

金沢大学 学 西 沢 辰 男
 金沢大学 正 吉 田 博
 金沢大学 井 原 朋 美

1. よえがき

弾性域におけるはりの横倒れ座屈に及ぼす曲率の影響は、特殊な断面を除いてはほとんど無視できることが明らかにされてきているが、残留応力を考慮した非弾性域においては、まだその影響が明らかにされていないようである。非弾性域では、はりのたわみが大きくなることから、本研究においては、非弾性域での曲率の影響を検討してみた。

2. 解析方法

解析は伝達マトリックス法によった。はりの荷重面内のたわみを $v_s^{(0)}$ とし、はりの横倒れ座屈の1階の連立微分方程式を $\frac{d}{dz}V = G_V$ と表わすと、マトリックス G_V はつぎのように表わされる。

$$G_V = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -v_s^{(0)''} & 0 & 0 & -1/EI_y & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1/EI_w \\ 0 & 0 & M_z^{(0)} - P^{(0)}v_s^{(0)'} & 2M_z^{(0)'} & 0 & P^{(0)}/EI_y & 0 & -M_z/EI_w - P^{(0)}y_s/EI_w \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -\bar{K}' & 0 & -v_s^{(0)'} - M_z^{(0)}/EI_y & 0 & \bar{K}/EI_w \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -P^{(0)}y_s/EI_y & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -(GK_T - P^{(0)}\bar{y}_0^2) & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

式中、(') ははりの長さ方向、 z に関する微分を表わす。また、用いた記号は文献1) および 2) によった。非弾性域での断面の各種係数および荷重面内のたわみを計算し、Runge-Kutta 法により数値積分を行ない格間伝達マトリックスを求め、各格間内では塑性領域の扱わりを一定とし、格点伝達マトリックスによって、格点の左右の格間の弾性域の相違を考慮した。計算方法は文献2) によった。

計算精度を調べるために弾性域で一様曲げを受けるはりを12格間に分割し、各格間内では分割せずに計算を行ったところ、理論値と4桁の有効数字まで一致した。

3. 計算結果

軸方向力が作用せず、面内変位の影響を考慮しないとき、一様曲げを受けるスパン長さ l のはりの横倒れ座屈モーメントは次式で与えられる。

$$(\bar{M}_0)_{cr} = \frac{\pi}{k_y l} \sqrt{EI_y GK_T \left(1 + \frac{\pi^2 EI_w}{GK_T (k_z l)^2} \right)}$$

ここに、 k_y および k_z ははりの両端の境界条件によって定まる有効長さ係数である。面内変位を考慮したものを類似の形で、次式のように与える。

$$M_{0cr}^* = \frac{\pi}{k_y l} \sqrt{\left(1 - \frac{EI_x}{EI_y} \right) EI_y GK_T \left(1 + \frac{\pi^2 EI_w}{GK_T (k_z l)^2} \right)}$$

図-1 および 2 は、一様曲げを受ける横変位およびねじりに対して単純支持はりの座屈モーメント M_{cr} と、縦軸に $\delta_r = M_{cr}/M_p$ 、横軸に $\bar{\lambda} = \sqrt{M_p/(\bar{M}_0)_{cr}}$ 、 $\lambda^* = \sqrt{M_p/M_{0cr}^*}$ をとって無次元化して示したものである。ここ

に M_{pl} は全塑性モーメントである。

図-1は $W8 \times 31$ と $W27 \times 94$ のはりバーク曲げを受け、横変位およびねじりに対して単純支持されている場合の座屈曲線を、荷重面内の変位を考慮した場合としない場合に対して比較したものである。荷重面内の変位を考慮した $\delta_r-\lambda^*$ 曲線と考慮しない $\delta_r-\bar{\lambda}$ 曲線は弾性域では完全に一致し、 $W8 \times 31$ のはりの非弾性域でわずかに異っており、 $\delta_r-\lambda^*$ 曲線は $\delta_r-\bar{\lambda}$ 曲線の下方に位置している。これは断面内の残留応力によりはりが部分的に降伏したとき、強軸まわりと弱軸まわりの断面2次モーメントの値の速減の割合が異り、弾性に留まっている部分の $\sqrt{EI_x}/(EI_x-EI_y)$ の値が降伏領域の広がりとともに減少するからである。図-2はスパン長に対する座屈時のスパン中央のたわみ比を示したものである。図より、たわみ比は、非弾性域でむしろ小さくなり、非弾性域では荷重面内の変位の影響は小さくなる。

