

名古屋大学

正員 福本 晴士

富士製鉄株式会社

正員 大岩 浩

まえがき

フレートガーダーに曲げが作用したときのガーダーの全体座屈について検討を行なった。曲げによるガーダーの座屈形態としては、腹板の座屈、圧縮側フランジのねじれ座屈、圧縮側フランジの水平方向座屈としてとらえられている。ここでは、フレートガーダーの腹板に注目し、圧縮側フランジの水平方向への曲げ剛性およびねじれ剛性の低下を考慮し、純曲げが作用したときの腹板の弾性座屈強度を求め、これらが連成座屈であることを示し、さらに腹板の座屈、フランジのねじれ座屈、フランジの水平曲げ座屈のように、それぞれ単独の座屈強度と比較、検討してみた。なお問題を簡単にするため、補剛材は考慮せず、すべて等方性板として解析を行なった。

1. 弾性回転支持された板の圧縮座屈

圧縮側フランジのねじれ剛性の低下が板の座屈強度に与える影響を検討するため、図-1に示すような $x=0, a$ で単純支持、 $y=0$ で前述の弾性回転支持、 $y=b$ で自由、の境界条件をもつ矩形板に純圧縮が作用したときの座屈強度を求めてみた。純圧縮を受ける矩形板の微小たわみ変形の平衡方程式は、

$$\nabla^2 \nabla^2 w = -\frac{N_0}{D} \cdot w_{xx} \quad (1)$$

である。この式の解を次の形にとる。

$$w = f(y) \cdot \sin \frac{m\pi x}{a} \quad (2)$$

また、境界条件は、

$y=0$ で弾性回転支持；

$$w = 0 \quad (3)$$

$$C \left(1 - \frac{\sigma_x I_0}{C} \right) \frac{\partial^2 w}{\partial x^2 \partial y} = -D \left(\frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \nu \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \right) \quad (4)$$

$y=b$ で自由；

$$\frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \nu \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} = 0 \quad (5)$$

$$\frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + (2-\nu) \frac{\partial^2 w}{\partial x^2 \partial y} = 0 \quad (6)$$

となる。これから、座屈荷重係数を求めてみると、図-2のようになる。実線は軸方向力によ

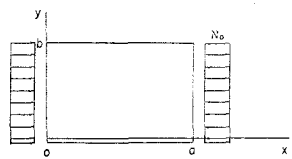


Fig. 1 RECTANGULAR PLATES UNDER UNIFORM COMPRESSION

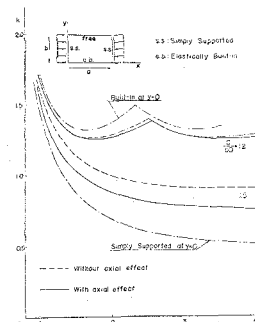


Fig. 2 BUCKLING STRENGTH CURVES

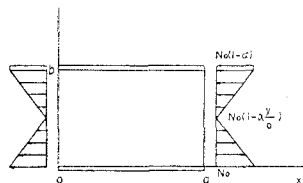


Fig. 3 RECTANGULAR PLATES UNDER PURE BENDING

るフランジのねじれ剛性の低下を考慮したもの、破線は、考慮しないものである。なお、検証実験として行なったアルミ合金材を用いた座屈実験は、(エーチノ)福本、青木「構造用アルミ合金材の座屈実験」を参照されたい。

2. 腹板の曲げ座屈

アレートガーダーの腹板の曲げ座屈においては、通常の板の座屈とは異なり、上下フランジも曲げによる垂直応力を受ける。この影響によって、特に圧縮側フランジの見かけのねじれ剛性および水平方向の曲げ剛性の低下が考えられる。これらのことを考慮して、腹板の曲げ座屈強度を求めてみた。図-3に示すような長さ a 、高さ b の腹板が純曲げを受ける場合について考える。図からわかるように、圧縮側フランジは腹板の最大圧縮縁応力が一様にかかるものとする。

この場合の矩形板の微小たわみ変形の平衡方程式は次のようである。

$$\nabla^2 \nabla^2 w = \frac{N}{D} \left(1 - \alpha \frac{y}{b}\right) w_{xx} \quad (7)$$

また、境界条件としては、前述した垂直応力の影響を考慮して、以下のものを採用した。

$y=0$ で固定;

$$w = \frac{\partial w}{\partial y} = 0 \quad (8)$$

$y=b$ でフランジの水平方向の曲げ剛性による弾性支持、フランジのねじれ剛性による弾性回転支持;

$$B \frac{\partial^4 w}{\partial x^4} = D \left\{ \frac{\partial^3 w}{\partial y^3} + (2-\nu) \frac{\partial^3 w}{\partial x^2 \partial y} \right\} - A_y \sigma_x \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \quad (9)$$

$$C \left(1 - \frac{\sigma_x I_o}{C}\right) \frac{\partial^3 w}{\partial x^2 \partial y} = D \left(\frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \nu \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \right) \quad (10)$$

(7)式の解を,

$$w = \sum_{m=1}^{\infty} \left\{ \sum_{n=0}^{\infty} a_n \left(\frac{y}{b}\right)^n \right\} \sin \frac{m\pi x}{a} \quad (11)$$

と仮定すると、座屈荷重は B/bD , C/bD , A_y/A_w をうえれば、計算することができる。その一例を示すと図-4のようになる。

実線は、ねじれ剛性の低下を考慮したものであり、破線は、考慮しないものである。図-5は、ねじれ剛性の低下の度合いを示したもので、 C/bD が小さくなると急激に座屈荷重が低下することがわかる。図-6は、腹板の座屈たわみ面の一例を示したもので、図-4の $a/b=2$ に相当し、ガーダー全体の横倒れ的な座屈を示していることがわかる。なお、これらの数値計算は、すべて東大大型計算機センターの電子計算機HITAC 5020を使用した。

参考文献; 小西一郎, 米沢博, 三上市蔵 「アレートガーダーの曲げ弾性座屈」 土木学会論文集 143号 (昭42.7)

Timoshenko, S.; Gere, J.M. "Theory of elastic stability" McGraw-Hill, New York, 1961

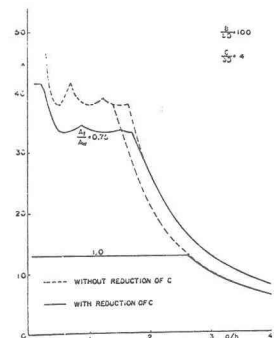


Fig. 4 BUCKLING STRENGTH OF PLATES UNDER PURE BENDING

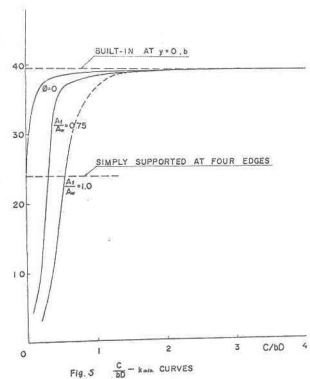


Fig. 5 C/bD - k_m CURVES

