

KAWASAKI STEEL GIHO

Vol.12 (1980) No.1

Fatigue Properties of Heavy Section Steels for Nuclear Pressure Vessel

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

:
SA533B CI.1 SA508 CI.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

UDC 621.772:621.039.53
669.14.018.292
620.178.32.

原子炉圧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*

Kunihiro Kobayashi

成本朝雄*

Asao Narumoto

松本重人**

Shigeto Matsumoto

田中康浩*

Michihiro Tanaka

Synopsis:

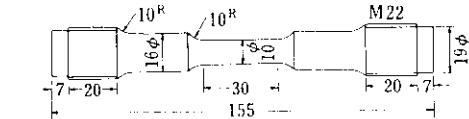
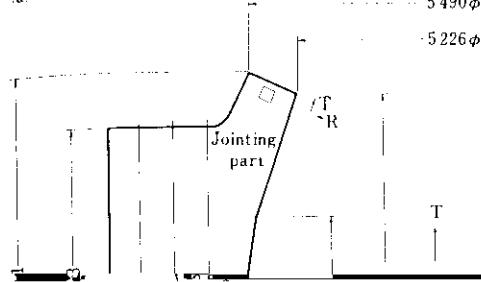
Low cycle fatigue tests at room and elevated temperatures and fatigue crack propagation test at room temperature were performed on 163mm and 250mm thick plates of SA533BCL1 steel and also on 200mm and

