ファイバーモデルと M-φモデルによる RC 橋脚の地震応答解析の比較

東日本高速道路(株)　　正会員　浅井　貴幸　　非会員　　平野　勝彦
(株)ドーユー大地　フェロー会員　坂手　道明　　正会員　○吉田　直弘　正会員　松田　宏

１．はじめに

ファイバーモデルは，軸力の変動を考慮した非線形解析ができるため，軸力変動が卓越するトラスやアーチ部材の耐震設計に多く採用されている．RC 下部構造においては，2 軸方向の曲げモーメントを同時に考慮する必要がある場合や軸力の変動が大きい場合の適用実績も増えてきている．一方，ファイバーモデルと最も多く使用されている M-φモデルとによる RC 橋脚の地震応答解析の結果の違いについてはまだ十分に検討されていない．本稿では，図-1 に示す 1 脚固定の連続橋（東北自動車道　利根川橋）に対し，ファイバーモデルと M-φモデルとによる RC 橋脚の地震応答解析を実施し，その結果について述べる．

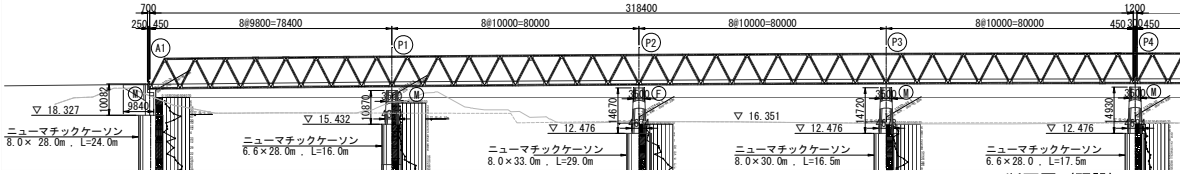


図-1　橋梁一般図

２．橋脚のモデル化

本橋梁では，**図-2** に示す壁式の橋脚が採用されている．固定橋脚 P2 の配筋とファイバー断面を**図-3** に示す．

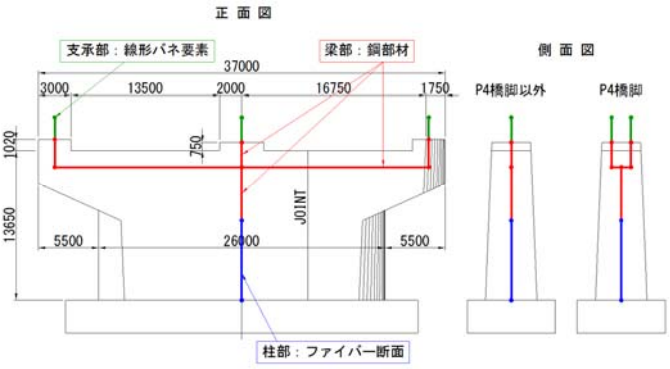


図-2　橋脚構造図

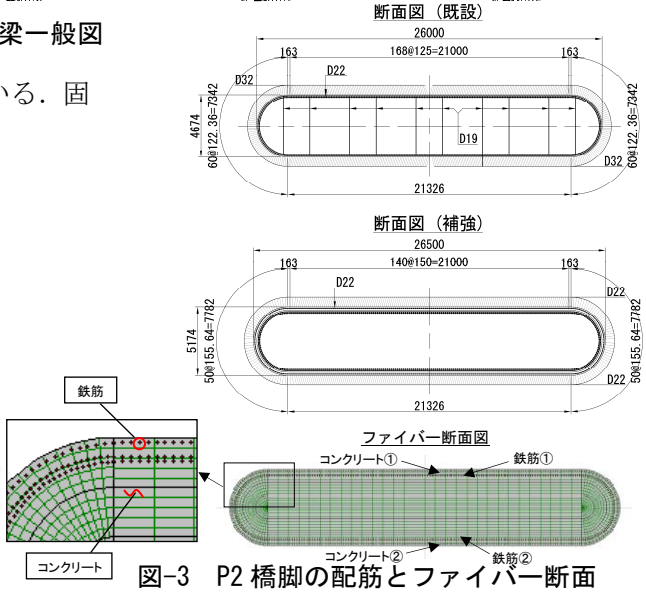


図-3　P2 橋脚の配筋とファイバー断面

３．ファイバーモデルと M-φモデルのプッシュオーバー解析結果の比較

図-4 にファイバーモデルと M-φモデルとによる橋軸方向のプッシュオーバー解析の比較結果を示す．ファイバーモデルと H14 道示 M-φモデルの差異は僅かであり，ピーク時の水平力の差は 6%程度である．ファイバーモデルはかぶりコンクリートを考慮しているため，かぶりコンクリートを考慮しない M-φモデルより水平耐力が僅かに大きくなっている．

