

K5-1

レーザー照射を受ける薄板の熱弾塑性解析
(重ね照射における最初の照射点の位置と残留モーメントの関係について)

Thermo-elasto-plastic Analysis for a Thin Plate Subjected the Laser Irradiation

(Relation between Residual Moment and the First Position of Irradiated Point under Overlapping Irradiation)

○村山 佳正¹, 箱田 将和¹, 加藤 保之²

Yoshimasa MURAYAMA¹, Masakazu HAKODA¹, Yasuyuki KATO²

Abstract: The elasto-plastic behavior when a laser beam is irradiated to the surface of a thin metal plate with cooling its backside is investigated in this paper. The distributions of the residual internal force and the residual deformation for the multipoint irradiation have been revealed in the previous report. However, in spite of changing the conditions of the irradiation distance and the number of irradiation, the residual deformation doesn't increase during the multipoint irradiation. Therefore, it is necessary to advance the research of overlap irradiation, which is irradiated returning to the original place after the several times irradiation. In this paper, the relation between the first irradiation position at the overlapping irradiation and the magnitude of residual moment is revealed.

1. 緒言

これまで多点照射の数値解析の試みとして、任意の点に照射を行い、その後常温まで完全に冷却して、その点と隣接する位置に次の照射を行う断続的な場合に対して熱弾塑性解析を実行してきた。その結果、照射間隔を狭くする場合には、過去に生成された残留内力と残留モーメントが減少して小さくなり、これに対して照射間隔が広い場合には、減少せず大きく残ることが明らかとなった。また、残留変形に関しては、照射間隔を狭くする場合には、現在 (n 点目) の照射の 1 つ前 ($n-1$ 点目) までに生成された残留内力と残留モーメントが大きく残り、次の照射で新たに生成される塑性変形が小さいため、一点目以降の照射で生成される残留変形が小さくなることが明らかとなった。一方で照射間隔を広くする場合には、残留内力と残留モーメントの影響を大きく受けることなく、一点目以降の各照射点で生成される残留変形は、照射ごとに減衰することなく一点目とほぼ同一の大きさとなるが、照射間隔が塑性変形の発生領域よりも広い場合には、塑性領域は重なることがなく残留変形を大きく発達させることが難しいことが明らかとなった。このようにこれまでの研究からは多点照射を一度行うだけでは、薄板内部には残留変形を大きく発達させることが難しいことが明らかとなってきた。そこで、最初の照射点に再び照射位置を戻して重ね照射を行う二度目の照射について検討していく必要があると考えられる。

そこで本研究では一度目の多点照射における照射間隔が広い場合に着目し、二度目の照射の最初の照射点の位置を、ずらして照射する場合を検討して行くことにする。特に本報では、その照射点の位置とそこで新たに生成される残留モーメントの分布の関係を明らかにする。

2. 理論

2. 1 重ね照射の最初の照射点で生成される残留変形

一度目の多点照射後に、再び最初の照射点の位置に戻って重ね照射 (二度目の照射) を行う際に生成される残

留変形について説明する。図 1 は、一度目の照射回数を種々に変えて二度目の照射の際に一点目の照射位置で生成される残留変形を表わしたものである。なお、図中の

(a) は $r_i=0.2$ [mm], (b) は $r_i=0.7$ [mm], (c) は $r_i=1.0$ [mm] における変形を表している。更に、図 2 中の ${}_1\Delta\eta_r$ と ${}_2\Delta\eta_r$ は一度目と二度目の照射時に生成される残留変形の値にそれぞれ対応している。この図から一度目の多点照射時の照射間隔 r_i を $dL=0.78$ [mm] に設定した場合に最も大きく残留変形が生成されるが、一度目の多点照射では、広範囲にわたって塑性域を板内部に形成させることができない。一方で、照射間隔 r_i を dL よりも更に広くすると、二度目の照射時の残留変形の大きさは減少することがこの図から明らかであるが、この条件では擬似降伏曲面に到達するまでに大きな変形量を必要とせず、一度目の多点照射の際には広範囲にわたって塑性域を形成させることができる特徴を有している。そこで、一度目の照射間隔 r_i が $dL=0.78$ [mm] よりも広い場合に着目して検討する。

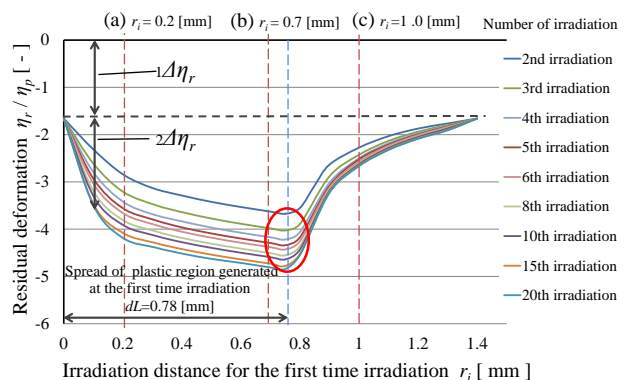


Fig.1 Residual deformation generated at the first irradiated position (In case of the second time irradiation)

