

大阪大学工学部 正員 ○ 前田幸雄
 川崎製鉄土木研究室 正員 石渡正夫
 駒井鉦工設計部 正員 今村能久

1. 目的 薄肉プレートガーダーが繰返し曲げをうける場合に、圧縮域のウェブ周辺にウェブの二次的曲外曲げによつて特有の構造疲労きれつが発生伝播することが最近の研究によつて明かにされてきたが、更にウェブと圧縮フランジとを連結するすみ肉溶接部の疲労きれつ発生と伝播の機構を調べるによつて、材料疲労と構造疲労の相関を明かにする必要が強調されてきた。しかし、いわゆるT型すみ肉溶接継手の曲げ疲労強度の実験資料が極めて乏しいことから、一つの試みとして大型試験機のパネルをモデル化した試験体を用いて、フランジとウェブすみ肉溶接継手の止端に生ずる疲労きれつ発生と伝播に関する曲げ疲労実験を行なった。

表-1 試験体の寸法 鋼材

(1) T-section test specimens

	Dimensions(mm)	A-1,3	B-1,3	C-1,2,3	D-1,2
Flange	32×400×350	SS-41	SM-50A	SM-58	HT-80
Web	10×400×500	SS-41			
Bar	φ40×400	SS-41			
Leg length		9 mm			

(2) I-section test specimens

	Dimensions(mm)	A-4	B-4	C-4	D-4
A-Flange	32×400×200	SS-41	SM-50A	SM-58	HT-80
Web	10×400×500	SS-41			
B-Flange	32×400×150	SS-41	SM-50A	SM-58	HT-80
Leg length		6 mm	9 mm	9 mm	15 mm

2. 実験の概要 (1)試験体:表-1と図-1に示したT型断面9体, I型断面4体のウェブにSS41, フランジにSS41, SM50A, SM58, HT80を用い、この時のウェブ材の降伏点、引張強さは夫々29.5, 45.1 kg/mm²であった。(2)試験装置と試験方法:4.5 t/30 tのローゼンハウゼン型疲労試験機を用いて、300回分の繰返し集中荷重を長手方向12cm中に作用させた。T型試験体では一辺固定、対辺単純支持、相対2辺自由支持、又I型試験体では一辺固定、対辺固定-可動支持、相対2辺自由支持である。T型とI型の載荷位置は各々固定辺から18と25 cmである。上限荷重は溶接止端に降伏応力と等しい荷重の1.05~1.36(T型断面)と0.9~1.13(I型断面)、下限荷重は試験機の制約から0.5~0.6トンとし、この上下荷重間の荷重振動中心として、溶接止端から1cm離れたウェブ板上の諸点のひずみ振幅の変化とウェブの各点のタワミ変化の測定を一定の荷重繰返し毎に行なった。(3)試験結果:

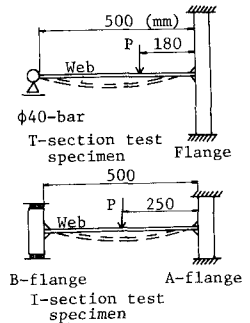


図-1 試験方法

表-2 試験結果

試験体	上限荷重	下限荷重	上部曲げモーメント(kg-cm)		疲労寿命 (10 ⁶ 回)
	Pmax(t)	Pmin(t)	Mmax	Mrange	
A-1	2.02	0.56	542	389	57.0
B-1	1.96	0.56	533	378	130.0
C-1	1.96	0.56	492	352	232.0
C-2	2.52	0.56	630	479	28.2
D-1	2.24	0.56	581	428	49.3
D-2	2.18	0.56	533	397	189.0
A-4	2.55	0.50	429	348	84.9
B-4	2.90	0.50	463	382	—
C-4	3.25	0.50	517	439	28.5
D-4	2.80	0.50	458	376	67.2
A-3	2.25	0.50	582	439	244.0
B-3	2.24	0.56	548	401	140.0
C-3	2.50	0.50	629	490	128.6

表-2に荷重と測定値から求めた止端位置の最大曲げモーメントMmaxと振幅Mrange, およびきれつ発生時の繰返し数を示してある。

3. 考察 (1)きれつの発生と伝播:きれつの発生と伝播の代表的な一例を試験体A-1について示すと図-2のようである。きれつは曲げモーメント最大となる板固定端で、ウェブの引張側で、且つ溶接線のほぼ中央附近の余盛止端に発生し、ウェブ両自由辺に向つて溶接線沿いに伝播すると共に、板の裏側であるウェブ圧縮側にも伝播した。(2)溶接止端の応力算定:きれつの発生予想位置であるすみ肉溶接余盛止端におけるひずみ測定が断面急変のため困難であるので、有限要素法による板の曲げによるひずみ計算値と、止端から1cm離れた位置におけるひずみ実測値の比較から、両者が極めて良好一致を示した(図-3)から、止端の曲げモーメント推定に十分な精度をもつて有限要素

法による計算値と実測値と併用できる。もし止端の計算曲げモーメントが降伏曲げモーメントと異なる場合には補正して弾塑性値を求めた。(図-4)

