

東京大学原子力工学科

同上

東京大学大学院工学系

正員 安 藤 良 夫

正員 飯 田 國 廣

正員 福 田 嘉 男

1. まえがき 著者等はさきにSS41, SM50B鋼について母材および継手金属の歪制御低サイクル疲労強度を明らかにした。今回は2H鋼の母材, 溶接金属および熱影響部の歪制御低サイクル疲労試験結果を加えて, 縦方向全対数歪と亀裂発生寿命 N_c との関係式 $\epsilon_{ta} = C_p \cdot N_c^{-k_p} + C_e \cdot N_c^{-k_e}$ における指数 k_p, k_e および定数 C_p, C_e と静引張り性質との関係を求めた。また各鋼母材の疲労試験結果については, 真応力-軸方向対数真歪線図のヒステリシスエネルギーを使用して, 亀裂発生寿命の解析を試みた。

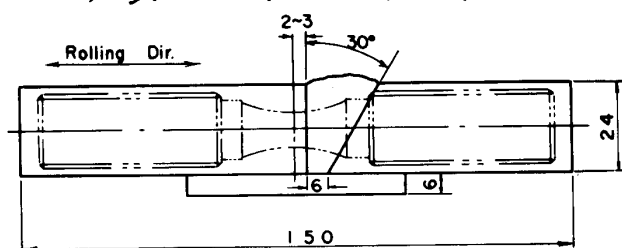


Fig. 1 Details of Specimen (H.A.Z.)

2. 試験方法 母材試験片はそのままの供試材より, また溶接金属試験片と熱影響部試験片は供試鋼の突合せ継手部より得た。溶接条件を表1に示す。図1に砂時計型試験片形状を示す。形状係数は1.06である。低サイクル疲労試験にあたっては, 試験片の直径方向対数全歪振幅 ϵ_{ta}^d を制御値として, これを破断まで一定に保つように軸方向の引張り-圧縮荷重をサーボ油圧により与えた。引張り側と圧縮側の ϵ_{ta}^d の絶対値は等しい完全面振りの条件を保ち, 歪波形は三角波, 繰返し速度は2~10cpmとした。

Table 1 Welding Conditions

Steel	SS41-E	SM50-B	HT-60
Plate Thick. (mm)	26	24	26
Groove Angle (Degree)	45	30	30
Gap (mm)	6	6	4
Electrode	LB-26 5φ	L-55 3.2~5φ	L-60 4, 5φ
Preheating Temp. (°C)	-	70	40
Welding Voltage (V)	25	33	25
Welding Current (A)	250	120~280	120~230
Welding Speed (cm/min)	13.3 15.6	-	12.0 19.6
Heat Input (Joule/cm)	24,000~ 25,900	-	10,000~ 25,360
No. of Layer	8	8	6

3. 試験結果と考察 静引張り試験結果を表2に示す。また縦軸に真応力 σ , 横軸に $\epsilon_t^d = -2 \ln d/d_0 + (1-2\nu)\sigma/E$ より算出される試験片軸方向対数全歪 ϵ_t^d を取った, 応力-歪線図より得られるヒステリシスエネルギー W に対する亀裂発生寿命 N_c の関係を図2に示す。これより, 材料に与えられるヒステリシスエネルギーがある値に達したとき亀裂が発生するという概念から導入される有効損傷係数 λ は $\lambda \propto W^{-0.29}$ で与えられることがわかる。それゆえ α が材料定数として定めれば λ が求まり低サイクル亀裂発生寿命を推定することも可能となる。

Table 2 Tensile Properties of Fatigue Test Specimen (Hour-glass shaped, $K_t = 1.06$)

Steel	Code*	σ_u kg/mm ²	$\sigma_{0.2}/\sigma_u$	σ_f kg/mm ²	R.A. %	ϵ_f
SS41-E	4M	51.8	0.641	112.2	67.1	1.12
	4W	61.2	0.816	139.1	67.2	1.12
	4H	58.1	0.761	112.6	64.3	1.03
SM50-B	5M	60.5	0.657	119.0	65.0	1.05
	5W	60.4	0.810	114.7	68.5	1.16
	5H	61.7	0.775	130.4	65.9	1.08
HT-60	6M	67.3	0.837	132.0	64.8	1.04
	6W	75.6	0.856	127.6	54.9	0.80
	6H	69.2	0.809	130.9	61.1	0.94

* M: Base Metal, W: Weld Metal, H: Heat-Affected-Zone

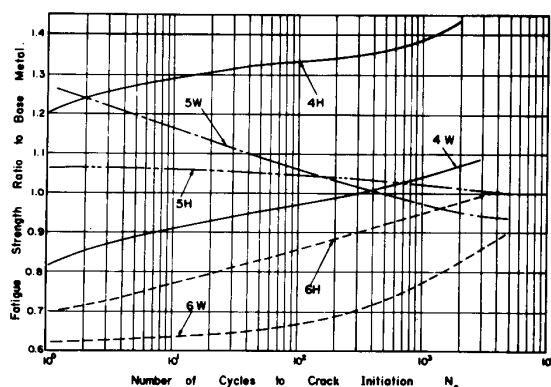


Fig. 3 Fatigue Strength Ratio to Base Metal

静的引張諸性質と疲労定数 C_p, k_p, C_e, k_e との関係を図4, 5, 6, 7に示す。これより C_p は大略 $0.35 \sigma_u$ となり, k_p は, $\sigma_{0.2} / \sigma_u$ とほぼ直線関係が得られるようである。また C_e は σ_u と図中に表示した直線関係が成り立つようであるが, ばらつきが大きい。 k_e は, $\sigma_{0.2} / \sigma_u$ とよい相関関係がある。これら上記の関係を使用すれば, 亀裂発生寿命を推定することが可能となる。