2. 2 重ね照射時の照射位置と残留変形の関係

二度目の照射時に新たに生成される塑性変形量(図 1 の

1: 日大理工・院(前)・機械 2: 日大理工・教員・機械

$2\angle\eta$)は、照射位置に残留している内力の大きさに関係する。二度目の照射を図2中の(a)の位置に照射する場合を考えると、残留モーメントが大きく残っているため残留変形を大きく発達させることが難しくなる。これに対して、二度目の照射を(b)の位置にした場合には、その場所の残留モーメントが最も小さいため、二度目の照射時に生成される残留変形を大きく発達させることが可能となる。そこで、本研究では一度目の照射間隔 t_1 が広い場合で、二度目の照射の最初の照射位置(即ち、 r^*)をずらした際に生成される残留変形を大きく発達させることを調べる。ここでは図2に示す $r^*=0$ [mm]、残留モーメントが低い値となる $r^*=0.221$ [mm] 即ち図2の(b)の場合、そして、その外側の位置の $r^*=0.5$ [mm] について、その近傍で新たに生成される残留モーメントの分布を調べる。

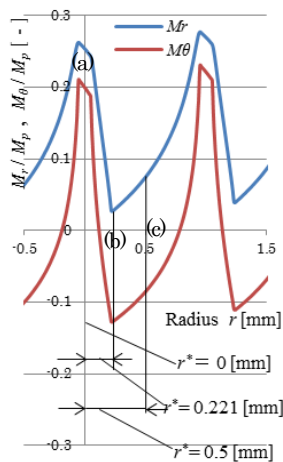


Fig.2 Irradiated position and distribution of residual moment

3. 解析結果

板厚 0.3[mm]、降伏応力 $\sigma_y=245$ [MPa]の薄板軟鋼の平板に過去の研究で行った実験条件に基づき、レーザーを 134[sec.]間照射し、定常状態で表面温度 $T_f=625$ [°C]、裏面温度 $T_b=100$ [°C]の条件下で数値解析を実行し、図2で示した位置に重ね照射した際に得られる残留モーメントの分布の特徴について以下に説明する。図3は照射位置 r^* が図2中の(a)の場合に、図4は(b)の場合、そして、図5は(a)より 0.5[mm]ずらした場合について、半径方向と周方向の残留モーメントの分布を表したものである。ここで、(a)の位置に二度目の照射を行った図3の分布について考察すると、 $r^*=0$ [mm]で、最も残留モーメントの値が大きな値となっていることから、多点照射の解析でこれまで既に明らかになっている現在の照射点で、最も残留モーメントが大きくなる傾向が、二度目の照射においても現れていることがわかる。また、(a)の位置から遠ざかるほど、残留モーメントの分布に変化が生じていないことから、(a)の位置に照射する場合には、一度目の照射で過去に生成された残留モーメントの分布にあまり影響を及ぼさないことがこの図から確認できる。次に、(b)の位置に二度目の照射を行った図4の分布について考察すると、この位置が一度目の多点照射で生成される残留モーメントが最も小さいことから、

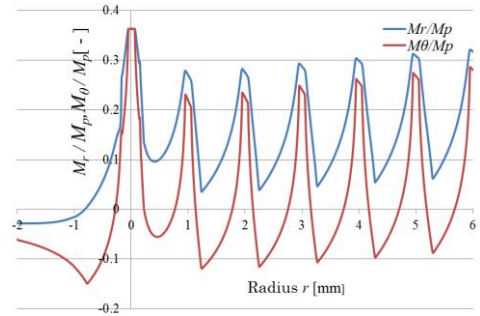


Fig.3 Distribution of residual moment {In case of the second time irradiation, (a); $r^*=0$ [mm]}

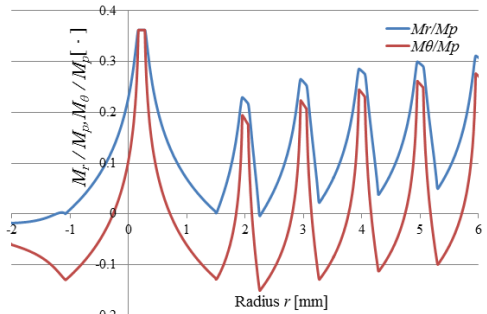


Fig.4 Distribution of residual moment {In case of the second time irradiation, (b); $r^*=0.221$ [mm]}

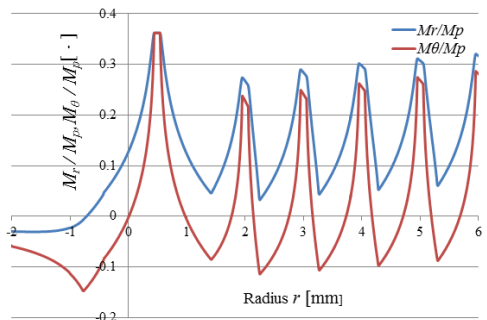


Fig.5 Distribution of residual moment {In case of the second time irradiation, (c); $r^*=0.5$ [mm]}

二度目の照射で擬似降伏曲面に到達するまでに大きな変形量を必要とせず、そのため塑性領域が大きく広がり、この図の二度目の照射位置の近傍の分布から明らかのように、一度目の一点目と二度目の照射で形成されていた残留モーメントの波形が、二度目の照射時に、新たに形成される一つの波形に変わることが確認できる。最後に、(c)の位置に二度目の照射を行った図5の分布について考察すると、前述の図2中の(b)と(c)の残留モーメントの比較から明らかのように、(c)の位置の残留モーメントは、(b)の位置のそれに比べ、僅かに大きな値となる。そのため、図5の分布と図4の分布を比較すると、三点目以降の残留モーメントは、図5の方が大きくなっていることが確認できる。

4. 結言

本報では二度目の最初の照射点の位置をずらして残留モーメントの分布を検討してきたが、今後の展望として、最初の照射点以降の更なる照射条件について、残留モーメントや残留変形の発生状況を調べることで、薄板の効果的な塑性曲げ加工の条件を明らかにしておく予定である。