

軸方向圧縮力と曲げを受けるアルミ短柱部材の変形挙動と耐荷力について

熊本大学工学部 学生会員○佐々木 菜緒 熊本大学大学院 学生会員 井上 天
熊本大学大学院 フェロー会員 山尾 敏孝

1. はじめに

軽量で耐食性が良く、押出加工が可能なアルミニウム材が注目されつつあり、アルミニウム歩道橋や歩道用アルミニウム床版等が建設されるようになってきた¹⁾。しかし、橋梁の主要部材として、アルミニウム材を用いるにはまだ歴史が浅いため、鋼構造部材に比べると合理的な設計法が確立されておらず、未解明な点も多い。そこで、本研究では、アルミ板要素を集成したH型断面部材を対象にし、軸圧縮力及び曲げを受ける場合の耐荷力および座屈変形挙動を解析的に検証する。フランジ、ウェブの幅厚比や細長比などを变化させたパラメトリック解析を行ない検討した。また、フランジとウェブの幅厚比の組合せが変化した場合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

解析モデルは図1に示すようなH型短柱を用い、その断面図を図2に示した。加工できるアルミ部材の断面寸法を考慮しフランジの半幅 b ウェブ高さ h を $b=125\text{mm}$, $h=250\text{mm}$ と一定とし、フランジとウェブの板厚 t_f と t_w を変化させて解析モデルとした。なお、式(1)、(2)を用いてフランジとウェブの幅厚比パラメータ R_f と R_w を定義した。部材長は式(3)で示すようなそれぞれの細長比 λ から算出した。解析モデルでは、フランジとウェブの幅厚比パラメータ R_f , R_w を $0.4 \sim 1.6$ と変化させた。

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

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

ここで、 $\sigma_y = \sigma_{0.2}$, 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に示すようなRamberg-Osgood式に基づいた応力-ひずみ関係を用いた。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。初期たわみはフランジ部、ウェブ部それぞれ最大初期たわみ値 $b/150$, $b/200$ を有する正弦波とした。また、残留応力分布の例を図4に示すが、矩形分布で表され、端部接合部はMIG溶接で接合されている。

数値解析では、一般汎用シェル要素で構成された有限

要素モデルを用い、汎用有限要素法解析プログラムABAQUSを用いた²⁾。载荷方法は図5に示すような軸圧縮のみと曲げのみ、軸圧縮と曲げの両方を与える、3パターンの組み合わせで検討する。軸圧縮荷重、曲げは強制変位で与えた。

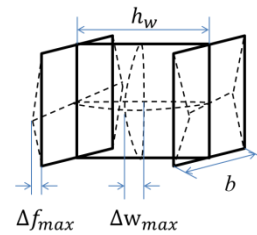


図1 解析モデル

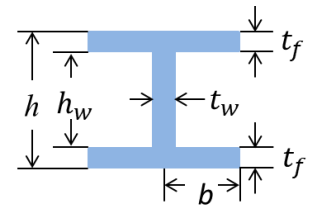


図2 解析モデル断面図

表1 材料定数

アルミ材種	ヤング率 $E(\text{N/mm}^2)$	0.2%耐力 $\sigma_{0.2}(\text{N/mm}^2)$	接合部0.2%耐力 $\sigma_{i0.2}(\text{N/mm}^2)$
A5083-O	7.0×10^4	127	127
A6061-T6	7.0×10^4	245	108

