

I-781

すべり方式免震システムを有する橋梁の信頼性設計に関する基礎研究

山梨大学工学部 正会員 杉山 俊幸
 佐藤鉄工(株) 永瀧 健一
 大成建設(株) 正会員 岡本 晋

1. はじめに

構造物を地盤から切り離し、地盤振動が構造物に伝わるのを軽減することを目的として免震装置の開発が進められている。橋梁の分野では、積層ゴムを用いた免震支承が現時点では主流となっているが、著者の1人らは、すべり方式の免震システムを提案し、この免震システムを有する橋梁の動特性に関する実験的研究、および、簡単なモデルに置き換えて地震力を作用させた解析的検討を実施し、すべり方式免震システムの有効性を明らかにしてきている^{1)・2)}。

ところで、すべり方式の免震システムは、図1に示すようにテフロン板を用いたすべり支承と水平ばね兼ストッパーとして機能するラバーデバイスから構成されているが、これらに関連する物性値、具体的には摩擦係数やばね定数は本来ばらつきを有する量であり、そのばらつきが免震装置を有する橋梁の地震応答特性に及ぼす影響を把握しておく事は、今後免震橋梁の信頼性設計を行っていく上で重要であると考えらる。また、免震装置を実際に橋梁に設置した場合、橋桁から橋脚に作用するせん断力を低減できることになるが、橋脚の断面積を小さくした場合、橋脚の剛性が小さくなるため橋桁や橋脚が逆に振動しやすくなり、せん断力が增大することが予想される。この場合には、小さくした断面積を再度大きくし、橋脚を振動し難くさせねばならず、免震システムを設置した効果が発揮できないことになる。すなわち、免震システムを設置する場合の橋脚の設計に際し、安全性を確保しながら経済的な橋脚を設計することが可能かどうか検討しておく必要がある。

そこで、本研究では、まず免震装置の物性値のばらつきが橋梁の地震応答特性に及ぼす影響をモンテカルロ法を用いたシミュレーションにより調べることにする。次に、免震装置を実際に橋梁に設置した場合の橋脚の断面積と橋桁から橋脚に作用するせん断力の関係を求め、すべり方式免震システムを設置した場合にどの程度まで橋脚の断面積を低減できるかについて検討する。

2. 免震装置の物性値のばらつきが橋梁の地震応答特性に及ぼす影響

すべり方式免震システムを設置した橋梁を簡単なモデルに置き換えたのが図2である。このモデル化において、確率変量としての取扱いが特に必要と考えられるのは、テフロン板の摩擦係数と水平ばね兼ストッパーとして用いているラバーデバイスのばね定数である。そこでここでは、モンテカルロ法を用いて発生させた2つの確率変量の値を用いて免震橋梁の応答を求めるというプロセスを複数回繰り返すことによって、物性値のばらつきが免震橋梁の応答特性に及ぼす影響を調べた。なお、シミュレーションの繰り返し回数は、約200回で安定した結果が得られたため、ここでは500回としている。また、入力地震波としてはエル・セントロ地震波を採用している。

解析結果の一例として、橋脚頂部に橋桁から作用するせん断力の

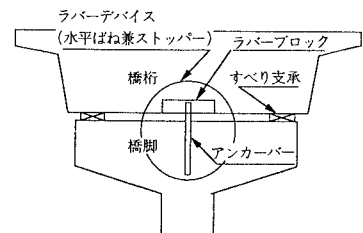
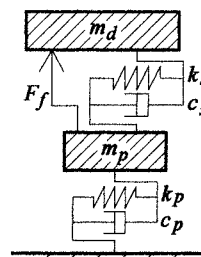


図1 すべり方式免震システムの概略図



m_d : 橋桁の死荷重反力分の集中質量
 m_p : 橋脚の質量
 k_p : 橋脚の剛性
 c_p : 橋脚の減衰係数
 k_s : ラバーデバイスの剛性
 c_s : ラバーデバイスの減衰係数
 F_f : すべり支承の摩擦力($=\mu \cdot m_d \cdot g$)
 μ : すべり支承の摩擦係数

