

UDC 539.411:
620.173:
669.715-423

航空宇宙技術研究所資料

TECHNICAL MEMORANDUM OF NATIONAL AEROSPACE LABORATORY

TM-252

L, Z 型断面をもつ柱の軸圧縮強度

斎藤 浩一・築地 恒夫

1973 年 12 月

航空宇宙技術研究所
NATIONAL AEROSPACE LABORATORY

既 刊 資 料

TM-205	自由飛行模型 FFM-10 の動安定微係数の推定について	1971年7月	河崎俊夫, 河本 巖
TM-206	静止衛星の軌道保持シミュレーションシステムの構成 (I) —地球の重力場による摂動—	1971年8月	松島弘一
TM-207	対称スピン衛星用ニューテーション・ダンパの解析	1971年9月	村上 力, 狼 嘉彰
TM-208	薄板継手構造の強度についての実験 —接着およびリベット継手—	1971年11月	池田為治, 熊倉郁夫 竹内和之
TM-209	試作接着面応力センサの校正試験	1971年11月	大竹邦彦, 遠藤修司 野口義男
TM-210	小型加速度計による風洞模型姿勢角の測定	1971年12月	原 亘利
TM-211	軽量ジェットブースト STOL の一検討	1971年12月	西村博史
TM-212	原動機部要素試験設備用消音装置の特性試験	1972年1月	鳥崎忠雄, 小林 実
TM-213	フライングテストベッド空気系統試験	1972年2月	田辺義一, 小暮泰之 川崎純男
TM-214	フライングテストベッド燃料系統試験	1972年2月	田辺義一, 小暮泰之 川崎純男
TM-216	安定板を有する固体ロケットの操舵要求軽減法	1972年2月	大石 晃, 山中龍夫 冠 昭夫
TM-217	フライングテストベッド自動安定装置性能試験 (I) —製作時性能試験—	1972年7月	小川敏雄, 甲斐忠夫 十河 弘, 増原 恢
TM-218	フライングテストベッド自動安定装置性能試験 (II) —実験前性能試験—	1972年7月	小川敏雄, 甲斐忠夫 十河 弘, 増原 恢
TM-219	フライングテストベッド脚性能試験	1972年5月	渋谷昭義, 川崎純男
TM-220	フライングテストベッドテレメータ性能試験	1972年5月	小野幸一, 十河 弘 池上 博
TM-221	ロケット模型の動安定微係数の測定	1972年5月	谷 関 喬, 高島一明 根 英夫, 中村正剛
TM-223	自由飛行模型 FFM-10 の強度について	1972年5月	河崎俊夫, 斎藤秀夫 境 武敏, 多田保夫 林 洋一, 戸田勸一 日下和夫, 越出慎一 築地恒夫, 中井暎一 森田甫之, 菊地孝男 高橋 実, 東久保正年
TM-224	フライングテストベッド油圧系統試験	1972年5月	藤枝郭俊, 十河 弘 川崎純男, 中村公昭
TM-225	ストラップダウン方式の慣性機器誤差によって生ずる飛しょう径路誤差の一考察	1972年5月	大月正男, 新宮博公 鈴木孝雄
TM-226	フライングテストベッド機体強度剛性試験	1972年7月	渋谷昭義, 丸山 茂 川崎純男
TM-227	フライングテストベッド操縦系統試験	1972年7月	藤枝郭俊, 牧野 健 川崎純男
TM-228	航空用ガスタービンの高圧形燃焼器の予備実験	1972年7月	鈴木邦男, 石井浅五郎
TM-229	液体酸素中におけるころがり軸受の性能	1972年7月	宮川行雄, 関 勝美
TM-230	航空用ガスタービン燃焼器における排気制御の研究 (2)	1972年7月	斎藤 隆, 鈴木邦男
TM-231	フライングテストベッド全機振動試験	1972年8月	渋谷昭義, 岡田典秋 丸山 茂, 川崎純男

L, Z 型断面をもつ柱の軸圧縮強度*

斎藤 浩一**・築地 恒夫***

1. ま え が き

航空機の翼や胴体にはL型やZ型等各種の断面形をもった曲げ板構造の柱状補強材が数多く使われているが、その長さがオイラー座屈をおこす細長比の範囲以下の場合の最大軸圧縮応力を理論的に求めるのは困難で、多くは実験式より求めているようである。しかし都合のよいことに、この最大応力は柱のある長さの範囲では、長さに関係なくほぼ一定の値を保つことが実験により確認されている¹⁾。すなわちクリッピング応力である。一般にクリッピング応力による実用計算法が適用されるのは、柱の細長比が20前後であるとされている。

本報告では、柱の長さを変化させ、クリッピング応力による実用計算法が適用される範囲を実験的に求めるとともに、最大軸圧縮力におよぼす柱の長さの影響を調べた。また同一寸法試験片の測定値のバラツキの程度も調べた。

2. 試 験 片

実験に使用した試験片断面は図1に示すL型、およびZ型断面であり、長さおよび細長比は表1に示すとおりである。

試験片は、7075-0 Clad, 2024-0 Clad 板をL型、Z型に曲げ加工し、規定の寸法に切断したのち、熱処理を行って、それぞれ7075-T6, 2024-T3に調質したものである。製作は三菱重工名古屋航空機製作所に依頼した。

材料の機械的性質は、供試体ウェーブ、フランジ部より切り出した引張り試験片の引張り試験により求めた。断面形状別にそれぞれの機械的性質を示したのが表2である。

L, Z型断面試験片とも、コーナー部分の機械的性質は、曲げ加工の影響を受け、他の部分と異なると考えられるが、ここではこの違いを無視してある。

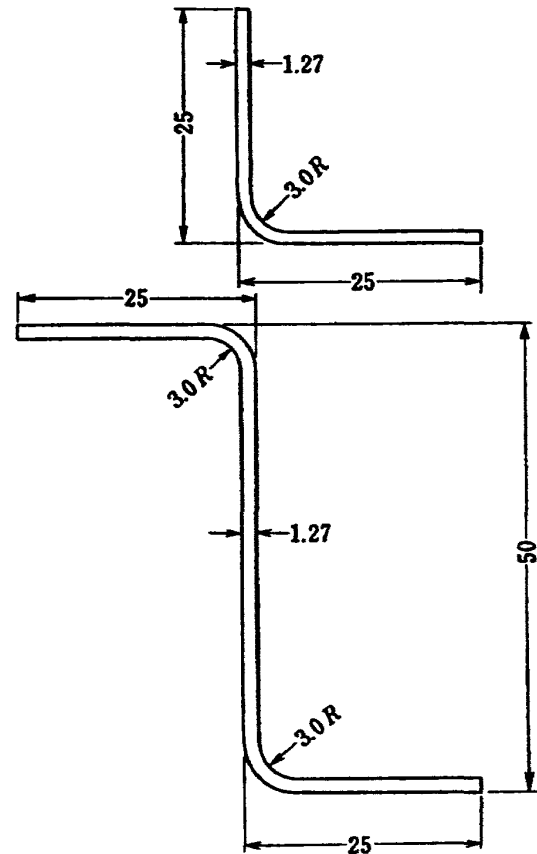


図1 断面形

表1 各試験片の長さとお細長比

L 型 断 面 材		Z 型 断 面 材	
長さ (mm)	細長比	長さ (mm)	細長比
50	9.5	50	7.8
75	14.3	75	11.6
100	19.0	100	15.5
125	23.8	125	19.4
150	28.6	150	23.2
200	38.1	200	31.0
250	47.6	250	38.7
300	57.1	300	46.5
400	76.2	360	55.8
500	95.2	420	65.1
		480	74.3
		600	93.0

