

突起付きアルミニウム合金板の断面積減少率と幅厚比の関係

大阪大学大学院工学研究科 学生員 ○寺川 勝大

大阪大学大学院工学研究科 正会員 大倉 一郎

1. はじめに

近年、軽量で耐食性に優れるアルミニウム合金が歩道用床版や歩道橋に使用されるようになってきた¹⁾。さらに、著者らは道路橋へのアルミニウム合金の適用を目指して、道路橋用アルミニウム桁を研究している。

従来のアルミニウム歩道橋の桁を図-1に示す。これはアルミニウム合金 A5083-O の圧延板のウェブとフランジが MIG 溶接で連結され、さらに垂直補剛材と水平補剛材がウェブに MIG 溶接で連結された構造である。A5083-O の 0.2%耐力は 125MPa であり、アルミニウム合金 A6061-T6 の 0.2%耐力 245MPa の約半分である。一般に道路橋は歩道橋より規模が大きくなるので、0.2%耐力の低い A5083-O を道路橋に使用することは困難である。したがって道路橋のアルミニウム合金桁には A6061-T6 などの、0.2%耐力の高い 6000 系アルミニウム合金の使用が必須である。しかし 6000 系アルミニウム合金は高強度であるが、MIG 溶接によって熱影響範囲の強度が低下する。したがって、図-1 に示す桁では、垂直補剛材を連結する MIG 溶接がウェブを横断するので、この位置で桁の強度が低下する。そこで、6000 系アルミニウム合金の特徴を活かす新しい桁構造が必要となり、図-2 に示す、T 型断面の押出型材を摩擦攪拌接合によって突合せ接合し、ウェブに等間隔に突起が配置された桁構造が提案された²⁾。この桁には垂直補剛材がなく、ウェブを横断する接合がないので、桁の一断面で強度が低下することはない。

しかし、この桁構造に対して、ウェブの幅厚比、突起の寸法や本数を決定する方法はまだ明らかにされていない。既往の研究²⁾では、突起付き長方形板が純曲げを受ける場合に対して断面積減少率と幅厚比の関係が与えられた。本研究では、曲げとせん断を受ける突起付き長方形板の断面積減少率と幅厚比の関係を明らかにする。

2. 突起付き長方形板の純せん断座屈強度

図-3 に示す、純せん断を受ける、細長い突起付き長方形板の面外たわみを次式で仮定する³⁾。

$$w = A_m \sin \frac{m\pi(x - \theta y)}{a} \sin \frac{\pi y}{b} \quad (1)$$

ここに、 A_m ：係数、 θ ：せん断座屈した面外変形の稜線の傾き、 m ：正の整数(=1, 2, 3, ...)。

式(1)の面外たわみに対してエネルギー法を適用することにより、次のせん断座屈強度 τ_{cr} が与えられる。

$$\tau_{cr} = 3.78 \left[1 + 0.79 \left\{ 1.59 + \frac{4(1 - \mu^2)\beta_r^3 \xi^4}{\beta} s \right\}^{0.5} \right] \frac{\pi^2 E}{12(1 - \mu^2)\beta^2} \quad (2)$$

ここに、 μ ：ポアソン比、 $\beta_r = b_2/t_2$ ：突起の幅厚比、 b_2 ：突起の高さ、 t_2 ：突起の厚さ

$\xi = t_2/t$ ：突起付き長方形板の板厚に対する突起の厚さの比、 s ：突起で区切られた板要素の総数

$\beta = b/t$ ：突起付き長方形板の幅厚比、 b ：板幅、 t ：板厚、 E ：ヤング率

キーワード アルミニウム合金、摩擦攪拌接合、突起付き長方形板、断面積減少率、座屈

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 TEL06-6879-3511

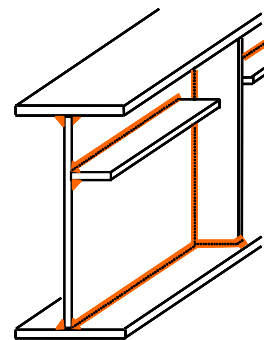


図-1 従来のアルミニウム合金桁

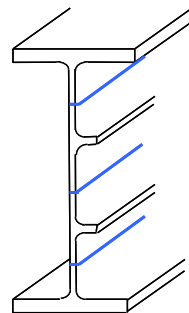


図-2 突起付きアルミニウム合金桁

3. 曲げとせん断を受ける突起付き長方形板の断面

積減少率と幅厚比の関係

曲げ応力 σ とせん断力 Q を受ける突起付き長方形板の座屈条件は次式で与えられる⁴⁾。

$$\left(\frac{\sigma}{\sigma_{cr}}\right)^2 + \left(\frac{Q}{Q_{cr}}\right)^2 \leq 1 \quad (3)$$

ここに、 σ_{cr} ：突起付き長方形板の純曲げ座屈強度、
 Q_{cr} ：突起付き長方形板の純せん断座屈断面強度

所定の大きさの純曲げ座屈強度 σ_{cr} を維持する突起付き長方形板の断面積減少率(突起無し長方形板の断面積に対する突起付き長方形板の断面積の比)が次式で与えられる²⁾。

$$\eta = \frac{\beta_0}{\beta} \left\{ 1 + \frac{(s-1)\beta_r \xi^2}{\beta} \right\} \quad (4)$$

