

せん断荷重下におけるスポット溶接構造の溶接打点位置と疲労破壊位置

Spot welding position and Fracture position of the spot welded

Structure under shear loading condition

○小野一登¹, 小笠紘太郎¹, 河井春樹¹, 松崎友哉², 岡部顕史³, 富岡昇³*Kazuto Ono¹, Koutarou Ogasa¹, Haruki Kawai¹, Yuya Matsuzaki², Akifumi Okabe³, Noboru Tomioka³

This paper describes the nominal structural stress (maximum principal stress) by the position of spot welding under the shearing force. The model used this study is the 3 points welded structure that consists of two L-shape thin plate with flange. Changing the position of center spot weld in the direction of flange width and flange length, the maximum principal stress that occurs at each spot weld was researched.

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。

本研究では、等厚 LL 構造を対象として、せん断荷重下におけるスポット溶接打点位置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. スポット溶接構造 FE モデル

スポット溶接構造 FE モデルのナゲット部は上下板間をナゲット相当の剛性をも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。

解析対象としたスポット溶接構造の LL 構造を図 1 に示す。等厚の L 形板 2 枚をフランジ部で 3 点スポット溶接したモデルで、上板の端部にせん断荷重 W を作用さ

せ、下板の端部を拘束した。なお、フランジ幅は 15[mm] とする。図 1 に示すように各スポット溶接を、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 において、図 2 では中央スポット打点位置をフランジ幅方向(x 軸方向)に $-2.7 \sim +2.7$ [mm] の範囲で変化させ、図 3 ではフランジ長さ方向(y 方向)に $-15 \sim +15$ [mm] 変化させた。

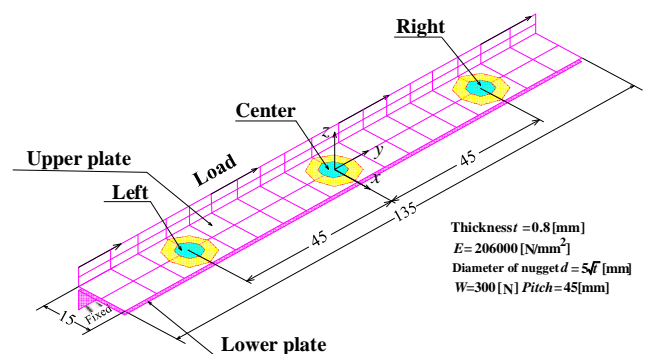


Figure 1. LL model (flange width=15[mm])

4. フランジ幅方向に変化させた際の応力解析結果

図 1 の FE モデルの中央スポット打点位置をフランジ幅方向すなわち x 軸方向に変化させて解析を行い、3 点のスポットに生じる最大主応力を求めた。

図 2 は、中央スポット打点位置を x 軸方向に変化させた際のそれぞれのスポットに生じる下側板の最大主応力値を示す。中央スポットが初期位置から x 軸正方向に変化するほど(自由端側になるほど)、中央スポットに生じる最大主応力は小さくなり、両端スポットに生じる最大主応力が大きくなった。これは、中央スポットが分担していた荷重が減少し、両端 2 点が受け持つ荷重が増加したためである。また構造全体において最大主応力は常に中央スポットに生じ、応力値もほぼ一定となった。これより中央スポット溶接のフランジ幅方向の変化は、公称構造応力への影響が小さいことが分かった。

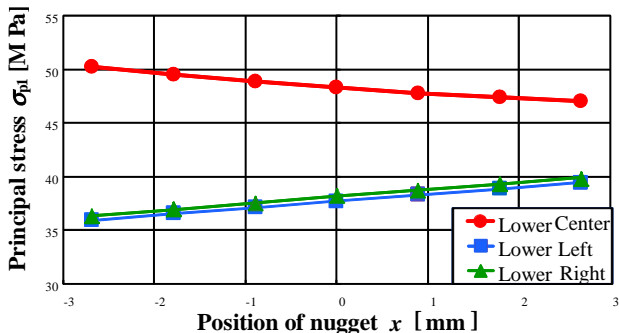


Figure 2. Maximum principal stress of each spot (x-axis)

