

数十回オーダー繰返し载荷を受ける既設鋼製橋脚の耐力低下に関する解析的検討

大成建設株式会社 正会員 ○平口 未帆 関東学院大学 正会員 北原 武嗣
 摂南大学 正会員 田中賢太郎 関東学院大学大学院 学生会員 濱野 剛
 大阪市立大学大学院 正会員 山口 隆司

1. はじめに

近年、東海・東南海・南海地震などに代表される、海溝型巨大地震の発生が懸念されている。海溝型巨大地震は、長周期で、かつ継続時間の長い地震波となることが予想されている。しかし、このような地震波を受ける鋼製橋脚の耐震性に関しては十分な検討が行われていないのが現状である。

そこで本研究では、海溝型巨大地震動のような継続時間の長い地震波による数十回オーダーに及ぶ繰返し载荷が、鋼製橋脚の耐荷性能に与える影響について解析的に検討を行った。ここでは、著者らがこれまでに同様の趣旨で実施してきた実験的検討結果^{1), 2)}との比較・検討を行った。

2. 実験概要

(1) 解析モデル

文献 1), 2)で対象とした既設鋼製橋脚の実験供試体(縮尺 1/10 程度)をモデル化し、FEM 複合非線形解析を行った。

図 1 に解析モデルの全体図を示す。実験において局部座屈が生じた橋脚基礎に近いほどメッシュ分割を細かくしている。なお、リブおよびダイヤフラムもモデル化した。初期たわみを考慮し、境界条件は解析モデルの基部側を完全固定とし、6 自由度拘束した。荷重は、解析モデル上部に軸力と強制変位を与えている。

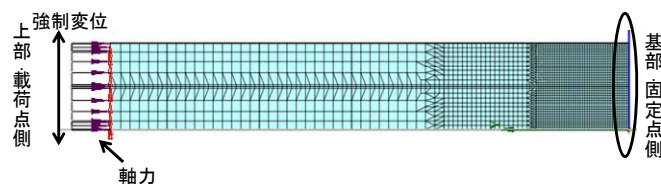


図 1 解析モデル全体図

(2) 解析ケース

材料非線形と幾何学的非線形を考慮した複合非線形解析を行う。载荷実験^{1), 2)}と同じ载荷経路で強制変位を与えた。繰返し変位履歴の振幅範囲として、変位振幅範囲 $1.4\delta_y$ 、変位振幅範囲 $1.6\delta_y$ 、変位振幅範囲 $1.8\delta_y$ の 3 ケースで検討を行った。

解析実施時に与えた繰返し载荷パターンを図 2 に示す。図に示すように、 $\pm 0.5\delta_y$ 、 $\pm 1.0\delta_y$ 、 $\pm 1.5\delta_y$ 、 $\pm 2.0\delta_y$ 、 $\pm 2.5\delta_y$ 、 $\pm 3.0\delta_y$ の変位振幅範囲で 3 回ずつ繰返し変位を与え、最大荷重を履歴することを確認する。その後、30 回の繰返し振幅を与えるものとした。

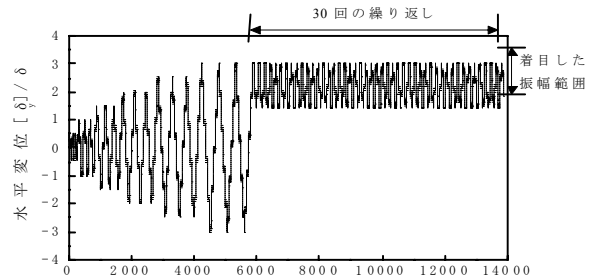


図 2 変位振幅パターン

3. 解析結果

変位振幅範囲 $1.8\delta_y$ のケースについて荷重—変位関係を図 3 に示す。図中、実線は繰返し载荷²⁾実験結果を、破線は FEM 解析結果を示している。図 3 より、解析結果は実験結果をおおむね再現していることがわかる。

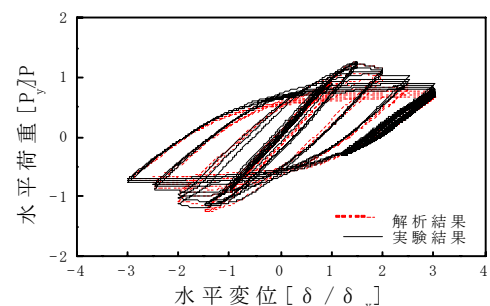


図 3 荷重—変位関係

図 4 および図 5 には、変位振幅範囲 3 ケースにおける実験結果および解析結果の耐力変化について示している。これらの図より、実験結果、解析結果とも変位振幅範囲が大きくなるほど、かつ、繰返し回数が増加するにしたがい耐力低下の割合が大きくなることを確認できる。また、その度合は繰返し 10 回を超えると小さくなることもわかる。ただし、耐力低下の絶対量は実験と解析では 10 倍程度の差が生じている。この原因は検討中である。

図 6 には解析で得られた繰返し载荷終了時の変形図(固定点側のみ)を、写真 1 には実験終了時のダイヤフラム 1 段目のフランジ側とウェブ側の写真を示す。a) は図 6 のフランジ側の凹状の座屈を、b) はウェブ側の凸状に座屈した状況の载荷実験終了時の写真である。

