

ランダム載荷を受ける鋼製橋脚の延性き裂発生・進展挙動に関する一検討

名古屋大学大学院 学生会員 藤江 渉
 名城大学 岩田 勝成
 名城大学 伊東賢太郎
 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¹⁾⁻²⁾, 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³⁾. 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載荷方法がほとんどであり, 地震動のようなランダムな載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載荷履歴を与える載荷試験を行い, き裂発生・進展挙動を検討する.

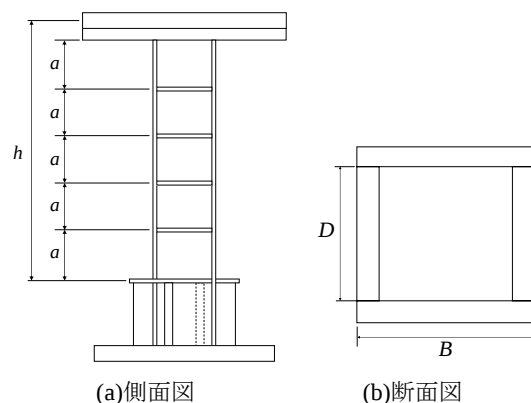


図-1 供試体概略図

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)	δ_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	σ_y (MPa)	E (GPa)	ε_y (%)	σ_u (MPa)	ε_u (%)	ν
SM490YA	380	210	0.182	550	29	0.289

Note : σ_y =yield stress, E = modulus of elasticity, ε_y = yield strain, σ_u = ultimate stress, ε_u = ultimate strain, ν = Poisson's ratio

2.2 載荷方法

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⁴⁾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.

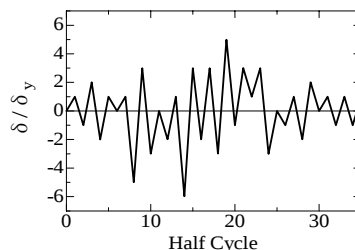


図-2 水平方向載荷パターン

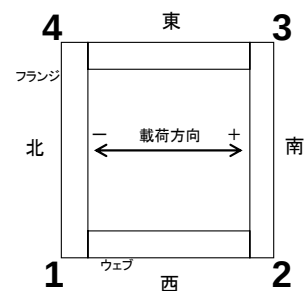


図-3 角部番号

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 き裂進展状況例

き裂進展状況例を写真-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, 柱一ペー

スプレート溶接部柱側止端の2箇所で初めてき裂を確認した。1つは角部先端に2mm程度、もう1つはウェー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半サイクルではき裂は大きく進展し、19半サイクルではウェー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

図-5に各角部のき裂長さの比較を示す。図-5(a), (b)はそれぞれフランジ幅方向、ウェブ幅方向の図であり、縦軸にき裂長さ、横軸に半サイクル数をとった。き裂長さは角部先端からき裂先端までの長さである。図-5(a)と(b)の除荷後(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る。示す北側(角部1・4)の方が南側(角部2・3)より長いことが分かる。

3.4 漸増変位载荷を与えた場合との比較

漸増変位载荷を与えた場合のき裂進展は、ウェー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^{1),2)}があり、本実験結果もほぼ同様であった。さらに、漸増変位载荷を与えた場合、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^{1),2)}。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。これらは本実験の载荷パターンが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。

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载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：第1著者の研究室ゼミで名古屋大学の伊藤義人教授から種々のアドバイスをいただいた。また、実験の際、葛西昭講師にご協力をいただいた。なお、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（投稿中）。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（投稿中）。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。

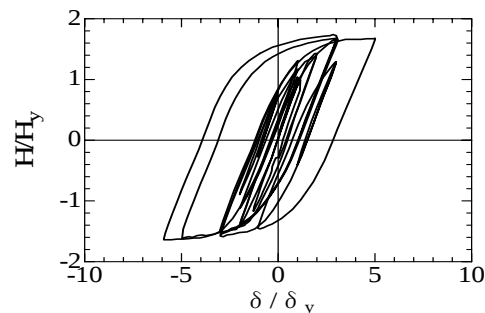


図-4 水平荷重－水平変位関係

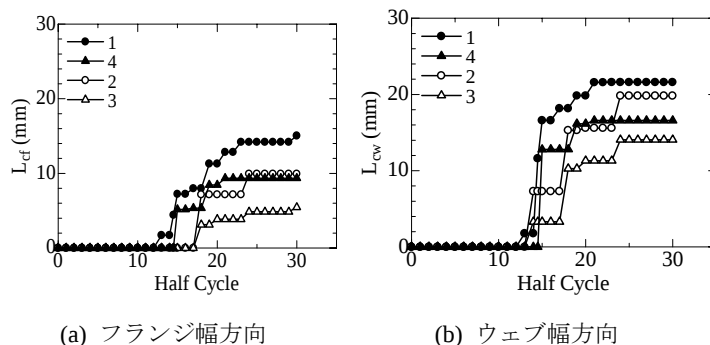


図-5 き裂長さ

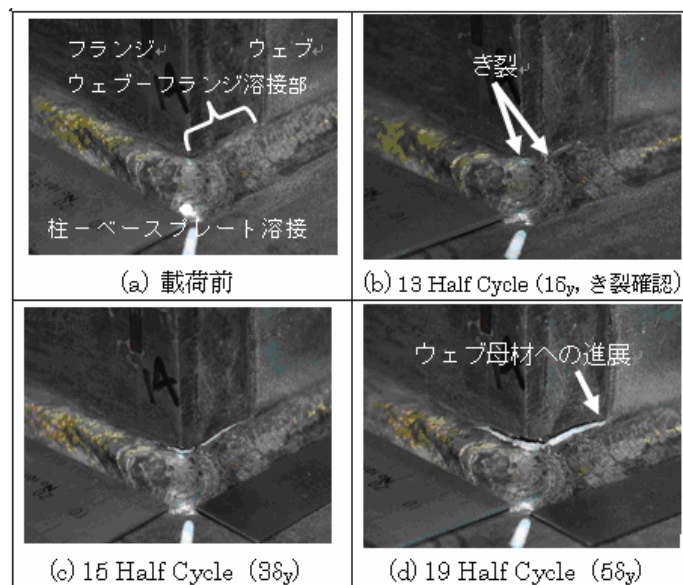


写真-1 き裂進展状況