

免震化された鋼製橋脚で支えられる既設連続高架橋の地震応答特性

(株)総合技術コンサルタント 正会員 平 幸蔵 (株)栗本鐵工所 正会員 津田久嗣
 関西大学大学院 学生員 岡崎 真 関西大学工学部 正会員 堂垣正博

1. まえがき

わが国では、都市域の高規格道路は比較的軟弱な地盤上に建設されている。これを構成する高架橋には鋼製の橋脚で支えられたものが多い。兵庫県南部地震後、既設高架橋の耐震性を向上させる方策として、鋼製支承を水平反力分散支承や免震支承に取り替えることが積極的になされている。しかし、鋼製橋脚で支えられた高架橋への適用は、これまでのところ、比較的少ない。都市機能の壊滅的なマヒを引き起こさないためにも、鋼製橋脚で支えられた既設高架橋の鋼製支承を水平反力分散支承や免震支承に取り替えることは重要であると思われる。本研究では、鋼製橋脚で支えられた既設連続高架橋を対象に、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、それが地震応答に及ぼす影響を解析的に明らかにし、耐震補強の効果と支承取り替えの問題点について検討した。

2. 解析モデルと入力地震動

Fig.1 に示す 3 径間連続高架橋を対象とする。説明の便宜上、橋脚を左端から順に P_1, P_2, P_3, P_4 と称する。

上部構造は 5 本の鋼 I 桁と RC 床版からなる連続非合成桁橋である。橋脚の高さはすべて同じで、Fig.2 に示す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 からなる箱形断面とした。それらの諸元を Table 1 に示す。鋼種は SM490Y で、その応力 - ひずみ関係にひずみ硬化(1%)が考慮された bi-linear 型を仮定する。支承に水平反力分散支承と免震支承を考え、いずれも橋軸方向と鉛直方向のばねにモデル化する。なお、免震支承は鉛プラグ入り積層ゴム支承として設計した^{1),2)}。それらの諸元を Table 2 に示す。基礎を剛体要素、地盤を水平、鉛直、および、回転の線形なバネでモデル化した。

入力地震動は、兵庫県南部地震において、JR 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振幅調整した地震動とした³⁾。

3. 数値解析法

解析手法に有限要素法を用いる。ただし、橋脚と橋桁の要素の運動方程式をそれぞれ弾塑性有限変位理論と弾性微小変位理論に従って定式化した。そして、それらを合成して得られた構造系の運動方程式に 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、それを Newton-Raphson 法で解いた。

4. 数値解析結果とその考察

(1) 支承の取り替えによる耐震補強の効果

鋼製支承を水平反力分散支承や免震支承に取り替えた高架橋の P_2 橋脚基部の曲げモーメント - 曲率関係は、Fig.3 のようになる。また、 P_2 橋脚天端とその上沓位置における変位応答曲線は、Fig.4 のようである。

これらの Fig.3 と 4 の(a)から明らかのように、水平反力分散支承に取り替えても、耐震性の向上があまり

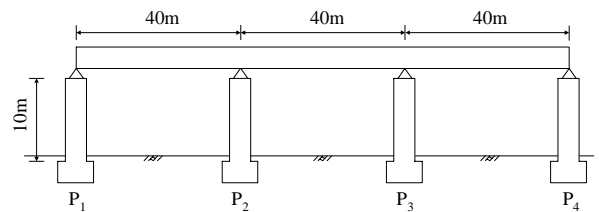


Fig.1 3径間連続高架橋

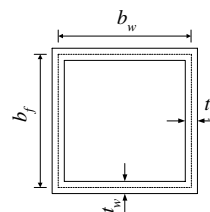


Fig.2 橋脚断面

Table 1 橋脚の構造諸元

P_1, P_3, P_4 橋脚		P_2 橋脚	
b_f (m)	2	b_f (m)	2
b_f/b_w	1	b_f/b_w	1
$b_f/t_f, b_w/t_w$	80	$b_f/t_f, b_w/t_w$	60

Table 2 支承の諸元

支承タイプ		P_1	P_2	P_3	P_4
分散	水平剛性 (MN/m)	55.1	85.8	62.7	55.1
	1次剛性 (MN/m)	67.9	116.6	94.7	67.9
免震	2次剛性 (MN/m)	10.4	17.9	14.6	10.4
	降伏荷重 (MN)	0.837	1.308	1.060	0.837

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

り期待できない．一方，免震支承に取り替えた場合(図(b))，橋脚は弾性的に挙動し，耐震性が向上している．また，両支承とも桁の橋軸方向の変位が大きくなるため，隣接桁との干渉に注意し，遊間の量と隣接桁間の相対変位を考えながら設計する必要がある．

(2) 固有周期と地震応答の関係

鋼製支承が水平反力分散支承と免震支承に取り替えられた高架橋の固有周期と地震応答との関係を求めると，Fig.5 と Fig.6 を得る．ここに，横軸は固有周期，縦軸は P_2 橋脚上における桁の最大応答変位あるいは P_2 橋脚基部の最大曲げモーメントである．ただし，Table 2 に示した剛性や降伏荷重を基準に，高架橋の固有周期を変化させた．

