

## スポット溶接構造の公称構造応力推定法

## -3点スポット溶接した等厚LL構造-

## Nominal structural stress estimation method for spot welded structures

## -3 points spot welded equal thickness LL structure-

○岩井駿<sup>1</sup>, 伊藤大貴<sup>1</sup>, 大江潤<sup>1</sup>, 岡部顕史<sup>2</sup>, 富岡昇<sup>2</sup>\*Shun Iwai<sup>1</sup>, Hiroki Itou<sup>1</sup>, Jun Oe<sup>1</sup>, Akifumi Okabe<sup>2</sup>, Noboru Tomioka<sup>2</sup>

Nominal structural stress is one of the parameter for a fatigue life prediction method of a spot welded structure. There is the calculation method for accurately obtaining the nominal structural stress. Using this nominal structural stress calculation method, the effects of spot welding position etc. on the nominal structural stress have been studied. In this nominal structural stress calculation method, it is necessary to analyze a FE model every time the structural parameters such as the spot welding position etc. was changed. It would be useful to study the structure if a relational expression that can estimate the nominal structural stress from the structural parameters can be derived. In this study, using a spot welded LL structure (T-joint) under shearing load, an estimation method that can obtain the nominal structural stress with respect to the change of the spot welding position and the plate thickness was investigated.

## 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(Nominal structural stress: NS stress)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)から、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][2]</sup>。

公称構造応力算出法では、スポット溶接打点位置などの構造パラメータの変化に対して、その都度FEモデル作成と解析が必要となる。そこで構造パラメータから瞬時に公称構造応力を推定する手法が文献3で提案されている。文献3では、せん断荷重下における等厚LL構造を3点スポット溶接構造を用いて、スポット溶接位置と公称構造応力値の関係を多項式で近似し、板厚と公称構造応力値との関係は近似多項式の各係数を累乗近似する手法であった。

本研究では、板厚と公称構造応力値との関係を、直接、累乗近似することで文献3よりも精度よく公称構造応力値を推定できたのでここに報告する。

## 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

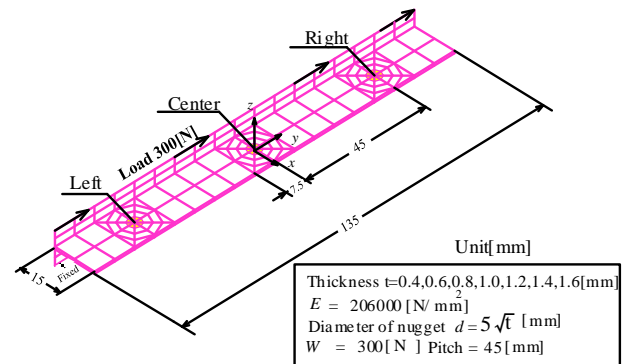


Fig. 1 LL model

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2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。

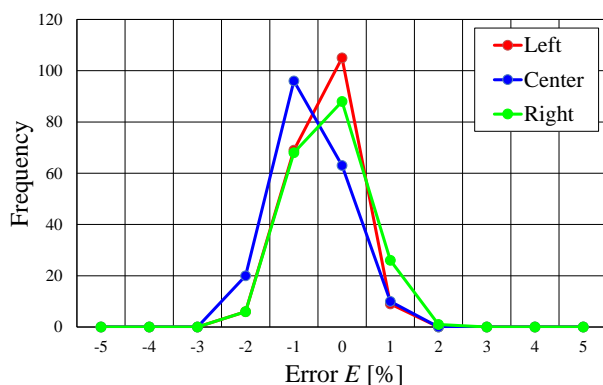
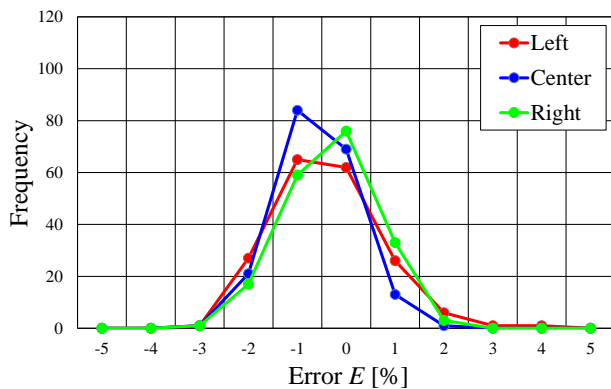
図1に示すようにLLモデルの上板端部にせん断荷重  $W$  を作用させ、下板端部を完全拘束した。なお、フランジ幅は15[mm]とする。各スポット溶接を、中央スポット(Center)、左スポット(Left)、右スポット(Right)と呼ぶことにする。図1に示すLLモデルに300[N]のせん断荷重を加え、板厚や中央スポット溶接位置を変化させ、公称構造応力算出法を用いてナゲット円周上に生じる最大主応力を求めた。

