

東京工業大学 正員 三木千寿
東京工業大学 正員 西村俊夫

1. はじめに 繰返し外力をうける構造物の応力解析あるいは低サイクル疲労寿命の評価を行うためには、対象とする材料の繰返し応力～ひずみ特性を十分に把握する必要がある。ここでは調質高張力鋼 SM58, HT80 (WES規格 HW70) と、比較のために SS41, SM50 に対し、ひずみ制御低サイクル疲労試験を行い、その繰返し応力～ひずみ挙動について、以下の点を考察した。

- i. 一定ひずみ振幅試験における定常ヒステリシスループのループ形状を結んだ繰返し応力～ひずみ曲線 (cyclic stress-strain curve) およびヒステリシスループ形状に対する平均ひずみの影響。
- ii. 繰返し応力～ひずみ曲線を1本の試験片で留便に求めるために提案されている Incremental-step test と Multi-step test の検討 (図-1)。

2. 実験の方法 表-1にミルシートによる供試鋼材の機械的性質を示す。試験片はすべてその軸とロール方向を一致させ、板厚中心位置から採取した。試験片は最小断面部の直径が10mmあるいは8mmの砂時計型(形状係数1.06)である。実験は動的耐力±5.0tNの型気油圧型疲労試験機を用い、試験片最小断面部の直径方向変位を制御した。繰返し速度はひずみ速度が $2 \times 10^{-3}/\text{sec}$ となるように決定し、制御波形は三角波である。

平均ひずみは0, +0.1, -0.1の3種類とした。HT80, SM58では繰返し1張試験における最大荷重時のひずみは、0.1あるいはそれ以下である。

3. 一定ひずみ振幅下で繰返し応力～ひずみ挙動 平均ひずみの繰返しにとり、平均ひずみ(ϵ_m)が0の時は、SS41, SM50は繰返し硬化、SM58, HT80は繰返し軟化をみる。 $\epsilon_m = +0.1, -0.1$ の時は、第1サイクル目でそれぞれ引張、圧縮の平均応力が生ずるが、ひずみの繰返しによりそれが徐々に消失するよう挙動を示す。

図-2は繰返し寿命の半の繰返し数 $N_f/2$

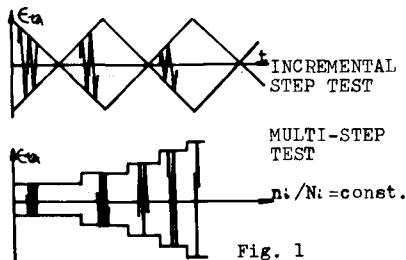


Fig. 1

Table 1

	SS41	SM50	SM58	SM58	HT80
Y.P. (MPa)	29	33	33	55	84
T.S. (MPa)	46	52	51	71	88
EL. (%)	—	29	28	30	31

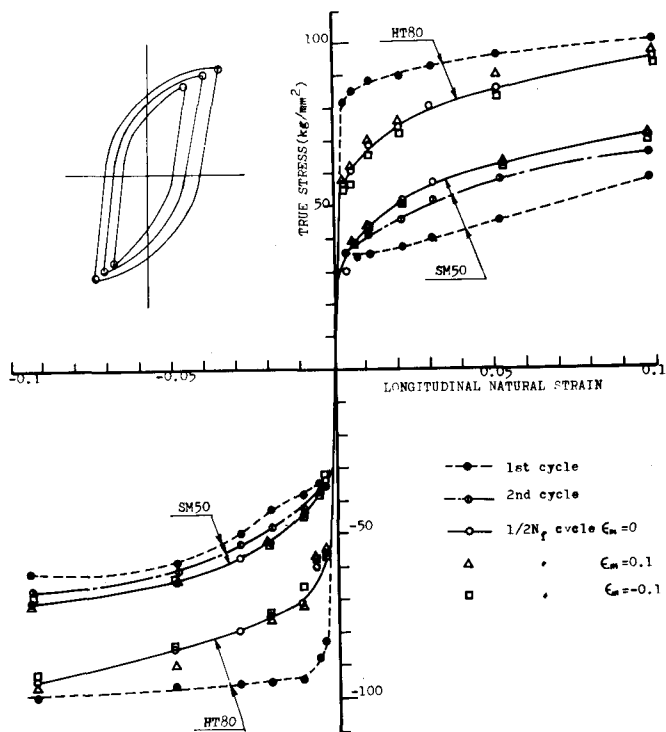


図-2. 繰返し応力～ひずみ曲線。

のヒステリシスループを定常と見なし700
ットした繰返し応力ひずみ曲線、および
1サイクル目、2サイクル目とSM50のみの
ループ4つを結んだ曲線である。同図より
それぞれ鋼種での繰返し硬化、繰返し軟化
挙動が明らかであり、特にSM58、HT80では
ひずみ振幅の小さい領域で大幅な繰返し軟化
を有することは、注意すべき性質である。

