

北海学園大学 正 員 高 橋 義 裕
 北海道大学 正 員 能 町 純 雄
 北海道大学 正 員 角 田 与史雄

1 ま え が き

上縁載荷を受ける I 型断面部材の弾性座屈に関しては、腹板を周辺単純支持あるいは固定の等方性矩形板にモデル化し、軸方向に関し一様応力状態での曲げ座屈およびせん断座屈と個別に取り扱い解析されている。これに対し、実際の腹板は上下フランジで弾性固定され、さらに補剛材を有している。補剛された腹板の一様応力状態での座屈に関する研究には、M. Stein¹⁾、S. Timoshenko²⁾、K. Klöppe³⁾、吉田⁴⁾らの研究がある。しかし、これらの研究は周辺単純支持矩形補剛板の座屈を扱ったもので、補剛材の曲げ剛性およびねじり剛性の影響と同時にフランジの曲げ剛性およびねじり剛性をも考慮し、座屈前応力分布が二次元的に変化しかつすべての二次元応力成分を含む垂直補剛材を有する I 型断面部材の弾性座屈に関する研究はまだ見当たらないようである。本論文は、垂直補剛材を有する I 型断面部材の上縁載荷による弾性座屈挙動について検討したものである。

2 解 析 方 法

図一で示される幅 b 、長さ l の補剛材を含む $b \times l$ の帯板要素を考え、座屈前応力分布 $\{\sigma_x^*, \sigma_y^*, \tau_{xy}^*\}$ 、境界断面力 $\{T, S, Q, M\}$ に対応する変位 $\{u, v, w, \theta\}$ 、座標軸を図一(c)のようにとり、面内変位、座屈前応力分布を帯板の短辺方向に関し一次式、面外変位を三次式、軸方向両端を単純支持とするフーリエ級数展開し、ポテンシャルエネルギー停留の原理よりそれぞれのフーリエ係数で与えられる要素剛性方程式が次のように得られる。

$$[K_m]_e \{\delta_m\}_e + \sum_{i=1}^N [K_{mi}^s]_e \{\delta_m\}_e - \lambda \sum_{n=1}^{\infty} [K_{mn}^G]_e \{\delta_m\}_e = \{f_m\}_e \quad \text{----- (1)}$$

ここで $\{f_m\}_e, \{\delta_m\}_e$ はそれぞれ節線外力ベクトル、節線変位ベクトルであり、 $[K_m]_e, [K_{mi}^s]_e, [K_{mn}^G]_e$ はそれぞれ板要素の剛性マトリックス、 N 本の補剛材の剛性マトリックス、座屈前応力分布からなる安定係数マトリックスであり、 λ は座屈荷重強度を与える指標である。式(1)を系全体に組み立て次式を得る。

$$([K] - \lambda [K^G]) \{\delta\} = \{f\} \quad \text{----- (2)}$$

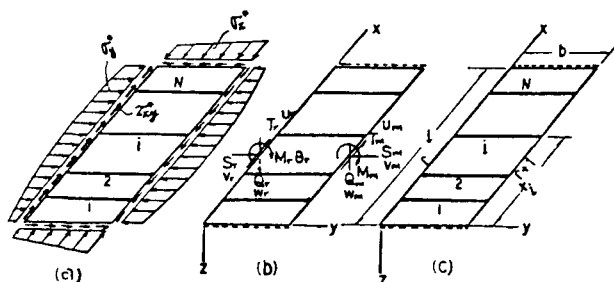
座屈問題は、式(2)の安定限界を求めることであるので結局次の同次式を扱うことになる。

$$([K] - \lambda [K^G]) \{\delta\} = \{0\} \quad \text{----- (3)}$$

となり $\delta \neq 0$ より $|[K] - \lambda [K^G]| = 0$ の固有方程式を得、 λ はその固有値として求め、座屈変形モードはその固有ベクトルとして求まる。

3 数 値 計 算

図二、図三で示される垂直補剛材を有する I 型断面部材に対し $l/H = 6$ 、



図一

$H/B=2$, $t_f/t_w=1.5$, $b_s=8\text{ cm}$, $t_s=0.5\text{ cm}$ とし,
 $1/H$, $2c/H$, H/t_w , $\gamma=EI/HD$, $\delta=b_s t_s/H t_w$ をパラメータとして数値計算を行なった。計算結果は次式を用いて整理した。

