

鋼製橋脚隅角部の構造ディテールが十字継手の未溶着端部破壊に及ぼす影響

名城大学大学院 学生会員 ○速水 景
名城大学教授 正会員 葛 漢彬
名古屋高速道路協会 蔵原 英児

1. まえがき

近年、溶接構造物の施工時における溶接欠陥の内在が問題視されてきており¹⁾、これらの構造物は地震などの強力な外力を受けた場合にどのような破壊モードを呈するかなどの研究は少ない。また、供用年数の長い鋼製橋脚隅角部には、疲労き裂が見つかっており、大型の当て板補強を設置して対策を講じているものもあれば、過去に建設された都市高速道路の橋脚にはフィレットのないものも多く実在する。これまでに筆者らは、鋼製橋脚隅角部を模擬した縮小モデルの繰り返し実験および解析的検討を行ってきた²⁾⁴⁾。その結果、十字継手部の溶接脚長が十字継手の未溶着端部破壊に大きく影響することがわかった。この結果を踏まえ本研究では、実験供試体のフィレット半径や未溶着高さをパラメトリックに変動させ、それらが延性破壊に与える影響について検証する。

2. 実験供試体

図-1 に供試体概要図を、表-1 に供試体の寸法およびき裂発生時期をそれぞれ示す。図-1 に示すように、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、次の数字(0, 2, 5, 8)は十字溶接部の未溶着高さ a 、続いての数字(5, 15, 30, 50, 100)はフィレット半径 R 、その後のアルファベットは溶接仕上げの種別を表し、R はビード表面の円弧状仕上げを示す。VC は载荷パターンであり、 δ_y (降伏変位)を基準とした 1 サイクル毎の漸増振幅载荷を表す。供試体名の末尾の MD であるが、過去の実験シリーズでは十字継手の脚長 s を約 10mm としたが、溶接未溶着高さが 2, 5, 8mm と設定した供試体すべてにおいて繰り返し载荷によるき裂発生が未溶着から生じなかったことを考慮し、本実験では十字継手の溶接脚長 s を 5mm としたことを表す。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-1 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。

3. 実験結果および考察

写真-1 に S30-0-5-R-VC-MD, S30-5-5-R-VC-MD, S30-8-100-R-VC-MD の载荷終了時隅角部拡大写真を、写真-2 には写真-1 の各供試体の切断した十字継手断面写真を、図-2 には各供試体において最も大きく進展したき裂の進展状況の比較を示す。

写真-1 より、(a)の未溶着高さのない供試体ではフィレット端部からき裂が発生し、フランジ板中央へ進展していった。一方、(b)(c)の未溶着高さのある供試体では溶接ビード部でき裂が確認され十字継手方向に沿ってき裂が進展した。そして、写真-2 の断面写真より、(b)(c)は未溶着端部から破壊していることが確認できる。また表-1

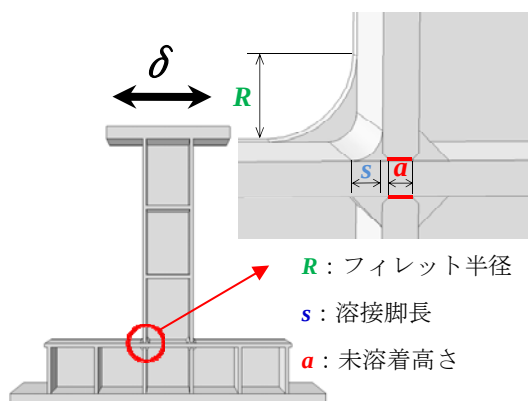


図-1 供試体概略図

表-1 供試体実測寸法(mm)およびき裂発生時期の比較

供試体名	R	a	s	実験でのき裂発生点
S30-0-5-R-VC-MD	7	0	5	8 Half Cycle (フィレット端部)
S30-2-5-R-VC-MD	8	2.6	11.7	4 Half Cycle (フィレット端部)
S30-5-5-R-VC-MD	7	9	6.6	3 Half Cycle (未溶着端部)
S30-8-5-R-VC-MD	5	10	6.8	4 Half Cycle (未溶着端部)
S30-8-15-R-VC-MD	17	6.9	6.4	3 Half Cycle (未溶着端部)
S30-8-30-R-VC-MD	29	7.0	9.4	6 Half Cycle (未溶着端部)
S30-8-50-R-VC-MD	52	9.1	5.4	4 Half Cycle (未溶着端部)
S30-8-100-R-VC-MD	101	9.7	9.6	8 Half Cycle (未溶着端部)

