

延性き裂の発生に着目した鋼製厚肉断面橋脚の繰返し载荷実験

東海旅客鉄道(株) 正会員 ○大橋正稔
 名古屋大学 学生会員 田島 僚
 名古屋大学 正会員 葛 漢彬

1. はじめに

兵庫県南部地震では、鋼製橋脚の隅角部や基部等のひずみ集中部に、極低サイクル疲労により生じたと思われる脆性き裂が発見されたため、耐震設計において局部座屈はともかく、脆性破壊に関する照査も考慮する必要がある。そこで本研究では、脆性破壊の元となる比較的小さなき裂に対してその発生を防止するという設計上の基本的考えから、脆性破壊の第一段階である延性き裂に着目する。著者らがVoid理論を用いた解析手法から、材料レベル(丸棒引張試験片)におけるき裂発生限界ひずみ値を提案している¹⁾が、実験的な検討が不足している。そこで、本稿では延性き裂発生時の限界ひずみの妥当性を検証することと延性き裂の発生を照査できる耐震解析手法の開発を目的とした実験的な検討の結果について述べる。

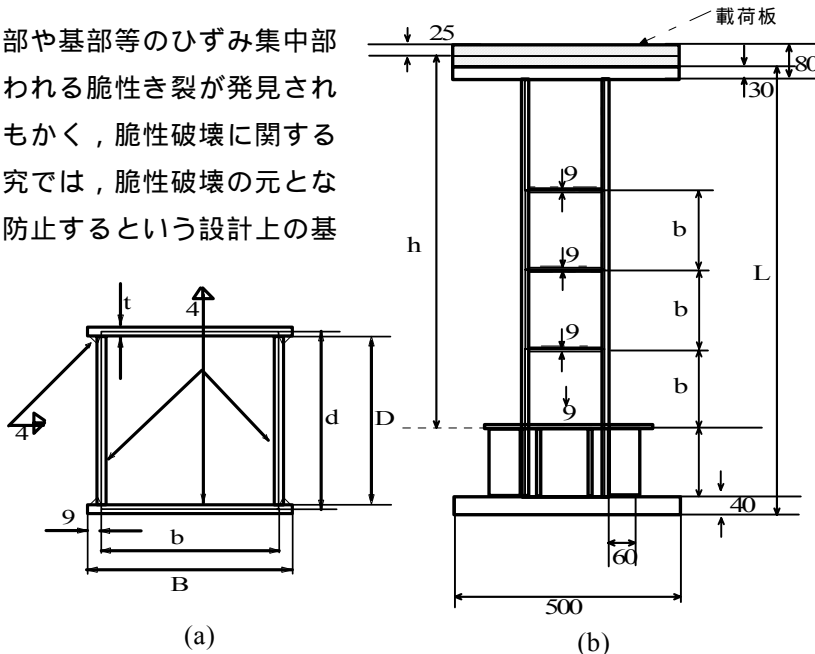


図-1 実験供試体

2. 実験概要

実験に使用した供試体は、箱形断面を有する鋼製橋脚であり、表-1 に示す比較的厚肉断面のものを計 6 体作製した。なお、実験は所定の頂部水平変位 δ を与えた単調および繰返し载荷で行った。

3. 実験結果及び考察

3.1 き裂の発生および進展のプロセス

本稿では例として UB25-35C1 の実験結果についての結果を記す。図-2 に、この供試体の水平荷重 - 水平変位関係を示す。き裂発生から実験終了までの経過をまとめると、以下の通りになる。

- $8\delta_y$ へ载荷中にき裂の発生を確認(写真-1 参照)。
- $9\delta_y$ ピーク時点で新たなき裂の発生を確認。
- $12\delta_y$ 折り返し点で、局部座屈による塑性変形を確認。
- $14\delta_y$ へ载荷中にき裂 が急激に進展 → 荷重低下。
- $16\delta_y$ へ载荷中にき裂 が進展し、荷重がピーク値 (127kN) に対し、半減したため実験終了。

3.2 考察

キーワード：厚肉鋼製橋脚，延性き裂，繰返し载荷
 連絡先（名古屋市千種区不老町・電話 052-789-4485・FAX 052-789-5461）

表-1 供試体の諸元 (断面寸法の単位：mm)

供試体名	B	D	t	h	R_f	$\bar{\lambda}$
UB25-25C3P1	152	114	9.11	551	0.27	0.24
UB25-25C1P1	152	114	9.17	552	0.27	0.24
UB35-25C1	202	165	9.33	772	0.37	0.24
UB35-25M	202	164	9.34	770	0.37	0.24
UB25-35C1	152	114	9.19	771	0.27	0.33
UB25-35C3	152	114	9.20	771	0.27	0.33

