

曲げ許容応力度の算出式と算出例

< 曲げ許容応力度の算出式 >

「建築士の必要知識」: <http://kenchikuchishiki.com/>

鋼材（炭素鋼）では、許容応力度の決定に横倒れ座屈を考慮しなければいけません。
その許容応力度算出式は、H13告示第1024号で決まっています。
(下記は、H形鋼が強軸まわりに曲げモーメントを受ける場合)

$$\sigma_{bl} = \max \left\{ F \left\{ \frac{2}{3} - \frac{4}{15} \times \frac{(l_b/i)^2}{C\lambda^2} \right\}, \frac{89000}{l_b h / A_f} \right\}$$

σ_{bl} : 曲げ座屈を考慮した長期許容応力度

F: 炭素鋼の基準強度

<http://kenchikuchishiki.com/kouzou/structuredesign/kyouyououryokudo/zakutsu/yokodaore/>

l_b : 圧縮フランジの支点間距離

i : 圧縮フランジと曲げ材のせいの1/6とからなるT形断面のウェブ軸周りの断面二次半径

C: 次の式によって計算した修正係数 (2.3を超える場合は2.3とし、補剛区間内の曲げモーメントが M_1 より大きいときは1とする。)

$$C = 1.75 + 1.05 (M_2/M_1) + 0.3 (M_2/M_1)^2$$

この式において、 M_2 および M_1 は、それぞれ座屈区間端部における小さい方及び大きい方の強軸周りの曲げモーメントを表すものとし、 M_2/M_1 は、当該曲げモーメントが複曲率となる場合には正と、単曲率となる場合には負とするものとする。

λ : 限界細長比、 $\lambda = 1500/\sqrt{F/1.5}$

h : 曲げ材のせい

A_f : 圧縮フランジの断面積

$$\sigma_{bs} = 1.5 \times \sigma_{bl}$$

σ_{bs} : 曲げ座屈を考慮した短期許容応力度

溝形鋼が強軸周りに曲げモーメントを受ける場合は次の式

$$\sigma_{bl} = \frac{89000}{l_b h / A_f}$$

< Cの算出例 >

横倒れ座屈は、構造体の形状によって許容応力度が決まってくるのですが、形状だけではなく作用しているモーメントの分布によっても許容応力度が変わります。

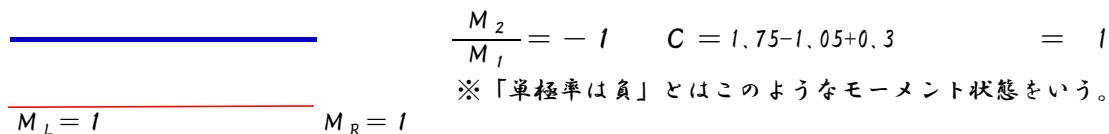
それを導入する変数がCです。

横倒れ座屈は、圧縮側のフランジが横倒れしないように拘束されている点とその隣の拘束されている点との間で生じるものです。上記、式中の「座屈区間」と言っているのがそのことで、「横倒れ座屈しない点からしない点までの区間」という意味で、「座屈区間端部」においては横倒れが拘束されていますから座屈しませんが、座屈区間の中間部においては座屈しますからその性状を許容応力度という数字で表現するのがこの許容応力度式です。

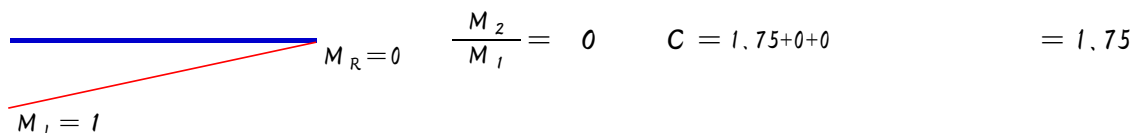
次の図は、一つの座屈区間におけるモーメント分布を示しています。1つの座屈区間ですから、両端部において横倒れが拘束されていますが中間部においては拘束されていません。

部材が青線、作用しているモーメントが赤線です。左端のモーメントを M_L 、右端を M_R とします。モーメントが上に出る場合も下に出る場合も正の数で表現しています。Cの算出には、プラスで入力するのかマイナスで入力するのが重要になります。定義である「単曲率は負」を考慮して計算します。図の右側が算出例です。

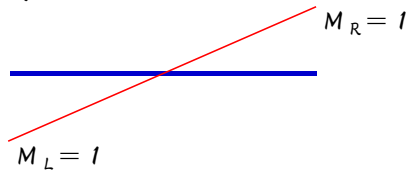
< 例1 >



< 例2 >

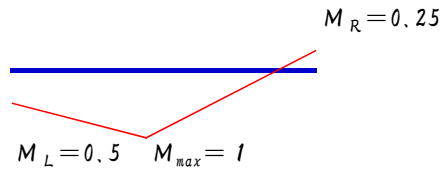


<例3>



$$\frac{M_2}{M_1} = 1 \quad C = \begin{matrix} (1.75+1.05+0.3=3.1 \text{ だ} \\ \text{が、2.3が上限}) \end{matrix} = 2.3$$

<例4>



$$\frac{M_2}{M_1} = 0.5 \quad C = \begin{matrix} (\text{中間部が最大である場} \\ \text{合の規定による}) \end{matrix} = 1$$

<横倒れ座屈しやすい順>

横倒れ座屈の難しさに、作用している曲げモーメントの分布によって座屈の生じやすさが変化することが上げられます。それを表すパラメータがCです。上記の例1から例4でCを算出しましたから、座屈の生じやすい順に並べることができます。「座屈の生じやすい順」ですから「許容応力度が小さい順」という意味でもあります。許容応力度の算出式は、2つの計算結果を比較して決定しますから、Cを含む方の式で決定する場合に限定されます。

例1から例4を座屈の生じやすい順に並べると次の通りです。

「例1」、 「例2」、 「例3」です。「例4」は「例1」と同じです。

<曲げ許容応力度の算出例>

H形鋼H-300*150*6.5*9が座屈区間3mで補剛されている場合の曲げ長期許容応力度を求めると次のようになります。素材はSS400とします。応力分布は上記の例1とします。

H形鋼の断面性能は次の通りです。

$$i : 38.7\text{mm}$$

$$A_f : 1350\text{mm}^2$$

上記を用いて算出すると、

$$\lambda = 1500 / \sqrt{F/1.5} = 119.8$$

$$\frac{2}{3} - \frac{4}{15} \times \frac{(l_b/i)^2}{C \lambda^2} = \frac{2}{3} - \frac{4}{15} \times \frac{6009.25425}{14361.7021} = 0.55509$$

$$l_b h / A_f = 666.667$$

$$\sigma_{bl} = \max \{ 130.446, 133.5 \} = 133.5 \text{ N/mm}^2$$

と、なります。

短期の許容応力度は、1.5倍です。

応力分布が例3ならば次のようになります。

$$C = 2.3$$

$$\frac{2}{3} - \frac{4}{15} \times \frac{(l_b/i)^2}{C \lambda^2} = \frac{2}{3} - \frac{4}{15} \times \frac{6009.25425}{33031.9149} = 0.61815$$

$$\sigma_{bl} = \max \{ 145.266, 133.5 \} = 145.266 \text{ N/mm}^2$$

短期の許容応力度は、1.5倍です。

※作成者：建築情報倶楽部。構造設計の理解にお役にたてれば幸いです。無断転載はしないでください。