

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

名城大学大学院 学生会員 ○速水 景
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 羽田 新輝
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．本研究では，溶接形状や欠陥性状をソリッド要素で用いた 3 次元弾塑性有限変位解析によりモデル化し，解析により算出される累積塑性ひずみによる損傷度評価により，延性き裂発生の評価，および溶接ビード脚長の変更による延性き裂発生の影響を検証する．

2. 解析対象の実験供試体

供試体概要図，供試体の寸法を図-1，表-1 にそれぞれ示す．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，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．各ダイヤフラム 1 つ分までをソリッド要素，ソリッド要素柱頂部から荷点までをはり要素でモデル化し，はり要素下端と柱部のソリッド要素上端を剛体結合とした．延性き裂発生箇所近傍の隅角部のメッシュサイズは，最少サイズを 2mm×2mm×2mm となるように分割した²⁾．なお，フランジ中心から半分をモデル化した．弾塑性有限変位解析における材料構成則はバイリニア型移動硬化則を用い，荷重方法(変動変位振幅繰り返し荷重)は実験と同様^{3),4)}に，柱部頂部に水平変位 δ を規準として変位制御で行った．

4. 損傷度

本研究では延性き裂発生評価の指標として Miner 則および Manson-Coffin 則に基づく損傷度 D を用い，以下の式で表される．

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

ここで， C ， m は鋼種によって決まる溶接部を考慮した定数(SM490YA に対しては $C=9.69$ ， $m=1.86$)⁵⁾， ε_{pr} は塑性ひずみ範囲である． $D=1$ となった時点での半サイクル数を解析による予測延性き裂発生点とする．

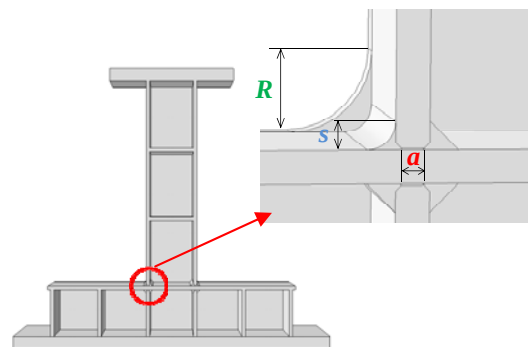


図-1 供試体概略図

表-1 供試体寸法表(単位:mm)

供試体名	s	a	R
S30-5-15-R-VC	10	5	15
S30-5-30-R-VC			30
S30-8-15-R-VC		8	15
S30-8-30-R-VC			30
S30-5-15-R-VC-MD	5	5	15
S30-5-30-R-VC-MD			30
S30-8-15-R-VC-MD		8	15
S30-8-30-R-VC-MD			30

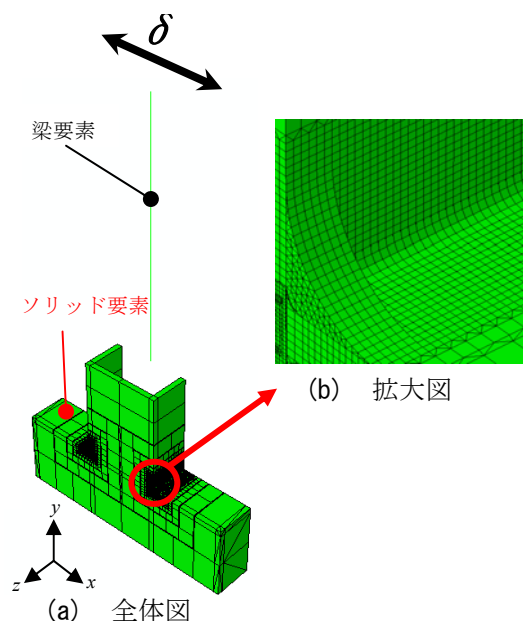


図-2 モデル概要図

5. 解析結果および考察

今回解析上一番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-3,4 については式から求められた損傷度 D の分布であり、赤破線は実験でのき裂発生点、白ポイントは隅角部近傍を模擬した要素（柱フランジ要素）、黒ポイントは未溶着近傍部を模擬した要素を示す。

