

アーク溶接構造の疲労寿命予測手法

－疲労破壊の位置と公称構造応力－

Fatigue life prediction method of arc welding structure

－Position of fatigue failure and nominal structural stress－

○松浦遼¹, 山下遊馬¹, 金子貴哉², 岡部顕史³, 富岡昇³

*Ryou Matsuura¹, Asuma Yamashita¹, Takaya Kaneko², Akifumi Okabe³, Noboru Tomioka³

Nominal structural stress (NSS) is one of the parameter for the fatigue life prediction method of the spot welded structure. There is the calculation method for accurately obtaining the nominal structural stress. In previous experiments, the fatigue failure was occurred at the boundary surface between the base material and arc welding. In this study, the test piece such that the fatigue failure is occurred at the base material was researched.

1. 緒 言

自動車のシャシ構造に多用されるアーク溶接部について、CAE による疲労寿命予測手法の確立が望まれている。スポット溶接構造の公称構造応力算出法^{[1][2]}を用いた疲労寿命予測手法をアーク溶接構造に適用し、疲労データを整理することができれば、車体の開発設計段階において有用であると考えられる。

本研究では、下板からき裂が発生するような FE モデルを考案し、疲労き裂の位置について検討した。アーク溶接部の FE モデルは、片側アーク溶接した LAP 継手を対象とし、ビード幅を直径とする円柱ビーム要素と剛体バー要素から成るモデルを用いる。

2. アーク溶接構造の公称構造応力算出法

アーク溶接構造の公称構造応力算出法は、図 3 のようにアーク溶接の評価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を得る手法である。評価部はビード幅を直径 d とする剛体円とする。

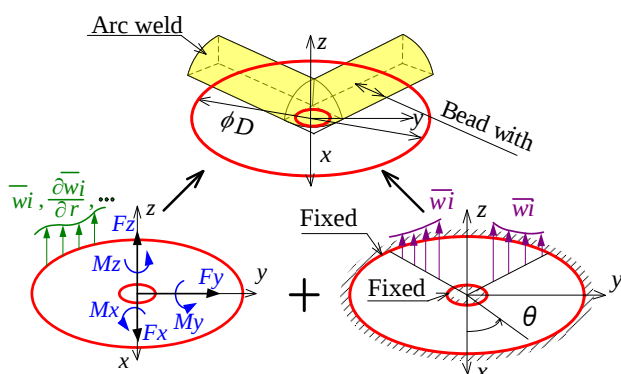


Fig. 3 Method for calculating the nominal structural stress

評価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) 内外周を固定した円板内に強制変位(アーク溶接のビード部で生じる変位)が生じた問題を、板理論を用いて解き、円板内の応力解を得る。

- 3) 上記 1)と 2)で得られた応力解を重ね合わせ、円板内の応力解を得る。

3. TS 継手の疲労破壊

図 1 に、従来の TS 継手の下板および上板の公称構造応力算出法により得られたアーク溶接止端部円周上主応力分布を示す。図 1 より上板で公称構造応力(最大主応力)が生じていることが分かる。

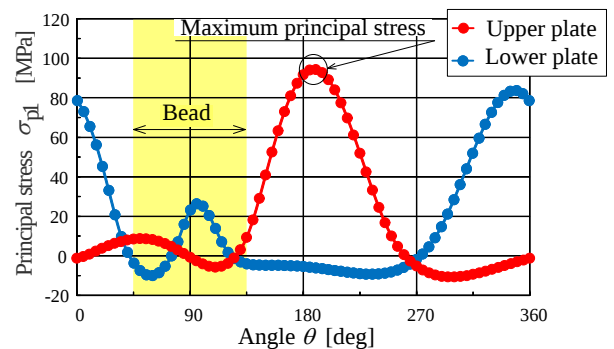


Fig. 1 Principal stress distribution at the toe of arc welded TS joint

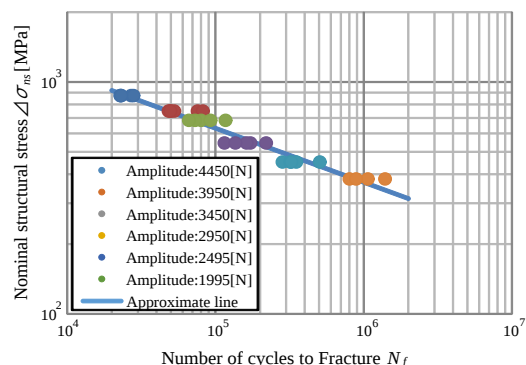


Fig. 2 S-N diagram of arc welded TS joint



Fig. 3 Fractured test specimen

図 1 のモデルに準じた TS 継手を作製し、疲労試験を行い、図 2 に SN 線図を示す。疲労データは公称構造応力を用いて整理できている。疲労破壊は、すべての試験片において、図 3 のように母材とアーク溶接部の境界面で疲労き裂が発生したような傾向を示した。公称構造応力算出法は、板に対しての解析手法であるため、このような破壊形態には適用できない可能性がある。

