

関西大学工学部 学生員 ○渋谷充生 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

軟弱地盤上に多くみられる鋼製橋脚で支えられた高架橋に免震支承が適用された事例は、現在までのところあまりない。既設高架橋に対する免震設計の規定は、現行道路橋示方書¹⁾で明確にされていない。しかし、兵庫県南部地震による高架橋の被害には、支承の損傷が深く関与し、鋼製橋脚で支えられた既設高架橋も支承の取り替えによる耐震補強が考えられる。

ところで、橋軸直角方向の地震応答に対しては、鋼製支承でも上部工の慣性力が分散されるため、免震化するには判断が分かれる。

ここでは、鋼製橋脚で支えられた既設高架橋を対象に、鋼製支承から免震支承に取り替えた場合の橋軸直角方向の地震応答を検討し、その耐震補強効果を明らかにする。また、免震高架橋の橋軸および橋軸直角方向の地震応答を調べ、その相違を比較検討する。

2. 解析モデル

Fig. 1に示すような支間長40m、橋脚高10mの3径間連続高架橋を解析する。説明の都合上、橋脚を左端から順にP₁～P₄橋脚と称する。鋼製橋脚は一辺2mの正方形断面とし、P₂橋脚の幅厚比を60、それ以外を80とした。また、部材は鋼種SM490Yで製作され、その応力－ひずみ関係には bi-linear型を仮定した。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²⁾。上部工は、1スパンあたりの重量が5.04MNの連続非合成1桁とした。ただし、断面積と断面2次モーメントを等価な鋼断面に換算した³⁾。支承は、水平方向の非線形バネと鉛直方向の剛な線形バネにモデル化した。鋼製支承は、P₂橋脚上を固定支承、その他を可動支承とした。なお、

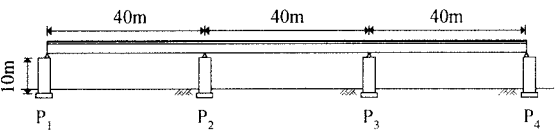


Fig. 1 解析モデル

固定支承には、極めて剛な水平剛性を仮定した。また、可動支承部では橋軸直角方向に変位しないため、固定支承と同様に扱った。免震支承には、鉛プラグ入り積層ゴム支承を用い、橋軸直角方向の水平剛性に bi-linear型の履歴曲線を仮定した。その諸元をTable 1に示す⁴⁾。基礎－地盤系は、基礎を1質点の剛体とみなし、地盤から受ける挙動を水平、鉛直、回転の3自由度からなるバネでモデル化した。

3. 解析手法

解析手法に有限要素法を適用した。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て運動方程式を誘導した。その際、非線形問題のため、増分法を取り入れた。得られた構造系全体の運動方程式をNewmarkのβ法で多元連立の非線形代数方程式に変換し、Newton-Raphson法で非線形解を求めた。

入力地震波には、兵庫県南部地震の際に東神戸大橋周辺地盤上で観測された地震加速度波形を用いた。

4. 数値解析結果とその考察

(1) 橋軸直角方向の地震時応答

P₃ 橋脚における上沓位置と橋脚頂部の変位応答をFig. 2に示す。鋼製支承で支持された高架橋の場合、Fig. 2 (a) から明らかなように、可動支承部は橋軸直角方向に変位しないため、橋脚と上部工が一体となって変形する。免震支承で支持された高架橋の場合、Fig. 2 (b) から明らかなように、上部工の変位は最大で約 20cm と大きい。しかし、橋脚の変位は約 8cm 以下で、上部工の影響を受けない。これは、免震支承が機能し、橋脚に作用する地震力を吸収したためである。

Table 1 免震支承の諸元

橋脚	P ₁ , P ₄	P ₂	P ₃
1 次剛性 (MN/m)	69.4	112.8	88.8
1 次/2 次	6.5		
降伏荷重 (MN)	1.060	1.583	1.308

