

## せん断荷重下におけるスポット溶接構造の板厚と溶接打点位置

## Plate Thickness of Spot welded Structure and Position of Spot weld under Shear load

○藤田将也<sup>1</sup>, 中村祐輝<sup>1</sup>, 高野仁史<sup>1</sup>, 小笠紘太郎<sup>2</sup>, 岡部顕史<sup>3</sup>, 富岡昇<sup>3</sup>\*Masaya Fujita<sup>1</sup>, Yuki Nakanura<sup>1</sup>, Hitoshi Takano<sup>1</sup>, Koutaro Ogasa<sup>2</sup>, Akifumi Okabe<sup>3</sup>, Noboru Tomioka<sup>3</sup>

This paper describes the nominal structural stress (maximum principal stress) when the plate thickness and the position of spot weld are changed under shear force. The model used in this study is a three-point welded structure consisting of two L-shaped thin plates with flange. Changing the position of center spot weld in the flange width direction and changing the plate thickness, the maximum principal stress generated at each spot welding point was obtained using the nominal structural stress calculation method. This study was investigated the relationship between plate thickness and maximum principal stress especially.

## 1. 緒言

CAEによるスポット溶接構造疲労寿命予測法の一つに、公称構造応力を評価パラメータとして用いる方法がある。また粗いメッシュ分割したFEモデルの解析データ(ナゲット中心に生じる分担荷重とその周辺の変位)を求めて、弾性学を用いて円板内の応力であるスポット溶接の公称構造応力を簡便かつ精度よく得ることのできる算出法が提案されている<sup>[1]</sup>。

本研究では、3点スポット溶接した等厚LL構造(T形継手)を用いて、せん断荷重下におけるスポット打点位置と板厚の変化が公称構造応力に及ぼす影響について検討した。

## 2. 公称構造応力算出法

公称構造応力算出法とは、ナゲットを中心として描いた任意直径 $D$ の円形部を、これと同じ寸法・材質の円板に置き換えて、弾性学の板理論を用いて応力解析し、高精度な応力解を得ようとするものである。

実用的なFEモデルを作成し、解析の結果得られたナゲット中心に位置する分担荷重とその周辺の変位を荷重条件と変位境界条件として用いる。弾性学の板理論を用いて円板の応力解析を行う場合、板面内の荷重 $F_x, F_y, M_z$ に対しては平面応力問題、面外荷重 $F_z, M_x, M_y$ に対しては曲げ問題として扱いそれらの結果を重ね合わせることで応力や変位を求めることができる。

## 3. 3点スポット溶接構造FEモデル

図1は2枚のL形板をフランジ部で3点スポット溶接した等厚LL構造(T形継手)FEモデルである。スポット溶接部FEモデルは上下板間をナゲット相当の剛性を持つビーム要素で結合し、ナゲット半径上に剛

体バー要素を配置した。図1において上部荷重側L形板を上板とよび、下部拘束側L形板を下板とよぶ。

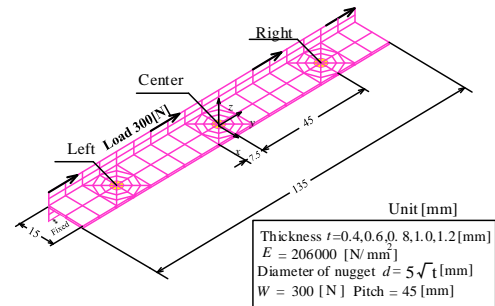
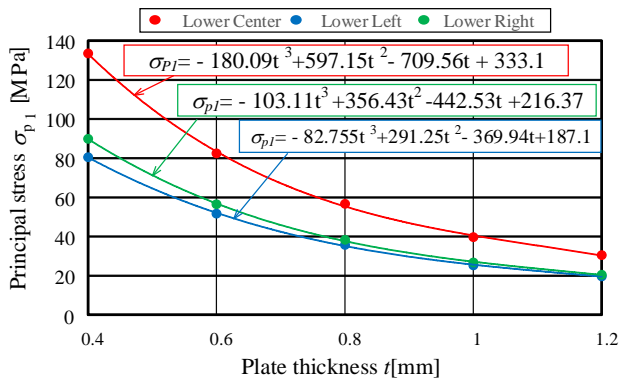


Fig. 1 LL model (flange width=15[mm])

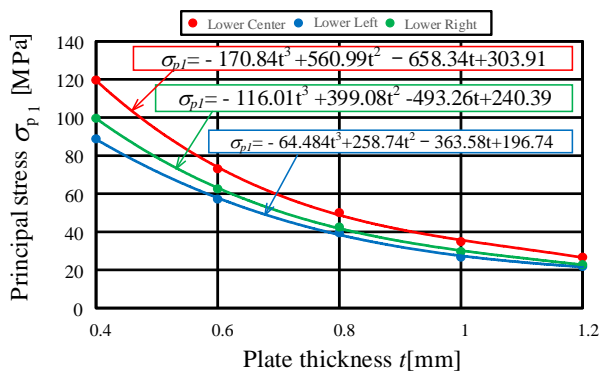
図1に示すようにLLモデルの上板端部にせん断荷重 $W$ を作用させ、下板端部を完全拘束した。なお、フランジ幅は15[mm]とする。各スポット溶接を、中央スポット(Center)、左スポット(Left)、右スポット(Right)と呼ぶことにする。図1に示すLLモデルに300[N]のせん断荷重を加え、板厚や中央スポット溶接位置を変化させ、公称構造応力算出法を用いてナゲット円周上に生じる最大主応力である公称構造応力を求める。

