

栃木県 宇都宮土木事務所 正会員 谷 英夫  
同 上 齋藤 勇作  
大日本コンサルタント(株) 秋山 孝

1. はじめに

ゴム支承を用いた地震時水平力分散橋梁に対して、平成8年道路橋示方書V耐震設計編に規定される地震時保有水平耐力法（以下、保耐法と称する）を適用した場合、動的解析と比較して応答の算定精度が低く、支承や橋脚が過小に評価される場合があることが指摘されている<sup>1)</sup>。したがって、このような橋梁に対して現行の耐震設計では、保耐法による設計に加えて動的解析による照査を実施している。その結果、保耐法で設計された支承や橋脚断面と比較して、特に支承の形状が大きくなり工事費の増加に与える影響は大きい。

本文では、支承コストの低減を図る目的で、多径間連続地震時水平力分散橋梁に免震支承を採用し、免震支承が発揮する履歴減衰を支承の設計に反映した設計事例を報告する。

2. 解析条件と解析ケース

解析対象としたのは、ゴム支承で弾性支持された8径間連続PC中空床版橋であり、図-1のようにモデル化した。下部構造はRCラーメン橋脚で、景観性等から決定された柱の断面形状は3.0m×3.0mである。なお、地盤種別はI種地盤で、直接基礎を有する。

解析ケースはゴム支承のモデル化の違いに着目し、表-1に示す3ケースを対象としている。ケース①と②は免震支承で、ケース③は分散支承である。図-2に示すように、免震支承のうち、ケース①は免震支承の等価剛性のみを考慮した弾性バネで、履歴減衰を考慮しないモデルである。ケース②は免震支承を弾塑性バイリニア型とし、非線形領域では自動的に履歴減衰が考慮されるモデルである。また、橋脚は柱基部に完全弾塑性型の曲げモーメント-回転角の履歴特性を有する塑性回転バネを設ける。解析は、「道路橋の耐震設計に関する資料<sup>2)</sup>」に示されるI種地盤用のタイプIおよびタイプII地震動を入力して、非線形時刻歴応答解析を実施し、支承や橋脚の最大応答に着目して比較する。

表-1 解析ケース

解析ケース	免震支承		分散支承
	ケース①	ケース②	ケース③
支承モデル	弾性バネ (等価剛性)	弾塑性バネ (バイリニア型)	弾性バネ
減衰定数	2%	履歴減衰	2%

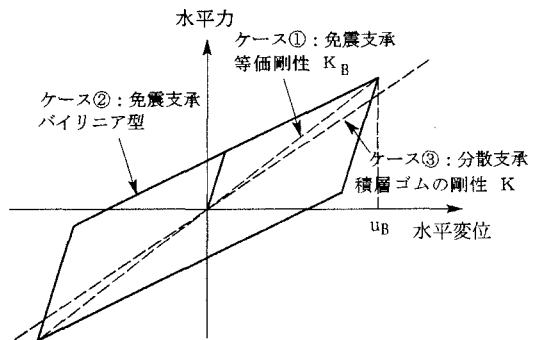


図-2 支承の解析モデル

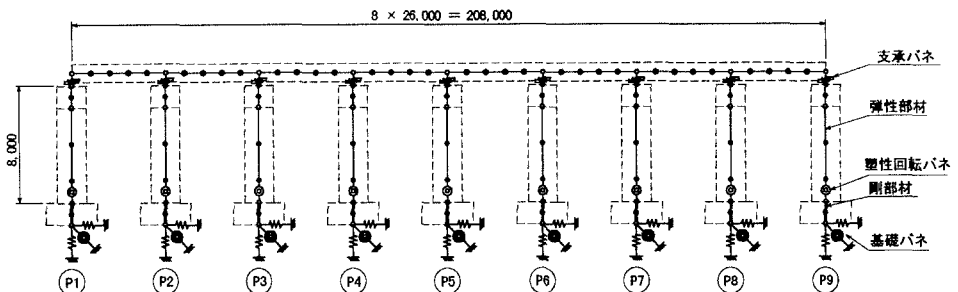


図-1 対象橋梁の解析モデル

キーワード：地震時水平力分散橋梁、免震支承、大規模地震、変位低減効果、耐震設計  
連絡先：〒321-0974 宇都宮市竹林1030-2 TEL 028-626-3175, FAX 028-626-3136

