B-37

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
(その1)同形状のリブ2本のリブ形状及び位置が板座屈の補剛に及ぼす影響

Study on Optimal Cross-Section of H-Shaped Beam Using Aluminium Alloy
(Part 1) Effect of Both Shape and Position of Two Ribs of Same Shape on Stiffening of Plate Buckling

○松田章吾[2]，宮里直也[1]，岡田章[1]，廣石秀造[1]，鴛海昂[1]，中光蓮[2]
*Shogo Matsuda[2], Naoya Miyasato[1], Akira Okada[1], Shuzo Hiroishi[1], Akira Oshiumi[1], Ren Nakamitsu[2]

Abstract: In the previous paper[1], the optimal cross-section with one or two ribs was investigated by numerical analysis. The effect of the change in cross-sectional shape on the bending capacity was studied for the case with one rib, but not for the case with two ribs. Furthermore, it is expected that the arrangement of two ribs with different shapes can efficiently compensate for buckling, since the ratio of stresses borne by the upper and lower ribs is not equal. In this paper, the cross-sectional shapes of the two ribs are varied to investigate the optimum rib shape that has the highest bending strength in relation to the cross-sectional area. In (Part 1), the effects of changing the rib width and thickness on the bending capacity of two ribs of the same shape are investigated by numerical analysis.

１．はじめに

アルミニウム合金は鋼材に比べて低剛性，高コストのため，H型梁に用いる場合は一般に梁せいを大きく，ウェブ厚を薄くすることにより，曲げ強度を確保しながらコストの低減を図っている．しかし，薄い板材は，局部座屈による急激な強度低下が懸念される．この補強方法の1つとして，薄い板材へのリブの付加が提案され，曲げ耐力の向上が確認されている．

例えば，松本ら[1]は，リブ1本又は2本の最適断面について数値解析結果を報告している．リブ1本では，リブ幅の変化により，断面効率の高い座屈補剛となることが示唆されている．しかし，リブ2本では，リブ位置に関する検討に留まり，リブ形状の変化に対する検討は行われていない．また，２本の上下リブにおける応力負担の割合が均等ではないことから，異なる形状のリブ2本を配置することで効率的な座屈補剛が期待できると考える．

以上より本報では，リブ2本のリブ幅，リブ厚，及びリブ位置を変化させ，曲げ耐力に与える影響を把握すると共に，曲げ耐力に対する効果的なリブ形状及びリブ配置について検討する．(その1)では，同形状のリブ2本を配置した断面において，リブ形状及び位置の変化が力学性状に与える影響を数値解析的に検討する．

２．数値解析概要

解析モデル概要をFig.1，数値解析概要をFig.2に示す．解析モデルはH型梁のうち，ウェブのみとし，高さ240㎜，長さ500㎜，厚さ2㎜と設定した．2本のリブは，配置位置に応じて「上リブ」，「下リブ」と称し，上下リブの位置a_{r1}(上リブ)，a_{r2}(下リブ)，リブ幅

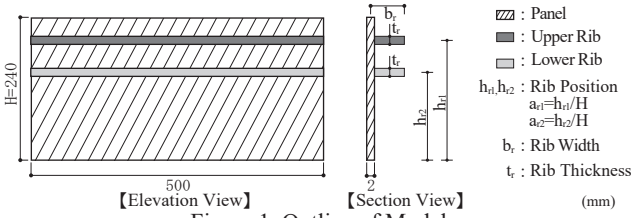
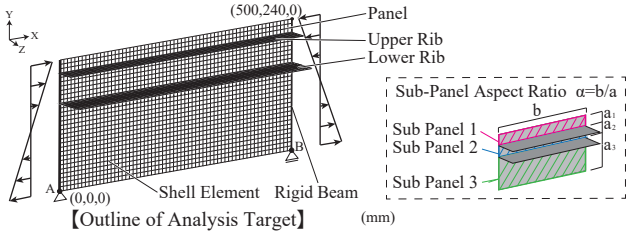


