

モーメント勾配を持つはりの横ねじれ強度式について

名古屋大学 正 福本 秀士  
 石川高専 正〇前川幸次  
 名古屋大学 正 伊藤義人

1. まえがき

横ねじれ安定性に対する通常の設計は示方書によって規定された安全側の設計式によって行われている。通常、一様曲げが作用する桁を対象とし、不等モーメント荷重が作用する場合はモーメント修正係数が適用される。このモーメント修正係数は一般に弾性解に基づいて提案されているが、弾塑性域における有効性について、著者らは、モーメント勾配を有する溶接桁の横ねじれ座屈実験により検討を行ない、その知見と解析結果を基に、桁の設計において最も一般的な荷重状態であるモーメント勾配を持つ溶接桁の横ねじれ耐荷力の推定式を提案した<sup>(1)</sup>。ここでは、同様な検討により圧延ばりの横ねじれ耐荷力の推定式を提案する。

2. 解析法と横ねじれ座屈パラメータ

用いた有限変位解析法は、残留応力、初期たわみおよび降伏点応力度などの実測データを用いることで、圧延ばりの実験値(2) および溶接桁の実験値(1) に対して数%の精度で、最高荷重を推定できることが確認されている<sup>(1)</sup>。

座屈パラメータは基準強度式をより簡単に表現できる方がよく、ここでは経験的に次式を用いることにした。 $\delta_r = M_U / M_p$  ,  $\bar{\lambda}_0 = \sqrt{M_p / M_{ocr}}$  (1)  
 ここに、 $M_p$  = 全塑性モーメント、 $M_U$  = 横ねじれ基準強度、 $M_{ocr}$  は考えているはりと同じスパン長を持つ両端単純支持されたはりに一様曲げが作用する場合の弾性横ねじれ座屈モーメントである。上式で、 $M_p$  を降伏モーメント  $M_y$  に置き換えるならば、 $\bar{\lambda}_0$  は道路橋示方書の細長比にほぼ等しいパラメータであると言える。図-1 のようなモーメント勾配  $\rho$  をもつ両端単純支持されたはりの弾性横ねじれ座屈モーメント  $M_{cr}$  は、次式で表わされる。

$$M_{cr} / M_p = m / \bar{\lambda}_0^2 \quad , \quad m = 1.75 - 1.05\rho + 0.3\rho^2 \quad (2)$$

ここに、 $m$  は Salvadori によって提案されたモーメント修正係数である。

3. 圧延ばりの横ねじれ基準強度式の提案

解析のモデルは圧延ばりの横ねじれ座屈実験(2) に基づいている。すなわち、断面は 250UB37.3 (I-256 x 146 x 6.4 x 10.9 mm)、フランジおよび腹板の降伏点応力度はそれぞれ  $\sigma_{yf} = 284 \text{N/mm}^2$  および  $\sigma_{yw} = 321 \text{N/mm}^2$ 、弾性係数  $E = 210 \text{kN/mm}^2$  および全塑性モーメント  $M_p = 139 \text{kNm}$  とする。また、残留応力は図-2 のように実測値を近似した放物線分布を用いる。図-3 は両端に不等モーメント荷重が作用する圧延ばりの横ねじれ耐荷力の解析結果(実線)、その近似曲線(一点鎖線) および弾性座屈曲線(破線)を、それぞれ  $\rho = 1.0, 0.5, 0.0, -0.5$  について示している。実線のうち、

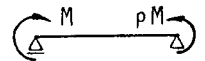
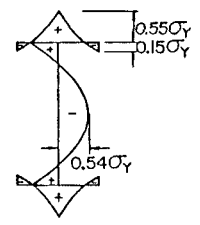


