

I - 22

I型アーチ部材のフランジの挙動と耐荷力について

東北学院大学 正会員○樋渡 滋

東北学院大学 正会員 菅井 幸仁

東 北 大 学 正会員 倉西 茂

1. はじめに アーチ系鋼橋のアーチ部材は箱形あるいはI形の断面を持つ。これらの断面はフランジとウェブで構成されるが、主として圧縮あるいは引張の軸方向力を負担するフランジは局面構造となる。この曲率は梁の力学的挙動、座屈強度および耐荷力に直線梁の場合と異なる影響を与える。しかしながら、局面フランジの挙動に関する研究はまだ少なく、鋼道路橋設計示方書にも局面構造に関する特別の規定は無い。本来、梁の挙動はフランジとウェブの相互作用で決定されるものであるが、構造を単純化して個々の要素の基本的な挙動を知ることは、基礎的研究として重要である。

I型断面アーチ部材のフランジを想定し、垂直補剛材で区切られた部分を解析対象パネルとする（図-1）。パネルは、ウェブ接合線上（x軸上）と垂直補剛材位置で単純支持され、フランジ両縁は自由である。左右の対称性からパネルの右半分だけを解析した。解析パネルをに3角形有限要素分割し、材料はbi-linearな応力-ひずみ関係を持つSS41鋼材を想定している。

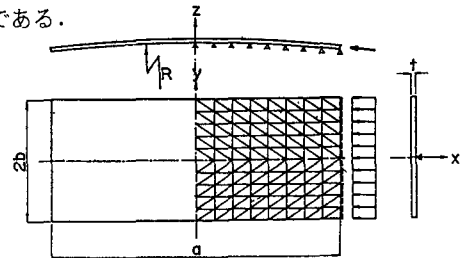


図-1 有限要素分割と支持条件

荷重は圧縮力 N とし、初等理論において直線フランジ全断面を塑性化させる荷重 N_y で無次元化した N/N_y で表示する。解析ケース選定のパラメータは曲率半径（ R ）と幅厚比（ $\lambda=b/t$ ）および縦横比（ α ）であり、フランジの元たわみと残留応力は考慮しない。

2. 解析結果および考察 (1)最終荷重および座屈荷重 計算が停止する最終荷重は縦横比（ α ）の小さいデータで大きくなる傾向があるが、両者の関係は明確には捉えられない。この傾向は、応力分布の乱れがみられるレベルを除いた荷重でも同様で、この場合の最終荷重は $\alpha \leq 3.60$ で1.04、 $\alpha \geq 3.20$ で1.00となる。最終荷重や座屈荷重は幅厚比（ λ ）の影響が強く、幅厚比が大きくなると荷重は直線的に小さくなり、 $\lambda=12.50$ では1.00を越えるが $\lambda=25.00$ では0.76～0.65となる（図-2）。最終荷重、座屈荷重ともに曲率が大きいほど小さくなる傾向がみられるが明確ではない。

(2)円周方向軸力（ σ_x ）の軸直角方向分布とフランジの有効幅（ B_{eff} ） 軸方向力（ σ_x ）はウェブとの接合線をはさみほぼ対称的に分布するが、フランジ縁端部で応力が減少するいわゆるせん断遅れの現象がみられ（図-3）、有効幅が減少する。有効幅の減少は荷重レベルの小さい場合でも生じ、荷重レベル0.8以下ではほぼ一定の値をとる（図-4）。同一荷重レベルでは、縦横比（ α ）が大きいと有効幅も大きくなり、両者はほぼ直線的な関係にある。荷重レベル（ N/N_y ）が上がり断面に塑性域があらわれると、降伏応力度レベルで一様分布に近くなるために有効幅は増加する。降伏点応力度で無次元化した応力度でみると、ウェブ接合部では荷重レベルよりやや大きな応力がみられ、最大無次元応力度と荷重レベルの差は荷重レベル（ N/N_y ）が上がるにつれて、また縦横比が大きくなるにつれて大きくなるが、縦横比の影響は小さい。

幅厚比（ λ ）が大きい場合でも、左右の対称性は大きくは崩れないが、せん断遅れは著しく有効幅はかなり減少する。一般的に荷重レベルによる変化はみられないが、 $\lambda=25$ では荷重レベルが上がるにつれて有効幅は徐々に減少する（図-4）。ある荷重レベルにおける有効幅と幅厚比との関係はほぼ直線的であり、幅厚比が増加すると有効幅は減少する（図-5）。

曲率が大きいほど有効幅は小さくなり、半径が20mを越えると影響はなくなる（図-6）。幅厚比が12.5の場合には、有効幅は最大で0.93 B_f である。有効幅は曲率パラメータ $Z=b^2/(R \cdot t)$ を用いると比較的にきれいに