以後、長さを l 、細長比を λ で表わす。
柱の断面二次モーメントを I 、断面積を A とすると、 $\lambda = l / \sqrt{I/A}$ である。

* 昭和48年6月14日受付

** 機体第2部

*** 長崎大学工学部 (元機体第2部)

表 2 材料の機械的性質 単位 kg/mm²

	2024-T3 Clad		7075-T6 Clad	
	L 型	Z 型	L 型	Z 型
引 張 強 さ	44.4	44.4	53.2	53.6
0.2% 永久歪耐力 σ_y	29.7	28.1	45.4	46.0
縦 弾 性 係 数 E	7220	7210	7260	7120

3. 実験の概要と経過

実験は負荷速度をなるべく一定にするため、電動式スクリュタイプ島津 RES 型 10 トン試験機の低速レンジを使って行なった。試験片の両端面の平行度と直角度は大変良く仕上げてあったので、そのまま手を加えず、また荷重端に特別の治具も使用せず、試験機のヘッドの中央に立てて平押し試験を行ない、最大軸圧縮荷重を求めた。また、試験機の下上ヘッド面の平行度をダイヤルゲージによって調べた結果、試験片の接触する範囲内で十分平行であった。

実験した試験片の数は次のとおりである。

	L 型断面	Z 型断面	計
2024-T3 Clad 材	70	88	158
7075-T6 Clad 材	91	104	195
計	161	192	353

次に、この実験で求めた最大軸圧縮荷重が、クリップリング荷重の定義である“部材の構成要素が局所的な座屈（たとえば壁面座屈等）を生じた後に、全体的な座屈を起こすことなしに達し得た最大荷重で、それが部材の長さに関係なく、ほぼ一定の値を保つ範囲の最大荷重をいう”に該当するクリップリング荷重であるか、それとも最大荷重時に全体的な座屈を生じた座屈荷重であるかに注意しながら、実験を行なった。

負荷中の試験片の挙動は、断面形と材質により異っていた。

Z 型断面の試験片は全部、まずフランジやウェブの平板部に壁面座屈による波形を生じ、波の数は長い試験片ほど多く、また波形による凹凸は荷重の増加とともに大きくなった。さらに荷重を上げて行くと、

(1) 長さ 420 mm 以上の 2024 材試験片と、長さ 360 mm 以上の 7075 材試験片では、中央部付近に曲げ座屈を生じ、荷重は急速に下った。除荷すると試験片はほぼ真直にもどったが、フランジに曲げ跡が残った。したがって、この時の最大荷重は曲げ座屈荷重である。

(2) 長さ 360 mm 以下の 2024 材試験片と、長さ

300 mm 以下の 7075 材試験片では、荷重を増しても曲げ座屈を生ぜず、平板部の波形がコーナー部までまきこんで、全体としてへたりこむ形になって、荷重はゆるやかに下降した。したがって、この時の最大荷重はクリップリング荷重が多い。

巻末に除荷後の試験片の写真を示した。各試験片とも左から A, B, C, …… の記号順に並べてある。

L 型断面の試験片では、Z 型断面試験片のような壁面座屈は生ぜず、

(1) 長さ 300 mm 以上の 2024 材試験片と、長さ 400 mm 以上の 7075 材試験片では、荷重を増加して行くと突然中央部付近に曲げねじれ座屈を生じ、荷重は急速に低下した。したがって、この時の最大荷重は曲げねじれ座屈荷重である。

(2) 長さ 200 mm 以下の 2024 材試験片と、長さ 250 mm 以下の 7075 材試験片では、荷重端にねじれ座屈を生じたが、それによる荷重低下はなく、さらに荷重を増加すると、荷重端が一方向にねじれ折れるような傾向を示しつつ、荷重はゆるやかに低下した。（この傾向は 7075 材に特に強い。）したがって、この時の最大荷重はクリップリング荷重が多いといえよう。

(3) 長さ 250 mm の 2024 材試験片と、長さ 300 mm の 7075 材試験片では、(1) と (2) の両方の変形様式が混在していた。巻末の写真 1(3) の長さ 250 mm の 2024 L 型材のうち記号 E, H（左から 5 番目と右端）の 2 個と、写真 2(2) の長さ 300 mm の 7075 L 型材のうち記号 A, C, E, F の 4 個は、(1) の様式の曲げねじれ座屈を生じた試験片で、他はクリップリング状態を示した試験片である。

4. 実験結果とその考察

各試験片の最大軸圧縮荷重 W と、その平均値、標準偏差 S および変動係数 V を表 3 から表 6 に示す。

W のバラツキは L, Z 両断面材とも、7075-T6 材試験片の測定値の方が 2024-T3 材試験片よりも多い。また、試験片の長さが長くなり、両端の境界条件が柱の変形によって大きく変化する L 型断面材では、同程度の長さの Z 型断面材よりも、実値のバラツキは当然多くなっている。

W を断面積で割った最大平均軸圧縮応力 σ_{\max} と、試験片の長さの関係を示したのが図 2, 3 である。図 2 は 2024-T3 材、図 3 は 7075-T6 材の結果で、いずれも縦軸は σ_{\max} を材料の 0.2% 耐力 σ_y で無次元化した量 σ_{\max}/σ_y であり、横軸は試験片の細長比

表 3 2024 L 型材の最大軸圧縮荷重 (単位 kg)

記号 \ 長さ	50mm	75	100	125	150	200	250	300	400	500
A	1,137	945	914	892	847*	869	877	796	640	523
B	1,161	931	905	903	853*	860	894	808	687	552
C	1,122	941	909	890	853*	875	883	813	707	548
D	1,172	936	906	911		864	857	835	692	519
E	1,134	935	907	897		855	891	805	680	508
F	1,116	941	914	881		888	872	780	650	530
G	1,164	945	915	889		881	888	792	646	
H	1,178	942	901	880		877	895	806	674	
平 均	1,148	940	909	893	851	871	882	804	672	530
S	23.7	5.04	5.06	10.6	3.46	11.2	13.0	16.3	24.2	17.1
V	0.0206	0.00536	0.00558	0.0118	0.00407	0.0128	0.0147	0.0202	0.0360	0.0323

* の値は文献 (2) による

A, B, ……H=個々の試験片の記号

S=標準偏差, V=変動係数

表 4 7075 L 型材の最大軸圧縮荷重 (単位 kg)

