

I-27 免震橋における構造特性値の許容領域選定手法に関する基礎的研究

徳島大学大学院 学生員○数見真生 徳島大学大学院 正 員 成行義文
 徳島大学工学部 フェロー 平尾 潔 徳島大学大学院 学生員 近藤健一

1. はじめに

兵庫県南部地震を契機に、道路橋の免震装置を使用した耐震性の向上が期待されてきているが、大地震時における免震橋の挙動や免震の効果に及ぼす免震装置の構造特性値等の影響については十分に解明されているとは言えない。そこで本研究では免震橋において、免震支承として現在数多く使用されている鉛プラグ入り積層ゴム支承(LRB)を設置する場合に、橋脚の損傷度、免震支承の損傷度、免震時と非免震時の固有周期の比、免震支承の履歴吸収エネルギー分担率ならびに免震支承の残留変位に関する各制約条件を満たすための、LRB が有すべき構造特性値等の許容領域を作図により決定するための一手法について検討した。

2. 解析モデルと各種パラメータ

(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。非免震橋は、免震支承部分を剛体とすることで表現した。橋脚の復元力履歴モデルとしては、RC 橋脚を想定してQ-hystモデル(図-2)を、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(図-3)を用いた。

(2) 構造特性パラメータ 本研究では、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されたパラメータを導入した。

α : 質量比 ($=m_2/m_1$)

ξ : 降伏変位比 ($=x_{y2}/x_{y1}$)

γ_1 : 橋脚の弾塑性剛性比

γ_2 : 免震支承の弾塑性剛性比

$\bar{Q}$: 降伏強度比 ($=Q_{y2}/Q_{y1}$)

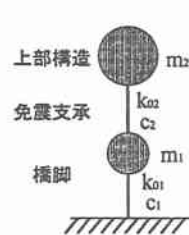


図-1 解析モデル

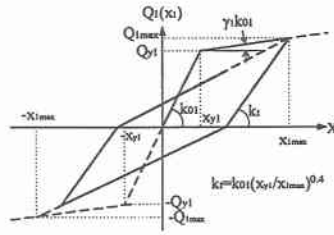


図-2 Q-hystモデル

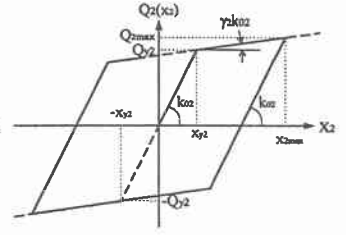


図-3 Bilinearモデル

3. 各制約条件

本研究は、以下の①～④の各応答値について許容値を設定し、それらの許容範囲を全て満足するような免震支承の構造特性値等の許容領域を決定するものである。

- 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じん性率で、式(1)のように各層の最大変位を各層の降伏変位で除した値で定義される。
$$\mu_{Di} = \frac{|x_i|_{\max}}{x_{yi}} \quad (1)$$
- ② 免震時と非免震時の固有周期の比 T_1/T_0 : 非免震時の固有周期に対する免震時の固有周期の比とする。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 免震支承の履歴吸収エネルギー分担率 $W_{H2}/(W_{H1}+W_{H2}) \times 100$ (%) : 橋脚と免震支承の系全体の履歴吸収エネルギーに対する免震支承の履歴吸収エネルギーの比とする。
- ④ 免震支承の残留変位 $u_{BR}/|x_2|_{\max} \times 100$ (%) : 道路橋示方書では、免震支承の残留変位 u_{BR} は設計変位 u_B の10%程度以下になることを目安とするのがよいとされており、本研究では免震支承の設計変位 u_B として免震支承の最大変位 $|x_2|_{\max}$ を用いた。

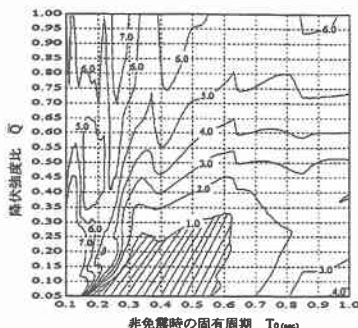
4. 等高線図を用いた構造特性値の選定例

本研究では表-1に示す解析パラメータのうち、降伏強度比 $\bar{Q}$ と非免震時の固有周期 T_0 を変数として、表中に示す範囲内で0.01刻みで変化させた場合(他のパラメータは一定)の地震応答解析を行い、3.で示した各応答値を求めた。そして、 $\bar{Q}$ を縦軸、 T_0 を横軸にとり、各応答値の許容値を満たす $\bar{Q}$ と T_0 の値の組み合わせをプロットすることにより、図-4(a)～(e))に示すような橋脚の損傷度、免震支承の損傷度、免震時と非免震時の固有周期の比、免震支承の履歴吸収エネルギー分担率ならびに免震支承の残留変位に対する等高線

