

ラーメン橋脚の地震時応答に及ぼす軸力変動の影響について

佐賀大学大学院工学系研究科 学生会員 中島慎弥
 正会員 荒牧軍治
 正会員 古賀勝喜

1. まえがき

道路橋設計示方書が基本設計法として採用している地震時保有水平耐力法が単純な1質点系を対象としたものであること、また、動的解析および設計を行うにしても、軸力変動が発生するラーメン橋、ラーメン橋脚等を避け、単柱橋脚を選ぶ傾向にある。しかし、佐賀平野のように軟弱地盤が厚く堆積し卓越周期が長い地域においては、剛性が高く、固有周期が短い橋梁形式の法が有利な場合がある。しかし、ラーメン橋脚およびラーメン橋においては地震時の軸力変動が無視することはできず、軸力変動を考慮したモデルの採用が不可欠である。

本研究ではラーメン橋脚を対象として、軸力の変化が地震時の応答にどれほどの影響を及ぼすのかを軸力変動考慮・非考慮の場合に分けて解析を行った。

2. モデル化および解析方法

モデルとしては単柱橋脚とラーメン橋脚の2つを用いて解析を行った。

単柱橋脚モデルには「日本道路協会:道路橋の耐震設計に関する資料」に掲載されている単柱橋脚を用いた。また、ラーメン橋脚モデルには「耐震設計ソフトウェアに関する研究会報告書(平成9・10年度)」に掲載されているラーメン橋脚を用いた。

軸力変動考慮にFORUM8社のUC-win/FRAME(3D)のファイバーモデルを使い、非考慮には武田型トリリニアモデルを用いた弾塑性回転ばね(道路橋示方書に準拠)を塑性ヒンジ部に用いた。また、UC-win/FRAME(3D)は2つのこの履歴特性を同じモデルで同時に解析できる。

UC-win/FRAME(3D)は剛体リンク・分布ばね要素と言う要素を用い、線要素にモデル化できる鋼製部材や鉄筋コンクリートの部材の非弾性状を考慮することが出来る要素で、軸力も逐次計算し解析を行う。それに対し、武田型トリリニアモデルは、断面の強さ、最初の死荷重によって計算された軸力などを使い算出された非線形履歴特性(M-特性)を用いたばねで擬似化し計算を行う。

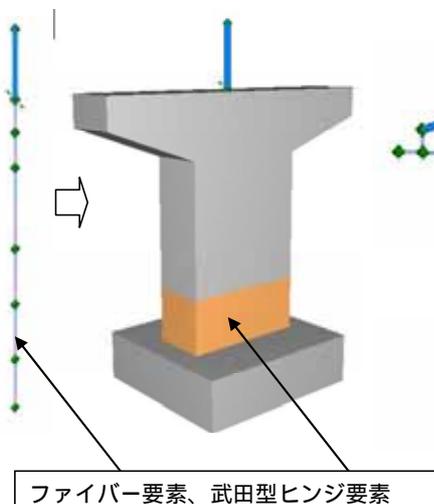


図1 単柱橋脚のモデル化

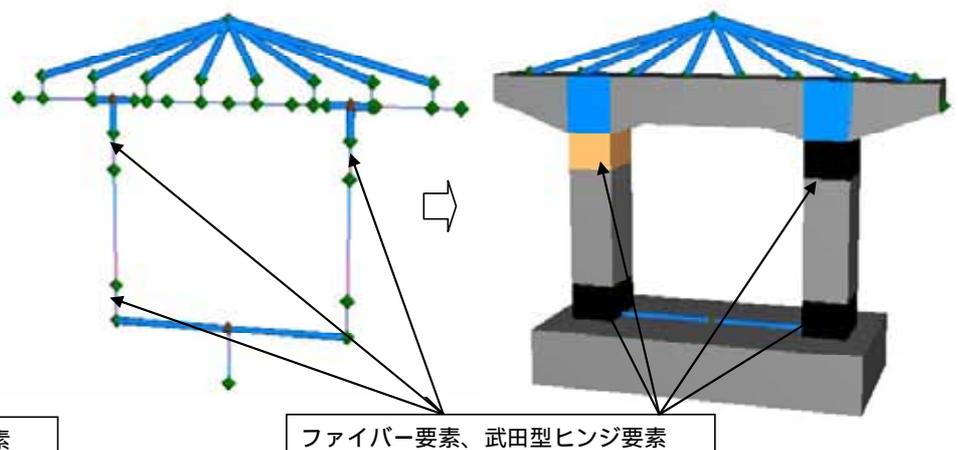


図2 ラーメン橋脚のモデル化

3. 2つの塑性ヒンジモデルによる精度検証

ラーメン橋脚の解析を行うにあたって、まず軸力の変動が起こらない単柱橋脚における両モデルの精度検証を行った。

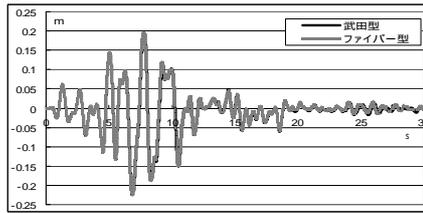


図3 慣性力作用位置の変位

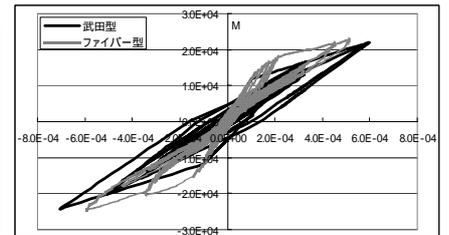


図4 橋脚基部の M-履歴

今回記載している図 3,4 に用いた地震波は道路橋示方書に規定されたレベル 2 のタイプ 2、種地盤である。軸力の影響を考えない場合での 2つのモデルによる変位、基部の履歴ではほぼ同等の値を示していることが分かる。なお、記載していないが地震波においては道路橋示方書に規定された L2 の全種類において解析を行いほぼ同じ値だった事を確認している。