4. V 形 LAP 継手

TS 継ぎ手ではすべての試験片において、アーク溶接の疲労き裂は板と溶接部の境界面で発生することがわかった。そこで、下板に公称構造応力が生じるような FE モデルを検討した。

図 4 に、V 形 LAP 継手の FE モデルを示す。

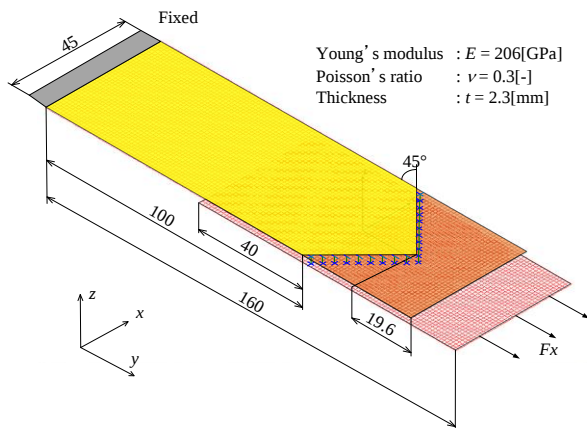


Fig. 4 FE model of V-shape lap joint (the upper plate is extended)

図 4 では、下板の一点に応力が集中するように上板を V 形にした。また、上板については、公称構造応力算出法で使用する評価部を中心とする直径 D 円周上の変位を取得するために、溶接中心部から x 軸方向に板を 19.6[mm]拡張した FE モデルとした。拡張板の剛性は $E=2.06$ [MPa], $t=2.3$ [mm], $\nu=0.3$ とした。継手の片側を固定し、先端部に $F_x=1000$ [N]の荷重を作用させた。

図 5 に下板および上板の公称構造応力算出法により得られたアーク溶接コーナー部（V 形先端部）円周上主応力分布を示す。

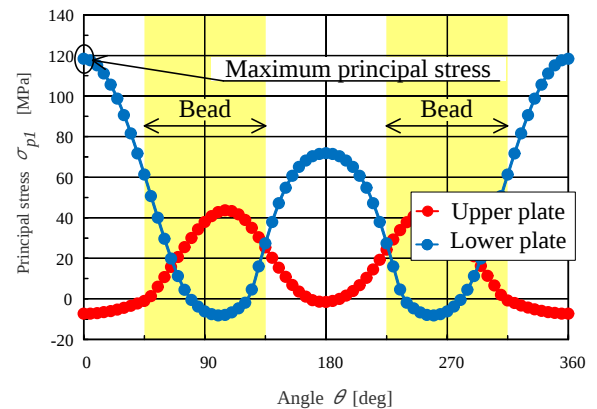


Fig. 5 Principal stress distribution of V-shape arc-weld lap joint

下板の最大主応力は 118.5[MPa]、上板の最大主応力は 43.7[MPa]となり、下板の最大主応力が上板を上まわることがわかった。また、最大主応力が生じる位置は、下板の角度 $\theta=0^\circ$ 付近となり、溶接部ではなく下板部分でき裂が生じると考えられる。

今後、このようなモデルに準じた継手を用いて、疲労破壊試験を行っていく。

5. 結 言

下板からき裂が発生するような V 形 LAP 継手を考案し、疲労き裂の位置について検討した。主な結果を以下に示す。

- (1) アーク溶接コーナー部に生じる最大主応力は、下板の方が上板より大きく生じることがわかった。
- (2) 公称構造応力が生じる位置は、下板では角度 $\theta=0^\circ$ 付近となった。

参 考 文 献

- [1] 岡部 顕史, 富岡 昇, 澤村 崇, “面内荷重に対するスポット溶接構造の公称構造応力算出法”, 自動車技術会論文集 Vol.35, No.3, p.187-192 (2004)
- [2] 岡部 顕史, 富岡 昇, 金子 恒昭, “スポット溶接構造の公称構造応力算出法—スポット溶接周辺の FEM モデルの検討—”, 自動車技術会論文集, Vol.36, No.6, p.145-150 (2005)