

Fatigue Crack Propagation of Various Structural Steels

(Asao Narumoto) (Michihiro Tanaka) (Tokushi Funakoshi)

:

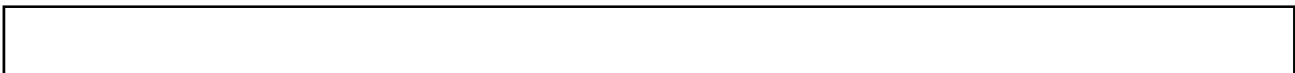
$$dl/dN=C(K)^m$$
 1) Paris

$$K = \sigma \sqrt{\pi l}$$
 2) σ_y
 3) n 4)
 5)

Synopsis :

Fatigue crack propagation rates have been measured for various structural steels and several experiments on brittle fracture have been performed. The propagating rate of fatigue crack at room temperature is well expressed by Paris' formula, $dl/dN=C (K)^m$, and material constants, C and m have a good correlations to yield stress, σ_y , and work-hardening exponent n. In weldments, a crack propagates at the rate expected from its hardness. The value of m varies with test temperature and shows the same temperature dependence as n. Scanning electron-micrograph reveals 'brittle surface units' on fatigued surface at low temperature and they influence crack propagation rate and initiation of brittle fracture. The compressive residual stress existing at crack tip suppresses the initiation of brittle fracture.

(c)JFE Steel Corporation, 2003



各種構造用鋼の疲労き裂伝播

Fatigue Crack Propagation of Various Structural Steels

成 本 朝 雄*

Asao Narumoto

田 中 康 浩**

Michihiro Tanaka

船 越 督 巳***

Tokiyuki Funayoshi

Synopsis:

Fatigue crack propagation rates have been measured for various structural steels and several experi-

2. 試料と試験方法

2.1 試料

供試鋼は溶接構造用の SM 41, SM 50, 調質高張力鋼 HT 60 (RIVER ACE 60), HT 80 (RIVER ACE KO), 圧力容器用 HT 100, 低温構造用 9% Ni 鋼, 6% Ni 鋼の 7 種類である。これらの化学成分と機械的性質を **Table 1** に示す。

試験片の形状は **Fig. 1** に示すような 2 種類とし、試験片の長さ方向が圧延方向と一致するように板厚中心から採取した。切欠の加工は、小型試験片では放電加工により、大型試験片では機械加工により行なった。

2.2 試験方法

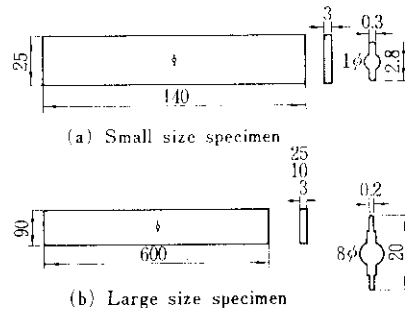
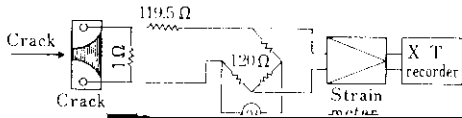


Fig. 1 Dimensions of the specimens

比 R (=最小応力/最大応力) が 0 の条件で試験した。ただし一部の鋼材については R を 0.14 としたものや途中で上限応力を変化させた場合、あるいは -75°C , -135°C , および -196°C の低温において、さらに大型試験片や厚板試験片についてき裂伝播速度を測定した。



