

1. はじめに

アルミニウム合金は軽量で、耐食性に優れているので、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。さらに道路橋用アルミニウム床版を用いた鋼桁橋の試験施工が行われている。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されることが期待される。

0.2%耐力の高い 6000 系アルミニウム合金を道路橋に適用するために、図-1 に示すような、T 型断面の押出形材を摩擦撚拌接合で連結することによって製作される突起付き桁の開発が進められている¹⁾。この桁には中間垂直補剛材が設けられないので、ウェブの縦横比が大きくなる。本研究は、突起付きの細長いアルミニウム合金板のせん断耐荷力を明らかにすることを目的とする。

2. 面内せん断を受けるアルミニウム長方形板の耐荷力

面内せん断を受ける、突起無し長方形板の耐荷力が次式で与えられている²⁾。

$$\frac{\tau_u}{\tau_{p0.2}} = \begin{cases} 1 & (R \leq R_{1.0}) \\ \frac{Q_1}{R} - \frac{Q_2}{R^2} & (R_{1.0} < R < R_{0.8}) \\ 0.8 \left(\frac{R_{0.8}}{R} \right)^{Q_3} & (R_{0.8} \leq R \leq 2.0) \end{cases} \quad (1)$$

$$\tau_{p0.2} = \frac{\sigma_{p0.2}}{\sqrt{3}} \quad (2)$$

$$R = \frac{1}{\pi} \sqrt{\frac{12(1-\mu^2)}{k} \frac{\tau_{p0.2}}{E} \frac{b}{t}} \quad (3)$$

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

ここに、 τ_u ：せん断耐荷力、 $\tau_{p0.2}$ ：0.2%せん断耐力、 $\sigma_{p0.2}=\sigma_{0.2}$ （母材の 0.2%耐力）または $\sigma_{j0.2}$ （接合部の 0.2%耐力）、 R ：幅厚比パラメータ、 Q_1 、 Q_2 、 Q_3 、 $R_{1.0}$ 、 $R_{0.8}$ ：アルミニウム合金の種類および接合方法に依存する定数²⁾、 μ ：ポアソン比、 k ：座屈係数、 E ：ヤ

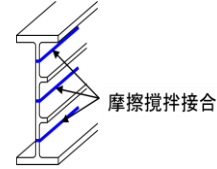


図-1 突起付き桁

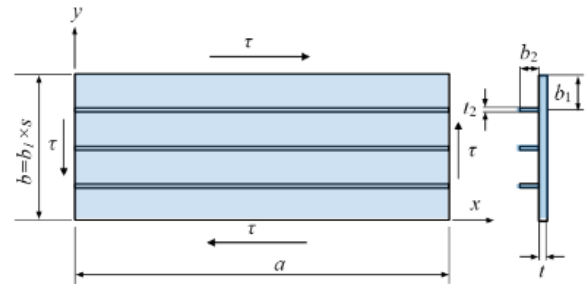


図-2 解析対象

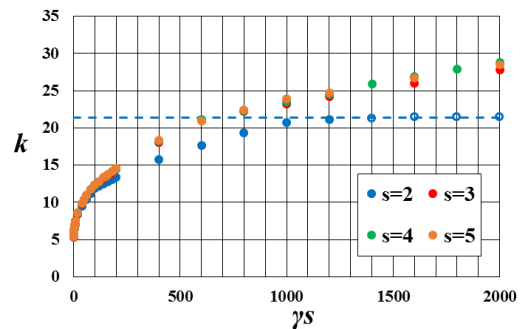


図-3 せん断座屈係数と突起剛比

ング係数、 a ：長方形板の長さ、 b ：長方形板の幅、 t ：長方形板の板厚。

式(3)の幅厚比パラメータの中の座屈係数 k に、突起付き長方形板の座屈係数を用いることにより、突起付き長方形板の耐荷力が式(1)によって評価される可能性について調べる。

3. 突起付きの細長い長方形板の座屈係数

汎用有限要素解析プログラム MARC を用いて、突起付き長方形板の座屈解析を行う。解析対象を図-2 に示す。4 辺単純支持された長方形板の下辺の水平変位を拘束し、上辺に強制の水平変位を与える。縦横比 $a/b=8$ に対するせん断座屈係数 k と突起剛比 γ_s の関係を図-3 に示す。ここで、図-2 を参照して、 s は突起で区切ら

れた板要素の総数であり、突起剛比 γ は次式で与えられる。

$$\gamma = \frac{EI_r}{Db} = \frac{4c_3(1-\mu^2)\beta_r^3(t_2/t)^4}{b/t} \quad (5)$$

ここに、 I_r ：一つの突起の断面二次モーメント、 D ：板曲げ剛性、 $\beta_r = b_2/t_2$ ：突起の幅厚比、 t_2/t ：突起と長方形板の板厚比、 c_3 ：片側突起のとき 1、両側突起のとき 2。

