

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-

○齋藤公平¹, 半澤匠², 岡部顕史³, 富岡昇³
 *Kohei Saito¹, Takumi Hanzawa², 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、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。

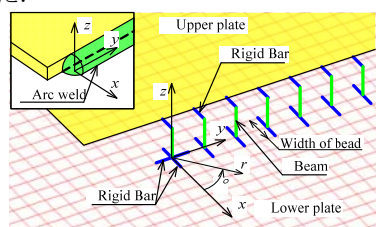


Fig. 1 FE model of arc welded structure

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。

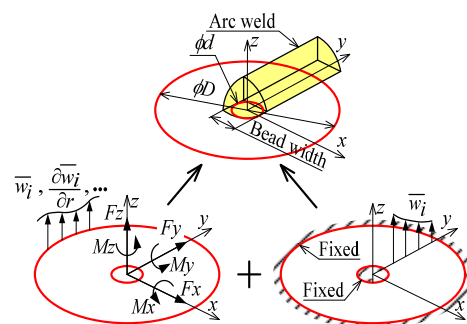
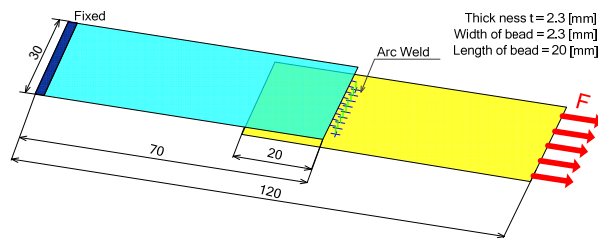
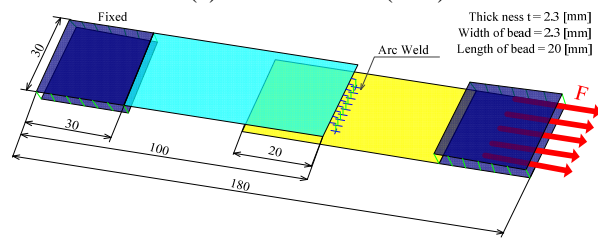


Fig. 2 Method for calculating the nominal structural stress



(a) Tensile shear 1(TS1)



(b) Tensile shear 2(TS2)

Fig. 3 Arc welded FE model of LAP joints

3. 簡易的にモデル化したLAP継手FEモデルの検討

実験に使用した2種類のFEモデルを図3に示す。図3(a)は2枚の平板を重ね、上下の板を図に示す箇所をアーク溶接したLAP継手を示し、図3(b)は、2枚の平板を重ね、チャックを噛ませる部分を2枚重ねにし、上下の板を図中に示す箇所についてアーク溶接したLAPモデルを示す。

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。

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

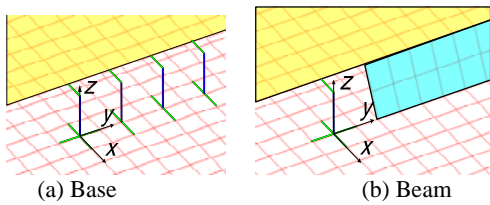


Fig. 4 FE models of arc welded part

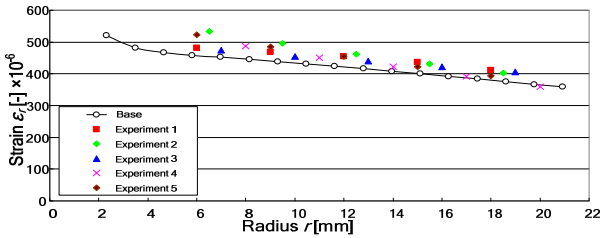
今回の実験では図3の試験片の片側を固定し、先端部に x 軸方向へ図3(a)(b)共に $F = 2000[N]$ の荷重を加えた時のアーク溶接止端部から x 軸方向に生じる歪の測定を行った。実験結果と図3(a)(b)の解析結果との比較を図5(a)(b)に示す。

図5に示した解析解については、実験から荷重点で U_z 方向に変位することが確認できたため、これを考慮すると、本研究で用いた FE モデルによって得られる解析解は図5(a)(b)ともに実験値とほぼ一致するということが分かった。

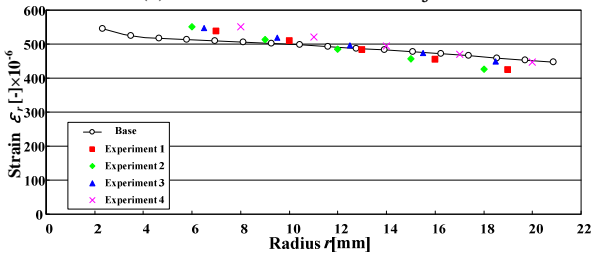
次に図4(a)と(b)のアーク溶接部FEモデルについて比較検討を行った。図3(a)のTS1のアーク溶接止端部に生じる周方向主応力分布を図6(a)に示し、図6(a)における最大主応力が生じる方向(355°)上の応力分布成分 σ_r , σ_θ , $\tau_{r\theta}$ を図6(b)に示す。同様に、図3(b)のTS2について、アーク溶接止端部の周方向主応力分布を図7(a)に、最大主応力が生じる方向の応力分布成分を図7(b)に示す。両モデルの公称構造応力値を表1に示す。

