

格田機械工業(株) 正会員 山本国雄 武蔵工業大学 正会員 西脇成夫
 武蔵工業大学 正会員 増田陳紀 武蔵工業大学 正会員 皆川 務

1. 緒言 溶接構造物が繰返し荷重を受ける場合、部材溶接部の疲労による亀裂の発生が問題となる。特に鋼管構造の継手形式として、割込みリブ十字継手を用いた場合には、継手自体の剛性は増大するが、鋼管と継手との溶接部で応力集中が起こり、疲労強度が低下するものと考えられる。本研究は、実際に採用されているものと同じ寸法形状の割込みリブ十字継手を有する鋼管構造を対象として片振り曲げ疲労試験を実施し、継手リブ先端溶接部における疲労性状を把握することを目的とする。

2. 実験概要 (1) 供試体 供試体の寸法形状を図-1に示す。実験は当初Type Iの形状について実施された。しかし、亀裂発生は、予想されたリブ先端からではなく、下面の鋼管と中央板との溶接部からであった。リブ先端溶接部における疲労性状の把握が本研究の目的であることから、継手形式をType IIの様に改造した。本論では、Type IIの形状について実施した実験の結果を報告する。

鋼管の材質はSTK41、リブ十字継手の材質はSS41である。供試体の作製は、手溶接を行った。リブと鋼管はすみ肉溶接で、脚長は、9mm等脚である。

(2) 疲労試験 荷重を供試体中央に取付けた載荷板に加えた。各供試体に加えた繰返し荷重の最大値および最小値を表-1に示す。疲労による亀裂は、溶接による不連続部における最大応力集中部から始まるのであるが、試験によってこの溶接部のごく局部的な応力を知る事は困難である。本試験では、亀裂が予想される溶接部のできるだけ近い場所を中心にひずみを測定することに努めた。下面リブ先端周辺のひずみは、動ひずみ計に接続したひずみゲージを用いて連続的に測定した。なお、データの処理には最大荷重時と最小荷重時のひずみの差(以後ひずみ幅と呼ぶ)を用いた。

3. 実験結果および考察 亀裂発生回数および発生箇所を表-2に示す。亀裂は肉眼で観察した。亀裂の発生および進展状況は、各供試体ともほぼ同様である。一例としてNo. 4の下面リブ先端(右側)に発生した亀裂の進展状況を図-2に示す。亀裂は溶接のルート部より発生し板厚方向外側に進展するもの(同図において実線の亀裂)と、溶接止端部より発生し板厚方向内側に進展するもの(同図において破線の亀裂)が観察された。試験終了後、各供試体の亀裂発生部分を切り出し、疲労破面の観察を行った。巨視的に見た破面を写真-1, 2に示す。

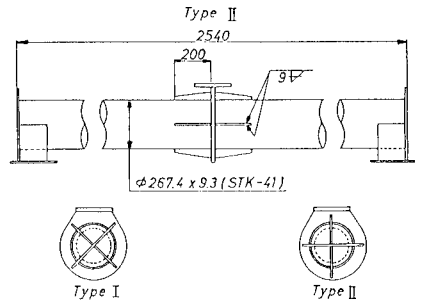


図-1 供試体寸法形状

表-1 最大 最小荷重

Type	NO	最大応力 (kg/mm ²)	最小応力 (kg/mm ²)	σ_{min} Ormax	最大片重 (ton)	最小片重 (ton)
I	1	15.0	1.5	0.1	18.96	1.90
	2	11.0	1.1	0.1	13.90	1.40
II	3	15.0	1.5	0.1	18.96	1.90
	4	8.0	0.8	0.1	10.11	1.01
	5	6.3	0.6	0.1	8.01	0.80

* 応力とは、供試体を一樣断面の供試体とし、応力集中率を考慮して求めた値である。

表-2 亀裂発生箇所と回数

NO	発生回数(S)	亀裂発生箇所
1	1.8	中央板と鋼管との溶接部(左側)
2	8.6	中央板と鋼管との溶接部(右側)
3	0.86	下面リブ先端との溶接部(左側)
4	1.3	下面リブ先端の溶接部* (左側)
	15.4	下面リブ先端の溶接部 (左側)
	2.7	下面リブ先端の溶接部* (左側)
	3.1	上面リブ先端の溶接部* (右側)
5	3.4	下面リブ先端の溶接部 (左側)
	0.79	下面リブ先端の溶接部* (両側)
	26.5	上面リブ先端の溶接部* (左側)
	3.8	上面リブ先端の溶接部 (右側)
	4.3	中央板と鋼管との溶接部(左側)

