

I-4 等高線図を用いた免震橋梁の構造特性値の決定法に関する基礎的研究

徳島大学大学院 学生員○数見真生
徳島大学工学部 フェロー 平尾 潔

徳島大学大学院 正 員 成行義文
アジア航測 正 員 近藤健一
オリエンタルコンサルタンツ 正 員 原 一平

1. はじめに 本研究では、タイプⅠならびにタイプⅡのいずれの地震動に対しても、橋脚の損傷度等に関する各制約条件を満たすような、鉛プラグ入り積層ゴム支承(LRB)を有する免震橋の降伏強度比等の許容領域を、各制約パラメータに関する等高線図を用いて求めるための手法について検討するとともに、許容領域より選定した構造特性値を用いて、橋脚および免震支承の構造特性値を具体的に決定する手順を示した。

2. 解析モデルと入力地震動

(1) **解析モデル** 本研究では、免震橋を図-1に示すような基礎を固定としたせん断2質点系にモデル化した。また、非免震橋は、同モデルの免震支承部分を剛体とみなすことで表現した。橋脚はRC橋脚とし、その復元力履歴モデルとしては、Q-hystモデルを、また免震支承についてはLRBの復元力履歴特性として一般的であるBilinearモデルを用いた。また、この解析モデルの構造特性パラメータとしては、解析結果に一般性を持たせるために、以下のような基準化量を用いた。

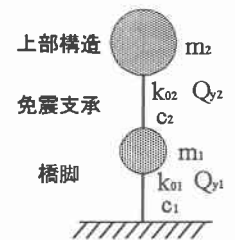


図-1 解析モデル

・ α : 質量比($=m_2/m_1$) ・ β : 初期剛性比($=k_{02}/k_{01}$) ・ $\bar{Q}$: 降伏強度比($=Q_{y2}/Q_{y1}$) ・ γ_1 : 橋脚の弾塑性剛性比 ・ γ_2 : 免震支承の弾塑性剛性比

(2) **入力地震動** 道路橋示方書Ⅴ耐震設計編¹⁾に規定される加速度応答スペクトルを目標スペクトルとして作成されたⅠ種地盤用のタイプⅠならびにタイプⅡ模擬地震動²⁾を用いた。

3. 制約パラメータ 本研究では、強震下における免震橋の非弾性応答ならびに免震効果等が適切なものとなるように、以下のような5つのパラメータに制約条件を設け、それらをすべて満足するような降伏強度比($\bar{Q}$)と非免震時の固有周期(T_0)との許容領域を求めている。

- ① 橋脚および免震支承の損傷度 μ_{Di} ($i=1,2$) : 免震橋の各層の変位靱性率で、各層の最大層間変位を各層の降伏変位で除した値で定義される。ここで、免震支承の最大変位 $|x_2|_{\max}$ はその設計変位 u_B に相当する。
- ② 免震時と非免震時の固有周期の比 ${}_1T_0/T_0$: 非免震時の固有周期(T_0)に対する免震時の1次固有周期(${}_1T_0$)の比とする。道路橋示方書¹⁾ではこの比を2程度以上とするように規定されている。
- ③ 免震支承の等価減衰定数 h_B : 道路橋示方書¹⁾に規定されている
算出式を、式(1)に示すような γ_2 ならびに μ_{D2} の関数として表した。
- ④ 免震効果 D_M : 免震効果を、免震化に伴う橋脚の損傷度の低減率
(式(2)参照)で評価する。式(2)中の μ_D は非免震時の橋脚の損傷度である。

$$h_B = \frac{2(1-\gamma_2)(0.7\mu_{D2}-1)}{0.7\pi\mu_{D2}(1-\gamma_2+0.7\gamma_2\mu_{D2})} \quad (1)$$

