

画像計測によるひずみ制御低サイクル疲労試験

名古屋大学 正会員 館石 和雄
名古屋大学 学生員 判治 剛

1. 背景および目的

1995年1月に発生した阪神・淡路大震災において多くの極低サイクル疲労による損傷事例が報告された。これらの損傷により構造物の耐荷力が著しく低下する危険性があり、高塑性域での破壊メカニズムについて解明する必要があると考えられる。そこで、画像計測を用いた平板曲げ試験におけるひずみ制御低サイクル疲労試験を開発した。本研究では、素材試験体に対して本試験システムを適用し、過去のデータと比較することで、本試験システムの有効性について検討した。

2. 試験システム

試験システムは、デジタルカメラ、画像処理プログラム、疲労試験機で構成されている（図-1）。デジタルカメラは一般に市販されているものを使用した。カメラの有効画素数は約311万画素（2160×1440）、撮影距離は18.8~36.1cmである。

3. ひずみ計測手法

記録した画像の例を図-2に示す。本ひずみ計測手法は酒井ら¹⁾の開発したシステムを改良したものであり、試験体側面に描いた標点の移動量からひずみを算出するものである。なお、画像には1画素の大きさを補正するための基準体も同時に写しこんでいる。

4. 試験体および荷重方法

試験体の形状および寸法を図-3に示す。鋼種はSM490Aである。今回は試験体の形状を3パターンとしたが、これは試験過程で最適な形状となるように試行錯誤し、加工したためである。曲げ荷重の荷重には図-4に示す治具を使用した。また画像計測結果と比較するために、抵抗線式塑性域ゲージを画像計測面から約5mmの箇所にはり付けてひずみを測定した。なお今回の画像計測における標点間距離は約2~3mmであり、ひずみゲージのゲージ長は10mmである。

5. ひずみ計測結果の比較

ひずみゲージが剥離しない範囲で曲げ試験を行って、画像計測により求めたひずみと比較した。その結果を図-5に示す。ゲージ長と画像計測の標点間距離が異なるため、画像計測値はゲージ測定範囲とほぼ同範囲における標点間ひずみの平均値とした。ゲージにより測定できたひずみの範囲は概ね0.12~0.15であるが、その範囲内で両者は非常によく一致していた。これより、大ひずみ領域においても画像計測により十分な精度でひずみが計測できているものと考えられる。

6. 低サイクル疲労試験方法

画像計測によりひずみを制御し、低サイクル疲労試験を行った。片振り試験としたため、試験体には荷重軸方向に圧縮ひずみのみ

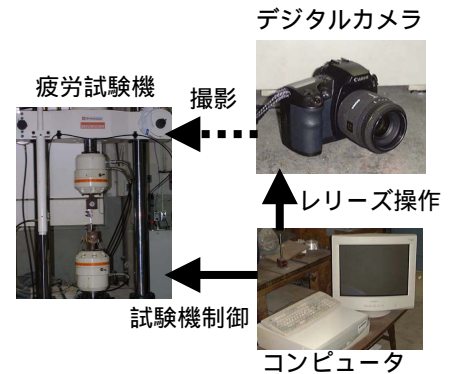


図-1 試験システムの概要



図-2 記録した画像の例

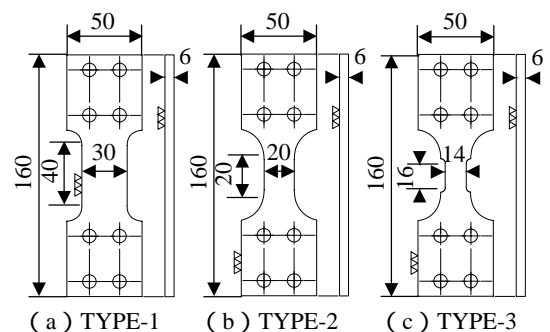


図-3 試験体の形状および寸法（Unit:mm）

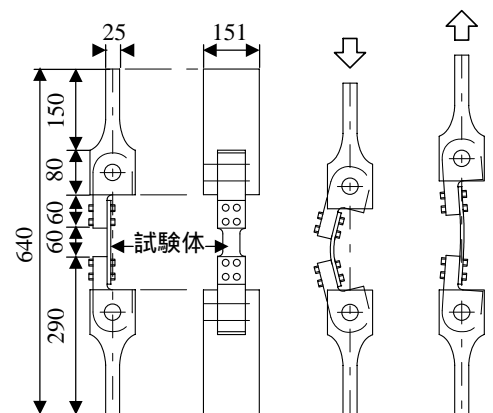


図-4 試験治具の形状および荷重方法（Unit:mm）

キーワード 低サイクル疲労，画像計測，ひずみ制御，平板曲げ試験

連絡先 〒464-8603 名古屋市千種区不老町 名古屋大学理工学総合研究センター TEL052-789-3741

が作用する側（以後、圧縮側）と引張ひずみのみが作用する側（以後、引張側）が存在する．今回は引張側のひずみ振幅が一定となるようにひずみを制御した．その結果として、圧縮側のひずみ振幅もほぼ一定となった．

7. き裂発生状況

き裂は引張側、圧縮側の両側から発生した．画像計測面とき裂発生位置の関係を図-6 に示す．引張側では板側面、つまり画像計測面からき裂が発生し、圧縮側では板幅中央部から複数のき裂が生じた．したがって、引張側ではき裂発生位置におけるひずみ振幅を計測できていることになるが、圧縮側では計測できていない．そこで、圧縮側のき裂発生位置におけるひずみを推定するために有限要素解析を行った．

