

(株)ニチゾウテック 正会員 ○金子豊明 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

1. まえがき

都市部の高速道路などを形成する高架橋は、軟弱な沖積層に建設されたものが多いため、軽量の鋼製橋脚が用いられる。兵庫県南部地震以降、そのような既設橋の耐震性能を向上させるため、免震支承がしばしば適用される。しかし、保有水平耐力照査が必要な地震規模の場合、橋桁が相当に変位するため、免震支承の適用にあたっては、慎重な判断を要する。そのため、既設の高架橋に対する耐震設計法の確立が急務である。

本研究では、鋼製橋脚で支えられる多径間連続高架橋を対象に、鋼製支承で支持された既設橋の地震応答と水平反力分散支承および免震支承で耐震補強されたそれとの比較を行い、水平反力分散支承および免震支承による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の骨組モデルを解析する。鋼製橋脚は無補剛の箱形断面で、その応力-ひずみ関係にひずみ硬化を考慮した bi-linear 型を仮定する。また、橋桁は連続非合成 I 桁を想定する。

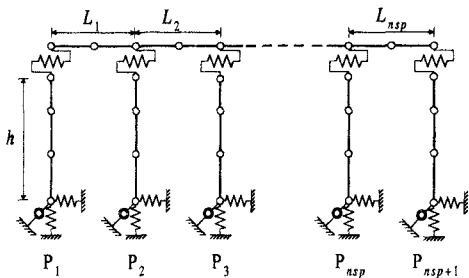


図-1 多径間連続高架橋の骨組モデル

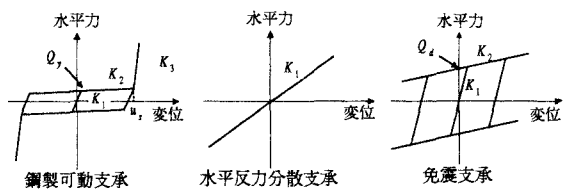


図-2 支承の履歴モデル

鋼製支承、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 のに示す水平剛性を仮定したり。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、Hamilton の原理に従って、増分型の運動方程式を定式化した。その際、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、基礎-地盤系および支承の運動方程式を d'Alembert の原理に従って誘導した。誘導した個々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  $\beta$ 法を適用して多元連立の非線形代数方程式に変換し、それを Newton-Raphson 法で解き、多径間連続高架橋の地震応答を求める。

4. 数値解析結果とその考察

さまざまな多径間連続高架橋が考えられるが、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。ただし、鋼製支承で支持される場合には、 $P_2$  橋脚上の支点を固定とした。橋脚の高さを 10m、幅を 2m、 $P_2$  橋脚の幅厚比を 60、 $P_1, P_3$  および  $P_4$  橋脚の幅厚比を 80 とし、断面を正方形とした。また、SM490Y の鋼材のひずみ硬化率を 1% とした。支承の諸量は表-1 のとおりである。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。

4.1 支承部の変位応答

$P_1$  橋脚上の支承上下の変位応答、すなわち、 $P_1$  橋脚頂部(太線)と橋桁端部(細線)の変位応答を求めれば、図-3 のようになる。

鋼製支承で支持された場合、変位制限装置に達するまでは、橋脚は橋桁にほとんど左右されず運動するが、橋桁の変位が大きくなると、橋脚は橋桁に引っ張られ、

同程度の運動を呈する。

水平反力分散支承で支持された場合、鋼製支承で支持される場合に比べて、橋桁と橋脚が柔に結合されるため、橋桁の変位

が大きくなる。さらに、橋脚は橋桁の運動に大きく影響され、引っ張られる形で変位量も大きくなっている。

免震支承で支持された場合、水平反力分散支承で支持された場合と同様、橋桁の変位は大きくなるが、橋脚の変位は小さく抑えられている。

#### 4.2 橋脚基部での曲げモーメントー曲率の関係

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

鋼製支承で支持された場合、 $P_2$  橋脚は大いに塑性化している。固定支承となる  $P_2$  橋脚は、可動支承が変位制限装置に達するまでの間、橋桁の慣性力をすべて負担するため、大きな履歴ループになったと思われる。

