

ランダムな繰り返し载荷を受ける 無補剛箱形断面鋼製橋脚の延性き裂発生・進展シミュレーション

名城大学大学院 学生会員 ○古川 柊哉

八千代エンジニアリング (株)

池尾 光慶

名城大学

フェロー 葛 漢彬

1. 緒言

1995 年の兵庫県南部地震において、鋼製橋脚の基部や隅角部などに、低サイクル疲労により生じたと思われる脆性的な破壊が確認された。脆性的な破壊は延性き裂発生および進展を起因として発生することから、延性き裂発生および進展について様々な研究が行われている。そこで、本研究では既往の研究¹⁾で行った、延性破壊パラメータに要素破壊時変位を、延性破壊条件に N-VG モデルを採用した解析手法の妥当性を検討するため、ランダムな繰り返し変位を受ける鋼製橋脚に対して、き裂発生およびき裂進展を評価可能か検討した。

2. 解析概要

本解析の対象とする実験供試体は既往の研究²⁾で行われた頂部に一定圧縮力および繰り返し水平変位を受ける無補剛箱形断面鋼製橋脚を対象に、延性破壊パラメータに要素破壊時変位を、延性破壊条件に N-VG モデルを採用した。beam 要素と solid 要素からなるハイブリッドモデルで、対称性からフランジ中心から半分をモデル化し、フランジ中心部の境界面には対称条件を与え、基部を完全固定とした。メッシュ分割はき裂進展が想定される橋脚基部の最下部から鉛直方向に 6mm、フランジ方向およびウェブ方向に 39mm の範囲を 1mm 角、0.5mm 角で分割した。また、図-1 に载荷パターンを、図-2 に解析モデル概要を示す。解析モデル概要の黄緑部分は母材部、グレー部分は溶接部を表している。

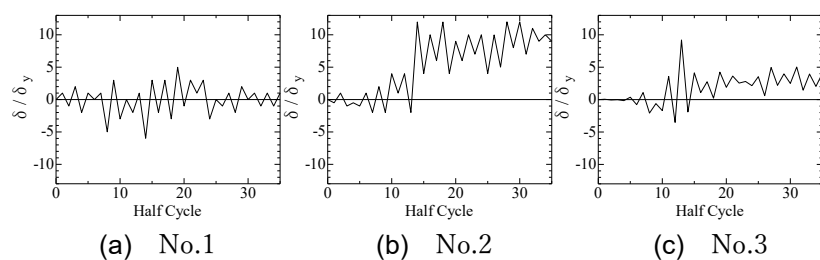


図-1 载荷パターン

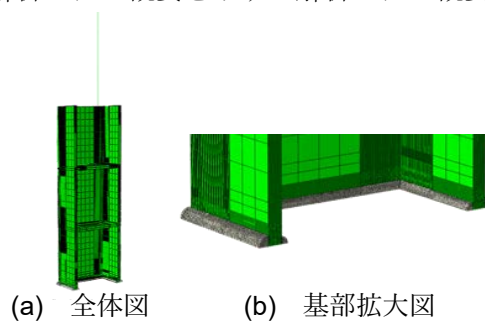


図-2 解析モデル概要

3. 解析結果

図-3 に実験と解析の破壊解析の結果を示す。No.1 は実験では 13Half Cycle でき裂の発生を確認したが、解析では 9.8Half Cycle でき裂発生し、3.2Half Cycle 小さく評価した。No.2 は実験では 13Half Cycle から 14Half Cycle の間でき裂発生を確認したが、解析では 14.6Half Cycle でき裂発生し、実験より 1.6Half Cycle 大きく評価した。No.3 は実験では 12Half Cycle でき裂の発生を確認したが、解析では 12.4Half Cycle でき裂発生し実験結果と同等の結果を得ることができた。

