

アルミ合金桁の横倒れ座屈に関する研究(2報)

大阪大学工学部 正員 前田 幸雄
大阪府立工専 正員 〇三宮 知彦
神戸製鋼所 正員 梶本 政良

まえがき. 本研究はアルミ合金大形形材を重量構造物に積極的に使用する為、重要な設計条件を与える桁の曲げねじれ座屈に関する実験的研究を行ない、アルミ合金材による桁の曲げ圧縮許容応力算定の資料を得んとするものである。かゝる目的で著者達は(1報)に引續き桁の細長比を変え、構造用アルミ合金AA5083大形押出形材の両端に正の等曲げモーメントを作用させ、生ずる非弾性域での横倒れ座屈強度につき実験的考察を加えたので、その結果を報告する。

試験体及び試験方法. 試験体はAA5083押出I形断面桁を冷間加工で矯正したもので、その機械的性質並びに化学成分を表-1に示す。試験体の寸法はFig-1に示す如く、断面 $254 \times 130.8 \times 13 \text{ mm}$ 、桁長 1294 mm (2体)、 2294 mm (2体)、 3294 mm (1体)の計5体で、その両端取付部のカバープレートは同材質のものを用長 3 mm で隅肉溶接してある。

試験方法はFig-2, Photo-1に示す如く、ロードセルを逆に取り付けた 15 ton 油圧ジャッキ2基で載荷桁(箱桁SS材)に載荷する事により試験体の両端に曲げモーメントを作用させた。また載荷桁は載荷点において横支保構でもって横方向の支持をした。試験中における試験体の水平、垂直の各変位の測定は、アルミ合金材で構成した枠を基準として各荷重ごとにダイヤルゲージで測定した。また桁の断面応力測定に用いたストレインゲージは塑性ゲージKL-10-A5で、その貼付位置はFig-2に示す如くである。

試験結果と考察. Fig-3, Fig-4に示す如く、鋼材に比し弾性係数の小なるAA5083の桁ではたわみの量が大きい。桁の耐力が公称耐力程度までは除荷した際に残留変形は殆んど認められず、引續いて載荷するとたわみの増加と共に突然横倒れ現象が目撃されるようになる。それ以後は荷重は大きくならず横座屈が急速に発達してくる。かゝる状態に至れば載荷は中止した。

試験中測定した桁の中央断面の各横変位をFig-5に、ストレインをFig-6に

表-1 NP 3/6 の機械的性質および化学成分

引 張 試 験				化 学 成 分 (%)							
耐力 kg/mm ²	引張強さ kg/mm ²	伸 び %		Cu	Si	Fe	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti
16.6	30.8	23		0.08	0.10	0.25	0.73	4.2	0.17	0.02	0.03

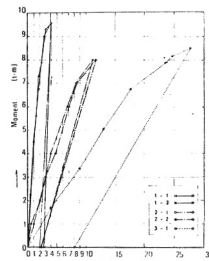


Fig. 3 Bending Moment-Deflection Curve

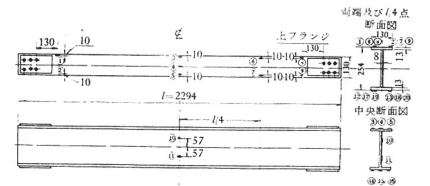


Fig. 1 Dimension of Test Beam

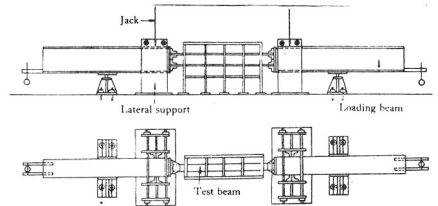


Fig. 2 Test Setup

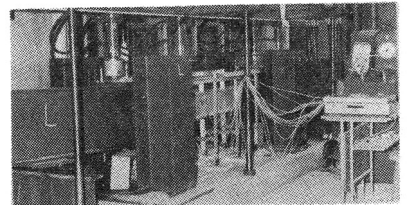


Photo. 1 General View of Setup

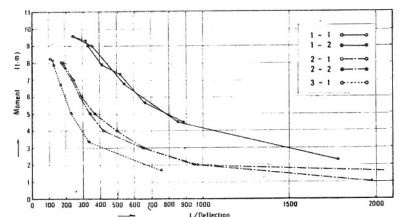


Fig. 4 Bending Moment-L/Deflection Curve

示す。なおこれら横変位の値は桁中央の実測値から両端における横変位の実測値の平均を差し引いた値である。これらの横変位が急激に変化する点に注目し、ストレインの変化の状態を合せ考えて横座屈強度を判定する事とした。また横座屈強度の算定に当り、ウェブの変形が桁の座屈強度に及ぼす影響は余り大さくなりと考えられるから、計算を簡便にするためこれを考慮しない場合の次の弾性鈎合方程式を基本式とし、非弾性域にありては持繰弾性係数理論を用いる事とした。

$$EI_y \frac{d^4 u}{dz^4} + M \left\{ \rho + (1-\rho) \frac{z}{L} \right\} \beta = 0 \quad \text{--- (1)}$$

$$EC_{bd} \frac{d^2 \beta}{dz^2} - GJ_T \frac{d\beta}{dz} + M \left\{ \rho + (1-\rho) \frac{z}{L} \right\} \frac{z}{L} \frac{du}{dz} - \frac{M(1-\rho)}{L} u = 0$$

