

I-19 曲線 I 型桁の曲げ耐荷力へのウェブ形状比の影響について

東北学院大学○正員 菅井幸仁

東北学院大学 正員 樋渡 滋

東 北 大 学 正員 倉 西 茂

1. まえがき

曲線 I 型桁橋において、横構および横桁（対傾構）によって支持される支持間隔の大きい曲線 I 型桁に注目した。曲線 I 型桁は曲率を有するために、曲げ荷重が小さい段階より横倒れ変形が生じる。この横倒れ変形に伴って、フランジには面内曲げモーメントが生じる。フランジ面内曲げモーメントは曲率半径と横構および横桁（対傾構）によって支持される支持間距離との影響を大きく受ける。このフランジ面内曲げモーメントを考慮し、有限要素法による非線形解析を行なった論文には、藤井・大村⁰⁾らの論文がある。しかし、藤井らの論文では、フランジ面内曲げモーメントへの曲率の影響が考慮されているが、横構および横桁（対傾構）によって支持される支持間距離の影響については考慮されていない。

本研究では、フランジ面内曲げモーメントの算定に横構および横桁（対傾構）による支持間距離の影響を考慮した小松²⁾の考え方を参考とした。純曲げモーメントとフランジ面内曲げモーメントの荷重を受ける曲線 I 型桁について、曲げ耐荷力に至るまでの数値解析を行った。曲線 I 型桁の曲げ耐荷力とウェブ形状比との関係を複数のパラメータによって考察を行なった。

2. 解析対象

曲線 I 型桁は水平補剛材を有さないものとし、断面は二軸対称であるものとする。曲線 I 型桁から上下フランジも含めて垂直補剛材で囲まれた部分を数値解析対象とし、図-1に示す。従来の研究では、曲線 I 型桁において、横構および横桁（対傾構）によって支持される支持間中央位置（以後、中央部と呼ぶ）のみが解析対象とされていた。しかし、中央部の場合のフランジ面内曲げモーメント M_f の絶対値は横構および横桁（対傾構）によって支持される位置（以後、端部と呼ぶ）の場合のフランジ面内曲げモーメント M_f の絶対値より小さい。従って、端部についての曲げ耐荷力が小さくなる可能性も大きいと考えられる。このため、本研究では中央部と端部の二箇所を解析対象とした。図-1に示されたフランジ面内曲げモーメント M_f は中央部の場合であり、端部の場合についてのフランジ面内曲げモーメント M_f の方向は図示された方向と逆に作用する。また、解析対象の材料は、ヤング率 $E=2.1 \times 10^4 \text{ kg/cm}^2$ 、ポアソン比 $\nu=0.3$ 、降伏応力 $\sigma_y=2400 \text{ kg/cm}^2$ の完全弾塑性体とし、Von-Misesの降伏判定条件に従うものとした。境界条件は垂直補剛材位置において単純支持とした。

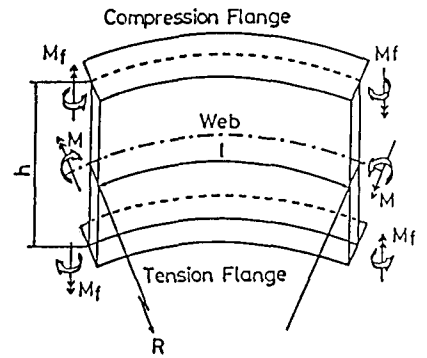


図-1 数値解析対象

3. 解析パラメーター

解析に使用したパラメーターはウェブ幅厚比 ($\lambda=h/t_w$; h :ウェブ高さ、 t_w :ウェブ厚) およびウェブ形状比 ($\alpha=l/h$; l :垂直補剛材間のウェブの長さ)、フランジ-ウェブ断面積比 ($\beta=A_f/A_w$; A_f :フランジ断面積、 A_w :ウェブ断面積)、およびフランジの脚突出幅厚比 ($\lambda'=w_f/2/t_f$; w_f :フランジ幅、 t_f :フランジ厚) である。また、ウェブ曲率半径 R 、横構あるいは横桁（対傾構）間距離 L とする。ウェブ高さ $h=120 \text{ cm}$ と一定とした。

4. 数値解析結果

フランジ-ウェブ断面積比 $\beta=1.0$ 、ウェブ幅厚比 $\lambda=152$ 、ウェブ高 $h=120 \text{ cm}$ 、フランジ脚突出幅厚比 $\lambda'=16$ 、

および横構あるいは横桁の間隔 $L=6\text{m}$ について、曲率半径 R による曲げ耐力 M_u/M_y とウェブ形状比 α との関係の比較を図-2に示す。図中白抜きは中央部について、黒塗は端部についての数値解析結果について示した。

