

I - 14

両端単純支持された曲線 I 形桁の曲げ変形挙動と耐荷力について

東北学院大学 学生員○阿部泰弘
東北学院大学 正 員 菅井幸仁
東北学院大学 正 員 樋渡 滋

1. はじめに

曲線 I 形桁が曲げ荷重を受けた場合、曲げ荷重が小さい段階より横倒れ変形が生じる。また、曲げによって生じる桁方向の直応力によって、垂直補剛材間のウェブ圧縮部が曲率外側方向へ面外変位する。このウェブ面外変形の影響を受け、垂直補剛材間のウェブの桁方向直応力分布において、圧縮部で応力欠損が生じる。この応力欠損の一部を圧縮フランジが分担するため、圧縮フランジの桁方向平均直応力が大きくなる。また、このウェブ面外変形の影響を受け、垂直補剛材間の圧縮フランジのねじり変形が生じる。この圧縮フランジのねじり変形は、フランジの鉛直軸回りの曲げ剛性を低下させる原因となる。このようなウェブとフランジとの相互作用を伴う曲線 I 形桁の挙動をフランジあるいはウェブのみを考慮した解析により明らかにすることは、不可能である。このため、相隣り合う垂直補剛材により切り取られた部分について、曲げ耐荷力解析がなされた例が非常に多い。しかし、曲げ耐荷力に至るまでには、桁全体の変形を考慮に入れた解析が必要であると思われる。有限要素法により曲線 I 形桁全体をモデル化し曲げ耐荷力を解析した研究は、著者の知る限り矢吹らの研究があるのみである。しかし、矢吹らの研究においても垂直補剛材が考慮されていない。

本研究は、曲げを受ける両端単純支持された曲線 I 形桁全体を有限要素によりモデル化し、曲げ耐荷力に至るまでの数値解析を行い、曲げ変形挙動と曲げ耐荷力について考察を行うことを目的とした。

2. 数値解析対象

水平面内において一定曲率を有する曲線 I 形桁を数値解析の対象とし、図-1に示す。荷重は、曲線 I 形桁の両端において曲率半径方向軸回りに大きさの等しい曲げ荷重 M を作用させた。

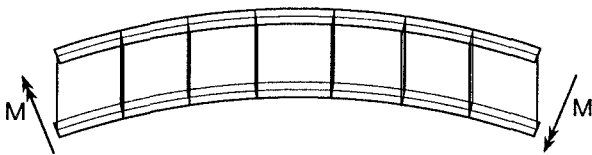


図-1 数値解析対象

曲線 I 形桁の境界条件は、曲げ変形に対しては両端単純支持であり、ねじり変形に対しては両端固定である。従って、数値解析対象は曲げに対しては静定であり、ねじりに対しては不静定である。

数値解析対象の材料については、ヤング率 $E=2.1 \cdot 10^6 \text{ kgf/cm}^2$ 、降伏応力 $\sigma_y=2400 \text{ kgf/cm}^2$ 、およびポアソン比 $\nu=0.3$ を有する完全弾塑性体とした。

3. 解析に使用した変数、およびパラメータ

本解析に使用した変数は、曲率半径 R 、スパン長 L 、圧縮フランジ断面積 A_{cf} 、圧縮フランジ幅 w_{cf} 、圧縮フランジ厚 t_{cf} 、ウェブ断面積 A_w 、ウェブ高 h 、ウェブ厚 t_w 、引張フランジ断面積 A_{tf} 、引張フランジ幅 w_{tf} 、および引張フランジ厚 t_{tf} である。ただし、ウェブ高 h を $h=120\text{cm}$ と一定とした。

また、解析に使用したパラメータは、ウェブ幅厚比 $\lambda (=h/t_w)$ 、圧縮フランジ-ウェブ断面積比 $\beta_c (=A_{cf}/A_w)$ 、引張フランジ-ウェブ断面積比 $\beta_t (=A_{tf}/A_w)$ 、圧縮フランジ自由突出幅厚比 $\eta_c (=w_{cf}-t_w)/2t_{cf}$ 、および引張フランジ自由突出幅厚比 $\eta_t (=w_{tf}-t_w)/2t_{tf}$ である。

本研究では、曲げ耐荷力 M_u を体無次元化するために、降伏曲げモーメント M_y ($R=\infty$) およびフランジ面内曲げモーメントを考慮に入れた全塑性曲げモーメント M_p を使用した。

4. 解析結果および考察

ウェブ幅厚比 $\lambda=152$ 、圧縮フランジ-ウェブ断面積比 $\beta_c=0.35$ 、引張フランジ-ウェブ断面積比 $\beta_t=0.35$ 、圧縮フランジ自由突出幅厚比 $\eta_c=13$ 、および引張フランジ自由突出幅厚比 $\eta_t=13$ を有す

