

桁間の衝突を考慮した連続免震高架橋の地震応答特性

関西大学大学院 学生員○岡崎 真 (株) 栗本鐵工所 正会員 津田久嗣
 関西大学工学部 正会員 堂垣正博

1. まえがき 兵庫県南部地震では、鋼製支承を有する高架橋は、橋脚の損傷だけにとどまらず、損傷した支承が橋桁や伸縮装置を壊す事例が多く見受けられた。このような状況を反省し、地震後にできるだけ早くライフラインなどが機能するようにするため、既設高架橋では、鋼製支承から免震支承への取り替えや落橋防止システムの設置などの耐震補強工事が実施されている。しかし、既設高架橋の支承を取り替えた場合、支承の設置空間に限度があり、支承が十分に機能しない場合が生じる。また、桁の掛け違い部分や橋台部分での桁遊間の設計に地震の影響が考慮されておらず、上部工の地震時応答変位によっては隣接する桁同士あるいは橋桁と橋台との間に衝突の生じることが考えられる。したがって、既設高架橋に免震支承を適用する場合には、隣接する桁同士の衝突などを考慮した橋梁システム全体の挙動を明らかにしておくことが極めて重要である。本研究では、鋼製橋脚で支えられた既設高架橋に免震支承を適用した場合、免震支承の設計変位や免震特性が連続免震高架橋の地震応答特性に及ぼす影響を検討する。

2. 解析モデルと入力地震動 解析対象は、図-1 に示すような 3 径間連続橋と単純桁橋 2 連からなる既設高架橋で、3 径間連続橋の鋼製支承を免震支承に取り替えた場合とする。なお、説明の便宜上、左側の橋脚から順に $P_1, \dots, P_6$ と名づけた。上部工は、5 主桁からなる連続非合成鋼 I 桁橋で、RC 床版の断面積と断面 2 次モーメントは鋼と等価な断面に換算した¹⁾。支承は、水平方向と鉛直方向のバネでモデル化し、免震支承は鉛プラグ入り積層ゴム支承として設計した²⁾。6 本の鋼製橋脚はすべて 10m の高さで、その断面はフランジの幅と厚さが b_f, t_f 、腹板の幅と厚さが b_w, t_w の正方形 ($b_f/b_w=1$) からなる。フランジと腹板の幅厚比 $b_f/t_f=b_w/t_w$ は P_3 橋脚では 60、その他では 80 である。また、鋼製橋脚の鋼種を SM490Y とし、その応力-ひずみ関係はひずみ硬化を考慮した bi-linear 型とした。なお、鋼製橋脚は一般に補剛断面からなるが、ここではそれを等価な無補剛断面にモデル化した³⁾。基礎-地盤系は、基礎を 1 質点の剛体とし、地盤の影響を水平・鉛直・回転の 3 自由度からなるバネでモデル化した。桁間では、圧縮の作用の場合に上部工の衝突を、引張の作用の場合に落橋防止装置³⁾の作動を考慮した。なお、入力地震波には、兵庫県南部地震の際、III 種地盤上で観測された地震加速度波形を用いる。

3. 解析手法 免震高架橋の地震時応答解析を有限要素法で行う。この場合、橋脚は弾塑性有限変位理論に、橋桁は弾性微小変位理論に従うものとした。構造系の運動方程式を Newmark の β 法で多元連立の非線形代数方程式に変換し、それを混合法で解いて高架橋の地震時応答を求める。なお、桁間の衝突は完全非弾性衝突とし、力積の概念を参考に、隣接する上部工の相対速度から衝突荷重を求めた。

4. 数値解析結果とその考察

a) 桁間衝突が高架橋の地震応答に及ぼす影響 桁間の衝突が高架橋の地震応答に及ぼす影響を明らかにするため、設計変位が 35cm の免震支承で支えられた高架橋を解析した。衝突を考慮しない場合 (Case 1) と

