

レーザー溶接構造の公称構造応力算出法

-TS継手の溶接ビード方向の検討-

Method for calculating nominal structural stress of laser welded structure

- Examination of welding bead direction of TS shape peel joint -

○佐藤拓実¹, 飯沼陸斗¹, 榎本卓也¹, 前垣善生¹, 尾野弘明², 岡部顕史³, 富岡昇³*Takumi Satou¹, Rikuto Inuma¹, Takuya Enomoto¹, Yoshiki Maegaki¹, Hiroaki Ono², Akifumi Okabe³, Noboru Tomioka³

Recently, a development of the fatigue life prediction technology of weld by CAE is demanded. There is the method to evaluate by the nominal structural stress as one of the fatigue life prediction technology. The nominal structural stress (NS stress) means the maximum principal stress on the circumference of spot weld. And the method to accurately obtain the NS stress was presented in our previous studies. In this study, the NS stress calculation method of spot welding structure was applied to the laser welded structure. This paper is described the effect with regard to changing the distance between welds using the laser welded TS shape peel joint.

1. 緒言

スポット溶接構造やアーク溶接構造では、公称構造応力(Nominal structural stress)を用いた疲労寿命予測が提案されている^{[1][2][3]}。公称構造応力算出法をレーザー溶接構造に適用し、精度よく公称構造応力が得られれば、レーザー溶接構造の疲労寿命を予測できると考えられる。

本研究では、ビード間隔を変化させ、ビード端部の応力値を求め、公称構造応力に及ぼす影響を検討した。

2. レーザ溶接の公称構造応力算出法

レーザー溶接構造の公称構造応力算出法は、ビード端部をスポット溶接のナゲットと見なし、弾性学の板理論を用いて応力解析し、応力解を得る手法である。ビード端部はビード幅を直径 d とする剛体円とし、ビード端部を中心とする直径 D 円板内の応力は以下のようにして得る。

- (1) 円板の中央に作用する荷重(分担荷重)を荷重条件、円板円周上の変位を変位境界条件とする問題を、板理論を用いて解き、円板内の応力解を得る。
- (2) 内縁部と外縁部が完全に固定された円板に強制変位が生じることを考慮して、板理論は弾性理論によって解決される。強制変位はレーザー溶接のビードに生じる変位を意味する。
- (3) (1)の応力解と(2)の応力解を重ね合わせて円板内の応力解を得る。

3. レーザ溶接 TS 型継手の FE モデル

レーザー溶接 TS 形継手の FE モデルを図 1 に示す。図 1 に示すように、45[mm]幅の薄板 2 枚を重ね合わせレーザー溶接し、板面の片側板端を固定し、一方の片側板端に荷重 $F_x = 300$ [N]を加えた。

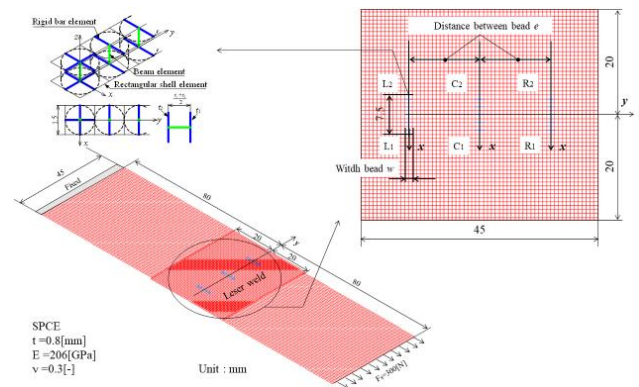


Fig. 1 FE model of laser welded TS shape peel joint

図 1 に示すレーザー溶接部 FE モデルは、ビード幅を直径とする円柱が連続しているとしてモデル化した。また溶接部は剛体バー要素とビーム要素で作成し、その他は四角形シェル要素で粗いメッシュ分割とした。左側レーザー溶接部のビード端部を L_1 , L_2 、中央レーザー溶接ビード端部を C_1 , C_2 、右側レーザー溶接ビード端部を R_1 , R_2 を示すこととする。ビード幅 w は 1.5[mm]、ビード長さ L は 7.5[mm] で一定とした。ビード間隔 e については 7.5[mm] から 19.5[mm] まで 3[mm] ずつ増加させた。

4. 解析結果

図 2 にビード間隔 $e=13.5$ [mm] のときの L_1 , R_1 , C_1 点の主応力分布を示す。図 2 より主応力分布はほぼ同じとなり、最大主応力が生じる位置は、 $\theta=0$ [deg] 付近となった。

