

フィレット半径の違いが鋼厚肉部材の延性き裂発生におよぼす影響に関する解析的検討

名城大学 学生会員 ○森 翔吾
名城大学大学院 学生会員 速水 景
名城大学 正会員 葛 漢彬

1. まえがき

鋼製橋脚の延性き裂に起因する脆性的な破壊挙動の解明，またその防止法・照査法を確立するため鋼製橋脚に対する極低サイクル疲労試験はこれまで多く行われてきた．近年では溶接構造物の施工時における溶接不具合（欠陥）の内在が問題視されてきている．そこで本研究室では，溶接未溶着の大きさおよびフィレット半径の違いによる延性き裂発生・進展への影響を確認するために繰り返し载荷実験を行った．その際に未溶着高さ $a=8\text{mm}$ ，フィレット半径 $R=15\text{mm}$ の供試体において 3Half Cycle という早期でのき裂を確認した¹⁾．そこで本研究では，溶接形状や欠陥性状をソリッド要素で再現することを試み，フィレット半径の違いが延性き裂発生にどのような影響を及ぼすかを，累積塑性ひずみを用いた損傷度評価により延性き裂発生の推定を試みることで解析的に検討する．

2. 解析対象の実験供試体

供試体概要図，供試体の寸法および構造パラメータおよび材料定数を図-1，表-1 にそれぞれ示す．モデルは未溶着高さ $a=8\text{mm}$ とし，フィレット半径 R を変更して作成した．図-1 に示すように，鋼製橋脚隅角部を模擬した供試体を用いた．使用した鋼種は SM490YA である．

3. 解析モデル

解析モデルの概要を図-2 に示す．延性き裂発生箇所近傍の柱部の隅角部のメッシュサイズを $2\text{mm}\times 2\text{mm}\times 2\text{mm}$ となるように分割した．また解析的に比較を行うことを考慮し未溶着部周りのメッシュサイズを $0.5\text{mm}\times 0.5\text{mm}\times 0.5\text{mm}$ 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，パラメータには引張試験結果を使用した．载荷方法は漸増変位振幅载荷を载荷パターンとし，き裂発生の時期や破壊性状を統一的に比較評価することとした．

4. 損傷度

本研究では，Miner 則および Manson-Coffin 則に基づく損傷度評価 D を用いることにより延性き裂発生を解析的に評価する．

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

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 $C=9.69$ ， $m=1.86^2)$ 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．

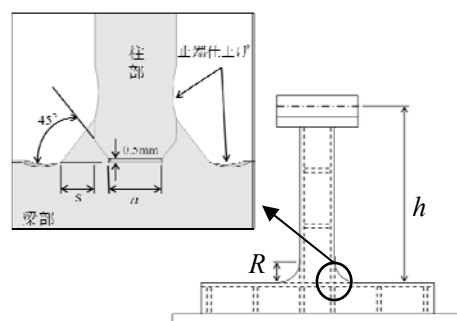


図-1 供試体概要図

表-1 解析モデル(単位:mm)

供試体名	a	R	仕上げ
S30-8-15-T-VC-MD	8	15	止端
S30-8-30-T-VC-MD	8	30	止端
S30-8-50-R-VC-MD	8	50	R
S30-8-100-R-VC-MD	8	100	R

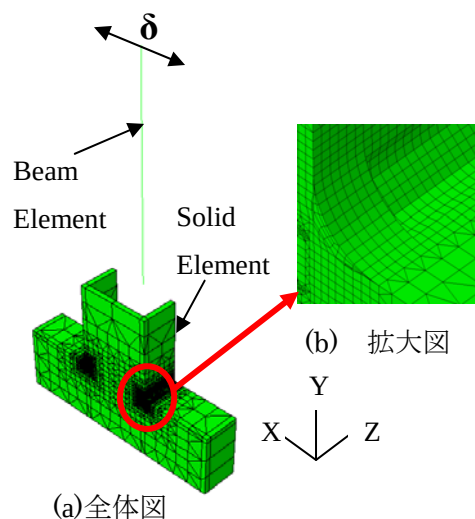


図-2 モデル概要図

5. 解析結果

今回解析上最もひずみが卓越した時点での損傷度 D を式(1)により算出した。図-3 は未溶着近傍部の概要を示している。図-4 は解析上での延性き裂発生位置を赤枠で示してある。

