

大阪大学工学部 学生会員 ○鳥畑一博
大阪大学工学研究科 正会員 大倉一郎

1. はじめに

アルミニウム合金は軽量で、耐食性に優れることから歩道橋や歩行者用拡幅床版に使用されるようになってきた。現在、道路橋用アルミニウム床版の試験施工も実施されている。このような状況で、道路橋用の桁もアルミニウム合金材で製作できるようになることが期待される。

本研究では、アルミニウム合金桁の曲げ耐力算定式を提案する。

2. 耐力算定式

曲げを受ける桁の終局曲げモーメント M_u が次式で与えられると仮定する。

$$M_u = M_{fu} + M_{wu} \quad (1)$$

ここに、 M_{fu} ：フランジの終局曲げモーメント、 M_{wu} ：ウェブの終局曲げモーメント。

図 1 を参照して、フランジの終局曲げモーメントは次式で与えられる。

$$M_{fu} = b_w (\sigma_{fu} A_f) \quad (2)$$

ここに、 A_f ：フランジの断面積、 b_w ：ウェブの幅、 σ_{fu} ：フランジの終局強度。

ウェブの終局曲げモーメントは次式で与えられる。

$$M_{wu} = \frac{1}{6} A_w b_w \sigma_{wu} \quad (3)$$

ここに、 A_w ：ウェブの断面積、 σ_{wu} ：弾性断面係数を基準としたウェブの終局強度。

式(2)と(3)を式(1)に代入して、桁の降伏モーメント M_Y で M_u を無次元化することにより次式を得る。

$$\frac{M_u}{M_Y} = \frac{b_w (A_f \sigma_{fu} + \frac{1}{6} A_w \sigma_{wu})}{\sigma_{0.2} b_w \left(A_f + \frac{A_w}{6} \right)} = \frac{\sigma_{fu}}{\sigma_{0.2}} \frac{1 + \frac{A_w}{6 A_f} \frac{\sigma_{wu}}{\sigma_{fu}}}{1 + \frac{A_w}{6 A_f}} \quad (4)$$

アルミニウム合金の 0.2% 耐力 $\sigma_{0.2}$ は σ_{fu} より大きいので、式(4)の σ_{wu}/σ_{fu} を $\sigma_{wu}/\sigma_{0.2}$ で置き換えることにより、桁の終局曲げモーメントを安全側に評価する式として次式を得る。

$$\frac{M_u}{M_Y} = \frac{\sigma_{fu}}{\sigma_{0.2}} \frac{1 + \frac{A_w}{6 A_f} \frac{\sigma_{wu}}{\sigma_{0.2}}}{1 + \frac{A_w}{6 A_f}} \quad (5)$$

面内曲げを受ける長方形板の耐力算定式が次式で与えられている¹⁾。

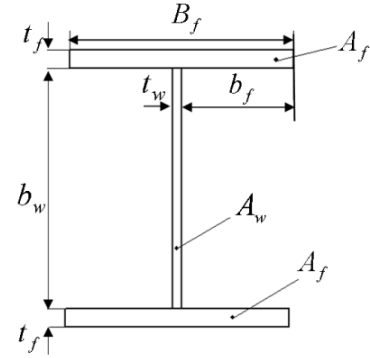


図 1 桁の断面

$$\frac{\sigma_{wu}}{\sigma_{0.2}} = \begin{cases} 1.5 & (R \leq R_{1.5}) \\ 1.5 - 0.7 \frac{R - R_{1.5}}{R_{0.8} - R_{1.5}} & (R_{1.5} \leq R \leq R_{0.8}) \\ 0.8 \left(\frac{R_{0.8}}{R} \right)^m & (R_{0.8} \leq R < 2) \end{cases} \quad (6)$$

$$R = \frac{1}{\pi} \sqrt{\frac{12(1-\mu^2)}{23.9} \frac{\sigma_{0.2}}{E} \frac{b_w}{t_w}} \quad (7)$$

ここに、 $R_{1.5}$ 、 $R_{0.8}$ 、 m ：定数値、 E と μ ：それぞれ、ヤング係数とポアソン比。

式(6)で与えられる、面内曲げを受ける長方形板の耐力が式(3)の σ_{wu} に適用できると仮定して、式(6)を式(5)に代入して次式を得る。

$$\frac{M_u}{M_Y} = \begin{cases} \frac{\sigma_{fu}}{\sigma_{0.2}} \frac{1 + \frac{A_w}{4 A_f} \frac{\sigma_{wu}}{\sigma_{0.2}}}{1 + \frac{A_w}{6 A_f}} & \left(\frac{b_w}{t_w} \leq \beta_{1.5} \right) \\ \frac{\sigma_{fu}}{\sigma_{0.2}} \left\{ 1 - \frac{\frac{A_w}{A_f} \frac{b_w}{t_w} - \beta_{1.0}}{12 \left(1 + \frac{A_w}{6 A_f} \right) (\beta_{1.0} - \beta_{1.5})} \right\} & \left(\beta_{1.5} \leq \frac{b_w}{t_w} \leq \beta_{0.8} \right) \\ \frac{\sigma_{fu}}{\sigma_{0.2}} \frac{1 + \frac{2 A_w}{15 A_f} \left\{ \beta_{0.8} \frac{t_w}{b_w} \right\}^m}{1 + \frac{A_w}{6 A_f}} & \left(\beta_{0.8} \leq \frac{b_w}{t_w} < \beta_{\max} \right) \end{cases} \quad (8)$$

