

スポット溶接継手の疲労強度に及ぼす打点位置の影響 Influence of spot position on fatigue strength of spot welded joints

○中川大輔¹, 宮崎信哉¹, 湯浅泰一¹, 田中大介², 富岡昇³, 岡部顕史³
*Daisuke Nakagawa¹, Shinya Miyazaki¹, Taichi Yuasa¹, Daisuke Tanaka², Noboru Tomioka³, Akifumi Okabe³

Abstract: In this paper, the influence of spot position on fatigue strength of two spot welded joints under tensile shear was investigated. The nominal structural stresses of the spot welded joints were calculated and the fatigue test of two spot welded specimen were conducted. The main results were as follows. The nominal structural stress of parallel two spot welded joints is smaller than one of joints with two spot welds arranged in series. The informations obtained were verified by the experimental results of fatigue test.

1. 緒言

薄板スポット溶接構造である自動車車体の製造過程において、スポット溶接は目標とする打点位置をはずれることがあり、これがスポット溶接部の耐久性に影響を与える。打点位置がばらついても安定した疲労強度を確保する車体構造を設計するにはスポット溶接の打点位置と疲労強度の関係を明らかにすることが求められる。

本研究では、2点スポット溶接した引張せん断継手について、疲労強度評価パラメータである公称構造応力を算出し、打点位置との関係を調べ、さらに、疲労試験を実施し、打点位置が与える疲労強度への影響を検証した。

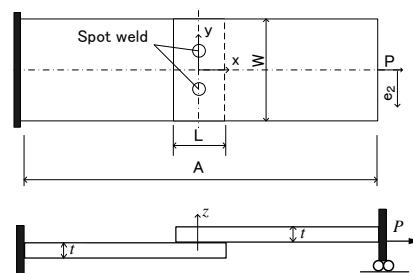
2. 公称構造応力とスポット溶接の打点位置

ナゲット端に発生する最大主応力である公称構造応力 (Nominal structural stress, NSS)はスポット溶接の疲労寿命を予測することが可能である。ここでは、スポット溶接の打点位置と公称構造応力の関係を調べる。

図1は解析対象とした2点スポット溶接した引張せん断継手 (TS) である。継手の幅方向 (負荷に直交する方向) に対称な位置に2点スポット溶接した継手と長さ方向 (負荷方向) に2点スポット溶接した継手の2種類である。これらをそれぞれ並列継手 (Parallel), 直列継手 (Series) と呼ぶことにする。

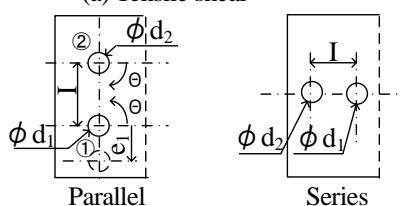
表1は、ナゲット径を7mm一定とし、2点スポット溶接の間隔Iを変えて、公称構造応力算出法を用いて計算した結果である。なお直列継手のNSSは2つのナゲットのうち、疲労強度に影響を与える値の大きい方を記載した。

- (1) 表1より並列と直列を比較すると、直列の方が並列に比べ公称構造応力が高い。このことから、疲労強度は直列継手の方が低いと考えられる。
- (2) 並列継手の場合、スポット間隔Iによって、公称構造応力の位置 θ が変化する。この位置は疲労試験で発生したき裂の位置と良い対応を示している (図2)。
- (3) 並列継手では、スポット間隔により公称構造応力の値は変わる。I=40で一番低く、I=20やI=60では10%程度高くなる。ナゲットに作用する荷重成分を表2に示す。表2より、I=20, 60はI=40に比べ、ねじりモーメントMzが増加しており、これにより公称構造応力は高くなったと考えられる。



W=80mm, L=40mm, A=160mm

(a) Tensile shear



(b) Position of spot-welds

Fig.1 Two spot-welded joints under tensile shear

Table1 Nominal structural stress of parallel and series joints

	t[mm]	l[mm]	θ [°]	NSS[N/mm ²]
Parallel	1.0	40	0	15.9
	1.0	20	-10	17.0
	1.0	60	15	17.4
Series	1.0	20	0	20.1
	1.0	24	0	19.2
	1.0	30	0	19.0
Parallel	1.2	40	0	13.3
	1.2	20	-10	14.1
	1.2	60	15	14.5
Series	1.2	20	0	16.7
	1.2	24	0	16.0
	1.2	30	0	15.7

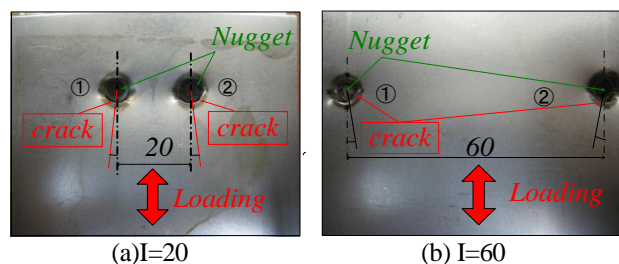


Fig.2 Position of crack grew during fatigue testing

(4) 直列継手の場合, I が変化しても荷重成分はほぼ一定で, 公称構造応力への影響が少ない.
ナゲット径や打点位置のばらつきの影響を調べたのが表 3 である.

