

B-62

許容曲げ応力度の新旧規準式の算出根拠および適応範囲の比較分析について
 Comparing the basis for calculating the new and old criteria for allowable bending stress and comparison of applicable range

○尾形和弥¹, 石鍋雄一郎², 中島肇³,
 Kazuya Ogata¹, Yuichiro Ishinabe², Hajime Nakajima³

Without using the new criteria when determining the allowable bending stress, there are many structural designers who calculate by the old standard formula that has been used for many years. It is considered that the reason is that the use of the old age is admitted by "Steel structural design standard", and the calculation formula is less than the new standard formula. The purpose of this program is to clarify the basis and scope of calculation of new and former standards, and to present design materials for new standards.

1. はじめに

許容曲げ応力度を求める際に新規準式を用いず、長年用いられてきた旧規準式で算出する構造設計者が多い。理由として挙げられるのが、「鋼構造設計規準」で旧式の使用を認めていることや、新規準式より計算式が少ないことが考えられる。

新規準式と旧規準式の算出根拠および適応範囲を明確にし、新規準式に関する設計資料を提示することを目的とする。

2. 文献調査と新旧規準式

2-1. 文献調査^[1]

以下文献1を引用して、許容曲げ応力度の規準式の歴史をまとめる。1970年以前の「鋼構造計算規準」は、単に横座屈を防止するためのつなぎ梁間隔の規定として横方向支点間間隔と梁フランジ幅の比が示されただけである。1975年に制定された「鋼構造塑性設計指針」^[2]では梁の強度が横座屈を基本として規定されている。さらにこの規準では梁の強度規定を与えると同時に、塑性設計の基本となる部材の変形確保に関する補剛間隔、補剛剛性の規定を初めて与えている。1980年に刊行された「鋼構造座屈設計指針」^[7]では基本となる許容曲げ応力度に対する各種の修正係数に対する提案と解説が示された。1990年に刊行された「鋼構造限界状態設計規準(案)」^[3]では、横座屈理論と各種の実験データに基づき、曲げ材の耐力が弾性横座屈耐力を用いた横座屈細長比の関数として提示されている。この横座屈細長比を用いて梁の強度を規定する考え方は、1998年に刊行された「鋼構造限界状態設計指針・同解説」^[4]に引き継がれているとともに、2005年に刊行された「鋼構造設計規準—許容応力度設計法—」^[5]にも導入され、許容曲げ応力度が梁の横座屈細長比から算出されるようになった。

新旧規準式の算出根拠を建築物の構造関係技術基準解説書と鋼構造設計規準から求める。

2-2. 旧規準式^[6]

$$f_{b1} = \frac{1}{1.5} \left\{ 1 - 0.4 \frac{(l_b/i_y)^2}{cA^2} \right\} F \quad (1. a)$$

$$f_{b2} = \frac{1}{1.5} \frac{0.65E}{l_b h/A_f} = \frac{89000}{l_b/A_f} \quad (1. b)$$

2つの式の大きい値を許容曲げ応力度 f_b とする。ただし $f_b \leq f_t$ でなければならない。

記号

l_b : 圧縮フランジ距離

i_y : 梁せいの1/6からなるT形断面のY軸まわりの断面2次半径

C : 許容曲げ応力度の補正係数

A : 限界細長比

E : ヤング係数

h : 梁せい

A_f : 圧縮フランジの断面積

2-3. 新規準式^[5]

$\lambda_b \leq p\lambda_b$ のとき

$$f_b = \frac{F}{v} \quad (2. a)$$

$p\lambda_b < \lambda_b \leq e\lambda_b$ のとき

$$f_b = \frac{\left\{ 1 - 0.4 \frac{\lambda_b - p\lambda_b}{e\lambda_b - p\lambda_b} \right\}}{v} \quad (2. b)$$

$e\lambda_b < \lambda_b$ のとき

$$f_b = \frac{1}{\lambda_b^2} \frac{F}{2.17} \quad (2. c)$$

ここに

$$\lambda_b = \sqrt{\frac{M_y}{M_e}}$$

$$e\lambda_b = \frac{1}{\sqrt{0.6}}$$

1: 日大理工・建築、2: 日大短大・教員・建築、3: 日大・教員・建築

1) 補剛区間内で曲げモーメントが直線的に変化する
場合

$$p\lambda_b = 0.6 + 0.3 \left(\frac{M_2}{M_1} \right)$$

$$C = 1.75 + 1.05 \left(\frac{M_2}{M_1} \right) + 0.3 \left(\frac{M_2}{M_1} \right)^2 \leq 2.3$$

2) 補剛区間内で曲げモーメントが最大となる場合

$$p\lambda_b = 0.3$$

$$C = 1.0$$

$$M_e = C \sqrt{\frac{\pi^4 \cdot EI_Y \cdot EI_W}{l_b^4} + \frac{\pi^2 \cdot EI_Y \cdot GJ}{l_b^2}}$$

