になつてくると $\delta \sim L_0/\sqrt{A}$ 曲線はほぼ一本の曲線で

Table 1 Sheet-type specimens

(A) Al-Zn-Mg, T6, $T = 5\text{ mm}$, $R = 25\text{ mm}$, $C/W = 1.5$

Specimen No.	W (mm)	L_0 (mm)	L_c (mm)	$L_0/\sqrt{A}$	$L_c/\sqrt{A}$	L_c/W	W/T	JIS standard specimen No.
51A	40	200	220	14.1	15.5	5.5	8	No. 1A
51B	25	200	220	17.9	19.7	8.8	5	No. 1B
55	25	50	60	4.5	5.4	2.4	5	No. 5
56	15	70	80	8.1	9.3	5.3	3	No. 6
513A	20	80	120	8.0	12.0	6.0	4	No. 13A
513B	12.5	50	60	5.9	7.0	4.8	2.5	No. 13B

(B) 5052-0, $T = 3\text{ mm}$, $R = 25\text{ mm}$, $C/W = 1.5$

Specimen No.	W (mm)	L_0 (mm)	L_c (mm)	$L_0/\sqrt{A}$	$L_c/\sqrt{A}$	L_c/W	W/T	JIS standard specimen No.
31A	40	200	220	18.3	20.1	5.5	13.3	No. 1A
31B	25	200	220	23.2	25.4	8.8	8.3	No. 1B
35	25	50	60	5.8	6.9	2.4	8.3	No. 5
36	15	(55)	80	8.2	11.9	5.3	5	No. 6
313A	20	80	120	10.3	15.5	6.0	6.7	No. 13A
313B	12.5	50	60	8.2	9.8	4.8	4.2	No. 13B

T —Thickness, W —Width, R —Radius of fillet, L_0 —Gauge length, C —Width of grip section, L_c —Length of reduced section, A —Sectional area ($= W \times T$)

表示され、試験片の形状の影響があらわれてこない。したがって引張試験片の形状として $L_0/\sqrt{A}$ が10程度以上のものが望ましいことは前報³⁾でのべたとおりである。

これに対して Al-Zn-Mg T6 材では 5052-0 材とは異なる曲線群がえられている。Al-Zn-Mg T6 材では使用した試験片の平行部幅にくらべて長さの短い試験片ほど同じ $L_0/\sqrt{A}$ に対し δ は小となってくる。図より見て1号あるいは13A号試験片程度の寸法が望ましく、 $L_c/W > 5.5$ (L_c : 平行部長さ, W : 平行部幅) あればそれほど $\delta \sim L_0/\sqrt{A}$ 曲線に差がないことがわかる。なお Al-Zn-Mg T6 材の $\delta \sim L_0/\sqrt{A}$ 曲線は L_c/W により異なる曲線を取ることにについてはすでに前報³⁾でのべておいた。

2.2.3 規格試験片の L_c と L_0 の関係について

平行部末端付近は肩半径 R 部の拘束を受けて自由な変形がさまたげられている。この拘束領域内に伸び率測定のための標点を取ることは、材料自体の伸び特性を求め目的からすれば適当ではない。以下 JIS 規格が示して

Fig. 1 Changes in tensile strength (σ_B), proof stress ($\sigma_{0.2}$), and elongation (δ) for various JIS sheet type specimens. Sizes and shapes of test specimens had practically no effects upon tensile strengths and proof stresses of materials. Percentage elongations decreased with increase in $L_0/\sqrt{A}$.

いる L_c と L_0 の関係が本実験材料に対して適当なものであるか否かについて考えてみる。

試験片のつかみ部の端部を原点として、試験片中央の軸方向に対するひずみ分布状況を各規格試験片ごとに示すと **Fig. 3~8** となる。一つの規格試験片につき3本ずつの引張試験を行なっているので6本の曲線が描けるわけである。またこれらの図に規格で与えられている伸び率測定のための標点の位置を示しておいた。

Fig. 5 は5号試験片のひずみ分布状況を示すもので、標点位置があまりにも平行部末端に近すぎ、肩半径 R 部による拘束領域内に入っていることがわかる。これに対し **Fig. 7** の13A号試験片の標点位置は本実験材料に対しては必要以上に試験片の内側に入りすぎており、標点間距離 80 mm に対して平行部長さは規定の 120 mm より短かくてよいことになる。

これら平行部末端付近のひずみ分布曲線から、**Fig. 9**

Fig. 2 Elongation percentage plotted by $L_0/\sqrt{A}$. On sheet type specimens of Al-Zn-Mg T6 material, δ for the same value of $L_0/\sqrt{A}$ decreased with decrease in L_c/W . Lengths of the reduced section (L_c) would preferably be in the range of $L_c/W > 5.5$ in these tension tests.

