

I - B 330

免震支承と橋脚の弾塑性挙動の相互作用に関する研究

前田建設工業(株) 正会員 陳 友真
 京都大学工学研究科 正会員 高橋良和
 京都大学工学研究科 フェロー 家村浩和

1. はじめに

近年、道路橋に免震構造を採用する例が急増している。道路橋の免震設計では、地震時に免震支承に変形を集中させることにより、橋脚に生じる損傷を防ぐことを基本としている。しかし、兵庫県南部地震クラスの大地震時には橋脚も塑性化することが予想され、免震支承と橋脚の非線形性を同時に考慮して設計することが必要であると思われる。そこで本研究では、免震支承および橋脚の非線形性の相互作用について明らかにし、また最適な免震支承の特性値の探査法について提案する。

2. 免震支承と橋脚の非線形性の相互作用

本研究では免震支承が橋脚の弾塑性挙動に及ぼす影響を明らかにするために、まず免震橋を図-1のように橋桁と橋脚の2質点を非線形せん断バネとダッシュポットでモデル化した免震支承及び橋脚とでつないだ2自由度系に設定する。免震支承及び橋脚の復元力特性としてはそれぞれバイリニア型、武田型を仮定した。武田型(橋脚)の特性値については阪神高速3号神戸線の高架橋を参考に図-2のように設定し、バイリニア型(免震支承)の特性値については図-3に示すように二つのケース(モデル1・モデル2)を設定した。両者の違いはモデル2の降伏力はモデル1の二倍であるという点のみで、その他の諸元は全く同じである。

この2種類のモデルに対してそれぞれ地震応答解析を行った。数値積分法としてはNewmarkの β 法($\beta=0.25$)を用い、入力地震波としては兵庫県南部地震における神戸海洋気象台記録を用いた。図-6に解析結果(橋脚の水平変位-復元力曲線)を示す。モデル1では橋脚はほとんど塑性化していないのに対して、モデル2ではかなり塑性化が進んでいる。このように免震支承の特性値の違いによって橋脚の塑性化の度合いは大きく違うことが分かる。この2例では降伏力の低いモデル1の方が橋脚の塑性化を抑えている。しかし、単純に免震支承の降伏力を下げれば下げるほど橋脚の塑性化を抑えられるのかどうかはこれだけでは判断できない。そこで、免震支承の特性値と橋脚の応答値との関係を一枚の図の形で表すことでその関係を明らかにすることを試みた。

3. 降伏震度-降伏力比図の算出と考察

前述の解析モデルにおいて免震支承の降伏力 P_{by} 、橋脚の降伏力 P_{py} の値を決定して地震応答解析を行い、最大応答塑性率や最大応答変位などの応答値を得、次に P_{by} または P_{py} の値を少し変えてまた地震応答解析を行い、それらの応答値を得るという手順を踏めば、 P_{by} 、

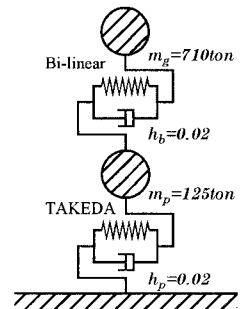


図-1: 解析モデル図

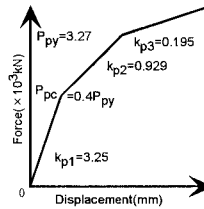


図-2: 武田モデル諸元

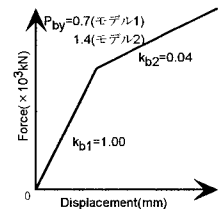


図-3: バイリニアモデル諸元

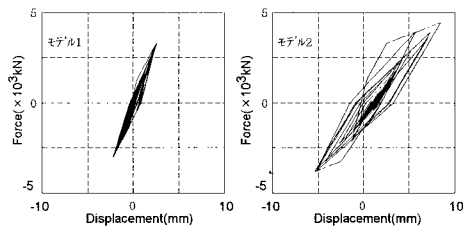


図-4: 橋脚の変位復元力履歴の比較

キーワード：免震支承・橋脚・弾塑性挙動の相互作用

連絡先：京都大学工学研究科 京都市左京区吉田本町 TEL 075-753-5088 FAX 075-753-5926

P_{py} の変化が免震橋の応答値に与える影響を見ることができると思われる。つまり、横軸に P_{py} 、縦軸に P_{by} をとり応答値をz軸にプロットしていけば免震支承および橋脚の降伏力がその応答値に及ぼす影響を表す図となる。ただ、より一般性を持たせるため、 P_{by} 、 P_{py} の代わりに以下で定義する降伏力比、橋脚の降伏震度を用いることにする。

$$\text{降伏力比 } q = \frac{P_{by}}{P_{py}} \qquad \text{橋脚の降伏震度 } s = \frac{P_{py}}{(m_g + m_p)g}$$

