

1-25 硬鋼の繰返し応力-ひずみ関係について (平均ひずみがある場合)

京都大学工学部

河本 実
並木 宏徳
堂前 雅夫

1. まえびき 疲労過程における応力-ひずみ関係を Manson-Coffin 式より定める方法は過去に集積されたデータをもとに用いる点から非常に有用な方法である。本報告は硬鋼の繰返し応力-ひずみ関係が $\sigma = k\epsilon^n$ の形式で表わしうるか否かと調べ、更に平均ひずみがある場合について同様な関係が成立するか否かと実験的に調べ若干の考察を加えた。

2. 材料および実験装置 供試材の化学組成を Table 1 に示す。

Table 1 Chemical compositions

C	Si	Mn	P	S
0.54	0.24	0.81	0.022	0.017

この材料を Fig. 1 の形状寸法に機械加工した後、エメリ紙で研磨し、バフ仕上げを施した。熱処理は 830°C 0.5hr の真空焼鈍を行った。

4本の静引張試験片による静引張試験結果の平均を Table 2 に示す。

疲労試験は河本・田中式熱疲労試験機の本体を用い、径方向歪を制御した。試験中の荷重および径方向歪を X-Y レコーダに記録し、後でデジタル化して軸方向歪を計算した。以下、結果は全て軸方向対数歪

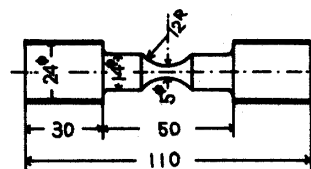


Fig. 1 Test specimen

および真応力で示してある。

Table 2 Mechanical properties

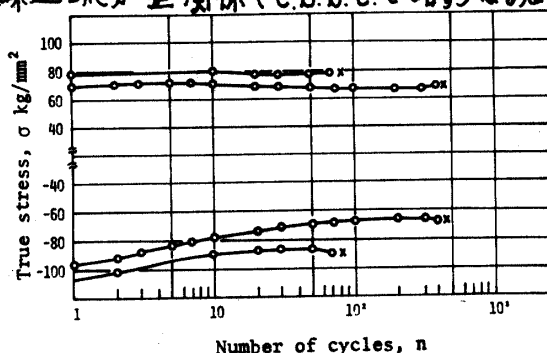
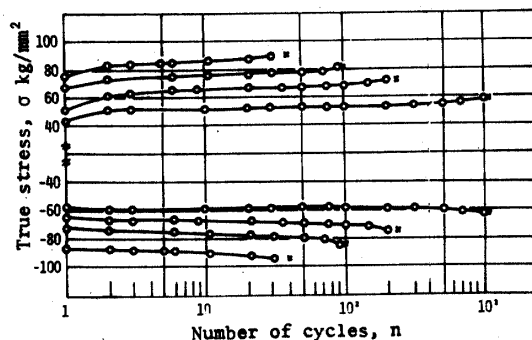
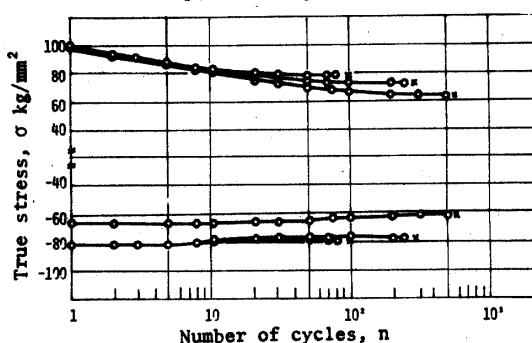
σ_{us} (kg/mm ²)	σ_{1s} (kg/mm ²)	σ_B (kg/mm ²)	σ_T (kg/mm ²)	ϕ (%)	ψ (%)
41.8	37.4	70.3	115.9	21.0	46.8

3. 実験結果および考察

3.1. 平均ひずみの影響について 本材料は焼鈍さ

れているので歪繰返しと共に加工硬化し、Fig. 2-a のような応力変化を示す。しかし平均歪のある歪繰返しを与えると Fig. 2-b および c に示すように軟化挙動を示す。特に平均歪の方向の軟化が著しく、塑性変形による加工硬化が異方向を持つことを示している。しかし定常状態として寿命の 1/2 の繰返し数をとると、平均ひずみの有無に拘らず、ほぼ完全両振応力である。この定常状態の応力振幅は Fig. 4 に示すように歪振幅が同一値なら平均歪による影響は殆んど受けない。これは焼鈍材と圧延材とでは静引張りにおける応力-歪関係が著しく異なっている繰返し応力-歪関係 (C.S.S.C. と略す) はあまり変わらない

という Feltner 等の実験結果と同じ意味を持つものと思われる。平均ひずみにより、

Fig. 2-c $\epsilon_m = -15.0\%$ Fig. 2-a Stress variation under constant strain fatigue test ($\epsilon_m = 0.0\%$)Fig. 2-b $\epsilon_m = 16.0\%$

疲労寿命が低下することは広く知られているが、本実験でも Fig. 3 に示すように、平均ひずみにより疲労寿命は短くなる。しかし、平均歪の正負には関係ないようであり、平均歪による強化と直接破断延性の低下とみなすことは出来ないと思われる。

