

I - B 67

上下動を受ける摩擦減衰型免震支承の地震応答解析

宮地鐵工所

京都大学工学研究科

京都大学工学研究科

川崎重工業

正会員 中島 一浩

フェロー 家村 浩和

正会員 高橋 良和

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。摩擦減衰型免震支承の地震応答に関する実験的研究¹⁾によって上下動が地震応答に及ぼす影響は小さいことが明らかとなっているが、そのメカニズムについて解析的に検証された例は少なく、上下動に影響については未だ説明されていないのが現状である。本研究では、摩擦係数の面圧及びすべり速度依存性を考慮した地震応答解析を行い、摩擦減衰型免震支承の地震応答に及ぼす上下動の影響について検討した。

2. 解析方法

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橋梁を1/4縮尺の力学的相似モデルとし、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。すべり支承に作用する軸力変動は支承部の鉛直剛性を十分剛であると仮定し、上下方向加速度と質量の積で表される上下方向変動荷重がすべり支承に作用するものとする。摩擦係数と面圧及びすべり速度に関する載荷実験データを図-1及び図-2に示す近似曲線で表し、面圧及びすべり速度依存性を考慮した地震応答解析を行う。また、解析ではすべり支承の摩擦力が作用力より大きければ滑動せずに静止するという滑動判定を考慮した。数値積分はRunge-Kutta法を用い、積分間隔は0.002secとした。地震入力は神戸海洋気象台記録波(以下KOBE)を用いた。

4. 上下動の影響を考慮した地震応答解析

図-3~6にKOBE-NS、KOBE-UDによる摩擦減衰型免震支承の履歴曲線を示す。上下動作用下において摩擦係数を一定として解析を行った場合、摩擦力は上下動の変動に依存するため図-4の様に複雑な履歴形状となる。摩擦減衰型免震支承の地震応答に関する実験的研究¹⁾から上下動の影響は小さいことが明らかになっているが、摩擦係数を一定とした解析ではすべり支承の挙動を再現出来ないことが分かる。

一方、摩擦係数の面圧依存性を考慮した図-5を見ると、滑動中に上下動の影響を受けて摩擦力が変化しているが、上下動なしのケースと良く一致した履歴形状を示している。上下動の変動によって摩擦係数は0.107~0.179まで変動しているが、摩擦係数と上下方向荷重の積で表される摩擦力の大きさとしては上下動による変動が小さくなる事が分かる。つまり上下動の影響を考慮した地震応答解析を行う場合には、摩擦係数の面圧依

キーワード: 上下動・摩擦減衰型免震支承・面圧依存性・地震応答解析

連絡先: 京都大学工学研究科 京都市左京区吉田本町 TEL 075-753-5088 FAX 075-753-5926

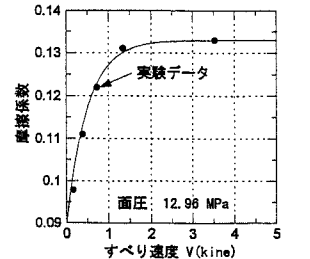


図-1. 摩擦係数のすべり速度依存性

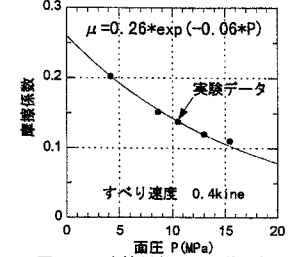


図-2. 摩擦係数の面圧依存性

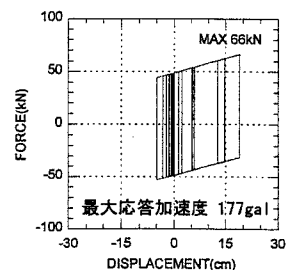


図-3. 上下動なし・摩擦係数一定

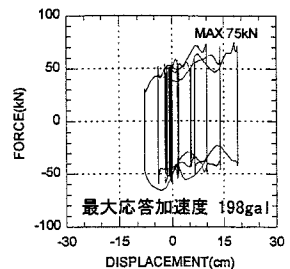


図-4. 上下動考慮・摩擦係数一定

存性を考慮した解析が妥当であり、摩擦減衰型免震支承の挙動を良く再現できる。また、従来から一般的に行われている摩擦係数を一定とし、上下動を考慮しない解析によっても、地震応答をほぼ再現出来ることが本解析結果からも分かる。

