

東北大学工学部 正会員 倉面 茂
 横浜市 正会員 高橋 清

1. まえがき Basler¹⁾は直線プレートガーダーの曲げ耐荷力を求めるに当り、フランジ部を等価な丁形柱に置き換えて解析を行っている。そこで本報告はBaslerのモデルを曲線プレートガーダーに拡張して、その曲げ耐荷力を求めたものである。

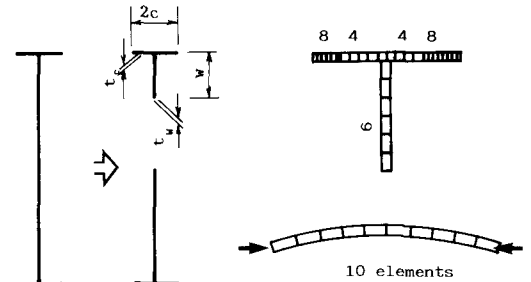
図-1に示すように、曲げによる圧縮力と等価な軸力を受けている。切り離されたフランジ部は、水平・鉛直方向およびねじれの三つの自由度をもっているが、鉛直とねじれに関しては直線材との差は小さいと考えられるので、ここでは水平方向の変形、すなわち側方への曲げ変形による崩壊のみを考慮することにした。

2. 解析方法 幾何学的非線形、材料の降伏、残留応力、応力除荷の影響を考慮した荷重増分法およびNewton-Raphson法を併用、柱限強度を行っている。

数値解析に当っては、断面は図-2に示したように、フランジは24分別し、ウェブ部は6分別し、柱は10要素に分別している。残留応力は図-3に示したような接形のものを用いた。

崩壊の判定は(i)有限変位解析において変位が定まらず発散した場合(ii)断面が完全に塑性状態に達した、の二つの条件のいずれか一方が満足された状態をもてした。パラメーターとして、曲率半径Rとフランジ支持間隔の比、フランジ面積と座屈に寄与するウェブ部分の面積の比 A_w/A_f 、丁形断面の細長比パラメーター λ をとり、図-1に示した幅厚比は $2c/t_f = 26$ $W/t_f = 30$ とした。両端の支持条件は単純支持と固定支持の二種とした。なお降伏点は 3200 kgf/cm^2 にとった。

3. 数値計算結果
 表-1に単純支持の場合の耐荷力の値を示している。耐荷力は全塑性軸力で無次元化されている。この表を見ると、フランジ座屈に寄与するウェブ部分の面積は耐荷力に大きな影響を与えないことが



Basler のモデル

図-2 断面・軸分割

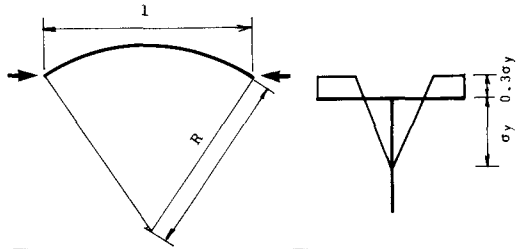


図-1

図-3 残留応力分布

| A_w/A_f | 0.1 | | | | A_w/A_f | 0.3 | | | |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-----------------|-------|-------|-------|-------|
| | L/R | 0.2 | 0.1 | 0.05 | | 0.025 | L/R | 0.2 | 0.1 |
| $\lambda = 0.2$ | 0.463 | 0.555 | 0.617 | 0.655 | $\lambda = 0.2$ | 0.453 | 0.550 | 0.614 | 0.653 |
| $= 0.4$ | 0.339 | 0.452 | 0.546 | 0.610 | $= 0.4$ | 0.329 | 0.404 | 0.539 | 0.607 |
| $= 0.6$ | 0.263 | 0.371 | 0.475 | 0.558 | $= 0.6$ | 0.252 | 0.362 | 0.467 | 0.552 |
| $= 0.8$ | 0.209 | 0.303 | 0.405 | 0.500 | $= 0.8$ | 0.201 | 0.300 | 0.400 | 0.489 |
| A_w/A_f | 0.2 | | | | A_w/A_f | 0.4 | | | |
| L/R | 0.2 | 0.1 | 0.05 | 0.025 | | L/R | 0.2 | 0.1 | 0.05 |
| $\lambda = 0.2$ | 0.458 | 0.552 | 0.616 | 0.654 | $\lambda = 0.2$ | 0.452 | 0.550 | 0.612 | 0.657 |
| $= 0.4$ | 0.334 | 0.450 | 0.542 | 0.609 | $= 0.4$ | 0.327 | 0.438 | 0.536 | 0.605 |
| $= 0.6$ | 0.256 | 0.366 | 0.471 | 0.555 | $= 0.6$ | 0.250 | 0.357 | 0.463 | 0.552 |
| $= 0.8$ | 0.204 | 0.301 | 0.400 | 0.492 | $= 0.8$ | 0.200 | 0.291 | 0.394 | 0.485 |

