

京都大学工学研究科 学生員 ○柳川 智史

京都大学工学研究科 正会員 高橋 良和

京都大学工学研究科 フェロー 家村 浩和

1 概要

本研究では、大規模に滑り免震システムの採用が予定されている道路橋上部工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、特に橋桁の橋軸直角方向のロッキング振動に着目した。

2 振動台実験

2.1 軸力変動

本研究では連続桁橋の免震支承に生じる軸力変動の発生メカニズムとして、

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

に着目して実験を行う。図1において、上下地震動による橋桁の鉛直慣性力及び水平地震動による橋桁のロッキング振動が生じた場合の滑り支承に生じる軸力変動は以下になる。

$$N_1 = \frac{1}{2}Mg + \frac{1}{2}Ma_v + Ma_h \cdot \frac{h}{b}, \quad N_2 = \frac{1}{2}Mg + \frac{1}{2}Ma_v - Ma_h \cdot \frac{h}{b} \quad (1)$$

右辺2項目が鉛直慣性力、3項目がロッキング振動による軸力変動である。

2.2 相似則

本実験では鉛直慣性力とロッキング振動による軸力変動の比、加速度、滑り支承の面圧を実橋と模型で一致させた(表1)。

2.3 実験方法

- 対象橋梁・・・滑り支承を採用予定の都市高速道路高架橋(図2)
- 供試体・・・上部工(支承+橋桁)を用いた(図3)。各Caseで橋桁重心高さ(Case1: $h/b=0.122$ 、Case2: 0.244)が異なっている。また滑り支承はφ43mmであり、相似比SはCase1が10.69、Case2が12.17である。
- 入力波・・・対象橋梁の架橋地点近傍の断層のズレによって橋梁に達すると考えられる模擬地震動(図4)を用いた。桁部のみを用いて実験を行ったため、地震動に対する橋梁全体系の応答解析を行い支承部に与える応答加速度を求め、相似則を用いて時間軸を圧縮し、橋軸直角方向及び鉛直方向に入力した。

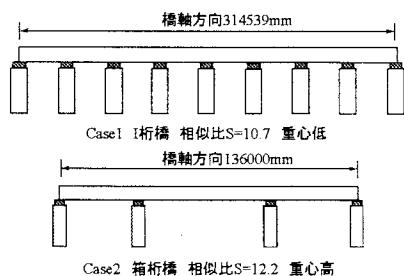


図2 対象橋梁

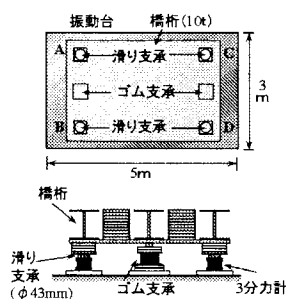


図3 実験供試体

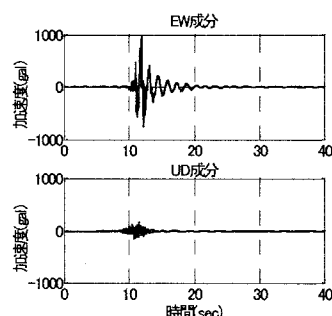


図4 模擬地震動

2.4 実験結果

- 軸力変動・・・Case1、2において支承Aに生じる軸力変動を図5(a)(b)に示す。鉛直慣性力はほとんど差は

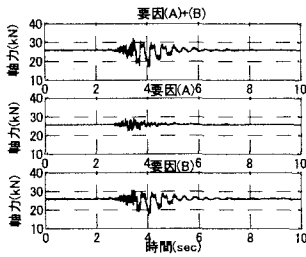


図 5(a) 要因別の軸力変動(Case1)

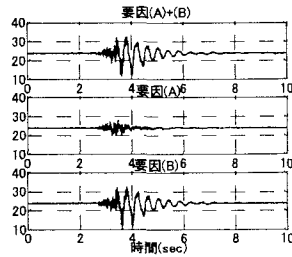


図 5(b) 要因別の軸力変動(Case2)

