

I-788

連続免震橋の固有周期の設定法に関する研究

(株) 荒谷建設コンサルタント 正員 西原 史和
建設省土木研究所 正員 大塚 久哲
建設省土木研究所 正員 運上 茂樹

1. はじめに

免震設計は、アイソレーターによって橋を水平方向に柔らかく支持し、固有周期を長くするとともに、ダンパーにより橋の減衰性能を増大させ、地震力の低減を期待する設計である。免震設計を採用する場合の設計方法として、「道路橋の免震設計法マニュアル(案)」が提案されており、ここでは、免震装置を用いた場合の橋の固有周期としては、免震装置を用いない場合の橋の固有周期の2倍程度以上とするのが良いとされている。しかしながら、免震橋の固有周期は、これによって免震効果が大きく影響を受けるとともに、免震設計を適用する橋梁の条件によって異なってくることも考えられる。本文は、免震装置を用いた場合と免震装置を用いない場合の橋の固有周期の比に着目し、固有周期が免震設計の有効性におよぼす影響を解析的に検討した結果を取りまとめたものである。

2. 研究方法

- ① 解析に用いたモデル橋としては、図-1に示すような都市内高架橋を想定した。上部構造は橋長195m、支間長65mの3径間連続鋼箱桁橋とし、下部構造は張出式鉄筋コンクリート橋脚(矩形断面)とした。また、地盤条件としてはⅢ種地盤を想定し、基礎形式は施行実績の多い場所打ち杭とした。なお、支承条件はすべての下部構造で免震支承(LRB)による弾性固定とした。
- ② 各ケースの設計は、橋脚高が14mのケースを基本として支承の設定を行い、各ケースで支承剛性を大きく変化させないように、震度法レベルおよび地震時保有水平耐力法レベルについてマニュアル(案)に基づき設計を行った。
- ③ 解析は、モデル橋の各部の変位および断面力に着目し、固有周期が免震設計の有効性におよぼす影響について検討した。固有周期の算出は、「道路橋示方書V耐震設計編」に基づき静的骨組解析により求め、免震装置はマニュアル(案)に基づき求めた等価剛性 K_0 を有する水平バネとしてモデル化した。また、固有値解析結果より、モデル橋の各構造要素の減衰の分担率に着目し、固有周期比との関係についても検討した。なお、減衰の分担率は、橋全体系での1次モードにおけるモード減衰に対する各構造要素の減衰の占める割合とした。

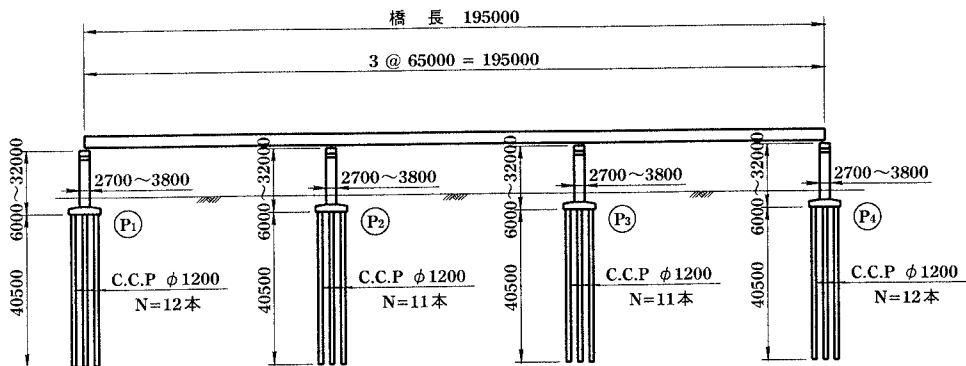


図-1 モデル橋一般図

3. 研究結果

図-2に橋脚高と固有周期比(免震時固有周期/非免震時固有周期)の関係を示す。長周期化の度合いを表す固有周期比は、震度法・地震時保有水平耐力法ともに橋脚高が低いほど大きくなっている。

支承の変位の分担率(上部構造変位のうち、支承変位の占める割合)は、図-3に示すように、固有周期比が大きいくほど高くなっており、地震時保有水平耐力法レベルでは固有周期比が2~3程度より大きい範囲では80%以上を分担しているのに対し、固有周期比が1.5程度となると50%に低下している。

