

局部座屈を考慮した非線形動的解析手法の提案

熊本大学大学院 学生員 ○森光哲人 熊本大学大学院 フェロー 山尾敏孝

1.はじめに

兵庫県南部地震では,いくつかの鋼製橋脚が局部座屈をともなって破壊する被害が生じたが,このような局部座屈の影響は,一般的なファイバーモデルを用いた動的解析では直接的に表現できない.しかし,ファイバーモデルは,部材の材料非線形性を各ファイバー要素の単軸の応力-ひずみ関係によって表現されるため,その材料の構成則が重要となる.一方,シェル要素を用いた有限要素法を用いれば,局部座屈を考慮でき,かつ劣化域まで解析することは可能であるが,計算時間が膨大となり,断面寸法を試行錯誤して定める実務設計ツールとしては不向きである.本研究では,シェル要素を用いた FEM 解析であらかじめ局部座屈による部材軸長さの短縮分も含んだ等価な応力-ひずみ関係を導いておき,この弾塑性動的解析プログラムに構成則として導入する手法を提案するものであり,本手法は近似的に局部座屈を考慮でき,劣化域まで解析可能な方法であることを実験モデルとの比較により検討するものである.

2.単一逆 L 鋼製橋脚の解析

(1)解析モデルと入力地震波

単一逆 L 鋼製橋脚のハイブリッド実験供試体を対象に,実験値と局部座屈を考慮した非線形動的解析プログラムの解析値を比較し,この本解析プログラムの有用性の検討を行った.使用鋼材は SM490YA で,降伏応力 $\sigma_y=389\text{N/mm}^2$,弾性係数 $E=2.07\times 10^5\text{N/mm}^2$,ポアソン比 $\nu=0.255$ とした.断面寸法については,実験供試体の想定実橋脚(相似比=8)を解析するため,全寸法を8倍したスケールとした.最上部の節点には上部工に相当する質量を,橋脚部の節点には部材質量(単位体積重量 77kN/m^3)を集中質量として与えた.尚,入力地震波は JR 鷹取駅観測地震波(JRT)を用い,X 方向に作用させるものとする.応答変位の算出箇所は最上部の節点,応力-ひずみの算出箇所は橋脚基部におけるファイバー要素 A とした.

(2)ハイブリッド実験値との比較

図 4 はハイブリッド実験値と提案手法による解析値との比較を時刻歴応答変位また水平荷重-変位で示したものである.水平荷重-変位曲線に若干の誤差が見られるが,全体的な解析結果は実験値とよく対応している.

(3)バイリニアモデルとの比較

図 5 はバイリニアモデルによる解析値と提案手法による解析値との比較を時刻歴応答変位また応力-ひずみ曲線で示したものである.バイリニアモデルと比べ,残留変位が 1.40 倍程度大きくなった.これはフランジ側の部材軸方向のひずみが局部座屈の影響により大きくなり,その分橋脚の傾きが大きくなったためだと思われる.

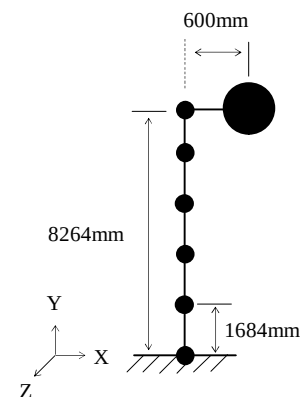


図 1 解析モデル

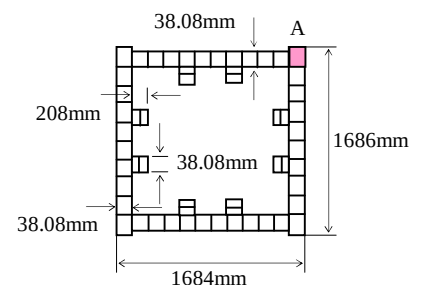


図 2 断面図

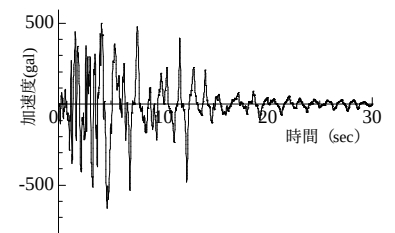


図 3 JR 鷹取駅観測地震波(JRT)

