K5-71

せん断ねじりを受けるスポット溶接継手の疲労強度に及ぼすばらつき因子の影響

Effect of Scatter factor on Fatigue Strength of Spot-Welded Joint under Shear Torsion

○倉内柊耶[1],木村謙太[1],比留間竜也[2],加藤大志朗[2],冨岡昇[3],岡部顕史[3]
*Shuya Kurauchi, Kenta Kimura, Tatsuya Hiruma, Daijiro Kato, Noboru Tomioka, Akifumi Okabe

In this study, the influence of scatter factors such as sheet thickness, nugget diameter and spot welding location of spot-welded joints on the fatigue strength was investigated. Spot-welded joints under shear torsion loading were used as fatigue testing specimens. The degree of influence of the scatter factor on the fatigue strength was expressed by sensitivity. Separating into sensitivity for each general load component, the sensitivity of the shear torsion joints is mainly due to bending and the influence of torsion is small. The theoretical and experimental values of the sensitivity of the shear torsion joints were in good agreement.

１．緒言

スポット溶接は自動車車体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．

栗原(1)は引張せん断継手のばらつき指標である感度の理論解の正当性を実験的に裏付けている．しかし，曲げ，はく離，ねじりが主として作用するスポット溶接継手の感度については，実験的裏づけが十分になされていない．

本研究では，せん断ねじり継手について感度解析を行い，板厚感度とナゲット径感度を求め，引張せん断継手の結果と比較した．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．実験方法

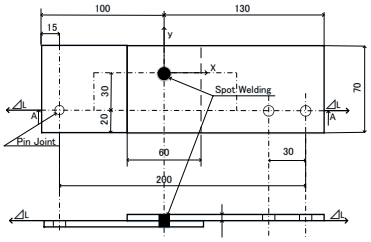


Figure 1. Spot-welded joints under shear torsion for fatigue testing

図 1 に示すように，荷重線より 30mm 離れた位置にスポット溶接し，ナゲットに大きなねじりモーメントが作用する継手を作成した. 材料は冷間圧延鋼板 SPCE で，板厚は t=0.8，1.0，1.2mm，溶接には先端直径 d=4，6，8mm の 3 種類の C 型電極を使用した. 疲労試験は荷重制御，片振り（荷重比 R=0.02）で実施した．

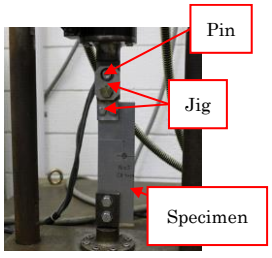


Figure 2. Test specimen attached to fatigue testing

試験片は図 2 のような治具を介して試験機に装着した．上端にある治具は，試験片がその面に垂直な軸周りに自由に回転出来るようになっている．

３．実験結果

図 3 に疲労試験結果を示す．板厚とナゲット径が大きくなるにつれ疲労寿命も増加することから，板厚及びナゲット径が破断回数に大きく依存していることが分かる．

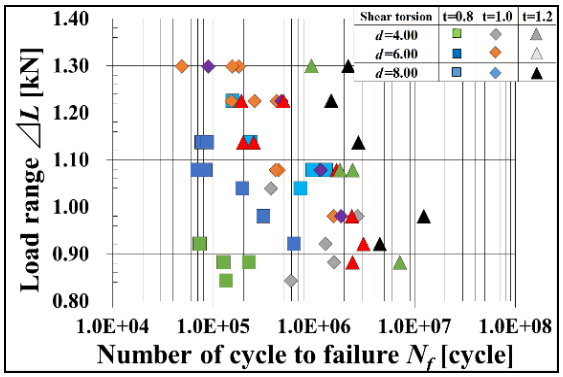


Figure 3. Load range-number of cycle to failure

4．せん断ねじり継手の感度解析

せん断ねじり継手のナゲット径 d を変化させ，公称構造応力算出法を用いて公称構造応力 σ_{ns} の値を計算し，式(1)のナゲット径の感度 S_d と板厚の感度 S_t を求めた．その結果を表 1 に示す．

板厚感度は板厚に依らずほぼ一定値となり，その平均値は S_t= -1.04 である．ナゲット径の感度の平均値は S_d= -0.631 である．表 1 に示すせん断ねじり継手の感度解析結果は，ナゲットに作用する分担荷重のうちねじりモーメントが他の成分に比較してかなり大きいのにもかかわらず, 引張せん断継手の結果(2)(3)とほぼ同じとなった．ナゲット径感度はせん断ねじりでは 2 倍の差があるので，引張せん断継手とは異なると予想したがそれに反する結果となった．

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

$$\frac{d\sigma_{ns}}{\sigma_{ns}} = S_t \frac{dt}{t} \qquad \frac{d\sigma_{ns}}{\sigma_{ns}} = S_d \frac{dd}{d} \tag{1}$$

Table 1. Sensitivity S_t and S_d of shear torsion

t[mm]	d[mm]	St	Sd	St+0.5Sd	St/(St+0.5Sd)	Sd/(St+0.5Sd)
0.8	5	-1.01	-0.627	-1.32	76.3%	23.7%
0.8	6	-1.00	-0.677	-1.34	74.7%	25.3%
0.8	7	-0.99	-0.657	-1.32	75.1%	24.9%
1.0	5	-1.06	-0.618	-1.37	77.5%	22.5%
1.0	6	-1.06	-0.662	-1.39	76.1%	23.9%
1.0	7	-1.04	-0.634	-1.35	76.6%	23.4%
1.2	5	-1.04	-0.618	-1.35	77.1%	22.9%
1.2	6	-1.03	-0.648	-1.36	76.1%	23.9%
1.2	7	-1.03	-0.594	-1.32	77.6%	22.4%
1.4	5	-1.07	-0.616	-1.38	77.7%	22.3%
1.4	6	-1.07	-0.642	-1.39	76.9%	23.1%
1.4	7	-1.08	-0.583	-1.37	78.7%	21.3%
Average		-1.04	-0.631	-1.35	76.7%	23.3%