水平反力分散支承で支持された場合も、 $P_2$  橋脚はかなり塑性化している。そのため、モデル化した多径間連続高架橋は、水平反力分散支承の適用によっても耐震補強の効果をあまり見込むことができない。

免震支承で支持された場合、 $P_2$  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吸収するため、耐震補強の効果が確認できる。

#### 5. あとがき

鋼製橋脚で支えられる多径間連続高架橋の地震応答を解析的に明らかにし、鋼製支承、水平反力分散支承、および、免震支承で支持された場合の応答を比較し、既設橋に対する耐震補強の効果を検討した。鋼製支承

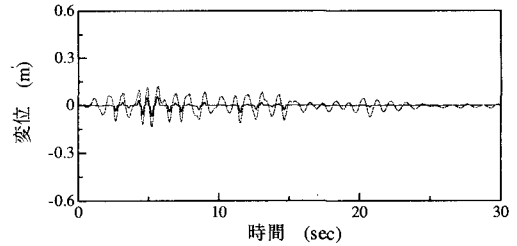
表-1 支承のパラメータ  
単位: m, N

鋼製可動支承			
$K_1$	49000000	$u_s$	0.06
$K_2$	9800	$Q_d$	55130
$K_3$	588000000		
水平反力分散支承			
$P_1, P_3, P_4$ 橋脚上		$P_2$ 橋脚上	
$K_1$	19600000	$K_1$	24500000
免震支承			
$P_1, P_3, P_4$ 橋脚上		$P_2$ 橋脚上	
$K_1$	17600000	$K_1$	20600000
$K_2$	2710000	$K_2$	3170000
$Q_d$	298000	$Q_d$	349000

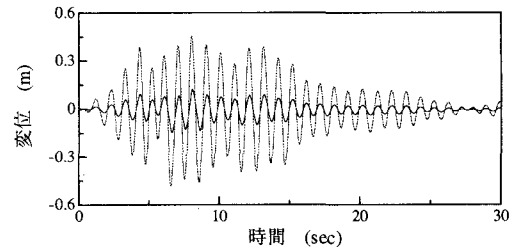
や水平反力分散支承で支持される場合、橋脚に大きな塑性化が生じるが、免震支承の採用によって橋脚の挙動を弾性域に留めることができ、耐震補強の効果が十分に期待できる。

#### 参考文献

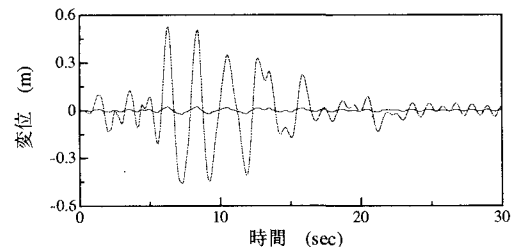
- 1) 椋平・林川・中島・大嶽：支承部の違いによる高架橋の大地震時非線形挙動，土木学会第 52 回年次学術講演会講演概要集，pp.230-231，1997-9.



(a) 鋼製支承

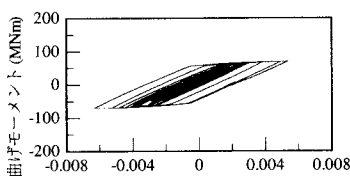


(b) 水平反力分散支承

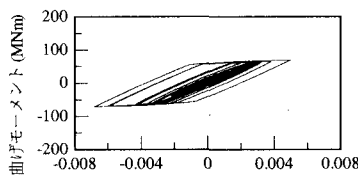


(c) 免震支承

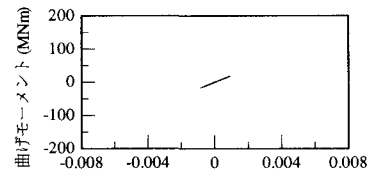
図-3  $P_1$  橋脚上における支承上下の変位応答



(a) 鋼製支承



(b) 水平反力分散支承



(c) 免震支承

図-4  $P_2$  橋脚基部における曲げモーメントー曲率の関係