

I-277 道路橋の免震設計における初期検討法

清水建設(株) 正員 ○出羽克之 (株)奥村組 正員 佐藤 晋  
 新構造技術(株) 正員 岡戸三夫 大成建設(株) 正員 尾崎大輔

1. 道路橋の免震設計手順

道路橋の免震設計の手順を図-1に示す。免震装置は、震度法および地震時保有水平耐力法により所要の機能を保持するように設計する。また、免震装置を用いた橋の設計は、道路橋示方書<sup>1)</sup>に従い震度法によって行い、震度法により耐震設計された鉄筋コンクリート橋脚は地震時保有水平耐力法により照査する。ただし、震度法および地震時保有水平耐力法に用いる設計水平震度は、免震装置のエネルギー吸収特性に応じて補正する。さらに、伸縮装置および落橋防止構造等の構造細目の検討を行う。

2. 初期検討法

免震装置は一般に非線形な履歴特性を有するため、道路橋の免震設計では、免震装置に生じる変位(免震装置の設計変位)に応じた免震装置の剛性および粘性減衰定数は等価線形化法によって評価される。また、免震装置の地震時安定性は免震装置の設計変位を基にして検討される。このように、免震設計においては、免震装置の設計変位を適切に設定することが肝要であるが、設定に際しては一般に繰り返し計算を行う必要がある。道路橋示方書では橋梁を骨組構造にモデル化して検討することを原則としているが、免震設計の初期段階においては、比較的簡易な計算モデルを用いて免震装置の仕様、形状の比較選定や下部構造の概略の設定等を行うのが合理的であると考えられる。本報告では、免震装置の変形に伴い上部構造が並進する一次振動モードが支配的であるという免震橋梁の振動特性<sup>2)</sup>に基づき、免震橋梁を1自由度振動モデルとして評価した初期検討法を提案する。

①震度法による免震装置の設計変位の算定

震度法による初期検討では、図-2に示すように、免震装置の下面を固定した状態で上部構造を支持する計算モデルを用いて、免震装置の設計変位、等価剛性および等価減衰定数を繰り返し計算により算出し、免震装置の検討を行う。

$$u_{B1} = \frac{k_h \cdot W_{U1}}{K_{B1}} \quad \dots (1)$$

$$W_{U1} = \frac{W_U \cdot K_{B1}}{K_B} \quad \dots (2)$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{W_U}{K_B \cdot G}} \quad \dots (3)$$

$$h = \frac{\sum h_{B1} \cdot K_{B1} \cdot u_{B1}^2}{\sum K_{B1} \cdot u_{B1}^2} \quad \dots (4)$$

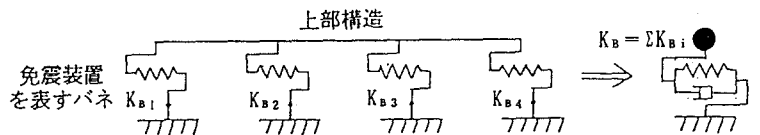


図-2 震度法における免震橋梁の初期検討モデル

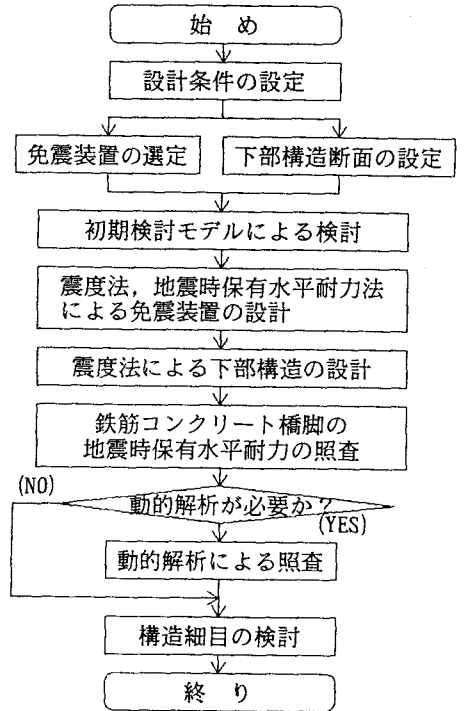


図-1 免震設計手順

ここに、 $u_{B1}$  :  $i$  番目の免震装置の設計変位， $W_{U1}$  :  $i$  番目の免震装置が水平力を分担する上部構造の重量，  
 $T$  : 橋の固有周期， $h$  : 橋の減衰定数， $k_h$  : 震度法に用いる設計水平震度，  
 $W_U$  : 上部構造の重量， $K_{B1}$  :  $i$  番目の免震装置の等価剛性， $K_B$  : 橋全体の等価剛性  
 $h_{B1}$  :  $i$  番目の免震装置の等価減衰定数， $G$  : 重力加速度

