

せん断を受けるアルミニウム合金桁の耐荷力

大阪大学大学院工学研究科 学生会員 ○山中 誠矢
 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ってきた。さらに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を適用することが期待される。本研究は、せん断を受けるアルミニウム合金桁の耐荷力を明らかにすることを研究目的とする。

2. 桁のせん断耐荷力

せん断を受ける長方形板の耐荷力が次式で与えられている¹⁾。

$$\frac{\tau_u}{\tau_{0.2}} = f_s = \begin{cases} 1 & (R \leq R_1) \\ \frac{a_1}{R} - \frac{a_2}{R^2} & (R_1 \leq R \leq R_2) \\ a_3 \left(\frac{R_2}{R}\right)^m & (R_2 \leq R \leq 3) \end{cases} \quad (1)$$

$$R = \frac{1}{\pi} \sqrt{\frac{12(1-\mu^2)}{k}} \sqrt{\frac{\tau_{0.2}}{E}} \frac{b}{t} \quad (2)$$

$$k = 5.34 + \frac{4}{(a/b)^2} \quad (a/b \geq 1) \quad (3)$$

ここに、 τ_u : せん断耐荷力、 $\tau_{0.2} = \sigma_{0.2} / \sqrt{3}$ 、 $\sigma_{0.2}$: 0.2%耐力、 $R_1, R_2, a_1, a_2, a_3, m$: 表1に示す値、 μ : ポアソン比 (=0.3)、 E : ヤング率 (=70GPa)、 a : 長辺の長さ、 b : 短辺の長さ、 t : 板厚

式(1)の f_s の中の b と t を、それぞれウェブの板幅 b_w と板厚 t_w に読み替えて、桁のせん断耐荷力が次式で与えられると仮定する。

$$V_u = f_s V_Y \quad (4)$$

$$V_Y = \tau_{0.2} b_w t_w = \frac{\sigma_{0.2}}{\sqrt{3}} b_w t_w \quad (5)$$

ここに、 V_u : 桁のせん断耐荷力、 V_Y : せん断耐荷力の上限值

表-1 $R_1, R_2, a_1, a_2, a_3, m$ の値

AL 合金	$\sigma_{0.2}$ (MPa)	R_1	R_2	a_1	a_2	a_3	m
A6061-T6	245	0.60	1.09	1.20	0.36	0.80	0.81
A5083-O	125	0.53	0.92	1.02	0.26	0.80	0.76

表-2 λ_1 と $c_0 \sim c_4$ の値

AL 合金	$\sigma_{0.2}$ (MPa)	λ_1	c_0	c_1	c_2	c_3	c_4
A6061-T6	245	0.13	1.01	-0.03	-0.30	-0.04	0.05
A5083-O	125	0.09	1.00	0.10	-1.13	0.72	-0.14

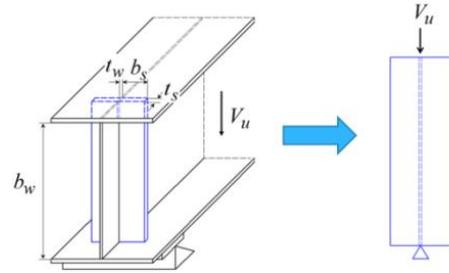


図-1 端補剛材

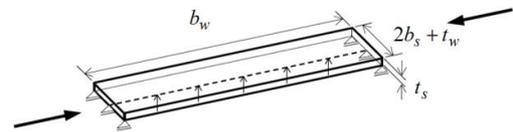


図-2 圧縮を受ける平板部材

3. 端補剛材の設計

図-1に示すように、端補剛材をウェブの位置で面外方向に固定支持された平板部材とみなし、式(4)で与えられるせん断耐荷力 V_u が平板部材の両端に圧縮力として作用すると仮定する。図-2に示すように、平板部材が圧縮を受けて水平方向に座屈する場合に対する耐荷力が次式で与えられている²⁾。

$$\frac{\sigma_u}{\sigma_{0.2}} = f_c = \begin{cases} 1 & (\lambda \leq \lambda_1) \\ c_4 \lambda^4 + c_3 \lambda^3 + c_2 \lambda^2 + c_1 \lambda + c_0 & (\lambda_1 \leq \lambda \leq 2) \end{cases} \quad (6)$$

$$\lambda = \frac{2\sqrt{3}}{\pi} \sqrt{\frac{\sigma_{0.2}}{E}} \frac{b_w}{2b_s + t_w} \quad (7)$$

