

I-385

免震支承を有する橋梁モデルのサブストラクチャー・ハイブリッド実験

京阪電気鉄道（株） 正員 野村 武司 中部大学工学部 正員 山田 善一
 京都大学工学部 正員 家村 浩和 立命館大学理工学部 正員 伊津野和行
 阪神高速道路公団 正員 南莊 淳

1. はじめに

本研究では、免震支承試験用のハイブリッド実験システムを用いて、免震橋梁モデルのサブストラクチャー・ハイブリッド地震応答実験を行い、橋梁全体系の弾塑性挙動を実験的に追求するとともに、地震動の入力レベルや橋脚モデルの違いが構造系全体の免震効果におよぼす影響について検討した。

2. 実験の概要

本実験で用いた免震支承用のハイブリッド実験システムの全容を図-1に示す。鉛直に設置された2台のアクチュエーターにより、水平載荷ビームを介して免震支承に設計荷重相当の40tonfの軸力を与え、もう1台の大ストロークのアクチュエーター（±250mm）により、免震支承を水平方向にせん断変形させる、大変形試験が可能なシステムである。

サブストラクチャーモデルとしては、図-2に示す免震橋梁を対象とし、これを図-3(a)のように2自由度系にモデル化した。免震支承部分を載荷実験し、橋脚部分は数値計算による解析を行い、構造物全体系を中央差分法による数値解析を行うことにより、サブストラクチャー・ハイブリッド実験を行った。図-4に本実験のフローチャートを示す。供試体には、鉛プラグ入り積層ゴム支承（LRB）を用いた。このLRBの平面形状は300mm×300mm、ゴム総厚は77mm（7mm×11層）、インサートプレートは2.3mm×10層、鉛プラグはφ60mmである。橋脚モデルとしては、線形および非線形の2種類のモデルを採用し、非線形モデルの復元力特性は、剛性低下型Tri-linearとした。なお、図-5に橋脚の変位-荷重関係の包絡線を示す。一方、線形モデルの剛性はTri-linearモデルの初期剛性と一致させた。入力地震波形には、保有水平耐力レベルの検討に用いるⅠ種からⅢ種地盤用の地震波形を、最大加速度50, 100, 200および300galと相似的に変化させて用いた。なお積分時間間隔は0.01秒として、数値解析を行った。

3. 実験結果と考察

最大加速度200galのⅡ種地盤用の地震波に対する、上部構造および橋脚頂部の加速度時刻歴波形を橋脚モデル別に図-6と図-7にそれぞれ示した。なお、この図中には数値シミュレーションによる非免震橋梁モデルの加速度も示した。この非免震橋梁モデルは図-3(b)

