

アルミニウム合金を用いたH型梁の最適断面に関する研究  
 -ウェブの板座屈を考慮した補強方法の検討-

Study on Optimal Cross-Section of H-Shaped Beam Using Aluminium Alloy  
 -Examination of Reinforcement Method Considering Plate Buckling of Web -

○松本幸起<sup>3</sup>, 岡田章<sup>1</sup>, 宮里直也<sup>1</sup>, 廣石秀造<sup>2</sup>  
 \*Koki Matsumoto<sup>3</sup>, Akira Okada<sup>1</sup>, Naoya Miyasato<sup>1</sup>, Shuzo Hiroishi<sup>2</sup>

Abstract : Aluminum alloys have the characteristic that they can be easily manufactured in a cross-sectional shape that is more flexible than steel materials. Normally, in aluminum structural material, the beam is increased in beam height to improve bending rigidity, while reducing the plate thickness to achieve both strength and weight reduction. In the case of extremely thin plate materials, there is a concern that the strength of the beam material will be significantly reduced due to plate buckling. In this paper, the authors propose beam models with the new shape of reinforcing material and verify the relationship between buckling strength and weight reduction using numerical analysis.

1. はじめに

アルミニウム合金は、密度が鉄の1/3と軽量で、耐食性に優れ、また加工性に富むため、鋼材に比べて自由な断面形状を容易に製作可能であることなどが特徴として挙げられる。

通常、アルミニウム構造材は、鋼材と同等の強度、及びコストを両立させるため、板厚の薄肉化による軽量化を行っている。例えば、梁などの曲げ材は、梁せいを高くして曲げ剛性を向上させる一方、肉厚を薄くすることで強度と軽量化の両立を図っている。しかし、極端に薄い板材の場合、局部座屈が生じることにより、梁材の強度が著しく低下する懸念がある<sup>[1]</sup>。この対策として、アルミニウム押し出し加工の工程で、板要素にリブを付加する方法が挙げられ、座屈後耐力の向上が確認されている<sup>[2]</sup>。ただし、現状では補強材はリブのみに留まり、リブ先端に補強材を設けたハンマー形状のリブを用いたものはない。

以上の点を踏まえて、本報では一般的なH型梁材を対象に、ウェブの板座屈の抑制や耐力の向上に対する寄与を期待した補強材について検討する。ウェブに付加する補強材の断面形状や取付け位置を変化させ、座屈強度と軽量化の関係を数値解析的に検証する。

2. 数値解析概要

本報ではH型梁のウェブ材を抽出したパネル(板材)を対象に、補強材を付加したパネルの力学性状の把握を目的として、数値解析による検討を行った。

解析モデルの概要をFig. 1, 数値解析概要をFig. 2に示す。長さ500mm, 高さ240mm, 厚さ2mmのパネルを基本とし、補強位置, 幅, 厚さの異なるリブやハンマーを付加したモデルを対象とする。解析パラメータは、リブの有無, リブ位置( $a_r$ ), リブ幅( $b_r$ ), リブ厚( $t_r$ ),