記号 \ 長さ	50 mm	75	100	125	150	200	250	300	400	500
A	1,295	1,212	1,143	1,189	1,070*	1,095	1,035	934	746	493
B	1,320	1,191	1,146	1,194	1,050*	1,035	1,094	917	782	498
C	1,283	1,174	1,156	1,185	1,105*	1,110	1,042	914	782	539
D	1,299	1,215	1,156	1,192	1,065*	1,051	1,067	930	674	487
E	1,322	1,209	1,150	1,184	1,085*	1,049	1,028	1,018	746	478
F	1,291	1,196	1,142	1,166	1,069	1,077	1,096	970	703	474
G	1,291	1,204	1,139	1,180	1,104	1,030	1,039	815	786	470
H	1,281	1,241	1,150	1,194	1,080	1,034	972	827	605	471
I	1,373	1,205	1,140	1,190	1,090	1,041	1,064	898	744	428
J	1,303					1,026	1,030	843	620	556
平 均	1,306	1,205	1,147	1,186	1,080	1,055	1,047	907	719	489
S	27.3	18.4	6.48	8.88	18.3	29.2	36.2	63.9	66.3	36.2
V	0.0209	0.0152	0.00565	0.00749	0.0169	0.0277	0.0346	0.0704	0.0922	0.0741

* の値は文献 (2) による

A, B, ……J=個々の試験片の記号

S=標準偏差, V=変動係数

表 5 2024Z 型材の最大軸圧縮荷重 (単位 kg)

長さ 記号	50 mm	75	100	125	150	200	250	300	360	420	480	600
A	2,382	2,283	2,163	2,039	2,030*	2,009	1,990	2,004	2,011	1,907	1,838	1,616
B	2,435	2,297	2,150	2,051	2,050*	2,014	2,014	1,981	2,002	1,919	1,835	1,697
C	2,418	2,293	2,142	2,038	2,020*	2,022	2,012	1,988	1,975	1,903	1,840	1,658
D	2,433	2,280	2,125	2,127		1,989	2,011	1,982	1,961	1,904	1,804	1,630
E	2,468	2,282	2,136	2,043		1,992	2,010	1,983	1,953	1,927	1,775	1,650
F	2,415	2,365	2,178	2,043		2,000	1,989	1,995	1,962	1,913	1,842	1,628
G	2,370	2,301	2,134	2,039		1,978	2,013	1,987	1,999	1,908	1,755	1,640
H	2,410	2,269	2,161	2,047		2,010	2,018	1,989	1,960	1,885	1,840	1,625
平 均	2,416	2,296	2,149	2,053	2,030	2,002	2,007	1,989	1,978	1,908	1,816	1,643
S	30.6	29.6	17.7	30.1	15.8	14.7	11.1	7.69	22.7	12.4	34.2	25.8
V	0.0127	0.0129	0.00824	0.0147	0.0078	0.00734	0.00553	0.00386	0.0115	0.0065	0.0189	0.0157

* の値は文献 (2) による

A, B, ……H=個々の試験片の記号

S=標準偏差, V=変動係数

表 6 7075Z 型材の最大軸圧縮荷重 (単位 kg)

長さ 記号	50 mm	75	100	125	150	200	250	300	360	420	480	600
A	2,904	3,005	2,785	2,603	2,640*	2,586	2,605	2,568	2,492	2,466	2,102	1,679
B	3,025	3,064	2,673	2,618	2,630*	2,687	2,602	2,563	2,508	2,491	2,111	1,694
C	2,900	2,973	2,747	2,746	2,740*	2,588	2,596	2,643	2,536	2,353	1,986	1,616
D	2,947	3,013	2,772	2,595	2,610*	2,705	2,606	2,585	2,526	2,417	2,192	1,693
E	2,891	2,916	2,804	2,632	2,695*	2,562	2,565	2,634	2,585	2,404	2,095	1,765
F	2,975	3,155	2,733	2,730	2,688	2,564	2,663	2,615	2,500	2,316		
G	2,954	2,976	2,749	2,644	2,712	2,594	2,535	2,628	2,552	2,427		
H	2,853	2,967	2,737	2,702	2,620	2,648	2,534	2,613	2,473	2,337		
I	2,835	3,000	2,683	2,656	2,720	2,635	2,630	2,630	2,525	2,282		
J	3,055	2,967	2,690	2,755		2,627	2,648	2,633	2,528	2,472		
平 均	2,934	3,004	2,737	2,668	2,673	2,620	2,598	2,611	2,523	2,397	2,097	1,689
S	71.1	65.6	44.1	60.2	46.9	49.6	43.5	28.9	32.0	71.4	73.4	53.0
V	0.0242	0.0218	0.0161	0.0226	0.0175	0.0189	0.0167	0.0111	0.0127	0.0298	0.0350	0.0314