$$D_M = \frac{\mu_D - \mu_{D1}}{\mu_D} \times 100 [\%] \quad (2)$$

4. 各制約パラメータの等高線図 本研究では、免震橋の地震応答解析を行う際の構造特性に関する入力データとして、表-1に示すような値を用いた。以下に、3.で示した各制約パラメータの等高線図の作成手順を簡単に示す。①まず、タイプⅠ地震動を入力した時の免震橋脚の損傷度 μ_{D1} が、所定のレベル(例えば、1.0)になる場合の降伏震度 k ($=Q_y/W$, W :重量)をエネルギー応答解析の繰返しにより求めるとともに、その場合の各制約パラメータ値も算出する。②ついで、①と同じ降伏震度 k を有する免震橋モデルにタイプⅡ地震動を入力し、その時の各制約パラメータ値を算出する。③以上の手順を、表-1に示す降伏強度比 $\bar{Q}$ と非免震時の固有周期 T_0 を表中に示す範囲内で各々0.01刻みで変化させた場合(他のパラメータは一定)のすべての($T_0, \bar{Q}$)の組合せに対して行う。④ $\bar{Q}$ を縦軸、 T_0 を横軸にとり、タイプⅠならびにタイプⅡ地震動に対して各々図-2((a)_Ⅰ~(e)_Ⅰ)に示すような各制約パラメータの等高線図を作成した。表-2に図-2((a)_Ⅰ~(e)_Ⅰ)の地震動タイプならびに着目した制約パラメータを示す。なお、本研究ではタイプⅠ地震動に対する橋脚の損傷度 μ_{D1}

表-1 主な入力データ

構造特性パラメータ	値
質量比 α	2.0
初期剛性比 β	0.5
橋脚の弾塑性剛性比 γ_1	0.1
免震支承の弾塑性剛性比 γ_2	1/6.5 ³⁾
非免震時の固有周期 T_0 (s)	0.1~1.0
降伏強度比 $\bar{Q}$	0.1~1.0
減衰定数 h	0.02

表-2 図-2の説明

地震動	制約パラメータ	図記号
タイプⅠ	免震支承の損傷度 μ_{D2}	(b) _I
	免震時と非免震時の固有周期の比 ${}_1T_0/T_0$	(c) _I
	免震支承の等価減衰定数 h_B	(d) _I
	免震効果 D_M	(e) _I
タイプⅡ	橋脚の損傷度 μ_{D1}	(a) _Ⅱ
	免震支承の損傷度 μ_{D2}	(b) _Ⅱ
	免震時と非免震時の固有周期の比 ${}_1T_0/T_0$	(c) _Ⅱ
	免震支承の等価減衰定数 h_B	(d) _Ⅱ
	免震効果 D_M	(e) _Ⅱ

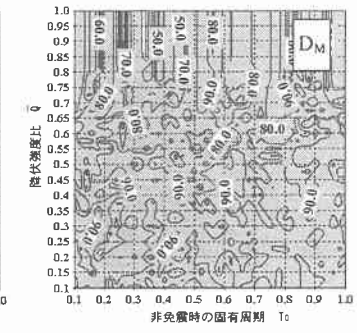
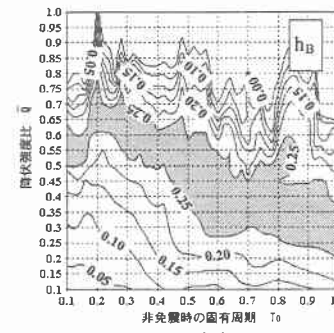
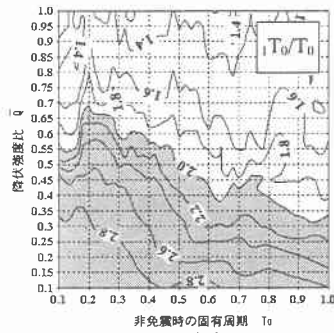
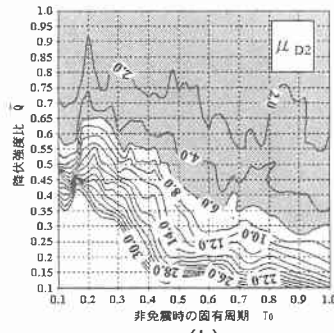
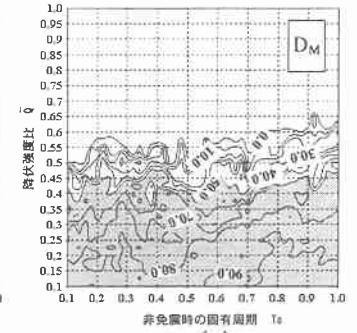
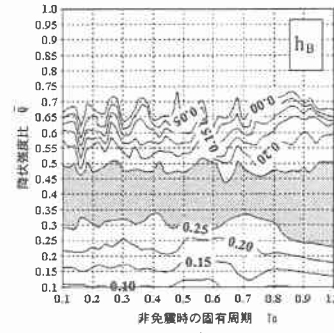
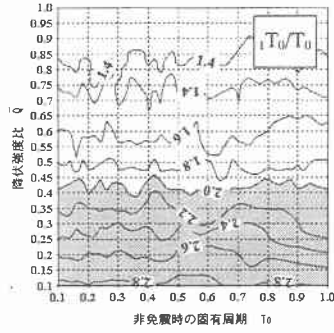
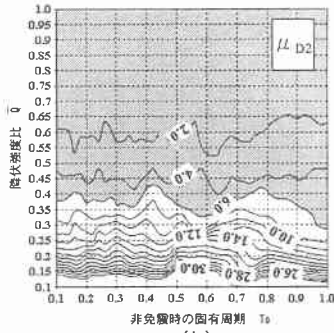
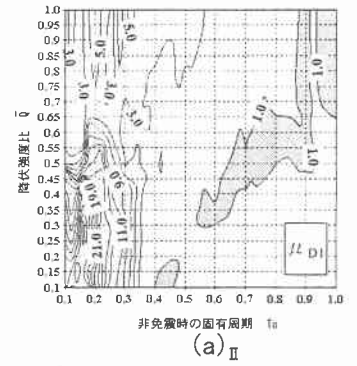