図2 すべり方式免震システムを有する橋梁のモデル化

応答のばらつきを、縦軸に応答の変動係数、横軸に物性値の変動係数を取ってプロットしたのが図3である。図中の■はばね定数のみ、▲は摩擦係数のみ、●は両者のばらつきを考慮した場合を表わしている。図3より、両方の物性値のばらつきを考慮した場合でも、その変動係数が0.1の時でも応答の変動係数が0.02、0.3の時でも0.092と、応答値のばらつきは物性値のばらつきと比べてかなり小さいことがわかる。図には示さないが、相対変位、橋桁加速度、橋脚加速度についてもほぼ同様の結果が得られている。このことから、免震装置の物性値のばらつきは、橋梁の地震応答特性を考える上で、あまり考慮に入れる必要がないと考えられる。

3. 免震システムを設置した場合の橋脚断面積の低減量

すべり方式免震システムを設置した場合にどの程度まで橋脚の断面積を低減できるかについて検討するために、現行の設計基準を満たす橋脚を基準にして、順に橋脚の断面積を、安全性の基準を満足させながら減少させていったときの橋脚断面積と免震システムを設置してある場合の橋脚頂部に作用するせん断力の関係を調べた。その結果を示したのが図4である。横軸は橋脚断面積の減少量を、縦軸は橋脚頂部に作用するせん断力を表わしている。この図より、1)橋脚の断面積を30%ほど減少させても橋脚頂部に作用するせん断力の値はほとんど変化していないこと、2)橋脚断面積をさらに低減すると橋脚の振動が大きくなり、これに伴って橋桁から作用するせん断力が増加していること、3)橋脚断面積を70%以上低減すると、橋桁と橋脚が一体となって振動する（相対変位が0に近づく）ようになり、せん断力が急激に低減していること等がわかる。従って、免震システムを設置する場合には、設置しない場合と比較して橋脚断面積を約30%低減できるといえる。

4. まとめ

すべり方式免震システムを構成する要素を確率変量とみなし、そのばらつきが橋梁の地震応答特性に及ぼす影響について考察を加えた。また、実際に免震システムを設置した場合にどの程度橋脚の断面積を低減できるかについて検討を行った。ここでは、橋桁・橋脚各々を1質点系にモデル化して検討を行ったが、今後、橋桁や橋脚のたわみを考慮した場合やコンクリート橋脚の非線形性を考慮した場合についても同様の結果が得られるかどうかについて検討していく必要があると考えている。

〔参考文献〕1)岡本他：すべり方式免震システムを有する橋梁の動特性に関する実験的研究、土木学会論文集No.507/I-30、1995年1月。2)岡本他：すべり方式免震システムを有する橋梁の動特性に関する地震時挙動特性、土木学会論文集No.513/I-31、1995年4月。

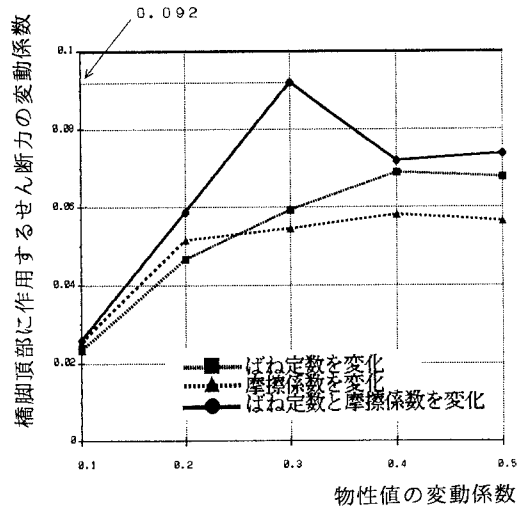


図3 橋脚頂部に作用するせん断力の変動係数と免震システムの物性値の変動係数の関係

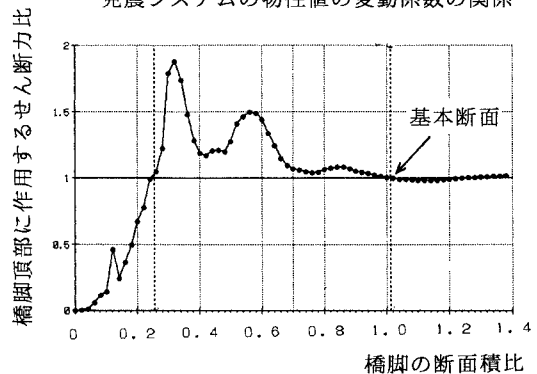


図4 橋脚頂部に作用するせん断力vs. 橋脚の断面積比