

アルミ合金桁の横倒れ座屈強度とその安全性に関する研究

大阪大学工学部 前田 幸雄
大阪府立工専〇三宮 知彦

1. まえがき

当研究はアルミ合金材による重量構造物設計指針における桁の曲げ圧縮許容応力度算定の資料を得ることを目的とする。著者達は主たる構造用アルミ合金材、A5083(Al-Mg系2元合金,非熱処理), A7N01(Al-Zn-Mg系3元合金,熱処理)なる材質の、異なる断面寸法比をもつ桁の両端に、等曲げモーメント並びに不等曲げモーメントを作用させ、得られた非弾性領域での横倒れ座屈強度の実験結果から、その安全性の所面につき、桁の材質、細長比、構成断面寸法比、等に注目して考察を加えたので、その結果を報告する。

2. 実験内容

2.1. 試験桁. 試験桁はI形断面で、その寸法をFig.1に、その断面寸法比を表-1に示す。試験桁は便宜上、表-2~表-4の如く分類した。

ここで試験桁Aは押出大形材で、冷間加工により歪の矯正を行っている。試験桁B,Cは、T形材と薄肉板を突合せ溶接(MIG自動)して組立てたものである。これらの材質の化学成分並びに機械的性質を、表-5,表-6に示す。

2.2. 試験方法. 試験桁の両端に取り付けた載荷桁に、2基のジャッキを用いて載荷し、Fig.2に示すように片側ジャッキを移動し、曲げモーメントの脱

表-1 断面寸法比

試験桁記号	h/t_w	b/t_f	ここで h: 桁高 t_w : ウェブ厚 t_f : フランジ厚 b: フランジ幅
T.B. A	31.75	10.00	
T.B. B	127.00	7.69	
T.B. C	127.00	5.00	

表-5 化学成分

材質	Cu	Si	Fe	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Al
A 5083	0.08	0.10	0.25	0.73	4.2	0.17	0.02	0.03	Re
A 7N01	0.04	0.09	0.21	0.42	1.10	0.22	4.53	—	Re

表-6 機械的性質

材質	耐力 σ_y (kg/mm^2)	比例限界 σ_p (kg/mm^2)	引張強度 σ_u (kg/mm^2)	弾性係数 E (kg/cm^2)	ポアソン比 ν	せん断弾性係数 G (kg/cm^2)	伸び率 %
A 5083	16.60	15.85	30.80	7.26×10^5	1/3	2.72×10^5	23
A 7N01	28.60	20.50	35.14	7.48×10^5	0.34	2.79×10^5	19

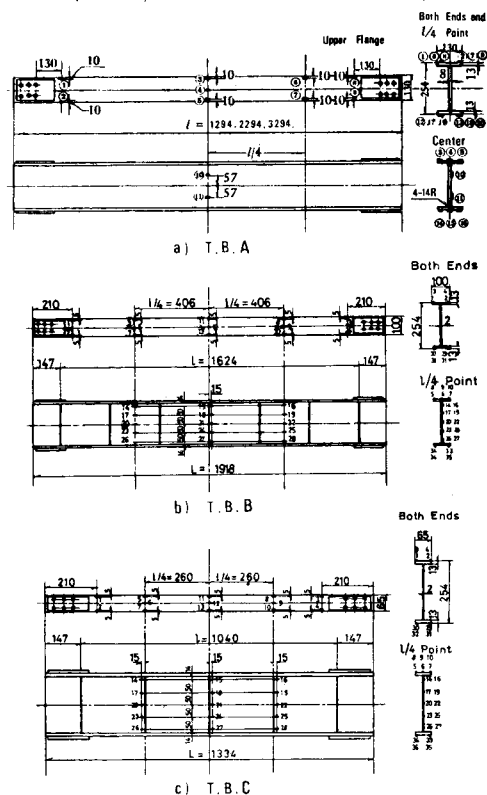


Fig. 1 Dimensions of Test Beams

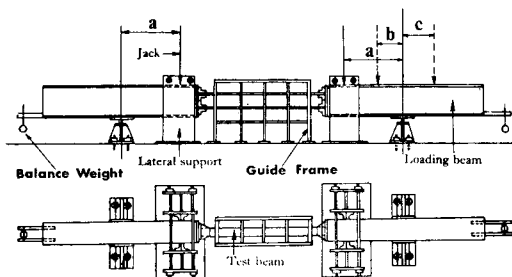


Fig. 2 Test Set-up

の長さを変えることにより、試験桁の両端に等曲げモーメント、不等曲げモーメントを作用させた。なお載荷桁は図に示す位置で、横支保装置により横支持されている。

試験桁の無直変位(V)、水平変位(U)の測定は、桁の両端並びに4等分点に設置したアルミ合金棒を基準として、ダイヤルゲージで測定した。また桁の断面応力測定は、アルミ合金の弾性係数の小なることから、塑性ゲージ(KL-10-A4)を用い、その貼付位置をFig.1に示してある。

