

中部工業大学 学生員 ○西川俊一

正 員 倉田宗章

正 員 塩見弘幸

◎まえがき

両端に不等モーメントを受けるはりあるいは、はり一柱部材の強度算定に用いられる換算モーメント M_{eq} については、過去に多くの研究がある。本報では、この換算モーメント M_{eq} の既往の研究について述べ、2. 3 の数値計算を行い、考察を試みた。

◎換算モーメント M_{eq} の既往の研究について

面外耐荷力については、不等モーメントを受けるはりあるいは、はり一柱部材の曲げねじれ座屈耐荷力の計算を M.R. Horne, M.G. Salvadori 及び C. Massonnet が Energy Method を用いて行なった。その結果を基に、不等モーメントを等モーメントに置き換えることを提案し、上限界と下限界を得て、それぞれの近似式を提案した。それらを、縦軸に補正係数 M_{eq}/M_1 を、横軸に端モーメント比 M_2/M_1 をとって表示した図が図-1である。

一方、面内については、Stephenson and Cloninger が不等モーメントを受けるはり一柱に対して、セカント公式を用いて平均圧縮応力を導いたことに始まり、この結果を利用して W.J. Austin が M_{eq}/M_1 に対する上限界と下限界を示し、近似的にほぼ、この中心で換算モーメントを表わした。さらに Austin は Horne や Massonnet 等の提案した式と比較して面外にも適用できるように、 $-0.5 \geq M_2/M_1 \geq -1.0$ の範囲において M_{eq}/M_1 を 0.4 とした。周知のように、これは 2. 3 の示方書で採用されるに到った。

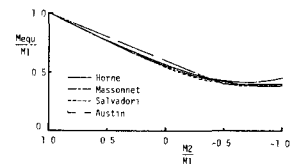


図1 換算モーメント

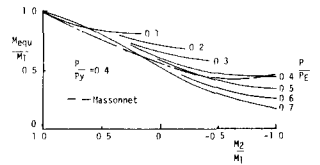


図2 Ketterによる解析結果

以上の結果は、はりあるいは、はり一柱について弾性解析されたものであるが R. L. Ketter は²⁾残留応力の影響を考慮したはり一柱の弾塑性解析を面外耐荷力について行い Massonnet の計算結果の妥当性を示している。しかし、図-2に示すように³⁾ $-0.5 \geq M_2/M_1 \geq -1.0$ の範囲においては多少異なる結果を得ている。一方面外耐荷力に関して、宇佐美³⁾は不等モーメントを受けるはりについての弾塑性解析を Finite integral method を用いて行い、その結果から、無次元化細長比 λ が $\sqrt{2}$ 以下の範囲において道路橋示方書のはりに関する基準耐荷力式に、端モーメント比に関する項 $0.32(1 - M_2/M_1)$ を加えて、近似式を表わした。

本報では (1) Ketter が指摘した $-0.5 \geq M_2/M_1 \geq -1.0$ の範囲における傾向と (2) 面外耐荷力に関する換算モーメントの軸力による影響を調べた。

◎数値解析と結果

面内については、まず、対象とする断面の曲げモーメント-軸力-曲率関係を求め、この関係を用いて一定軸方向力が作用する場合の曲げモーメント-たわみ角関係を数値積分法によって計算し、耐

荷曲げモーメントを求めた。

面外耐荷力の数値解析は曲げねじり座屈に関する微分方程式を用い、伝達マトリックスにより求める方法をとった。

この場合、解析モデルとしては図-3に示すモデルを考え、用いた残留応力分布を図-4に示す。

これらの計算によって得られる値とMassonnetの換算モーメントとの比較において、崩壊が部材端で生じる範囲は除外した。

図-5は面内耐荷力に対して計算を行った一例を種々の細長比 l/r に対して、縦軸に M_{eq}/M_1 、横軸に M_2/M_1 をとり表示したものである。この図-5と前にKetterが示した図-2を比較すると、ほとんど同様の傾向を示し、Ketterも指摘したように $-0.5 \leq M_2/M_1 \leq -1.0$ の範囲においてはMassonnetの近似式と離れる傾向が認められる。

面外耐荷力に関する M_{eq}/M_1 は、図-6からわかるように全体に大きくなる傾向を示している。また、面内、面外共に断面寸法の違いによる影響はほとんどないが、軸力比 P/P_y を細長比 l/r が重要なパラメーターとなっている。

◎考察

図-5においてMassonnetの近似式より下にくる曲線について、参考のため $P/P_y \leq 0.4$ の範囲において次のような近似式を表わし、図-5に破線で示した。

$$M_{eq}/M_1 = \frac{1}{2} (M_2/M_1 + 1) \quad M_2/M_1 \geq 2(1 - P/P_y)^3 - 1 \quad \text{-----(1)}$$

$$M_{eq}/M_1 = (1 - P/P_y)^3 \quad M_2/M_1 \leq 2(1 - P/P_y)^3 - 1 \quad \text{-----(2)}$$

式(1)及び式(2)を用いるとMassonnetの近似式より下にくる曲線については比較的よく説明できるようである。また、上にくる曲線についてはMassonnetの近似式と大差がないことがわかる。一方図-6についてみると、 l/r の値が小さくなるにつれて M_{eq}/M_1 の値が大きくなることかわかる。これは

l/r の値が小さな範囲では弾塑性座屈を起こすため、 M_{eq}/M_1 の値が1.0に近づくと考えられる。また、この図は軸力比 P/P_y を0.6とした場合の結果であり、この結果と軸力を考慮しない宇佐美の近似式と比較してみると、軸力による影響がかなり大きいことがわかるが、一般的な場合については、現在、未だ検討中である。その結果については、講演当日発表の予定である。また、変断面はり-柱部材についても考慮中である。

◎参考文献

- 1) Johnston, B.G.; Guide to Stability Design Criteria for Metal Structures, John Wiley & Sons, 1976.
- 2) Ketter, R.L.; Further Studies of the Strength of Beam-Columns, Proc. of ASCE, Vol. 87, No. ST6, 1961.
- 3) Usami, T.; Inelastic Lateral Buckling Strength of Monosymmetric I-Girders, 岐大研究報告 第23号, 1973.

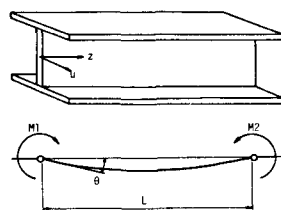


図3 解析モデル

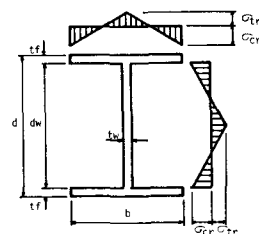


図4 用いた残留応力分布

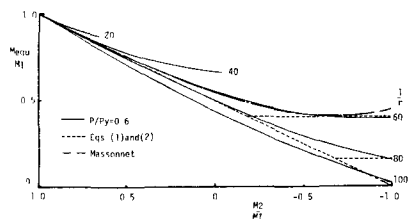


図5 面内耐荷力における換算モーメント

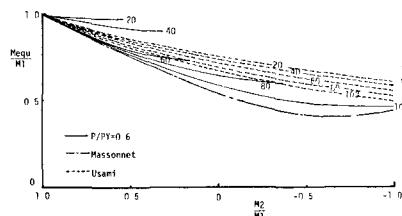


図6 面外耐荷力における換算モーメント