

I-488

免震装置を有する道路橋の設計方法について

首都高速道路公団 工務部

正会員 平林 泰明

首都高速道路公団 工務部

正会員 山田 淳

○ パシフィック・コンサルタンツ㈱ 正会員 林 亜紀夫

まえがき ; 道路橋に免震装置を用いるために多くの検討や試設計が進められた結果、橋梁の免震化は耐震設計において選択できるひとつの現実的な方法になったといつて良い。本報告は、道路橋示方書第V編耐震設計編における規定(参考文献1))および道路橋の免震設計法ガイドラインに示された方法(参考文献2))を基に、免震設計の特性値を検討する手順の例を提案し、特性値を選択する判断の目安となる資料を示すものである。

1. 免震設計の方法

免震装置を用いると、全体構造系の剛性が低下して固有周期が伸びる効果、減衰が付与される効果が得られ、その結果として地震による上部構造の慣性力が低減されることになる。さらに、上部構造が連続けたである場合は上部構造の慣性力を各下部構造に分散することが出来るので合理的な耐震設計が可能となる。

しかし、免震設計は免震装置の柔軟性を利用するものであるから、ある程度の変位を許容する必要がある。許容できる変位と期待する慣性力低減効果を検討し、判断することが設計上の要件となる。本報告ではまず、慣性力(設計震度)と相対変位および免震装置の特性の3者の関係を調べ、橋梁全体の免震特性の概略値を判断するためのパラメトリックスタディを行い、その結果を図にまとめた。つづいて実橋を例にとり、各下部構造ごとに設ける免震装置特性の調整を行い、各下部構造に伝達する水平慣性力の配分を行う方法について記述する。

2. 免震装置特性値の選択

図1に示すモデルを設定し、図2に示すようなバイリニア型の反力特性を持つ免震装置の等価剛性と降伏荷重をパラメトリックに変化させながら地震時の応答を計算し、設計震度と免震装置の変位を図3にまとめた。記号 T_s は震度法に規定されている地震¹⁾を受けた際の免震装置剛性を用いた場合の橋全体の固有周期であり、図3中には太い線で計算結果を示した(左下方)。地震時保有水平耐力の照査に示された地震²⁾を受けた際には免震装置の変位が増えるので等価剛性が低下して固有周期はさらに長くなる。図3中では、さきに震度法の計算を行ったケースの免震装置について地震時保有水平耐力法に示された地震を受けた際の固有周期の伸びを考慮した上での応答を求め、細い線で示した(右上方)。記号 Q/W は図2に示す免震装置の降伏荷重 Q と上部構造重量 W の比である。設計の際には、図3によって慣性力低減効果と免震装置の変位を読み取りながら特性値 T_s および Q/W を選定して橋全体についての概略的特性値とする。

3. 各下部構造への配分

実際的な高架橋の事例を数例設定して免震設計を試行した結果から、図4に示す第Ⅱ種地盤上の鉄筋コンクリート張出し式橋脚を有する3径間連続PCホロースラブ橋の例について紹介する。図3. b)から $T_s = 1.5$ 秒、降伏荷重比 $Q/W = 0.13$ の点を読み取ると、概略値として震度法時の設計震度 $k_h = 0.25$ 、免震装置の変位 $u_B = 10.8\text{cm}$ および地震時保有水平耐力法時の設計震度 $k_{hc} = 0.36$ 、免震装置の変位 $u_B = 20.4\text{cm}$ が得られる。免震装置として鉛プラグ入りゴム支承を想定して設計した場合の免震装置各部寸法を表1に示す。この場合はゴム支承の転倒安定を保つために端部支点橋脚の免震装置の降伏荷重を最初に設定値した $Q/W = 0.13$ よりも少し低減した結果、各橋脚への水平方向慣性力配分が変化したので3径間の全体をモデル化して再び計算を行い、表2のような応答を得た。この例題のように支承反力が比較的小さい端部支点や剛性の高い下部構造の免震装置には特別の配慮が必要なことがあり、その場合には各下部構造の免震装置の剛性と降伏荷重の配分をかえることによって解決することができる。

