

異なる溶接部脚長を有する鋼はり一柱接合部の耐震解析

名城大学大学院 学生会員 ○森 翔吾
 名城大学 山本 洋平
 名城大学 正会員 葛 漢彬
 名古屋高速道路協会 吉田 直樹

1. まえがき

これまでに筆者らは、鋼はり一柱接合部の溶接内部に溶接不具合(以降、未溶着と称す)が内在する鋼製橋脚について、延性き裂発生に起因する脆性的な破壊のメカニズム解明のため、溶接内部に未溶着を導入した供試体を対象とした、実験的、解析的検討を行ってきている。しかし、既往の検討で用いてきた供試体の溶接状況を詳しく調べた結果、設計値通りの製作が困難な場合も無くはない¹⁾。実験的検討では溶接脚長の製作誤差による延性き裂発生への影響が明らかにされつつあるが、本研究では、溶接脚長の製作誤差を解析的に検討するために、梁一柱接合部の内側と外側の溶接脚長の値をパラメトリックに変更して数値計算を行い、未溶着の内在する鋼製橋脚において、溶接脚長の製作誤差が延性き裂発生にどのような影響を及ぼすかを損傷度評価式による延性き裂発生評価を試みることで解析的に検討している。

2. 解析モデル

解析モデルのパラメータを表-1に示す。解析モデルは未溶着高さを $a=5\text{mm}$, $a=8\text{mm}$ とし、溶接脚長を図-2に示すように内側と外側の値を変更して作成している。ひずみの集中が予想される隅角部については、メッシュのサイズを $2\text{mm}\times 2\text{mm}\times 2\text{mm}$ となるように設定した。また、未溶着近傍のメッシュサイズは、き裂の発生を正確に捉えるため $0.5\text{mm}\times 0.5\text{mm}\times 0.5\text{mm}$ の細かいメッシュに分割している。鋼材は SM490YA 鋼材を採用しており、荷重パターンは漸増変位振幅繰り返し荷重を用いた。解析モデルの境界条件は梁部下端を完全固定とし、柱中心の断面が X 軸対象となるように設定した。材料構成則にはバイリニア型移動硬化則を使用している。なお、今回は紙面の都合上、未溶着高さ $a=5\text{mm}$ の解析モデルについての考察を行う。

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式 D を用いることにより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 $C=9.69$, $m=1.86$ となっている。 ε_{pr} はレンジ法を用いて算出した塑性ひずみ範囲である。 $D=1$ 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

数値計算の結果から、解析モデルにおいて最もひずみが卓越した要素を抽出し、損傷度評価式 D を用いてき裂発生評価を行った。図-2、図-3 にひずみを

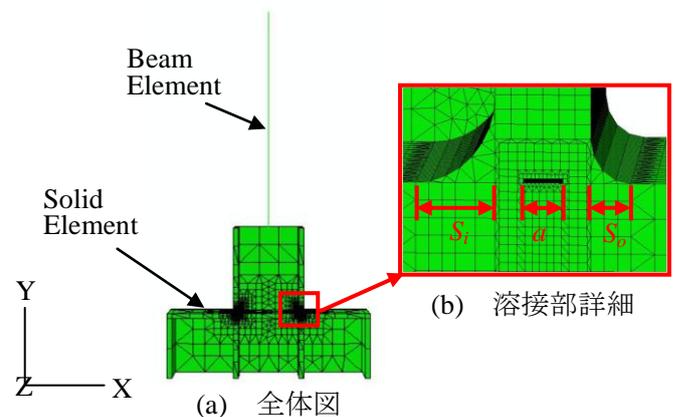
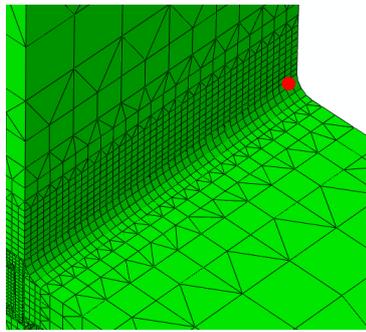


図-1 解析モデル概要

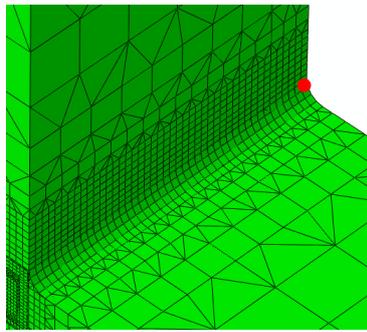
表-1 解析モデル寸法

供試体名	a	S_i	S_o
S30-5-5/5-R-VC-MD	5	5	5
S30-5-10/5-R-VC-MD	5	10	5
S30-5-5/10-R-VC-MD	5	5	10

