

I - 2

曲線 I 形桁の曲げ耐荷力への圧縮フランジの自由突出部 幅厚比の影響について

東北学院大学○学生員 丹野裕之
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
東北学院大学 学生員 瀬戸寿之

1. はじめに

曲線 I 形桁が曲げを受けた場合、圧縮フランジに近いウェブ部分において生じる面外変位は、曲げ荷重が小さい段階より曲率外側方向へ生じる。この面外変位の影響により、圧縮フランジの曲率内側辺ではウェブ側へ面外変位が生じ、曲率外側辺ではウェブから離れる方向へ面外変位が生じる。従って、曲げ荷重が小さい段階より圧縮フランジにねじりが生じる。

曲線 I 形桁には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、フランジにはフランジ面内曲げモーメントが生じる。このため、横構または横桁（対傾構）によって支持される中央位置では、圧縮フランジ曲率内側辺において橋軸方向圧縮直応力が最も大きくなる。また、支持位置では、圧縮フランジ曲率外側辺において橋軸方向圧縮直応力が最も大きくなる。

曲線 I 形桁の橋軸方向直応力分布において、圧縮フランジ付近のウェブで曲げ荷重が小さい段階より応力欠損が生じる。この応力欠損を圧縮フランジが分担するため、圧縮フランジの橋軸方向圧縮直応力分布の平均値は引張フランジの橋軸方向引張直応力分布の平均値より大きくなる。

Baslerは直線 I 形桁の崩壊を圧縮フランジの水平座屈、鉛直座屈およびねじり座屈の三つの崩壊形式により述べている。曲線 I 形桁は、直線 I 形桁と比較して圧縮フランジの水平座屈とねじり座屈の崩壊形式により崩壊し易いことが以上のことより解る。圧縮フランジの自由突出部幅厚比を大きくすれば、曲線 I 形桁の横倒れに対する圧縮フランジの鉛直軸回りの曲げ剛性は大きくなるが、圧縮フランジの曲率内側辺あるいは外側辺位置における局部座屈が生じ易くなり、また圧縮フランジのねじりに対する剛性が小さくなる。また、反対に圧縮フランジの自由突出部幅厚比を小さくすれば、圧縮フランジのねじりに対する剛性が大きくなるが、曲線 I 形桁の横倒れに対する圧縮フランジの鉛直軸回りの曲げ剛性は小さくなる。よって、圧縮フランジの水平座屈およびねじり座屈の一方が他方より曲げ荷重が極端に小さい段階に生じることなく、曲げ耐荷力を出来るだけ大きくするための圧縮フランジの自由突出部幅厚比を求めることが重要である。また、圧縮フランジと引張との断面積の和を一定とした場合、圧縮フランジ断面積を引張フランジ断面積より多少大きくすることにより曲げ耐荷力を大きくすることができると考えられる。従って、本研究では、ウェブ高さとウェブ幅厚比を一定（ウェブ断面積：一定）とした曲線 I 形桁について、曲げ耐荷力が最大になる時の圧縮フランジ・引張フランジ断面積比と圧縮フランジ自由突出部幅厚比との関係について検討することを目的とした。

2. 解析対象

曲線 I 形桁橋において、横構あるいは横桁（対傾構）によって支持される支持間隔の最も大きい曲線 I 形桁に注目した。曲線 I 形桁は水平補剛材を有さないものとする。この曲線 I 形桁より、相隣合う垂直補剛材により切り取られる部分を数値解析の対象とした。この数値解析対象に、曲げ荷重と曲げに伴ってフランジに生じるフランジ面内曲げモーメントを作用させた。境界条件は垂直補剛材位置において、単純支持とした。また、数値解析対象の材料は、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 $\sigma_y=2400 \text{ kgf/cm}^2$ あるいは $\sigma_y=3600 \text{ kgf/cm}^2$ 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。

3. パラメータおよび変数

解析に使用したパラメータはウェブ幅厚比 λ 、ウェブ形状比 α 、総フランジウェブ断面積比 β ($\beta = (A_{cf} + A_{tf}) / A_w$, A_{cf} : 圧縮フランジ断面積, A_{tf} : 引張フランジ断面積, A_w : ウェブ断面積)、圧縮フランジ引張フランジ断面積比 β_{ct} ($\beta_{ct} = A_{cf} / A_{tf}$)、圧縮フランジ自由突出部幅厚比 η_c 、および引張フランジ自由突出部幅厚比 η_t である。変数として、曲率半径 R およびフランジ固定間距離 L を使用した。ただし、ウェブ高は $h=120\text{cm}$ と一定とした。

