

早稲田大学 正員 平嶋 政治
 早稲田大学 学生員 山本 美博
 早稲田大学 学生員 依田 照彦

1. はなげき 山形鋼は軸圧縮材として多く使用され、不等辺の場合には、断面が非対称であるため曲げねじりで座屈する。その際、せん断中心に加えて回転中心の位置が部材の力学的挙動と密切に関係してくる。これらの観点から、本報告では、まずせん断中心の位置を正確に定め、各種の代表的な断面に対する限界座屈荷重を計算し、各座屈変形モードの連成状態を把握し、微小座屈変形に対する回転中心の位置の変化を観察することにより、山形鋼の力学的挙動を明確にしようと試みた。

2. せん断中心の位置 薄肉断面部材の理論では、山形鋼のせん断中心は図-1(a)に示してあるように隅角部に存在する。かかるに、一方のフランジが特別短くなり一枚の矩形板になると、せん断中心は図-1(b)に示されるような位置にくる。これは薄肉断面部材の理論では板厚方向のそりを無視しているためであり、板厚方向のそりの影響を考慮すれば、せん断中心の正確な位置を知ることができる。今、断面の重心Gを座標原点と選ぶと、せん断中心の座標 (a_x, a_y) は $a_x = \frac{1}{J_x} \int \omega y dF$; $a_y = -\frac{1}{J_y} \int \omega x dF$ (1)より求まる。¹⁾ここに、 J_x, J_y はそれぞれ主軸回りの慣性二次モーメントであり、そり関数 ω は板厚方向のそりの変化を考慮した値を用いた。図-2(a), 図-2(b)に示した結果より、両突出フランジの面積比 $\delta_1 d_1 / \delta_2 d_2$ が1に近ければ、せん断中心は隅角部にあると考えても良いと思われる。

3. 限界座屈荷重 一般に軸圧縮力を受ける薄肉構造部材の限界座屈値 σ_{cr} は主軸回りの曲げ座屈値 σ_{Fx}, σ_{Fy} ; ねじり座屈値 σ_T ; 局部座屈値 σ_L の関数として $\sigma_{cr} = \sigma_{cr}(\sigma_{Fx}, \sigma_{Fy}, \sigma_T, \sigma_L) \dots$ (2)と表わすことができる。山形鋼の場合に対する、これらの座屈値の計算結果は図-3(a)~(d)に示されている。ここに σ_{TF} は曲げねじり座屈値であり、 $\sigma_{Fx}, \sigma_{Fy}, \sigma_T$ を係数の中にも含む三次の固有値方程式より求まる最小値である。^{1), 2)}ただし、等辺等厚の山形鋼の場合には、必ずしも σ_{TF} が最小値をとるとは限らない。(図-4(d)参照) 同様に部材が短くなると、局部座屈の影響により限界座屈値 σ_{cr} が σ_{TF} より小さくなることもある。(図-4(b), (c)参照) 図中、限界座屈荷重 σ_{cr} は各フランジの面外変形に対し板の理論、面内変形に対し梁の理論を用いて解析的に求めた。図-4より、一般に等厚山形鋼では、局部座屈と曲げねじり座屈を区

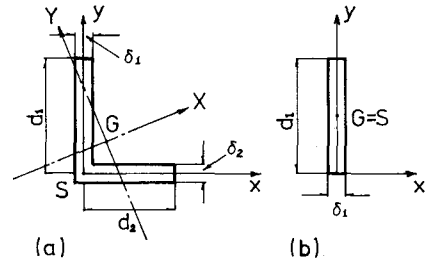


図-1 断面図

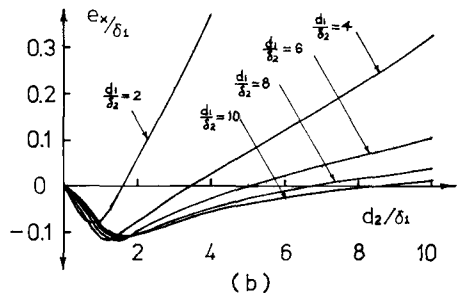
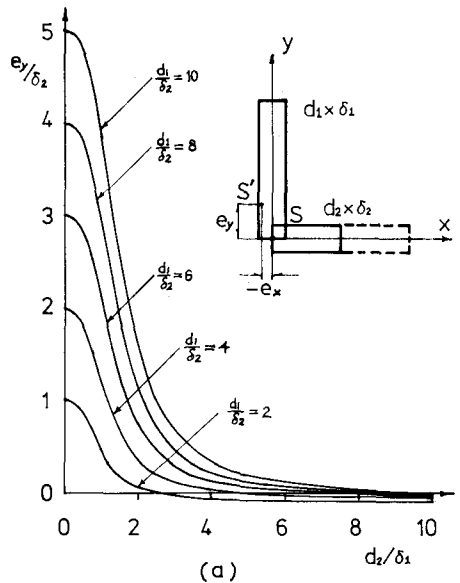


図-2 せん断中心の位置の変化

別することは難しく、不等辺不等厚山形鋼では座屈長(l)が長く局部座屈の影響がなければ、限界座屈荷重 σ_{cr} と曲げねじり座屈値 σ_{TF} とはほぼ一致する。(i:細長比)