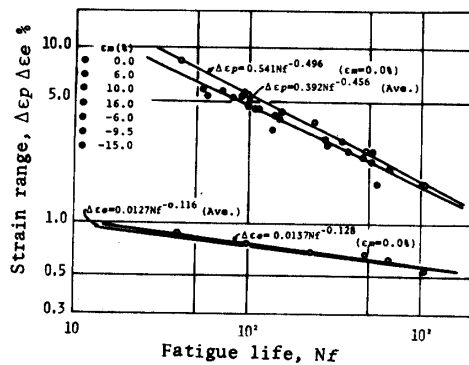


Fig. 3 $\Delta\epsilon$ - N_f Relation

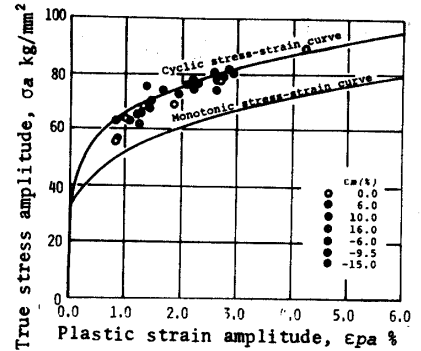


Fig. 4 Cyclic and monotonic σ_a - ϵ_{pa} relation

3.2. 繰返し応力-ひずみ関係 C.S.S.C. は Fig. 4 に示されるように求めることは出来るが、完全両振り定歪試験の場合のみをとってもバラツキが大きく、1本の曲線上に載せることは難しい。これは試験片毎の僅かの塑性的性質の差異および実験誤差の差であろうと思われる。従って1本の試験片でC.S.S.C. を求められれば特にC.S.S.C.の形状の検討には有利である。しかし、本実験のように大歪域では Felner 等の提唱するような鋸歯状の包絡線を持つような細かい応力波紋を繰返し与えることは早期に疲労破壊するので不可能であるので、鋸歯状の歪振幅の増減を4回繰返した後5回目に疲労破壊するように歪振幅の増減割合を計算してそれに従い実験した。この時の3回目の結果を Fig. 5 に示す。実験結果は歪振幅を増加していった場合と減少していった場合とで異なるが、何れも log-log 図上で良好な直線関係にあり、C.S.S.C. を $\sigma = A\epsilon_p^n$ の形で表現することの妥当性を示している。図中実線の増減平均は $\Delta\sigma = 3/13.8\epsilon_p^{0.22}$ となる。応力定歪試験による定常状態の値を同図中丸印で示しているが、歪振幅を増加していった場合のC.S.S.C. に近いようである。しかしバラツキがあるので、結論を出すには更にデータの蓄積が必要であると考えらる。

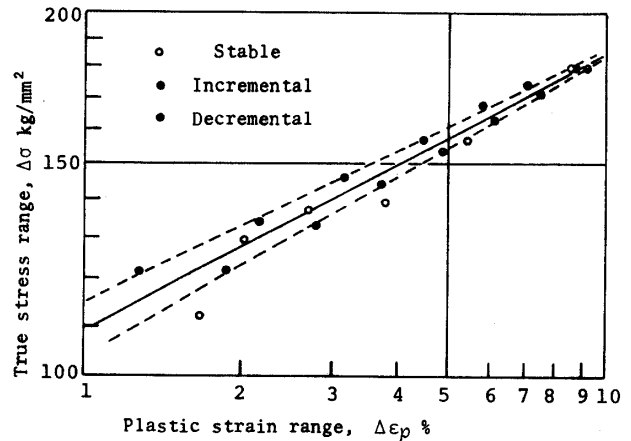


Fig. 5 Cyclic stress strain relations

3.3 ヒステリシスループの形状について 構造物の疲労過程の定常状態のみと問題とする場合はC.S.S.C.のみでよいが、疲労過程あるいは負荷が一定でない場合等々一般的な場合にはヒステリシスループ(H.L.と呼ぶ)の形状が問題となる。これには応力歪履歴効果も問題となり、完全な解析法の開発は将来の課題であらう。ここでは Fig. 5 のC.S.S.C.を描くときのH.L.の形状について調べた結果を Fig. 6 に示す。H.L.の表示はループの一端と原点とする座標系で示すが便利である。図中点はどのような座標系で示されたH.L.上の点である。明らかに、H.L.の形状も又 $\sigma^* = B\epsilon_p^{n*}$ の形式で示されるが、歪振幅により、 n^* の値が僅かに異なり、更に歪振幅が小さい領域とも考えると簡単な式でH.L.を表わすのは困難である。

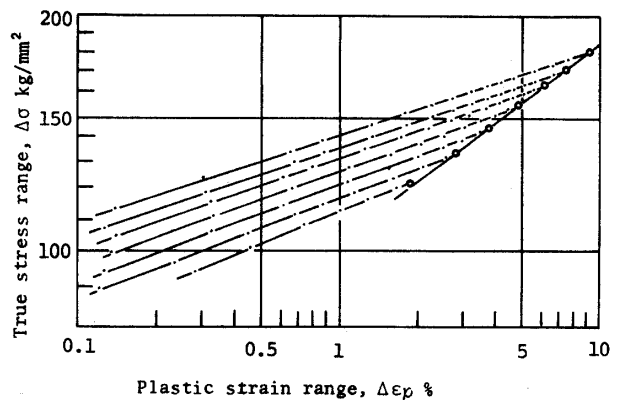


Fig. 6 Cyclic stress strain curve and hysteresis loop shape