

軸力変動の影響を考慮した非線形地震応答に関する比較検討

株式会社長大 正会員 ○熊木 幸
株式会社長大 正会員 矢部 正明

1. はじめに

橋梁の中には、ラーメン式橋脚とラーメン橋およびアーチ橋等のように地震の影響によって曲げモーメントやせん断力だけでなく、軸力も時々刻々と変化する構造がある。軸力の変化は、各断面の曲げモーメントー曲率関係（ $M-\phi$ 関係）にも変化を与え、前述した橋梁は、軸力変動の影響を耐震設計上無視することができない。本報告は、ファイバーモデルと軸力変動の影響を簡易的に考慮した $M-\phi$ モデルを用いた非線形動的解析を行い、非線形モデルの違いによってその地震応答がどのように変化するかを比較検討したものである。

2. 検討対象橋梁と入力地震動

検討対象とするラーメン橋脚は、道路橋を対象として設計されたものであり、図-1に示すような矩形断面を有する高さ10m、横梁の長さ10mの鋼製門型ラーメン橋脚である。入力地震動は、図-2に示す1995.1.17兵庫県南部地震で観測された大阪ガス葺合供給所構内地盤上記録である。橋脚柱部の非線形性は、ファイバーモデルと $M-\phi$ モデルを用いて表した。 $M-\phi$ モデルは、図-3に示す応答軸力の大きさに応じて、死荷重時に橋脚柱部に生じる軸力 N_0^c に対するもの、非線形動的解析より得られる最小圧縮軸力 N_{\min}^c と最大圧縮軸力 N_{\max}^c に対するもの、軸力 $N^c(t)$ の大きさに応じて変化させたものの4種類を対象とした。鋼材の応力ーひずみ関係は、2次剛性を初期剛性の1/100としたバイリニア型とし、引張側と圧縮側の降伏点応力を等しくしたものである。減衰の影響は、橋脚柱部の構造減衰定数を1%とし、初期剛性比例型粘性減衰マトリックスによってモデル化した。

3. 橋脚柱部に与えた非線形モデルと地震応答

図-4は橋脚左柱基部に生じる応答曲率を示したものである。橋脚柱基部の応答曲率は、最小圧縮軸力 N_{\min}^c と死荷重時軸力 N_0^c および軸力の変動 $N^c(t)$ に応じた $M-\phi$ モデルより求めたものは、地震開始後8秒付近から、最大圧縮軸力 N_{\max}^c 時の $M-\phi$ モデルを用いて求めたものは、地震開始後6秒付近から、ファイバーモデルとのずれが生じている。橋脚柱部の損傷度合いを表す、最大応答曲率に着目すると最小圧縮軸力 N_{\min}^c 、軸力の変動 $N^c(t)$ 、最大圧縮軸力 N_{\max}^c 、死荷重時軸力 N_0^c の順に大きく、ファイバーモデルよりも大きな応答曲率が得られているのは最小圧縮軸力 N_{\min}^c 時の $M-\phi$ モデルを用いた場合のみである。図-5に示すように、橋脚柱基部に生じる軸力の大きさに応じて $M-\phi$ 関係は変化する。図より、鋼断面に作用する圧縮軸力が大きいほど、 $M-\phi$ 関係に現れる降伏曲げ耐力は小さくなり、引張側降伏後の塑性変形能も小さくなっている。これと前述した最大応答曲率から判断すると、曲げ耐力も大きく塑性変形性能も大きい $M-\phi$ モデルを用いた場合の方が、他の $M-\phi$ モデルよりも大きな応答曲率が得られ損傷が大きいという結果が得られている。図-6は、橋脚左柱基部の $M-\phi$ 関係を示したものである。図より、応答曲げモーメントに着目すると、軸力の変動 $N^c(t)$ 、最小圧縮軸力 N_{\min}^c 、死荷重時軸力 N_0^c 、最大圧縮軸力 N_{\max}^c の順に大きく、解析モデルに与えた $M-\phi$ モデルの曲げ耐力が大きいモデルに大きな応答曲げモーメントが生じている。

以上より、軸力変動の影響を $M-\phi$ モデルによって考慮する場合は、解析モデルに与えた $M-\phi$ 関係の曲げ耐力と塑性変形性能の大小関係とそれより得られる応答曲率による損傷度合いは必ずしも整合しないことに注意する必要がある。このように、断面としての曲げ耐力と塑性変形性能が優れている $M-\phi$ モデルの方が大きな損傷が生じるという動的解析結果が得られるのは、非線形応答中の履歴の違いによって生じたものである。

