

溶接ビード仕上げが鋼部材の延性き裂発生に及ぼす影響に関する実験的研究

名城大学大学院 正会員 鈴木 俊光
 名城大学大学院 学生会員 岩田 勝成
 名城大学 近藤 有, 富松 勇介, 曹 輝
 名城大学 学生会員 速水 景
 名城大学 正会員 葛 漢彬

1. はじめに

1995 年 1 月に発生した兵庫県南部地震では多くの建築鋼構造物をはじめ、鋼製橋脚においても過去に経験したことのない甚大な被害を受けた。中でも神戸ハーバーハイウェイ P75 橋脚の隅角部においては鋼橋において初めて脆性的な破壊モードが確認され、以後、土木鋼構造物における地震時挙動や破壊性状に関しては数多くの実験が行われてきた。その一方、鋼橋では近年大型車両の交通振動に起因する疲労き裂の発生が問題となっており、特に疲労設計によりき裂の発生が懸念される箇所についてはその対策として溶接止端部仕上げ等により疲労強度の向上を図る事例が多い。また、鋼製橋脚の隅角部においては、やはり高サイクル疲労の対策として梁および柱の交差部、いわゆる三線交差部や十字継手部に応力集中が発生することから同じく溶接止端部の仕上げやビードの R 仕上げが行われるが、過去の鋼製橋脚や隅角部の繰り返し載荷実験において溶接仕上げ形状に着目した実験や研究の事例は多く見られない。

本研究では地震荷重が鋼製橋脚隅角部に作用した際に溶接仕上げ形状が低・極低サイクル疲労に及ぼす影響を実験的に確認するために縮小モデルによる繰り返し載荷実験によりその破壊性状の検証を行った。

2. 実験供試体

供試体は鋼製橋脚隅角部の梁・柱接合部を模擬した構造とした。供試体の材質は SM490YA、板厚は 12mm、柱の幅厚比パラメータ R_f は 0.30 である。供試体名の S30 は幅厚比パラメータ、次の 0 は十字溶接部の未溶着高さ a (本実験では完全溶け込み溶接)、次の 15 はフィレット半径、次のアルファベットは溶接仕上げの種別を表し、A は溶接まま (As Weld)、T は溶接止端仕上げ (止端仕上げ半径 3mm、深さ 0.5mm)、R はビード表面の円弧状仕上げを示し、VC は載荷パターンを示し δ_y を基準とした 1 サイクル毎の漸増振幅載荷を表す。ここに δ_y は柱としての降伏変位である。なお、実験供試体は鋼製 2 層ラーメンの梁・柱接合部を想定しており、図-2 における供試体図の柱部は実橋脚では横梁、梁部は柱となる。

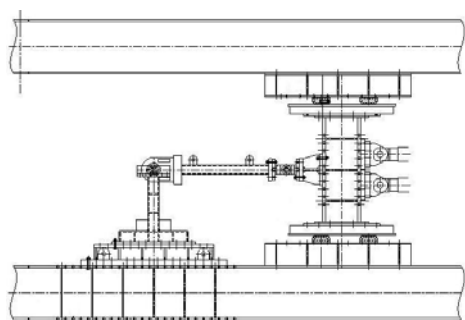


図-1 実験載荷装置

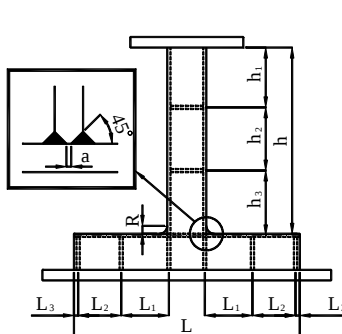


図-2 供試体図

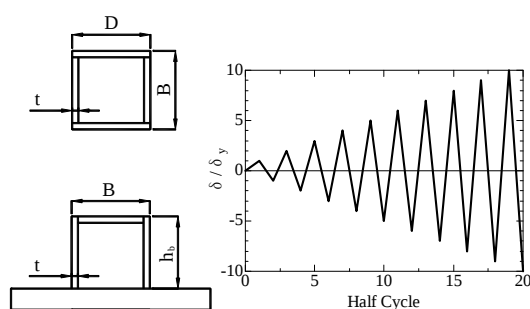


図-3 載荷パターン

表-1 供試体寸法一覧 (設計値, 単位:mm)

供試体名	h	h_1	h_2	h_3	h_b	L	L_1	L_2	L_3	B	D	t	R	a	仕上げ
S30-0-15-A-VC	670	225	225	225	164	860	168	164	16	176	176	12	15	0	As Weld
S30-0-15-T-VC	670	225	225	225	164	860	168	164	16	176	176	12	15	0	止端仕上げ
S30-0-15-R-VC	670	225	225	225	164	860	168	164	16	176	176	12	15	0	R 仕上げ