* の値は文献 (2) による

A, B, ……H=個々の試験片の記号

S=標準偏差, V=変動係数

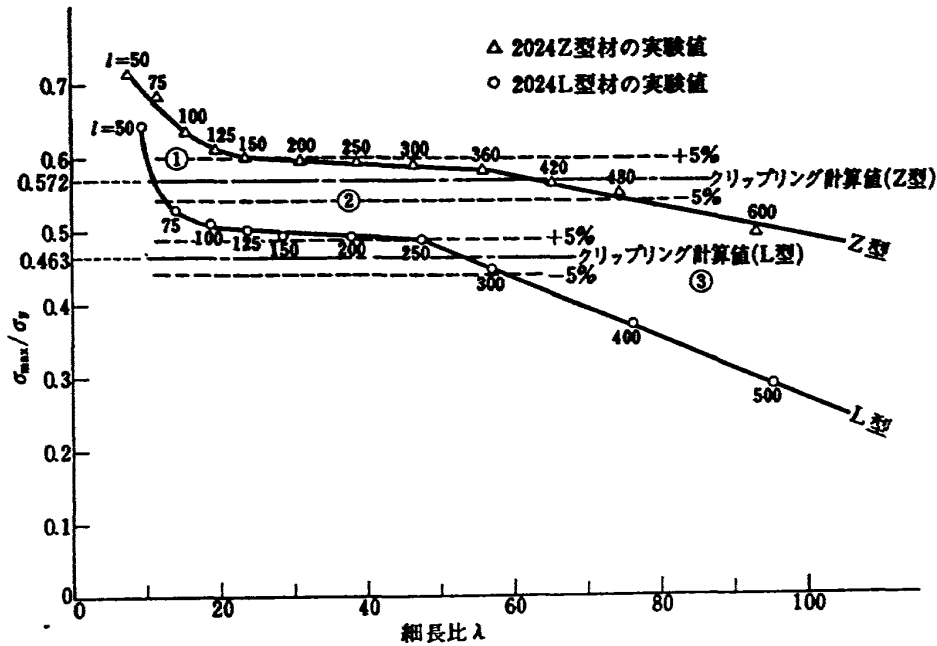


図 2 2024 材の実験値と細長比の関係

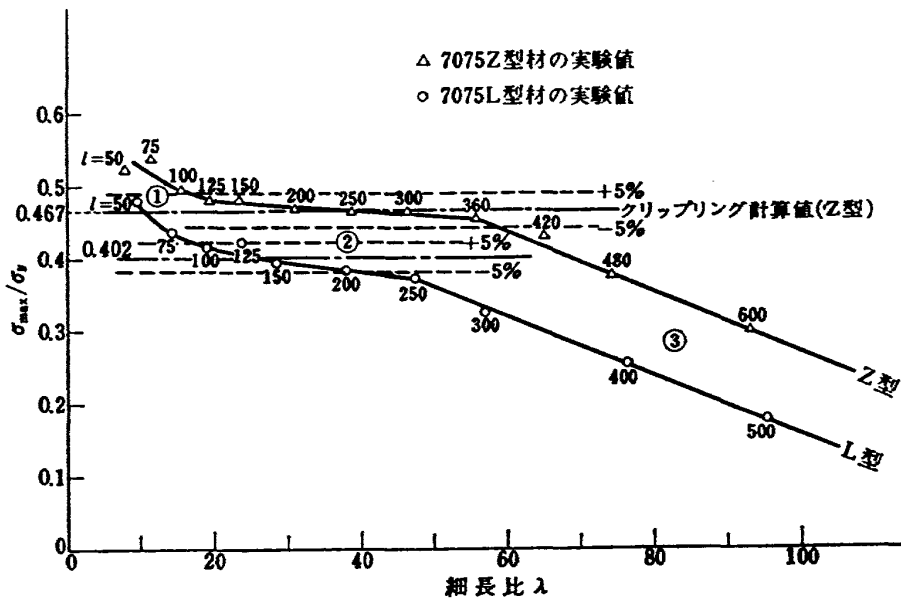


図 3 7075 材の実験値と細長比の関係

λ である。なお、図中の数字は試験片の長さを示す。

図からわかるように、細長比の大きさにより、 σ_{max}/σ_y の値が三つの部分に分割される。すなわち、 λ の減少に従って急激に σ_{max}/σ_y の値が増加する①の部分、 λ の増加に伴って僅かであるが σ_{max}/σ_y の値がほぼ直線的に減少する②の部分、最後に、 σ_{max}/σ_y と λ との間にはほぼ直線的な関係があり、 λ の増加と共に σ_{max}/σ_y の値が減少するが、その割合が②の部分よりはるかに大きい③の部分に分けられる。

特に②の部分に注目すると、Z型断面材では両材質とも σ_{max}/σ_y の値の変化は少なく、この部分に対応する応力をクリッピング応力、 λ の範囲をクリッピング応力による実用計算法の適用範囲と考えることができる。

L型断面材では②の部分の σ_{max}/σ_y の変化は、Z型断面材と比較すると多少大きい、①、③の部分に比べるとはるかに小さい。両材質とも②の部分に入るのは、長さ 100 mm~250 mm の5種類であるが、こ

のうち長さ 250 mm の 2024 材試験片については、前節(3)で述べたように、曲げねじれ座屈をした試験片とクリッピングした試験片が混在する。しかしその比は、前者の 2 個に対し、後者は 6 個であるから、全体として②の部分に対応する応力をクリッピング応力、入の範囲をクリッピング応力による実用計算法の適用範囲とみなすことができよう。

文献 2) に提示されている、L 型、Z 型断面材の最大軸圧縮応力計算式は、本実験に使用した断面寸法の柱に対して

$$\frac{\sigma_{\max}}{\sigma_y} = 0.826 \left[\left(\frac{A}{t^3} \right) \left(\frac{\sigma_y}{E} \right)^{1/2} \right]^{-0.710} \quad (\text{L 型})$$

$$\frac{\sigma_{\max}}{\sigma_y} = 1.87 \left[\left(\frac{A}{t^3} \right) \left(\frac{\sigma_y}{E} \right)^{1/2} \right]^{-0.772} \quad (\text{Z 型})$$

である。ここに、

A: 断面積

t: 板厚

E: 縦弾性係数

σ_{\max} : 最大平均圧縮応力

σ_y : 0.2% 永久ひずみ耐力

である。

2024-T3, 7075-T6 材の L 型および Z 型断面に対して、それぞれ σ_{\max}/σ_y の値を上式より求めたのが表 7, 8 である。またこれらの値の平均値を図 2, 3 に一点鎖線で、 $\pm 5\%$ の範囲を破線で示してある。

図 2, 3 より、クリッピング応力による実用計算法が適用できる試験片の長さとし細長比の範囲は次の通りである。

L 型断面材では両材質とも

$$l = 100 \sim 250 \text{ mm} \quad \lambda \div 19 \sim 48$$

Z 型断面材では

$$2024 \text{ 材} \quad l = 150 \sim 360 \text{ mm} \quad \lambda \div 23 \sim 56$$

$$7075 \text{ 材} \quad l = 125 \sim 360 \text{ mm} \quad \lambda \div 19 \sim 56$$

上記範囲を越える長さの試験片に対しては、 σ_{\max}/σ_y と λ の間にはほぼ次のような直線関係が存在する。

$$\left. \begin{array}{l} 2024 \text{ L 型材} \\ 7075 \text{ Z 型材} \end{array} \right\} \sigma_{\max}/\sigma_y = 0.685 - 0.00412 \lambda$$

$$7075 \text{ L 型材} \quad \sigma_{\max}/\sigma_y = 0.566 - 0.00407 \lambda$$

$$2024 \text{ Z 型材} \quad \sigma_{\max}/\sigma_y = 0.694 - 0.00199 \lambda$$

次に、 σ_{\max} を長さ 150 mm の試験片の最大平均圧縮応力 $(\sigma_{\max})_{150}$ で無次元化した量 $\sigma_{\max}/(\sigma_{\max})_{150}$ を縦軸に、細長比 λ に材料定数比 $\sqrt{\sigma_y/E}$ を乗じた量を横軸に取って、実験値をプロットすると、両断面形について 2024 材と 7075 材の結果が統一的に表わされる。

表 7 L 型断面材の σ_{\max}/σ_y の計算値と実験値

長さ	2024-T3 材		7075-T6 材	
	計算値	実験値	計算値	実験値
50	0.464	0.644	0.396	0.480
75	0.465	0.529	0.396	0.436
100	0.464	0.512	0.398	0.416
125	0.465	0.502	0.405	0.423
150	0.460*	0.491*	0.399	0.392
200	0.457	0.495	0.401	0.383
250	0.464	0.489	0.407	0.372
300	0.463	0.448	0.404	0.326
400	0.465	0.374	0.408	0.256
500	0.467	0.293	0.402	0.179
平均	0.463		0.402	

* の値は文献 (2) による

表 8 Z 型断面材の σ_{\max}/σ_y の計算値と実験値

長さ	2024-T3 材		7075-T6 材	
	計算値	実験値	計算値	実験値
50	0.574	0.715	0.468	0.522
75	0.573	0.684	0.469	0.537
100	0.572	0.637	0.464	0.494
125	0.573	0.612	0.464	0.481
150	0.578*	0.601*	0.466	0.479
200	0.573	0.598	0.468	0.467
250	0.574	0.594	0.469	0.465
300	0.574	0.591	0.468	0.465
360	0.577	0.583	0.467	0.454
420	0.573	0.566	0.467	0.431
480	0.564	0.552	0.468	0.376
600	0.562	0.498	0.468	0.302
平均	0.572		0.467	