Fig. 3 Strain distribution curves near the end of reduced section for JIS No. 1A specimens.

(a) に示すように、この曲線がほぼ直線にうつり変わったと思われる点をAとすると、A点までは肩部の拘束を受けているが、A点をすぎれば自由な伸びを示していると考えられ、肩半径部の拘束領域長さを l_f とし、各規格試験片に対し l_f を図示すると **Fig. 9 (b)** となる。なお5号および13B号試験片は L_e/W が小なるため、 l_f を求めることが困難であった。

Fig. 9 (b) より $l_f/W = 0.4 \sim 0.3$ の範囲にあり、材料によつてあまり差がないようである。図中に規格により与えられている各試験片の $(L_e - L_0)/2W$ の値をも記入しておいた。肩半径R部の自由な変形への拘束状況から見ると、1A号と5号試験片は標点間距離に対して平行部長さが不足であり、13A号は逆に長く取りすぎている。他の試験片はほぼ良いと思われる。なお最近のBS規格では、⁸⁾ 板状試験片に $L_e = L_0 + W$ の関係を持たせている。本実験結果からするとやや安全側にありすぎるが満足できる関係と思われる。

3. 丸棒引張試験片について

3.1 実験材料と試験片寸法

実験に用いた材料は **Table 2** に示す化学成分を持つアルミニウム合金1100, 2017, および5056の直径 35 mm

Fig. 4 Strain distribution curves near the end of reduced section for JIS No. 1B specimens.

Fig. 5 Strain distribution curves near the end of reduced section for JIS No. 5 specimens.

の丸棒材より各種試験片を製作した。

JIS Z2201 に示されている4号, 10号および14A号試験片について実験することとし、実験に用いた引張試験片の寸法を **Table 3** に示す。14A号は $L_0 = 5D$, $L_e = (5.5 \sim 7)D$ なるべく $7D$ と規定しているので、最小の L_0 と最大の L_e とを持ち、JIS 4号と同じ直径 14 mm につき **Table 3** に示す 14A 1 と 14A 2 をきめた。14A 3 と 14A 4 は直径を変え $L_e = 7D$ としたものである。

3.2 実験結果とその考察

3.2.1 強度値について

実験の結果えられた引張強さ σ_B と耐力 $\sigma_{0.2}$ とを示す

Fig. 6 Strain distribution curves near the end of reduced section for JIS No. 6 specimens.

Fig. 7 Strain distribution curves near the end of reduced section for JIS No. 13A specimens.

Fig. 8 Strain distribution curves near the end of reduced section for JIS No. 13B specimens.

と **Fig. 10** となり、ほぼ一定の値がえられている。直径を14, 18,あるいは22 mmと変えても強度値にはほとんど変わりがないと見てよい。

3.2.2 規格に示されている標点間距離に対する伸び率

規格で示されている標点間距離に対する伸び率を **Fig. 11** に示す。同一材料でも試験片によつてその数値を大きく異にしている。JIS 4号が最小の $L_o/\sqrt{A}$ を持つの

Fig. 9 (a) Strain distribution on center line of specimen. Constrained region of shoulder is within length l_f from the end of straight section. (b) Relation between length of restraint, l_f/W , or $(L_c - L_o)/2W$ and R/W (R : radius of fillet). This figure shows that length of reduced section of JIS Nos. 1A and 5 specimens were not satisfactory for gauge length, and that of JIS No. 13A specimen was rather longer.

Table 2 Chemical compositions (%)

Material	Si	Fe	Cu	Mg	Mn	Zn	Ti
1100	0.10	0.16	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.005
2017	0.11	0.34	5.1	0.03	0.62	0.02	0.011
5056	0.06	0.17	0.02	4.5	0.68	0.01	0.008

で、最も大きな伸び率を示している。14A 2, 14A 3および14A 4に対する伸び率には各材料ともそれほどの差がないが, L_c を $5.5D$ と $7D$ とにしたことによる伸び率の差は1100, 2017材で明瞭に見られる。

