

K5-43

引張せん断を受けるスポット溶接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 Tensile Shear

○佐野太彦¹, 三浦俊介¹, 東田晋平², 富岡昇³, 岡部顕史³
Takahiko Sano¹, Syunsuke Miura¹, Shinpei Touda², Noboru Tomioka³, Akifumi Okabe³

Abstract: In this paper, the influence of sheet thickness to the fatigue strength of the spot-welded joints under tensile shear is investigated. Since a standard spot welding condition sets target of diameter of nugget to $5\sqrt{t}$, the effect of nugget size on fatigue strength was included into the S-N curves of spot-welded joints with various sheet thickness. In this study, the spot welding condition was adjusted so that the size of a nugget of each sheet thickness is the same. The fatigue tests for these specimens were conducted and the effect of nugget size and sheet thickness on the fatigue strength was cleared.

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。板厚やナゲット径など幾何学的寸法のばらつきに対してロバストなスポット溶接構造を設計するには、疲労強度に及ぼすばらつき要因の影響を明らかにすることが求められる。

引張せん断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を実験的に調べた論文¹⁾は多く見られる。ナゲット径は一般に板厚の平方根の5倍を目標として溶接されるため、これらの実験で使われている試験片は板厚と共にナゲット径も変わっている。これらの疲労試験結果にはナゲット径の影響も含まれ、純粋に板厚のみの影響を見ていることにはなっていない。

本研究では、各種板厚の引張せん断試験片をナゲット径が一定となるように溶接して作成し、これらの疲労試験を実施し、ナゲット径も変えた通常の試験片による結果と比較し、疲労強度に及ぼす板厚の影響を調べたので、その結果を報告する。

2. 実験

2.1. 試験片及び溶接条件

図1は疲労試験に用いた引張せん断継手の模式図である。供試材料は冷延圧延鋼板 *SPCE* で、板厚は 1.0 mm, 1.2 mm, 1.6 mm の 3 種類である。

スポット溶接では *R* 型電極を使用した。軟鋼板のスポット溶接の標準条件²⁾を基準とし、溶接電流は引張せん断強度が最大となるチリ発生直前の値とした。この条件では板厚ごとにナゲット径が異なる。板厚 1.2 mm と 1.6 mm のナゲット径を板厚 1.0 mm と合わせるために、溶接電流を調整した。この条件によるナゲット径を図2に示す。目標とするナゲット径が生成されている。

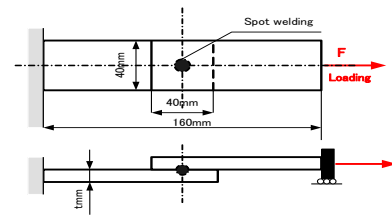


Fig.1 The spot welded joints for tensile shear fatigue test

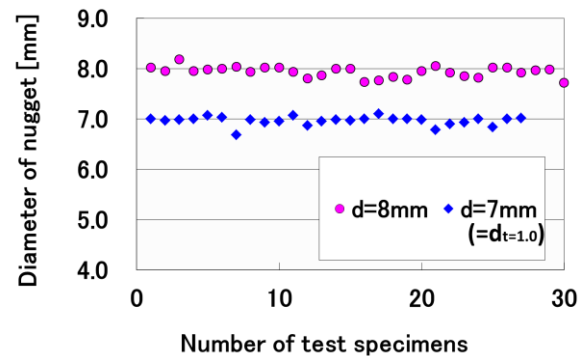


Fig.2 Diameter of nugget made by spot welding under each welding conditions ($t=1.6$ mm)

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。

3. 疲労試験結果

図3は板厚 1.2 mm の試験片の荷重-破断寿命線図である。ナゲット径 $d=7.0$ mm と 7.3 mm では約 4.3% の差であるが、これらの疲労寿命はほぼ等しく、両者に有意差は見られない。図4は板厚 1.6 mm の疲労試験結果である。 $d=7.0$ mm と 8.0 mm の疲労寿命は、高荷重側では有意差が見られるが、低荷重側では両者の疲労寿命はほぼ等しい。ナゲット径の変化は 14.3% である。

4. 考察

図 5 のように板厚ごとに SN 線図の近似曲線を求め、 10^5 [cycle]を基準とした時間強度を求めると、表 1 のようになる。板厚 1.0 mm と 1.6 mm の時間強度比は、ナゲット径が一定のときは 1.57, 変化したときは 1.63 である。両者の差 0.06 がナゲット径の変化によるもの、1.57 が板厚増加によるものである。これは全時間強度の約 96.3% である。板厚を 1.0 mm から 1.6 mm へと変えたとき、その疲労強度の増加はほとんどが板剛性の増加によるものと考えることができる。特に、長寿命側ではナゲット径の変化による寿命の増加は見られない。