した。切欠は板面に垂直な開先に相当する側のボンド部につけた。

2.2.3 破面の走査型電子顕微鏡観察

Fig. 2 Diagram of measurement of fatigue

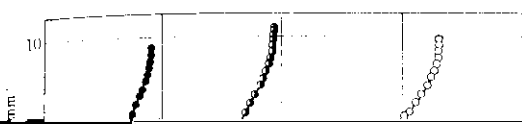
多列に繰返す測定1. 水素試験片の破面を

crack propagation rate

走査型電子顕微鏡で観察した。

2.2.4 疲労き裂材の脆性破壊発生応力の測定

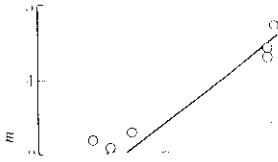
Fig. 3 X-T recorder



$$\frac{da}{dN} = C(\Delta K)^m \quad \dots\dots\dots (1)$$

ここに

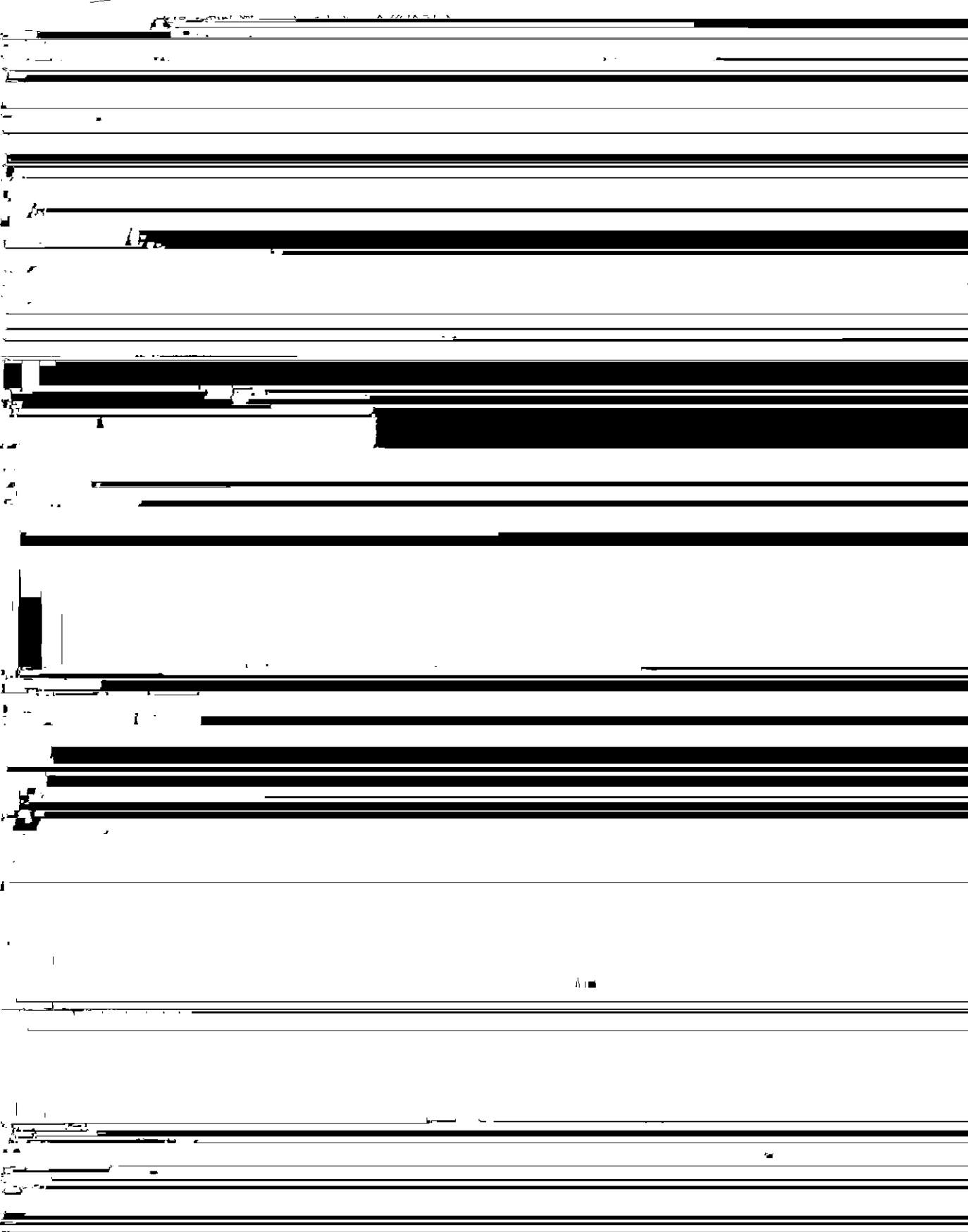
$$\Delta K = \sigma_0 \sqrt{\pi l} \cdot \sqrt{(2h/\pi) \tan(\pi/2h)}$$

