

曲げを受ける突起付きアルミニウム合金板の耐荷力

大阪大学大学院工学研究科 学生会員 ○西井 智紀
 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ていることから、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。さらに、道路橋用アルミニウム床版—鋼桁橋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で製作できるようになることが期待される。

道路橋用の桁のウェブを対象として、突起付き長方形板の断面寸法の決定の仕方について研究が行われてきた¹⁾。本研究では、曲げを受ける突起付き長方形板の耐荷力を明らかにすることを研究目的とする。

2. 突起付き長方形板の曲げ耐荷力

曲げ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⁾。

$$\frac{\sigma_u}{\sigma_{0.2}} = \begin{cases} 1.5 & (R \leq R_1) \\ 1.5 - \frac{R - R_1}{R_2 - R_1} & (R_1 \leq R \leq R_2) \\ 0.8 \left(\frac{R_2}{R} \right)^m & (R_2 \leq R \leq 2) \end{cases} \quad (1)$$

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

ここに、 σ_u : 弾性断面係数で基準化された曲げ耐荷力、 $\sigma_{0.2}$: 0.2%耐力、 R_1, R_2, m : 定数であり、非接合板に対して表1に示す値、 μ : ポアソン比 (=0.3)、 E : ヤング係数 (=70GPa)、 b : 板幅、 t : 板厚

式(2)の座屈係数 23.9 を、次式で与えられる、面内曲げを受ける突起付き長方形板の座屈係数¹⁾で置換えることにより、突起付き長方形板の曲げ耐荷力が式(1)で与えられると仮定する。

$$k = 10.62 \frac{1 + 1.25 \sqrt{1 + c_1 s \gamma}}{1 + c_2 s \delta} \quad (3)$$

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

表1 R_1, R_2, m の値

AL 合金	$\sigma_{0.2}$ (MPa)	R_1	R_2	m
A6061-T6	245	0.34	1.18	0.69

表2 c_1 と c_2 の値

s	c_1	c_2
3	1	0.92
4 以上	1	1

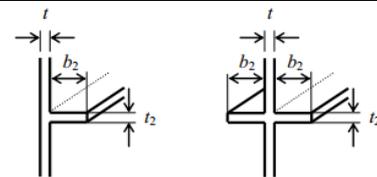


図1 片側突起と両側突起

$$\delta = \frac{c_3 \beta_r (t_2/t)^2}{b/t} \quad (5)$$

ここに、 s : 突起で区切られた板要素の総数、 γ : 板の曲げ剛性に対する一つの突起の曲げ剛性の比、 δ : 板の断面積に対する一つの突起の断面積の比、 c_1 と c_2 : 表2に示す値¹⁾、 c_3 : 片側突起の場合 1、両側突起の場合 2 (図1参照)、 β_r : 突起に局部座屈を起こさせないための b_2/t_2 に対する制限値 (A6061-T6 に対して、 $\beta_r = 6.28$)

式(4)と(5)を式(3)に代入して得られる座屈係数 k を式(2)の 23.9 と置換えて、 t_2/t について解いて次式を得る。

$$\frac{t_2}{t} = \sqrt{\frac{F_2 F_3 (F_3 - 0.8) + \sqrt{F_2^2 F_3^2 - F_1 [1 - (F_3 - 0.8)^2]}}{F_1 - F_2^2 F_3^2}} \quad (6)$$

ここに、 $F_1 = \frac{4(1 - \mu^2)c_1 c_3 s \beta_r^3}{b/t}$

$$F_2 = \frac{c_2 c_3 s \beta_r}{b/t}$$

$$F_3 = \frac{0.9}{\pi^2} \frac{1 - \mu^2}{R^2} \frac{\sigma_{0.2}}{E} \left(\frac{b}{t} \right)^2$$

キーワード アルミニウム合金, 板, 突起, 曲げ, 耐荷力

連絡先 〒565-0871 吹田市山田丘 2-1 大阪大学大学院工学研究科地球総合工学専攻 TEL 06-6879-7618

式(6)が与える t_2/t と b/t の関係を満たす, 突起付き長方形板に対して, FEM による弾塑性有限変位解析を行い, 得られた解析結果と式(1)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.

