

大林組 正員 ○小西 一寛  
名工大 正員 長谷川 彰夫

1. 序 曲げを受けるプレート・ガダーの横座屈強度は、基本的にけたの固定点間距離とけた断面の弱軸まわりの剛性に支配される。ウェブの剛性が横座屈強度に与える影響は一般に少いと考えられる。本報告では、そのような実用上の立場とは別に Fig.1 に示すように断面不変の仮定にもとづいて算出されるプレート・ガダーのはりとしての横座屈強度と、けたを板要素の集合体とみなして、ウェブの座屈時の変形を許容した上で求めた横座屈強度が、けたの幾何学的パラメーターによつて、どのような相違を示すかについて検討する。その結果として、この場合補剛された板要素の座屈と、棒部材としての座屈が、十字断面柱のぬじれ座屈の場合と同様に、本質的には、同じ性格を帯びていることを明らかにする。

2. 解析 Fig.2 に示すように二軸対称のI型断面を持つけたが両端単純支持のもとで、等曲げを受ける場合を考える。このとき、はりとしての横座屈強度 $(M_0)_{cr}$ は、

$$(M_0)_{cr} = \frac{\pi}{\alpha} \sqrt{EI_y \sqrt{GK + \left(\frac{\pi}{\alpha}\right)^2 EI_w}} \quad (1)$$

ここで、 $\alpha$  は固定点間距離、 $EI_y, GK, EI_w$  はそれぞれ、弱軸に関する曲げ剛性、St. Venant のぬじれ剛性、そりぬじれ剛性である。はりも板要素の集合体とみなすとき、上下のフランジを補剛材、ウェブを板と評価し、変位自由の両非載荷辺に補剛材を持つ補剛された板要素と考えると解析する。このとき、固定点間距離に相当するのは板要素の非載荷辺の長さ $a$ である。計算は、有限帯板法を用い、補剛材のぬじれ剛性の影響を考慮する。<sup>2)</sup>

3. 計算例と考察 Fig.3,4 の挿入図に示すようにウェブの幅厚比 $b/t_w$ が256.5であるけた断面について、圧縮フランジとウェブとの面積の比 $A_{cf}/A_w$ と、フランジ全幅と厚さの比 $b_f/t_f$ 、および固定点間距離とウェブ高の比 $a/h$ を変化させて、はりとしての横座屈強度 $(M_0)_{cr}$ と補剛された板要素としての座屈強度 $(M_1)_{cr}$ を計算した。横軸に $a/h$ 、たて軸に座屈モーメントをとり、 $b_f/t_f$ をパラメーターとしてあらわした結果を、 $A_{cf}/A_w = 0.825$  の場合について Fig.3 に、 $A_{cf}/A_w = 0.413$  の場合について Fig.4 に示す。この結果によれば、この範囲の $A_{cf}/A_w$ 、 $b_f/t_f$  のもとでは、補剛された板要素の座屈強度が最大となる $a/h$ が小さい場合には、補剛された板要素としての座屈、すなわち、

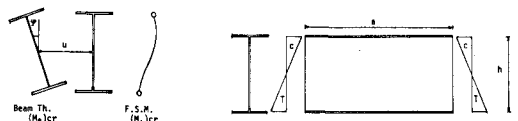


Fig.1 はり理論の座屈モードと有限帯板法による座屈モード

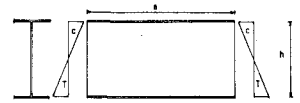


Fig.2 解析モデル

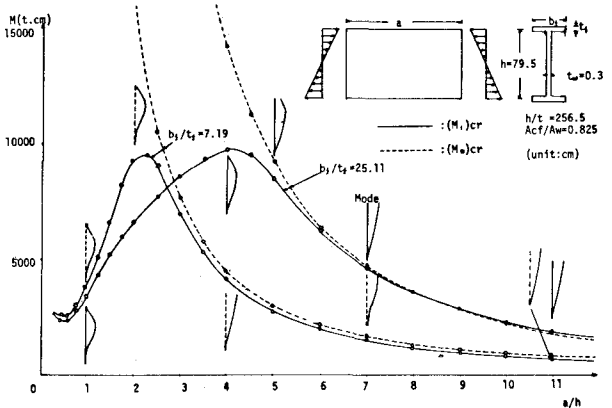


Fig.3 座屈モーメント $M_{cr}$ と辺長比 $a/h$ の関係 ( $A_{cf}/A_w = 0.825$ )

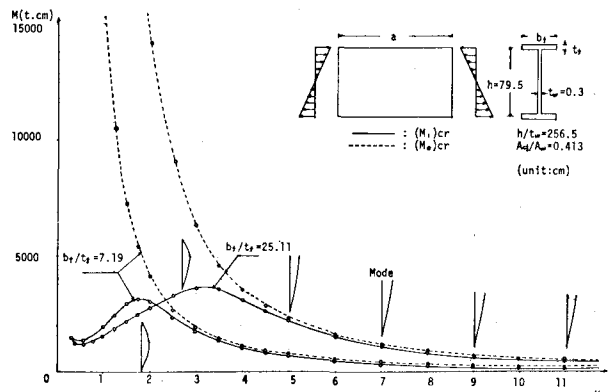


Fig.4 座屈モーメント $M_{cr}$ と辺長比 $a/h$ の関係 ( $A_{cf}/A_w = 0.413$ )