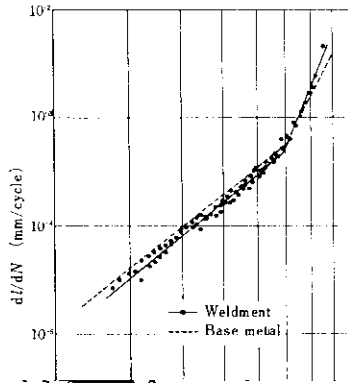


ている。本実験で得られた C と m を整理すると **Fig. 15** のようになり $C=2.7 \times 10^{-4}/115^m$ で表わされる。現段階では A, B なる定数がどのような性質を持つものか明らかでないが、き裂伝

Fig. 13 Correlation between m and

(1) 式における ΔK の計算には応力振幅を使





3.3 低温における疲労き裂伝播速度

液化ガスタンクなど低温で使用される構造物では、脆性破壊の前段階としての疲労き裂は低温で伝播する。そこで、9% Ni 鋼と HT 60 について低温でのき裂伝播速度を測定した。

Fig. 21 は 9% Ni 鋼についての測定結果であり、 -75°C 、 -135°C 、 -196°C におけるき裂伝播速度は、いずれも室温における伝播速度よりおそく、 m は室温から低温になるにしたがい、3.0、

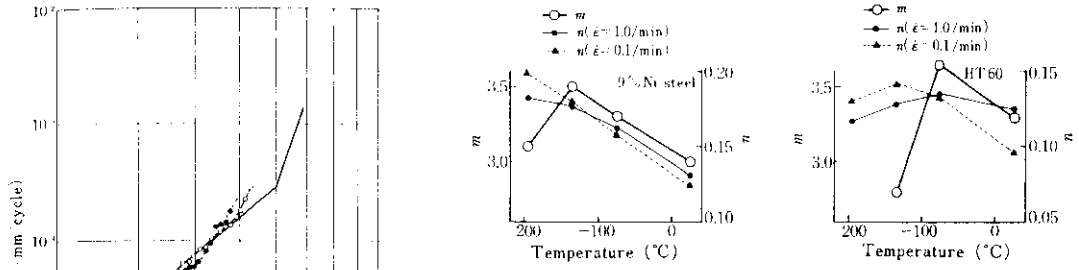


Fig. 23 The effect of temperature on the m value and work-

る。疲労破面のもっとも特徴的なパターンはスト

Photo. 2 (a) (b) (c) は 9% Ni 鋼の -196°C

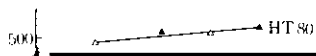
での疲労破面である (a) は AK が $7A.1$

で示した部分は SM50 で観察されたストリエーションである。SM 41 と SM 50 の軟鋼では、ストリエーションは AK が $50\text{kg}/\text{mm}^2$ ぐらいですでに認められており、 AK が大きくなるにつれ

kg/mm^2 の位置であり、疲労による破面は室温の場合と同様に谷間模様を示しているが、脆性破

面も見られる。この脆性破面を詳しく観察すると、疲労き裂先端より約 5μ 前方を発生点とし四方に伝播して、新たに脆性破壊を誘発することとなり、 140°C における脆性破壊発生応力の測定に結

脆性破壊発生におよぼす影響について検討しておく必要がある。HT 80, HT 60, SM 50 を用いていくつかの応用条件で疲労ノッチを入れ、 -140°C における脆性破壊発生応力の測定に結



験片について求めた K_c と比較する場合は、き裂
先端の曲率半径の値を考慮しなればならぬ

-196°Cでも最終破断まで孤立したままであるが、HT 60では-135°Cで単位脆性破面はしだいに連続して出現するようになりやがて全面的に脆性破断した。

8) 疲労き裂から脆性破壊が発生するときの応

力拡大係数 K_e は、疲労き裂を入れたときの応力拡大係数 $K_{f,max}$ によって変化し、 $K_{f,max}$ の増大にともなって K_e は増加する。この傾向は軟鋼ほど大きい。

参 考 文 献

1) 日本機械学会編、材料力学、第2巻、培風館、1969年、199頁