

非対称な溶接未溶着を有する鋼はり－柱接合部の耐震解析

名城大学大学院	学生会員	○羽田	新輝
名城大学		山本	和輝
名城大学大学院	学生会員	森	翔吾
名城大学	正会員	葛	漢彬

1. 序論

近年、溶接構造物の施工時における溶接欠陥（未溶着）の内在が問題視されてきており、種々の実験的および解析的研究により、溶接部に内在する溶接未溶着の高さが地震時における延性き裂発生・進展に与える影響が明らかにされつつある。本研究室における既往の研究では、未溶着高さが大きくなると延性き裂発生時期が早くなることを示してきた。しかしながら、実験的研究¹⁾においては供試体の製作誤差等による未溶着部の偏りに関して検討しているが、解析的研究²⁾では、未溶着部が板厚の中心に存在する場合を仮定していたため、未溶着部の位置に偏りがあり、非対称となっている場合の影響については考慮されていない。そこで本研究では、鋼製橋脚隅角部を模擬した実験供試体をソリッド要素によりモデル化し、溶接未溶着の位置を板厚方向に変化させ、未溶着の位置の偏りが延性き裂発生に及ぼす影響について解析的な検討を行った。

2. 解析モデル

解析モデルの概要を図-1に示す。メッシュの分割は隅角部のメッシュサイズが $2\text{mm} \times 2\text{mm} \times 2\text{mm}$ となるように分割し、未溶着部周りのメッシュサイズは $0.5\text{mm} \times 0.5\text{mm} \times 0.5\text{mm}$ とした。境界条件については梁部下端を完全固定とし、柱中心の断面が X 軸対称となるように設定した。材料構成則はバイリニア型移動硬化則を用いた。

未溶着部が板厚の中心に存在しているモデルに加えて、図-2に示すような、供試体内側方向に未溶着部が偏ったモデル（図-2(a)）および外側方向に偏ったモデル（図-2(b)）による解析を行い、これらの偏りが延性き裂発生に与える影響を検討した。

なお、解析モデルの主要なパラメータは、板厚 $t=12\text{mm}$ 、溶接未溶着高さ $a=5\text{mm}$ 、フィレット半径 $R=15\text{mm}$ 、溶接脚長 $s=5\text{mm}$ となっている。

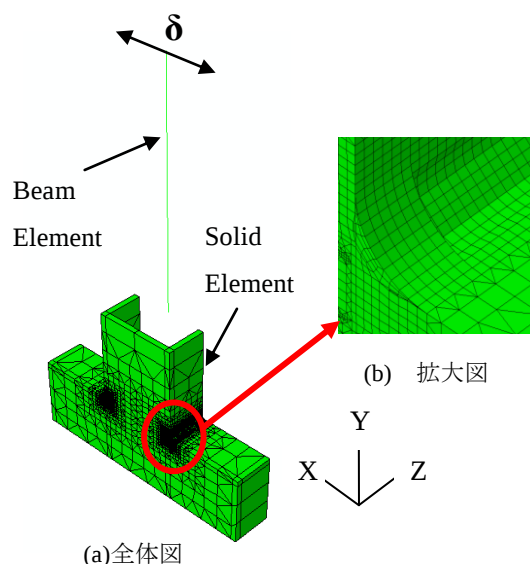


図-1 解析モデル概要図

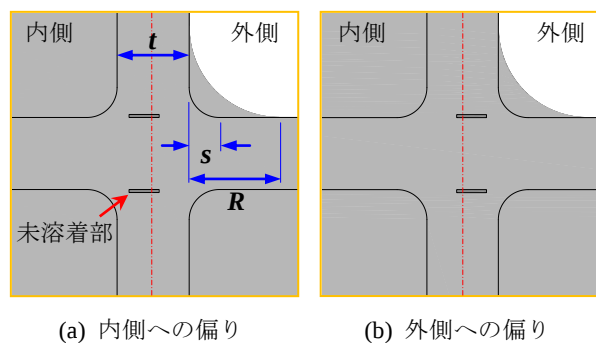


図-2 十字継手部における非対称な溶接未溶着

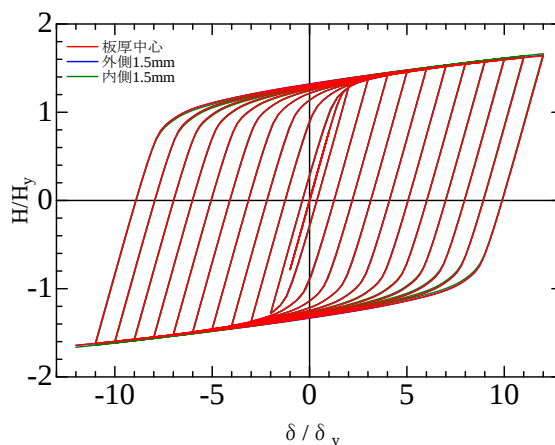


図-3 水平変位－水平荷重履歴曲線

3. 損傷度評価式

本研究では、Miner 則および Manson-Coffin 則に基づく損傷度評価 D を用いて延性き裂発生を解析的に評価する。

$$D = C \sum (\varepsilon_{pr})^m \quad (1)$$

ここで、 C 、 m は単柱式鋼製橋脚の実験結果をもとに得られたもので、SM490YA 鋼材で製作された供試体の場合 $C = 9.69$ 、 $m = 1.862$ となっている。 ε_{pr} は塑性ひずみ範囲である。なお、塑性ひずみの抽出法にはレンジ法を用いた。 $D=1$ となった時点での Half Cycle を解析による予測延性き裂発生点とする。