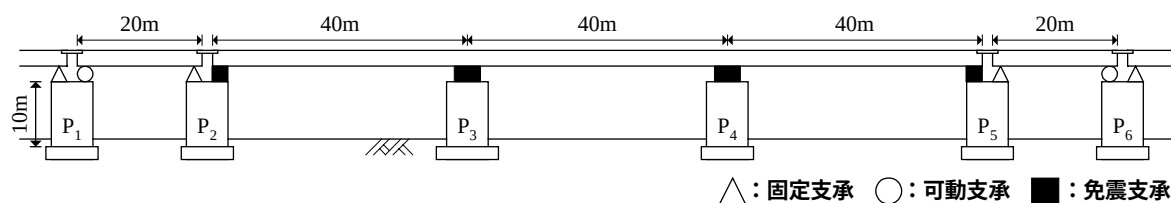


図-1 連続高架橋のモデル

Keywords: 既設連続高架橋, 鋼製橋脚, 免震支承, 地震応答, 有限要素法

連絡先: 〒564-8680 大阪府吹田市山手町 3-3-35 TEL/FAX: 06-6368-0882

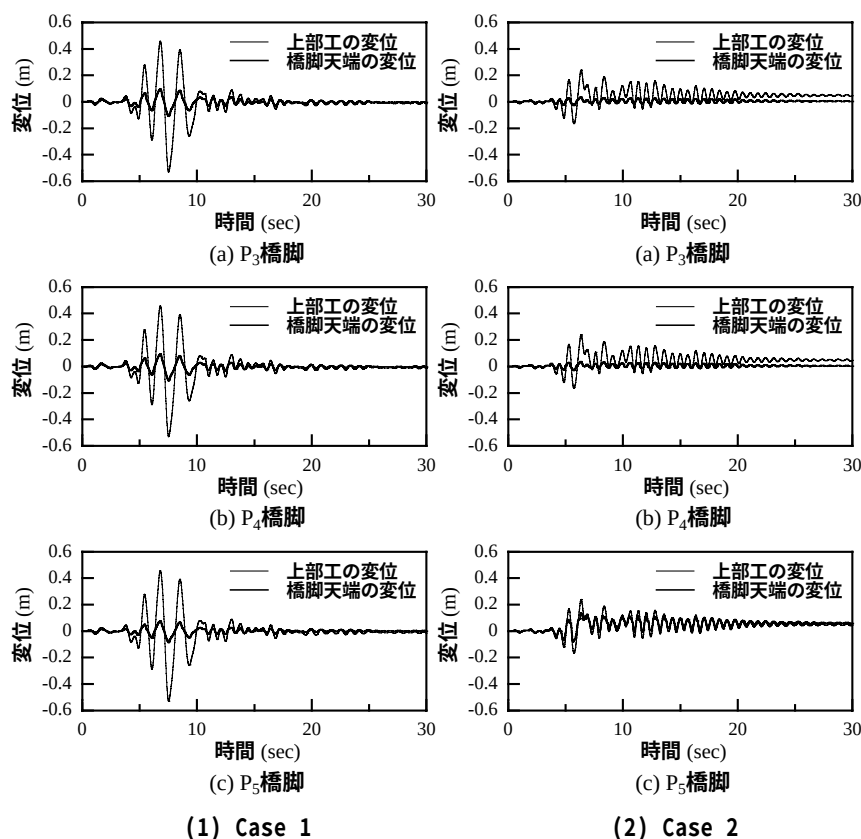


図-2 変位応答曲線

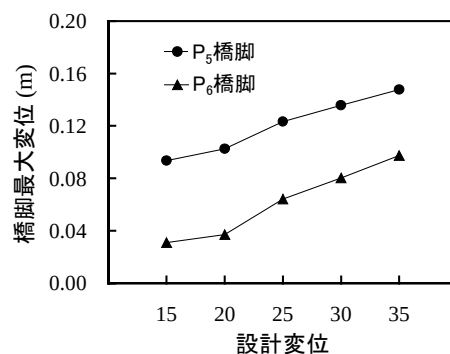


図-3 各設計変位に対する橋脚天端の最大変位図

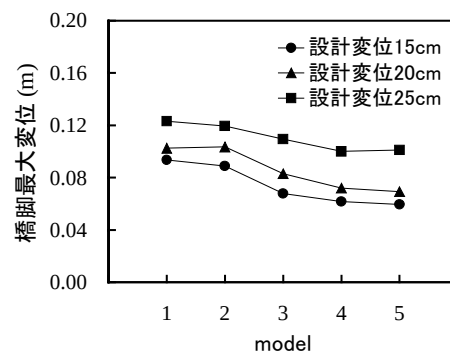


図-4 各免震特性に対する橋脚天端の最大変位図

考慮した場合（Case 2）の橋脚天端と上部工の変位応答を図示すれば、図-2を得る。図から明らかなように、衝突を考慮した場合（Case 2）、上部工の応答変位は桁間の衝突によって抑えられている。しかし、桁の掛け違い部を有する P₅ 橋脚では、橋脚天端の応答変位は上部工の衝突によって増大したため、橋脚は著しく塑性化し、残留変位を生じた。

b) 支承の設計変位と地震応答との関係 免震支承の設計変位が高架橋の地震応答に及ぼす影響を調べた。設計変位を上述 a) の免震支承から 5cm 単位で減少させた 5 種類の支承をさらに考え、それらで支持された高架橋の動的解析を行った。支承の設計変位が異なる高架橋に対する最大応答変位を図示すれば、図-3を得る。図から明らかなように、いずれの場合も P₅ 橋脚は P₆ 橋脚よりも大きく変位する。また、支承の設計変位が減少すれば、両橋脚の最大変位は減少する。

c) 支承の免震特性と地震応答との関係 支承の免震特性が高架橋の地震応答に及ぼす影響を明らかにするため、設計変位が 15cm, 20cm, 25cm の 3 種類の免震支承に対して、剛性と降伏荷重が異なる支承を 5 種類仮定した。ここに、支承の特性が異なる 5 種類の高架橋を、支承の剛性の小さい順に model 1～model 5 と称する。各 model の最大応答変位を図示すれば、図-4を得る。図から明らかなように、いずれの設計変位の場合も、支承の剛性が小さく、降伏荷重が大きい高架橋の順に橋脚の最大応答変位は増大する。また、設計変位の相異によって曲線の傾きが異なり、設計変位が小さい高架橋ほど桁間衝突の影響は大きい。

5. あとがき 鋼製橋脚で支えられた既設高架橋に免震支承を適用する場合、桁間の衝突を考慮すれば、桁掛け違い部を有する橋脚に地震力が集中し大きく変位する。免震支承の設計変位が異なる高架橋の地震応答を比べた場合、設計変位が小さい支承で支えられた高架橋の順に橋脚の最大応答変位は減少する。免震支承の設計変位が等しい場合、可能な限り支承の剛性を大きく、降伏荷重を小さくすれば、桁間衝突の影響を緩和することができる。

参考文献 1) 日本道路協会編：道路橋の耐震設計に関する資料，丸善，1997-3. 2) 建設省土木研究所：道路橋の免震設計法マニュアル(案)，1992-10. 3) 日本道路協会編：道路橋示方書 V 耐震設計編，丸善，1996-12.