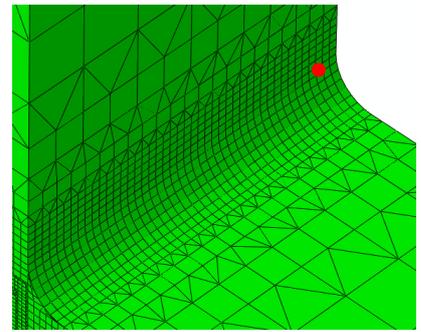
Memo: a =未溶着高さ, S_i =内側の脚長の長さ, S_o =外側の脚長の長さ



(a) S30-5-5/5-R-VC-MD

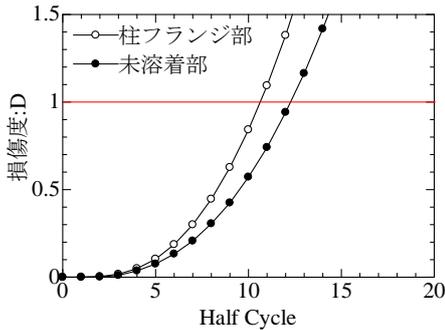


(b) S30-5-10/5-R-VC-MD

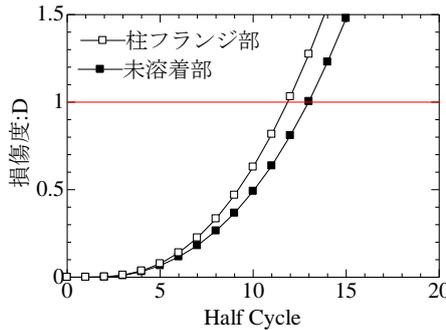


(c) S30-5-5/10-R-VC-MD

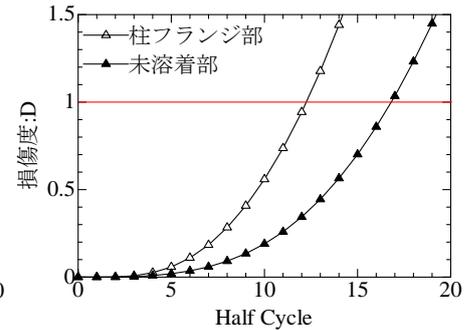
図-2 予測延性き裂発生点



(a) S30-5-5/5-R-VC-MD



(b) S30-5-10/5-R-VC-MD



(c) S30-5-5/10-R-VC-MD

図-3 損傷履歴

抽出した要素の位置と損傷度の履歴を示す。

図-2をみると、外側の脚長が大きい解析モデルの図-2(c)のみ、予測延性き裂発生点の位置が大きく異なっていることがわかる。これは、外側の脚長が大きくなることで、柱フランジと梁フランジの急激な断面変化が緩和され、隅角部のひずみ集中が小さくなり、隅角部から若干離れた位置で予測延性き裂が発生したためだと考えられる。図-3の損傷履歴では、傾向として、内側と外側の溶接脚長の値が大きくなると、予測延性き裂の発生が遅くなり、特に図-3(c)の外側の脚長が大きくなった場合では未溶着部での予測延性き裂の発生は大幅に遅れていることがわかる。次に最も早く予測延性き裂が発生した S30-5-5/5-R-VC-MD のき裂発生点である 11Half Cycle を基準として、図-4に示すようにフランジ幅方向の軸方向ひずみを抽出した。抽出した軸方向ひずみを図-5に示す。図-5をみると、図-3の損傷履歴と同様に、外側の溶接脚長が大きくなるとひずみが大幅に低減していることがわかる。

5. あとがき

解析的検討において、外側の溶接脚長が大きくなると、隅角部近傍および未溶着部からの予測延性き裂の発生が遅れることを確認した。今後、未溶着の長さ、溶接部の形状変化および溶接による残留応力などの影響をより詳しく調べる必要がある。

参考文献：

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，土木学会第32回地震工学研究発表会講演論文集，論文番号3-276，2012年10月。

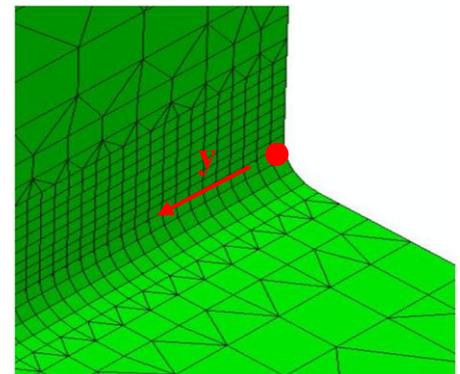


図-4 軸方向ひずみ抽出箇所

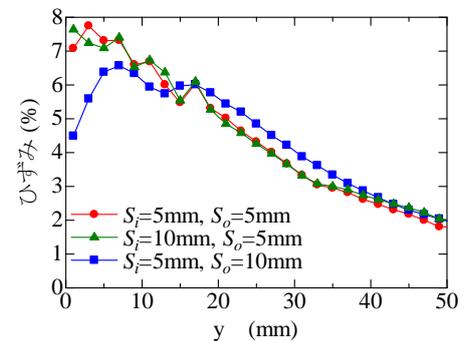


図-5 軸方向ひずみ(11Half Cycle時)