

東京大学 工学部 正員 山口 啓
 西岡 隆
 埼玉大学 理工学部 奥村 敏恵

1 はじめに 現実の土木構造物には、定振幅荷重の他に不測で過大な繰返し荷重が作用する。この結果、特に高応力集中部では塑性歪の繰返しを受けて亀裂が発生する。で、構造物の高応力低サイクル疲労による損傷や不安定破壊について論ずることは重要である。本論文は、疲労亀裂先端が塑性化して後の亀裂伝播条件に着目した実験的研究である。

2 実験方法 供試材はWT80で、機械的性質、試験片形状を表1、図1に示す。スリットは放電加工であった。試験は、最大50tの荷重制御の試験機を使用して、音分片振引張り($\sigma_{\min}=2.8 \text{ kg/mm}^2$ 一定)・rpm=430、215を行った。モアレ縮写真は、適当な亀裂長さごとに試験機を停止して撮影した。亀裂長さはクラックゲージを使用して求めた。Series Iの試験片寸法は、Series IIと比べ、板幅、スリットは1/2倍、板厚は2倍であった。

3 実験結果 定振幅荷重試験(Series I)は、 $40 \leq 8.4 \sim 37.2 \text{ kg/mm}^2$ ($\sigma_{\min}=2.8 \text{ kg/mm}^2$ 一定)にわたって18体を行った。疲労亀裂に関しては、既にParisらによる、始められた次のような実験式がある。(1) $\frac{da}{dN} = C (4K)^m$ C, m ; 材料定数

本研究においても図2に示すように(1)式が成立した。北川らは、(1)式中のCとm間には指数関係があることを指摘し、更に越賀・北川原は図3のような相関関係を求めたが、本実験(Series I・II)より得られたデータを同図に*でプロットすると、程平行な直線になった。この理由はつまびらかではないが、おそらく試験片寸法、とくに板厚その他に起因するものである。二段二重、多重の疲労実験の結果を表2に示す。Ndは、40tから40tに荷重がステップダウンして後、亀裂が1mm進展するのに要した繰返し数であり、4Kunitはこのときの4Kの増分である。たゞしII-4,5では、 $N=182.200 \times 10^4$, 206.39×10^4 になっても亀裂は進展しなかった。亀裂の伝播・停留・遅延・加速現象、 N に定義を図4に示す。二段二重試験の結果から $a-N_0$ にa関係を図5に示す。 $\frac{40t}{40t} = \frac{4K_1}{4K_2}$ が大きい程、 N_0/N は大きい。I-19aのように4K値が小さいと $N_0/N < 1$ の領域が生じ、加速現象である。I-19a $N_f = 8.042 \times 10^4$ は、定振幅($22.6 \sim 21.5 \text{ kg/mm}^2$)で $N_f = 11.16 \sim 11.59 \times 10^4$ より短寿命であった。I-20a $N_f = 13.56 \times 10^4$ は、定振幅(23.0 kg/mm^2)で $N_f = 10.96 \times 10^4$ より長寿命であった。二段多重の実験もあわせて、 $\frac{4K_1}{4K_2} = \frac{N_d}{N_0}$ にa関係を図6に示すと、 $\frac{N_d}{N_0}$ は、 $\frac{4K_1}{4K_2} = 1.25$ と $\frac{4K_1}{4K_2} = 2.00$ で発

TAB.1 MECHANICAL PROPERTY

	σ_b	$\sigma_{0.2}$	E	ν	δ	α	β	γ	η	θ
WT80	77.0	83.5	3600	13	215	10	175	10	0.924	

TAB.2 TWO STEPS FATIGUE RESULTS

Specimen	40_1	40_2	40_3	40_4	40_5	40_6	40_7	40_8	40_9	40_{10}
I-19	34.5	22.4	1.54	5	2.379	198.2	128.7			
20	41.2	23.3	1.77	7.5	2.582	262.3	148.3			
II-1	47.3	35.5	1.33	16	.255	446.1	339.8			
2	*	26.9	1.76	15	.560	436.0	247.9			
3	*	22.6	2.09	15	9.507	436.0	218.3			
4	*	17.8	2.75	18		466.2	169.5			
5	*	10.8	4.38	16		446.1	101.8			
6	*	35.5	1.33	15						
7	*	22.6	2.09	15						
	45.0	36.0	1.25	5	.235	313.2	250.6			
	40.0	32.0	*	15	.206	368.8	295.0			
8	25.0	20.0	*	4.6	.276	415.0	332.0			
	20.0	16.0	*	5.6	.336	403.4	322.7			
	15.0	12.0	*	6.8	.284	392.0	322.4			
9	45.0	22.5	2.00	5	17.738	313.2	156.6			
	40.0	20.0	*	15	14.061	351.5	175.8			
	35.0	17.5	*	23	17.204	382.2	191.1			

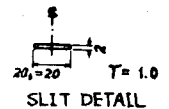
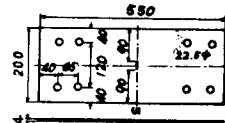
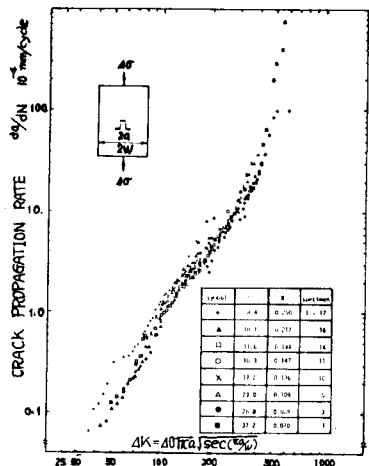


