

延性き裂の発生を伴う鋼製厚肉断面橋脚の終局状態に関する実験的研究

三菱重工業 正会員 ○津村 康裕
 名古屋大学 正会員 葛 漢彬
 名古屋大学 学正員 松井 延行

1. はじめに

1995年1月に発生した兵庫県南部地震により被害を受けた鋼製橋脚の一部には、隅角部のひずみ集中部において脆性破壊が発見された。兵庫県南部地震以後、変形性能向上を図る目的で局部座屈が発生しにくい構造形式が多く採用されている。このため、ひずみ集中部では以前に増して脆性破壊が発生する恐れがある。しかし、現在の設計指針では脆性破壊に関する明確な規定がない。そこで、本研究では脆性破壊の第一段階である延性き裂の発生に着目し、延性破壊を考慮した設計法の確立を目指す。本稿では鋼製橋脚を対象とした延性破壊実験を行い延性き裂の発生を再現し延性き裂が鋼製橋脚の強度と変形能に与える影響を考察する。

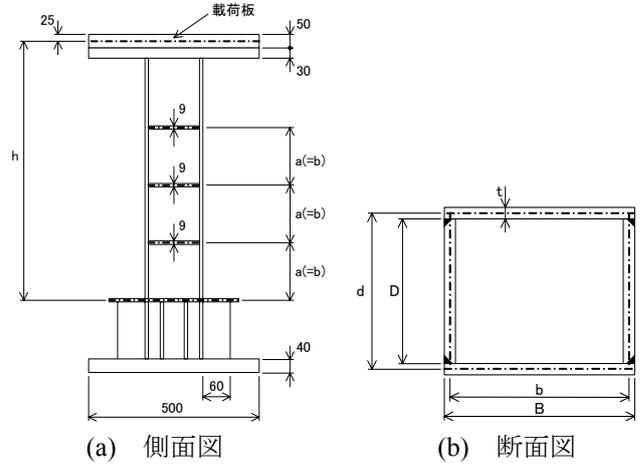


図-1 供試体概要図

2. 実験概要

本実験の供試体の概要図、寸法を図-1、表-1にそれぞれ示す。表中の文字はそれぞれ、B：フランジ幅 (mm)，D：ウェブ幅 (mm)，t：板厚 (mm)，h：柱としての高さ (mm)， R_f ：幅厚比パラメータ， λ ：細長比パラメータ， H_y ：降伏水平荷重 (N)， δ_y ：降伏変位 (mm) を示している。供試体名については（例：UB○○-□□××P1[490]），UB：無補剛箱形断面，○○：幅厚比パラメータの小数点以下2桁，□□：細長比パラメータの小数点以下2桁，××：载荷パターン，P1：軸力比，[490]：鋼種(SM490YA)をそれぞれ示している。载荷パターンにおいてC1は1サイクルずつ変動変位振幅繰り返し载荷，C3は3サイクルずつ変動変位振幅繰り返し载荷，CCは定変位振幅繰り返し载荷をそれぞれ表している。供試体の高さ方向にはフランジ幅の中心間距離間隔($a=b$)で板厚9mmのダイヤフラムが設置されている。また、供試体基部にはリブが設置してある。フランジとウェブはグループ溶接されており、溶接はCO2半自動溶接で行い、溶接ワイヤはYFW-C50DMを使用した。

表-1 供試体の寸法とパラメータ

	B (mm)	D (mm)	t (mm)	h (mm)	R_f	λ	H_y (N)	δ_y (mm)
UB25-35C1[490]	112	94	9.02	570	0.26	0.37	77122	3.94
UB25-35C3[490]	112	94	9.02	568	0.26	0.37	77595	3.92
UB25-35CC[490]	112	94	9.02	569	0.26	0.37	77585	3.93
UB35-35C1[490]	152	134	9.02	769	0.37	0.37	110154	5.18
UB35-35C3[490]	152	134	9.02	769	0.37	0.37	110030	5.19
UB35-35CC[490]	152	134	9.02	769	0.37	0.37	109671	5.19
UB35-45C1[490]	152	134	9.02	999	0.37	0.48	84684	8.44
UB35-45C3[490]	152	134	9.02	998	0.37	0.47	84636	8.43
UB35-45CC[490]	152	134	9.02	998	0.37	0.47	84636	8.43

