

はく離荷重を受ける多点スポット溶接継手の疲労耐久性に及ぼす
打点位置及びナゲット径の影響

Influence of The Welding Location and Nugget Diameter to The Fatigue Durability of
The Multi Spot-Welded Joints under Peel Load

浅野知奈美¹, ○宮崎悠¹, 栗原徹², 富岡昇³, 岡部顕史³
Chinami Asano¹, *Haruka Miyazaki¹, Toru Kurihara², Noboru Tomioka³, Akifumi Okabe³

In this paper, the influence of variation of nugget diameter and spot welding location on fatigue life of the triple spot-welded joints under peel load was investigated. The relationship between nominal structural stress, which is used as fatigue life estimation parameter, and influence factors of the fatigue life was quantitatively clarified, and fatigue tests of these specimens were conducted. As the simultaneous variation of all spot welding locations increased, the nominal structural stress was lager and the fatigue life was smaller. The variation of only central spot welding location, however, gave the larger value of nominal structural stress in spite of larger nugget diameter more than threshold.

1. 諸言

自動車車体の製造過程において、スポット溶接の打点位置は目標から外れることがあり、スポット溶接部の疲労寿命に影響を与える。特に、荷重分担が高いスポット溶接部では、打点位置の微妙なずれが耐久性に影響する⁽¹⁾。打点位置のばらつきに対しロバストな構造⁽²⁾にするためには、スポット溶接の打点位置の変動が疲労寿命に及ぼす影響を定量的に解明することが課題となる。また、ナゲット径はスポット溶接部の疲労寿命に最も影響する因子であるため、打点位置とともにナゲット径もばらついた時の影響も検討する必要がある。

本研究では、3点スポット溶接したはく離継手について、疲労寿命評価パラメータである公称構造応力⁽³⁾と打点位置、ナゲット径の関係を調べ、疲労寿命への影響を定量的に明らかにし、さらに疲労試験を行い、その結果を検証した。

2. 打点位置およびナゲット径と公称構造応力

本研究で対象とした3点スポット溶接はく離継手を図1に示す。2個のU字型断面材をその底辺で突合せ、3箇所スポット溶接して接合した。スポット溶接のピッチは40mm一定とした。疲労試験では、U字型断面材の側面を底面近くまで治具で固定しはく離荷重を負荷するので、有限要素モデルも同境界条件の下で作成し、スポット溶接部に作用する分担荷重を求め、公称構造応力算出法によりナゲット端に発生する公称構造応力を算出した。図1にナゲットに作用する分担荷重成分 $F_x, F_y, F_z, M_x, M_y, M_z$ を記した。

3点スポット溶接はく離継手では、打点位置はピッチ方向に比べ幅方向のばらつきの影響が大きいと考えられるため、幅方向の変動量 $e=0, 5\text{mm}$ とした。打点位置と同時にナゲット径も $d=5, 7, 9\text{mm}$ と3種類に変えて公称構造応力を計算した。

打点位置を変えて求めたナゲット径と公称構造応力の関係を図2に示す。全打点位置が継手底面の中心から $e_L=e_C=e_R=5\text{mm}$ 偏心すると公称構造応力 σ_{ns} は大きくなる。公称構造応力はナゲット径の増大に伴い減

少するが、中央スポット溶接1点のみ打点位置 $(e_L, e_C, e_R)=(0, 5, 0)$ を変えた場合は傾向が異なる。

これは、ナゲット径の変化によって、分担荷重の値が異なる事が原因である。この場合の主たる分担荷重成分を図3に示す。中央のスポット溶接のみが壁面近くに動くと、中心にある他のスポット溶接よりも負担する荷重が大きくなる。ナゲット径が大きくなっても分担荷重が一定であれば、ナゲット径の増大に伴い公称構造応力は低下する。しかし、3点スポット溶接はく離継手は不静定構造であるため、壁面近くに位置する中央スポットのナゲット径が $d=7\text{mm}$ から $d=9\text{mm}$ へと大きくなると、その剛性増加による分担荷重の増加がナゲット径増加による応力減少を上回ったため、結果として公称構造応力は $d=7\text{mm}$ に比べ $d=9\text{mm}$ が高くなったと考えられる。