表 2 に、スポット溶接の疲労寿命パラメータである公称構造応力の値を示す。板厚 1.6 mm の場合、 $d=7.0$ mm と 8.0 mm の公称構造応力を板厚 1.0 mm との比をとると、それぞれ 0.625, 0.576 となり、両者の差は 7.8% で、板厚による公称構造応力の変化は 93.2% である。これらは上述の時間強度の関係と良い対応を示している。

スポット溶接の疲労寿命に対する板厚 t やナゲット径 d のばらつきは、公称構造応力の感度で定量的に推定することができる。引張せん断継手の板厚感度 S は、

$$\frac{d\sigma_{ns}}{\sigma_{ns}} = \left(\frac{1}{2} S_d + S_t \right) \frac{dt}{t} = S \frac{dt}{t}$$

となり、板厚による感度 S_t とナゲット径 S_d から構成されている。ナゲット径 d = 一定では、 $S = -1.07$, $d = 5\sqrt{t}$ では $S = -1.32$ となり、板厚が 10% 変化したとすると、両者の感度による公称構造応力の変化の割合の差は 2.5% であり、ナゲット径の変化は無視できる。これは上述の疲労試験と同様の結果である。

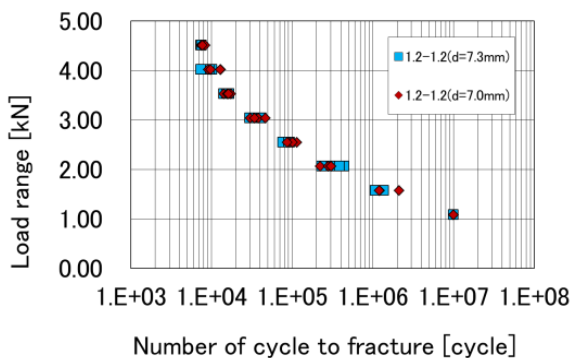


Fig.3 Load range-Number of cycle to fracture(t=1.2mm)

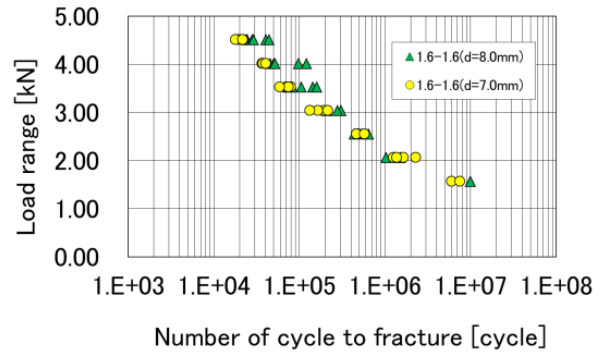


Fig.4 Load range-Number of cycle to fracture(t=1.6mm)

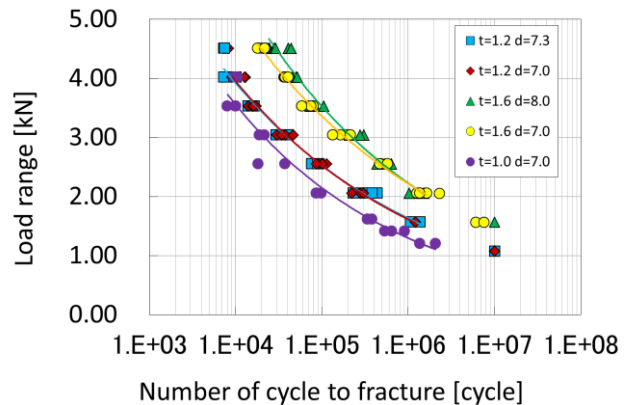


Fig.5 Number of cycle fracture and Load range for tensile shear fatigue test.

Table1 Fatigue strength at finite life 10^5 cycle

t[mm]	d=7[mm]		d=f(t)	
	Load range	L1.2, 1.6/L1.0	Load range	L1.2, 1.6/L1.0
1.0	2.15		2.15	
1.2	2.51	1.16	2.54	1.18
1.6	3.37	1.57	3.51	1.63

Table2 Nominal structural stress calculated for specimens used

t[mm]	d[mm]	NSS(N/mm ²)	d[mm]	NSS(N/mm ²)
1.0	7	32.3		
1.2	7.3	26.2	7	26.9
1.6	8	18.7	7	20.2

5. 結論

各種板厚の引張せん断試験片をナゲット径が一定となるように作成して疲労試験を実施し、疲労強度に及ぼす板厚の影響を調べた。板厚の増加に伴い、スポット溶接継手の疲労強度は増加するが、これはほとんど板厚剛性増加によるもので、ナゲット径の変化による影響は少ないことが分かった。

参考文献
省略