

(1 -19) 曲線 I 桁の腹板の幅厚比規定に関する考察

早稲田大学理工学研究科 学生会員 ○守田 一夫
早稲田大学理工学研究科 学生会員 表 輝幸
早稲田大学理工学部 正 員 平嶋 政治
早稲田大学理工学部 正 員 依田 照彦
早稲田大学理工学研究科 学生会員 末武 義崇

1. まえがき

道路橋に曲線桁が使用される機会が増加し、曲線桁の設計法への関心が高まっている。しかしながら、曲線桁に関する設計基準は非常に少ない。曲線桁腹板の幅厚比規定を例にとっても、名古屋高速道路公社の設計基準の中にAASHTOの規定を修正した規定が見られるにすぎない。Culver, Dymら^{1), 2)}は簡易腹板モデルを用い、腹板の抵抗モーメントに着目することにより、腹板の幅厚比制限規定を提案している。この設計公式はAASHTOに一部修正の上採用されているが、解析方法に問題点が残されていることが指摘されている。また中井・北田・大南ら³⁾は、設計上の曲率以外に初期たわみをも考慮したうえで、腹板の最大面外曲げ応力度及び最大面外たわみに注目し、曲線桁腹板の幅厚比制限に関する提案を行っている。

本報告では、I 桁の耐荷力を支配すると言われている圧縮フランジの座屈応力度を基礎に、幅厚比と曲率を変化させてパラメータ解析を行い、腹板の幅厚比制限値を算出した。

2. 解析手法

解析手法としてはHerrmannの混合法⁴⁾を用い、updated Lagrangian approach により要素方程式を誘導した。非線形計算に対しては、増分法と修正Newton-Raphson法を組合わせて収束計算を行った。収束計算は、不平衡力が与えられた荷重の 1.0[%]になるまで実施した。なお、Herrmannの混合法では、曲げモーメントを未知パラメータとして用いるので、フランジとウェブの接合辺の様にモーメントが不連続になる部分での要素マトリックスの重ね合わせに若干の工夫が必要となる。本報告では、接合辺における曲げモーメントの平衡条件を付帯条件とみなしてLagrangeの乗数法を適用し、いわゆる“条件付き極値問題”に帰着させることで接合部における問題点の解決を計った。

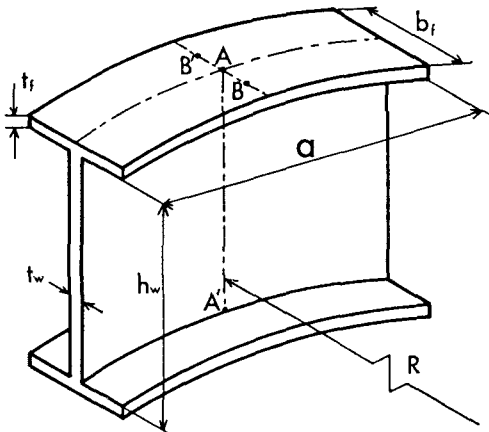


図 1. 解析モデル

3. 解析モデル

フランジを有する I 形曲線桁を、図 1 に示す様な解析モデルとして理想化した。モデルの寸法はフランジの幅厚比： $b_f/t_f=16$ 、アスペクト比： $a/h=1.0$ とした。なお、曲率パラメータ：

表 1. 解析パラメータ

	a / R と h _w / t _w との組み合わせ				A _f / A _w
a / R	0.0	0.025	0.05	0.10	0.740 ~ 0.833
h _w / t _w	135	140	145	152	

a/R 、ウェブの幅厚比： h_w/t_w 、ウェブとフランジとの断面積比： A_f/A_w については表 1 に示す通りである。材料定数は、Young率： $E=2.1 \times 10^6$ [kg/cm²]、Poisson比： $\nu=0.3$ である。荷重条件はフランジ部で一樣、ウェブ部で線形に分布する応力を与えて曲げ荷重とし、境界条件は、フランジ端部で板曲げモーメントが零、ウェブ端部で板曲げモーメント及び面外変位が零とした。初期たわみは、曲率中心の外側に半波長の 2 重正弦波形状に仮定した。初期たわみの最大値 W_0 は、道路橋示方書⁵⁾の許容初期たわみ量 $W_0 = h_w/250$ とした。なお、数値計算はパネルの対称性を利用して、パネル右半分について実施した。

