

京都大学工学部 学生員 ○ 菊池 圭記
京都大学工学研究科 フェロー 家村 浩和
京都大学工学研究科 正会員 高橋 良和

1 はじめに 本研究では、滑り型免震支承とゴム支承の組み合わせた、滑り型免震システムを採用した5径間連続道路橋を対象として振動台実験を実施し、地震動により支承部に軸力変動が生じた場合の橋桁の応答性状を検討した。支承部に生じる軸力変動の発生メカニズムとして、上下地震動による橋桁の鉛直方向のたわみ振動に着目する。

2 滑り型免震システムの特徴及び問題点 滑り型免震システムとは、滑り型免震支承に作用する橋桁の地震時慣性力が摩擦力以上になると滑り現象が生じ、橋脚に作用する慣性力が頭打ちとなることを利用した免震システムであり、滑り支承が剛塑性型の履歴曲線を描くことにより大きな履歴減衰が得られる。滑り型免震支承にはPTFE（テフロン）板と、ステンレス鋼が用いられることが多く、両者の間の滑り摩擦を利用している。さらに、ゴム支承を取り付けることにより、支承部の相対変位や残留変形を抑制することができ、免震支承の復元力の確保をしてくれる。[1] など過去の研究により、滑り支承の摩擦係数には滑り速度や面圧に対する依存性があり、速度が増加するにつれて増加していき一定値に収束し、面圧が増加するにつれて減少していくことが確認されている。

滑り型免震支承に軸力変動が発生した場合、摩擦力が変動し、滑り現象に伴うエネルギー減衰効果が変化することが考えられる。そのため、水平方向の地震応答性能に悪影響を及ぼすことが考えられる。

3 軸力変動の発生要因 連続桁橋の場合、免震支承に生じる軸力変動の発生メカニズムとして、以下の4つの要因が挙げられる[2]。

要因(A) 上下地震動に起因する橋桁の鉛直慣性力

要因(B) 水平地震動に起因する橋軸直角方向の橋桁のロッキング振動

要因(C) 上下地震動に起因する橋桁のたわみ振動

要因(D) 水平地震動と、橋桁と橋脚の定着条件に起因する橋桁のたわみ振動

本研究では、上下地震動に起因する要因(A)と要因(C)を考慮し、特に要因(C)の挙動を解明することを目的としている。

4 滑り型免震橋梁の上部工模型を用いた振動台実験

4.1 実験供試体 5径間連続橋梁全体を対象とした場合、モデルと実橋の重量比が大きくなり、そのため相似比も大きくなりすぎてしまうために、中央径間の上部工を対象として1次モードの振動数と滑り支承の面圧を再現したモデル化を行った(相似率15.44)。図1に6.9tonfの橋桁及び4つの滑り型免震支承と2つの積層ゴム支承からなる実験供試体を示す。

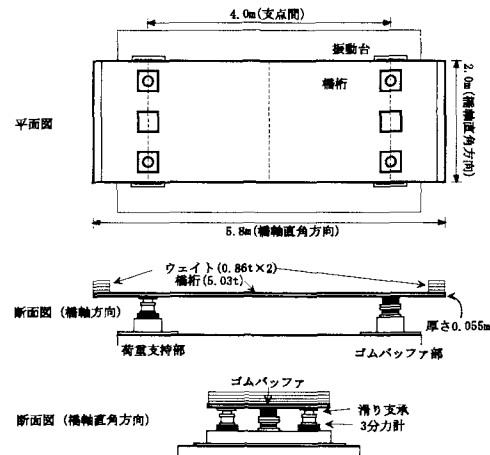


図1 実験供試体

固有値解析によって算出した各振動モードを図2に示す。刺激係数は3次モードが最も大きく、たわみ振動も大きく現れると考えられる。

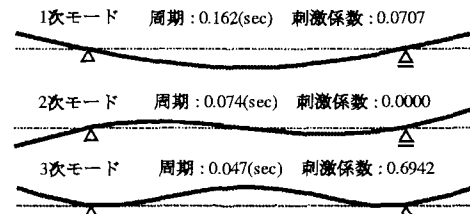


図2 供試体の振動モード

4.2 入力波 観測地震動に対する橋梁全体系の応答解析を実施し、支承部における水平・鉛直方向の応答加速度を求め、相似則を用いて時間軸を圧縮したものを振動台に入力した。今回は神戸海洋気象台記録を使用した。

