

東京大学 学生員 ○長谷川彰夫  
 正員 西野文雄  
 奥村敏恵

1 序. プレート・ガーダーのウェブの線型座屈解析は、現在完全に検討され尽くされていると考え向きが多いが、本論は、その範囲において、検討不十分と思われる i) 水平補剛材の換り剛性の効果 ii) 圧縮フランジのウェブに対する換り拘束 iii) 曲げ拘束の影響 iv) 有効接線係数の導入による初期不整非線型因子の線型処理 の四点につき、Energy法により解析し、その特性について検討する。

2 解析. 図-1に示すような解析モデルを考え、圧縮フランジとウェブの相互作用は、不静定力  $m_0$ ,  $q_0$  を導入して処理する。水平補剛材の曲げ剛性、及び換り剛性を考慮すると、次に示すEnergy評価式が成立する。

$$\frac{1}{2} \int_0^a m_0 \varphi^2 |_{y=c} dx + \frac{1}{2} \int_0^a q_0 w |_{y=c} dx = \frac{D}{2} \int_0^a \left\{ \left( \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right)^2 + 2(1-\nu) \left( \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} \right)^2 \right\} dx dy - \frac{1}{2} \int_0^a \int_0^b \sigma w T \left( \frac{\partial w}{\partial x} \right)^2 dx dy - \frac{(EI)_s}{2} \int_0^a \left( \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \right)^2 |_{y=c} dx - \frac{(IS)As}{2} \int_0^a \left( \frac{\partial \varphi}{\partial x} \right)^2 |_{y=c} dx + \frac{(EI)w_s}{2} \int_0^a \left( \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} \right)^2 |_{y=c} dx + \frac{(GK)s}{2} \int_0^a \left( \frac{\partial \varphi}{\partial x} \right)^2 |_{y=c} dx - \frac{(IS)As(Ts)^2}{2} \int_0^a \left( \frac{\partial \varphi}{\partial x} \right)^2 |_{y=c} dx$$

この基本式を用い、図-2に示すように水平補剛材の変形特性により、Flexible Mode と Rigid Mode の二種の座屈Modeを考え、自由度を2つ与えて、座屈値を計算し、その自由度に対する最小値を求める座屈値とする。本解析は、厳密解析というより因子解析的性格を持ち、実験等による現象的考察より、①圧縮フランジとウェブの回転角に対しては、局部変形により実際に相違する事の有ると考えて図-3に示す  $\beta$  なる圧縮フランジ換り拘束係数を定義し、②初期不整による剛性低下は図-4に示す有効接線係数の低下として処理する。又、水平補剛材の換り抵抗を考慮しているので水平補剛材に対する従来のParameter  $\delta$ ,  $\delta'$  の他に次に示す換りに関するParameter  $K_s$ ,  $K_w$ ,  $K_p$  を導入する。これらの諸量は無次元量として、次に示すように定義する。

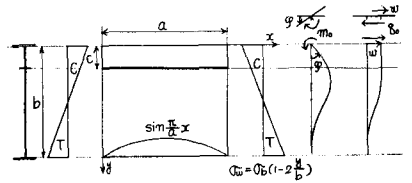


図-1 解析モデル

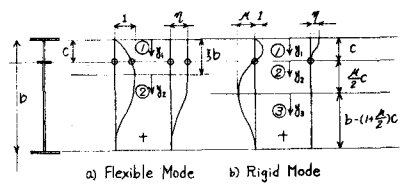


図-2 座屈波形の仮定

$K_s = \frac{GK}{bD}$  (St. Venantの換り剛比),  $K_w = \frac{EI_w}{b^3 D}$  (はり換り剛比),  $K_p = \frac{r_s^2}{b^2}$  (極2次半径比)  
 本解析において、座屈強度と支配するParameterをまとめると表-1になる。以上の解析計算の結果、得られた特性について、以下に考察する。

3 考察 簡潔を期す為、解析目的である序に述べた4項目について簡潔書きに記す。

i) 水平補剛材の換り剛性の効果; 計算例を図-5に示す。従来、補剛材の役割 表-1 座屈強度パラメータ  
 については曲げ抵抗しか考慮されていなかった為、DIN4114に見られるような最小剛比概念が、設計に大きな影響を与えていたが、計算例より明らかになように換り抵抗を考慮するとRigid Modeの場合にも、剛性を高める事により座屈強度は上昇する。従

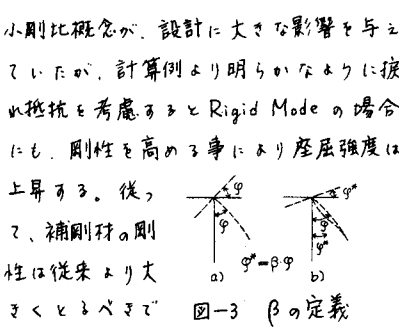


図-3  $\beta$  の定義

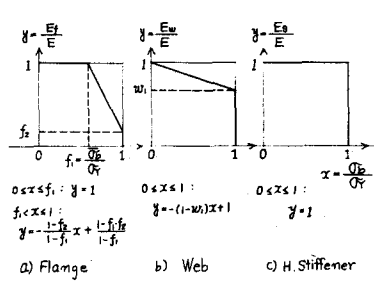


図-4 有効接線係数の評価

Elastic Buckling	$\frac{b}{T} \rightarrow \frac{Q_{cr}}{M_{cr}} \rightarrow R$
Plastic Buckling	$\frac{Q_{cr}}{M_{cr}} \rightarrow \frac{b}{T} \frac{Q_{cr}}{M_{cr}}$
Kind of Parameter	Parameter
Comp. Fig.	$A_d/A_w, \eta/b$
Web	$\eta/b, \eta/b$
Longitudinal Stiff.	$\delta, \delta', K_s, K_w, K_p$
Comp. Flg. Restraint	$\beta, \eta$
Buckling Mode	Flexible $\beta, \eta$ Rigid $\eta, \eta$
Comp. Flg.	$f_1, f_2$
Imperfection	Web $w_1$

