

I-642

免震橋梁における特性値の最適化に関する一試案

パシフィックコンサルタンツ(株) 正会員 林 亜紀夫 東京都立大学 正会員 成田 信之
東京都立大学 岩崎 興治 東京都立大学 正会員 前田 研一

1. まえがき 免震設計による橋が終局限界状態においても耐震信頼性を持つためには、震度法レベルの設計地震動を受けた際に有効であると同時に、地震時保有水平耐力法のように非常に大きな地震動を受けた際にも十分に減衰性能を発揮することが要求される¹⁾。さらに、免震設計上の特性値最適化においては、建設地点表層地盤の振動特性別に規定された設計地震動の振動特性と、免震によって調整された橋の振動特性を適合させることが必要である。

本研究では、震度法と地震時保有水平耐力法の両方の設計地震動による変位、減衰、およびそれらの効果から得られる設計震度の低減の度合いを比較し、設計地震動の振動特性の相違が免震特性値の最適な領域の広がり及ぼす影響を把握することが必要と考えた。

2. 最適化の要件 免震装置として鉛プラグ入りゴム支承を用い、免震設計の方法は文献2)および文献3)によることにした。ここでは、設計地震動の振動特性を、I種II種III種の3種類に分けた地盤種ごとに規定されている。

文献2)では、文献3)で規定される固有周期別補正係数に加え、表-1に示すような橋の減衰定数 h に基づく補正係数 C_E を提案しており、固有周期伸長と減衰付与の両方の効果により設計震度が低減される。

表-1 橋の減衰定数 h に基づく補正係数 C_E

橋の減衰定数	橋の減衰定数 h に基づく補正係数 C_E	
	地震時保有水平耐力法	震度法
$h < 0.1$	1.0	1.0
$0.1 \leq h < 0.12$	0.9	0.9
$0.12 \leq h < 0.15$	0.8	
$0.15 \leq h$	0.7	

特性値最適化に際して、次の3項目を要件と考えた。

- ①震度法時と地震時保有水平耐力法時の両方において、できる限り大きな減衰性能が得られる。
(橋全体の減衰定数 h として、少なくとも10%以上、
地震時保有水平耐力法時には、できれば15%以上)
- ②震度法時と地震時保有水平耐力法時の両方において、固有周期伸長による設計震度の低減が得られる。
- ③免震装置が現実的な寸法で設計できる。

柔軟な免震装置を用いることによって固有周期を伸長した場合には、設計震度低減の利点が得られるが、同時に変位の増大を招くので、減衰付与による効果を優先して考えた。免震装置の復元力特性が非線形であることから、地震時保有水平耐力法時には免震装置の剛性が震度法時に較べて低下するので、固有周期伸長の効果が得やすく、免震装置が過度に柔軟になることを避けようとするならば、②の要件における震度法時に関するものを削除することも考えられる。変位の限界値を与えるものとしては、③に免震装置に必要とされる寸法から決定される条件を掲げた。免震装置のせん断耐荷力の判定においては地震時保有水平耐力法時の免震装置の変位がクリティカルであり、変位が増大するにしたがってそれに耐えるために必要な装置の寸法も大きくなり、現実的な免震装置製作の限界を越えるからである。

3. 探索方法 免震特性値として、橋の固有周期と免震装置の降伏荷重比を選び、これらの特性値を変化させながら先に掲げた3要件を満たす領域を探索する。ここで橋の固有周期とは、地震時保有水平耐力法時の固有周期 T_h を指し、免震装置の降伏荷重比は図-1に示す免震装置の履歴特性図の荷重軸の切片 Q_d を上部構造の重量 W で除した値 Q_d/W を指す。

探索にあたっては、図-2のフローチャートで示した手順によって各ケースの T_h と Q_d/W の値に対応する設計震度、橋の減衰定数、および免震装置の変位を求め、この変位に耐える免震装置寸法を決定する。現実的な寸法による免震装置設計の可否の判定にあたっては、免震支承の一辺

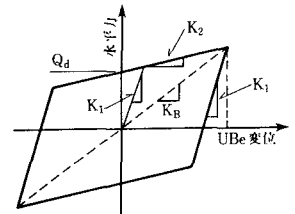


図-1 免震装置の履歴特性図

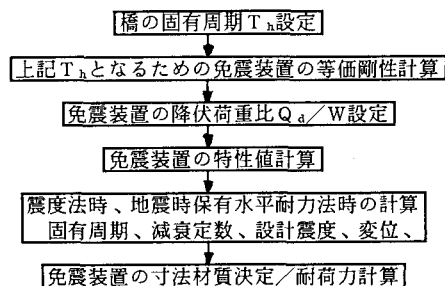


図-2 探索計算のフローチャート

が130cmを越えないこと、鉛プラグの本数を4本以下として、その直径高さ比が1.25～5.0の範囲⁴⁾にあることを条件とした。結果は、 T_h を横軸に Q_d/W を縦軸にとって、先の3要件を満たす境界線を描き、複数の要件を満たす領域を着色して示すこととした。

