

114 組合せ軸力-ねじり荷重下での変形挙動 に及ぼす位相差の影響

高橋, 秀夫 / 三角, 正明 / 大川, 功 / 垣内, 泉

(出版者 / Publisher)

日本材料学会

(雑誌名 / Journal or Publication Title)

学術講演会講演論文集 / 学術講演会講演論文集

(巻 / Volume)

44

(開始ページ / Start Page)

27

(終了ページ / End Page)

28

(発行年 / Year)

1995-05

組合せ軸力-ねじり荷重下での変形挙動
に及ぼす位相差の影響

法政大学工学部 正 大川 功
法政大学工学部 正 高橋 秀夫
法政大学大学院 学 ○ 垣内 泉
成蹊大学工学部 正 三角 正明

1 緒 論

組合せ荷重下での疲労では、荷重間に位相差を有する
場合が一般的であるが、その変形挙動は極めて複雑
である。^{1)・2)}本研究では、軟鋼に正弦波の軸力とねじ
りが同位相および位相差をもって加わる場合について、
中サイクル域において疲労試験を行い、ヒステリシス
ループおよび繰返し応力-ひずみ関係について調べた。

2 試料および実験方法

供試材はAlキルド低炭素鋼CH10Aで、外径16mm、内
径13mm、試験部長さ30mmの中空試験片に加工後、920
℃より段階的な徐冷を施した。供試材の化学成分、熱
処理および機械的性質を表1に示す。

表1 供試材の化学成分、熱処理および機械的性質

Chemical composition %	C	Si	Mn	P	S	Al	
	0.120	0.010	0.350	0.020	0.015	0.025	
Heat treatment	920℃ 1hr FC, 710℃ 4hr FC, 550℃ 4hr FC, 400℃ 8hr FC, 300℃ 8hr FC, 200℃ 12hr FC, 100℃ 24hr FC						
Mechanical properties	Yield stress in tension					MPa	252
	Tensile strength					MPa	328
	Elongation					%	46
	Contraction of area					%	74
Mechanical properties	Yield stress in torsion					MPa	118
	Torsional strength					MPa	492
	Micro-vickers hardness					Hv	85

疲労試験には電気油圧サーボ試験機を用い、軸力と
ねじりの応力比 $\lambda_0 = \tau_0 / \sigma_0$ を 0, 1/√3, √3, ∞, 組
合せの場合の応力間位相差 ϕ を 0, 45, 90, 135° と
し、主としてMisesの等価応力 $\sigma_{eq} = 191.2$ と176.4MPa
において、室温で荷重制御試験を行った。また非接触
変位計を用いて疲労過程におけるひずみを測定した。

3 実験結果および考察

組合せ荷重下の疲労過程において、ひずみが最大と
なる時点でのヒステリシスループの一例を図1に示す。
いずれの応力比とも位相差 $\phi = 90^\circ$ の場合のひずみが
最も小さく、 $\phi = 45^\circ$ と $\phi = 135^\circ$ では応力状態が等
価であるにもかかわらず、ループ形状は異なる。

図2は繰返し過程における塑性ひずみ幅の変化を表
したものであり、いずれも繰返し初期の軟化の後しだ
いに硬化する傾向を示すが、軟化から硬化に転ずる時
期や軟化、硬化の度合は応力比、位相差により異なる。

繰返し過程での塑性ひずみ幅の代表値として、その
最大値および定常期1/2N_rでの値をとり、位相差の影
響について示したものが図3である。位相差の影響は
応力比1/√3の場合が顕著で、 $\phi = 90^\circ$ ではひずみは小
さく、繰返し過程でほとんど変化しないことがわかる。