5 実験結果

5.1 たわみ形状 橋桁の支点部と中央部のそれぞれの上面にひずみゲージを貼り付け、たわみ形状を調べた。図3にたわみの大きかった区間の両者の時刻歴を示す。中央部が約6Hzで変動する1次モード形状とともに、中央部と支点部が約21Hzで位相逆転する、3次モードのたわみ形状が生じていることがわかる。

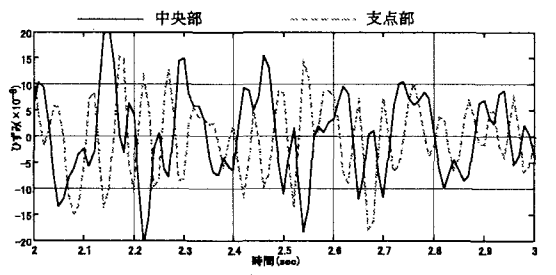


図3 ひずみゲージの時刻歴

5.2 軸力変動 上下地震動を受けながらたわみ振動を続ける橋桁に働く荷重は、重力加速度に起因する一様な分布荷重と、上下地震動に起因する上下加速度の一様な分布荷重と、たわみ振動に起因する上下方向加速度の荷重とに分解して考えることができる。橋桁の支点部でのたわみ振動による加速度はゼロである。よって、軸力測定値から静止時の軸力と、支点部の上下加速度に質量をかけたものを引くことで、軸力変動のたわみ振動成分を取り出すことができると考えられる。図4に軸力測定値とたわみ振動成分の時刻歴を示す。これにより、たわみ振動成分は軸力変動の中でも大きな比率を占め、さらに周波数成分を調べた結果、3次モードで変動していることがわった。

5.3 応答性 図5に4ヶ所の滑り支承合計の履歴曲線を上下動のない場合とともに示す。履歴の形状が異なっているのは、上下動のない場合は軸力変動が小さかった(上下動ありに比べ14%)ためである。

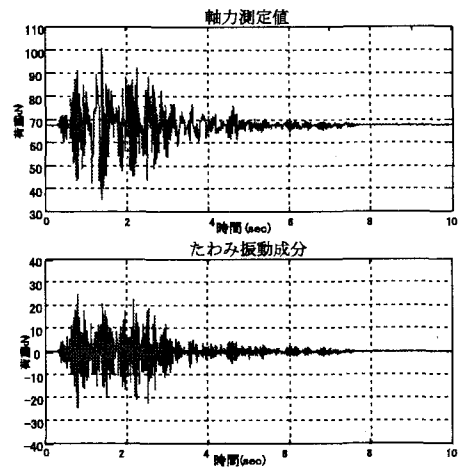


図4 軸力変動たわみ振動成分の時刻歴

実験における応答変位は上下動ありで1.27cm、上下動なしで1.34cmとほとんど変化しておらず、応答加速度も上下動ありで961gal、上下動なしで985galと変化は小さかった。これは、軸力がたわみ振動によって短周期で変化したため、応答にあまり影響を与えなかったためと考えられる。

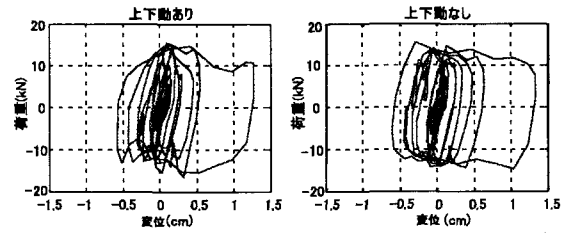


図5 滑り支承の履歴曲線

6 結論 本研究では、上下動地震動によるたわみ振動によって、連続橋の中央径間では高次モードによる軸力変動が発生し、その結果応答性状に与える影響は小さいことがわかった。

参考文献

[1] 家村浩和, 高橋良和, 柳川智史, 日比雅一 .
 支承部軸力変動に着目した滑り免震橋梁の振動台実験, 土木学会地震工学論文集,p.No.136,2003.

[2] 高橋良和, 家村浩和, 平井崇士 .
 滑り型免震支承の軸力変動が連続桁橋の地震応答に及ぼす影響. 第26回地震工学研究発表会講演論文集, 第2巻, pp.1077-1080, 8 2001.