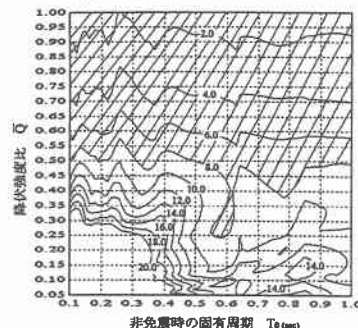
表-1 主な入力データ

パラメータ	値
非免震時の損傷度 μ_{D1}	6.0
質量比 α	2.0
弾塑性剛性比 γ_2	1/6.5 ²⁾
降伏変位比 ξ	0.5
非免震時の固有周期 T_0 (s)	0.1~1.0
降伏強度比 $\bar{Q}$	0.05~1.00
減衰定数 h	0.05

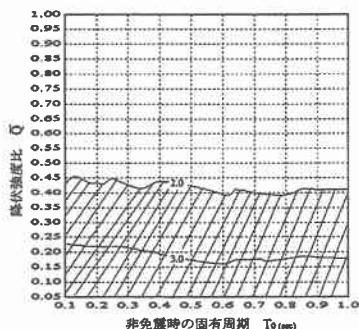
(a) 橋脚の損傷度



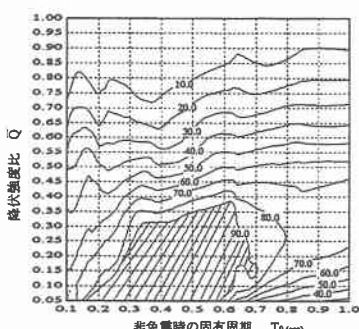
(b) 免震支承の損傷度



(c) 免震時と非免震時の固有周期の比



(d) 免震支承の履歴吸収エネルギー分担率(%)



(e) 免震支承の残留変位(%)

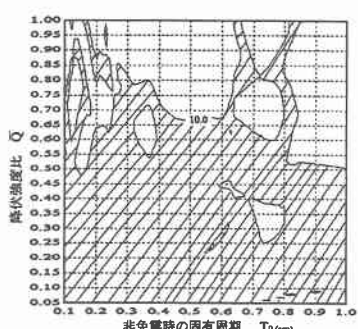


図-4((a)~(e)) 各応答値の等高線図

図を作成した。なお、図-4は入力地震動として兵庫県南部地震神戸海洋気象台記録(NS)を用いた場合の結果である。これらの図より、 $\bar{Q}$ と T_0 の変化が各応答値に及ぼす影響を見ることができる。

図-4(a)より、短周期域($0.1 < T_0 < 0.2$)では、 μ_{D1} は大きくなっていることが分かる。 $0.3 < T_0 < 0.6$ では、 $\bar{Q}$ の減少に伴い μ_{D1} は減少しており、 μ_{D1} は $\bar{Q}$ に依存していることが分かる。長周期域($0.7 < T_0$)では、 $\bar{Q}$ がある値まで減少すれば逆に μ_{D1} は増加する傾向にあることが分かる。

図-4(d)と図-4(a)を比較すると、 $0.3 < T_0$ では、免震支承で吸収する履歴エネルギーの割合が増加するにつれて μ_{D1} は減少していること、また両者は、ほぼ同様の分布形状をしていることから、免震支承の履歴吸収エネルギー分担率により、橋脚の損傷度のおおよその値を推測できると考えられる。しかし、短周期域($T_0 < 0.3$)ではそれらの分布形状は似ておらず、免震支承の有効性は低いと考えられる。

次に、図-4((a)~(e))を用いて構造特性値の許容領域を決定した。一例として、各応答値の許容値を図-5中に示すように設定した場合の許容範囲は図-4((a)~(e))の斜線部のようであり、それらを重ね合わせて得られる図-5中の塗りつぶした部分が全ての条件を満足する構造特性値($\bar{Q}, T_0$)の領域で、 T_0 は0.55~0.62秒付近、 $\bar{Q}$ は0.25~0.33付近の領域であることが分かる。

5. まとめ

限られた解析結果ではあるが、求めた各応答値の等高線図を重ね合わせることで、それぞれの許容条件を満たす構造特性値の領域を決定することができ、設計への利用の可能性も考えられる。

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) (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)1989年3月。3) 陳，高橋，家村：免震支承と橋脚の弾塑性挙動の相互作用に関する研究，土木学会第53回年次学術講演会概要集，I-B330, pp.660-661, 平成10年10月。

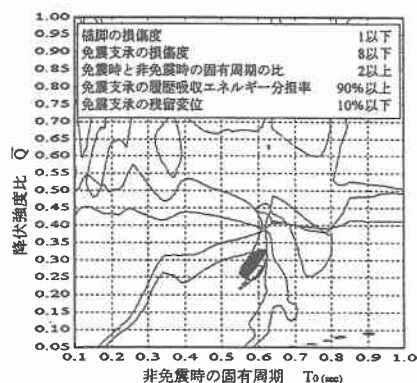


図-5 許容領域