

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。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 5000 系アルミニウム合金 A5083P-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 溶接で連結される。

A5083P-O の 0.2%耐力は 125MPa であり、6000 系アルミニウム合金 A6061S-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、さらに道路橋の活荷重は歩道橋のそれより格段に大きくなるので、0.2%耐力の低い A5083P-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 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一方、MIG 溶接による熱影響範囲の強度低下が著しい。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、この位置で桁は強度低下を起こす。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撚拌接合によって突合せ接合し、ウェブに等間隔に突起を配置した突起付きアルミニウム合金桁が提案された<sup>1)</sup>。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、桁の一断面で強度低下が生じることはない。しかし、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ない。

既往の研究においては、突起付き長方形板が純曲げを受けるときに対して断面積減少率と幅厚比の関係が与えられた<sup>1)</sup>。本研究では、突起付き長方形板が純せん断を受ける場合、さらに曲げとせん断を受ける場合について、その断面積減少率と幅厚比の関係を明らかにし、得られた関係を突起付きアルミニウム合金桁のウェブ断面上に適用する。

2. 純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

図-3 に示す、せん断を受ける突起付き長方形板の面外たわみを次式で仮定する<sup>2)</sup>。

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

ここに、 $A_m$  : 係数、 $\theta$  : 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, ...) )

エネルギー法を式(1)に適用することにより次のせん断座屈強度  $\tau_{cr}$  が与えられる。

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

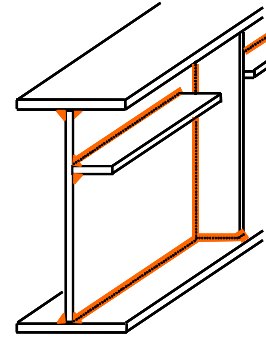


図-1 従来のアルミニウム合金桁

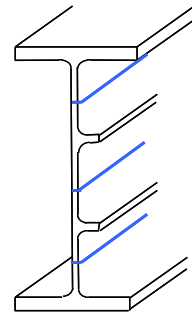


図-2 突起付きアルミニウム合金桁

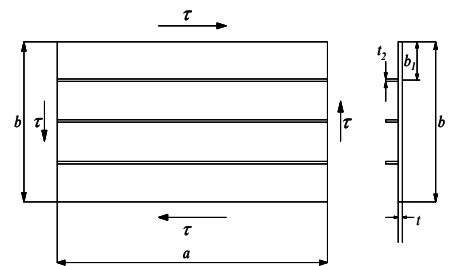


図-3 せん断を受ける突起付き長方形板

ここに、 $\mu$  : ポアソン比,  $\beta_r$  : 突起の幅厚比,  $\xi_s = t_2/t$  : 突起付き長方形板の板厚に対する突起の厚さの比  
 $s$  : 突起によって区切られた板要素の総数,  $\beta = b/t$  : 幅厚比,  $b$  : 板幅,  $t$  : 板厚,  $E$  : ヤング率  
 せん断座屈断面強度  $Q_{cr}$  が次式で与えられる.

$$Q_{cr} = \tau_{cr} bt \quad (3)$$

式(2)を式(3)に代入し,  $\xi_s$  について解くことにより, 所定の  $Q_{cr}$  を維持する突起付き長方形板の板厚比  $\xi_s$  と幅厚比  $\beta$  の関係が次式で与えられる.

$$\xi_s = \left[ \frac{\beta}{4(1-\mu^2)\beta_r^3 s} \left[ \left( \frac{12(1-\mu^2)\beta^3 Q_{cr}}{3.78\pi^2 E b^2} \right)^2 - 1 \right] - 1.59 \right]^{0.25} \quad (4)$$

所定の  $Q_{cr}$  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.

$$\eta_s = \frac{\beta_0}{\beta} \left\{ 1 + \frac{(s-1)\beta_r \xi_s^2}{\beta} \right\} \quad (5)$$

ここに,  $\beta_0$  : 突起無し長方形板の幅厚比

$\beta_0 = 79$ ,  $b=750\text{mm}$ ,  $s=4$ ,  $\beta_r=10$  に対する, 純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図-4 に示す. 1 以下の  $\eta_s$  が存在するので, 突起を設けることにより, 断面積を減らすことができる.