図 3 にビード間隔 e を増減させたときの C_1 点の主応力分布を示す。図 3 よりビード間隔 e が大きくなるほど最大主応力値も大きくなる傾向を示した。

表 1 にビード間隔 e を増減させたときの L_1 , R_1 , C_1

点の最大主応力値を示し、図4にビード間隔 e を増減させたときの L_1 , R_1 , C_1 点の最大主応力を示す。

図4よりビード間隔 e が大きくなるほど L_1 , R_1 点では応力値が小さくなり、 C_1 点では応力値が大きくなった。ビード間隔 e が小さい場合、両側のビードが荷重を受け持つことが推察でき、このとき内側の中央ビードの応力値が小さくなる。また、ビード間隔 e が大きい場合は、内側中央のビードが荷重を受け持つことが推察でき、このとき内側中央のビードの応力値が大きくなる。なお、ビード間隔 e が 13.5[mm] 付近で構造全体の公称構造応力値が最小となることが分かった。

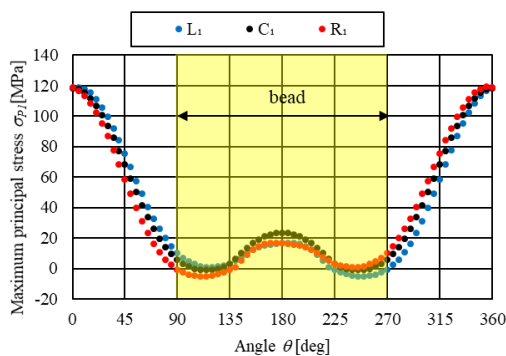


Fig. 2 Principal stress distribution of distance between welds $e=13.5$ [mm]

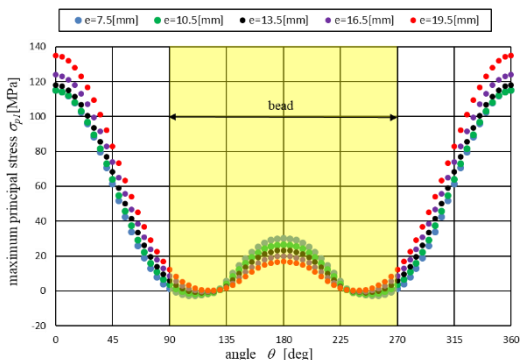


Fig. 3 Maximum principal stress of weld bead end C_1

Table 1 Nominal Structural Stress of changing distance between welds

	Maximum principal stress σ_{p1} [MPa]				
e [mm]	7.5	10.5	13.5	16.5	19.5
L_1	128.9	123.0	118.9	116.7	116.5
C_1	115.0	115.0	118.1	124.2	134.9
R_1	129.0	122.9	118.9	116.7	116.5

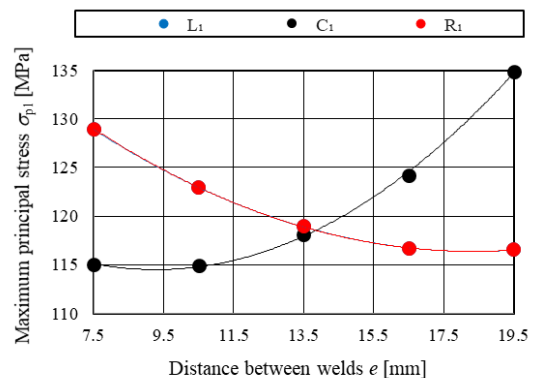


Fig. 4 Maximum principal stress by the increase and decrease of distance between welds

構造全体においてビード間隔 $e=13.5$ [mm] 付近で公称構造応力値が最小となることについては、ビード幅 w やビード長さ L の変化が公称構造応力に及ぼす影響についても確認が必要であろう。これらについては今後検討することとする。

5. 結 言

スポット溶接構造の公称構造応力算出法をレーザー溶接構造に適用し、レーザー溶接 TS 形継手を用いてビード間隔 e の変化が公称構造応力に及ぼす影響について検討した。主な結果を以下に示す。

- 1) ビードの位置に関わらず、公称構造応力値がほぼ同じ(0[deg]付近)となった。
- 2) ビードの間隔の増加に伴い、各ビード端の最大主応力値が増減した。
- 3) ビード間隔 e が 13.5[mm] 付近で、構造全体の公称構造応力値は最小となった。

参考文献

[1] 岡部, 富岡, 沢村:「面内荷重に対するスポット溶接構造の公称構造応力計算法」, 自動車技術会, Vol.35, No.3, pp.187-192, 2004

[2] 加藤, 岡部, 富岡:「アーク溶接構造の公称構造応力算出法」, 自動車技術会論文集, Vol.39, No.2, pp.351-356, 2008

[3] 金子, 松浦, 山下, 岡部, 富岡:「公称構造応力によるライン溶接構造物の疲労寿命予測」, 自動車技術会, 20166156, pp.816-819, 2016