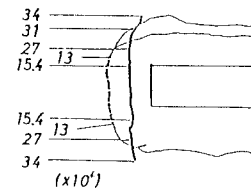


図-2 亀裂進展状況

実験より得られたS-N線図を図-3に示す。ここで、繰返し数Nは溶接ルート部より発生した亀裂が貫通して表面に達した時の繰返し数であり、応力σはリブ先端での応力集中を無視した公称応力範囲および突刺とみたひずみ幅より求めた応力範囲の2通りを示した。供試体が3体であったことは、必ずしも性状の把握に十分とは言えないが、応力と繰返し数は片対数でほぼ直線となった。図-4(a)および図-4(b)は、それぞれNo.3, No.4の下面リブ先端のひずみ幅と繰返し数との関係を示してあり、亀裂発生によって急激に変化するのではなく徐々に減少するのがわかる。次にサイクル目と亀裂発生後の管軸方向ひずみの同方向分布を図-5に示す。リブ先端の応力集中によるひずみ幅の増大は、供試体を一樣な断面として考え、単純梁として算出した計算値の1.6~2.2倍になった。図-6は、下面リブ周辺の亀裂発生による応力分布の変化を示したものである。リブ側面溶接部における管周方向の応力は、圧縮応力から引張応力に変化した。また、リブ先端から管周方向に15mm以内はなれた位置では、管軸方向の主応力はほとんど減少せず、No.5では僅かだが増加するという結果を得た。これは亀裂発生により応力の再配分が起こり、リブ先端にかかると応力が減少し、リブ先端周辺部がその応力を受け持つためであると思われる。また、主応力のほかく方向は、亀裂発生によって同図のように顕著に変化した。

4. 結言 本研究で明らかになった事項を以下に挙げる。

- (1) 亀裂には、管内側の溶接ルート部から発生するものと、管表面溶接止端部から発生するものがある。(2) 図-3に示すS-N線図を得た。(3) 亀裂の発生および進展によって応力の再配分が起こり、リブ先端近傍の応力分布は図-6のように変化する。
- なお、F.E.M.によるリブ先端の弾塑性解析の結果については当日報告する。

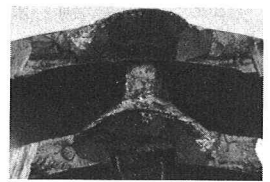


写真-1. ルート部からの亀裂 (下面リブ先端)

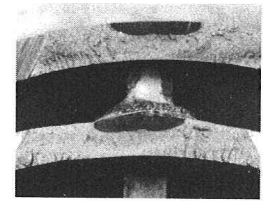


写真-2. 止端部からの亀裂 (上面リブ先端)

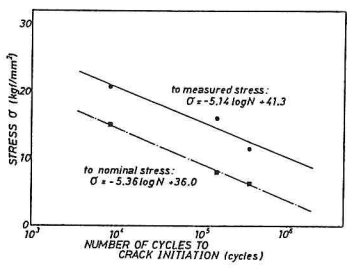


図-3. S-N線図

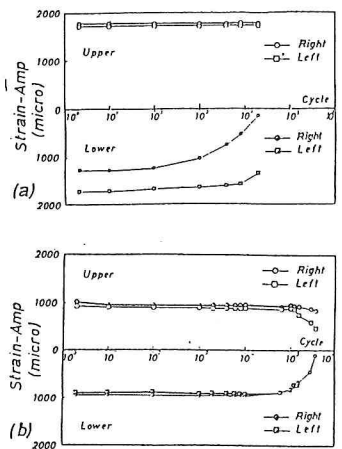


図-4. リブ先端 歪幅-回数 の関係

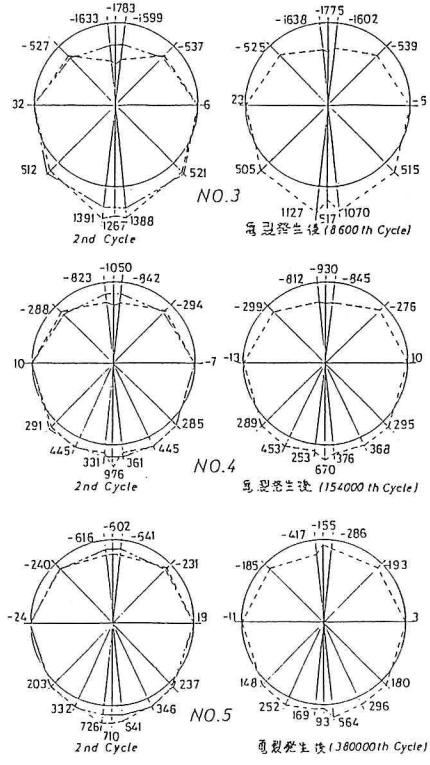


図-5. 歪分布図 (円内は圧縮歪、円外は引張歪)。破線は測定値、2点鎖線は計算値を示す。

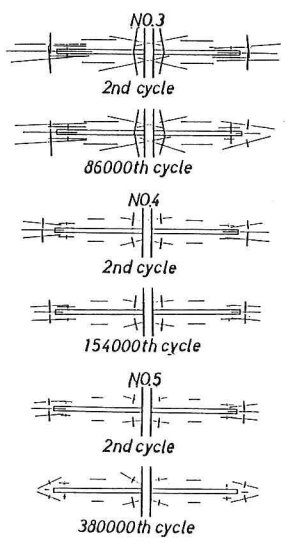


図-6. 亀裂発生による応力分布の変化