Figure 1. Outline of Model



【Numerical Analysis Specifications】

Boundary Condition	:	Simple Support for 4 Sides , A(X=Y=Z=0) , B(Y=Z=0)
Loading Condition	:	W (Triangular Distribution Load) in the Opposite Direction to the Rigid Load Sides
Material Data	:	A6005C-T5
Case	:	(Rib) a_{r1}/a_{r2} : 0.9/0.8 , 0.9/0.7 , 0.9/0.6
		b_r(mm) : 20 , 40 , 60 , 80 , 100
		t_r(mm) : 0.5 , 1.0 , 1.5 , 2.0 (all of a_{r1}/a_{r2}) 1.6 , 1.7 , 1.8 , 1.9 (a_{r1}/a_{r2}=0.9/0.7 only)

Figure 2. Outline of Numerical Analysis

b_r，リブ厚t_rをパラメータとした．リブの位置は，既報[1]において，比較的高い最大曲げ耐力Mmaxを示したa_{r1}/a_{r2}=0.9/0.8，0.9/0.7，0.9/0.6の3ケースを検討対象とした．また，b_rは20～100㎜，t_rは0.5～2.0㎜の範囲で変化させた．各検討モデルの表記は，a_{r1}/a_{r2}，b_r，t_rを順に記載する．例えば，a_{r1}=0.9，a_{r2}=0.8，b_r=20㎜，t_r=1.0㎜の場合，「0.9/0.8-b_r20-t_r1.0」とした．

数値解析には有限要素法を用いて，材料非線形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，1要素を4㎜角とした．載荷は面内曲げモーメントを模擬するため，荷重辺(剛体の中央を中立軸とする逆対称三角形分布)に加え，境界条件はパネル

１：日大理工・教員・建築　２：日大理工・院（前）・建築

4辺の面外変位(Z方向)を拘束した．また，両下端部をピン・ローラー支持とした．解析手法は，線形座屈解析により座屈モードを求めた後，座屈モードを初期不整としたモデルを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量が板厚の1/10となるように与えた．なお，本検討においてH型梁の曲げ耐力の大小関係は，フランジの有無によらず同様の傾向を示したため，ウェブのみのモデルにて検討を行った．

３．同形状のリブ2本の板厚が与える影響

a_{r1}/a_{r2}=0.9/0.7の変形図をFig.3，最大曲げ耐力M_{max}-断面積関係をFig.4に示す．なお，Fig.3の変形図は変形倍率を6倍としており，数値は面外(z)方向の最大変位量である．また，各b_rにおいて，t_rの増加に伴う力学性状の変化の傾向が似ていたため，b_r=40mmに絞って考察する．Fig.3より，t_r=0.5～1.6で上リブの局部座屈，t_r=1.7でリブ及びパネルの局部座屈，t_r=1.8～2.0でサブパネル1，2の局部座屈を生じている．また，Fig.4より，リブの局部座屈が生じるモデルでは，t_rの増加によってM_{max}が向上したが，パネルの局部座屈が生じるモデルでは，t_rによらず，M_{max}はほぼ一定の値を示した．これは，リブの局部座屈と面外変形が生じる場合，モデル全体が変形しながら荷重に抵抗するため，リブの剛性によりM_{max}が変化する．それに対して，リブの剛性が高く，面外変形がほとんど生じない場合，モデル全体のM_{max}が定まり，リブの断面積によらず一定となる．

したがって，M_{max}とリブの断面積の関係を考慮すると，同形状のリブを配置する場合は，リブの局部座屈からパネルの局部座屈に座屈性状が移行するt_r以下，例えば本検討の範囲ではb_r=40の場合において，t_r≦1.7とすることで，効果的な補剛効果を得ることが示唆された．

