

I - B 224

耐震補強された既設連続高架橋の地震応答特性

関西大学大学院 学生員 平 幸蔵 (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 (株)ニチゾウテック 正会員 金子豊明

1. まえがき

兵庫県南部地震以降、既設高架橋の耐震性向上のために、反力の分散化、支承の免震化、桁の連続化などが精力的に図られている。しかし、新設橋と異なって、さまざまな制約を伴うため、検討すべき課題が多い。それゆえ、既設高架橋の耐震性を向上するための技術の確立が急務である¹⁾。

ここでは、鋼製橋脚で支えられる多径間連続高架橋を対象に、その鋼製支承を水平反力分散支承や免震支承に取り替えた場合、その地震応答を有限要素法による時刻歴応答解析で明らかにし、その耐震補強の効果を検討する。

2. 解析対象

図-1 に示すような多径間連続高架橋を解析する。ここでは40m の等スパンからなる3 径間連続高架橋を対象とする。説明の都合上、左端側の橋脚から $P_1 \sim P_4$ と番号をつける。橋脚は高さが10m、幅が2m、 P_2 橋脚の幅厚比が60、 P_1, P_3 および P_4 橋脚の幅厚比が80 からなる正方形の箱形断面とし、SM490Y の鋼材の応力-ひずみ関係にはひずみ硬化(1%)を考慮した bi-linear 型を仮定する。また、橋桁は連続非合成 I 桁とする。

水平反力分散支承および免震支承はいずれも橋軸および鉛直方向のばねでモデル化し、十分に剛な鉛直剛性と図-2 に示す水平剛性を仮定した。支承の諸量は表-1 のとおりである。基礎は1 質点の剛体とし、地盤の影響を橋軸、鉛直および回転に対し、剛な線形ばねで評価する。

3. 解析手法

橋脚と橋桁を有限個のはり一柱要素に離散化し、ハミルトンの原理に従って増分型の運動方程式を誘導した。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。また、支承と基礎-地盤系の運動方程式を復元力と外力の直接的なつり合いから誘導した。個々の有限要素の運動方程式を合成し、構造系全体の運動方程式を求めた。それにNewmarkの β 法を適用して多元連立の非線形代数方程式に変換しNewton-Raphson 法で解いた。なお、入力地震波には、兵庫県南部地震において、JR西日本鷹取駅構内の地盤上で観測されたNS成分の地震加速度波形を用いた。

4. 数値解析結果とその考察

4.1 高架橋の変位応答

P_3 橋脚上の支承部に注目し、その上下面での変位応答、すなわち、 P_3 橋脚上端(太線)とその上柵位置(細線)の変位応答を求めれば、図-3 を得る。

水平反力分散支承で支持された高架橋の場合(図-3 (a) 参照)、橋脚の運動は橋桁のそれに大いに左右される。

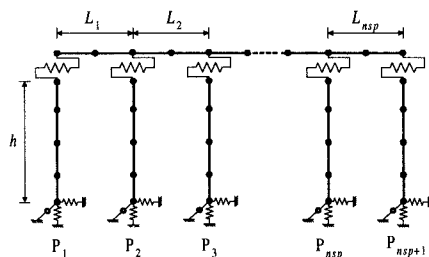


図-1 多径間連続高架橋の骨組モデル

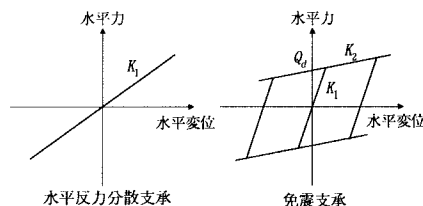


図-2 支承の履歴特性

表-1 支承のパラメータ

水平反力分散支承			
P_1, P_3, P_4 橋脚上		P_2 橋脚上	
K_1 (MN/m)	49.0	K_1 (MN/m)	54.9
免震支承			
P_1, P_3, P_4 橋脚上		P_2 橋脚上	
K_1 (MN/m)	17.6	K_1 (MN/m)	20.6
K_1/K_2	6.5	K_1/K_2	6.5
Q_d (kN)	298	Q_d (kN)	349

キーワード：多径間連続高架橋、免震、地震応答解析、有限要素法

連絡先 〒564-8680 吹田市山手町 3-3-35 TEL&FAX(06)-6368-0882

この場合、橋脚は桁の橋軸方向の移動に引っ張られ、かなり水平変位している。また、変位が残留することもわかる。

免震支承で支持された高架橋の場合（図-3（b）参照）、橋桁はかなり移動するにも関わらず、橋脚は極めて少ない目の変位に抑えられていることがわかる。

4.2 橋脚基部での曲げモーメント-曲率の関係

P_2 橋脚基部での曲げモーメント-曲率の関係を求めれば、図-4 のようになる。

水平反力分散支承で支持された高架橋の場合（図-4（a）参照）、 P_2 橋脚はかなり塑性化していることがわかる。この場合、橋桁の慣性力を4本の橋脚が分散して支持しているものの、十分な耐震補強の効果が現れていない。

