

I - B328

免震効果を得るために必要な長周期化に関する研究

東京工業大学大学院 ○学生員 飯山かほり
 東京工業大学工学部 F 会員 川島一彦
 東京工業大学工学部 正会員 庄司 学

1. はじめに

阪神大震災を機に、道路橋において免震構造が普及し始めた。免震設計においては、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が目的である¹⁾。免震支承に変形を集中させるため、免震支承の剛性を下げ、橋の長周期化を図るが、どれだけ長周期化する必要があるかに関しては十分検討されていない。そこで、本研究では非線形時刻歴応答解析を行い、橋脚に生じる損傷度を橋脚の吸収エネルギーによって与え²⁾、免震橋の固有周期と橋脚及び免震支承の累積エネルギーの関係について考察する。

2. 解析対象とする免震橋とそのモデル化

図-1に、対象橋と解析モデルを示す。免震支承としては鉛プラグ入り積層ゴム支承を仮定し、桁～橋脚天端間に設置した。同一支承線上の免震支承数は5個であるが、後述する解析ではこの支承個数を単純に $n=1\sim 10$ の10種に変化させ、支承個数が5個の場合の免震支承の1次剛性および2次剛性を単純に $n/5$ 倍して n 個の場合の1次および2次剛性を求めた。ここで、 $r=n/5$ を支承剛性比と呼ぶ。免震支承および橋脚の材料非線形モデルとしては、図-2、図-3に示すようなバイリニア型および最大点指向バイリニア型(Takeda型)をそれぞれに用いた。ただし、基部から2.5mの範囲の塑性ヒンジ長にのみ橋脚の材料非線形を考慮した。橋脚および免震支承ともに履歴減衰のみを考慮した。

免震橋の固有周期を算出するためには、免震橋を1質点系振動モデルに置き換え、免震支承(等価剛性)、橋脚(等価剛性)および地盤ばねを考慮した合成剛性と、道示に従う地震時保有水平体力法に用いる等価重量をそれぞれ用いた³⁾。

3. 入力地震動

兵庫県南部地震による神戸海洋気象台記録(EW成分)およびJR西日本鷹取駅地震記録(EW成分)を入力地震動として用いた。解析において地震動強度の違いを検討するために、その1.5倍、2倍の地震動も用いた。後者については、加速度応答スペクトルのピークが2つあるため、応答スペクトル特性を振動数領域で調整した標準波形も用いることとした。以下、神戸地震動、神戸1.5倍地震動、神戸2倍地震動、鷹取地震動、標準波形をそれぞれ地震動A、B、C、D、Eと呼ぶことにする。地震動A、D、Eの加速度応答スペクトルを図-4に示す。

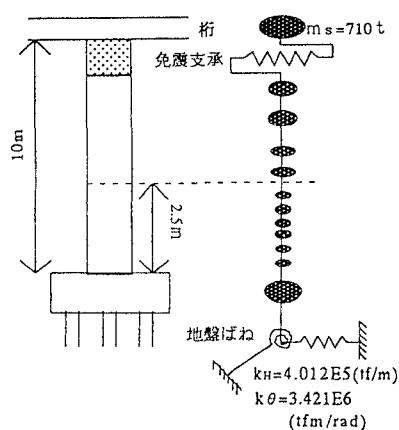


図-1 解析対象とする免震橋とそのモデル

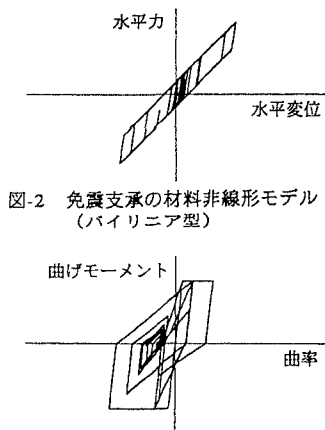


図-2 免震支承の材料非線形モデル(バイリニア型)