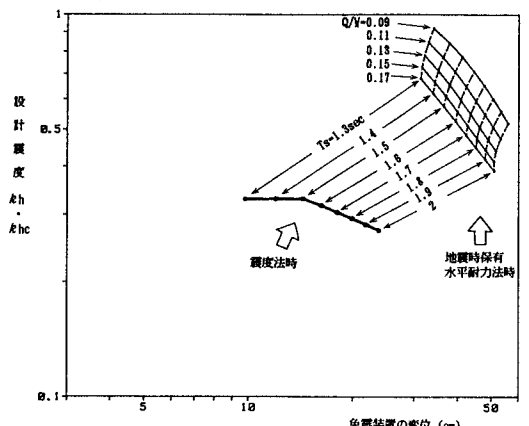
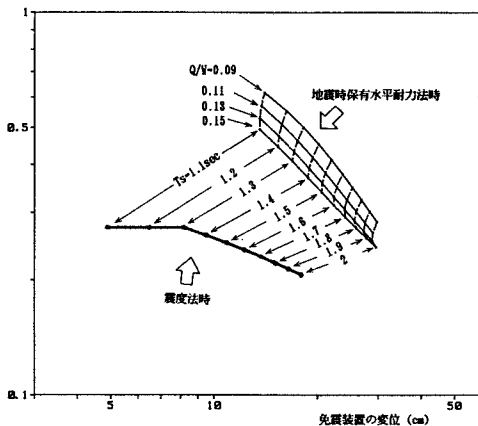
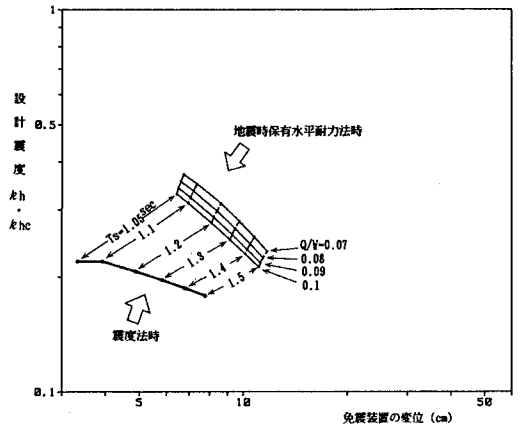
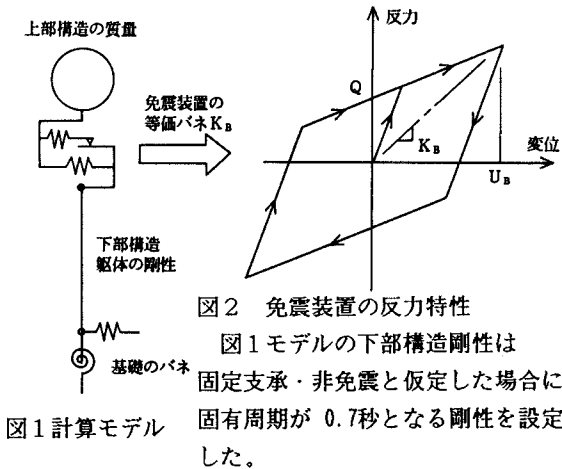


図3 設計震度と免震装置の変位の関係

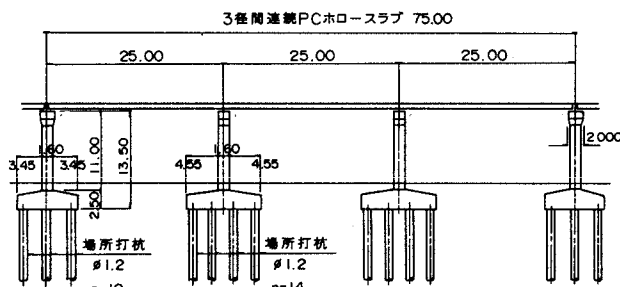


表1 各免震装置の寸法諸元

	中間支点部免震装置	端支点部免震装置
ゴムの断面寸法	60cm×60cm	40cm×40cm
ゴムの厚さ構成	0.9cm×36枚=32.4cm	0.8cm×28枚=22.4cm
鉛プラグの直径	φ 190mm	φ 120mm
支承の総高さ	49.6cm	37.04cm

表2 橋全体のモデルによる計算結果

	中間支点橋脚	端支点橋脚
震度法時		
免震装置の変位	10.81 cm	10.84 cm
設計震度	0.25	
地震時保有		
免震装置の変位	20.6cm	20.2cm
水平耐力法時		
設計震度	0.36	

まとめ 本報告では免震装置を用いた橋梁の慣性力と変位を総合的に検討しながら特性値を選ぶことができるものとして図3を示した。一般的に免震装置の剛性は下部構造の剛性に比べて十分に小さいので下部構造の剛性が本報告の値と少し異なっても設計初期の目安として図3を利用することができるものとする。

参考文献；1)（社）日本道路協会：道路橋示方書第Ⅶ編耐震設計編、平成2年2月

2)（財）国土開発技術研究センター：道路橋の免震設計法ガイドライン（案）

（免震装置を有する道路橋の耐震設計研究報告書）、昭和62年 3月