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

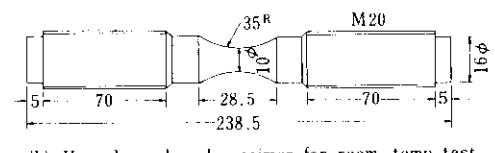
Table 2 List of tests performed

Steel	Mark	Posi- tion	Loca- tion	Low cycle fatigue	Fatigue crack propagation

(a) Steel C



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



(b) 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

（付表1）

（付表2）

（付表3）

（付表4）

（付表5）

（付表6）

（付表7）

（付表8）

（付表9）

（付表10）

（付表11）

（付表12）

（付表13）

（付表14）

（付表15）

（付表16）

（付表17）

（付表18）

（付表19）

（付表20）

（付表21）

（付表22）

（付表23）

（付表24）

（付表25）

（付表26）

（付表27）

（付表28）

（付表29）

（付表30）

（付表31）

（付表32）

（付表33）

（付表34）

（付表35）

（付表36）

（付表37）

（付表38）

（付表39）

（付表40）

（付表41）

（付表42）

（付表43）

（付表44）

（付表45）

（付表46）

（付表47）

（付表48）

（付表49）

（付表50）

（付表51）

（付表52）

（付表53）

（付表54）

（付表55）

（付表56）

（付表57）

（付表58）

（付表59）

（付表60）

（付表61）

（付表62）

（付表63）

（付表64）

（付表65）

（付表66）

（付表67）

（付表68）

（付表69）

（付表70）

（付表71）

（付表72）

（付表73）

（付表74）

（付表75）

（付表76）

（付表77）

（付表78）

（付表79）

（付表80）

（付表81）

（付表82）

（付表83）

（付表84）

（付表85）

（付表86）

（付表87）

（付表88）

（付表89）

（付表90）

（付表91）

（付表92）

（付表93）

（付表94）

（付表95）

（付表96）

（付表97）

（付表98）

（付表99）

（付表100）

（付表101）

（付表102）

（付表103）

（付表104）

（付表105）

（付表106）

（付表107）

（付表108）

（付表109）

（付表110）

（付表111）

（付表112）

（付表113）

（付表114）

（付表115）

（付表116）

（付表117）

（付表118）

（付表119）

（付表120）

（付表121）

（付表122）

（付表123）

（付表124）

（付表125）

（付表126）

（付表127）

（付表128）

（付表129）

（付表130）

（付表131）

（付表132）

（付表133）

（付表134）

（付表135）

（付表136）

（付表137）

（付表138）

（付表139）

（付表140）

（付表141）

（付表142）

（付表143）

（付表144）

（付表145）

（付表146）

（付表147）

（付表148）

（付表149）

（付表150）

（付表151）

（付表152）

（付表153）

（付表154）

（付表155）

（付表156）

（付表157）

（付表158）

（付表159）

（付表160）

（付表161）

（付表162）

（付表163）

（付表164）

（付表165）

（付表166）

（付表167）

（付表168）

（付表169）

（付表170）

（付表171）

（付表172）

（付表174）

（付表176）

（付表179）

（付表181）

（付表184）

（付表187）

（付表191）

（付表194）

（付表197）

（付表200）

（付表203）

（付表206）

（付表209）

（付表212）

（付表215）

（付表218）

（付表221）

（付表224）

（付表227）

（付表229）

（付表231）

（付表233）

（付表235）

（付表237）

（付表239）

（付表241）

（付表243）

（付表245）

（付表247）

（付表249）

（付表251）

（付表253）

（付表255）

（付表257）

（付表259）

（付表261）

（付表265）

（付表269）

（付表271）

（付表273）

（付表275）

（付表277）

（付表279）

（付表281）

（付表285）

（付表287）

（付表289）

（付表291）

（付表295）

（付表297）

（付表299）

（付表301）

（付表305）

（付表307）

（付表309）

（付表311）

（付表313）

（付表315）

（付表317）

（付表319）

（付表321）

（付表323）

（付表325）

（付表327）

（付表329）

（付表331）

（付表333）

（付表335）

（付表337）

（付表339）

（付表341）

（付表343）

（付表345）

（付表347）

（付表349）

（付表351）

（付表353）

（付表355）

（付表357）

（付表359）

（付表361）

（付表363）

（付表365）

（付表367）

（付表369）

（付表3611）

（付表3613）

（付表3615）

（付表3617）

（付表3619）

（付表3621）

（付表3623）

（付表3625）

（付表3627）

（付表3629）

（付表3631）

（付表3633）

（付表3635）

（付表3637）

（付表3639）

（付表3641）

（付表3643）

（付表3645）

（付表3647）

（付表3649）

（付表3651）

（付表3653）

（付表3655）

（付表3657）

（付表3659）

（付表3661）

（付表3663）

（付表3665）

（付表3667）

（付表3669）

（付表3671）

（付表3673）

（付表3675）

（付表3677）

（付表

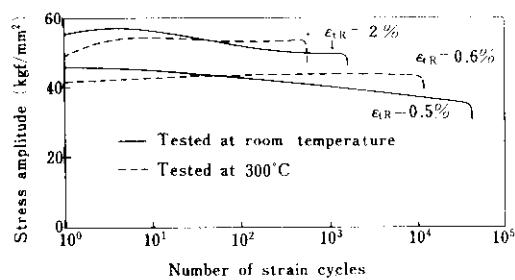
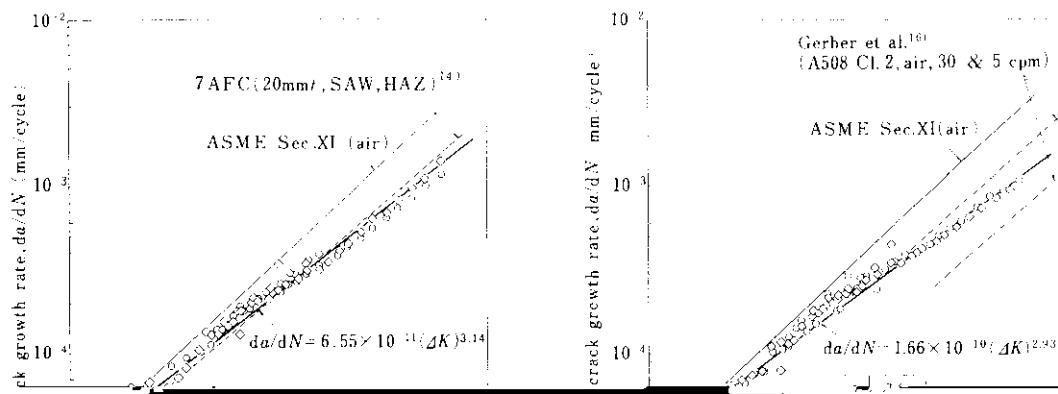


