

I-B66 摩擦減衰型免震装置の簡易設計手法に関する一検討

川崎重工業 正会員 玉木利裕, 小川一志
 日本構造物設計事務所 森本千秋
 川口金属工業 正会員 比志島康久, 鶴野禎史

1. はじめに

著者らは、道路橋の免震装置の一種として、摩擦減衰型免震装置の開発を行い種々の検討を行ってきた（文献¹⁻³⁾。摩擦減衰型免震装置は、摩擦減衰支承により鉛直方向に支持し、かつ摩擦による高減衰化を図るとともに、ゴムを用いた水平バネにより、水平方向には上部構造を柔らかく支持し、長周期化を図ることにより、耐震性を向上するものである。

橋梁の初期設計段階、形式検討段階では、非線型動的応答解析などの煩雑な方法によらず、より簡易な方法での検討が望ましい。そこで、橋梁上部工を1自由度系として扱う簡易設計により、免震装置の概略諸元を評価する手法について検討を行う。このような方法を用いるのは、一般的に免震装置を用いた橋梁では、免震装置の部分で大きな変位を生じ、上部工の質量と免震装置の剛性、減衰からなる、比較的単純な振動系とみなすことができることによる。

本簡易設計の結果を地盤・基礎・橋脚なども考慮した非線型動的応答解析の結果と比較し、初期段階の免震装置の概略諸元検討、免震効果の概略評価には適用可能と考えられる。

2. 簡易設計手法の概要

道路橋示方書V耐震設計編では、免震設計に関して主として鉛プラグ入り積層ゴム支承や高減衰積層ゴム支承を用いる場合の設計について示されている。設計手順は、震度法と地震時保有水平耐力法のそれぞれについて、1)免震装置の設計変位、等価剛性を想定、2)橋の固有周期、減衰定数を算定、3)設計水平震度を算定、4)応答変位の算定と想定値の比較、を行う。免震装置の等価剛性、等価減衰は一般に応答振幅に依存する非線型性を有しているので、1)~4)の手順の繰り返し計算が必要となる。

2.1 等価剛性、等価減衰の評価

摩擦減衰型は、ゴム水平バネと摩擦減衰支承を組み合わせて用いるので、両者を含めた等価剛性、等価減衰を考慮し、次のように表わすことができる。

摩擦減衰型免震装置の場合、摩擦の特性を考慮した等価剛性、等価減衰は次のように表わされる。

$$\begin{aligned} \text{等価剛性} \quad K_B &= (\mu_d W_u + K u_{Be}) / u_{Be} \\ \text{等価減衰} \quad h_B &= \Delta W / 2\pi W = 2\mu_d W_u / \pi K_B u_{Be} + h \\ \text{ここに,} \end{aligned}$$

μ_d : 動摩擦係数, W_u : 上部工重量, u_{Be} : 有効水平変位,
 K : ゴム水平バネの剛性, h : ゴム水平バネの減衰定数

2.2 残留変位解除機構の設計

免震摩擦減衰型免震装置は、残留変位が生じた場合、摩擦減衰支承に設けた残留変位復旧機構(図-2)に水圧を導入することにより、残留変位を復旧可能である

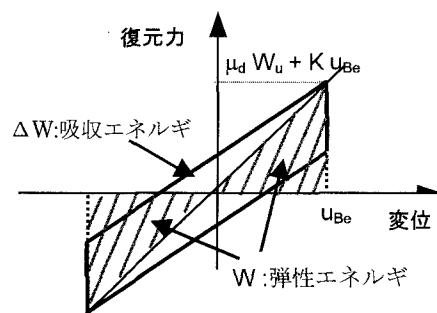


図-1 摩擦減衰型免震装置の復元力特性

ことを特徴とする。本装置では、静摩擦力による残留変位 u_{BR} が上記の値を超える場合には残留変位復旧機構を以下のように設計する。

残留変位は静摩擦力とゴム水平バネの剛性から

$$u_{BR} = \mu_s W_u / K. \quad (1)$$

摩擦減衰支承内部に水圧 p を導入し、静摩擦力を低減し、道路橋示方書に従い残留変位を設計変位 u_B の 10%以下とするためには、次式を満足する必要がある。

$$\mu_s (W_u - A_w p) / K \leq 0.1 u_B \quad (2)$$

このときテフロンの平均面圧は $\sigma_t = (W_u - A_w p) / A_t$ となるが、水圧をそれ以上にしようとしても水漏れが生じ、水圧は $p = W_u / (A_w + A_t)$ となる。(2)式を変形して

