

東大大学院 学生員 宮本征夫 東大大学院 学生員 大熊 寿
 東大大学院 学生員 山下清明 東大工学部 正 員 西野文雄
 東大工学部 正 員 奥村敏恵

1. はじめに

薄肉断面部材にねじりを加えると材料が非弾性的な挙動を示さない範囲では、そのねじり剛性は、引張力、圧縮力、曲げ等による軸心力が存在することにより変化する。軸力として引張力を加えておくとねじり剛性は増加し、逆に圧縮力を加えておくと減少する。この基本的性質を調べるため、薄肉閉断面部材としてZ形断面を、薄肉開断面部材として円形断面をとりあげて理論計算を行ない、実験による結果との比較検討を行なった。

2. 薄肉部材のねじり

ねじりに対してはせん断中心軸が直線を保つことを仮定する。いま、座標として部材の中心軸方向にZ軸をとり、ねじり角を ϕ で表わすことにする。開いた断面で、せん断中心と重心とが一致する場合のねじりの基本方程式は

$$M = (C_0 - \sigma I_0) \frac{d\phi}{dz} - C_1 \frac{d^2\phi}{dz^2} \quad (1)$$

ここで、 $C_0 = GJ$ $C_1 = EC_w$ $I_0 =$ せん断中心に関する極2次モーメント $\sigma =$ 軸荷重による軸心力
 円形断面については

$$M = (C_0 - \sigma I_0) \frac{d\phi}{dz} \quad (2)$$

ねじりの基本方程式(1),(2)をZ形断面、円形断面のおおおのについて、実験における境界条件に基づいて解くと次のようになる。

Z形断面の場合

境界条件は部材の両端を固定してそりを拘束し、部材の中央にねじりモーメントをかけるものを考える。部材長を l としその中央にZ軸の原点をとると、境界条件は

$$z = \frac{l}{2} \text{ で } \phi = \phi' = 0 \quad z = 0 \text{ で } \phi'' = 0 \quad M = -\frac{1}{2} Me \quad (3)$$

(3)の条件における式(1)の解は

$$\phi = \frac{Me}{2C_1\lambda^2} \left[\left\{ \frac{l}{2} + \frac{1}{\lambda} \coth \frac{\lambda l}{2} (\cosh \frac{\lambda l}{2} - 1) + \frac{1}{\lambda} \sinh \frac{\lambda l}{2} \right\} - z - \frac{\cosh \frac{\lambda l}{2}}{\lambda \sinh \frac{\lambda l}{2}} \cosh \lambda z + \frac{1}{\lambda} \sinh \lambda z \right] \quad \text{ここで } \lambda^2 = \frac{C_0 - \sigma I_0}{C_1} \quad (4)$$

円形断面の場合

境界条件は $z = \frac{l}{2}$ で $\phi = 0$ $M = -\frac{1}{2} Me$ (5)

(5)の条件における式(2)の解は

$$\phi = \frac{Me}{2(C_0 - \sigma I_0)} \left(-\frac{l}{2} - z \right) \quad (6)$$

式(4)および式(6)を見るとわかるように、軸力 $\sigma = \frac{P}{A}$ のねじりに対する影響は、式(4)では入りの形で、式(6)では σ そのままの形で式中に含まれている。図1はZ形断面について、軸力を変えて式(4)の計算を行なった結果を示すものである。各直線の勾配がねじり剛性を表わす。軸力0の場合に比し、引張力を加えたときはねじり剛性は増加し圧縮力を加えていくと低下していくことが明らかである。さらに圧縮を加えていくとねじり剛性はますます減少していき0になったときを考えれば、ねじりモーメントを加えなくてもねじれる可能性がある。このような現象がねじり座屈である。したがって、場合によってはねじり剛性の計算にあたり軸力の影響を考慮する必要性も生じてくるであろう。

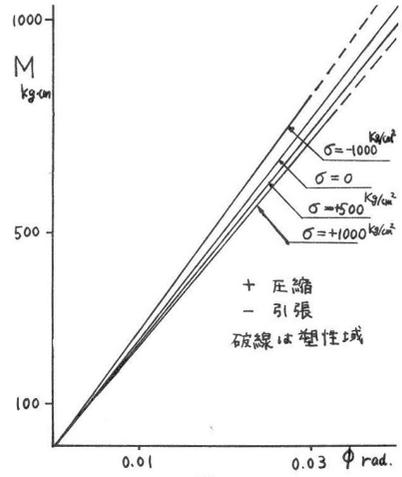
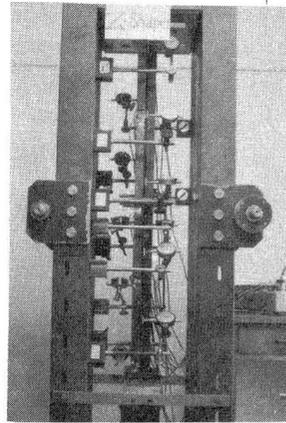


図 1

3. 理論値と実験値との比較検討

実験は写真にあるような試験装置のそとで、ジャッキにより軸圧縮力を一定に保ち、ねじりモーメントを加えてZの各位置におけるねじり角の測定を行なった。図2にZ形断面の試験体について測定したもので、2種類のねじりモーメントに対して軸圧縮力を3段階に変化させたときのねじり角の値をプロットしてある。図2(a)の理論値に比し図2(b)の実験値はどの点でも教%大きく出ているが、いま軸力の影響を考えてみると500 kg/cm²の軸力の増加に対するねじり角の相対的变化は実験値は、



理論値にほぼ等しいといえる。したがって、前述の軸圧縮力によるねじり剛性の低下は実験によって確かめられた。円形断面については式(6)において C_0 に比し σI_0 が非常に小さいため軸力の影響はきわめて小さい。これは実験においても同じ結果を得た。

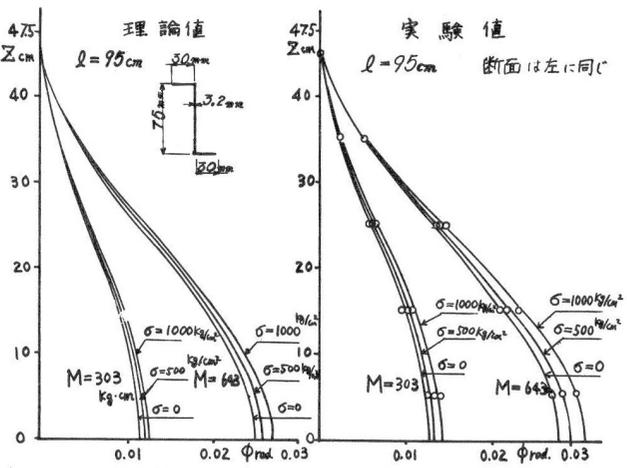


図 2 (a)

図 2 (b)

参考文献

Timoshenko: Strength of Materials II