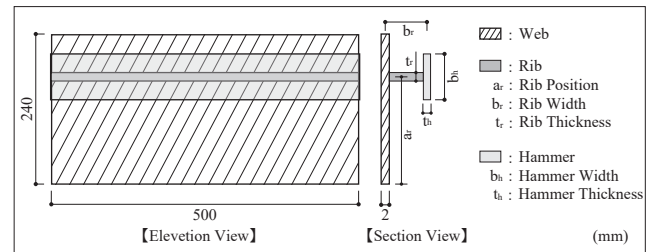


Fig.1 Example of Model

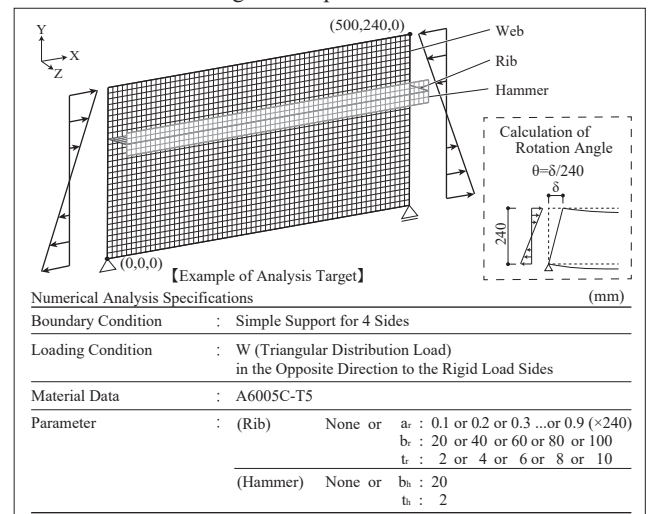


Fig.2 Outline of Numerical Analysis

ハンマーの有無とした。なお検討モデルの表記は、補強材及びハンマー無しを「None」とし、リブ位置( $a_r$ ), リブ幅( $b_r$ ), リブ厚( $t_r$ ), ハンマー(Ham.)の順にパラメータを記載する。例えば、リブ有の $a_r=0.5(\times 240\text{mm})$ ,  $b_r=20\text{mm}$ ,  $t_r=2\text{mm}$ , ハンマー有の場合、「0.5- $b_r$ 20- $t_r$ 2-Ham.」とする。

解析は有限要素法を用い、材料および幾何学的非線形を考慮した。各板要素には4節点シェル要素を用い、エッジ長さ4mm毎に分割した。荷重は面内曲げモーメントとするため、剛体とした荷重辺の幅中央を中立軸

1 : 日大理工・教員・建築 2 : 日大短大・教員・建築 3 : 日大理工・院(前)・建築

とする逆対象三角形分布の圧縮及び引張の荷重を負荷することによってモデル化し、境界条件はパネルの4辺を単純支持とした。解析は、線形座屈解析によって座屈モードを求め、座屈モードを初期不整として用いて弾塑性増分解析を行った。初期不整量は座屈モードの最大変位点が板厚の1/10となるように与えた。

### 3. 補強材の位置が与える影響

補強材のリブの位置が異なるモデルの曲げモーメント-回転角関係をFig. 2に、曲げ耐力の比較と主応力図の一例をFig. 3, 4に示す。Fig. 2より、パネルにリブが付加されることでほぼ全てのモデルで曲げ耐力が上昇し、 $a_r=0.9$ のモデルで最も大きな値が確認された。また、Fig. 4より、Noneではパネル上部に圧縮力、パネル下部に引張力が生じており、上下の端部に近いほど応力が大きい傾向が示された。一方、Fig. 3より、補強リブを有する0.1- $b_r20-t_r2$ はNoneよりも曲げ耐力が低下している。これは引張力が生じるパネル下部がリブにより拘束されてパネルの伸びが抑制され、その対となるパネル上部の圧縮力が大きくなったことが要因と考えられる。また、耐力が最大となった0.9- $b_r20-t_r2$ は、圧縮力が集中する部分にリブが付加されていることにより、圧縮応力が広い範囲へ分散されていることが確認された。圧縮応力が卓越している部分を補剛することで、効果的な座屈補剛ができることが把握された。

### 4. 補強材の断面形状とハンマーが与える影響

リブ位置による効果が最も高い $a_r=0.9$ のモデルを対象として、リブ幅 $b_r$ 又はリブ厚 $t_r$ を変化、あるいはハンマーを付加させて比較を行った。最大曲げモーメントとモデル断面積の関係をFig. 5に示す。リブ幅 $b_r$ 、リブ厚 $t_r$ 共に増加するほど、補強効果が高くなる傾向が得られ、リブ幅 $b_r$ の増加よりもリブ厚 $t_r$ の増加の方が曲げ耐力を上昇させる効果が高いことが確認された。また、一定以上の大きな断面では耐力の上昇率が低下することが確認された。

曲げ耐力を断面積で除した単位面積当たりの補強効果の比較をFig. 6に示す。リブ幅の変化では40mm、リブ厚の変化では4mmのときにそれぞれ最も高い値が得られた。これは、リブの幅厚比が大きくなる程リブ自体の局部座屈が生じやすくなるためと考えられる。

0.9- $b_r20-t_r2$ を基本とし、断面積一定の下、リブ幅、リブ厚、ハンマー付加による曲げ耐力の比較をFig. 7に示す。リブ厚を増加させたモデル(0.9- $b_r20-t_r4$ )が最も耐力向上効果が高く、ハンマー付加のモデル(0.9- $b_r20-t_r2$ -Ham.)の耐力向上効果は最も低くなる性状が得られた。これは、リブ厚が大きいほどパネルの面外変形を拘束し座屈を防止する効果が高まるが、幅が小さく厚さの薄いリブをハンマーで補強してもウェブの面外方向への座屈補剛効果は見込めないためと考えられる。

