

# ランダムな载荷を受ける鋼製部材の

## 延性き裂発生・進展挙動に関する実験的研究

名城大学 学生会員

岩田 勝成

J F Eエンジニアリング株式会社 正会員

藤江 渉

名城大学 学生会員

小野 恵亮

名城大学 正会員

葛 漢彬

### 1. まえがき

鋼製橋脚の延性き裂に起因する脆性的な破壊挙動の解明、またその防止法を確立するため鋼製橋脚に対する極低サイクル疲労試験はこれまで多く行われてきた。筆者らはこれまでに厚肉断面を有する単柱式鋼製橋脚を対象に延性破壊実験を実施し<sup>1)2)</sup>、き裂発生・進展挙動を明らかにするとともに累積疲労損傷度によるき裂発生評価法を提案した<sup>3)</sup>。しかしながら筆者らの研究を含め、これまでに行われてきた鋼製橋脚の延性破壊実験は漸増・定振幅変位を与えた载荷方法がほとんどであり、地震動のようなランダムな载荷履歴を受ける際のき裂発生・進展挙動は未解明である。本研究では、地震動を想定したランダムな载荷履歴を与える载荷試験を行い、き裂発生・進展挙動を検討する。

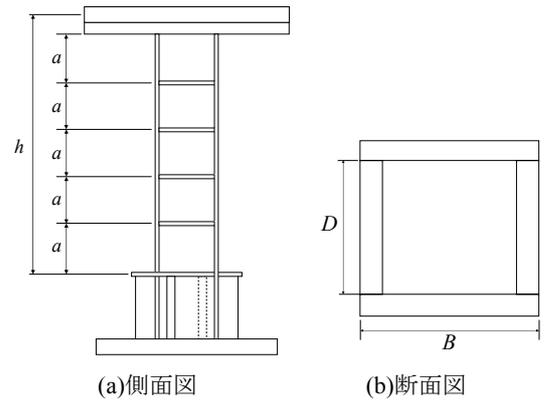


図-1 供試体概略図

表-1 供試体の寸法および構造パラメータ

$h$ (mm)	$a$ (mm)	$B$ (mm)	$D$ (mm)	$t$ (mm)	$R_f$	$\bar{\lambda}$	$H_y$ (kN)	$\delta_y$ (mm)	$P/P_y$
782	141	152	133	8.64	0.37	0.36	103	5.12	0.1

### 2. 実験方法

#### 2.1 使用供試体

供試体概要図、供試体の寸法および構造パラメータおよび材料定数を図-1、表-1 および表-2 にそれぞれ示す。図-1 に示すように、単柱式無補剛断面橋脚を模擬した供試体を用いた。

表-2 材料定数 (引張試験結果)

鋼種	$\sigma_y$ (MPa)	$E$ (GPa)	$\epsilon_y$ (%)	$\sigma_u$ (MPa)	$\epsilon_u$ (%)	$\nu$
SM490YA	380	210	0.182	550	29	0.289

Note :  $\sigma_y$ =yield stress,  $E$  = modulus of elasticity,  $\epsilon_y$  = yield strain,  $\sigma_u$  = ultimate stress,  $\epsilon_u$  = ultimate strain,  $\nu$  = Poisson's ratio

#### 2.2 载荷方法

供試体頂部に一定の鉛直荷重、および水平方向には図-2 で表される変位を与えた。図-2 はファイバーモデルの動的解析より得られた応答変位をもとに作成した。入力地震動は道路橋示方書<sup>4)</sup>に示されている地震動の例のうち兵庫県南部地震で観測されたレベル 2,タイプ 2,II種地盤地震動 JR-Takatori-EW である。

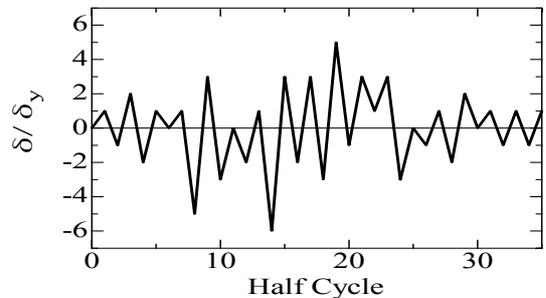


図-2 水平方向载荷パターン

### 3. 実験結果および考察

#### 3.1 水平荷重-水平変位関係

水平荷重-水平変位関係を図-4 に示す。本実験の最大変位

キーワード 延性き裂, 鋼製橋脚, 延性破壊実験, 地震動, 極低サイクル疲労

連絡先 〒491-0075 愛知県一宮市寺島町2丁目8番地1 自宅(0586)-72-9007 携帯 090-7861-4209

は $-6\delta_y$  (14 半サイクル)であるが、荷重低下は見られなかった。その後、19 半サイクルにおいて $5\delta_y$ と比較的大きな変位を与えたところ若干の荷重低下が見られた。

### 3.2 き裂進展状況

き裂進展状況を写真-1 に示す。写真-1 は図-3 に示す角部 1 である。13 半サイクル ( $1\delta_y$ ) 載荷後に、柱-ベースプレート溶接部柱側止端の 2 箇所初めてき裂を確認した。1 つは角部先端に 2mm 程度、もう 1 つはウェブ-フランジの溶接部と柱-ベースプレート溶接部の境界に 2mm 程度のき裂であった。15 半サイクルで

