

I - 2 4 曲線プレートガーダーの曲げ挙動に関する考察

東北学院大学 学生員 〇高橋芳昭
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

1. まえがき

曲げ作用を受ける曲線プレートガーダーにおいて、曲げに伴って反りモーメントが連成することが大きな特徴である。このため、フランジには面内曲げ応力が発生し、この応力が曲線プレートガーダーの曲げ耐荷力に与える影響は大きいと考えられる。本論文は、直線プレートガーダーでいう曲げモーメント荷重と、それに連成するフランジ面内曲げモーメント荷重を考慮し、フランジおよびウェブの挙動を荷重増分ごとにとらえ、耐荷力に至るまでの曲線プレートガーダーの曲げ挙動を正確に把握することを目的とした。

2. 解析方法および解析パラメーター

曲線プレートガーダーを有限要素法によって幾何学的非線形および材料非線形を考慮した解析を行う場合、円筒シェル要素によってウェブをモデル化し、扇形平板要素シェル要素によってフランジをモデル化することは幾何学的あるいは計算過程における収束性を考えると非常に好ましいことである。しかし、円筒シェル要素によってウェブをモデル化し、Brebba⁽¹⁾の方法によって非線形解析を行うことができて、同様の方法を扇形平板シェル要素によるフランジの非線形解析を行うには問題がある。これは、Brebbaの方法は一定曲率半径をもった円筒の非線形解析を対象としているためである。本研究では、三角形平板シェル要素と移動座標系を使用したMurry-Wilson⁽²⁾の方法を利用して、幾何学的非線形と材料非線形を考慮した非線形解析をおこなった。

解析対象として、水平補剛材をもたない断面が二軸対称であるプレートガーダーから上下フランジも含めて垂直補剛材で囲まれた部分を取り出した。材料は、ヤング率 $E=2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$ 、ポアソン比 $\nu=0.3$ 、降伏応力 $\sigma_y=2400 \text{ kg/cm}^2$ の等方性完全弾塑性体とし、Von Misesの降伏判定条件、および Prandtl-Reuss の塑性流れ理論に従うものとした。

有限要素分割は対称性を利用し、解析対象の右半分についてフランジも含めて横方向を5等分、ウェブ縦方向を10等分した。また、フランジの幅方向を6等分した。各要素の板厚方向への塑性化の広がりを考慮できるように8層に層割りをを行った。

境界条件は垂直補剛材位置において単純支持とし、曲率半径方向および垂直補剛材の軸方向（鉛直方向）の変位を拘束した。

解析に使用したパラメーターはウェブ幅厚比（ $\lambda=h/t$ ）および形状比（ $\alpha=l/h$ ）、曲率半径（ R ）、フランジウェブ断面積比（ $\beta=A_f/A_w$ 、 A_f :上下フランジ各々の断面積、 A_w :ウェブ断面積）、およびフランジ面内曲げモーメント M_f 、フランジ軸力 P 、フランジ半幅 $w_f/2$ との比（ $\delta=M_f/(P \cdot w_f/2)$ ）の五つとした。また、フランジの脚突出幅厚比（ $w_f/2/t_f$ 、 t_f :フランジ厚）は16とした。

パラメーターの変動範囲はウェブ幅厚比 $\alpha=152, 200, 250, 300$ 、形状比 $\alpha=1.0$ 、フランジウェブ断面積比 $\beta=1.0$ 、曲率半径 $R=30\text{m}, 60\text{m}, 120\text{m}$ 、および $\delta=0.0, 0.05, 0.1, 0.15, 0.2$ とした。

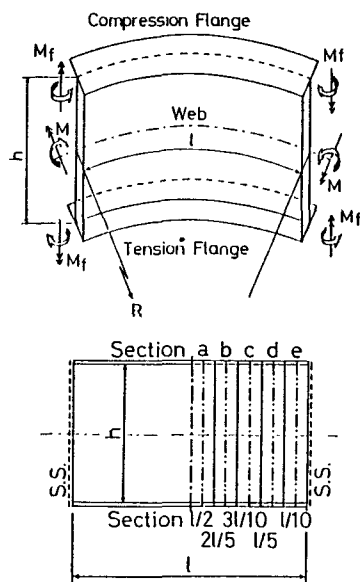


図-1 解析対象および断面名称

3. 数値解析結果

曲率半径 $R=30m$ ($R/h=25$)、ウェブ形状比 $\alpha=1.0$ 、ウェブ幅厚比 $\lambda=152$ 、フランジウェブ断面積比 $\beta=1.0$ 、および $M/M_y=0.8333$ (M_y :同じ断面を有する直線プレートガーダーの降伏曲げモーメント) のとき、 δ による比較を行った。

