基礎に免震構造を有する橋梁の地震応答解析

1.目的 阪神淡路大震災において、多くの橋梁が被害を受け た。その一つに神戸市の第二摩耶大橋がある。この橋では橋 脚の段落とし部に曲げ破壊が、コーベル部にせん断破壊が生 じた。この橋梁の基礎部に免震構造を配し、被害低減を図るこ とを考えた。本研究では T - DAP を用い、材料非線形性を考 慮した動的有限要素法によって地震応答解析を行い免震効果 について調べた。

2. 免震構造について 現在用いられている免震構造としては下 部構造と基礎構造の間にピン構造を配したものや、滑りを許容 する半固定結合のもの、積層ゴム等を用いた免震支承等があ る。今回の免震構造は下部構造物と基礎地盤の間に免震層を はさむことによって、橋梁上部工に入力される地震動のエネル 単柱橋脚に塑性化を考慮する場合 ギーを低減しようとするものである。 図1に免震橋脚の塑性化の イメージを示す。免震層には砂,砂利、テフロンなどを考え ており所定の摩擦係数を設定する事により免震化する。

3.解析対象橋梁とそのモデル化橋梁モデルの諸元は以下のとお りである。形式は3径間連続鋼床版2箱桁橋で側径間の長さ75m、 中央径間 210m、橋長は 360m である。4 車線道路で総幅員は 18m である。基礎構造形式としては P1 橋脚と P4 橋脚(端橋脚、可動沓) は場所打ち杭基礎、P2 橋脚(中間支点橋脚、固定沓)はニューマ

チックケーソン,P3 橋脚(中間支点橋脚、可動沓)はニューマチックケーソンである。今回計算のモデル化の範囲は3径間連 続部で上部構造、橋脚および基礎は非線形 3 次元はり要素で置換した。 被害は P2、P3 橋脚の鉄筋コンクリート部材で大き かったためここでは武藤モデルで非線形性を考慮した。支承、地盤および免震層はばねでモデル化した。免震層は橋軸方 向、橋軸直角方向をバイリニアモデルのばねでそれぞれモデル化した。また、免震化した橋梁の支承部は全て P2 橋脚で使 用していた固定沓に置き換えた。免震層の位置は P1、P4 橋脚ではフーチングと杭頭の間で地表面上に配置し P2、P3 橋脚 では橋脚基部地表面下1mに配置した。図2にT - DAPにより出力した橋梁全体図を、図3に免震層のばねのモデル化(バ イリニア)を、図4に免震層のモデル化のイメージを示す。免震層の厚さは20-30cmを現在想定している。





図4 免震層のモデル化



図1 免震橋脚の塑性化のイメージ





早稲田大学大学院理工学研究科 学生会員 近藤 岳史

同上 清宮 理 フェロー

キーワード:基礎免震、橋梁、地震応答解析

連絡先 住所:〒169-8555 新宿区大久保 3-4-1 51 号館 16-01 清宮研究室 電話番号(FAX):03-5286-3852



4.解析と結果 入力地震動は兵庫県南部地震のポートアイランド (基盤 - 72m)での観測加速度波形を用いた(図 5~図 7)。地盤を 4 層に分け、SHAKE によって入力時震動の各層ごとの加速度波形を それぞれ求め、更にそれを変位波形に変換して入力し、免震構造の 効果を調べた。解析結果は図 8~図 11 に示すとおりである。なお橋 脚部は特に被害の大きかった P2、P3 のせん断力の結果のみをここ では取り上げる。図8に示すように、免震層を挿入することによって曲 げモーメントとせん断力を低減することができた。しかしながら橋軸方 向段落とし部は免震層を挿入してもせん断力が低減されず破壊して しまう計算結果となった(橋軸方向のせん断耐力はおおよそ10000~ 15000kN)。一方橋軸直角方向では免震層を挿入することによって、 段落とし部、基部共に無被害に収めることが出来た(橋軸直角方向 の耐力はおおよそ 16000~30000kN)。また図 9 に示すように、免震 層を挿入することにより、上部工の最大変位が増加しているが、最大 回転角は 0.01rad 程度であり、平成 14 年度の道路橋示方書の基準 値である 0.02rad を下回るものであったため問題ないと思われる。 せ ん断力は低減されたが図 10 に示すように橋軸方向では加速度が増 加するという結果になった。また図 11 に示すように免震層間の相対 変位による上部工の残留変位も生じたがこれも平成 14 年度の道路 橋示方書の基準値を下回るものであった。

5.結論 免震層を橋脚基礎部に挿入する事によって、地震被害が生 じた橋脚部での曲げモーメントとせん断力はおおむね減少したが橋 軸方向段落とし部ではせん断力が設計せん断力より大きく破壊を免 れる事は出来なかった。また免震層を設置する事により免震層間の 相対変位やロッキング、残留変位が生じるがいずれも平成14年度の 道路橋示方書の設計基準値を下回るものであった。今後は、摩擦係 数を更に検討したい。また併せて段落とし部の補強方法、長周期地 震動に対する検討も必要であると考える。

6.参考文献 (1) 横田 弘、清宮理、田中祐人、岡下勝彦:兵庫県南 部地震での第二摩耶大橋の被害状況と地震応答計算 コンクリート 工学年次論文報告集 vol.19 No2 1997.7 pp.165 - 171 (2) 清宮理、渡辺勉、安同祥:免震基礎を有する橋梁の動的応答計 算 土木学会地震工学論文集 vol.27 No.8 2003.9



図 11 免震構造の上部工残留変位と 免震層最大すべり量

-308-