Table 2. Sheet thickness sensitivity S_t of each general loads

t [mm]	d [mm]	Shear		Torsion	Bending	Peeling
		$S_{tS}{}^{\sigma}$	$S_{tS}{}^{\tau}$	$S_{tT}{}^{\tau}$	$S_{tB}{}^{\sigma}$	$S_{tp}{}^{\sigma}$
0.8	6	-0.154	-0.037	-0.193	-0.522	-0.057
		16.0%	3.9%	20.1%	54.2%	5.9%
1.0	6	-0.173	-0.040	-0.208	-0.588	-0.066
		16.1%	3.7%	19.3%	54.7%	6.2%
1.2	6	-0.174	-0.038	-0.196	-0.588	-0.057
		16.5%	3.6%	18.7%	55.8%	5.4%
1.4	6	-0.161	-0.033	-0.167	-0.543	-0.015
		17.5%	3.6%	18.2%	59.1%	1.7%

Table 3. Nugget diameter sensitivity S_d of each general loads

t [mm]	d [mm]	Shear		Torsion	Bending	Peeling
		$S_{tS}{}^{\sigma}$	$S_{tS}{}^{\tau}$	$S_{tT}{}^{\tau}$	$S_{tB}{}^{\sigma}$	$S_{tp}{}^{\sigma}$
1.0	5	-0.142	-0.044	0.041	-0.453	-0.012
		23.2%	7.3%	-6.7%	74.3%	1.9%
1.0	6	-0.144	-0.049	0.016	-0.459	-0.014
		22.2%	7.5%	-2.5%	70.6%	2.2%
1.0	7	-0.127	-0.045	-0.037	-0.402	-0.016
		20.3%	7.2%	5.8%	64.1%	2.6%

その原因解明のため，分担荷重成分による主応力分離法を用いて分担荷重成分ごとに応力成分を計算し，感度を求めた．その結果を表 2 と表 3 に示す．ナゲットに作用するねじりモーメントが板厚感度とナゲット径感度に及ぼす影響は小さく曲げが支配的なので，せん断ねじり継手の感度はねじりモーメントがゼロとなる引張せん断継手の感度に近い値となったと考えられる．

5．感度解析結果の検証

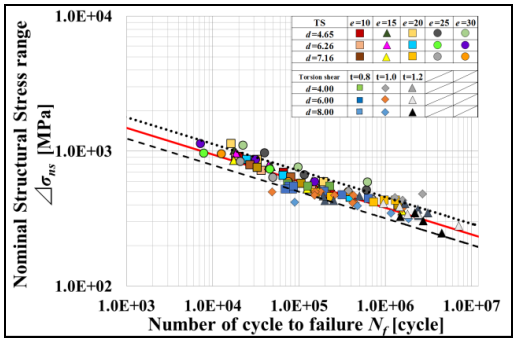
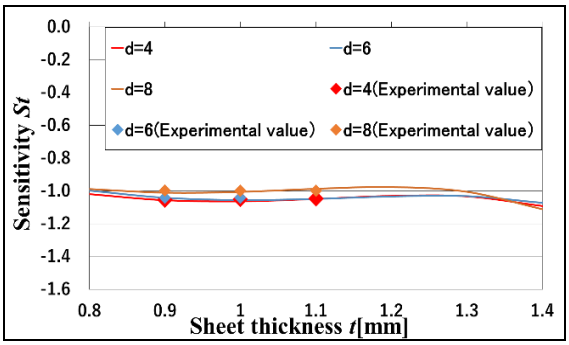
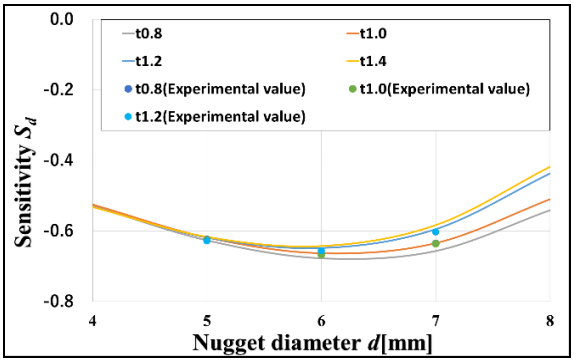


Figure 4. Nominal structural stress-Nunber of cycle to failure

図 4 はせん断ねじり継手の疲労試験結果を公称構造応力で整理したもので，引張せん断継手の結果も載せてある．継手形式，板厚，ナゲット径に寄らず統一的に整理されている．図 4 の回帰曲線から，各試験片の荷重疲労寿命線図の近似式を推定し，時間強度を求めて感度の実験値を算出した．図 5 に板厚感度とナゲット径感度の理論値と実験値を示す．両者はよく一致し，感度解析結果を検証することができた．



(a)S_t



(b)S_d

Figure5. Comparison between the theoretical and experimental values of sensitivity

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，ナゲット径の感度を求め，疲労試験により解析結果を検証した．

(1) せん断ねじり継手の板厚感度は板厚によらずほぼ一定で， その平均値は-1.04 である．また，ナゲット径感度はナゲット径 5~7mm の間では大きな変化は見られず，その平均値は-0.631 である．

(2) ナゲットに作用するねじりモーメントが板厚感度とナゲット径感度に及ぼす影響は小さく曲げが支配的であるため，せん断ねじり継手の感度はねじりモーメントがゼロとなる引張せん断継手の感度に近い値となった．

参考文献　省略