2.3. 実験座屈強度。 桁が横座屈を発生するまでの過程は、試験桁の初期変形、残留応力、避け難い僅かな荷重の偏心等により、等曲げモーメント、不等曲げモーメント共に、厳密には一様となり得ず、極く一部の桁では、既に低荷重のときから序々に横座屈が発達するものがみられた。これらの桁を含めて各試験桁は、荷重の増大につれ或る時点に至ると、僅かな荷重の増加で急激な横変位の発達をみる。桁の横座屈強度の判定は難しい問題であるが、ここでは各試験桁につき、その圧縮フランジの荷重-横変位曲線を描き、その変位が急速に増大し始める時点をもち、その桁の横座屈強度 σ_{cr} と判定した。この判定に当って、横変位に基づく圧縮フランジ上面両側の歪の分岐の状態も合せ参考とした。このようにして判定した実験座屈強度から、桁が最早その平衡状態を保ち得なくなる所の、終局強度 σ_{max} に至るまゝには、更に強度の増加をみた。

3. 座屈強度式

3.1. 等曲げモーメントによる座屈強度

3.1.1. 弾性座屈強度

a). ウエブの変形を考慮しない場合。 次の弾性釣合方程式を基本式とした。

$$EI_y \frac{d^4 u}{dx^4} + M \left[k + (1-k) \frac{x}{l} \right] \beta = 0 \quad \text{--- (1)}$$

$$EC_{bd} \frac{d^3 \beta}{dx^3} - GJ_T \frac{d\beta}{dx} + M \left[k + (1-k) \frac{x}{l} \right] \frac{du}{dx} = 0 \quad \text{--- (2)}$$

ここで M ; $x=l$ における断面の強軸まわりの曲げモーメント, k ; 桁の両端に作用する曲げモーメント比 (ここで $k > 0$)

EI_y ; y 軸まわりの曲げ剛性, EC_{bd} ; 曲げ捻り剛性, GJ_T ; St. Venant の捩り剛性。

いま、 $k=1$ の場合、上の基本式から、両端固定 (座屈長 $l/2$) の条件を満たす解として、次の座屈強度式を得る。

$$\sigma_{cr} = \frac{1}{S} \cdot \frac{2\pi}{l} \sqrt{EI_y} \sqrt{GJ_T + \frac{4\pi^2}{l^2} EC_{bd}} \quad \text{--- (3)}$$

ここで S ; 断面係数

この式は根号の中の初項が、St. Venant の捩りによって与えられる横座屈抵抗に相当し、次項は反りに基づく曲げ捩りによって与えられる抵抗に相当する。文献(5),(6),(7)を参照して、(3)式を変形すれば次式を得る。

$$\sigma_{cr} = \sqrt{\left[\frac{1.3 E}{l \cdot \phi_t} \right]^2 + \left[\frac{4 \pi^2 E}{(l/t)^2} \right]^2} \quad \text{--- (4)}$$

ここで、 $t = \sqrt{\frac{I_y}{A_f + \frac{1}{2} A_w}}$, A_f ; 圧縮フランジの断面積, A_w ; ウエブプレートの断面積。

a ; フランジ重心間距離, b ; フランジ幅, t ; フランジ厚

一般に stocky な断面をもつ桁では、St. Venant の捩り抵抗が支配的であり、slender な断面では曲げ捩り抵抗が主要な抵抗となる。従って各々関連した捩り抵抗を表わすようにすると、(4)式から次の

近似式を得る。

$$\text{すべりした厚肉断面の桁に対しては、} \sigma_{cr} = \frac{1.3 E}{l \cdot d/bt} \quad \text{--- (5)}$$

$$\text{細つそりした薄肉断面の桁に対しては、} \sigma_{cr} = \frac{4 \pi^2 E}{(l/r)^2} \quad \text{--- (6)}$$

座屈式(5),(6)はその座屈応力度を、桁の極めて簡単な要素で表わしたものである。然しながら一般に桁の横倒れ座屈では、その座屈応力度は材質、部材長、構成断面寸法、等に関する更に多くの要因に支配され得るものと考えられ、簡単な要素のみで一義的に決めることは、必ずしも妥当と思はれないので、更に多くの桁要素を含めた表示を試みる。

1) 座屈式(3)における根号の中の次項の値は、部材長 l に支配されるが、普通用いられる非合成プレートガーダーで、その圧縮フランジが床組、斜傾構、横構などにより、横方向に支持される梁の間隔を l とするならば、次項の値に比べて初項は、普通1%にも満たない大きさと考えられる。従って初項を無視し、 $C_{bd} = \frac{1 \cdot d^2}{4}$ 、 $d \approx dw \approx h$ (d : フランジ重心間距離, dw : ウエブプレートの幅, h : 桁高)とすると、文献(3)を参照して、2軸対称I形断面では、(3)式を次式の如く変形し得る。

$$\sigma_{cr} = \frac{\pi^2 E}{\left(\sqrt{\frac{I_x}{I_y}} \cdot \frac{l}{h}\right)^2} = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{I_x}{h}\right)^2 \left(\frac{l}{I_y}\right)^2}$$