ここで M ; $z=L$ における断面の強軸まわりの曲げモーメント --- (2)

ρ : 桁の両端に作用する曲げモーメント比, EI_y ; y 軸まわりの曲げ剛度

EC_{bd} ; 曲げねじれ剛性, GJ_T ; St. Venant のねじれ剛性

両端正の等曲げモーメント $\rho=1$ の場合は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式を得る。

$$\sigma_{cr} = \frac{1}{5} \frac{2\pi}{L} \sqrt{EI_y} \sqrt{GJ_T + \frac{4\pi^2}{L^2} EC_{bd}} \quad \text{--- (3)}$$

ここで S ; 断面係数

試験体のフランジより切り取って作成した 5 号引張試験片に基づく Stress-Strain Curve (Fig-7)

から導いた σ_c - ϵ Curve (Fig-8) を用いて、上の

(1) 式から算出した横座屈強度曲線を Fig-9 に

示す。更に(3)式は St. Venant のねじり抵抗

に比し、曲げねじれ抵抗が支配的であるとみなすと次のように簡便化される。

$$\sigma_{cr} = \frac{4\pi^2 E}{(L/\tau)^2} \quad \text{--- (4)} \quad \text{但し } \tau = \sqrt{\frac{I_T}{A_f + \frac{1}{6} A_w}}$$

ここで A_f ; 圧縮フランジの面積, A_w ; ウェブの面積

この(4)式と Fig-8 の σ_c - ϵ Curve とを用いて算出した横倒れ座屈強度曲線を Fig-10 に示す。なお強度計算に用いた弾性係数及ポアソン比は、引張試験の結果から判断して、 $E=7.26 \times 10^4 \text{ kg/mm}^2$, $\nu=1/3$ とした。

以上の事から $b/t_w=31.75$, $b/t_f=10$ (b : フランジ幅, t_w, t_f : $t_w=9.15, t_f=7.72$) なる断面の AA5083 の桁では、その強軸まわりに両端正の等曲げモーメントが作用する場合には、この試験の範囲以内で次の事が判断される。

1) 鋼材に比べ弾性係数の小なることから、たわみの量は大きいが、残留たわみは桁長 1294, 2294, 3294 mm で、 $\frac{D_{rel}}{L} \div \frac{1}{170}, \frac{1}{240}, \frac{1}{520}$ 程度までは殆んど見受けられない。

2) 横倒れ座屈強度については、この断面の桁で、 λ_f が 58~87 の範囲では接線弾性係数理論に基づき強度曲線より概ね 15% 程度の強度低下が見られるが、全塑性モーメントに達し得る所の横方向支持点の間隔の限度は、同じく算出した所の $\lambda_f \div 35$ 程度となることが判断される。

なお詳細については講演当は申し述べる。本研究については、軽金属協会の研究補助金をうけたことも附記する。

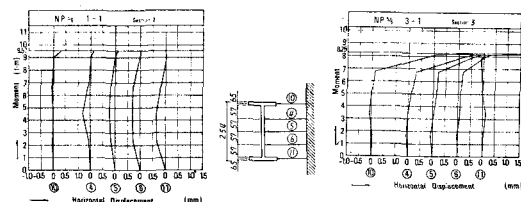


Fig. 5 Bending Moment-Horizontal Displacement Curve

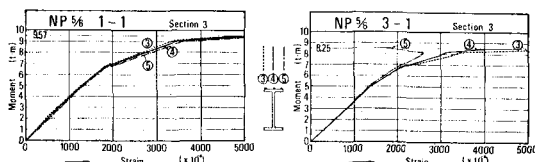


Fig. 6 Bending Moment-Strain Curve

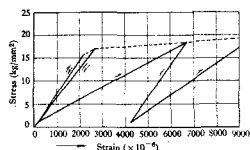


Fig. 7 Stress-Strain Curve

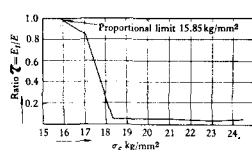


Fig. 8 σ - ϵ Curve by Test

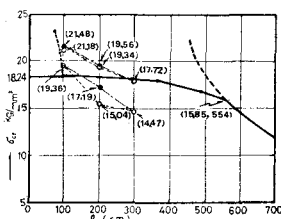


Fig. 9 Lateral Buckling Strength Curve by Theory and Test Results

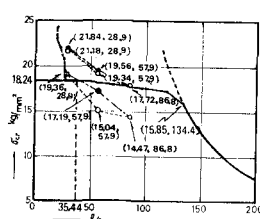


Fig. 10 Lateral Buckling Strength Curve by Theory and Test Results