

I - 37

スラブ止めの影響と境界条件の違いによる曲線 I 形桁の曲げ耐荷力について

東北学院大学工学部 学生員 〇森 康弘
 東北学院大学工学部 正 員 菅井幸仁
 東北学院大学工学部 正 員 樋渡 滋
 東北学院大学大学院 学生員 阿部泰弘

1. はじめに

曲線 I 形桁橋においては、曲線 I 形桁の上フランジはスラブ止め位置において床版と接合されている。曲率半径方向への変位に対する床版の剛性は、曲線 I 形桁に比較して、極めて大きい。このため、上フランジの曲率半径方向への変位は、下フランジの曲率半径方向への変位に比較して、極めて小さくなる。また、下フランジのそり応力によってフランジ面内に生じるフランジ面内曲げモーメントは、横構あるいは横桁により支持される位置において、最大となる。このため、スラブ止めを考慮した曲線 I 形桁の局部座屈による曲げ耐荷力は、横構あるいは横桁によって支持される位置に最も近い垂直補剛材によって挟まれた部分で決定される可能性が高いと考えられる⁽¹⁾。

垂直補剛材によって挟まれた部分のフランジあるいはウェブは、それぞれ単独で座屈するわけではなく、お互いに連成している。このため、垂直補剛材で挟まれる部分全体を解析する必要がある。

この垂直補剛材で挟まれる部分を解析する場合、境界条件として垂直補剛材位置において一般に単純支持が採用される。しかし、上フランジとウェブについては、境界条件として単純支持条件より固定条件の方が曲線 I 形桁の変形挙動を表現しうることが明らかになった⁽²⁾。このため、本研究では変形挙動と曲げ耐荷力への境界条件の違いによる影響を考察することを目的とした。

2. 数値解析対象およびパラメータ

本研究では、水平補剛材を有さない曲線 I 形桁において隣り合った垂直補剛材によって挟まれた部分の内、横構あるいは横桁に最も近いものを数値解析の対象とした。数値解析対象を図-1(a),(b)に示した。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 $\nu=0.3$ 、および降伏応力 $\sigma_y=2400 \text{ kgf/cm}^2$ を有する完全弾塑性体とした。

境界条件については、図-1(a)で示された太線破線位置において単純支持とした場合を境界条件Aと呼ぶことにする。また、図-1(b)で示されたフランジとウェブの太線実線位置で固定で下フランジの太線破線位置で単純支持とした場合を境界条件Bと呼ぶことにする。以上の二つの境界条件で数値解析を行った。

荷重については、解析対象の両端に純曲げ荷重 M 、曲げ荷重に伴って上下フランジ面内に生じるフランジ面内曲げモーメント M_{uf} 、および M_{lf} を作用させた。上フランジ面内に生じるフランジ面内曲げモーメント M_{uf} へは、スラブ止めの影響を考慮し、下フランジ面内に生じるフランジ面内曲げモーメント M_{lf} へは、横構あるいは横桁による支持間距離を考慮した。

解析に使用した変数としては、曲線 I 形桁のウェブ位置での曲率半径 R と横構あるいは横桁による支持間距離 L_{tr} である。ウェブ高 $h=120\text{cm}$ 、およびスラブ止め間隔 $L_{sl}=1\text{m}$ と定数としたパラメータとしては、ウェブ形状比 α 、ウェブ幅厚比 λ_w 、上フランジ-ウェブ断面積比 β_c 、下フランジ-ウェブ断面積比 β_s 、および上下フランジ自由突出部幅厚比 η_c と η_s である。

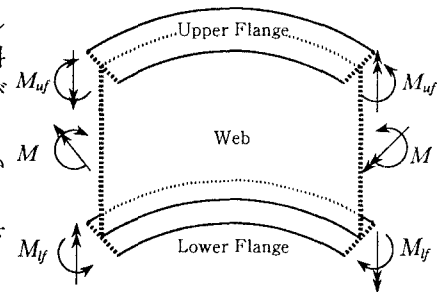


図-1(a) 数値解析対象（境界条件A）

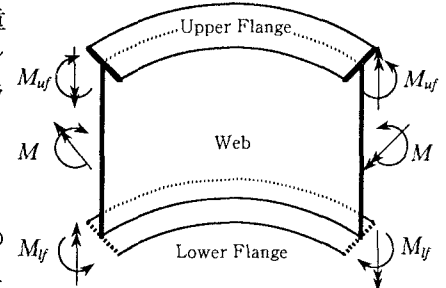


図-1(b) 数値解析対象（境界条件B）

3. 数値解析結果および考察

曲率半径 $R=60\text{m}$ 、横構あるいは横桁による支持間距離 $L_t=6\text{m}$ 、ウェブ形状比 $\alpha=2/3$ 、ウェブ幅厚比 $\lambda_w=152$ 、上フランジウェブ断面積比 $\beta_c=0.35$ 、下フランジウェブ断面積比 $\beta_t=0.35$ 、および上フランジ自由突出部幅厚比 $\eta_c=13$ 、および下フランジ自由突出部幅厚比 $\eta_t=13$ を有する曲線I形桁に曲げ荷重 $M/M_y=0.5$ が作用した時の垂直補剛材間中央断面におけるウェブ面外変位分布をスラブ止めの有無と境界条件の違いによる比較を図-2に示す。