FIG.1 SERIES II TEST PLATE (mm)

FIG.2 STRESS INTENSITY FACTOR RANGE ΔK (kg/cm²)

数なためあり現象を示す。

4 結 語 荷重をステップダウンさせれば、亀裂は遅延するが、その後の進展については、 $AK_1, 4K_1/K_2$ 値

により N_0/N_1 の変化が特異的である。この現象を更に説明するには、亀裂先端近傍の歪場に着目した研究が必要である。この歪場をモアレ縞により求めると、図7のようになった。同図は、 $40\sigma = 47.3 \text{ kg/mm}^2$ で亀裂が伝播中の歪分布である。現在同図条件以外での亀裂先端の歪場については解析中である。

5 謝 辞 本論文は、東京大学船舶工学科飯田國廣教授、都立大学堀川祐南助教授、本田公団奥川淳夫氏の助言のもとでまとめたものである。又、モアレ法については、東京大学生産

技術研究所山田嘉昭教授、同中桐蔭助教授、特に、輪竹千三郎助手には、終始貴重な御助言、御指導をいただいた。ここに深甚なる謝意を表します。

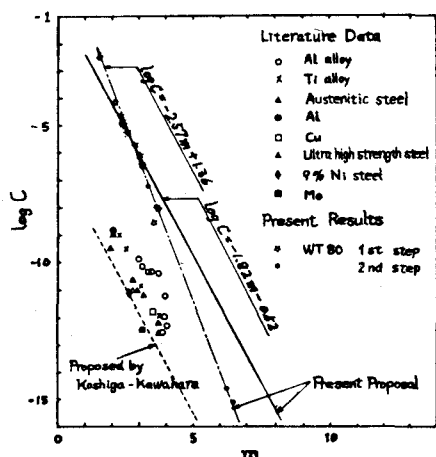


FIG. 3 C-m CORRELATION FOR MATERIALS

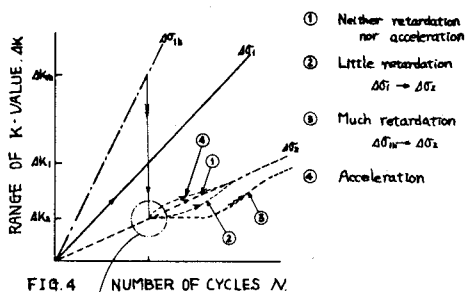


FIG. 4 NUMBER OF CYCLES N

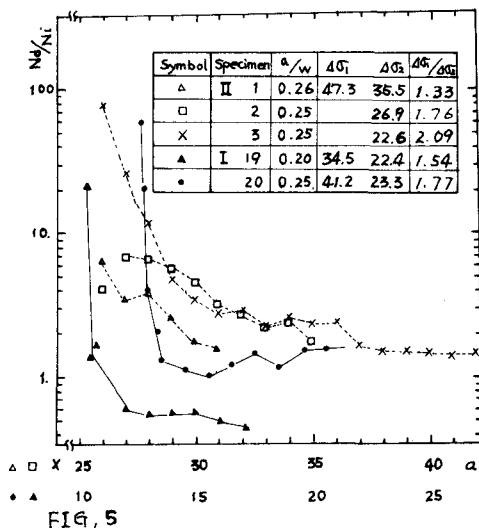
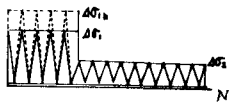


FIG. 5

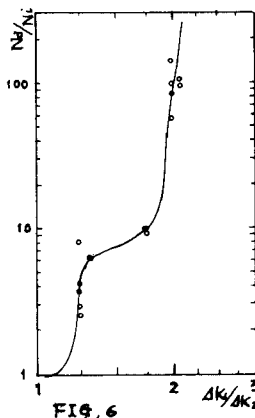


FIG. 6

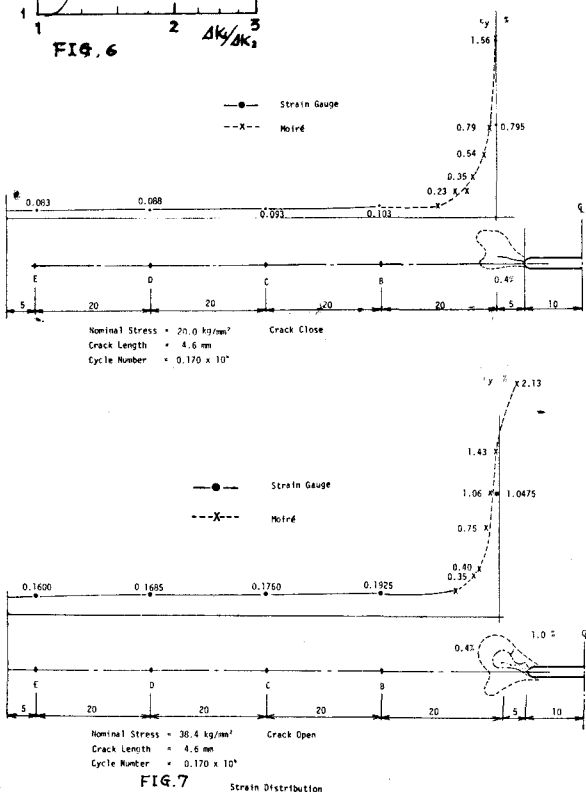


FIG. 7 Strain Distribution