両図の(a)からわかるように，いずれの支承の場合とも，固有周期の長周期化とともに， P_2 橋脚上の桁の最大応答変位は増大する．また，図(b)からわかるように，水平反力分散支承の場合における P_2 橋脚基部の曲げモーメントは，固有周期の長短にほとんど関係なく，変化しない．それゆえ，水平反力分散支承に取り替えても，本解析の範囲では耐震性が向上しない．一方，免震支承の場合，非免震時の約 2 倍程度に長周期化すれば， P_2 橋脚基部での最大曲げモーメントはかなり減少する．一般に，固有周期が短くなれば，橋脚が塑性化する恐れがある．ただし，本研究における高架橋モデルでは，固有周期が短い場合でも P_2 橋脚基部の最大曲げモーメントは低減されている．このような結果から，RC 橋脚と比較して軽量で変形性能の高い鋼製橋脚で支持された高架橋を免震化した場合，橋脚が大きく塑性化する可能性の少ないことがわかる．

5. あとがき

限られた解析結果ではあるが，支承の取り替えによる耐震性の向上のためには，橋脚に十分な余剰耐力がない限り，免震支承の採用が必要であることがわかった．水平反力分散支承を採用するには，他の耐震補強策との併用が必要であると考えられる．また，鋼製橋脚で支えられた既設高架橋を免震化する場合，橋脚が塑性化する可能性は少ないため，設置スペースの可能な範囲で形状を大きくし，支承の剛性を高めて桁の変位量を抑えるのがよい．解析結果からわかるように，既設高架橋の一般的な桁の遊間量を考えれば，固有周期を非免震時の 2 倍程度にするのがよい．

参考文献

- 1) 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．
- 2) 日本道路協会：道路橋の耐震設計に関する資料，丸善，1997-3．
- 3) 日本道路協会編：道路橋示方書・耐震設計編，丸善，1996-12．

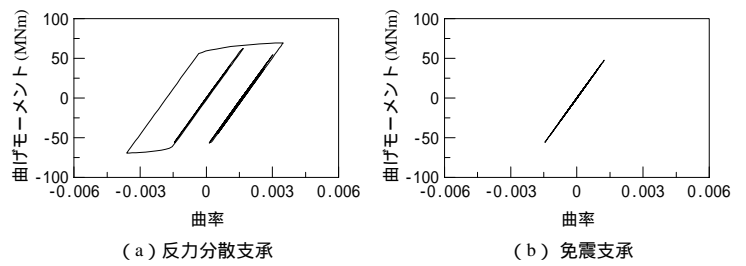


Fig.3 P_2 橋脚基部における曲げモーメント - 曲率の関係

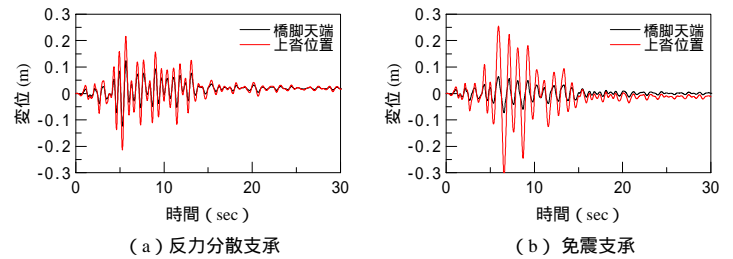


Fig.4 P_2 橋脚上における支承上下の変位応答

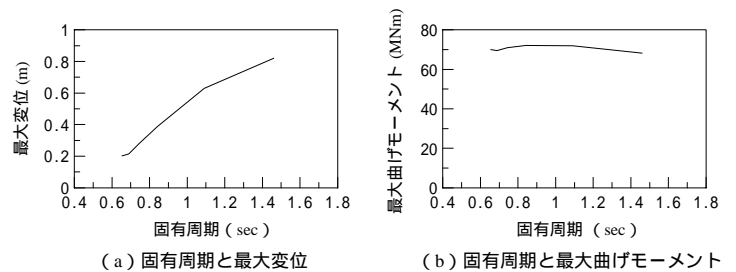


Fig.5 固有周期と地震応答の関係(反力分散支承)

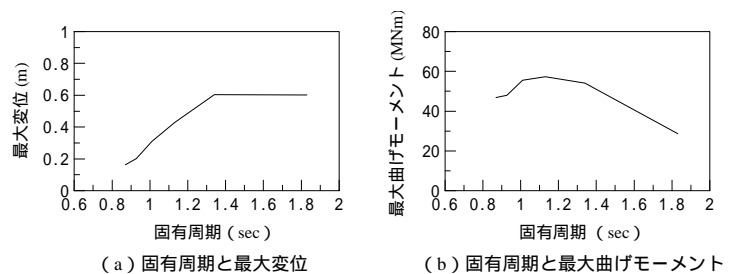


Fig.6 固有周期と地震応答の関係(免震支承)