

薄い腹板を有する曲線桁の弾塑性挙動について

フジタ工業(株) 正員 崎野芳紀
 広島大学 工学部 正員 大村 裕
 広島大学 工学部 正員 藤井 堅

1. まえがき 曲線桁に関しては、解析・実験ともに研究報告は数少なく、耐荷力把握のための基礎資料が得られていないのが現状である。特に、薄い腹板を有する曲線桁についての、曲げ耐荷性状については説明されていない。本研究では、幾何学的非線形性のみならず、材料学的非線形性も考慮した曲線桁の板殻構造解析を行ない、過去に解析の行なわれている比較的腹板の厚い場合($h/t_w=200$)の結果と比較し、曲げを受ける薄い腹板を有する曲線桁の弾塑性断面変形挙動と曲げ耐荷力との関連について検討した。

2. 解析モデル 解析の対象は、図-1に示すような鉛直補剛材で挟まれた曲線I形桁の一区画を取り出し、その両端に曲げモーメントが作用する場合を考えた。また、鉛直補剛材で挟まれた曲線桁の一区画を取り出した場合には、その両端断面では断面変形はないと考えられるので両端では、梁の変位場仮定が満足されるように解析上の工夫がなされている。したがって、曲線桁の一区画の両端断面における境界条件は、梁としての七つの変位成分を用いて与えられる。本解析では、両端でねじれ角 ϕ を拘束し、たわみ W^* に対して単純支持とした。また、両端のそり拘束はないものとした。断面諸量は、桁高 $h=120(\text{cm})$ 、フランジ突出脚幅厚比 $b/t_f=13$ 、フランジ・ウェブ面積比 $A_{fc}/A_w=1.0$ 、曲率をあらわすパラメータ $Z=h^2\sqrt{1-\nu^2}/R/t_w=11.45$ を各ケース一定とし、腹板厚厚比 $h/t_w=300, 400, 500$ と変化させた。ただし、 $h/t_w=300$ については、 $b/t_f=8$ についても解析を行った。また、フランジには、溶接型の残留応力分布($\sigma_{rt}=\sigma_y, \sigma_{rc}=0.5\sigma_y$)を仮定し、腹板の残留応力は考慮しないこととした。また、弾性係数 $E=2.1\times 10^6(\text{Kg/cm}^2)$ 、ポアソン比 $\nu=0.3$ 、降伏応力 $\sigma_y=3000(\text{Kg/cm}^2)$ とした。

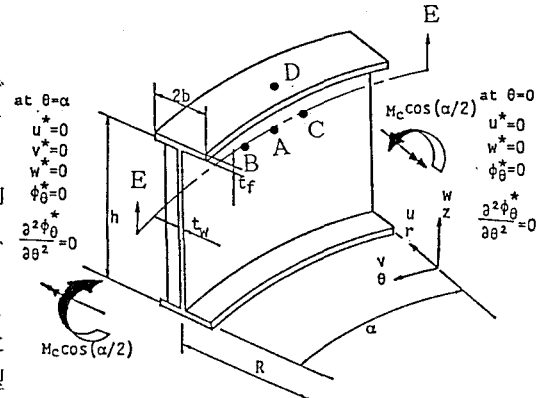


図-1 解析モデル

3. 断面変形挙動 図-2は、 $h/t_w=300$ の点A, B, Cの腹板面外変位を荷重 $k=M_c/I \cdot h/2 \cdot (h^2 t_w / \pi^2 D_w)$ と M/My^* とともに示したものである。ただし、 My^* は曲率に起因して発生するフラジ面内曲げモーメントを考慮した降伏モーメントを示す。

腹板の板厚の薄い $h/t_w=300$ では、荷重 $k=80$ 付近で、点Aの腹板面外変位が減少し曲率中心側に変位する。これは、腹板面外たわみが、荷重の小さな段階では、圧縮側で周方向に正弦半波形(1次モード)であるのに対して、 $K \geq 80$ になると正弦1.5波形(3次モード)に移行するためである。また、荷重 $K=90$ 付近では点Cの変位は減少を始め、一方点Bの変位は増加して対称性がなくなっている。これは、広い意味の腹板の分岐座屈と考え

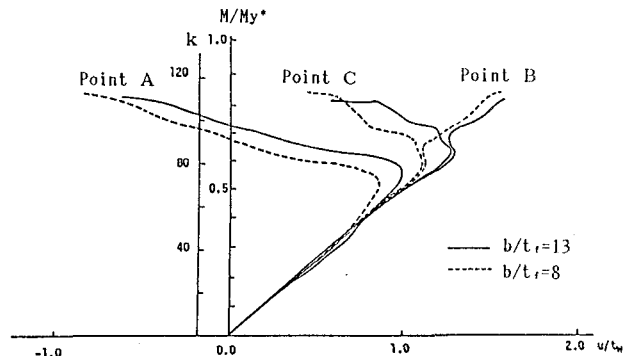


図-2 荷重-腹板面外変位曲線

られるが、このように腹板の薄いケースでは M/My^* は小さくとも腹板幅厚比 h/t_w が大きいので k は大きくなり、幾何学的非線形性が顕著に現われるようになる。