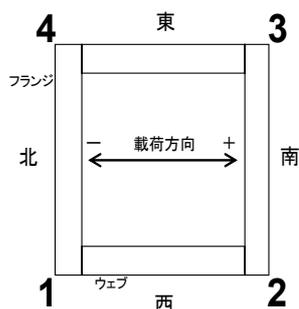


図-3 角部番号

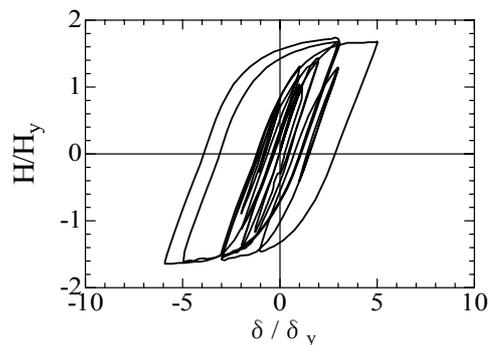


図-4 水平荷重-水平変位関係

はき裂は大きく進展し、19 半サイクルではウェブ-フランジの溶接部からウェブ母材への進展が見られた。

### 3.3 各角部のき裂長さの比較

き裂長さは角部先端からき裂先端までの長さである。除荷後 (30 半サイクル) のき裂長さを比較すると、フランジ幅方向には 1~2mm 程度ずつ進展しているのに対し、ウェブ幅方向には 15 半サイクル付近で急激に進展していることが分かった。北側 (角部 1・4) の方が南側 (角部 2・3) より長いことが分かった。

### 3.4 漸増変位載荷を与えた場合との比較

漸増変位載荷を与えた場合のき裂進展は、ウェブ-フランジ溶接部にき裂が発生→ウェブ幅方向に急激に進展→フランジ-ベースプレート溶接止端部にき裂発生→フランジ幅方向にゆっくり進展→ウェブ幅方向には進展せず、フランジ幅方向に急激に進展、という特徴<sup>1),2)</sup>があり、本実験結果もほぼ同様であった。さらに、漸増変位載荷を与えた場合、ウェブ幅方向き裂が母体に達する、またはフランジ幅方向き裂長さが 10mm 以上になると急激に耐力が低下し、き裂もさらに進展する<sup>1),2)</sup>。しかしながら、本実験では 19 半サイクルにおいて角部 1 のウェブ幅方向のき裂が母材に 2mm 程度進展し、フランジ幅方向のき裂長さが 11mm となったが若干の荷重低下が見られたのみである。また、23 半サイクル以降、き裂進展はほとんど見られなかった。これらは本実験の荷重パターンが 19 半サイクル以降、 $\pm 1 \sim 3\delta_y$  という小さな振幅であることが影響していると考えられる。

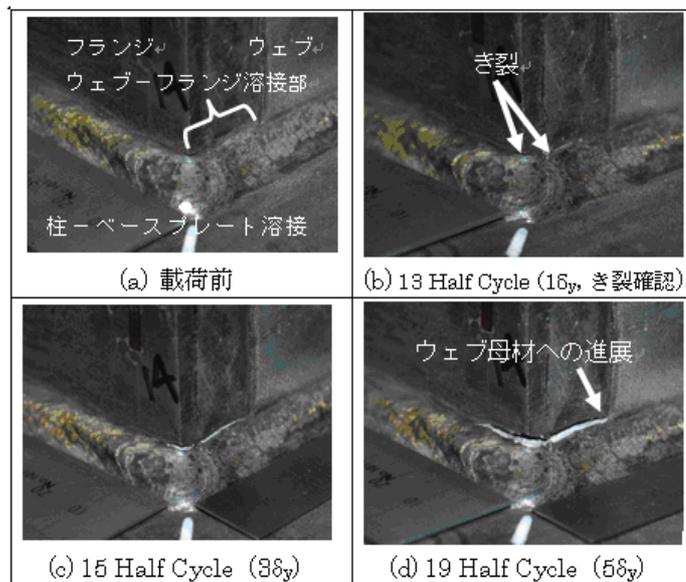


写真-1 き裂進展状況

## 4. あとがき

単柱式鋼製橋脚に対して、動的解析により得られた応答変位を与える延性破壊実験を行った結果、き裂は発生するものの最大変位以降のき裂進展は漸増変位載荷の場合に比べ小さく、耐力低下も顕著ではないことが分かった。

謝辞：本研究は、文部科学省私学助成ハイテクリサーチセンター整備事業で名城大学に設置された「高度制震実験・解析研究センター」の助成および日本鉄鋼連盟「鋼構造研究・教育助成制度」(学生研究分野)の助成を受けて実施されたものである。

参考文献：1) 葛・大橋・田島：鋼製厚肉断面橋脚における延性き裂の発生とその進展に関する実験的研究，構造工学論文集，Vol.53A，pp.493-502，2007. 2) 葛・津村：鋼製厚肉断面橋脚における延性き裂発生の評価に関する実験的および解析的研究，構造工学論文集，Vol.55A，pp.605-616，2009. 3) 葛・藤江・田島：鋼構造物の延性き裂発生の評価法の実験データによる検証，構造工学論文集，Vol.55A，pp.617-628，2009. 4) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説書 V 耐震設計編，丸善，2002.