**Table 1** Structural parameters

Parameters	Range	Step	Num.
Thickness	$t = 0.4 \sim 1.6$	0.2	7
Position of center spot	$x = -2.4 \sim +2.4$	2.4	3
	$y = -30 \sim +30$	7.5	9
Each spot	$3 \times 2 = (L, C, R) \times (\text{Upper and Lower plate})$		6

**Table 2** Structural parameters for estimation formula

Parameters	Range	Step	Num.
Thickness	$t = 0.4 \sim 1.6$	0.4	4
Position of center spot	$x = -2.4 \sim +2.4$	2.4	3
	$y = -30 \sim +30$	15	5

**Fig. 2** Error of NS stress values estimated by the method of this study (spot-welds of upper plate)**Fig. 3** Error of NS stress values estimated by the method of reference 3 (spot-welds of upper plate)

#### 4. 中央スポット溶接打点位置変化に対する検討

表 1 に変化させた構造パラメータを示す。総データ数は 1134 個( $=7(\text{板厚 } t) \times 27(\text{スポット位置 } x, y) \times 6(\text{上下板 3 点スポット})$ )となり、これらのデータを用いて公称構造応力を得る推定ツールを検討する。

推定ツールは、各スポット点で作成することとし、称構造応力を推定するための近似式に用いるデータは、表 2 に示す構造パラメータとした。データ数は 60 個

( $=4(\text{板厚 } t) \times 15(\text{スポット位置 } x, y)$ )を用いた。構造パラメータと公称構造応力値との近似式は、スポット位置  $y$  については 3 次の多項近似式、スポット位置  $x$  については 2 次の多項近似式、板厚  $t$  については累乗近似式とした。

本研究での近似式より求めた公称構造応力値の推定誤差  $E$  の度数分布を図 2 に示す。図 2 より誤差  $E$  はほぼ  $\pm 2[\%]$  におきり、本手法を用いて精度よく公称構造応力値を推定できることが示された。

図 3 はスポット位置を多項式で近似し、板厚  $t$  は得られた近似多項式の各係数を累乗近似して公称構造応力値を求める手法(文献 3 の推定法)<sup>[3]</sup>の推定誤差  $E$  の度数分布である。図 2 と図 3 より、本手法の方が精度よく推定できることが分かる。

また板厚  $t$  と公称構造応力値との関係を 3 次の多項式で近似した場合や、スポット位置  $y$  と公称構造応力値との関係を 2 次や 4 次の多項式で近似した場合など、他の近似式を用いて検討したが、本手法より精度よく推定値を得ることはできなかった。

#### 5. 結 言

せん断荷重下における等厚 LL 構造を 3 点スポット溶接構造を用いて、板厚と公称構造応力値との関係を、近似式で精度よく公称構造応力値を推定する手法を検討した。

スポット位置については多項近似式を用い、板厚  $t$  については累乗近似式を用いることで、スポット位置や板厚の構造パラメータから、精度よく公称構造応力値を得ることができた。

#### 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] 大澤誠, 加藤勇馬, 櫻岡繁, 松崎友哉, 小笠紘太郎, 岡部顕史, 富岡昇: “せん断荷重下におけるスポット溶接位置とフランジ幅が公称構造応力に及ぼす影響 (3 点スポット溶接した LL 試験片による検討)”, 自動車技術会学術研究講演会, CD-ROM, 2019
- [3] 藤田将也, 中村祐輝, 高野仁史, 小笠紘太郎, 岡部顕史, 富岡昇: “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”, CD-ROM, 日本大学理工学部学術講演会, 2019