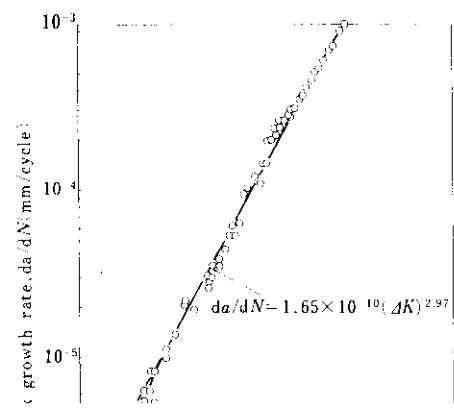
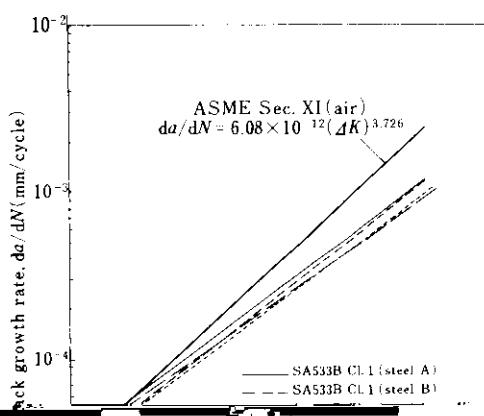
Fig. 3. Cyclic hardening and softening behavior

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 $N_i/2$ 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

レポート番号 (No.)

10-2





の初期値としては 1 本目のピーチマーク測定値を

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

が 0.5 では、 b/a は 0.4 程度になる。ここでは割愛し

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

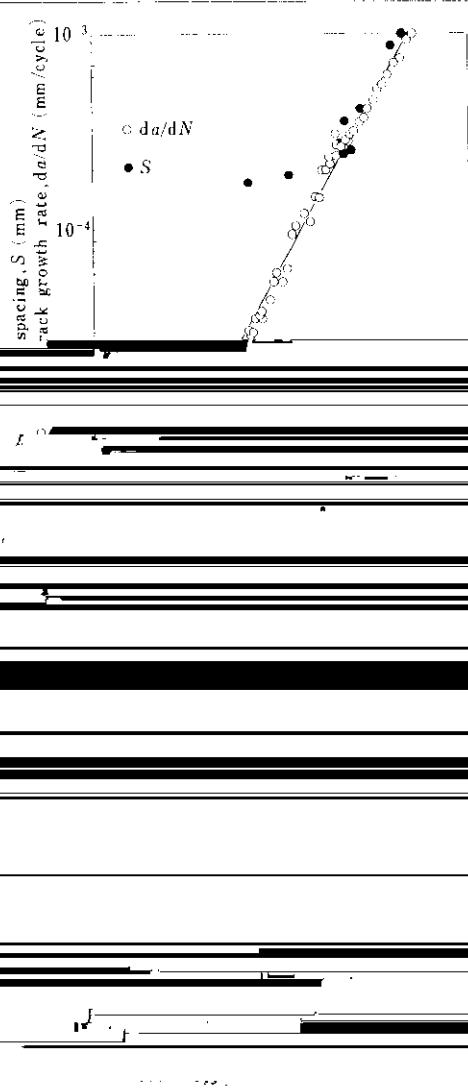


Fig. 20 Comparison of striation spacing with macroscopic fatigue crack growth rate in relation with ΔK (steel A)

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 $20 \text{ kgf}/\text{mm}^{3/2}$ から $40 \text{ kgf}/\text{mm}^{3/2}$ の範囲で粒界破面がみられ、 $\Delta K = 35 \text{ kgf}/\text{mm}^{3/2}$ で約 40% のピーク値を示すことが分かる。 $\Delta K > 40 \text{ kgf}/\text{mm}^{3/2}$ では粒界破面は全く見られない。

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。

$$R_{yc} = \frac{2}{5} \sqrt{\frac{(\Delta K)^2}{2\sigma_y}} \quad \dots\dots(13)$$

$\sigma_{ys} = 40 \text{ kgf}/\text{mm}^2$ (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 $\Delta K \approx 40 \text{ kgf}/\text{mm}^{3/2}$ 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 とはほぼ一致することが認められる。

4. 総 括

原子力圧力容器用鋼 SA533B Cl.1 鋼および SA 508 Cl. 3 鋼の室温および原子炉稼動温度での低

- 3) 和中, 朝生, 富田, 加藤, 斎藤, 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) 成本, 松本, 小林, 田中: 日本溶接学会 FS 委員会資料 FS-514-79, (1979)
- 9) 成本: 未発表
- 10) ASME Boiler and Pressure Vessel Code Case N-47, (1977)