図-3 の中塗りの丸は、全体座屈を示し、白抜きの丸は、突起で区切られた板要素の局部座屈を示す。 $s=2$ に対する水平の破線は局部座屈が生じる理論値である。全体座屈に対する解析結果は次式で近似される。

$$k = 5.34 + \frac{4b^2}{a^2} + c_1(\gamma s)^{c_2} \quad (6)$$

ここに、 c_1 と c_2 ：定数。

式(6)を式(3)の k に用いて次式を得る。

$$R = \frac{1}{\pi} \sqrt{\frac{12(1-\mu^2)}{5.34 + \frac{4b^2}{a^2} + c_1(\gamma s)^{c_2}} \frac{\tau_{p0.2}}{E} \frac{b}{t}} \quad (7)$$

この式から、 t_2/t と b/t の関係として次式を得る。

$$\frac{t_2}{t} = \left[\frac{b/t}{4c_3(1-\mu^2)\beta_r^3 s} \left\{ \frac{1}{\pi^2} \frac{12(1-\mu^2)}{R^2} \frac{\tau_{p0.2}}{E} \left(\frac{b}{t} \right)^2 - \left(5.34 + \frac{4b^2}{a^2} \right) \right\} \frac{1}{c_2} \right]^{\frac{1}{4}} \quad (8)$$

4. 突起付き長方形板のせん断耐力

汎用有限要素解析プログラム MARC を用いて、突起付き長方形板の弾塑性有限変位解析を行う。解析対象は、アルミニウム合金が A6061-T6、縦横比が $a/b=8$ で、 $s=4$ に対して式(8)の関係を満たす、突起を有する長方形板である。次式で与えられる応力-ひずみ関係を用いる³⁾。

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

ここに、 ε ：ひずみ、 σ ：応力、 $\sigma_{0.2} = 245 \text{ MPa}$ 、 $n=29.1$ 。

初期たわみに対して次式を仮定する。

$$w_0 = \frac{b}{250} \sin\left(\frac{6\pi x}{a}\right) \sin\left(\frac{\pi y}{b}\right) \quad (10)$$

例として、 $R=1.0$ に対して $\tau_u / \tau_{0.2}$ と b/t の関係を図-4 に示す。 β_0 は突起無し長方形板の幅厚比を示す。幅厚比の増加に従って、突起付き長方形板の耐力は増加する。

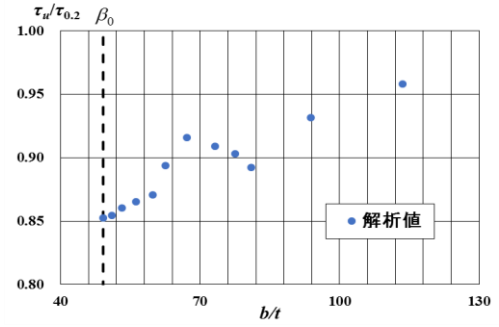


図-4 $\tau_u / \tau_{0.2}$ と b/t の関係 ($R=1.0$)

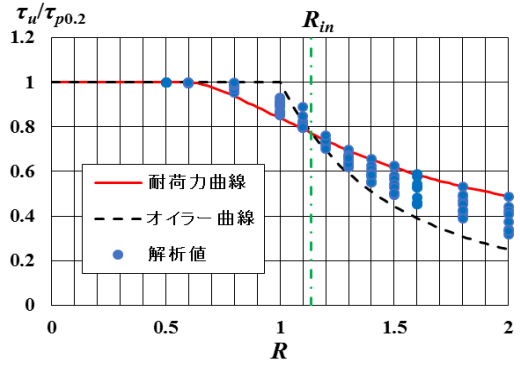


図-5 耐力曲線と解析値の比較

式(1)の R に式(7)が用いられた耐力曲線と解析値の比較を図-5 に示す。耐力曲線とオイラー曲線が交差する幅厚比パラメータの値を R_{in} で表すと、 $R \leq R_{in}$ に対して、解析値は耐力曲線より上に分布し、 $R > R_{in}$ に対して、解析値は耐力曲線より下に分布するが、オイラー曲線より上にある。

5. まとめ

突起付き長方形板のせん断耐力は、 $R \leq R_{in}$ に対して、突起無し長方形板の耐力曲線と与えられ、 $R > R_{in}$ に対して、オイラーの座屈曲線と与えられる。

参考文献

- 1) 西森文子，大倉一郎：座屈強度と終局強度を考慮した突起付きアルミニウム合金板の断面形状決定法，構造工学論文集，Vol.59A，pp.199-207，2013。
- 2) 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，Vol.69，No.3，pp.491-504，2013。
- 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。