免震支承で支持された高架橋の場合（図-4（b）参照）、 P_2 橋脚は弾性挙動している。これは橋脚に作用する地震力を免震支承がうまく吸収したため、耐震補強の効果が十分に現れている。

以上の結果から明らかなように、免震支承を適用すれば、橋脚に作用する地震力をかなり低減できるが、その一方、橋桁の変形が顕著になる。そこで、 K_1 の値を3倍にし、 P_3 橋脚上の支承の上下での変位応答と P_2 橋脚基部での曲げモーメント-曲率の関係を求めれば、図-3（c）および図-4（c）のようになる。図から明らかなように、支承の剛性を高めることで橋桁の移動を抑えることができるものの、その一方で橋脚の基部が塑性化するようになる。

5. あとがき

鋼製橋脚で支えられた多径間連続高架橋において、その鋼製支承を水平反力分散支承あるいは免震支承に取り替えた場合に、高架橋の地震応答がどのように変化するかを解析的に明らかにし、耐震補強の効果を検討した。

水平反力分散支承で支持される高架橋において、橋脚基部がかなり塑性化する場合でも、免震支承の採用によって橋脚の挙動が弾性域に留められ、耐震補強の効果があることがわかった。ただし、橋桁がかなり変形するため、隣接の桁との衝突が問題となる。このような場合、支承の剛性を高めて橋桁の変位を抑えることは可能であるが、その反面、橋脚の基部が塑性化するようになるおそれがある。それゆえ、既設橋へ免震支承を適用するには、慎重な判断が必要である。今後、橋脚の挙動を弾性域に留めたほうがよいのか、あるいはある程度塑性化を許容し橋桁の変位を抑えたほうがよいのかなどを詳細に検討し、より経済的で優れた耐震補強のあり方を研究したい。

参考文献

- 1) 長嶋文雄・田中 努・大丸 隆・小林義明：鋼製橋脚を有する既設橋の免震化による耐震効果，構造工学論文集，土木学会，Vol.44A，pp.725-732，1998-3。

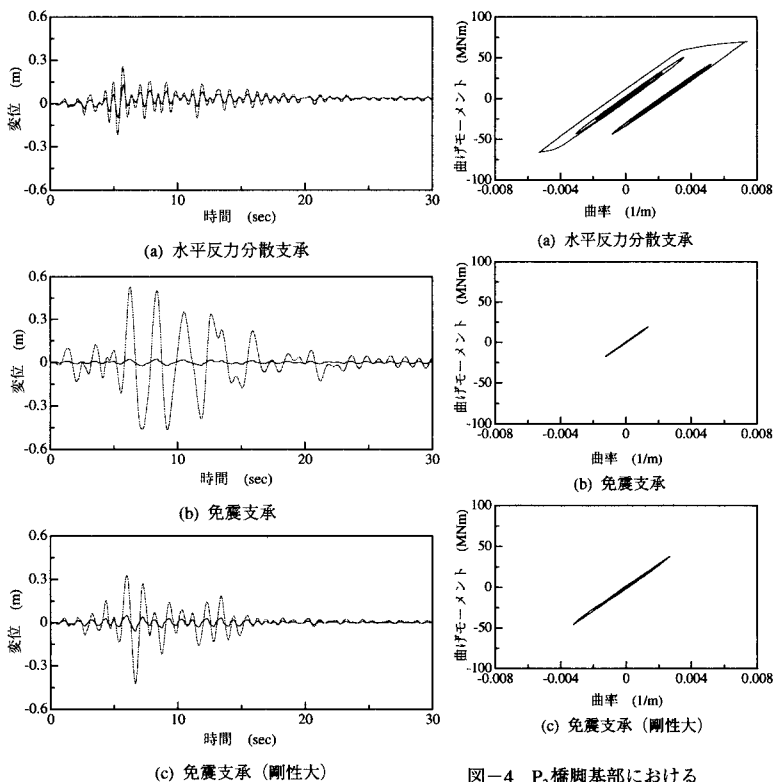


図-3 P_3 橋脚上における支承上下の変位応答

図-4 P_2 橋脚基部における曲げモーメント-曲率の関係