

曲げを受ける曲線桁の断面変形について

広島大学 工学部 正会員 大村 祐
 広島大学 工学部 正会員 藤井 堅
 広島大学 工学部 学生会員 〇栗村 恭

1. まえがき

曲線桁腹板は曲げを受けるとその曲げ応力により、引張側では曲率中心側へ、圧縮側ではその逆方向へ変位する。その結果、曲線桁は断面変形を生じることになり、この断面変形の応力性状あるいは耐荷力に及ぼす影響の解明が重要な問題となっている。従来、この断面変形に関して、実験的研究は極めて少なく、解析法の検証あるいは耐荷力評価を行うには十分な資料が得られていない。そこで、本研究では、曲げとせん断およびねじりも考慮できる載荷方法を開発し、曲率の異なる3体の供試体について載荷実験を行い、その変位性状、特に断面変形に着目して、その弾塑性挙動を解明することを試みたものである。

2. 実験方法

載荷原理の概略を図-1に示す。図中、弧ACBは供試体であり、球台A、F、Gによって支持されている。ただし、点Aでは水平面内の移動を可能にし、たみのみを拘束している。いま、点D、EにそれぞれPなる荷重が紙面の表から裏向きに作用す

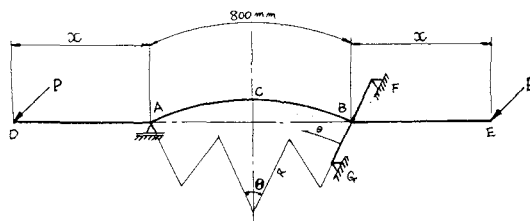


図-1 載荷原理

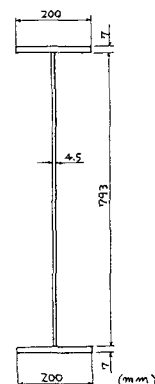


図-2 供試体

れば、供試体の任意の断面θにおけるせん断力Q(θ)は常に零となり、曲げモーメントM(θ)およびねじりモーメントT(θ)は $M(\theta) = P \times \cos(\theta - \frac{\theta}{2})$, $T(\theta) = P \times \sin(\theta - \frac{\theta}{2})$ となる。そして、供試体中央断面C($\theta = \frac{\theta}{2}$)での曲げモーメント M_c とねじりモーメント T_c は $M_c = P \times x$, $T_c = 0$ となる。すなわち、中央断面Cでは曲げモーメントのみが生じ、ねじりモーメントは生じない。本実験ではこの状態を純曲げ状態と呼ぶことにする。

供試体はSS41鋼材を用いて3体作製した。図-2に示すような同一I型断面を有する桁Z、 $R = \infty$ (直線桁、Model-1) および $R = 5m$ (Model-2), $2m$ (Model-3) と曲率半径を変化させ、弧長を80cmとしている。

3. 残留応力

残留応力は載荷用供試体と同一断面、鋼材、溶接条件で作製した $R = \infty$, $2m$ のZ体の供試体を用いて、桁を切断して応力を解放し、ひずみゲージ法と標点法によって測定した。図-3で、直線桁と曲線桁の測定結果を比較すると、フランジでは大差はないが、ウェブでは直線桁に比べ曲線

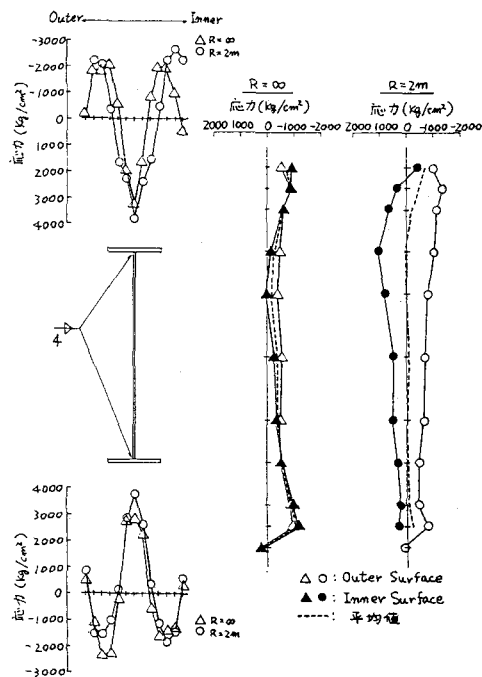


図-3 周方向残留応力分布 (ひずみゲージ法)

桁は大きな曲げひずみを生じている。これは桁を製作する際に、ウエブを曲げていることに起因していると思われる。しかし、周方向ひずみとしてはあまり差異はない。また、ひずみゲージ法と標点法の両者の測定結果に大きな差は見られなかった。

4. 実験結果および考察

中央断面の断面変形に関して、荷重-ウエブ面外変位を図-4に示す。このウエブ面外変位は、フランジとウエブの接合部を結ぶ直線に対する変位である。さらに、荷重-圧縮フランジの引張フランジに対する相対ねじれ角を図-5に示す。図-4で、Model-2の方がModel-3

