

曲線 I 形桁の曲げ変形挙動と耐荷力への垂直補剛材本数の影響について

東北学院大学 学生員○高田成幸

東北学院大学 正 員 菅井幸仁 樋渡 滋

東北学院大学 学生員 阿部泰弘 鈴木貴丈

1. まえがき

曲線 I 形桁の曲げ変形挙動と耐荷力の解析において、一般に中間垂直補剛材間のパネルを数値解析対象とする場合が非常に多い。この場合局部的な変形を解析することが可能であるとしても曲線 I 形桁の耐荷力を正確に評価できるとは考えにくい。また、中間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、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。有限要素法により中間垂直補剛材を含めた曲線 I 形桁全体をモデル化し曲げ耐荷力を解析した研究は、未だ行われていないと思われる。

本研究では、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法によりモデル化し、曲げ耐荷力に至るまでの数値解析を行い、曲げ変形挙動と耐荷力への中間垂直補剛材本数の影響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。

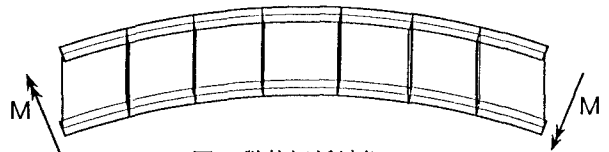
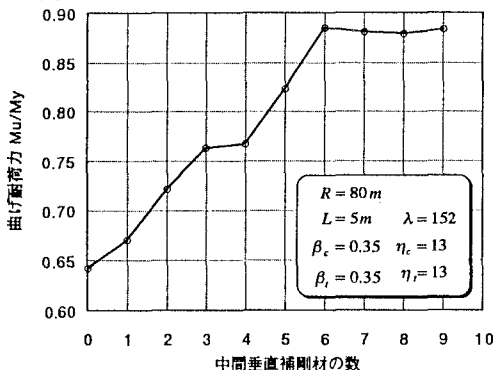
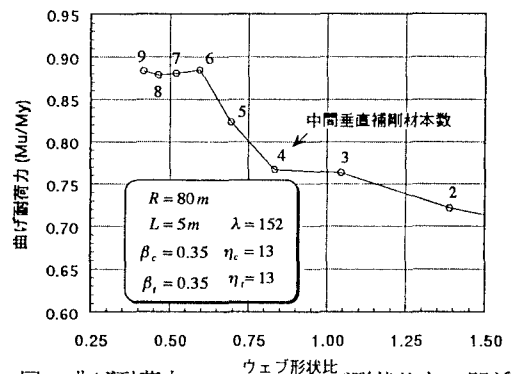


図-1 数値解析対象

両端での境界条件は曲げに対して単純支持とし、ねじりに対しては固定支持とした。解析対象の材料については、ヤング率 $E=2.1 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$ 、ポアソン比 $\nu=0.3$ とした。また、本解析ではウェブ高 h を $h=120\text{cm}$ とした。

3. 数値解析結果

曲率半径 $R=80\text{m}$ 、スパン長 $L=5\text{m}$ 、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 形桁の曲げ耐荷力 M_u/M_y (M_y : 直線桁の降伏曲げモーメント) と曲線 I 形桁に等間隔に配置される中間垂直補剛材本数との関係を図-2 に示す。また、曲げ耐荷力とウェブ形状比 α との関係を図-3 に示す。中間垂直補剛材の本数を増加させることにより、曲げ耐荷力がほぼ一定値に近づくことが図-3 より分かる。この数値解析の場合、ウェブ形状比 α が約 0.6 以下で曲げ耐荷力がほぼ一定値に近づいている。

図-2 曲げ耐荷力 M_u/M_y と中間垂直補剛材本数との関係図-3 曲げ耐荷力 M_u/M_y とウェブ形状比との関係

中央位置に最も近い垂直補剛材間中央位置がスパン中央位置と一致するように、中間垂直補剛材本数が偶数になる場合について、曲げ荷重と曲線 I 形桁のスパン中央位置での横倒れ角との関係を図-4 に示した。中間垂直補剛材本数が少ないほど、曲げ荷重が小さい段階より、横倒れ角が大きくなっている。横倒れ角が大きくなるにつれて、上フランジの水平変位が大きくなる。従って、図-4 より Basler が述べる圧縮フランジの明確な水平座屈は、生じていないと考えられる。また、Basler が述べる圧縮フランジの鉛直座屈は、日本道路橋示方書のウェブ幅厚比の規定値より相当大きくなければ生じないとされている。

