

KAWASAKI STEEL GIHO

Vol.12 (1980) No.1

Fatigue Properties of Heavy Section Steels for Nuclear Pressure Vessel

(Kunihiko Kobayashi) (Asao Narumoto) (Shibeto
Matsumoto) (Michihiro Tanaka)

:
SA533B Cl.1 SA508 Cl.3
163mm 250mm 200mm
400mm ASME
ASME Sec Sec

Synopsis :

Low cycle fatigue tests at room and elevated temperatures and fatigue crack propagation test at room temperature were performed on 163mm and 250mm thick plates of SA533B Cl.1 steel and also on 200mm and 400mm thick forgings of SA508Cl.3 steel both for nuclear pressure vessels. Very uniform distribution of fatigue properties within the heavy section steels was confirmed and the data were well comparable to those given in ASME Boiler and Pressure Vessel Code Sec. and Sec. . The paper also discusses the temperature dependence of low cycle fatigue strength and the behavior of fatigue crack propagation from surface notch.

(c)JFE Steel Corporation, 2003

原子炉压力容器用鋼材の疲労特性

Fatigue Properties of Heavy Section Steels for Nuclear Pressure Vessel

小林 邦彦*

Kunihiko Kobayashi

成 本 朝 雄*

Asao Narumoto

松 本 重 人**

Shigeto Matsumoto

田 中 康 浩*

Michihiro Tanaka

Synopsis:

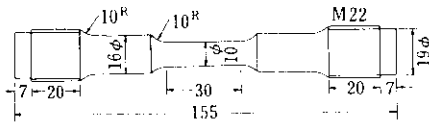
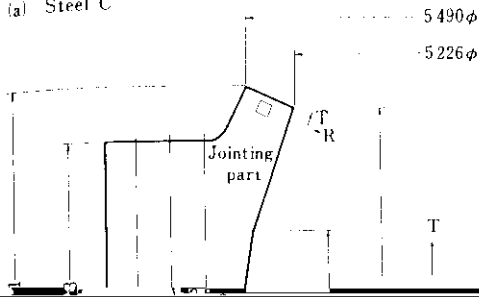
Low cycle fatigue tests at room and elevated temperatures and fatigue crack propagation test at room temperature were performed on 163mm and 250mm thick plates of SA533BCL1 steel and also on 200mm and

SA533B Cl. 1 鋼 (JIS SQV 2 A 相当) および,
 SA508 Cl. 3 鋼 (JIS SFVV 3 相当) である。
 これらの化学組成および機械的性質を Table 1 に

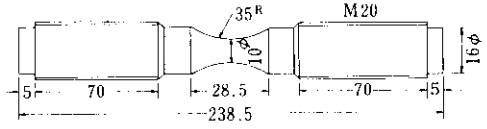
Table 2 List of tests performed

Steel	Mark	Position	Section	Location	Low cycle fatigue	Fatigue crack propagation
-------	------	----------	---------	----------	-------------------	---------------------------

(a) Steel C



(a) Smooth round bar specimen for elevated temp. test



(a) Smooth round bar specimen for room temp. test

波 形：三角波

試 験 機：電気油圧式疲労試験機

t：試験片板厚（=25mm）

WOL型試験片による疲労き裂伝播速度, da/dN

なお、径ひずみから軸ひずみへの換算は次式によった。

$$\epsilon_{PR} = W_R / SE \dots\dots\dots(1)$$

$$\epsilon = \sigma / E(d)$$

試験片の幅中央に貫通切欠を有する試験片による da/dNを測定するとともに、同じく表面切欠を有する試験片での片振引張および片振曲げ荷重下での疲労き裂伝播速度についても調査した。詳しいことは

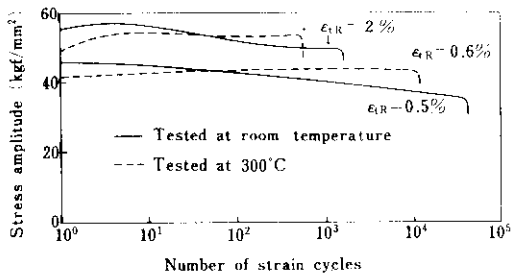


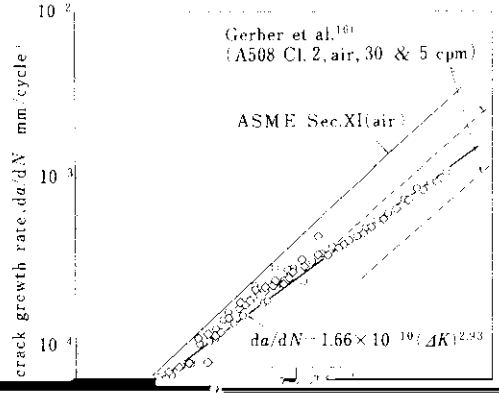
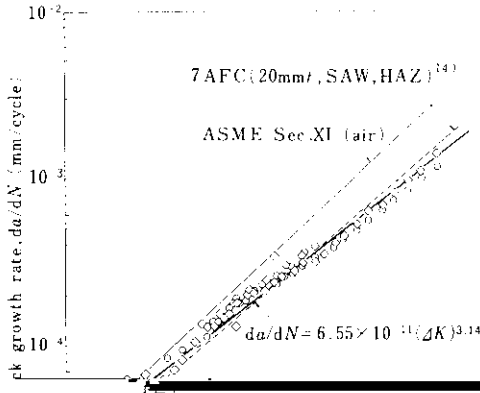
Fig. 3. Cyclic hardening and softening behavior