3. 実験結果

ここでは、UB35-35C1P1[490]の実験結果のみ示すこととする。

3.1 き裂進展状況

図-2, 3にそれぞれ荷重-変位履歴曲線とき裂の進展プロセスを示す。まず、 $4\delta_y$ から $-4\delta_y$ への载荷途中、初めに圧縮を受けた側のフランジとウェブの溶接部分の基部でき裂の発生を確認した(図-3(a))。この段階では繰り返しひずみ硬化の影響で、荷重-変位関係において荷重は増加している状態である。 $4\delta_y$ から $5\delta_y$ への载荷途中、その他のコーナー部においてフランジとウェブの溶接部分でき裂の発生を確認した。しかし、局部座屈を確認することは出来なかった。

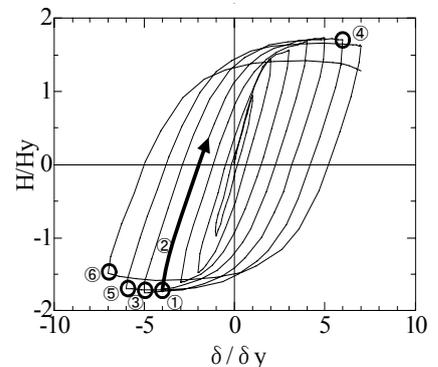


図-2 荷重-変位履歴曲線

キーワード 鋼製橋脚，繰り返し载荷実験，延性き裂

連絡先 名古屋市千種区不老町 電話 052-789-4485 FAX 052-789-5461

発生した(図-3(b)). 一方、ウェブ方向のき裂はある程度進展した。

続いて、 $6\delta_y$ 時に初めにき裂が確認された側で局部座屈の発生を確認したが、局部座屈は肉眼で見分けることは困難で、手で触れて判断出来る程度である。- $6\delta_y$ 載荷終了時には、フランジ、ウェブ方向のき裂が繋がって耐力低下が開始した(図-3(c)). き裂がウェブ方向で 20mm程度（溶接部の幅相当）、フランジ方向で 10mm程度（ウェブの板厚相当）に進展しないと供試体の耐力は低下しない。き裂は溶接部の表面を進展していたが、このときは溶接部の厚さ方向にも進展しており、き裂開口部が明確になってきた。

最終的にはき裂が母材に進展し、急激な耐力低下に至った(図-3(d)). ウェブ方向のき裂は初期の段階ではベースプレートとの溶接に沿って進展したが、ウェブ母材に進展すると溶接部分から斜め方向に進展している。一方、フランジ方向のき裂も斜め方向に進展しているがウェブ方向のように鋭いき裂ではない。

3.2 き裂長さ と 耐力及び変形能の関係

図-4 にウェブ、フランジ方向のき裂長さ と 耐力の関係を示す。ここで、×は局部座屈発生、□はウェブ方向とフランジ方向のき裂が繋がったことを表している。き裂長さは各サイクルの変位振幅まで載荷した時に測定したものである。ウェブ方向のき裂が発生しても繰り返しひずみ硬化のため荷重は増加している。しかし、局部座屈の発生及びウェブ、フランジ方向のき裂が繋がったのを契機に急激に荷重は低下している。フランジ方向のき裂長さ と 変形能の関係を図-5 に示す。同図において、●は延性き裂発生点(延性破壊点)、◎は最大荷重点をそれぞれ表している。フランジ方向のき裂が発生し進展すると耐力低下に至る。ただし、図を見ても分かるように延性破壊点から最大荷重点まで変形能において $1\delta_y$ の余裕がある。その他の供試体においても同様に $1\sim 2\delta_y$ の余裕がある。一方、フランジの張り出し部を有する供試体¹⁾では $3\sim 6\delta_y$ の余裕があることが確認されている。この余裕はき裂が発生しても直ちに耐力低下に至らないことを意味する。よって、上述した最大荷重点までのき裂進展状況を考えると、き裂の発生点よりも最大荷重点を終局状態(図-3(b)参照)としたほうがより合理的であると考えられる。