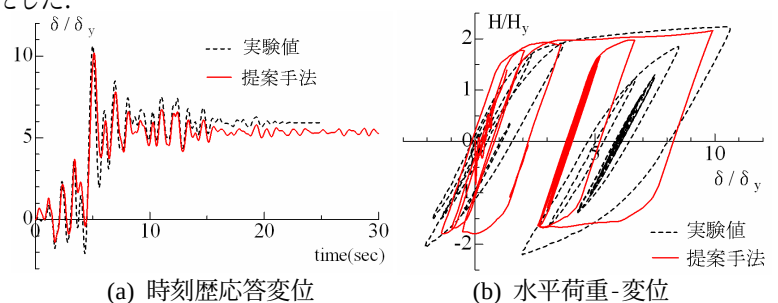


図 4 実験値と解析値の比較

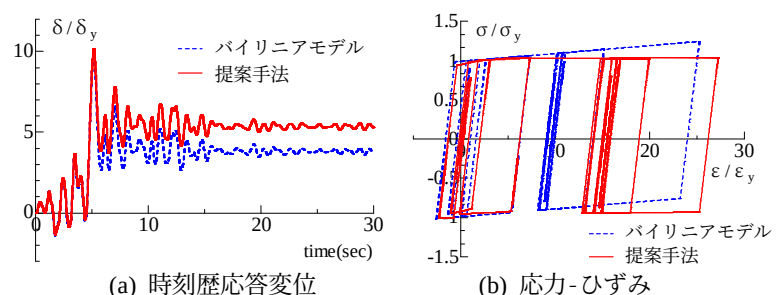


図 5 復元力モデルの違いによる応答値の変化

3.アーチ部材

(1)解析モデルと入力地震波

アーチ部材を対象に,提案する非線形動的解析による結果と汎用プログラム TDAPIIIによる解析結果を比較し,提案解析プログラムの有用性を検討した.使用鋼材は SM400 で,降伏応力 $\sigma_y=300\text{N/mm}^2$,弾性係数 $E=2.18\times 10^5\text{N/mm}^2$,ポアソン比 $\nu=0.281$ とした. なお,入力地震波は JR 鷹取駅観測地震波(JRT)を用い,Z 方向に作用させるものとする.応答変位の算出箇所はアーチクラウン部とし,応力-ひずみの算出箇所はアーチ部材基部におけるファイバー要素 A とした.