４．リブの位置が与える影響

b_r=40，60，80mmのM_{max}と座屈性状をFig.5に示す．各t_rでM_{max}が最大となるリブ位置は，a_{r1}/a_{r2}=0.9/0.7とa_{r1}/a_{r2}=0.9/0.8に分けられ，リブ2本の最適位置が不明確である．ここで前章より，変形性状が移行するt_r以下にすることで座屈補剛効果が向上し，単位断面積当たりのM_{max}が大きいことが把握されている．つまり，リブの局部座屈が生じるモデルにおいて，M_{max}が最も大きいリブ位置が最適位置となる．Fig.5より，リブの局部座屈が生じるモデルのM_{max}は，b_r60-t_r0.5のみ0.9/0.8が高いものの，その他のモデルでは，0.9/0.7が最も高いM_{max}を示した．これは，リブが比較的小さい場合には面外変形が生じやすく，既報[1]と同様に，パネル上部の局部座屈及び面外変位を抑える位置に配置することで、補剛効果が向上するためである．したがって，2本のリブが同形状の場合，M_{max}とリブの断面積の関係を考慮すると，0.9/0.7が最適位置であることが示唆された．

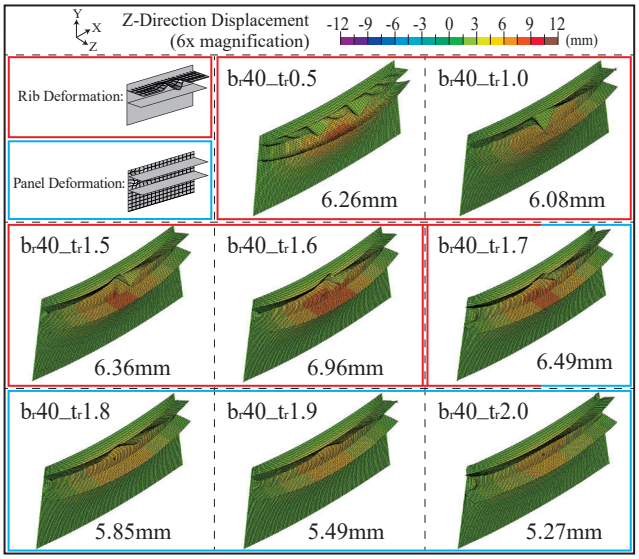


Figure 3. Deformation Diagram (a_{r1}/a_{r2}=0.9/0.7)

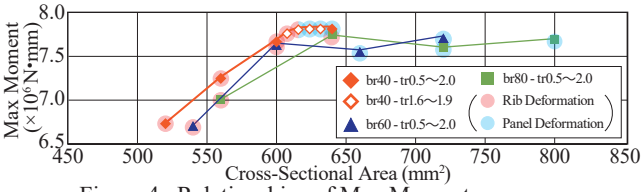


Figure 4. Relationships of Max Moment and Cross-Sectional Area (a_{r1}/a_{r2}=0.9/0.7)

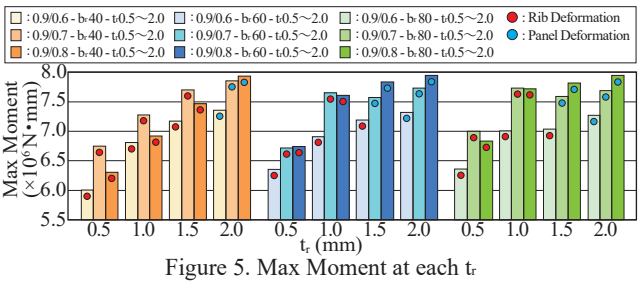


Figure 5. Max Moment at each t_r

また，パネル局部座屈が生じるt_rに着目すると，既報[1]のリブ2本の最適位置に関する検討とは異なり，0.9/0.8のM_{max}が高いことが確認された．これはFig.2より，下リブ位置が上部に移動するほどサブパネル2のアスペクト比が大きく，負担する荷重が小さくなり，サブパネル２が圧縮耐力に達するまでにモデル全体に加わる荷重が増加することが原因だと考えられる

５．まとめ

本報では，同形状のリブ2本において，リブ性状の変化がM_{max}に与える影響を数値解析的に検討した．リブの断面積当たりのM_{max}を高くするためには，座屈性状が移行するt_r以下とし，リブを0.9/0.7に配置することが効果的であることが示唆された．

参考文献

[1]松本幸起他：「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」，日本建築学会大会学術講演会，構造Ⅰ，pp.935-939，2022.9