いまこれを降伏応力度 σ_y で無次元表示する。 $\sigma_{cr} = \sigma_y$ のとき $\frac{l}{I_y} = \left(\frac{l}{I_y}\right)_e$ とおくと、

$$\left(\frac{l}{I_y}\right)_e = \frac{\pi h}{I_x} \sqrt{\frac{E}{\sigma_y}}, \quad \text{ここで } l_{fy} / \left(\frac{l}{I_y}\right)_e = \sqrt{\frac{\sigma_y}{\sigma_{cr}}} = \alpha \text{ とおくと、}$$

$$\frac{\sigma_{cr}}{\sigma_y} = \frac{1}{\alpha^2} \quad \text{--- (7)}$$

但し、 $\alpha = \frac{1}{\pi} \left(\frac{I_x}{h}\right) \left(\frac{l}{I_y}\right) \sqrt{\frac{\sigma_y}{E}}$, 又は $\frac{A_w \cdot t_w^2}{12}$ を無視すると α は次の如く変形される。

$$\alpha = \frac{1}{\pi} \sqrt{3 + \frac{A_w}{2A_c}} \cdot \frac{l}{b} \cdot \sqrt{\frac{\sigma_y}{E}} \quad \text{--- (7)}$$

b). ウエブの変形を考慮する場合。 文献(1)を参照して、基本式として次の釣合方程式を立てた。

$$EI_y \frac{d^4 u}{dx^4} + M \left[k + (1-k) \frac{B}{l} \right] \beta = 0 \quad \text{--- (1)}$$

$$\frac{GJ_{Tf} d}{6 D_w} EC_{bd} \frac{d^4 \beta}{dx^4} + (EC_{bd} - \frac{GJ_{Tf} d}{6 D_w} GJ_{Tw}) \frac{d^3 \beta}{dx^3} - GJ_{Tw} \frac{d\beta}{dx} + M \left[k + (1-k) \frac{B}{l} \right] \frac{du}{dx} = 0 \quad \text{--- (8)}$$

ここで、 GJ_{Tf} : 1個のフランジの捩れ剛性, GJ_{Tw} : ウエブプレートの捩れ剛性, D_w : ウエブプレートの曲げ剛性。

$k=1$ の場合、上の基本式から、両端固定の条件を満たす解として、次式を得る。

$$\sigma_{cr} = \frac{1}{S} \cdot \frac{2\pi}{l} \sqrt{EI_y \left[GJ_{Tw} + \frac{4\pi^2}{l^2} EC_{bd} - \frac{GJ_{Tf} d}{6 D_w} \left(\frac{16\pi^4}{l^4} EC_{bd} + \frac{4\pi^2}{l^2} GJ_{Tw} \right) \right]} \quad \text{--- (9)}$$

この式と(3)式を比較すれば、ウエブの変形を考慮した場合、座屈強度がその分だけ低下することが分る。実験に用いた桁のうち、試験桁Aをとると、その内部抵抗に及ぼす影響につき、近似的な試算をしてみると、次の表-7の如くなる。従ってこの断面寸法の桁では、その影響はA5083, A7N01共に弾性域で1%に満たず、塑性域で数%の強度低減に止まることが判断され、余り大きな影響はないと考えられるので、ここでは一応、ウエブの変形については、取り上げないこととする。

3.1.2. 非弾性座屈強度

従来、非弾性領域での座屈に関する研究の
主たるものとして、Engesserの接線弾性係数
理論(Tangent Modulus Theory)と、Engesser, Kármán
或は Southwell などによる複弾性係数理論
(Double Modulus Theory)がある。その後 Shanley
がより広い仮定に立って非弾性柱の考察を
行ない、前者の方が柱の挙動をよりよく説
明し得ることを示し、その後の実験の結果
も前者の与える値に近い事実が示されている。これらのことから、ここでは接線弾性係数理論に準ずる
こととし、座屈式(3), (5), (6)の E , G の代りに、接線弾性係数 $E_t = \tau E$, $G_t = \tau G$ として置きかえ、
非弾性座屈強度を算定する。なお τ は材料の引張試験による応力-歪曲線の比例限度以上の応力に
対する接線弾性係数 E_t とヤング率 E との比である。

表-7. ウェブ変形の影響

A5083						A7N01					
σ_{cr} (kg/cm ²)	τ	l (cm)	R_1 ($\times 10^3$)	R_2 ($\times 10^3$)	$\sqrt{R_1 - R_2}$ (%) $\sqrt{R_1}$	σ_{cr} (kg/cm ²)	τ	l (cm)	R_1 ($\times 10^3$)	R_2 ($\times 10^3$)	$\sqrt{R_1 - R_2}$ (%) $\sqrt{R_1}$
Proportional Limit 1585	1	562	125.35	1.41	99.44	Proportional Limit 2050	1	484	151.37	2.50	99.17
1775	0.38	292	112.29	6.55	97.04	2720	0.38	235	165.19	15.67	95.14

$$\text{ここで } R_1 = G_t J_T + E_t C_{bd} \frac{4\pi^2}{l^2}$$

$$R_2 = \frac{G_t J_T d}{6D_w} \left(E_t C_{bd} \frac{16\pi^4}{l^4} + G_t J_{Tw} \frac{4\pi^2}{l^2} \right)$$