図-1



- Compressive  
 + Tensile

図-2 残留応力

太線は初期横たわみを表すパラメータ  $L/8R \approx 1/1000$ としたもので、これは製作許容値  $L/1000$  に相当する。一方、細線は  $L/8R = 1/2500$ としたものであり、実測値のほぼ平均を表すものと考えられる。解析値が弾性座屈曲線を上回る範囲があるが、これは残留応力による有効ねじり剛性の影響であると考えられる。一点鎖線で示した近似曲線は、次式(3a)のように、一様曲げ ( $\rho = 0$ ) の場合に対する曲線をモーメント勾配  $\rho$  に応じて縦軸に平行に移動するタイプを採用する。

$$M_U/M_P = 1 - 0.427(\bar{\lambda}_0 - 0.2) + \beta_1 \leq 1.0 \quad (3a)$$

$$M_U/M_P = \beta_2 / \bar{\lambda}_0^2 \quad (3b)$$

ここに、 $\beta_1$ 、および  $\beta_2$  はモーメント勾配による修正項であり、 $\beta_1 = 0.29 - 0.33\rho + 0.04\rho^2$ 、 $\beta_2 = m = 1.75 - 1.05\rho + 0.3\rho^2$  となる。通常のはりでは式(3a)が基準強度を与え、長いはりでは式(3b)の弾性座屈強度が適用されるものとする。

解析モデルはすべてのはりを代表するものではないが、残留応力は圧延タイプの実測データに基づき、製作許容値  $L/1000$  なる初期横たわみにに対する耐荷力曲線を近似した提案式は下限値を表すと思われる。

図-4 は式(3)とこれまで圧延ばりを対象として提案されている横ねじれ基準強度式を  $\bar{\lambda} - \delta\rho$  座標上で比較したものである(紙面の都合上、各々の強度式は文献を参照されたい)。式(3)と青島の式<sup>[5]</sup>は、初期変形  $L/1000$  を考慮した横ねじれ耐荷力解析による下限値に基づいているのに対して、Nethercot ら<sup>[3]</sup>とDux ら<sup>[4]</sup>は非弾性座屈解析結果の近似あるいは非弾性座屈を根拠とした理論に基づいている。一様曲げ ( $\rho = 1.0$ ) の場合、式(3)と青島の式の差はほとんどないが、モーメント勾配をもつはり ( $\rho < 1.0$ ) の場合、それらの差が生じている。

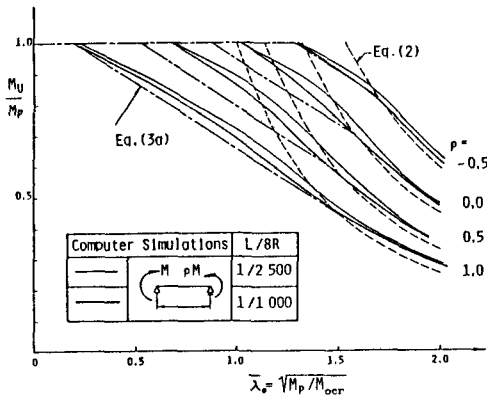


図-3 圧延ばりの横ねじれ強度

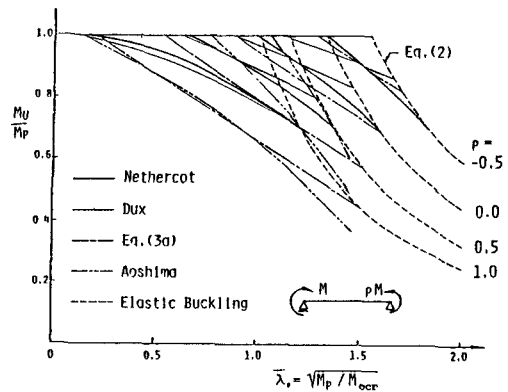


図-4 横ねじれ強度式の比較

【参考文献】

- (1) 福本・他：モーメント勾配による溶接I形桁の横ねじれ座屈実験，土木学会論文集，No. 362/I-4, 1985.
- (2) Dux et al.: Inelastic Beam Buckling Experiments, Research Report No. CE24, Univ. of Queensland, 1981.
- (3) Nethercot et al.: Inelastic Lateral Buckling of Determinate Beams, ASCE, Vol. 102, No. ST4, 1976.
- (4) Dux et al.: Buckling Approximations for Inelastic Beams, ASCE, Vol. 110, No. ST3, 1984.
- (5) 青島：圧延H型鋼ばりの横倒れ座屈公式，土木学会論文報告集，No. 267, 1977.