4. 回転中心の位置

せん断中心点の主軸方向の変位を(ξ, η)、その点回りの回転角を θ とすれば、任意点の変位(ξ_s, η_s)は $\xi_s = \xi - (Y - a_y)\theta$; $\eta_s = \eta + (X - a_x)\theta$ …… (3) と表わすことができる³⁾。瞬間回転中心として、不動点 $C(C_x, C_y)$ を考えると(3)式より

$$\xi_c = \xi - (C_y - a_y)\theta = 0; \quad \eta_c = \eta + (C_x - a_x)\theta = 0 \dots (4)$$

ここに部材の両端がヒンジのときの微小座屈変位関数として三角関数を用い、軸圧縮力を受ける部材の座屈固有値方程式を利用することにより、回転中心として、

$$C_x = \frac{a_x}{1 - \frac{\sigma_{cr}}{\sigma_{Fx}}}; \quad C_y = \frac{a_y}{1 - \frac{\sigma_{cr}}{\sigma_{Fy}}} \text{ を得る。}^{3)} \text{ (図-4 参照)}$$

図-3、図-4より、ねじり座屈(σ_T)のモードが支配的であるときには、回転中心はせん断中心の近くにあり、弱軸回りの曲げ座屈(σ_F)のモードが支配的になると、回転中心の位置はせん断中心から急激に遠ざかる。
5. あとがき 軸圧縮力を受ける不等辺山形鋼の力学的挙動を把握する一助として、せん断中心及び回転中心の位置と限界座屈荷重について考察した。

6. 参考文献

- 1) Vlasov, V.Z.: 薄肉弾性ばりの理論, 奥村敏恵他訳, 技報堂, 1967.
- 2) Kappus, R.: Twisting failure of centrally loaded open-section columns in the elastic range, NACA TM 851, 1938.

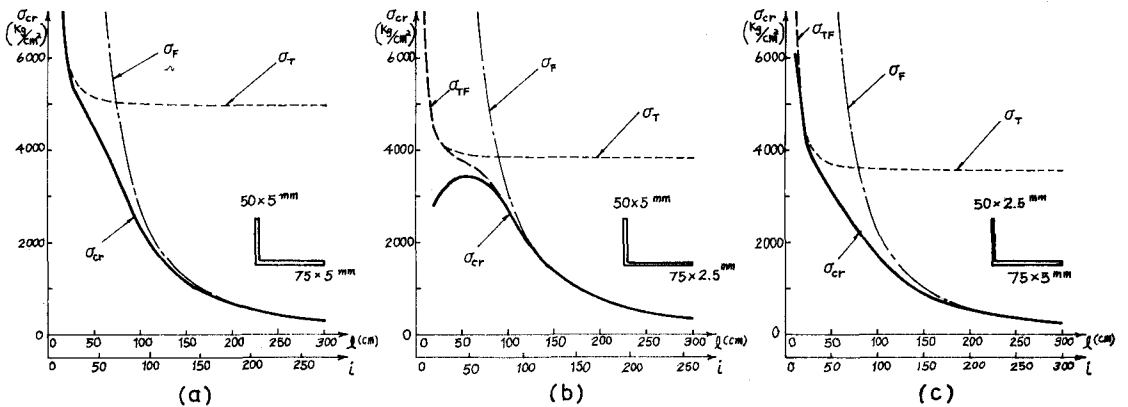


図-3 限界座屈荷重 σ_{cr} ($\mu = 0.3, E = 2.1 \times 10^4 \text{ kg/cm}^2$)

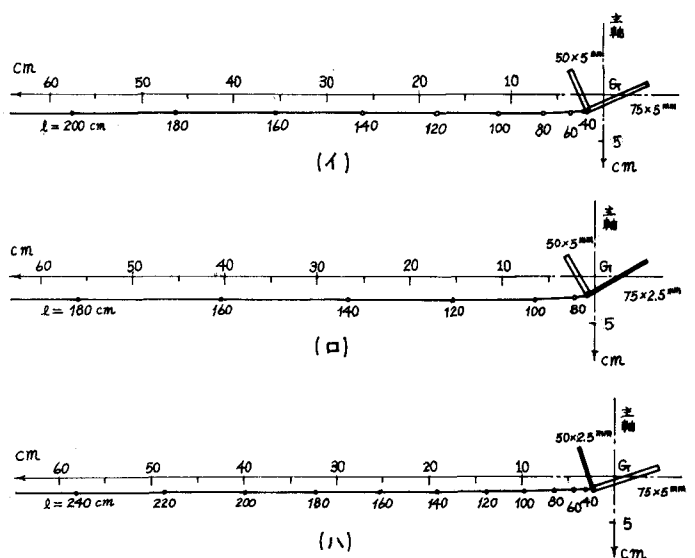
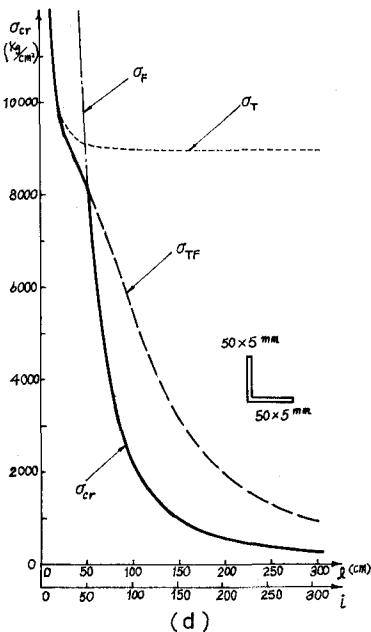


図-4 回転中心の位置の変化