

京都大学工学部 正員 後藤 尚男 京都大学工学部 正員 亀田 弘行
 京都大学大学院 学生員 小池 武 神戸市役所 正員 泉並 隆二
 京都大学大学院 学生員 脇田 和試 京都大学研究生 杉原 豊

1. まえがき 構造物が大変位振幅をくり返し受ける場合の破壊に対処するため、一定変位振幅及び変動変位振幅による構造用鋼材のくり返し曲げ破壊試験を行なった。本報告では鋼材の反力特性、消費エネルギー等挙動に関する実験結果を報告するものである。

2. 実験概要 実験は、S S 41 鋼材 H 型断面 ($100 \times 10 \times 100$ mm) を用い、スパン長 1 m の単純梁の中央フランジ部分に電気油圧式ランダム加振機で集中荷重を載荷した。実験は変位制御し正弦波、載荷振動数 0.5 Hz) で行なった。

(1) 一定変位振幅試験 図 1、図 2 には反力 弾性剛性、1 サイクル当りの消費エネルギーの劣化性状が示されている。図 1 は、塑性疲労破壊、図 2 は、横倒れ座屈を生じた試験体に関するものである。塑性疲労破壊タイプ(図 1)では、最初の数サイクルで歪硬化とともに反力が上昇するが、以後は緩慢に低下し突然破断する。1 サイクルあたりの消費エネルギーの傾向は反力に最大値を与える載荷回数までの劣化が数しく、その後反力とほぼ同様の劣化性状を示した。一方弾性剛性は、殆ど一定値を保った。

横倒れ座屈タイプ(図 2)では、反力、弾性剛性、消費エネルギー共に、急激な劣化傾向を示した。横倒れ座屈の開始点、90% 反力点、70% 反力点、破断点等を破壊基準として、図 3 に、 σ - N カーブを示した。疲労破壊タイプの各データは、両対数上で、ほぼ一直線上にのっている。

図 4 は、フランジにクラックが生じるまでの全消費エネルギーと変位振幅との関係である。韌性率変位振幅が 2.46 付近で、データが直線から離れているのは、塑性疲労破壊と横倒れ座屈破壊が同時に生じたためより多くのエネルギーを消費した結果と考えられる。変位振幅が 1.0 以下で左方にズレているのは、弾性疲労の領域に入っていることによる。

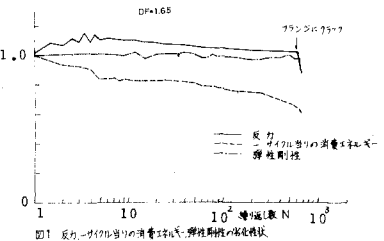


図1 反力・1サイクル当りの消費エネルギー・弾性剛性の劣化性状

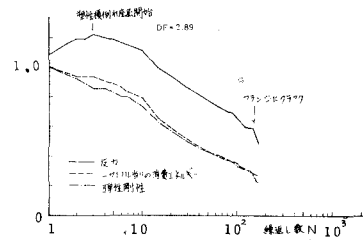


図2 反力・1サイクル当りの消費エネルギー・弾性剛性の劣化性状

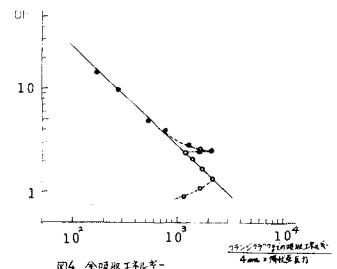
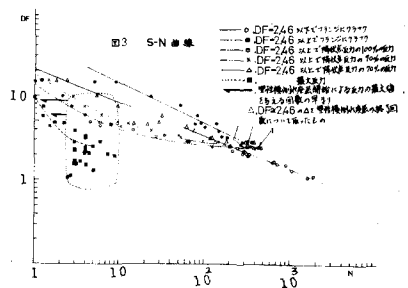


図4 全破壊エネルギー

(2)二段振幅試験 変位振幅の組み合わせ $6\text{ mm} \rightarrow 9\text{ mm}$ を増加振幅試験、 $9\text{ mm} \rightarrow 6\text{ mm}$ を減少振幅試験とする。図5～8に、反力値及び1サイクル当りの消費エネルギーとMiner規準による損傷度の関係が示されている。増加振幅試験では、振幅変化後は、 9 mm の一定振幅試験の結果まで移行する。振幅変化後数サイクルまで反力の値がわずかに上昇しており、新たに歪硬化が起きていると考えられよう。反力の落ち方も破壊寸前で極めて急激でほぼ一定振幅試験と同様の挙動を示す。消費エネルギーについても同様の傾向がうかがえる。次に減少振幅試験では、反力の値は振幅変化後、 6 mm の一定振幅試験の示す反力値よりかなり低い値をとっている。しかもこのことは、先行载荷の繰り返し数の多少によらず同様である。また、反力の落ち方も一定振幅試験の場合と異なり、緩やかなカーブで減少している。振幅変化後、増加振幅試験でみられた歪硬化も生じていないようである。そしてMinerの破壊基準から予想される寿命よりかなり多い繰り返し数で破壊に至った。1サイクル当りの消費エネルギーは、反力の値が振幅変化後かなり減少しているにもかかわらず、一定振幅試験の場合とかわらぬ値をとった。以上のように、荷重の载荷順序を変化させることにより異なる結果が得られたことに対し次のような推論を試みた。この試験では、供試体中央で塑性ヒンジが形成される。反力値は塑性ヒンジの曲率とこれに対応する曲げモーメントにより決まる。増加振幅の場合は、振幅増加に伴い塑性ヒンジ領域が拡大するが、減少振幅の場合は、振幅減少後も振幅 9 mm での塑性ヒンジの影響を残して 6 mm の変位を受けることになる。相対的に大きな塑性ヒンジのため曲率の小さくなり、曲げモーメントも小さくなって反力も低下することになる。塑性域の拡大により、破壊までより多くのエネルギーを必要とすると考えれば破壊くり返し数の増加も説明できると考えられる。

