

連続桁橋の免震支承部軸力変動の発生メカニズムと影響

東海旅客鉄道株式会社 正会員 平井 崇士
 京都大学大学院 フェロー 家村 浩和
 京都大学大学院 正会員 高橋 良和

1. 概要

本研究では、連続桁橋の免震支承部に生じる軸力変動の発生メカニズムについて明らかにし、軸力変動に及ぼす構造パラメータの影響について検討した。また、UD成分の特に大きかった鳥取県西部地震日野記録の軸力変動に対して、滑り型免震橋梁の地震応答に及ぼす軸力変動の影響を解析的に検証した。

2. 連続桁橋の軸力変動が生じるメカニズム

滑り型免震橋梁において、水平方向の地震応答性能を悪化させると考えられる軸力変動の発生メカニズムについて検討する。一般に、免震装置に生じる軸力変動の発生メカニズムは、免震構造物の形態によって大きく異なってくる。

まず、建築分野における免震建物では、免震層における軸力変動の生じる要因として、以下の2つが挙げられる(図1)。

1. 上下地震動に起因する上部構造の鉛直方向慣性力
2. 水平地震動に起因する上部構造のロッキング振動

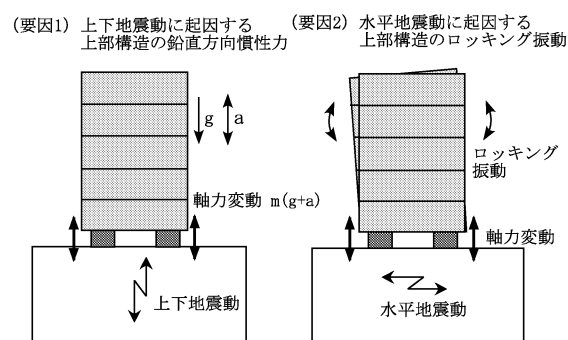


図1 免震建物の軸力変動

一方、土木分野における連続桁橋の場合、免震支承部における軸力変動の生じる要因としては、以下の4つが挙げられる(図2)。このうち、橋桁のたわみ振動は橋梁構造特有のものである。

1. 上下地震動に起因する橋桁の鉛直方向慣性力
2. 橋軸直角方向の橋桁のロッキング振動
3. 上下地震動に起因する橋桁のたわみ振動
4. 水平地震動と橋桁と橋脚の定着に起因する橋桁のたわみ振動

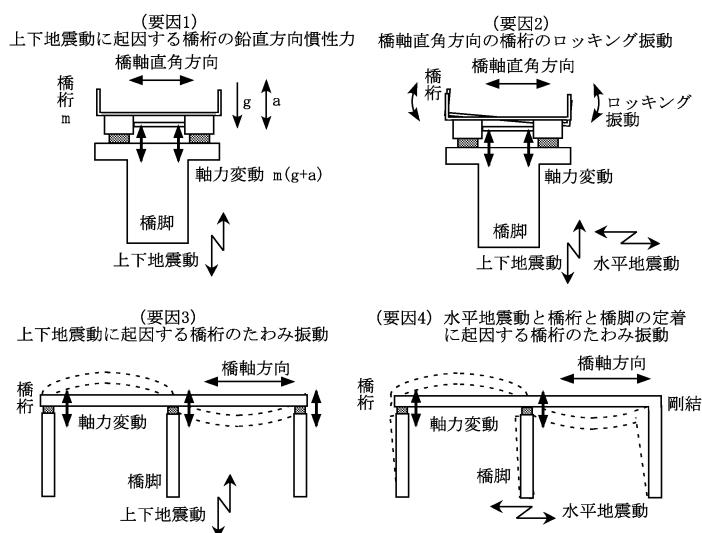


図2 連続桁橋の軸力変動

ここで、軸力変動の生じるメカニズムを評価するため、図3の5径間連続桁橋¹⁾(固有周期約1.4秒)に対して骨組応答解析を行った。入力地震動は神戸海洋気象台記録を用いた。なお、ここでは橋軸方向のみを考慮しているため、要因2は無視する。また、いずれの支承においても回転を拘束していないため、要因4は生じない。図4より、要因1のみに起因する軸力変動は、大振幅かつ高周波の波形を示しているが、要因3を考慮することにより、小振幅かつ低周波の波形になることがわかる。

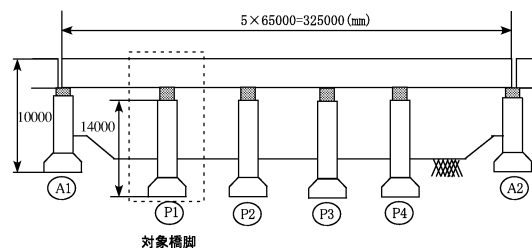


図3 対象橋梁

Key Words: 連続桁橋, 軸力変動, 滑り型免震橋梁

〒606-8501 京都府京都市左京区吉田本町 tel.(075)753-5088 fax.(075)753-5926

3. 軸力変動に及ぼす構造パラメータの影響

滑り支承の軸力変動に及ぼす構造パラメータの影響について明らかにするため、特に滑り支承の鉛直ばね剛性 K_v と橋桁の断面2次モーメント I に着目して、対象橋梁の5径間骨組応答解析を行った。入力地震動は神戸海洋気象台記録UD成分を用いた。