- (1) 表 3 より 7 mm のナゲット径を 1mm (14.3%) 減少させると, 並列, 直列共に公称構造応力が約 10% 増加する.
- (2) 並列の場合, 打点位置が非対称になると公称構造応力が増加する.
- (3) 荷重 P の作用点が板幅中心からずれて偏心荷重となると, 公称構造応力は並列の方が直列に比べ, 影響を受けやすい.

3. 実験結果

図 1 のような等厚引張せん断継手を作成した. 供試材料は, 冷間圧延鋼板 SPCE で, 板厚は 1.0 と 1.2 mm である. スポット溶接条件を表 1 に示す. 板厚の変化のみによる疲労寿命への影響を調べるため, 板厚が 1.0mm と 1.2mm でナゲット径が等しくなるように溶接条件を設定した.

疲労き裂が外表面に現れたとき裂がスポット溶接の圧痕径程度に成長した時点疲労寿命とした.

図 3 は並列継手の疲労試験結果, 図 4 はスポット間隔 I=20mm のときの並列と直列継手の疲労試験結果である.

- (1) 並列継手では, 公称構造応力に関して前章(3)の結果が得られたが, 疲労寿命はスポット間距離による有意差が見られない.
- (2) 直列継手の疲労寿命は並列継手とほぼ等しい. これは公称構造応力の計算結果と整合性が取れない. 並列継手では荷重の作用点のずれの影響を受けやすいため, 実験において荷重が偏心し, 並列継手の疲労寿命が低下したと考えられる. 偏心により公称構造応力が 10% 変化したとし, これを考慮して並列継手の疲労データを再整理したものを図 4 に実線で示す. 並列継手の疲労寿命は直列に比べ長くなる.

4. 結論

2 点スポット溶接した引張せん断継手の公称構造応力を算出し, また, 疲労試験を実施し, 次の結果を得た.

- (1) 並列継手と直列継手を比較すると, 直列の方が並列に比べ公称構造応力が高い.
- (2) 並列継手では, スポット間隔により公称構造応力の値は 10% 程度変わるが, 直列継手ではほぼ一定である.
- (3) これらの知見は疲労試験で検証できた.

5. 参考文献

[1] D.H.Orts, 「Fatigue Strength of Spot Welded joints in a HSLA Steel」, SAE810355, 1981

Table2 General loads acting on the nugget (Fy=Fz=0)

	Parallel			Series		
	I=40	I=20	I=60	I=20	I=24	I=30
Fx[N]	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.7
Mx[Nmm]	2.6	0.6	4.4	0.0	0.0	0.0
My[Nmm]	25.0	25.0	25.0	38.8	38.9	39.5
Mz[Nmm]	12.4	33.5	-22.0	0.0	0.0	0.0
Fx[N]	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.7
Mx[Nmm]	3.1	0.7	5.3	0.0	0.0	0.0
My[Nmm]	30.0	30.0	30.0	46.5	46.6	47.3
Mz[Nmm]	11.2	30.2	-20.0	0.0	0.0	0.0

Table3 Influence of scatter factors on NSS

		d ₁	d ₂	e ₁	I	e ₂	NSS(d ₁)	NSS(d ₂)
		[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[N/mm ²]	[N/mm ²]
Change of the nugget diameter	Parallel	7	7	0	20	0	17.0	17.0
		6	6	0	20	0	18.6	18.6
		6	7	0	20	0	18.4	17.1
	Series	7	7	0	20	0	8.6	20.1
		6	6	0	20	0	10.0	22.0
		7	6	0	20	0	9.0	21.6
Asymmetry	Parallel	7	7	0	20	0	17.0	17.0
		7	7	3	23	0	15.7	17.6
		7	7	5	25	0	15.0	18.0
Eccentric load	Parallel	7	7	0	20	0	17.0	17.0
		7	7	0	20	5	20.5	13.8
		7	7	0	20	10	24.0	10.9
	Series	7	7	0	20	0	8.7	20.1
		7	7	0	20	5	10.3	20.3
		7	7	0	20	10	13.8	20.9

Table4 Spot welding conditions

Thickness	[mm]	1.0	1.2
Electrode force	[KN]	2.3	3.0
Welding current	[KA]	9.1	9.8
Diameter of nugget	[mm]	7.0	7.0

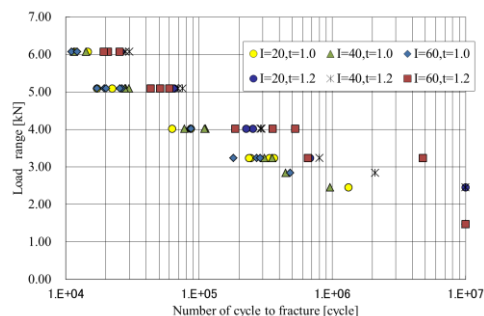


Fig.3 Number of cycle to fracture-Load range (Parallel)

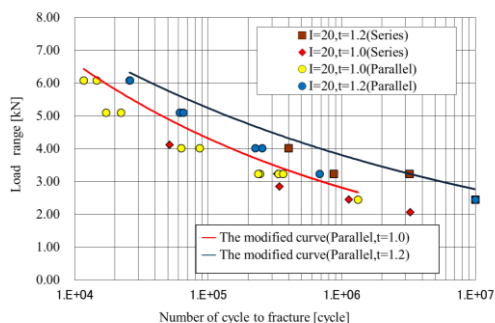


Fig.4 Relationships between parallel and series joints