

曲線プレートガーダーの曲げ耐荷力に関する一考察

○ 東北学院大 正員 樋渡 滋
東北 大 正員 倉西 茂

近年曲線プレートガーダーが多く用いられるようになってきているが、我国の示方書には曲線橋に関する特別の規定はなく、直線橋の規定を準用している。これは曲線橋への挙動に関する研究が未だ充分になされていないことに原因するものであり、研究の推進が待たれている。

曲線プレートガーダーのウェブプレートは橋の曲率に合わせて製作されるのが一般的であり、この曲率のために、曲線プレートガーダーが曲げを受けると、圧縮部は曲率の外側に、引張部は内側に変形する。この変形は、曲げ作用の小さい段階から生じ、曲線プレートガーダーの曲げ挙動は直線プレートガーダーのそれとは大きく異なってくる。したがって、曲線プレートガーダーの挙動や耐荷力を、直線プレートガーダーのそれと同一視することは望ましくない。

本論は、水平補剛材を持たない曲線プレートガーダーの、隣接する垂直補剛材を切り取られる部分を解析対象パネルとして、円筒要素による有限要素法を用いて有限変形理論による数値解析を行い、曲線プレートガーダーの弾性耐荷力へ算定について考察を行ったものである。

図-1は解析の対象としたパネルの概略を示している。パネル断面は2軸対称のものを扱った。図-2はパネルの境界条件および載荷条件を示している。パネルは両側垂直補剛材位置で単純支持とし、上下のフランジ縁は自由である。載荷は垂直補剛材位置における変形の直線性を保つために強制ひずみ(ϵ_0)を与え、パネル内の軸力成分を除去するために適當な調整ひずみ(ϵ_H)を与えている。解析法および載荷方向については文献を参照されたい。

曲線プレートガーダーが曲げを受ける場合、線形解析においても図-3のような面内曲げ応力分布となり、直線プレートガーダーの応力分布とは異なっている。有限変形解析において、面内曲げ応力分布は上下対称の形を保持せず、ウェブ圧縮部の応力欠損が目立ち始め、応力レベルの増加と共に著しくなる。図-4に $R/h=25$ 、 $\lambda=400$ 、 $\alpha=0.6667$ およびフランジ断面積(A_f)とウェブ断面積(A_w)の比 $\beta=A_f/A_w=1.0$ の場合の各応力レベルにおけるウェブ中央面および圧縮フランジ中央面における面内曲げ応力分布を示す。(断面a, b, cについては図-2参照)。また、曲線プレートガーダーは曲げを受けて、垂直軸まわりのモーメントを生じ、このモーメントはガーダーの上下縁端部、すなわち上下フランジにおいて大きな値となる。このモーメントによって、フランジには上記の面内曲げ応力に加えて、付加応力が生じて応力欠配を生ずる。図-4の圧縮フランジの応力には、この付加応力が加えられている。

これらの応力欠損の性状と圧縮フランジの垂直座屈に対して、フランジ断面と協同して抵抗するウェブ部分の

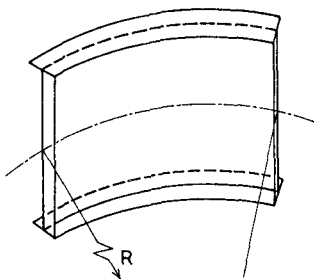


図-1 解析対象パネル

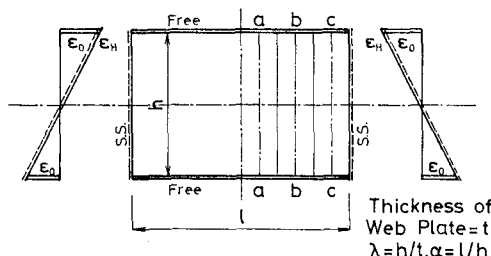


図-2 境界条件および載荷条件

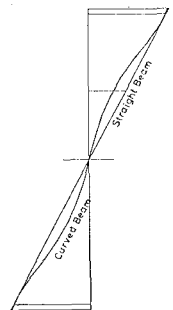


図-3 面内曲げ応力分布(線形解析)

大きさを詳細するために、図-5の
ような有効断面を定義する。すな
わち、有限変形解析によって求めら
れた圧縮フランジ上縁の面内曲げ応
力度と中立軸を直線で結ぶ応力分布
を仮定して、有限変形解析による面
内曲げ圧縮応力が中立軸まわりに生
ずるモーメントと同量のモーメント
を生ずる部分を圧縮縁から削って、
そのウェーブ部分をウェーブの有効断面
と定義する。

