

レーザー照射を受ける薄板の熱弾塑性解析  
(重ね照射における温度条件と照射点に沿う残留モーメントの分布の関係)

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

(Relation between Distributions of Residual Moment along Irradiation Points and Temperature Condition in Overlap Irradiation)

○眞坂 健太郎<sup>1</sup>, 小林 晃貴<sup>1</sup>, 加藤 保之<sup>2</sup>

Kentaro MASAKA<sup>1</sup>, Koki KOBAYASHI<sup>1</sup>, Yasuyuki KATO<sup>2</sup>

Abstract: In our previous study, the distributions of residual moment have been examined under the multipoint irradiation. However, it became clear that the residual moments does not distributed effectively in a plate by conducting the multipoint irradiation only once. Therefore, in this research, the method of irradiation for distributing residual moments effectively in the overlapping irradiation is taken up as the next subject. Especially, the methods for distributing the residual moment widely are examined by changing the conditions of the surface temperature.

1. 緒言

残留モーメントを薄板の内部にあらかじめ分布させて、その後、さらに曲げモーメントを加えることで、残留モーメントを分布させた位置に金型を用いず、局部塑性変形を与える加工方法が考えられる。レーザーを照射しながら裏面を冷却すると、薄板内部にはモーメントが発生する。本研究では、放射則に基づく数値解析を実行し、残留モーメントを効果的に発生させる方法について検討する。

これまでの研究では最初の照射点で照射を行い完全に室温まで冷却した後に、この照射点と隣接した位置に次の照射を行う断続的な照射の条件を考え、熱弾塑性解析を進めてきた。その結果、残留モーメントの分布は山形の形状となり、照射間隔が狭い場合には、照射回数の増加と共に、過去に生成された残留モーメントが減少するため、広範囲に渡って山形の波形を大きく分布させることができないことが明らかとなった。これに対して、照射間隔が広い場合には、過去に生成された残留モーメントがあまり減少することなく、そのため複数の山形の波形を広範囲に渡って形成させることができるが、山形の波形の間隔が広いと、残留モーメントの分布を増加させることができないことが明らかとなってきた。

本研究では照射間隔が広い条件に着目し、残留モーメントの波形の山と山の間に新たな照射を重ねることによって、残留モーメントの分布を増加させる方法について検討する。特にここでは、温度条件を変えて調査し、残留モーメントの分布に及ぼす影響を明らかにする。

2. 理論

2-1 一度目の多点照射の残留モーメントの分布の特徴

最初に、一度目の多点照射の残留モーメントの分布の特徴について説明する。図 1 は更に照射を繰り返す、多点照射を行なった際の照射の進行方向に沿う残留モーメントの分布を表したものであり、照射回数が増える度に、過去に生成された残留モーメントが減衰し、そのため 1 点目の照射点に近いほど残留モーメントの分布が小さく

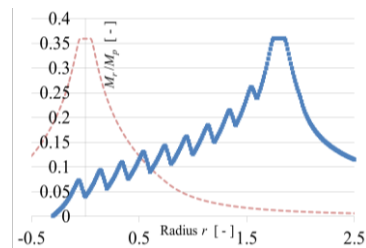


Fig.1 Distribution of residual moment in case of narrow distance

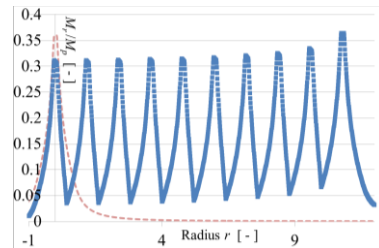


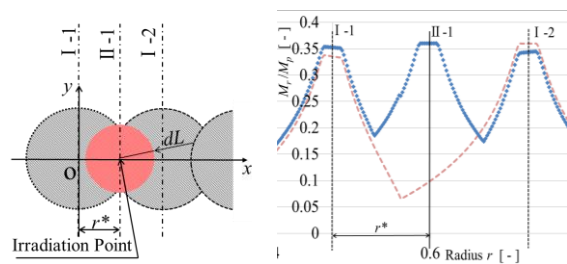
Fig.2 Distribution of residual moment in case of wide distance

なり、広範囲に渡って残留モーメントを均一に分布させることができない。

一方で、図 2 は照射間隔が広い場合に対して多点照射を行なった時に得られる分布の一例を表している。この図から明らかのように、広範囲に渡って残留モーメントを分布させることができるが、間隔が広いと谷が形成される。そこで次に、照射間隔が広いこの場合に着目して、山と山の波形の間に重ね照射をすることで、谷の部分の残留モーメントを増加させる方法を検討する。

2-2 重ね照射で得られる残留モーメント

次に、図 3 (a) は 1 度目の多点照射の後に、最初の 2



(a) Position of irradiation points (b) Distribution along x-axis  
Fig.3 Distribution of residual moment in case of overlapping irradiation

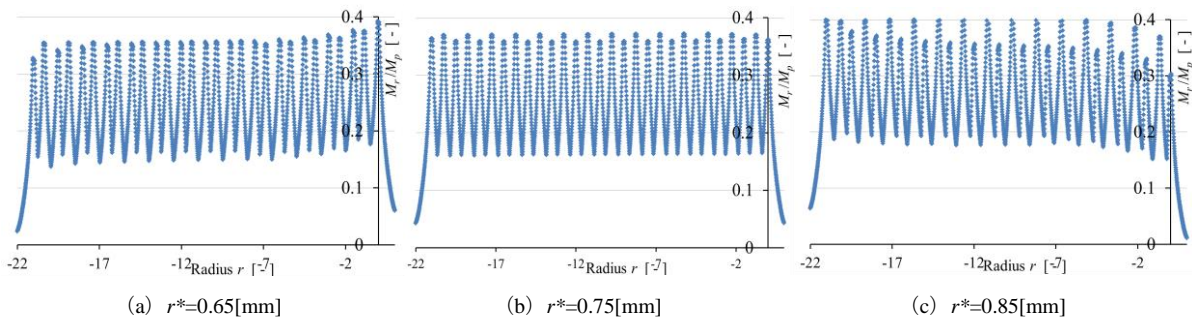


Fig.4 Distribution of residual moment for various irradiated position  $r^*$  (in case of overlapping irradiation)

