

レーザー照射を受ける薄板の熱弾塑性解析 (三度目の重ね照射における間引き照射の検討)

Thermo-elasto-plastic Analysis for a Thin Plate Subjected Laser Irradiation (Alternate irradiation under the third overlapping irradiation)

○瀧澤 賢太郎¹, 前田 大樹², 加藤 保之³* Kentaro TAKIZAWA¹, Daiki MAEDA², Yasuyuki KATO³

Abstract: This paper describes the methods for distributing the residual bending moment efficiently in a thin metal plate. In our previous study, the distributions of residual moment generated by the second overlapping irradiation have been examined. In this research, the numerical simulation for the third overlapping irradiation is examined. Especially, the characteristic of distributions of residual moment generated under the alternate irradiation, which is irradiated with every other point, are revealed under different irradiation distances.

1. 緒言

金型を用いずに、あらかじめ金属の薄板内部に残留モーメントを分布させ、その後、再度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塑性関節を形成させて曲げ加工を行う方法が考えられる。本研究の目的は、この加工方法に着目し、金属の薄板の裏面を冷却してレーザー照射を行い、薄板内部に残留モーメントを効果的に分布させる方法について検討して行くことである。

この一連の研究では、レーザーの単一照射を行い、その後、常温まで完全に冷却した後に、その点と隣接する位置に次の照射を行う断続的な照射の場合を考え、多点照射時の熱弾塑性解析が行われてきた。その結果、照射間隔が狭い場合には、過去に生成された残留モーメント山形の波形が減衰するため、広範囲に残留モーメントを大きく分布させることができず、一方で照射間隔が広い場合には、山形の波形を広範囲に分布させることが可能であるが山形の波形の間隔が広いために、残留モーメントの小さい谷の部分の形成されることが明らかとなった。そこで、照射間隔が広い場合の条件に着目して、山と山の波形の間に新たな照射を重ねることで、谷の部分の残留モーメントを増加させ、山と谷の振幅を小さくする方法がこれまで検討されてきた。

しかしながら、更に滑らかな分布を得るためには、一度目の重ね照射だけでは十分ではなく、これまで二度目の重ね照射の解析が試みられてきた。しかしながら、照射間隔が広い条件では、更に重ね照射が必要であることが明らかとなってきた。

そこで本研究では三度目の重ね照射に対して、照射間隔を種々に変えて残留モーメントの分布の山と谷の振幅ならびにそれらの平均値の大きさを調べ、これまで明らかにしてきた一度目と二度目の照射の結果と比較する。更に、一つ置きに照射を行う間引き照射を試み、残留モーメントの分布の特徴を明らかにする。

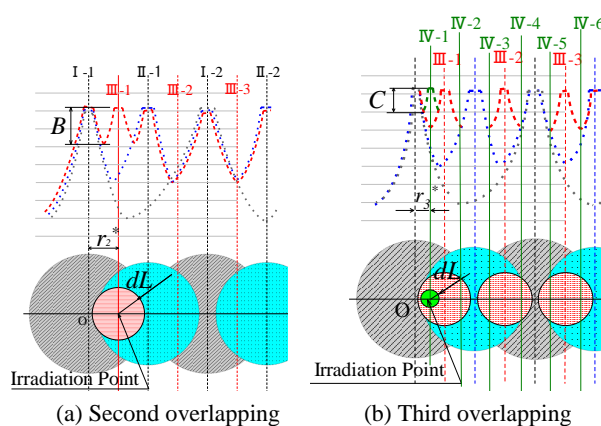


Fig.1 Distribution of residual moment along the x-axis

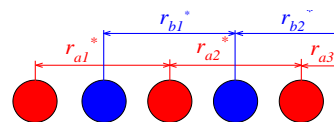


Fig.2 The alternate irradiation

2. 理論

2-1 一度目と二度目の重ね照射の残留モーメント

図 1 (a) は、最初の多点照射の 1 点目と 2 点目の照射位置、すなわち、I-1 と I-2 の間に、一度目の重ね照射を II-1 の位置に行い、更に、多点照射の 1 点目と一度目の重ね照射の 1 点目の照射位置の間に、すなわち、I-1 と II-1 の間に二度目の重ね照射の 1 点目の照射を行った時の照射位置 r_2^* を模式的に表した図である。この図の様に、 r_2^* の位置に二度目の重ね照射を行うことによって、山と谷の振幅を小さくすることができる (図中の B 参照)。

2-2 三度目の重ね照射で得られる残留モーメント

図 1 (b) は、二度目の重ね照射後に多点照射の 1 点目と二度目の重ね照射の 1 点目の照射位置 (III-1) の間に、三度目の重ね照射の 1 点目の照射を行った時の照射位置 r_3^* を模式的に表した図である。この三度

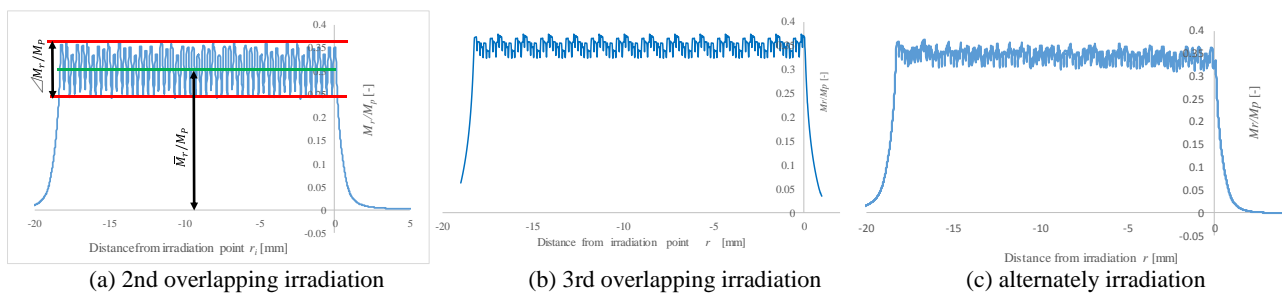


Fig.3 Distributions of residual moment along the irradiation points ($r_i=1.4$)