更に座屈式(7)を用いて、実験の示す結果から、非弾性座屈強度を直線式で表わすことを試みれば、
次の強度式を得た。

$$\frac{\sigma_{cr}}{\sigma_y} = 1 - 0.449(\alpha - 0.3) \quad \text{--- (10)}$$

$$\alpha = \frac{1}{\pi} \sqrt{3 + \frac{A_w}{2Ac}} \cdot \frac{l}{b} \cdot \sqrt{\frac{\sigma_y}{E}}, \quad \alpha \geq 0.3$$

ここで弾性座屈領域の限界として、鋼材の場合に準じ、 $\sigma_{cr} = \sigma_y/2$ を仮定した。

3.2. 不等曲げモーメントによる座屈強度

3.2.1. 弾性座屈強度

不等曲げモーメントによる桁の横倒れ座屈強度の正確な算定法は、現在見当らないように思われる。然しな
かろうの場合、弾性域においてはその近似的算法の主たるものとして、Salvadori によって提案された修正
係数を用いる方法がある。これについてはアメリカ長柱委員会(Columb Research Council)も有効な手段として取
り上げている。すなわち不等曲げモーメントによる横倒れ座屈強度は、両端に作用する不等曲げモーメント比 k の函
数で表わされる次のモーメント勾配係数(Moment-Gradient Factor) C_1 を乘じて補正する方法である。

$$C_1 = 1.75 - 1.05k - 0.3k^2 \quad (C_1 = 2.3 \text{ when } k \leq -0.46)$$

ここでは、この方法に準じて、(3), (5), (6)式並みに(7)式からの算出座屈応力度を補正すること
により、不等曲げモーメントによる弾性座屈応力度を算定することとする。

3.2.2. 非弾性座屈強度

Column Research Council では非弾性領域における桁の横倒れ座屈強度は、基本的な柱の強度曲線(Basic
Column Strength Curve)により近似され得るとしている。これについては Galambos も I 形鋼梁につき、その妥当
性を立証しているものである。従って前述の方法により求めた座屈応力度が、比例限界を越える場合、等価
な柱(Equivalent Column)の Kl/r (K :有効長係数)を算出し、これに対応する座屈応力度を Basic
Column Strength Curve から求め、それをもつてその非弾性座屈応力度と判定する。

4. 実験結果

4.1. 等曲げモーメント ($k=1$) による座屈強度

試験桁を分類して表-2に示す、A5083及A7N01の試験桁の各フランジより切り取って作成した5号試験片による引張試験の結果から、Stress-Strain Curveを描き、これよりFig.3に示す σ_c - τ Curve

表-2 試験桁 (k=1)

材質	試験桁記号	寸法 (mm)	数量(本)	曲げモーメント
A 5083	T.B.A 1-1.2	254×130×8×13×1294	2	
	T.B.A 2-1.2	シ x2294	2	
	T.B.A 3-1	シ x3294	1	
	T.B.B-1.2	254×100×2×13×1918	2	
	T.B.C-1.2	254×65×2×13×1334	2	
A 7N01	T.B.A 1-1.2	254×130×8×13×1294	2	
	T.B.A 2-1.2	シ x2294	2	
	T.B.A 3-1.2	シ x3294	2	

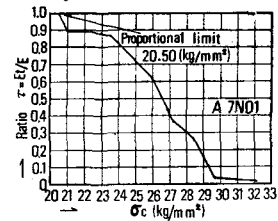
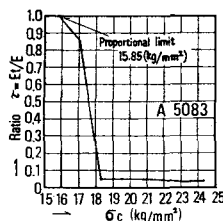


Fig. 3 σ_c - τ Curves (A 5083 and A 7N01)

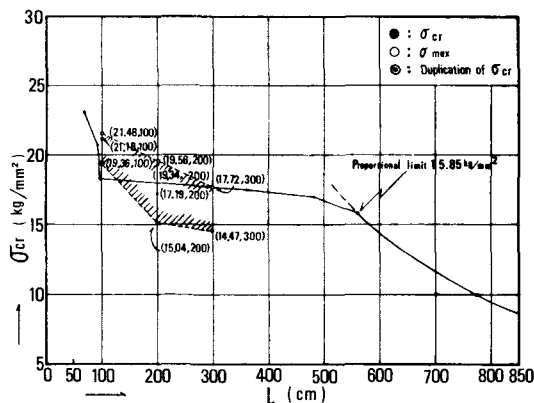


Fig. 4 σ_{cr} vs. L Curve under $k=1$ (A 5083 T.B.A)

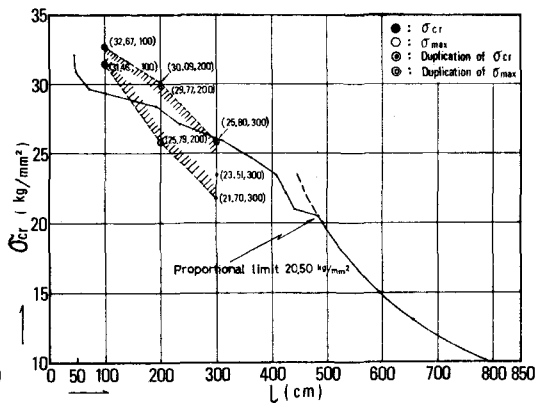


Fig. 5 σ_{cr} vs. L Curve under $k=1$ (A 7N01 T.B.A)

