

東京大学大学院 学生会員 吉田純司
 東京大学大学院 正会員 阿部雅人
 東京大学大学院 フェロー会員 藤野陽三

1.はじめに

我が国でも免震支承を道路橋などの橋梁に取り入れ、地震時応答の軽減を図る例が増加しているが、強震時のデータが少ないため、実際の地震での応答特性が明らかになっていない。そこで、兵庫県南部地震時に得られた実測記録を利用して橋梁上部工ならびに免震支承の応答特性を検証した。地震観測橋梁は、図-1に示すように震央から東南東に約35km離れた阪神高速湾岸線の松の浜工区にある免震支承、及び反力分散支承で支持された高架橋¹⁾(以後免震橋と反力分散橋と呼ぶ)である。地震計は、P-2 3橋脚(反力分散橋)、及びP-3 2橋脚(免震橋)に図-2のように設置されている。本報では、観測された本震、及び余震の記録を利用して、両高架橋の上部工の地震時挙動(橋軸方向)を簡単なモデルで近似し、免震支承の性能を定量的に検討した結果を報告する。なお、ここでの地震動は最大加速度が、フリーフィールド(橋軸方向)で144galであり、これまでの免震橋で観測された地震動では最も大きいものの1つである。

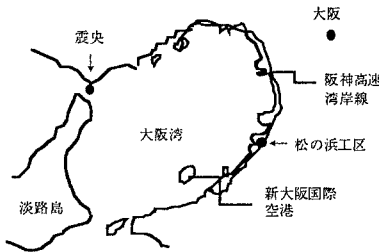


図-1 湾岸線の松の浜工区の位置

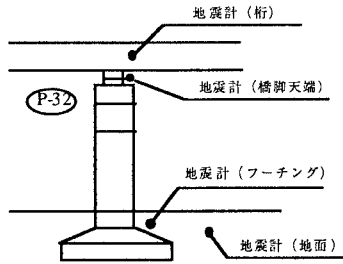


図-2 高架橋の地震計の配置

2.解析方法

まず、本震、及び余震時の免震橋、及び反力分散橋の上部工の挙動(橋軸方向)を、橋脚天端での観測記録を入力地震動として解析した。ここで上部工全体は、剛体的に運動すると考え図-3に示すような1自由度の等価線形モデルを用いて同定する。ここでは、上部工の挙動のみを同定の対象とし、橋脚及び基礎の振動は考慮していない。

次に実地震時応答から同定した剛性及び減衰係数と、工場出荷時の荷重載荷試験結果に等価線形化法²⁾を適用することにより得られた値を比較することにより、地震時の免震効果を評価する。

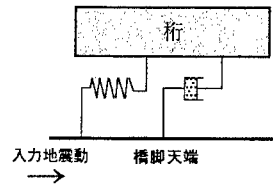


図-3 1自由度等価線形モデル

3.解析結果

観測記録と同定による桁の応答を反力分散橋、免震橋それぞれについて図-4、図-5に示す。観測記録は、0.5Hz以下、及び10Hz以上の成分は、矩形型のフィルターによりカットした。特に免震橋の桁の観測記録には、10Hz以上の高周波成分が、本震、余震共にかなり含まれていたが、これは地震計が設置されている横桁周辺の局部振動

と判断されたためフィルター処理した。反力分散橋, 免震橋共に上部工の挙動は, 図-4, 図-5のように観測記録と同定結果がよく一致しており, 1自由度の等価線形モデルで十分に精度よく近似できるといえる。

次に, 免震支承の荷重載荷試験の性能と, 同定から定めた剛性, 減衰係数それぞれについて比較したものを図-6に示す。実地震時では, 「免震支承の履歴特性+可動支承に働く摩擦力」が上部工に作用する復元力と減衰力を生じさせていると考え, 両者を等価剛性, 等価減衰係数に置き換えた。ただし, 可動支承に働く摩擦力の摩擦係数は, 明確にはわからないため「ばらつき³⁾」を設けて矢印により示した。図-6をみると剛性, 減衰係数ともに摩擦係数の「ばらつき」を考慮に入れると両者の範囲に一致がみられるが, 変位の小さい余震時の剛性, 減衰係数は摩擦係数の「ばらつき」の影響が大きく表われ, 免震支承の荷重載荷試験結果の性能と, 実地震時挙動の間の整合性の判断が困難である。これに対し, 本震時では, 摩擦の影響が小さく, 荷重載荷試験での性能が発揮されていることがわかる。