Note: Buckling coefficient,  $R$ , is defined as follows:  $Q_{cr} = R \frac{b^3 D}{12(1-\nu^2)}$

あるとの最近の主張に一フの根拠を与えるものであり、強度上昇と経済性の両面より検討して最適剛比的概念を設計思想に強く反映すべきであると考へらる。 ii) 圧縮フランジの振れ拘束の影響; 従来、圧縮フランジの振れ拘束は無視して、それを安全側に評価する向きが多かった。しかし、図-6の計算例に示すように、フランジ、ウェブ水平補剛材の剛性の相対的大小により、圧縮フランジの振れ座屈が先行して、危険側になり得る場合がある。圧縮フランジの局部座屈に関連し、検討すべき問題である。 iii) 圧縮フランジの曲げ拘束の影響; ii)の場合と同様にこの相互作用も、従来、考慮されていなかったが、これは明らかに危険側の評価である。図-7に計算例を示す、フランジ横変位自由度 $\eta$ に対する下側包絡線が曲げ拘束を考慮した場合の座屈係数を与え、ウェブ剛性が高くなるにつれ、座屈係数が低下する傾向を把握できる。圧縮フランジの曲げ座屈(横倒れ座屈)に関連し、特に架設時の安全性の観点より、検討を要する問題である。 iv) 有効接線係数評価による座屈曲線; 図-4に示したように、作用応力により変化し得る有効接線係数を定義すると、線型解析により、残留応力、初期にめみ等の非線型不整形因子を近似的に処理出来る。その計算例を図-8に座屈曲線として示す。座屈、耐力の持つ性格から考へて、その値を線で推定する事から、領域で推定する概念に移行するならば、有効接線係数による耐力推定は、比較的有意なものであると考へらる。図-8には筆者の行った実験値(未発表)も示してあるが、従来の線型理論(Dubas & Stüssi)に比較し、本解析結果は、実験値をより妥当に推定していると判断される。

4 あとがき 計算に際し、卒業論文の一環として江村康氏(現、間組)の協力を頂いた。ここに記して感謝する。

4 あとがき

計算に際し、卒業論文の一環として江村康氏(現、

間組)の協力を頂いた。ここに記して感謝する。

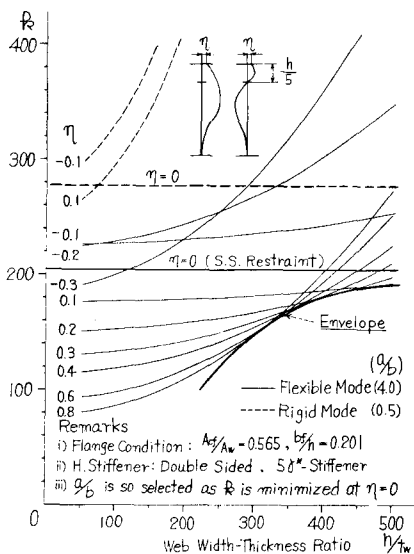


図-7 フランジ曲げ拘束の影響

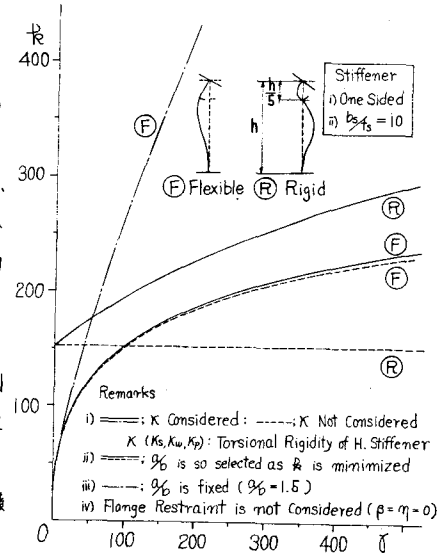


図-5 水平補剛材の振れ剛性の効果

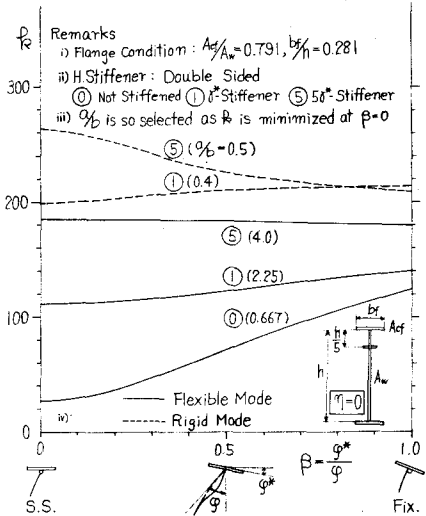


図-6 フランジ振れ拘束の影響

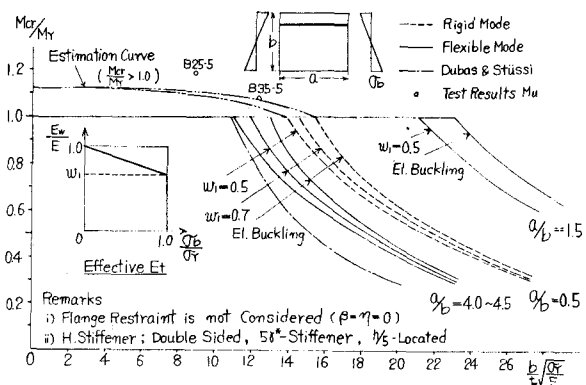


図-8 腹板の曲げ座屈曲線