

すべり支承の初期剛性が応答に与える影響についての考察

熊本大学 学生会員 江崎 潤 正会員 松田 泰治

1.はじめに

1995年の兵庫県南部地震による被害経験から、道路橋の耐震設計においては部材の非線形挙動を考慮するとともに、地震時において複雑な挙動を示す構造物に対して、従来の静的解析でなく動的解析を義務付け、精度の高い検討を行うことが求められている。動的解析を行う上では、モデル化や解析に必要な各種条件の設定方法の違いが、解析の結果、および耐震設計の結果に及ぼす影響が大きいことは既往の研究においても指摘される。ここでは、機能分離型すべり支承のモデル化のパラメータ設定時において、減衰タイプに歪みエネルギー比例型で求めたモード減衰と等価な全体減衰行列を用いた場合、すべり支承の初期剛性が動的解析結果に大きな影響を及ぼすことに着目した。本研究では、1自由度系モデルと多自由度系モデルを用いて、モデル化のパラメータ設定の相違により異なる応答結果の分析を行った。

2.解析手法の概要

図-1は解析に用いた1自由度モデルである。すべり支承の非線形特性として、バイリニアモデルを用いる。減衰定数は、すべり支承部では0%とする。摩擦係数 μ は0.1相当と仮定し、桁重量の10%と定める。

図-2は、解析に用いた多自由度モデルである。種地盤A地域の、すべり支承を用いた5径間鋼桁橋のうち中央側の橋脚を検討対象とした。桁は重心位置で集中質量によりモデル化し、フーチングを含むRC橋脚は二次元はり要素でモデル化した。質量は接点に集中質量として考慮した。橋脚基部は非線形はり要素で、基部以外は線形はり要素でモデル化した。はり要素の非線形性は武田モデルであり、すべり支承の非線形性はバイリニアモデルである。フーチング下端には地盤ばねを考慮している。減衰定数は、地盤ばねを20%、すべり支承部では0%とした。橋脚部分のはり要素に対する減衰定数は非線形はり要素を2%、線形はり要素を5%とした。降伏荷重は桁重量の10%と定める。

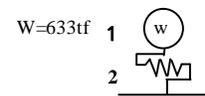


図-1 1自由度系モデル

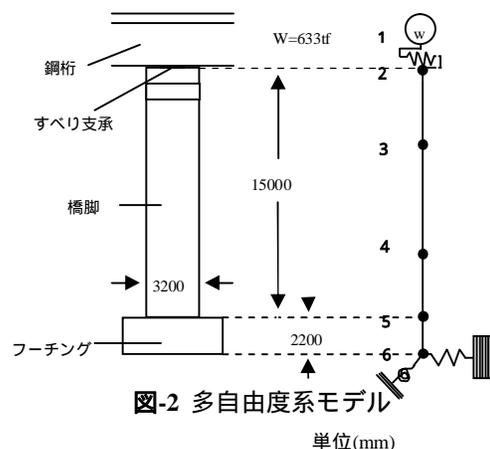


図-2 多自由度系モデル

単位(mm)

3.解析ケース

入力地震動は、道路橋示方書より強震記録を振動数領域で振幅調整した加速度波形のうち、Type - - 1とType - - 1の地震動を用いた。本研究では、解析ケースとして、1自由度系と多自由度系のそれぞれのモデルに対して、すべり支承部の初期剛性 K_1 を第二剛性 K_2 の10倍として設定するケースと1000倍として設定するケースを組み合わせた4通りを設定した。第二剛性については、桁重量に対して周期が2.0(s)になるように設定した。表-1に、すべり支承のパラメータを示す。Case 1-A、Case 3-Bは1自由度系モデルであり、Case 2-A、Case 4-Bは多自由度系モデルである。

表-1 すべり支承のパラメータ

解析ケース	モデルタイプ	初期剛性(tf/m)	降伏変位(m)	降伏荷重(tf)
Case 1-A	1自由度系	6020	1.05×10^{-2}	63.3
Case 2-A	多自由度系			
Case 3-B	1自由度系	602000	1.05×10^{-4}	
Case 4-B	多自由度系			

