

レーザ溶接構造の公称構造応力算出法 ビード長さが公称構造応力に及ぼす影響

Method for calculating nominal structural stress of laser welded structure

Effect of changing bead length on nominal structural stress

○大石将司¹, 大槻翼¹, 野見山歩武¹, 志村圭介², 金子貴哉², 岡部顕史³, 富岡昇³

*Masashi Oishi¹, Tsubasa Otsuki¹, Ayumu Nomiyama¹, Keisuke Shimura²

Takaya Kaneko², Akihumi 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 bead-length using the laser welded TS joints.

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^{[1][2][3]}. 公称構造応力算出法をレーザ溶接構造に適用し, 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溶接構造に適用し, ビード長さの増減が公称構造応力(最大主応力)に及ぼす影響について検討した.

2. レーザ溶接の公称構造応力算出法

レーザ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 FE モデル

基準となる FE モデルを図 1 に示す. 片側を固定し, 先端部に $F_x = 300$ [N]の荷重を加える.

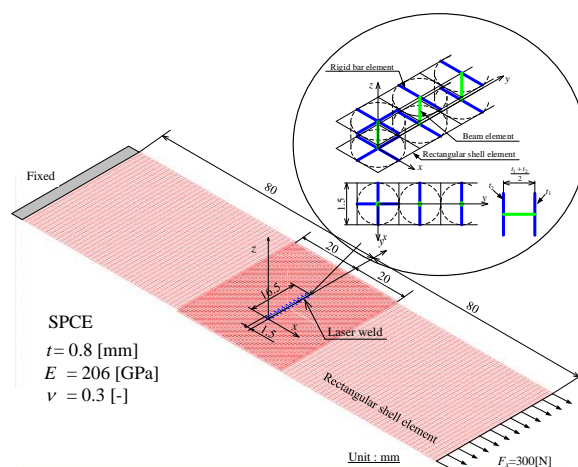


Fig. 1 Rough mesh model of the laser weld for NS stress calculation method

この FE モデルは, 粗いメッシュ分割したものであり, 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. 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. 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.

4. 解析結果

ビード長さを増減させた場合の, 下板の主応力分布を図 2 に示し, 図 2 よりビード長さを増減させても公称構

造応力 (最大主応力)が生じる位置は、下板で $\theta=350$ [deg] 付近であった。またビード長さが長くなるほど応力値が小さくなった。これはビード長さが長くなるほど溶接止端部に生じる分担荷重が小さくなるためである。

図 3 にビード長さを増減させたときの公称構造応力値を示す。図 3 より公称構造応力値をビード長さの増減値を用いて 2 次多項式で近似できることが分かった。

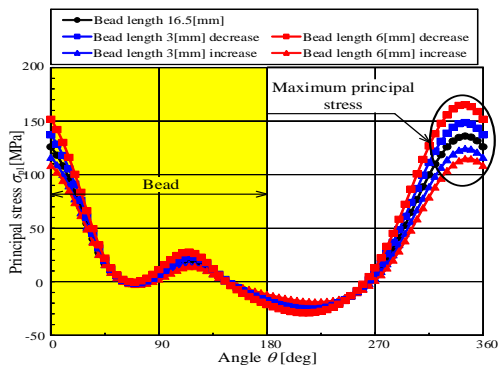


Fig. 2 Principal stress distribution by the increase and decrease of bead length (lower plate)

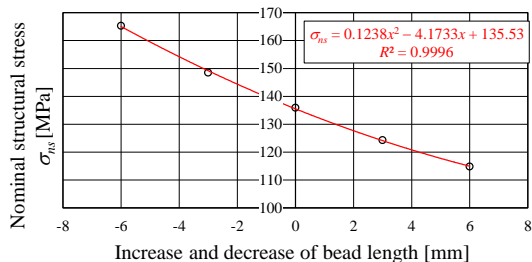


Fig. 3 Nominal structural stress by the increase and decrease of bead length

5. 疲労試験

本研究では、周波数 10 [Hz]とし引張振幅荷重を変化させて疲労試験を実施した。疲労試験終了条件はき裂発生時点を目視で確認しながら負荷位置の変位値でリミッタを設定するとした。ビード長さ 10.5 [mm]の試験片では変位リミッタ値を 1 [mm]とし、ビード長さ 16.5 と 22.5 [mm]の試験片では変位リミッタ値を 0.8 [mm]とした。

図 4 に振幅荷重で整理したレーザ溶接 TS 試験片の疲労データを示す。ただしビード長さ 10.5 [mm]の試験片の一部はシャー破断したデータである。図 4 よりビード長さが長いほど高寿命になることが分かる。

図 5 に公称構造応力で整理した SN 線図を示す。図 5 に示すように公称構造応力を用いて疲労データを狭いバンド幅で整理できることが分かった。なお図 5 においてもビード長さが長いほど高寿命となる傾向を示したが、これはビード長さが長いと止端部で発生したき裂がすぐに進展せず内部ビードで耐久するためと考えられる。

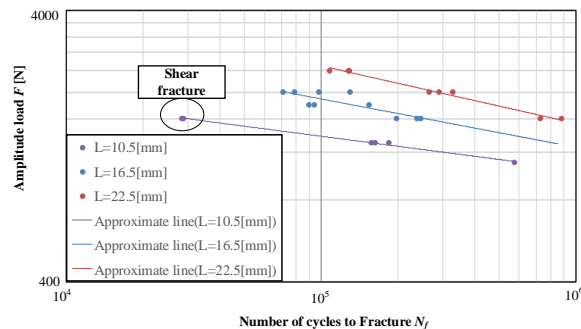


Fig. 4 Relation between amplitude load and facture cycle number

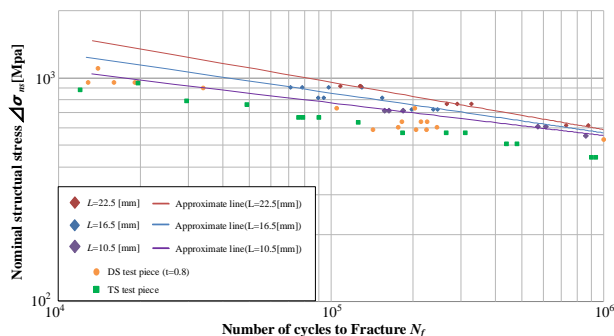


Fig. 5 S-N diagram of TS specimen

6. 結 言

スポット溶接構造の NS 応力計算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長さ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) ビードの長さの増減に関わらず、公称構造応力の生じる位置がほぼ同じ(350 [deg]付近)となった。
- 2) ビードの長さの増減値に対して公称構造応力値は 2 次関数的に変化することが示された。
- 3) レーザ溶接 TS 試験片の疲労データを、公称構造応力を用いて整理できることを示した。

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、816-819頁 (2016)