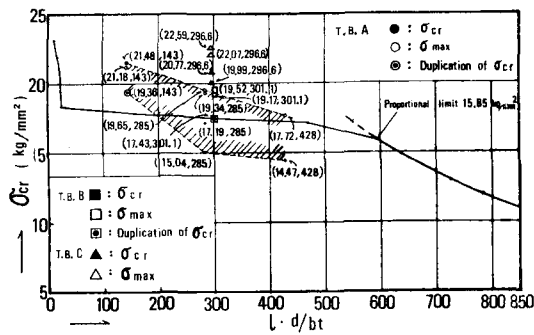


Fig. 6 σ_{cr} vs. $L/d/bt$ Curve under $k=1$ (A 5083 T.B.A, T.B.B, and T.B.C)

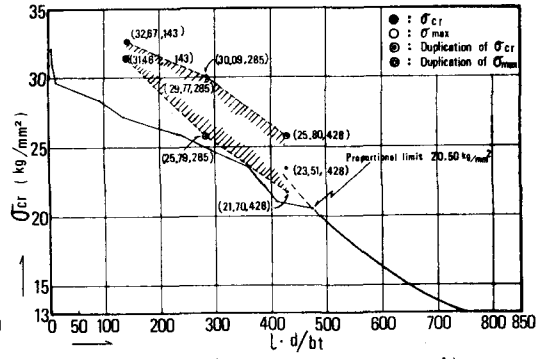


Fig. 7 σ_{cr} vs. $L/d/bt$ Curve under $k=1$ (A 7N01 T.B.A)

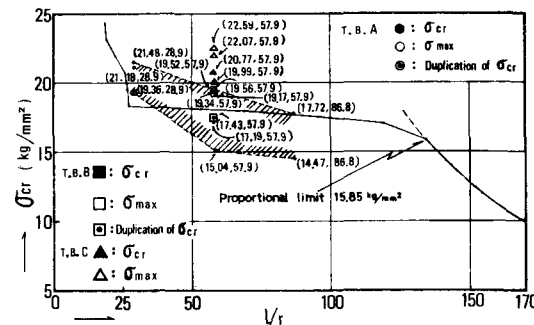


Fig. 8 σ_{cr} vs. L/r Curve under $k=1$ (A 5083 T.B.A, T.B.B, and T.B.C)

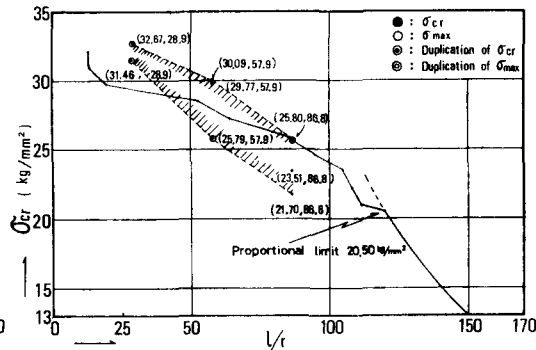


Fig. 9 σ_{cr} vs. L/r Curve under $k=1$ (A 7N01 T.B.A)

を求め、これを用いて座屈式(3),(5),(6)から算出した非弾性座屈応力度を、 ℓ , ℓ/λ (d : フランジ間距離, b, t : フランジ巾, 厚), ℓ/t ($r = \sqrt{\frac{I_x}{A_x + \frac{1}{2}A_w}}$) をパラメータとして図示した座屈強度曲線が Fig.4~Fig.9 である。これらの図中に、実験値を各々プロットしてある。

また座屈式(7),(10)を用いて、 α をパラメータとして図示した座屈強度曲線が Fig.10 である。この図中に、実験値と、文献(2),(3)より高張力鋼の実験値を引用し、合せてプロットしてある。

4.2. 不等曲げモーメント ($k \neq 1$) による座屈強度

A5083 及び A7N01 につき、Fig.3 に示す σ_{cr} - ℓ Curve を用いて、各々算出した Column Strength Curve を Fig.11 に示す。

4.2.1. $k > 0$ の座屈強度

表-3 試験桁 ($k=0$)

材質	試験桁番号	寸法 (mm)	k	曲げモーメント
A 5083	T.B.A 1-3	254×130×8×13×1294	1/1.2	
	T.B.A 1-4	〃	1/1.2	
	T.B.A 2-3	254×130×8×13×2294	1/1.5	
	T.B.A 2-4	〃	1/1.5	
	T.B.A 3-3	254×130×8×13×3294	1/1.5	
	T.B.A 3-4	〃	1/1.5	
	T.B.B-1	254×100×2×13×1918	1/1.5	
	T.B.B-2	〃	1/1.5	
A 7N01	T.B.C-1	254×65×2×13×1334	1/1.5	
	T.B.C-2	〃	1/1.5	
	T.B.A 2-3	254×130×8×13×2294	1/1.5	
	T.B.A 2-4	〃	1/1.2	