曲率半径 $R=250\text{m}$ と大きい場合、形状比 α による曲げ耐力 M_u/M_y の変化は中央部あるいは端部を問わず非常に小さくなっている。従って、曲率半径 $R=250\text{m}$ の場合、曲げ耐力 M_u/M_y は中央部、端部、および形状比 α によらずほぼ一定としても、実用上問題は生じないものと考えられる。しかし、曲率半径 R が小さくなるほど形状比 $\alpha=0.5$ における端部の曲げ耐力 M_u/M_y が中央部の曲げ耐力 M_u/M_y より小さくなっている。また、曲率半径 R が小さい場合、形状比 α が大きくなるほど曲げ耐力 M_u/M_y が大きくなる傾向が認められる。形状比 α が大きくなるほど曲げ耐力 M_u/M_y が大きくなる傾向は中央部より端部の方が大きい。曲率半径 R が小さいほどまた形状比 α が大きくなるほど、ウェブ圧縮側の曲率外側方向への面外変位が生じ易くなる。しかし、荷重がある値に達すると、ウェブ圧縮側の面外変位は曲率内側へ変位しだす。ウェブ圧縮側の面外変位が曲率内側方向へ変位することにより、圧縮フランジのねじり角の増加は抑制される。この影響により、曲げ耐力 M_u/M_y が大きくなるものと考えられる。

曲率半径 $R=30\text{m}$ 、ウェブ幅厚比 $\lambda=152$ 、ウェブ高 $h=120\text{cm}$ 、フランジ脚突出幅厚比 $\lambda'=16$ および横構あるいは横桁の間隔 $L=6\text{m}$ について、フランジ-ウェブ断面積比 β による曲げ耐力 M_u/M_y とウェブ形状比 α との関係の比較を図-3に示す。中央部において、フランジ-ウェブ断面積比 β が0.5あるいは1.0の場合、曲げ耐力 M_u/M_y は形状比 α が大きくなることによって増加している。また、フランジ-ウェブ断面積比 $\beta=1.5$ の場合、形状比 α によらず曲げ耐力 M_u/M_y はほぼ一定である。しかし、フランジ-ウェブ断面積比 $\beta=2.0$ の場合、曲げ耐力 M_u/M_y は形状比 α の増加によって減少している。

端部においては、各フランジ-ウェブ断面積比 β についての曲げ耐力 M_u/M_y は形状比 α が大きくなることによって増加している。

5. 結論

- (1) 曲率半径が非常に大きい場合、曲げ耐力はウェブ形状比の影響をほとんど受けない傾向を有する。
- (2) 曲率半径が小さい場合、曲げ耐力はウェブ形状比が大きいほど大きくなる傾向を有する。
- (3) 中央部について、曲率半径が小さくかつフランジ-ウェブ断面積比が大きい場合、曲げ耐力はウェブ形状比が大きいほど小さくなる傾向を有する。

6. 参考文献

(1) Fujii, k. and Ohmura, H. "Nonlinear Behaviour of Curved Girder-Web Considered Flange Rigidities", Proc of JSCE, structural Eng. April 1985 (2) 小松定夫編, 鋼構造物の補剛設計, 森北出版(1982), pp.149 (3) 菅井, 樋渡, 倉西: フランジ面内曲げを考慮した曲線プレートガーダーの曲げ挙動について, 土木学会第44回年次学術講演会講演概要集I-61(1989) (4) 日本道路橋示方書, 日本道路協会

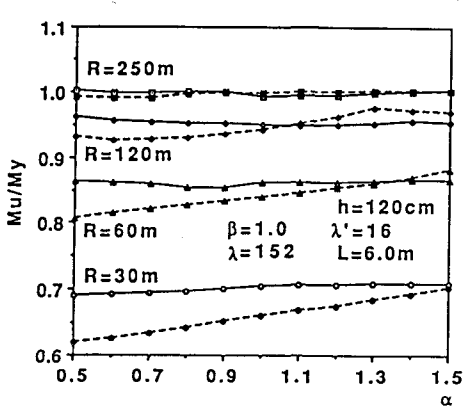


図-2 曲率半径による曲げ耐力とウェブ形状比との関係の比較

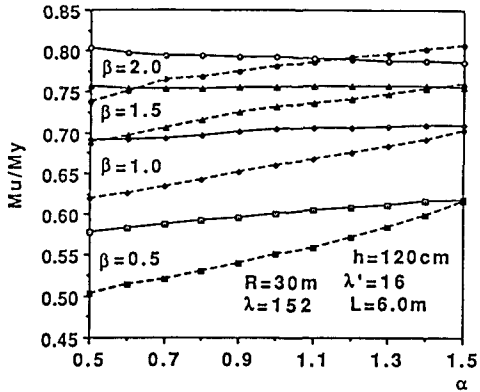


図-3 フランジ-ウェブ断面積比による曲げ耐力とウェブ形状比との関係の比較