

埼玉大学 学生員 飯束義夫
 埼玉大学 正員 田島二郎
 日本橋梁(株) 正員 津崎俊吾

1. まえがき

本研究は、溶接継手の基本的な継手形式のひとつである応力を伝達しないリブ十字前面すみ肉溶接継手の疲れ性状を明らかにするため、ビード形状の異なる両側および片側すみ肉溶接を有する継手の疲れ試験を行い、FEMと光弾性実験より求めた応力集中係数(SCF)との関係を検討したものである。

2. 疲れ試験

図-1に試験体の形状、寸法およびすみ肉溶接部の詳細を示す。片側すみ肉溶接継手は、箱断面部材端部の堅固のためのダイヤフラムの溶接などに生ずる形である。ビード形状はなめらかな凹形のものと、凸形になるものの2種類である。片側すみ肉溶接では、ルート部から疲れき裂の発生する可能性が高いので、異なるルート部形状を得る目的からルートギャップ $\delta=0$ と $\delta=2\text{mm}$ の2種類をそれぞれ作った。

止端部形状測定のため、全試験体についてシリコン材料を用いてモデリングを行った。止端部曲率半径 P 、フランク角 θ は、ビードに沿って15等分し、20倍の拡大鏡投影器を用いて測定した。図-2に測定した P 、 θ の分布を示す。これから、Cタイプは P が広く分布し、 θ も大きくなめらかであるのに対し、Dタイプは P が小さく、 θ もCタイプより小さいことがわかる。また、同様なことがA、Bタイプにも言える。

疲れ試験は動的能力50%のアムスラー型疲労試験機を用い、下限0.9%の片振引張を載荷速度400回/分で行った。疲れ試験結果を図-3に示す。止端形状のなめらかなAタイプおよびCタイプが高い強度を有していることがわかる。AタイプおよびBタイプはすべて溶接止端部、特に P 、 θ の小さい部分から発生したき裂により破断している。CタイプおよびD2タイプはすべてルート部より破断している。D0タイプは7本中4本が止端部から破断、3本がルート部から破断している。D2タイプでは8本中3本が止端部から破断、5本がルート部から破断している。両側すみ肉溶接継手の場合、疲れ強さに最も影響を与えているのは止端部形状であるが、片側すみ肉溶接継手の場合は止端部とルート部の局所的な応力集中の関連によるものである。

3. 応力集中の解析

すみ肉溶接の溶込みを考慮した場合の溶接部のFEMによる解析結果を表-1に示す。ここでは $P=1.0\text{mm}$ 、 $\theta=120^\circ, 135^\circ$ として計算を行ったが、 P 、 θ が減少すればSCFが増加することは明らかである。また、ルート部形状にかかわらず止端部のSCFはあまり変化のないことがわかる。

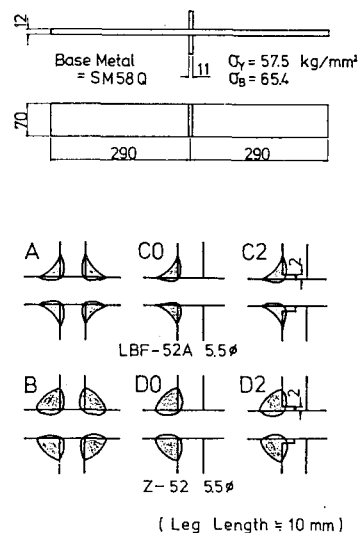


図-1 試験体の形状、寸法およびすみ肉溶接部詳細

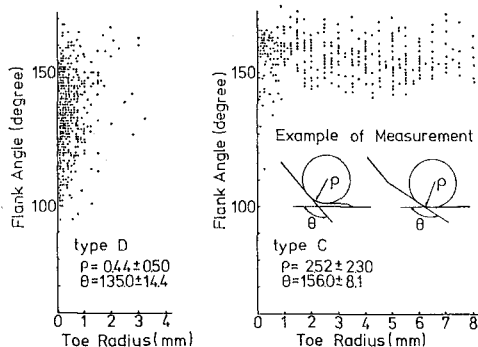


図-2 止端部の形状

両側すみ肉継手では、止端部の応力集中は大きい。ルート部は主として圧縮力が作用していることにより引張応力の応力集中は小さい。片側すみ肉継手では、止端部、ルート部とも同じような応力の流れにおおわれるが、止端とルートとの間隔が両側すみ肉の面止端間の間隔より小さいため、両側すみ肉継手の場合より止端部のSCFは低下する。ルート部の応力集中に関してはその形状が大きな影響を与えている。そのほか、溶込量が増加しても両側すみ肉継手の場合では止端部のSCFは変わらないが、ルート部のSCFは低下する。片側すみ肉継手の場合には、溶込みが大きいと計算上は、ルート部、止端部ともにSCFが大きくなった。