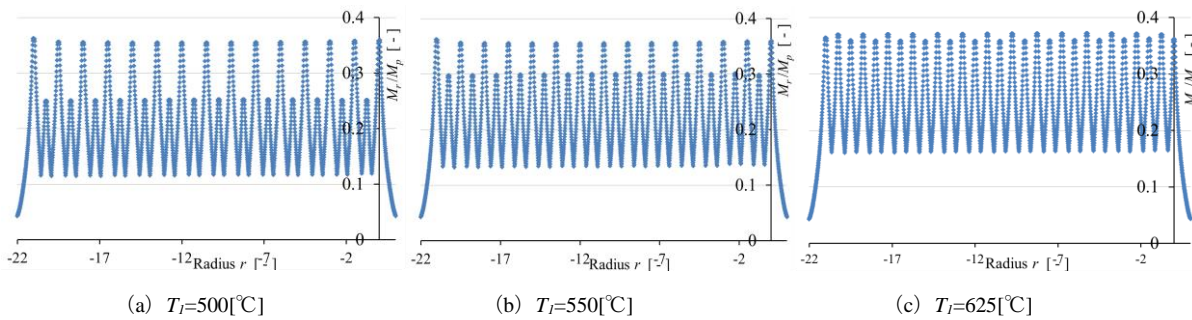


Fig.5 Distribution of residual moment for various surface temperatures (in case of overlapping irradiation)

点間に重ね照射を行う場合の照射位置の関係を表した図である (なお、図中のハイフンの前のギリシャ文字  $\Gamma$  が一度目の照射,  $\text{II}$  が二度目の照射を意味し、ハイフンの後の数字が照射回数を表していることを言及しておく).

図の中の  $r^*$  は一度目の照射点から重ね照射の照射点までの間隔を表している. ここでは、 $r^*$  の位置を変えて重ね照射後の残留モーメントの分布を調べることにする. 図 3 (b) は照射の進行方向すなわち  $x$  軸に沿う方向の残留モーメントの分布を表したものである. この図の  $r^*$  の位置に重ね照射を行うことによって、この近傍の残留モーメントの分布が大幅に増加し、他の照射位置でも残留モーメントが変化する. 本報では更に、重ね照射時の表面温度の条件を変えて、残留モーメントの分布を検討する.

### 3. 解析結果

#### 3-1 重ね照射で得られる残留モーメント

板厚 0.3 [mm], 降伏応力  $\sigma_y = 245$  [MPa] の軟鋼の平板に、過去に行った温度測定実験の結果に基づき、レーザーを 134 秒間照射し、定常状態で表面温度  $T_f = 625$  [°C], 裏面温度  $T_b = 100$  [°C] とする条件下で数値解析を実行した.

図 4 は、前節で説明した重ね照射位置  $r^*$  の影響を調べるために  $r^*$  の値を種々に変えて解析を行った結果である. これは、予め一度目の多点照射を、照射間隔  $r_1 = 1.5$  [mm], 照射回数 15 回で行った後に、一度目の最初の照射点の位置から、重ね照射の最初の照射位置までの距離  $r^*$  の値を 3 通りに変えた場合に対して、照射間隔を 1 点目と同一として 14 回照射を行う条件の下で数値解析を実行した結果である. ここで、図の中の (a) が  $r^* = 0.65$  [mm], (b) が  $r^* = 0.75$  [mm], (c) が  $r^* = 0.85$  [mm] の分布をそれぞれ表している. (a) では、最後の 15 回目の照射点での残留モーメントの値が最も大きくなり、1 点目の照射

位置に近づく程、残留モーメントが小さくなる. また、(c) では、重ね照射の最後の 15 回目の照射点での残留モーメントの値が最も小さくなる. したがって、山形の波形の中央である  $r^* = 0.75$  [mm] 位置に重ね照射を行う (b) の場合が最も均一な分布が得られることが確認できる.

#### 3-2 温度条件を変えて得られる残留モーメント

次に、重ね照射時の温度条件について検討するために表面温度を 3 通りに変えて残留モーメントの分布を調べた結果を図 5 に示す. 温度条件に関しては、一度目の多点照射は、図 4 の場合と同一条件とし、重ね照射についてのみ表面温度の条件を変えることにする. ここで、図 5 (a) は定常状態の表面温度が 500 [°C] の結果を、(b) が 550 [°C], (c) が 625 [°C] の結果をそれぞれ表している. これらの図から明らかなように、表面温度を上昇させるほど重ね照射時の残留モーメントが大きくなるため、波形が滑らかになり、全体の残留モーメントも高い値となる. また、図 5 (b) では重ね照射時の残留モーメントが小さいのに対し、図 5 (c) では大きくなっていることから、これらの間に、一度目の多点照射で形成された波形とほぼ同一の滑らかな波形となる最適な温度が存在することが考えられる.

### 5. 結言

本報では、残留モーメントを効率よく発生させる方法について、重ね照射における表面温度の条件を変えて数値解析を実行した. その結果、一度目の多点照射で形成された波形とほぼ同一の滑らかな波形を形成させる適切な表面温度が存在することが確認できた. 今後の展望としては、引張と重ね照射の照射方向を逆にした場合に対しても更に検討して行く予定である.