

大阪大学工学部 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の試験施工が 2011 年に開始された。このような状況で、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を適用することが期待される。本研究は、アルミニウム合金桁のせん断耐荷力を明らかにすることを目的とする。

2. 桁のせん断耐荷力

せん断力を受ける長方形板の耐荷力が次式で与えられている¹⁾。

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

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

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

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、 $R_1, R_2, a_1, a_2, a_3, m$ ：定数、 μ ：ポアソン比 (=0.3)、 E ：ヤング率 (=70GPa)、 a ：長辺、 b ：板幅、 t ：板厚

桁のせん断耐荷力が、式(1)を用いて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値、 b_w ：ウェブの高さ、 t_w ：ウェブの板厚

3. 端補剛材の設計

図-1 を参照し、端補剛材をウェブの位置で面外方

表-1 $\sigma_{0.2}$, 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

表-2 λ_1 と $a_0 \sim a_4$ の値

AL 合金	$\sigma_{0.2}$ (MPa)	λ_1	a_0	a_1	a_2	a_3	a_4
A6061-T6	245	0.13	1.01	-0.03	-0.30	-0.04	0.05

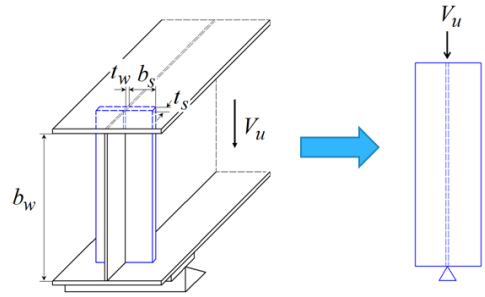


図-1 端補剛材

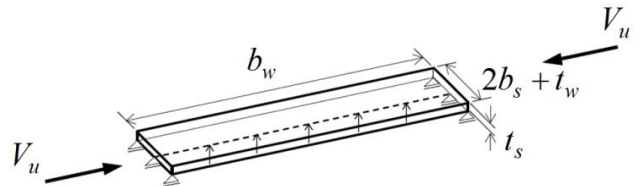


図-2 圧縮を受ける平板部材

向に固定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として作用すると仮定する。図-2 に示す平板部材が圧縮を受けて水平方向に座屈するときの耐荷力が次式で与えられる²⁾。

$$\frac{\sigma_u}{\sigma_{0.2}} = f_c = \begin{cases} 1 & (\lambda \leq \lambda_1) \\ a_4 \lambda^4 + a_3 \lambda^3 + a_2 \lambda^2 + a_1 \lambda + a_0 & (\lambda_1 \leq \lambda \leq 2) \end{cases} \quad (6)$$

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

ここに、 σ_u ：圧縮耐荷力、 t_s ：端補剛材の板厚、 b_s ：片側の端補剛材の板幅、 b_w ：端補剛材の高さ、 $\lambda_1, a_0 \sim a_4$ ：定数

$V_u / t_s (2b_s + t_w) \leq \sigma_u$ を満たせば平板部材は水平座屈を起こさないで、端補剛材の断面寸法を決める条件式が次式で与えられる。

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

端補剛材が局部座屈を起こさないように、次式により端補剛材の幅厚比を決める。

$$b_s = \beta_{s0} t_s \quad (9)$$

ここに、 β_{s0} : 0.2%耐力を維持する端補剛材の幅厚比式(4), (5), (9)を式(8)に代入して次式を得る。

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

式(10)にウェブの断面寸法 b_w , t_w と f_s を与え、左辺と右辺が等しい場合について解く。計算式が複雑であるため、繰返し計算を行うことにより t_s の値を求める。

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力と式(4)が与える耐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。

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

ここに、アルミニウム合金 A6061-T6 に対して、ひずみ硬化パラメータ n の値は 29.1 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。

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

ウェブの縦横比 6.5 に対応する座屈モード数 5 をウェブの初期たわみ形状に考慮している。

せん断力の与え方と境界条件を表-3 に示す。 u , v , w はそれぞれ x , y , z 軸方向の変位を表している。

計算値と、式(4)が与える耐力力曲線の比較を図-5 に示す。計算値は耐力力曲線よりも上にプロットされており、耐力力曲線は安全側の評価を与えている。フランジの断面積に対するウェブの断面積の比が大きくなると、せん断耐力が低下している。これはフランジの断面積がウェブの断面積に対して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

表-3 境界条件 (0 : 自由, 1 : 固定)

	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

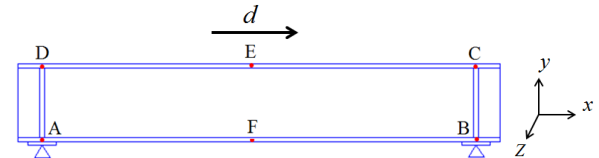


図-3 境界条件

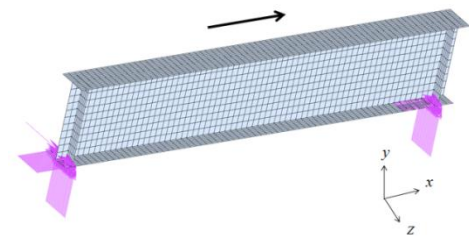


図-4 要素分割

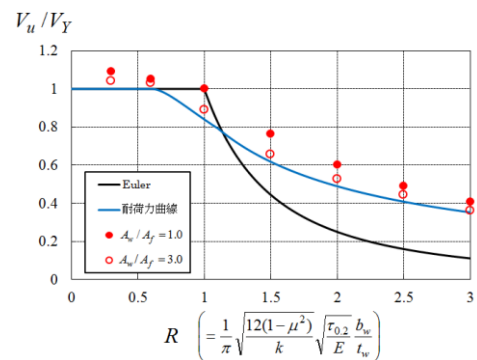


図-5 計算値と耐力力曲線の比較 (A6061-T6)

するためである。

5. 結論

式(4)で与えられる桁のせん断耐力は計算値を安全側に評価する。

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, pp.15-19, 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.