

K5-47

アーク溶接構造の公称構造応力算出法

—アーク溶接された LAP 継手の FE モデルの検討—

Method for Calculating Nominal Structural Stress of Arc Welded Structure

—FE Model of Arc Welded Lap Joint—

○茅野洋輝¹, 半澤匠¹, 町田佳佑¹, 山下祐輔¹, 井上秀一², 中野大輝², 岡部顕史³, 富岡昇³

* Hiroki Chino¹, Takumi Hanzawa¹, Keisuke Matida¹, Yuusuke Yamashita¹,
Shuuichi Inoue, Taiki Nakano, Akifumi Okabe³, Noboru Tomioka³

Recently, a development of the fatigue life prediction technology of the arc weld by CAE is demanded. In our laboratory, the nominal structural stress (NSS) calculation method of the spot weld is studied in order to improve the fatigue life prediction technology of the spot weld. This NSS calculation method was applied to the arc welded joints, it was shown that the nominal structural stress was able to be obtained accurately by using the FE model which consists of the beam elements and the rigid bar elements. In this study, using the arc welded FE model which consists of the shell elements, the technique that is able to be obtained the nominal structural stress accurately is studied.

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。アーク溶接の疲労き裂は、通常、溶接止端付近から発生する傾向にあるため、溶接止端部に生じる公称構造応力 (Nominal structural stress : NSS) を精度よく得ることができれば、アーク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。これまでの研究で、スポット溶接構造の公称構造応力算出法^[1]を図 1 のような FE モデルに適用することにより、精度良く公称構造応力を得られる可能性が示されてきた^[2]。しかしながら、このアーク溶接部の FE モデルは、対象構造が大きい場合に作成することが困難となる。

本研究では、アーク溶接された LAP 継手を対象とし、アーク溶接部を簡易的にモデル化した LAP 継手 FE モデルの検討を行った。まず FE モデルの妥当性を実験によって確認し、次に FE モデルから得られる公称構造応力値の解の精度について検討した。

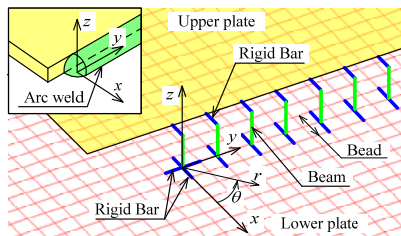


Fig. 1 FE model consists of the beam elements and the rigid bar elements using NSS calculation method

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 2 のようにアーク溶接止端部をスポット溶接のナゲットとして見なし、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り、止端部はビード幅を直径 d とする剛体円とする。また止端部を中心とするある直径 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。

ここで、上記 2)の強制変位とはアーク溶接のビード部で生じる変位のことである。

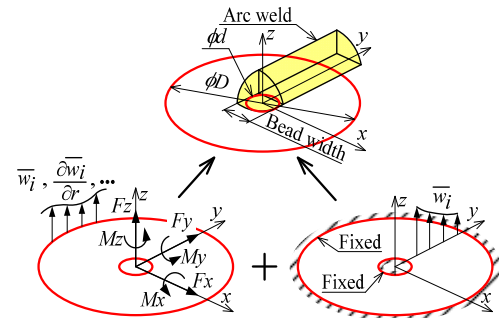
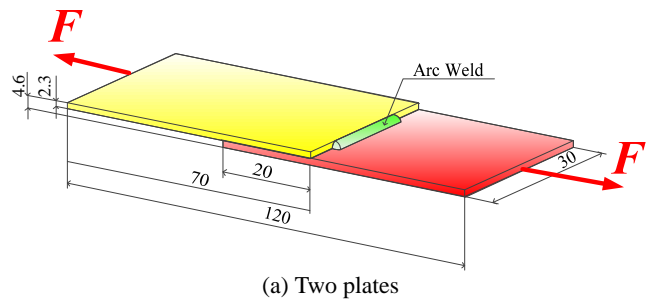
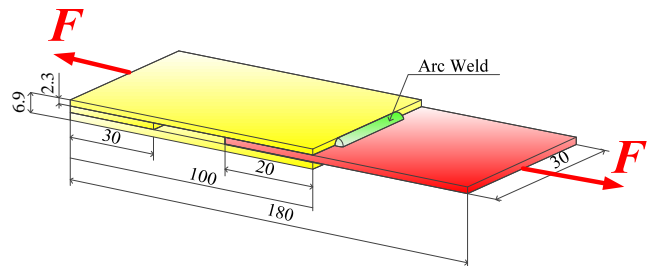


