

アルミニウム合金桁の曲げ耐荷力算定式

大阪大学大学院工学研究科 学生会員 ○鳥畑一博
 大阪大学大学院工学研究科 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。この様な状況で、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。

既往の研究¹⁾で、面内曲げを受ける長方形板の耐荷力が明らかにされた。本研究では、アルミニウム合金桁の曲げ耐荷力算定式を与える。

2. 耐荷力算定式

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。

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

ここに、 A_f ：フランジの断面積、 b_w ：ウェブの幅、 σ_{fu} ：圧縮を受ける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、曲げを受けるウェブの終局強度。

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。

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

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。

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

面内曲げを受ける長方形板の耐荷力が次式で与えられている¹⁾。

キーワード アルミニウム合金, 桁, 曲げ耐荷力

連絡先 〒565-0871 大阪府吹田市山田丘 2-1 大阪大学大学院工学研究科 k.torihata@civil.eng.osaka-u.ac.jp

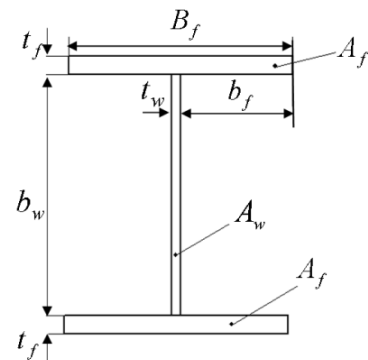


図1 桁の断面

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

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

ここに、 $R_{1.5}$ 、 $R_{0.8}$ 、 m ：定数、 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荷力が式(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。

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

ここに、 $\beta_{1.5}$ 、 $\beta_{1.0}$ 、 $\beta_{0.8}$ 、 $\beta_{\max}$ 、 m ：表1に示す定数。

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各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。圧縮を受ける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を上下フランジに設定する。さらに、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の変位を拘束する。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の上にプロットされている。

4 結論

面内曲げを受ける長方形板の耐荷力を、桁のウェブの終局曲げモーメントに適用することによって、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

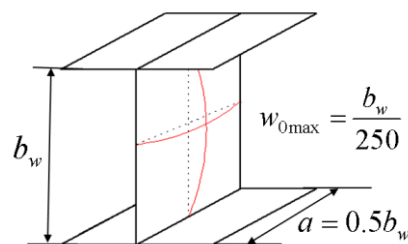
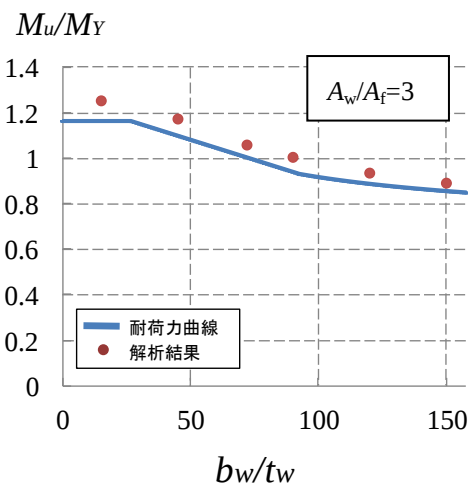
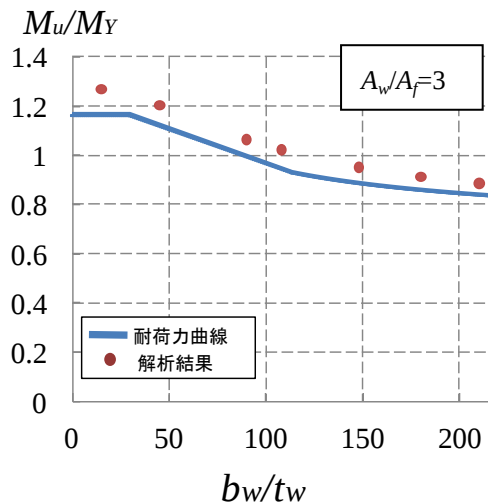


図 2 解析対象



(a) A6061-T6



(b) A5083-O

図 3 耐荷力曲線と解析結果の比較