

ウェブに孔を有するプレートガーダーの横倒れ座屈強度

金沢大学 正員 西田 進
 金沢大学 正員 吉田 博

1. まえがき

近年、建築構造物のはりなどは、コストダウンを考えた配管などのためにはりのウェブに孔があけられることが多くなり、また、これを考慮してAISC Eでは、有孔はりの小委員会が設置されこの委員会の指針の概要が文献1)で紹介された。これは、はりの面内強度計算法として弾性設計と塑性設計の両者について示しているものである。

ウェブに孔がある場合、面内強度は低下するが横倒れ座屈強度も同様に低下すると考えられるので、本研究はこのウェブに補強されない孔を持つはりの横倒れ座屈強度について検討を行うものである。

2. 用いた仮定および計算方法

- a) はりは弾性座屈するものとする。
- b) ウェブにあれば孔は矩形でウェブ中心に対称に明けられているものとする。
- c) 孔は補強されていないものとし、(K)が上下のT形断面のより剛性ゼロとする。
- d) ウェブに孔のある断面のひずみ面は図-1に示すように同一平面にあるものとする。

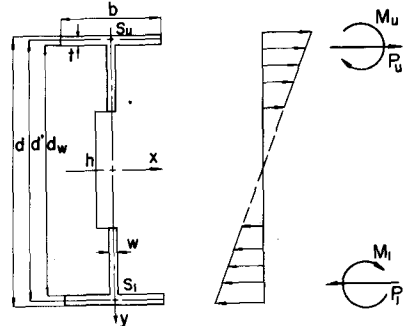


図-1 有孔断面における仮定応力分布

横倒れ座屈強度計算は文献2)の伝達マトリックス法を用いた。左右両端からウェブに孔のある断面までをI形はり、孔のある断面で上下二本のT形はりがI形はりに結合されているとした。

この結合点でI形はりの変形量および断面力はT形はりの変形量および断面力と扇形面積の法則に従って結合つけられているものとして上下に示す格点伝達マトリックスを導いた。式中d'は上下フランジ重心間距離を、GK_T、GK_FはそれぞれI形はりおよびT形はりのS_x、Y_{max}のおおじり剛性である。またT形はりの格点伝達マトリックスはより剛性をゼロとして文献2)の方法により求めた。

$$\begin{matrix}
 \begin{matrix} u \\ \theta \\ y \\ \phi \\ s \\ s' \\ M_y \\ M_z \\ M_{z,i} \end{matrix} \\
 \begin{matrix} | \\ | \\ | \\ | \\ | \\ | \\ | \\ | \\ | \end{matrix} \\
 \begin{matrix} \frac{1}{2} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{2} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{1}{2} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{2} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{2} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{2} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{2} GK_T & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{2} GK_T \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\frac{d'}{2} & 0 & 0 \end{matrix} \\
 \begin{matrix} | \\ | \\ | \\ | \\ | \\ | \\ | \\ | \\ | \end{matrix} \\
 \begin{matrix} u_u \\ s_u \\ s_u \\ M_{yu} \\ M_{zu} \\ u_l \\ \theta_l \\ \phi_l \\ s_l \\ s'_l \\ M_{yl} \\ M_{zl} \end{matrix} \\
 \begin{matrix} \left. \begin{matrix} 1 & 0 & d'/2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & d'/2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -GK_T/2 & 1/2 & 0 & 1/2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1/2 & 0 & 1/2 \\ 0 & 0 & 0 & GK_T/2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & -d'/2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & -d'/2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & GK_T/2 & 1/2 & 0 & -1/2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1/2 & 0 & -d'/2 \\ 0 & 0 & 0 & GK_T/2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{matrix} \right\} \\
 \begin{matrix} R \\ u \\ \theta \\ \phi \\ s \\ s' \\ M_y \\ M_z \\ M_{z,i} \end{matrix} \\
 \begin{matrix} | \\ | \\ | \\ | \\ | \\ | \\ | \\ | \\ | \end{matrix} \\
 \begin{matrix} u_u \\ s_u \\ s_u \\ M_{yu} \\ M_{zu} \\ u_l \\ \theta_l \\ \phi_l \\ s_l \\ s'_l \\ M_{yl} \\ M_{zl} \end{matrix} \\
 \begin{matrix} \left. \begin{matrix} 1 & 0 & d'/2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & d'/2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -GK_T/2 & 1/2 & 0 & 1/2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1/2 & 0 & 1/2 \\ 0 & 0 & 0 & GK_T/2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & -d'/2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & -d'/2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & GK_T/2 & 1/2 & 0 & -1/2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1/2 & 0 & -d'/2 \\ 0 & 0 & 0 & GK_T/2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{matrix} \right\} \\
 \begin{matrix} R \\ u \\ \theta \\ \phi \\ s \\ s' \\ M_y \\ M_z \\ M_{z,i} \end{matrix} \\
 \begin{matrix} | \\ | \\ | \\ | \\ | \\ | \\ | \\ | \\ | \end{matrix} \\
 \begin{matrix} u_u \\ s_u \\ s_u \\ M_{yu} \\ M_{zu} \\ u_l \\ \theta_l \\ \phi_l \\ s_l \\ s'_l \\ M_{yl} \\ M_{zl} \end{matrix}
 \end{matrix}$$