図-6には摩擦係数の面圧依存性とすべり速度依存性を同時に考慮したケースを示している。摩擦係数のすべり速度依存性を考慮した解析的研究³⁾から明らかになっているように、実地震波レベルではすべり速度が速いため摩擦係数のすべり速度依存性は地震応答に影響しないことが本解析からも確認した。

図-7~9に正弦波入力によるすべり支承の履歴曲線を示す。水平動及び上下動の入力位相は等しく、正弦波のピークが一致している。入力加速度振幅及び周期は水平動・上下動ともに 200gal、1.0Hz とした。上下動を考慮し、摩擦係数を一定とした場合は応答加速度、応答変位ともに上下動なしのケースと比べて大きくなる。摩擦力は摩擦係数と鉛直荷重の積で表されるため、摩擦係数が一定ならば面圧が小さくなる場合に応答が大きくなる。一方、摩擦係数の面圧依存性を考慮すると、摩擦係数を一定とした場合よりも応答が低減される。しかし、摩擦係数の面圧依存性を考慮しても上下動なしのケースよりも応答が大きくなっている。摩擦係数の面圧依存性は面圧が大きくなる程摩擦係数が小さくなるため、面圧が大きくなる場合に応答が大きくなる。実地震波では水平動と上下動がランダムに変化しているが、ある瞬間に水平動と上下動のピークが一致し滑動する場合には応答が大きくなる可能性があることを示している。

5. まとめ

上下動を受ける摩擦減衰型免震支承の地震応答解析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解析を行う場合、摩擦係数を一定とした解析では実挙動の再現が難しく、摩擦係数の面圧依存性を考慮した解析を行うことが妥当である。
- ②摩擦係数の面圧依存性により摩擦係数が変化するが摩擦力の変動は小さく、上下動が水平方向の地震応答に及ぼす影響は小さい。また、水平動のみの解析でも上下動作用下の地震応答をほぼ再現出来る。
- ③摩擦係数のすべり速度依存性を考慮した解析を行い、地震応答に及ぼすすべり速度の影響は小さいことを確認した。
- ④正弦波による解析から水平動と上下動のピークが一致し滑動する場合には応答が大きくなる可能性があることを示した。

参考文献

- 1) 家村ら, 上下動を受ける摩擦減衰型免震支承の地震応答に関する実験的研究, 平成11年度土木学会関西支部年次学術講演会, 平成11年5月(投稿中)
- 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
- 3) 岡本ら, すべり方式免震システムを有する橋梁の地震時挙動特性, 土木学会論文集, 1995年4月

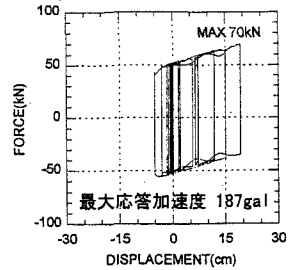


図-5. 面圧依存性考慮

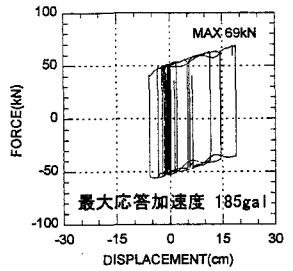


図-6. 面圧 & 速度依存性考慮

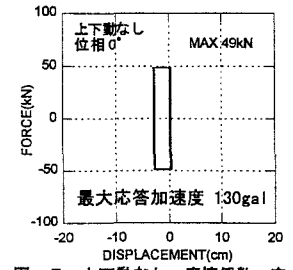


図-7. 上下動なし・摩擦係数一定

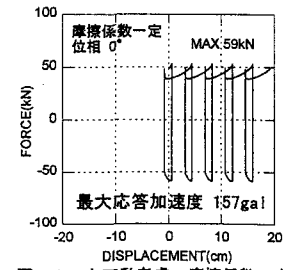


図-8. 上下動考慮・摩擦係数一定

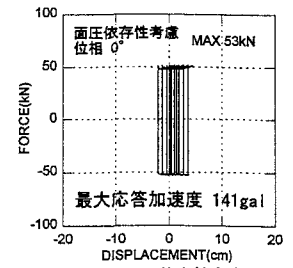


図-9. 面圧依存性考慮