4. 解析結果

ラーメン橋脚柱部端部 4 点に塑性ヒンジを設け解析を行った。地震波には道路橋示方書に準拠した

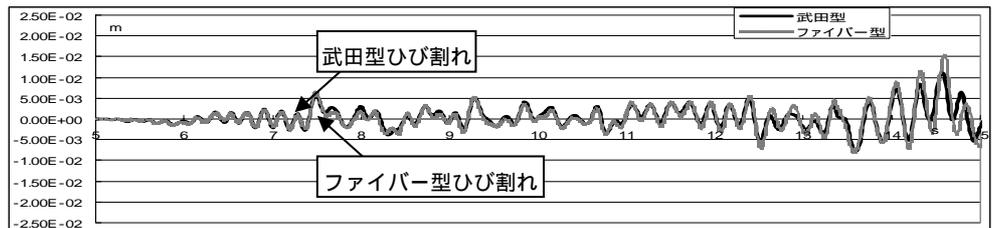


図5 5-15(s)の変位グラフ

を使用した。上部構慣性力作用位置の変位を図 5、図 6 に示す。

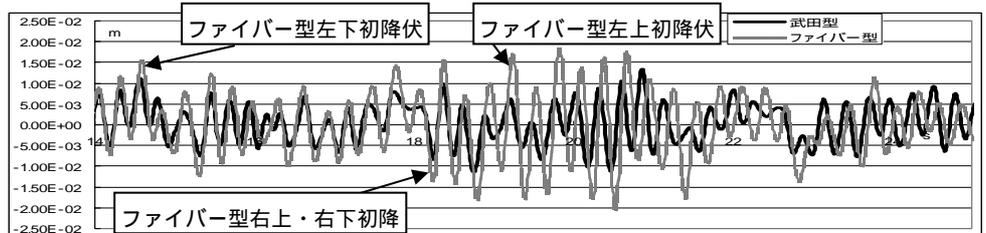


図6 14-25(s)の変位グラフ

さらに、ひび割れ、降伏ステップを変位グラフに示す。武田型、ファイバー型

表 1 時間帯別最大変位比較

がひび割れした後の変位は弾性範囲とほとんど変わらない。しかし、図 6 に示すようにファイバー型のヒンジが 14.58 秒に左下が降伏し、それに続き他が降伏

	変位最大値(m)		
時間(s)	武田型	ファイバー型	(ファイバー型/武田型)
0-14	7.863E-03	7.897E-03	1.004
14-18	1.112E-02	1.532E-02	1.379
18-25	1.330E-02	2.044E-02	1.536

していくにつれ武田型との変位差が大きくなっていく。その結果を表 1 に示す。

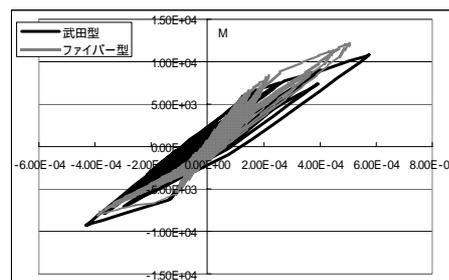


図7 左下基部 0-14(s)間の M-履歴

また、ファイバー降伏前まで、降伏後の左下基部 M-履歴を

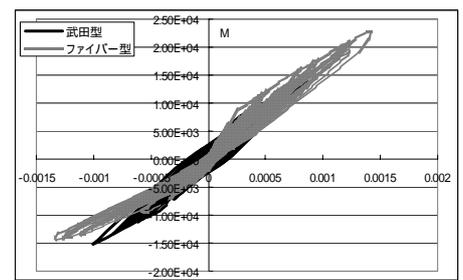


図8 左下基部 14-25(s)間の M-履歴

5. まとめ

ラーメン橋脚など軸力の変動が起こる構造物では、道路橋示方書で規定された軸力依存を考慮できないモデルと考慮できるファイバーモデルとを比較すると、弾性範囲、ひび割れ時ではほとんど差は見られない。しかし、降伏が始まりファイバー型が先に降伏すると、その間にファイバー型は武田型の 1.5 倍程大きな変位差が生じる事が分かった。履歴曲線においてもひび割れ状態までは両モデルともにほぼ差はないが鉄筋が降伏すると、引張鉄筋の降伏の影響から引張り時に対する M、の数値が大きくなった。また、今回ファイバーモデルでは降伏に達したのに対して、M-曲線を用いた軸力依存を考慮しないモデルでは降伏しなかった。よって今後のこのような構造物の解析を行なう時は軸力依存を考慮した解析が必要となると思われる。

参考文献 1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 編耐震設計編 平成 14 年 3 月
 2) (株)フォーラムエイト：UC-win(3D)参考資料 解析事例及び技術資料