以上より、Basler が述べる圧縮フランジのねじり座屈が曲線 I 形桁の曲げ耐力に最も影響を与えている可能性が高いと考えられる。

図-5 に曲げ荷重とスパン中央位置の上フランジのねじり角との関係を示す。上フランジのねじり角と横倒れ角の正方向を同じ方向として示した。曲げ荷重が小さい場合には、中間垂直補剛材の本数に関係なく、桁の横倒れ方向と同じ方向へ上フランジがねじれている。曲げ荷重が大きくなると、中間垂直補剛材の本数が少ないほど、曲げ荷重が小さい段階よりねじり角が小さくなる傾向が生じる。この現象を明らかにするために、図-6 に曲げ荷重とスパン中央に最も近い二つの中間垂直補剛材間の上フランジの剛体変位を除いたスパン中央位置での上フランジのねじり角（桁の横倒れ方向とは反対方向への上フランジのねじり角を正とした。）との関係を示した。中間垂直補剛材本数が少ない場合には、明確なフランジのねじり座屈が現れないが、中間垂直補剛材本数が多いほど曲げ耐力にいたる直前により明確なフランジのねじり座屈が現れると考えることができる。

4. 結論

本解析の範囲において次の結論を得た。

(1) 曲線 I 形桁に等間隔に中間垂直補剛材を配置することにより、ウェブ形状比を約 0.6 以下にすると、耐力の直前まで上フランジのねじり座屈を抑えることができる。

(2) 曲線 I 形桁は横倒れにより耐力に達するが、中間垂直補剛材本数が多いほどより明確なフランジのねじり座屈が現れている。

5. 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) 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力について、平成 8 年度東北支部技術研究発表会講演概要、第 I 部門、p28-29

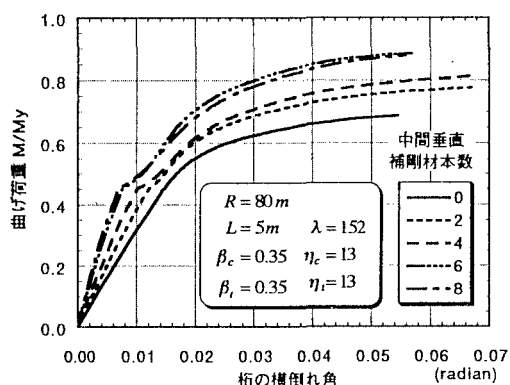


図-4 曲げ荷重とスパン中央位置での横倒れ角との関係

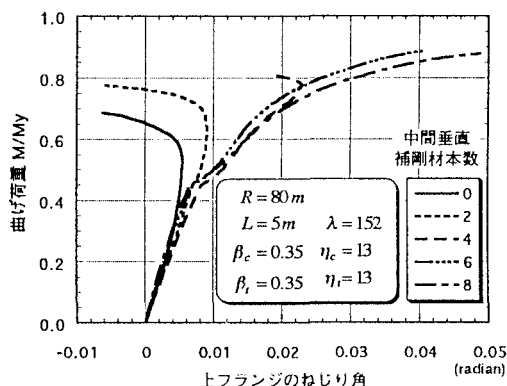


図-5 曲げ荷重とスパン中央位置での上フランジのねじり角との関係

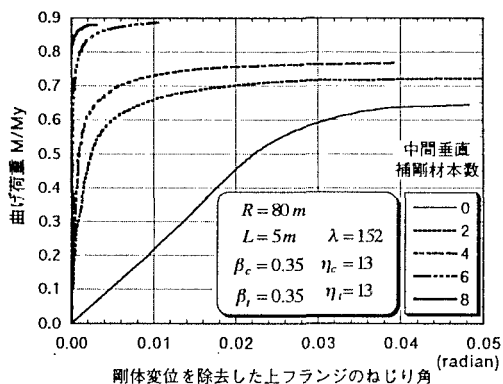


図-6 曲げ荷重とスパン中央位置での剛体変位を除いた上フランジのねじり角