また図-5 については式(1)から求められた損傷度 D の分布である。

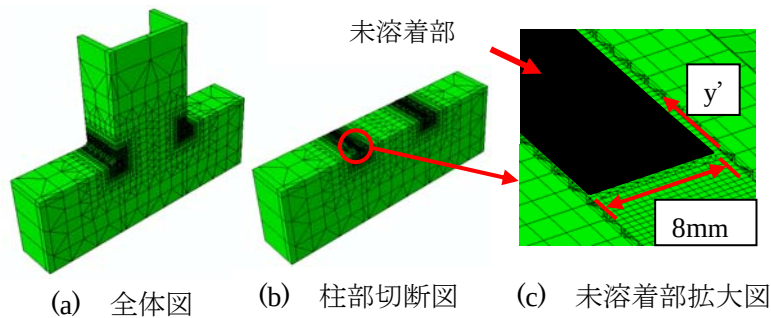


図-3 未溶着部モデル概要図

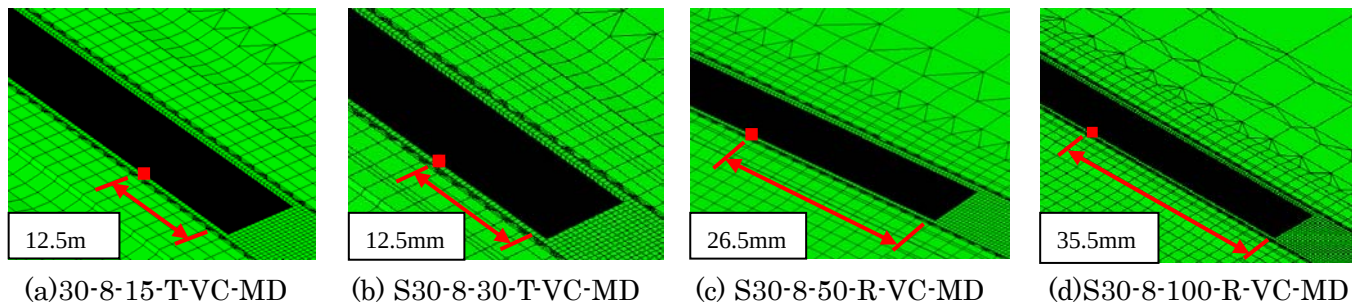


図-4 未溶着部分でのき裂発生位置

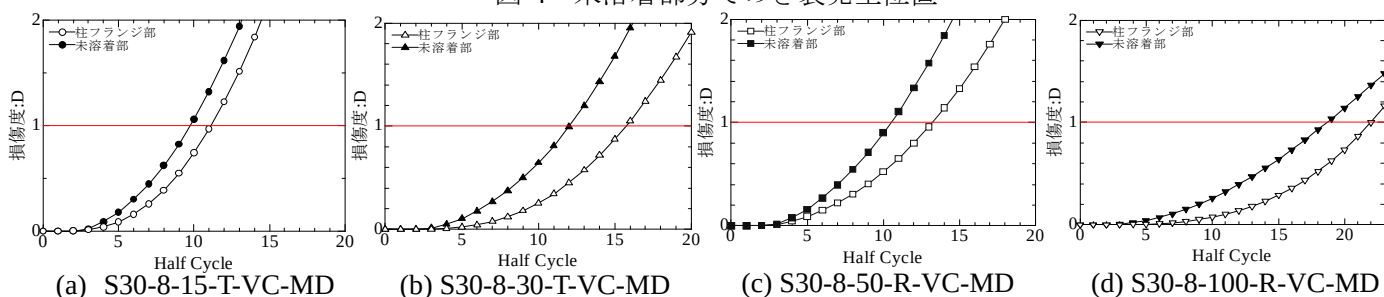


図-5 損傷度履歴

図-4 のき裂発生位置において(a)と(b)に関しては発生位置の違いは見られなかったが、フィレット半径が(c), (d)のように大きくなるとフランジ中央に近い位置で延性き裂が発生していることがわかる。これはフィレット半径を大きくすることでフィレット近傍の要素のひずみを緩和している事が原因だと考えられる。

図-5 の損傷度履歴において、全体的に柱フランジ部よりも未溶着部近傍部の損傷度が大きい。そして、フィレット半径を大きくすることにより、ひずみ集中の緩和によりき裂発生時期の遅延効果が確認できる。しかし、図-5(b)と(c)を比較するとひずみ集中の緩和効果があり見られず、損傷度によるき裂発生時期も大差ない。

この現象を詳細に追及するため、図-6 に示すように図-3(c)の y' 方向の未溶着部近傍の要素からひずみを抽出し、比較を行った。同図より全体的にフィレット半径を大きくすることで未溶着部のひずみ集中が低減しているものの、 $R=30, 50\text{mm}$ の供試体に関しては、あまり違いが見られない。そのため、図-5(b)と(c)の損傷度の大きさの比較において違いが小さかった。

6. あとがき

フィレット半径を大きくすることで、ひずみの集中を緩和することが可能である。

参考文献

- 1) 羽田新輝, 速水景, 鈴木俊充, 葛漢彬: ルートギャップが存在する鋼厚肉部材の未溶着高さおよびフィレット半径の違いによる延性き裂発生・進展への影響に関する実験的研究, 平成 23 年度土木学会中部支部研究発表会, 2012.3.
- 2) 葛漢彬, 藤江渉, 田島僚: 鋼構造物の延性き裂発生の評価法の実験データによる検証, 構造工学論文集, Vol.55A, pp.617-628, 2009.3.

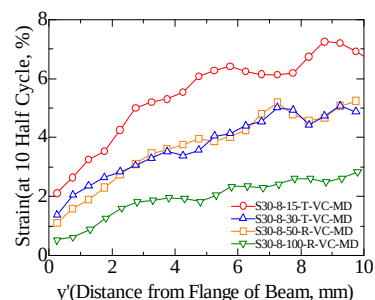


図-6 未溶着部軸方向ひずみ比較