3.2.3 $\delta \sim L_o/\sqrt{A}$ 曲線について

破断部を中央にして標点間距離を種々取つて, $L_o/\sqrt{A}$ に対する伸び率 δ を図示すると **Fig. 12** となる。5056材は各試験片の実験点が比較的よく一致しており, 試験片形状の影響を受けることは少ないが, 1100, 2017では L_c/D の小なる試験片は同じ $L_o/\sqrt{A}$ に対し δ は小となっており, L_c/D が5.5をこえる試験片ではほぼ同一の曲線を取るものと思われる。この結果は5052-0で行なつた前報⁷⁾の結果とほぼ一致している。

3.2.4 肩半径R部の拘束領域と標点位置との関係

前報⁷⁾に5052-0より $L_c/D = 10$ 程度の長尺の丸棒引張試験片を製作して実験を行ない, 肩半径R部の拘束領域長さ l_f はR止り点よりほぼ直径に等しい長さを持つことを示しておいた。本実験においても一番長尺の試験

Fig. 10 Change in tensile strength (σ_B) and proof stress ($\sigma_{0.2}$) for various JIS round specimens.

Table 3 Round specimens

Specimen No.	D mm	L_o mm	L_c	$L_o/\sqrt{A}$	$L_c/\sqrt{A}$	L_c/D	R mm	R/D	Remarks
10	12.5	50	60	4.51	5.42	4.8	20	1.6	$L_o = 5D, L_c = 5.5D$
4	14	50	60	4.03	4.83	4.3	20	1.43	
14A1	14	70	77	5.65	6.20	5.5	20	1.43	
14A2	14	70	98	5.65	7.90	7.0	20	1.43	
14A3	18	90	128	5.65	8.03	7.1	20	1.11	$L_o = 5D, L_c = 7D$
14A4	22	110	155	5.65	7.95	7.0	30	1.36	

Diameter of grip section = $1.5D$

片である14A2, 14A3および14A4の各試験片に対する平行部末端付近のひずみ分布曲線より l_f/D を求めた。その1例を **Fig. 13** に示す。 l_f/D は3種類の材料に関係なくほぼ0.85~1.00となり前報⁷⁾の結果と一致した。

14A2, 14A3および14A4試験片のごとく $L_e = 5D$ に対し $L_e = 7D$ に取することは、R止り点より直径Dだけ入った位置に伸び率測定のための標点が位置することになり、肩半径R部の拘束領域をほぼはずれている。これに対し、他の試験片ではR止り点と標点との間隔 $(L_e - L_0)/2$ で与えられ

4号試験片……………0.36D

10号試験片……………0.40D

14A号ただし $L_e = 5.5D$ ……0.25D

となり、 $l_f = (0.85 \sim 1.00)D$ とくらべると標点は肩半径の拘束領域内にあり、えられた伸び率も当然小となつてくる。以上の観点から判断すると上記3種類の規格試験

Fig. 11 Change in elongation percentages for various JIS round specimens.

Fig. 12 Elongation percentages plotted by $L_0/\sqrt{A}$.

片の形状は適正なものと思われない。**Fig. 14~16** に10号, 4号および14A号 (ただし $L_e = 5.5D$) の各規格試験片の末端付近のひずみ分布状況と標点位置との関係の1例を示す。

3.2.5 ひずみ分布曲線と平行部長さ L_e

Fig. 17 に $L_e = 7D$ を持つ14A号試験片のひずみ分布曲線の1例を示した。1100は前報⁵⁾で示したAl-Zn-Mg T6材と同様に局部のび領域長さ l_n をよみ取ることができないが、2017および5056材にあつては図示のごとくに l_n をよみ取ることができる。 $L_e = 7D$ のすべての試験片より l_n を求めた結果ほぼ $l_n = (2.5 \sim 3.5)D$ をえた。今この最大値をとると標点間距離には $L_e > 3.5D$ の関係が当然必要となる。また必要最小平行部長さは(3.2.4)項の関係より、 $L_e > l_n + 2l_f = 3.5D + 2D = 5.5D$ となる。5.5D以上の L_e を持つ試験片であれば、中央破断が生じたとき局部のび領域と肩半径R部の拘束領域とは

Fig. 13 Strain distribution curves near the end of reduced section for JIS No. 14A ($L_e = 7D$) round specimens. Region of shoulder constraining strain distribution near the end of reduced section (l_f) was nearly equal to length of diameter from the end of straight section.

Fig. 14 Strain distribution curves near the end of reduced section in round specimens of 1100 alloy.

