

金沢工業大学 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において、階高を低くするため、はりのウェブに配管等の孔があけられるようになってきた。これを考慮してASCEでは、有孔はりに関する小委員会が設置され、はりの面内強度計算法に関する指針が作られた。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。この点に注目して筆者らは文献1)において、ウェブに補強されない孔を有するはりの横倒れ座屈強度解析法とウェブに孔があけられると強度は低下する事を示した。

本研究はこの強度低下を補うために孔を補強することを考え、ウェブに補強された孔を有するはりの横倒れ座屈強度解析法とその計算例を示すものである。

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) ウェブにけられた孔は矩形で、ウェブ中心に対して対称にけられ、対称に補強されているものとする。

c) ウェブに孔のある断面でのひずみ面は図-1に示すように同一平面にあるものとする。

横倒れ座屈強度は文献1)と同様、左右両端からウェブに孔のある断面までを二軸対称I形はりとし、孔の部分で上下二本の一軸対称I形はりが結合されているものとして、伝達マトリックス法を用いて解析する。

この結合点での変形量および断面力は扇形面積の法則に従うものとして次のような連続条件式を得た(上部のはりの場合)。

$$u_u = u + d_s \varphi$$

$$S_u = \frac{1}{2} S + \frac{d_s I_x}{2(I_w + d_s^2 I_y)} M_x^w$$

$$\theta_u = \theta + d_s \varphi$$

$$M_{\eta u} = \frac{1}{2} M_{\eta} + \frac{d_s I_y}{2(I_w + d_s^2 I_y)} M_w$$

$$\varphi_u = \varphi$$

$$M_{zu} = \frac{1}{2} M_z^{St} + \frac{I_w}{2(I_w + d_s^2 I_y)} M_x^w$$

$$p_u = p$$

$$M_{wu} = \frac{I_w}{2(I_w + d_s^2 I_y)} M_w$$

ここにサフィクス u は上部のはりを示し、 I_x および I_w は一軸対称I形断面の面外に関する断面二次モーメントおよびそり剛性を示す。また M_z^{St} はSt. Venantのねじりモーメントを、 M_x^w はそりによるねじりモーメントを、 d_s は二軸対称I形断面と一軸対称I形断面のせん断中心間距離を示す。(下部のはりに関する連続条件式はねじりモーメント M_{zu} 以外の式の第2項目の符号を変えれば良い。)

上記の連続条件式は孔の両端で共に満足されねばならない。これを同時に満足させる為、孔のある部分では、 $(u \ \theta \ \varphi \ p \ S \ M_{\eta} \ M_z \ M_w)^T$ を状態量ベクトルとする1個の横倒れ座屈に関する格間伝達マトリックスを求めこれを用いた。状態量ベクトルの各記号は横方向変位、横方向たわみ角、ねじり角、ねじり率、横方向せん断力、横方向曲げモーメント、ねじりモーメント、そり二次モーメントを表わす。

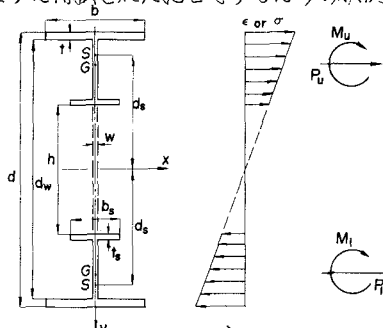


図-1 有孔断面と仮定応力分布

3. 計算結果および考察

計算には部材高さ $d = 68.35 \text{ cm}$, 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 $w = 1.24 \text{ cm}$ なる二軸対称 I 形断面を用いた。なお、ウェブに明けられた孔の高さ h として $h = d_w/2$ ととり、補剛材とウェブの断面積比を β , 剛性の比を γ とした。

図-2 は孔の長さ βL も一定とし、孔の位置を変化させた時の座屈強度の変化を示した。図より補強されない場合、孔をスパン中心に置いた時強度低下は最も大きく、左右の支点に近づくに従って強度は回復する。補強した場合 ($\beta = 1/3$), 孔をスパン中心に置いた時補強の効果が大きく、左右の支点に近づくに従って効果は減少する。

