

Ni-Cr^{じん}強靱鋼 (SNC-2) 切欠き材の繰返し曲げ 疲労過程における疲労進展挙動について

(第1報 焼入れの場合)*

芳賀 武** 關川 三男***

1. 緒 言

機械および構造物材料の疲労に関する研究は、疲労過程中的組織変化および巨視的クラックの進展過程等について、理論的および実験的結果が多く報告されている。

疲労の場合、疲労進行の経過とともに、ある繰返し数において、表面にき裂が発生し、その後の繰返し数において、き裂が伝播し、破壊に至る。これら巨視的き裂伝播に関する研究や破壊後の破面模様観察から疲労過程を解析している。

しかし、疲労進行途中における内部の疲労進展現象に関する研究は少ない。

そこで本研究は一つの手段として、疲労進行過程を一時中断し、衝撃を与え、破壊させ、その破面様相を観察することによって、疲労破面と衝撃破面とに分離することが出来、疲労進展様相が明確に観察されたので、その挙動について調査した結果を報告する。

2. 実験方法

使用した Ni-Cr 鋼 (SNC-2) の化学成分を Table 1 に示す。試験片は Fig. 1 に示すような形状と寸法に機械加工し、その後真空中で 850°C で 30 分保持後、真空を開き、ただちに 55°C ± 5°C の胡麻油中に急冷し、その後エメリー研磨およびバフ研磨で表面仕上げをほどこし、疲労試験をおこなった。疲労試験は毎分繰返し数 3400c. p. m. のシェンク型疲労試験機を用いた。衝撃試験はシャルピー衝撃試験機を使用し、おのおのの繰返し数において、疲労試験を中断し、長手軸方向に切欠き部の中心から左右に 27.5mm の寸法に切断し、6m/sec の速度で衝撃をおこなった。クラックおよび破断面の疲労模様の観察においては、光学、透過型および走査型電子顕微鏡よ

Table 1 Chemical Compositions (Wt%)
SNC 2

C	Si	Mn	Ni	Cr	P	S
0.28	0.26	0.50	2.72	0.75	0.026	0.021

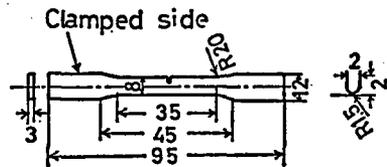


Fig. 1 Form and Dimensions of Fatigue Test Specimen.

* 昭和53年5月 日本材料学会 第27期学術講演会において発表

** 機械工学科 講師

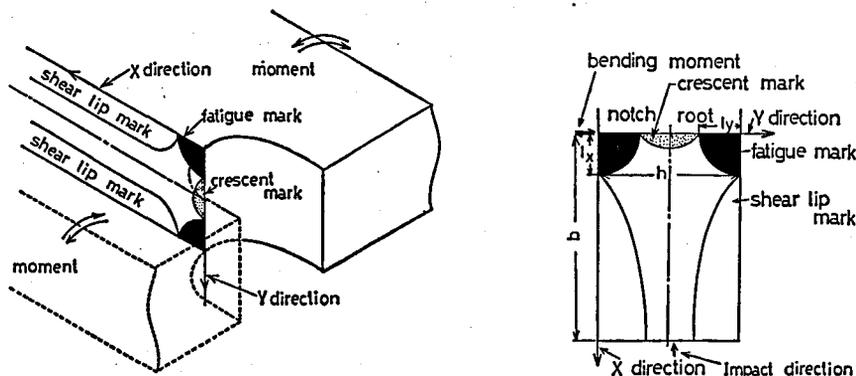
*** 機械工学科 教授

原稿受付 昭和55年9月30日

Table 2 Mechanical Properties of Specimen after Heat Treatment

Tensile Strength kg/mm ²	Elongation %	Hardness HRC
185	5.2	50.2

り観察し、クラックおよび破断面の疲労模様
の観察においては、光学、透過型および走査型
電子顕微鏡より観察し、クラックおよび破断
面の疲労模様の長さ測定は1/100mmの自動
読み取り式工具顕微鏡を使用した。Table 2
は SNC-2 の主な機械的性質を示す。Table 3
に示すような2種類の応力振幅について、主

**Fig. 3** Fracture Surface Model that Occurs Near the Root of a Notch in a Thick Plate.**Table 3** Stress Amplitudes

	kind of specimen	stress concentration factor	test stress kg/mm ²	
			uniform at min. section	max. at min. section
A	notched $\rho=1\text{mm}$	$\alpha=2.67$	$\sigma_0 \div 51$	$\sigma_{\text{max.}} \div 136$
B	notched $\rho=1\text{mm}$	$\alpha=2.67$	$\sigma_0 \div 100$	$\sigma_{\text{max.}} \div 267$