3. 計算結果および考察

計算に用いた断面は部材高さ $d = 68.35 \text{ cm}$,
 フランジ巾 $b = 25.37 \text{ cm}$, フランジ厚さ $t = 1.90 \text{ cm}$,
 ウェブ厚さ $w = 1.24 \text{ cm}$ を用いた。
 等曲げを受ける単純けりの座屈強度を求め
 る近似式として, 左端から孔までの長さを dl
 。孔の長さを βl とし孔の部分で剛性の異な
 る変断面と等エネルギー法を用いて次の式
 を得た。

$$(M_0)_{cr} = \frac{\pi}{L} \sqrt{E I_y K_{iy} \left(\frac{\pi^2 E I_w K_{iw}}{l^2} + G K_T K_{kt} \right)}$$

$$K_{iy} = \left[1 - \frac{I_A - I_y}{I_y} \left(\beta - \frac{1}{2\alpha} \sin 2\alpha(\beta + A) + \frac{1}{2\alpha} \sin 2\alpha \beta \right) \right]$$

$$K_{iw} = \left[1 - \frac{I_w - I_w'}{I_w} \left(\beta - \frac{1}{2\alpha} \sin 2\alpha(\beta + A) + \frac{1}{2\alpha} \sin 2\alpha \beta \right) \right]$$

$$K_{kt} = \left[1 - \frac{K_T - K_T'}{K_T} \left(\beta + \frac{1}{2\alpha} \sin 2\alpha(\beta + A) - \frac{1}{2\alpha} \sin 2\alpha \beta \right) \right]$$

ここに K_{iy} , K_{iw} , K_{kt} は孔のあることによる
 い減係数である。また $E I_y$, $E I_w$, $G K_T$ はそれぞれ
 曲げ剛性, そり剛性, おじり剛性であり, をつけた
 のは孔の部分での各値である。

図-2 は孔の長さ $A = 1/10 l$ および $1/5 l$ の場合につい
 て縦軸に降伏モーメント M_y で無次元化したモーメント,
 横軸に相長比 β/l_y をとって示した。図より近似式は孔の
 長さが短い場合, 伝達マトリックスによる結果と良い一
 致を示している。図-3 は部材長を一定とし, 中央部に
 おける孔の長さ β を $0 \sim 0.9$ まで変化させたものである。

図-4 は孔の長さ $A = 1/10 l$, 両端単純支持けりの座屈
 モードと断面力分布を示したものである。

4. 考察

等曲げを受ける場合については良い結果を得たので現
 在他の荷重状態, 非弾性域, 補剛材のある場合等に拡張
 中である。

参考文献

- 1) John. E. Bower, "Design Procedure for Beams with Web Openings" ASCE. Engi. Jour. Oct., 1972, Vol. 8, No. 4
- 2) 志田, 井本「拘束をうけるけりの弾性および非弾性横倒し座屈解析」土木学会論文報告集第208号, 1972年12A

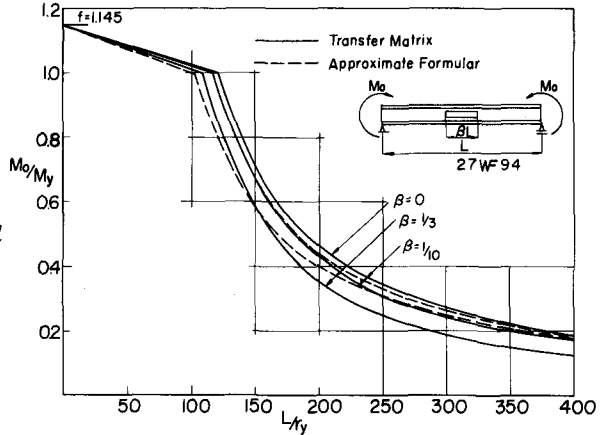


図-2 横倒し座屈強度曲線

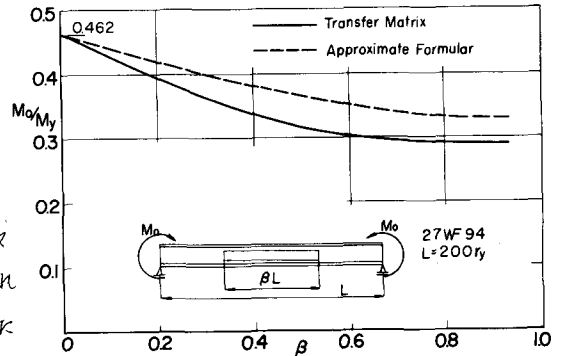


図-3 横倒し座屈強度(孔の長さの影響)

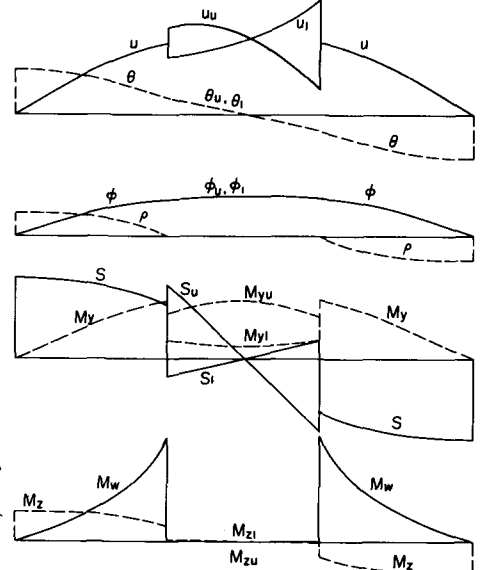


図-4 座屈モードおよび断面力分布