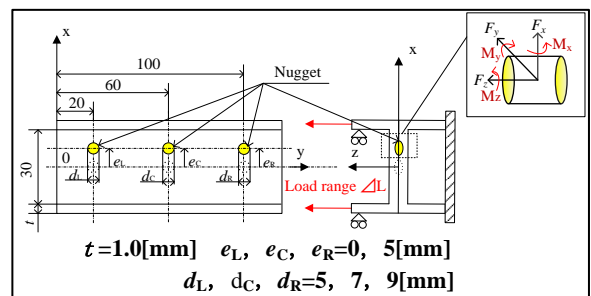


Fig.1 Triple spot-welded joints under peel load

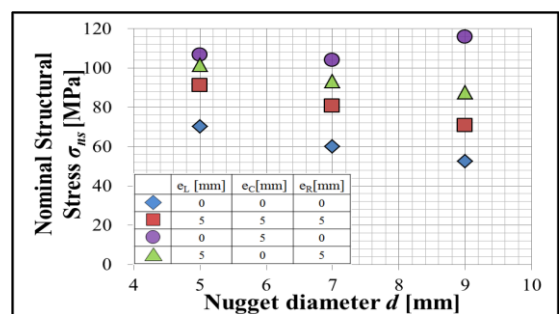


Fig.2 Variation of σ_{ns} with nugget diameter and spot welding location of peel joints ($F=100\text{N}$)

1 : 日大理工・学部・機械 2 : 日大理工・院 (前)・機械 3 : 日大理工・教員・機械

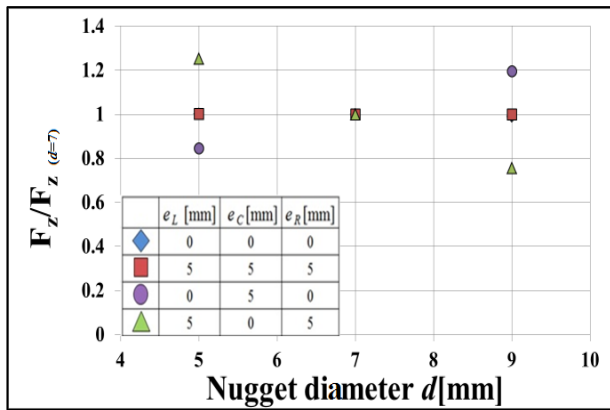


Fig.3 Variation of main components of general loads F_z and M_x changing the nugget diameter at different arrangements of spot welding locations

3. 疲労試験

図 1 に示すはく離継手の疲労試験は、荷重制御による完全片振り定荷重振幅試験である。

供試材料は冷間圧延鋼板(SPCE)で板厚 $t=1.0\text{mm}$ である。また、3 点全てラップ部中心にスポット溶接した試験片を標準試験片とした。ナゲット径を $d=5, 7, 9\text{mm}$ とし、全打点位置を 5mm 偏心させた試験片も用意した。

ナゲットに圧痕径程度の亀裂が発生する時点を通断寿命 N_f と定義した。また、スポット溶接部の圧痕上に幅方向にひずみゲージを貼り、ひずみが急激に変化した時点を通断発生寿命 N_i とした。

4. 疲労試験結果

ひずみと通断繰返し数の関係を図 4 に示す。亀裂発生寿命 N_i は $30000[\text{cycle}]$ で、通断寿命 N_f は $62443[\text{cycle}]$ の約 50% となる。

図 5 に疲労試験結果を示す。偏心した試験片の疲労寿命は標準試験片より短く、図 2 に示した公称構造応力の傾向とよく一致する。

図 5 の亀裂発生寿命 N_i を公称構造応力算により再整理した結果を図 6 に示す。公称構造応力を用いることにより、打点位置が変化しても、疲労寿命を統一的に評価することができる。

