

2自由度系モデルを用いたすべり摩擦型免震橋梁の支承応答に関する研究

立命館大学大学院 学生員 ○監崎 達也
立命館大学理工学部 正会員 伊津野和行

1. はじめに

近年、機能分離型免震支承等、すべり摩擦を利用した支承が実用化されてきた。すべり摩擦型支承の初期剛性は、理論的には無限大であるが、数値解析を行う場合には、有限の値を与えて近似することになる。しかし、その値が大きすぎると、解析結果として得られる支承変位がほとんどゼロになるという問題点が指摘されている。著者らの検討¹⁾では、レイリー減衰を用いる場合、支承の初期剛性の値は、橋脚剛性のおよそ10倍から100倍程度とするのが望ましいと報告したが、どの程度の支承変位が得られれば正しい結果なのか判断が難しい。よって本研究では、2自由度系モデルを用いた解析を行い、初期剛性の値と減衰の影響について検討するとともに、多自由度系モデルとの比較を行って、変位応答の妥当性に関して考察を行った。

2. 2自由度系モデルによる変位応答の推定

これまでの検討から、すべり摩擦型支承を用いた橋梁の地震応答解析では、初期剛性の大小にかかわらず、ひずみエネルギー比例型減衰を用いた方が、レイリー減衰を用いるよりも解析結果が安定することが示されている。しかし、2自由度系モデルでは、ひずみエネルギー比例型減衰もレイリー減衰も、減衰マトリックスは同じになる。

免震橋梁では、1次振動モードが卓越するのが一般的であり、多自由度系モデルの応答を、簡易な2自由度系モデルを用いた解析で予測することが可能だと考えられる。そこで、2自由度系モデルの運動方程式を一般化し、応答スペクトルの形式で応答結果を表現することを試みた。

2自由度系モデル(図-1)の運動方程式は、線形モデルの場合、式(1)となる。

$$\begin{cases} m_1 \ddot{x}_1 + c_1 \dot{x}_1 + k_1 x_1 - k_2 (x_2 - x_1) = -m_1 \ddot{z} \dots (1) \\ m_2 \ddot{x}_2 + k_2 (x_2 - x_1) = -m_2 \ddot{z} \end{cases}$$

ここで、次の3個のパラメータを導入する。支承を固定したモデルの固有周期を T_1 とし、橋脚を固定した(桁を支承のみで支える)モデルの固有周期を T_2 とし、橋脚と桁の質量比を r_m とする。これらのパラメータは、それぞれ式(2)で表現される。

$$T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{m_1 + m_2}{k_1}} \quad T_2 = 2\pi \sqrt{\frac{m_2}{k_2}} \quad r_m = \frac{m_1}{m_2} \quad (0 < r_m < 1) \dots (2)$$

式(2)のパラメータを用いると式(1)は、式(3)で表現される。

$$\begin{cases} r_m \ddot{x}_1 + 2h(1+r_m) \frac{2\pi}{T_1} \dot{x}_1 + (1+r_m) \left(\frac{2\pi}{T_1} \right)^2 x_1 - \left(\frac{2\pi}{T_2} \right)^2 (x_2 - x_1) = -r_m \ddot{z} \dots (3) \\ \ddot{x}_2 + \left(\frac{2\pi}{T_2} \right)^2 (x_2 - x_1) = -\ddot{z} \end{cases}$$

橋脚応答は線形にとどまるものと仮定し、支承のみに非線形性を考える。

支承の変位-復元力関係が非線形の場合には、式(4)で表される。

$$\begin{cases} r_m \ddot{x}_1 + 2h(1+r_m) \frac{2\pi}{T_1} \dot{x}_1 + (1+r_m) \left(\frac{2\pi}{T_1} \right)^2 x_1 - f'(x_2 - x_1) = -r_m \ddot{z} \dots (4) \\ \ddot{x}_2 + f'(x_2 - x_1) = -\ddot{z} \end{cases}$$

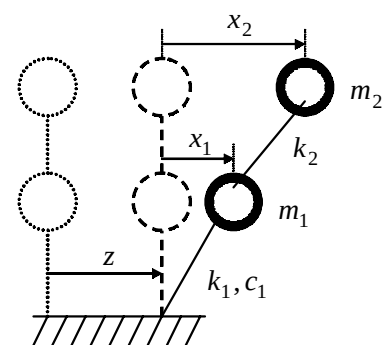


図-1 2自由度系モデル

キーワード：すべり摩擦型免震支承、初期剛性、2自由度系モデル、変位応答スペクトル

連絡先：〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1-1-1 TEL./FAX. 077-561-2728