記号

- | | |
|---|---|
| f_b : 許容曲げ応力度 | I_Y : 断面2次モーメント |
| λ_b : 曲げ材の細長比 | I_W : 曲げねじり定数 |
| l_b : 圧縮フランジの支点間距離 | G : せん断弾性係数 |
| $v = \frac{2}{3} + \frac{2}{3} \left(\frac{\lambda_b}{e\lambda_b} \right)^2$ | J : サンプナンのねじり定数 |
| $e\lambda_b$: 弾性限界細長比 | M_y : 降伏モーメント |
| $p\lambda_b$: 塑性限界細長比 | $M_{1,2}$: それぞれ座屈区間端部に
おける大きい方、小さい方
の強軸まわりの曲げモー
メント |
| C : 許容曲げ応力度の補正係数 | |
| M_e : 弾性横座屈モーメント | |
| Z : 断面係数 | (M_2/M_1) は複曲率の場合 |

3. 算出根拠と適応範囲

3-1. 旧規準式の算出根拠 [7]

弾塑性モーメントの式を展開して旧規準式が求められる。

$$\sigma = \frac{M}{Z}$$

ここに $M = M_e$ 代入して

$$\sigma = \frac{C}{Z} \sqrt{\frac{\pi^4 \cdot EI_Y \cdot EI_W}{l_b^4} + \frac{\pi^2 \cdot EI_Y \cdot GJ}{l_b^2}}$$

$$\sigma_{cr1} = \frac{C\pi^2 E \sqrt{I_Y I_W}}{l_b^2}, \quad \sigma_{cr2} = \frac{C\pi \sqrt{E G} \sqrt{I_Y}}{l_b}$$

横補剛間隔 l_b が小さいときはワグナーねじり剛性 (EI_W) が、 l_b が大きいときはサンプナンねじり剛性 (GJ) が支配的になり、 σ_{cr1} と σ_{cr2} の式を展開すると許容曲げ応力度の式 (1. a), (1. b) が算出される。

3-2. 新規準式の適応範囲 [1]

Figure 1 の等モーメントの場合、 $\lambda < 1$ の範囲で旧規準式の値が大きくなっていることが分かる。しかし、サンプナンねじり抵抗の式である式 (1. b) を用いているが l_b が大きいときに用いる式であるので、 $\lambda < 1$ の範囲の値は一概に適当だとは考えにくい。

Figure 2 のモーメント勾配を受ける場合、新規準式

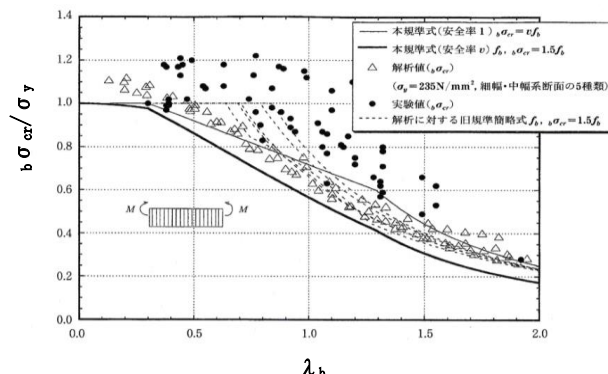
>旧規準式が成り立つため新規準式の方が設計しやすいとわかる。

4. まとめ

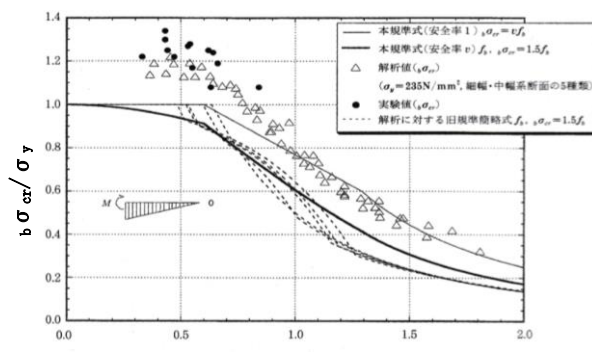
許容曲げ応力度の新旧規準式の歴史を文献調査することにより明らかにした。今後、新規準式の算出根拠および適応範囲を明確にし、新規準式に関する設計資料を提示する予定である。

5. 参考文献

- [1] 日本建築学会：鋼構造座屈設計指針，p. 91 2018年 2月20日
- [2] 日本建築学会：鋼構造塑性設計指針，1975年
- [3] 日本建築学会：鋼構造限界状態設計規準（案）・同解説，1990年
- [4] 日本建築学会：鋼構造限界状態設計指針・同解説，1998年
- [5] 日本建築学会：鋼構造設計規準，pp. 10~11, pp. 49~52, 2005年9月1日
- [6] 建築物の構造関係技術基準解説書，p. 534, 2015年 10月15日
- [7] 日本建築学会：鋼構造座屈設計指針，pp. 34~35, 1980年



(a) Uniform moment



(b) Moment Slope

Figure 1. Comparison of old and new criteria