

基礎免震構造の実橋梁への適用性に関する検討

早稲田大学大学院 学生会員 ○近藤 岳史

早稲田大学 フェロー 清宮 理

1. はじめに 従来の免震橋は免震支承の変形性能上の制約から軟弱地盤上では適用が難しいという問題点がある．そこで橋脚基礎部を絶縁し，その間に免震層を挿入するという新しい構造を提案する．基礎部を絶縁することによって大変位に対応し，主に免震層のすべり摩擦減衰効果によって地震時のエネルギーを吸収し，橋梁全体の健全性を確保する事を目標耐震性能とする．図-1 にその概略図を示す．本研究ではこの基礎免震構造を実橋梁に適用し，汎用プログラムソフト TDAP を用いた地震応答解析を行い，種々の検討を行った．

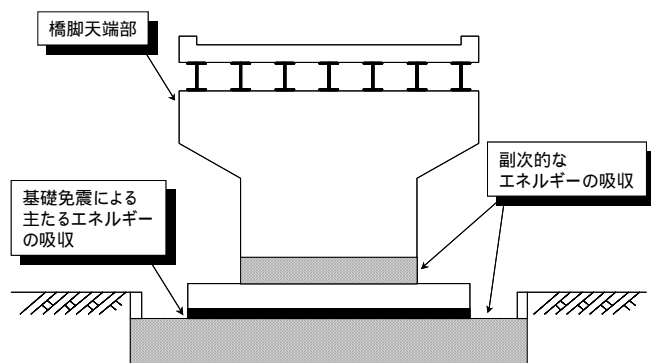


図-1 提案する免震構造のイメージ

2. 対象橋梁のモデル化 兵庫県南部地震で大きな被害を受けた橋梁の一つ，神戸市の第二摩耶大橋（3 径間連続鋼床版 2 箱桁橋．側径間 75m，中央径間 210m，橋長 360m である．沓は P2 のみ固定沓で他は可動沓，基礎構造は P1 が場所打ち杭基礎，P2，P3 はニューマチックケーソン，P4 は鋼管杭基礎となっている．）の 3 径間連続部分をモデル化した．上部構造，橋脚及び基

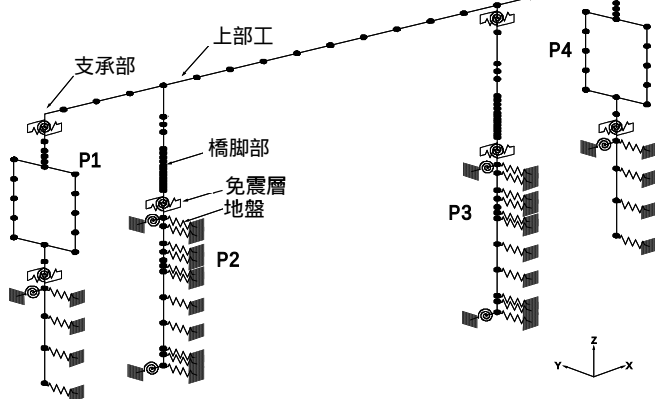
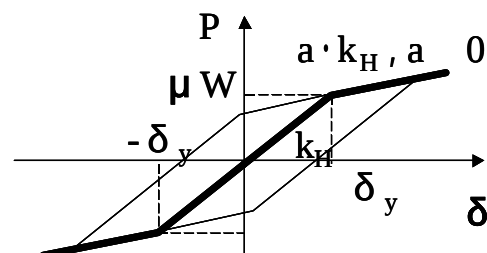


図-2 全体系モデル図

キーワード 基礎免震，軟弱地盤，地震応答解析

連絡先 〒169-8555 東京都新宿区大久保3-4-1 51号館 16-01 清宮研究室 TEL：03-5286-3852

礎は 3 次元はり要素でモデル化した．被害の大きかった P2，P3 橋脚部には武藤モデルにより非線形性を考慮した．支承部，地盤及び免震層はばねでモデル化した．免震層は 6 方向のばねでモデル化した，水平 2 方向はバイリニアモデルとした．また鉛直方向は接触ばねとした．図-2 に全体系モデル図を，図-3 に水平ばねの非線形特性（バイリニア）を示す．全体系モデルでの固有振動数は 1 次で橋軸直角方向に 0.43(Hz)，2 次で橋軸方向に 0.48(Hz)，3 次で橋軸方向に 0.62(Hz)であった．免震層のばね定数，摩擦係数はその材料の力学的特性と層厚，幅を考慮して決定した．また表層地盤は沖積層で 種地盤に相当し-26.2m にケーソン基礎の下端が位置している．これにレベル 地震動としてタイプ ，タイプ の 2 種類の地震動を入力した．入力地震動を図-4 に示す．



