

橋桁の振動台実験による上下動作用下の滑り支承の応答特性

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
 (株) ビービーエム 合田 祐一

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滑り支承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 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。

3 滑り摩擦現象 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ることが検証されており、[1]においては次式が提案され、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。

$$\mu = \frac{F}{PA} = s' (1 - e^{-nV}) \frac{1 - e^{-kP}}{P} + \alpha \quad (1)$$

ここで μ は滑り摩擦係数、 F は摩擦力、 P は面圧、 A は接触面積、よって PA は軸力であり、 V は滑り速度、さらに s' 、 n は速度、 k 、 α は圧力に関する材料特性の係数である。

滑り型免震支承で軸力 PA が変動した場合、摩擦係数が変動し、 $F = \mu PA$ によって表わされる摩擦力は複雑に変化し、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。

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、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の鋼製橋桁及び4つの滑り支承(直径46mm、鉛直荷重を全て受け持つ)と2つの積層ゴム支承からなる実験供試体を示す。各滑り支承には3分力計を設置し、摩擦力と軸力を直接測定した。

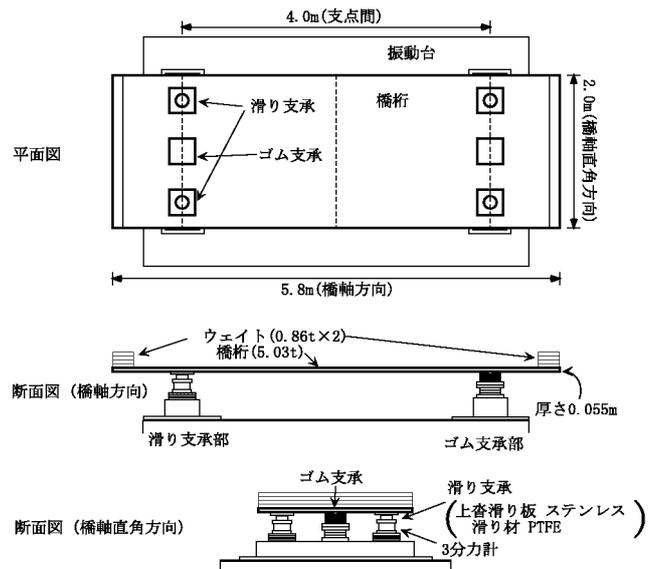


図1 実験供試体

固有値解析によって各振動モードを算出した結果、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。

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。

キーワード 滑り型免震支承、橋桁のたわみ振動、軸力変動、摩擦係数

連絡先 〒606-8501 京都市左京区吉田本町 TEL(075)753-5088 FAX(075)753-5926

5 実験結果

5.1 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分布荷重と、上下地震動に起因する上下加速度の分布荷重と、たわみ振動に起因する上下方向加速度の分布荷重とに分解して考えることができ、軸力変動もそれぞれの要因別に分解することができる。図2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かった。図3には上下動を与えない場合の軸力測定値を示す。上下動のある場合に比べ軸力は14%しか変動していない。

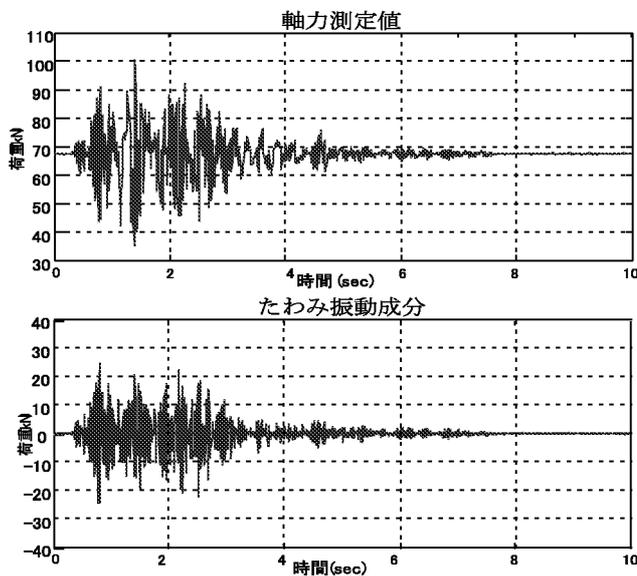


図2 軸力変動の時刻歴

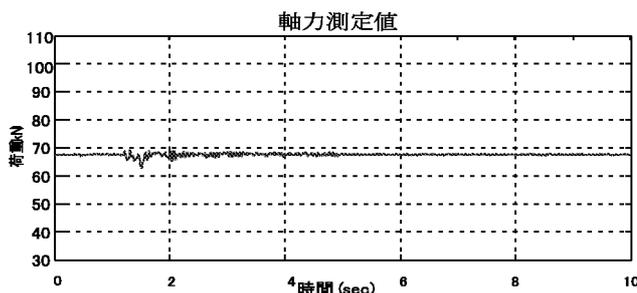


図3 上下動のない場合の軸力変動の時刻歴

5.2 摩擦係数と応答性状 図4に滑り支承合計の摩擦係数(摩擦力の値を軸力の値で割って求めた)の履歴曲線を示す。これにより、本実験では上下動の有無による摩擦係数の変化は小さいことがわかる。

一方、構造物に直接影響する摩擦力の履歴曲線を図5に示す。摩擦力は軸力変動の影響により変動している。従来は摩擦係数の依存性が大きく注目されて

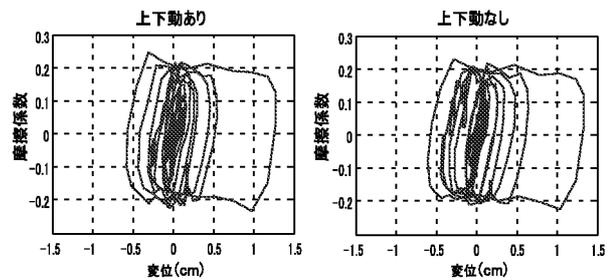


図4 摩擦係数の履歴曲線

きたが、軸力変動との積である摩擦力の変動により注目する必要がある。

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、軸力が高次のたわみ振動によって短周期で増減を繰り返し、応答にあまり影響を与えなかったためと考えられる。

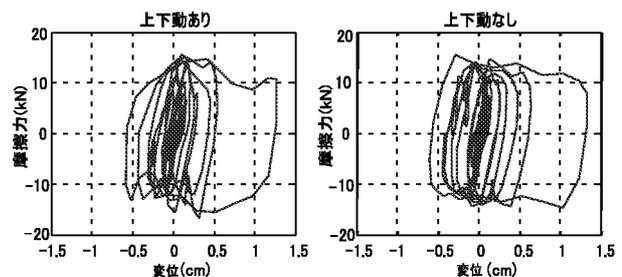


図5 滑り支承の履歴曲線

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少ないが、摩擦係数の変化は小さく軸力変動が摩擦力に与える影響は大きいことがわかった。よって、滑り型免震支承の使用には軸力変動に伴う摩擦力への考慮が重要だと考えられる。最後に、この実験に協力して頂いた京都大学工学研究科の中西技官、Touraj Taghikhany 氏他研究室の方々に感謝いたします。

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.