ここに、 β_0 ：突起無し長方形板の幅厚比

$$\xi = \frac{t_2}{t} = \sqrt{\frac{H_2 H_3 + \sqrt{H_1(H_3^2 - 1) + H_2^2}}{H_1 - H_2^2}} \quad (5)$$

$$H_1 = \frac{4(1-\mu^2)s\beta_r^3}{\beta} \quad H_2 = 1.8 \frac{s\beta\beta_r}{\beta_0^2}$$

$$H_3 = 1.8 \left(\frac{\beta}{\beta_0} \right)^2 - 0.8$$

例として、 $b=750\text{mm}$ 、 $\beta_0=79$ 、 $\beta_r=10$ に対して、純曲げ座屈強度 $\sigma_{cr}=245\text{MPa}$ が維持される突起付き長方形板の断面積減少率と幅厚比の関係を図-4 に示す²⁾。ここで、 s は突起で区切られた板要素の総数である。図中の白丸は突起付き長方形板が全体座屈を起こす幅厚比の上限であり、破線部は突起で区切られた板要素が局部座屈を起こすので適用範囲外である。

突起付き長方形板の純せん断座屈断面強度 Q_{cr} は、式(2)を用いて次式で与えられる。

$$Q_{cr} = \tau_{cr} b t = \tau_{cr} \frac{b^2}{\beta} = 3.78 \left[1 + 0.79 \left\{ 1.59 + \frac{4(1-\mu^2)\beta_r^3 \xi^4}{\beta} s \right\}^{0.5} \right]^{0.5} \frac{\pi^2 E b^2}{12(1-\mu^2)\beta^3} \quad (6)$$

Q_{cr} は、 σ_{cr} を維持する突起付き長方形板の断面形状に対する純せん断座屈断面強度である。したがって、式(6)の ξ に(5)を用いて、 Q_{cr} の値が得られる。式(6)が与える Q_{cr} と β の関係を図-5に示す。

参考文献

- 1)アルミニウム橋研究会、アルミニウム構造物、<http://alst.jp/str.htm>
- 2)大倉一郎、佐藤純：摩擦攪拌接合を考慮した突起付きアルミニウム合金板の提案、ALST 研究レポート、No.11, 2009.
- 3)Timoshenko, S. P. and Gere, J. M. : Theory of Elastic Stability, McGRAW-HILL Book Company, pp.382-383, 1963.
- 4)Theodore V. Galambos: Guide to Stability Design Criteria for Metal Structures, Fifth Edition, John Wiley & Sons, Inc., New York, p.145, 1998.

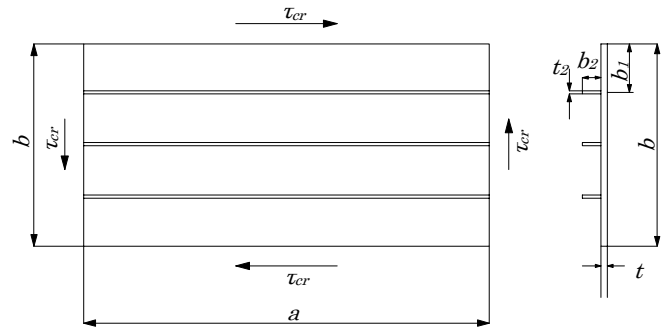


図-3 純せん断を受ける突起付き長方形板

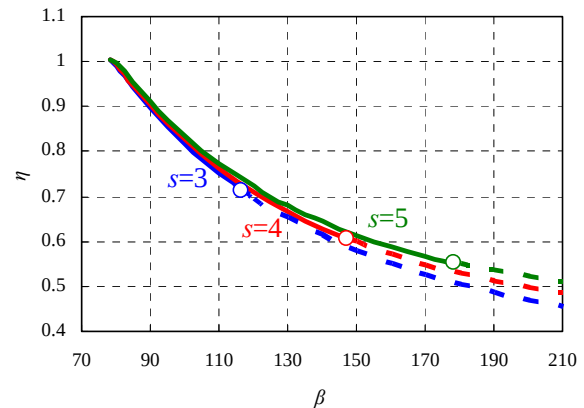


図-4 突起付き長方形板の $\eta - \beta$ 関係

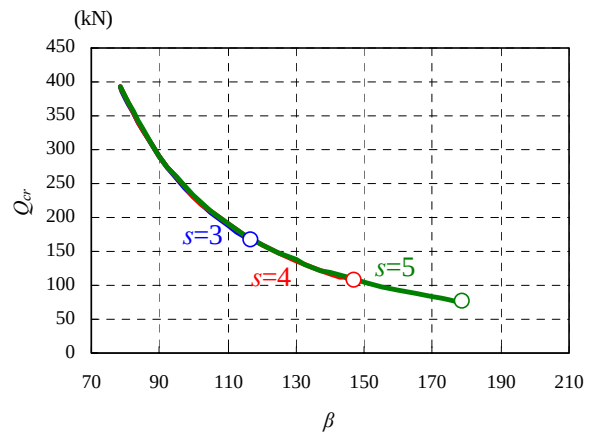


図-5 Q_{cr} と β の関係