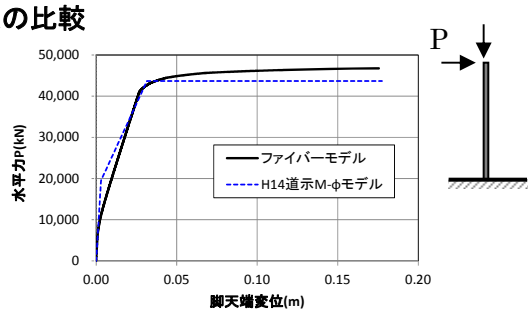


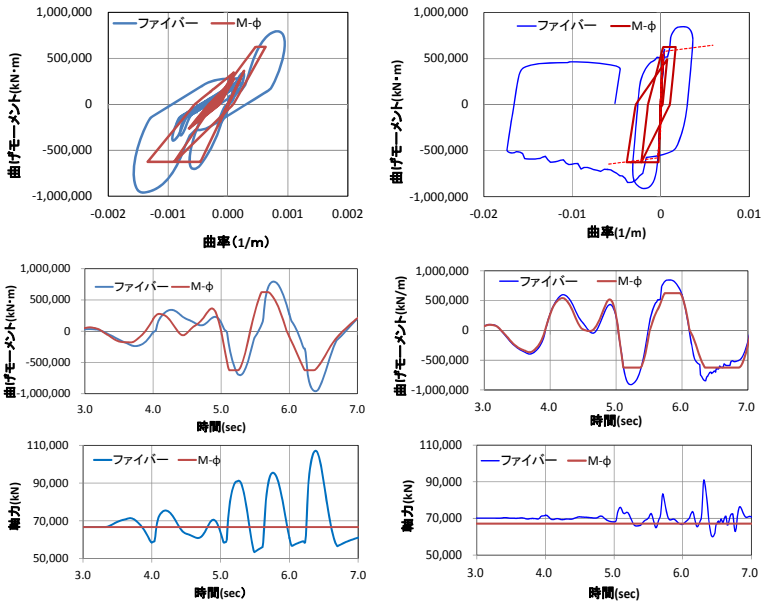
図-4　P2 橋脚のプッシュオーバー比較

4. ファイバーモデルと M-φモデルの動的解析結果の比較

上部構造を質点でモデル化した「P2 橋脚単独系モデル」（**図-2**）と橋梁全体をモデル化した「全体系モデル」とに対してファイバーモデルと M-φモデルによる動的解析を行い，両者の応答性状を比較した．入力波形は道示波Ⅱ-Ⅲ-3 を用いて，粘性減衰は，要素別剛性比例減衰を用いた．M-φ応答履歴の違いを**図-5** に示す．どちらのケースにおいても，ファイバーモデルでは大きな軸力変動が見られており，またファイバーモデルの曲

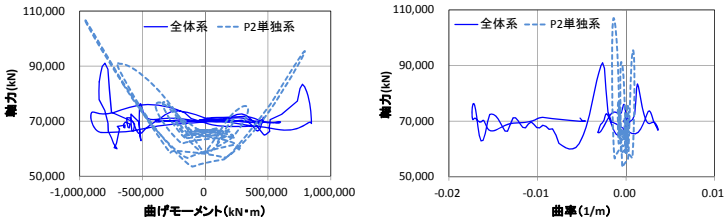
キーワード　非線形動的解析，ファイバーモデル，M-φモデル，軸力変動
連絡先　〒336-0017　埼玉県さいたま市南区南浦和 2-25-1　(株)ドーユー大地　東京支店　構造技術部　TEL 048-711-4810

