

曲線橋 フランジの局部座屈解析

広島大学 工学部 正 大村 裕
 広島大学 工学部 正 藤井 堅
 ○ハ雲建設コンサルタント 正 三木 正司

1. 緒 言

曲線橋フランジの局部座屈に関する研究は、C. G. Culver,¹⁾ 彦坂ら²⁾、大村ら³⁾ によってなされているが、直橋の場合に較べ、いまだ十分な検討がなされていないようである。また、設計に関しても、曲線橋は直橋の規定に準用されているのが現状であり、曲線橋特有のねじりによる付加応力の座屈に及ぼす影響等について、十分に反映されていないように思われる。本文は、曲線橋フランジを扇形板としてとらえ、差分法を用いて座屈解析し、その分割数による解の精度等について検討するとともに、曲線橋特有のねじりによる付加応力が局部座屈に及ぼす影響について考察を加えたものである。

2. 理 論

極座標表示された板の座屈支配方程式

$$D \nabla^4 w = t_f \sigma_0 \left(\frac{1}{r} \frac{\partial^2 w}{\partial r^2} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 w}{\partial \theta^2} \right)$$

を中央差分表示し、固有値問題として解析すれば座屈応力 σ_{cr} を得る。ここに、 D は板剛度、 t_f は板厚、 w は板のたわみを示す。また、フランジの応力状態は、曲線橋の曲げモーメントおよびねじりによって生じるバイモーメント（付加応力）によって生じる周方向応力 σ_θ のみを考え、 σ_r 、 $\tau_{r\theta}$ は微小であると考えて無視している。

解析モデルとして、フランジはウェブとの接合線で切り離し、内側および外側フランジに分け、その接合線での境界条件として、単純支持・固定・弾性回転支持と仮定し、鉛直補剛材との接合線は単純支持を仮定した。

3. 結 果

α) 精度

差分法により得た座屈解析結果を分割数に対して表わしたものが図-1 である。ここに m は半径方向分割数、 n は周方向分割数である。Culver らの結果では、 m は座屈係数長に影響していないが、この図では m の影響が顕著である。このことは、座屈波形が文献¹⁾ では 1 次 (sin 半波) モードであるのに対し、図-1 では 2 次 (sin 波) モードであることに起因していると考えられ、高次モードの座屈波形に対しては周方向分割数 m を多く採る必要があると考えられる。本解析では、sin 半波に対し 4 分割となるような分割数を用いた。

β) 弾性回転支持を仮定した場合のフランジの座屈

フランジとウェブの接合線を弾性回転支持と仮定し、フランジおよびウェブの面積比 A_w/A_f 、板厚比 t_w/t_f をパラメータとして座屈解析結果を示せば図-2 に得る。板厚比が 3 程度以上であれば接合線を単純支持とみなしてよいと思われる。なお、 $A_w/A_f = 0.96$ 、 $t_w/t_f = 0.01$ である。

γ) 座屈曲線

曲げモーメントによるフランジ圧縮応力、バイモーメントによる付加応力が単独に作用した場合の座屈曲線を表したものが図-3 である。

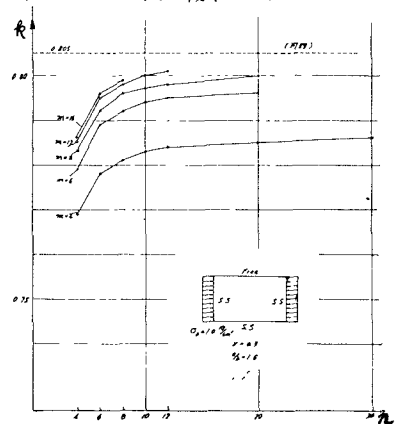


図-1 精度

曲線桁の場合には、内側および外側フランジが同時に座屈を起さず、接合線で単純支持を仮定した場合に、内側フランジでは、縦横比 b/R_w が大きくなると直桁の場合よりも座屈荷重は小さくなることが認められた

