

楕形レーザフォーミングにおける変形に及ぼす板長の影響

九州工業大学大学院 ○吉岡宏幸
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

Effect of Plate Length on Bowl Laser Forming

by Hiroyuki Yoshioka, Tetsuya Akiyama and Toshio Terasaki

キーワード：レーザフォーミング，曲面成形，楕形，端部拘束

Keywords : Laser Forming, Curved Surface Forming, Bowl Shape, Edge Restraint

1. 緒言

船舶外板の曲面成形は近年、熟練技能工の減少に伴い、機械による技能の自動化が目指されている。なかでもレーザを熱源として材料を任意の形状に変形させるレーザフォーミングという手法が脚光を浴びている。適切な加熱条件を定めて変形を制御できれば、任意の形状を得ることが期待される。このレーザフォーミングを行うに当たり、造船現場の熟練技能工が曲面成形の際に注目している点を工学的に解明しておく必要がある。

本研究では、現場で加工難易度が高いとされる「板長－板幅比が小さい形状」のことに注目し、理論的な楕形モデルを目的形状としてレーザフォーミングによる楕形絞り加工の実験を行った。板の変形に及ぼす板長の影響を調べ、この影響が初期形状と目的形状の組み合わせによってどのように現れるか検討を行った。

2. 楕形成形の考え方

本研究では、部分円筒の初期形状の軸方向に収縮を与え、トーラスモデルの楕形曲面を成形することを目的とした。楕形曲面は、Fig.1に示すように主曲率半径 R_b 、 R_l をもつ曲面であり、以下に示す相乗平均の関係(式(1))、初期曲率と目的曲率の関係(式(2))から、円筒形状の初期曲率、成形に必要な面内ひずみ及び変形後の楕形形状の関係を求めることができる。

$$R_{av} = \sqrt{R_b \cdot R_l} \dots\dots\dots (1)$$

$$R_{b0} = R_b \left[1 + 1 / \left\{ \left(R_l / R_b \right)^2 - 1 \right\} \right] \dots\dots\dots (2)$$

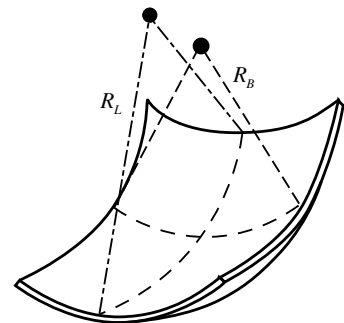


Fig.1 Bowl shape

3. 実験方法

本研究には応力除去焼鈍を施した SUS304 鋼板を用いた。Fig.2 に示すように、端部拘束のみに注目するために板幅 $B=100\text{mm}$ 、板厚 $h=2.4\text{mm}$ を一定にし、板長 L のみが100, 300mm ($L=B, 3B$)である試験片を用意した。 $L=300\text{mm}$ の場合は、中心部の $L_h = B$ の範囲を加熱領域とした。今回実験に用いた試験片の初期曲率半径と目的とする主曲率半径の関係を Table 1 に示す。目的の楕形を成形するための板端部における横収縮量の最大値 $S_{\text{Target}}^{\text{Edge}}$ も記している。これらの2つの条件はともに $R_{av} = 400\text{mm}$ と同じにし、初期曲率半径 R_{b0} を100mm, 400mmとしたものである。このため、 $S_{\text{Target}}^{\text{Edge}}$ はどちらもほぼ等しい。板幅方向の曲率半径に注目すると、 $R_{b0} = 100\text{mm}$ の場合、式(3)、(4)の関係から変形後も $R_b = 100\text{mm}$ であるのに対し、 $R_{b0} = 400\text{mm}$ の場合では $R_b = 290\text{mm}$ へと変化する条件である。本研究で

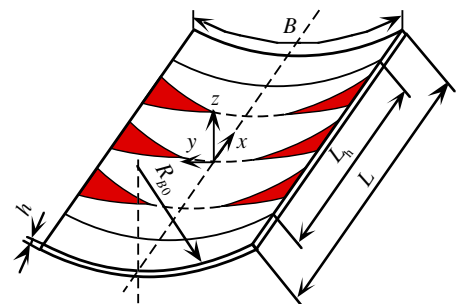


Fig.2 Initial shape

は、この板幅方向の変形の違いによる板長の影響の現れ方についても検討を行った。

実験にはYAGレーザーを使用し、加熱速度を5分割して徐々に速度を緩め、Fig.2のように板幅方向に三角焼きを行った。そしてレーザー加熱によって生じた横収縮、たわみを計測した。