免震層特性
 水平ばね定数 $k_H = 2 \times 10^5$ (kN/m)
 ばね定数比，水平 k_H ：鉛直 $k_V = 1:3$
 滑動開始変位 $\delta_y = \mu W / k_H$ W：免震層上部の重量， $\mu = 0.1$
 回転ばね $k_\theta = k_V \times I$ I：断面 2 次モーメント

図-3 免震層のばね特性（バイリニア）

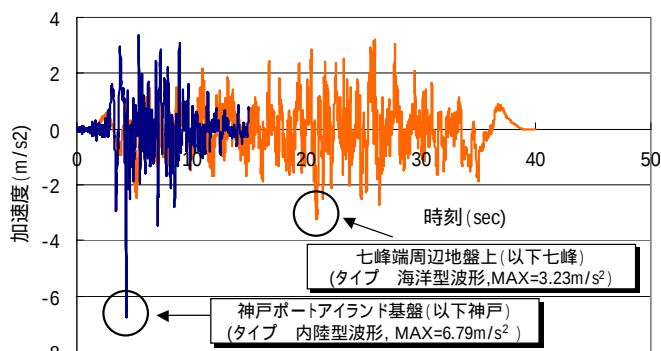


図-4 入力地震動

3. 解析と結果 上記の 2 種類の地震動を橋軸方向に入力し，従来モデル（以下非免震）と免震層を挿入したモデル（以下基礎免震）とで兵庫県南部地震で被害の

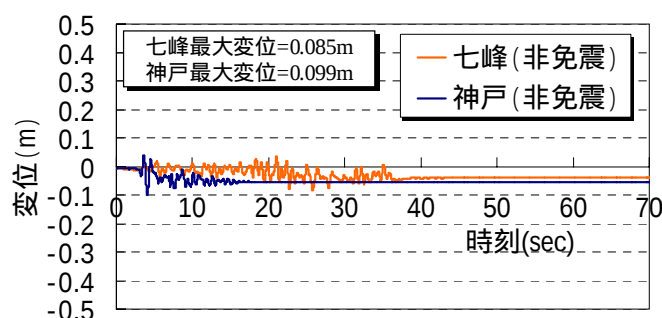


図-5(a) P2 橋脚天端変位時刻歴（非免震）

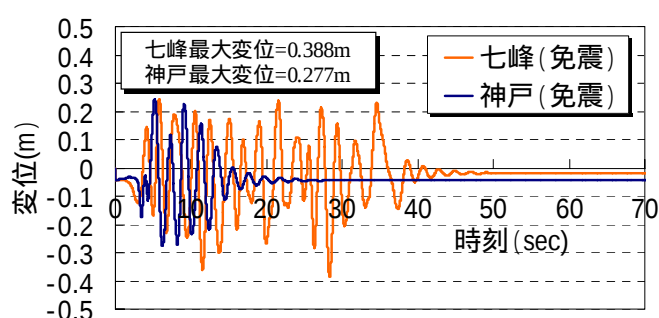


図-5(b) P2 橋脚天端変位時刻歴（免震）

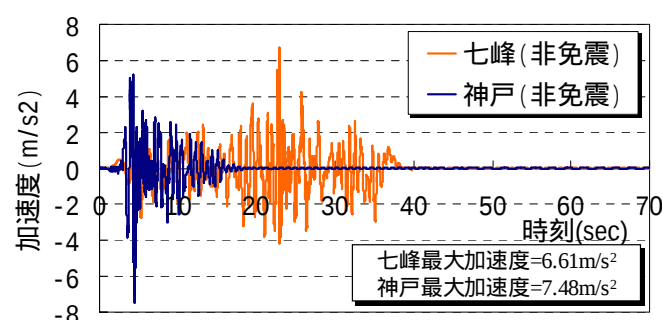


図-6(a) P2 橋脚天端加速度時刻歴（非免震）

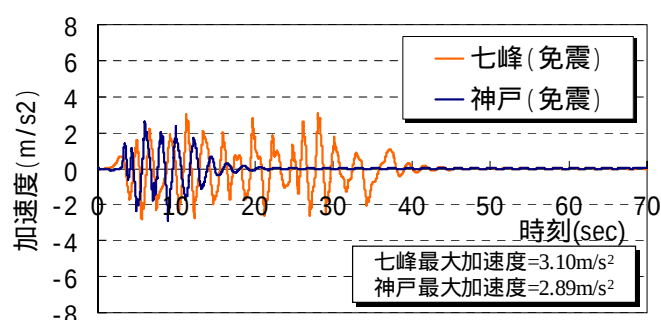


図-6(b) P2 橋脚天端加速度時刻歴（免震）

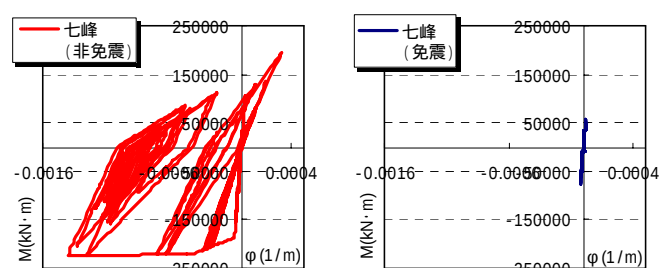


図-7(a) P2 橋脚部 M-φ 履歴（七峰）

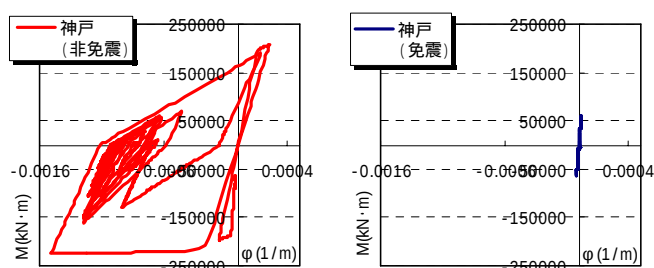


図-7(b) P2 橋脚部 M-φ 履歴（神戸）

大きかった橋脚部の各応答値の比較を行った。図-5 から図-7 に解析結果として各波形、各構造の P2 橋脚天端の応答変位、応答加速度及び橋脚部の M-φ 履歴を示す。これらから次の事が判明した。基礎免震構造を採用することによって 図-5 に示すように P2 橋脚天端の応答変位は増大した。一方、図-6 に示すように P2 橋脚天端の応答加速度は大きく低減された。