

K5-64

ねじりを受けるスポット溶接継手の疲労強度に及ぼす板厚の影響 Effect of Sheet thickness on Fatigue Strength of Spot-Welded Joint under Torsion

○中社賢二¹, 田中峻介¹, 鷺尾将輝², 加藤大志朗², 富岡昇³, 岡部顕史³

Kenji Chusha, Shunsuke Tanaka, Masaki Washio, Daijiro Katou, Noboru Tomioka, Akifumi Okabe

In this paper, the influence of plate thickness on fatigue strength of spot welded joints subjected to torsion was investigated. A sensitivity analysis for the torsional shear joints gave a quantitative variation of nugget diameter and sheet thickness on fatigue strength of the joint with $5\sqrt{t}$ nugget diameter. In addition, we have attempted to validate the results of sensitivity analysis by conducting fatigue testing. Fracture mode is the shear fracture in $t \geq 0.188d$ depending on the sheet thickness t and the diameter d of a nugget.

1. 緒言

スポット溶接継手の疲労強度に及ぼす板厚の影響を調べる際に、ナゲット径は一般的に板厚の平方根の 5 倍を目標として溶接されるため、板厚と共にナゲット径も変わっている。

島谷¹⁾は、引張せん断継手について、感度解析と疲労試験を行い、疲労寿命に対する板厚の影響を明らかにした。この板厚の影響はスポット溶接部に作用する荷重成分によって異なる。

本研究では、溶接部に主にねじりが作用するせん断ねじり継手について感度解析を行い、スポット溶接継手の疲労強度に対する板厚による変動量からナゲット径成分を分離し、両者の変動量を明らかにした。さらに、疲労試験を実施し、感度解析結果の検証を行った。

2. 溶接条件および実験結果

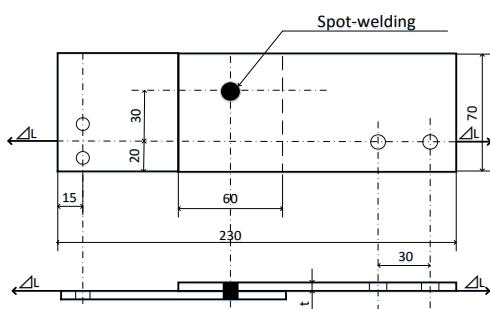


Fig.1 Spot-welded joints under torsional shear for fatigue testing

図 1 は疲労試験に用いたスポット溶接継手の模式図である。供試材料は冷間圧延鋼板 SPCE で、板厚 $t=0.8, 1.0, 1.2\text{mm}$ である。スポット溶

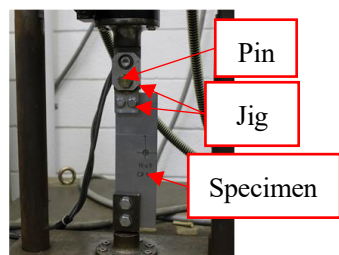


Fig.2 Jig used for fatigue testing

接には、先端直径が $d=4, 6, 8\text{mm}$ の C 型電極を使用し、ナゲット径を変化させた。疲労試験は荷重制御で行い、片振りとした。

図 2 は治具に試験片を装着した図である。上端の治具は、試験片が自由に回転出来るようになっており、締め付ける力によってねじり作用に与える影響を抑える仕組みになっている。

図 3 は荷重範囲と破断繰返し数の関係を示した図である。破断の形態を観察した結果、ナゲットの周囲で破断しナゲットが完全に抜けるプラグ破断、接合面でナゲットが破断するシャー破断、両者の混在する部分プラグ破断が見られた。これらの破断の様子を図 4 に、各条件の破断形態を表 1 に示す。

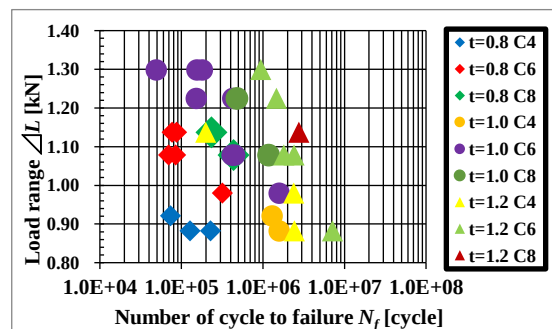


Fig.3 Load range-number of cycle to failure

Table.1 Fatigue fracture mode

		Nugget diameter d [mm]			
		4.0	6.0	8.0	
t [mm]	0.8	△	●	●	● : Plug
	1.0	■	●	●	△ : Partly Plug
	1.2	■	△	●	■ : Shear



(a) Plug fracture (b) Partly plug fracture (c) Shear fracture

Fig.4 Shapes of fatigue fracture in and around the nugget

3. 破壊形態の推定

スポット溶接継手の板厚とナゲット径の間に式(1)を満足する関係が存在するとき、疲労破壊はシャー破断となること、安池ら³⁾の研究によって明らかになっている。この関係を図示すると図 5 となり、ねじりを受けるスポット溶接継手の疲労破壊モードは式(1)によって判別できる。