* の値は文献 (2) による

L 型断面を図 4 に、Z 型断面を図 5 に示す。また、それぞれの値を表にしたのが表 9 である。

5. む す び

断面形状が L 型、Z 型をなす材質 2024-T3, 7075-T6 の補強材の最大軸圧縮荷重によらず、補強材長さの影響を実験的に調べた。

最大平均圧縮応力がほぼ一定(クリッピング応力)となる補強材長さの範囲が決定された。

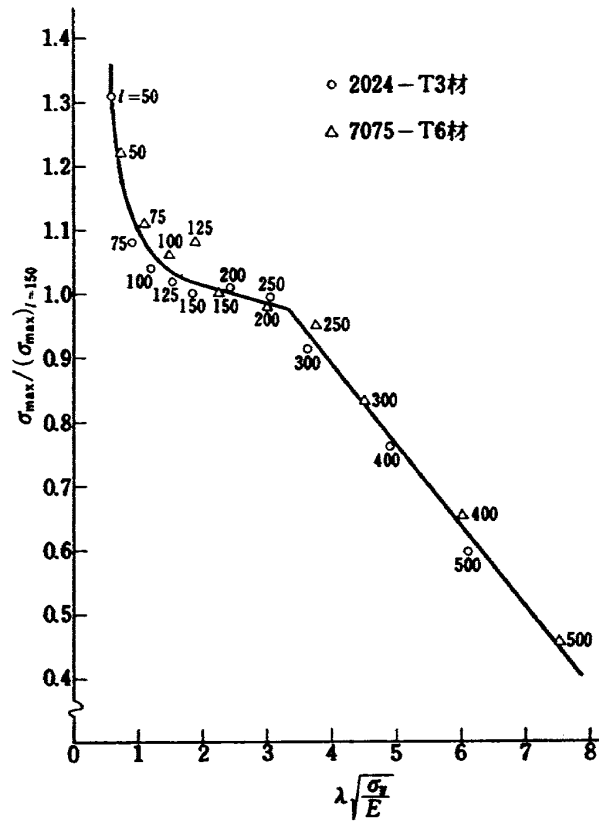


図 4 L 型断面

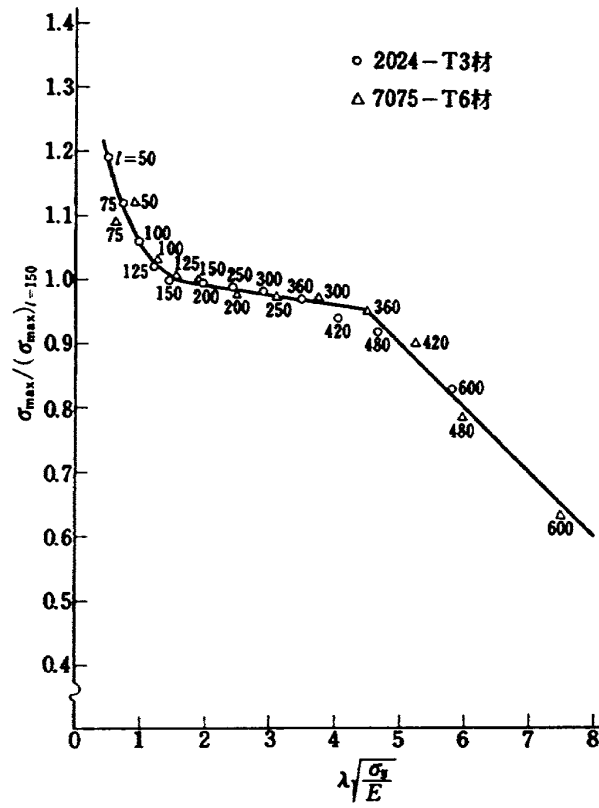


図 5 Z 型断面

表 9 各型材の $\lambda(\sigma_y/E)^{1/2}$ と σ/σ_{150}

		2024-T 3			7075-T 6		
L 型 断 面 材		$(\sigma_y/E)^{1/2}=0.0641$			$(\sigma_y/E)^{1/2}=0.0791$		
l	λ	$\lambda(\sigma_y/E)^{1/2}$	σ_{\max}	σ/σ_{150}	$\lambda(\sigma_y/E)^{1/2}$	σ_{\max}	σ/σ_{150}
50	9.52	0.611	19.1	1.31	0.753	21.8	1.22
75	14.3	0.917	15.7	1.08	1.13	19.8	1.11
100	19.0	1.22	15.2	1.04	1.50	18.9	1.06
125	23.8	1.53	14.9	1.02	1.88	19.2	1.08
150	28.6	1.83	14.6*	1.00	2.26	17.8	1.00
200	38.1	2.44	14.7	1.01	3.01	17.4	0.978
250	47.6	3.05	14.5	0.993	3.76	16.9	0.949
300	57.1	3.66	13.3	0.912	4.52	14.8	0.832
400	76.2	4.89	11.1	0.761	6.03	11.6	0.652
500	95.2	6.11	8.7	0.596	7.53	8.13	0.456
λ は細長比							
Z 型 断 面 材		$(\sigma_y/E)^{1/2}=0.0624$			$(\sigma_y/E)^{1/2}=0.0804$		
l	λ	$\lambda(\sigma_y/E)^{1/2}$	σ_{\max}	σ/σ_{150}	$\lambda(\sigma_y/E)^{1/2}$	σ_{\max}	σ/σ_{150}
50	7.75	0.484	20.1	1.19	0.623	24.0	1.09
75	11.6	0.724	19.2	1.14	0.932	24.7	1.12
100	15.5	0.967	17.9	1.06	1.25	22.7	1.03
125	19.4	1.21	17.2	1.02	1.56	22.1	1.00
150	23.2	1.45	16.9*	1.00	1.87	22.0	1.00
200	31.0	1.93	16.8	0.994	2.49	21.5	0.977
250	38.7	2.42	16.7	0.988	3.11	21.4	0.973
300	46.5	2.90	16.6	0.983	3.74	21.4	0.973
360	55.8	3.48	16.4	0.970	4.49	20.9	0.950
420	65.1	4.06	15.9	0.941	5.23	19.8	0.900
480	74.3	4.64	15.5	0.918	5.97	17.3	0.786
600	93.0	5.81	14.0	0.829	7.48	13.9	0.632

* の値は文献に (2) よる。

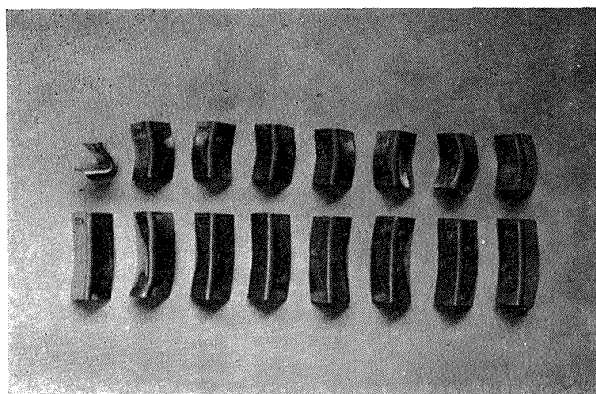
$\sigma/\sigma_{150}=\sigma_{\max}/(\sigma_{\max})_{l=150}$ である。