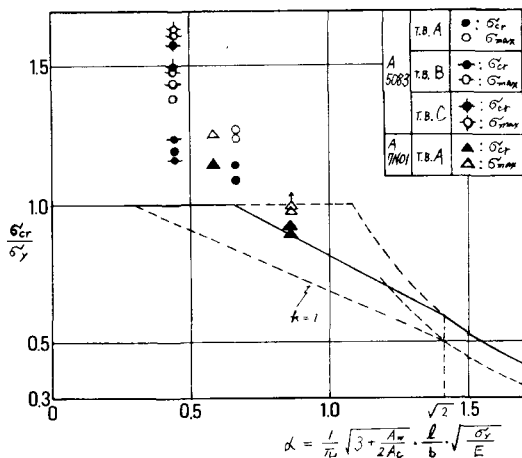


Fig.14 Lateral Buckling Strength Curve and Test Results under $k=1/1.5$

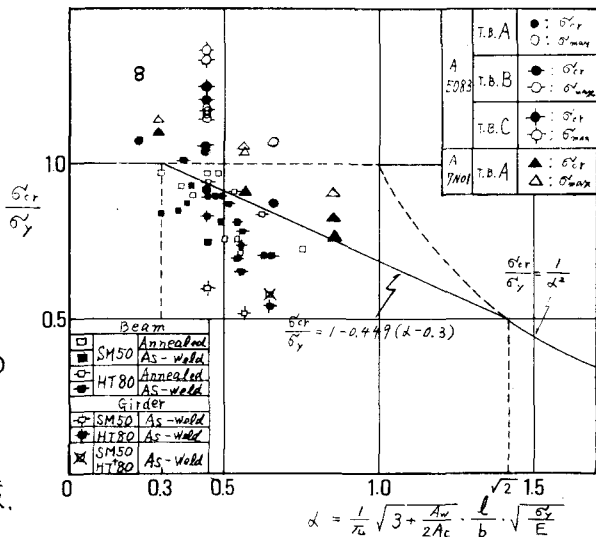


Fig.10 Lateral Buckling Strength Curve and Test Results under $k=1$.

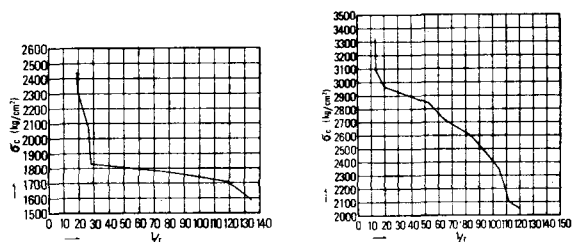


Fig.11 Column Strength Curves in the inelastic range (A5083 and A7N01)

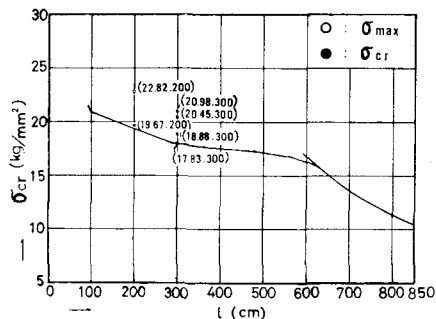


Fig.12 Curve of σ_{cr} vs. l under $k=1/1.5$. (A5083 T.B.A)

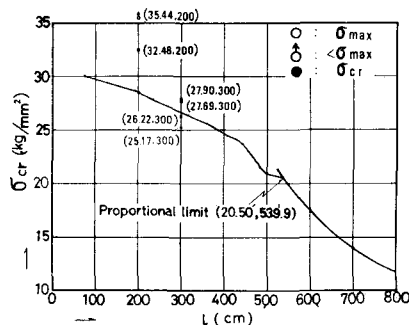


Fig.13 Curve of σ_{cr} vs. l under $k=1/1.5$. (A7N01 T.B.A)

試験荷をまとめて表-3に示す。座屈式(3)を、前項3.2.で述べた手順に基づいて補正した所の、 ℓ をパラメータとする座屈強度曲線をFig.12, Fig.13に示す。また座屈式(7),(10)に勾配係数を乗じて補正したものが、Fig.14である。これらの図中に、実験値を各々プロットしてある。

4.2.2. $k < 0$ の座屈強度

試験荷をまとめて表-4に示す。この場合の k は、載荷フレームの剛性不足から、かなり制限された値となっている。

座屈式(3)から、前と同じ手順で補正した座屈強度を、 ℓ をパラメータとして図示したものが、Fig.15, Fig.16である。また座屈式(7),(10)を補正したものが、Fig.17である。これらの図中に実験値を各々プロットしてある。

以上のことから、座屈式(3),(5),(6)に基づき、それぞれの k 値に補正して算出した座屈応力度を基準として、実験座屈強度の増分を百分率で表わしたものを、まとめて表-8, 表-9, 表-10に示す。

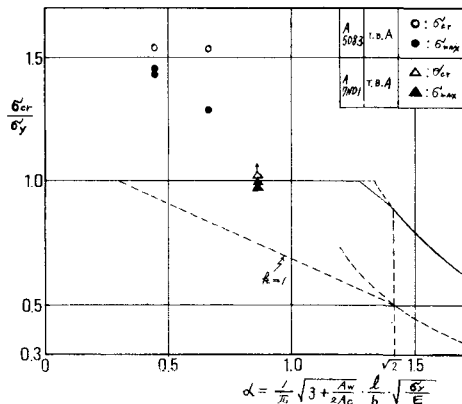


Fig. 17 Lateral Buckling Strength and Test Results. under $k = -1/30$.