整理される (図-7) . したがって、曲率パラメーターを用いて圧縮局面フランジの有効幅を次式で提案する.

$$\begin{aligned} \text{Befc}(*\text{Bf}) &= 0.93 & Z \leq 0.26 & \text{あるいは} & \text{Befc}(*\text{Bf}) &= 0.93 & Z \leq 0.21 \\ &= -1/3 \cdot Z + 1.017 & Z > 0.26 & & &= -1/3 \cdot Z + 1.00 & Z > 0.21 \end{aligned}$$

(式-1.a) (図中のProposed 1)

(式-1.b) (図中のProposed 2)

3. まとめ
1. 座屈荷重は幅厚比に左右され、幅厚比が大きくなると座屈荷重は小さくなる。幅厚比が25の場合には、応力レベル0.65で座屈する。
 2. 有効幅は応力レベル0.80以下では変化が少なく、0.80を越え塑性化部分が現れると増大する。有効幅に対する曲率の影響は大きい、半径20mを越えると有効幅は一定になる。また、幅厚比の影響も比較的大きく、幅厚比が大きくなると有効幅は減少し座屈荷重の低下と関連する。有効幅を曲率パラメーターで整理して、算定式を提案した。
 3. 弾性設計の場合には、上記の座屈荷重や有効幅を充分に考慮する必要があるが、塑性設計においては、現行示方書が定める制限幅厚比 ($\lambda=16$) が確保されれば全断面有効に利用できる。(SS41鋼材の場合)

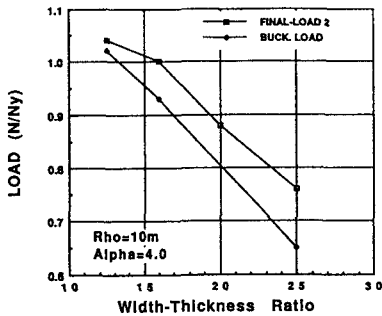


図-2 幅厚比一耐荷力・座屈荷重

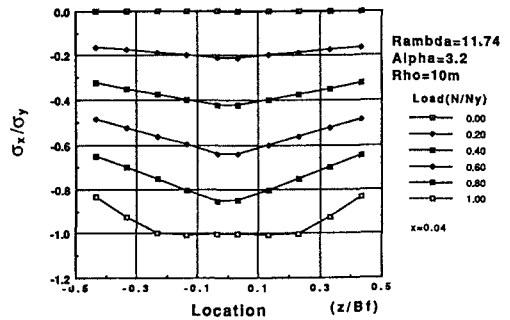


図-3 軸方向力 (σ_x) の分布例

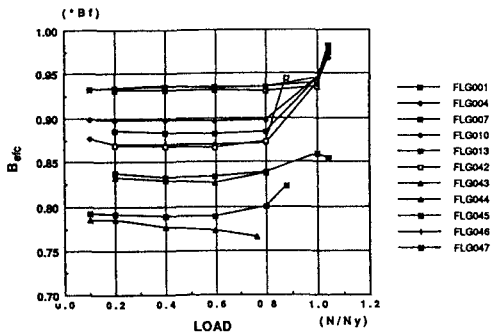


図-4 荷重一有効幅

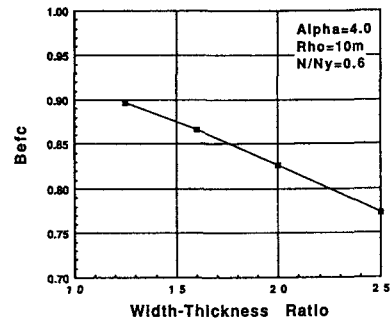


図-5 幅厚比一有効幅

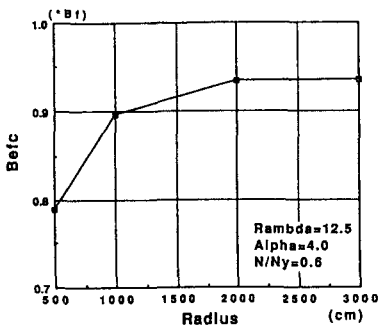


図-6 曲率半径一有効幅

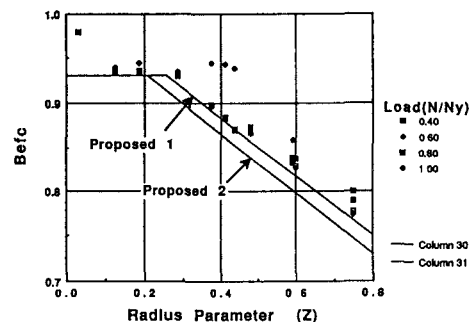


図-7 曲率パラメーター有効幅