Fig. 2 NSS calculation method of arc welded structure



(a) Two plates



(b) Three plates

Fig. 3 Arc welded lap joints

3. 対象試験片と FE モデル

本実験に使用した試験片 2 種類を図 3 に示す。図 3(a)は 2 枚の平板を重ね、表裏の両側をアーク溶接した LAP 継手を示し、図 3(b)は 3 枚の平板を重ね、同じく表裏の両側をアーク溶接した LAP 継手となる。

図 4 に、アーク溶接部の FE モデルを示す。図 4(a)はビーム要素と剛体バー要素から成る LAP 継手 FE モデルで、Base モデルと呼ぶことにする。図 4(b)は、止端部のみビーム要素および剛体バー要素から成り、それ以外をシェル要素で簡易化

した FE モデルで、Beam モデルと呼ぶことにする。

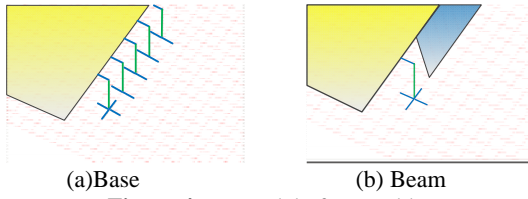


Figure 4. FE model of arc weld

4. 解析結果

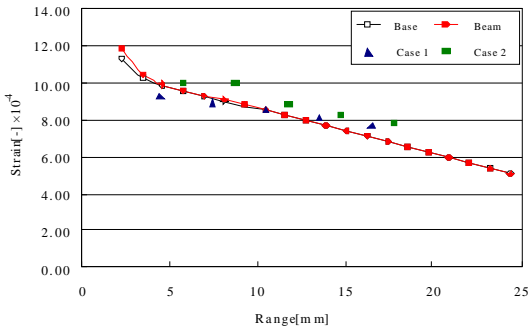
今回の実験では図 2 の試験片の片側を固定し、先端部に X 軸方向へ $F = 5000[N]$ の荷重を加えた。この時アーク溶接止端部から X 軸方向に置ける歪ゲージまでの距離、ならびにそこに生じる歪の測定を行った。この時の測定結果と図 2 のモデルの解析結果の比較を図 5 に示す。図 5(a), (b) ではそれぞれ、図 2(a), (b) の試験片を用いて測定を行った。

この結果より、実験結果と FE モデルの解析結果はほぼ一致することがわかった。以上をふまえて、次に FE モデルの比較を行うため、図 2(a) の試験片先端部に生じる応力分布を図 6(a) に示す。

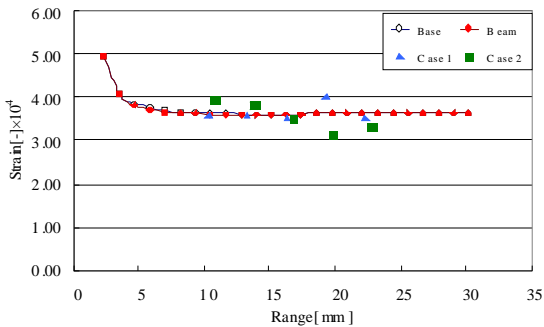
また、図 6(a) における最大主応力(この場合、 350°)上の半径 r 方向応力 σ_r 、周方向応力 σ_θ 、ならびにせん断応力 $\tau_{r\theta}$ の分布を表す。

