

# レーザー溶接構造の公称構造応力算出法\*

- ビード間隔が公称構造応力に及ぼす影響 -

大槻 翼<sup>1)</sup>, 大石 将司<sup>1)</sup>, 野見山 歩武<sup>1)</sup>, 志村 圭介<sup>2)</sup>, 金子 貴哉<sup>2)</sup>, 岡部 顕史<sup>3)</sup>, 富岡 昇<sup>3)</sup>

## Method for calculating nominal structural stress of laser welded structure

- Effect of changing distance between welds on nominal structural stress -

Tsubasa Otsuki<sup>1)</sup>, Masashi Oishi<sup>1)</sup>, Ayumu Nomiyama<sup>1)</sup>, Keisuke Shimura<sup>2)</sup>, Takaya Kaneko<sup>2)</sup>, Akifumi Okabe<sup>3)</sup>, Noboru Tomioka<sup>3)</sup>

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 the laser welded TS joints.

**Key Words:** (Standardized) materials, iron and steel materials, fatigue, (Free) Nominal structural stress, Laser weld, fatigue life [D3]

### 1. 緒言

スポット溶接構造やアーク溶接構造においては公称構造応力(Nominal structural stress : NS stress)を用いた疲労寿命予測手法が提案されている<sup>(1)(2)(3)</sup>. 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, レーザ溶接構造の疲労寿命を予測することが可能になると考えられる.

本研究では, 公称構造応力算出法をレーザー溶接構造に適用し, ビード間隔の変化が公称構造応力に及ぼす影響について, 数値解析により検討した.

### 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, レーザ溶接止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. 止端部はビード幅を直径  $d$  とする剛体円とし, 止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ことができる.

- (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. レーザ溶接部の間隔の増減による影響

#### 3.1. レーザ溶接部 FE モデル

板幅方向に3本の溶接ビードからなる TS 試験片の FE モデルを図 1 に示す. 片側を固定し, もう一方の端に  $F_x = 300$ [N]の荷重を加える.

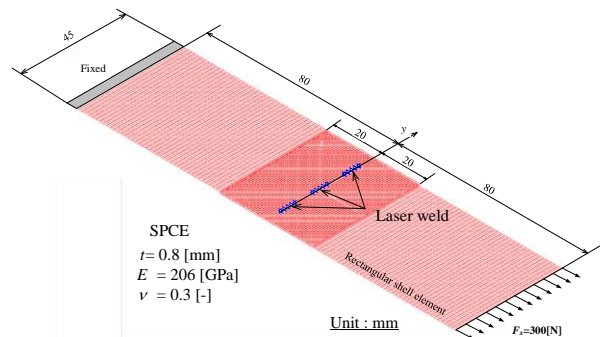


Fig. 1 FE model consists of 3 bead laser welds

図 1 の FE モデルにおいて, レーザ溶接部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. 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

\*2018年3月6日自動車技術会関東支部学術研究講演会において発表.

1)・3) 日本大学(101-8308 東京都千代田区神田駿河台 1-8-14)  
2) 日本大学大学院(同上)

シェル要素で粗いメッシュ分割とした。図2にラップ部のFEモデルを示す。図2のように左側レーザー溶接部の止端部をL<sub>1</sub>(左点), L<sub>2</sub>(右点)と示すことにし, 中央レーザー溶接止端部をC<sub>1</sub>(左点), C<sub>2</sub>(右点)と示し, 右側レーザー溶接止端部をR<sub>1</sub>(左点), R<sub>2</sub>(右点)を示すこととする。ビード長は7.5[mm]で一定とし, ビード間隔 $e$ を変化させ, 各止端部円周上に生じる応力分布を公称構造応力算出法により求める。

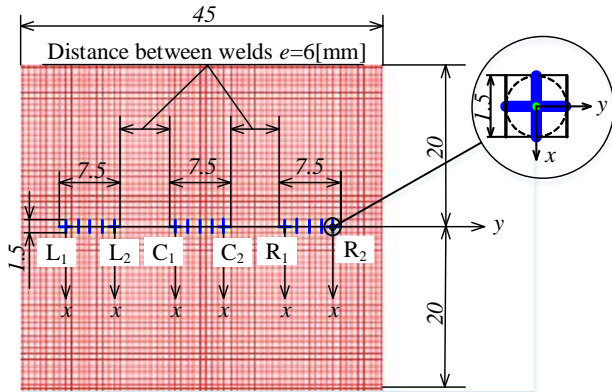


Fig. 2 FE model of laser weld in LAP

### 3.2 ビード間隔と公称構造応力

ビード間隔を-6.0 から+5.25[mm]の範囲で増減させた場合の各ビード止端部円周上に生じる下板上面の主応力分布を図3, 4, 5に示す。図3は止端部L<sub>1</sub>の主応力分布を示し, 図4は止端部C<sub>1</sub>, 図5は止端部R<sub>1</sub>の主応力分布を示す。