表-4 試験荷 ($k < 0$)

材質	試験荷記号	寸法 (mm)	k	曲げモーメント
A 5083	T.B.A 2-5	254×130×8×13×2294	-1/30	
	T.B.A 2-6	〃	-1/30	
	T.B.A 2-7	〃	-1/30	
	T.B.A 2-8	〃	-1/100	
	T.B.A 3-5	254×130×8×13×3294	-1/60	
	T.B.A 3-6	〃	-1/30	
	T.B.A 3-7	〃	-1/60	
	T.B.A 3-8	〃	-1/100	
A 7N01	T.B.A 2-5	254×130×8×13×2294	-1/300	
	T.B.A 3-5	254×130×8×13×3294	-1/100	
	T.B.A 3-6	〃	-1/30	
	T.B.A 3-7	〃	-1/60	
	T.B.A 3-8	〃	-1/60	

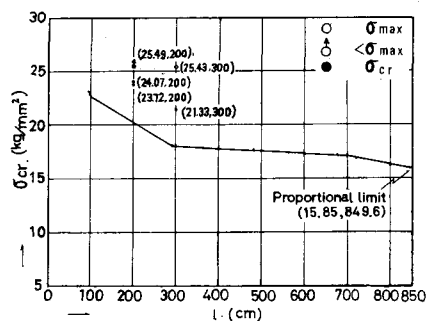


Fig. 15 Curve of σ_{cr} vs. L under $k = -1/30$. (A 5083 T.B.A)

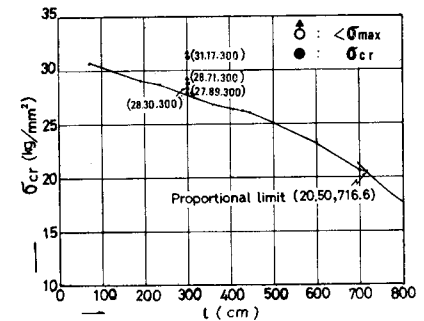


Fig. 16 Curve of σ_{cr} vs. L under $k = -1/30$. (A 7N01 T.B.A)

表-8 実験座屈強度の増分 ($k=1$)

材質	試験荷記号	k	実験座屈強度の増分(%)		
			σ_{cr-L} (対比1)	$\sigma_{cr-L/1}$ (対比1)	$\sigma_{cr-L/1}$ (対比1)
A 5083	T.B.A 1-1	1	+ 5.9	+ 7.9	+ 5.9
	T.B.A 1-2	1	+ 5.9	+ 7.9	+ 5.9
	T.B.A 2-1	1	-16.5	-14.3	-16.4
	T.B.A 2-2	1	- 4.6	- 2.1	- 4.5
	T.B.A 3-1	1	-18.3	-15.8	-17.9
	T.B.B 1-1	1	- 3.2	- 0.4	- 3.2
	T.B.B 2-1	1	- 3.2	- 0.4	- 3.2
	T.B.C 1-1	1	+11.0	+14.1	+11.1
T.B.C 2-1	1	+15.3	+18.6	+15.4	
A 7N01	T.B.A 1-1	1	+ 7.1	+16.0	+ 7.3
	T.B.A 1-2	1	+ 7.1	+16.0	+ 7.3
	T.B.A 2-1	1	- 8.5	+ 3.5	- 7.5
	T.B.A 2-2	1	- 8.5	+ 3.5	- 7.5
	T.B.A 3-1	1	-17.2	+ 3.9	-15.3
	T.B.A 3-2	1	-10.3	+12.5	- 8.3

表-9 実験座屈強度の増分 ($k > 0$)

材質	試験荷記号	k	実験座屈強度の増分 (%)
			σ_{cr-L} に対し
A 5083	T.B.A 1-3	1/1.2	+ 16.1
	T.B.A 1-4	1/1.2	+ 11.0
	T.B.A 2-3	1/1.5	+ 1.9
	T.B.A 2-4	1/1.8	+ 4.5
	T.B.A 3-3	1/1.5	- 0.4
	T.B.A 3-4	1/1.5	+ 5.5
	T.B.B 3-3	1/1.5	+ 5.8
	T.B.B 4-3	1/1.5	+ 13.4
A 7N01	T.B.C 3-3	1/1.5	+ 36.5
	T.B.C 4-3	1/1.5	+ 38.5
	T.B.A 2-3	1/1.5	+ 14.4
	T.B.A 2-4	1/1.2	+ 8.9
A 7N01	T.B.A 3-3	1/1.5	- 1.4
	T.B.A 3-4	1/1.5	- 5.4

表-10 実験座屈強度の増分 ($k < 0$)

