

関西大学 正会員 坂野昌弘
松尾橋梁 正会員 〇百々良晃

関西大学 正会員 三上市蔵
日本技術開発 加藤準治

1. はじめに

地震等により鋼製橋脚が過大な繰返し荷重を受ける場合に、主要な破壊様式として「薄肉要素の局部座屈」と「ひずみ集中部の低サイクル疲労」の二つが考えられる。前者が先行する場合には変形性能はあまり期待できないが、リブやコンクリート等による補剛の強化あるいは板厚増などによって座屈に対する抵抗を増し、大きな変形に耐えられるようになると後者が問題になってくる。

著者らは以前、鋼製橋脚の隅角部をモデル化した試験体を用い、破断寿命が数十回～一万回程度となるような繰返し载荷実験を実施した¹⁾。しかしながら、地震時に生じる比較的大きな荷重の繰返し回数はせいぜい十回前後と考えられることから、本研究では、その程度の繰返し回数で破壊が生じるような領域をねらって繰返し载荷実験を行い、鋼製橋脚隅角部の“超”低サイクル疲労挙動について検討した。

2. 実験方法

試験体は、材料、形状、寸法ともに既報¹⁾と同様である。実験方法も基本的には同様であるが、前回は両振り载荷を荷重制御（ $\pm 400\text{kN}$ ）で行ったのに対し、今回は载荷容量が大きい試験機（ $400\text{kN} \rightarrow 600\text{kN}$ ）を使用した関係で変位制御（ $\pm 5\delta_y$ ）で実施した。

3. 実験結果

(1) 荷重－変位関係 図1に荷重 P と载荷点の荷重方向の変位 δ との関係を示す。1回目から2回目にかけて荷重抵抗の上昇、即ち繰返し硬化現象が認められる。2回目以降はほぼ定常的なヒステリシスループを描いており、21回目の反転载荷中に柱部材のフランジが破断している。 $P-\delta$ 曲線からは破壊の前兆あるいは破壊の進行に関する情報はほとんど得られない。

(2) 破壊挙動 図2は破断直前（19回反転後）のコーナー部の写真である。フランジとウェブの間の角溶接部が

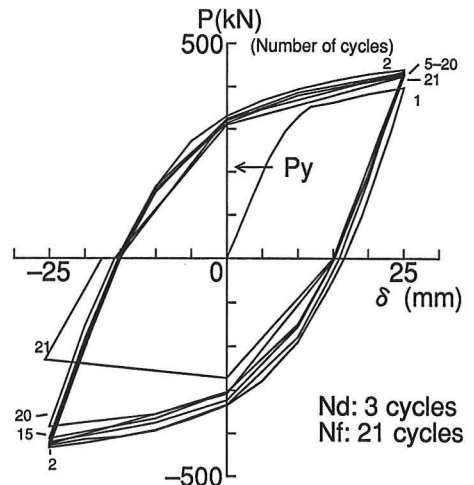


図1 P- δ 曲線

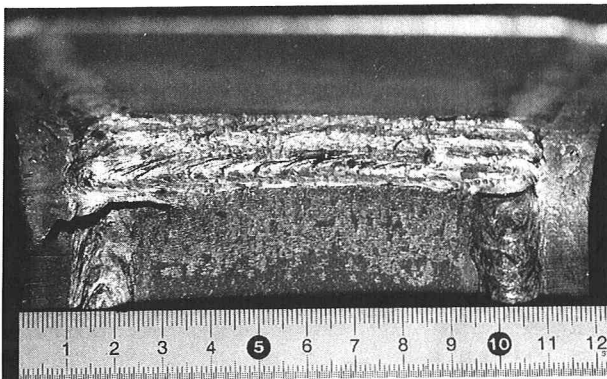


図2 亀裂の状況（19回反転後）

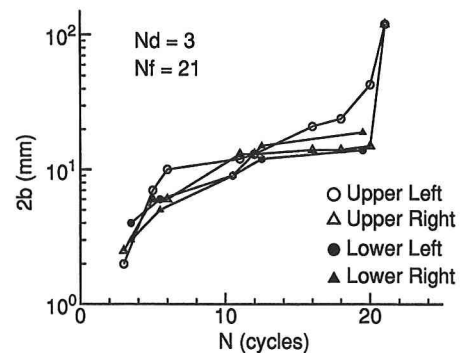


図3 亀裂進展曲線

両側ともほぼ切断されておりフランジの中央部と片側のウェブでかろうじて繋がっている状態である。疲労亀裂は柱部材の角継手の縦ビード表面上、柱と梁のフランジ同士を接合するすみ肉溶接との交差部およびその近傍から生じている。図3に亀裂の表面長さ $2b$ と荷重繰返し数 N との関係を示す。3回目の繰返し载荷中に磁粉探傷により既に数mm程度の亀裂が複数発見されており、 $2b$ が角溶接部の幅に相当する20mm程度を越えると急激に破壊が進行する様子がわかる。