図3, 4, 5よりビード間隔 $e$ を増減させても最大主応力が生じる位置は $\theta=350$  [deg]付近となった。また外側の止端部L<sub>1</sub>はビード間隔 $e$ の影響を大きく受け, 内側の止端部C<sub>1</sub>とR<sub>1</sub>ではビード間隔 $e$ の影響が小さいことが分かる。これは内部ではL<sub>2</sub>とC<sub>1</sub>で, C<sub>2</sub>とR<sub>1</sub>で荷重を分担するためである。

図3, 4のC<sub>1</sub>とR<sub>1</sub>の応力分布は同じ傾向となった。またR<sub>2</sub>とC<sub>2</sub>でも応力分布が同じ傾向となることを確認した。これは解析対象モデルが $z-x$ 面で対称であるためである。

図6にビード間隔 $e$ を増減させたときの最大主応力値を示す。ビード間隔 $e$ を大きくするとL<sub>2</sub>, C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, R<sub>1</sub>は最大主応力が75[MPa]から100[MPa]へ徐々に増加し, L<sub>1</sub>, R<sub>2</sub>は115[MPa]から55[MPa]へと直線的に減少した。また図6よりよりビード間隔 $e$ が6[mm]以下ではL<sub>1</sub>, R<sub>2</sub>に公称構造応力が生じ, ビード間隔 $e$ が6[mm]以上ではL<sub>2</sub>, C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, R<sub>1</sub>に同じ大きさの公称構造応力が生じることが分かる。さらに図6よりビード間隔 $e$ が6[mm]のとき, 公称構造応力が最小値85[MPa]となることが分かる。これは図1のモデルではビード間隔 $e$ を6[mm]としたときに3本のビードでほぼ均等に荷重を受け持つためである。

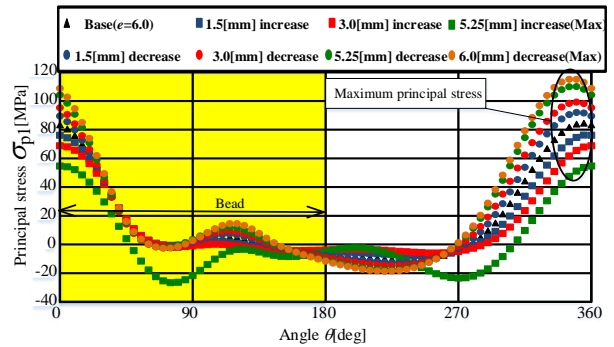


Fig. 3 Principal stress distribution at the L<sub>1</sub> point

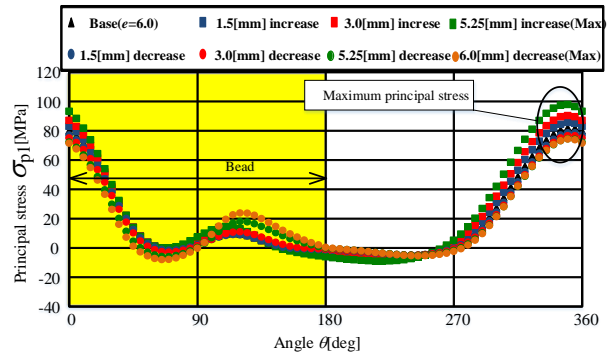


Fig. 4 Principal stress distribution at the C<sub>1</sub> point

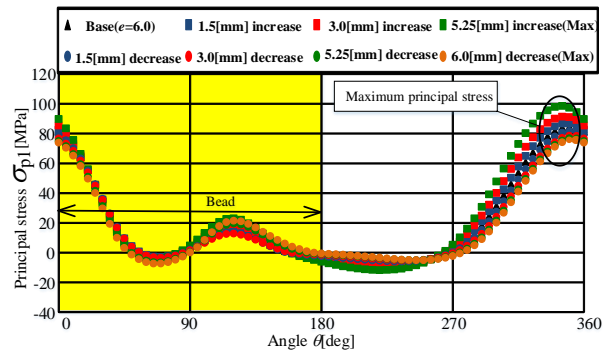


Fig. 5 Principal stress distribution at the R<sub>1</sub> point

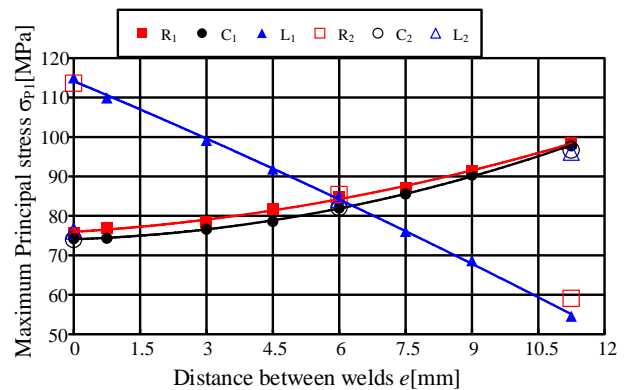


Fig. 6 Maximum principal stress by the increase and decrease of distance between welds

## 4. レーザ溶接部の長さの増減による影響

### 4.1 レーザ溶接部のFEモデル

板幅方向に1本の溶接ビードからなるTS試験片のFEモデルを図7に示す。片側を固定し, もう一方の端に $F_x$  =

300[N]の荷重を加える。図7のレーザ溶接部 FE モデルは、図1と同様に作成した。ビード長さについては、ビード部 FE モデルの円柱数を対称に3[mm]、6[mm]増減させて構造解析を行った。