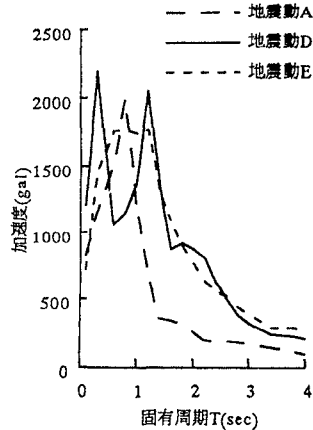


図-4 解析に用いた地震動の加速度応答スペクトル

免震設計、耐震設計、橋、エネルギー吸収

〒152 東京都目黒区大岡山 2-12-1 TEL 03-5734-2922 FAX 03-3729-0728

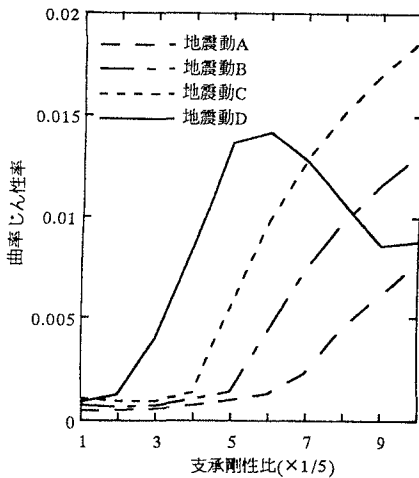


図-5 橋脚基部の曲率じん性率

4. 解析結果

図-5に、支承剛性比 r と橋脚基部の曲率じん性率の関係を示す。これより、地震動A、B、Cを入力した場合には、 r が大きくなるほど、橋脚の塑性化が進むが、これに対し、地震動Dを入力した場合には、最も橋脚の塑性化が進むのは $r=6/5$ のときである。

図-6に、固有周期 $T(\text{sec})$ と非免震橋に対する免震橋のエネルギー吸収の比 W_P^M / W_P^F の関係を示す。これより、地震動A、B、Cを入力した場合には、 $T \geq 1.5\text{sec}$ においては $W_P^M / W_P^F \approx 0$ であり、免震効果が大きいことがわかる。 $T < 1.5\text{sec}$ となると橋脚の塑性化が進み、 W_P^M / W_P^F が1に近づく。これに対し地震動Dを入力した場合には、 $T \approx 2\text{sec}$ からすでに橋脚の塑性化が始まり、 T が短くなるにつれて W_P^M / W_P^F は増加し、 $T \approx 1.4\text{sec}$ で最大値をとる。ただし、図-4に示したように、地震動Dの $T \approx 1.3\text{sec}$ における加速度応答スペクトルのピークを抑えた地震動Eを入力した場合には、地震動Dを入力した場合のような特性は認められない。したがって、免震橋は地震動Dと共振していたことがわかる。また、 $W_P^M / W_P^F \approx 0$ となるのが、地震動Aを入力した場合には $T \geq 1.5\text{sec}$ であるのに対して、地震動D・Eを入力した場合と比較して $T \geq 2\text{sec}$ と異なるのは、図-4からわかるように、地震動D・Eには地震動Aよりも $T \approx 2\text{sec}$ の成分がより多く含まれているためである。

道示においては「非免震橋に対する免震橋の固有周期 T/T_0 は2倍以上とする」と規定されていることから、図-6を、 T/T_0 によって表した結果を図-7に示す。これより、 $T/T_0 \geq 2$ であれば、地震動Dを除いては W_P^M / W_P^F は小さく、免震効果が大きいことがわかる。しかし、地震動Dを入力した場合は、 $T/T_0 \geq 2$ であっても免震効果は生じないことに注意しなければならない。

5. まとめ

道示に規定されているように、非免震橋に対する免震橋の固有周期 T/T_0 を2以上とすることは、神戸海洋気象台記録のような地震動に対しては安全側の結果を与えるが、JR 鷹取記録のような地震動に対しては共振し、免震効果が生じない。免震設計に際しては、地震動の固有振動特性や地盤特性等に十分注意することが重要である。

参考文献：1) 土木研究センター 道路橋の免震設計法マニュアル(案)、1993.12.

2) 秋山宏：建築物の耐震極限設計、東京大学出版会、1980.9.

3) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説V 耐震設計編、1996.12.

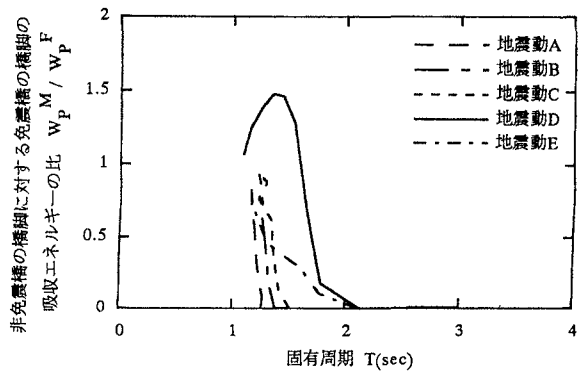


図-6 固有周期と橋脚累積エネルギー吸収の比の関係

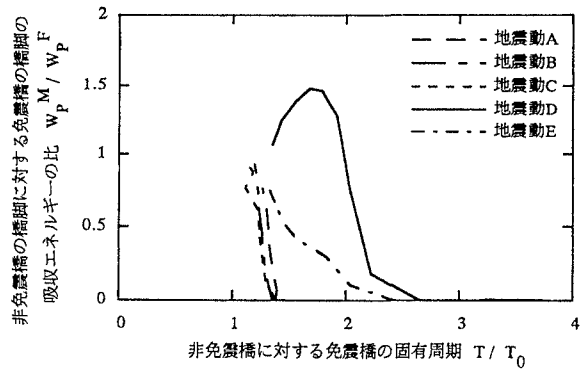


図-7 非免震橋に対する免震橋の固有周期の比と橋脚累積吸収エネルギーの比との関係