### 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

曲げとせん断を受ける突起付き長方形板の座屈条件が次式で与えられる.

$$\left( \frac{\sigma}{\sigma_{cr}} \right)^2 + \left( \frac{Q}{Q_{cr}} \right)^2 \leq 1 \quad (6) \quad \sigma_{cr} \leq \sigma_{0.2} \quad (7) \quad \tau_{cr} \leq \tau_{0.2} = \sigma_{0.2} / \sqrt{3} \quad (8)$$

ここに,  $\sigma_{0.2}$  : アルミニウム合金の 0.2% 耐力,  $\tau_{0.2}$  : アルミニウム合金の 0.2% せん断耐力

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図-5 に示す. 本例は,  $\sigma = 123 \text{ MPa}$ ,  $Q = 150 \text{ kN}$  に対するものである.  $\eta_M$  曲線上では, 曲げ座屈強度  $\sigma_{cr} = 245 \text{ MPa}$  が維持されている. この曲線は, 突起無し長方形板の  $\sigma_{cr}$  と, 突起付き長方形板の  $\sigma_{cr}$  を等値して, 純曲げを受ける場合に対する板厚比  $\xi_M$  について解くことにより得られる<sup>1)</sup>.  $\eta_M$  曲線の破線部は, 突起付き長方形板が局部座屈を起こすため, 適用範囲外である.  $\eta_S$  曲線上では, 式(6)で等号が成立するときのせん断座屈断面強度  $Q_{cr} = 173 \text{ kN}$  が維持されている. 両曲線の上側が式(6)~(8)を満たす領域である.

### 4. 突起付き長方形板の桁ウェブへの適用

アルミニウム合金桁のウェブに突起付き長方形板を適用すると, ウェブ断面積の減少に伴い, 桁全体の断面二次モーメントが低下するため, 所定の断面二次モーメントを維持するためにはフランジ幅を大きくしなければならない. フランジ幅を大きくしても, 桁全体の断面積が下がることを講演当日説明する.

#### 参考文献

- 1) 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 11, 2009.
- 2) Timoshenko, S. P. and Gere, J. M. : Theory of Elastic Stability, McGRAW-HILL Book Company, pp.382-383, 1963.

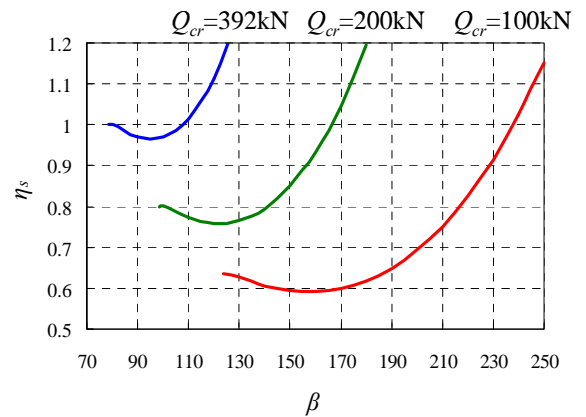


図-4 純せん断を受ける突起付き長方形板の断面積減少率と幅厚比の関係

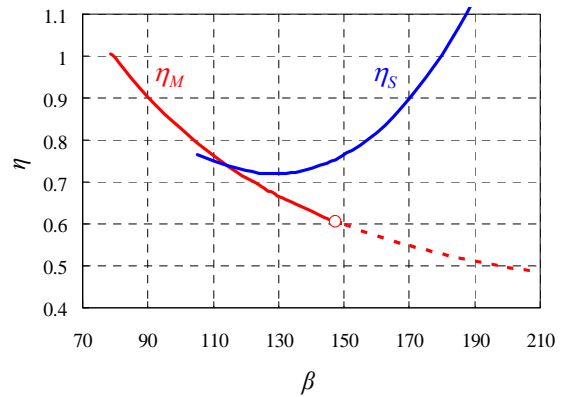


図-5 曲げとせん断を受ける突起付き長方形板の断面積減少率と幅厚比の関係