

スポット溶接構造の公称構造応力算出法
-評価対象外の FE モデルの検討-

A Method for Calculating Nominal Structural Stress of Spot-Welded Structure
- Study on FE model out of an evaluation target-

○関野 孝太¹, 穂積 秀一², 岡部 顕史³, 富岡 昇³

○Kouta Sekino, Shuichi Hodumi, Akifumi Okabe, Noboru Tomioka

The nominal structural stress calculation method for spot-welding can obtain the stress solution by solving the circular thin-plate problem using the general loads and the displacements on the outer circumference of disk as the boundary condition. In this study, modeling the spot weld out of evaluation target with the one beam element, the accuracy of the stress value obtained by the nominal structural stress calculation method was studied.

1. 緒言

CAE によるスポット溶接構造疲労寿命予測法の確立のために、評価パラメータとして用いるスポット溶接の公称構造応力^[1]を算出する方法がある^{[2]~[3]}。この算出法は、評価対象のナゲットを中心とする任意直径 D の円周上の変位とナゲット部中心に生じる分担荷重を有限要素法シェル解析より求め、弾性学を用いて円板内の応力を精度よく得る手法である。またこの算出法ではスポット溶接部の FE モデルをビーム要素と剛体バー要素でモデル化することで応力解の精度を向上させることができる。しかしながら車体全体のスポット溶接部をビーム要素と剛体バー要素でモデル化することは要素数が増加し困難である。

本研究では、評価対象外のスポット溶接部を単にビーム要素のみでモデル化し、この FE モデルを用いて、公称構造応力算出法によって得られる応力解の精度の検討を行った。

2. 公称構造応力算出法

公称構造応力算出法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。このとき、実用的なメッシュサイズで分割した FE モデルから得られるナゲット中心に生じる分担荷重を荷重条件とし、ナゲットを中心とした任意直径円周上の変位を変位境界条件として用いる。

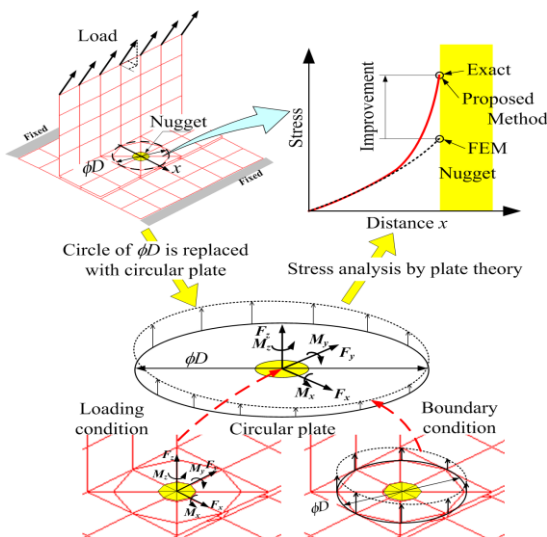


Fig. 1 Method of calculating nominal structural stress

3. スポット溶接 FE モデル

図 2 に上部 L 形板と下部平板とをフランジ部で 3 点スポット溶接した LP モデルを示す。下部平板の板厚と上部 L 形板(上板)を $t=0.8[\text{mm}]$ とし、L 形板の上端部に荷重 W を作用させ、平板の両端を拘束した。評価対象とするスポット溶接部はビーム要素と剛体バー要素でモデル化し、評価対象外のスポット溶接部はビーム要素のみでモデル化する。

