張出し長さがアルミニウム合金桁のせん断耐荷力に及ぼす影響

大阪大学大学院工学研究科　　学生会員　○岩倉弘幸
大阪大学大学院工学研究科　　正会員　　大倉一郎

1. はじめに

2000 年頃からアルミニウム歩道橋および歩行者用拡幅アルミニウム床版が建設されるようになり，道路橋用アルミニウム床版を用いた鋼桁橋が 2011 年に建設された．この様な状況で，道路橋用アルミニウム床版を支持する桁にもアルミニウム合金材が適用されることが期待される．他方，アルミニウム合金土木構造物設計・製作指針（案）[1]が 2015 年に制定されたが，曲げおよびせん断を受ける桁の許容応力度は未だ規定されていない．これまで，アルミニウム合金桁の曲げ耐荷力およびせん断耐荷力について研究されたが [2),3)]，桁端構造がせん断耐荷力に及ぼす影響は明らかにされていない．本研究では，アルミニウム合金桁の張出し長さがせん断耐荷力に及ぼす影響を明らかにする．

2. 桁のせん断耐荷力

せん断を受ける桁の耐荷力は次式で与えられる [3)]．

$$\frac{V_u}{V_Y}=\begin{cases}1 & (R_F \le R_1)\\ \dfrac{Q_1}{R_F}-\dfrac{Q_2}{{R_F}^2} & (R_1 \le R_F \le R_2)\\ 0.8\left(\dfrac{R_2}{R_F}\right)^p & (R_2 \le R_F \le 3)\end{cases} \tag{1}$$

$$V_Y=\tau_{0.2}b_w t_w=\frac{\sigma_{0.2}}{\sqrt{3}}b_w t_w \tag{2}$$

$$R_F=\frac{1}{\pi}F_L\sqrt{\frac{12(1-\mu^2)}{k_L}}\sqrt{\frac{\tau_{0.2}}{E}}\frac{b_w}{t_w} \tag{3}$$

$$k_L=5.34+\frac{4}{(a_L/b_w)^2}\quad (a_L/b_w \ge 1) \tag{4}$$

$$F_L=0.0085\frac{A_w}{A_f}\frac{a_L}{b_w}+0.75\quad \left(1.0\le\frac{A_w}{A_f}\le 4.0\ ,\ 1.0\le\frac{a_L}{b_w}\le 6.5\right) \tag{5}$$

ここに，V_u：桁のせん断耐荷力，V_Y：ウェブ全体が降伏するときのせん断強度，$\tau_{0.2}=\sigma_{0.2}/\sqrt{3}$，$\sigma_{0.2}$：0.2%耐力，$R_1$，$R_2$，$Q_1$，$Q_2$，$p$：**表－1** に示す値，$\mu$：ポアソン比（= 0.3），$E$：ヤング率（=70GPa），$a_L$，$b_w$，$t_w$，$A_w$，$A_f$：**図－1** 参照．

表－1　R_1，R_2，Q_1，Q_2，p の値

AL 合金	$\sigma_{0.2}$ (MPa)	R_1	R_2	Q_1	Q_2	p
A6061-T6	245	0.60	1.09	1.20	0.36	0.81
A5083-O	125	0.53	0.92	1.02	0.26	0.76

3. FEM による弾塑性有限変位解析

アルミニウム合金の応力－ひずみ関係は次式で与えられる [4)]．

$$\begin{cases}\varepsilon=\dfrac{\sigma}{E}+0.002\left(\dfrac{\sigma}{\sigma_{0.2}}\right)^n & (\sigma \le \sigma_{0.2})\\ \sigma=\sigma_{0.2} & (\sigma > \sigma_{0.2})\end{cases} \tag{6}$$

