

両側すみ肉重ね継手によるビード幅とビード長が公称構造応力に及ぼす影響

原 優¹⁾ 鈴木 功太¹⁾ 金子 貴哉²⁾ 岡部 顕史³⁾ 富岡 昇³⁾

Effect of Bead-Width and Bead-Length on Nominal Structural Stress by using Double Fillet Welded Lap Joint

Masaru Hara¹⁾ Kota Suzuki¹⁾ Takaya Kaneko²⁾ Akifumi Okabe³⁾ Noboru Tomioka³⁾

Nominal structural stress (NSS) is one of the parameter for fatigue life prediction method of spot welded structure. There is the calculation method for accurately obtaining nominal structural stress. In previous experiments, the calculation method of nominal structural stress could be applied to single fillet welded lap joint. In this study, the effect of bead-width and bead-length on nominal structural stress using double fillet welded lap joint was researched. As a result, we considered whether it was able to assess the fatigue life by using nominal structural stress in any sizes of bead-width and bead-length.

Key Words: (Standardized) materials, iron and steel materials, fatigue, (Free) Arc welding, Fatigue life, Nominal structural stress [D3]

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⁾を用いた疲労寿命予測手法をアーク溶接構造に適用し、疲労寿命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。

これまでの研究で、片側すみ肉溶接重ね継手に公称構造応力算出法を適用し、公称構造応力値で疲労データの整理を試みた。片側すみ肉溶接重ね継手ではルート部に公称構造応力が生じ、疲労試験においてもルート部で破壊が生じることを確認した²⁾。本研究では、両側すみ肉溶接重ね継手に公称構造応力算出法を適用し、公称構造応力値で疲労データの整理を試みる。また製作した試験片のビード部の形状に図面寸法との差異があることを確認したため、ビード幅とビード長(ビード寸法)の変化が公称構造応力(ビード端部に生じる最大主応力)に及ぼす影響を検討する。

2. 両側すみ肉溶接重ね継手モデル

本研究で製作した両側すみ肉溶接重ね継手試験片の図面寸法FEモデルを図1に示す。ビード部のFEモデルは、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た。図1において下板板厚を t_1 [mm]、上板板厚を t_2 [mm]、ビード幅を d [mm]、ビード長を l [mm]とする。ビード幅は板厚を基準に設定するとした。

3. ビード寸法の変化による公称構造応力に及ぼす影響

図1において $t_1=t_2=1.6$ [mm]の等厚試験片を試験片A、 $t_1=t_2=2.3$ [mm]の等厚試験片を試験片B、 $t_1=1.6$ [mm]、 $t_2=2.3$ [mm]の差厚試験片を試験片Cとする。これらの試験片の図面寸法

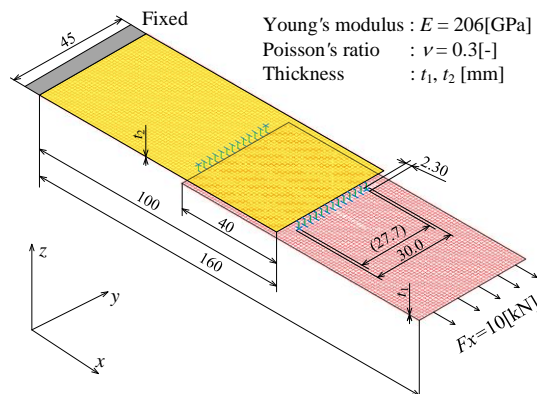


Fig. 1 FE model of double fillet welded lap joint

Table 1 Size of test specimen (designed)

Model	t_1 [mm]	t_2 [mm]	d [mm]	l [mm]
A	1.6	1.6	1.60	30.0
B	2.3	2.3	2.30	30.0
C	1.6	2.3	1.60	30.0

Table 2 Measurement of test specimen (actual specimen)

Model	t_1 [mm]	t_2 [mm]	d [mm]	l [mm]
A	1.6	1.6	2.30	34.0
B	2.3	2.3	3.00	34.0
C	1.6	2.3	2.30	34.0

を表1に示し、実際に製作した試験片から計測して得られた平均寸法を表2にそれぞれ示す。

表1, 2に示すように図面寸法と試験片寸法は異なることを確認した。そこでビード幅とビード長をそれぞれ変化させて数値解析を行い、公称構造応力値に及ぼす影響を検討した。