クリップリング応力適用範囲外での、最大平均圧縮
応力と補強材の細長比の関係が求められた。

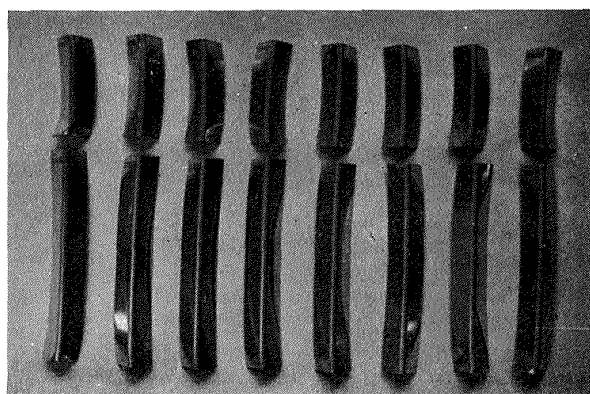
実験した断面形状、材質はそれぞれ 2 種類であり、
より一般的な実験式を求めるには、さらに種々な断面
形状、異った材質による実験が必要である。

文 献

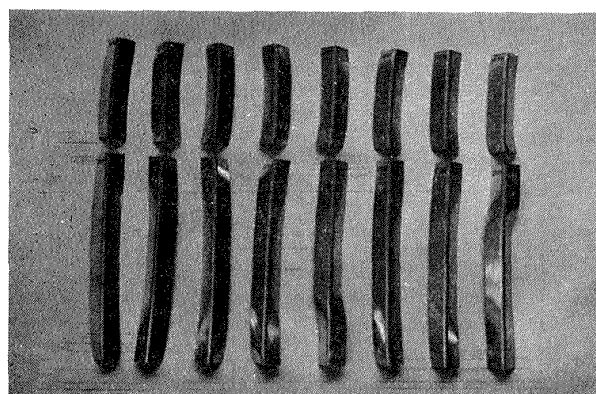
- 1) G. Gerárd; Handbook of Structural Stability, NACA, TN 3784, 1957.
- 2) 石田 誠, 竹内和之, 築地恒夫; Z, L 型断面をもつ柱の軸圧縮強度, 第13回構造強度に関する講演会講演集, 昭46, pp. 95~98.