4. 結言

厚肉断面の場合、き裂は局部座屈より先行して発生するが、直ちに耐力低下に至ることはない。き裂が母材に進展した後、耐力が急激に低下する。また、最大荷重点までのき裂進展状況から、き裂の発生点よりも最大荷重点を終局状態としたほうがより合理的である。

参考文献

1) 大橋正稔, 田島 僚, 葛 漢彬, : 延性き裂の発生に着目した鋼製厚肉断面橋脚の繰り返し載荷実験, 土木学会第 60 回年次学術講演会講演概要集, pp.155-156, 2005 年 9 月.

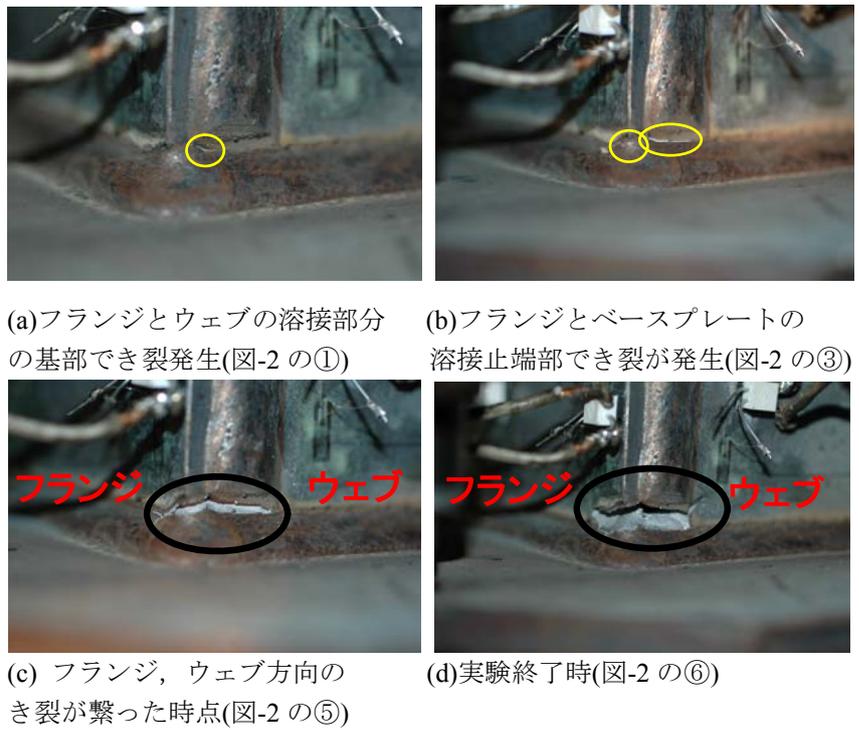


図-3 き裂の進展と耐力の関係

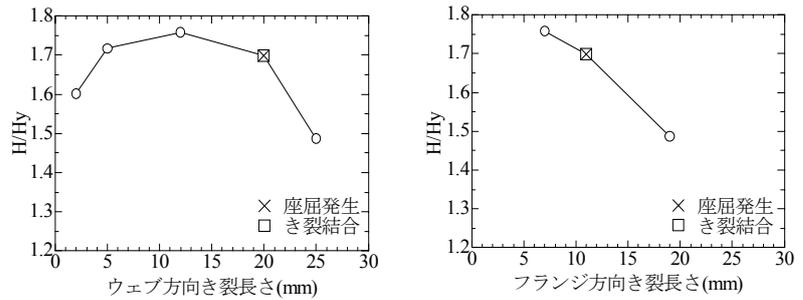


図-4 き裂長さ と 耐力

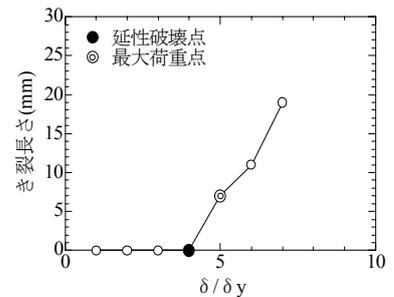


図-5 き裂長さ と 変形能