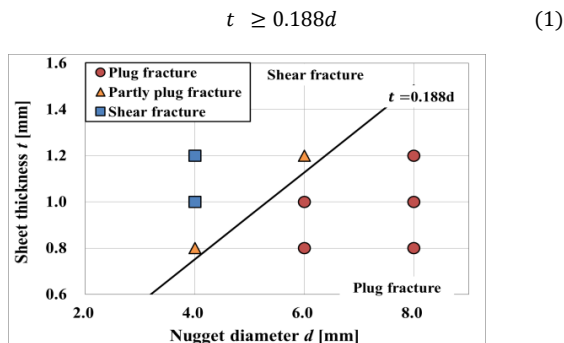


Fig.5 Distinction of fracture mode

4. 公称構造応力に対する板厚の感度解析

ナゲット径 $d = 5\sqrt{t}$ としたときの板厚による公称構造応力の変動量のうち、板厚変動成分とナゲット径変動成分の割合はそれぞれ、

$$\frac{S_t}{S_t + 0.5S_d}, \quad \frac{0.5S_d}{S_t + 0.5S_d} \quad (2)$$

で与えられる。ここで、 S_t 、 S_d はそれぞれ板厚感度、ナゲット径感度であり、 $S_t + 0.5S_d$ はナゲット径 $d = 5\sqrt{t}$ としたときの板厚感度である。この計算結果を表 1 に示す。ここで、 σ_{ns} の変動量のうち 52.9% が板厚変化に起因し、47.1% はナゲット径の変化によるものである。

Table.2 Sensitivity of each Sheet thickness and Diameter of nugget

t [mm]	d [mm]	S_t [-]	S_d [-]	$S_t + 0.5S_d$ [-]	$S_t / (S_t + 0.5S_d)$ [%]	$0.5S_d / (S_t + 0.5S_d)$ [%]
0.8	4.0	-1.00	-2.06	-2.03	49.2	50.8
	6.0	-1.01	-1.65	-1.84	55.0	45.0
	8.0	-1.00	-1.53	-1.76	56.7	43.3
1.0	4.0	-0.92	-2.07	-1.95	47.1	52.9
	6.0	-1.02	-1.64	-1.84	55.4	44.6
	8.0	-1.00	-1.57	-1.79	56.0	44.0
1.2	4.0	-0.95	-2.07	-1.99	47.8	52.2
	6.0	-1.03	-1.65	-1.85	55.6	44.4
	8.0	-0.91	-1.58	-1.70	53.5	46.5
Average		-0.98	-1.76	-1.86	52.9	47.1

5. 疲労強度の板厚・ナゲット径効果

図 6 は疲労試験データを公称構造応力で整理したもので、板厚、ナゲット径によらず統一的に整理されている。ここでは、回帰曲線を得る関係上、破断繰り返し数が 200 万回以下のデータを用いた。プラグ破断の疲労試験データは公称構造応力で評価できるので、こ

れらのデータを用いて引張せん断継手の場合¹⁾と同様に、疲労試験データから 10 万回の時間強度の板厚効果とナゲット径効果を求めると、それぞれ 52.2%、47.8% となり、表 2 の理論値に近い値となる。

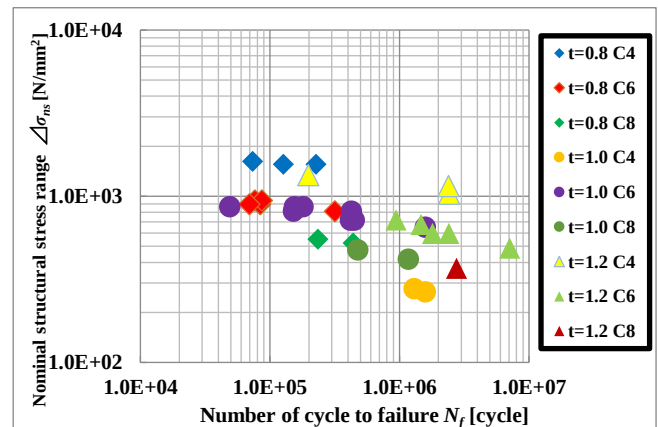


Fig.6 Nominal structural stress-Number of cycle to fracture

6. 結言

ねじりを受けるスポット溶接継手について、感度解析を行い、疲労強度に対する板厚およびナゲット径の変動量を明らかにした。さらに、疲労試験により感度解析結果を検証した。

- (1) 感度解析により、ねじり疲労強度の変動量のうち 52.9% が板厚変化に起因し、47.1% はナゲット径の変化によるものである。これらに相応する実験値はそれぞれ 52.2%、47.8% となり、理論値に近い値となった。
- (2) ねじりを受けるスポット溶接継手の疲労破壊モードは板厚とナゲット径の組み合わせにより、プラグ破断、シャー破断、部分プラグ破断の 3 つの破壊モードとなる。

7. 参考文献

- 1) 島谷, 斉藤, 三田, ねじりを受けるスポット溶接継手の疲労強度に及ぼす板厚の影響, 日本大学理工学部機械工学科論文集, (2013)
- 2) 富士本, 福井, 岡村, 宮原, 中山, 高張力鋼板スポット溶接継手の強度と破断形態の検討, 住友金属工業株式会社論文集
- 3) 安池, 松原, ねじりを受けるスポット溶接継手の疲労強度に及ぼす板厚の影響, 日本大学理工学部機械工学科論文集, (2015)