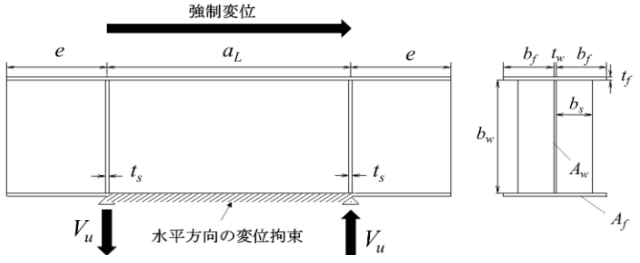
ここで，ひずみ硬化パラメータ n の値は，A6061-T6 と A5083-O に対して，それぞれ 29.1 と 5.3 である．

解析モデルを**図－1** に示す．支点間の下フランジを水平方向に拘束し，支点間の上フランジを水平方向に強制変位させることにより，桁にせん断力を導入する．ウェブの縦横比 a_L/b_w に対して 1.0，2.0，3.0，6.5，ウェブとフランジの断面積比 A_w/A_f に対して 1.0，2.0，3.0，4.0，張出し長さ e/b_w に対して 0，0.5，1.0，1.5，2.0 を考慮する．

ウェブの初期たわみ w_0 に対して次式を仮定する．

$$w_0=\frac{b_w}{250}\sin\left(\frac{m\pi x}{a_L}\right)\sin\left(\frac{\pi y}{b_w+t_f}\right) \tag{7}$$

ここで，x 軸方向の初期たわみモード数 m に対して，a_L/b_w の縦横比を有する長方形板の座屈モード数を使用する [5)]．



図－1　せん断を受ける桁

キーワード　　アルミニウム合金，桁，せん断耐荷力，張出し長さ
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　TEL, FAX：06-6879-7621

4. 解析結果

A6061-T6 の解析結果を**図－2** に示す．同図には式(1)が与える耐荷力曲線も示してある．a_L/b_w=1.0 の場合，張出し長さが長くなると耐荷力が上昇するが，a_L/b_w=3.0 の場合，張出し長さが長くなっても耐荷力が上昇しない．前者について V_u/V_Y と e/b_w の関係を**図－3** に示す．e/b_w=0 のときの V_u/V_Y の値に対する，任意の e/b_w の値に対する V_u/V_Y の増加率は，R_F の値が大きくなるに従って大きくなるが，e/b_w が 1.5 以上になると一定になる．この傾向を考慮して，a_L/b_w=1.0 に対して，次式で定義される幅厚比パラメータ R_G を導入する．

$$R_G = G_1 R_F = \frac{1}{\pi} G_1 F_L \sqrt{\frac{12(1-\mu^2)}{k_L}} \sqrt{\frac{\tau_{0.2}}{E}} \frac{b_w}{t_w} \tag{8}$$

ここに，

$$G_1 = \begin{cases} g_1 \left(\dfrac{e}{b_w}\right)^2 + g_2 \dfrac{e}{b_w} + 1 & \left(0 \le \dfrac{e}{b_w} < 1.5\right) \\ 2.25 g_1 + 1.5 g_2 + 1 & \left(1.5 \le \dfrac{e}{b_w}\right) \end{cases} \tag{9}$$

$$g_1 = 0.0004 \frac{b_w}{t_w} - 0.0168 \frac{A_w}{A_f} + 0.0671 \quad \left(1.0 \le \frac{A_w}{A_f} \le 4.0\right) \tag{10}$$

$$g_2 = -0.0016 \frac{b_w}{t_w} + 0.0476 \frac{A_w}{A_f} - 0.1434 \quad \left(1.0 \le \frac{A_w}{A_f} \le 4.0\right) \tag{11}$$