図-3,4 の(a)を見ると、両者ともにフィレット部にて損傷度が先行して 1 に達しており、実験のき裂発生点より安全側で評価できている。未溶着部については、脚長を小さくすることでフィレット部および溶接部表面のひずみ集中が緩和されたため未溶着部でひずみが集中し、図-4(a)で損傷度が大きく増大している。図-4(b)では、フィレット部と未溶着部が同等の損傷度履歴を描いており、図-3(b)との比較より、脚長変更による損傷度履歴への影響が見られた。図-4(c),(d)の供試体であるが、 $R=15\text{mm}$, 30mm の供試体とも十字継手内の溶接未溶着部においてフィレット部より損傷度履歴の勾配が大きく、実験での未溶着部からのき裂が先行した現象を解析的に表現できている。しかしながら、実験で発生したき裂発生時期と解析による損傷度評価指標 D によるき裂発生評価とは約 2~6Half Cycle の違いが生じた。これより、未溶着高さが大きく、溶接ビード脚長が小さな、溶接未溶着部からき裂が発生するような実験において、損傷度 D をこのまま適用してき裂発生時期を推定することは困難な場合があることが分かった。

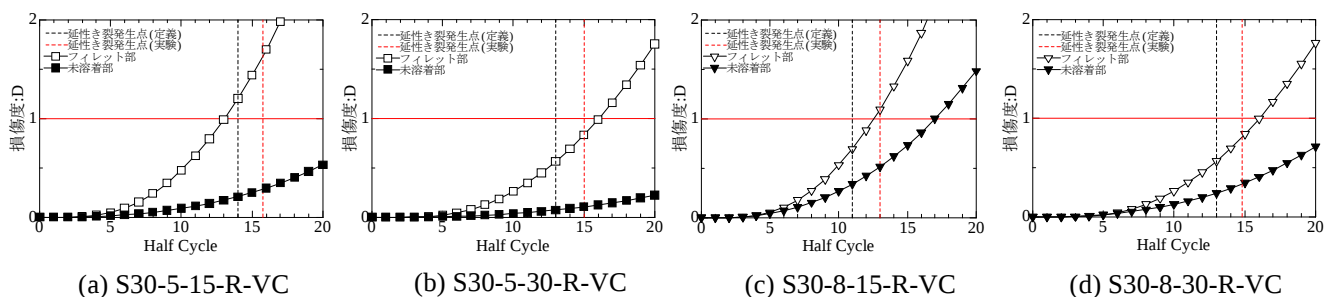


図-3 損傷度履歴($s=10\text{mm}$)

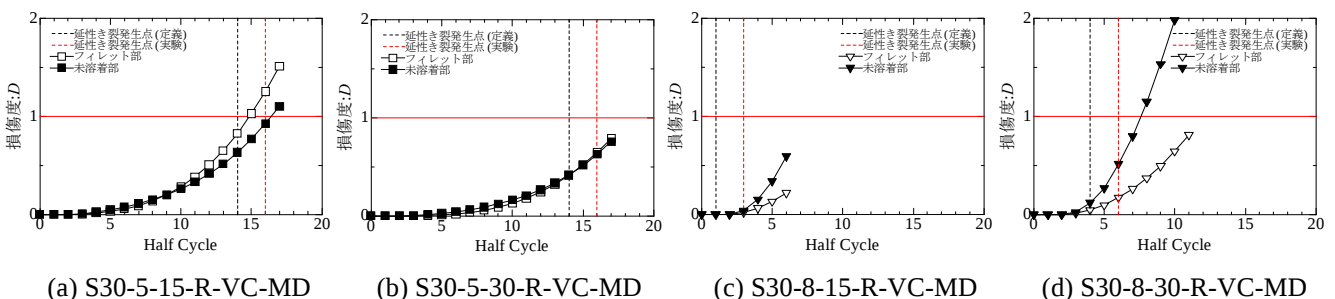


図-4 損傷度履歴($s=5\text{mm}$)

6. あとがき

損傷度評価指標 D を用いて、き裂発生時期を概ね推定できているものの、溶接未溶着部からき裂が発生するような実験供試体においては適用できない可能性がある。よって今後更に実験、および解析により損傷度評価指標 D の妥当性を検証していく必要がある。

参考文献：1)三木千壽，平林泰明：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)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. 3)鈴木俊光，葛漢彬，速水景，曹輝，岩田勝成：鋼厚肉部材の延性き裂発生性状における継手内部の未溶着高さおよび溶接脚長の影響，土木学会論文集へ投稿中 4)羽田新輝，速水景，鈴木俊光，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. 5)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.