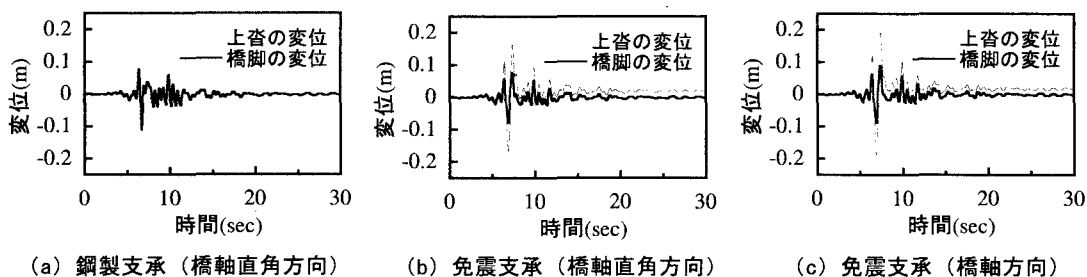


Fig. 2 P_3 橋脚における変位応答曲線

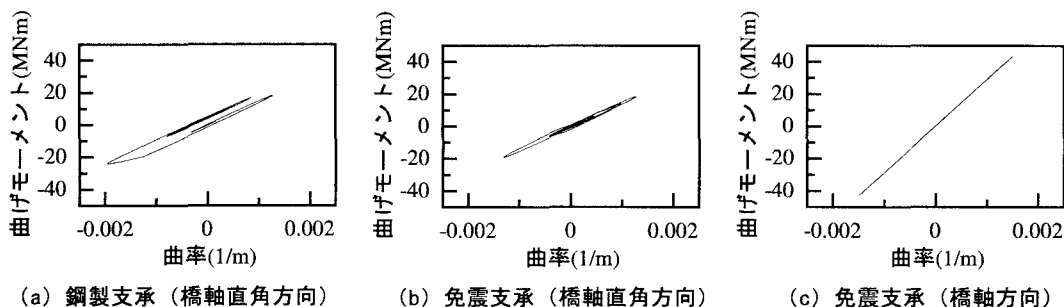


Fig. 3 P_3 橋脚基部の曲げモーメントと曲率の関係

また、 P_3 橋脚基部における曲げモーメントと曲率の関係を示す。Fig. 3 (a) から明らかなように、鋼製支承で支持された高架橋の場合、可動支承部も橋軸直角方向に拘束されるため、地震力はすべての橋脚に分散される。そのため、固定支承だけでなく可動支承を有する橋脚基部も塑性化している。免震支承で支持された高架橋の場合、Fig. 3 (b) から明らかなように、免震支承が橋脚に作用する地震力を吸収するため、橋脚基部の塑性化は極めて少ない。

(2) 橋軸と橋軸直角方向の地震応答の相違

P_3 橋脚での橋軸および橋軸直角方向の地震応答を比較する。Fig. 2 (b), (c) から明らかなように、地震動による両方向の変位応答はほぼ同じである。しかし、Fig. 3 (b), (c) から明らかなように、橋軸方向の地動では、橋脚基部は塑性化せず弾性挙動を呈しているが、橋軸直角方向の地動にはわずかに塑性化している。したがって、橋軸方向よりも橋軸直角方向の地震動に注意する必要がある。

5. あとがき

(1) 鋼製支承で支持された高架橋の場合、橋軸直角方向の地震動によって、固定支承だけでなく可動支承部の橋脚にも塑性が生じた。したがって、道路橋示方書¹⁾に記載されるタイプⅡのような地震動の場合、鋼製支承で支持される高架橋の安全性は低く、耐震性の

向上が必要である。

(2) 免震支承で支持された高架橋の場合、橋軸直角方向の地震動に対しても、橋脚の耐震性向上が期待できる。なお、曲線橋や斜橋に免震支承を適用する場合には、隣接桁との衝突や落橋防止に対する対策が必要となる。

(3) 免震高架橋の橋軸方向と橋軸直角方向の地震応答を比較した。同じ免震支承を用いたにも関わらず、橋軸直角方向の地震動の場合にのみ、橋脚基部がわずかに塑性化した。橋軸直角方向の地震動に十分注意する必要がある。

本研究の一部は、平成 12 年度関西大学学部共同研究費によって行った。

参考文献

- 1) 日本道路協会編：道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編，丸善，1996-12.
- 2) 日本道路協会編：道路橋示方書・同解説 I 共通編・II 鋼橋編，丸善，1996-12.
- 3) 川島一彦・大志万和也・長谷川金二・運上茂樹・桶田憲一・前原康夫：道路橋の耐震設計計算例，山海堂，1992-2.
- 4) 土木研究センター編：建設省道路橋の免震設計法マニュアル(案)，1992-12.