

I - A57

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. まえがき

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桁全体としての横倒れ変形が生じる。また、この横倒れ変形に伴い、垂直補剛材間の圧縮側ウェブには、曲げによって生じる桁方向の圧縮直応力により曲率外側方向への面外変位が生じる。このウェブ面外変形の影響により、桁方向直応力分布のウェブ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引張フランジの桁方向平均直応力より大きくなる。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にねじり変形が生じる。この垂直補剛材間の圧縮フランジに生じるねじり変形と桁全体としての横倒れによる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り、曲げ耐荷力に大きく影響すると考えられる。従って、曲線 I 形桁の曲げ耐荷力解析を行うためには、桁全体の変形を考慮に入れた解析が必要であると考えられる。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には、矢吹¹⁾らの研究がある。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と思われる。

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。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、ねじりに致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 $E=2.1 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$ 、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。また、本解析ではウェブ高 h を 120 cm と一定とした。

3. 解析結果および考察

曲率半径 $R=150 \text{ m}$ 、スパン長 $L=5 \text{ m}$ 、ウェブ幅厚比 $\lambda(h/tw)=152$ 、圧縮フランジ-ウェブ断面積比 $\beta_c(Acf/Aw)=0.3$ 、引張フランジ-ウェブ断面積比 $\beta_t(Atf/Aw)=0.35$ 、圧縮フランジ自由突出幅厚比 $\eta_c((wcf-tw)/2tcf)=13$ 、および引張フランジ自由突出幅厚比 $\eta_t((wtf-tw)/2tcf)=13$ を有する曲線 I 形桁が曲げ耐荷力に達した時の上フランジ曲率内側辺での鉛直変位分布、上フランジより $0.2h$ の位置におけるウェブの曲率半径方向変位分布、および下フランジ曲率内側辺での鉛直変位分布を図-2に示した。ここで、 tw :ウェブ厚、 Aw :ウェブ断面積、 Acf :圧縮フランジ断面積、 Atf :引張フランジ断面積、 wcf :圧縮フランジ幅、 tcf :

