

京都大学工学研究科土木システム工学専攻	フェロー	家村 浩和
京都大学工学研究科土木システム工学専攻	正会員	高橋 良和
京都大学工学研究科土木システム工学専攻	○正会員	中島 一浩
川崎重工工業（株）鉄構事業部	正会員	小川 一志

1. はじめに

すべり支承と水平バネを併用した摩擦減衰型免震支承は、すべり現象による慣性力の頭打ち効果と摩擦減衰に加えて、振動系の固有周期が水平バネの剛性のみで決定されるため容易に長周期化が可能になる。また、実用面では鉛直荷重を剛な金属製のすべり支承で支持するため沈下の恐れがなく、微振動なども生じにくい免震支承である。しかし、すべり支承に上下動が作用した場合、摩擦係数の面圧依存性の影響によって水平方向の地震応答に影響を及ぼすことが考えられる¹⁾。本研究では、摩擦減衰型免震支承のハイブリッド地震応答実験を行い、上下動による地震応答への影響について検討した。

2. 静的繰り返し載荷実験

実験方法 本実験に用いたすべり支承はテフロン板とステンレス鋼の間のすべり摩擦を利用している。摩擦減衰型免震支承を構成するすべり支承の摩擦係数を確認するために、正負交番振幅繰り返し載荷実験を行った。まず、一定軸力下(367.5 kN)において水平方向載荷速度を0.2~3.5 kineまで変化させ、摩擦係数のすべり速度依存性を確認した。また、載荷面圧を4.18~15.42 MPaまで変化させ摩擦係数の面圧依存性について確認した。

摩擦係数のすべり速度依存性 図-1にすべり速度と摩擦係数の関係を示す。すべり速度が遅い領域では摩擦係数が急激に大きくなっているが、ある程度すべり速度が速くなれば摩擦係数は一定に漸近する。実地震波のようなすべり速度が速い領域では摩擦係数のすべり速度依存性の影響は小さく、摩擦係数は安定した値を有することが分かる。

摩擦係数の面圧依存性 図-2に面圧と摩擦係数の関係を示す。面圧の増加に伴って摩擦係数の値は減少しているが、すべり速度依存性のように摩擦係数が一定値に漸近することはなく線形性を呈している。地震時には上下動によりすべり支承に作用する面圧が常に変化し、時々刻々と摩擦係数が変動するため、上下動作用下の地震応答特性を十分検討する必要があることが分かる。

3. ハイブリッド地震応答実験

実験方法 5径間連続鋼箱桁橋の設計例²⁾を原橋モデルとする摩擦減衰型免震支承を有する構造物を、すべり支承と水平バネが橋桁を支持する1自由度系にモデル化する。地震入力には神戸海洋気象台記録波(以下KOBE)を用いた。ハイブリッド地震応答実験では、すべり支承の復元力特性を載荷実験より検出し、数値モデル化された水平バネと同時に実験を行うことにより免震システム全体の特性を得ることができる。ハイブリッド実験では以下の地震応答に関して実験的検討を行った。

- ・水平バネ剛性の影響(一定軸力 367.5 kN、KOBE-NS 36%、水平バネ剛性を変化)
- ・上下動入力スケールの影響(水平バネ剛性 658 kN/m、KOBE-NS 56%、上下動入力スケールを変化)
- ・免震効果に及ぼす上下動の影響(KOBE-UD 100%、NS 36%、水平バネ剛性を変化)

Hirokazu IEMURA, Yoshikazu TAKAHASHI, Kazuhiro NAKAJIMA, Kazushi OGAWA

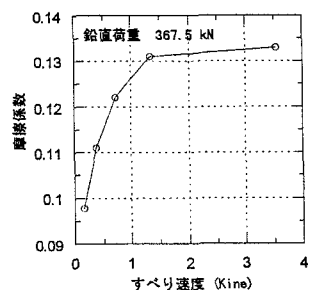


図-1. 摩擦係数のすべり速度依存性

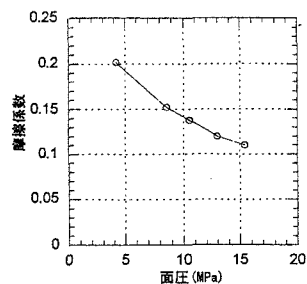


図-2. 摩擦係数の面圧依存性

水平バネ剛性の影響 図-3に水平バネ剛性が算出されるすべり後の固有周期 1.0sec、4.0secのケースの応答加速度時刻歴を示す。摩擦減衰型免震支承の2次剛性に相当する水平バネ剛性を小さくすれば、応答加速度はすべり現象によって頭打ちとなり、大きな免震効果が得られることが分かる。