より, S30-8-15-R-VC-MD のように未溶着高さが $a=6.9\text{mm}$ (板厚に対する断面欠損率 55%程度)を超える供試体では, 未溶着端部から破壊が発生しており, 未溶着高さが未溶着端部破壊に与える影響が大きいと考えられる. しかしながら, S30-2-5-R-VC-MD については, き裂発生時期が S30-0-5-R-VC-MD と比較して 4 半サイクル早く, また未溶着高さを有しているものの, 溶接脚長の大きさが約 2 倍あり図-2(a)のき裂長さでは, S30-0-5-R-VC-MD と同等の耐震性能を有していることが確認できる. また, S30-8-100-R-VC-MD についても同様に S30-0-5-R-VC-MD と比較すると, S30-8-100-R-VC-MD の未溶着高さが $a=9.6\text{mm}$ (板厚に対する断面欠損率 80%)と大きな溶接未溶着を有しているものの, 溶接脚長が十字継手部を剛にし, フィレットが溶接端部だけでなく, 未溶着近傍のひずみ集中を緩和することにより, S30-0-5-R-VC-MD と同様のき裂発生時期となった. そして, S30-8-100-R-VC-MD のフィレットが面外に変形し耐荷力が徐々に低下していくことで実験を終了した.

4. あとがき

溶接脚長を大きくすることで未溶着が内在する十字継手部が剛となり, き裂発生時期の遅延効果につながる. また文献 5)より, 板厚以上の溶接脚長を設けることにより, 未溶着端部からの破壊を防ぐことが出来る. そして, 大型のフィレットを設置することで隅角部の応力緩和のみならず, 未溶着近傍のひずみ集中の緩和効果にもつながる.

過去に建設された鋼製橋脚の維持管理面において, まず非破壊検査により溶接欠陥の有無を調査する. そして, 未溶着などの欠陥の長さが板厚に対して 50%程度を超えうる場合, 十字継手部の溶接脚長の計測を行う. その結果, 溶接脚長の大きさが板厚未満の場合には大型の当て板補強などの対策を検討することが望まれる. また, このような点検・検討が今後大きな地震などが発生した場合の緊急点検項目として有効であろう.

参考文献

1)三木ら: 施工の不具合を原因とする疲労損傷, 土木学会論文集 A, I-63, No.3, pp.518-532, 2007.7. 2)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, 構造工学論文集, Vol.57A, pp.479-489, 2011.3. 3)葛ら: 異なる溶接未溶着幅を有する鋼部材の延性き裂発生と進展性状に関する実験的研究, 土木学会第 66 回年次学術講演会, I-183, pp.365-366, 2011.9. 4)速水ら: 未溶着を有する鋼製橋脚隅角部の溶接ビード脚長の変更による延性き裂発生への影響に関する解析的研究, 平成 23 年度土木学会中部支部研究発表会, I-13, pp.25-26, 2012.3. 5)鈴木ら: 未溶着を有する梁-柱鋼部材の十字継手溶接脚長が延性き裂発生に及ぼす影響, 土木学会第 67 回年次学術講演会, I-056, pp.111-112, 2012.9.

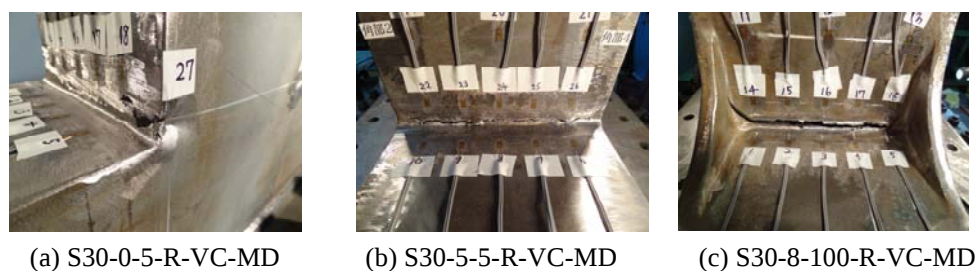


写真-1 供試体の破壊モード



写真-2 十字継手切断断面箇所

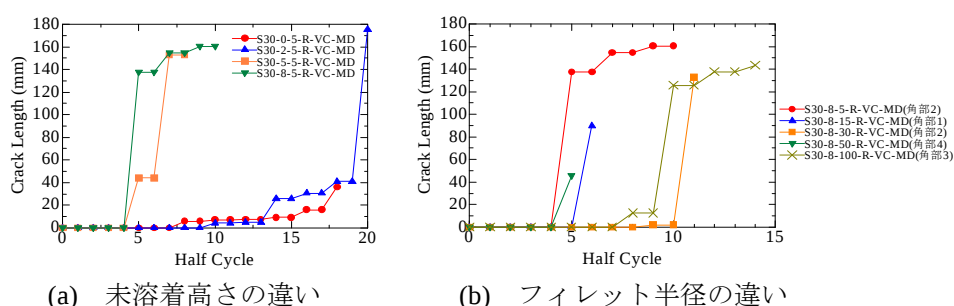


図-2 き裂長さの比較