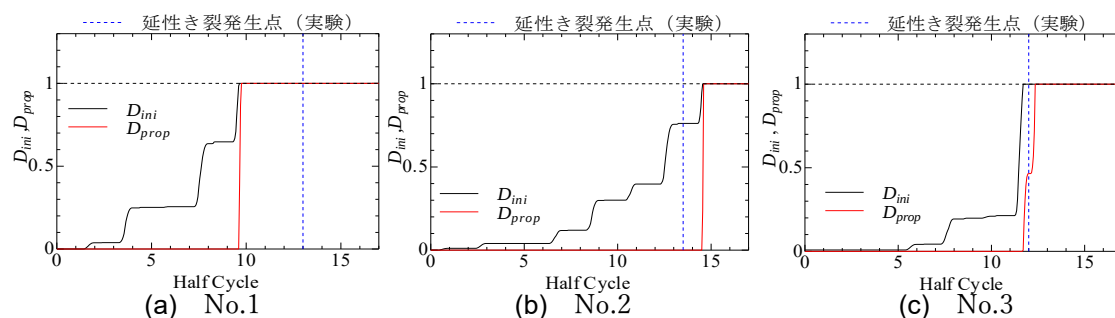


図-3 破壊解析結果

キーワード 延性き裂, 延性き裂進展, 鋼製橋脚, 要素破壊時変位, ランダム载荷

連絡先 〒468-8502 名古屋市天白区塩釜口 1-501 名城大学理工学部社会基盤デザイン工学科 TEL 052-838-2342

図-4 に Half Cycle 数とき裂長さの関係を示す。No.1 のフランジ方向は実験では 21Half Cycle で 12.9mm き裂が進展しているのに対し、解析では 2mm のき裂進展にとどまった。ウェブ方向は実験では 15Half Cycle で溶接止端上の 16.6mm 程度のき裂が確認されたが、解析は 24Half Cycle で溶接止端上に達したことから、解析の方がき裂の進展が遅いことがわかる。No.2 のフランジ方向は No.1 同様き裂進展はほとんど見られず、実験を模擬することができなかった。ウェブ方向は実験では 14Half Cycle で 18.3mm まで急激にき裂が進展したが、解析では 15Half Cycle で 6mm のき裂長さであった。また、30Half Cycle で実験は 24.1mm き裂が進展したが、解析は 17mm であり、実験より解析の方がき裂の進展が遅いことがわかった。No.3 のフランジ方向は 13Half Cycle で実験は 2.2mm のき裂進展が見られたのに対し、解析は 1mm であった。また、35Half Cycle で実験は 3.2mm き裂進展が見られ、解析では 1mm であった。そのため、フランジ方向は実験と同様のき裂進展を模擬できたといえる。また、ウェブ方向は、13Half Cycle で 16mm き裂進展

したのに対し、解析は 15Half Cycle で 18mm のき裂進展が確認できた。35Half Cycle で実験は 20mm き裂進展し、解析では 25mm き裂進展し、実験結果を概ね模擬できているといえる。

ウェブ方向は、No.1, No.2 の実験では溶接部で急激なき裂の進展がみられたが、解析では溶接部でき裂進展がみられなかったことから実験結果と相違があったと考えられる。しかし、No.3 ではき裂の進展を概ね模擬できたといえる。フランジ方向は、解析ではほとんどき裂進展せず、一部実験結果と大きな違いが生じた。そのため、フランジ方向へのき裂進展は今後の課題として取り組む必要がある。

4. 結言

本研究では既往の研究¹⁾で行った延性破壊パラメータに損傷進展エネルギーの代わりに要素破壊時変位を、延性破壊条件に VG モデルから N-VG モデルを採用した解析手法の妥当性を検討するため、ランダムな繰り返し変位に対してき裂発生およびき裂進展を評価可能か検討した。本研究で得られた知見を以下に示す。

- 1) き裂発生点の評価は全てのケースで実験結果と概ね整合することができた。
- 2) き裂進展の評価では、No.3 のケースで実験結果を概ね模擬することができた。しかし、その他のケースでは溶接部での急激なき裂進展を模擬できず、実験結果より遅くき裂進展する結果となった。
- 3) フランジ方向でのき裂進展がほとんどみられなかったことから、フランジ方向へき裂進展するケースでは実験結果を模擬できず、今後の課題として取り組む必要がある。

参考文献

- 1) 池尾光慶, 劉敵, 葛漢彬: 要素破壊時変位を用いた破壊解析手法による無補剛箱形断面鋼製橋脚の延性き裂発生・進展評価法に関する一検討, 構造工学論文集, Vol.69A, pp231-242, 2023 年 3 月。
- 2) 葛漢彬, 藤江渉, 岩田勝成: ランダムな繰り返し载荷を受ける鋼製橋脚の延性き裂発生・進展挙動および照査法の検証, 構造工学論文集, Vol.56A, pp.342-355, 2010。

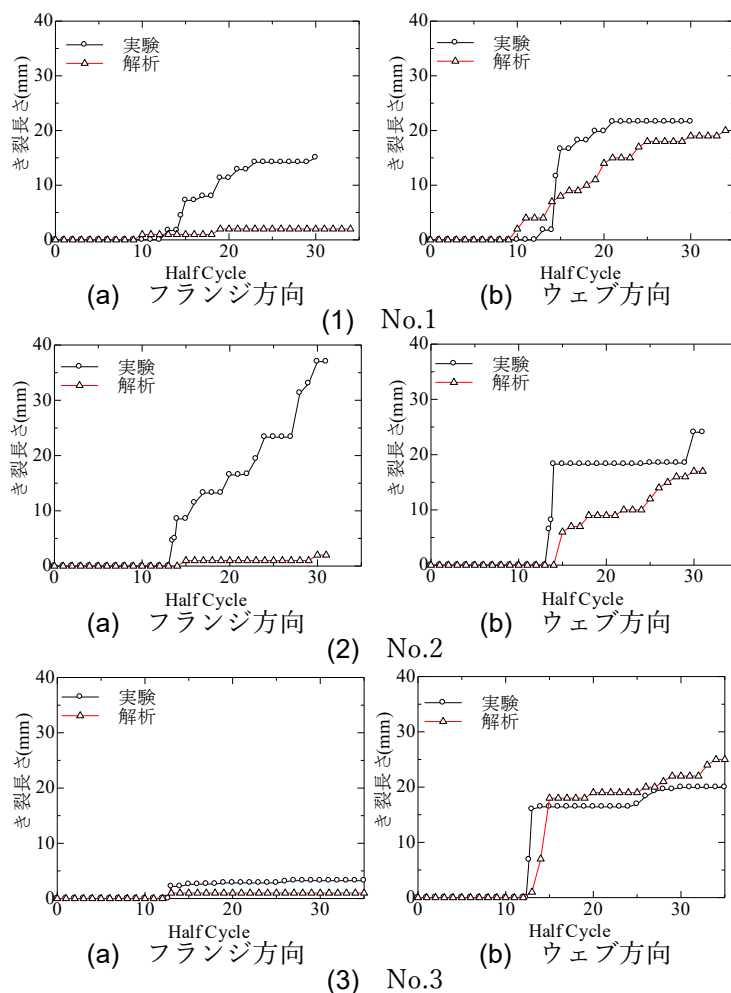


図-4 Half Cycle 数とき裂長さの関係