

すべり系免震支承を用いた橋梁の地震応答に及ぼす摩擦履歴モデルの初期剛性の影響

独立行政法人土木研究所 正会員 矢田部 浩
 独立行政法人土木研究所 正会員 運上 茂樹

1. はじめに

機能分離型支承など、すべり支承を鉛直支持装置及びエネルギー吸収装置とし、復元力装置を別途設けるタイプのすべり系免震支承は、従来のゴム系の免震支承とは異なるタイプの支承として適用が試みられている。

すべり系免震支承を用いた橋梁の地震応答解析を行う場合、摩擦力のモデル化を適切に行うことが必要とされる。一般に、十分に大きな初期剛性を仮定したバイリニアモデルを用いて地震応答解析を行う場合が多いが、初期剛性の設定によっては数値解析上の問題となる場合もある。また、初期剛性をもとに計算する減衰マトリックスの設定法によっても解析結果が異なる場合があることも報告されている¹⁾。本文では初期剛性と減衰モデルの違いによる応答値への影響について検討を行った結果を報告する。

2. 解析条件

解析にあたり使用したモデルおよび橋脚、支承部の諸元、初期剛性ステップを含む解析条件については文献1)を参考に設定した。解析モデルを図-1に示す。動的解析ソフトとしてはTDAPを使用した。

橋脚の非線形特性を表す履歴モデル（バイリニアモデル、非線形はり部材）を図-2に示す。橋脚は鋼製橋脚を想定し、曲げ剛性は基本ケースである降伏曲げモーメント $M_y = 30\text{MN}\cdot\text{m}$ を含めた大小3ケースを設定した。バイリニアモデルの二次剛性としては、初期剛性の1/100とした。降伏曲率については、 $y = 0.0011$ (1/m) で一定とした。

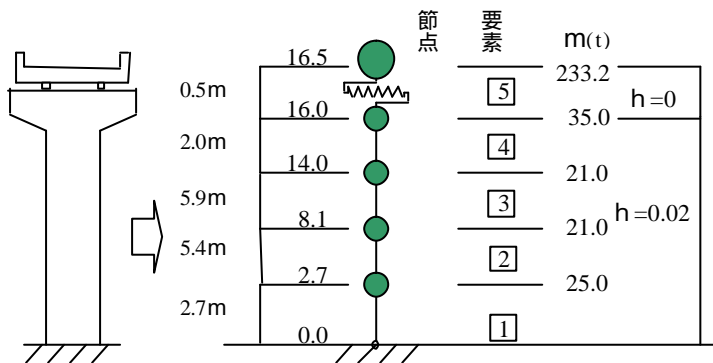


図-1 橋脚の解析モデルと諸元

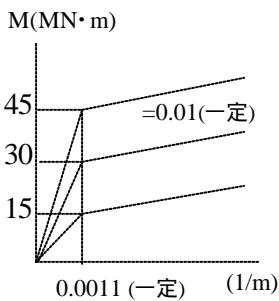


図-2 橋脚の M - 関係
($M_y = 3$ ケース)

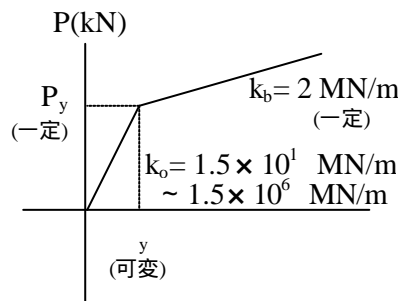


図-3 すべり系免震支承の P - 関係
(初期剛性 $k_0 = 6$ ケース)

で一定とした。

支承の非線形特性を表す履歴モデル（バイリニアモデル、パネ部材）を図-3に示す。初期剛性は、橋脚の曲げ剛性と同程度の $1.5 \times 10^1 \text{MN/m}$ から $1.5 \times 10^6 \text{MN/m}$ まで10倍ずつ変化させた6ケースを設定した。降伏変形量 y は初期剛性が $1.5 \times 10^1 \text{MN/m}$ のとき $y = 0.007733\text{m}$ とし、降伏荷重 P_y を一定とすることから初期剛性の変化に伴い変化させた。二次剛性 k_b は復元力装置のせん断バネ定数を取り、 2MN/m で一定とした。

減衰は Rayleigh 減衰と歪みエネルギー比例型減衰の2種類を用いた。Rayleigh 減衰の計算に使用する γ は固有値解析の結果から影響の大きい1次モードと2次モードを対象に決定した。減衰定数 h は、すべり系免震支承を0とし、その他の部材を0.02とした。

入力地震動は、道路橋示方書の標準加速度波形のうち、レベル2-タイプ、種地盤用波形 No.1 (- -1) を用いた。

キーワード すべり系免震支承、履歴モデル、初期剛性、橋脚剛性、初期変位量

連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原1番地6 耐震研究グループ耐震チーム TEL:029-879-6773 FAX:029-879-6736