5. 結論

3 点スポット溶接したはく離継手について、打点位置およびナゲット径のばらつきによる疲労寿命への影響を調査するために、これらの影響因子と公称構造応力との関係を明らかにした。

- (1) 全打点位置が継手底面の中心線から幅方向に偏心すると、公称構造応力 σ_{ns} は大きく、またナゲット径の増大に伴い減少する。
- (2) 中央スポット溶接 1 点のみ打点位置を変えた場合、そのナゲット径が $d=7\text{mm}$ から $d=9\text{mm}$ へと大きくなると、その剛性増加による分担荷重の増加がナゲット径増加による応力減少を上回り、公称構造応力は高くなる。

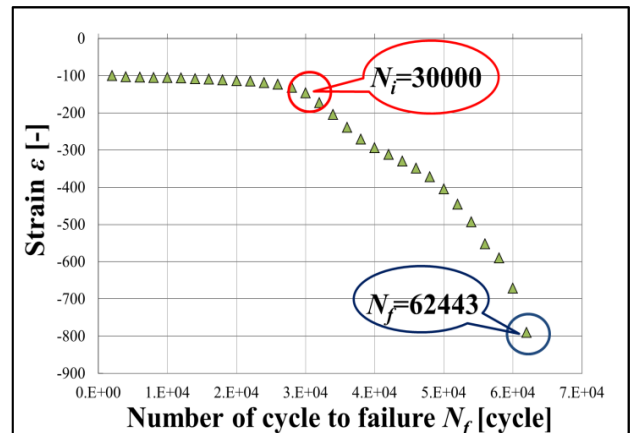


Fig.4 Strain - Number of cycle to failure

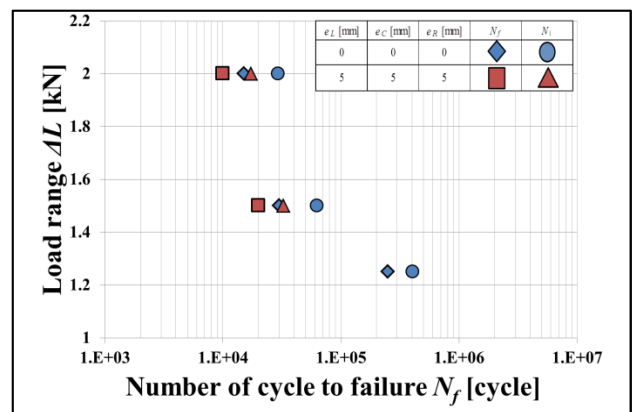


Fig. 5 $\Delta L - N_f$ and $\Delta L - N_i$

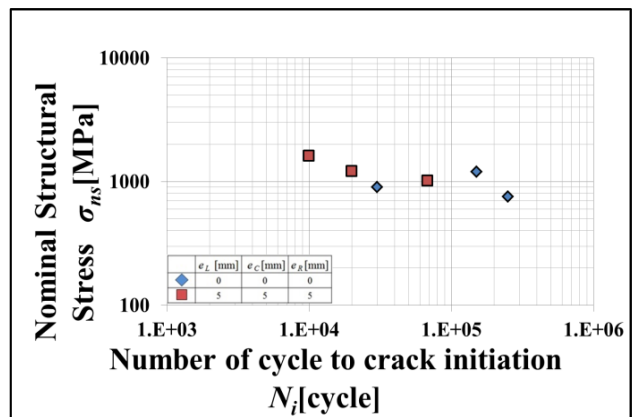


Fig. 6 $\sigma_{ns} - N_i$

6. 参考文献

- (1) Tamaki, K. et al., Outline of Study on Robustness of Vehicle Body Durability, Robust Design of Car Body for Collision and Durability Performance No.16-11 (2012), pp.28-30
- (2) Tomioka, N. et al. Basic Theory of Robust Design for Car Body and Its Application, Transactions of JSAE. 36, No. 09-09(2009), pp.4-59
- (3) Okabe, A., Tomioka, N., Kaneko, T., A Method of Calculating Nominal Structural Stress of Spot Welding Structure, Transactions of JSAE Vol.36, No.6, pp.145-150 (2005)