ここに、 $\beta_{1.5}$ 、 $\beta_{1.0}$ 、 $\beta_{0.8}$ 、 $\beta_{\max}$ 、 m ：表 1 に与えられる定数。

3. FEMによる弾塑性有限変位解析

FEMによる弾塑性有限変位解析によって得られる桁の曲げ耐荷力と式(8)が与える耐荷力とを比較することにより、同式の妥当性を調べる。

解析対象を図2に示す。ウェブとフランジの辺がともに面外方向に対して単純支持され、面内方向に対して直線を保つような境界条件とする。圧縮フランジの横倒れ座屈を防止するために、圧縮フランジの右側の縁の水平方向を拘束する。さらに、圧縮フランジの局部座屈を防止するために、上下フランジに対して、自由突出板の幅厚比がアルミニウム合金の0.2%耐力 $\sigma_{0.2}$ を維持する限界の幅厚比²⁾より小さくなるような断面寸法とする。長さ a は、面内曲げを受ける長方形板の耐荷力が最小となる縦横比¹⁾を考慮して、 $a=0.5b_w$ とする。ウェブの最大初期たわみは $b_w/250$ とする。アルミニウム合金の応力-ひずみ関係として次式を使用する³⁾。

$$\begin{cases} \varepsilon = \frac{\sigma}{E} + 0.002 \left(\frac{\sigma}{\sigma_{0.2}} \right)^n & (\sigma \leq \sigma_{0.2}) \\ \sigma = \sigma_{0.2} & (\sigma > \sigma_{0.2}) \end{cases} \quad (9)$$

ここに、 ε と σ ：それぞれ、ひずみと応力。

ひずみ硬化パラメータ n の値は、A6061-T6とA6005C-T5に対して29.1、A5083-Oに対して5.3である³⁾。

アルミニウム合金A6061-T6とA5083-Oに対して、式(8)が与える耐荷力曲線と解析結果の比較を図3に示す。解析結果が耐荷力曲線より上にプロットされているので、耐荷力曲線は耐荷力を安全側に評価していると言える。

4 結論

面内曲げを受ける長方形板の耐荷力を、桁のウェブの耐荷力に適用することによって、I型断面の桁の曲げ耐荷力算定式を与えた。

参考文献

- 1) 大倉一郎，小笠原康二：接合位置と板幅がアルミニウム合金板の曲げ耐荷力に与える影響，土木学会論文集 A1(構造・地震工学)，Vol.68，No.2，pp.287-299，2012。
- 2) 西森文子，大倉一郎：圧縮を受けるアルミニウム合金自由突出板の耐荷力，ALST 研究レポート，No.34，2014。
- 3) 大倉一郎，長尾隆史，石川敏之，萩澤亘保，大隅心平：構造用アルミニウム合金の応力-ひずみ関係および接合によって発生する残留応力の定式化，土木学会論文集 A，Vol.64，No.4，pp.789-805，2008。

表1 定数の値

アルミニウム 合金	$\sigma_{0.2}$ (MPa)	$\beta_{1.5}$	$\beta_{1.0}$	$\beta_{0.8}$	$\beta_{\max}$	m
A6061-T6	245	26.7	73.8	92.6	157.1	0.69
A6005C-T5	175	31.6	87.4	109.7	185.1	
A5083-O	127	29.4	89.5	113.5	218.2	0.67

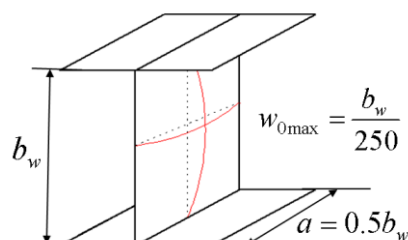
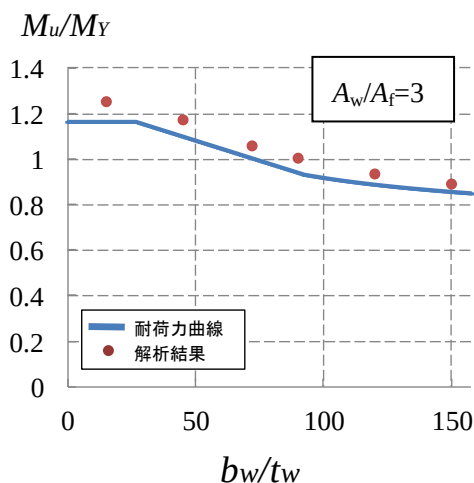
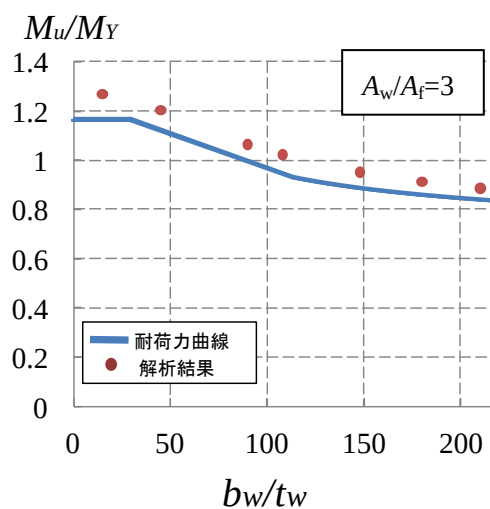


図2 解析対象



(a) A6061-T6



(b) A5083-O

図3 耐荷力曲線と解析結果の比較