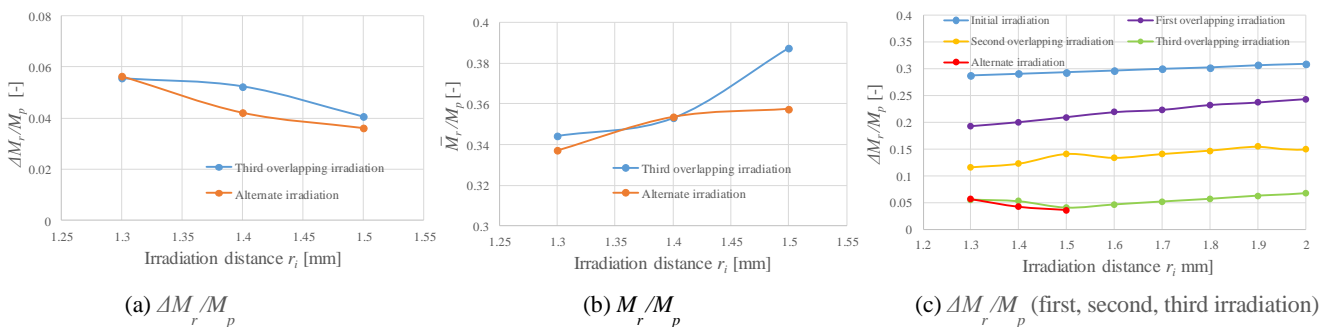


Fig.4 Relation of residual moment and irradiation distance points

目の重ね照射により山と谷の振幅 C は、二度目の重ね照射時の振幅 B に比べて更に小さくすることができ、その結果、山と谷の振幅の平均値が増大し、残留モーメントを広範囲に大きく分布させることができる。

2-3 三度目の重ね照射における間引き照射

重ね照射の回数が増える程、照射間隔が狭くなり、残留モーメントの山形の波形が減衰するため、広範囲に残留モーメントを大きく分布させることができない。そこで、広い照射間隔で重ね照射を行うために間引き照射を検討する必要がある。図 2 は、間引き照射の照射位置と照射の順序の関係を模式的に表したものである。赤の円で表された位置に、一つ置きに照射を行い、その後、青の円で表された位置に再び一つ置きに照射を同様に行うことで間引き照射が完了する。

3. 解析結果と考察

板厚 0.3 [mm]、降伏応力 $\sigma_Y=245$ [MPa] の軟鋼の薄い平板に、過去に行った温度測定実験の測定結果に基づき、レーザーを 134[sec]間照射した条件の数値解析結果について説明する。

図 3(a), (b) は、数値解析の一例として、照射間隔が $r_i=1.4$ [mm] の場合に対して、二度目の重ね照射後と三度目の重ね照射後に得られる残留モーメントの分布をそれぞれ表し、また、図 3(c) は、照射間隔が同一条件の下で得られる間引き照射の分布を表している。ここで、図 3(a) 中の $\Delta M_r/M_p$ は、残留モーメントの分布の山と谷の振幅を、また、 \bar{M}_r/M_p は、山と谷の平均値を表している。これらの図で、3度目の重ね照射では(図 3 (b),(c))、山と谷の振幅は減少し、平均値は増加している。また、図 3(b)

と図 3(c)の結果を比較すると、間引き照射の分布はわずかに右下がりになることが確認できる。

図 4(a) は、間引き照射と通常の照射に対して、照射間隔と山と谷の振幅 $\Delta M_r/M_p$ の関係を表している。重ね照射の回数が増えるほど振幅が小さくなっていることがわかる。この図で、三度目の重ね照射の結果(緑色の曲線)と間引き照射の結果(赤色の曲線)に着目すると、照射間隔が $r_i=1.4, 1.5$ [mm] に対しては赤色の曲線が緑色の曲線に比べわずかに低くなり振幅が小さくなることが確認できる。次に、図 4(b) は、これらの照射間隔と残留モーメントの平均値 \bar{M}_r/M_p の関係を表している。この図で、間引き照射の結果に着目すると、赤色の曲線が緑色の曲線に比べ低くなり平均値がわずかに小さくなることが確認できる。最後に、図 4(c) は、照射間隔 r_i が広い場合に対し、最初の多点照射から3度目の重ね照射までを照射間隔と振幅 $\Delta M_r/M_p$ の関係を表わした図である。この図より重ね照射の回数が増えるほど振幅が小さくなっていることがわかる。

4. 結 言

三度目の重ね照射ならびに間引き照射の数値解析を実行して残留モーメントの分布を調べ、以下のことが明らかとなった。

- (1) 間引き照射を行う場合では、残留モーメントの分布の振幅がわずかに小さくなる。しかしながら、その分布は均一にならず、また、わずかに右下がりになる。
- (2) 重ね照射の回数が増えるほど、残留モーメント谷の値が大きくなるため、残留モーメントの分布の振幅は小さくなり、また、平均値の値は大きくなる。