

衝突ばねのモデル化の違いが橋梁全体系の地震時応答に与える影響

九州大学工学部 学生会員 ○吉田佳太郎 九州大学大学院 正会員 梶田幸秀
九州大学大学院 フェロー 大塚久哲

1. はじめに

橋梁の全体系解析において桁と橋台、桁同士の衝突現象をモデル化するには、桁の軸剛性をばね剛性とした線形モデルの衝突ばねが一般に使用されている^{1),2)}。しかし、実際の衝突現象では、橋台部の損傷や橋桁の損傷が発生しており、それにより衝突現象は非線形現象であるといえる。そこで本研究では、玉井ら³⁾が行った橋桁と橋台の衝突解析結果を利用した非線形モデルの衝突ばねを用いた橋梁の全体系解析を実施し、線形モデルの衝突ばねを用いた場合との地震時応答の違いについて考察を行った。

2. 解析概要

2.1 解析対象橋梁

本研究では、両端部に橋台を有する2径間のPC箱形断面橋梁を解析対象として用いた。支承条件はA1, A2橋台において可動支承, P1橋脚において固定支承としている。解析対象橋梁の側面図を図-1に示す。

上部構造は桁高2.2m, 桁幅12.0mを有する2径間連続PC箱桁であり, 下部構造は鉄筋コンクリート橋台および橋脚である。解析対象橋梁の骨組みモデルを図-2に示す。解析は橋軸方向にのみ行った。橋脚は線形はり要素, 支承は十分に剛な線形はり要素, 桁については線形トラス要素で2分割とした。衝突現象をあらわす衝突ばねは桁の両端に配置した。橋脚, 桁には3%の減衰定数を与えた。固有周期は0.52秒である。

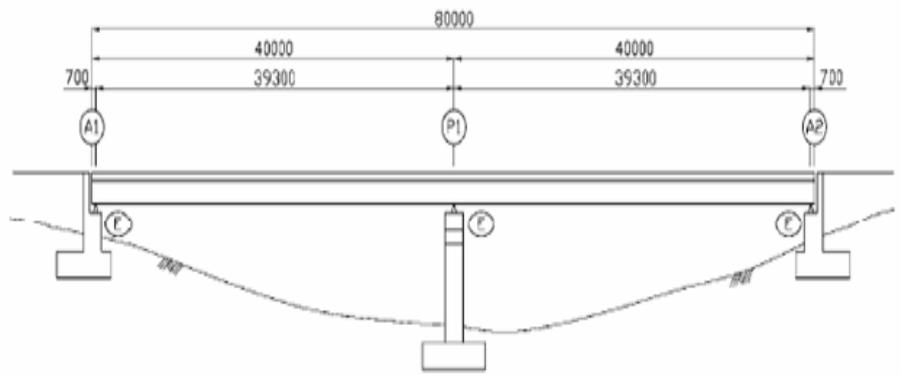


図-1 解析対象橋梁 (単位 mm)

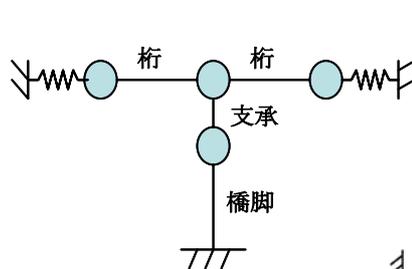


図-2 解析モデル



図-3 衝突ばねタイプ 1

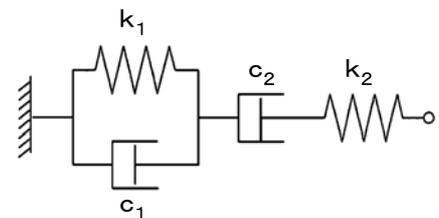


図-4 衝突ばねタイプ 2

2.2 衝突ばねのモデル化

本研究では衝突ばねのモデル化として2種類(タイプ1, タイプ2)を採用した。タイプ1は線形ばねモデルであり, 図-3に示す通りひとつのばね要素で衝突現象を表現し, そのばね剛性は桁の軸剛性と同一値とした。復元力特性は線形である。タイプ2は文献3で紹介されているものであり, 図-4に示す通り, MaxwellモデルとVoigtモデルを組み合わせたものである。

表-1 各要素の定数

衝突速度(m/s) \ 各定数	k_1 (kN/mm)	c_1 (kN·s/mm)	k_2 (kN/mm)	c_2 (kN·s/mm)
1.0	800	60	35000	100
1.5	500	40	35000	100
2.0	400	30	35000	200
2.5	200	35	35000	250
3.0	150	30	35000	300

ばね剛性および減衰要素の定数は表-1に示す通りである。なお, 桁と橋台の遊間は10cmとし, 衝突ばねがない場合の全体系解析において桁が衝突すると想定されるときに桁の速度が0.5~1.0m/sで

あったため、表-1における衝突速度 1.0m/s のときの定数を採用した。なお、以後、タイプ1の衝突ばねを線形ばねモデル、タイプ2の衝突ばねを非線形ばねモデルと呼ぶ。

2.3 解析条件

時刻歴応答解析における数値積分法には、Newmark β 法($\beta = 0.25$)を用い、積分時間間隔を 0.001 秒とした。減衰は部材別減衰定数評価による減衰マトリクスで定義した。入力振動波は、TYPE2-2-1 地震動を使用した。