②下部構造の断面の設定

橋脚の断面寸法を仮定し、(2)式で算定される上部構造の慣性力と橋脚自重による慣性力を考慮して算出される橋脚基部に生じる曲げモーメントに対して橋脚基部の配筋を決定し、応力度を検定する。

$$M_i = k_h ( W_{U1} \cdot \varrho_i + W_{P1} \cdot P_i ) \dots\dots\dots (5)$$

ここに、 $M_i$  :  $i$  番目の橋脚基部に生じる曲げモーメント， $W_{P1}$  :  $i$  番目の橋脚の重量，

$\varrho_i$  :  $i$  番目の橋脚の上部構造慣性力の作用高さ， $P_i$  :  $i$  番目の橋脚自重に起因する慣性力作用高さ

③地震時保有水平耐力法による免震装置の設計変位の算定

地震時水平耐力法においては、一般に下部構造の変形が免震装置に生じる変位や上部構造の慣性力分担率に与える影響を無視しえないため、図-3に示すように、免震装置および下部構造の剛性を考慮したモデルを用いて、免震装置の設計変位，等価剛性 および等価減衰定数を繰り返し計算により算出し、免震装置の安定性を照査する。なお、地震時保有水平耐力法では、橋脚の剛性としては、道路橋示方書の規定に従って求めた橋脚の降伏水平耐力と降伏変位から算定される降伏剛性を用いる。

$$u_{B1} = \frac{k_{hc} \cdot W_{U1}}{K_{B1}} \dots (6)$$

$$W_{U1} = \frac{W_U \cdot K_1}{K} \dots (7)$$

$$\frac{1}{K_1} = \frac{1}{K_{B1}} + \frac{1}{K_{P1}} \dots (8)$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{W_U}{K \cdot G}} \dots (9)$$

$$h = \frac{\sum h_{B1} \cdot K_{B1} \cdot u_{B1}^2 + \sum h_{P1} \cdot K_{B1}^2 \cdot u_{B1}^2 / K_{P1}}{\sum K_{B1} \cdot u_{B1}^2 + \sum K_{B1}^2 \cdot u_{B1}^2 / K_{P1}} \dots (10)$$

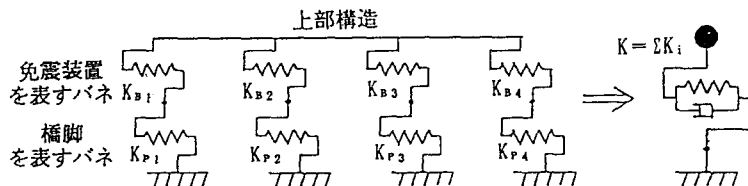


図-3 地震時保有水平耐力法における免震橋梁の初期検討モデル

ここに、 $k_{hc}$  : 地震時保有水平耐力法に用いる設計水平震度，

$K_1$  :  $i$  番目の免震装置と橋脚の剛性から求まる等価剛性， $K$  : 橋全体の等価剛性，

$h_{P1}$  :  $i$  番目の橋脚の減衰定数， $K_{P1}$  :  $i$  番目の橋脚の等価剛性(=  $P_y / \delta_y$ )

$P_y$  : 橋脚の降伏水平耐力， $\delta_y$  : 橋脚の降伏変位

④鉄筋コンクリート橋脚の地震時保有水平耐力の照査

(7)式で算出される上部構造の慣性力を用いて、道路橋示方書に従って、仮定した橋脚の地震時保有水平耐力の照査を行う。

3. おわりに

提案した初期検討法は、いくつかの試設計においてその適用性が確認されており、所要の免震効果が得られる免震装置の仕様および形状を選定するに当たり、実務上有力な手法であると考えられる。なお、本報告は建設省土木研究所と民間28社の官民連帯共同研究「道路橋の免震構造システムの開発」の一環として行われたものである。

[参考文献]

- 1) (社)日本道路協会；道路橋示方書・同解説V耐震設計編，平成2年2月
- 2) 田村，出羽，細田，高橋；免震橋梁の設計計算モデルに対する一考察，土木学会第46年会講，平成3年9月