

K5-69

ねじりを受けるスポット溶接の疲労寿命評価

Fatigue life assessment of spot welds under torsion

大木啓汰¹, 児島泰樹¹, 駒形祐輝¹, 栗原徹², 富岡昇³, 岡部顕史³

Keita Ooki, Taiki Kojima, Yuki Komagata, Toru Kurihara, Noboru Tomioka, Akifumi Okabe

In this study, the fatigue life evaluation method of spot welding mainly subjected to torsional moment was examined. The fatigue tests for tensile shear specimens which were spot-welded at the eccentric locations from the load line were carried out. The von Mises stress was able to evaluate the fatigue life of all eccentric spot welded specimen. If the amount of eccentricity is smaller than 15 mm, the nominal structural stress also could evaluate the fatigue life.

1. 緒言

スポット溶接は車体構造の多くの部位で用いられている重要な締結要素であり、車体構造全体の耐久性はスポット溶接部の耐久性に大きく依存している。設計段階でスポット溶接の疲労寿命を的確に評価することは重要である。

スポット溶接の疲労寿命評価パラメーターとして、応力拡大係数や公称構造応力が提案されており、これらによって負荷形式、継手形式、板厚やナゲット径など幾何学的寸法が異なる継手の疲労データを統一に整理できることが示されている。

公称構造応力はスポット溶接部に作用する分担荷重から容易に求められるので、応力拡大係数より実用性は高いため、著者らの研究室ではこの評価パラメーターを用いて疲労寿命評価を行ってきた。昨年度の卒業研究で、スポット溶接に作用する荷重が主にねじりモーメントである場合、最大主応力である公称構造応力では疲労寿命評価が難しいことが判明した。

本研究では、1点スポット溶接した引張りせん断継手を用いて、スポット溶接の位置を荷重作用線から偏心させることで、スポット溶接にねじりモーメントが作用するようにし、疲労試験を行い、その疲労寿命をミーゼス応力で評価し、ねじりが主として作用する場合、このパラメーターで評価できることを明らかにした。併せて、公称構造応力で評価できるねじりモーメントの作用範囲について検討した。

2. 疲労試験

本研究で使用した試験片の模式図を図1に示す。供試材料は冷延圧延鋼板 SPCE で、板厚は 1.2mm である。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、さらにスポット溶接部にねじりモーメントを負荷するために、板幅方向に中心から $e=15, 20, 25\text{mm}$ 偏心した位置にスポット溶接した試験片を用意した。

図2は試験片を試験機に装着した様子を示す。試験片の下部は2本のボルトで完全固定し、上端は通しボルトを用いてピン結合とし、試験片が通しボルトの軸周りに自由に回転できるようにした。

スポット溶接条件は軟鋼板 1.2mm の標準スポット溶接条件を基準とし、チリ発生直前の溶接電流を最適条件とした。

スポット溶接に用いた電極は R 型である。

疲労試験は荷重制御で行い、完全片振り ($R=0.02$) とした。疲労寿命は疲労き裂がナゲット端の内部から発生し板外表面に現れ、ナゲット径程度に成長した時とした。

疲労試験結果を図3に示す。スポット溶接が偏心するに従い、疲労寿命は低下していることがわかる。

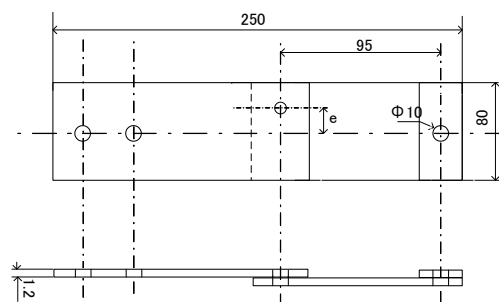


Figure 1. Schematic diagram of the tensile shear specimen spot-welded at the eccentric location.

