

大阪大学工学部 正員 前田幸雄
大阪府立工専 正員 三宮和彦
神戸製鋼 正員 梶本政良

まえがき 現在アルミ合金梁の横倒れ座屈に関する研究資料は充分でなく検討の余地があると信ぜられる。かゝる観点から構造用アルミ合金NP5%の押出I形断面梁を用い、両端に正の等, 不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、実験的考察を行ったものである。なお引續きNP5%, 25Cの押出I形断面梁に正負不等曲げモーメントの作用する場合の横倒れ座屈強度につき、一連の座屈実験を実施中であり、これはその中間報告である。

試験体と試験方法 試験体は神戸製鋼所製NP5%押出形材を冷間加工で矯正したもので、その化学成分、機械的性質を表-1に、また試験体のフランジから切取った5号引張試験片によるStress-Strain CurveをFig-1に示す。試験体の寸法はFig-2の如くで、両端取付部のカバープレートは同材質のものを脚長3mmで隅肉溶接している。

試験方法はFig-3の如くロードセルを逆に取り付けた15ton油圧ジャッキ2基で、試験体に比し充分大なる剛性をもつ載荷桁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、両端曲げモーメント比 $\rho=1$ のものも2体、 $\rho=1/5$ と $1/8$ のものを各1体ずつ試験した。なお載荷桁は載荷点において、剛性大なる横支保構をもって横方向の支持をした。

試験中における試験体の各変位は、アルミ合金型材で構成した基準枠を基準とし、各荷重ごとにダイヤルゲージで測定した。また貼布した歪ゲージは塑性ゲージKL-10-A5で、その貼布位置はFig-2に示す如くである。

試験結果と考察 荷重の増大と共に、鋼材に比し弾性係数の小なるNP5%の桁では撓みの増加が著しいが、繰応力度が耐力限以下では除荷した際に残留変形は殆んど認められな。引續いて載荷すると耐力限を越えと共に撓みは急激に増大し、突然横倒れ現象が目撃されるようになる。それ以

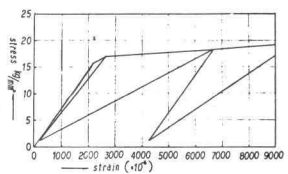


FIG.1 Stress-Strain Curve

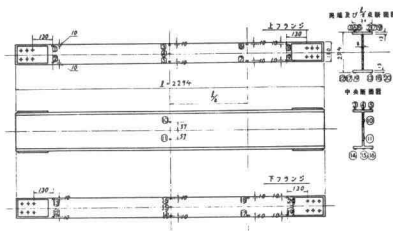


FIG.2 Dimension of Test Beam

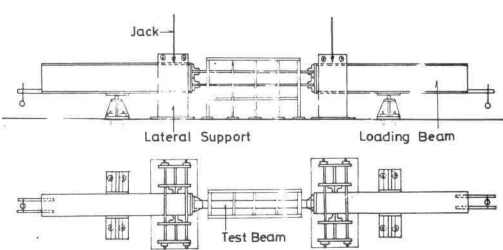


FIG.3 Test Setup

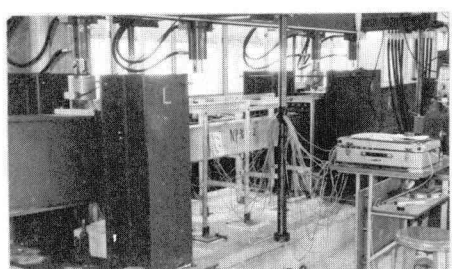


PHOTO.1 General View of Setup

表-1 NP 5/6 の機械的性質および化学成分

製作 番号	寸法 mm	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
443293	H-254 X2294	16.6	30.8	23	0.08	0.10	0.25	0.73	4.2	0.17	0.02	0.03

後は荷重は大して上りず横座屈が、右の写真に示す如く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点における横変位を Fig-4 に示す。これらの横変位が急激に変化する点をもって、その桁の横座屈強度と判定した。また横座屈強度の算定に当っては、次の弾性釣合方程式を基本式とし、非弾性域においては接線弾性係数理論を用いる事とした。ウエブの変形を考慮しない場合。

$$EI_y \frac{d^2 u}{dz^2} + M \left[\rho + (1-\rho) \frac{z}{L} \right] \rho = 0 \quad \text{--- (1)}$$

$$EC_{bd} \frac{d^3 \rho}{dz^3} - GJ_T \frac{d\rho}{dz} + M \left[\rho + (1-\rho) \frac{z}{L} \right] \frac{d\rho}{dz} - \frac{M(1-\rho)}{L} u = 0 \quad \text{--- (2)}$$

