

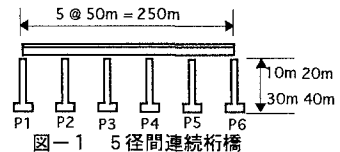
I - B335

鋼製橋脚橋の免震化に関する事例研究

○ 東京都立大学 正 長嶋 文雄 東京都立大学 内田 光彦
(株)建設技術研究所 正 大丸 隆 東京都立大学 小林 義明

1.はじめに 鋼製橋脚橋は免震に不向きとされる軟弱地盤上に建設されることが多いこと、大規模地震時に到達する可能性が高い非線形域における耐荷力の照査方法が確立されていないことなどから、免震支承を設置された事例はほとんど見られない。また、鋼製橋脚はRC橋脚よりも弾性域での曲げ剛性が小さく、RCと比較すると免震支承に変形が集中しにくい橋と考えられてきた。しかし、兵庫県南部地震を契機に鋼製橋脚橋についても耐震性向上を迫られている現在、免震化は鋼製橋脚橋においてもその耐震性向上の有効手段になることが予想される。本研究では、鋼製橋脚5径間連続桁橋を例にとり、非線形時刻歴解析を通して橋脚の剛性や地盤種と応答の関係などを検討し、鋼製橋脚に対する免震化の効果などについて検討した。

2.検討モデル 事例検討の橋梁モデルとして、図-1に示すような5径間連続桁橋を選んだ。橋脚高さ10、20、30、40mの4種類について設計し、鋼製橋脚橋(STEEL)と共に、比較検討のためRC橋脚橋(RC)についても同条件での設計を行った。橋脚は鋼製、RCともに矩形断面を有するT型の1本柱形式としている。鋼製橋脚、RC橋脚ともに設計水平震度0.25に対し震度法による設計を行い、RC橋脚に関しては「兵庫県南部地震により被災した道路橋の復旧に係る仕様」に沿った地震時保有水平耐力法の照査を行っている。上部構造は5径間で3250tfの鋼箱桁とし、これは全ケースで共通とする。



橋脚高さ	10m	20m	30m	40m
STEEL	31400	3856	1075	470
RC	95000	9939	6807	3168

表-1 曲げに関するばね定数 (tf/m)

これらの橋脚の曲げに対する変形性能を表わすために、橋脚の曲げに関するばね定数 K_p を算出し、表-1に示した。これは、橋脚基部を固定端とし橋脚天端に橋軸水平方向の単位の荷重を載荷したときの載荷方向の変位の逆数をとった値である。なお、算出の際には橋脚の曲げ剛性は初期の値で一定とする。このような特性を持つ橋脚からなる5径間連続桁橋に対し、免震設計法マニュアル(案)に沿って、支承体積を最小にするという条件のもとで免震支承(LRB)を設計した。

3.非線形時刻歴応答解析 解析はP3橋脚に関して行い、解析モデルは図-2に示すような曲げせん断モデルとした。また、支承を表わすばねの剛性を十分大きくすることにより非免震橋モデルとした。鋼製橋脚の $M-\phi$ 関係は図-3に示すバイリニアモデルとしたが、本解析では軸力と曲げが加わる時の圧縮端の降伏時の値を (ϕ_y, M_y) とし、引張り端降伏時を終局耐力 (ϕ_u, M_u) とした。 (ϕ_u, M_u) は、この時断面内に一部非線形域に達している部分があるため図-4の応力度と歪みの関係を用いた断面分割法により算出する。図-4の σ_{sy} は鋼材の基準降伏点としている。橋脚はせん断力に関しては線形関係を有すると仮定し、鋼製橋脚のせん断耐力 Q_v は純せん断時の降伏応力 $\tau_y = \sigma_{sy} / \sqrt{3}$ と断面積の積で与えられるとした。入力地震波は表-2に示す5つを用いており、地盤種の影響を検討している。

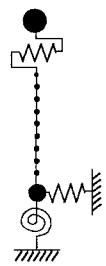


図-2 非線形解析モデル

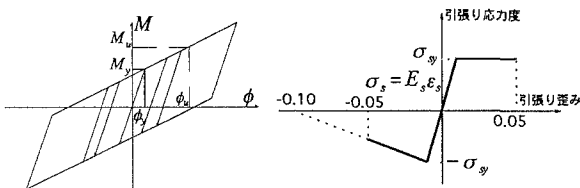


図-3 鋼製橋脚のバイリニアモデル 図-4 鋼材の応力度歪み関係

		最大加速度 (gal)	解析時間 (sec)
免震設計法 マニュアル(案)	I種地盤用	360	24.96
	II種地盤用	417	30.00
	III種地盤用	443	49.96
兵庫県南部地震	神戸海洋気象台	818	15.00
	JR廣取駅	657	20.00

表-2 入力地震加速度波

キーワード：鋼製橋脚 免震 非線形応答解析

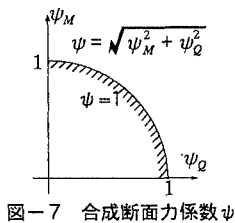
連絡先：東京都立大学工学部(〒192-03 八王子市南大沢1-1 TEL.0462-77-1111ex4531 FAX.0426-77-2772)