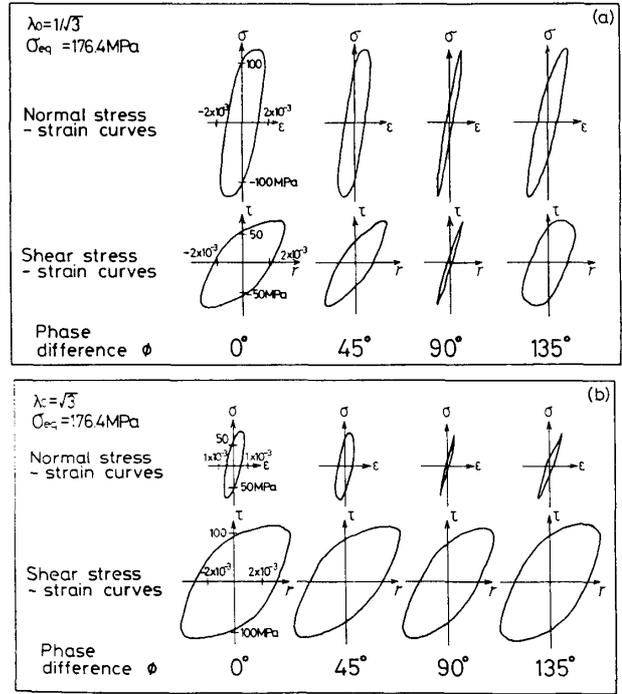


図1 組合せ応力下でのヒステリシスループ

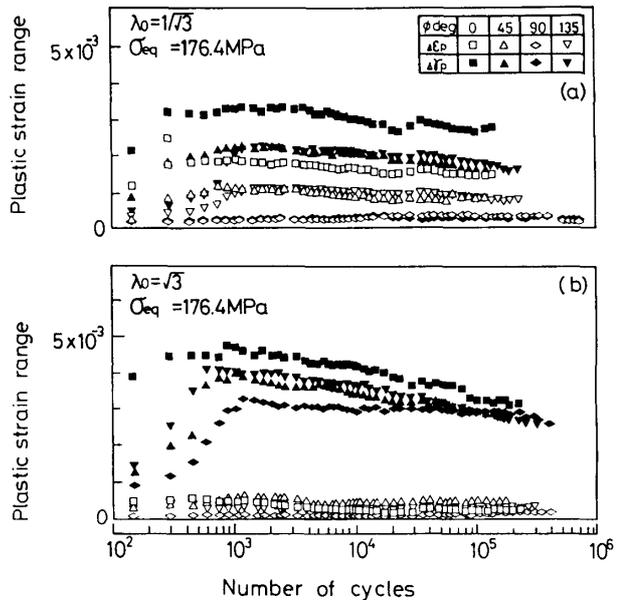


図2 繰返し過程における塑性ひずみ幅の変化

図4は、Misesの等価応力と等価ひずみを用いて繰返し応力-ひずみ関係を表示したものであり、図中の実線は単軸の場合の関係を示している。(a)のように、塑性ひずみ幅として最大値 $\Delta \epsilon_{p,eq,max}$ を用いると、単軸、純ねじりおよび組合せ同位相の結果は、Mises説によりほぼ整理できる。これに対し、(b)の $1/2N_f$ での値 $\Delta \epsilon_{p,eq}$ を用いた場合は単軸の結果と一致しないが、これは図3に示したように、応力比により硬化の度合が異なるためである。また位相差がある場合は、応力の主軸の回転にともなう硬化により塑性ひずみ幅は減少するため、実験点は左方にシフトしており、とくに $\lambda_0=1/\sqrt{3}$ 、 $\phi=90^\circ$ の場合が著しい。

(a)の $\Delta \epsilon_{p,eq,max}$ による表示では組合せ同位相の結果は単軸の結果とほぼ一致することから、この単軸での繰返し応力-ひずみ関係を用いて、静的な場合に準じて、ひずみ増分により位相差がある場合のヒステリシスループの概形を求め、これより得られた繰返し応力-ひずみ線図を図中に合わせて示した。位相差がある場合の線図では、とくに $\lambda_0=1/\sqrt{3}$ 、 $\phi=90^\circ$ でほとんど塑性ひずみを生じておらず、このように実験値と一致しない場合もあるが、位相差の増加にともない硬化する傾向を示している。また、 $\phi=45^\circ$ と $\phi=135^\circ$ ではヒステリシスループの形状は異なるが、繰返し応力-ひずみ線図はほぼ一致する。

つぎに $\Delta \epsilon_{p,eq,max}$ を用いて、疲労寿命を整理した結果を図5に示す。塑性ひずみ幅と寿命の関係は応力比により異なり、Misesの等価ひずみでは整理されない。また位相差がある場合の実験点は、同位相の場合の直線の下方に位置しており、塑性ひずみ幅の減少に対応して、寿命も延伸することがわかる。