その結果 図-7 に示すように P2 橋脚部の曲げモーメントは大きく低減され、弾性領域内に留まっている。図-5 では両構造とも 2～5cm の残留変位が生じている。非免震構造のそれは橋脚部のはり要素が塑性領域に入ったために生じたものであるが、基礎免震構造のそれは免震層のばね要素が塑性領域に入ったため生じたものである。図-5 と図-6 から神戸入力の方が七峰入力よりも加速度の低減効果が大きく、また変位も七峰入力よりは小さく抑えられている（免震）。またこの基礎免震構造を採用したことによる他部位への影響（例えば橋脚基礎部を絶縁し変位量が増大したことによる上部工断面力の増大あるいは橋脚基礎部の鉛直方向加速度やロッキングの発生など）はごくわずかであった⁽²⁾。なおこの基礎免震構造はレベル 地震動などの小規模な地震動では滑

動せず常時の安定性も確保できると考えられる。

4. 結論 橋脚基礎部に免震層を挿入することによって橋脚天端の変位は増大したが橋脚天端の加速度及び橋脚の断面力は低減することができ、兵庫県南部地震クラスの地震に対しても橋梁全体としての健全性を確保できる可能性を示した。また変位の増大に伴う鉛直方向加速度、ロッキング及び滑りの影響も小さいことが分かった。また今回の解析ケースではタイプ 海洋型波形（七峰）よりもタイプ 内陸型波形（神戸）に対してより大きな効果を発揮した。今回の結果をふまえ今後は様々な条件下で解析及び模型振動実験を行い双方の整合性についても検討していきたい。なお本研究は五洋建設（株）及び（株）オリエンタルコンサルタンツと共同で実施している。

参考文献 (1)清宮理, 近藤岳史, 安同祥, 渡辺勉: 3 径間箱桁橋梁への基礎免震構造の適用性に関する検討, 構造工学論文集, Vol.51A, 2005, 3 (2) 近藤岳史, 清宮理: 基礎免震による橋梁上部工の断面力の低減効果, 第 3 回日本地震工学会大会 - 2004 梗概集 2005, 1 (3) 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説 耐震設計編, pp.305, 2002, 3