1) 座屈相互作用曲線

曲げモーメントによる圧縮応力 σ_b とバイモーメントによる付加応力 σ_w の組み合わせ状態を考慮し、対応する座屈荷重 σ_{crb} と σ_{crw} を求め、それぞれ単独に求めた座屈荷重 σ_{bcr} , σ_{wcr} を用いて相互作用曲線を表わせば図-4 のようになる。図-4 より相互作用曲線は

$$\frac{\sigma_{crb}}{\sigma_{bcr}} + \frac{\sigma_{crw}}{\sigma_{wcr}} = 1$$

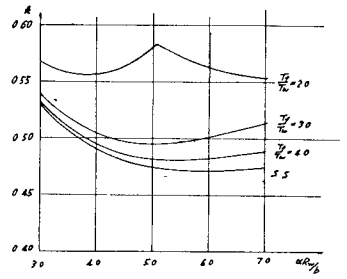
と近似してよいと思われる。このことは、付加応力の影響が軸圧縮応力と同等であることを示すものであって、

$$\sigma_b + \sigma_w < \sigma_{ca} \text{ (許容応力)}$$

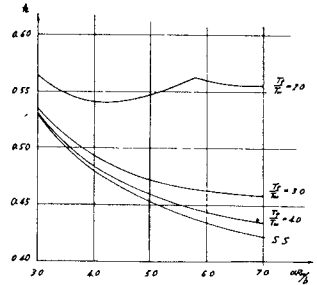
を満足すべきであると考えられる。

4. あとがき

曲線桁では、初期曲率のために生じる付加応力を考慮すべきであり、また、フランジ縦横比が大きくなるにつれて、内側フランジでは直桁の場合に比べてかなり小さい座屈荷重を与えることになるので注意が必要であると思われる。

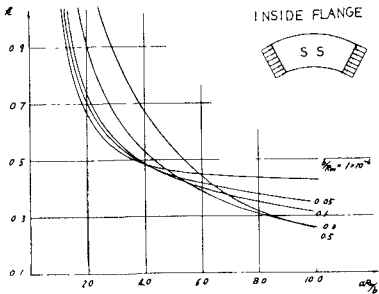


(A) 外側フランジ

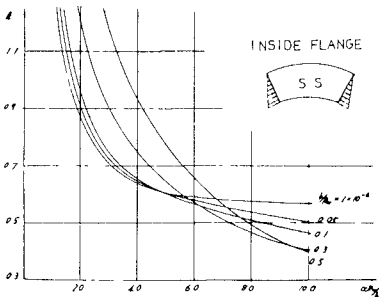


(b) 内側フランジ

図-2 弾性回転支持の影響



(a) 圧縮応力



(b) 付加応力

図-3 座屈曲線

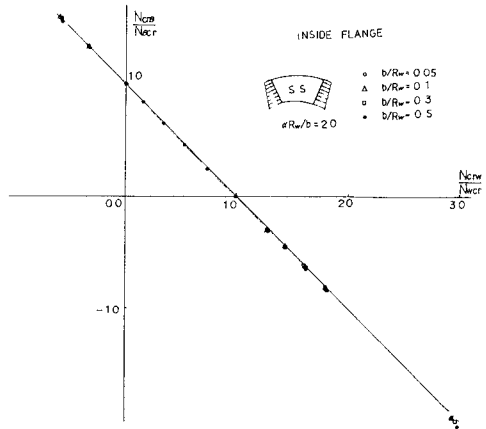


図-4 座屈相互作用曲線

参考文献

- 1) C. G. Culver 他; Local Instability of Horizontally Curved Members, Rec. of ASCE, vol. 96, ST2, 1970, 2
- 2) 考坂他; 有限帯板法による曲線工桁フランジの局部座屈解析 土木学会第34回学術講演会講演要録集 S. 54. 10
- 3) 大村他; 有限帯板法による曲線工桁フランジの局部座屈解析 土木学会, 第35回学術講演会講演要録集