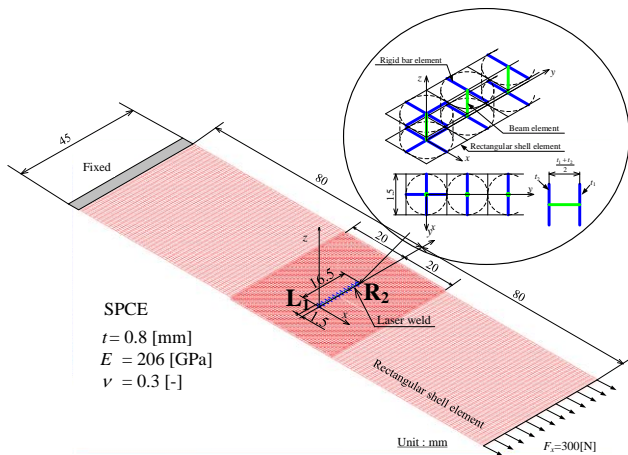


Fig. 7 FE model consists of 1 bead laser weld

#### 4.2 ビード長さと公称構造応力

図8にビード長さを-6.0から+6.0[mm]の範囲で増減させたときの公称構造応力値を示す。図8に示すようにビード長さの変化に対して公称構造応力は2次曲線的に変化することが分かった。

次に前節におけるビード間隔  $e=0.75$ [mm]のときの溶接ビード全長は24.0[mm]となり、公称構造応力は110[MPa]となる(図6)。図8においてはビード長7.5[mm]増とするとビード長は24.0[mm]となり、公称構造応力は近似曲線より111[MPa]となる。両者の公称構造応力値はほぼ同じとなった。そこで1本の溶接ビードのときに生じる最大主応力値と、3本の溶接ビードのときの最大主応力値の比較を行った。図9に  $L_1$ の止端部円周上の主応力分布を示す。このとき1本の溶接ビード長と3本の溶接ビード全長は等しく、ビード長さを変えて解析した。図9より主応力分布はほぼ同じとなった。

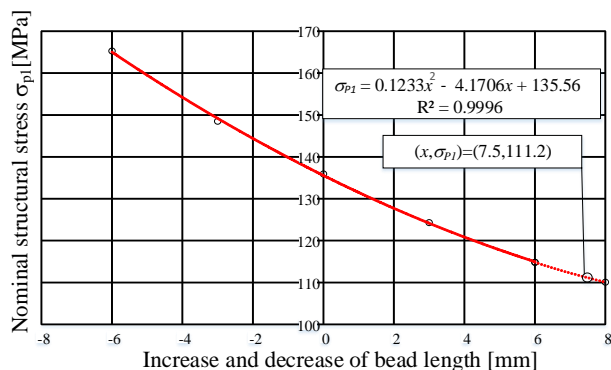


Fig. 8 Nominal structural stress by the increase and decrease of bead length

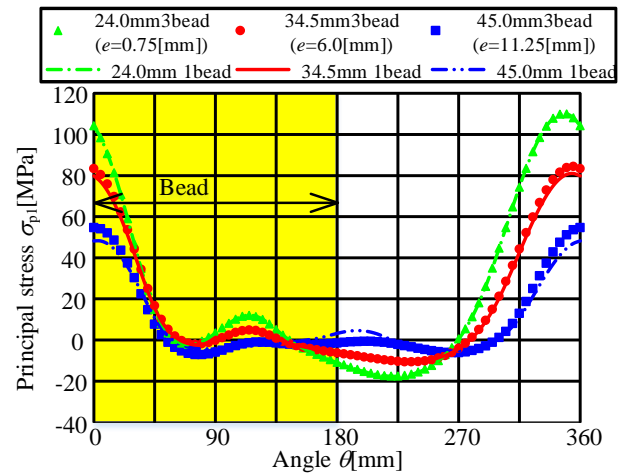


Fig. 9 Comparison of bead-length and principal stress distribution

#### 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溶接構造に適用し、レーザ溶接 TS 継手を用いてビード間隔やビード長さの増減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) 3本の溶接ビードからなる TS 試験片ではビード間隔やビード長さの増減に関わらず、すべての止端部において最大主応力が生じる位置がほぼ  $350$ [deg]となった。
- 2) 1本のビード長さを  $7.5$ [mm]とした3本の溶接ビードからなる TS 試験片では、ビード間隔  $e=6$ [mm]のときに公称構造応力値が最小となり、ビード間隔  $e \leq 6$ [mm]では外側の溶接止端部で公称構造応力が生じ、ビード間隔  $e \geq 6$ [mm]では、内部の溶接止端部で公称構造応力が生じることが分かった。
- 3) 溶接ビード全長が等しい場合、1本のときの左右止端部に生じる最大主応力値は、3本のときの左右止端部に生じる最大主応力値とほぼ同じとなる。

#### 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, 自動車技術協会, 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)