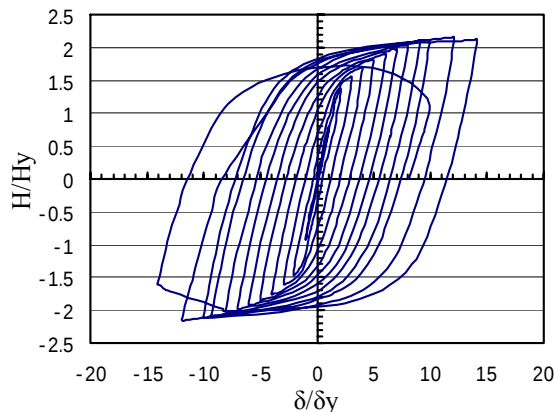


図-2 水平荷重 - 水平変位関係

図-3は実験結果から得た荷重 - 変位曲線（包絡線）のイメージ図である。図は $-4\delta_y \rightarrow 5\delta_y$ へ载荷中にき裂の発生を確認した場合を表す。点はこの時点で、き裂の発生を確認したことを示している。この場合は、 $5\delta_y$ へ向けての载荷中に発見したことから、1つ前の折り返し点（ $4\delta_y$ ）を延性破壊点と定義した。なお、▲点のように $4\delta_y \rightarrow -4\delta_y$ へ载荷中にき裂の発生が発見された場合も同様の考えから延性破壊点を $-3\delta_y$ と定義する。以上のような考えから、各実験結果の延性破壊点における終局変位 $\delta_{u,c}$ を求めた結果を表-2に示す。また、本実験における最大荷重時の変位 δ_{max} との関係も同表に示す。これによると、 $\delta_{u,c}$ が δ_{max} の 6, 7 割程度となっているがわかる。き裂発生が観察されてから、2~3 サイクル程度は大きな進展はなく、板厚方向へ徐々に進展する。溶接線に沿った形で 10mm 程度進展すると、急激に母材へと進展し、き裂長さが概ね 20mm を超えた時点で、大きな荷重低下を生じる。本実験供試体計 6 体のうち、UB25-25C1P1、UB25-25C3P1 及び UB25-35C1、UB25-35C3 の 4 本について、上記のような傾向が確認された。

本実験の幅厚比パラメータは 0.25 と 0.35 の 2 種類である。供試体の挙動として幅厚比パラメータの大きい UB35-25C1、UB35-25M の場合のみに供試体基部で局部座屈による座屈変形が早期に確認された。しかしながら、座屈変形が確認できても、厚肉構造であるため、耐力の低下は見られない。つまり、局部座屈が進行し、それによる耐力低下に至る前に引張側で脆性破壊が生じたため耐力が低下した結果となった。

3.3 まとめ

- (1) 全ての供試体について、鋼製橋脚基部に発生する脆性破壊現象を実験的に再現できた。ただし、局部座屈の発生が延性き裂の発生より早い場合もあった。
- (2) 延性き裂は繰り返しひずみ硬化の影響による強度増加の段階で発生する。
- (3) 延性き裂の発生後、ただちに供試体が強度低下を生じることはない。
- (4) 延性き裂は供試体基部の溶接止端部から発生し、初期の段階は板厚方向に進展し、その後溶接線に沿って進展し、やがて母材へ進展する。
- (5) き裂が母材へ進展すると、供試体の強度が急激に低下する
- (6) 本実験の実験供試体が比較的厚肉断面であるため、局部座屈による荷重低下は見られない。
- (7) 鉛直方向の軸力の有無により、き裂発生時のひずみ値が異なる。

4. あとがき

本実験で得た知見をもとに、既往の研究で提案されている延性き裂発生条件式の精度を検証するとともに、延性き裂に対する照査法を検討する予定である。

参考文献

- 1) 葛漢彬, 川人麻紀夫, 大橋正稔 (2005): 構造用鋼材の延性き裂発生の限界ひずみ, 第 8 回地震時保有耐力法に基づく橋梁等構造の耐震設計に関するシンポジウム講演論文集, pp.231-238.



写真-1 き裂発生直後の様子

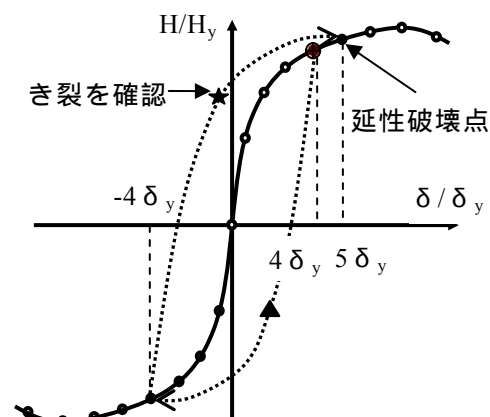


図-3 実験時の破壊点の決定方法

表-2 本実験における破壊点

供試体名	$\delta_{u,c} / \delta_y$	δ_{max} / δ_y	$\delta_{u,c} / \delta_{max}$
UB25-25C3P1	9	15	0.60
UB25-25C1P1	9	14	0.64
UB35-25C1	10	13	0.77
UB25-35C1	7	12	0.58
UB25-35C3	6	12	0.58

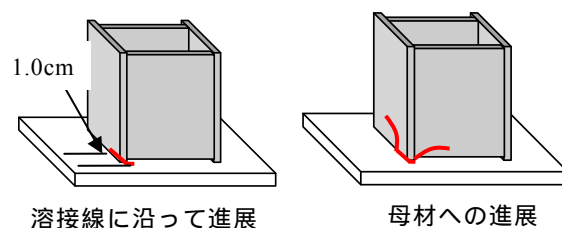


図-4 き裂の進展状況