図2, 3, 4にビード幅を変化させた際の試験片A, B, Cのビード端部円周上に生じる最大主応力分布を示す。図5, 6, 7にビード長を変化させた際の試験片A, B, Cのビード端部円周上に生じる最大主応力分布を示す。荷重は $F_x=10$ [kN]とした。

*2018年3月6日自動車技術会関東支部学術研究講演会において発表。
1)・3) 日本大学理工学部(101-8308 東京都千代田区神田駿河台 1-8-14)
2) 日本大学大学院(101-8308 東京都千代田区神田駿河台 1-8-14)

ビード幅 d については 1.60, 2.10, 3.00, 3.75, 5.00[mm] と変化させた。ビード長 l については、試験片 A と C は 23.3, 26.6, 30.0, 33.3, 36.6[mm] と変化させ、試験片 B は 25.0, 27.5, 30.0, 32.5, 35.0[mm] と変化させた。

これらの図 2~7 より、全てのモデルにおいて公称構造応力が角度 $\theta=350[\text{deg}]$ 付近で公称構造応力が生じることが分かった。

今回製作した試験片は、表 1 の図面寸法に対してビード幅が $\Delta d = \pm 0.70[\text{mm}]$ 程度、ビード長が $\Delta l = \pm 4.00[\text{mm}]$ 程度の差異があることを確認した。そこで図 2, 3, 4 において、ビード幅と最大主応力値を 2 次多項式で近似し、この近似式から $d + \Delta d = 3.00 \pm 0.70[\text{mm}]$ のときの公称構造応力を算出し、図面寸

法時の公称構造応力値との差異 $\Delta \sigma_{ns}$ を求めた。同様に図 5, 6, 7 についても図面寸法時の公称構造応力値との差異 $\Delta \sigma_{ns}$ を求めた。それらの結果を表 3, 4 に示す。

表 3 よりビード幅が $\Delta d = \pm 0.70[\text{mm}]$ であれば、公称構造応力への影響が $\Delta \sigma_{ns} / \sigma_{ns_design} = \pm 5.00[\%]$ 程度となり、表 4 よりビード長が $\Delta l = \pm 4.00[\text{mm}]$ であれば、公称構造応力への影響が $\Delta \sigma_{ns} / \sigma_{ns_design} = \pm 13.00[\%]$ 程度となった。表 3, 4 からビード幅よりビード長の方が公称構造応力に影響を与えることが分かる。しかしながらビード長の変化に対しても、SN 線図を用いて疲労寿命を予測する際、公称構造応力値が $\Delta \sigma_{ns} / \sigma_{ns_design} = \pm 13.00[\%]$ 以内であれば、疲労データにほとんど影響を及ぼさないと考えられる。

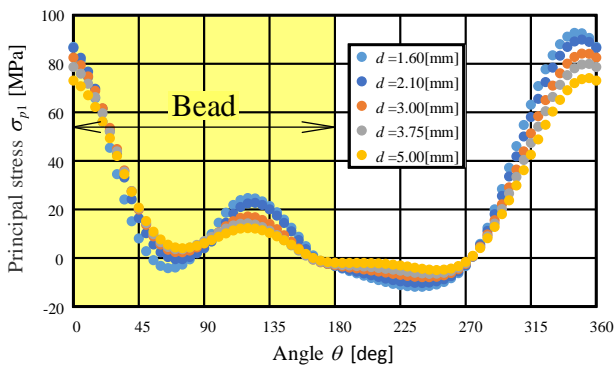


Fig. 2 Principal stress distribution by changing bead-width (Model A : $t_1=t_2=1.6[\text{mm}]$)

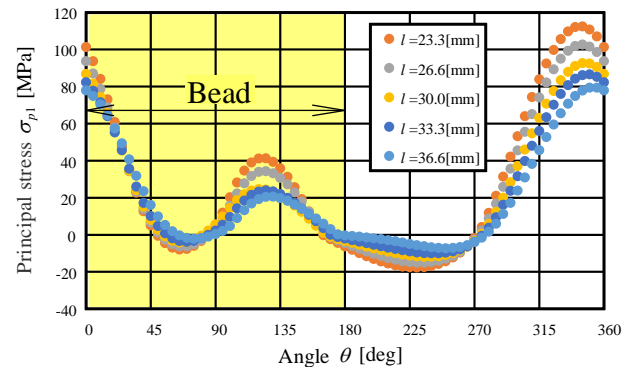


Fig. 5 Principal stress distribution by changing bead-length (Model A : $t_1=t_2=1.6[\text{mm}]$)