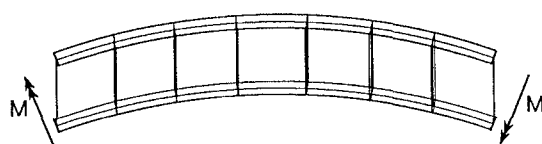


図-1 数値解析対象

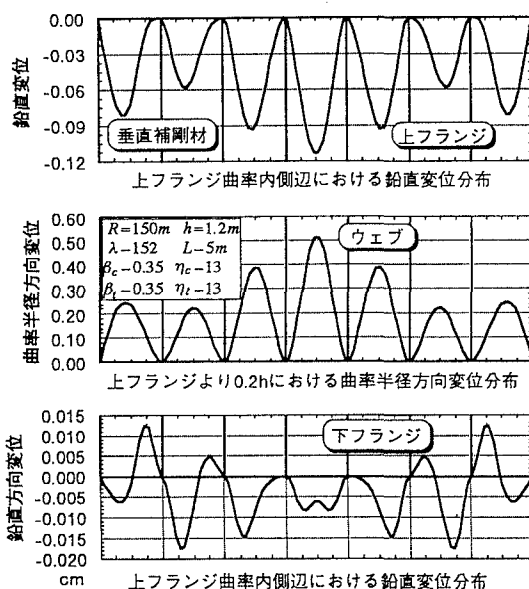


図-2 変位分布図

圧縮フランジ厚、 wtf :引張フランジ幅、および tcf :引張フランジ厚である。図-2に示された上フランジとウ

曲線 I 形桁 曲げ耐荷力

〒985 宮城県多賀城市中央1丁目13-1 TEL 022-368-1115 FAX 022-368-7070

ウェブに関する変位分布において、垂直補剛材位置におけるたわみ角は、非常に小さくなっていることが分かる。また、下フランジに関する変位分布においては、垂直補剛材によって囲まれる7つの部分の内、中央部を除けば垂直補剛材位置を境として、変位方向が異なることが分かる。実際の曲線I形桁は、横構および横桁(対傾構)によって支持されている。このため、実際の曲線I形桁全体を解析するには、多くの計算時間と記憶容量が必要となる。このため、曲線I形桁より垂直補剛材によって囲まれる部分について部分解析が行われることが多い。この場合、垂直補剛材位置における境界条件として、上フランジおよびウェブについてはたわみ角を拘束する固定条件とし、下フランジについては単純支持条件を用いることがよいと考えられる。

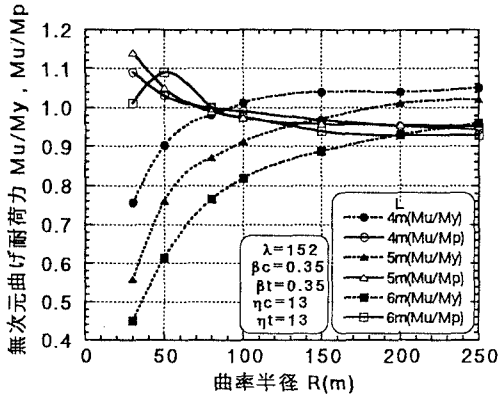


図-3 スパン長Lによる無次元曲げ耐力 Mu/My , Mu/Mp と曲率半径Rとの関係の比較

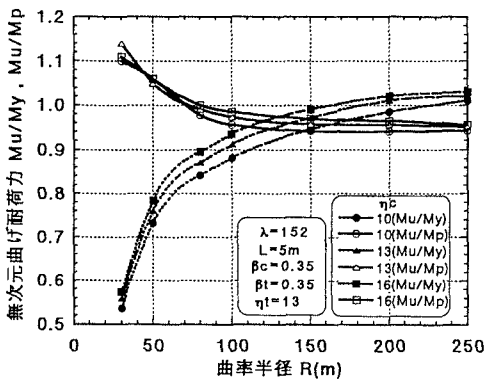


図-4 圧縮フランジ自由突出幅厚比 η_c による無次元曲げ耐力 Mu/My , Mu/Mp と曲率半径Rとの関係の比較

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桁について、曲げ耐力と曲率半径Rとの関係をスパンLによって比較した図を図-3に示す。縦軸は、曲げ耐力 Mu を降伏曲げモーメント My ($R=\infty$)およびフランジ面内曲げモーメントを考慮にいたした全塑性曲げモーメント Mp により無次元化した値を示している。

降伏曲げモーメント My により無次元された曲げ耐力 Mu/My 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 Mp により無次元された曲げ耐力 Mu/Mp の値は、 Mu/My 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 Mu/Mp の値は、曲率半径 $R=30m$ の場合を除くと、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 Mu/Mp は、1.0より大きくなる傾向がある。

ウェブ幅厚比 $\lambda=152$ 、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 $\beta_t=0.35$ 、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 Mu/My および Mu/Mp と曲率半径Rとの関係を圧縮フランジ自由突出幅厚比 η_c によって比較した図を図-4に示す。

圧縮フランジ自由突出幅厚比 η_c が小さいほど無次元化された曲げ耐力 Mu/My は、曲率半径Rによらず小さくなっている。しかし、無次元化された耐力 Mu/Mp は、曲率半径Rが小さい場合には圧縮フランジ自由突出幅厚比 η_c が小さいほど小さくなる傾向にはならない。

5. 結論

本解析範囲において、次の結論を得た。(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 Mu を無次元した値 Mu/Mp は、降伏曲げモーメントにより無次元化した値 Mu/My より狭い範囲に分布する。(2)曲げ耐力 Mu/Mp 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., Shimozato T., and Nagamine Y. Buckling Modes of Plate-Girders Curved in Plan, Structure Eng./Earthquake Eng. Vol.12, No.2, 67s-72s, July 1995.