4. 崩壊性状 Baslerらによれば、プレートガーダーの曲げ耐荷力は圧縮フランジの3つの座屈形式すなわち、鉛直座屈、ねじれ座屈、水平座屈によって決定されるとしている。このことを曲線桁において検討するために、フランジ鉛直座屈に直接的関連を持つと思われる上下フランジ間隔の変化量 $\Delta W/h$ と断面変形に伴うフランジねじれ角 ϕ （フランジねじれ座屈に關係する）とが、腹板面外たわみ U/t_w とどのような関連を持つかを調べ、その崩壊性状を検討する。

図-3は、 $h/t_w=300$ の中央断面の上下フランジ間隔の変化量 $\Delta W/h$ と圧縮フランジ点Dのフランジねじれ角 ϕ と点Aの腹板面外たわみ U/t_w とを荷重とともに示したものである。また、図-4, 5は、それぞれ $h/t_w=200, 300$ の各荷重段階ごとの、圧縮側E-E断面の腹板面外たわみ分布、圧縮フランジ・ウェブ接合辺上のフランジねじれ角分布および上下フランジ間隔の変化量分布を示したものである。

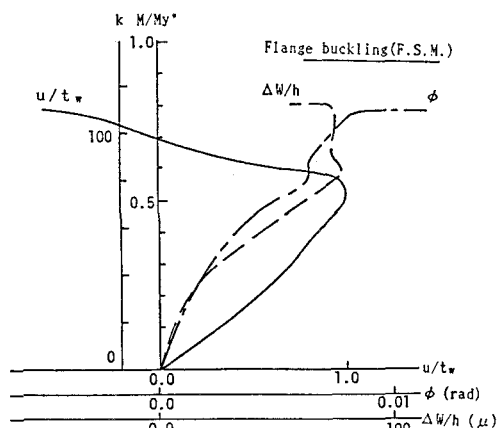


図-3 各変位の相関関係 ($h/t_w=300, b/t_f=13$)

終局荷重時におけるそれぞれの変位の関連性をみると、腹板の薄い $h/t_w=300$ では、終局荷重時のそれぞれの変位は急激に増加あるいは減少し、それぞれ変位の増加方向が異なる。（図-3）。また、図-4, 5をみると、腹板の比較的厚い $h/t_w=200$ では、それぞれの変位の分布形はすべて1次モードであり、それぞれの分布の対応関係は把握しやすい。これに対して、腹板の薄い場合 $h/t_w=300$ では、腹板の幾何学的非線形性が顕著に現われ、腹板のたわみ形のモード移行に対応して、ねじれ角分布、

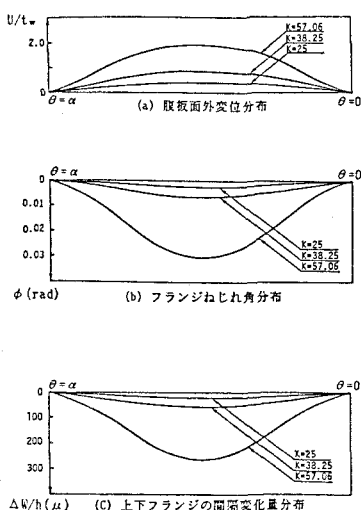


図-4 各変位分布 ($h/t_w=200, b/t_f=13$)

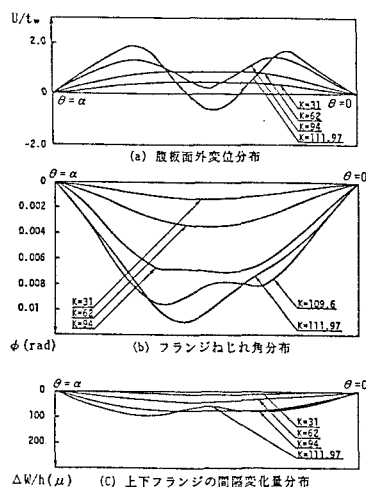


図-5 各変位分布 ($h/t_w=300, b/t_f=13$)

上下フランジの間隔変化量は点Dおよび中央断面でくぼんだ形（3次モード）になっている。このように、腹板の薄い場合には、各変位は相互に関連しながら、さらに幾何学的非線形性が強く現われて、腹板の比較的厚い場合に比べるとその挙動は非常に複雑である。したがって、その崩壊性状についてはBaslerの唱えるフランジ座屈形式のうち、どの座屈形式が耐荷力を決定するかという問題に対して、明確に答えることは極めて難しい。また、これらの $h/t_w=300$ の傾向は、 $h/t_w=400, 500$ についても同様である。

参考文献

1) 大村・藤井：曲げを受ける曲線桁の非線形断面変形挙動と耐荷力について，第40回年次学術講演会講演概要集第1部 PP143～144 昭和60年9月