

1. はじめに

アルミニウム合金材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。このような状況で、道路橋用の桁もアルミニウム合金材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、突起付き長方形板の曲げ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

突起無し長方形板の曲げ耐荷力が次式で与えられている²⁾。

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

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

ここに、 σ_u : 耐荷力, $\sigma_{0.2}$: 0.2%耐力, R_1, R_2, m : 定数で、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 $\sigma_{0.2}, R_1, R_2, m$ の値

| アルミニウム合金 | $\sigma_{0.2}$ | R_1 | R_2 | m |
|----------|----------------|-------|-------|------|
| A6061-T6 | 245 | 0.34 | 1.18 | 0.69 |

表 2 c_1, c_2 の値

| s | c_1 | c_2 |
|------|-------|-------|
| 3 | 1 | 0.92 |
| 4 以上 | 1 | 1 |

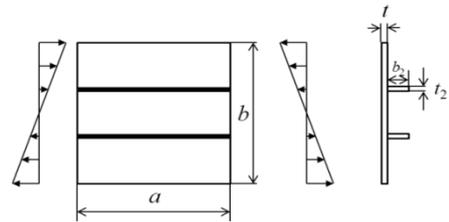


図 1 面内曲げを受ける突起付き長方形板

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

ここに、 s : 突起で区切られた板の要素数, 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, c_3 : 片側突起の場合 1, 両側突起の場合 2, β_r : 突起の幅厚比 b_2/t_2 に対する制限値

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。

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

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

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

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

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、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⁾。

突起付き長方形板の長さは、座屈係数の最小値を与える縦横比に対応するものとして、次式で与えられる¹⁾。

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

解析対象を図2に示す。対称性より、4辺単純支持された長方形板の左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、 β_{MI} は突起付き長方形板が全体座屈を起こす幅厚比の限界値である。 $R=0.5$ の場合、 β_{MI} を超える幅厚比においても耐荷力が増加している。しかし、 $R=2.0$ の場合、 β_{MI} で、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低くなる。

$s=4$ に対する解析値と耐荷力曲線との比較を図4に示す。解析値が耐荷力曲線を上回っており、耐荷力曲線は解析値を安全側に評価している。

4. 結論

突起付き長方形板の曲げ耐荷力は、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で評価される。

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, 構造工学論文集, Vol.59A, pp.199-207, 2013.

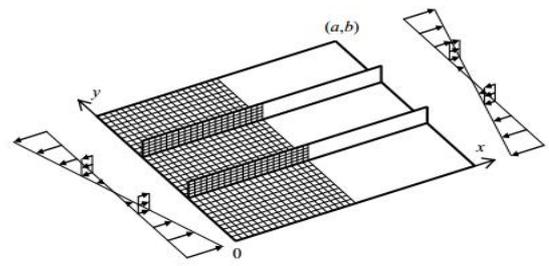
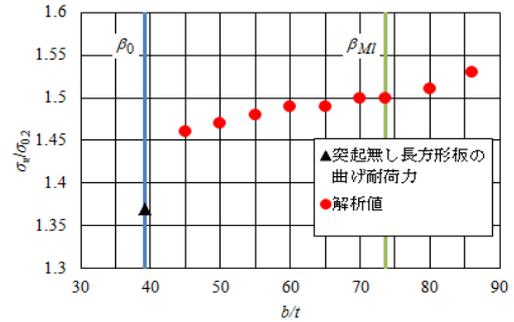
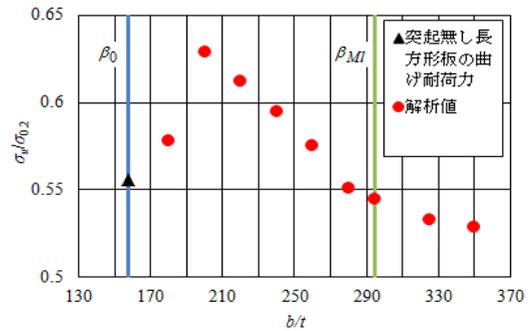


図2 解析対象



(a) $R = 0.5$



(b) $R = 2.0$

図3 耐荷力と幅厚比の関係 ($s=4$)

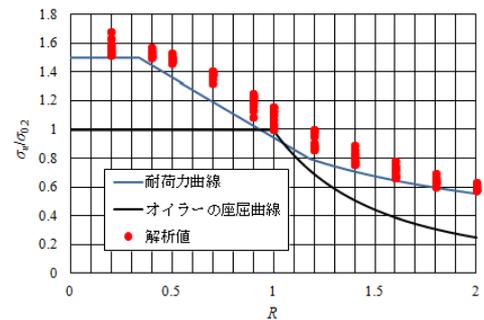


図4 解析値と耐荷力曲線の比較 ($s=4$)

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), Vol68, 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.