まず、 K_v の初期値を変化させた時のP2橋脚の軸力変動を図5(左)に示す。この時、 I は無限大を想定し、桁たわみ振動は生じないものとする。同様に、 I の初期値を変化させた時のP2橋脚の軸力変動を図5(右)に示す。この時、 K_v は初期値のままである。

この結果、地震時に滑り支承に生じる軸力変動を小さくするためには、 K_v を可能な範囲で大きく、または I を可能な範囲で小さくする方が効果的であると言える。

4. 軸力変動の影響を考慮した地震応答解析

滑り型免震橋梁の水平地震応答に及ぼす軸力変動の影響を解析的に検証するため、摩擦力の変動を考慮した2自由度非線形応答解析を行った²⁾。図3のP2橋脚を対象に、上部工重量と橋脚重量は1124、567.1(tf)、免震支承と橋脚の粘性減衰定数は2%とする。入力地震動は特にUD成分の大きかった鳥取県西部地震の日野記録を用いた。

図6にP2橋脚の支承部に生じる軸力変動を示した。10秒付近で滑り面に引張力が作用していることがわかる。図の正側は引張り、負側は圧縮を表す。また、図7に解析結果を示した。日野記録のように滑り面に負圧が生じるほど軸力変動が大きい場合、免震支承の剛塑性型の履歴形状は崩れ、滑り摩擦による履歴吸収エネルギーが減少するため、免震効果が大幅に低下する。

5. 結論

以上の結果、次のような結論が得られた。

- 連続桁橋の軸力変動が生じるメカニズムを示したが、特に桁たわみ振動による軸力変動は橋梁構造独特のものである。
- 滑り支承の鉛直ばね剛性や橋桁の断面2次モーメントを調整することで、地震時に支承に生じる軸力変動を低減できる。
- 日野記録の場合のように滑り面に引張力が生じるレベルの軸力変動が作用する場合、滑り型免震橋梁における免震システムがうまく機能しなくなる可能性がある。

参考文献

- 1) 財団法人土木研究センター:建設省・道路橋の免震設計法マニュアル(案)、1992年10月
- 2) 家村浩和、高橋良和、中島一浩、小川一志:上下動を受ける摩擦減衰型免震支承の地震応答特性、第25回地震工学発表会講演論文集、pp737-740、1999年7月

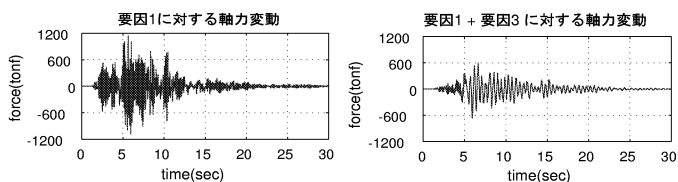


図4 骨組応答解析結果

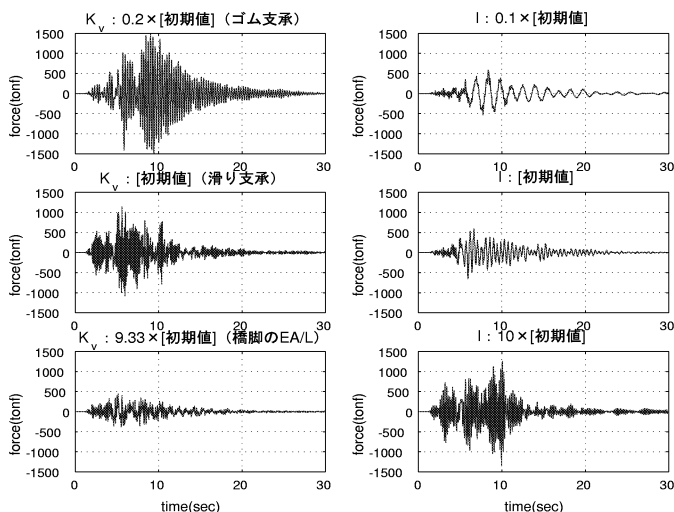


図5 構造パラメータの影響

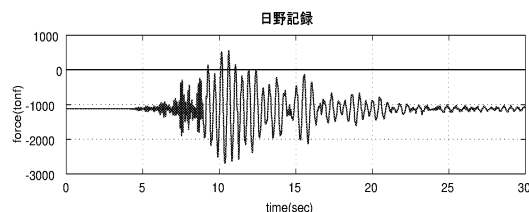


図6 連続桁橋の軸力変動

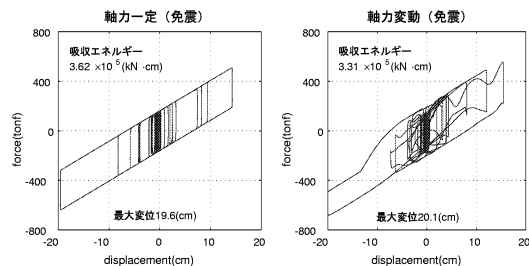


図7 解析結果(日野記録)