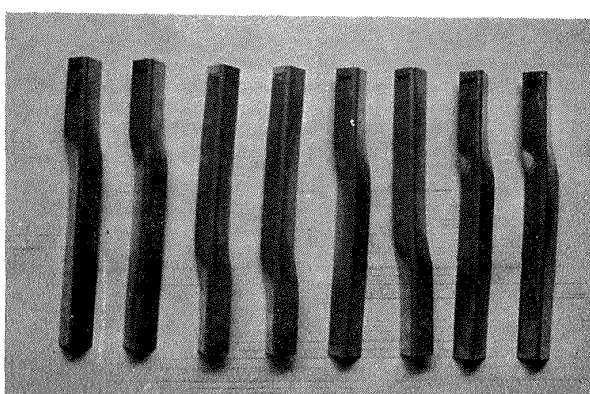
(1) 長さ 50, 75 mm



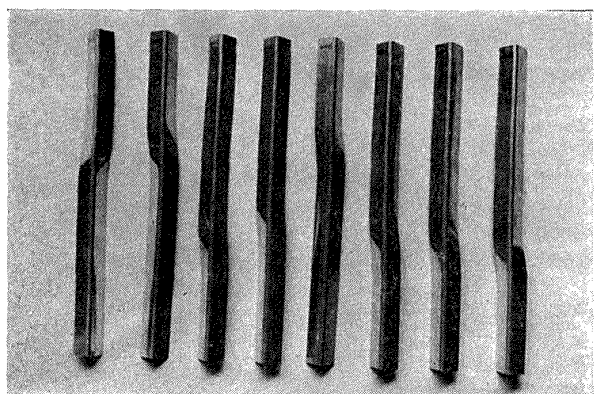
(2) 長さ 100, 200 mm



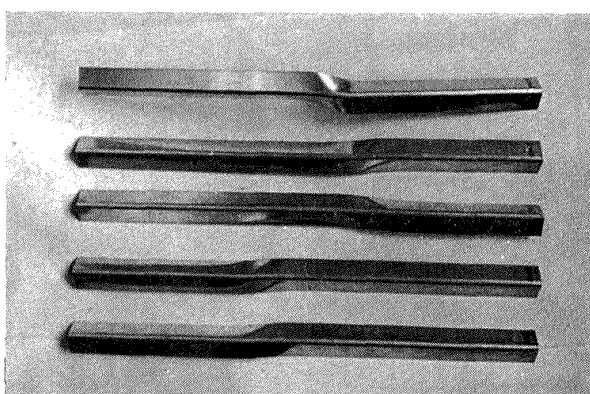
(3) 長さ 125, 250 mm



(4) 長さ 300 mm

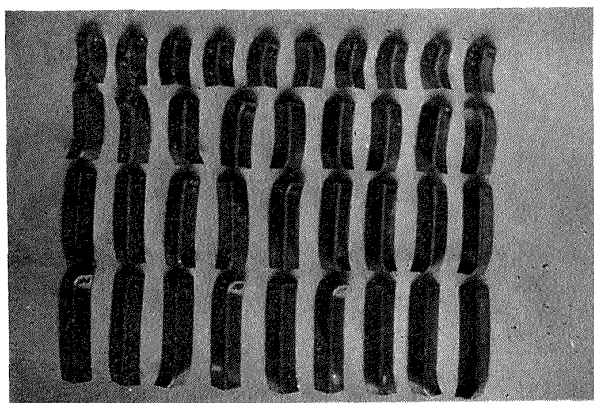


(5) 長さ 400 mm



(6) 長さ 500 mm

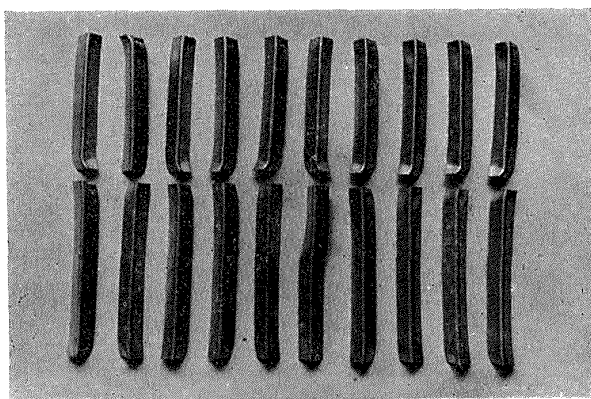
写真 1 試験後の 2024L 型材



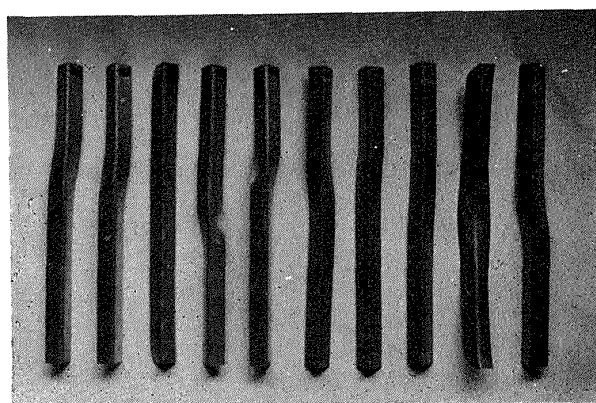
(1) 長さ 50, 75, 100, 125 mm



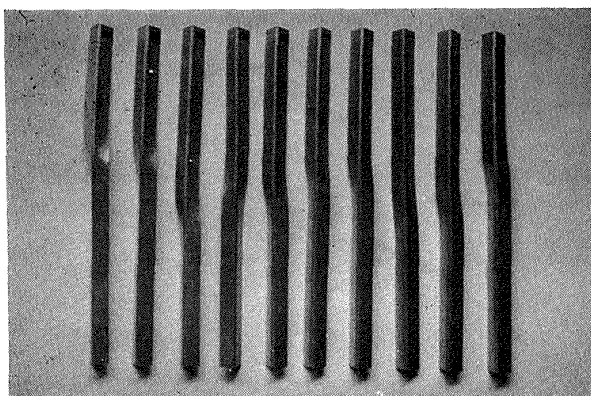
(2) 長さ 150, 300 mm



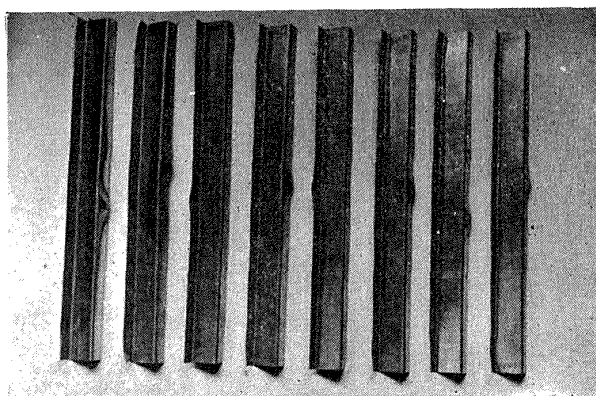
(3) 長さ 200, 250 mm



(4) 長さ 400 mm

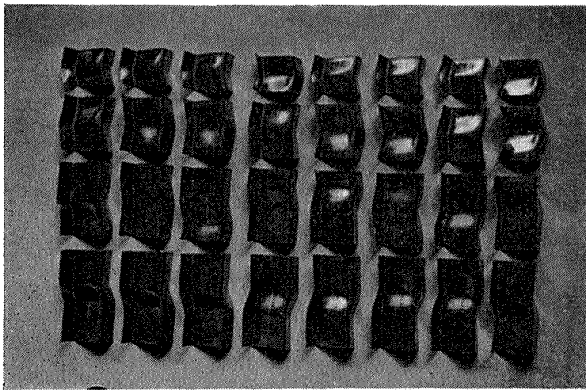


(5) 長さ 500 mm

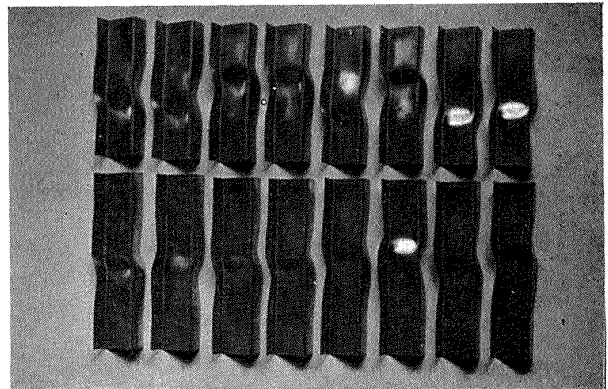


(6) (2024 Z 型) 長さ 600 mm

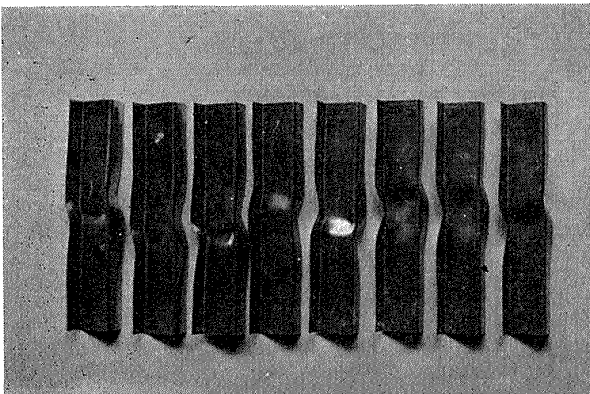
写真 2 試験後の 7075L 型材



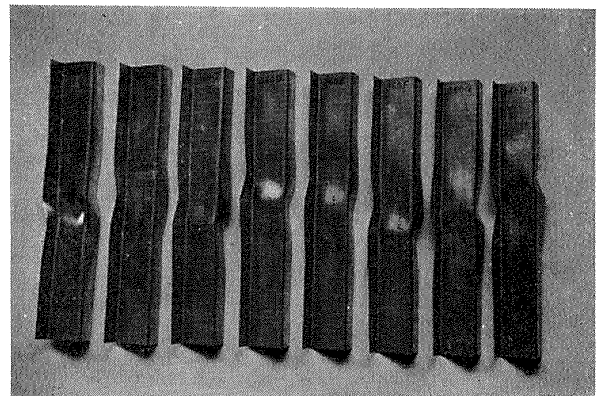
(1) 長さ 50, 75, 100, 125 mm



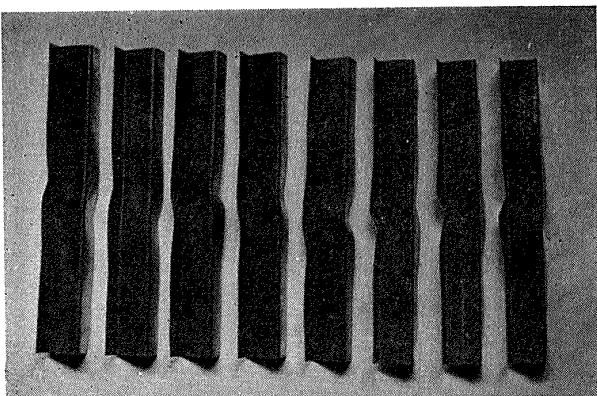
(2) 長さ 200, 250 mm



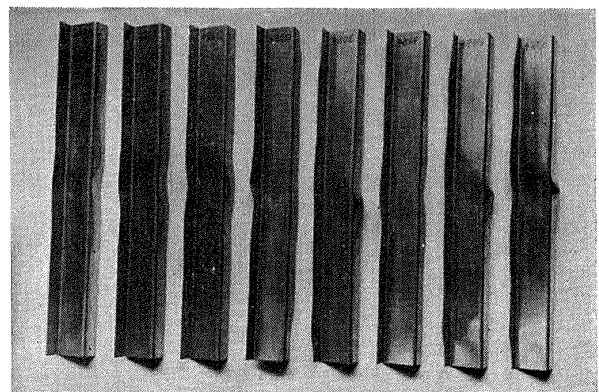
(3) 長さ 300 mm



(4) 長さ 360 mm



(5) 長さ 420 mm

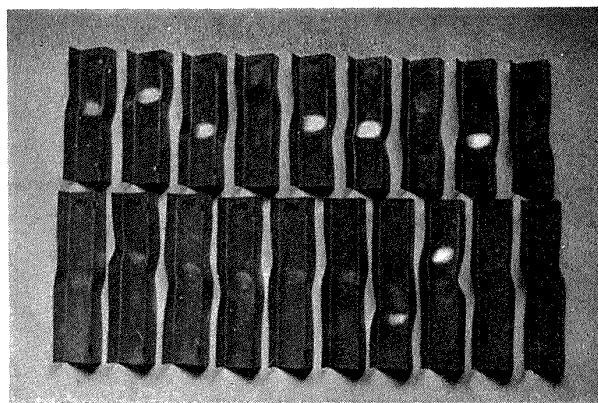


(6) 長さ 480 mm

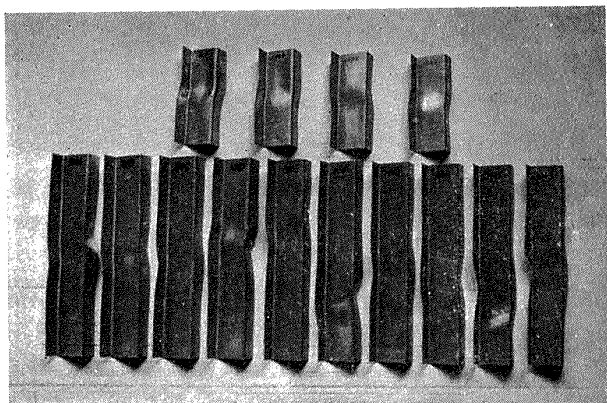
写真 3 試験後の 2024 Z 型材



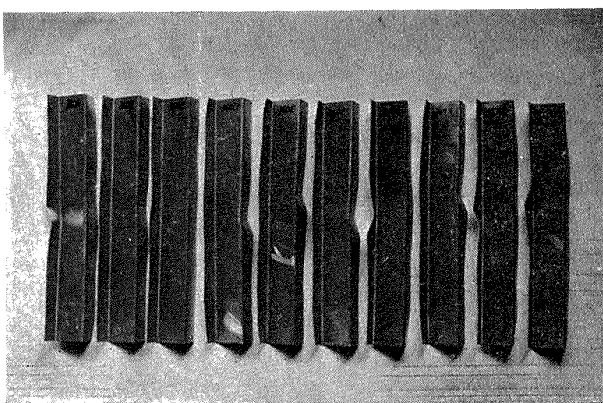
(1) 長さ 50, 75, 100, 125 mm



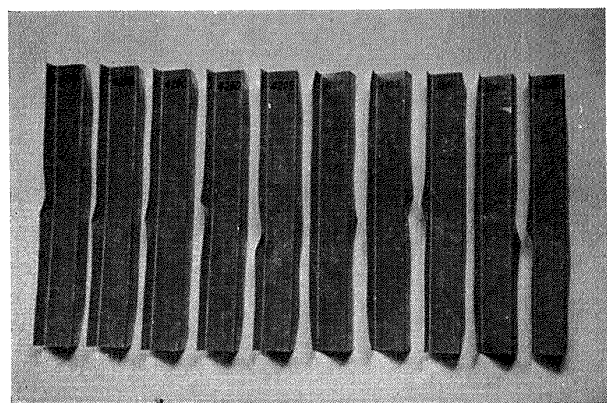
(2) 長さ 200, 250 mm



