

楕形レーザフォーミングにおける初期曲率の選定について

九州工業大学大学院 ○後藤 将徳

九州工業大学工学部 秋山 哲也

九州工業大学工学部 寺崎 俊夫

Determination of Initial Radius for Bowl Laser Forming

by GOTOU Masanori and AKIYAMA Tetuya and TERASAKI Tosio

キーワード：レーザフォーミング，楕形，初期曲率半径，面内ひずみ，薄板

Keyword: laser forming ,bowl ,initial radius ,inplane ,strain ,thin plate

【1.背景】

レーザフォーミングは，レーザを熱源として板材を部分的に加熱し曲面を形成する方法で，ぎょう鉄と大きな類似性がある．ぎょう鉄は造船現場における船首部，船尾部のような複雑な形の曲面形成で用いられ，Fig.1 に示すように一次加工として円筒形など可展面に成形し，二次加工として加熱により面内ひずみを与え目的形状の成形が行われる．そのため，レーザフォーミング法を様々な曲面形状に対して適用可能にすることは，新しい技術の開拓のみならず，造船現場で起こっている熟練工不足の現状を救える可能性もある．一方，実際の加工技術は，ぎょう鉄では熟練工のノウハウが多く，レーザフォーミングにおいても加工方法が規格化されるには至っていない．

レーザフォーミングを用いて，薄板材で楕形を形成する場合，初期形状に部分円筒形を用い，適当な三角焼きで面内収縮を与えると概ね楕形が得られる．しかし，初期形状、面内ひずみ量と得られる楕形の主曲率との関係は，定量的に明確にされておらず，初期曲率半径を選定するために必要な因子が何であるかも明言されていない．

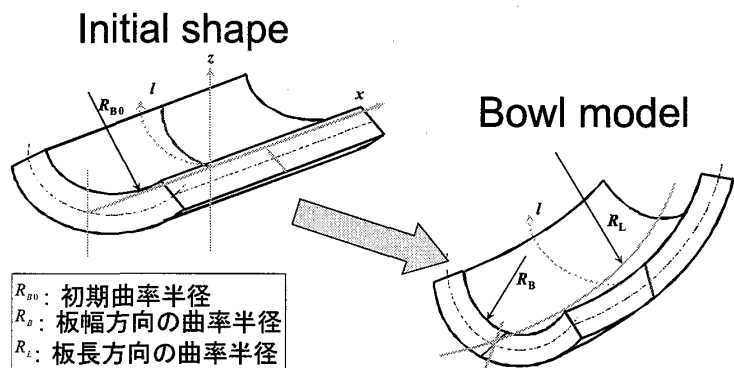


Fig.1 Bowl model formation

【2.研究目的】

本研究ではレーザフォーミングを用いて，薄板材で楕形を形成する場合の，初期形状の決定方法を明確にする事を目的としている．対象形状を楕形とし，初期形状に部分円筒形を用い，三角焼きで面内収縮を与える場合を対象として，目的形状を得るための初期曲率半径を選定するために板厚，初期曲率半径の 2 つの因子に注目し検討する．今回は板寸法

比を1:1とした。

【3.実験方法】

実験で用いる試験片は板長 $L=100\text{mm}$ ，板幅 $B=100\text{mm}$ ，初期曲率半径 $R_{B0}=100, 400\text{mm}$ とした。また供試材料はオーステナイト系ステンレス鋼 SUS304 を用いた。板厚 $h=2.4\text{mm}$ とし，他の板厚については FEM で代用した。

解析には有限要素法解析ソフト ABAQUS を使用し構造要素はシェル要素を用い，要素タイプは S4R を用いた。板長 $L=100\text{mm}$ ，板幅 $B=100\text{mm}$ として板幅方向に初期曲率半径 $R_{B0}=100, 400, 800\text{mm}$ を与え，板厚 $h=0.04, 0.4, 1.0, 1.8, 2.4\text{mm}$ と変化させて解析を行った。

【4.結果及び考察】

最終形状の曲率半径がエネルギー最小(安定)となる状態であらう事を考慮に入れると，面内の伸びによるエネルギー，曲げの変形によるモーメントが系全体でエネルギー最小となる時なので，これらから目的曲率半径と最終曲率半径の関係について導き出した所，次式の関係式が得られた。

$$\frac{R_B R_L}{R_B^* R_L^*} = 1 + \frac{1440 h^2 R_B^2}{12 l^4} \quad \text{-----(1)}$$

ここで， R_B^*, R_L^* は曲面に与えられた面内ひずみがすべて曲げの変形に利用された場合に出る主曲率半径で，弾性ひずみや塑性ひずみの発生を考えず，幾何学的に求められる。

R_B, R_L は最終的に安定した時の形状の主曲率半径で，塑性ひずみの発生は考えておらず，弾性エネルギー最小の条件から求めた。

h は板厚， l は板長または板幅とする。Fig.2 に(1)

式の精度について示す。縦軸は FEM 解析での $R_B R_L / R_B^* R_L^*$ ，横軸は(1)式から求めた $R_B R_L / R_B^* R_L^*$

である。このグラフから，計算式が理想には達していないものの概ね良い一致を示している事が分かる。また○，△はそれぞれ $R_{B0}=100, 400\text{mm}$ の実験値の $R_B R_L / R_B^* R_L^*$ と FEM 解析での $R_B R_L / R_B^* R_L^*$ との関係を示しており，このグラフから FEM は実験と概ね良い一致を示していることがわかる。

【5.結言】

- ・ 面内の弾性ひずみと曲げによるエネルギーの合計を最小にする条件から初期曲率と最終曲率の関係を求めたところ，概ね FEM の結果を説明することができた。
- ・ 今回の研究で無視または近似した事柄について以下の事が挙げられる。

1. ポアソン比
2. 曲げを円形に近似
3. 板周辺の境界条件

これらについては今後検討する必要がある。

また今後の課題として板寸法を因子に加える。

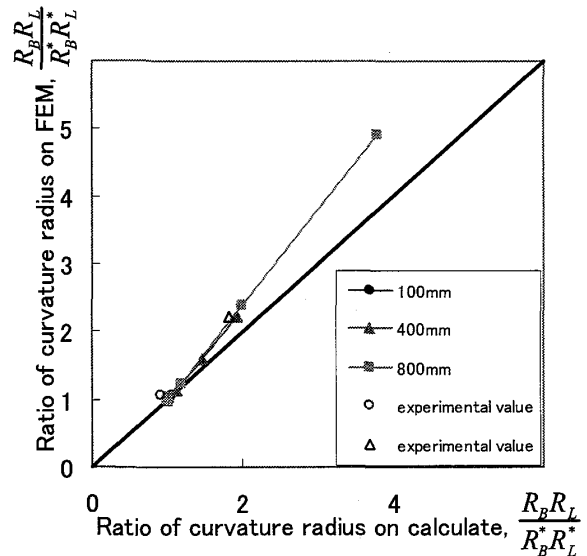


Fig.2 Accuracy of expression