よりも大きなウエブ面外変位を生じているのは、曲率がある程度以上大きくなるとウエブ面外変位は逆に小さく現われるようになるためと思われる。これに対して、図-5では、圧縮フランジ相対ねじれ角は、曲率が大きいModel-3の方がModel-2よりも大きく、荷重とともに幾何学的非線形性の強い挙動を呈している。これはこのことから、本実験のような極めて曲率の大きい曲線桁では、ウエブ面外変位が桁の耐荷力を決定する直接的要因とはならず、耐荷力は圧縮フランジの局部的なねじれ変形によって決定されると判断される。また、図-4で、Model-1は、ウエブの引張側、圧縮側にサガれず両方とも同じ方向に変位を生じているのに対し、曲線桁(Model-2, Model-3)では、必ず、引張側で曲率中心側へ、圧縮側でそれと逆の方向へ変位を生じている。このウエブ面外変位は圧縮フランジのねじれ変形の方法を決定するものと考えられる。

次に、ひずみに関して、 $M_c = 9.54 \text{ t}\cdot\text{m}$ に対応する中央断面近傍の周方向ひずみ分布を図-6に示す。この図で、特に、フランジのひずみ分布に注目すると、曲線桁は大きなバイモーメントを生じていて、曲率が大きいModel-3の方がModel-2よりも大きい。このバイモーメントは、圧縮フランジのねじれ変形に大きく影響していると考えられ、曲率の増加に伴って耐荷力が小さく現われているのは、それに伴うバイモーメントの値が大きくなることに起因しているものと考えられる。

また、初期不整、残留応力ともに耐荷力に大きく影響することが認められた。

参考文献

- (1) 三上・古西・米沢；曲げを受ける円筒形板バネの非線形挙動，土木学会論文報告集 No.299 1980.7 (2) 藤井・大村；曲線桁断面変形の非線形有限要素解析，広島大学工学部研究報告，第31巻第1号，1983.1

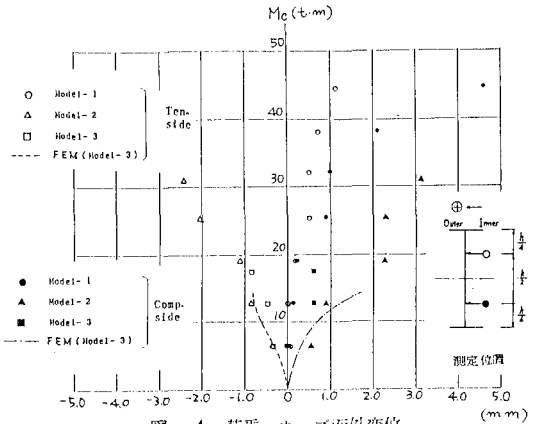


図-4 荷重-ウェブ面外変位

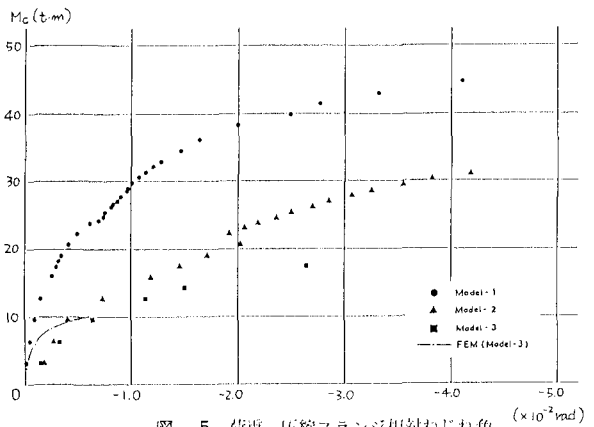


図-5 荷重-圧縮フランジ相対ねじれ角 ($\times 10^{-2} \text{ rad}$)

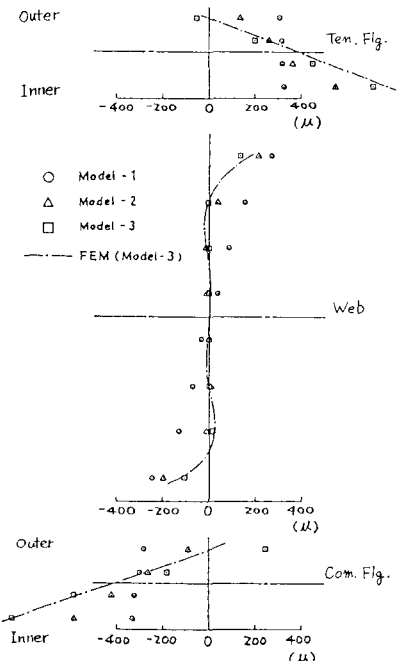


図-6 周方向ひずみ分布 ($M_c = 9.54 \text{ t}\cdot\text{m}$)