アーク溶接止端部をナゲット径とみなす場合、ナゲット径を約0.8倍にすると詳細なFE解析解に近づく事がスポット溶接の研究から分かってきた。従ってアーク溶接の場合も溶接止端部のシェル要素の大きさを $d=2.3[mm]$ から $1.8[mm]$ に変更し、解の変化を検討した。

図6, 図7共にFEモデル解析結果はナゲット径を $1.8[mm]$ に変更したモデルの方がより良い一致を示した。以上のことから、溶接止端部のナゲット径を約0.8倍にすることで、アーク溶接部を簡易化したFEモデルから、より精度よく応力解を得られることが分かった。



(a) Strain distribution of TS1 joint



(b) Strain distribution of TS2 joint

Fig. 5 FE analysis and experimental result

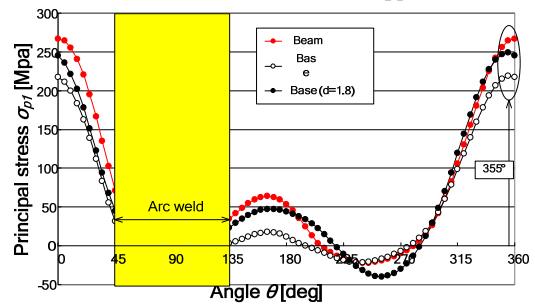
4. 結 言

ビーム要素と剛体バー要素からなる従来の FE モデルの解析結果と実験値を比較し、従来の FE モデルの妥当性は確認することができた。

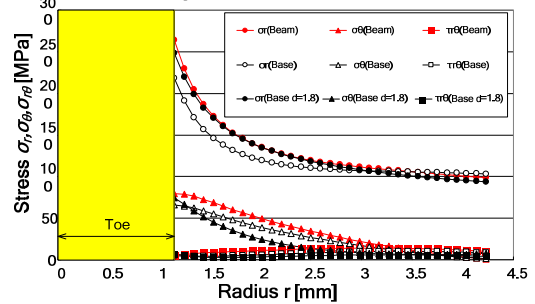
また、溶接止端部を除いたアーク溶接部をシェル要素で簡易化した FE モデルから、公称構造応力算出法を用いて得られる応力分布は、従来の FE モデルの応力分布と良い一致を示した。本研究で提案したアーク溶接部を簡易的な FE モデルから、公称構造応力を精度よく得られることを示した。

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

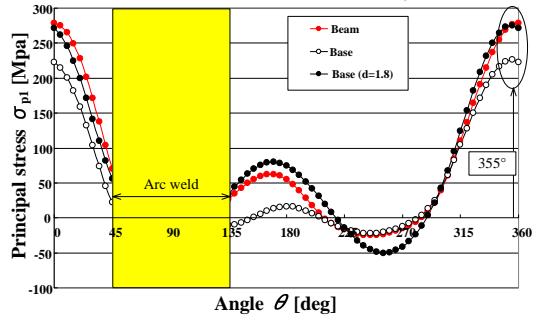


(a) Principal stress σ_p on the circumference of arc-weld toe

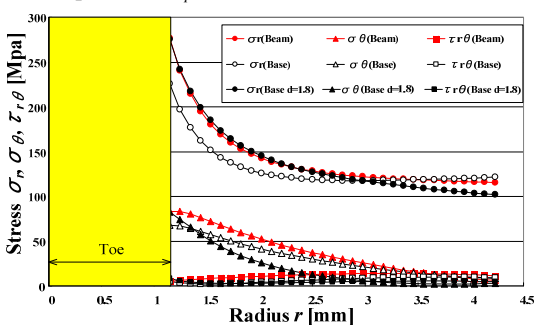


(b) Stress σ_r , σ_θ , $\tau_{r\theta}$ on the line of $\theta=355^\circ$

Fig. 6 Stress distribution of TS1 joint



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



(b) Stress σ_r , σ_θ , $\tau_{r\theta}$ on the line of $\theta=355^\circ$

Fig. 7 Stress distribution of TS2 joint

Table 1 Nominal structural stress (Nugget diameter=2.3[mm])

	Tensile Shear 1		Tensile Shear 2	
	σ	Error	σ	Error
Base	218.88	-	226.36	-
Beam	264.31	20.76	276.79	22.28

Table 2 Nominal structural stress (Nugget diameter=1.8[mm])

	Tensile Shear 1		Tensile Shear 2	
	σ	Error	σ	Error
Base (d=1.8)	248.80	-	275.53	-
Beam	264.31	6.23	276.79	0.46