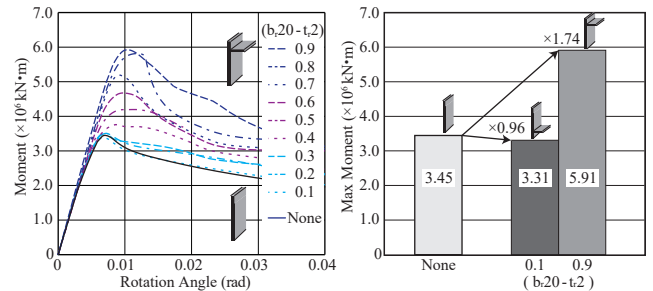


Fig.2 Relations of Moment and Rotation Angle

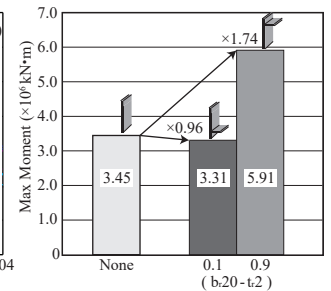


Fig.3 Comparison of Max Moment

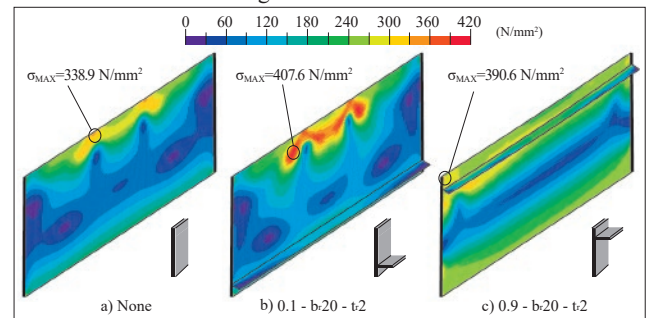


Fig.4 Effective Stress on the Model

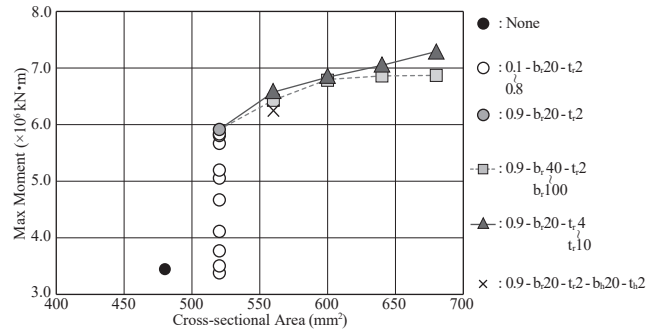


Fig.5 Relations of Max Moment and Cross-sectional Area

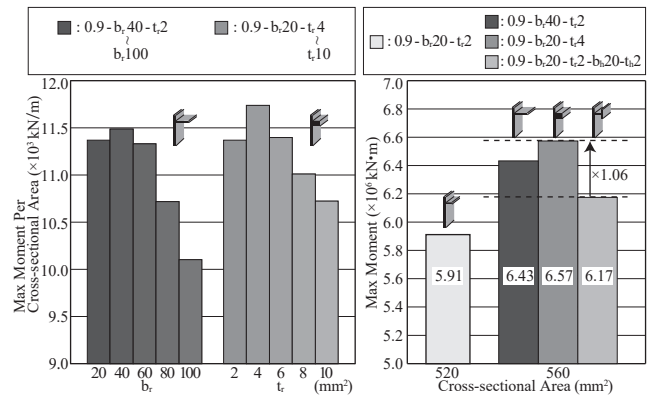


Fig.6 Relations of Max Moment and Cross-sectional Area

Fig.7 Max Moment of the Same Cross-sectional Area

### 5. まとめ

本報では、アルミニウム製H型梁のウェブをリブやハンマーで補強したモデルを対象として、数値解析を用いてパネルの板座屈の抑制や耐力の向上に関する検討を行った。リブの有無、リブの位置、リブ幅、リブ厚、ハンマーの有無が座屈性状に与える影響について設計用資料の整備を試みた。

### 参考文献

[1] 日本建築学会:「鋼構造座屈設計指針」, 2018.2  
 [2] アルミニウム建築構造協議会:「アルミニウム建築構造設計規準・同解説」, 2016.3