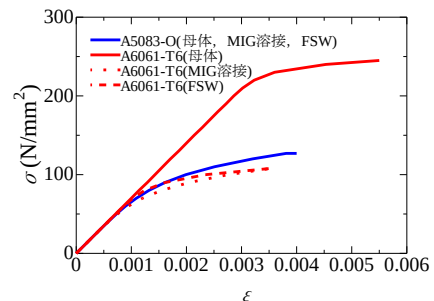


図3 アルミ材の応力-ひずみ関係

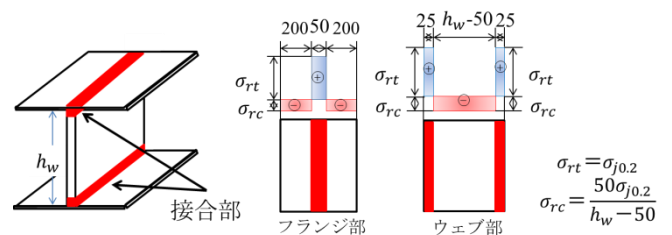


図4 残留応力分布図

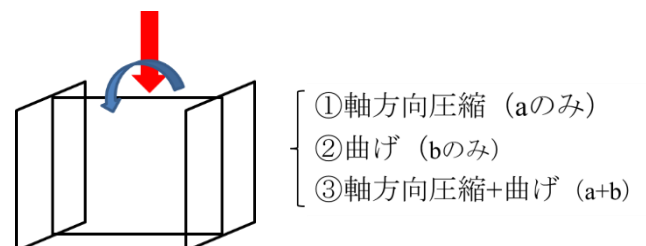


図5 軸圧縮力と曲げ载荷の方法

3. 解析結果と考察

図6, 8は、解析モデル $R_f = 0.4$, $R_f = 1.6$ に軸圧縮荷重を作用させ、 R_w を0.4~1.6まで変化させた時の荷重-軸変位曲線をA5083-O, A6061-T6でわけて示したものである。ここで、 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、A5083-Oの場合、 $R_f = 0.4$ の幅厚比が小さいときは、 R_w が変化しても、変位挙動及び最大強度に大きな違いは見られなかった。しかし、幅厚比が大きい $R_f = 1.6$ のときは、 R_w が大きくなるにつれ最大強度も低下し、強度低下も大きくなった。この要因については、フランジの板厚の方がウェブの板厚に比べて影響が大きく出たためではないかと考えられる。次にA6061-T6の場合、 $R_f = 0.4$ で、 $R_w = 1.2$, $R_w = 1.6$ のときは、 $u/u_y = 4$ 付近で急激に強度低下が見られる。これは、フランジが強く、ウェブが弱いために座屈したのではないかと考える。 $R_f = 1.6$ のときについては、A5083-Oと同じように、 $R_f = 0.4$ のときに比べてフランジの影響を強く受けているような挙動が見られた。全体的にA5083-OとA6061-T6を比べると、A6061-T6の方が最大強度は低いが、強度低下の度合いなどでは大きな差は見られなかった。

次に図7, 9は、A5083-OとA6061-T6の細長比が $\lambda = 0.1$ の場合の耐力力曲線である。フランジ、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3)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が大きかった。

残り $\lambda = 0.2$ の場合のアルミA5083-Oの結果や、アルミA6061-T6の結果との比較及び曲げを受ける場合などの載荷パターンを変えた解析結果については、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) 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.

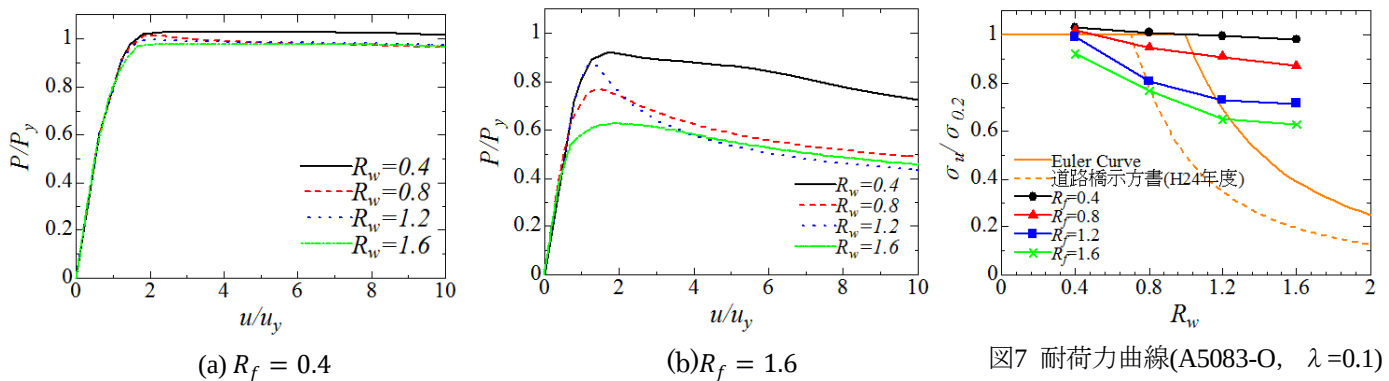


図6 荷重-変位曲線(A5083-O, $\lambda = 0.1$)

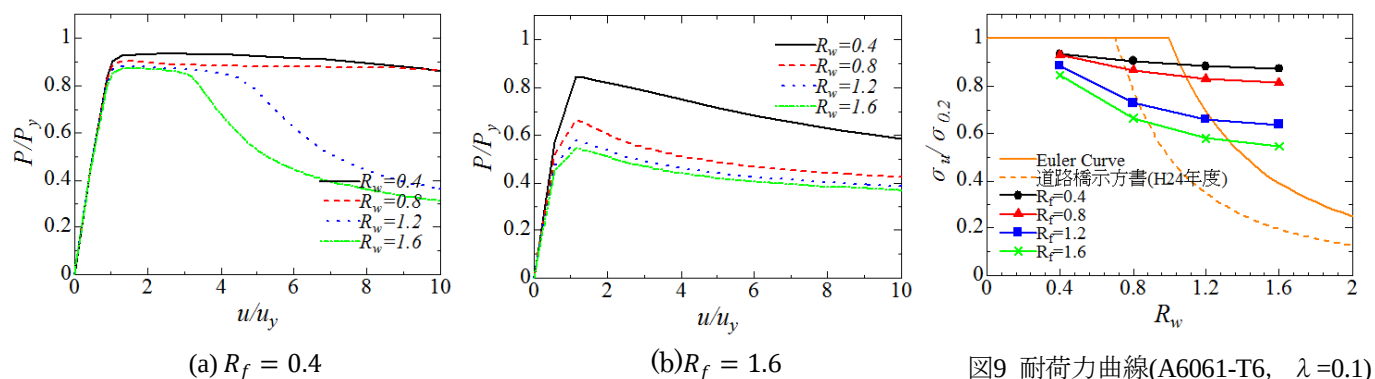


図8 荷重-変位曲線(A6061-T6, $\lambda = 0.1$)

図9 耐力力曲線(A6061-T6, $\lambda = 0.1$)