上フランジとウェブとの接合位置よりウェブの高さの約30%の位置において、スラブ止めの有無によらずまた境界条件の違いによらず曲率外側への面外変位が最大になっている。

上フランジとウェブとの接合位置および下フランジとウェブとの接合位置におけるウェブ面外変位の境界条件による差は、小さくなっている。また、下フランジに近い位置でのウェブ面外変位は、スラブ止めの有無および境界条件の違いによる差が小さい。

スラブ止めの有る場合と無い場合について、曲率外側への面外変位の最大値を境界条件Aと境界条件Bによって比較すると、境界条件Aの場合の方が大きくなっている。

図-2のウェブの面外変位を桁の横倒れによる剛体変位を除いたウェブ面外変位分布を図-3に示す。境界条件Aの場合において、圧縮部でのウェブ面外変位をスラブ止めの有無により比較すると、スラブ止めが無い場合のウェブ面外変位がスラブ止めがある場合のウェブ面外変位より小さくなって分布している。スラブ止めが無い場合、上フランジ面内曲げモーメントの影響により上フランジの曲率内側辺に引張応力が生じる。このような応力状態にある上フランジの変形が影響していると考えられる。

スラブ止めが無い場合の曲げ耐荷力を M_{un} 、スラブ止めがある場合の曲げ耐荷力を M_{us} とする。この時、曲げ耐荷力の増加率 $(M_{us}-M_{un})/M_{un}$ と曲率半径との関係を境界条件Aと境界条件Bによって比較した図を図-4に示す。図-4において、境界条件Aの場合の曲げ耐荷力の増加率は、境界条件Bの場合の場合の曲げ耐荷力の増加率より大きくなっている。また、境界条件の違いによる曲げ耐荷力の増加率の差は、曲率半径が小さいほど大きくなる傾向がある。

4. 参考文献 (1) 三浦・菅井・樋渡：スラブ止めによる拘束を考慮した曲線I形桁の曲げ耐荷力への上下フランジ断面積比の影響について、平成8年度土木学会東北支部技術研究発表会講演概要 (2) 阿部・菅井・樋渡：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、土木学会第52回年次学術講演会講演概要集1-A

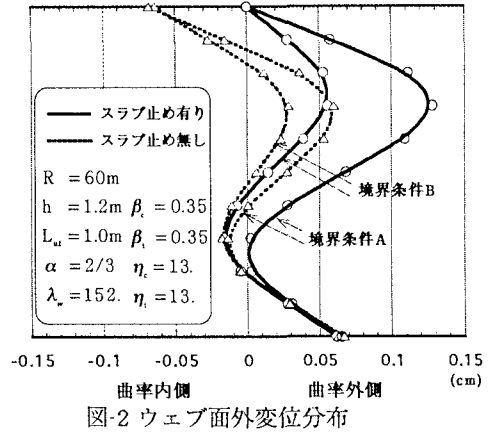


図-2 ウェブ面外変位分布

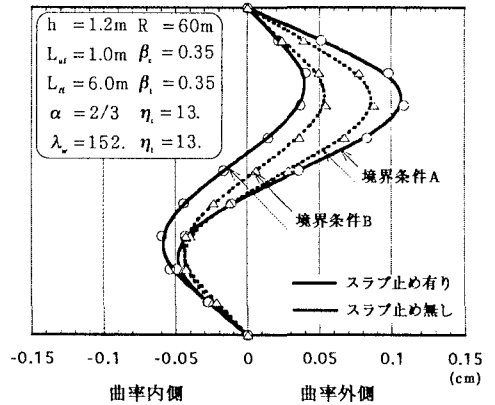


図-3 剛体変位を除去したウェブ面外変位

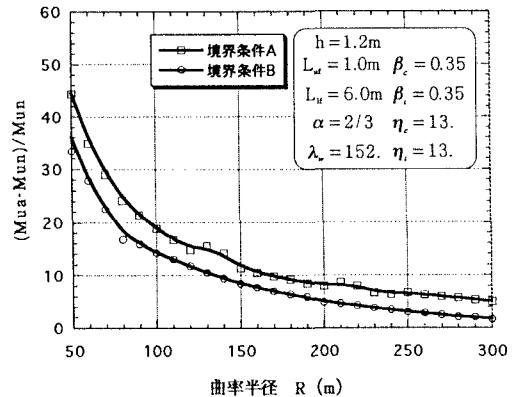


図-4 $(M_{us}-M_{un})/M_{un}$ と曲率半径との関係