4 結 論

位相差を有する軸力-ねじりの組合せ荷重下での軟鋼の疲労過程における変形挙動について調べた。

繰返し初期の軟化の後、しだいに硬化するが、その変化は応力比、位相差によって異なり、位相差 90° の場合は塑性ひずみ幅が最も小さく、かつ繰返し過程での変化も少ない。繰返し過程での塑性ひずみ幅の最大値を用いると、組合せ同位相の繰返し応力-ひずみ線図はMisesの等価応力、ひずみによりほぼ整理できるが、位相差がある場合は応力の主軸の回転にともなう硬化により、線図は上方にずれる。また、塑性ひずみ幅と寿命の関係はMisesの等価ひずみでは整理されず、位相差がある場合は、塑性ひずみ幅の減少に対応して寿命も延伸する。

参 考 文 献

- 1) K.Kanazawa et al., Fatigue Fract. Mater. Struct., 2, 217 (1979).
- 2) A.Benallal et al., Biaxial and Multiaxial Fatigue, p.107 (1989).

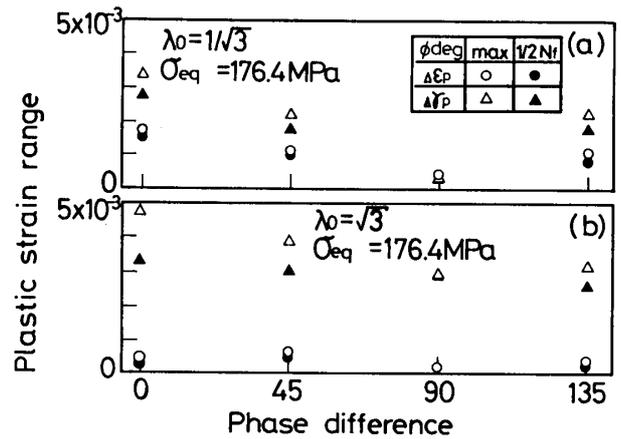


図3 位相差による塑性ひずみ幅の相違

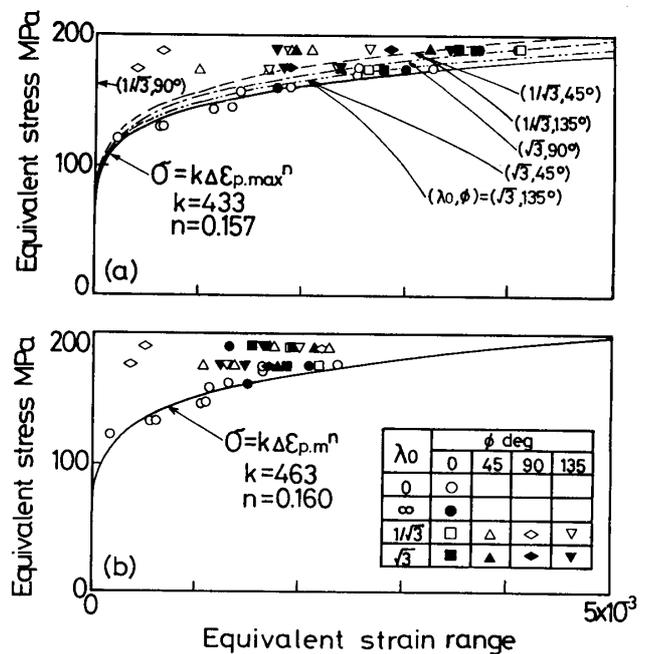


図4 繰返し応力-ひずみ線図

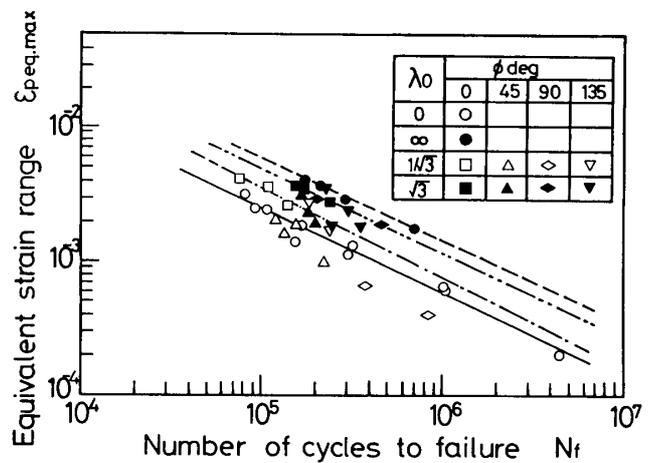


図5 $\Delta \epsilon_{p,eq,max} - N_f$ 線図