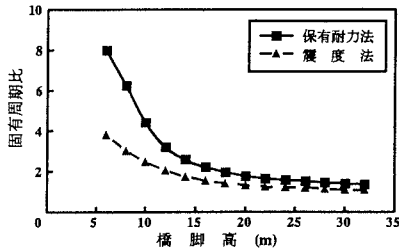


図-2 橋脚高と固有周期比

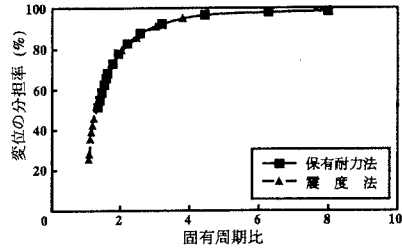
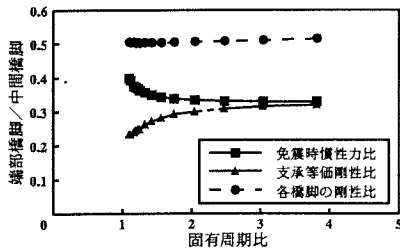


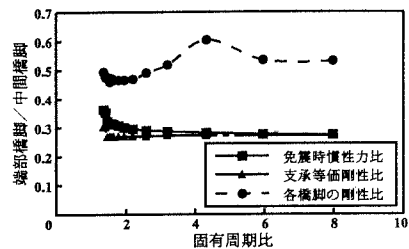
図-3 支承の変位の分担率

図-4に免震時における各橋脚の天端に作用する慣性力、橋脚剛性および支承剛性を端部橋脚と中間橋脚の比として無次元化したものを示す。これより、固有周期比が大きい場合は橋脚天端に作用する慣性力の比は支承剛性の比と等しく、固有周期比が小さくなるのにしたがって橋脚剛性の比に近づく。これは震度法レベルでは固有周期比が1.5程度、地震時保有水平耐力法レベルでは2.0程度を境として見られる。

橋のモード減衰に対する各構造要素の減衰が占める割合として、エネルギー減衰の分担率を図-5に示す。これによると、震度法レベルでは固有周期比が大きい場合は、橋のエネルギー減衰のほとんどを支承が分担しているが、固有周期比が高くなるにしたがってその割合は徐々に減少し、固有周期比が1.5程度以下になると支承より基礎の分担率が卓越している。地震時保有水平耐力法レベルにおいても、固有周期比が大きい場合は、橋のエネルギー減衰のほとんどを支承が分担しており、固有周期比が2~3程度以上の範囲では80%以上を分担しているのに対し、固有周期比が1.5程度となると60%に低下している。

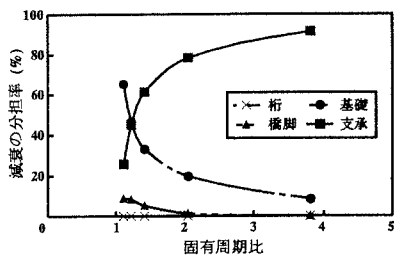


(a) 震度法レベル

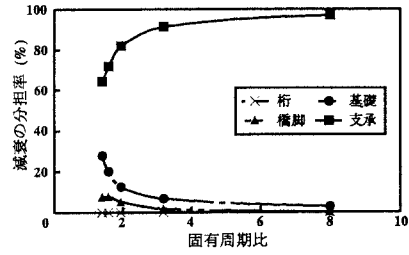


(b) 地震時保有水平耐力法レベル

図-4 固有周期比と各橋脚の分担率



(a) 震度法レベル



(b) 地震時保有水平耐力法レベル

図-5 固有周期比と各部のエネルギー減衰の分担率

4. 結 論

免震時と非免震時の橋の固有周期の比に着目し免震設計の有効性について検討した結果を以下に示す。

- ① 支承の変位の分担率は、地震時保有水平耐力法レベルにおいて固有周期比が2~3程度以上の範囲では80%以上を分担しているのに対し、固有周期比が1.5程度となると50%に低下している。
- ② 橋脚天端に作用する慣性力は、震度法レベルでは固有周期比が1.5程度以下、地震時保有水平耐力法レベルでは2.0程度以下となると、支承の剛性の影響より下部構造の剛性の影響を受ける。
- ③ 免震支承のエネルギー減衰の分担率は、震度法レベルでは固有周期比が1.5程度以下、地震時保有水平耐力法レベルでは2~3程度以下となると低下し基礎部の分担率が増加する。