キーワード 軸力変動, 鋼製ラーメン橋脚, ファイバーモデル, $M-\phi$ モデル

連絡先 〒305-0812 茨城県つくば市東平塚 730 (株)長大 構造防災室 TEL029-855-3113

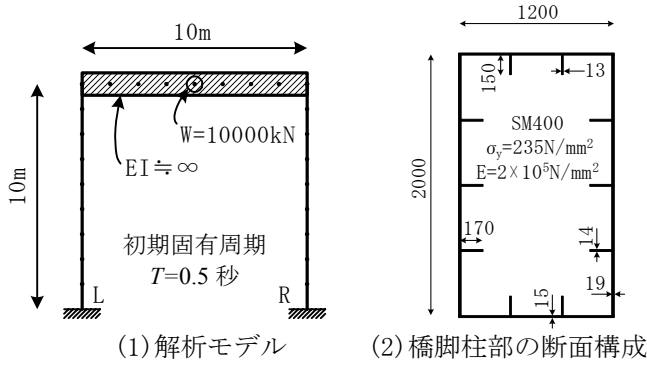


図-1 対象とする鋼製門型ラーメン橋脚

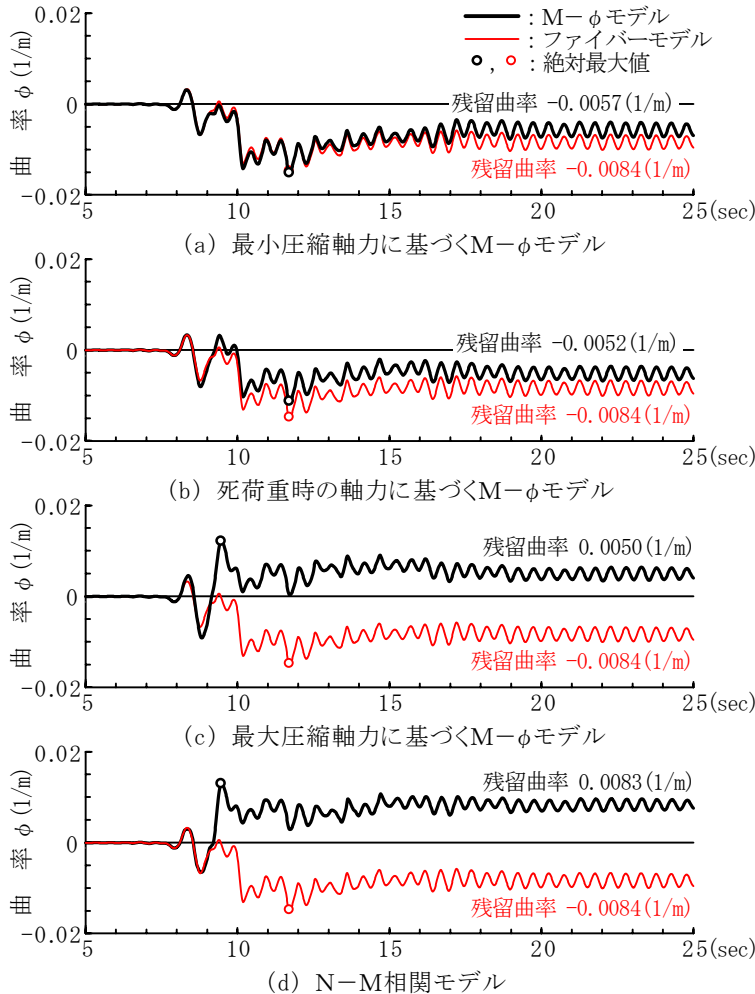
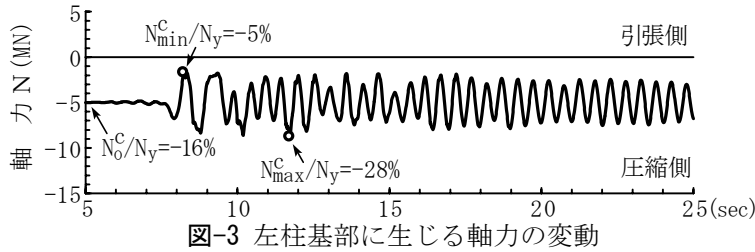
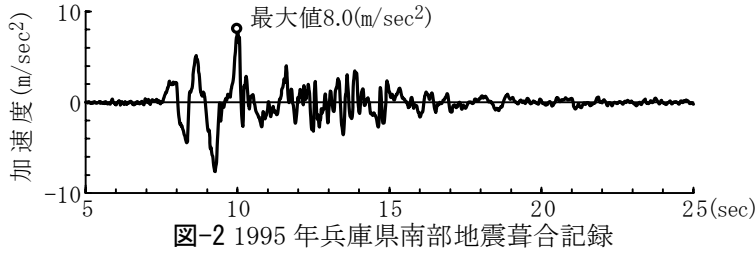