図-3は図-1と同一条件での代表的な6つの断面のはりの座屈曲線を示している。

本報告で示した計算結果からは、通常の断面を有するはりでは、 $\delta_r-\lambda^*$ 曲線と $\delta_r-\bar{\lambda}$ 曲線は完全に一致すると考えてよい。

他の境界条件、荷重条件、降伏ひずみ、残留応力の大きさ、残留応力分布の影響等については、当日発表の予定である。

尚、本研究においては、金沢大学工学部土木工学科電子計算機 PANAFACOM-U-100 を使用した。

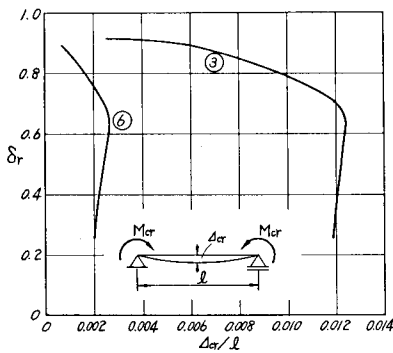


図-2 座屈時のたわみ比

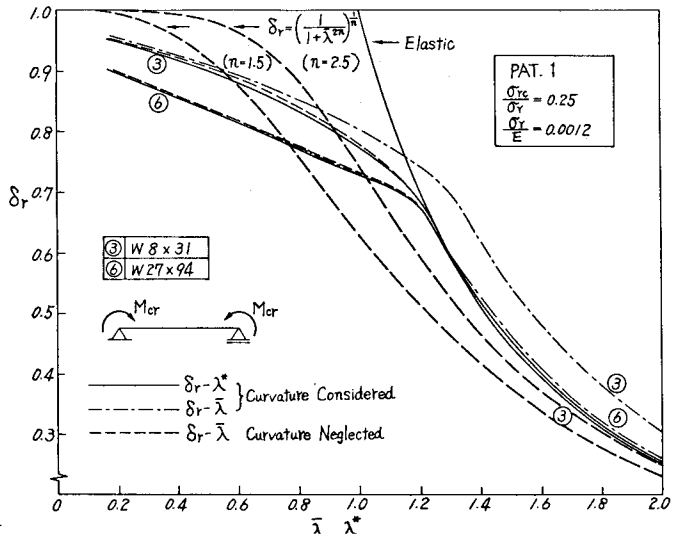


図-1 座屈曲線の比較

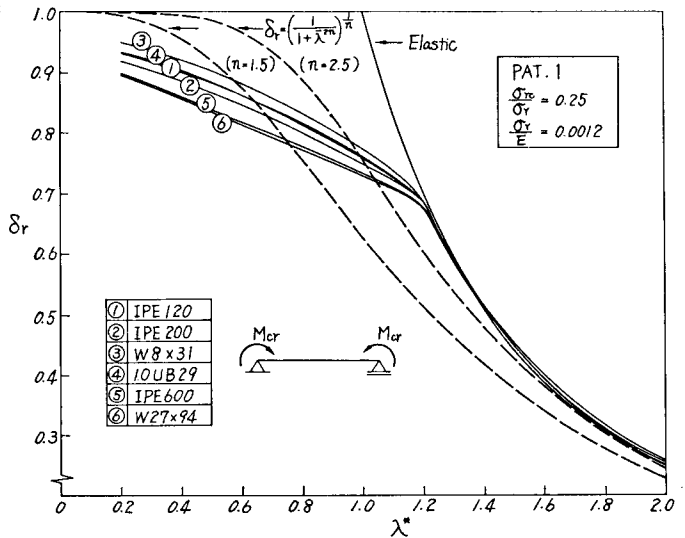


図-3 各種断面の座屈曲線

参考文献

- 1) 横山・吉田：はりの座屈強度に及ぼす面内変位の影響，第34回土木学会年次学術講演会，1979・10。
- 2) 吉田・井本：拘束を受けるはりの弾性および非弾性横倒れ座屈解析，土木学会論文報告集，No. 208，1972・12，p. 1