(3) ひずみ範囲と寿命の関係 図4に示す位置にひずみゲージを貼付け、繰返し载荷中、亀裂発生位置付近のひずみ挙動を観察した。図5には既報¹⁾の4体の試験体と同様に、亀裂発見時の塑性ひずみ範囲 $\Delta \varepsilon_p$ と亀裂発見寿命 N_d および破断寿命 N_f との関係を示す。図中の斜めの直線は砂時計型試験片の亀裂発生寿命について得られている関係である²⁾。今回得られた結果はこれまでの結果のほぼ短寿命側への延長線上に位置しており、ひずみゲージによって測定された $\Delta \varepsilon_p$ でプロットされた点は砂時計型試験片の亀裂発生寿命曲線に比べて短寿命側に分布している。

(4) 寿命予測 使用鋼材(SM490)の繰返し応力ひずみ関係を用いた弾塑性3次元FEM解析³⁾により、亀裂発生に対する寿命予測を試みた。図6に解析によって得られた亀裂発生位置の $\Delta \varepsilon_p$ と N_d の関係を示す。繰返し応力ひずみ関係を用いた解析結果は砂時計型試験片の亀裂発生寿命曲線とよく一致しており、文献3の手法により精度よい寿命予測が可能なが示された。

4. おわりに

鋼製橋脚隅角部の超低サイクル疲労挙動について検討した。ここで得られた結果は、基部の継手部など亀裂発生位置が類似のケースに対しても適用可能と考えられる。

参考文献; 1) 坂野他: 土木学会第47回年次学術講演会, I-54, 1992. 2) 西村・三木: 土木学会論文報告集, 第279号, pp. 29-44, 1978. 3) 坂野他: 構造工学における数値解析法シシム論文集, 第17巻, pp. 357-362, 1993.

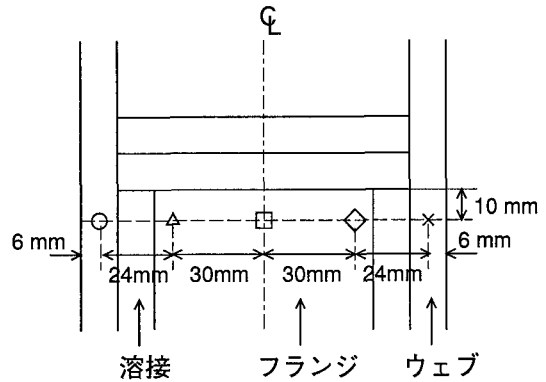


図4 ひずみゲージ貼付位置

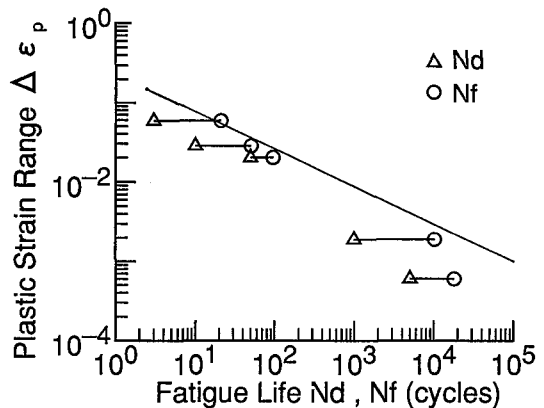


図5 塑性ひずみ範囲の実測値と寿命の関係

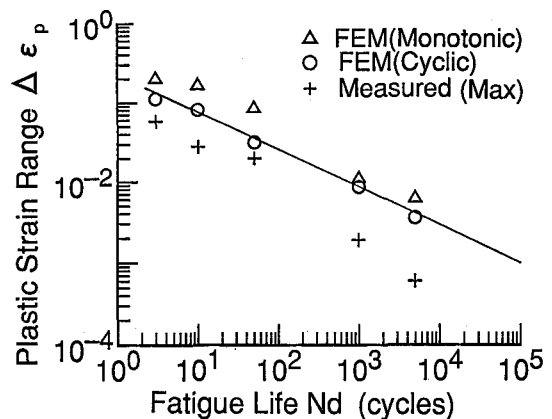


図6 低サイクル疲労寿命予測