ここで g は重力加速度(9.8m/s^2)である。 q の値は実際の免震橋がとる範囲よりやや大きいと思われる $0.01 \sim 1.2$ の範囲について、 s の値は道路橋示方書における震度法による耐震設計で用いる設計水平震度の下限値が 0.1 であり、地震時保有水平耐力法に用いる設計水平震度の標準値の最大値が 2.0 であることから $0.1 \sim 2.0$ の範囲について考慮することとした。この q 、 s の範囲を50分割し、分割点ごとに地震応答計算を行い、得られた応答値をプロットしていくという手順で降伏震度－降伏力比図を作成する。

解析モデルについては P_{by} 、 P_{py} の値以外は前述のモデルと同じ値を用い、入力地震波としては地震時に橋脚の塑性化を許さないような中規模地震としてImperial Valley地震におけるEl Centro記録を、橋脚にある程度の塑性化を許す大規模地震として、前述の神戸海洋気象台の記録を用いることとした。また、求める応答値としては免震支承及び橋脚の塑性率、桁変位、エネルギー分担率、等価固有周期などを求めた。一例として神戸地震波を入力して算出した橋脚の応答塑性率の降伏震度－降伏力比図を図-5に示す。得られた降伏震度－降伏力比図を比較検討した結果、降伏力比は低い方がよいとは限らず、ある程度以上低くなると橋脚の桁変位も急増し、塑性化も進む場合があることが分かった。

4. 許容範囲の探索

この降伏震度－降伏力比図を用いて最適な降伏力比、降伏震度を求めることを試みた。橋脚に塑性化を許さない中規模地震としてEl Centro記録を、橋脚に塑性化を許す大規模地震として神戸海洋気象台の記録を用いてそれぞれ解析を行い、上述の応答値に対してそれぞれ降伏震度－降伏力比図を作成し、El Centro波による免震支承および橋脚の許容塑性率を1以下、神戸波による橋脚の許容塑性率を1～5、許容桁変位を20cm以下、橋脚の許容エネルギー分担率を30%以下等のように、(許容)条件を設定し、それらのスペクトル図を重ね合わせて重なる領域、すなわち条件をすべて満たす領域を許容領域として求めることができる。許容領域図の一例を図-6に示す。こうして許容領域が求まれば、あとはその領域内で最も経済的であるなどの条件から最適点を求めることもできる。

5. まとめ

免震支承の特性値の変化によって免震橋の弾塑性挙動は大きな影響を受けるが、免震支承及び橋脚の降伏力の関係をスペクトル図の形で表すことで見ることが有効であり、求めたいいくつかの異なる応答値のスペクトル図を重ね合わせることで降伏力比と降伏震度の許容領域を求めることができることを明らかにした。

<参考文献>

- 1) 庄司学・川島一彦・飯山かほり：橋梁の免震設計に用いる支承の降伏強度および等価固有周期の設定，第24回地震工学研究発表会公報論文集，pp. 293-296，1997. 7
- 2) 林亜紀夫・北川常夫・成田信之・前田研一：橋梁用免震装置の特性値探索手法，第9回日本地震工学シンポジウム，pp. 1789-1794，1994. 12

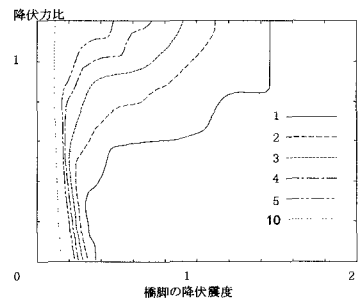


図-5:橋脚の応答塑性率

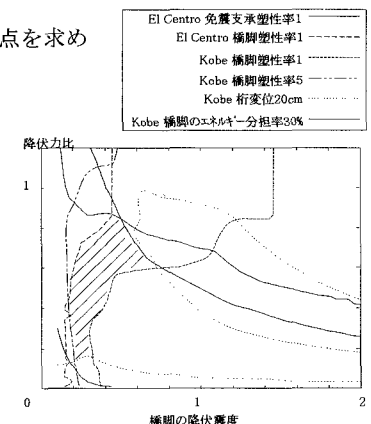


図-6:最適領域