3. 実験結果および考察

各供試体におけるき裂発生点の一覧を表-2 に示す。定義上のき裂発生点については文献 2) を参照されたい。

また、き裂発生点およびき裂の進展経緯をそれぞれ図-4 および図-5 に、き裂の発生状況を写真-1 に示す。S30-0-15-A-VC (溶接まま) は 11 半サイクルの载荷で三線交差部の溶接ビード表面からき裂が発生した。き裂発生箇所はビードのラップ部分で形状が不形成な部位であり、载荷回数の増加に伴いウェブおよびフランジ中央に向かってき裂が進展していった。S30-0-15-T-VC (溶接止端仕上げ) は 15 半サイクルで延性き裂が発生した。き裂発生箇所はフィレット上部の溶接止端仕上げ部から発生し、止端仕上げ部に沿ってき裂が進行し、最終的に柱フランジ上部側にき裂が進行した。S30-0-15-R-VC (R 仕上げ) は 13 半サイクルで延性き裂が発生した。き裂発生箇所はフィレット先端部であり、载荷回数の増加に伴いウェブおよびフランジ中央に向かってき裂が進展していった。

実験の結果、溶接ままの供試体については溶接部仕上げを実施した供試体に比べき裂発生時期が早く、溶接部の仕上げ効果が極低サイクル疲労による延性き裂発生を遅らせる効果が確認できた。また、図-5 を見ると溶接ままの供試体はき裂の発生が溶接部の仕上げを行った供試体と比較して早かったが、その後のき裂の進展は比較的ゆっくりであり、溶接部の仕上げを行った供試体はき裂発生が遅かったがき裂の進展が早い時点から急激に進んで行った。

図-6 には各供試体の荷重－変位履歴曲線を示す。き裂発生後、繰り返し载荷をかさねるにつれ荷重の低下が確認できるが、溶接部の仕上げによるき裂発生までの履歴曲線については大きな違いは確認できない。このことから溶接部の仕上げが荷重－変位履歴曲線に与える影響は小さいことが確認された。

表-2 き裂発生点

供試体名	実測のき裂発生点	定義上のき裂発生点	き裂発生高さ
S30-0-15-A-VC	11 Half Cycle ($6\delta_y \rightarrow -6\delta_y$)	10 Half Cycle	11mm
S30-0-15-T-VC	15 Half Cycle ($8\delta_y$)	13 Half Cycle	21.6mm
S30-0-15-R-VC	13 Half Cycle ($7\delta_y \rightarrow -7\delta_y$)	12 Half Cycle	14mm

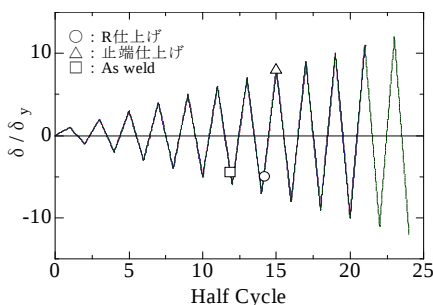


図-4 き裂発生点の比較

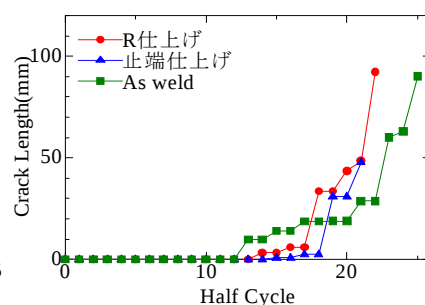


図-5 き裂進展の比較

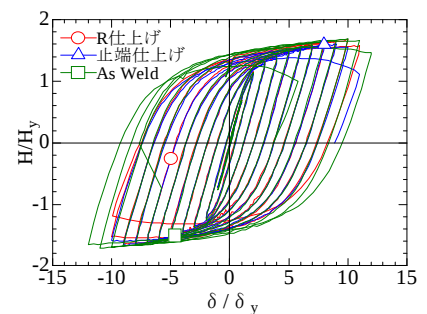


図-6 荷重－変位履歴曲線



写真-1 き裂発生状況 (载荷途中)

参考文献：1) 岡下ら：兵庫県南部地震による神戸港港湾幹線道路 P75 橋脚隅角部におけるき裂損傷の原因調査・検討，土木学会論文誌，No.591/I-43，243-261，1998.4. 2) 葛ら：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，構造工学論文誌，Vol.55A，pp.605-616，2009 年 3 月. 3) 鈴木ら：完全溶け込み溶接部に未溶着を有する鋼厚肉部材の延性き裂発生に関する実験的研究，構造工学論文誌，Vol.57A に掲載予定。