### 3. 解析結果

表-2に、タイプII地震動に対する支承と橋脚天端の最大応答結果を示す。

この結果、まず、ケース①とケース③の比較では、ケース①の免震支承の最大変位はケース③の90%程度となる。これは、図-3に示すように、免震支承の履歴減衰を考慮せず、等価剛性のみを考慮する場合、大規模地震時のせん断ひずみレベルでは、免震支承の等価剛性と分散ゴム支承のせん断剛性が近くなり、大規模地震時の応答変位の低減効果が小さいことによるものである。したがって、免震支承の履歴減衰を考慮しなければ、分散設計の場合と同様の支承規模となる。橋脚天端の変位については、ケース①の方がケース③よりも22%程度大きくなる。これは、ケース①の免震支承の等価剛性がケース③の分散支承よりもわずかに大きくなり、橋脚に分担される水平力が大きくなることによるものである。

次に、ケース①とケース②の比較では、ケース②の支承の最大変位は17.7cmとなり、ケース①と比較して60%程度に低減される。これは、図-4に示すように、免震支承の履歴減衰を考慮することによって、免震支承でエネルギー吸収が行われたためである。また、同様に橋脚天端の最大変位も70%程度に低減される。このとき、橋脚は降伏せず弾性応答内の挙動となっていることから、橋脚に主たる塑性化が生成されずに支承に変形が集中し、免震支承の履歴減衰が十分発揮される結果となる。これは、解析条件で述べたように、本橋の橋脚形状は景観性を重視して決定されていることから、通常の耐震設計を行った場合の橋脚断面と比べて耐力が大きいためである。

### 4. まとめ

以上の結果をまとめると以下のとおりである。

- (1) 免震支承の履歴減衰を考慮せず、等価剛性のみを考慮する場合、大規模地震時の応答変位の低減効果は期待できない。
- (2) 実際に免震支承が保有する減衰性能を考慮することによって、免震支承の水平変位を低減でき、分散設計の場合と比べて支承の大きさを65%程度に小さくすることができる。
- (3) 本橋梁は免震設計を行っていないものの地盤条件が良好であり、景観性を考慮して一般的に耐震設計された橋脚よりも大きな断面を有していることから、結果として免震設計を行う場合と同レベルの耐震性の高い橋梁となっている。

### 参考文献

- 1) 建設省土木研究所：ゴム支承を用いた地震時水平力分散構造を有する道路橋の非線形地震応答の簡易推定法，1999.3
- 2) 日本道路協会：道路橋の耐震設計に関する資料，1997.3

表-2 最大応答変位（タイプII地震動）

	免震支承		分散支承
	ケース①	ケース②	ケース③
支承変位	0.301	0.177	0.331
橋脚天端変位	0.054	0.037	0.044

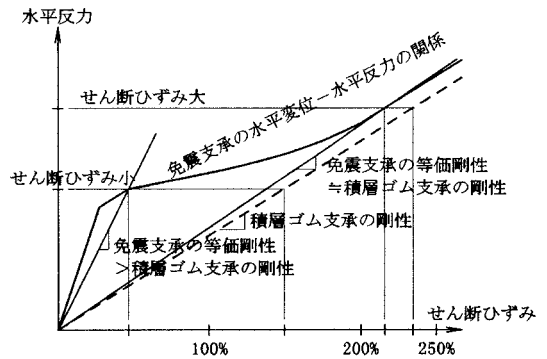


図-3 免震支承のせん断ひずみと等価剛性の関係

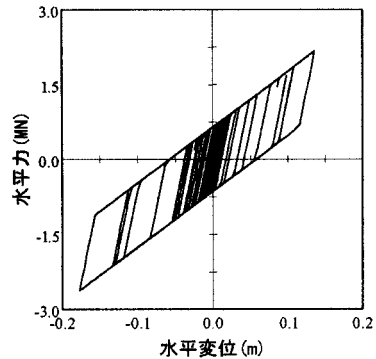


図-4 免震支承の応答履歴（ケース②）  
（タイプII地震動）