

I-30

I 型断面アーチ部材の弾塑性挙動について

東北学院大学 学生員 ○ 湊 憲司

東北学院大学 正 員 樋渡 滋

東北学院大学 正 員 菅井 幸仁

1. まえがき

現行鋼道路橋示方書には、アーチ部材のような曲面板からなる構造部材についての細部の記述がない。このことは、曲面部材についての研究が遅れていることを示している。曲面フランジのような圧縮力を受ける曲面板に関する研究は散見されるが、曲面フランジの曲率中心方向成分がウェブに与える影響など、フランジとウェブの相互作用を考慮に入れた研究は少ない。本研究は、I 型断面のアーチ部材を有限要素法で解析し、フランジ及びウェブの幅厚比、曲率、元たわみ等のパラメータの影響を解明して設計のための基礎的データを得ようとするものである。

2. 解析方法

水平補剛材をもたない2軸対象なI型断面アーチ部材から、上下フランジも含めて垂直補剛材で囲まれる部分を取り出し、対称性を利用してパネルの右半分だけを解析対象パネルとする（図-1）。パネル材料は、構造用鋼（ヤング率 $E = 2.1 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$ 、ポアソン比 $\nu = 0.3$ 、降伏応力 $\sigma_y = 2400 \text{ kgf/cm}^2$ ）を想定し、幾何学的非線形と材料非線形を考慮した弾塑性体を用いた有限要素法で解析を行った。ウェブ形状比 $\alpha = a/h$ とし、フランジ幅厚比 $\lambda_f = b_f/t_f$ とウェブ幅厚比 $\lambda_w = h/t_w$ をそれぞれ2, 4種類とし、フランジとウェブの初期変形は、それぞれを $w_{of} = b_f/200$ 、 $w_{ow} = h/250$ とした。これは、道路示方書にて想定されている最大値を用いることになる。

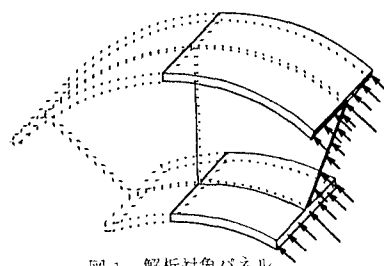


図-1 解析対象パネル

解析パラメーターは、 λ_f と λ_w にウェブとフランジの断面積比 $\beta = A_w/A_f$ を取り入れ、元たわみの有無を考慮し、曲率半径 $R=1800 \text{ cm}$ 、 $R=1200 \text{ cm}$ の2種類について行った。

3. 解析結果と考察

以降、パネル中央断面を断面A-Aとし、載荷断面を断面B-Bとする。

λ_f の影響は、フランジの変位、応力と λ_f に比例しているほか特に大きな影響を及ぼしていないと思われる。しかし、 λ_w の影響については、前者と同じ影響を受けるのはもちろんであるが、最終荷重やフランジの変位、塑性数と全体に及ぼす影響も大きいと思われる。元たわみの影響は、 λ_f や λ_w よりも大きな影響を及ぼしている。図-2は元たわみ有のウェブの断面A-Aの直応力分布を示している。縦軸にウェブ高中央からの距離をウェブ高で無次元化し、横軸は直応力度を降伏点で無次元化している。無次元化荷重 $P/P_y = 0.2$ では、 λ_w に関係なく、ほぼ荷重と同じレベルの応力が均一に分布するが、荷重レベルが上昇すると応力は荷重レベルより小さくなり、またその分布も一様分布の形を失う。この傾向は荷重レベルが高いほど著しくなり、特に $\lambda_w = 60$ の場合には断面A-Aでの応力欠損が大きく、ウェブ全体が効率よく働いていない。一方、 λ_w の小さい $\lambda_w = 30$ の場合には、ウェブのフランジ接合付近で小さな応力欠損が見られるだけで、ウェブ全体が有効に働いているものと思われる。図-3は元たわみ有の、図-4は元たわみ無の塑性進行状態（右に示している P/P_y は、塑性が発生した荷重レベルである）を示している。図-3ではウェブ中央部の塑性域が少なく、フランジでは断面A-Aから断面D-Dへと進行していくのに対して、図-4では断面A-Aのウェブ中央部付近から同心円上に広がり、フランジではウェブとの接合部分を軸として、ほぼ対称に進行している傾向を示す。つまり、 λ_f や λ_w に関係なく元たわみの有無は、塑性断面にもコンパクト断面にもなる。図-5は、上フランジの断面A-Aの元たわみ有無による直応力分布の影響を示すものであ