$$P_{cr} = (2c \cdot q)_{cr} = K \frac{D \pi^2}{H} \dots\dots\dots (4)$$

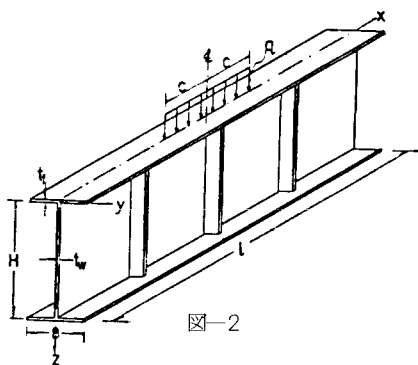


図-2

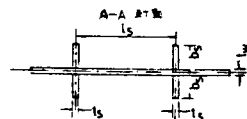


図-3

図-4 は縦軸に座屈係数 K を、横軸に作用荷重幅比 $2c/H$ をとり $H/t_w=50$, $H/B=2$, $t_f/t_w=1.5$, $\delta=0.049$, $\gamma=3.55$ の場合について、1), 2) はそれぞれ $1=1.5H$ で作用荷重直下に垂直補剛材がある場合とない場合を、3), 4) は $1=H$ で同じく作用荷重直下に垂直補剛材がある場合とない場合についてそれぞれ示したものである。5) は補剛材をまったく有しない場合について示したものである。同図より垂直補剛材間隔、配置方法による座屈係数への影響はほとんど見られない。図-5 は $H/t_w=150$, $H/B=2$, $t_f/t_w=1.5$, $\delta=0.418$, $\gamma=95.87$ の場合について荷重幅を変化させたときの座屈モード分布を示したものである。垂直補剛材の所で節となっているのが分かる。

4 あとがき

以上有限帯板法を用いて垂直補剛材を有する I 型断面部材の弾性座屈係数 K を δ , γ , $2c/H$, H/t_w , H/B の各値に対し求めることができた。数値計算には北海道大学大型計算機センターの HITAC-M200 を使用した。

(参考文献) 1) M. Stein and R. W. Fralic: NACA Tech. Note, No. 185, 1949 2) S. Timoshenko and J. Gere: McGraw-Hill, 2nd ed. 3) K. Klöppel und J. Scheer: Wilhelm Ernst Shon, 1960 3) 吉田・前川: 土木学会論文報告集, 第282号, 2, 1979

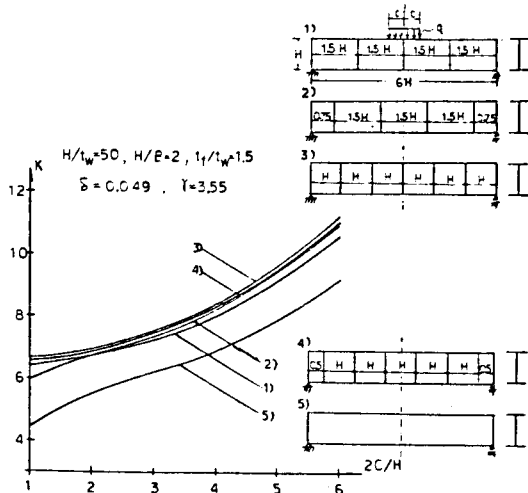


図-4

$H/t_w=150$, $H/B=2$, $t_f/t_w=1.5$, $\delta=0.418$, $\gamma=95.87$

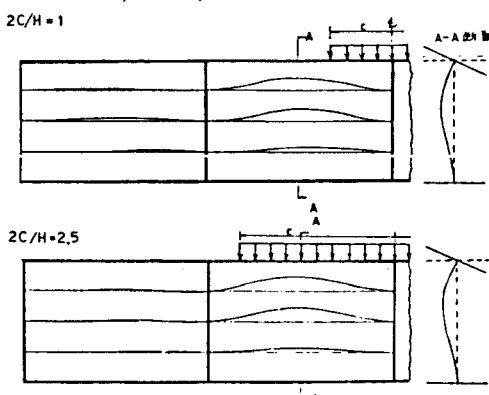
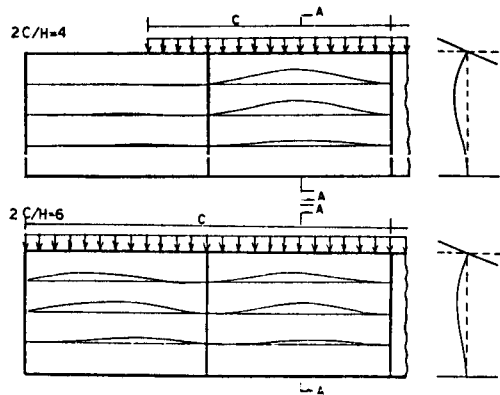


図-5