図 3 は図 2 と同様にモデル化した 5 点スポット溶接 FE モデルである。

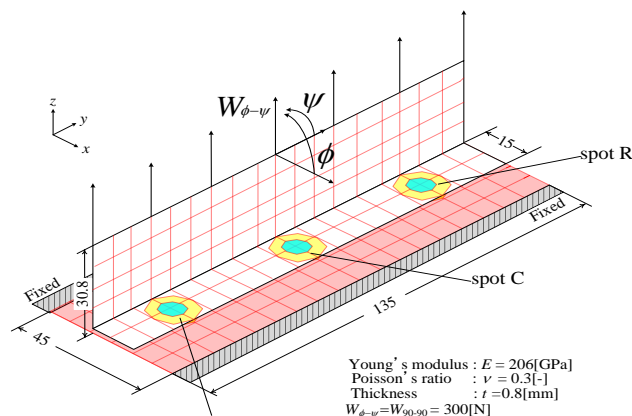


Fig. 2 Three spots LP model

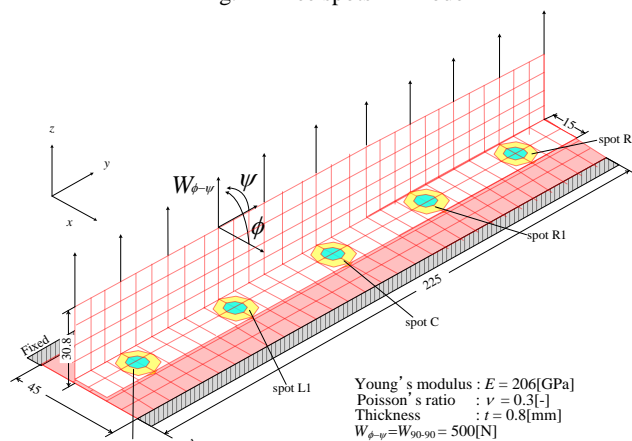


Fig. 3 Five spots LP model

図 4, 5 にスポット溶接部の FE モデルを示す。図 4 はナゲット半径上のシェル要素の辺に沿って剛体バー要素を設け、図 5 は図 4 から剛体バー要素を除去したモデルである。

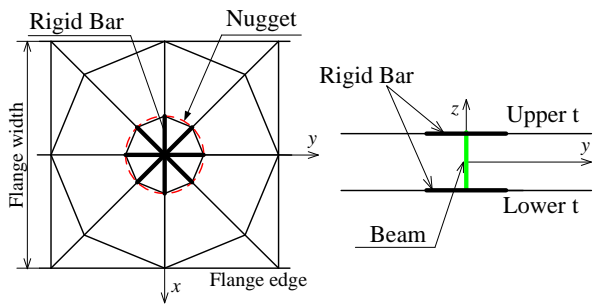


Fig. 4 FE model with Rigid Bar

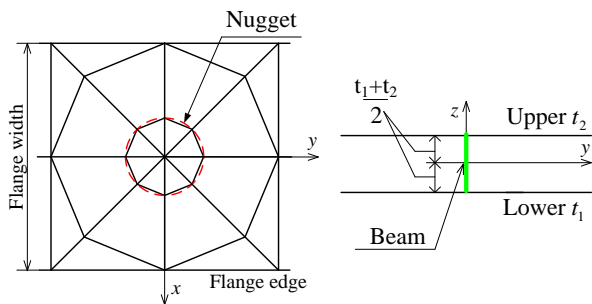


Fig. 5 FE model without Rigid Bar

4. 解析結果

図 2 の 3 点スポット溶接モデルを用いて検討する。評価対象のスポット溶接部を中央の spot C とし、図 4 に示すようにビーム要素と剛体バー要素でモデル化した。図 6 に荷重方向 $W_{\theta=90}=W_{90-90}=300[N]$ の時の 3 点全てのスポット溶接部に剛体バー要素を付けたもの (Rbar3/3) と評価対象外の spot L,R に図 5 に示すような剛体バー要素を除去したもの (Rbar1/3) の解析結果を示す。表 1 に各荷重方向における公称構造応力値と誤差値を示す。

図 6 より、公称構造応力が生じる位置は同じとなった。表 1 より Rbar1/3 のモデルでは精度よく公称構造応力値を得ることができないことが分かる。なお各荷重方向においても公称構造応力の生じる位置は同じであった。