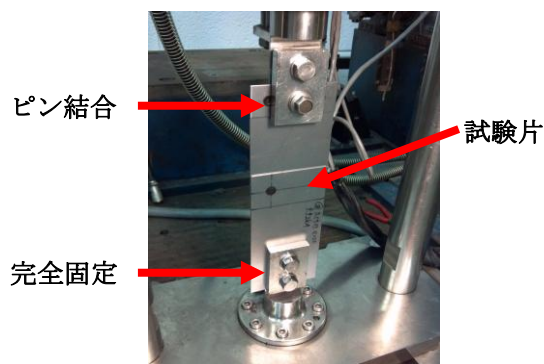


Figure 2. Specimen attached to the testing machine

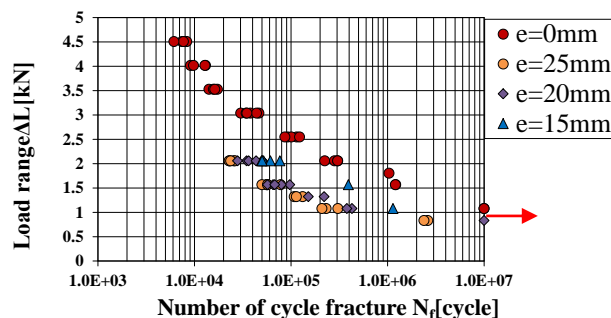


Figure 3. Load range - number of cycle to fracture diagram

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

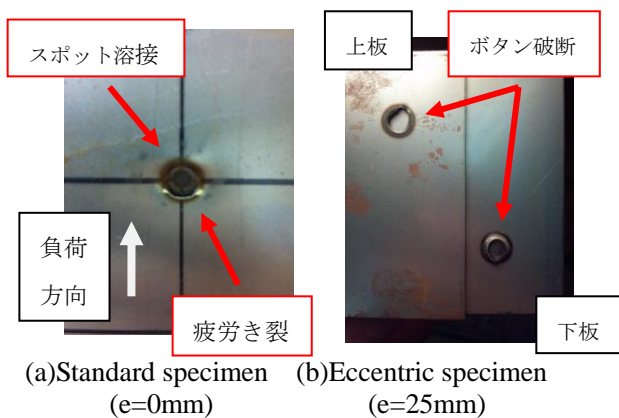


Figure 4. Fatigue cracks occurred

図 4 は疲労試験で発生した疲労き裂を示す。板幅の中心にスポット溶接した標準試験片では、き裂はナゲット端に発生し、負荷方向に直交して板幅方向に進展している。スポット溶接を 25mm 偏心させた試験片では、スポット溶接部に作用するねじりモーメントが大きくなるため、き裂はナゲット端に沿って発生・進展しボタン破断となった。

3. ミーゼス応力による疲労強度推定

図 1 の引張せん断継手について、公称構造応力算出法を用いてミーゼス応力の最大値 σ_{Mises} と公称構造応力 σ_{ns} を算出した。その結果を表 1 に示す。ミーゼス応力の最大値と公称構造応力はいずれも接合面のナゲット端に生じている。偏心量 e が増えるにつれて両者の応力は大きくなり、 $e=0\text{mm}$ に対して $e=25\text{mm}$ では σ_{Mises} は 1.97 倍、 σ_{ns} は 1.68 倍である。これは表 2 に示すように、偏心量 e の増加に伴いねじりモーメントが大きくなるためである。

図 5 は、図 3 の疲労試験結果を公称構造応力とミーゼス応力とを用いて再整理した結果である。偏心量が $e=15\text{mm}$ では、ねじりモーメントの影響が小さく、どちらのパラメータでも統一的に整理できているが、偏心量 $e=20, 25\text{mm}$ ではねじりモーメントの影響が大きくなるため、公称構造応力では統一的に評価が難しく、一方ミーゼス応力では統一的に評価できている。

図 6 は 10 万回の時間強度を公称構造応力とミーゼス応力とで推定した値と実験値との比較を示す。図より、ミーゼス応力で時間強度を良好に推定できる。また、ねじりモーメントの影響が小さいときには公称構造応力でも推定できることが分かる。

