

圧縮を受けるアルミニウム突起補剛板の耐荷力

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る．著者らは，小さな突起が等間隔に複数設けられた突起補剛板を提案した¹⁾．鋼製の突起補剛板を製作する場合，突起が鋼板にすみ肉溶接によって取り付けられる．しかし，複数の突起を設けると溶接箇所が多くなるので，残留応力と初期たわみが大きくなる．圧延で突起を付ける場合，突起の高さは数 mm 以下に限定される．他方，アルミニウム合金製の突起補剛板は，図-1 に示すように，T 型の押出形材を摩擦撹拌接合によって接合することにより製作される．

提案された突起補剛板は，座屈強度は維持されているが，耐荷力も維持されているかどうかは不明である．本研究では，無補剛板の座屈強度を維持したアルミニウム突起補剛板が，無補剛板の耐荷力を維持しているか否かを FEM 解析により明らかにする．

2. アルミニウム突起補剛板の断面積比—幅厚比関係

突起補剛板が無補剛板の座屈強度を維持するとき，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¹⁾．

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

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

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

μ : ポアソン比, $\beta = b/t$: 突起補剛板の幅厚比, $s = b/b_1$: 突起で区切られた板要素の総数, $\beta_r = b_r/t_r$: 突起の幅厚比, β_0 : 無補剛板の幅厚比, b, b_1, t, b_r, t_r の意味は図-2 を参照．

本研究では，無補剛板の座屈応力が A6061-T6 の 0.2% 耐力と等しい場合の幅厚比を β_0 に与えた．すなわち， $k_0 = 4$ (無補剛板の座屈係数)， $E = 70 \text{ GPa}$ (ヤング率)， $\sigma_{0.2} = 245 \text{ MPa}$ (0.2% 耐力) を次式に代入して， β_0 は 32 である．

$$\beta_0 = \sqrt{k_0 \frac{\pi^2 E}{12(1-\mu^2)\sigma_{0.2}}} \quad (2)$$

$\beta_0 = 32$ ， $\beta_r = 5$ ， $s = 3$ に対して，式(1)から得られる断面積比 η と幅厚比 β の関係を図-3 に示す．図中の白丸 P_i は，図-5, 6, 7 で用いられる．

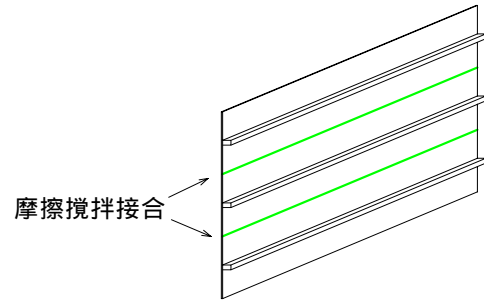


図-1 アルミニウム突起補剛板

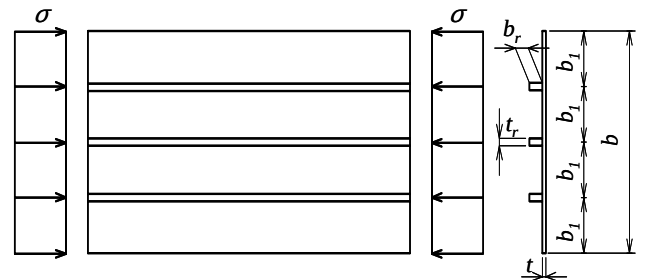


図-2 圧縮を受けるアルミニウム突起補剛板

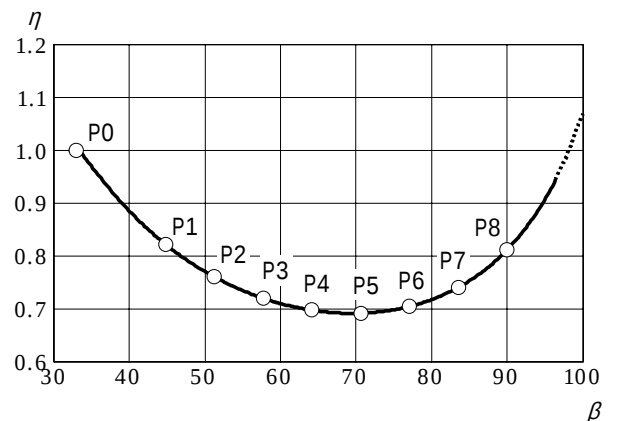


図-3 断面積比—幅厚比関係

キーワード アルミニウム合金，突起，軽量化，耐荷力，補剛板

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 TEL06-6879-7618

3. アルミニウム突起補剛板の耐力力

圧縮を受ける突起補剛板の解析モデルを図-4 に示す．解析モデルは板幅 $b = 400\text{mm}$ の正方形板である．境界条件は，周辺を単純支持とし，非載荷辺を面内自由とした．荷重は強制変位によって与えた．計算対象は，対称性を考慮して4分の1部分（図-4の斜線部）とし，無補剛板に対しては 10×10 ，突起補剛板に対しては板を 15×15 ，突起を幅方向に5に要素分割した．

