

圧縮と曲げを受けるH型アルミ短柱部材の変形挙動と耐荷力評価

北九州市 正会員○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

高度経済成長期に建設された多くの中小スパンのRC橋梁が高齢化や老朽化し、長寿命化対策が求められている。この一対策法として、耐食性が良く軽量なアルミニウム合金を用いた床版を打ち替えに適用する研究が進めら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適用するためには、鋼材に比べ歴史が浅く、耐荷力も含め未解明な点も多い。本研究では、板要素を集成した部材として、H型アルミニウム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、その断面図を図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 $0.4\sim 1.6$ 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⁾。解析モデルへの荷重方法は、図4に示すような軸圧縮力と曲げモーメントを作用させた。また、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、それぞれ図1に示すような最大初期たわみ値を用いた。また、残留応力分布の例は図5に示すが、T型断面の押出形材を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5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 12.5mm 四方になるように分割した。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

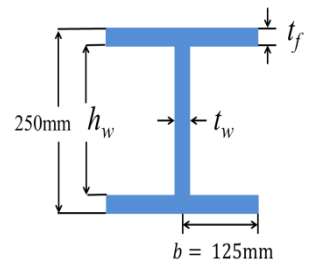
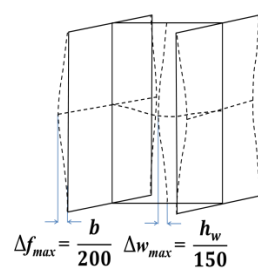


図1 解析モデルと初期たわみ

図2 解析モデル断面

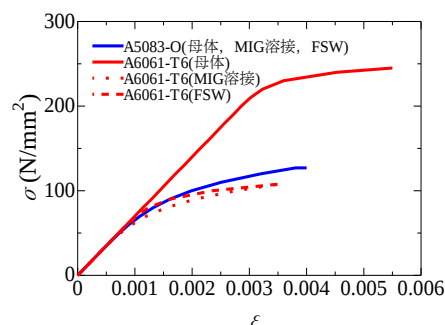


図3 アルミ材の応力-ひずみ関係

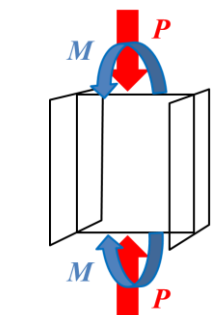
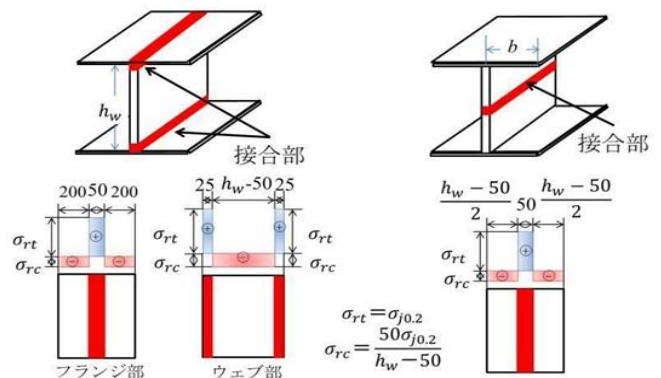


図4 軸圧縮力と曲げ荷重の方法



(a) MIG 溶接接合

(b) 摩擦攪拌接合

図5 溶接残留応力分布

3. 解析結果と考察

図6は、A6061-T6モデルが軸圧縮荷重を受ける場合、フランジの幅厚比 R_f を固定して、ウェブの幅厚比 R_w を変化させた時の荷重-変位挙動を示したものである。図より $R_f = 0.4$ が一定の時、 R_w が変化しても最大強度までの挙動や最大強度に大きな違いは見られなかった。しかし、フランジの幅厚比の大きな $R_f = 1.6$ が一定では変形挙動及び最大強度に差が見られ、 R_w が大きくなるにつれ最大強度も低下した。図7は、A6061-T6で、接合方法の比較を行った結果を示した。図より、最も幅厚比の小さい場合は変形挙動や最大強度に差はほとんどなかったが、 $R_f = 0.4$, $R_w = 1.6$ では、最大強度および変形挙動に影響が出た。つまり、中央接合の場合の方が端部接合に比べて強度が高くなり、端部接合では、溶接面積が多くなり影響が大きくなった。図8は、A5083-Oに曲げモーメント荷重を作用させたM-たわみ角曲線であるが、フランジの幅厚比を固定して、ウェブの幅厚比パラメータを変化させたとき、最大曲げモーメントや最大曲げモーメント後の挙動に大きな差異は見られなかった。図9はA6061-T6モデルの圧縮力に対する最大強度(耐荷力)を示すが、この結果からもウェブの幅厚比の影響が大きいことがわかる。図10は、種々の幅厚比を持つフランジ板とウェブ板で構成されるH型アルミ短柱部材の耐荷力評価を試みた。久保らと著者らの相関幅厚比パラメータ式(4)、(5)を用いて、奈良⁴⁾ら及びここで提案するそれぞれの強度評価式(6)、(7)に当てはめた結果である。

$$R_{eq} = \sqrt{R_f \cdot R_w} \quad (4)$$

$$R_{wm} = (A_f \cdot R_f + A_w \cdot R_w) / (A_f + A_w) \quad (5)$$

奈良らの強度評価式

$$\begin{cases} \frac{\sigma_u}{\sigma_y} = 1 & (R_{wm} \leq 0.453) \\ \frac{\sigma_u}{\sigma_y} = \left(\frac{0.453}{R_{wm}} \right)^{0.495} & (R_{wm} \geq 0.453) \end{cases} \quad (6)$$