材質	試験荷記号	k	実験座屈強度の増分(%)
			σ_{cr-L} に対し
A 5083	T.B.A 2-5	-1/30	+ 16.8
	T.B.A 2-6	-1/30	+ 18.6
	T.B.A 2-7	-1/50	+ 19.8
	T.B.A 2-8	-1/100	+ 19.7
	T.B.A 3-5	-1/60	+ 17.5
	T.B.A 3-6	-1/30	+ 18.5
	T.B.A 3-7	-1/60	+ 0.78
	T.B.A 3-8	-1/100	+ 10.2
A 7N01	T.B.A 2-5	-1/200	—
	T.B.A 3-5	-1/100	—
	T.B.A 3-6	-1/30	+ 1.1
	T.B.A 3-7	-1/30	+ 2.5
	T.B.A 3-8	-1/60	+ 7.6

5. 考察

弾性座屈式(3),(5),(6)を基礎式として、接線弾性係数理論及び Column Research Councilの方法に基づき算出した非弾性座屈応力度を、 ℓ , ℓ/b_t , ℓ/t ($r = \sqrt{\frac{I_t}{A_t + \frac{1}{2}A_w}}$) のような簡単な桁の要素で表わす場合、座屈強度と其の安全性に関連する考察として、次のことが挙げられる。

1). $k=1$ (k : 両端曲げモーメント比) のとき、接線弾性係数理論による座屈応力度は、Basic Column Strength Curveを用いて算出した値と極めて良く近似する。かゝる算出座屈応力度を基準とした実験座屈強度の増分は、 k 、桁の断面寸法比により強く支配され、この場合、 $\ell/t = 57.9$ ($t = \sqrt{\frac{I_t}{A_t + \frac{1}{2}A_w}}$) に注目すれば、断面寸法比が $k/t_w = 127$, $b/t_f = 7.69$ (試験桁B) を除いては、実験値と算出値とは、かなり相違を示す。b). 桁の材質によりその増分の大きさは異なるようである。また桁の細長比が小となるにつれ、増分の値は大となる。

2). $k \neq 1$ のとき、概ね上記 a), b). のことが認められるが、モーメント勾配に注目すれば、Column Research Council に準じて算出した座屈応力度を基準とする実験座屈強度の増分は、 $k > 0$ のとき、両材質とも k の値が $+0$ に接近する程大となり、また $k < 0$ のとき、 -0 に近づく程大となっている。更に、 $k < 0$ の増分は、 $k > 0$ のそれに比べ、幾らか小さいようである。以上のことから、かゝる座屈強度の算出が、非弾性領域のすべてに適用(得るとは、必ずしも思はれない。

一方、座屈式(7),(10)は、座屈応力度算定に関連する所の、材質的特性、断面の幾何学的要素を、より多く取り入れた表現をもち、この算定法に基づき座屈強度を図示した Fig.10 では、アルミ合金材の実験値は、図示した高張力鋼に比べ、直線的分布を示し、座屈式(10)の直線式は、Fig.14, Fig.17, の座屈強度を含めて考察すれば、かなり適切にアルミ合金桁の横倒れ座屈強度を定め得ることを示している。また同一断面の桁では、材質により $\sqrt{\frac{\sigma_y}{E}}$ の値は異なるから、この直線式を一般の鋼材に適用する場合、その勾配はアルミ合金材のそれに比べ、幾らかゆるやかなものとなることが推測される。

当研究に当って、中戸製鋼所建設工事開発本部、梶本政良氏に多大の御協力を戴いたことと記し、ここに謝意を表す。また当研究については、軽金属協会の研究補助金をうけた事を附記する。

参考文献

- 1). 仲威雄, 加藤勉; 「単一材の座屈」 東大出版会, 1959.
- 2). 菊池祥一, 島田静雄, 福本孝士; 「高張力鋼を用いた構造物の強度に関する研究」 名大土木研究報告書, No.5002, 昭42.
- 3). 関西道路研究会; 道路橋調査研究委員会資料, No. D-4, 昭46.7月
- 4). Bruce G. Johnston (editor); Column Research Council, "Guide to Design Criteria for Metal Compression Members", John Wiley & Sons, New York, 1966.
- 5). K. de Vries; "Strength of Beams as Determined by Lateral Buckling" Trans. Am. Soc. Civil Engrs, 112, 1947.
- 6). K. Basler and B. Thürlimann; "Strength of Plate Girders in Bending" Proc. Am. Soc. Civil Engrs, 87(ST-6) 1961.
- 7). G. Winter et al.; "Discussion of Strength of Beams as Determined by Lateral Buckling" Trans. Am. Soc. Civil Engrs, 112, 1947
- 8). M. G. Salvadori; "Lateral Buckling of Eccentrically Loaded I-Columns" Trans. Am. Soc. Civil Engrs, 121, 1956
- 9). Friedrich Bleich; "Buckling Strength of Metal Structures" Mc. Graw-Hill, New York, 1952.
- 10). Timoshenko, S. and Gere, J.; "Theory of Elastic Stability" Mc. Graw-Hill, New York, 1961.
- 11). Yukio Maeda; "Ultimate Strength of Welded Steel Box Columns" Technology Reports of the Osaka University Vol. 18, No.820, 1968.