4. 試算モデル・探索結果と考察

試算に用いたモデル橋梁は、スパン50m鋼箱けた形式の上部構造(1スパン当り自重750t)を有する連続高架橋であり、下部構造は高さ15mの鉄筋コンクリート単柱式橋脚、I種地盤モデルの基礎は直接基礎、II・III種地盤モデルの基礎は杭基礎(鉄筋コンクリート現場打杭 $\phi 1.0$ m)である。探索の結果の内から代表的な図を図-3～図-5に示す。図中で固有周期 T および減衰定数 h は、震度法によるものにsの添字、地震時保有水平耐力法によるものに h の添字を付けている。固有周期の境界線を示したところは、これより右方で設計震度の低減が得られる領域を示している。着色してある領域は、要件を満足する割合が高くなるにしたがって、より濃い表示をしている。

I～III種の地盤に用いるいずれの設計地震動であっても最適固有周期領域はそれ程には変化せず、橋梁を非免震とした場合の固有周期の2～3倍となっている。ここに、固定支承を用いて非免震とした場合の橋の固

有周期は、I種地盤モデルが0.99s、II種地盤モデルが0.93s、III種地盤モデルが0.78sである。

降伏荷重比の最適値の領域を見ると、I種地盤で4～9%、II種地盤で6～13%、III種地盤で9～15%となり、軟弱な地盤ほど大きな降伏荷重比の値を必要としている。

5. 結論 免震設計において特性値の最適領域を探索するための要件を掲げ、モデル橋梁を用いた試算を行った結果、比較的狭い特定の領域まで絞り込むことができた。特に、軟弱な地盤であるIII種地盤での選択は非常に狭い領域に限定されることがわかった。

(参考文献)

- 1) 林亜紀夫・井野克彦・成田信之・前田研一・伊藤栄章: 橋脚の地震時保有水平耐力に配慮した免震特性の設定, 土木学会年次学術講演会概要集, 第48回 I-23, pp. 900～901, 1993年9月。
- 2) 建設省土木研究所及び28社: 道路橋の免震設計マニュアル(案), 1992年。
- 3) 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。
- 4) (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), 平成元年3月。

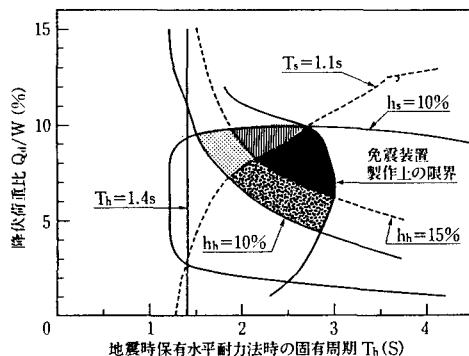


図-3 最適特性値の領域 (I種地盤)

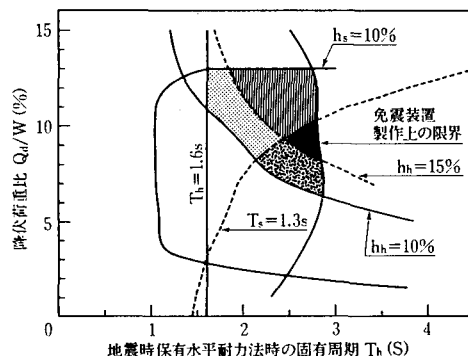


図-4 最適特性値の領域 (II種地盤)

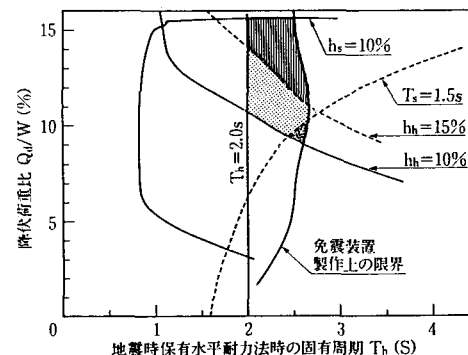


図-5 最適特性値の領域 (III種地盤)