4. 解析結果

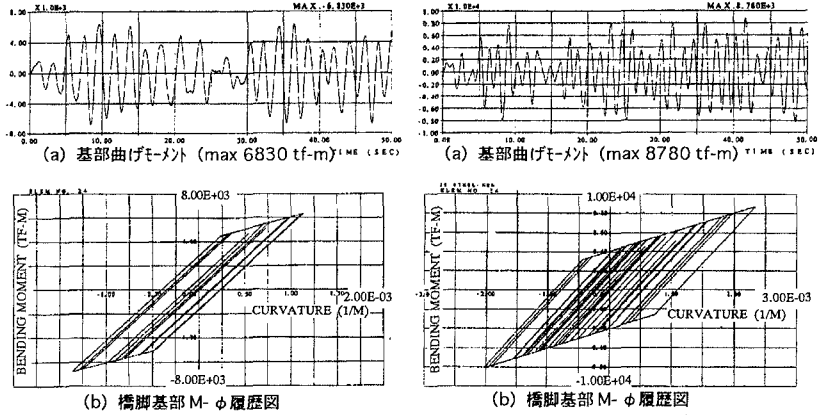
結果の一例として20mの鋼製橋脚橋にJR鷹取駅の地震波を入力したときの(a)橋脚基部の曲げモーメント、(b)橋脚基部のM- ϕ 履歴図を示す。免震時を図一5に、非免震時を図一6に示す。

免震の効果は、免震時と非免震時の合成断面力係数 ψ を比較することで評価する。 ψ とは橋脚基部の最大曲げモーメント

M_{max} と最大せん断力 Q_{max} に関して、それぞれの終局耐力に対する比 ψ_M 、 ψ_Q を算出し、 ψ_M と ψ_Q の2乗和の平方根で定義した値であり、これは図一7に示すような半径1の四分円を終局条件の判定基準とした時の半径にあたるものである。図一8には、鋼製橋脚に関して各橋脚高さ毎に免震と非免震での ψ について示している。いずれも中詰めコンクリートを考慮し、基部から2m高い断面の値を示している。これを見ると、すべてのケースで、非免震の時よりも免震の時の ψ が小さくなっており、程度の差はあるが入力地震波、橋脚高さによらず免震により耐震性が向上していることが分かる。軟弱地盤のIII種地震波に対して10~30mの橋脚高さでは、免震により合成断面力が1.0以下に抑えられるなど免震が効果的であることが分かった。

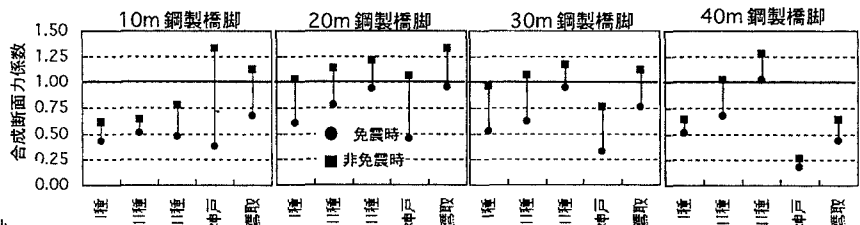


図一7 合成断面力係数 ψ



図一5 免震・鋼製20mの応答(III種)

図一6 非免震・鋼製20mの応答(III種)



図一8 免震時と非免震時の合成断面力係数 ψ

図一9にはIII種地盤用と神戸海洋気象台の地震波に対する上部構造の変位最大値を示す。III種地盤用地震波のように長い時間揺れが続く(海洋型)地震波に対しては橋脚が高くなるにつれて鋼製橋脚とRC橋脚との差は大きくなるが、神戸海洋気象台のように大きな加速度が短時間作用する(直下型)地震波に対しては、橋脚の種類や高さが変化しても上部構造の変位にはあまり差が生じないことが分かった。また5つの地震波に対して、橋脚高さ10mでは、鋼製とRCとの間で上部構造変位にあまり差は生じなかった。

6. まとめ 本研究で用いた地震波に対しては、いずれの橋脚高さにおいても程度の差はあるが、免震化により橋脚基部の合成断面力係数が低減され、耐震性能が向上した。軟弱地盤の地震波(III種地盤用)に対しては、免震化が逆効果になることはなかった。III種地盤用の地震波に対して、40mの橋脚高さでは、免震化のみでは、合成断面力を1.0以下にできなかったため、このケースで、安全性を保つためには、免震化とともに断面を増加させるなどの手段を併用する必要がある。また、短時間大きい加速度が作用するような地震に対しては上部構造変位は橋脚の種類や高さによらず同程度になる。

参考文献 1)気象庁：平成7年(1995年)兵庫県南部地震の気象庁87型電磁式強震計の記録。2)中村・上半・井上：1995年兵庫県南部地震の地震動記録波形と分析(II)、JR地震情報No.23d、財団法人鉄道総合技術研究所ユレダス開発推進部、1996年、JR警報地震計(鷹取駅、FDシリアルR-048)