5. フランジ長さ方向に変化させた際の応力解析結果

図 1 の FE モデルの中央スポット打点位置をフランジ長さ方向すなわち y 軸方向に変化させて解析を行い、3 点のスポットに生じる最大主応力を求めた。

図 3 は、中央スポット打点位置を y 軸方向に変化させた際のそれぞれのスポットに生じる上下板側の最大主応力値を示す。図 3 では、中央スポット溶接打点位置により他のスポットに加わる公称構造応力には大きな変化が見られ、中央スポットが初期位置から y 軸正方向に変化するほど左スポットに加わる公称構造応力が大きく、右スポットでは小さくなった。これは中央スポットが右側へ移動したために左スポットの分担荷重が大きくなったためである。また $-22.5 \leq y \leq +22.5$ [mm] のとき、つまりスポット間距離の半分の範囲では中央スポットで公称構造応力が生じ、 $y \leq -22.5$ [mm] のときは右スポットで、 $y \geq +22.5$ [mm] のときは左スポットで公称構造応力が生じ、公称構造応力値も増大する傾向にあることが分かった。

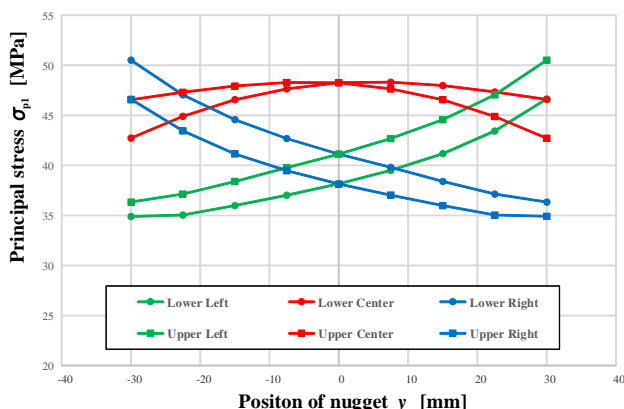


Figure 3. Maximum principal stress of each spot (y-axis)

6. 疲労試験の実験結果

図 1 に示す試験片を用いて疲労試験を行った。なお今回、中央スポット溶接位置は初期位置固定とした。図 4 に公称構造応力で整理した S-N 線図を示す。疲労試験終

了条件は、溶接部のき裂を目視観察しながら負荷変位をリミット値として設定した。なお図 4 中には、参考としてフランジ幅 45[mm]の LL 試験片の中央スポット打点位置を変化させた疲労データ^[1]を示し、またスポット溶接試験片の疲労データも示した。フランジ幅 45[mm]の LL 試験片の疲労データは試験終了条件を負荷変位 1[mm]とし、得られた繰り返し回数をさらにひずみ測定によるき裂発生寿命推定法^[2]を用いて補正したデータである。

フランジ幅 15[mm]の LL 試験片の疲労データは、フランジ幅 45[mm]の疲労データと比較すると高寿命となった。これは初期き裂発生時の繰り返し回数を正確に得られていないためと推察される。フランジ幅 15[mm]の LL 試験片の疲労データについてもフランジ幅 45[mm]の LL 試験片の疲労データと同様にひずみ測定による補正が必要であると考えられる。

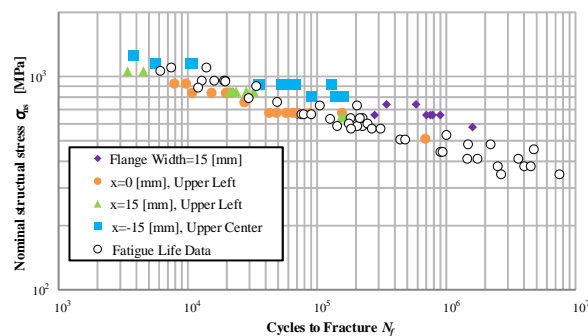


Figure 4. Nominal structural stress σ_{ns} and number of cycles N_f

7. 結 言

等厚 LL 構造を対象として、せん断荷重下におけるスポット溶接構造の溶接打点位置と疲労寿命について検討した。

- (1) 中央スポット溶接打点位置をフランジ幅方向に変化させた場合、公称構造応力への影響は小さい。
- (2) 中央スポット溶接打点位置をフランジ長さ方向に変化させた場合、スポットピッチ間の半分以上一方のスポット溶接に変化(移動)させると、他方のスポット溶接に公称構造応力が生じる。
- (3) フランジ幅 15[mm]の試験片においても疲労データをひずみ測定によって補正する必要がある。

5. 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] 阿部博司, 佐藤次彦: "スポット溶接継手の疲れき裂の非破壊検出方法", 溶接学会論文集, Vol.4, No.4, p.666-673 (1986)