提案の強度評価式

$$\begin{cases} \frac{\sigma_u}{\sigma_y} = 1 & (R_{wm} \leq 0.573) \\ \frac{\sigma_u}{\sigma_y} = \left(\frac{0.572}{R_{wm}} \right)^{0.5} & (R_{wm} \geq 0.573) \end{cases} \quad (7)$$

ここで、 σ_u :最大強度、 $\sigma_{0.2}$:0.2%耐力である。 R_{wm} を用い

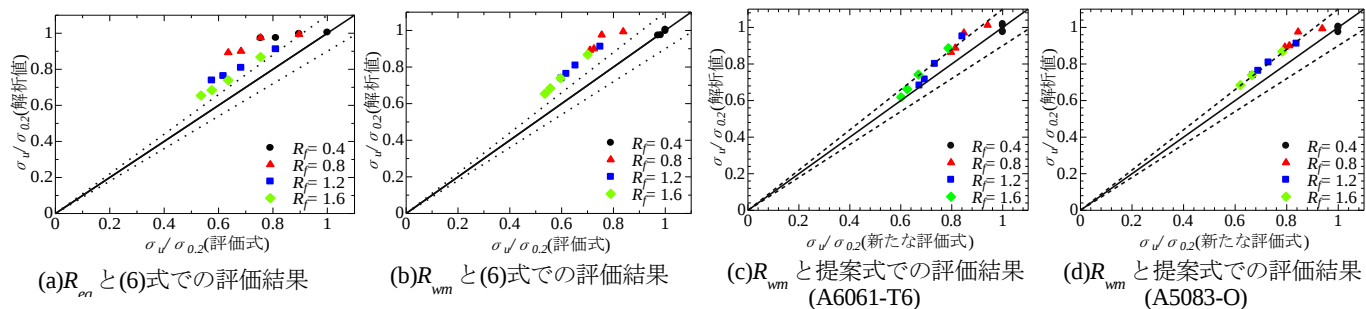


図10 相関幅厚比パラメータ式と強度評価式の比較結果

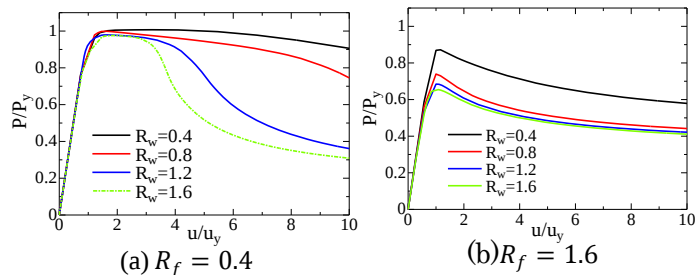


図6 軸圧縮荷重-変位曲線(A6061-T6)

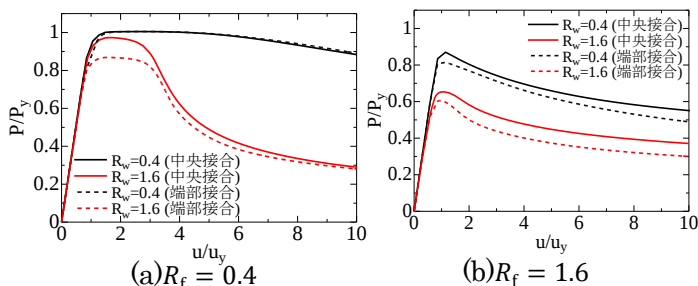


図7 接合方法が異なる場合の残留応力の影響の比較

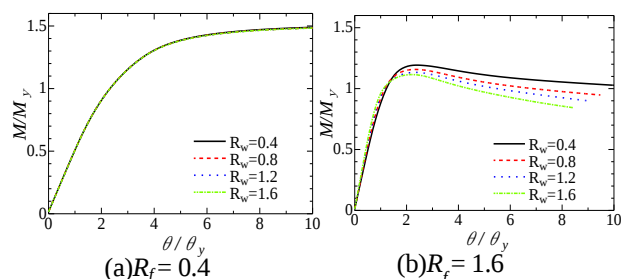


図8 曲げモーメント-たわみ角曲線(A5083-O)

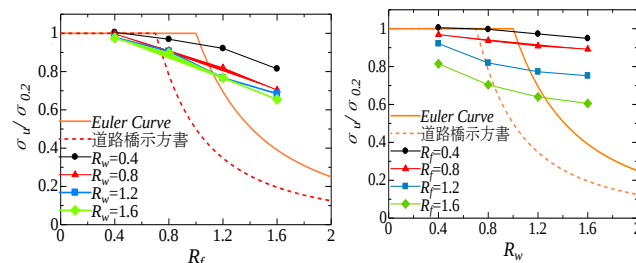


図9 圧縮力に対する耐荷力曲線(A6061-T6)

て提案する強度評価式に適用した場合良い結果となった。

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) Dassault Systems Simulia Corp: ABAQUS analysis User's Manual Version 6.12, 20
- 3) 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.
- 4) 土木学会: 座屈設計ガイドライン, 鋼構造シリーズ12, 鋼構造委員会, 2005.10.