8. 有限要素解析方法

有限要素解析には解析プログラム MARC を用いた．解析モデルは図-7 に示すように、試験体および治具の対称性を考慮して 1/4 モデルとした．材料は Mises の降伏条件、移動硬化則とし、応力 ひずみ特性はバイリニア型の構成則とした．バイリニア型の二次勾配はヤング係数の 1/100 とした．

9. 解析結果

例として TYPE-3 試験体に 40mm の変位を与えたときの、画像計測面における長手方向ひずみ分布の解析値と画像計測値の比較を図-8 に示す．画像計測値は標点間の中央位置にプロットした．両者はよく一致しており、解析により実際の疲労試験をよく再現できていると考えられる．また、試験体中央における板幅方向ひずみ分布を図-9 に示す．図中のプロットは TYPE-1 において疲労試験中に板幅端部、中央部に貼付したひずみゲージにより測定した値である．全ての試験体でき裂が発生した位置のひずみが最大となっていることがわかる．そこで、解析値を用いて圧縮側のひずみ振幅を補正し、試験結果の整理を行った．

10. 疲労試験結果

き裂発生寿命とFEMにより補正したひずみ振幅の関係を図-10に示す．き裂発生寿命は、試験体表面に約0.5~1.0mm程度のき裂を確認したときの繰り返し数とした．併記した直線は、西村・三木²⁾によるSM490Aにおけるき裂発生寿命 ひずみ振幅の提案式である．ひずみ振幅0.1以下のデータから求めた提案式であるため、0.1以上の領域は点線で示した．今回の試験結果は提案式とよく一致しており、画像計測を用いたひずみ制御低サイクル疲労試験は有効な試験システムであると考えられる．

参考文献

- 1) 酒井理哉, 松浦真一: 画像計測を用いたひずみ制御の低サイクル疲労試験システム, 電力中央研究所報告, U00068, 2001.
- 2) 西村俊夫, 三木千寿: 構造用鋼材のひずみ制御低サイクル疲れ特性, 土木学会論文報告集, 第279号, pp.29-44, 1978.

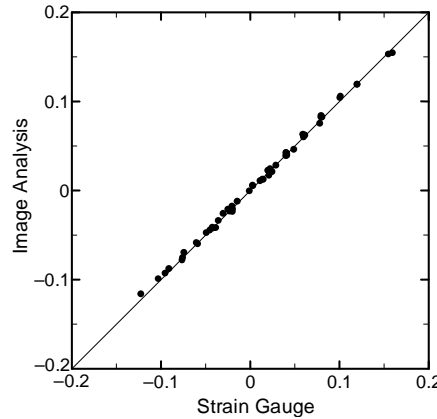


図-5 画像計測精度の検討

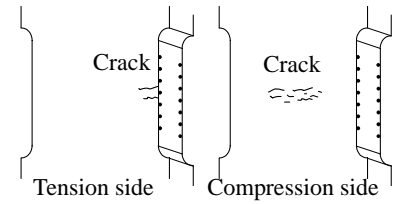


図-6 き裂発生位置

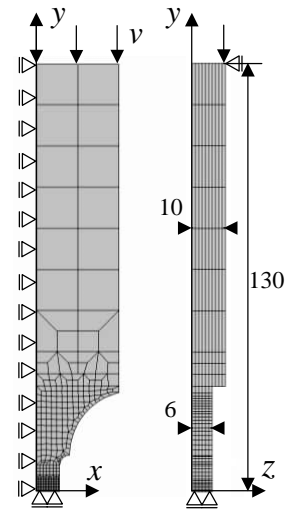


図-7 解析モデル

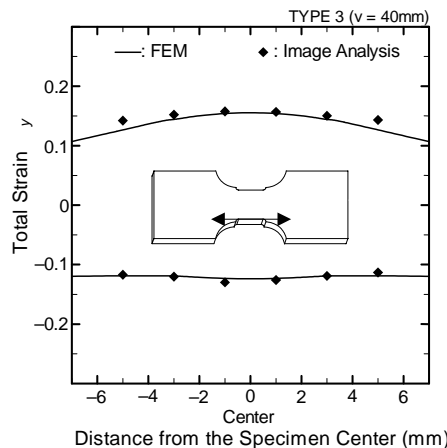


図-8 長手方向ひずみ分布

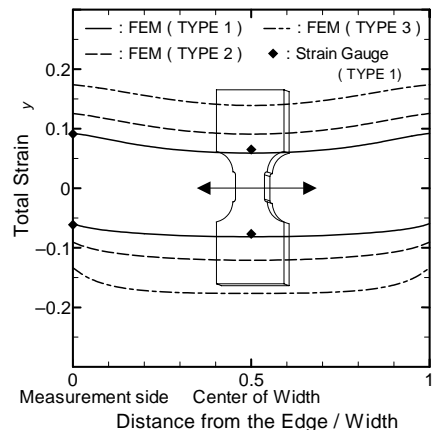


図-9 板幅方向ひずみ分布

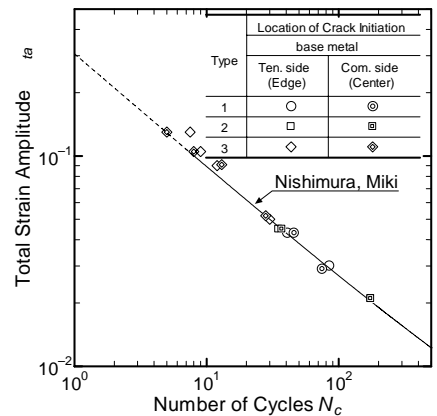


図-10 き裂発生寿命