ここに、 σ_u : 圧縮耐荷力、 t_s : 端補剛材の板厚、
 b_s : 端補剛材の片側の板幅、 b_w : 端補剛材の長さ (ウェブの板幅)、 λ_1 、 $c_0 \sim c_4$: 表2に示す値

$V_u / t_s (2b_s + t_w) \leq \sigma_u$ を満たすとき、端補剛材は圧縮耐荷力に達しない。したがって端補剛材の断面寸法は次式から決められる。

$$\frac{V_u}{t_s (2b_s + t_w) \sigma_{0.2}} \leq f_c \tag{8}$$

端補剛材の片側の板幅は次式によって決められる。

$$b_s = \beta_{s0} t_s \tag{9}$$

ここで、 β_{s0} は自由突出板が 0.2%耐力を維持する幅厚比であり、A6061-T6 と A5083-O に対して、それぞれ 6 と 5 を採用する²⁾。

式(4)と(9)を式(8)に代入して次式を得る。

$$\frac{f_s b_w t_w}{\sqrt{3} t_s (2\beta_{s0} t_s + t_w)} \leq f_c \tag{10}$$

b_w と t_w の値を式(10)に与え、左辺と右辺が等しい場合に対して解く。式(10)は t_s に関して非線形となるため、数値計算によって求める。

4. 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た桁のせん断耐荷力と式(4)が与える耐荷力を比較することにより、同式の妥当性を調べる。

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。

$$\begin{cases} \varepsilon = \frac{\sigma}{E} + 0.002 \left(\frac{\sigma}{\sigma_{0.2}} \right)^n & (\sigma \leq \sigma_{0.2}) \\ \sigma = \sigma_{0.2} & (\sigma > \sigma_{0.2}) \end{cases} \tag{11}$$

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³⁾。

ウェブの初期たわみ w_0 に対して次式を仮定する。

$$w_0 = \frac{b_w}{250} \sin\left(\frac{5\pi x}{a}\right) \sin\left(\frac{\pi y}{b_w + t_f}\right) \tag{12}$$

x 軸方向の初期たわみ形状のモード数 5 は、縦横比 6.5 のウェブの座屈モードが 5 であることに対応する¹⁾。

境界条件を表-3に示し、要素分割を図-3に示す。解析値と、式(4)が与える耐荷力曲線の比較を図-4に示す。解析値は耐荷力曲線よりも上にプロットされている。フランジの断面積に対するウェブの断面積の比 A_w / A_f が大きくなると、せん断耐荷力が低下する。これは、フランジの断面積がウェブの断面積に対して

表-3 境界条件

	u	v	w
辺 DC	強制変位 d	0	0
辺 AB	1	0	0
点 C, D, E, F	0	0	1
点 A, B	1	1	1

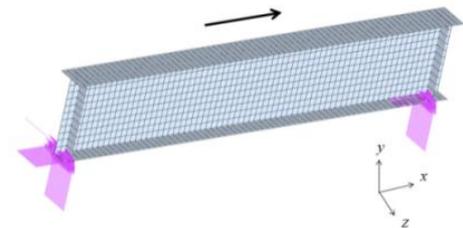
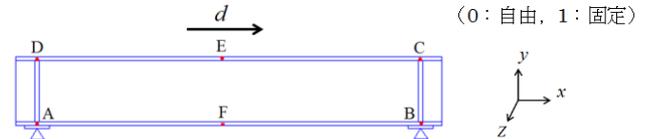


図-3 要素分割

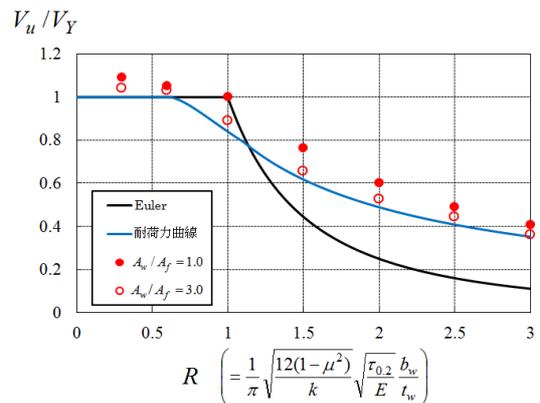


図-4 解析値と耐荷力曲線の比較 (A6061-T6)

相対的に小さくなると、桁のせん断抵抗に対するフランジの寄与が低下するためである。

5. 結論

せん断を受けるアルミニウム合金桁の耐荷力が式(4)で与えられた。

参考文献

- 1) 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.
- 2) 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.
- 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.