

レーザー溶接構造の公称構造応力算出法

T形継手への適用

Method for calculating nominal structural stress of laser welded structure

Application to T shape peel joint

○古川徹¹, 安部有輝¹, 大槻翼², 岡部顕史³, 富岡昇³*Toru Furukawa¹, Yuuki Abe¹, Tsubasa Otsuki², 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 T shape peel joint.

1. 緒言

スポット溶接構造やアーク溶接構造における公称構造応力(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.

レーザー溶接重ね継手に公称構造応力算出法を適用し, 引張せん断荷重下で得られた重ね継手の疲労データを, 公称構造応力応力で整理できることが示され, またスポット溶接の疲労データとも統一的に整理できる可能性が示された^[3].

本研究では, レーザ溶接 T 形継手に公称構造応力算出法を適用し, はく離荷重下での T 形継手の疲労データと公称構造応力との関係を検討した.

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 T 形継手の FE モデル

レーザー溶接 T 形継手の FE モデルを図 1 に示す. 図 1 に示すように, L 形板 2 枚を 15[mm]幅板面(フランジ部)を重ね合わせレーザー溶接し, 6[mm]幅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.

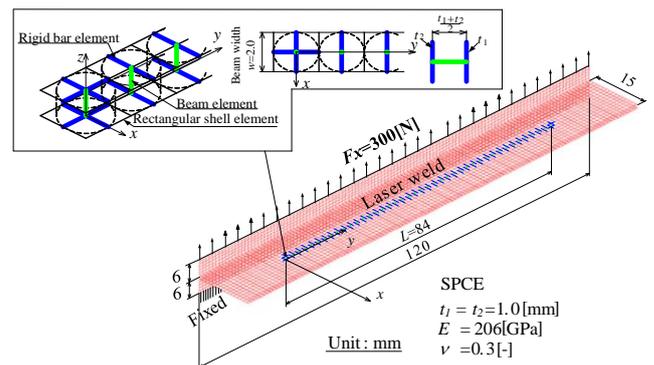


Fig. 1 FE model of laser welded T shape peel joint

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. ビード幅 w は 2.0[mm]一定とし, ビード長さ L については, 80[mm] ~ 96[mm]の範囲で増減させた.

4. 解析結果

ビード長さを増減させた場合の, 荷重側のビード端部の主応力分布を図 2 に示す. 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, 荷重側で $\theta = 200$ [deg]付近となった. 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ビード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

1 : 日大理工・学部・機械, 2 : 日大理工・院(前)・機械, 3 : 日大理工・教員・機械

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直線で近似できることが分かった。

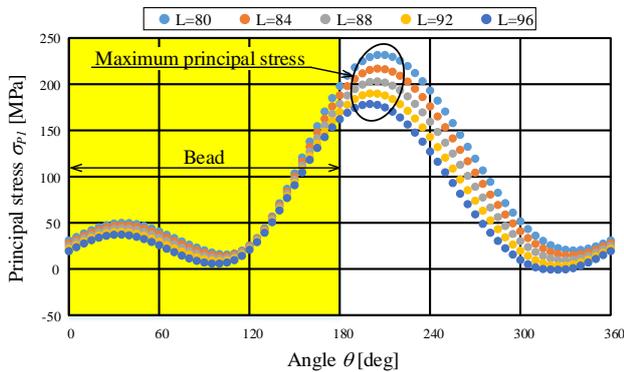


Fig. 2 Principal stress distribution by the increase and decrease of bead length

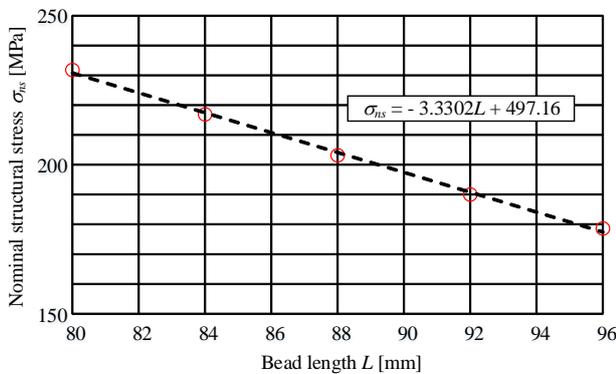


Fig. 3 Nominal structural stress by the increase and decrease of bead length

5. 疲労試験

本研究では、周波数 10 [Hz]とし引張振幅荷重 F を変化させて剥離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。今回の疲労試験ではビード長さ 84 [mm] のみの試験片を用いた。

図 4 に振幅荷重で整理したレーザ溶接 T 形試験片の疲労データを示す。図 4 より荷重が大きいくほど破断回数 N_f が小さくなる事が分かる。

図 5 に公称構造応力で整理した S-N 線図を示す。図中にはレーザ溶接重ね継手の疲労データとスポット溶接継手の疲労データも示す。図 5 よりレーザ溶接 T 形継手の剥離荷重下での疲労データは、レーザ溶接重ね継手やスポット溶接継手の疲労データと比べて高寿命側となったが、レーザ溶接 T 形継手疲労データは、他の溶接継手の疲労データと共に、ほぼ統一的に整理できることが分かった。

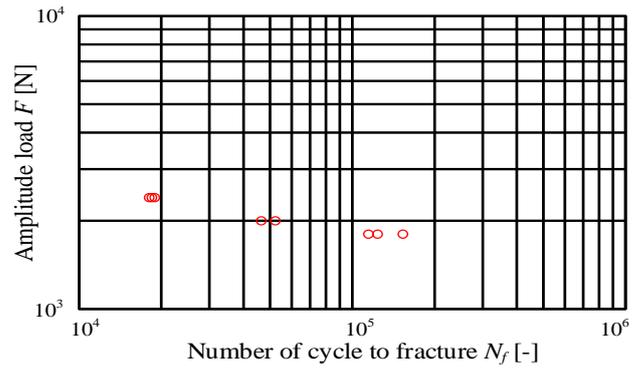


Fig. 4 Relation between amplitude load and facture cycle number

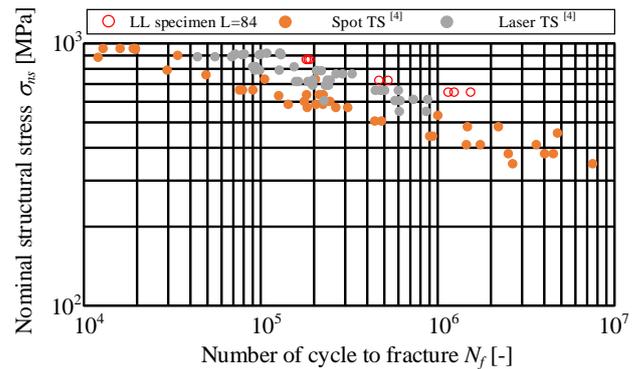


Fig. 5 S-N diagram

6. 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 T 形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(200[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直線的に変化することが示された。
- 3) レーザ溶接 T 形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」,自動車技術協会, 20166156, pp.816-819, 2016
- [4] 尾野, 金井, 小高, 大槻, 岡部, 富岡:「レーザ溶接構造の公称構造応力による疲労寿命」, pp.59, 2018