る曲線 I 形桁について、降伏曲げモーメント M_y および全塑性曲げモーメント M_p により無次元した曲げ耐力 M_u/M_y および M_u/M_p と曲率半径 R との関係をスパン長 L による比較を図-2 に示す。

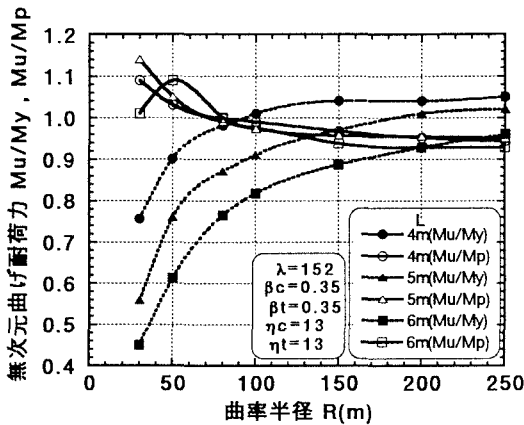


図-2 スパン長 L による無次元曲げ耐力 M_u/M_y , M_u/M_p と曲率半径 R との関係の比較

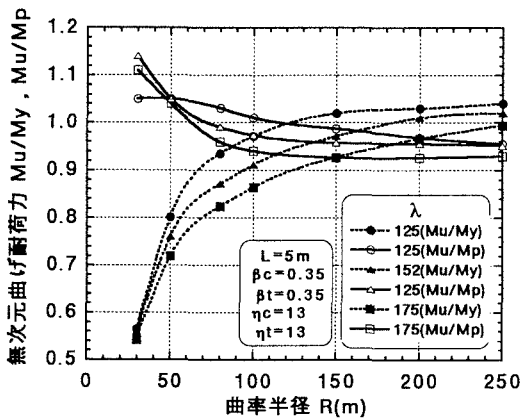


図-3 ウェブ幅厚比による無次元曲げ耐力 M_u/M_y , M_u/M_p と曲率半径 R との関係の比較

降伏曲げモーメント M_y により無次元された曲げ耐力 M_u/M_y は、スパン長 L が小さいほど大きくなっている。また、曲率半径 R が小さくなるに従って急激に小さくなっている。

全塑性曲げモーメント M_p により無次元された曲げ耐力 M_u/M_p の値は、 M_u/M_y に比較して、狭い範囲に分布することが分かった。従って、曲げ耐力を予測することを考えるならば、全塑性曲げモーメントによって無次元化することが有効であると考えられる。無次元曲げ耐力 M_u/M_p の値は、曲率半径が大きくなるに従って小さくなり、1.0 より小さくなる傾向がある。また、曲率半径 R が小さい場合には、無次元曲げ耐力 M_u/M_p は、1.0 より大きくなる傾向がある。

スパン $L=5m$ 、圧縮フランジウェブ断面積比 $\beta_c=0.35$ 、引張フランジウェブ断面積比 $\beta_t=0.35$ 、圧縮フランジ自由突出幅厚比 $\eta_c=13$ 、および引張フランジ自由突出幅厚比 $\eta_t=13$ を有する曲線 I 桁について、無次元された曲げ耐力 M_u/M_y および M_u/M_p と曲率半径 R との関係をウェブ幅厚比によって比較した図を図-3 に示す。

ウェブ幅厚比 λ が小さいほど無次元化された曲げ耐力 M_u/M_y が大きくなっている。また、曲率半径 R が小さい場合には、無次元曲げ耐力 M_u/M_y へのウェブ幅厚比 λ の影響が小さくなっていることが分かる。

また、無次元化された耐力 M_u/M_p は、ウェブ幅厚比 $\lambda=152$ で、かつ曲率半径 $R \leq 50m$ であれば、全塑性曲げモーメント M_p を曲げ耐力 M_u と等しいと仮定した場合、その誤差は約 $\pm 5\%$ 以内になることが分かる。

5. 結論

- (1) フランジ面内曲げモーメントを考慮した全塑性曲げモーメントにより曲げ耐力 M_u を無次元した値 M_u/M_p は、降伏曲げモーメントにより無次元化した値 M_u/M_y より狭い範囲に分布する。
- (2) 曲げ耐力 M_u/M_p の値は、曲率半径 R が小さい場合には 1.0 以上になり、曲率半径 R が大きい場合には 1.0 以下になる。

6. 参考文献

- (1) 中井・北田・大南：曲線桁橋腹板の曲げ強度に関する実験的研究、土木学会論文集、No.340, PP.19-28, 1983.12.
- (2) Yabuki T., Arizumi Y., Shimoizato T., and Nagamine Y. Buckling Modes of Plate-Girders Curved in Plan, Structure Eng./Earthquake Eng. Vol.12, No.2, 67s-72s, July 1995.