4. 結 論

本研究では、主としてねじりモーメントを受けるスポット溶接の疲労寿命評価法について検討した。1 点スポット溶接した引張りせん断継手を用いて、スポット溶接の位置を負荷作用線から偏心させ、疲労試験を行い、その疲労寿命をミーゼス応力で評価できることを明らかにした。また、偏心量が $e \leq 15\text{mm}$ と小さく、ねじりモーメントの影響が少ない場合は、公称構造応力で評価可能であることが明らかとなった。

Table 1. Mises stresses and nominal structural stress calculated

e [mm]	σ_{ns} [MPa]	σ_{Mises} [MPa]	σ_{ns}	σ_{Mises}	N_f ratio	
			ratio	ratio	σ_{ns}	σ_{Mises}
0	30.8	27.4	1.00	1.00	1.00	1.00
5	31.6	28.3	1.03	1.03	0.876	0.840
10	33.9	31.2	1.10	1.14	0.611	0.507
11	34.3	31.8	1.12	1.16	0.568	0.460
12	35.0	32.6	1.14	1.19	0.518	0.407
15	36.9	35.2	1.20	1.29	0.390	0.272
20	42.3	41.6	1.37	1.52	0.193	0.115
25	45.5	46.4	1.48	1.70	0.132	0.065
30	51.8	53.9	1.68	1.97	0.067	0.030

Table 2. Components of general loads applied to the spot weld

e [mm]	F_x [N]	F_y [N]	F_z [N]	M_x [Nmm]	M_y [Nmm]	M_z [Nmm]
0	-100	0.00	-0.71	0.00	67.9	-0.04
5	-100	-3.11	-0.71	-3.29	67.9	204
10	-100	-6.14	-0.71	-6.54	67.8	417
11	-100	-6.84	-0.71	-7.23	67.7	450
12	-100	-7.46	-0.71	-7.88	67.7	491
15	-100	-9.32	-0.71	-9.84	67.6	615
20	-100	-12.4	-0.71	-13.06	67.3	822
25	-100	-15.4	-0.70	-16.22	66.9	1033
30	-100	-18.5	-0.70	-19.23	66.4	1245

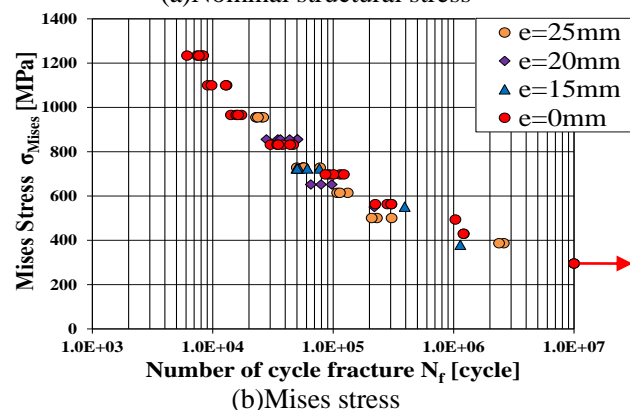
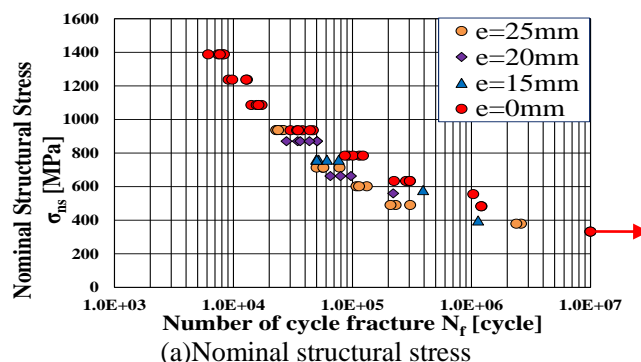


Figure 5 S-N curves rearranged using nominal structural stress and Mises stress