図-2((a)Ⅱ~(e)Ⅱ) 各制約パラメータの等高線図

をすべての $(T_0, \bar{Q})$ の組合せに対して1.0に制御しているため、その等高線図は省略した。

5. 降伏強度比 $(\bar{Q})$ と非免震時の固有周期 (T_0) の許容領域 図-2の各等高線図より、各制約パラメータの許容値に対応する $(T_0, \bar{Q})$ の許容領域をそれぞれ求め、それらを重ね合わせることで $(T_0, \bar{Q})$ の許容領域を決定する。一例として、各制約パラメータの許容値を図-3の表中に示すように設定した場合の $(T_0, \bar{Q})$ の各許容範囲はそれぞれ図-2の各等高線図の塗りつぶした部分である、それらを重ね合わせて得られる全ての制約条件を満足する構造特性値 $(T_0, \bar{Q})$ の領域は、図-3中の塗りつぶした部分であり、 T_0 は0.55~0.65秒付近、 $\bar{Q}$ は0.325~0.4付近の領域であることが分かる。

6. おわりに 橋脚の損傷度等の各制約パラメータの等高線図を重ね合わせることで、タイプⅠならびにタイプⅡの両地震動に対するそれぞれの制約条件を全て満たす構造特性値の許容領域を比較的容易に決定し得る手法を示した。なお、紙面の都合上、選定した $(T_0, \bar{Q})$ の許容領域から橋脚および免震支承の各種構造特性値を算出する方法については、発表会当日 OHP により紹介する予定である。

参考文献 1) 社団法人日本道路協会：道路橋示方書・同解説，V耐震設計編，丸善，1996年12月。2) 沢田勉，平尾潔：目標応答スペクトルに合致する模擬地震動の一作成法，第17回地震工学研究発表会講演概要，pp.49-52, 1983.7。3) 建設省土木研究所：道路橋の免震設計法マニュアル(案)，平成4年10月

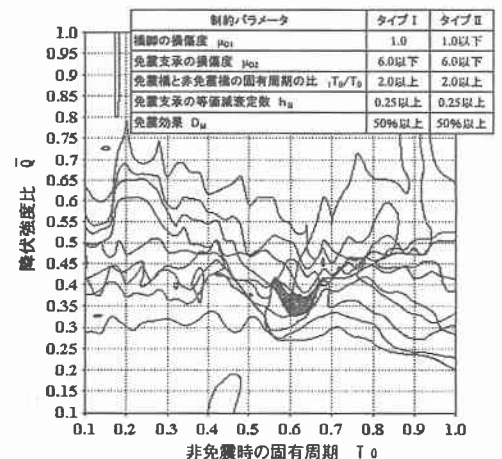


図-3 許容領域選定図