4. 結果及び考察

図2～4に解析結果を示す。図2はフランジ端部に応力： $\sigma_y = 2400 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$ が作用したときの、 $a/R = 0.0, 0.05$ のそれぞれのI桁ウェブの面外変位モードである。この図から、曲率の小さなモデルでは、主にウェブ圧縮領域の曲率中心の外側に面外変位を起し、引張フランジ近くのウェブでは面外変位は小さいが、曲率の大きなモデルでは、引張領域の曲率の内側への面外変位が卓越してくることがわかる。また、引張領域に面外変位が生じる分だけ、曲率の大きなモデルの最大面外変位は抑えられている。従って、局所的な変形状態や応力状態のみに注目して解析することで、I形曲線桁の幅厚比制限値を与えることには議論の余地があると思われる。

図3は圧縮フランジの座屈応力度 σ_b の、曲率パラメータ a/R 及び幅厚比 h_w/t_w による変動を示したものである。これをもとに、圧縮フランジの座屈応力度 σ_b に着目した限界値を設定し、幅厚比の制限値を検討する。その基準としては、道路橋示方書⁵⁾の直線桁腹板厚比制限に従うこととした。そして、この基準による限界幅厚比で設計された直線桁の圧縮フランジの座屈応力度 σ_b^* を求め、曲線桁圧縮フランジの座屈応力度 σ_b が次式を満たすような限界値を設定することにした。

$$\sigma_b \leq \sigma_b^* \dots \dots \dots (1)$$

図3の点線は、道路橋示方書⁵⁾の限界幅厚比を有する直線桁の座屈応力度から求められる曲線桁圧縮フランジの座屈応力度の限界値を示したもので、同図の点線と実線との交点が式(1)の等号の条件を満足する。これらの交点に対応した h_w/t_w の値を、曲線桁腹板の限界幅厚比とみなすことができる。圧縮フランジの座屈応力度を限界値とした場合の、最終的な h_w/t_w と a/R との関係を図4に示す。

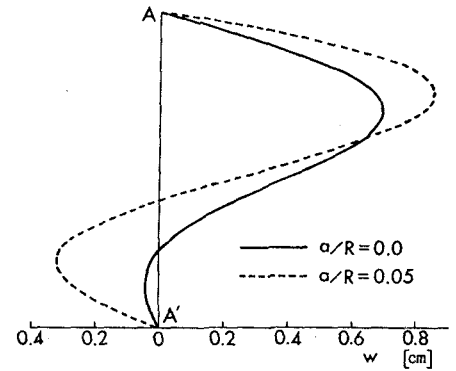


図2. 面外変位モード
(A-A' 辺, $h_w/t_w = 152$)

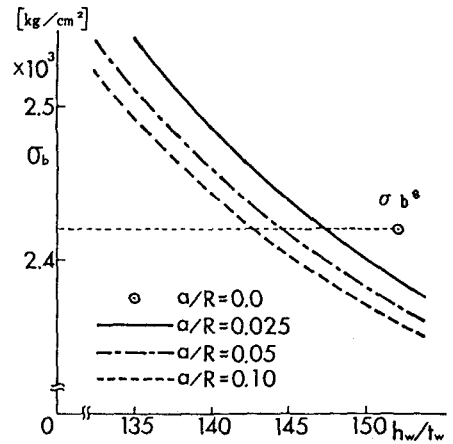


図3. 曲線桁の $\sigma_b - h_w/t_w$ 曲線

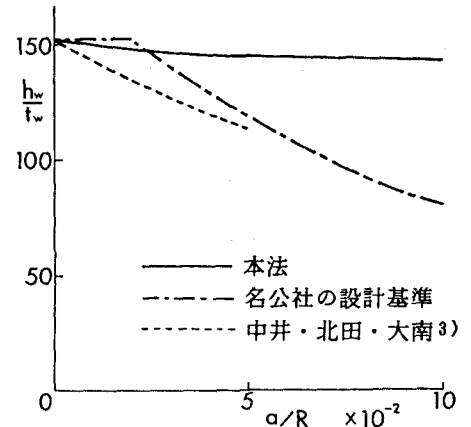


図4. 曲線桁腹板の必要幅厚比
(SS41)

5. まとめ

1) 曲線桁腹板の幅厚比制限を求めるにあたって、最大面外曲げ応力度、最大面外たわみだけに注目することには問題がある。

2) 限界幅厚比を決定する他の方法としては、圧縮フランジの座屈応力度あるいは曲線I桁の耐荷力に注目する方法が考えられる。

<参考文献>

- 1) Culver, C.G., Dym, C.L. and Uddin, T.: Proc. of ASCE, ST3, Vol. 99, pp. 417～430, Mar. 1973.
- 2) Culver, C.G., Dym, C.L. and Borgan, D.K.: Proc. of ASCE, ST 10, Vol. 98, pp. 2201～2308, Oct. 1972.
- 3) 中井・北田・大南: 土木学会論文集, 1986-4.
- 4) 和田・滝・他: 日本機械学会論文集(A), 1980-4.
- 5) 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説, 丸善, 1980-2.