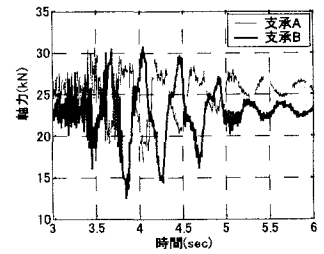


図 6 支承 A、B のロッキングによる軸力変動

ないが、要因(B)による軸力変動は重心位置の高い Case2 の方が

大きくなっている。また、Case1 の振動方向の隣り合う支承 A、B の要因(B)による軸力変動を重ね合わせたものを図 6 に示す。ロッキング振動の影響により一方の軸力が増加するときに他方は減少している。

- 履歴曲線・・・Case1 の支承 A～D の履歴曲線を図 7 に示す。履歴曲線が台形をしているのはロッキング振動の影響であり、一方の変位が大きくなった場合に橋桁が浮くような動きをするため (図 8(a))軸力が減少し、摩擦力は小さくなる。逆の場合には橋桁が滑り支承を押しつけるような動きをするため(図 8(b))軸力、摩擦力は大きくなる。支承 A～D の履歴を合計した曲線を図 9 に示すが、ほぼ左右対称の履歴を描いている。これは、ロッキング振動によって一方の支承の軸力が減少するとき、隣り合う支承の軸力が逆に増加するため、トータルではロッキング振動の影響がキャンセルし合うためである。このことは、式(1)で、各支承に生じる軸力を足し合わせると、

$$N = N_1 + N_2 = Mg + Ma_v \quad (2)$$

となることから説明することができるが、実験からも確認できた。このように 1 つの支承では軸力が減少する場合に応答性状が悪化することが考えられるが、橋桁全体ではロッキング振動が起きた場合でもエネルギー吸収性能に大きな影響はないと考えられる。

- 上下動の有無による比較・・・Case1 の上下動がない場合(要因(B)のみ考慮) の支承 4 個分の履歴曲線を図 10 に示す。上下動がある場合(要因(A)+(B)を考慮)と比べると履歴曲線の凹凸が小さいが、これは上下動がある場合には鉛直慣性力による影響で摩擦力が変動したからである。また、応答値にも差が見られたが、本実験で用いた入力波では大きな影響はなかった。

3 結論

- 水平地震動に起因する橋桁のロッキング振動によって滑り支承部に軸力変動が生じても、免震橋梁桁組全体の応答には大きな影響を及ぼさないことが分かった。
- 上下動の有無によって多少応答性状に差が出るが、本実験で用いた入力波では大きな影響はなかった。

謝辞 本研究を進めるにあたり、阪神高速道路公団に御協力をいただきました。ここに謝意を表します。

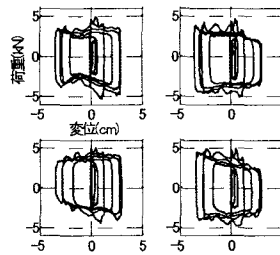


図 7 各支承の履歴曲線

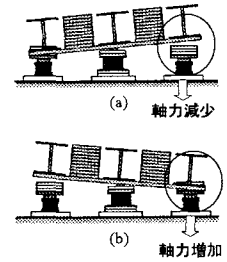
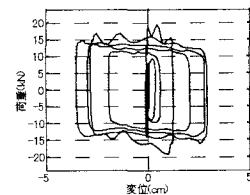


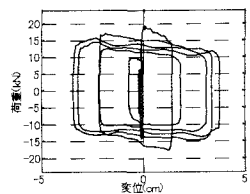
図 8 ロッキングと軸力の増減



最大加速度 937gal、最大変位 3.49cm

履歴吸収エネルギー 532kJNcm

図 9 4 支承の履歴の合計(上下動あり)



最大加速度 983gal、最大変位 3.99cm

履歴吸収エネルギー 531kJNcm

図 10 4 支承の履歴の合計(上下動なし)