4. 解析結果および結果の分析

(1) 固有値解析結果

図-3は固有解析結果から得られた1次固有モード図である。Case 2-A と Case 4-B を比較すると、Case 2-A では初期剛性が橋脚部の剛性に比べてやわらかいことにより、桁のみが振動する免震特有のモードが確認できる。また、Case 4-B では初期剛性が Case 2-A と比べ 100 倍の大きさとなっている。このため、桁と橋脚部は、支承で剛結された状態に近く、振動モードとしては頂部が大きく振動するモードとなっていることが確認できる。

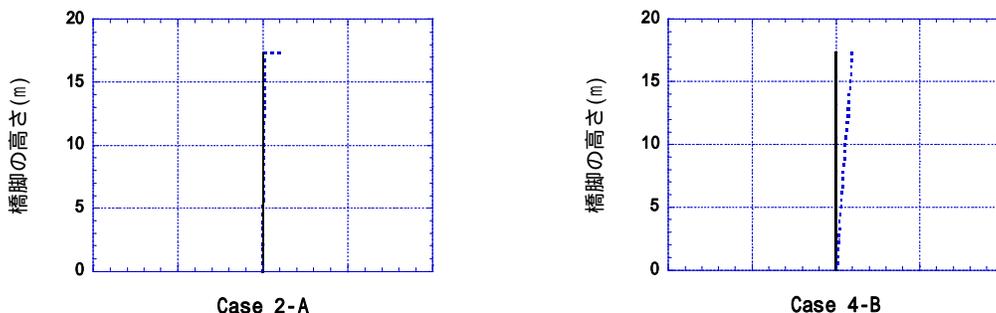


図-3 1次固有モード図(Case 2-A と Case 4-B)

(2) 動的解析結果

図-4は Type 1-II-1 と Type -II-1 の2種類の地震動を入力したときにすべり支承で発生した最大応答変位である。Case1-A と Case3-B は1自由度系モデルであり、すべり支承の減衰は0%である。つまり応答変位の差異は初期剛性の影響のみであり、Type 1-II-1 では Case1-A に対して Case3-B の変位は16%の低減、Type -II-1 では35%の低減となった。入力地震動の違いにより低減率に差異が発生する。Case1-A と Case2-A は1自由度系モデルと多自由度系モデルであり、すべり支承の初期剛性は同じである。このケースでは、応答変位の差異はモデル化に際する減衰の影響を受けることになる。Case1-A に対して Case2-A の応答変位は Type 1-II-1 では32%の低減、Type -II-1 では40%の低減となった。Case1-A と Case4-B を比較した場合、減衰の影響とすべり支承の初期剛性の影響が最大変位に影響を及ぼしている。Case1-A に対して Case4-B の応答変位は Type 1-II-1 では59%の低減、Type -II-1 では82%の低減となり大きな差異が発生した。以上のことより Type 1-II-1 の入力に対しては、すべり支承の初期剛性やモデル化に際する減衰の影響を受け、応答変位が減少する結果となった。Type -II-1 では、傾向は異なっており、両者の影響は単純な重ね合わせで表現することができず入力地震動に依存することが明確となった。

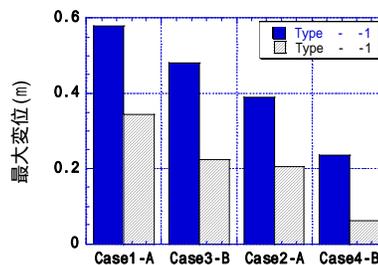


図-4 すべり支承の最大応答変位

5. まとめ

減衰タイプに歪みエネルギー比例型減衰を用いた場合に、すべり支承の初期剛性が応答に与える影響について検討を行った。その結果得られた知見をまとめて以下に示す。

- ・固有値解析結果から、すべり支承の初期剛性によりモードが変化し減衰に大きな影響を与え、応答に差異が生じる。
- ・動的解析結果から、すべり支承では初期剛性の設定に基づく減衰の変化により応答に差異が発生する。
- ・入力地震動の種類によって応答に及ぼす初期剛性及び減衰の影響の程度は大きく変化する。

減衰タイプに歪みエネルギー比例型減衰を設計で用いる場合には、初期剛性が応答に与える影響を十分に考慮しなければならない。