$$1 + A_w / A_t \geq \mu_s W_u / K / 0.1 u_B \quad (3)$$

を満足するように、水圧作用部の面積を定めればよい。

3. 設計検討例

文献⁴⁾に示される鋼5径間連続

箱桁橋梁を対象として、上述の方法で摩擦減衰型免震装置による免震設計検討を行う。この結果を摩擦減衰型免震装置に支持される上部工質量と橋脚・基礎・地盤を1

自由度で表わした2自由度系モデ

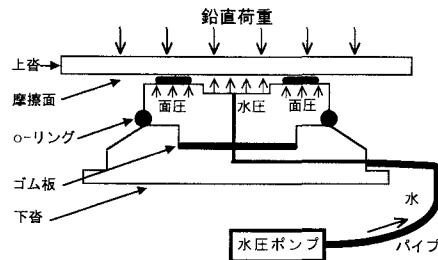
ル化した動的応答解析と比較する(表-1)。表-1では、3種地盤に対する地震時保有水平耐力法の加速度応答スペクトル、地震波を用いた。先に示した道路橋示方書に準拠する簡易設計計算と、動的応答解析はほぼよく対応し、初期段階の検討には適用可能と考えられる。摩擦減衰型免震装置の諸元は図-3に示すように与えられる。

4. おわりに

摩擦減衰型免震装置を用いた橋梁の簡易設計手法について検討を行った。本手法により設計初期段階での摩擦減衰型免震装置の概略設計が可能と考えられる。

参考文献

- 1) 土居, 他, 「摩擦ダンパー支承を用いた橋梁の免震について」, 土木学会免震・制震コロキウム, 1996.11
- 2) 玉木, 他, 「摩擦減衰型免震装置の摩擦特性に関する実験的検討」, 土木学会年次大会, 1998.10
- 3) Tamaki T. et al., 'Experimental Study on Seismic Isolation System with Friction Damping for Bridge Structures', Proc. of 2WCSC, Kyoto, Japan, 1998.8
- 4) 建設省, 「道路橋の免震設計法マニュアル(案)」, 1992.3



A_W : 水圧作用面積 A_t : テフロン受圧面積
 μ_s : 静摩擦係数 W_u : 支承鉛直反力

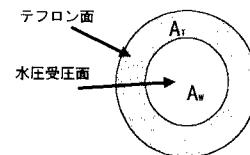
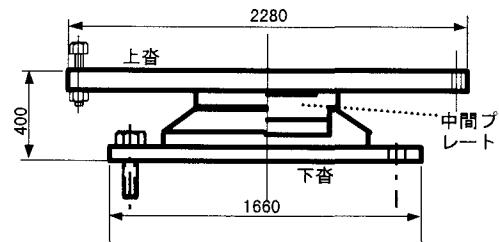


図-2 残留変位復旧機構

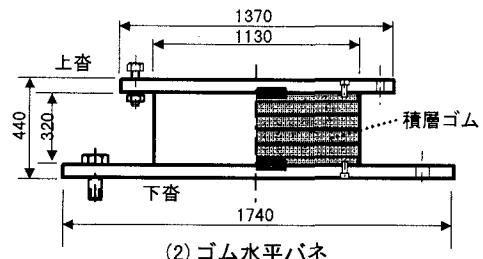
表-1 支承設計変位の比較

単位 (mm)

固有周期	T=1.5秒	T=2.0秒		T=2.5秒	
地震波タイプ	タイプ1	タイプ2	タイプ1	タイプ2	タイプ1
簡易設計法	200	261	355	335	509
動的応答解析	213	252	357	364	473
					485



(1) 摩擦減衰支承



(2) ゴム水平バネ

図-3 摩擦減衰型免震装置概略設計結果
 (固有周期 T=2.5秒)