

圧縮と曲げを受けるH型アルミ短柱部材の耐荷力と変形挙動について

熊本大学工学部 学生会員○筒井 隆宏 熊本大学大学院 フェロー会員 山尾 敏孝
熊本大学大学院 正会員 葛西 昭

1. はじめに

現存する橋梁のほとんどが鋼橋やコンクリート橋であり、その多くが高度経済成長期に建設されているため、高齢化や老朽化が進んでいる。一方、耐食性が良く軽量なアルミニウム材が橋梁の材料として注目されつつあり、アルミニウム合金を用いた歩道橋や床版橋等が建設されるようになってきた¹⁾²⁾。しかし、橋梁の主要部材として、アルミニウム材を用いるためには、鋼材に比べ歴史が浅く、設計法についても未解明な点も多い。本研究では、板要素を集成した部材として、H型断面部材の耐荷力および座屈挙動を解析的に検証する。また、フランジとウェブの幅厚比の組合せが変化した際の部材の耐荷力の評価方法についても検討を行った。

2. 数値解析の概要

解析対象は、図1に示すようなアルミ材のH型短柱で、断面図を図2に示す。加工できるアルミ部材の断面寸法の限界を考慮し、フランジの半幅を $b=125\text{mm}$ 、ウェブの高さを $h=250\text{mm}$ と一定とした。そして、式(1)、(2)で与えられるフランジとウェブの幅厚比パラメータ R_f 、 R_w を0.4～1.6と変化させ、フランジとウェブの板厚 t_f 、 t_w を算出した。なお、部材長 l は、式(3)で得られる細長比 λ を短柱の0.2として求めた。

$$R_f = \frac{b}{t_w} \sqrt{\frac{\sigma_y}{E} \cdot \frac{12(1-\nu^2)}{0.425\pi^2}} \quad (1) \quad R_w = \frac{h_w}{t_w} \sqrt{\frac{\sigma_y}{E} \cdot \frac{12(1-\nu^2)}{4\pi^2}} \quad (2)$$

$$\lambda = \frac{1}{\pi} \sqrt{\frac{\sigma_{0.2}}{E}} \frac{l}{r} \quad (3)$$

ここで、 σ_y : $\sigma_{0.2}$ 、 $\sigma_{0.2}$:0.2%耐力、 t :板厚、 ν :ポアソン比($=0.3$)、 h_w :ウェブ幅である。使用材料は、構造用アルミニウム合金である非熱処理アルミニウムA5083-Oと熱処理アルミニウムA6061-T6とし、材料定数を表1に示した。構成則としては、図3に示すようRamberg-Osgood式に基づいた応力-ひずみ関係を用いた²⁾。アルミニウム材モデルの初期不整としては初期たわみと残留応力を考慮した。初期たわみの形状は、フランジ部とウェブ部とも正弦波と仮定し、それぞれの最大初期たわみ値を図1に示す値を用いた。また、残留応力分布の例は図4に示すが、T型断面の押出型材をMIG溶接接合と摩擦攪拌接合(FSW)で2つの接合方法での集成を考えた。分布形状は矩形型とし、図4に示す圧縮と引張応力値を用いた。

数値解析では、一般汎用シェル要素を使用する汎用有限要素法解析プログラムABAQUSを用いた³⁾。解析モデルの要素分割は、1要素が25mm四方になるように分割した。载荷ケースは、図5に示すように軸圧縮のみ及び軸圧縮と弱軸曲げの両方を与える2パターンとした。また、解

析モデルの境界条件は両端を固定とし、軸圧縮荷重は強制変位、曲げは強制回転角で与えた。

表1 材料定数

材料	ヤング率 $E(\text{kN/mm}^2)$	0.2%耐力 $\sigma_{0.2}(\text{N/mm}^2)$	接合部0.2%耐力 $\sigma_{j0.2}(\text{N/mm}^2)$
A5083-O	70	127	127
A6061-T6	70	245	108

