

I-681 免震橋梁における下部構造の設定法について

○鹿島建設㈱ 正員 宇津木一弘

正員 日紫喜剛啓

清水建設㈱ 正員 出羽 克之

1. はじめに

免震橋梁は新構造形式の橋梁であり、わが国での設計例や資料は皆無に近い。また、免震橋梁では免震装置で柔らかく支持されるため、下部構造や免震装置の特性によって上部構造の地震時水平慣性力の分散性や大きさが変化しやすい。そのため、設計者が当初段階で概略設計を行う場合にも何回もの反復設計が必要となり、設計者にとって非常に繁雑となる。したがって、免震設計の最初の段階において下部構造の初期寸法を設定することにより反復設計を少なくすることが重要である。

本報においては、免震橋梁の振動特性を簡略化することにより、通常の橋梁の設計感覚で比較的容易に橋脚の初期寸法が決定できる方法について提案する。なお、本方法は、レベル1の設計において適用するものとする。

2. 基本仮定

設定手法は、以下に示す基本仮定に基づいている。

① 上部構造の構造形式、構造およびスパン割りが既に決まっているものとする。

② 下部構造断面は、地震時で決定されるものとする。

③ 免震橋梁の橋軸方向の振動モードは、一次モードが卓越し、下部構造の地震時断面力に対しても1次モードが支配的である。

④ 一次モードにおいては、主桁は遊動円木的に振動し、橋脚天端との相対変位は免震支承が受け持つものとする。

3. 設定フロー

本方法のフローを図-1に示す。設定手順としては、上部構造を剛体とみなし、各部構造の剛性を考慮して橋梁全体の挙動を1自由度系にモデル化する。このモデルを用いて、レベル1設計水平震度に対して免震装置の特性を考慮して下部構造(橋脚)の初期寸法を設定し、免震装置の選定をする。再び震度法による検討を行い、初期寸法が妥当であるかを照査する。

4. 設定方法

以下に、フローに沿って設定方法の概略を示す。

1) 固有周期及び設計変位の仮定

2. の③、④の基本仮定より、免震橋梁の地震時の挙動は図-3に示すようなモデルに表すことができる。この時、橋の固有周期 T は式(1)で求められる。

$$T = 2\pi \frac{W}{G \cdot \sum K_i} \quad (1)$$

$$U = \left(\frac{T}{2\pi} \right)^2 \cdot G \cdot K_h \quad (2)$$

$$R_i = U_i \cdot K_i = W_i \cdot K_h \quad (3)$$

ここで、 W : 上部工総重量、 G : 重力加速度

W_i : i 橋脚に作用する上部工鉛直反力 K_h : 道路橋示方書設計水平震度

また、各橋脚に作用する地震時水平反力 R_i と橋脚と免震支承の剛性 K_i と地震時変位量の関係は式(2)

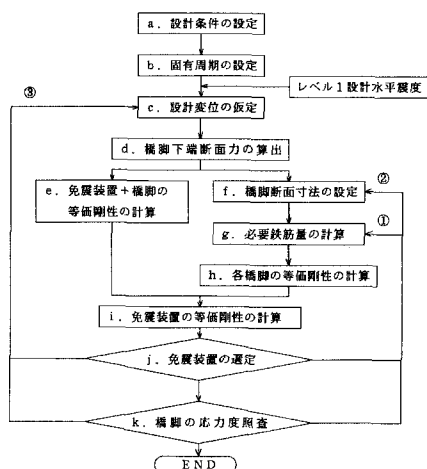


図-1 初期寸法設定フロー

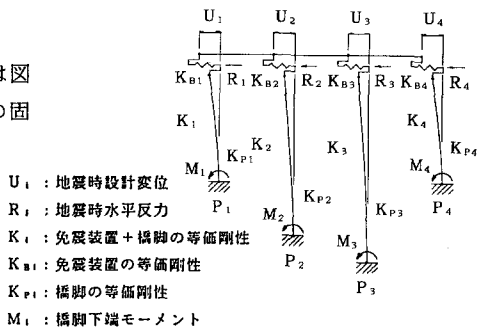


図-3 免震橋梁の地震時挙動のモデル化

の様に表せる。これをもとに固有周期 T を用いて変位量 U を表せば、式(3)となる。したがって、固有周期 T を定めれば、変位 U が決定される。

2) 橋脚下端断面力の算出

橋脚の断面寸法の設定及び免震装置+橋脚の等価剛性の算出に用いる橋脚下端の断面力を求める。地震時水平反力 R_i と橋脚長さ ℓ_i より仮の断面力として $M = R_i \times \ell_i$ となる。

3) 免震装置+橋脚の等価剛性の計算

2)で算出した橋脚下端の曲げモーメントを用いて、免震装置+橋脚の等価剛性 K_i を計算する。

$$K_i = \frac{M_i}{U \cdot \ell_i} = \frac{R_i}{U} \quad (4)$$

4) 橋脚の断面寸法及び鉄筋量の算出

橋の規模や設計条件及び橋脚下端の断面力を考慮して橋脚の断面寸法を仮定し、鉄筋量を算定する。このようにして決定された配置鉄筋量が最少鉄筋量及び最大鉄筋量を満足しているか照査する。

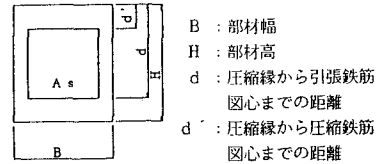


図-3 橋脚の断面寸法

5) 各橋脚の等価剛性

4)の計算により設定された橋脚の断面寸法を用いて各橋脚の等価剛性 K_{Pi} を式(5)により求める。

$$K_{Pi} = 3 E_i \cdot I_i / \ell_i^3 \quad (5)$$

ここで、 E_i : 橋脚のヤング係数、 I_i : 橋脚の断面2次モーメント、 ℓ_i : 橋脚長

6) 免震装置の等価剛性

3)で算出された免震装置+橋脚の等価剛性 K_i と5)で算出された橋脚の等価剛性 K_{Pi} から免震装置に要求される等価剛性 K_{Bi} を算出する。

いま、1つの橋脚に着目すれば、各々の橋脚は図-4のように直列バネの1質点1自由度系にモデル化することができる。したがって、免震装置の等価剛性は式(6)のように表せる。

$$K_{Bi} = \frac{K_{Pi} \cdot K_i}{K_{Pi} - K_i} \quad (6)$$

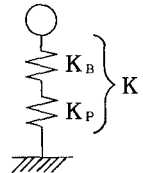


図-4 免震装置と橋脚のモデル化

7) 免震装置の選定

6)で算出された免震装置の等価剛性を得るのに必要な免震装置の降伏荷重 Q と2次剛性 K_2 の組合わせを式(7)により算出する。

$$Q = U (K_B - K_2) \quad (7)$$

免震装置の製作可能な性能及び形状寸法等を考慮して降伏荷重と2次剛性の組合わせを設定する。等価剛性を満足する装置の製作が不可能な時は、橋脚の断面寸法を再設定する。断面寸法の変更ができない場合には、設計変位の設定を再度行う。

8) 橋脚の応力度照査

以上の検討により設定された橋脚の初期寸法を用いて、橋脚を考慮した断面力で橋脚下端の応力度照査を行う。応力度の照査が満足しない場合には、以下の項目を再度見直すことになる。

- ① 配置鉄筋量
 - ② 橋脚断面寸法
 - ③ 設計変位 U の仮定
5. おわりに

今回は、下部構造の初期寸法の設定方法を提案するに止どまったが、今後、実設計における本方法の適用について検証する必要がある。なお、本報告は建設省土木研究所と民間28社と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。