4. 解析結果

図-3 に水平変位－水平荷重履歴曲線の比較図を示す。未溶着部が板厚の中心に位置している場合、外側・内側に 1.5mm 偏った場合を比較すると、水平変位－水平荷重特性に明確な影響はみられない。

式(1)により算出した、それぞれの供試体の各载荷段階における損傷度 D を図-4 に示す。ここに示す損傷度 D の算出箇所は、フランジ表面において最も早い载荷段階で $D=1$ となった箇所である。図-4 から、供試体の外側に未溶着が偏っている場合、フランジ表面でのき裂発生が早くなり、内側へ偏った場合にはき裂発生が遅くなることがわかる。

図-5 に、溶接ビード上端部の軸ひずみ分布を示す。この図の横軸は図-6 に示すウェブ板からの距離を表す。図-5 から、ウェブ板から 5～7mm 程度離れた位置で軸ひずみが最大となり、そこからフランジ中央へ近づくほど軸ひずみが小さくなる傾向が確認できる。また、供試体外側方向に 1.5mm 未溶着が偏ったモデルでは、他の 2 つに比べ溶接ビード表面のひずみが非常に大きくなっている。

5. 結論

未溶着高さ、フィレット半径、溶接ビード脚長が同じであっても、未溶着部の位置が板厚方向に関して外側に偏っている場合、未溶着部近傍や溶接ビード表面のひずみ集中が大きくなり、延性き裂の発生を早める可能性がある。

参考文献

- 1) 羽田新輝，葛漢彬，速水景，鈴木俊光：溶接脚長および溶け込み深さが鋼製橋脚隅角部の延性き裂発生・進展に及ぼす影響，第 32 回土木学会地震工学研究発表会講演論文集，論文番号 3-276，2012.10.
- 2) 鈴木俊光，葛漢彬，小野恵亮：未溶着を有する鋼厚肉部材の延性き裂発生評価に関する解析的検討，土木学会論文集 A1（構造・地震工学）[特]地震工学論文集，Vol.66，No.1，pp.148-161，2010.

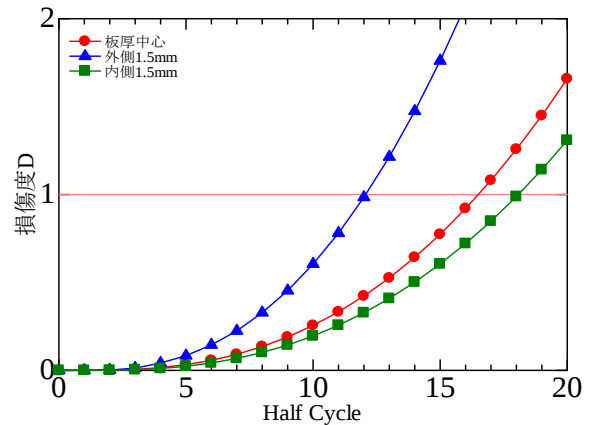


図-4 損傷度履歴

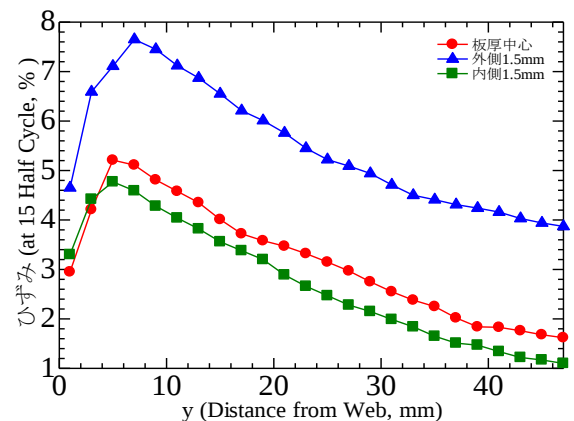


図-5 溶接ビード表面のひずみ分布

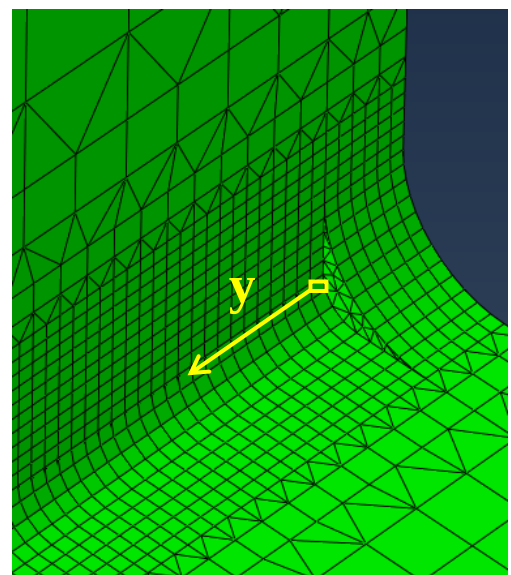


図-6 溶接ビード部拡大図