母材と溶接継手部との強度比を図3に示す。SS41の溶接継手は母材強度の約90%, SM50Bでは約110%, 2H鋼では約70%であった。

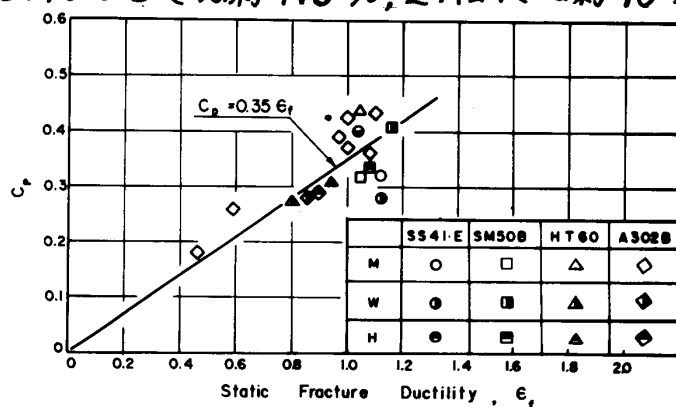


Fig. 4 Relation between Static Fracture Ductility and C_p

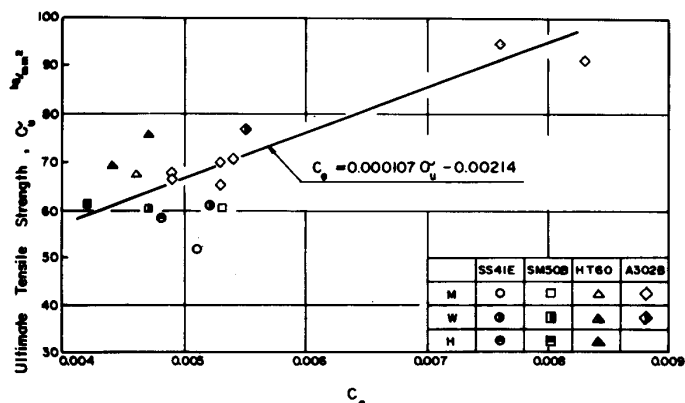


Fig. 6 Relation between Ultimate Tensile Strength and C_e

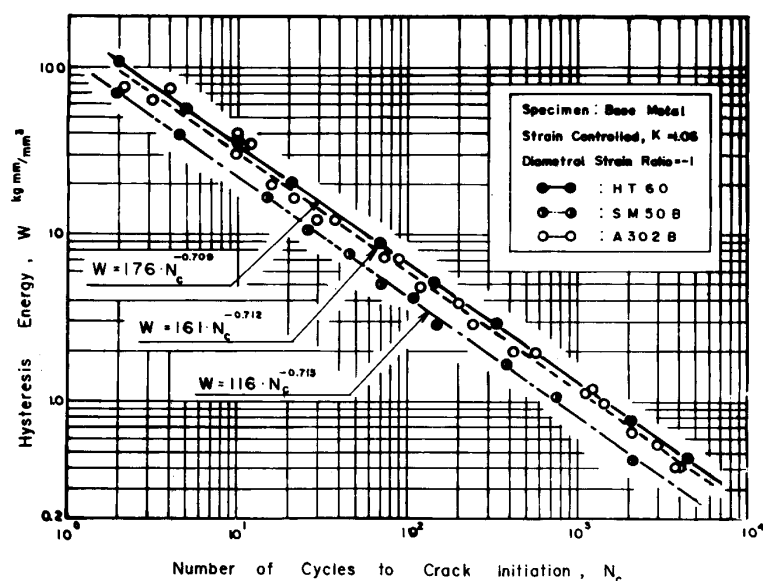


Fig. 2 Relations between Hysteresis Energy and N_c

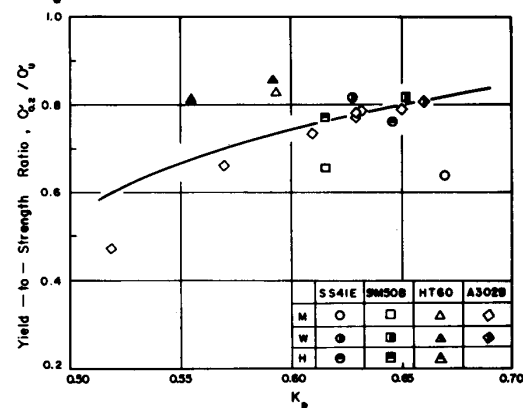


Fig. 5 Relation between Yield-to-Strength Ratio and K_p

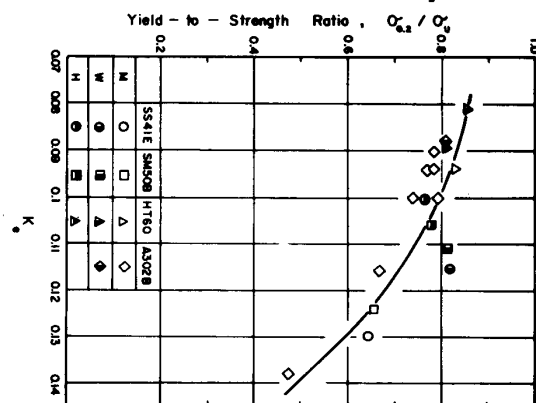


Fig. 7 Relation between Yield-to-Strength Ratio and K_e