ウェブ面内曲げ応力分布を図-2に示す。 $\delta=0$ の場合と $\delta=0.15$ の場合とを比較すると、それほど大きな変化は見られない。 $\delta=0.2$ の場合においては圧縮フランジおよび引張フランジに近い位置における面内曲げ応力が $\delta=0$ の場合と比較して大い分布を示している。

フランジ面内曲げ応力分布を図-3に示す。 δ が大きい場合ほど曲率内側における面内曲げ応力分布と曲率外側における面内曲げ応力分布との差は大きくなっている。また、 δ が大きい場合ほどフランジ面内曲げモーメント M_f も大きくなるため、曲率内側の降伏域が広がる。この降伏域が広がることによって、フランジの曲率内側における面内曲げ応力の増加が小さくなる。このため、面内曲げモーメント M_f の影響によって生じる面内曲げ応力分布の圧縮応力のトータルと引張応力のトータルのバランスを修正するために圧縮力が圧縮フランジに作用し、引張力が引張フランジに作用する。この影響により δ が大きい場合ほど圧縮フランジおよび引張フランジとウェブとの接合付近の応力は大きくなる。

ウェブ面外変位分布を図-4に示す。圧縮フランジとの接合位置における曲率外側方向への変位および引張フランジとの接合位置における曲率内側方向への変位は δ が大きい場合ほど大きくなっている。従って、 δ が大きいほどプレートガーダーのねじりは大きい。また、ウェブ曲率外側方向への面外変位は δ が大きいほど大きい。

東北学院大学4年立木芳典君の協力を得た、ここに感謝申し上げる。

参考文献

- (1) C. Brebbia and Connor, "Geometrically nonlinear finite element analysis", Proc. ASCE, Vol. 95, EM2
- (2) Murry and Wilson, "Finite Element Large Deflection Analysis of Plates", Proc. ASCE, Vol. 95, EM1

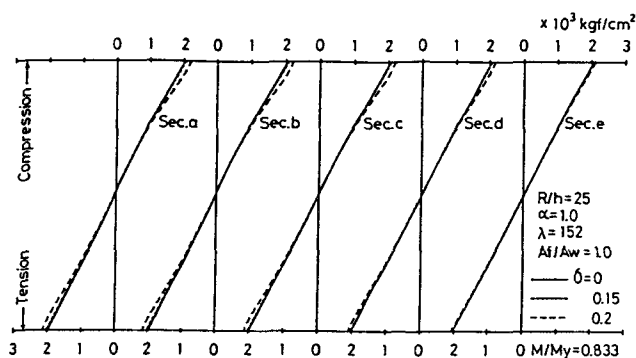


図-2 ウェブ面内曲げ応力分布、 δ による比較

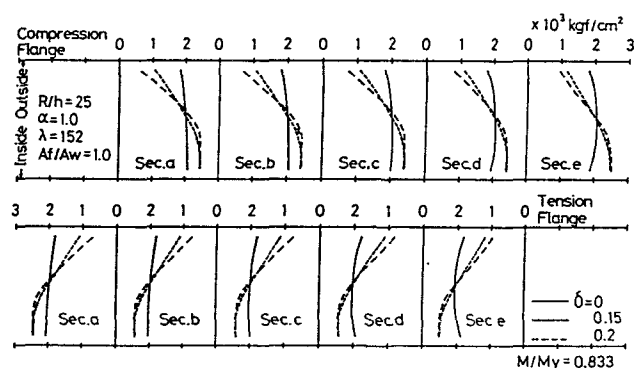


図-3 フランジ面内曲げ応力分布、 δ による比較

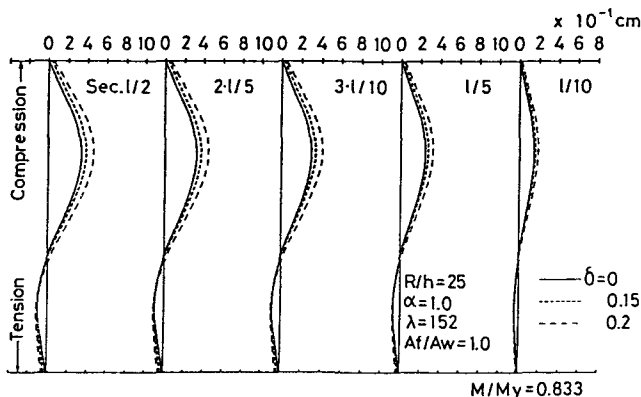


図-4 ウェブ面外変位分布図、 δ による比較