ウェブの変形を許容した上での横座屈強度がはりとしての横座屈強度を大きく下回るが、 $\alpha/\rho_w$ が $(\alpha/\rho_w)_c$ より大きい場合には、ウェブの変形が横座屈強度に与える影響は、ほとんどない(とみこみ)。このような事を明らかにするために補剛された板要素としての座屈強度とはりとしての横座屈強度の比 $(M_1)_{cr}/(M_0)_{cr}$ と $\alpha/\rho_w$ の関係とFig.5.に示す。Fig.3.4で補剛された板要素の座屈強度が最大となるように、すなわちウェブが先行座屈しないうちにウェブが一般に設計されることを考えると、実用上の立場から、はりの横座屈強度を検討する場合に重要となる領域は、Fig.3.4で $\alpha/\rho_w$ が $(\alpha/\rho_w)_c$ より大きい領域と考えてよい。この計算例によれば、一般にウェブの変形の考慮の有無は、実際に用いられるプレートガタの横座屈強度に、本質的に大きな影響を与えるパラメータとなり得ないと言える。しかしウェブの後座屈強度をかたがりの効率と期待して設計する場合には、ウェブの変形が横座屈強度に与える影響は、注意すべきであろう。

以上の結果は、 $0.413 < A_{ct}/A_w < 0.825$ ,  $7.19 < b_1/t_1 < 25.11$ の範囲のもとでの結果であるが、 $\alpha/\rho_w = 4.0$ とし、 $A_{ct}/A_w$ を2.0まで変化させたときの $(M_1)_{cr}/(M_0)_{cr}$ の値と、 $13.0 < b_1/t_1 < 25.0$ を1/7ゲータとしてFig.6に示す。この結果から $A_{ct}/A_w$ ,  $b_1/t_1$ が大きくなる、すなわち、ウェブの剛性がウェブの剛性に比較して相対的に高くなる場合に、ウェブの変形による、横座屈強度が低下する一般的特性がわかる。この場合にも、ウェブの変形を考慮することにより、横座屈強度が低下するのは、ウェブ板要素の先行座屈によるもので、ウェブの厚み比制限の形とその先行座屈が生じないようにウェブが設計されるならば、はりとしての横座屈強度は十分信頼し得るものとなる。

本報告では、はりの横座屈現象と補剛された板要素の座屈現象として解析した結果について検討した。このように構部材断面が板要素の集合体である場合には、構部材としての座屈現象と、板構造としての座屈現象は本質的に同じものである。構理論では、一般に一次元部材としての取り扱いをするための大きな仮定として断面不変の仮定が用いられるが、板構造として取り扱うことによって、構部材の座屈解析に断面変形の自由度を加えることができる。

参考文献 1) Timoshenko, S. and J.M.Gere : Theory of Elastic Stability, 2nd Ed., McGraw-Hill, New York, 1961

2) 長谷川彰夫, 大田孝二, 西野文雄 ; 補剛された板要素の座屈強度に関する二つの考察, 土木学会論文報告集 第232号, 1974年12月, pp.1~15

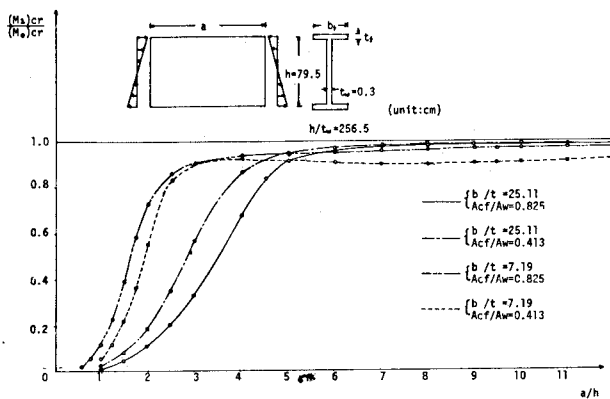


Fig.5  $(M_1)_{cr}/(M_0)_{cr}$  と  $\alpha/\rho_w$  の関係

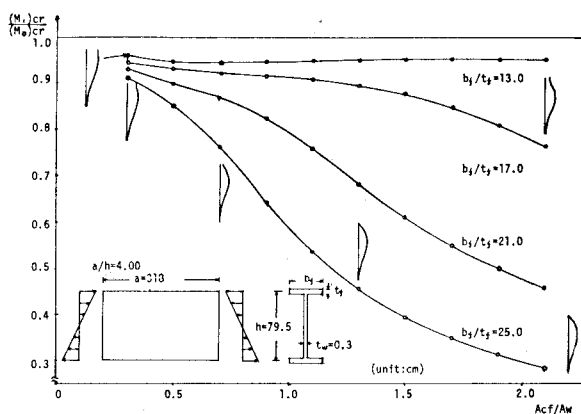


Fig.6  $(M_1)_{cr}/(M_0)_{cr}$  と  $A_{ct}/A_w$  の関係 ( $\alpha/\rho_w = 4.0$ )