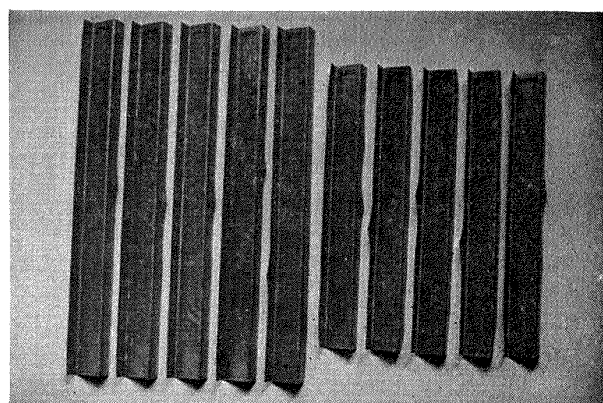
(3) 長さ 150, 300 mm



(4) 長さ 360 mm



(5) 長さ 420 mm



(6) 長さ 600, 480 mm

写真 4 試験後の 7075Z 型材

TM-232	フライングテストベッド電気系統試験	1972年9月	甲斐忠夫, 十河 弘
TM-233	フライングテストベッド空気タービン試験	1972年11月	宮本義人, 中村公昭 川崎純男, 東海林秀幸
TM-234	スピン燃焼試験設備による燃焼実験	1972年10月	石井進一, 岡部祐二郎 山田晃, 新岡 嵩 三谷 徹
TM-235	推進エンジン用空気取入口の予備実験 (続報)	1972年10月	近藤 博, 長谷川 聡
TM-236	大型低速風洞動的量データ処理設備	1972年10月	桑野尚明
TM-237	大型低速風洞壁面効果補正要領	1972年11月	佐藤淳造
TM-238	圧力測定の時遅れにおよぼす圧力孔の影響	1972年11月	曾我 国男, 小野寺信幸
TM-239	突風風洞の気流測定について	1973年4月	高橋 侔
TM-240	突風風洞での突風応答予備実験	1973年5月	松下 洸, 西村博史
TM-241	カーボン複合材の強度特性	1973年6月	古田敏康, 野口義男 松嶋正道
TM-243	推力 300 kg ジンバル液体ロケットエンジンの揺動特性(II)	1973年6月	植崎哲二, 野溝国生 荻原義千代, 吉原正一
TM-244	ジェットノズルの箱型模型実験	1973年6月	坂口 一, 近藤 博 高森 普, 岩下敬吾
TM-245	コンポジット固体ロケット推進薬のポアソン比測定	1973年8月	大竹邦彦, 遠藤修司 種村利春
TM-247	ジェットエンジン低騒音化の研究 第一報 JR 100H-1P ジェットエンジンの騒音特性	1973年9月	鳥崎忠雄, 小林 実 武田克巳
TM-248	自動着陸研究用テスト・リグについて	1973年10月	堀川勇壮, 小川 鑛一 永安正彦
TM-249	人工衛星打上げ用ロケット・システムについての検討	1973年10月	宇宙研究グループ
TM-250	自動着陸用多重サーボ機構について	1973年11月	小川 鑛一, 堀川勇壮 渡辺 顯, 永安正彦
TM-251	権力中断型固体ロケット用プロペラントの比推力の計算	1973年11月	五代富文, 西村久男 毛呂明夫

注：欠番は配布先を限定したもの

航空宇宙技術研究所資料252号

昭和48年12月発行

発行所 航空宇宙技術研究所
東京都調布市深大寺町1880
電話武蔵野三鷹(0422)47-5911(大代表) 182
印刷所 株式会社 東京プレス
東京都板橋区桜川 2-27-12