げモーメントは M-φモデルと比較して 40～50%程度大きい．ファイバーモデルによる P2 橋脚単独系モデルと全体系モデルとの応答を比較すると，P2 橋脚単独系モデルの最大応答曲げモーメントは 10%程度大きくなっている．ファイバーモデルによるP2橋脚単独系と全体系との軸力変動，応答曲げモーメント，応答曲率の比較結果を**図-6** に示す．P2 橋脚単独系ではトラス部材の鉛直剛性を評価していないため，P2 の軸力が大きく変動し，それに連動して曲げモーメントも上昇する．全体系モデルでは，上部構造の鉛直方向の変形により，P2 橋脚単独系モデルに比べると，P2 橋脚の軸力変動が小さくなり，曲げモーメントも減少する．曲率については，P2 橋脚単独系モデルより全体系モデルの方が大きくなっている．**図-5** に示すように，全体系の軸力変動周期は P2 橋脚単独系モデルより短くなっている．軸力変動挙動の違いにより応答曲率に差が生じたと考えられる．



(a) P2 橋脚単独系　　(b) 全体系

図-5　P2 橋脚の応答履歴の比較



(a) 軸力-曲げモーメント応答履歴　　(b) 軸力-曲率応答履歴

図-6　軸力変動の影響（P2 橋脚，ファイバーモデル）

ファイバーモデルでの解析で見られた軸力変動の原因を調べるために，コンクリートや鉄筋のファイバー要素の応力度とひずみの応答履歴を考察した．P2 橋脚単独系のファイバー要素の応力度ひずみの応答履歴を**図-7** に示す．図中の①，②は**図-3** に示す位置である．コンクリートの応力度-ひずみ曲線に示すように，引張側のコンクリートの応力度がゼロであり，ひずみは急激に増大している．コンクリートが引張側から圧縮側に移動する瞬間にコンクリートの圧縮応力が急増し始める．コンクリートの圧縮応力がピークに達する時点では引張側と圧縮側の鉄筋の応力度の絶対値がほぼ同程度となっている．この時点では，圧縮側鉄筋が負担する必要があり，引張側に近いひずみが圧縮側にも発生して釣り合い状態となっている．コンクリートが引張側から圧縮側に移動する瞬間のコンクリートと鉄筋の圧縮応力の急増が原因で，大きな軸力変動が生じたと考えられる．

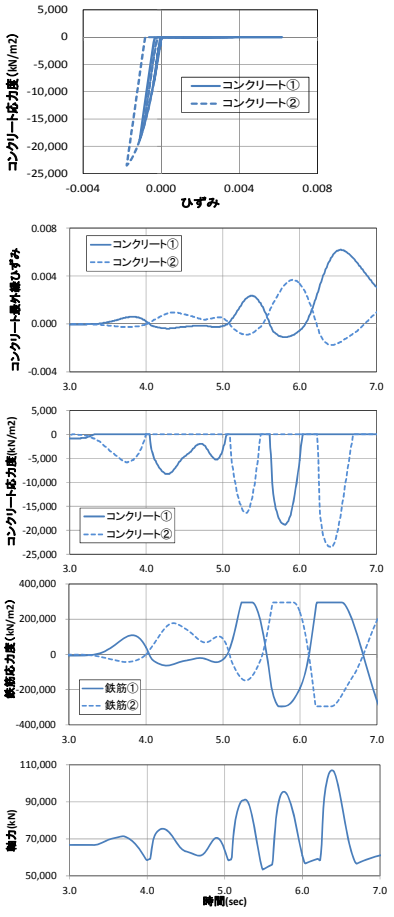


図-7　ファイバーの応力度，ひずみ

5. まとめ

プッシュオーバー解析を用いた RC 橋脚の耐震解析では，M-φモデルとファイバーモデルとの差がほとんど見られなかった．一方，非線形動的解析では，ファイバーモデルは軸力が大きく変動したため，M-φモデルでの解析結果を大きく上回る応答曲げモーメントや曲率が生じた．軸力変動の原因は，コンクリートが引張側から圧縮側に移動する瞬間のコンクリートと鉄筋の圧縮応力の急増であると考えられる．

参考文献：1)堺他：ファイバー要素を用いた鉄筋コンクリート橋脚の地震応答解析，土木学会構造工学論文集 Vol.45A(1999 年 3 月)