に調査した。Fig. 3 は曲げ方向と破断面模様を示し試験片の幅 (b) 方向を x 方向とし、厚さ (h) 方向を y 方向とする。疲労試験は y 方向上下に曲げ繰返しをおこない、疲労寿命 (N_f) に対する何%かの繰返し数 (N) と疲労を中断し、その後切欠き底と反対の方向から衝撃をおこなった。

3. 実験結果および考察

Fig. 4 は焼入れの場合の疲労強度曲線、すなわち S-N 曲線を示す。疲労限度は約 $\sigma \div 35\text{kg/mm}^2$ で、Table 3 に示す2種類の応力振幅について実験をおこなった。厚板の切欠き底近くの模様を Fig. 3 に示す。黒い部分が疲労模様、中央部に三日月型模様、そしてシ

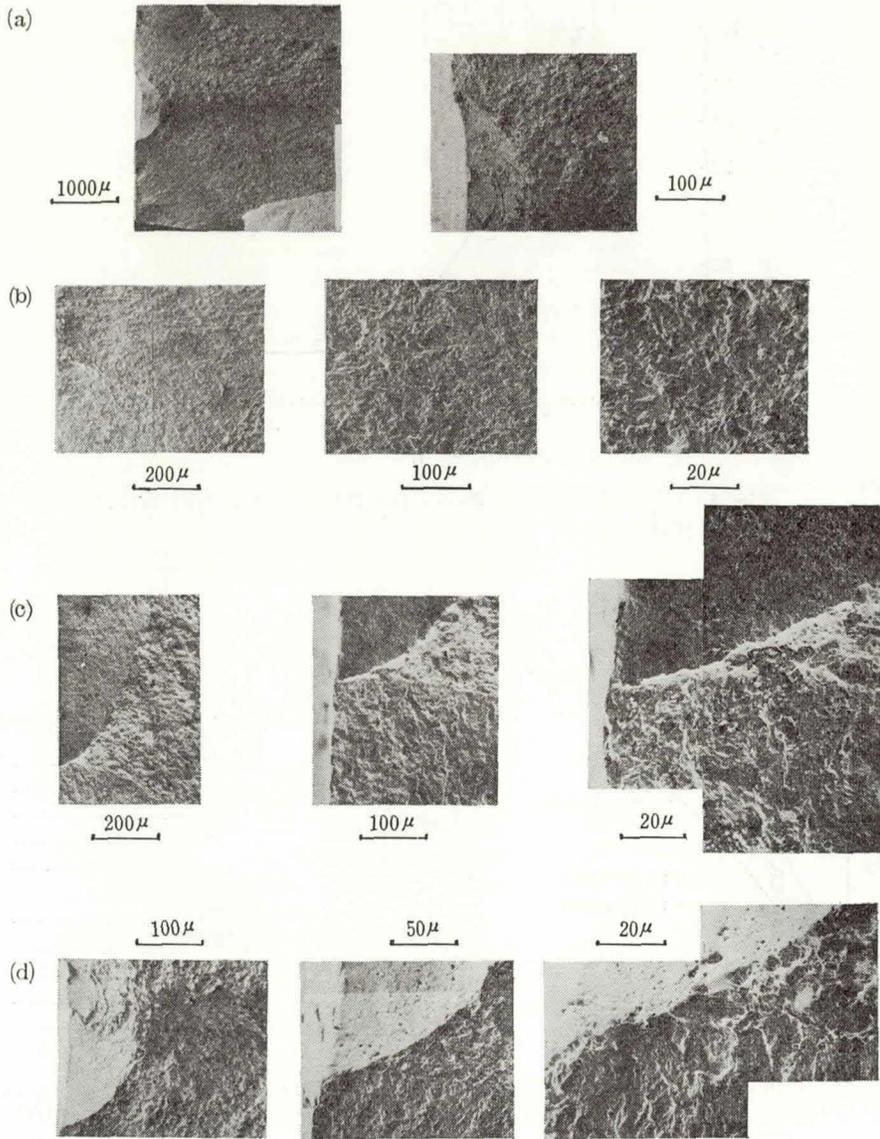


Photo. 1 A Scanning Electron Fractographs.
 ($\sigma_0 \doteq 100 \text{ kg/mm}^2$, $N/N_f = 75\%$)

チャーリップ破面模様が観察された。

Photo. 1 は $\sigma_0 \doteq 100 \text{ kg/mm}^2$, $N/N_f = 75\%$ 後、衝撃をおこなった時の走査型電子顕微鏡による破断面模様である。Photo. 1 (a) は切欠き底の両端に明確な疲労破面模様と三日月型破面模様が観察され、他の部分は衝撃によるチャーリップ破面模様が観察された。Photo. 1 (b) は疲労模様部分で、Photo. 1 (c) (d) は、それぞれの模様の境界を観察したものである。