3. 解析結果と考察

3.1 衝突力について

図-5 に衝突ばねの変位 - 衝撃力関係を示す。衝撃力については、線形ばねモデルの方が非線形ばねモデルよりも 2~3 倍大きな値を示している。文献 3 では、衝突速度 1.0m/s では衝突力が約 20000kN になると記されているので、非線形ばねの方がより衝撃力を正しく推定できているといえる。

3.2 橋脚基部の曲げモーメント

図-6 に橋脚基部の曲げモーメントの時刻歴を示す。最大曲げモーメントは、線形ばねモデルで $2.5 \times 10^5 \text{kN}\cdot\text{m}$ 、非線形ばねモデルで $2.6 \times 10^5 \text{kN}\cdot\text{m}$ であった。時刻歴に関しては、両者にほとんど違いは見られず衝突ばねのモデル化の違いによる影響はほとんどないと言える。

4. まとめ

本研究では、2種類の衝突ばねモデルを用意し、衝突ばねモデルの違いによる橋梁全体系の地震時応答に関して解析を行った。その結果、衝突力の大きさについては非線形ばねモデルの方が精度よく推定できると考えられるが、橋脚基部の曲げモーメントについては両者に大きな違いはなく、橋梁全体系としての耐震性評価に関しては、衝突現象を非線形ばねモデルで表現することなく、簡易な線形ばねモデルでも十分に対応できるのではないかと考えられる。

参考文献

- 1)川島一彦：動的解析における衝突のモデル化に関する考察，土木学会論文報告集，第 308 号,pp.123-126,1981.
- 2)渡邊学歩，川島一彦：衝突ばねを用いた棒の衝突の数値解析，土木学会論文集 No.675/I-55,pp.125-139,2001.4
- 3)玉井宏樹，園田佳巨，後藤恵一，梶田幸秀，濱本朋久：桁端衝突による橋台の損傷度評価および衝突ばね特性に関する基礎的研究，構造工学論文集 Vol.53A,pp1219-1226,2007

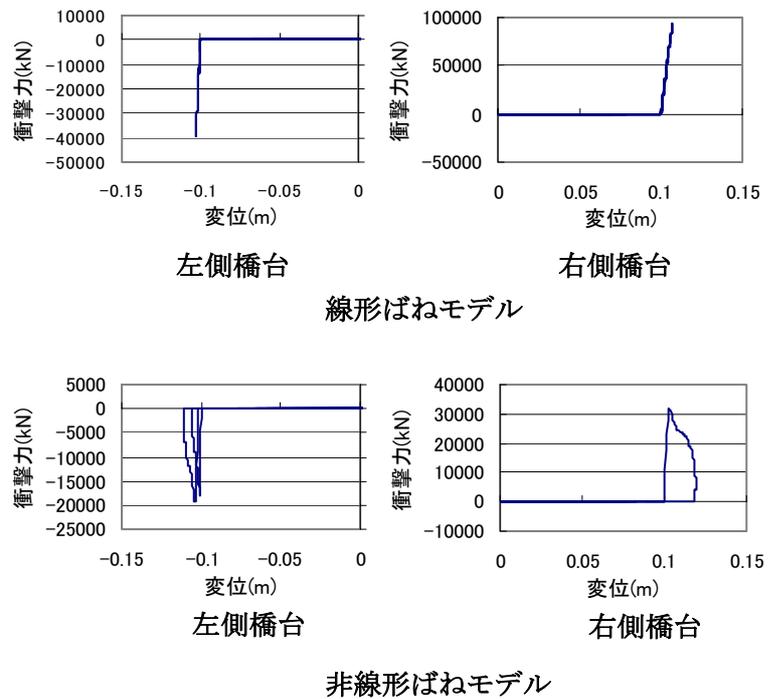


図-5 衝撃力 - 変位関係

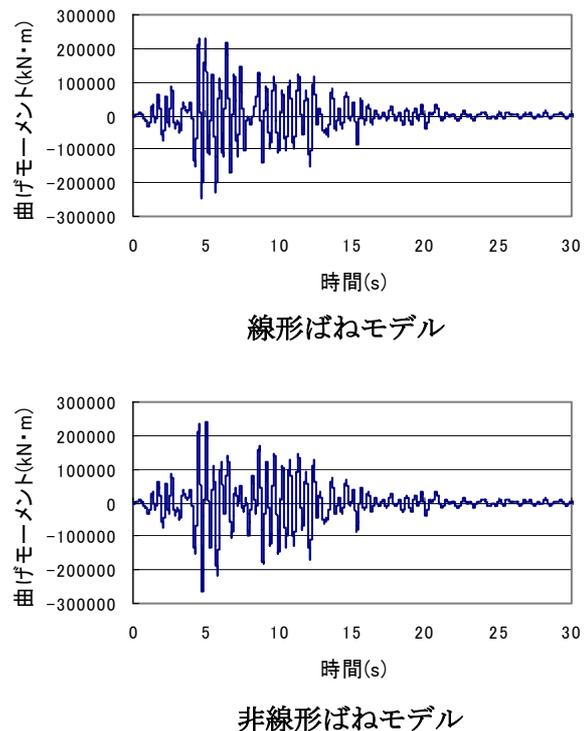


図-6 橋脚基部の曲げモーメント