図-2には $\epsilon_m = +0.1, -0.1$ の各実験での各 N_f
のループ4つを、 ϵ_m を原点に移してプロ
ットした。各点は $\epsilon_m = 0$ の繰返し応力ひず
み曲線にほぼ一致しており、この程度の平均
ひずみは、いずれの鋼種でも繰返し応力ひず
み曲線に対する影響は無視できる程度であ
る。

図-3はループ4つを原点とし、ヒステ
リシスループの上り側下り側の各曲線の垂直
力と塑性ひずみを両対数で示したものである。
同図において広いひずみ領域で直線性を示
すことから、その傾斜(繰返しひずみ硬化係
数 n')を求め、塑性ひずみ振幅(ϵ_{pa})との関
係を図-4に示した。 n' は ϵ_{pa} の増大に対
して直線的(両対数で)に減少すること、お
よびヒステリシスループ形状にも平均ひずみは影
響しないことが明らかであろう。

4. Incremental step test と Multi-step
test の検討. 各試験から得られた定常状態
での垂直力振幅と、塑性ひずみ振幅の関係を図-5
に両対数で示した。一定ひずみ振幅試験の結果
は、SM58、HT80の ϵ_{pa} が小さい領域を除いて良
い直線関係となる。このような一定ひずみ振幅試
験を簡便に求めるには、HT80、SM58ではInc-
remental step test が良く、SM50、SS41では
multi-step test が良いといえる。この傾向
は平均ひずみがある場合も同様である。

5. おわりに 諸鋼種(HT80、SM58、HT80
の繰返し応力ひずみ特性は、SS41、SM50のそれ
と大きく異なることが明らかとなった。

注: 実験結果はHT80とSM50についてのみ示
した。

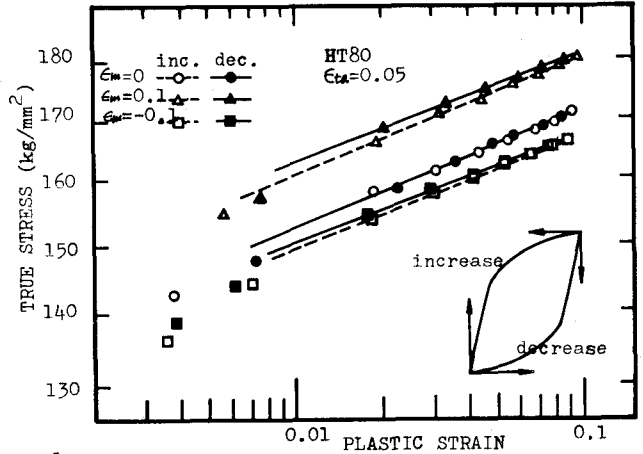


図-3. ヒステリシスループ形状の検討

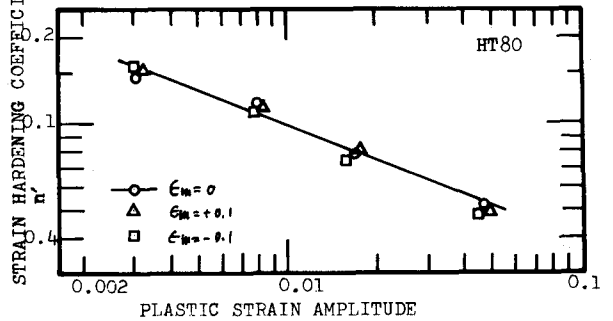


図-4. ヒステリシスループの繰返しひずみ硬化係数と塑性ひずみ振幅

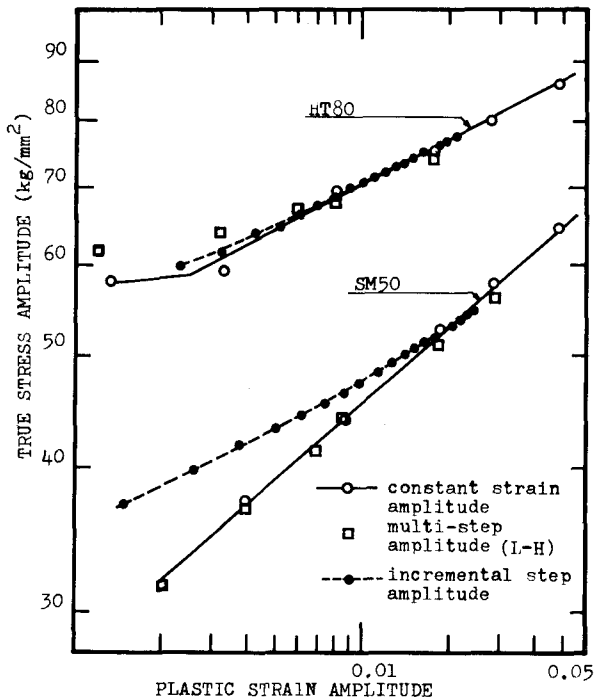


図-5. 垂直力振幅と塑性ひずみ振幅