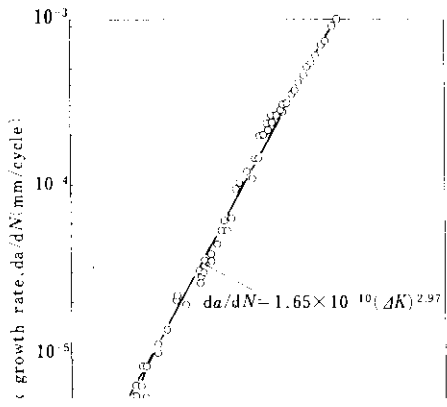
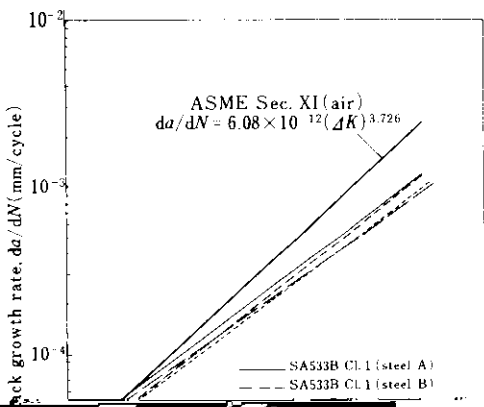
これとは別に、繰返し応力-ひずみ曲線を簡単に求める方法として、ひずみを徐々に増加させて各ヒステリシスループのピークポイントを結ぶ線を求めるインクリメンタルステップ法がある。この方法で求めた繰返し応力-ひずみ曲線を Fig. 4 に破線で示した。インクリメンタルステップ試験は、一定ひずみ振幅 ($\pm 1.0\%$) で $N_1/2$ の繰返し

数だけ繰返しひずみを与え、材料の変形挙動を安

1970年10月2日



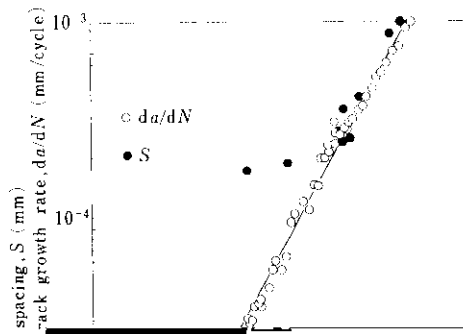




の初期値としては1本目のピーチマーク測定値を初期には、き裂形状は半円に近づいて b/a が0.75

については次の(10)、(11)式、伝播速度について b/a が0.5では、 b/a は0.4程度になる。ここでは割愛し

ΔK が $50\text{kgf}/\text{mm}^{3/2}$ を越す領域では主としてストラ



り小さくなるような条件の時に観察され、繰返し塑性域と旧オーステナイト粒径が寸法的に一致するような ΔK において粒界破面が消失するといわれている¹⁸⁾。本供試鋼のオーステナイト粒度番号は ASTM G.S.No. 8 であり、粒径 $d \approx 22 \mu$ である。一方、繰返し塑性域寸法、 R_{yc} 、は次式で表される。

$$R_{yc} = \frac{2}{\sqrt{6}} \left(\frac{\Delta K}{2\sigma} \right)^2 \quad \dots\dots\dots (13)$$

Fig. 20 Comparison of striation spacing with macroscopic fatigue crack growth rate in relation with ΔK (steel A)

見られるように、粒界破面がかなりの割合を占めている。写真上で測定した粒界破面の面積率を ΔK に対して示すと、Fig. 21 のように ΔK が $20 \text{ kgf/mm}^{3/2}$ から $40 \text{ kgf/mm}^{3/2}$ の範囲で粒界破面がみられ、 $\Delta K \approx 35 \text{ kgf/mm}^{3/2}$ で約 40% のピーク値を示すことが分かる。 $\Delta K > 40 \text{ kgf/mm}^{3/2}$ では粒界破面は全く見られなくなる。これは、繰返し塑性域が完全に消失する

$\sigma_{ys} = 40 \text{ kgf/mm}^2$ (Fig. 4 参照) として R_{yc} の目盛を Fig. 21 に併記したが、粒界破面率が 0 となる $\Delta K \approx 40 \text{ kgf/mm}^{3/2}$ は $R_{yc} \approx 28 \mu$ に対応しており、前述のオーステナイト粒径 22μ とほぼ一致することが認められる。

4. 総括

原子炉圧力容器用鋼 SA533B Cl.1 鋼および SA508 Cl. 3 鋼の室温および原子炉稼働温度での低周波疲労試験結果として、繰返し塑性域の形成と粒界破

- 3) 和中, 朝生, 宮田, 加藤, 齊藤, 堀内, 松居, 佐藤, 田中 : 川崎製鉄技報, 12 (1980) 1, 52
- 4) E. T. Wessel : Eng. Fracture Mech., 1 (1968) 1, 77
- 5) ASME Boiler and Pressure Vessel Code Sec. VIII Div. 2 Appendix 5, (1977)

- 6) ASME Boiler and Pressure Vessel Code Sec. VIII Div. 2 Appendix 5, (1977)

- 8) 成木, 松本, 小林, 田中 : 日本溶接学会 FS 委員会資料 FS-514-79, (1979)
- 9) 成木 : 未発表
- 10) ASME Boiler and Pressure Vessel Code Case N-47, (1977)