アルミニウム合金 A6061-T6 の応力 - ひずみ関係に対して次式を採用した．

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

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

ここに， n ：ひずみ効果パラメータ．本研究では， $n = 29.1$ を用いた²⁾．

初期たわみ w_0 を次式で与えた．

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

初期たわみの最大値 e_0 として， $b/1000$ ， $b/500$ ， $b/150$ を考慮した．

解析モデルの弾塑性有限変位解析には，汎用有限要素解析プログラム MARC を用いた．使用した有限要素は8節点厚肉シェル要素である．

$\beta_r = 5$ ， $s = 3$ ， $e_0 = b/1000$ の場合に対して，荷重と載荷辺の荷重方向変位 u との関係を図-5，荷重と板中央部の面外変位 w との関係を図-6 に示す．幅厚比が大きくなるに従って耐力力が高くなる．

無補剛板の耐力力に対する突起補剛板の耐力力の比 $\sigma_u(P_i)/\sigma_u(P_0)$ と幅厚比 β の関係を図-7 に示す． $\sigma_u(P_i)$ は図-2 中の白丸 P_i の断面形状を持つ突起補剛板の耐力力， $\sigma_u(P_0)$ は無補剛板の耐力力である． 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に比べて高い耐力力を有する． e_0 の値が大きいほど，幅厚比の増加に伴う耐力力の上昇率が高い．

4. 結論

無補剛板の座屈強度を保持する突起補剛板の耐力力は，無補剛板の耐力力より大きい．

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 J-61 2007．
- 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．

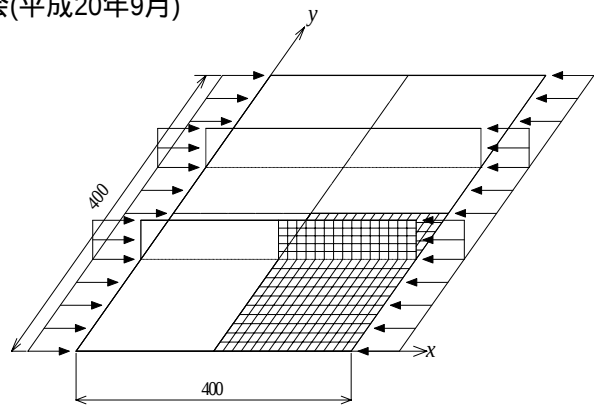


図-4 解析モデル

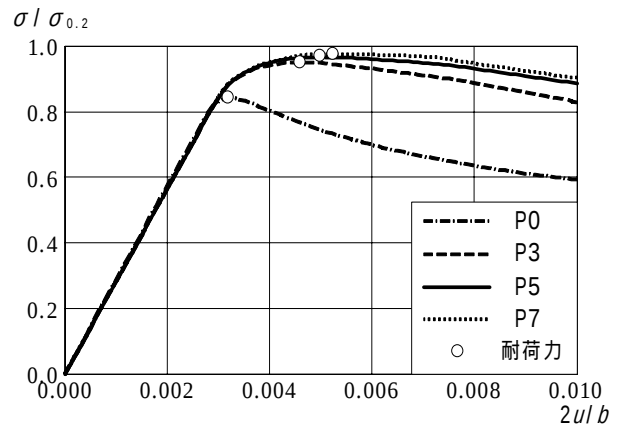


図-5 荷重—変位関係

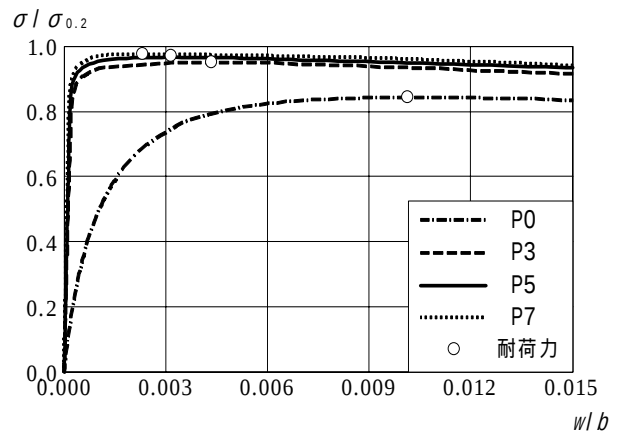


図-6 荷重—面外変位関係

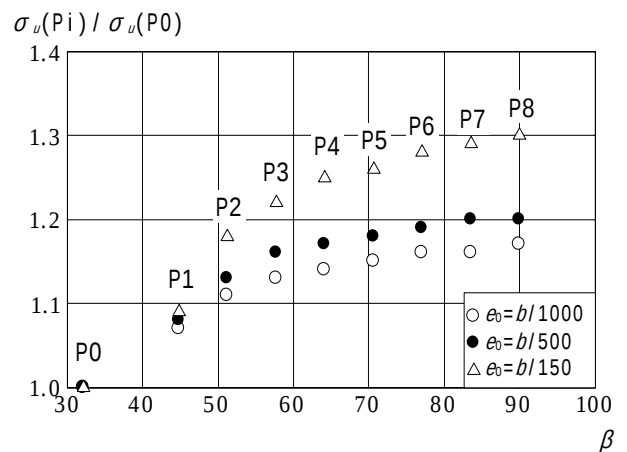


図-7 耐力力比—幅厚比の関係