図-4 左柱基部に生じる曲率の時刻歴応答波形

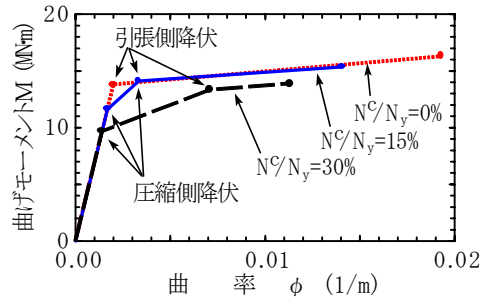


図-5 圧縮軸力の変化と曲げモーメントと曲率の関係

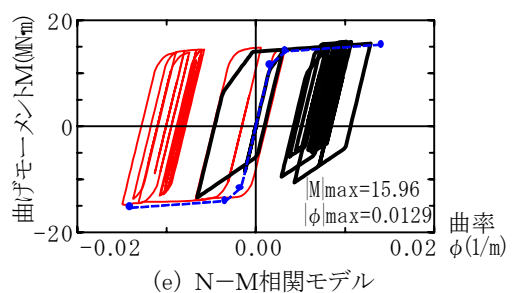
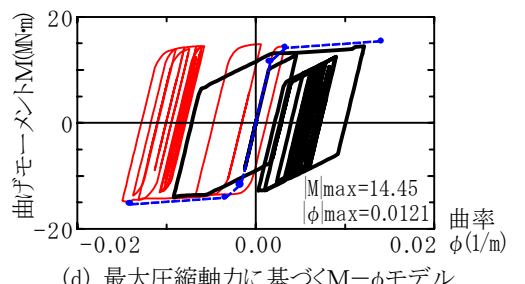
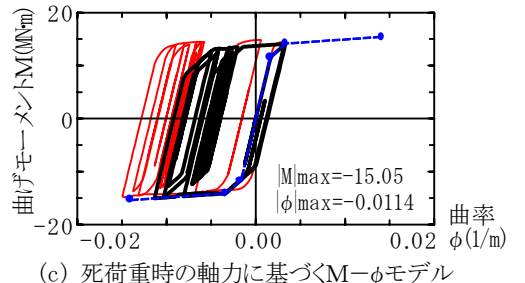
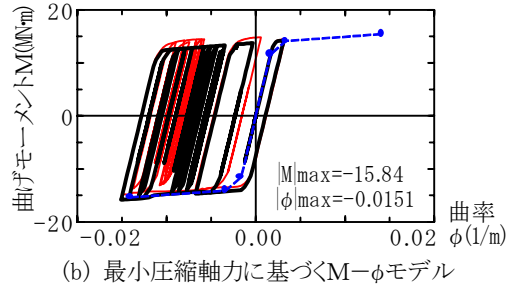
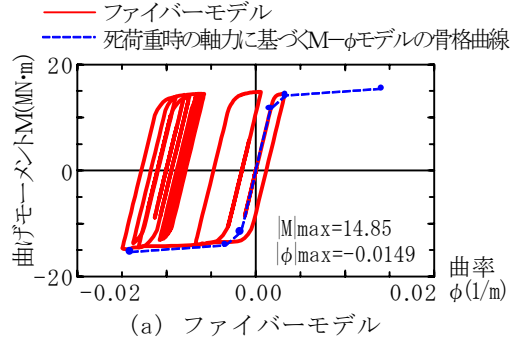


図-6 左柱基部の曲げモーメントと曲率の履歴