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.

$$\begin{cases} \varepsilon = \frac{\sigma}{E} + 0.002 \left(\frac{\sigma}{\sigma_{0.2}} \right)^n \\ \sigma = \sigma_{0.2} \end{cases} \quad (7)$$

ここで, ε と σ は, それぞれひずみと応力であり, ひずみ硬化パラメータ n の値は, A6061-T6 に対して 29.1 である³⁾.

突起付き長方形板の長さは, 座屈係数を最小にする長さであり, 次式で与えられる¹⁾.

$$a = \frac{2}{3} b(1 + \gamma s)^{0.25} \quad (8)$$

図2に示すように, 対称性より, 4辺単純支持された長方形板の左側半分を解析対象とする. 最大初期たわみ $b/250$ を有するサイン波形の初期たわみを長方形板に与える. $(0, b/2)$ の節点を中心として, $x=0$ の辺を z 軸回りに強制回転させることにより, 長方形板に面内曲げを与える.

$s=4$ に対する耐荷力と幅厚比の関係を図3に示す. β_0 は突起無し長方形板の幅厚比である. $R=0.5$ の場合, 幅厚比が増加すると, 解析値も増加する. しかし, $R=2.0$ の場合, 幅厚比の増加とともに, 耐荷力も増加するが, 最大値を迎えた後, 低下に転じ, 突起無し長方形板の耐荷力より小さくなる.

解析値と式(1)が与える耐荷力曲線との比較を図4に示す. 耐荷力曲線は, 突起付き長方形板の曲げ耐荷力を与えていることがわかる.

4. 結論

突起無し長方形板の幅厚比パラメータに含まれる座屈係数を, 突起付き長方形板の座屈係数で置き換えることにより, 突起無し長方形板の曲げ耐荷力式が突起付き長方形板の曲げ耐荷力を与える.

突起付き長方形板の耐荷力が, 突起無し長方形板の耐荷力より小さくなる限界の幅厚比を今後明らかにしなければならない.

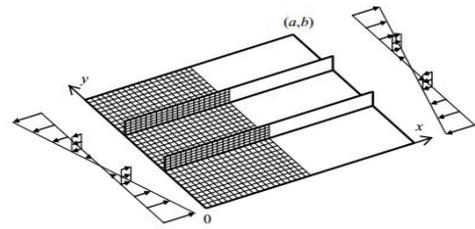
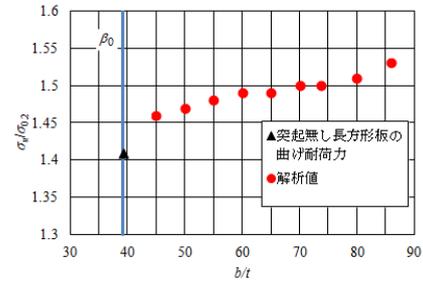
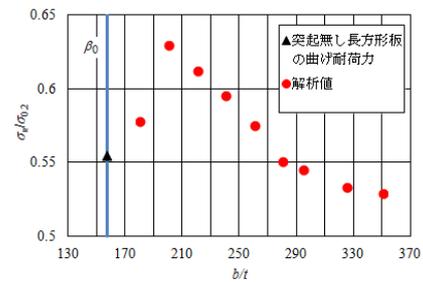


図2 解析対象



(a) $R = 0.5$



(b) $R = 2.0$

図3 耐荷力と幅厚比の関係 ($s = 4$)

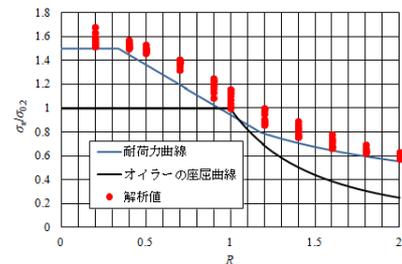


図4 解析値と耐荷力曲線の比較 ($s = 4$)

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, 構造工学論文集, Vol.59A, pp.199-207, 2013.
- 2) 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, No2, pp.287-299, 2012.
- 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.