次に図 3 の 5 点スポット溶接モデルを用いて検討を行った。評価対象のスポット溶接部を spot C とし、図 4 に示すようにビーム要素と剛体バー要素でモデル化した。図 7 に荷重方向 $W_{\theta=90}=W_{90-90}=500[N]$ の時の 5 点全てのスポット溶接部に剛体バー要素を付けたもの (Rbar5/5)、評価対象外の spot L2,R2 に図 5 に示すような剛体バー要素を除去したもの (Rbar3/5) と評価対象外の spot L1,L2,R1,R2 に図 5 に示すような剛体バー要素を除去したもの (Rbar1/5) の解析結果を示す。表 2 に各荷重方向における公称構造応力値と誤差値を示す。

図 7 より、公称構造応力の生ずる位置は同じとなり、Rbar3/5 のモデルの方が、Rbar1/5 のモデルより精度よい結果が得られた。表 2 より各荷重方向においても Rbar3/5 のモデルの方が公称構造応力値を精度が良く得られることが分かる。また各荷重方向において公称構造応力の生じる位置は同じであった。

図 5, 6 と表 1, 2 中の FEM 値は、詳細にメッシュ分割した FE 解析によって得られた応力値である。

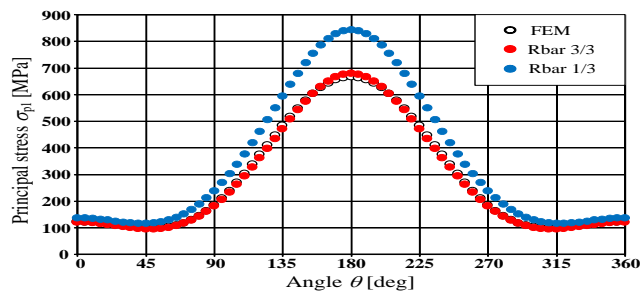


Fig. 6 Principal stress distribution of three spots LP model

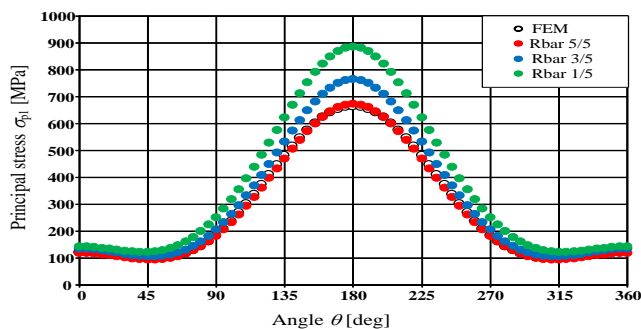


Fig. 7 Principal stress distribution of five spots LP model

Table 1 Error of nominal structural stress of three spots LP model

	FEM[MPa]	Rbar 3/3[%]	Rbar 1/3[%]
W_{90-90}	665.20	1.93	26.83
W_{45-90}	1028.00	8.95	48.88
W_{135-90}	575.70	5.90	20.18
W_{90-0}	35.86	2.96	45.85
W_{90-45}	54.40	2.12	43.82

Table 2 Error of nominal structural stress of five spots LP model

	FEM[MPa]	Rbar 5/5[%]	Rbar 3/5[%]	Rbar 1/5[%]
W_{90-90}	664.10	1.37	15.23	33.29
W_{45-90}	1020.00	8.70	28.92	60.24
W_{135-90}	578.30	4.63	12.82	22.08
W_{90-0}	34.52	2.60	18.27	62.85
W_{90-45}	52.32	1.79	17.06	60.16

5. 結 言

評価対象外のスポット溶接部を単にビーム要素のみでモデル化し、この FE モデルを用いて、公称構造応力算出法によって得られる応力解の精度の検討を行った。

- (1) 3 点・5 点 LP モデルとも、どの荷重方向でも公称構造応力の生じる位置は同じであった。
- (2) 5 点 LP モデルにおいて、評価対象のスポット溶接部周辺のスポット溶接部を剛体バー要素でモデル化した場合、公称構造応力値の精度が向上することが確認できた。

参 考 文 献

- [1] Radaj, D : Design & Analysis of Fatigue Resistant Welded Structure, Abington Publishing, Cambridge, 1990
- [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
- [3] 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