(3) きれつ伝播に伴う曲げモーメント分布の変化: 止端から1cm離れたゲージ位置で、きれつの発生伝播に伴って変化する曲げモーメント分布を測定した結果の一例を図-5に示してある。この例では95.4万回載荷時におけるモーメント分布の変化から、この時点で肉眼観察のできないきれつが発生していたと思われる。(4) 疲労強度: きれつ発生位置での応力が降伏応力に達するものがあるために、ひずみ振幅 ϵ_r ときれつ発生時の繰返し数 N で実験値を回歸分析を行った結果、

$$\log(N \times 10^{-3}) = 3.26 \log \epsilon_r + 12.80 \quad \text{が求められた。}$$

200万回疲労強度はひずみ振幅で814 μ 、応力振幅で18.2 kg/mm²と推定できる。

図-6は本試験結果とリーハイ大学の大型試験桁の結果と ϵ - N 線図で表わしたものである。又図-7の写眞は試験終了後切断した断面に観察されたきれつの伝播を示している。

4. 結論 (1) モデル試験体のあみ肉溶接止端の200万回曲げ疲労強度は応力振幅で18.2 kg/mm²、リーハイ大学の実験値は16.8 kg/mm²であり、全体的に本実験値が上回るが、リーハイ大学の試験ではウェブのタワミ測定値から差分法できれつ発生位置の応力と推定したのに対して、本実験ではひずみ測定値によるFEM解析によっている。測定値の精度から本実験値の方が精度が良いと思われる。(2) あみ肉膨長と変化した影響は明かではなかったが、仕上げによって約30%疲労強度を増おことができる。(3) 高張力鋼と普通鋼の溶接には強度の高い溶接棒を用いる必要はなく、

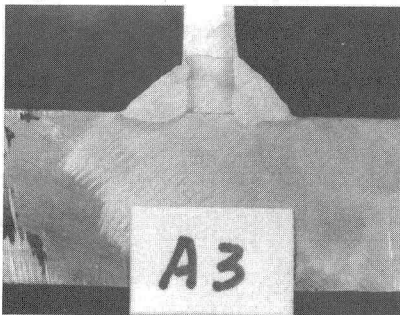


図-7 試験体A-3の断面きれつ

極低水素系でさえあればよい。(4) 板中の小さな試験体による材料疲労、きれつの二次元的伝播、ウェブのタワミと2次曲げ応力の相関が今後の問題である。

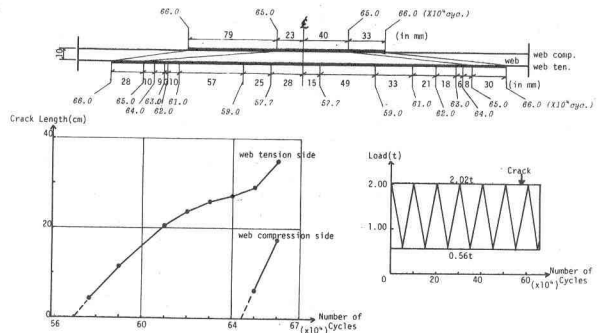


図-2 疲れきれつの伝播

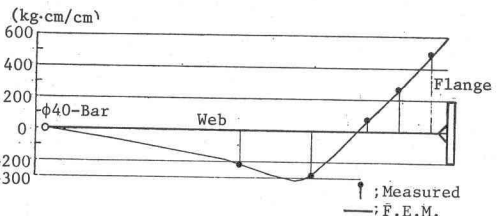


図-3 ウェブ中心線にそつた曲げモーメント分布(A-1)

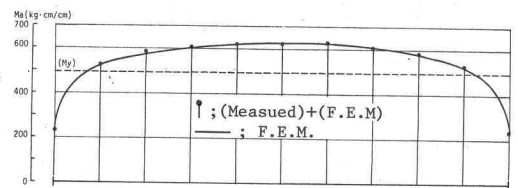


図-4 止端位置の曲げモーメント分布(C-2)

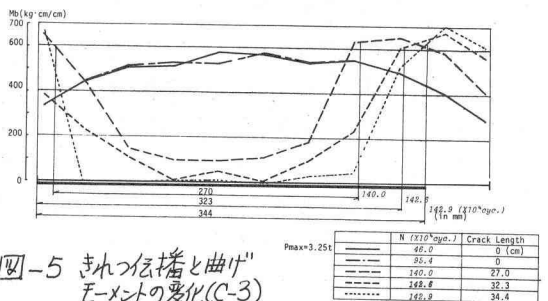


図-5 きれつ伝播と曲げモーメントの変化(C-3)

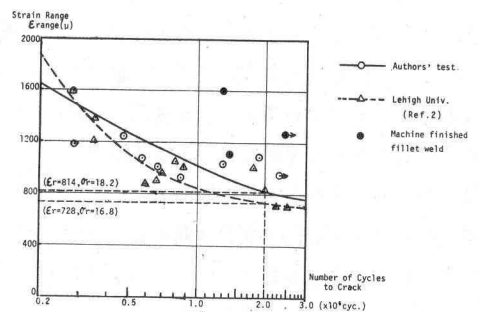


図-6 ひずみ振幅と繰返し数