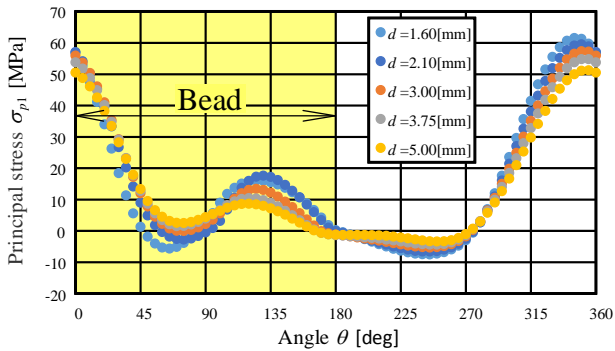


Fig. 3 Principal stress distribution by changing bead-width (Model B : $t_1=t_2=2.3[\text{mm}]$)

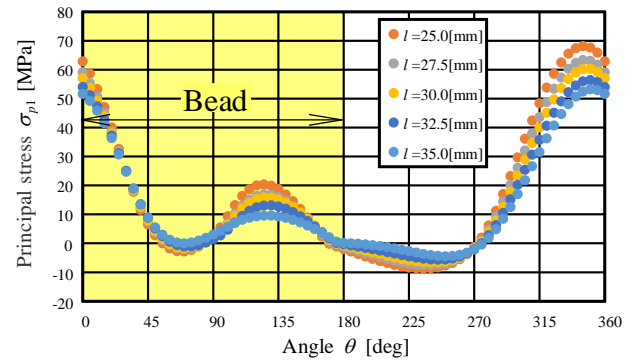


Fig. 6 Principal stress distribution by changing bead-length (Model B : $t_1=t_2=2.3[\text{mm}]$)

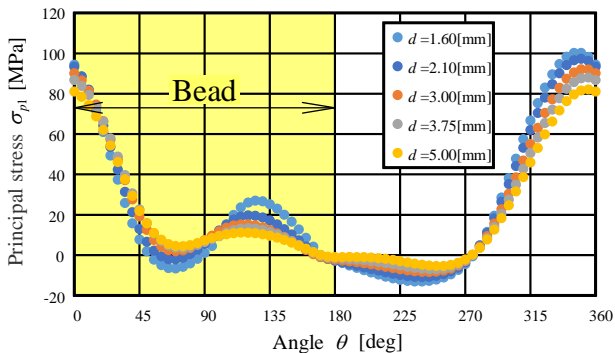


Fig. 4 Principal stress distribution by changing bead-width (Model C : $t_1=1.6[\text{mm}], t_2=2.3[\text{mm}]$)

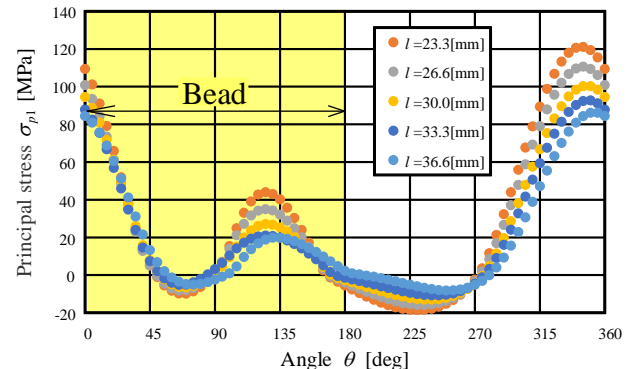


Fig. 7 Principal stress distribution by changing bead-length (Model C : $t_1=1.6[\text{mm}], t_2=2.3[\text{mm}]$)

Table 3 Nominal structural stress by changing bead-width

Model	d [mm]	σ_{ns_design} [MPa]	Δd [mm]	$\Delta\sigma_{ns}$ [MPa]	$\Delta\sigma_{ns}/\sigma_{ns_design}$ [%]
A	3.00	84.20	-0.70	-3.87	-4.59
			+0.70	+4.19	+4.97
B	3.00	57.41	-0.70	-2.33	-4.06
			+0.70	+1.88	+3.28
C	3.00	92.15	-0.70	-3.74	-4.06
			+0.70	+3.98	+4.31

Table 4 Nominal structural stress by changing bead-length

Model	l [mm]	σ_{ns_design} [MPa]	Δl [mm]	$\Delta\sigma_{ns}$ [MPa]	$\Delta\sigma_{ns}/\sigma_{ns_design}$ [%]
A	30.0	92.72	-4.00	-8.21	-8.85
			+4.00	+11.49	+12.39
B	30.0	60.32	-4.00	-5.79	-9.60
			+4.00	+5.96	+9.87
C	30.0	100.27	-4.00	-9.14	-9.12
			+4.00	+11.88	+11.85