光弾性実験結果においてもFEM解析と定性的な一致をみることができた。両側すみ肉継手の場合、なめらかな止端部形状では $P=0.6\sim 1.0\text{mm}$ 、 $\theta=135^\circ$ で $SCF=2.1\sim 2.8$ が得られた。試験体の加工上こまかい凹凸のある場合には、 $P=0.1\sim 1.0\text{mm}$ 、 $\theta=130^\circ$ で $SCF=2.3\sim 3.4$ が得られた。片側すみ肉継手は $P=0.8\sim 2.0\text{mm}$ 、 $\theta=140^\circ$ で $SCF=1.4\sim 2.2$ が得られ、両側すみ肉継手より低かった。ルート部のSCFは、両側すみ肉継手ではほとんど一定で 1.07 (溶込量 ≈ 0)の値が得られ、片側すみ肉継手ではルート部曲率半径 $P_r=0.03\sim 0.5\text{mm}$ 、ルート角 $\theta_r=86\pm 12^\circ$ で $1.8\sim 2.2$ の値が得られ止端部のSCFとほぼ同程度であった。なお、止端部形状がなめらかでなく多くの凹凸がある場合には、応力集中の緩和が生じた。

P 、 θ の測定方法は、FEM解析および光弾性実験より次のような方法を用い、その一例は図-2に示してある。① 0.05mm 程度の凹凸は無視する。②溶接部に形状変化点があっても、止端部における P 、 θ を測定する。③止端部が全体的に凹に変化する場合、局所的でなく全体的な P を測定する。④ P を定め、接線方向にある直線の角度を θ とする。形状が複雑に変化する場合はその平均的な曲線とする。

4. あとがき

以上のことより次のようなことが言える。① P 、 θ の値の分布の違いに従って、AとBの疲れ強さに違いが出ている。②BとD0、D2ではほぼ同程度の疲れ強さが出ており、止端部とルート部との切欠係数は同程度となる。FEM解析結果の値はモデルと実形との違いにより、上記の関係はつかめなかった。光弾性実験結果では、止端部、ルート部ではほぼ同程度のSCFが得られた。応力集中はき裂発生寿命 N_f に関係しているため、今後その定量的な把握を行い、破断寿命 N_f 推定へのファクターとしてどのように取り入れたらよいの否を検討したい。

本研究の一部は文部省科学研究費によったものであることを付記する。

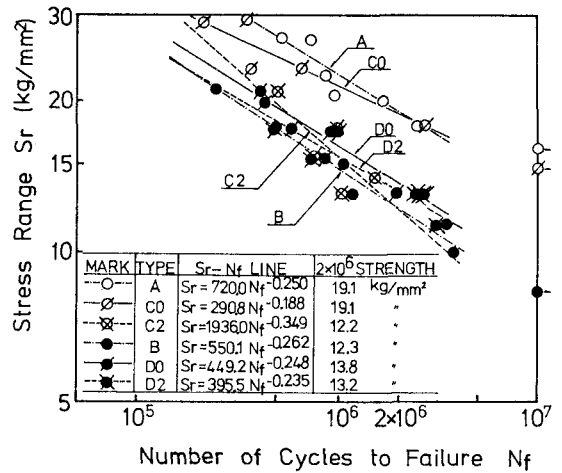


図-3 疲れ試験結果

表-1 FEMによる応力集中係数

Model	Flank Angle θ (degree)	Root Shape (mm)	Stress Concentration Factors	
			Toe	Root
	135	0.5	3.41	1.11
	120		3.77	1.11
	135	5	3.41	1.14
	120		3.77	1.20
	135	0.5	2.82	3.65
	120		2.89	3.68
	135	5	2.81	6.53
	120		2.91	6.54
	135	5 60	2.81	6.58
	120		2.91	6.56
	135	5 80	2.82	7.54
	120		2.91	7.66