分離した望ましいひずみ分布曲線がえられることになる。この L_e の値はまた (3.2.3) 項で示した数値とも一致した。

$L_e = 5.5D$ 以下の規格試験片のひずみ分布状況の 1 例を **Fig. 18** に示す。10号および 4号試験片では局部のび領域と肩半径 R 部の拘束領域が互いに干渉しあうひずみ分布曲線がえられており、 $L_e = 5.5D$ の 14A号では **Fig. 18(c)** に示すごとく両者のひずみ分布領域が干渉する場合と分離している場合とがある。

3.2.6 適正と思われる L_e/D と L_o/D との関係

上述のとおり、適正と思われる平行部長さ L_e と標点間距離 L_o との関係は **Fig. 19** に示す斜線部範囲と思われる。これらの図に 10号、4号および 14A号試験片形状寸法からえられる関係位置を示すと図示のごとくであり、10号および 4号試験片とも本実験材料に関しては適正な寸法形状とは思われない。14A号は JIS Z2201 に “ $L_e = (5.5 \sim 7)D$ なるべく $7D$ ” と示されているごと

Fig. 15 Strain distribution curves near the end of reduced section in round specimens of 5056 alloy.

Fig. 16 Strain distribution curves near the end of reduced section in round specimens of 2017 alloy.

Fig. 17 Strain distribution curves for JIS No. 14A ($L_e = 7D$) specimens. Length of neck (l_n), which had been measured along undeformed specimen, was nearly equal to $(2.5 \sim 3.5)D$ for materials used in experiments.

Fig. 18 Strain distribution curves for JIS No. 10 ($L_e = 4.8D$), No. 4 ($L_e = 4.3D$), and No. 14A ($L_e = 5.5D$) specimens. In Nos. 10 and 4 standard specimens, regions of shoulder constraining strain distribution interfered with region of neck. It is desirable that complete length of neck with unrestricted deformation remains within length of reduced section. Length of reduced section would preferably be in the range of $L_e > 5.5D$ for these tension tests.

Fig. 19 Desirable relation of L_c/D and L_0/D (hatched part) for round tension test specimens, proposed by the present study. Sizes and shapes of JIS Nos. 4 and 10 specimens were not proper, and L_c for JIS No. 14A specimen should be determined by following relation: $L_c = 7D$.

く, $L_c = 7D$ 試験片が適正な形状と思われる。

4. 結 論

日本工業規格 JIS Z 2201 (金属材料引張試験片) に示されている各種板状引張試験片および丸棒引張試験片につき, アルミニウム合金展伸材を用いて実験して, これら各種規格試験片の形状寸法について考察した。その結果, 伸び率に与える影響から判断してつぎのような結果をえた。

1) 板材引張試験片 (JIS 1号, 5号, 6号, および13号試験片) については, 平行部長さ L_c と標点間距離 L_0 との間には $L_c \geq L_0 + 0.8W$ (W : 平行部の幅) の関係が望ましい。この観点から1A号と5号試験片は標点間距離に対し平行部長さが十分でなく, また13A号は逆に平

行部が長すぎると思われる。

2) 同じく板状引張試験片の場合, Al-Zn-Mg T6材の実験結果から考えて平行部長さ L_c は平行部幅 W の5.5倍以上あることが望ましい。したがって1号と13A号試験片は適正な形状と思われる。

3) 丸棒引張試験片 (JIS 4号, 10号および14A号試験片) については, 平行部長さ L_c と標点間距離 L_0 との間には $L_c \geq L_0 + 2D$ (D : 直径) の関係が望ましい。この観点から4号および10号試験片は適正な寸法と思われず, また14A号試験片は $L_c = 7D$ を採用すべきと思われる。

終わりにのぞみ本研究は軽金属協会の材料試験研究委員会の一実験として行なつたもので, 種々御教示下された同委員会の諸氏に厚く御礼申し上げます。また本実験にご協力いただいた大越登君, 学生阪東政詮君に感謝する。

参 考 文 献

- 1) 吉田他, 日本機械学会誌, **67** (1964) 98, 446; **68** (1965) 1082; 理化学研究所報告, **39** (1963) 137, 261; **40** (1964) 23, **41** (1965) 5.
- 2) 日本鋼構造協会誌 JSSC, 特集構造用鋼材の引張試験, **5** (1969, 12).
- 3) 佐藤, 軽金属, **19** (1969) 299.
- 4) 佐藤, 軽金属, **20** (1970) 55.
- 5) 佐藤, 軽金属, **20** (1970) 342.
- 6) 佐藤, 軽金属, **21** (1971) 64.
- 7) 佐藤, 軽金属, **21** (1971) 85.
- 8) "Methods for Tensile Testing of Metals, Part 1 Non-ferrous Metals" BS 18: Part 1: 1970.