

第 部門 圧縮を受けるアルミニウム突起補剛板の耐荷力に関する研究

大阪大学大学院 学生員 佐藤 純
 大阪大学大学院 正会員 大倉 一郎

1. はじめに

環境問題，作業性，耐震性の観点から，構造部材の軽量化は有益であり，既報¹⁾で，部材を軽量化する手法を提案した．板に小さな突起を等間隔に複数設けることにより，座屈強度を維持しつつ板を薄肉化するというものである．この板を，突起補剛板と呼ぶ．

突起補剛板を製作する際，鋼においては平板に，突起をすみ肉溶接によって取り付ける方法が考えられるが，複数の突起を設けると溶接箇所が多くなり，残留応力や初期たわみが大きくなる．圧延による製造も考えられるが，現在の製造メーカーでは，突起の高さが数 mm 以下のものしか製造できないため，突起の効果を期待できない．

他方，アルミニウム合金は，押出成形によって自由な断面形を製造することができる．よってアルミニウム突起補剛板について考える．

そこで本研究では，FEM 解析を用いて，アルミニウム合金 A6061-T6 製突起補剛板の耐荷力を明らかにする．

2. アルミニウム突起補剛板の断面積比 幅厚比関係

無補剛板の断面積に対する突起補剛板の断面積の比 η が次式で与えられる．

$$\eta = \left\{ 1 + \frac{(s-1)\beta_r \xi^2}{\beta} \right\} \sqrt{\frac{2 \left(1 + \frac{s\beta_r \xi^2}{\beta} \right)}{1 + \sqrt{1 + \frac{4(1-\mu^2)\beta_r^3 \xi^4}{\beta}}}} \quad (1)$$

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

$$H_1 = \frac{4s(1-\mu^2)\beta_r^3}{\beta}, \quad H_2 = 2 \frac{s\beta\beta_r}{\beta_0^2}, \quad H_3 = 2 \left(\frac{\beta}{\beta_0} \right)^2 - 1$$

ここに， μ ：ポアソン比， $\beta = b/t$ ：突起補剛板の幅厚比， $s = b/b_1$ ：突起によって区切られた板要素の総数， $\beta_r = b_r/t_r$ ：突起の幅厚比．

座屈強度 σ を持つ無補剛板の幅厚比 β_0 は次式で与えられる．

$$\beta_0 = \frac{b}{T} = \sqrt{k_0 \frac{\pi^2 E}{12(1-\mu^2)\sigma}} \quad (2)$$

ここに， $k_0 = 4$ ：無補剛板の座屈係数， E ：ヤング率．

式(2)の に，A6061-T6 の 0.2% 耐力 $\sigma_{0.2} = 245\text{MPa}$ を代入すると， $\beta_0 = 32$ となる．このとき， $\beta_r = 5$ ， $s = 3$ とした場合の断面積比 η と幅厚比 β の関係を図-2 に示す．図中の点 P_i は，後述する計算結果との対応を表している．

3. FEM 解析による耐荷力計算

本研究では，汎用有限要素解析プログラム MARC を用いて弾塑性有限変位解析を行った．解析モデルは周辺単純支持，板幅 $b = 400\text{mm}$ の正方形板であり，図-3 に示す．

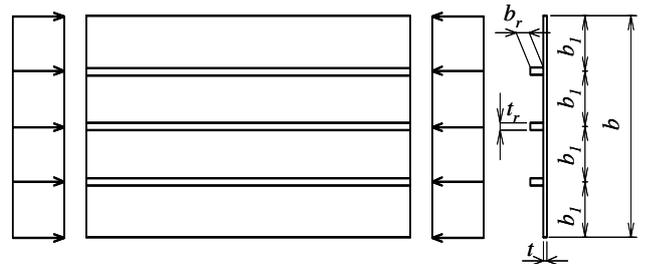


図-1 圧縮を受けるアルミニウム突起補剛板

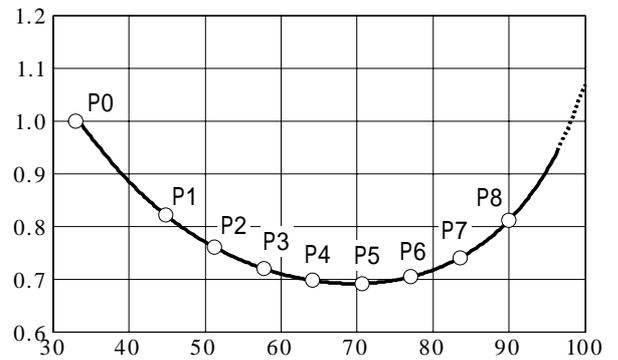


図-2 $\eta - \beta$ 関係

解析は対称性を考慮して4分の1部分を行った。使用した有限要素は8節点厚肉シェル要素である。要素分割は、無補剛板については10×10、突起補剛板については突起の配置の関係で板を15×15に分割し、突起を幅方向に5分割した。荷重は強制変位によって与えた。非荷重辺は面内方向の変位に対しては拘束を受けない面内自由の境界条件とした。

アルミニウム合金 A6061-T6 の応力 - ひずみ関係は次式で与えられる²⁾。

$$\sigma \leq \sigma_{0.2} \text{ のとき, } \varepsilon = \frac{\sigma}{E} + 0.002 \left(\frac{\sigma}{\sigma_{0.2}} \right)^n \quad (3)$$

$$\sigma > \sigma_{0.2} \text{ のとき, } \sigma = \sigma_{0.2}$$

ここに、 $E = 70\text{GPa}$ 、 $\sigma_{0.2} = 245\text{MPa}$ 、 $n = 29.1$ ：ひずみ効果パラメータ。