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、 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

ウエブの変形を考慮する場合(2)式の代りに次の釣合式が(1)と連立する。

$$\frac{GJ_{Tw} h}{6 D_w} EC_{bd} \frac{d^3 \rho}{dz^3} + \left(EC_{bd} - \frac{GJ_{Tw} h}{6 D_w} \right) \frac{d^2 \rho}{dz^2} - GJ_T \frac{d\rho}{dz} + M \left[\rho + (1-\rho) \frac{z}{L} \right] \frac{d\rho}{dz} - \frac{M(1-\rho)}{L} u = 0$$

ここで、 GJ_{Tw} ; 1 個のフランゲのねじれ剛性

GJ_{Tw} ; ウエブのねじれ剛性、 D_w ; ウエブフレートの曲げ剛性

$\rho=1$ 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(1)(2)式より(4)式を、(1)(3)式より(5)式を得る。すなわち。

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

$$\sigma_{cr} = \frac{1}{S} \cdot \frac{2\pi}{L} \sqrt{EI_y} \sqrt{GJ_T + \frac{4\pi^2}{L^2} EC_{bd} - \frac{GJ_{Tw} h}{6 D_w} \left(\frac{16\pi^4}{L^4} EC_{bd} + \frac{4\pi^2}{L^2} GJ_{Tw} \right)} \quad \text{--- (5)}$$

ここで S ; 断面係数

ウエブの変形が座屈強度に及ぼす影響は余り大きくないと考えられるから、ここでは計算を簡単にするため(4)式と、引張試験に基づく Fig-5 の $\sigma_c - J$ 曲線を用いて算出した横座屈強度曲線を Fig-6 に示す。更に(4)式は、試験体の断面寸法からみて、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。

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

ここで A_f ; 圧縮フランゲの面積、 A_w ; ウエブの面積
この(6)式を前と同じ方法で図示したものが Fig-7 である。なお強度計算に用いた弾性係数及びポアソン比は、実験値から判断して、 $E = 7.26 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$ 、 $\nu = 1/3$ とした。

以上のことから、アルミ合金 NP 系の桁の強軸まわりに、両端正の等曲げモーメントが作用する場合には、1). 両力点(降伏点)に対する比例限界の割合が、鋼材のそれに比しかなり高く、降伏力度が両力点限程度までは、大きな変形の割には残留歪が小さい。2). $h/t_w = 31.75$, $b/t_f = 10$ (t_w, t_f ; ウエブ、フランゲの厚さ)の I 形断面桁では、非弾性領域の横倒れ座屈強度について、接線弾性係数理論を用いて算出したものは、実験値とはほぼ合致する。3). 座屈後は、急速に歪み増大して後座屈強度は、座屈強度の 8% 増性度である。なお $\rho = 1/5$, $1/8$ の場合に於ては、講義当日、申述やる。本研究に於ては、軽金属協会の研究補助金をうけたことを附記する。

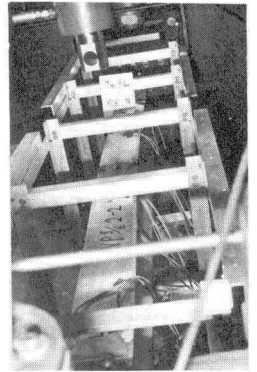


PHOTO. 2 Buckled Test Beam

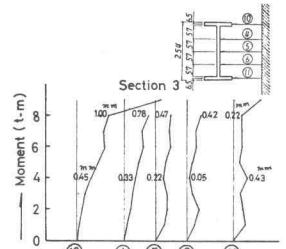


FIG. 4 Bending Moment-Horizontal Displacement Curve

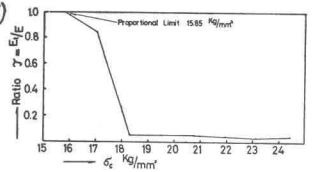


FIG. 5 $\sigma_c - J$ Curve by Test

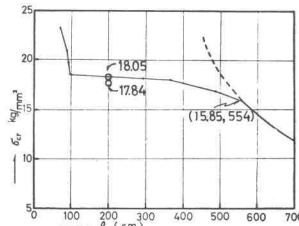


FIG. 6 Lateral Buckling Strength Curve by Theory and Test Results

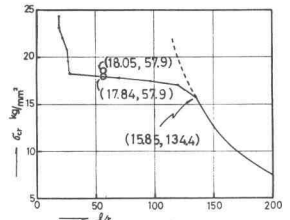


FIG. 7 Lateral Buckling Strength Curve by Theory and Test Results