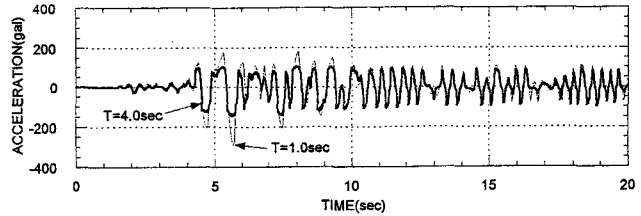


図-3. 水平バネ剛性の影響

上下動作用下の地震応答 図-4に水平動のみ及び上下動 KOBE-UD150%を載荷したケースの支承履歴曲線と応答加速度及び応答変位時刻歴を示す。支承の履歴曲線を比較すると、上下動の影響によって摩擦力が変動しやや丸みを帯びた履歴形状となっている。しかし、応答加速度及び応答変位はほぼ一致しており上下動の影響は認められない。摩擦係数の面圧依存性によって、摩擦係数と上載荷重の積で表される摩擦力は変動するが、水平方向の地震応答に影響しないことが分かる。

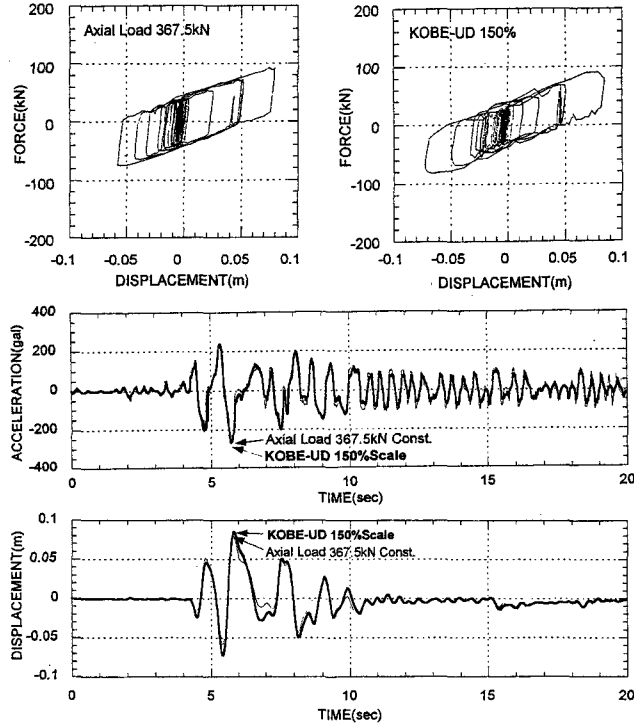


図-4. 上下動入力スケールの影響

図-5に上下動の有無による最大応答加速度及び最大応答変位の比較を示す。上下動作用下においても免震効果に与える影響は小さく、最大応答値はほぼ一致している。水平バネ剛性を変化させても、上下動作用下の地震応答への影響は小さいことが分かる。

摩擦減衰型免震支承の地震応答に及ぼす上下動の影響は小さく、水平動のみの挙動でも地震応答及び免震効果を表すことができる。

4. まとめ

上下動を受ける摩擦減衰型免震支承の地震応答実験を行い以下の結論を得た。

- ①上下動を受ける摩擦減衰型免震支承の地震応答は、水平動のみの挙動で表すことができる。
- ②上下動作用下でも水平バネ剛性を小さくすることによって免震効果が得られる。
- ③上下動の影響で摩擦力が変動するが、上下動が水平方向の地震応答に及ぼす影響は小さい。

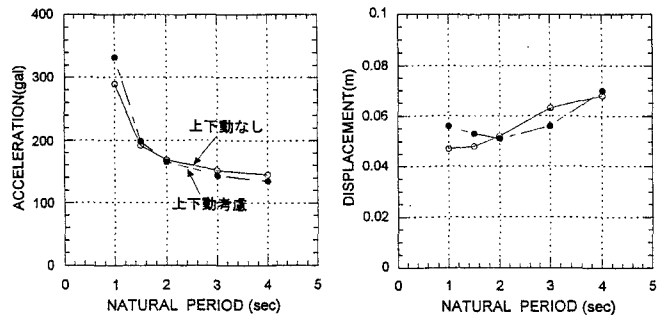


図-5. 免震効果に及ぼす上下動の影響

参考文献

- 1) 岡本晋, すべり方式免震橋梁の地震時挙動に及ぼす上下動の影響に関する基礎的研究, 第23回地震工学研究発表会, pp517-520, 1995年7月
- 2) 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), 平成4年10月