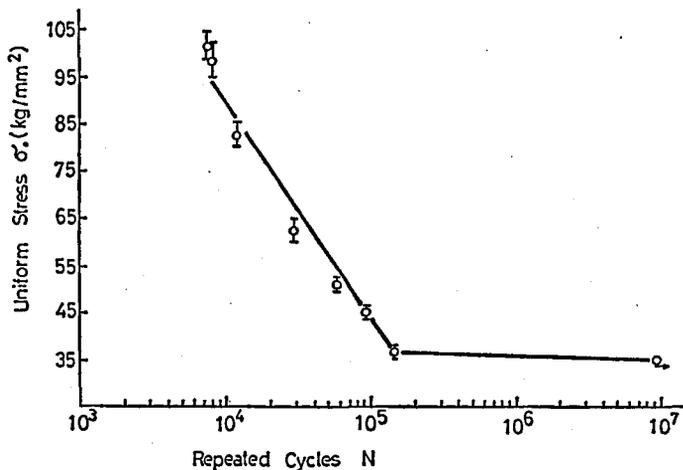


Fig. 4 Approximate S-N Curve for U Notch Tip Specimen. (850°C 30min. O. Q.)

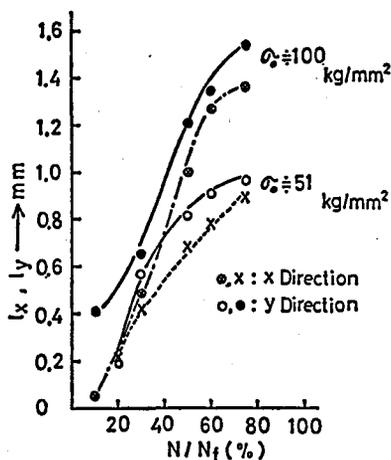


Fig. 5 Relation between Dimensions (l_x, l_y) of Fatigue Region and N/N_f .

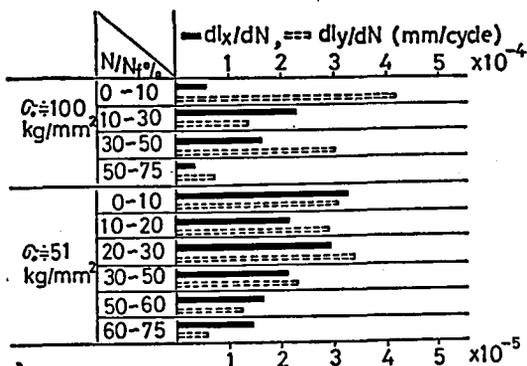


Table 4 Fatigue Development Speeds in the Respective Section.

三日月型破面は細かいデンプル模様を示し、疲労破面は細かいストライエーションが観察された。他の部分はデンプル模様が観察された。レプリカ法によれば、疲労破面中に多少ストライエーションが観察され、特に境界付近（疲労破面と衝撃によってできた三日月型破面）にはファセット状の様子が観察された。

これらの破面模様から、特に疲労破面模様に対し、Fig. 3 に示すような x および y 方向の疲労進展挙動について調査した。その結果、Fig. 5 に示すように、 $\sigma_0 = 100 \text{ kg/mm}^2$ においては N/N_f の増加とともに急な疲労進展の上昇を示し、 N/N_f が 60~70% において、

ゆるやかとなる。また $\sigma_0=50\text{kg/mm}^2$ においては、ゆるやかな曲線を示したが、いずれも ψ 方向が大きい傾向を示す。

Table 4 は N/N_f の各区間に対する疲労進展速度を示したものである。

Fig. 6 は N/N_f と衝撃との関係を示したものであり、 N/N_f の増加とともに衝撃エネルギーは減少する傾向を示す。

4. 結 言

省 略

5. 参 考 文 献

省 略

以上の研究は昭和53年5月、日本材料学会 第27期学術講演会において発表した時の前刷集をそのまま報告したもので、これらの結果および考察は十分でなく、結言も省略したが、詳細については、現在、日本材料学会に投稿中であるので参照されたい。

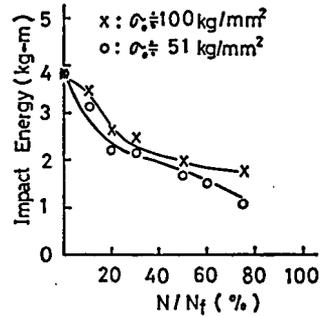


Fig. 6 Relation between Impact Energy and N/N_f .