## 4. 板厚の変化に対する公称構造応力

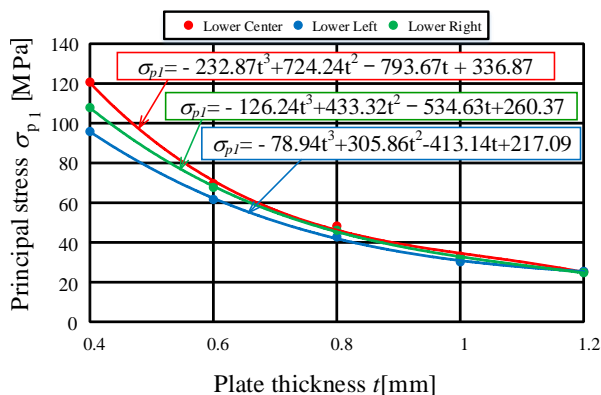
図1のFEモデルの中央スポット位置をフランジ幅方向( $x$ 軸方向)に $-2.4 \sim +2.4$ [mm]の範囲で変化させた時の各スポットに生じる最大主応力 $\sigma_{p1}$ を求めた。また板厚 $t$ は0.4[mm], 0.6[mm], 0.8[mm], 1.0[mm], 1.2[mm]とした。図2(a)(b)(c)は各中央スポット打点位置での板厚変化における下板上面の最大主応力値を用いて3次の多項式で近似した。図2(a)(b)(c)に示されるように3次の多項式で十分な精度で近似できることが分かる。



(a) Position of spot weld  $x = -2.4$  [mm]



(b) Position of spot weld  $x = 0$  [mm]



(c) Position of spot weld  $x = +2.4$  [mm]

Fig. 2 Maximum principal stress and plate thickness

Table 1 Maximum principal stress values

$x$ [mm]		Exact [MPa]	Trend curve [MPa]	Error [%]
-2.4	L	22.17	22.44	1.19
	C	34.63	35.42	2.29
	R	23.29	23.64	1.47
0	L	24.56	24.06	-2.03
	C	30.33	31.15	2.71
	R	25.88	26.28	1.56
+2.4	L	26.61	27.67	3.96
	C	28.81	30.21	4.84
	R	28.11	28.57	1.62

表 1 に、図 1 で得られた 3 次の多項式から板厚  $t = 1.1$  [mm] として算出した応力値とモデル解析値を用いて公称構造応力算出法により求めた応力値(正解値)を示す。表 1 に示されるように 3 次の多項式から算出した応力値の誤差は 5%未滿となり、3 次の多項式より任意の板厚の公称構造応力値を精度よく得られることが分かった。

各中央スポット位置の板厚変化に対して多項式で近似できたことから、次に中央スポット溶接位置  $x$  についても多項式で近似できると推察できる。例えば板厚  $t = 1.1$  [mm] のときの中央スポット溶接に生じる最大主応力値は、表 1 の 35.42, 31.15, 30.21 [MPa] の 3 点より式(1)に示す 2 次の近似多項式で表せる<sup>[2]</sup>。

$$\sigma_{p1} = 0.29x^2 - 1.09x + 31.15 \quad (1)$$

ここで、任意の中央スポット溶接位置  $x = -1.2$  [mm]、板厚  $t = 1.1$  [mm] として、モデル解析値を用いて公称構造応力算出法により求めた応力値(正解値)と、式(1)で得られる応力値とを比較した(表 2)。表 2 より式(1)で得られた応力値の誤差は 2.29%程度であり、精度よく応力値を推定できることが示された。

Table 2 Maximum principal stress values ( $t = 1.1$  [mm])

$x$ [mm]		Exact [MPa]	Trend curve [MPa]	Error [%]
-1.2	C	31.49	32.88	4.41

## 5. 結 言

3 点スポット溶接した等厚 LL 構造(T 形継手)を用いて、せん断荷重下におけるスポット打点位置と板厚の変化が公称構造応力に及ぼす影響について検討した。

- (1) 板厚と最大主応力値との関係を 3 次の多項式で近似し、十分な精度で近似できることを示した。
- (2) 今後、スポット溶接打点位置と公称構造応力との関係を多項式で近似し、この多項式より推定した応力値の精度をより詳細に検討する。

## 参考文献

- [1] Yuya Matsuzaki, Akifumi Okabe, Noboru Tomioka, "Spot welding position and Fracture position of the spot welded structure under shear loading condition", 6th PACME, M-C2-01 (2017)
- [2] 鶴巻 駿, 志村 圭介, 石井 将大, 岡部 顕史, 富岡 昇: 多項式回帰による車体構造の結合剛性値推定法, 自動車技術会関東支部学術研究講演会, CD-ROM (2016)