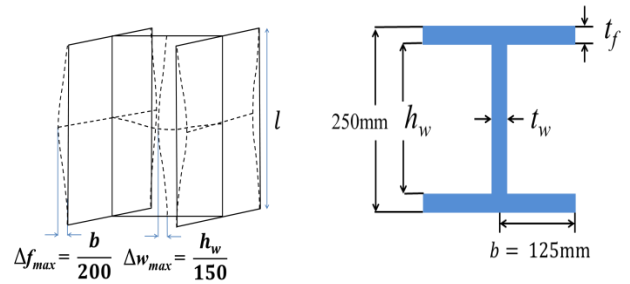


図1 解析モデル

図2 解析モデル断面

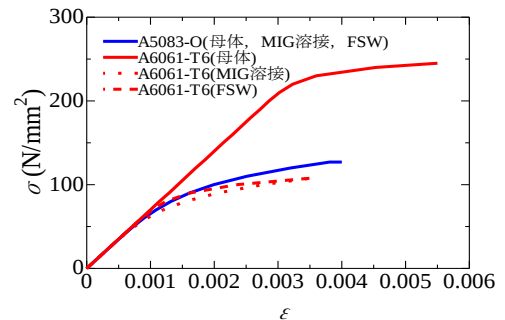


図3 アルミ材の応力-ひずみ関係

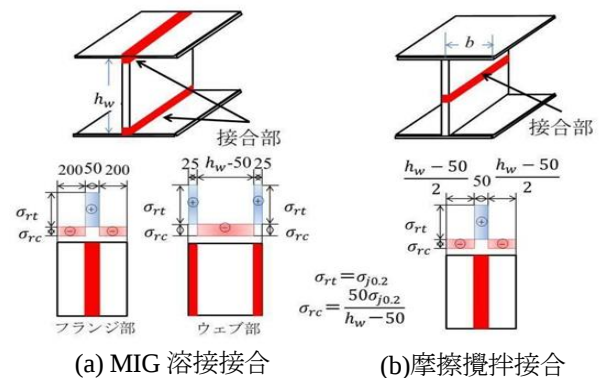


図4 残留応力分布図

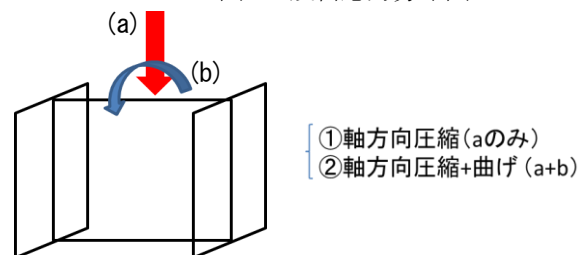


図5 軸圧縮と曲げ载荷の方法

- ①軸方向圧縮(aのみ)
- ②軸方向圧縮+曲げ(a+b)

3. 解析結果および考察

図6は、A6061-T6アルミの解析で、フランジ厚を $R_f = 0.4, 1.6$ と固定し、 R_w を0.4~1.6まで変化させた場合と、ウェブ厚を $R_w = 0.4, 1.6$ と固定し、 R_f を0.4~1.6まで変化させた場合のモデルに、軸圧縮荷重を作用させた場合の荷重-変位曲線を無次元化して示した。ここに、 P :荷重、 P_y :降伏荷重、 u :変位、 u_y :降伏変位、 σ_u :最大強度、 $\sigma_{0.2}$:0.2%耐力である。図より、比較的厚肉である $R_f = 0.4$ のときは R_w が変化しても、最大強度は降伏強度に達しており、変位挙動もほぼ同様である。しかし、最大強度以降は板厚が薄い R_w において強度低下が激しくなった。また、 R_f が大きい薄板になるにつれて、最大強度に差異が見られ、 R_w が大きいモデルほど小さくなった。これは板厚が薄くなることによる局部座屈の影響と考えられる。また、強度低下に伴う変位挙動は、幅厚比が大きくなっても似たような挙動を示した。一方で、幅厚比の小さい $R_w = 0.4$ が一定としたときは、 R_f の変化によって変形挙動及び最大強度に大きなばらつきが見られることから、ウェブの板厚に比べてフランジの板厚の方が強度に影響を大きく与えるということが考えられる。

次に、図7はA6061-T6の細長比が $\lambda = 0.2$ の場合の耐力力曲線である。フランジとウェブの板厚が薄くなるほど、耐力力は下がる傾向にあるのがわかる。しかし、 $R_f = 0.4, R_w = 1.6$ の場合と、 $R_f = 1.6, R_w = 0.4$ の場合を比較すると、同じ耐力力となっていないことがわかる。つまり、H型断面部材を評価する幅厚比パラメータの検討が必要であり、文献4)で示されている $R_{eq} = \sqrt{R_f \cdot R_w}$ という簡易評価式では十分な対応ができないことがわかる。また、今回使用した解析モデルの荷重-変位曲線の結果からわかるように、フランジの板厚の方がウェブの板厚よりも耐力力に与える影響力は大きいことがわかった。