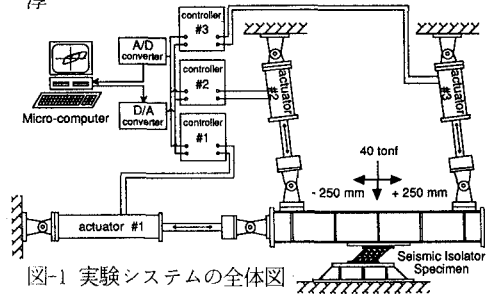


図-1 実験システムの全体図

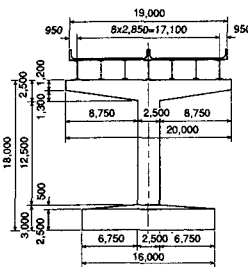


図-2 免震構造物

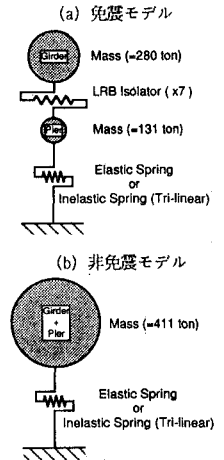


図-3 構造物のモデル化

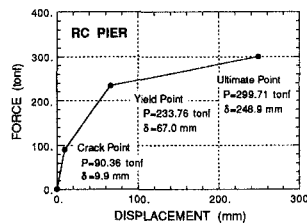


図-5 橋脚の変位-荷重関係包絡線

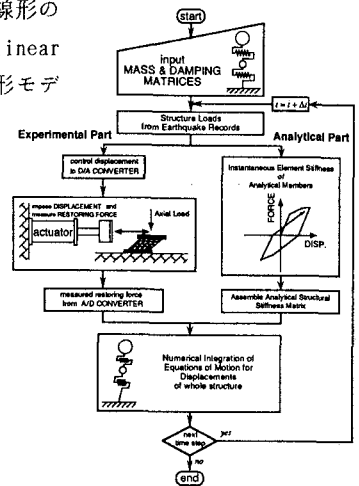


図-4 フローチャート

に示すような、免震支承部分を剛とする1自由度モデルである。非免震橋梁モデルの応答に比べて、免震モデルの上部構造の応答は長周期化し、橋脚頂部の応答は逆に短周期化している。上部構造の最大加速度は、線形橋脚モデルでは免震化により免震前の約53%に低減されており、非線形橋脚モデルでは約68%に低減されていることが分かる。次に、各地震波の各入力レベルにおける免震効果について検討するため、最大入力加速度に対する上部構造の最大応答加速度の値を加速度応答倍率として図-8(a)～(c)に示した。これらより、線形橋脚モデルの場合、最大加速度100gal～200galの入力に対しては、免震化により上部構造の最大加速度を免震前のおよそ50%～70%に低減できることが分かる。また、非線形橋脚モデルの場合は、100gal～200galの入力に対しては、免震前のおよそ50%～85%に低減できる。しかしながら、さらに大きな300gal入力に対しては、線形・非線形橋脚モデルともに加速度の低減効果が小さくなっていることが分かる。この原因を検討するために、最大加速度200galおよび300galのⅡ種地盤用の地震波に対する、非線形橋脚モデルの免震支承部分の履歴ループを図-9(a)および(b)に一例として示した。これらより、200gal入力までは免震支承にハードニング現象は起きていないが、300gal入力では必ずみ率にして約200%以上の領域において、免震支承にハードニングが起きており、このため応答加速度が増大したと考えられる。

4. まとめ

免震支承の設計変位内ではほぼ満足する免震効果を有するものの、振幅が増大するとハードニング現象のため、免震効果は低下することが確認された。また、非線形橋脚モデルの場合では、非免震構造においても加速度応答は大きく低減されるため、免震化による上部構造の加速度低減効果としては、線形橋脚モデルと比べて若干小さくなることが確認された。

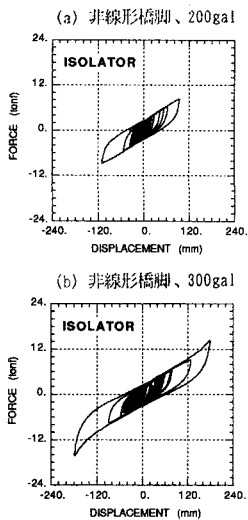


図-9 支承の履歴曲線（Ⅱ種）

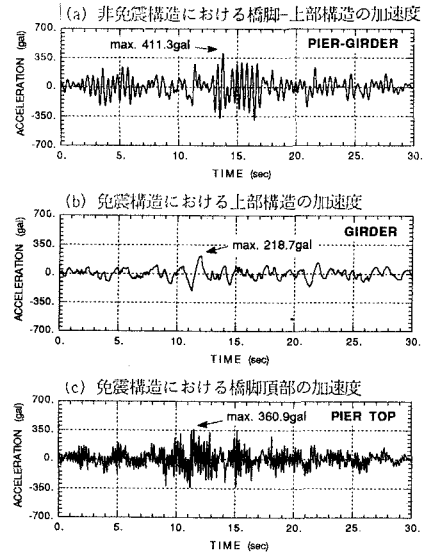


図-6 加速度時刻歴（線形橋脚、Ⅱ種-200gal）

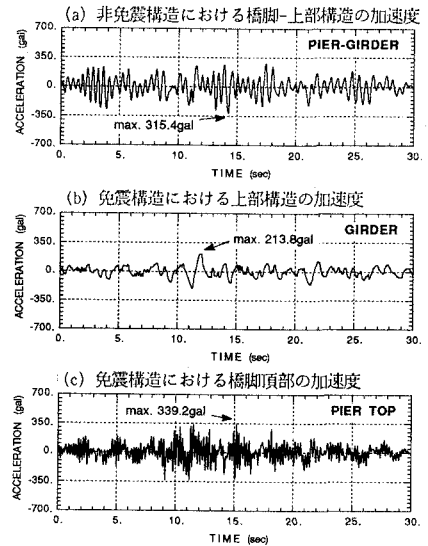


図-7 加速度時刻歴（非線形橋脚、Ⅱ種-200gal）

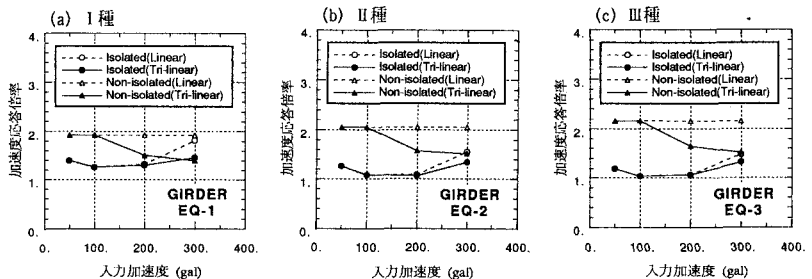


図-8 加速度応答倍率