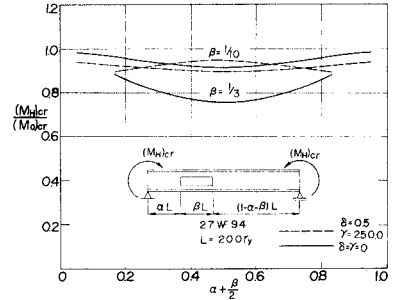


図-2 孔の位置と座屈強度の関係

図-3 は補剛材の剛性と座屈強度の関係を示した。図より、孔を有する事による強度低下を防ぐには β を小さく γ を大きくすれば良く、孔の長さがより長いとき、より少ない剛比で強度低下が防げる。

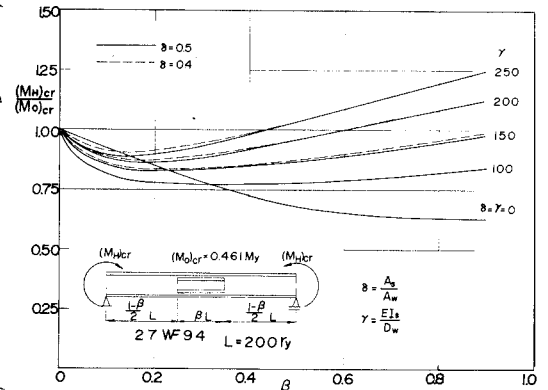


図-3 補剛材の剛性と座屈強度の関係

図-4 は孔をスパン中心に置き、孔の長さの比 β をスパン長の $1/10$, $1/3$ とした時の座屈強度曲線を示した。補強されない場合, $L/ry = 200$, で孔の無い場合に比して前者の順に 8, 24% 程度強度は減少する。また補強した場合, ある長さ以下から補強の効果が表われる。 $\beta = 1/3$ では $L/ry = 400$ からその効果が表われた $L/ry = 170$ 以下では孔の無いときより座屈強度は大きい。

図-5 は孔の長さの比 β も $1/10$ とし、孔をスパン中心に対して対称に 1~4 個配置した時の横倒れ座屈強度曲線を示した。 $L/ry = 200$ のとき、孔の無い場合に比して前者の順に 8, 12, 17, 22% 程度強度は減少する。

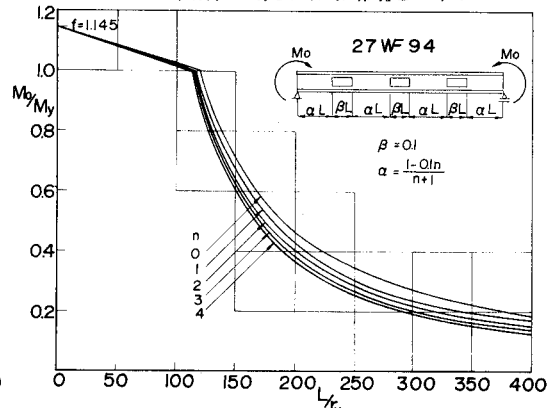


図-5 横倒れ座屈強度曲線 (孔の数の関係)

4. むすび

伝達マトリックス法を用いてウェブに補強された、あるいは補強されない孔を有するの座屈強度解析法を示し良い結果を得た。現在、合成樹脂を用いて模形実験を行なうべく準備中である。

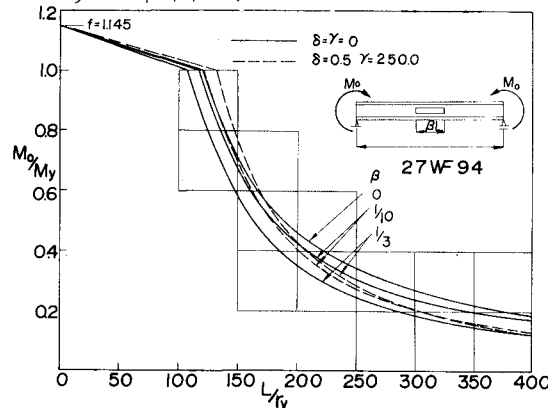


図-4 横倒れ座屈強度曲線 (孔の長さの関係)

参考文献

- 1) 西田, 吉田「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」昭和48年度中部支部研究発表会講演概要集, 1979年2月, pp.19~20.