弱軸曲げを考慮した場合などの載荷パターンを変えた解析やアルミA5083-Oの場合の解析結果の比較については、発表当日に報告する予定である。

参考文献

- 1)大倉一郎，萩澤亘保，花崎昌幸：アルミニウム構造学入門，東洋書店，2006.
- 2)佐々木奈緒，他2名：軸方向圧縮力と曲げを受けるアルミ短柱の変形挙動と耐力力の検討，土木学会全国大会講演概要集，2015
- 3) Dassault Systèmes Simulia Corp, ABAQUS Analysis User's Manual, Version 6.14-1, pp.1131-1132, 2015.
- 4)久保全弘，小川春由樹：薄肉鋼はりの極限強度の簡単な評価法，土木学会構造工学論文集，Vol.37A, pp.145-154, 1991.

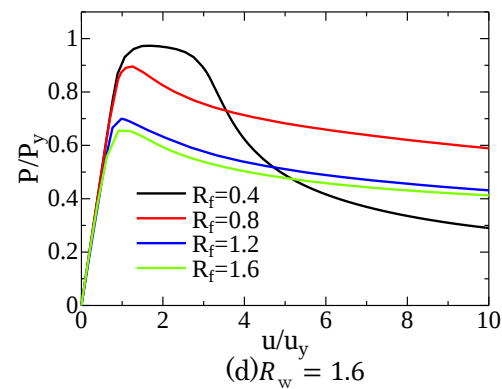
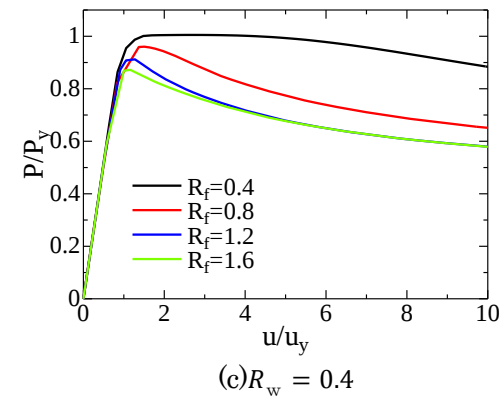
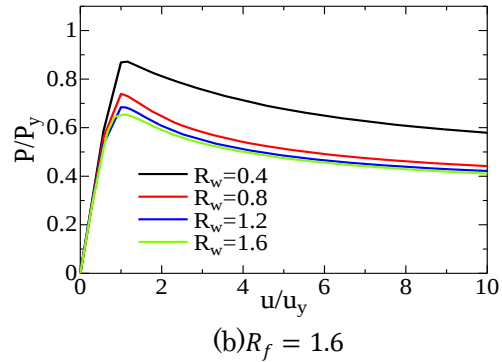
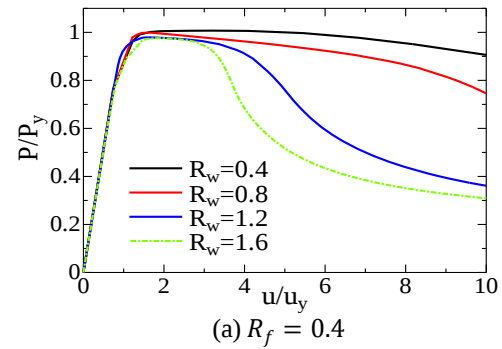


図6 荷重-変位曲線(A6061-T6)

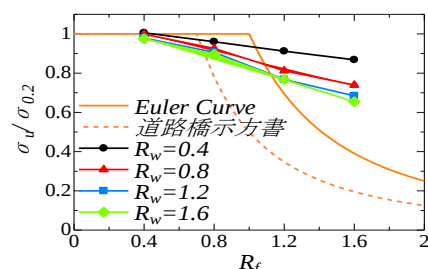
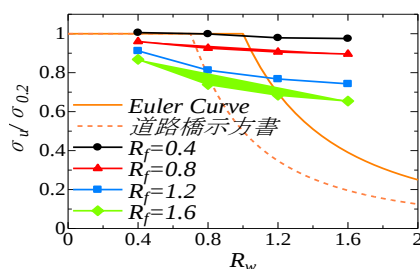


図7 耐力力曲線の比較(A6061-T6)