4. 実験結果及び考察

レーザー加熱を行った結果、初期曲率に関わらず、端部拘束による横収縮の変化は見られなかったが、与えた横収縮に対する変形に及ぼす板長の影響が、初期曲率で大きく異なることがわかった。

板中央部に生じた板長方向 (R_L) のたわみを Fig.3 に示す。 $R_{B0} = 400\text{mm}$ の場合の $L=B$, $3B$ を比較すると、 $L=B$ は $L=3B$ に比べてたわみが十分得られていないことが分かる。一方で $R_{B0} = 100\text{mm}$ の場合は、板長の影響がほとんど見られず、 $L=B$, $3B$ どちらの場合も目的に近い形状となっていることが分かる。

次に、板中央部に生じた板幅方向 (R_B) のたわみを Fig.4 に示す。 $R_{B0} = 100\text{mm}$ の場合は、目的形状が $R_B = 100\text{mm}$ であるため、計算上はたわみが生じないと考えられるが、 $L=B$, $3B$ どちらの場合も板端部付近でたわみが生じ、曲率半径が若干小さくなっていることが分かる。一方、 $R_{B0} = 400\text{mm}$ の場合は $L=B$, $3B$ どちらもほぼ同量のたわみが生じていることが分かるが、目的とする形状を成形するためのたわみを得ることができなかった。

板の端部では曲面が連続していないことから、板の中央部のような滑らかな変形は起こりにくいと考えられる。これに対し、板を延ばして端部を拘束させると、端部であった場所は連続した形状になるため、拘束しない場合に比べ、より滑らかな形状となる。また、楕円成形における板幅方向と板長方向の変形 (R_B と R_L) の兼ね合いにより、板幅方向の曲率半径が大きく減少すれば板長方向の曲率半径も減少するため、端部拘束によって端部は大きく傾いた変形を起こすと考えられる。よって、板幅方向の変形が大きいと、端部拘束の有無による変形の差がより顕著に見られると考えられる。以上のことから、初期形状と目的形状の関係によって、板長方向の端部拘束によって得られる効果は異なることが分かった。

5. 結 言

- (1) 板長方向の端部拘束は板長方向の変形 (R_L の変化) を大きくし、目的の楕円曲面に近づける効果がある。
- (2) 板長方向の端部拘束が板幅方向の変形 (R_B の変化) に及ぼす影響は小さい。
- (3) 初期形状と目的形状の関係によって板長方向の端部拘束の効果は異なる。

参考文献

- 1) 山口寛一, 寺崎俊夫: レーザーフォーミングによるステンレス鋼板の楕円成形に関する基礎研究, 溶接学会全国大会講演概要 第71集 (2002) p.390 ~ p.391
- 2) 秋山哲也, 寺崎俊夫, 松岡智裕: 面内ひずみを用いた曲面成形に要する初期曲率, 溶接学会全国大会講演概要 第77集 (2005) p.288 ~ p.289

Table 1 Target shape

$R_{B0}(\text{mm})$	$R_B(\text{mm})$	$R_L(\text{mm})$	$S_{\text{Target}}^{\text{Edge}}(\text{mm})$
100	100	1600	0.765
400	290	552	0.779

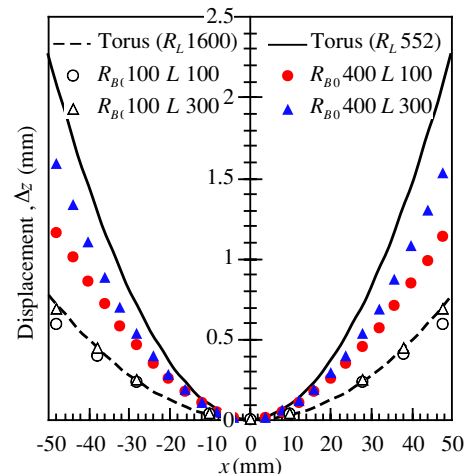


Fig.3 Displacement of z direction (R_L)

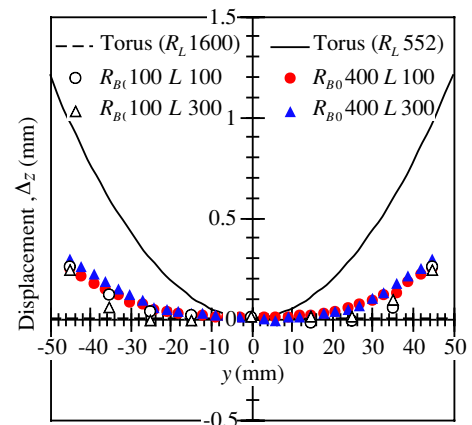


Fig.4 Displacement of z direction (R_B)