4. 疲労試験

4.1. 試験片

疲労試験では、図 1 に示す両側すみ肉溶接重ね継手の試験片を用いる。試験片の材質は SPHC とした。図 8 に板厚 $t_1=t_2=1.6$ [mm] の等厚試験片 A の場合の疲労試験後のアーク溶接部を示す。図 8 に示すように、疲労試験を通してビード端部からき裂が生じ、溶接止端部で破壊が生じることを確認した。



Fig. 8 Fractured test specimen

ひずみ試験では、試験片の表側と裏側のビード両端部にひずみゲージを貼付した。また差厚試験片に関しては板厚の薄い平板にき裂が生じることから、板厚 1.6[mm] の薄い平板側のビード両端部にみにひずみゲージを貼付した。

4.2. 疲労試験条件

疲労試験において、疲労寿命(疲労繰り返し回数 N_f)を溶接止端部に生じる疲労き裂が片側の溶接部全体に進展したときとした。荷重は等厚試験片 A と差厚試験片 C の場合は 8,10,12,14[kN] とし、等厚試験片 B の場合は 11,13,15,17[kN] とした。振幅値は荷重が圧縮方向に作用しないように、平均荷重より 0.05[kN] だけ小さくした。繰り返し周波数に関しては、試験片や実験条件によって、以下のように 10, 20[Hz] のいずれかで設定した。実験開始時では繰り返し周波数を 10[Hz] に設定し、実験開始後、一定回数(300 回程度)経過すると荷重が安

定するので、平均荷重と振幅荷重が目標値に達しているか確認し、両方とも目標値に達していた場合には繰り返し周波数を 20[Hz] にする。その後、実験開始後の手順と同様に平均荷重と振幅荷重を確認し、いずれか一方でも目標値に達していなければ、繰り返し周波数を 10[Hz] に戻し、実験を再開するとした。

4.3. SN 線図

疲労試験により得られた疲労データは、公称構造応力を用いて SN 線図で整理した。図 9 に 20% 低下寿命 N20⁽³⁾ を考慮した SN 線図を示す。図 9 より 20% 低下寿命を考慮した SN 線図より疲労データを狭いバンド幅にまとめられることがわかった。

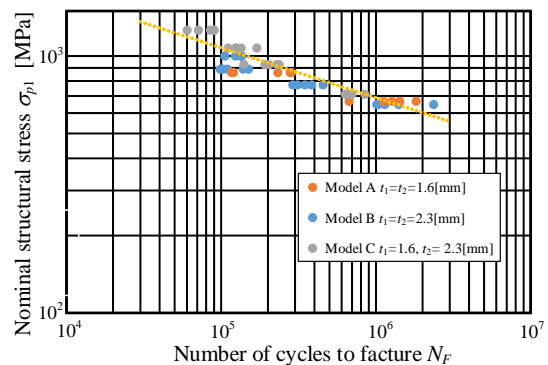


Fig. 9 S-N diagram of double fillet welded lap joint (N20)

5. 結 言

本研究では、両側すみ肉溶接重ね継手に公称構造応力算出法を適用し、ビード幅とビード長の変化が公称構造応力(ビード端部に生じる最大主応力)に及ぼす影響を検討した。主な結果を以下に示す。

- (1) ビード幅、ビード長及び板厚を変化させた場合でも、ビード端部円周上での公称構造応力の位置は $\theta=350$ [deg] 付近となった。
- (2) ビード幅とビード長において、図面寸法と試験片寸法の差異による公称構造応力値への影響は、今回の試験片では小さいことがわかった。
- (3) 公称構造応力を用いて両側すみ肉溶接重ね継手試験片の疲労データを狭いバンド幅にまとめられることがわかった。

参 考 文 献

- (1) 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)
- (2) 松浦遼, 山下遊馬, 金子貴哉, 岡部顕史, 富岡昇: アーク溶接構造の公称構造応力による疲労寿命予測(疲労破壊位置と公称構造応力), 自動車技術会関東支部学術研究講演会, CD-ROM, (2017)
- (3) 丸尾 他: 自動車のアーク溶接構造物の疲労特性, JSAE SYMPOSIUM, No.06-00, p.50-57 (2000)