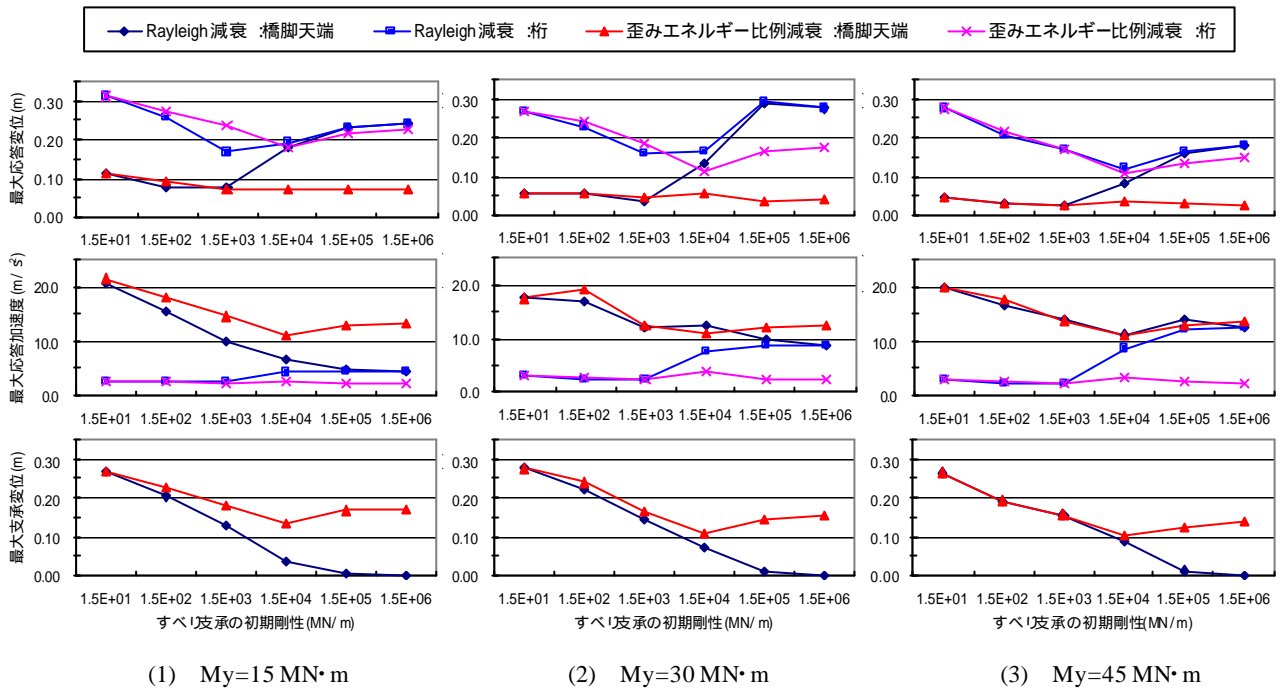


図-4 初期剛性の違いと最大応答値（上段から変位，加速度，支承変位）

3. 解析結果

橋脚剛性が異なるケースについて，それぞれ初期剛性及び減衰モデルの違いに対する上部構造と橋脚天端での応答値及び支承変位量の変化を図-4 に示す．

Rayleigh 減衰を用いた場合には，初期剛性が $1.5 \times 10^4 \text{ MN/m}$ 以上では上部構造変位と橋脚天端変位が同じ値となり，数値解析上支承に変位が生じない結果となっている．この現象は，橋脚の剛性を半分もしくは 1.5 倍とした場合もこの傾向はほぼ同じである．

また，歪みエネルギー比例型減衰を用いた場合には，橋脚天端変位については初期剛性の値が変化してもそれぞれ一定の値を示しており，初期剛性 $1.5 \times 10^4 \text{ MN/m}$ 以上のケースから変位が大きくなる Rayleigh 減衰とは異なる．

通常，実務的には，支承本体や支承部の組み立て等のはめ合い公差によるわずかな初期変位量 δ_0 を考慮して初期剛性を決定する場合もあるが，上部構造重量 100MN，初期変位量 $\delta_0=1\text{mm}$ と仮定すれば，初期剛性は $1 \times 10^4 \text{ MN/m}$ 程度となる．実際の初期変位量を推定することは難しいが，実務設計で仮定される程度の初期剛性であれば，その影響が小さい範囲となっている．

4. まとめ

本文はすべり系免震支承の初期剛性と減衰モデルの違いによる応答値の影響について検討を行った結果，以下のような知見を得た．

- (1) Rayleigh 減衰を用いた場合， $1.5 \times 10^4 \text{ MN/m}$ 以上の初期剛性を与えると解析上支承に変位が生じない現象を確認した．
- (2) 実務設計で仮定される程度の初期剛性であれば，その影響が小さい範囲となっているが，初期変位量の設定を含めて更に検討を要する．

参考文献

- 1) 監崎達也・伊津野和行：すべり摩擦型免震支承のモデル化における初期剛性と減衰の与え方に関する検討，第 26 回地震工学研究発表会講演論文集，pp.1073-1076，2001.8