初期たわみは次の関数で与えた。

$$w_0 = e_0 \sin\left(\frac{\pi x}{a}\right) \cdot \sin\left(\frac{\pi y}{b}\right) \quad (4)$$

初期たわみの最大値 e_0 については、 $b/1000$ 、 $b/500$ 、 $b/150$ の3通りを考慮した。

$\beta_r = 5$ 、 $s = 3$ 、 $e_0 = b/1000$ の場合における、荷重と載荷辺の荷重方向変位との関係を図-4に、荷重と板中央部の面外変位との関係を図-5に示す。 $e_0 = b/1000$ の場合、幅厚比が大きくなるに従って耐荷力が高くなる。

無補剛板の耐荷力に対する突起補剛板の耐荷力の比 $\sigma_u(Pi)/\sigma_u(P0)$ と幅厚比 β の関係を図-6に示す。 e_0 の値が $b/1000$ 、 $b/500$ 、 $b/150$ のいずれの場合においても、突起補剛板は、無補剛板以上の耐荷力を持つ。

幅厚比が大きくなるに従って、耐荷力が上昇する。

初期たわみの値が大きいほど、幅厚比が増加に伴う耐荷力の上昇率が高い。

4. 結論

初期たわみの値に関わらず、突起補剛板の耐荷力は、無補剛板の耐荷力以上である。

参考文献

- 1) 佐藤純・大倉一郎・石川敏之：ストライプパネル桁の提案，土木学会第62回年次学術講演会講演概要，-61。
- 2) 大倉一郎・長尾隆史・石川敏之・萩澤亘保・大隈心平：構造用アルミニウム合金の応力 - ひずみ関係の定式化およびMIG溶接と摩擦撹拌接合によって発生する残留応力の定式化，ALST研究レポート1，2007。

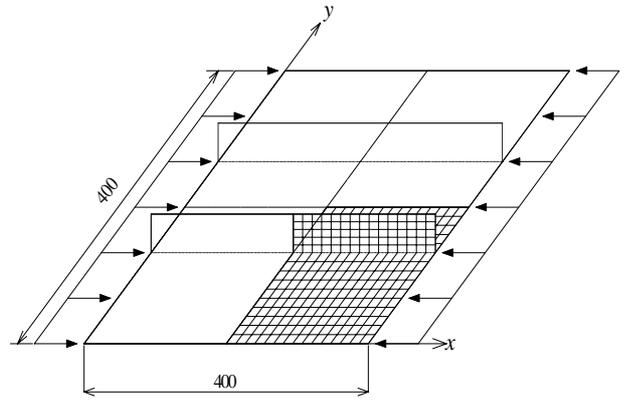


図-3 解析モデル

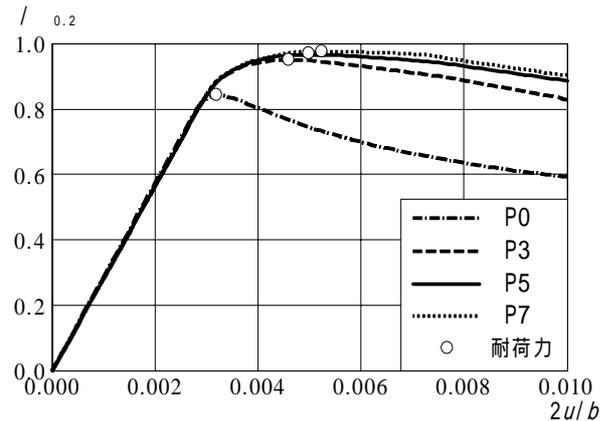


図-4 荷重 変位関係

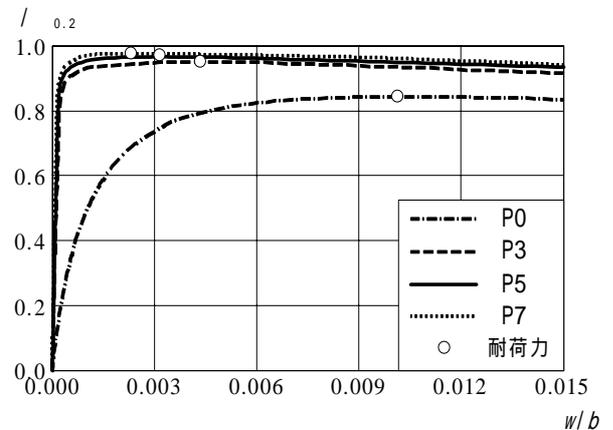


図-5 荷重 面外変位関係

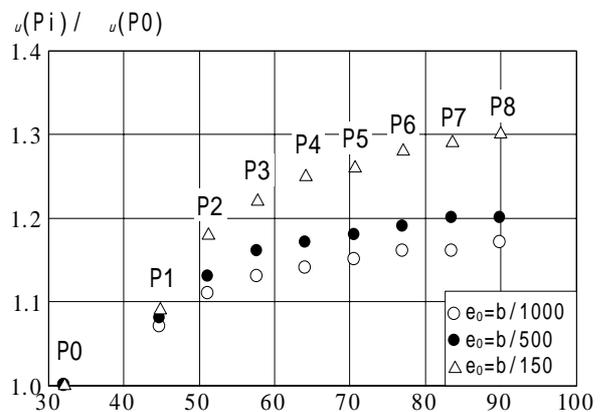


図-6 耐荷力比と幅厚比の関係