式(8)を用いてプロットされた解析値を**図－4** に示す．解析値が耐荷力曲線の近くに分布している．

A5083-O の解析結果については，講演当日に述べる．

参考文献

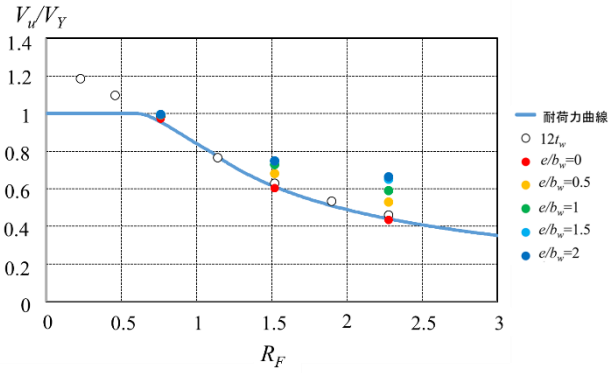
1) 土木学会 鋼構造委員会 アルミニウム合金土木構造物設計・製作指針作成検討小委員会：アルミニウム合金土木構造物設計・製作指針（案），2015.

2) 鳥畑一博，大倉一郎：曲げを受けるアルミニウム合金桁の耐荷力，構造工学論文集，Vol.62A，pp.93-101，2016.

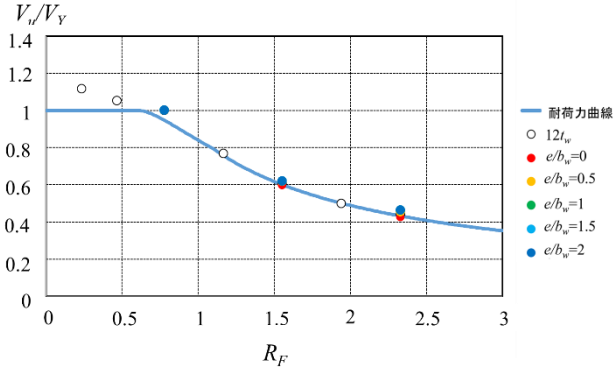
3) 山中誠矢，大倉一郎：せん断を受けるアルミニウム合金桁の耐荷力，ALST 研究レポート，No.49，2017.

4) 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.

5) 大倉一郎，寺川勝大：面内せん断を受けるアルミニウム長方形板の耐荷力，土木学会論文集 A1（構造・地震工学），Vol.69，No.3，pp.491-504，2013.

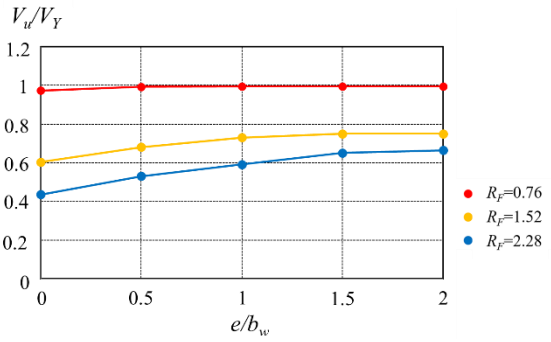


(a) a_L/b_w=1.0 [A_w/A_f=1.0]

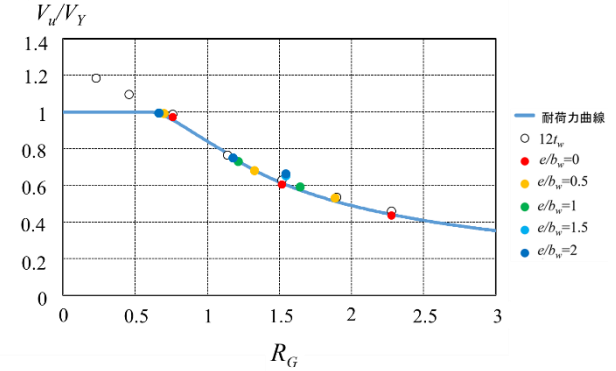


(b) a_L/b_w=3.0 [A_w/A_f=1.0]

図－2 V_u/V_Y と R_F の関係 [A6061-T6]



図－3 V_u/V_Y と e/b_w の関係 [a_L/b_w=1.0, A_w/A_f=1.0]



図－4 V_u/V_Y と R_G の関係 [a_L/b_w=1.0, A_w/A_f=1.0]