

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荷力の検討

鹿島建設(株) 正会員○佐々木 菜緒 横河ブリッジ(株) 正会員 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型断面の短柱を対象にし、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した。フランジ、ウェブの幅厚比や細長比などを変化させたパラメトリック解析を行ない、最大強度や変形挙動を検討した。また、フランジとウェブの幅厚比の組合せが変化した際の部材の耐荷力の評価方法についても検討を試みた。

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。

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

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

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化し、有限要素法解析プログラムABAQUSを用いた²⁾。荷重方法は図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、曲げは強制変位を与えた。

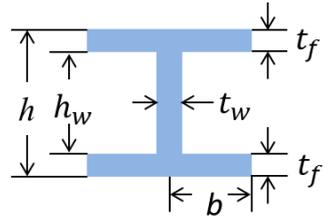
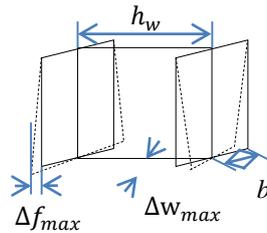


図1 解析モデルと初期変位 図2 解析モデル断面図

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 $\sigma_{f0.2}(\text{N/mm}^2)$
A5083-O	7.0×10^4	127	127
A6061-T6	7.0×10^4	245	108

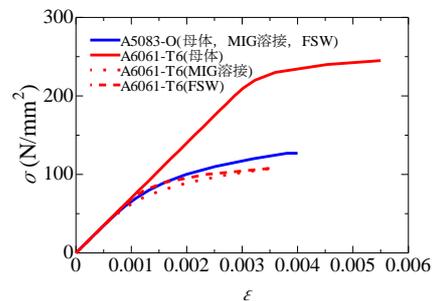


図3 アルミ材の応力-ひずみ関係

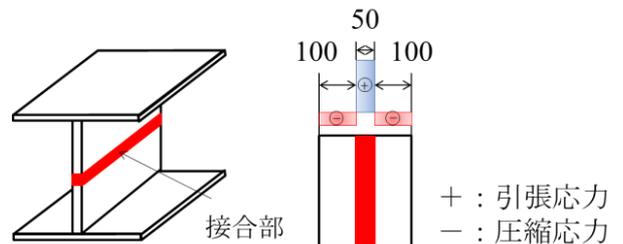


図4 残留応力分布図

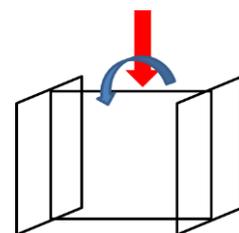


図5 軸圧縮力と曲げ荷重の方法

3. 解析結果と考察

図6と図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-軸変位曲線をアルミの材種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、 $R_f = 0.4$ の幅厚比パラメータが小さいときは、 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、幅厚比パラメータが大きい $R_f = 1.6$ 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るためではないかと考えられる。全体的にA5083-OとA6061-T6を比べると、最大強度や強度低下の度合いはほぼ変わらないが、低下後の挙動はA6061-T6の方が急になっており、同じ荷重でもひずみが小さくなることがわかった。

次に図7と図9は、A5083-OとA6061-T6の細長比が $\lambda = 0.05$ の場合の耐荷力曲線である。フランジ、ウェブの板厚が薄くなるほど、若干ではあるが耐荷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、同じ耐荷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、今回の耐荷力曲線は横軸を R_w でとってあるが、ほぼ横一直線となっており、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荷力に与える影響力が大きいことがわかった。また、材料による比較を行うと、A6061-T6の方が薄肉になった場合の耐力低下が小さい。これは、もともと材料がもつ0.2%耐力がA6061-T6の方が大きいためと考えられる。

これらアルミニウムの強度を評価する相関幅厚比パラメータと強度評価式の関係については、当日発表する予定である。

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.

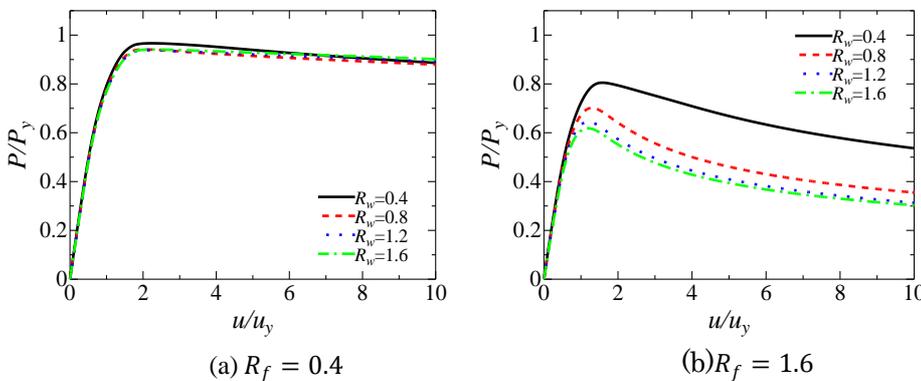


図6 荷重-変位曲線(A5083-O, $\lambda = 0.05$)

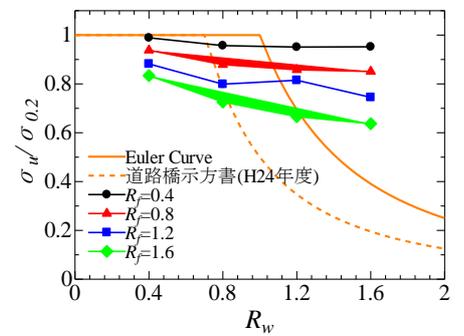


図7 耐荷力曲線(A5083-O, $\lambda = 0.05$)

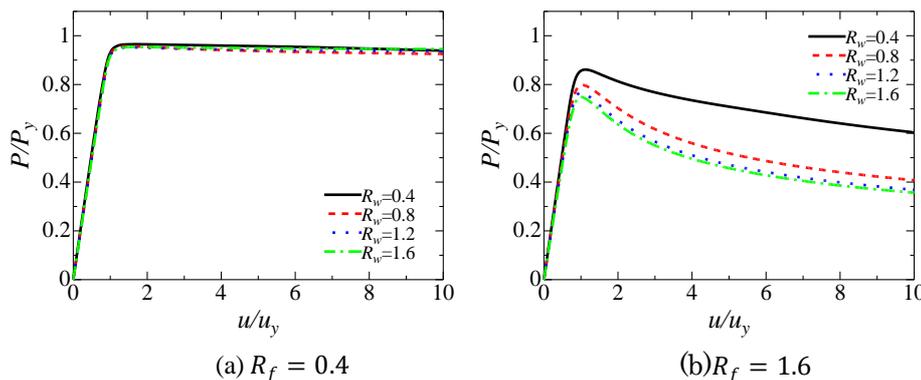


図8 荷重-変位曲線(A6061-T6, $\lambda = 0.05$)

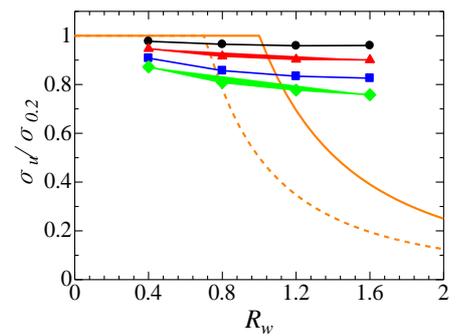


図9 耐荷力曲線(A6061-T6, $\lambda = 0.05$)