図-6は、前述のガーダーの有効
断面と強制ひずみによってウェブ上
縁に理論的に生ずる応力度 σ_0 との関
係を示している。縦軸はウェブ厚(t)
またはウェブ高(R)によって無次元化されている。

図-7は、有限変形解析によって算出された面内曲げモーメント(M)と、そのとき圧
縮フランジ上縁に生じている応力度(σ)を基準として直線分布を仮定した場合のモー
メント(M_0)との比(無次元耐荷力)と σ の関係を示している。図中には他の断面を有す
るガーダーも併せて記入されている。

図-8は、圧縮フランジ上縁が降伏応力(σ_y)に達したときのモーメント(曲線プレ
ートガーダーの弾性曲げ耐荷力: M_e)と、応力の直線分布を仮定したとき、強制ひずみ
によって理論的に求められる圧縮フランジ上縁の応力($\sigma = \epsilon \times E$)が降伏応力に達した
ときのモーメント(直線プレートガーダーの弾性曲げ耐荷力: M_{e0})との比(無次元弾性
耐荷力)を各鋼材毎に示している。図によれば、ウェブの幅厚比入が「道示」による制
限值(SS41材で152)程度の場合には直線プレートガーダーの97%、 $\lambda = 400$ の場合に
は93%まで弾性耐荷力が低下する。

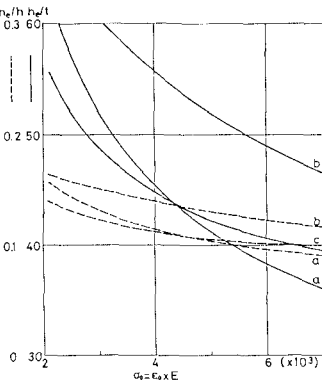


図-6 有効断面

($R/h=25$, $\lambda=400$, $\alpha=0.6667$, $\beta=2.6667$)

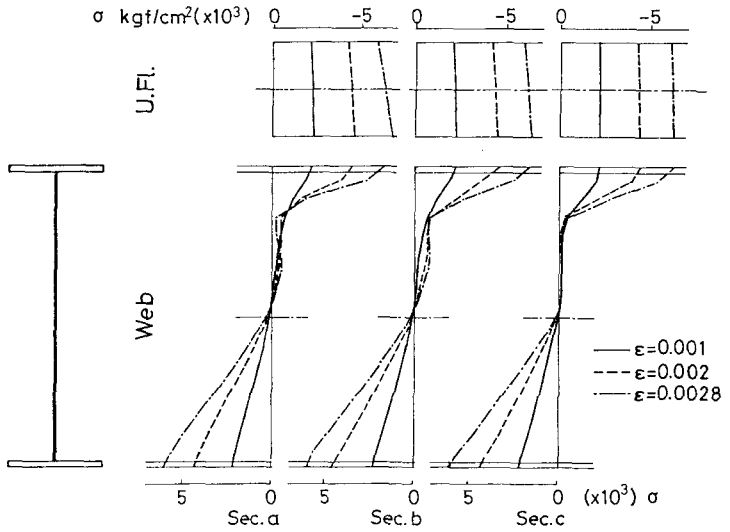


図-7 ウェブおよびフランジの面内曲げ応力分布 (有限変形解析)
($R/h=25$, $\lambda=400$, $\alpha=0.6667$, $\beta=2.6667$)

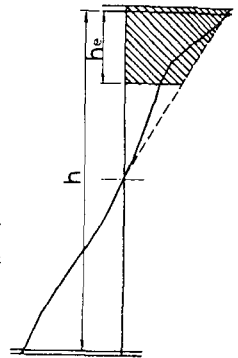


図-8 有効断面の定義

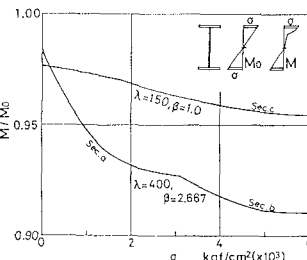


図-9 無次元耐荷力

($R/h=25$, $\alpha=0.6667$)

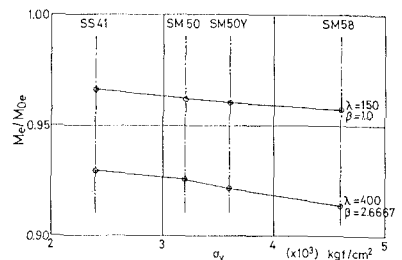


図-10 各種鋼材の無次元耐荷力

($R/h=25$, $\alpha=0.6667$)

参考文献; 倉西・植藤: 曲げを受ける曲線プレートガーダーのウェブプレートの弾性挙動について, 土木学会論文
報告集第315号, 1981-11.