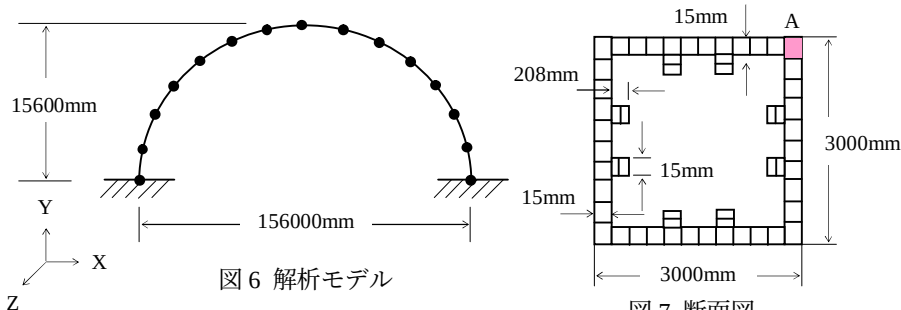


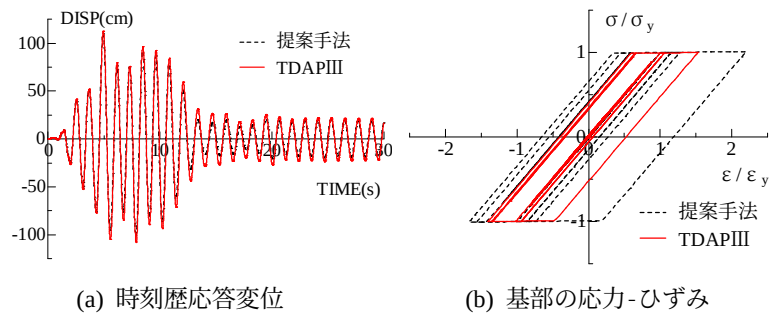
図 6 解析モデル

図 7 断面図

図 8 JR 鷹取駅観測地震波(JRT)

(2)汎用プログラム TDAPIIIとの比較

図 9 は汎用プログラム TDAPIIIとの比較を時刻歴応答変位と応力-ひずみ曲線で示したものである.どちらも構成則にはバイリニアモデルを使用している.最大応答変位はTDAPIII解析値の 1.05 倍程度で,全体的に似た波形となっている.一方,圧縮側ひずみが約 2 倍程度大きくなり,誤差が生じる結果となった.



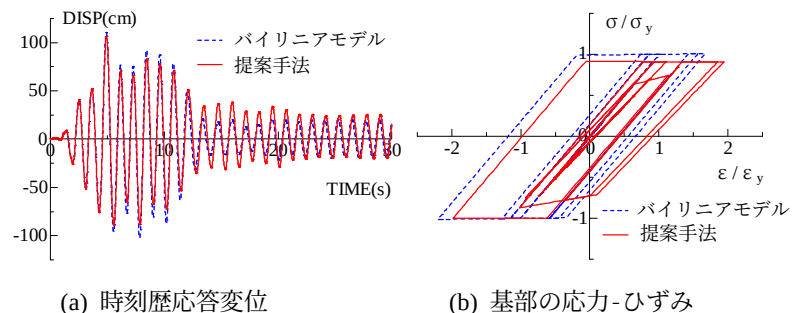
(a) 時刻歴応答変位

(b) 基部の応力-ひずみ

図 9 汎用プログラム TDAPIIIとの結果比較

(3)バイリニアモデルとの比較

図 10 はバイリニアモデルによる解析値と提案手法による解析値との比較を時刻歴応答変位また応力-ひずみ曲線で示したものである.最大応答変位を示す 5 秒付近までよく一致している.その後バイリニアモデルよりも小さい波形を示すが,15 秒付近から再び大きな波形を示す.アーチ部材基部の応力-ひずみ曲線を見ると,バイリニアモデルよりも若干ひずみが大きな値を示し,局部座屈を考慮した履歴特性を示していることが分かる.



(a) 時刻歴応答変位

(b) 基部の応力-ひずみ

図 10. バイリニアモデルとの結果比較

4.結論及び考察

- (1)実現象に近いハイブリッド実験値と比較することにより,局部座屈の影響による挙動特性を解析で追跡することができたのではないかと考えられる.また汎用解析プログラムとの比較を踏まえ,今後も解析プログラムの妥当性を検討する必要がある.
- (2)復元力として,バイリニア移動硬化則と局部座屈を考慮した非線形履歴特性を用いて解析した結果を比較することにより,応力-ひずみレベルで履歴に誤差が生じると,応答変位や水平耐力に影響が生じることが分かった.

参考文献

- 1) 宇佐美勉,本間大介,芳崎一也:鉛直荷重が作用する鋼製橋脚のハイ…,土木学会論文集,No626/I-48,197-206,1999.7.
- 2) 崎元達郎,渡辺浩,中島黄太:局部座屈を考慮した鋼箱形断面部材の…,土木学会論文集,No647/I-51,343-355,2000.4.
- 3) 山本誠:鋼アーチ系橋梁の耐震性の検討,熊本大学卒業論文,2003.