る。縦軸にフランジとウェブ接合部からの距離を自由突出板の2倍で無次元化し、横軸は直応力度を降伏点で無次元化している。元たわみの有無に関わらず、荷重レベルが低い時には直応力がほぼ均一に働くが、荷重レベルが高くなるにつれ、元たわみ有の方の両縁部に直応力の差が生じ、断面が有効に働かなくなったと思われる。

4.まとめ

- ・ウェブ幅厚比が大きすぎると応力欠損が起こり、ウェブ断面が有効に生かされない。
- ・元たわみが有するとき、フランジに顕著に曲げ応力が発生するため、フランジ断面が有効に生かされない。
- ・フランジ幅厚比はフランジのみの、ウェブ幅厚比はウェブとフランジの変位、応力分布、塑性進行状況に影響を及ぼす。その点に留意すれば、フランジ幅厚比よりもウェブ幅厚比の影響を重視すべきである。

参考文献

- 1) 橘 善雄, 中井 博: 橋梁工学 第三版 共立出版株式会社
- 2) 樋渡 滋, 菅井 幸仁, 倉西 茂: I 型アーチ部材のフランジの挙動と耐荷力について
土木学会東北支部論文集 1992年第 I 部門 P 44 ~ 45

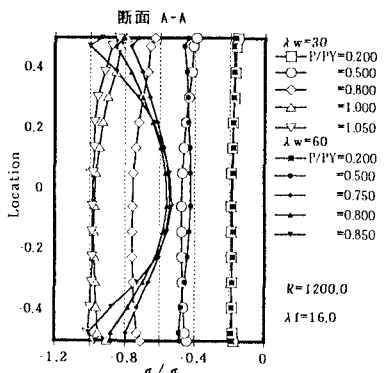


図-2 元たわみ有のウェブの断面 A-A の直応力分布

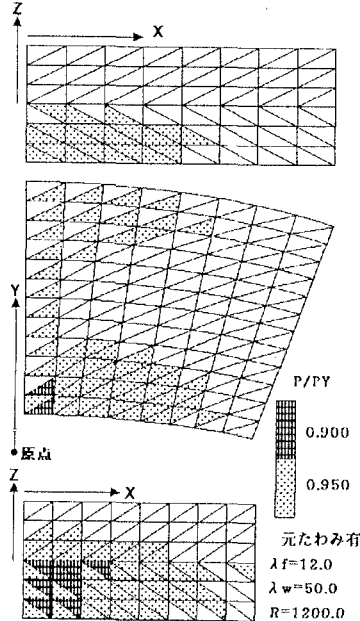


図-3 荷重レベルごとの塑性進行状況

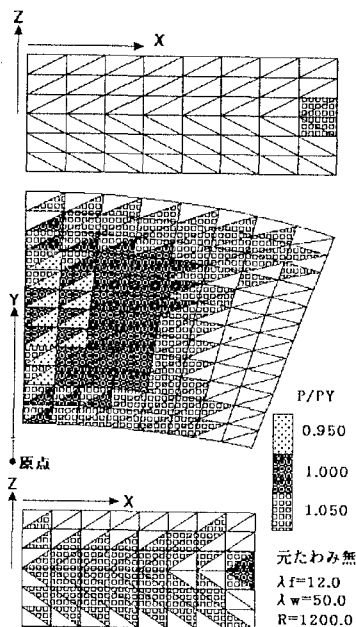


図-4 荷重レベルごとの塑性進行状況

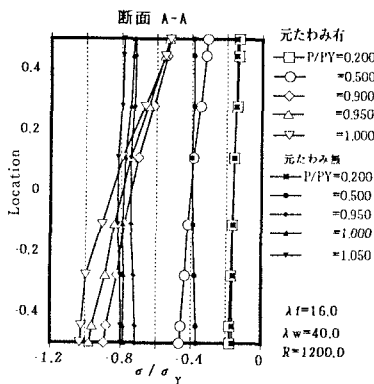


図-5 元たわみの有無による直応力分布