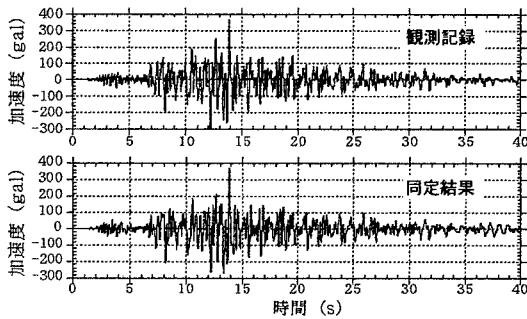


図-4 反力分散橋の上部工の応答の比較

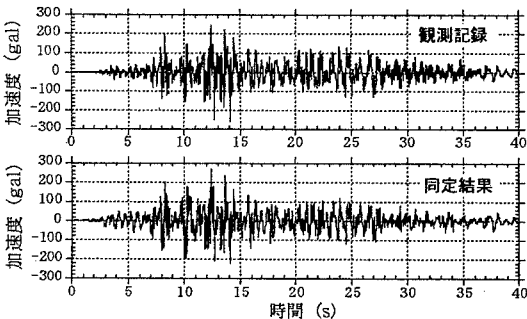


図-5 免震橋の上部工の応答の比較

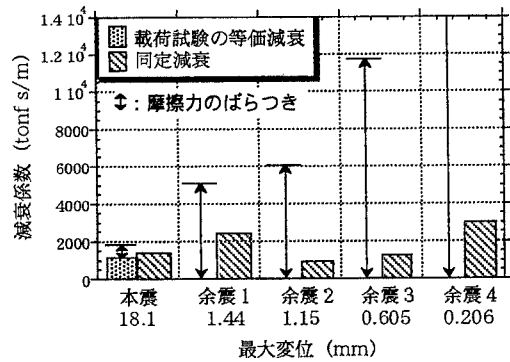
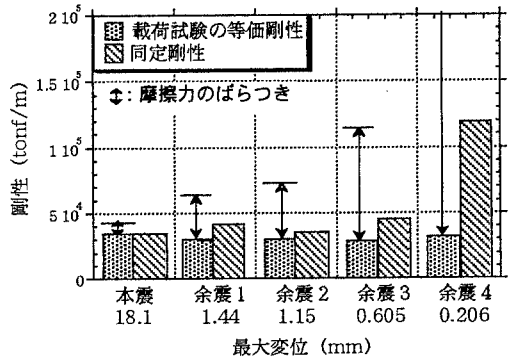


図-6 免震橋上部工に働く剛性と減衰係数

4.まとめ

免震支承, 及び反力分散支承で支持された橋梁の実地震時の挙動は, 1自由度の等価線形モデルにより近似できることがわかった。次に免震支承の性能の評価を行った結果, 本震時には摩擦力がほとんど影響せず, 荷重載荷試験で得られている免震支承の履歴特性と実地震時の免震効果の間に整合がみられた。本研究では, 支承に支持された上部工の挙動のみを対象としているが, 基礎などを含めた高架橋全体の挙動を総合的に再現し, 解析することが今後の課題である。

<謝辞>本研究に利用した地震データ, 及び解析に必要な資料は, 阪神高速道路公団の提供によるものである。ここに記して謝意を表す。

参考文献 1) 小林寛, 堀江桂平, 長沼敏彦, 佐々木伸幸: 「兵庫県南部地震における免震橋の挙動と解析事例」第1回免震・制震コロキウム講演論文集, pp55-62, 1996 2) 柴田明德: 最新耐震構造解析, 森北出版, 1981 3) 日本道路協会: 道路橋支承便覧, 丸善出版, 1991