表-1 フランジ柱の耐荷力

観える。そこで $A_w/A_f = 0.2$ の場合

合について柱強度曲線を示したのが図-4である。固定の場合は座屈換等長を0.52として座屈パラメータを求め記入してある。座屈パラメータで比較すると、固定支持の場合の方が常に強度が高いことが分る。すなわち実際構造では、フランジは横桁等の支持点上で連続しているのであるが、その影響は適当な拘束係数を用いることにより評価することができ、単純支持の場合の強度を基本としてフランジの耐荷力を表わすことができよう。細長比パラメータが小さい領域でも、 P_{max}/P_y は1に近づかないように見えるが、これは仮定した残留応力の分布が図-3のようなものであり、側方への変形に大きな影響を持つフランジ縁端部に、 $0.3\sigma_y$ の圧縮応力があり、計算した細長比の範囲では $P_{max}/P_y = 0.7$ で崩壊する結果となっている。

図-5は残留応力を考察しない場合の耐荷力曲線を示したもので、強度の大幅な増加が見られる。

図-6は L/R の対数を横軸にとり、細長比パラメータをパラメータとして耐荷力を示したものである。ほとんど直線関係に近い曲線で表示できることが分る。そこで、今回得られた図-4の耐荷力曲線を支持間長とフランジ幅の比 $L/2c$ 、 $\log(L/R)$ の2次式で表現すると次式が得られる。

$$\sigma_{max}/\sigma_y = \left\{ 1 (L/2c), (L/2c)^2 \right\} [K] \begin{Bmatrix} \log(L/R) \\ \{\log(L/R)\}^2 \end{Bmatrix}$$

$$[K] = \begin{Bmatrix} 0.461, & -0.285, & -0.0846 \\ -0.0826, & -0.0671, & -0.0133 \\ 0.00299, & 0.00343, & 0.00089 \end{Bmatrix}$$

材質が異なる場合は、フランジ幅 $2c$ は $C = c' \sqrt{\sigma_y/3200} \sqrt{cm^2}$ で、フランジの端部拘束を考慮する場合は L を適当な換算長で表現して用いるものとする。

結論

1) Baslerのモデルを用いてフランジ強度を表現した場合、 $L/2c$ および $\log(L/R)$ の2次式がよい表現となる。

2) 座屈に寄与するウェブ部分の面積とフランジの面積の比はフランジ強度に大きな影響を与えない。

参考文献

1) Basler et al 「Strength of plate girders in bending」 Proc. of ASCE, Vol 87, ST6, 1961
本論文の一部は文部省科研書によった。

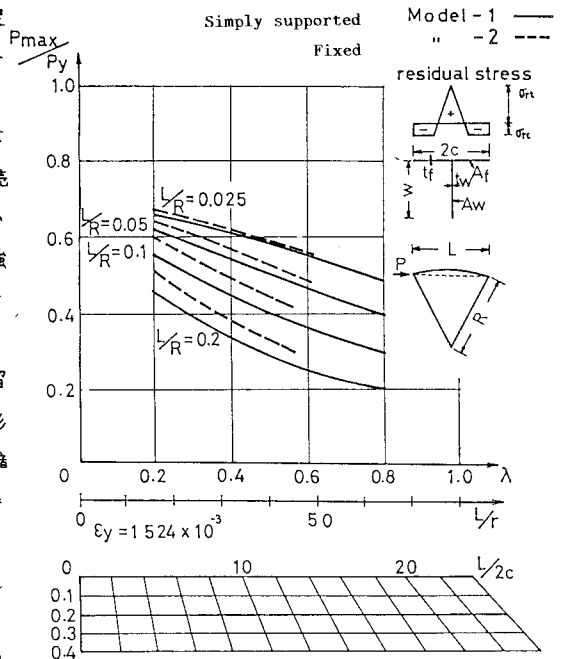


図-4 フランジ柱の強度曲線

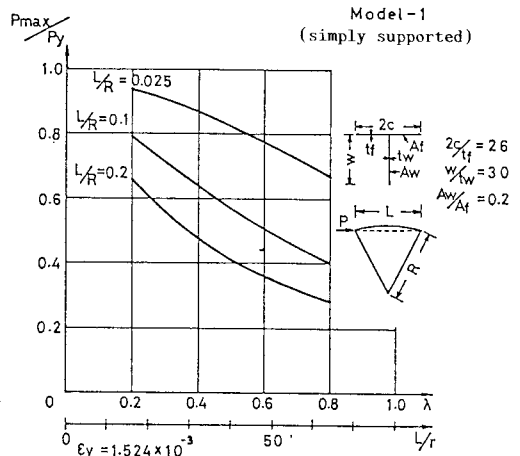


図-5 残留応力のない場合

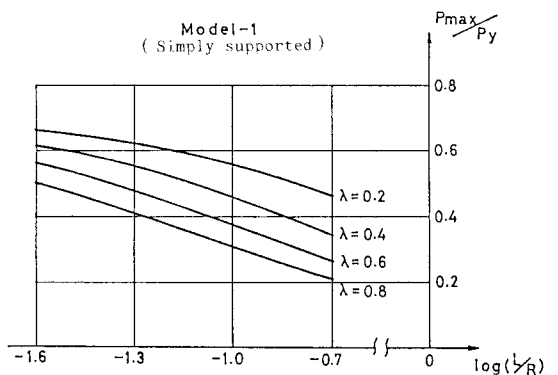


図-6 曲率の影響