同様にして図 2(b) の試験片先端部の応力分布及び、最大主応力上の各応力分布を図 7 に示す。

図 6, 図 7 ともに実験結果と FE モデル解析結果はほぼ一致することがわかった。



(a) Strain distribution of Test bar which welded two plates



(b) Strain distribution of Test bar which welded three plates

Figure 5. Strain distribution

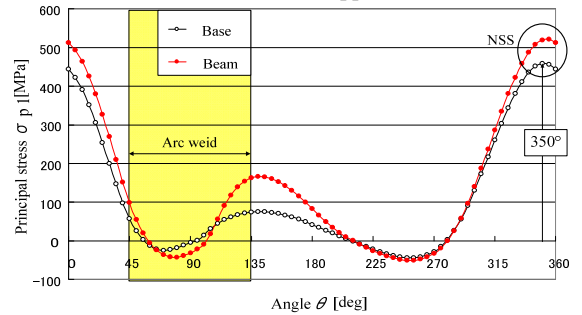
5. 結 言

実験結果と FE モデルの解析結果とを比較すると、応力集中が大きくなる先端部付近では歪が大きくなるが、離れると応力集中がなくなるため精度良く得られた。

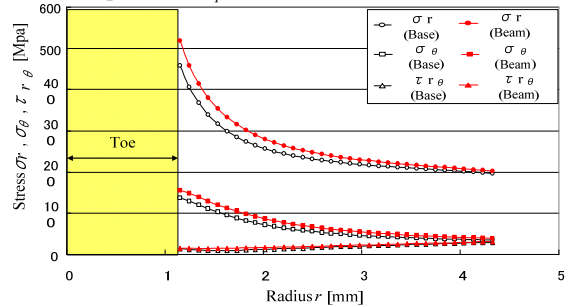
FE モデル解析においても簡易モデルとの比較では精度良い結果が示された。

参考文献

[1] 久保,岡部,富岡,“スポット溶接構造の公称構造応力算出法—フランジ端近傍にあるスポット溶接の場合—”,自動車技術会論文集, Vol.39, No.2, pp.81-86, 2008
 [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

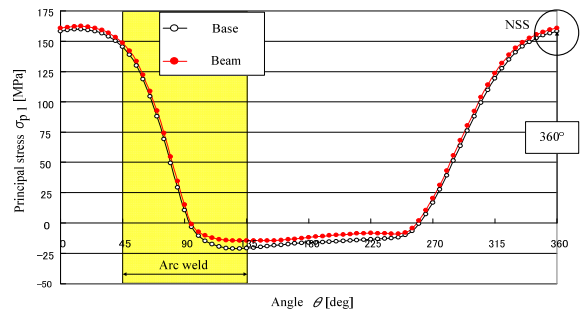


(a) Principal stress σ_p on the circumference of arc-weld toe

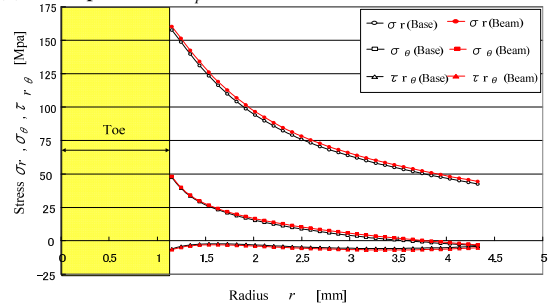


(b) Stress $\sigma_r, \sigma_\theta, \tau_{r\theta}$ on the line of $\theta=350^\circ$

Figure 6. Stress distribution of Test bar which welded two plates



(a) Principal stress σ_p on the circumference of arc-weld toe



(b) Stress $\sigma_r, \sigma_\theta, \tau_{r\theta}$ on the line of $\theta=360^\circ$

Figure 7. Stress distribution of Test bar which welded three plates

Table 1. Nominal structural stress of LAP joints

LAP joints	Two plates		Three plates	
	NSS [MPa]	Error [%]	NSS [MPa]	Error [%]
Base model	91.74	-	31.62	-
Beam	104.2	12.42	32.14	0.52