4. 数値解析結果および考察

曲率半径 $R=30\text{m}$ 、ウェブ幅厚比 $\lambda=152$ 、ウェブ形状比 $\alpha=1.0$ 、フランジ固定間距離 $L=6.0\text{m}$ 、総フランジウェブ断面積比 $\beta=1.0$ 、および引張フランジ断面積比 $\eta_t=16$ を有する曲線I形桁について、圧縮フランジ自由突出部幅厚比 η_c による曲げ耐力 M_u と圧縮フランジ引張フランジ断面積比 β_{ct} との関係の比較を図-1に示す。各圧縮フランジ自由突出部幅厚比 η_c において、圧縮フランジ引張フランジ断面積比 β_{ct} を変化させることにより曲げ耐力 M_u は最大値 M_u' を有することが解る。圧縮フランジ引張フランジ断面積比 $\beta_{ct}=1.0$ の場合の曲げ耐力 $M_u(\beta_{ct}=1.0)$ より曲げ耐力 M_u' への増加率は圧縮フランジ自由突出部幅厚比 η_c が大きいほど大きい。従って、圧縮フランジ自由突出部幅厚比 η_c が大きいほど、圧縮フランジ引張フランジ断面積比 β_{ct} を変化させることにより曲げ耐力 M_u を増加させる効果が大きいことが解る。また、ある圧縮フランジ引張フランジ断面積比 β_{ct} の値において曲げ耐力 M_u が最大となる時の圧縮フランジ自由突出部幅厚比 η_c に注目すると、圧縮フランジ引張フランジ断面積比 β_{ct} の増加とともに圧縮フランジ自由突出部幅厚比 η_c が大きくなることが解る。

図-1において、それぞれの圧縮フランジ自由突出部幅厚比 η_c について、圧縮フランジ引張フランジ断面積比 β_{ct} を変化させることにより得られる最大曲げ耐力 M_u' と最大曲げ耐力 M_u' が得られるときの圧縮フランジ引張フランジ断面積比 β_{ct} を求めた。図-2に各曲率半径 R について、圧縮フランジ自由突出部幅厚比 η_c と曲げ耐力

M_u および圧縮フランジ引張フランジ断面積比 β_{ct} との関係を示す。実線は圧縮フランジ自由突出部幅厚比 η_c と圧縮フランジ引張フランジ断面積比 β_{ct} との関係を示し、破線は圧縮フランジ自由突出部幅厚比 η_c と曲げ耐力 M_u' との関係を示している。各曲率半径 R において、圧縮フランジ引張フランジ断面積比 β_{ct} の最小値が得られる時の圧縮フランジ自由突出部幅厚比 η_c の値は曲率半径が小さいほど大きい。曲率半径が $R=250\text{m}$ と大きい場合、圧縮フランジ自由突出部幅厚比 η_c による曲げ耐力 M_u' の変化は小さい。曲率半径 $R=30\text{m}, 60\text{m}$, および 120m において、曲げ耐力 M_u' が最大となる時の圧縮フランジ自由突出部幅厚比 η_c の値は曲率半径 R が小さいほど小さい。

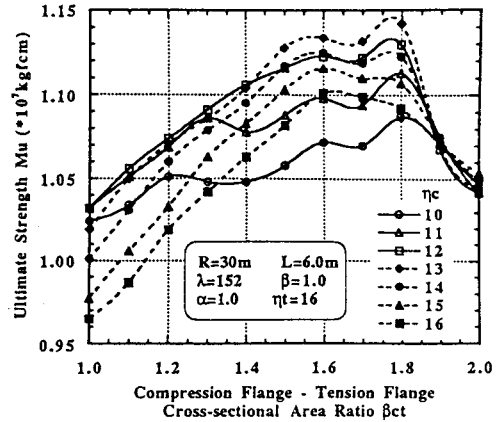


図-1 圧縮フランジ自由突出部幅厚比 η_c による曲げ耐力 M_u と圧縮フランジ引張フランジ断面積比 β_{ct} との関係の比較

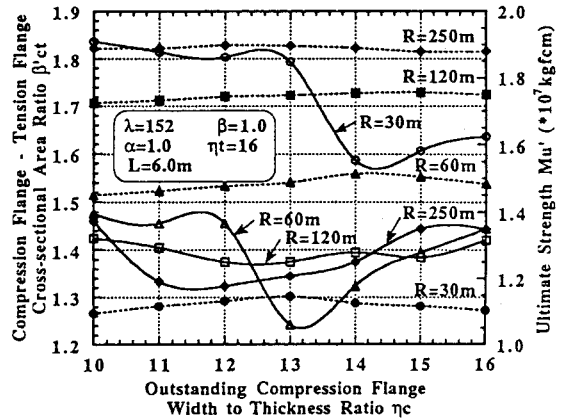


図-2 圧縮フランジ自由突出部幅厚比 η_c と最大曲げ耐力 M_u' および圧縮フランジ引張フランジ断面積比 β_{ct} との関係