実験時²⁾の変形形状と同様に、柱基部から 140mm 程度上部のフランジおよびウェブに、局部座屈が生じることが確認できた。

キーワード FEM 非線形解析、鋼製橋脚、耐力低下、海溝型巨大地震、長継続時間

連絡先 〒236-8501 横浜市金沢区六浦東 1-50-1・TEL: 045-786-7857・E-mail: kitahara@kanto-gakuin.ac.jp

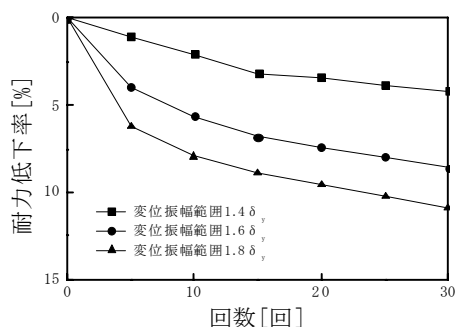


図4 耐力低下率[%] (実験結果)

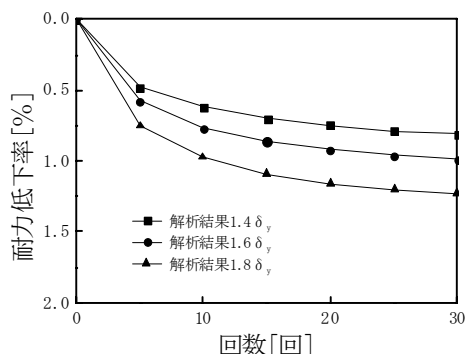


図5 耐力低下率[%] (解析結果)

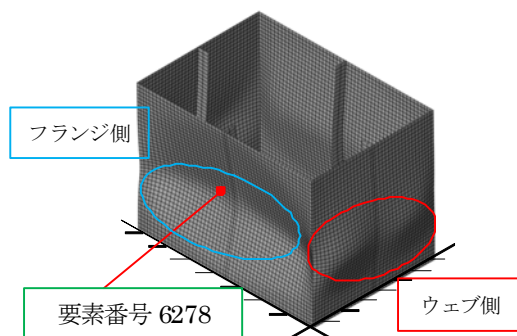


図6 変形形状(解析結果)



写真1 変形形状(実験結果)

解析でもっとも大きな局部座屈変形が生じた要素における応力—ひずみ関係を検討する。例として、図7には繰返し振幅範囲 $1.8\delta_y$ の解析結果を示す。また、出力した要素位置を図6に示している。図7より、ひずみが0.005付近で+側でドリフトしていることがわかる。これは応力とひずみが急激に増加する500step付近で生じている。

つぎに、30回の繰返し部分を拡大した応力—ひずみ関係を図8に示す。図より、30回繰返し载荷を受けている

間、最大応力はほぼ一定値を繰返していることがわかる。しかしながら、同じ最大応力値であるにもかかわらずひずみは繰返しごとに徐々に大きくなっていく傾向のあることがわかる。

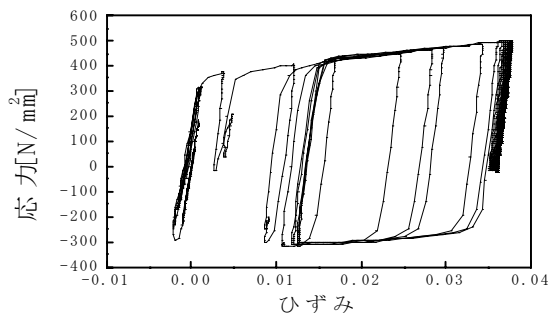
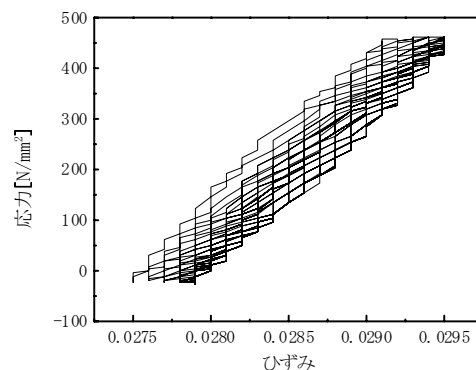
図7 応力—ひずみ関係(変位振幅範囲 $1.8\delta_y$)

図8 応力—ひずみ関係(繰返し部分)

4. まとめ

数十回オーダー繰返し载荷実験を模擬した FEM 複合非線形解析を行った。得られた結論を以下に示す。

- 1) 実験と同様、解析結果とも変位振幅範囲の増大および繰返し回数の増加により耐力低下の値が大きくなることを確認した。
- 2) 30回繰返し载荷後の耐力低下の値は、実験結果では10%に対し、解析結果では1%と大きな差異が生じた。
- 3) 局部座屈が最大の要素に関して、繰返し载荷時に同じ最大応力であるにもかかわらずひずみが増加していく傾向を確認した。これが耐力低下の一因であると考えられる。

謝辞：本研究に際し、平成22年度科学研究費補助金(基盤研究(C)課題番号：20560451)の助成を受けた。ここに記して謝意を表する。

参考文献

- 1) 田中賢太郎, 北原武嗣, 山口隆司, 吉田隆信：長継続時間地震動を考慮した既設鋼製橋脚の耐荷性能の実験的検討：鋼構造年次論文報告集, Vol.16, pp.291-296, 2008.
- 2) 平口未帆, 濱野剛, 北原武嗣, 田中賢太郎：鋼製橋脚の数十回オーダー繰返し载荷実験と解析的検討, 関東学院大学工学研究発表講演会, 2010.